

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p style="text-align: right;">別紙 1</p> <p style="text-align: center;">分解され小型軽量となる物品及び倒壊するが飛来物とならない物品等について</p> <p>設計飛来物の選定フローにおいて、「分解し小型軽量となる物品」及び「倒壊するが飛来物とはならない物品」は設計飛来物として選定しないこととしている。これは、過去の主な竜巻の被害概要の調査結果から、分解され小型軽量となる物品及び倒壊するが飛来物とならない物品について検討を行った結果より確認をしている。</p> <p>以下に平成2年以降の主な竜巻による被害概要を調査した文献から検討を行った結果を示す。「分解し小型軽量となる物品」、「倒壊するが飛来物とはならない物品」は柏崎刈羽原子力発電所における調査結果を念頭に被害状況を示す。</p>	<p style="text-align: right;">別紙 9-1</p> <p style="text-align: center;">分解され小型軽量となる物品及び損傷するが飛来物とならない物品について</p> <p>設計飛来物の抽出フローにおいて、「分解され小型軽量となる物品」は設計飛来物のうち鋼製材に包絡されること、また「損傷するが飛散しない物品」は飛散しないことから、いずれも設計飛来物として選定しないとしている。これは、過去の主な竜巻の被害概要の調査結果等から、このような物品の状況について検討を行った結果より判断した。</p> <p>以下に、平成2年以降の主な竜巻による被害概要の調査結果等に基づく検討結果を示す。</p>	<p style="text-align: right;">別紙-1</p> <p style="text-align: center;">過去の主な竜巻事例に基づく飛来物の検討について</p> <p>島根原子力発電所における設計飛来物の設定にあたり、「損傷するが飛来物とならない物品」及び「分解して小型軽量となる物体」について、過去の主な竜巻による被害概要を調査した文献を用いて検討を行った。検討の結果、「樹木、フェンスについては、竜巻時に損傷するが飛来物とならない」、「建物の金属製屋根・外壁、シャッター、ガラス窓等については、竜巻時に飛散するが、分解され小型軽量となるため、設計飛来物に包含される」と判断した。検討内容を以下に示す。</p> <p>(1) 損傷するが飛来物とならない物体</p> <p>①樹木</p> <p>樹木の被害状況を図1～7に示す。</p> <p>樹木については、被害状況より幹の折損、根の引き抜き等が見られるが、折損した場合、引き抜かれた場合どちらにおいてもその場で損傷しているのみであることが確認できる。これは竜巻の風荷重により、樹木が損傷した後、竜巻が既に通過しているためであると考えられ、樹木が折損、引き抜かれた後、さらに竜巻により巻き上げられ、飛来物となることは考え難い。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">写真1 天神寺外観(南から見る) 写真3 倒木(北西からみる)</p> <p>図1 平成14年7月10日群馬県境町にて発生したF2竜巻による樹木の被害状況※1</p>	<p>(柏崎6/7は「(3) 倒壊するが飛来物とならない物品(確認対象: 樹木、フェンス)」で記載)</p> <p>(東海第二は「(3) 損傷するが飛散しない物品(樹木、フェンス及び原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋外側ブローアウトパネル)」で記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1777 312 2110 562" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="2139 312 2472 562" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1718 575 2502 688" data-label="Caption"> <p>写真 16 樹木の転倒 写真 38 樹木の転倒(緑ヶ丘) 図 2 平成 18 年 9 月 17 日宮崎県延岡市にて発生した F2 竜巻による樹木の被害状況※²</p> </div> <div data-bbox="1863 758 2323 1075" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1718 1100 2502 1226" data-label="Caption"> <p>写真 47 樹木の折損 図 3 平成 20 年 5 月 25 日米国アイオワ州にて発生した EF5 竜巻による樹木の被害状況※³</p> </div> <div data-bbox="1852 1304 2368 1688" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1718 1717 2502 1852" data-label="Caption"> <p>写真 25 倒木(火打谷地区) 図 4 平成 21 年 7 月 19 日岡山県美作市にて発生した F2 竜巻による樹木の被害状況※⁴</p> </div>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1834 373 2392 789" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="2012 827 2220 852" data-label="Caption"> <p>写真 44 樹木の被害</p> </div> <div data-bbox="1724 879 2496 957" data-label="Caption"> <p>図5 平成 21 年 10 月 8 日茨城県土浦市にて発生した F1 竜巻による樹木の被害状況^{※5}</p> </div> <div data-bbox="1754 982 2466 1251" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1834 1276 2415 1302" data-label="Caption"> <p>写真 3.5-15 樹木の折損 写真 3.5-16 樹木の折損と鳥居の被害</p> </div> <div data-bbox="1754 1318 2466 1579" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1834 1604 2415 1629" data-label="Caption"> <p>写真 3.5-17 樹木の倒木 写真 3.5-18 倒木による社の倒壊</p> </div> <div data-bbox="1724 1646 2496 1724" data-label="Caption"> <p>図6 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市にて発生した F3 竜巻による樹木の被害状況^{※6}</p> </div>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>写真 5.1.12 樹木の倒壊</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真 5.1.13 樹木の倒壊による小屋組の被害</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真 5.2.14 樹木の被害</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真 5.2.15 樹木の被害</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真 5.2.16 樹木の被害</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>写真 5.2.17 樹木の被害</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図7 平成 25 年 9 月 2 日埼玉県にて発生した F2 竜巻による樹木の被害状況※7</p> <p>②フェンス フェンスの被害状況を図8～10に示す。 フェンスについては、被害状況より、傾き、損傷等が見られるが樹木と同様にその場で損傷しているのみであり、損傷した後、竜巻はすでに通過していると考えられ、竜巻により巻き上げられ、飛来物となることは考え難い。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1745 273 2472 541"> </div> <div data-bbox="1804 562 2389 588"> <p>写真 20 フェンスの著しい変形 写真 31 フェンスの変形</p> </div> <div data-bbox="1727 613 2496 688"> <p>図 8 平成 21 年 7 月 27 日群馬県館林市にて発生した F1(F2) 竜巻によるフェンスの被害状況※⁸</p> </div> <div data-bbox="1843 766 2368 1157"> </div> <div data-bbox="1932 1182 2279 1207"> <p>写真 3.5-10 フェンスの被害状況</p> </div> <div data-bbox="1727 1241 2496 1316"> <p>図 9 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市にて発生した F3 竜巻によるフェンスの被害状況※⁶</p> </div>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>写真 4.1.9 フェンスの倒壊</p> <p>写真 4.1.14 フェンスの倒壊</p> <p>写真 4.1.15 支柱部の破断</p> <p>写真 5.1.16 フェンスの被害</p> <p>写真 5.2.19 フェンスの被害 (工事中の構築物)</p> <p>写真 5.2.20 フェンスの被害</p> <p>図 10 平成 25 年 9 月 2 日埼玉県にて発生した F2 竜巻によるフェンスの被害状況^{※7}</p> <p>③原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル <u>原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルには開放時の落下を防止する機構が付けられており、竜巻によって外れた場合でも、落下時の挙動は通常の開放時と変わらないと考えられることから、落下防止機構が破断して飛来物となることはないと考えられる。また、原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルの開放後には竜巻は速やかに速ざかってくと考えられることから、開放した原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルが強風に煽られ、落下防止機構が破断し飛来物化する可能性も小さいと考えられる。</u></p>	<p>(東海第二は「(3) d. 原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋外側ブローアウトパネル」で記載)</p> <p>・資料構成の相違</p> <p>【柏崎 6/7】</p> <p>島根 2 号炉はブローアウトパネルの飛来物化について検討している</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考															
<p>(1) 分解し小型軽量となる物品 (確認対象: 屋外屋根, シャッター, ガラス窓, 仮設足場)</p> <p>竜巻の被害概要調査結果において分解し小型軽量となる物品として, 柏崎刈羽原子力発電所に設置の類似品として屋外屋根, シャッター, ガラス窓, 仮設足場を確認した。屋外屋根, シャッター, ガラス窓, 仮設足場の被害状況は以下のとおり。</p> <p>a. 屋外屋根の被害状況</p> <p>図1~5 に屋外屋根の被害状況を示す。これらより, 屋外屋根については, F0~F3 の被害状況において形を保ったままではなく, 分解された状態で飛来していることが分かる。また, 厚みが薄く, 受風面積が大きいため風の影響を受けやすいことから形状が変形 (柔飛来物) しており, 剛飛来物に比べ, 貫通等の影響が小さくはなるが, 外部事象防護対象施設への影響が考えられる屋根については, 飛散防止対策を実施する。</p>	<p>(1) 分解され小型軽量となる物品 (屋外屋根及びガラス窓)</p> <p>竜巻の被害概要調査結果において, 分解され小型軽量となる物品として屋外屋根及びガラス窓が確認できた。これらの被害状況を以下に示す。</p> <p>a. 屋外屋根</p> <p>別図 1-1~5 に屋外屋根の被害状況を示す。これらより, 屋外屋根については, F 0 ~ F 3 の竜巻において, 形を保ったままではなく, 分解された状態で飛来していることが分かる。また, 厚みが薄いことから形状が変形しており柔飛来物と見なせると考えられることから, 衝突の際に与える衝撃荷重及び貫通力については, 設計飛来物である鋼製材の評価に包絡されると考えられる。</p>	<p>(2) 分解され小型軽量となる物体</p> <p>①建物の金属製屋根・外壁</p> <p>建物の金属製屋根・外壁の被害状況を図 11~15 に示す。</p> <p>建物の金属製屋根・外壁については, F0~F3 の被害状況において形を保ったままではなく, 分解された状態で飛来しており, また, 厚さが極めて薄い柔飛来物であるため, 飛散した場合大きく形状が変形していることが分かる。</p> <p>発電所構内の資機材等のうち, 運動エネルギー及び貫通力が設計飛来物を超過するものは飛散防止対策を実施することとしているが, 建物の金属製屋根・外壁は柔飛来物であり, 設計飛来物に比べ貫通の影響は小さい。発電所構内の建物の金属製屋根・外壁が飛散した場合, 運動エネルギーは表 1 に示すとおり最大でも 103kJ であり, 設計飛来物 (鋼製材) の運動エネルギーよりも十分に小さいことから, 発電所構内の建物の金属製屋根・外壁については飛散防止対策の対象としない。</p> <p>表 1 設計飛来物 (鋼製材) と金属製屋根の飛散速度と運動エネルギー</p> <table border="1" data-bbox="1727 1411 2493 1642"> <thead> <tr> <th></th> <th>寸法</th> <th>重量</th> <th>飛散速度</th> <th>運動エネルギー</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>金属製屋根</td> <td>5,000×700×1.0t</td> <td>42kg</td> <td>70m/s</td> <td>103kJ</td> </tr> <tr> <td>設計飛来物 (鋼製材)</td> <td>4,200×300×200×4.2t</td> <td>135kg</td> <td>51m/s</td> <td>176kJ</td> </tr> </tbody> </table>		寸法	重量	飛散速度	運動エネルギー	金属製屋根	5,000×700×1.0t	42kg	70m/s	103kJ	設計飛来物 (鋼製材)	4,200×300×200×4.2t	135kg	51m/s	176kJ	<p>・対策方針の相違</p> <p>【柏崎 6/7】</p> <p>島根 2号炉は設計飛来物をガイド記載の鋼製材にしており, 金属製屋根・外壁が飛散した場合の運動エネルギーを包絡していることから, 金属製屋根・外壁に飛散防止対策は実施しない</p>
	寸法	重量	飛散速度	運動エネルギー														
金属製屋根	5,000×700×1.0t	42kg	70m/s	103kJ														
設計飛来物 (鋼製材)	4,200×300×200×4.2t	135kg	51m/s	176kJ														

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
-------------------------------------	-------------------------	--------------	----



牛舎の屋根東方向、柱・トタン板は西方向に飛散している

図 1 平成 16 年 6 月 27 日佐賀県にて発生した F2 竜巻による野
外屋根の被害状況⁽¹⁾



別図 1-1 平成 16 年 6 月 27 日佐賀県で発生した F 2 竜巻による
屋外屋根の被害状況⁽¹⁾



牛舎の屋根東方向、柱・トタン板は西方向に飛散している

図 11 平成 16 年 6 月 27 日佐賀県にて発生した F2 竜巻によ
る野外屋根の被害状況^{※9}

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p>カーポード屋根の飛散及び骨組の損傷</p>  <p>カーポード屋根の破損</p>  <p>屋外トイレ屋根の損傷</p>	 <p>屋外トイレ屋根の損傷</p>  <p>カーポード屋根の飛散及び骨組の損傷</p>  <p>カーポード屋根の損傷</p>	 <p>カーポード屋根の飛散及び骨組の損傷</p>  <p>カーポード屋根の破損</p>  <p>屋外トイレ屋根の損傷</p>	
<p>図2 平成18年9月17日宮崎県延岡市で発生したF2竜巻による屋外屋根の被害状況⁽²⁾</p>	<p>別図1-2 平成18年9月17日宮崎県延岡市で発生したF2竜巻による屋外屋根の被害状況⁽²⁾</p>	<p>図12 平成18年9月17日宮崎県延岡市で発生したF2竜巻による屋外屋根の被害状況^{*2}</p>	
 <p>折板の損傷</p> <p>カーポードの被害</p>	 <p>折板の損傷</p> <p>カーポードの被害</p>	 <p>折板の損傷</p> <p>カーポードの被害</p>	
<p>図3 平成21年10月8日茨城県土浦市で発生したF1竜巻による屋外屋根の被害状況⁽³⁾</p>	<p>別図1-3 平成21年10月8日茨城県土浦市で発生したF1竜巻による屋外屋根の被害状況⁽³⁾</p>	<p>図13 平成21年10月8日茨城県土浦市で発生したF1竜巻による屋外屋根の被害状況^{*5}</p>	
 <p>周囲の田に散乱した屋根ふき材</p>	 <p>周囲の田に散乱した屋根ふき材</p>	 <p>周囲の田に散乱した屋根ふき材</p>	
<p>図4 平成24年2月1日島根県出雲市にて発生したF0竜巻による屋外屋根の被害状況⁽⁴⁾</p>	<p>別図1-4 平成24年2月1日島根県出雲市にて発生したF0竜巻による屋外屋根の被害状況⁽⁴⁾</p>	<p>図14 平成24年2月1日島根県出雲市にて発生したF0竜巻による屋外屋根の被害状況^{*10}</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
-------------------------------------	-------------------------	--------------	----



飛散した鋼板製屋根材



飛散した折板屋根の状況



電線等に引っ掛かった飛来物 (鋼板製屋根材)

図5 平成24年5月6日茨城県つくば市で発生したF3竜巻による屋外屋根の被害状況⁽⁵⁾

b. シャッター

図6～10にシャッターの被害状況を示す。これらより、シャッターについては、F1～F3、EF5の竜巻において形状は変形しているが、固定部が外れていないことが確認できる。

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)



電線等に引っ掛かった飛来物 (鋼板製屋根材)



飛来物 (鋼板製屋根材) の衝突

飛散した飛来物 (鋼板製屋根材)



飛散した折板屋根の損傷状況



ガソリンスタンドの折板屋根の脱落

駐車場の折板屋根の著しい変形

別図1-5 平成24年5月6日茨城県つくば市で発生したF3竜巻による屋外屋根の被害状況⁽⁵⁾

島根原子力発電所 2号炉



飛散した鋼板製屋根材



飛散した折板屋根の状況



電線等に引っ掛かった飛来物 (鋼板製屋根材)

図15 平成24年5月6日茨城県つくば市で発生したF3竜巻による屋外屋根の被害状況⁽⁶⁾

②シャッター

シャッターの被害状況を図16～20に示す。シャッターについては、被害状況より、F1(F2)、F3、EF5の竜巻において形状は変形しているが、固定部が外れていないことが確認できる。

(東海第二は「(3) 損傷するが飛散しない物品(樹木、フェンス及び原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋外側ブローアウトパネル)」で記載)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p>図6 平成20年5月25日米国アイオワ州にて発生したEF5 竜巻によるシャッター被害状況⁽⁶⁾</p>  <p>シャッターの破損</p> <p>図7 平成21年10月8日茨城県土浦市にて発生したF1 竜巻によるシャッターの被害状況⁽³⁾</p>  <p>シャッターの外れ</p> <p>図8 平成21年7月27日群馬県館林市で発生したF1 (F2) 竜巻によるシャッターの被害状況⁽⁷⁾</p>  <p>消防団施設のシャッターの被害状況</p> <p>図9 平成24年5月6日茨城県つくば市にて発生したF3 竜巻によるシャッターの被害状況⁽⁵⁾</p>		 <p>写真31</p> <p>図16 平成20年5月25日米国アイオワ州にて発生したEF5 竜巻によるシャッターの被害状況^{※3}</p>  <p>写真10 シャッターの破損</p> <p>図17 平成21年10月8日茨城県土浦市にて発生したF1 竜巻によるシャッターの被害状況^{※5}</p>  <p>写真22 シャッターの外れ</p> <p>図18 平成21年7月27日群馬県館林市にて発生したF1 (F2) 竜巻によるシャッターの被害状況^{※8}</p>  <p>写真3.4-37 消防団施設のシャッターの被害状況</p> <p>図19 平成24年5月6日茨城県つくば市にて発生したF3 竜巻によるシャッターの被害状況^{※6}</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<div data-bbox="350 262 691 520" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="460 527 581 548" data-label="Caption"> <p>シャッターの被害</p> </div> <div data-bbox="130 564 908 642" data-label="Caption"> <p>図10 平成25年9月2日埼玉県発生したF2竜巻によるシャッターの被害状況⁽⁸⁾</p> </div> <div data-bbox="130 699 287 735" data-label="Section-Header"> <p>c. ガラス窓</p> </div> <div data-bbox="130 743 911 959" data-label="Text"> <p>図11～16にはガラス窓の被害状況を示す。これらより、ガラス窓については、F0～F3、EF5の竜巻において損壊し、分解されていることが確認できる。分解された状態では、小型軽量となっており、設計飛来物である鋼製材若しくは砂利等に包含されることが考えられる。</p> </div> <div data-bbox="204 1018 504 1245" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="246 1247 457 1268" data-label="Caption"> <p>エントランスの窓ガラスの破損</p> </div> <div data-bbox="557 1018 845 1245" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="552 1247 863 1268" data-label="Caption"> <p>破損した窓ガラス片の屋内壁面への突き刺さり</p> </div> <div data-bbox="130 1278 908 1358" data-label="Caption"> <p>図11 平成18年9月17日宮崎県延岡市で発生したF2竜巻によるガラス窓の被害状況⁽²⁾</p> </div> <div data-bbox="388 1392 652 1587" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="454 1591 584 1612" data-label="Caption"> <p>バスの窓ガラス破損</p> </div> <div data-bbox="130 1638 911 1717" data-label="Caption"> <p>図12 平成20年5月25日米国アイオワ州で発生したEF5竜巻によるガラス窓の被害状況⁽⁶⁾</p> </div>	<div data-bbox="982 699 1148 735" data-label="Section-Header"> <p>b. ガラス窓</p> </div> <div data-bbox="1003 743 1700 959" data-label="Text"> <p>別図1-6～11にガラス窓の被害状況を示す。これらより、ガラス窓については、F0～F3及びEF5の竜巻において損壊し、分解されていることが確認できる。分解された状態では小型軽量となっており、その影響は設計飛来物である鋼製材若しくは砂利に包絡されることが考えられる。</p> </div> <div data-bbox="1032 1031 1285 1213" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1044 1228 1255 1249" data-label="Caption"> <p>エントランスの窓ガラスの損壊</p> </div> <div data-bbox="1383 1031 1623 1213" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1344 1228 1656 1249" data-label="Caption"> <p>破損した窓ガラス片の屋内壁面への突き刺さり</p> </div> <div data-bbox="926 1278 1703 1358" data-label="Caption"> <p>別図1-6 平成18年9月17日宮崎県延岡市で発生したF2竜巻によるガラス窓の被害状況⁽²⁾</p> </div> <div data-bbox="1210 1423 1433 1591" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1246 1598 1389 1619" data-label="Caption"> <p>バスの窓ガラス損壊</p> </div> <div data-bbox="926 1638 1703 1717" data-label="Caption"> <p>別図1-7 平成20年5月25日米国アイオワ州で発生したEF5竜巻によるガラス窓の被害状況⁽⁶⁾</p> </div>	<div data-bbox="1908 254 2294 539" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1967 546 2217 567" data-label="Caption"> <p>写真4.1.30 シャッターの変形</p> </div> <div data-bbox="1748 590 2475 669" data-label="Caption"> <p>図20 平成25年9月2日埼玉県にて発生したF2竜巻によるシャッターの被害状況^{*7}</p> </div> <div data-bbox="1715 699 1860 735" data-label="Section-Header"> <p>③ガラス窓</p> </div> <div data-bbox="1768 743 2502 959" data-label="Text"> <p>ガラス窓の被害状況を図21～26に示す。ガラス窓については、被害状況より、F0～F3、EF5の竜巻において損壊し、分解されていることが確認できる。分解された状態では小型軽量となっており、設計飛来物に包含されることが考えられる。</p> </div> <div data-bbox="1816 1037 2104 1253" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1834 1262 2086 1283" data-label="Caption"> <p>写真8 エントランスの窓ガラスの破損</p> </div> <div data-bbox="2133 1037 2421 1253" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="2125 1262 2430 1283" data-label="Caption"> <p>写真25 破損した窓ガラス片の屋内壁面への突き刺さり【山下町】</p> </div> <div data-bbox="1748 1291 2484 1371" data-label="Caption"> <p>図21 平成18年9月17日宮崎県延岡市にて発生したF2竜巻によるガラス窓の被害状況^{*2}</p> </div> <div data-bbox="1947 1404 2243 1619" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1994 1627 2199 1648" data-label="Caption"> <p>写真44 バスの窓ガラス破損</p> </div> <div data-bbox="1748 1646 2475 1726" data-label="Caption"> <p>図22 平成20年5月25日米国アイオワ州にて発生したEF5竜巻によるガラス窓の被害状況^{*3}</p> </div>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p>窓ガラスの損壊 窓ガラスの飛来物衝突痕</p>	 <p>窓ガラスの損壊 窓ガラスの飛来物衝突痕</p>	 <p>写真19 窓ガラスの損壊 写真27 窓ガラスの飛来物衝突痕</p>	
<p>図13 平成21年7月27日群馬県館林市でのF1(F2)竜巻によるガラス窓の被害状況⁽⁷⁾</p>	<p>別図1-8 平成21年7月27日群馬県館林市でのF1(F2)竜巻によるガラス窓の被害状況⁽⁷⁾</p>	<p>図23 平成21年7月27日群馬県館林市にて発生したF1(F2)竜巻によるガラス窓の被害状況^{*8}</p>	
 <p>エントランスのガラス破損 倉庫の窓ガラスと屋根の被害状況</p>  <p>窓ガラスの破損</p>	 <p>倉庫の窓ガラスと屋根の被害状況 窓ガラスの損壊</p>  <p>出窓部の窓ガラスの損壊 エントランスのガラス損壊</p>	 <p>写真8 倉庫の窓ガラスと屋根の被害状況 写真16 窓ガラスの破損</p>  <p>写真30 出窓部の窓ガラスの被害</p>	
<p>図14 平成21年10月8日茨城県土浦市にて発生したF1竜巻によるガラス窓の被害状況⁽³⁾</p>	<p>別図1-9 平成21年10月8日茨城県土浦市で発生したF1竜巻によるガラス窓の被害状況⁽³⁾</p>	<p>図24 平成21年10月8日茨城県土浦市にて発生したF1竜巻によるガラス窓の被害状況^{*5}</p>	
 <p>体育館窓ガラスの破損</p>  <p>(a) 教室 (b) 廊下 (c) 屋外に面した窓ガラス</p> <p>本館4階の廊下と教室内のガラス破片の散乱状況</p>	 <p>体育館窓ガラスの損壊</p>  <p>教室 廊下 屋外に面した窓ガラス</p>	 <p>写真3 体育館窓ガラスの破損</p>  <p>出雲市立第二中学校 提供</p>	
<p>図15 平成24年2月1日島根県出雲市にて発生したF0竜巻によるガラス窓の被害状況⁽⁴⁾</p>	<p>別図1-10 平成24年2月1日島根県出雲市で発生したF0竜巻によるガラス窓の被害状況⁽⁴⁾</p>	<p>図25 平成24年2月1日島根県出雲市にて発生したF0竜巻によるガラス窓の被害状況^{*9}</p>	



店舗の窓ガラスの被害状況



ガラスへの飛来物の衝突痕

図 16 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市で発生した F3 竜巻によるガラス窓の被害状況⁽⁵⁾

d. 仮設足場

図 17 には仮設足場の被害状況を示す。これらより、仮設足場については、F2 の竜巻において倒壊していることが確認できる。仮設足場材が飛散した場合を想定し、設計飛来物に選定する。ただし、飛散防止対策を講じた場合を除く。



仮設足場の倒壊

図 17 平成 18 年 9 月 17 日宮崎県延岡市で発生した F2 竜巻による仮設足場の被害状況⁽⁹⁾



店舗の窓ガラスの被害状況



店舗の窓ガラスの被害状況 (飛来物衝突痕)



ガラスの被害状況 (飛来物衝突痕)



ガラスの被害状況 (飛来物衝突痕)

別図 1-11 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市で発生した F 3 竜巻によるガラス窓の被害状況⁽⁵⁾



写真 3. 4-21 店舗の窓ガラスの被害状況



写真 3. 4-22 店舗の窓ガラスの被害状況



写真 3. 4-35 ガラスへの飛来物の衝突痕



写真 3. 4-36 ガラスへの飛来物の衝突痕

図 26 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市にて発生した F3 竜巻によるガラス窓の被害状況^{※6}

・設計飛来物の相違
【柏崎 6/7】
 島根 2 号炉は仮設足場を包絡する飛来物としてガイドの鋼製材を設計飛来物としている

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(2) 柏崎刈羽原子力発電所の屋外屋根, シャッター, ガラス窓, 仮設足場の状況</p> <p>柏崎刈羽原子力発電所における屋外屋根の状況を図18, シャッターの状況を図19, ガラス窓の状況を図20, 仮設足場の状況を図21 に示す。柏崎刈羽原子力発電所におけるこれらの物品の構造については, 上記の被害にあった物品の構造と大きく変わらないことから, 竜巻通過時には, 同様の被害状況になると考えられる。</p> <p>そのため, 上記の被害状況からこれらの物品については, 飛散をしていないシャッターを除き, 二次飛来物となる可能性がある。仮設足場材については, 飛散を想定し, 設計飛来物に選定する。ただし, 飛散防止対策を講じた場合を除く。また, ガラス窓については設計飛来物に包含されるが, 屋外屋根については設計飛来物に包含されないことから, 飛散防止対策を実施する。</p> <div data-bbox="166 926 878 1451" data-label="Image"> </div> <p>図 18 柏崎刈羽原子力発電所における屋外屋根の状況</p>	<p>(2) 発電所の屋外屋根及びガラス窓の状況</p> <p>発電所における屋外屋根の状況を別図 1-12, ガラス窓の状況を別図 1-13 に示す。発電所におけるこれらの物品の構造については, 上記の被害にあった物品の構造と大きく変わらないことから, 竜巻通過時には同様の被害状況になると考えられ, 飛来物としては設計飛来物の影響に包絡されると考えられる。</p> <div data-bbox="1012 1020 1546 1446" data-label="Image"> </div> <p>別図 1-12 発電所における屋外屋根の状況</p>		<p>(島根 2号炉は「別紙-3 二次飛来物の現地調査について」で記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p data-bbox="192 562 854 594">図 19 柏崎刈羽原子力発電所におけるシャッターの状況</p>	 <p data-bbox="1056 562 1581 594">別図 1-13 発電所におけるガラス窓の状況</p>		
 <p data-bbox="201 1012 839 1043">図 20 柏崎刈羽原子力発電所におけるガラス窓の状況</p>			
 <p data-bbox="201 1465 839 1497">図 21 柏崎刈羽原子力発電所における仮設足場の状況</p>			

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(3) 倒壊するが飛来物とならない物品 (確認対象: 樹木, フェンス)</p> <p>竜巻の被害概要調査結果において倒壊するが飛来物とならない物品で, 柏崎刈羽原子力発電所に存在する類似品として樹木, フェンスを確認した。樹木, フェンスの被害状況は以下のとおり。</p>	<p>(3) 損傷するが飛散しない物品 (樹木, フェンス及び原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋外側ブローアウトパネル)</p> <p>竜巻の被害概要調査結果等における「損傷するが飛散しない物品」に関し, 発電所に存在する物品としてシャッター, 樹木, フェンス及び原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋外側ブローアウトパネルが確認できた。これらの被害状況を以下に示す。</p> <p>a. シャッター</p> <p>別図1-14~18にシャッターの被害状況を示す。これらより, シャッターについては, F1~F3及びEF5の竜巻において形状は変形しているが, 固定部は外れていないことが確認できる。なお, 外れて飛来物となったとしても, 衝突の際に与える衝撃荷重及び貫通力については, 上記の屋外屋根と同様, 設計飛来物である鋼製材の評価で包絡されると考えられる。</p> <div data-bbox="1193 1024 1436 1205" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1258 1213 1371 1234">シャッターの外れ</p> <p>別図1-14 平成20年5月25日米国アイオワ州で発生したEF5竜巻によるシャッター被害状況⁽⁶⁾</p> <div data-bbox="1193 1390 1448 1579" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1258 1600 1383 1621">シャッターの変形</p> <p>別図1-15 平成21年10月8日茨城県土浦市で発生したF1竜巻によるシャッターの被害状況⁽³⁾</p>		<p>(島根2号炉は「別紙-1(1) 損傷するが飛来物とならない物体」で記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<div data-bbox="1187 367 1439 556" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1246 562 1380 588" data-label="Caption"> <p>シャッターの外れ</p> </div> <div data-bbox="926 609 1706 693" data-label="Text"> <p>別図 1-16 平成 21 年 7 月 27 日群馬県館林市で発生した F 1 (F 2) 竜巻によるシャッターの被害状況⁽⁷⁾</p> </div> <div data-bbox="1181 823 1433 991" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1202 997 1409 1018" data-label="Caption"> <p>消防団施設のシャッターの変形</p> </div> <div data-bbox="926 1102 1706 1186" data-label="Text"> <p>別図 1-17 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市で発生した F 3 竜巻によるシャッターの被害状況⁽⁵⁾</p> </div> <div data-bbox="1187 1318 1454 1522" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1246 1528 1380 1554" data-label="Caption"> <p>シャッターの外れ</p> </div> <div data-bbox="943 1642 1685 1726" data-label="Text"> <p>別図 1-18 平成 25 年 9 月 2 日埼玉県発生した F2 竜巻によるシャッターの被害状況⁽⁸⁾</p> </div>		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>a. 樹木</p> <p>図22～28 には樹木の被害状況を示す。これらより、樹木については、F1～F3 及びEF5の被害状況において幹の折損、根の引き抜き等が見られるが折れた場合、引き抜かれた場合どちらにおいてもその場で倒壊しているのみであることが確認できる。これは竜巻の風荷重により、樹木が損壊を受けたあと、竜巻がすでに通り過ぎていたためであると考えられ、樹木が折損、引き抜かれた後、更に竜巻により巻き上げられ、飛来物となることは考え難い。</p> <div data-bbox="151 766 890 1029">  </div> <div data-bbox="192 1033 795 1077"> <p>倒木（南から見る） 倒れなかった樹木も点在している。</p> <p>倒木（北西から見る）</p> </div> <p>図 22 平成 14 年 7 月 10 日群馬県境町で発生したF2 竜巻による樹木被害状況⁽¹⁰⁾</p> <div data-bbox="163 1249 884 1512">  </div> <div data-bbox="273 1516 786 1539"> <p>樹木の転倒</p> <p>樹木の転倒（緑ヶ丘）</p> </div> <p>図 23 平成 18 年 9 月 17 日宮崎県延岡市で発生したF2 竜巻による樹木被害状況⁽²⁾</p>	<p>b. 樹木</p> <p>別図 1-19～25 に樹木の被害状況を示す。これらより、樹木については、F 1～F 3 及びE F 5 の竜巻において幹の折損、根の引き抜き等が見られるが、折れた場合若しくは引き抜かれた場合のいずれにおいても、その場で倒壊しているのみであることが確認できる。これは、竜巻の風荷重により樹木が損壊を受けた後では、竜巻が既に通り過ぎていたためと考えられ、樹木が折損若しくは引き抜かれた後、さらに竜巻により巻き上げられ、飛来物となることは考えにくい。</p> <div data-bbox="952 766 1662 1029">  </div> <div data-bbox="943 1033 1587 1077"> <p>倒木（南から見る） 倒れなかった樹木も点在している。</p> <p>倒木（北西から見る）</p> </div> <p>別図 1-19 平成 14 年 7 月 26 日群馬県境町で発生した F 2 竜巻による樹木被害状況⁽⁹⁾</p> <div data-bbox="943 1249 1662 1512">  </div> <div data-bbox="1053 1516 1549 1539"> <p>樹木の転倒</p> <p>樹木の転倒</p> </div> <p>別図 1-20 平成 18 年 9 月 17 日宮崎県延岡市で発生した F 2 竜巻による樹木被害状況⁽²⁾</p>		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p data-bbox="468 562 572 588">樹木の折損</p>	 <p data-bbox="1285 525 1359 546">樹木の折損</p>		
<p data-bbox="142 615 899 688">図 24 平成 20 年 5 月 25 日米国アイオワ州にて発生した EF5 竜巻による樹木被害状況⁽⁶⁾</p>	<p data-bbox="940 615 1697 688">別図 1-21 平成 20 年 5 月 25 日米国アイオワ州で発生した EF 5 竜巻による樹木被害状況⁽⁶⁾</p>		
 <p data-bbox="439 1050 602 1071">倒木 (火打谷地区)</p>	 <p data-bbox="1299 1039 1344 1060">倒木</p>		
<p data-bbox="142 1108 899 1182">図 25 平成 21 年 7 月 19 日岡山県美作市にて発生した F2 竜巻による樹木被害状況⁽¹¹⁾</p>	<p data-bbox="940 1108 1697 1182">別図 1-22 平成 21 年 7 月 19 日岡山県美作市で発生した F 2 竜巻による樹木被害状況⁽¹⁰⁾</p>		
 <p data-bbox="468 1543 572 1564">倒木の被害</p>	 <p data-bbox="1285 1564 1344 1585">倒木</p>		
<p data-bbox="142 1644 899 1717">図 26 平成 21 年 10 月 8 日茨城県土浦市にて発生した F1 竜巻による樹木被害状況⁽³⁾</p>	<p data-bbox="940 1644 1697 1717">別図 1-23 平成 21 年 10 月 8 日茨城県土浦市で発生した F 1 竜巻による樹木被害状況⁽³⁾</p>		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p>倒木の折損</p> <p>倒木の折損と鳥居の被害</p> <p>樹木の倒木</p> <p>倒木による社の倒壊</p>	 <p>樹木の折損</p> <p>樹木の折損と鳥居の被害</p> <p>樹木の倒木</p> <p>倒木と社の被害</p>		
<p>図 27 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市にて発生した F3 竜巻による樹木被害状況⁽⁵⁾</p>	<p>別図 1-24 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市で発生した F 3 竜巻による樹木被害状況⁽⁵⁾</p>		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p>樹木の倒壊</p> <p>樹木の倒壊による小屋組の被害</p> <p>樹木の被害</p> <p>樹木の被害</p> <p>樹木の被害</p> <p>樹木の被害</p>	 <p>樹木の被害</p> <p>樹木の倒壊による小屋組の被害</p> <p>樹木の被害</p> <p>樹木の被害</p> <p>樹木の被害</p> <p>樹木の被害</p>		
<p>図 28 平成 25 年 9 月 2 日埼玉県発生した F2 竜巻による樹木被害状況⁽⁸⁾</p>	<p>別図 1-25 平成 25 年 9 月 2 日埼玉県で発生した F 2 竜巻による樹木被害状況⁽⁸⁾</p>		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>b. フェンス</p> <p>図29～31 にはフェンスの被害状況を示す。これらよりフェンスについては、F1～F3 の被害状況において傾き、倒壊等が見られるが樹木と同様にその場で倒壊しているのみであり、倒壊した後、竜巻はすでに通り過ぎていていると考えられ、竜巻により巻き上げられ、飛来物となることは考え難い。</p> <div data-bbox="172 619 869 865"> <p>フェンスの著しい変形 フェンスの変形</p> </div> <p>図 29 平成 21 年 7 月 27 日群馬県館林市で発生した F1(F2) 竜巻によるフェンスの被害状況⁽⁷⁾</p> <div data-bbox="344 1108 700 1371"> <p>フェンスの被害状況</p> </div> <p>図 30 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市にて発生した F3 竜巻によるフェンスの被害状況⁽⁵⁾</p>	<p>c. フェンス</p> <p>別図 1-26～28 にフェンスの被害状況を示す。これらより、フェンス類については、F 1～F 3 の竜巻において傾き、倒壊等が見られるが、樹木と同様にその場で倒壊しているのみであり、倒壊した後では、竜巻は既に通り返り過ぎていていると考えられることから、竜巻により巻き上げられ、飛来物となることは考えにくい。</p> <div data-bbox="973 619 1670 865"> <p>フェンスの著しい変形 フェンスの変形</p> </div> <p>別図 1-26 平成 21 年 7 月 27 日群馬県館林市で発生した F 1 (F 2) 竜巻によるフェンスの被害状況⁽⁷⁾</p> <div data-bbox="973 1136 1670 1371"> <p>フェンスの変形 道路標識の倒壊</p> </div> <p>別図 1-27 平成 24 年 5 月 6 日茨城県つくば市で発生した F 3 竜巻によるフェンス類の被害状況⁽⁵⁾</p>		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p>フェンスの倒壊</p>  <p>屋上フェンスの被害</p>  <p>フェンスの倒壊</p>  <p>支柱部の破断</p>  <p>フェンスの被害 (工事中の建築物)</p>  <p>フェンスの被害</p>	 <p>フェンスの倒壊</p>  <p>屋上フェンスの変形</p>  <p>フェンスの変形</p>  <p>フェンス支柱部の破損</p>  <p>フェンスの変形 (工事中の建築物)</p>  <p>フェンスの倒壊</p>  <p>電柱の倒壊</p>  <p>看板の変形</p>		
<p>図 31 平成 25 年 9 月 2 日埼玉県発生した F2 竜巻によるフェンスの被害状況⁽⁸⁾</p>	<p>別図 1-28 平成 25 年 9 月 2 日埼玉県で発生した F 2 竜巻によるフェンス類の被害状況⁽⁸⁾</p>		

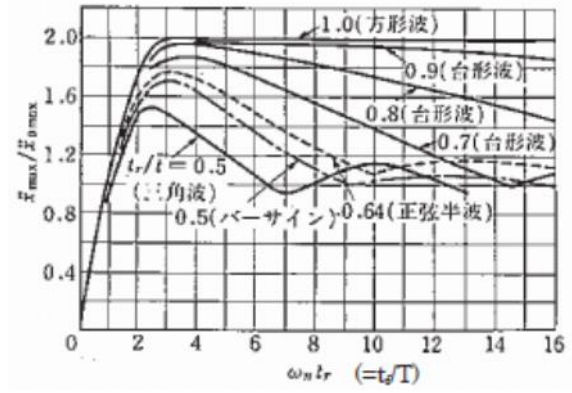
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(4) 柏崎刈羽原子力発電所の樹木, フェンスの状況</p> <p>a. 樹木</p> <p>柏崎刈羽原子力発電所における樹木の状況を図32 に示す。上記にて示した被害にあった樹木と大きく変わらないことから, 竜巻通過時には, 同様の被害状況になり, 幹の折損, 根の引き抜きによりその場で倒壊すると考えられる。</p>	<p>d. 原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋外側ブローアウトパネル</p> <p>原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋外側ブローアウトパネルには開放時の落下を防止する機構が付けられており, 竜巻によって外れた場合でも, 落下時の挙動は通常の開放時と変わらないと考えられることから, 落下防止機構が破断して飛来物となることはないと考えられる。また, 原子炉建屋外側ブローアウトパネルの開放後には竜巻は速やかに遠ざかっていくと考えられることから, 開放した原子炉建屋外側ブローアウトパネルが強風に煽られ, 落下防止機構が破断し飛来物化する可能性も小さいと考えられる。</p> <p>(4) 発電所のシャッター, 樹木, フェンス及び原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋外側ブローアウトパネルの状況</p> <p>発電所におけるシャッターの状況を別図 1-29 に, 樹木の状況を別図 1-30 に示す。上記の被害実績に示された樹木と大きく変わらないと考えられることから, 竜巻通過時には, 同様の被害状況になり, 幹の折損若しくは根の引き抜きによりその場で倒壊するのみと考えられる。</p> <div data-bbox="934 1155 1700 1396" style="border: 1px solid black; height: 115px; width: 258px; margin: 10px auto;"></div> <p style="text-align: center;">別図 1-29 発電所におけるシャッターの状況</p>		<p>(島根 2号炉は「(1) ③原子炉建物外側ブローアウトパネル」で記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<div data-bbox="201 304 842 504" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="231 520 813 552" data-label="Caption"> <p>図 32 柏崎刈羽原子力発電所における樹木の状況</p> </div> <p data-bbox="136 613 270 640">b. フェンス</p> <p data-bbox="136 657 902 821">柏崎刈羽原子力発電所におけるフェンスの状況を図33 に示す。上記にて示した被害にあったフェンスの構造と大きく変わらないことから、竜巻通過時には、同様の被害状況になり変形若しくは倒壊すると考えられる。</p> <div data-bbox="252 837 792 1220" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="207 1241 842 1272" data-label="Caption"> <p>図 33 柏崎刈羽原子力発電所におけるフェンスの状況</p> </div> <p data-bbox="136 1331 902 1451">以上より、樹木及びフェンスは、竜巻により倒壊するが、飛来しないことから、設計飛来物として選定しない。</p>	<div data-bbox="958 262 1665 489" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1080 520 1552 552" data-label="Caption"> <p>別図 1-30 発電所における樹木の状況</p> </div> <p data-bbox="982 613 1694 777">発電所におけるフェンスの状況を別図 1-31 に示す。上記にて示した被害にあったフェンスの構造と大きく変わらないことから、竜巻通過時には、同様の被害状況になり変形若しくは倒壊すると考えられる。</p> <div data-bbox="964 865 1673 1115" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1056 1241 1578 1272" data-label="Caption"> <p>別図 1-31 発電所におけるフェンスの状況</p> </div> <p data-bbox="982 1331 1694 1629">発電所における原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋外側ブローアウトパネルの設置状況を別図 1-32 に示す。原子炉建屋外側ブローアウトパネルには4本のチェーンが落下防止機構として取り付けられており、これらは落下時の衝撃荷重に対して破断しないと考えられる。また、竜巻が遠ざかるまでの短時間に4本のチェーンが全て破断する可能性も小さいと考えられる。</p>		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<div data-bbox="964 283 1237 520" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1359 283 1668 520" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="985 613 1644 688">別図 1-32 発電所における原子炉建屋原子炉棟外壁の 原子炉建屋外側ブローアウトパネルの設置状況</p> <p data-bbox="985 745 1694 913">以上より、シャッター、樹木、フェンス及び原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋外側ブローアウトパネルは、竜巻により損傷若しくは脱落するが、飛散せず設計飛来物として選定が不要と判断した。</p>		

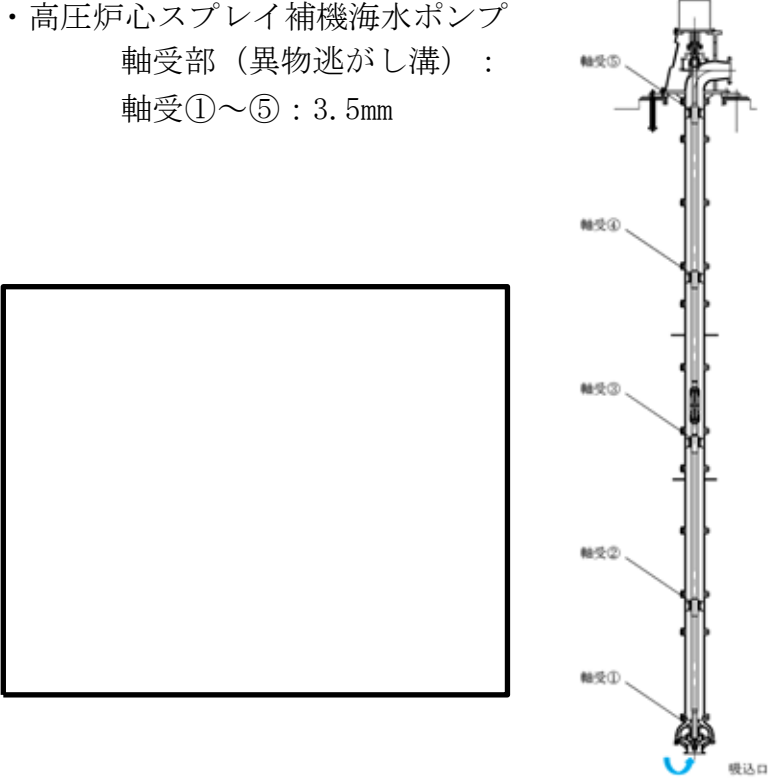
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>参考文献</p> <p>(1) 「佐賀市・鳥栖市竜巻現地被害調査報告」(平成16年7月13日)</p> <p>(2) 「2006年台風13号被害調査報告-延岡市の竜巻被害と飯塚市文化施設の屋根被害-」(平成18年10月10日)</p> <p>(3) 「平成21年10月8日茨城県土浦市竜巻被害調査報告」(平成21年10月13日)</p> <p>(4) 「平成24年2月1日島根県出雲市で発生した突風被害調査報告」(平成24年2月14日)</p> <p>(5) 「平成24年(2012年)5月6日に茨城県つくば市で発生した建築物等の竜巻被害調査報告」(ISSN1346-7328 国総研資料第703号ISSN0286-4630 建築研究資料第141号平成25年1月)</p> <p>(6) 「米国アイオワ州におけるトルネード被害調査報告」(平成20年6月9日)</p> <p>(7) 「平成21年7月27日群馬県館林市竜巻被害調査報告」(平成21年8月17日一部修正)</p> <p>(8) 「平成25年9月2日に発生した竜巻による埼玉県越谷市、北葛飾郡松伏町及び千葉県野田市での建築物等被害(速報)」(国土交通省国土技術政策総合研究所 独立行政法人建築研究所 平成25年9月10日一部修正)</p> <p>(9) 「2006年台風13号に伴って発生した竜巻による延岡市の建物被害」</p> <p>(10) 「群馬県境町で発生した突風による建築物等の被害について」(平成14年7月26日独立行政法人建築研究所)</p> <p>(11) 「平成21年7月19日岡山県美作市竜巻被害調査報告」(平成21年8月4日)</p>	<p><参考文献></p> <p>(1) 「佐賀市・鳥栖市竜巻現地被害調査報告」(平成16年7月13日)</p> <p>(2) 「2006年台風13号被害調査報告-延岡市の竜巻被害と飯塚市文化施設の屋根被害-」(平成18年10月10日)</p> <p>(3) 「平成21年10月8日茨城県土浦市竜巻被害調査報告」(平成21年10月13日)</p> <p>(4) 「平成24年2月1日島根県出雲市で発生した突風被害調査報告」(平成24年2月14日)</p> <p>(5) 「平成24年(2012年)5月6日に茨城県つくば市で発生した建築物等の竜巻被害調査報告」(ISSN1346-7328 国総研資料第703号ISSN0286-4630 建築研究資料第141号平成25年1月)</p> <p>(6) 「米国アイオワ州におけるトルネード被害調査報告」(平成20年6月9日)</p> <p>(7) 「平成21年7月27日群馬県館林市竜巻被害調査報告」(平成21年8月17日一部修正)</p> <p>(8) 「平成25年9月2日に発生した竜巻による埼玉県越谷市、北葛飾郡松伏町及び千葉県野田市での建築物等被害(速報)」(国土交通省国土技術政策総合研究所独立行政法人建築研究所平成25年9月10日一部修正)</p> <p>(9) 「群馬県境町で発生した突風による建築物等の被害について」(平成14年7月26日独立行政法人建築研究所)</p> <p>(10) 「平成21年7月19日岡山県美作市竜巻被害調査報告」(平成21年8月4日)</p>	<p>※1: 「群馬県境町で発生した突風による建築物等の被害について」(平成14年7月26日独立行政法人建築研究所)</p> <p>※2: 「2006年台風13号被害調査報告延岡市の竜巻被害と飯塚市文化施設の屋根被害-」(平成18年10月10日)</p> <p>※3: 「米国アイオワ州におけるトルネード被害調査報告」(平成20年6月9日)</p> <p>※4: 「平成21年7月19日岡山県美作市竜巻被害調査報告」(平成21年8月4日)</p> <p>※5: 「平成21年10月8日茨城県土浦市竜巻被害調査報告」(平成21年10月13日)</p> <p>※6: 「平成24年(2012年)5月6日に茨城県つくば市で発生した建築物等の竜巻被害調査報告」(ISSN1346-7328 国総研資料第703号ISSN0286-4630 建築研究資料第141号平成25年1月)</p> <p>※7: 「平成25年9月2日に発生した竜巻による埼玉県越谷市、北葛飾郡松伏町及び千葉県野田市での建築物等被害(速報)」(国土交通省国土技術政策総合研究所 独立行政法人建築研究所平成25年9月10日一部修正)</p> <p>※8: 「平成21年7月27日群馬県館林市竜巻被害調査報告」(平成21年8月17日一部修正)</p> <p>※9: 「佐賀市・鳥栖市竜巻現地被害調査報告」(平成16年7月13日)</p> <p>※10: 「平成24年2月1日島根県出雲市で発生した突風被害調査報告」(平成24年2月14日)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p style="text-align: right;">別紙-2</p> <p style="text-align: center;"><u>極小飛来物の衝突に対する施設への影響について</u></p> <p>砂利等の極小飛来物及び砂等の粒子状の極小飛来物について、外部事象防護対象施設への影響の有無を確認する。</p> <p>砂利及び砂等の飛来物による外部事象防護対象施設への影響としては、</p> <p>(1) 砂利, ひょう等の極小飛来物による貫通及び衝突</p> <p>(2) 砂等の粒子状の極小飛来物による目詰まり、閉塞及び噛込み</p> <p>が考えられることから、これらについて評価する。</p> <p>(1) 砂利, ひょう等の極小飛来物による施設への影響については、衝撃荷重 W_M 及び鋼板に対する貫通力のいずれの観点においても無視し得ると考えられる。この理由を以下に示す。</p> <p>a. 極小飛来物による衝撃荷重 W_M</p> <p>砂利, ひょう等の極小飛来物の衝突は瞬間的で衝突時間が極めて短いため、施設は振動しにくく破壊は生じないと考えられる。これは、高速の極小飛来物が施設に衝突した場合、施設に生じる荷重は衝突時間の極めて短い片振幅波形となるため、施設に有意な変位 (応力) が生じないためである。</p> <p>このような衝撃により伝達される荷重については、機械工学便覧の「過渡振動・衝撃」に、図1のとおり示されている。</p> <p>図1は、横軸には衝突時間 (t_r) と衝突される施設の固有周期 (T) との比である t_r/T、縦軸は応答加速度 \ddot{x}_{max} (施設に伝わった加速度) と入力加速度 \ddot{x}_{0max} (施設へ伝えようとした加速度) の応答加速度比として、$\ddot{x}_{max}/\ddot{x}_{0max}$ の関係としてまとめられている。</p> <p>図1より、衝撃パルスの形状によって関数形は異なるものの、衝突物の入力加速度 \ddot{x}_{0max} と被衝突構造物の応答加速度 \ddot{x}_{max} の比 ($\ddot{x}_{max}/\ddot{x}_{0max}$) が、衝突時間 t_r と被衝突構造物の固有周期 T の比 (t_r/T) に依存していることを示している。衝突時間 t_r が被衝突構造物の固有周期 T より小さいときには、衝撃パルスの形状によらず応答加速度 は入力加速度 を下回っており、特に</p>	<p>・資料構成の相違</p> <p>【柏崎 6/7, 東海第二】</p> <p>島根 2号炉は砂利等の極小飛来物の衝突に対する影響を記載</p>

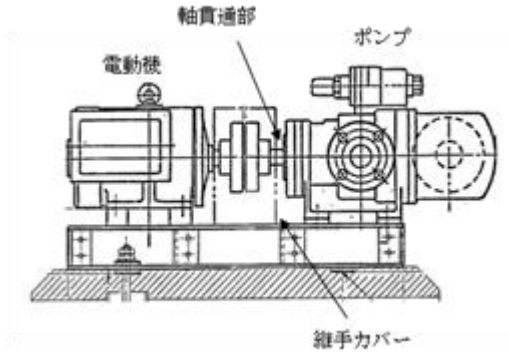
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>衝突時間が非常に短く衝突時間と被衝突構造物の固有周期の比 (t_r/T) が非常に小さい場合, 入力加速度と被衝突構造物の応答加速度の比 ($\ddot{x}_{max}/\ddot{x}_{0max}$) は非常に小さい値となる。これは衝突時間が被衝突構造物の固有周期に比べて小さい値をとる場合には, 衝突物から非衝突物に伝達されるエネルギーが小さく, 施設に有意な変位 (応力) が生じないことを示している。</p>  <p>図1 代表的理想衝撃パルスによる加速度衝撃スペクトル (機械工学便覧より)</p> <p>図1より, 飛来物の速度が速くて, 衝撃パルスの作用時間 (t_r) が施設の固有周波数より短い場合 (横軸が 1 より小さい場合) には, 入力加速度と応答加速度の比は 1 を下回り, エネルギーの伝達は小さくなることがわかる。</p> <p>砂利やひょう等の極小飛来物による荷重は, このような短時間の衝突となるため, 施設全体に影響を及ぼす荷重はごくわずかしかな発生しないため, 衝撃による影響はない。</p> <p>b. 極小飛来物の貫通力 砂利, ひょう等の極小飛来物の鋼板に対する貫通力について, 以下に示す BRL 式を用いて算出し, 極小飛来物の貫通力が無視し得ることを確認した。なお, 砂利の寸法は竜巻防護ネットの網目の寸法 (40mm 目合い) を考慮して設定する。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																										
		<p>極小飛来物として砂利及び大型のひょう（直径5cm, 10cm）を対象に、鋼板に対する貫通力をBRL式により算出した結果を表1に示す。いずれも貫通力は1mm未満であり、鋼板への影響は無視し得るものである。</p> <p style="text-align: center;">表1 極小飛来物の鋼板貫通力</p> <table border="1" data-bbox="1724 512 2490 751"> <thead> <tr> <th>飛来物</th> <th>サイズ (m)</th> <th>重量 (kg)</th> <th>速度 (m/s)</th> <th>鋼板貫通厚さ (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>砂利 (設計飛来物)</td> <td>0.04×0.04×0.04</td> <td>0.2</td> <td>54</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ひょう</td> <td>直径0.05</td> <td>0.06</td> <td>33*</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>直径0.1</td> <td>0.5</td> <td>59*</td> <td>0.8</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ ひょうの速度は直径に対応した終端速度に基づいて設定した。（別紙-4参照。）</p> <p>(2) 砂等の粒子状の極小飛来物による目詰まり、閉塞及び嘔込み</p> <p>砂等の粒子状の極小飛来物による目詰まり、閉塞及び嘔込みの影響を受ける可能性がある施設として、軸受け等の狭隘部を有する屋外施設、水循環系や換気系の流路を有する屋外施設・屋内の施設で外気と繋がっている施設・屋外にある外部事象防護対象施設の付属施設について評価する。評価施設を表2に示す。</p> <p style="text-align: center;">表2 目詰まり、閉塞、嘔込みに対する評価施設</p> <table border="1" data-bbox="1724 1335 2490 1814"> <thead> <tr> <th>分類</th> <th>評価施設</th> <th>分類</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">屋外施設</td> <td>・海水ポンプ</td> <td>嘔込み 閉塞</td> </tr> <tr> <td>・海水ポンプ電動機</td> <td>閉塞</td> </tr> <tr> <td>・海水ストレーナ</td> <td>目詰まり</td> </tr> <tr> <td>・ディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系））</td> <td>嘔込み 閉塞</td> </tr> <tr> <td></td> <td>・排気筒（非常用ガス処理系排気管含む）</td> <td>閉塞</td> </tr> <tr> <td>屋内の施設で外気と繋がっている施設</td> <td>・換気空調設備（中央制御室換気系、原子炉棟換気系、原子炉建物付属棟空調換気系） ・給気消音器（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の付属施設）</td> <td>目詰まり</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">屋外にある外部事象防護対象施設の付属施設</td> <td>・排気消音器（排気管含む）（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の付属施設）</td> <td>閉塞</td> </tr> <tr> <td>・ベント管（ディーゼル燃料貯蔵タンク、ディーゼル燃料デイトンク、潤滑油サンプタンクの付属施設）</td> <td>閉塞</td> </tr> </tbody> </table>	飛来物	サイズ (m)	重量 (kg)	速度 (m/s)	鋼板貫通厚さ (mm)	砂利 (設計飛来物)	0.04×0.04×0.04	0.2	54	0.8	ひょう	直径0.05	0.06	33*	0.2	直径0.1	0.5	59*	0.8	分類	評価施設	分類	屋外施設	・海水ポンプ	嘔込み 閉塞	・海水ポンプ電動機	閉塞	・海水ストレーナ	目詰まり	・ディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系））	嘔込み 閉塞		・排気筒（非常用ガス処理系排気管含む）	閉塞	屋内の施設で外気と繋がっている施設	・換気空調設備（中央制御室換気系、原子炉棟換気系、原子炉建物付属棟空調換気系） ・給気消音器（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の付属施設）	目詰まり	屋外にある外部事象防護対象施設の付属施設	・排気消音器（排気管含む）（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の付属施設）	閉塞	・ベント管（ディーゼル燃料貯蔵タンク、ディーゼル燃料デイトンク、潤滑油サンプタンクの付属施設）	閉塞	
飛来物	サイズ (m)	重量 (kg)	速度 (m/s)	鋼板貫通厚さ (mm)																																									
砂利 (設計飛来物)	0.04×0.04×0.04	0.2	54	0.8																																									
ひょう	直径0.05	0.06	33*	0.2																																									
	直径0.1	0.5	59*	0.8																																									
分類	評価施設	分類																																											
屋外施設	・海水ポンプ	嘔込み 閉塞																																											
	・海水ポンプ電動機	閉塞																																											
	・海水ストレーナ	目詰まり																																											
	・ディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系））	嘔込み 閉塞																																											
	・排気筒（非常用ガス処理系排気管含む）	閉塞																																											
屋内の施設で外気と繋がっている施設	・換気空調設備（中央制御室換気系、原子炉棟換気系、原子炉建物付属棟空調換気系） ・給気消音器（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の付属施設）	目詰まり																																											
屋外にある外部事象防護対象施設の付属施設	・排気消音器（排気管含む）（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の付属施設）	閉塞																																											
	・ベント管（ディーゼル燃料貯蔵タンク、ディーゼル燃料デイトンク、潤滑油サンプタンクの付属施設）	閉塞																																											

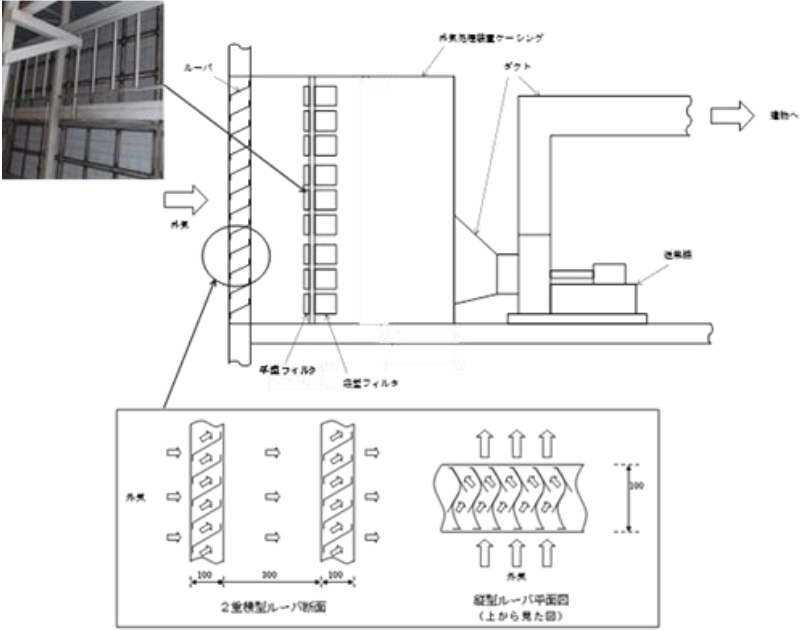
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>[屋外施設]</p> <p>a. 海水ポンプ</p> <p>(a) 水循環系の閉塞</p> <p>① 流水部の閉塞</p> <p>海水ポンプ流水部の狭隘部は、以下に示すとおりであり、砂等の粒子状の極小飛来物より十分大きいので、閉塞には至らない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機海水ポンプ 約 60mm ・高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ 約 30mm <p>② 軸受部の噛込み</p> <p>海水ポンプの軸受の隙間は、約 1.38mm～1.58mm で管理している。一部の砂等の粒子状の極小飛来物は軸受の隙間より、軸受内部に入り込む可能性があるが、図 2 及び図 3 のとおり、異物逃がし溝（約 3.5mm～5.5mm）が設けられており、軸受部の閉塞には至らない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機海水ポンプ <p>軸受部（異物逃がし溝）：</p> <ul style="list-style-type: none"> 軸受①：3.5mm 軸受②，③，⑤：4.5mm 軸受④：5.5mm <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="1914 1339 2122 1795" style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 217px;"></div> <div data-bbox="2270 1092 2418 1764"> </div> </div> <p style="text-align: center;">図 2 原子炉補機海水ポンプ軸受構造</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p data-bbox="1748 447 2220 562"> ・ 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ 軸受部（異物逃がし溝）： 軸受①～⑤：3.5mm </p>  <p data-bbox="1813 1199 2398 1230">図3 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ軸受構造</p> <p data-bbox="1724 1289 2050 1320">b. 海水ポンプ電動機の閉塞</p> <p data-bbox="1724 1335 2107 1367">(a) 原子炉補機海水ポンプ電動機</p> <p data-bbox="1748 1379 2487 1499"> 原子炉補機海水ポンプ電動機は、全閉外扇形構造の電動機に取替を行うことから、砂等の粒子状の極小飛来物が侵入することはない。 </p> <p data-bbox="1724 1560 2237 1591">(b) 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ電動機</p> <p data-bbox="1748 1604 2487 1814"> 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ電動機は、図4のとおり電動機本体が全閉外扇形構造となっており、電動機内部の熱は電動機の外筒に伝達され、外気を外扇により冷却フィンへ送風して放熱している。全閉外扇形の冷却方式であり砂等の粒子状の極小飛来物が侵入することはない。 </p> <p data-bbox="1771 1827 2487 1858">また、砂等の粒子状の極小飛来物の粒径は冷却フィンの冷却</p>	

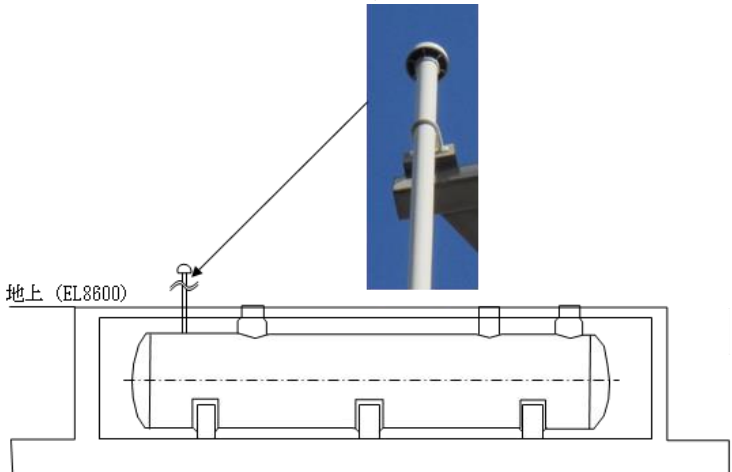
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>経路の最小径（約 11mm）に対して小さく，運転中はファンからの通風により外部に排出されることから，閉塞に至らないため影響はない。</p> <div data-bbox="1902 443 2338 940" style="text-align: center;">  </div> <p>図 4 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ電動機冷却方式</p> <p>c. 海水ストレーナの目詰まり 各海水ストレーナのフィルタ穴径を以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機海水系 7mm ・高圧炉心スプレイ補機海水系 7mm <p>砂等の粒子状の極小飛来物は，海水ストレーナのエレメントのメッシュサイズより小さく，また，取水口からポンプ取水箇所までの距離が約 120m あるため，海水ストレーナは閉塞する可能性は低い。なお，海水ストレーナは 2 系統設けており，フィルタが閉塞することがないよう差圧管理されており，一定の差圧（原子炉補機海水系：0.13MPa，高圧炉心スプレイ補機海水系：0.05MPa）になると切替えて，清掃を行うことも可能である。</p> <p>d. ディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系），高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系））の嘴込み・閉塞 ディーゼル燃料移送ポンプ本体への異物混入経路としては，軸貫通部があるが，当該部はメカニカルシール等を用いて潤滑</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>剤や内部流体の漏えいのないよう適切に管理されていることから、砂等の粒子状の極小飛来物がポンプ本体へ侵入することはなく嘔込みや摩耗による影響はない。</p> <p>ディーゼル燃料移送ポンプの概略構造図を図5に示す。</p> <p>動力源となる電動機については「全閉外扇屋外型」であり、ケーシングの放熱フィン等に砂等の粒子状の極小飛来物が冷却ファン側から吸入された場合でも、電動機内部に砂等の粒子状の極小飛来物が侵入することはない。</p>  <p>図5 ディーゼル燃料移送ポンプ概略構造図</p> <p>e. 排気筒（非常用ガス処理系排気管含む）の閉塞</p> <p>(a) 排気筒</p> <p>排気筒の径はφ3,300mmあり、短期間の竜巻による砂等の粒子状の極小飛来物により閉塞することはないと考える。</p> <p>(b) 非常用ガス処理系排気管</p> <p>非常用ガス処理系排気管は図6に示すとおり、横方向を向いており砂等の粒子状の極小飛来物が侵入しにくい構造となっている。また、竜巻の通過に要する時間は短時間であるため、閉塞する量の飛来物は侵入し難い。</p>	

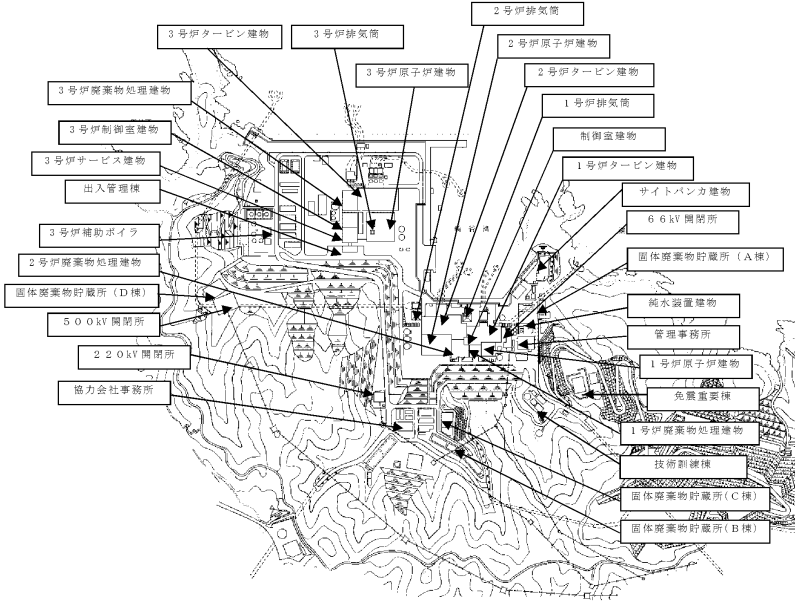
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1863 268 2318 737" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1973 751 2267 781">図6 排気筒周辺の概要</p> <p data-bbox="1733 842 2208 871">[屋内の施設で外気と繋がっている施設]</p> <p data-bbox="1724 890 2228 919">a. 換気空調設備（外気取入口）の目詰まり</p> <p data-bbox="1748 932 2487 1052">各評価対象設備の外気取入口には、図7に示すとおりルーバが取り付けられており、砂等の粒子状の極小飛来物が侵入しにくい構造となっている。</p> <p data-bbox="1748 1066 2487 1367">また、外気取入口には平型フィルタ（粒径2 μm に対して76%以上を捕獲する性能）や袋型フィルタ（粒径2 μm に対して80%以上を捕獲する性能）が設置されており、想定する砂等の粒子状の極小飛来物は十分除去されることから、給気を供給する系統及び機器に対して砂等の粒子状の極小飛来物を与える影響は少ない。また、フィルタには差圧計が設置されており、必要に応じて取替え又は清掃をすることが可能である。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1893 888 2318 919">図7 外気取入口の空気の流れ概要</p> <p data-bbox="1724 1024 2502 1098">b. 給気消音器（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の付属施設）の目詰まり</p> <p data-bbox="1724 1115 2502 1276">給気消音器の上流側の外気取入口にはフード又はルーバが取り付けられおり、砂等の粒子状の極小飛来物が侵入しにくい構造である。非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の給気空気の流れを図8に示す。</p> <p data-bbox="1724 1293 2502 1413">また、機関給気口の給気消音器にはフィルタ（粒径1 μm以上の砂等の粒子状の極小飛来物は80%以上捕集）が設置されており、砂等の粒子状の極小飛来物の侵入を防止している。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1724 279 2490 804" style="border: 1px solid black; height: 250px; width: 100%;"></div> <p data-bbox="1813 842 2398 869">図8 非常用ディーゼル発電機の給気空気の流れ</p> <p data-bbox="1733 932 2288 959">[屋外にある外部事象防護対象施設の付属施設]</p> <p data-bbox="1724 978 2490 1052">a. 排気消音器（排気管含む）（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の付属施設）の閉塞</p> <p data-bbox="1724 1066 2490 1272">排気消音器及び排気管は図9に示すとおり、横方向を向いており砂等の粒子状の極小飛来物が侵入しにくい構造となっている。また、運転中は排気しているため、砂等の粒子状の極小飛来物が侵入することはない。また、竜巻の通過に要する時間は短時間であるため、閉塞する量の飛来物は侵入し難い。</p> <div data-bbox="1866 1293 2412 1703" style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="1792 1740 2421 1768">図9 非常用ディーゼル発電機排気消音器及び排気管</p> <p data-bbox="1724 1787 2490 1860">b. ベント管（ディーゼル燃料貯蔵タンク，ディーゼル燃料デイトンク，潤滑油サンプルタンクの付属施設）の閉塞</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>(a) ディーゼル燃料貯蔵タンク</p> <p>ディーゼル燃料貯蔵タンク本体は、ディーゼル燃料貯蔵タンク室内（地下埋設式）であり、砂等の粒子状の極小飛来物からの影響は受けないが、ディーゼル燃料貯蔵タンクのベント管は屋外に設置していることから影響について確認する。</p> <p>ディーゼル燃料貯蔵タンクのベント管先端には図 10 のとおり、カバーが取り付けられており、開口部の閉塞には至らない。</p>  <p>図 10 ディーゼル燃料貯蔵タンク及びベント管の概要</p> <p>(b) ディーゼル燃料デイタンク，潤滑油サンプタンク</p> <p>ディーゼル燃料デイタンク，潤滑油サンプタンクのベント管は、下方向を向いており砂等の粒子状の極小飛来物が侵入しにくい構造となっている。また、竜巻の通過に要する時間は短時間であるため、閉塞する量の飛来物は侵入し難い。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p style="text-align: right;">別紙-3</p> <p style="text-align: center;">二次飛来物の現地調査について</p> <p>1. 現地調査の概要</p> <p>竜巻による二次飛来物を抽出するため、発電所構内において平成 26 年 8 月に現地調査を実施した。現地調査では、風圧力や飛来物による被害を受けると考えられる設備及び建物・構築物を確認した。</p> <p>二次飛来物の発生を考慮する建物・構築物として、以下を調査対象施設とした。調査対象施設の配置を図 1 に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 原子炉建物 b) 廃棄物処理建物 c) タービン建物 d) サービス建物 e) サイトバンカ建物 f) 制御室建物 g) 補助ボイラ h) 固体廃棄物貯蔵所 i) 開閉所 j) 管理事務所 k) 協力会社事務所 l) 送電鉄塔 m) 技術訓練棟 n) 免震重要棟 o) 純水装置建物 p) 排気筒 	<p>(柏崎 6/7 は「添付資料 3.3 3.3(1) 飛来物調査」及び「添付資料 3.3 別紙 1(2) 柏崎刈羽原子力発電所の屋外屋根、シャッター、ガラス窓、仮設足場の状況」で記載)</p> <p>(東海第二は「添付資料 9 2. 発電所構内の物品調査」及び「別紙 9-1 (2) 発電所の屋外屋根及びガラス窓の状況」で記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1944 966 2270 997">図1 調査対象施設の配置</p> <p data-bbox="1736 1018 1944 1050">2. 現地調査結果</p> <p data-bbox="1736 1060 2507 1354">二次飛来物の発生を考慮する設備及び建物・構築物を調査した結果、建物の金属製屋根・外壁、シャッター、ガラス窓及び給排気用格子が飛散物となり得ると判断した。なお、地面に固定されていたり、複数のボルト等で締結されているものについては二次飛来物となり難いことから除外した。二次飛来物となり得る部位の抽出結果を表1に、二次飛来物になり得る部位の写真を図2に示す。</p> <p data-bbox="1736 1375 2507 1585">建物の金属製屋根・外壁、シャッター、ガラス窓及び給排気用格子については、「過去の竜巻事例に基づく飛来物の検討(別紙-1)」により、二次飛来物となった場合でも、分解され小型軽量な物品となるため、その影響は設計飛来物に包含されると考えられる。</p>	


柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																																													
		<p>表1 二次飛来物の発生を考慮する設備及び建物・構築物における二次飛来物となり得る部位の抽出結果 (1 / 4)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1724 331 2279 411">飛来物に対して影響を受ける可能性のある部位</th> <th data-bbox="2279 331 2377 411">二次飛来物 になり得る 部位の有無</th> <th data-bbox="2377 331 2496 411">二次飛来物にな り得る部位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1号T/B北側DEG給気口</td><td>—</td></tr> <tr><td>2</td><td>鉄イオン溶解槽, 電解液受槽 (取水槽)</td><td>—</td></tr> <tr><td>3</td><td>北側出入管理建物ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>4</td><td>1号Rw/B南側シャッター (1FL)</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>5</td><td>1号Rw/B南西側シャッター (1FL)</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>6</td><td>1号Rw/B南側シャッター (2FL)</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>7</td><td>1号T/B空調換気系給気用格子 (屋上)</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>8</td><td>1号T/B空調換気系給気用格子 (水平)</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>9</td><td>1号中央制御室空調換気系給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>10</td><td>1号R/B空調換気系給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>11</td><td>2号T/B北東側水素ガスボンベ室シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>12</td><td>2号鉄イオン溶解タンク (取水槽)</td><td>—</td></tr> <tr><td>13</td><td>2号鉄イオン保管建物シャッター (取水槽)</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>14</td><td>2号T/Bシャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>15</td><td>補機メンテナンス建物東側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>16</td><td>補機メンテナンス建物西側シャッター, ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>17</td><td>補機メンテナンス建物南側シャッター, ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>18</td><td>補機メンテナンス建物北側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>19</td><td>補機メンテナンス建物東側シャッター, ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>20</td><td>補機メンテナンス建物西側シャッター, ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>21</td><td>R/B西側液酸化素タンク</td><td>—</td></tr> <tr><td>22</td><td>水素ガストレーラ庫</td><td>—</td></tr> <tr><td>23</td><td>HPCS-DEG室排気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>24</td><td>R/B空調換気系給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>25</td><td>HPCS-DEG室給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>26</td><td>A, B-DEG室給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>27</td><td>HPCS電気室空調換気系給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>28</td><td>HPCS電気室空調換気系排気口</td><td>—</td></tr> <tr><td>29</td><td>A, B非常用電気室空調換気系給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>30</td><td>T/B空調換気系給気用格子 常用電気室空調換気系給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> </tbody> </table>	飛来物に対して影響を受ける可能性のある部位	二次飛来物 になり得る 部位の有無	二次飛来物にな り得る部位	1	1号T/B北側DEG給気口	—	2	鉄イオン溶解槽, 電解液受槽 (取水槽)	—	3	北側出入管理建物ガラス窓	○ ガラス窓	4	1号Rw/B南側シャッター (1FL)	○ シャッター	5	1号Rw/B南西側シャッター (1FL)	○ シャッター	6	1号Rw/B南側シャッター (2FL)	○ シャッター	7	1号T/B空調換気系給気用格子 (屋上)	○ 給排気用格子	8	1号T/B空調換気系給気用格子 (水平)	○ 給排気用格子	9	1号中央制御室空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子	10	1号R/B空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子	11	2号T/B北東側水素ガスボンベ室シャッター	○ シャッター	12	2号鉄イオン溶解タンク (取水槽)	—	13	2号鉄イオン保管建物シャッター (取水槽)	○ シャッター	14	2号T/Bシャッター	○ シャッター	15	補機メンテナンス建物東側シャッター	○ シャッター	16	補機メンテナンス建物西側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	17	補機メンテナンス建物南側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	18	補機メンテナンス建物北側シャッター	○ シャッター	19	補機メンテナンス建物東側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	20	補機メンテナンス建物西側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	21	R/B西側液酸化素タンク	—	22	水素ガストレーラ庫	—	23	HPCS-DEG室排気用格子	○ 給排気用格子	24	R/B空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子	25	HPCS-DEG室給気用格子	○ 給排気用格子	26	A, B-DEG室給気用格子	○ 給排気用格子	27	HPCS電気室空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子	28	HPCS電気室空調換気系排気口	—	29	A, B非常用電気室空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子	30	T/B空調換気系給気用格子 常用電気室空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子	
飛来物に対して影響を受ける可能性のある部位	二次飛来物 になり得る 部位の有無	二次飛来物にな り得る部位																																																																																														
1	1号T/B北側DEG給気口	—																																																																																														
2	鉄イオン溶解槽, 電解液受槽 (取水槽)	—																																																																																														
3	北側出入管理建物ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																														
4	1号Rw/B南側シャッター (1FL)	○ シャッター																																																																																														
5	1号Rw/B南西側シャッター (1FL)	○ シャッター																																																																																														
6	1号Rw/B南側シャッター (2FL)	○ シャッター																																																																																														
7	1号T/B空調換気系給気用格子 (屋上)	○ 給排気用格子																																																																																														
8	1号T/B空調換気系給気用格子 (水平)	○ 給排気用格子																																																																																														
9	1号中央制御室空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																														
10	1号R/B空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																														
11	2号T/B北東側水素ガスボンベ室シャッター	○ シャッター																																																																																														
12	2号鉄イオン溶解タンク (取水槽)	—																																																																																														
13	2号鉄イオン保管建物シャッター (取水槽)	○ シャッター																																																																																														
14	2号T/Bシャッター	○ シャッター																																																																																														
15	補機メンテナンス建物東側シャッター	○ シャッター																																																																																														
16	補機メンテナンス建物西側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																														
17	補機メンテナンス建物南側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																														
18	補機メンテナンス建物北側シャッター	○ シャッター																																																																																														
19	補機メンテナンス建物東側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																														
20	補機メンテナンス建物西側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																														
21	R/B西側液酸化素タンク	—																																																																																														
22	水素ガストレーラ庫	—																																																																																														
23	HPCS-DEG室排気用格子	○ 給排気用格子																																																																																														
24	R/B空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																														
25	HPCS-DEG室給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																														
26	A, B-DEG室給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																														
27	HPCS電気室空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																														
28	HPCS電気室空調換気系排気口	—																																																																																														
29	A, B非常用電気室空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																														
30	T/B空調換気系給気用格子 常用電気室空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																														




柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																																																																																																									
		<p>表1 二次飛来物の発生を考慮する設備及び建物・構築物における二次飛来物となり得る部位の抽出結果 (2 / 4)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1715 331 2249 388">飛来物に対して影響を受ける可能性のある部位</th> <th data-bbox="2249 331 2377 388">二次飛来物になり得る部位の有無</th> <th data-bbox="2377 331 2510 388">二次飛来物になり得る部位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>31</td><td>Rw/B空調換気系給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>32</td><td>中央制御室空調換気系給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>33</td><td>エスカレータガラス窓 (4.4m盤)</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>34</td><td>上水タンク (5.0m盤, 7.7m盤)</td><td>—</td></tr> <tr><td>35</td><td>日立6号棟シャッター (4.4m盤)</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>36</td><td>日立6号棟ガラス窓 (4.4m盤)</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>37</td><td>日立5号棟ガラス窓 (4.4m盤)</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>38</td><td>CPC事務所ガラス窓 (4.4m盤)</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>39</td><td>日立2号棟ガラス窓 (4.4m盤)</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>40</td><td>日立1号棟ガラス窓 (4.4m盤)</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>41</td><td>日立3, 4号棟ガラス窓 (4.4m盤)</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>42</td><td>協力会社事務所南側ガラス窓 (4.4m盤)</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>43</td><td>協力会社事務所北側ガラス窓 (4.4m盤)</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>44</td><td>第2防護本部シャッター (4.4m盤)</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>45</td><td>免震重要棟</td><td>— 窓等なし</td></tr> <tr><td>46</td><td>事務所2号館西側給排気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>47</td><td>事務所2号館北側給排気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>48</td><td>事務所2号館北側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>49</td><td>事務所1号館ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>50</td><td>事務所3号館シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>51</td><td>事務所3号館シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>52</td><td>事務者3号館ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>53</td><td>純水処理建物給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>54</td><td>補助ボイラー室北側シャッター (1)</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>55</td><td>補助ボイラー室北側シャッター (2)</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>56</td><td>純水タンク (A)</td><td>—</td></tr> <tr><td>57</td><td>純水タンク (B)</td><td>—</td></tr> <tr><td>58</td><td>3号倉庫東側シャッター, ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>59</td><td>3号倉庫北側シャッター, ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>60</td><td>2号倉庫西側シャッター, ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>61</td><td>2号倉庫南西側シャッター-ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>62</td><td>2号倉庫南東側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>63</td><td>2号倉庫東側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>64</td><td>2号倉庫ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>65</td><td>サイトバンカ建物西側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>66</td><td>サイトバンカ建物南側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>67</td><td>サイトバンカ建物給気口</td><td>—</td></tr> <tr><td>68</td><td>サイトバンカ建物ガラス窓 (1)</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>69</td><td>サイトバンカ建物ガラス窓 (2)</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>70</td><td>危険物屋内貯蔵所東側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>71</td><td>プロワ室ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>72</td><td>汚水処理施設ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>73</td><td>固体廃棄物貯蔵庫A棟西側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>74</td><td>空コンテナ保管庫西側に面するシャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>75</td><td>技術訓練棟1号館ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>76</td><td>技術訓練棟1号館北側シャッター, ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>77</td><td>技術訓練棟2号館西側シャッター, ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>78</td><td>1号ろ過水装置建物の西側シャッター, ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>79</td><td>1号ろ過水装置タンク (1)</td><td>—</td></tr> <tr><td>80</td><td>1号ろ過水装置タンク (2)</td><td>—</td></tr> </tbody> </table>	飛来物に対して影響を受ける可能性のある部位	二次飛来物になり得る部位の有無	二次飛来物になり得る部位	31	Rw/B空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子	32	中央制御室空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子	33	エスカレータガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓	34	上水タンク (5.0m盤, 7.7m盤)	—	35	日立6号棟シャッター (4.4m盤)	○ シャッター	36	日立6号棟ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓	37	日立5号棟ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓	38	CPC事務所ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓	39	日立2号棟ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓	40	日立1号棟ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓	41	日立3, 4号棟ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓	42	協力会社事務所南側ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓	43	協力会社事務所北側ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓	44	第2防護本部シャッター (4.4m盤)	○ シャッター	45	免震重要棟	— 窓等なし	46	事務所2号館西側給排気用格子	○ 給排気用格子	47	事務所2号館北側給排気用格子	○ 給排気用格子	48	事務所2号館北側シャッター	○ シャッター	49	事務所1号館ガラス窓	○ ガラス窓	50	事務所3号館シャッター	○ シャッター	51	事務所3号館シャッター	○ シャッター	52	事務者3号館ガラス窓	○ ガラス窓	53	純水処理建物給気用格子	○ 給排気用格子	54	補助ボイラー室北側シャッター (1)	○ シャッター	55	補助ボイラー室北側シャッター (2)	○ シャッター	56	純水タンク (A)	—	57	純水タンク (B)	—	58	3号倉庫東側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	59	3号倉庫北側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	60	2号倉庫西側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	61	2号倉庫南西側シャッター-ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	62	2号倉庫南東側シャッター	○ シャッター	63	2号倉庫東側シャッター	○ シャッター	64	2号倉庫ガラス窓	○ ガラス窓	65	サイトバンカ建物西側シャッター	○ シャッター	66	サイトバンカ建物南側シャッター	○ シャッター	67	サイトバンカ建物給気口	—	68	サイトバンカ建物ガラス窓 (1)	○ ガラス窓	69	サイトバンカ建物ガラス窓 (2)	○ ガラス窓	70	危険物屋内貯蔵所東側シャッター	○ シャッター	71	プロワ室ガラス窓	○ ガラス窓	72	汚水処理施設ガラス窓	○ ガラス窓	73	固体廃棄物貯蔵庫A棟西側シャッター	○ シャッター	74	空コンテナ保管庫西側に面するシャッター	○ シャッター	75	技術訓練棟1号館ガラス窓	○ ガラス窓	76	技術訓練棟1号館北側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	77	技術訓練棟2号館西側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	78	1号ろ過水装置建物の西側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	79	1号ろ過水装置タンク (1)	—	80	1号ろ過水装置タンク (2)	—	
飛来物に対して影響を受ける可能性のある部位	二次飛来物になり得る部位の有無	二次飛来物になり得る部位																																																																																																																																																										
31	Rw/B空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																																																																																										
32	中央制御室空調換気系給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																																																																																										
33	エスカレータガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
34	上水タンク (5.0m盤, 7.7m盤)	—																																																																																																																																																										
35	日立6号棟シャッター (4.4m盤)	○ シャッター																																																																																																																																																										
36	日立6号棟ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
37	日立5号棟ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
38	CPC事務所ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
39	日立2号棟ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
40	日立1号棟ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
41	日立3, 4号棟ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
42	協力会社事務所南側ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
43	協力会社事務所北側ガラス窓 (4.4m盤)	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
44	第2防護本部シャッター (4.4m盤)	○ シャッター																																																																																																																																																										
45	免震重要棟	— 窓等なし																																																																																																																																																										
46	事務所2号館西側給排気用格子	○ 給排気用格子																																																																																																																																																										
47	事務所2号館北側給排気用格子	○ 給排気用格子																																																																																																																																																										
48	事務所2号館北側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
49	事務所1号館ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
50	事務所3号館シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
51	事務所3号館シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
52	事務者3号館ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
53	純水処理建物給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																																																																																										
54	補助ボイラー室北側シャッター (1)	○ シャッター																																																																																																																																																										
55	補助ボイラー室北側シャッター (2)	○ シャッター																																																																																																																																																										
56	純水タンク (A)	—																																																																																																																																																										
57	純水タンク (B)	—																																																																																																																																																										
58	3号倉庫東側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																																																																																										
59	3号倉庫北側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																																																																																										
60	2号倉庫西側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																																																																																										
61	2号倉庫南西側シャッター-ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																																																																																										
62	2号倉庫南東側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
63	2号倉庫東側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
64	2号倉庫ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
65	サイトバンカ建物西側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
66	サイトバンカ建物南側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
67	サイトバンカ建物給気口	—																																																																																																																																																										
68	サイトバンカ建物ガラス窓 (1)	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
69	サイトバンカ建物ガラス窓 (2)	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
70	危険物屋内貯蔵所東側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
71	プロワ室ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
72	汚水処理施設ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
73	固体廃棄物貯蔵庫A棟西側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
74	空コンテナ保管庫西側に面するシャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
75	技術訓練棟1号館ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
76	技術訓練棟1号館北側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																																																																																										
77	技術訓練棟2号館西側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																																																																																										
78	1号ろ過水装置建物の西側シャッター, ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																																																																																										
79	1号ろ過水装置タンク (1)	—																																																																																																																																																										
80	1号ろ過水装置タンク (2)	—																																																																																																																																																										

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																																																																																																									
		表1 二次飛来物の発生を考慮する設備及び建物・構築物における二次飛来物となり得る部位の抽出結果 (3 / 4)																																																																																																																																																										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1727 333 2279 409">飛来物に対して影響を受ける可能性のある部位</th> <th data-bbox="2285 333 2380 409">二次飛来物となり得る部位の有無</th> <th data-bbox="2386 333 2504 409">二次飛来物になり得る部位</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>81</td><td>2号ろ過水装置建物シャッター、ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>82</td><td>2号ろ過水装置建物ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>83</td><td>2号ろ過水装置タンク (1)</td><td>—</td></tr> <tr><td>84</td><td>2号ろ過水装置タンク (2)</td><td>—</td></tr> <tr><td>85</td><td>2号ろ過水タンク</td><td>—</td></tr> <tr><td>86</td><td>固体廃棄物貯蔵庫B棟南西側シャッター (1)</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>87</td><td>固体廃棄物貯蔵庫B棟南西側シャッター (2)</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>88</td><td>高圧ガス貯蔵所南側フェンス扉</td><td>—</td></tr> <tr><td>89</td><td>5号倉庫給気用格子、ガラス窓</td><td>○ 給排気用格子 ガラス窓</td></tr> <tr><td>90</td><td>5号倉庫南側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>91</td><td>5号倉庫西側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>92</td><td>4.4m版事務所東側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>93</td><td>固体廃棄物貯蔵庫C棟西側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>94</td><td>1号開閉所ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>95</td><td>1号開閉所西側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>96</td><td>1号開閉所南側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>97</td><td>2号開閉所ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>98</td><td>2号炉T/B北側事務所西側シャッター、ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>99</td><td>鉄イオン貯蔵建物南側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>100</td><td>エスカレータ南側シャッター (4.4m壁)</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>101</td><td>2号N o. 1 鉄塔</td><td>—</td></tr> <tr><td>102</td><td>2号N o. 2 鉄塔</td><td>—</td></tr> <tr><td>103</td><td>3号N o. 3 鉄塔</td><td>—</td></tr> <tr><td>104</td><td>ガスタービン発電機資材倉庫南側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>105</td><td>資材倉庫シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>106</td><td>緊急用電気室入口</td><td>—</td></tr> <tr><td>107</td><td>危険物屋内貯蔵建物給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>108</td><td>危険物屋内貯蔵倉庫給気用格子</td><td>○ 給排気用格子</td></tr> <tr><td>109</td><td>R/B東側給気口</td><td>—</td></tr> <tr><td>110</td><td>T/B東側給気口</td><td>—</td></tr> <tr><td>111</td><td>R/B南側給気口</td><td>—</td></tr> <tr><td>112</td><td>S/B屋上階東側給気口</td><td>—</td></tr> <tr><td>113</td><td>S/B南側ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>114</td><td>出入管理棟南側ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>115</td><td>S/B屋上階西側給気口</td><td>—</td></tr> <tr><td>116</td><td>S/B西側ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>117</td><td>S/B西側給気口</td><td>—</td></tr> <tr><td>118</td><td>補助ボイラー建物北側給気口</td><td>—</td></tr> <tr><td>119</td><td>補助ボイラー建物北側重油サービスタンク</td><td>—</td></tr> <tr><td>120</td><td>補助ボイラー建物東側シャッター、ガラス窓</td><td>○ シャッター ガラス窓</td></tr> <tr><td>121</td><td>固体廃棄物貯蔵所D棟南東側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>122</td><td>D棟南西側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>123</td><td>固体廃棄物貯蔵所D棟付属建物西側ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>124</td><td>3号開閉所</td><td>—</td></tr> <tr><td>125</td><td>倉庫西、東側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>126</td><td>倉庫北、南側ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>127</td><td>除じん機メンテナンス建物北、南側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>128</td><td>除じん機建物東、西側ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> <tr><td>129</td><td>補機海水系ポンプメンテナンス建物北、東、南側シャッター</td><td>○ シャッター</td></tr> <tr><td>130</td><td>補機海水系ポンプメンテナンス建物東、西側ガラス窓</td><td>○ ガラス窓</td></tr> </tbody> </table>	飛来物に対して影響を受ける可能性のある部位	二次飛来物となり得る部位の有無	二次飛来物になり得る部位	81	2号ろ過水装置建物シャッター、ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	82	2号ろ過水装置建物ガラス窓	○ ガラス窓	83	2号ろ過水装置タンク (1)	—	84	2号ろ過水装置タンク (2)	—	85	2号ろ過水タンク	—	86	固体廃棄物貯蔵庫B棟南西側シャッター (1)	○ シャッター	87	固体廃棄物貯蔵庫B棟南西側シャッター (2)	○ シャッター	88	高圧ガス貯蔵所南側フェンス扉	—	89	5号倉庫給気用格子、ガラス窓	○ 給排気用格子 ガラス窓	90	5号倉庫南側シャッター	○ シャッター	91	5号倉庫西側シャッター	○ シャッター	92	4.4m版事務所東側シャッター	○ シャッター	93	固体廃棄物貯蔵庫C棟西側シャッター	○ シャッター	94	1号開閉所ガラス窓	○ ガラス窓	95	1号開閉所西側シャッター	○ シャッター	96	1号開閉所南側シャッター	○ シャッター	97	2号開閉所ガラス窓	○ ガラス窓	98	2号炉T/B北側事務所西側シャッター、ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	99	鉄イオン貯蔵建物南側シャッター	○ シャッター	100	エスカレータ南側シャッター (4.4m壁)	○ シャッター	101	2号N o. 1 鉄塔	—	102	2号N o. 2 鉄塔	—	103	3号N o. 3 鉄塔	—	104	ガスタービン発電機資材倉庫南側シャッター	○ シャッター	105	資材倉庫シャッター	○ シャッター	106	緊急用電気室入口	—	107	危険物屋内貯蔵建物給気用格子	○ 給排気用格子	108	危険物屋内貯蔵倉庫給気用格子	○ 給排気用格子	109	R/B東側給気口	—	110	T/B東側給気口	—	111	R/B南側給気口	—	112	S/B屋上階東側給気口	—	113	S/B南側ガラス窓	○ ガラス窓	114	出入管理棟南側ガラス窓	○ ガラス窓	115	S/B屋上階西側給気口	—	116	S/B西側ガラス窓	○ ガラス窓	117	S/B西側給気口	—	118	補助ボイラー建物北側給気口	—	119	補助ボイラー建物北側重油サービスタンク	—	120	補助ボイラー建物東側シャッター、ガラス窓	○ シャッター ガラス窓	121	固体廃棄物貯蔵所D棟南東側シャッター	○ シャッター	122	D棟南西側シャッター	○ シャッター	123	固体廃棄物貯蔵所D棟付属建物西側ガラス窓	○ ガラス窓	124	3号開閉所	—	125	倉庫西、東側シャッター	○ シャッター	126	倉庫北、南側ガラス窓	○ ガラス窓	127	除じん機メンテナンス建物北、南側シャッター	○ シャッター	128	除じん機建物東、西側ガラス窓	○ ガラス窓	129	補機海水系ポンプメンテナンス建物北、東、南側シャッター	○ シャッター	130	補機海水系ポンプメンテナンス建物東、西側ガラス窓	○ ガラス窓	
飛来物に対して影響を受ける可能性のある部位	二次飛来物となり得る部位の有無	二次飛来物になり得る部位																																																																																																																																																										
81	2号ろ過水装置建物シャッター、ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																																																																																										
82	2号ろ過水装置建物ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
83	2号ろ過水装置タンク (1)	—																																																																																																																																																										
84	2号ろ過水装置タンク (2)	—																																																																																																																																																										
85	2号ろ過水タンク	—																																																																																																																																																										
86	固体廃棄物貯蔵庫B棟南西側シャッター (1)	○ シャッター																																																																																																																																																										
87	固体廃棄物貯蔵庫B棟南西側シャッター (2)	○ シャッター																																																																																																																																																										
88	高圧ガス貯蔵所南側フェンス扉	—																																																																																																																																																										
89	5号倉庫給気用格子、ガラス窓	○ 給排気用格子 ガラス窓																																																																																																																																																										
90	5号倉庫南側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
91	5号倉庫西側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
92	4.4m版事務所東側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
93	固体廃棄物貯蔵庫C棟西側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
94	1号開閉所ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
95	1号開閉所西側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
96	1号開閉所南側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
97	2号開閉所ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
98	2号炉T/B北側事務所西側シャッター、ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																																																																																										
99	鉄イオン貯蔵建物南側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
100	エスカレータ南側シャッター (4.4m壁)	○ シャッター																																																																																																																																																										
101	2号N o. 1 鉄塔	—																																																																																																																																																										
102	2号N o. 2 鉄塔	—																																																																																																																																																										
103	3号N o. 3 鉄塔	—																																																																																																																																																										
104	ガスタービン発電機資材倉庫南側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
105	資材倉庫シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
106	緊急用電気室入口	—																																																																																																																																																										
107	危険物屋内貯蔵建物給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																																																																																										
108	危険物屋内貯蔵倉庫給気用格子	○ 給排気用格子																																																																																																																																																										
109	R/B東側給気口	—																																																																																																																																																										
110	T/B東側給気口	—																																																																																																																																																										
111	R/B南側給気口	—																																																																																																																																																										
112	S/B屋上階東側給気口	—																																																																																																																																																										
113	S/B南側ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
114	出入管理棟南側ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
115	S/B屋上階西側給気口	—																																																																																																																																																										
116	S/B西側ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
117	S/B西側給気口	—																																																																																																																																																										
118	補助ボイラー建物北側給気口	—																																																																																																																																																										
119	補助ボイラー建物北側重油サービスタンク	—																																																																																																																																																										
120	補助ボイラー建物東側シャッター、ガラス窓	○ シャッター ガラス窓																																																																																																																																																										
121	固体廃棄物貯蔵所D棟南東側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
122	D棟南西側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
123	固体廃棄物貯蔵所D棟付属建物西側ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
124	3号開閉所	—																																																																																																																																																										
125	倉庫西、東側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
126	倉庫北、南側ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
127	除じん機メンテナンス建物北、南側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
128	除じん機建物東、西側ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										
129	補機海水系ポンプメンテナンス建物北、東、南側シャッター	○ シャッター																																																																																																																																																										
130	補機海水系ポンプメンテナンス建物東、西側ガラス窓	○ ガラス窓																																																																																																																																																										

表1 二次飛来物の発生を考慮する設備及び建物・構築物における二次飛来物となり得る部位の抽出結果 (4 / 4)

No.	飛来物に対して影響を受ける可能性のある部位	二次飛来物になり得る部位の有無	二次飛来物になり得る部位
131	ガスボンベ庫東側給気口	—	
132	ガスボンベ庫西側給気口	—	
133	第3危険物倉庫東側シャッター	○	シャッター
134	ボーリングコア倉庫東側シャッター	○	シャッター
135	ボーリングコア倉庫南, 北側ガラス窓	○	ガラス窓
136	島根原子力幹線送電鉄塔(No.1,2)	—	
137	島根原子力幹線送電鉄塔(No.3)	—	
138	給水設備建物東側シャッター	○	シャッター
139	給水設備建物東, 北側ガラス窓	○	ガラス窓
140	給水設備建物西側ガラス窓	○	ガラス窓
141	純水タンク, ろ過水タンク, 消火用水タンク	—	
142	排気筒	—	
143	重油タンク移送ポンプ室南側ガラス窓	○	ガラス窓
144	2号炉放水路モニタ室東, 南側に面するガラス窓	○	ガラス窓
145	海水電解装置設備周囲の亚克力ケース	—	
146	東口建物北側ガラス窓	○	ガラス窓
147	東口建物東, 西側亚克力扉	—	
148	北口建物西側ガラス窓	○	ガラス窓
149	北口建物南, 北側亚克力扉	—	
150	1号炉原子炉建物	○	金属製外壁
151	1号炉タービン建物	○	金属製屋根
152	1号炉廃棄物処理建物	—	
153	1号炉排気筒	—	
154	2号炉原子炉建物	—	
155	2号炉タービン建物	—	
156	2号炉廃棄物処理建物	—	
157	2号炉排気筒	—	
158	制御室建物	—	
159	3号炉原子炉建物	—	
160	3号炉タービン建物	—	
161	3号炉廃棄物処理建物	—	
162	3号炉排気筒	—	
163	3号炉制御室建物	—	
164	3号炉サービス建物	—	
165	3号炉補助ボイラ	○	金属製屋根・外壁
166	3号出入管理棟	○	金属製屋根・外壁
167	固体廃棄物貯蔵所 (A棟)	—	
168	固体廃棄物貯蔵所 (B棟)	—	
169	固体廃棄物貯蔵所 (C棟)	—	
170	固体廃棄物貯蔵所 (D棟)	—	
171	66kV開閉所 (1号機屋内開閉所)	○	金属製屋根・外壁
172	220kV開閉所 (2号機開閉所電気室)	—	
173	500kV開閉所 (開閉所電気品室)	—	
174	管理事務所1号館	○	金属製屋根・外壁
175	管理事務所2号館	—	
176	管理事務所3号館	○	金属製屋根
177	管理事務所4号館	○	金属製屋根
178	サイトバンカ建物	—	
179	サイトバンカ付属倉庫	○	金属製屋根
180	純水装置建物	○	金属製屋根・外壁
181	免震重要棟	○	金属製屋根
182	技術訓練棟	—	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>3 北側出入管理建物ガラス窓</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>4 1号Rw/B南側シャッター (1FL)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>5 1号Rw/B南西側シャッター (1FL)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>6 1号Rw/B南側シャッター (2FL)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>7 1号T/B空調換気系給気用格子 (屋上)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>8 1号T/B空調換気系給気用格子 (水平)</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図2 二次飛来物になり得る施設の写真(1 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>9 1号中央制御室空調換気系給気用格子</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>10 1号R/B空調換気系給気用格子</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>11 2号T/B北東側水素ガスポンプ室シャッター</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  <p>14 2号T/Bシャッター</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>15 補機メンテナンス建物東側シャッター</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図2 二次飛来物になり得る施設の写真(2 / 20)</p>	


柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>16 補機メンテナンス建物西側シャッター, ガラス窓 17 補機メンテナンス建物南側シャッター, ガラス窓</p> <p>18 補機メンテナンス建物北側シャッター 19 補機メンテナンス建物東側シャッター, ガラス窓</p> <p>20 補機メンテナンス建物西側シャッター, ガラス窓 23 HPCS-DEG室排気用格子</p> <p>図2 二次飛来物になり得る施設の写真(3 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>24 R / B空調換気系給気用格子</p> <p>25 HPCS - DEG室給気用格子</p> <p>26 A, B - DEG室給気用格子</p> <p>27 HPCS 電気室空調換気系給気用格子</p> <p>29 A, B非常用電気室空調換気系給気用格子</p> <p>30 T / B空調換気系給気用格子 常用電気室空調換気系給排気用格子</p> <p>図2 二次飛来物になり得る施設の写真(4 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>31 R w / B 空調換気系給気用格子</p> <p>32 中央制御室空調換気系給気用格子</p> <p>33 エスカレータガラス窓 (4.4 m盤)</p> <p>35 日立6号棟シャッター (4.4 m盤)</p> <p>36 日立6号棟ガラス窓 (4.4 m盤)</p> <p>37 日立5号棟ガラス窓 (4.4 m盤)</p> <p>図2 二次飛来物になり得る施設の写真(5 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>38 CPC事務所ガラス窓 (4.4m盤)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>39 日立2号棟ガラス窓 (4.4m盤)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>40 日立1号棟ガラス窓 (4.4m盤)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>41 日立3, 4号棟ガラス窓 (4.4m盤)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>42 協力会社事務所南側ガラス窓 (4.4m盤)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>43 協力会社事務所北側ガラス窓 (4.4m盤)</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図2 二次飛来物になり得る施設の写真(6 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> </div> <p style="text-align: center;">図2 二次飛来物になり得る施設の写真(7 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>51 事務所3号館シャッター</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>52 事務所3号館ガラス窓</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>53 純水処理建物給気用格子</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>54 補助ボイラー室北側シャッター (1)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>55 補助ボイラー室北側シャッター (2)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>58 3号倉庫東側シャッター, ガラス窓</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図2 二次飛来物になり得る施設の写真(8 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>59 3号倉庫北側シャッター、ガラス窓</p> <p>60 2号倉庫西側シャッター、ガラス窓</p> <p>61 2号倉庫南西側シャッターガラス窓</p> <p>62 2号倉庫南東側シャッター</p> <p>63 2号倉庫東側シャッター</p> <p>64 2号倉庫ガラス窓</p> <p>図2 二次飛来物になり得る施設の写真(9 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>65 サイトバンカ建物西側シャッター</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>66 サイトバンカ建物南側シャッター</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>68 サイトバンカ建物ガラス窓 (1)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>69 サイトバンカ建物ガラス窓 (2)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>70 危険物屋内貯蔵所東側シャッター</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>71 ブロワ室ガラス窓</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図2 二次飛来物になり得る施設の写真(10 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>72 汚水処理施設ガラス窓</p> <p>73 固体廃棄物貯蔵庫A棟西側シャッター</p> <p>74 空コンテナ保管庫西側に面するシャッター</p> <p>75 技術訓練棟1号館ガラス窓</p> <p>76 技術訓練棟1号館北側シャッター、ガラス窓</p> <p>77 技術訓練棟2号館西側シャッター、ガラス窓</p> <p>図2 二次飛来物になり得る施設の写真(11 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>78 1号ろ過水装置建物の西側シャッター, ガラス窓</p> <p>81 2号ろ過水装置建物シャッター, ガラス窓</p> <p>82 2号ろ過水装置建物ガラス窓</p> <p>86 固体廃棄物貯蔵庫B棟南西側シャッター (1)</p> <p>87 固体廃棄物貯蔵庫B棟南西側シャッター (2)</p> <p>89 5号倉庫給気用格子, ガラス窓</p> <p>図2 二次飛来物になり得る施設の写真(12 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>90 5号倉庫南側シャッター 5号倉庫 (南側)</p> <p>91 5号倉庫西側シャッター 5号倉庫 (西側)</p> <p>92 4.4m版事務所東側シャッター</p> <p>93 固体廃棄物貯蔵庫C棟西側シャッター</p> <p>94 1号開閉所ガラス窓</p> <p>95 1号開閉所西側シャッター</p> <p>図2 二次飛来物になり得る施設の写真(13 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>96 1号開閉所南側シャッター</p> <p>97 2号開閉所ガラス窓</p> <p>98 2号炉T/B北側事務所西側シャッター、ガラス窓</p> <p>99 鉄イオン貯蔵建物南側シャッター</p> <p>100 エスカレータ南側シャッター (4.4m盤)</p> <p>104 ガスタービン発電機資材倉庫南側シャッター</p> <p>図2 二次飛来物になり得る施設の写真(14/20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>105 資材倉庫シャッター</p> <p>107 危険物屋内貯蔵建物給気用格子</p> <p>108 危険物屋内貯蔵倉庫給気用格子</p> <p>113 S / B南側ガラス窓</p> <p>114 出入管理棟南側ガラス窓</p> <p>116 S / B西側ガラス窓</p> <p>図2 二次飛来物になり得る施設の写真(15 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>120 補助ボイラー建物東側シャッター、ガラス窓</p> <p>121 固体廃棄物貯蔵所D棟南東側シャッター</p> <p>122 D棟南西側シャッター</p> <p>123 固体廃棄物貯蔵所D棟付属建物西側ガラス窓</p> <p>125 倉庫西、東側シャッター</p> <p>126 倉庫北、南側ガラス窓</p> <p>西 東側にも同様のシャッター</p> <p>北 南側にも同様のガラス窓</p> <p>図2 二次飛来物になり得る施設の写真(16 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%;">  <p>127 除じん機メンテナンス建物北, 南側シャッター</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>128 除じん機建物東, 西側ガラス窓</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>129 補機海水系ポンプメンテナンス建物北, 東, 南側シャッター</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>130 補機海水系ポンプメンテナンス建物東, 西側ガラス窓</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>133 第3危険物倉庫東側シャッター</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p>134 ボーリングコア倉庫東側シャッター</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図2 二次飛来物になり得る施設の写真(17 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
-------------------------------------	-------------------------	--------------	----



図2 二次飛来物になり得る施設の写真(18 / 20)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>146 東口建物北側ガラス窓</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>148 北口建物西側ガラス窓</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>150 1号炉原子炉建物</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>165 3号炉補助ボイラ</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>166 3号出入管理棟</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>171 6.6 kV開閉所 (1号機屋内開閉所)</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>174 1号館管理事務所</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>176 3号館管理事務所</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">図2 二次飛来物になり得る施設の写真(19 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>177 4号館管理事務所</p> <p>179 サイトパンカ付風倉庫</p> <p>180 純水装置建物</p> <p>181 免震重要棟</p> <p>図2 二次飛来物になり得る施設の写真(20 / 20)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p data-bbox="148 357 178 409">初稿2</p> <p data-bbox="192 756 222 1092">飛来物初期高さ (高台高さ) の設定</p> <p data-bbox="231 357 311 1491">飛来物候補の飛散評価を実施する際に、飛来物の初期高さを設定する必要がある。飛来物の初期高さは、プラントウォーターダウンにて確認した飛来物の設置場所と評価対象施設との高低差を踏まえ設定した。ただし、仮設物のように設置場所の特定が困難な物品については、評価対象施設に到達する可能性のある初期高さのうち、最大の高さを飛来物の初期高さとして設定した。図1に設定した各飛来物の初期高さを示す。</p> <p data-bbox="311 357 371 1491">なお、図1で記載した飛来物のうち、評価対象施設に到達する可能性があり、設計飛来物による影響に包絡されない飛来物(図1の灰色)については、外部事象防護対象施設との距離をとる又は固縛等を実施する。(図1の黒字は、設計飛来物若しくは設計飛来物の影響に包絡される飛来物のため、固縛等は実施しない)</p> <div data-bbox="371 346 890 1480" style="border: 1px solid black; height: 540px; width: 175px; margin-top: 10px;"> <p data-bbox="371 388 400 766" style="font-size: small;">防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません</p> </div> <p data-bbox="133 1512 727 1543">図1 各代表飛来物の設置場所を踏まえた初期高さ</p>			<p data-bbox="2522 210 2834 378">備考 (島根2号炉は「添付資料3.2 竜巻影響評価及び竜巻対策の概要」で記載)</p>

別紙3

竜巻時に発生するひょうの影響について

竜巻時はひょうを伴うこともあるため、ひょうに関する文献を参考にひょうの影響について検討を行った。

ひょうはあられが大きく成長したもので、直径5mm以上の氷の粒子である。ひょうの大きさは、通常は直径が5~50mmである^{※1}。このことから、直径50mmのひょうを対象に影響評価を行う。なお、ひょうの大きさの変化に対する影響度を確認するため、比較対象として、参考文献^{※2}に記載の雹で最大である10cmのひょうにて評価を実施したとしても設計飛来物に包含されることも確認した。

空気中を落下する物体は空気抵抗を受けるので、時間を経れば空気抵抗と重力が釣り合い等速運動となり、一定の速度（終端速度）となる。空気中を落下するひょうもこの終端速度で落下する。ひょうの粒径ごとの終端速度を表1に示す。

表1 ひょうの粒径ごとの終端速度^{※2}

粒径 (cm)	終端速度 (m/s)
1	9
2	16
5	33
10	59

ここで、ひょうの影響を評価するため、運動エネルギー、貫通のしやすさを評価した結果を設計飛来物（鋼製材）と比較し表2に示す。ひょうの影響は設計飛来物（鋼製材）に包含できると言える。

添付資料10

竜巻時に発生するひょうの影響について

竜巻においてはひょうを伴うことがあるため、ひょうの影響について検討を行った。

ひょうはあられが大きく成長したもので、直径5mm以上の氷の粒子である。ひょうの粒径の上限は、文献⁽¹⁾によれば通常は直径が5mm~50mmとされているが、ひょうの粒径の変化に対する影響度を確認するため、別の文献⁽²⁾に記載のひょうのうち最大の10cmのひょうまでを想定した評価を実施した。

空気中を落下する物体は空気抵抗を受けるので、時間が経てば空気抵抗と重力とが釣り合い等速運動となり、一定の速度（終端速度）となる。空気中を落下するひょうもこの終端速度で落下する。ひょうの粒径ごとの終端速度を第1-1表に示す。

第1-1表 ひょうの粒径ごとの終端速度⁽²⁾

粒径 (cm)	終端速度 (m/s)
1	9
2	16
5	33
10	59

ここで、ひょうの影響を評価するため、運動エネルギー、貫通力（貫通限界厚さ）を評価した結果を設計飛来物（鋼製材）と比較し第1-2表に示す。その結果、ひょうの影響は設計飛来物（鋼製材）に十分包絡できると言える。

別紙-4

竜巻時に発生するひょうの影響について

竜巻時はひょうを伴うこともあるため、ひょうに関する文献を参考にひょうの影響について検討を行った。

ひょうはあられが大きく成長したもので、直径5mm以上の氷の粒子である。ひょうの大きさは、通常は直径が5~50mmである^{※1}。このことから、直径50mmのひょうを対象に影響評価を行う。

空気中を落下する物体は空気抵抗を受けるので、時間が経てば空気抵抗と重力が釣り合い等速運動（終端速度）となる。空気中を落下するひょうもこの終端速度で落下する。ひょうの粒径毎の終端速度を表1に示す。

表1 ひょうの粒径毎の終端速度^{※2}

粒径 (cm)	終端速度 (m/s)
1	9
2	16
5	33
10	59

ひょうの大きさの変化に対する影響度を確認するため、比較対象として、参考文献^{※2}に記載のある最大10cmのひょうに対して運動エネルギー、貫通のしやすさの評価を実施し、設計飛来物（鋼製材）との比較した結果を表2に示す。ひょうの影響は設計飛来物（鋼製材）に包含できる。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																
<p style="text-align: center;"><u>表 2 粒径 5cm 及び 10cm ひょうの影響評価</u></p> <table border="1" data-bbox="142 348 893 541"> <thead> <tr> <th></th> <th>粒径 5cm ひょう</th> <th>粒径 10cm ひょう</th> <th>設計飛来物 (鋼製材)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>運動エネルギー</td> <td>0.04kJ</td> <td>0.91 kJ</td> <td>3 kJ</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">貫通限界厚さ (鉛直)</td> <td>コンクリート Fc=330kgf/cm²</td> <td>0.8cm</td> <td>2.7cm</td> </tr> <tr> <td>鋼板</td> <td>0.2mm</td> <td>0.7mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 : 白木正規, 百万人の天気教室, 成山堂書店 ※2 : 小倉義光, 一般気象学, 東京大学出版会</p>		粒径 5cm ひょう	粒径 10cm ひょう	設計飛来物 (鋼製材)	運動エネルギー	0.04kJ	0.91 kJ	3 kJ	貫通限界厚さ (鉛直)	コンクリート Fc=330kgf/cm ²	0.8cm	2.7cm	鋼板	0.2mm	0.7mm	<p style="text-align: center;"><u>第 1-2 表 粒径 5cm 及び 10cm ひょうの影響評価 及び設計飛来物との比較結果</u></p> <table border="1" data-bbox="934 331 1697 695"> <thead> <tr> <th rowspan="2">評価対象</th> <th rowspan="2">運動エネルギー</th> <th colspan="2">貫通限界厚さ (鉛直)</th> </tr> <tr> <th>コンクリート (Fc=225kgf/cm²)</th> <th>鋼板</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>粒径 5cm ひょう</td> <td>0.04kJ</td> <td>0.8cm</td> <td>0.2mm</td> </tr> <tr> <td>粒径 10cm ひょう</td> <td>0.85kJ</td> <td>2.9cm</td> <td>0.8mm</td> </tr> <tr> <td>設計飛来物 (鋼製材)</td> <td>79kJ</td> <td>18.8cm</td> <td>19mm</td> </tr> </tbody> </table> <p><参考文献> (1) 白木正規, 百万人の天気教室, 成山堂書店 (2) 小倉義光, 一般気象学, 東京大学出版会</p>	評価対象	運動エネルギー	貫通限界厚さ (鉛直)		コンクリート (Fc=225kgf/cm ²)	鋼板	粒径 5cm ひょう	0.04kJ	0.8cm	0.2mm	粒径 10cm ひょう	0.85kJ	2.9cm	0.8mm	設計飛来物 (鋼製材)	79kJ	18.8cm	19mm	<p style="text-align: center;"><u>表 2 粒径 5cm 及び 10cm ひょうの影響評価</u></p> <table border="1" data-bbox="1727 289 2490 558"> <thead> <tr> <th></th> <th>粒径5cm ひょう</th> <th>粒径10cm ひょう</th> <th>設計飛来物 (鋼製材)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>運動エネルギー</td> <td>0.04kJ</td> <td>0.91kJ</td> <td>176kJ</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">貫通限界厚さ (鉛直)</td> <td>コンクリート Fc=330kgf/cm²</td> <td>0.8cm</td> <td>2.7cm</td> </tr> <tr> <td>鋼板</td> <td>0.2mm</td> <td>0.8 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 : 白木正規, 百万人の天気教室, 成山堂書居 ※2 : 小倉義光, 一般気象学, 東京大学出版会</p>		粒径5cm ひょう	粒径10cm ひょう	設計飛来物 (鋼製材)	運動エネルギー	0.04kJ	0.91kJ	176kJ	貫通限界厚さ (鉛直)	コンクリート Fc=330kgf/cm ²	0.8cm	2.7cm	鋼板	0.2mm	0.8 mm	<p>・設計飛来物の相違 【柏崎 6/7】</p>
	粒径 5cm ひょう	粒径 10cm ひょう	設計飛来物 (鋼製材)																																																
運動エネルギー	0.04kJ	0.91 kJ	3 kJ																																																
貫通限界厚さ (鉛直)	コンクリート Fc=330kgf/cm ²	0.8cm	2.7cm																																																
	鋼板	0.2mm	0.7mm																																																
評価対象	運動エネルギー	貫通限界厚さ (鉛直)																																																	
		コンクリート (Fc=225kgf/cm ²)	鋼板																																																
粒径 5cm ひょう	0.04kJ	0.8cm	0.2mm																																																
粒径 10cm ひょう	0.85kJ	2.9cm	0.8mm																																																
設計飛来物 (鋼製材)	79kJ	18.8cm	19mm																																																
	粒径5cm ひょう	粒径10cm ひょう	設計飛来物 (鋼製材)																																																
運動エネルギー	0.04kJ	0.91kJ	176kJ																																																
貫通限界厚さ (鉛直)	コンクリート Fc=330kgf/cm ²	0.8cm	2.7cm																																																
	鋼板	0.2mm	0.8 mm																																																

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p style="text-align: right;">別紙 9-2</p> <p style="text-align: center;">空力パラメータについて</p> <p>物品の飛散解析に用いる空力パラメータは「竜巻影響評価ガイド」の参考文献⁽¹⁾及び米国NRCの竜巻設計のための飛来物特性を与えるNUREG-0800 (1996)⁽²⁾に引用されている文献⁽³⁾を参照し、下式により算出する。</p> $\frac{C_D A}{m} = c \frac{(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3)}{m}$ <p>ここで、</p> <p>$\frac{C_D A}{m}$: 空力パラメータ (m²/kg)</p> <p>m : 物品の質量 (kg)</p> <p>c : 係数 (0.33)</p> <p>C_{D1}, C_{D2}, C_{D3} : 直交3方向における物品の抗力係数(別表2-1より選定)</p> <p>A_1, A_2, A_3 : $C_{D1} \sim C_{D3}$を定義した各方向に対する見付面積 (m²)</p>	<p style="text-align: right;">別紙-5</p> <p style="text-align: center;"><u>空力パラメータについて</u></p> <p><u>物体の飛散解析に用いる空力パラメータは「竜巻影響評価ガイド」の参考文献⁽¹⁾及び米国NRCの竜巻設計のための飛来物特性を与えるNUREG-0800 (1996)⁽²⁾に引用されている文献⁽³⁾を参照し、下式により算出する。</u></p> $\frac{C_D A}{m} = c \frac{(C_{D1} A_1 + C_{D2} A_2 + C_{D3} A_3)}{m}$ <p>ここで、</p> <p>$\frac{C_D A}{m}$: 空力パラメータ (m²/kg)</p> <p>m : 物体の質量 (kg)</p> <p>c : 係数 (0.33)</p> <p>C_{D1}, C_{D2}, C_{D3} : 直交3方向における物体の抗力係数(表1より選定)</p> <p>A_1, A_2, A_3 : $C_{D1} \sim C_{D3}$を定義した各方向に対する見付面積 (m²)</p>	<p>・記載方針の相違</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>島根2号炉は空力パラメータについて記載</p>

別表 2-1 空力パラメータ算出のための抗力係数

物体の形状	C_{D1}	C_{D2}	C_{D3}
塊状	2.0	2.0	2.0
板状	1.2	1.2	2.0
棒状	2.0	0.7 (円形断面) 1.2 (矩形断面)	0.7 (円形断面) 1.2 (矩形断面)

$C_{D2}: 2.0$
 $C_{D1}: 2.0$
 塊状物体

$C_{D2}: 1.2$
 $C_{D3}: 2.0$
 $C_{D1}: 1.2$
 ・ $A_3 > A_2, A_1$
 板状物体

$C_{D2}: 0.7$ (円形断面)
 $: 1.2$ (矩形断面)
 $C_{D3}: 0.7$ (円形断面)
 $: 1.2$ (矩形断面)
 $C_{D1}: 2.0$
 ・ 円形断面の場合、 A_2, A_3 は「見付面積 (直径×長さ)」
 棒状物体

<参考文献>

- (1) 東京工芸大学 (2011) : 平成 21~22 年度原子力安全基盤調査研究 (平成 22 年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究, 独立行政法人原子力安全基盤機構
- (2) US-NRC: "3. 5. 1. 4 MISSILE GENERATED BY NATURAL PHENOMENA," Standard Review Plan, NUREG-0800, 1996.
- (3) E. Simiu, M. Cordes: "Tornado-Borne Missile Speeds," NBSIR76-1050, National Bureau of Standards, Washington D. C., 1976.

表 1 空力パラメータ算出のための抗力係数

物体の形状	C_{D1}	C_{D2}	C_{D3}
塊状	2.0	2.0	2.0
板状	1.2	1.2	2.0
棒状	2.0	0.7 (円形断面) 1.2 (矩形断面)	0.7 (円形断面) 1.2 (矩形断面)

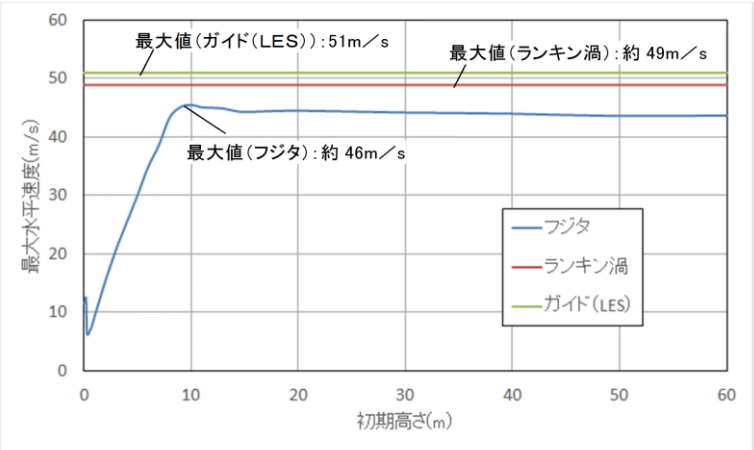
$C_{D2}: 2.0$
 $C_{D3}: 2.0$
 塊状物体

$C_{D2}: 1.2$
 $C_{D3}: 2.0$
 $C_{D1}: 1.2$
 ・ $A_3 > A_2, A_1$
 板状物体

$C_{D2}: 0.7$ (円形断面)
 $: 1.2$ (矩形断面)
 $C_{D3}: 0.7$ (円形断面)
 $: 1.2$ (矩形断面)
 $C_{D1}: 2.0$
 ・ 円形断面の場合、 A_2, A_3 は「見付面積 (直径×長さ)」
 棒状物体

<参考文献>

- (1) 東京工芸大学 (2011) : 平成 21~22 年度原子力安全基盤調査研究 (平成 22 年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究, 独立行政法人原子力安全基盤機構
- (2) US-NRC: "3. 5. 1. 4 MISSILE GENERATED BY NATURAL PHENOMENA," Standard Review Plan, NUREG-0800, 1996.
- (3) E. Simiu, M. Cordes: "Tornado-Borne Missile Speeds," NBSIR76-1050, National Bureau of Standards, Washington D. C., 1976.

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p style="text-align: right;">別紙 9-3</p> <p>フジタモデル採用時に「竜巻影響評価ガイド」の鋼製材を設計飛来物とする事の妥当性について</p> <p>発電所の竜巻影響評価に用いる設計飛来物である鋼製材は、「竜巻影響評価ガイド」に示されている数値を採用しているが、その最大水平速度 (51m/s) は非定常乱流渦モデルによるシミュレーション (LES) にて導出されている。</p> <p>一方、発電所の竜巻影響評価における物品の飛散解析にはフジタモデルを適用する方針としており、フジタモデルでは風速が地表からの高さによって変化するため、飛来物源の地表面からの初期高さにより飛散時の挙動が異なる。</p> <p>このため、任意の初期高さにある鋼製材をフジタモデルで飛散させた場合でも、その最大水平速度が 51m/s を超えることがないことを確認した。結果を別図 3-1 に示す。また、別図 3-1 には参考としてランキン渦モデルによる最大水平速度も記す。</p>  <p style="text-align: center;">別図 3-1 各風速場モデルの初期高さ-最大水平速度</p> <p>別図 3-1 から、いずれの高さから飛散した場合でも、その最大水平速度は 51m/s を上回ることはないことが分かる。よって、フジタモデルを採用する場合においても、設計飛来物の最大水平速度には「竜巻影響評価ガイド」の数値である 51m/s を用いることは問題なく、かつ保守性を有すると判断している。</p> <p style="text-align: right;">以 上</p>	<p style="text-align: right;">別紙-6</p> <p style="text-align: center;"><u>設計飛来物の最大水平速度の妥当性について</u></p> <p>1. 鋼製材の最大水平速度の妥当性について</p> <p><u>発電所の竜巻影響評価に用いる設計飛来物である鋼製材は、「竜巻影響評価ガイド」に示されている数値を採用しているが、その最大水平速度 (51m/s) は非定常乱流渦モデルによるシミュレーション (LES) にて導出されている。</u></p> <p><u>一方、発電所の竜巻影響評価における物体の飛散解析にはフジタモデルを適用する方針としており、フジタモデルでは風速が地上からの高さによって変化するため、飛来物源の地上からの初期高さにより飛散時の挙動が異なる。</u></p> <p><u>このため、任意の地上からの初期高さにある鋼製材をフジタモデルで飛散させた場合でも、その最大水平速度が 51m/s を超えることがないことを確認した。結果を図 1 に示す。また、図 1 には参考としてランキン渦モデルによる最大水平速度も記す。</u></p> <p><u>図 1 から、いずれの地上からの初期高さから飛散した場合でも、その最大水平速度は 51m/s を上回ることはないことが分かる。よって、フジタモデルを採用する場合においても、設計飛来物の最大水平速度には「竜巻影響評価ガイド」の数値である 51m/s を用いることは問題なく、かつ保守性を有すると判断している。</u></p>	<p>・記載方針の相違</p> <p>【柏崎 6/7】</p> <p>島根 2 号炉はフジタモデル採用時に「竜巻影響評価ガイド」の鋼製材を設計飛来物とする事の妥当性について記載</p>

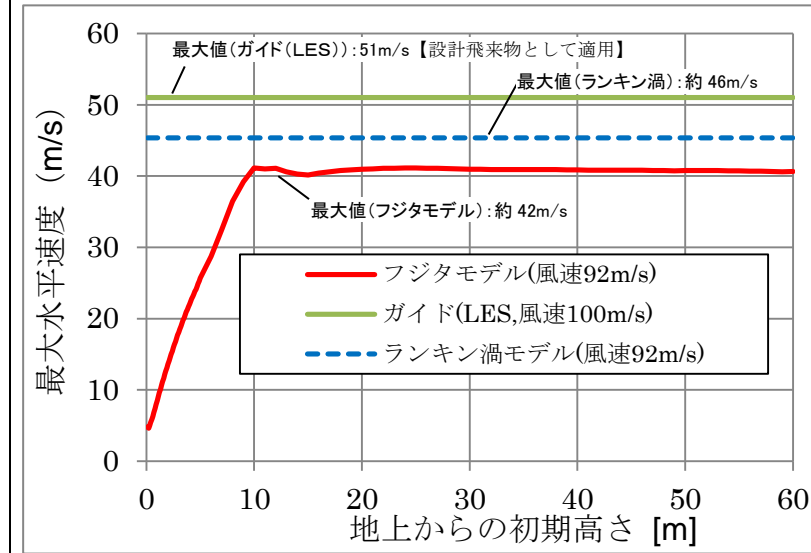


図1 各風速場モデルにおける鋼製材の飛散解析結果
(鋼製材 : 300mm×200mm×4, 200mm, 135kg)

2. 砂利の最大水平速度の妥当性について

「竜巻影響評価ガイド」に記載のない設計飛来物である砂利の速度については、フジタモデルを適用した風速場の中で地上付近の不確定性を考慮し、地上からの初期高さの感度解析の結果から最大となる水平速度(54m/s)を算出した。

結果を図2に示す。

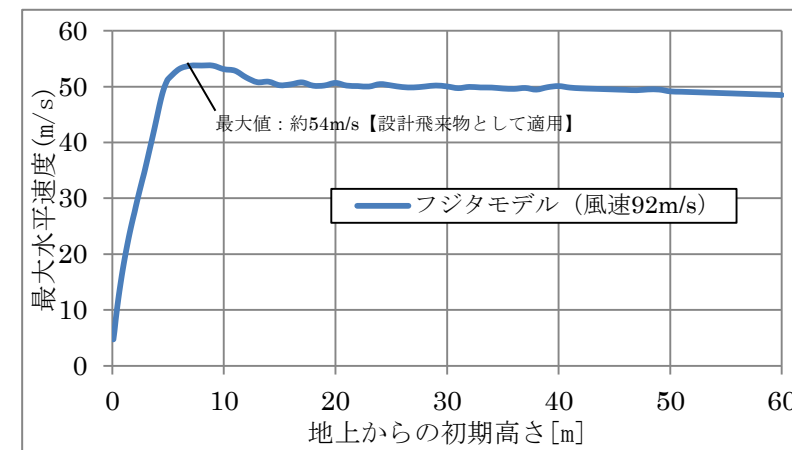


図2 砂利の飛散解析結果
(砂利 : 40mm×40mm×40mm, 0.2kg)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p style="text-align: right;"><u>補足1</u></p> <p style="text-align: center;"><u>フジタモデルによる飛散解析の特徴について</u></p> <p>1. <u>はじめに</u> <u>フジタモデルを用いた飛散解析では、物体の地上からの初期高さが飛散速度や飛散距離に影響する。ここでは、フジタモデルの風速場の概要及びフジタモデルを用いた飛散解析の特徴について、設計飛来物（鋼製材）に対する飛散解析結果を例に説明する。</u></p> <p>2. <u>フジタモデルの風速場のモデル化</u> <u>(1) 風速場の概要</u> <u>フジタモデルを用いた飛散評価における風速場は図1に示すように、半径方向に3つの領域（内部コア、外部コア、最外領域）で構成され、鉛直方向は流入層と非流入層で構成される。流入層では竜巻中心方向に向かう強い流れ（流入風）があり、この空気の流れ込みが外部コア内での上昇風となる。流入風の最大風速は流入層の上限で発生するようにモデル化されており、地表面に近づくにつれて連続的に減衰する。水平風速は、周方向の風速と流入風の風速を合成することで得られ、最大水平方向風速は最大周方向風速に竜巻の移動速度を足したものと一致する。フジタモデルの風速場における最大水平風速と地上からの高さの関係を図2に示す。</u> <u>フジタモデルにおける最大水平風速は、地表面（0m）から流入層高さ（15m）までは大きく上昇し、流入層高さにおいて最大風速が発生する。流入層高さを超えると、地上からの高さが高くなるにつれて最大水平風速は緩やかに減少するモデルとなっている。</u></p>	<p>・記載方針の相違 【東海第二】 島根2号炉は、フジタモデルを用いた飛散解析の特徴について記載している</p>

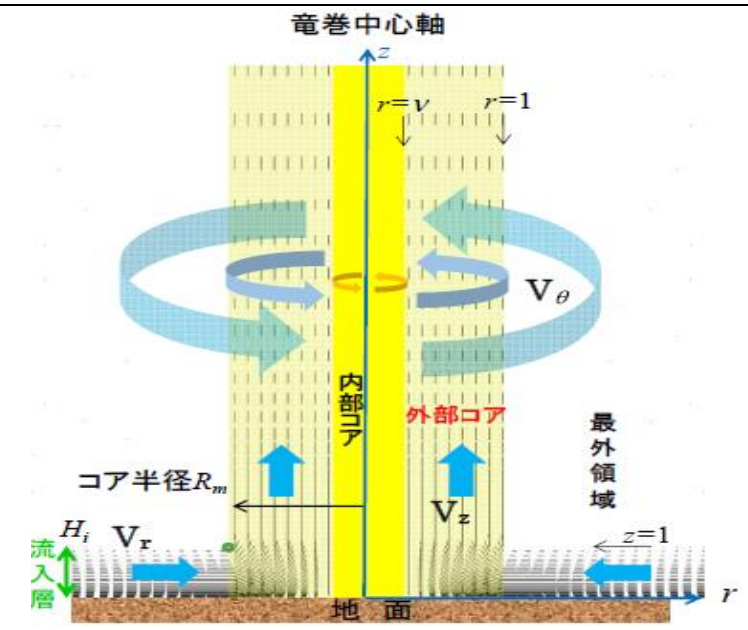


図1 フジタモデルの風速場 (イメージ)

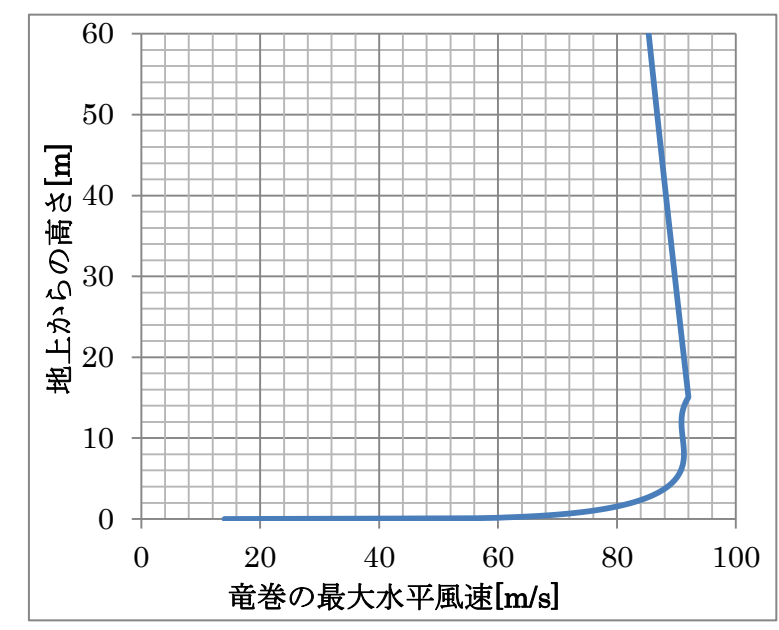
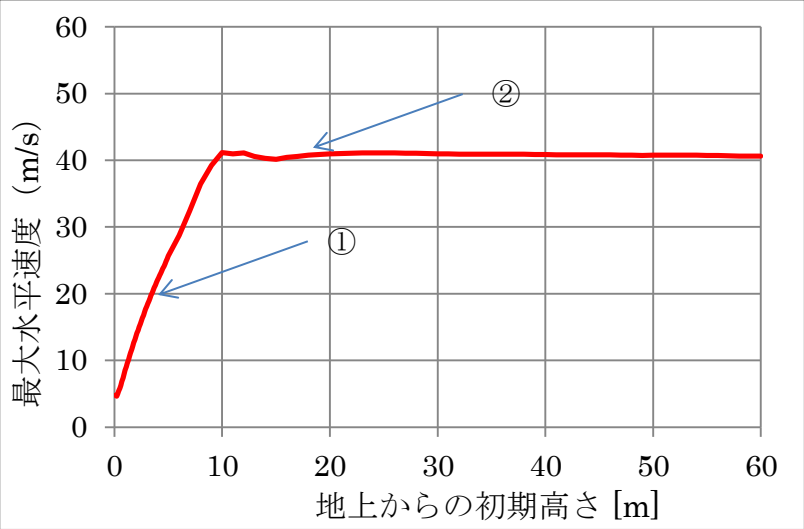


図2 フジタモデルの風速場における最大水平風速と地上からの高さの関係 (r=1)

(2) 地面効果の影響

地表面付近の物体については、物体の形状に応じた揚力（地面効果）を加えている。揚力は空力パラメータに応じて決定され、物体高さの3倍までの範囲で連続的に減衰するように作用する。
(別添 2-2 5. 参照)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>3. <u>フジタモデルによる飛散解析の特徴について</u></p> <p><u>フジタモデルによる飛散解析の特徴的な傾向として、地上からの初期高さが増加するに従い、約 10m までは飛来物の水平速度が大きく増加し、その後の変化は緩やかとなる。(図3参照)</u></p> <p><u>①地上からの初期高さが増加するに従い(約 10m までの範囲(図中の①)), 風速場に滞空する時間が長くなり、飛来物の水平速度は増加する傾向となる。</u></p> <p><u>②地上からの初期高さが高い場合(約 10m 以上の範囲(図3中の②))は、図2に示す通り、地上からの初期高さが高くなるにつれて竜巻の水平風速は緩やかに減少していくモデルとなっていることから、飛来物の水平速度も同様に低下していく。</u></p>  <p><u>図3 フジタモデルを用いた飛散解析における地上からの初期高さと飛来物の水平速度の関係(鋼製材)</u></p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p style="text-align: right;">別紙 9-4</p> <p style="text-align: center;"><u>車両の飛散範囲について</u></p> <p><u>車両管理エリアの設定に必要な離隔距離等を考慮するための車両の飛散範囲（飛散距離及び浮上高さ）については、以下の方針に基づきフジタモデルを用いて算出した。</u></p> <p>(1) <u>車両の飛散解析条件</u></p> <p>a. <u>飛散しやすい形状を考慮し、代表的な寸法及び重量※を選定する。</u></p> <p>※ <u>「箱状（表面積大）」かつ「密度が低い」物品が飛散しやすいことから、以下の車種を代表として選定した。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>トラック（大型～小型のバン及び平型）</u> ・<u>バス（大型～マイクロバス）</u> ・<u>軽自動車（最大高（面積大）、最軽量）</u> ・<u>軽トラック</u> ・<u>SUV（パトロール車想定）</u> <p>b. <u>車両は地表面に位置する（地面からの初期高さ0）と見なす。</u></p> <p>c. <u>飛散距離に影響を与える飛散の出発点と到達点の高低差は、評価対象施設等の配置状況を考慮し別表4-1のとおり余裕をもって設定した。</u></p>	<p style="text-align: right;">別紙-7</p> <p style="text-align: center;"><u>飛来物発生防止対策エリアの設定について</u></p> <p><u>飛来物発生防止対策エリアは、ウォークダウン等で確認された飛散した場合の影響が設計飛来物を超える「資機材・車両」及び「軽量大型機材」の飛散解析結果より設定しており、飛散解析は以下の方針に基づきフジタモデルを用いて実施した。</u></p> <p><u>なお、「軽量大型機材」は、プレハブ小屋、コンテナボックス等の飛散しやすい傾向にある軽量で大型の物品とし、「資機材・車両」は、「軽量大型機材」以外の物品とする。</u></p> <p>(1) <u>飛散解析条件</u></p> <p>a. <u>物品は地表面（地上からの初期高さ0m）に配置されていることとする。</u></p> <p><u>なお、フジタモデルの地表面付近の風速場の不確定性を考慮し、地表面に設置された物品の飛散解析の妥当性を確認するために、フジタモデルの風速場で約90m/sの風速となる高さである地上からの初期高さを5mとした場合の飛散解析も実施する。（フジタモデルの地表面付近の風速場の不確定性に係る至近の研究報告等については、別添2-2参照。）</u></p> <p>b. <u>竜巻の最大風速は、設計竜巻の最大風速92m/sを設定する。</u></p> <p>c. <u>飛散解析において考慮する敷地の高低差は、物品を設置する敷地高さ（EL8.5～50m）と評価対象施設の設置高さ（EL8.5, 15m）を考慮し、表1のとおり余裕をもって設定した。</u></p>	<p>・対象車両の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉は、資機材・車両の飛来物発生防止対策エリアを資機材・車両のうち最も飛散距離が大きい乗用車の飛散距離から設定している（別添2-1 添付資料 3.2 別紙-2）</p> <p>・資料構成の相違</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>島根2号炉は飛来物発生防止対策エリアの設定過程について記載している</p> <p>・解析条件の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉はフジタモデルの地表面付近の風速場の不確定性を考慮し、地上からの初期高さを5mとした場合の飛散解析を実施している</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考															
	<p style="text-align: center;">別表4-1 出発点と到達点の高低差</p> <table border="1" data-bbox="979 294 1676 556"> <tr> <td>対象施設</td> <td>原子炉建屋, タービン建屋, 排気筒, 海水ポンプ室内設備*, 使用済燃料乾式貯蔵建屋</td> <td>緊急時対策所建屋</td> </tr> <tr> <td>高低差</td> <td>20m</td> <td>0m</td> </tr> <tr> <td>根拠</td> <td>対象施設の配置高さ (3m盤, 8m盤)と敷地内の車両通行箇所の高低差に余裕を見た値</td> <td>緊急時対策所建屋と周辺の車両通行箇所の高低差に余裕を見た値</td> </tr> </table> <p>※ 以下の評価対象施設を示す。</p> <p><u>残留熱除去系海水系ポンプ</u> <u>非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ポンプ</u> <u>残留熱除去系海水系ストレーナ</u> <u>非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ストレーナ</u></p> <p>別表4-2に、車両の寸法、重量、空力パラメータ、最大浮上高さ及び上記の2種類の高低差に対する最大飛散距離を示す。</p> <p>この結果より、車両の最大浮上高さはおおむね20m未満に留まると考えられ、また高低差20m及び0mの最大飛散距離から、車両管理エリアの設定に用いる必要隔離距離をそれぞれ230m、190mとした。</p> <p>飛散解析においては上記の高低差の他にも保守的な取扱いがなされており、上記数値は保守性を有したものである。</p>	対象施設	原子炉建屋, タービン建屋, 排気筒, 海水ポンプ室内設備*, 使用済燃料乾式貯蔵建屋	緊急時対策所建屋	高低差	20m	0m	根拠	対象施設の配置高さ (3m盤, 8m盤)と敷地内の車両通行箇所の高低差に余裕を見た値	緊急時対策所建屋と周辺の車両通行箇所の高低差に余裕を見た値	<p style="text-align: center;">表 1 飛散解析において考慮する敷地の高低差</p> <table border="1" data-bbox="1736 289 2502 424"> <tr> <td>物品を設置する敷地高さ (発電所の敷地高さ)</td> <td>EL8.5~15m</td> <td>EL45~50m</td> </tr> <tr> <td>評価対象施設の設置高さ (EL8.5, 15m) との高低差</td> <td>0m</td> <td>41.5m</td> </tr> </table> <p>(2) 飛散解析結果及び飛来物発生防止対策エリアの設定</p> <p>表2に、ウォークダウン等で確認された飛来物となり得る物品の形状 (棒状, 板状, 塊状), 寸法, 質量, 空力パラメータ及び表1に記載している2種類の飛散解析において考慮する敷地の高低差に対する地上からの初期高さを0mとした場合の飛散解析結果 (最大飛散距離, 最大水平速度, 最大飛散高さ等) を示す。</p> <p>表2の結果より、「資機材・車両」及び「軽量大型機材」の飛来物発生防止対策エリアを、「資機材・車両」及び「軽量大型機材」のうち飛散距離が最大となる「乗用車」及び「プレハブ小屋」の飛散距離から、図1, 2のとおり設定する。</p> <p>また、地上からの初期高さを5mとした場合の飛散解析結果を表3に示す。表2, 3より、以下の通りフジタモデルの地表面付近の風速場の不確定性を考慮しても飛来物発生防止対策エリアの設定に影響はないことを確認した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・飛散した場合の影響が設計飛来物を超える物品は、地上からの初期高さを5mとした場合においても、飛来物発生防止対策エリアの設定に用いた最大飛散距離を超えない ・飛散した場合の影響が設計飛来物以下の物品は、地上からの初期高さを5mとした場合においても、設計飛来物の影響以下である ・飛散しない物品は、地上からの初期高さを5mとした場合に 	物品を設置する敷地高さ (発電所の敷地高さ)	EL8.5~15m	EL45~50m	評価対象施設の設置高さ (EL8.5, 15m) との高低差	0m	41.5m	
対象施設	原子炉建屋, タービン建屋, 排気筒, 海水ポンプ室内設備*, 使用済燃料乾式貯蔵建屋	緊急時対策所建屋																
高低差	20m	0m																
根拠	対象施設の配置高さ (3m盤, 8m盤)と敷地内の車両通行箇所の高低差に余裕を見た値	緊急時対策所建屋と周辺の車両通行箇所の高低差に余裕を見た値																
物品を設置する敷地高さ (発電所の敷地高さ)	EL8.5~15m	EL45~50m																
評価対象施設の設置高さ (EL8.5, 15m) との高低差	0m	41.5m																

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p><u>おいても、飛散しない(初期位置から浮上しない)</u></p> <p><u>地上からの初期高さを5mとしたことで作用する初期風速が増加し、飛散距離が増加した物品もあるが、飛来物発生防止対策エリアの設定に用いた「乗用車」や「プレハブ小屋」については、地上からの初期高さを0mとした方が飛散距離が大きくなった。これは、「資機材・車両」や「軽量大型機材」に分類されるような表面積及び物品高さが大きい物品は、地面効果による揚力の影響により高く浮上すること及び地上からの初期高さを0mとした方が地上からの初期高さを5mとした場合より長時間設計竜巻の最大風速程度の強い風を受けたことが要因と考えられる。</u></p> <p><u>「資機材・車両」及び「軽量大型機材」のうち、飛散距離が最大となる「乗用車」及び「プレハブ小屋」の、地上からの初期高さを0m及び5mとした場合における飛跡(飛散距離と飛散高さの関係)を図3～6に示す。「乗用車」及び「プレハブ小屋」共に、地上からの初期高さを0mとした方が地上からの初期高さを5mとした場合より、初期位置からの飛散高さは高くなっており、飛散距離が大きくなっている。地上からの初期高さを0mとした場合の最大飛散高さは、「乗用車」は約8m、「プレハブ小屋」は約30mとなっており、地上からの高さ8m以上では、90m/s程度の強い風を受けることになる。</u></p> <p><u>以上より、飛来物発生防止対策エリアの設定に対して、地表面付近の風速場の不確定性の影響は小さく、地表面に設置した物品に対する飛散解析結果を用いることは妥当であると考えられる。</u></p>	

別表4-2 車両の飛散距離

車種	車高 (m)	その他寸法 (m)	重量 (kg)	空力パラメータ $C_D A/m^2$ (m ² /kg)	最大飛散距離 (m)		最大浮上高さ (m)	
					高低差0m	高低差20m		
大型トラックバン (25t)	3.790	2.495	11.990	10900	0.0052	184	134	9.0
大型トラック平 (25t) ①	3.255	2.490	11.990	9180	0.0056	180	128	7.9
大型トラック平 (25t) ②	3.460	2.490	11.990	9310	0.0057	186	136	9.5
大型トラック平 (25t) ③	3.035	2.490	11.950	9210	0.0053	172	115	6.5
大型トラック平 (25t) ④	3.180	2.490	11.810	8970	0.0056	178	126	7.6
大型トラック平 (11t)	2.485	2.470	9.440	4750	0.0074	202	147	8.7
中型トラックバン (8t)	3.525	2.495	8.565	4925	0.0081	226	183	17.0
中型トラック平 (8t) ①	3.135	2.200	6.920	3490	0.0083	222	179	15.6
中型トラック平 (8t) ②	2.550	2.470	8.485	3690	0.0088	224	170	13.1
中型トラック平 (8t) ③	2.425	2.240	8.130	3220	0.0089	215	166	12.4
中型トラック平 (8t) ④	2.435	2.470	9.440	4120	0.0084	222	162	11.4
中型トラックバン (5t)	2.830	1.885	4.845	2795	0.0067	186	135	8.8
中型トラック平 (4t)	1.990	1.695	4.690	1990	0.0069	167	101	5.1
小型トラック平 (2t)	2.250	2.170	6.790	2710	0.0085	199	149	10.1
小型トラック平 (1.5t)	1.970	1.695	4.690	2160	0.0063	156	87	4.4
大型バス ①	3.045	2.485	10.430	9260	0.0047	155	90	5.2
大型バス ②	3.130	2.490	11.450	10190	0.0047	158	94	5.4
大型バス ③	3.190	2.490	11.280	10310	0.0047	160	97	5.6
大型バス ④	3.750	2.490	11.990	12840	0.0044	168	109	6.0
大型バス ⑤	3.485	2.490	8.990	10090	0.0041	151	86	4.7
大型バス ⑥	3.520	2.490	11.990	13000	0.0042	157	94	5.0
中型バス ①	3.045	2.300	8.990	7800	0.0047	155	90	5.2
中型バス ②	2.910	2.300	8.990	8100	0.0044	136	74	4.1

表2 想定飛来物の飛散解析結果 (地上からの初期高さ0m) (1/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	空力パラメータ $C_D A/m^2$ (m ² /kg)	最大飛散距離 (m)	最大浮上高さ (m)	高低差0m		高低差41.5m					
										運動経路長 L (km)	運動経路径 R (km)	運動経路長 L (km)	運動経路径 R (km)				
軽微な飛来物	プレハブ小屋7	塊状	7200	27000	3400	7500	0.0277	32	222	63	14496	9	32	275	63	14496	9
	プレハブ小屋12	塊状	18000	7200	3100	5000	0.0277	31	220	63	9710	7	31	273	63	9710	7
	プレハブ小屋9	塊状	4600	2300	3200	1000	0.0223	28	219	60	1776	4	28	274	60	1776	4
	仮設トイレ1	塊状	5100	1590	2500	450	0.0368	34	214	65	972	4	34	266	65	972	4
	簡易水洗トイレ	塊状	800	1120	2400	100	0.0307	33	213	66	216	3	33	265	66	216	3
	プレハブ小屋13	塊状	25000	6000	3000	8000	0.0203	26	213	59	13678	10	26	271	59	13678	10
	仮設トイレ2	塊状	6500	1200	2400	400	0.0456	37	212	69	953	4	37	261	69	933	4
	プレハブ小屋5	塊状	3100	1400	2100	281	0.0328	28	210	64	576	3	28	263	64	576	3
	プレハブ小屋14	塊状	2500	7300	2600	1400	0.0109	23	205	58	2350	6	23	267	58	2350	6
	プレハブ小屋4	塊状	2000	3700	2600	650	0.0202	23	204	58	1093	4	23	266	58	1093	4
	プレハブ小屋11	塊状	5000	5000	3000	2400	0.0153	22	202	58	1304	4	22	265	58	1304	4
	プレハブ小屋10	塊状	4600	2300	3200	1850	0.0121	20	187	52	2481	5	20	254	52	2481	5
	プレハブ小屋8	塊状	2600	1850	1850	460	0.0119	18	187	57	739	4	18	251	57	739	4
	プレハブ小屋6	塊状	6900	7300	2600	4300	0.0139	18	185	54	5927	6	18	253	54	5927	6
	コンテナボックス	塊状	2400	6600	3600	2300	0.0106	13	181	50	2810	6	13	235	50	2810	6
	プレハブ小屋3	塊状	11500	5600	2600	6850	0.0106	13	181	50	8405	8	13	235	50	8405	8
	鉄くずコンテナ	塊状	2000	1500	1100	200	0.0229	12	180	58	332	3	12	227	58	332	3
	プレハブ小屋1	塊状	2800	1850	1850	730	0.012	9	157	51	925	4	9	229	51	925	4
	プレハブ小屋2	塊状	5000	5000	3000	4400	0.0084	11	147	47	4743	6	11	219	47	4743	6
	産廃コンテナ	塊状	3800	2100	1500	930	0.0121	6	142	50	1126	5	6	232	50	1126	5
ホース収納用コンテナ	塊状	7200	2300	2900	3800	0.0078	9	127	46	3900	7	9	210	46	3900	7	
乗用車4	塊状	1880	5220	2285	1380	0.0092	8	144	48	2089	6	8	221	48	2089	6	
乗用車5	塊状	3395	1475	1535	710	0.0118	6	138	49	851	5	6	229	49	851	5	

*: 評価計算上、設定時間 (180秒) では運動が終了しないため数値なし。
(運動エネルギー評価にて飛来物発生防止対策の取組評価は可能)

別表4-2 車両の飛散距離

車種	車高 (m)	その他寸法 (m)	重量 (kg)	空力パラメータ $C_D A/m^2$ (m ² /kg)	最大飛散距離 (m)		最大浮上高さ (m)
					高低差20m	高低差0m	
中型バス ③	3.035	2.340	8,990	0.0052	170	113	6.3
マイクログラス ①	2.635	2.065	6,995	0.0067	181	128	7.6
マイクログラス ②	2.735	2.010	7,730	0.0067	184	131	8.2
軽自動車 (車高最大レベル)	1.880	1.475	960	0.0098	213	161	9.3
軽自動車 (車高最大レベル)	1.910	1.475	950	0.0100	220	166	10.1
軽自動車 (車高最小レベル)	1.180	1.475	830	0.0086	138	65	3.2
軽自動車 (車高最小レベル)	1.280	1.475	850	0.0088	152	77	3.7
軽自動車 (最軽量レベル)	1.475	1.475	610	0.0132	222	172	10.9
軽自動車 (最軽量レベル)	1.525	1.475	650	0.0127	223	172	10.8
軽トラック 平 ①	1.745	1.475	780	0.0115	219	167	11.5
軽トラック 平 ②	1.765	1.475	680	0.0133	227	180	14.6
軽トラック 平 ③	1.885	1.475	1220	0.0077	173	111	5.5
SUV①	1.880	1.980	2430	0.0063	150	80	4.1
SUV②	1.690	1.835	1660	0.0079	168	101	4.8
SUV③	1.610	1.775	1210	0.0093	204	143	6.0
最大値					227	183	17.0
必要離隔距離					230	190	

表2 想定飛来物の飛散解析結果 (地上からの初期高さ0m) (2/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ (mm)	幅 (mm)	質量 (kg)	空力パラメータ $C_D A/m^2$ (m ² /kg)	高位置 0m			高位置 41.5m							
							最大飛散距離 (m)	最大飛散高さ (m)	最大飛散速度 (m/s)	最大飛散距離 (m)	最大飛散高さ (m)	最大飛散速度 (m/s)					
燃料ポンプユニット車	燃料ポンプユニット車	塊状	8000	2500	4200	7180	0.006	10	129	43	6578	8	209	43	6578	8	
	自動車 (小)	塊状	680	999	1820	249	0.0099	6	126	47	273	4	222	47	273	4	
	トラック (4t) 1	塊状	7710	2230	2950	4510	0.0069	7	116	44	4291	8	202	44	4291	8	
	トラック 1	塊状	2230	8445	2465	3790	0.008	7	115	46	3869	8	7	204	46	3869	8
	トラック (4t) 2	塊状	8180	2230	2420	3620	0.008	7	114	46	3760	8	7	203	46	3760	8
	乗用車 9	塊状	3395	1475	1910	1010	0.0095	6	110	47	1086	5	6	202	47	1086	5
	トラック (20t)	塊状	16500	2500	3800	8770	0.0056	7	107	41	7294	9	7	196	41	7294	9
	トラック (2t)	塊状	8500	2300	3000	5550	0.0063	6	107	43	4958	8	6	196	43	4958	8
	乗用車 1	塊状	1475	3285	1610	840	0.0102	5	100	47	899	5	5	199	47	899	5
	バス 1	塊状	2010	6990	2045	3880	0.0066	6	97	43	3462	7	6	193	43	3462	7
	自動車 (小)	塊状	1362	740	1820	365	0.0089	6	96	46	372	4	6	196	46	372	4
	バス 2	塊状	2490	11990	3750	12100	0.0047	5	81	38	8537	10	5	176	38	8537	10
	乗用車 8	塊状	4600	1700	1800	1600	0.008	4	80	42	1412	5	4	180	42	1412	5
	乗用車 2	塊状	1895	4380	1460	1140	0.0095	4	77	44	1074	5	4	182	44	1074	5
	乗用車 12	塊状	3400	1500	2000	1430	0.007	4	72	40	1130	5	4	170	40	1130	5
乗用車 7	塊状	8880	2490	2740	7100	0.0055	4	71	38	4979	8	4	167	38	4979	8	
乗用車 3	塊状	4370	1090	1510	1250	0.0089	4	70	43	1112	5	4	174	43	1112	5	
乗用車 4	塊状	4000	1800	2200	2545	0.0062	4	65	38	1764	6	4	162	38	1764	6	
乗用車 5	塊状	1780	4790	1535	1510	0.0083	4	64	40	1192	5	4	160	40	1192	5	
乗用車 6	塊状	2500	1300	1300	570	0.0096	4	64	42	488	4	4	166	42	488	4	
乗用車 10	塊状	8545	2390	3270	7950	0.0047	4	61	34	4404	7	4	144	34	4404	7	
乗用車 11	塊状	630	1320	1650	354	0.0077	4	61	39	262	4	4	159	39	262	4	
乗用車 13	塊状	7400	2300	3400	7985	0.0042	3	54	32	3853	7	3	136	32	3853	7	

*: 評価計算上、設定時間 (180秒) では運動が終了しないため数値なし。
(運動) エネルギー評価にて飛来物発生防止対策の妥当判断は可能。

＜飛散距離と浮上高さのイメージ＞

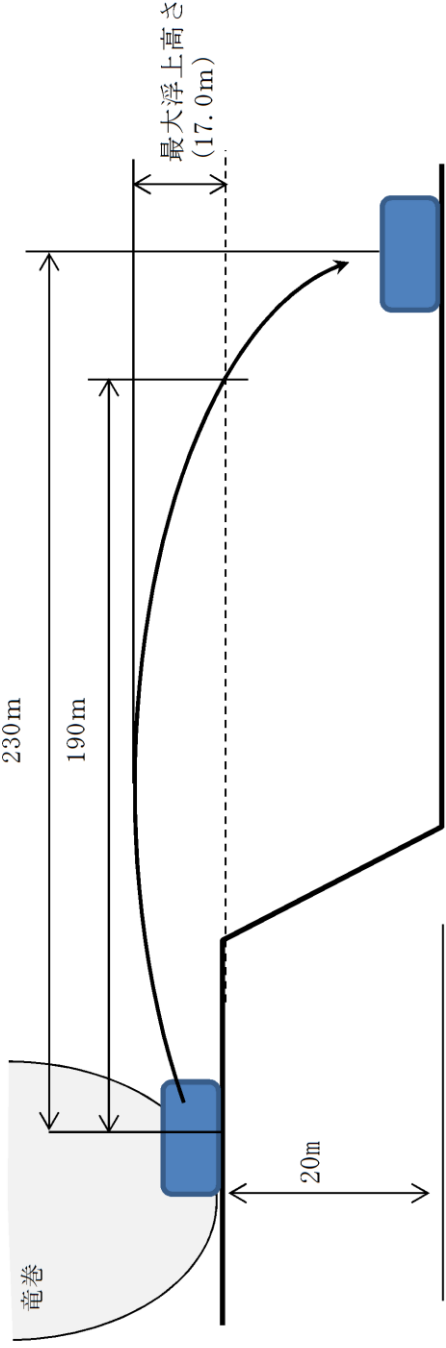


表2 想定飛来物の飛散解析結果(地上からの初期高さ0m) (3/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	空力パラメータ C_D/m (m^2/kg)	高気圧 0m			高気圧 41.5m					
								最大高さ (m)	最大飛散距離 (m)	最大平均速度 (m/s)	最大高さ (m)	最大飛散距離 (m)	最大平均速度 (m/s)			
資源物 燃料 車両	中程ボース原燃素(150A)	塊状	7430	2240	3300	7975	0.0041	3	47	30	3392	6	127	31	3064	7
	水中ポンプ車(追加)	塊状	6090	1865	2760	5010	0.0044	3	43	29	2029	5	120	30	2187	6
	海水車	塊状	5500	1900	2500	4330	0.0045	3	41	29	1706	5	118	30	1837	5
	直流給電機(230V)	塊状	6700	2320	3020	7100	0.0041	3	41	28	2051	6	113	29	2801	6
	水中ポンプ車	塊状	6000	1900	2700	5045	0.0044	3	41	28	1942	5	117	29	2116	6
	高圧発電機車	塊状	2150	6825	3260	7680	0.0039	2	40	27	2759	6	113	28	2971	6
	ホイールローダ2	塊状	6200	2200	3100	6890	0.0039	2	38	27	2362	5	109	28	2561	5
	放水車	塊状	4700	1900	2000	3020	0.0049	2	37	28	1159	4	111	29	1225	5
	タンクローリ1	塊状	5300	1900	2100	3560	0.0048	2	36	27	1282	5	111	28	1382	5
	直流給電機(115V)	塊状	6980	2470	3320	10990	0.0037	2	36	25	3418	6	104	27	3813	6
	タンクローリ2	塊状	4900	1900	2100	3440	0.0046	2	34	26	1145	4	108	28	1267	5
	ホイールローダ3	塊状	6200	2200	3100	7270	0.0037	2	33	24	2091	5	99	26	2292	5
	高圧発電機車(追加)	塊状	6900	2225	2940	7850	0.0036	2	30	23	2072	5	95	25	2313	5
	大水量水車(追加)	塊状	1500	1200	1900	1000	0.0047	2	30	25	300	3	99	26	325	3
	高圧発電機車(追加)	塊状	8350	2490	3550	12350	0.0032	1	29	22	2941	5	91	24	3327	6
可搬式コンクリングボス 作業用トラック	塊状	5985	1885	2135	4765	0.004	1	25	22	1083	4	87	23	1218	4	
牽引車6	塊状	3100	1600	1300	1430	0.0052	2	24	23	365	3	90	24	401	3	
ボース原燃素(大型)(追加)	塊状	9355	2490	3550	14495	0.0031	1	19	18	2336	5	76	21	3026	5	
大水量水車	塊状	8570	2490	3550	13650	0.003	1	18	18	2000	4	71	20	2010	5	
精密測定用計C (no)	塊状	8530	2300	3765	14000	0.0029	1	17	17	1960	4	70	19	2490	5	
化学防護車	塊状	7160	2280	2990	9465	0.0031	1	14	16	1119	3	63	18	1453	4	
薬ガス発生装置車	塊状	11990	2490	3790	21330	0.0027	1	8	12	1427	3	51	16	2454	5	

*: 評価計算上、設定時間(180秒)では運動が終了しないため数値なし。
(運動エネルギー評価にて飛来物発生防止効果の要否判断は可能)

表2 想定飛来物の飛散解析結果(地上からの初期高さ0m) (4/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	落下速度 (m/s)	落下角 (°)	高さ差0m			高さ差41.5m						
									最大飛来距離 (m)	最大飛来高さ (m)	飛来回数	最大飛来距離 (m)	最大飛来高さ (m)	飛来回数				
設計飛来物の影響を及ぼさない物品	ホイールローダー1	塊状	2250	6130	3035	9350	0.0038	0.0038	1	6	10	433	2	1	44	14	812	3
	大型洗水ポンプ車	塊状	12000	2500	3800	21830	0.0035	0.0035	1	2	5	227	1	1	27	10	896	3
	ドラム缶	塊状	600	600	900	24	0.04	0.04	19	186	65	50	2	19	242	65	50	2
	物置3	塊状	1400	800	1100	76	0.0311	0.0311	17	181	62	144	3	17	235	62	144	3
	小型自動二輪車	塊状	725	1855	1045	89	0.0503	0.0503	16	173	61	106	3	10	223	61	106	3
	ケーブルレスコンテナ	塊状	1200	800	1100	100	0.0211	0.0211	10	168	57	100	3	10	229	57	100	3
	空調室外機(管理用)	塊状	250	800	300	10	0.0344	0.0344	2	142	48	12	2	2	196	48	12	2
	仮設足場	板状	250	4000	40	13.2	0.0557	0.0557	1	138	40	11	4	1	171	40	11	4
	名車	塊状	1000	500	150	20	0.0242	0.0242	1	88	38	15	2	1	180	38	15	2
	物置2	塊状	1200	800	1100	285	0.0074	0.0074	2	35	31	132	2	2	113	31	136	2
	砂利6	塊状	40	40	40	0.1	0.032	0.032	1	24	23	1	1	1	83	23	1	1
	スクラップ用鉄箱2	塊状	1300	900	700	240	0.0076	0.0076	1	21	24	69	2	1	87	25	72	2
	工具棚	塊状	1000	500	500	100	0.0084	0.0084	1	16	22	24	2	1	77	23	25	2
	スクラップ用鉄箱1	塊状	1500	1350	650	400	0.0063	0.0063	1	14	18	61	2	1	66	19	67	2
	空調室外機(ビル用)	塊状	940	1400	320	134	0.0103	0.0103	1	13	21	29	2	1	71	22	30	2
	砂利1	塊状	50	50	50	0.3	0.0487	0.0487	1	11	16	1	1	1	59	16	1	1
	砂利5	塊状	40	40	40	0.15	0.0214	0.0214	1	11	10	1	1	1	59	17	1	1
	小形発電機2	塊状	1500	700	1200	800	0.0041	0.0041	1	11	15	60	2	1	56	16	76	2
	砂利	塊状	40	40	40	0.2	0.016	0.016	1	9	14	1	1	1	52	14	1	1
	砂利2	塊状	50	50	50	0.35	0.0343	0.0343	1	7	12	1	1	1	46	13	1	1
砂利3	塊状	40	40	40	0.25	0.0128	0.0128	1	5	10	1	1	1	37	12	1	1	
コンクリートブロック3	塊状	390	190	190	18	0.0089	0.0089	1	4	9	1	1	1	33	11	1	1	
コンクリートブロック	塊状	190	390	150	14.3	0.0076	0.0076	1	4	9	1	1	1	34	11	1	1	

*: 評価計算上、設置時間(180秒)では運動が終了したため数値なし。
(運動エネルギー評価にて飛来物発生防止対策の要否判断は可能)

表2 想定飛来物の飛散解析結果(地上からの初期高さ0m) (5/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	重力加速度 (m/s ²)	高さ差 0m			高さ差 41.5m						
								最大飛散距離 (m)	最大飛散高さ (m)	最大飛散距離 (m)	最大飛散高さ (m)	最大飛散距離 (m)	最大飛散高さ (m)				
設計飛来物の影響を及ぼさない物品	コンクリートブロック1	塊状	390	190	190	10.3	0.0086	1	4	9	1	1	32	11	1	1	
	コンクリートブロック2	塊状	390	190	120	12	0.008	1	4	9	1	1	32	10	1	1	
	形鋼 [ガイド]	棒状	4200	300	200	135	0.0066	1	4	8	5	3	31	10	7	4	
	鋼材 [ガイド]	棒状	300	4200	200	135	0.0066	1	4	8	5	3	31	10	7	4	
	コンクリート配管	棒状	390	2100	340	132	0.0053	1	3	8	4	1	29	10	6	1	
	鋼製パイプ [ガイド]	棒状	50	2000	50	8.4	0.0098	1	3	7	1	2	1	20	9	1	2
	鋼製パイプ1	棒状	50	4000	50	15.8	0.0097	1	3	7	1	2	1	20	9	1	3
	マンホール蓋 (小)	板状	650	650	50	33.5	0.0092	1	2	6	1	1	1	23	9	2	1
	ガスボンベ	棒状	230	1500	230	57	0.0055	1	2	5	1	1	1	20	8	2	1
	マンホール蓋 (大)	板状	975	975	60	88	0.0078	1	1	4	1	1	1	17	7	2	1
	中置発電機1	塊状	1080	2550	1500	1770	0.0021	1	1	3	5	1	1	16	6	29	1
	130tクレーン	塊状	15490	2750	4020	38100	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	GEG車	塊状	14740	4248	4220	45000	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H形鋼	棒状	5500	100	100	95	0.0048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	上形鋼	棒状	5500	100	100	82	0.0055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	カニクレーン	塊状	4285	1280	1095	3900	0.0026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	コンクリート板	板状	2700	1000	200	1300	0.0017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	コンクリート板 [ガイド]	板状	1500	1000	150	540	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	コンクリート柵	塊状	1200	1200	1300	1300	0.0023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	シヨベルカー1	塊状	2800	9425	3040	19500	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
シヨベルカー2	塊状	9600	2800	3010	20500	0.0021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
トラック [ガイド]	塊状	1900	5000	1300	4750	0.0026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
バックホー	塊状	9400	2800	3000	19500	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
フォークリフト	塊状	1520	3200	2240	6920	0.0015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

*: 評価計算上、設定時間 (180 秒) では運動が終了しないため数値なし。
(運動)エネルギー評価にて飛来物発生防止対策の要否判断は可能)

表2 想定飛来物の飛散解析結果(地上からの初期高さ0m) (6/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ L (mm)	幅 W (mm)	高さ D (mm)	質量 m (kg)	落下高さ C _g h/6 (m²/kg)	高さ差 0m			高さ差 41.5m								
								最大飛散距離 h (m)	最大飛散距離 l (m)	最大飛散距離 V (m/s)	最大飛散距離 h (m)	最大飛散距離 l (m)	最大飛散距離 V (m/s)						
放射能飛来物の飛散解析結果を記入しない物品	フォークリフト(3t)	塊状	3775	1225	2090	4370	0.0023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	フォークリフト	塊状	3600	1100	2100	3600	0.0026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	ラフタータービン	塊状	2600	11000	3500	26500	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ラフタータービン(60t)	塊状	13000	2800	3700	41205	0.0016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ラフタータービン2	塊状	11405	2020	3400	31000	0.0017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	移動式代替器交換装置	塊状	7000	2200	2700	16000	0.0017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	角形鋼1	塊状	5500	125	125	42341	0.0018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	角形鋼2	塊状	5500	200	200	288	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	形鋼1	塊状	2900	200	200	145	0.0024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	形鋼2	塊状	8000	350	350	1090	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼製ドラム	塊状	3000	3000	2000	6000	0.0024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼製材1	塊状	100	5500	100	95	0.0048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼製材2	塊状	150	5500	150	174	0.0039	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼底(大・厚)	底状	2996	997	200	640	0.0037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼底(大・薄)	底状	6000	1500	22	1600	0.0038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼底(大・薄)	底状	6000	1500	25	1800	0.0034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼底(大・薄)	底状	6100	1500	25	1820	0.0034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼底(大・薄)	底状	3000	1500	25	900	0.0034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	大型ボルト取付部(300A)	塊状	8380	2400	3280	21980	0.0018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	大型発電機	塊状	1650	5380	2100	7220	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中型発電機2	塊状	2000	880	1200	1300	0.0027	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	電源車	塊状	15455	2400	4101	41000	0.0010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*: 降着計算上、設定時間(180秒)では運動が終了しないため数値なし。
(運動エネルギー評価にて飛来物発着防止対策の要否判断は可能)

表2 想定飛来物の飛散解析結果(地上からの初期高さ0m)(7/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ L (mm)	幅 W (mm)	高さ D (mm)	質量 m (kg)	空気抵抗 メータ C _d A/m ² (m ² /kg)	高位置0m				高位置41.5m					
								最大飛散 距離 h (m)	最大飛散 距離 l (m)	最大飛散 距離 V (m/s)	運動経路 長(水平) K (kT)	最大飛散 距離 h (m)	最大飛散 距離 l (m)	最大飛散 距離 V (m/s)	運動経路 長(水平) K (kT)		
設計 飛来物 の 種類 を 例 え	電柱	棒状	257	10000	257	690	0.0031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	電線鉄塔1	板状	1400	3000	12	400	0.0071	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	電線鉄塔2	板状	1500	3000	22	802	0.0038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	電線鉄塔3	板状	1500	6100	25	1320	0.0034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	電線	塊状	50	50	50	0.06	0.0834	*	46	1	1	46	1	1	46	1	1
	足場鉄2	板状	4000	240	32	7.6	0.0114	*	43	7	3	43	7	3	43	7	3
手摺シールド	塊状	1000	520	1200	24	0.0046	*	76	69	2	76	69	2	76	69	2	

*: 評価計算上、設定時間(180秒)では運動が終了しないため数値なし。
(運動)エネルギー評価にて飛来物発生防止対策の要否判断は可能)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<div data-bbox="1762 258 2487 684" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1813 695 2410 737" data-label="Caption"> <p>図1 資機材・車両の飛来物発生防止対策エリア</p> </div> <div data-bbox="1762 749 2487 1220" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1813 1234 2410 1276" data-label="Caption"> <p>図2 軽量大型機材の飛来物発生防止対策エリア</p> </div>	

表3 想定飛来物の飛散解析結果(地上からの初期高さ5m) (1/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	落下速度 (G)/m	落下高さ (m)	高圧源 9m			高圧源 41.5m					
									落下高さ (m)	落下速度 (m/s)	落下距離 (m)	落下高さ (m)	落下速度 (m/s)	落下距離 (m)			
軽金属 大規模 燃料	プレハブ小屋7	塊状	7200	27000	2400	7500	0.0277	29	206	62	14118	9	29	209	62	14118	9
	プレハブ小屋12	塊状	18000	7200	3100	8000	0.0277	28	203	62	9411	7	28	258	62	9411	7
	プレハブ小屋9	塊状	4600	2300	3300	1000	0.0223	20	196	59	1714	4	20	256	59	1714	4
	原設トイレ1	塊状	5100	1590	2500	450	0.0268	34	205	65	945	4	34	255	65	945	4
	簡易水便トイレ	塊状	800	1120	2400	100	0.0367	33	204	65	210	3	33	254	65	210	3
	プレハブ小屋13	塊状	25000	6000	3000	8000	0.0202	15	188	58	13160	10	15	252	58	13160	10
	原設トイレ2	塊状	6800	1200	2400	400	0.0456	40	207	68	904	4	40	254	68	904	4
	物置1	塊状	3100	1400	2100	231	0.0328	25	198	64	559	3	25	250	64	559	3
	プレハブ小屋5	塊状	2300	7300	2900	1400	0.0199	12	180	58	2291	5	12	244	58	2291	5
	プレハブ小屋14	塊状	3000	2200	2500	650	0.0202	12	178	58	1066	4	12	242	58	1066	4
	プレハブ小屋4	塊状	2000	3700	2900	800	0.0186	11	175	57	1258	4	11	241	57	1258	4
	プレハブ小屋11	塊状	5000	5000	3000	2400	0.0152	10	170	54	3468	5	10	246	54	3468	5
	プレハブ小屋10	塊状	4600	2300	3300	1850	0.0121	8	165	51	2377	5	8	242	51	2377	5
	プレハブ小屋8	塊状	2600	1850	1850	480	0.0119	5	164	56	719	4	5	233	56	719	4
	プレハブ小屋6	塊状	6900	7300	2900	4200	0.0139	6	157	53	5727	6	6	231	53	5727	6
	コンテナボックス	塊状	2400	6000	2600	2300	0.0106	2	147	49	2680	6	2	223	49	2680	6
	プレハブ小屋3	塊状	11500	5600	2900	6850	0.0106	3	147	49	8917	8	3	223	49	8917	8
	鉄くぎコンテナ	塊状	2000	1500	1100	200	0.0229	6	154	59	339	3	6	216	59	339	3
	プレハブ小屋1	塊状	2600	1850	1850	730	0.0142	1	148	49	862	4	1	220	49	862	4
	プレハブ小屋2	塊状	5000	5000	3000	4400	0.0094	2	139	46	4520	5	2	221	46	4520	5
運搬コンテナ	塊状	3800	2100	1500	930	0.0121	1	81	48	1042	5	1	190	48	1042	5	
ホース収納用コンテナ	塊状	7200	2300	2900	3800	0.0078	1	104	45	3688	7	1	204	45	3688	7	
車用車4	塊状	1880	5230	2285	1890	0.0092	1	109	46	1979	6	1	205	46	1979	6	
車用車5	塊状	3395	1475	1535	710	0.0118	1	79	47	780	4	1	188	47	780	4	

一：海上しらいめ記載しない
 *：評価計算上、設定時間(180秒)では運動が終了しないため記載なし。
 (運動エネルギーが尽きて飛来物発生防止対策の要否判断は可能)

表3 想定飛来物の飛散解析結果(地上からの初期高さ5m) (2/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ (mm)		幅 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	重力バネ定数 (N/m)	高気圧 0m				高気圧 41.5m			
			L	W					最大飛散高さ h (m)	最大飛散距離 l (m)	最大飛散距離 l (m)	最大飛散高さ h (m)	最大飛散距離 l (m)	最大飛散距離 l (m)	最大飛散高さ h (m)	最大飛散距離 l (m)
発電機・車両	燃料ポンプユニット車	塊状	8000	2500	4200	7180	0.005	2	105	42	6282	8	194	42	6282	8
	自動販売機(小)	塊状	660	999	1850	249	0.0099	1	72	45	245	4	180	45	245	4
	ユニット (4 t) 1	塊状	7710	2230	2950	4510	0.0069	1	81	43	4005	7	182	43	4005	7
	トラック 1	塊状	2280	8445	2485	3750	0.008	1	81	44	3556	7	184	44	3556	7
	ユニット (4 t) 2	塊状	8180	2230	2420	3620	0.008	1	79	44	3391	7	183	44	3391	7
	乗用車 9	塊状	3395	1475	1910	1010	0.0065	1	71	45	980	5	179	45	980	5
	トラック (20 t)	塊状	10500	2500	3600	8770	0.0056	1	71	39	6572	9	168	39	6058	9
	トラック (2 t)	塊状	8500	2300	3600	5550	0.0063	1	68	40	4427	8	167	41	4470	8
	乗用車 1	塊状	1475	3395	1610	840	0.0102	0	0	0	-	-	0	0	-	-
	バス 1	塊状	2010	6990	2645	3880	0.0066	1	56	38	2801	6	153	39	2897	7
	自動販売機	塊状	1362	740	1830	305	0.0089	0	0	0	-	-	0	0	-	-
	バス 2	塊状	2490	11990	3750	12100	0.0047	1	40	33	6207	8	128	33	6463	8
	乗用車 8	塊状	4600	1700	1800	1900	0.008	0	0	0	-	-	0	0	-	-
	乗用車 2	塊状	1695	4360	1460	1140	0.0065	0	0	0	-	-	0	0	-	-
	積載車	塊状	3400	1500	2000	1430	0.007	0	0	0	-	-	0	0	-	-
	12 t ユニーク車	塊状	9880	2490	2740	7160	0.0065	0	0	0	-	-	0	0	-	-
	乗用車 7	塊状	4370	1690	1510	1250	0.0089	0	0	0	-	-	0	0	-	-
	モーターリフトカー	塊状	4000	1300	2200	2545	0.0062	0	0	0	-	-	0	0	-	-
	乗用車 3	塊状	1780	4790	1535	1510	0.0063	0	0	0	-	-	0	0	-	-
	防射材	塊状	2500	1300	1300	570	0.0096	0	0	0	-	-	0	0	-	-
第1ベンチファイナ出口	塊状	8545	2300	3270	7950	0.0047	0	0	0	-	-	0	0	-	-	
分析計車	塊状	630	1330	1050	354	0.0077	0	0	0	-	-	0	0	-	-	
小型発電機 1	塊状	630	1330	1050	354	0.0077	0	0	0	-	-	0	0	-	-	
中型ホース巻取車	塊状	7400	2300	3400	7985	0.0042	0	0	0	-	-	0	0	-	-	

一：浮上しないため記載しない
 *：経路計算上、設定時間(180秒)では運動が終了しないため数値なし。
 (運動エネルギー評価にて飛来物発生防止対策の妥当判断は可能)

表3 想定飛来物の飛散解析結果(地上からの初期高さ5m) (3/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ			質量	落下高さ	落下速度	落下加速度	高圧差 0m			高圧差 41.5m				
			L (mm)	W (mm)	D (mm)					最大飛散高さ (m)	最大飛散距離 (m)	最大水平速度 (m/s)	最大飛散高さ (m)	最大飛散距離 (m)	最大水平速度 (m/s)		
燃料 破片 破片	中型ボーズ機銃弾 (150人)	塊状	7430	2240	3200	7975	0.0041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	水中ポンプ車 (追加分)	塊状	6090	1865	2700	5010	0.0044	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	海水車	塊状	5500	1900	2500	4250	0.0045	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	重炭酸電機 (230V)	塊状	6700	2320	3020	7100	0.0041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	水中ポンプ車	塊状	6000	1900	2700	5045	0.0044	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	高圧発電機車	塊状	2150	6825	3200	7680	0.0039	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ボイルローダ2	塊状	6200	2200	3100	6880	0.0059	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	新水機	塊状	4700	1900	2000	3020	0.0049	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	タンクローリ1	塊状	5300	1900	2100	3560	0.0048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	重炭酸電機 (115V)	塊状	8980	2470	3320	10900	0.0037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	タンクローリ2	塊状	4000	1900	2100	3440	0.0046	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ボイルローダ3	塊状	6200	2200	3100	7270	0.0037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	高圧発電機車 (追加分)	塊状	6900	2225	2940	7850	0.0056	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	電機室	塊状	1500	1200	1900	1000	0.0047	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	大量排水車 (追加分)	塊状	8350	2400	3550	12850	0.0032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	可搬式モニタリングボス 上乗取用トランク	塊状	5985	1885	2135	4705	0.004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ボーズ機銃車 (大型) (追加分)	塊状	3100	1600	1300	1430	0.0052	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
大量排水車	塊状	5935	2490	3550	14485	0.0031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
精密測定用 用BC (追加分)	塊状	8570	2490	3560	13650	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
化学消防車	塊状	8530	2300	3765	14000	0.0029	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
緊急ガス発生装置車	塊状	7160	2380	2900	9465	0.0031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		塊状	11090	2400	3790	21330	0.0027	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

一：浮上しないため記載しない
 *：詳細計算上、設定時間 (180秒) では運動が終了しないため数値なし。
 (運動エネルギーが評価にて飛来物発生防止対策の重さ判断は可能)

表3 想定飛来物の飛散解析結果(地上からの初期高さ5m) (4/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ L (mm)	幅 W (mm)	高さ D (mm)	質量 m (kg)	空力係数 メータ CD/m ² (m ² /kg)	高さ差 0m			高さ差 41.5m						
								最大飛散 距離 h (m)	最大飛散 距離 l (m)	最大飛散 距離 T (mm)	最大飛散 距離 h (m)	最大飛散 距離 l (m)	最大飛散 距離 T (mm)				
・ 蒸気機 ・ 燃料	ホイールローダー1	塊状	2250	6130	3035	9350	0.0028	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
	大型海水ポンプ車	塊状	12000	2500	3600	21930	0.0025	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
設計飛来物の種類を 見ない物品	ドラム缶	塊状	600	600	900	24	0.04	26	196	66	52	2	26	244	66	52	2
	物置3	塊状	1400	800	1100	76	0.0311	16	184	63	147	3	16	249	63	147	3
	小型自動車二輪車	塊状	725	1855	1045	89	0.0303	14	181	62	170	3	14	243	62	170	3
	ケーブルレールコンテナ	塊状	1200	800	1100	100	0.0211	4	144	57	163	3	4	211	57	163	3
	ケーブル外機(倉庫用)	塊状	250	800	300	10	0.0344	16	183	64	20	2	16	230	64	20	2
	夜投定機	塊状	250	4000	40	13.2	0.0557	34	196	70	32	7	34	241	70	32	7
	台車	塊状	1000	500	150	20	0.0242	5	140	59	35	3	5	207	59	35	3
	物置2	塊状	1200	800	1100	285	0.0074	0	0	0	0	-	0	0	-	-	-
	砂利6	塊状	40	40	40	0.1	0.032	12	169	63	1	1	12	216	63	1	1
	スクラップ用鉄箱2	塊状	1300	900	700	240	0.0076	0	0	0	0	-	0	0	-	-	-
	工具棚	塊状	1000	500	500	100	0.0094	0	0	0	0	-	0	0	-	-	-
	スクラップ用鉄箱1	塊状	1500	1350	600	400	0.0063	0	0	0	0	-	0	0	-	-	-
	スクラップ用機(ヒム用)	塊状	940	1400	320	134	0.0103	0	0	0	0	-	0	0	-	-	-
	砂利1	塊状	50	50	50	0.3	0.0167	1	96	53	1	1	1	100	53	1	1
	砂利5	塊状	40	40	40	0.15	0.0214	3	126	57	1	1	3	203	57	1	1
	小窓発電機2	塊状	1500	700	1200	600	0.0041	0	0	0	0	-	0	0	-	-	-
砂利	塊状	40	40	40	0.2	0.016	1	86	52	1	1	1	183	52	1	1	
砂利2	塊状	50	50	50	0.35	0.0143	1	70	48	1	1	1	169	48	1	1	
砂利3	塊状	40	40	40	0.25	0.0128	0	0	0	0	-	0	0	-	-	-	
コンクリートブロック3	塊状	390	190	190	18	0.0059	0	0	0	0	-	0	0	-	-	-	
コンクリートブロック	塊状	190	390	150	14.3	0.0076	0	0	0	0	-	0	0	-	-	-	

一：落下しないため記載しない
*：計算計算上、設定時間(180秒)では運動が終了しないため記載なし。
(運動エネルギーがゼロになるまで飛来物の発生防止対策の要否判断は可能)

表3 想定飛来物の飛散解析結果(地上からの初期高さ5m) (5/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ		幅	高さ	質量	落下速度	落下位置	高さ5m			高さ41.5m					
			L (mm)	W (mm)						最大飛散高さ h (m)	最大飛散距離 l (m)	最大水平速度 V (m/s)	最大飛散高さ h (m)	最大飛散距離 l (m)	最大水平速度 V (m/s)			
設計飛来物の形状を考えた落下物	コンクリートブロック1	塊状	390	190	100	10.3	0.0086	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	コンクリートブロック2	塊状	390	190	120	12	0.008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	形鋼 [ガイド]	棒状	4200	300	200	135	0.0066	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼製材 [ガイド]	棒状	300	4300	200	135	0.0066	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	コンクリート側溝	棒状	380	2100	340	132	0.0053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼製パイプ [ガイド]	棒状	50	2000	50	8.4	0.0008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼製パイプ1	棒状	50	4000	50	10.8	0.0007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	マンホール蓋 (小)	板状	650	650	50	33.5	0.0092	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ガスボンベ	棒状	230	1500	230	57	0.0055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	マンホール蓋 (大)	板状	975	975	60	89	0.0078	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中絶発電機1	塊状	1080	2550	1500	1770	0.0031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	130t クレーン	塊状	15400	2780	4020	38100	0.0021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G.T.G車	塊状	14740	4248	4220	45000	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H形鋼2	棒状	5500	100	100	95	0.0048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	L形鋼	棒状	5500	100	100	82	0.0055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	カニクレーン	塊状	4285	1280	1695	3900	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	コンクリート板	塊状	2700	1000	200	1300	0.0017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	コンクリート板 [ガイド]	塊状	1500	1000	150	540	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	コンクリート枠	塊状	1200	1200	1200	1300	0.0023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	シヨベルカー1	塊状	2800	2800	9425	3040	1.9500	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
シヨベルカー2	塊状	9600	2800	3010	20500	0.0021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
トラック [ガイド]	塊状	1900	5000	1200	4750	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
パワーカー	塊状	9400	2800	3000	1.9500	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
フォークリフト	塊状	1520	3200	2240	6920	0.0015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

一：落下しないため記載しない
 *：評価計算上、設定時間 (180秒) では運動が終了しないため数値なし。
 (運動エネルギー評価にて飛来物発生防止対策の妥当判断は可能)

表3 想定飛来物の飛散解析結果(地上からの初期高さ5m) (6/7)

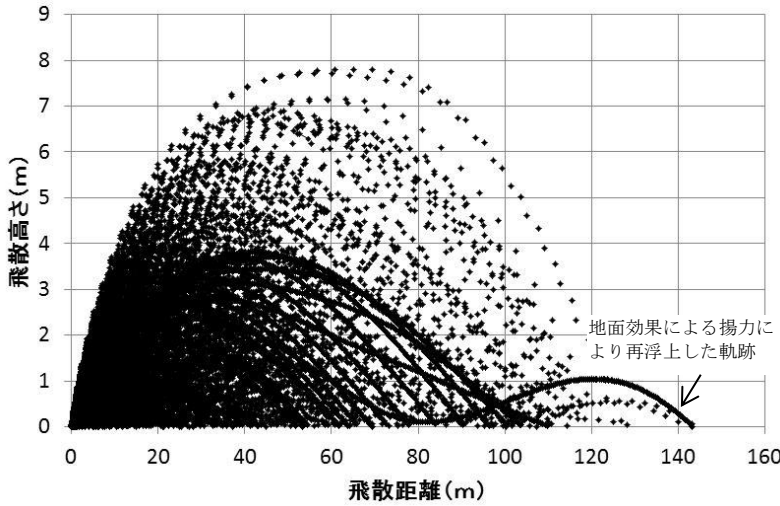
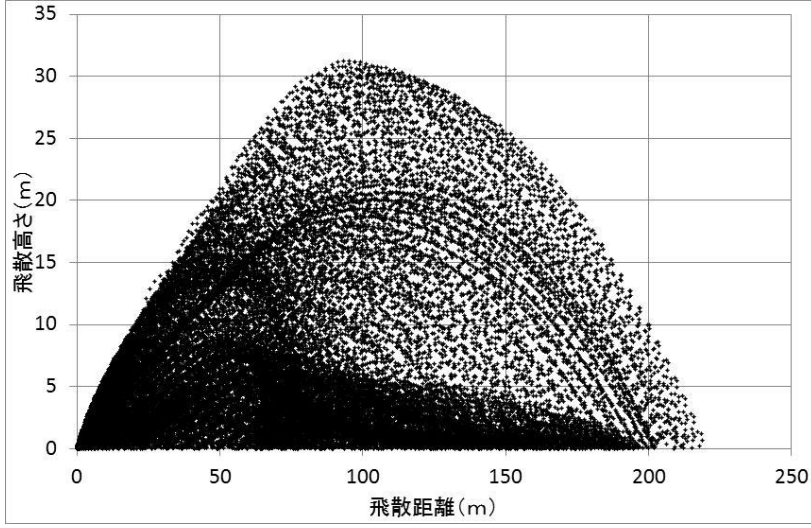
飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ		幅	高さ	質量	重力バウメータ	高さ差 0m			高さ差 41.5m						
			L (mm)	W (mm)					最大飛散距離	最大飛散高さ	最大飛散距離	最大飛散高さ	最大水平速度	運動エネルギー	最大飛散距離	最大飛散高さ	最大水平速度	運動エネルギー
	フォークリフト (3t)	塊状	3775	1225	2990	2990	4370	0.0023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	フォークリフト	塊状	3800	1100	2100	2100	3600	0.0026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	フォークリフト	塊状	2600	11000	3500	3500	26500	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ラフタークレーン (60t)	塊状	13000	2800	3700	3700	41295	0.0016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ラフタークレーン 2	塊状	11405	2620	3490	3490	31900	0.0017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	移動式PBC	塊状	7000	2200	2700	2700	16000	0.0017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	移動式代用緊急換気機	塊状	15500	2490	4090	4090	42341	0.0018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	角形鋼 1	棒状	5500	125	125	125	288	0.0032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	角形鋼 2	棒状	5500	200	200	200	288	0.0032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	形鋼 1	棒状	2900	200	200	200	145	0.0034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	形鋼 2	棒状	8000	350	350	350	1080	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼製ドラム	塊状	3000	3000	2000	2000	6000	0.0024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼製材 1	棒状	100	5500	100	95	0.0048	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼製材 2	棒状	150	5500	150	174	0.0039	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼板 (木・板) (木工板)	板状	2996	997	200	640	0.0037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼板 (木・薄) (板金鋼板・木)	板状	6000	1500	22	1600	0.0038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼板 (木・薄) (板金鋼板・木)	板状	6000	1500	25	1800	0.0034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼板 (木・薄) (板金鋼板・木)	板状	6100	1500	25	1820	0.0034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	鋼板 (木・薄) (板金鋼板・木)	板状	3000	1500	25	900	0.0034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	大型ボルト固定車 (GOA)	塊状	8580	2490	3280	21980	0.0018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	大型発電機	塊状	1650	5380	2100	7220	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	中型発電機 2	塊状	2000	880	1200	1300	0.0027	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	電源車	塊状	15455	2490	4101	41000	0.0019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

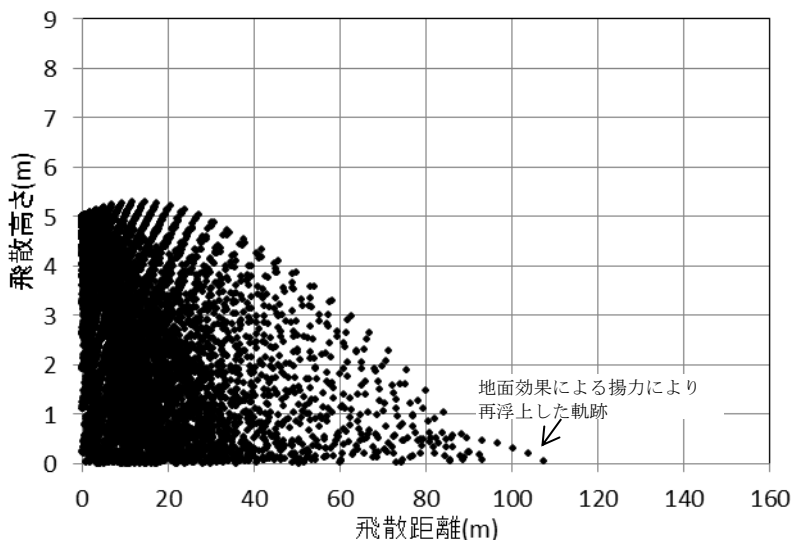
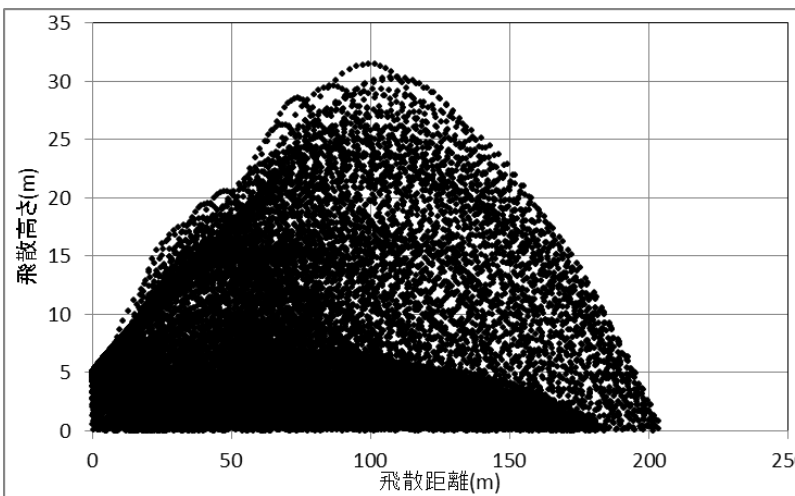
一：浮上しないため記載しない。
 *：野在計算上、設定時間 (180秒) では運動が終了しないため数値なし。
 (運動エネルギー評価にて飛来物発生防止対策の審査判断は可能)

表3 想定飛来物の飛散解析結果(地上からの初期高さ5m) (7/7)

飛来物の種類	代表飛来物	形状	長さ L (mm)	幅 W (mm)	高さ D (mm)	質量 m (kg)	空気圧力 メータ C/D/m ²	高さ5m			高さ41.5m								
								最大飛来 距離 h (m)	最大飛来 距離 l (m)	最大飛来 距離 L (mm)	最大飛来 距離 h (m)	最大飛来 距離 l (m)	最大飛来 距離 L (mm)						
設計 上 の 飛 来 物 の 数 を お お え	縦柱	棒状	257	10000	257	600	0.0031	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	緊き鉄板1	板状	1400	3000	12	400	0.0071	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	緊き鉄板2	板状	1500	3000	22	802	0.0038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	緊き鉄板3	板状	1500	6100	25	1820	0.0034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	管	塊状	50	50	50	0.06	0.0534	41	209	74	1	1	41	259	74	1	1	41	259
	足場板2	板状	4000	240	32	7.6	0.0914	43	214	75	22	7	43	200	75	22	7	43	200
	平窓シシク	塊状	1800	500	1200	24	0.0940	*	*	76	68	2	*	*	76	68	2	*	*

一：読み上げないため記載しない。
 *：計算結果上、設定時間（180秒）では運動が終了しないため数値なし。
 （運動エネルギー評価にて飛来物発生防止対策の緊急準備は可能）

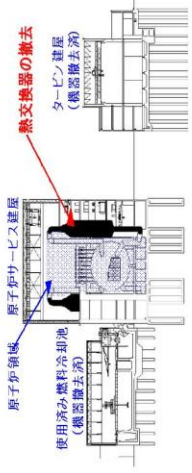
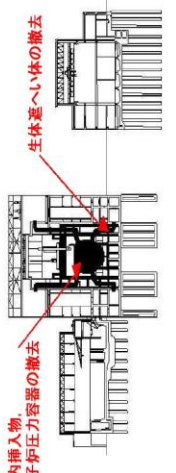
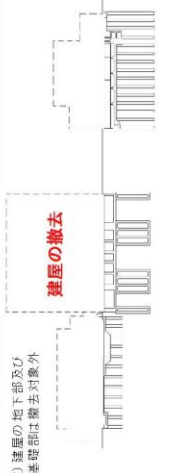
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1884 745 2359 777">図3 乗用車(資機材・車両)の飛跡</p> <p data-bbox="1780 787 2463 913">(乗用車の諸元:長さ1,900mm 幅5,200mm 高さ2,300mm, 質量1,890kg, 最大風速:92m/s, 地上からの初期高さ:0m)</p>  <p data-bbox="1855 1470 2389 1501">図4 プレハブ小屋(軽量大型機材)の飛跡</p> <p data-bbox="1736 1512 2507 1638">(プレハブ小屋の諸元:長さ7,200mm 幅27,000mm 高さ3,400mm, 質量7,500kg, 最大風速:92m/s, 地上からの初期高さ:0m)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p data-bbox="1884 787 2359 829">図5 乗用車(資機材・車両)の飛跡</p> <p data-bbox="1780 829 2463 871">(乗用車の諸元:長さ1,900mm 幅5,200mm 高さ2,300mm,</p> <p data-bbox="2018 871 2226 913">質量1,890kg,</p> <p data-bbox="1840 913 2404 955">最大風速:92m/s, 地上からの初期高さ:5m)</p>  <p data-bbox="1840 1501 2389 1543">図6 プレハブ小屋(軽量大型機材)の飛散</p> <p data-bbox="1736 1543 2507 1585">(プレハブ小屋の諸元:長さ7,200mm 幅27,000mm 高さ3,400mm,</p> <p data-bbox="2018 1585 2226 1627">質量7,500kg,</p> <p data-bbox="1840 1627 2404 1669">最大風速:92m/s, 地上からの初期高さ:5m)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p style="text-align: right;">補足</p> <p><u>飛散距離に対する地上からの初期高さの感度解析について</u></p> <p>添付資料3.3 別紙-7 表2, 3では, 地上からの初期高さを0m及び5mとした場合の飛散距離を示したが, ここでは, 地上からの初期高さが飛散距離に及ぼす影響を確認するために, 地上からの初期高さ(0~5m)の感度解析を実施する。</p> <p>(1) 感度解析範囲 解析範囲は, フジタモデルの風速場で約90m/sの風速となる高さである地上からの初期高さ5mまでの範囲とする。</p> <p>(2) 対象物品について 感度解析を実施する対象物品については, 3種類の物品形状(板状, 棒状, 塊状)のうち, それぞれ地上からの初期高さを0mとした場合の飛散距離が最大となるプレハブ小屋(塊状), 仮設足場(板状), 鋼製材(棒状)を選定する。</p> <p>(3) 感度解析結果 感度解析結果を図1に示す。 プレハブ小屋(塊状)については, 地上からの初期高さが増加するに従い, 飛散距離が減少している。 地上からの初期高さが増加するに従い物品に作用する初期風速も増加するが, 地面効果による揚力の減少の影響のほうが大きいと飛散距離が減少したと考えられる。地上からの初期高さ0mで飛散距離が最大となったのは, 地面効果による揚力の影響により, 物品が高く浮上し, 長時間設計竜巻の最大風速程度の強い風を受けたためと考えられる。 仮設足場(板状)については, 地上からの初期高さ約0.1mまでは, 地上からの初期高さの増加に伴い飛散距離が減少し, 地上からの初期高さ約0.1m以上では, 地上からの初期高さの増加に伴い飛散距離は増加している。 地上からの初期高さ約0.1mまでで地上からの初期高さの増加に伴い飛散距離が減少したのは, プレハブ小屋(塊状)と同様に, 物品の地上からの初期高さの増加に伴い地面効果による揚力が減少したためと考えられる。 一方で, 地上からの初期高さ約0.1m以上で地上からの初期高さの増加に伴い飛散距離が増加したのは, 地上からの初期高さ</p>	<p>・資料構成の相違 【柏崎6/7, 東海第二】 島根2号炉は, 地上からの初期高さが飛散距離に及ぼす影響を確認するために, 地上からの初期高さの感度解析を実施している</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>0.12m以上で地面効果による揚力は消滅するため、物品の地上からの初期高さの増加に伴い物品に作用する初期風速が増加するためと考えられる。</p> <p>鋼製材（棒状）については、地上からの初期高さの増加に伴い、飛散距離が徐々に増加している。</p> <p>これは、鋼製材（棒状）は物品高さが低く地面効果による揚力の影響を受けにくいこと、空力パラメータがプレハブ小屋（塊状）や仮設足場（板状）に比べて小さく竜巻風速により加速されにくいことが理由と考えられる。</p> <p>なお、仮設足場（板状）及び鋼製材（棒状）は地上からの初期高さの増加に伴い飛散距離も大きくなる傾向が確認されたが、これらを含め構内の現地調査等で確認された板状、棒状の物品は、飛散した場合の影響（運動エネルギー、貫通力）が設計飛来物以下であることを確認しており、飛来物発生防止対策エリアの設定に影響しない。</p> <div data-bbox="1822 974 2410 1486" data-label="Figure"> </div> <p>図1 プレハブ小屋（塊状）、仮設足場（板状）、鋼製材（棒状）の地上からの初期高さとの飛散距離の関係 （プレハブ小屋の諸元：長さ7,200mm 幅27,000mm 高さ3,400mm, 質量7,500kg, 空力パラメータ 0.0277m²/kg, 仮設足場の諸元：長さ250mm 幅4,000mm 高さ40mm, 質量14kg, 空力パラメータ 0.0557 m²/kg, 鋼製材の諸元：長さ300mm 幅4,200mm 高さ200mm, 質量135kg, 空力パラメータ 0.0066 m²/kg, 最大風速：92m/s)</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p style="text-align: right;">別紙 9-5</p> <p style="text-align: center;"><u>東海発電所</u> <u>廃止措置作業の概要及び解体・撤去物品の管理について</u></p> <p><u>東海発電所の廃止措置工事の概要は、以下に示す3つに区分することができ、それぞれの段階での解体撤去作業の内容を示す。別図5-1図には、各段階での東海発電所の状態とその作業概要を示す。</u></p> <p>(1) <u>原子炉領域以外の解体撤去【屋内作業】</u> <u>原子炉領域の解体撤去にて発生する解体撤去物の搬出ルート確保、放射性廃棄物保管エリア確保等のため、原子炉領域以外の設備を解体撤去。</u></p> <p>(2) <u>原子炉領域解体撤去【屋内作業】</u> <u>原子炉領域は放射能を減衰させるため、安全貯蔵状態とし、放射能を減衰させた後、原子炉領域の解体撤去。</u></p> <p>(3) <u>建屋等解体撤去【屋外作業あり】</u> <u>原子炉領域の解体撤去後、各建屋等は汚染を除去し管理区域を解除して解体撤去。</u></p> <p><u>また、別図5-1において、東海発電所の廃止措置の上記の各段階での解体、撤去作業の各段階での物品の管理方法を示す。</u></p>	<p style="text-align: right;">別紙-8</p> <p style="text-align: center;"><u>島根原子力発電所1号炉</u> <u>廃止措置における解体撤去作業の概要及び解体・撤去物品の管理について</u></p> <p><u>島根原子力発電所1号炉の廃止措置は、4つに区分することができ、以下にそれぞれの段階での解体撤去作業の内容を示す。</u></p> <p>(1) <u>解体工事準備期間【屋外・屋内作業】</u> <u>供用を終了した設備のうち、管理区域外の設備の解体撤去を行う。</u></p> <p>(2) <u>原子炉本体周辺設備等解体撤去期間【屋外・屋内作業】</u> <u>供用を終了した設備のうち、管理区域内にある放射性物質により汚染された設備（原子炉本体除く）等の解体撤去を行う。</u></p> <p>(3) <u>原子炉本体等解体撤去期間【屋外・屋内作業】</u> <u>放射能レベルの比較的高い原子炉本体等の解体撤去を行う。</u></p> <p>(4) <u>建物等解体撤去期間【屋外・屋内作業】</u> <u>供用を終了する放射性廃棄物の廃棄施設、換気設備、その他解体の対象とするすべての設備、建物等の解体撤去を行う。</u></p> <p><u>また、各段階での島根原子力発電所1号炉の状態とその作業概要及び竜巻防護に関する廃止措置の各段階での解体撤去作業の物品の管理方法を図1に示す。</u></p>	<p>・資料構成の相違 【柏崎6/7】 島根2号炉は島根1号炉の廃止措置時の物品の管理方法を記載</p>

作業概要		竜巻防護に関する解体撤去物の管理	
① 原子炉領域以外の解体撤去	 <p>原子炉領域 使用済燃料冷却池 (構造撤去済) タービン建屋 (構造撤去済) 熱交換器の撤去</p>	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉サービスマンビル建屋内で遠隔装置等により、解体・撤去し、解体撤去物は鉄箱等へ収納する。 鉄箱を既設の建屋搬出入口より、東海発電所固体廃棄物貯蔵庫へ保管、又は敷地外(L3廃棄物埋設施設含む)へ搬出する。 	<ul style="list-style-type: none"> 解体作業に関わる資機材、車両は、東二と同様の管理を行い、設計飛来物の影響を超えることのないよう管理する。
② 原子炉領域解体撤去	 <p>炉内構造物 原子炉圧力容器の撤去 生体遮へい体の撤去</p>	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉サービスマンビル建屋内で遠隔装置等により、解体・撤去し、解体撤去物は鉄箱等へ収納する。 鉄箱を既設の建屋搬出入口より、東海発電所固体廃棄物貯蔵庫へ保管、又は敷地外(L3廃棄物埋設施設含む)へ搬出する。 	<ul style="list-style-type: none"> 解体作業に関わる資機材、車両は、東二と同様の管理を行い、設計飛来物の影響を超えることのないよう管理する。 運搬の解体作業時は、設計飛来物の影響を超える解体撤去物が発生しないよう予め飛散評価を行った区画を設定するなどの管理を行う。
③ 建屋等解体撤去	 <p>建屋の撤去</p> <p>注) 建屋の地下部及び基礎部は撤去対象外</p>	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉サービスマンビル建屋内の設備が全て解体され、解体撤去物が建屋内より搬出された後、建屋外壁を掘削機により解体する。 	<ul style="list-style-type: none"> 解体作業に関わる資機材、車両は、東二と同様の管理を行い、設計飛来物の影響を超えることのないよう管理する。

別図 5-1 東海発電所の廃止措置作業の概要及び解体、撤去された物品管理

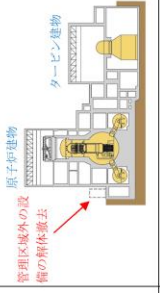
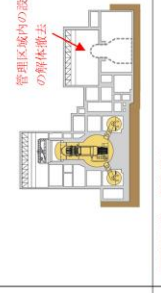
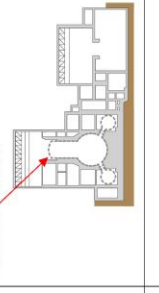
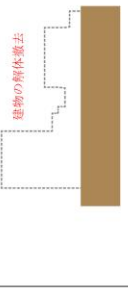
作業概要		竜巻防護に関する解体撤去物の管理	
① 解体工事準備期間	 <p>原子炉建屋 タービン建屋 管理区域外の設備の解体撤去</p>	<ul style="list-style-type: none"> 建物内/外の管理区域域外にある設備を解体撤去し、解体撤去物は産業廃棄物として敷地外へ搬出する。 	<ul style="list-style-type: none"> 解体作業に係る資機材、車両は、島根2号炉と同様の管理を行い、設計飛来物の影響を超えることのないよう管理する。
② 原子炉本体周辺設備等解体撤去期間	 <p>管理区域内の設備の解体撤去</p>	<ul style="list-style-type: none"> 建物内/外の管理区域域内にある放射性物質により汚染された設備を解体撤去する。 解体撤去物は容器等に収納し、固体廃棄物貯蔵所等へ保管、又は廃棄施設に廃棄する。 	<ul style="list-style-type: none"> 解体作業に係る資機材、車両は、島根2号炉と同様の管理を行い、設計飛来物の影響を超えることのないよう管理する。
③ 原子炉本体等解体撤去期間	 <p>原子炉本体の解体撤去</p>	<ul style="list-style-type: none"> 放射能レベルの比較的高い原子炉本体を解体撤去する。 物に放射能レベルの高い炉心支持構造物等の解体においては、遠隔操作による水中での切断等、被ばく低減を考慮した工法を採用する。 解体撤去物は容器等に収納し、固体廃棄物貯蔵所等へ保管、又は廃棄施設に廃棄する。 	<ul style="list-style-type: none"> 解体作業に係る資機材、車両は、島根2号炉と同様の管理を行い、設計飛来物の影響を超えることのないよう管理する。
④ 建物等解体撤去期間	 <p>建物の解体撤去</p>	<ul style="list-style-type: none"> 汚染した設備の撤去後、建物内に残っている汚染をはたき等の方法で除去する。施設内の汚染を除去した後、汚染状況を確認した上で管理区域を順次解除する。 管理区域を解除した後、解体の対象とする建物を解体撤去する。建物の解体は、圧縮機やブローカ等をを用いて行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 解体作業に係る資機材、車両は、島根2号炉と同様の管理を行い、設計飛来物の影響を超えることのないよう管理する。 建物の解体作業時は、設計飛来物の影響を超える解体撤去物が発生しないよう予め飛散評価を行った区画を設定する等の管理を行う。

図 1 島根原子力発電所1号炉の解体撤去作業の概要及び解体、撤去された物品管理

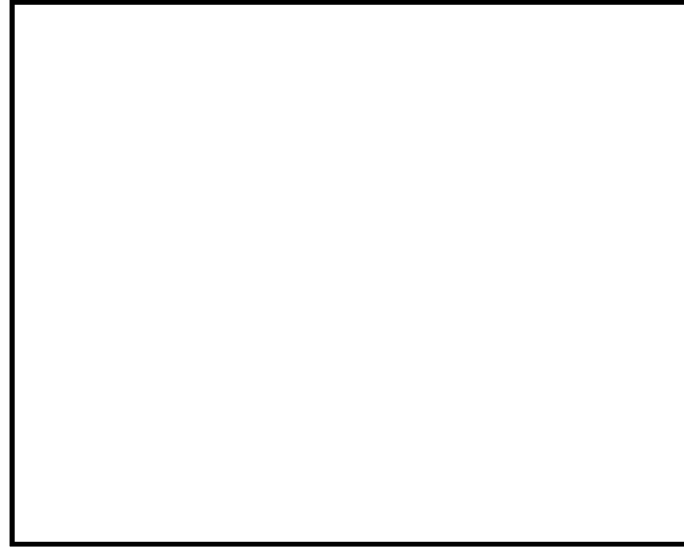
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																			
<p style="text-align: right;">添付資料3.4</p> <p>3.4 竜巻随伴事象の抽出について</p> <p>過去の竜巻被害を参考に竜巻の随伴事象を検討し、柏崎刈羽原子力発電所のプラント配置から考慮する必要がある事象として、火災、溢水及び外部電源喪失事象を抽出した。</p> <p>(1) 過去の竜巻被害について</p> <p>過去の竜巻被害について、1990年以降の主な竜巻による被害概要を調査した文献から検討を行った。竜巻の被害の状況写真から日本国内での竜巻被害では、風圧力及び飛来物の衝突により発生している建築物、電柱、電線等の損傷がみられ、竜巻の随伴事象としては、電柱や電線の損傷による停電事象が発生している。(図3.4.1, 3.4.2)</p>	<p style="text-align: right;">添付資料 11</p> <p style="text-align: center;">竜巻随伴事象の抽出について</p> <p>1. 概要</p> <p>過去の竜巻被害事例及び発電所の施設の配置から想定される竜巻の随伴事象を検討し、発電所において考慮する必要がある事象として、火災、溢水及び外部電源喪失を抽出した。</p> <p>2. 過去の竜巻被害について</p> <p>1990年以降の主な竜巻による被害概要を調査した文献から検討を行った。第2-1表に、1990年以降に日本で発生した最大級の竜巻であるF3クラスの竜巻を示す。</p> <p style="text-align: center;">第2-1表 1990年以降のF3クラス竜巻</p> <table border="1" data-bbox="952 1024 1703 1182"> <thead> <tr> <th>発生日時</th> <th>発生場所</th> <th>藤田スケール</th> <th>死者</th> <th>負傷者</th> <th>住宅全壊</th> <th>住宅半壊</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2012年5月6日</td> <td>茨城県常総市</td> <td>F3</td> <td>1</td> <td>37</td> <td>76</td> <td>158</td> </tr> <tr> <td>2006年11月7日</td> <td>北海道佐呂間町</td> <td>F3</td> <td>9</td> <td>31</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>1999年9月24日</td> <td>愛知県豊橋市</td> <td>F3</td> <td>0</td> <td>415</td> <td>40</td> <td>309</td> </tr> <tr> <td>1990年12月11日</td> <td>千葉県茂原市</td> <td>F3</td> <td>1</td> <td>73</td> <td>82</td> <td>161</td> </tr> </tbody> </table> <p>竜巻被害の状況写真(第2-1~3図)から、竜巻被害としては風圧力及び気圧差による被害及び飛来物の衝突による損傷のみであり、また、竜巻の随伴事象として電柱や電線の損傷による停電が発生していると判断される。</p>	発生日時	発生場所	藤田スケール	死者	負傷者	住宅全壊	住宅半壊	2012年5月6日	茨城県常総市	F3	1	37	76	158	2006年11月7日	北海道佐呂間町	F3	9	31	7	7	1999年9月24日	愛知県豊橋市	F3	0	415	40	309	1990年12月11日	千葉県茂原市	F3	1	73	82	161		<p>(島根2号炉は「別添2-1 3.5. 竜巻随伴事象に対する評価」で記載)</p>
発生日時	発生場所	藤田スケール	死者	負傷者	住宅全壊	住宅半壊																																
2012年5月6日	茨城県常総市	F3	1	37	76	158																																
2006年11月7日	北海道佐呂間町	F3	9	31	7	7																																
1999年9月24日	愛知県豊橋市	F3	0	415	40	309																																
1990年12月11日	千葉県茂原市	F3	1	73	82	161																																

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p>(建物の被害)</p> <p>(ガラスへの飛来物衝突痕)</p> <p>(電柱の折損, 傾斜)</p> <p>図 3. 4. 1 2012年茨城県常総市で発生したF3竜巻による被害状況 (1)</p>	 <p>全壊した家屋</p> <p>飛来物により被害を受けた住宅等</p> <p>倒れた電柱(復旧作業時)</p> <p>倒壊電柱に直撃された家屋</p> <p>第 2-1 図 2012年5月6日茨城県にて発生したF3竜巻による被害⁽¹⁾</p> <p>全壊した工事事務所周辺</p> <p>飛来物による被害を受けた建物</p> <p>倒壊した道路標識支柱</p> <p>道路側へ倒壊した電柱</p> <p>第 2-2 図 2006年11月7日北海道にて発生したF3竜巻による被害⁽²⁾ ⁽³⁾</p>		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p>(電柱の折損, 傾斜)</p> <p>(建築物への飛来物の衝突痕)</p> <p>(電柱, 道路標識の折損)</p> <p>図 3. 4. 2 2006 年に北海道佐呂間町にて発生した F3 竜巻による被害状況⁽²⁾⁽³⁾</p>	 <p>残骸(飛散物)で埋め尽された道路</p> <p>吹き飛ばされた建物</p> <p>横転したバス</p> <p>曲がった鉄筋 (工事現場)</p> <p>第 2-3 図 1990 年 12 月 11 日千葉県にて発生した F 3 竜巻による被害⁽⁴⁾</p>		

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(2) 柏崎刈羽原子力発電所のプラント配置を参考にした竜巻随伴事象について</p> <p>(1)の過去の竜巻による被害状況から、柏崎刈羽原子力発電所においては送電線等が竜巻による被害を受けることにより、外部電源喪失事象の発生が考えられる。</p> <p>さらに、柏崎刈羽原子力発電所のプラント配置から、屋外に軽油タンク、水タンクが配備されていることから、飛来物の衝突により火災事象及び溢水事象が発生する可能性がある。(図3.4.3)</p> <p>以上から、竜巻随伴事象として火災、溢水、外部電源喪失事象を抽出する。</p>	<p>3. 発電所にて考慮すべき竜巻随伴事象</p> <p>上述の過去の竜巻による被害事例及び第3-1図に示す発電所の施設の配置から判断すると、発電所においては送電線等が竜巻による被害を受けることにより、外部電源喪失の発生が考えられる。さらに、屋外に油タンク及び水タンクが配備されていることから、飛来物の衝突により火災及び溢水が発生する可能性がある。</p> <p>以上のことから、発電所における竜巻随伴事象として、火災、溢水及び外部電源喪失を抽出する。</p>		

防護上の観点又は機密に係わる事項を含む為、公開できません



軽油タンク等	①	5号炉軽油タンク	軽油タンク等	⑩	原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器
	②	5号炉所内変圧器		⑪	第一ガスタービン発電機用燃料タンク
	③	5号炉励磁変圧器		⑫	No.3 純粋タンク, No.4 純粋タンク
	④	5号炉主変圧器		⑬	No.3 ろ過水タンク, No.4 ろ過水タンク
	⑤	5号炉起動変圧器		⑭	タンクローリ・可搬型代替注水ポンプ(消防車)
	⑥	6号炉所内変圧器	水タンク等	⑮	5号炉 NSD 収集タンク
	⑦	6号炉主変圧器		⑯	6号及び7号炉 NSD 収集タンク
	⑧	6号炉起動変圧器			
	⑨	7号炉所内変圧器			
	⑩	7号炉主変圧器			

図 3.4.3 柏崎刈羽原子力発電所のプラント配置図



第 3-1 図 発電所の評価対象施設のうち屋外施設及び竜巻随伴事象の検討対象施設の配置図

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>参考文献</p> <p>(1)「平成24年(2012年)5月6日に茨城県つくば市で発生した建築物等の竜巻被害状況調査報告」(ISSN1346-7328 国総研資料 第703号 ISSN 0286-4630 建築研究資料 第141号 平成25年1月)</p> <p>(2) 2006年佐呂間町竜巻被害調査報告(2006年11月21日)</p> <p>(3) 佐呂間竜巻災害の記録―若佐地区―</p>	<p><参考文献></p> <p>(1) (財)消防科学総合センター, 平成24年(2012年)5月6日 茨城県つくば市竜巻災害写真報告, 2012</p> <p>(2) (財)消防科学総合センター, 平成18年11月7日北海道 佐呂間町竜巻災害写真報告, 2006</p> <p>(3) (社)土木学会 北海道佐呂間町竜巻緊急災害調査団, 平成18年11月 北海道佐呂間町竜巻緊急災害調査, 2007年4月</p> <p>(4) 千葉県総務部消防地震防災課, 防災誌「風水害との闘い」 第3章 90m超えの突風に街が飛ばされた!―茂原で最大スケールの竜巻が発生―, 平成22年3月</p>		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7 号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2 号炉	備考
<div data-bbox="676 415 893 478" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 0 auto;">別 添 2 - 2</div> <p data-bbox="160 716 908 856" style="text-align: center;"><u>柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉</u></p> <p data-bbox="210 982 863 1123" style="text-align: center;"><u>竜巻影響評価における フジタモデルの適用について</u></p>	<div data-bbox="1448 369 1700 443" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 0 auto;">別添資料 2</div> <p data-bbox="1133 716 1522 772" style="text-align: center;"><u>東海第二発電所</u></p> <p data-bbox="973 982 1682 1123" style="text-align: center;"><u>竜巻影響評価における フジタモデルの適用について</u></p>	<div data-bbox="2208 415 2472 478" style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin: 0 auto;">別 添 2 - 2</div> <p data-bbox="1843 716 2392 772" style="text-align: center;"><u>島根原子力発電所 2 号炉</u></p> <p data-bbox="1798 982 2442 1123" style="text-align: center;"><u>竜巻影響評価における フジタモデルの適用について</u></p>	<p data-bbox="2531 300 2810 552">・本資料はフジタモデルの妥当性の説明資料であり、柏崎 6/7、東海第二と説明内容に相違はないことから、以下の波線は省略</p>

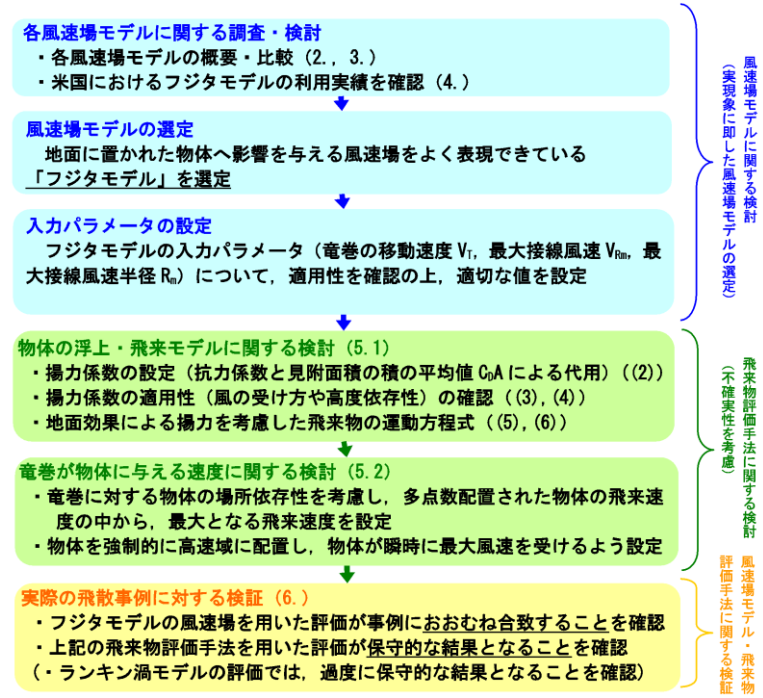
柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p style="text-align: center;">目次</p> <p>別添2-2</p> <p>1. はじめに</p> <p>2. 各風速場モデルの概要</p> <p>2.1. フジタモデル</p> <p>2.2. ランキン渦モデル</p> <p>2.3. 非定常乱流渦モデル (LES による数値解析)</p> <p>3. 各風速場モデルの比較</p> <p>4. 米国におけるフジタモデルの取扱い</p> <p>4.1. フジタモデルの利用実績</p> <p>4.2. NRC ガイドでの取扱い</p> <p>5. 飛来物評価における不確定性の考慮</p> <p>5.1. 物体の浮上・飛来モデルにおける不確定性の考慮</p> <p>5.2. 竜巻が物体に与える速度に関する不確定性の考慮</p> <p>5.3. 飛来物評価法のまとめ</p> <p>6. 実際の飛散状況に対する検証</p> <p>6.1. フジタスケールとの比較</p> <p>6.2. 米国 Grand Gulf 原子力発電所への竜巻来襲事例</p> <p>6.3. 佐呂間竜巻での車両飛散事例</p> <p>7. 飛散以外の挙動に対する考慮</p> <p>8. まとめ</p> <p>9. 参考文献</p> <p>別紙1 「フジタモデル」及び「ランキン渦モデル」並びに「それぞれの風速場モデルを用いた際の飛来物評価手法」の比較</p>	<p style="text-align: center;">目次</p> <p>1. はじめに 1</p> <p>2 各風速場モデルの概要 4</p> <p>2.1 フジタモデル 4</p> <p>2.2 ランキン渦モデル 7</p> <p>2.3 非定常乱流渦モデル (LES による数値解析) 8</p> <p>3. 各風速場モデルの比較 10</p> <p>4. 米国におけるフジタモデルの取扱い 12</p> <p>4.1 フジタモデルの利用実績 12</p> <p>4.2 NRC ガイドでの取扱い 14</p> <p>5. 飛散解析における保守性の考慮 15</p> <p>5.1 物体の浮上, 飛散モデルにおける保守性の考慮 15</p> <p>5.2 物体が受ける風速における保守性の考慮 31</p> <p>5.3 飛散解析手法まとめ 35</p> <p>6. 実際の飛散状況に対する検証 37</p> <p>6.1 フジタスケールとの比較 37</p> <p>6.2 米国 Grand Gulf 原子力発電所への竜巻来襲事例との比較 38</p> <p>6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例との比較 40</p> <p>7. 飛散以外の挙動に対する考慮 48</p> <p>8. まとめ 50</p> <p><参考文献> 52</p> <p>別紙1「フジタモデル」及び「ランキン渦モデル」並びに「それぞれの風速場モデルを用いた際の飛散解析手法」の比較</p> <p>別紙2 発電所における竜巻風速場モデルの適用方針</p>	<p style="text-align: center;">目次</p> <p>別添2-2</p> <p>1. はじめに</p> <p>2. 各風速場モデルの概要</p> <p>2.1. フジタモデル</p> <p>2.2. ランキン渦モデル</p> <p>2.3. 非定常乱流渦モデル (LES による数値解析)</p> <p>3. 各風速場モデルの比較</p> <p>4. 米国におけるフジタモデルの取扱い</p> <p>4.1. フジタモデルの利用実績</p> <p>4.2. NRC ガイドでの取扱い</p> <p>5. 飛来物評価</p> <p>5.1. 物体の浮上・飛来モデルにおける不確定性の考慮</p> <p>5.2. 竜巻が物体に与える速度に関する不確定性の考慮</p> <p><u>5.3. フジタモデルの地表面付近の風速場に関する不確定性の考慮</u></p> <p>5.4. 飛来物評価法のまとめ</p> <p>6. 実際の飛散状況に対する検証</p> <p>6.1. フジタスケールとの比較</p> <p>6.2. 米国 Grand Gulf 原子力発電所への竜巻来襲事例</p> <p>6.3. 佐呂間竜巻での車両飛散事例</p> <p>7. 飛散以外の挙動に対する考慮</p> <p>8. まとめ</p> <p>9. 参考文献</p> <p>別紙1 「フジタモデル」及び「ランキン渦モデル」並びに「それぞれの風速場モデルを用いた際の飛来物評価手法」の比較</p> <p>別紙2 フジタモデルのパラメータ設定等について</p> <p>別紙3 竜巻影響評価と竜巻モデルの関係</p>	<p>・記載方針の相違</p> <p>【柏崎6/7, 東海第二】</p> <p>島根2号炉はフジタモデルの地表面付近の風速場に関する不確定性について記載している</p>

1. はじめに

「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」⁽¹⁾ (以下「ガイド」という。)に従い竜巻影響評価を行う上で、設計飛来物の飛来速度を設定するための風速場モデルを選定する必要がある。これまでの竜巻飛来物評価において用いられている風速場モデルとして、米国NRCの基準類に記載されている「ランキン渦モデル⁽²⁾⁽³⁾」、原子力安全基盤機構の調査研究報告書に記載されている「LES(Large-eddy simulation)」の数値解析⁽⁴⁾があるが、当社の竜巻影響評価においては、地面に置かれた物体への影響をよく表現できている風速場モデルにより、評価対象施設の影響評価・防護対策を実施するため、風速場モデルとしてフジタの竜巻工学モデルDBT-77(DBT: Design Basis Tornado)⁽⁵⁾を選定する。

第1図に風速場モデルの選定及び飛来物評価方法に関する検討フローを示す。また、第2図に竜巻影響評価フローとフジタモデルの関連箇所を示す。

次節以降にてフジタモデルの詳細や、フジタモデルを適用した理由等を説明する。



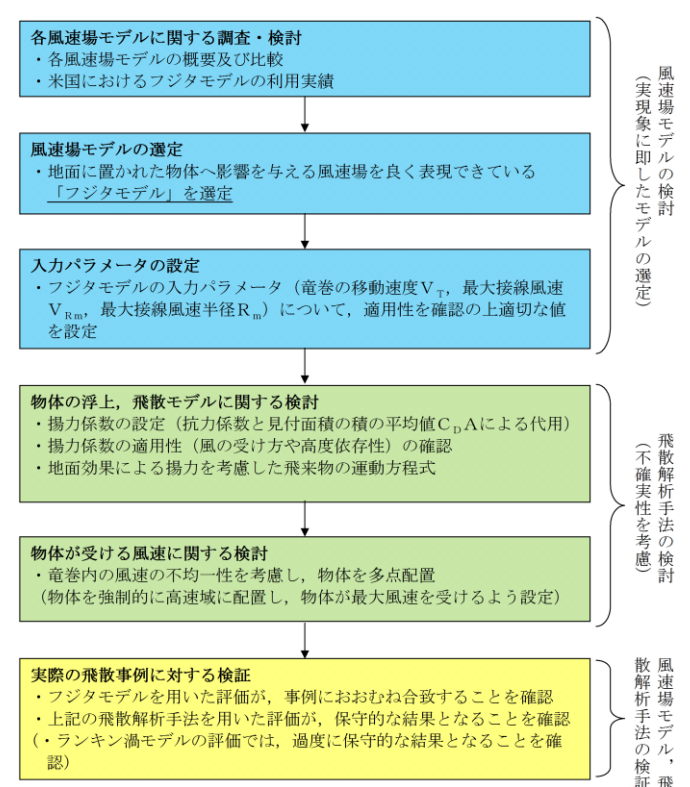
第1図 風速場モデルの選定及び飛来物評価方法に関する検討フロー
(括弧内の数字は、本資料の節番号)

1. はじめに

「竜巻影響評価ガイド」に従い竜巻影響評価を行う上で、飛来物の挙動(飛散速度、飛散距離等)を評価するための竜巻風速場モデルを選定する必要がある。これまでの竜巻飛来物評価において用いられている風速場モデルとしては、米国NRCの基準類に記載されている「ランキン渦モデル⁽ⁱ⁾⁽ⁱⁱ⁾」及び原子力安全基盤機構の「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」の報告書に記載されている「非定常乱流渦モデル(LES: Large Eddy Simulation)」の数値解析⁽ⁱⁱⁱ⁾があるが、今回の評価においては、地面に置かれた物体への影響をより良く表現できている風速場モデルとして、藤田哲也シカゴ大学名誉教授が考案した竜巻工学モデルDBT-77(DBT: Design Basis Tornado)^(iv) (以下「フジタモデル」という。)を選定した。

第1-1図に、風速場モデルの選定及び飛散解析手法に関する検討フローを示す。また、第1-2図に、竜巻影響評価の基本フローとフジタモデルを適用する箇所を示す。

次節以降にて、フジタモデルの詳細やフジタモデルを適用した理由等を説明する。



第1-1図 風速場モデルの選定及び飛散解析手法に関する検討フロー

1. はじめに

「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」⁽¹⁾ (以下「ガイド」という。)に従い竜巻影響評価を行う上で、設計飛来物の飛来速度を設定するための風速場モデルを選定する必要がある。これまでの竜巻飛来物評価において用いられている風速場モデルとして、米国NRCの基準類に記載されている「ランキン渦モデル⁽²⁾⁽³⁾」、原子力安全基盤機構の調査研究報告書に記載されている「LES(Large-eddy simulation)」の数値解析⁽⁴⁾があるが、当社の竜巻影響評価においては、地面に置かれた物体への影響をよく表現できている風速場モデルにより、評価対象施設の影響評価・防護対策を実施するため、風速場モデルとしてフジタの竜巻工学モデルDBT-77(DBT: Design Basis Tornado)⁽⁵⁾を選定する。

図1に風速場モデルの選定及び飛来物評価方法に関する検討フローを示す。また、図2に竜巻影響評価フローとフジタモデルの関連箇所を示す。

次節以降にてフジタモデルの詳細や、フジタモデルを適用した理由等を説明する。

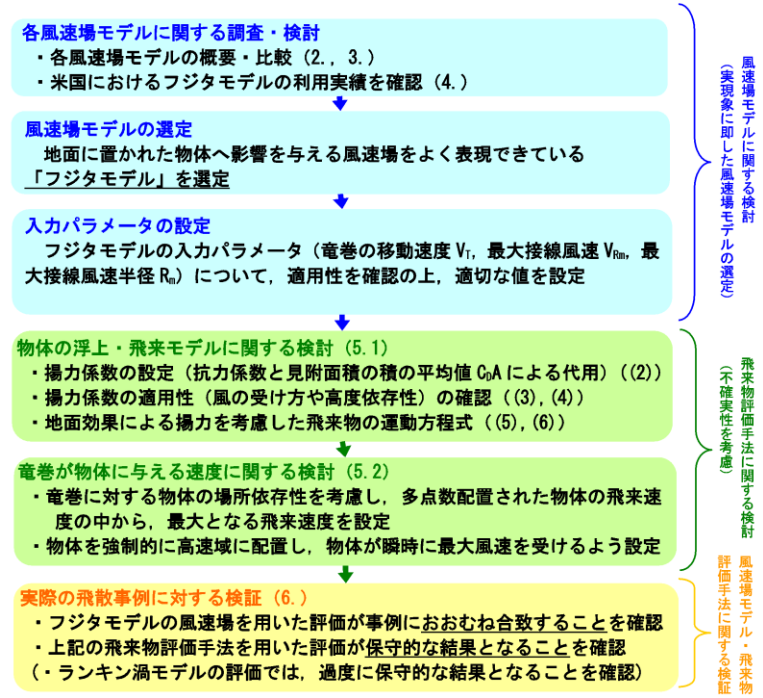
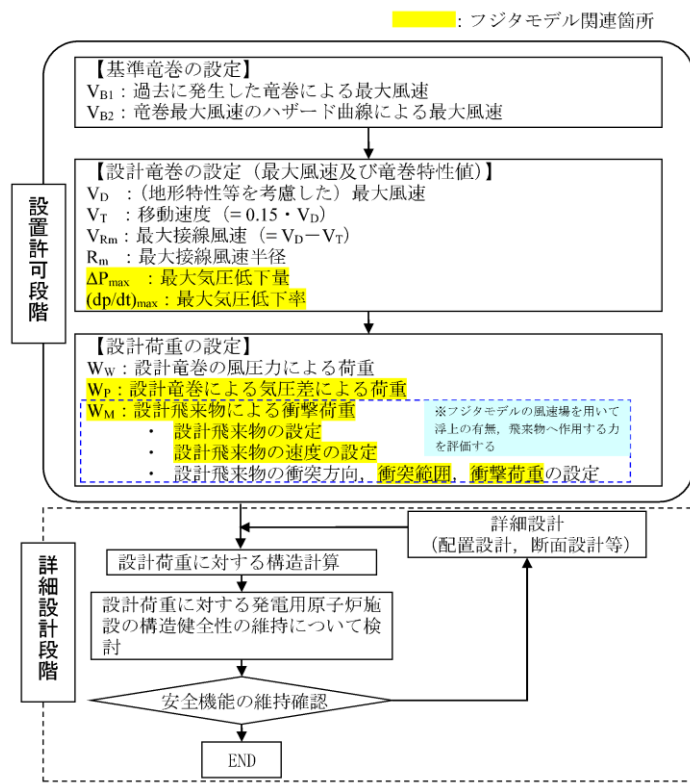
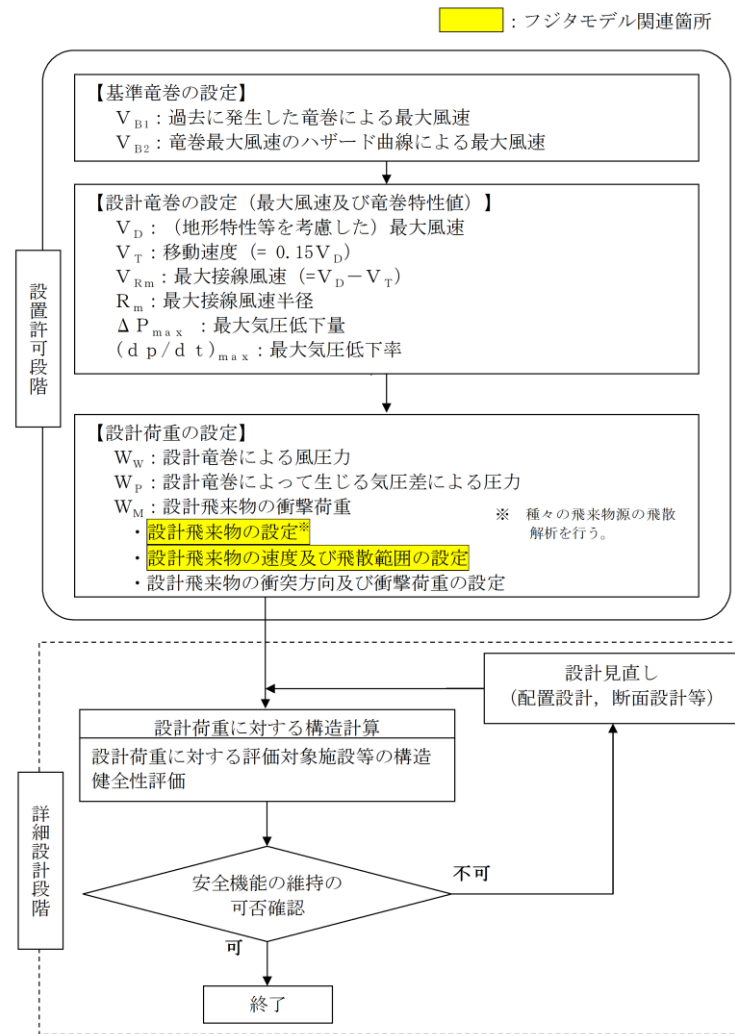


図1 風速場モデルの選定及び飛来物評価方法に関する検討フロー
(括弧内の数字は、本資料の節番号)



第2図 竜巻影響評価フローとフジタモデルの関連箇所



第1-2図 竜巻影響評価フローとフジタモデルの関連箇所

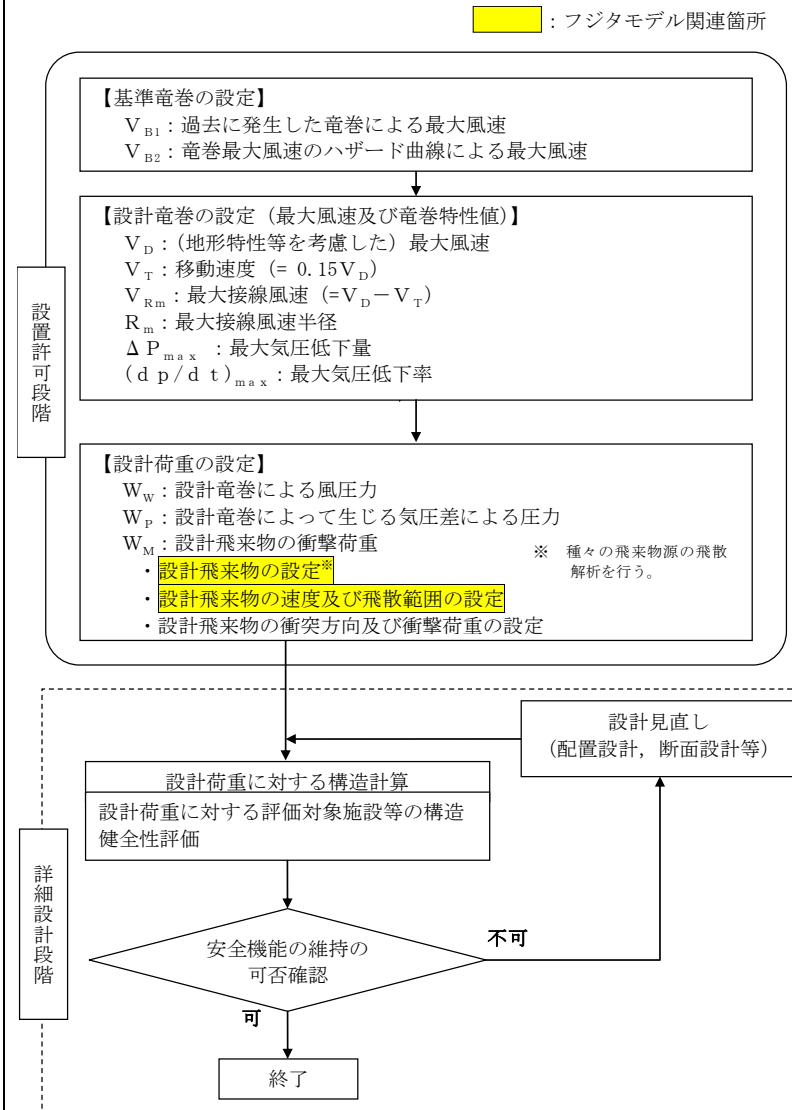

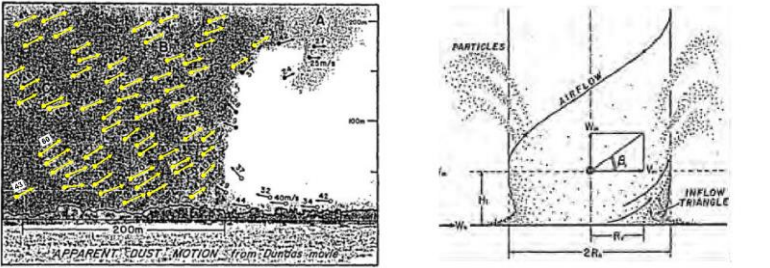

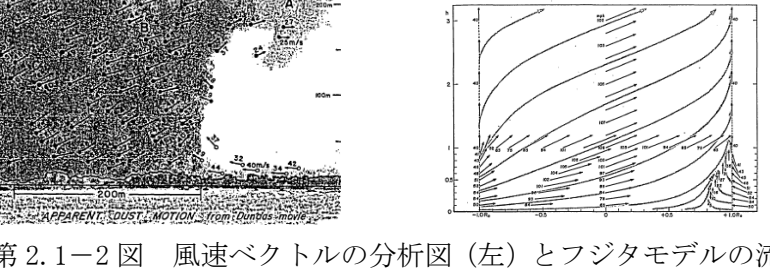

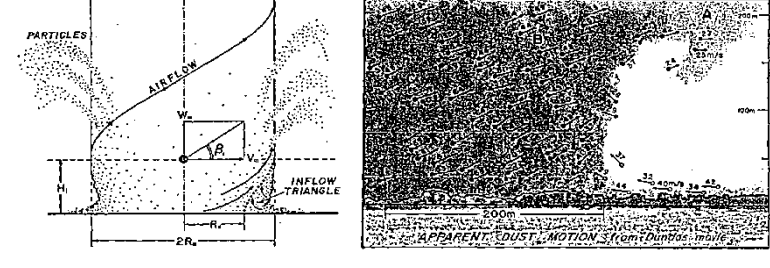
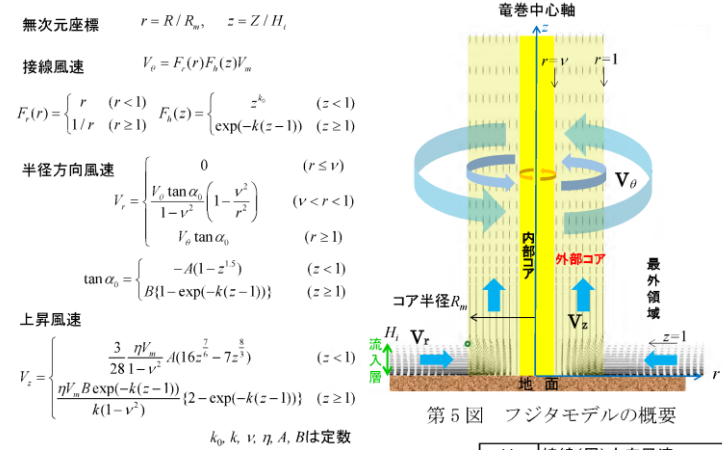


図2 竜巻影響評価フローとフジタモデルの関連箇所

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>2. 各風速場モデルの概要</p> <p>2.1 フジタモデル</p> <p>フジタモデルは、米国 NRC の実際の竜巻風速場をモデル化したという要望により、藤田博士が 1978 年に竜巻観測記録をもとに考案した工学モデルである。モデル作成に当たっては、1974 年 8 月に米国カンザス州 Ash Valley 等で発生した竜巻 (第 3 図) の記録ビデオ画像の写真図化分析を行い、竜巻の地上痕跡調査、被災状況調査結果と照合することで風速ベクトルを作成し、そのベクトル図をもとに作成した流線モデルから、竜巻風速場を代数式で表現している (第 4 図)。</p> <p>フジタモデルの特徴は、地表面付近における竜巻中心に向かう強い水平方向流れ、及び外部コアにおける上昇流といった、実際の竜巻風速場を良く表現している点にある。</p>  <p>第 3 図 Ash Valley 竜巻 (1974.8.30) のビデオ画像</p>  <p>第 4 図 分析によって作成した風速ベクトル (左)、ベクトル図より作成したフジタモデル流線 (右) ((5)に一部加筆)</p> <p>フジタモデルの風速場は第 5 図に示すように半径方向に 3 つの領域 (内部コア、外部コア、最外領域) で構成され、内部コアと外部コアの接線 (周) 方向風速 V_θ は半径に比例し、その外側の最外領域では周方向風速は半径に反比例するモデルとなっている。内部コアには上昇風速 V_z や半径方向風速 V_r は存在しないが、外部コアには存在する。高さ方向には地面から高さ H_i までを流入層としてモデル化しており、竜巻中心方向に向かう半径方向風速</p>	<p>2. 各風速場モデルの概要</p> <p>2.1 フジタモデル</p> <p>フジタモデルは、米国 NRC の実際の竜巻風速場をモデル化したという要望により、藤田名誉教授が 1978 年に竜巻観測記録をもとに考案した工学モデルである。モデル作成に当たっては、1974 年 8 月に米国カンザス州 Ash Valley 等で発生した竜巻 (第 2.1-1 図) のビデオ画像の写真図化分析を行い、竜巻の地上痕跡調査及び被災状況調査結果と照合することで風速ベクトルを作成し、そのベクトル図を基に作成した流線モデルから、竜巻風速場を代数式で表現している。(第 2.1-2 図)</p> <p>フジタモデルの特徴は、地表面付近における竜巻中心に向かう強い水平方向流れ及び外部コアにおける上昇流といった、実際の竜巻風速場を良く表現している点にある。</p>  <p>第 2.1-1 図 Ash Valley 竜巻 (1974.8.30) のビデオ画像</p>  <p>第 2.1-2 図 風速ベクトルの分析図 (左) とフジタモデルの流線 (右) (4)</p> <p>フジタモデルの風速場は、第 2.1-3 図に示すように半径方向に 3 つの領域 (内部コア、外部コア及び最外領域) で構成され、内部コアと外部コアの接線 (周) 方向風速 V_θ は半径に比例し、その外側の最外領域では周方向風速は半径に反比例するモデルとなっている。内部コアには上昇風速 V_z や半径方向風速 V_r は存在しないが、外部コアには存在する。高さ方向には地面から高さ H_i までを流入層としてモデル化しており、竜巻中心方向に向かう半径方向</p>	<p>2. 各風速場モデルの概要</p> <p>2.1 フジタモデル</p> <p>フジタモデルは、米国 NRC の実際の竜巻風速場をモデル化したという要望により、藤田博士が 1978 年に竜巻観測記録をもとに考案した工学モデルである。モデル作成に当たっては、1974 年 8 月に米国カンザス州 Ash Valley 等で発生した竜巻 (図 3) の記録ビデオ画像の写真図化分析を行い、竜巻の地上痕跡調査、被災状況調査結果と照合することで風速ベクトルを作成し、そのベクトル図をもとに作成した流線モデルから、竜巻風速場を代数式で表現している (図 4)。</p> <p>フジタモデルの特徴は、地表面付近における竜巻中心に向かう強い水平方向流れ、及び外部コアにおける上昇流といった、実際の竜巻風速場を良く表現している点にある。</p>  <p>図 3 Ash Valley 竜巻 (1974.8.30) のビデオ画像</p>  <p>図 4 フジタモデルの流線 (左) と風速ベクトルの分析図 (右)</p> <p>フジタモデルの風速場は図 5-1 に示すように半径方向に 3 つの領域 (内部コア、外部コア、最外領域) で構成され、内部コアと外部コアの接線 (周) 方向風速 V_θ は半径に比例し、その外側の最外領域では周方向風速は半径に反比例するモデルとなっている。内部コアには上昇風速 V_z や半径方向風速 V_r は存在しないが、外部コアには存在する。高さ方向には地上からの高さ H_i までを流入層としてモデル化しており、竜巻中心方向に向かう半径方向風速</p>	

があり、この空気の流れ込みが外部コア内での上昇流となる。流入層より上部では外向きの半径方向風速が存在し、各風速成分は高さとともに減衰する流れとなっている。フジタモデルは、流体の連続式を満たす形で定式化されており、力学的に根拠のある風速場となっている。

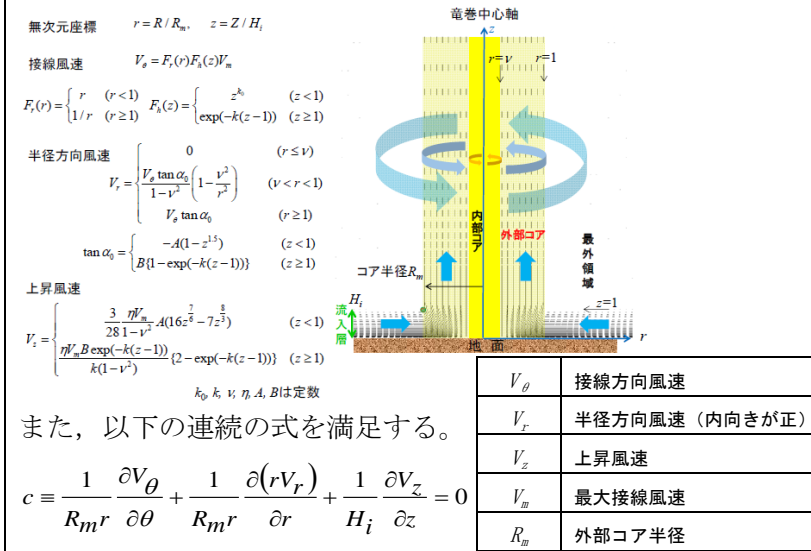
フジタモデル DBT-77 における接線風速等の関係式については、Fujita Work Book⁽⁵⁾の Chapter6 に下記のとおり記載されている。(Chapter6 では、単一渦型のモデルであるフジタモデル DBT-77 を引用しているが、多重渦型のモデルであるフジタモデル DBT-78 は引用されていない。)



第5図 フジタモデルの概要

風速 V_r があり、この空気の流れ込みが外部コア内での上昇流となる。流入層より上部では外向きの半径方向風速が存在し、各風速成分は上部に向かうにつれて減衰する。フジタモデルは、流体の連続式を満たす形で定式化されており、力学的に根拠のある風速場となっている。

フジタモデル (DBT-77) における接線風速等の関係式については、Fujita Work Book⁽⁴⁾の第6章に、第2.1-3図のとおり記載されている。



また、以下の連続の式を満足する。

第2.1-3図 フジタモデルの概要

V_r があり、この空気の流れ込みが外部コア内での上昇流となる。流入層より上部では外向きの半径方向風速が存在し、各風速成分は地上からの高さとともに減衰する流れとなっている。フジタモデルは、流体の連続式を満たす形で定式化されており、力学的に根拠のある風速場となっている。フジタモデルの風速場における最大水平風速と地上からの高さの関係を図5-2に示す。

フジタモデル DBT-77 における接線風速等の関係式については、Fujita Work Book⁽⁵⁾の Chapter6 に下記のとおり記載されている。(Chapter6 では、単一渦型のモデルであるフジタモデル DBT-77 を引用しているが、多重渦型のモデルであるフジタモデル DBT-78 は引用されていない。)

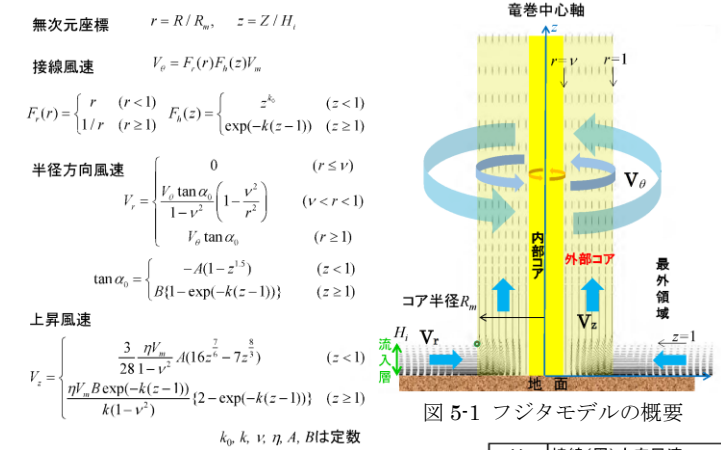


図5-1 フジタモデルの概要

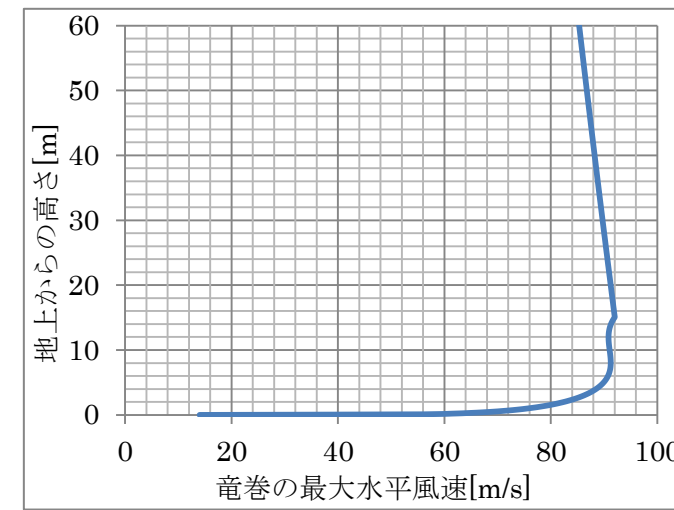


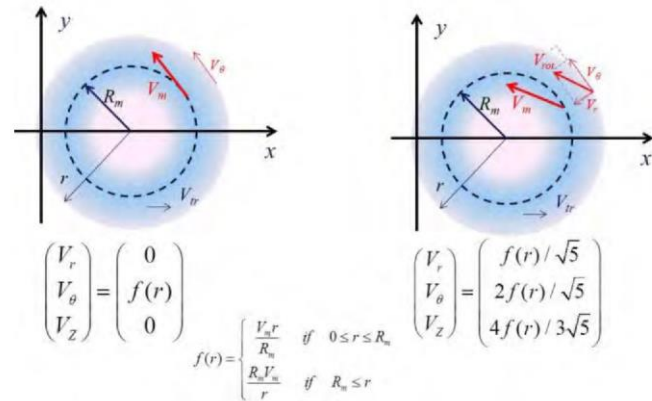
図5-2 フジタモデルの風速場における最大水平風速と地上からの高さの関係 (r=1)

・記載方針の相違
【柏崎6/7, 東海第二】
島根2号炉はフジタモデルの風速場における最大水平風速と地上からの高さの関係を示している

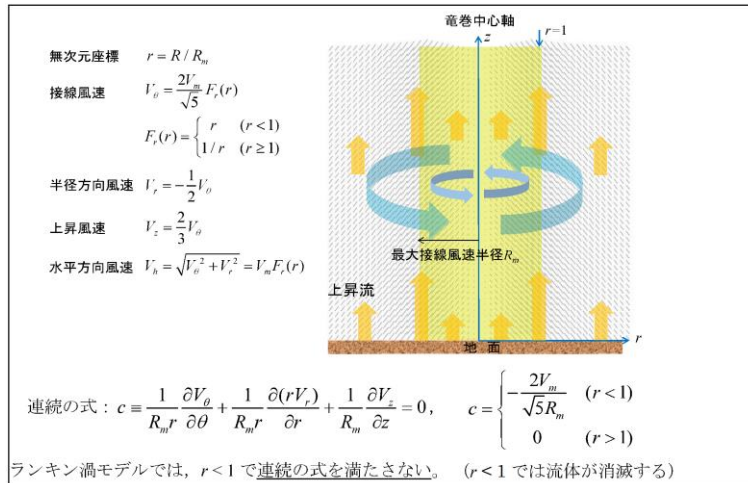
・記載方針の相違
【柏崎6/7, 東海第二】
同上

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>内部コアの半径 R_n と外部コアの半径 R_m の比 $\nu = R_n / R_m$ については、Fujita⁽⁵⁾が以下の経験式を提案しているの、これを用いる。</p> $\nu = 0.9 - 0.7 \exp(-0.005R_m)$ <p>(1)</p> <p>また、流入層は、地面との摩擦により低下した遠心力と圧力分布のバランスが崩れ、流体が竜巻中心方向の低圧部に引き込まれることにより形成されることから、摩擦の影響が及ぶ範囲のみで形成される。Fujita⁽⁵⁾は、流入層高さ H_i を竜巻中心の低圧部の大きさ(外部コア半径) R_m に比例するものとして、以下の経験式を提案しており、これを用いる。</p> $H_i = \eta R_m$ <p>(2)</p> <p>ここで、η は1以下の正の値であり、Fujita Work Book⁽⁵⁾の(6.4)式より $\eta = 0.55(1 - \nu^2)$ で定義される。</p> <p>上記式において、外部コア半径 $R_m=30$(m)の場合、$\eta = 0.501$ ($H_i=15$(m))となり、原子力安全基盤機構の調査研究報告書⁽⁴⁾の図2.2.3.10における流入層高さ(竜巻半径)の比($\eta=0.4$程度)や、Kosiba⁽⁶⁾により示されている流入層高さ($H_i=10\sim 14$(m)以下)とおおむね同じである。</p> <p>なお、その他の定数についても、Fujita⁽⁵⁾の提案している値として、$k_0 = 1/6$, $k = 0.03$, $A = 0.75$, $B = 0.217$ を用いる。</p> <p>2.2 ランキン渦モデル</p> <p>ランキン渦モデルは、米国NRCガイドでも採用されており、設計竜巻の特性値を設定する際に用いられている。しかし、米国で開発された飛来物速度評価用のランキン渦モデル⁽³⁾は、竜巻中心に向かう半径方向風速 V_r と上昇風速 V_z を特別に付加している(第6図)。そのため、流れの連続の式(質量保存式)を満たしておらず、第7図に示すように地面から吹き出しが生じるような流れとなっており、地上からの物体の浮上・飛散を現実的に模擬することができない。ランキン渦モデルを用いて飛散評価を行う場合、地上の物体であっても空中浮遊状態を仮定して評価すること</p>	<p>ここで、内部コアの半径 R_n と外部コアの半径 R_m の比 $\nu (=R_n / R_m)$ については、Fujita⁽⁴⁾が以下の経験式を提案しているの、これを用いた。</p> $\nu = 0.9 - 0.7 \exp(-0.005R_m)$ <p>(1)</p> <p>また、流入層は、地面との摩擦により低下した遠心力と圧力分布のバランスが崩れ、流体が竜巻中心方向の低圧部に引き込まれることにより形成されることから、摩擦の影響が及ぶ範囲のみで形成される。Fujita⁽⁴⁾は、流入層高さ H_i を竜巻中心の低圧部の大きさ(外部コア半径) R_m に比例するものとして、以下の経験式を提案しており、これを用いた。</p> $H_i = \eta R_m$ <p>ここで、η は1以下の正の値であり、下式で定義される。</p> $\eta = 0.55(1 - \nu^2)$ <p>上記式において、外部コア半径 $R_m = 30$(m)の場合、$\eta = 0.50$ ($H_i=15$(m))となり、独立行政法人原子力安全基盤機構が東京工芸大学に委託した研究「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽³⁾の図2.2.3.10における流入層高さ(竜巻半径)の比($\eta=0.4$程度)や、Kosiba^(v)により示されている流入層高さ($H_i=10\sim 14$(m)以下)とおおむね同じである。</p> <p>なお、その他の定数についても、Fujita⁽⁴⁾の提案している値として、$k_0 = 1/6$, $k = 0.03$, $A = 0.75$, $B = 0.0217$ を用いた。</p> <p>2.2 ランキン渦モデル</p> <p>ランキン渦モデルは米国NRCガイドでも採用されており、設計竜巻の特性値を設定する際に用いられている。しかし、第2.2-1図(b)に示す飛散解析用のモデル⁽²⁾では、竜巻中心に向かう半径方向風速 V_r と上昇風速 V_z を特別に付加しているため、流体力学の連続の式を満たしておらず、第2.2-2図の様な地面から吹き出しが生じる流れとなっており、地上からの物体の浮上、飛散を現実的に模擬することができない。ランキン渦モデルを用いて飛散解析を行う場合、地上の物体であっても空中浮遊状態を仮定して評価することになる。</p>	<p>内部コアの半径 R_n と外部コアの半径 R_m の比 $\nu = R_n / R_m$ については、Fujita⁽⁵⁾が以下の経験式を提案しているの、これを用いる。</p> $\nu = 0.9 - 0.7 \exp(-0.005R_m)$ <p>(1)</p> <p>また、流入層は、地面との摩擦により低下した遠心力と圧力分布のバランスが崩れ、流体が竜巻中心方向の低圧部に引き込まれることにより形成されることから、摩擦の影響が及ぶ範囲のみで形成される。Fujita⁽⁵⁾は、流入層高さ H_i を竜巻中心の低圧部の大きさ(外部コア半径) R_m に比例するものとして、以下の経験式を提案しており、これを用いる。</p> $H_i = \eta R_m$ <p>(2)</p> <p>ここで、η は1以下の正の値であり、Fujita Work Book⁽⁵⁾の(6.4)式より $\eta = 0.55(1 - \nu^2)$ で定義される。</p> <p>上記式において、外部コア半径 $R_m=30$(m)の場合、$\eta = 0.501$ ($H_i=15$(m))となり、原子力安全基盤機構の調査研究報告書⁽⁴⁾の図2.2.3.10における流入層高さ(竜巻半径)の比($\eta=0.4$程度)や、Kosiba⁽⁶⁾により示されている流入層高さ($H_i=10\sim 14$(m)以下)とおおむね同じである。</p> <p>なお、その他の定数についても、Fujita⁽⁵⁾の提案している値として、$k_0 = 1/6$, $k = 0.03$, $A = 0.75$, $B = 0.217$ を用いる。</p> <p>2.2 ランキン渦モデル</p> <p>ランキン渦モデルは、米国NRCガイドでも採用されており、設計竜巻の特性値を設定する際に用いられている。しかし、米国で開発された飛来物速度評価用のランキン渦モデル⁽³⁾は、竜巻中心に向かう半径方向風速 V_r と上昇風速 V_z を特別に付加している(図6)。そのため、流れの連続の式(質量保存式)を満たしておらず、図7に示すように地面から吹き出しが生じるような流れとなっており、地上からの物体の浮上・飛散を現実的に模擬することができない。ランキン渦モデルを用いて飛散評価を行う場合、地上の物体であっても空中浮遊状態を仮定して評価することにな</p>	

になる。



第6図 設計竜巻圧力用のランキン渦モデル(左)と飛来物速度評価用のランキン渦モデル(右)



第7図 飛来物速度評価用のランキン渦モデルの概要

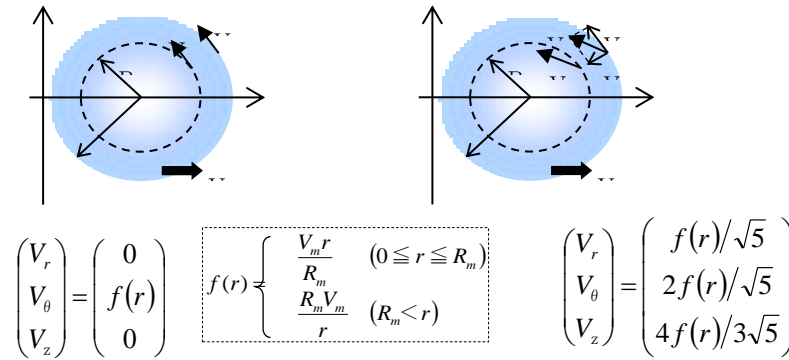
2.3 非定常乱流渦モデル (LES による数値解析)

LES は、非定常な乱流場を数値的に計算する手法として、ガイドにおける飛来物の最大速度の設定例にも活用されている。第8図に LES による渦の発生状況を示す。

古典的な Smagorinsky モデルに基づく LES の基礎方程式(運動量保存式及び質量保存式)は、流体が非圧縮性であると仮定する場合、以下ようになる。

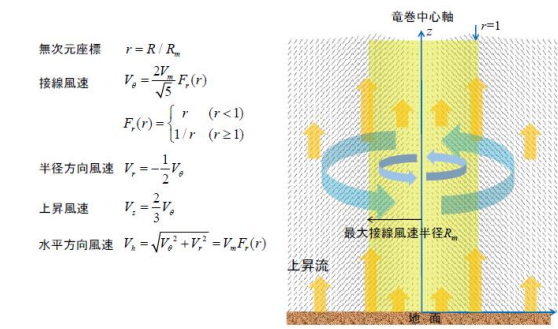
$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_1 \frac{\partial U_i}{\partial x_1} + U_2 \frac{\partial U_i}{\partial x_2} + U_3 \frac{\partial U_i}{\partial x_3} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + (v + \nu_s) \left(\frac{\partial^2 U_i}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_3^2} \right) - f_i \quad (i=1,2,3) \quad (3)$$

$$\frac{\partial U_1}{\partial x_1} + \frac{\partial U_2}{\partial x_2} + \frac{\partial U_3}{\partial x_3} = 0 \quad (4)$$



(a) 圧力評価用 (b) 飛散解析用

第2.2-1図 ランキン渦モデル



r < 1 の領域では、(流体が消滅するため)以下の連続の式を満足しない。

$$c \equiv \frac{1}{R_m r} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} + \frac{1}{R_m r} \frac{\partial(rV_r)}{\partial r} + \frac{1}{H_i} \frac{\partial V_z}{\partial z} = \begin{cases} -\frac{2V_m}{\sqrt{5}R_m} & (r < 1) \\ 0 & (r > 1) \end{cases}$$

第2.2-2図 飛来物速度評価用ランキン渦モデル

2.3 非定常乱流渦モデル (LES による数値解析)

LES は、非定常な乱流場を数値的に計算する手法として、「竜巻評価ガイド」における飛来物の最大速度の設定例にも活用されている。第2.3-1図に LES による渦の発生状況を示す。

古典的な Smagorinsky モデルに基づく LES の基礎方程式(運動量保存式及び質量保存式)は、流体が非圧縮性と仮定する場合、以下ようになる。

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_1 \frac{\partial U_i}{\partial x_1} + U_2 \frac{\partial U_i}{\partial x_2} + U_3 \frac{\partial U_i}{\partial x_3} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + (v + \nu_s) \left(\frac{\partial^2 U_i}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_3^2} \right) - f_i \quad (i=1,2,3) \quad (4)$$

$$(4)$$

る。

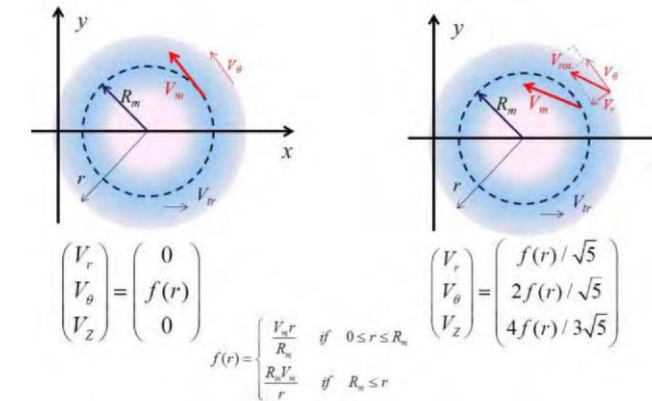


図6 設計竜巻圧力用のランキン渦モデル(左)と飛来物速度評価用のランキン渦モデル(右)

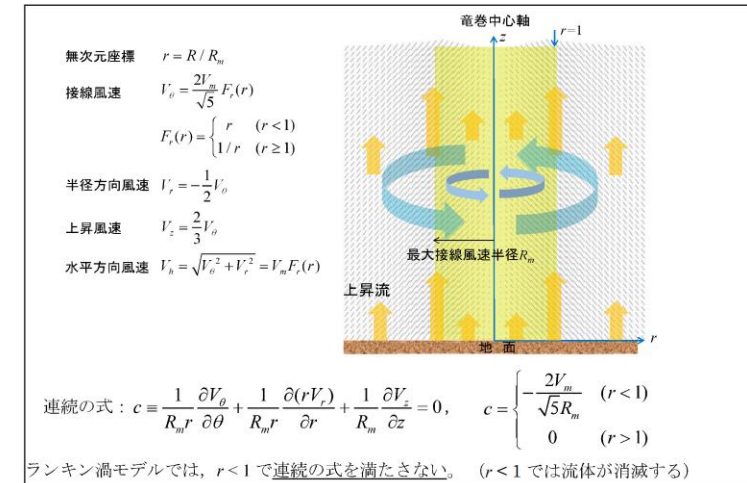


図7 飛来物速度評価用のランキン渦モデルの概要

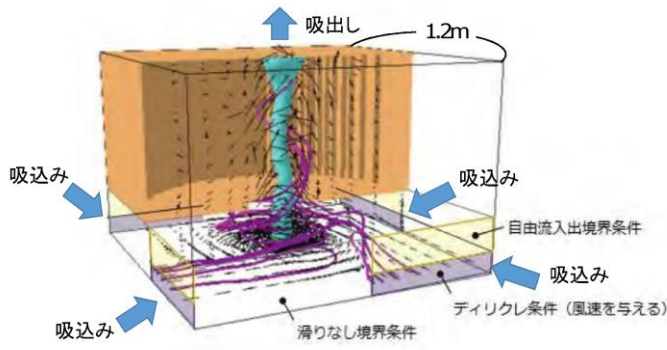
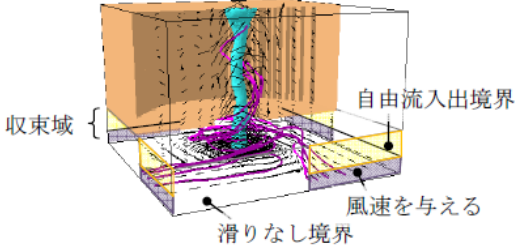
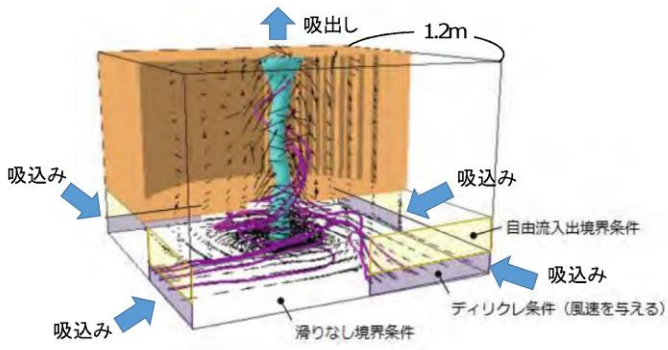
2.3 非定常乱流渦モデル (LES による数値解析)

LES は、非定常な乱流場を数値的に計算する手法として、ガイドにおける飛来物の最大速度の設定例にも活用されている。図8に LES による渦の発生状況を示す。

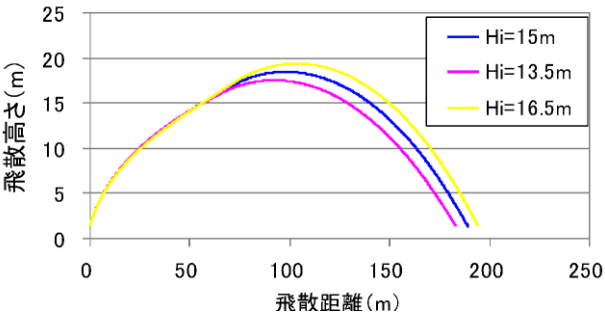
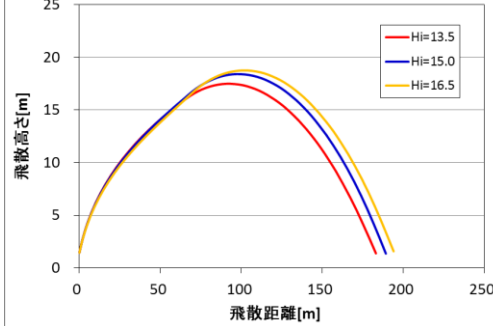
古典的な Smagorinsky モデルに基づく LES の基礎方程式(運動量保存式及び質量保存式)は、流体が非圧縮性であると仮定する場合、以下ようになる。

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_1 \frac{\partial U_i}{\partial x_1} + U_2 \frac{\partial U_i}{\partial x_2} + U_3 \frac{\partial U_i}{\partial x_3} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + (v + \nu_s) \left(\frac{\partial^2 U_i}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_3^2} \right) - f_i \quad (i=1,2,3) \quad (3)$$

$$(3)$$

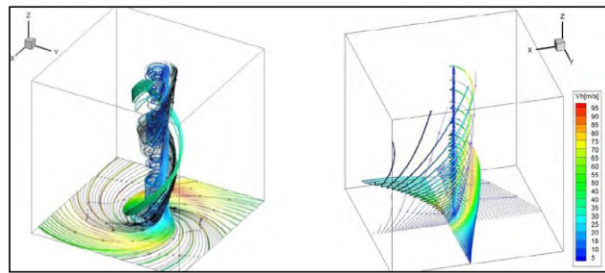
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>ここで、U_i 及び P は、i 方向の流速ベクトル及び圧力を表し、ν は動粘性係数を、f_i は i 方向の外力加速度を表す。また、x_i は i 方向の座標を表す。</p> <p>一方、Smagorinsky モデルの渦粘性係数 ν_s は以下のように定義される。</p> $\nu_s = (C_s h)^2 \sqrt{\sum_{i,j=1}^3 2S_{ij}^2} \quad (5)$ <p>ここで、h は解像スケール(メッシュ幅相当)、C_s は Smagorinsky 定数を表し、ひずみ速度テンソル S_{ij} は $S_{ij}=0.5(\partial U_i/\partial x_j + \partial U_j/\partial x_i)$ で定義される。</p> <p>以上のとおり、LES は風速の時間的な変動(乱流)を考慮できる点が特長となっている。</p>  <p>第8 図 LES 計算領域内での竜巻状の渦の発生状況 ((4)に一部加筆)</p> <p>以上が一般的な LES の説明となる。LES の手法自体は、広く活用されているものであるが、実スケールでの精緻な評価を行うためには、必要なメッシュ解像度の確保に膨大な計算機資源が必要となる。</p> <p>また、ガイドで例示されている LES による数値解析については、条件設定等に関して下記のような問題点がある。</p> <p>ガイドで例示されている LES による解析では、境界条件(側面からの流入風速の分布等)や解析領域の形状(流入箇所を局部的に配置等)を調整して人為的な乱れを与え、竜巻状の渦を生成し</p>	<p>ここで、U_i 及び P は、i 方向の流速ベクトル及び圧力を表し、ν は動粘性係数を、f_i は i 方向の外力加速度を表す。また、x_i は i 方向の座標を表す。</p> <p>一方、Smagorinsky モデルの渦粘性係数 ν_s は以下のように定義される。</p> $\nu_s = (C_s h)^2 \sqrt{\sum_{i,j=1}^3 2S_{ij}^2} \quad (6)$ <p>ここで、h は解像スケール(メッシュ幅相当)、C_s は Smagorinsky 定数を表し、ひずみ速度テンソル S_{ij} は $S_{ij}=0.5(\partial U_i/\partial x_j + \partial U_j/\partial x_i)$ で定義される。</p> <p>以上のとおり、LES は風速の時間的な変動(乱流)を考慮できる点が特長となっている。</p>  <p>第2.3-1 図 LES 計算領域内での竜巻状の渦の作成状況^(vi)</p> <p>LES の手法自体は広く活用されているものであるが、実スケールでの精緻な評価を行うためには、必要なメッシュ解像度の確保に膨大な計算機資源が必要となる。また、「竜巻影響評価ガイド」で例示されている LES による数値解析については、条件設定等に関して下記のような問題点がある。</p> <p>・「竜巻影響評価ガイド」で例示されている LES による解析では、境界条件(側面からの流入風速の分布等)や解析領域の形状(流入箇所を局部的に配置等)を調整して人為的な乱れを与え、竜巻状の渦を生成しているが、渦の生成に当たって以下のような条件</p>	<p>ここで、U_i 及び P は、i 方向の流速ベクトル及び圧力を表し、ν は動粘性係数を、f_i は i 方向の外力加速度を表す。また、x_i は i 方向の座標を表す。</p> <p>一方、Smagorinsky モデルの渦粘性係数 ν_s は以下のように定義される。</p> $\nu_s = (C_s h)^2 \sqrt{\sum_{i,j=1}^3 2S_{ij}^2} \quad (5)$ <p>ここで、h は解像スケール(メッシュ幅相当)、C_s は Smagorinsky 定数を表し、ひずみ速度テンソル S_{ij} は $S_{ij}=0.5(\partial U_i/\partial x_j + \partial U_j/\partial x_i)$ で定義される。</p> <p>以上のとおり、LES は風速の時間的な変動(乱流)を考慮できる点が特長となっている。</p>  <p>図8 LES 計算領域内での竜巻状の渦の発生状況 ((4)に一部加筆)</p> <p>以上が一般的な LES の説明となる。LES の手法自体は、広く活用されているものであるが、実スケールでの精緻な評価を行うためには、必要なメッシュ解像度の確保に膨大な計算機資源が必要となる。</p> <p>また、ガイドで例示されている LES による数値解析については、条件設定等に関して下記のような問題点がある。</p> <p>ガイドで例示されている LES による解析では、境界条件(側面からの流入風速の分布等)や解析領域の形状(流入箇所を局部的に配置等)を調整して人為的な乱れを与え、竜巻状の渦を生成し</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>ている。渦の生成に当たって、以下のような条件を仮定していることから、実スケールでの評価を実施するには課題があるものと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人為的な流入境界条件（流入風速分布や流入箇所の局所的配置等）を設定していることから、流入境界条件の影響を受ける地表面付近の実際の竜巻風速場の再現はできていないものと考えられる。 ・小規模な計算領域によるシミュレーションであり、実スケールへの適用（飛来物評価）の際には単純に速度を規格化して飛来物評価に適用している。 <p>⇒風速の規格化の際には、時間平均の最大風速を 100m/s（風速＋移動速度）に設定している。Maruyama⁽⁷⁾によれば、瞬間的な周方向風速は 1.7 倍程度まで大きくなる場合があり、移動速度と合わせると最大 160m/s 程度まで達するため、飛来物評価の際に非常に保守的な結果が算出されることが考えられる。</p> <p>⇒流速が早い場合には粘性の影響は小さくなる傾向となるが、その影響については考慮していないことから、特に地表面付近については実際の風速場の再現はできていないものと考えられる。</p> <p>（参考：フジタモデルを適用した場合の飛来物の飛跡）</p> <p>第 9 図にフジタモデルを適用した場合におけるコンテナの飛散解析（長さ 6m×幅 2.4m×高さ 2.6m, 2300kg, $CD_A/m=0.0105$, 最大風速 100m/s）における飛跡を示す。</p> <p>また、フジタモデルの流入層高さ H_i は、外部コア半径 $R_m=30$(m) の場合、$H_i=15$(m) であり、2.1 に記載のとおり他の文献⁽⁴⁾⁽⁶⁾ともおおむね整合しているが、ここでは、その不確実性を考慮し、流入層高さ H_i を±10%変化させた場合の飛跡も示す。</p> <p>$H_i=15$(m) の際のコンテナの最大飛散距離 189.4(m)に対し、流入層高さ H_i を±10%変化させた場合の最大飛散距離は 183.4(m) (-3.2%), 194.7(m) (+2.8%)となり、流入層高さ H_i に対する最大飛散距離の感度は小さいことが分かる。</p>	<p>を仮定していることから、実スケールでの評価を実施するには課題があるものと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 人為的な流入境界条件（流入風速分布や流入箇所の局所的配置等）を設定していることから、流入境界条件の影響を受ける地表面付近の実際の竜巻風速場の再現はできていないものと考えられる。 ➤ 小規模な計算領域によるシミュレーションであり、実スケールへの適用（飛散解析）の際には単純に速度を規格化して適用している。 <p>⇒ 風速の規格化の際には、時間平均の最大風速を 100m/s（風速＋移動速度）に設定している。Maruyama^(vi)によれば、瞬間的な周方向風速は 1.7 倍程度まで大きくなる場合があり、移動速度と合わせると最大 160m/s 程度まで達するため、飛散解析の際に非常に保守的な結果が算出されることが考えられる。</p> <p>⇒ 流速が早い場合には粘性の影響は小さくなる傾向となるが、その影響については考慮していないことから、特に地表面付近については実際の風速場の再現はできていないものと考えられる。</p>	<p>ている。渦の生成に当たって、以下のような条件を仮定していることから、実スケールでの評価を実施するには課題があるものと考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人為的な流入境界条件（流入風速分布や流入箇所の局所的配置等）を設定していることから、流入境界条件の影響を受ける地表面付近の実際の竜巻風速場の再現はできていないものと考えられる。 ・小規模な計算領域によるシミュレーションであり、実スケールへの適用（飛来物評価）の際には単純に速度を規格化して飛来物評価に適用している。 <p>⇒風速の規格化の際には、時間平均の最大風速を 100m/s（風速＋移動速度）に設定している。Maruyama⁽⁷⁾によれば、瞬間的な周方向風速は 1.7 倍程度まで大きくなる場合があり、移動速度と合わせると最大 160m/s 程度まで達するため、飛来物評価の際に非常に保守的な結果が算出されることが考えられる。</p> <p>⇒流速が早い場合には粘性の影響は小さくなる傾向となるが、その影響については考慮していないことから、特に地表面付近については実際の風速場の再現はできていないものと考えられる。</p> <p>（参考：フジタモデルを適用した場合の物体の飛跡）</p> <p><u>図 9 にフジタモデルを適用した場合におけるコンテナの飛散解析（諸元：長さ 6m×幅 2.4m×高さ 2.6m, 2300kg, $CD_A/m=0.0105$, 最大風速 100m/s）における飛跡を示す。</u></p> <p><u>また、フジタモデルの流入層高さ H_i は、外部コア半径 $R_m=30$(m) の場合、$H_i=15$(m) であり、2.1 に記載のとおり他の文献⁽⁴⁾⁽⁶⁾ともおおむね整合しているが、ここでは、その不確実性を考慮し、流入層高さ H_i を±10%変化させた場合の飛跡も示す。</u></p> <p><u>$H_i=15$(m) の際のコンテナの最大飛散距離 189.4(m)に対し、流入層高さ H_i を±10%変化させた場合の最大飛散距離は 183.4(m) (-3.2%), 194.7(m) (+2.8%)となり、流入層高さ H_i に対する最大飛散距離の感度は小さいことが分かる。</u></p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・記載方針の相違 <p>【東海第二】</p> <p>島根 2 号炉は流入層高さの感度解析について記載している</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p data-bbox="172 567 920 640">第9 図 流入層高さを变化させた場合のコンテナの飛跡(最大風速 100m/s)</p> <p data-bbox="172 703 489 735">3. 各風速場モデルの比較</p> <p data-bbox="148 745 920 997">各風速場モデルの特徴の比較を第 1 表に示す。また、フジタモデルとランキン渦モデルの風速場構造の比較を第 10 図に示す。フジタモデルの風速場構造の流線は、地面付近を含め、より実際の竜巻風速場に即した形で表現されており、地上からの物体の浮上・飛散解析が可能となっていることがフジタモデルの大きなメリットとなっている。</p> <p data-bbox="148 1018 920 1491">それに対し、ランキン渦モデルは上空での水平方向風速の観点からは比較的良好に表現できると言えるものの、地上付近では実現象と乖離しており、地上からの飛散挙動は解析するには適切でない。ガイドで例示されている LES で生成した風速場も、2.3 の通り人為的な境界条件を設定していることや、小規模領域での計算結果を定数倍して実スケールサイズの値に変換している⁽⁴⁾⁽⁷⁾ことから、地上付近での風速場が実現象と乖離していると考えられるため、地上からの飛散挙動を解析するには適切でない。また、他のモデルと比較して、フジタモデルは特に問題となるような点もないことから、竜巻影響評価に用いる風速場モデルとしてフジタモデルを選定することは妥当であると考えられる。</p>	<p data-bbox="1127 199 1513 231">東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)</p> <p data-bbox="934 703 1261 735">3. 各風速場モデルの比較</p> <p data-bbox="934 745 1706 955">上述の各風速場モデルの特徴の比較を第 3-1 表に示す。また、フジタモデルとランキン渦モデルの風速場構造の比較を第 3-1 図に示す。フジタモデルの風速場構造の流線は、地面付近を含めより実際の風速場に即した形で表現されており、これがフジタモデルの大きなメリットとなっている。</p> <p data-bbox="934 1018 1706 1312">それに対し、ランキン渦モデルは上空での水平方向風速の観点からは比較的良好に表現できると言えるものの、地上付近では実現象と乖離している。LES も同様に地上付近での風速場が実現象と乖離している。また、他のモデルと比較して、フジタモデルは特に問題となるような点も無いことから、竜巻影響評価に用いる風速場モデルとしてフジタモデルを選定することは妥当であると考えられる。</p>	 <p data-bbox="1751 567 2493 640">図 9 流入層高さを变化させた場合のコンテナの飛跡(最大風速 100m/s)</p> <p data-bbox="1751 703 2077 735">3. 各風速場モデルの比較</p> <p data-bbox="1721 745 2493 997">各風速場モデルの特徴の比較を表 1 に示す。また、フジタモデルとランキン渦モデルの風速場構造の比較を図 10 に示す。フジタモデルの風速場構造の流線は、地面付近を含め、より実際の竜巻風速場に即した形で表現されており、地上からの物体の浮上・飛散解析が可能となっていることがフジタモデルの大きなメリットとなっている。</p> <p data-bbox="1721 1018 2493 1491">それに対し、ランキン渦モデルは上空での水平方向風速の観点からは比較的良好に表現できると言えるものの、地上付近では実現象と乖離しており、地上からの飛散挙動は解析するには適切でない。ガイドで例示されている LES で生成した風速場も、2.3 の通り人為的な境界条件を設定していることや、小規模領域での計算結果を定数倍して実スケールサイズの値に変換している⁽⁴⁾⁽⁷⁾ことから、地上付近での風速場が実現象と乖離していると考えられるため、地上からの飛散挙動を解析するには適切でない。また、他のモデルと比較して、フジタモデルは特に問題となるような点もないことから、竜巻影響評価に用いる風速場モデルとしてフジタモデルを選定することは妥当であると考えられる。</p>	

第1表 各風速場モデルの特徴の比較

風速場モデル	使用実績	特長	問題点
フジタモデル	・竜巻飛来物設計速度、飛散高さに関する米国DOE重要施設設計基準作成に利用されている 【対象施設の例】 Pantex Plant(テキサス州)、Oak Ridge(X-10, K-25,Y-12)(テネシー州)、Savannah River Site(サウスカロライナ州)	・実観測に基づいて考案されたモデルであり、実際に近い風速場構造を表現している ・比較的簡易な代数式により風速場を表現できる ・流体の連続式を満たす定式化 ・ 地上に設置した状態から飛来物の挙動を解析できる	・特になし (ランキン渦モデルと比較すると、解析プログラムが複雑になるが、計算機能力の向上、および評価ツールの高度化により問題とならない)
ランキン渦モデル	・米国NRC Regulatory Guide 1.76で採用されている ・ガイド(設計電塔の特性値の設定)で例示されている	・簡易な式で上空での水平方向の風速場を表現できる	・風速場に高度依存性がなく、上昇流が全領域に存在する(地面からも吹き出しがある)ため、実現象から乖離 ・流体の連続式を満たしていない ・ 地上からの飛散挙動を解析するには適切でない
非定常乱流渦モデル(LES)	・ガイドにおいて、飛来物および最大速度の設定例に使用されている	・風速の時間的な変動、乱れをある程度模擬できる	ガイドに例示されているLESで生成した風速場で飛散解析を行う場合、以下の問題がある。 ・小規模領域での計算結果を、実スケールサイズに規格化するため、粘性の影響が実現象と乖離(特に地表面付近) ・人為的な境界条件を設定しており、地面や境界近傍で実現象と乖離 ・実スケールに規格化した場合の平均風速が100m/sとなるため、飛来物評価が非常に保守的な場合がある(瞬間的な最大値は160m/s程度) ・ 地上からの飛散挙動を解析するには適切でない ・実スケールでの解析は、膨大な計算機資源が必要になるため、現実的ではない



第10図 フジタモデル(左)とランキン渦モデル(右)の風速場構造の比較

4. 米国におけるフジタモデルの取扱い

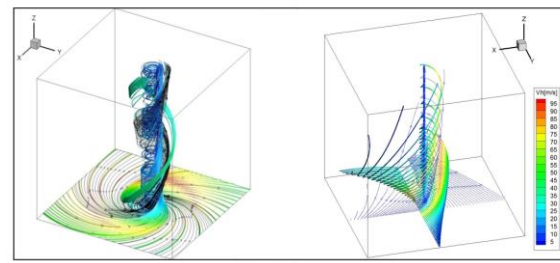
4.1 フジタモデルの利用実績

米国エネルギー省(DOE: Department of Energy)が管理するエネルギー関連施設等に適用する基準⁽⁸⁾において、竜巻飛来物速度、飛散高さの設定にフジタモデルを用いた計算結果が使用されている⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾(文献(8)のD.4節: Windborne missile criteriaspecified herein are based on windstorm damage documentation and computer simulation of missiles observed in the field. . . . Computer simulation of tornado missiles is accomplished using a methodology developed at Texas Tech University.)。

この基準では、施設に要求される性能ごとにカテゴリ0から4まで分類し、カテゴリ0~2は一般的な建築物、カテゴリ3,4は核物質や危険物質を取り扱う施設に適用される。カテゴリ3,4に

第3-1表 各風速場モデルの特徴の比較

風速場モデル	使用実績	特徴
フジタモデル	・竜巻飛来物設計速度及び飛散高さに関する、米国DOE重要施設設計基準作成に利用されている。(「4 米国におけるフジタモデルの取扱い」参照)	・実観測に基づいて考案されたモデルであり、実際に近い風速場構造を表現している。 ・比較的簡易な代数式により風速場を表現できる。(ランキン渦モデルよりは複雑だが、計算機能力の向上及び評価ツールの高度化により実用可能となった) ・流体の連続式を満足する
ランキン渦モデル	・米国NRCのR.G.1.76に採用されている。 ・「竜巻影響評価ガイド」(竜巻の特性値の設定)において例示されている。	・簡易な式により風速場を表現できる。 ・風速場に高度依存性がなく、上昇流が全領域に存在し、地表近傍の風速場を模擬していない。 ・流体の連続式を満足しない。
非定常乱流渦モデル(LES)	・「竜巻影響評価ガイド」において、飛来物の飛散速度等の評価例が示されている。	・風速の時間的な変動や乱れを、ある程度模擬できる。 ・人為的な境界条件を設定しており、地面や境界近傍で実現象と乖離している。 ・小規模領域での計算結果を実スケールに規格化した場合、最大瞬間風速が相当に保守的となる場合がある。 ・実スケールでの解析には膨大な計算機資源が必要であり、実用に供しにくい。



第3-1図 フジタモデル(左)とランキン渦モデル(右)の風速場の構造

4. 米国におけるフジタモデルの取扱い

4.1 フジタモデルの利用実績

米国エネルギー省DOE (Department of Energy)が管理するエネルギー関連施設等に適用する基準⁽⁸⁾において、竜巻飛来物速度、飛散高さの設定にフジタモデルを用いた計算結果が使用されている⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾(文献(8)のD.4節: Windborne missile criteriaspecified herein are based on windstorm damage documentation and computer simulation of missiles observed in the field. . . . Computer simulation of tornado missiles is accomplished using a methodology developed at Texas Tech University.)。

この基準では、施設に要求される性能ごとにカテゴリ0から4まで分類し、カテゴリ0から2は一般的な建築物、カテゴリ3及び4は核物質や危険物質を取り扱う施設に適用される。カテゴリ

表1 各風速場モデルの特徴の比較

風速場モデル	使用実績	特長	問題点
フジタモデル	・竜巻飛来物設計速度、飛散高さに関する米国DOE重要施設設計基準作成に利用されている 【対象施設の例】 Pantex Plant(テキサス州)、Oak Ridge(X-10, K-25,Y-12)(テネシー州)、Savannah River Site(サウスカロライナ州)	・実観測に基づいて考案されたモデルであり、実際に近い風速場構造を表現している ・比較的簡易な代数式により風速場を表現できる ・流体の連続式を満たす定式化 ・ 地上に設置した状態から飛来物の挙動を解析できる	・特になし (ランキン渦モデルと比較すると、解析プログラムが複雑になるが、計算機能力の向上、および評価ツールの高度化により問題とならない)
ランキン渦モデル	・米国NRC Regulatory Guide 1.76で採用されている ・ガイド(設計電塔の特性値の設定)で例示されている	・簡易な式で上空での水平方向の風速場を表現できる	・風速場に高度依存性がなく、上昇流が全領域に存在する(地面からも吹き出しがある)ため、実現象から乖離 ・流体の連続式を満たしていない ・ 地上からの飛散挙動を解析するには適切でない
非定常乱流渦モデル(LES)	・ガイドにおいて、飛来物および最大速度の設定例に使用されている	・風速の時間的な変動、乱れをある程度模擬できる	ガイドに例示されているLESで生成した風速場で飛散解析を行う場合、以下の問題がある。 ・小規模領域での計算結果を、実スケールサイズに規格化するため、粘性の影響が実現象と乖離(特に地表面付近) ・人為的な境界条件を設定しており、地面や境界近傍で実現象と乖離 ・実スケールに規格化した場合の平均風速が100m/sとなるため、飛来物評価が非常に保守的な場合がある(瞬間的な最大値は160m/s程度) ・ 地上からの飛散挙動を解析するには適切でない ・実スケールでの解析は、膨大な計算機資源が必要になるため、現実的ではない

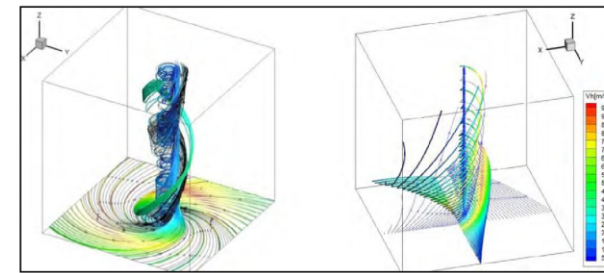


図10 フジタモデル(左)とランキン渦モデル(右)の風速場構造の比較

4. 米国におけるフジタモデルの取扱い

4.1 フジタモデルの利用実績

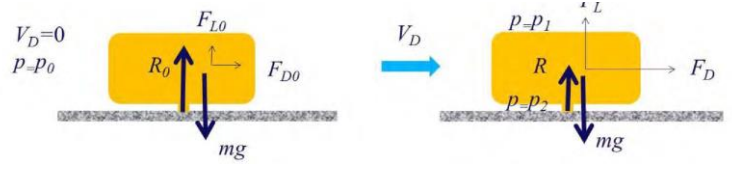
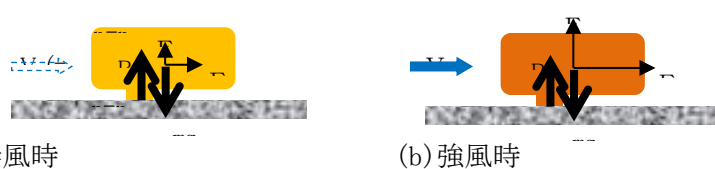
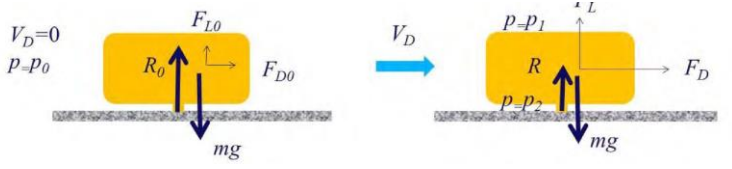
米国エネルギー省(DOE: Department of Energy)が管理するエネルギー関連施設等に適用する基準⁽⁸⁾において、竜巻飛来物速度、飛散高さの設定にフジタモデルを用いた計算結果が使用されている⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾(文献(8)のD.4節: Windborne missile criteriaspecified herein are based on windstorm damage documentation and computer simulation of missiles observed in the field. . . . Computer simulation of tornado missiles is accomplished using a methodology developed at Texas Tech University.)。

この基準では、施設に要求される性能ごとにカテゴリ0から4まで分類し、カテゴリ0~2は一般的な建築物、カテゴリ3,4は核物質や危険物質を取り扱う施設に適用される。カテゴリ3,4に

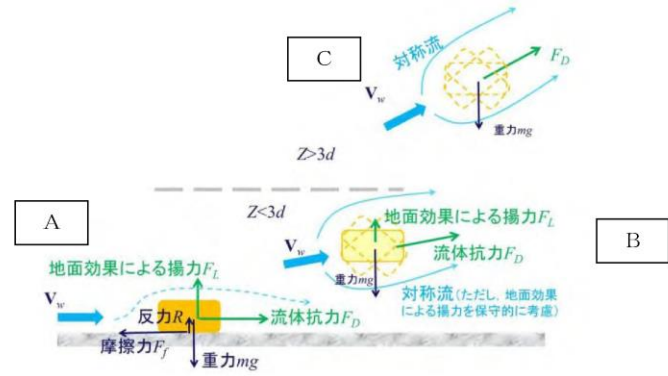
柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>該当する施設として、Pantex Plant, Oak Ridge(X-10, K-25, Y-12), Savannah River Site が挙げられている。</p> <p>フジタモデルの技術的な妥当性の検証については、米国 DOE 管轄のローレンス・リバモア国立研究所報告書⁽¹¹⁾にてまとめられている。この報告書では、フジタモデル DBT-77 を他の風速場モデルと比較検討しており、流体力学の連続の式を満足する (Fluid mechanics equations of continuity are satisfied) こと、モデル流況は、竜巻の映像分析で得られる流れの空間分布と整合する (Flow patterns are consistent with the spatial distribution of flow observed in photogrammetric analysis of tornado movies) こと等を利点として挙げている。</p> <p>また、実際の事例に対するフジタモデルの検証としては、1978年12月3日に米国ルイジアナ州 Bossier 市で発生した F4 竜巻による鋼製材の飛来について、フジタモデル DBT-77 で再現した事例⁽⁹⁾ がローレンス・リバモア国立研究所報告書⁽¹¹⁾及び米国気象学会論文集⁽¹²⁾に掲載されている。</p> <p>なお、米国 LES (Louisiana Energy Services) の濃縮施設 (NEF : National Enrichment Facility) では、上記の DOE 施設の基準に基づき竜巻飛来物 (鋼鉄パイプや木材の板等) を設定しており、米国 NRC は当該施設に対する安全評価報告書 (NUREG-1827)⁽¹³⁾の中で竜巻飛来物に対する LES の竜巻設計を是認している。</p> <p>(Based on the review of the information concerning tornados and tornado-generated missiles,NRC concludes: (i) the information is accurate and is from reliable sources; and (ii)the design bases tornado-generated missiles are acceptable because they were determined based on an appropriate DOE standard. The use of a DOE standard is an acceptable approach to NRC staff.)</p> <p>4.2 NRC ガイドでの取扱い</p> <p>2.1 でも述べたとおり、フジタモデルは実際の竜巻風速場をモデル化したいという米国 NRC の要請を受けて考案されたものであるが、米国 NRC Regulatory Guide 1.76⁽²⁾では、フジタモデルについて “The NRC staff chose the Rankine combined vortex model for its simplicity, as compared to the model developed by T.</p>	<p>3及び4に該当する施設として、Pantex Plant, Oak Ridge(X-10, K-25, Y-12), Savannah River Site が挙げられている。</p> <p>フジタモデルの技術的な妥当性の検証については、米国DOE管轄のローレンス・リバモア国立研究所報告書^(x i)にてまとめられている。この報告書では、フジタモデルDBT-77を他の風速場モデルと比較検討しており、「流体力学の連続の式を満足する (Fluid mechanics equations of continuity are satisfied)」こと、「モデル流況は、竜巻の映像分析で得られる流れの空間分布と整合する (Flow patterns are consistent with the spatial distribution of flow observed in photogrammetric analysis of tornado movies)」こと等を利点として挙げている。</p> <p>また、実際の事例に対するフジタモデルの検証としては、1978年12月3日に米国ルイジアナ州 Bossier 市で発生した F4 竜巻による鋼製材の飛散について、フジタモデルDBT-77で再現した事例⁽⁹⁾がローレンス・リバモア国立研究所報告書⁽¹¹⁾及び米国気象学会論文集^(x ii)に掲載されている。</p> <p>なお、米国LES (Louisiana Energy Services) の濃縮施設NEF (National Enrichment Facility) では、上記のDOE施設の基準に基づき竜巻飛来物 (鋼鉄パイプや木材の板等) を設定しており、米国NRCは当該施設に対する安全評価報告書 (NUR E G-1827)^(x iii)の中で竜巻飛来物に対するLESの設計を是認している。</p> <p>(“Based on the review of the information concerning tornados and tornado-generated missiles, NRC concludes: (i) the information is accurate and is from reliable sources; and (ii) <u>the design bases tornado-generated missiles are acceptable because they were determined based on an appropriate DOE standard. The use of a DOE standard is an acceptable approach to NRC staff.</u>”)</p> <p>4.2 NRCガイドでの取扱い</p> <p>2.1節でも述べた通り、フジタモデルは実際の竜巻風速場をモデル化したいという米国NRCの要請を受けて考案されたものであるが、米国NRCのRegulatory Guide 1.76⁽¹⁾では、フジタモデルについて “The NRC staff chose the Rankine combined vortex model for its simplicity, as compared to the model developed</p>	<p>該当する施設として、Pantex Plant, Oak Ridge(X-10, K-25, Y-12), Savannah River Site が挙げられている。</p> <p>フジタモデルの技術的な妥当性の検証については、米国 DOE 管轄のローレンス・リバモア国立研究所報告書⁽¹¹⁾にてまとめられている。この報告書では、フジタモデル DBT-77 を他の風速場モデルと比較検討しており、流体力学の連続の式を満足する (Fluid mechanics equations of continuity are satisfied) こと、モデル流況は、竜巻の映像分析で得られる流れの空間分布と整合する (Flow patterns are consistent with the spatial distribution of flow observed in photogrammetric analysis of tornado movies) こと等を利点として挙げている。</p> <p>また、実際の事例に対するフジタモデルの検証としては、1978年12月3日に米国ルイジアナ州 Bossier 市で発生した F4 竜巻による鋼製材の飛来について、フジタモデル DBT-77 で再現した事例⁽⁹⁾ がローレンス・リバモア国立研究所報告書⁽¹¹⁾及び米国気象学会論文集⁽¹²⁾に掲載されている。</p> <p>なお、米国 LES (Louisiana Energy Services) の濃縮施設 (NEF : National Enrichment Facility) では、上記の DOE 施設の基準に基づき竜巻飛来物 (鋼鉄パイプや木材の板等) を設定しており、米国 NRC は当該施設に対する安全評価報告書 (NUREG-1827)⁽¹³⁾の中で竜巻飛来物に対する LES の竜巻設計を是認している。</p> <p>(Based on the review of the information concerning tornados and tornado-generated missiles,NRC concludes: (i) the information is accurate and is from reliable sources; and (ii)the design bases tornado-generated missiles are acceptable because they were determined based on an appropriate DOE standard. The use of a DOE standard is an acceptable approach to NRC staff.)</p> <p>4.2 NRC ガイドでの取扱い</p> <p>2.1 でも述べたとおり、フジタモデルは実際の竜巻風速場をモデル化したいという米国 NRC の要請を受けて考案されたものであるが、米国 NRC Regulatory Guide 1.76⁽²⁾では、フジタモデルについて “The NRC staff chose the Rankine combined vortex model for its simplicity, as compared to the model developed by T.</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>Fujita (Ref. 7).”と述べられており、単に数式の簡易さを理由にランキン渦モデルが選定されている。また、NRC スタッフ自身で水平方向の飛来物速度 (Simiu らの運動方程式⁽³⁾) を計算するプログラムを開発している (The NRC staff developed a computer program to calculate the maximum horizontal missile speeds by solving these equations.)ことが明記されている。</p> <p>したがって、米国 NRC ガイドでランキン渦モデルが採用されているのは、フジタモデルより簡易であるという理由が主であり、竜巻風速場としての優劣を指摘されたものではない。</p> <p>(参考) 米国におけるランキン渦モデル以外の風速場モデルの利用実績</p> <p>米国 NRC では、竜巻防護対策の追加を検討しているプラントに対し、確率論的竜巻飛来物評価手法 TORMIS の利用を承認している。</p> <p>TORMIS は、米国の EPRI で開発され、原子力発電所の構造物・機器への竜巻飛来物の衝突・損傷確率を予測する計算コードであり、同コードでは、ランキン渦モデル以外の風速場モデル (統合風速場モデル) が利用されていることから、米国 NRC においても、ランキン渦モデル以外の風速場モデルが認められていないわけではない。</p> <p>5. 飛来物評価における不確定性の考慮</p> <p>前節まででは、フジタモデルの風速場を適用することの妥当性について述べてきた。フジタモデルの風速場を適用することで、より現実的な竜巻影響評価を行うことが可能と考えられるが、一方で、実際の竜巻による物体の飛散挙動の不確定性についても考慮する必要がある。</p> <p>本節では、フジタモデルの特長である地上からの飛散挙動に関する不確定性や、竜巻が物体と衝突する際の竜巻風速に関する不確定性等について、飛来物評価の中でどのように考慮しているかを説明する。</p> <p>5.1 物体の浮上・飛来モデルにおける不確定性の考慮</p> <p>本評価における物体の浮上・飛来モデルの考え方と、その中で</p>	<p>by T. Fujita.”と述べられており、数式の簡易さを理由にランキン渦モデルが選定されている。また、NRC スタッフ自身で水平方向の飛散速度 (Simiu らの運動方程式⁽²⁾) を計算するプログラムを開発している (“The NRC staff developed a computer program to calculate the maximum horizontal missile speeds by solving these equations.”)ことが明記されている。</p> <p>したがって、米国 NRC ガイドでランキン渦モデルが採用されているのは、フジタモデルより簡易であるという理由が主であり、竜巻風速場としての優劣を指摘されたものではない。</p> <p>(参考) 米国におけるランキン渦モデル以外の風速場モデルの利用実績</p> <p>米国 NRC では、竜巻防護対策の追加を検討しているプラントに対し、確率論的竜巻飛来物評価手法 TORMIS の利用を承認している。</p> <p>TORMIS は、米国の EPRI で開発された原子力発電所の構造物、機器への竜巻飛来物の衝突及び損傷確率を予測する計算コードであり、同コードでは、ランキン渦モデル以外の風速場モデル (統合風速場モデル) が利用されている。(米国 NRC においても、ランキン渦モデル以外の風速場モデルが認められていないわけではない)</p> <p>5. 飛散解析における保守性の考慮</p> <p>前節までに述べてきたとおり、フジタモデルの風速場を適用することで、より現実的な竜巻影響評価を行うことが可能と考えられるが、一方で、実際の竜巻による物体の飛散挙動の保守性についても考慮する必要がある。</p> <p>本節では、フジタモデルを用いた地上からの飛散挙動解析に関する保守性や、物体が竜巻に晒される際の風速に関する不確定性等について、飛散解析の中でどのように考慮しているかについて説明する。</p> <p>5.1 物体の浮上、飛散モデルにおける保守性の考慮</p> <p>本評価における物体の浮上・飛散モデルの考え方と、その中で</p>	<p>Fujita (Ref. 7).”と述べられており、単に数式の簡易さを理由にランキン渦モデルが選定されている。また、NRC スタッフ自身で水平方向の飛来物速度 (Simiu らの運動方程式⁽³⁾) を計算するプログラムを開発している (The NRC staff developed a computer program to calculate the maximum horizontal missile speeds by solving these equations.)ことが明記されている。</p> <p>したがって、米国 NRC ガイドでランキン渦モデルが採用されているのは、フジタモデルより簡易であるという理由が主であり、竜巻風速場としての優劣を指摘されたものではない。</p> <p>(参考) 米国におけるランキン渦モデル以外の風速場モデルの利用実績</p> <p>米国 NRC では、竜巻防護対策の追加を検討しているプラントに対し、確率論的竜巻飛来物評価手法 TORMIS の利用を承認している。</p> <p>TORMIS は、米国の EPRI で開発され、原子力発電所の構造物・機器への竜巻飛来物の衝突・損傷確率を予測する計算コードであり、同コードでは、ランキン渦モデル以外の風速場モデル (統合風速場モデル) が利用されていることから、米国 NRC においても、ランキン渦モデル以外の風速場モデルが認められていないわけではない。</p> <p>5. 飛来物評価</p> <p>前節まででは、フジタモデルの風速場を適用することの妥当性について述べてきた。フジタモデルの風速場を適用することで、より現実的な竜巻影響評価を行うことが可能と考えられるが、一方で、実際の竜巻による風速場や物体の飛散挙動の不確定性についても考慮する必要がある。</p> <p>本節では、<u>地表面付近の風速場</u>、フジタモデルの特長である地上からの飛散挙動及び竜巻が物体と衝突する際の竜巻風速に関する不確定性等について、飛来物評価の中でどのように考慮しているかを説明する。</p> <p>5.1 物体の浮上・飛来モデルにおける不確定性の考慮</p> <p>本評価における物体の浮上・飛来モデルの考え方と、その中で</p>	<p>・記載方針の相違</p> <p>【柏崎 6/7, 東海第二】</p> <p>島根 2 号炉はフジタモデルの地表面付近の風速場に関する不確定性についても記載している</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>保守性の観点から評価上考慮している点について説明する。</p> <p>(1)物体の揚力の計算式</p> <p>物体が空中にある場合、物体に作用する力は、ガイドの飛来物運動モデル⁽³⁾⁽⁴⁾と同様に、飛来物は第11-1図のようにランダムに回転しているものとし、平均的な抗力(流れの速度方向に平行な力) F_D と重力のみが作用する飛行モデルを採用している。</p> <p>一方、物体が地面に置かれている場合や地面に近い場合は、地面効果による揚力(次頁参照)を考慮している⁽¹⁴⁾。具体的には、物体の形状が流れ方向の軸に関して対称であっても、第11-2図に示すように地面の存在により流れが非対称になり、物体上部の圧力が低くなることで物体を浮上させる駆動力が生じることから、これを揚力 F_L として考慮する。</p> <div data-bbox="154 892 905 1081"> </div> <p>第11-1図 空中で飛来物へ作用する力 第11-2図 地面付近で飛来物へ作用する力</p> <p>このような揚力 F_L は地面での揚力係数 C_L、地上での物体の見附面積(風向方向から見た投影面積) a を用いて、以下のように表される⁽¹⁵⁾。</p> $F_L = \frac{1}{2} \rho C_L a \mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M _{x,y}^2 \quad (6)$ <p>ただし、ρ は空気密度、\mathbf{V}_M は飛来物の速度ベクトル、\mathbf{V}_w は風速ベクトル、$* _{x,y}$ は*の x, y 成分(水平成分)の大きさを表す。</p> <p>(参考) 地上の物体における地面効果による揚力について 物体や地面は完全な滑面ではなく、凹凸を有しているため、完全接触と非接触の領域に区別される。物体の地面への投影面積を A とし、物体と地面の完全接触面積を s とした場合、無風時(第12図の左)は物体が流体に接する全表面で圧力は一定(p_0)とみな</p>	<p>保守性の観点から考慮している点について説明する。</p> <p>(1)物体の揚力の計算式</p> <p>物体が空中にある場合、物体に作用する力は、「竜巻影響評価ガイド」の飛来物運動モデル⁽²⁾⁽³⁾と同様に、飛来物は第5.1-1図(a)のようにランダムに回転しているものとし、平均的な抗力(流れの速度方向に平行な力) F_D と重力のみが作用する飛行モデルを採用している。</p> <p>一方、物体が地面に置かれている場合や地面に近い場合は、地面効果による揚力を考慮している^(xiv)。具体的には、物体の形状が流れ方向の軸に関して対称であっても、第5.1-1図(b)に示すように地面の存在により流れが非対称になり、物体上部の圧力が低くなることで物体を浮上させる駆動力が生じることから、これを揚力 F_L として考慮する。</p> <div data-bbox="994 871 1676 1081"> </div> <p>(a)空中 (b)地表付近</p> <p>第5.1-1図 物体へ作用する力</p> <p>このような揚力 F_L は、地表付近での揚力係数 C_L 及び物体の見附面積(風向方向から見た投影面積) a を用いて、以下のように表される。</p> $F_L = \frac{1}{2} \rho C_L a \mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M _{x,y}^2 \quad (7)$ <p>ここで、ρ は空気密度、\mathbf{V}_M は飛来物の速度ベクトル、\mathbf{V}_w は風速ベクトル、$\alpha _{x,y}$ はベクトル α の x, y 成分(水平成分)の大きさを表す。</p> <p>(参考) 地上の物体における地面効果による揚力について 物体や地面は完全な滑面ではなく凹凸を有しているため、完全接触と非接触の領域に区別される。物体の地面への投影面積を A とし、物体と地面の完全接触面積を s とした場合、無風時(第5.1-2図の(a))は物体が流体に接する全表面で圧力は一定(p_0)とみな</p>	<p>保守性の観点から評価上考慮している点について説明する。</p> <p>(1)物体の揚力の計算式</p> <p>物体が空中にある場合、物体に作用する力は、ガイドの飛来物運動モデル⁽³⁾⁽⁴⁾と同様に、物体は図11-1のようにランダムに回転しているものとし、平均的な抗力(流れの速度方向に平行な力) F_D と重力のみが作用する飛行モデルを採用している。</p> <p>一方、物体が地面に置かれている場合や地面に近い場合は、地面効果による揚力(次頁参照)を考慮している⁽¹⁴⁾。具体的には、物体の形状が流れ方向の軸に関して対称であっても、図11-2に示すように地面の存在により流れが非対称になり、物体上部の圧力が低くなることで物体を浮上させる駆動力が生じることから、これを揚力 F_L として考慮する。</p> <div data-bbox="1736 892 2478 1081"> </div> <p>図11-1 空中で物体へ作用する力 図11-2 地面付近で物体へ作用する力</p> <p>このような揚力 F_L は地面での揚力係数 C_L、地上での物体の見附面積(風向方向から見た投影面積) a を用いて、以下のように表される⁽¹⁵⁾。</p> $F_L = \frac{1}{2} \rho C_L a \mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M _{x,y}^2 \quad (6)$ <p>ただし、ρ は空気密度、\mathbf{V}_M は物体の速度ベクトル、\mathbf{V}_w は風速ベクトル、$* _{x,y}$ は*の x, y 成分(水平成分)の大きさを表す。</p> <p>(参考) 地上の物体における地面効果による揚力について 物体や地面は完全な滑面ではなく、凹凸を有しているため、完全接触と非接触の領域に区別される。物体の地面への投影面積を A とし、物体と地面の完全接触面積を s とした場合、無風時(図12の左)は物体が流体に接する全表面で圧力は一定(p_0)とみなせ</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>せるため、鉛直方向（上向き）に作用する揚力 F_{L0} は、以下で与えられる。</p> $F_{L0} = -p_0 A + p_0(A-s) = -p_0 s \quad (7)$ <p>吸盤のように完全に地面に密着している場合は $s=A$ となるため、大気圧 p_0 に投影面積 A を乗じた力が下向きに作用し、物体と地面の間に僅かに空隙が生じる場合には、大気圧 p_0 に完全接触面積 s を乗じた力が下向きに作用することになるため、いずれの場合においても揚力は発生しないことが分かる。</p> <p>一方、竜巻通過時（第 12 図の右）の物体に圧力差に伴う流体力が作用（簡単のため上面での圧力 p_1、下面での圧力 p_2 と仮定）する場合、鉛直方向の流体力 F_L は、以下で与えられる（圧力分布がある任意形状の物体についても圧力の表面積分を用いれば同様に計算は可能）。</p> $F_L = -p_1 A + p_2(A-s) \quad (8)$ <p>吸盤のように完全に地面に密着している場合は $s=A$ となるため、上面の圧力 p_1 に投影面積 A を乗じた力が下向きに作用するが、物体と地面の間に僅かに空隙が生じる場合には、地面と物体の接触状態によっては上向きの力が発生することがある。実際には、地面と物体の接触状態を確認することは難しいことから、本評価においては、保守的に地上における物体に揚力が作用することとしている。</p>  <p>第 12 図 部分的に地面に接する物体に作用する力 (左：無風時，右：強風時，R_0，R：無風時，強風時における垂直抗力)</p> <p>(2) 揚力係数の設定</p>	<p>と見なせるため、鉛直方向（上向きを正とする）に作用する揚力 F_{L0} は以下で与えられる。</p> $F_{L0} = -p_0 A + p_0(A-s) = -p_0 s \quad (8)$ <p>ここで、$0 < s \leq A$ であることから、F_{L0} は負の値となり、揚力は発生しないことが分かる。</p> <p>一方、竜巻通過時（第 5.1-2 図の(b)) の物体に圧力差に伴う流体力が作用（簡単のため上面での圧力を p_1、下面での圧力を p_2 と仮定）する場合、鉛直方向の流体力 F_L は以下で与えられる（圧力分布がある任意形状の物体についても、圧力の表面積分を用いれば同様に計算可能）。</p> $F_L = -p_1 A + p_2(A-s) \quad (9)$ <p>吸盤の様に完全に地面に密着している場合は $s=A$ となるため、上面の圧力 p_1 に投影面積 A を乗じた力が下向きに作用するが、物体と地面の間に僅かに空隙が生じる場合には、地面と物体の接触状態によっては上向きの力が発生することがある。</p> <p>実際には、地面と物体の接触状態を確認することは難しいことから、本評価においては、保守的に地上における物体に揚力が作用することとしている。</p>  <p>第 5.1-2 図 部分的に地面に接する物体に作用する力</p> <p>(2) 揚力係数の設定</p>	<p>るため、鉛直方向（上向き）に作用する揚力 F_{L0} は、以下で与えられる。</p> $F_{L0} = -p_0 A + p_0(A-s) = -p_0 s \quad (7)$ <p>吸盤のように完全に地面に密着している場合は $s=A$ となるため、大気圧 p_0 に投影面積 A を乗じた力が下向きに作用し、物体と地面の間に僅かに空隙が生じる場合には、大気圧 p_0 に完全接触面積 s を乗じた力が下向きに作用することになるため、いずれの場合においても揚力は発生しないことが分かる。</p> <p>一方、竜巻通過時（図 12 の右）の物体に圧力差に伴う流体力が作用（簡単のため上面での圧力 p_1、下面での圧力 p_2 と仮定）する場合、鉛直方向の流体力 F_L は、以下で与えられる（圧力分布がある任意形状の物体についても圧力の表面積分を用いれば同様に計算は可能）。</p> $F_L = -p_1 A + p_2(A-s) \quad (8)$ <p>吸盤のように完全に地面に密着している場合は $s=A$ となるため、上面の圧力 p_1 に投影面積 A を乗じた力が下向きに作用するが、物体と地面の間に僅かに空隙が生じる場合には、地面と物体の接触状態によっては上向きの力が発生することがある。実際には、地面と物体の接触状態を確認することは難しいことから、本評価においては、保守的に地上における物体に揚力が作用することとしている。</p>  <p>図 12 部分的に地面に接する物体に作用する力 (左：無風時，右：強風時，R_0，R：無風時，強風時における垂直抗力)</p> <p>(2) 揚力係数の設定</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(6)式の C_{La} は風洞実験から求められる値であるが、実験条件(風を受ける方向等)により様々な値を取り得るため、それを包含するような係数を設定することが望ましい。</p> <p>本評価では、条件によらず保守性を確保できるよう、C_{La} に代わり以下で定義される抗力係数と見附面積の積の平均値 $C_D A$ を用いることとする。</p> $C_D A = \frac{1}{3}(C_{Dx} A_x + C_{Dy} A_y + C_{Dz} A_z) \quad (9)$ <p>ここで、C_{Dx} は空中での x 軸方向流れに対する抗力係数、A_x は x 軸方向流れに対する見附面積であり、その他も同様である。</p> <p>飛来物の運動モデルを第 13 図に示す。上記(9)式の考え方は、第 13 図に当てはめ整理すると以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> 物体がある程度浮き上がった後の状態(第 13 図の状態 B)であれば、物体はランダム回転し、物体各面に均等に風を受けるものと考えられること。 物体が地面に置かれた状態(第 13 図の状態 A)から、実際に浮き上がる際には、物体の上面や下面での圧力が均一ではなく、傾きながら浮き上がるようなことも考えられるが、このような挙動を理論的に評価することは難しい。そのため、これに準ずる方法として、評価に用いる係数は、地面から浮かせた状態で実測された C_{La} のうち、物体が地面に置かれた状態(第 13 図の状態 A)にできる限り近い場合の値よりも大きな係数を用いることで、保守性は確保できると考えられること。 物体が地面に置かれた状態(第 13 図の状態 A)と物体がある程度浮き上がった状態(第 13 図の状態 B)での評価にて、共通の係数を用いることは、地上からの物体浮上・飛散評価における実用性の観点からも望ましいこと。 	<p>(7)式の C_{La} は風洞実験から求められる値であるが、実験条件(風を受ける方向等)により様々な値を取り得るため、それを包含するような係数を設定することが望ましい。本評価では、条件によらず保守性を確保できるよう、C_{La} に代わり、以下で定義される抗力係数と見付面積の積の平均値 $C_D A$ を用いることとする。</p> $C_D A = \frac{1}{3}(C_{Di} A_i + C_{Dy} A_y + C_{Dz} A_z) \quad (10)$ <p>ここで、C_{Di} は空中での i 軸方向流れに対する抗力係数、A_i は i 軸方向流れに対する見付面積を示す。</p> <p>物体の運動モデルを第 5.1-3 図に示す。上述の C_{La} を $C_D A$ で代用する考え方を本図に基づき整理すると、以下のとおりとなる。</p> <ul style="list-style-type: none"> 物体がある程度浮き上がった後の状態(B)であれば、物体はランダムに回転し、物体各面に均等に風を受けるものと考えられること。 物体が地面に置かれた状態(A)から浮き上がる場合、実際には物体の上面や下面での圧力が均一ではなく、傾きながら浮き上がるようなことも考えられるが、このような挙動を理論的に評価することは難しい。そのため、これに準ずる方法として、地面から浮かせた状態で実測された C_{La} のうち、物体が地面に置かれた状態(A)にできる限り近い場合の値よりも大きな係数 $C_D A$ を用いることで、保守性は確保できると考えられる(「$C_D A > C_{La}$」となることの説明は後述)。 物体が地面に置かれた状態(A)と物体がある程度浮き上がった状態(B)での評価にて共通の係数を用いることは、地上からの物体浮上及び飛散解析における実用性の観点からも望ましい。 <p>物体の飛散解析におけるモデル化の基本的な考え方は、地面における揚力係数 C_L 見付面積 a の積 $C_L a$ をより大きな値で置き換えて、浮上現象を保守的に評価できるようにすることであり、この保守的な代用値として $C_D A$ の利用が適切であることを以下に説明する。</p>	<p>(6)式の C_{La} は風洞実験から求められる値であるが、実験条件(風を受ける方向等)により様々な値を取り得るため、それを包含するような係数を設定することが望ましい。</p> <p>本評価では、条件によらず保守性を確保できるよう、C_{La} に代わり以下で定義される抗力係数と見附面積の積の平均値 $C_D A$ を用いることとする。</p> $C_D A = \frac{1}{3}(C_{Dx} A_x + C_{Dy} A_y + C_{Dz} A_z) \quad (9)$ <p>ここで、C_{Dx} は空中での x 軸方向流れに対する抗力係数、A_x は x 軸方向流れに対する見附面積であり、その他も同様である。</p> <p>物体の運動モデルを図 13 に示す。上記(9)式の考え方は、図 13 に当てはめ整理すると以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> 物体がある程度浮き上がった後の状態(図 13 の状態 B)であれば、物体はランダム回転し、物体各面に均等に風を受けるものと考えられること。 物体が地面に置かれた状態(図 13 の状態 A)から、実際に浮き上がる際には、物体の上面や下面での圧力が均一ではなく、傾きながら浮き上がるようなことも考えられるが、このような挙動を理論的に評価することは難しい。そのため、これに準ずる方法として、評価に用いる係数は、地面から浮かせた状態で実測された C_{La} のうち、物体が地面に置かれた状態(図 13 の状態 A)にできる限り近い場合の値よりも大きな係数を用いることで、保守性は確保できると考えられること。 物体が地面に置かれた状態(図 13 の状態 A)と物体がある程度浮き上がった状態(図 13 の状態 B)での評価にて、共通の係数を用いることは、地上からの物体浮上・飛散評価における実用性の観点からも望ましいこと。 	



第 13 図 飛来物の運動モデルの模式図

(A : 地面上, B : $Z < 3d$ の高度範囲, C : $Z > 3d$ の高度範囲, ただし, $Z = z - d/2$, d : 物体高さ)

物体の飛散解析におけるモデル化の基本的な考え方は、地面における揚力係数 C_L と見附面積 a の積 $C_L a$ をより大きな値で置き換えて、浮上現象を保守的に評価できるようにすることであり、この保守的な代用値として飛行定数 $C_D A/m$ と同類の $C_D A$ の利用が適切であることを以下で説明する。

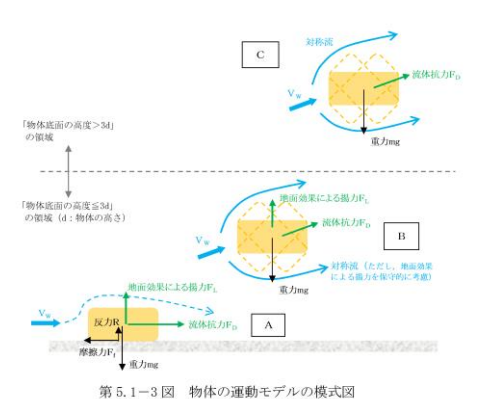
物体が風速 U を受ける場合の揚力係数 C_L は、一般にその定義により揚力 F_L と以下の関係にある。

$$F_L = \frac{1}{2} \rho U^2 C_L a \quad (10)$$

これを変形すると、 $C_L a = 2F_L / \rho U^2$ となり、風速、風向及び物体の向きが一定であれば、揚力 FL 及び速度圧 $q = 1/2 \rho U^2$ は見附面積 a の取り方には無関係の物理量であるので、 $C_L a$ も見附面積 a の取り方（風向投影面積や揚力方向投影面積）に依存しないことが分かる。

一方、同じ風速 U が同じ物体に作用する場合であっても、地面に置かれた物体の向きと風向の関係によって積 $C_L a$ は変化する。（例えば、円柱の長手方向と風向が平行な場合の揚力は小さいが、直角の場合には最大となる）

そこで、典型的な塊状物体・柱状物体・板状物体が地面に置かれた場合の $C_L a$ の最大値（又は、それに近い値）の実測結果と物体の幾何学形状のみで決定される $C_D A$ の値を比較する。（第 2 表）



第 5.1-3 図 物体の運動モデルの模式図

物体が風速 U を受ける場合の揚力係数 C_L は、一般にその定義により揚力 F_L と以下の関係にある。

$$F_L = \frac{1}{2} \rho U^2 C_L a$$

ここで、典型的な塊状物体、柱状物体及び板状物体が地面に置かれた場合の $C_L a$ の最大値（又はそれに近い値）の実測結果と、物体の幾何学形状のみで決定される $C_D A$ の値を比較した。（第 5.1

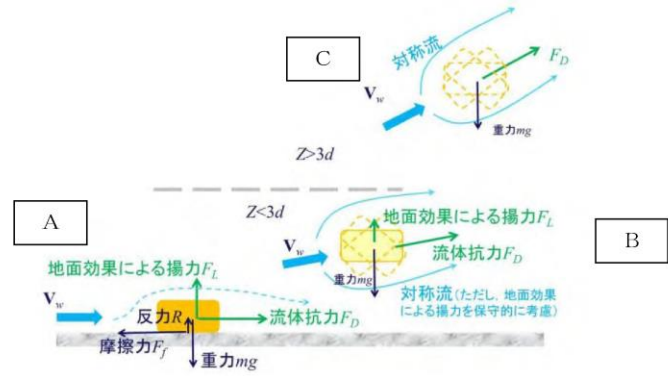


図 13 物体の運動モデルの模式図

(A : 地面上, B : $Z < 3d$ の高さの範囲, C : $Z > 3d$ の高さの範囲, ただし, $Z = z - d/2$, d : 物体高さ)

物体の飛散解析におけるモデル化の基本的な考え方は、地面における揚力係数 C_L と見附面積 a の積 $C_L a$ をより大きな値で置き換えて、浮上現象を保守的に評価できるようにすることであり、この保守的な代用値として飛行定数 $C_D A/m$ と同類の $C_D A$ の利用が適切であることを以下で説明する。

物体が風速 U を受ける場合の揚力係数 C_L は、一般にその定義により揚力 F_L と以下の関係にある。

$$F_L = \frac{1}{2} \rho U^2 C_L a \quad (10)$$

これを変形すると、 $C_L a = 2F_L / \rho U^2$ となり、風速、風向及び物体の向きが一定であれば、揚力 FL 及び速度圧 $q = 1/2 \rho U^2$ は見附面積 a の取り方には無関係の物理量であるので、 $C_L a$ も見附面積 a の取り方（風向投影面積や揚力方向投影面積）に依存しないことが分かる。

一方、同じ風速 U が同じ物体に作用する場合であっても、地面に置かれた物体の向きと風向の関係によって積 $C_L a$ は変化する。（例えば、円柱の長手方向と風向が平行な場合の揚力は小さいが、直角の場合には最大となる）

そこで、典型的な塊状物体・柱状物体・板状物体が地面に置かれた場合の $C_L a$ の最大値（又は、それに近い値）の実測結果と物体の幾何学形状のみで決定される $C_D A$ の値を比較する。（表 2）

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>第2表より、$C_D A > C_{L,a}$の関係が成立しており、$C_{L,a}$の代用として$C_D A$の利用が適切であることが確認できる。なお、$C_D A$は各方向の抗力係数と見附面積の積の平均値であり、例えば、一辺dの立方体では$C_D A = 2d^2$、一辺dの平板では$C_D A = 0.66d^2$となる。両者には約3倍の違いがあるが、いずれの場合も実際の$C_{L,a}$値よりも大きな値であり、揚力の評価モデルとして$C_{L,a}$値の代わりに$C_D A$を用いることで保守性は確保できる。</p> <p>また、以上の揚力のモデル化の説明は浮上時(第13図の状態A)に対するものであるが、この揚力が物体高さの3倍までの飛散高度の範囲で連続的に低減するように作用するようにモデル化しており、第13図の状態A、B、Cの全領域で揚力の連続性が確保されている。</p>	<p>-1表)</p> <p>同表より、「$C_D A > C_{L,a}$」の関係が成立しており、揚力の評価モデルとして$C_{L,a}$の代わりに$C_D A$を用いることで保守性は確保できる。</p> <p>また、以上の揚力のモデル化の説明は浮上時(第5.1-3図A)に対するものであるが、この揚力が物体高さの3倍までの飛散高度の範囲で連続的に低減するように作用するようにモデル化しており、第5.1-3図の状態A、B及びCの全領域で揚力の連続性が確保されている。</p>	<p>表2より、$C_D A > C_{L,a}$の関係が成立しており、$C_{L,a}$の代用として$C_D A$の利用が適切であることが確認できる。なお、$C_D A$は各方向の抗力係数と見附面積の積の平均値であり、例えば、一辺dの立方体では$C_D A = 2d^2$、一辺dの平板では$C_D A = 0.66d^2$となる。両者には約3倍の違いがあるが、いずれの場合も実際の$C_{L,a}$値よりも大きな値であり、揚力の評価モデルとして$C_{L,a}$値の代わりに$C_D A$を用いることで保守性は確保できる。</p> <p>また、以上の揚力のモデル化の説明は浮上時(図13の状態A)に対するものであるが、この揚力が物体高さの3倍までの高さの範囲で連続的に低減するように作用するようにモデル化しており、図13の状態A、B、Cの全領域で揚力の連続性が確保されている。</p>	

第2表 主な物体のC_pAと地面に置かれた物体のC_la(実測値)の大小関係(1/2)

形状	物体	仕様	C _p A ^{※1}	C _l a(実測値)	C _l a(実測値)に係る試験条件等
塊状	自動車	実物のDodge Dart (長さ16.7ft., 幅5.8ft., 高さ4.3ft.)	129ft. ²	48.7ft. ²	・風洞試験 ⁽¹⁶⁾ (風速22~31m/s, Re=2.8x10 ⁶ ~4.0x10 ⁶) ・C _l aが最大となる流入角での値をC _l a(実測値)として記載
		1/6縮尺模型	12.07m ²	7.76m ²	・風洞試験 ⁽²²⁾ (風速0~150m/s, Re=0~3.0x10 ⁶) ・4つのタイヤに作用する地面からの反力のうち、少なくとも一つがゼロとなった時点の風速UからC _l a値を計算(C _l a=2mg/ρU ²) ・C _l aが最大となる流入角での値をC _l a(実測値)として記載
		1/6縮尺模型	14.58m ²	7.89m ²	・水路試験 ⁽¹⁷⁾ (Re=8.0x10 ³ ~2.8x10 ⁴) ・流入方向と立方体面の一面が垂直になる配置における値をC _l a(実測値)として記載
柱状	円柱	長さλ, 直径D	0.47Dλ	0.2Dλ	・風洞試験 ⁽¹⁶⁾ (Re=1.3x10 ⁶) ・流入方向と円柱の軸直方向が垂直になる配置(円柱の軸方向は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載
		長さλ, 直径D	0.47Dλ	0.05Dλ~0.23Dλ	・風洞試験(Re=3.5x10 ⁴ ~1.2x10 ⁵) ・流入方向と円柱の軸直方向が垂直になる配置(円柱の軸方向は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載(電力中央研究所風洞実験)
		長さλ, 断面が一边Dの正方形	0.8Dλ(1.3Dλ) ^{※2}	0.5Dλ~0.7Dλ程度	・水路試験 ⁽¹⁷⁾ (Re=8.0x10 ³ ~2.8x10 ⁴) ・流入方向と角柱の軸直方向が垂直となる配置(角柱の軸方向は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載
柱状	角柱	長さλ, 高さD, 幅Bの長方形断面	0.4(D+B)λ	負値(地面との隙間が0.167D以上の場合)	・風洞試験(Re=3.8x10 ⁴) ・流入方向と角柱の軸直方向が垂直になる配置(角柱の軸方向は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載
		長さλ, 高さD	0.4(D+B)λ	0.167D以上の場合)	・水路試験 ⁽¹⁷⁾ (Re=8.0x10 ³ ~2.8x10 ⁴) ・流入方向と角柱の軸直方向が垂直になる配置(角柱の軸方向は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載
		長さλ, 高さD, 幅Bの長方形断面	0.4(D+B)λ	0.167D以上の場合)	・水路試験 ⁽¹⁷⁾ (Re=8.0x10 ³ ~2.8x10 ⁴) ・流入方向と角柱の軸直方向が垂直になる配置(角柱の軸方向は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載

第5.1-1表 主な物体のC_pAと地面に置かれた物体のC_la(実測値)(1/2)

形状	物体	仕様	C _p A ^{※1}	C _l a(実測値)	C _l a(実測値)に係る試験条件等
塊状	自動車	実物のDodge Dart (長さ16.7ft., 幅5.8ft., 高さ4.3ft.)	129ft. ²	48.7ft. ²	・風洞試験 ⁽¹⁶⁾ (風速22m/s~31m/s, Re=2.8x10 ⁶ ~4x10 ⁶) ・C _l aが最大となる流入角での値をC _l a(実測値)として記載
		1/6縮尺模型(セダン:長さ4.85m, 幅1.79m, 高さ1.42m, 質量1633kg)	12.07m ²	7.76m ²	・風洞試験 ⁽¹⁶⁾ (風速0~150m/s, Re=0~3x10 ⁶) ・4つのタイヤに作用する地面からの反力のうち、少なくとも1つが0となった時点の風速UからC _l a値を計算(C _l a=2mg/ρU ²) ・C _l aが最大となる流入角での値をC _l a(実測値)として記載
		1/6縮尺模型(ミニバン:長さ5.12m, 幅1.94m, 高さ1.69m, 質量2086kg)	14.58m ²	7.89m ²	・水路試験 ⁽¹⁷⁾ (Re=8.0x10 ³ ~2.8x10 ⁴) ・流入方向と立方体面の一面が垂直になる配置における値をC _l a(実測値)として記載
柱状	円柱	長さλ, 直径D	0.47Dλ	0.2Dλ	・風洞試験 ⁽¹⁶⁾ (Re=1.3x10 ⁶) ・流入方向と円柱の軸直方向が垂直になる配置(円柱の軸方向は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載
		長さλ, 断面が一边Dの正方形	0.8Dλ(1.3Dλ) ^{※2}	0.5Dλ~0.7Dλ程度	・水路試験 ⁽¹⁷⁾ (Re=8.0x10 ³ ~2.8x10 ⁴) ・長方形断面(アスペクト比4:3)の角柱は地面から0.167D以上離れると揚力は負となる(電中研風洞実験) ・流入方向と角柱の軸直方向が垂直になる配置(角柱の軸方向は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載
		長さλ, 高さD, 幅Bの長方形断面	0.4(D+B)λ	負値(地面との隙間が0.167D以上の場合)	・水路試験 ⁽¹⁷⁾ (Re=8.0x10 ³ ~2.8x10 ⁴) ・流入方向と角柱の軸直方向が垂直になる配置(角柱の軸方向は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載

※1 柱状及び板状では微小項を無視して記載
※2 塊状と見なせる場合

表2 主な物体のC_pAと地面に置かれた物体のC_la(実測値)の比較

形状	物体	仕様	C _p A ^{※1}	C _l a(実測値)	C _p A/C _l a	C _l a(実測値)に係る試験条件等
塊状	自動車	実物のDodge Dart (長さs=16.7ft., 幅w=5.8ft., 高さd=4.3ft.)	2(sw+wd+ds)/3 (=129ft. ²)	1.865wd (=46.5ft. ²)	2.65	・文献(16)の風洞試験(風速22~31m/s, Re=2.8x10 ⁶ ~4x10 ⁶) ・C _l aが最大となる流入角での値をC _l a(実測値)として記載
		1/6縮尺模型	12.07m ²	7.76m ²	7.76m ²	・文献(17)の水路試験(Re=8000~28000) ・流入方向と立方体面の一面が垂直になる配置における値をC _l a(実測値)として記載
		1/6縮尺模型	14.58m ²	7.89m ²	7.89m ²	・文献(16)の風洞試験(Re=1.3x10 ⁶) ・流入方向と円柱の軸直方向が垂直になる配置(円柱の軸方向は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載
柱状	円柱	長さλ, 直径D	0.47Dλ	0.2Dλ	2.35	・文献(17)の水路試験(Re=8000~28000) ・長方形断面(アスペクト比4:3)の角柱は地面から0.167D以上離れると揚力は負となる(電中研風洞実験) ・流入方向と角柱の軸直方向が垂直になる配置(角柱の軸方向は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載
		長さλ, 断面が一边Dの正方形	0.8Dλ(1.3Dλ) ^{※2}	0.5Dλ~0.7Dλ程度	1.14~1.6	・文献(17)の水路試験(Re=8000~28000) ・長方形断面(アスペクト比4:3)の角柱は地面から0.167D以上離れると揚力は負となる(電中研風洞実験) ・流入方向と角柱の軸直方向が垂直になる配置(角柱の軸方向は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載
		長さλ, 高さD, 幅Bの長方形断面	0.4(D+B)λ	負値(地面との隙間が0.167D以上の場合)	0.167D以上の場合)	・文献(18)の風洞試験(幅Bに基づくRe=2x10 ⁵) ・流入方向と平板の長さ方向が垂直になる配置(平板は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載
平板	薄い平板	長さλ, 幅B, 厚さD (B=200mm, D=5mm, λ=1000mmの場合)	0.66Bλ	0.11Bλ程度	16.5	・文献(19)の水路試験(Re=5x10 ⁴ 程度) ・流入方向と平板の長さ方向が垂直になる配置(平板は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載
		長さλ, 幅B, 厚さD	0.66Bλ	0.11Bλ程度	6.6	・文献(19)の水路試験(Re=5x10 ⁴ 程度) ・流入方向と平板の長さ方向が垂直になる配置(平板は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載
		長さλ, 幅B, 厚さD	0.66Bλ	0.11Bλ程度	6.6	・文献(19)の水路試験(Re=5x10 ⁴ 程度) ・流入方向と平板の長さ方向が垂直になる配置(平板は地面と平行)における値をC _l a(実測値)として記載

*: 柱状及び平板では微小項を無視して記載 ** : 塊状とみなせる場合

第2表 主な物体の $C_{D,A}$ と地面に置かれた物体の $C_{L,a}$ (実測値) の大小関係(2/2)

形状	物体	仕様	$C_{D,A}^{*1}$	$C_{L,a}$ (実測値)	$C_{L,a}$ (実測値) に係る試験条件等
平板	薄い平板	長さ λ , 幅 B, 厚さ D ($B=200\text{mm}$, $D=5\text{mm}$, $\lambda=1000\text{mm}$ の場合)	0.66B λ	0に近い値 (地面から 0.25B離れた位 置で $C_{L,a}=0.04B\lambda$)	<ul style="list-style-type: none"> 風洞試験⁽¹⁸⁾ (幅 B に基づく $Re=2.0 \times 10^5$) 流入方向と平板の長さ方向が垂直になる配置 (平板は地面と平行) における値を $C_{L,a}$ (実測値) として記載
	薄い翼	長さ λ , 幅 B, 厚さ D ($B=100\text{mm}$, $D=15\text{mm}$, $\lambda=300\text{mm}$) (参考文献 (20) では B の代わりに c で表記)		0.2B λ 程度	<ul style="list-style-type: none"> 風洞試験⁽²¹⁾ (幅 B (参考文献(20) では c) に基づく $Re=2.2 \times 10^5$) 流入方向と翼の長さ方向が垂直になる配置 (翼面は地面と平行)
	平板状 ブロック	長さ λ , 幅 B, 厚さ D	0.66B λ 0.66(B λ +D(B+ λ)) ^{*2}	0.1B λ 程度	<ul style="list-style-type: none"> 水路試験⁽¹⁹⁾ ($Re=5.0 \times 10^4$ 程度) 流入方向と平板状ブロックの長さ方向が垂直になる配置 (平板状ブロックは地面と平行) における値を $C_{L,a}$ (実測値) として記載

※1: 柱状及び平板では微小項を無視して記載

※2: 塊状とみなせる場合

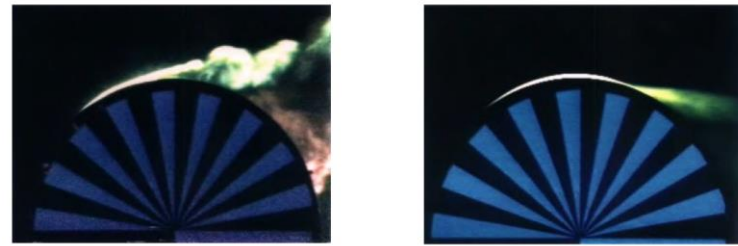
第5.1-1表 主な物体の $C_{D,A}$ と地面に置かれた物体の $C_{L,a}$ (実測値) (2/2)

形状	物体	仕様	$C_{D,A}^{*1}$	$C_{L,a}$ (実測値)	$C_{L,a}$ (実測値) に係る試験条件等
板状	薄い平板	長さ λ , 幅 B, 厚さ D ($\lambda=1000\text{mm}$, $B=200\text{mm}$, $D=5\text{mm}$ の場合)	0.66B λ	0に近い値 (地面から 0.25B 離れた 位置で $C_{L,a}=0.04B\lambda$)	<ul style="list-style-type: none"> 風洞試験⁽¹⁸⁾ (幅 B に基づく $Re=2 \times 10^5$) 流入方向と平板の長さ方向が垂直になる配置 (平板は地面と平行) における値を $C_{L,a}$ (実測値) として記載
	薄い翼	長さ λ , 幅 B, 厚さ D ($\lambda=300\text{mm}$, $B=100\text{mm}$, $D=15\text{mm}$ の場合)		0.2B λ 程度	<ul style="list-style-type: none"> 風洞試験⁽¹⁹⁾ (幅 B (参考文献(19) では c) に基づく $Re=2.2 \times 10^5$) 流入方向と翼の長さ方向が垂直になる配置 (翼面は地面と平行)
	平板状 ブロック	長さ λ , 幅 B, 厚さ D		0.1B λ 程度	<ul style="list-style-type: none"> 水路試験⁽²⁰⁾ ($Re=5 \times 10^4$ 程度) 流入方向と平板状ブロックの長さ方向が垂直になる配置 (平板状ブロックは地面と平行) における値を $C_{L,a}$ (実測値) として記載

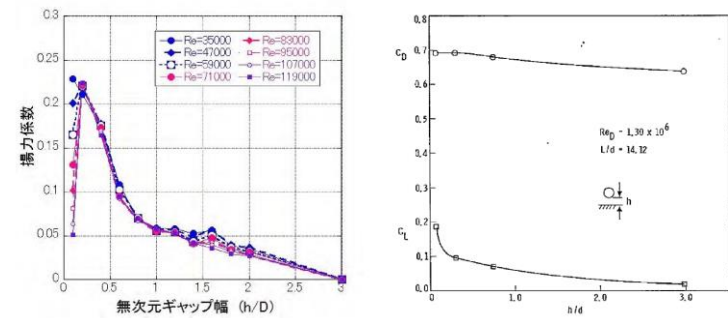
※1 柱状及び板状では微小項を無視して記載

※2 塊状とみなせる場合

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(3) 設定した揚力係数の適用性の確認</p> <p>地面における揚力係数 C_L と見附面積 a の積 $C_L a$ が、飛行定数 $C_D A/m$ と同類の $C_D A$ で代用できることについて、第2表における $C_L a$ (実測値) が竜巻における飛来物の飛散解析に適用可能であることについて、レイノルズ数の観点から確認を行う。</p> <p>第2表の各文献中の実験でのレイノルズ数 Re は同表の備考欄に示すとおり、10^4 から 10^6 のオーダーにある。</p> <p>ここで、実物の自動車 (Dodge Dart: 長さ 16.7 ft., 幅 5.8 ft., 高さ 4.3 ft.) では風速を 30 mph (13m/s) から 120 mph (54m/s) まで変化させてレイノルズ数の影響を調べた結果、風速は各空力係数に対して顕著な影響がないことが確認されている⁽¹⁶⁾。これは、剥離点が物体角部等に固定されてレイノルズ数にほとんど依存しないためであり、このような特性を有する立方体等についてもレイノルズ数依存性はないものと考えられる。</p> <p>一方、円柱周りの流れのように剥離点が曲面上にある場合については、第14図に示すようにレイノルズ数 Re が変化すると、剥離点が移動し、抗力係数等が変化することが知られている。第2表の EPRI の円柱の風洞試験結果⁽¹⁶⁾は $Re=1.3 \times 10^6$ の高レイノルズ数条件で得られたものであり、竜巻中の円柱状の飛来物のレイノルズ数範囲に入るものと考えられる (例えば、相対風速 92m/s の直径 0.1m のパイプのレイノルズ数は $Re=6.0 \times 10^5$ 程度)。また、電力中央研究所我孫子地区内の吹出式開放型風洞 (吹出口寸法: 高さ 2.5m×幅 1.6m, 風速: 3.0~16.5m/s) においても、壁 (地面) 近くに設置した円柱 (直径 100mm×模型長 1000mm) を対象として、$Re=3.0 \times 10^4$ から 1.0×10^5 程度までの揚力係数の測定試験が行われている。</p> <p>EPRI の風洞試験と電力中央研究所の風洞試験には、レイノルズ数条件に大きな違いがあるが、第15図に示すとおり風洞試験で得られた円柱揚力係数に顕著な相違は認められない。</p> <p>以上より、地面における各物体の揚力係数 C_L と見附面積 a の積 $C_L a$ はレイノルズ数にほとんど依存せず、第2表に示す風洞試験結果に基づくモデル化は妥当であると考えられる。</p>	<p>(3) 設定した揚力係数の適用性の確認</p> <p>第5.1-1表における $C_L a$ (実測値) が竜巻における物体の飛散解析に適用可能であることについて、レイノルズ数の観点から確認を行った。</p> <p>第5.1-1表の各文献中の実験におけるレイノルズ数は、同表の備考欄に示すとおり、$10^4 \sim 10^6$ の範囲にある。</p> <p>ここで、実物の自動車 (Dodge Dart: 長さ 16.7ft., 幅 5.8ft., 高さ 4.3ft.) では風速を 30mph (13m/s) ~120mph (54m/s) まで変化させてレイノルズ数の影響を調べた結果、風速は各空力係数に対して顕著な影響がないことが確認されている⁽¹⁵⁾。これは、剥離点が物体角部等に固定されてレイノルズ数にほとんど依存しないためであり、このような特性を有する立方体等についてもレイノルズ数依存性はないものと考えられる。</p> <p>一方、円柱周りの流れのように剥離点が曲面上にある場合については、第5.1-4図に示すように、レイノルズ数が増加すると剥離点が移動し、抗力係数等が変化することが知られている。第5.1-1表の EPRI の円柱の風洞試験結果⁽¹⁵⁾は $Re=1.3 \times 10^6$ の高レイノルズ数条件で得られたものであり、竜巻中の円柱状の飛来物のレイノルズ数範囲に入るものと考えられる (例えば、相対風速 92m/s の直径 0.1m のパイプのレイノルズ数は 6×10^5 程度)。また、電力中央研究所の吹出式開放型風洞 (吹出口寸法: 高さ 2.5m×幅 1.6m, 風速: 3.0m/s~16.5m/s) においても、壁 (地面) 近くに設置した円柱 (直径 100mm×模型長 1000mm) を対象として、$Re=3 \times 10^4 \sim 1 \times 10^5$ 程度までの揚力係数の測定試験が行われている。</p> <p>EPRI の風洞試験と電力中央研究所の風洞試験にはレイノルズ数条件に大きな違いがあるが、第5.1-5図に示すとおり、風洞試験で得られた円柱揚力係数に顕著な相違は認められない。</p> <p>以上より、地面における各物体の揚力係数 C_L と見附面積 a の積 $C_L a$ はレイノルズ数にほとんど依存せず、第5.1-1表に示す風洞試験結果に基づくモデル化は妥当であると考えられる。</p>	<p>(3) 設定した揚力係数の適用性の確認</p> <p>地面における揚力係数 C_L と見附面積 a の積 $C_L a$ が、飛行定数 $C_D A/m$ と同類の $C_D A$ で代用できることについて、表2における $C_L a$ (実測値) が竜巻における物体の飛散解析に適用可能であることについて、レイノルズ数の観点から確認を行う。</p> <p>表2の各文献中の実験でのレイノルズ数 Re は同表の備考欄に示すとおり、10^4 から 10^6 のオーダーにある。</p> <p>ここで、実物の自動車 (Dodge Dart の諸元: 長さ 16.7 ft., 幅 5.8 ft., 高さ 4.3 ft.) では風速を 30 mph (13m/s) から 120 mph (54m/s) まで変化させてレイノルズ数の影響を調べた結果、風速は各空力係数に対して顕著な影響がないことが確認されている⁽¹⁶⁾。これは、剥離点が物体角部等に固定されてレイノルズ数にほとんど依存しないためであり、このような特性を有する立方体等についてもレイノルズ数依存性はないものと考えられる。</p> <p>一方、円柱周りの流れのように剥離点が曲面上にある場合については、図14に示すようにレイノルズ数 Re が変化すると、剥離点が移動し、抗力係数等が変化することが知られている。表2の EPRI の円柱の風洞試験結果⁽¹⁶⁾は $Re=1.3 \times 10^6$ の高レイノルズ数条件で得られたものであり、竜巻中の円柱状の飛来物のレイノルズ数範囲に入るものと考えられる (例えば、相対風速 92m/s の直径 0.1m のパイプのレイノルズ数は $Re=6.0 \times 10^5$ 程度)。また、電力中央研究所我孫子地区内の吹出式開放型風洞 (吹出口寸法: 高さ 2.5m×幅 1.6m, 風速: 3.0~16.5m/s) においても、壁 (地面) 近くに設置した円柱 (直径 100mm×模型長 1000mm) を対象として、$Re=3.0 \times 10^4$ から 1.0×10^5 程度までの揚力係数の測定試験が行われている。</p> <p>EPRI の風洞試験と電力中央研究所の風洞試験には、レイノルズ数条件に大きな違いがあるが、図15に示すとおり風洞試験で得られた円柱揚力係数に顕著な相違は認められない。</p> <p>以上より、地面における各物体の揚力係数 C_L と見附面積 a の積 $C_L a$ はレイノルズ数にほとんど依存せず、表2に示す風洞試験結果に基づくモデル化は妥当であると考えられる。</p>	



第 14 図 可視化した円柱周りの流れ
(左 : $Re \approx 4.0 \times 10^4$, 右 : $Re \approx 2.0 \times 10^5$)



第 15 図 (左) 電力中央研究所の風洞試験
($Re=3.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^5$) と (右) EPRI の風洞試験⁽¹⁶⁾ ($Re=1.3 \times 10^6$) で得られた円柱揚力係数

(4) 揚力の高さ依存性

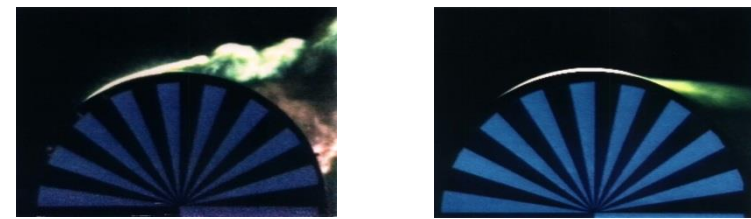
この地面効果による揚力は高さとともに減衰するので、既往の風洞実験の結果⁽¹⁶⁾⁽²³⁾を考慮して、物体高さ d の物体にかかる揚力は、物体底面が地面から $3d$ の高さであるとき消滅すると仮定する。

具体的には、地面から z の距離 (高さ) にある物体に作用する揚力加速度 L を以下の関数形でモデル化する。(Z: 物体底面の高さ (= $z-d/2$))

$$L = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m} |\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M|_{x,y}^2 f(Z/d) \quad (11)$$

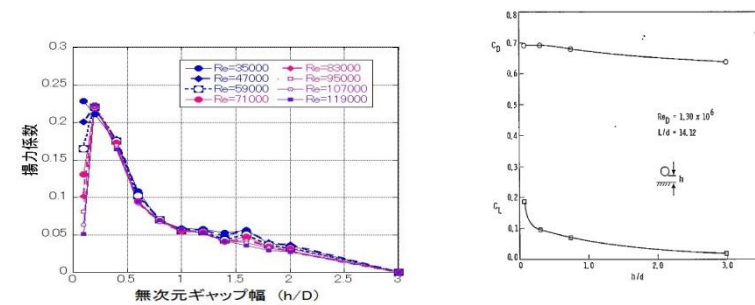
ただし、 $f(Z/d)$ は、EPRI の風洞実験結果⁽¹⁶⁾⁽²³⁾を参考に、以下の反比例式とする。

$$f(Z/d) = \begin{cases} \{1 - (Z/3d)\} / \{1 + (Z/d)\} & (0 \leq Z \leq 3d) \\ 0 & (3d < Z) \end{cases} \quad (12)$$



(a) $Re \approx 4 \times 10^4$ (b) $Re \approx 2 \times 10^5$

第 5.1-4 図 可視化した円柱まわりの流れ^(x v)



(a) 電力中央研究所
($Re=3 \times 10^4 \sim 1 \times 10^5$) (b) EPRI
($Re=1.3 \times 10^6$)⁽¹⁵⁾
第 5.1-5 図 風洞実験による円柱の揚力係数

(4) 揚力の高さ依存性

地面効果による揚力は物体の上昇とともに減衰するので、既往の風洞実験の結果^{(15)(x vi)}を考慮して、高さ寸法 d の物体に働く揚力は、物体底面の高度が地面から $3d$ となった時に消滅すると設定した。

具体的には、底面が地面から Z の距離 (高さ) にある物体に作用する揚力加速度 L を以下の関数形でモデル化した。

$$L = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m} |\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M|_{x,y}^2 f(Z/d) \quad (11)$$

$f(Z/d)$ は、EPRI の風洞実験結果⁽¹⁵⁾を参考に、以下の反比例式とした。

$$f(Z/d) = \{1 - (Z/3d)\} / \{1 + (Z/d)\} \quad (12)$$

ここで、 Z は下式により定義される (z : 物体中心の高度)

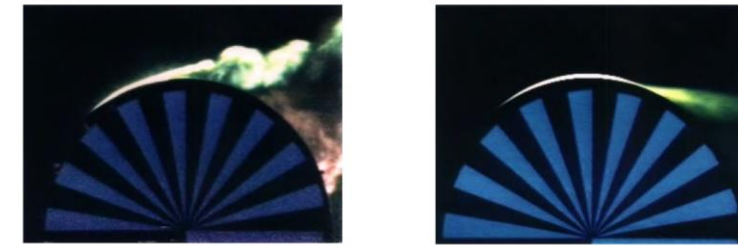


図 14 可視化した円柱周りの流れ
(左 : $Re \approx 4.0 \times 10^4$, 右 : $Re \approx 2.0 \times 10^5$)

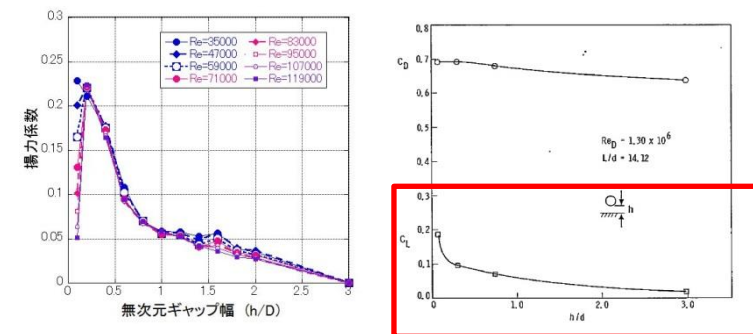


図 15 (左) 電力中央研究所の風洞試験
($Re=3.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^5$) と (右) EPRI の風洞試験⁽¹⁶⁾ ($Re=1.3 \times 10^6$) で得られた円柱揚力係数

(4) 揚力の高さ依存性

この地面効果による揚力は高さとともに減衰するので、既往の風洞実験の結果⁽¹⁶⁾⁽²²⁾を考慮して、物体高さ d の物体にかかる揚力は、物体底面が地面から $3d$ の高さとなった時に消滅すると仮定する。

具体的には、地面から z の距離 (高さ) にある物体に作用する揚力加速度 L を以下の関数形でモデル化する。(Z: 物体底面の高さ (= $z-d/2$))

$$L = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m} |\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M|_{x,y}^2 f(Z/d) \quad (11)$$

ただし、 $f(Z/d)$ は、EPRI の風洞実験結果⁽¹⁶⁾⁽²²⁾を参考に、以下の反比例式とする。

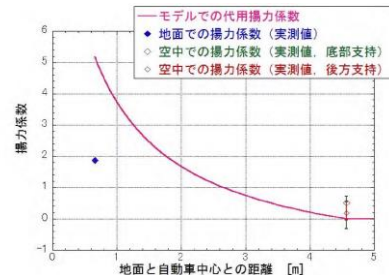
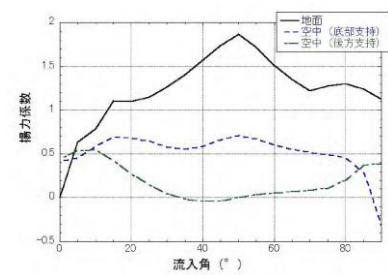
$$f(Z/d) = \begin{cases} \{1 - (Z/3d)\} / \{1 + (Z/d)\} & (0 \leq Z \leq 3d) \\ 0 & (3d < Z) \end{cases} \quad (12)$$

また、以下において、塊状物体（自動車）、柱状物体（角柱、円柱）、板状物体（平板）の風洞試験結果を踏まえ、物体高さ d の物体にかかる揚力は、物体底面が地面から 3d の高度で消滅するとした仮定が適切であることを確認する。

① 塊状物体（自動車）の揚力の高さ依存性

自動車の揚力係数は、EPRI の風洞試験⁽¹⁶⁾にて、地面及び風洞中央 (h/d≒3.5) に設置した場合にて計測されており、第 16-1 図に示すように流入角 (0° は正面, 90° は側面に風を受ける角度) に依存した揚力係数が得られている。

また、第 16-2 図にて、EPRI の風洞試験によって得られた揚力係数と本モデルにて代用した揚力係数の関係を示す。EPRI の風洞試験では空中での自動車の姿勢は地面設置と同じ姿勢に保たれているため、空中においても揚力係数がゼロとはならないが、実際に飛来する自動車の姿勢はランダムに変化することから、平均的な揚力係数は本モデルでの代用した揚力係数に近いものと考えられる。



第 16-1 図 地面及び風洞中央に設置した自動車の揚力係数の流入角依存性

第 16-2 図 自動車の風洞試験による揚力係数と本モデルで代用した揚力係数の関係

② 柱状物体（角柱・円柱）の揚力の高さ依存性

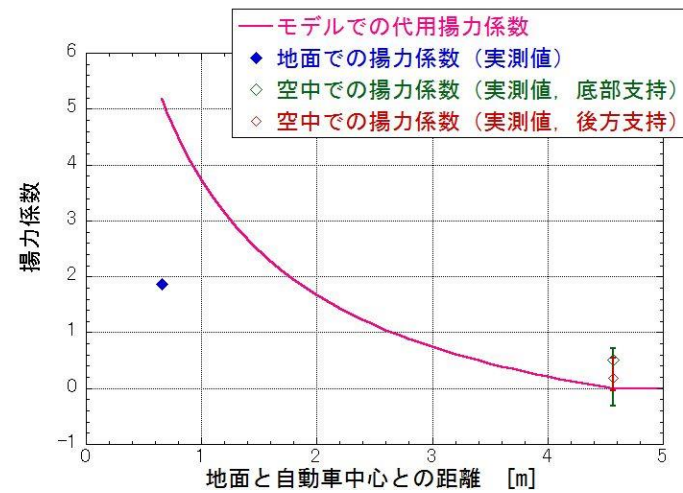
角柱の揚力係数は、電力中央研究所我孫子地区内の吹出式開放型風洞（吹出口寸法：高さ 2.5m×幅 1.6m，風速：3.0～16.5m/s）にて測定しており、第 17 図にその結果を示す。角柱の場合、地面から 0.167D 以上離れると揚力は負となるので、正の揚力を与える

$$Z = \begin{cases} z - (d/2) & (d/2 \leq z \leq 7d/2) \\ 0 & (7d/2 \leq z) \end{cases} \quad (13)$$

また、以下において、塊状物体（自動車）、柱状物体（角柱及び円柱）及び板状物体（平板）の風洞試験結果を踏まえ、「高さ寸法 d の物体に働く揚力は、物体底面の高度が地面から 3d となった時に消滅する」とした設定が適切であることを確認する。

a. 塊状物体（自動車）の揚力の高さ依存性

自動車の揚力係数は、EPRI の風洞試験⁽¹⁵⁾にて、地面及び風洞中央 (h/d≒3.5) に設置した場合にて計測されており、第 5.1-6 図に、EPRI の風洞試験によって得られた揚力係数と本モデルにて代用した揚力係数の関係を示す。EPRI の風洞試験では空中での自動車の姿勢は地面設置と同じ姿勢に保たれているため、空中においても揚力係数が 0 とはならないが、実際に飛散する自動車の姿勢はランダムに変化することから、平均的な揚力係数は本モデルでの代用揚力係数に近いものと考えられる。



第 5.1-6 図 自動車の風洞実験による揚力係数と代用揚力係数（文献⁽¹⁵⁾を基に作成及び代用揚力係数を加筆）

b. 柱状物体（角柱及び円柱）の揚力の高さ依存性

角柱の揚力係数は、電力中央研究所の吹出式開放型風洞（吹出口寸法：高さ 2.5m×幅 1.6m，風速：3.0m/s～16.5m/s）にて測定しており、第 5.1-7 図に示すように、地面から 0.167D 以上離れると揚力は負となるので、正の揚力を与える本モデルの代用揚

また、以下において、塊状物体（自動車）、柱状物体（角柱、円柱）、板状物体（平板）の風洞試験結果を踏まえ、物体高さ d の物体にかかる揚力は、物体底面が地面から 3d の高さで消滅するとした仮定が適切であることを確認する。

a. 塊状物体（自動車）の揚力の高さ依存性

自動車の揚力係数は、EPRI の風洞試験⁽¹⁶⁾にて、地面及び風洞中央 (h/d≒3.5) に設置した場合にて計測されており、図 16-1 に示すように流入角 (0° は正面, 90° は側面に風を受ける角度) に依存した揚力係数が得られている。

また、図 16-2 にて、EPRI の風洞試験によって得られた揚力係数と本モデルにて代用した揚力係数の関係を示す。EPRI の風洞試験では空中での自動車の姿勢は地面設置と同じ姿勢に保たれているため、空中においても揚力係数がゼロとはならないが、実際に飛来する自動車の姿勢はランダムに変化することから、平均的な揚力係数は本モデルでの代用した揚力係数に近いものと考えられる。

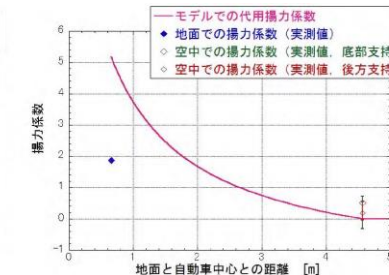
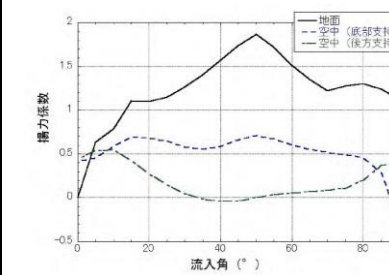


図 16-1 地面及び風洞中央に設置した自動車の揚力係数の流入角依存性

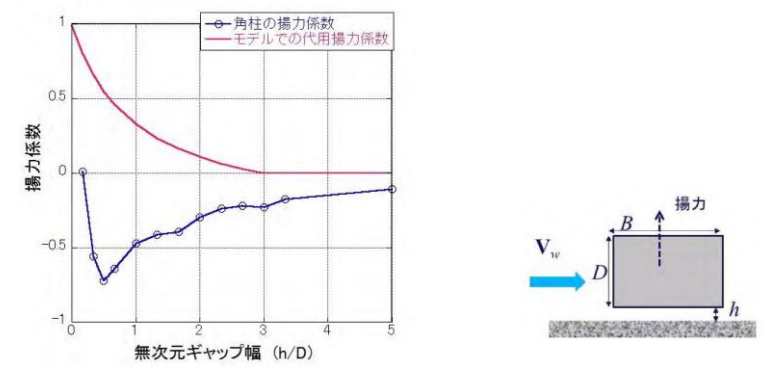
図 16-2 自動車の風洞試験による揚力係数と本モデルで代用した揚力係数の関係

b. 柱状物体（角柱・円柱）の揚力の高さ依存性

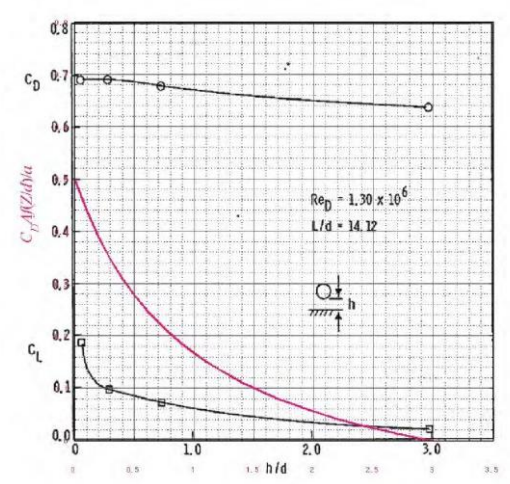
角柱の揚力係数は、電力中央研究所我孫子地区内の吹出式開放型風洞（吹出口寸法：高さ 2.5m×幅 1.6m，風速：3.0～16.5m/s）にて測定しており、図 17 にその結果を示す。角柱の場合、地面から 0.167D 以上離れると揚力は負となるので、正の揚力を与える本

本モデルで代用した揚力式(第17図の赤線)は保守的な結果となっていることが分かる。

円柱の揚力係数は、EPRIの風洞試験⁽¹⁶⁾にて測定しており、第18図に示すように本モデルで代用した揚力係数(第18図の赤線)は実際の円柱に働く揚力の最大揚力係数よりも大きな値となっているため、保守的な結果となっていることが分かる。



第17図 角柱の風洞試験による揚力係数と本モデルで代用した揚力係数の関係 (幅 B=80mm×高さ D=60mm×模型長 1000mm)

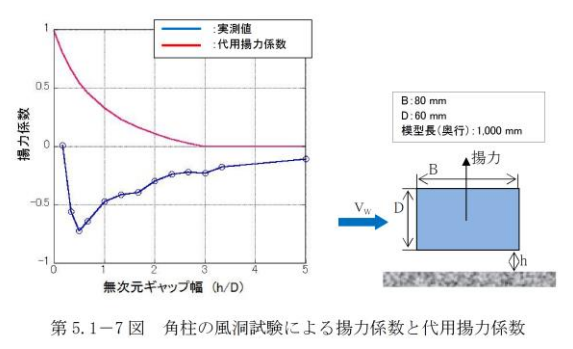


第18図 円柱の風洞試験による揚力係数と本モデルで代用した揚力係数の関係

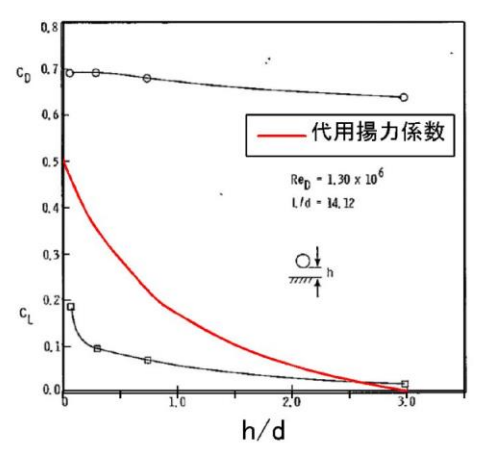
③板状物体(平板)の揚力の高さ依存性
 平板の揚力係数は、平面的な形状を有する翼(迎角0°)の試験結果⁽²¹⁾に基づき考察すると、本モデルで代用した揚力係数(第19

力係数(第5.1-7図の赤線)は保守的な結果となっていることが分かる。

円柱の揚力係数は、EPRIの風洞試験⁽¹⁵⁾にて測定しており、第5.1-8図に示すように、本モデルの代用揚力係数(第5.1-8図の赤線)は実際の円柱に働く揚力の最大揚力係数よりも大きな値となっているため、保守的な結果となっていることが分かる。



第5.1-7図 角柱の風洞試験による揚力係数と代用揚力係数



第5.1-8図 円柱の風洞試験による揚力係数と代用揚力係数 (文献⁽¹⁵⁾に代用揚力係数を加筆)

第5.1-8図 円柱の風洞試験による揚力係数と代用揚力係数 (文献⁽¹⁵⁾に代用揚力係数を加筆)

c. 板状物体(平板)の揚力の高さ依存性
 平板の揚力係数は、平面的な形状を有する翼(迎角0°)の試験結果⁽¹⁹⁾に基づき考察すると、本モデルの代用揚力係数(第5.1

モデルで代用した揚力式(図17の赤線)は保守的な結果となっていることが分かる。

円柱の揚力係数は、EPRIの風洞試験⁽¹⁶⁾にて測定しており、図18に示すように本モデルで代用した揚力係数(図18の赤線)は実際の円柱に働く揚力の最大揚力係数よりも大きな値となっているため、保守的な結果となっていることが分かる。

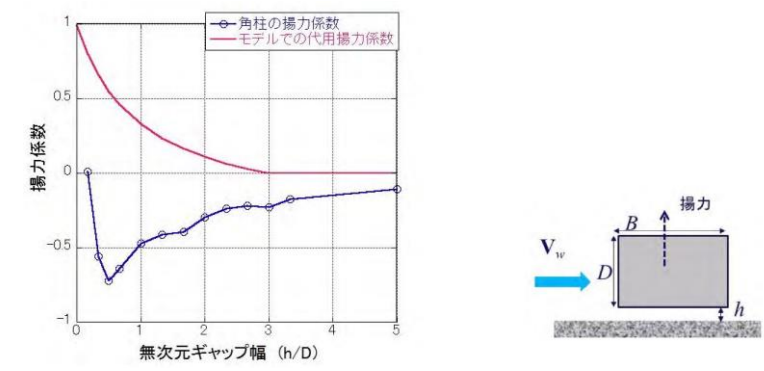


図17 角柱の風洞試験による揚力係数と本モデルで代用した揚力係数の関係 (幅 B=80mm×高さ D=60mm×模型長 1000mm)

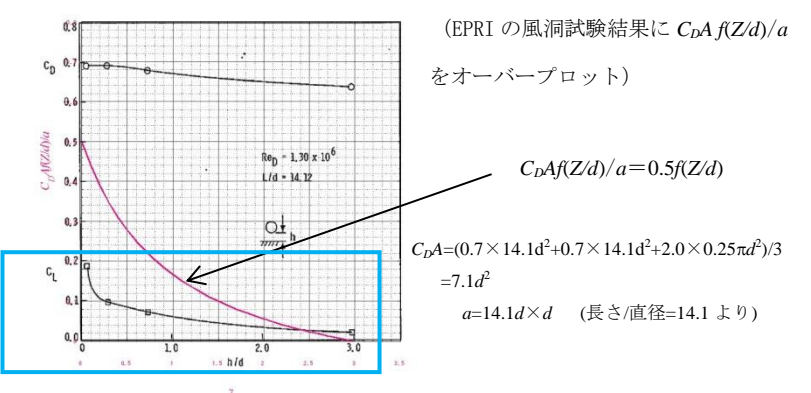


図18 円柱の風洞試験による揚力係数と本モデルで代用した揚力係数の関係

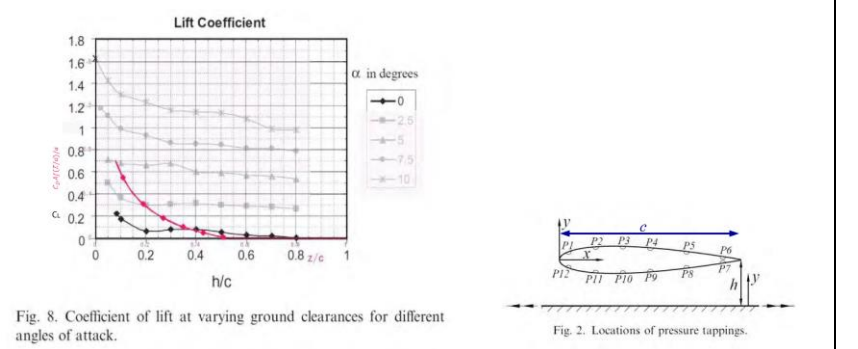
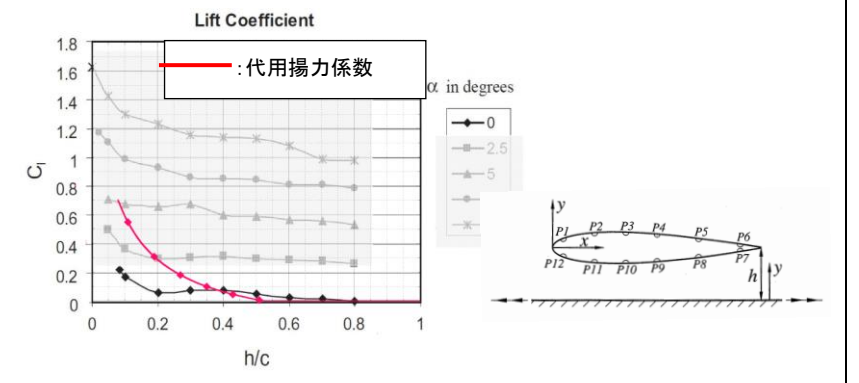
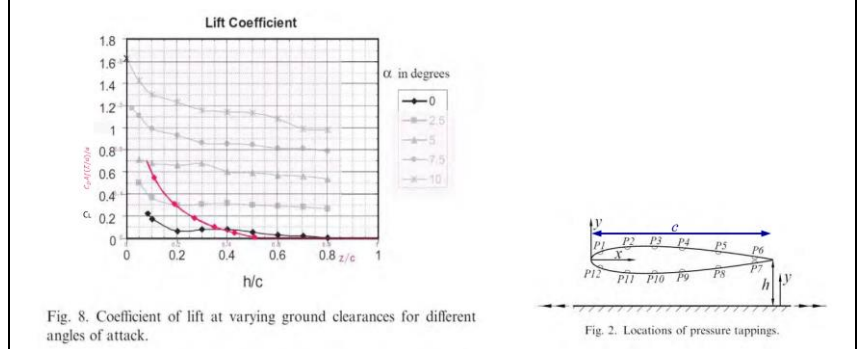
c. 板状物体(平板)の揚力の高さ依存性
 平板の揚力係数は、平面的な形状を有する翼(迎角0°)の試験結果⁽²¹⁾に基づき考察すると、本モデルで代用した揚力係数(図19

図の赤線) は実際の翼に働く地面効果による揚力係数よりもおおむね大きな値となっている。また、この翼は奥行方向が長い形状で流れに直交するような配置となっており、実際の平板に比べて揚力が作用しやすいことを考慮すると、実際の平板の揚力係数は更に小さいものと考えられる。

図の赤線) は、実際の翼に働く地面効果による揚力係数よりもおおむね大きな値となっている。また、この翼は奥行方向が長い形状で流れに直交するような配置となっており、実際の平板に比べて揚力が作用しやすいことを考慮すると、実際の平板の揚力係数はさらに小さいものと考えられる。

図の赤線) は実際の翼に働く地面効果による揚力係数よりもおおむね大きな値となっている。また、この翼は奥行方向が長い形状で流れに直交するような配置となっており、実際の平板に比べて揚力が作用しやすいことを考慮すると、実際の平板の揚力係数は更に小さいものと考えられる。

備考



第19図 翼の風洞試験による揚力係数と本モデルで代用した揚力係数の関係

第5.1-9図 翼の風洞試験による揚力係数と平板の代用揚力係数 (文献⁽¹⁹⁾に代用揚力係数を加筆)

図19 翼の風洞試験による揚力係数と本モデルで代用した揚力係数の関係

・記載方針の相違
【柏崎6/7, 東海第二】
島根2号炉は、揚力の高さ依存性の確認結果を記載

(5) 飛来物の運動方程式
上記(1)~(4)を踏まえ、重力加速度 g 、上向き単位ベクトル \mathbf{k} を用いて、飛行物体の運動方程式は以下のように記述される。

$$\frac{d\mathbf{V}_M}{dt} = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m} |\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M| (\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M) - (g - L) \mathbf{k} \quad (13)$$

(5) 物体の運動方程式
上記(1)から(4)を踏まえ、重力加速度 g 、上向き単位ベクトル \mathbf{k} を用いて、飛行物体の運動方程式は以下のように記述される。

$$\frac{d\mathbf{V}_M}{dt} = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m} |\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M| (\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M) - (g - L) \mathbf{k} \quad (14)$$

(5) 物体の運動方程式
上記(1)~(4)を踏まえ、重力加速度 g 、上向き単位ベクトル \mathbf{k} を用いて、飛行物体の運動方程式は以下のように記述される。

$$\frac{d\mathbf{V}_M}{dt} = \frac{1}{2} \rho \frac{C_D A}{m} |\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M| (\mathbf{V}_w - \mathbf{V}_M) - (g - L) \mathbf{k} \quad (13)$$

飛来物の位置 $\mathbf{X}_M(t)$ と速度 $\mathbf{V}_M(t)$ の時刻歴の計算には陽解法 (一定加速度法) を用いる。具体的には、時刻 $t = \tau$ における飛来物の位置 $\mathbf{X}_M(\tau)$ と速度 $\mathbf{V}_M(\tau)$ を既知として、時刻 $t = \tau + \Delta \tau$ における飛来物の速度と位置を以下の式で求める。ただし、 $\mathbf{A}(\tau)$ は上記運動方程式の右辺に対応する時刻 $t = \tau$ における加速度ベクトルである。

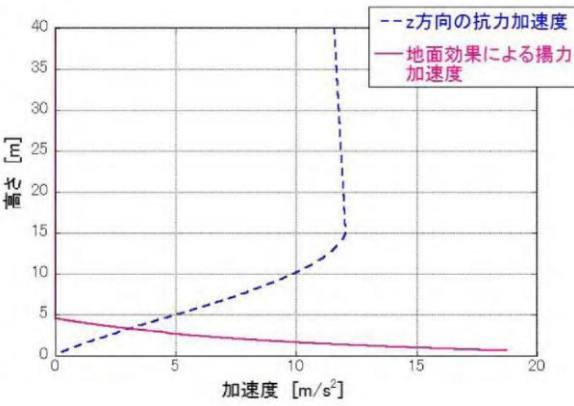
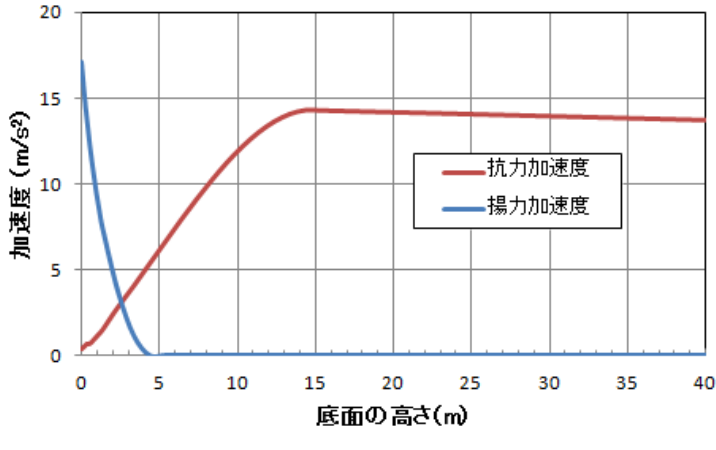
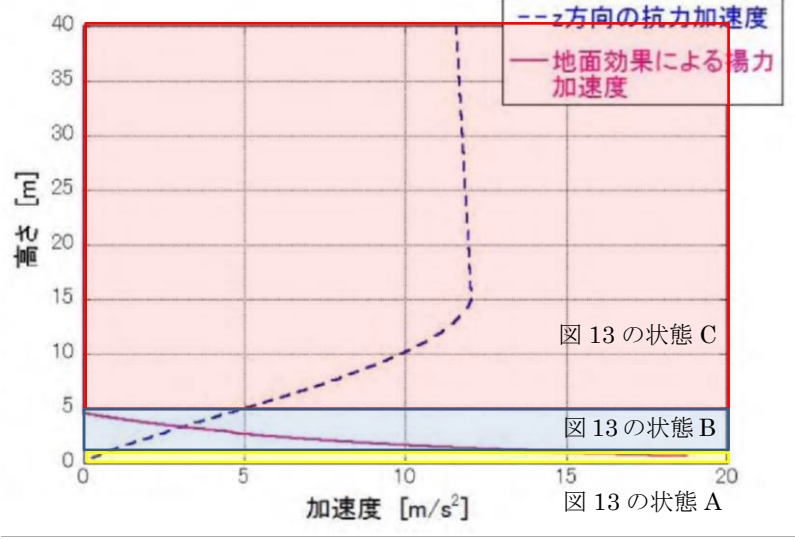
物体の位置 $\mathbf{X}_M(t)$ と速度 $\mathbf{V}_M(t)$ の時刻歴の計算には陽解法 (一定加速度法) を用いた。具体的には、時刻 $t = \tau$ における物体の位置 $\mathbf{X}_M(\tau)$ と速度 $\mathbf{V}_M(\tau)$ を既知として、時刻 $t = \tau + \Delta \tau$ における物体の速度と位置を以下の式で求めた。ただし、 $\mathbf{A}(\tau)$ は上記運動方程式の右辺に対応する時刻 $t = \tau$ における加速度ベクトルである。

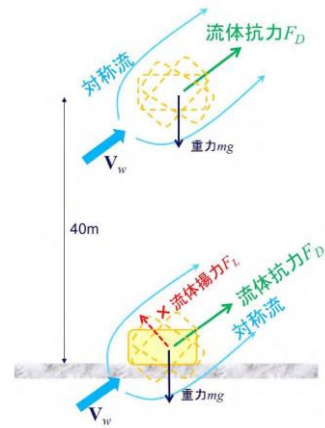
物体の位置 $\mathbf{X}_M(t)$ と速度 $\mathbf{V}_M(t)$ の時刻歴の計算には陽解法 (一定加速度法) を用いる。具体的には、時刻 $t = \tau$ における物体の位置 $\mathbf{X}_M(\tau)$ と速度 $\mathbf{V}_M(\tau)$ を既知として、時刻 $t = \tau + \Delta \tau$ における物体の速度と位置を以下の式で求める。ただし、 $\mathbf{A}(\tau)$ は上記運動方程式の右辺に対応する時刻 $t = \tau$ における加速度ベクトルである。

$$\mathbf{V}_M(\tau + \Delta \tau) = \mathbf{V}_M(\tau) + \mathbf{A}(\tau) \Delta \tau \quad (15)$$

$$\mathbf{V}_M(\tau + \Delta \tau) = \mathbf{V}_M(\tau) + \mathbf{A}(\tau) \Delta \tau \quad (14)$$

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
$\mathbf{V}_M(\tau + \Delta\tau) = \mathbf{V}_M(\tau) + \mathbf{A}(\tau)\Delta\tau \quad (14)$	$\mathbf{X}_M(\tau + \Delta\tau) = \mathbf{X}_M(\tau) + \mathbf{V}_M(\tau)\Delta\tau + \frac{\mathbf{A}(\tau)\Delta\tau^2}{2} \quad (16)$	$\mathbf{X}_M(\tau + \Delta\tau) = \mathbf{X}_M(\tau) + \mathbf{V}_M(\tau)\Delta\tau + \frac{\mathbf{A}(\tau)\Delta\tau^2}{2} \quad (15)$	
$\mathbf{X}_M(\tau + \Delta\tau) = \mathbf{X}_M(\tau) + \mathbf{V}_M(\tau)\Delta\tau + \frac{\mathbf{A}(\tau)\Delta\tau^2}{2} \quad (15)$			
<p>$\mathbf{A}(\tau)$の計算には、時刻 $t = \tau$ における風速場も必要であるが、初期に原点に位置する竜巻の中心が x 軸上を移動速度 V_t で移動することを仮定しており、任意の時刻での風速場を陽的に求められるため、飛来物速度 τ 位置を算出することができる。</p>	<p>$\mathbf{A}(\tau)$の計算には、時刻 $t = \tau$ における風速場も必要であるが、初期に原点に位置する竜巻の中心が x 軸上を移動速度 V_{tr} で移動することを仮定しており、任意の時刻での風速場を陽的に求められるため、物体の速度及び位置を算出することができる。</p>	<p>$\mathbf{A}(\tau)$の計算には、時刻 $t = \tau$ における風速場も必要であるが、初期に原点に位置する竜巻の中心が x 軸上を移動速度 V_t で移動することを仮定しており、任意の時刻での風速場を陽的に求められるため、物体の速度 τ 位置を算出することができる。</p>	
<p>(6) 飛来物の運動方程式 ((13)式) に関する考察</p>	<p>(6) 物体の運動方程式 ((14)式) に関する考察</p>	<p>(6) 物体の運動方程式 ((13)式) に関する考察</p>	
<p>地上面の物体 (第 13 図の状態 A) が浮上するには、地面からの反力が消滅 ($R < 0$, つまり $mg < FL$) する条件で浮上し、浮上後は、(13)式を成分表示した以下の飛来物の運動方程式に従って飛散する。</p>	<p>地上面の物体 (第 5.1-3 図A) が浮上するには、地面からの反力が消滅する ($R < 0$, つまり $mg < F_L$) 条件で浮上し、浮上後は (14)式を成分表示した以下の運動方程式に従って飛散する。</p>	<p>地面上の物体 (図 13 の状態 A) が浮上するには、地面からの反力が消滅 ($R < 0$, つまり $mg < FL$) する条件で浮上し、浮上後は、(13)式を成分表示した以下の運動方程式に従って飛散する。</p>	
$\frac{dV_{M,x}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{(V_{w,x} - V_{M,x})^2 + (V_{w,y} - V_{M,y})^2 + (V_{w,z} - V_{M,z})^2} (V_{w,x} - V_{M,x}) \quad (16)$	$\frac{dV_{M,x}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{(V_{w,x} - V_{M,x})^2 + (V_{w,y} - V_{M,y})^2 + (V_{w,z} - V_{M,z})^2} \times (V_{w,x} - V_{M,x}) \quad (17)$	$\frac{dV_{M,x}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{(V_{w,x} - V_{M,x})^2 + (V_{w,y} - V_{M,y})^2 + (V_{w,z} - V_{M,z})^2} \times (V_{w,x} - V_{M,x}) \quad (16)$	
$\frac{dV_{M,y}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{(V_{w,x} - V_{M,x})^2 + (V_{w,y} - V_{M,y})^2 + (V_{w,z} - V_{M,z})^2} (V_{w,y} - V_{M,y}) \quad (17)$	$\frac{dV_{M,y}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{(V_{w,x} - V_{M,x})^2 + (V_{w,y} - V_{M,y})^2 + (V_{w,z} - V_{M,z})^2} \times (V_{w,y} - V_{M,y}) \quad (18)$	$\frac{dV_{M,y}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{(V_{w,x} - V_{M,x})^2 + (V_{w,y} - V_{M,y})^2 + (V_{w,z} - V_{M,z})^2} \times (V_{w,y} - V_{M,y}) \quad (17)$	
$\frac{dV_{M,z}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{(V_{w,x} - V_{M,x})^2 + (V_{w,y} - V_{M,y})^2 + (V_{w,z} - V_{M,z})^2} (V_{w,z} - V_{M,z}) - g + L \quad (18)$	$\frac{dV_{M,z}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{(V_{w,x} - V_{M,x})^2 + (V_{w,y} - V_{M,y})^2 + (V_{w,z} - V_{M,z})^2} \times (V_{w,z} - V_{M,z}) - g + L \quad (19)$	$\frac{dV_{M,z}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{(V_{w,x} - V_{M,x})^2 + (V_{w,y} - V_{M,y})^2 + (V_{w,z} - V_{M,z})^2} \times (V_{w,z} - V_{M,z}) - g + L \quad (18)$	
<p>ここで、飛来物速度 $\mathbf{V}_M = (V_{M,x}, V_{M,y}, V_{M,z})$、竜巻風速 $\mathbf{V}_w = (V_{w,x}, V_{w,y}, V_{w,z})$ であり、右辺第 1 項が流体抗力 F_D の加速度を表しており、(18)式の右辺第 3 項が地面効果による揚力 F_L の加速度を表している。上記の式で、物体が静止している状態 (上記の式 (16)~(18) で飛来物速度 \mathbf{V}_M を 0) を仮定すると、以下の式となる。</p>	<p>ここで、物体速度 $\mathbf{V}_M = (V_{M,x}, V_{M,y}, V_{M,z})$、竜巻風速 $\mathbf{V}_w = (V_{w,x}, V_{w,y}, V_{w,z})$ であり、右辺第 1 項が流体抗力 F_D による加速度を表している。上記の式で、物体が静止している状態 ((17)式~(19)式で物体速度 $\mathbf{V}_M = \mathbf{0}$) を仮定すると、以下の式となる。</p>	<p>ここで、物体の速度 $\mathbf{V}_M = (V_{M,x}, V_{M,y}, V_{M,z})$、竜巻風速 $\mathbf{V}_w = (V_{w,x}, V_{w,y}, V_{w,z})$ であり、右辺第 1 項が流体抗力 F_D の加速度を表しており、(18)式の右辺第 3 項が地面効果による揚力 F_L の加速度を表している。上記の式で、物体が静止している状態 (上記の式 (16)~(18) で物体の速度 \mathbf{V}_M を 0) を仮定すると、以下の式となる。</p>	
$\frac{dV_{M,x}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{V_{w,x}^2 + V_{w,y}^2 + V_{w,z}^2} \times V_{w,x} \quad (16')$	$\frac{dV_{M,x}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{V_{w,x}^2 + V_{w,y}^2 + V_{w,z}^2} \times V_{w,x} \quad (17')$	$\frac{dV_{M,x}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{V_{w,x}^2 + V_{w,y}^2 + V_{w,z}^2} \times V_{w,x} \quad (16')$	
$\frac{dV_{M,y}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{V_{w,x}^2 + V_{w,y}^2 + V_{w,z}^2} \times V_{w,y} \quad (17')$	$\frac{dV_{M,y}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{V_{w,x}^2 + V_{w,y}^2 + V_{w,z}^2} \times V_{w,y} \quad (18')$	$\frac{dV_{M,y}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{V_{w,x}^2 + V_{w,y}^2 + V_{w,z}^2} \times V_{w,y} \quad (17')$	
$\frac{dV_{M,z}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{V_{w,x}^2 + V_{w,y}^2 + V_{w,z}^2} \times V_{w,z} - g + L \quad (18')$	$\frac{dV_{M,z}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{V_{w,x}^2 + V_{w,y}^2 + V_{w,z}^2} \times V_{w,z} - g + L \quad (19')$	$\frac{dV_{M,z}}{dt} = \frac{1}{2}\rho \frac{C_D A}{m} \sqrt{V_{w,x}^2 + V_{w,y}^2 + V_{w,z}^2} \times V_{w,z} - g + L \quad (18')$	
<p>フジタモデルでは、物体が地面上にある場合 (第 13 図の状態 A) では上昇速度はゼロに近く、地面で静止している飛来物が受ける</p>	<p>フジタモデルでは、物体が地面近傍にある場合 (第 5.1-3 図A) では鉛直方向の風速 $V_{w,z}$ はゼロに近い場合、式(19')の右辺第 1</p>	<p>フジタモデルでは、物体が地面上にある場合 (図 13 の状態 A) では上昇速度はゼロに近く、地面で静止している物体が受ける上</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>上昇速度はほぼゼロであるため、式(18')の右辺第1項は右辺第2,第3項に比べてはるかに小さな量となり、以下のとおり物理的に合理的な関係式が成立する。</p>	<p>項は右辺第2項及び第3項に比べてはるかに小さな量となり、以下のとおり物理的に合理的な関係式が成立する。</p>	<p>上昇速度はほぼゼロであるため、式(18')の右辺第1項は右辺第2,第3項に比べてはるかに小さな量となり、以下のとおり物理的に合理的な関係式が成立する。</p>	
$\frac{dV_{M,z}}{dt} \approx -g + L \quad (19)$	$\frac{dV_{M,z}}{dt} \approx -g + L \quad (20)$	$\frac{dV_{M,z}}{dt} \approx -g + L \quad (19)$	
<p>例として、竜巻コア半径 30m, 設計竜巻の最大風速 92m/s の竜巻が原点に位置し x 方向に 14m/s で移動する場合、点(0, -30m)における式(18')の右辺第1項の値 (z 方向抗力 (流体抗力) による加速度) と第3項の値 (地面効果による揚力加速度) を第20図に示す。</p>	<p>例として、竜巻コア半径 30m, 最大風速 100m/s の竜巻が原点に位置し、x 方向に 15m/s で移動する場合、点(0, -30m)における式(19')の右辺第1項の値 (z 方向抗力 (流体抗力) による加速度) と第3項の値 (地面効果による揚力加速度) を第5.1-10図に示す。</p>	<p>例として、竜巻コア半径 30m, 設計竜巻の最大風速 92m/s の竜巻が原点に位置し x 方向に 14m/s で移動する場合、点(0, -30m)における式(18')の右辺第1項の値 (z 方向抗力 (流体抗力) による加速度) と第3項の値 (地面効果による揚力加速度) を図20に示す。</p>	
<p>第20図より、地面上 (z=0) においては、z 方向抗力による加速度は十分小さく、地面効果による揚力加速度の影響が大きいことが分かる。</p>	<p>同図より、地面上 (z=0) 近傍においては、z 方向の抗力による加速度は十分小さく、地面効果による揚力加速度の影響が大きいことが分かる。</p>	<p>図20より、地面上 (z=0) においては、z 方向抗力による加速度は十分小さく、地面効果による揚力加速度の影響が大きいことが分かる。</p>	
			
<p>第20図 地面近傍の飛来物に作用する z 方向の加速度 (飛来物の特性 : $0.5 \rho C_D A/m=0.004 \text{ [m}^{-1}\text{]}$, $d=1.31 \text{ [m]}$)</p>	<p>第5.1-10図 地面近傍の物体に作用する z 方向の加速度 ($(1/2) \rho C_D A/m=0.004 \text{ m}^{-1}$, $d=1.31 \text{ m}$)</p>	<p>図20 地面近傍の物体に作用する z 方向の加速度 ($0.5 \rho C_D A/m=0.004 \text{ [m}^{-1}\text{]}$, $d=1.31 \text{ [m]}$)</p>	
<p>なお、高さ方向の依存性が考慮されていないランキン渦の場合は、上昇風速が水平風速の約60%にも達するため、地面から非現実的な風の噴出が発生する。地面効果は地面の存在によって水平な風が物体付近で湾曲・剥離することによって生じるものであるが、ランキン渦の風速場では地面の有無によって物体周りの流況が大きく変化せず、地面効果は物理的に発現しにくいいため、ランキン渦モデルを用いた解析においては鉛直方向による揚力 L を付加していない (第21図)。</p>	<p>なお、高さ方向の依存性が考慮されていないランキン渦 (飛散解析用) の場合は、地面から水平風速の約60%にも達する上昇流の噴出を設定する。地面効果は地面の存在によって水平な風が物体付近で湾曲、剥離することによって生じるものであるが、ランキン渦の風速場では地面の有無によって物体周りの流況が大きく変化せず、地面効果は物理的に発現しにくいいため、ランキン渦モデルを用いた解析においては鉛直方向の揚力 L を付加していない (第5.1-11図)</p>	<p>なお、高さ方向の依存性が考慮されていないランキン渦の場合は、上昇風速が水平風速の約60%にも達するため、地面から非現実的な風の噴出が発生する。地面効果は地面の存在によって水平な風が物体付近で湾曲・剥離することによって生じるものであるが、ランキン渦の風速場では地面の有無によって物体周りの流況が大きく変化せず、地面効果は物理的に発現しにくいいため、ランキン渦モデルを用いた解析においては鉛直方向による揚力 L を付加していない (図21)。</p>	

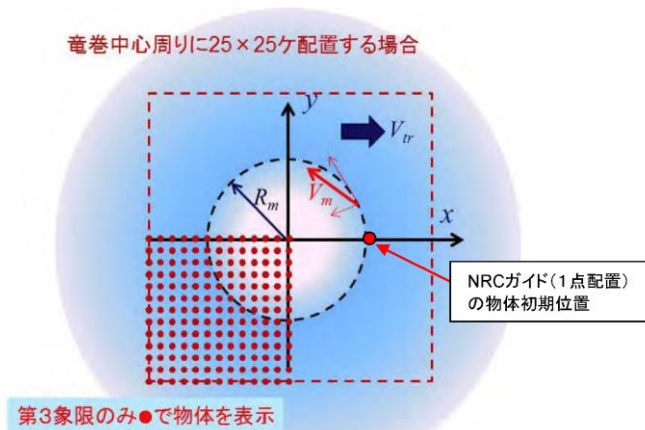


第 21 図 ランキン渦の場合の飛来物の運動モデルの模式図

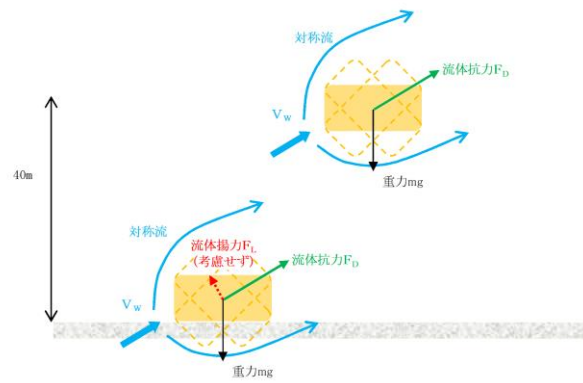
5.2 竜巻が物体に与える速度に関する不確定性の考慮

竜巻によって飛散する物体の飛来速度や飛散距離は、同じ竜巻内であっても物体の受ける風速（物体がある位置の竜巻風速）によって大きく変動する。その影響度合いを確認するため、米国 NRC ガイド⁽²⁾ に記載されている方法（物体の 1 点配置）と、物体を多点配置した場合の飛来速度の違いを比較する。配置の違いについて、第 22 図に示す。

1 点配置の場合は、特定位置（竜巻進行方向の竜巻半径の位置 $(x, y) = (R_m, 0)$ ）に物体 1 個を設置する。また多点配置の場合は、竜巻半径の 4 倍の正方形領域に 51×51 個の物体を配置する。その上で飛散させた物体のうち、最も速度が大きくなったものをその物体の飛来速度とする。



第 22 図 飛来物評価における竜巻と物体の位置関係

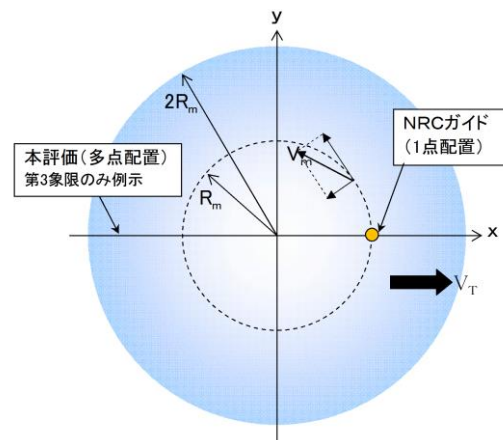


第 5.1-11 図 ランキン渦の場合の物体の運動モデルの模式図

5.2 物体が受ける風速における保守性の考慮

竜巻によって飛散する物体の飛散速度や飛散距離は、同じ竜巻内であっても物体が受ける風速（物体がある位置の竜巻風速）によって大きく変動する。その影響度合いを確認するため、米国 NRC ガイド⁽¹⁾ に記載されている方法（物体の 1 点配置）と、物体を多点配置した場合の飛散速度の違いを比較した。配置の違いについて、第 5.2-1 図に示す。

1 点配置の場合は、特定の位置（竜巻進行方向の最大接線風速半径の位置 $(x, y) = (R_m, 0)$ ）に物体 1 個を設置する。また多点配置の場合は、竜巻半径の 4 倍の辺長の正方形領域に 51×51 個の物体を配置する。その上で飛散させた物体のうち、最も速度が大きくなったものをその物体の飛散速度とする。



第 5.2-1 図 飛散解析における竜巻と物体の位置関係

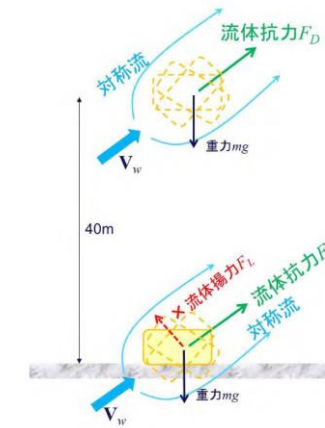


図 21 ランキン渦の場合の物体の運動モデルの模式図

5.2 竜巻が物体に与える速度に関する不確定性の考慮

竜巻によって飛散する物体の飛来速度や飛散距離は、同じ竜巻内であっても物体の受ける風速（物体がある位置の竜巻風速）によって大きく変動する。その影響度合いを確認するため、米国 NRC ガイド⁽²⁾ に記載されている方法（物体の 1 点配置）と、物体を多点配置した場合の飛来速度の違いを比較する。配置の違いについて、図 22 に示す。

1 点配置の場合は、特定位置（竜巻進行方向の竜巻半径の位置 $(x, y) = (R_m, 0)$ ）に物体 1 個を設置する。また多点配置の場合は、竜巻半径の 4 倍の正方形領域に 51×51 個の物体を配置する。その上で飛散させた物体のうち、最も速度が大きくなったものをその物体の飛来速度とする。

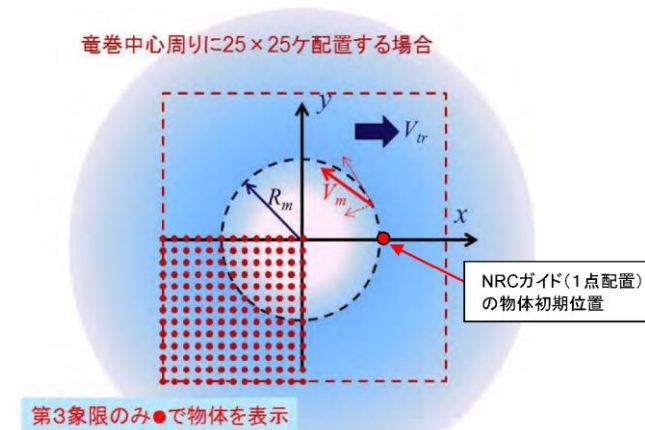
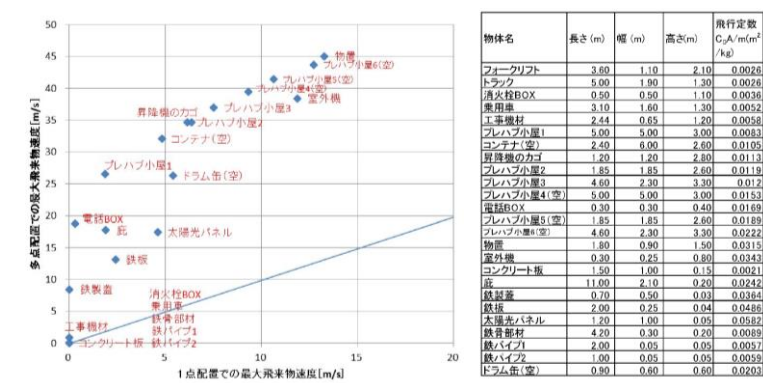


図 22 飛来物評価における竜巻と物体の位置関係

評価条件として、竜巻の最大風速を92m/sとし、フジタモデルの風速場を用いて地上から飛散させるものとする。また、ガイドの記載より竜巻の移動速度 V_t を14m/s、竜巻コア半径 R_m を30mとする。飛散させる物体のパラメータとして、原子力安全基盤機構の調査研究報告書⁽⁴⁾に掲載されている物体の飛行定数(5.1の $C_D A$ を質量で割った値： $C_D A/m(m^2/kg)$)を用いる。第23図に比較結果を示す。

米国NRCで用いられている1点配置の手法と比較し、多点配置の手法では、飛行定数の大きい物体の多くが1点配置に比べて大きな飛来速度となる。多点配置することで、その竜巻風速場における最大風速(最大接線風速と半径方向風速のベクトル和が竜巻移動方向と重なる点)を受ける物体が出てくるため、このような結果となったと考えられる。

したがって、物体を多点配置することは、竜巻から受ける風速に関する不確定性を考慮できるものと考えられるため、本検討における方法として適用することとする。



第23図 1点配置時と多点配置時の最大飛来物速度の比較(左)と物体のパラメータ(右)

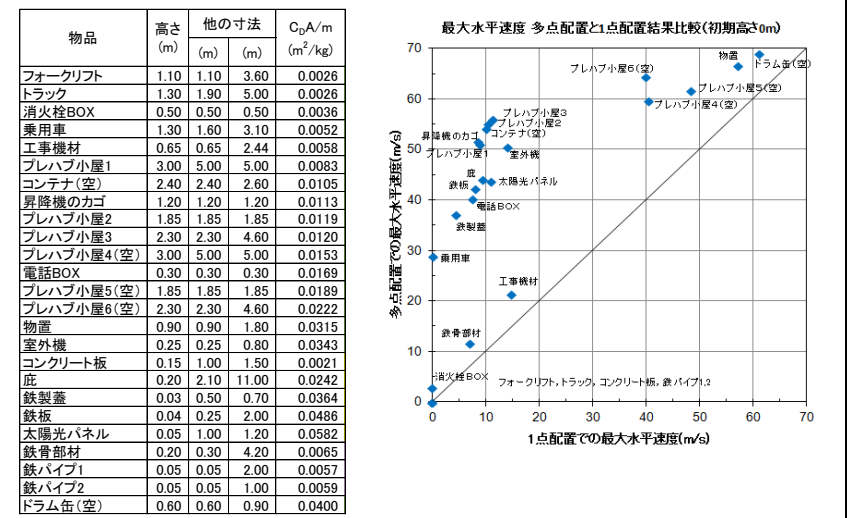
前頁の第22図に示す物体の多点配置(竜巻半径の4倍の正方形領域に51×51個の物体を配置)を初期状態として適用したが、この手法は、物体の直上に竜巻を発生させており、竜巻発生地点の不確定性についても考慮した設定となる。

第24図に遠方から物体に接近する竜巻と、物体直上に発生する竜巻による飛散の比較イメージ図を示す。実際の竜巻に遭遇する

評価条件として、竜巻の最大風速を100m/sとし、フジタモデルの風速場を用いて地上から飛散させるものとする。また、「竜巻影響評価ガイド」の記載より竜巻の移動速度 V_{tr} を15m/s、竜巻コア半径 R_m を30mとする。飛散させる物体としては、「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽³⁾に掲載されている物体を用いた。第5.2-2図に比較結果を示す。

米国NRCで用いられている1点配置の手法と比較し、多点配置の手法では1点配置に比べて大きな飛散速度となった。多点配置することで、その竜巻風速場における最大風速(最大接線風速と半径方向風速のベクトル和が竜巻移動方向と重なる点)を受ける物体が出てくるため、このような結果になったと考えられる。

したがって、物体を多点配置することは、竜巻から受ける風速に関する不確定性を考慮できるものと考えられるため、本検討における方法として適用することとする。



第5.2-2図 1点配置時と多点配置時における物体の最大速度の比較

第5.2-3図に、遠方から物体に接近する竜巻と物体直上に発生する竜巻による飛散の比較イメージ図を示す。実際の竜巻に遭遇

評価条件として、竜巻の最大風速を92m/sとし、フジタモデルの風速場を用いて地上から飛散させるものとする。また、ガイドの記載より竜巻の移動速度 V_t を15m/s、竜巻コア半径 R_m を30mとする。飛散させる物体のパラメータとして、原子力安全基盤機構の調査研究報告書⁽⁴⁾に掲載されている物体の飛行定数(5.1の $C_D A$ を質量で割った値： $C_D A/m(m^2/kg)$)を用いる。図23に比較結果を示す。

米国NRCで用いられている1点配置の手法と比較し、多点配置の手法では、飛行定数の大きい物体の多くが1点配置に比べて大きな飛来速度となる。多点配置することで、その竜巻風速場における最大風速(最大接線風速と半径方向風速のベクトル和が竜巻移動方向と重なる点)を受ける物体が出てくるため、このような結果となったと考えられる。

したがって、物体を多点配置することは、竜巻から受ける風速に関する不確定性を考慮できるものと考えられるため、本検討における方法として適用することとする。

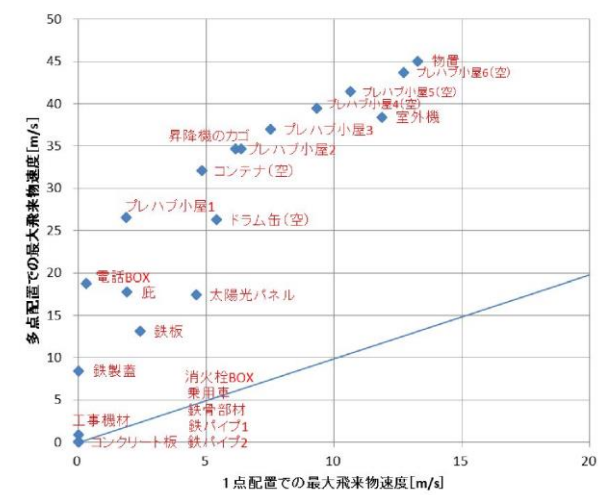
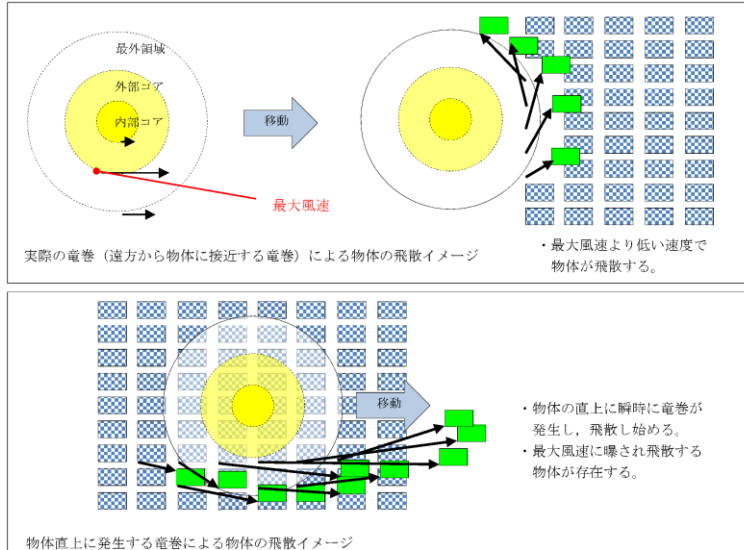
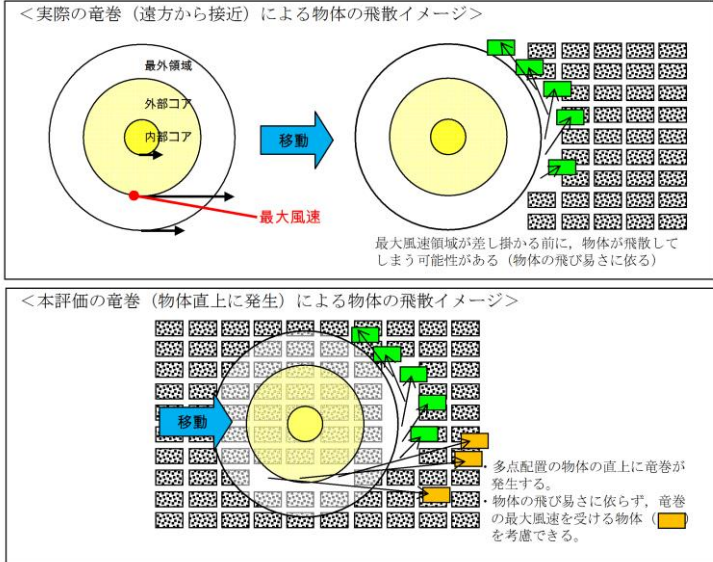
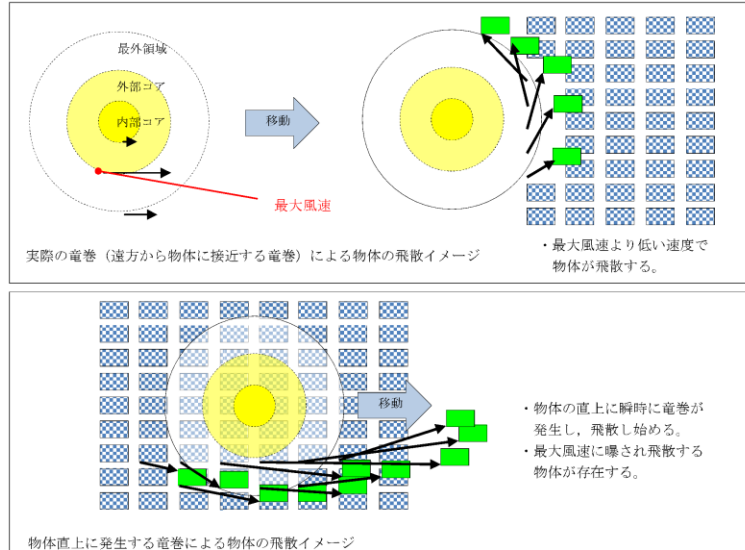


図23 1点配置時と多点配置時の最大飛来物速度の比較

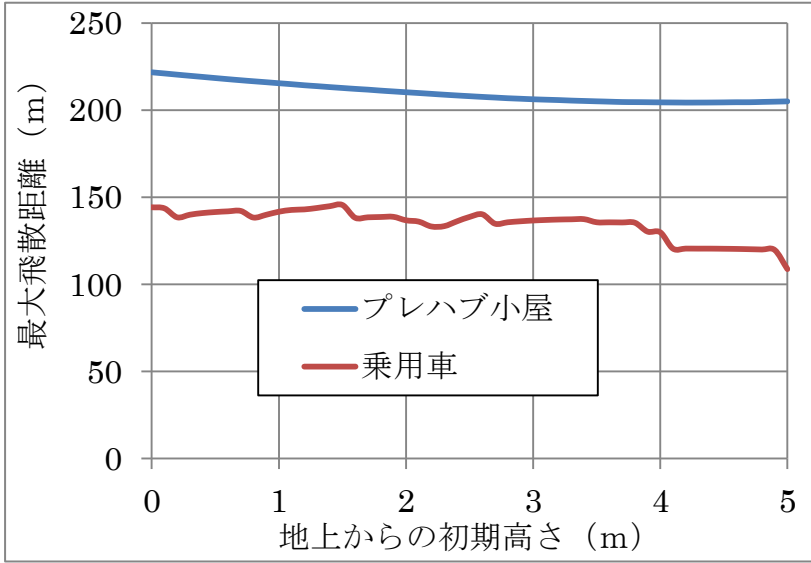
前頁の図22に示す物体の多点配置(竜巻半径の4倍の正方形領域の領域に51×51個の物体を配置)を初期状態として適用したが、この手法は、物体の直上に竜巻を発生させており、竜巻発生地点の不確定性についても考慮した設定となる。

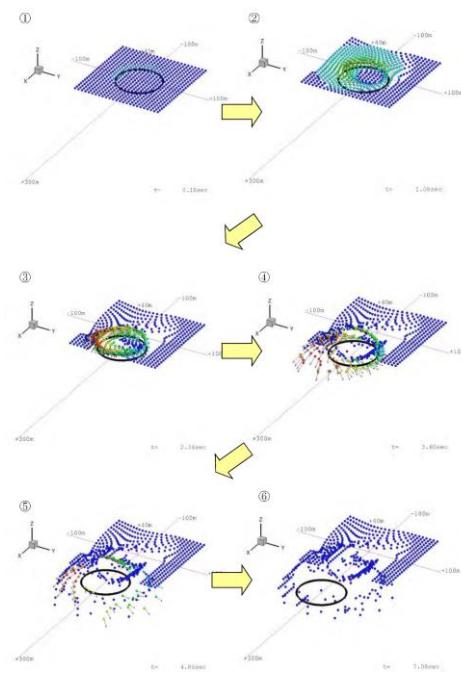
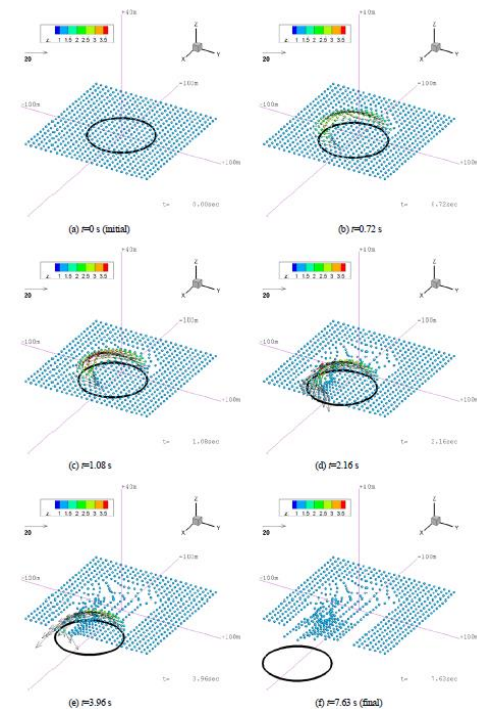
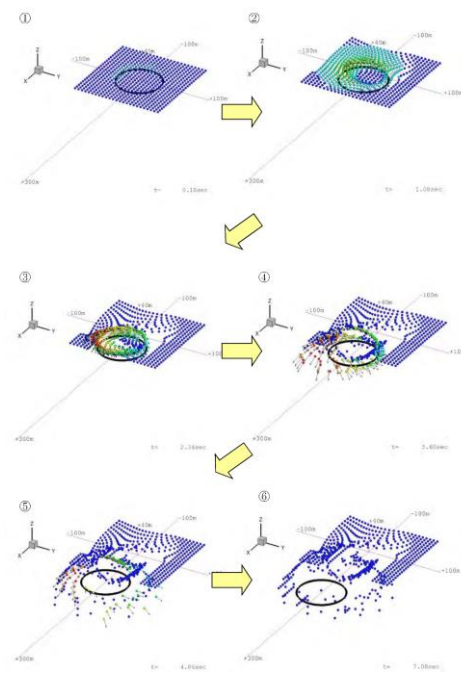
図24に遠方から物体に接近する竜巻と、物体直上に発生する竜巻による飛散の比較イメージ図を示す。実際の竜巻に遭遇する状

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>状況（海上で竜巻が発生して上陸する場合等）を考慮すると、竜巻は遠方から物体に近づくため、最大風速より低い風速に曝され、飛散することになる。しかし、物体の直上に竜巻を発生させる設定とすることで、実際の竜巻による飛散と比較して、より厳しい結果を与えることになる。</p>	<p>する状況（海上で竜巻が発生して上陸する場合など）を考慮すると、竜巻は遠方から物体に近づくため、最大風速より低い風速に曝された時点で飛散する可能性がある。しかし、物体の直上に竜巻を発生させることで、実際の竜巻による飛散と比較して、より厳しい結果を与えることになる。</p>	<p>況（海上で竜巻が発生して上陸する場合等）を考慮すると、竜巻は遠方から物体に近づくため、最大風速より低い風速に曝され、飛散することになる。しかし、物体の直上に竜巻を発生させる設定とすることで、実際の竜巻による飛散と比較して、より厳しい結果を与えることになる。</p>	
 <p>実際の竜巻（遠方から物体に接近する竜巻）による物体の飛散イメージ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最大風速より低い速度で物体が飛散する。 <p>物体直上に発生する竜巻による物体の飛散イメージ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・物体の直上に瞬時に竜巻が発生し、飛散し始める。 ・最大風速に曝され飛散する物体が存在する。 	 <p><実際の竜巻（遠方から接近）による物体の飛散イメージ></p> <p>最大風速領域が差し掛かる前に、物体が飛散してしまう可能性がある（物体の飛び易さに依る）</p> <p><本評価の竜巻（物体直上に発生）による物体の飛散イメージ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・多点配置の物体の直上に竜巻が発生する。 ・物体の飛び易さに依らず、竜巻の最大風速を受ける物体（黄色）を考慮できる。 	 <p>実際の竜巻（遠方から物体に接近する竜巻）による物体の飛散イメージ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・最大風速より低い速度で物体が飛散する。 <p>物体直上に発生する竜巻による物体の飛散イメージ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・物体の直上に瞬時に竜巻が発生し、飛散し始める。 ・最大風速に曝され飛散する物体が存在する。 	
<p>第24図 物体に接近する竜巻と物体直上に発生する竜巻の比較イメージ図</p>	<p>第5.2-3図 物体に接近する竜巻と物体直上に発生する竜巻のイメージ</p>	<p>図24 物体に接近する竜巻と物体直上に発生する竜巻の比較イメージ図</p>	
<p>この物体を多点配置する方法と、竜巻を直上に発生させる方法を組み合わせることにより、必ずその竜巻による最大風速に曝される物体が発生するため、竜巻が物体に与える速度の不確実性を考慮することができると考えられる。</p>	<p>また第5.2-2図の結果から、多点配置は1点配置より全体的に大きな保守性を与えられ、よってフジタモデルの風速場に関する不確実性についても、その保守性で包絡出来ていると考えられる。</p>	<p>この物体を多点配置する方法と、竜巻を直上に発生させる方法を組み合わせることにより、必ずその竜巻による最大風速に曝される物体が発生するため、竜巻が物体に与える速度の不確実性を考慮することができると考えられる。</p>	




柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																									
	<p>フジタモデルの風速場に関する不確実性として、フジタモデルの特徴的なパラメータである流入層高さH_iの影響を検証した。外部コア半径$R_m=30m$の場合モデルでは$H_i=15m$となり、これは2.1に記載のとおり他の文献⁽³⁾⁽⁵⁾ともおおむね整合しているが、不確実性を考慮し、流入層高さH_iを±10%変化させた場合にコンテナ(長さ6m×幅2.4m×高さ2.6m、質量2,300kg、$C_D A/m=0.0105$)の最大飛散距離、最大飛散距離及び飛散高さがどの様に変化するかを確認した。</p> <p>コンテナの1点配置及び多点配置時の飛散距離等も含めた評価結果を第5.2-1表に示す。流入層高さH_iに対するこれらの感度は小さく、多点評価の保守性に包絡されることが分かる。</p> <p>第5.2-1表 流入層高さを変化させた場合のコンテナの飛跡</p> <table border="1" data-bbox="958 787 1641 982"> <thead> <tr> <th rowspan="2">パラメータ 及び変化率</th> <th colspan="3">飛散特性の変化率</th> <th rowspan="2">備考</th> </tr> <tr> <th>最大 水平速度</th> <th>最大 飛散距離</th> <th>最大 浮上高さ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">流入層高さ H_i</td> <td>-10%</td> <td>0.4%</td> <td>-3.2%</td> <td>-4.9%</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>+10%</td> <td>-0.6%</td> <td>2.8%</td> <td>5.1%</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>多点配置 (1点配置からの変化率)</td> <td>420%</td> <td>1411%</td> <td>957%</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	パラメータ 及び変化率	飛散特性の変化率			備考	最大 水平速度	最大 飛散距離	最大 浮上高さ	流入層高さ H_i	-10%	0.4%	-3.2%	-4.9%	—	+10%	-0.6%	2.8%	5.1%	—	多点配置 (1点配置からの変化率)	420%	1411%	957%	—	—	<p>5.3 フジタモデルの地表面付近の風速場に関する不確定性の考慮</p> <p>(1) 至近の研究報告</p> <p>竜巻の地表面付近の風速分布に関する研究として、Kosiba and Wurman 2013⁽⁶⁾は、図25に示すとおり地上からの高さ約5mにおける風速は地上からの高さ約40mに比べて約25%大きな値が観測されたことが報告されている。</p> <p>ただし、地上から高さ3m程度は観測していないこと等を踏まえて、本研究の結論としては、「地表面付近の竜巻特性として一般化するには、種々の渦構造・強度の竜巻について更なる観察が必要である」としている。よって、現状では、フジタモデルの風速分布に直接関連付けられるものではないが、<u>地表面付近の風速場の不確定性を踏まえて保守性を確保することとする。</u></p>	<p>・記載方針の相違</p> <p>【柏崎6/7, 東海第二】</p> <p>島根2号炉はフジタモデルの地表面付近の風速場に関する不確定性について記載している</p>
パラメータ 及び変化率	飛散特性の変化率			備考																								
	最大 水平速度	最大 飛散距離	最大 浮上高さ																									
流入層高さ H_i	-10%	0.4%	-3.2%	-4.9%	—																							
	+10%	-0.6%	2.8%	5.1%	—																							
多点配置 (1点配置からの変化率)	420%	1411%	957%	—	—																							

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		 <p>【Kosiba らの風速の観測データ】 地上から高さ 3m (アンテナ高さ) 以下では観測できていない レーダによるドップラー速度は飛来物体の反射から得られる瞬間計測値であるため、竜巻風速の 3 秒平均速度との対応は不明 (例えば F3 の竜巻風速は 5 秒平均風速を用いている) 一つの竜巻の観測から得られた風速分布であり、地表面付近の竜巻特性として一般化するには更なる観察が必要</p> <p>図 25 地上からの高さで風速 (ドップラー速度) 分布⁽⁶⁾</p> <p>(2) 設計飛来物設定における保守性</p> <p>フジタモデルを用いた飛散解析においては、物体の地上からの初期高さを高く設定したほうが地表面から解析した場合に比べて最大水平速度は高くなり、最大水平速度に依存するパラメータである運動エネルギー及び貫通力も大きくなる。</p> <p>設計飛来物の設定においては、任意の地上からの高さにある鋼製材をフジタモデルを用いて飛散解析をした結果を包絡するガイド記載の鋼製材を設定しており、フジタモデルの地上付近の風速場の不確定性は考慮できている。(添付資料 3.3 別紙-6 参照。)</p> <p>(3) 飛来物評価における保守性</p> <p>物体の飛散距離、飛散高さ及び飛散速度についても、5.2.5.3 に示す保守性を考慮することで実際の被災事例に対し、保守的な結果が得られることも確認している。(6.3 参照。)</p> <p>(4) 地表面付近の風速場の不確定性について</p> <p>フジタモデルは高さ方向に風速が変化し、地上からの高さ 0m では風速が 0m/s となるモデルである。地表面付近の風速場には不確定性があることから、物体の地上からの初期高さを変化させた感度解析を実施し、地表面に設置された物体の飛散解析の妥当性を確認する。</p> <p>a. 物体の地上からの初期高さの感度解析</p> <p>物体の地上からの初期高さの感度解析条件を (a), (b) に示す。</p> <p>(a) 地上からの初期高さの解析範囲</p> <p>地上からの初期高さの解析範囲は、フジタモデルの風速場で最</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>大水平風速の97.7% (89.9m/s) の風速となる地上高さ5mまでの範囲とする。(図5-2参照。)</p> <p>(b) 対象飛来物について 資機材・車両及び軽量大型機材の飛来物発生防止対策エリアの設定に用いている「乗用車」及び「プレハブ小屋」を対象とする。</p> <p>(c) 感度解析結果 最大飛散距離と地上からの初期高さの関係を図26に示す。図26より、乗用車、プレハブ小屋ともに、地上からの初期高さが高くなるに従い、最大飛散距離が徐々に減少する傾向にある。地上からの初期高さが増加するに従い物品に作用する初期風速も増加するが、地面効果による揚力の減少の影響のほうが大きいため飛散距離が減少したと考えられる。以上より、飛来物発生防止対策エリアの設定に対して、地表面付近の風速場の不確定性の影響は小さく、地表面に設置した物品に対する飛散解析結果を用いることは妥当であるとする。</p>  <p>図26 最大飛散距離と地上からの初期高さの関係 (最大風速92m/s, 敷地の高低差:0m, 飛来物:乗用車(5.2m×1.9m×2.3m, 1,890kg), プレハブ小屋(27.0m×7.2m×3.4m, 7,500kg))</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>5.3 飛来物評価法のまとめ</p> <p>飛来物の浮上・飛散モデルにおいて、実際の実験結果よりも浮上しやすい係数を設定することで、浮上に関する不確定性を考慮できるような設定とする。</p> <p>また、物体を多点多配置し、その物体直上で竜巻が発生するという設定を組み合わせることにより、竜巻風速場内で物体が受ける風速の不確定性を考慮し、その竜巻において最大となる飛来速度が評価できるような設定とする。</p> <p>以上により、フジタモデルを用いて飛来物の飛散速度評価を行う場合でも、竜巻による物体飛散の不確定性を考慮した評価結果が得られるものと考えられる。</p> <p>なお、参考として第25図に本検討の条件設定による、物体の飛散イメージを示す。同じ物体でも、受ける風速によって大きく飛散状況が変わる様子が分かる。</p>  <p>第25図 竜巻による物体の飛散イメージ</p>	<p>5.3 飛散解析手法まとめ</p> <p>物体の浮上及び飛散モデルにおいて、実際の実験結果よりも浮上しやすい係数を設定することで、浮上に関する保守性を考慮できるような設定とした。</p> <p>また、物体を多点多配置し、その物体直上で竜巻が発生するという設定を組み合わせることにより、竜巻風速場内での物体が受ける風速の不確定性を考慮し、その竜巻において最大となる飛散速度が評価できるような設定とした。</p> <p>以上により、フジタモデルを用いて物体の飛散解析を行う場合でも、保守性や不確定性を考慮した評価結果が得られると考えられる。</p> <p>なお、参考として、第5.3-1図に本条件設定によるトラックの飛散イメージを示す。同じ物体でも、受ける風速によって大きく飛散状況が変わる様子が分かる。</p>  <p>第5.3-1図 竜巻によるトラックの飛散イメージ^(xvii) (第6.3-5表(後述)の条件による)</p>	<p>5.4 飛来物評価法のまとめ</p> <p>物体の浮上・飛散モデルにおいて、実際の実験結果よりも浮上しやすい係数を設定することで、浮上に関する不確定性を考慮できるような設定とする。</p> <p>また、物体を多点多配置し、その物体直上で竜巻が発生するという設定を組み合わせることにより、竜巻風速場内での物体が受ける風速の不確定性を考慮し、その竜巻において最大となる飛来速度が評価できるような設定とする。</p> <p><u>当社が実施するフジタモデルの風速場を用いた飛散評価手法では、地表面付近の風速場の不確定性を踏まえ、設計飛来物設定における保守性や飛来物評価における保守性を確保している。</u></p> <p>以上により、フジタモデルを用いて物体の飛散速度評価を行う場合でも、竜巻による物体飛散の不確定性を考慮した評価結果が得られるものと考えられる。</p> <p>なお、参考として図27に本検討の条件設定による、物体の飛散イメージを示す。同じ物体でも、受ける風速によって大きく飛散状況が変わる様子が分かる。</p>  <p>図27 竜巻による物体の飛散イメージ</p>	<p>・記載方針の相違 【柏崎6/7, 東海第二】 同上</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																																																																																	
<p>6. 実際の飛散状況に対する検証</p> <p>前節までは、フジタモデルの風速場を用いる優位性や、飛来物評価を行う上で考慮している事項等についての説明である。</p> <p>本節では、フジタモデルの風速場や、前節の飛来物評価法を適用した場合、実際の事例等に比べて妥当な結果となるかどうかの検証を行う。</p> <p>6.1 フジタスケールとの比較</p> <p>フジタスケールは、竜巻等の突風により発生した建築物や車両等の被害状況から、当時の竜巻風速を推定するために考案された指標である。このフジタスケールで示されている自動車の被災状況を第3表に示す。</p> <p>ここで、各スケールに対応する最大風速(69m/s, 92m/s, 116m/s)を用いて、フジタモデルによる自動車飛散解析を行う。その結果を第4表に示す。</p> <p>フジタモデルによる自動車飛散解析の結果は、各スケールに対応する自動車の被災状況とおおむね合致していると考えられる。なお、ランキン渦モデルを用いた場合は、F2相当の風速(69m/s)で評価しても大きく飛散することになり、フジタスケールの定義の観点からは過度に保守的な結果となる。</p> <p>第3表 フジタスケールで示されている自動車の飛散状況</p> <table border="1" data-bbox="184 1243 905 1444"> <thead> <tr> <th>フジタスケール</th> <th>風速 [m/s]</th> <th>自動車の被災状況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F2</td> <td>50-69</td> <td>cars blown off highway (自動車が道路からそれる)</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>70-92</td> <td>cars lifted off the ground (自動車が地面から浮上する)</td> </tr> <tr> <td>F4</td> <td>93-116</td> <td>cars thrown some distances or rolled considerable distances (自動車がある距離を飛ばされる、又は、かなりの距離を転がる)</td> </tr> </tbody> </table> <p>第4表 フジタモデルによる自動車の飛散解析結果 (自動車の特性:長さ5.1m×幅1.77m×高さ1.31m, 質量1814.4kg, $C_D A/m=0.0066 \text{ m}^2/\text{kg}$)</p> <table border="1" data-bbox="184 1646 905 1810"> <thead> <tr> <th rowspan="2">フジタスケールとの対応</th> <th rowspan="2">最大水平風速 [m/s]</th> <th rowspan="2">竜巻接線速度 [m/s]</th> <th rowspan="2">竜巻移動速度 [m/s]</th> <th colspan="3">計算結果</th> </tr> <tr> <th>速度 [m/s]</th> <th>距離 [m]</th> <th>高さ [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F2</td> <td>69</td> <td>59</td> <td>10</td> <td>8.9</td> <td>4.4</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>92</td> <td>79</td> <td>13</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>F4</td> <td>116</td> <td>99</td> <td>17</td> <td>51</td> <td>95</td> <td>4.3</td> </tr> </tbody> </table>	フジタスケール	風速 [m/s]	自動車の被災状況	F2	50-69	cars blown off highway (自動車が道路からそれる)	F3	70-92	cars lifted off the ground (自動車が地面から浮上する)	F4	93-116	cars thrown some distances or rolled considerable distances (自動車がある距離を飛ばされる、又は、かなりの距離を転がる)	フジタスケールとの対応	最大水平風速 [m/s]	竜巻接線速度 [m/s]	竜巻移動速度 [m/s]	計算結果			速度 [m/s]	距離 [m]	高さ [m]	F2	69	59	10	8.9	4.4	0.1	F3	92	79	13	30	35	1.8	F4	116	99	17	51	95	4.3	<p>6. 実際の飛散状況に対する検証</p> <p>前節までで、フジタモデルの風速場を用いる利点や、飛散解析を行う上で考慮している事項等について説明した。</p> <p>本節では、フジタモデルの風速場や前節の飛散解析手法を適用した場合、実際の事例等に比べて妥当な結果となるかどうかの検証を行った。</p> <p>6.1 フジタスケールとの比較</p> <p>フジタスケールは、竜巻等の突風により発生した建築物や車両等の被害状況から竜巻風速を推定するために考案された指標である。フジタスケールで示されている自動車の被災状況を第6.1-1表に示す。</p> <p>ここで、各スケールに対応する最大風速(69m/s, 92m/s, 116m/s)を用いて、フジタモデルによる自動車飛散解析を行った結果を第6.1-2表に示す。</p> <p>フジタモデルによる自動車飛散解析の結果は、各スケールに対応する自動車の被災状況とおおむね合致していると考えられる。なお、ランキン渦モデルを用いた場合は、F2相当の風速(69m/s)でも大きく飛散することになり、フジタスケールの定義の観点からは過度に保守的な結果となる。</p> <p>第6.1-1表 フジタスケールによる自動車の被災分類⁽²⁴⁾</p> <table border="1" data-bbox="955 1222 1632 1491"> <thead> <tr> <th>フジタスケール</th> <th>風速 (m/s)</th> <th>自動車の被災状況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F2</td> <td>50-69</td> <td>cars blown off highway (自動車が道路から逸れる。)</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>70-92</td> <td>cars lifted off the ground (自動車が地面から浮上する。)</td> </tr> <tr> <td>F4</td> <td>93-116</td> <td>cars thrown some distances or rolled considerable distances (自動車がある距離を飛ばされる又はかなりの距離を転がる。)</td> </tr> </tbody> </table> <p>第6.1-2表 フジタモデルによる自動車 ($C_D A/m=0.0052 \text{ m}^2/\text{kg}$) の飛散評価結果⁽²⁵⁾</p> <table border="1" data-bbox="955 1591 1697 1759"> <thead> <tr> <th rowspan="2">フジタスケール</th> <th rowspan="2">竜巻の最大水平風速 (m/s)</th> <th rowspan="2">竜巻の接線風速 (m/s)</th> <th rowspan="2">竜巻の移動速度 (m/s)</th> <th colspan="3">計算結果</th> </tr> <tr> <th>最大水平速度 (m/s)</th> <th>飛散距離 (m)</th> <th>飛散高さ (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F2</td> <td>69</td> <td>59</td> <td>10</td> <td>1.0</td> <td>1.4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>92</td> <td>79</td> <td>13</td> <td>23</td> <td>34</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>F4</td> <td>116</td> <td>99</td> <td>17</td> <td>42</td> <td>59</td> <td>3.1</td> </tr> </tbody> </table>	フジタスケール	風速 (m/s)	自動車の被災状況	F2	50-69	cars blown off highway (自動車が道路から逸れる。)	F3	70-92	cars lifted off the ground (自動車が地面から浮上する。)	F4	93-116	cars thrown some distances or rolled considerable distances (自動車がある距離を飛ばされる又はかなりの距離を転がる。)	フジタスケール	竜巻の最大水平風速 (m/s)	竜巻の接線風速 (m/s)	竜巻の移動速度 (m/s)	計算結果			最大水平速度 (m/s)	飛散距離 (m)	飛散高さ (m)	F2	69	59	10	1.0	1.4	0	F3	92	79	13	23	34	1.1	F4	116	99	17	42	59	3.1	<p>6. 実際の飛散状況に対する検証</p> <p>前節までは、フジタモデルの風速場を用いる優位性や、飛来物評価を行う上で考慮している事項等についての説明である。</p> <p>本節では、フジタモデルの風速場や、前節の飛来物評価法を適用した場合、実際の事例等に比べて妥当な結果となるかどうかの検証を行う。</p> <p>6.1 フジタスケールとの比較</p> <p>フジタスケールは、竜巻等の突風により発生した建築物や車両等の被害状況から、当時の竜巻風速を推定するために考案された指標である。このフジタスケールで示されている自動車の被災状況を表3に示す。</p> <p>ここで、各スケールに対応する最大風速(69m/s, 92m/s, 116m/s)を用いて、フジタモデルによる自動車飛散解析を行う。その結果を表4に示す。</p> <p>フジタモデルによる自動車飛散解析の結果は、各スケールに対応する自動車の被災状況とおおむね合致していると考えられる。なお、ランキン渦モデルを用いた場合は、F2相当の風速(69m/s)で評価しても大きく飛散することになり、フジタスケールの定義の観点からは過度に保守的な結果となる。</p> <p>表3 フジタスケールで示されている自動車の飛散状況</p> <table border="1" data-bbox="1765 1243 2487 1444"> <thead> <tr> <th>フジタスケール</th> <th>風速 [m/s]</th> <th>自動車の被災状況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F2</td> <td>50-69</td> <td>cars blown off highway (自動車が道路からそれる)</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>70-92</td> <td>cars lifted off the ground (自動車が地面から浮上する)</td> </tr> <tr> <td>F4</td> <td>93-116</td> <td>cars thrown some distances or rolled considerable distances (自動車がある距離を飛ばされる、又は、かなりの距離を転がる)</td> </tr> </tbody> </table> <p>表4 フジタモデルによる自動車の飛散解析結果 (自動車の特性:長さ5.1m×幅1.77m×高さ1.31m, 質量1814.4kg, $C_D A/m=0.0066 \text{ m}^2/\text{kg}$)</p> <table border="1" data-bbox="1765 1646 2487 1810"> <thead> <tr> <th rowspan="2">フジタスケールとの対応</th> <th rowspan="2">最大水平風速 (m/s)</th> <th rowspan="2">竜巻接線風速 (m/s)</th> <th rowspan="2">竜巻移動速度 (m/s)</th> <th colspan="3">計算結果</th> </tr> <tr> <th>最大水平速度 (m/s)</th> <th>飛散距離 (m)</th> <th>飛散高さ (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F2</td> <td>69</td> <td>59</td> <td>10</td> <td>8.9</td> <td>4.4</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>92</td> <td>79</td> <td>13</td> <td>30</td> <td>35</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>F4</td> <td>116</td> <td>99</td> <td>17</td> <td>51</td> <td>95</td> <td>4.3</td> </tr> </tbody> </table>	フジタスケール	風速 [m/s]	自動車の被災状況	F2	50-69	cars blown off highway (自動車が道路からそれる)	F3	70-92	cars lifted off the ground (自動車が地面から浮上する)	F4	93-116	cars thrown some distances or rolled considerable distances (自動車がある距離を飛ばされる、又は、かなりの距離を転がる)	フジタスケールとの対応	最大水平風速 (m/s)	竜巻接線風速 (m/s)	竜巻移動速度 (m/s)	計算結果			最大水平速度 (m/s)	飛散距離 (m)	飛散高さ (m)	F2	69	59	10	8.9	4.4	0.1	F3	92	79	13	30	35	1.8	F4	116	99	17	51	95	4.3	
フジタスケール	風速 [m/s]	自動車の被災状況																																																																																																																																		
F2	50-69	cars blown off highway (自動車が道路からそれる)																																																																																																																																		
F3	70-92	cars lifted off the ground (自動車が地面から浮上する)																																																																																																																																		
F4	93-116	cars thrown some distances or rolled considerable distances (自動車がある距離を飛ばされる、又は、かなりの距離を転がる)																																																																																																																																		
フジタスケールとの対応	最大水平風速 [m/s]	竜巻接線速度 [m/s]	竜巻移動速度 [m/s]	計算結果																																																																																																																																
				速度 [m/s]	距離 [m]	高さ [m]																																																																																																																														
F2	69	59	10	8.9	4.4	0.1																																																																																																																														
F3	92	79	13	30	35	1.8																																																																																																																														
F4	116	99	17	51	95	4.3																																																																																																																														
フジタスケール	風速 (m/s)	自動車の被災状況																																																																																																																																		
F2	50-69	cars blown off highway (自動車が道路から逸れる。)																																																																																																																																		
F3	70-92	cars lifted off the ground (自動車が地面から浮上する。)																																																																																																																																		
F4	93-116	cars thrown some distances or rolled considerable distances (自動車がある距離を飛ばされる又はかなりの距離を転がる。)																																																																																																																																		
フジタスケール	竜巻の最大水平風速 (m/s)	竜巻の接線風速 (m/s)	竜巻の移動速度 (m/s)	計算結果																																																																																																																																
				最大水平速度 (m/s)	飛散距離 (m)	飛散高さ (m)																																																																																																																														
F2	69	59	10	1.0	1.4	0																																																																																																																														
F3	92	79	13	23	34	1.1																																																																																																																														
F4	116	99	17	42	59	3.1																																																																																																																														
フジタスケール	風速 [m/s]	自動車の被災状況																																																																																																																																		
F2	50-69	cars blown off highway (自動車が道路からそれる)																																																																																																																																		
F3	70-92	cars lifted off the ground (自動車が地面から浮上する)																																																																																																																																		
F4	93-116	cars thrown some distances or rolled considerable distances (自動車がある距離を飛ばされる、又は、かなりの距離を転がる)																																																																																																																																		
フジタスケールとの対応	最大水平風速 (m/s)	竜巻接線風速 (m/s)	竜巻移動速度 (m/s)	計算結果																																																																																																																																
				最大水平速度 (m/s)	飛散距離 (m)	飛散高さ (m)																																																																																																																														
F2	69	59	10	8.9	4.4	0.1																																																																																																																														
F3	92	79	13	30	35	1.8																																																																																																																														
F4	116	99	17	51	95	4.3																																																																																																																														

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考				
<p>6.2 米国 Grand Gulf 原子力発電所への竜巻来襲事例</p> <p>1978年4月17日に米国のミシシッピ州にて建設中の Grand Gulf 原子力発電所に F3 の竜巻が来襲した⁽²⁴⁾。主な被害として、建設中の冷却塔内部に設置されていたコンクリート流し込み用のクレーンが倒壊し、冷却塔の一部が破損したことが挙げられる。また、竜巻によりトレーラーが台から剥がれ移動したことや、直径 8~10 インチの木が折れた事例等も確認されており、第 26 図は、竜巻による飛来物の飛散状況が定量的に分かる事例として、資材置き場のパイプの飛散状況を示したものである。なお、通過時の竜巻規模は F2 であったと考えられている。このパイプはコンクリート・石綿製で、長さは 8 フィート、直径(内径)は 8 インチであった。このパイプの飛散状況に対して、フジタモデルあるいはランキン渦モデルを風速場として用いた飛来解析を行った。その計算条件は過去の記録に基づき第 5 表のとおりとする。</p>  <p>"Courtesy of HathiTrust" http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015037472209#view=1up;seq=65 ⁽¹⁹⁾</p> <p>第 26 図 Grand Gulf 原子力発電所資材置き場におけるパイプの散乱状況</p> <table border="1" data-bbox="172 1291 899 1396"> <tr> <td>被害状況</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> パイプを収納した木箱(一部は二段重ね)は浮上せずに転倒し、パイプが周辺 7m~9m に散乱。 (Pieces of pipe were scattered over the area, but none traveled more than 25-30 ft. The pipe joints are 8 in. dia x 8 ft long.⁽²⁴⁾) </td> </tr> </table>	被害状況	<ul style="list-style-type: none"> パイプを収納した木箱(一部は二段重ね)は浮上せずに転倒し、パイプが周辺 7m~9m に散乱。 (Pieces of pipe were scattered over the area, but none traveled more than 25-30 ft. The pipe joints are 8 in. dia x 8 ft long. ⁽²⁴⁾)	<p>6.2 米国 Grand Gulf 原子力発電所への竜巻来襲事例との比較</p> <p>1978年4月17日に、米国のミシシッピ州にて建設中の Grand Gulf 原子力発電所に F 3 の竜巻が来襲した。主な被害として、建設中の冷却塔内部に設置されていたクレーンが倒壊し、冷却塔の一部が破損したことが挙げられる。また、竜巻によりトレーラーハウスが荷台から剥がれ移動したことや、直径 8 から 10 インチの木が折れた事例等も確認されている。</p> <p>第 6.2-1 図は、竜巻による飛来物の飛散状況が定量的に分かる事例として、資材置き場のパイプの飛散状況を示したものである。なお、資材置き場通過時の竜巻規模は F 2 であったと考えられている。このパイプはコンクリート・石綿製で、長さは 8 フィート、直径(内径)は 8 インチであった。このパイプの飛散状況に対して、フジタモデル及びランキン渦モデルを風速場として用いた飛来解析を行った⁽²⁵⁾。解析条件は、過去の記録に基づき第 6.2-1 表のとおりとした。</p>  <p>パイプを収納した木箱(一部 2 段重ね)は浮上せずに転倒し、パイプが周辺 7m~9m に散乱。 (Pieces of pipe were scattered over the area, but none travelled more than 25-30ft. The pipe joints are 8in. dia. x 8ft. long.)</p> <p>第 6.2-1 図 Grand Gulf 原子力発電所資材置き場におけるパイプの散乱状況 (x vii)</p>	<p>6.2 米国 Grand Gulf 原子力発電所への竜巻来襲事例</p> <p>1978年4月17日に米国のミシシッピ州にて建設中の Grand Gulf 原子力発電所に F3 の竜巻が来襲した⁽²³⁾。主な被害として、建設中の冷却塔内部に設置されていたコンクリート流し込み用のクレーンが倒壊し、冷却塔の一部が破損したことが挙げられる。また、竜巻によりトレーラーが台から剥がれ移動したことや、直径 8~10 インチの木が折れた事例等も確認されており、図 28 は、竜巻による飛来物の飛散状況が定量的に分かる事例として、資材置き場のパイプの飛散状況を示したものである。なお、通過時の竜巻規模は F2 であったと考えられている。このパイプはコンクリート・石綿製で、長さは 8 フィート、直径(内径)は 8 インチであった。このパイプの飛散状況に対して、フジタモデルあるいはランキン渦モデルを風速場として用いた飛来解析を行った。その計算条件は過去の記録に基づき表 5 のとおりとする。</p>  <p>"Courtesy of HathiTrust" http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015037472209#view=1up;seq=65 ⁽¹⁹⁾</p> <p>図 28 Grand Gulf 原子力発電所資材置き場におけるパイプの散乱状況</p> <table border="1" data-bbox="1765 1291 2493 1396"> <tr> <td>被害状況</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> パイプを収納した木箱(一部は二段重ね)は浮上せずに転倒し、パイプが周辺 7m~9m に散乱。 (Pieces of pipe were scattered over the area, but none traveled more than 25-30 ft. The pipe joints are 8 in. dia x 8 ft long.⁽²⁴⁾) </td> </tr> </table>	被害状況	<ul style="list-style-type: none"> パイプを収納した木箱(一部は二段重ね)は浮上せずに転倒し、パイプが周辺 7m~9m に散乱。 (Pieces of pipe were scattered over the area, but none traveled more than 25-30 ft. The pipe joints are 8 in. dia x 8 ft long. ⁽²⁴⁾)	
被害状況	<ul style="list-style-type: none"> パイプを収納した木箱(一部は二段重ね)は浮上せずに転倒し、パイプが周辺 7m~9m に散乱。 (Pieces of pipe were scattered over the area, but none traveled more than 25-30 ft. The pipe joints are 8 in. dia x 8 ft long. ⁽²⁴⁾)						
被害状況	<ul style="list-style-type: none"> パイプを収納した木箱(一部は二段重ね)は浮上せずに転倒し、パイプが周辺 7m~9m に散乱。 (Pieces of pipe were scattered over the area, but none traveled more than 25-30 ft. The pipe joints are 8 in. dia x 8 ft long. ⁽²⁴⁾)						

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																	
<p>第5表 Grand Gulf 原子力発電所の竜巻によるパイプ飛散の再現をする上での計算条件</p> <table border="1" data-bbox="166 340 905 642"> <tr> <td rowspan="4">竜巻条件</td> <td>設計竜巻風速</td> <td>67m/s</td> </tr> <tr> <td>最大接線風速</td> <td>53.6m/s</td> </tr> <tr> <td>移動速度</td> <td>13.4m/s</td> </tr> <tr> <td>コア半径</td> <td>45.7m</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">飛来物条件</td> <td>直径(外径)</td> <td>9 inch (0.2286m)</td> </tr> <tr> <td>物体高さ</td> <td>0.229m</td> </tr> <tr> <td>密度</td> <td>1700kg/m³</td> </tr> <tr> <td>飛行定数 $C_D A/m$</td> <td>0.0080 m²/kg</td> </tr> <tr> <td>初期配置</td> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> 物体個数 51×51 個，竜巻半径の4倍を一辺とする正方形内 (x, y=[-2R_m, +2R_m]) に等間隔配置 設置高さ 1 m (パイプが収納されていた木箱が2段重ねで配置されていた状況を想定。) </td> </tr> </table> <p>計算結果を第6表に示す。フジタモデルを風速場とした場合は、パイプがほとんど飛散せず、木箱が倒れた影響で散らばったと思われる状況とおおむね合致している。</p> <p>なお、参考としてランキン渦モデルで評価した場合、飛散距離や最大水平速度に大きな違いがあり、実際の報告と比較して過度に保守的な評価結果となる。</p>	竜巻条件	設計竜巻風速	67m/s	最大接線風速	53.6m/s	移動速度	13.4m/s	コア半径	45.7m	飛来物条件	直径(外径)	9 inch (0.2286m)	物体高さ	0.229m	密度	1700kg/m ³	飛行定数 $C_D A/m$	0.0080 m ² /kg	初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数 51×51 個，竜巻半径の4倍を一辺とする正方形内 (x, y=[-2R_m, +2R_m]) に等間隔配置 設置高さ 1 m (パイプが収納されていた木箱が2段重ねで配置されていた状況を想定。) 		<p>第6.2-1表 Gland Gulf 原子力発電所のパイプ飛散解析条件⁽²⁵⁾</p> <table border="1" data-bbox="967 298 1665 625"> <tr> <td rowspan="4">竜巻条件</td> <td>竜巻の最大風速</td> <td>67 m/s</td> </tr> <tr> <td>最大接線風速</td> <td>53.6 m/s</td> </tr> <tr> <td>移動速度</td> <td>13.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>コア半径</td> <td>45.7 m</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">飛来物条件</td> <td>直径(外径)</td> <td>0.2286 m (=9 in.)</td> </tr> <tr> <td>物体高さ</td> <td>0.229 m</td> </tr> <tr> <td>密度</td> <td>1700 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>飛行定数 ($C_D A/m$)</td> <td>0.0080 m²/kg</td> </tr> <tr> <td>初期配置</td> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> 物体個数：51×51本を，最大接線風速半径の4倍を1辺とする正方形内(x, y=[-2R_m, +2R_m]) に等間隔配置。 設置高さ：1 m (パイプ収納箱が2段重ねされた状況を想定) </td> </tr> </table> <p>解析結果を第6.2-2表に示す。フジタモデルを風速場とした場合は、パイプがほとんど飛散せず、収納箱が倒れた影響で散乱したと思われる状況とおおむね合致している。</p> <p>なお、ランキン渦モデルで評価した場合は、飛散距離や最大水平速度に実際の報告と大きな違いがあり、過度に保守的な評価結果となる。</p>	竜巻条件	竜巻の最大風速	67 m/s	最大接線風速	53.6 m/s	移動速度	13.4 m/s	コア半径	45.7 m	飛来物条件	直径(外径)	0.2286 m (=9 in.)	物体高さ	0.229 m	密度	1700 kg/m ³	飛行定数 ($C_D A/m$)	0.0080 m ² /kg	初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数：51×51本を，最大接線風速半径の4倍を1辺とする正方形内(x, y=[-2R_m, +2R_m]) に等間隔配置。 設置高さ：1 m (パイプ収納箱が2段重ねされた状況を想定) 		<p>表5 Grand Gulf 原子力発電所の竜巻によるパイプ飛散の再現をする上での計算条件</p> <table border="1" data-bbox="1757 340 2466 676"> <tr> <td rowspan="4">竜巻条件</td> <td>竜巻の最大風速</td> <td>67 m/s</td> </tr> <tr> <td>最大接線風速</td> <td>53.6 m/s</td> </tr> <tr> <td>移動速度</td> <td>13.4 m/s</td> </tr> <tr> <td>コア半径</td> <td>45.7 m</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">飛来物条件</td> <td>直径(外径)</td> <td>0.2286 m (=9 in.)</td> </tr> <tr> <td>物品高さ</td> <td>0.229 m</td> </tr> <tr> <td>密度</td> <td>1700 kg/m³</td> </tr> <tr> <td>飛行定数 ($C_D A/m$)</td> <td>0.0080 m²/kg</td> </tr> <tr> <td>初期配置</td> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> 物体個数：51×51本を，最大接線風速半径の4倍を1辺とする正方形内(x, y=[-2R_m, +2R_m]) に等間隔配置。 設置高さ：1 m (パイプ収納箱が2段重ねされた状況を想定) </td> </tr> </table> <p>計算結果を表6に示す。フジタモデルを風速場とした場合は、パイプがほとんど飛散せず、木箱が倒れた影響で散らばったと思われる状況とおおむね合致している。</p> <p>なお、参考としてランキン渦モデルで評価した場合は、飛散距離や最大水平速度に大きな違いがあり、実際の報告と比較して過度に保守的な評価結果となる。</p>	竜巻条件	竜巻の最大風速	67 m/s	最大接線風速	53.6 m/s	移動速度	13.4 m/s	コア半径	45.7 m	飛来物条件	直径(外径)	0.2286 m (=9 in.)	物品高さ	0.229 m	密度	1700 kg/m ³	飛行定数 ($C_D A/m$)	0.0080 m ² /kg	初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数：51×51本を，最大接線風速半径の4倍を1辺とする正方形内(x, y=[-2R_m, +2R_m]) に等間隔配置。 設置高さ：1 m (パイプ収納箱が2段重ねされた状況を想定) 				
竜巻条件		設計竜巻風速	67m/s																																																																	
		最大接線風速	53.6m/s																																																																	
		移動速度	13.4m/s																																																																	
	コア半径	45.7m																																																																		
飛来物条件	直径(外径)	9 inch (0.2286m)																																																																		
	物体高さ	0.229m																																																																		
	密度	1700kg/m ³																																																																		
	飛行定数 $C_D A/m$	0.0080 m ² /kg																																																																		
初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数 51×51 個，竜巻半径の4倍を一辺とする正方形内 (x, y=[-2R_m, +2R_m]) に等間隔配置 設置高さ 1 m (パイプが収納されていた木箱が2段重ねで配置されていた状況を想定。) 																																																																			
竜巻条件	竜巻の最大風速	67 m/s																																																																		
	最大接線風速	53.6 m/s																																																																		
	移動速度	13.4 m/s																																																																		
	コア半径	45.7 m																																																																		
飛来物条件	直径(外径)	0.2286 m (=9 in.)																																																																		
	物体高さ	0.229 m																																																																		
	密度	1700 kg/m ³																																																																		
	飛行定数 ($C_D A/m$)	0.0080 m ² /kg																																																																		
初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数：51×51本を，最大接線風速半径の4倍を1辺とする正方形内(x, y=[-2R_m, +2R_m]) に等間隔配置。 設置高さ：1 m (パイプ収納箱が2段重ねされた状況を想定) 																																																																			
竜巻条件	竜巻の最大風速	67 m/s																																																																		
	最大接線風速	53.6 m/s																																																																		
	移動速度	13.4 m/s																																																																		
	コア半径	45.7 m																																																																		
飛来物条件	直径(外径)	0.2286 m (=9 in.)																																																																		
	物品高さ	0.229 m																																																																		
	密度	1700 kg/m ³																																																																		
	飛行定数 ($C_D A/m$)	0.0080 m ² /kg																																																																		
初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数：51×51本を，最大接線風速半径の4倍を1辺とする正方形内(x, y=[-2R_m, +2R_m]) に等間隔配置。 設置高さ：1 m (パイプ収納箱が2段重ねされた状況を想定) 																																																																			
<p>第6表 Grand Gulf 原子力発電所のパイプの飛散計算結果</p> <table border="1" data-bbox="195 1197 863 1356"> <thead> <tr> <th rowspan="2">風速場モデル</th> <th rowspan="2">初期物体高さ</th> <th colspan="3">計算結果</th> </tr> <tr> <th>飛散距離</th> <th>飛散高さ^{※2}</th> <th>最大水平速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>フジタモデル</td> <td>1 m</td> <td>1.2 m</td> <td>0.0 m</td> <td>4.9 m/s</td> </tr> <tr> <td>ランキン渦モデル</td> <td>1 m^{※1}</td> <td>42.6 m</td> <td>0.34 m</td> <td>30.7 m/s</td> </tr> <tr> <td>ランキン渦モデル</td> <td>40 m</td> <td>227 m</td> <td>0.34 m</td> <td>40.9 m/s</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：ランキン渦モデルでは地上付近の風速場を模擬できていないが、フジタモデルの計算結果(飛散距離)と比較するため、フジタモデルと同条件とする。</p> <p>※2：初期物体高さからの飛散高さ。</p> <p>6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例</p> <p>2006年11月7日に北海道網走支庁佐呂間町に発生した竜巻(以下「佐呂間竜巻」という。)により、4tトラックが約40m移動したことが報告されている⁽²⁵⁾。被災状況を第27図に示す。この事例では被災時に4tトラックに乗員2名が乗車しており、4tトラックの初期位置と移動位置が分かっている(第27図左上画像の②)。また、4tトラックの他に2台の自動車(第27図左上画像の③と⑥)について、初期位置と被災後の移動位置が分かって</p>	風速場モデル	初期物体高さ	計算結果			飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度	フジタモデル	1 m	1.2 m	0.0 m	4.9 m/s	ランキン渦モデル	1 m ^{※1}	42.6 m	0.34 m	30.7 m/s	ランキン渦モデル	40 m	227 m	0.34 m	40.9 m/s	<p>第6.2-2表 Gland Gulf 原子力発電所のパイプ飛散解析結果⁽²⁵⁾</p> <table border="1" data-bbox="949 1192 1665 1346"> <thead> <tr> <th rowspan="2">風速場モデル</th> <th rowspan="2">初期物体高さ</th> <th colspan="3">計算結果</th> </tr> <tr> <th>飛散距離</th> <th>飛散高さ^{※2}</th> <th>最大水平速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>フジタモデル</td> <td>1 m (地上)</td> <td>1.2 m</td> <td>0.0 m</td> <td>4.9 m/s</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ランキン渦モデル</td> <td>1 m^{※1}</td> <td>42.6 m</td> <td rowspan="2">0.34 m</td> <td>30.7 m/s</td> </tr> <tr> <td>40 m</td> <td>227 m</td> <td>40.9 m/s</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 比較のため、フジタモデルと同条件とした。</p> <p>※2 初期物体高さからの飛散(浮上)高さ。</p> <p>6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例との比較</p> <p>2006年11月7日に北海道網走支庁佐呂間町に発生した竜巻(以下「佐呂間竜巻」という。)により、4tトラックが約40m移動したことが報告^(xix)されている。被災状況を第6.3-1図に示す。この事例では被災時に4tトラックに乗員2名が乗車しており、4tトラックの初期位置と移動位置が分かっている(②)。また、4tトラックの他に、2台の自動車(③と⑥)の初期位置と被災後の移動位置が分かっている。このように竜巻被災前後で車両等の位置が明確</p>	風速場モデル	初期物体高さ	計算結果			飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度	フジタモデル	1 m (地上)	1.2 m	0.0 m	4.9 m/s	ランキン渦モデル	1 m ^{※1}	42.6 m	0.34 m	30.7 m/s	40 m	227 m	40.9 m/s	<p>表6 Grand Gulf 原子力発電所のパイプの飛散計算結果</p> <table border="1" data-bbox="1745 1192 2496 1346"> <thead> <tr> <th rowspan="2">風速場モデル</th> <th rowspan="2">地上からの初期高さ</th> <th colspan="3">計算結果</th> </tr> <tr> <th>飛散距離</th> <th>飛散高さ^{※2}</th> <th>最大水平速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>フジタモデル</td> <td>1 m (地上)</td> <td>1.2 m</td> <td>0.0 m</td> <td>4.9 m/s</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ランキン渦モデル</td> <td>1 m^{※1}</td> <td>42.6 m</td> <td rowspan="2">0.34 m</td> <td>30.7 m/s</td> </tr> <tr> <td>40 m</td> <td>227 m</td> <td>40.9 m/s</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 比較のため、フジタモデルと同条件とした。</p> <p>※2 初期物体高さからの飛散(浮上)高さ。</p> <p>6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例</p> <p>2006年11月7日に北海道網走支庁佐呂間町に発生した竜巻(以下「佐呂間竜巻」という。)により、4tトラックが約40m移動したことが報告されている⁽²⁴⁾。被災状況を図29に示す。この事例では被災時に4tトラックに乗員2名が乗車しており、4tトラックの初期位置と移動位置が分かっている(図29左上画像の②)。また、4tトラックの他に2台の自動車(図29左上画像の③と⑥)について、初期位置と被災後の移動位置が分かっている。このよ</p>	風速場モデル	地上からの初期高さ	計算結果			飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度	フジタモデル	1 m (地上)	1.2 m	0.0 m	4.9 m/s	ランキン渦モデル	1 m ^{※1}	42.6 m	0.34 m	30.7 m/s	40 m	227 m	40.9 m/s	
風速場モデル			初期物体高さ	計算結果																																																																
	飛散距離	飛散高さ ^{※2}		最大水平速度																																																																
フジタモデル	1 m	1.2 m	0.0 m	4.9 m/s																																																																
ランキン渦モデル	1 m ^{※1}	42.6 m	0.34 m	30.7 m/s																																																																
ランキン渦モデル	40 m	227 m	0.34 m	40.9 m/s																																																																
風速場モデル	初期物体高さ	計算結果																																																																		
		飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度																																																																
フジタモデル	1 m (地上)	1.2 m	0.0 m	4.9 m/s																																																																
ランキン渦モデル	1 m ^{※1}	42.6 m	0.34 m	30.7 m/s																																																																
	40 m	227 m		40.9 m/s																																																																
風速場モデル	地上からの初期高さ	計算結果																																																																		
		飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度																																																																
フジタモデル	1 m (地上)	1.2 m	0.0 m	4.9 m/s																																																																
ランキン渦モデル	1 m ^{※1}	42.6 m	0.34 m	30.7 m/s																																																																
	40 m	227 m		40.9 m/s																																																																

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>いる。このように竜巻被災前後で車両等の位置が明確になっている事例は極めてまれである。なお、竜巻飛来物の再現計算は、竜巻が頻発する米国でもほとんど実施されていない。この理由としては、来襲した実際の竜巻特性を精度よく計測・推測することが困難であることや自動車等の移動前後の位置が不明確な場合が多いことが挙げられる。</p>	<p>になっている事例は極めて稀である。なお、竜巻による飛散物の再現計算は、竜巻が頻発する米国でもほとんど実施されていない。この理由としては、来襲した実際の竜巻特性を精度良く計測、推測することが困難であることや、自動車等の移動前後の位置が不明確な場合が多いことが挙げられる。</p>	<p>うに竜巻被災前後で車両等の位置が明確になっている事例は極めてまれである。なお、竜巻飛来物の再現計算は、竜巻が頻発する米国でもほとんど実施されていない。この理由としては、襲来した実際の竜巻特性を精度よく計測・推測することが困難であることや自動車等の移動前後の位置が不明確な場合が多いことが挙げられる。</p>	
			
<p>第27図 佐呂間竜巻(2006.11.7)による被災状況(工事事務所敷地内の車両被災)(25) (文献(25)で示されている竜巻被害の方向を➡で加筆)</p>	<p>第6.3-1図 佐呂間竜巻による被災状況(工事事務所敷地内の車両被災) (文献⁽²⁷⁾の写真に竜巻被害の方向を加筆)</p>	<p>図29 佐呂間竜巻(2006.11.7)による被災状況(工事事務所敷地内の車両被災)⁽²⁴⁾ (文献(24)で示されている竜巻被害の方向を➡で加筆)</p>	
<p>ここでは、フジタモデルを風速場として用いた車両(4tトラック、乗用車)の飛散評価を行い、実際の被害状況と比べて妥当な結果となるかどうかの確認を行う。方法としては、下記の2通りとする。</p>	<p>ここでは、フジタモデルを風速場として用いた車両(4tトラック及び乗用車)の飛散解析を行い、実際の被害状況と比べて妥当な結果となるかどうかの確認を行った。方法としては、下記の2とおりとした。</p>	<p>ここでは、フジタモデルを風速場として用いた車両(4tトラック、乗用車)の飛散評価を行い、実際の被害状況と比べて妥当な結果となるかどうかの確認を行う。方法としては、下記の2通りとする。</p>	
<ul style="list-style-type: none"> (a) 竜巻特性や飛来物(4tトラック、乗用車)の状況を現実的に設定した場合の再現解析 (b) 柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法による検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 竜巻特性や飛来物(4tトラック及び乗用車)の状況を現実的に設定した場合の再現解析 ・ 今回の飛散解析手法による検証 	<ul style="list-style-type: none"> (a) 竜巻特性や飛来物(4tトラック、乗用車)の状況を現実的に設定した場合の再現解析 (b) 今回の飛散解析手法による検証 	
<p>(a) 竜巻特性や飛来物の状況を現実的に設定した場合の再現解析</p> <p>(i) 4tトラックの飛散解析</p> <p>再現解析の条件として、入手可能なデータ⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾に基づき、合理的と考えられる竜巻特性条件と飛来物(4tトラック)の条件を第7表のように設定する。初期配置の条件として、配置個数は1個とし、竜巻が遠方から近づく状況設定としている。また、風速60m/s以下では浮上しない設定となっている。その上で、竜巻との距離を合理的な範囲で変化させ、佐呂間竜巻の再現性を確認する。</p>	<p>(1) 竜巻特性や飛来物(4tトラック及び乗用車)の状況を現実的に設定した場合の再現解析</p> <p>a. 4tトラックの飛散解析</p> <p>解析条件として、入手可能なデータ⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾に基づき、合理的と考えられる竜巻特性条件と飛来物(4tトラック)の条件を第6.3-1表のとおり設定した。初期配置の条件として、配置数は1台とし、竜巻が遠方から近づく状況設定としている。また、風速60m/s以下では浮上しない設定⁽¹⁶⁾とした。その上で、竜巻との距離を合理的な範囲で変化させ、佐呂間竜巻の再現性を確認した。</p>	<p>(a) 竜巻特性や飛来物の状況を現実的に設定した場合の再現解析</p> <p>(i) 4tトラックの飛散解析</p> <p>再現解析の条件として、入手可能なデータ⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾に基づき、合理的と考えられる竜巻特性条件と飛来物(4tトラック)の条件を表7のように設定する。初期配置の条件として、配置個数は1個とし、竜巻が遠方から近づく状況設定としている。また、風速60m/s以下では浮上しない設定となっている。その上で、竜巻との距離を合理的な範囲で変化させ、佐呂間竜巻の再現性を確認する。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)

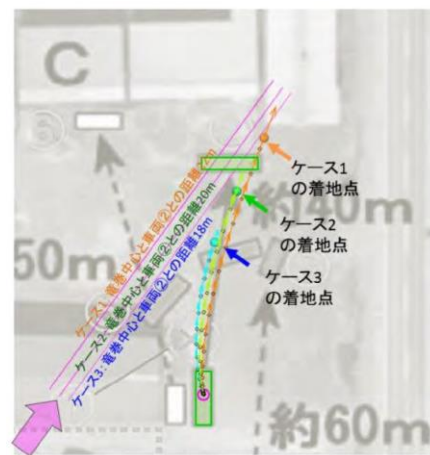
車両と竜巻中心との距離を 18 m, 20 m, 22 m とした場合の解析結果を第 8 表及び第 28 図に示す。車両の軌跡は竜巻中心との相対位置関係に敏感であるが、各ケースとも飛散方向が実際の移動方向とおおむね合致しており、特に車両と竜巻中心との距離を 20m としたケース 2 では飛散距離もほぼ正確に再現されている。このように、フジタモデルを風速場とした飛散解析で、飛来物が地上に設置された状況からの飛散挙動が再現できることが確認できる。

第 7 表 佐呂間竜巻の 4t トラックの計算条件

竜巻条件	設計竜巻風速	92m/s	
	最大接線風速	70m/s	
	移動速度	22m/s	
	コア半径	20m	
飛来物条件	車種不明のため、三菱ふそう PA-FK71D の仕様を採用	車両長さ	8.1m
		車両幅	2.24m
		車両高さ	2.5m
		車両質量	4000kg
		飛行定数 $C_D A/m$	0.0056 m ² /kg
初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数 1 個 竜巻は遠方から物体に近づくと、風速 60m/s 以下では浮上しない 設置高さ 0 m 		

第 8 表 佐呂間竜巻での 4t トラックの飛散計算結果

解析ケース	車両と竜巻中心との距離	計算結果(フジタモデル)		
		飛散距離	飛散高さ	最大水平速度
1	22m	45.4 m	2.8m	25.8 m/s
2	20m	35.5 m	2.3m	22.2 m/s
3	18m	25.9 m	1.7m	18.8 m/s



第 28 図 フジタモデルによるトラック飛散の再現解析結果

東海第二発電所 (2018.9.18版)

車両と竜巻中心との距離を 18m, 20m, 22m とした場合の解析結果を第 6.3-2 表及び第 6.3-2 図に示す。車両の軌跡は竜巻中心との相対位置関係に敏感であるが、各ケースとも飛散方向が実際の移動方向とおおむね合致しており、特に車両と竜巻中心との距離を 20m としたケース 2 では飛散距離もほぼ正確に再現されている。このように、フジタモデルを風速場とした飛散解析で、物体が地上に設置された状況からの飛散挙動が再現できることが確認できた。

第 6.3-1 表 佐呂間竜巻による 4t トラックの飛散解析条件⁽²⁵⁾

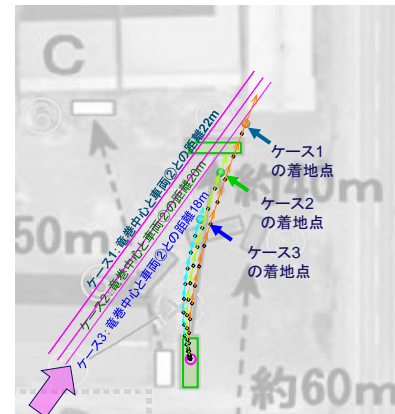
竜巻条件	竜巻の最大風速	92 m/s ^{※1}
	最大接線風速	70 m/s
	移動速度	22 m/s
	コア半径	20 m
飛来物条件	車両長さ ^{※2}	8.1 m
	車両幅 ^{※2}	2.24 m
	車両高さ ^{※2}	2.5 m
	車両重量	4000 kg
	飛行定数 ($C_D A/m$)	0.0056 m ² /kg
	初期配置等	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数：1 台 設置高さ：0 m (地上) 「竜巻は遠方から物体に近づくと、風速 60m/s 以下では浮上しない」ことを条件として付加

※1 佐呂間竜巻のフジタスケール (F3) に基づく。

※2 車種不明のため、三菱ふそう PA-FK71D を仮定。

第 6.3-2 表 佐呂間竜巻による 4t トラックの飛散解析結果

ケース	車両と竜巻中心との距離	計算結果		
		飛散距離	飛散高さ	最大水平速度
1	22 m	45.4 m	2.8 m	25.8 m/s
2	20 m	35.5 m	2.3 m	22.2 m/s
3	18 m	25.9 m	1.7 m	18.8 m/s



第 6.3-2 図 フジタモデルによる 4t トラックの飛散解析結果 (文献⁽²⁷⁾の写真に軌跡を加筆)

島根原子力発電所 2号炉

車両と竜巻中心との距離を 18 m, 20 m, 22 m とした場合の解析結果を表 8 及び図 30 に示す。車両の軌跡は竜巻中心との相対位置関係に敏感であるが、各ケースとも飛散方向が実際の移動方向とおおむね合致しており、特に車両と竜巻中心との距離を 20m としたケース 2 では飛散距離もほぼ正確に再現されている。このように、フジタモデルを風速場とした飛散解析で、物体が地上に設置された状況からの飛散挙動が再現できることが確認できる。

表 7 佐呂間竜巻の 4t トラックの計算条件

竜巻条件	設計最大風速	92 m/s	
	最大接線風速	70 m/s	
	移動速度	22 m/s	
	コア半径	20 m	
飛来物条件	車種不明のため、三菱ふそう PA-FK71D の仕様を採用	長さ	8.1 m
		幅	2.24 m
		高さ	2.5 m
		重量	4000 kg
	飛行定数 ($C_D A/m$)	0.0056 m ² /kg	
初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数 1 個 竜巻は遠方から物体に近づくと、風速 60m/s 以下では浮上しない 地上からの初期高さ 0 m 		

表 8 佐呂間竜巻での 4t トラックの飛散計算結果

解析ケース	車両と竜巻中心との距離	計算結果(フジタモデル)		
		飛散距離	飛散高さ	最大水平速度
1	22m	45.4 m	2.8m	25.8 m/s
2	20m	35.5 m	2.3m	22.2 m/s
3	18m	25.9 m	1.7m	18.8 m/s

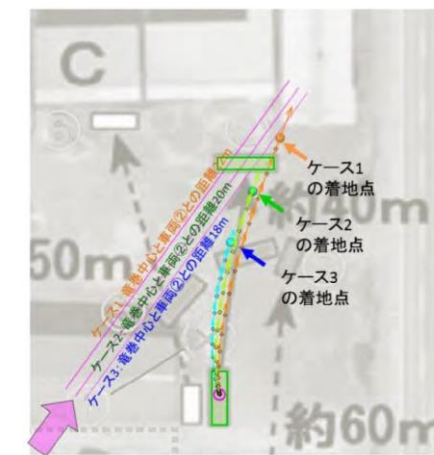
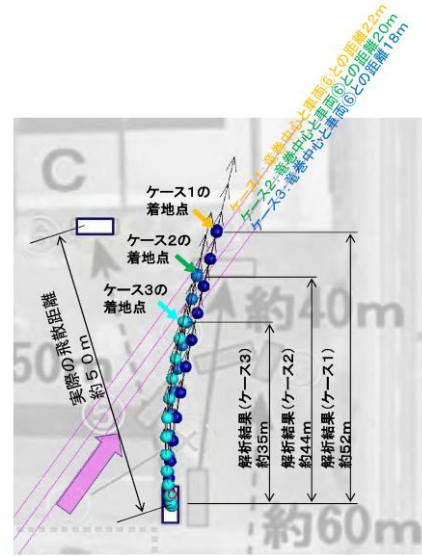


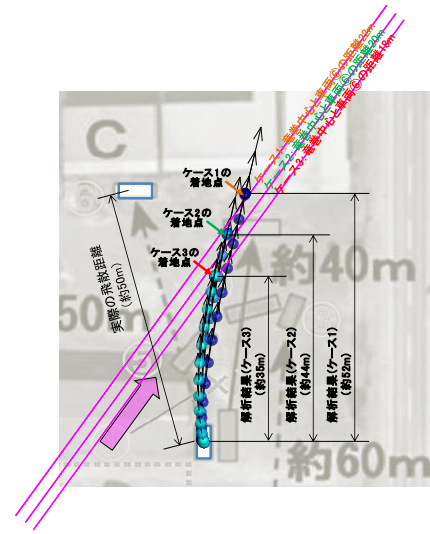
図 30 フジタモデルによるトラック飛散の再現解析結果

備考

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																																																																					
<p>(ii) 乗用車の飛散解析</p> <p>白い乗用車(第27図の⑥)の被災事例を対象として、物体を1点初期配置した条件で最大水平速度等を計算する。</p> <p>白い乗用車の計算条件について、第9表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第9表 佐呂間竜巻の白い乗用車の計算条件</p> <table border="1" data-bbox="184 569 878 774"> <tr> <td>竜巻条件</td> <td colspan="3">第7表と同様</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">飛来物条件</td> <td rowspan="4"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 白い乗用車 トヨタカローラ を仮定 </div> </td> <td>車両長さ</td> <td>4.40m</td> </tr> <tr> <td>車両幅</td> <td>1.70m</td> </tr> <tr> <td>車両高さ</td> <td>1.50m</td> </tr> <tr> <td>飛行定数 $C_D A/m$</td> <td>0.0097 m²/kg</td> </tr> <tr> <td>初期配置</td> <td colspan="3"> <ul style="list-style-type: none"> 物体個数1個 竜巻は遠方から物体に近づくが、風速60m/s以下では浮上しない 設置高さ0m </td> </tr> </table> <p>白い乗用車と竜巻中心との距離を、18m、20m、22mとした場合の解析結果を第10表及び第29図に示す。飛散距離についてはケース1でおおむね合致している。</p> <p>飛散方向については、飛び出し方向はおおむね合致しているものの、最終的な着地点には多少のずれが生じている。これは乗用車(白)が建物に近接して駐車していたため、この建物の倒壊の影響を受けて飛散方向のずれが生じたものと推定される。</p> <p>なお、赤い乗用車(第27図の③)について評価した場合は、竜巻中心との距離が大きいため飛散しない解析結果となる。ただし、実際には、赤い乗用車は全壊・飛散したプレハブ建物(軽量鉄骨造2階建て、第27図のA)の直ぐ下流側に駐車しており、その瓦礫の影響を受けて一緒に移動したものと考えられる。</p> <p style="text-align: center;">第10表 佐呂間竜巻での白い乗用車の飛散計算結果</p> <table border="1" data-bbox="192 1551 899 1717"> <thead> <tr> <th rowspan="2">解析ケース</th> <th rowspan="2">白い乗用車と竜巻中心との距離</th> <th colspan="3">計算結果(フジタモデル)</th> </tr> <tr> <th>飛散距離</th> <th>飛散高さ</th> <th>最大水平速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>22m</td> <td>51.9 m</td> <td>3.6m</td> <td>28.9 m/s</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20m</td> <td>43.5 m</td> <td>3.4m</td> <td>24.7 m/s</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>18m</td> <td>34.7 m</td> <td>2.9m</td> <td>21.1 m/s</td> </tr> </tbody> </table>	竜巻条件	第7表と同様			飛来物条件	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 白い乗用車 トヨタカローラ を仮定 </div>	車両長さ	4.40m	車両幅	1.70m	車両高さ	1.50m	飛行定数 $C_D A/m$	0.0097 m ² /kg	初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数1個 竜巻は遠方から物体に近づくが、風速60m/s以下では浮上しない 設置高さ0m 			解析ケース	白い乗用車と竜巻中心との距離	計算結果(フジタモデル)			飛散距離	飛散高さ	最大水平速度	1	22m	51.9 m	3.6m	28.9 m/s	2	20m	43.5 m	3.4m	24.7 m/s	3	18m	34.7 m	2.9m	21.1 m/s	<p>b. 乗用車の飛散解析</p> <p>白い乗用車(第6.3-1図の⑥)の被災事例を対象として、物体を1点初期配置した条件で最大水平速度等を計算した。</p> <p>乗用車の計算条件について、第6.3-3表に示す。</p> <p style="text-align: center;">第6.3-3表 佐呂間竜巻による乗用車の飛散解析条件</p> <table border="1" data-bbox="958 535 1650 800"> <tr> <td>竜巻条件</td> <td colspan="2">トラック(第6.3-1表)と同じ</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">飛来物条件</td> <td>車両長さ^{※2}</td> <td>4.4 m</td> </tr> <tr> <td>車両幅[※]</td> <td>1.7 m</td> </tr> <tr> <td>車両高さ[※]</td> <td>1.5 m</td> </tr> <tr> <td>飛行定数 ($C_D A/m$)</td> <td>0.0097 m²/kg</td> </tr> <tr> <td>初期配置等</td> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> 物体個数:1台 設置高さ:0m(地上) 「竜巻は遠方から物体に近づくが、風速60m/s以下では浮上しない」ことを条件として付加 </td> </tr> </table> <p>※1 佐呂間竜巻のフジタスケール(F3)に基づく。 ※2 車種不明のため、トヨタカローラを仮定。</p> <p>乗用車と竜巻中心との距離を18m、20m及び22mとした場合の解析結果を、第6.3-4表及び第6.3-3図に示す。飛散距離については、ケース1でおおむね合致している。</p> <p>飛散方向については、飛び出し方向はおおむね合致しているものの、最終的な着地点には多少のずれが生じている。これは乗用車(白)が建物(A棟)に近接して駐車していたため、この建物の倒壊の影響を受けて飛散方向のずれが生じたものと推定される。</p> <p>なお、赤い乗用車(第6.3-1図の③)について評価した場合は、竜巻中心との距離が大きいため飛散しない結果となった。ただし、実際には、赤い乗用車は全壊・飛散したプレハブ建物(軽量鉄骨造2階建て、第6.3-1図のA)の直ぐ下流側に駐車しており、そのがれきの影響を受けて一緒に移動したものと考えられる。</p> <p style="text-align: center;">第6.3-4表 佐呂間竜巻による乗用車の飛散解析結果</p> <table border="1" data-bbox="958 1551 1650 1701"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ケース</th> <th rowspan="2">車両と竜巻中心との距離</th> <th colspan="3">計算結果</th> </tr> <tr> <th>飛散距離</th> <th>飛散高さ</th> <th>最大水平速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>22 m</td> <td>51.9 m</td> <td>3.6 m</td> <td>28.9 m/s</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20 m</td> <td>43.5 m</td> <td>3.4 m</td> <td>24.7 m/s</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>18 m</td> <td>34.7 m</td> <td>2.9 m</td> <td>21.1 m/s</td> </tr> </tbody> </table>	竜巻条件	トラック(第6.3-1表)と同じ		飛来物条件	車両長さ ^{※2}	4.4 m	車両幅 [※]	1.7 m	車両高さ [※]	1.5 m	飛行定数 ($C_D A/m$)	0.0097 m ² /kg	初期配置等	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数:1台 設置高さ:0m(地上) 「竜巻は遠方から物体に近づくが、風速60m/s以下では浮上しない」ことを条件として付加 		ケース	車両と竜巻中心との距離	計算結果			飛散距離	飛散高さ	最大水平速度	1	22 m	51.9 m	3.6 m	28.9 m/s	2	20 m	43.5 m	3.4 m	24.7 m/s	3	18 m	34.7 m	2.9 m	21.1 m/s	<p>(ii) 乗用車の飛散解析</p> <p>白い乗用車(図29の⑥)の被災事例を対象として、物体を1点初期配置した条件で最大水平速度等を計算する。</p> <p>白い乗用車の計算条件について、表9に示す。</p> <p style="text-align: center;">表9 佐呂間竜巻の白い乗用車の計算条件</p> <table border="1" data-bbox="1742 560 2493 804"> <tr> <td>竜巻条件</td> <td colspan="2">表7と同様</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">飛来物条件</td> <td>長さ^{※1}</td> <td>4.4 m</td> </tr> <tr> <td>幅^{※1}</td> <td>1.7 m</td> </tr> <tr> <td>高さ^{※1}</td> <td>1.5 m</td> </tr> <tr> <td>飛行定数 ($C_D A/m$)</td> <td>0.0097 m²/kg</td> </tr> <tr> <td>初期配置等</td> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> 物体個数:1台 地上からの初期高さ:0m(地上) 「竜巻は遠方から物体に近づくが、風速60m/s以下では浮上しない」ことを条件として付加 </td> </tr> </table> <p>※1 車種不明のため、トヨタカローラを仮定。</p> <p>白い乗用車と竜巻中心との距離を、18m、20m、22mとした場合の解析結果を表10及び図31に示す。飛散距離についてはケース1でおおむね合致している。</p> <p>飛散方向については、飛び出し方向はおおむね合致しているものの、最終的な着地点には多少のずれが生じている。これは乗用車(白)が建物に近接して駐車していたため、この建物の倒壊の影響を受けて飛散方向のずれが生じたものと推定される。</p> <p>なお、赤い乗用車(図29の③)について評価した場合は、竜巻中心との距離が大きいため飛散しない解析結果となる。ただし、実際には、赤い乗用車は全壊・飛散したプレハブ建物(軽量鉄骨造2階建て、図29のA)の直ぐ下流側に駐車しており、その瓦礫の影響を受けて一緒に移動したものと考えられる。</p> <p style="text-align: center;">表10 佐呂間竜巻での白い乗用車の飛散計算結果</p> <table border="1" data-bbox="1765 1551 2472 1717"> <thead> <tr> <th rowspan="2">解析ケース</th> <th rowspan="2">白い乗用車と竜巻中心との距離</th> <th colspan="3">計算結果(フジタモデル)</th> </tr> <tr> <th>飛散距離</th> <th>飛散高さ</th> <th>最大水平速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>22m</td> <td>51.9 m</td> <td>3.6m</td> <td>28.9 m/s</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20m</td> <td>43.5 m</td> <td>3.4m</td> <td>24.7 m/s</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>18m</td> <td>34.7 m</td> <td>2.9m</td> <td>21.1 m/s</td> </tr> </tbody> </table>	竜巻条件	表7と同様		飛来物条件	長さ ^{※1}	4.4 m	幅 ^{※1}	1.7 m	高さ ^{※1}	1.5 m	飛行定数 ($C_D A/m$)	0.0097 m ² /kg	初期配置等	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数:1台 地上からの初期高さ:0m(地上) 「竜巻は遠方から物体に近づくが、風速60m/s以下では浮上しない」ことを条件として付加 		解析ケース	白い乗用車と竜巻中心との距離	計算結果(フジタモデル)			飛散距離	飛散高さ	最大水平速度	1	22m	51.9 m	3.6m	28.9 m/s	2	20m	43.5 m	3.4m	24.7 m/s	3	18m	34.7 m	2.9m	21.1 m/s	
竜巻条件	第7表と同様																																																																																																																							
飛来物条件	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 白い乗用車 トヨタカローラ を仮定 </div>	車両長さ	4.40m																																																																																																																					
		車両幅	1.70m																																																																																																																					
		車両高さ	1.50m																																																																																																																					
		飛行定数 $C_D A/m$	0.0097 m ² /kg																																																																																																																					
初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数1個 竜巻は遠方から物体に近づくが、風速60m/s以下では浮上しない 設置高さ0m 																																																																																																																							
解析ケース	白い乗用車と竜巻中心との距離	計算結果(フジタモデル)																																																																																																																						
		飛散距離	飛散高さ	最大水平速度																																																																																																																				
1	22m	51.9 m	3.6m	28.9 m/s																																																																																																																				
2	20m	43.5 m	3.4m	24.7 m/s																																																																																																																				
3	18m	34.7 m	2.9m	21.1 m/s																																																																																																																				
竜巻条件	トラック(第6.3-1表)と同じ																																																																																																																							
飛来物条件	車両長さ ^{※2}	4.4 m																																																																																																																						
	車両幅 [※]	1.7 m																																																																																																																						
	車両高さ [※]	1.5 m																																																																																																																						
	飛行定数 ($C_D A/m$)	0.0097 m ² /kg																																																																																																																						
初期配置等	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数:1台 設置高さ:0m(地上) 「竜巻は遠方から物体に近づくが、風速60m/s以下では浮上しない」ことを条件として付加 																																																																																																																							
ケース	車両と竜巻中心との距離	計算結果																																																																																																																						
		飛散距離	飛散高さ	最大水平速度																																																																																																																				
1	22 m	51.9 m	3.6 m	28.9 m/s																																																																																																																				
2	20 m	43.5 m	3.4 m	24.7 m/s																																																																																																																				
3	18 m	34.7 m	2.9 m	21.1 m/s																																																																																																																				
竜巻条件	表7と同様																																																																																																																							
飛来物条件	長さ ^{※1}	4.4 m																																																																																																																						
	幅 ^{※1}	1.7 m																																																																																																																						
	高さ ^{※1}	1.5 m																																																																																																																						
	飛行定数 ($C_D A/m$)	0.0097 m ² /kg																																																																																																																						
初期配置等	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数:1台 地上からの初期高さ:0m(地上) 「竜巻は遠方から物体に近づくが、風速60m/s以下では浮上しない」ことを条件として付加 																																																																																																																							
解析ケース	白い乗用車と竜巻中心との距離	計算結果(フジタモデル)																																																																																																																						
		飛散距離	飛散高さ	最大水平速度																																																																																																																				
1	22m	51.9 m	3.6m	28.9 m/s																																																																																																																				
2	20m	43.5 m	3.4m	24.7 m/s																																																																																																																				
3	18m	34.7 m	2.9m	21.1 m/s																																																																																																																				



第 29 図 フジタモデルによる白い乗用車飛散の再現解析結果



第 6.3-3 図 フジタモデルによる乗用車の飛散解析結果^(2,3)
(別文献^(2,8)の写真に軌跡を加筆)

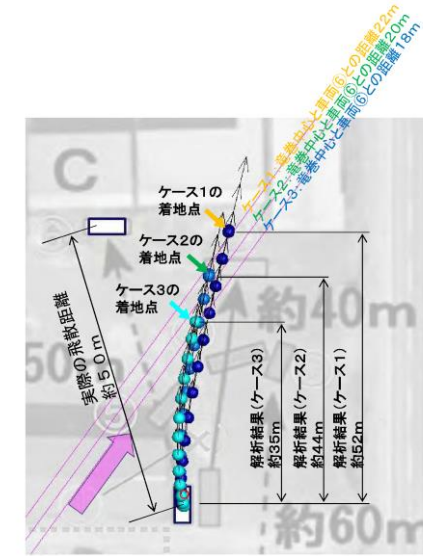


図 31 フジタモデルによる白い乗用車飛散の再現解析結果

(iii) 多点配置等を考慮した場合の竜巻評価の影響

多点配置等を考慮した場合の飛散解析手法を、前述の佐呂間竜巻における4tトラックの被災事例に適用し、佐呂間竜巻での実際の被災状況（移動距離等）の結果を比較した。

多点配置等を考慮した場合の飛散解析手法では、多数配置した物体それぞれがとる最大水平速度のうち、最も大きな値を設計値として用いる。そこで、物体個数は51×51個とし、竜巻半径の4倍を一辺とする正方形内に等間隔で地面レベルに物体を配置した。計算条件を表11に示す。

図32(a)に0.1s毎の物体の軌跡（水平移動距離と飛散高さの関係）を、図32(b)に水平移動距離と物体の水平速度の関係を示す。これらの図から、物体の最大水平速度は39.9m/s、最大飛散高さは5.3m、最大飛散距離は86.5mとなっている。実際の被災状況と多点配置等を考慮した場合の飛散解析手法による解析結果の比較を表12に示す。解析結果は佐呂間竜巻でのトラックの被災状況に対して保守性があることが確認できる。

・記載方針の相違
【柏崎6/7, 東海第二】
島根2号炉は多点配置等を考慮した場合の飛散解析手法を実施し、実際の被災状況と比較している

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																		
		<p style="text-align: center;"><u>表 11 多点配置時の計算条件</u></p> <table border="1" data-bbox="1736 289 2502 531"> <tr> <td>竜巻条件</td> <td>表7と同様</td> </tr> <tr> <td>飛来物条件</td> <td>表7と同様</td> </tr> <tr> <td>初期配置等</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・物体個数：51×51台を、最大接線風速半径の4倍を1辺とする正方形内 (x, y=[-2Rm, +2Rm]) に等間隔配置。 ・地上からの初期高さ：0m (地上) </td> </tr> </table> <p style="text-align: center;"><u>表 12 実際の被災状況と多点配置等を考慮した場合の飛散解析手法の結果の比較</u></p> <table border="1" data-bbox="1736 709 2487 1255"> <thead> <tr> <th></th> <th>飛散距離</th> <th>飛散高さ</th> <th>最大水平速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>計算結果 (TONBOS)</td> <td>86.5 m</td> <td>5.3 m</td> <td>39.9 m/s (約 144 km/hr)</td> </tr> <tr> <td>実際の被災状況</td> <td>約 40 m</td> <td>トラックの運転席に乗りしていた乗員2名が幸いにも存命で救出され、搬送先の病院で聞き取り調査に応じており、被災したトラックが地面から5.3 m以上の高所から落下したとは考えにくい。</td> <td>被災後もほぼ元の外形を留めていることが示されており、実際の飛来物速度は本解析で得られた最大飛来物速度 (約 144 km/hr) を遙かに下回るものと推察できる。</td> </tr> </tbody> </table>	竜巻条件	表7と同様	飛来物条件	表7と同様	初期配置等	<ul style="list-style-type: none"> ・物体個数：51×51台を、最大接線風速半径の4倍を1辺とする正方形内 (x, y=[-2Rm, +2Rm]) に等間隔配置。 ・地上からの初期高さ：0m (地上) 		飛散距離	飛散高さ	最大水平速度	計算結果 (TONBOS)	86.5 m	5.3 m	39.9 m/s (約 144 km/hr)	実際の被災状況	約 40 m	トラックの運転席に乗りしていた乗員2名が幸いにも存命で救出され、搬送先の病院で聞き取り調査に応じており、被災したトラックが地面から5.3 m以上の高所から落下したとは考えにくい。	被災後もほぼ元の外形を留めていることが示されており、実際の飛来物速度は本解析で得られた最大飛来物速度 (約 144 km/hr) を遙かに下回るものと推察できる。	
竜巻条件	表7と同様																				
飛来物条件	表7と同様																				
初期配置等	<ul style="list-style-type: none"> ・物体個数：51×51台を、最大接線風速半径の4倍を1辺とする正方形内 (x, y=[-2Rm, +2Rm]) に等間隔配置。 ・地上からの初期高さ：0m (地上) 																				
	飛散距離	飛散高さ	最大水平速度																		
計算結果 (TONBOS)	86.5 m	5.3 m	39.9 m/s (約 144 km/hr)																		
実際の被災状況	約 40 m	トラックの運転席に乗りしていた乗員2名が幸いにも存命で救出され、搬送先の病院で聞き取り調査に応じており、被災したトラックが地面から5.3 m以上の高所から落下したとは考えにくい。	被災後もほぼ元の外形を留めていることが示されており、実際の飛来物速度は本解析で得られた最大飛来物速度 (約 144 km/hr) を遙かに下回るものと推察できる。																		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
-------------------------------------	-------------------------	--------------	----

(b) 柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法による検証⁽²⁷⁾

ここでは、柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法の竜巻条件・物体初期配置条件で前述の佐呂間竜巻における4tトラック及び白い乗用車の被災事例を評価し、佐呂間竜巻での実際の被災状況（移動距離等）との結果を比較する。

(i) 4tトラックの飛散解析

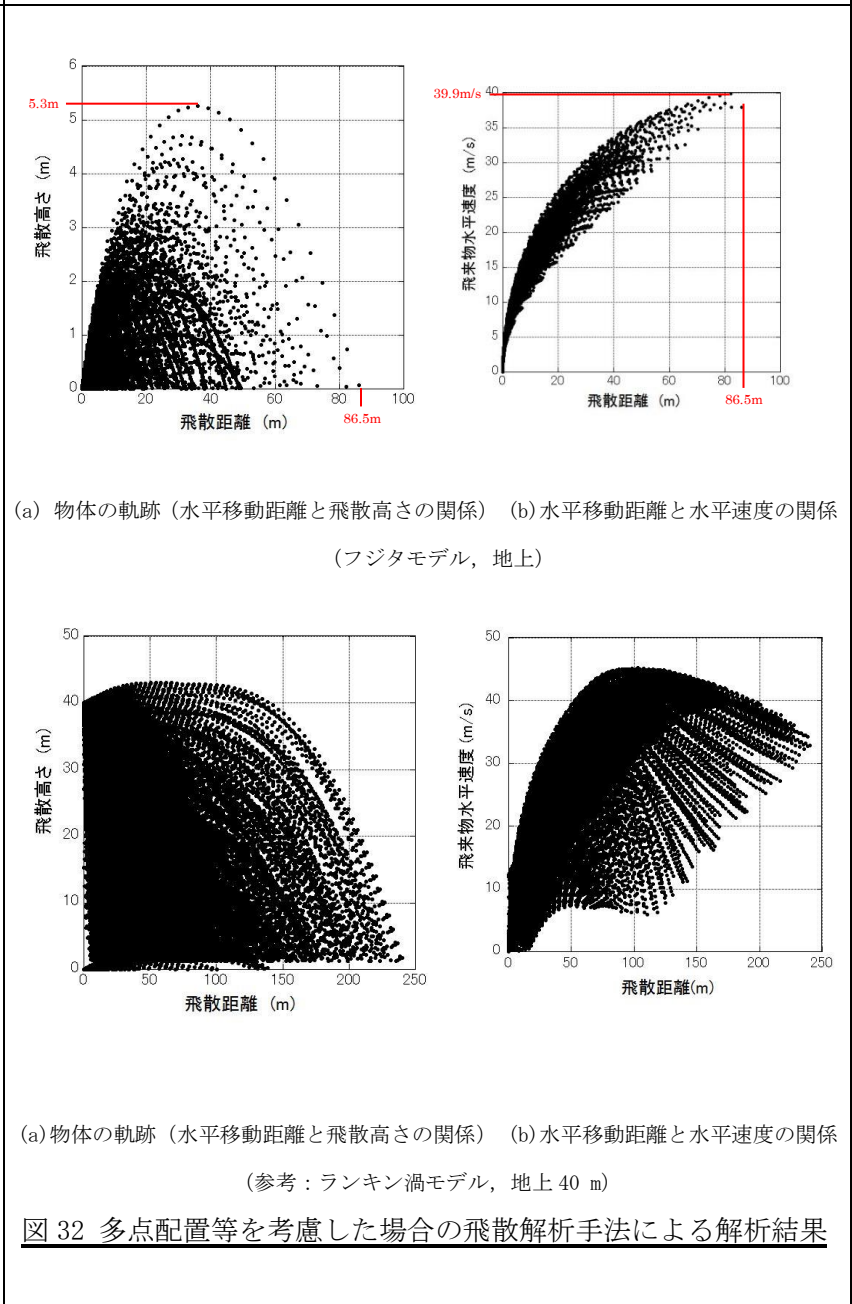
計算条件について第11表に示す。竜巻条件としては、設計竜巻の最大風速を92 m/sとし、その他の特性量については、ガイドに

(2) 今回の飛散解析手法による検証

ここでは、今回の飛散解析手法で、前述の佐呂間竜巻における4tトラック及び乗用車の被災事例を評価し、実際の被災状況（飛散距離等）と比較する。

a. 4tトラックの飛散解析

解析条件について第6.3-5表に示す。竜巻条件としては、最大風速を92m/sとし、その他の特性量については、竜巻影響評価ガ



(b) 今回の飛散解析手法による検証⁽²⁶⁾

ここでは、今回の飛散解析手法で、前述の佐呂間竜巻における4tトラック及び白い乗用車の被災事例を評価し、佐呂間竜巻での実際の被災状況（移動距離等）との結果を比較する。

(i) 4tトラックの飛散解析

計算条件について表13に示す。竜巻条件としては、設計竜巻の最大風速を92 m/sとし、その他の特性量については、ガイドに例

(b) 今回の飛散解析手法による検証⁽²⁶⁾

ここでは、今回の飛散解析手法で、前述の佐呂間竜巻における4tトラック及び乗用車の被災事例を評価し、実際の被災状況（移動距離等）との結果を比較する。

(i) 4tトラックの飛散解析

計算条件について表13に示す。竜巻条件としては、設計竜巻の最大風速を92 m/sとし、その他の特性量については、ガイドに例

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																													
<p>例示されている方法に従い、移動速度 V_t を 14 m/s (最大風速の 15%)、竜巻コア半径 R_m を 30 m とする。</p> <p>第 11 表 柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法の計算条件</p> <table border="1" data-bbox="184 478 902 680"> <tr> <td rowspan="4">竜巻条件</td> <td>設計竜巻風速</td> <td>92m/s</td> </tr> <tr> <td>最大接線風速</td> <td>78m/s</td> </tr> <tr> <td>移動速度</td> <td>14m/s</td> </tr> <tr> <td>コア半径</td> <td>30m</td> </tr> <tr> <td>飛来物条件</td> <td colspan="2">第 7 表と同様</td> </tr> <tr> <td>初期配置</td> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> 物体個数 51×51 個、竜巻半径の 4 倍を一辺とする正方形内 ($x, y = [-2R_m, +2R_m]$) に等間隔配置 設置高さ 0m </td> </tr> </table> <p>第 12 表に実際の被災状況と、柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法の結果の比較を示す。また、第 30 図に被災後の 4t トラックの状況を示す。</p> <p>フジタモデルによる飛散評価結果として、4t トラックの最大飛来物速度は 36 m/s、最大飛散高さは 3.6 m、最大飛散距離は 63.4 m となる。</p> <p>実際の 4t トラック飛散距離は約 40m であり、フジタモデルによる飛散距離の評価結果はこれを上回る。また、飛散高さや最大水平速度については、直接の比較はできないものの、4t トラックの乗員 2 名が存命であったこと、被災後の 4t トラックがほぼ元の外形をとどめていること等から、柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法で飛散解析をした場合でも、実際の被災状況と比較して妥当な結果となるものと考えられる。</p> <p>なお、参考として同様の検証をランキン渦モデルでも実施しており、ランキン渦モデルによる評価では、最大飛散高さ、最大飛散距離ともに実際の被災状況と比較して非常に保守性が大きい結果となっていることが分かる。</p>	竜巻条件	設計竜巻風速	92m/s	最大接線風速	78m/s	移動速度	14m/s	コア半径	30m	飛来物条件	第 7 表と同様		初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数 51×51 個、竜巻半径の 4 倍を一辺とする正方形内 ($x, y = [-2R_m, +2R_m]$) に等間隔配置 設置高さ 0m 		<p>イドに例示されている方法に従い、移動速度 V_{tr} を 14m/s (最大風速の 15%)、竜巻コア半径 R_m を 30m とした。</p> <p>第 6.3-5 表 今回の飛散解析手法に基づく計算条件</p> <table border="1" data-bbox="961 424 1662 680"> <tr> <td rowspan="4">竜巻条件</td> <td>設計竜巻風速</td> <td>92 m/s</td> </tr> <tr> <td>最大接線風速</td> <td>78 m/s</td> </tr> <tr> <td>移動速度</td> <td>14 m/s</td> </tr> <tr> <td>コア半径</td> <td>30 m</td> </tr> <tr> <td>飛来物条件</td> <td colspan="2">トラック (第 6.3-1 表) に同じ</td> </tr> <tr> <td>初期配置</td> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> 物体個数：51×51 台を、最大接線風速半径の 4 倍を 1 辺とする正方形内 ($x, y = [-2R_m, +2R_m]$) に等間隔配置。 設置高さ：0 m (地上) </td> </tr> </table> <p>第 6.3-6 表に実際の被災状況と、今回の飛散解析手法による結果との比較を示す。また、第 6.3-4 図に被災後の 4t トラックの状況を示す。</p> <p>フジタモデルによる評価結果として、4t トラックの最大飛散速度は 36m/s、最大飛散高さは 3.6m、最大飛散距離は 63.4m となった。</p> <p>実際の 4t トラック飛散距離は約 40m であり、フジタモデルによる評価結果はこれを上回った。また、飛散高さや最大水平速度については、直接の比較は出来ないものの、4t トラックの乗員 2 名が存命であったこと、被災後の 4t トラックがほぼ元の外形をとどめていることなどから、今回の飛散解析手法で評価をした場合でも、実際の被災状況と比較して妥当な結果となるものと考えられる。</p> <p>なお、参考として同様の検証をランキン渦モデルでも実施した。ランキン渦モデルによる評価では、最大飛散高さ、最大飛散距離ともに実際の被災状況と比較して非常に保守的な結果となっていることが分かる。</p>	竜巻条件	設計竜巻風速	92 m/s	最大接線風速	78 m/s	移動速度	14 m/s	コア半径	30 m	飛来物条件	トラック (第 6.3-1 表) に同じ		初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数：51×51 台を、最大接線風速半径の 4 倍を 1 辺とする正方形内 ($x, y = [-2R_m, +2R_m]$) に等間隔配置。 設置高さ：0 m (地上) 		<p>示されている方法に従い、移動速度 V_t を 14 m/s (最大風速の 15%)、竜巻コア半径 R_m を 30 m とする。</p> <p>表 13 島根原子力発電所に適用する飛来物評価法の計算条件</p> <table border="1" data-bbox="1762 432 2469 718"> <tr> <td rowspan="4">竜巻条件</td> <td>設計竜巻風速</td> <td>92 m/s</td> </tr> <tr> <td>最大接線風速</td> <td>78 m/s</td> </tr> <tr> <td>移動速度</td> <td>14 m/s</td> </tr> <tr> <td>コア半径</td> <td>30 m</td> </tr> <tr> <td>飛来物条件</td> <td colspan="2">表 7 と同様</td> </tr> <tr> <td>初期配置</td> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> 物体個数：51×51 台を、最大接線風速半径の 4 倍を 1 辺とする正方形内 ($x, y = [-2R_m, +2R_m]$) に等間隔配置。 地上からの初期高さ：0 m (地上) </td> </tr> </table> <p>表 14 に実際の被災状況と、今回の飛散解析手法による結果の比較を示す。また、図 33 に被災後の 4t トラックの状況を示す。</p> <p>フジタモデルによる飛散評価結果として、4t トラックの最大飛来物速度は 36 m/s、最大飛散高さは 3.6 m、最大飛散距離は 63.4 m となる。</p> <p>実際の 4t トラック飛散距離は約 40m であり、フジタモデルによる飛散距離の評価結果はこれを上回る。また、飛散高さや最大水平速度については、直接の比較はできないものの、4t トラックの乗員 2 名が存命であったこと、被災後の 4t トラックがほぼ元の外形をとどめていること等から、今回の飛散解析手法で評価をした場合でも、実際の被災状況と比較して妥当な結果となるものと考えられる。</p> <p>なお、参考として同様の検証をランキン渦モデルでも実施しており、ランキン渦モデルによる評価では、最大飛散高さ、最大飛散距離ともに実際の被災状況と比較して非常に保守性が大きい結果となっていることが分かる。</p>	竜巻条件	設計竜巻風速	92 m/s	最大接線風速	78 m/s	移動速度	14 m/s	コア半径	30 m	飛来物条件	表 7 と同様		初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数：51×51 台を、最大接線風速半径の 4 倍を 1 辺とする正方形内 ($x, y = [-2R_m, +2R_m]$) に等間隔配置。 地上からの初期高さ：0 m (地上) 		
竜巻条件		設計竜巻風速	92m/s																																													
		最大接線風速	78m/s																																													
		移動速度	14m/s																																													
	コア半径	30m																																														
飛来物条件	第 7 表と同様																																															
初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数 51×51 個、竜巻半径の 4 倍を一辺とする正方形内 ($x, y = [-2R_m, +2R_m]$) に等間隔配置 設置高さ 0m 																																															
竜巻条件	設計竜巻風速	92 m/s																																														
	最大接線風速	78 m/s																																														
	移動速度	14 m/s																																														
	コア半径	30 m																																														
飛来物条件	トラック (第 6.3-1 表) に同じ																																															
初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数：51×51 台を、最大接線風速半径の 4 倍を 1 辺とする正方形内 ($x, y = [-2R_m, +2R_m]$) に等間隔配置。 設置高さ：0 m (地上) 																																															
竜巻条件	設計竜巻風速	92 m/s																																														
	最大接線風速	78 m/s																																														
	移動速度	14 m/s																																														
	コア半径	30 m																																														
飛来物条件	表 7 と同様																																															
初期配置	<ul style="list-style-type: none"> 物体個数：51×51 台を、最大接線風速半径の 4 倍を 1 辺とする正方形内 ($x, y = [-2R_m, +2R_m]$) に等間隔配置。 地上からの初期高さ：0 m (地上) 																																															

第12表 実際の被災状況と「柏崎刈羽原子力発電所の飛来物評価法」との結果の比較 (4tトラックの場合)

風速場モデル	飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度
フジタモデル (地上)	63.4m	3.6m	36.0m/s (毎時130km)
ランキン渦モデル (地上 ^{※1})	193.7m	11.7m	43.9m/s
ランキン渦モデル (40m)	254.9m	11.7m	43.9m/s
実際の被災状況	約40m	4tトラックの運転席に 乗車していた乗員2名 が幸いにも存命で救出 され、搬送先の病院で聞 き取り調査に応じてお り ⁽²⁵⁾ 、被災した4tト ラックが地面からは 3.6m以上の高所から落 下したとは考えにくい。	被災後もほぼ元の外形 をとどめていることが 示されており ⁽²⁵⁾ 、実際 の飛来物速度は本解析 で得られた最大飛来物 速度(約130km/h)を 遙かに下回るものと推 察できる。

※1:ランキン渦モデルでは地上付近の風速場を模擬できていないが、フジタモデルの計算結果(飛散距離)と比較するため、フジタモデルと同条件とする。
 ※2:初期物体高さからの飛散高さ。



第30図 竜巻による被災後の4tトラックの様子⁽²⁵⁾⁽²⁶⁾

(ii) 乗用車(白)の飛散解析

4tトラックの場合と同様に、柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価条件で白い乗用車の飛散解析を行った場合の結果を第13表に示す。

第6.3-6表 実際の被災状況と今回の飛散解析手法による評価結果 (4tトラック)

風速場モデル	初期物体高さ	計算結果		
		飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度
フジタモデル	0m (地上)	63.4m	3.6m	36.0m/s
ランキン渦モデル 【参考】	0m (地上 ^{※1})	193.7m	11.7m	43.9m/s
	40m	254.9m		
実際の被災状況	0m (地上)	約40m	乗員2名が存命で、 病院にて聞き取り調 査が可能であったこと から ⁽²⁷⁾ 、3.6mを 超える高さからトラ ックが落下したとは考 えにくい。	トラックはおむね外形 をとどめていること から、36m/s (約130km/h)を超 える飛散速度であつ たとは考えにくい。

※1 比較のため、フジタモデルと同条件とした。
 ※2 初期物体高さからの飛散(浮上)高さ。



第6.3-4図 竜巻による被災後の4tトラックの様子^(xx)^(xx i)

b. 乗用車(白)の飛散解析

4tトラックの場合と同様に、今回の飛散解析手法で乗用車の評価を行った結果を第6.3-7表に示す。

乗用車の場合も、フジタモデルによる評価が、実際の被災状況を包含する結果となっている。

表14 実際の被災状況と今回の飛散解析手法による評価結果の比較 (4tトラックの場合)

風速場モデル	飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度
フジタモデル (地上)	63.4m	3.6m	36.0m/s (約130km/hr)
ランキン渦モデル (地上 ^{※1})	193.7m	11.7m	43.9m/s
ランキン渦モデル (40m)	254.9m	11.7m	43.9m/s
実際の被災状況	約40m	トラックの運転席に乗 車していた乗員2名が 幸いにも存命で救出 され、搬送先の病院 で聞き取り調査に 応じており ⁽²⁴⁾ 、被災 したトラックが地面 から3.6m以上の高 所から落下したとは 考えにくい。	被災後もほぼ元の外 形を留めていること が示されており ⁽²⁴⁾ 、 実際の飛来物速度は 本解析で得られた最 大飛来物速度(約130 km/hr)を遙かに下 回るものと推察でき る。

※1:ランキン渦モデルでは地上付近の風速場を模擬できていないが、フジタモデルの計算結果(飛散距離)と比較するため、フジタモデルと同条件とする。
 ※2:初期物体高さからの飛散高さ



図33 竜巻による被災後の4tトラックの様子⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾

(ii) 乗用車(白)の飛散解析

4tトラックの場合と同様に、今回の飛散解析手法で白い乗用車の飛散解析を行った場合の結果を表15に示す。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																	
<p>第13表 実際の被災状況と「柏崎刈羽原子力発電所の飛来物評価法」との結果の比較（白い乗用車の場合）</p> <table border="1" data-bbox="189 359 908 541"> <thead> <tr> <th>風速場モデル</th> <th>飛散距離</th> <th>飛散高さ^{※2}</th> <th>最大水平速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>フジタモデル (地上)</td> <td>82.3m</td> <td>4.2m</td> <td>44.1m/s</td> </tr> <tr> <td>ランキン渦モデル (地上^{※1})</td> <td>269.6m</td> <td>39.4m</td> <td>49.6m/s</td> </tr> <tr> <td>ランキン渦モデル (40m)</td> <td>305.8m</td> <td>39.4m</td> <td>49.6m/s</td> </tr> <tr> <td>実際の被災状況</td> <td>約50m</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：ランキン渦モデルでは地上付近の風速場を模擬できていないが、フジタモデルの計算結果（飛散距離）と比較するため、フジタモデルと同条件とする。 ※2：初期物体高さからの飛散高さ。</p> <p>7. 飛散以外の挙動に対する考慮</p> <p>前節までで、飛来物の竜巻による挙動のうち、飛散に関する評価手法について説明をした。実際の竜巻による飛来物の挙動としては、飛散だけではなく、横滑りや転がりによる挙動が発生することも考えられるため、本節では、これらの飛来物の挙動について、下記の2点に分けて考察する。</p> <p>(a) 飛散する物体における横滑りや転がりの影響 (b) 飛散しない物体における横滑りや転がりの影響</p> <p>(a) 飛散する物体における横滑りや転がりの影響</p> <p>「5.2 竜巻が物体に与える速度に関する不確定性の考慮」に記載のとおり、本検討においては、竜巻を直上に発生させる方法を採用していることから、実際には横滑りや転がりを伴い移動する物体も強制的に高速域に配置され、浮上をして飛散することになる。</p> <p>この場合、空中では地面の摩擦力を受けないため、実際に比べて大きな水平速度が得られることになる。</p> <p>また、浮上後に地面に衝突する場合は、運動エネルギーの大部分は物体や地面の変形・破損等で消費されることから、落下後の横滑りや転がりによる移動距離は実際には小さいものと考えられる。</p> <p>「6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例」における飛散した4tトラックや乗用車は、実際には飛散だけではなく、横滑りや転がりを伴ったものと考えられるが、飛散解析より得られた飛散距離や最</p>	風速場モデル	飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度	フジタモデル (地上)	82.3m	4.2m	44.1m/s	ランキン渦モデル (地上 ^{※1})	269.6m	39.4m	49.6m/s	ランキン渦モデル (40m)	305.8m	39.4m	49.6m/s	実際の被災状況	約50m	—	—	<p>第6.3-7表 実際の被災状況と今回の飛散解析手法による評価結果（乗用車）</p> <table border="1" data-bbox="985 359 1673 569"> <thead> <tr> <th rowspan="2">風速場モデル</th> <th rowspan="2">初期物体高さ</th> <th colspan="3">計算結果</th> </tr> <tr> <th>飛散距離</th> <th>飛散高さ^{※2}</th> <th>最大水平速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>フジタモデル</td> <td>0 m (地上)</td> <td>82.3 m</td> <td>4.2 m</td> <td>44.1 m/s</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">ランキン渦モデル 【参考】</td> <td>0 m (地上^{※1})</td> <td>269.6 m</td> <td rowspan="2">39.4 m</td> <td rowspan="2">49.6 m/s</td> </tr> <tr> <td>40 m</td> <td>305.8 m</td> </tr> <tr> <td>実際の被災状況</td> <td>0 m (地上)</td> <td>約50 m</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 比較のため、フジタモデルと同条件とした。 ※2 初期物体高さからの飛散（浮上）高さ。</p> <p>7. 飛散以外の挙動に対する考慮</p> <p>前節までで、飛来物の竜巻による挙動のうち、飛散に関する評価手法について説明をしたが、実際の竜巻による飛来物の挙動としては、飛散だけではなく横滑りや転がりが発生することも考えられる。</p> <p>本節では、横滑りや転がりの影響について、以下2点に分けて考察する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 飛散する物体における横滑りや転がりの影響 飛散しない物体における横滑りや転がりの影響 <p>(1) 飛散する物体における横滑りや転がりの影響</p> <p>「5.2 物体が受ける風速における保守性の考慮」に記載のとおり、本検討においては、竜巻を直上に発生させる方法を採用していることから、実際には横滑りや転がりを伴い移動する物体も強制的に高速域に配置され、浮上をして飛散することになる。</p> <p>この場合、空中では地面の摩擦力を受けないため、実際に比べて大きな水平速度が得られることになる。</p> <p>また、浮上後に地面に衝突する場合は、運動エネルギーの大部分は物体や地面の変形、破損等で消費されることから、落下後の横滑りや転がりによる移動距離は実際には小さいものと考えられる。</p> <p>「6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例との比較」における飛散した4tトラックや乗用車は、実際には飛散だけではなく横滑りや転がりを伴ったものと考えられるが、飛散解析より得られた飛散距</p>	風速場モデル	初期物体高さ	計算結果			飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度	フジタモデル	0 m (地上)	82.3 m	4.2 m	44.1 m/s	ランキン渦モデル 【参考】	0 m (地上 ^{※1})	269.6 m	39.4 m	49.6 m/s	40 m	305.8 m	実際の被災状況	0 m (地上)	約50 m	—	—	<p>表15 実際の被災状況と今回の飛散解析手法による評価結果の比較（白い乗用車の場合）</p> <table border="1" data-bbox="1774 359 2493 541"> <thead> <tr> <th>風速場モデル</th> <th>飛散距離</th> <th>飛散高さ^{※2}</th> <th>最大水平速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>フジタモデル (地上)</td> <td>82.3m</td> <td>4.2m</td> <td>44.1m/s</td> </tr> <tr> <td>ランキン渦モデル (地上^{※1})</td> <td>269.6m</td> <td>39.4m</td> <td>49.6m/s</td> </tr> <tr> <td>ランキン渦モデル (40m)</td> <td>305.8m</td> <td>39.4m</td> <td>49.6m/s</td> </tr> <tr> <td>実際の被災状況</td> <td>約50m</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：ランキン渦モデルでは地上付近の風速場を模擬できていないが、フジタモデルの計算結果（飛散距離）と比較するため、フジタモデルと同条件とする。 ※2：初期物体高さからの飛散高さ。</p> <p>7. 飛散以外の挙動に対する考慮</p> <p>前節までで、飛来物の竜巻による挙動のうち、飛散に関する評価手法について説明をした。実際の竜巻による飛来物の挙動としては、飛散だけではなく、横滑りや転がりによる挙動が発生することも考えられるため、本節では、これらの飛来物の挙動について、下記の2点に分けて考察する。</p> <p>(a) 飛散する物体における横滑りや転がりの影響 (b) 飛散しない物体における横滑りや転がりの影響</p> <p>(a) 飛散する物体における横滑りや転がりの影響</p> <p>「5.2 竜巻が物体に与える速度に関する不確定性の考慮」に記載のとおり、本検討においては、竜巻を直上に発生させる方法を採用していることから、実際には横滑りや転がりを伴い移動する物体も強制的に高速域に配置され、浮上をして飛散することになる。</p> <p>この場合、空中では地面の摩擦力を受けないため、実際に比べて大きな水平速度が得られることになる。</p> <p>また、浮上後に地面に衝突する場合は、運動エネルギーの大部分は物体や地面の変形・破損等で消費されることから、落下後の横滑りや転がりによる移動距離は実際には小さいものと考えられる。</p> <p>「6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例」における飛散した4tトラックや乗用車は、実際には飛散だけではなく、横滑りや転がりを伴ったものと考えられるが、飛散解析より得られた飛散距離や最</p>	風速場モデル	飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度	フジタモデル (地上)	82.3m	4.2m	44.1m/s	ランキン渦モデル (地上 ^{※1})	269.6m	39.4m	49.6m/s	ランキン渦モデル (40m)	305.8m	39.4m	49.6m/s	実際の被災状況	約50m	—	—	
風速場モデル	飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度																																																																	
フジタモデル (地上)	82.3m	4.2m	44.1m/s																																																																	
ランキン渦モデル (地上 ^{※1})	269.6m	39.4m	49.6m/s																																																																	
ランキン渦モデル (40m)	305.8m	39.4m	49.6m/s																																																																	
実際の被災状況	約50m	—	—																																																																	
風速場モデル	初期物体高さ	計算結果																																																																		
		飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度																																																																
フジタモデル	0 m (地上)	82.3 m	4.2 m	44.1 m/s																																																																
ランキン渦モデル 【参考】	0 m (地上 ^{※1})	269.6 m	39.4 m	49.6 m/s																																																																
	40 m	305.8 m																																																																		
実際の被災状況	0 m (地上)	約50 m	—	—																																																																
風速場モデル	飛散距離	飛散高さ ^{※2}	最大水平速度																																																																	
フジタモデル (地上)	82.3m	4.2m	44.1m/s																																																																	
ランキン渦モデル (地上 ^{※1})	269.6m	39.4m	49.6m/s																																																																	
ランキン渦モデル (40m)	305.8m	39.4m	49.6m/s																																																																	
実際の被災状況	約50m	—	—																																																																	

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>大水平速度は、実際の被災状況よりも保守的な評価となっていることから、飛散過程における不確実性を裕度として包含している。</p> <p>(b)飛散しない物体における横滑りや転がりの影響</p> <p>飛散しない物体においても、竜巻による風荷重が静止摩擦力より大きい場合には、横滑りをする。また、横滑りをしない場合でも、風荷重によるモーメントが自重のモーメントよりも大きい場合には転がることになる。このように、竜巻により横滑りや転がる場合には、地面での摩擦力の影響を受けながら移動することから、移動距離や水平速度は十分に小さいものと考えられる。</p> <p>また、物体と外部事象防護対象施設の間に、障害物となるフェンス等がある場合には、横滑りや転がった物体が外部事象防護対象施設に到達することは阻止される。</p> <p>以上より、飛散しない物体が横滑りや転がりにより、障害物の影響を受けず、外部事象防護対象施設と衝突することが想定される場合については、横滑りや転がった物体の影響が設計飛来物の影響に包含されることを確認し、包含されない場合には固縛等の措置を実施する。固縛等の措置に当たっては、フジタモデルの風速場より求まる風荷重に、地面での摩擦力を適切に考慮した上で、設計用荷重を設定する。</p> <p>8. まとめ</p> <p>フジタモデルは、米国 NRC による要望で実際の竜巻観測記録をもとに考案された風速場モデルであり、米国 DOE の重要施設に対する設計基準の作成の際にも用いられている。フジタモデルは、他のモデルではできなかった地上からの物体の浮上を現実的に評価することができる点が大きなメリットである。</p> <p>これは、「6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例」の「(a)竜巻特性や飛来物の状況を現実的に設定した場合の再現解析」において、フジタモデルを風速場とした飛散解析結果が実際の飛散状況とおおむね合致していることから、確認することができる。</p> <p>また、フジタモデルにより算出される風速 (V_w) は、飛来物の飛散評価のインプットとして用いるものであり、設計竜巻の最大風速の算出に当たっては保守性を確保した上で、「5. 飛来物評価</p>	<p>離や最大水平速度は、実際の被災状況よりも保守的な評価となっていることから、飛散過程における不確実性を裕度として包含している。</p> <p>(2) 飛散しない物体における横滑りや転がりの影響</p> <p>飛散しない物体においても、竜巻による風荷重が静止摩擦力より大きい場合には、横滑りをする。また、横滑りをしない場合でも、風荷重によるモーメントが自重のモーメントよりも大きい場合には転がることになる。このように、竜巻により横滑りや転がりが生じる場合には、地面での摩擦力の影響を受けながら移動することから、移動距離や水平速度は十分に小さいものと考えられる。</p> <p>また、物体と評価対象施設等の間に障害物となるフェンス等がある場合には、横滑りや転がった物体が評価対象施設等に到達することは阻止される。</p> <p>以上より、飛散しない物体が、障害物の影響を受けずに、横滑りや転がりによって評価対象施設等と衝突することが想定される場合については、横滑りや転がった物体の影響が設計飛来物の影響に包含されることを確認し、包含されない場合には固縛等の措置を実施する。固縛等の措置に当たっては、フジタモデルの風速場より求まる風荷重や地面での摩擦力を適切に考慮した上で、設計用荷重を設定する。</p> <p>8. まとめ</p> <p>フジタモデルは、米国 NRC の要望により実際の竜巻観測記録を基に考案された風速場モデルであり、米国 DOE の重要施設に対する設計基準の作成の際にも用いられている。フジタモデルは、他のモデルではできなかった地上からの物体の浮上を現実的に評価することができる点が大きなメリットである。これは、「6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例との比較」の「(1)竜巻特性や飛来物(4tトラック及び乗用車)の状況を現実的に設定した場合の再現解析」において、フジタモデルを風速場とした飛散解析結果が実際の飛散状況とおおむね合致していることから確認できる。</p> <p>また、フジタモデルにより算出される風速 (V_w) は、飛来物の飛散評価のインプットとして用いるものであり、設計竜巻の最大風速の算出に当たっては保守性を確保したうえで、「5. 飛散解析</p>	<p>大水平速度は、実際の被災状況よりも保守的な評価となっていることから、飛散過程における不確実性を裕度として包含している。</p> <p>(b)飛散しない物体における横滑りや転がりの影響</p> <p>飛散しない物体においても、竜巻による風荷重が静止摩擦力より大きい場合には、横滑りをする。また、横滑りをしない場合でも、風荷重によるモーメントが自重のモーメントよりも大きい場合には転がることになる。このように、竜巻により横滑りや転がる場合には、地面での摩擦力の影響を受けながら移動することから、移動距離や水平速度は十分に小さいものと考えられる。</p> <p>また、物体と外部事象防護対象施設の間に、障害物となるフェンス等がある場合には、横滑りや転がった物体が外部事象防護対象施設に到達することは阻止される。</p> <p>以上より、飛散しない物体が横滑りや転がりにより、障害物の影響を受けず、外部事象防護対象施設と衝突することが想定される場合については、横滑りや転がった物体の影響が設計飛来物の影響に包含されることを確認し、包含されない場合には固縛等の措置を実施する。固縛等の措置に当たっては、フジタモデルの風速場より求まる風荷重に、地面での摩擦力を適切に考慮した上で、設計用荷重を設定する。</p> <p>8. まとめ</p> <p>フジタモデルは、米国 NRC による要望で実際の竜巻観測記録をもとに考案された風速場モデルであり、米国 DOE の重要施設に対する設計基準の作成の際にも用いられている。フジタモデルは、他のモデルではできなかった地上からの物体の浮上を現実的に評価することができる点が大きなメリットである。</p> <p>これは、「6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例」の「(a)竜巻特性や飛来物の状況を現実的に設定した場合の再現解析」において、フジタモデルを風速場とした飛散解析結果が実際の飛散状況とおおむね合致していることから、確認することができる。</p> <p>また、フジタモデルにより算出される風速 (V_w) は、飛来物の飛散評価のインプットとして用いるものであり、設計竜巻の最大風速の算出に当たっては保守性を確保した上で、「5. 飛来物評価</p>	

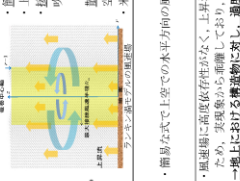
柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>における不確定性の考慮」のとおり、竜巻を多数の物体の直上に瞬時に発生させて物体が最大風速を受けるような初期条件を用いる等の評価手法により、不確実性も含めて飛来物速度等を保守的に評価できるようにしている。</p> <p>これにより、「6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例」の「(b) 柏崎刈羽原子力発電所に適用する飛来物評価法による検証」では、本評価手法を用いることでフジタモデルにおいても実際の飛散状況に対して、保守性を有した妥当な結果となることを確認している。</p> <p>地上からの浮上・飛散評価を行うことのメリットは、発電所敷地内に数多く存在する物の中から、竜巻による飛来物化の影響度合いを、浮上の有無の観点を含め、より正確に把握できることである。竜巻飛来物の影響（浮上の有無、飛散高さ、飛散距離、最大速度等）を正確に捉えることにより、飛来物の発生防止対策や評価対象施設の防護対策の範囲や強度について、適切な保守性を確保した上で実効性の高い竜巻防護対策を実施することが可能となると考えられる。</p> <p>評価全体として一定の保守性を確保しつつ、適切な竜巻対策によりプラント全体の安全性を向上させるため、当社の竜巻影響評価については、フジタモデルを適用することとする。</p>	<p>における保守性の考慮」のとおり、竜巻を多数の物体の直上に瞬時に発生させて物体が最大風速を受けるような初期条件を用いる等の評価手法により、不確実性も含めて飛来物速度等を保守的に評価できるようにしている。</p> <p>これにより、「6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例との比較」の「(2) 今回の飛散解析手法による検証」では、本評価手法を用いることで、フジタモデルにおいても実際の飛散状況に対し保守性を有した妥当な結果となることを確認している。</p> <p>地上からの浮上、飛散評価を行うことのメリットは、発電所敷地内に数多く存在する物品の中から、竜巻による飛来物化の影響度合いを、浮上の有無の観点を含めより正確に把握できることである。竜巻飛来物の影響（浮上の有無、飛散高さ、飛散距離、最大速度等）を正確に捉えることにより、飛来物発生防止対策や評価対象施設等の防護対策の範囲や強度について、適切な保守性を確保した上で実効性の高い竜巻防護対策を実施することが可能となると考えられる。</p> <p>評価全体として一定の保守性を確保しつつ、適切な竜巻対策によりプラント全体の安全性を向上させるため、竜巻影響評価における物体の浮上、飛散評価については、フジタモデルを適用することとする。</p>	<p>における不確定性の考慮」のとおり、竜巻を多数の物体の直上に瞬時に発生させて物体が最大風速を受けるような初期条件を用いる等の評価手法により、不確実性も含めて飛来物速度等を保守的に評価できるようにしている。</p> <p>これにより、「6.3 佐呂間竜巻での車両飛散事例」の「(b) 今回の飛散解析手法による検証」では、本評価手法を用いることでフジタモデルにおいても実際の飛散状況に対して、保守性を有した妥当な結果となることを確認している。</p> <p>地上からの浮上・飛散評価を行うことのメリットは、発電所敷地内に数多く存在する物の中から、竜巻による飛来物化の影響度合いを、浮上の有無の観点を含め、より正確に把握できることである。竜巻飛来物の影響（浮上の有無、飛散高さ、飛散距離、最大速度等）を正確に捉えることにより、飛来物の発生防止対策や評価対象施設の防護対策の範囲や強度について、適切な保守性を確保した上で実効性の高い竜巻防護対策を実施することが可能となると考えられる。</p> <p>評価全体として一定の保守性を確保しつつ、適切な竜巻対策によりプラント全体の安全性を向上させるため、当社の竜巻影響評価については、フジタモデルを適用することとする。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>9. 参考文献</p> <p>(1) 原子力規制委員会, 2013: 原子力発電所の竜巻影響評価ガイドの制定について, 原規技発第 13061911 号, 平成 25 年 6 月 19 日制定, 平成 26 年 9 月一部改正.</p> <p>(2) U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION: REGULATORY GUIDE 1.76, 2007: Design-BasisTornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plant, Revision 1.</p> <p>(3) Simiu, E. and Cordes, M., Tornado-Borne Missile Speeds, NBSIR 76-1050, 1976.</p> <p>(4) 東京工芸大学 (2011):平成 21~22 年度原子力安全基盤調査研究(平成 22 年度)竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究, 独立行政法人原子力安全基盤機構.</p> <p>(5) Fujita, T. T. (1978) Workbook of tornadoes and high winds for engineering applications. SMRP Research Paper 165, Department of Geophysical Sciences,University of Chicago, 142pp.</p> <p>(6) Karen A. Kosiba and Joshua Wurman, 2013: The Three-Dimensional Structure and Evolution of a Tornado Boundary Layer. Wea. Forecasting, 28, 1552-1561.</p> <p>(7) Maruyama, T. (2011) Simulation of flying debris using a numerically generated tornado-like vortex. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 99, 249-256.</p> <p>(8) U.S. Department of Energy, Natural Phenomena Hazards Design and Evaluation Criteria for Department of Energy Facilities, DOE-STD-1020-2002, 2002. (https://www.standards.doe.gov/standards-documents/1000/1020-astd-2002/@images/file)</p> <p>(9) Malaeb, D. A., Simulation of tornado-generated missiles. M.S. thesis, TexasTech University, 1980.</p> <p>(10) P.-H. Luan, Estimates of Missile Speeds in Tornadoes, M.S. thesis, Texas Tech University, 1987.</p> <p>(11) J. R. McDonald, Rationale for Wind-Borne Missile Criteria for DOE facilities,UCRL-CR-135687, Lawrence</p>	<p><参考文献></p> <p>(1) U.S. Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 1.76: Design-Basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plants, Revision 1, March 2007.</p> <p>(2) Simiu, E. and Cordes, M., Tornado-Borne Missile Speeds, NBSIR 76-1050, 1976.</p> <p>(3) 東京工芸大学 (2011):平成 21~22 年度原子力安全基盤調査研究(平成 22 年度)竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究, 独立行政法人原子力安全基盤機構</p> <p>(4) Fujita, T. T., Workbook of tornadoes and high winds for engineering applications, U. Chicago, 1978.</p> <p>(5) Karen A. Kosiba and Joshua Wurman, 2013: The Three-Dimensional Structure and Evolution of a Tornado Boundary Layer. Wea. Forecasting, 28, 1552-1561.</p> <p>(6) 数値的に生成された竜巻状の渦の性質, 平成 21 年度京都大学防災研究所研究発表要</p> <p>(7) Maruyama, T., Simulation of flying debris using a numerically generated tornado-like vortex. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol.99(4), pp.249-256, 2011.</p> <p>(8) U.S. Department of Energy, Natural Phenomena Hazards Design and Evaluation Criteria for Department of Energy Facilities, OE-STD-1020-2002, 2002. (http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0302/ML030220224.pdf)</p> <p>(9) Malaeb, D. A., Simulation of tornado-generated missiles. M.S. thesis, Texas Tech University, 1980</p> <p>(10) P.-H. Luan, Estimates of Missile Speeds in Tornadoes, M.S. thesis, Texas Tech University, 1987.</p> <p>(11) J. R. McDonald, Rationale for Wind-Borne Missile Criteria for DOE facilities, UCRL-CR-135687, Lawrence</p>	<p>9. 参考文献</p> <p>(1) 原子力規制委員会, 2013: 原子力発電所の竜巻影響評価ガイドの制定について, 原規技発第 13061911 号, 平成 25 年 6 月 19 日制定, 平成 30 年 11 月一部改正.</p> <p>(2) U.S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION: REGULATORY GUIDE 1.76, 2007: Design-Basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plant, Revision 1.</p> <p>(3) Simiu, E. and Cordes, M., Tornado-Borne Missile Speeds, NBSIR 76-1050, 1976.</p> <p>(4) 東京工芸大学 (2011):平成 21~22 年度原子力安全基盤調査研究(平成 22 年度)竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究, 独立行政法人原子力安全基盤機構.</p> <p>(5) Fujita, T. T. (1978) Workbook of tornadoes and high winds for engineering applications. SMRP Research Paper 165, Department of Geophysical Sciences, University of Chicago, 142pp.</p> <p>(6) Karen A. Kosiba and Joshua Wurman, 2013: The Three-Dimensional Structure and Evolution of a Tornado Boundary Layer. Wea. Forecasting, 28, 1552-1561.</p> <p>(7) Maruyama, T. (2011) Simulation of flying debris using a numerically generated tornado-like vortex. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 99, 249-256.</p> <p>(8) U.S. Department of Energy, Natural Phenomena Hazards Design and Evaluation Criteria for Department of Energy Facilities, DOE-STD-1020-2002, 2002. (https://www.standards.doe.gov/standards-documents/1000/1020-astd-2002/@images/file)</p> <p>(9) Malaeb, D. A., Simulation of tornado-generated missiles. M.S. thesis, Texas Tech University, 1980.</p> <p>(10) P.-H. Luan, Estimates of Missile Speeds in Tornadoes, M.S. thesis, Texas Tech University, 1987.</p> <p>(11) J. R. McDonald, Rationale for Wind-Borne Missile Criteria for DOE facilities, UCRL-CR-135687, Lawrence</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>Livermore National Laboratory, 1999. (https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/236459.pdf)</p> <p>(12) McDonald, J. R., T. Theodore Fujita: His contribution to tornado knowledgethrough damage documentation and the Fujita scale. Bull. Amer. Meteor. Soc.,82, pp.63-72, 2001.</p> <p>(13) NUREG-1827 Safety Evaluation Report for the National Enrichment Facility in Lea County,New Mexico(Docket No.70-3103)</p> <p>(14) 江口讓, 杉本聡一郎, 服部康男, 平口博丸, 竜巻による物体の浮上・飛来解析コード TONBOS の開発, 電力中央研究所 研究報告 N14002 , 2014. (15)日本鋼構造協会, 構造物の耐風工学, p82</p> <p>(16) EPRI, Wind field and trajectory models for tornado-propelled objects, Report NP-748, 1978.</p> <p>(17) 林建二郎・大井邦昭・前田稔・斉藤良, 開水路中に水没設置された立方体および棧粗度の流体力, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.67, No.4, I_1141-I_1146, 2011.</p> <p>(18) 松宮央登, 中岡宏一, 西原 崇, 木村吉郎 : 太陽光発電パネルに作用する空気力の地面効果に関する風洞実験, 構造工学論文集, Vol.60A, pp.446-454, 2014.</p> <p>(19) 山本晃一, 林建二郎, 関根正人, 藤田光一, 田村正秀, 西村晋, 浜口憲一郎, 護岸ブロックの抗力・揚力係数、および相当粗度の計測方法について, 水工学論文集, 第 44 巻, pp1053~1058, 2000.</p> <p>(20) 江口 讓, 西原 崇, 水流動試験による電線の風荷重低減化のメカニズム解明, 電力中央研究所 研究報告 U96050, 1997.</p> <p>(21) M. R. Ahmed, S. D. Sharma, An investigation on the aerodynamics of a symmetrical airfoil in ground effect, Experimental Thermal and Fluid Science, 29, pp. 633-647, 2005.</p> <p>(22) Schmidlin, T., Hammer, B., King, P., Ono, Y., Miller, L. S. and Thumann, G., Unsafe at any (wind) speed? -Testing the stability of motor vehicles in severewinds-, Vol.83, No.12, pp.1821-1830, 2002.</p> <p>(23) Lei, C., Cheng, L. and Kavanagh, K., Re-examination of the effect of a planeboundary on force and vortex shedding of a circular cylinder, J. Wind Eng. Ind.Aerodyn., Vol.80, pp.263-286, 1999.</p>	<p>Livermore National Laboratory, 1999. (https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/236459.pdf)</p> <p>(12) McDonald, J. R., T. Theodore Fujita: His contribution to tornado knowledge through damage documentation and the Fujita scale. Bull. Amer. Meteor. Soc.,82, pp.63-72, 2001</p> <p>(13) NUREG-1827 Safety Evaluation Report for the National Enrichment Facility in Lea County, New Mexico(Docket No.70-3103)</p> <p>(14) 江口讓, 杉本聡一郎, 服部康男, 平口博丸, 竜巻による物体の浮上・飛来解析コード TONBOS の開発, 電力中央研究所 研究報告 N14002, 2014.</p> <p>(15) EPRI, Wind field and trajectory models for tornado-propelled objects, report NP-2898, 1978.</p> <p>(16) Schmidlin, T., B. Hammer, P. King, Y. Ono, L. S. Miller, and G. Thumann, 2002: Unsafe at any (wind)speed Testing the stability of motor vehicles in severe winds. Bull. Amer. Meteor. Soc., 83,1821-1830.</p> <p>(17) 林建二郎・大井邦昭・前田稔・斉藤良, 開水路中に水没設置された立方体及び棧粗度の流体力, 土木学会論文集 B1(水工学)Vol.67, No.4, I_1141-I_1146, 2011.</p> <p>(18) 松宮央登, 中岡宏一, 西原 崇, 木村吉郎 : 太陽光発電パネルに作用する空気力の地面効果に関する風洞実験, 構造工学論文集, Vol.60A, pp.446-454, 2014.</p> <p>(19) M. R. Ahmed, S. D. Sharma, An investigation on the aerodynamics of a symmetrical airfoil in ground effect, Experimental Thermal and Fluid Science, 29, pp. 633-647, 2005.</p> <p>(20) 山本晃一, 林建二郎, 関根正人, 藤田光一, 田村正秀, 西村晋, 浜口憲一郎, 護岸ブロックの抗力・揚力係数, 及び相当粗度の計測方法について, 水工学論文集, 第 44 巻, pp1053~1058, 2000.</p> <p>(21) 江口 讓, 西原 崇, 水流動試験による電線の風荷重低減化のメカニズム解明, 電力中央研究所 研究報告 U96050, 1997.</p> <p>(22) Lei, C., Cheng, L. and Kavanagh, K., Re-examination of the effect of a plane boundary on force and vortex shedding of a circular cylinder, J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol.80, pp.263-286, 1999.</p>	<p>Livermore National Laboratory, 1999. (https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/236459.pdf)</p> <p>(12) McDonald, J. R., T. Theodore Fujita: His contribution to tornado knowledge through damage documentation and the Fujita scale. Bull. Amer. Meteor. Soc.,82, pp.63-72, 2001.</p> <p>(13) NUREG-1827 Safety Evaluation Report for the National Enrichment Facility in Lea County,New Mexico(Docket No.70-3103)</p> <p>(14) 江口讓, 杉本聡一郎, 服部康男, 平口博丸, 竜巻による物体の浮上・飛来解析コード TONBOS の開発, 電力中央研究所 研究報告 N14002 , 2014.</p> <p>(15)日本鋼構造協会, 構造物の耐風工学, p82</p> <p>(16) EPRI, Wind field and trajectory models for tornado-propelled objects, Report NP-748, 1978.</p> <p>(17) 林建二郎・大井邦昭・前田稔・斉藤良, 開水路中に水没設置された立方体および棧粗度の流体力, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.67, No.4, I_1141-I_1146, 2011.</p> <p>(18) 松宮央登, 中岡宏一, 西原 崇, 木村吉郎 : 太陽光発電パネルに作用する空気力の地面効果に関する風洞実験, 構造工学論文集, Vol.60A, pp.446-454, 2014.</p> <p>(19) 山本晃一, 林建二郎, 関根正人, 藤田光一, 田村正秀, 西村晋, 浜口憲一郎, 護岸ブロックの抗力・揚力係数、および相当粗度の計測方法について, 水工学論文集, 第 44 巻, pp1053~1058, 2000.</p> <p>(20) 江口 讓, 西原 崇, 水流動試験による電線の風荷重低減化のメカニズム解明, 電力中央研究所 研究報告 U96050, 1997.</p> <p>(21) Schmidlin, T., Hammer, B., King, P., Ono, Y., Miller, L. S. and Thumann, G., Unsafe at any (wind) speed? -Testing the stability of motor vehicles in severe winds-, Vol.83, No.12, pp.1821-1830, 2002.</p> <p>(22) Lei, C., Cheng, L. and Kavanagh, K., Re-examination of the effect of a plane boundary on force and vortex shedding of a circular cylinder, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., Vol.80, pp.263-286, 1999.</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(24) Fujita, T. T., and J. R. McDonald, Tornado damage at the Grand Gulf, Mississippi nuclear power plant site: Aerial and ground surveys, U.S. Nuclear Regulatory Commission NUREG/CR-0383, 1978.</p> <p>(25) 札幌管区気象台:平成18年11月7日から9日に北海道(佐呂間町他)で発生した竜巻等の突風. 災害時気象調査報告, 災害時自然現象報告書, 2006年第1号, 2006. (http://www.jma-net.go.jp/sapporo/tenki/yohou/saigai/saroma/saroma.htmlにて閲覧可能。)</p> <p>(26) 奥田泰雄, 喜々津仁密, 村上知徳, 2006年佐呂間町竜巻被害調査報告. 建築研究所災害調査, 49, 2006. (http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/other.html)</p> <p>(27) 江口譲, 杉本聡一郎, 服部康男, 平口博丸, 原子力発電所での竜巻飛来物速度の合理的評価法 (Fujitaの竜巻モデルを用いた数値解析コードの妥当性確認), 日本機械学会論文集, Vol.81, No.823, 2015.</p>	<p>(23) 江口譲, 杉本聡一郎, 服部康男, 平口博丸, 原子力発電所での竜巻飛来物速度の合理的評価法(Fujitaの竜巻モデルを用いた数値解析コードの妥当性確認),</p> <p>(24) Fujita, T. T., 1971: Proposed characterization of tornadoes and hurricanes by area and intensity. SMRP Research Paper 91, University of Chicago, Chicago, IL, 42 pp</p> <p>(25) 日本保全学会 原子力規制関連事項検討会, 2015: 軽水型原子力発電所の竜巻影響評価における設計竜巻風速および飛来物速度の設定に関するガイドライン(JSM-NRE-009)</p> <p>(26) Fujita, T. T., and J. R. McDonald, Tornado damage at the Grand Gulf, Mississippi nuclear power plant site: Aerial and ground surveys, U.S. Nuclear Regulatory Commission NUREG/CR-0383, 1978.</p> <p>(27) 札幌管区気象台:平成18年11月7日から9日に北海道(佐呂間町他)で発生した竜巻等の突風. 災害時気象調査報告, 災害時自然現象報告書, 2006年第1号, 2006.</p> <p>(28) 奥田泰雄, 喜々津仁密, 村上知徳, 2006年佐呂間町竜巻被害調査報告. 建築研究所災害調査, 46, 2006.</p> <p>(29) 土木学会 平成18年11月北海道佐呂間町竜巻緊急災害調査報告書</p>	<p>(23) Fujita, T. T., and J. R. McDonald, Tornado damage at the Grand Gulf, Mississippi nuclear power plant site: Aerial and ground surveys, U.S. Nuclear Regulatory Commission NUREG/CR-0383, 1978.</p> <p>(24) 札幌管区気象台:平成18年11月7日から9日に北海道(佐呂間町他)で発生した竜巻等の突風. 災害時気象調査報告, 災害時自然現象報告書, 2006年第1号, 2006. (http://www.jma-net.go.jp/sapporo/tenki/yohou/saigai/saroma/saroma.htmlにて閲覧可能。)</p> <p>(25) 奥田泰雄, 喜々津仁密, 村上知徳, 2006年佐呂間町竜巻被害調査報告. 建築研究所災害調査, 49, 2006. (http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/activities/other/other.html)</p> <p>(26) 江口譲, 杉本聡一郎, 服部康男, 平口博丸, 原子力発電所での竜巻飛来物速度の合理的評価法 (Fujitaの竜巻モデルを用いた数値解析コードの妥当性確認), 日本機械学会論文集, Vol.81, No.823, 2015.</p>	

別紙1

風速場モデル	風速場計算手法
<p>「フジタモデル」及び「ランキン渦モデル」並びに「それぞれの風速場モデルを用いた際の飛散評価手法」の比較</p>  <p>「フジタモデル」及び「ランキン渦モデル」を用いた際の飛散評価手法の比較</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「フジタモデル」は、風速場を考慮したランキン渦モデルを用いた飛散評価手法 ・「ランキン渦モデル」は、風速場を考慮しないランキン渦モデルを用いた飛散評価手法 ・「フジタモデル」は、風速場を考慮したランキン渦モデルを用いた飛散評価手法 ・「ランキン渦モデル」は、風速場を考慮しないランキン渦モデルを用いた飛散評価手法 	<p>「フジタモデル」及び「ランキン渦モデル」を用いた際の飛散評価手法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「フジタモデル」は、風速場を考慮したランキン渦モデルを用いた飛散評価手法 ・「ランキン渦モデル」は、風速場を考慮しないランキン渦モデルを用いた飛散評価手法 ・「フジタモデル」は、風速場を考慮したランキン渦モデルを用いた飛散評価手法 ・「ランキン渦モデル」は、風速場を考慮しないランキン渦モデルを用いた飛散評価手法
<p>Meritt</p> <p>デメリット</p> <p>主なパラメータ (設計電圧の最大風速90m/sの場合)</p>	<p>Meritt</p> <p>デメリット</p> <p>主なパラメータ (設計電圧の最大風速90m/sの場合)</p>
<p>風速場モデル</p> <p>飛散モデル</p>	<p>風速場モデル</p> <p>飛散モデル</p>

「フジタモデル」及び「ランキン渦モデル」並びに「それぞれの風速場モデルを用いた際の飛散評価手法」の比較

風速場モデル	飛散モデル
<p>Meritt</p> <p>デメリット</p> <p>主なパラメータ (設計電圧の最大風速100m/sの場合)</p>	<p>Meritt</p> <p>デメリット</p> <p>主なパラメータ (設計電圧の最大風速100m/sの場合)</p>
<p>風速場モデル</p> <p>飛散モデル</p>	<p>風速場モデル</p> <p>飛散モデル</p>

※ J. R. McDonald, K. C. Mehta and J. E. Minor "Tornado-Resistant Design of nuclear Power-Plant Structures(NUCLEAR SAFETY, Vol. 15, No. 4, July-August 1974)

別紙1

風速場モデル	飛散モデル
<p>Meritt</p> <p>デメリット</p> <p>主なパラメータ (設計電圧の最大風速90m/sの場合)</p>	<p>Meritt</p> <p>デメリット</p> <p>主なパラメータ (設計電圧の最大風速90m/sの場合)</p>
<p>風速場モデル</p> <p>飛散モデル</p>	<p>風速場モデル</p> <p>飛散モデル</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考				
		<p style="text-align: right;">別紙2</p> <p style="text-align: center;">フジタモデルのパラメータ設定等について</p> <p>1. 適用するフジタモデルについて フジタモデルのパラメータ設定については、フジタワークブック（文献(1)）において、単一渦型の DBT-77 モデル（文献(1)第6章）と複数の小さな吸込渦（suction vortices）を有する多重渦型の DBT-78 モデル（文献(1)第7章）について記載されている（図1参照）。</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td data-bbox="1736 739 2125 787">DBT-77</td> <td data-bbox="2125 739 2502 787">DBT-78</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1736 787 2125 1207">  <p style="font-size: small;">Figure 4.7 Schematic view of a small tornado with its funnel cloud extending into the wall cloud.</p> </td> <td data-bbox="2125 787 2502 1207">  <p style="font-size: small;">Figure 4.13 A schematic view of a large tornado with suction vortices.</p> </td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">図1 フジタモデル「DBT-77」と「DBT-78」のモデル図（文献(1)）</p> <p>米国エネルギー省の管理するエネルギー施設（DOE 施設）に対する竜巻飛来物の検証を行ったローレンス・リバモア国立研究所報告書（文献(2)）においては、「多重渦型の DBT-78 モデルで考慮されている吸込渦はすぐに減衰するので、大多数の専門家は竜巻被災の重要因子ではないと考えている」と述べており、単一渦型のフジタモデル DBT-77 を飛来物評価の竜巻風速場として選定している。以上のことから、今回の竜巻影響評価においても DBT-77 モデルを用いている。（なお、文献(1)において、DBT-78 モデルは、最大風速や発生率がモデル化されているのみであり、飛散解析に必要な風速場に関する数式が明確となっていない。）</p> <p>また、米国 REG 1.76（文献(3)）は DBT-78 モデルの竜巻半径を採用した場合は、改訂前（2007 年以前）から米国 REG 1.76 で採用</p>	DBT-77	DBT-78	 <p style="font-size: small;">Figure 4.7 Schematic view of a small tornado with its funnel cloud extending into the wall cloud.</p>	 <p style="font-size: small;">Figure 4.13 A schematic view of a large tornado with suction vortices.</p>	
DBT-77	DBT-78						
 <p style="font-size: small;">Figure 4.7 Schematic view of a small tornado with its funnel cloud extending into the wall cloud.</p>	 <p style="font-size: small;">Figure 4.13 A schematic view of a large tornado with suction vortices.</p>						

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>されている竜巻半径 (45.7m) よりも大きな半径となり、圧力の時間変化率は半径に反比例して大きくなるため、改訂前の半径 (45.7m) のままするとの記述があるが、今回の竜巻影響評価では外部コア半径を 30m としているため、米国 REG 1.76 よりも圧力の時間変化率を保守的に評価している。</p> <p>最大風速が同じ場合、DBT-78 モデルは DBT-77 モデルに比べ竜巻半径は大きくなるが、高速域の大きさは DBT-77 モデルの方が DBT-78 モデルに比べ大きくなるため物体は加速されやすく、飛散解析においては保守的であることから、当社の竜巻影響評価においては、単一渦型の DBT-77 モデルを適用している。</p> <p>2. 入力パラメータの設定について</p> <p>文献(1)において、単一渦型の DBT-77 の入力パラメータは、最大接線風速 V_{rm}、外部コア半径 R_m 及び移動速度 V_T の3つであり、これらの入力値の制約に係る記載はなく、竜巻影響評価ガイドに基づき、$V_{rm}=85\text{m/s}$、$R_m=30\text{m}$、$V_T=15\text{m/s}$ を設定している。</p> <p>竜巻影響評価ガイドにおいては、ランキン渦モデルを仮定して、観測された被害幅から最大接線風速半径 R_m を推定している。竜巻によって被害が生じる風速 V_0 とした場合、R_m を超えた範囲では、風速 $V=V_{rm} \cdot (R_m/r_0)$ と表せるため、V_0 と、被害幅 r_0、及び最大接線風速 V_{rm} が分かれば最大接線風速半径 R_m を得ることができる。(図2)</p> <p>フジタモデルでは、ランキン渦モデルと異なり高さによって風速が変化するが、ある任意の高さの風速分布はランキン渦モデルと同様となる(図2と同じ)ため、ランキン渦を仮定して設定した外部コア半径を用いても問題ないとする。</p> <p>例えば、東京工芸大報告書⁽⁴⁾p.163の仮定2より、F3あるいはF3に近いF2竜巻(最大風速 $V_m=70\text{m/s}$)の被害幅250mを基にランキン渦モデルを仮定する場合、竜巻半径の外側では $V=V_m R_m/r$ が成立するので、Vに被害をもたらす風速である17m/sを、rに被害幅(250m)に接する円の半径である125mを代入すると $R_m=30\text{m}$ を得る。</p> <p>一方、フジタモデルの水平風速 V は接線風速と径方向風速を合成したものであるため、外部コア半径の外側では水平風速 V は以下で与えられる。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p> $V = \sqrt{V_\theta^2 + V_r^2}$ $= F_r(r)F_h(z)V_m\sqrt{1 + \tan^2 \alpha_0}$ </p> <p> ここで, $F_r(r) = \frac{R_m}{r}$, $F_h(z) = \begin{cases} z^{k_0} & (z < 1) \\ \exp(-k(z-1)) & (z \geq 1) \end{cases}$ </p> <p> $\tan \alpha_0 = \begin{cases} -A(1-z^{1.5}) & (z < 1) \\ B\{1-\exp(-k(z-1))\} & (z \geq 1) \end{cases}$ </p> <p> フジタモデルでは, ランキン渦モデルと異なり高さによって風速が変化するが, 外部コア半径の内側では r に比例して風速が大きくなり, 外部コア半径の外側では r に反比例して小さくなる点ではランキン渦モデルと同様であり, 竜巻半径と風速の関係は図2の通りとなる。 </p> <p> また, 接線風速 V が最大となる流入層の上端 ($z=1$) では, $F_h(z)=1$, $\tan \alpha_0=0$ となり, 竜巻外部コア半径の外側ではランキン渦モデルと同様に $V=V_m R_m/r$ が近似的に成立する。従って, ランキン渦と同じ竜巻半径を用いることができると考えられる。 </p> <p> 流入層高さ H_i は, 外部コア半径 $R_m=30\text{m}$ の場合, $H_i=15\text{m}$ ($i=0.501$) となり, 文献(4)の図 2.2.3.10 における流入層高さ と竜巻半径の比 ($i=0.4$ 程度) や, Kosiba⁽⁵⁾により示されている流入層高さ ($H_i=10\sim 14\text{m}$ 以下) と概ね同じである。 </p> <div data-bbox="1774 1291 2457 1711" style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;"> 最大風速半径 (未知) 最大被害幅/2 (観測値) </p> </div> <p> 図2 ランキン渦の風速分布と竜巻スケールの関係 </p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>文献(1) Fujita, T. T., Workbook of tornadoes and high winds for engineering applications (1978), U. Chicago.</p> <p>文献(2) Rationale for Wind-Borne Missile Criteria for DOE facilities, UCRL-CR-135687, Lawrence Livermore National Laboratory, 1999</p> <p>文献(3) U.S. Nuclear Regulatory Commission, Design-basis tornado and tornado missiles for nuclear power plants, Regulatory Guide 1.76, Revision 1 (2007).</p> <p>文献(4) 東京工芸大学, 平成 21~22 年度原子力安全基盤調査研究(平成 22 年度) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究, 独立行政法人原子力安全基盤機構委託研究 成果報告書, 2011.</p> <p>文献(5) Karen A. Kosiba Joshua Wurman The three-dimensional structure and evolution of a tornado boundary layer</p>	

別紙-2

発電所における竜巻風速場モデルの適用方針

発電所の竜巻影響評価における竜巻風速場モデルの適用状況を、先行審査プラントの状況と合わせ、別表2-1のとおり整理した。これより、竜巻影響評価における設計荷重(風圧力による荷重 W_W 、気圧差による荷重 W_P 及び設計飛来物による衝撃荷重 W_M)の設定においては、

- W_W : 竜巻風速場モデルに依存しない
 - W_P, W_M : 竜巻風速場モデルを選択する必要がある
- ことが分かるが、 W_P, W_M の設定においては、以下のとおりモデルを適用した。

1. W_P, W_M の設定に用いる竜巻風速場モデルの選定の考え方
 1.1 W_P について
 「竜巻影響評価ガイド」に示される、ランキン渦モデルに基づく評価式を採用した。

1.2 W_M について
 発電所は敷地近傍に一般道や隣接事業所の施設等があり、これらの場所からの物品の飛来を完全に管理することは難しいことから、その影響を現実的に評価することとし、多数の飛来物源が想定される地表付近の物品の飛散挙動を、より実現象に近く評価できるという特徴を踏まえ、フジタモデルを採用した。
 なお、フジタモデルを用いた飛散評価についても、別添資料2「竜巻影響評価におけるフジタモデルの適用について」に示すとおり保守性を確保した手法となっている。

2. 設計竜巻による複合荷重 W_{T1}, W_{T2} の設定の考え方
 竜巻影響評価に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重(W_W)、気圧差による荷重(W_P)、及び設計飛来物による衝撃荷重(W_M)を組み合わせた複合荷重とし、以下の式によって算出する。

$$W_{T1} = W_P$$

別紙3

竜巻影響評価と竜巻モデルの関係

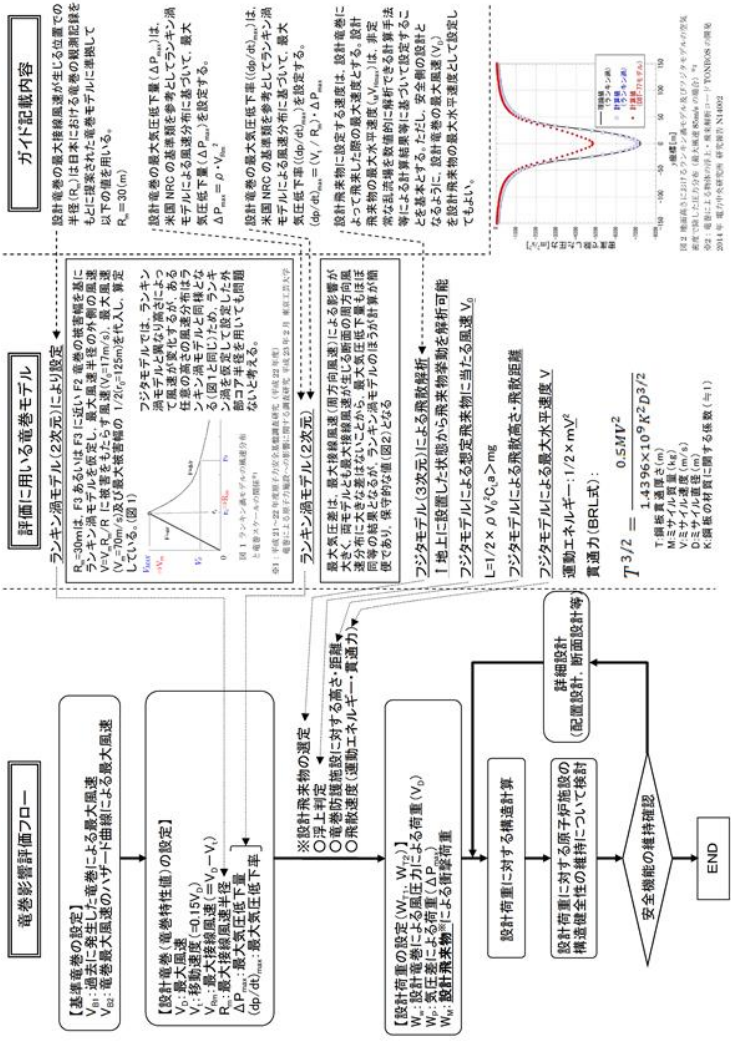


図1 竜巻影響評価と竜巻モデルの関係

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	$W_{T2} = W_W + 0.5W_P + W_M$ <p> W_{T1}, W_{T2} : 設計竜巻による複合荷重 W_W : 設計竜巻の風圧力による荷重 W_P : 設計竜巻の気圧差による荷重 W_M : 設計飛来物による衝撃荷重 なお、複合荷重W_{T2}の算出は、W_W, W_P及びW_Mの作用方向が同一となる様に扱うこととしており、ランキン渦モデルベースのW_Pを用いることは、複合荷重としても保守側になる </p>		

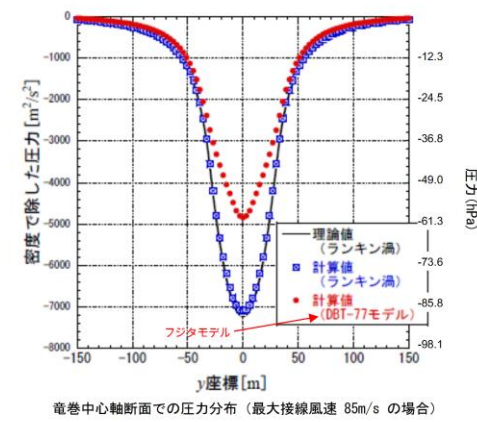
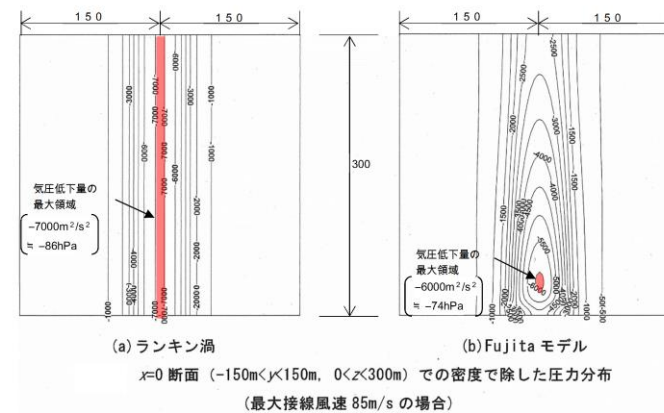
別表 2-1 東海第二発電所と先行審査プラントにおける竜巻風速場モデルの適用状況

設計荷重設定要素	荷重設定への適用			備考
	W _w	W _p	W _M	
() : 竜巻風速場モデルの適用 () : フジタモデル, () : ランキン渦モデル 東海第二 大飯 3 / 4, 高浜 1 ~ 4, 美浜 3, 伊方 3, 川内 1 / 2, 玄海 3 / 4 【許可済】				
竜巻の基礎条件	最大接線風速 V _{Rm}	○ (○)	○	85m/s
	竜巻の移動速度 V _T	○	○	15m/s
	最大接線風速半径 R _m		○	30m
	最大気圧低下量 ΔP _{max}		○	89hPa ^{#1}
	最大気圧低下率 (dp/dt) _{max}		○	45hPa/s ^{#2}
飛来物落下に関する設定	設計飛来物の設定		○	竜巻影響評価ガイドに 例示の「鋼製材」
	飛来物落下の飛散解析における初期高さ		○	物品ごとに設定 40m (各社の設定値)
	内部コア/外部コア半径比 v		○	0.3
	流入層高さ H _i		○	15m

注：他プラントの状況は、当社調べによる。

※1 簡便でフジタモデルの値 (約 76hPa) より保守側となる、ランキン渦モデルベースの評価式 (竜巻影響評価ガイド) を用いた。

※2 フジタモデルの値 (約 53hPa/s) を下回るが、設備影響評価には用いない。



別図2-1 設計竜巻 (最大接線風速 $V_{Rm} : 85\text{m/s}$) における圧力分布
 (文献⁽¹⁾の図に一部加筆)

<参考文献>

- (1) 江口謙, 杉本聡一郎, 服部康男, 平口博丸, 竜巻による物体の浮上・飛来解析
 コードTONBOSの開発, 電力中央研究所 研究報告 N14002, 2014

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<div data-bbox="685 262 917 323" style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">別添 3-1</div> <p data-bbox="160 625 902 766">柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉</p> <p data-bbox="284 894 783 947">火山影響評価について</p>	<div data-bbox="1576 254 1709 285" style="display: inline-block;">別添資料 1</div> <p data-bbox="1050 625 1596 814">東海第二発電所 火山影響評価について</p>	<div data-bbox="2223 262 2496 354" style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">別添 3-1</div> <p data-bbox="1813 579 2415 814">島根原子力発電所 2号炉 火山影響評価について</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>第6条：外部からの衝撃による損傷の防止 目次</p> <p>別添3-1</p> <p>1. 基本方針</p> <p>1.1 概要</p> <p>1.2 火山影響評価の流れ</p> <p>2. 立地評価</p> <p>2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出</p> <p>2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価</p> <p>3. 影響評価</p> <p>3.1 火山事象の影響評価</p> <p>3.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針</p> <p>3.3 安全施設のうち評価対象施設の抽出</p> <p>3.4 降下火砕物による影響の選定</p> <p>3.5 設計荷重の設定</p> <p>3.6 降下火砕物に対する設計</p> <p>3.7 降下火砕物の除去等の対策</p> <p>4. まとめ</p>	<p>目次</p> <p>1. 基本方針</p> <p>1.1 概要</p> <p>1.2 火山影響評価の流れ</p> <p>2. 立地評価</p> <p>2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出</p> <p>2.2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価</p> <p>3. 影響評価</p> <p>3.1 火山事象の影響評価</p> <p>3.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針</p> <p>3.3 火山事象（降下火砕物）から防護する施設</p> <p>3.4 降下火砕物による影響の選定</p> <p>3.4.1 降下火砕物の特徴</p> <p>3.4.2 直接的影響</p> <p>3.4.3 間接的影響</p> <p>3.5 設計荷重の設定</p> <p>3.6 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針</p> <p>3.6.1 降下火砕物による荷重に対する設計方針</p> <p>3.6.2 降下火砕物による荷重以外に対する設計方針</p> <p>3.6.3 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計方針</p> <p>3.7 降下火砕物の除去等の対策</p> <p>3.7.1 降下火砕物に対応するための運用管理</p> <p>3.7.2 手順</p> <p>3.8 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針</p> <p>4. まとめ</p> <p>資料</p> <p>－1 降下火砕物の特徴について</p> <p>－2 評価すべき影響の要因と評価手法</p> <p>－3 直接的影響の評価結果</p> <p>－4 建屋構築物に係る影響評価</p>	<p>第六条 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）</p> <p><目次></p> <p>1. 基本方針</p> <p>1.1 概要</p> <p>1.2 火山影響評価の流れ</p> <p><u>1.3 火山活動のモニタリングの流れ</u></p> <p>2. 立地評価</p> <p>2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出</p> <p>2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価</p> <p><u>3. 火山活動のモニタリング</u></p> <p><u>3.1 火山影響評価の根拠が維持されていることの確認を目的とした火山活動のモニタリング</u></p> <p>4. 影響評価</p> <p>4.1 火山事象の影響評価</p> <p>4.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針</p> <p>4.3 安全施設のうち評価対象施設の抽出</p> <p>4.4 降下火砕物による影響の選定</p> <p>4.5 設計荷重の設定</p> <p>4.6 降下火砕物に対する設計</p> <p>4.7 降下火砕物の除去等の対策</p> <p>5. まとめ</p>	<p>・資料構成の相違</p> <p>【柏崎 6/7，東海第二】 島根 2号炉は，火山ガイドの改正を反映</p> <p>・資料構成の相違</p> <p>【東海第二】 島根 2号炉は，別添 3-1 本文及び個別評価（別添付属）に記載</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<ul style="list-style-type: none"> － 5 残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ（電動機含む）に係る影響評価 － 6 残留熱除去系海水系ストレーナ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ストレーナ（下流設備含む）に係る影響評価 － 7 海水取水設備に係る影響評価 － 8 計測制御設備（安全保護系）に係る影響評価 － 9 換気空調設備に係る影響評価 － 10 非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）に係る影響評価 － 11 主排気筒及び非常用ガス処理系排気筒に係る影響評価 － 12 間接的影響の評価結果 <p>参考資料</p> <ul style="list-style-type: none"> － 1 発電用原子炉の高温停止及び低温停止に必要な設備について － 2 降下火砕物堆積荷重評価への材料強度×1.1 の適用について － 3 降下火砕物の残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ基礎部堆積による影響評価について － 4 降下火砕物と積雪の重ね合わせの考え方について － 5 原子力発電所で使用する塗料について － 6 降下火砕物の金属腐食研究について － 7 給水処理設備に係る影響評価について － 8 降下火砕物のその他の設備への影響評価について － 9 降下火砕物の除去に要する時間及び灰置場について － 10 降水による降下火砕物の固結の影響について － 11 火山影響評価ガイドとの整合性について － 12 原子炉建屋の健全性評価について － 13 タービン建屋の健全性評価について － 14 外部事象に対する津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の防護方針について － 15 降下火砕物の偏りによる影響評価について 		(以下にて、再掲比較)

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>【比較のため一部補足資料の番号を入れ替えて記載】</p> <p>補足資料</p> <p>1. 評価ガイドとの整合性について</p> <p>2. 降下火砕物の特徴及び影響モードと、影響モードから選定された影響因子に対し影響を受ける評価対象施設の組み合わせについて</p> <p>3. 降下火砕物による摩耗について</p> <p>4. 降下火砕物の化学的影響（腐食）について</p> <p>6. 降下火砕物による送電鉄塔への影響について</p> <p>7. 降下火砕物による非常用ディーゼル発電機の吸気に係るバグフィルタの影響評価</p> <p>8. アイスランド火山を用いる基本的考え方とセントヘレンズ火山による影響評価</p> <p>9. 降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル機関空気冷却器への影響</p> <p>10. 降下火砕物の侵入による潤滑油への影響</p> <p>11. 降下火砕物のその他設備への影響について</p> <p>12. 降下火砕物の金属腐食研究</p> <p>13. 安全保護系盤への降下火砕物の影響</p> <p>14. 6号及び7号炉の建屋及び屋外タンクの降灰除去について</p> <p>15. <u>アクセスルートにおける降下火砕物除去時間の評価について</u></p>	<p>－16 <u>除灰時の人員荷重の考え方について</u></p> <p>－17 <u>気中降下火砕物対策に係る検討について</u></p> <p>【比較のため「資料」、「参考資料」の番号を入れ替えて記載】</p> <p>参考資料－11 <u>火山影響評価ガイドとの整合性について</u></p> <p>資料－1 <u>降下火砕物の特徴について</u></p> <p>参考資料－10 <u>降水による降下火砕物の固結の影響について</u></p> <p>参考資料－5 <u>原子力発電所で使用する塗料について</u></p> <p>資料－10 <u>非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）に係る影響評価</u></p> <p>資料－10 <u>非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）に係る影響評価</u></p> <p>参考資料－8 <u>降下火砕物のその他設備への影響評価について</u></p> <p>参考資料－6 <u>降下火砕物の金属腐食研究について</u></p> <p>資料－8 <u>計測制御設備（安全保護系）に係る影響評価</u></p> <p>参考資料－9 <u>降下火砕物の除去に要する時間及び灰置場について</u></p>	<p>補足資料</p> <p>1：<u>「原子力発電所の火山影響評価ガイド」との整合性について</u></p> <p>2：<u>降下火砕物の特徴及び影響モードと、影響モードから選定された影響因子に対し影響を受ける評価対象施設等の組合せについて</u></p> <p>3：<u>降下火砕物による摩耗について</u></p> <p>4：<u>塗装による降下火砕物の化学的影響（腐食）について</u></p> <p>5：<u>降下火砕物による送電鉄塔への影響について</u></p> <p>6：<u>降下火砕物による非常用ディーゼル発電機の給気フィルタへの影響について</u></p> <p>7：<u>アイスランド火山を用いる基本的考え方とセントヘレンズ火山による影響評価について</u></p> <p>8：<u>降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル機関空気冷却器への影響について</u></p> <p>9：<u>降下火砕物の侵入による非常用ディーゼル発電機の潤滑油への影響について</u></p> <p>10：<u>降下火砕物のその他設備への影響評価について</u></p> <p>11：<u>降下火砕物の金属腐食研究について</u></p> <p>12：<u>計測制御系統施設（安全保護系盤）、計測制御用電源設備（計装用無停電交流電源装置）及び非常用所内電源設備（所内低圧系統）への影響について</u></p> <p>13：<u>降下火砕物の除灰に要する時間について</u></p>	<p>・資料構成の相違【東海第二】</p> <p>・資料構成の相違【東海第二】</p> <p>・資料構成の相違【東海第二】</p> <p>・資料構成の相違【東海第二】</p> <p>・資料構成の相違【東海第二】</p> <p>・資料構成の相違【柏崎6/7】 島根2号炉では、ア</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>16. 降下火砕物降灰時のバグフィルタ取替えについての手順</p> <p>17. 観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間</p> <p>18. 重大事故等対処設備への考慮</p> <p>19. 軽油タンクからの燃料移送について</p> <p>20. 水質汚染に対する補給水等への影響について</p> <p>5. 積雪と降下火砕物との重畳の考え方について</p>	<p>資料-9 換気空調設備に係る影響評価</p> <p>資料-9 換気空調設備に係る影響評価</p> <p>参考資料-7 給水処理設備に係る影響評価について</p> <p>参考資料-4 降下火砕物と積雪の重ね合わせの考え方について</p> <p>参考資料-12 原子炉建屋の健全性評価について</p> <p>参考資料-13 タービン建屋の健全性評価について</p> <p>参考資料-17 気中降下火砕物対策に係る検討について</p> <p><u>-1 発電用原子炉の高温停止及び冷温停止に必要な設備について</u></p> <p><u>-2 降下火砕物堆積荷重評価への材料強度×1.1 の適用について</u></p>	<p>14: 降下火砕物降灰時のフィルタ取替等の手順について</p> <p>15: 観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間について</p> <p>16: 重大事故等対処設備への考慮について</p> <p>17: 燃料貯蔵タンクから燃料移送ラインについて</p> <p>18: 水質汚染に対する補給水等への影響について</p> <p>19: 主荷重と組み合わせる場合の積雪荷重の考え方について</p> <p>20: 原子炉建物の屋根トラス部材の健全性評価について</p> <p>21: タービン建物の屋根トラス部材の健全性評価について</p> <p>22: 排気筒モニタ室の健全性評価について</p> <p>23: 気中降下火砕物対策に係る検討について</p>	<p>クセスルートの除灰時間評価を「技術的能力添付資料 1.0.2: 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて」で確認しているため、作成していない</p> <p>・資料構成の相違【東海第二】</p> <p>・資料構成の相違【東海第二】</p> <p>・資料構成の相違【柏崎 6/7】</p> <p>・記載方針の相違【東海第二】</p> <p>島根 2号炉は、火山影響評価の対象施設として、全てのクラス1、クラス2と安全評価上その機能に期待するクラス3設備を抽出しており、発電用原子炉の高温停止・冷温停止に必要な系統及び機器を含んでいるため作成していない</p> <p>・設計方針の相違【東海第二】</p> <p>島根 2号炉では短期許容応力度に基づく評</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p data-bbox="1003 390 1709 558">- 3 <u>降下火砕物の残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ基礎部堆積による影響評価について</u></p> <p data-bbox="1003 617 1709 695">- 1 4 <u>外部事象に対する津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の防護方針について</u></p> <p data-bbox="1003 884 1709 919">- 1 5 <u>降下火砕物の偏りによる影響評価について</u></p> <p data-bbox="1003 1335 1709 1371">- 1 6 <u>除灰時の人員荷重の考え方について</u></p>		<p data-bbox="2531 212 2810 331">価としており，材料強度×1.1 は適用していないため作成していない</p> <p data-bbox="2531 390 2810 510">(島根2号炉は，評価結果を別添 3-1 の個別評価-2に記載)</p> <p data-bbox="2531 617 2810 825">・資料構成の相違 【東海第二】 島根2号炉は，火山と津波の重畳確率は低く評価項目としていない</p> <p data-bbox="2531 884 2810 1276">・設計方針の相違 【東海第二】 島根2号炉では，短期許容応力度に基づく許容堆積荷重に対し十分な余裕があり，構造健全性への影響がないことから評価項目としていない</p> <p data-bbox="2531 1335 2810 1728">・設計方針の相違 【東海第二】 島根2号炉では，短期許容応力度に基づく許容堆積荷重に対し十分な余裕があり，構造健全性への影響がないことから評価項目としていない</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>1. 基本方針</p> <p>1.1 概要</p> <p>原子力規制委員会の定める「<u>実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則</u>（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）」第六条において、外部からの衝撃による損傷防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地周辺の自然環境をもとに想定される自然現象の一つとして、火山の影響を挙げている。</p> <p>火山の影響により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計であることを評価するため、火山影響評価を行い、発電用原子炉施設へ影響を与えないことを評価する。</p> <p>1.2 火山影響評価の流れ</p> <p>火山影響評価は、<u>図1.1に従い、立地評価と影響評価の2段階で行う。</u></p> <p>立地評価では、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行い、抽出された火山の火山活動に関する個別評価を行う。具体的には設計対応不可能な火山事象が柏崎刈羽原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を行う。</p> <p>設計対応不可能な火山事象が影響を及ぼす可能性が十分低いと評価された場合は、原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象の抽出とその影響評価を行う。</p>	<p>1. 基本方針</p> <p>1.1 概要</p> <p>原子力規制委員会の定める「<u>実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則</u>（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）」第六条において、外部からの衝撃による損傷防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地周辺の自然環境を基に想定される自然現象の一つとして、火山の影響を挙げている。</p> <p>火山の影響により発電用原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価するため、火山影響評価を行い、発電用原子炉施設へ影響を与えないことを評価する。</p> <p>1.2 火山影響評価の流れ</p> <p>火山影響評価は、<u>「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参照し、第1.2-1図のフローに従い立地評価と影響評価の2段階で行う。</u></p> <p>立地評価では、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行い、抽出された火山の火山活動に関する個別評価を行う。具体的には設計対応不可能な火山事象が発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を行う。</p> <p>設計対応不可能な火山事象が影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された場合は、原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象の抽出とその影響評価を行う。</p>	<p>1. 基本方針</p> <p>1.1 概要</p> <p>原子力規制委員会の定める「<u>実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則</u>（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）」第六条において、外部からの衝撃による損傷防止として、<u>「安全施設（兼用キャスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」</u>としており、<u>「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」第6条において、敷地の自然環境をもとに想定される自然現象の一つとして、火山の影響を挙げている。</u></p> <p>火山の影響により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計であることを評価するため、火山影響評価を行い、発電用原子炉施設へ影響を与えないことを評価する。</p> <p>1.2 火山影響評価の流れ</p> <p>火山影響評価は、<u>1.2(1)および(2)に示す立地評価と影響評価の2段階で行う。</u></p> <p><u>また、火山影響評価のほか、評価時からの状態の変化の検知により評価の根拠が維持されていることを確認する目的として、1.3のとおり評価を行う。火山影響評価の基本フローを第1.1図に示す。</u></p> <p><u>(1) 立地評価</u></p> <p><u>立地評価では、まず原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行う。具体的には、原子力発電所の地理的領域において第四紀に活動した火山（以下「第四紀火山」という。）を抽出し（第1.1図①）、その中から、完新世に活動があった火山（第1.1図②）及び完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山（第1.1図③）は、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として個別評価対象とする。</u></p> <p><u>原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した火山について原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価を行い、設計対応が不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価した場合は、原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象の抽出とその影響評価を行う。</u></p>	<p>・資料構成の相違</p> <p>【柏崎6/7，東海第二】 島根2号炉は、火山ガイドの改正を反映</p> <p>・資料構成の相違</p> <p>【柏崎6/7，東海第二】 島根2号炉は、火山ガイドの改正を反映</p>

影響評価では、個々の火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行う。影響評価の詳細フローは図1.2 に示す。

影響評価では、個々の火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について「3.1 火山事象の影響評価」にて評価を行う。(第 1.2-2 図)

なお、立地評価及び原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象の抽出とその影響評価については、「添付書類六 7. 火山」にて示す。

(2) 影響評価
立地評価として実施した個別評価において立地が不適とならない場合は、原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象を抽出し、各火山事象に対する設計対応及び運転対応の妥当性について評価を行う (第 1.1 図⑤)。

ただし、火山事象のうち降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及びその周辺調査から求められる単位面積当たりの質量と同等の火砕物が降下するものとする。なお、敷地及び敷地周辺で確認された降下火砕物の噴出源である火山事象が同定でき、これと同様の火山事象が原子力発電所の運用期間中に発生する可能性が十分に小さい場合は考慮対象から除外する。

影響評価の詳細フローは第 1.2 図に示す。

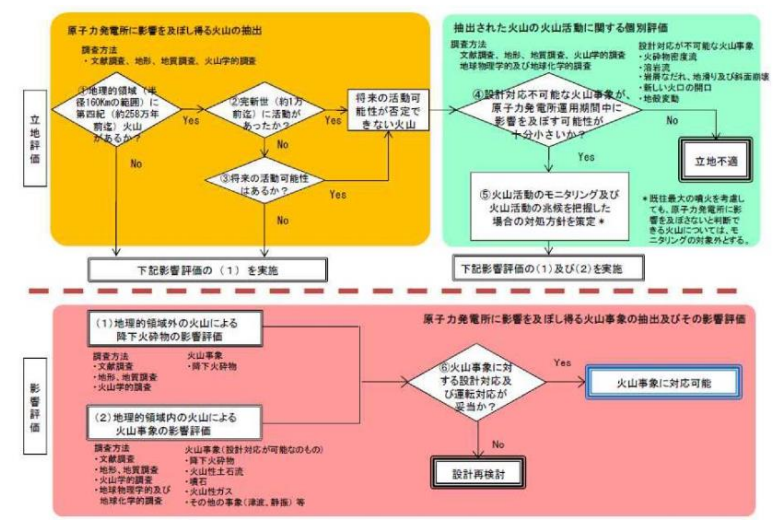
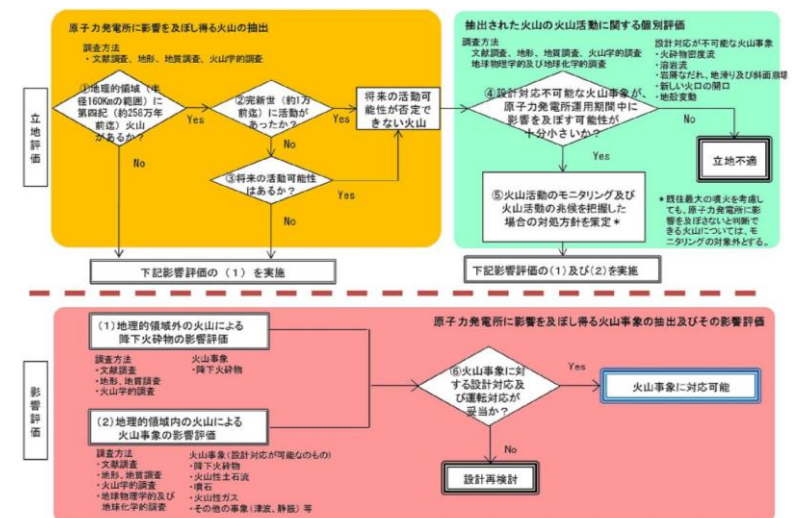
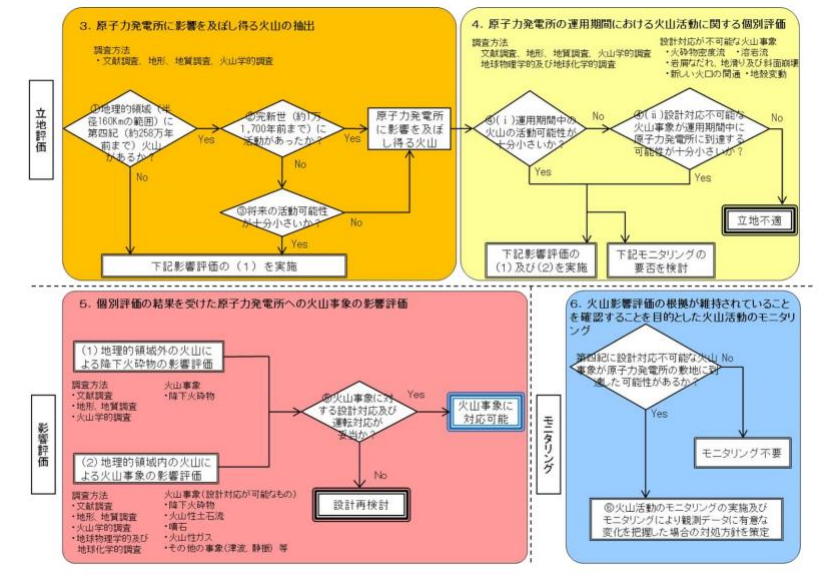


図 1.1 火山影響評価の基本フロー

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」から抜粋



第 1.2-1 図 火山影響評価の基本フロー



第 1.1 図 火山影響評価の基本フロー

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」から抜粋

・資料構成の相違
【柏崎 6/7, 東海第二】
島根 2号炉は、火山ガイドの改正を反映

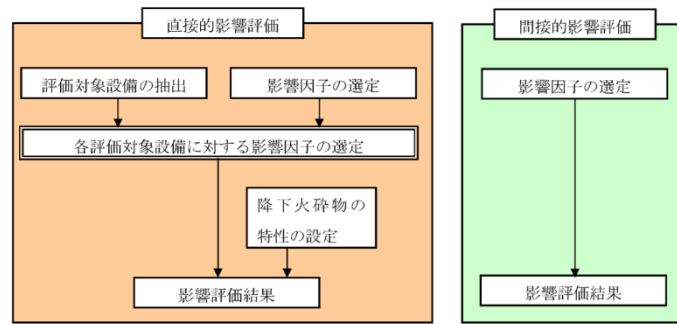
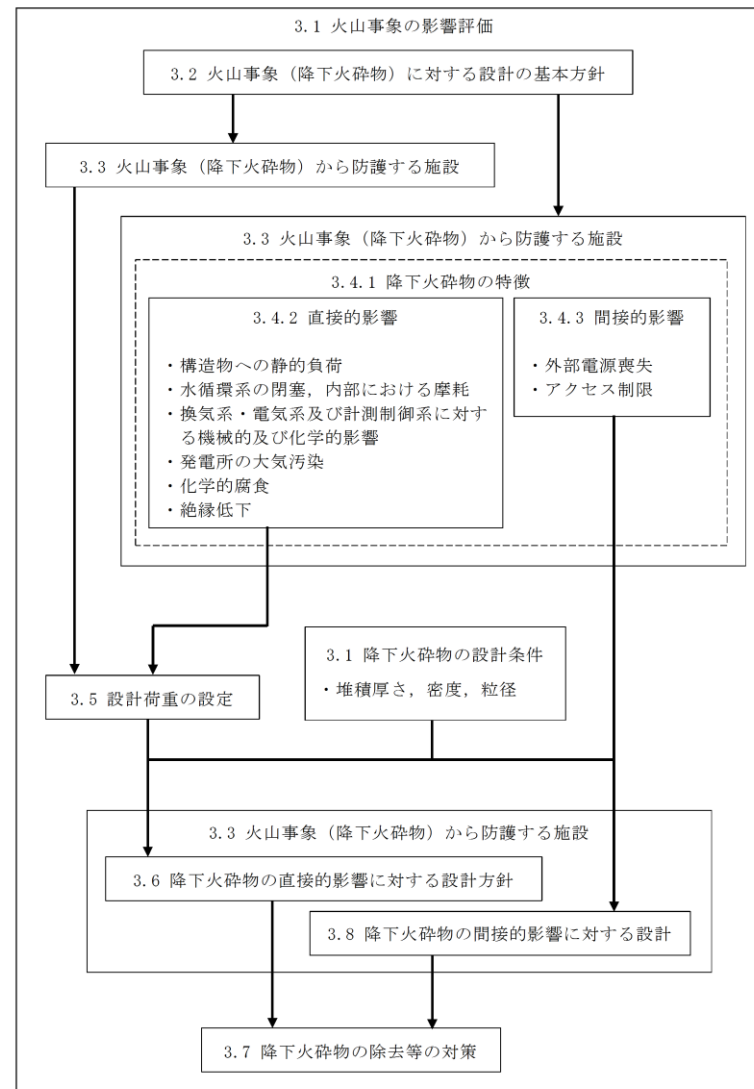
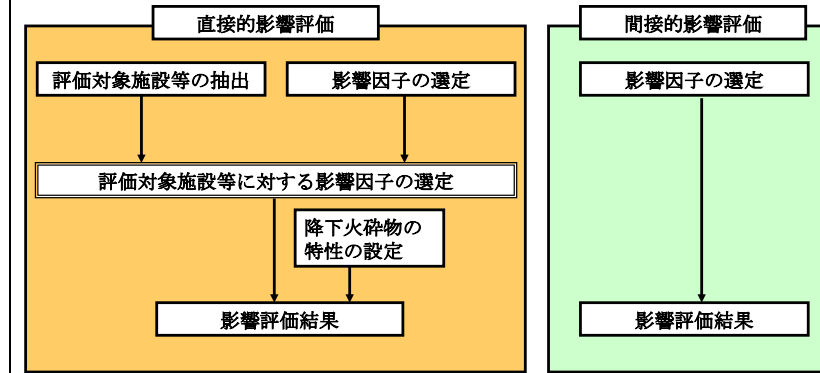


図 1.2 影響評価のフロー



第 1.2-2 図 影響評価のフロー



第 1.2 図 影響評価のフロー

1.3 火山活動のモニタリングの流れ

立地評価において実施した個別評価により原子力発電所の運用期間中において設計対応が不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価した火山であっても、この評価とは別に、第四紀に設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の敷地に到達した可能性が否定できない火山に対しては、評価時からの状態の変化の検知により評価の根拠が維持されていることを確認することを目的として、運用期間中のモニタリングの実施方針及びモニタリングにより観測データの有意な変化を把握した場合の対処方針を策定する（第 1.1 図⑥）。

・資料構成の相違
【柏崎 6/7, 東海第二】
島根 2号炉は、火山ガイドの改正を反映

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>2. 立地評価</p> <p>2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 地理的領域内に分布する第四紀火山 (82 火山) について、完新世における活動の有無を確認し、<u>将来の活動可能性のある火山、若しくは将来の活動可能性が否定できない火山を抽出した。</u> その結果、<u>黒岩山、苗場山、妙高山、志賀高原火山群、新潟焼山、新潟金山、黒姫山、燧ヶ岳、志賀、沼沢、飯縄山、草津白根山、日光白根山、子持山、四阿山、白馬大池、榛名山、男体・女峰火山群、赤城山、烏帽子火山群、鼻曲山、浅間山、高原山、那須岳、立山、磐梯山、上廊下、吾妻山、鷲羽・雲ノ平、北八ヶ岳、安達太良山、環諏訪湖及び笹森山の33 火山を将来の活動可能性のある火山又は将来の活動可能性を否定できない火山として評価した。</u></p> <p>2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価 <u>将来の活動可能性のある火山又は将来の活動可能性を否定できない火山として評価した33 火山を対象として、文献調査に基づき、運用期間における火山活動に関する設計対応不可能事象（火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口、地殻変動）の個別評価を行った。</u> <u>火砕物密度流による堆積物が敷地周辺では確認されておらず、敷地まで十分に離隔距離があることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。</u></p> <p><u>溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊については、それぞれの火山と敷地との位置関係より、敷地まで十分な離隔距離があることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。</u></p> <p><u>新しい火口の開口については、敷地周辺で深部低周波地震の活動がないこと、地温勾配が小さく、また地殻熱流量が小さいことから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。</u></p> <p><u>地殻変動については、敷地周辺が過去の火山活動に伴う火口及びその近傍に位置しないことから、発電所に影響を及ぼす可能性</u></p>	<p>2. 立地評価</p> <p>2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 地理的領域 (160km) に位置する第四紀火山 (32 火山) について、完新世の活動の有無、<u>将来の活動性を検討した結果、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として、高原山、那須岳、男体・女峰火山群、日光白根山、赤城山、燧ヶ岳、安達太良山、磐梯山、沼沢、吾妻山、榛名山、笹森山、子持山の13 火山を抽出した。</u></p> <p>2.2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価 <u>原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した13 火山について、設計対応不可能な火山事象（火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口、地殻変動）が影響を及ぼす可能性について個別評価を行った。</u> <u>火砕物密度流については、敷地と火砕密度流の到達可能性範囲の距離から発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。</u></p> <p><u>溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊については、敷地と火山の距離から発電所に影響を及ぼす可能性はないと評価した。</u></p> <p><u>新しい火口の開口、地殻変動については、敷地は火山フロントより前弧側（東方）に位置すること、敷地周辺では火成活動は確認されていないことから、この事象が発電所の運転期間中に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。</u></p>	<p>2. 立地評価</p> <p>2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 地理的領域内に分布する第四紀火山 (24 火山) について、完新世における活動の有無等を確認し、<u>原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（以下、「検討対象火山」という。）を抽出した。</u> その結果、<u>三瓶山、大根島、シゲグリ、森田山、女亀山、北条八幡、川本、榎原、郡家、佐坊、大屋・轟、上佐野・目坂、和久羅山、大山、倉吉、隠岐島後、美方火山群及び神鍋火山群の18火山を検討対象火山として評価した。</u> <u>なお、降下火砕物（火山灰）（以下、「降下火砕物」という。）については、地理的領域外の火山も確認し、鬱陵島（韓国領）等について、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した。</u></p> <p>2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価 <u>検討対象火山として評価した18 火山を対象として、文献調査に基づき、運用期間における火山活動に関する設計対応不可能な火山事象（火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口、地殻変動）の個別評価を行った。</u> <u>火砕物密度流については、地質調査の結果、敷地には、検討対象火山を起源とする火砕流堆積物は確認されていない。文献調査の結果、確認されている最大到達距離は、検討対象火山と敷地との距離よりも十分小さいことから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。</u> <u>溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊については、地質調査の結果、敷地には、検討対象火山を起源とする火山噴出物は確認されていない。また、文献調査の結果、確認されている溶岩・火砕物堆積物の最大到達距離は、検討対象火山と敷地との距離よりも十分小さいことから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。</u> <u>新しい火口の開口については、文献調査の結果、敷地と活火山である三瓶山は約 55km と十分な距離があり、また、敷地近傍では熱水活動及び深部低周波地震が認められないことから、原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。</u> <u>地殻変動については、文献調査の結果、新しい火口の開口による敷地への影響はないことから、原子力発電所に影響を及ぼす可</u></p>	<p>・立地場所、評価対象火山の相違 【柏崎 6/7、東海第二】</p> <p>・資料構成の相違 【柏崎 6/7、東海第二】 島根 2号炉は、火山ガイドの改正を反映</p> <p>・立地場所、評価対象火山の相違 【柏崎 6/7、東海第二】</p> <p>・火山活動に関する個別評価結果の相違 【柏崎 6/7、東海第二】</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>は十分に低いと評価した。</p> <p>以上の検討結果より、発電所の運用期間に設計対応不可能な火山事象が、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。また、これらの火山活動は、既往最大規模の噴火を考慮しても、<u>発電所に影響を及ぼさないと評価し、火山モニタリングは不要と判断した。</u></p> <p>3. 影響評価</p> <p>3.1 火山事象の影響評価</p> <p>将来の活動可能性が否定できない火山について、<u>柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉の運用期間中の噴火規模を考慮し、それが噴火した場合、原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物(火山灰)(以下「降下火砕物」という。)のみが柏崎刈羽原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象であるという結果となった。</u></p> <p>地質調査において、<u>発電所敷地周辺で確認されている降下火砕物堆積層について、給源が特定できる降下火砕物については、各火山の活動性を評価し、同規模の噴火が発生する可能性は十分に低いと評価した。また、給源不明の降下火砕物(阿相島テフラ等)は、敷地内で最大35cmを確認しているが、水系等の影響を受けて堆積したと推定され、当時の堆積環境は現在と異なると考えられる。</u></p> <p>一方、<u>発電所運用期間中に、このような規模の降下火砕物が敷地周辺に生じる蓋然性を確認するため、文献、既往解析結果の知見及び降下火砕物シミュレーションを用い検討した結果、降下火砕物の層厚を約23.1cmと評価した。以上のことから、発電所運用期間中に敷地内で想定する降下火砕物の最大層厚は、評価結果の約23.1cmに対し、敷地内で給源不明なテフラの最大層厚35cmが確認されていることを踏まえ、保守的に35cmと設定する。</u></p>	<p><u>以上から、設計対応不可能な火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性はなく、この結果から、抽出した13火山はモニタリングの対象とならないと判断した。</u></p> <p>3. 影響評価</p> <p>3.1 火山事象の影響評価</p> <p><u>将来の活動可能性のある火山若しくは将来の活動可能性を否定できない火山について、発電所の運用期間中の噴火規模を考慮し、原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物のみが発電所に影響を及ぼし得る火山事象となった。よって、降下火砕物による安全施設への影響評価を行う。</u></p> <p><u>影響評価に用いる条件として、降下火砕物の分布状況、シミュレーション及び分布事例から総合的に判断し、保守的に堆積厚さ50cmと設定する。また、粒径及び密度については、文献調査及び地質調査の結果を踏まえ粒径8mm以下、密度0.3g/cm³(乾燥状態)～1.5g/cm³(湿潤状態)と設定した。第3.1-1表に設計条件を示す。</u></p>	<p><u>能性は十分に小さいと評価した。</u></p> <p><u>以上の検討結果より、原子力発電所の運用期間に設計対応不可能な火山事象が、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。</u></p> <p>3. 火山活動のモニタリング</p> <p>3.1 火山影響評価の根拠が維持されていることの確認を目的とした火山活動のモニタリング</p> <p><u>第四紀に設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の敷地に到達しておらず、モニタリング対象とする火山はない。</u></p> <p>4. 影響評価</p> <p>4.1 火山事象の影響評価</p> <p><u>検討対象火山について、島根原子力発電所2号炉の運用期間中の噴火規模を考慮し、それが噴火した場合、原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物のみが島根原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象であるという結果となった。</u></p> <p><u>発電所運用期間中に、このような規模の降下火砕物が敷地周辺に生じる蓋然性を確認するため、文献、地質調査、降下火砕物シミュレーション及び敷地周辺の層厚を踏まえた検討を実施した。評価対象火山は、発電所敷地からの位置関係、過去の噴火規模を考慮して、大山及び三瓶山を対象火山として詳細評価を実施した。想定する降下火砕物堆積量は、敷地周辺の層厚等を考慮し、降下火砕物堆積量を56cmと設定する。</u></p>	<p>・資料構成の相違</p> <p>【柏崎6/7、東海第二】</p> <p>島根2号炉は、火山ガイドの改正を反映</p> <p>・火山活動に関する個別評価結果の相違</p> <p>【柏崎6/7、東海第二】</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																					
<p>そのほか得られた降下火砕物の特性を表1.1 に示す。なお、鉛直荷重については、<u>湿潤状態の降下火砕物に、プラント寿命期間を考慮して年超過確率10^{-2} 規模の積雪を踏まえ設定する。</u></p> <p style="text-align: center;">表 1.1 降下火砕物特性の設定結果</p> <table border="1" data-bbox="184 573 819 751"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>設定</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>層厚</td> <td>35cm</td> <td rowspan="2">鉛直荷重に対する健全性評価に使用</td> </tr> <tr> <td>密度^{※1}</td> <td>湿潤密度：1.5g/cm³</td> </tr> <tr> <td>荷重^{※2}</td> <td>8,542N/m²</td> <td rowspan="2">水循環系の閉塞並びに換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）評価に使用</td> </tr> <tr> <td>粒径</td> <td>8.0mm 以下</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：密度は、構造物への静的負荷の評価に用いる値であり、乾燥状態の密度は、湿潤状態の密度に含まれる。 ※2：湿潤状態の降下火砕物の荷重 (35cm×1500kg/m³×9.80665m/s²) + 積雪荷重 (115.4cm^{※3}×29.4N/(m²・cm) ^{※4}) = 8,542N/m² (小数点以下を切り上げ) ※3：積雪量 = 1日あたりの積雪量の年超過確率 10^{-2} の値 (84.3cm) + 日最深積雪量の平均値 (31.1cm) = 115.4cm ※4：新潟県建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重 (積雪 1cm 当たり 29.4N/m²)</p> <p>3.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針</p> <p><u>将来の活動可能性が否定できない火山</u>について、<u>柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉の運用期間中の噴火規模を考慮し、それが噴火した場合、原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物のみが柏崎刈羽原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象であるという結果となった。</u></p> <p>降下火砕物に対し、防護すべき評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。以下に、火山事象に対する防護の基本方針を示す。</p>	項目	設定	備考	層厚	35cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用	密度 ^{※1}	湿潤密度：1.5g/cm ³	荷重 ^{※2}	8,542N/m ²	水循環系の閉塞並びに換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）評価に使用	粒径	8.0mm 以下	<p style="text-align: center;">第 3.1-1 表 降下火砕物の設計条件</p> <table border="1" data-bbox="952 573 1700 768"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>設定条件</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>堆積厚さ</td> <td>50cm</td> <td rowspan="2">鉛直荷重に対する健全性評価に使用</td> </tr> <tr> <td>密度</td> <td>0.3g/cm³ ~ 1.5g/cm³ (乾燥状態) (湿潤状態)</td> </tr> <tr> <td>粒径</td> <td>8mm 以下</td> <td>水循環系の閉塞及び換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響評価に使用</td> </tr> </tbody> </table> <p>3.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針</p> <p><u>将来の活動可能性を否定できない火山</u>について、<u>発電所の運用期間中の噴火規模を考慮し、発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、「3.1 火山事象の影響評価」に示すとおり該当する火山事象は降下火砕物のみであり、地理的領域（160km）の広範囲に影響を及ぼす降下火砕物に対し、安全施設の安全機能を損なわない設計とする。</u>以下に火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針を示す。</p>	項目	設定条件	備考	堆積厚さ	50cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用	密度	0.3g/cm ³ ~ 1.5g/cm ³ (乾燥状態) (湿潤状態)	粒径	8mm 以下	水循環系の閉塞及び換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響評価に使用	<p><u>そのほか得られた降下火砕物の特性を第 1.1 表 に示す。なお、鉛直荷重については、湿潤状態の降下火砕物に建築基準法の考え方を参考とし設計基準積雪深（100cm）に係数 0.35 を考慮した値を踏まえ設定する。</u></p> <p style="text-align: center;">第 1.1 表 降下火砕物特性の設定結果</p> <table border="1" data-bbox="1742 562 2496 1018"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>設定</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>層厚</td> <td>56cm</td> <td rowspan="3">鉛直荷重に対する健全性評価に使用</td> </tr> <tr> <td>密度</td> <td>湿潤密度：1.5g/cm³ 乾燥密度：0.7g/cm³</td> </tr> <tr> <td>荷重^{※1}</td> <td>8,938N/m²</td> </tr> <tr> <td>粒径</td> <td>4.0mm 以下</td> <td>水循環系の閉塞並びに換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響評価に使用</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：<u>飽和状態の降下火砕物に積雪条件を踏まえた鉛直荷重</u> <u>飽和状態の降下火砕物の荷重 + 積雪荷重</u> $= (56\text{cm} \times 1500\text{kg/m}^3 \times 9.80665\text{m/s}^2) + (35\text{cm}^{\text{※2}} \times 20\text{N}/(\text{m}^2 \cdot \text{cm})^{\text{※3}})$ $= 8,938\text{N/m}^2 \text{ (小数点切り上げ)}$ ※2：<u>建築基準法の考え方を参考とし設計基準積雪深（100cm）に係数 0.35 を考慮した値</u> ※3：<u>松江市建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重（積雪量 1cm 当たり 20N/m²）</u></p> <p>4.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針</p> <p><u>検討対象火山</u>について、<u>島根原子力発電所 2号炉の運用期間中の噴火規模を考慮し、それが噴火した場合、原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物のみが島根原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象であるという結果となった。</u></p> <p><u>降下火砕物の影響により安全機能を損なわないよう、降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設（以下「評価対象施設」という。）を抽出し、評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</u>以下に火山事象に対する防護の基本方針を示す。</p>	項目	設定	備考	層厚	56cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用	密度	湿潤密度：1.5g/cm ³ 乾燥密度：0.7g/cm ³	荷重 ^{※1}	8,938N/m ²	粒径	4.0mm 以下	水循環系の閉塞並びに換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響評価に使用	<p>・自然現象の重畳の考え方の相違</p> <p>【柏崎 6/7】</p> <p>自然現象の荷重の組合せについて、設計基準で想定している規模の主事象と、年超過確率 10^{-2} の規模の副事象の重畳を考慮しているが、島根 2号炉は東海第二と同様、建築基準法の考え方を準用する方法及び観測記録による方法を参照している（以下、火山別①の相違）</p> <p>・資料構成の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根 2号炉は、積雪荷重の条件を記載</p>
項目	設定	備考																																						
層厚	35cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用																																						
密度 ^{※1}	湿潤密度：1.5g/cm ³																																							
荷重 ^{※2}	8,542N/m ²	水循環系の閉塞並びに換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞・摩耗）評価に使用																																						
粒径	8.0mm 以下																																							
項目	設定条件	備考																																						
堆積厚さ	50cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用																																						
密度	0.3g/cm ³ ~ 1.5g/cm ³ (乾燥状態) (湿潤状態)																																							
粒径	8mm 以下	水循環系の閉塞及び換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響評価に使用																																						
項目	設定	備考																																						
層厚	56cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用																																						
密度	湿潤密度：1.5g/cm ³ 乾燥密度：0.7g/cm ³																																							
荷重 ^{※1}	8,938N/m ²																																							
粒径	4.0mm 以下	水循環系の閉塞並びに換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響評価に使用																																						

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>(1) 降下火砕物による直接的な影響（荷重，閉塞，摩耗，腐食等）に対して，安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(2) 発電所内の構築物，系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が可能な設計とする。</p> <p>(3) 降下火砕物による間接的な影響として考慮する，広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源の喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限に対し，発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却，並びに使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより，安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>3.3 安全施設のうち評価対象施設の抽出</p> <p>「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）」第六条において，外部からの衝撃による損傷の防止として，「安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」とされている。</p> <p>設置許可基準規則第六条における安全施設とは，「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1，クラス2及びクラス3に該当する構築物，系統及び機器（以下「安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器」という。）を指していることから，降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を，安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。</p> <p>また，以下の点を踏まえ，降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち，外部事象防護対象施設は，外部事象に対し必要な構築物，系統及び機器（発電用原子炉を停止するため，また，停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能，又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器，並びに，使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能，又は異常の影響緩和の機能を有する構</p>	<p>(1) 降下火砕物による直接的な影響（荷重，閉塞，摩耗，腐食等）に対して，安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(2) 発電所内の構築物，系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が可能な設計とする。</p> <p>(3) 降下火砕物による間接的な影響である7日間の外部電源の喪失，発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し，<u>発電所の安全性を維持するために必要となる電源の供給が継続でき，安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>3.3 <u>火山事象（降下火砕物）から防護する施設</u></p> <p>「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）」第六条において，「安全施設は，想定される自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」とされていることから，<u>降下火砕物の影響から防護する施設は，発電用原子炉施設の安全性を確保するため，「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されている安全重要度分類クラス1，クラス2及びクラス3に該当する構築物，系統及び機器とする。</u></p> <p>また，以下の点を踏まえ，<u>外部事象防護対象施設は，発電用原子炉を停止するため又は停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器，並びに使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器として安全重要度分類のクラス1，クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物，</u></p>	<p>(1) 降下火砕物による直接的な影響（荷重，閉塞，摩耗，腐食等）に対して，安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(2) 発電所内の構築物，系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が可能な設計とする。</p> <p>(3) 降下火砕物による間接的な影響として考慮する，広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源の喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限に対し，<u>発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却，並びに燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより，安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>4.3 <u>安全施設のうち評価対象施設の抽出</u></p> <p>「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）」第六条において，外部からの衝撃による損傷の防止として，「安全施設（兼用キャスクを除く。）は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」とされている。</p> <p><u>設置許可基準規則第六条における安全施設とは，「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1，クラス2及びクラス3に該当する構築物，系統及び機器（以下「安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器」という。）を指していることから，降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を，安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。</u></p> <p>また，以下の点を踏まえ，<u>降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち，外部事象防護対象施設は，外部事象に対し必要な構築物，系統及び機器（発電用原子炉を停止するため，また，停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能，又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器，並びに，燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能，又は異常の影響緩和の機能を有する構築</u></p>	<p>・設備構成の相違</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>島根2号炉は，電源設備として，高圧炉心スプレイ系の発電機がある（以下，火山別②の相違）</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>建築物、系統及び機器として安全重要度分類のクラス1、クラス2 及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器)に加え、それらを内包する建屋とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物襲来時の設備損傷状況を踏まえ、必要に応じプラント停止の措置をとること ・プラント停止後は、その状態を維持することが重要であること <p>その上で、外部事象防護対象施設のうち、屋内設備は内包する建屋により防護する設計とし、評価対象施設を、屋外設備、建屋及び屋外との接続がある設備(屋外に開口している設備又は外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備)に分類し、抽出する。</p> <p>なお、上記以外の安全施設については、降下火砕物に対して機能を維持すること、若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での除灰、修復等の対応、又は、それらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>以上を踏まえた、評価フローを図1.3 に示す。評価フローに基づき抽出した評価対象施設を表1.2 及び表1.3 に示すとともに、評価対象施設の設置場所を図1.4 に示す。</p> <p>また、設置許可基準規則第四十三条の要求を踏まえ、設計基準事象によって、設計基準対象施設の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれることがないことを確認するとともに、重大事故等対処設備の機能が喪失した場合においても、外殻となる建屋による防護に期待できる代替手段等により必要な機能を維持できることを確認する。(補足資料-18)</p> <p>なお、降下火砕物に対する重大事故等対処設備の設計方針は、設置許可基準規則第四十三条(重大事故等対処設備)にて考慮する。</p>	<p>系統及び機器とする。また、外部事象防護対象施設及び外部事象防護対象施設を内包する建屋を併せて外部事象防護対象施設等という。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物襲来時の状況を踏まえ、必要に応じプラント停止の措置をとること ・プラント停止後は、その状態を維持することが重要であること <p>その上で、外部事象防護対象施設等のうち、屋内設備は内包する建屋により防護する設計とし、評価対象施設を、建屋、屋外に設置されている施設、降下火砕物を含む海水の流路となる施設、降下火砕物を含む空気の流路となる施設、外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設に分類し抽出する。また、評価対象施設及び外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設を評価対象施設等という。</p> <p>上記以外の安全施設については、降下火砕物に対して機能を維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での除灰、修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>以上を踏まえた抽出フローを第3.3-1図に示す。抽出フローに基づき抽出した評価対象施設等を第3.3-1表、第3.3-2表に示すとともに、評価対象施設等の設置場所を第3.3-2図に示す。</p> <p>また、発電用原子炉の高温停止、冷温停止に必要となる機能を達成するために必要となる施設を参考資料-1に示す。</p>	<p>物、系統及び機器として安全重要度分類のクラス1、クラス2 及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器)に加え、それらを内包する建物とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物襲来時の設備損傷状況を踏まえ、必要に応じプラント停止の措置をとること ・プラント停止後は、その状態を維持することが重要であること <p>その上で、外部事象防護対象施設のうち、屋内設備は内包する建物により防護する設計とし、評価対象施設を、屋外設備、建物及び屋外との接続がある設備(屋外に開口している設備、海水の流路となる設備又は外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備)に分類し、抽出する。また、評価対象施設及び外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設を評価対象施設等という。</p> <p>なお、上記以外の安全施設については、降下火砕物に対して機能を維持すること、若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での除灰、修復等の対応、又は、それらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>以上を踏まえた、評価フローを第1.3-1,2図に示す。評価フローに基づき抽出した評価対象施設等を第1.2表及び第1.3表に示すとともに、評価対象施設等の設置場所を第1.4図に示す。</p> <p>また、設置許可基準規則第四十三条の要求を踏まえ、設計基準事象によって、設計基準事故対処設備の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれることがないことを確認するとともに、重大事故等対処設備の機能が喪失した場合においても、外殻となる建物による防護に期待できる代替手段等により必要な機能を維持できることを確認する。(補足資料-16)</p> <p>なお、降下火砕物に対する重大事故等対処設備の設計方針は、設置許可基準規則第四十三条(重大事故等対処設備)にて考慮する。</p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・資料構成の相違【東海第二】 ・記載方針の相違【東海第二】 島根2号炉は、火山影響評価の対象施設とし

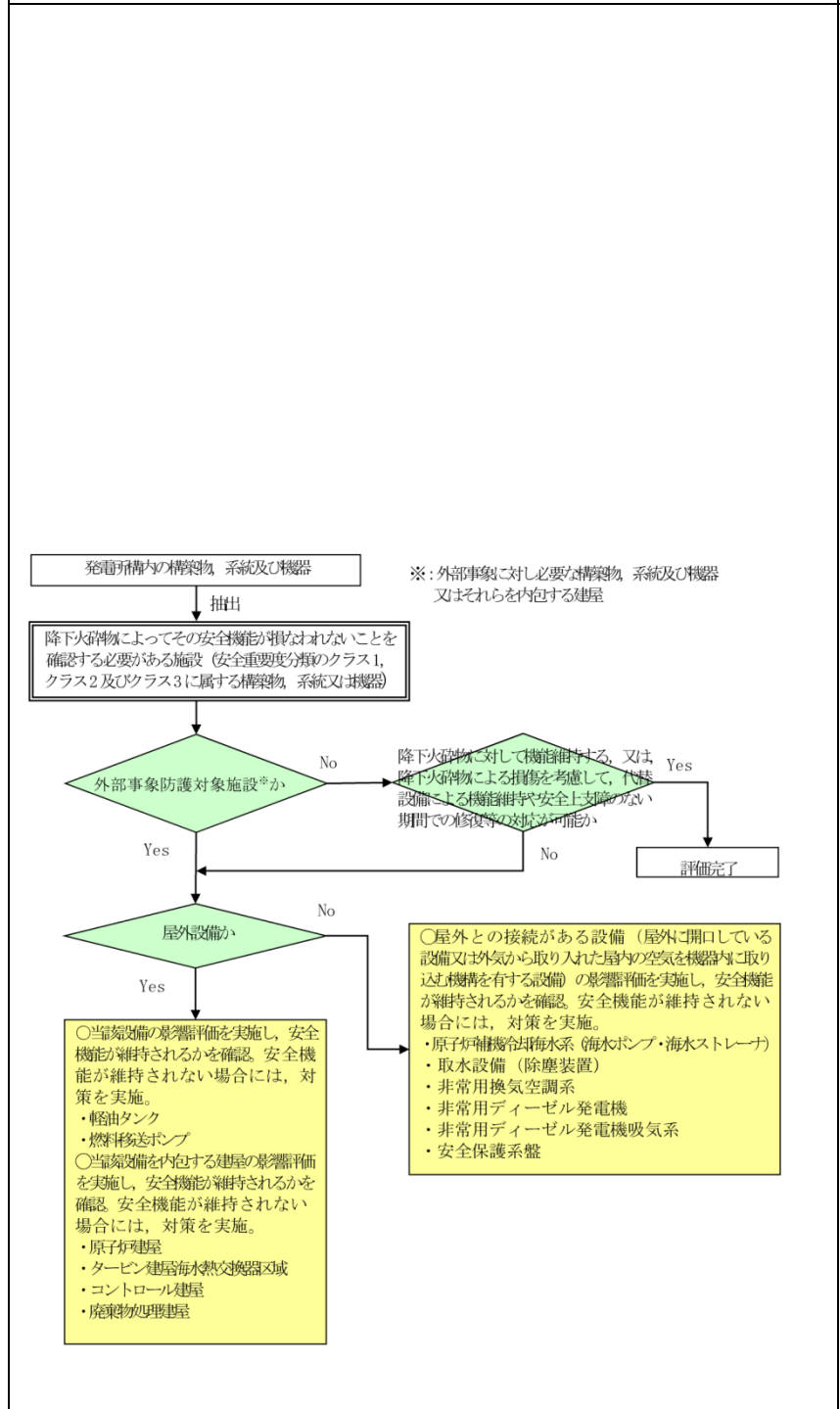
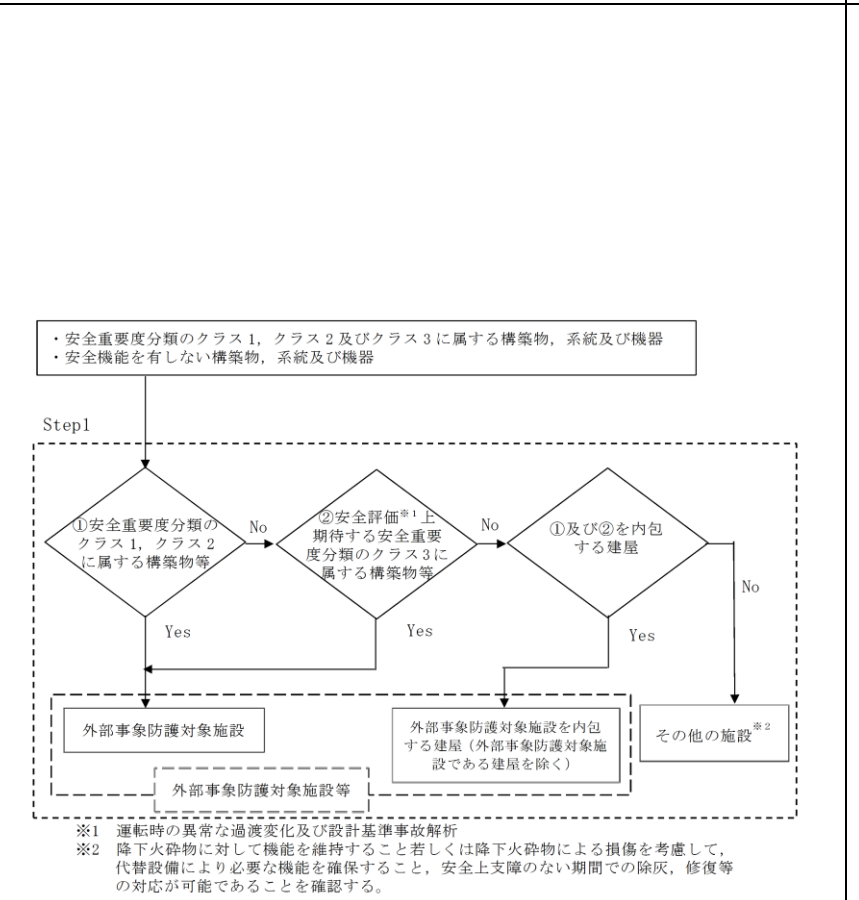
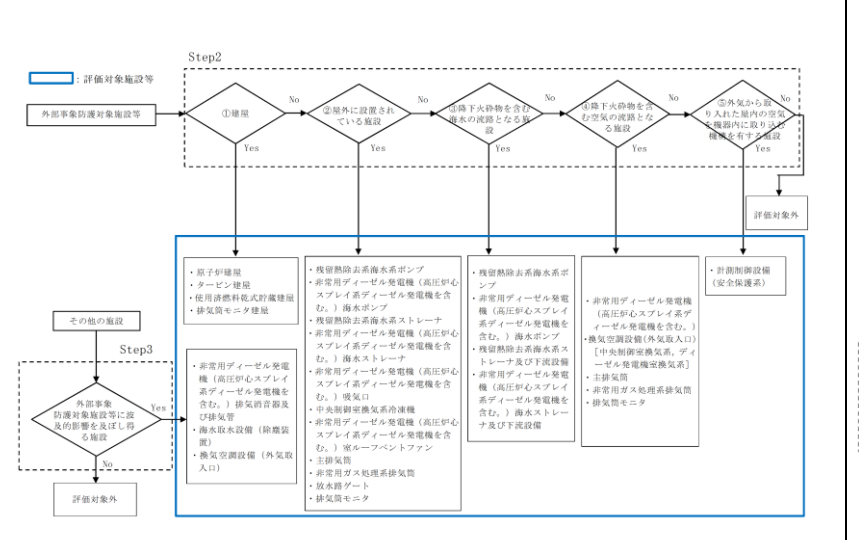


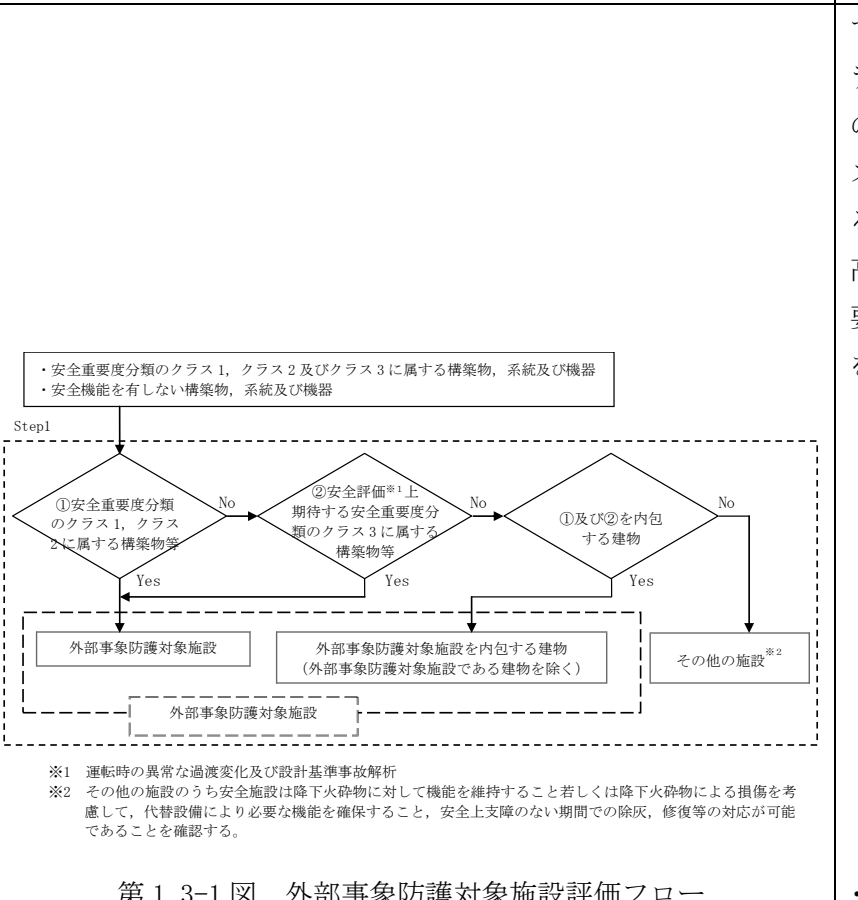
図 1.3 降下火砕物に対する安全施設の評価フロー



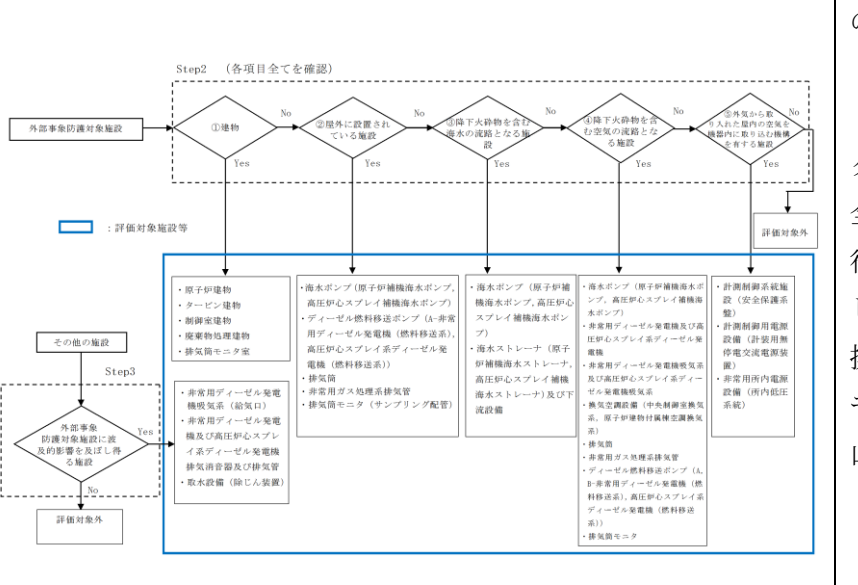
第 3.3-1 図 外部事象防護対象施設等の抽出フロー



第 3.3-2 図 評価対象施設等の抽出フロー



第 1.3-1 図 外部事象防護対象施設評価フロー



第 1.3-2 図 評価対象施設等の抽出フロー

て、全てのクラス1, クラス2と安全評価上その機能に期待するクラス3設備を抽出しているため、発電用原子炉の高温停止・冷温停止に必要な系統及び機器を包含している

・外部事象防護対象施設の抽出範囲の相違
【柏崎6/7】
島根2号炉は、全てのクラス1, クラス2と安全評価上その機能に期待するクラス3設備として、非常用ガス処理系排気管, 排気筒, 排気筒モニタを抽出 (以下、火山別③の相違)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																				
<p style="text-align: center;">表 1.2 評価対象施設</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">分類</th> <th>評価対象施設</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>屋外設備</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 軽油タンク (クラス1) 燃料移送ポンプ (クラス1) </td> </tr> <tr> <td>建屋</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋海水熱交換器区域 コントロール建屋 廃棄物処理建屋 </td> </tr> <tr> <td>屋外との接続がある設備 (屋外に開口している設備又は外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉補機冷却海水系 (クラス1) (海水ポンプ・海水ストレーナ) 取水設備 (除塵装置) (クラス3) 非常用換気空調系 (クラス1) (中央制御室換気空調系) 非常用換気空調系 (クラス2) (非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系 (非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む), コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系, 海水熱交換器区域換気空調系) 非常用ディーゼル発電機 (クラス1) 非常用ディーゼル発電機吸気系 (クラス1) 安全保護系盤 (クラス1) </td> </tr> </tbody> </table>	分類	評価対象施設	屋外設備	<ul style="list-style-type: none"> 軽油タンク (クラス1) 燃料移送ポンプ (クラス1) 	建屋	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋海水熱交換器区域 コントロール建屋 廃棄物処理建屋 	屋外との接続がある設備 (屋外に開口している設備又は外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備)	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉補機冷却海水系 (クラス1) (海水ポンプ・海水ストレーナ) 取水設備 (除塵装置) (クラス3) 非常用換気空調系 (クラス1) (中央制御室換気空調系) 非常用換気空調系 (クラス2) (非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系 (非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む), コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系, 海水熱交換器区域換気空調系) 非常用ディーゼル発電機 (クラス1) 非常用ディーゼル発電機吸気系 (クラス1) 安全保護系盤 (クラス1) 	<p style="text-align: center;">第 3.3-1 表 評価対象施設等の抽出結果</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">設備区分</th> <th>評価対象施設等</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>建屋</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋 排気筒モニタ建屋 </td> </tr> <tr> <td>屋外に設置されている施設</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系海水系ポンプ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ポンプ 残留熱除去系海水系ストレーナ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ストレーナ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 吸気口 中央制御室換気系冷凍機 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 室ルーフベントファン 主排気筒 非常用ガス処理系排気筒 放水路ゲート 排気筒モニタ </td> </tr> <tr> <td>降下火砕物を含む海水の流路となる施設</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系海水系ポンプ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ポンプ 残留熱除去系海水系ストレーナ及び下流設備 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ストレーナ及び下流設備 </td> </tr> <tr> <td>降下火砕物を含む空気の流路となる施設</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 換気空調設備 (外気取入口) のうち中央制御室換気系 換気空調設備 (外気取入口) のうち非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 室換気系 主排気筒 非常用ガス処理系排気筒 排気筒モニタ </td> </tr> <tr> <td>外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 計測制御設備 (安全保護系) </td> </tr> <tr> <td>外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 排気消音器及び排気筒 海水取水設備 (除塵装置) 換気空調設備 (外気取入口) </td> </tr> </tbody> </table>	設備区分	評価対象施設等	建屋	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋 排気筒モニタ建屋 	屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系海水系ポンプ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ポンプ 残留熱除去系海水系ストレーナ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ストレーナ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 吸気口 中央制御室換気系冷凍機 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 室ルーフベントファン 主排気筒 非常用ガス処理系排気筒 放水路ゲート 排気筒モニタ 	降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系海水系ポンプ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ポンプ 残留熱除去系海水系ストレーナ及び下流設備 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ストレーナ及び下流設備 	降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 換気空調設備 (外気取入口) のうち中央制御室換気系 換気空調設備 (外気取入口) のうち非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 室換気系 主排気筒 非常用ガス処理系排気筒 排気筒モニタ 	外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> 計測制御設備 (安全保護系) 	外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 排気消音器及び排気筒 海水取水設備 (除塵装置) 換気空調設備 (外気取入口) 	<p style="text-align: center;">第 1.2 表 評価対象施設等</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">設備区分</th> <th>評価対象施設等</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>建物</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉建物 タービン建物 制御室建物 廃棄物処理建物 排気筒モニタ室 </td> </tr> <tr> <td>屋外に設置されている施設</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ (原子炉補機海水ポンプ, 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ) ディーゼル燃料移送ポンプ (A-非常用ディーゼル発電機 (燃料移送系), 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 (燃料移送系)) 排気筒 非常用ガス処理系排気筒 排気筒モニタ </td> </tr> <tr> <td>降下火砕物を含む海水の流路となる施設</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ (原子炉補機海水ポンプ, 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ) 海水ストレーナ (原子炉補機海水ストレーナ, 高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ) 及び下流設備 </td> </tr> <tr> <td>降下火砕物を含む空気の流路となる施設</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ (原子炉補機海水ポンプ, 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ) 非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 非常用ディーゼル発電機吸気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気系 換気空調設備 (中央制御室換気系, 原子炉建物付属棟空調換気系) 排気筒 非常用ガス処理系排気筒 ディーゼル燃料移送ポンプ (A, B-非常用ディーゼル発電機 (燃料移送系), 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 (燃料移送系)) 排気筒モニタ </td> </tr> <tr> <td>外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 計測制御系統施設 (安全保護系盤) 計測制御用電源設備 (計装用無停電交流電源装置) 非常用所内電源設備 (所内低圧系統) </td> </tr> <tr> <td>外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機吸気系 (給気口) 非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器及び排気筒 取水設備 (除じん装置) </td> </tr> </tbody> </table>	設備区分	評価対象施設等	建物	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建物 タービン建物 制御室建物 廃棄物処理建物 排気筒モニタ室 	屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ (原子炉補機海水ポンプ, 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ) ディーゼル燃料移送ポンプ (A-非常用ディーゼル発電機 (燃料移送系), 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 (燃料移送系)) 排気筒 非常用ガス処理系排気筒 排気筒モニタ 	降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ (原子炉補機海水ポンプ, 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ) 海水ストレーナ (原子炉補機海水ストレーナ, 高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ) 及び下流設備 	降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ (原子炉補機海水ポンプ, 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ) 非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 非常用ディーゼル発電機吸気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気系 換気空調設備 (中央制御室換気系, 原子炉建物付属棟空調換気系) 排気筒 非常用ガス処理系排気筒 ディーゼル燃料移送ポンプ (A, B-非常用ディーゼル発電機 (燃料移送系), 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 (燃料移送系)) 排気筒モニタ 	外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> 計測制御系統施設 (安全保護系盤) 計測制御用電源設備 (計装用無停電交流電源装置) 非常用所内電源設備 (所内低圧系統) 	外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機吸気系 (給気口) 非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器及び排気筒 取水設備 (除じん装置) 	<p>・外部事象防護対象施設の設置場所及び抽出範囲の相違</p> <p>【柏崎 6/7】 火山別-③の相違</p> <p>島根 2号炉は、評価対象施設の屋外設備として海水ポンプ, 非常用ガス処理系排気筒, 排気筒を抽出。また、軽油タンクは地下埋設構造であるため抽出していない (以下、火山別-④の相違)</p> <p>【東海第二】 島根 2号炉は、使用済燃料乾式貯蔵建屋及び放水路ゲートを有していない。また、中央制御室換気系冷凍機, ルーフベントファンは建物内に設置しており、ディーゼル燃料移送ポンプは屋外に設置している (以下、火山別-⑤の相違)</p> <p>島根 2号炉は、波及的影響を及ぼし得る施設に非常用ディーゼル発電機吸気系 (給気口) を抽出している</p>
分類	評価対象施設																																						
屋外設備	<ul style="list-style-type: none"> 軽油タンク (クラス1) 燃料移送ポンプ (クラス1) 																																						
建屋	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋海水熱交換器区域 コントロール建屋 廃棄物処理建屋 																																						
屋外との接続がある設備 (屋外に開口している設備又は外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備)	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉補機冷却海水系 (クラス1) (海水ポンプ・海水ストレーナ) 取水設備 (除塵装置) (クラス3) 非常用換気空調系 (クラス1) (中央制御室換気空調系) 非常用換気空調系 (クラス2) (非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系 (非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む), コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系, 海水熱交換器区域換気空調系) 非常用ディーゼル発電機 (クラス1) 非常用ディーゼル発電機吸気系 (クラス1) 安全保護系盤 (クラス1) 																																						
設備区分	評価対象施設等																																						
建屋	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 タービン建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋 排気筒モニタ建屋 																																						
屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系海水系ポンプ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ポンプ 残留熱除去系海水系ストレーナ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ストレーナ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 吸気口 中央制御室換気系冷凍機 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 室ルーフベントファン 主排気筒 非常用ガス処理系排気筒 放水路ゲート 排気筒モニタ 																																						
降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系海水系ポンプ 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ポンプ 残留熱除去系海水系ストレーナ及び下流設備 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ストレーナ及び下流設備 																																						
降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 換気空調設備 (外気取入口) のうち中央制御室換気系 換気空調設備 (外気取入口) のうち非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 室換気系 主排気筒 非常用ガス処理系排気筒 排気筒モニタ 																																						
外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> 計測制御設備 (安全保護系) 																																						
外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 排気消音器及び排気筒 海水取水設備 (除塵装置) 換気空調設備 (外気取入口) 																																						
設備区分	評価対象施設等																																						
建物	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建物 タービン建物 制御室建物 廃棄物処理建物 排気筒モニタ室 																																						
屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ (原子炉補機海水ポンプ, 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ) ディーゼル燃料移送ポンプ (A-非常用ディーゼル発電機 (燃料移送系), 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 (燃料移送系)) 排気筒 非常用ガス処理系排気筒 排気筒モニタ 																																						
降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ (原子炉補機海水ポンプ, 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ) 海水ストレーナ (原子炉補機海水ストレーナ, 高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ) 及び下流設備 																																						
降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプ (原子炉補機海水ポンプ, 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ) 非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 非常用ディーゼル発電機吸気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気系 換気空調設備 (中央制御室換気系, 原子炉建物付属棟空調換気系) 排気筒 非常用ガス処理系排気筒 ディーゼル燃料移送ポンプ (A, B-非常用ディーゼル発電機 (燃料移送系), 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 (燃料移送系)) 排気筒モニタ 																																						
外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> 計測制御系統施設 (安全保護系盤) 計測制御用電源設備 (計装用無停電交流電源装置) 非常用所内電源設備 (所内低圧系統) 																																						
外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機吸気系 (給気口) 非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器及び排気筒 取水設備 (除じん装置) 																																						

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																										
		(6/12)																																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">重要度分類指針</th> <th colspan="2">島根原子力発電所2号炉</th> <th rowspan="2">設置場所^{※1}</th> <th rowspan="2">降下大粒物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、雨水の流路となる施設、室内の空気を機器内に取り込む施設）</th> </tr> <tr> <th>分類</th> <th>定義</th> <th>機能</th> <th colspan="2">構築物、系統又は機器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="7">PS-2</td> <td rowspan="7">1) その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器</td> <td>1) 原子炉冷却材を内蔵する機能（ただし、原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されている構築物、系統及び機器を除く。）</td> <td>主蒸気系、原子炉冷却材浄化系（いずれも、格納容器隔離弁の外側のみ）</td> <td>主蒸気系（格納容器隔離弁の外側） 原子炉浄化系（原子炉冷却材圧力バウンダリから外れる部分） 原子炉隔離時冷却系タービン蒸気供給ライン（原子炉冷却材圧力バウンダリから外れる部分であって外側隔離弁下流からタービン止め弁まで）</td> <td>R/B、T/B R/B</td> <td>— —</td> </tr> <tr> <td>2) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能</td> <td>放射性廃棄物処理施設（放射能インベントリの大きいもの）、燃料プール（使用済燃料貯蔵ラックを含む。）</td> <td>排ガス処理系（活性炭式希ガスホルドアップ装置） 燃料プール（使用済燃料貯蔵ラックを含む） 新燃料貯蔵庫「臨界を防止する機能」（新燃料貯蔵ラック）</td> <td>Rw/B R/B R/B</td> <td>— — —</td> </tr> <tr> <td>3) 燃料を安全に取り扱う機能</td> <td>燃料取扱設備</td> <td>燃料取扱機 原子炉ウエル 原子炉建物天井クレーン</td> <td>R/B R/B R/B</td> <td>— — —</td> </tr> <tr> <td>2) 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物、系統及び機器</td> <td>1) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能</td> <td>逃がし安全弁（吹き止まり機能に関連する部分）</td> <td>逃がし安全弁（吹き止まり機能に関連する部分）</td> <td>R/B</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>MS-2</td> <td>1) PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器</td> <td>1) 燃料プールの補給機能</td> <td>非常用補給水系</td> <td>残留熱除去系（ポンプ、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールから燃料プールまでの配管・弁、ポンプミニマムフローライン配管・弁、サブプレッション・プールのトレーナ）</td> <td>R/B</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉		設置場所 ^{※1}	降下大粒物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、雨水の流路となる施設、室内の空気を機器内に取り込む施設）	分類	定義	機能	構築物、系統又は機器		PS-2	1) その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材を内蔵する機能（ただし、原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されている構築物、系統及び機器を除く。）	主蒸気系、原子炉冷却材浄化系（いずれも、格納容器隔離弁の外側のみ）	主蒸気系（格納容器隔離弁の外側） 原子炉浄化系（原子炉冷却材圧力バウンダリから外れる部分） 原子炉隔離時冷却系タービン蒸気供給ライン（原子炉冷却材圧力バウンダリから外れる部分であって外側隔離弁下流からタービン止め弁まで）	R/B、T/B R/B	— —	2) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	放射性廃棄物処理施設（放射能インベントリの大きいもの）、燃料プール（使用済燃料貯蔵ラックを含む。）	排ガス処理系（活性炭式希ガスホルドアップ装置） 燃料プール（使用済燃料貯蔵ラックを含む） 新燃料貯蔵庫「臨界を防止する機能」（新燃料貯蔵ラック）	Rw/B R/B R/B	— — —	3) 燃料を安全に取り扱う機能	燃料取扱設備	燃料取扱機 原子炉ウエル 原子炉建物天井クレーン	R/B R/B R/B	— — —	2) 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物、系統及び機器	1) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	逃がし安全弁（吹き止まり機能に関連する部分）	逃がし安全弁（吹き止まり機能に関連する部分）	R/B	—	MS-2	1) PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器	1) 燃料プールの補給機能	非常用補給水系	残留熱除去系（ポンプ、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールから燃料プールまでの配管・弁、ポンプミニマムフローライン配管・弁、サブプレッション・プールのトレーナ）	R/B	—	
重要度分類指針			島根原子力発電所2号炉		設置場所 ^{※1}	降下大粒物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、雨水の流路となる施設、室内の空気を機器内に取り込む施設）																																							
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器																																										
PS-2	1) その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材を内蔵する機能（ただし、原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されている構築物、系統及び機器を除く。）	主蒸気系、原子炉冷却材浄化系（いずれも、格納容器隔離弁の外側のみ）	主蒸気系（格納容器隔離弁の外側） 原子炉浄化系（原子炉冷却材圧力バウンダリから外れる部分） 原子炉隔離時冷却系タービン蒸気供給ライン（原子炉冷却材圧力バウンダリから外れる部分であって外側隔離弁下流からタービン止め弁まで）	R/B、T/B R/B	— —																																							
		2) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	放射性廃棄物処理施設（放射能インベントリの大きいもの）、燃料プール（使用済燃料貯蔵ラックを含む。）	排ガス処理系（活性炭式希ガスホルドアップ装置） 燃料プール（使用済燃料貯蔵ラックを含む） 新燃料貯蔵庫「臨界を防止する機能」（新燃料貯蔵ラック）	Rw/B R/B R/B	— — —																																							
		3) 燃料を安全に取り扱う機能	燃料取扱設備	燃料取扱機 原子炉ウエル 原子炉建物天井クレーン	R/B R/B R/B	— — —																																							
		2) 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物、系統及び機器	1) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	逃がし安全弁（吹き止まり機能に関連する部分）	逃がし安全弁（吹き止まり機能に関連する部分）	R/B	—																																						
		MS-2	1) PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器	1) 燃料プールの補給機能	非常用補給水系	残留熱除去系（ポンプ、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールから燃料プールまでの配管・弁、ポンプミニマムフローライン配管・弁、サブプレッション・プールのトレーナ）	R/B	—																																					
				※1：R/B：原子炉建物、C/B：制御室建物、T/B：タービン建物、Rw/B：廃棄物処理建物																																									

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																															
		(7/12)																																																																
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">重要度分類指針</th> <th colspan="2">島根原子力発電所 2号炉</th> <th rowspan="2">設置場所^{※1}</th> <th rowspan="2">降下火砕物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、雨水の流路となる施設、室内の空気を機器内に取り込む施設）</th> </tr> <tr> <th>分類</th> <th>定義</th> <th>機能</th> <th colspan="2">構築物、系統又は機器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="7">MS-2</td> <td rowspan="7">1) PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を小さくするようにする構築物、系統及び機器</td> <td rowspan="7">2) 放射性物質放出の防止機能</td> <td rowspan="2">放射性気体廃棄物処理系の隔離弁、排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能以外）</td> <td>排ガス処理系隔離弁</td> <td>T/B</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能以外の部分）</td> <td>屋外</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>燃料プール冷却系の燃料プール入口逆止弁</td> <td>R/B</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>燃料集合体落下時放射能放出を低減する系</td> <td>原子炉建物（原子炉建物原子炉棟（原子炉建物燃料取替階プロアウトパネルを含む。））</td> <td>屋外</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>非常用ガス処理系（排気ファン、フィルタ装置、原子炉建物原子炉棟吸込口からタービン建物壁面までの配管・弁、乾燥装置（乾燥機能部分））</td> <td>R/B、T/B</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>非常用ガス処理系（タービン建物壁面から排気筒頂部までの配管）</td> <td>屋外</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能）</td> <td>屋外</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">2) 異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器</td> <td rowspan="4">1) 事故時のプラント状態の把握機能</td> <td rowspan="4">事故時監視計器の一部</td> <td>中性子束、原子炉スクラム用電磁接触器の状態又は制御棒位置</td> <td>R/B、C/B、Rw/B</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>原子炉水位（広帯域、燃料域）、原子炉圧力</td> <td>R/B、C/B、Rw/B</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>原子炉格納容器圧力、格納容器エリア放射線量率、サブプレッション・プール水温</td> <td>R/B、C/B、Rw/B</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>「低温停止への移行」 原子炉圧力、原子炉水位（広帯域） 「ドライウエルスブレイ」 原子炉水位（広帯域、燃料域）、格納容器圧力 「サブプレッション・プール冷却」 原子炉水位（広帯域、燃料域）、サブプレッション・プール水温 「可燃性ガス濃度制御系起動」 原子炉格納容器水素濃度、 原子炉格納容器酸素濃度</td> <td>R/B、C/B、Rw/B</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>2) 異常状態の緩和機能</td> <td>BWRは対象外</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>3) 制御室外からの安全停止機能</td> <td>制御室外原子炉停止装置（安全停止に関連するもの）</td> <td>中央制御室外原子炉停止系</td> <td>R/B</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	重要度分類指針			島根原子力発電所 2号炉		設置場所 ^{※1}	降下火砕物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、雨水の流路となる施設、室内の空気を機器内に取り込む施設）	分類	定義	機能	構築物、系統又は機器		MS-2	1) PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を小さくするようにする構築物、系統及び機器	2) 放射性物質放出の防止機能	放射性気体廃棄物処理系の隔離弁、排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能以外）	排ガス処理系隔離弁	T/B	—	排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能以外の部分）	屋外	○	燃料プール冷却系の燃料プール入口逆止弁	R/B	—	燃料集合体落下時放射能放出を低減する系	原子炉建物（原子炉建物原子炉棟（原子炉建物燃料取替階プロアウトパネルを含む。））	屋外	○	非常用ガス処理系（排気ファン、フィルタ装置、原子炉建物原子炉棟吸込口からタービン建物壁面までの配管・弁、乾燥装置（乾燥機能部分））	R/B、T/B	—	非常用ガス処理系（タービン建物壁面から排気筒頂部までの配管）	屋外	○	排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能）	屋外	○	2) 異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	1) 事故時のプラント状態の把握機能	事故時監視計器の一部	中性子束、原子炉スクラム用電磁接触器の状態又は制御棒位置	R/B、C/B、Rw/B	—	原子炉水位（広帯域、燃料域）、原子炉圧力	R/B、C/B、Rw/B	—	原子炉格納容器圧力、格納容器エリア放射線量率、サブプレッション・プール水温	R/B、C/B、Rw/B	—	「低温停止への移行」 原子炉圧力、原子炉水位（広帯域） 「ドライウエルスブレイ」 原子炉水位（広帯域、燃料域）、格納容器圧力 「サブプレッション・プール冷却」 原子炉水位（広帯域、燃料域）、サブプレッション・プール水温 「可燃性ガス濃度制御系起動」 原子炉格納容器水素濃度、 原子炉格納容器酸素濃度	R/B、C/B、Rw/B	—	2) 異常状態の緩和機能	BWRは対象外	—	—	—	3) 制御室外からの安全停止機能	制御室外原子炉停止装置（安全停止に関連するもの）	中央制御室外原子炉停止系	R/B	—	
重要度分類指針			島根原子力発電所 2号炉		設置場所 ^{※1}	降下火砕物の影響を受ける設備（屋外の施設、屋外に開口している施設、雨水の流路となる施設、室内の空気を機器内に取り込む施設）																																																												
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器																																																															
MS-2	1) PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を小さくするようにする構築物、系統及び機器	2) 放射性物質放出の防止機能	放射性気体廃棄物処理系の隔離弁、排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能以外）	排ガス処理系隔離弁	T/B	—																																																												
				排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能以外の部分）	屋外	○																																																												
			燃料プール冷却系の燃料プール入口逆止弁	R/B	—																																																													
			燃料集合体落下時放射能放出を低減する系	原子炉建物（原子炉建物原子炉棟（原子炉建物燃料取替階プロアウトパネルを含む。））	屋外	○																																																												
			非常用ガス処理系（排気ファン、フィルタ装置、原子炉建物原子炉棟吸込口からタービン建物壁面までの配管・弁、乾燥装置（乾燥機能部分））	R/B、T/B	—																																																													
			非常用ガス処理系（タービン建物壁面から排気筒頂部までの配管）	屋外	○																																																													
			排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能）	屋外	○																																																													
2) 異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	1) 事故時のプラント状態の把握機能	事故時監視計器の一部	中性子束、原子炉スクラム用電磁接触器の状態又は制御棒位置	R/B、C/B、Rw/B	—																																																													
			原子炉水位（広帯域、燃料域）、原子炉圧力	R/B、C/B、Rw/B	—																																																													
			原子炉格納容器圧力、格納容器エリア放射線量率、サブプレッション・プール水温	R/B、C/B、Rw/B	—																																																													
			「低温停止への移行」 原子炉圧力、原子炉水位（広帯域） 「ドライウエルスブレイ」 原子炉水位（広帯域、燃料域）、格納容器圧力 「サブプレッション・プール冷却」 原子炉水位（広帯域、燃料域）、サブプレッション・プール水温 「可燃性ガス濃度制御系起動」 原子炉格納容器水素濃度、 原子炉格納容器酸素濃度	R/B、C/B、Rw/B	—																																																													
2) 異常状態の緩和機能	BWRは対象外	—	—	—																																																														
3) 制御室外からの安全停止機能	制御室外原子炉停止装置（安全停止に関連するもの）	中央制御室外原子炉停止系	R/B	—																																																														
		※1：R/B：原子炉建物，C/B：制御室建物，T/B：タービン建物，Rw/B：廃棄物処理建物																																																																

(8/12)

重要度分類指針		島根原子力発電所2号炉		設置場所	降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある装置の施設	
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器				
PS-3	1) 異常状態の起因事象となるものであって、PS-1及びPS-2以外の構築物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材保持機能 (PS-1, PS-2 以外のもの)	計装配管, 試験採取管 原子炉冷却材圧力バウンダリから除外される小口径配管・弁	計装配管・弁 試験採取系配管・弁 ドレン配管・弁 ベント配管・弁	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-
		2) 原子炉冷却材の循環機能	原子炉冷却材再循環系	原子炉再循環ポンプ 配管・弁 ライザ管 (炉内) ジェットポンプ	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-
		3) 放射性物質の貯蔵機能	サブレンション・プール排水系, 復水貯蔵タンク, 放射性廃棄物処理施設 (放射能インベントリの小さいもの)	復水貯蔵タンク	屋外	○ (適切な除灰対応により、機能維持可能)	-
				液体廃棄物処理系 (タンク) 固体廃棄物処理系 (タンク, 固体廃棄物貯蔵所 (ドラム缶))	屋外	○ (適切な除灰対応により、機能維持可能)	-
4) 電源供給機能 (非常用を除く。)	タービン, 発電機及びその助磁装置, 復水系 (復水器を含む), 給水系, 循環水系, 送電線, 変圧器, 開閉所	発電機及びその助磁装置 軸密封装置 発電機水素ガス冷却装置 固定子冷却装置 励磁電源系 蒸気タービン (主タービン, 主要弁, 配管) 主蒸気系 (主蒸気/駆動源) タービン制御系 タービングランド蒸気系 タービン潤滑油系 (配管・弁等) 抽気系 (配管・弁等) タービンヒータベント系 (配管・弁) タービンヒータドレン系 (配管・弁等) 補助蒸気系	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-		

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																
		(9/12)																																																																	
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">重要度分類指針</th> <th colspan="2">島根原子力発電所2号炉</th> <th rowspan="2">設置場所</th> <th rowspan="2">降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能</th> <th rowspan="2">その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設</th> </tr> <tr> <th>分類</th> <th>定義</th> <th>機能</th> <th>構築物、系統又は機器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="10">PS-3</td> <td rowspan="10">1) 異常状態の起因事象となるものであって、PS-1及びPS-2以外の構築物、系統及び機器</td> <td rowspan="10">4) 電源供給機能(非常用を除く。)</td> <td>タービン、発電機及びその励磁装置、復水系(復水器を含む)、給水系、循環水系、送電線、変圧器、開閉所</td> <td>復水系(復水器、復水ポンプ、配管・弁) 抽出空気系(配管・弁) 給水系(電源駆動給水ポンプ、タービン駆動給水ポンプ、給水加熱器、配管・弁) 循環水系(循環水ポンプ、配管・弁) 取水設備(屋外トレンチ含む)</td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>常用所内電源系(発電機又は外部電源から所内負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 直流電源系(蓄電池、蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外))、充電器 計装制御電源系(電源装置から常用計装制御装置までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 送電線 変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)</td> <td>屋外</td> <td>○ (閉塞等に対して、影響のないことを確認)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>原子炉制御系(制御棒価値ミニマイザを含む) 原子炉核計装の一部 原子炉プラントプロセス計装の一部</td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>所内ボイラ、計装用圧縮空気系</td> <td>屋内 屋外</td> <td>○ (補修を実施)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>所内ボイラ設備(所内ボイラ、給水タンク、給水ポンプ、配管・弁) 油系統(重油サーピスタタンク、重油ポンプ、配管・弁)</td> <td>屋内 屋外</td> <td>○ (補修を実施)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>原子炉制御系(制御棒価値ミニマイザを含む) 原子炉核計装の一部 原子炉プラントプロセス計装の一部</td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)</td> <td>屋外</td> <td>○ (代替設備(非常用ディーゼル発電機)により機能維持可能)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>送電線 変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)</td> <td>屋外</td> <td>○ (代替設備(非常用ディーゼル発電機)により機能維持可能)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>直流電源系(蓄電池、蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外))、充電器 計装制御電源系(電源装置から常用計装制御装置までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 送電線 変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)</td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>常用所内電源系(発電機又は外部電源から所内負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 直流電源系(蓄電池、蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外))、充電器 計装制御電源系(電源装置から常用計装制御装置までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 送電線 変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)</td> <td>屋外</td> <td>○ (閉塞等に対して、影響のないことを確認)</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	重要度分類指針		島根原子力発電所2号炉		設置場所	降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設	分類	定義	機能	構築物、系統又は機器	PS-3	1) 異常状態の起因事象となるものであって、PS-1及びPS-2以外の構築物、系統及び機器	4) 電源供給機能(非常用を除く。)	タービン、発電機及びその励磁装置、復水系(復水器を含む)、給水系、循環水系、送電線、変圧器、開閉所	復水系(復水器、復水ポンプ、配管・弁) 抽出空気系(配管・弁) 給水系(電源駆動給水ポンプ、タービン駆動給水ポンプ、給水加熱器、配管・弁) 循環水系(循環水ポンプ、配管・弁) 取水設備(屋外トレンチ含む)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—		常用所内電源系(発電機又は外部電源から所内負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 直流電源系(蓄電池、蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外))、充電器 計装制御電源系(電源装置から常用計装制御装置までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 送電線 変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)	屋外	○ (閉塞等に対して、影響のないことを確認)	—		原子炉制御系(制御棒価値ミニマイザを含む) 原子炉核計装の一部 原子炉プラントプロセス計装の一部	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—		所内ボイラ、計装用圧縮空気系	屋内 屋外	○ (補修を実施)	—		所内ボイラ設備(所内ボイラ、給水タンク、給水ポンプ、配管・弁) 油系統(重油サーピスタタンク、重油ポンプ、配管・弁)	屋内 屋外	○ (補修を実施)	—		原子炉制御系(制御棒価値ミニマイザを含む) 原子炉核計装の一部 原子炉プラントプロセス計装の一部	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—		変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)	屋外	○ (代替設備(非常用ディーゼル発電機)により機能維持可能)	—		送電線 変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)	屋外	○ (代替設備(非常用ディーゼル発電機)により機能維持可能)	—		直流電源系(蓄電池、蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外))、充電器 計装制御電源系(電源装置から常用計装制御装置までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 送電線 変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—		常用所内電源系(発電機又は外部電源から所内負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 直流電源系(蓄電池、蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外))、充電器 計装制御電源系(電源装置から常用計装制御装置までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 送電線 変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)	屋外	○ (閉塞等に対して、影響のないことを確認)	—	
重要度分類指針		島根原子力発電所2号炉		設置場所	降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設																																																													
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器																																																																
PS-3	1) 異常状態の起因事象となるものであって、PS-1及びPS-2以外の構築物、系統及び機器	4) 電源供給機能(非常用を除く。)	タービン、発電機及びその励磁装置、復水系(復水器を含む)、給水系、循環水系、送電線、変圧器、開閉所	復水系(復水器、復水ポンプ、配管・弁) 抽出空気系(配管・弁) 給水系(電源駆動給水ポンプ、タービン駆動給水ポンプ、給水加熱器、配管・弁) 循環水系(循環水ポンプ、配管・弁) 取水設備(屋外トレンチ含む)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—																																																												
				常用所内電源系(発電機又は外部電源から所内負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 直流電源系(蓄電池、蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外))、充電器 計装制御電源系(電源装置から常用計装制御装置までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 送電線 変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)	屋外	○ (閉塞等に対して、影響のないことを確認)	—																																																												
				原子炉制御系(制御棒価値ミニマイザを含む) 原子炉核計装の一部 原子炉プラントプロセス計装の一部	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—																																																												
				所内ボイラ、計装用圧縮空気系	屋内 屋外	○ (補修を実施)	—																																																												
				所内ボイラ設備(所内ボイラ、給水タンク、給水ポンプ、配管・弁) 油系統(重油サーピスタタンク、重油ポンプ、配管・弁)	屋内 屋外	○ (補修を実施)	—																																																												
				原子炉制御系(制御棒価値ミニマイザを含む) 原子炉核計装の一部 原子炉プラントプロセス計装の一部	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—																																																												
				変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)	屋外	○ (代替設備(非常用ディーゼル発電機)により機能維持可能)	—																																																												
				送電線 変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)	屋外	○ (代替設備(非常用ディーゼル発電機)により機能維持可能)	—																																																												
				直流電源系(蓄電池、蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外))、充電器 計装制御電源系(電源装置から常用計装制御装置までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 送電線 変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—																																																												
				常用所内電源系(発電機又は外部電源から所内負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 直流電源系(蓄電池、蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路(MS-1関連以外))、充電器 計装制御電源系(電源装置から常用計装制御装置までの配電設備及び電路(MS-1関連以外)) 送電線 変圧器(所内変圧器、起動変圧器、予備変圧器、電路) 変圧器 油劣化防止装置 冷却装置 開閉所(母線、遮断器、断路器、電路)	屋外	○ (閉塞等に対して、影響のないことを確認)	—																																																												

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																																			
		(10/12)																																																																				
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">重要度分類指針</th> <th colspan="2">島根原子力発電所2号炉</th> <th rowspan="2">設置場所</th> <th rowspan="2">降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能</th> <th rowspan="2">その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設</th> </tr> <tr> <th>分類</th> <th>定義</th> <th>機能</th> <th>構築物、系統又は機器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="6">PS-3</td> <td rowspan="6">1) 異常状態の起回事象となるものであって、PS-1 及び PS-2 以外の構築物、系統及び機器</td> <td rowspan="6">6) プラント運転補助機能</td> <td rowspan="6">所内ボイラ、計装用圧縮空気系</td> <td>所内蒸気系 (配管・弁)</td> <td>屋内 屋外</td> <td>○ (補修を実施)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>計装用空気系 (空気圧縮機、配管・弁、中間冷却器、後部冷却器、気水分離器、空気貯槽)</td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>原子炉補機冷却水系 (MS-1 関連以外) (配管・弁)</td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>タービン補機冷却水系 (ポンプ、熱交換器、配管・弁、サージタンク)</td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>タービン補機冷却海水系 (ポンプ、配管・弁、ストレーナ)</td> <td>屋外</td> <td>○ (補修を実施)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>復水輸送系 (ポンプ、配管・弁)</td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>復水貯蔵タンク</td> <td>屋外</td> <td>○ (適切な除灰対応により、機能維持可能)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">PS-3</td> <td rowspan="2">2) 原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物、系統及び機器</td> <td rowspan="2">1) 核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能 2) 原子炉冷却材の浄化機能</td> <td>燃料被覆管</td> <td>燃料被覆管、上/下部端栓、タイロッド</td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>原子炉冷却材浄化系、復水浄化系</td> <td>原子炉浄化系 (再生熱交換器、非再生熱交換器、ポンプ、ろ過脱塩装置、配管・弁) 復水浄化系 (復水ろ過装置、復水脱塩装置、配管・弁)</td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>MS-3</td> <td>1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1、MS-2 とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器</td> <td>1) 原子炉圧力の上昇の緩和機能</td> <td>逃がし安全弁 (逃がし弁機能)、タービンバイパス弁</td> <td>逃がし安全弁 (逃がし弁機能) 原子炉圧力容器から逃がし安全弁までの主蒸気配管 逃がし安全弁アキュムレータ、逃がし安全弁アキュムレータから逃がし安全弁までの配管・弁 タービン・バイパス弁 原子炉圧力容器からタービン・バイパス弁までの主蒸気配管 タービン・バイパス弁アキュムレータ、タービン・バイパス弁アキュムレータからタービン・バイパス弁までの配管・弁</td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	重要度分類指針		島根原子力発電所2号炉		設置場所	降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設	分類	定義	機能	構築物、系統又は機器	PS-3	1) 異常状態の起回事象となるものであって、PS-1 及び PS-2 以外の構築物、系統及び機器	6) プラント運転補助機能	所内ボイラ、計装用圧縮空気系	所内蒸気系 (配管・弁)	屋内 屋外	○ (補修を実施)	-	計装用空気系 (空気圧縮機、配管・弁、中間冷却器、後部冷却器、気水分離器、空気貯槽)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	原子炉補機冷却水系 (MS-1 関連以外) (配管・弁)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	タービン補機冷却水系 (ポンプ、熱交換器、配管・弁、サージタンク)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	タービン補機冷却海水系 (ポンプ、配管・弁、ストレーナ)	屋外	○ (補修を実施)	-	復水輸送系 (ポンプ、配管・弁)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-				復水貯蔵タンク	屋外	○ (適切な除灰対応により、機能維持可能)	-	PS-3	2) 原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物、系統及び機器	1) 核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能 2) 原子炉冷却材の浄化機能	燃料被覆管	燃料被覆管、上/下部端栓、タイロッド	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	原子炉冷却材浄化系、復水浄化系	原子炉浄化系 (再生熱交換器、非再生熱交換器、ポンプ、ろ過脱塩装置、配管・弁) 復水浄化系 (復水ろ過装置、復水脱塩装置、配管・弁)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	MS-3	1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1、MS-2 とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	1) 原子炉圧力の上昇の緩和機能	逃がし安全弁 (逃がし弁機能)、タービンバイパス弁	逃がし安全弁 (逃がし弁機能) 原子炉圧力容器から逃がし安全弁までの主蒸気配管 逃がし安全弁アキュムレータ、逃がし安全弁アキュムレータから逃がし安全弁までの配管・弁 タービン・バイパス弁 原子炉圧力容器からタービン・バイパス弁までの主蒸気配管 タービン・バイパス弁アキュムレータ、タービン・バイパス弁アキュムレータからタービン・バイパス弁までの配管・弁	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	
重要度分類指針		島根原子力発電所2号炉		設置場所	降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設																																																																
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器																																																																			
PS-3	1) 異常状態の起回事象となるものであって、PS-1 及び PS-2 以外の構築物、系統及び機器	6) プラント運転補助機能	所内ボイラ、計装用圧縮空気系	所内蒸気系 (配管・弁)	屋内 屋外	○ (補修を実施)	-																																																															
				計装用空気系 (空気圧縮機、配管・弁、中間冷却器、後部冷却器、気水分離器、空気貯槽)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-																																																															
				原子炉補機冷却水系 (MS-1 関連以外) (配管・弁)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-																																																															
				タービン補機冷却水系 (ポンプ、熱交換器、配管・弁、サージタンク)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-																																																															
				タービン補機冷却海水系 (ポンプ、配管・弁、ストレーナ)	屋外	○ (補修を実施)	-																																																															
				復水輸送系 (ポンプ、配管・弁)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-																																																															
			復水貯蔵タンク	屋外	○ (適切な除灰対応により、機能維持可能)	-																																																																
PS-3	2) 原子炉冷却材中放射性物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物、系統及び機器	1) 核分裂生成物の原子炉冷却材中への放散防止機能 2) 原子炉冷却材の浄化機能	燃料被覆管	燃料被覆管、上/下部端栓、タイロッド	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-																																																															
			原子炉冷却材浄化系、復水浄化系	原子炉浄化系 (再生熱交換器、非再生熱交換器、ポンプ、ろ過脱塩装置、配管・弁) 復水浄化系 (復水ろ過装置、復水脱塩装置、配管・弁)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-																																																															
MS-3	1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1、MS-2 とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	1) 原子炉圧力の上昇の緩和機能	逃がし安全弁 (逃がし弁機能)、タービンバイパス弁	逃がし安全弁 (逃がし弁機能) 原子炉圧力容器から逃がし安全弁までの主蒸気配管 逃がし安全弁アキュムレータ、逃がし安全弁アキュムレータから逃がし安全弁までの配管・弁 タービン・バイパス弁 原子炉圧力容器からタービン・バイパス弁までの主蒸気配管 タービン・バイパス弁アキュムレータ、タービン・バイパス弁アキュムレータからタービン・バイパス弁までの配管・弁	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-																																																															

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																						
		(11/12)																																																							
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">重要度分類指針</th> <th colspan="2">島根原子力発電所 2号炉</th> <th rowspan="2">設置場所</th> <th rowspan="2">降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能</th> <th rowspan="2">その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設</th> </tr> <tr> <th>分類</th> <th>定義</th> <th>機能</th> <th colspan="2">構築物、系統又は機器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="7">MS-3</td> <td rowspan="7">1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1、MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器</td> <td rowspan="2">2) 出力上昇の抑制機能</td> <td>原子炉冷却材再循環系(再循環ポンプトリップ機能)、制御棒引抜監視装置</td> <td>原子炉再循環系(再循環ポンプトリップ機能)</td> <td rowspan="2">屋内</td> <td rowspan="2">○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td rowspan="2">-</td> </tr> <tr> <td>制御棒引抜監視装置</td> <td>制御棒駆動水圧系(ポンプ、復水貯蔵タンクから制御棒駆動機構までの配管・弁、ポンプサクシジョンフィルタ、ポンプミニマムフローライン配管・弁)</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">3) 原子炉冷却材の補給機能</td> <td>制御棒駆動水圧系、原子炉隔離時冷却系</td> <td>制御棒駆動水圧系(ポンプ、復水貯蔵タンクから制御棒駆動機構までの配管・弁、ポンプサクシジョンフィルタ、ポンプミニマムフローライン配管・弁)</td> <td>復水貯蔵タンク</td> <td>屋内 屋外(ダクト)</td> <td>○ (屋内、ダクト内設備のため、影響なし)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>原子炉隔離時冷却系(ポンプ、タービン、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールから注水先までの配管・弁、ポンプミニマムフローライン配管・弁)</td> <td></td> <td>屋外</td> <td>○ (適切な除灰対応により、機能維持可能)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>タービンへの蒸気供給配管・弁</td> <td></td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>潤滑油冷却器及びその冷却器までの冷却水供給配管</td> <td></td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>屋内</td> <td>○ (屋内設備のため、影響なし)</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	重要度分類指針			島根原子力発電所 2号炉		設置場所	降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設	分類	定義	機能	構築物、系統又は機器		MS-3	1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1、MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	2) 出力上昇の抑制機能	原子炉冷却材再循環系(再循環ポンプトリップ機能)、制御棒引抜監視装置	原子炉再循環系(再循環ポンプトリップ機能)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	制御棒引抜監視装置	制御棒駆動水圧系(ポンプ、復水貯蔵タンクから制御棒駆動機構までの配管・弁、ポンプサクシジョンフィルタ、ポンプミニマムフローライン配管・弁)	3) 原子炉冷却材の補給機能	制御棒駆動水圧系、原子炉隔離時冷却系	制御棒駆動水圧系(ポンプ、復水貯蔵タンクから制御棒駆動機構までの配管・弁、ポンプサクシジョンフィルタ、ポンプミニマムフローライン配管・弁)	復水貯蔵タンク	屋内 屋外(ダクト)	○ (屋内、ダクト内設備のため、影響なし)	-		原子炉隔離時冷却系(ポンプ、タービン、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールから注水先までの配管・弁、ポンプミニマムフローライン配管・弁)		屋外	○ (適切な除灰対応により、機能維持可能)	-		タービンへの蒸気供給配管・弁		屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-		潤滑油冷却器及びその冷却器までの冷却水供給配管		屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-				屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-	
重要度分類指針			島根原子力発電所 2号炉		設置場所	降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設																																																		
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器																																																						
MS-3	1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1、MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	2) 出力上昇の抑制機能	原子炉冷却材再循環系(再循環ポンプトリップ機能)、制御棒引抜監視装置	原子炉再循環系(再循環ポンプトリップ機能)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-																																																		
			制御棒引抜監視装置	制御棒駆動水圧系(ポンプ、復水貯蔵タンクから制御棒駆動機構までの配管・弁、ポンプサクシジョンフィルタ、ポンプミニマムフローライン配管・弁)																																																					
		3) 原子炉冷却材の補給機能	制御棒駆動水圧系、原子炉隔離時冷却系	制御棒駆動水圧系(ポンプ、復水貯蔵タンクから制御棒駆動機構までの配管・弁、ポンプサクシジョンフィルタ、ポンプミニマムフローライン配管・弁)	復水貯蔵タンク	屋内 屋外(ダクト)	○ (屋内、ダクト内設備のため、影響なし)	-																																																	
				原子炉隔離時冷却系(ポンプ、タービン、サブプレッション・プール、サブプレッション・プールから注水先までの配管・弁、ポンプミニマムフローライン配管・弁)		屋外	○ (適切な除灰対応により、機能維持可能)	-																																																	
				タービンへの蒸気供給配管・弁		屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-																																																	
				潤滑油冷却器及びその冷却器までの冷却水供給配管		屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-																																																	
						屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	-																																																	

(12/12)

重要度分類指針			島根原子力発電所 2号炉		設置場所	降下火砕物に対して機能維持する。若しくは、降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応可能	その停止等により上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設	
分類	定義	機能	構築物、系統又は機器					
MS-3	2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	原子力発電所緊急時対策所、試料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	緊急時対策所 (緊急時対策所、情報収集設備、通信連絡設備、資料及び器材、遮蔽設備)	屋外	○ (設計荷重等に対して影響しないことを確認)	—	
				試料採取系 (異常時に必要な以下の機能を有するもの。原子炉冷却材放射性物質濃度サンプリング分析、格納容器雰囲気放射性物質濃度サンプリング分析)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—	
				通信連絡設備 (1つの専用回路を含む複数の回路を有する通信連絡設備)	屋内 屋外	○ (代替設備 (衛星系等) により機能維持可能)	—	
				排気筒モニタ	屋外	○ (設計荷重等に対して影響しないことを確認)	—	
				放射線監視設備 (排気筒モニタ以外)	屋外	○ (代替設備 (可搬型モニタリング設備) により機能維持可能)	—	
				事故時監視計器の一部	屋内 屋外	○ (補修を実施)	—	
				消火系	水消火設備 (補助消火水槽、サイトバンカ建物消火タンク、44m 盤消火タンク、45m 盤消火タンク、50m 盤消火タンク、ポンプ、配管・弁等)	屋内 屋外	○ (代替設備 (消防車等) により機能維持可能)	—
					泡消火設備			
				固定式ガス消火設備	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—	
				防火扉、防火ダンパ、耐火壁、隔壁 (消火設備の機能を維持・担保するために必要なもの)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—	
				火災検出装置 (受信機含む)	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—	
				安全避難通路				
				安全避難用扉	屋内	○ (屋内設備のため、影響なし)	—	
				非常用照明				

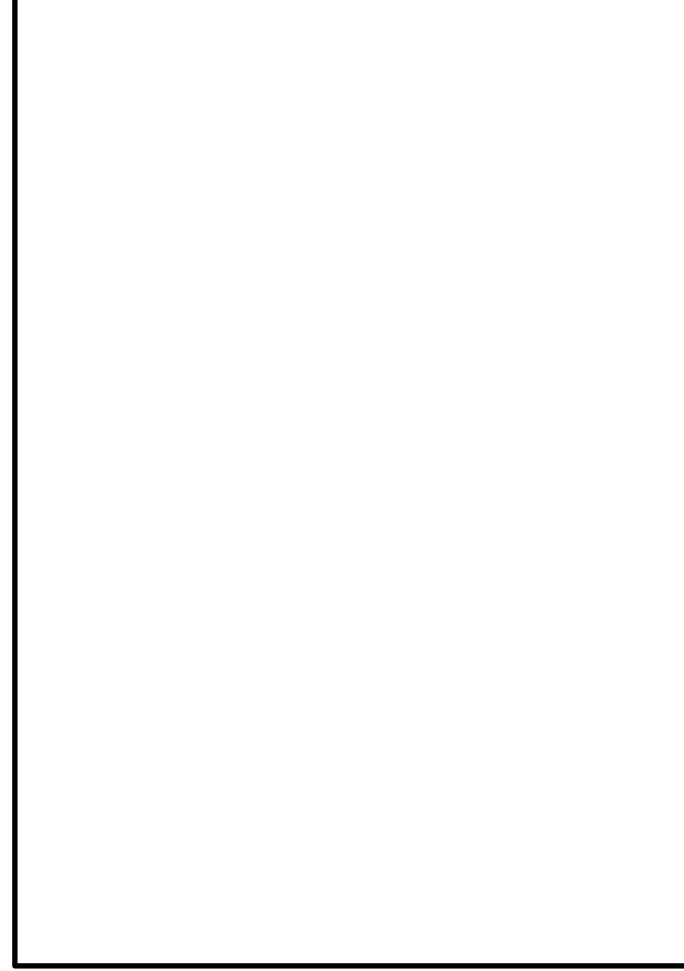
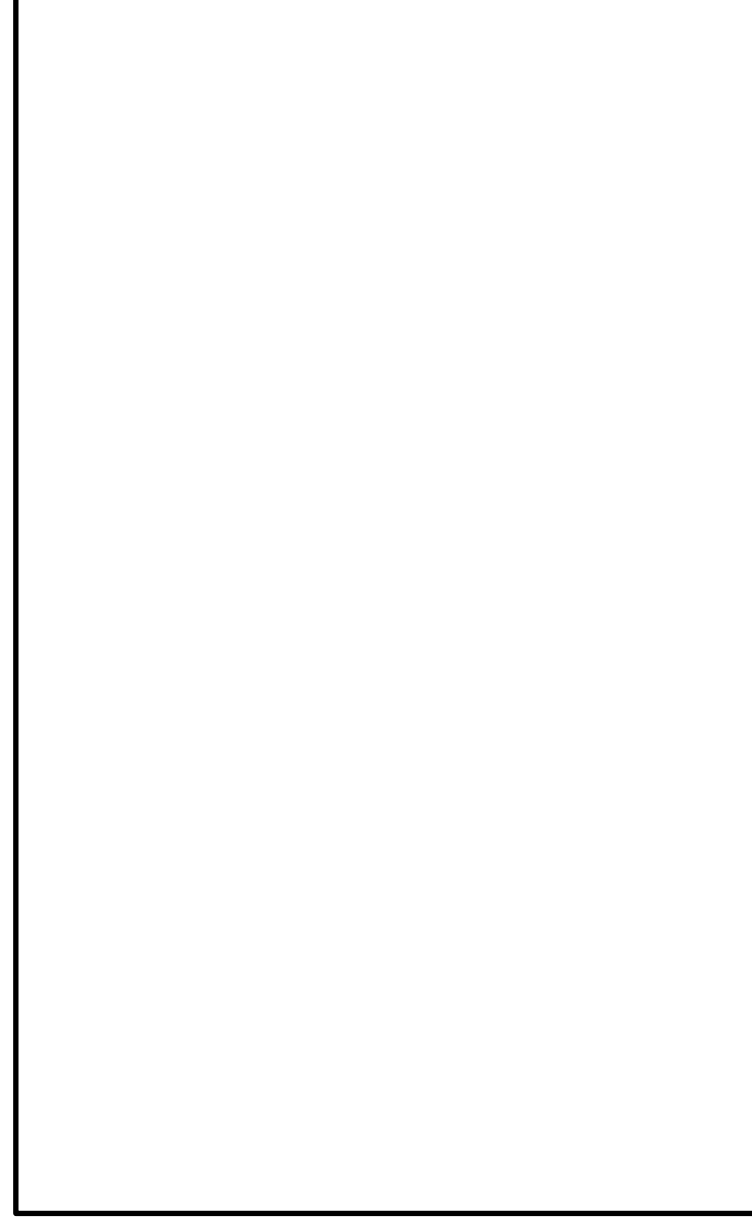
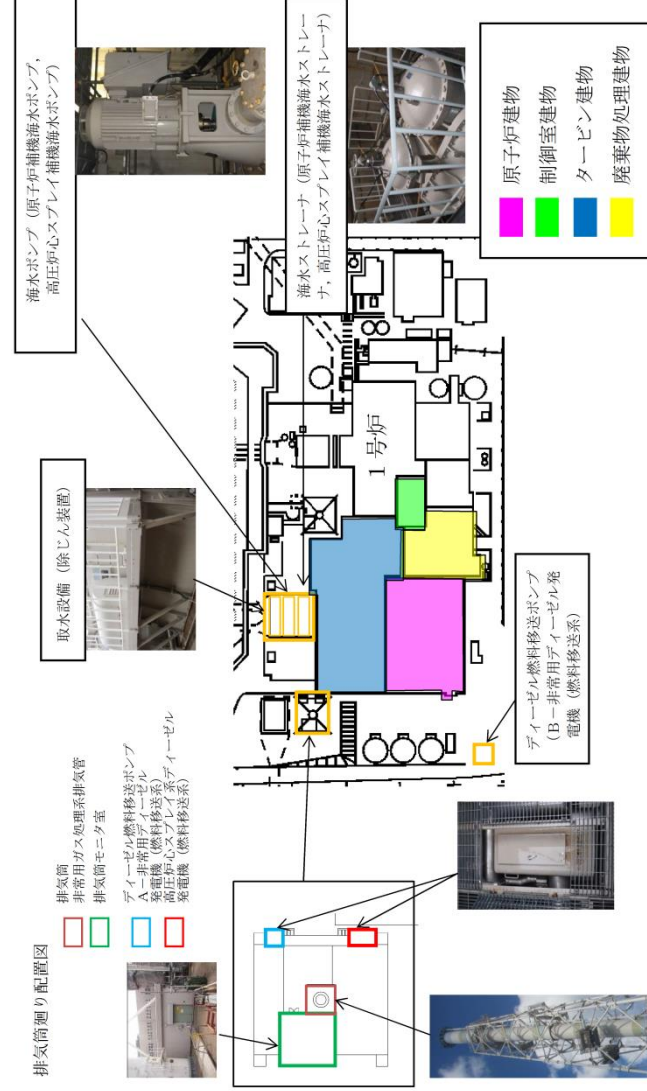


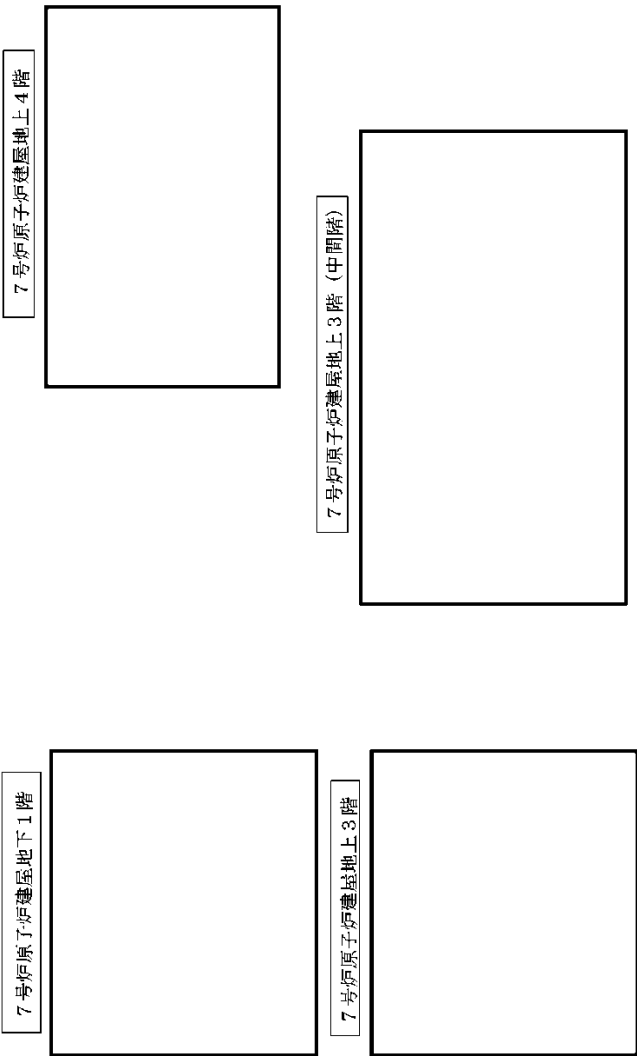
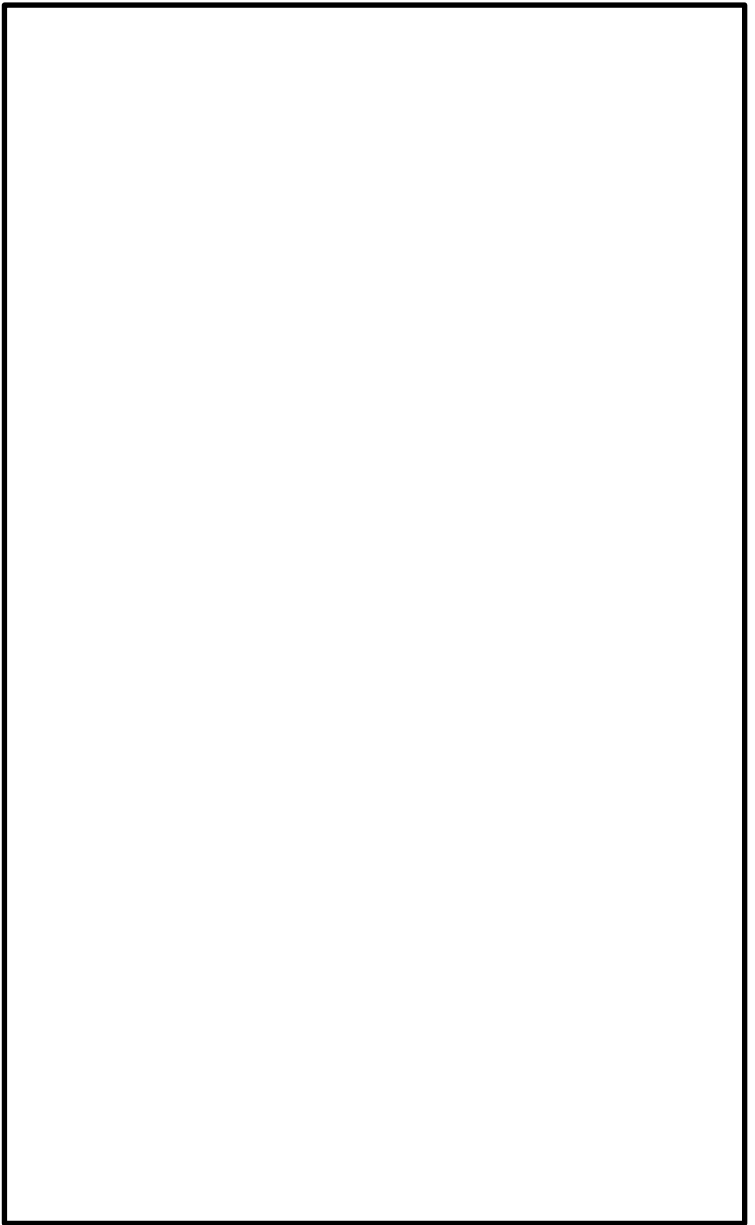
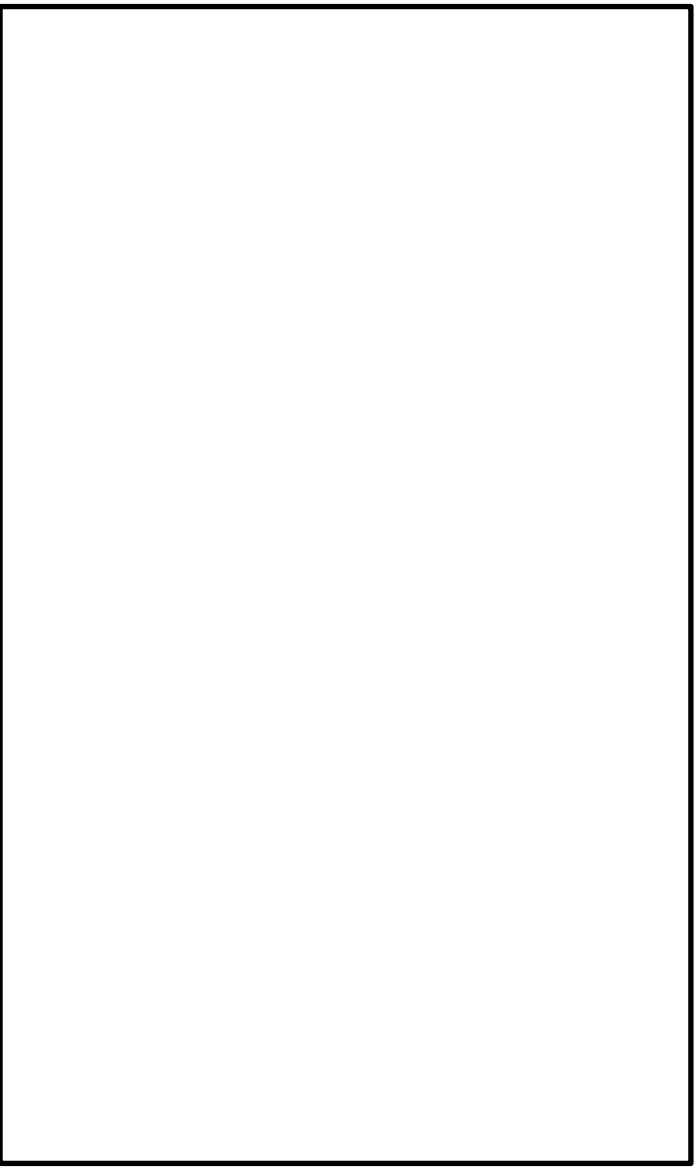
図 1.4 評価対象設備の設置場所 (1/6)

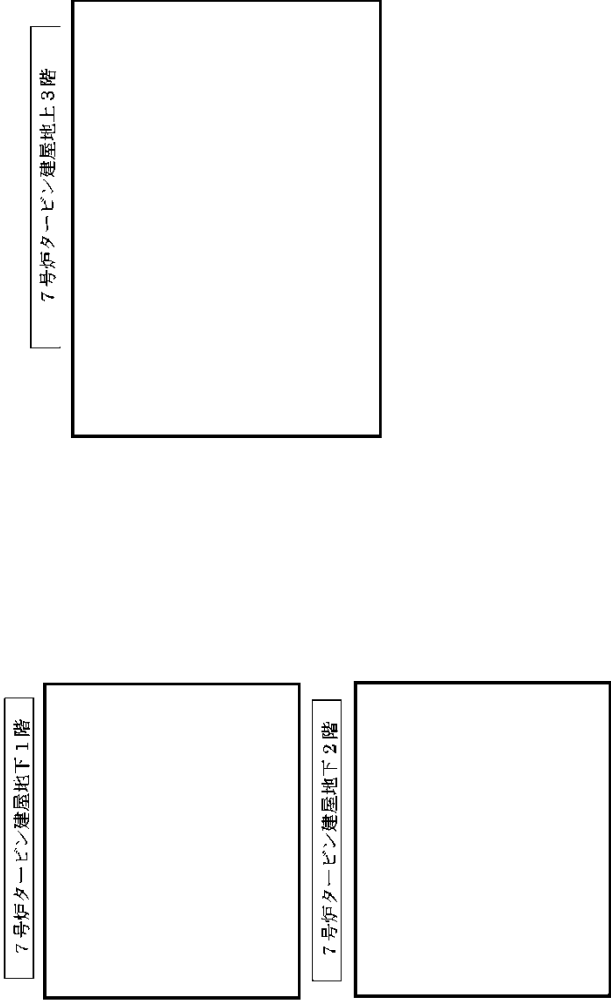


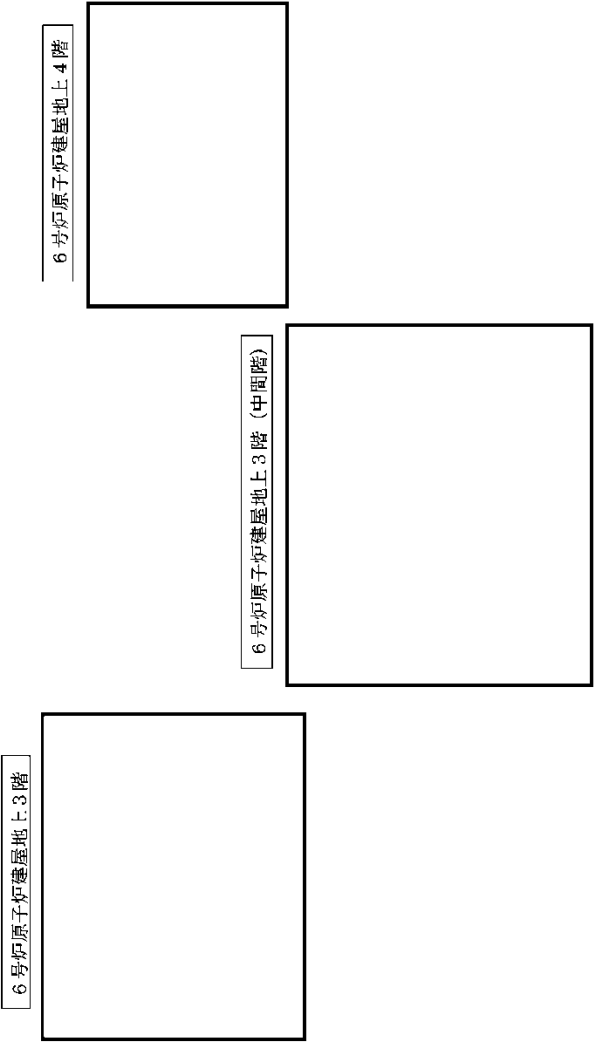
第 3.3-2 図 評価対象施設等 (1 / 2)

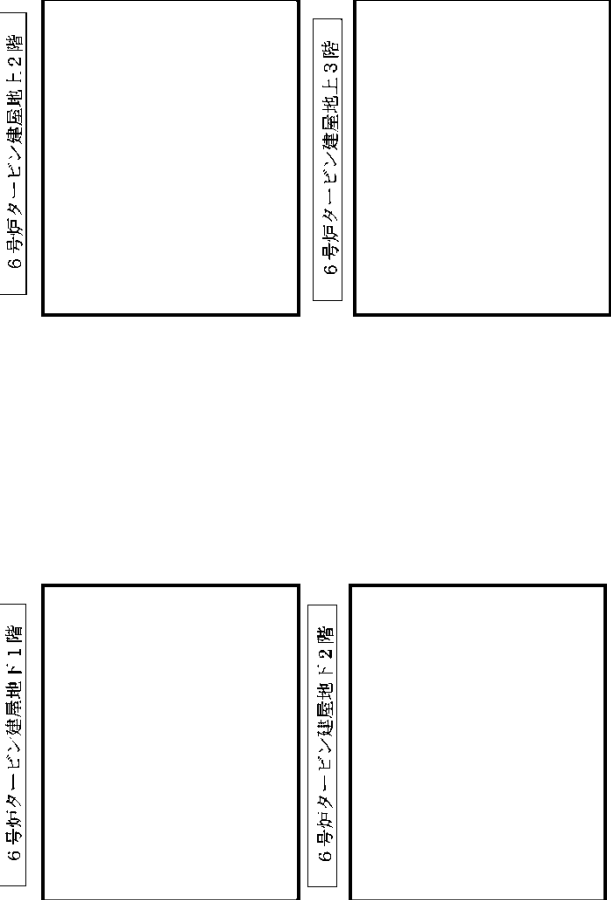


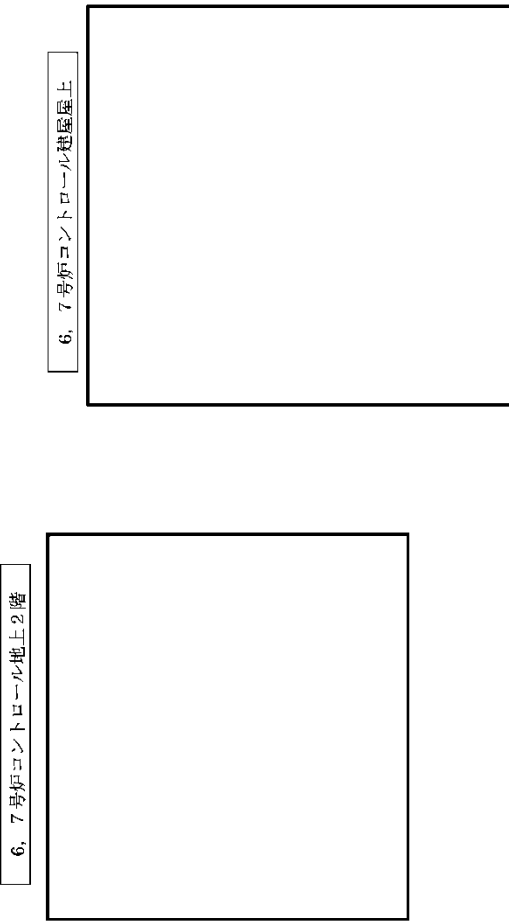
第 1.4-1 図 評価対象施設等の主な設置場所

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p data-bbox="845 577 890 1039">図 1.4 評価対象施設の設置場所 (2/6)</p>	 <p data-bbox="1662 630 1706 1081">第 3.3-2 図 評価対象施設等 (2 / 2)</p>	 <p data-bbox="2448 525 2493 1365">第 1.4-2 図 評価対象施設等 (外気取入口及び給気口) の主な設置場所</p>	備考

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p data-bbox="860 504 905 966">図 1.4 評価対象施設の設置場所 (3/6)</p>			

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p data-bbox="854 613 893 1079">図 1.4 評価対象施設の設置場所 (4/6)</p>			

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p style="text-align: center;">図 1.4 評価対象施設の設置場所 (5/6)</p>			

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p data-bbox="845 525 890 987">図 1.4 評価対象施設の設置場所 (6/6)</p>			

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>3.4 降下火砕物による影響の選定</p> <p>降下火砕物の特徴及び評価対象施設の構造や設置状況等を考慮して、降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）とそれ以外の影響（以下「間接的影響」という。）として選定する。</p> <p>3.4.1 降下火砕物の特徴</p> <p>各種文献の調査結果より、降下火砕物は以下の特徴を有する。</p> <p>(1) 火山ガラス片、鉍物結晶片から成る。ただし、火山ガラス片は砂よりもろく硬度は低く、主要な鉍物結晶片の硬度は砂同等またはそれ以下である。</p> <p>(2) 硫酸等を含む腐食性のガス（以下「腐食性ガス」という。）が付着している。</p> <p>ただし、金属腐食研究の結果より、直ちに金属腐食を生じさせることはない。</p> <p>(3) 水に濡れると導電性を生じる。</p> <p>(4) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する。</p> <p>(5) 降下火砕物粒子の融点は約1,000℃であり、一般的な砂に比べ低い。</p> <p style="text-align: right;">(補足資料-2)</p> <p>3.4.2 直接的影響</p> <p>降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を抽出し、評価対象施設の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。なお、<u>柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉</u>で想定される降下火砕物の条件を考慮し、表1.4に示す項目について評価を実施する。</p> <p>(1) 直接的影響の要因の選定と評価手法</p> <p>(a) 荷重</p> <p>「荷重」について考慮すべき影響因子は、屋外設備及び<u>建屋</u>の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」、並びに屋外設備及び<u>建屋</u>に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。</p>	<p>3.4 降下火砕物による影響の選定</p> <p>降下火砕物の特徴及び評価対象施設等の構造や設置状況を考慮して、降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）と<u>発電所外での影響</u>（以下「間接的影響」という。）を選定する。</p> <p>3.4.1 降下火砕物の特徴</p> <p>各種文献の調査結果より、降下火砕物は以下の特徴を有する。</p> <p>(1) 火山ガラス片、鉍物結晶片から成る。ただし、<u>ガラス片</u>は砂よりもろく硬度は低く、主要な鉍物結晶辺の硬度は砂同等又はそれ以下である。</p> <p>(2) 硫酸等を含む腐食性のガス（以下「腐食性ガス」という。）が付着している。</p> <p>ただし、金属腐食研究の結果より、直ちに金属腐食を生じさせることはない。</p> <p>(3) 水に濡れると導電性を生じる。</p> <p>(4) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する。</p> <p>(5) 降下火砕物粒子の融点は約 1,000℃であり、一般的な砂に比べ低い。</p> <p style="text-align: right;"><u>(資料-1)</u></p> <p>3.4.2 直接的影響</p> <p>降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を抽出し、評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。</p> <p>(1) 荷重</p> <p>「荷重」について考慮すべき影響因子は、<u>建屋</u>及び屋外設備の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」、並びに<u>建屋</u>及び屋外設備に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。</p> <p><u>【比較のため、以下を再掲】</u></p> <p>(2) <u>粒子の衝突</u></p>	<p>4.4 降下火砕物による影響の選定</p> <p>降下火砕物の特徴及び評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して、降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）と<u>それ以外の影響</u>（以下「間接的影響」という。）として選定する。</p> <p>4.4.1 降下火砕物の特徴</p> <p>各種文献の調査結果より、降下火砕物は以下の特徴を有する。</p> <p>(1) 火山ガラス片、鉍物結晶片から成る。ただし、<u>火山ガラス片</u>は砂よりもろく硬度は低く、主要な鉍物結晶片の硬度は砂同等またはそれ以下である。</p> <p>(2) 硫酸等を含む腐食性のガス（以下「腐食性ガス」という。）が付着している。</p> <p>ただし、金属腐食研究の結果より、直ちに金属腐食を生じさせることはない。</p> <p>(3) 水に濡れると導電性を生じる。</p> <p>(4) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する。</p> <p>(5) 降下火砕物粒子の融点は約1,000℃であり、一般的な砂に比べ低い。</p> <p style="text-align: right;"><u>(補足資料-2)</u></p> <p>4.4.2 直接的影響</p> <p>降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を抽出し、評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。<u>なお、島根原子力発電所2号炉で想定される降下火砕物の条件を考慮し、第1.4表に示す項目について評価を実施する。</u></p> <p>(1) <u>直接的影響の要因の選定と評価手法</u></p> <p><u>a. 荷重</u></p> <p>「荷重」について考慮すべき影響因子は、屋外設備及び<u>建物</u>の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」、並びに屋外設備及び<u>建物</u>に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>粒子の衝突による影響については、「別添2-1 竜巻影響評価について」に包絡される。</p> <p>なお、<u>建屋</u>の評価は、建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物及び積雪の除去を適切に行うことから、短期許容応力度を許容限界とする。</p> <p>また、<u>建屋</u>を除く評価対象施設においては、許容応力を「日本工業規格」、「日本機械学会の基準・指針類」及び「原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987（日本電気協会）」に準拠する。</p> <p>(b) 閉塞 「閉塞」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路の狭隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」、並びに降下火砕物を含む空気が機器の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞）」である。</p> <p>(c) 摩耗 「摩耗」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路に接触することにより配管等を摩耗させる「水循環系の内部における摩耗」、並びに降下火砕物を含む空気が動的機器の摺動部に侵入し摩耗させる「換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（摩耗）」である。</p> <p>(d) 腐食 「腐食」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物に付着した腐食性ガスにより<u>建屋</u>及び屋外施設の外面を腐食させる「構築物への化学的影響（腐食）」、換気系、電気系及び計測制御系において降下火砕物を含む空気の流路等を腐食させる「換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）」、並びに海水に溶出した腐食性成分により海水管等を腐食させる「水循環系の化学的影響（腐食）」である。</p> <p>(e) 大気汚染 「大気汚染」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室内</p>	<p><u>評価対象施設等のうち、建屋及び屋外設備は、粒子の衝突に対して、「1.7.2 竜巻防護に関する基本方針」に基づく設計によって、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>【ここまで】</p> <p>(2) 閉塞 「閉塞」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路の狭隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」及び降下火砕物を含む空気が機器の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞）」である。</p> <p>(3) 摩耗 「摩耗」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路に接触することにより配管等を摩耗させる「水循環系の内部における摩耗」及び降下火砕物を含む空気が動的機器の摺動部に侵入し摩耗させる「換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（摩耗）」である。</p> <p>(4) 腐食 「腐食」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物に付着した腐食性ガスにより<u>建屋</u>及び屋外施設の外面を腐食させる「構築物への化学的影響（腐食）」、換気系、電気系及び計測制御系において降下火砕物を含む空気の流路等を腐食させる「換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）」及び海水に溶出した腐食性成分により海水管等を腐食させる「水循環系の化学的影響（腐食）」である。</p> <p>(5) 大気汚染 「大気汚染」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央</p>	<p>粒子の衝突による影響については、「別添 2-1 竜巻影響評価について」に包絡される。</p> <p>なお、<u>建物</u>の評価は、建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物及び積雪の除去を適切に行うことから、短期許容応力度を許容限界とする。</p> <p>また、<u>建物</u>を除く評価対象施設等においては、許容応力を「日本産業規格」、「日本機械学会の基準・指針類」及び「原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1987（日本電気協会）」に準拠する。</p> <p>b. 閉塞 「閉塞」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路の狭隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」、並びに降下火砕物を含む空気が機器の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（閉塞）」である。</p> <p>c. 摩耗 「摩耗」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路に接触することにより配管等を摩耗させる「水循環系の内部における摩耗」、並びに降下火砕物を含む空気が動的機器の摺動部に侵入し摩耗させる「換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（摩耗）」である。</p> <p>d. 腐食 「腐食」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物に付着した腐食性ガスにより<u>建物</u>及び屋外施設の外面を腐食させる「構築物への化学的影響（腐食）」、換気系、電気系及び計装制御系において降下火砕物を含む空気の流路等を腐食させる「換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）」、並びに海水に溶出した腐食性成分により海水管等を腐食させる「水循環系の化学的影響（腐食）」である。</p> <p>e. 大気汚染 「大気汚染」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>に侵入することによる居住性の劣化，並びに降下火砕物の除去，屋外設備の点検等，屋外における作業環境を劣化させる「発電所周辺の大気汚染」である。</p> <p>(f) 水質汚染 「水質汚染」については，外部から供給される水源である，市水道水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが，柏崎刈羽原子力発電所では給水処理設備により水処理した給水を使用しており，また水質管理を行っていることから，安全施設の安全機能に影響しない。 (補足資料-20)</p> <p>(g) 絶縁低下 「絶縁低下」について考慮すべき影響因子は，湿った降下火砕物が電気系及び計測制御系絶縁部に導電性を生じさせることによる盤の「絶縁低下」である。</p>	<p>制御室内に侵入することによる居住性の劣化並びに降下火砕物の除去及び屋外設備の点検等の屋外における作業環境を劣化させる「発電所周辺の大気汚染」である。</p> <p>(6) 水質汚染 「水質汚染」については，給水等に使用する工業用水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが，発電所では給水処理設備により水処理した給水を使用しており，降下火砕物の影響を受けた工業用水を直接給水として使用しないこと，また水質管理を行っていることから，安全施設の安全機能には影響しない。(参考資料-7)</p> <p>(7) 絶縁低下 「絶縁低下」について考慮すべき影響因子は，湿った降下火砕物が，電気系及び計測制御系絶縁部に導電性を生じさせることによる「盤の絶縁低下」である。</p> <p>【比較のため，資料-2を再掲】</p>	<p>内に侵入することによる居住性の劣化，並びに降下火砕物の除去，屋外施設の点検等，屋外における作業環境を劣化させる「発電所周辺の大気汚染」である。</p> <p>f. 水質汚染 「水質汚染」については，給水等に使用する渓流水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが，島根原子力発電所では給水処理設備により水処理した給水を使用しており，また水質管理を行っていることから，プラントの安全機能に影響しない。 (補足資料-18)</p> <p>g. 絶縁低下 「絶縁低下」について考慮すべき影響因子は，湿った降下火砕物が電気系及び計装制御系絶縁部に導電性を生じさせることによる盤の「絶縁低下」である。</p>	

表 1.4 降下火砕物が設備に影響を与える可能性のある因子

影響を与える可能性のある因子	評価方法	詳細検討すべきもの
構造物への静的負荷	屋外の構築物において降下火砕物堆積荷重による影響を評価する。なお、荷重条件は水を含んだ場合の負荷が大きくなるため、降雨条件及び積雪の重量を考慮する。	○
構造物への化学的影響 (腐食)	屋外設備は外装の塗装等によって影響がないことを評価する。	○
粒子の衝突	降下火砕物は微小な粒子であり、「竜巻影響評価について」で設定している設計飛来物に包絡することを確認していることから、詳細検討は不要。	—
水循環系の閉塞	海水中に漂う降下火砕物の狭隘部等における閉塞の影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
水循環系の内部における摩耗	海水中に漂う降下火砕物の設備内部の摩耗の影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	—
水循環系の化学的影響 (腐食)	耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、腐食による影響がないことを評価する。	○
換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響 (閉塞・摩耗)	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて、換気空調系の給気を検討している範囲への影響についても考慮する。	○
換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響 (腐食)	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて、換気空調系の給気を検討している範囲への影響についても考慮する。	○
発電所周辺の大気汚染	運転員が常時滞在する中央制御室における居住性を評価する。	○
水質汚染	水質汚染によって、市水道が汚染する可能性があるが、給水処理設備により水処理した給水を使用しており、また水質管理を行っていることから、プラントの安全機能に影響はない。	—
絶縁低下	送電網より引き込み開閉所や変圧器周りに碍子洗浄装置等があり、降下火砕物が確認された場合、洗浄することが可能である。また、絶縁低下により、外部電源喪失に至った場合、非常用ディーゼル発電機により電源の供給を実施する。屋内の施設であっても、屋内の空気を取り込む機構を有する計測制御盤については、影響がないことを評価する。	○

【ここまで】

第1表 降下火砕物が設備に影響を与える可能性のある因子

N 〇	影響を与える可能性のある因子	評価方法と詳細検討の要否	詳細検討すべきもの
①	構築物への静的負荷	建屋構築物、屋外機器において降下火砕物堆積荷重による影響を考慮する。なお、降雨、降雪などにより水を含んだ場合の負荷が大きくなるため、水を含んだ場合 (湿潤状態) における負荷を考慮する。	○
②	粒子の衝突	想定する降下火砕物の粒径は5mmと微細については「竜巻に対する防護」で評価している設計飛来物 (0.04m×0.04m×0.04m) に包絡されており、衝突により建屋構築物、屋外機器に影響を与えないことを確認している。	—
③	水循環系の閉塞	海水系において影響を考慮すべき要因であり、降下火砕物の粒径によって懸念される狭隘部等における閉塞への影響を考慮する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
④	水循環系の内部における摩耗	海水系において影響を考慮すべき要因であり、降下火砕物による設備内部における閉塞への影響を考慮する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
⑤	換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて、換気系の給気を検討している範囲への影響についても考慮する。	○
⑥	換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて、換気系の給気を検討している範囲への影響についても考慮する。	○
⑦	発電所周辺の大気汚染	運転員が常時滞在する中央制御室において影響を考慮すべき要因である。	○
⑧	化学的腐食	・建屋構築物、屋外機器において降下火砕物の付着により懸念される腐食についての影響を評価する。 ・海水系において考慮すべき要因であり、降下火砕物が海水中に浮出した場合に懸念される腐食についての影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
⑨	水質汚染 (給水の汚染)	発電所では給水処理装置により水処理した給水を使用しており、降下火砕物の影響を受ける可能性のある海水及び給水を直接給水として使用していない。また、給水は水質管理を行っており、給水の汚染が設備に影響を与える可能性はない。(参考資料-7)	—
⑩	絶縁低下	電気及び計測制御系の盤のうち屋内にある空気を取り込む機構を有するものについての影響を考慮する。	○

第 1.4 表 直接的影響因子の選定結果

影響を与える可能性のある因子	選定結果	詳細検討すべきもの
構造物への静的負荷	屋外の構築物において降下火砕物堆積荷重による影響を評価する。なお、荷重条件は水を含んだ場合の負荷が大きくなるため、降雨条件及び積雪の重量を考慮する。	○
構造物への化学的影響 (腐食)	屋外設備は、外装塗装等によって影響がないことを評価する。	○
粒子の衝突	発電所に到達する降下火砕物は微小な粒子であり、「竜巻影響評価について」で設定している設計飛来物に包絡することを確認していることから、詳細検討は不要。	—
水循環系の閉塞	海水中に漂う降下火砕物の狭隘部等における閉塞の影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
水循環系の内部における摩耗	海水中に漂う降下火砕物による設備内部における閉塞の影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
水循環系の化学的影響 (腐食)	耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、腐食による影響がないことを評価する。	○
換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響 (閉塞、摩耗)	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて、換気空調設備の給気を検討している範囲への影響についても考慮する。	○
換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響 (腐食)	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて、換気空調設備の給気を検討している範囲への影響についても考慮する。	○
発電所周辺の大気汚染	運転員が常時滞在する中央制御室における居住性を評価する。	○
水質汚染	水質汚染によって、給水等に使用する淡水水が汚染する可能性があるが、給水処理設備により水処理した給水を使用しており、また水質管理を行っていることから、プラントの安全機能に影響しない。	—
絶縁低下	送電網より引き込み開閉所や変圧器周りに碍子洗浄装置などがあり、降下火砕物が確認された場合、洗浄することが可能である。また、絶縁低下により外部電源が喪失に至った場合でも非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイスレー系ディーゼル発電機により電源の供給を実施する。なお、屋内の施設であっても、屋内の空気を取り込む機構を有する非常用電源盤及び制御盤については、影響がないことを評価する。	○

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>3. 4. 3 間接的影響</p> <p>降下火砕物によって<u>柏崎刈羽原子力発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」、並びに降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。</u></p> <p>3. 4. 4 評価対象施設に対する影響因子の想定</p> <p>評価すべき直接的影響の要因については、その内容によりすべての評価対象施設に対して評価する必要がない項目もあることから、各評価対象施設と評価すべき直接的影響の要因について整理し、評価対象施設の特性を踏まえて必要な評価項目を表1.5 のとおり選定した。</p> <p>3. 5 設計荷重の設定</p> <p>設計荷重は、以下のとおり設定する。</p> <p>(1) 評価対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重</p> <p>評価対象施設に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。</p> <p>(2) 設計基準事故時荷重</p> <p>外部事象防護対象施設は、降下火砕物によって安全機能を損なわない設計とするため、設計基準事故とは独立事象である。</p> <p>また、評価対象施設のうち設計基準事故時荷重が生じる屋外設備としては、<u>軽油タンク及び燃料移送ポンプが考えられるが、設計基準事故時においても、通常運転時の系統内圧力及び温度と変わらないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、設計基準事故時荷重と降下火砕物との組み合わせは考慮しない。</u></p> <p>(3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み合わせ</p> <p>降下火砕物と組み合わせを考慮すべき火山以外の自然現象は、</p>	<p>3. 4. 3 間接的影響</p> <p>降下火砕物によって発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所等の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」及び降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。</p> <p>【比較のため、資料-2を再掲】</p> <p>評価すべき直接的影響の要因については、その内容によりすべての評価対象施設等に対して評価する必要がない項目もあることから、各評価対象施設等と評価すべき直接的要因について、<u>第2表のとおり整理し、評価対象施設の特性を踏まえて必要な評価項目を選定した。</u></p> <p>【ここまで】</p> <p>3. 5 設計荷重の設定</p> <p>設計荷重は、以下のとおり設定する。</p> <p>(1) 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重</p> <p>評価対象施設等に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重であり、<u>降下火砕物との荷重と適切に組み合わせる。</u></p> <p>(2) 設計基準事故時荷重</p> <p>評価対象施設等は、降下火砕物によって安全機能を損なわない設計とするため、設計基準事故とは独立事象である。</p> <p>なお、評価対象施設等のうち設計基準事故時荷重が生じ得る設備としては、<u>屋外設備の動的機器である残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプが考えられるが、設計基準事故時において残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプに有意な機械的荷重は発生しないことから、設計基準事故時に生じる荷重の組み合わせは考慮しない。</u></p> <p>(3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み合わせ</p> <p>降下火砕物と組み合わせを考慮すべき自然現象は、荷重の</p>	<p>4. 4. 3 間接的影響</p> <p>降下火砕物によって<u>島根原子力発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」、並びに降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。</u></p> <p>4. 4. 4 各評価対象施設等に対する影響因子の選定</p> <p>評価すべき直接的影響の要因については、その内容によりすべての評価対象施設等に対して評価する必要がない項目もあることから、各評価対象施設等と評価すべき直接的影響の要因について整理し、評価対象施設の特性を踏まえて必要な評価項目を第1.5表のとおり選定した。</p> <p>4. 5 設計荷重の設定</p> <p>設計荷重は、以下のとおり設定する。</p> <p>(1) 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重</p> <p>評価対象施設等に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。</p> <p>(2) 設計基準事故時荷重</p> <p>外部事象防護対象施設は、降下火砕物によって安全機能を損なわない設計とするため、設計基準事故とは独立事象である。</p> <p>また、評価対象施設等のうち設計基準事故時荷重が生じる屋外設備としては、<u>海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）及びディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系））が考えられるが、設計基準事故時においても、通常運転時の系統内圧力及び温度と変わらないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、設計基準事故時荷重と降下火砕物との組み合わせは考慮しない。</u></p> <p>(3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み合わせ</p> <p>降下火砕物と組み合わせを考慮すべき火山以外の自然現象は、</p>	<p>備考</p> <p>・外部事象防護対象施設の設置場所の相違</p> <p>【柏崎6/7、東海第二】</p> <p>火山別④、⑤の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>荷重の影響において<u>地震</u>及び積雪であり、降下火砕物の荷重と適切に組み合わせる。</p> <p>(補足資料-5)</p> <p>3.6 降下火砕物に対する設計</p> <p>3.6.1 直接的影響に対する設計</p> <p>直接的影響については、評価対象施設の構造や設置状況等(形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等)を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各評価対象施設が安全機能を損なわない以下の設計とする。(表1.6)</p>	<p>影響において風及び積雪であり、降下火砕物との荷重と適切に組み合わせる。</p> <p>(参考資料-4)</p> <p>3.6 降下火砕物の<u>直接的影響</u>に対する設計方針</p> <p>直接的影響については、評価対象施設等の構造や設置状況等(形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等)を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各評価対象施設等が安全機能を損なわない以下の設計とする。</p> <p><u>評価対象施設等のうち放水路ゲートについては、津波の流入を防ぐための閉止機能を有している。火山の影響を起因として津波が発生することはないが、独立事象としての重畳の可能性を考慮し、放水路ゲートは安全上支障のない期間に補修等の対応を行うことで、安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p><u>評価対象施設等のうち排気筒モニタについては、放射性気体廃棄物処理施設の破損の検出手段として期待している。火山の影響を起因として放射性気体廃棄物処理施設の破損が発生することはないが、独立事象としての重畳の可能性を考慮し、排気筒モニタ建屋も含め安全上支障のない期間に補修等の対応を行うことで、安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>(資料-2)</p> <p>3.6.1 <u>降下火砕物による荷重に対する設計方針</u></p> <p>(1) <u>構造物への静的負荷</u></p> <p><u>評価対象施設等のうち、降下火砕物が堆積する建屋及び屋外施設は、以下の施設である。</u></p> <p>a. <u>建屋</u></p> <p><u>原子炉建屋、タービン建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋</u></p> <p>b. <u>屋外に設置されている施設</u></p> <p><u>残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ、残留熱除去系海水系ストレーナ、非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ストレーナ、非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)吸気口、中央制御室換気系冷凍機、非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室ルーフベントファン</u></p>	<p>荷重の影響において<u>風(台風)</u>及び積雪であり、降下火砕物の荷重と適切に組み合わせる。</p> <p>(補足資料-19)</p> <p>4.6 降下火砕物に対する設計</p> <p>4.6.1 <u>直接的影響に対する設計</u></p> <p>直接的影響については、評価対象施設等の構造や設置状況等(形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等)を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各評価対象施設等が安全機能を損なわない以下の設計とする。</p> <p>(個別評価-1～個別評価-10)</p>	<p>・自然現象の重畳の考え方の相違</p> <p>【柏崎6/7】 火山別-①の相違</p> <p>・設備構成の相違</p> <p>【東海第二】 島根2号炉には、放水路ゲートと同様な設備はない</p> <p>・防護方針の相違</p> <p>【東海第二】 島根2号炉は、安全評価上その機能に期待するクラス3設備として、排気筒モニタに係る評価を実施</p> <p>(島根2号炉はまとめ資料本文2.3.4(1)a.項に記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>a. <u>軽油タンク (燃料移送ポンプ含む)</u></p>	<p>c. <u>降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設</u> <u>非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 排気消音器及び排気管</u> <u>当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。若しくは、降下火砕物が堆積しにくい、又は直接堆積しない構造とすることで、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</u> <u>評価対象施設等の建屋においては、建築基準法における一般地域の積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重として扱う。また、降下火砕物による荷重と他の荷重を組み合わせた状態に対する許容限界は次の通りとする。</u> <u>・原子炉建屋、タービン建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋</u> <u>原子炉建屋に要求されている気密性及び遮蔽性を担保する屋根スラブは、建築基準法の短期許容応力度を許容限界とする。また、屋根スラブとともに建屋の構造強度を担保する主トラスは、終局耐力に対して妥当な安全余裕を有する許容限界とする。</u> <u>落下によって内包する外部事象防護対象施設が損傷することを防止する屋根スラブは、部材の終局耐力を許容限界とする。また、複数部材で構成されている主トラスの崩壊によって内包する外部事象防護対象施設が損傷することを防止するため、主トラスは構造物全体として崩壊機構が形成されないことを許容限界とする。</u> <u>・建屋を除く評価対象施設等</u> <u>許容応力を「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1987 (日本電気協会)」等に準拠する。</u> <u>(資料-4~6, 9, 10)</u></p> <p>(2) <u>粒子の衝突</u> <u>評価対象施設等のうち、建屋及び屋外設備は、粒子の衝突に対して、「1.7.2 竜巻防護に関する基本方針」に基づく設計によって、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</u></p>		<p>(島根2号炉は 4.4.2(1)a.項に記載)</p> <p>(島根2号炉は</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>「<u>構造物への静的負荷</u>」について、当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、<u>構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>「<u>腐食</u>」については、<u>金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、外装の塗装等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。</u>なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>「<u>閉塞</u>」及び「<u>摩耗</u>」については、<u>軽油タンクのベント管を下向きに取り付ける、また、燃料移送ポンプは、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。</u></p> <p>b. <u>外部事象防護対象施設を内包する建屋</u></p> <p>原子炉建屋、タービン建屋海水熱交換器区域、コントロール建屋及び廃棄物処理建屋は、「<u>構造物への静的負荷</u>」について、当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、<u>構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>なお、<u>建屋</u>の評価は、建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とし、建築基準法による短期許容応力度を許容限界とする。</p> <p>「<u>腐食</u>」については、<u>金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、外装の塗装等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。</u>なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>c. <u>原子炉補機冷却海水ポンプ</u></p> <p>「<u>閉塞</u>」については、降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とするともに、ポンプ軸受部が閉塞しない設計とする。</p> <p>「<u>摩耗</u>」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂よ</p>		<p>(1) <u>建物</u></p> <p>原子炉建物、制御室建物、タービン建物、廃棄物処理建物及び<u>排気筒モニタ室</u>は、「<u>構造物への静的負荷</u>」について、当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、<u>構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>なお、<u>建物</u>の評価は、建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とし、建築基準法による短期許容応力度を許容限界とする。</p> <p>「<u>腐食</u>」については、<u>金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、外装の塗装等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。</u>なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>(2) <u>海水ポンプ</u></p> <p>a. <u>原子炉補機海水ポンプ</u></p> <p>「<u>構造物への静的負荷</u>」について、当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、<u>構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>「<u>閉塞(水循環系)</u>」については、降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とするともに、ポンプ軸受部が閉塞しない設計とする。</p> <p>「<u>摩耗</u>」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂よ</p>	<p>4. 6. 1 (4) 項に記載)</p> <p>・防護方針の相違 【柏崎 6/7】 島根 2 号炉は、排気筒モニタを内包する建物として排気筒モニタ室を評価対象として抽出</p> <p>・外部事象防護対象施設の設置場所及び抽出範囲の相違 【柏崎 6/7】 火山別-④の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>り硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p>		<p>り硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p><u>「閉塞（機械的影響）」については、原子炉補機海水ポンプ（電動機）本体は外気と遮断された全閉構造の冷却方式に取替を行うことにより、降下火砕物が侵入しにくく、閉塞しない設計とする。</u></p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p><u>b. 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ</u></p> <p><u>「構造物への静的負荷」については、当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p><u>「閉塞（水循環系）」については、降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とするとともに、ポンプ軸受部が閉塞しない設計とする。</u></p> <p><u>「閉塞（機械的影響）」については、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ（電動機）本体は外気と遮断された全閉構造であり、空気冷却器の冷却管内径及び冷却流路は降下火砕物粒径以上の幅を設ける構造とすることにより、閉塞しない設計とする。</u></p> <p><u>「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p><u>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</u></p>	<p>・設備構成の相違 【柏崎 6/7】 島根 2号炉は、非常用海水系の設備として、高圧炉心スプレイ系補機冷却用のポンプ及びストレーナがある（以下、火山別-⑥の相違）</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>d. 原子炉補機冷却海水系ストレーナ</p> <p>「閉塞」については、<u>降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける又は差圧の確認が可能な設計とする。</u></p> <p>「摩耗」については、<u>主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>「腐食」については、<u>金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</u></p> <p>e. 取水設備(除塵装置)</p> <p>「閉塞」については、<u>降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とする。</u></p> <p>「摩耗」については、<u>主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>「腐食」については、<u>金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</u></p> <p>【比較のため、以下を再掲】</p> <p>g. 非常用ディーゼル発電機(非常用ディーゼル発電機吸気系含む)</p> <p>「閉塞」については、<u>非常用ディーゼル発電機の吸気口の上流側の外気取入口には、ルーバが取り付けられており、下方から吸</u></p>		<p>(3) 非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機(吸気系、排気消音器及び排気管含む)</p> <p>「<u>構造物への静的負荷</u>」について、<u>当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。若しくは、降下火砕物が堆積しにくい又は直接堆積しない構造とすることで、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>「<u>閉塞(機械的影響)</u>」については、<u>構造上の対応として、非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電</u></p>	<p>(島根2号炉は4.6.1(7)項に記載)</p> <p>(島根2号炉は4.6.1(8)項に記載)</p> <p>・外部事象防護対象施設の設置場所及び抽出範囲の相違</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>島根2号炉は、吸気系、排気消音器及び排気管を評価対象として抽出</p> <p>・設備構成の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>い込む構造であること、<u>非常用換気空調系のバグフィルタ</u> (粒径約2μm に対して80%以上を捕獲する性能) を設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、また、降下火砕物が<u>バグフィルタ</u>に付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</p> <p>なお、<u>バグフィルタ</u>を通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</p> <p>「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、かつ構造上の対応として、<u>吸気口の上流側の外気取入口</u>には、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、<u>非常用換気空調系のバグフィルタ</u>を設置することで、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とし、仮に当該設備の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐摩耗性のある材料を使用することで、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、金属材料を用いることによって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常の保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>【ここまで】</p> <p>【比較のため、以下を再掲 (並び替え実施)】</p> <p>a. <u>軽油タンク</u> (燃料移送ポンプ含む)</p> <p>「<u>構造物への静的負荷</u>」について、当該施設の許容荷重が、<u>降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>「閉塞」及び「摩耗」については、<u>軽油タンクのベント管を下向きに取り付ける</u>、また、<u>燃料移送ポンプは、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。</u></p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、<u>外装の塗装等</u>によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p>		<p><u>機の給気フィルタの上流側の外気取入口</u>には、<u>フード又はルーバ</u>が取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、<u>給気消音器にフィルタ</u> (粒径約1~5μm に対して80%以上を捕獲する性能) を設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、また、降下火砕物が<u>フィルタ</u>に付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</p> <p>なお、<u>フィルタ</u>を通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</p> <p>「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、かつ構造上の対応として、<u>給気フィルタの上流側の外気取入口</u>には、<u>フード又はルーバ</u>が取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、また、<u>給気消音器にフィルタ</u>を設置することで、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とし、仮に当該設備の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐摩耗性のある材料を使用することで、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、金属材料を用いること<u>や塗装の実施</u>によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常の保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p><u>(4) ディーゼル燃料移送ポンプ</u></p> <p>「閉塞 (機械的影響)」及び「摩耗」については、<u>ディーゼル燃料移送ポンプは、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。</u></p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、<u>塗装の実施等</u>によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p>	<p>【柏崎 6/7】 火山別-②の相違</p> <p>・空気取入口の構造及びフィルタ仕様の相違</p> <p>【柏崎 6/7】</p> <p>・空気取入口の構造の相違</p> <p>【柏崎 6/7】</p> <p>・外部事象防護対象施設の設置場所の相違</p> <p>【柏崎 6/7】 火山別-④の相違</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>【ここまで】</p> <p>f. <u>非常用換気空調系</u> <u>非常用換気空調系（非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）、中央制御室換気空調系、コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系、海水熱交換器区域換気空調系）は、「閉塞」及び「摩耗」について、外気取入口に、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、非常用換気空調系のバグフィルタ（粒径約2μmに対して80%以上を捕獲する性能）を設置することで、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。</u> さらに降下火砕物がバグフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。 「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、金属材料を用いることによって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。 「大気汚染」については、中央制御室換気空調系の外気取入ダンプの閉止及び再循環運転を可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止すること、さらに外気取入遮断時において室内の居住性を確保できる設計とする。</p> <p>g. <u>非常用ディーゼル発電機（非常用ディーゼル発電機吸気系含む）</u> 「閉塞」については、非常用ディーゼル発電機の吸気口の上流側の外気取入口には、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、非常用換気空調系のバグフィルタ（粒径約2μmに対して80%以上を捕獲する性能）を設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、また、降下火砕物がバグフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。 なお、バグフィルタを通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</p>		<p>(5) <u>換気空調設備（中央制御室換気系及び原子炉建物付属棟空調換気系）</u></p> <p>「閉塞（機械的影響）」及び「摩耗」について、外気取入口にルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、また空気の流路にそれぞれフィルタを設置することで、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。 さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。 「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、金属材料を用いることによって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。 「大気汚染」については、中央制御室換気系の給気隔離弁の閉止及び系統隔離運転モードを可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止すること、さらに外気取入遮断時において室内の居住性を確保できる設計とする。</p>	<p>・記載内容の相違 【柏崎 6/7】 島根 2号炉は、個別評価-5にてフィルタの仕様を記載</p> <p>(島根 2号炉 は 4. 6. 1 (3) 項に記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>【ここまで】</p> <p>【比較のため、以下を再掲】</p> <p>e. 取水設備（除塵装置）</p> <p>「閉塞」については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とする。</p> <p>「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>【ここまで】</p> <p>h. <u>安全保護系盤</u></p> <p>当該機器の設置場所は<u>非常用ディーゼル発電機電気品区域換気空調系（非常用ディーゼル発電機非常用送風機含む）及び中央制御室換気空調系</u>により、空調管理されており、外気取入口には<u>バグフィルタ（粒径約2μm に対して80%以上を捕獲する性能）</u>を設置することで、降下火砕物による「絶縁低下」により安全機能を損なわない設計とする。</p>		<p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>(8) 取水設備（除じん装置）</p> <p>「閉塞（水循環系）」については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とする。</p> <p>「摩耗」については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、また、日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>(9) <u>計測制御系統施設（安全保護系盤）、計測制御用電源設備（計装用無停電交流電源装置）及び非常用所内電源設備（所内低圧系統）</u></p> <p>当該機器の設置場所は<u>原子炉棟換気系、原子炉建物付属棟空調換気系、中央制御室換気系</u>により、空調管理されており、外気取入口の<u>空気流路には、それぞれフィルタを設置していること</u>から、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。</p> <p><u>また、中央制御室換気系については、給気隔離弁を閉止し系統隔離運転モードを行うことにより侵入を阻止することも可能である。</u></p> <p><u>バグフィルタの設置により降下火砕物の侵入に対する高い防護性能を有すること、また給気隔離弁の閉止による侵入防止が可能な設計とすることにより、降下火砕物の付着に伴う絶縁低下及び</u></p>	<p>・記載内容の相違</p> <p>【柏崎 6/7】</p> <p>島根 2号炉は、個別評価-9にてフィルタの仕様を記載</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>3. 6. 2 間接的影響に対する設計方針</p> <p>柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉の非常用所内交流電源設備は、非常用ディーゼル発電機(3台/号炉)とそれぞれに必要な耐震Sクラスの燃料デイトンク(3基; 18kL以上)を有している。さらに、軽油タンク(2基; 550kL以上)を有している。</p> <p>これらにより、7日間の外部電源喪失に対して、また、原子力発電所外での影響(長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶)を考慮した場合においても、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却、並びに使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が継続できる設計とする。</p> <p>(補足資料-19)</p>	<p>【比較のため、「3. 8」を再掲】</p> <p>3. 8 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針</p> <p>広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、発電用原子炉の停止並びに停止後の発電用原子炉及び使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)及びそれぞれに必要な耐震Sクラスの軽油貯蔵タンク2基(400kL/基)により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>【ここまで】</p> <p>3. 6. 2 降下火砕物による荷重以外に対する設計方針</p> <p>降下火砕物による荷重以外の影響は、構造物への化学的影響(腐食)、水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響(腐食)、電気系及び計測制御系に対する機械的影響(閉塞)及び化学的影響(腐食)等により外部事象防護対象施設の安全</p>	<p>化学的影響(腐食)による影響を防止し、計測制御系統施設(安全保護系盤)、計測制御用電源設備(計装用無停電交流電源装置)、非常用所内電源設備(所内低圧系統)の安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(10) 排気筒モニタ</p> <p>「閉塞(機械的影響)」については、排気筒モニタのサンプリング配管の計測口は、排気筒内部に設置するとともに下方から吸い込む構造とすることにより、閉塞しない設計とする。</p> <p>「腐食」については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、金属材料の使用等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常の保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>4. 6. 2 間接的影響に対する設計方針</p> <p>島根原子力発電所2号炉の非常用所内交流電源設備は、非常用ディーゼル発電機(2台)及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機(1台)とそれぞれに必要な燃料デイトンク(2基; 16m³/基, 1基; 9m³/基)〔耐震Sクラス〕を有している。さらに、燃料貯蔵タンク(A-非常用ディーゼル発電機(燃料移送系)(2基; 170kL/基)、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機(燃料移送系)(1基; 170kL/基))及び(B-非常用ディーゼル発電機(燃料移送系)(3基; 100kL/基))〔耐震Sクラス〕を有している。</p> <p>これらにより、7日間の外部電源喪失に対して、また、原子力発電所外での影響(長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶)を考慮した場合においても、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却、並びに燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が継続できる設計とする。</p> <p>(補足資料-17)</p>	<p>・評価項目の相違</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>島根2号炉は、外気からの取込空気による腐食を考慮</p> <p>・防護方針の相違</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>島根2号炉は、安全評価上その機能に期待するクラス3設備として、排気筒モニタに係る評価を実施</p> <p>・非常用所内電源設備の構成の相違</p> <p>【柏崎6/7, 東海第二】</p> <p>(島根2号炉は4. 6. 1(1)～(9)項に記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>機能を損なわない設計とする。</p> <p>外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計については、「3.6.3 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計方針」に示す。</p> <p>(1) 構造物への化学的影響(腐食)</p> <p>評価対象施設等のうち、降下火砕物による構造物への化学的影響(腐食)を考慮すべき施設は、降下火砕物の直接的な付着による影響が考えられる以下の施設である。</p> <p>a. 建屋</p> <p>原子炉建屋、タービン建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋</p> <p>b. 屋外に設置されている施設</p> <p>残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ポンプ、残留熱除去系海水系ストレーナ、非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)用海水ストレーナ、非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)吸気口、中央制御室換気系冷凍機、非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)室ルーフトファン、主排気筒、非常用ガス処理系排気筒</p> <p>c. 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設</p> <p>非常用ディーゼル発電機(高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)排気消音器及び排気管</p> <p>金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食を生じないが、外装の塗装等によって短期での腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</p> <p>(資料-4~6, 9~11 参考資料-5, 6)</p> <p>(2) 水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響(腐食)</p> <p>評価対象施設等のうち、水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響(腐食)を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む海水の流路となる以下の施設である。</p>		<p>(島根2号炉はまとめ資料本文2.3.4(3)a.項に記載)</p> <p>(島根2号炉はまとめ資料本文2.3.4(3)b.項に記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>a. <u>降下火砕物を含む海水の流路となる施設</u> <u>残留熱除去系海水系ポンプ, 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ポンプ, 残留熱除去系海水系ストレーナ及び下流設備, 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ストレーナ及び下流設備</u></p> <p>b. <u>降下火砕物の影響を受ける施設であって, その停止等により, 上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設</u> <u>海水取水設備 (除塵装置)</u> <u>降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが, 当該施設については, 降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設けることにより, 海水の流路となる施設が閉塞しない設計とする。</u> <u>内部における摩耗については, 降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろいことから摩耗による影響は小さい。また当該施設については, 定期的な内部点検及び日常保守管理により, 状況に応じて補修が可能であり, 摩耗により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</u> <u>化学的影響 (腐食) については, 金属腐食研究の結果より, 降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが, 耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって, 腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。なお, 長期的な腐食の影響については, 日常保守管理等により, 状況に応じて補修が可能な設計とする。</u> <u>(資料-5~7, 参考資料-5, 6, 10)</u></p> <p>(3) <u>電気系及び計測制御系に対する機械的影響 (閉塞) 及び化学的影響 (腐食)</u> <u>評価対象施設等のうち, 電気系及び計測制御系に対する機械的影響 (閉塞) 及び化学的影響 (腐食) を考慮すべき施設は, 電気系及び計測制御系のうち屋外に設置されている以下の施設である。</u> a. <u>屋外に設置されている施設</u> <u>残留熱除去系海水系ポンプ, 非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ポンプ</u></p>		<p>(島根2号炉はまとめ資料本文2.3.4(3)c.項に記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>機械的影響（閉塞）については、<u>残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプの電動機本体は外気と遮断された全閉構造、空気冷却器の冷却管内径及び冷却流路は降下火砕物粒径以上の幅を設ける構造とすることにより、機械的影響（閉塞）により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p><u>化学的影響（腐食）については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計とする。</u></p> <p><u>なお、長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>（資料－5，参考資料－5，6）</u></p> <p><u>(4) 絶縁低下及び化学的影響（腐食）</u></p> <p><u>評価対象施設等のうち、絶縁低下及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、電気系及び計測制御系のうち外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する以下の施設である。</u></p> <p><u>a. 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設</u></p> <p><u>計測制御設備（安全保護系）</u></p> <p><u>当該施設の設置場所は中央制御室換気空調系にて空調管理されており、本換気空調設備の外気取入口にはバグフィルタを設置していることから、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。</u></p> <p><u>また、本換気空調設備については、外気取入ダンパを閉止し閉回路循環運転を行うことにより侵入を阻止することも可能である。</u></p> <p><u>これらフィルタの設置により降下火砕物の侵入に対する高い防護性能を有すること、また外気取入ダンパの閉止による侵入防止が可能な設計とすることにより、降下火砕物の付着に伴う絶縁低下及び化学的影響（腐食）による影響を防止し、計測制御設備（安全保護系）の安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>（資料－8）</u></p>		<p>(島根2号炉はまとめ資料本文2.3.4(2)e.項に記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>3.6.3 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計方針 <u>外気取入口からの降下火砕物の侵入に対して、以下のとおり安全機能を損なわない設計とする。</u></p> <p>(1) <u>機械的影響 (閉塞)</u> <u>評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響 (閉塞) を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む空気の流路となる以下の施設である。</u></p> <p>a. <u>降下火砕物を含む空気の流路となる施設</u> <u>非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)、非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 吸気口、換気空調設備 (外気取入口)、主排気筒、非常用ガス処理系排気筒</u></p> <p><u>各施設の構造上の対応として、非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) 吸気口は、開口部を下向きの構造とすることにより、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。</u></p> <p><u>主排気筒は、降下火砕物が侵入した場合でも、主排気筒の構造から排気流路が閉塞しない設計とする。非常用ガス処理系排気筒は、降下火砕物の侵入防止を目的とする構造物を取り付けることにより、降下火砕物の影響に対して機能を損なわない設計とする。</u></p> <p><u>また、外気を取り入れる換気空調設備 (外気取入口) 及び非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。) の空気の流路にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</u></p> <p><u>ディーゼル発電機機関は、フィルタを通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により閉塞しない設計とする。</u></p> <p style="text-align: right;"><u>(資料-9~11)</u></p> <p>(2) <u>機械的影響 (摩耗)</u> <u>評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵</u></p>		<p>(島根2号炉はまとめ資料本文2.3.4(2)a.項に記載)</p> <p>(島根2号炉はまとめ資</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>入による機械的影響(摩耗)を考慮すべき施設は、外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構及び摺動部を有する以下の施設である。</p> <p>a. 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構及び摺動部を有する施設</p> <p>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)</p> <p>降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さい。</p> <p>構造上の対応として、非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)吸気口は、開口部を下向きとすることによりディーゼル発電機機関に降下火砕物が侵入しにくい設計とする。</p> <p>また、仮にディーゼル発電機機関の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐摩耗性のある材料を使用することで、摩耗により非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)の安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>外気を取り入れる非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)の空気の流路にフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、摩耗により非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)の安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>(資料-10)</p> <p>(3) 化学的影響(腐食)</p> <p>評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による化学的影響(腐食)を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む空気の流路となる以下の施設である。</p> <p>a. 降下火砕物を含む空気の流路となる施設</p> <p>非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)、換気空調設備(外気取入口)、主排気筒、非常用ガス処理系排気筒</p> <p>金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、塗装の実施等によって、腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等に</p>		<p>料本文 2.3.4(2)b. 項に記載)</p> <p>(島根 2号炉はまとめ資料本文 2.3.4(2)c. 項に記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p>より、状況に応じて補修が可能な設計とする。 <u>(資料-9~11, 参考資料-5, 6)</u></p> <p>(4) <u>大気汚染 (発電所周辺の大気汚染)</u> <u>評価対象施設等のうち、大気汚染を考慮すべき中央制御室は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が、中央制御室空調装置の外気取入口を通じて中央制御室に侵入しないようバグフィルタを設置することにより、降下火砕物が外気取入口に到達した場合であってもフィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とする。</u> <u>また、中央制御室空調装置については、外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転を可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止する。さらに外気取入遮断時において、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施し、室内の居住性を確保する設計とする。</u> <u>(資料-9)</u></p>		<p>(島根2号炉はまとめ資料本文2.3.4(2)d.項に記載)</p>

第2表 評価対象施設等と降下火砕物による直接的影響の要因対比 (2 / 2)

評価対象施設等	直接的影響の要因							
	①構造物への静的負荷	②水循環系の閉塞	③水循環系の内部における磨耗	④換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響	⑤換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響	⑥発電所周辺の大気汚染	⑦化学的腐食	⑧絶縁低下
・換気空調設備	屋内設備 ※6	— ※2	— ※2	○	○	○	— (⑥で評価)	— ※5
	屋外設備	○	— ※2	○	○	— ※4	○	— ※5
・非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スレーブ系アイソセル発電機を含む。)	屋内設備 ※6	○	○	○	○	— ※4	○	— ※5
	屋外設備	○	— ※2	— ※2	○	— ※4	○	— ※5
・主排気筒 ・非常用ガス処理系排気筒	— ※1	— ※2	— ※2	○	— ※3	— ※4	○	— ※5

○：影響因子に対する個別評価を実施
—：評価対象外

【除外理由】

- ※1 静的負荷の影響を受けにくい構造
- ※2 水循環系の機能と直接関連がない
- ※3 屋外に面した換気系、電気系及び計測制御系の機能と直接関連がない
- ※4 中央制御室の居住性と直接関連がない
- ※5 絶縁低下と直接関連がない
- ※6 屋内設置設備であり、静的負荷の影響を直接受けない

【ここまで】

第1表 評価対象施設等の評価結果 (2 / 2)

【いしみで】

評価対象施設等	確認結果	確認結果	詳細評価
・計測制御設備 (安全保護系)	⑧⑩計測制御設備 (安全保護系) が設置されている部屋の空調系の外気取入口にはバグフィルタが設置されているため侵入する降下火砕物は微細なものに限られ、さらに、外気取入ダンパを閉止し閉回路循環運転が可能であることなどから、化学的腐食及び絶縁低下により計測制御設備 (安全保護系) の機能に影響を及ぼすことはない。	○	資料-8
・換気空調設備 (外気取入口)	①⑥⑧中央制御室換気系冷凍機及びディーゼル発電機室ルーフペントフアンについては、全体を防護する構造物を設置することで降下火砕物が直接堆積しない設計とすることから、堆積荷重及び化学的影響により機能に影響を及ぼすことはない。 ⑤外気取入口にはガラリ及びフィルタが取り付けられており降下火砕物が侵入し難い構造となっており、フィルタは交換・清掃が可能であること等から、フィルタ及び流路が閉塞することはない。 ⑦中央制御室換気空調系は、外気取入ダンパを閉止した閉回路循環運転により中央制御室の居住性を維持することができるとともに、発電所周辺の大気汚染による短期的な影響はない。	○	資料-9
・非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレッド系ディーゼル発電機を含む。)	①降下火砕物の堆積荷重により吸気口に発生する応力は許容応力値以下であることから、吸気口の健全性に影響を及ぼすことはない。 ⑤吸気口及び排気管は降下火砕物が侵入し難い構造であり、また、吸気フィルタにより降下火砕物が捕集されること、及びディーゼル機関に侵入した場合でも降下火砕物の硬度が低く破砕しやすいため、機能に影響を及ぼすことはない。また、吸気フィルタは必要に応じて清掃及び交換することができる。 ⑧吸気口、排気消音器及び排気管は、外装塗装を実施しており、降下火砕物による化学的腐食により直ちに影響を及ぼすことはない。	○	資料-10
・主排気筒 ・非常用ガス処理系排気筒	⑤主排気筒は降下火砕物が侵入しても排気流路を閉塞されることはなく、機能に影響を及ぼすことはない。また、非常用ガス処理系排気筒については、降下火砕物に対して健全性を損なわない設計とすることから、機能に影響を及ぼすことはない。 ⑧主排気筒外面は外装塗装を実施しており、降下火砕物により直ちに影響を及ぼすことはない。	○	資料-11

※ 確認結果内の丸数字は、資料 - 2 第1表記載 影響を与える可能性のある因子 No. を示す

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>3.7 降下火砕物の除去等の対策</p> <p>3.7.1 降下火砕物に対応するための運用管理</p> <p>降下火砕物に備え、手順を整備し、図1.5のフローのとおり段階的に対応することとしている。その体制については、地震、津波、火山噴火等の自然災害に対し、保安規定に基づく保安管理体制として整備し、その中で体制の移行基準、活動内容についても明確にする。</p> <div data-bbox="261 657 890 1092"> <pre> graph TD A[①近隣火山の大規模な噴火兆候がある場合] --> B[・火山情報等の収集 ・連絡体制の強化(要員の確認)] B --> C[②近隣火山の大規模な噴火が発生した場合又は、敷地内に降下火砕物が降り積もる状況となった場合] C --> D[・対策本部設置判断(必要な要員召集) ・資器材の配備状況の確認 ・プラントの機器、建屋等の状況確認 ・降下火砕物の除去 ・非常用換気空調系のバグフィルタ(粒径約2μmに対して80%以上を捕獲する性能)の差圧確認、取替え又は清掃等] </pre> </div> <p>図 1.5 降下火砕物に対応するための運用管理フロー</p> <p>①近隣火山の大規模な噴火兆候がある場合</p> <p>担当箇所は、火山情報(火山の位置、規模、風向、降灰予測等)を把握し、連絡体制を強化する。</p>	<p>3.7 降下火砕物の除去等の対策</p> <p>3.7.1 降下火砕物に対応するための運用管理</p> <p>降下火砕物に備え、手順を整備し、第3.7.1-1図のフローのとおり段階的に対応することとしている。その体制については、地震、津波、火山事象等の自然災害に対し、保安規定に基づく保安管理体制として整備し、その中で体制の移行基準、活動内容についても明確にする。なお、多くの火山では、噴火前に、震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備が可能である。</p> <div data-bbox="949 657 1676 1134"> <pre> graph TD A["(1) 通常時の対応 ・資器材の配備状況"] --> B["(2) 近隣火山に噴火兆候がある場合 ・火山情報等の収集"] B --> C["(3) 降下火砕物の飛来の恐れがある場合 ・監視強化体制の発令 ・資器材の配備状況確認、建屋等の開口部閉鎖等"] C --> D["(4) 降下火砕物が堆積する状況となった場合 ・状況把握及び巡視点検 ・降下火砕物の侵入防止処置及び除去作業"] </pre> </div> <p>第 3.7.1-1 図 降下火砕物に対応するための運用管理フロー</p> <p>(1) 通常時の対応</p> <p>火山の噴火事象発生に備え、担当箇所は降下火砕物の除去等に使用する資機材等(シャベル、ゴーグル及び防護マスク等)については、定期的に配備状況を確認する。</p> <p>(2) 近隣火山の噴火兆候がある場合</p> <p>近隣火山で噴火警戒レベル3(入山規制)、4(避難準備)となる引上げが発表され発電所において災害の発生のおそれがあると判断された場合、担当箇所は防災管理者の承認を得た上で、監視強化準備体制を発令し、発電所の保安管理体制</p>	<p>4.7 降下火砕物の除去等の対策</p> <p>4.7.1 降下火砕物に対応するための運用管理</p> <p>降下火砕物に備え、手順を整備し、第1.5図のフローのとおり段階的に対応することとしている。その体制については、地震、津波、火山噴火等の自然災害に対し、保安規定に基づく保安管理体制として整備し、その中で体制の移行基準、活動内容についても明確にする。なお、多くの火山では、噴火前に、震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備が可能である。</p> <div data-bbox="1751 657 2478 1281"> <pre> graph TD A[①近隣火山の大規模な噴火兆候がある場合] --> B[・火山情報等の収集 ・連絡体制の強化(要員の確認)] B --> C[②近隣火山の大規模な噴火が発生した場合又は、敷地内に降下火砕物が降り積もる状況となった場合] C --> D[・対策本部設置判断(必要な要員召集) ・資機材の配備状況の確認 ・プラントの機器、建物等の状況確認 ・降下火砕物の除去 ・換気空調設備のフィルタの差圧確認、取替え又は清掃等] </pre> </div> <p>第 1.5 図 降下火砕物に対応するための運用管理フロー</p> <p>①通常時の対応</p> <p>火山の噴火事象発生に備え、担当箇所は降下火砕物の除去等に使用する資機材等(シャベル、ゴーグル及び防護マスク等)については、定期的に配備状況を確認する。</p> <p>②近隣火山の大規模な噴火兆候がある場合</p> <p>発電所において災害の発生のおそれがあると判断される場合は、原子力防災管理者の指示のもと、担当箇所は、火山情報(火山の位置、規模、風向、降灰予測等)を把握し、連絡体制を強化する。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>②近隣火山の大規模な噴火が発生した場合又は、降下火砕物が降り積もる状況となった場合</p> <p>担当箇所は、近隣火山において大規模な噴火が確認された場合、又は、発電所敷地で降灰が確認された場合に、関係箇所と協議の上、対策本部の設置判断をする。</p> <p>換気空調系の取替え用バグフィルタの配備状況を確認するとともに、アクセスルート・屋外廻りの機器・屋外タンク・建屋等の降下火砕物の除去のため、発電所内に保管しているホイールローダ・スコップ・マスク等の資機材の配備状況の確認を行う。</p> <p>プラントの機器、建屋等の現在の状態（屋外への開口部が開放されていないか）を確認する。</p> <p>敷地内に降下火砕物が到達した場合には、降灰状況を把握する。</p> <p>プラント及び屋外廻りの監視を強化し、アクセスルート・屋外廻りの機器・屋外タンク・建屋等の降下火砕物の除去を行うとともに、非常用換気空調系のバグフィルタ差圧を確認し、バグフィルタの取替え又は清掃などを行う。</p> <p>降下火砕物により安全機能を有する設備が損傷等により機能が確保できなくなった場合、必要に応じプラントを停止する。</p>	<p>下において、火山情報等を把握し、連絡体制を強化（要員の確認）する。</p> <p>(3) 降下火砕物の飛来のおそれがある場合</p> <p>近隣火山で噴火警戒レベル5（避難）が発表され発電所において災害の発生のおそれがあると判断された場合、防災管理者は監視強化体制を発令し、発電所の各マネージャーは、発電所の保安管理下において、資機材の配備状況確認等に必要な要員を招集する。</p> <p>また、取水路前面にオイルフェンスを設置することで、取水路への降下火砕物の流入量を低減する、とともに屋外機器・建屋等の降下火砕物の除去のため、発電所内に保管しているスコップ、ほうき、マスク等の資機材の配備状況の確認を行う。</p> <p>(4) 降下火砕物が堆積する状況となった場合</p> <p>降下火砕物が確認され重要安全施設の安全機能を有する設備が損傷等により機能を失うおそれがある場合、防災管理者は発生事象の災害区分を「警戒事態」とし、発電所警戒本部を設置する。</p> <p>発電所警戒本部の指揮の下、発電所及び屋外廻りの監視を強化する。また、屋外機器・建屋等の降下火砕物の除去を行うとともに、換気空調設備のフィルタを確認し、フィルタの取替、清掃を行う。</p> <p>さらに、降下火砕物により重要安全施設の安全機能を有する設備が損傷等により機能を失った場合、災害区分を「非常</p>	<p>③近隣火山の大規模な噴火が発生した場合又は、敷地内に降下火砕物が降り積もる状況となった場合</p> <p>担当箇所は、近隣火山において大規模な噴火が確認された場合、又は、発電所敷地内で降灰が確認された場合に、関係箇所と協議の上、対策本部の設置判断をする。</p> <p>換気空調設備の取替用フィルタの配備状況を確認するとともに、アクセスルート・屋外廻りの機器・屋外タンク・建物等の降下火砕物の除去のため、発電所内に保管しているホイールローダ・ショベル・マスク等の資機材の配備状況の確認を行う。</p> <p>プラントの機器、建物等の現在の状態（屋外への開口部が開放されていないか）を確認する。</p> <p>敷地内に降下火砕物が到達した場合には、降灰状況を把握する。</p> <p>プラント及び屋外廻りの監視を強化し、アクセスルート・屋外廻りの機器・屋外タンク・建物等の降下火砕物の除去を行うとともに、換気空調設備のフィルタ差圧を確認し、状況に応じてフィルタの取替え又は清掃を行う。</p> <p>降下火砕物により安全機能を有する設備が損傷等により機能が確保できなくなった場合、必要に応じプラントを停止する。</p>	<p>・運用内容の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉は、降下火砕物が海水中に降灰した際の設備への影響評価を行い影響がないことを確認。また、深層取水方式であり取水路への降下火砕物の流入量の低減は不要（なお、東海第二は、表層取水方式）</p> <p>（以下、火山別-⑦の相違）</p> <p>（島根2号炉は、4.7.1③項にまとめて記載）</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>3.7.2 手順</p> <p>火山に対する防護については、降下火砕物に対する影響評価を行い、安全施設が安全機能を損なわないよう手順を定める。</p> <p>降灰が確認された場合には、<u>建屋</u>や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重をかけ続けられないこと、また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために、評価対象施設に堆積した降下火砕物の除灰を適切に実施する。</p> <p>降灰が確認された場合には、状況に応じて<u>外気取入ダンパ</u>の閉止、<u>換気空調系</u>の停止又は再循環運転により、<u>建屋内</u>への降下火砕物の侵入を防止する手順を定める。</p> <p>降灰が確認された場合には、<u>非常用換気空調系</u>の外気取入口の<u>バグフィルタ</u>について、<u>バグフィルタ差圧</u>を確認するとともに、状況に応じて取替え又は清掃等を実施する。</p>	<p>事態」に移行し、<u>発電所対策本部</u>を設置してその指揮の下、<u>必要な処置</u>を行う。</p> <p>3.7.2 手順</p> <p>火山に対する防護については、降下火砕物に対する影響評価を行い、安全施設が安全機能を損なわないよう手順を定める。</p> <p>(1) <u>発電所内</u>に降灰が確認された場合には、<u>建屋</u>や屋外の設備等に長期間降下火砕物による荷重を掛け続けられないこと、また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために、評価対象施設等に堆積した降下火砕物の除去に係る手順を定める。</p> <p>(2) 降灰が確認された場合には、状況に応じて<u>外気取入ダンパ</u>の閉止、<u>換気空調設備</u>の停止又は<u>閉回路循環運転</u>により、<u>建屋内</u>への降下火砕物の侵入を防止する手順を定める。</p> <p>(3) 降灰が確認された場合には、<u>換気空調設備</u>の外気取入口の<u>フィルタ</u>について、<u>フィルタ差圧</u>又は<u>流量</u>を確認するとともに、状況に応じて清掃や取替を実施する<u>手順</u>を定める。</p> <p>(4) <u>降灰確認後</u>、<u>放水路ゲート</u>に損傷を発見した場合の措置について、<u>放水路ゲートの駆動装置</u>に損傷を発見した場合、<u>安全機能を回復するために速やかな補修等を行う手順</u>を整備し、<u>的確に実施する</u>。また、<u>速やかな補修等が困難と判断された場合には、プラントを停止する手順</u>を整備し、<u>的確に実施する</u>。</p> <p>(5) 降灰が確認された場合には、<u>取水路前面</u>に<u>オイルフェンス</u>を設置することで、<u>取水路への降下火砕物の流入量を低減する手順</u>を定める。</p> <p>3.8 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針</p> <p><u>広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象</u>に対し、<u>発電用原子炉の停止並びに停止後の発電用原子炉及び使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）及びそれぞれに必要な耐震Sクラスの軽油貯蔵タンク2基（400kL/基）により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする</u>。</p>	<p>4.7.2 手順</p> <p>火山に対する防護については、降下火砕物に対する影響評価を行い、安全施設が安全機能を損なわないよう手順を定める。</p> <p>降灰が確認された場合には、<u>建物</u>や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重をかけ続けられないこと、また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために、評価対象施設等に堆積した降下火砕物の除灰を適切に実施する手順を定める。</p> <p>降灰が確認された場合には、状況に応じて<u>給気隔離弁</u>の閉止、<u>換気空調設備</u>の停止又は<u>系統隔離運転モード</u>により、<u>建物内</u>への降下火砕物の侵入を防止する手順を定める。</p> <p>降灰が確認された場合には、<u>換気空調設備</u>の外気取入口の<u>フィルタ</u>について、<u>フィルタ差圧</u>を確認するとともに、状況に応じて取替え又は清掃を実施する<u>手順</u>を定める。</p>	<p>備考</p> <p>・運用内容の相違 【東海第二】 島根2号炉には、同様の設備がない</p> <p>・運用内容の相違 【東海第二】 火山別-⑦の相違</p> <p>(島根2号炉は4.6.2項に記載)</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>4. まとめ</p> <p>降下火砕物による直接的影響及び間接的影響のすべての項目について評価した結果、降下火砕物による直接的及び間接的影響はなく、発電用原子炉施設の安全機能を損なうことはない。</p> <p>降下火砕物の飛来のおそれがある場合は、火山噴火対策を行うための体制を構築し、プラント及び屋外廻りの監視の強化、降下火砕物の除去等を実施する。</p>	<p>4. まとめ</p> <p>降下火砕物による直接的影響及び間接的影響のすべての項目について評価した結果、降下火砕物による直接的影響及び間接的影響はなく、発電用原子炉施設の安全機能を損なうことはないことを確認した。</p> <p>降下火砕物の飛来のおそれがある場合は、火山事象対策を行うための体制を構築し、<u>発電所</u>及び屋外廻りの監視の強化、降下火砕物の除去等を実施する。</p>	<p>5. まとめ</p> <p>降下火砕物による直接的影響及び間接的影響のすべての項目について評価した結果、降下火砕物による直接的及び間接的影響はなく、発電用原子炉施設の安全機能を損なうことはない。</p> <p>降下火砕物の飛来のおそれがある場合は、火山噴火対策を行うための体制を構築し、<u>プラント</u>及び屋外廻りの監視の強化、降下火砕物の除去等を実施する。</p>	

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p style="text-align: right;">個別評価-1</p> <p style="text-align: center;"><u>建屋に係る影響評価</u></p> <p>降下火砕物による原子炉建屋等への影響について以下のとおり評価した。</p> <p>(1) 評価項目</p> <p>① 構造物への静的負荷</p> <p>降下火砕物の堆積荷重(降雨の影響含む)により原子炉建屋、タービン建屋海水熱交換器区域、コントロール建屋、廃棄物処理建屋の健全性に影響がないことを評価する。</p> <p>なお、堆積荷重は、積雪との重畳を考慮する。</p> <p>② 構造物への化学的影響(腐食)</p> <p>降下火砕物の構造物への付着や堆積による化学的腐食により構造物への影響がないことを評価する。</p> <p>(2) 評価条件</p> <p>① 降下火砕物条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・堆積量：<u>35cm</u> ・密度：$1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 	<p style="text-align: right;">資料-4</p> <p style="text-align: center;"><u>建屋構築物に係る影響評価</u></p> <p>降下火砕物による原子炉建屋、タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋への影響について、以下のとおり評価する。</p> <p>(1) 評価項目及び内容</p> <p>① 構造物への静的負荷</p> <p>降下火砕物の堆積荷重により原子炉建屋、タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋の健全性に影響がないことを評価する。なお、設置許可においては、MS-1(放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮蔽及び放出低減機能)及びMS-2(放射性物質放出の防止機能)の機能を有する原子炉建屋と建屋自身がクラス1,2施設に該当しない建屋のうち、<u>構造的にもスパンが長く評価結果が厳しくなるタービン建屋を代表として評価概要及び評価結果を示す。</u></p> <p>また、工事計画認可においては、<u>原子炉建屋、タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋について屋根スラブ、主トラス及び二次部材の構造的な性能を確認し、各建屋に求められる機能設計上の性能目標を確保していることを計算書に示す。</u></p> <p>② 構造物への化学的影響(腐食)</p> <p>降下火砕物の構造物への付着や堆積による化学的腐食により、構造物へ影響がないことを評価する。</p> <p>(2) 評価条件</p> <p>① 降下火砕物条件</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 堆積量：<u>50cm</u> b. 密度：$1.5\text{g}/\text{cm}^3$(湿潤状態) <p><u>$0.5(\text{m}) \times 1,500(\text{kg}/\text{m}^3) \times 9.80665(\text{m}/\text{s}^2) = 7,355(\text{N}/\text{m}^2)$</u></p>	<p style="text-align: right;">個別評価-1</p> <p style="text-align: center;"><u>建物に係る影響評価</u></p> <p>降下火砕物による原子炉建物等への影響について以下のとおり評価した。</p> <p>1. 評価項目及び内容</p> <p>(1) 構造物への静的負荷</p> <p>降下火砕物の堆積荷重(降雨の影響含む)による影響について、MS-1(放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮蔽及び放出低減機能)及びMS-2(放射性物質放出の防止機能)の機能を有する原子炉建物、MS-1(安全上特に重要な機能)の機能を有する制御室建物、建物自身がクラス1,2施設に該当しないタービン建物、廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室を対象として健全性に影響がないことを評価する。<u>各建物に求められる機能設計上の性能目標を確保するため、堆積荷重が直接作用する屋根スラブに加え、これを支持する大梁・小梁及び屋根トラス部においては主トラス及び二次部材について、構造健全性を確認する。</u></p> <p>なお、堆積荷重は、積雪との重畳を考慮する。<u>風荷重については、屋根スラブ等の部材では堆積荷重に対して逆向きの荷重となることから考慮しないこととするが、風による水平力を建物フレームの構成部材として負担する原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部の主トラスについては風荷重の重畳を考慮する。</u></p> <p>(2) 構造物への化学的影響(腐食)</p> <p>降下火砕物の構造物への付着や堆積による化学的腐食により構造物への影響がないことを評価する。</p> <p>2. 評価条件</p> <p>(1) 降下火砕物条件</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 堆積量：<u>56cm</u> b. 密度：$1.5\text{g}/\text{cm}^3$(湿潤状態) 	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外部事象防護対象施設の設置場所の相違 【柏崎6/7,東海第二】 火山別-⑤の相違 ・記載方針の相違 【東海第二】 島根2号炉は、全ての評価対象建物の評価結果を記載 (以下、火山別-⑧の相違) 詳細設計段階での評価方針について、「4.構造物への静的負荷に対する詳細設計段階での評価方針」にまとめて記載している ・評価条件の相違 【柏崎6/7,東海第二】

柏崎刈羽原子力発電所 6/7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p>② 積雪条件</p> <p>・積雪量：<u>115.4cm</u> <u>積雪量=1日あたりの積雪量の年超過確率10^{-2}の値(84.3cm)</u> <u>+最深積雪量の平均値(31.1cm)=115.4cm</u></p> <p>・単位荷重：<u>29.4N/m^2</u> (新潟県建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重)</p> <p>(3) 評価結果</p> <p>① 構造物への静的負荷</p> <p>設計堆積荷重は以下のとおり。 <u>飽和状態の降下火砕物の荷重 ($35\text{cm} \times 1500\text{kg/m}^3 \times 9.80665\text{m/s}^2$)</u> <u>+積雪荷重 ($115.4\text{cm} \times 29.4\text{N}/(\text{m}^2 \cdot \text{cm})$) = $8,542\text{N/m}^2$</u></p> <p>表1-1に、建屋ごとに裕度が最も小さい部位の評価結果を示す。評価の結果、全ての建屋において、許容堆積荷重は堆積荷重を十分に上回っていることから、対象建屋の安全性への影響はない。</p>	<p>② 積雪条件</p> <p>a. 堆積量：<u>10.5cm</u> (建築基準法の考え方を参考とした東海村における平均的な積雪量)</p> <p>b. 単位荷重：堆積量1cmごとに 20N/m^2 (建築基準法より) <u>$10.5(\text{cm}) \times 20(\text{N}/\text{m}^2/\text{cm}) = 210(\text{N}/\text{m}^2)$</u></p> <p>③ 固定荷重</p> <p>a. 原子炉建屋：$5,364\text{N/m}^2$</p> <p>b. タービン建屋：$5,678\text{N/m}^2$</p> <p>④ 積載荷重</p> <p>「建築構造設計規準の資料(国土交通省平成27年版)」における「屋上(通常人が使用しない場合)」の床版計算用積載荷重における <u>980N/m^2 を包絡するように、除灰時の人員荷重として $1,000\text{N/m}^2$ とする。</u></p> <p>(3) 評価結果</p> <p>① 構造物への静的負荷</p> <p>a. <u>評価対象部位の選定</u> <u>以下の理由から各建屋の屋根スラブと主トラスを評価対象部位として選定する。</u></p> <p>(a) <u>主要な部位のうち、梁間方向に配されている主トラスと、屋根スラブが主体構造として、降下火砕物の鉛直方向に対して抵抗している。</u></p> <p>(b) <u>原子炉建屋の屋根スラブはMS-1(放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮蔽及び放出低減機能)及びMS-2(放射性物質放出の防止機能)の安全機能を担保しているため。</u></p>	<p>(2) 積雪条件</p> <p>a. 積雪量：<u>35.0cm</u> <u>(建築基準法の考え方を参考とし設計基準積雪深(100cm)に係数0.35を考慮した値)</u></p> <p>b. 単位荷重：積雪量1cmあたり <u>20N/m^2</u> <u>(松江市建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重)</u></p> <p>(3) 固定荷重</p> <p>各建物の評価対象部材の自重による荷重</p> <p>(4) 積載荷重</p> <p>「建築構造設計規準の資料(国土交通省平成30年版)」における「屋上(通常人が使用しない場合)」の床版計算用積載荷重を参考として、除灰時の人員荷重として <u>981N/m^2 とする。</u></p> <p>3. 評価結果</p> <p>(1) 構造物への静的負荷</p> <p><u>評価は、設計時の構造計算結果に基づく評価を行うことを基本とするが、原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部については、補強工事を実施済みであり、設計時と各部材の寸法等の条件が異なるため、補強内容を反映した条件に基づき設計時と同様の方法を用いた評価を行う。</u></p> <p><u>また、排気筒モニタ室については、降下火砕物の堆積時の構造強度を確保するため補強工事を行う計画とし、補強計画を反映した条件に基づき、応力解析を行い発生応力が許容値を超えないことを確認する。</u></p> <p><u>なお、評価に用いる許容限界については、材料の短期許容応力度に基づき設定することとし、屋根スラブ(排気筒モニタ室を除く)に関しては、構造強度の確認に合わせて気密性能、遮蔽性能に対する機能維持の確認を行う。</u></p> <p>a. <u>設計時の構造計算結果に基づく評価</u> <u>設計堆積荷重は、以下のとおり。</u> <u>飽和状態の降下火砕物の荷重 ($56\text{cm} \times 1,500\text{kg/m}^3 \times 9.80665\text{m/s}^2$) + 積雪荷重 ($35\text{cm} \times 20\text{N}/\text{m}^2 \cdot \text{cm}$) = $8,938\text{N/m}^2$</u> <u>第1-1表に、構造強度の確認として、各部位のうち建物ご</u></p>	<p>・自然現象の重畳の考え方の相違 【柏崎6/7】 火山別-①の相違</p> <p>・評価条件の相違 【東海第二】</p> <p>・評価結果の相違 【柏崎6/7, 東海第二】</p> <p>・評価方針の相違 【柏崎6/7, 東海第二】 島根2号炉は、「a. 設計時の構造計算結果に基づく評価」を基本とし、補強工事を行っている部材は、「b. 補強内容を反映した条件に基づく評価」、補強工事を行う計画とする排気筒モニタ室は「c. 補強計画を</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>とに裕度が最も小さい部位（補強工事を実施した原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部並びに補強工事を行う計画とする排気筒モニタ室については後述する。）の評価結果を示す。また、機能維持の確認を行う原子炉建物屋根トラス上部の屋根スラブの評価結果も合わせて示す。</p> <p>評価部位とした屋根スラブの概要を第 1-1 図、評価位置を第 1-2 図に示す。</p> <p>評価の結果、全ての建物において、許容堆積荷重は降下火砕物堆積荷重を上回っていることから、対象建物の健全性への影響はない。</p> <div data-bbox="1774 714 2463 934"> </div> <p>屋根トラス断面図 屋根スラブ断面図</p> <p>第 1-1 図 原子炉建物屋根スラブの概要</p> <div data-bbox="1745 1060 2478 1564"> <p>評価対象スラブ 中央部：長辺 7,500 mm 短辺 3,000 mm</p> </div> <p>第 1-2 図 原子炉建物屋根スラブ評価位置図</p>	<p>反映した条件に基づく評価」として対象部材毎に分けた評価を行っている。また、屋根スラブの機能維持の確認については、許容限界を同一とすることで、構造強度の確認を合わせて行う</p>

表 1-1 建屋の堆積荷重概略評価結果

号炉	評価対象施設	対象設備エリア	許容堆積荷重 ^{※1} (N/m ²)	降下火砕物 堆積荷重 (N/m ²)	評価結果
6	原子炉建屋	使用済燃料プール上部	12,000	8,542	○
	コントロール建屋	中央制御室上部(全体) 7号炉共通	21,000		○
	タービン建屋海水熱交換器区域	海水熱交換器区域上部	10,000		○
7	原子炉建屋	使用済燃料プール上部	12,000		○
	コントロール建屋	中央制御室上部(全体) 6号炉共通	21,000		○
	タービン建屋海水熱交換器区域	海水熱交換器区域上部	11,000		○
	廃棄物処理建屋	復水貯蔵槽位置上部 (6号炉と共通)	9,000 ^{※2}	○	

※1：許容堆積荷重は、以下の方法で算出した。

① 建屋の屋根部を構成する構造部材の断面性能を元に、各構造部材で発生する応力が短期許容応力度となるような屋根部の鉛直荷重(以下「耐荷重」という)を計算する。(耐荷重算定の詳細フローを図1-1に示す)

② 屋根部に作用する荷重としては堆積物による荷重以外に、常時作用する荷重(固定荷重、機器荷重及び配管荷重等)があるため、①で計算した耐荷重から常時作用する荷重の差し引いた値を許容堆積荷重として設定する(有効数字2桁で切り下げ)。

※2：廃棄物処理建屋については、屋上のルーフブロックを撤去することとしており、許容堆積荷重の暫定値として記載。

b. 許容限界の設定

(a) 原子炉建屋

要求機能	機能設計上の性能目標	部位	機能維持のための考え方	許容限界
-	構造強度を有すること	屋根スラブ	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	終局耐力に対し妥当な安全裕度を有する許容限界 ^{※1}
		主トラス	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	終局耐力に対し妥当な安全裕度を有する許容限界 ^{※2}
気密性	換気性能とあいまって気密機能を維持すること	屋根スラブ	部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度 ^{※3}
遮蔽性	遮蔽生体の損傷により遮蔽機能を損なわないこと	屋根スラブ	部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認	短期許容応力度 ^{※3}

※1 構造強度に対しては、「終局耐力に対し妥当な安全裕度を有する許容限界」が許容限界となるが、気密性、遮蔽性において「短期許容応力度」を許容限界としていることから、「短期許容応力度」で評価

※2 弾性限耐力として、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—((社)日本建築学会, 2005)」(以下「S規準」という。)の短期許容応力度の評価式に平成12年建設省告示第2464号に基づきF値×1.1を適用

※3 「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説((社)日本建築学会, 2005)」(以下「RC-N規準」という。)の短期許容応力度で評価

(b) タービン建屋

要求機能	機能設計上の性能目標	部位	機能維持のための考え方	許容限界
-	構造強度を有すること	屋根スラブ	落下しないことを確認 ^{※1}	終局耐力 ^{※3}
		主トラス	崩壊機構が形成されないことを確認	崩壊機構が形成されないこと

※1 屋根スラブの落下により、内包するクラス2設備を損傷させる可能性があることから、機能維持のために落下しないことを確認

※2 機能に対しては終局耐力が許容限界となるが、「RC-N規準」の短期許容応力度で評価

第 1-1 表 設計対象建物の堆積荷重概略評価結果

設計対象建物	評価部位	許容堆積荷重 ^{※1,3} (N/m ²)	設計堆積荷重 ^{※2} (N/m ²)	評価結果
原子炉建物	屋根スラブ (屋根トラス上部)	17,200 ^{※4}	8,938	○
	小梁	13,100		○
制御室建物	屋根スラブ	23,700		○
タービン建物	大梁	15,000		○
廃棄物処理建物	大梁	11,900		○

※1：積載荷重として考慮する除灰時の人員荷重 981N/m² を差し引いて設定した値。

※2：降下火砕物堆積量(56cm)に積雪量(35cm)を加えて設定した荷重。

※3：許容堆積荷重は、以下の方法で算出した。耐荷重算定の詳細フローを第1-3図に示す。

① 建物の屋根部を構成する構造部材の断面性能を元に、各構造部材で発生する応力が短期許容応力度となるような屋根部の鉛直荷重(以下、耐荷重という)を計算する。

② 屋根部に作用する荷重としては堆積物による荷重以外に、常時作用する荷重(固定荷重、積載荷重等)があるため、①で計算した耐荷重から常時作用する荷重の差し引いた値を許容堆積荷重として設定する(有効数字3桁で切り下げ)。

※4：許容堆積荷重の算定の詳細について、構造強度の確認に合わせ機能維持の確認を行う原子炉建物屋根トラス上部の屋根スラブ(厚さ： 配筋：長辺・短辺共 D13@200(上端・下端)(SD345)、長辺 7,500mm×短辺 3,000mm)を代表として以下に示す。

①設計時の長期荷重：7,700N/m² (長期検討用の積載荷重 588N/m²を含む)

②余裕率 α：2.07 (min (曲げ (2.07：必要鉄筋量に対する設計鉄筋量の比)、せん断 (6.59：コンクリートの発生応力に対する許容応力の比))

③許容できる最大の長期荷重 (①×②)：15,939N/m²

④短期許容応力度と長期許容応力度の比：1.59

・評価対象施設の相違
【柏崎6/7, 東海第二】
・設計方針の相違
【東海第二】

島根2号炉では、設計時の長期荷重に対する部材裕度から許容堆積荷重を算定する「a. 設計時の構造計算結果に基づく評価」を基本としている

・設計方針の相違
【東海第二】

島根2号炉では、短期許容応力度に基づく評価としており、平成12年建設省告示第2464号に基づく材料強度×1.1は適用していない

・記載方針の相違
【柏崎6/7】

島根2号炉では、代表部材について許容堆積荷重の算定の詳細を記載している

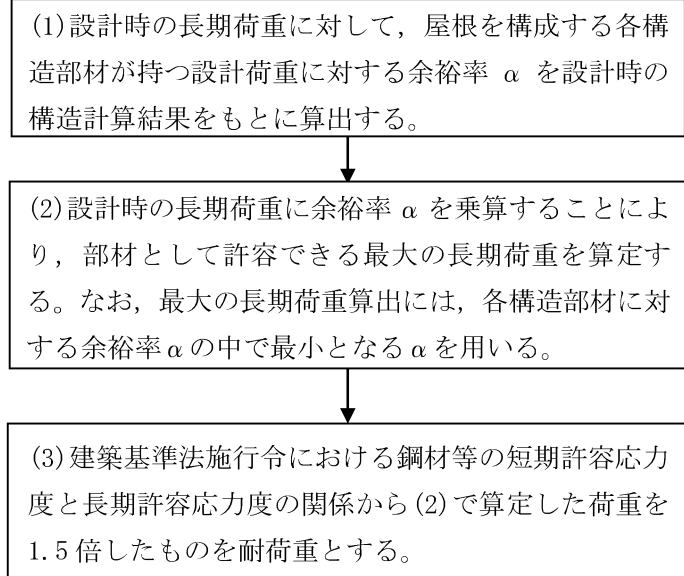


図1-1 耐荷重算定フロー

c. 評価方法

(a) 屋根スラブ

RC-N 規準に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメント及び面外せん断応力度が、許容限界を超えないことを確認する。

(b) 主トラス

S 規準に基づき、評価対象部位に生じる軸力及び曲げモーメントが、許容限界を超えないことを確認する。

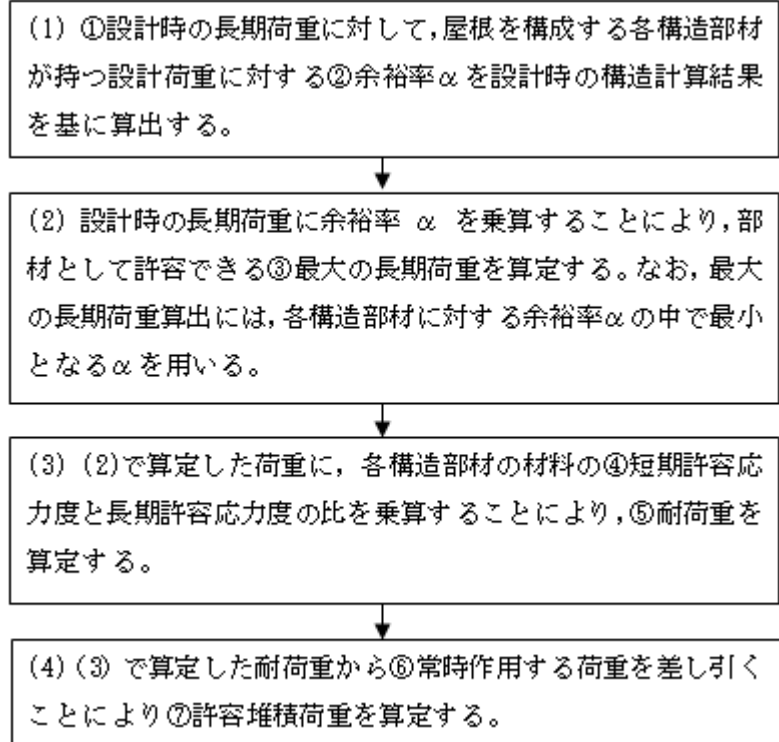
d. 評価結果

降下火砕物の堆積荷重に対して、各建屋の許容限界を超えることはない。評価結果を第1表～第7表に示す。なお、一部の部材について座屈耐力で評価したタービン建屋については、工事計画認可において荷重増分解析を実施し、改めて屋根部が崩壊しないことを確認する。

第1表 原子炉建屋 屋根スラブ (曲げモーメント) 評価結果 (検定：短期許容応力度)

部位	設計配筋量 (mm ²)		発生曲げモーメント (kN・m)		必要鉄筋量 (mm ²)		検定比	
	端部	中央	端部	中央	端部	中央	端部	中央
EL 64.08 (S1-1)	705.6	705.6	5.17	2.59	323.1	161.6	0.46	0.23
EL 64.08 (S1-2)	705.6	705.6	3.52	1.98	220.2	123.9	0.32	0.18

- ⑤耐荷重 (③×④) : 25,343N/m²
- ⑥常時作用する荷重 (①+積載荷重 393N/m² (①に含まれる長期検討用の積載荷重 588N/m²と積載荷重として考慮する除灰時の人員荷重 981N/m²の差分)) : 8,093 N/m²
- ⑦許容堆積荷重 (⑤-⑥) : 17,200 N/m²



第1-3図 耐荷重算定フロー

b. 補強内容を反映した条件に基づく評価

原子炉建物、タービン建物の屋根トラス部は、補強工事を実施済であるため、補強内容を反映した条件に基づき設計時と同様に二次元フレームモデルを用いた応力解析を行い、発生応力度が許容値を超えないことを確認する。

原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部の補強は、主トラスやサブトラスの余裕の少ない部材に対して補強材の追加等による強度向上を行っている。補強の内容について、原子炉建物屋根トラスを代表として、補強箇所を第1-4図に、補強部材の詳細を第1-2表に示す。第1-3表、第1-4表に、建物ごとの主トラス部材の断面検討結果の内、最大応力度比となった部材

・記載方針の相違
【東海第二】
島根2号炉では、詳細設計段階での評価方針について、「4. 構造物への静的負荷に対する詳細設計段階での評価方針」にまとめて記載している

・設計方針の相違
【東海第二】
島根2号炉では、補強工事を実施済である原子炉建物、タービン建物屋根トラス部については、補強内容を反映した条件に基づく評価を行い健全性に影響がないことを確認している

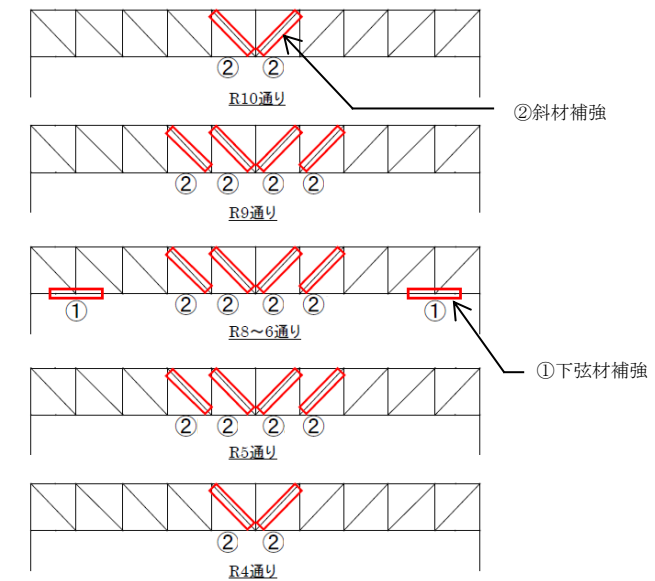
第2表 原子炉建屋 屋根スラブ (せん断力) 評価結果
(検定: 短期許容応力度)

部位	発生せん断力 (KN)	せん断応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定比
EL. 64.08 (S1-1)	13.67	0.295	1.06	0.28
EL. 64.08 (S1-2)	9.21	0.199	1.06	0.19

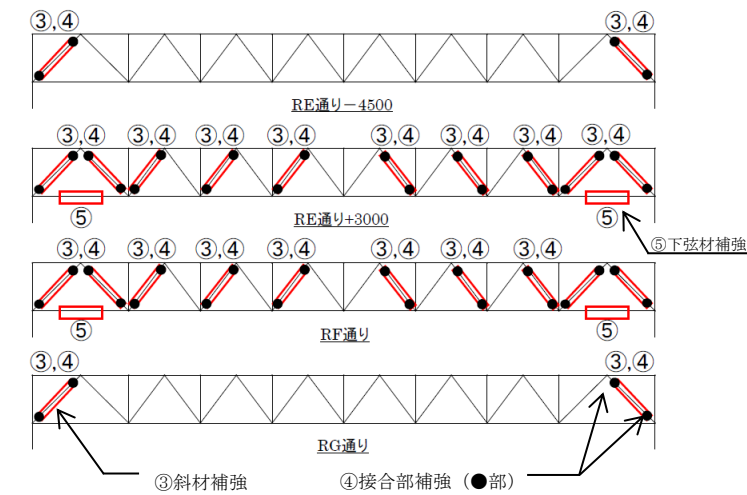
を有する代表フレーム (R10 通り, T7 通り) の評価結果※5を示す。

また, 表 1-5 表, 表 1-6 表に, 建物ごとのトラス二次部材の断面検討結果の内, 最大応力度比となった部材の評価結果を示す。評価の結果, 全ての建物において, 降下火砕物の堆積時において, 発生応力度が許容値を超えないことを確認した。

※5: フレーム解析において, 積雪荷重・降下火砕物の堆積荷重に加え, 風荷重 (水平方向) を考慮した評価結果。



主トラス断面図



サブトラス断面図

第 1-4 図 原子炉建物屋根トラスの補強箇所

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)

東海第二発電所 (2018.9.18版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

第1-2表 補強部材の詳細

No	箇所及び補強方法
①	<p>主トラス下弦材 補強材追加</p> <p>補強材 PL-16</p>
②	<p>主トラス斜材 補強材追加</p> <p>補強材 4Ls-90×90×10</p>
③	<p>サブトラス斜材 補強材追加</p> <p>補強材 4Ls-65×65×6</p>
④	<p>サブトラス斜材 接合部補強</p> <p>接合部補強 (PL-19, ボルト)</p>
⑤	<p>サブトラス下弦材 補強材追加</p> <p>補強材 2Cs-150x75x9x12.5</p>

第3表 原子炉建屋 主トラス評価結果
(検定：弾性限耐力)

部材	発生応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定値
上弦材 (H-400×400×13×21)	(圧縮)	112.7	257.3	0.60
	(曲げ)	40.3	255.4	
下弦材 (H-400×400×13×21)	(引張)	157.6	258.5	0.79
	(曲げ)	44.9	195.9	
斜材 (2Ls-150×150×15)	(引張)	207.8	258.5	0.81
束材 (2Ls-150×150×15)	(圧縮)	152.0	158.2	0.97

第4表 タービン建屋 屋根スラブ (曲げモーメント) 評価結果
(検定：短期許容応力度)

部位	設計配筋量 (mm ²)		発生曲げモーメント (kN・m)		必要鉄筋量 (mm ²)		検定比	
	端部	中央	端部	中央	端部	中央	端部	中央
EL 40.65	635.0	635.0	7.36	4.14	460.0	258.7	0.73	0.41

第5表 タービン建屋 屋根スラブ (せん断力) 評価結果
(検定：短期許容応力度)

部位	発生せん断力 (KN)	せん断応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定比
EL 40.65	17.69	0.381	1.06	0.36

第6表 タービン建屋 主トラス評価結果 (検定：弾性限耐力)

部材	発生応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定値
上弦材 (H-428×407×20×35)	(圧縮)	179.9	250.0	0.96
	(曲げ)	59.9	258.0	
下弦材 (H-428×407×20×35)	(圧縮)	55.2	152.0	1.04 ^{※1}
	(曲げ)	162.1	241.0	
斜材 (2Ls-200×200×20)	(引張)	201.7	258.0	0.79
束材 (2Ls-200×200×15)	(圧縮)	184.7	212.0	0.88

※1 検定値を超過した下弦材は、終局耐力に対して評価を行う。

第1-3表 原子炉建物の主トラス部材 評価結果

部位	発生 応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度 比	位置
上弦材 H-400×400×13×21	(圧縮)	167.1	290	0.61	TU05
	(曲げ)	10.1	318		TU06
下弦材 BH-400×400×19×35	(圧縮)	98.3	205	0.80	TL00
	(曲げ)	98.8	318		
斜材 2CT _s -175×350×12×19	(引張)	200.4	235	0.86	L01
束材 2CT _s -175×350×12×19	(圧縮)	126.4	176	0.72	V01

第1-4表 タービン建物の主トラス部材 評価結果

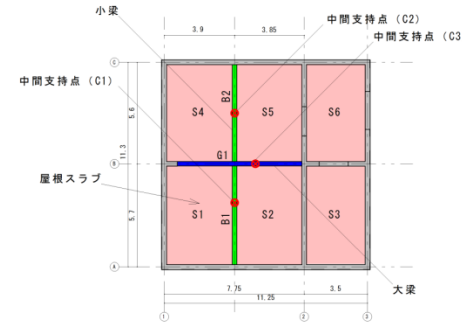
部位	発生 応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度 比	位置
上弦材 H-428×407×20×35	(圧縮)	127.7	223	0.73	TU76
	(曲げ)	35.8	231		TU77
下弦材 BH-428×407×32×40 +2BC _s -386×100×19×19*	(圧縮)	130.3	210	0.80	TL712
	(曲げ)	41.5	233		
斜材 2BCT _s -175×350×22×22 +2PL _s -16×250*	(引張)	208.4	235	0.89	LD712
束材 2CT _s -150×300×10×15	(圧縮)	134.0	154	0.88	LV77

※：補強工事で追加した部材。

第1-5表 原子炉建物のトラス二次部材 評価結果

部位	発生 応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度 比	位置
母屋 (sb23) H-244×175×7×11	(曲げ)	122.6	181	0.68	R6~R7
					RD~RE
サブビーム (sb21) H-400×400×13×21	(曲げ)	173.6	220	0.79	R3~R4
					RD~RE
繋ぎ梁 (ST1) 2CT _s -125×250×9×14 +4L _s -65×65×6*	(圧縮)	45.2	73	0.62	R3~R4
					RG

※：補強工事で追加した部材。

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																					
	<p>第7表 タービン建屋 主トラス評価結果 (検定: 終局耐力)</p> <table border="1" data-bbox="943 357 1706 493"> <thead> <tr> <th>部材</th> <th>発生応力</th> <th>応力度 (N/mm²)</th> <th>許容値 (N/mm²)</th> <th>検定値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">下弦材 (H-428×407×20×35)</td> <td>(圧縮)</td> <td>55.2</td> <td>177.3</td> <td rowspan="2">0.94</td> </tr> <tr> <td>(曲げ)</td> <td>162.1</td> <td>258.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>評価の詳細は、参考資料-12「原子炉建屋の健全性評価について」及び参考資料-13「タービン建屋の健全性評価について」を参照。</p>	部材	発生応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定値	下弦材 (H-428×407×20×35)	(圧縮)	55.2	177.3	0.94	(曲げ)	162.1	258.5	<p>第1-6表 タービン建物のトラス二次部材 評価結果</p> <table border="1" data-bbox="1736 289 2499 651"> <thead> <tr> <th>部位</th> <th>発生応力</th> <th>応力度 (N/mm²)</th> <th>許容値 (N/mm²)</th> <th>応力度比</th> <th>位置</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>母屋 (sb2④) H-400×200×8×13</td> <td>(曲げ)</td> <td>169.7</td> <td>193</td> <td>0.88</td> <td>T10~T11 TB~TC</td> </tr> <tr> <td>サブビーム (sb1①) BH-428×300×12×19</td> <td>(曲げ)</td> <td>201.1</td> <td>232</td> <td>0.87</td> <td>T6~T7 TA~TB</td> </tr> <tr> <td>繋ぎ梁 (ST1) 2CT_s-100×204×12×12</td> <td>(圧縮)</td> <td>64.8</td> <td>86</td> <td>0.76</td> <td>T6~T7 TB</td> </tr> </tbody> </table> <p>評価の詳細は、補足資料-20「原子炉建物の屋根トラス部材の健全性評価について」及び補足資料-21「タービン建物の屋根トラス部材の健全性評価について」に示す。</p> <p>c. 補強計画を反映した条件に基づく評価</p> <p>排気筒モニタ室は、降下火砕物の堆積時の構造強度を確保するため補強工事を行う計画とし、補強計画を反映した条件に基づき屋根スラブ、小梁、大梁及び補強工事で追加する梁の中間支持点 (支持柱) について、応力解析を行い発生応力等が許容値を超えないことを確認する。</p> <p>排気筒モニタ室の補強は、屋根スラブを支持する小梁及び大梁に対し、支持柱による中間支持点を追加することで強度向上する計画とする。補強計画の内容について、評価対象部位及び追加する中間支持点の位置を第1-5図に、中間支持点の概要を第1-6図に示す。</p> <p>第1-7表~第1-11表に補強計画を反映した条件に基づく評価結果のうち最大検定比となった部材の評価結果を示す。評価の結果、降下火砕物の堆積時において、発生応力度等が許容値を超えないことを確認した。</p>  <p>第1-5図 評価対象部位及び中間支持点位置</p>	部位	発生応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度比	位置	母屋 (sb2④) H-400×200×8×13	(曲げ)	169.7	193	0.88	T10~T11 TB~TC	サブビーム (sb1①) BH-428×300×12×19	(曲げ)	201.1	232	0.87	T6~T7 TA~TB	繋ぎ梁 (ST1) 2CT _s -100×204×12×12	(圧縮)	64.8	86	0.76	T6~T7 TB	<p>・設計方針の相違</p> <p>【柏崎6/7, 東海第二】</p> <p>島根2号炉では、補強工事を行う計画としている排気筒モニタ室については、補強計画を反映した条件に基づく評価を行い健全性に影響がないことを確認している</p>
部材	発生応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	検定値																																				
下弦材 (H-428×407×20×35)	(圧縮)	55.2	177.3	0.94																																				
	(曲げ)	162.1	258.5																																					
部位	発生応力	応力度 (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度比	位置																																			
母屋 (sb2④) H-400×200×8×13	(曲げ)	169.7	193	0.88	T10~T11 TB~TC																																			
サブビーム (sb1①) BH-428×300×12×19	(曲げ)	201.1	232	0.87	T6~T7 TA~TB																																			
繋ぎ梁 (ST1) 2CT _s -100×204×12×12	(圧縮)	64.8	86	0.76	T6~T7 TB																																			

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																																																		
		<div data-bbox="2041 289 2309 562" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;">第 1-6 図 中間支持点概要</p> <p>第 1-7 表 排気筒モニタ室の屋根スラブ (曲げ) 評価結果</p> <table border="1" data-bbox="1736 739 2502 919"> <thead> <tr> <th colspan="2">部材</th> <th>必要鉄筋量 (mm²/m)</th> <th>設計配筋量 (mm²/m)</th> <th>検定比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S1</td> <td>短辺 方向</td> <td>522</td> <td>635 (D13@200)</td> <td>0. 83</td> </tr> </tbody> </table> <p>第 1-8 表 排気筒モニタ室の屋根スラブ (せん断) 評価結果</p> <table border="1" data-bbox="1736 970 2502 1192"> <thead> <tr> <th colspan="2">部材</th> <th>せん断応力度 (N/mm²)</th> <th>許容せん断応 力度 (N/mm²)</th> <th>検定比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>S1</td> <td>短辺 方向</td> <td>0. 37</td> <td>1. 03</td> <td>0. 36</td> </tr> </tbody> </table> <p>第 1-9 表 排気筒モニタ室の梁 (曲げ) 評価結果</p> <table border="1" data-bbox="1736 1243 2502 1507"> <thead> <tr> <th colspan="2">部材</th> <th>必要鉄筋量 (mm²)</th> <th>設計配筋量 (mm²)</th> <th>検定比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>小梁</td> <td>B1</td> <td>404</td> <td>774 (2-D22)</td> <td>0. 53</td> </tr> <tr> <td>大梁</td> <td>G1</td> <td>436</td> <td>1548 (4-D22)</td> <td>0. 29</td> </tr> </tbody> </table> <p>第 1-10 表 排気筒モニタ室の梁 (せん断) 評価結果</p> <table border="1" data-bbox="1736 1558 2502 1738"> <thead> <tr> <th colspan="2">部材</th> <th>せん断力 (×10³N)</th> <th>許容せん断力 (×10³N)</th> <th>検定比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>小梁</td> <td>B1</td> <td>117. 9</td> <td>296. 4</td> <td>0. 40</td> </tr> <tr> <td>大梁</td> <td>G1</td> <td>95. 0</td> <td>386. 9</td> <td>0. 25</td> </tr> </tbody> </table>	部材		必要鉄筋量 (mm ² /m)	設計配筋量 (mm ² /m)	検定比	S1	短辺 方向	522	635 (D13@200)	0. 83	部材		せん断応力度 (N/mm ²)	許容せん断応 力度 (N/mm ²)	検定比	S1	短辺 方向	0. 37	1. 03	0. 36	部材		必要鉄筋量 (mm ²)	設計配筋量 (mm ²)	検定比	小梁	B1	404	774 (2-D22)	0. 53	大梁	G1	436	1548 (4-D22)	0. 29	部材		せん断力 (×10 ³ N)	許容せん断力 (×10 ³ N)	検定比	小梁	B1	117. 9	296. 4	0. 40	大梁	G1	95. 0	386. 9	0. 25	
部材		必要鉄筋量 (mm ² /m)	設計配筋量 (mm ² /m)	検定比																																																	
S1	短辺 方向	522	635 (D13@200)	0. 83																																																	
部材		せん断応力度 (N/mm ²)	許容せん断応 力度 (N/mm ²)	検定比																																																	
S1	短辺 方向	0. 37	1. 03	0. 36																																																	
部材		必要鉄筋量 (mm ²)	設計配筋量 (mm ²)	検定比																																																	
小梁	B1	404	774 (2-D22)	0. 53																																																	
大梁	G1	436	1548 (4-D22)	0. 29																																																	
部材		せん断力 (×10 ³ N)	許容せん断力 (×10 ³ N)	検定比																																																	
小梁	B1	117. 9	296. 4	0. 40																																																	
大梁	G1	95. 0	386. 9	0. 25																																																	

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考																						
<p>②構造物への化学的影響（腐食） 原子炉建屋，タービン建屋海水熱交換器区域，コントロール建屋及び廃棄物処理建屋については，外壁塗装を施していることから，降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。 (補足資料-4)</p>	<p>② 構造物への化学的影響（腐食） 原子炉建屋，タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋は外壁塗装及び屋上防水がなされていることから，降下火砕物による化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。 また，降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については，堆積した降下火砕物を除去し，除去後の点検等において，必要に応じて補修作業を実施する。</p> <p>(4) 個別評価から除外した直接的影響の要因 <u>個別評価から除外した直接的影響の要因及び理由を第8表に示す。</u> 第8表 個別評価から除外した直接的影響の要因及び理由</p> <table border="1" data-bbox="943 1192 1709 1583"> <thead> <tr> <th>直接的影響の要因</th> <th>理由</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水循環系の閉塞</td> <td>水循環系の機能と直接関連がない</td> </tr> <tr> <td>水循環系の内部における摩擦</td> <td>水循環系の機能と直接関連がない</td> </tr> <tr> <td>換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響</td> <td>屋外に面した換気系，電気系及び計測制御系の機能と直接関連がない</td> </tr> <tr> <td>換気系，電気系及び計測制御系に対する化学的影響</td> <td>屋外に面した換気系，電気系及び計測制御系の機能と直接関連がない</td> </tr> <tr> <td>発電所の大気汚染</td> <td>中央制御室の居住性と直接関連がない</td> </tr> <tr> <td>絶縁低下</td> <td>絶縁低下と直接関連がない</td> </tr> </tbody> </table>	直接的影響の要因	理由	水循環系の閉塞	水循環系の機能と直接関連がない	水循環系の内部における摩擦	水循環系の機能と直接関連がない	換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響	屋外に面した換気系，電気系及び計測制御系の機能と直接関連がない	換気系，電気系及び計測制御系に対する化学的影響	屋外に面した換気系，電気系及び計測制御系の機能と直接関連がない	発電所の大気汚染	中央制御室の居住性と直接関連がない	絶縁低下	絶縁低下と直接関連がない	<p>第1-11表 排気筒モニタ室の中間支持点（支持柱）評価結果</p> <table border="1" data-bbox="1733 289 2499 428"> <thead> <tr> <th>部材</th> <th>圧縮応力度 (N/mm²)</th> <th>許容圧縮応力度 (N/mm²)</th> <th>検定比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C1</td> <td>22.8</td> <td>208.5</td> <td>0.11</td> </tr> </tbody> </table> <p>評価の詳細は，補足資料-22「排気筒モニタ室の健全性評価について」に示す。</p> <p>(2) 構造物への化学的影響（腐食） 原子炉建物，制御室建物，タービン建物，廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室については，外壁の塗装を施していることから，降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。 また，降下火砕物堆積後の長期的な腐食の影響については，<u>堆積した降下火砕物を除去し，除去後の点検等において，必要に応じて補修作業を実施する。</u> (補足資料-4)</p>	部材	圧縮応力度 (N/mm ²)	許容圧縮応力度 (N/mm ²)	検定比	C1	22.8	208.5	0.11	<p>・外部事象防護対象施設の設置場所の相違 【柏崎6/7,東海第二】 火山別-⑤の相違</p> <p>・運用方針の明記 【柏崎6/7】</p> <p>(島根2号炉は，個別評価から除外した直接的影響の要因を別添3-1(4.6.2項第1.5表)に記載)</p>
直接的影響の要因	理由																								
水循環系の閉塞	水循環系の機能と直接関連がない																								
水循環系の内部における摩擦	水循環系の機能と直接関連がない																								
換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響	屋外に面した換気系，電気系及び計測制御系の機能と直接関連がない																								
換気系，電気系及び計測制御系に対する化学的影響	屋外に面した換気系，電気系及び計測制御系の機能と直接関連がない																								
発電所の大気汚染	中央制御室の居住性と直接関連がない																								
絶縁低下	絶縁低下と直接関連がない																								
部材	圧縮応力度 (N/mm ²)	許容圧縮応力度 (N/mm ²)	検定比																						
C1	22.8	208.5	0.11																						

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017.12.20版)	東海第二発電所 (2018.9.18版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p><u>4. 構造物への静的負荷に対する詳細設計段階での評価方針</u></p> <p><u>(1) 評価対象部位</u></p> <p><u>原子炉建物, 制御室建物, タービン建物, 廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室の各部位のうち, 降下火砕物の堆積荷重が直接作用する各建物の屋根スラブに加え, 大スパン空間を構成し堆積荷重による影響を受けやすい構造であるとともに, 補強工事により原設計時から構成部材が変更されている原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部 (二次部材を含む) を評価対象とする。</u></p> <p><u>(2) 評価条件</u></p> <p><u>「2. 評価条件」と同じとする。</u></p> <p><u>なお, 風荷重については, 屋根スラブでは堆積荷重に対して逆向きの荷重となることから考慮しないこととするが, 風による水平力を建物フレームの構成部材として負担する原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部の主トラスについては風荷重の重畳を考慮することとし, 風荷重の方向は主トラス方向とする。</u></p> <p><u>(3) 評価方針</u></p> <p><u>設置許可段階では設計時の構造計算結果に基づく評価を行うことを基本としたが, 詳細設計段階では, 全ての評価対象部位に対し評価条件に基づく応力解析を行い各部位に生じる応力が許容値を超えないことを確認する。</u></p> <p><u>許容値は各部位の構造種別に応じ, 「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」 (以下, 「RC-N 規準」という。), 「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—」 (以下, 「S 規準」という。) 等に従うとともに, 短期許容応力度に基づくものとして設定する。</u></p> <p><u>なお, 原子炉建物の主トラスについては, 設置許可段階では原設計時の設計方針を踏まえ二次元フレームモデルを用いた応力解析を行っているが, 屋根トラスについては, 当該トラス部が支える屋根スラブが原子炉棟を構成し, 気密を確保する境界となることから, その重要性を踏まえ, 詳細設計段階では, 三次元立体モデルを用いた応力解析によりフレーム間の応力伝達を考慮した詳細な評価を行うこととする。</u></p>	<p>・記載方針の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉では, 詳細設計段階での評価方針について, 「4. 構造物への静的負荷に対する詳細設計段階での評価方針」にまとめて記載している</p>

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>また、原子炉建物の屋根スラブについては、原子炉建物原子炉棟の二次格納施設バウンダリを構成する部位であるため、火山灰堆積荷重と積雪荷重等の荷重を重ね合わせた荷重に対して、換気機能とあいまっての気密性能、遮蔽性能及び構造健全性を確保する方針とする。</p> <p>(4) 詳細設計段階で用いる原子炉建物主トラスの応力解析モデル概要</p> <p>詳細設計段階において原子炉建物主トラスの応力解析に用いる三次元立体モデルの概念図を第 1-7 図に示す。</p> <p>三次元立体モデルの作成方針は以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・屋根トラスの補強工事の内容を反映したモデルとする。 ・燃料取替床より上部の構造を三次元の立体構造でモデル化する。 ・主トラス弦材は、軸・曲げ・せん断剛性のある梁要素、斜材と束材は軸剛性のみ考慮されたトラス要素とし、部材長さは部材芯位置でモデル化する。また、二次部材については、梁要素又はトラス要素でモデル化する。 ・屋根スラブの自重等の屋根スラブにかかる荷重は主トラス上弦材に負荷する。その際、屋根スラブの剛性は保守的に考慮しない。 ・材料の物性値については、鋼材は S 規準、コンクリート材料は RC-N 規準に基づき設定する。 ・三次元立体モデルによる応力解析から得られる解析結果に基づき、主トラスの構造評価を行う。また、二次部材については個別に応力解析を行い構造評価を行う。 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div data-bbox="1765 1438 2092 1711" style="text-align: center;"> <p>モデル化範囲</p> </div> <div data-bbox="2107 1417 2478 1711" style="text-align: center;"> <p>三次元立体モデル (概念図)</p> </div> </div> <p>第 1-7 図 原子炉建物主トラスの応力解析に用いる三次元立体モデル (概念図)</p>	