

6条

外部からの衝撃による損傷の防止
(外部事象)

<目 次>

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置, 構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性説明

1.2 気象等

1.3 設備等

2. 外部からの衝撃による損傷の防止 (外部事象)

(別添資料)

伊方発電所3号炉 外部事象の考慮について (使用済燃料乾式貯蔵施設)

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置, 構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(i) 本発電用原子炉施設は, 「(1)耐震構造」, 「(2)耐津波構造」に加え, 以下の基本方針のもとに安全設計を行う。

a. 設計基準対象施設

(a) 外部からの衝撃による損傷の防止

安全施設は, 発電所敷地で想定される洪水, 風(台風), 竜巻, 凍結, 降水, 積雪, 落雷, 地滑り, 火山の影響, 生物学的事象, 森林火災及び高潮の自然現象(地震及び津波を除く。)又は地震及び津波を含む自然現象の組み合わせに遭遇した場合において, 自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても安全機能を損なわない設計とする。また, 自然現象による荷重の組み合わせにおいては, 地震, 津波, 風(台風), 積雪及び火山の影響を考慮する。

上記に加え, 重要安全施設は, 科学的技術的知見を踏まえ, 当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力について, それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して適切に組み合わせる。自然現象の組み合わせにおいては, 地震, 津波, 風(台風), 積雪及び火山の影響を考慮する。

また, 安全施設は, 発電所敷地又はその周辺において想定される飛来物(航空機落下等), ダムの崩壊, 爆発, 近隣工場等の火災, 有毒ガス, 船舶の衝突及び電磁的障害の発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)に対して安全機能を損なわない設計とする。

ここで, 想定される自然現象及び発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)に対して, 安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等(重大事故等対処設備を含む。)への措置を含める。

(a-1) [6条(竜巻)において説明]

(a-2) [6条(火山)において説明]

(a-3) [6条(外部火災)において説明]

(2) 安全設計方針

1. 安全設計

1.1 安全設計の方針

1.1.1 安全設計の基本方針

1.1.1.4 外部からの衝撃

発電所敷地で想定される自然現象については、網羅的に抽出するために国内外の基準や文献等^{(1)～(8)}に基づき事象を収集し、海外の選定基準⁽⁷⁾を考慮のうえ、敷地及び敷地周辺の自然環境を基に地震、津波、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮を選定する。

安全施設は、これらの自然現象（地震及び津波を除く。）又は地震及び津波を含む自然現象の組み合わせに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても、安全機能を損なわない設計とする。また、自然現象による荷重の組み合わせにおいては、地震、津波、風（台風）、積雪及び火山の影響を考慮する。

上記に加え、重要安全施設は、科学的技術的知見を踏まえ、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力について、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮し、適切に組み合わせる。自然現象の組み合わせにおいては、地震、津波、風（台風）、積雪及び火山の影響を考慮する。

発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）については、網羅的に抽出するために国内外の基準や文献等^{(1)～(8)}に基づき事象を収集し、海外の選定基準⁽⁷⁾を考慮のうえ、敷地及び敷地周辺の状況を基に飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突及び電磁的障害を選定する。

安全施設は、これらの発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全

施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

- 1.8 竜巻防護に関する基本方針 [6条（竜巻）において説明]
- 1.9 火山事象に関する基本方針 [6条（火山）において説明]
- 1.10 外部火災防護に関する基本方針 [6条（外部火災）において説明]

(3) 適合性説明

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第六条 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

3 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

4 兼用キャスクは、次に掲げる自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

一 兼用キャスクが竜巻により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかにかわらず判断するために用いる合理的な竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの

二 想定される森林火災

5 前項の規定は、兼用キャスクについて第一項の規定の例によることを妨げない。

6 兼用キャスクは、次に掲げる人為による事象に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

一 工場等内又はその周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある爆発

二 工場等の周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある火災

7 前項の規定は、兼用キャスクについて第三項の規定の例によることを妨げない。

適合のための設計方針

1 について

発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波を除く。）については、敷地及び敷地周辺の自然環境を基に洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮を選定し、敷地周辺で得られる過去の記録等を考慮する。また、これらの自然現象毎に関連して発生する可能性がある自然現象

も含める。

安全施設である使用済燃料乾式貯蔵施設は、発電所敷地で想定される自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。ここで、発電所敷地で想定される自然現象に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。また、発電所敷地で想定される自然現象又はその組み合わせに遭遇した場合において、自然現象そのものをもたらす環境条件及びその結果として安全施設で生じ得る環境条件を考慮する。

以下にこれら自然現象に対する設計方針を示す。

(1) 洪水

敷地付近は、地形及び表流水の状況から判断して、洪水による被害は考えられない。

(2) 風（台風）

敷地付近で観測された最大瞬間風速は、宇和島特別地域気象観測所（2005年9月まで宇和島測候所）での観測記録（1951～2012年）によれば、72.3m/s（1964年9月25日）である。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、風荷重を建築基準法に基づき設定し、それに対し機械的強度を有することにより安全機能を損なうことのない設計とする。

ここで、台風に関連して発生する可能性がある自然現象としては、高潮、落雷が考えられる。高潮については、「(12)高潮」に述べるとおり、使用済燃料乾式貯蔵施設は影響を受けることのない敷地高さに設置し、安全機能を損なわない設計とする。落雷については、同時に発生するとしても、「(7)落雷」に述べる個別に考えられる影響と変わらない。

台風に伴い発生する可能性のある飛来物による影響については、竜巻影響評価において想定している設計飛来物の影響に包含される。

(3) 竜巻 [6条（竜巻）において説明]

(4) 凍結

宇和島特別地域気象観測所での観測記録（1951～2012年）によれば、最低気温は-6.2℃（1977年2月19日）である。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、凍結に対して、上記最低気温を考慮し、屋外機器で凍結のおそれのあるものに保温等の凍結防止対策を必要に応じて行うことにより、安全機能を損なうことのない設計とする。

(5) 降水

宇和島特別地域気象観測所の観測記録（1951～2012年）によれば、日最大1時間降水量は76.5mm（2011年6月20日）である。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、降水に対して、観測記録を上回る降雨強度の排水能力を有する構内排水路で集水し海域へ排出を行うことにより、安全機能を損なうことのない設計とする。

ない設計とする。

ここで、降水に関連して発生する可能性がある自然現象としては、土砂崩れ、土石流及び地滑りが考えられる。土砂崩れについては、発電所敷地内には急傾斜地崩壊危険箇所はない。土石流については、使用済燃料乾式貯蔵施設を土石流の被害のおそれのない場所に設置することにより安全機能を損なうことのない設計とする。地滑りについては、「(8)地滑り」に述べる。

(6) 積雪

敷地付近の積雪記録⁽⁹⁾ (1857～1963年)及び宇和島地域気象観測所での観測記録(1951～2005年9月)によれば、最大積雪量は52cm(1960年12月29日～1961年1月4日)である。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、積雪荷重を建築基準法に基づき設定し、それに対し機械的強度を有することにより安全機能を損なうことのない設計とする。また、最大積雪量を想定した場合でも、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口が閉塞しない設計とする。

(7) 落雷

使用済燃料乾式貯蔵施設は、雷害防止対策として、避雷針の設置、接地網の布設による接地抵抗の低減等を行い、安全機能を損なうことのない設計とする。

(8) 地滑り

使用済燃料乾式貯蔵施設は、地滑りが発生するおそれのない位置に設置することにより、安全機能を損なうことのない設計とする。

(9) 火山 [6条(火山)において説明]

(10) 生物学的事象

生物学的事象として、海生生物であるクラゲ等の発生、小動物の侵入を考慮する。使用済燃料乾式貯蔵容器は、自然冷却によって収納した使用済燃料の崩壊熱を外部に放出できる設計とすること、また、金属製の容器とすることから、これらの事象により影響を受けることはない。

(11) 森林火災 [6条(外部火災)において説明]

(12) 高潮

発電所周辺海域の潮位については、発電所から北東約20km地点に位置する長浜港における潮位を設計潮位とする。本地点の潮位は、既往最高潮位(H.H.W.L.)EL.+2.88m(昭和29年9月13日台風12号時に観測)、朔望平均満潮位(H.W.L.)EL.+1.62mであるが、これに対して敷地の整地レベルをEL.+10mとすることにより、使用済燃料乾式貯蔵施設が高潮により安全機能を損なうことのない設計とする。

自然現象の組み合わせについては、発電所敷地で想定される自然現象(地震及び津波

を除く。)として抽出された 12 事象をもとに、地滑りを降水で整理し、被害が考えられない洪水及び津波に包含される高潮を除いた 9 事象に地震及び津波を加えた 11 事象で網羅的に検討し、

- ・個々の自然現象の設計に包含されている

- ・原子炉施設に与える影響が自然現象を組み合わせることにより個々の自然現象が与える影響よりも小さくなる

- ・同時に発生するとは考えられない

という観点より、各自然現象の影響において代表されない風(台風)、積雪及び火山の影響の荷重の組み合わせに対し、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全機能を損なわない設計とする。

ただし、「第四条 地震による損傷の防止」又は「第五条 津波による損傷の防止」の条項において考慮する事項は、それぞれの条項で考慮し、地震又は津波と組み合わせる自然現象による荷重としては、風(台風)又は積雪とする。組み合わせに当たっては、地震又は津波の荷重の大きさ、最大荷重の継続時間、発生頻度の関係を踏まえた荷重とし、施設の構造等を考慮する。

3 について

発電所敷地又はその周辺で想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)については、敷地及び敷地周辺の状況を基に飛来物(航空機落下等)、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突及び電磁的障害を選定する。

安全施設である使用済燃料乾式貯蔵施設は、発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)に対して安全機能を損なわない設計とする。ここで、発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等(重大事故等対処設備を含む。)への措置を含める。

(1) 飛来物

使用済燃料乾式貯蔵施設への航空機の落下確率は、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価について」(平成 14・07・29 原院第 4 号(平成 14 年 7 月 30 日原子力安全・保安院制定))等に基づき評価した結果、約 5.4×10^{-8} 回/炉・年であり、防護設計の要否判断の基準である 10^{-7} 回/炉・年を超えないため、航空機落下による防護については設計上考慮する必要はない。

また、本発電所敷地周辺の社会環境からみて、発電所周辺での爆発等に起因する飛

来物により、使用済燃料乾式貯蔵施設が安全機能を損なうことはない。

(2) ダムの崩壊

ダムの崩壊として、決壊による河川の洪水を考慮する。

発電所前面海域へ流入する河川はないことから、ダムの崩壊による影響を考慮する必要はない。なお、発電所の近くのダム等は、丘陵を挟んだ宇和海側にある。

(3) 爆発 [6条(外部火災)において説明]

(4) 近隣工場等の火災 [6条(外部火災)において説明]

(5) 有毒ガス [6条(外部火災)において説明]

使用済燃料乾式貯蔵施設は、居住性の確保を必要としないため、有毒ガスの影響を受けない。

(6) 船舶の衝突

海上交通としては、一般航路が発電所沖合約13km、阪神-九州間の定期航路が発電所沖合約18kmにあり、発電所から離れている。使用済燃料乾式貯蔵施設は、船舶の衝突による影響を受けない位置に設置し、安全機能を損なうことのない設計とする。

(7) 電磁的障害

使用済燃料乾式貯蔵施設には計測制御回路がないことから、電磁的障害による影響を受けない。

4及び5 について

5項の規定に基づき、兼用キャスクである使用済燃料乾式貯蔵容器について1項の規定を適用することとし、その適合のための設計方針については「1 について」による。

6及び7 について

7項の規定に基づき、兼用キャスクである使用済燃料乾式貯蔵容器について3項の規定を適用することとし、その適合のための設計方針については「3 について」による。

1.2 気象等

9. 竜巻 [6条(竜巻)において説明]

1.3 設備等

該当なし

2. 外部からの衝撃による損傷の防止(外部事象)

(別添資料)

伊方発電所3号炉 外部事象の考慮について(使用済燃料乾式貯蔵施設)

別 添

伊方発電所 3 号炉
外部事象の考慮について
(使用済燃料乾式貯蔵施設)

目 次

1. 設計基準において想定される自然現象及び発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）の選定
2. 自然現象及び人為事象の考慮
3. 自然現象の組み合わせ

添付 1 : 伊方発電所 3 号炉 外部事象の考慮について（使用済燃料乾式貯蔵施設）補足説明資料

参考 1 : 伊方発電所 3 号機 第 1 回安全性向上評価届出書（抜粋）

1. 設計基準において想定される自然現象及び発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）の選定

設計基準において想定される自然現象及び発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）（以下「人為事象」という。）については、伊方発電所の敷地及び敷地周辺の自然環境等を基に以下のとおり選定※している。

なお、伊方発電所3号機の第1回安全性向上評価届出書（令和元年5月24日）にて、これらの事象に係る評価について見直しが不要であることを確認している。当該届出書の抜粋を参考1に示す。

（自然現象：12事象）

- ・洪水
- ・風（台風）
- ・竜巻
- ・凍結
- ・降水
- ・積雪
- ・落雷
- ・地滑り
- ・火山
- ・生物学的事象
- ・森林火災
- ・高潮

（人為事象：7事象）

- ・飛来物
- ・ダムの崩壊
- ・爆発
- ・近隣工場等の火災
- ・有毒ガス
- ・船舶の衝突
- ・電磁的障害

※ 平成27年7月15日付け原規規発第1507151号をもって許可を受けた発電用原子炉施設設置変更許可申請に係る安全審査資料「伊方発電所3号炉設置許可基準規則等への適合性について（設計基準対象施設）」（DB-8-22改38）（以下「既許可審査資料」という。）を参照。

2. 自然現象及び人為事象の考慮

想定される自然現象及び人為事象に対し、頑健な使用済燃料乾式貯蔵建屋による外郭防護を行うことで、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全機能を損なわない設計とする。

各事象に対する設計方針を第1表に示す。

3. 自然現象の組み合わせ

既許可審査資料に同じ。自然現象の組み合わせについては，風（台風），積雪及び火山の影響の荷重の組み合わせに対し，使用済燃料乾式貯蔵施設の安全機能を損なわない設計とする。

ただし，「第四条 地震による損傷の防止」又は「第五条 津波による損傷の防止」の条項において考慮する事項は，それぞれの条項で考慮し，地震又は津波と組み合わせる自然現象による荷重としては，風（台風）又は積雪とする。組み合わせに当たっては，地震又は津波の荷重の大きさ，最大荷重の継続時間，発生頻度の関係を踏まえた荷重とし，施設の構造等を考慮する。

第1表 外部事象に対する使用済燃料乾式貯蔵施設的设计方針について

影響		设计方針
事象		
竜巻	6条(竜巻)において説明。	
火山	6条(火山)において説明。	
外部火災*	6条(外部火災)において説明。	
洪水	浸水	敷地付近は、地形及び表流水の状況から判断して、洪水による被害は考えられない。
風 (台風)	風荷重 飛来物の衝突	使用済燃料乾式貯蔵施設は、風荷重を建築基準法に基づき設定し、それに対し機械的強度を有することにより安全機能を損なうことのない設計とする。ここで、台風に関連して発生する可能性のある自然現象としては、高潮、落雷が考えられる。高潮については、「(12)高潮」に述べるとおり、使用済燃料乾式貯蔵施設は影響を受けることのない敷地高さに設置し、安全機能を損なわない設計とする。落雷については、同時に発生するとしても、「(7)落雷」に述べる個別に考えられる影響と変わらなない。 台風に伴い発生する可能性のある飛来物による影響については、竜巻影響評価において想定している設計飛来物の影響に包含される。
凍結	凍結	宇和島特別地域気象観測所での観測記録(1951～2012年)によれば、最低気温は-6.2℃(1977年2月19日)である。 使用済燃料乾式貯蔵施設は、凍結に対して、上記最低気温を考慮し、屋外機器で凍結のおそれのあるものに保温等の凍結防止対策を必要に応じて行うことにより、安全機能を損なうことのない設計とする。

設計方針		
事象	影響	
降水	浸水	<p>宇和島特別地域気象観測所の観測記録（1951～2012年）によれば、日最大1時間降水量は76.5mm（2011年6月20日）である。</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設は、降水に対して、観測記録を上回る降雨強度の排水能力を有する構内排水路で集水し海域へ排出を行うことにより、安全機能を損なうことのない設計とする。</p> <p>ここで、降水に関連して発生する可能性がある自然現象としては、土砂崩れ、土石流及び地滑りが考えられる。土砂崩れについては、発電所敷地内には急傾斜地崩壊危険箇所はない。土石流については、使用済燃料乾式貯蔵施設を土石流の被害のおそれのない場所に設置することにより安全機能を損なうことのない設計とする。地滑りについては、「(8)地滑り」に述べる。</p> <p>【補足説明資料「1. 使用済燃料乾式貯蔵施設の設置場所について」】</p>
積雪	堆積荷重 除熱機能への影響	<p>敷地付近の積雪記録⁽⁹⁾（1857～1963年）及び宇和島地域気象観測所での観測記録（1951～2005年9月）によれば、最大積雪量は52cm（1960年12月29日～1961年1月4日）である。</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設は、積雪荷重を建築基準法に基づき設定し、それに対し機械的強度を有することにより安全機能を損なうことのない設計とする。また、最大積雪量を想定した場合でも、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口が閉塞しない設計とする。</p> <p>【補足説明資料「2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口の閉塞について」】</p>

設計方針	
事象 落雷	<p>影響 電氣的影響 火災</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設は、雷害防止対策として、避雷針の設置、接地網の布設による接地抵抗の低減等を行い、安全機能を損なうことのない設計とする。</p>
地滑り	<p>除熱機能への影響</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設は、地滑りが発生するおそれのない位置に設置することにより、安全機能を損なうことのない設計とする。 【補足説明資料「1. 使用済燃料乾式貯蔵施設の設置場所について」】</p>
生物学的 事象	<p>小動物による損傷</p> <p>生物学的事象として、海生生物であるクラゲ等の発生、小動物の侵入を考慮する。 使用済燃料乾式貯蔵容器は、自然冷却によって収納した使用済燃料の崩壊熱を外部に放出できる設計とすること、また、金属製の容器とすることから、これらの事象により影響を受けることはない。</p>
高潮	<p>浸水</p> <p>発電所周辺海域の潮位については、発電所から北東約 20km 地点に位置する長浜港における潮位を設計潮位とする。本地点の潮位は、既往最高潮位(H.H.W.L.)EL.+2.88m (昭和 29 年 9 月 13 日台風 12 号時に観測)、朔望平均満潮位(H.W.L)EL.+1.62m であるが、これに対して敷地の整地レベルをEL.+10m とすることにより、使用済燃料乾式貯蔵施設が高潮により安全機能を損なうことのない設計とする。 【補足説明資料「1. 使用済燃料乾式貯蔵施設の設置場所について」】</p>

設計方針	
<p>事象</p> <p>飛来物</p>	<p>影響</p> <p>飛来物の衝突</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設への航空機の落下確率は、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価について」（平成14・07・29 原院第4号（平成14年7月30日原子力安全・保安院制定））等に基づき評価した結果、約5.4×10^{-8}回/炉・年であり、防護設計の要否判断の基準である10^{-7}回/炉・年を超えないうため、航空機落下による防護については設計上考慮する必要はない。</p> <p>また、本発電所敷地周辺の社会環境からみて、発電所周辺での爆発等に起因する飛来物により、使用済燃料乾式貯蔵施設が安全機能を損なうことはない。</p> <p>【補足説明資料「3. 使用済燃料乾式貯蔵施設への航空機落下確率評価結果」】</p>
<p>ダムの崩壊</p>	<p>浸水</p> <p>ダムの崩壊として、決壊による河川の洪水を考慮する。</p> <p>発電所前面海域へ流入する河川はないことから、ダムの崩壊による影響を考慮する必要はない。なお、発電所の近くのダム等は、丘陵を挟んだ宇和海側にある。</p>
<p>有毒ガス</p>	<p>人員への影響</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設は、居住性の確保を必要としないため、有毒ガスの影響を受けない。</p>
<p>船舶の衝突</p>	<p>船舶の衝突</p> <p>海上交通としては、一般航路が発電所沖合約13km、阪神—九州間の定期航路が発電所沖合約18kmにあり、発電所から離れている。使用済燃料乾式貯蔵施設は、船舶の衝突による影響を受けない位置に設置し、安全機能を損なうことのない設計とする。</p> <p>【補足説明資料「1. 使用済燃料乾式貯蔵施設の設置場所について」】</p>

事象	影響	設計方針
電磁的 障害	電氣的影響	使用済燃料乾式貯蔵施設には計測制御回路がないことから、電磁的障害による影響を受けない。

※ 森林火災，爆発及び近隣工場等の火災をまとめて「外部火災」とする。

(添付 1)

伊方発電所 3 号炉
外部事象の考慮について
(使用済燃料乾式貯蔵施設)
補足説明資料

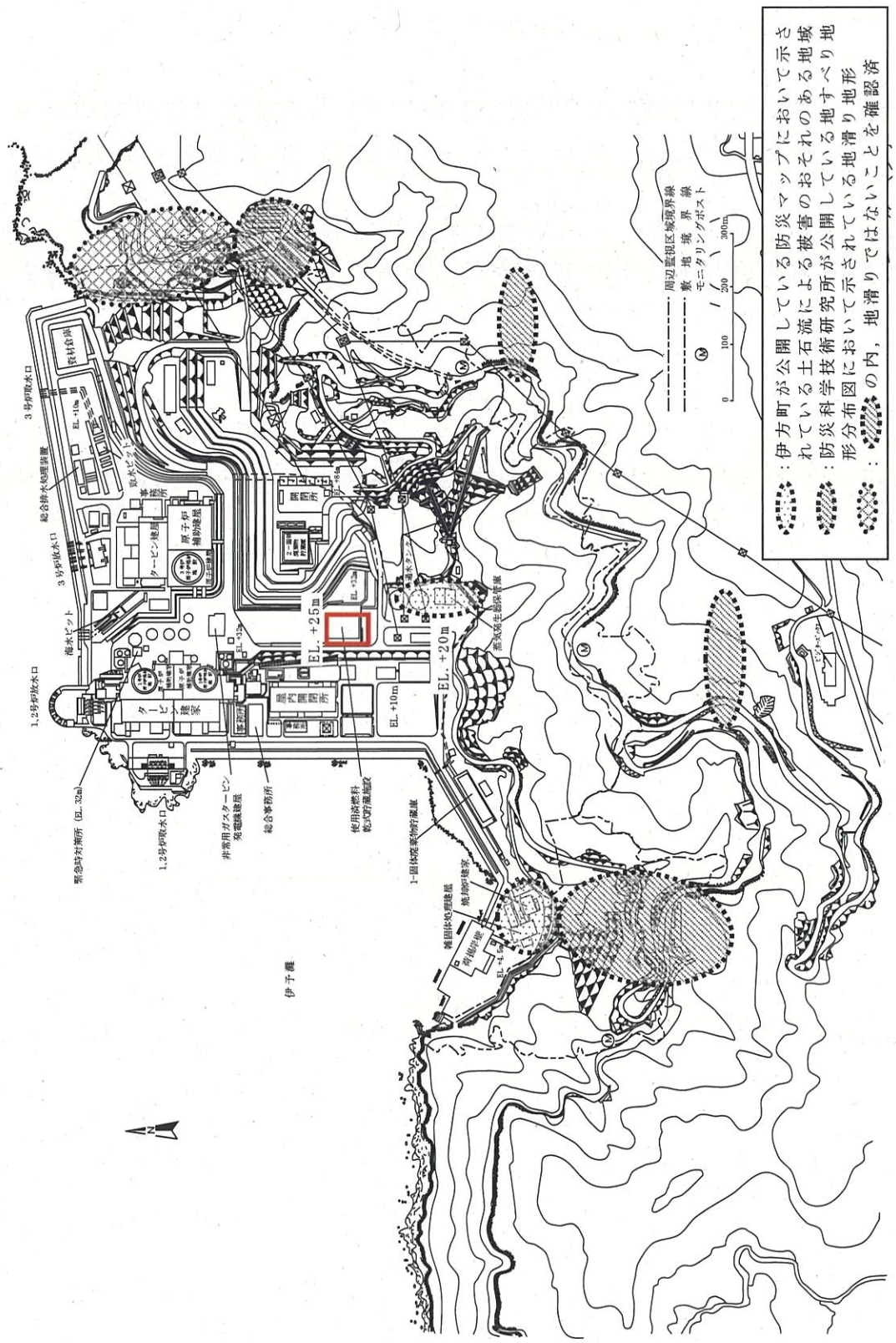
目 次

1. 使用済燃料乾式貯蔵施設の設置場所について
2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口の閉塞について
3. 使用済燃料乾式貯蔵施設への航空機落下確率評価結果
4. 気象データの追加調査について

1. 使用済燃料乾式貯蔵施設の設置場所について

使用済燃料乾式貯蔵施設の設置場所及び既許可審査資料（第 1.2～4 図）にて確認した地滑り地形，土石流危険箇所等の位置を第 1.1 図に示す。

第 1.1 図に示すとおり，使用済燃料乾式貯蔵施設の位置において，地滑りや土石流の被害のおそれはない。また，EL.+25m に設置するため，高潮や船舶の衝突による影響を受けることはない。

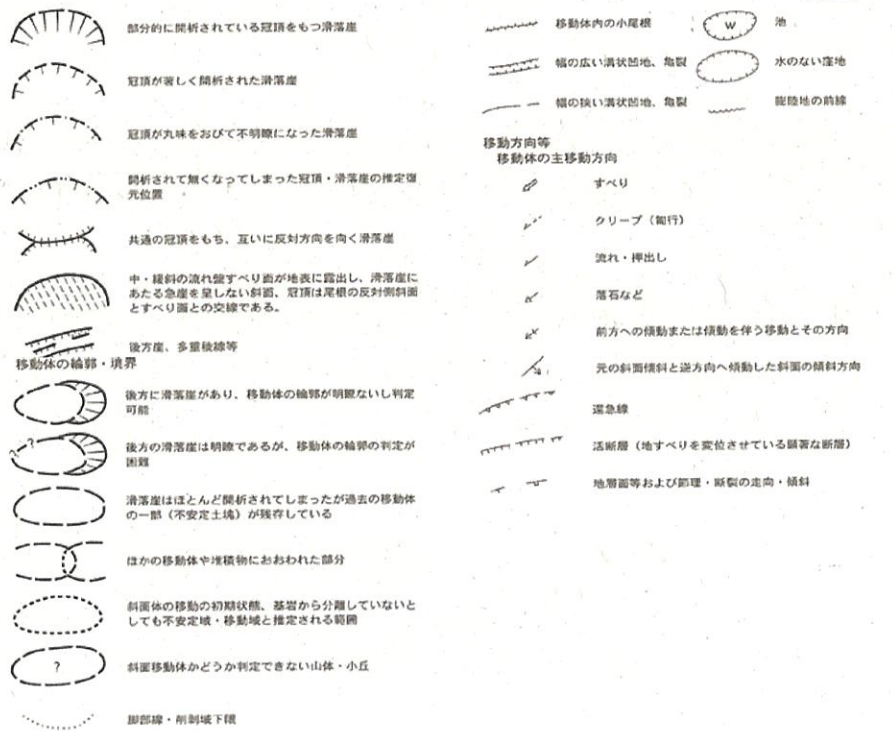
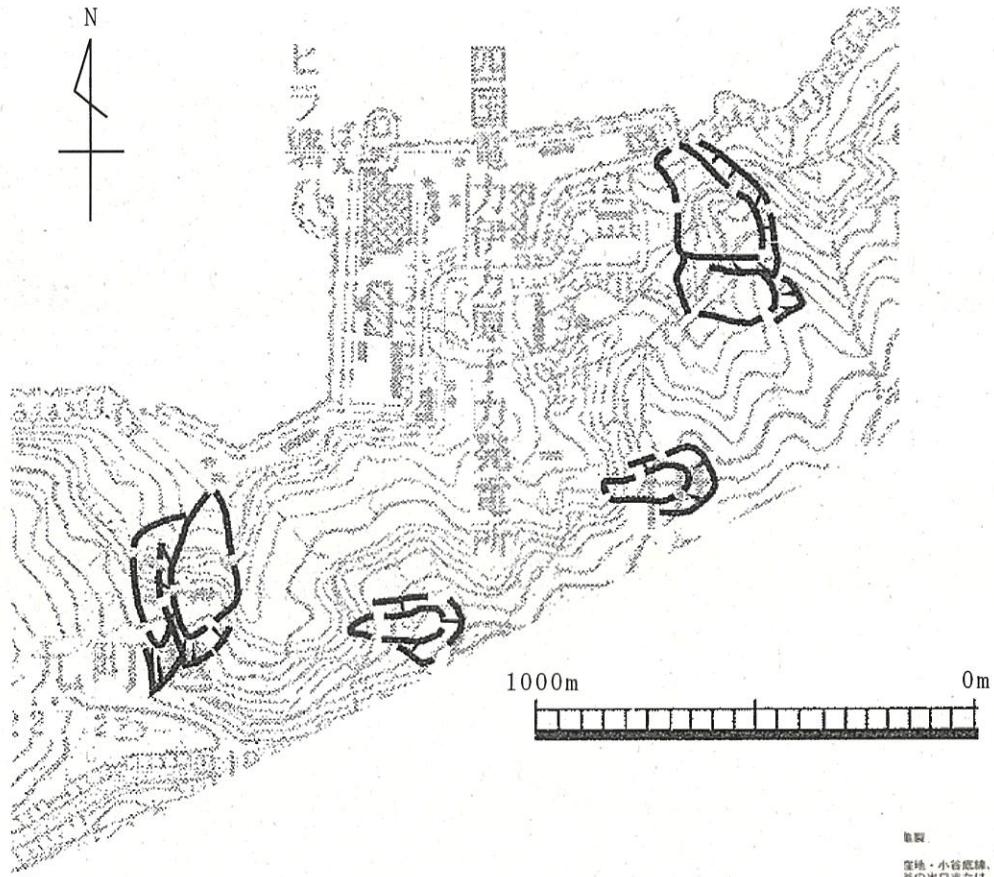


・：伊方町が公開している防災マップにおいて示されている土石流による被害のおそれのある地域
 ・：防災科学技術研究所が公開している地滑り地形分布図において示されている地滑り地形
 ・：の内の、地滑りではないことを確認済

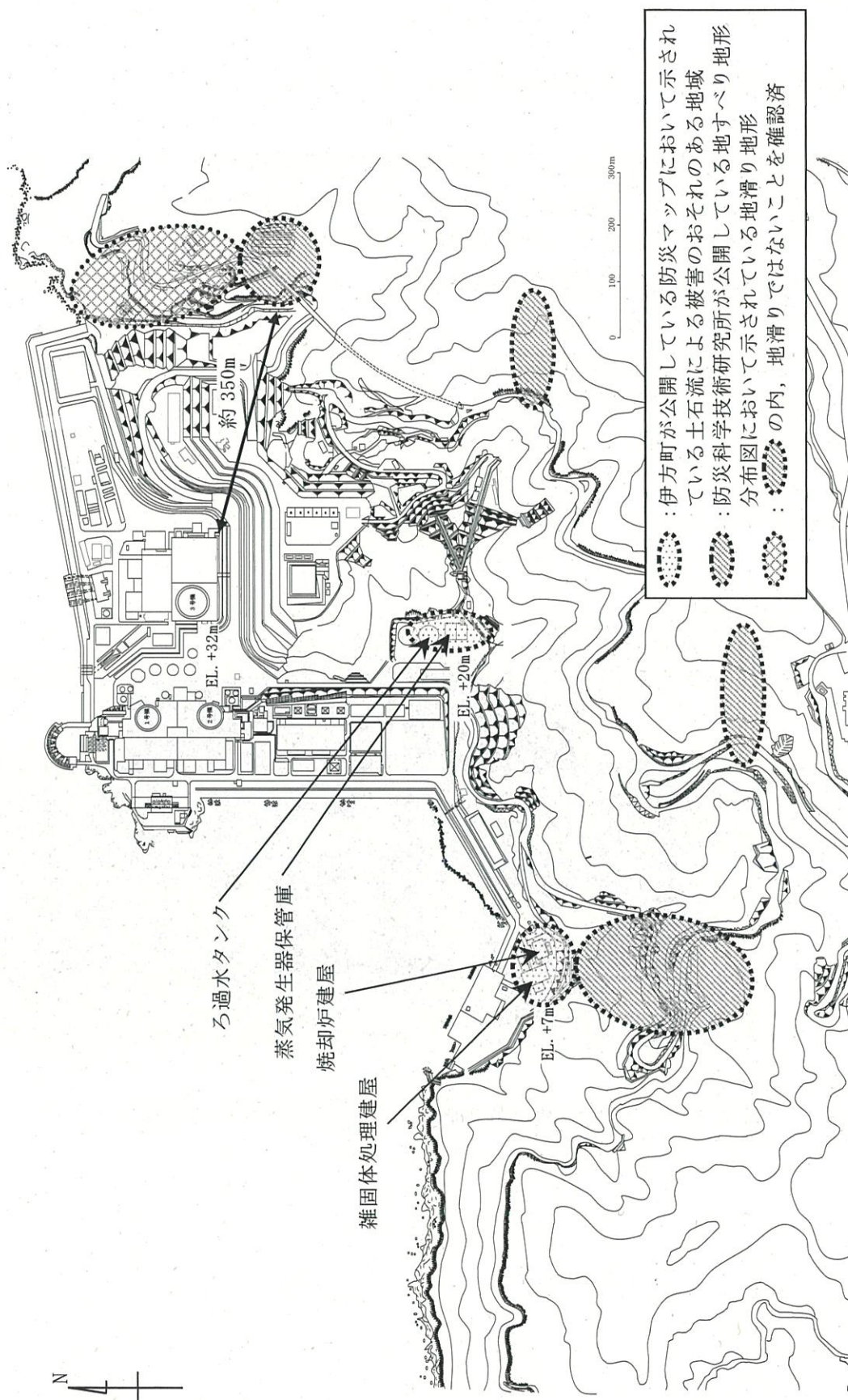
第 1.1 図 使用済燃料乾式貯蔵施設の設置場所並びに地滑り地形及び土石流危険箇所



第1.2図 防災マップ (出典：既許可審査資料)



第1.3図 地すべり地形分布図（出典：既許可審査資料）



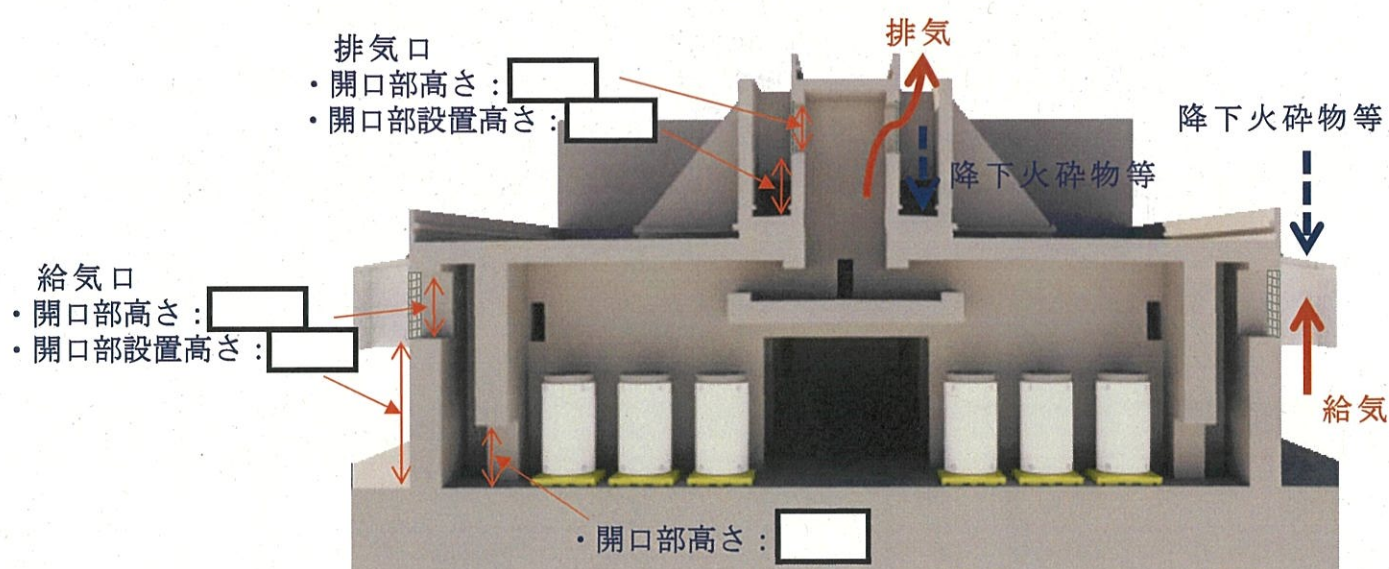
第1.4図 伊方発電所敷地図 (出典：既許可審査資料)

2. 使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口の閉塞について

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱を阻害しないように、自然対流が行える構造とするため、第2.1図に示す給排気口を設ける設計としている。ここで、伊方発電所にて想定される自然現象等のうち、使用済燃料乾式貯蔵施設に有意な堆積物をもたらす事象としては、積雪及び火山（降下火砕物）が考えられる。

このうち、降下火砕物に対しては、6条（火山）において説明するとおり、給排気口の設置位置や構造により閉塞しない設計としている。

一方、積雪に対しても設計方針は同様であり、想定される積雪深さ（52cm）に対して、十分高い位置に設置すること及び雪が侵入しにくい構造とすることで、給排気口が閉塞しない設計とする。



第2.1図 使用済燃料乾式貯蔵建屋（給排気口）の構造

3. 使用済燃料乾式貯蔵施設への航空機落下確率評価結果

使用済燃料乾式貯蔵施設は、伊方発電所3号炉原子炉施設本体から独立して設置することから、個別に航空機落下確率を評価する。

「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」（平成21・06・25原院第1号）に基づき評価を行った結果、約 5.4×10^{-8} 回/炉・年となり、 10^{-7} 回/炉・年を下回ることを確認した。

評価対象事故、評価に用いた数値及び評価結果について、以下に示す。標的面積以外の評価条件については、既許可審査資料と同じ条件としている。既許可審査資料における評価以降、定期航空路「V17」が撤廃されたことに伴う再評価を実施しているが、より保守的な結果となる既許可の評価条件を採用する。なお、「V17」撤廃後の評価条件による結果は別紙4に示す。

(1) 評価対象事故

評価対象	1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故		2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故	3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故	
	① 飛行場での離着陸時における落下事故	② 航空路を巡航中の落下事故		① 訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故	② 基地－訓練空域を往復時の落下事故
使用済燃料乾式貯蔵施設	×注1	○注2	○	○ 〔訓練空域外を飛行中の落下事故〕	○注3

○：対象，×：対象外

注1：発電所は、滑走路方向に対して±60°扇型区域から外れている。（別紙－1）

注2：定期航空路「V17」，広域航法（RNAV）経路「Y23」，「Y40」，「Y351」を評価対象とする。（別紙－2）

注3：自衛隊機及び米軍機の想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する。（別紙－2）

(2) 評価に用いた数値

1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故

② 航空路を巡航中の落下事故

$$Pc = fc \cdot Nc \cdot A / W$$

Pc : 対象施設への巡航中の航空機落下確率 (回/年)

Nc : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数 (飛行回/年)

A : 原子炉施設の標的面積 (km^2)

W : 航空路幅 (km)

$fc = Gc / Hc$: 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率
(回/(飛行回・km))

Gc : 巡航中事故件数 (回)

Hc : 延べ飛行距離 (飛行回・km)

評価対象 パラメータ	使用済燃料乾式貯蔵施設
対象航空路	V17, Y23, Y40, Y351
Nc 注1	V17 : 8,030 Y23 : 13,140 Y40 : 1,095 Y351 : 2,555
A 注2	0.010
W 注3	V17 : 14 Y23, Y40, Y351 : 18.52
fc 注4	$0.5 / 9,439,243,077 = 5.30 \times 10^{-11}$
Pc	7.84×10^{-10}

注1 : 国土交通省航空局への問い合わせ結果 (平成24年のピークデイの値) を365倍した値。なお、ピークデイにおける各航空路の値は、V17が22, Y23が36, Y40が3, Y351が7であり、平成24年8月9日のデータである。

注2 : 使用済燃料乾式貯蔵建屋の水平面積 (約 0.0025km^2) は 0.01km^2 を下回るため、標的面積は 0.01km^2 とする。

注3 : 航空路 (V17) については、「航空路の指定に関する告示」の航空路幅に基づき中心線から両側に7km (全幅:14km), 広域航法経路 (Y23, Y40, Y351) については、「AIP JAPAN」の航法精度に基づき、中心線から両側に5nm (1nm=1.852km, 全幅:18.52km) とする。

注4：巡航中事故件数(Gc)は，平成3年～平成22年の間で0件のため0.5件と仮定する。延べ飛行距離(Hc)は，平成4年～平成23年の「航空輸送統計年報 第1表 総括表 1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内の値（幹線，ローカル線，不定期の合計値）を合計した値。（別紙-3）

2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = (f_v / S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

P_v ：対象施設への航空機落下確率（回／年）

f_v ：単位年当たりの落下事故率（回／年）

S_v ：全国土面積（ km^2 ）

A ：原子炉施設の標的面積（ km^2 ）

α ：対象航空機の種類による係数

評価対象 パラメータ	使用済燃料乾式貯蔵施設
f_v	大型固定翼機 0.5 / 20 = 0.025 小型固定翼機 35 / 20 = 1.75 大型回転翼機 2 / 20 = 0.10 小型回転翼機 30 / 20 = 1.50
S_v	372,000
A	0.010
α	大型固定翼機，大型回転翼機：1 小型固定翼機，小型回転翼機：0.1
P_v	1.21×10^{-8}

注1：「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」（平成24年9月 独立行政法人 原子力安全基盤機構）より。

大型固定翼機の事故件数は0件のため，0.5件と仮定する。

注2：「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」

3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

① 訓練空域外を飛行中の落下事故

$$P_{so} = (f_{so} / S_o) \cdot A$$

P_{so} : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_{so} : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率 (回/年)

S_o : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積 (km²)

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

評価対象 パラメータ	使用済燃料乾式貯蔵施設
f_{so} 注1	自衛隊機 8/20=0.40 米軍機 5/20=0.25
S_o 注1	自衛隊機 295,000 米軍機 372,000
A	0.010
P_{so}	2.03×10^{-8}

注1 : 「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成24年9月 独立行政法人 原子力安全基盤機構)より。

- ② 基地－訓練空域間を往復時の落下事故（想定飛行範囲内に原子炉施設が存在する場合）

$$Pse = (fse / Sse) \cdot A$$

Pse : 対象施設への航空機落下確率（回／年）

fse : 基地と訓練空域間を往復中の落下事故率（回／年）

Sse : 想定飛行範囲の面積（ km^2 ）

A : 原子炉施設の標的面積（ km^2 ）

評価対象 パラメータ	使用済燃料乾式貯蔵施設
fse 注1	自衛隊機 0.5 / 20 = 0.025 米軍機 0.5 / 20 = 0.025
Sse 注1	自衛隊機 40,080 米軍機 17,840
A	0.010
Pse	2.03×10^{-8}

注1 : 「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」（平成24年9月 独立行政法人 原子力安全基盤機構）より。

自衛隊機，米軍機の事故については0件のため，0.5件と仮定する。

注2 : 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」

(3) 航空機落下確率評価結果

(回/炉・年)

評価対象	1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故		2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故	3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故		合計
	① 飛行場での離着陸お事故	② 航空路を巡る航空事故		① 訓練空域中及び訓練空域外の落下事故	② 基地間往復時の落下事故	
使用済燃料乾式貯蔵施設	—	7.84×10^{-10}	1.21×10^{-8}	2.03×10^{-8}	2.03×10^{-8}	約 5.4×10^{-8}

AIP JAPAN
RJOM / MATSUYAMA

Visual REP



Call sign	BRG / DIST from ARP	Remarks
堀江 Horie	033°/5.4NM	堀江港 Horie harbor
松山シティー Matsuyama City	076°/3.4NM	松山城 Matsuyama castle
森松 Morimatsu	124°/5.0NM	森松町重信橋 Shigenobu bridges in Morimatsu cho
サウスポイント South Point	199°/5.1NM	伊予市南部森川河口 Mori river-mouth in the southern part of Iyo city

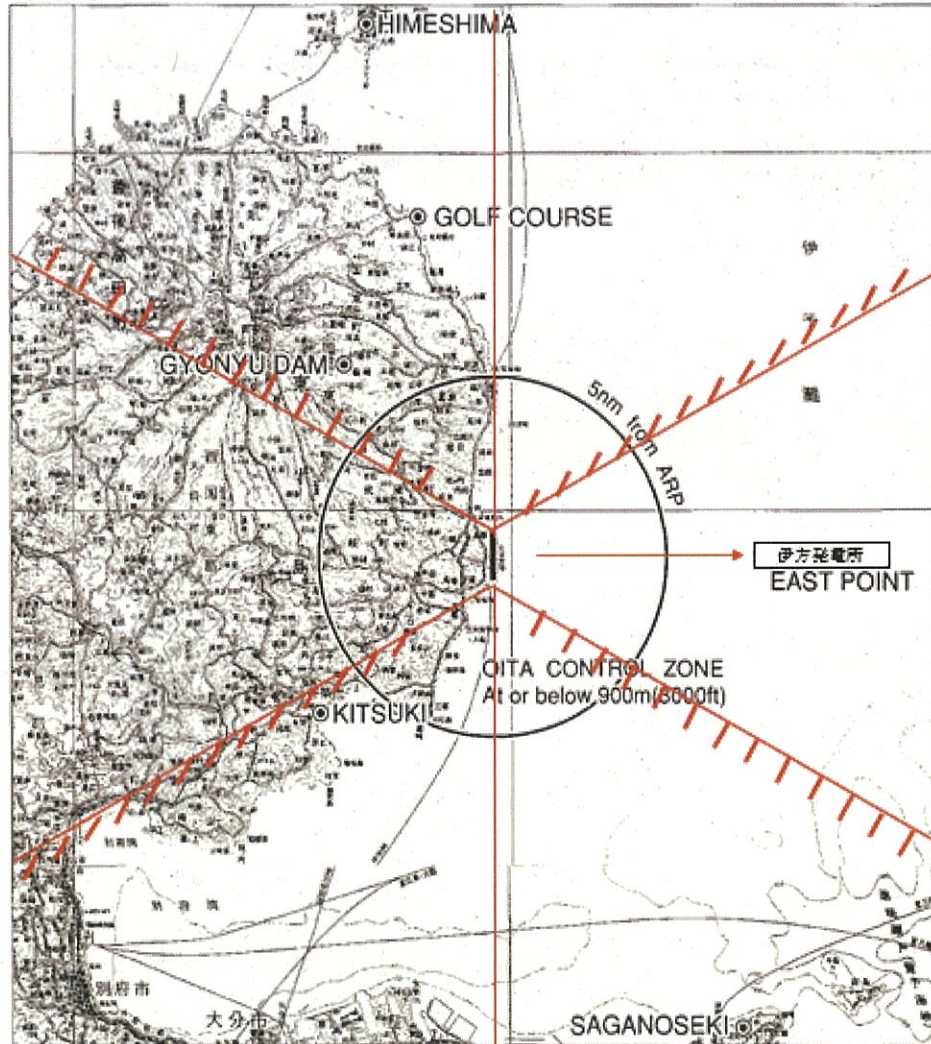
53-9

25/4/83

出典：AIP JAPAN アプローチチャート (25 OCT 2007) (一部加筆)

AIP JAPAN
RJFO / OITA

Visual REP



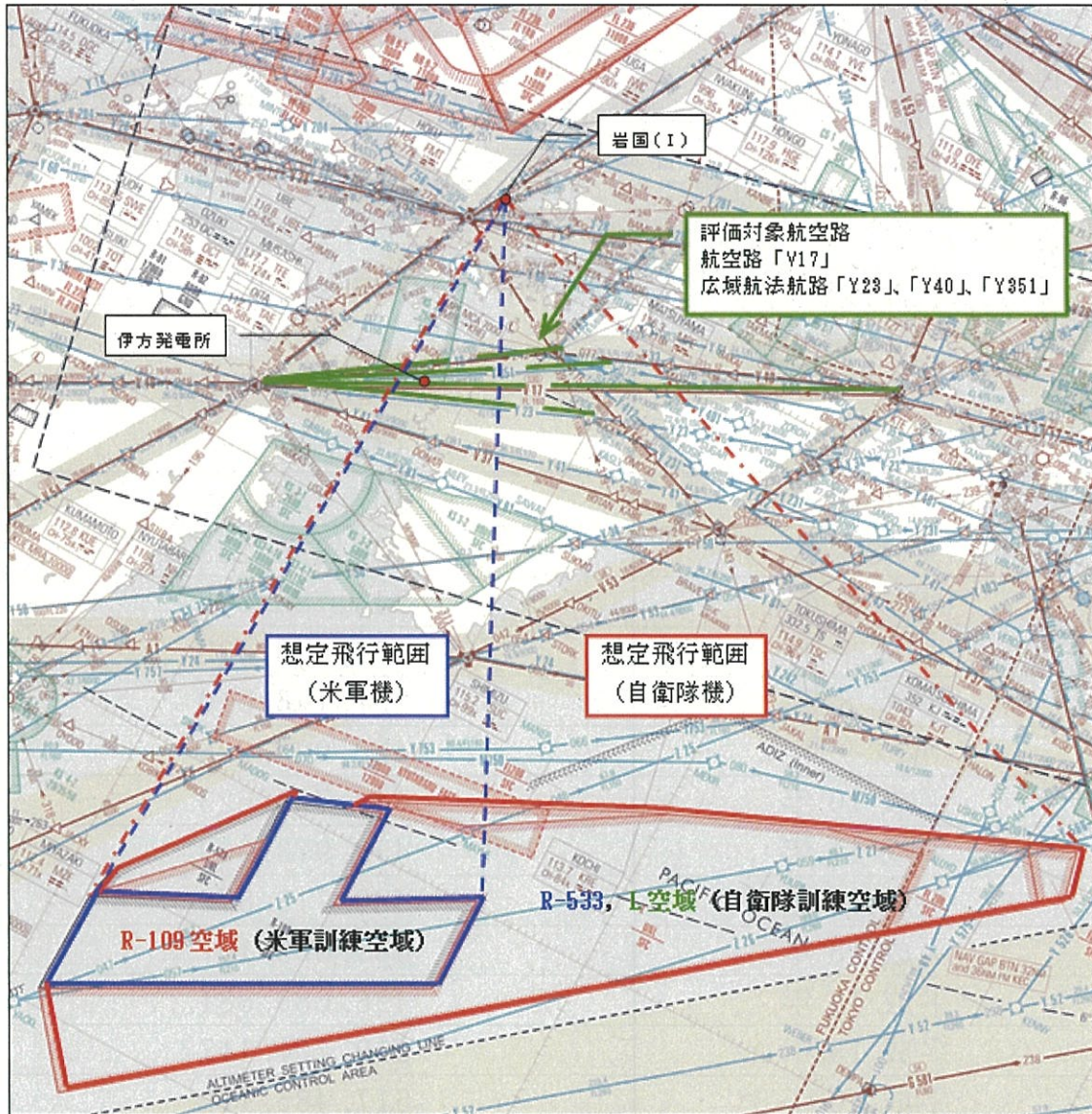
Call sign	BRG / DIST from ARP	Remarks
佐賀の関 Saganoseki	159°/15NM	精錬所煙突 (2本) (Two) Chimney
杵 築 Kitsuki	240°/6.8NM	八坂川河口 River-mouth (The Yasaka)
姫 島 Himeshima	351°/15NM	島 Island
イーストポイント East point	090°/10NM	海上 Over the sea
ゴルフコース Golf course	351°/9.5NM	ゴルフ場 Golf course
行入ダム Gyonyu dam	326°/7NM	ダム Dam

(EFF : 25 OCT 2007)

76-8

25/10/07

出典：AIP JAPAN アプローチチャート (25 OCT 2007) (一部加筆)



※ 出典：AIP JAPAN エンルートチャート ENR6.2 (7 MAR 2013) (一部加筆)

日本国機の運航距離

- ・ 計算に用いる数値は、「航空輸送統計年報 第1表 総括表」の次の値とする。
日本国機の運航距離は、国内便のみの定期(幹線, ローカル線)+不定期の値。
日本国機の国際便は、日本から海外までの距離が記載されており、日本国内での運航距離ではない為、考慮しない。
- ・ 日本に乗り入れている外国機は運航距離の実績の公開記録がないため考慮しない。
- ・ ただし、日本国機の国際便、外国機の落下事故も日本国内で落下した場合は評価対象とする。

	日本国機の運航距離 (飛行回・km)
平成 4 年	307,445,013
平成 5 年	326,899,203
平成 6 年	343,785,576
平成 7 年	380,948,123
平成 8 年	397,146,610
平成 9 年	420,920,228
平成 10 年	449,784,623
平成 11 年	459,973,069
平成 12 年	480,718,878
平成 13 年	489,803,107
平成 14 年	498,685,881
平成 15 年	519,701,117
平成 16 年	517,485,172
平成 17 年	527,370,038
平成 18 年	555,543,154
平成 19 年	559,797,874
平成 20 年	554,681,669
平成 21 年	544,824,157
平成 22 年	548,585,258
平成 23 年	555,144,327
合計	9,439,243,077

「V17」撤廃後の航空機落下確率評価について

原子炉施設の設計の前提となっている航空機落下確率評価については、定期的に評価条件の変更有無を確認し、必要に応じて再評価を実施して影響を確認している。既許可審査資料に示した評価以降、「航空路誌」（平成 28 年 3 月 31 日版 国土交通省航空局）にて伊方発電所周辺航路の一つである「V17」が撤廃されたことを受け、再評価を実施し、既評価の結果を下回ることを確認している。

以下に、「V17」撤廃後の評価条件にて使用済燃料乾式貯蔵施設に対する航空機落下確率評価を実施した結果を示す。主に自衛隊機や有視界飛行方式航空機の事故件数が減少した影響で落下確率が低下している。

表 航空機落下確率評価の比較

評価条件	既許可評価条件	「V17」撤廃後の評価条件
対象航路及び年間飛行回数	V17 : 8,030 Y23 : 13,140 Y40 : 1,095 Y351 : 2,555 (平成 24 年 8 月 9 日)	Y23 : 19,345 Y40 : 1,825 Y351 : 183 (平成 27 年 10 月 27 日)
事故件数	巡行中 : 0.5 大型固定翼機 : 0.5 小型固定翼機 : 35 大型回転翼機 : 2 小型回転翼機 : 30 自衛隊機 : 8 米軍機 : 5 自衛隊機 (往復時) : 0.5 米軍機 (往復時) : 0.5 (平成 3 年～平成 22 年)	巡行中 : 0.5 大型固定翼機 : 0.5 小型固定翼機 : 35 大型回転翼機 : 1 小型回転翼機 : 24 自衛隊機 : 7 米軍機 : 5 自衛隊機 (往復時) : 0.5 米軍機 (往復時) : 0.5 (平成 5 年～平成 24 年)
延べ飛行距離	9,439,243,077 (平成 3 年～平成 22 年)	10,710,389,898 (平成 8 年～平成 27 年)
評価結果	約 5.4×10^{-8}	約 5.0×10^{-8}

4. 気象データの追加調査について

(1) 風（台風）、凍結（最低気温）、降水及び積雪について

最寄りの気象官署である松山地方気象台及び宇和島特別地域気象観測所（2005年9月まで宇和島測候所）の1951年～2018年における風（台風）等の気象データについて確認したところ、最大瞬間風速は72.3m/s（1964年9月25日）、最低気温は-6.2℃（1977年2月19日）、日最大1時間降水量は76.5mm（2011年6月20日）、最大積雪量は23cm（1967年12月30日）であった。

(2) 気象データの比較

平成27年7月15日付け原規規発第1507151号をもって設置変更許可を受けた気象データと、今回申請時点における気象データを比較したところ、風（台風）、凍結（最低気温）、降水量（日最大1時間）、積雪について変更がなかった。（詳細は第4.1表のとおり）

最寄りの気象官署の1951年～2018年における日最高気温等の観測記録（累年順位）を第4.2表～第4.11表に示す。

第4.1表 設置許可申請における気象データの比較

要素	気象官署の場所	統計期間	原規規発第1507151号 設置変更許可	統計期間	今回申請
最大瞬間風速	松山	1951年1月～2012年12月	37.1m/s(2004年9月7日)	1951年1月～2018年12月	原規規発第1507151号 設置変更許可の値と同じ
	宇和島	同上	72.3m/s(1964年9月25日)	同上	同上
最低気温	松山	同上	-5.3℃(1977年2月16日)	同上	同上
	宇和島	同上	-6.2℃(1977年2月19日)	同上	同上
日最大1時間降水	松山	同上	60.5mm(1992年8月2日)	同上	同上
	宇和島	同上	76.5mm(2011年6月20日)	同上	同上
最大積雪量	松山	同上	14cm(1984年1月31日)	同上	同上
	宇和島	1951年1月～2005年9月*	23cm(1967年12月30日)	1951年1月～2005年9月*	同上

*：2005年10月以降は、宇和島特別地域気象観測所となったため、積雪量について観測をしていない。
注：太枠は要素ごとの最大値または最小値を示す。

第4.2表 日最高・日最低気温の累年順位 (1)

松山地方気象台
統計期間：1951～2018

順位	月												年
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1 日最高気温	値 (°C)	20.3	24.5	27.5	31.1	31.2	35.6	37.0	37.4	35.8	32.9	28.0	37.4
	起年日	1997 1	1954 27	2010 20	1983 28	1991 26	2011 24	1994 22	2018 7	2010 1	1961 6	1977 1	2018 8月7日
	値 (°C)	20.3	23.9	26.8	29.9	31.2	35.1	36.9	37.2	35.7	32.3	27.3	37.2
2 日最高気温	起年日	1969 27	2004 22	1979 30	1964 6	1982 13	2009 22	2004 30	2017 5	1958 5	2018 6	1987 2	2017 8月5日
	値 (°C)	19.3	23.5	24.4	29.1	30.9	35.1	36.9	37.1	35.5	32.1	26.8	37.1
	起年日	2010 20	1987 11	2007 31	1964 22	2009 21	2004 20	1994 16	2018 24	1958 6	2016 5	1977 8	2018 8月24日
1 日最低気温	値 (°C)	-5.0	-5.3	-3.5	-1.4	4.3	10.2	15.5	16.4	9.6	4.5	0.2	-5.3
	起年日	1963 26	1977 16	1984 1	1972 2	1957 3	1978 1	1966 4	1956 20	1965 29	1986 31	1956 17	1977 2月16日
	値 (°C)	-4.8	-5.2	-3.3	-0.8	5.4	10.6	15.7	16.7	11.1	4.8	0.4	-5.2
2 日最低気温	起年日	1967 16	1984 8	1957 15	1961 10	1980 2	1957 9	1969 10	1956 26	1951 21	1958 28	1970 30	1984 2月8日
	値 (°C)	-4.8	-5.2	-2.9	-0.2	5.4	11.1	16.6	17.1	11.2	5.3	0.7	-5.2
	起年日	1963 16	1977 18	1977 5	1957 3	1958 13	1981 2	1982 1	1956 19	1987 28	1997 31	1956 28	1977 2月18日

第4.3表 日最高・日最低気温の累年順位(2)

宇和島特別地域気象観測所
統計期間：1951～2018

順位	月												年	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	値(°C)	22.5	23.7	26.8	28.8	31.4	34.3	38.2	38.4	36.1	32.7	28.2	24.3	38.4
	起年日	1988 21	1979 21	1979 30	1983 27	2004 30	2001 25	1958 31	1969 12	1959 16	1961 19	1958 14	2004 4	1969 8月12日
	値(°C)	22.3	23.3	26.0	28.7	31.2	34.2	37.1	37.9	35.5	32.5	28.1	24.1	38.2
2	起年日	1969 28	1958 23	1954 27	1955 12	2018 18	2011 25	1958 30	1969 13	1967 4	1961 5	1965 8	2018 4	1958 7月31日
	値(°C)	21.1	22.8	25.2	28.4	31.2	34.1	36.9	37.4	35.5	32.5	27.8	23.8	37.9
	起年日	1996 15	2004 21	2010 20	1969 24	1997 5	2011 28	2013 25	1958 1	1961 9	1961 4	1959 2	1968 2	1969 8月13日
1	値(°C)	-5.2	-6.2	-4.0	-0.7	4.6	10.2	15.2	16.4	8.7	2.9	0.1	-3.3	-6.2
	起年日	1967 16	1977 19	1977 5	1957 3	1991 3	1978 1	1982 1	1981 6	1987 28	1986 31	1983 28	1967 25	1977 2月19日
	値(°C)	-3.6	-5.7	-3.9	-0.3	5.1	10.9	15.4	16.9	9.0	4.6	0.4	-2.5	-5.7
2	起年日	1974 31	1977 18	1977 4	1965 6	1980 2	1969 8	1966 4	1968 31	1965 29	1958 28	1969 26	1995 31	1977 2月18日
	値(°C)	-3.5	-4.9	-2.7	0.1	5.4	11.0	16.1	17.2	10.5	5.0	0.6	-2.5	-5.2
	起年日	1986 12	1981 28	1967 1	1961 10	1957 3	1981 3	1968 4	1956 26	1987 27	1986 20	1973 29	1960 30	1967 1月16日
3	値(°C)	-3.5	-4.9	-2.7	0.1	5.4	11.0	16.1	17.2	10.5	5.0	0.6	-2.5	-5.2
	起年日	1986 12	1981 28	1967 1	1961 10	1957 3	1981 3	1968 4	1956 26	1987 27	1986 20	1973 29	1960 30	1967 1月16日

第 4.4 表 日最小湿度の累年順位 (1)

松山地方気象台
統計期間：1951～2018

順位	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
1	値 (%)	13	8	9	7	6	8	20	21	18	18	20	22	6
	起年日	2002 5	2006 24	2012 22	2005 17	2009 10	2002 12	2001 4	2009 24	2015 28	2010 17	1997 8	2010 24	2009 5月10日
2	値 (%)	21	15	10	10	8	14	30	25	19	19	22	23	7
	起年日	2004 24	2007 21	1999 3	1952 16	2005 28	1974 2	1990 31	1991 31	2007 12	1988 10	2018 10	1981 17	2005 4月17日
3	値 (%)	22	17	12	11	9	16	31	26	19	21	22	24	8
	起年日	2006 22	2018 20	2014 24	2018 13	2010 2	1994 3	1994 13	2018 8	2006 23	2012 15	2010 4	2018 25	2006 2月24日

第 4.5 表 日最小湿度の累年順位 (2)

宇和島特別地域気象観測所
統計期間：1951～2018

順位	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
		1	値 (%)	21	17	9	8	12	9	35	30	22	23	24
2	起年日	2012 31	1966 28	2002 18	2005 16	2012 6	2002 12	2004 30	2009 24	1994 14	2015 25	2018 10	2003 4	2005 4月16日
	値 (%)	24	18	11	10	17	15	35	31	27	24	24	23	9
3	起年日	2004 24	1994 28	2014 11	1961 3	2017 15	2009 1	1994 9	1988 30	1994 25	1963 7	1988 2	2000 15	2002 6月12日
	値 (%)	24	18	13	11	17	21	36	32	28	25	25	27	9
3	起年日	1999 27	1994 22	1995 9	2012 7	2017 8	1994 4	2000 7	2002 20	2013 16	1997 11	1981 15	2011 5	2002 3月18日

第4.6表 日・1時間最大降水量の累年順位 (1)

松山地方気象台
統計期間：1951～2018

順位	月	年													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年	
日降水量	1	値 (mm)	63.0	55.5	60.0	128.5	108.0	168.5	206.0	103.0	187.5	140.0	72.0	88.0	206.0
		起年日	1989 19	2016 13	2012 23	1974 8	1980 21	1979 27	2018 6	1993 2	2017 17	1998 17	2000 1	2004 4	2018 7月6日
	2	値 (mm)	38.0	40.0	56.4	110.7	100.0	167.0	187.0	86.5	152.5	103.9	53.0	37.0	187.5
		起年日	2008 20	2004 29	1966 3	1955 15	1995 14	2001 19	2005 3	1970 21	1976 11	1967 27	1997 26	2015 10	2017 9月17日
	3	値 (mm)	35.0	38.5	55.5	91.5	93.0	133.0	182.5	82.5	151.0	101.5	51.0	36.0	187.0
		起年日	2017 8	1979 23	2018 5	2018 24	2011 29	1979 30	1995 3	1963 10	2011 20	2013 25	1952 4	2012 30	2005 7月3日
1時間降水量	1	値 (mm)	28.0	19.5	30.5	31.1	39.0	47.0	48.0	60.5	42.0	52.0	33.5	26.0	60.5
		起年日	1989 19	2016 14	2018 5	1958 21	1992 8	2001 20	2015 9	1992 2	2017 17	1961 26	2006 11	2015 11	1992 8月2日
	2	値 (mm)	10.5	18.0	22.3	30.5	39.0	46.0	47.5	55.0	37.0	29.5	30.5	25.5	55.0
		起年日	2015 15	2016 13	1966 3	2018 24	1980 21	1979 27	2010 12	2004 23	2018 9	1998 17	2006 10	2004 4	2004 8月23日
	3	値 (mm)	10.5	16.5	15.5	25.5	24.0	41.0	46.0	52.8	32.5	28.1	25.3	12.5	52.8
		起年日	1988 21	1990 11	1988 11	1984 19	1984 31	2001 19	1993 17	1963 30	2013 1	1952 15	1961 17	2008 5	1963 8月30日

第 4.7 表 日・1 時間最大降水量の累年順位 (2)

順位	月												年	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1 日降水量	値 (mm)	54.0	53.5	65.5	100.8	114.5	212.0	242.5	253.0	374.0	202.0	141.0	115.5	374.0
	起年日	2016 29	1990 23	1986 14	1957 22	2010 23	1988 24	1996 19	2004 30	2005 6	2004 20	2000 1	2004 4	2005 9月6日
	値 (mm)	41.5	46.5	56.5	77.0	106.5	168.6	189.5	204.2	234.0	150.5	72.5	68.5	253.0
2	起年日	1972 11	1974 5	2014 13	2017 7	1980 21	1954 29	1972 23	1963 9	1997 16	2011 21	1977 16	2015 10	2004 8月30日
	値 (mm)	41.0	46.0	53.0	69.0	98.5	148.0	186.5	192.0	233.1	142.0	65.5	46.5	242.5
	起年日	1989 20	1990 11	1990 28	1985 12	2004 13	2011 20	2018 7	1975 17	1954 13	1998 17	2005 6	1994 9	1996 7月19日
1 1 時間降水量	値 (mm)	25.5	25.5	26.0	36.4	41.0	76.5	59.5	53.0	66.5	46.5	45.5	45.5	76.5
	起年日	1988 21	2016 14	2000 28	1957 22	1980 21	2011 20	2018 7	2004 6	1998 24	2012 17	1999 1	2004 4	2011 6月20日
	値 (mm)	16.5	22.0	25.5	26.7	39.0	56.0	57.0	41.1	64.5	43.5	37.0	38.0	66.5
2	起年日	1975 22	2014 27	1988 11	1967 4	2008 24	1988 24	2012 1	1963 30	2016 20	2004 20	1980 21	2015 11	1998 9月24日
	値 (mm)	14.5	20.0	21.0	26.5	37.4	55.5	55.5	39.5	64.5	41.5	35.5	20.3	64.5
	起年日	1979 31	1990 11	2018 5	1970 20	1953 12	1984 8	1972 23	2014 23	2015 1	1998 17	2004 11	1957 12	2016 9月20日

第 4.8 表 日最大瞬間風速の累年順位 (1)

松山地方気象台
統計期間：1951～2018

順位	月												年	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	値 (m/s)	24.6	30.4	29.6	24.9	21.2	21.5	23.8	36.4	37.1	34.8	24.8	24.7	37.1
	風向 (16方位)	WNW	WNW	W	W	E	WSW	NNW	NNE	SSE	SE	W	WSW	SSE
	起年日	1963 21	1956 27	1964 27	1988 24	2003 26	1956 23	2007 2	1970 21	2004 7	1951 14	1951 26	1958 26	2004 9月7日
2	値 (m/s)	24.6	25.8	23.2	23.6	19.7	20.0	23.3	29.5	35.8	32.1	24.3	23.6	36.4
	風向 (16方位)	W	W	W	WSW	E	ESE	NNE	SW	S	ENE	W	W	NNE
	起年日	1955 30	1998 8	1958 2	2012 3	2003 30	1974 4	2004 31	1996 14	1991 27	2017 22	1951 25	1951 26	1970 8月21日
3	値 (m/s)	23.3	25.4	23.1	22.1	19.2	19.1	20.8	27.2	32.8	25.4	22.6	23.0	35.8
	風向 (16方位)	W	WSW	NW	W	SW	S	NNE	S	ESE	S	W	W	S
	起年日	2017 20	1955 20	2006 28	1962 3	1963 31	1978 20	2011 19	1992 8	1954 13	1951 15	1983 17	2000 25	1991 9月27日

第 4.9 表 日最大瞬間風速の累年順位 (2)

宇和島特別地域気象観測所
統計期間：1951～2018

順位	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
		値 (m/s)	36.8	39.8	33.2	34.0	26.8	33.9	41.2	53.1	72.3	37.8	32.9	34.0
1	風向 (16方位)	WNW	W	WNW	ENE	WNW	S	ENE	ENE	W	SSE	W	ENE	W
	起年日	1956 28	2005 1	2001 4	1983 1	1989 15	1997 28	1972 23	1975 17	1964 25	1951 14	1972 30	1972 23	1964 9月25日
	値 (m/s)	35.3	32.7	32.6	31.9	25.4	28.5	32.2	46.9	47.3	34.5	29.2	33.6	53.1
2	風向 (16方位)	W	WNW	WNW	WNW	NE	ENE	S	SSE	S	E	WNW	WNW	ENE
	起年日	2007 7	1994 9	2001 8	2012 3	2003 31	1988 23	2007 14	2004 30	2004 7	1955 4	2000 2	1990 26	1975 8月17日
	値 (m/s)	34.3	32.4	32.5	31.0	25.2	28.4	28.0	41.8	45.8	33.5	27.8	33.0	47.3
3	風向 (16方位)	NW	NW	WNW	ENE	WNW	S	NW	E	SSE	NNW	WNW	SSW	S
	起年日	1955 30	1955 20	1964 27	1970 24	1992 23	2003 19	1957 22	1963 9	1954 26	2004 20	1951 26	2004 4	2004 9月7日

第4.10表 月最深積雪の累年順位 (1)

松山地方気象台
統計期間：1951～2018

順位	月	1	2	3	11	12	年
1	値 (cm)	14	11	9	-	3	14
	起年日	1984 31	1987 3	1969 12	-	1988 16	1984 1月31日
2	値 (cm)	6	9	7	-	2	11
	起年日	1970 5	1984 1	1965 16	-	1984 23	1987 2月3日
3	値 (cm)	6	7	1	-	0	9
	起年日	1965 12	1977 10	1986 23	-	2005 17	1984 2月1日

第 4.11 表 月最深積雪の累年順位 (2)

宇和島測候所
統計期間：1951～2005

順位	月		1	2	3	11	12	年
	値 (cm)	起年日						
1	17	20			17	0	23	23
	1984 19	1977 18			1977 5	1970 30	1967 30	1967 12月30日
2	15	13			5	-	12	20
	1963 13	1975 23			1957 14	-	1965 17	1977 2月18日
3	14	10			2	-	9	17
	2001 16	1996 10			1993 2	-	1973 25	1984 1月19日

伊方発電所 3号機 第 1 回安全性向上評価出書 (抜粋)

原子力発第 1 9 0 5 4 号
令和元年 5 月 2 4 日

原子力規制委員会 殿

住 所 高松市丸の内 2 番 5 号
届出者名 四国電力株式会社
代表者氏名 取締役社長 佐伯 勇 人

安全性向上評価届出書
(伊方発電所 3号機)

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第 4 3 条の 3 の 2 9 第 1 項の規定に基づき、伊方発電所 3号機の安全性の向上のための評価を実施しましたので、同法第 4 3 条 3 の 2 9 第 3 項の規定により下記のとおり届け出ます。

記

- 一 評価の結果、評価に係る調査及び分析並びに評定の方法
別紙のとおり
- 二 氏名又は名称及び住所並びに代表者の氏名
名 称 四国電力株式会社
住 所 高松市丸の内 2 番 5 号
代表者の氏名 取締役社長 佐伯 勇 人

管理指針・同解説

ad. 日本道路協会 昭和14年3月 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説

ae. ターボ機械協会基準「ポンプ吸込水槽の模型試験方法（TSJS 2002-2005）」

(2) 溢水影響評価の確認

設備改造又は資機材の持込みにより溢水評価条件に見直しがある場合には、溢水評価への影響の確認を行い、溢水評価条件の更新管理を行うこととしている。

(3) 確認結果

評価時点において、(1)項の規格・基準のうち、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」における溢水源及び溢水量の設定等に係る改正内容を踏まえた設置変更許可申請を実施しており、これ以外に新たに反映すべき知見がないことを確認した。また、(2)項のとおり、溢水評価への影響の確認及び溢水評価上の管理値について更新管理を行っていることから、原子炉施設の設計の前提となっている内部溢水について、変更する必要がないことを確認した。

3.1.1.3.2 外部事象に係る評価

3.1.1.3.2.1 気 象

(1) 最寄りの気象官署における一般気象

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価時点において、最寄りの気象官署（松山地方気象台及び宇和島測候所）の測定記録により、最新

の原子炉設置変更許可申請書添付書類六に記載している観測記録の極値について、風（台風）、凍結、降水及び積雪の観点から、変更する必要がないことを確認した。

(2) 安全解析に使用する気象条件

発電所の気象観測装置による観測結果に基づき、安全解析に使用する気象条件について、敷地内観測点（標高約 20mの観測点に加えて排気筒高さ付近を代表する標高約 80mの観測点）における 10 年間（統計年：2008年1月～2017年12月）の気象資料により検定（F分布検定）を行った。この結果、安全解析に使用した気象資料は最近の気象状態と比較して同等と判断でき、評価条件、評価方針等を変更する必要がないことを確認した。

(3) 落雷

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には落雷に関するものはなく、原子炉施設の設計の前提となっている落雷について変更する必要がないことを確認した。

反映が必要な新知見情報ではないが、原子炉施設の設計の前提条件への影響を確認したもののうち、主要なものを以下のとおり記載する。

平成 27 年 8 月 2 日、日本原燃（株）六ヶ所再処理施設において、落雷により安全上重要な設備が多重故障する事象が発生した。伊方 3 号機の耐雷設計としては、安全上重要な設備は原子炉建屋及び原子炉補助建屋に集約されており、六ヶ所のように安全上重要な設備が点在しておらず、屋外を通じて建屋間を接続する構造ではない。

加えて、伊方3号機の耐雷設計としては、雷撃電流150kAを想定しているものの、六ヶ所落雷事象のような想定を超える雷が生じたとしても、事象収束される設計となっているため、問題ないことを確認した。

平成28年9月27日、伊方発電所周辺の観測記録により、耐雷設計の雷撃電流(150kA)を超える事象が確認されたが、設備等への影響はなく、問題ないことを確認した。

3.1.1.3.2.2 地盤

「2.2.2.2.(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報(外部事象に関する情報)」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には地盤に関するものはなく、原子炉施設の設計の前提となっている地盤について変更する必要がないことを確認した。

反映が必要な新知見情報ではないが、原子炉施設の設計の前提条件への影響を確認したもののうち、主要なものを別紙3.1.1.3.2.2-1に示す。

3.1.1.3.2.3 水理

(1) 洪水

「2.2.2.2.(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報(外部事象に関する情報)」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には洪水に関するものはなく、原子炉施設の設計の前提となっている洪水について変更する必要がないことを確認した。

(2) 地滑り

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には地滑りに関するものはなく、原子炉施設の設計の前提となっている地滑りについて変更する必要がないことを確認した。

(3) 高潮

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には高潮に関するものはなく、原子炉施設の設計の前提となっている高潮について変更する必要がないことを確認した。

(4) 海水温度

伊方発電所の海水温度観測記録を確認した結果、評価期間において原子炉補機冷却海水温度の設計値を逸脱するような値は観測されておらず、原子炉施設の設計の前提となっている海水温度について変更する必要がないことを確認した。

3.1.1.3.2.4 地震

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には地震に関するものはなく、原子炉施設の設計の前提となっている地震について変更をする必要がないことを確認した。

反映が必要な新知見情報ではないが、原子炉施設の設計の前提条

件への影響を確認したもののうち、主要なものを別紙
3.1.1.3.2.4-1に示す。

3.1.1.3.2.5 社会環境

(1) 人口分布

「1.2 敷地特性」に記載している人口分布は、昭和55年の国勢調査報告を基に作成しており、最新化の観点から、平成27年の国勢調査報告を基に見直しを実施した。

見直した結果は第3.1.1表のとおりであり、伊方町の昭和50年以降における人口推移は、減少傾向であり、平成17年の合併に伴い約12,000人となって以降も減少傾向は継続し、平成27年では約10,000人まで減少していることが確認できる。

(2) 飛来物（航空機落下）

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には飛来物（航空機落下）に関するものはなく、原子炉施設の設計の前提となっている飛来物（航空機落下）について変更する必要がないことを確認した。

反映が必要な新知見情報ではないが、原子炉施設の設計の前提条件への影響を確認したもののうち、主要なものを以下のとおり記載する。

別紙3.1.1.3.2.5-1に示すとおり、「航空路誌」（平成28年3月31日版 国土交通省航空局）にて、伊方発電所周辺航路の一つである「V17」が撤廃されたことを受け、航空機落下確率の再評価を実施した結果、既評価の結果を下回ることを確認した。

(3) 飛来物（その他）

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には飛来物（その他）に関するものではなく、原子炉施設の設計の前提となっている飛来物（その他）について変更する必要がないことを確認した。

(4) ダムの崩壊

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報にはダムの崩壊に関するものではなく、原子炉施設の設計の前提となっているダムの崩壊について変更する必要がないことを確認した。

(5) 爆 発

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には爆発に関するものではなく、原子炉施設の設計の前提となっている爆発について変更する必要がないことを確認した。

(6) 近隣工場の火災

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には近隣工場の火災に関するものではなく、原子炉施設の設計の前提となっている近隣工場の火災について変更する必要がないことを確認した。

(7) 有毒ガス

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には有毒ガスに関するものではなく、原子炉施設の設計の前提となっている有毒ガスについて変更する必要がないことを確認した。

(8) 船舶の衝突

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には船舶の衝突に関するものではなく、原子炉施設の設計の前提となっている船舶の衝突について変更する必要がないことを確認した。

(9) 電磁的障害

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には電磁的障害に関するものではなく、原子炉施設の設計の前提となっている電磁的障害について変更する必要がないことを確認した。

3.1.1.3.2.6 津波

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には津波に関するものではなく、原子炉施設の設計の前提となっている津波について変更する必要がないことを確認した。

反映が必要な新知見情報ではないが、原子炉施設の設計の前提条

件への影響を確認したもののうち、主要なものを別紙
3.1.1.3.2.6-1に示す。

3.1.1.3.2.7 火山

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報(外部事象に関する情報)」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には火山に関するものはなく、原子炉施設の設計の前提となっている火山について変更する必要がないことを確認した。

また、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」について、火山影響等発生時の体制整備等に係る改正が平成29年12月24日に公布、施行され、保安規定変更認可申請を実施している。

反映が必要な新知見情報ではないが、原子炉施設の設計の前提条件への影響を確認したもののうち、主要なものを別紙
3.1.1.3.2.7-1に示す。

なお、火山影響評価に用いた降下火砕物シミュレーションに関して、平成27年7月15日付設置変更許可以降に降下火砕物シミュレーションに用いたTephra2の解析コードにバグがあることが判明したため、このバグを修正して再計算を行った。その結果、敷地における火山灰等の層厚の評価結果に影響がなく、既許可申請の結論に影響を与えるものではないことを確認した。

3.1.1.3.2.8 竜巻

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報(外部事象に関する情報)」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関

する反映が必要な新知見情報には、竜巻に関するものはなく、原子炉施設の設計の前提となっている竜巻について変更する必要がないことを確認した。

反映が必要な新知見情報ではないが、原子炉施設の設計の前提条件への影響を確認したもののうち、主要なものを以下のとおり記載する。

気象庁は、竜巻等突風の強さをより精度よく評定できる「日本版改良藤田スケール」を策定し、適用を開始しているが、現行評価の方が保守的な設定であることから、再評価の必要が無いことを確認した。

3.1.1.3.2.9 生物

(1) 生物学的事象

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間中に、他社において、小動物によるケーブル損傷事例が発生したことを受け、予防処置として類似箇所の点検を行うこととし、社内マニュアルを改正した。

この他、発電所の運転や安全性に影響を与えるような事象はなく、原子炉施設の設計の前提となっている生物学的事象について変更する必要がないことを確認した。

(2) 森林火災

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（外部事象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、外部事象に関する反映が必要な新知見情報には森林火災に関するものはなく、原子炉施設の設計の前提となっている森林火災について変更する必要

がないことを確認した。

反映が必要な新知見情報ではないが、原子炉施設の設計の前提条件への影響を確認したもののうち、主要なものを以下のとおり記載する。

別紙 3.1.1.3.2.9-1 に示すとおり、敷地造成に伴う防火帯の変更に係る森林火災影響を評価した結果、既許可の設計値を逸脱しないことを確認した。

3.1.1.3.3 まとめ

最新の文献及び調査等から得られた科学的知見及び技術的知見に基づき、原子炉施設の設計や安全評価の方法、前提条件などを確認した結果、既存の設計や安全評価を変更する必要がないことを確認した。

6 条

外部からの衝撃による損傷の防止

(竜巻)

6条：外部からの衝撃による損傷の防止
(竜巻)

<目 次>

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置, 構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性説明

1.2 気象等

1.3 設備等

2. 外部からの衝撃による損傷の防止 (竜巻)

(別添資料)

伊方発電所3号炉 竜巻に対する防護 (使用済燃料乾式貯蔵施設)

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

a. 設計基準対象施設

(a) 外部からの衝撃による損傷の防止

(a-1) 安全施設は、想定される竜巻が発生した場合においても、作用する設計荷重に対して、その安全機能を損なわない設計とする。また、安全施設は、過去の竜巻被害状況及び伊方発電所のプラント配置から想定される竜巻に伴う事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

竜巻に対する防護設計を行うための設計竜巻の最大風速は、100m/s とし、設計荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物が安全施設に衝突する際の衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重、並びに、安全施設に常時作用する荷重、運転時荷重及びその他竜巻以外の自然現象による荷重等を適切に組み合わせたものとして設定する。

安全施設の安全機能を損なわないようにするため、安全施設に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策を実施するとともに、作用する設計荷重に対する安全施設の構造健全性の維持、安全施設を内包する区画の構造健全性の確保、若しくは、飛来物による損傷を考慮し安全上支障のない期間での修復等の対応、又は、それらを適切に組み合わせた設計とする。

飛来物の発生防止対策として、飛来物となる可能性のあるもののうち、資機材については飛来した場合の運動エネルギー又は衝撃力が設定する設計飛来物である鋼製材（長さ4.2m×幅0.3m×奥行き0.2m、質量135kg、飛来時の水平速度57m/s、飛来時の鉛直速度38m/s）より大きなもの、車両については飛来した場合の運動エネルギーが設定する設計飛来物である乗用車（長さ4.6m×幅1.6m×高さ1.4m、質量2,000kg、飛来時の水平速度47m/s、飛来時の鉛直速度32m/s）より大きなものに対し、それぞれ固縛、固定又は竜巻防護施設からの離隔を実施する。

(2) 安全設計方針

1.8 竜巻防護に関する基本方針

1.8.1 設計方針

(1) 竜巻に対する設計の基本方針

安全施設が竜巻に対して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な各種の機能を損なわないよう、基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定し、以下の事項に対して対策を行い、建屋による防護、構造健全性の維持及び代替設備の確保等によって、安全機能を損なわない設計とする。

また、安全施設は、設計荷重による波及的影響によって安全機能を損なわない設計とする。

- a. 飛来物の衝突による施設の貫通及び裏面剥離
- b. 設計竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重、及び設計飛来物による衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重及びその他の組み合わせ荷重(常時作用している荷重、運転時荷重、竜巻以外の自然現象による荷重及び設計基準事故時荷重)を適切に組み合わせた設計荷重
- c. 竜巻による気圧の低下
- d. 外気と繋がっている箇所への風の流入

竜巻から防護する施設としては、安全施設が竜巻の影響を受ける場合においても、発電用原子炉施設の安全性を確保するために、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に該当する構築物、系統及び機器とする。

竜巻から防護する施設のうちクラス1、クラス2に該当する構築物、系統及び機器を「竜巻防護施設」として竜巻による影響を評価し設計する。また、竜巻防護施設を内包する施設についても同様に竜巻による影響を評価し設計する。クラス3に属する施設は損傷する場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間に修復すること等の対応が可能な設計とすることにより、安全機能が維持されることから、竜巻による影響を評価する対象から除外する。

竜巻防護施設については「1.8.1(3) 竜巻防護施設」にて記載する。竜巻防護施設を内包する施設については、「1.8.1(4) 竜巻防護施設を内包する施設」にて記載する。竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設については「1.8.1(5) 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設」にて記載する。

竜巻に対する防護設計を行う、竜巻防護施設、竜巻防護施設を内包する施設

及び竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設を「竜巻防護施設等」という。

竜巻防護施設の安全機能を損なわないようにするため、竜巻防護施設に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策を実施するとともに、作用する設計荷重に対する竜巻防護施設の構造健全性の維持、竜巻防護施設を内包する区画の構造健全性の確保、若しくは、飛来物による損傷を考慮し安全上支障のない期間での修復等の対応、又は、それらを適切に組み合わせた設計とする。

屋外に設置する竜巻防護施設の構造健全性の維持又は竜巻防護施設を内包する区画の構造健全性の確保において、それらを防護するために設置する竜巻防護対策設備は、防護ネット、防護材、防護鋼板等から構成し、飛来物から竜巻防護施設を防護できる設計とする。

(2) 設計竜巻の設定

「添付書類六 9. 竜巻」において設定した基準竜巻の最大風速は 92m/s とする。

設計竜巻の設定に際して、伊方発電所は敷地背後に傾斜地を持つ狭隘な地形に立地しているため、地形効果による風の増幅について評価した結果、増幅効果がないことが確認されたが、基準竜巻の最大風速を安全側に切り上げて、設計竜巻の最大風速は 100m/s とする。

(3) 竜巻防護施設

竜巻防護施設は、建屋又は構築物（以下「建屋等」という。）に内包され、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重の影響から防護される施設（外気と繋がっている施設を除く。以下「建屋等に内包され防護される施設（外気と繋がっている施設を除く）」という。）、建屋等に内包されるが、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重の影響から防護が期待できない施設（以下「建屋等に内包されるが防護が期待できない施設」という。）、建屋等に内包され、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重の影響から防護される施設のうち、外気と繋がっており設計竜巻の気圧差による荷重の影響を受ける施設（以下「建屋内の施設で外気と繋がっている施設」という。）、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重の影響を受ける屋外施設（以下「屋外施設」という。）に分類し、以下のように抽出する。

・建屋等に内包され防護される施設（外気と繋がっている施設を除く）

・建屋等に内包されるが防護が期待できない施設

建屋等に内包されるが防護が期待できない施設は「1.8.1(4) 竜巻防護施設

を内包する施設」として抽出した建屋又は構築物の構造健全性の評価を行い、建屋等による防護が期待できない施設を抽出する。

・建屋内の施設で外気と繋がっている施設及び屋外施設

建屋内の施設で外気と繋がっている施設を以下のとおり抽出する。

- ・換気空調設備（アニュラス空気浄化系，安全補機室空気浄化系，中央制御室空調系，安全補機開閉器室空調系，ディーゼル発電機室換気系，制御用空気圧縮機室換気系，電動補助給水ポンプ室換気系の外気と繋がるダクト・ファン及び外気との境界となるダンパ・バタフライ弁）
- ・格納容器排気筒（屋内）

竜巻防護施設のうち，屋外施設を以下のとおり抽出する。

- ・海水ポンプ（配管，弁を含む）
- ・海水ストレーナ
- ・補助給水タンク（配管，弁を含む）
- ・重油タンク（配管，弁及びミニローリーを含む）
- ・格納容器排気筒（屋外）

(4) 竜巻防護施設を内包する施設

竜巻防護施設を内包する主な施設を，以下のとおり抽出する。

- ・原子炉建屋（原子炉容器他を内包する建屋）
- ・原子炉補助建屋（余熱除去ポンプ他を内包する建屋）
- ・燃料油貯油槽基礎（燃料油貯油槽を内包する構築物）
- ・海水ポンプエリア防護壁（海水ポンプ他を内包する構築物）
- ・海水ポンプエリア水密扉（海水ポンプ他を内包する構築物）
- ・使用済燃料乾式貯蔵建屋（使用済燃料乾式貯蔵容器を内包する建屋）

(5) 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護施設又は竜巻防護施設を内包する施設に隣接し倒壊等により竜巻防護施設に影響を及ぼし得る施設，吸排気管が屋外に設置されている竜巻防護施設の附属施設や外気と繋がっている施設が設計荷重による損傷により竜巻防護施設の機能維持に影響を及ぼし得る施設を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設とする。

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設としては，施設の高さと，竜巻防護施設及び竜巻防護施設を内包する施設との距離を考慮して，竜巻による施設の倒壊により竜巻防護施設又は，竜巻防護施設を内包する施設を損傷

させる可能性がある施設を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

また、屋外にある竜巻防護施設の附属設備及び竜巻防護施設を内包する区画で外気と繋がっている換気空調設備を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

(竜巻による倒壊により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設)

- ・タービン建屋
- ・1次系ボンベ庫
- ・3号事務所
- ・2-固体廃棄物貯蔵庫
- ・海水ピットクレーン

(吸排気管が屋外に設置されている竜巻防護施設の附属施設)

- ・主蒸気逃がし弁 (消音器)
- ・主蒸気安全弁 (排気管)
- ・タービン動補助給水ポンプ (蒸気大気放出管)
- ・ディーゼル発電機 (吸気消音器, 排気消音器, 燃料油貯油槽ベント管)

(竜巻防護施設を内包する区画で外気と繋がっている換気空調設備)

- ・換気空調設備 (蓄電池室排気系のダクト・ダンパ)

(6) 設計飛来物の設定

プラントウォークダウンによる敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い、発電所構内の資機材等の設置状況を踏まえ、竜巻防護施設等に衝突する可能性のある飛来物を抽出する。

設計飛来物は、運動エネルギー、貫通力及び衝撃力を踏まえ、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」(平成25年6月19日原規技発第13061911号 原子力規制委員会決定)を参照して鋼製パイプ及び鋼製材を設定する。

また、発電所構内には乗用車が駐車していることから、乗用車を設計飛来物とする。

第1.8.1表に伊方発電所における設計飛来物を示す。

飛来物の発生防止対策については、プラントウォークダウンにより抽出した飛来物や持ち込まれる物品の寸法、質量及び形状から飛来の有無を判断し、運動エネルギー、貫通力及び衝撃力を考慮して、衝突時に建屋等又は竜巻防護対策設備に与えるエネルギーが設計飛来物によるものより大きく、竜巻防護施設を防護できない可能性があるものは固縛、固定又は竜巻防護施設からの隔離対策を実施し、確実に飛来物とならない運用とする。

(7) 荷重の組み合わせと許容限界

竜巻に対する防護設計を行うため、竜巻防護施設等に作用する設計竜巻荷重の算出、設計竜巻荷重の組み合わせの設定、設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定及び許容限界について以下に示す。

a. 竜巻防護施設等に作用する設計竜巻荷重

設計竜巻により竜巻防護施設等に作用する荷重として「風圧力による荷重 (W_w)」、「気圧差による荷重 (W_p)」及び「設計飛来物による衝撃荷重 (W_M)」を以下に示すとおり算出する。

(a) 風圧力による荷重 (W_w)

設計竜巻の最大風速による荷重であり、「建築基準法施行令」(昭和25年11月16日政令第338号)、「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説」及び建設省告示1454号(平成12年5月31日)に準拠して、次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

ここで、

W_w : 風圧力による荷重

q : 設計用速度圧

G : ガスト影響係数(=1.0)

C : 風力係数(施設の形状や風圧力が作用する部位(屋根・壁等)に応じて設定する。)

A : 施設の受圧面積

$$q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$$

ここで、

ρ : 空気密度

V_D : 設計竜巻の最大風速

ただし、竜巻による最大風速は、一般的には水平方向の風速として算定されるが、鉛直方向の風圧力に対してぜい弱と考えられる竜巻防護施設等が存在する場合には、鉛直方向の最大風速等に基づいて算出した鉛直方向の風圧力についても考慮した設計とする。

(b) 気圧差による荷重 (W_p)

外気と隔離されている区画の境界部が気圧差による圧力影響を受ける設備及び竜巻防護施設を内包する施設の建屋壁，屋根等においては，設計竜巻による気圧低下によって生じる竜巻防護施設等の内外の気圧差による圧力荷重が発生し，保守的に「閉じた施設」を想定し次式のとおり算出する。

$$W_P = \Delta P_{max} \cdot A$$

ここで，

W_P : 気圧差による荷重

ΔP_{max} : 最大気圧低下量

A : 施設の受圧面積

(c) 設計飛来物による衝撃荷重 (W_M)

飛来物の衝突方向及び衝突面積を考慮して設計飛来物が竜巻防護施設等に衝突した場合の影響が大きくなる向きで衝撃荷重を算出する。

b. 設計竜巻荷重の組み合わせ

竜巻防護施設等の設計に用いる設計竜巻荷重は，設計竜巻による風圧力による荷重 (W_W)，気圧差による荷重 (W_P)，及び設計飛来物による衝撃荷重 (W_M) を組み合わせた複合荷重とし，複合荷重 W_{T1} 及び W_{T2} は米国原子力規制委員会の基準類を参考として，以下のとおり設定する。

$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2} = W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$$

なお，竜巻防護施設等には W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。

c. 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定

設計竜巻荷重と組み合わせる荷重は，以下のとおり設定する。

(a) 竜巻防護施設等に常時作用する荷重，運転時荷重

竜巻防護施設等に作用する荷重として，自重等の常時作用する荷重，内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。

(b) 竜巻以外の自然現象による荷重

竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり⁽¹²⁾，積乱雲の発達時に竜巻と同時発生する可能性がある自然現象は，雷，雪，ひょう及び雨である。これらの自然現象の組み合わせにより発生する荷重は，以下のとおり設計竜巻荷重に包絡されることから，設計竜巻荷重と組み合わせる荷重として考慮しない。

(b-1) 雷

竜巻と雷が同時に発生する場合においても、雷によるプラントへの影響は、雷撃であるため雷による設計竜巻荷重への影響はない。

(b-2) 雪

影響の程度として竜巻は数分程度の極めて短い期間、積雪は年間でも冬季に限定された数日である。竜巻通過前に積雪があったとしても大部分は竜巻の風により吹き飛ばされるため、雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。

(b-3) ひょう

ひょうは、積乱雲から降る直径5mm以上の氷の粒であり、仮に直径5cm程度の大きさのひょうを想定した場合、その質量は約60gである。

竜巻とひょうが同時に発生する場合においても、5cm程度のひょうの終端速度は33m/s⁽¹³⁾、運動エネルギーは約0.033kJであり、設計飛来物の運動エネルギーと比べ十分に小さく、ひょうの衝突による荷重は設計竜巻荷重に包絡される。

(b-4) 雨

竜巻と雨が同時に発生する場合においても、雨水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく、また降雨による荷重は十分小さいため、設計竜巻荷重に包絡される。

(c) 設計基準事故時荷重

竜巻防護施設は、設計竜巻によって安全機能を損なわない設計とするため、設計竜巻と設計基準事故は独立事象となる。

設計竜巻と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいことから、設計基準事故時荷重と設計竜巻荷重との組み合わせは考慮しない。

仮に、風速が低く発生頻度が高い竜巻と設計基準事故が同時に発生する場合、竜巻防護施設等のうち設計基準事故時荷重が生じる設備としては動的機器である海水ポンプが考えられるが、設計基準事故時においても海水ポンプの圧力、温度が変わらず、運転時荷重が変化することはないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、竜巻と設計基準事故時荷重の組み合わせは考慮しない。

d. 許容限界

建屋・構築物の設計において、設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離発生の有無の評価については、貫通及び裏面剥離が発生する限界厚さと部材の最小厚さを比較することにより行う。さらに、設計荷重により、発

生する変形又は応力が以下の法令、規格、基準、指針類等に準拠し算定した許容限界を下回る設計とする。

- ・ 建築基準法
- ・ 日本工業規格
- ・ 日本建築学会及び土木学会等の基準・指針類
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）
- ・ 震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針（日本建築防災協会）
- ・ 時刻歴応答解析 建築物性能評価業務方法書（日本建築センター）
- ・ 日本機械学会の基準・指針類
- ・ 原子力エネルギー協会（NEI）の基準・指針類

系統及び機器の設計において、設計飛来物の衝突による貫通の有無の評価については、貫通が発生する限界厚さと部材の最小厚さを比較することにより行う。設計飛来物が貫通することを考慮する場合には、設計荷重に対して防護対策を考慮した上で、系統及び機器に発生する応力が以下の規格、基準及び指針類に準拠し算定した許容応力度等に基づく許容限界を下回る設計とする。

- ・ 日本工業規格
- ・ 日本機械学会の基準・指針類
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）

(8) 竜巻防護施設等の防護設計方針

竜巻防護施設、竜巻防護施設を内包する施設及び竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の設計荷重に対する防護設計方針を以下に示す。

a. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包され防護される施設（外気と繋がっている施設を除く。）

竜巻防護施設のうち、建屋等に内包され防護される施設（外気と繋がっている施設を除く。）は、建屋等による防護により設計荷重による影響を受けない設計とする。

ただし、建屋等による防護が期待できない場合には「b. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包されるが防護が期待できない施設」のとおりとする。

b. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包されるが防護が期待できない施設
建屋等に内包される竜巻防護施設のうち、建屋等が設計竜巻の影響により

健全性が確保されず、貫通又は裏面剥離が発生し安全機能を損なう可能性がある場合には、竜巻防護対策設備又は運用による竜巻防護対策を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

c. 竜巻防護施設のうち、建屋内の施設で外気と繋がっている施設及び屋外施設

建屋に内包され防護される竜巻防護施設のうち、外気と繋がる施設は、設計荷重の影響を受けても、安全機能を損なわない設計とする。

屋外の竜巻防護施設は、設計荷重による影響により安全機能を損なわない設計とする。安全機能を損なう場合には、竜巻防護対策設備又は運用による竜巻防護対策を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

d. 竜巻防護施設を内包する施設

竜巻防護施設を内包する施設は、設計荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁、開口部（扉類）の破損により内包される竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突に対しては、貫通及び裏面剥離の発生により内包される竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

e. 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設については、設計荷重による影響を受ける場合においても竜巻防護施設に影響を与えないように、設備又は運用による竜巻防護対策を実施することにより、竜巻防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

以上の竜巻防護施設等の防護設計を考慮して、設計竜巻から防護する施設及び竜巻対策等を第1.8.2表に、竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設及び竜巻対策等を第1.8.3表に、竜巻防護施設を内包する施設及び竜巻対策等を第1.8.4表に示す。

(9) 竜巻防護施設を内包する施設の設計

竜巻防護施設を内包する施設の設計においては、設計荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁、開口部（扉類）の破損により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突時においても、貫通及び裏面剥離の発生により施設内の竜巻

防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

a. 原子炉建屋, 原子炉補助建屋, 使用済燃料乾式貯蔵建屋

設計荷重に対して, 構造骨組の構造健全性が維持されるとともに, 屋根, 壁, 開口部 (扉類) の破損により当該建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また, 設計飛来物の衝突時においても, 貫通及び裏面剥離の発生により当該建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

ただし, 設計荷重による影響を受け, 外壁又は開口部建具等が損傷し当該建屋内の竜巻防護施設の安全機能を損なう可能性がある場合には, 当該建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なわないかを評価し, 安全機能を損なう可能性がある場合には, 竜巻防護対策設備又は運用による竜巻防護対策を実施する。

b. 燃料油貯油槽基礎

設計飛来物が衝突した際に, 設計飛来物の貫通を防止するとともに, 当該構築物内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

c. 海水ポンプエリア防護壁及び海水ポンプエリア水密扉

設計荷重に対して, 構造健全性を維持し当該構築物内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また, 設計飛来物の衝突に対しては, 貫通又は裏面剥離の発生により, 当該構築物内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

(10) 竜巻防護施設及び竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設的设计

竜巻防護施設は, 構造健全性を損なわないこと又は取替・補修が可能なことにより, 安全機能を損なわない設計とする。また, 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設は, 構造健全性を維持すること, 設計上の要求を維持すること又は安全上支障のない期間での修復等の対応により, 竜巻防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

a. 竜巻防護施設のうち, 建屋等に内包され防護される施設 (外気と繋がっている建屋内の施設を除く。)

建屋等内の竜巻防護施設 (外気と繋がっている建屋内の施設を除く。) は, 原子炉建屋, 原子炉補助建屋, 使用済燃料乾式貯蔵建屋, 燃料油貯油槽基

礎、海水ポンプエリア防護壁又は海水ポンプエリア水密扉に内包され、設計荷重から防護されることによって、安全機能を損なわない設計とする。

- b. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包されるが防護が期待できない施設
- c. 竜巻防護施設のうち、建屋内の施設で外気と繋がっている施設及び屋外施設
- d. 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設
 - b. から d. については、使用済燃料乾式貯蔵施設設置に伴う「伊方発電所3号炉 発電用原子炉設置変更許可申請書」の変更は無い。

(11) 竜巻随伴事象に対する評価

竜巻随伴事象は、過去の竜巻被害状況及び伊方発電所のプラント配置から、想定される事象として、火災、溢水及び外部電源喪失を抽出し、事象が発生する場合においても、竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

a. 火災

竜巻随伴事象として、竜巻による飛来物が建屋開口部付近の発火性又は引火性物質を内包する機器に衝突する場合、屋外の危険物タンク等に飛来物が衝突する場合の火災が想定される。

建屋内については、飛来物が侵入する場合でも、建屋開口部付近には、原子炉施設の安全機能を損なう可能性がある発火性又は引火性物質を内包する機器はなく、また、竜巻防護施設を設置している区画の開口部は竜巻防護対策設備により飛来物が侵入することはない。

建屋外については、屋外にある危険物タンク等からの火災がある。

竜巻防護施設は外部火災防護施設に含まれていることから、火災源と外部火災防護施設の位置関係を踏まえて火災の影響を評価した上で、外部火災防護施設が安全機能を損なわない設計とすることを「1.10 外部火災防護に関する基本方針」に記載する。

火災が発生した場合は、火災防護計画に定める火災発生時の対応を実施することから、竜巻防護施設が安全機能を損なうことはない。

b. 溢水

竜巻随伴事象として、竜巻による飛来物が建屋開口部付近の溢水源に衝突する場合、屋外タンクに飛来物が衝突する場合の溢水が想定される。

竜巻防護施設を内包する建屋内については、設計竜巻により飛来物が侵

入する場合でも、建屋開口部付近に飛来物が衝突し、原子炉施設の安全機能を損なう可能性がある溢水源がないこと、また、竜巻防護施設を設置している区画の開口部は竜巻防護対策設備により飛来物が侵入することはないことから、設計竜巻により建屋内に溢水が発生することはなく、建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なうことはない。

建屋外については、竜巻による飛来物の衝突による屋外タンクの破損に伴う溢水を想定し、竜巻防護施設のうち溢水の影響を受ける設備が安全機能を損なわない設計とすることを「1.7 溢水防護に関する基本方針」に記載する。

c. 外部電源喪失

設計竜巻又は設計竜巻と同時に発生する雷又はダウンバースト等の影響により外部電源喪失が発生する場合については、設計竜巻に対してディーゼル発電機の構造健全性を維持することにより、外部電源喪失の影響がなく竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

1.8.2 手順等

竜巻に対する防護については、竜巻に対する影響評価を行い、安全施設が安全機能を損なわないよう手順を定める。

- (1) 屋外の作業区画で飛散する恐れのある資機材及び車両については、飛来時の運動エネルギー等を評価し、竜巻防護施設への影響の有無を確認する。竜巻防護施設へ影響を及ぼす資機材及び車両については、固縛、固定又は竜巻防護施設から離隔する。これら飛来物発生防止対策について手順等を定める。
- (2) 竜巻の襲来が予想される場合及び竜巻襲来後において、竜巻防護施設を防護するための操作・確認及び補修等が必要となる事項について手順等を定める。

第 1.8.1 表 伊方発電所における設計飛来物

飛来物の種類	鋼製パイプ	鋼製材	乗用車
寸法 (m)	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×高さ 4.6×1.6×1.4
質量 (kg)	8.4	135	2,000
最大水平速度 (m/s)	49	57	47
最大鉛直速度 (m/s)	33	38	32

表 1.8.2 設計竜巻から防護する施設及び竜巻対策等

竜巻防護施設	竜巻の最大風速条件	飛来物対策	防護施設	想定する設計飛来物	手順等
海水ポンプ (配管、弁を含む) 海水ストレーナ	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固縛 ・ 固定 ・ 竜巻防護施設との隔離 	施設を内包する施設 竜巻防護対策設備	—	水密扉の閉止 確認
補助給水タンク (配管、弁を含む)			竜巻防護対策設備	—	—
重油タンク			竜巻防護対策設備	鋼製パイプ 鋼製材 乗用車	—
ミニローリー (重油タンク関連施設)			—	鋼製パイプ 鋼製材 乗用車	分散配置
格納容器排気筒 (屋外)			—	鋼製パイプ 鋼製材 乗用車	補修
使用済燃料ビット			施設を内包する施設	鋼製パイプ 鋼製材 乗用車	—
主蒸気配管他			施設を内包する施設 竜巻防護対策設備	—	—
格納容器排気筒 (屋内) 換気空調設備 (アニュラス空気浄化系、安全補機室空気浄化系、中央制御室空調系、安全補機閉器室空調系、ディーゼル発電機室換気系、制御用空気圧縮機室換気系、電動補助給水ポンプ室換気系の外気と繋がるダクト・ファン及び外気との境界となるダンパ・バタフライ弁)			施設を内包する施設	—	—
クラス1及びクラス2に属する施設のうち上記以外の建屋・構築物内の施設			施設を内包する施設	—	—
クラス3に属する施設			—	—	代替設備・予備品の確保及び補修・取替等

表 1.8.3 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設及び竜巻対策等

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設	竜巻の最大風速条件	飛来物対策	防護施設	想定する設計飛来物	手順等
タービン建屋 1次系ボンベ庫 3号事務所 2-固体廃棄物貯蔵庫	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・固縛 ・固定 ・竜巻防護施設との隔離 	-	鋼製パイプ 鋼製材 乗用車	-
海水ピットクレーン			-	鋼製パイプ 鋼製材 乗用車	竜巻襲来が予測される場合の運転停止及び停留位置への移動
換気空調設備（蓄電池室排気系のダクト及びダンパ）			施設を内包する施設	-	-
主蒸気逃がし弁（消音器） 主蒸気安全弁（排出管） タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管） ディーゼル発電機（吸気消音器、排気消音器） ディーゼル発電機（燃料油貯油槽ベント管）			-	鋼製パイプ 鋼製材 乗用車	補修

第 1.8.4 表 竜巻防護施設を内包する施設及び竜巻対策等

竜巻防護施設を内包する施設	竜巻の最大風速条件	飛来物対策	防護施設	想定する設計飛来物	手順等
原子炉建屋 原子炉補助建屋 燃料油貯油槽基礎 海水ポンプエリア防護壁 海水ポンプエリア水密扉 使用済燃料乾式貯蔵建屋	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・固縛 ・固定 ・竜巻防護施設との隔離 	-	鋼製パイプ 鋼製材 乗用車	-

(3) 適合性説明

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第六条 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

3 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

4 兼用キャスクは、次に掲げる自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

一 兼用キャスクが竜巻により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの

二 想定される森林火災

5 前項の規定は、兼用キャスクについて第一項の規定の例によることを妨げない。

6 兼用キャスクは、次に掲げる人為による事象に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

一 工場等内又はその周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある爆発

二 工場等の周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある火災

7 前項の規定は、兼用キャスクについて第三項の規定の例によることを妨げない。

適合のための設計方針

1 について

(3) 竜巻

使用済燃料乾式貯蔵施設は、最大風速 100m/s の竜巻が発生した場合においても、竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物の衝撃荷重を組み合わせた荷重等に対して安全機能を損なわないために、飛来物の発生防止対策及び竜巻防護対策を行う。

a. 飛来物の発生防止対策

竜巻により発電所構内の資機材等が飛来物となり、使用済燃料乾式貯蔵施設が安全機能を損なわないために、以下の対策を行う。

- ・使用済燃料乾式貯蔵容器へ影響を及ぼす資機材及び車両については、固縛、固定又は使用済燃料乾式貯蔵容器から離隔する。

b. 竜巻防護対策

固縛等による飛来物の発生防止対策ができないものが飛来し、使用済燃料乾式貯蔵施設が安全機能を損なわないように、以下の対策を行う。

- ・使用済燃料乾式貯蔵建屋により、使用済燃料乾式貯蔵容器を防護し構造健全性を維持し安全機能を損なわない設計とする。

ここで、竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり、積乱雲の発達時に竜巻と同時発生する可能性のある自然現象は、雷、雪、ひょう及び雨である。これらの自然現象の組み合わせにより発生する荷重は、設計竜巻荷重に包含されることから、各々の事象に対して使用済燃料乾式貯蔵施設の安全機能を損なわない設計とする。

1.2 気象等

9. 竜巻

9.2 基準竜巻の最大風速の設定

(2) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

e. 竜巻影響エリアの設定

竜巻影響エリアは、評価対象施設の面積 (第9.2.4表) 及び設置位置を考慮して、評価対象施設を包絡する円形のエリア (直径500m, 面積約 1.97×10^5 m^2) として設定する。(第9.2.4図)

なお、竜巻影響エリアを円形とするため、竜巻の移動方向には依存性は生じない。

f. ハザード曲線の算定

T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率を求め、ハザード曲線を求める。

前述のとおり、竜巻の年発生数の確率密度分布としてポリヤ分布の適合性が高い。ポリヤ分布は式 (a) で示される (Wen and Chu⁽⁴⁾)。

$$P_1(N) = \frac{(\nu T)^N}{N!} (1 + \beta \nu T)^{-(N+1/\beta)} \prod_{k=1}^{N-1} (1 + \beta k) \quad (a)$$

ここで、Nは竜巻の年発生数、 ν は竜巻の年平均発生数、Tは年数である。

β は分布パラメータであり式 (b) で示される。

$$\beta = \left(\frac{\sigma^2}{\nu} - 1 \right) \times \frac{1}{\nu} \quad (b)$$

ここで、 σ は竜巻の年発生数の標準偏差である。

Dを竜巻影響評価となる対象構造物が風速 V_0 以上の竜巻に遭遇する事象と定義し、竜巻影響評価の対象構造物が1つの竜巻に遭遇し、その竜巻の風速が V_0 以上となる確率を $R(V_0)$ とした時、T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率は式 (c) で示される。

$$P_{V_0, T}(D) = 1 - [1 + \beta \cdot R(V_0) \Gamma]^{-1/\beta} \quad (c)$$

この $R(V_0)$ は、竜巻影響評価の対象地域の面積を A_0 (つまり竜巻検討地域の面積約26,600km²)、1つの竜巻の風速が V_0 以上となる面積を $DA(V_0)$ とすると式 (d) で示される。

$$R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0} \quad (d)$$

ここで、 $E[DA(V_0)]$ は $DA(V_0)$ の期待値を意味する。

本評価では、以下のようにして $DA(V_0)$ の期待値を算出し、式 (d) により $R(V_0)$ を推定して、式 (c) により $P_{V_0, T}(D)$ を求める。風速を V 、被害幅を w 、被害長さを l 及び移動方向を α とし、 $f(V, w, l)$ 等の同時確率密度関数を用いると、 $DA(V_0)$ の期待値は式 (e) で示される (Garson et al. (5))。

$$\begin{aligned} E[DA(V_0)] = & \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl \\ & + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty H(\alpha) l f(V, l, \alpha) dV dl d\alpha \\ & + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) G(\alpha) f(V, w, \alpha) dV dw d\alpha \\ & + S \int_{V_0}^\infty f(V) dV \end{aligned} \quad (e)$$

ここで、 $H(\alpha)$ 及び $G(\alpha)$ はそれぞれ、竜巻の被害長さ及び被害幅方向に沿った面に竜巻影響評価対象構造物を投影した時の長さである。竜巻影響エリアを円形で設定しているため、 H 、 G ともに竜巻影響エリアの直径500mで一定 (竜巻の移動方向に依存しない) となる。 S は竜巻影響エリアの面積 (直径500mの円の面積: 約 $1.97 \times 10^5 \text{m}^2$) を表す。円の直径を L とした場合の計算式は式 (f) で示される。

$$\begin{aligned}
E[DA(V_0)] &= \int_0^\infty \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl \\
&+ L \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty l f(V, l) dV dl \\
&+ L \int_0^\infty \int_{V_0}^\infty W(V_0) f(V, w) dV dw \\
&+ S \int_{V_0}^\infty f(V) dV
\end{aligned} \tag{f}$$

また、風速の積分範囲の上限値は、ハザード曲線の形状が不自然にならない程度に大きな値として 120m/s に設定する。

また、 $W(V_0)$ は、竜巻の被害幅のうち風速が V_0 を超える部分の幅であり、式 (g) で示される。この式により、被害幅内の風速分布に応じて被害様相に分布がある（被害幅の端ほど風速が小さくなる）ことが考慮されている (Garson et al. ⁽⁵⁾, Garson et al. ⁽⁶⁾)。

$$W(V_0) = \left(\frac{V_{\min}}{V_0} \right)^{1/1.6} w \tag{g}$$

ここで、係数の 1.6 について、既往の研究では例えば 0.5 や 1.0 などの値も提案されている。ガイドにて参照している Garson et al. ⁽⁶⁾ では、観測値が不十分であるため保守的に 1.6 を用いることが推奨されており、本評価でも 1.6 を用いる。また、伊方発電所の竜巻影響評価では、ランキン渦モデルによる竜巻風速分布に基づいて設計竜巻の特性値等を設定している。ランキン渦モデルは高さ方向によって風速及び気圧が変化しないため、地表から上空まで式 (g) を適用できる。なお、式 (g) において係数を 1.0 とした場合がランキン渦モデルに該当する。

また、 V_{\min} は、Gale intensity velocity と呼ばれ、被害が発生し始める風速に位置づけられる。Garson et al. ⁽⁶⁾ では、 $V_{\min} = 40\text{mph} \doteq 18\text{m/s}$ ($1\text{mph} \doteq 1.61\text{km/h}$) を提案している。米国気象局 NWS (National Weather Service) では、Gale intensity velocity は 34~47 ノット (17.5~24.2m/s) とされている。また、気象庁が使用している風力階級では、風力 9 は大強風 (strong gale : 20.8~24.4m/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。

以上を参考に、本評価においては、 $V_{min}=25\text{m/s}$ とする。なお、この値はF0 (17~32m/s) のほぼ中央値に相当する。

海岸線から陸側及び海側それぞれ5km 全域を対象に算定したハザード曲線より、年超過確率 10^{-5} における風速を求めると、62.0m/sとなる(第9.2.5図)。

g. 1km範囲に細分化した評価

1km範囲に細分化した評価は、ハザード曲線を算定できるデータが得られた海域0~1km及び陸域0~1kmについて評価する。評価の条件として、被害幅及び被害長さは、それぞれ1km範囲内の被害幅及び被害長さをを用いている。上記評価条件に基づいて、海岸線から陸側及び海側それぞれ5km全域の評価と同様の方法でハザード曲線を算定する。

また、竜巻発生数を変えずに竜巻検討地域を1/10にしてハザード曲線を算定する。

これら算定したハザード曲線より、年超過確率 10^{-5} における風速を求めると、竜巻検討地域を1/10にした場合の84.0m/sが最大となる(第9.2.6図)。

h. 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

海側及び陸側それぞれ5km全域の評価と、1km範囲に細分化した評価を比較して、竜巻最大風速のハザード曲線により設定する最大風速 V_{B2} は、ガイドを参考に年超過確率 10^{-5} に相当する風速とし、84.0m/sとする(第9.2.7図)。

(3) 基準竜巻の最大風速 (V_B)

過去に発生した竜巻による最大風速 $V_{B1}=92\text{m/s}$ 及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 $V_{B2}=84.0\text{m/s}$ より、伊方発電所における基準竜巻の最大風速 V_B は92m/sとする。

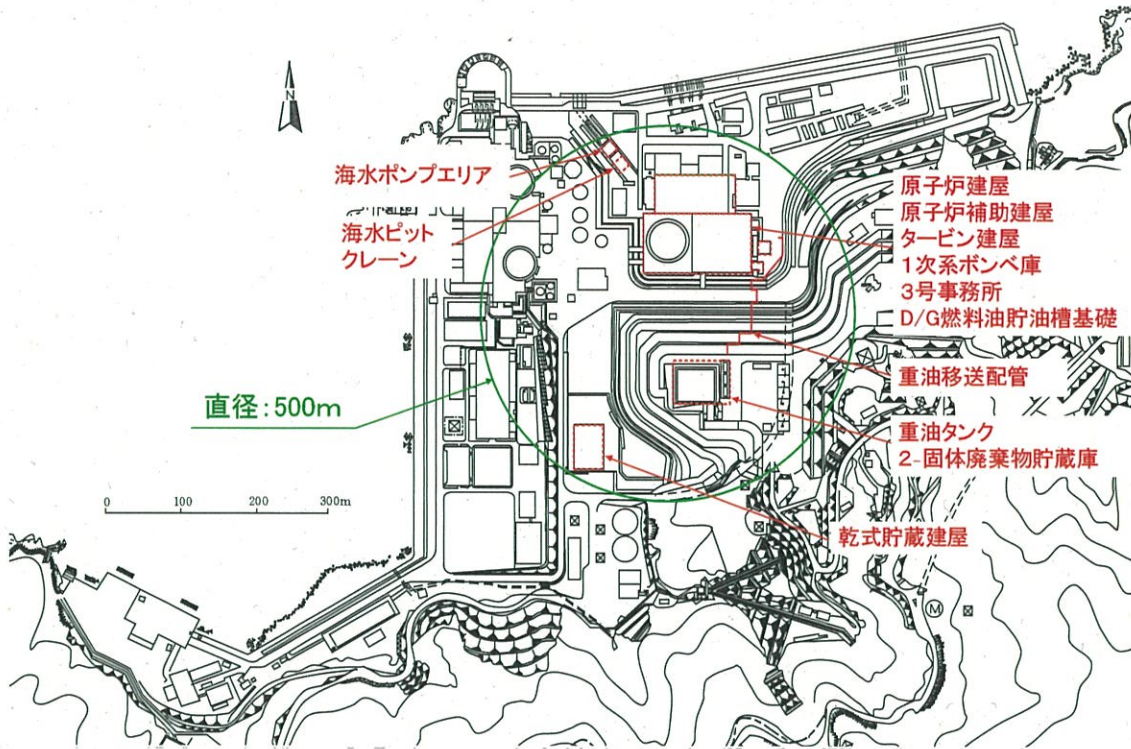
9.3 設計竜巻の最大風速の設定

(2) 設計竜巻の最大風速

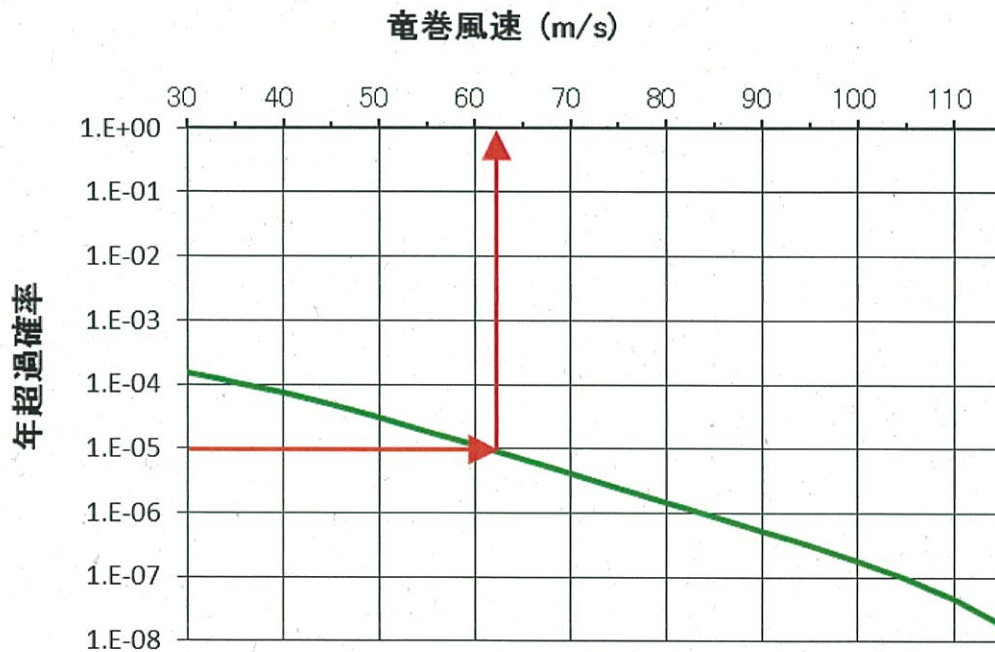
伊方発電所において、地形効果による竜巻の増幅の可能性は低いと考えるが、基準竜巻の最大風速を安全側に数字を切り上げて、設計竜巻の最大風速は100m/sとする。

第9.2.4表 評価対象施設の設置面積

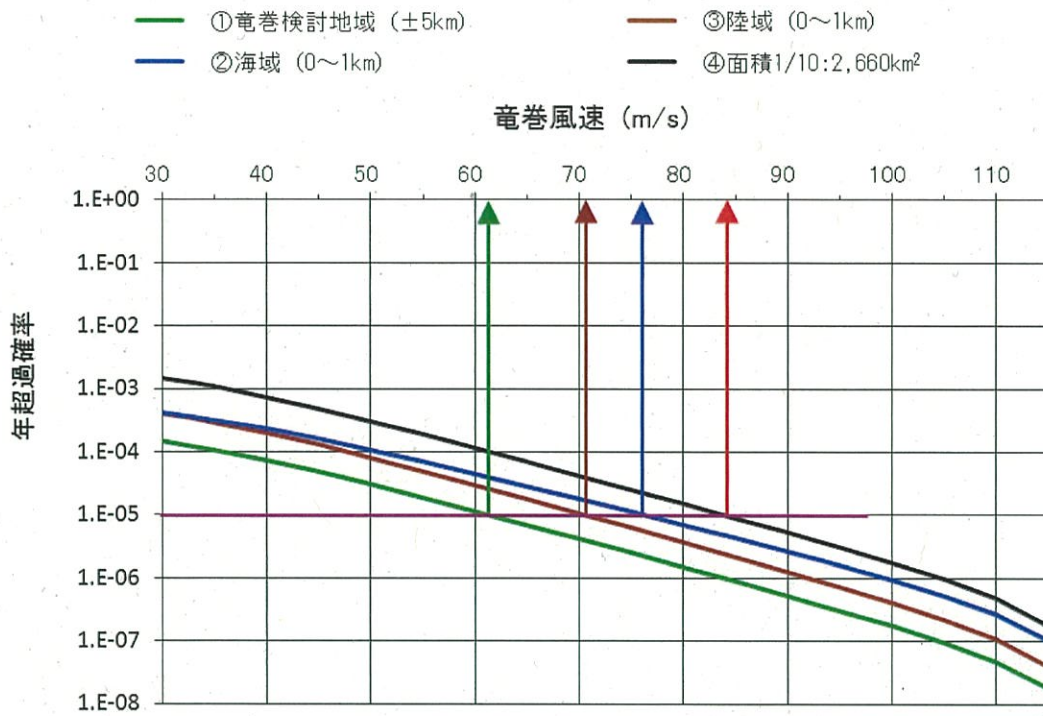
評価対象施設	設置面積 (m ²)
<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋 ・原子炉補助建屋 ・タービン建屋 ・一次系ボンベ庫 ・3号事務所 	18,200
・燃料油貯油槽基礎	210
・海水ポンプエリア	361
・海水ピットクレーン	342
<ul style="list-style-type: none"> ・重油タンク ・2-固体廃棄物貯蔵庫 	3,000
・重油移送配管	230
・乾式貯蔵建屋	2,478
合計面積	24,821



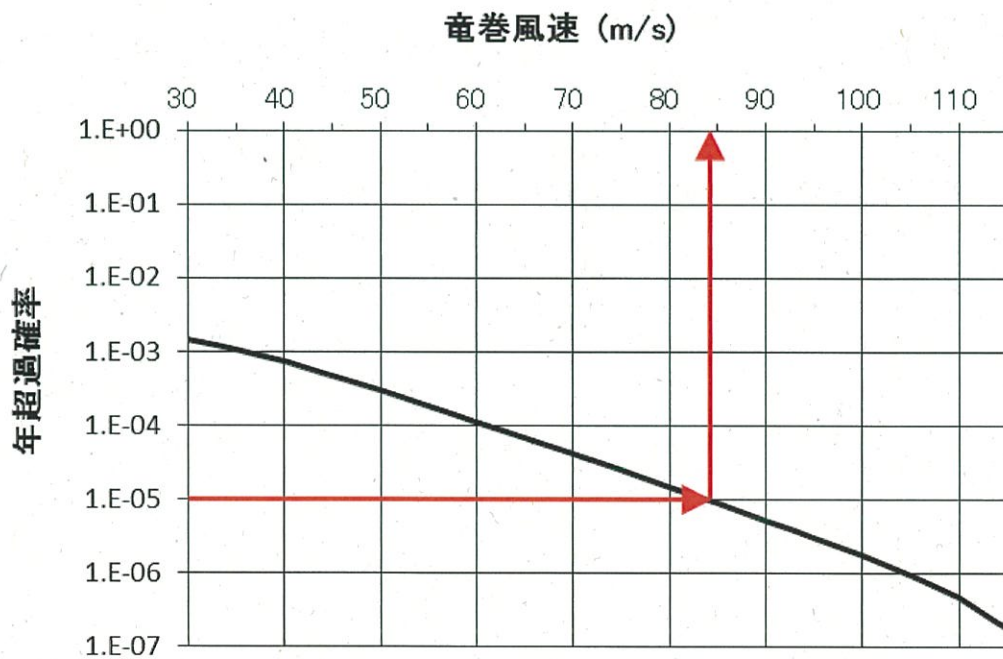
第9.2.4図 竜巻影響エリア



第9.2.5図 竜巻最大風速のハザード曲線 (海側, 陸側5km範囲)



第9.2.6図 竜巻最大風速のハザード曲線 (1 km範囲に細分化した評価)



第9.2.7図 竜巻最大風速のハザード曲線 (面積1/10)

1.3 設備等
該当なし

2. 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）

（別添資料）

伊方発電所3号炉 竜巻に対する防護（使用済燃料乾式貯蔵施設）

別 添

伊方発電所 3 号炉

竜巻に対する防護
(使用済燃料乾式貯蔵施設)

<目 次>

1. 基本方針
 - 1.1 基本事項
 - 1.2 評価対象施設
 - 1.3 評価の基本的な考え方

2. 基準竜巻、設計竜巻及び設計飛来物の設定
 - 2.1 基準竜巻、設計竜巻の設定概要
 - 2.2 竜巻検討地域の設定
 - 2.3 基準竜巻の設定
 - 2.4 設計竜巻の設定
 - 2.5 設計飛来物の設定

3. 竜巻影響評価
 - 3.1 評価概要
 - 3.2 評価対象施設
 - 3.3 設計荷重の設定
 - 3.4 施設の構造健全性の確認
 - 3.5 その他の確認事項
 - 3.6 竜巻随件事象に対する評価

※：「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」（以下「兼用キャスクガイド」という。）

1. 基本方針

1.1 基本事項

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、安全施設が竜巻に対して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な各種の機能を損なわないよう、基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定し、建屋による防護、構造健全性の維持及び代替設備の確保等によって、安全機能を損なわない設計とする。

また、安全施設は、設計荷重による波及的影響によって安全機能を損なわない設計とする。

竜巻及びその随件事象等によって発電用原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価するため、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（以下「ガイド」という。）に基づき、安全機能が維持されることを確認する。

1.2 評価対象施設

1.2.1 設計竜巻から防護する施設

設計竜巻から防護する施設としては、安全施設が設計竜巻の影響を受ける場合においても、発電用原子炉施設の安全性を確保するために、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に該当する構築物、系統及び機器とする。

設計竜巻から防護する施設のうち、クラス3に属する施設は損傷する場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間に修復すること等の対応が可能な設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とすることから、クラス1及びクラス2に属する施設を竜巻防護施設とする。竜巻防護施設は以下に分類する。

- ・ 建屋又は構築物に内包され防護される施設（外気と繋がっている建屋内の施設を除く。）
- ・ 建屋に内包されるが防護が期待できない施設
- ・ 屋外施設及び建屋内の施設で外気と繋がっている施設

また、竜巻防護施設を内包する建屋及び構築物は、「竜巻防護施設を内包する施設」として抽出する。

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、竜巻防護施設の抽出結果を表1.2.1に示す。

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵容器は原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されないものであって、放射性物質を貯蔵する機能を有する安全重要度分類クラス2の設備であることから、使用済燃料乾式貯蔵容器*を竜巻防護施設として抽出した。

*: 支持部及び基礎を含む。

表 1.2.1 使用済燃料乾式貯蔵施設の竜巻防護施設の抽出

設備	兼用キャスクガイド での設備分類	安全重要度 分類	竜巻防護施設
使用済燃料乾式貯蔵容器*	兼用キャスク, 周辺施設（支持部及 び基礎）	PS-2	○
計装設備	周辺施設	-	
クレーン類	周辺施設	-	
使用済燃料乾式貯蔵建屋等 （貯蔵建屋（遮蔽壁含む））	周辺施設	PS-3	

*: 支持部及び基礎を含む。

使用済燃料乾式貯蔵施設から図 1.2.1 の抽出フローにより、評価対象施設として使用済燃料乾式貯蔵建屋を抽出した。抽出結果を表 1.2.2 に示す。

表 1.2.2 評価対象施設

分類	施設・設備名
竜巻防護施設を 内包する施設	使用済燃料乾式貯蔵建屋 （使用済燃料乾式貯蔵容器を内包する建屋）

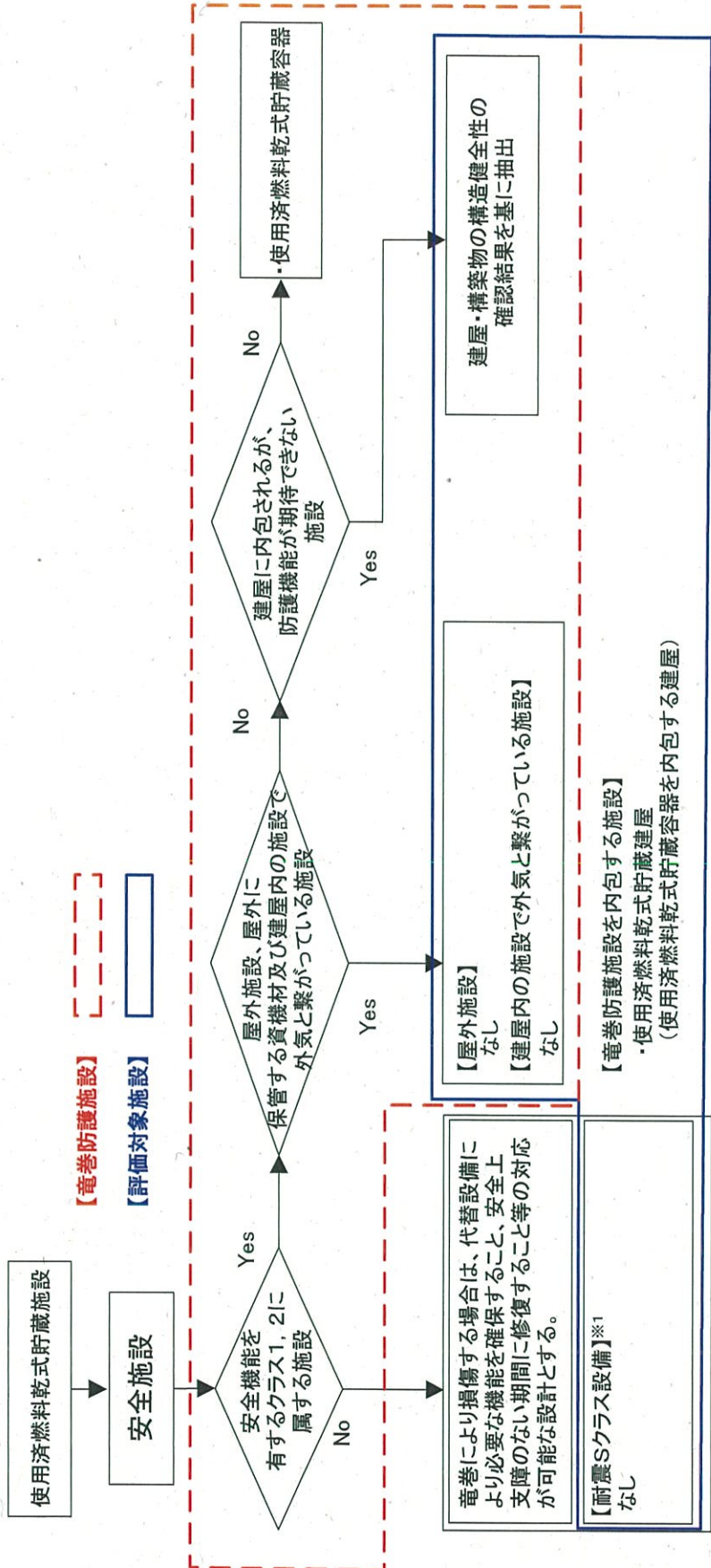


図 1. 2. 1 評価対象施設抽出フロー

※1:ガイドに基づき抽出

1.2.2 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

(1) 抽出方針

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設は、当該施設の破損により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼして安全機能を損なわせる可能性が否定できない施設とする。

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設としては、施設の高さと、竜巻防護施設及び竜巻防護施設を内包する施設との距離を考慮して、竜巻による施設の倒壊により竜巻防護施設を損傷させる可能性がある施設を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

また、屋外にある竜巻防護施設の付属設備及び竜巻防護施設を内包する区画で外気と繋がっている換気空調設備を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

(2) 抽出結果

竜巻防護施設を内包する施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋までの距離と施設の高さを考慮して、施設倒壊により竜巻防護施設である使用済燃料乾式貯蔵容器に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出した構築物及び機器を表1.2.3、図1.2.3に示す。施設倒壊により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として送電線鉄塔が抽出されたが、使用済燃料乾式貯蔵建屋までの距離と送電線鉄塔の高さから、波及的影響評価対象に該当しない。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、建屋側面に設けられた単純な開口部からなる給気口から建屋上部に設けられた単純な開口部からなる排気口に向かって空気の流れが自然発生するよう設計されており、竜巻による破損により使用済燃料乾式貯蔵容器に影響を与える可能性のある換気空調設備は設置しない。また、使用済燃料乾式貯蔵容器に屋外から連結する吸排気管はないことから、竜巻防護施設である使用済燃料乾式貯蔵容器に波及的影響を及ぼし得る換気空調設備等はない。

表 1.2.3 施設倒壊により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の抽出

構築物及び機器		近傍の竜巻防護施設又は竜巻防護施設を内包する施設	竜巻防護施設又は竜巻防護施設を内包する施設までの最短距離	鉄塔高さ	波及的影響評価対象
EL. 20m	送電線鉄塔 (187kV)	使用済燃料乾式貯蔵建屋	約 58m	約 41m	対象外
	送電線鉄塔 (187kV)		約 77m	約 48m	対象外
	送電線鉄塔 (66kV)		100m 以上	約 30m	対象外

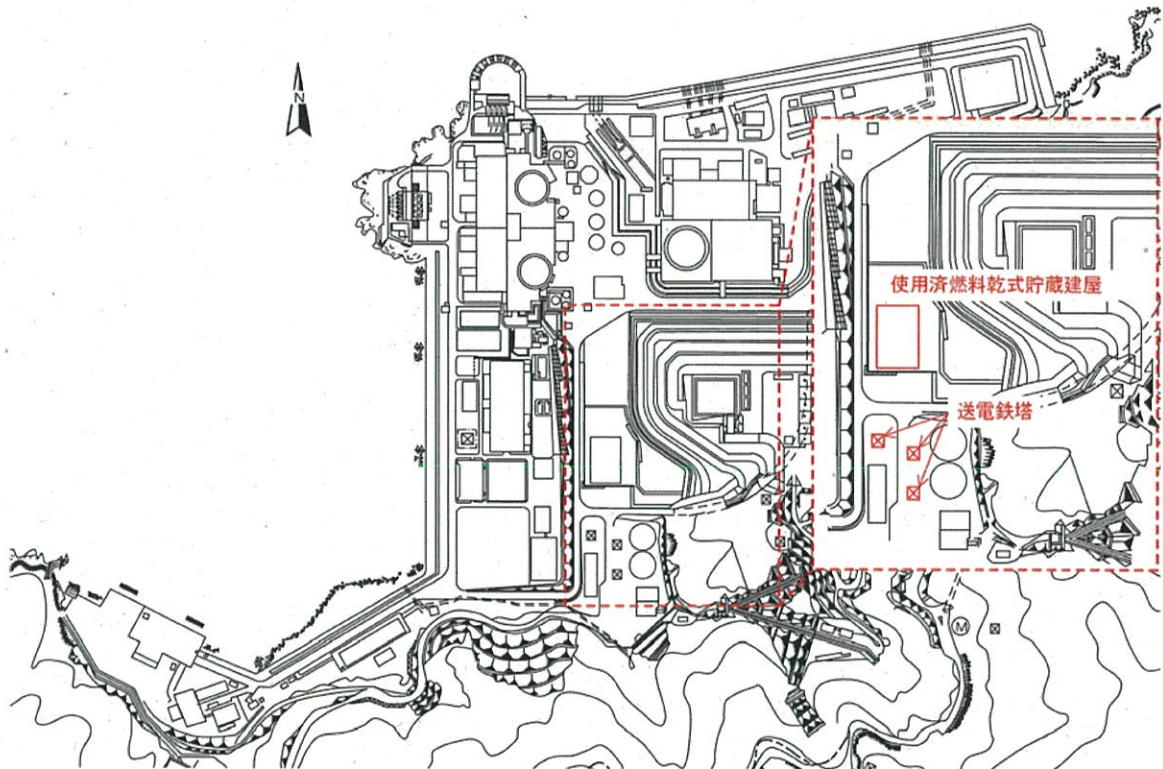
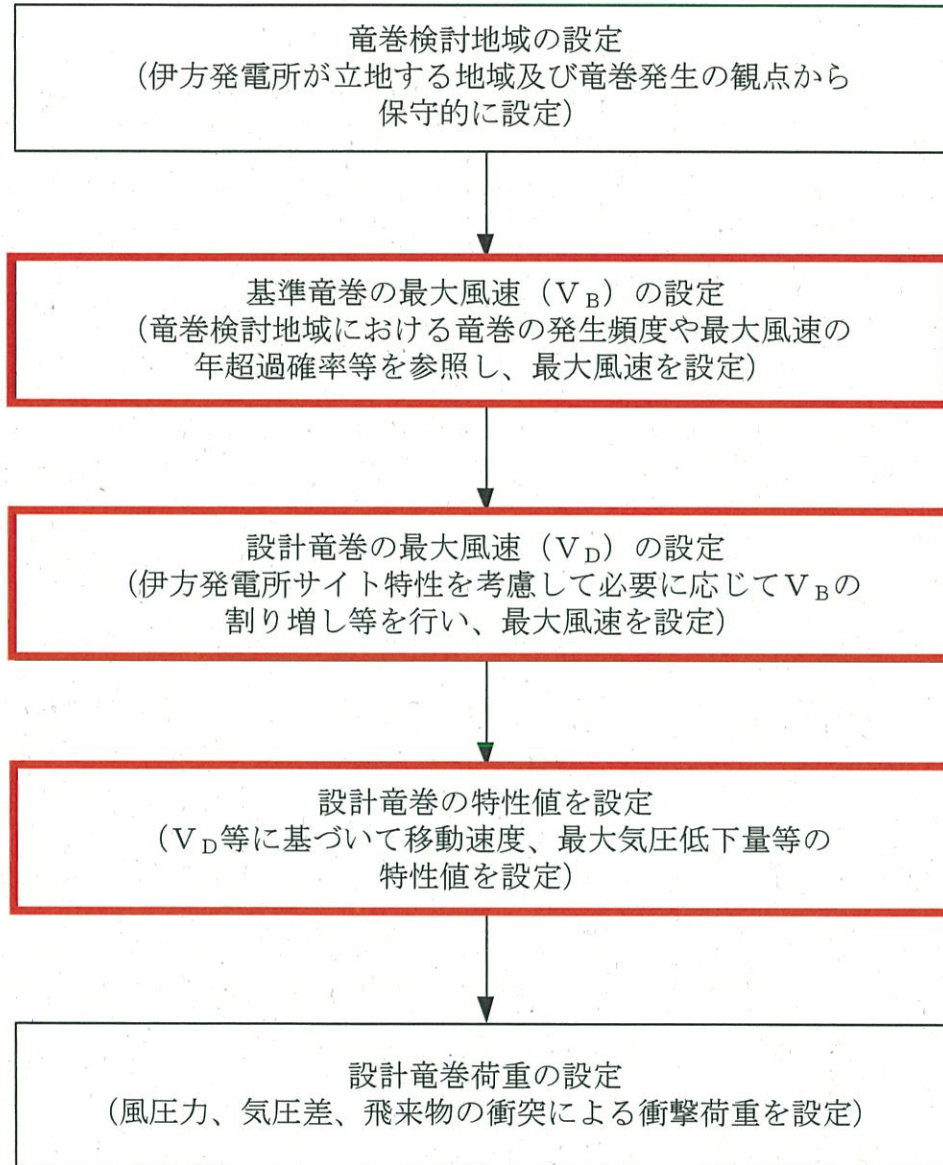


図 1.2.3 施設倒壊により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

2. 基準竜巻、設計竜巻及び設計飛来物の設定

2.1 基準竜巻、設計竜巻の設定概要

竜巻及びその随伴事象等によって発電用原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価するために、ガイドに基づき基準竜巻及び設計竜巻を適切に設定し、設計竜巻荷重を設定する。基本的な流れを図2.1.1に示す。



: 使用済燃料乾式貯蔵建屋を設置することにより影響を受ける可能性がある項目

図2.1.1 基準竜巻・設計竜巻の設定に係る基本フロー

伊方発電所構内に竜巻防護施設を内包する施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋を設置することから、評価対象施設である原子炉建屋や使用済燃料乾式貯蔵建屋等からなる竜巻影響エリアの面積 (図2.3.1) が大きくなり、いずれかの竜巻により被害を受けた場合に竜巻風速が V_0 を超える確率が大きくなるため、新規規制基準適合性審査 (平成27年7月15日許可) で設定した基準竜巻の最大風速 (V

B)、設計竜巻の最大風速 (V_D) 及び設計竜巻の特性値が大きくなる可能性がある。

そこで使用済燃料乾式貯蔵建屋を考慮したハザード曲線 (T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率をグラフ化したもの) を基に、基準竜巻の最大風速 (V_B)、設計竜巻の最大風速 (V_D) 及び設計竜巻の特性値を設定したが、新規制基準適合性審査 (平成27年7月15日許可) で設定した値から変更はなかった。

今回新たに実施した、ハザード曲線の作成から基準竜巻の最大風速 (V_B) の設定、設計竜巻の最大風速 (V_D) の設定及び設計竜巻の特性値の設定を次項に説明する。

2.2 竜巻検討地域の設定

新規制基準適合性審査 (平成27年7月15日許可) と同様に、伊方発電所を中心とする 10万km^2 (半径約 180km) の範囲を考え、竜巻検討地域は海岸線より海側 5km と山側 5km の地域 (面積約 $26,600\text{km}^2$) とする。

2.3 基準竜巻の設定

新規制基準適合性審査 (平成27年7月15日許可) と同じ、以下の方針に基づいて基準竜巻の最大風速 (V_B) を設定する。

- (1) 基準竜巻の最大風速 (V_B) は、竜巻検討地域において、過去に発生した竜巻の規模や発生頻度、最大風速の年超過確率等を考慮して設定する。
- (2) 基準竜巻の最大風速 (V_B) は、下記に示す①過去に発生した竜巻による最大風速 (V_{B1}) と②竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2}) のうちの大きな風速とする。

①過去に発生した竜巻による最大風速 (V_{B1})

竜巻検討地域内で発生した竜巻のデータ数が少なく十分な評価を行うことができないことから、日本で過去に発生した竜巻による最大風速を V_{B1} として設定する。

なお、新規制基準適合性審査 (平成27年7月15日許可) 以降に新規制基準適合性審査 (平成27年7月15日許可) で設定した V_{B1} を超える竜巻は発生していない。

②竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

竜巻最大風速のハザード曲線の算定については、ガイドに基づき2016年3月以前に藤田スケールにより評定された気象庁「竜巻等の突風データベース」から竜巻検討地域内における竜巻のデータを抽出し算定する。

なお、2016年3月までの竜巻データを抽出して算定した竜巻最大風速のハザード曲線より、新規制基準適合性審査 (平成27年7月15日許可) で算定した2012年3月までの竜巻データに基づく竜巻最大風速のハザード曲線が厳しい結果になることから、2012年3月までの竜巻データに基づく竜巻最大風速のハザード曲線を採用する。また、2016年4月から竜巻等の突風の調査に使用

されている日本版改良藤田スケール（以下「JEFスケール」という。）で、藤田スケールの階級F3の最大風速92m/sに近い値又はそれを超える値が評定された場合には、気象庁の評定等を踏まえ、その値を別途検討することがガイドで説明されているが、新規制基準適合性審査（平成27年7月15日許可）以降に最大風速92m/sに近い値又はそれを超える値がJEFスケールで評定されたことはない。

竜巻最大風速（ V_{B2} ）の算定方法は、以下の通りであり、竜巻データの分析、竜巻最大風速・被害幅・被害長さの確率密度分布及び相関係数の算定、並びにハザード曲線を算定する。（図2.3.1）

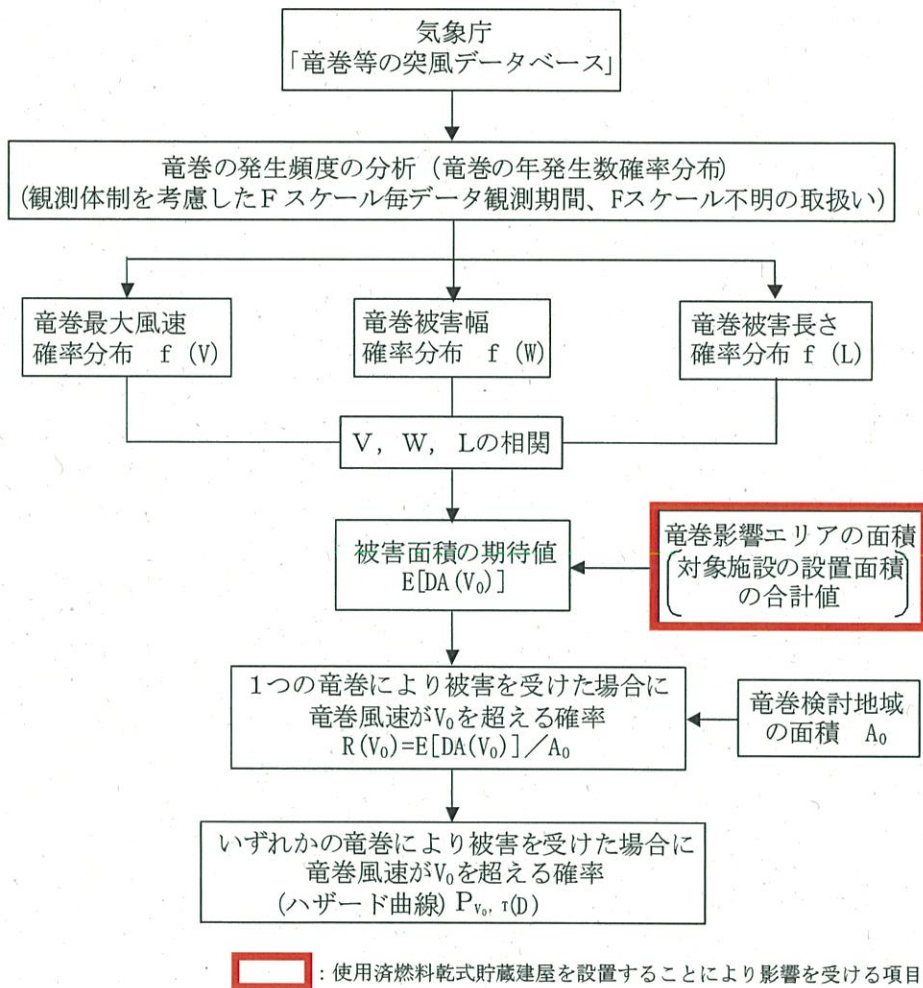


図2.3.1 竜巻最大風速（ V_{B2} ）の算定フロー

a. 竜巻影響エリアの設定

竜巻影響エリアは、評価対象施設の面積（表2.3.1）及び設置位置を考慮して、評価対象施設を包絡する円形のエリア（直径500m、面積約 $1.97 \times 10^5 \text{m}^2$ ）として設定する。（図2.3.2）

なお、竜巻影響エリアを円形とするため、竜巻の移動方向には依存性は生じない。

表2.3.1 評価対象施設の設置面積及び竜巻影響エリアの面積

番号	評価対象施設	設置面積 (m ²)	竜巻影響エリア (円形)	
			直径 (m)	面積 (m ²)
①	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋 原子炉補助建屋 タービン建屋 一次系ポンベ庫 3号事務所 	18,200	500	196,350
②	<ul style="list-style-type: none"> 非常用ディーゼル発電機 燃料油貯油槽基礎 	210		
③	<ul style="list-style-type: none"> 海水ポンプエリア 	361		
④	<ul style="list-style-type: none"> 海水ピットクレーン 	342		
⑤	<ul style="list-style-type: none"> 重油タンク 2-固体廃棄物貯蔵庫 	3,000		
⑥	<ul style="list-style-type: none"> 重油移送配管 	230		
⑦	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料乾式貯蔵建屋 	2,478		
	合計面積	24,821	500	196,350

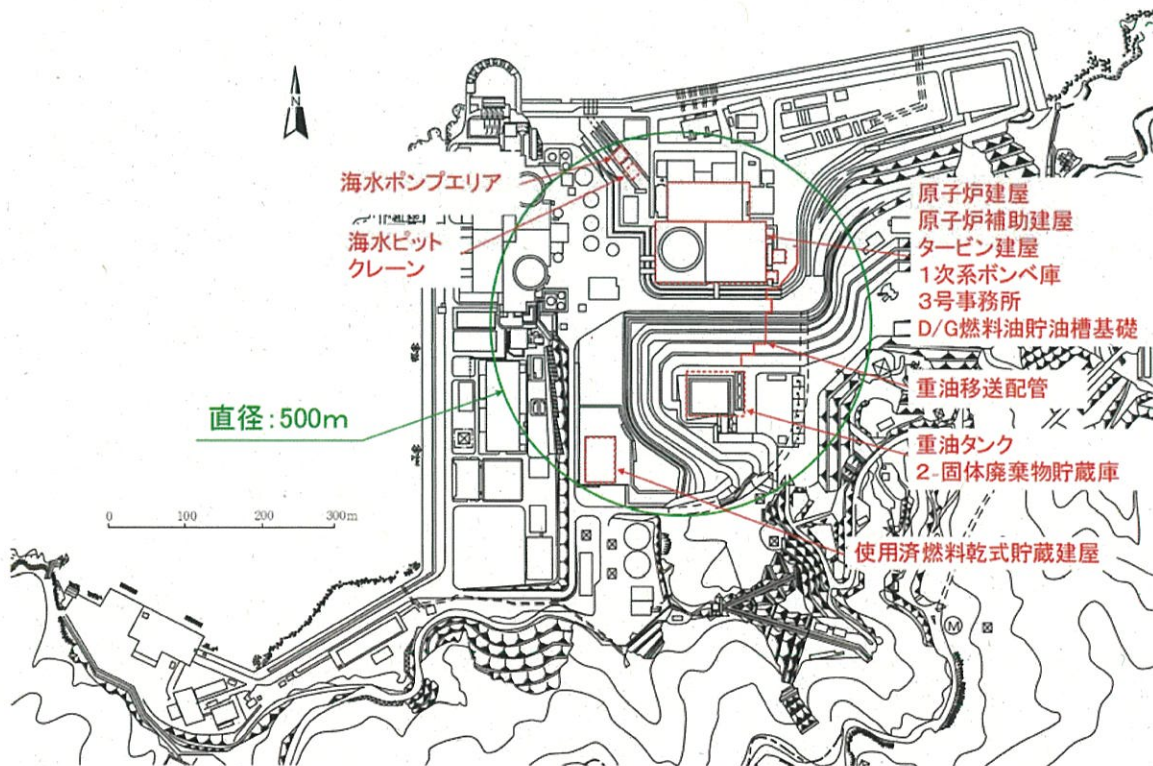


図2.3.2 竜巻影響エリア

b. ハザード曲線の算定

竜巻の年発生数の確率密度分布としてポリヤ分布の適合性が高いことが分かっている。ポリヤ分布は式 (2.1) で表される。(Wen and Chu 1973)

$$P_T(N) = \frac{(\nu T)^N}{N!} (1 + \beta \nu T)^{-(N+1/\beta)} \prod_{k=1}^{N-1} (1 + \beta k) \quad (2.1)$$

ここで、Nは竜巻の年発生数、 ν は竜巻の年平均発生数、Tは年数である。 β は分布パラメータであり、式 (2.2) で表される。

$$\beta = \left(\frac{\sigma^2}{\nu} - 1 \right) \times \frac{1}{\nu} \quad (2.2)$$

ここで、 σ は竜巻の年発生数の標準偏差である。

Dを竜巻影響評価となる対象構造物が風速 V_0 以上の竜巻に遭遇する事象と定義し、竜巻影響評価の対象構造物が1つの竜巻に遭遇し、その竜巻の風速が V_0 以上となる確率を $R(V_0)$ とした時、T年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率は、以下のようなになる。

$$P_{V_0, T}(D) = 1 - [1 + \beta \nu R(V_0) T]^{-1/\beta} \quad (2.3)$$

この $R(V_0)$ は、竜巻影響評価の対象地域の面積（つまり、竜巻検討地域の面積）を A_0 、1つの竜巻の風速が V_0 以上となる面積を $DA(V_0)$ とすると次のように表される。

$$R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0} \quad (2.4)$$

ここで、 $E[DA(V_0)]$ は期待値を意味する。

本算定では、以下のようにして $DA(V_0)$ の期待値を算出し、式(2.4)により $R(V_0)$ を推定して、竜巻検討地域における竜巻の年発生数に関するポリヤ分布の特性値を用いて式(2.3)より $P_{V_0, T}(D)$ を求める。風速を V 、被害幅を w 、被害長さを l 、移動方向を α とし、 $f(V, w, l)$ 等の同時確率密度関数を用いると、 $DA(V_0)$ の期待値は式(2.5)のように表すことができる。(Garson et al. 1975a)

$$\begin{aligned}
E[DA(V_0)] = & \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl \\
& + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty H(\alpha) l f(V, l, \alpha) dV dl d\alpha \\
& + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) G(\alpha) f(V, w, \alpha) dV dw d\alpha \\
& + S \int_{V_0}^\infty f(V) dV
\end{aligned} \tag{2.5}$$

ここで、 $H(\alpha)$ 及び $G(\alpha)$ はそれぞれ、竜巻の被害長さ及び被害幅方向に沿った面に竜巻影響評価対象構造物を投影した時の長さである。竜巻影響エリアを円形で設定しているため、 H 、 G ともに竜巻影響エリアの直径500mで一定（竜巻の移動方向に依存しない）となる。即ち、 $H(\alpha) = G(\alpha) =$ （構造物直径500m）である。 S は竜巻影響エリアの面積（直径500mの円の面積：196,350m²）を表す。円の直径を L とした場合の計算式を式（2.6）に示す。

$$\begin{aligned}
E[DA(V_0)] = & \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl \\
& + L \int_0^\infty \int_0^\infty l f(V, l) dV dl \\
& + L \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) f(V, w) dV dw \\
& + S \int_{V_0}^\infty f(V) dV
\end{aligned} \tag{2.6}$$

また、風速の積分範囲の上限値は、ハザード曲線の形状が不自然にならない程度に大きな値として 120 m/s に設定した。

$W(V_0)$ は、竜巻の被害幅のうち風速が V_0 を超える部分の幅であり、式（2.7）により算出される。この式により、被害幅内の風速分布に応じて被害様相に分布があることが考慮されている。（Garson et al. 1975a、Garson et al. 1975b）

$$W(V_0) = \left(\frac{V_{\min}}{V_0} \right)^{1/16} w \quad (2.7)$$

w : 竜巻の被害域幅の観測値

V_{\min} : 被害域幅 w 内の最小竜巻風速

ここで、 V_{\min} は、Gale intensityと呼ばれ (Galeは「非常に強い風」という意味)、被害が発生し始める風速に位置づけられる。米国気象局NWS (National Weather Service) では、34~47ノット (17.5~24.2m/s) とされている。

また、日本の気象庁が使用している風力階級では、風力8が疾強風 (gale: 17.2~20.7m/s)、風力9は大強風 (strong gale: 20.8~24.4m/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。

以上を参考にして、 $V_{\min}=25\text{m/s}$ とした。この値はF0 (17~32m/s) のほぼ中央値に相当する。

(2.6) に示す式により、 T 年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率を求め、ハザード曲線を求める。

海岸線から陸側及び海側それぞれ5km全域を対象に算定したハザード曲線より、年超過確率 10^{-5} における風速を求めると、62.0m/s となる (図2.3.3)。

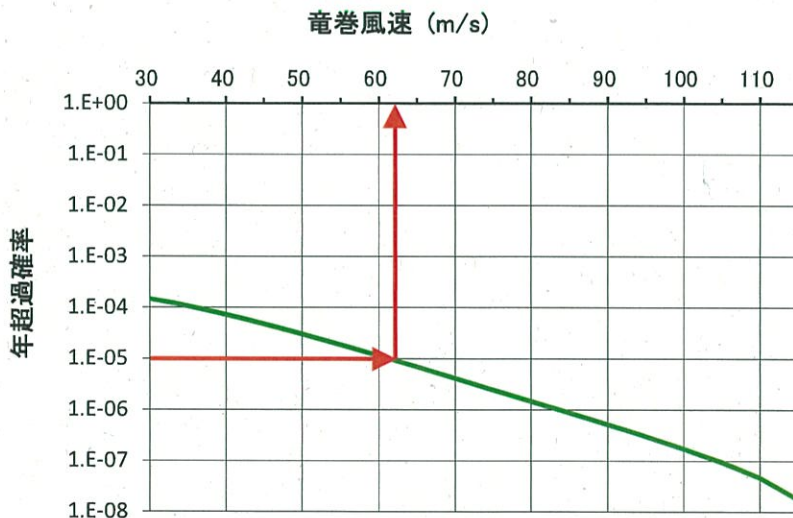


図2.3.3 竜巻最大風速のハザード曲線 (海側、陸側5km範囲)

c. 1 km範囲に細分化した評価

1 km範囲に細分化した評価は、ハザード曲線を算定できるデータが得られた海域0～1 km及び陸域0～1 kmについて評価する。評価の条件として、被害幅及び被害長さは、それぞれ1 km範囲内の被害幅及び被害長さを用いている。上記評価条件に基づいて、海岸線から陸側及び海側それぞれ5 km全域の評価と同様の方法でハザード曲線を算定する。

また、竜巻発生数を変えずに竜巻検討地域を1/10にしてハザード曲線を算定する。

これら算定したハザード曲線より、年超過確率 10^{-5} における風速を求めると、竜巻検討地域を1/10にした場合の84.0m/s が最大となる（図2.3.4）。

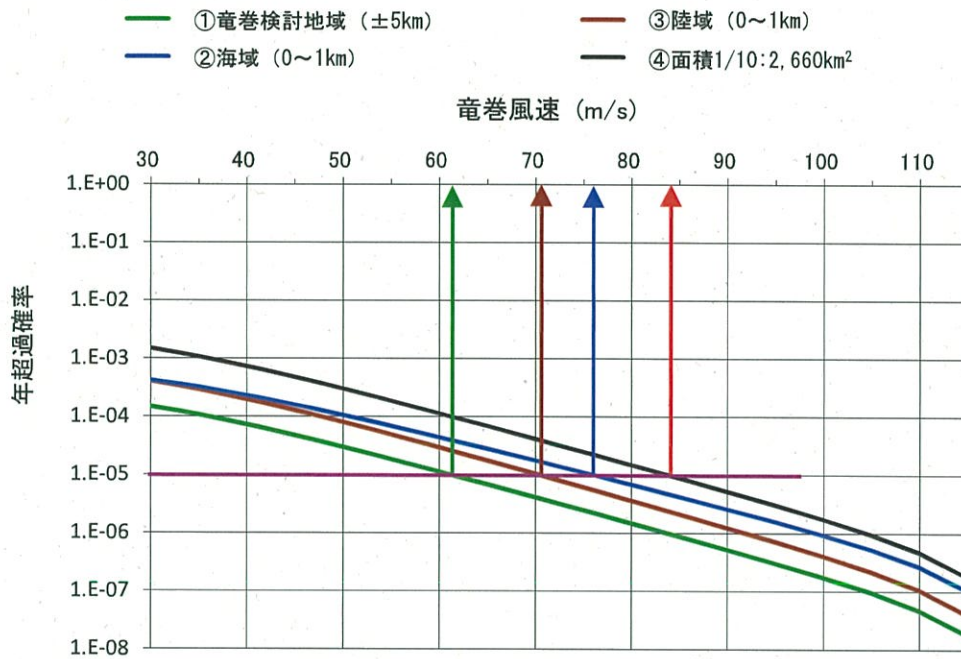


図2.3.4 竜巻最大風速のハザード曲線（1km範囲に細分化した評価）

d. 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

海側及び陸側それぞれ5km全域の評価と、1km範囲に細分化した評価を比較して、竜巻最大風速のハザード曲線により設定する最大風速 V_{B2} は、ガイドを参考に年超過確率 10^{-5} に相当する風速とし、84.0m/s とする (図2.3.5)。

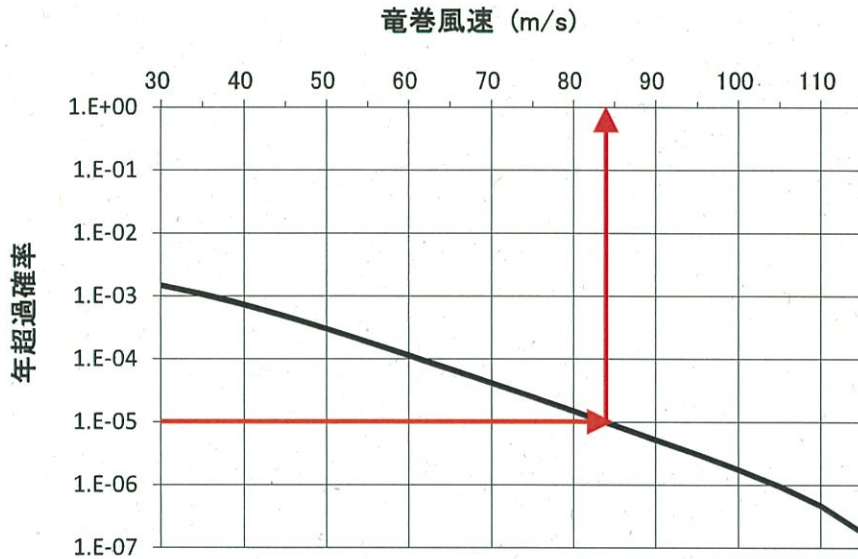


図2.3.5 竜巻最大風速のハザード曲線

竜巻最大風速 V_{B2} は、図2.3.5のハザード曲線より、年超過確率 10^{-5} に相当する84.0m/sとする。

年超過確率 10^{-5} の根拠については、ガイドを参考とするとともに、設計基準事故の発生頻度が 10^{-3} /年 $\sim 10^{-4}$ /年*であることから、設計基準として考慮する竜巻の最大風速は 10^{-4} /年に設定することが妥当であると考え。ただし、データ数が十分でないことを踏まえ保守的に 10^{-4} より一桁下げて、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速の年超過確率は 10^{-5} とする。

※：発電用軽水型原子炉施設に係る新安全基準骨子案に対する意見募集の結果について (平成25年4月3日原子力規制庁技術基盤課)

h. 基準竜巻の最大風速 (V_B)

過去に発生した竜巻による最大風速 $V_{B1}=92\text{m/s}$ 及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 $V_{B2}=84.0\text{m/s}$ より、伊方発電所における基準竜巻の最大風速 V_B は92m/sとする。

なお、ハザード曲線より、基準竜巻の最大風速92m/sの年超過確率は約 3.9×10^{-6} /年となる。

2.4 設計竜巻の設定

設計竜巻の最大風速 (V_D)及び特性値は以下のとおり設定する。

(1) 設計竜巻の最大風速 (V_D)

伊方発電所周辺の地形を模擬したモデルを用いた数値流体計算により敷地における増幅の傾向は見られない結果が得られたことから、伊方発電所において、地形効果による竜巻の増幅の可能性は低いと考えるが、基準竜巻の最大風速を安全側に数字を切り上げて100m/sとする。

なお、100m/sは新規制基準適合性審査（平成27年7月15日許可）で設定した設計竜巻の最大風速から変更はない。

(2) 設計竜巻の特性値

設計竜巻の最大風速に変更はないことから、新規制基準適合性審査（平成27年7月15日許可）と同じ設計竜巻の特性値を用いる。（表2.4.1）

表2.4.1 設計竜巻の特性値 ($V_D=100\text{m/s}$)

最大風速 $V_D(\text{m/s})$	移動速度 $V_T(\text{m/s})$	最大接線風速 $V_{Rm}(\text{m/s})$	最大接線風速 半径 $R_m(\text{m})$	最大気圧低下量 $\Delta P_{\max}(\text{hPa})$	最大気圧低下率 $(dp/dt)_{\max}$ (hPa/s)
100	15	85	30	89	45

設計竜巻の特性値に変更はないことから、既設の原子炉建屋等に対して実施している、飛来物発生防止対策（固縛、固定及び竜巻防護施設からの離隔）と竜巻防護対策（竜巻防護施設を内包する施設で防護する等）は変わらないため、既設の原子炉建屋等の竜巻影響評価結果は変わらない。

2.5 設計飛来物の設定

伊方発電所では、竜巻の襲来時に飛来する可能性のある物の寸法、質量及び形状から飛来の有無を判断し、運動エネルギー、貫通力及び衝撃力を考慮して、衝突時に建屋等又は竜巻防護対策設備に与えるエネルギーが設計飛来物によるものより大きく、竜巻防護施設を防護できない可能性があるものは固縛、固定又は竜巻防護施設からの離隔対策を実施し、確実に飛来物とならない運用を行っている。

使用済燃料乾式貯蔵施設の設置にあたっては、飛来物発生防止対策の適用範囲を拡大し、使用済燃料乾式貯蔵建屋を含めて適切に管理を行うことから、新規制基準適合性審査（平成27年7月15日許可）で設定した設計飛来物の変更はない。（表2.5.1）

表 2.5.1 伊方発電所における設計飛来物

飛来物の種類	鋼製パイプ	鋼製材	乗用車
寸法 (m)	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×高さ 4.6×1.6×1.4
質量(kg)	8.4	135	2,000
最大水平速度 (m/s)	49	57	47
最大鉛直速度 (m/s)	33	38	32

3. 竜巻影響評価

3.1 評価概要

新規制基準適合性審査（平成27年7月15日許可）と同様、以下の方針で評価を行う。

- (1) 設計荷重（設計竜巻荷重及びその他の組み合わせ荷重）を適切に設定する。
- (2) 設計荷重に対して評価対象施設の構造健全性等の評価を行い、必要に応じ対策を行うことで安全機能が維持されることを確認する。

3.2 評価対象施設

「1.2 評価対象施設」に示したとおりとする。

3.3 設計荷重の設定

3.3.1 設計竜巻荷重の設定

設計竜巻の最大風速 V_D 等に基づき以下のとおり設定する。

(1) 設計竜巻の風圧力による荷重 (W_w)

設計竜巻の水平方向の最大風速によって施設（屋根含む）に作用する風圧(W_w)は、次式のとおり算出する。

なお、ガスト影響係数(G)は $G=1.0$ 、風力係数(C)は施設の形状や風圧力が作用する部位（屋根・壁等）に応じて設定する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

W_w : 風圧力による荷重

q : 設計用速度圧

G : ガスト影響係数(=1.0)

C : 風力係数

A : 施設の受圧面積

$$q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$$

ρ : 空気密度

V_D : 設計竜巻の最大風速

(2) 設計竜巻による鉛直方向の風圧力による荷重 (W_W)

屋根スラブについては、鉛直方向の風圧力に対する健全性の確認を行う。

(3) 設計竜巻における気圧低下によって生じる評価対象施設内外の気圧差による荷重 (W_P)

設計竜巻による評価対象施設内外の気圧差による圧力荷重は、最大気圧低下量 (ΔP_{max}) に基づき設定する。

$$W_P = \Delta P_{max} \cdot A$$

W_P : 気圧差による荷重

ΔP_{max} : 最大気圧低下量

A : 施設の受圧面積

(3) 設計竜巻による飛来物が評価対象施設に衝突する際の衝撃荷重の設定 (W_M)

表3.3.1に示す設計飛来物を設定し、衝突方向(天井部への衝突は鉛直、側面部への衝突は水平)を考慮して竜巻防護施設等に衝突した場合の評価対象物の質量及び加速度により衝撃荷重 (W_M) を算出する。

表3.3.1 伊方発電所における設計飛来物の諸元 ($V_D=100\text{m/s}$)

飛来物の種類	鋼製パイプ	鋼製材	乗用車
寸法 (m)	長さ×直径 2×0.05	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×高さ 4.6×1.6×1.4
質量(kg)	8.4	135	2,000
最大水平速度 (m/s)	49	57 ^{※3}	47
最大鉛直速度 (m/s)	33	38 ^{※3}	32
運動エネルギー(水平) (kJ)	11 ^{※1}	220	2,210
運動エネルギー(鉛直) (kJ)	5 ^{※2}	98 ^{※2}	1,024

※1: ガイドの参考文献(3)に記載されている値。

※2: 最大鉛直速度より算出した値。

※3: 鋼製材の最大水平速度、最大鉛直速度は現行のガイドより保守的な値である平成26年9月17日改正前のガイドの値。

(4) 設計竜巻荷重の組み合わせ

評価対象施設の評価に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重(W_W)、気圧差による荷重(W_P)及び設計飛来物による衝撃荷重(W_M)を組み合わせた複合荷重とし、以下の式により算定する。

$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2} = W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$$

- W_{T1} , W_{T2} : 設計竜巻による複合荷重
- W_W : 設計竜巻の風圧力による荷重
- W_P : 設計竜巻の気圧差による荷重
- W_M : 設計飛来物による衝撃荷重

なお、評価対象施設には W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ施設の特徴に合わせて作用させる。

3.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定

設計竜巻荷重と組み合わせる荷重は、以下のとおりとする。

(1) 評価対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重

評価対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重を適切に組み合わせる。

(2) 竜巻以外の自然現象による荷重

竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり、積乱雲の発達時に竜巻と同時発生する可能性がある自然現象は、雷、雪、ひょう及び雨である。これらの自然現象の組み合わせにより発生する荷重は、設計竜巻荷重に包絡されることから、設計竜巻荷重と組み合わせる荷重として考慮しない。

なお、竜巻と同時に発生する自然現象については、今後も継続的に新たな知見等の収集に取組み、必要な事項については適切に反映を行う。

①雷

竜巻と雷が同時に発生する場合においても、雷によるプラントへの影響は、雷撃であるため雷による荷重の影響はない。

②雪

影響の程度として竜巻は数分程度の極めて短い期間、積雪は年間でも冬季に限定された数日である。竜巻通過前に積雪があったとしても大部分は竜巻の風により吹き飛ばされるため、雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。

③ひょう

ひょうは、積乱雲から降る直径5mm以上の氷の粒であり、仮に直径5cm程度の大きさのひょうを想定した場合、その重量は約60gである。

竜巻とひょうが同時に発生する場合においても、5cm程度のひょうの終端速度は33m/s^{*}、運動エネルギーは約0.033kJであり、設計飛来物の運動エネルギーと比べ十分に小さく、ひょうの衝突による荷重は設計竜巻荷重に包絡される。

④雨

竜巻と雨が同時に発生する場合においても、雨水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく、また降雨による荷重は十分小さいため、設計

竜巻荷重に包絡される。

※：一般気象学 小倉義光、東京大学出版会

(3) 設計基準事故時荷重

評価対象施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋には、考慮すべき設計基準事故による荷重はない。

3.4 施設の構造健全性の確認

3.4.1 概要

設計竜巻の最大風速 V_D 等に基づき以下のとおり設定する。設計竜巻荷重及びその他組み合わせ荷重を適切に組み合わせた設計荷重に対して、評価対象施設、あるいはその特定の区画の構造健全性が維持されて安全機能が維持されることを確認する。

3.4.2 建屋、構築物の構造健全性の確認

設計荷重に対して、建屋、構築物の構造健全性が維持されて安全機能が維持されることを確認する。

(1) 設計荷重によって施設に生じる変形・応力等の算定

竜巻防護施設を内包する施設及び竜巻防護施設及び竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設に対し、設計竜巻による複合荷重 $W_{T1}(W_P)$ 、 $W_{T2}(W_W + 0.5W_P + W_M)$ と評価対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重を適切に組み合わせた設計荷重により生じる変形や応力等を算定する。

(2) 構造健全性の確認

① 竜巻防護施設を内包する施設

設計荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁、開口部（扉類）の破損により当該建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突時においても、貫通及び裏面剥離の発生により当該建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

なお、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口はラビリンス構造とし、設計飛来物が使用済燃料乾式貯蔵容器に直接衝突しない設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵建屋の壁厚さと屋根スラブ厚さは、新規制基準適合性審査における工事計画（平成28年3月23日認可）で、評価式を使って確認した壁厚さ（503mm）、屋根スラブ厚さ（389mm）に余裕を加えた、壁厚さ（mm以上）、屋根スラブ厚さ（mm以上）で設計する。

② 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

1.2.2 より、施設倒壊により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として送電線鉄塔が抽出されたが、使用済燃料乾式貯蔵建屋までの距離と送電線鉄塔の高さから、波及的影響評価対象に該当しない。

3.5 竜巻随件事象に対する評価

竜巻を起因とする二次的影響として、火災、溢水、外部電源喪失事象が考えられる。

火災については、6条（外部火災）において説明する。

溢水については、竜巻防護施設である使用済燃料乾式貯蔵容器は単純で頑丈な構造の金属製の静的機器（容器）であり、外部から動力の供給を必要としないため、溢水事象を想定しても必要とされる安全機能を損なわないことから、溢水から防護すべき対象設備に該当しない。また、屋外の水タンク等から使用済燃料乾式貯蔵建屋は離れており、水タンク破損による溢水はT.P.+25.0mに設置した使用済燃料乾式貯蔵建屋周りに滞留することはなく、T.P.+10.0mの敷地に向かって流れることから問題になることはない。

外部電源喪失事象については、竜巻防護施設である使用済燃料乾式貯蔵容器は電源を必要としないため、問題になることはない。

【参考文献】

Wen. Y. K. and Chu. S. L., 1973: Tornado risks and design wind speed. J. Structural Div., Proc. of Amer. Soc. Civil Eng., 99, 2409-2412.

Garson, R. C., J. M. Catalán, C. A. Cornell, 1975a: Tornado design winds based on risk. J. Structural Div., Proc. of Amer. Soc. Civil Eng., 101, 1883-1897.

Garson, R. C., M. Catalán, C. A. Cornell, 1975b: Tornado risk evaluation using wind speed profiles. Structural Div., Proc. of Amer. Soc. Civil Eng., 101, 1167-1171.