

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>付録3 被害面積の期待値 $E[DA(V_0)]$ の評価方法について</p> <p>(1) 竜巻風速 V_0 以上となる面積の期待値</p> <p>1個の竜巻の風速が V_0 以上となる面積 $DA(V_0)$ は以下のように表される。</p> $DA(V_0) = WL + HL + WG + AB \quad ; V_i \geq V_0 \quad (\text{付 3.1})$ $DA(V_0) = 0 \quad ; V_i < V_0$ <p>ここに、W は竜巻の被害幅、L は被害長さ、A、B は矩形構造物の寸法、H と G は竜巻の被害幅や長さ方向への構造物の投影長さである。</p> <p>上記の関係を、竜巻風速 V ・幅 w ・長さ l ・竜巻移動方向 α の確率分布を用いて表すと以下ようになる。</p> $E[DA(V_0)] = \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl$ $+ \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty H(\alpha) l f(V, l, \alpha) dV dl d\alpha + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty W(V_0) G(\alpha) f(V, w, \alpha) dV dw d\alpha$ $+ AB \int_{V_0}^\infty f(V) dV$ $W(V_0) = \left(\frac{V_{\min}}{V_0} \right)^{1/1.6} w \quad (\text{付 3.3})$ $H(\alpha) = B \sin \alpha + A \cos \alpha $ $G(\alpha) = A \sin \alpha + B \cos \alpha \quad (\text{付 3.4})$ <p>ここに、$E[\cdot]$ は期待値を表し、V_{\min} は被害が発生する最小風速、$H(\alpha)$ と $G(\alpha)$ は竜巻の幅・長さ方向への構造物の投影長さである。また、3変数の対数正規分布は以下で表される。</p> $f(x, y, z) = \frac{1}{(2\pi)^{3/2} \begin{vmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_x \sigma_y \rho_{xy} & \sigma_x \sigma_z \rho_{xz} \\ \sigma_x \sigma_y \rho_{xy} & \sigma_y^2 & \sigma_y \sigma_z \rho_{yz} \\ \sigma_x \sigma_z \rho_{xz} & \sigma_y \sigma_z \rho_{yz} & \sigma_z^2 \end{vmatrix}^{1/2}} \times \frac{1}{xyz}$ $\times \exp \left[-\frac{1}{2} \begin{pmatrix} \ln(x) - \mu_x & \ln(y) - \mu_y & \ln(z) - \mu_z \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_x \sigma_y \rho_{xy} & \sigma_x \sigma_z \rho_{xz} \\ \sigma_x \sigma_y \rho_{xy} & \sigma_y^2 & \sigma_y \sigma_z \rho_{yz} \\ \sigma_x \sigma_z \rho_{xz} & \sigma_y \sigma_z \rho_{yz} & \sigma_z^2 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \ln(x) - \mu_x \\ \ln(y) - \mu_y \\ \ln(z) - \mu_z \end{pmatrix} \right]$ <p style="text-align: right;">(付 3.5)</p> <p>ここに、μ、σ、ρ は $\ln(x)$、$\ln(y)$、$\ln(z)$ の平均値、標準偏差及び相関係数である。</p> <p>式(付 3.2)の右辺第1項は、竜巻長さとの積、即ち被害面</p>	<p>(期待値について、柏崎6/7号炉は「(6)」で、東海第二は「6.(1)c.」で記載)</p>

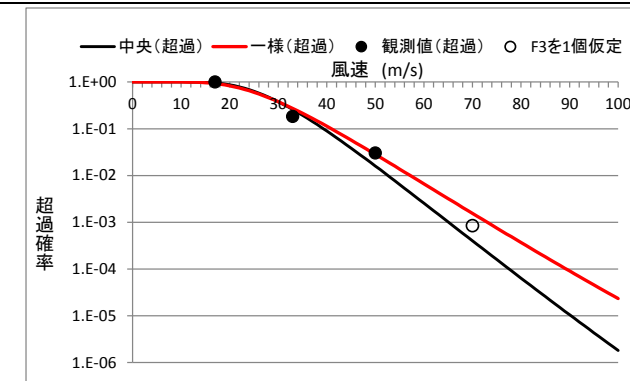
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>積を表しており、いわゆるポイント構造物に対する被害に対応する。第2項と第3項は、竜巻長さ・幅と構造物寸法の積、即ち面構造物あるいは線状構造物の被害面積を表す。竜巻の幅は長さに比べて短いため、第3項の寄与は第2項に比べて1オーダー小さい。第4項は建物面積ABに依存する項であり、一般には第3項よりも小さい。従って、式(付3.2)の右辺第1項と第2項の寄与が支配的となる (NUREGの方法では、この2つの項のみを考慮している)。</p> <p>(2) 竜巻移動方向</p> <p>ガイドでは、竜巻の移動方向に配慮するよう求めている。ここでは、竜巻の移動特性を考慮した場合について考察する。</p> <p>竜巻の移動方向をα、移動方向の確率分布を$p(\alpha)$、建物寸法をA、Bとすると、被害面積の期待値に関する項は以下で与えられる。</p> $\int_0^{2\pi} H(\alpha) p(\alpha) d\alpha = \int_0^{2\pi} (B \sin(\alpha) + A \cos(\alpha)) p(\alpha) d\alpha$ <p style="text-align: right;">(付3.6)</p> <p>竜巻の移動に方向性が無い (一様分布の) 場合は、$p(\alpha)=1/(2\pi)$であるから、上式は以下のようになる。</p> $\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} H(\alpha) d\alpha = \frac{1}{2\pi} [2B[-\cos\alpha]_0^{2\pi} + 2A[\sin\alpha]_{-\pi/2}^{\pi/2}] = \frac{2(A+B)}{\pi}$ <p style="text-align: right;">(付3.7)</p> <p>従って、A=Bの場合 (正方形の構造物) には、$4A/\pi$ ($\approx 1.273A$) となることがわかる。</p> <p>一方、構造物を円形構造物 (直径D_0) とした場合、竜巻の幅や長さ方向に構造物を投影した長さ$H(\alpha)$や$G(\alpha)$は、竜巻の移動方向には依存せず、一定値となる。</p> $H(\alpha) = G(\alpha) = D_0 ; \text{円形構造物} \quad \text{(付3.8)}$ <p>従って、たとえ竜巻の移動方向に方向依存性があり、$p(\alpha)$に分布があったとしても、全方向について積分した式(付3.7)の結果はD_0となる。上記の議論は、αとV、W、1の間が無相関である場合に成り立つ。</p> <p>以上のことから、建物として円形構造物を仮定する限り (長方形や方向性のある線状構造物を対象としない限り)、竜巻の移動方向の特性を考慮する必要はないことがわかる。</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>従って、円形構造物に対しては、式(付 3.2)は次のように簡単になる。</p> $ \begin{aligned} E[DA(V_0)] &= \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl \\ &+ D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty l f(V, l) dV dl + D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) f(V, w) dV dw \\ &+ (D_0^2 \pi / 4) \int_{V_0}^\infty f(V) dV \end{aligned} $ <p style="text-align: right;">(付 3.9)</p> <p>また、2変数の対数正規分布は以下のように書ける。</p> $ f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-\rho^2}} \frac{1}{xy} \exp\left[-\frac{1}{2(1-\rho^2)}\left\{\left(\frac{\ln(x)-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2 - 2\rho\left(\frac{\ln(x)-\mu_x}{\sigma_x}\right)\left(\frac{\ln(y)-\mu_y}{\sigma_y}\right) + \left(\frac{\ln(y)-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2\right\}\right] $ <p style="text-align: right;">(付 3.10)</p> <p>本検討では、①竜巻移動方向 α とその他の竜巻パラメータは無相関、②直径 D_0 の円形構造物を対象とするため、式(付 3.9)を基礎式とする。</p> <p>(3) 被害幅の補正</p> <p>式(付 3.3)の $W(V_0)$ の項は、風速が V_0 以上となる被害幅の比率を表しており、いわゆる被害面積補正の一種(幅方向の補正)である。今、竜巻としてランキン渦を仮定すると、風速 V と被害域半径 r は次式で表される。</p> $ \begin{aligned} \frac{r}{r_c} &= \frac{V_{\max}}{V(r)} \quad ; \quad r \geq r_c \\ \frac{r}{r_c} &= \frac{V(r)}{V_{\max}} \quad ; \quad r < r_c \end{aligned} $ <p style="text-align: right;">(付 3.11)</p> <p>ここに V_{\max} は F スケールに対応する最大風速、r_c は最大風速半径である。</p> <p>ランキン渦が変形せずにゆっくりと移動した場合を想定すると、竜巻中心付近の風速は弱い、移動に伴い最大風速 V_{\max} が通過するため、半径 r_c 以内の領域の最大風速は一定値 V_{\max} となる。従って、被害域内の最大風速の面的分布は長さ方向に対して平行となり、幅方向の速度分布は竜巻幅方向 (r 方向) の速度分布に一致する(付図 2)。</p> <p>以上のことから、最大風速 V_{\max} を持つ竜巻の場合、被害域内</p>	

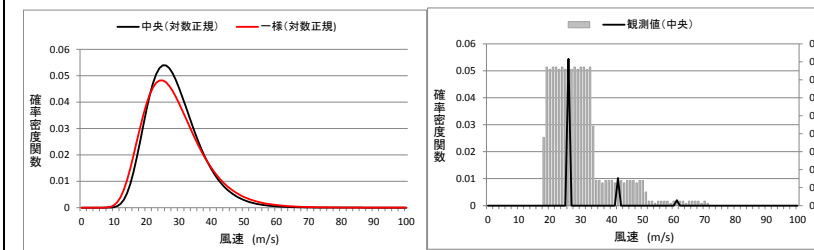
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>の風速別の被害面積率は、被害域の幅で表すことができる。</p> <p>式(付 3.3)では, Hoecker による観測値から, 風速は距離の 1.6 乗に反比例するものと仮定している。V_{min} は, 竜巻被害が発生する最小風速であり, 付図 2 のエッジ部分の風速に相当する。Garson(1975, No. 101)は, この V_{min} を gale intensity velocity と呼んでいる。gale とは非常に強い風のことで, 米国の気象局 (National Weather Service) では, 34~47 ノット (17.5~24.2 m/s) とされている。</p> <p>日本の気象庁では, 気象通報にも用いられている風力階級では, 風力 8 が疾強風 (gale, 17.2~20.7 m/s), 風力 9 は大強風 (strong gale, 20.8~24.4 m/s) と分類されており, 風力 9 では「屋根瓦が飛ぶ。人家に被害が出始める」とされている。これらのことを参考にして, 本評価では</p> $V_{min} = 25.0 \text{ m/s} \quad (\text{付 3.12})$ <p>を被害が発生する最小風速とした。この値は, F0 (17~32m/s) のほぼ中央値に相当する。なお, この値よりも小さな V_{min} (例えば, F0 の最小風速 17m/s) を用いると, 風速 V_0 以上となる被害面積は小さくなる。</p>  <p>付図 2 ランキン渦と竜巻被害域内の風速分布の模式図</p> <p>参考文献</p> <p>(1) Wen, Y.K. and Chu, S.L. (1973) : Tornado risks and design wind speed, Proceedings of American society of Civil Engineering, Journal of Structural Division, Vol. 99, No. ST12, 2409-2421.</p> <p>(2) Garson, R.C., Morla-Catalan J. and Cornell C.A. (1975) : Tornado risk evaluation using wind speed profiles, Journal of Structural Division, Proceedings of American Society of Civil</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>Engineering, Vol. 101, No. St5, 1167-1171.</p> <p>(3) Garson, R. C., Morla-Catalan J. and Cornell C. A. (1975) : Tornado Design Winds Based on Risk, Journal of Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineering, Vol. 101, No. ST9, 1883-1897.</p> <p>(4) Reinhold T. A. and Ellingwood B. (1982) : Tornado damage risk assessment, NUREG CR2944, 55p.</p> <p>(5) 東京工芸大学(2010) : 平成 21~22 年度原子力安全基盤調査研究 (その 1) 竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究, 256p.</p> <p>(6) 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, 424p.</p> <p>(7) Ramsdell, J. V., and Rishel J. P. (2007) : Tornado Climatology of the Contiguous United States, NUREG/CR-4461, Rev. 1.</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>付録4 竜巻風速の確率密度分布について</p> <p>F スケールの竜巻風速には幅があるため、具体的な風速の設定方法には任意性があり、F スケールの範囲内のある値（中央値等）に設定する方法やF スケールの風速範囲内で一様に分布すると仮定する方法などが考えられる。</p> <p>図1 に竜巻風速が中央値に集中した場合（黒い実線）及び一様に分布するとした場合（赤い実線）について、風速の分布形（超過確率）を推定した結果を示す。●印は、各 F スケール下限値における観測値（擬似 51.5 年間データ）の超過確率を表しており、例えば F1 の下限値（33m/s）以上となる確率は約 0.2 である。また、○印は、F3 が 1 個観測された場合を仮定してプロットをした。</p> <p>ハザード解析においては、特定の風速以上となる確率が重要であることから、●印で表された観測値ベースの超過確率と適合度が高い分布形が望ましい。図 1(a)の○印も含めて評価すると、一様分布の方が中央値の場合よりも適合度が良いと言える。</p> <p>また、ハザード解析において、竜巻風速が中央値に集中した場合及び一様に分布するとした場合で計算した結果、図 2 のとおり風速設定を一様分布とした方が中央値で代表させる場合よりも厳しいハザード曲線となっている。</p> <p>以上より、ハザードを保守的に評価するとの観点から、風速分布としては一様分布を採用した。</p>	<p>(柏崎 6/7 は、竜巻風速の確率密度分布について「2.3(4)①」で記載)</p>



(a) 超過確率



(b) 確率密度関数 (左: 推定値, 右: 観測値)

図1 竜巻風速の確率分布の推定結果と観測値の比較

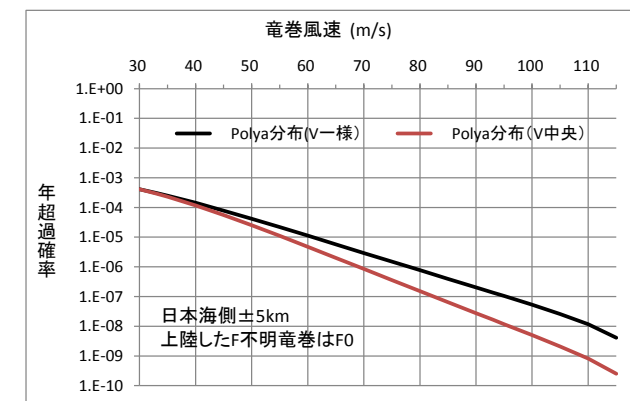


図2 風速設定の違いによる竜巻最大風速のハザード曲線の比較 (海側, 陸側 5km 範囲)

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>【参考資料1】</u> 海上のFスケール不明竜巻の按分方法の妥当性について</p> <p>51.5年間の疑似データを推定する際に、海上で発生したFスケール不明竜巻（非上陸竜巻）を、Fスケールが判明している陸上竜巻（含む上陸竜巻）のFスケールごとの発生比率で按分している。そこでは、沿岸部近傍での竜巻の発生特性は陸上と海上とでは類似している、と仮定している。他の合理的な按分方法も無いのが実情ではあるが、観測結果をもとに、この仮定の妥当性について考察する。</p> <p>ここでは、陸上で発生した竜巻（以後、陸上竜巻と呼ぶ）と、水上で発生しその後上陸した竜巻（以後、上陸竜巻と呼ぶ）を区別して考える。</p> <p>表1及び図1は、陸上竜巻、上陸竜巻及び（陸上＋上陸）竜巻のそれぞれの竜巻区分に対して、F0、F1、F2以上の竜巻が占める割合である。全国の上陸竜巻の場合、Fスケールごとの割合はそれぞれ30、45、24%となっており、陸上竜巻との間に大きな差は無い（数%以内）。上陸竜巻は海上で発生した竜巻であることから、海上でのFスケール不明竜巻のFスケールごとの発生割合は、上陸竜巻の発生割合と同様だと考えられる。</p> <p>上陸竜巻と陸上竜巻の発生割合に大きな差は見られないことは、海側と陸側のFスケールごとの発生割合が類似していることを示唆している。従って、海上でのF不明竜巻を、陸上竜巻（あるいは（陸上＋上陸）竜巻）の発生割合で按分する手法は妥当な方法だと考えられる。</p> <p>一方、日本海側の上陸竜巻の場合、Fスケールごとの割合はそれぞれ50、34、16%であり、陸上竜巻の値と10～20%程度異なる。日本海側の場合、F0の割合が全国の値に比べて大きく、逆にFスケールの大きな竜巻の割合が同程度少なくなっており、地域的な特性が見られる。上陸竜巻と陸上竜巻の割合の差が、地域特性によるものかデータ数が少ないことによるものか判断できないが、（陸上＋上陸）竜巻の割合は、全国の値に比較的近くなる（F0の数が多という地域特性は残る）。したがって、（陸上＋上陸）竜巻の割合で按分する本手法は、データ数が少ない場合にも有効な手法だと考えられる。</p>	<p style="text-align: right;">別紙5-1</p> <p>海上のFスケール不明竜巻の按分方法の妥当性について</p> <p>51.5年間の疑似データを推定する際に、海上で発生したFスケール不明竜巻（非上陸竜巻）をFスケールが判明している陸上竜巻（上陸竜巻含む）のFスケールごとの発生比率で按分している。そこでは、「沿岸部近傍での竜巻の発生特性は陸上と海上とでは類似している」と仮定している。他の合理的な按分方法もないのが実情ではあるが、観測結果を基に、この仮定の妥当性について考察する。</p> <p>ここでは、陸上で発生した竜巻（以下「陸上竜巻」という。）と海上で発生しその後上陸した竜巻（以下「上陸竜巻」という。）を区別して考える。</p> <p>別表1-1及び別図1-1は、陸上竜巻、上陸竜巻及び（陸上＋上陸）竜巻のそれぞれの竜巻区分に対して、F0、F1、F2以上の竜巻が占める割合である。全国の上陸竜巻の場合、Fスケールごとの割合はそれぞれ30、45、24%となっており、陸上竜巻との間に大きな差はない（数%以内）。上陸竜巻は海上で発生した竜巻であることから、海上でのFスケール不明竜巻のFスケールごとの発生割合は、上陸竜巻の発生割合と同様だと考えられる。</p> <p>上陸竜巻と陸上竜巻の発生割合に大きな差は見られないことは、海側と陸側のFスケールごとの発生割合が類似していることを示唆している。したがって、海上でのFスケール不明竜巻を、陸上竜巻（あるいは（陸上＋上陸）竜巻）の発生割合で按分する手法は妥当な方法だと考えられる。</p> <p>一方、発電所の上陸竜巻の場合、Fスケールごとの割合はそれぞれ、<u>26、49、25%</u>であり、<u>全国と同様、陸上竜巻との間に大きな差は無い。また、陸上竜巻、上陸竜巻及び（陸上＋上陸）竜巻のいずれにおいても、全国沿岸竜巻の発生数の割合と大きな差はない（5%以内）。以上より、全国沿岸と発電所の竜巻検討地域との間には地域特性による影響はないことが確認できた。</u></p> <p>したがって、海上のFスケール不明竜巻を（陸上＋上陸）竜巻の割合で按分する本手法は、データ数が少ない場合にも有効な手法だと考えられる。</p>	<p>付録5 海上のFスケール不明竜巻の按分方法の妥当性について</p> <p>51.5年間の疑似データを推定する際に、海上で発生したF不明竜巻（非上陸竜巻）を、Fスケールが判明している陸上竜巻（含む上陸竜巻）のFスケール毎の発生比率で按分している。そこでは、沿岸部近傍での竜巻の発生特性は陸上と海上とでは類似している、と仮定している。他の合理的な按分方法も無いのが実情ではあるが、観測結果をもとに、この仮定の妥当性について考察する。</p> <p>ここでは、陸上で発生した竜巻（以後、陸上竜巻と呼ぶ）と、水上で発生しその後上陸した竜巻（以後、上陸竜巻と呼ぶ）を区別して考える。</p> <p>表1及び図1は、陸上竜巻、上陸竜巻及び（陸上＋上陸）竜巻のそれぞれの竜巻区分に対して、F0、F1、F2以上の竜巻が占める割合である。全国の上陸竜巻の場合、Fスケール毎の割合はそれぞれ30、45、24%となっており、陸上竜巻との間に大きな差は無い（数%以内）。上陸竜巻は海上で発生した竜巻であることから、海上でのF不明竜巻のFスケール毎の発生割合は、上陸竜巻の発生割合と同様だと考えられる。</p> <p>上陸竜巻と陸上竜巻の発生割合に大きな差は見られないことは、海側と陸側のFスケール毎の発生割合が類似していることを示唆している。従って、海上でのF不明竜巻を、陸上竜巻（あるいは（陸上＋上陸）竜巻）の発生割合で按分する手法は妥当な方法だと考えられる。</p> <p>一方、日本海側の上陸竜巻の場合、Fスケール毎の割合はそれぞれ50、34、16%であり、陸上竜巻の値と10～20%程度異なる。<u>日本海側の場合、F0の割合が全国の値に比べて大きく、逆にFスケールの大きな竜巻の割合が同程度少なくなっており、地域的な特性が見られる。上陸竜巻と陸上竜巻の割合の差が、地域特性によるものかデータ数が少ないことによるものか判断できないが、（陸上＋上陸）竜巻の割合は、全国の値に比較的近くなる（F0の数が多という地域特性は残る）。</u>したがって、（陸上＋上陸）竜巻の割合で按分する本手法は、データ数が少ない場合にも有効な手法だと考えられる。</p>	<p>備考</p> <p>・竜巻検討地域の違いによる相違</p> <p>【東海第二】</p>

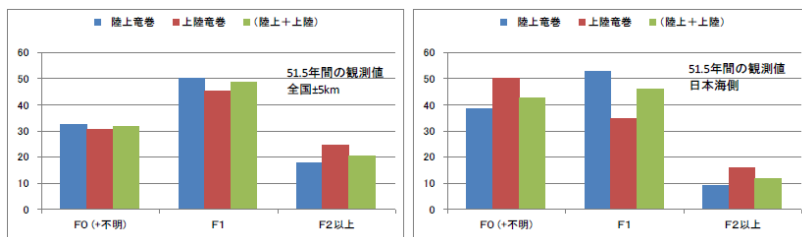
表1 Fスケールごとの竜巻発生数の割合

(a) 全国沿岸±5km

発生数の割合 (%)	F0 (+不明)	F1	F2以上
陸上竜巻	32	50	18
上陸竜巻	30	45	24
(陸上+上陸)	32	48	20

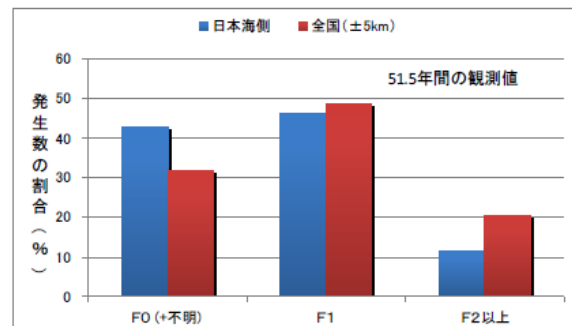
(b) 日本海側

発生数の割合 (%)	F0 (+不明)	F1	F2以上
陸上竜巻	38	53	9
上陸竜巻	50	34	16
(陸上+上陸)	43	46	11



(a) 全国±5km

(b) 日本海側



(c) (陸上+上陸) 竜巻

図1 Fスケールごとの発生数の割合

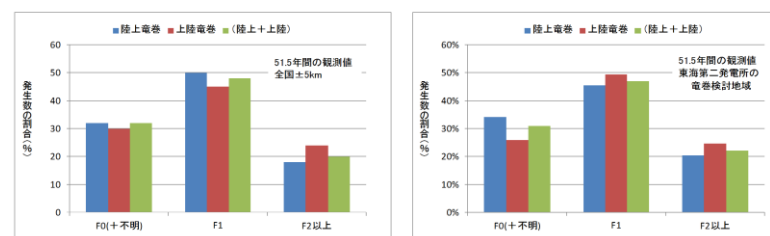
別表1-1 Fスケールごとの竜巻発生数の割合

① 全国沿岸±5km

発生数の割合 (%)	F0 (+不明)	F1	F2以上
陸上竜巻	32	50	18
上陸竜巻	30	45	24
(陸上+上陸)	32	48	20

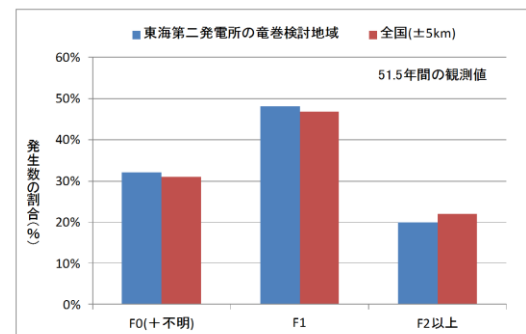
② 発電所の竜巻検討地域

発生数の割合 (%)	F0 (+不明)	F1	F2以上
陸上竜巻	34	45	21
上陸竜巻	26	49	25
(陸上+上陸)	31	47	22



① 全国沿岸±5km

② 発電所の竜巻検討地域



② (陸上+上陸) 竜巻

別図1-1 Fスケールごとの発生数の割合

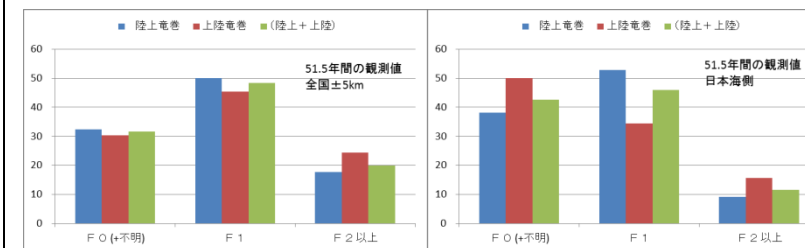
表1 Fスケールごとの竜巻発生数の割合

(a) 全国沿岸±5km

発生数の割合 (%)	F0 (+不明)	F1	F2以上
陸上竜巻	32	50	18
上陸竜巻	30	45	24
(陸上+上陸)	32	48	20

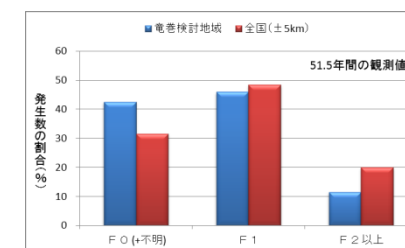
(b) 日本海側

発生数の割合 (%)	F0 (+不明)	F1	F2以上
陸上竜巻	38	53	9
上陸竜巻	50	34	16
(陸上+上陸)	43	46	11



(a) 全国±5km

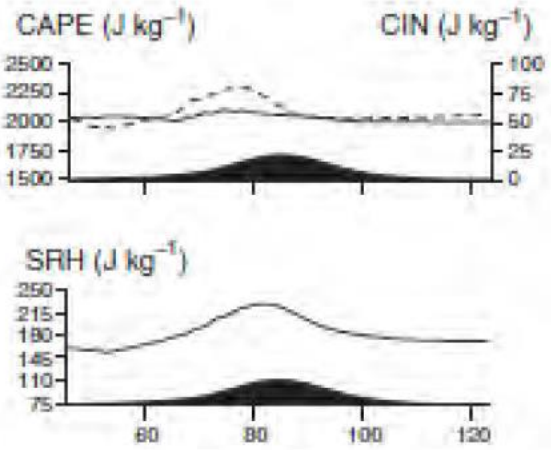
(b) 日本海側



(c) (陸上+上陸) 竜巻

図1 Fスケールごとの発生数の割合

・竜巻検討地域の違いによる相違
【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 style="text-align: right;">添付資料 2. 4</p> <p style="text-align: center;">地形効果による竜巻風速への影響について</p> <p>1. はじめに</p> <p>ガイドにおいて、丘陵等による地形効果によって竜巻が増幅する可能性があると考えられることから、原子力発電所が立地する地域において、設計対象施設の周辺地形等によって竜巻が増幅される可能性について検討を行い、その検討結果に基づいて設計竜巻の最大風速 (V_D) を設定することが求められている。</p> <p>ここでは、既往の研究に基づく地形起伏の竜巻の風速への影響に関する知見を取りまとめる。</p> <p>2. 対象とする地形起伏スケールの整理</p> <p>竜巻に対する地形の効果は、スーパーセルスケールへの関与によるメソスケールでの「発生」等への影響と、渦の旋回流への関与によるマイクロスケールでの「風速」等への影響とに大別される。</p> <p>前者への言及として、例えば、Markowsk and Dotezk (2011) による数値気象モデル (CM1) を用いた検討等がある。ここでは、メソスケールの地形 (尾根幅数十km程度) が、CAPE や SRH といった、竜巻の発生要因を支配するパラメータに与える影響が論点となる。加藤らによる佐呂間竜巻への分析もこれに相当すると考えられる。</p>  <p>図 1 メソスケール尾根地形に起因する CAPE, SRH 等のパラメータの変化を調べた例</p>	<p style="text-align: right;">添付資料 6</p> <p style="text-align: center;">地形効果による竜巻の増幅の可能性について</p> <p>1. 概要</p> <p>「竜巻影響評価ガイド」では、丘陵等による地形効果によって竜巻が増幅する可能性があると考えられることから、原子力発電所が立地する地域において、評価対象施設等の周辺地形等によって竜巻が増幅される可能性について検討を行い、その検討結果に基づいて設計竜巻の最大風速 (V_D) を設定することが求められている。</p> <p>ここでは、既往の研究に基づく地形の竜巻風速への影響に関する知見を取りまとめ、発電所における、地形効果による竜巻増幅の可能性について検討した。</p> <p>2. 考慮対象となる地形のスケール</p> <p>竜巻に対する地形の効果は、スーパーセルスケールへの関与によるメソスケールでの「発生」などへの影響と、渦の旋回流への関与によるマイクロスケールでの「風速」などへの影響とに大別できる。</p>	<p style="text-align: right;">添付資料 2. 4</p> <p style="text-align: center;">2. 4 地形効果による竜巻風速への影響について</p> <p style="text-align: center;">2. 4. 1 地形起伏による竜巻風速の増幅特性について</p> <p style="text-align: center;">2. 4. 1. 1 概要</p> <p>本資料において、既往の研究に基づく地形起伏の竜巻の風速への影響に関する知見を取りまとめる。</p> <p>2. 4. 1. 2 対象とする地形起伏スケールの整理</p> <p>竜巻に対する地形の効果は、スーパーセルスケールへの関与によるメソスケールでの「発生」への影響と、渦の旋回流への関与によるマイクロスケールでの「風速」への影響とに大別される。</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>一方、竜巻風速 V_D に対する地形影響には、後者が相当する。ここでは、タッチダウンした漏斗雲により発生する旋回流及びそれに随伴して生じる強風への地形影響が論点となる。ここで考慮すべき地形の規模としては、前述のメソスケールのもものと比べて小さく数百 m 規模と考えられる (Karstens 2012, Lewellen 2012)。</p> <p>3. マイクロスケールの地形の起伏が竜巻の旋回流強度及び強風に与える影響</p> <p>マイクロスケールの地形の起伏が竜巻の旋回流及び強風に与える影響の定量的評価は、いまだ、研究課題である (Karstens 2012)。しかしながら、定性的な知見を与える関連研究は存在する。そこで用いられている主な手法は、①被害状況調査、②風洞実験、③数値シミュレーションとなる。</p> <p>①被害状況調査 (Forbes 1998, Karstens 2012) では、実際の竜巻の被害を精査し、被害状況と地形特性との関係を調べる。これにより、被害が発生しやすい地形特性を分析し、そこから旋回流強度及び風速の強弱を類推することになる。</p> <p>②風洞実験 (Karstens 2012) では、風洞実験の測定部に尾根や斜面といった地形モデルを入れ、その上部に竜巻発生装置を設置し、それを移動させたときの、地表面近傍の圧力・風速分布を調べる。</p>  <p>図2 風洞実験の様子 (Karstens 2012)</p> <p>③数値シミュレーション (Lewellen 2012) では、竜巻の旋回流や移動及び地形の起伏を模擬した流体解析コードによる、数値実験を行い、旋回流の強度や風速及び竜巻の構造に関連する圧力分布を調べる。</p>	<p>このうち、設計竜巻の最大風速 V_D を設定する際には、タッチダウンした漏斗雲により発生する旋回流及びそれに随伴して生じる強風への地形影響を検討すべきであり、マイクロスケール (数百 m) 規模の地形の起伏を考慮すべきと考えられる⁽¹⁾⁽²⁾。</p> <p>3. マイクロスケールの地形起伏が竜巻の旋回流強度及び強風に与える影響</p> <p>マイクロスケールの地形の起伏が竜巻の旋回流及び強風に与える影響について、定性的な知見を与える研究で用いられる主な手法としては、以下の3つが挙げられる。</p> <p>(1) 被害状況調査⁽¹⁾⁽³⁾</p> <p>実際の竜巻の被害を精査し、被害状況と地形特性との関係を調べることにより、被害が発生しやすい地形特性を分析し、そこから旋回流強度及び風速の強弱を類推する。</p> <p>(2) 風洞実験⁽¹⁾</p> <p>風洞実験の測定部に尾根や斜面といった地形モデルを入れ、その上部に竜巻発生装置を設置し、それを移動させたときの、地表面近傍の圧力及び風速の分布を調べる。</p>  <p>第3-1図 風洞実験の様子 (Karstens 2012)⁽¹⁾</p> <p>(3) 数値シミュレーション⁽²⁾</p> <p>竜巻の旋回流や移動及び地形の起伏を模擬した流体解析により、旋回流の強度や風速及び竜巻の構造に関連する圧力分布を調べる。</p>	<p>竜巻風速 V_D を求める際に検討すべき地形影響は、後者が相当し、タッチダウンした漏斗雲により発生する旋回流、及びそれに随伴して生じる強風への地形影響が論点となる。ここで考慮すべき地形の規模としては、前述のメソスケールのもものと比べて小さく数百メートル規模と考えられる (Karstens 2012, Lewellen 2012)。</p> <p>2.4.1.3. マイクロスケールの地形の起伏が竜巻の旋回流強度及び強風に与える影響</p> <p>マイクロスケールの地形の起伏が竜巻の旋回流及び強風に与える影響の定量的評価は、いまだ、研究課題である (Karstens 2012)。しかしながら、定性的な知見を与える関連研究は存在する。そこで用いられている主な手法は、①被害状況調査、②風洞実験、③数値シミュレーションとなる。</p> <p>①被害状況調査 (Forbes 1998, Karstens 2012) では、実際の竜巻の被害を精査し、被害状況と地形特性との関係を調べる。これにより、被害が発生しやすい地形特性を分析し、そこから旋回流強度及び風速の強弱を類推することになる。</p> <p>②風洞実験 (Karstens 2012) では、風洞実験の測定部に尾根や斜面といった地形モデルを入れ、その上部に竜巻発生装置を設置し、それを移動させたときの、地表面近傍の圧力・風速分布を調べる。</p>  <p>図2.4.1 風洞実験の様子 (Karstens 2012)</p> <p>③数値シミュレーション (Lewellen 2012) では、竜巻の旋回流や移動及び地形の起伏を模擬した流体解析コードによる、数値実験を行い、旋回流の強度や風速及び竜巻の構造に関連する圧力分布を調べる。</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="290 220 795 598" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="276 613 795 646" data-label="Caption"> <p>図3 数値シミュレーションのセットアップ</p> </div> <p data-bbox="142 703 928 1543"> これらを通じて、マイクロスケールの地形の起伏に起因する竜巻の旋回流や風速の強化に対する知見が得られている。被害状況調査により、竜巻の強化が下り斜面や尾根の裾で生じる可能性が示唆されている (Forbes 1998, Karstens 2012)。また、実被害調査の知見を支持する結果が風洞実験・数値シミュレーションにおいても確認されている。2次元尾根地形を対象とした場合の風洞実験 (Karstens 2012) 及び数値シミュレーション (Lewellen2012) の結果をそれぞれ、図4、図5 に示す。風洞実験の結果である図4において、(a)に示す二次元尾根地形を图中左側から右側に竜巻を模擬した旋回流が移動するときに地表面で測定された圧力の最大値が(b)になる。ここで実験仕様の制約上、風速のデータは取得されておらず、風速に相当するものとして、圧力勾配 (圧力の高いところから低いところに流れる風の駆動力になり、風速に相当する) を(c)に示している。(c)の結果から、 <ol style="list-style-type: none"> ① 圧力勾配 (図4(c)) が斜面において、正・負の値を持つこと (=旋回流が強弱する) ② 斜面に比べ尾根の上・下流の平坦部ではほぼフラットとなること (=旋回流の強度が変化しない) を理解できる。 </p>	<div data-bbox="964 241 1676 598" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1038 613 1587 646" data-label="Caption"> <p>第3-2図 数値シミュレーションのモデル例</p> </div> <p data-bbox="994 745 1715 1501"> 被害状況調査によれば、竜巻の強化が下り斜面や尾根の裾で生じる可能性が示唆されている⁽¹⁾⁽³⁾。 また、実被害調査の知見を支持する結果が風洞実験及び数値シミュレーションにおいても確認されている。二次元尾根地形を対象とした場合の風洞実験⁽¹⁾及び数値シミュレーション⁽²⁾の結果を、それぞれ第3-3図及び第3-4図に示す。 風洞実験の結果である第3-3図においては、竜巻を模擬した旋回流が(a)に示す二次元尾根地形*を图的左から右に移動する時に地表面で測定された圧力の最大値を(b)に、圧力勾配 (風の駆動力になり、風速に相当する) を(c)に示しており、(c) から以下のことが分かる。 ※ <u>過去の竜巻被害を受けた斜面の傾斜等を考慮し、尾根高さHに対し前後5Hの領域を模擬している。</u> <ol style="list-style-type: none"> ① 圧力勾配は、斜面において正及び負の値を持つ。(旋回流が強弱する) ② 圧力勾配は、尾根の上流及び下流の平坦部ではほぼフラットとなる。(旋回流の強度が変化しない) </p>	<div data-bbox="1884 220 2300 598" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1825 613 2398 646" data-label="Caption"> <p>図2.4.2 数値シミュレーションのセットアップ</p> </div> <p data-bbox="1736 703 2516 1585"> これらを通じて、マイクロスケールの地形の起伏に起因する竜巻の旋回流や風速の強化に対する知見が得られている。被害状況調査により、竜巻の強化が下り斜面や尾根の裾で生じる可能性が示唆されている (Forbes 1998, Karstens 2012)。また、実被害調査の知見を支持する結果が風洞実験・数値シミュレーションにおいても確認されている。2次元尾根地形を対象とした場合の風洞実験 (Karstens 2012) 及び数値シミュレーション (Lewellen2012) の結果をそれぞれ、図2.4.3、図2.4.4 に示す。風洞実験の結果である図2.4.3において、(a)に示す二次元尾根地形を图中左側から右側に竜巻を模擬した旋回流が移動するときに地表面で測定された圧力の最大値が(b)になる。ここで実験仕様の制約上、風速のデータは取得されておらず、風速に相当するものとして、圧力勾配 (圧力の高いところから低いところに流れる風の駆動力になり、風速に相当する) を(c)に示している。(c)の結果から、 <ol style="list-style-type: none"> ① 圧力勾配 (図2.4.3(c)) が斜面において、正・負の値を持つこと (=旋回流が強弱する) ② 斜面に比べ尾根の上・下流の平坦部ではほぼフラットとなること (=旋回流の強度が変化しない) を理解できる。 </p>	

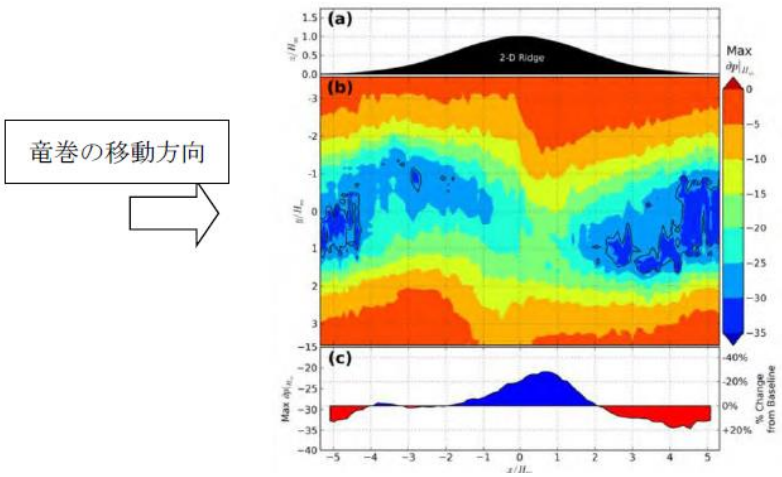
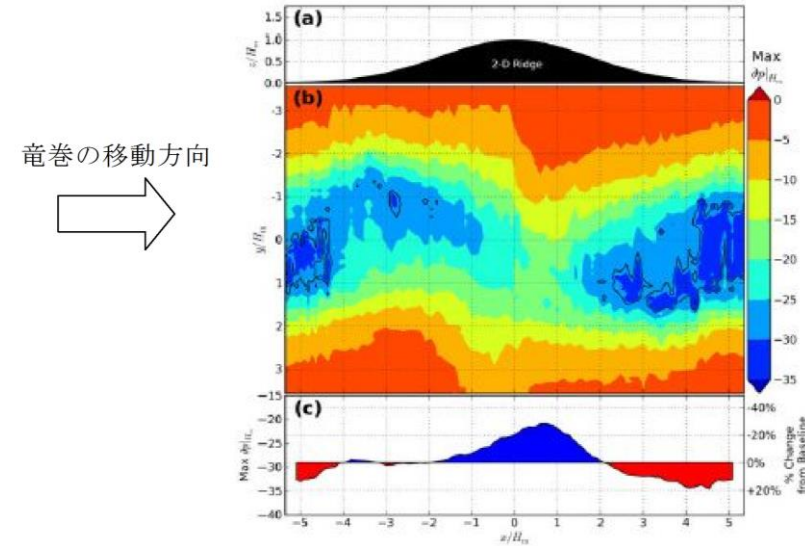


図 4 尾根地形を竜巻が通過するときの地表面圧力及び圧力勾配 (風速に相当)

数値シミュレーション結果である図5において、ピーク圧力が(a)、風速が(b)になる。シミュレーションは風速の取り扱いを可能としており、図5の(b)のような結果の議論を可能としている。図中の黒色実線が等高線を意味し、竜巻は、図4と同じく図中左側から右側へと移動している。この結果も、下記のとおり図4の知見と整合している。

- ・上り斜面では圧力が増加し (緑色→赤色)、下り斜面では圧力が減少 (赤色→緑色) する (実験で得られた知見①を支持)

- ・ピーク圧力の高い領域は尾根頂部に限定され、平坦部の圧力は上流側と下流側とで同レベルとなる。(実験で得られた知見②を支持)



第3-3図 尾根地形を竜巻が通過するときの地表面圧力(b)及び圧力勾配(c)⁽¹⁾

数値シミュレーションの結果である第3-4図においては、(a)にピーク圧力を、(b)に風速を示す。図中の黒色実線は等高線を意味し、以下に示すように、風洞実験の結果 (第3-3図) と整合している。

- ・上り斜面では圧力が増加し (緑色→赤色)、下り斜面では圧力が減少 (赤色→緑色) する。(前述の風洞実験の知見①に対応)
- ・ピーク圧力の高い領域は尾根頂部に限定され、平坦部の圧力は上流及び下流側と同レベルとなる。(前述の風洞実験の知見②に対応)

また、これらの研究結果は、地形の起伏の影響範囲が、斜面、尾根、山の頂及び裾部に限定されることを示唆しており、地形の下流側の平坦部における風速や圧力の値は、地形を乗り越える前の上流部の値に相当する。

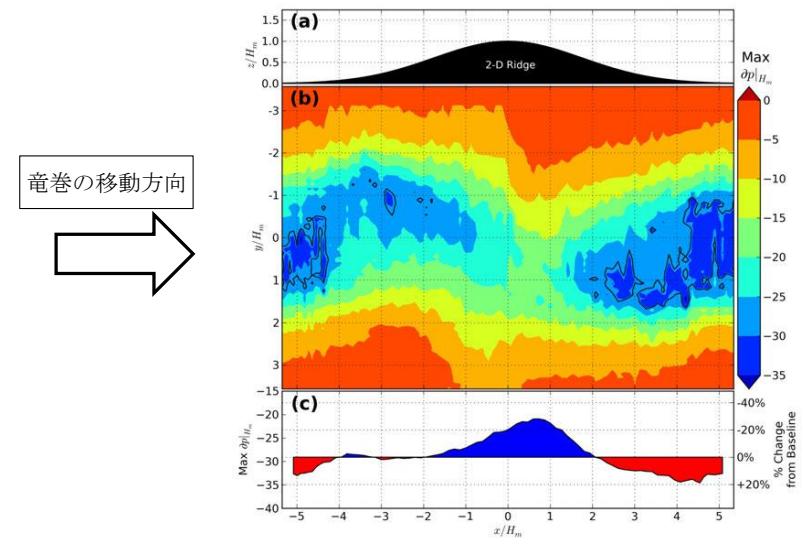
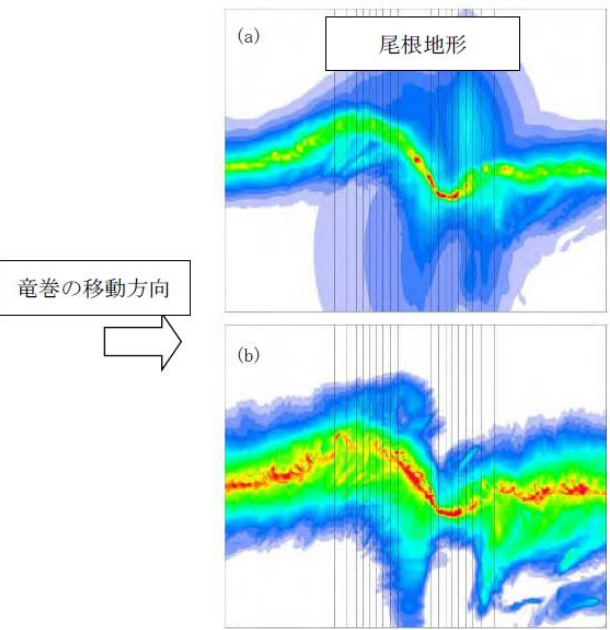
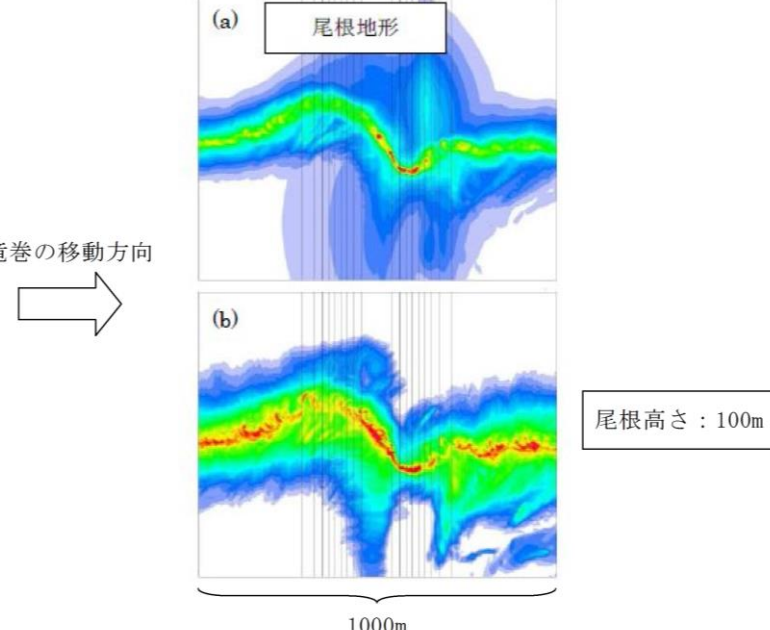
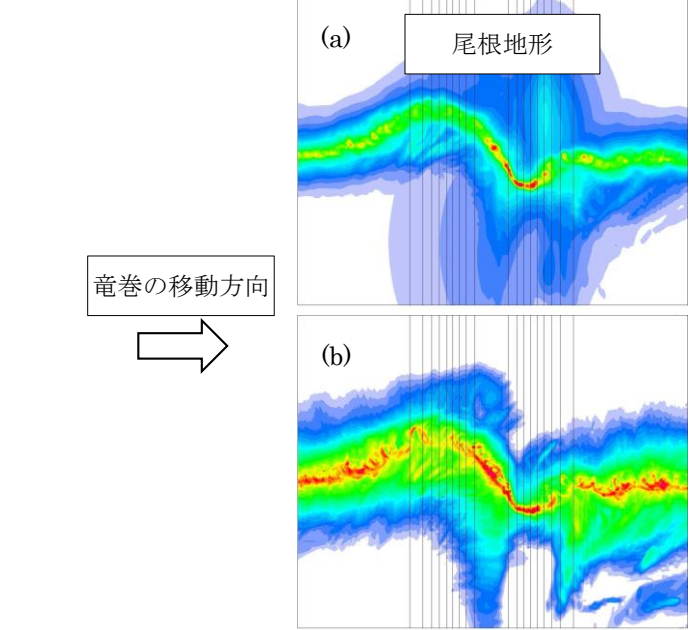


図2.4.3 尾根地形を竜巻が通過するときの地表面圧力及び圧力勾配 (風速に相当)

数値シミュレーション結果である図2.4.4において、ピーク圧力が(a)、風速が(b)になる。シミュレーションは風速の取り扱いを可能としており、図2.4.4の(b)のような結果の議論を可能としている。図中の黒色実線が等高線を意味し、竜巻は、図2.4.3と同じく図中左側から右側へと移動している。この結果も、下記のとおり図2.4.3の知見と整合している。

- ・上り斜面では圧力が増加し (緑色→赤色)、下り斜面では圧力が減少 (赤色→緑色) する (実験で得られた知見①を支持)
- ・ピーク圧力の高い領域は尾根頂部に限定され、平坦部の圧力は上流側と下流側とで同レベルとなる。(実験で得られた知見②を支持)

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 5 尾根地形を竜巻が通過するときの地表面ピーク圧力及び風速</p>	<p>第 3-4 図 尾根地形を竜巻が通過するときの地表面ピーク圧力(a)及び風速(b)⁽²⁾</p>	<p>図 2.4.4 尾根地形を竜巻が通過するときの地表面ピーク圧力及び風速</p>	
<p>ここで地形の規模として尾根高さ H_m に対して $\pm 5H_m$ を考慮していることにも留意を願いたい。これは、尾根高さが 100m の場合、$\pm 500m$ にわたる地形を対象としていることを意味する。</p> <p>また、これらの研究が、地形の起伏の影響範囲が、斜面及び尾根・山の頂・裾部に限定されることを示唆していることを強調したい。図 4, 5 にみられるとおり、地形の下流側の平坦部における風速や圧力の値は、地形を乗り越える前の上流部の値に相当する。</p>	<p>参考資料：地形の起伏に起因する竜巻の旋回流の強弱に対する物理的解釈</p> <p>ここでは、本資料で示した地形の起伏による竜巻の旋回流の強弱に対する物理的解釈を示す。なお、ここで示す角運動量保存則に基づく解釈の妥当性を、被害状況調査 (Forbes 1998, Karstens 2012) や風洞実験 (Karstens 2012) の結果も支持している。</p> <p>一般的に、回転する流れでは、「回転の中心からの距離」と「周方向の回転速度」の積が一定になるという性質(角運動量保存則)がある。角運動量保存則と Holton (1992) を参考に、竜巻旋回流が形成された後における、渦の伸長・収縮に伴う旋回流速の増速、減速機構を以下に導く。</p>	<p>ここで地形の規模として尾根高さ H_m に対して $\pm 5H_m$ を考慮していることにも留意が必要である。これは、尾根高さが 100m の場合、$\pm 500m$ にわたる地形を対象としていることを意味する。</p> <p>また、これらの研究では、地形の起伏の影響範囲が、斜面及び尾根・山の頂・裾部に限定されることを示唆している。図 2.4.3, 2.4.4 にみられるとおり、地形の下流側の平坦部における風速や圧力の値は、地形を乗り越える前の上流部の値に相当する。</p> <p>2.4.1.4 地形の起伏に起因する竜巻の旋回流の強弱に対する物理的解釈</p> <p>ここでは、渦の旋回流への関与によるマイクロスケールでの「風速」への影響についての物理的解釈を示す。なお、ここで示す角運動量保存則に基づく解釈の妥当性を、被害状況調査 (Forbes 1998, Karstens 2012) や風洞実験 (Karstens 2012) の結果も支持している。</p> <p>系の外側から新たな角運動量の付与がない場合、回転する流れにおいては、「回転の中心からの距離」と「周方向の回転速度」の積が一定になるという性質がある。これは角運動量保存則と呼ばれるが、角運動量保存則と Holton (1992) を参考に、竜巻旋回流が形成された後における渦の伸長・収縮に伴う旋回流風</p>	<p>(柏崎 6/7 号炉は、地形の起伏に起因する竜巻の旋回流の強弱に対する物理的解釈について「参考資料 1」で記載)</p>

竜巻のコア部分を一つの鉛直軸を有する気柱と仮定すると、上り坂を越える場合(第1図の渦1から渦2へ移動する場合)には渦の長さが短くなる。その際、角運動量の保存則は次式のように表される。

$$\int_0^{2\pi} \int_0^{r_1} \int_0^{h_1} (\rho r^2 \omega_1) dh \cdot r dr d\phi = \int_0^{2\pi} \int_0^{r_2} \int_0^{h_2} (\rho r^2 \omega_2) dh \cdot r dr d\phi \quad (1)$$

$$\frac{1}{4} r_1^4 \omega_1 h_1 = \frac{1}{4} r_2^4 \omega_2 h_2 \quad (2)$$

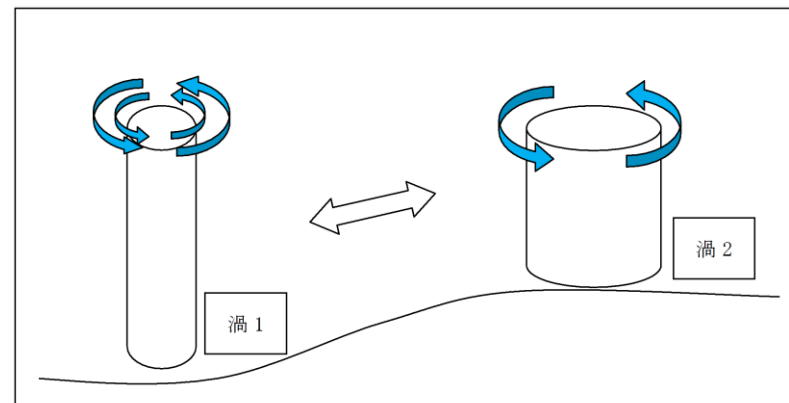
ここで、 ω は角速度、 r は渦コア(気柱)の半径、 h は渦コア(気柱)の高さ、 ρ は空気密度であり、添字の1と2はそれぞれ渦1と渦2を示す。また、気柱の体積が保存されるので、式③が成立する。

$$\pi r_1^2 h_1 = \pi r_2^2 h_2 \Rightarrow r_2^2 = \frac{h_1}{h_2} r_1^2 \quad (3)$$

この関係を式②に代入すると、式④が得られる。

$$\frac{\omega_1}{h_1} = \frac{\omega_2}{h_2} \Rightarrow \frac{d}{dt} \left(\frac{\omega}{h} \right) = 0 \quad (4)$$

④の関係式は「渦位(ポテンシャル渦度)の保存式」に相当するものであり、角速度は地上高さ h に比例することが分かる。また、③より、渦の半径 r は $h^{1/2}$ に反比例するので、竜巻の最大接線風速($\omega \times r$)は $h^{1/2}$ に比例する。そのため、竜巻の渦が上り斜面を移動する時、基本的に渦は弱まり、下り斜面を移動する時には強まる。



第1図 竜巻の旋回流の地形影響に関する模式図

速の増速・減速機構を以下に導く。竜巻のコア部分を一つの鉛直軸を有する剛体運動の気柱と仮定すると、上り坂を越える場合(図2.4.5において渦1から渦2へ移動する場合)には渦の長さが短くなる。その際、角運動量の保存則は次式のように表される。

$$\int_0^{2\pi} \int_0^{r_1} \int_0^{h_1} (\rho r^2 \omega_1) dh \cdot r dr d\phi = \int_0^{2\pi} \int_0^{r_2} \int_0^{h_2} (\rho r^2 \omega_2) dh \cdot r dr d\phi \quad (1.1)$$

$$\frac{1}{4} r_1^4 \omega_1 h_1 = \frac{1}{4} r_2^4 \omega_2 h_2 \quad (1.2)$$

ここで、 ω は角速度、 r は渦コア(気柱)の半径、 h は渦コア(気柱)の高さ、 ρ は空気密度であり、添字の1と2はそれぞれ、渦1と渦2に対する値を表す。また、気柱の体積が保存されるので、式(1.3)が成立する。

$$\pi r_1^2 h_1 = \pi r_2^2 h_2 \Rightarrow r_2^2 = \frac{h_1}{h_2} r_1^2 \quad (1.3)$$

この関係を式(1.2)に代入すると、式(1.4)が得られる。

$$\frac{\omega_1}{h_1} = \frac{\omega_2}{h_2} \Rightarrow \frac{d}{dt} \left(\frac{\omega}{h} \right) = 0 \quad (1.4)$$

(1.4)の関係式は「渦位(ポテンシャル渦度)の保存式」に相当するものであり、角速度 ω は地上高さ h に比例することがわかる。また、式(1.3)により、渦の半径 r は $h^{1/2}$ に反比例するので、竜巻の最大接線風速($\omega \times r$)は $h^{1/2}$ に比例する。そのため、竜巻の渦が上り斜面を移動する時、基本的に渦は弱まり、下り斜面を移動する時には強まる。

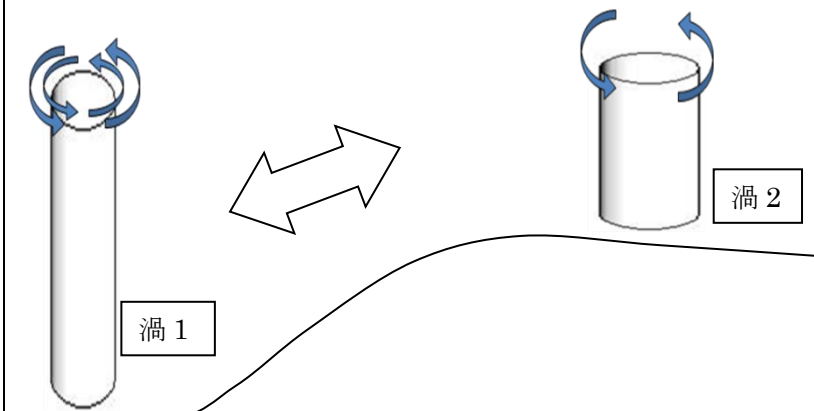
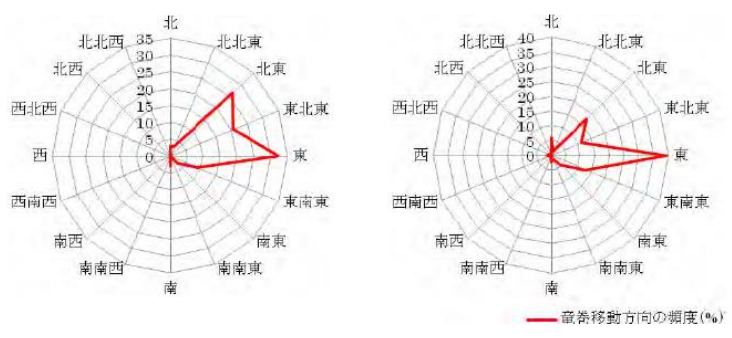
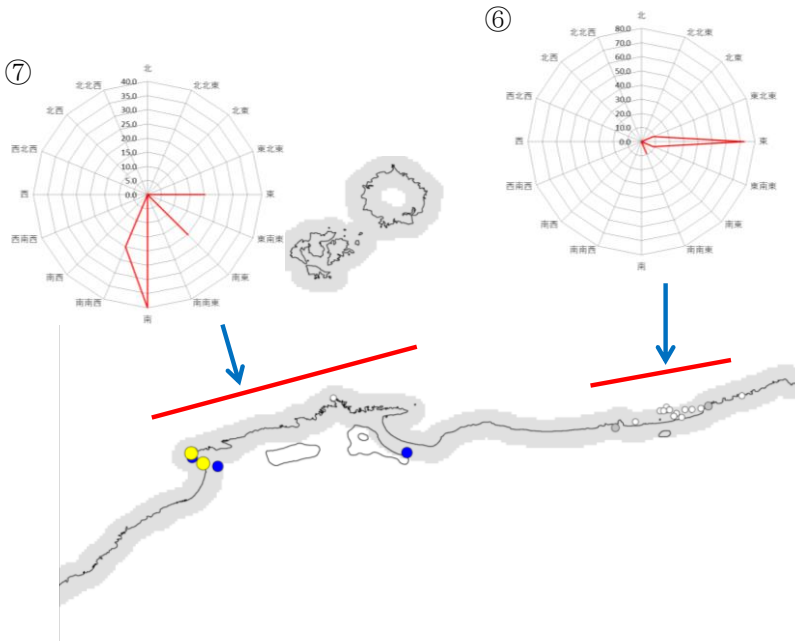
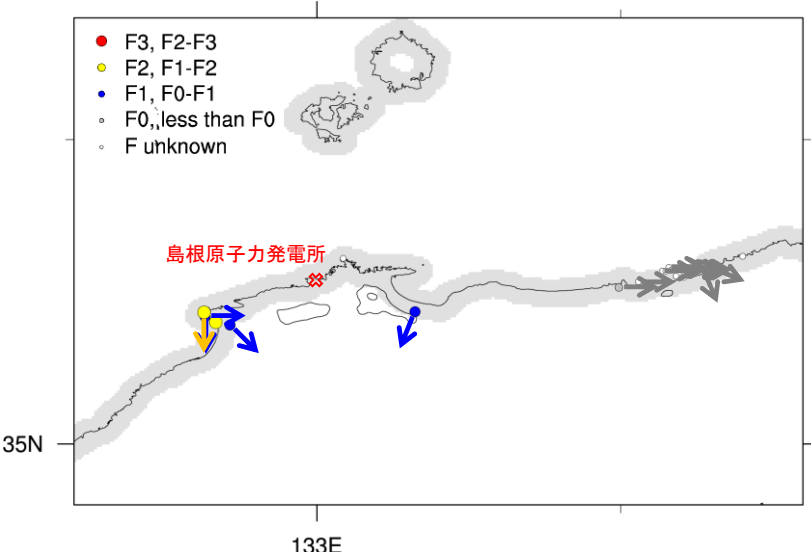
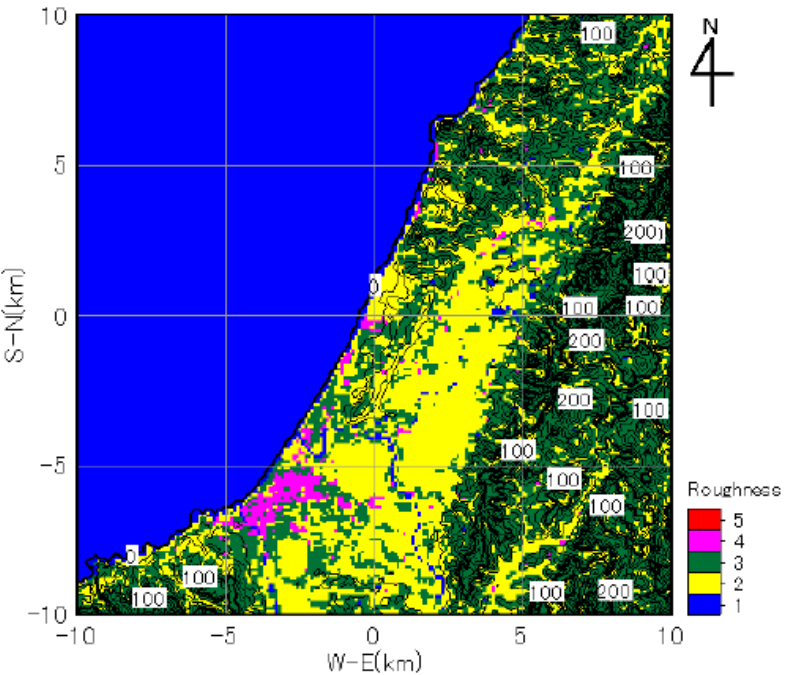
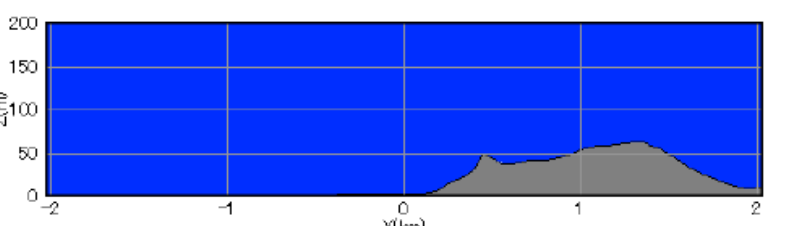
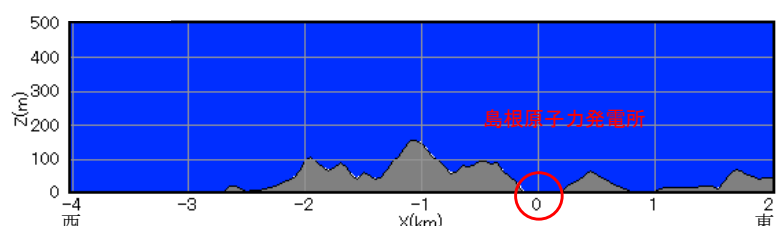
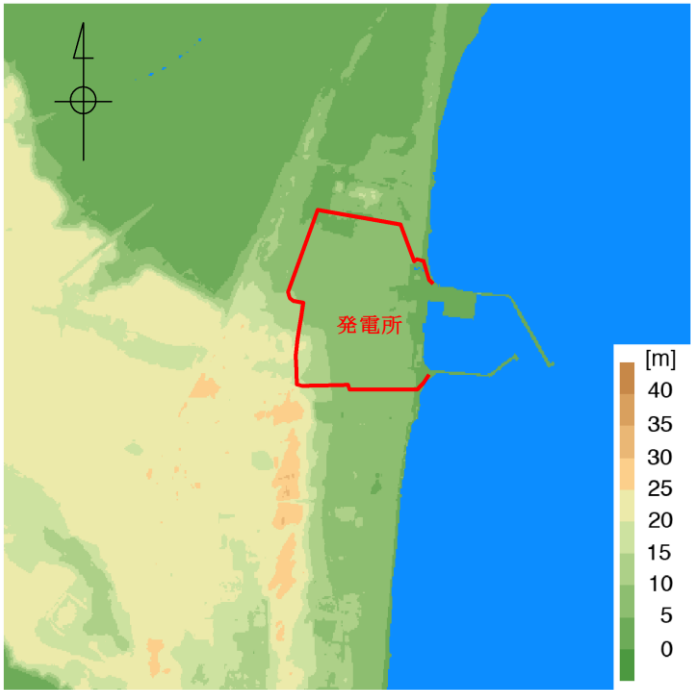


図2.4.5 竜巻旋回流の地形影響に関する模式図

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>4. 柏崎刈羽原子力発電所周辺での地形起伏の効果</p> <p>竜巻集中地域と竜巻検討地域で発生した竜巻の移動経路の発生頻度を図6に示す。北東から東南東に向かう竜巻が顕著であることを確認できる。すなわち、地形影響を議論する際には、特に、柏崎刈羽原子力発電所より西側に注視すればよいといえる。</p> 	<p>4. 発電所敷地周辺の地形効果の考慮要否</p>	<p>2.4.1.5 島根原子力発電所周辺での地形起伏の効果</p> <p>竜巻集中地域⑥及び⑦で観察された竜巻の移動経路の発生頻度を図2.4.6に、その発生場所を図2.4.7に示す。島根原子力発電所周辺で観察された竜巻は、その大部分が海上又は沿岸部で発生しており、その移動方向は東に向かう頻度が高いことが確認できる。また、島根原子力発電所が立地する竜巻集中地域⑦では、発電所北方の海上から南（陸側）へ向かう頻度が高いことが確認できる。</p> 	<p>・発電所立地場所による相違</p> <p>【柏崎6/7】</p> <p>・V_0の設定方法の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根2号炉は、竜巻の移動方向を踏まえた地形効果の影響を把握するため、竜巻の移動方向を考慮している</p>
<p>図6 竜巻の移動経路の発生頻度 (左：竜巻集中地域, 右：竜巻検討地域)</p>		<p>図2.4.6 島根原子力発電所周辺で発生した竜巻の移動経路の発生頻度</p> 	
		<p>図2.4.7 島根原子力発電所周辺で発生した竜巻の発生場所</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>柏崎刈羽原子力発電所を含む周辺の地形状況を図7に示す。図中において、地形の起伏を等値線から確認することができる。参考までに、粗度区分もカラーコンタで併記している。また、図8には、東向きの移動経路を勘案して、東西方向の鉛直断面の地形起伏を示した。</p>  <p>図7 柏崎刈羽原子力発電所周辺の地形起伏</p>  <p>図8 柏崎刈羽原子力発電所東西方向の鉛直断面での地形起伏</p> <p>これらの結果から、柏崎刈羽原子力発電所周辺の数km領域において、「尾根高さ H_m に対して $\pm 5H_m$」という既往の研究が示している影響範囲の大きさに該当する地形が存在しないことがわかる。特に、西側については、海が占有し、地形を平坦と判断し得ることを理解できる。</p>		<p>島根原子力発電所を含む東西の地形断面を図2.4.8に示す。島根原子力発電所に襲来しうる竜巻の経路上の地形の起伏として、発電所西側の地形特性に着目すると、約2.5 km西側の0 m 標高地域から約1 km西側の130 m 標高地域を越えて、発電所周辺の0 m 標高地域にわたる起伏を確認できる。この起伏の傾斜は上り斜面・下り斜面とも1/10程度となる。</p>  <p>図2.4.8 島根原子力発電所を含む東西の地形断面</p> <p>すなわち、島根原子力発電所周辺で観察される竜巻が東進し、発電所に到達する場合、以下ようになる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・竜巻は上り斜面・下り斜面の影響をほぼ同程度受ける ・竜巻は、周囲の丘の麓から少し離れたほぼ平坦な地点において発電所に到達する 	<p>(島根2号炉は、地形状況(地表面粗度含む)について「2.4.2.4」で記載)</p> <p>・発電所立地場所による相違 【柏崎6/7】</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>さらに、地形の起伏に伴う風速の増減について、数値シミュレーションによる検討も行った。図9に、8風向に対する増減速率（流入風速に対する比）の計算結果を示す。なお、実際の風況シミュレーションでは地形の起伏と粗度の影響とを重畳させることが一般的であるが、ここでは地表面粗度を一様（粗度区分Ⅱ）とした結果を示している。これは、地形効果への議論を明確に示すことを意図したものである（別途、地表面粗度の影響を考慮したシミュレーション結果も実施し、ここで提示した結論との整合を核にしている）。</p> <p>この数値シミュレーションでは、直線的な風（straight wind）に対する計算を行ったが、上記で取りまとめた竜巻に関する知見とは異なり、下り坂で減速する特徴があるため、発電所付近において風速の顕著な減速がないという観点で確認した。図中のカラーコンタが増減率の度合い（比）を10倍したものを示す。原点位置が該地点（柏崎刈羽原子力発電所）となる。図6に示す竜巻の主な移動方向に対する計算結果において、発電所付近においてカラーコンタが緑色（比として1前後）から明確な変化はしていないことから、地形による風速の顕著な変調は見られず、風場に対する地形の起伏の影響は小さいと判断される。</p>	<p>発電所敷地周辺の地形を第4-1図に示す。敷地周辺は最大でも標高40m程度のなだらかな地形であり、地形効果の影響の研究において想定するようなマイクロスケール（数百m）規模の起伏は認められないことから、地形効果による竜巻の増幅の可能性は低く、考慮不要と判断した。</p>  <p>第4-1図 発電所を中心とした東西3km×南北3kmの地形標高 (国土地理院5mメッシュ標高データに加筆)</p>	<p>このことから、地形起伏に対する竜巻の旋回流・強風の強化に対する知見である「竜巻の渦が上り斜面を移動する時、基本的に渦は弱まり、下り斜面を移動する時には強まる。」ことを勘案すると、島根原子力発電所における竜巻の風速評価において、地形の起伏による風速の増減は小さいものと判断できる。</p> <p>また、竜巻が島根原子力発電所の北方で発生し南方向（陸側）へ移動する場合には、地形が平坦な海側から発電所敷地に進入することとなり、発電所敷地も平坦であるため竜巻が増幅することはないと考えられる。</p>	<p>・検討内容の相違 【柏崎6/7】 島根2号炉は、竜巻経路や発電所周辺地形を考慮して地形起伏による影響はないと判断したため数値シミュレーションは実施していない</p> <p>・発電所立地場所による相違 【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>参考文献</p> <p>Forbes GS (1998) Topographic influences on tornadoes in Pennsylvania. 19th Conf. on Severe Local Storms, Amer. Meteor. Soc., Minneapolis, MN, 269-272.</p> <p>Karstens CD (2012) Observations and laboratory simulations of tornadoes in complex topographical regions. Graduate theses and dissertations of Iowa State Univ., paper12778.</p> <p>Lewellen DC (2012) Effects of topography on tornado dynamics: A simulation study. 26th Conf. on Severe Local Storms, Amer. Meteor. Soc., Nashville, TN, 4B.1.</p>	<p><参考文献></p> <p>(3) Forbes, G. S. Topographic Influences on Tornadoes in Pennsylvania, Proc 19th Conf Severe local storms American Meteorological Society, pp.269-272, 1998</p> <p>(1) Karstens, C.D. Observations and laboratory simulations of tornadoes in complex topographical regions, Graduate theses and dissertations of Iowa state univ, paper12778, 2012</p> <p>(2) Lewellen, D. C., Effects of Topography on Tornado Dynamics: A Simulation Study, 26th Conference on Severe Local Storms, American Meteorological Society, 4B.1., 2012</p>	<p>参考文献</p> <p>Forbes, G. S., 1998: Topographic Influences on Tornadoes in Pennsylvania, Proc 19th Conf Severe local storms Amer Meteorol Soc, Mineapolis, MN, pp.269-272</p> <p>Karstens C. D., 2012: Observations and laboratory simulations of tornadoes in complex topographical regions. Graduate theses and dissertations of Iowa state Univ., paper 12778.</p> <p>Lewellen, D. C., 2012: Effects of topography on tornado dynamics: A simulation study. 26th Conference on Severe Local Storms, Amer. Meteorol. Soc., Nashville, TN, 4B.1.</p> <p>Holton, J. R., 1992: An Introduction to Dynamic Meteorology, 3rd Edition, Academic Press.</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>図 9 柏崎刈羽原子力発電所周辺の風速の増減速率分布 (8 風向)</p>			
<p>(流入風速に対する比を 10 倍にして表示)</p>			
			<p>・ 検討内容の相違 【柏崎 6/7】 島根 2号炉は、竜巻経路や発電所周辺地形を考慮して地形起伏による影響はないと判断したため数値シミュレーションは実施していない</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>参考資料 1：地形の起伏に起因する竜巻の旋回流の強弱に対する物理的解釈</p> <p>ここでは、本資料で示した地形の起伏による竜巻の旋回流の強弱に対する物理的解釈を示す。なおここで示す、角運動量保存則に基づく解釈の妥当性を、被害状況調査 (Forbes 1998, Karstens 2012) や風洞実験 (Karstens 2012) も支持している。</p> <p>一般的に、回転する流れでは、「回転の中心からの距離」と「周方向の回転速度」の積が一定になるという性質がある。これは角運動量保存則と呼ばれるが、角運動量保存則と Holton (1992) を参考に、竜巻旋回流が形成された後における渦の伸長・収縮に伴う旋回流風速の増速・減速機構を以下に導く。竜巻のコア部分を一つの鉛直軸を有する剛体運動の気柱と仮定すると、上り坂を越える場合 (図の渦 1 から渦 2 へ移動する場合) には渦の長さが短くなる。その際、角運動量の保存則は次式のように表される。</p> $\int_0^{2\pi} \int_0^{r_1} \int_0^{h_1} (\rho r^2 \omega_1) dh \cdot r dr d\phi = \int_0^{2\pi} \int_0^{r_2} \int_0^{h_2} (\rho r^2 \omega_2) dh \cdot r dr d\phi \quad \text{①}$ $\frac{1}{4} r_1^4 \omega_1 h_1 = \frac{1}{4} r_2^4 \omega_2 h_2 \quad \text{②}$ <p>ここで、ω は角速度、r は渦コア (気柱) の半径、h は渦コア (気柱) の高さ、ρ は空気密度であり、添字の 1 と 2 はそれぞれ、渦 1 と渦 2 に対する値を表す。また、気柱の体積が保存されるので、式③が成立する。</p> $\pi r_1^2 h_1 = \pi r_2^2 h_2 \Rightarrow r_2^2 = \frac{h_1}{h_2} r_1^2 \quad \text{③}$ <p>この関係を式②に代入すると、式④が得られる。</p> $\frac{\omega_1}{h_1} = \frac{\omega_2}{h_2} \Rightarrow \frac{d}{dt} \left(\frac{\omega}{h} \right) = 0 \quad \text{④}$ <p>④の関係式は「渦位 (ポテンシャル渦度) の保存式」に相当するものであり、角速度 ω は地上高さ h に比例することがわかる。また、③より、渦の半径 r は $h^{1/2}$ に反比例するので、竜巻の最大接線風速 ($\omega \times r$) は $h^{1/2}$ に比例する。そのため、竜巻の渦が上り斜面を移動するとき、基本的に渦は弱まり、下り斜面を移動するときには強まる。</p>			<p>(島根 2 号炉は、地形の起伏に起因する竜巻の旋回流の強弱に対する物理的解釈について「2.4.1.4」で記載)</p>

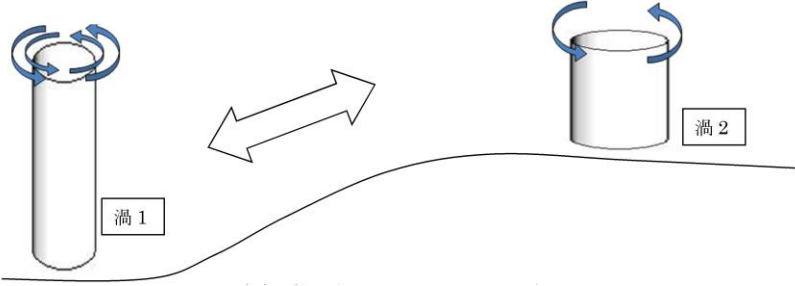
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
 <p data-bbox="270 478 804 510">図1 竜巻の旋回流の地形影響に関する模式図</p> <p data-bbox="151 569 908 642"><u>参考資料2：竜巻による旋回流を対象とした数値シミュレーションへのレビュー</u></p> <p data-bbox="151 657 923 1050">ガイド及びその解説に記載されている参考文献において、地形影響による旋回流の強化の評価技術として、数値シミュレーションの援用が例示されている。ここでは、ラージエディシミュレーション (LES) という技法が用いられている。LES では、風の運動を支配する方程式系を数値的に解くことにより、風の三次元分布の非定常な変化を求める。計算自体には仮定が少ないのが長所であるが、膨大な計算資源が必要であること、計算の初期・境界条件の設定が難しいこと、が欠点である。竜巻の実際の流れ場を対象とした場合、より難しいものとなる。</p> <p data-bbox="151 1062 923 1455">具体的には、LES では、風の変動を大規模なものと同規模なものに分離し、前者を数値シミュレーションの中で直接的に再現し、後者を物理法則から妥当性を類推できる仮定にもとづくモデル (サブグリッドモデル) で表現する。そのため、計算精度が格子解像度、計算手法やサブグリッドモデルの現象再現性に強く依存する。一方、表1 に示すように、近年の竜巻数値流体計算に用いられている格子解像度や計算手法には、様々なものが用いられており、適切な手法として統一的な知見が得られていないのが現状といえる。</p> <p data-bbox="151 1467 923 1633">このことを勘案して、本資料では、数値シミュレーションの結果を援用して、旋回流の増減への定性的評価及びその挙動への物理的解釈を与えることとし、定量的な数値の取り扱いを行わないこととした。</p>			<p data-bbox="2534 569 2742 600">・ 検討内容の相違</p> <p data-bbox="2534 613 2674 644">【柏崎 6/7】</p> <p data-bbox="2534 657 2822 957">島根 2号炉は、竜巻経路や発電所周辺地形を考慮して地形起伏による影響はないと判断したため数値シミュレーションは実施していない</p>

表 1 近年の竜巻数値流体計算の主要仕様

文献	解析体系	地表面境界条件	乱流モデル	解析手法	格子解像度	解析領域
Lewellen (2012)	複雑地形上実スケール竜巻	空力的粗度	LES (TKE型)	Lewellen(2007)と同じ (IB法を付加)	5m以下	2x2x2km
Natarajan and Hangan (2012)	実験スケール竜巻	不明 (ノンスリップ?)	LES (動的スマゴリンスキ型)	商用コードFluentベース (2次精度中心差分 hexahedral grid)	不明 (セル数は 2.5e6)	実験サイズ (半径=0.4m)
Maruyama(2011)	実験スケール竜巻	ノンスリップ	LES (標準スマゴリンスキ型)	RIAM-COMPACT (Kajishima Scheme)	最大風速半径の1/8	実験サイズ
Lewellen et al. (2008)	飛散物を含む実スケール竜巻	空力的粗度	LES (TKE型)	Lewellen(2007)と同様 (2流体モデルを付加)	不明	不明
Lewellen and Lewellen (2007)	実スケール竜巻	空力的粗度	LES (TKE型)	2次精度中心差分	不明	不明

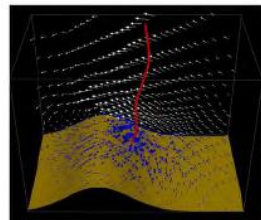
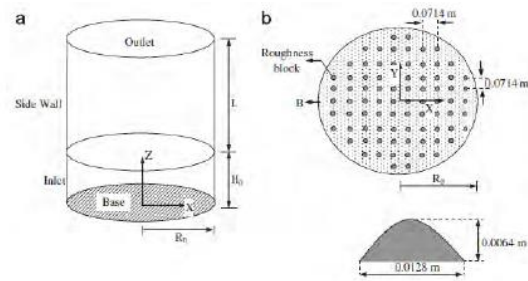
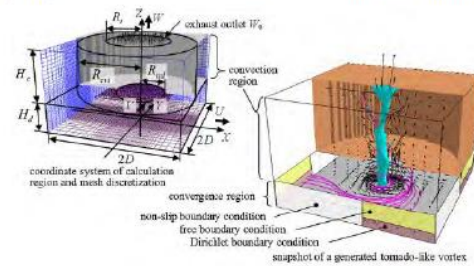


Figure 7. Sample velocity vectors 10 m above the surface (blue) and on a selected vertical plane (white) for a tornado heading upslope (moving right to left); vectors are given in a reference frame with the ground at rest. The red line represents the mean vortex core position at the time. The simulation case is that of fig. 4.



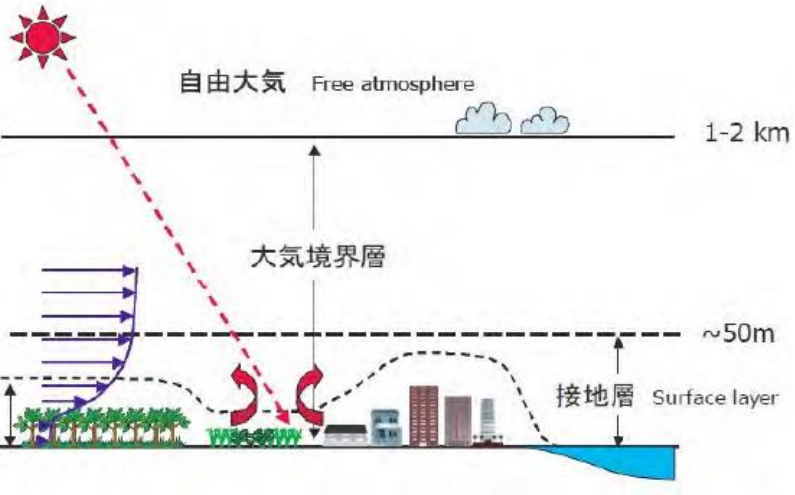
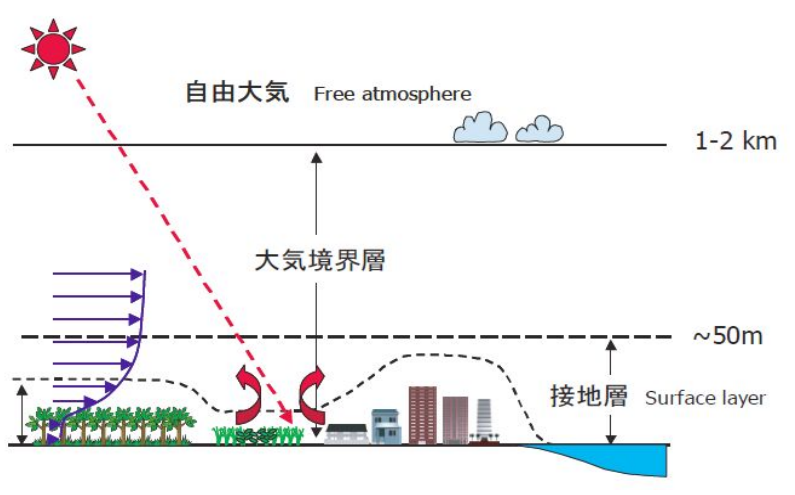
(a) Lewellen (2012)

(b) Natarajan and Hangan(2012)



(c) Maruyama (2011)

図 1 近年の竜巻数値流体計算の解析モデル

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>参考資料3 地表面粗度について</p> <p>1. 概要 本資料において、既往の研究に基づく地表面粗度の物理的意味及び竜巻等の暴風時の風速への影響に関する知見を取りまとめる。</p> <p>2. 地表面粗度の定義 大気の運動（風）は、地表面の影響を受けるが、地表面に近いほどその影響は強い。影響を受ける範囲は 1-2 km に及ぶことが一般的で、その範囲を大気境界層と呼ぶ。その中でも表面から数十メートルまでの領域は特にその影響が著しく、「接地層」といわれる（竹内・近藤 1981）。</p>  <p>図1 大気の鉛直構造の模式図</p> <p>風速は、地表面において 0 となり上空に向かうにつれて増加する。強風状態において、この風速の鉛直分布は対数分布と合致する。この対数分布の性状は、地表面の細かな凹凸が与える摩擦抵抗により定まる。この摩擦抵抗による風速分布への効果を示す指標を「粗度長」（地表面粗度）と定義する（塩谷 1992；近藤 2000）。</p> <p>接地層内の風速 U は、地表面からの高さ z に対して、粗度長 z_0 を用いて</p> $U(z) = c \ln(z/z_0) \quad (1)$ <p>により整理される（ここで、c は係数）。</p>		<p>2.4.2 地表面粗度による竜巻風速の増幅特性について</p> <p>2.4.2.1 概要 本資料において、既往の研究に基づく地表面粗度の物理的意味及び竜巻などの暴風時の風速への影響に関する知見を取りまとめる。</p> <p>2.4.2.2 地表面粗度の定義 大気の運動（風）は、地表面の影響を受けるが、地表面に近いほどその影響は強い。影響を受ける範囲は 1-2 km に及ぶことが一般的で、その範囲を大気境界層と呼ぶ。その中でも表面から数十メートルまでの領域は特にその影響が著しく、「接地層」といわれる（竹内・近藤 1981）。</p>  <p>図 2.4.9 大気の鉛直構造の模式図</p> <p>風速は、地表面において 0 となり上空に向かうにつれて増加する。強風状態において、この風速の鉛直分布は対数分布と合致する。この対数分布の性状は、地表面の細かな凹凸が与える摩擦抵抗により定まる。この摩擦抵抗による風速分布への効果を示す指標を「粗度長」（地表面粗度）と定義する（塩谷 1992；近藤 2000）。</p> <p>接地層内の風速 U は、地表面からの高さ z に対して、粗度長 z_0 を用いて</p> $U(z) = c \ln(z/z_0) \quad (2.1)$ <p>により整理される（ここで、c は係数）。</p>	<p>・地形効果による影響の検討方法の相違</p> <p>【東海第二】 島根 2号炉は既往の知見を踏まえて、地形効果として地形起伏に加えて地表面粗度の影響を考慮している</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>3. 粗度長の値</p> <p>粗度長の値は、既往の研究において、様々な地表面状態に対して示されている。そこで得られている概略値を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="163 352 845 651"> <thead> <tr> <th>地表面</th> <th>粗度長 [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水 (広くて静かな面)</td> <td>$10^{-8} - 10^{-5}$</td> </tr> <tr> <td>砂・砂漠</td> <td>0.0003</td> </tr> <tr> <td>土</td> <td>0.001 - 0.01</td> </tr> <tr> <td>草 (草丈 0.02 - 0.1 m)</td> <td>0.003 - 0.01</td> </tr> <tr> <td>草 (草丈 0.25 - 1.0 m)</td> <td>0.04 - 0.10</td> </tr> <tr> <td>農地</td> <td>0.04 - 0.20</td> </tr> <tr> <td>果樹園</td> <td>0.5 - 1.0</td> </tr> <tr> <td>森林</td> <td>1.0 - 6.0</td> </tr> <tr> <td>大都市 (東京)</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">竹内・近藤 1981 より</p> <table border="1" data-bbox="163 693 845 924"> <thead> <tr> <th>地表面</th> <th>粗度長 [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>湖や海面</td> <td>$10^{-3} - 10^{-5}$</td> </tr> <tr> <td>水田</td> <td>0.01 - 0.05</td> </tr> <tr> <td>草 (草丈 0.1 m)</td> <td>0.01 - 0.03</td> </tr> <tr> <td>草 (草丈 1.0 m)</td> <td>0.1 - 0.3</td> </tr> <tr> <td>田園集落</td> <td>0.2 - 0.5</td> </tr> <tr> <td>森林</td> <td>0.3 - 1.0</td> </tr> <tr> <td>大都市</td> <td>1 - 3</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">近藤 2000 より</p> <p>粗度長が地表面の細かな凹凸の度合いに呼応し増減することを確認できる。</p> <p>4. 粗度長を加味した風速の算定</p> <p>この粗度長を考慮した建築物の耐風設計 (強風を対象とした建築物の風荷重設定) 手順を日本建築学会が取りまとめている (日本建築学会 2004)。ここでは、地表面の状況に応じた粗度長の変化を 5 つの区分に分類して取り扱うことにしている。</p> <table border="1" data-bbox="163 1512 914 1848"> <thead> <tr> <th>粗度区分</th> <th>評価地点及び風上側地域の地表面の状況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>海面又は湖面のような、ほとんど障害物のない地域</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>田園地帯や草原のような農作物程度の障害物がある地域、樹木、低層建築物等が散在している地域</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>樹木・低層建築物が多数存在する地域、あるいは中層建築物 (4 - 9 階) が散在している地域</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>中層建築物 (4 - 9 階) が主となる市街地</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>高層建築物 (10 階以上) が密集する市街地</td> </tr> </tbody> </table>	地表面	粗度長 [m]	水 (広くて静かな面)	$10^{-8} - 10^{-5}$	砂・砂漠	0.0003	土	0.001 - 0.01	草 (草丈 0.02 - 0.1 m)	0.003 - 0.01	草 (草丈 0.25 - 1.0 m)	0.04 - 0.10	農地	0.04 - 0.20	果樹園	0.5 - 1.0	森林	1.0 - 6.0	大都市 (東京)	2.0	地表面	粗度長 [m]	湖や海面	$10^{-3} - 10^{-5}$	水田	0.01 - 0.05	草 (草丈 0.1 m)	0.01 - 0.03	草 (草丈 1.0 m)	0.1 - 0.3	田園集落	0.2 - 0.5	森林	0.3 - 1.0	大都市	1 - 3	粗度区分	評価地点及び風上側地域の地表面の状況	I	海面又は湖面のような、ほとんど障害物のない地域	II	田園地帯や草原のような農作物程度の障害物がある地域、樹木、低層建築物等が散在している地域	III	樹木・低層建築物が多数存在する地域、あるいは中層建築物 (4 - 9 階) が散在している地域	IV	中層建築物 (4 - 9 階) が主となる市街地	V	高層建築物 (10 階以上) が密集する市街地		<p>2.4.2.3 粗度長を加味した風速の算定及び竜巻の風速に対する粗度長の効果</p> <p>この粗度長さを考慮した建築物の耐風設計 (強風を対象とした建築物の風荷重設定) 手順を日本建築学会が取りまとめている (日本建築学会 2004)。ここでは、地表面の状況に応じた粗度長さの変化を 5 つの区分に分類して取り扱うことにしている。</p> <table border="1" data-bbox="1745 1543 2507 1900"> <thead> <tr> <th>粗度区分</th> <th>評価地点及び風上の地表面の状況</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>海面または湖面のような、ほとんど障害物のない地域</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>田園地帯や草原のような農作物程度の障害物がある地域、樹木、低層建築物などが散在している地域</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>樹木・低層建築物が多数存在する地域、あるいは中層建築物 (4 - 9 階) が散在している地域</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>中層建築物 (4 - 9 階) が主となる市街地</td> </tr> <tr> <td>V</td> <td>高層建築物 (10 階以上) が密集する市街地</td> </tr> </tbody> </table>	粗度区分	評価地点及び風上の地表面の状況	I	海面または湖面のような、ほとんど障害物のない地域	II	田園地帯や草原のような農作物程度の障害物がある地域、樹木、低層建築物などが散在している地域	III	樹木・低層建築物が多数存在する地域、あるいは中層建築物 (4 - 9 階) が散在している地域	IV	中層建築物 (4 - 9 階) が主となる市街地	V	高層建築物 (10 階以上) が密集する市街地	<p>(島根 2号炉は、粗度長の値について「付録 1」で記載)</p>
地表面	粗度長 [m]																																																														
水 (広くて静かな面)	$10^{-8} - 10^{-5}$																																																														
砂・砂漠	0.0003																																																														
土	0.001 - 0.01																																																														
草 (草丈 0.02 - 0.1 m)	0.003 - 0.01																																																														
草 (草丈 0.25 - 1.0 m)	0.04 - 0.10																																																														
農地	0.04 - 0.20																																																														
果樹園	0.5 - 1.0																																																														
森林	1.0 - 6.0																																																														
大都市 (東京)	2.0																																																														
地表面	粗度長 [m]																																																														
湖や海面	$10^{-3} - 10^{-5}$																																																														
水田	0.01 - 0.05																																																														
草 (草丈 0.1 m)	0.01 - 0.03																																																														
草 (草丈 1.0 m)	0.1 - 0.3																																																														
田園集落	0.2 - 0.5																																																														
森林	0.3 - 1.0																																																														
大都市	1 - 3																																																														
粗度区分	評価地点及び風上側地域の地表面の状況																																																														
I	海面又は湖面のような、ほとんど障害物のない地域																																																														
II	田園地帯や草原のような農作物程度の障害物がある地域、樹木、低層建築物等が散在している地域																																																														
III	樹木・低層建築物が多数存在する地域、あるいは中層建築物 (4 - 9 階) が散在している地域																																																														
IV	中層建築物 (4 - 9 階) が主となる市街地																																																														
V	高層建築物 (10 階以上) が密集する市街地																																																														
粗度区分	評価地点及び風上の地表面の状況																																																														
I	海面または湖面のような、ほとんど障害物のない地域																																																														
II	田園地帯や草原のような農作物程度の障害物がある地域、樹木、低層建築物などが散在している地域																																																														
III	樹木・低層建築物が多数存在する地域、あるいは中層建築物 (4 - 9 階) が散在している地域																																																														
IV	中層建築物 (4 - 9 階) が主となる市街地																																																														
V	高層建築物 (10 階以上) が密集する市街地																																																														

そして、式(1)の対数分布を近似するものとして、次式で示される分布とともに、各粗度区分に対して式中のパラメータとして下表の値を提示している。

$$U(z) = c (z/z_G)^\alpha \quad (z_b < z \leq z_G) \quad (2)$$

粗度区分	I	II	III	IV	V
z_b (m)	5	5	10	20	30
z_G (m)	250	350	450	550	650
α	0.1	0.15	0.2	0.27	0.35

地表面の凹凸が大きくなるほど、 z_b , z_G , α (べき指数) の値も大きくなる。

粗度区分 I-V に対して、式(2)から得られる風速の鉛直分布を 図 2 に示す。

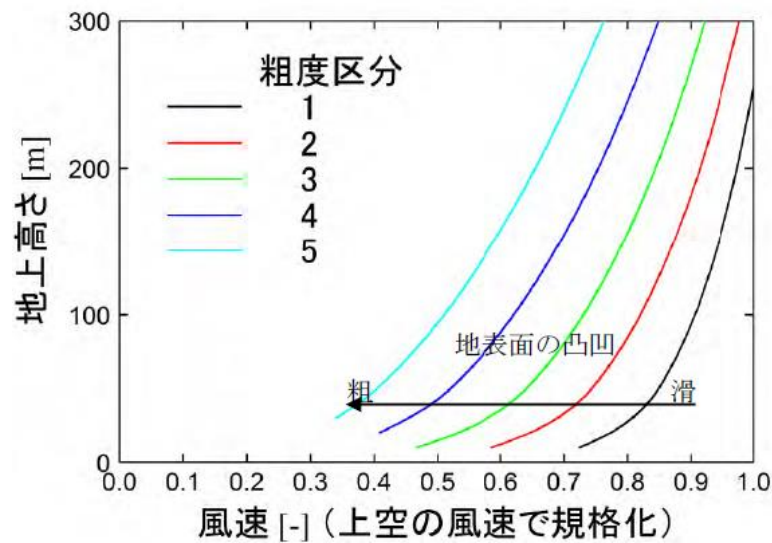


図 2 粗度区分と風速の鉛直分布との関係

ここで、地表面の凹凸による地表面近傍における風速の減速を議論するため、同一の上空風速 ($z = z_G$ の風速) に対する分布を提示している。すなわち、横軸の数字は地表面粗度の影響に起因する減速の度合いを意味する。地上に近づくにつれて・粗度区分が大きくなるにつれて、地表面近傍の風速が小さくなることを確認できる。例えば、地上高さ 10 m の風速は、粗度区分が I から II に変化することで 20% 程度低下し、III に変化することで 35% 程度低下する。

そして、式(2.1)の対数分布を近似するものとして、次式で示されるべき分布とともに、各粗度区分に対して式中のパラメータとして下表の値を提示している。

$$U(z) = c(z/z_G)^\alpha \quad (z_b < z < z_G) \quad (2.2)$$

粗度区分	I	II	III	IV	V
z_b (m)	5	5	10	20	30
z_G (m)	250	350	450	550	650
α	0.1	0.15	0.2	0.27	0.35

地表面の凹凸が大きくなるほど、 z_b , z_G , α (べき指数) の値も大きくなる。

粗度区分 I-V に対して、式(2.2)から得られる風速の鉛直分布を 図 2.4.10 に示す。

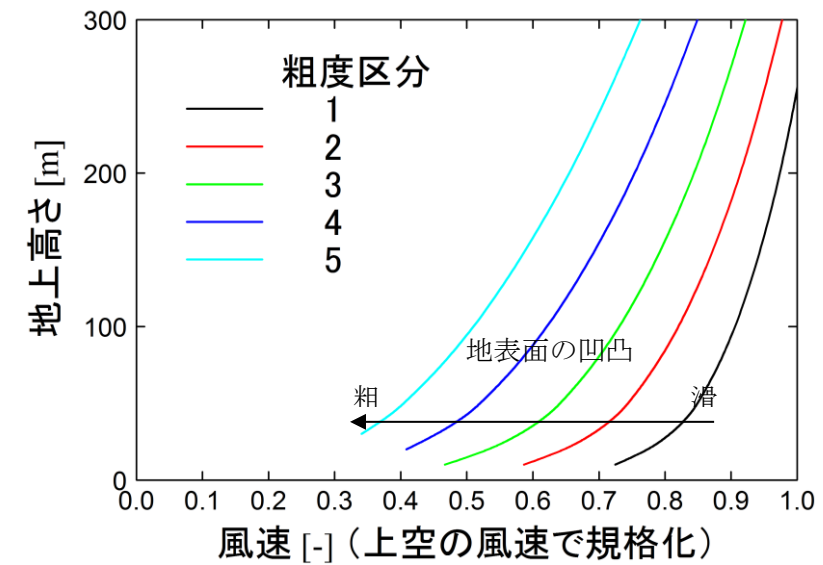


図 2.4.10 粗度区分と風速の鉛直分布との関係

図 2.4.10 は、同一の上空風速 ($z = z_G$ の風速) に対する分布を示している。すなわち、横軸の数字は地表面粗度の影響に起因する減速の度合いを意味する。地上に近づくにつれて、又、粗度区分が大きくなるにつれて、地表面近傍の風速が小さくなる。例えば、地上高さ 10 m の風速は、粗度区分が I から II に変化することで 20 % 程度低下し、III に変化することで 35 % 程度低下する。

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>5. 竜巻の風速に対する粗度長の効果</p> <p><u>4章に示した風速の算定手順は、強風を対象としたものであり、地表面状態が森林等柔なものからビルなどの剛なものまでを包括して、地表面の凹凸が、強風の減衰をもたらすことを示唆するものである。</u></p> <p>なお、竜巻は通常の強風と異なり、強い渦（旋回流）構造を有する。地表面粗度は、この竜巻の旋回流を減衰させる効果を有する（例えば、Dessens 1972, Leslie 1977, Lewellen and Sheng 1979, Rostek and Snow 1985, Church 1993, Natarajan and Hangan 2012）。また、地表面粗度の構成物が飛来物として運動することも竜巻の風速を大きく減少させることも示唆されている（Lewellen et al. 2008）。</p> <p>これらの知見から、表面の凹凸、すなわち地表面粗度、の増加とともに竜巻に起因する強風の風速が低下するといえる。</p>		<p>なお、竜巻は通常の強風と異なり、強い渦（旋回流）構造を有する。地表面粗度は、この竜巻の旋回流を減衰させる効果を有するとされている（例えば、Leslie 1977, Lewellen and Sheng 1979, Rostek and Snow 1985, Church 1993, Natarajan and Hangan 2012）。また、地表面粗度の構成物が飛来物として運動することも竜巻の風速を大きく減少させると示唆されている（Lewellen et al. 2008）。</p> <p>これらの知見から、表面の凹凸、すなわち粗度の増加とともに竜巻に起因する風速を低下させると考えられる。</p> <p>2.4.2.4 島根原子力発電所周辺での地表面粗度の効果</p> <p>島根原子力発電所周辺の地表面粗度区分のカラーコンタを図2.4.11に示す。図の原点が島根原子力発電所位置となる。北側には海などに相当する粗度区分Ⅰの領域（図中青色）が広がるが、そのほかの三方は森林などに相当する粗度区分Ⅲの領域（図中緑色）に囲まれている。</p> <p>島根原子力発電所周辺で観察された竜巻の移動経路の発生頻度及び発生場所は、2.4.1.5の図2.4.6及び図2.4.7に示したとおり、その大部分が海上または沿岸部で発生しており、その移動方向は、東に向かう頻度が高い。</p> <p>図2.4.11によると、島根原子力発電所西方においては、森林などに相当する粗度区分Ⅲの領域が2 km以上にわたり存在している。</p> <p>以上のことから、島根原子力発電所における竜巻の風速評価においては、地表面粗度に起因する風速の減衰が見込めると判断できる。</p>	<p>(柏崎6・7号炉は、地形状況(地表面粗度含む)について「4.」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

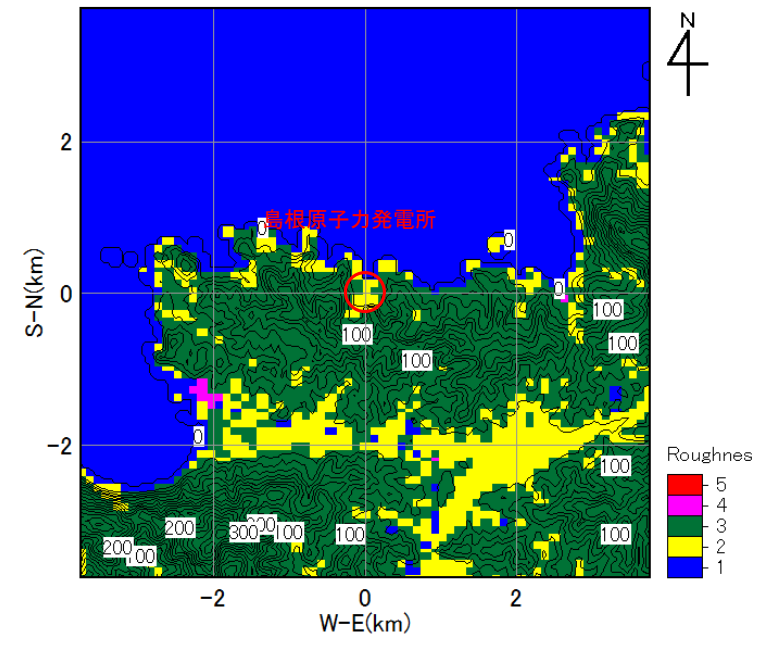
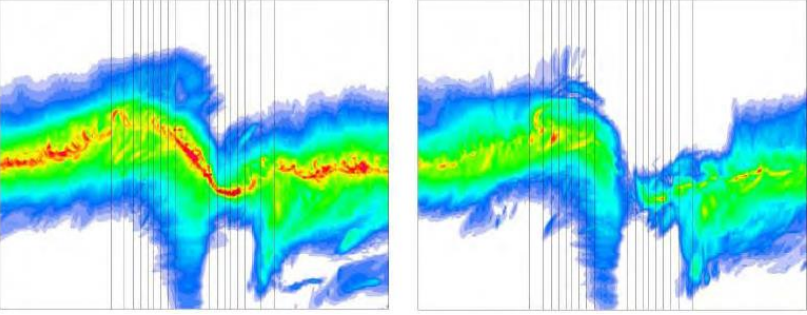
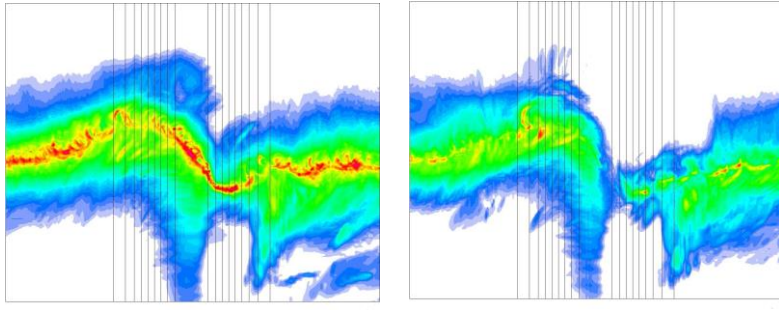


図 2. 4. 11 島根原子力発電所周辺の地表面粗度

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>近藤 (2000) 地表面に近い大気の科学 324pp</p> <p>塩谷 (1992) 強風の性質 開発社 201pp</p> <p>竹内・近藤 (1981) 大気科学講座 1 地表に近い大気 東大出版 226pp</p> <p>日本建築学会 (2004) 建築物荷重指針・同解説 丸善 651pp</p> <p>Church, C. R., J. T. Snow (1993) Laboratory models of tornadoes. The tornado: Its Structure, Dynamics, Prediction, and Hazards, Geophysical Monograph 79, Amer. Geophy. Union, 277-295.</p> <p>Hattori Y et al. (2010) Wind-tunnel experiment on logarithmic-layer turbulence under the influence of overlying detached eddies. Bound.-Layer Meteor., 134, 269-283.</p>		<p>付録1 粗度長の値</p> <p>粗度長の値は、既往の研究において、様々な地表面状態に対して示されている。そこで得られている概略値を以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="1736 430 2496 787"> <thead> <tr> <th>地表面</th> <th>粗度 [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水 (広くて静かな面)</td> <td>$10^{-6} - 10^{-5}$</td> </tr> <tr> <td>砂・砂漠</td> <td>0.0003</td> </tr> <tr> <td>土</td> <td>0.001 - 0.01</td> </tr> <tr> <td>草 (草丈 0.02 - 0.1 m)</td> <td>0.003 - 0.01</td> </tr> <tr> <td>草 (草丈 0.25 - 1.0 m)</td> <td>0.04 - 0.10</td> </tr> <tr> <td>農地</td> <td>0.04 - 0.20</td> </tr> <tr> <td>果樹園</td> <td>0.5 - 1.0</td> </tr> <tr> <td>森林</td> <td>1.0 - 6.0</td> </tr> <tr> <td>大都市 (東京)</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>竹内・近藤 1981 より</p> <table border="1" data-bbox="1736 829 2496 1113"> <thead> <tr> <th>地表面</th> <th>粗度 [m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>湖や海面</td> <td>$10^{-3} - 10^{-5}$</td> </tr> <tr> <td>水田</td> <td>0.01 - 0.05</td> </tr> <tr> <td>草 (草丈 0.1 m)</td> <td>0.01 - 0.03</td> </tr> <tr> <td>草 (草丈 1.0 m)</td> <td>0.1 - 0.3</td> </tr> <tr> <td>田園集落</td> <td>0.2 - 0.5</td> </tr> <tr> <td>森林</td> <td>0.3 - 1.0</td> </tr> <tr> <td>大都市</td> <td>1 - 3</td> </tr> </tbody> </table> <p>近藤 2000 より</p> <p>上記から粗度長が地表面の細かな凹凸の度合いに呼応し増減することを確認できる。</p> <p>参考文献</p> <p>近藤純正, 2000: 地表面に近い大気の科学—理解と応用. 東京大学出版会, 324pp.</p> <p>塩谷正雄, 1992: 強風の性質—構造物の耐風設計に関連して. 開発社, 201pp.</p> <p>竹内清秀, 近藤純正, 1981: 大気科学講座 1 地表に近い大気. 東京大学出版会, 226 pp.</p> <p>日本建築学会, 2004: 建築物荷重指針・同解説. 丸善出版, 651pp.</p> <p>Church, C. R., 1993: The tornado: Its structure, dynamics, prediction and hazards. Geophysical Monograph, Vol. 79, American Geophysical Union.</p>	地表面	粗度 [m]	水 (広くて静かな面)	$10^{-6} - 10^{-5}$	砂・砂漠	0.0003	土	0.001 - 0.01	草 (草丈 0.02 - 0.1 m)	0.003 - 0.01	草 (草丈 0.25 - 1.0 m)	0.04 - 0.10	農地	0.04 - 0.20	果樹園	0.5 - 1.0	森林	1.0 - 6.0	大都市 (東京)	2.0	地表面	粗度 [m]	湖や海面	$10^{-3} - 10^{-5}$	水田	0.01 - 0.05	草 (草丈 0.1 m)	0.01 - 0.03	草 (草丈 1.0 m)	0.1 - 0.3	田園集落	0.2 - 0.5	森林	0.3 - 1.0	大都市	1 - 3	<p>(柏崎 6/7 号炉は、粗度長の値について「参考資料 3 3」で記載)</p>
地表面	粗度 [m]																																						
水 (広くて静かな面)	$10^{-6} - 10^{-5}$																																						
砂・砂漠	0.0003																																						
土	0.001 - 0.01																																						
草 (草丈 0.02 - 0.1 m)	0.003 - 0.01																																						
草 (草丈 0.25 - 1.0 m)	0.04 - 0.10																																						
農地	0.04 - 0.20																																						
果樹園	0.5 - 1.0																																						
森林	1.0 - 6.0																																						
大都市 (東京)	2.0																																						
地表面	粗度 [m]																																						
湖や海面	$10^{-3} - 10^{-5}$																																						
水田	0.01 - 0.05																																						
草 (草丈 0.1 m)	0.01 - 0.03																																						
草 (草丈 1.0 m)	0.1 - 0.3																																						
田園集落	0.2 - 0.5																																						
森林	0.3 - 1.0																																						
大都市	1 - 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>James R. Holton (1992) An Introduction to Dynamic Meteorology, pp. 511.</p> <p>Dessens, J., Jr. (1972) Influence of ground roughness on tornadoes : A Laboratory Simulation. J. Appl. Meteor., 11, 72-75.</p> <p>Leslie F W (1977) Surface roughness effects on suction vortex formation : A Laboratory Simulation. J. Atmos. Sci., 34, 1022-1027.</p> <p>Lewellen WS, Sheng YP (1979) Influence of surface conditions on tornado wind distributions. 11th Conf. on Severe Local Storms, Amer. Meteor. Soc., Kansas City,MO, 375-381.</p> <p>Lewellen DC, Gong B, Lewellen WS (2008) Effects of finescale debris on near-surface tornado dynamics. J. Atmos. Sci., 65, 3247-3262.</p> <p>Natarajan D, Hangan H (2012) Large eddy simulations of translation and surface roughness effects on tornado-like vortices. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 104-106, 577-584.</p> <p>Maruyama, T. (2011) Simulation of flying debris using a numerically generated tornado-like vortex. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 99, 249-256.</p> <p>Lewellen, D. C., and W. S. Lewellen (2007) Near-surface intensification of tornado vortices. J. Atmos. Sci., 64, 2176-2194.</p> <p>Rostek WF, Snow JT (1985) Surface roughness effects on tornado like vortices. 14th Conf. on Severe Local Storms, Amer. Meteor. Soc., Indianapolis, IN, 252-255.</p>		<p>Leslie, F. W., 1977: Surface roughness effects on suction vortex formation. J. Atmos. Sci., 34, 1022-1027.</p> <p>Lewellen, W. S., and Y. P. Sheng, 1979: Influence of surface conditions on tornado wind distribution. Proc. 11th Conf. Severe Local Storms, Amer. Meteorol. Soc., 375-378.</p> <p>Lewellen, D. C., B. Gong, W. S. Lewellen, 2008: Effects of finescale debris on near-surface tornado dynamics. J. Atmos. Sci., 65, 3247-3262.</p> <p>Natarajan, D., and H. Hangan, 2012: Large eddy simulations of translation and surface roughness effects on tornado-like vortices. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 104-106, 577-584.</p> <p>Rostek, W. F., and J. T. Snow, 1985: Surface roughness effects on tornado like vortices. Proc. 15th Conf. Severe Local Storms, Amer. Meteorol. Soc., 252-255.</p> <p>Lewellen, D. C. (2012) Effects of topography on tornado dynamics: A simulation study. 26th Conference on Severe Local Storms, Amer. Meteorol. Soc., Nashville, TN, 4B.1.</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>別紙：地形と粗度との重畳について</p> <p>ここでは、本資料で示した粗度による竜巻の減衰について、別資料で示した地形効果との重畳について言及する。地表面粗度と地形効果との重畳について、Lewellen (2012) により実施された LES が一つの知見を与えている。この LES では、高さ 100m の尾根を越える竜巻の減衰を 2 種類の地表面粗度 ($z_0 = 2 \text{ cm}$ と 20 cm) に対して調べている。それにより得られた最大風速のカラーコンタを以下に示す。</p>  <p>地表面粗度 $z_0=2\text{cm}$ の場合 地表面粗度 $z_0=20\text{cm}$ の場合</p> <p>図 1 最大風速のカラーコンタ</p> <p>地表面粗度の値によらず、地形の起伏に伴う竜巻進路は蛇行している。竜巻の移動に伴う、最大瞬間風速の値の強弱は、地表面粗度に伴い異なる挙動を呈するが、地表面粗度の増加は、最大風速の低下に寄与していることを確認できる。</p> <p>この結果は、本資料が説明した地表面粗度による竜巻風速の減衰について、地形の起伏が重畳する場合も同様の結論となることを示唆する。</p> <p>参考文献： Lewellen DC (2012) Effects of topography on tornado dynamics: A simulation study. 26th Conf. on Severe Local Storms, Amer. Meteor. Soc., Nashville, TN, 4B.1.</p>		<p>付録 2 地形と粗度との重畳について</p> <p>ここでは、粗度による竜巻の減衰について、地形効果との重畳について言及する。地表面粗度と地形効果との重畳について、Lewellen (2012) により実施された LES が一つの知見を与えている。この LES では、高さ 100m の尾根を越える竜巻の減衰を 2 種類の地表面粗度 ($z_0 = 2 \text{ cm}$ と 20 cm) に対して調べている。それにより得られた最大風速のカラーコンタを以下に示す。</p>  <p>地表面粗度 $z_0=2\text{cm}$ の場合 地表面粗度 $z_0=20\text{cm}$ の場合</p> <p>図 1 最大風速のカラーコンタ</p> <p>地表面粗度の値によらず、地形の起伏に伴う竜巻進路は蛇行している。竜巻の移動に伴う、最大瞬間風速の値の強弱は、地表面粗度に伴い異なる挙動を呈するが、地表面粗度の増加は、最大風速の低下に寄与していることを確認できる。</p> <p>この結果は、地表面粗度による竜巻風速の減衰について、地形の起伏が重畳する場合も同様の結論となることを示唆する。</p> <p>参考文献 Lewellen, D. C., 2012: Effects of topography on tornado dynamics: A simulation study. 26th Conference on Severe Local Storms, Amer. Meteorol. Soc., Nashville, TN, 4B.1. Holton, J. R., 1992: An Introduction to Dynamic Meteorology, 3rd Edition, Academic Press.</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;">添付資料2.5</p> <p style="text-align: center;"><u>設計竜巻の特性値の設定</u></p> <p>当社の竜巻影響評価においては、フジタの竜巻工学モデル DBT-77 (DBT: Design Basis Tornado) を適用していることから、設計竜巻の特性値を以下のとおり設定する。</p> <p>1. フジタモデルDBT-77 について</p> <p>フジタモデルには、Fujita Work Book⁽¹⁾の6章に記載されているフジタモデルDBT-77 と7章に記載されているフジタモデルDBT-78 があり、フジタモデルDBT-77は単一渦型のモデル、フジタモデルDBT-78 はフジタモデルDBT-77 で模擬した大きな竜巻の中に小さな吸込渦 (suction vortices) を加えた多重渦型のモデルである。(図1)</p> <p>米国NRC ガイド⁽²⁾に記載されているフジタモデルは、「内側のコアと外側のコアの間にある環には、強い竜巻の吸引渦が形成され、親竜巻の中心の回りで回転する (In the annulus between the inner core radius and the outer core radius, suction vortices form in strong tornadoes and rotate around the center of the parent tornado)」とあるように、多重渦型のフジタモデルDBT-78 のことを述べている。</p> <div data-bbox="231 1312 765 1570" data-label="Image"> </div> <p>Figure 8.2 Fujita's latest model of multiple-vortex tornadoes for engineering applications. The design-basis tornado model in Chapter 6 developed in 1977 was identified as "DBT-77". Design-basis suction-vortex parameters in Chapter 7 were added to the DBT-77 in constructing this latest analytical model, to be identified as "DBT-78".</p> <p style="text-align: center;">図1 DBT-78 モデルの模式図⁽¹⁾</p>			<p>(島根2号炉は設計竜巻の特性値のうち、設計竜巻の移動速度、最大接線風速、最大接線風速半径の設定については「別添2-2 別紙2」に記載。最大気圧低下量及び最大気圧低下率の設定については「別添2-1 2.5」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>米国NRC ガイドでは、フジタモデルDBT-78 の中の小さな吸込渦は半径が小さく、圧力の時間変化率が半径に反比例して大きくなることを考慮して、同ガイドで採用したランキン渦モデルでも保守的に圧力の時間変化率が大きくなるように、改訂前(2007年以前)の同ガイドで採用されていた最大接線風速半径45.7m を選択している。</p> <p>また、米国ローレンス・リバモア国立研究所報告書⁽³⁾では、「多重渦型のフジタモデルDBT-78 で考慮されている吸込渦はすぐに減衰することから、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。</p> <p>フジタモデルDBT-78 モデルは、Fujita Work Book⁽¹⁾において、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完全には定義されていない。また、仮にDBT-78 モデルを適用した場合、竜巻半径が東京工芸大報告書⁽⁴⁾に示されている日本で観測された被害幅に基づく竜巻半径と整合が取れなくなるといった点が挙げられる。</p> <p>以上を踏まえ、当社の竜巻影響評価ではフジタモデルDBT-77 を適用している。</p> <p>DBT-77 モデルの入力パラメータは移動速度、最大接線風速及び最大接線風速半径であり、これらについて制限はFujita Work Book⁽¹⁾では記載されておらず、特に制限はないものと考えられることを踏まえ、以下のとおり設計竜巻の特性値を設定する。</p> <p>(1) 設計竜巻の移動速度(V_T)</p> <p>ランキン渦モデルを仮定したガイドにおいて移動速度(V_T)は、下記の式にて設定される。</p> $V_T = 0.15 \cdot V_D \text{ (ガイドの3.1 式)} \quad (1)$ <p>一方、この式は日本の竜巻観測記録(気象庁データベース)に基づいた竜巻移動速度(平均値)と最大風速との関係⁽⁴⁾を参照して設定されており、風速場モデルに関わらず用いることができることから、フジタモデルでも適用できる。</p> <p>また、参考に、$V_D=92\text{m/s}$ の際のランキン渦モデルとフジタモデルDBT-77 での移動速度を以下に示す。</p>			

表1 設計竜巻の移動速度 (V_T) の比較

	ランキン渦モデル	フジタモデル DBT-77
移動速度 (V_T)	14m/s	14m/s

(2) 設計竜巻の最大接線風速 (V_{Rm})

ランキン渦モデルを仮定したガイドにおいて最大接線風速 (V_{Rm}) は、竜巻の最大風速から移動速度 (V_T) を引いた値として、下記の式にて設定される。

$$V_{Rm} = V_D - V_T \quad (\text{ガイドの3.2 式}) \quad (2)$$

一方、上記式は、風速場によらないのでフジタモデルでも適用できる。

また、参考に、 $V_D=92\text{m/s}$ の際のランキン渦モデルとフジタモデルDBT-77 での最大接線風速を以下に示す。

表2 設計竜巻の最大接線風速 (V_{Rm}) の比較

	ランキン渦モデル	フジタモデル DBT-77
最大接線風速 (V_{Rm})	78m/s	78m/s

(3) 設計竜巻の最大接線風速半径 (R_m)

ランキン渦モデルを仮定したガイドにおいて最大接線風速半径 (R_m) については、観測された被害幅を用いて推定している。

竜巻によって被害が生じる風速を V_0 とした場合、 R_m を超えた範囲では、風速 $V = V_{Rm} \cdot (R_m/r)$ と表せるため、被害が生じる風速 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)

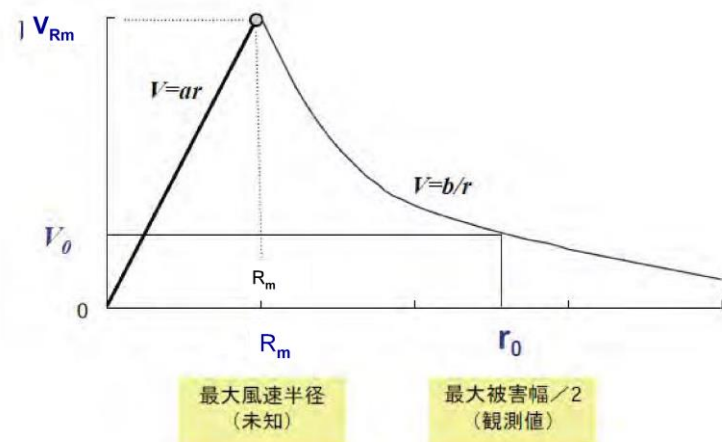


図2 竜巻半径と風速との関係

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
<p>例えば、東京工芸大報告書⁽⁴⁾p. 163 の仮定2より、最大風速 $V_{Rm}=70\text{m/s}$ (F3 あるいはF3に近いF2 竜巻)、被害幅250m の1/2 である $r_0 = 125\text{m}$、被害が生じる風速 $V_0 = 17\text{m/s}$、とするとこれをもとに設定する最大接線風速半径 (R_m) は、下記のとおり。</p> $R_m = r_0 \cdot V_0 / V_{Rm}$ $R_m = 125 \cdot 17 / 70 \quad (3)$ $R_m \approx 30.36 \text{ (m)}$ <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> $V = \sqrt{V_\theta^2 + V_r^2}$ $= F_r(r) F_h(z) V_m \sqrt{1 + \tan^2 \alpha_0} \quad (4)$ <p>ここで、 $F_r(r) = \frac{R_m}{r}$、 $F_h(z) = \begin{cases} z^k & (z < 1) \\ \exp(-k(z-1)) & (z \geq 1) \end{cases} \quad (5)$</p> $\tan \alpha_0 = \begin{cases} -A(1-z^{1.5}) & (z < 1) \\ B\{1 - \exp(-k(z-1))\} & (z \geq 1) \end{cases} \quad (6)$ <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る。(ランキン渦モデルと同様に、竜巻半径と風速の関係は図2 のとおりとなる)</p> <p>また、接線風速 V が最大となるのは、流入層の上端 ($z=1$) であるが、このとき、 $F_h(z)=1$、 $\tan \alpha_0=0$ となるので、外部コア半径の外側ではランキン渦モデルと同様に $V=V_m R_m / r$ が成立する。</p> <p>したがって、被害幅から最大接線風速半径を推定する際に、ランキン渦モデルと同様に求めることができると考えられるため、本検討においてはガイドを参照して最大接線風速半径 $R_m = 30\text{m}$ を設定する。</p> <p>また、参考に、 $V_0=92\text{m/s}$ の際のランキン渦モデルとフジタモデルDBT-77 での最大接線風速半径を以下に示す。</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3 設計竜巻の最大接線風速半径 (R_m) の比較</p> <table border="1" data-bbox="163 346 905 409"> <thead> <tr> <th></th> <th>ランキン渦モデル</th> <th>フジタモデル DBT-77</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>最大接線風速半径 (R_m)</td> <td>30m</td> <td>30m</td> </tr> </tbody> </table> <p>(4) 設計竜巻の最大気圧低下量 (ΔP_{max})・最大気圧低下率 ((dp/dt)_{max}) ランキン渦モデルを仮定したガイドにおいて最大気圧低下量 (ΔP_{max})・最大気圧低下率 ((dp/dt)_{max}) は、それぞれ ρV_{Rm}^2、$(V_T/R_m) \cdot \Delta P_{max}$ と設定される。</p> <p>一方、フジタモデルにおける設計竜巻の最大気圧低下量・最大気圧低下率については、速度分布が既知である場合、流れの連続式と運動量保存式から導出される以下の圧力ポアソン方程式を解くことにより、圧力を求めることができる。</p> $\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial x_3^2} \right) = - \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} \left(U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \nu \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_j \partial x_j} \right) \quad (7)$ <p>ここで、x_i は座標 (x, y, z) を、U_i 及び p は風速ベクトル及び圧力を表す。また、ν は動粘性係数を、ρ は空気密度を表す。なお、添え字 i, j は1 から3 までの整数とする。</p> <p>式(7)を解くために有限要素法 (計算方法の詳細は参考文献(5), (6)を参照) を用い、一辺300m(10R_m)の立方体を解析領域として、この領域を1 辺100 個の有限要素に分割した。竜巻 (最大接線風速V_{Rm}=78m/s, 半径R_m=30m) の中心が解析領域の角部に位置するものとして、各節点にFujita モデルの風速値を与えた。移動速度V_t は圧力分布には影響しないため、ここでの計算ではV_t=0 とした。</p> <p>図3 にFujita モデルの圧力分布 (空気密度で除したもの) を示す。空気密度で除した最大圧力差は5149. 8m²/s² であるので、これに空気密度1. 226kg/m³ を乗じて最大圧力差を求めた。ただし、この結果は一辺300m(10R_m)の立方体を解析領域とした有限領域での数値解析結果であるので、これを無限領域における最大気圧低下量とするために、更に補正係数1. 0066 を乗じた (表4)。なお、この補正係数1. 0066 は、ランキン渦に対する最大圧力差の有限領域での数値解析結果と無限領域での理論値の比から求めた。</p> <p>図4 にFujita モデルの圧力 (空気密度で除したもの) のx-方向空間微分値を示す。x-方向空間微分値 (絶対値) の最大値は240. 2 m/s² であり、最大気圧変化率はこの値に移動速度を乗じることに</p>		ランキン渦モデル	フジタモデル DBT-77	最大接線風速半径 (R _m)	30m	30m			<p>・設定方法の相違</p> <p>【柏崎 6/7】</p> <p>島根 2号炉は、設計竜巻の特性値うち気圧低下については、容易に算出ができ、保守的な設定ができるガイドの算出式を使用</p>
	ランキン渦モデル	フジタモデル DBT-77							
最大接線風速半径 (R _m)	30m	30m							

より、式(8)のように求められる。ただし、数値解析誤差を考慮するため、更に補正係数1.0096 を乗じて最大気圧低下率とした(表5)。なお、この補正係数1.0096 は、ランキン渦に対する最大気圧変化率の有限領域での数値解析結果と無限領域での理論値の比から求めた。

$$\frac{\partial p}{\partial t} = V_T \frac{\partial p}{\partial x} \quad (8)$$

また、参考として、図5 に有限領域での数値解析より求めたランキン渦の圧力分布と圧力のx-方向空間微分値を示す(圧力は空気密度で除したもの)。

表4 最大気圧低下量

最大風速	最大接線風速	空気密度で除した最大圧力差	最大気圧低下量
92m/s	78m/s	5149.8m ² /s ²	6355Pa

表5 最大気圧低下率

最大風速	最大接線風速	移動速度	空気密度で除した最大圧力低下率	最大気圧低下率
92m/s	78m/s	14m/s	240.2m/s ²	4163Pa/s

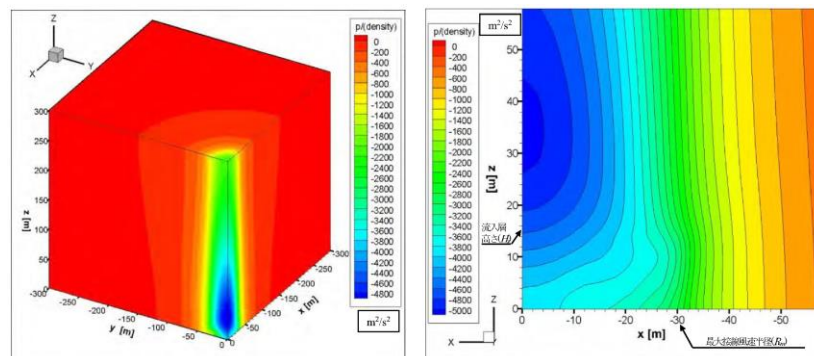


図3 最大接線風速 $V_{Rm}=78\text{m/s}$ における Fujita モデルの圧力分布
(左:全体図, 右:y 方向からの拡大図, 圧力は空気密度で除したもの, 最大値 $92.83\text{m}^2/\text{s}^2$, 最小値 $-5056.99\text{m}^2/\text{s}^2$)

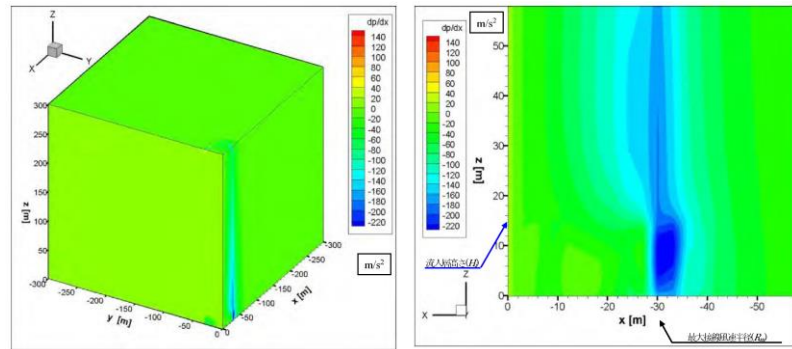


図4 最大接線風速 $V_{Rm}=78\text{m/s}$ における Fujita モデルの圧力 (空気密度で除したもの) の x -方向空間微分値 (左: 全体図, 右: y 方向からの拡大図, 最大値 163.3m/s^2 , 最小値 -240.2m/s^2)

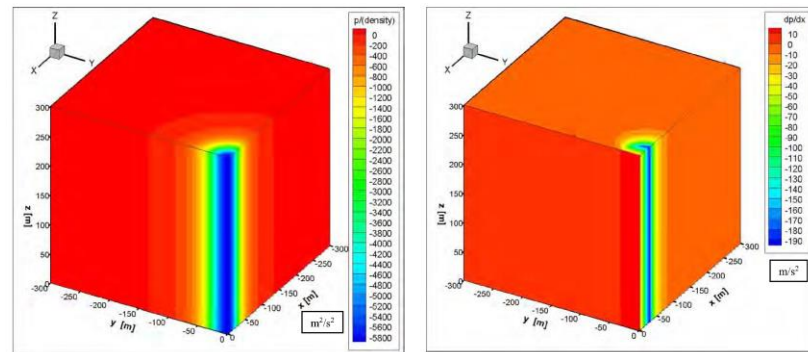


図5 最大接線風速 $V_{Rm}=78\text{m/s}$ におけるランキン渦モデルの (左) 圧力分布と (右) 圧力の x -方向空間微分値 (本図は, 図 3, 4 同様, 有限領域の数値解析により算出)

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、参考に、$V_0=92\text{m/s}$ の際において、ガイドに基づき計算したランキン渦モデルの最大気圧低下量・最大気圧低下率と上記の数値解析により計算したフジタモデルDBT-77の最大気圧低下量・最大気圧低下率を以下に示す。</p> <p>表 6 設計竜巻の最大気圧低下量 (ΔP_{max})・最大気圧低下率 ($(dp/dt)_{\text{max}}$) の比較</p> <table border="1" data-bbox="166 621 887 720"> <thead> <tr> <th></th> <th>ランキン渦モデル</th> <th>フジタモデル DBT-77</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>最大気圧低下量 (ΔP_{max})</td> <td>7459Pa</td> <td>6355 Pa</td> </tr> <tr> <td>最大気圧低下率 ($(dp/dt)_{\text{max}}$)</td> <td>3481Pa/s</td> <td>4163Pa/s</td> </tr> </tbody> </table> <p>フジタモデルは、地面との摩擦の影響を受けず回転するランキン渦に比べ、地面との摩擦の影響で回転が弱まり竜巻の中心付近が低圧になりにくい (図3 及び図5)。また、フジタモデルの流入層は、流体が竜巻中心方向に引き込まれることにより形成されることから、フジタモデルの最も低圧な領域は、竜巻中心において流入層高さの少し上の部分に存在し (図3 右図)、同部分の圧力より求まる最大気圧低下量は、ランキン渦モデルの最大気圧低下量よりも小さくなる (表6)。</p> <p>フジタモデルの圧力分布は複雑であり、上記の数値解析により求めている。そのため、フジタモデルにおける圧力の空間微分値は、局所的に大きな場所 (外部コアと外周部の境界) が発生することから、最大気圧低下率がガイドの簡易な式で求めたランキン渦モデルの値より大きくなっている。</p>		ランキン渦モデル	フジタモデル DBT-77	最大気圧低下量 (ΔP_{max})	7459Pa	6355 Pa	最大気圧低下率 ($(dp/dt)_{\text{max}}$)	3481Pa/s	4163Pa/s			
	ランキン渦モデル	フジタモデル DBT-77										
最大気圧低下量 (ΔP_{max})	7459Pa	6355 Pa										
最大気圧低下率 ($(dp/dt)_{\text{max}}$)	3481Pa/s	4163Pa/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>参考文献</p> <p>(1)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>(2)U. S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION: REGULATORY GUIDE 1.76, 2007:Design-Basis Tornado and Tornado Missiles for Nuclear Power Plant, Revision1.</p> <p>(3)Rationale for Wind-Borne Missile Criteria for DOE facilities,UCRL-CR-135687, Lawrence Livermore National Laboratory, 1999</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)Y. Eguchi, S. Sugimoto, Y. Hattori and H. Hirakuchi, "Tornado Pressure Retrieval from Fujita' s Engineering Model, DBT-77", Proceedings of the6th International Conference on Vortex Flows and Vortex Models (ICVFM Nagoya2014), November 17 - 20, 2014, Nagoya, Japan.</p> <p>(6) 江口 譲, 服部康男, 流速場情報に基づく圧力場計算法の提案, 第72 回ターボ機械協会 大分講演会(2014. 10. 3)</p>			

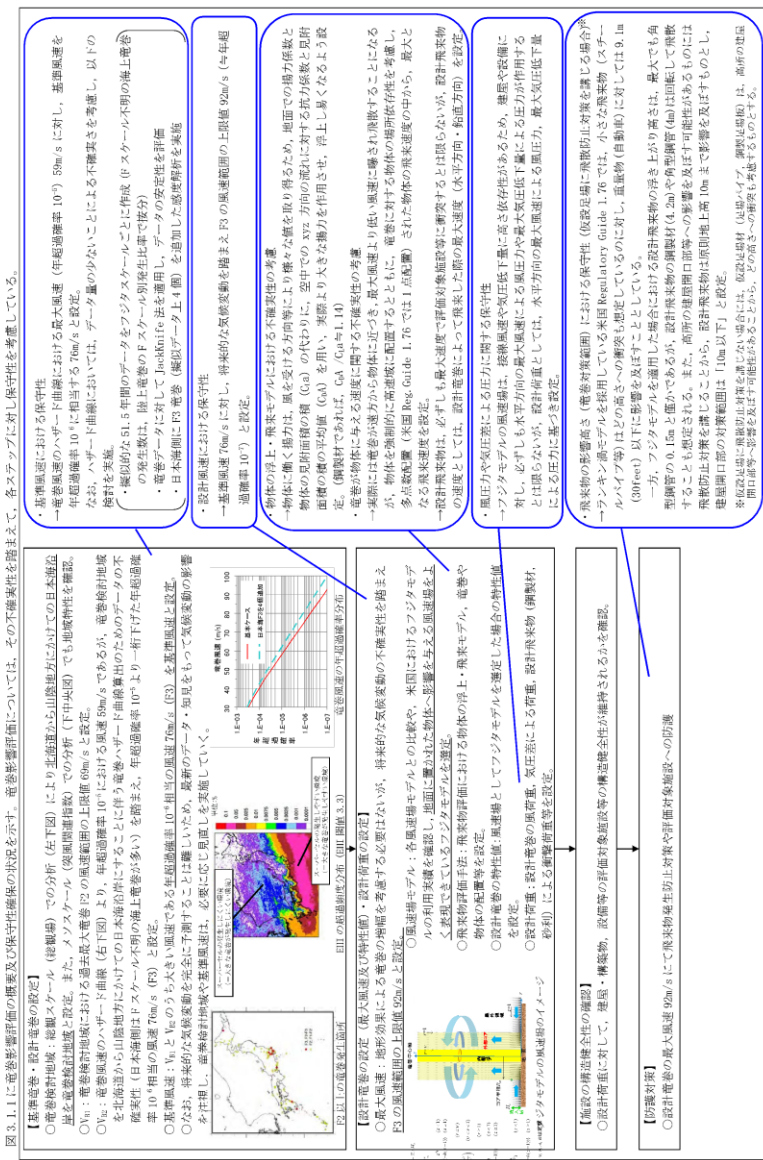
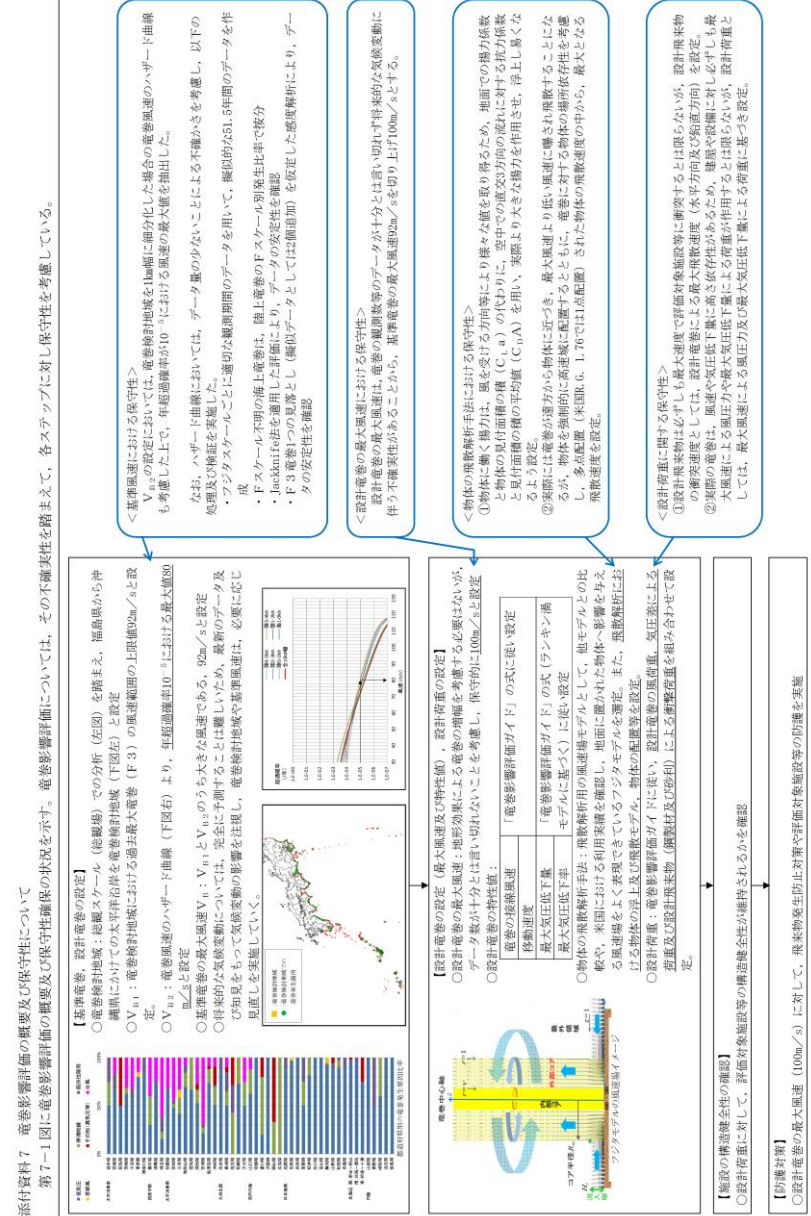


図 3.1.1 竜巻影響評価の概要及び保守性確保の状況



第7-1図 竜巻影響評価の概要及び保守性確保の状況

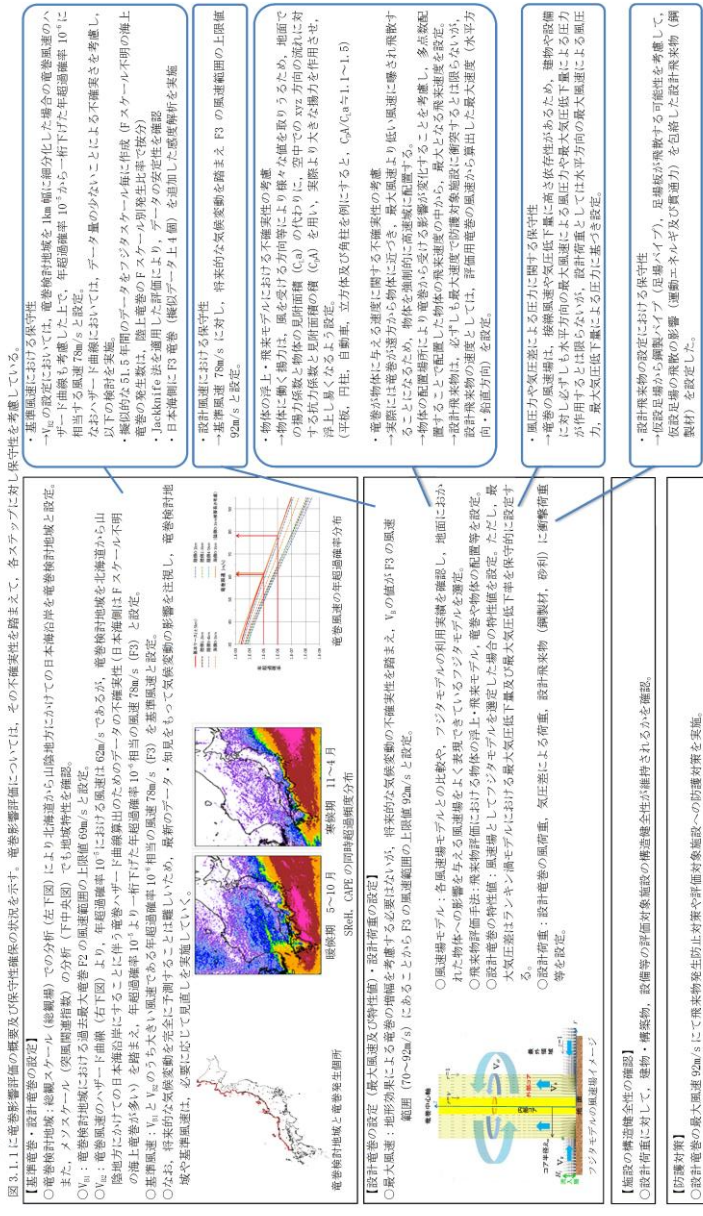


図 3.1.1 竜巻影響評価の概要及び保守性確保の状況

- V_D の設定方法の相違
- 【東海第二】
島根 2号炉は V_{B2} の設定においてデータの不確実性を考慮している
- 設計飛来物の相違
- 【柏崎 6/7】
島根 2号炉は、設計飛来物をガイド記載の鋼製材としていることから、柏崎 6/7の足場パイプ、鋼製足場板等は鋼製材に包含されている
- 島根 2号炉は設計飛来物の浮き上がり高さは設定せず、保守的のどの高さにも到達することとしている

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>【電巻防護対策】 ○設計飛来物（鋼材）によって損傷する可能性がある外部事象防護対策施設について、下記の通り電巻防護対策を実施する。</p> <p>＜電巻防護ネットによる防護＞ ・設計飛来物から防護対象設備を防護するため、防護対象設備直下に、ある建物開口部へ支持部材又は電巻防護ネットを設置する。 ・電巻防護ネットは設計飛来物の運動エネルギーを吸収可能な設計にする。また、小径の飛来物のすり抜けを防止する設計とする。 ※電巻防護ネットをすり抜ける可成り大径の設計飛来物として懸念した事例を挙ぐ。</p> <p>＜鋼材による防護＞ ・設計飛来物の貫通により外部事象防護対象設備への影響が考えられる鋼材の破断を防止し、鋼材の破断防止は、設計飛来物の貫通力を越える設計とする。</p> <p>＜取水槽の電巻防護対策＞ ・取水槽取水槽ポンプエリア及び防護対象設備について、設計飛来物からの電巻防護対策として鋼板（天井面、側面）、電巻防護ネット（天井面）及び支持部材を設置する。</p> <p>＜ガントリークレーンによる電巻防護対策＞ ・ガントリークレーンは、電巻による飛来物等により倒壊した場合、取水槽の電巻防護対策として設置する可能性があるため、レールを延長することにより残留位置を変更する。</p> <p>＜ダイオキシル燃料移送ポンプ（A-1用）による電巻防護対策＞ ・非常用ダイオキシル発電機（燃料移送系）エリアの電巻防護対策は、設計飛来物からの電巻防護対策として、鋼板および支持部材を設置する。</p> <p>＜ガントリークレーンの電巻防護対策イメージ＞</p> <p>図3 取水槽の電巻防護対策イメージ</p> <p>図4 ガントリークレーンの電巻防護対策イメージ</p> <p>図5 ダイオキシル燃料移送ポンプ（A-1用）の電巻防護対策イメージ</p> <p>図7 電巻防護対策の位置図</p>	備考

図 3.2.1 竜巻影響評価及び竜巻対策（防護対策、飛来物発生防止対策）の概要(2/3)

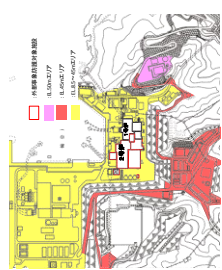
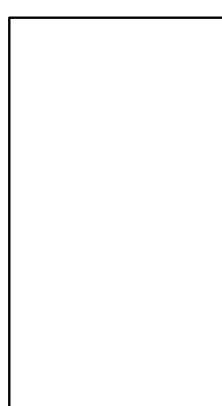
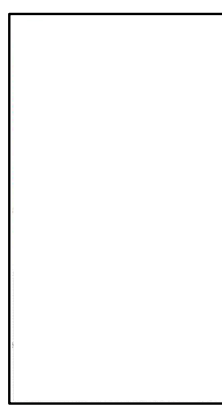
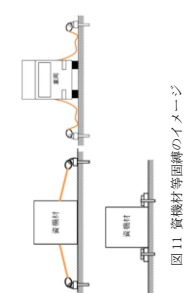
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
		<p>【飛来物発生防止対策】</p> <p>○設計飛来物に測定した調製材より運動エネルギー及び貫通力が大きいものについては、設置場所等により下記の通り飛来物発生防止対策を実施する。</p> <p><飛来物発生防止対策エリアの設定></p> <ul style="list-style-type: none"> ・飛来物発生防止対策は、飛来物の飛散距離に基づき飛来物発生防止対策エリアを設定し、飛来物となり外部事象防護対象施設に到達するものうち、その運動エネルギー又は貫通力が設計飛来物に測定した調製材より大きいものについて飛来物発生防止対策を実施する。 ・飛来物発生防止対策エリアの設定にあたっては、発電所構内の敷地高さ（図8）を考慮する。 ・飛来物発生防止対策エリアについては飛散しやすさの観点からプレハブ等の「軽量大型構材」とそれ以外の車両を含めた、「資機材・車両」で分類し、飛来物発生防止対策エリアを設定する。 ・軽量大型構材の飛来物発生防止対策エリアを図9に、資機材・車両の飛来物発生防止対策エリアを図10に示す。  <p>図8 発電所構内の敷地高さ</p>  <p>図9 軽量大型構材の飛来物発生防止対策エリア</p>  <p>図10 資機材・車両の飛来物発生防止対策エリア</p> <p><飛来物発生防止対策の実施></p>  <p>図11 資機材等防護のイメージ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・飛散影響、積溜りを考慮するエリア内に設置した軽量大型構材（プレハブ等）及び資機材等（車両、発電機等）の飛来物発生防止対策としては、移送除去又は浮き上がりや積溜りを考慮した防護を実施する。 ・エリア内の車両の飛来物発生防止対策としては、移送、搬去、回轉に加え、作業中車両について竜巻発生ハウキヤスト等を活用し即座に車両を移動できる体制を整え、エリア外への回避等を実施する。 ・対象エリア内のSA車両は飛来物発生防止対策として、回轉等を実施する。 	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・飛来物発生防止対策エリアの相違 【柏崎 6/7, 東海第二】

図 3.2.1 竜巻影響評価及び竜巻対策（防護対策，飛来物発生防止対策）の概要(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 style="text-align: right;">別紙 8-1</p> <p style="text-align: center;"><u>評価対象施設等の設計荷重について</u></p> <p>1. 概要 設計竜巻に対し、評価対象施設等の構造健全性の安全機能が維持されることの確認を行った結果を整理する。</p> <p>2. 評価結果</p> <p>2.1 評価荷重の設定 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の評価に用いる評価荷重について別表 1-2-1 に、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の評価に用いる評価荷重について別表 1-2-2 に整理する。</p>		<p>・資料構成の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根 2 号炉は、評価対象施設等の設計荷重について、「別添 2-1 3.4 評価対象施設等の設計方針」に記載しており、表で整理していない</p>

別表 1-2-1 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の評価に用いる評価荷重一覧表 (1/3)

外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設	設計能力荷重						その他の評価荷重
	W _w , W _{bb} , W ₁ の選定 ^{※1}			複合荷重の選定 ^{※2}			
	設置場所	W _w	W _{bb}	W ₁	W ₂	W ₃	
＜屋外施設＞							
非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイズ系ディーゼル発電機を含む。) 吸気口	屋外	○	×	○	—	○	自重
非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイズ系ディーゼル発電機を含む。) 蒸気発生機 (配管、弁含む。)	屋外	○	×	×	○	—	自重
中央制御室換気系冷凍機 (配管、弁含む。)	屋外	○	×	×	○	—	自重、内圧
残留熱除去系海水ポンプ (配管、弁含む。)	屋外	○	×	○	○	—	自重、内圧
非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイズ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ポンプ (配管、弁含む。)	屋外	○	×	○	○	—	自重
残留熱除去系海水ポンプ	屋外	○	×	○	—	○	自重
非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイズ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ストレーナー	屋外	○	×	○	—	○	自重
非常用ガス処理系排気筒	屋外	○	×	○	—	○	自重、内圧
主排気筒	屋外	○	×	×	—	○	自重
排気筒モニタ	屋外	○	○	○	—	○	無し
原子炉建屋	屋外	○	○	○	—	○	無し
放水路ゲート	屋外						

注1) ※1 表中記号について対象とする荷重の考慮の有無を示す。 ○：考慮する。 ×：考慮しない。 -：その他の荷重は評価で使用しないケース。
 ※2 複合荷重の構成について、○のついた構成で評価を実施。 ○：実施ケース。 -：該当しないケース。
 ※3 損傷時には補修する方針とするため、外観防護機能に関する詳細評価は実施しない。

別表 1-2-1 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の評価に用いる評価荷重一覧表 (2/3)

外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設	設計電差荷重							その他の評価荷重
	W _w , W _s , W _r の選定 ^{※1}			複合荷重の設定 ^{※2}				
	設置場所	W _w	W _s	W _r	W _r	W _w	W _r	
<屋外施設 (外部事象防護対象施設を内包する区画)>								
タービン建屋	屋外	○	○	○	○	—	—	無し
使用済燃料乾式貯蔵建屋	屋外	○	○	○	○	—	—	無し
軽油貯蔵タンクタンク室	屋外 (埋設)	×	○	×	—	—	—	無し
排気筒モニタ建屋	屋外						※4	
<屋内の施設で外気と繋がっている施設>								
非常用換気空調設備	屋内	×	×	○	○	—	—	自重
原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト (原子炉建屋原子炉棟貫通部)	屋内	×	×	○	○	—	—	自重
<外設となる施設による防護機能の期待できない施設>								
原子炉建屋付属棟3階中央制御室換気空調設備	屋内	×	×※3	○	○	—	—	自重
原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト (原子炉建屋原子炉棟貫通部)	屋内	×	×※3	○	○	—	—	自重

注記) ※1 表中記号について対象とする荷重の考慮の有無を示す。 ○：考慮する ×：考慮しない
 ※2 複合荷重の構成について、○のついた構成で評価を実施。 ○：実施ケース —：該当しないケース
 ※3 W_sに対して、防護対策を実施するため、衝撃荷重は作用しない。
 ※4 損傷時には補修する方針とするため、外設防護機能に関する詳細評価は実施しない。

外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設 ＜外殿となる施設による防護機能が期待できない施設＞	設計電巻荷重							その他の 評価荷重	
	W _w , W _M , W _P の選定 ^{※1}			複合荷重の設定 ^{※2}					
	設置 場所	W _w	W _M	W _P	W _{T1}	W _{T2}	W _w +0.5W _P		W _w +0.5W _P +W _M
非常用電源盤 (電気室)	屋内	×	× ^{※3}	×	—	—	—	—	無し
原子炉建屋原子炉棟6階設置設備	屋内	×	×	×	—	—	—	—	無し
燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーン	屋内	×	×	×	—	—	—	—	無し
非常用ガス処理系設備及び非常用ガス再循環系設備	屋内	×	×	×	—	—	—	—	無し
使用済燃料乾式貯蔵容器	屋内	×	×	×	—	—	—	—	無し
使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン	屋内	×	×	×	—	—	—	—	無し

(注記) ※1 表中記号について対象とする荷重の有無を示す。 ○：考慮する ×：考慮しない
 ※2 複合荷重の構成について、○のついた構成で評価を実施。 ○：実施ケース —：該当しないケース
 ※3 W_Mに対して、防護対策を実施するため、衝撃荷重は作用しない。
 ※4 W_wに対して、電巻襲来が予想される場合、燃料取扱作業を中止するため、燃料を取り扱う機能に対して評価対象とならない。
 ※5 プローブアウトパネルの閉止により、設計電巻荷重は作用しない。

別表 1-2-2 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の評価に用いる評価荷重一覧表

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	設計電圧荷重							その他の評価荷重
	W _w , W _{ab} , W _f の選定 ^{※1}			複合荷重の設定 ^{※2}				
	設置場所	W _w	W _M	W _f	W _{T1}	W _{T2}	W _w +0.5W _f	
<機械的影響を及ぼし得る施設>								
サービズ建屋	屋外	○	○	○	○	—	—	○
海水ポンプエリア防護壁	屋外	○	○	×	—	—	—	○
鋼製防護壁	屋外	○	○	×	—	—	—	○
<機能的影響を及ぼし得る施設>								
非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスライセル発電機を含む。) 排気消音器	屋外	○	× ^{※3}	×	×	—	—	—
非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスライセル発電機を含む。) 付属排気配管及びベント配管	屋外	○	× ^{※3}	○	○	○	—	—
残留熱除去系海水系配管 (放出側)	屋外	○	× ^{※3}	○	○	○	—	—
非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスライセル発電機を含む。) 用海水配管 (放出側)	屋外	○	× ^{※3}	○	○	○	—	—

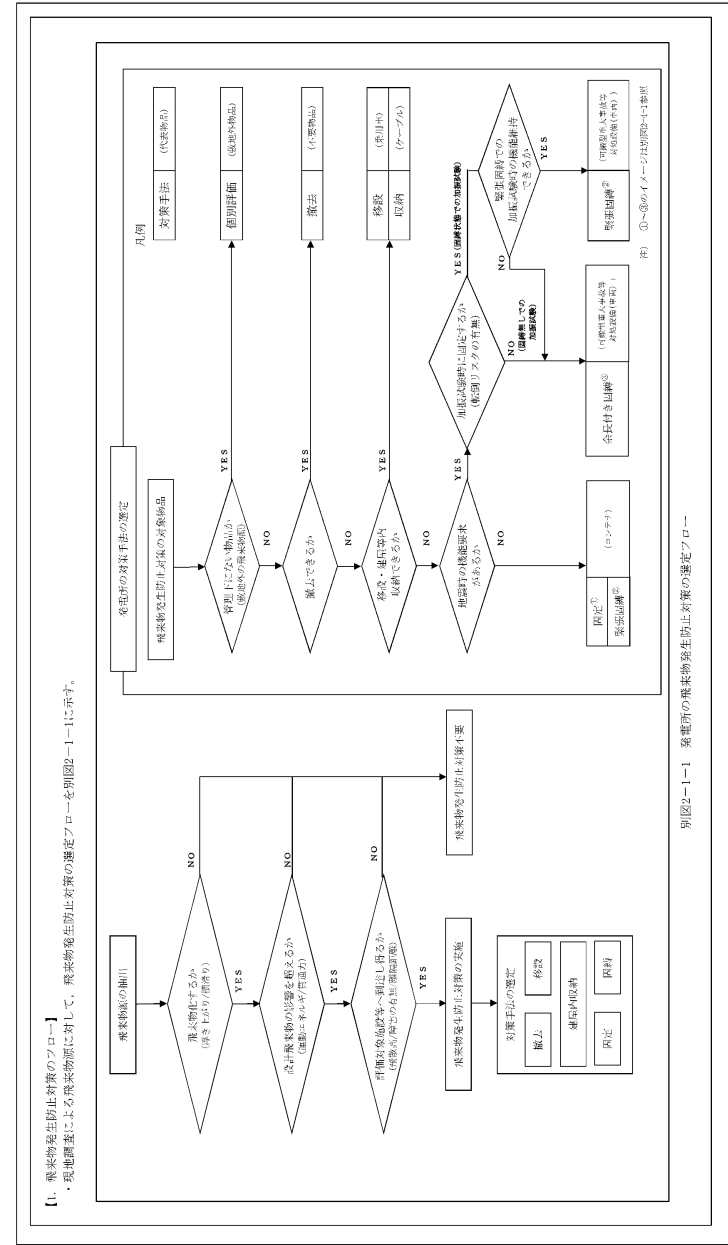
注記) ※1 表中記号について対象とする荷重の有無を示す。 ○：考慮する ×：考慮しない
 ※2 複合荷重の構成について、○のついた構成で評価を実施。 ○：実施ケース —：該当しないケース
 ※3 W_{al}に対して、損傷時には補修する方針とするため、衝撃荷重は考慮しない。

別紙 8-2

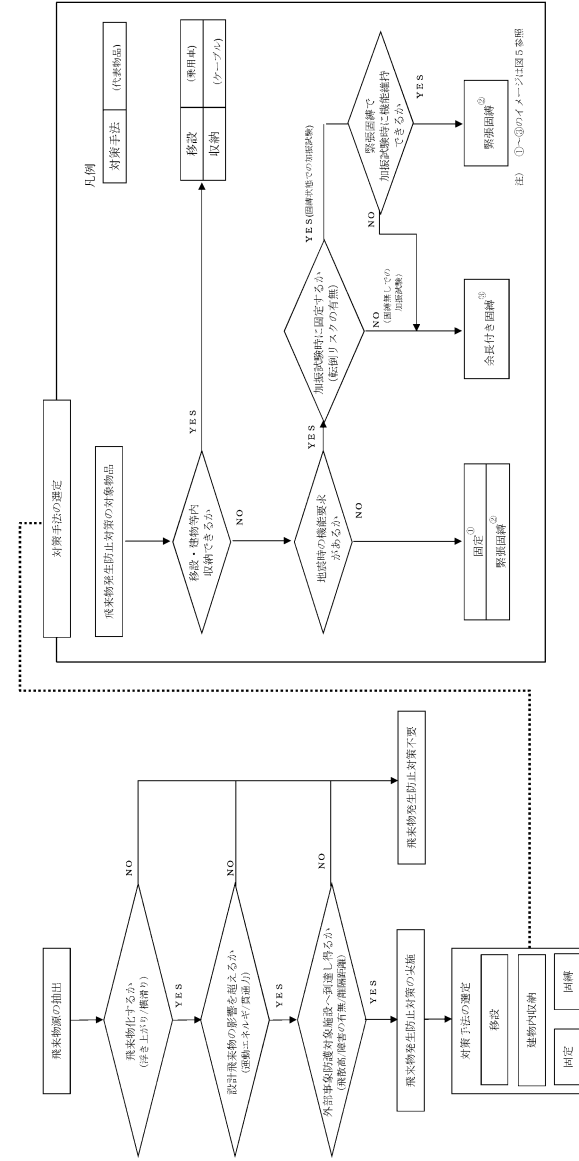
別紙-1

竜巻防護対策のうち飛来物発生防止対策の概要について

竜巻防護対策のうち飛来物発生防止対策の概要について



1. 飛来物発生防止対策
飛来物発生防止対策の選定フローを図1に示す。



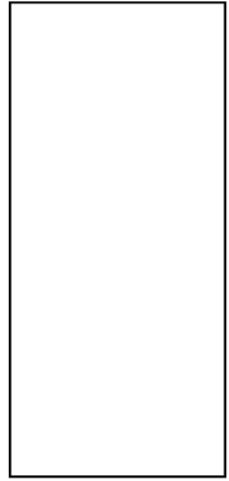
- ・資料構成の相違
【柏崎 6/7】
島根 2号炉は飛来物発生防止対策の概要について記載
- ・立地条件の相違
【東海第二】
島根 2号炉は敷地近傍に隣接事業所はない
- ・固縛方法の相違
【東海第二】
島根 2号炉は、車両の固縛は余長付き固縛を実施する

【2. 飛来物発生防止対策の基本方針】

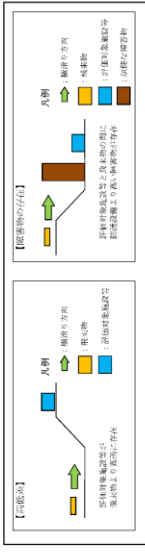
- ・評価対象施設等に悪影響を及ぼす可能性のある飛来物源に対して飛来物発生防止対策を実施する。
- 飛来物発生防止対策の実施条件：①～③を満たす飛来物源
 - ① 飛散（落下）が、横滑りする。
 - ② 設計飛来物（鋼製材）の運動エネルギー及び貫通力を上回る。
 - ③ 評価対象施設等に到達する。

【3. 評価対象施設等への到達、横滑】

- ・評価対象施設等に到達しないケースを下記に示す。
- ① 評価対象施設等に到達できない距離を確保した配置とする。（横滑距離の確保）
 (別図2-3-1に基準の距離（注釈等）が必要な範囲を示し、当該範囲内には、作業に関係のない場合は、原則立入をさせない運用を行う。)
- ② 評価対象施設等に対して最低安全到達できない飛来物が配置されている。
 (別図2-3-2に、横滑りする飛来物に対して未到達となる例を示す。)



別図2-3-1 車両管理エリア



別図2-3-2 横滑りに対して未到達となる例

2. 飛来物発生防止対策の基本方針

外部事象防護対策施設に悪影響を及ぼす可能性のある飛来物源に対して飛来物発生防止対策を実施する。

- 飛来物発生防止対策の実施条件：①～③を満たす飛来物源
- ① 飛散（落下）が、横滑りする。
 - ② 設計飛来物（鋼製材）の運動エネルギー及び貫通力を上回る。
 - ③ 評価対象施設等に到達する。

3. 外部事象防護対策施設等への到達、横滑

外部事象防護対策施設に到達しないケースを下記に示す。

- ① 外部事象防護対策施設に到達できない距離を確保した配置とする。（飛来物発生防止対策エリア（図2、3）に示す横滑距離の確保、車両については、図3の範囲内に作業に関係のない車両を原則立入をさせない運用を行う。（飛来物発生防止対策エリアの詳細については、別紙2参照。））
- ② 横滑りする飛来物と外部事象防護対策施設との間に高低差がある又は障害物が配置されている。（図4に、横滑りする飛来物に対して未到達となる例を示す。）

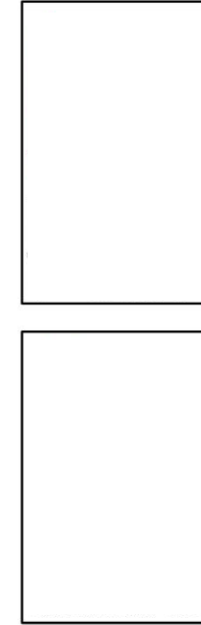


図2 軽便式大型機材の飛来物発生防止対策エリア

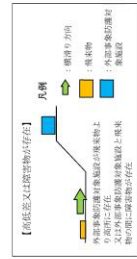


図3 資機材・車物の飛来物発生防止対策エリア

4. 飛来物発生防止対策（固定、固縛）の手法の例

- ・飛来物発生防止対策のうち、固定及び固縛の手法の例を別図4-1に示す。

手法	対策の概要図
① 固定	飛来物源に固定金具を取り付けて固定
② 緊固固縛	飛来物源に運動防止用金具（ロープ）を用いて固定
③ 余長付き固縛	飛来物源を運動防止用金具（ロープ）を用いて固縛 【動き代がある】

別図4-1 飛来物発生防止対策（固定・固縛）の例

4. 飛来物発生防止対策（固定、固縛）の手法の例

飛来物発生防止対策のうち、固定及び固縛の手法の例を図5に示す。

手法	対策の概要図
① 固定	飛来物源に固定金具を取り付けて固定
② 緊固固縛	飛来物源を運動防止用金具（ロープ）を用いて固縛
③ 余長付き固縛	飛来物源を運動防止用金具（ロープ）を用いて固縛 【動き代がある】

図5 飛来物発生防止対策（固定・固縛）の例

5. 飛来物発生防止対策の実施について

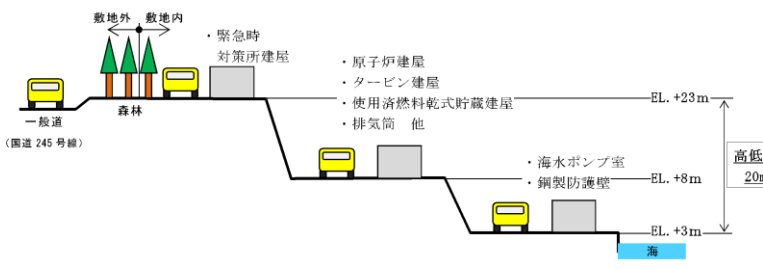

設計飛来物の選定に係る飛来物発生防止対策（平成25年7月）において確認した、飛来物発生防止対策エリア内で設計飛来物（鋼製材）の影響を受ける物品に対して、図1の発電所の飛来物発生防止対策の選定フローに基づき、固定・固縛等の飛来物発生防止対策を実施する。

また、飛来物発生防止対策（平成27年10月、平成29年2月に配置）等についても、追加調査を行い、同様に飛来物発生防止対策を実施する。

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 style="text-align: right;">別紙 8-3</p> <p style="text-align: center;">飛来物化する可能性がある物品の管理について</p> <p>1. 概要 発電所内の飛来物となる可能性があるものについては、設計飛来物である鋼製材が設計竜巻により飛来した場合の運動エネルギー及び貫通力を基準として、鋼製材より運動エネルギー又は貫通力が大きい場合は対策を実施する。</p> <p>2. 管理方針 2.1 用語の定義 <u>竜巻襲来に対する準備体制の状態について、以下のとおり定義する。</u> (準備体制については、別紙 8-4 にまとめる)</p> <p>通常時：竜巻準備体制が発令されていない時。 <u>準備体制確認時：竜巻準備体制のアクションレベル 1 (準備体制の確認) が発令されている時。</u></p> <p><u>準備作業開始時：竜巻準備体制のアクションレベル 2 (準備作業開始) が発令されている時。</u></p>	<p style="text-align: right;">別紙-2</p> <p style="text-align: center;"><u>飛来物化する可能性がある物品の管理について</u></p> <p>1. 概要 <u>発電所内の飛来物となる可能性があるものについては、設計飛来物である鋼製材が設計竜巻により飛散した場合の運動エネルギー及び貫通力を基準として、鋼製材より運動エネルギー又は貫通力が大きい場合は飛来物発生防止対策 (運用管理) を実施する。</u></p> <p>2. 運用管理方針 2.1 運用管理の基準 <u>気象庁が発表する竜巻関連の気象情報を踏まえ、運用管理の基準 (竜巻警戒レベル) を定める。竜巻運用対策の実施基準を以下のとおり定義する。(竜巻準備体制については、別紙-3 にまとめる。)</u> <u>通常時：竜巻準備体制が発令されていない時</u> <u>監視強化及び注意喚起：雷注意報 (竜巻) 又は竜巻注意情報又は竜巻発生確度ナウキャスト (実況) 「竜巻発生確度 2」かつ雷ナウキャスト (実況) 「雷活動度 2 以上」発令時</u> <u>竜巻対応開始：竜巻発生確度ナウキャスト (予測 (60 分先まで)) 「竜巻発生確度 2」かつ雷ナウキャスト (予測 (60 分先まで)) 「雷活動度 2 以上」発令時</u></p> <p>2.2 運用管理の対象 <u>運用管理の対象は、「資機材・車両」及び「軽量大型機材」とし、「資機材・車両」及び「軽量大型機材」を合わせて、「資機材・車両等」という。「資機材・車両」及び「軽量大型機材」の分類は飛散しやすさの観点から実施し、具体的には 150m を超えて飛散する「資機材・車両等」を「軽量大型機材」と定義する (2.2.1.1 (2) 参照)。</u></p>	<p>・資料構成の相違 【柏崎 6/7】 島根 2 号炉は飛来物化する可能性がある物品の管理について記載</p> <p>・記載方針の相違 【東海第二】 島根 2 号炉は各対応の具体的な判断基準について記載</p> <p>・運用管理の対象の相違 【東海第二】 島根 2 号炉は、飛来物化する可能性がある物品を「資機材・車両」と「軽量大型機材」に分類している 東海第二は、「車両」と「車両以外の物品」に分類している</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>2.2 <u>車両の管理</u></p> <p>2.2.1 <u>車両の管理に際し考慮する事項</u></p> <p>車両については、速やかに固縛することが難しい場合も想定されるため、以下の管理を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発電所構内での作業に関係のない車両については、原則として入構を禁止する。 ・発電所へ入構する車両については、以下のとおり、車両の飛散の可能性、車両が置かれている場所、車両の状態及び竜巻準備体制の発令の有無に応じて対策を行う。 <p>(1) <u>車両の飛散の可能性</u></p> <p>発電所に入構する予定のある車両については、原則として事前に車両サイズ、重量から空力パラメータを算出し飛散評価を行い、飛散の可能性の有無を評価し通知する。事前の確認がなされていない場合は、確認が完了するまでは飛散するものとして取り扱う。</p> <p>(2) <u>車両が置かれている場所</u></p> <p>車両が飛散することによって評価対象施設等及び竜巻飛来物防護対策設備（以下「評価対象施設及び防護対策設備」という。）に衝突する可能性があるエリアを「<u>車両管理エリア</u>」と定め、車両が車両管理エリア内にある場合には、「2.2.2 管理方針」に示す管理を行う。</p> <p>< <u>車両管理エリアの考え方</u>（具体的なエリアは別図 3-3 参照） ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>車両管理エリアの範囲設定には、各々の評価対象施設及び防護対策設備に対する必要離隔距離を定める必要があるが、評価対象施設及び防護対策設備と車両の位置の高さの関係によって車両の到達距離は異なることから、個別設定の煩雑さを避けるため、別図 3-1 に示す高さの関係を踏まえ以下のように設定する。</u> <p>a. <u>緊急時対策所建屋からの必要離隔距離</u></p> <p><u>緊急時対策所建屋は、車両の存在が想定される周辺の地面に比べ高い位置に設置されるため、保守性も考慮し、同じ高さか</u></p>	<p>2.2.1 <u>資機材・車両等の管理</u></p> <p>2.2.1.1 <u>資機材・車両等の管理に際し考慮する事項</u></p> <p><u>資機材・車両等については、飛散の可能性、置かれている場所、竜巻襲来に対する体制の状態に応じて以下の(1)～(4)の対策を行う。</u></p> <p><u>なお、車両については、速やかに固縛・固定することが難しい場合も想定されるため、以下の管理を行う。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>発電所構内での作業に関係のない車両については、原則として入構を禁止する。</u> ・<u>発電所へ入構する車両については、以下のとおり、車両の飛散の可能性、車両が置かれている場所、車両の状態及び竜巻警戒レベルの発令の有無に応じて対策を行う。</u> <p>(1) <u>資機材・車両等の飛散の可能性</u></p> <p><u>発電所に持ち込まれる予定のある資機材・車両等については、原則として事前にサイズ、重量から飛散評価を行い、飛散の可能性の有無を評価・通知する。事前の確認がなされていない場合は、確認が完了するまでは飛散するものとして取り扱う。</u></p> <p>(2) <u>資機材・車両等が置かれている場所</u></p> <p><u>資機材・車両等が飛散することによって評価対象施設等及び竜巻防護対策設備（以下「評価対象施設等」という。）に衝突する可能性があるエリアを「飛来物発生防止対策エリア」と定め、資機材・車両等が飛来物発生防止対策エリア内にある場合には、「2.2.1.2 資機材・車両等の管理方針」に示す管理を行う。</u></p> <p>< <u>飛来物発生防止対策エリアの考え方</u>（具体的なエリアは図 1, 図 2 参照） ></p> <p><u>飛来物発生防止対策エリアの範囲設定は、資機材・車両等が飛散し、評価対象施設等に影響の与える範囲を保守的に設定する必要がある。そのため、各々の評価対象施設等に対する飛散影響を考慮して設定する。</u></p> <p><u>評価対象施設等と資機材・車両等が置かれている敷地高さの関係および資機材・車両等の形状によって、飛散距離が異なることから、以下の観点で資機材・車両等の飛来物発生防止対策エリアを設定する。</u></p>	<p>・運用管理の対象の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>同上</p> <p>・評価対象施設等の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根 2 号炉は緊急時対</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>らの車両の最大飛散距離を丸めた値 (190m) を必要離隔距離とする。</u></p> <p>b. その他の評価対象施設及び防護対策設備からの必要離隔距離各施設と車両の存在が想定される周辺の地面との高低差は一樣ではないことから、下図に示す位置関係を包絡する、高さ 20m からの車両の最大飛散距離を丸めた値 (230m) を必要離隔距離とする。</p> <p><u>・上記の離隔距離が当社敷地外に掛かる場合において、当該箇所が森林である場合は、車両は存在しないと考えられるため管理エリアから除外する。</u></p>	<p><u>① 発電所構内の敷地高さを考慮し、敷地高さ毎に資機材・車両等の飛来物発生防止対策エリアを設定する。</u></p> <p><u>② 発電所構内の斜面に、資機材・車両等を設置する場合は、設置状況に応じた飛来物発生防止対策を行う。</u></p> <p><u>③ 資機材・車両及び軽量大型機材それぞれに対し、飛来物発生防止対策エリアを設定する。資機材・車両及び軽量大型機材の分類は飛散距離及び飛散高さにより実施し、飛散距離が 150m を超える資機材・車両等を軽量大型機材とし、飛散距離が 150m 以下の資機材・車両等を資機材・車両とする。</u></p> <p><u>④ 資機材・車両の飛来物発生防止対策エリアは、ウォークダウンで確認された資機材・車両のうち、最も飛散距離が大きい資機材・車両である「乗用車」の飛散距離から設定する。</u></p> <p><u>⑤ 軽量大型機材の飛来物発生防止対策エリアは、ウォークダウンで確認された軽量大型機材のうち、最も飛散距離が大きい物品である「プレハブ小屋」の飛散距離から設定する。</u></p> <p><u>⑥ 発電所構内の敷地高さ (8.5m, 15m, 45m, 50m) から乗用車及びプレハブ小屋をフジタモデルで飛散させた場合の飛散距離から、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設定する。</u></p>	<p>策所を評価対象施設等としていない</p> <p>・敷地高さの相違 【東海第二】 島根 2 号炉は、EL8.5m ~ 15m, 45m, 52m の高さの敷地があり、敷地高さ毎に飛来物発生防止対策エリアを設定している (図 2, 図 3)</p> <p>・対象外とするエリアの相違 【東海第二】 島根 2 号炉は飛来物発生防止対策エリア内の斜面を対象外としている</p> <p>・運用管理の対象の相違 【東海第二】 2.2 と同じ</p> <p>・記載場所の相違 【東海第二】 島根 2 号炉は、飛来物発生防止対策範囲の設定方法を別紙-2 で記載している</p> <p>・方針の相違 【東海第二】 2.2.1.1(2)①と同じ</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="926 525 1685 604"><u>別図 3-1 評価対象施設及び防護対策設備と車両の存在場所との高さ関係</u></p>	 <p data-bbox="1914 1060 2300 1102"><u>図 3 横滑り対策エリア概念図</u></p>	<p data-bbox="2522 346 2745 378">・記載場所の相違</p> <p data-bbox="2522 388 2671 420">【東海第二】</p> <p data-bbox="2522 430 2834 556">島根 2 号炉は、発電所構内の敷地高さを添付資料 3.2 に記載している</p> <p data-bbox="2522 1018 2834 1050">・横滑り対策の範囲の相違</p> <p data-bbox="2522 1060 2671 1092">【東海第二】</p> <p data-bbox="2522 1102 2834 1312">島根 2 号炉はガードレール等の障害物により横滑りを防止できない範囲を横滑り対策エリアとしている</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>(3) 車両の状態 <u>以下のとおり定義する。</u> 停車：運転手が車両に乗っている（走行中を含む。）又は緊急時に車両に即座に駆けつけることができる状態。 駐車：停車時以外の状態。</p> <p>(4) 竜巻襲来に対する体制の状態 <u>「2.1 用語の定義」</u>のとおり。</p> <p>2.2.2 管理方針 上記の考慮事項に基づき、発電所への入構車両の管理方針を以下のとおり定める。 また、管理方針のまとめを別表 3-1、イメージを別図 3-2 にそれぞれ示す。</p> <p>(2) 飛散する車両の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 駐車状態の車両については、固縛する。 ・ 停車状態の車両については、通常時及び準備体制確認時では対策不要だが準備作業開始時には固縛する、若しくは車両退避エリアに退避する。 <p>ただし、<u>飛散しない車両と同様に、</u>評価対象施設及び防護対策設備に影響を及ぼす可能性がないと指定された区画に準備体制確認時以前より入域している場合は退避不要とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 上記の退避又は固縛を速やかに開始するため、<u>車両管理エリア内の車両については、</u>準備体制確認時の段階で、運転者が 	<p>(3) <u>車両の状態</u></p> <p><u>停車：運転手が車両に乗っている（走行中含む）、または緊急時に車両に即座に駆けつけることができる状態</u></p> <p><u>駐車：停車時以外の状態</u></p> <p>(4) <u>竜巻襲来に対する体制の状態</u> <u>「2.1 運用管理の基準」</u>に示す。</p> <p>2.2.1.2 <u>資機材・車両等の管理方針</u> <u>上記の考慮事項に基づき、資機材・車両等の管理方針を以下のとおり定める。</u> <u>また、管理方針のまとめを表 2 及び表 3、管理イメージを図 4 に示す。</u></p> <p>(1) <u>飛散する資機材・車両等の場合</u></p> <ul style="list-style-type: none"> a. <u>飛散する車両</u> ・ <u>資機材・車両の飛来物発生防止対策エリア内の駐車状態の車両については、固縛する。</u> ・ <u>資機材・車両の飛来物発生防止対策エリアの停車状態の車両については、平時及び「①監視強化及び注意喚起」時では対策不要だがナウキャストの 60 分先の予測情報を判断基準としている「②竜巻対応開始」時には固縛又は退避の準備を実施し、退避を開始する。</u> <u>ただし、評価対象施設等に影響を及ぼす可能性がないと指定された場所に「①監視強化及び注意喚起」時以前より入域している場合は退避不要とする。</u> ・ <u>資機材・車両の飛来物発生防止対策エリアの停車状態で作業を行っている工事車両の場合、平時及び「①監視強化及び注意喚起」時では対策不要だが「②竜巻対応開始」時には速やかに作業を中止し、固縛又は退避の準備を実施し、資機材・車両の飛来物発生防止対策エリア外に退避する。ただし、評価対象施設等に影響を及ぼす可能性がないと指定された場所に「①監視強化及び注意喚起」時以前より入域している場合は退避不要とする。なお、作業中止及び車両、物品の固縛、離隔等を行うために時間（60 分以上）を要する作業（クレーン車等による大型重量物の吊り上げ作業等）を実施する場合には、事前の気象予報等を踏まえて、作業可否を判断する運用を行う。</u> ・ <u>上記の退避又は固縛を速やかに開始するため、資機材・車両の飛来物発生防止対策エリア内の車両については、「①監視強化及</u> 	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 記載方針の相違 <u>【東海第二】</u> 島根 2 号炉は、工事車両の管理方針について記載している

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>近くに待機する。</p> <p>【以下, 比較のため再掲】</p> <p>2.3 車両以外の物品の管理</p> <p>2.3.2 管理方針</p> <p>(2) 飛散する物品の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通常時, <u>準備体制確認時及び準備作業開始時のいずれにおいても原則として固定又は固縛しておくが, 作業等で一時的に固定又は固縛を解除している物品は, 準備作業開始時に移行した場合には速やかに再固定又は再固縛が可能なように, 作業者が物品から離れないようにする。</u> <p>ただし, <u>飛散しない物品と同様に, 評価対象施設及び防護対策設備に 影響を及ぼす可能性がないと指定された区画に準備体制確認時以前より搬入している場合は固縛又は固定は不要とする。</u></p> <p>【ここまで】</p> <p>【以下, 比較のため再掲】</p> <p>2.3 車両以外の物品の管理</p> <p>2.3.2 管理方針</p> <p>(1) 飛散しない物品の場合</p> <p><横滑りへの対策が不要となる場所></p> <p>② <u>物品車両管理エリア内で, 竜巻の風荷重に対し構造健全性を維持することが確認された区画の内部</u></p> <p>ただし, <u>準備体制確認時以前に, 作業等で既に搬入している物品を対象とする。</u></p> <p>【ここまで】</p> <p>(1) 飛散しない車両の場合</p> <p>a. <u>飛散も横滑りもしない車両</u></p> <p><u>飛散も横滑りもしない車両は, 車両管理エリアでの駐車時も停車時も対策不要とする。</u></p> <p>b. 飛散しないが横滑りする車両</p> <p>横滑りによる悪影響を考慮し, 以下のとおりとする。</p>	<p>近くに待機する。</p> <p>【以下, 比較のため再掲】</p> <p>2.3 車両以外の物品の管理</p> <p>2.3.2 管理方針</p> <p>(2) 飛散する物品の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通常時, <u>準備体制確認時及び準備作業開始時のいずれにおいても原則として固定又は固縛しておくが, 作業等で一時的に固定又は固縛を解除している物品は, 準備作業開始時に移行した場合には速やかに再固定又は再固縛が可能なように, 作業者が物品から離れないようにする。</u> <p>ただし, <u>飛散しない物品と同様に, 評価対象施設及び防護対策設備に 影響を及ぼす可能性がないと指定された区画に準備体制確認時以前より搬入している場合は固縛又は固定は不要とする。</u></p> <p>【ここまで】</p> <p>【以下, 比較のため再掲】</p> <p>2.3 車両以外の物品の管理</p> <p>2.3.2 管理方針</p> <p>(1) 飛散しない物品の場合</p> <p><横滑りへの対策が不要となる場所></p> <p>② <u>物品車両管理エリア内で, 竜巻の風荷重に対し構造健全性を維持することが確認された区画の内部</u></p> <p>ただし, <u>準備体制確認時以前に, 作業等で既に搬入している物品を対象とする。</u></p> <p>【ここまで】</p> <p>(1) 飛散しない車両の場合</p> <p>a. <u>飛散も横滑りもしない車両</u></p> <p><u>飛散も横滑りもしない車両は, 車両管理エリアでの駐車時も停車時も対策不要とする。</u></p> <p>b. 飛散しないが横滑りする車両</p> <p>横滑りによる悪影響を考慮し, 以下のとおりとする。</p>	<p><u>び注意喚起」時の段階で, 運転者が近くに待機する。</u></p> <p>b. <u>飛散する「資機材・車両」のうち資機材及び「軽量大型機材」</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>飛来物発生防止対策エリア内の常設の物品については, 平時, 「①監視強化及び注意喚起」及び「②竜巻対応開始」時のいずれにおいても原則として固定・固縛しておくが, 作業等で一時的に固定・固縛を解除している物品は, 「②竜巻対応開始」に移行した場合には速やかに再固定・再固縛が可能なように, 作業者が物品から離れないようにする。</u> ・<u>飛来物発生防止対策エリア内の仮設の物品は, 平時及び「①監視強化及び注意喚起」時では対策不要だが, 「②竜巻対応開始」時には固縛・固定又は撤去を実施する。</u> ・<u>評価対象施設等に影響を及ぼす可能性がないと指定された場所に「①監視強化及び注意喚起」以前より搬入している場合は固縛・固定は不要とする。</u> <p><評価対象施設等に影響を及ぼす可能性がないと指定された場所></p> <p>≥</p> <p><u>飛来物発生防止対策エリア内で, 竜巻の風荷重に対し構造健全性を維持することが確認された建物, 構築物の内部 (「①監視強化及び注意喚起」以前に, 作業等で既に持ち込まれている資機材・車両等が対象)</u></p> <p>(2) <u>飛散はしないが横滑り (転がり含む) する資機材・車両等の場合</u></p> <p>a. <u>飛散はしないが横滑り (転がり含む) する車両</u></p> <p><u>横滑り (転がり含む) による悪影響を考慮し以下のとおりと</u></p>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運用管理の対象の相違 【東海第二】 2.2 と同じ ・記載方針の相違 【東海第二】 島根 2 号炉は仮設の物品についても管理方針を記載している

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>・<u>駐車状態の車両は、通常時、準備体制確認時及び準備作業開始時のいずれにおいても固縛する。</u></p> <p>ただし、評価対象施設及び防護対策設備に影響を及ぼす可能性がないとされた場所（下記の①）に駐車する車両の固縛は不要とする。</p> <p><横滑りへの対策が不要となる場所></p> <p>①車両管理エリア内で、竜巻の風荷重に対し構造健全性を維持することが確認された区画の内部。ただし、準備体制確認時以前に、作業等で既に入域している車両を対象とする。</p> <p>・<u>停車状態の車両は、通常時及び準備体制確認時では対策不要だが、準備作業開始時には固縛する、若しくは車両退避エリアに退避する。ただし、駐車時と同様に、評価対象施設及び防護対策設備に影響を及ぼす可能性がないと指定された区画に準備体制確認時以前より入域している場合は退避不要とする。</u></p> <p>・上記の退避又は固縛を速やかに開始するため、車両管理エリア内の車両については、準備体制確認時の段階で、運転者が近くに待機する。</p> <p>【以下、比較のため再掲】</p> <p>2.3 車両以外の物品の管理</p> <p>2.3.2 管理方針</p> <p>(1) 飛散しない物品の場合</p> <p>b. 飛散しないが横滑りする物品</p> <p>横滑りによる悪影響を考慮し以下のとおりとする。</p> <p>・通常時、<u>準備体制確認時及び準備作業開始時のいずれにおいても原則として固定又は固縛しておくが、作業等で一時的に固定又は固縛を解除している物品は、準備作業開始時に移行した場合には速やかに再固定又は再固縛が可能なよう、作業者が物品から離れないようにする。</u></p> <p>・<u>評価対象施設及び防護対策設備との間に障害物がある場所（下</u></p>	<p>する。</p> <p>・<u>横滑り対策エリア内の駐車状態の車両は、平時、「①監視強化及び注意喚起」及び「②竜巻対応開始」時のいずれにおいても固縛する。</u></p> <p>ただし、<u>評価対象施設等に影響を及ぼす可能性がないとされた場所に駐車する車両の固縛は不要とする。</u></p> <p>・<u>横滑り対策エリア内の停車状態の車両は、平時及び「①監視強化及び注意喚起」時では対策不要だが、「②竜巻対応開始」時には固縛・退避の準備を実施し、横滑り対策エリア外に退避する。</u></p> <p>・<u>上記の退避又は固縛を速やかに開始するため、横滑り対策エリア内の車両については、「①監視強化及び注意喚起」時の段階で、運転者が近くに待機する。</u></p> <p>b. <u>飛散はしないが横滑り（転がり含む）する資機材・車両のうち資機材及び軽量大型機材横滑りによる悪影響を考慮し以下のとおりとする。</u></p> <p>・<u>横滑り対策エリア内の常設の物品については、平時、「①監視強化及び注意喚起」及び「②竜巻対応開始」のいずれにおいても原則として固定・固縛しておくが、作業等で一時的に固定・固縛を解除している物品は、「②竜巻対応開始」時に移行した場合には速やかに再固定・再固縛が可能なよう、作業者が物品から離れないようにする。</u></p> <p>・<u>横滑り対策エリア内の仮設の物品は、平時及び「①監視強化及び注意喚起」時では対策不要だが、「②竜巻対応開始」時には固縛・固定又は撤去を実施する。</u></p> <p>・<u>評価対象施設等に影響を及ぼす可能性がないと指定された場所</u></p>	<p>（島根2号炉は「2.2.1.2 (1) b.」で記載）</p> <p>・運用管理の対象の相違【東海第二】2.2と同じ</p> <p>・記載方針の相違【東海第二】島根2号炉は、仮設の物品の管理方針について記</p>

記の①), 評価対象施設及び防護対策設備に影響を及ぼす可能性がないと指定された場所(下記の②)に置かれている物品については, 固定又は固縛は不要とする。

【ここまで】

別表 3-1 発電所への入構車両の管理方針

飛散及び横滑りの有無	配置場所	車両の状態	管理方針	
			通常時 準備体制確認時	準備作業開始時
飛散も横滑りもしない車両	車両管理エリア内外	駐車	対策不要	
		停車	対策不要	
飛散しないが横滑りをする車両	車両管理エリア内	駐車	固縛 [※]	
		停車	固縛又は退避の準備完了	固縛又は退避 [※]
	車両管理エリア外	駐車	対策不要	
		停車	対策不要	
飛散する車両	車両管理エリア内	駐車	固縛	
		停車	固縛又は退避の準備完了	固縛又は退避 [※]
	車両管理エリア外	駐車	対策不要	
		停車	対策不要	

※ 竜巻の風荷重に対し構造健全性を維持することが確認された区画の内部に準備体制以前に入城している車両は, 退避不要とする。

に置かれている物品については, 固定・固縛は不要とする。

載している

表 1 発電所への入構車両の管理方針

飛散の有無	配置場所	車両の状態	管理方法		
			平時	①監視強化及び注意喚起	②竜巻対応開始
飛散しないが横滑りをする車両	資機材・車両の飛来物発生防止エリア(横滑り対策エリア)内	駐車	固縛 ^{※1}		
		停車	対策不要	固縛・退避手順の確認等	固縛又は退避 ^{※1}
	資機材・車両の飛来物発生防止エリア(横滑り対策エリア)外	駐車	固縛 ^{※1}		
		停車	対策不要		
飛散する車両	資機材・車両の飛来物発生防止エリア内	駐車	固縛 ^{※1}		
		停車	対策不要	固縛・退避手順の確認等	固縛又は退避 ^{※1}
	資機材・車両の飛来物発生防止エリア外	駐車	固縛 ^{※1}		
		停車	対策不要		

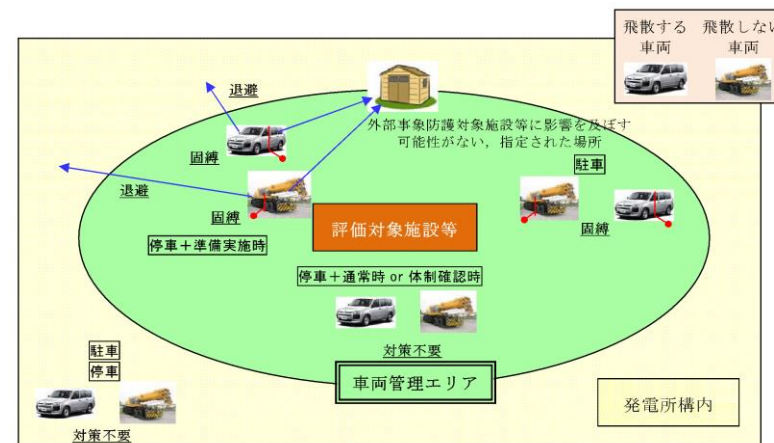
※1 竜巻に対し構造健全性を維持することが確認された建物, 構築物の内部に「①監視強化及び注意喚起」以前に入城している車両は対象外

表 2 「資機材・車両」のうち資機材及び「軽量大型機材」の管理方針

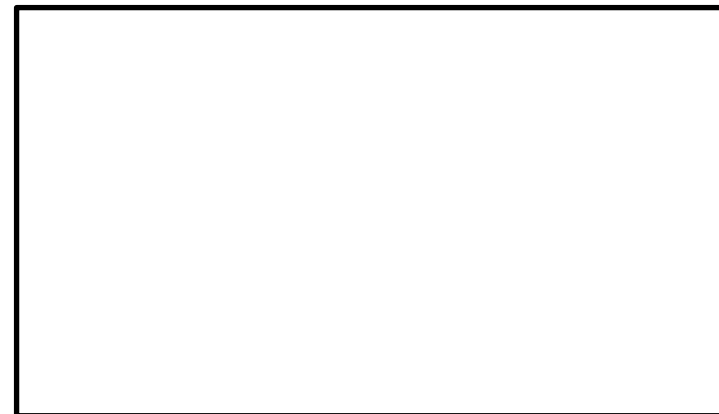
飛散の有無	配置場所	物品の分類	管理方法		
			平時	①監視強化及び注意喚起	②竜巻対応開始
飛散しないが横滑りをする資機材・車両のうち資機材及び「軽量大型機材」	飛来物発生防止対策エリア(横滑り対策エリア)内	常設	固縛・固定 ^{※1, 2}		固縛・固定 ^{※2}
		仮設	対策不要	固縛・固定又は撤去手順の確認等	固縛・固定又は撤去 ^{※2}
	飛来物発生防止対策エリア(横滑り対策エリア)外	常設	固縛・固定 ^{※1, 2}		
		仮設	対策不要		
飛散する資機材・車両のうち資機材及び「軽量大型機材」	飛来物発生防止対策エリア内	常設	固縛・固定 ^{※1, 2}		固縛・固定 ^{※2}
		仮設	対策不要	固縛・固定又は撤去手順の確認等	固縛・固定又は撤去 ^{※2}
	飛来物発生防止対策エリア外	常設	固縛・固定 ^{※1, 2}		
		仮設	対策不要		

※1 作業等で必要な場合は解除可能とするが, 速やかに再固定・再固縛が可能なよう, 作業者が物品から離れないようにする

※2 竜巻に対し構造健全性を維持することが確認された建物, 構築物の内部に「①監視強化及び注意喚起」以前に設置している物品は対象外



別図 3-2 発電所への入構車両の管理イメージ



別図 3-3 車両管理エリア及び車両退避エリア

2.2.3 車両の退避に要する時間

退避エリア①への退避に要する時間については、現時点で実施可能な、別図 3-3 における最長退避ルート of ゲート 3 までの実測 (2017/9/21) の結果も踏まえ、別表 3-2 のように想定しており、竜巻襲来までの時間余裕として見込んでいる 30 分の中で、十分退避は可能と判断している。

今後、関連設備の整備完了後に全体の成立性を確認する。

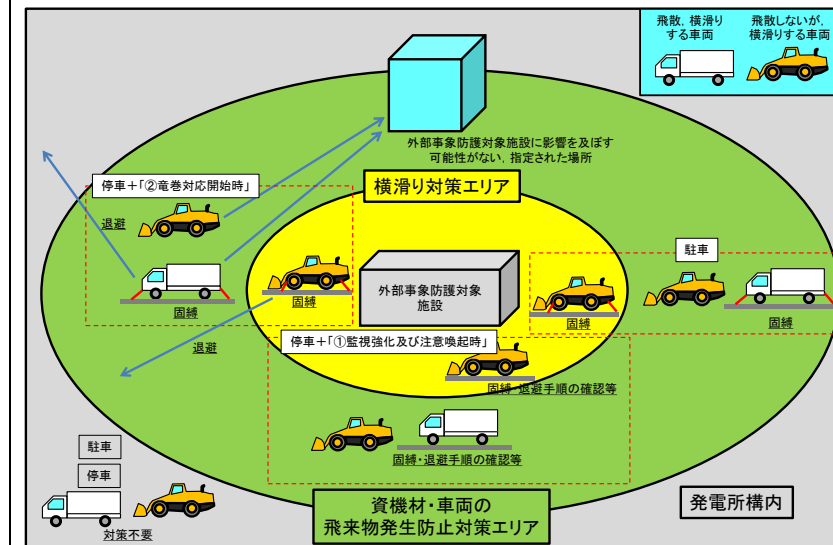


図 4 発電所への入構車両の管理イメージ

2.2.1.3 車両の退避場所

車両の退避に要する時間について、退避エリア候補地 a 及び b への退避に要する場合を図 5 で例示する。

退避エリア候補地 a の基点は、資機材・車両の飛来物発生防止対策エリア内から退避エリア候補地 a までの距離が最も遠くなる原子炉建物南側エリア (図 5 中の A) とする。退避エリア候補地 b の基点も同様の考え方でタービン建物北側 (図 5 中の B) とする。

退避エリア候補地 a 及び b への車両の避難については表 3 のとおりであり、竜巻襲来までの時間余裕として見込んでいる 60 分の中で、退避は可能と判断している。

今後、構内の道路状況や関連設備の整備状況を踏まえて運用面

・車両の退避に要する時間の設定方法の相違

【東海第二】

島根 2 号炉は、車両の退避に要する時間を実測ではなく、車両の速度を保守的に徒歩の速度程度と想定して設定している

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>別表 3-2 最長ルートの退避に要する所要時間 (実測値を基に設定)</p> <table border="1" data-bbox="943 401 1685 978"> <thead> <tr> <th>要素</th> <th>想定時間</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>搭乗～発進</td> <td>約1分</td> <td>あらかじめ、竜巻準備体制を確立 (運転手は車両近傍に待機)</td> </tr> <tr> <td>出発～ゲート1到着</td> <td>5.0分</td> <td>車両6台による一斉走行 (平均速度: 16km/h)</td> </tr> <tr> <td>ゲート1通過</td> <td>0分</td> <td>緊急時として、ゲートでの停止は「なし」とする。 (後刻、通常時同様の退出時確認を実施)</td> </tr> <tr> <td>ゲート1出発～ゲート3到着</td> <td>1.5分</td> <td>(平均速度: 11km/h)</td> </tr> <tr> <td>ゲート3通過</td> <td>0分</td> <td>ゲート1同様の扱いとする。</td> </tr> <tr> <td>ゲート3出発～退避エリア①</td> <td>3.8分* (10km/h)</td> <td rowspan="2">※ 想定値 (施設整備後に確認)</td> </tr> <tr> <td>駐車, 運転手退避</td> <td>約5分*</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">その他裕度</td> <td>約13.7分</td> <td>その他不測の状況に対する裕度</td> </tr> <tr> <td>約30分</td> <td>竜巻襲来までの設定裕度</td> </tr> </tbody> </table> <p>2.3 車両以外の物品の管理 発電所内に持ち込まれる車両以外の物品は、以下のとおり管理する。</p> <p>2.3.1 管理に際し考慮する事項 発電所内に持ち込まれる車両以外の物品については、以下のとおり、物品の飛散の可能性、物品の置かれている場所、竜巻襲来に対する体制の状態に応じて対策を行う。</p> <p>(1) 物品の飛散の可能性 発電所に持ち込まれる予定のある物品については、原則として事前にサイズ、重量から空力パラメータを算出し飛散評価を行い、飛散の可能性の有無を評価する。事前の確認がなされていない場合は、確認が完了するまでは飛散するものとして取り扱う。</p>	要素	想定時間	備考	搭乗～発進	約1分	あらかじめ、竜巻準備体制を確立 (運転手は車両近傍に待機)	出発～ゲート1到着	5.0分	車両6台による一斉走行 (平均速度: 16km/h)	ゲート1通過	0分	緊急時として、ゲートでの停止は「なし」とする。 (後刻、通常時同様の退出時確認を実施)	ゲート1出発～ゲート3到着	1.5分	(平均速度: 11km/h)	ゲート3通過	0分	ゲート1同様の扱いとする。	ゲート3出発～退避エリア①	3.8分* (10km/h)	※ 想定値 (施設整備後に確認)	駐車, 運転手退避	約5分*	その他裕度	約13.7分	その他不測の状況に対する裕度	約30分	竜巻襲来までの設定裕度	<p><u>の具体的な手順化を行っていく。</u></p> <p>表 3 退避に要する所要時間</p> <table border="1" data-bbox="1724 344 2487 464"> <thead> <tr> <th></th> <th>基点からの距離</th> <th>想定時間^{※1}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>退避エリア候補地a</td> <td>約2.0km^{※2}</td> <td>約25分</td> </tr> <tr> <td>退避エリア候補地b</td> <td>約0.9km^{※2}</td> <td>約12分</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 退避時の車両渋滞の可能性も考慮し、保守的に車両の移動速度を徒歩(80m/min)程度として算出した。 ※2 退避エリア候補地aの基点は図5中のA、退避エリア候補地bの基点は図5中のBとして距離を設定した。</p> <div data-bbox="1724 596 2487 1142" style="border: 2px solid black; height: 260px; width: 100%;"></div> <p>図5 資機材・車両の飛来物発生防止対策エリア及び車両退避エリア候補地</p>		基点からの距離	想定時間 ^{※1}	退避エリア候補地a	約2.0km ^{※2}	約25分	退避エリア候補地b	約0.9km ^{※2}	約12分	<p>備考</p> <p>(島根2号炉は「2.2.1.2 (1) b.」で記載)</p>
要素	想定時間	備考																																						
搭乗～発進	約1分	あらかじめ、竜巻準備体制を確立 (運転手は車両近傍に待機)																																						
出発～ゲート1到着	5.0分	車両6台による一斉走行 (平均速度: 16km/h)																																						
ゲート1通過	0分	緊急時として、ゲートでの停止は「なし」とする。 (後刻、通常時同様の退出時確認を実施)																																						
ゲート1出発～ゲート3到着	1.5分	(平均速度: 11km/h)																																						
ゲート3通過	0分	ゲート1同様の扱いとする。																																						
ゲート3出発～退避エリア①	3.8分* (10km/h)	※ 想定値 (施設整備後に確認)																																						
駐車, 運転手退避	約5分*																																							
その他裕度	約13.7分	その他不測の状況に対する裕度																																						
	約30分	竜巻襲来までの設定裕度																																						
	基点からの距離	想定時間 ^{※1}																																						
退避エリア候補地a	約2.0km ^{※2}	約25分																																						
退避エリア候補地b	約0.9km ^{※2}	約12分																																						

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) 物品が置かれている場所</p> <p>物品が飛散することによって評価対象施設及び防護対策設備に衝突する可能性があるエリアを「物品管理エリア」と定め、物品が物品管理エリア内にある場合には、「2.3.2 管理方針」に示す管理を行う。</p> <p><物品管理エリアの考え方></p> <p>物品管理エリアの範囲は、以下の方針に基づき設定することとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地表の物品については、車両と同様に設定する。 ・車両以外の物品では、建屋の屋上等に置かれる場合も考えられるため、これらの高所においては、種々の飛来物源がその場所に相当する初期高さを有するとして飛散評価を行い、設計飛来物の影響を超え、かつ評価対象施設及び防護対策設備へ到達し得る物品の有無を確認する。物品の到達が想定される場合は、高所であっても物品管理エリアと位置づけ、物品の管理を行う。 ・飛散しない物品であっても横滑りの検討が必要であるが、このときの移動距離は、飛散する物品の飛距離に包絡されると考えられ、物品が置かれる位置ごとに摩擦力等を適切に設定した上で、設計飛来物の影響に包絡されることの確認が必要となるため、保守的に上記物品管理エリアを横滑り対策の検討対象とする。 <p>(3) 竜巻襲来に対する準備体制の状態</p> <p>「2.1 用語の定義」のとおり。</p> <p>2.3.2 管理方針</p> <p>上記の条件に基づき、車両以外の物品の管理方針を以下のとおり定める。</p> <p>また、管理方針のまとめを別表3-2に示す。</p> <p>(1) 飛散しない物品の場合</p> <p>a. 飛散も横滑りもしない物品</p> <p>飛散も横滑りもしない物品は、物品管理エリアでの対策不要とする。</p> <p>b. 飛散しないが横滑りする物品</p> <p>横滑りによる悪影響を考慮し以下のとおりとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・通常時、準備体制確認時及び準備作業開始時のいずれにおいても原則として固定又は固縛しておくが、作業等で一時的に固定又は固縛を解除している物品は、準備作業開始時に移行した場合には速やかに再固定又は再固縛が可能なよう、作業者が物品 		

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>から離れないようにする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 評価対象施設及び防護対策設備との間に障害物がある場所（下記の①）、評価対象施設及び防護対策設備に影響を及ぼす可能性がないと指定された場所（下記の②）に置かれている物品については、固定又は固縛は不要とする。 <p><横滑りへの対策が不要となる場所></p> <p>① 評価対象施設及び防護対策設備との間に、物品に対し一定の高さを有する障害物（地形、建屋等）が存在する場所又は、物品が評価対象施設及び防護対策設備よりも低所にあり、横滑りにより上ることのできない急峻な上り勾配が認められる場所（別図3-4参照）</p> <p>② 物品車両管理エリア内で、竜巻の風荷重に対し構造健全性を維持することが確認された区画の内部</p> <p>ただし、準備体制確認時以前に、作業等で既に搬入している物品を対象とする。</p> <div data-bbox="973 932 1670 1360" data-label="Diagram"> <p>①障害物（イメージ）</p> <p>凡例 →：横滑り方向 ■：評価対象施設及び防護対策設備 ■：飛来物品 ■：障害物</p> <p>評価対象施設及び防護対策設備と飛来物の間に、飛来物より高い障害物が存在</p> <p>②急峻な上り勾配（イメージ）</p> <p>凡例 →：横滑り方向 ■：評価対象施設等及び防護対策設備 ■：飛来物品</p> <p>評価対象施設及び防護対策設備が飛来物より高所に存在</p> </div> <p>別図3-4 横滑り対策不要の場所のイメージ図</p> <p>(2) 飛散する物品の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> 通常時、準備体制確認時及び準備作業開始時のいずれにおいても原則として固定又は固縛しておくが、作業等で一時的に固定又は固縛を解除している物品は、準備作業開始時に移行した場合には速やかに再固定又は再固縛が可能なように、作業者が物品から離れないようにする。ただし、飛散しない物品と同様に、評価対象施設及び防護対策設備に影響を及ぼす可能性がないと指定された区画に準備体制確認時以前より搬入している場合は固縛又は固定は不要とする。 		

別表 3-3 車両以外の物品の管理方針

飛散及び横滑りの有無	配置場所	管理方針	
		通常時 準備体制確認時	準備作業開始時
飛散も横滑りもしない物品	物品管理エリア内外	対策不要	
飛散しないが横滑りする物品	物品管理エリア内	固定又は固縛 ^{※1, 2}	固定又は固縛 ^{※2}
	物品管理エリア外	対策不要	
飛散する物品	物品管理エリア内	固定又は固縛 ^{※1}	固定又は固縛 ^{※3}
	物品管理エリア外	対策不要	

- ※1 作業等で必要な場合は解除可能とするが、速やかに再固定又は再固縛が可能
なよう、作業者が物品から離れないようにする。
- ※2 評価対象施設及び防護対策設備との間に障害物がある場所、竜巻の風荷重に
対し構造健全性を維持することが確認された区画の内部に準備体制以前に搬
入している物品は、対策不要とする。
- ※3 竜巻の風荷重に対し構造健全性を維持することが確認された区画の内部に準
備体制以前に搬入している物品は、対策不要とする。

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 style="text-align: right;">別紙 8-4</p> <p style="text-align: center;">竜巻準備体制の発令の判断基準について</p> <p>1. 基本方針</p> <p>評価対象施設等及び竜巻飛来物防護対策設備（以下「評価対象施設及び防護対策設備」という。）の安全機能維持に影響を与えないよう、評価対象施設及び防護対策設備周辺に駐車及び停車している車両を固縛又は退避させる必要がある。</p> <p>竜巻による評価対象施設及び防護対策設備への被害を防止するため、竜巻の兆候を早期に検知し、事前に準備を行うことが重要であり、兆候を早期に検知する方法として、気象庁から発表される「竜巻注意情報」及び「雷注意報」に加え、レーダーナウキャストによる予測を用いる。</p> <p>気象庁による監視体制は2013年3月のドップラーレーダー化完了により強化され、さらに研究も進んでいることから、今後さらなる予測精度の向上が見込まれる。よって以下の判断基準等については、今後もデータ・知見等の収集に努め、より信頼度の高い判断基準となるよう検討を継続し、改善を図っていくものとする。</p> <p>2. アクションレベルの定義</p> <p>発電所での竜巻襲来時における体制（以下「竜巻準備体制」という。）の発令等の判断基準として、別表 4-1 に示す 3 段階のアクションレベルを設定する。</p> <p style="text-align: center;">別表 4-1 竜巻準備体制の発令の判断基準</p> <table border="1" data-bbox="943 1480 1685 1774"> <thead> <tr> <th>アクションレベル</th> <th>定義</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>準備体制確認 (対応体制確認及び監視強化)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>準備作業開始 (竜巻襲来準備作業(物品の固縛、車両の退避等)の実施)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>人員の避難</td> </tr> </tbody> </table>	アクションレベル	定義	1	準備体制確認 (対応体制確認及び監視強化)	2	準備作業開始 (竜巻襲来準備作業(物品の固縛、車両の退避等)の実施)	3	人員の避難	<p style="text-align: right;">別紙-3</p> <p style="text-align: center;">竜巻準備体制の発令の判断基準について</p> <p>1. 基本方針</p> <p>評価対象施設及び竜巻防護対策設備（以下「評価対象施設及び防護対策設備」という。）の安全機能維持に影響を与えないよう、評価対象施設及び防護対策設備周辺に駐車及び停車している車両を固縛又は退避させる必要がある。</p> <p>竜巻による評価対象施設及び防護対策設備への被害を防止するため、竜巻の兆候を早期に検知し、事前に準備を行うことが重要であり、兆候を早期に検知する方法として、気象庁から発表される「竜巻注意情報」及び「雷注意報」に加え、レーダーナウキャストによる予測を用いる。</p> <p>気象庁による監視体制は2013年3月のドップラーレーダー化完了により強化され、さらに研究も進んでいることから、今後さらなる予測精度の向上が見込まれる。よって以下の判断基準等については、今後もデータ・知見等の収集に努め、より信頼度の高い判断基準となるよう検討を継続し、改善を図っていくものとする。</p> <p>2. 実施基準の定義</p> <p>発電所での竜巻襲来時における体制（以下「竜巻準備体制」という。）の発令等の判断基準として、竜巻準備体制の実施基準(イメージ)を表 1 に、竜巻発生確度ナウキャスト、雷ナウキャストの監視範囲を図 1 に示す。</p> <p style="text-align: center;">表 1 竜巻準備体制の実施基準</p> <table border="1" data-bbox="1736 1470 2478 1711"> <thead> <tr> <th>対応</th> <th>判断基準</th> <th>監視範囲</th> <th>運用対策案</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">①監視強化及び注意喚起</td> <td>雷注意報(竜巻)の発表</td> <td>松江市、出雲市、雲南市、安来市、境港市、米子市</td> <td rowspan="3">連絡体制の確認</td> </tr> <tr> <td>竜巻注意情報の発表</td> <td>島根県東部、島根県西部、隠岐島取県中・西部</td> </tr> <tr> <td>竜巻発生確度ナウキャスト(実況)「竜巻発生確度2」かつ雷ナウキャスト(実況)「雷活動度2以上」</td> <td>発電所を中心に東西及び北方向に75km、南側は農機までを含む範囲(図1の監視範囲A)</td> </tr> <tr> <td>②竜巻対応開始</td> <td>竜巻発生確度ナウキャスト(予測(60分先まで))「竜巻発生確度2」かつ雷ナウキャスト(予測(60分先まで))「雷活動度2以上」</td> <td>・竜巻発生確度ナウキャスト 発電所を中心に南北方向20km×東西方向10kmの範囲(図1の監視範囲B) ・雷ナウキャスト 発電所を中心に南北方向2km×東西方向2kmの範囲(図1の監視範囲C)</td> <td>資機材・車両等の固縛、人・車両の退避、排気筒モニタリング時の代替設備による対応等</td> </tr> </tbody> </table>	対応	判断基準	監視範囲	運用対策案	①監視強化及び注意喚起	雷注意報(竜巻)の発表	松江市、出雲市、雲南市、安来市、境港市、米子市	連絡体制の確認	竜巻注意情報の発表	島根県東部、島根県西部、隠岐島取県中・西部	竜巻発生確度ナウキャスト(実況)「竜巻発生確度2」かつ雷ナウキャスト(実況)「雷活動度2以上」	発電所を中心に東西及び北方向に75km、南側は農機までを含む範囲(図1の監視範囲A)	②竜巻対応開始	竜巻発生確度ナウキャスト(予測(60分先まで))「竜巻発生確度2」かつ雷ナウキャスト(予測(60分先まで))「雷活動度2以上」	・竜巻発生確度ナウキャスト 発電所を中心に南北方向20km×東西方向10kmの範囲(図1の監視範囲B) ・雷ナウキャスト 発電所を中心に南北方向2km×東西方向2kmの範囲(図1の監視範囲C)	資機材・車両等の固縛、人・車両の退避、排気筒モニタリング時の代替設備による対応等	<p>・資料構成の相違 【柏崎 6/7】 島根 2号炉は、竜巻準備体制の発令の判断基準について記載している</p> <p>・記載場所の相違 【東海第二】 島根 2号炉は、表 1 に各対応の判断基準及び対応を記載している</p>
アクションレベル	定義																										
1	準備体制確認 (対応体制確認及び監視強化)																										
2	準備作業開始 (竜巻襲来準備作業(物品の固縛、車両の退避等)の実施)																										
3	人員の避難																										
対応	判断基準	監視範囲	運用対策案																								
①監視強化及び注意喚起	雷注意報(竜巻)の発表	松江市、出雲市、雲南市、安来市、境港市、米子市	連絡体制の確認																								
	竜巻注意情報の発表	島根県東部、島根県西部、隠岐島取県中・西部																									
	竜巻発生確度ナウキャスト(実況)「竜巻発生確度2」かつ雷ナウキャスト(実況)「雷活動度2以上」	発電所を中心に東西及び北方向に75km、南側は農機までを含む範囲(図1の監視範囲A)																									
②竜巻対応開始	竜巻発生確度ナウキャスト(予測(60分先まで))「竜巻発生確度2」かつ雷ナウキャスト(予測(60分先まで))「雷活動度2以上」	・竜巻発生確度ナウキャスト 発電所を中心に南北方向20km×東西方向10kmの範囲(図1の監視範囲B) ・雷ナウキャスト 発電所を中心に南北方向2km×東西方向2kmの範囲(図1の監視範囲C)	資機材・車両等の固縛、人・車両の退避、排気筒モニタリング時の代替設備による対応等																								

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>各アクションレベルにおける判断基準と対応</u> <u>各アクションレベルの判断基準と対応の内容について、以下に示す。</u></p> <p>(1) <u>レベル 1: 準備体制確認</u> <u><判断基準></u> <u>以下の 2 つの状況の「or」条件とする。(これら情報の入手は、気象協会等の情報提供サービスを利用する。)</u></p> <p>① <u>雷注意報 (竜巻又は突風) の発報</u> ② <u>竜巻注意情報の発報</u></p> <p><u><対応></u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>判断基準情報発出の所内周知 (ページング)</u> ・<u>竜巻発生確度ナウキャスト (以下「竜巻NC」という。) 及び雷ナウキャスト (以下「雷NC」という。) の監視開始 (別図 4-1, 別図 4-2 参照)</u> ・<u>準備作業 (固縛, 退避等) の対応体制確認</u> ・<u>屋外作業の実施状況確認</u> ・<u>外殻防護の障壁となる扉等の開閉状況確認</u> <div data-bbox="982 982 1552 1444" data-label="Figure"> <p>竜巻NCの監視領域</p> <p>「発電所を含むメッシュ+周囲1メッシュ」の計9メッシュを、竜巻NCの監視領域とする (別図 4-1 参照)。</p> <p>別図 4-1 竜巻NCの監視領域</p> </div> <div data-bbox="982 1486 1552 1881" data-label="Figure"> <p>雷NCの監視領域</p> <p>「発電所を含む2メッシュ+周囲1メッシュ」の計12メッシュを、雷NCの監視領域とする (別図 4-2 参照)。</p> <p>別図 4-2 雷NCの監視領域</p> </div>	<div data-bbox="1733 1465 2457 1785" data-label="Figure"> </div> <p>図1 竜巻発生確度ナウキャスト, 雷ナウキャストの監視範囲</p>	<p>・記載場所の相違 【東海第二】 同上</p> <p>・ナウキャストの監視範囲の相違 【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><u>(2) レベル 2 : 準備作業開始</u></p> <p><u><判断基準></u> 以下の 2 つの情報の「and」条件とする。</p> <p><u>① 竜巻NCについて、発電所エリアに「発生確度 2」が認められる。</u></p> <p><u>② 雷NCについて、発電所エリアに「活動度 2 以上」が認められる。</u></p> <p><u><対応></u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>準備作業開始の所内指示 (ページング)</u> ・<u>津波監視カメラ, 目視等による上空の状況監視 (補助的に, NCの監視も継続)</u> ・<u>車両管理エリア内の車両の固縛若しくはエリア外への退避</u> ・<u>固縛解除中物品の再固縛</u> ・<u>外殻防護障壁となる扉等の閉止</u> <p><u>(3) レベル 3 : 人員の避難</u></p> <p><u><判断基準></u> 以下の①及び②の情報の「and」条件若しくは③の成立とする。</p> <p><u>① 竜巻NCについて、発電所エリアに「発生確度 2」が認められる。</u></p> <p><u>② 雷NCについて、発電所エリアに「活動度 3 以上」が認められる。</u></p> <p><u>③ 上空の状況監視において、竜巻の兆候※が認められる</u></p> <p><u>※ 以下の様な状況</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>「空が急に暗くなる, 激しい雨やひょうが降る, 雷が鳴る」 (=発達した積乱雲が近づいている兆候)</u> ・<u>「竜巻の漏斗雲や突風により舞い上がる飛散物が見える」</u> <p><u><対応></u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・<u>人員の退避の所内指示 (ページング)</u> ・<u>発電所内人員の屋内への避難</u> 		



(気象庁「竜巻などの激しい突風に関する気象情報の利活用について」抜粋)

4. 各アクションレベルの判断基準に用いる気象情報の妥当性

(1) 竜巻準備体制の確認の判断

気象情報：以下の or 条件

- ①雷注意報（竜巻又は突風）
- ②竜巻注意情報

別表 4-2 に、藤田スケール 1 以上の竜巻に対し、上記条件が竜巻を捕捉した確率を調査した結果を示す。

別表 4-2 準備体制確認の判断基準による竜巻の捕捉率

(気象庁HP「竜巻注意情報の発表状況」より、2010 年～2017 年 8 月までのデータを調査)

時間余裕	年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	合計	2013.3.14以降 ^{※1}	2016.12.15以降 ^{※2}
予見失敗		0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
10分以内		1	1	0	3	0	0	2	0	7	5	0
10分超～30分以内		0	2	0	2	0	0	1	0	5	3	0
30分超～40分以内		2	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0
40分超～50分以内		1	0	0	0	2	1	0	0	4	3	0
50分超～60分以内		0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0
60分超		4	1	8	16	4	8	10	5	56	41	6
計		8	5	10	21	6	9	14	5	78	53	6
全捕捉率		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	92.9%	100.0%	98.7%	98.1%	100.0%
猶予10分超での捕捉率		87.5%	80.0%	100.0%	85.7%	100.0%	100.0%	78.6%	100.0%	89.7%	88.7%	100.0%
猶予30分超での捕捉率		87.5%	40.0%	100.0%	76.2%	100.0%	100.0%	71.4%	100.0%	83.3%	83.0%	100.0%
猶予40分超での捕捉率		62.5%	40.0%	90.0%	76.2%	100.0%	100.0%	71.4%	100.0%	79.5%	83.0%	100.0%
猶予60分超での捕捉率		50.0%	20.0%	80.0%	76.2%	66.7%	88.9%	71.4%	100.0%	71.8%	77.4%	100.0%

※1 全国気象レーダーのドップラーレーダー化完了日。観測精度の向上が期待できる期間として設定。
 ※2 竜巻注意情報の単位領域の細分化開始日。

捕捉率はほぼ 100%であり、また、近年のデータからは猶予時

3. 各実施基準の判断基準に用いる気象情報の妥当性

(1) 監視強化及び注意喚起の確認の判断

気象情報：以下の or 条件

- ①雷注意報（竜巻）
- ②竜巻注意情報
- ③竜巻発生確度ナウキャスト（実況）「竜巻発生確度2」かつ雷ナウキャスト（実況）「雷活動度2以上」

表 2 に、藤田スケール 1 以上の竜巻に対し、上記条件のうち、①雷注意報（竜巻）、②竜巻注意情報が竜巻を捕捉した確率を調査した結果を示す。

表 2 ①雷注意報（竜巻）及び②竜巻注意情報による竜巻の捕捉率

(気象庁HP「竜巻注意情報の発表状況」より、2010 年～2018 年 12 月までのデータを調査)

時間余裕	年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	合計	2013.3.14以降 ^{※1}	2016.12.15以降 ^{※2}
予見失敗		0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	2	1
10分以内		1	1	0	3	0	0	2	0	0	7	5	0
10分超～30分以内		0	2	0	2	0	0	1	0	1	6	4	1
30分超～40分以内		2	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0
40分超～50分以内		1	0	0	0	2	1	0	0	1	5	4	1
50分超～60分以内		0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
60分超		4	1	8	16	4	8	10	5	10	66	51	16
計		8	5	10	21	6	9	14	5	13	91	66	19
全捕捉率		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	92.9%	100.0%	92.3%	97.8%	97.0%	94.7%
猶予10分超での捕捉率		87.5%	80.0%	100.0%	85.7%	100.0%	100.0%	78.6%	100.0%	92.3%	90.1%	89.4%	94.7%
猶予30分超での捕捉率		87.5%	40.0%	100.0%	76.2%	100.0%	100.0%	71.4%	100.0%	84.6%	83.5%	83.3%	89.5%
猶予40分超での捕捉率		62.5%	40.0%	90.0%	76.2%	100.0%	100.0%	71.4%	100.0%	84.6%	80.2%	83.3%	89.5%
猶予60分超での捕捉率		50.0%	20.0%	80.0%	76.2%	66.7%	88.9%	71.4%	100.0%	76.9%	72.5%	71.3%	84.2%

※1 全国気象レーダーのドップラーレーダー化完了日。観測精度の向上が期待できる期間として設定。
 ※2 竜巻注意情報の単位領域の細分化開始日。

捕捉率はほぼ 100%であり、また、近年のデータからは猶予時

・判断基準の相違

【東海第二】

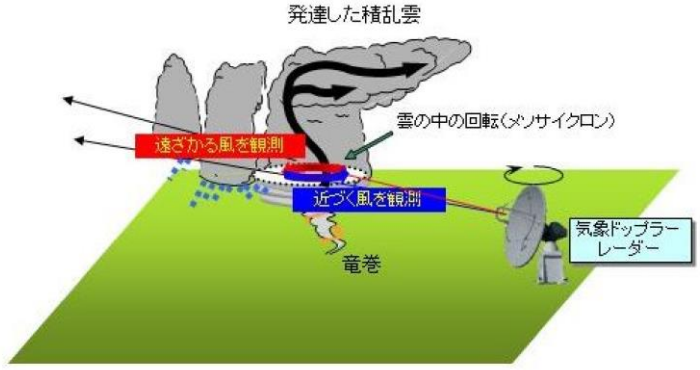
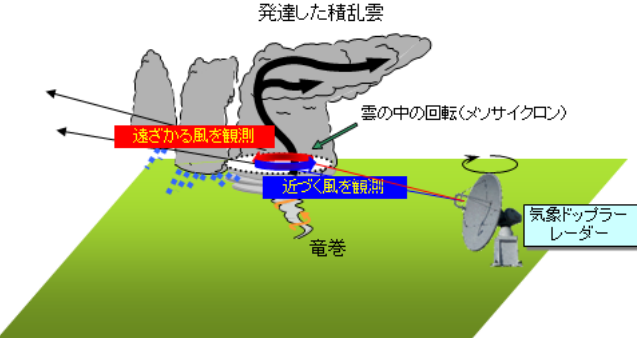
島根 2 号炉は、監視強化及び注意喚起の判断基準に雷注意報（突風）を使用しておらず、竜巻発生確度ナウキャスト（実況）「竜巻発生確度 2」かつ雷ナウキャスト（実況）「雷活動度 2 以上」を使用している

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>時間 30 分以上での捕捉率についても改善傾向が認められる。したがって、「雷注意報 (竜巻又は突風)」又は「竜巻注意情報」を判断基準とすることにより、竜巻準備体制を整えるための猶予時間は確保できると考える。</p> <p>【以下、比較のため再掲】</p> <p>(2) 準備作業開始の判断</p> <p>藤田スケール(Fスケール)の被害指標ではF3の場合に「自動車は持ち上げられて飛ばされる。」となっており、万一衝突した場合の影響が大きい車両が評価対象施設及び防護対策設備に影響を及ぼす竜巻のスケールはF3スケール以上と考えられるが、別表 4-3 のとおり、ナウキャスト運用開始後に発生したF3スケール以上の竜巻については竜巻発生確度 2 が事前に出されていることから、「竜巻発生確度 2」を用いることで、F3スケールの竜巻の予測は可能と考える。</p> <p>別表 4-3 竜巻NCによるF3竜巻の予測実績</p> <table border="1" data-bbox="946 1075 1685 1243"> <thead> <tr> <th>発生時間</th> <th>発生箇所</th> <th>竜巻発生確度及び発令時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2012. 5. 6 12 : 35~12 : 53</td> <td>茨城県常総市</td> <td>確度 2 (12 : 20)</td> </tr> </tbody> </table> <p>また、雷は積乱雲内の上昇気流によって発生する※1 ことから、雷NCも考慮に加えることとした。</p> <p>強い竜巻は、スーパーセルと呼ばれる発達した積乱雲の下で発生する。竜巻NCの発生確度 2 は、メソサイクロン (スーパーセル中にある水平規模数 km の小さな低気圧) の検出が条件となっているが、これはメソサイクロン付近で竜巻などの激しい突風の可能性がある判断される※2 ためである。更に降水強度を低めに見積もることによって、発達中の積乱雲から発生する突風を見逃さないようにしている。</p> <p>積乱雲は成長期、成熟期及び衰退期の 3 段階のライフサイクルで形成、消滅する※2 が、このサイクル中で竜巻及び雷が発生するのは積乱雲が最も発達した成熟期であり、この成熟期の初期段階又は発達した積乱雲の接近を把握する方法として、雷NCを利用する。</p>	発生時間	発生箇所	竜巻発生確度及び発令時間	2012. 5. 6 12 : 35~12 : 53	茨城県常総市	確度 2 (12 : 20)	<p>間 30 分以上での捕捉率についても改善傾向が認められる。したがって、「雷注意報 (竜巻)」又は「竜巻注意情報」を判断基準とすることにより、竜巻準備体制を整えるための猶予時間は確保できると考える。</p> <p>また、より信頼性が高い判断基準となるよう③竜巻発生確度ナウキャスト (実況)「竜巻発生確度 2」かつ雷ナウキャスト (実況)「雷活動度 2 以上」も考慮する。</p> <p>藤田スケール(Fスケール)の被害指標ではF3の場合に「自動車は持ち上げられて飛ばされる。」となっており、万一衝突した場合の影響が大きい車両が評価対象施設及び防護対策設備に影響を及ぼす竜巻のスケールはF3スケール以上と考えられるが、表 3 のとおり、ナウキャスト運用開始後に発生したF3スケール以上の竜巻については竜巻発生確度 2 が事前に出されていることから、「竜巻発生確度 2」を用いることで、F3スケールの竜巻の予測は可能と考える。</p> <p>表 3 竜巻ナウキャストによるF3竜巻の予測実績</p> <table border="1" data-bbox="1724 1056 2484 1251"> <thead> <tr> <th>発生時間</th> <th>発生箇所</th> <th>竜巻発生確度及び発令時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2012. 5. 6 12 : 35~12 : 53</td> <td>茨城県常総市</td> <td>確度 2 (12 : 20)</td> </tr> </tbody> </table> <p>また、雷は積乱雲内の上昇気流によって発生する※1 ことから、雷ナウキャストも考慮に加えることとした。</p> <p>強い竜巻は、スーパーセルと呼ばれる発達した積乱雲の下で発生する。竜巻ナウキャストの発生確度 2 は、メソサイクロン (スーパーセル中にある水平規模数 km の小さな低気圧) の検出が条件となっているが、これはメソサイクロン付近で竜巻などの激しい突風の可能性がある判断される※2 ためである。更に降水強度を低めに見積もることによって、発達中の積乱雲から発生する突風を見逃さないようにしている。</p> <p>積乱雲は成長期、成熟期及び衰退期の 3 段階のライフサイクルで形成、消滅する※2 が、このサイクル中で竜巻及び雷が発生するのは積乱雲が最も発達した成熟期であり、この成熟期の初期段階又は発達した積乱雲の接近を把握する方法として、雷ナウキャストを利用する。</p>	発生時間	発生箇所	竜巻発生確度及び発令時間	2012. 5. 6 12 : 35~12 : 53	茨城県常総市	確度 2 (12 : 20)	<p>・判断基準の相違 【東海第二】 同上</p>
発生時間	発生箇所	竜巻発生確度及び発令時間													
2012. 5. 6 12 : 35~12 : 53	茨城県常総市	確度 2 (12 : 20)													
発生時間	発生箇所	竜巻発生確度及び発令時間													
2012. 5. 6 12 : 35~12 : 53	茨城県常総市	確度 2 (12 : 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						
	<p>雷NCの活動度 2 は、上空の放電状態や発達した積乱雲の周辺を表しており、竜巻が発生する可能性が高い発達した積乱雲の発生又は接近を予告する指標として活用できると考える。また、ノウキャストにおいては予測だけでなく直近の過去のデータ及び予測値を見ることが可能であるため、準備体制の確認の段階においてノウキャストを監視することにより、積乱雲の状況を確認することが可能である。</p> <p>以上より、竜巻NCの発生確度 2 に雷NCの活動度 2 以上の組み合わせを、強い竜巻が発生するおそれが高まっていることの指標とすることは妥当であると判断した。</p> <p>【ここまで】</p> <p>(2) <u>準備作業開始の判断</u></p> <p>気象情報：以下の and 条件</p> <p>①竜巻NC「発生確度 2」</p> <p>②雷NC「活動度 2以上」</p> <p>藤田スケール(Fスケール)の被害指標ではF 3の場合に「自動車は持ち上げられて飛ばされる。」となっており、万一衝突した場合の影響が大きい車両が評価対象施設及び防護対策設備に影響を及ぼす竜巻のスケールはF 3スケール以上と考えられるが、別表 4-3 のとおり、ノウキャスト運用開始後に発生したF 3スケール以上の竜巻については竜巻発生確度 2 が事前に出されていることから、「竜巻発生確度 2」を用いることで、F 3スケールの竜巻の予測は可能と考える。</p> <p>別表 4-3 竜巻NCによるF 3竜巻の予測実績</p> <table border="1" data-bbox="946 1703 1685 1871"> <thead> <tr> <th>発生時間</th> <th>発生箇所</th> <th>竜巻発生確度及び発令時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2012. 5. 6 12 : 35~12 : 53</td> <td>茨城県常総市</td> <td>確度 2 (12 : 20)</td> </tr> </tbody> </table>	発生時間	発生箇所	竜巻発生確度及び発令時間	2012. 5. 6 12 : 35~12 : 53	茨城県常総市	確度 2 (12 : 20)	<p><u>雷ノウキャストの活動度 2 は、上空の放電状態や発達した積乱雲の周辺を表しており、竜巻が発生する可能性が高い発達した積乱雲の発生又は接近を予告する指標として活用できると考える。また、ノウキャストにおいては予測だけでなく直近の過去のデータ及び予測値を見ることが可能であるため、準備体制の確認の段階においてノウキャストを監視することにより、積乱雲の状況を確認することが可能である。</u></p> <p><u>以上より、竜巻ノウキャストの発生確度 2 に雷ノウキャストの活動度 2 以上の組み合わせを、強い竜巻が発生するおそれが高まっていることの指標とすることは妥当であると判断した。</u></p> <p>(2) <u>竜巻対応開始の判断</u></p> <p><u>気象情報：以下の and 条件</u></p> <p>① <u>竜巻発生確度ノウキャスト (予測 (60 分先まで))</u> <u>「竜巻発生確度 2」</u></p> <p>② <u>雷ノウキャスト (予測 (60 分先まで))</u> <u>「雷活動度 2以上」</u></p>	<p>・判断基準の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根 2号炉は、竜巻発生確度ノウキャスト及び雷ノウキャストの予測情報も含めて判断基準にしている</p> <p>(島根 2号炉は「3. (1) 監視強化及び注意喚起の確認の判断」で記載)</p>
発生時間	発生箇所	竜巻発生確度及び発令時間							
2012. 5. 6 12 : 35~12 : 53	茨城県常総市	確度 2 (12 : 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
	<p>また、雷は積乱雲内の上昇気流によって発生する※1 ことから、雷NCも考慮に加えることとした。</p> <p>強い竜巻は、スーパーセルと呼ばれる発達した積乱雲の下で発生する。竜巻NCの発生確度 2 は、メソサイクロン（スーパーセル中にある水平規模数 km の小さな低気圧）の検出が条件となっているが、これはメソサイクロン付近で竜巻などの激しい突風の可能性がある判断される※2ためである。更に降水強度を低めに見積もることによって、発達中の積乱雲から発生する突風を見逃さないようにしている。</p> <p>積乱雲は成長期、成熟期及び衰退期の 3 段階のライフサイクルで形成、消滅する※2が、このサイクル中で竜巻及び雷が発生するのは積乱雲が最も発達した成熟期であり、この成熟期の初期段階又は発達した積乱雲の接近を把握する方法として、雷NCを利用する。</p> <p>雷NCの活動度 2 は、上空の放電状態や発達した積乱雲の周辺を表しており、竜巻が発生する可能性が高い発達した積乱雲の発生又は接近を予告する指標として活用できると考える。また、ナウキャストにおいては予測だけでなく直近の過去のデータ及び予測値を見ることが可能であるため、準備体制の確認の段階においてナウキャストを監視することにより、積乱雲の状況を確認することが可能である。</p> <p>以上より、竜巻NCの発生確度 2 に雷NCの活動度 2 以上の組み合わせを、強い竜巻が発生するおそれが高まっていることの指標とすることは妥当であると判断した。</p> <p><u>(3) 人員の避難の判断</u> <u>気象情報：以下の and 条件</u> <u>①竜巻NC「発生確度 2」</u> <u>②雷NC「活動度 3 以上」</u> <u>(また、気象情報とは別に「③上空の状況監視において、竜巻の兆候が認められる」場合も判断基準としている。)</u></p> <p><u>雷は積乱雲内の上昇気流によって発生するため、落雷が発生している場所（雷活動度 3 以上の地域）は強い上昇気流場であると言えるが、雷NCの活動度 3 以上の場所は、既に対地放電が起きている強い放電密度を持った場所を表しており、強い雷雲の位置を示していることになる。</u></p>		<p>・判断基準の相違 【東海第二】 島根 2 号炉は、人員の避難を(2) 竜巻対応開始で実施する。また、雷ナウキャストの活動度 3 以上を判断基準としていない。</p> <p>・判断基準の相違 【東海第二】 島根 2 号炉は、雷ナウキャストの活動度 3 以上を判断基準としていない。</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>また、雷活動度の予測には盛衰傾向による補正が加えられており、現時点では成長期や成熟期初期にある積乱雲に対して継続時間を考慮した予測がなされている。すなわち、単純な積乱雲の移動による雷の発生の予測でなく、積乱雲の発達も考慮に加えられている^{※2}。</p> <p>以上より、竜巻NCの発生確度 2 と雷NCの活動度 3 以上の組み合わせを、強い竜巻の発生の指標とすることは妥当であると判断した。</p> <p>なお、人員の避難はプラント運用面への負担が大きな対策であると考えられるため、ナウキャストの値だけでなく、現場の気象状況も加味して判断することが現実的と考えられる^{※3}ことから、カメラ等を用いた上空の監視も判断基準に加えることとしている。</p> <p>※1 大野久雄：雷雨とメソ気象（2001，東京堂出版） ※2 雷ナウキャストにおける雷の解析・予測技術と利用方法（測候時報 78.3 2011） ※3 竜巻などの激しい突風に関する気象情報の利活用について（H22.3 気象庁）</p> <p>『竜巻注意情報や竜巻発生確度ナウキャストは、適中率が低く空振りが多くなるため、これらの発表と連動して負担（対策に要する時間や手間、及び対策の影響）の大きな対策を実施するのは難しいのが現状である。</p> <p>したがって、「空の様子に注意する」など、なるべく負担の小さな対策から実施するのが適当であり、負担の大きな対策の実施については、発生確度 1 や 2 の発表に現場の気象状況を加味して判断するのが現実的な利用方法といえる。』</p>	<p><u>雷活動度の予測には盛衰傾向による補正が加えられており、現時点では成長期や成熟期初期にある積乱雲に対して継続時間を考慮した予測がなされている。すなわち、単純な積乱雲の移動による雷の発生の予測でなく、積乱雲の発達も考慮に加えられている^{※2}。</u></p> <p><u>以上より、予測を含む竜巻ナウキャストの発生確度 2 と雷ナウキャストの活動度 2 以上の組み合わせを、強い竜巻の発生の指標とすることは妥当であると判断した。</u></p> <p><u>なお、人員の避難はプラント運用面への負担が大きな対策であると考えられるため、ナウキャストの値だけでなく、現場の気象状況も加味して判断することが現実的と考えられる^{※3}ことから、カメラ等を用いた上空の監視も判断基準に加えることとしている。</u></p> <p><u>※1 大野久雄：雷雨とメソ気象（2001，東京堂出版）</u> <u>※2 雷ナウキャストにおける雷の解析・予測技術と利用方法（測候時報 78.3 2011）</u> <u>※3 竜巻などの激しい突風に関する気象情報の利活用について（H22.3 気象庁）</u></p> <p><u>『竜巻注意情報や竜巻発生確度ナウキャストは、適中率が低く空振りが多くなるため、これらの発表と連動して負担（対策に要する時間や手間、及び対策の影響）の大きな対策を実施するのは難しいのが現状である。</u></p> <p><u>したがって、「空の様子に注意する」など、なるべく負担の小さな対策から実施するのが適当であり、負担の大きな対策の実施については、発生確度 1 や 2 の発表に現場の気象状況を加味して判断するのが現実的な利用方法といえる。』</u></p>	

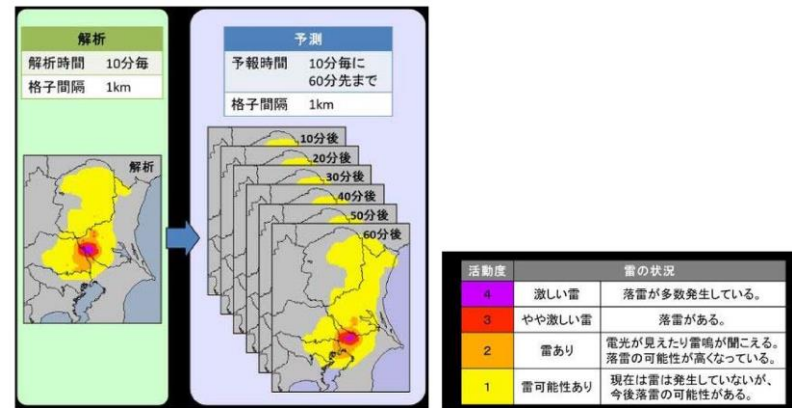
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
	<p style="text-align: center;">(参考)</p> <p style="text-align: center;">竜巻発生確度ナウキャスト及び雷ナウキャスト</p> <p>(1) 竜巻発生確度ナウキャストとは</p> <p>10km 格子単位で「竜巻が発生する可能性の程度」を2つの階級(発生確度 1, 2)で解析し、10分ごとに1時間先までの予測を行うもの。</p> <p>竜巻などの激しい突風は、規模が小さくレーダーなどの観測機器で直接実体を捉えることができないため、竜巻をもたらす発達した積乱雲の中にある直径数キロのメソサイクロンの検出又は、大気環境、積乱雲の発生場所・発達状況から突風の発生可能性を表す指数「突風危険指数」が基準を満たした場合に発生確度の解析を開始し、降水強度の解析と重ねて降水強度が強い格子を発生確度 1, 2 と判定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発生確度 1 メソサイクロンの検出又は突風危険指数の基準を満たした(OR 条件)格子の周辺 100km 範囲は「積乱雲が発生すれば突風の可能性がある」領域(発生確度 1 背景)と考え、この領域の降水強度が強い格子が「発生確度 1」と判定する。 ・発生確度 2 メソサイクロンの検出及び突風危険指数の基準を満たした(AND 条件)格子の周辺 40km 範囲は「積乱雲が発生すれば突風の可能性が発生確度 1 背景より高い」領域(発生確度 2 背景)と考え、この領域の降水強度が強い格子が「発生確度 2」と判定する。  <p>出典：竜巻などの激しい突風に関する気象情報の利活用について：平成22年3月気象庁</p>	<p style="text-align: center;">(参考)</p> <p style="text-align: center;">竜巻発生確度ナウキャスト及び雷ナウキャスト</p> <p>(1) 竜巻発生確度ナウキャストとは</p> <p><u>10km 格子単位で「竜巻が発生する可能性の程度」を2つの階級(発生確度 1, 2)で解析し、10分ごとに1時間先までの予測を行うもの。</u></p> <p><u>竜巻などの激しい突風は、規模が小さくレーダーなどの観測機器で直接実体を捉えることができないため、竜巻をもたらす発達した積乱雲の中にある直径数キロのメソサイクロンの検出又は、大気環境、積乱雲の発生場所・発達状況から突風の発生可能性を表す指数「突風危険指数」が基準を満たした場合に発生確度の解析を開始し、降水強度の解析と重ねて降水強度が強い格子を発生確度 1, 2 と判定する。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・発生確度 1 <u>メソサイクロンの検出又は突風危険指数の基準を満たした(OR 条件)格子の周辺 100km 範囲は「積乱雲が発生すれば突風の可能性がある」領域(発生確度 1 背景)と考え、この領域の降水強度が強い格子が「発生確度 1」と判定する。</u> ・発生確度 2 <u>メソサイクロンの検出及び突風危険指数の基準を満たした(AND 条件)格子の周辺 40km 範囲は「積乱雲が発生すれば突風の可能性が発生確度 1 背景より高い」領域(発生確度 2 背景)と考え、この領域の降水強度が強い格子が「発生確度 2」と判定する。</u>  <p><u>出典：竜巻などの激しい突風に関する気象情報の利活用について：平成 22 年 3 月気象庁</u></p>	

(2) 雷ナウキャストとは

雷ナウキャストは、雷の激しさや雷の可能性を 1km 格子単位で解析し、その 1 時間後 (10 分先~60 分先) までの予測を行うもので、10 分ごとに更新して気象庁より提供される。

雷の解析は、雷監視システムによる雷放電の検知及びレーダー観測などを基にして活動度 1~4 で表される。予測については、雷雲の移動方向に移動させるとともに、雷雲の盛衰の傾向も考慮している。

雷ナウキャストでは、雷監視システムによる雷放電の検知数が多いほど激しい雷 (活動度が高い) としており、雷放電を検知していない場合でも、雷雲の特徴から雷雲解析をするとともに、雷雲が発達する可能性のある領域も解析している。



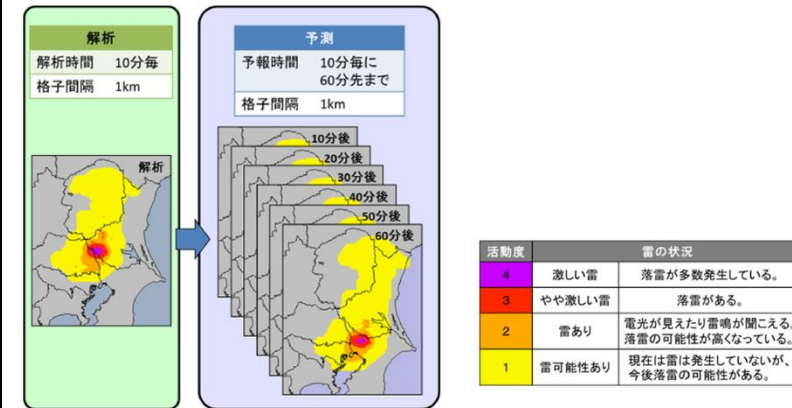
出典：雷ナウキャストとは 気象庁HP

(2) 雷ナウキャストとは

雷ナウキャストは、雷の激しさや雷の可能性を 1km 格子単位で解析し、その 1 時間後 (10 分先~60 分先) までの予測を行うもので、10 分ごとに更新して気象庁より提供される。

雷の解析は、雷監視システムによる雷放電の検知及びレーダー観測などを基にして活動度 1~4 で表される。予測については、雷雲の移動方向に移動させるとともに、雷雲の盛衰の傾向も考慮している。

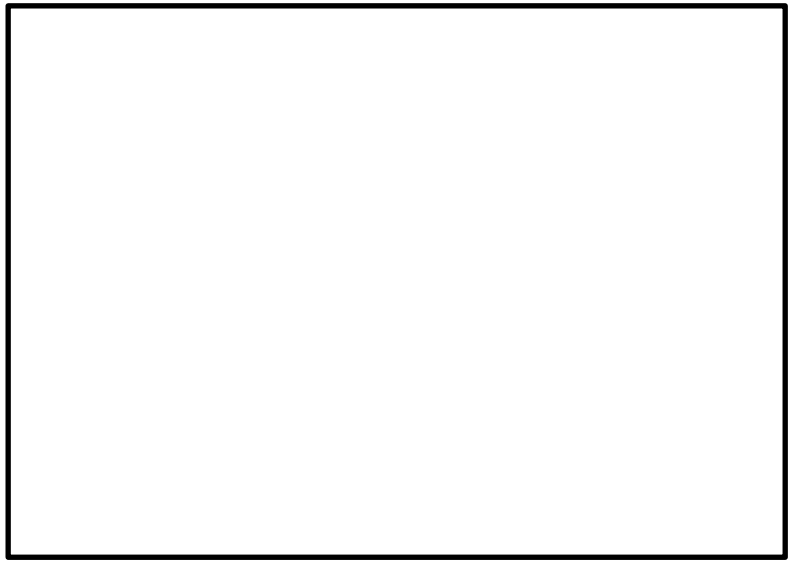
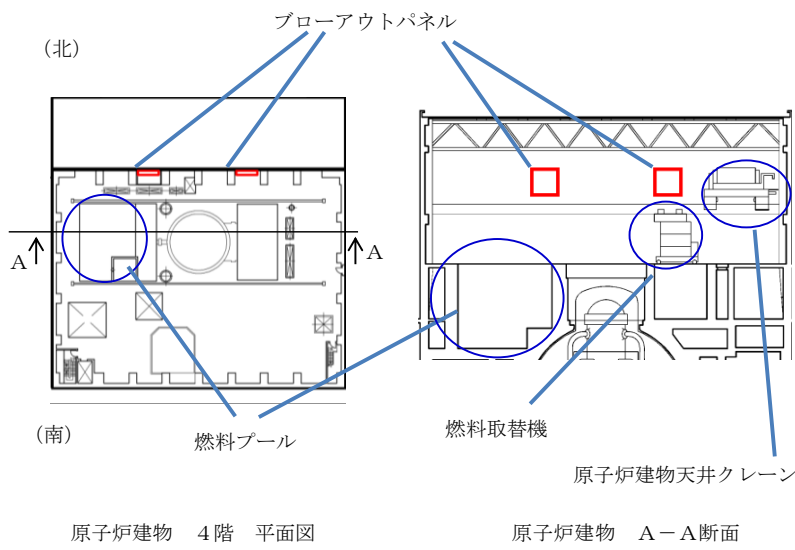
雷ナウキャストでは、雷監視システムによる雷放電の検知数が多いほど激しい雷 (活動度が高い) としており、雷放電を検知していない場合でも、雷雲の特徴から雷雲解析をするとともに、雷雲が発達する可能性のある領域も解析している。



出典：雷ナウキャストとは 気象庁HP

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 8-5</p> <p>原子炉建屋ブローアウトパネルに対する対応方針について</p> <p>1. 概要 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（以下「ブローアウトパネル」という。）の竜巻に対する対応方針について整理した。</p> <p>2. 竜巻によるブローアウトパネルの機能への影響と基本対応方針 竜巻襲来時にブローアウトパネルに想定される状態，プラントへの影響及び対応方針を整理した結果を別表 5-1 に示す。</p> <p>飛来物によるブローアウトパネルの損傷（貫通）については，ブローアウトパネルへの飛来物防護対策を行う方針とする。 また，設計竜巻による気圧低下に伴う気圧差によるブローアウトパネルの開放に伴って生じる原子炉建屋原子炉棟外壁開口部への竜巻の影響及び防護方針については，3. にて整理する。</p> <p>別表 5-1 竜巻襲来時のブローアウトパネル状態とプラントへの影響と対応</p> <table border="1" data-bbox="937 1419 1679 1839"> <thead> <tr> <th>竜巻襲来時のブローアウトパネルの状態</th> <th>プラントへの影響</th> <th>基本対応方針</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">気圧差による開放</td> <td>原子炉建屋原子炉棟の閉じ込め機能の喪失</td> <td>設計基準事故と竜巻の重畳の頻度は十分小さいため，開放した場合は再閉止措置をする。</td> </tr> <tr> <td>開口部の発生による，建屋内部の外部事象防護対象施設への竜巻荷重（風圧力，飛来物）の作用</td> <td>各外部事象防護対象施設の配置状況等を踏まえて以下対策の実施 ・風圧力に対する評価 ・飛来物の侵入防止</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">飛来物による損傷（貫通）</td> <td>原子炉建屋原子炉棟の閉じ込め機能の喪失</td> <td>ブローアウトパネルへの飛来物防護対策の実施 (上記対策により包含される)</td> </tr> <tr> <td>飛来物の侵入による，建屋内部の外部事象防護対象施設の損傷</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	竜巻襲来時のブローアウトパネルの状態	プラントへの影響	基本対応方針	気圧差による開放	原子炉建屋原子炉棟の閉じ込め機能の喪失	設計基準事故と竜巻の重畳の頻度は十分小さいため，開放した場合は再閉止措置をする。	開口部の発生による，建屋内部の外部事象防護対象施設への竜巻荷重（風圧力，飛来物）の作用	各外部事象防護対象施設の配置状況等を踏まえて以下対策の実施 ・風圧力に対する評価 ・飛来物の侵入防止	飛来物による損傷（貫通）	原子炉建屋原子炉棟の閉じ込め機能の喪失	ブローアウトパネルへの飛来物防護対策の実施 (上記対策により包含される)	飛来物の侵入による，建屋内部の外部事象防護対象施設の損傷		<p style="text-align: right;">別紙-4</p> <p>原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルに対する対応方針について</p> <p>1. 概要 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下，「ブローアウトパネル」という。）の竜巻に対する対応方針について整理した。</p> <p>2. 竜巻によるブローアウトパネルの機能への影響と基本対応方針 竜巻襲来時にブローアウトパネルに想定される状態，プラントへの影響及び対応方針を整理した結果を表 1 に示す。 ブローアウトパネルは原子炉建物 4 階の北側 2 箇所の設置されている。 飛来物によるブローアウトパネルの損傷（貫通）については，ブローアウトパネルへの飛来物防護対策を行う方針とする。 また，ブローアウトパネルが設計竜巻により生じる気圧差で開放した場合には安全上支障のない期間に補修（再閉止措置）を行う設計とする。 ブローアウトパネルが開放したときの外壁開口部への竜巻の影響及び防護方針については，3. にて整理する。</p> <p>表 1 竜巻襲来時のブローアウトパネル状態とプラントへの影響と対応</p> <table border="1" data-bbox="1724 1413 2487 1887"> <thead> <tr> <th>竜巻襲来時のブローアウトパネルの状態</th> <th>プラントへの影響</th> <th>基本対応方針</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">気圧差による開放</td> <td>原子炉建物の閉じ込め機能の喪失</td> <td>設計基準事故と竜巻の重畳頻度は十分小さい。設計竜巻により生じる気圧差で開放した場合は安全上支障のない期間に補修（再閉止措置）をする。</td> </tr> <tr> <td>開口部の発生による，建物内部の評価対象施設への竜巻荷重（風圧力，飛来物）の作用</td> <td>各評価対象施設の配置状況等を踏まえ以下の対策を実施。 ・風圧力に対する評価 ・飛来物の侵入防止</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">飛来物による損傷（貫通）</td> <td>原子炉建物の閉じ込め機能の喪失</td> <td>(飛来物の侵入防止対策に包含される)</td> </tr> <tr> <td>飛来物の侵入による，建物内部の評価対象施設の損傷</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	竜巻襲来時のブローアウトパネルの状態	プラントへの影響	基本対応方針	気圧差による開放	原子炉建物の閉じ込め機能の喪失	設計基準事故と竜巻の重畳頻度は十分小さい。設計竜巻により生じる気圧差で開放した場合は安全上支障のない期間に補修（再閉止措置）をする。	開口部の発生による，建物内部の評価対象施設への竜巻荷重（風圧力，飛来物）の作用	各評価対象施設の配置状況等を踏まえ以下の対策を実施。 ・風圧力に対する評価 ・飛来物の侵入防止	飛来物による損傷（貫通）	原子炉建物の閉じ込め機能の喪失	(飛来物の侵入防止対策に包含される)	飛来物の侵入による，建物内部の評価対象施設の損傷		<p>原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルに対する対応方針について</p> <p>1. 概要 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル（以下，「ブローアウトパネル」という。）の竜巻に対する対応方針について整理した。</p> <p>2. 竜巻によるブローアウトパネルの機能への影響と基本対応方針 竜巻襲来時にブローアウトパネルに想定される状態，プラントへの影響及び対応方針を整理した結果を表 1 に示す。 ブローアウトパネルは原子炉建物 4 階の北側 2 箇所の設置されている。 飛来物によるブローアウトパネルの損傷（貫通）については，ブローアウトパネルへの飛来物防護対策を行う方針とする。 また，ブローアウトパネルが設計竜巻により生じる気圧差で開放した場合には安全上支障のない期間に補修（再閉止措置）を行う設計とする。 ブローアウトパネルが開放したときの外壁開口部への竜巻の影響及び防護方針については，3. にて整理する。</p> <p>表 1 竜巻襲来時のブローアウトパネル状態とプラントへの影響と対応</p> <table border="1" data-bbox="1724 1413 2487 1887"> <thead> <tr> <th>竜巻襲来時のブローアウトパネルの状態</th> <th>プラントへの影響</th> <th>基本対応方針</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">気圧差による開放</td> <td>原子炉建物の閉じ込め機能の喪失</td> <td>設計基準事故と竜巻の重畳頻度は十分小さい。設計竜巻により生じる気圧差で開放した場合は安全上支障のない期間に補修（再閉止措置）をする。</td> </tr> <tr> <td>開口部の発生による，建物内部の評価対象施設への竜巻荷重（風圧力，飛来物）の作用</td> <td>各評価対象施設の配置状況等を踏まえ以下の対策を実施。 ・風圧力に対する評価 ・飛来物の侵入防止</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">飛来物による損傷（貫通）</td> <td>原子炉建物の閉じ込め機能の喪失</td> <td>(飛来物の侵入防止対策に包含される)</td> </tr> <tr> <td>飛来物の侵入による，建物内部の評価対象施設の損傷</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	竜巻襲来時のブローアウトパネルの状態	プラントへの影響	基本対応方針	気圧差による開放	原子炉建物の閉じ込め機能の喪失	設計基準事故と竜巻の重畳頻度は十分小さい。設計竜巻により生じる気圧差で開放した場合は安全上支障のない期間に補修（再閉止措置）をする。	開口部の発生による，建物内部の評価対象施設への竜巻荷重（風圧力，飛来物）の作用	各評価対象施設の配置状況等を踏まえ以下の対策を実施。 ・風圧力に対する評価 ・飛来物の侵入防止	飛来物による損傷（貫通）	原子炉建物の閉じ込め機能の喪失	(飛来物の侵入防止対策に包含される)	飛来物の侵入による，建物内部の評価対象施設の損傷		<p>・資料構成の相違 【柏崎 6/7】 島根 2 号炉は，原子炉建物ブローアウトパネルに対する対応方針について記載</p> <p>・記載方針の相違 【東海第二】 島根 2 号炉は，ブローアウトパネルの設置位置について記載している</p>
竜巻襲来時のブローアウトパネルの状態	プラントへの影響	基本対応方針																																								
気圧差による開放	原子炉建屋原子炉棟の閉じ込め機能の喪失	設計基準事故と竜巻の重畳の頻度は十分小さいため，開放した場合は再閉止措置をする。																																								
	開口部の発生による，建屋内部の外部事象防護対象施設への竜巻荷重（風圧力，飛来物）の作用	各外部事象防護対象施設の配置状況等を踏まえて以下対策の実施 ・風圧力に対する評価 ・飛来物の侵入防止																																								
飛来物による損傷（貫通）	原子炉建屋原子炉棟の閉じ込め機能の喪失	ブローアウトパネルへの飛来物防護対策の実施 (上記対策により包含される)																																								
	飛来物の侵入による，建屋内部の外部事象防護対象施設の損傷																																									
竜巻襲来時のブローアウトパネルの状態	プラントへの影響	基本対応方針																																								
気圧差による開放	原子炉建物の閉じ込め機能の喪失	設計基準事故と竜巻の重畳頻度は十分小さい。設計竜巻により生じる気圧差で開放した場合は安全上支障のない期間に補修（再閉止措置）をする。																																								
	開口部の発生による，建物内部の評価対象施設への竜巻荷重（風圧力，飛来物）の作用	各評価対象施設の配置状況等を踏まえ以下の対策を実施。 ・風圧力に対する評価 ・飛来物の侵入防止																																								
飛来物による損傷（貫通）	原子炉建物の閉じ込め機能の喪失	(飛来物の侵入防止対策に包含される)																																								
	飛来物の侵入による，建物内部の評価対象施設の損傷																																									
竜巻襲来時のブローアウトパネルの状態	プラントへの影響	基本対応方針																																								
気圧差による開放	原子炉建物の閉じ込め機能の喪失	設計基準事故と竜巻の重畳頻度は十分小さい。設計竜巻により生じる気圧差で開放した場合は安全上支障のない期間に補修（再閉止措置）をする。																																								
	開口部の発生による，建物内部の評価対象施設への竜巻荷重（風圧力，飛来物）の作用	各評価対象施設の配置状況等を踏まえ以下の対策を実施。 ・風圧力に対する評価 ・飛来物の侵入防止																																								
飛来物による損傷（貫通）	原子炉建物の閉じ込め機能の喪失	(飛来物の侵入防止対策に包含される)																																								
	飛来物の侵入による，建物内部の評価対象施設の損傷																																									

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. 竜巻によるブローアウトパネルの開放に伴う影響評価及び防護方針</p> <p>ブローアウトパネルは、設計竜巻による気圧低下に伴う気圧差で開放する可能性があり、その際に原子炉建屋原子炉棟外壁には開口が生じた状態となることから、当該状態に対する竜巻による影響を評価し、<u>防護方針を整理した。</u></p> <p>3.1 <u>竜巻によるブローアウトパネルの開放の影響を受ける原子炉建屋原子炉棟内の外部事象防護対象施設</u></p> <p>ブローアウトパネルが設置されている原子炉建屋原子炉棟 5階及び 6 階の内部に配置される外部事象防護対象施設を別表 5-2 に、外部事象防護対象施設及びブローアウトパネルの配置を別図 5-1 に示す。</p> <p>なお、原子炉建屋原子炉棟 5 階の東側エリアのブローアウトパネルは閉止する方針であることから、竜巻による影響評価の対象外とする。</p> <p><u>別表 5-2 原子炉建屋原子炉棟 5 階及び 6 階の外部事象防護対象施設</u></p> <table border="1" data-bbox="943 1108 1668 1474"> <thead> <tr> <th colspan="2">フロア</th> <th>外部事象防護対象施設</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">6 階</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料プール (①) ・燃料プール冷却浄化系真空破壊弁 (②) ・燃料交換機 (③) ・原子炉建屋天井クレーン (④) </td> </tr> <tr> <td rowspan="2">5 階</td> <td>東側</td> <td>(ブローアウトパネル閉止により対象施設なし)</td> </tr> <tr> <td>西側</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ・ほう酸水注入系設備 (⑤) (ポンプ, タンク, 弁, 配管等) </td> </tr> </tbody> </table>	フロア		外部事象防護対象施設	6 階		<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料プール (①) ・燃料プール冷却浄化系真空破壊弁 (②) ・燃料交換機 (③) ・原子炉建屋天井クレーン (④) 	5 階	東側	(ブローアウトパネル閉止により対象施設なし)	西側	<ul style="list-style-type: none"> ・ほう酸水注入系設備 (⑤) (ポンプ, タンク, 弁, 配管等) 	<p>3. 竜巻によるブローアウトパネルの開放に伴う影響評価及び防護方針</p> <p><u>ブローアウトパネルは設計竜巻による気圧低下に伴う気圧差で開放する可能性があり、その際に原子炉建物外壁には開口が生じた状態となることから、当該状態に対する竜巻による影響を評価した。</u></p> <p>3.1 <u>ブローアウトパネルが開放した場合に竜巻の影響を受ける外部事象防護対象施設</u></p> <p><u>ブローアウトパネルが開放した場合に、竜巻の影響を受ける外部事象防護対象施設は、オペレーティングフロア内に設置している燃料プール、燃料取替機、原子炉建物天井クレーン等がある。当該外部事象防護対象施設及びブローアウトパネルの配置を図 1 に示す。</u></p>	<p>備考</p> <p>・外部事象防護対象施設の示し方及び設備の相違</p> <p>【東海第二】</p> <p>島根 2 号炉はオペレーティングフロア内に設置している外部事象防護対象施設を表で示していない</p>
フロア		外部事象防護対象施設												
6 階		<ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料プール (①) ・燃料プール冷却浄化系真空破壊弁 (②) ・燃料交換機 (③) ・原子炉建屋天井クレーン (④) 												
5 階	東側	(ブローアウトパネル閉止により対象施設なし)												
	西側	<ul style="list-style-type: none"> ・ほう酸水注入系設備 (⑤) (ポンプ, タンク, 弁, 配管等) 												

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>別図 5-1 原子炉建屋原子炉棟 5, 6 階におけるブローアウトパネル及び外部事象防護対象施設の配置図</p> <p>3.2 外部事象防護対象施設に作用し得る荷重 ブローアウトパネルが設計竜巻による気圧低下に伴う気圧差により開放した場合、当該開口部から原子炉建屋原子炉棟 5 階及び 6 階の外部事象防護対象施設に作用し得る竜巻に関連する荷重について、別表 5-3 のとおり整理した。その結果、<u>風圧力による荷重 (W_w) 及び設計飛来物による衝撃荷重 (W_M) が考慮すべき荷重として抽出された。</u></p>	 <p>図 1 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル配置図</p> <p>3.2 外部事象防護対象施設に作用し得る荷重 <u>ブローアウトパネルが設計竜巻による気圧低下に伴う気圧差により開放した場合、当該開口部から原子炉建物の外部事象防護対象施設に作用し得る竜巻に関連する荷重について、表 2 の通り整理した。その結果、考慮すべき荷重として抽出されるものはない。</u></p>	<p>・考慮すべき荷重の有無の相違</p> <p>【東海第二】 島根 2 号炉は、風圧力による荷重については、風の流路上に外部事象防護対象施設がないこと、設計飛来物による衝撃荷重については飛来物防護対策を実施することから考慮すべき荷重はない</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 align="center">別表 5-3 ブローアウトパネル開口部から原子炉建屋原子炉棟内部に作用し得る竜巻に関連する荷重</p> <table border="1" data-bbox="934 352 1676 1054"> <thead> <tr> <th>荷重</th> <th>考慮の要否</th> <th>評価</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>風圧力による荷重 (W_w)</td> <td>要</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 同一の区画において複数のブローアウトパネルが開放すると風の流路が形成されることから、考慮対象とする。 風速は、設計竜巻の最大風速 100m/s とする。 </td> </tr> <tr> <td>気圧差による荷重 (W_p)</td> <td>否</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 開口部の近傍には密閉された設備が無いことから、考慮不要とする。 </td> </tr> <tr> <td>設計飛来物による衝撃荷重 (W_M)</td> <td>要</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 開口部から飛来物が侵入する可能性は否定できないことから、考慮対象とする。 想定する飛来物は、設計飛来物 (鋼製材) とする。 </td> </tr> <tr> <td rowspan="3">随伴が考えられる事象</td> <td>雷</td> <td>否</td> <td>開口部からの雷の侵入は考え難いため、考慮しない。</td> </tr> <tr> <td>降水</td> <td>否</td> <td>雨の吹込みは開口部近傍に限られるとともに、重要設備は内部溢水対策による防水措置が施されていることから、影響はない。</td> </tr> <tr> <td>ひょう</td> <td>否</td> <td> 施設への影響が無い設計飛来物である「砂利」と、寸法及び運動エネルギーが同程度であり、施設への影響はないと考える。 【添付資料 10「竜巻時に発生するひょうの影響について」参照】 </td> </tr> </tbody> </table> <p>3.3 外部事象防護対象施設に対する影響評価と防護方針</p> <p>各外部事象防護対象施設において要求される機能が、別表 5-3 で抽出された荷重 (W_w, W_M) に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわないことを評価するとともに、安全機能の維持が難しいと考えられる施設とその荷重に対する防護方針を検討し、その結果を別表 5-4 に示す。</p>	荷重	考慮の要否	評価	風圧力による荷重 (W _w)	要	<ul style="list-style-type: none"> 同一の区画において複数のブローアウトパネルが開放すると風の流路が形成されることから、考慮対象とする。 風速は、設計竜巻の最大風速 100m/s とする。 	気圧差による荷重 (W _p)	否	<ul style="list-style-type: none"> 開口部の近傍には密閉された設備が無いことから、考慮不要とする。 	設計飛来物による衝撃荷重 (W _M)	要	<ul style="list-style-type: none"> 開口部から飛来物が侵入する可能性は否定できないことから、考慮対象とする。 想定する飛来物は、設計飛来物 (鋼製材) とする。 	随伴が考えられる事象	雷	否	開口部からの雷の侵入は考え難いため、考慮しない。	降水	否	雨の吹込みは開口部近傍に限られるとともに、重要設備は内部溢水対策による防水措置が施されていることから、影響はない。	ひょう	否	施設への影響が無い設計飛来物である「砂利」と、寸法及び運動エネルギーが同程度であり、施設への影響はないと考える。 【添付資料 10「竜巻時に発生するひょうの影響について」参照】	<p align="center">表 2 ブローアウトパネル開口部から原子炉建物内部に作用し得る竜巻に関連する荷重</p> <table border="1" data-bbox="1774 336 2487 1008"> <thead> <tr> <th>荷重</th> <th>評価</th> <th>考慮の要否</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>風圧力による荷重 (W_w)</td> <td>同一の区画において複数のブローアウトパネルが開放すると風の流路が形成されるが、ブローアウトパネルは同じ面に 2 箇所設置されており、流路が形成されないことから考慮不要。</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td>気圧差による荷重 (W_p)</td> <td>開口部の付近には密閉された設備がないため考慮不要。</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td>設計飛来物による衝撃荷重 (W_M)</td> <td>ブローアウトパネルへの飛来物防護対策を実施することから考慮不要。</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">随伴事象が考えられる事象</td> <td>雷</td> <td>建物開口部から雷の侵入は考え難いため考慮不要。</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td>降水</td> <td>雨の影響は開口部近傍に限られるとともに、安全施設は内部溢水対策が講じられていることから、考慮不要。</td> <td>否</td> </tr> <tr> <td>ひょう</td> <td>衝突した場合の影響が設計飛来物に包含できるため、考慮不要。 (「添付資料 3.3 別紙-3 竜巻時に発生するひょうの影響について」)</td> <td>否</td> </tr> </tbody> </table> <p align="right">以上</p>	荷重	評価	考慮の要否	風圧力による荷重 (W _w)	同一の区画において複数のブローアウトパネルが開放すると風の流路が形成されるが、ブローアウトパネルは同じ面に 2 箇所設置されており、流路が形成されないことから考慮不要。	否	気圧差による荷重 (W _p)	開口部の付近には密閉された設備がないため考慮不要。	否	設計飛来物による衝撃荷重 (W _M)	ブローアウトパネルへの飛来物防護対策を実施することから考慮不要。	否	随伴事象が考えられる事象	雷	建物開口部から雷の侵入は考え難いため考慮不要。	否	降水	雨の影響は開口部近傍に限られるとともに、安全施設は内部溢水対策が講じられていることから、考慮不要。	否	ひょう	衝突した場合の影響が設計飛来物に包含できるため、考慮不要。 (「添付資料 3.3 別紙-3 竜巻時に発生するひょうの影響について」)	否	<p>・考慮すべき荷重の有無の相違 【東海第二】 同上</p> <p>・考慮すべき荷重の有無の相違 【東海第二】 同上</p>
荷重	考慮の要否	評価																																													
風圧力による荷重 (W _w)	要	<ul style="list-style-type: none"> 同一の区画において複数のブローアウトパネルが開放すると風の流路が形成されることから、考慮対象とする。 風速は、設計竜巻の最大風速 100m/s とする。 																																													
気圧差による荷重 (W _p)	否	<ul style="list-style-type: none"> 開口部の近傍には密閉された設備が無いことから、考慮不要とする。 																																													
設計飛来物による衝撃荷重 (W _M)	要	<ul style="list-style-type: none"> 開口部から飛来物が侵入する可能性は否定できないことから、考慮対象とする。 想定する飛来物は、設計飛来物 (鋼製材) とする。 																																													
随伴が考えられる事象	雷	否	開口部からの雷の侵入は考え難いため、考慮しない。																																												
	降水	否	雨の吹込みは開口部近傍に限られるとともに、重要設備は内部溢水対策による防水措置が施されていることから、影響はない。																																												
	ひょう	否	施設への影響が無い設計飛来物である「砂利」と、寸法及び運動エネルギーが同程度であり、施設への影響はないと考える。 【添付資料 10「竜巻時に発生するひょうの影響について」参照】																																												
荷重	評価	考慮の要否																																													
風圧力による荷重 (W _w)	同一の区画において複数のブローアウトパネルが開放すると風の流路が形成されるが、ブローアウトパネルは同じ面に 2 箇所設置されており、流路が形成されないことから考慮不要。	否																																													
気圧差による荷重 (W _p)	開口部の付近には密閉された設備がないため考慮不要。	否																																													
設計飛来物による衝撃荷重 (W _M)	ブローアウトパネルへの飛来物防護対策を実施することから考慮不要。	否																																													
随伴事象が考えられる事象	雷	建物開口部から雷の侵入は考え難いため考慮不要。	否																																												
	降水	雨の影響は開口部近傍に限られるとともに、安全施設は内部溢水対策が講じられていることから、考慮不要。	否																																												
	ひょう	衝突した場合の影響が設計飛来物に包含できるため、考慮不要。 (「添付資料 3.3 別紙-3 竜巻時に発生するひょうの影響について」)	否																																												

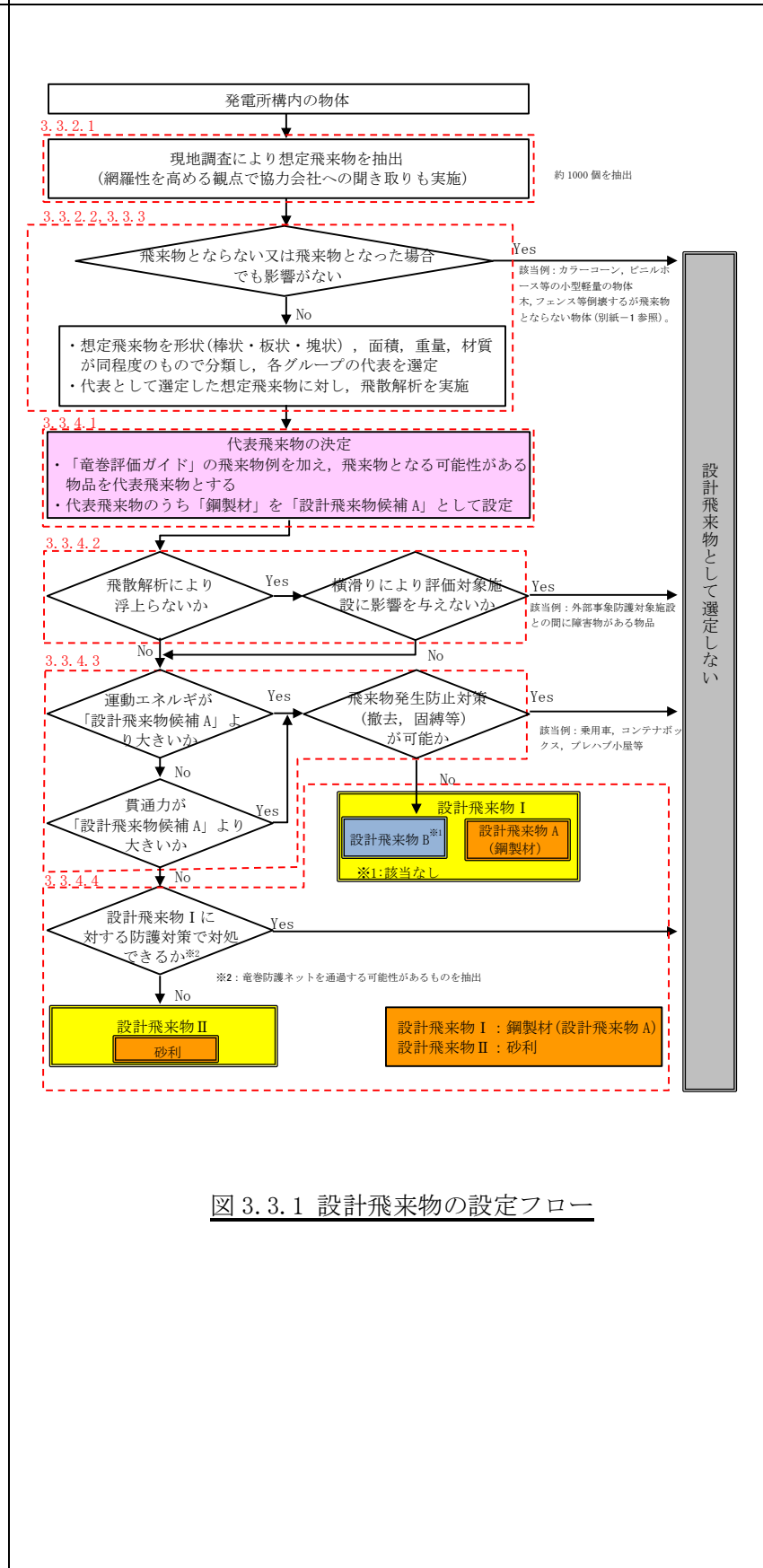
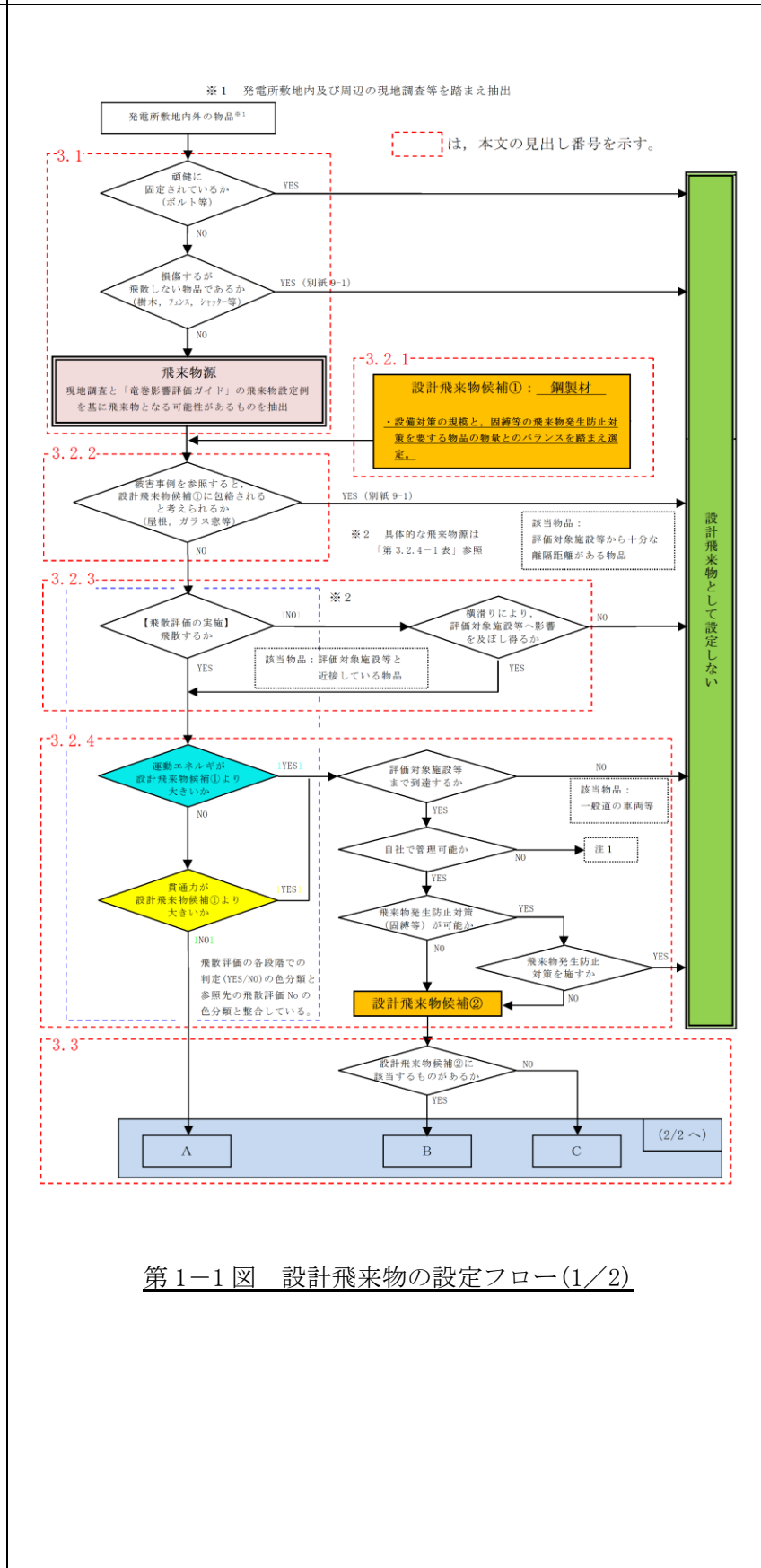
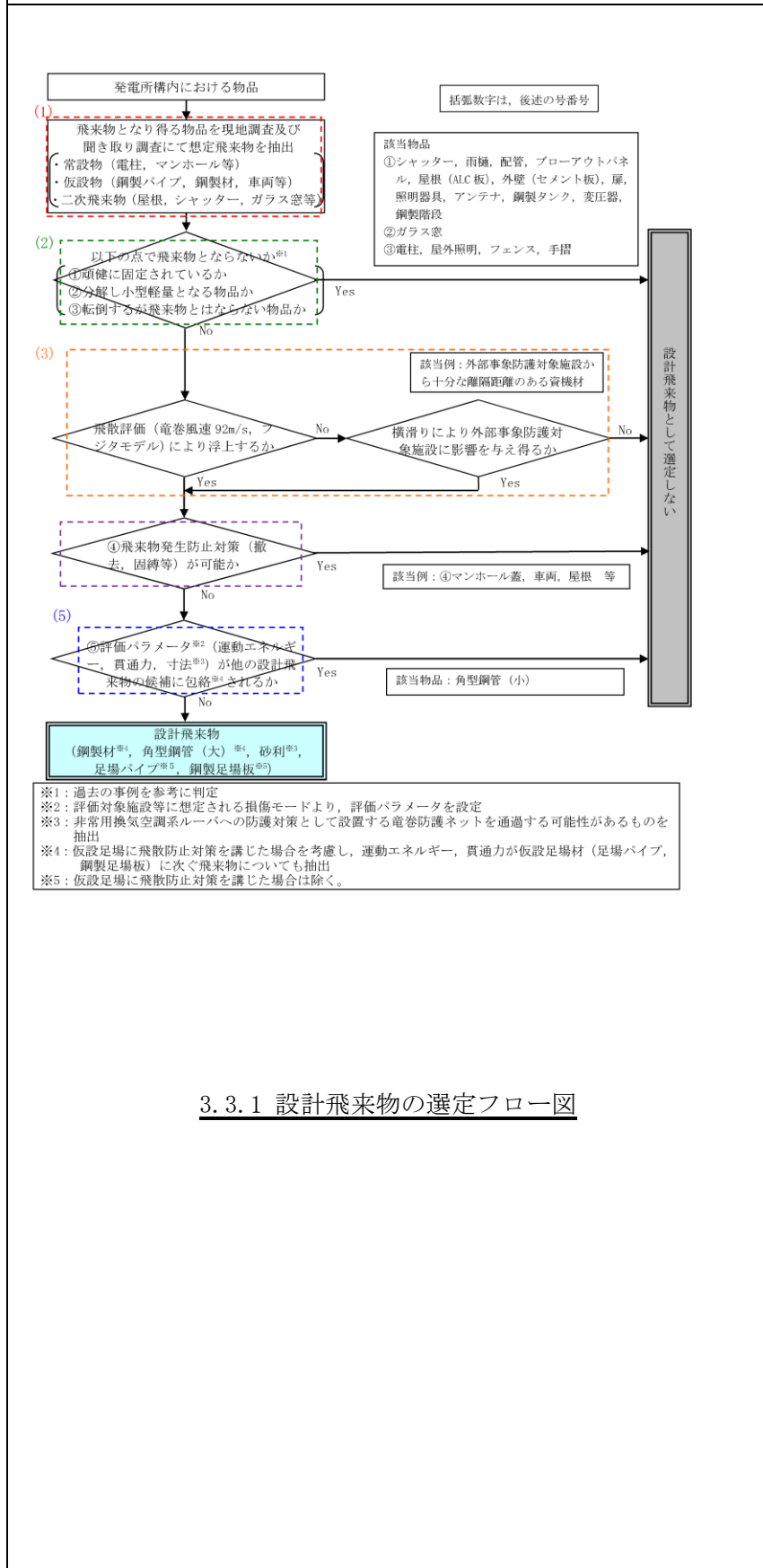
別表 5-4 竜巻荷重に対する外部事象防護対象施設の機能維持評価及び機能維持のための防護方針

外部事象 防護対象施設	要求される 機能	竜巻荷重に対する機能維持評価		機能維持の ための防護方針
		荷重	評価	
6階	放射線物質を 貯蔵する機能 (PS-2)	W _w	構造的に、風荷重の影響を受けない。	不要
	燃料プール 冷却浄化系 真空破壊弁	W _M	設計飛来物がプール内の使用済燃料に衝突した場合、燃料の損傷のおそれがある。	要 建屋内への 飛来物侵入防止
6階	放射性物質 放出の防止機能 (MS-2)	W _w	構造的に、風荷重の影響を受けない。	不要
	燃料を安全に 取り扱う機能 (PS-2)	W _M	設計飛来物が当該施設に衝突した場合、損傷し機能を喪失するおそれがある。	要 建屋内への 飛来物侵入防止
5階 (西側) 注水 系設備	燃料交換機	W _w	風荷重に対し損傷し、燃料取扱機能を喪失する可能性を否定できない。	要 竜巻の襲来が予想さ れる場合、燃料取扱 作業の中止
	原子炉建屋 天井クレ ー ン	W _M	設計飛来物が当該施設に衝突した場合、損傷し燃料取扱機能を喪失する可能性を否定できない。	要
5階 (西側) 注水 系設備	波及的影響の 防止機能	W _w	風荷重に対し損傷し、外部事象防護対象施設（使用済燃料プール及び燃料プール冷却浄化系真空破壊弁）へ波及的影響を及ぼす可能性を否定できない。	要 竜巻の襲来が予想さ れる場合、外部事象 防護対象施設に影響 を及ぼさない（通常 の待機）位置に退避 する運用
	未臨界 維持機能 (MS-1)	W _M	設計飛来物が当該施設に衝突した場合、損傷し外部事象防護対象施設（使用済燃料プール及び燃料プール冷却浄化系真空破壊弁）へ波及的影響を及ぼす可能性を否定できない。	要
5階 (西側) 注水 系設備	未臨界 維持機能 (MS-1)	W _w	ブローアウトバネルから離れた場所であり、竜巻の風の主な流路（別図5-2参照）を考えると、風荷重の影響を受けない。	不要
	注水 系設備	W _M	当該施設はブローアウトバネルの開口部から見通せない場所にあるため（別図5-2参照）、飛来物が衝突することはない。	不要

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="934 220 1685 739" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="926 747 1679 823">別図 5-2 原子炉建屋原子炉棟 5 階の風の通過経路及び西側区画ブローアウトパネルからの飛来物の到達範囲図</p> <p data-bbox="926 884 1353 913"><u>3.4 開口部の発生に対する防護方針</u></p> <p data-bbox="952 928 1697 1092">別表 5-3 の整理に基づく、5 階、6 階それぞれの防護対策は以下のとおりであり、「竜巻飛来物防護対策設備の設置」を実施する。なお、竜巻飛来物防護対策設備については、ブローアウトパネル自身への飛来物防護対策を包含する。</p> <p data-bbox="926 1106 1418 1136">(1) 原子炉建屋原子炉棟 6 階の防護方針</p> <ul data-bbox="973 1150 1697 1360" style="list-style-type: none"> ・ 開口部から侵入する風荷重に対する防護方針 なし（風荷重による影響を受けない） （竜巻襲来予想時の燃料取扱作業の中止及び外部事象防護対象施設へ影響を及ぼさない通常待機位置への退避） ・ 開口部から侵入する飛来物に対する防護方針 建屋内への飛来物の侵入防止 （竜巻飛来物防護対策設備（防護ネット）の設置） <p data-bbox="926 1514 1418 1543">(2) 原子炉建屋原子炉棟 5 階の防護方針</p> <ul data-bbox="973 1558 1697 1854" style="list-style-type: none"> ・ 開口部から侵入する風荷重に対する防護方針 なし（風荷重による影響を受けない） ・ 開口部から侵入する飛来物に対する防護方針 なし※（飛来物による影響を受けない） ※ ただし、ブローアウトパネル自身への飛来物防護対策として、竜巻飛来物防護対策設備（防護ネット）を設置する。 		<p data-bbox="2525 884 2828 959">・考慮すべき荷重の有無の相違</p> <p data-bbox="2525 974 2668 1003">【東海第二】</p> <p data-bbox="2525 1018 2605 1047">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 style="text-align: right;">別紙-5</p> <p style="text-align: center;"><u>排気筒モニタ損傷時の代替設備による対応について</u></p> <p>1. 概要 排気筒モニタは設計飛来物の衝突により損傷が発生した場合、代替設備による監視及び安全上支障のない期間に補修を行うことで、安全機能を損なわない設計としている。 ここでは、排気筒モニタ損傷時の代替設備による具体的な対応について以下に示す。</p> <p>2. 排気筒モニタ損傷時の代替設備による対応 竜巻発生確度ナウキャスト等を判断基準とした竜巻対応開始時に、排気筒モニタの代替設備（可搬型モニタリング設備及び排ガス系機器エリアモニタ）による監視の準備を開始することとし、排気筒モニタが竜巻により損傷した場合には代替設備にて監視を行う。排気筒モニタ損傷対応のタイムチャートを図1に示す。また、可搬型モニタリング設備の仕様等について以下に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 可搬型モニタリング設備はバックグラウンドレベルから測定可能なものとする。可搬型モニタリング設備の仕様を表1に示す。 ➤ 安全評価における放射性気体廃棄物処理施設の破損に対して、排気筒モニタにより監視している空気抽出器から活性炭式希ガス・ホールドアップ塔の範囲の損傷を検知するため、測定箇所はタービン建物及び廃棄物処理建物内の建物換気系排気ファン出口ダクト付近とし、ダクト外部より内部流体の放射線を測定する。系統概要及び可搬型モニタリング設備による測定箇所例を図2に示す。 ➤ 異常が検知された場合は現場監視員から中央制御室の運転員に連絡を行う。 <p>これらの対応により、放射性気体廃棄物処理系の破損に対し排気筒モニタと同等の監視が可能となる。</p>	<p>・資料構成の相違 【柏崎 6/7, 東海第二】 島根 2号炉は、排気筒モニタ損傷時の対応について記載</p>

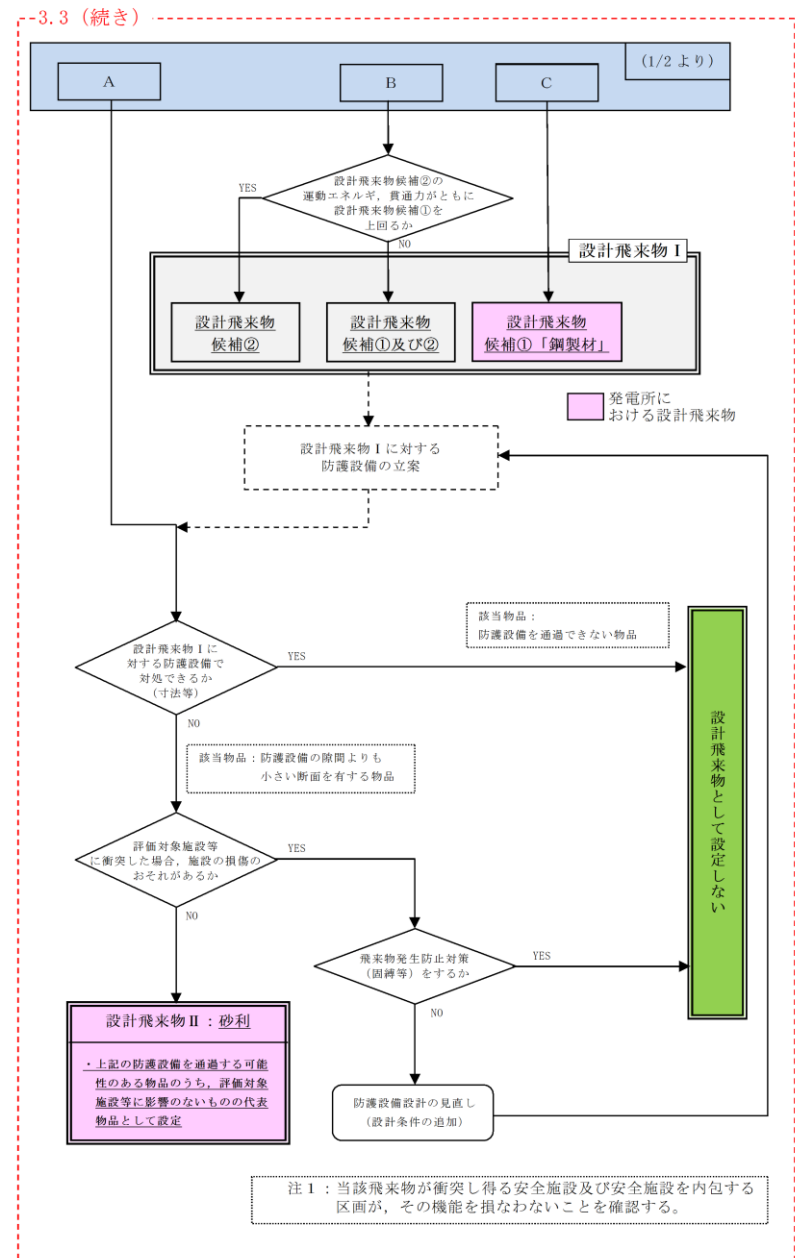
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)	東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)	島根原子力発電所 2号炉	備考
<p style="text-align: right;">添付資料3.3</p> <p>3.3 設計飛来物の選定について</p> <p><u>発電所構内における竜巻飛来物となり得る物品を網羅的に調査し、それらの中から代表性をもたせた設計飛来物を、図 3.3.1 のフローに基づき選定した。</u></p>	<p style="text-align: right;">添付資料9</p> <p style="text-align: center;">設計飛来物の設定について</p> <p>1. <u>設計飛来物の設定方針</u> <u>発電所の竜巻影響評価に用いる設計飛来物を、第1-1 図に示すフローに基づき設定した。</u></p>	<p style="text-align: right;">添付資料3.3</p> <p>3.3 設計飛来物の選定について</p> <p>3.3.1 <u>設計飛来物設定の考え方</u> <u>島根原子力発電所の竜巻影響評価対象施設に対する評価を実施するにあたって、現地調査及びガイドにおける設計飛来物の設定例を参考として設計飛来物を設定した。</u> <u>島根原子力発電所構内において竜巻によって飛散し飛来物となり得る物体を現地調査により抽出し、サイズ、形状及び変形性状により分類・整理した上で、竜巻風速場における挙動を解析することにより浮き上がりの有無及び最大飛散速度を求めた。解析結果及びガイドに示されている設定例に基づき、竜巻影響評価対象施設への影響及び飛来物発生防止対策実施の有無を考慮して、設計飛来物を設定した。なお、設計飛来物の設定に当たっては、別紙-1 に示す過去の主な竜巻事例も考慮した。</u> <u>設計飛来物の設定フローを図 3.3.1 に示す。</u></p>	



設計飛来物として選定しない

(島根2号炉は2次飛来物の抽出について「3.3.5 二次飛来物の確認」及び「別紙-3 二次飛来物の現地調査について」で記載)

・施設の相違
【東海第二】
 島根2号炉は敷地近傍に隣接事業所はない



第 1-1 図 設計飛来物の設定フロー(2/2)

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><u>(1) 飛来物調査</u></p> <p><u>柏崎刈羽原子力発電所における飛来物に関する現地調査は、平成25年8月20日、8月27日、9月12日、平成27年3月13日に実施した。調査では、常設物、仮設物のうち飛来物になり得る物品、及び二次飛来物（設置状況等から風圧や飛散による被害を受けて飛来物となり得る物）を抽出した。調査範囲は、米国Regulatory Guideを参考にするとともに、後述の代表的な飛来物の飛散評価結果において、代表的な飛来物の飛散距離は最大でも400m程度であることを踏まえ、外部事象防護対象施設から半径800mの範囲（図3.3.2）とした。</u></p> <p><u>また、持ち込み資機材等（夏場や冬場に屋外作業の準備等のために使用する休憩所（仮設小屋）や定期検査中に使用する仮設足場材等）の仮設物について、現地調査にて確認した結果の網羅性を高めることを目的に協力企業への聞き取りも実施し、現地調査で確認した飛来物源と大きな相違がないことを確認している。</u></p>	<p><u>2. 発電所構内の物品調査</u></p> <p><u>2.1 調査範囲</u></p> <p><u>発電所構内の物品調査は、1回目を平成26年1月15日～16日（発電所敷地内）、及び2回目を平成28年7月22日に実施した。調査範囲は、米国Regulatory Guideを参考に、第2.1-1図に示すとおり、原子炉建屋から半径800mの範囲とした。なお、後述の代表的な飛来物源の飛散評価結果において、飛散距離は最大でも400m程度であることから、調査範囲は十分と考えられる。</u></p> <p><u>2回の調査において認められた物品の種類に有意な違いは認められなかったことから、定期検査の有無や季節性を加味しても、考慮すべき物品の種類としては、今回認められたものの中に包絡されるものと考えられる。</u></p> <p><u>なお、今後も飛来物源について継続的に確認し、新たに考慮すべき物品の種類が認められた場合は、新たな飛来物源として評価する。</u></p>	<p><u>3.3.2 島根原子力発電所における飛来物現地調査</u></p> <p><u>島根原子力発電所において、竜巻により飛来物となり得る物体（以下「想定飛来物」という。）を抽出するために、以下の通り現地調査を実施した。</u></p> <p><u>3.3.2.1 現地調査</u></p> <p><u>想定飛来物を抽出するため、島根原子力発電所構内において、平成25年7月9、10日に現地調査を実施した。主な調査対象を以下に示す。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <u>①原子炉建物・タービン建物等の主要建物及びその周辺（建物外周及び屋上）</u> <u>②サイトバンカ建物、固体廃棄物貯蔵所等の周辺建物及びその周辺（建物外周及び屋上）</u> <u>③取水槽・屋外タンク・開閉所等の屋外施設及びその周辺</u> <p><u>(1) 現地調査の観点</u></p> <p><u>現地調査では、各分野の担当（電気、機械及び建築）が参加し、2班に分かれて、発電所構内を41のエリアに細分化した図3.3.2～3.3.4に示す各エリアについて、飛来物になる可能性のある物体（構内で固定されていないもの）を網羅的に抽出した。建物・構築物の外壁や地盤にボルト等により固定されているものは、飛来物になるとは考えにくい、空調室外機や屋外照明などの一般産業品については、念のため想定飛来物として抽出した。</u></p> <p><u>なお、調査においては、波及的影響を及ぼし得る施設の抽出の観点から施設の高さが外部事象防護対象施設までの距離より小さいものも含め抽出した。</u></p> <p><u>(2) 現地調査結果</u></p> <p><u>現地調査の結果、図3.3.5に示す通り想定飛来物（約1000個）が抽出された。</u></p> <p><u>また、発電所構外から持ち込む仮置き物品（夏場や冬場に屋外作業の準備等のために使用する休憩所等季節的な観点から抽出されるものも含める）について、現地調査で確認した結果の網羅性を高めることを目的に協力会社への聞き取りを実施し、現地調査で確認した想定飛来物以外に特別な物体等がないことを確認した。</u></p>	<p>備考</p> <p>・プラント配置等による相違</p> <p>【柏崎6/7、東海第二】</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

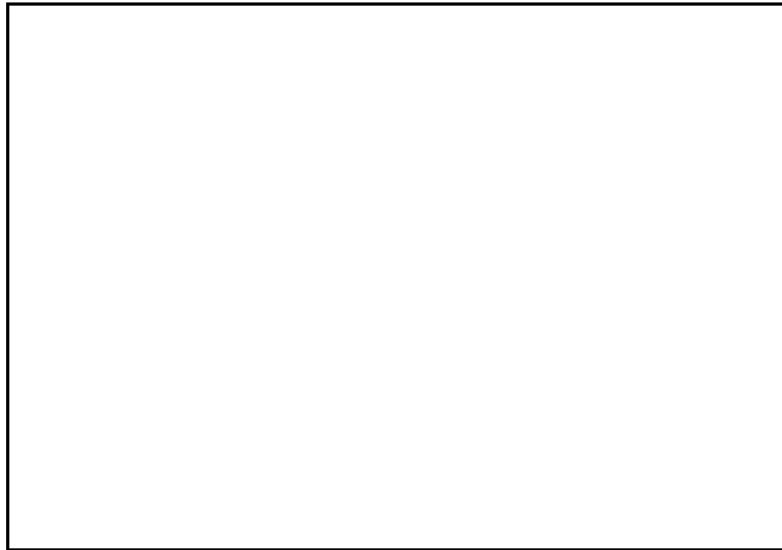
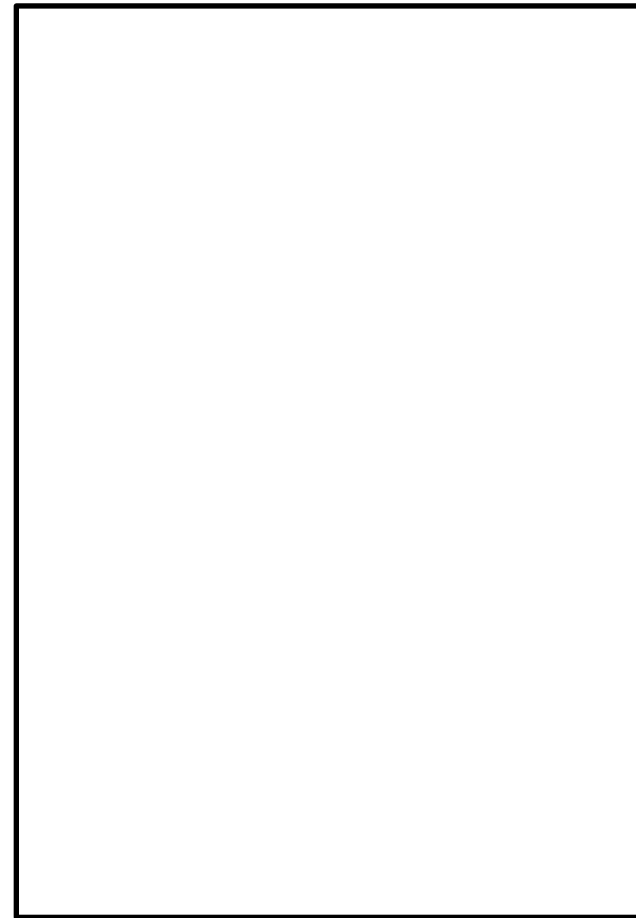


図3.3.2 調査範囲及び区分

表 3.3.1 調査エリア区分

エリア番号	エリア名称
①	5～7号炉周辺エリア
②	大湊側高台周辺エリア
③	中央土捨場エリア
④	第二企業センター棟周辺エリア
⑤	固体廃棄物貯蔵庫周辺エリア
⑥	敷地北側エリア
⑦	取水口・放水口周辺エリア



第2.1-1図 物品調査エリア

第2.1-1表 調査エリア区分

エリア番号	エリア内の主な施設
①	東海発電所 タービン建屋 使用済燃料乾式貯蔵建屋 屋外開閉所, 事務本館
②	資材置場, 駐車場
③	東海発電所 取水口, 放水口 資材倉庫
④	固体廃棄物貯蔵庫 東海第二発電所 取水口, 放水口, 海水ポンプ室
⑤	東海発電所 原子炉建屋 東海第二発電所 原子炉建屋, タービン建屋 廃棄物処理建屋

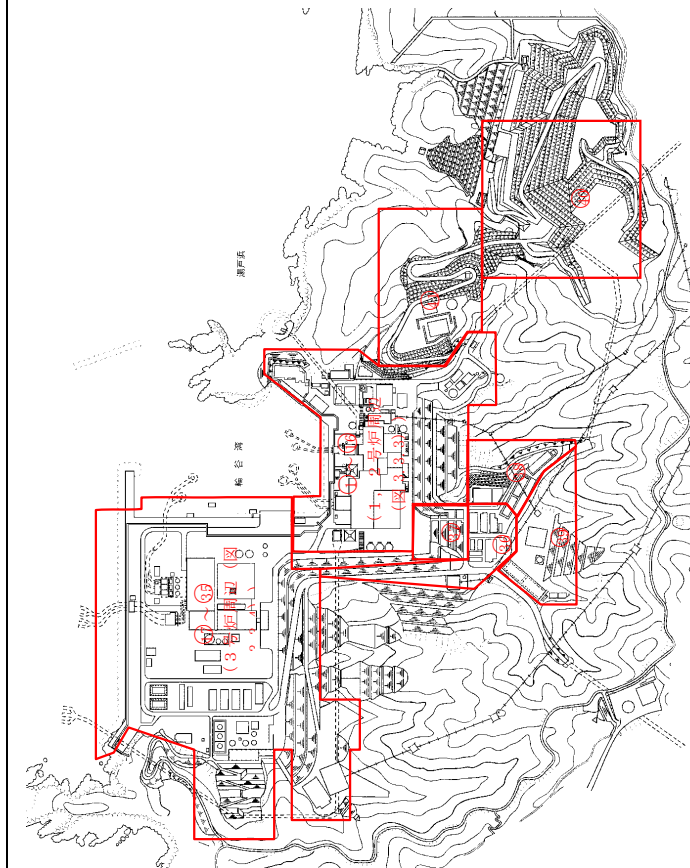
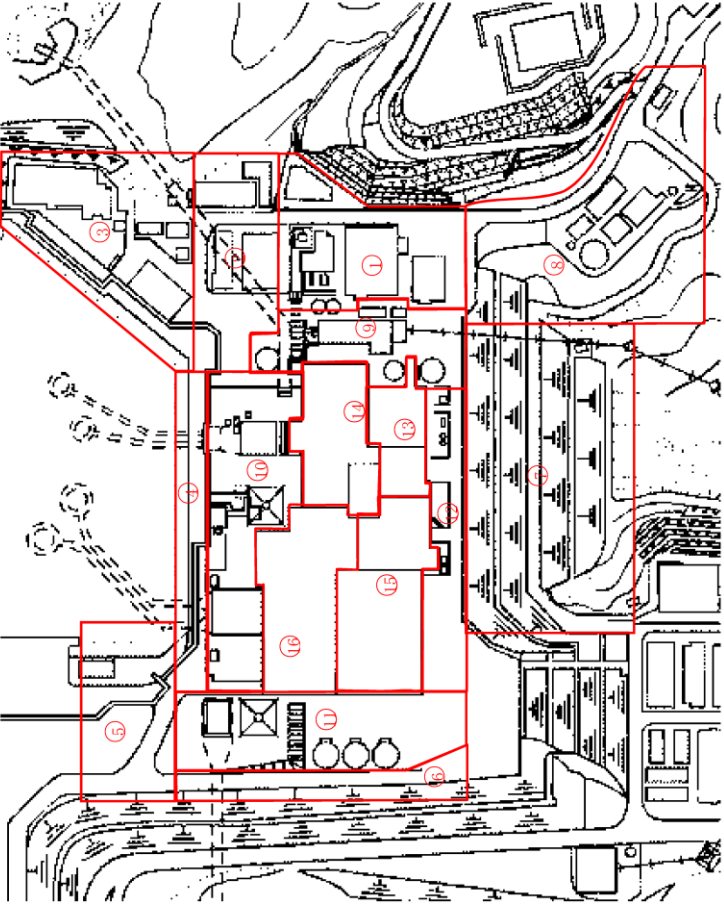
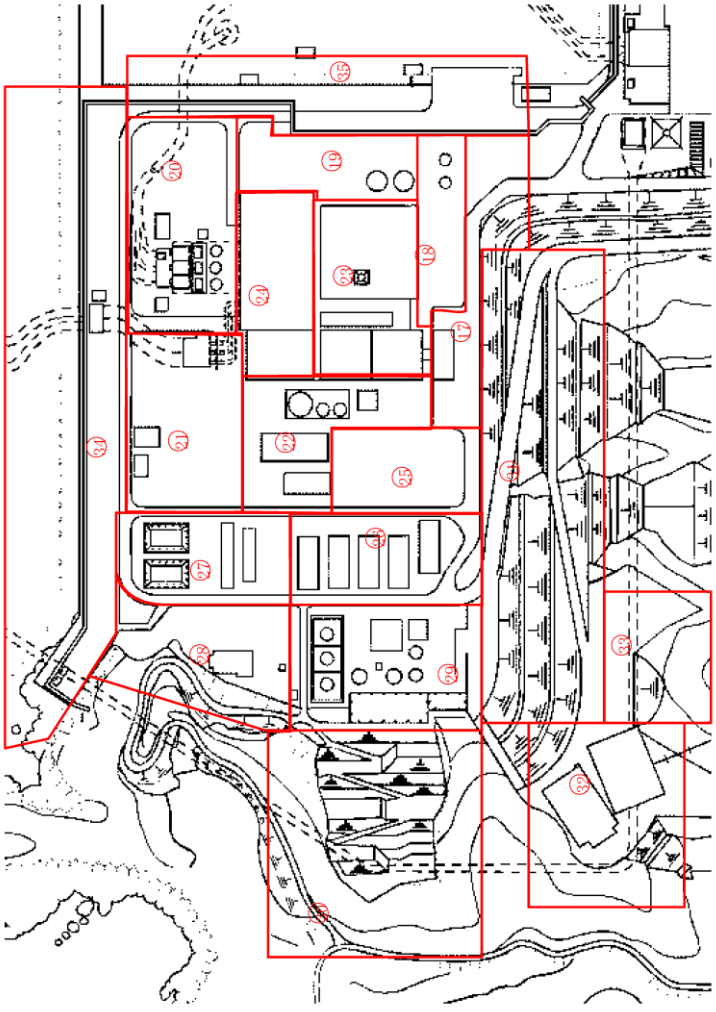


図3.3.2 島根原子力発電所 竜巻飛来物現地調査区画図(全体図)

・プラント配置等による相違
【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 data-bbox="1724 1373 2490 1451">図 3.3.3 島根原子力発電所 竜巻飛来物現地調査区画図 (1, 2号炉周辺)</p>	<p data-bbox="2525 254 2816 327">・プラント配置等による相違</p> <p data-bbox="2525 342 2792 373">【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 data-bbox="1721 1501 2493 1585">図 3. 3. 4 島根原子力発電所 竜巻飛来物現地調査区画図 (3号炉 周辺)</p>	<p data-bbox="2522 252 2819 378">・プラント配置等による 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>飛来物調査の結果として、次々頁より、柏崎刈羽原子力発電所において確認した飛来物源をエリアごとに示す。</p> <p>また、表3.3.2に、飛来物調査の結果を踏まえ、飛来物の形状(棒状、板状、塊状)、サイズ(大、中、小)及び柔^{※1}、剛^{※1}等の特徴を踏まえ飛来物源を詳細に分類した結果を示す。</p> <p>※1:柔(木製又は中空状、複数の材からなる)、剛(コンクリート又は鋼製で密実、単体からなる)</p>	<p>2.2 発電所構内の物品の調査結果</p> <p>調査の結果、第2.2-1表に示す種類の物品が発電所において確認された。調査エリアごとの主な物品を以降に示す。</p>		<p>(島根2号炉は「3.3.2.2 現地調査結果の整理」で記載)</p>

表 3.3.2 代表的な飛来物の抽出結果

常設物 仮設物	棒状			板状			塊状		
	大	中	小	大	中	小	大	中	小
剛	—	電柱	—	—	—	マホール蓋	—	—	—
柔	—	—	—	—	—	—	—	—	—
剛	コンクリート柱	鉄骨 (パイプ) 鋼製材 角型鋼管 (小、大)	鋼製パイプ 鋼製車止め ガス弁	トレーア-荷台	クレーンカセット (2t) (パイプ)コンクリート板 コンクリート板 鋼製看板 鋼製架台 敷鉄板(薄,厚)	クレーンカセット (250kg, 500kg) 鋼製看板 仮設分電盤	—	鋼製ボビン クレーンカセット (5t) 発電機(大)	コンクリートブロック 砂利 発電機 (小)
柔	代替原 子炉補 機冷却 系	—	—	—	—	—	乗用車 (パイプ)トラック トラック 消防車 電源車 バス トラック	木製ボビン 軽乗用車 産廃コンテナ 自動販売機	空調室 外機
剛	—	仮設足 場パイ プ (4m)	仮設足場パイ プ (2m)	屋根材 (ALC 板) 外壁(セメント板) ア-ローアトバ セ	扉 仮設足場板(鋼製)	—	—	—	—
柔	屋根材 (鋼板)	雨樋	—	シャッター 外壁(鋼板)	仮設足場板(70cm)	—	—	—	照明器

※：ガイドにおいてサイズ及び質量が記載されている物品

第 2.2-1 表 発電所における主な飛来物源の種類

棒状※	板状※	塊状※
<ul style="list-style-type: none"> ・バリケード ・ベンチ (常設) ・樹木 (倒木, 伐採木), 材木 ・鉄骨 ・鋼管 ・ボンベ ・樹脂製パイプ 	<ul style="list-style-type: none"> ・樹脂製蓋 ・コンクリート製蓋 ・マンホール蓋 ・グレーチング ・カーブミラー ・看板, 標識 ・鋼製敷板 ・鋼製スロープ ・鋼製蓋 ・ベンチ (仮設) ・足場板, 足場枠 ・パレット (鋼製) ・パレット (木製, 樹脂製) ・時計 ・仮囲い板, 仮設フェンス 	<ul style="list-style-type: none"> ・ドラム缶 ・消防車 ・トラック ・社用バス ・乗用車 ・コンテナ ・物置 ・洗濯機 ・仮設電源 ・建設機械 ・運搬台車 ・鋼製ボックス ・下駄箱 ・カラコーン ・消火器 ・消火設備格納箱

※ 各ジャンルにおける代表的な形状にて整理した表であり、ジャンル内の物品全てが同一の形状となる訳ではない。

・想定飛来物の設置状況の相違
【柏崎 6/7, 東海第二】
 ・想定飛来物の分類方法の相違
【東海第二】
 島根 2号炉は、抽出した想定飛来物を剛・柔の観点でも分類している
 (島根 2号炉は、「3.3.2.2 現地調査結果の整理」で記載)

①5~7号建屋周辺エリア (常設・仮設物)



エリア①で確認された主な飛来物源



図 3.3.5 現地調査結果 (1/30)

・想定飛来物の設置状況の相違
【柏崎 6/7, 東海第二】

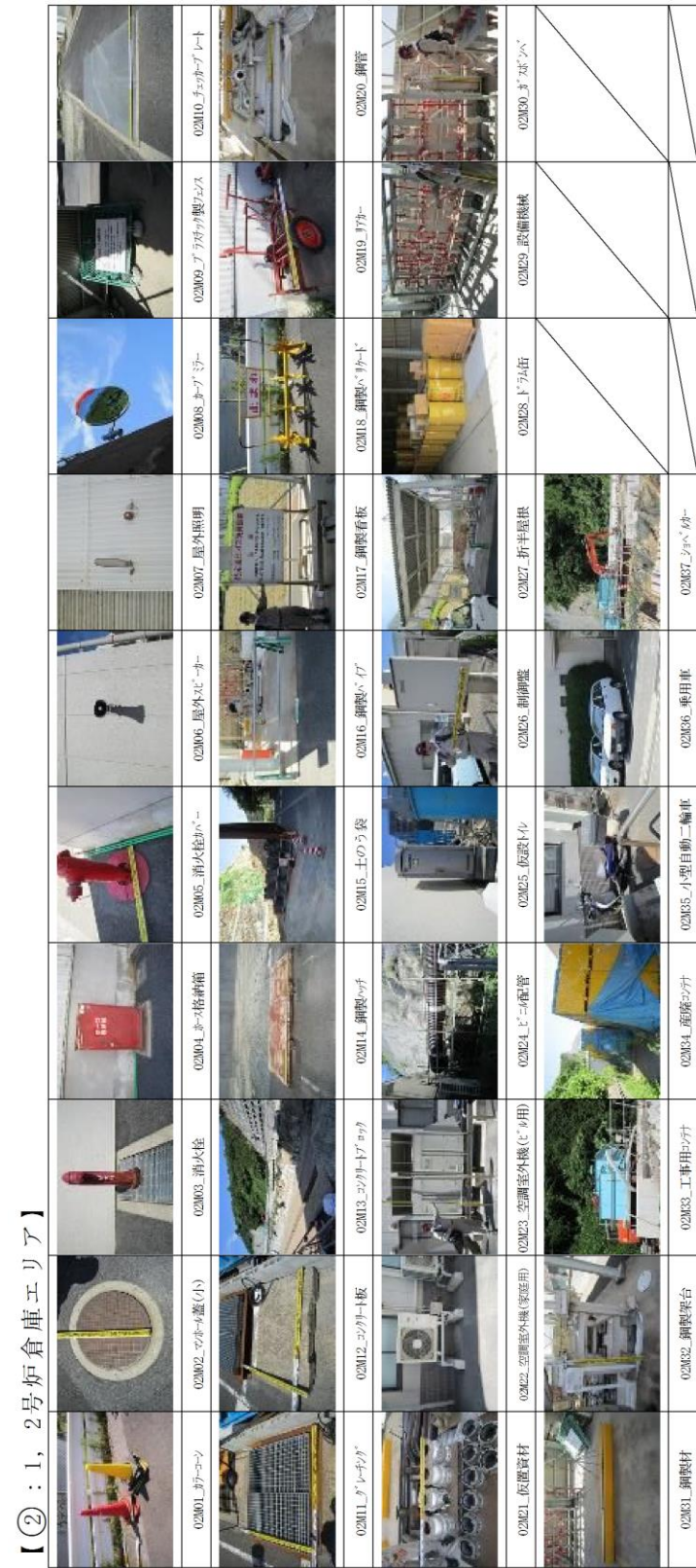
柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)



東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)



島根原子力発電所 2号炉



【② : 1, 2号炉倉庫エリア】

図 3. 3. 5 現地調査結果 (2/30)

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

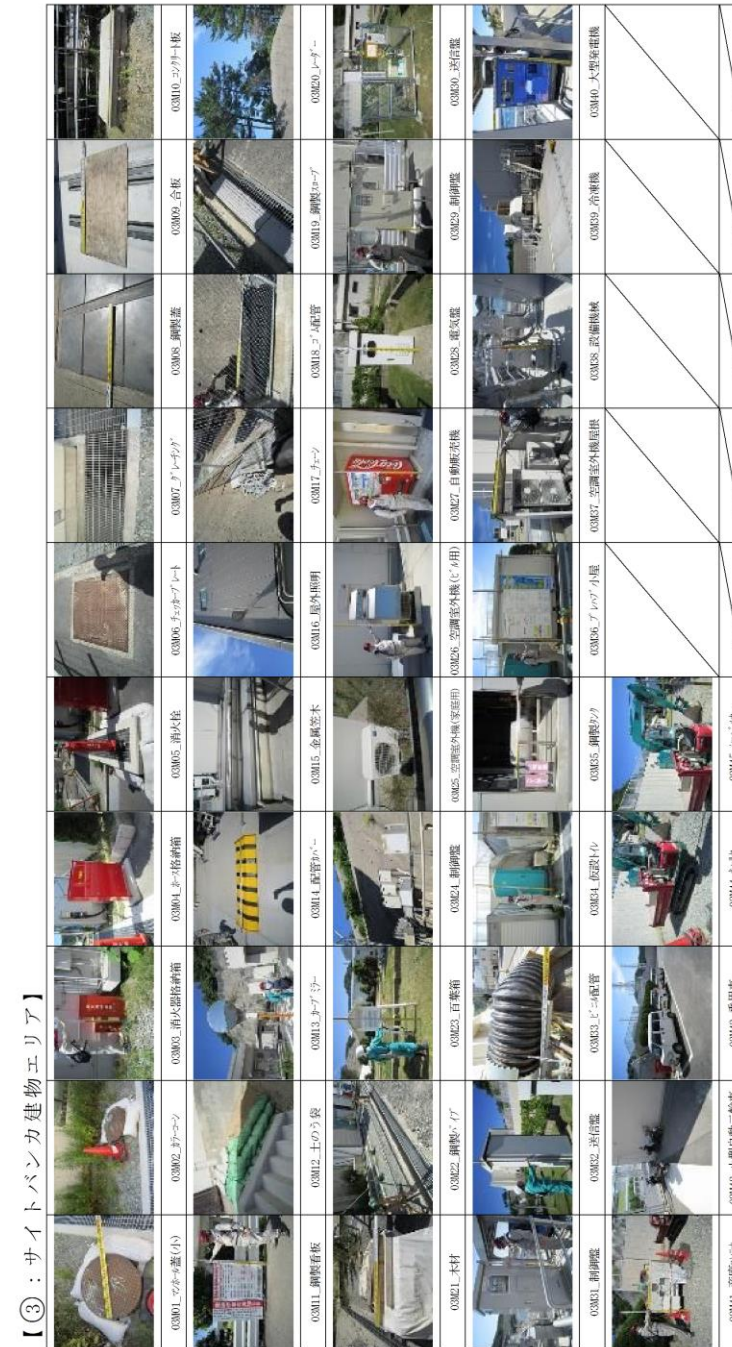


図 3. 3. 5 現地調査結果 (3/30)

備考

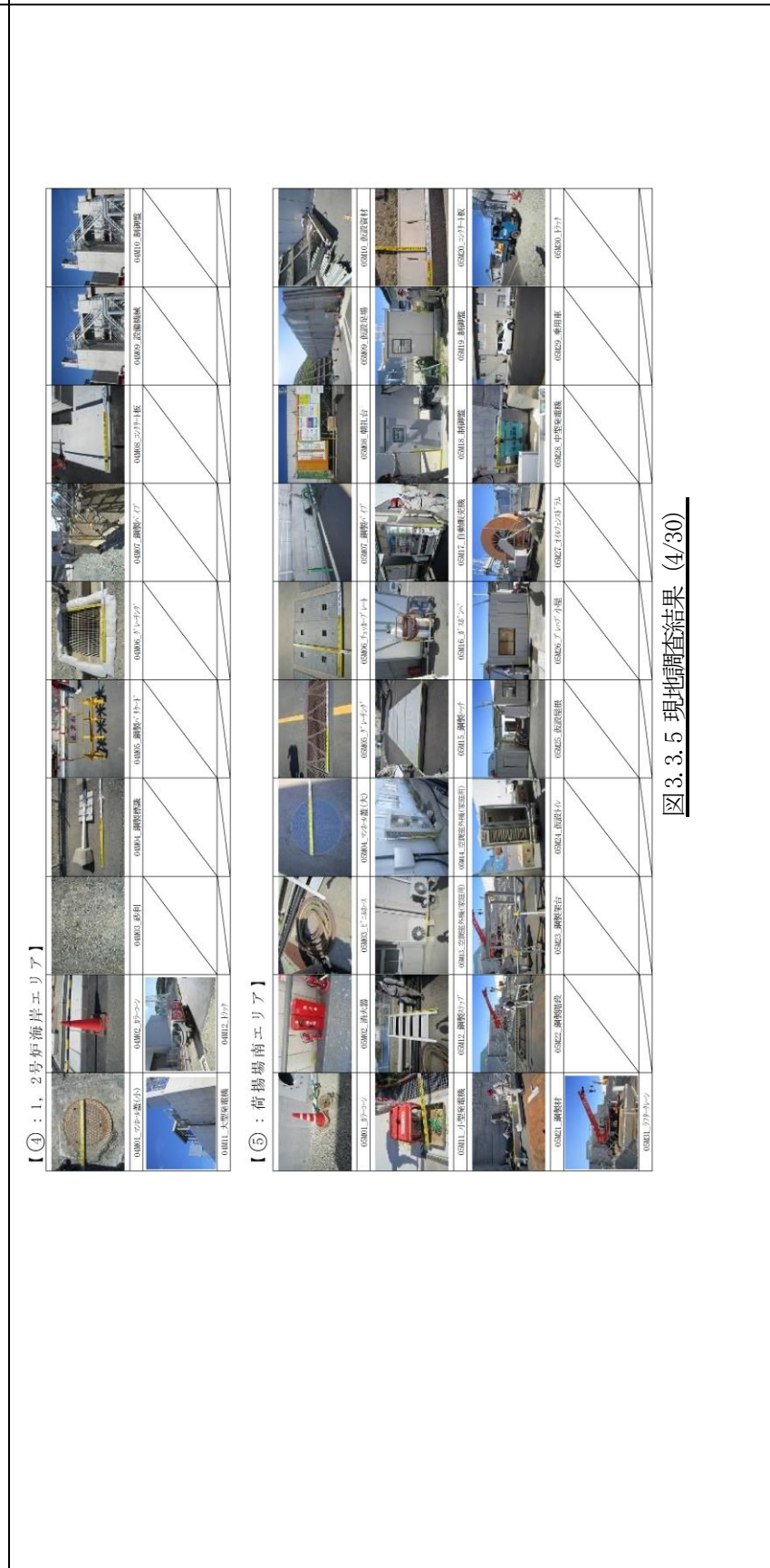


図 3. 3. 5 現地調査結果 (4/30)



①-31 配管



①-32 扉, 手摺



#121 コンクリート製ブロック



#122 コンクリートブロック

【⑧ : 1, 2号炉駐車場エリア】



図 3. 3. 5 現地調査結果 (6/30)

②大浜側高台周辺エリア (常設・仮設物)



エリア②で確認された主な飛来物源



【⑨：1, 2号炉東エリア】

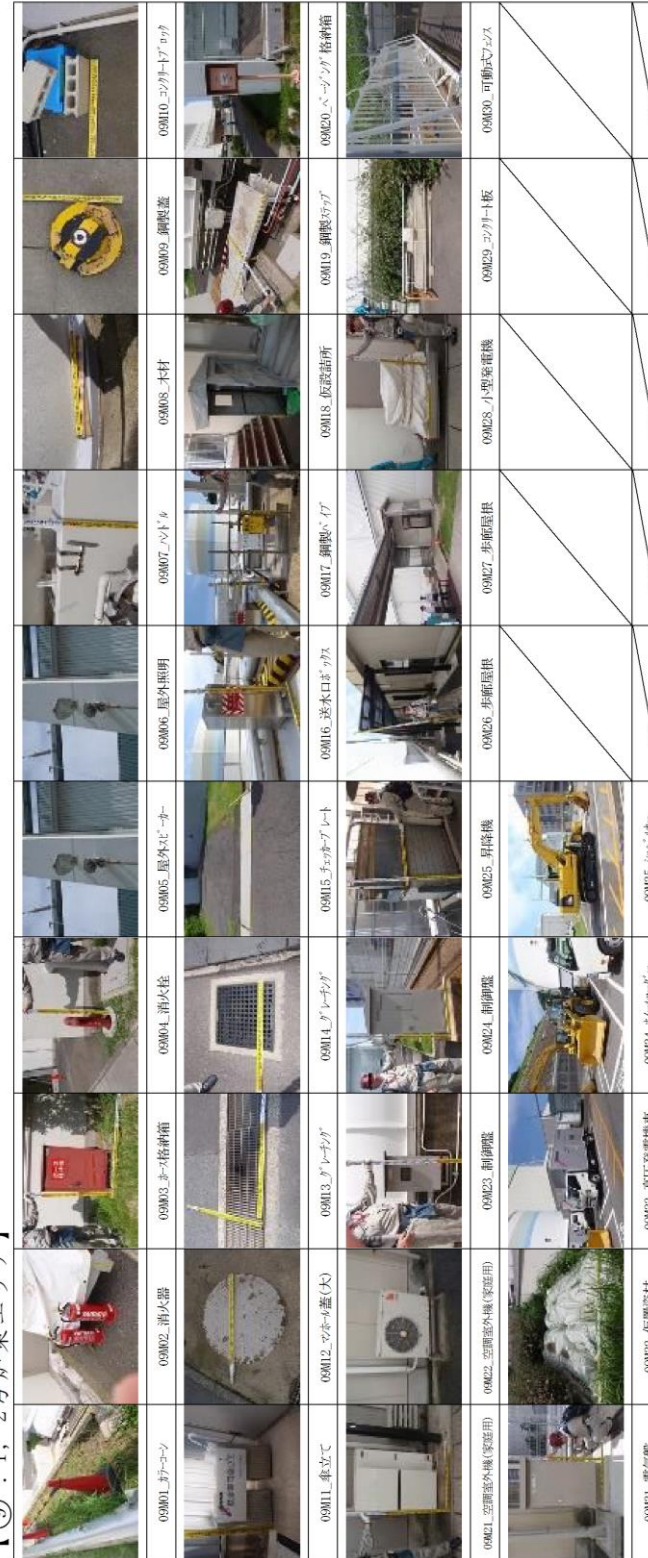
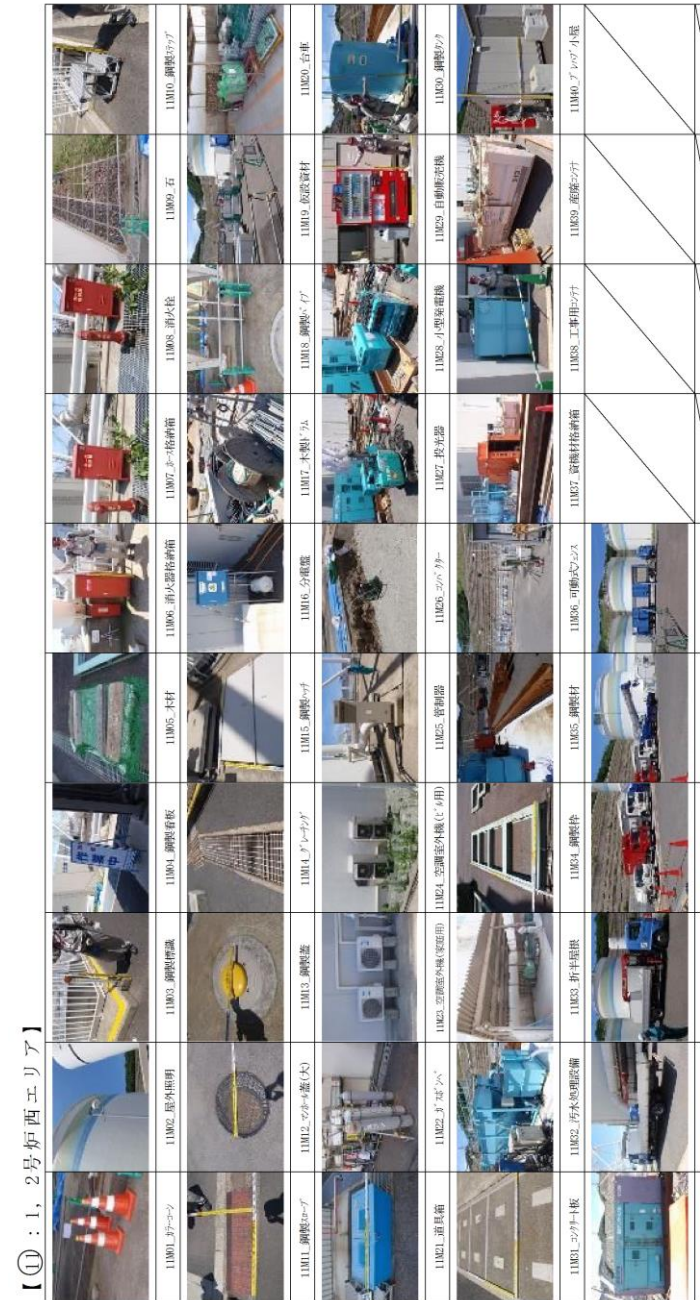


図 3. 3. 5 現地調査結果 (7/30)



エリア③で確認された主な飛来物源



【①：1, 2号炉西エリア】

図 3.3.5 現地調査結果 (9/30)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)

③中央上捨場エリア (常設・仮設物)



③-1 チェッカープレート



③-2 鋼製車止め
(単管バリケード)



③-3 仮設分電盤



③-4 消火器



③-5 クッションドラム



③-6 グレーチング



③-7 コンクリート板 (排水溝蓋)



③-8 グレーチング



③-9 鋼製フェンス



③-10 消火栓蓋



③-11 チェッカープレート



③-12 鋼製フェンス



③-13 移動式投光器
(パルーンライト)



③-14 建設重機
(バックホー)



③-15 敷鉄板

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)



#152 消火設備格納箱



#153 消火設備格納箱



#155 プレハブ小屋



#156 資機材類



#163 鉄骨



#164 鋼製蓋



#165 バリケード



#176 ドラム缶

島根原子力発電所 2号炉

【⑫: 1, 2号炉南エリア】		【⑬: 1号炉原子炉建物屋上】	
	1201 消火設備格納箱		1301 消火設備格納箱
	1202 消火設備格納箱		1302 消火設備格納箱
	1203 消火設備格納箱		1303 消火設備格納箱
	1204 消火設備格納箱		1304 消火設備格納箱
	1205 消火設備格納箱		1305 消火設備格納箱
	1206 消火設備格納箱		1306 消火設備格納箱
	1207 消火設備格納箱		1307 消火設備格納箱
	1208 消火設備格納箱		1308 消火設備格納箱
	1209 消火設備格納箱		1309 消火設備格納箱
	1210 消火設備格納箱		1310 消火設備格納箱
	1211 消火設備格納箱		1311 消火設備格納箱
	1212 消火設備格納箱		1312 消火設備格納箱
	1213 消火設備格納箱		1313 消火設備格納箱
	1214 消火設備格納箱		1314 消火設備格納箱
	1215 消火設備格納箱		1315 消火設備格納箱
	1216 消火設備格納箱		1316 消火設備格納箱
	1217 消火設備格納箱		1317 消火設備格納箱
	1218 消火設備格納箱		1318 消火設備格納箱
	1219 消火設備格納箱		1319 消火設備格納箱
	1220 消火設備格納箱		1320 消火設備格納箱
	1221 消火設備格納箱		1321 消火設備格納箱
	1222 消火設備格納箱		1322 消火設備格納箱
	1223 消火設備格納箱		1323 消火設備格納箱
	1224 消火設備格納箱		1324 消火設備格納箱
	1225 消火設備格納箱		1325 消火設備格納箱
	1226 消火設備格納箱		1326 消火設備格納箱
	1227 消火設備格納箱		1327 消火設備格納箱
	1228 消火設備格納箱		1328 消火設備格納箱
	1229 消火設備格納箱		1329 消火設備格納箱
	1230 消火設備格納箱		1330 消火設備格納箱

図 3.3.5 現地調査結果 (10/30)

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

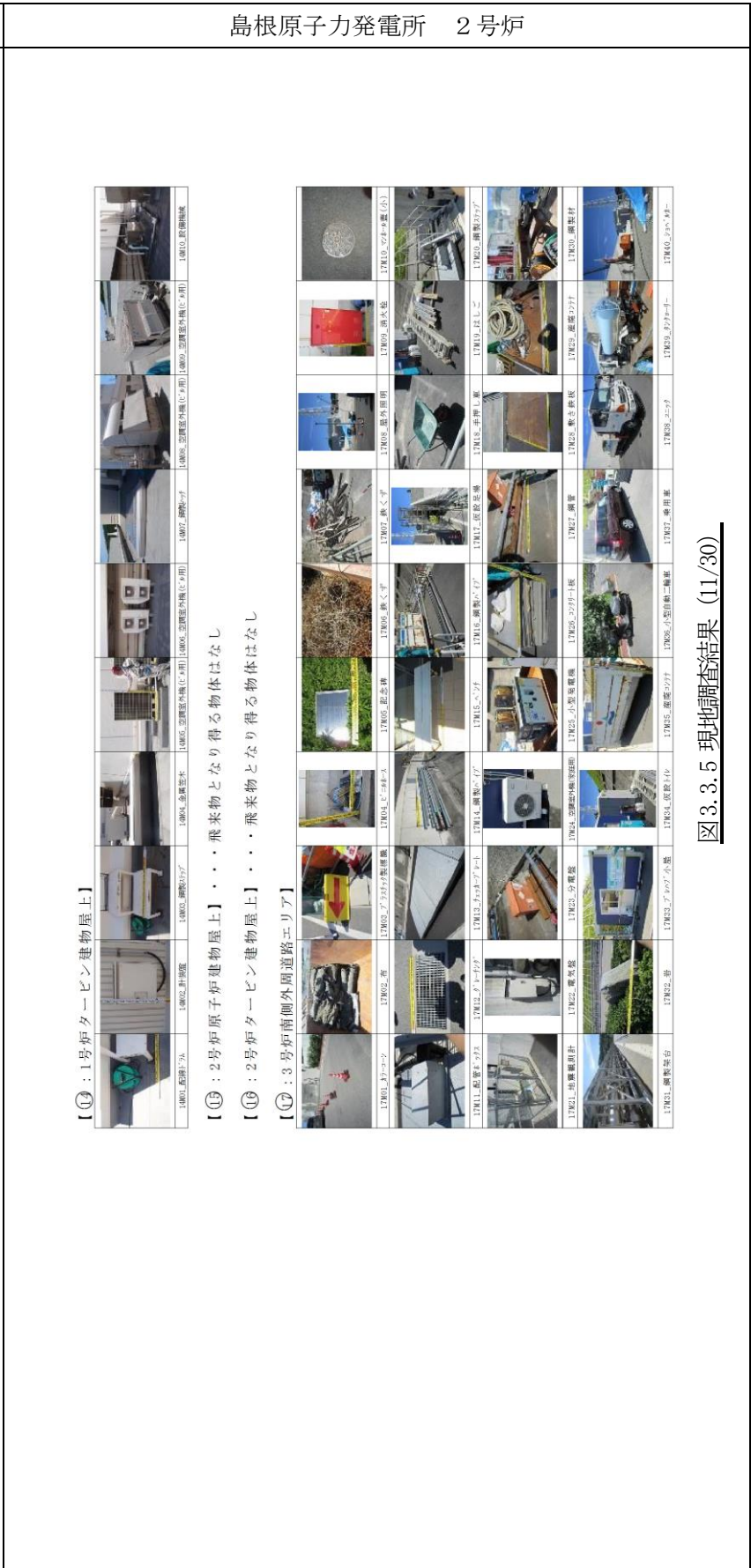
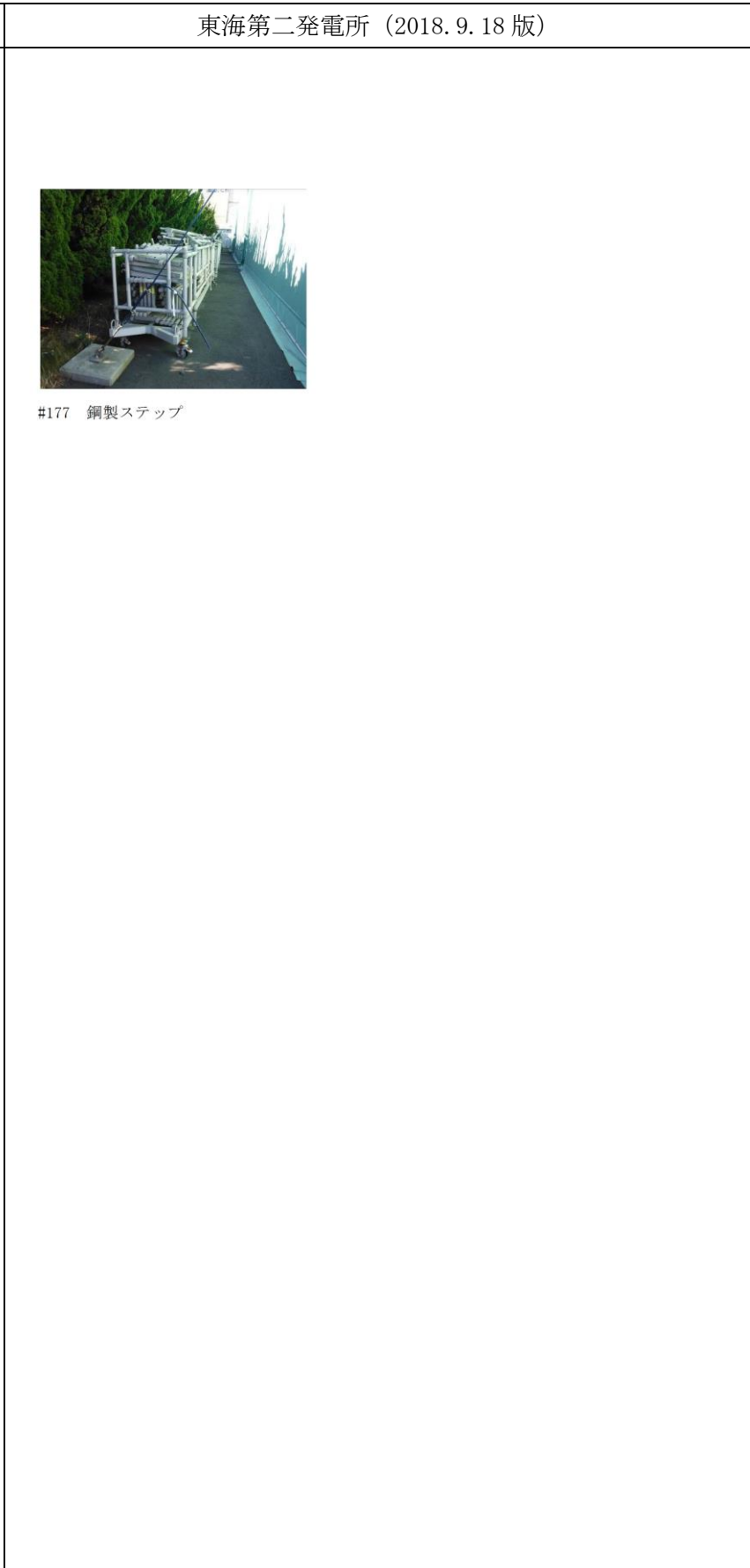
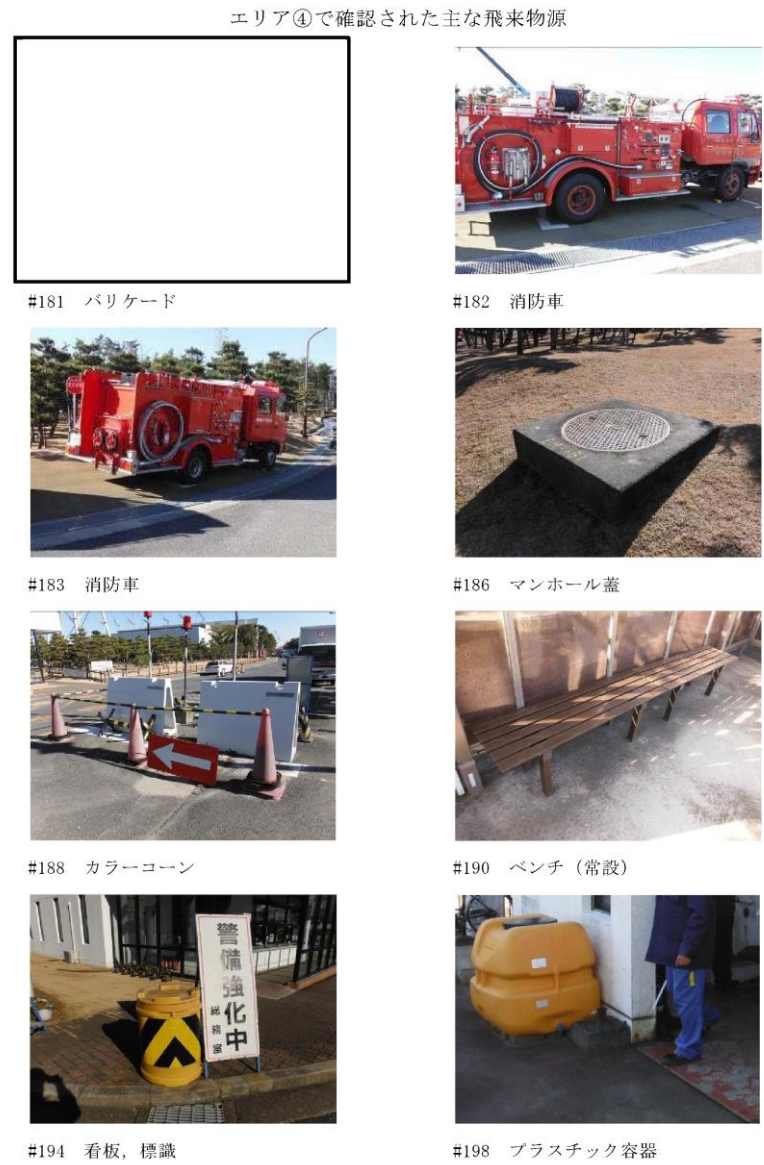


図 3.3.5 現地調査結果 (11/30)

備考



18M10_マンホール蓋(小)	18M20_コンクリート製かつ		
18M09_屋外照明	18M19_空調部外機(使用)		
18M08_ボ-1格前箱	18M18_鋼管		
18M07_コンクリートプレート	18M17_仮設資材		
18M06_鋼製パイプ	18M16_プラスチック製容器		
18M05_鋼製看板	18M15_仮設足場		
18M04_合板	18M14_鋼製パイプ		
18M03_扉受け	18M13_操作盤		
18M02_木材	18M12_パイプ/枠組材		
18M01_プラスチック製パイプ	18M11_はしご		
	18M21_トラック		

【⑬ : 3号炉南エリア】

図 3.3.5 現地調査結果 (12/30)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)



③-46 仮設トイレ



③-47 コンクリートブロック



③-48 ベンチ



③-19 ドラム缶

(二次飛来物)



③-1 窓ガラス

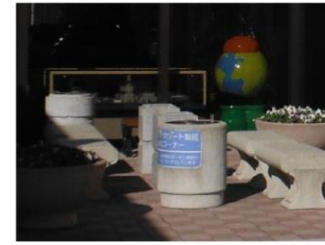


③-2 階段, 窓ガラス, 扉

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)



#199 オブジェ (タービン)



#201 コンクリート製ブロック



#203 ベンチ (常設)



#204 下駄箱



#205 自動販売機



#210 空調室外機



#215, #216 社用バス



#217 鋼製ステップ

島根原子力発電所 2号炉

【⑨ : 3号炉東エリア】

19801_2019	19802_2019	19803_2019	19804_2019	19805_2019	19806_2019	19807_2019	19808_2019	19809_2019	19810_2019	19811_2019	19812_2019	19813_2019	19814_2019	19815_2019	19816_2019	19817_2019	19818_2019	19819_2019	19820_2019	19821_2019	19822_2019	19823_2019	19824_2019	19825_2019	19826_2019	19827_2019	19828_2019	19829_2019	19830_2019	19831_2019	19832_2019	19833_2019	19834_2019	19835_2019	19836_2019	19837_2019	19838_2019	19839_2019	19840_2019
19801_2019	19802_2019	19803_2019	19804_2019	19805_2019	19806_2019	19807_2019	19808_2019	19809_2019	19810_2019	19811_2019	19812_2019	19813_2019	19814_2019	19815_2019	19816_2019	19817_2019	19818_2019	19819_2019	19820_2019	19821_2019	19822_2019	19823_2019	19824_2019	19825_2019	19826_2019	19827_2019	19828_2019	19829_2019	19830_2019	19831_2019	19832_2019	19833_2019	19834_2019	19835_2019	19836_2019	19837_2019	19838_2019	19839_2019	19840_2019

図 3.3.5 現地調査結果 (13/30)

備考

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)

④第二企業センター棟周辺エリア (常設・仮設物)



④-1 マホールの蓋



④-2 グレーチング



④-3 コンクリート板
(排水溝蓋)



④-4 土のう袋



④-5 分電盤



④-6 屋外照明



④-7 乗用車



④-8 道路標識



④-9 配電盤



④-10 フェンス (半管柵)



④-11 アンテナ



④-12 砂利



④-13 鋼製止め



④-14 空調室外機



④-15 チェッカープレート

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)



#219 乗用車



#222 物置



#226 トラック



#347 物置



#220 カーブミラー



#225 鋼製ステップ



#228 プレハブ小屋



#350 鋼製ボックス

島根原子力発電所 2号炉

【④ : 3号炉北東エリア】

	20010_鋼製材		20020_配電盤		20030_配電盤		20040_鋼製材
	20009_鋼製材		20019_配電盤		20029_配電盤		20039_配電盤
	20008_鋼製材		20018_配電盤		20028_配電盤		20038_鋼製材
	20007_鋼製材		20017_配電盤		20027_配電盤		20037_鋼製材
	20006_土のう袋		20016_鋼製材		20026_配電盤		20036_鋼製材
	20005_鋼製材		20015_鋼製材		20025_鋼製材		20035_鋼製材
	20004_鋼製材		20014_鋼製材		20024_鋼製材		20034_鋼製材
	20003_鋼製材		20013_鋼製材		20023_鋼製材		20033_鋼製材
	20002_鋼製材		20012_鋼製材		20022_鋼製材		20032_鋼製材
	20001_鋼製材		20011_鋼製材		20021_鋼製材		20031_鋼製材
	20011_屋外照明		20021_鋼製材		20031_鋼製材		20041_鋼製材

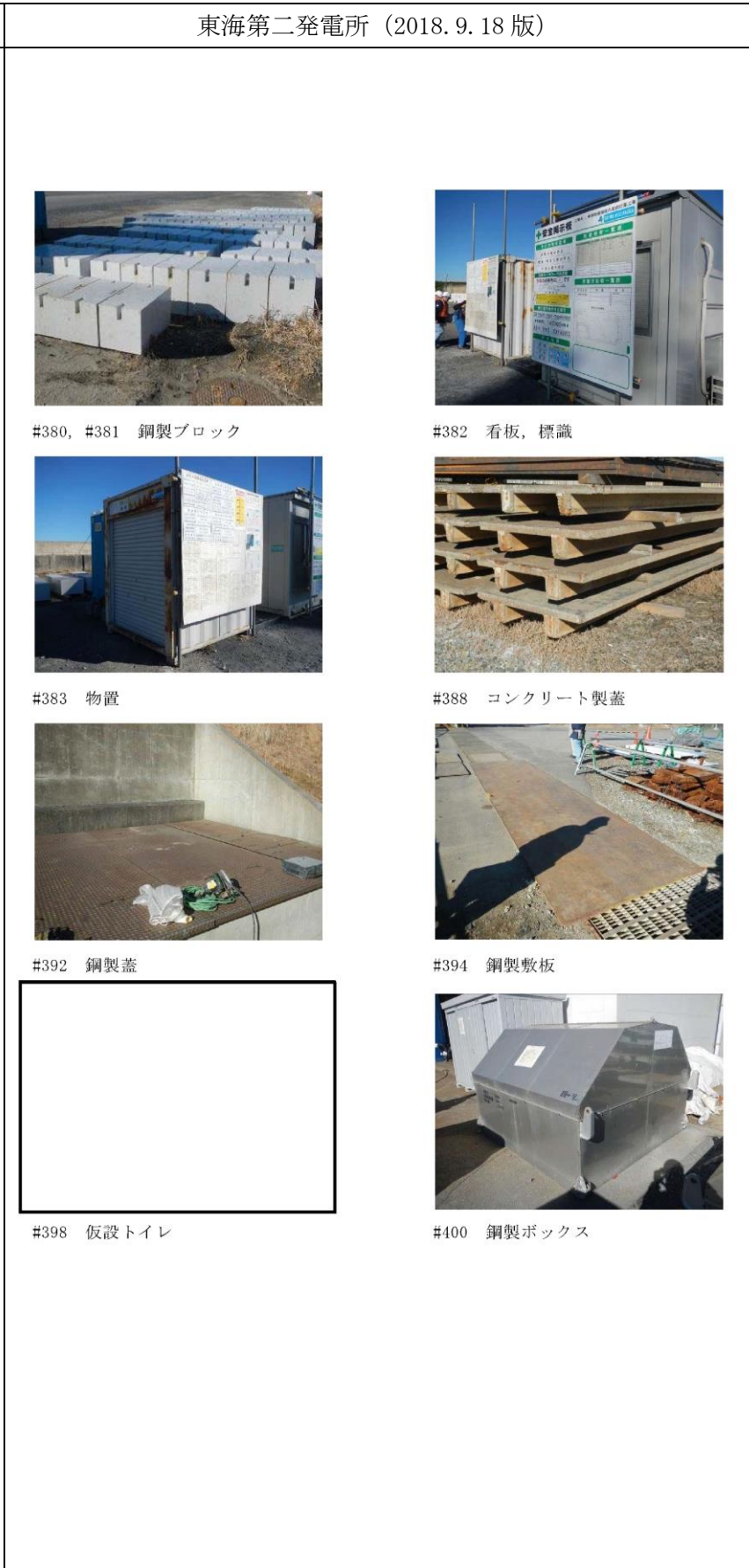
図 3.3.5 現地調査結果 (14/30)

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



【㊦】: 3号炉北西エリア		21M01 消火器格納箱		21M02 小型ポンプ		21M03 屋外照明		21M04 器具箱		21M05 障害針		21M06 フォークリフト		21M07 底層資材		21M08 鋼製フェンス		21M09 止水板		21M10 鋼製ロープ
		21M11 プラチナ付搬送機		21M12 鋼製看板		21M13 3'x3'x6'		21M14 乗用車		21M15 鋼管(小)		21M16 鋼管(大)		21M17 底層資材		21M18 鋼製材		21M19 仮設庁		21M20 プラチナ付小屋
		21M21 大型搬送機		21M22 工事用ポンプ		21M23 搬送ポンプ		21M24 乗用車		21M25 3'x6'x6'		21M26 フォークリフト		21M27 鋼管		21M28 鋼製材		21M29 鋼製材		21M30 鋼製材
		21M31 鋼製材		21M32 鋼製材		21M33 鋼製材		21M34 鋼製材		21M35 鋼製材		21M36 鋼製材		21M37 鋼製材		21M38 鋼製材		21M39 鋼製材		21M40 鋼製材
		21M41 鋼製材		21M42 鋼製材		21M43 鋼製材		21M44 鋼製材		21M45 鋼製材		21M46 鋼製材		21M47 鋼製材		21M48 鋼製材		21M49 鋼製材		21M50 鋼製材
		21M51 鋼製材		21M52 鋼製材		21M53 鋼製材		21M54 鋼製材		21M55 鋼製材		21M56 鋼製材		21M57 鋼製材		21M58 鋼製材		21M59 鋼製材		21M60 鋼製材
		21M61 鋼製材		21M62 鋼製材		21M63 鋼製材		21M64 鋼製材		21M65 鋼製材		21M66 鋼製材		21M67 鋼製材		21M68 鋼製材		21M69 鋼製材		21M70 鋼製材
		21M71 鋼製材		21M72 鋼製材		21M73 鋼製材		21M74 鋼製材		21M75 鋼製材		21M76 鋼製材		21M77 鋼製材		21M78 鋼製材		21M79 鋼製材		21M80 鋼製材
		21M81 鋼製材		21M82 鋼製材		21M83 鋼製材		21M84 鋼製材		21M85 鋼製材		21M86 鋼製材		21M87 鋼製材		21M88 鋼製材		21M89 鋼製材		21M90 鋼製材
		21M91 鋼製材		21M92 鋼製材		21M93 鋼製材		21M94 鋼製材		21M95 鋼製材		21M96 鋼製材		21M97 鋼製材		21M98 鋼製材		21M99 鋼製材		21M100 鋼製材
		21M101 鋼製材		21M102 鋼製材		21M103 鋼製材		21M104 鋼製材		21M105 鋼製材		21M106 鋼製材		21M107 鋼製材		21M108 鋼製材		21M109 鋼製材		21M110 鋼製材
		21M111 鋼製材		21M112 鋼製材		21M113 鋼製材		21M114 鋼製材		21M115 鋼製材		21M116 鋼製材		21M117 鋼製材		21M118 鋼製材		21M119 鋼製材		21M120 鋼製材
		21M121 鋼製材		21M122 鋼製材		21M123 鋼製材		21M124 鋼製材		21M125 鋼製材		21M126 鋼製材		21M127 鋼製材		21M128 鋼製材		21M129 鋼製材		21M130 鋼製材
		21M131 鋼製材		21M132 鋼製材		21M133 鋼製材		21M134 鋼製材		21M135 鋼製材		21M136 鋼製材		21M137 鋼製材		21M138 鋼製材		21M139 鋼製材		21M140 鋼製材
		21M141 鋼製材		21M142 鋼製材		21M143 鋼製材		21M144 鋼製材		21M145 鋼製材		21M146 鋼製材		21M147 鋼製材		21M148 鋼製材		21M149 鋼製材		21M150 鋼製材
	21M151 鋼製材		21M152 鋼製材		21M153 鋼製材		21M154 鋼製材		21M155 鋼製材		21M156 鋼製材		21M157 鋼製材		21M158 鋼製材		21M159 鋼製材		21M160 鋼製材	
	21M161 鋼製材		21M162 鋼製材		21M163 鋼製材		21M164 鋼製材		21M165 鋼製材		21M166 鋼製材		21M167 鋼製材		21M168 鋼製材		21M169 鋼製材		21M170 鋼製材	
	21M171 鋼製材		21M172 鋼製材		21M173 鋼製材		21M174 鋼製材		21M175 鋼製材		21M176 鋼製材		21M177 鋼製材		21M178 鋼製材		21M179 鋼製材		21M180 鋼製材	
	21M181 鋼製材		21M182 鋼製材		21M183 鋼製材		21M184 鋼製材		21M185 鋼製材		21M186 鋼製材		21M187 鋼製材		21M188 鋼製材		21M189 鋼製材		21M190 鋼製材	
	21M191 鋼製材		21M192 鋼製材		21M193 鋼製材		21M194 鋼製材		21M195 鋼製材		21M196 鋼製材		21M197 鋼製材		21M198 鋼製材		21M199 鋼製材		21M200 鋼製材	
	21M201 鋼製材		21M202 鋼製材		21M203 鋼製材		21M204 鋼製材		21M205 鋼製材		21M206 鋼製材		21M207 鋼製材		21M208 鋼製材		21M209 鋼製材		21M210 鋼製材	
	21M211 鋼製材		21M212 鋼製材		21M213 鋼製材		21M214 鋼製材		21M215 鋼製材		21M216 鋼製材		21M217 鋼製材		21M218 鋼製材		21M219 鋼製材		21M220 鋼製材	
	21M221 鋼製材		21M222 鋼製材		21M223 鋼製材		21M224 鋼製材		21M225 鋼製材		21M226 鋼製材		21M227 鋼製材		21M228 鋼製材		21M229 鋼製材		21M230 鋼製材	
	21M231 鋼製材		21M232 鋼製材		21M233 鋼製材		21M234 鋼製材		21M235 鋼製材		21M236 鋼製材		21M237 鋼製材		21M238 鋼製材		21M239 鋼製材		21M240 鋼製材	
	21M241 鋼製材		21M242 鋼製材		21M243 鋼製材		21M244 鋼製材		21M245 鋼製材		21M246 鋼製材		21M247 鋼製材		21M248 鋼製材		21M249 鋼製材		21M250 鋼製材	
	21M251 鋼製材		21M252 鋼製材		21M253 鋼製材		21M254 鋼製材		21M255 鋼製材		21M256 鋼製材		21M257 鋼製材		21M258 鋼製材		21M259 鋼製材		21M260 鋼製材	
	21M261 鋼製材		21M262 鋼製材		21M263 鋼製材		21M264 鋼製材		21M265 鋼製材		21M266 鋼製材		21M267 鋼製材		21M268 鋼製材		21M269 鋼製材		21M270 鋼製材	
	21M271 鋼製材		21M272 鋼製材		21M273 鋼製材		21M274 鋼製材		21M275 鋼製材		21M276 鋼製材		21M277 鋼製材		21M278 鋼製材		21M279 鋼製材		21M280 鋼製材	
	21M281 鋼製材		21M282 鋼製材		21M283 鋼製材		21M284 鋼製材		21M285 鋼製材		21M286 鋼製材		21M287 鋼製材		21M288 鋼製材		21M289 鋼製材		21M290 鋼製材	
	21M291 鋼製材		21M292 鋼製材		21M293 鋼製材		21M294 鋼製材		21M295 鋼製材		21M296 鋼製材		21M297 鋼製材		21M298 鋼製材		21M299 鋼製材		21M300 鋼製材	
	21M301 鋼製材		21M302 鋼製材		21M303 鋼製材		21M304 鋼製材		21M305 鋼製材		21M306 鋼製材		21M307 鋼製材		21M308 鋼製材		21M309 鋼製材		21M310 鋼製材	
	21M311 鋼製材		21M312 鋼製材		21M313 鋼製材		21M314 鋼製材		21M315 鋼製材		21M316 鋼製材		21M317 鋼製材		21M318 鋼製材		21M319 鋼製材		21M320 鋼製材	
	21M321 鋼製材		21M322 鋼製材		21M323 鋼製材		21M324 鋼製材		21M325 鋼製材		21M326 鋼製材		21M327 鋼製材		21M328 鋼製材		21M329 鋼製材		21M330 鋼製材	
	21M331 鋼製材		21M332 鋼製材		21M333 鋼製材		21M334 鋼製材	<												



【②】：3号炉原子炉建物屋上】		23M10_制御盤		23M20_冷凍機			
		23M09_仮設資材		23M15_空調部外機(6用)			
		23M08_鋼製ハブ		23M18_空調部外機(6用)			
		23M07_消火栓		23M17_鋼製階段			
		23M06_消音針		23M16_鋼製階段			
		23M05_フェルトシート		23M15_はしご			
		23M04_コンクリート板		23M14_はしご			
		23M03_コンクリートブロック		23M13_鋼製キャブ			
		23M02_道長箱		23M12_鋼製キャブ			
		23M01_屋外照明		23M21_大型発電機			

【②】：3号炉タービン建物屋上】

	24M09_鋼製階段
	24M08_鋼管
	24M07_鋼管
	24M05_鋼管
	24M04_コンクリート板
	24M03_コンクリートブロック
	24M02_消音針
	24M01_交趾ハブ

図 3.3.5 現地調査結果 (16/30)

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



【25：協力会社加工場エリア】

図 3.3.5 現地調査結果 (17/30)

備考

(二次飛来物)



④-1 屋根, 外壁



④-2 窓ガラス



④-3 シャッター



④-4 雨樋



④-5 拡声器



④-6 配管



④-7 拡声器, 換気フード



④-8 シャッター



④-9 照明器具



④-10 屋根, 外壁



④-11 窓ガラス



④-12 窓ガラス



④-13 照明器具



④-14 ルーバ



④-15 猿梯子



#421 ケーブルドラム



#422 鋼製ボックス



#423 鋼製ステップ



#424 プレハブ小屋



#431 樹脂製蓋



#435 コンテナ



#436 鋼製ボックス



#437 鋼製ボックス

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

【②③ : 3号炉倉庫エリア】

図 3. 3. 5 現地調査結果 (18/30)

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

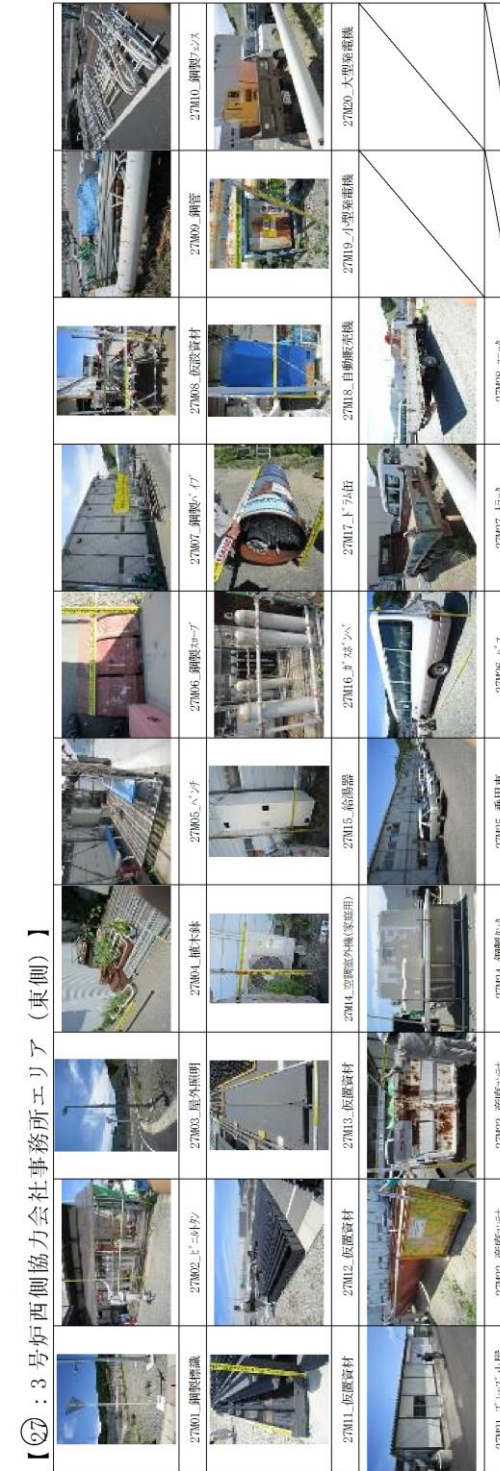


図 3.3.5 現地調査結果 (19/30)

備考

⑤ 固体廃棄物貯蔵庫周辺エリア (常設・仮設物)



⑤-1 トラック (ユック車)



⑤-2 モーター付き排気ファン



⑤-3 屋外照明



⑤-4 鋼製車止め
(単管バリケード)



⑤-5 コンクリート板



⑤-6 グレーチング



⑤-7 ガートレール



⑤-8 グレーチング



⑤-9 プレハブ小屋



⑤-10 鋼製フェンス



⑤-11 鋼板



⑤-12 防火標識



⑤-13 マンホール蓋



⑤-14 敷鉄板



⑤-15 制御盤



#487 バイク, 自転車



#488 バイク, 自転車



#490 空調室外機

【 ⑧ : 3号炉西側協力会社事務所エリア (西側) 】

28M01_折半屋根	28M02_鋼製標識	28M03_木製扉板	28M04_砂利	28M05_コンクリート板	28M06_コンクリート板	28M07_コンクリート板	28M08_鋼製フェンス	28M09_鋼製フェンス	28M10_コンクリート板	28M11_鋼製標識	28M12_鋼製標識	28M13_鋼製標識	28M14_鋼製標識	28M15_鋼製標識	28M16_鋼製標識	28M17_鋼製標識	28M18_鋼製標識	28M19_鋼製標識	28M20_鋼製標識	28M21_鋼製標識	28M22_鋼製標識	28M23_鋼製標識	28M24_鋼製標識	28M25_鋼製標識	28M26_鋼製標識	28M27_鋼製標識	28M28_鋼製標識	28M29_鋼製標識	28M30_鋼製標識

図 3. 3. 5 現地調査結果 (20/30)



【②9：補助ボイラー建物エリア】

図 3.3.5 現地調査結果 (21/30)

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)



⑥-31 電柱



⑥-32 鋼材



⑥-33 鋼管



⑥-34 トラック



⑥-35 フォークリフト



⑥-36 乗用車



⑥-37 鋼製看板



⑥-38 コンクリート板

(二次飛来物)



⑥-1 扉, ルーバ

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)



#336 什器類



#337 敷鉄板



#338 ケーブルドラム



#339 パレット (木製又は樹脂製)



#340 プレハブ小屋



#495 仮設電源

島根原子力発電所 2号炉

	35M10_吊脚機		35M19_吊脚機
	35M05_小型吊脚機		35M18_吊脚機
	35M08_吊脚機		35M17_乗用車
	35M07_木材		35M16_小型自動二輪車
	35M06_鋼管・パイプ		35M15_コンクリート板
	35M05_吊脚機		35M14_荷揚機
	35M04_コンクリート		35M13_荷揚機
	35M03_屋外用機		35M12_防塵材
	35M02_コンクリート		35M11_荷揚機
	35M01_コンクリート		

【35：荷揚場南エリア】

図 3.3.5 現地調査結果 (25/30)

備考

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)

⑦取水口・放水口周辺エリア (常設・仮設物)



東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

島根原子力発電所 2号炉

備考

【⑧：4.4m 盤協力会社事務所エリア (北側)】

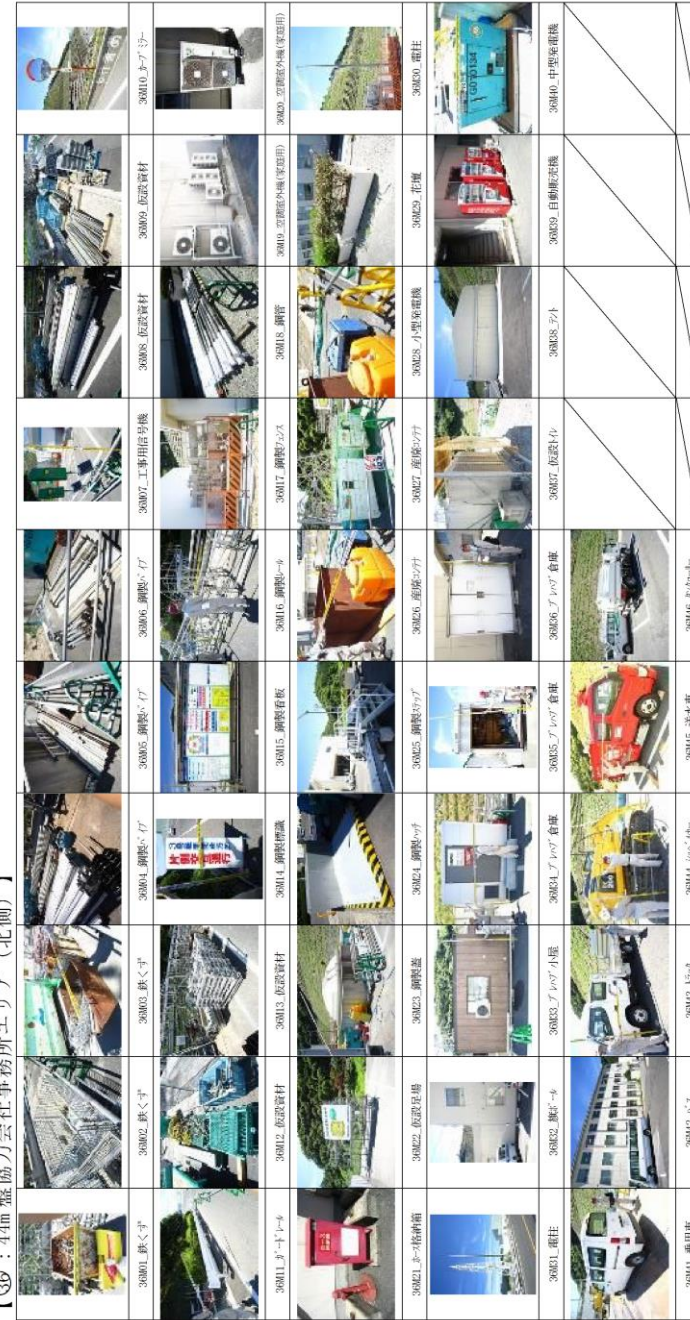
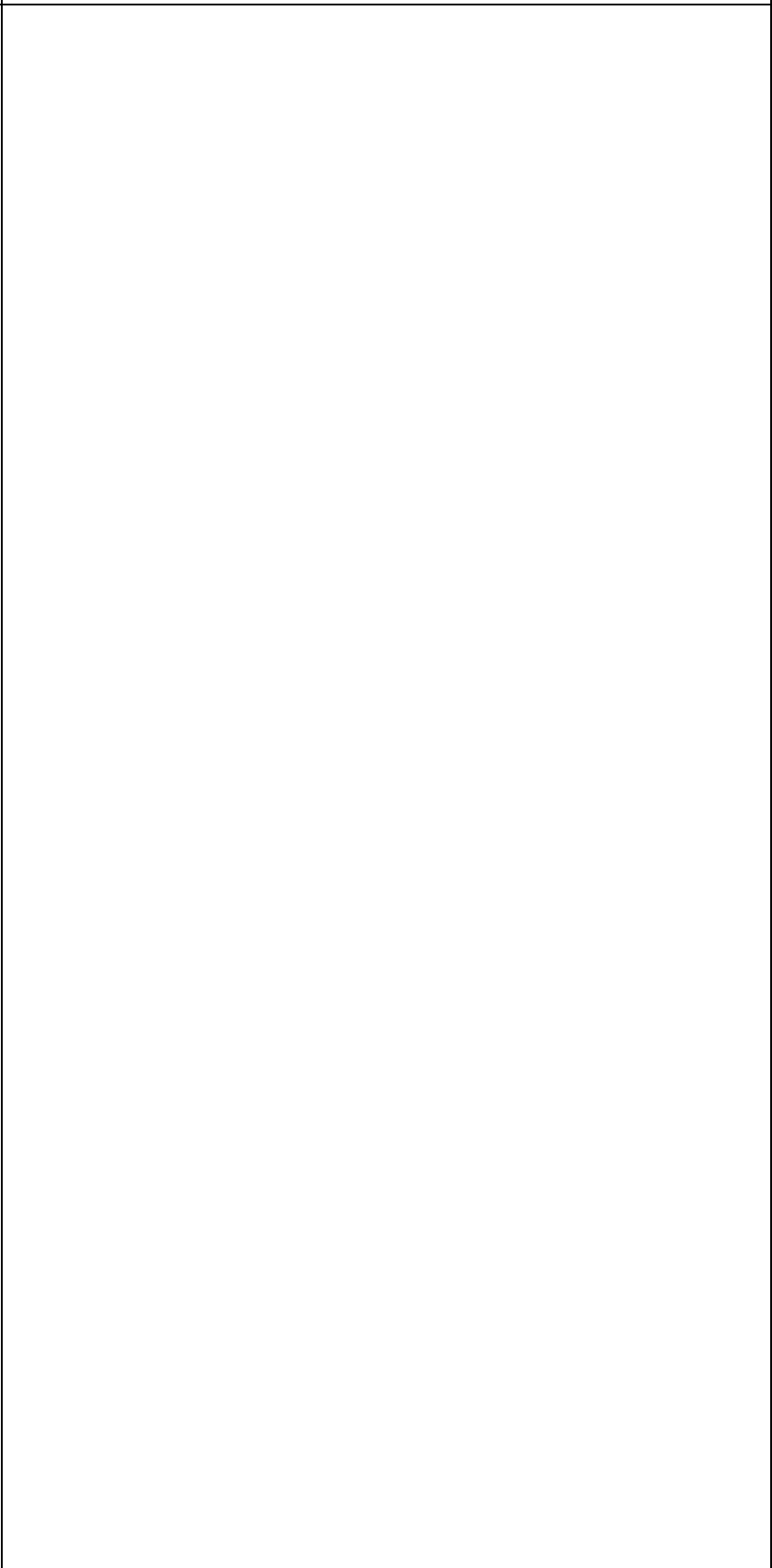
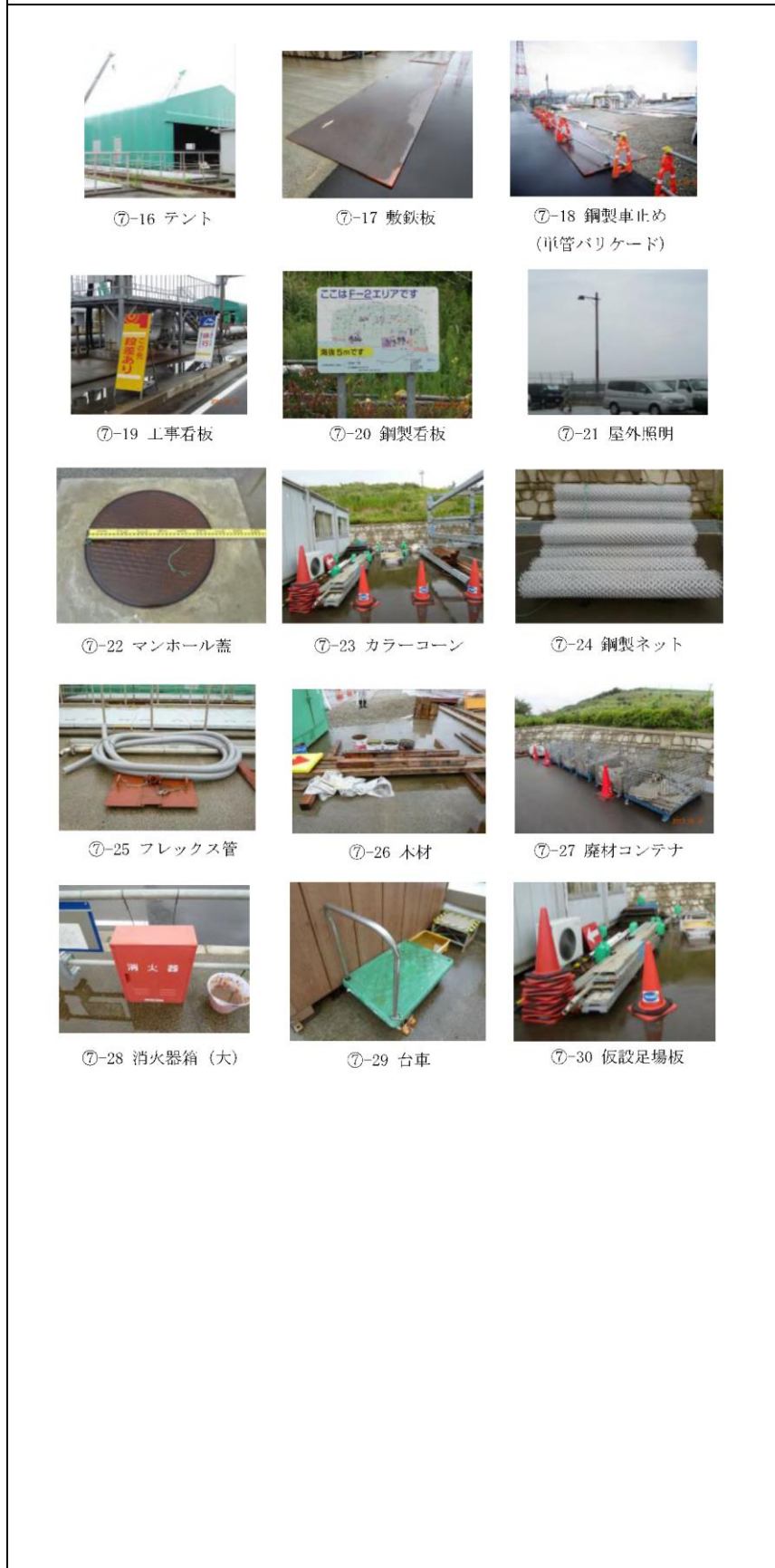


図 3.3.5 現地調査結果 (26/30)

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



(二次飛来物)



⑦-1 扉


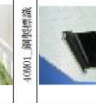









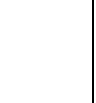




⑦-2 扉

【39 : 4.4m 盤協力会社事務所エリア (南側)】

図 3.5 現地調査結果 (28/30)

【⑩：才津谷エリア】

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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 3.3.5 現地調査結果 (30/30)

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>設計飛来物の設定</u></p> <p>3.2.2 <u>評価不要物品の抽出</u> <u>飛来物源のうち、過去の竜巻被害事例（添付資料9 別紙9-1）を参考とし、設計飛来物候補である鋼製材の影響を下回ると判断した物品については、設計飛来物にならないものとして、飛散評価を不要とした。</u></p>	<p>3.3.2.2 <u>現地調査結果の整理</u></p> <p><u>現地調査により抽出した想定飛来物から、小型軽量で竜巻影響評価対象施設に衝突した場合の影響が小さい物体及び損傷するが飛来物とならない物体を設計飛来物の選定候補から除外した。</u></p> <p><u>その他の想定飛来物について、表3.3.1に基づき形状、変形性状、サイズが同程度なものに分類し、グループ分けした。</u></p> <p style="text-align: center;"><u>表3.3.1 想定飛来物の分類基準</u></p> <table border="1" data-bbox="1727 785 2493 1684"> <thead> <tr> <th></th> <th>分類</th> <th>基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">形状</td> <td>棒状</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>板状</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>塊状</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">変形性状</td> <td>柔</td> <td>木製、ゴム製、中空状又は複数の材からなる。</td> </tr> <tr> <td>剛</td> <td>コンクリート又は鋼製で密実、単体からなる。</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">サイズ</td> <td>極小</td> <td>概ね0.01m²未満 概ね1kg未満</td> </tr> <tr> <td>小</td> <td>概ね0.01m²～0.5m² 概ね1kg～20kg</td> </tr> <tr> <td>中</td> <td>概ね0.5m²～2.0m² 概ね20kg～500kg</td> </tr> <tr> <td>大</td> <td>概ね2.0m²～10m² 概ね500kg～2,000kg</td> </tr> <tr> <td>特大</td> <td>概ね10m²以上 概ね2,000kg以上</td> </tr> </tbody> </table> <p><u>形状が棒状又は板状で変形性状が柔と分類されたものについては、評価対象施設に衝突した場合の影響が軽微であり、同形状の変形性状が剛なものに包絡され</u></p>		分類	基準	形状	棒状	—	板状	—	塊状	—	変形性状	柔	木製、ゴム製、中空状又は複数の材からなる。	剛	コンクリート又は鋼製で密実、単体からなる。	サイズ	極小	概ね0.01m ² 未満 概ね1kg未満	小	概ね0.01m ² ～0.5m ² 概ね1kg～20kg	中	概ね0.5m ² ～2.0m ² 概ね20kg～500kg	大	概ね2.0m ² ～10m ² 概ね500kg～2,000kg	特大	概ね10m ² 以上 概ね2,000kg以上	<p>(柏崎6/7は「3.3(1) 飛来物調査」で記載)</p> <p>・想定飛来物の分類方法の相違 【東海第二】 島根2号炉は、抽出した想定飛来物を剛・柔の観点でも分類している</p>
	分類	基準																											
形状	棒状	—																											
	板状	—																											
	塊状	—																											
変形性状	柔	木製、ゴム製、中空状又は複数の材からなる。																											
	剛	コンクリート又は鋼製で密実、単体からなる。																											
サイズ	極小	概ね0.01m ² 未満 概ね1kg未満																											
	小	概ね0.01m ² ～0.5m ² 概ね1kg～20kg																											
	中	概ね0.5m ² ～2.0m ² 概ね20kg～500kg																											
	大	概ね2.0m ² ～10m ² 概ね500kg～2,000kg																											
	特大	概ね10m ² 以上 概ね2,000kg以上																											

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><u>ると考えられるため、設計飛来物の選定候補から除外した。</u></p> <p><u>各グループにおいて、ガイドの設定例も参考にし、発電所構内に存在するもののうち、運動エネルギー又は貫通力が大きいと考えられるものを代表として選定した。想定飛来物の分類及び各グループを代表する想定飛来物の選定結果を表3.3.2に示す。</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>(2) 固定状況等を踏まえた抽出</p> <p>(1)で抽出した結果を踏まえ、過去の被害事例等(別紙1)を参考に、以下の観点のいずれにも当てはまらない物品を設計飛来物候補として抽出した。(表3.3.3)</p> <p>①溶接やボルトにより頑健に固定されているか</p> <p>②分解し小型軽量となる物品か</p> <p>③竜巻の影響により転倒はするが、飛来物とはならない物品か</p>	<p>3.1 固定状況等を踏まえた飛来物源の抽出</p> <p>現地調査にて確認された物品のうち以下に示すもののうち、過去の竜巻被害事例(【添付資料9 別紙9-1】)も参考とし、以下の観点のいずれにも当てはまらない物品を飛来物源として抽出した。</p> <p>(1) 溶接やボルト等により頑健に固定されている物品</p> <p>(2) 竜巻の影響により損傷はするが、飛散しない物品</p> <p>3.2 飛来物源の飛散評価</p> <p>3.2.1 設計飛来物候補の設定</p> <p>設計飛来物候補は、現場調査結果を踏まえ、飛来物防護対策として設置する設備の規模と固縛等の飛来物発生防止対策を要する物品の物量のバランスを考えて設定した。(第3.2.1-1表参照)</p> <p>発電所における現場調査結果、第3.2.1-1表に示すような、上記の竜巻防護対策(飛来物防護対策と飛来物発生防止対策)のバランス、先行プラントにおける設定実績並びに竜巻飛来物防護ネットの存在を踏まえ、「竜巻影響評価ガイド」に例示される鋼製材を、設計飛来物候補として設定した。</p>		<p>(島根2号炉は、「3.3.2.1(1)現地調査の観点」及び「別紙-1過去の主な竜巻事例に基づく飛来物の検討について」に記載)</p> <p>(島根2号炉は、「3.3.4.1設計飛来物の仮設定」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) 代表的な飛来物の飛散評価</p> <p>(2)で抽出をした代表的な飛来物に対し、設計竜巻の最大風速92m/s、風速場モデルとしてフジタモデルを適用した場合における飛散評価を実施し、浮上する物品を抽出した結果を表3.3.3に示す。飛来物の初期高さは、プラントウォークダウンにて確認した飛来物の設置場所と外部事象防護対象施設との高低差を踏まえ設定した。</p>	<p>第3.2.1-1表 設計飛来物候補と竜巻防護対策の関係</p> <table border="1" data-bbox="943 310 1626 982"> <thead> <tr> <th rowspan="3">設計飛来物候補の例</th> <th colspan="2">竜巻防護対策</th> <th rowspan="3">採用</th> </tr> <tr> <th colspan="2">飛来物防護対策</th> </tr> <tr> <th>規模</th> <th>飛来物発生防止対策 物量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>車両</td> <td>大 配置、耐震面の制約が大きい可能性がある。 建屋壁の増改築、小型の施設でも車両寸法をカバーする規模の設備が必要となる。</td> <td>少 対象と物品は少ない。 多くの物品は車両の影響を下回る。</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>鋼製材</td> <td>中 先行プラント事例等から成立性が見通しやすい。 竜巻飛来物防護対策設備の規模、鋼製材を念頭に置いた防護ネットの実績等、具体的なイメージが容易である。</td> <td>中 先行プラント事例等から対策が必要となる物品が見通しやすい。 細々した物品についておおむね対策が不要と判断できる。</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>木片</td> <td>小 防護設備を必要とする施設は少ない。 衝撃力、貫通力共に小さい。</td> <td>大 処置する物量が膨大かつ運用面の負担大きい。 大多数の物品が木片の影響を超える。</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <p>3.2.2 評価不要物品の抽出</p> <p>飛来物源のうち、過去の竜巻被害事例(添付資料9 別紙9-1)を参考とし、設計飛来物候補である鋼製材の影響を下回ると判断した物品については、設計飛来物にならないものとして、飛散評価を不要とした。</p> <p>3.2.3 飛来物源の飛散評価</p> <p>3.2.2にて抽出された飛来物源に対し、設計竜巻の最大風速100m/s、風速場モデルとしてフジタモデルを適用した場合における飛散評価を実施した。</p> <p>なお、発電所は、敷地近傍に一般道や隣接事業所が存在することから、管理が困難な一般道(国道245号線)からの車両の飛散の影響を現実的に評価することとし、保守性を確保した上で、ランキン渦モデルに比べ物品の飛散挙動をより実現象に近く捉えることができるフジタモデルを、飛散評価の風速場モデルとして適用する。</p>	設計飛来物候補の例	竜巻防護対策		採用	飛来物防護対策		規模	飛来物発生防止対策 物量	車両	大 配置、耐震面の制約が大きい可能性がある。 建屋壁の増改築、小型の施設でも車両寸法をカバーする規模の設備が必要となる。	少 対象と物品は少ない。 多くの物品は車両の影響を下回る。	—	鋼製材	中 先行プラント事例等から成立性が見通しやすい。 竜巻飛来物防護対策設備の規模、鋼製材を念頭に置いた防護ネットの実績等、具体的なイメージが容易である。	中 先行プラント事例等から対策が必要となる物品が見通しやすい。 細々した物品についておおむね対策が不要と判断できる。	○	木片	小 防護設備を必要とする施設は少ない。 衝撃力、貫通力共に小さい。	大 処置する物量が膨大かつ運用面の負担大きい。 大多数の物品が木片の影響を超える。	—	<p>3.3.3 飛来物の運動エネルギー及び貫通力の算出</p> <p>前項にて代表として選定した想定飛来物について、解析コード「TONBOS」を用いてフジタモデルの風速場における運動を解析することにより浮き上がりの有無及び最大速度を求めた。</p>	<p>(島根2号炉は、「別紙-1 過去の主な竜巻事例に基づく飛来物の検討について」に記載)</p> <p>・施設の相違 【東海第二】 島根2号炉は敷地近傍に隣接事業所はない</p>
設計飛来物候補の例	竜巻防護対策		採用																				
	飛来物防護対策																						
	規模	飛来物発生防止対策 物量																					
車両	大 配置、耐震面の制約が大きい可能性がある。 建屋壁の増改築、小型の施設でも車両寸法をカバーする規模の設備が必要となる。	少 対象と物品は少ない。 多くの物品は車両の影響を下回る。	—																				
鋼製材	中 先行プラント事例等から成立性が見通しやすい。 竜巻飛来物防護対策設備の規模、鋼製材を念頭に置いた防護ネットの実績等、具体的なイメージが容易である。	中 先行プラント事例等から対策が必要となる物品が見通しやすい。 細々した物品についておおむね対策が不要と判断できる。	○																				
木片	小 防護設備を必要とする施設は少ない。 衝撃力、貫通力共に小さい。	大 処置する物量が膨大かつ運用面の負担大きい。 大多数の物品が木片の影響を超える。	—																				

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><u>但し、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、外部事象防護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。(別紙2)</u></p> <p><u>そのため、飛来物の飛散距離については、上記で設定した飛来物の初期高さから外部事象防護対象施設の高さまでに飛散した距離を設定した。(例えば、初期高さ30mにおける飛散評価であれば、初期高さ30m から0m 迄の飛散距離となる)</u></p> <p><u>また、飛来物の速度については、ガイドに基づき、飛散評価により求まる飛散した際の最大水平速度及び最大鉛直速度を設定した。</u></p> <p><u>なお、浮上しないが横滑りにより外部事象防護対象施設に影響を与え得る物品については、浮上する物品同様、(4)以降の結果を踏まえ設計飛来物として選定する必要があるかを確認する。</u></p> <p><u>(4) 飛来物発生防止対策の可否を踏まえた抽出</u></p> <p><u>(3)で抽出した結果を踏まえ、固縛、撤去等の飛来物発生防止対策が可能かどうかを考慮し、設計飛来物の候補を抽出した。(表 3.3.3 右端欄参照)</u></p>	<p><u>(1) 初期高さ</u></p> <p><u>フジタモデルを使用した飛散評価においては、第3.2.3-1図に示すように、評価対象物品の配置位置と敷地高さとの高低差を示す初期高さの設定が必要となる。評価対象物品の初期高さは、現地調査結果等を踏まえて設定するものとするが、仮設材のように設置場所が特定できず、高所に置かれる可能性を有する飛来物源に対しては、使用場所が地表高さであるか高所であるかを考慮の上、適切な初期高さを設定する。</u></p> <div data-bbox="943 661 1685 949" data-label="Diagram"> </div> <p>第3.2.3-1図 初期高さのイメージ図</p> <p><u>(2) 空力パラメータ</u></p> <p><u>飛散評価に用いる空力パラメータは、物品の形状及び重量に応じて算出する。【添付資料9 別紙9-2】</u></p> <p><u>(3) 飛散速度の選定と横滑りの考慮</u></p> <p><u>飛来物源の飛散速度については、「竜巻影響評価ガイド」に基づき、飛散評価により算出される際の最大水平速度及び最大鉛直速度を設定した。</u></p> <p><u>なお、浮上しないが横滑りにより評価対象施設等に影響を与え得る物品については、浮上する物品同様、3.3の結果を踏まえ設計飛来物として選定する必要があるかを判断する。</u></p> <p><u>3.2.4 飛来物発生防止対策の可否を踏まえた飛来物源のスクリーニング</u></p> <p><u>飛散評価の結果を踏まえ、設計飛来物候補である鋼製材に対し、その影響(運動エネルギー又は貫通力)を上回るパラメータを有する飛来物源に対し、固縛あるいは離隔及び撤去等の飛来</u></p>	<p><u>飛来物の飛散速度については、「竜巻影響評価ガイド」に基づき、飛散解析により算出される際の最大水平速度及び最大鉛直速度を設定した。</u></p> <p><u>解析方法の詳細については別添2-2に示す。</u></p>	<p>・初期高さの設定対象の相違</p> <p>【柏崎6/7, 東海第二】</p> <p>島根2号炉は足場パイプ、足場板に対して初期高さを設定して飛散解析を実施している</p> <p>(島根2号炉は、「3.3.4.1 設計飛来物の仮設定」に記載)</p> <p>(島根2号炉は、「3.3.4.2 横滑りの考慮」に記載)</p> <p>(島根2号炉は、「3.3.4.3 飛来物発生防止対策の実施」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>(5) 評価パラメータの代表性の確認</p> <p>(4)で抽出した結果に対し、竜巻及び飛来物により想定される評価対象施設の損傷モードより設定した評価パラメータ(運動エネルギー、貫通力、寸法)が、最大となる物品を(寸法については最小)、設計飛来物として選定する。(表3.3.3 黄色箇所参照)</p>	<p>物発生防止対策の可否を考慮し、新たに設計飛来物候補とする必要の有無を評価した。</p> <p>(1) 運動エネルギー 飛来物源の運動エネルギー E は下式によって算出する。</p> $E = \frac{1}{2} M \cdot V^2$ <p>M : 飛来物の重量(kg) V : 飛来物の衝突速度(m/s)</p> <p>(2) コンクリートに対する貫通力 コンクリートに対する貫通力は、飛来物の衝突に対する評価として、NE I 07-13 及び米国NRCの基準類に算定式として記載されている修正NDRC式(①式)を用いて貫入深さx_cを求め、Degen式(②式)により貫通限界厚さt_pを算定する。</p>	<p>また、現地調査の結果から代表として選定した飛来物に加えて、ガイドに設定例として示されている飛来物を考慮することとし、解析により求めた最大速度又はガイドに示された最大速度を用いて、運動エネルギー及び貫通力を算出した。貫通力については、BRL式を用いて鋼板に対する貫通厚さTを、鉄筋コンクリート版に対する貫入深さx_cを修正NDRC式で算出し、Degen式を用いて鉄筋コンクリート版に対する貫通限界版厚t_pを算出した。コンクリートの評価においては、kg/cm²単位系の値を使用する。</p> <p>【BRL式】(鋼板に対する貫通厚さT):</p> $T^{3/2} = \frac{0.5MV^2}{1.4396 \times 10^9 K^2 D^{3/2}}$ <p>T: 鋼板貫通厚さ (m) M: ミサイル質量 (kg) V: ミサイル速度 (m/s) D: ミサイル直径 (m) K: 鋼板の材質に関する係数 (≒1)</p> <p>出典: ISES7607-3 「軽水炉構造機器の衝撃荷重に関する</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> $\left. \begin{aligned} \frac{x_c}{\alpha_c d} \leq 2 \text{ の場合 } \quad \frac{x_c}{d} &= 2 \left\{ \left(\frac{12145}{\sqrt{F_c}} \right) N d^{0.2} \frac{M}{d^3} \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.8} \right\}^{0.5} \\ \frac{x_c}{\alpha_c d} \geq 2 \text{ の場合 } \quad \frac{x_c}{d} &= \left(\frac{12145}{\sqrt{F_c}} \right) N d^{0.2} \frac{M}{d^3} \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.8} + 1 \end{aligned} \right\} \dots \textcircled{1}$ $\left. \begin{aligned} \frac{x_c}{\alpha_c d} \leq 1.52 \text{ の場合 } \quad t_p &= \alpha_p d \left\{ 2.2 \left(\frac{x_c}{\alpha_c d} \right) - 0.3 \left(\frac{x_c}{\alpha_c d} \right)^2 \right\} \\ 1.52 \leq \frac{x_c}{\alpha_c d} \leq 13.42 \text{ の場合 } \quad t_p &= \alpha_p d \left\{ 0.69 + 1.29 \left(\frac{x_c}{\alpha_c d} \right) \right\} \end{aligned} \right\} \dots \textcircled{2}$ t_p : 貫通限界厚さ (cm) x_c : 貫入深さ (cm) F_c : コンクリートの設計基準強度 (kgf/cm²) : 250 kgf/cm² d : 飛来物の直径 (cm) (飛来物の衝突面の外形の最小投影面積に等しい円の直径) M : 飛来物の重量 (kg) V : 飛来物の最大水平速度 (m/s) N : 飛来物の先端形状係数 : 1.14 「構造工学シリーズ6 建造物の衝撃挙動と設計法」(土木学会)を参考に設定。 保守的な評価となる, 非常に鋭い場合の数値を一律使用した。 α_c : 飛来物の低減係数 : 1.0 α_p : 飛来物の低減係数 : 1.0 保守的な評価となる, 剛の場合の数値を一律使用した。 (3) 鋼板に対する貫通力 鋼板に対する貫通力は, 「タービンミサイル評価について (昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会)」の中で, 鋼板に対する貫通厚さの算出式に使用されているBRL式(③式)を用いて貫通限界厚さTを算定する。 $T^3 = \frac{0.5 M V^2}{1.4396 \times 10^9 K^2 \cdot d^2} \dots \textcircled{3}$ T : 鋼板貫通限界厚さ (m) M : 飛来物の重量 (kg) V : 飛来物の最大水平速度 (m/s) d : 飛来物の直径 (m) (飛来物の衝突面の外形の最小投影面積に等しい円の直径) K : 鋼板の材質に関する係数 (≒1) </p>	<p> る調査 その3 ミサイルの衝突による構造壁の損傷に関する評価式の比較検討」(高温構造安全技術研究組合) </p> <p> <u>【修正 NDRC 式】(コンクリートに対する貫入深さx_c):</u> $x_c = \alpha_c \left\{ 4 \left(\frac{12145}{\sqrt{F_c}} \right) W N d \left(\frac{V}{1000} \right)^{1.8} \right\}^{0.5}, \text{ 但し, } \frac{x_c}{\alpha_c d} < 2$ </p> <p> <u>【Degen 式】(コンクリートに対する貫通限界版厚t_p):</u> $t_p = \alpha_p d \left\{ 2.2 \left(\frac{x_c}{\alpha_c d} \right) - 0.3 \left(\frac{x_c}{\alpha_c d} \right)^2 \right\}, \text{ 但し, } \frac{x_c}{\alpha_c d} \leq 1.52$ </p> <p> t_p : 貫通限界版厚 (cm) x_c : 貫入深さ (cm) d : 飛来物直径 (cm) F_c : コンクリートの設計基準強度 (kgf/cm²) (=240kgf/cm²) W : 飛来物重量 (kgf) V : 衝突速度 (m/s) N : 飛来物先端形状係数で, 以下の値を使用する。 ・棒状の物体, 板状の物体 : 1.14 ・塊状の物 : 0.72 α_c : 貫入評価についての飛来物低減係数で, 1.00 を使用する。 α_p : 貫通評価についての飛来物低減係数で, 1.00 を使用する。 </p> <p> <u>なお, BRL式は「タービンミサイル評価について (昭和52年7月20日 原子炉安全専門審査会)」の中で, 鋼板に対する貫通厚さの算出式として用いられているものである。</u> </p> <p> <u>最大風速92m/sの竜巻によるフジタモデル(地上からの初期高さ0m)を用いた飛散解析による飛来物の浮き上がりの有無及び運動エネルギー, 貫通力の算出結果を表3.3.3に示す。</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>(4) <u>代表的な飛来物源の飛散評価結果及びスクリーニング</u></p> <p><u>現場調査によって確認された飛来物源に対して、初期高さを設定し、飛散評価を実施する。飛散評価結果とスクリーニングの結果の例として、第3.2.4-1表に示す。</u></p> <p><u>なお、飛来物源の特徴を考慮し、仮設材等の建屋屋上に配置されることが考えられる物品については、一例として初期高さ40mでの結果も並列して記載している。</u></p> <p><u>第3.2.4-1表における飛来物源は、初期高さ0mでの運動エネルギー及び貫通力の評価結果によって分類している。(表中のNo.のハッチング色)</u></p> <p><u>また、初期高さ40mの飛散評価結果による分類は、表中の飛来物発生要否の欄のハッチング色により示しており、初期高さの設定により分類が変更となるものは、ハッチング色により判別できる。</u></p>		

表 3.3.3 代表的な飛来物の飛散評価結果及び飛散防止対策・固定状況等を踏まえた選定結果 (1/6)

分類	名称	長さ[m]	幅[m]	高さ[m]	質量[kg]	運動エネルギー [kJ]	運動エネルギー (水)	最大飛散距離[m]	最大飛散高さ[m]	最大飛散速度[m/s]	最大飛散質量[kg]	コンクリートの貫通限界		鋼板の貫通限界		浮き上がり係数	選定結果
												水平	鉛直	水平	鉛直		
飛来物	(ガイド) 鋼製パイプ ^{※1}	2	0.05	0.05	8.4	0.0058	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×
	鋼製止め	1.3	0.217	0.217	90	0.0018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×
	ガスボンベ	1.515	0.232	0.232	93	0.0021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×
	鉄骨	2	0.34	0.25	156	0.0034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×
	(ガイド) 鋼製材 ^{※1}	4.2	0.3	0.2	133	0.0066	10	7	6	3	9	0.08	6	4	4	2	○
	角型鋼管 (小)	4	0.06	0.06	12	0.0169	15	7	2	0.23	19	0.13	5	2	5	2	○
	角型鋼管 (大)	4	0.1	0.1	28	0.0118	16	7	1	0.55	20	0.15	6	3	6	2	○
	鋼材	6	0.3	0.3	558	0.0027	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×
	コンクリート柱	12	0.252	0.252	900	0.0017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×

※1: ガイドにおいてサイズ及び重量が記載されている物品
 ※2: 修正 NDRC 式及び, Degen 式を用いて算出
 ※3: 発電用原子炉施設のタービンサイドルの評価に用いられている BRL 式にて算出
 ※4: 評価対象施設に想定される損傷モードにより, 評価パラメータを設定

第 3.2.4-1 表 代表的な飛来物源の飛散評価結果整理表の例

No.	カテゴリ (品目に則った整理)	寸法(m)		C _D A/m ² (m ² /kg)	初期高さ (m)	最大水平速度 (m/s)	最大飛散距離 (m)	最大飛散高さ (m)	最大質量 (kg)	最大運動エネルギー (kJ)	運動エネルギー		貫通力(コンクリート)		貫通力(鋼板)		飛来物発生 防止対策の 項目が必須 【①,②,③の いずれかが "○"】
		高さ	高さ以外								最大	運動	貫通 限界 (t>176kJ) 厚さ (mm)	貫通 限界 (t>25.9cm) 厚さ (mm)	貫通 限界 (t>176kJ) 厚さ (mm)	貫通 限界 (t>25.9cm) 厚さ (mm)	
＜運動エネルギーが鋼材以上の大きい＞																	
340	プレハブ小屋	2.2	6	10	0.0115	0	56	185.1	15,786	5500	8624	○	64.4	○	9	×	○
349	物置	2.3	3.2	6.5	0.0057	0	43	88.5	4,726	5000	4623	○	54.4	○	8	×	○
252	トラック	2.24	2.445	7.54	0.0073	0	48	120.2	6,56	3700	4263	○	54.7	○	8	×	○
260	プレハブ小屋	2.6	2.86	6.05	0.0090	0	52	172.2	13,803	3000	4056	○	49.9	○	7	×	○
216	社用バス	2.34	2.96	8.99	0.0037	0	28	37.3	1,675	9910	3885	○	52.7	○	7	×	○
414	プレハブ小屋	2.3	2.7	5.5	0.0075	0	49	146.8	7,625	3000	3602	○	49	○	7	×	○
115	トラック	2.22	3.16	7.56	0.0040	0	30	42.1	1,97	7970	3587	○	50.2	○	7	×	○
182	消防車	2.49	3.04	8	0.0033	0	25	30.7	1,216	10620	3319	○	48.4	○	6	×	○
155	プレハブ小屋	2.5	3.6	5	0.0145	0	59	210.8	21,932	1800	3133	○	41.8	○	5	×	○
215	社用バス	2.08	2.82	6.99	0.0041	0	30	41.3	1,907	6605	2973	○	47.3	○	6	×	○
183	消防車	2.28	2.8	7.15	0.0033	0	23	26.6	1,008	8635	2284	○	42	○	5	×	○
20	物置	2.3	3.05	3.05	0.0103	0	54	176.9	14,187	1500	2187	○	37.1	○	5	×	○
66	プレハブ小屋	2.4	2.7	5.4	0.0225	0	65	227.2	27,502	1000	2113	○	36.3	○	5	×	○
75	プレハブ小屋	2.4	2.7	5.4	0.0225	0	65	227.2	27,502	1000	2113	○	36.3	○	5	×	○
247	プレハブ小屋	2.3	2.8	4.4	0.0191	0	63	220.3	24,49	1000	1985	○	35.4	○	5	×	○
2	プレハブ小屋	2.3	2.6	4.6	0.0189	0	61	209.6	20,915	1000	1861	○	34.8	○	5	×	○
237	プレハブ小屋	2	3	4	0.0172	0	61	209.6	20,915	1000	1861	○	34.8	○	5	×	○
373	物置	1.9	2.2	4.4	0.0052	0	36	53.4	2,951	2836	1838	○	39.1	○	6	×	○
259	物置	1.9	2.2	4.4	0.0052	0	36	53.4	2,951	2836	1838	○	39.1	○	6	×	○
228	物置	2.4	2.65	3.5	0.0159	0	60	213.9	22,626	1000	1800	○	33.9	○	5	×	○
479	プレハブ小屋	2.4	2.4	3.6	0.0153	0	60	211.9	22,074	1000	1800	○	34.6	○	5	×	○
370	プレハブ小屋	2.4	2.4	3.6	0.0153	0	60	211.9	22,074	1000	1800	○	34.6	○	5	×	○
28	乗用車	1.69	1.81	4.39	0.0067	0	43	73.9	3,801	1825	1688	○	39.1	○	6	×	○

表 3.3.3 想定飛来物の飛散解析結果(フジタモデル(地上からの初期高さ 0m), 最大風速 92m/s)

形状	名称	長さ (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	飛散の有無	最大速度 (m/s)	運動エネルギー (kJ)	コンクリートの貫通限界厚さ ^{※1} (cm)	鋼板の貫通限界厚さ ^{※2} (mm)
棒状	鋼製パイプ [ガイド]	2000	50	50	8.4	○	7	1	3	2
	鋼製パイプ 1	4000	50	50	16.8	○	7	1	3	2
	鋼製材 [ガイド]	4200	300	200	135.0	○	8	5	6	3
板状	鋼製材 1	5500	100	100	95.0	-	-	-	-	-
	鋼製材 2	5500	150	150	174.0	-	-	-	-	-
	電柱	10000	257	257	690.0	-	-	-	-	-
	マンホール蓋 (小)	650	650	50	33.5	○	6	1	3	1
	マンホール蓋 (大)	975	975	60	88.0	○	4	1	3	1
	コンクリート板 [ガイド]	1500	1000	150	540.0	-	-	-	-	-
	コンクリート板 1	2700	1000	200	1300.0	-	-	-	-	-
	敷き鉄板 1	3000	1400	12	400.0	-	-	-	-	-
	敷き鉄板 2	3000	1500	22	802.0	-	-	-	-	-
	敷き鉄板 3	6100	1500	25	1820.0	-	-	-	-	-
塊状	仮設足場	4000	250	40	13.2	○	40	11	10	4
	砂利	40	40	40	0.2	○	14	1	1	1
	コンクリートブロック	390	190	150	14.3	○	9	1	3	1
	コンクリート側溝	2100	380	340	132.0	○	8	4	5	1
	コンクリート橋	1200	1200	1200	1300.0	-	-	-	-	-
	鋼製ドラム	3000	3000	2000	6000.0	-	-	-	-	-
	ドラム缶	600	600	900	24.0	○	65	50	10	2
	ガスボンベ	1500	230	230	57.0	○	5	1	3	1
	空調室外機 (家庭用)	800	250	300	10.0	○	48	12	7	2
	空調室外機 (ビル用)	1400	940	320	134.0	○	21	29	9	2
	自動販売機	740	1362	1830	365.0	○	46	372	24	4
	コンテナボックス [ガイド]	6000	2400	2600	2300.0	○	50	2810	44	6
	プレハブ小屋 1	3700	2000	2600	800.0	○	58	1304	31	4
	プレハブ小屋 2	7300	2300	2600	1400.0	○	58	2350	40	6
	プレハブ小屋 3	7300	6900	2600	4200.0	○	54	5927	52	6
	プレハブ小屋 4	27000	7200	3400	7500.0	○	63	14496	74	9
	小型発電機	1330	630	1650	354.0	○	39	262	21	4
	中型発電機	2550	1080	1500	1770.0	○	3	5	3	1
	大型発電機	5380	1650	2100	7220.0	-	-	-	-	-
	小型自動車	1855	725	1045	89.0	○	61	166	16	3
	乗用車 1	3395	1475	1610	840.0	○	47	899	31	5
	乗用車 2	4360	1695	1460	1140.0	○	44	1074	33	5
	乗用車 3	4790	1780	1535	1510.0	○	40	1192	35	5
	乗用車 4	5230	1880	2285	1890.0	○	48	2089	41	6
	トラック [ガイド]	5000	1900	1300	4750.0	-	-	-	-	-
	トラック 1	8445	2230	2465	3790.0	○	46	3869	53	8
バス 1	6990	2010	2645	3880.0	○	43	3462	51	7	
バス 2	11990	2490	3750	12100.0	○	38	8537	72	10	
高圧発電機車	6825	2150	3260	7680.0	○	27	2759	45	6	
フォークリフト	3200	1520	2240	6920.0	-	-	-	-	-	
ホイールローダー	6130	2250	3035	9350.0	○	10	433	20	2	
ショベルカー	9425	2800	3040	19500.0	-	-	-	-	-	
ラフタークレーン	11000	2600	3500	26500.0	-	-	-	-	-	

※1: 修正 NDRC 式及び, Degen 式を用いて算出

※2: BRL 式を用いて算出

・想定飛来物の相違
 【柏崎 6/7, 東海第二】
 抽出した想定飛来物の相違

表 3.3.3 代表的な飛来物の飛散評価結果及び飛散防止対策・固定状況等を踏まえた選定結果 (2/6)

分類	名称	長さ[m]	幅[m]	高さ[m]	質量[kg]	型パワースクエア[m ² /kg]	最大水平速度[m/s]	最大鉛直速度[m/s]	運動エネルギー[kJ]	運動エネルギー[kJ]	最大飛距離[m]	最大飛散高さ[m]	最大飛散高さ[m]	コンクリートの貫通限界長さ*1[m]		鋼板の貫通限界長さ*2[m]		吹き上げあり/無	以下の点で飛来物とならないか*4 (4)飛来物発生防止対策(除去、同封等)が可能か (5)他の飛来物に包摂されるか
														水平	鉛直	水平	鉛直		
飛来物	コンクリートブロック	0.65	0.65	0.65	660	0.0013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4)決してないが、外部飛散防止対策の観点から飛来物として選定しない。
	クレーンクエイト 5t	1.6	1.28	0.4	5000	0.0005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4)決してないが、外部飛散防止対策の観点から飛来物として選定しない。	
	鋼製ボビン	2.6	2.6	1.6	960	0.0101	46	23	938	227	180	5	26	14	4	2	○	(4)選定等の飛来物発生防止対策が可能ことから、設計飛来物として選定しない。	
	発電機 (大)	4	1.8	1.4	4020	0.0021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4)選定等の飛来物発生防止対策が可能ことから、設計飛来物として選定しない。	
	発電機 (小)	0.91	0.53	0.7	125	0.008	27	7	43	3	36	2	10	3	2	1	○	(4)選定等の飛来物発生防止対策が可能ことから、設計飛来物として選定しない。	
砂利	0.04	0.04	0.04	0.2	0.016	14	7	0.02	0.004	18	0.08	1	1	1	1	○	設計飛来物に選定する。		

※1: ガイドにおいてサイズ及び重量が記載されている物品
 ※2: 修正 NRC 式及び、Degen 式を用いて算出
 ※3: 発電用原子炉施設のタービンサイルの評価に用いられている BRL 式にて算出
 ※4: 評価対象施設に想定される損傷モードにより、評価パラメータを設定

表 3.2.4-1 表 代表的な飛来物源の飛散評価結果整理表の例

No.	カテゴリ (品目に関する整理)	寸法(m)		C _D A/m ² (m ² /kg)	初期高さ (m)	最大水平速度 (m/s)	最大飛散距離 (m)	最大浮上高さ (m)	最大質量 (kg)	運動エネルギー (kJ)	運動エネルギー		貫通力(コンクリート)		貫通力(鋼板)		飛来物発生防止対策の検討が必要 【①、②、③のいずれかが「○」】
		高さ	高さ以外								鋼製材超	鋼製材超	鋼製材超	鋼製材超			
22	トラック	1.695	1.9	4.69	0.0057	0	37	55.2	2340	1602	○	38.3	○	6	×	×	○
106	コンテナ	1.8	1.8	3.7	0.0116	0	55	170.1	12,251	950	1437	○	34.9	○	5	×	○
73	コンテナ	1.5	2.1	3.7	0.0115	0	54	163.1	8,195	950	1386	○	34.5	○	5	×	○
219	乗用車	1.39	1.86	4.015	0.0074	0	42	63.4	1570	1385	○	36.7	○	6	×	○	
307	プレハブ小屋	1.85	2.6	3.65	0.0193	0	62	211.5	21,333	720	1384	○	31.4	○	4	×	○
1	乗用車	1.6	2	4.5	0.0052	0	33	44.3	2,293	2500	1362	○	35.8	○	5	×	○
424	プレハブ小屋	1.7	2.5	2.6	0.0147	0	59	186.9	15,804	685	1193	○	30	○	4	×	○
383	物置	1.9	1.9	2.25	0.0101	0	53	165.3	10,111	801	1126	○	30.4	○	4	×	○
371	物置	2	2	2.3	0.0137	0	58	194.1	17,348	640	1077	○	28.9	○	4	×	○
347	物置	1.9	2.05	2.4	0.0177	0	61	208.6	20,542	500	931	○	26.9	○	4	×	○
330	物置	1.9	2.3	2.9	0.0304	0	69	222.9	30,192	360	857	○	24.9	○	4	×	○
177	鋼製ステップ	1	1.3	4.3	0.0185	0	60	164.2	9,74	400	720	○	29.3	○	5	×	○
409	物置	1.4	2.1	3	0.0296	0	68	212.9	24,183	300	694	○	27.1	○	5	×	○
222	物置	1.8	2	3	0.0367	0	71	220.9	33,633	270	681	○	23	○	3	×	○
21	コンテナ	1	1.4	3.2	0.0134	0	54	141.3	4,521	450	657	○	27.9	○	5	×	○
85	物置	2	2.1	3.5	0.0583	0	78	211.3	4,521	210	639	○	21.5	○	3	×	○
79	消防車	2.5	2.5	8	0.0025	0	10	4.9	0.068	12500	625	○	24.1	○	3	×	○
63	仮設電源	1.68	2.12	3.69	0.0034	0	19	17.8	0.574	3460	625	○	25.2	○	3	×	○
145	空調室外機	1	2.1	2.9	0.0074	0	35	40.3	2,065	1000	613	○	26	○	4	×	○
435	コンテナ	1.2	1.712	3.7	0.0044	0	23	23.2	0.886	1960	519	○	32.5	○	5	×	○
398	仮設トイレ	0.9	1.4	2.5	0.0133	0	52	128.8	3,795	350	474	○	24.3	○	4	×	○
279	プレハブ小屋	1.3	2.2	2.4	0.0477	0	74	210.3	33,081	156	428	○	19	○	3	×	○

※ 評価計算上、設置期間(30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要否判断可能)

表 3.3.3 代表的な飛来物の飛散評価結果及び飛散防止対策・固定状況等を踏まえた選定結果 (3/6)

分類	名称	長さ(m)	幅(m)	質量(kg)	初期高さ(m)	最大水平速度(m/s)	最大飛散距離(m)	最大落下高さ(m)	運動エネルギー(kJ)	最大運動速度E(kJ)	コンクリートの貫通限界寸法 ⁽¹⁾ (cm)	鋼板の貫通限界寸法 ⁽²⁾ (mm)			選定結果	備考	
												水平	鉛直	鉛直			
飛来物	鋼製看板	1.1	1	60	0.02	20	7	8	0.78	28	0.16	3	2	1	○	(1) 0.6mm厚鋼板と仮定し、(2) 飛来物飛散防止対策(覆布、覆物)により重量が、(3) 鋼板の貫通限界寸法に達しないか。	
	マンホール蓋	0.65	0.65	54	0.004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4) 鋼板等の飛来物飛散防止対策(覆布、覆物)により重量が、(5) 鋼板の貫通限界寸法に達しないか。	
	固定分電盤	1	0.2	1.5	60	0.02	37	21	36	13	220	15	6	4	1	○	(4) 鋼板等の飛来物飛散防止対策(覆布、覆物)により重量が、(5) 鋼板の貫通限界寸法に達しないか。
	電動機(母)	6	1.6	0.02	1400	0.004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4) 鋼板等の飛来物飛散防止対策(覆布、覆物)により重量が、(5) 鋼板の貫通限界寸法に達しないか。
	電動機(母)	6.1	1.03	0.03	2200	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4) 鋼板等の飛来物飛散防止対策(覆布、覆物)により重量が、(5) 鋼板の貫通限界寸法に達しないか。
	アレンクランプ 21	1.5	1.1	0.22	2000	0.0007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4) 鋼板等の飛来物飛散防止対策(覆布、覆物)により重量が、(5) 鋼板の貫通限界寸法に達しないか。
	アレンクランプ 350kg	1.1	0.9	0.07	250	0.0025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4) 鋼板等の飛来物飛散防止対策(覆布、覆物)により重量が、(5) 鋼板の貫通限界寸法に達しないか。
	(パイプ) コンクリート配管	1.5	1	0.15	940	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4) 鋼板等の飛来物飛散防止対策(覆布、覆物)により重量が、(5) 鋼板の貫通限界寸法に達しないか。
	コンクリート配管	1.1	1.1	0.1	500	0.0021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4) 鋼板等の飛来物飛散防止対策(覆布、覆物)により重量が、(5) 鋼板の貫通限界寸法に達しないか。
	鋼製支柱	2	2	0.2	990	0.0032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4) 鋼板等の飛来物飛散防止対策(覆布、覆物)により重量が、(5) 鋼板の貫通限界寸法に達しないか。
コンクリート配管	3.95	0.98	0.15	1000	0.0021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4) 鋼板等の飛来物飛散防止対策(覆布、覆物)により重量が、(5) 鋼板の貫通限界寸法に達しないか。	
トレーラー荷台	9	2.6	0.25	4000	0.0035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	×	(4) 鋼板等の飛来物飛散防止対策(覆布、覆物)により重量が、(5) 鋼板の貫通限界寸法に達しないか。	

※1: ガイドにおいてサイズ及び重量が記載されている物品
 ※2: 修正 NDRC 式及び, Degen 式を用いて算出
 ※3: 発電用原子炉施設のタービンサイトの評価に用いられている BR 式にて算出
 ※4: 評価対象施設に想定される損傷モードにより, 評価パラメータを設定

表 3.2.4-1 表 代表的な飛来物源の飛散評価結果整理表の例

No.	カテゴリ (品目に即った整理)	寸法(m)		C _p N/m ² (m ² /kg)	初期高さ (m)	最大水平速度 (m/s)	最大飛散距離 (m)	最大落下高さ (m)	質量 (kg)	運動エネルギー (kJ)	貫通力(コンクリート)		貫通力(鋼板)		飛来物発生 防止対策の 検討が必要 【①,②,③の いずれかが "○"】		
		高さ	高さ以外								貫通限界 (cm)	貫通限界 (mm)	貫通限界 (mm)	貫通限界 (mm)			
485	樹木(倒木, 伐採木), 材木	1	14.2	0.0471	0	73	202.3	28.145	151	403	○	23.7	×	5	×	○	
217	鋼製ステップ	1	1	0.0192	0	61	161.3	10.533	200	373	○	22.2	×	4	×	○	
286	鋼管	0.8	1	0.0092	0	38	40.3	2.005	500	576	○	23.9	×	4	×	○	
143	鋼管	0.65	0.65	8	0.0138	0	46	98.7	2.467	339	○	29.4	○	6	×	○	
137	鋼製ボックス	1.05	1.35	0.0154	0	57	157.9	6.793	200	325	○	25.6	×	6	×	○	
262	仮設電源	1.05	1.2	1.5	0.0153	0	57	157.2	6.695	200	325	○	19.6	×	3	×	○
478	物置	1.1	1.3	2	0.0288	0	67	200.3	19.881	432	○	19.1	×	3	×	○	
89	鋼製ステップ	1	1.8	2.4	0.0469	0	73	202.3	28.025	120	320	○	18.1	×	3	×	○
90	ケーブドドラム	0.9	1.5	1.5	0.0165	0	56	151.9	5.244	199	313	○	19.4	×	3	×	○
421	ケーブドドラム	0.9	1.5	1.5	0.0183	0	59	163.7	7.113	179	312	○	19.3	×	3	×	○
210	空調室外機	0.9	1.3	1.8	0.0100	0	42	53.2	2.69	300	○	20.1	×	3	×	○	
486	バイク, 自転車	0.76	1.2	2.1	0.0160	0	53	128.8	3.615	209	294	○	23.1	×	4	×	○
142	仮設トイレ	0.876	1.598	2.572	0.0458	0	72	207.1	25.417	112	291	○	18.1	×	3	×	○
17	ケーブドドラム	0.8	1.5	1.5	0.0218	0	61	164.4	8.387	141	263	○	18	×	3	×	○
144	空調室外機	1	1	1.3	0.0114	0	50	126.7	3.592	263	○	19.1	×	3	×	○	
350	鋼製ボックス	0.98	1.65	1.8	0.0420	0	50	227.1	10.210	210	263	○	19.1	×	3	×	○
84	ケーブドドラム	0.8	1.5	1.5	0.0218	0	61	164.4	8.387	141	263	○	16.7	×	3	×	○
488	バイク, 自転車	0.74	1.09	1.915	0.0219	0	61	160.7	6.681	130	242	○	18.7	×	4	×	○
487	バイク, 自転車	0.725	1.07	2.041	0.0146	0	49	111.2	3.049	201	242	○	19.3	×	4	×	○

表 3.3.3 代表的な飛来物の飛散評価結果及び飛散防止対策・固定状況等を踏まえた選定結果 (4/6)

分類	名称	長さ[m]	幅[m]	質量[kg]	翼バスターン間隔[m]	最大水平速度[m/s]	最大飛散距離[m]	運動エネルギー[kJ]	運動エネルギー密度[kJ/(m ² ・s ²)]	コンクリートの貫通限界深さ[m]	鋼板の貫通限界深さ[m]		寸法上の寸法	以下のいずれかの飛散防止対策(固定、固定等)が可能な(5)の飛来物に選定されるか		
											水平	鉛直			水平	鉛直
五 飛 来 物	機 状	15.1	2.49	35450	0.008	0	0	0	0	0	0	0	0	×		
	代替型圧縮機部系	0.8	0.8	1.3	0.011	67	18	89	6	235	26	12	4	2	○	
	ドラム缶	2	2	305	0.0174	54	21	441	67	217	8	20	9	3	○	
	木製ボビン	2.05	1.6	0.925	0.0091	34	23	387	164	107	2	15	3	2	○	
	電線コンテナ	5.81	2.35	2.45	0.0175	66	22	2099	307	247	21	35	15	5	2	○
	役所小庫	4.9	1.88	1.97	0.0088	39	21	1508	876	143	4	35	23	5	3	○
	廃油庫	3.305	1.175	1.025	0.0108	35	23	913	200	212	6	28	15	5	2	○
	軽便用車 (ガイズ) コンテナボックス等	6	2.6	2.4	0.0106	50	23	2765	591	220	12	41	21	6	2	○
	フォークリフト	3.69	1.15	1.995	0.0038	21	7	529	53	30	0.6	24	9	3	1	○
	プレハブ小屋	5	5	3	0.0061	47	24	4765	1301	204	11	45	24	6	2	○
	トラック	8.415	2.23	2.465	0.008	46	24	3853	1025	188	7	49	27	8	3	○

※1: ガイドにおいてサイズ及び重量が記載されている物品
 ※2: 修正 NDRC 式及び、Degen 式を用いて算出
 ※3: 発電用原子炉施設のタービンサイルの評価に用いられている BRL 式にて算出
 ※4: 評価対象施設に想定される損傷モードにより、評価パラメータを設定

(常設・仮設物)

表 3.2.4-1 表 代表的な飛来物源の飛散評価結果整理表の例

No.	カテゴリ (品目に関する整理)	寸法(m)		C _p A/m ² (m ² /kg)	初期高さ (m)	最大水平速度 (m/s)	最大飛散距離 (m)	最大浮上高さ (m)	質量 (kg)	最大運動エネルギー (kJ)	貫通力(コンクリート)		貫通力(鋼板)		飛来物発生 防止対策の 検討が必要 【①②③の いずれかが "○"】	
		高さ	高さ以外								普通 限界 (cm)	鋼製材超 限界 (tp> 25.9cm) 【条件②】	普通 限界 (mm)	鋼製材超 限界 (T> 9mm) 【条件③】		
422	鋼製ボックス	0.9	1	1.9	0.0082	0	36	39.3	2.041	238	○	19.1	×	3	×	○
205	自動販売機	0.9	1.2	1.8	0.0064	0	47	194.2	4.291	405	○	24.2	×	5	×	○
225	鋼製ステップ	0.6	1.2	2.2	0.0155	0	47	101.4	2.478	229	○	18.5	×	3	×	○
475	鋼製ステップ	0.6	1.2	2.2	0.0155	0	47	101.4	2.478	221	○	18.8	×	3	×	○
287	鋼製ボックス	0.75	1.3	1.6	0.0094	0	37	38	1.887	200	○	21.2	×	4	×	○
410	自動販売機	0.7	1.4	1.8	0.0090	0	48	207.8	6.397	346	○	22	×	4	×	○
258	プラスチック容器	0.9	1.2	1.2	0.0238	0	63	163.9	12.946	100	○	16	×	3	×	○
138	鋼管	0.65	0.65	5	0.0116	0	40	52.1	2.007	198	○	20	×	4	×	○
165	パルクード	1.1	1.1	1.4	0.0354	0	50	229.1	10.664	247	○	24.3	×	5	×	○
436	鋼製ボックス	0.8	1.05	1.38	0.0112	0	43	58.5	2.565	185	○	15.4	×	3	×	○
236	板設トイレ	0.8	1.1	2	0.0436	0	71	200.7	22.91	71	○	16.8	×	3	×	○
76	クーアルドラム	0.8	1.12	1.12	0.0210	0	61	161.8	7.538	96	○	15.6	×	3	×	○
77	建設機械	0.99	1.65	2.63	0.0037	0	15	10.1	0.26	177	○	16.1	×	2	×	○
<運動エネルギーは鋼製材を下回るが、貫通力が鋼製材より大きいので、該当なし																
<飛散するが、鋼製材の影響を越えないため、設計飛来物として考慮不要なもの>																
102	鋼製ボックス	0.8	1.1	1.4	0.0293	0	66	167.4	14.694	175	×	15.5	×	3	×	×
288	鋼製ボックス	0.75	0.8	4.3	0.0061	0	25	22.2	1.011	157	×	17.4	×	3	×	×
							40	44	166.3	484	○	28.7	○	6	×	○

表 3.3.3 代表的な飛来物の飛散評価結果及び飛散防止対策・固定状況等を踏まえた選定結果 (6/6)

分類	名称	長さ[m]	幅[m]	高さ[m]	質量 [kg]	密度 [t/m ³]	最大水平風速 [m/s]	最大鉛直風速 [m/s]	運動エネルギー [kJ] (水平)	運動エネルギー [kJ] (鉛直)	最大落下高さ [m]	コンクリートの貫通		鋼製の貫通		以下の点で飛来物とならないか、(1)飛来物防止対策 (扉、蓋、窓等) が可能か、(2)他の飛来物に包含されるか、(3)他の飛来物として選定されるか、(4)同調等の飛来物基準/品質が可能なことから、設計飛来物として選定しない、(5)足場板 (鋼製) に包含されること、(6)同調等の飛来物基準/品質が可能なことから、設計飛来物として選定しない、(7)足場板 (鋼製) に包含されること、(8)同調等の飛来物基準/品質が可能なことから、設計飛来物として選定しない、	
												水平	鉛直	水平	鉛直		
剛飛来物	鋼製パイプ (足場用) 板状	2	0.05	0.05	6	0.0088	12	38	5	4	262	8	7	11	9	○	(5)鋼製パイプ (足場用) に包含されることから、設計飛来物として選定しない。
	鋼製パイプ (足場用) 板状	4	0.05	0.05	11	0.0087	42	38	10	8	261	11	10	17	15	○	(5)鋼製パイプ (足場用) に包含されることから、設計飛来物として選定しない。
	足場板 (鋼製) 板状	4	0.25	0.04	14	0.0525	55	18	21	3	373	12	5	6	2	○	(4)同調等の飛来物基準/品質が可能なことから、設計飛来物として選定しない。
	鋼製材 (アルミ) 板状	4	0.24	0.039	11	0.0683	54	16	15	2	394	22	8	7	2	○	(4)同調等の飛来物基準/品質が可能なことから、設計飛来物として選定しない。
柔飛来物	外壁 (5号炉循環水ポンプ建屋) ^{※5}	0.035	0.32	9.12	36	0.0578	69	15	85	5	271	22	6	13	2	○	(4)同調等の飛来物基準/品質が可能なことから、設計飛来物として選定しない。

※1: () 内の値は飛来物初期高さ (地面からの物品の高さ)

※2: 修正 NDRC 式及び Degen 式を用いて算出

※3: 発電用原子炉施設のタービンサイルの評価に用いられている BRL 式にて算出

※4: 評価対象施設に想定される損傷モードにより、評価パラメータを設定

※5: 屋根、外壁は、外部事象防護対象施設に届き得る範囲のなかで飛散評価結果値が最大である 5号炉循環水ポンプ建屋を使用

※6: 仮設足場に飛散防止対策を講じた場合は除く。

表 3.2.4-1 表 代表的な飛来物源の飛散評価結果整理表の例

No.	カテゴリ (品目に即った整理)	寸法(m)		C _p A/m ² (m ² /kg)	初期高さ (m)	最大水平速度 (m/s)	最大飛散距離 (m)	最大落下高さ (m)	質量 (kg)	最大運動エネルギー (kJ)	運動エネルギー		貫通力(コンクリート)		貫通力(鋼板)		飛来物発生防止対策の検討が必要【①②③のいずれかが「○」】
		高さ	高さ以外								鋼製材超	鋼製材超	鋼製材超	鋼製材超			
194	看板、標識	0.6	0.6	1.4	0.0449	0	71	202.9	18.726	30	76	X	X	3	X	X	X
68	プラスチック容器	0.6	0.7	1.3	0.0481	0	72	238.9	20.237	29	76	X	X	2	X	X	X
382	看板、標識	0.1	1.8	2	0.0351	0	45	147	0.533	72	73	X	X	3	X	X	X
164	鋼製蓋	0.15	2.3	2.3	0.0086	0	17	12.5	0.193	441	64	X	X	2	X	X	X
495	仮設電源	0.6	0.9	1.1	0.0067	0	24	19.8	0.867	216	63	X	X	2	X	X	X
152	消火設備格納箱	0.5	0.5	1.2	0.0192	0	49	132.9	2.372	50	61	X	X	3	X	X	X
13	クーブールドラム	0.5	0.9	0.9	0.0093	0	29	24.1	1.096	122	79	X	X	3	X	X	X
11	ドラム缶	0.6	0.6	0.89	0.0472	0	72	214	19.804	20	52	X	X	2	X	X	X
93	ドラム缶	0.6	0.6	0.89	0.0460	0	71	210.3	19.251	20.5	52	X	X	2	X	X	X
131	コンテナ	1	2.1	3.4	0.0031	0	6	1.4	0.017	2746	50	X	X	1	X	X	X
253	鋼製蓋	0.1	1.3	3.7	0.0141	0	20	15.4	0.24	241	49	X	X	3	X	X	X
181	バリケード	0.5	0.5	1.1	0.0446	0	70	196.3	14.822	20	49	X	X	2	X	X	X
338	クーブールドラム	0.7	0.95	0.85	0.0049	0	66	272.3	53.877	302	44	X	X	2	X	X	X
153	消火設備格納箱	0.3	0.7	1.2	0.0233	0	47	143.4	1.442	40	45	X	X	2	X	X	X

第3.2.4-1表 代表的な飛来物源の飛散評価結果整理表の例

No.	カテゴリ (品目に関する整理)	寸法(m)		C _p A/m (m ² /kg)	初期 高さ (m)	最大 水平 速度 (m/s)	最大 飛散 距離 (m)	最大 浮上 高さ (m)	質量 (kg)	最大 運動 E (kJ)	運動エネルギー		貫通力(コナパート)		貫通力(鋼板)		飛来物発生 防止対策の 検討が必要 【①、②、③の いずれかが "○"】
		高さ	高さ以外								鋼製材超 (t>176kJ) 【条件①】	貫通 限界 厚さ (cm) 【条件②】	鋼製材超 (t>25.9cm) 【条件②】	貫通 限界 厚さ (mm) 【条件③】			
201	コンクリートブロック	0.3	0.8	0.0096	0	30	24.6	1.139	100	45	X	X	10	X	2	X	X
46	洗濯機	0.5	0.5	0.0148	0	43	84.2	1.855	47	44	X	X	10.4	X	2	X	X
303	ベンチ(常設)	0.4	0.6	0.0195	0	47	119.9	1.786	38.7	43	X	X	10.3	X	2	X	X
392	鋼製蓋	0.055	1.5	0.0127	0	17	12.3	0.099	283	41	X	X	13.6	X	3	X	X
190	ベンチ(常設)	0.4	0.4	0.0193	0	46	119.5	1.769	38.4	41	X	X	10.9	X	3	X	X
320	パレット(鋼製)	0.17	1.3	0.0382	0	49	144.7	1.06	33.8	41	X	X	10.2	X	3	X	X
					40	63	269.9	51.322		68	X	X	12.7	X	3	X	X
139	仮設電源	0.598	0.687	0.713	0.0066	0	24	19.8	0.84	39	X	X	9.5	X	2	X	X
92	仮設電源	0.3	0.7	0.0194	0	44	113.6	1.227	37.8	37	X	X	9.9	X	2	X	X
					40	56	260.2	30.654		60	X	X	12.2	X	3	X	X
122	コンクリートブロック	0.45	0.5	0.0131	0	38	71.5	1.394	50	37	X	X	9.8	X	2	X	X
483	ベンチ(常設)	0.5	0.75	1.8	0.1733	0	86	268.8	38.374	10	37	X	8.3	X	2	X	X
204	下駄箱	0.4	0.6	1	0.0108	0	30	21.3	0.979	76	35	X	9.7	X	2	X	X
6	パレット(木製又は樹 脂製)	0.15	1.1	0.0282	0	45	144.1	0.723	33	34	X	X	9.9	X	2	X	X
339	パレット(木製又は樹 脂製)	0.14	1.1	0.0279	0	44	139.6	0.661	33	32	X	X	12.7	X	3	X	X
					40	59	268.9	43.534		58	X	X	12.7	X	3	X	X
301	足場板、足場件	0.24	0.36	3	0.0136	0	32	41.4	0.66	30	X	X	10.8	X	3	X	X
379	パレット(木製又は樹 脂製)	0.13	1.1	0.0385	0	48	146.7	0.774	23.7	28	X	X	16.5	X	5	X	X
251	ベンチ(仮設)	0.3	0.42	1.8	0.0395	0	57	147.5	15.1	25	X	X	11.6	X	3	X	X

第3.2.4-1表 代表的な飛来物源の飛散評価結果整理表の例

No.	カテゴリ (品目に附した整理)	寸法(m)		C ₀ A/m (m ² /kg)	初期 高さ (m)	最大 水平 速度 (m/s)	最大 飛散 距離 (m)	最大 浮上 高さ (m)	質量 (kg)	最大 運動 E (kJ)	運動エネルギー		貫通力(コナート)		貫通力(鋼版)		飛来物発生 防止対策の 検討が必要 【①②③の いずれかが "○"】
		高さ	高さ以外								鋼製材超 (E>176kJ) 【条件①】	鋼製材超 (tp>25.9cm) 【条件②】	貫通 限界 厚さ (mm)	鋼製材超 (T>9mm) 【条件③】			
298	鋼製スロープ	0.12	0.5	1.5	0.0213	0	39	103.2	0.439	27.7	22	X	X	3	X	X	X
176	ドラム缶	0.6	0.6	0.89	0.0045	0	14	9.1	0.259	21	21	X	X	4	X	X	X
220	カーブミラー	0.084	1	1	0.0369	0	41	139.7	0	178	178	○	X	4	X	X	○
47	プラスチック容器	0.6	0.6	0.7	0.1584	0	87	256.7	39.584	19	19	X	X	1	X	X	X
405	樹脂製パイプ	0.3	0.3	6	0.0059	0	44	163.7	0.596	15	15	X	X	2	X	X	X
33	消火設備格納箱	0.3	0.3	0.7	0.0337	0	54	147.3	1.997	10	15	X	X	2	X	X	X
272	足場板, 足場枠	0.04	0.25	4	0.0582	0	61	269.4	48.653	12	12	X	X	4	X	X	X
188	カラーコーン	0.4	0.4	0.7	0.1584	0	79	324.1	57.649	3	12	X	X	1	X	X	X
351	木片, 木製品	0.26	0.26	0.77	0.0119	0	29	35	0.632	26	11	X	X	2	X	X	X
87	グレーチング	0.065	1	1	0.0113	0	15	8.8	0.101	63.3	8	X	X	2	X	X	X
295	ホース	0.35	0.6	0.6	0.0052	0	12	7	0.169	8	8	X	X	1	X	X	X
51	カーブミラー	0.05	0.6	0.6	0.0297	0	38	102.4	0.21	8.8	7	X	X	2	X	X	X
107	樹木(鋼木, 伐採 木), 材木	0.1	0.1	4	0.0162	0	22	17.5	0.277	20	5	X	X	3	X	X	X

第3.2.4-1表 代表的な飛来物源の飛散評価結果整理表の例

No.	カテゴリ (品目に即った整理)	寸法(m)		C _p A/m ² (m ² /kg)	初期 高さ (m)	最大 水平 速度 (m/s)	最大 飛散 距離 (m)	最大 浮上 高さ (m)	質量 (kg)	最大 運動 エネルギー (kJ)	運動エネルギー		貫通力(コンクリート)		貫通力(鋼板)		飛来物発生 防止対策の 検討が必要 【①,②,③の いずれかが "○"】	
		高さ	高さ以外								鋼製材超 (E>176kJ) 【条件①】	貫通 限界 厚さ (cm)	鋼製材超 (t>25.9cm) 【条件②】	貫通 限界 厚さ (mm)	鋼製材超 (t>9mm) 【条件③】			
58	樹脂製蓋	0.02	1	0.0188	0	15	9.2	0.046	36	5	X	X	X	X	X	X	X	X
34	鋼製スロープ	0.05	0.55	1.1	0.0203	0	21	17.1	21.4	5	X	X	X	X	X	X	X	X
198	プラスチック容器	0.7	0.7	0.9	0.0034	0	5	1.2	346	5	X	X	X	X	X	X	X	X
32	消火器	0.153	0.154	0.5	0.0117	0	22	19.7	10	3	X	X	X	X	X	X	X	X
50	バイク, 自転車	0.05	0.51	0.54	0.0163	0	19	14	12.5	3	X	X	X	X	X	X	X	X
431	樹脂製蓋	0.015	0.5	0.67	0.0253	0	16	11.3	9	2	X	X	X	X	X	X	X	X
336	什器類	0.06	0.36	0.36	0.0227	0	25	25	4.5	2	X	X	X	X	X	X	X	X
244	クレーニング	0.1	0.9	1	0.0059	0	5	1.2	115	2	X	X	X	X	X	X	X	X
305	鋼製板	0.005	0.5	0.9	0.0181	0	8	2.9	16.6	1	X	X	X	X	X	X	X	X
316	マンホール蓋	0.006	0.65	0.65	0.0181	0	9	3.6	15.6	1	X	X	X	X	X	X	X	X
232	コンクリート製蓋	0.03	0.5	0.6	0.0102	0	9	3.3	20.7	1	X	X	X	X	X	X	X	X
233	クレーニング	0.1	0.5	0.6	0.0063	0	7	2	38.4	1	X	X	X	X	X	X	X	X
110	鉄骨	0.15	0.2	6	0.0048	0	2	0.1	0	179	1	X	X	X	X	X	X	X
418	コンクリート製蓋	0.022	0.26	0.26	0.0144	0	12	6.3	3.4	1	X	X	X	X	X	X	X	X
250	運搬台車	0.29	0.49	0.77	0.0041	0	3	0.3	120	96	X	X	X	X	X	X	X	X
81	コンクリート製蓋	0.05	0.2	0.51	0.0070	0	5	0.9	11.5	1	X	X	X	X	X	X	X	X

第3.2.4-1表 代表的な飛来物源の飛散評価結果整理表の例

No.	カテゴリ (品目に開いた整理) <浮上しなさいの>	寸法(m)		C _p A/m ² (m ² /kg)	初期 高さ (m)	最大 水平 速度 (m/s)	最大 飛散 距離 (m)	最大 浮上 高さ (m)	質量 (kg)	最大 運動 E (kJ)	運動エネルギー		貫通力(コブナ)		貫通力(鋼板)		飛来物発生 防止対策の 検討が必要 【①②③の いずれかが "○"】	
		高さ	高さ以外								鋼製材超 (E> 176kJ) 【条件①】	鋼製材超 (tp> 25.9cm) 【条件②】	普通 限界 厚さ (mm)	鋼製材超 (T> 9mm) 【条件③】				
246	マンホール蓋	0.045	0.75	0.75	0.0063	0	1	0	64	1	×	×	×	×	×	×	×	×
…初期高さが最大浮上高さ0mを超えたと初期位置が空中となり、最大浮上高さ0mでも落下時に竜巻影響によって水平速度が発生する (初期高さが0を超えたと初期位置が空中となり、最大浮上高さ0mでも落下時に竜巻影響によって水平速度が発生する)																		
8	鋼管	0.17	0.17	5.5	0.0042	0	0	0	109	88	—	—	×	×	×	×	×	×
9	ポンペ	0.25	0.25	1.4	0.0038	0	0	0	52	40	—	—	×	×	×	×	×	×
27	フォークリフト	1.19	1.38	0.0011	0	0	0	0	3320	—	—	—	×	×	×	×	×	×
49	マンホール蓋	0.05	1	0.0058	0	0	0	0	122	—	—	—	×	×	×	×	×	×
54	コンクリート製蓋	0.13	0.7	1	0.0027	0	0	0	209	—	—	—	×	×	×	×	×	×
61	鋼製板	0.019	1.55	6	0.0045	0	0	0	1387	—	—	—	×	×	×	×	×	×
64	仮設電源	1.3	1.75	3.7	0.0022	0	0	0	4190	—	—	—	×	×	×	×	×	×
65	フロンバッグ	1.1	1.1	1.1	0.0024	0	0	0	1000	—	—	—	×	×	×	×	×	×
69	鉄骨	0.15	0.15	1	0.0043	0	0	0	31.1	27	×	×	×	×	×	×	×	×
97	鉄骨	0.125	0.125	4.5	0.0043	0	0	0	106	90	—	—	×	×	×	×	×	×
100	ケープドラム	0.9	1.5	1.5	0.0024	0	0	0	1399	—	—	—	×	×	×	×	×	×
112	鋼管	0.15	0.15	4	0.0034	0	0	0	86	63	×	×	×	×	×	×	×	×
141	建設機械	2.2	2.69	2.69	0.0016	0	0	0	8000	—	—	—	×	×	×	×	×	×
163	鉄骨	0.1	0.1	5.4	0.0048	0	0	0	91.3	81	×	×	×	×	×	×	×	×

第3.2.4-1表 代表的な飛来物源の飛散評価結果整理表の例

No.	カテゴリ (品目に則った整理)	寸法(m)		C _p N/m (m ² /kg)	初期 高さ (m)	最大 水平 速度 (m/s)	最大 飛散 距離 (m)	最大 浮上 高さ (m)	質量 (kg)	最大 運動 E (kJ)	運動エネルギー		貫通力(コンクリート)		貫通力(鋼板)		飛来物発生 防止対策の 検討が必要 【①,②,③の いずれかが “○”】
		高さ	高さ以外								鋼製材超 限界 (E> 176kJ) 【条件①】	鋼製材超 限界 (E> 176kJ) 【条件②】	普通 限界 (E> 25.9cm) 【条件②】	鋼製材超 限界 (E> 9mm) 【条件③】			
186	マンホール蓋	0.05	1	1	0.0058	0	0	0	122	—	—	—	—	—	—	—	×
199	オブジェ	2	2	4	0.0006	0	0	0	2200	—	—	—	—	—	—	—	×
226	トラック	1.695	2.15	5.14	0.0021	0	0	0	7635	—	—	—	—	—	—	—	×
231	マンホール蓋	0.045	0.7	0.7	0.0062	0	0	0	57	—	—	—	—	—	—	—	×
234	マンホール蓋	0.045	0.7	0.7	0.0062	0	0	0	57	—	—	—	—	—	—	—	×
276	建設機械	0.72	1.2	2.39	0.0016	0	0	0	2250	—	—	—	—	—	—	—	×
284	鋼製蓋板	0.019	1.5	6	0.0045	0	0	0	132	—	—	—	—	—	—	—	×
289	空調室外機	0.4	0.8	0.95	0.0020	0	0	0	500	225	○	○	○	○	○	○	○
293	ボンベ	0.25	0.25	1.4	0.0035	0	0	0	57	44	—	—	—	—	—	—	×
309	プラスチック容器	0.88	0.87	1.07	0.0029	0	0	0	516	335	○	○	○	○	○	○	○
314	コンクリートブロック	0.15	0.25	0.6	0.0036	0	0	0	51.8	—	—	—	—	—	—	—	×
335	鋼製スロープ	0.15	0.5	1.6	0.0041	0	0	0	180	144	×	×	×	×	×	×	×
337	鋼製スロープ	0.18	1.6	3.3	0.0038	0	0	0	1011	769	○	○	○	○	○	○	○
372	フナークリフト	1.48	2.07	2.23	0.0010	0	0	0	7400	—	—	—	—	—	—	—	×
380	鋼製ブロック	0.4	0.4	0.75	0.0006	0	0	0	942	—	—	—	—	—	—	—	×
381	鋼製ブロック	0.4	0.5	0.75	0.0005	0	0	0	1178	—	—	—	—	—	—	—	×
388	コンクリート製蓋	0.25	1.25	5	0.0029	0	0	0	1655	—	—	—	—	—	—	—	×
394	鋼製蓋板	0.016	1.53	6	0.0053	0	0	0	1153	—	—	—	—	—	—	—	×
400	鋼製ボックス	1.5	2.1	2.1	0.0019	0	0	0	3800	—	—	—	—	—	—	—	×

第3.2.4-1表 代表的な飛来物源の飛散評価結果整理表の例

No.	カテゴリ (品目に即った整理)	寸法(m)		C _p A/m ² (m ² /kg)	最大 水平 速度 (m/s)	最大 飛散 距離 (m)	最大 浮上 高さ (m)	質量 (kg)	最大 運動 E (kJ)	貫通力(コンクリート)		貫通力(鋼板)		飛来物発生 防止対策の 検討が必要 【①,②,③の いずれかが "○"】
		高さ	高さ以外							普通 限界 厚さ (cm)	鋼製材超 限界 厚さ (cm)	普通 限界 厚さ (mm)	鋼製材超 限界 厚さ (mm)	
411	鋼製蓋	0.07	1.2	3.7	0	0	0	1220	—	0	×	0	×	×
412	鋼製蓋	0.03	2.1	2.1	0	0	0	816	—	0	×	0	×	×
413	鋼製蓋	0.07	0.4	1.1	0	0	0	242	65	0	×	0	×	×
417	コンクリートブロック	0.15	0.16	0.6	23	41.3	0	33.1	—	19.6	×	7	×	×
469	鋼管	0.3	0.6	5.5	0	0	0	745	483	0	×	0	×	○

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>3.3.4 設計飛来物の設定</p> <p>3.3.4.1 設計飛来物候補 A の設定</p> <p>フジタモデルによる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>よって、前項にて算出した想定飛来物の飛散解析結果に加え、工事に伴い組み上げた仮設足場から鋼製パイプ（足場パイプ）、足場板が飛散する可能性を考慮し、鋼製パイプ等が地上からの初期高さ 40m から飛散した場合を想定し、フジタモデルにより最大水平速度を求め、運動エネルギー及び貫通力を算出した。算出結果を表 3.3.4 に示す。</p> <p>また、ガイドにおいて例示されている棒状飛来物の最大水平速度を参照し、運動エネルギー及び貫通力を算出した。算出結果を表 3.3.5 に示す。</p> <p>表 3.3.3～3.3.5 の結果を踏まえ、運動エネルギーおよび貫通力の観点から表 3.3.4 の算出結果に対して保守性を考慮し、表 3.3.5 の鋼製材[ガイド]を設計飛来物候補 A として設定した。</p> <p><鋼製材を選定した理由></p> <ul style="list-style-type: none"> 鋼製材は、想定飛来物の中で大きな運動エネルギーを有しているコンテナボックスやプレハブ小屋、車両等に固定・固縛が容易なものを除き、比較的大きな運動エネルギーおよび最大の貫通力を有している。 コンテナボックス、プレハブ小屋等は鋼製材を超える運動エネルギーを有しているが、固定・固縛対策が容易である。車両等については、避難が可能である。 <p>表 3.3.4 想定飛来物の飛散解析結果（フジタモデル（地上からの初期高さ 40m）、最大風速 92m/s）</p> <table border="1" data-bbox="1736 1648 2448 1795"> <thead> <tr> <th>形状</th> <th>名称</th> <th>長さ (mm)</th> <th>幅 (mm)</th> <th>高さ (mm)</th> <th>質量 (kg)</th> <th>飛散の有無</th> <th>最大速度 (m/s)</th> <th>運動エネルギー (kJ)</th> <th>コンクリートの貫通限界厚さ^{※1} (cm)</th> <th>鋼板の貫通限界厚さ^{※2} (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">棒状</td> <td>鋼製パイプ [ガイド]</td> <td>2000</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>8.4</td> <td>○</td> <td>45</td> <td>9</td> <td>11</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>鋼製パイプ1</td> <td>4000</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>16.8</td> <td>○</td> <td>45</td> <td>17</td> <td>14</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>板状</td> <td>仮設足場</td> <td>4000</td> <td>250</td> <td>40</td> <td>13.2</td> <td>○</td> <td>62</td> <td>25</td> <td>14</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：修正 NDRC 式及び、Degen 式を用いて算出 ※2：BRL 式を用いて算出</p>	形状	名称	長さ (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	飛散の有無	最大速度 (m/s)	運動エネルギー (kJ)	コンクリートの貫通限界厚さ ^{※1} (cm)	鋼板の貫通限界厚さ ^{※2} (mm)	棒状	鋼製パイプ [ガイド]	2000	50	50	8.4	○	45	9	11	14	鋼製パイプ1	4000	50	50	16.8	○	45	17	14	22	板状	仮設足場	4000	250	40	13.2	○	62	25	14	6	<p>・条件の相違</p> <p>【柏崎 6/7，東海第二】</p> <p>設計飛来物選定にかかわる条件の相違</p>
形状	名称	長さ (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	飛散の有無	最大速度 (m/s)	運動エネルギー (kJ)	コンクリートの貫通限界厚さ ^{※1} (cm)	鋼板の貫通限界厚さ ^{※2} (mm)																																				
棒状	鋼製パイプ [ガイド]	2000	50	50	8.4	○	45	9	11	14																																				
	鋼製パイプ1	4000	50	50	16.8	○	45	17	14	22																																				
板状	仮設足場	4000	250	40	13.2	○	62	25	14	6																																				

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) 設計飛来物の選定結果</p> <p>(1)～(5)より、<u>柏崎刈羽原子力発電所における設計飛来物は、表3.3.4 のとおりとする。</u></p> <p><u>仮設足場材（足場パイプ、鋼製足場板）については、設計飛来物候補の中で、足場パイプがコンクリートに対する貫通力（鉛直）及び鋼板に対する貫通力が最大であり、鋼製足場板が、運動エネルギー及びコンクリートに対する貫通力（水平）が最大であるが、仮設足場に飛散防止対策を講じた場合を考慮し、運動エネルギー、貫通力が仮設足場材（足場パイプ、鋼製足場板）に次ぐ飛来物についても抽出する。</u></p> <p><u>仮設足場材（足場パイプ、鋼製足場板）に次ぐ飛来物として、鋼製材については、設計飛来物候補の中で、運動エネルギー、コ</u></p>	<p>3.3 設計飛来物の設定</p> <p>3.2におけるスクリーニングの結果、鋼製材の影響を上回る飛来物源については、飛来物発生防止対策を施すことが可能であると判断したため、<u>鋼製材を設計飛来物として決定した。</u></p> <p>また、設計飛来物に対する竜巻飛来物防護対策設備として設置する防護ネットを通過する可能性があり、鋼製材にて包含できないものとして、砂利も設計飛来物に設定した。</p> <p>第3.3-1表に、発電所における設計飛来物の仕様を示す。</p>	<p>島根原子力発電所 2号炉</p> <p><u>表 3.3.5 想定飛来物の飛散解析結果（ガイド）</u></p> <table border="1" data-bbox="1736 304 2487 457"> <thead> <tr> <th>形状</th> <th>名称</th> <th>長さ (mm)</th> <th>幅 (mm)</th> <th>高さ (mm)</th> <th>質量 (kg)</th> <th>飛散の有無</th> <th>最大速度 (m/s)</th> <th>運動エネルギー^{※1} (kJ)</th> <th>コンクリートの貫通限界厚さ^{※2} (cm)</th> <th>鋼板の貫通限界厚さ^{※3} (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">棒状</td> <td>鋼製パイプ [ガイド]</td> <td>2000</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>8.4</td> <td>○</td> <td>49</td> <td>11</td> <td>11</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>鋼製材 [ガイド]</td> <td>4200</td> <td>300</td> <td>200</td> <td>135</td> <td>○</td> <td>51</td> <td>176</td> <td>27</td> <td>34</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：ガイドの飛散速度から算出 ※2：ガイドの飛散速度から修正 NDRC 式及び、Degen 式を用いて算出 ※3：ガイドの飛散速度から BRL 式を用いて算出</p> <p>3.3.4.2 横滑りの考慮</p> <p><u>浮上しないが横滑りにより評価対象施設等に影響を与える得る物品については、浮上する物品同様、3.3.4.3以降の結果を踏まえ設計飛来物として選定する必要があるかを判断する。</u></p> <p>3.3.4.3 飛来物発生防止対策の実施</p> <p><u>竜巻影響評価対象施設への影響の大きさが設計飛来物として仮設定した鋼製材を超過する想定飛来物については、風荷重を考慮した固定・固縛等の飛来物発生防止対策を実施することから設計飛来物としない。また、鋼製材は地上からの初期高さ40mから飛散した場合を想定していることから、仮設足場の飛散の影響を包絡できていると考え、仮設足場に対する固縛・固定等は実施しない。</u></p> <p>3.3.4.4 設計飛来物の設定結果</p> <p><u>前項の飛来物発生防止対策を実施する想定飛来物を除外した上で、運動エネルギーおよび貫通力が最大である「鋼製材」を設計飛来物 I とする。</u></p> <p><u>また、設計飛来物に対する竜巻防護対策設備として設置する竜巻防護ネットを通過する可能性があり、鋼製材にて包含できないものとして、砂利も設計飛来物に設定した。砂利等の極小飛来物が外部事象防護対象施設に与える影響について、別紙-2に示す。</u></p> <p><u>以上の結果により設定した設計飛来物を表3.3.6に示す。</u></p>	形状	名称	長さ (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	飛散の有無	最大速度 (m/s)	運動エネルギー ^{※1} (kJ)	コンクリートの貫通限界厚さ ^{※2} (cm)	鋼板の貫通限界厚さ ^{※3} (mm)	棒状	鋼製パイプ [ガイド]	2000	50	50	8.4	○	49	11	11	18	鋼製材 [ガイド]	4200	300	200	135	○	51	176	27	34	<p>備考</p> <p>(柏崎6/7は「(3) 代表的な飛来物の飛散評価」で記載)</p> <p>(東海第二は「3.2.3 (3) 飛散速度の選定と横滑りの考慮」で記載)</p> <p>・条件及び運用の相違</p> <p>【柏崎 6/7, 東海第二】 設計飛来物設定時に考慮する条件及び運用の相違</p> <p>・設計飛来物の相違</p> <p>【柏崎 6/7】 島根 2 号炉は、設計飛来物をガイド記載の鋼製材としていることから、柏崎 6/7 の足場パイプ、鋼製足場板等は鋼製材に包含されている</p> <p>・資料構成の相違</p> <p>【柏崎 6/7, 東海第二】</p>
形状	名称	長さ (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	飛散の有無	最大速度 (m/s)	運動エネルギー ^{※1} (kJ)	コンクリートの貫通限界厚さ ^{※2} (cm)	鋼板の貫通限界厚さ ^{※3} (mm)																									
棒状	鋼製パイプ [ガイド]	2000	50	50	8.4	○	49	11	11	18																									
	鋼製材 [ガイド]	4200	300	200	135	○	51	176	27	34																									

柏崎刈羽原子力発電所 6 / 7号炉 (2017. 12. 20 版)

ンクリートに対する貫通力が最大であり、角型鋼管 (大) については、鋼板に対する貫通力が最大である。

また、砂利については、非常用換気空調系ルーバへの防護対策として設置する竜巻防護ネットを通過する可能性があり、鋼製材、角型鋼管 (大)、足場パイプ及び鋼製足場板にて包含できないことから、設計飛来物として選定する。

表 3.3.4 柏崎刈羽原子力発電所における設計飛来物選定結果

飛来物の種類	砂利	鋼製材	角型鋼管 (大)	足場パイプ	鋼製足場板
サイズ (m)	長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×奥行き 4×0.1×0.1	長さ×幅×奥行き 4×0.05×0.05	長さ×幅×奥行き 4×0.25×0.04
質量 (kg)	0.2	135	28	11	14
最大水平速度 (m/s)	14	10	16	42	55
最大鉛直速度 (m/s)	7	7	7	38	18
浮き上がり高さ (m)	0.08	0.08	0.15	0.57+(148) ^{0.1} ※2	52+(148) ^{0.1} ※2
飛散距離 (m)	18	9	20	261	373

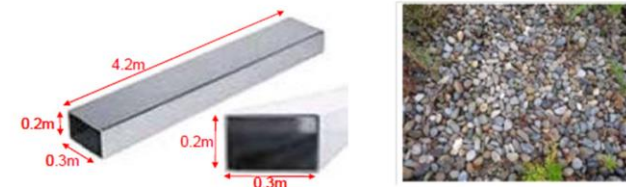
※1: () 内の値は飛来物初期高さ (地面からの物品の高さ)
 ※2: 大海側における最も高所の5号炉主排気筒頂部に設置されている状況を想定し設定

なお、表 3.3.4 に示した鋼製材、角型鋼管 (大)、砂利、足場パイプ及び鋼製足場板の水平、鉛直速度については、竜巻風速場をフジタモデルとし飛来物の最大速度を求めた値を用いることとする。

東海第二発電所 (2018. 9. 18 版)

第 3.3-1 表 発電所における設計飛来物

名称	長さ (m)	幅 (m)	高さ (m)	質量 (kg)	空力パラメータ (m ² /kg)	速度 (m/s)	運動エネルギー (kJ)
砂利	0.04	0.04	0.04	0.18	0.0176	62	0.35
鋼製材	4.2	0.3	0.2	135	0.0065	51	176



(鋼製材のイメージ)

(砂利)

鋼製材の水平、鉛直速度については、竜巻風速場をLES (非定常乱流渦モデル) による乱流場とし飛来物速度を求めた「竜巻影響評価ガイド」の値を用いる。

また、砂利については、「竜巻影響評価ガイド」に記載がないことから、竜巻風速場をランキン渦モデルとした場合の水平速度を求め、鉛直速度については「竜巻影響評価ガイド」に基づき水平速度の2/3とした。

島根原子力発電所 2号炉

表 3.3.6 設計飛来物

飛来物	砂利	鋼製材
寸法 (m)	長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2
質量 (kg)	0.2	135
最大水平速度 (m/s)	54	51
最大鉛直速度 (m/s) ※1	36	34


※1: ここではガイドに基づき最大水平速度の2/3の値を記載。施設の構造健全性評価等では最大水平速度の2/3の値又はフジタモデルによる飛散解析結果による値を用いる。

備考

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 (砂利の影響について再掲)

・設計飛来物の相違
【柏崎 6/7】
(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>3.3.5 二次飛来物の確認</p> <p>竜巻による風圧力や飛来物によって破損して飛来物となり得る物体（以下「二次飛来物」という。）について、過去の竜巻事例（別紙－1）に基づき、平成26年8月に現地調査を実施した。</p> <p>(1) 現地調査の観点</p> <p>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・構築部（固定状況等含む）を調査し、二次飛来物となり得る部位を抽出した。</p> <p>(2) 現地調査結果</p> <p>現地調査の結果、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を二次飛来物として抽出した。これらの二次飛来物について、設計飛来物の影響を超過するものはないことを確認した。</p> <p>詳細は別紙－2「二次飛来物の現地調査について」に示す。</p>	<p>（柏崎6/7は「(1) 飛来物調査」及び「別紙1(2) 固定状況等を踏まえた抽出」で記載）</p> <p>（東海第二は「2. 発電所構内の物品調査」及び「3.1 固定状況等を踏まえた飛来物源の抽出」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 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="1715 577 2510 693" data-label="Caption"> <p>写真 16 樹木の転倒 写真 38 樹木の転倒(緑ヶ丘)</p> <p>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="1715 1102 2510 1228" data-label="Caption"> <p>写真 47 樹木の折損</p> <p>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="1715 1711 2510 1858" data-label="Caption"> <p>写真 25 倒木(火打谷地区)</p> <p>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 369 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="1727 877 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 1327 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="1727 1646 2496 1726" 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>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 275 2472 541"> </div> <div data-bbox="1804 569 2386 590"> <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="1730 615 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 768 2368 1157"> </div> <div data-bbox="1932 1184 2273 1205"> <p>写真 3.5-10 フェンスの被害状況</p> </div> <div data-bbox="1730 1241 2496 1314"> <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>カーボード屋根の飛散及び骨組の損傷</p>  <p>カーボード屋根の破損</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>カーボード屋根の飛散及び骨組の損傷</p> <p>カーボード屋根の破損</p>	 <p>カーボード屋根の飛散及び骨組の損傷</p> <p>カーボード屋根の破損</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>カーボードの被害</p>	 <p>折板の損傷</p> <p>カーボードの被害</p>	 <p>折板の損傷</p> <p>カーボードの被害</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="350 262 694 520" 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="130 564 911 642" 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="130 699 290 735" 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="207 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 1281 911 1360" 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="451 1591 587 1612" data-label="Caption"> <p>バスの窓ガラス破損</p> </div> <div data-bbox="130 1640 911 1719" 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="1041 1230 1255 1251" 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 1230 1656 1251" 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="923 1281 1703 1360" 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 1386 1619" data-label="Caption"> <p>バスの窓ガラス損壊</p> </div> <div data-bbox="923 1640 1703 1719" 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="1905 254 2294 539" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1964 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="1745 590 2481 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="1712 699 1860 735" data-label="Section-Header"> <p>③ガラス窓</p> </div> <div data-bbox="1762 743 2504 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 1251" 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 1251" 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="1745 1293 2487 1373" 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="1745 1648 2481 1728" 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>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>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>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>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>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>出雲市立第二中学校 提供</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>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>出雲市立第二中学校 提供</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>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>出雲市立第二中学校 提供</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>	

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="341 296 706 537" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="430 548 611 569" data-label="Caption"> <p>店舗の窓ガラスの被害状況</p> </div> <div data-bbox="341 590 706 831" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="430 848 611 869" data-label="Caption"> <p>ガラスへの飛来物の衝突痕</p> </div> <p data-bbox="121 879 917 957">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⁾</p> <p data-bbox="121 1058 299 1094"><u>d. 仮設足場</u></p> <p data-bbox="121 1104 917 1272">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。</p> <div data-bbox="320 1335 721 1629" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="448 1644 593 1665" data-label="Caption"> <p>仮設足場の倒壊</p> </div> <p data-bbox="121 1734 917 1812">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⁾</p>	<div data-bbox="979 317 1344 558" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1062 564 1249 585" data-label="Caption"> <p>店舗の窓ガラスの被害状況</p> </div> <div data-bbox="1344 317 1665 558" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1353 564 1641 585" data-label="Caption"> <p>店舗の窓ガラスの被害状況 (飛来物衝突痕)</p> </div> <div data-bbox="967 600 1314 831" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1020 840 1252 861" data-label="Caption"> <p>ガラスの被害状況 (飛来物衝突痕)</p> </div> <div data-bbox="1329 600 1676 831" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1383 840 1614 861" data-label="Caption"> <p>ガラスの被害状況 (飛来物衝突痕)</p> </div> <p data-bbox="917 879 1712 957">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⁾</p>	<div data-bbox="1718 264 2095 516" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1745 541 2065 562" data-label="Caption"> <p>写真 3. 4-21 店舗の窓ガラスの被害状況</p> </div> <div data-bbox="2131 264 2487 516" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="2148 541 2469 562" data-label="Caption"> <p>写真 3. 4-22 店舗の窓ガラスの被害状況</p> </div> <div data-bbox="1718 569 2095 821" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1745 831 2065 852" data-label="Caption"> <p>写真 3. 4-35 ガラスへの飛来物の衝突痕</p> </div> <div data-bbox="2119 569 2496 821" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="2148 831 2469 852" data-label="Caption"> <p>写真 3. 4-36 ガラスへの飛来物の衝突痕</p> </div> <p data-bbox="1712 879 2507 957">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}</p>	<p data-bbox="2644 205 2703 233">備考</p> <ul data-bbox="2531 1062 2763 1094" style="list-style-type: none"> 設計飛来物の相違 <p data-bbox="2531 1104 2659 1136">【柏崎 6/7】</p> <p data-bbox="2531 1146 2837 1314">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</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="166 921 878 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 1016 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="192 562 854 598">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="1053 562 1578 598">別図 1-13 発電所におけるガラス窓の状況</p>		
 <p data-bbox="201 1010 839 1045">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 1461 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 1209" 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="1190 365 1436 554" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1258 562 1377 583" data-label="Caption"> <p>シャッターの外れ</p> </div> <div data-bbox="931 611 1700 688" data-label="Caption"> <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 821 1430 989" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1205 995 1406 1016" data-label="Caption"> <p>消防団施設のシャッターの変形</p> </div> <div data-bbox="931 1104 1700 1182" data-label="Caption"> <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="1190 1314 1451 1520" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1258 1528 1377 1549" data-label="Caption"> <p>シャッターの外れ</p> </div> <div data-bbox="946 1644 1679 1722" data-label="Caption"> <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="468 562 572 590">樹木の折損</p>	 <p data-bbox="1285 527 1362 548">樹木の折損</p>		
<p data-bbox="142 617 899 688">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="934 617 1691 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 1052 602 1073">倒木 (火打谷地区)</p>	 <p data-bbox="1299 1041 1344 1062">倒木</p>		
<p data-bbox="142 1106 899 1178">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="934 1106 1691 1178">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 1541 572 1562">倒木の被害</p>	 <p data-bbox="1285 1562 1344 1583">倒木</p>		
<p data-bbox="142 1646 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="934 1646 1691 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
-------------------------------------	-------------------------	--------------	----



倒木の折損



倒木の折損と鳥居の被害



樹木の倒木



倒木による社の倒壊

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⁾



樹木の折損



樹木の折損と鳥居の被害



樹木の倒木



倒木と社の被害

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⁾

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
-------------------------------------	-------------------------	--------------	----



樹木の倒壊



樹木の倒壊による小屋組の被害



樹木の被害



樹木の被害



樹木の被害



樹木の被害

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⁾



樹木の被害



樹木の倒壊による小屋組の被害



樹木の被害



樹木の被害



樹木の被害



樹木の被害

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⁾

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、竜巻は既に通り返し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="979 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
-------------------------------------	-------------------------	--------------	----



フェンスの倒壊



屋上フェンスの被害



フェンスの倒壊



支柱部の破断



フェンスの被害 (工事中の建築物)



フェンスの被害

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⁾



フェンスの倒壊



屋上フェンスの変形



フェンスの変形



フェンス支柱部の破損



フェンスの変形 (工事中の建築物)



フェンスの倒壊



電柱の倒壊



看板の変形

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⁾

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="201 306 842 506" 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="136 615 270 640">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="255 840 792 1222" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="207 1241 839 1270" 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="961 264 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="985 615 1694 779">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="967 867 1673 1115" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1056 1241 1581 1270" 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="985 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 1240 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 1697 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>	