

島根原子力発電所 2 号炉 審査資料	
資料番号	EP-043 改 41
提出年月日	令和 3 年 6 月 14 日

島根原子力発電所 2 号炉

外部からの衝撃による損傷の防止

令和 3 年 6 月
中国電力株式会社

第6条：外部からの衝撃による損傷の防止

<目次>

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
2. 追加要求事項に対する適合方針
 - 2.1 その他自然現象等
 - 2.1.1 設計基準上考慮すべき事象の抽出及び当該事象に対する設計方針
 - 2.1.1.1 自然現象
 - 2.1.1.2 人為事象
 - 2.1.2 自然現象の組合せ
 - 2.1.3 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対する重要安全施設への考慮
 - 2.2 竜巻
 - 2.2.1 竜巻に対する防護に関して、設計上対処すべき施設を抽出するための方針
 - 2.2.2 発生を想定する竜巻の設定
 - 2.2.2.1 竜巻検討地域の設定
 - 2.2.2.2 基準竜巻の設定
 - 2.2.2.3 設計竜巻の設定
 - 2.2.3 設計荷重の設定
 - 2.2.3.1 設計竜巻荷重
 - 2.2.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重
 - 2.2.4 評価対象施設の設計方針
 - 2.2.4.1 設計方針
 - 2.2.5 竜巻随伴事象に対する評価対象施設の設計方針
 - 2.2.6 参考文献
 - 2.3 火山
 - 2.3.1 火山活動に対する防護に関して、評価対象施設を抽出するための方針
 - 2.3.2 降下火砕物による影響の選定
 - 2.3.3 設計荷重の設定
 - 2.3.4 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針
 - 2.3.5 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針
 - 2.3.6 参考文献

2.4 外部火災

2.4.1 外部火災に対して、設計上対処すべき施設を抽出するための方針

2.4.2 考慮すべき外部火災

2.4.3 外部火災に対する設計方針

2.4.3.1 森林火災

2.4.3.2 近隣の産業施設の火災・爆発

2.4.3.3 発電所敷地内における航空機墜落による火災

2.4.3.4 ばい煙及び有毒ガス

3. 外部からの衝撃による損傷の防止

別添1-1 外部事象の考慮について

別添2-1 竜巻影響評価について

別添2-2 竜巻影響評価におけるフジタモデルの適用について

別添3-1 火山影響評価について

別添4-1 外部火災影響評価について

4. 運用，手順能力説明資料

別添1-2 運用，手順能力説明資料（外部事象）

別添2-3 運用，手順能力説明資料（竜巻）

別添3-2 運用，手順能力説明資料（火山）

別添4-2 運用，手順能力説明資料（外部火災）

5. 現場確認のプロセス

別添4-3 森林火災評価に係る植生確認プロセスについて

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

外部からの衝撃による損傷の防止について、設置許可基準規則第6条及び技術基準規則第7条において、追加要求事項を明確化する（表1）。

（別添1-1 添付資料1, 2）

表1 設置許可基準規則第6条及び技術基準規則第7条要求事項

設置許可基準規則 第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）	技術基準規則 第7条（外部からの衝撃による損傷の防止）	備考
<p>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ぬ。</p> <p>2 重要安全施設は、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して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ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。</p> <p>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ぬ。</p>	<p>設計基準対象施設（兼用キャスクを除く。）が想定される自然現象（地震及び津波を除く。）によりその安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置、基礎地盤の改良その他の適切な措置を講じなければならぬ。</p>	<p>【追加要求事項】</p> <p>【追加要求事項】</p>
<p>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ぬ。</p>	<p>2 周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合には、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定され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。）により発電用原子炉施設（兼用キャスクを除く。）の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならぬ。</p> <p>3 航空機の墜落により発電用原子炉施設（兼用キャスクを除く。）の安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置を講じなければならぬ。</p>	<p>【追加要求事項】</p>

2. 追加要求事項に対する適合方針

2.1 その他自然現象等

2.1.1 設計基準上考慮すべき事象の抽出及び当該事象に対する設計方針

2.1.1.1 自然現象

(1) 設計上考慮すべき自然現象

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、網羅的に抽出するために、発電所敷地及びその周辺での発生実績の有無にかかわらず、国内外の基準や文献等に基づき事象を収集し、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、森林火災等の事象を考慮する。また、これらの自然現象について関連して発生する自然現象も含める。

なお、自然現象の収集に当たっては、次に挙げる資料から、国内における規制（資料①、②）で取り上げている事象や、国外の規制として、米国原子力規制委員会が定めたPRAについてのガイド（資料③）やIAEAが定めたガイド（資料④）に取り上げている事象を収集した。

- ① 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（制定 平成25年6月19日 原規技発第1306193号 原子力規制委員会決定）
- ② 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（制定 平成25年6月19日 原規技発第1306194号 原子力規制委員会決定）
- ③ NUREG/CR-2300 “PRA Procedures Guide”, NRC, January 1983
- ④ Specific Safety Guide (SSG-3) “Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010

さらに、日本の自然現象における事例（資料⑤）や、米国の原子力発電設備の維持基準に引用されている米国機械学会の規格（資料⑥）、また、関連して、地震や洪水を含む様々な過酷な自然現象への対応に適用できるように考案されたFLEX（多様かつ柔軟な対応方策）や大規模損壊事象を取り上げている米国NEIのガイド等（資料⑦、⑧、⑨）で取り上げられている事象を収集することによって、網羅性を確保した。

- ⑤ 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998年
- ⑥ ASME/ANS RA-S-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”
- ⑦ DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)
- ⑧ B.5.b Phase 2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) - 2011.5 NRC公表

⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014」
一般社団法人 日本原子力学会 2014年12月

これらの事象について、海外の評価基準を考慮のうえ発電所敷地及びその周辺での発生の可能性、安全施設への影響度、発電所敷地及びその周辺に到達するまでの時間余裕並びに影響の包含性の観点から、発電用原子炉施設に影響を与えるおそれがある事象として、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り・土石流、火山の影響、生物学的事象を選定する。

選定の詳細について、「別添1-1 1. 設計基準において想定される自然現象及び人為事象の選定について」に示す。

(2) 設計上考慮すべき自然現象に対する設計方針

安全施設は、(1)で考慮するとした自然現象が発生した場合において、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。発電所敷地又はその周辺において想定される自然現象として選定した事象のうち竜巻、火山の影響を除く事象に対する設計方針を以下に示す。なお、竜巻に対する設計方針については「2.2」、火山に対する設計方針については「2.3」に示す。

設計基準について、以下に挙げる①及び②を参照し、最も保守的となる値を採用する。ただし、以下のいずれの方法でも設計基準の設定が行えないものについては、当該事象が発生した場合の安全施設への影響シナリオを検討のうえ、個別に設計基準の設定を行う。（例：火山の影響については、上記考え方に基づく設計基準の特定は困難なため、個別に考慮すべき火山事象の特定を実施したうえで設計基準を設定する。）

① 規格・基準類に基づく設定

選定した自然現象に関する規格・基準類が存在する場合、それを参照する。

② 観測記録に基づく設定

島根原子力発電所及びその周辺における観測記録を調査の上、観測史上1位を参照する。

なお、設計方針の詳細は、別添1-1に示す。

a. 洪水防護に関する基本方針

発電所周辺には南方約2kmの地点に佐陀川、南方約7kmの地点に宍道湖が存在するが、敷地の北側は日本海に面し、他の三方は標高150m程度の山に囲まれていることから、敷地が佐陀川及び宍道湖による洪水の影響を受けることはないため、洪水について設計上考慮する必要はない。

b. 風（台風）防護に関する基本方針

(a) 設計基準風速の設定

(a-1) 規格・基準類

風に対する建築物の規格・基準として、発電用原子炉施設建設時の建築基準法施行令第 87 条（以下、b. では「旧建築基準法施行令」という。）においては、日本最大級の台風の最大瞬間風速（63m/s、地上高 15m）に基づく風荷重に対する設計が要求されていた。

その後、建築基準法施行令第 87 条の風荷重規定は 2000 年に改正され、それ以降、建築物については、地域ごとに定められた基準風速の風荷重に対する設計が要求されており、松江市の基準風速は 30m/s（地上高 10m、10 分間平均風速）である。

(a-2) 観測記録

気象庁の気象統計情報における風速の観測記録によれば、敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）で観測された観測史上 1 位の最大風速及び最大瞬間風速は下記のとおりであり、風速の観測記録は台風も含む。

最大風速 28.5m/s

（1991 年 9 月 27 日、観測期間：1941～2018 年）

最大瞬間風速 56.5m/s

（1991 年 9 月 27 日、観測期間：1941～2018 年）

ここで、設計基準風速の設定にあたり、各風速の定義は以下のとおり。気象庁の風の観測については、風速（地上高 10m、10 分間平均）及び瞬間風速（地上高 10m、3 秒間平均）を記録している。「最大風速」は、風速（地上高 10m、10 分間平均）の日最大風速を、「最大瞬間風速」は、瞬間風速（地上高 10m、3 秒間平均）の日最大瞬間風速をいい、一般的に最大瞬間風速と最大風速の比は 1.5～2 倍程度とされている⁽¹⁾。

旧建築基準法施行令では、最大瞬間風速（63m/s、地上高 15m）を参照していたが、現行の建築基準法施行令では、地上高 10m における 10 分間平均風速を基準としている。ただし、現行の建築基準法施行令でも、風荷重の算出においては、最大瞬間風速等の風速変動による影響も考慮し、基準風速に地表面粗度等により求まるガスト影響係数を乗じ速度圧を算出することが定められている。これにより、旧建築基準法施行令では全国ほぼ一律で定められていた風荷重を、現在では、建築物の周辺状況及び構造特性等に応じて定めることが可能となった。発電所敷地の自然環境を踏まえ、安全設計上考慮する設計基準風速の定義は、現行の建築基準法に準拠し、地上高 10m での 10 分間平均風速を採用する。

(a-3) 設計基準風速の策定

以上を踏まえ、設計基準風速は、保守的に最も風速が大きい(a-1)規格・基準類の値である建築基準法施行令において要求されている風速（地上高10m、10分間平均風速の日最大風速）である30m/sとする。

(b) 風（台風）に対する設計方針

設計基準風速（30m/s、地上高10m、10分間平均）によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、「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に属する構築物、系統及び機器（以下、2.では「安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器」という。）とする。

その上で、上記構築物、系統及び機器の中から、発電用原子炉を停止するため、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能、又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器、並びに、燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能、又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器として安全重要度分類のクラス1、クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器に加え、それらを内包する建物を外部事象から防護する対象（以下、2.では「外部事象防護対象施設」という。）とし、外部事象防護対象施設は設計基準風速（30m/s、地上高10m、10分間平均）の風荷重に対し機械的強度を有することにより安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、風（台風）により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

ただし、タンクについては、消防法（危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示第4条の19）に従い、日本最大級の台風の最大瞬間風速（63m/s、地上高15m）に基づいた風荷重に対する設計が要求されていることから、設計対象物に応じ、消防法にて要求される風荷重と上記設計基準風速の風荷重を比較し、大きい方を採用する。

なお、風（台風）の設計基準風速は、竜巻影響評価における設計竜巻の最大風速に、風（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する設計飛来物の影響に包含される。

(c) 参考文献

(1) 気象庁：<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

c. 凍結防護に関する基本方針

(a) 設計基準温度の設定

(a-1) 規格・基準類

凍結に対する法令及び規格・基準の要求はない。

(a-2) 観測記録

敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）によれば、観測史上1位の日最低気温は -8.7°C （1977年2月19日）である。

(a-3) 設計基準温度の設定

以上を踏まえ、凍結に関する設計基準温度は(a-2)松江地方気象台（松江市）における観測史上1位の日最低気温である -8.7°C とする。

(b) 凍結に対する設計方針

設計基準温度（ -8.7°C ）の低温によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、屋内設備については換気系により環境温度を維持し、屋外設備については保温等の凍結防止対策を必要に応じて行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、低温により凍結した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

d. 降水防護に関する基本方針

(a) 設計基準降水量の設定

(a-1) 規格・基準類

降水に対する排水施設の規格・基準として、森林法に基づく林地開発許可に関する審査基準等を示した島根県林地開発行為審査基準細則においては、排水施設の設計にあたって用いる設計雨量強度として10年確率で規定される雨量強度を用いることとしている。島根県により、島根県内の雨量強度表が示されており、発電所敷地が適用範囲内となる観測所「松江」における雨量強度は継続時間60分の場合 56mm/h である。

(a-2) 観測記録

敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）によれば、観測史上1位の日最大1時間降水量は77.9mm（1944年8月25日）である。

(a-3) 設計基準降水量の設定

以上を踏まえ、設計基準降水量は保守的に最も降水量が大きい(a-2)松江地方気象台（松江市）における観測史上1位の日最大1時間降水量である77.9mm/hとする。

(b) 降水に対する設計方針

設計基準降水量（77.9mm/h）の降水によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準降水量（77.9mm/h）の降水による浸水に対し、構内排水路による海域への排水、浸水防止のための建物止水処置により、安全機能を損なわない設計とするとともに、外部事象防護対象施設は、設計基準降水量（77.9mm/h）の降水による荷重に対し、排水口及び構内排水路による海域への排水により安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、降水により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

e. 積雪防護に関する基本方針

(a) 設計基準積雪量の設定

(a-1) 規格・基準類

積雪に対する規格・基準として、建築物については建築基準法及び同施行令第86条第3項に基づく松江市建築基準法施行細則において、地域ごとに建築場所の標高に応じた設計積雪量が定められている。松江市鹿島町において、発電所の安全施設が設置されている地盤レベルである標高8.5m～50.0mの設計積雪量は、70cm～85cmである⁽¹⁾。

(a-2) 観測記録

敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）によれば、観測史上1位の月最深積雪は100cm（1971年2月4日）である。

(a-3) 設計基準積雪量の設定

以上を踏まえ、設計基準積雪量は保守的に最も積雪量が大きい(a-2) 松江地方気象台（松江市）における観測史上1位の月最深積雪である100cmとする。

(b) 積雪に対する設計方針

設計基準積雪量（100cm）の積雪によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準積雪量（100cm）の積雪荷重に対し機械的強度を有すること、また、換気系の給・排気口は、設計基準積雪量より高所に設置する等により安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物，系統及び機器は、積雪により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

(c) 参考文献

(1) 松江市：<http://www.city.matsue.shimane.jp/index.html>

f. 落雷防護に関する基本方針

(a) 設計基準電流値の設定

(a-1) 規格・基準類

原子力発電所における耐雷設計の規格・基準には電気技術指針 J E A G 4608⁽¹⁾があり、以下のように規定している。

- ・ J E A G 4608 では、電力設備の避雷設備の設計について、電力中央研究所報告 T40「発電所および地中送電線の耐雷設計ガイド」⁽²⁾を参照している。同ガイドでは、500kV 開閉所における送電線並びに電力設備に対し、150kA を想定雷撃電流として推奨している。
- ・ J E A G 4608 では、建築物等の避雷設備に関して、日本産業規格 J I S A 4201:2003「建築物等の雷保護」や J I S A 4201-1992「建築物等の避雷設備（避雷針）」を参照している。J I S A 4201:2003では、避雷設備について、落雷の影響から設備を保護する確からしさに応じ保護レベルが規定されている。保護レベルが高い（保護レベルの数字が小さい）ほど、より広い範囲の雷撃電流値に対して保護することが求められる。保護レベルは、Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳの4段階に設定される。

保護レベルの設定に当たって、J E A G 4608 では原子力発電所の危険物施設に対する保護レベルを I E C / T R 61662⁽³⁾に基づく選定手法

により保護レベルⅣと評価している。一方、消防庁通知⁽⁴⁾に基づき、原子力発電所の危険物施設では保護レベルⅡを採用すると規定している。

J I S A 4201:2003 においては、保護レベルに応じた最大雷撃電流値は具体的に示されていないものの、J I S -Z 9290-4⁽⁵⁾において、保護レベルに応じた最大雷撃電流値が定められており、保護レベルⅡの場合の最大雷撃電流値は、150kA、保護レベルⅣの場合の最大雷撃電流値は100kAと規定されている。したがって、より広い範囲の雷撃電流値に対して保護することを求めている保護レベルⅡを採用する。

以上より、規格・基準類による想定すべき雷撃電流値のうち最大のもののは150kAである。

(a-2) 観測記録

雷撃電流の観測記録として、落雷位置標定システムによる落雷データを用いた。

島根原子力発電所構内における観測記録（1989～2018年）の最大値は、104kA（1994年9月13日）である。

(a-3) 設計基準電流値の策定

以上を踏まえ、設計基準電流値は保守的に最も電流値が大きい(a-1)規格・基準類の値であるJ E A G 4608 において参照されている150kAとする。

(b) 落雷に対する設計方針

設計基準電流値（150kA）の落雷によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設の雷害防止対策として、原子炉建物等への避雷針の設置、接地網の敷設による接地抵抗の低減等を行うとともに、安全保護系への雷サージ侵入の抑制を図る回路設計を行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、落雷により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

(c) 参考文献

- (1) 電気技術指針 J E A G 4608 (2007) : 「原子力発電所の耐雷指針」
- (2) T40 電力中央研究所報告 発電所および地中送電線の耐雷設計ガイド (1996)
- (3) I E C / T R 61662 (1995) : Assessment of the risk of damage

due to lightning.

- (4) 消防庁通知(2005)：平成17年1月14日消防危第14号危険物の規則に関する規則の一部を改正する省令等の施行について
- (5) 日本産業規格 J I S-Z 9290-4(2009) 雷保護第 4 部：建築物内の電気及び電子システム

g. 地滑り・土石流防護に関する基本方針

地滑り・土石流によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

その上で，外部事象防護対象施設は，斜面からの離隔距離を確保し地滑り・土石流のおそれがない位置に設置することにより安全機能を損なわない設計とする。

また，上記に含まれない構築物，系統及び機器は，地滑り・土石流により損傷した場合であっても，代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

h. 生物学的事象防護に関する基本方針

生物学的事象として海洋生物であるクラゲ等の発生，小動物の侵入によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を，安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

その上で，外部事象防護対象施設は，クラゲ等の発生に対しては，クラゲ等を含む塵芥による原子炉補機海水系等への影響を防止するため，除じん装置及び海水ストレーナを設置し，必要に応じて塵芥を除去することにより，安全機能を損なわない設計とする。

小動物の侵入に対しては，屋内設備は建物止水処置により，屋外設備は端子箱貫通部の閉止処置を行うことにより，安全機能を損なわない設計とする。

また，上記に含まれない構築物，系統及び機器は，生物学的事象により損傷した場合であっても，代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

2.1.1.2 人為事象

(1) 設計上考慮すべき人為事象

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。）は，網羅的に抽出するために，発電所敷地及びその周辺での発生実績の有無にかかわらず，国内外の基準や文献等に基づき事象を収集

し、飛来物（航空機落下等）、ダム崩壊、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等の事象を考慮する。

なお、人為事象の収集及び網羅性の確保に当たっては、「2.1.1.1 (1)設計上考慮すべき自然現象」における①～⑨の文献を用いている。

これらの事象について、発電所及びその周辺での発生可能性、安全施設への影響度、事象進展速度や事象進展に対する時間余裕の観点から、発電用原子炉施設に影響を与えるおそれがある事象として、飛来物（航空機落下）、ダム崩壊、火災・爆発（森林火災、近隣工場等の火災・爆発、航空機落下火災等）、有毒ガス、船舶の衝突及び電磁的障害を選定する。

選定の詳細について、「別添1-1 1. 設計上考慮する外部事象」に示す。

なお、設計方針の詳細は、別添1-1に示す。

(2) 設計上考慮すべき人為事象に対する設計方針

安全施設は、(1)で考慮するとした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。発電所敷地内又はその周辺において想定される事象のうち外部火災を除く事象に対する設計方針を以下に示す。なお、外部火災に対する設計方針については「2.4」に示す。

a. 飛来物（航空機落下）に関する基本方針

発電所周辺の飛行場、航空路及び訓練空域等を考慮した上で、「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（平成 21 年6月 30 日原子力安全・保安院制定））に従い、島根原子力発電所2号炉における航空機落下確率を評価したところ、落下確率は約 8.4×10^{-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・年を下回ることから、航空機落下防護については設計上考慮する必要はない。

b. ダムの崩壊に関する基本方針

島根原子力発電所周辺地域のダムとしては、島根原子力発電所の敷地から南方向約 3 km の地点に柿原溜池が存在するが、敷地との距離が離れていることから、本溜池の越水による影響はないため、ダムの崩壊について設計上考慮する必要はない。

c. 有毒ガス防護に関する基本方針

有毒ガスの漏えいについては固定施設（石油コンビナート施設等）と可動施設（陸上輸送、海上輸送）からの流出が考えられる。

発電所周辺地域には、以下の交通運輸状況及び産業施設がある。

発電所周辺地域の主要道路としては、一般国道 431 号線があり、鉄道路線としては、西日本旅客鉄道株式会社山陰本線及び一畑電気鉄道株式会社北松江線がある。

島根原子力発電所前面の海域にフェリーの航路等一般航路があるが、発電所からの離隔距離が確保されている。

発電所周辺の石油コンビナート施設については、発電所敷地外10km以内の範囲において、石油コンビナート施設は存在しない。なお、発電所に最も近い石油コンビナート地区は南南東約120km の福山・笠岡地区及び水島臨海地区である。

また、発電所敷地外 10km 以内の範囲において、石油コンビナート施設以外の主要な産業施設がある。

これらの主要道路，鉄道路線，一般航路及び石油コンビナート施設等は，発電所から離隔距離が確保されており，危険物を積載した車両及び船舶を含む事故等による発電所への有毒ガスを考慮する必要はない。

d. 船舶の衝突

航路を通行する船舶の衝突に対し，航路からの離隔距離を確保することにより，安全施設が安全機能を損なわない設計とする。

取水口前面には防波堤があることから，小型船舶が漂流し，港湾内に侵入する可能性は極めて低い。また，取水口側に小型船舶が到達した場合であっても，深層から取水することにより，取水機能が損なわれるような閉塞は生じない設計とする。

なお，燃料輸送船等が座礁し，運搬している重油等が流出するような場合についても，深層から取水していることから，取水機能に影響はない。また，必要に応じて，オイルフェンスを設置する措置を講じる。

したがって，船舶の衝突によって取水路が閉塞することはなく，安全施設の安全機能を損なうことはない。

e. 電磁的障害

安全保護系は，電磁的障害による擾乱に対して，制御盤へ入線する電源受電部にラインフィルタの設置，外部からの信号入出力部にラインフィルタや絶縁回路の設置，鋼製筐体や金属シールド付ケーブルの適用等により，影響を受けない設計としている。

したがって，電磁的障害により安全施設の安全機能を損なうことはない。

2.1.2 自然現象の組合せ

自然現象の組合せについては，地震，津波，風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，地滑り・土石流，火山の影響，森林火災，生物学的事象等の影響

を考慮する。

事象が単独で発生した場合の影響と比較して、複数の事象が重畳することで影響が増長される組合せを特定し、その組合せの影響に対しても安全機能を損なわない設計とする。

「別添1-1 6. 第6-1図」に自然現象の組合せ事象の評価フローを示す。

(1) 組み合わせる自然現象の抽出

検討対象とする外部事象は、「2.1.1.1」と同様に、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11事象から、被害が考えられない洪水を除いた10事象に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。）として整理した森林火災並びに地震及び津波を加えた12事象とする。

(2) 組み合わせる自然現象に対する設計方針

自然現象の組合せについては、「2.1.2 (1)」で抽出された事象の全ての組合せに対して網羅的に検討を実施する。

a. 重畳を考慮する事象数及び規模について

基本的には2つの事象が重畳した場合の影響を検討する。ただし、発生頻度が高い事象については、考慮する組合せに関係なく、ベースとして負荷がかかっている状況を想定する。また、相関性のある事象については同時に発生しているものとして考慮する。

想定する規模については、設計基準規模の事象同士が重畳することを考慮する。

b. 重畳影響分類

自然現象ごとに影響モード（荷重，閉塞，熱影響等）を整理し、全ての組合せを網羅的に検討し、影響が増長する組合せを特定する。組合せを考慮した場合に発電用原子炉施設に与える影響パターンを以下の観点で分類する。

- ・ 組み合わせた場合も影響が増長しない（影響が小さくなるものを含む）
- ・ 同時に発生する可能性が極めて低い
- ・ 増長する影響について、個々の事象の検討で包含されている，又は個々の事象の設計余裕に包含されている

「別添1-1 6. 第6-3表」に示したとおり、荷重による影響以外については、上記の観点のいずれかに該当することから安全施設の安全機能が損なわれないことを確認。

c. 荷重評価

プラントへの影響が想定される荷重の重畳について、個別に検討を実施する。

検討結果を「別添1-1 6. (3)」に示す。

事象が単独で発生した場合の影響と比較して、複数の事象が重畳することで影響が増長される、地震、津波、風（台風）、竜巻、積雪、地滑り・土石流及び火山の影響の荷重の組合せに対し、安全施設の安全機能を損なわない設計とする。なお、地震又は津波とほかの自然現象との組合せについては、設置許可基準規則第4条「地震による損傷の防止」又は設置許可基準規則第5条「津波による損傷の防止」においても考慮している。

2.1.3 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対する重要安全施設への考慮

発電用原子炉施設のうち重要安全施設は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮する。

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は、「2.1.1.1」において選定した自然現象に含まれる。また、重要安全施設を含む安全施設は、「2.1.1.1」において選定した自然現象又はその組合せにより安全機能を損なわない設計としている。安全機能が損なわなければ設計基準事故に至らないため、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又はその組合せと設計基準事故に因果関係はない。したがって、因果関係の観点からは、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を組み合わせる必要はなく、重要安全施設は、個々の事象に対して安全機能を損なわない設計とする。

(別添1-1 添付資料3)

2.2 竜巻

(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安全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、建物による防護、構造健全性の維持、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並びにその他の組合せ荷重（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

2.2.1 竜巻に対する防護に関して、設計上対処すべき施設を抽出するための方針

(1) 竜巻から防護する施設の抽出

竜巻によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に該当する構築物、系統及び機器とする。

竜巻によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち、外部事象防護対象施設は、設計荷重に対し機械的強度を有すること等により、安全機能を損なわない設計とする。

竜巻影響評価の対象施設としては、「(2-1) 評価対象施設」及び「(2-2) 外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る評価対象施設」に示す。

また、竜巻に対する防護設計を行う、外部事象防護対象施設のうち評価対象施設、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る評価対象施設を「評価対象施設等」という。

外部事象防護対象施設の安全機能を損なわないようにするため、外部事象防護対象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外部事象防護対象施設の構造健全性の維持、外部事象防護対象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て、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での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。

屋外に設置する外部事象防護対象施設の構造健全性の維持又は外部事象防護対象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、竜巻防護ネット、竜巻防護鋼板等から構成し、飛来物から外部事象防護対象施設を防護できる設計とする。

(2) 竜巻影響評価が必要となる施設の選定

(2-1) 評価対象施設

外部事象防護対象施設は、外殻となる施設（建物、構築物）（以下「外殻となる施設」という。）に内包され、外気と繋がっておらず設計竜巻荷重の影響から防護される施設（以下「外殻となる施設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。）、設計竜巻荷重の影響を受ける屋外施設（以下「屋外施設」という。）、外殻となる施設に内包されるため、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物等による衝撃荷重の影響から防護されるが、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「屋内の施設で外気と繋がっている施設」という。）及び外殻となる施設に内包されるが設計竜巻荷重の影響から防護が期待できない施設（以下「外殻となる施設による防護機能が期待できない施設」という。）に分類し、このうち、外殻となる施設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。）は内包する建物により防護する設計とすることから、評価対象施設は、屋外施設、屋内の施設で外気と繋がっている施設及び外殻となる施設による防護機能が期待できない施設とし、以下のように抽出する。

また、外殻となる施設による防護機能が期待できない施設については、建物、構築物の構造健全性維持可否の観点、設計飛来物の衝突による開口部の開放又は開口部の貫通等の観点から、施設を抽出する。

なお、外部事象防護対象施設に含まれない構築物、系統及び機器は、竜巻及びその随伴事象により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

評価対象施設の抽出フローを「別添2-1 添付資料1.2」に示す。抽出結果を以下に示す。

また、上記の抽出に加え、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の重要度分類における耐震Sクラスの設計を要求される設備（系統、機器）及び建物・構築物のうち、竜巻の影響を受ける可能性がある施設を抽出し、追加で評価対象施設に反映する施設がないことを確認した。

耐震Sクラス設備等のうち評価対象施設の抽出フロー及び抽出結果を「別添2-1 添付資料1.3」に示す。

(屋外施設)

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレー補機海水ポンプ）（配管、弁を含む。）
- ・海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ、高圧炉心スプレー補機海水ストレーナ）
- ・排気筒（非常用ガス処理系排気筒を含む。）
- ・排気筒モニタ
- ・ディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機（燃料移送系））（配管、弁を含む。）

- ・原子炉建物
- ・タービン建物
- ・制御室建物
- ・廃棄物処理建物
- ・排気筒モニタ室
- ・ディーゼル燃料貯蔵タンク室（A－非常用ディーゼル発電機（燃料移送系），
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系））
- ・ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽※（B－非常用ディーゼル発電機（燃料移送系））

※ディーゼル燃料貯蔵タンク及びディーゼル燃料移送ポンプを内包

（屋内の施設で外気と繋がっている施設）

- ・換気空調設備（原子炉棟換気系，中央制御室換気系，原子炉建物附属棟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・隔離弁）
- ・非常用ガス処理系配管

（外殻となる施設による防護機能が期待できない施設）

- ・原子炉建物 1 階 原子炉補機冷却水ポンプ，熱交換器，配管及び弁
- ・原子炉建物 2 階 原子炉建物附属棟換気系
- ・原子炉建物 4 階 原子炉建物天井クレーン，燃料取替機，燃料プール，燃料プール冷却系配管及び弁，使用済燃料貯蔵ラック，燃料集合体
- ・廃棄物処理建物 3 階 中央制御室換気系等

(2-2) 外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る評価対象施設

外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る評価対象施設としては，発電所構内の構築物，系統及び機器（安全重要度分類のクラス1，クラス2，クラス3及びノンクラス）の中から，以下の a. 及び b. に示す，倒壊により外部事象防護対象施設の機能を喪失させる可能性がある施設，気圧差等による損傷により外部事象防護対象施設の機能を喪失させる可能性のある屋外の外部事象防護対象施設の附属施設を抽出する。

外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る評価対象施設の抽出フロー及び抽出結果を「別添 2－1 添付資料1.2」に示す。

a. 機械的影響の観点での抽出

外部事象防護対象施設に機械的影響を及ぼし得る施設としては，施設の高さと外部事象防護対象施設との距離を考慮して，倒壊により外部事象防護対象施設を損傷させる可能性がある施設を，外部事象防護対象施設に機械的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

- ・排気筒モニタ室
- ・1号炉原子炉建物

- ・ 1号炉タービン建物
- ・ 1号炉廃棄物処理建物
- ・ 1号炉排気筒

b. 機能的影響の観点での抽出

外部事象防護対象施設に機能的影響を及ぼし得る施設としては、屋外にある外部事象防護対象施設の付属設備で、風圧力及び設計飛来物の衝突等による損傷により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわせる可能性がある施設を、外部事象防護対象施設に機能的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

- ・ 排気管（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の付属施設）
- ・ 排気消音器（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の付属施設）
- ・ ベント管（ディーゼル燃料貯蔵タンク、ディーゼル燃料デイトンク及び潤滑油サンプルタンクの付属施設）

(2-3) 建物の選定

「(2-1) 評価対象施設」の屋外施設にて、建物も含めて抽出する。

(2-4) 竜巻随件事象の観点での抽出

発電所構内の構築物、系統及び機器のうち、竜巻随件事象の影響により外部事象防護対象施設の機能を喪失させる可能性がある施設として、以下を抽出する。

- ・ 溢水により外部事象防護対象施設の機能を機能喪失させる可能性のある施設（純水タンク、ろ過水タンク等）
- ・ 火災発生により外部事象防護対象施設の機能を喪失させる可能性がある施設（変圧器等）
- ・ 外部電源

(2-5) 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等を定める。

- 屋外の作業区画で飛散するおそれのある資機材、車両等については、飛来時の運動エネルギー及び貫通力等を評価し、外部事象防護対象施設への影響の有無を確認する。外部事象防護対象施設に影響を及ぼす資機材、車両等については、固縛、固定、外部事象防護対象施設から離隔、頑健な建物内に収納又は撤去する。これら飛来物発生防止対策について手順を定める。
- 竜巻の襲来が予想される場合及び竜巻襲来後において、外部事象防護対象施設を防護するための操作・確認、補修等が必要となる事項について手順を定める。

2.2.2 発生を想定する竜巻の設定

2.2.2.1 竜巻検討地域の設定

島根原子力発電所に対する竜巻検討地域について、島根原子力発電所が立地する地域と気象条件の類似性の観点で検討を行い、第2.2.2.1-1図に示すとおり北海道から山陰地方にかけての日本海沿岸の海岸線から陸側及び海側それぞれ5kmの範囲を竜巻検討地域に設定した（面積約33,395km²）。

竜巻検討地域は、竜巻発生要因となる気象条件（総観場）を確認する観点から、「総観場の分析に基づく地域特性の確認」、「過去の竜巻集中地域に基づく地域特性の確認」により地域特性を確認し、設定した。

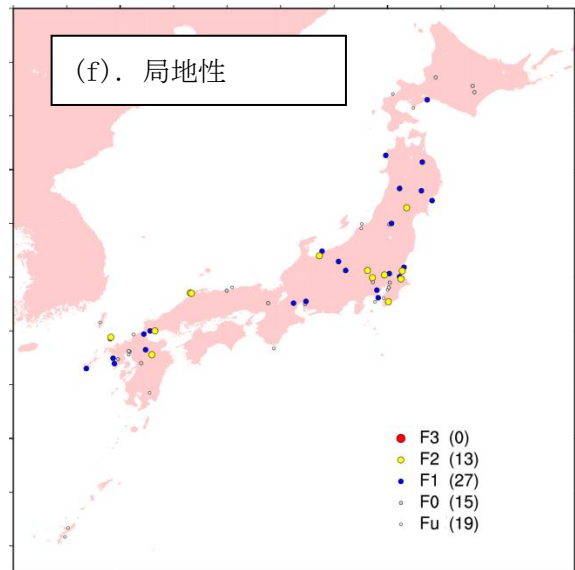
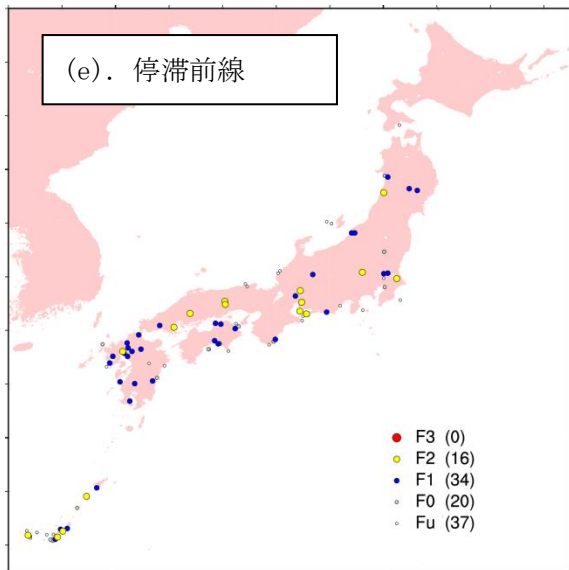
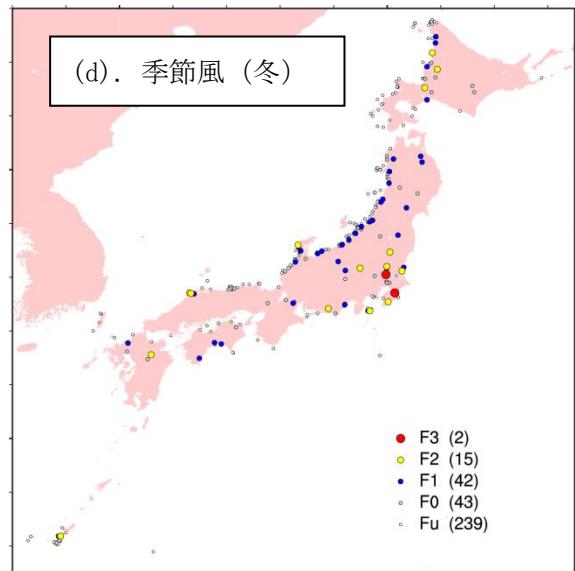
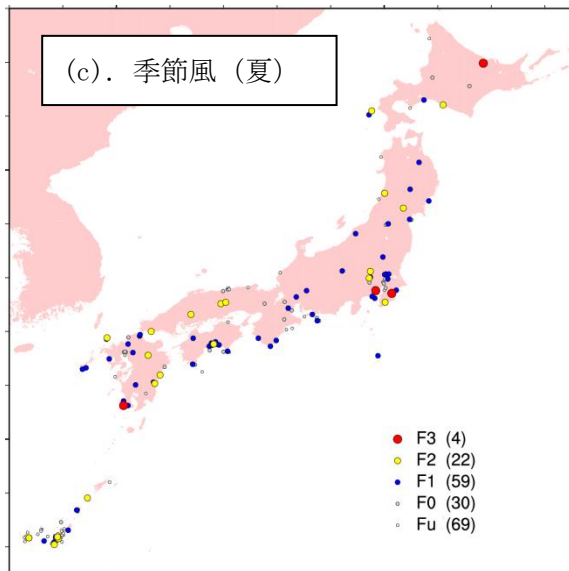
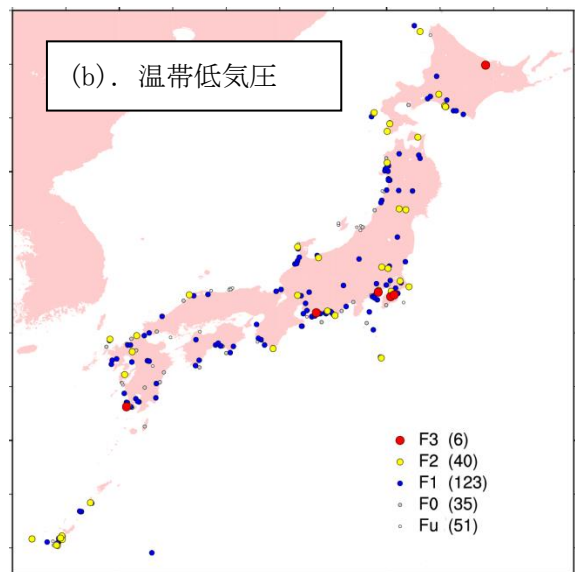
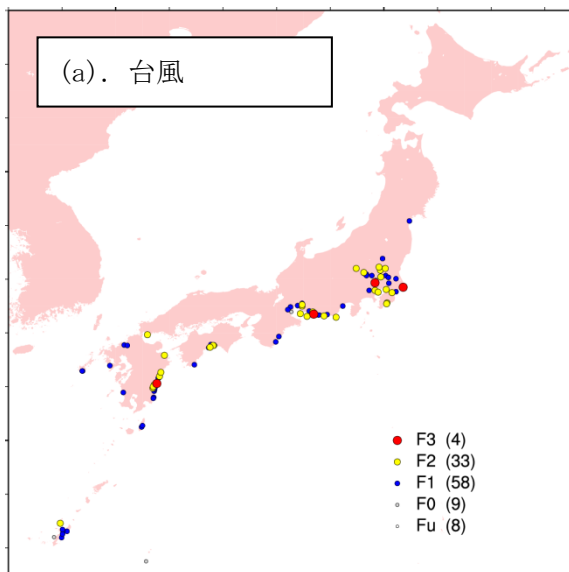
また、一般的に大気現象は時空間スケールの階層構造が見られ、ある大気現象はスケールの小さな現象を内包しているため、大きな竜巻の発生要因となる環境場の形成のし易さ（大きな竜巻の発生に対する大気場の必要条件）を把握する観点から、「突風関連指数に基づく地域特性の確認」により竜巻の発生スケールに近いメソスケールの気象場が有する地域性と齟齬がないことについても確認した。



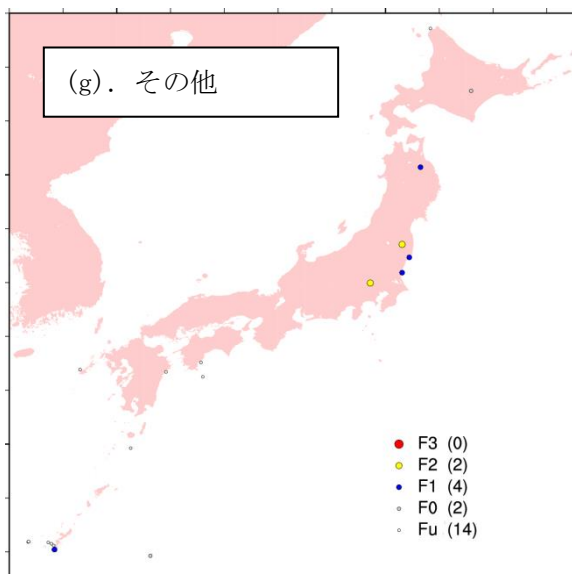
第2.2.2.1-1図 竜巻検討地域（赤線部）

(1) 総観場の分析に基づく地域特性の確認

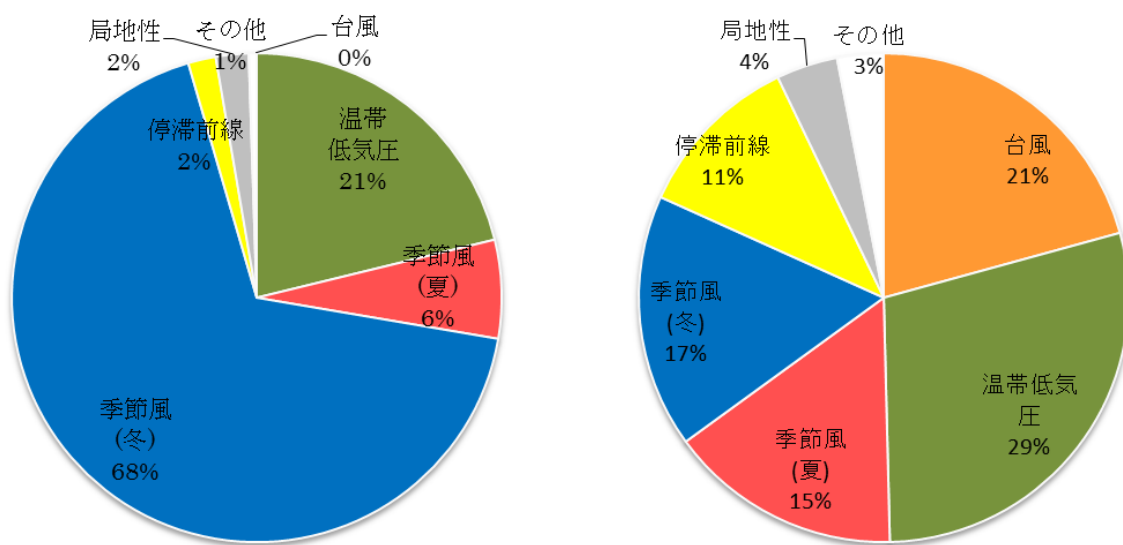
竜巻を発生させる親雲の発生要因⁽¹⁾を考慮して7種の総観場に再編し、発生分布の特徴を分析した。第2.2.2.1-2図の総観場ごとの竜巻発生地点の分布、第2.2.2.1-3図の竜巻検討地域（日本海沿岸）と太平洋側地域の総観場の特徴の比較に示すとおり、日本海側と太平洋側では竜巻の発生要因となる総観場が大きく異なっていることから、竜巻検討地域を日本海側とすることは妥当な設定である。



第2.2.2.1-2図 総観場ごとの竜巻発生地点の分布(1961年～2012年)
 (気象庁「竜巻等の突風データベース」⁽²⁾のデータをもとに作成)



第2.2.2.1-2図(続き) 総観場ごとの竜巻発生地点の分布 (1961年～2012年)
 (気象庁「竜巻等の突風データベース」⁽²⁾のデータをもとに作成)



竜巻検討地域 (日本海沿岸)

太平洋側地域

第2.2.2.1-3 図 竜巻の総観場の特徴の比較

(2) 過去の竜巻集中地域に基づく地域特性の確認

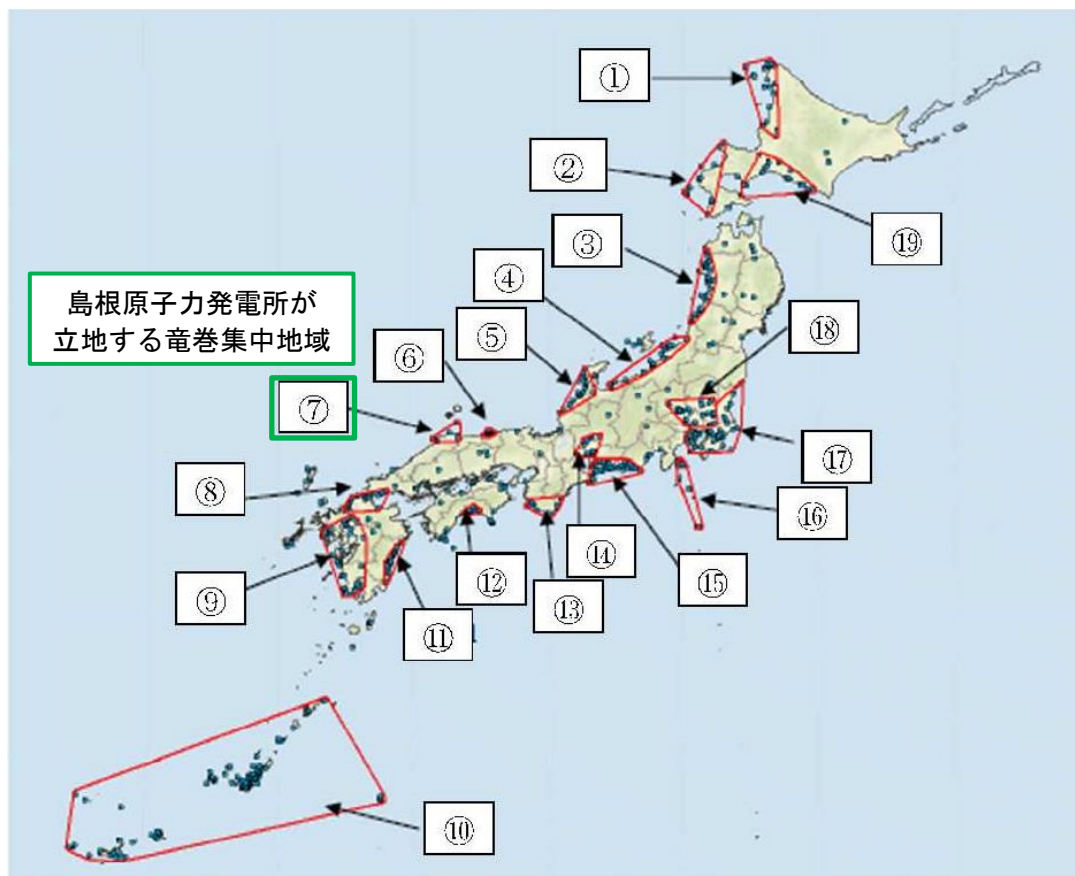
日本で竜巻が集中する地域については、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(案)及び解説」⁽¹⁾に、全国19箇所の竜巻集中地域が示されており、第2.2.2.1-4図に示すとおり、島根原子力発電所は、竜巻集中地域⑦(島根県の一部)に立地している。

気象庁「竜巻等の突風データベース」⁽²⁾によると、1961年1月から2012年6月の51.5年間に発生が確認された竜巻の個数は竜巻集中地域⑦で8個であり、この期間に竜巻集中地域⑦で観測されている最も強い竜巻は藤田スケール(以下、「Fスケール」という。)でF2となる。(「別添2-1」の表2.2.3.1)

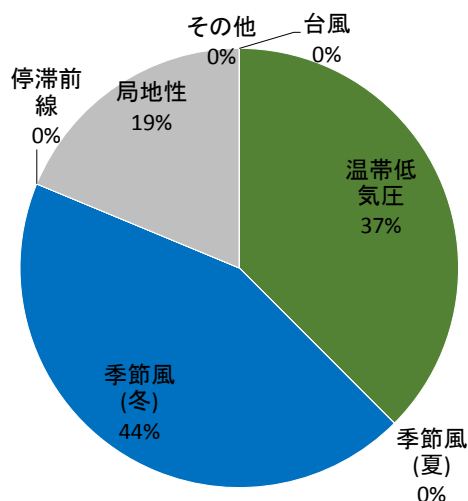
竜巻発生の影響評価の観点からすると、データ数は多い方がよいため、竜巻検討地域としては北海道から山陰地方にかけての日本海沿岸を設定する。竜巻検討地域での竜巻個数は192個であり、観測された最も強い竜巻はF2である。

なお、竜巻検討地域と竜巻集中地域⑦の竜巻発生確率は、 1.1×10^{-4} 、 1.3×10^{-4} (個/年/km²) であり、単位面積あたりの竜巻発生数は竜巻集中地域⑦の方がやや大きくなるものの、両者はおおむね同程度である。竜巻集中地域⑦における竜巻の観測記録は8事例とかなり少なく、影響評価を行うにはデータ数が乏しいため、192個の竜巻個数がある竜巻検討地域を評価対象とすることは妥当な設定である。

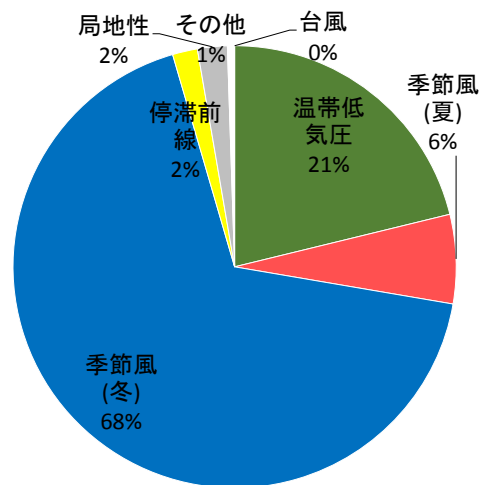
竜巻の地域特性を確認するため、第2.2.2.1-5図に示すとおり、竜巻集中地域⑦と竜巻検討地域、竜巻集中地域⑦に隣接する竜巻集中地域⑥（鳥取県の一部）における総観場の比較を行い、いずれの地域でも“季節風（冬）”と“温帯低気圧”あるいは“季節風（夏）”が竜巻発生の主要因となっていることから、北海道から山陰地方にかけての日本海沿岸を竜巻検討地域にすることは竜巻集中地域における地域特性の観点からも妥当な設定である。



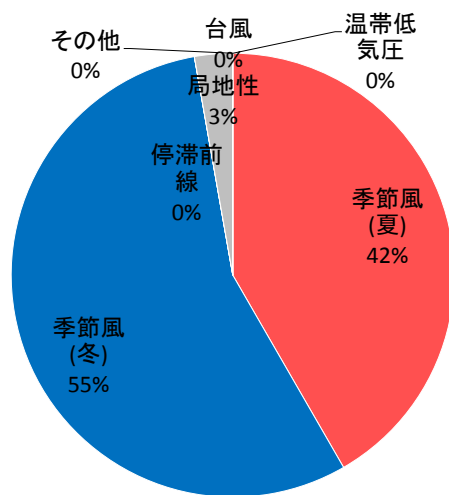
第2.2.2.1-4図 竜巻の発生する地点と竜巻が集中する19個の地域
（「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（案）及び解説」⁽¹⁾より引用）



竜巻集中地域⑦（島根県の一部）



竜巻検討地域（日本海沿岸）



竜巻集中地域⑥（鳥取県の一部）

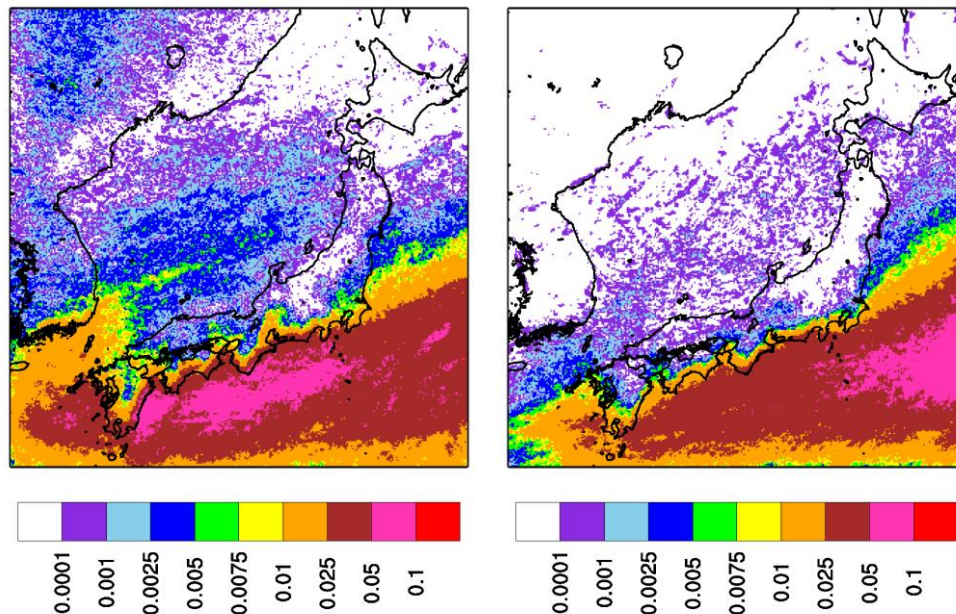
第 2.2.2.1-5 図 各地域の竜巻発生要因に関する総観場の特徴

(3) 突風関連指数に基づく地域特性の確認^{(3)~(39)}

総観場での検討に加え、大きな被害をもたらす強い竜巻の発生要因となる環境場の形成のし易さについての地域特性を確認するため、気象庁や米国気象局においても竜巻探知・予測に活用されており、竜巻の発生のし易さを数値的に示すことができる突風関連指数を用いて地域特性の確認を行った。

大きな被害をもたらす竜巻の親雲の多くはスーパーセルであり、スーパーセルが発生しやすい環境場として、大気下層の鉛直シア（異なる高度間での風向・風速差）と、強い上昇気流を発生させるきっかけとしての不安定な大気場が必要であることから、突風関連指数としては、竜巻の発生実態を解明する研究において国内外で広く利用され、大気的不安定度を表す指標である「CAPE」、鉛直シアに伴って発生する水平渦度が親雲に取り込まれる度合いを表す指標である「SR e H」を採用し、両者の指標が同時に高くなる頻度について、地域的な特徴を確認する分析を実施した。（第 2.2.2.1-6図）

これらの分析より、スーパーセルに伴って発生する大規模な竜巻形成につながる環境場の発生頻度分布の観点からも、日本海側と太平洋側で大きな地域特性の違いがあることを確認した。



暖候期 5月～10月

寒候期 11月～4月

第2.2.2.1-6図 F3規模以上を対象としたSR e H, CAPE同時超過頻度分布
(単位：%)

2.2.2.2 基準竜巻の設定

基準竜巻の最大風速は、過去に発生した竜巻による最大風速 (V_{B1}) 及び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、大きな風速を設定する。

(1) 過去に発生した竜巻による最大風速 (V_{B1})

第2.2.2.2-1表より竜巻検討地域における過去最大竜巻はF2であり、Fスケールと風速の関係より風速は50～69m/sであることから、 V_{B1} はF2の風速範囲の上限値69m/sとする。

第2.2.2.2-1表 竜巻検討地域における竜巻の観測記録 (F1より大きい竜巻) ※1

発生日時	発生場所		Fスケール※2	総観場
	都道府県	市町村		
1962年09月28日 14時20分	北海道 宗谷支庁	東利尻町	(F2)	寒冷前線
1971年10月17日 05時00分	北海道 留萌支庁	羽幌町	(F2)	寒気の移流
1974年10月03日 19時05分	北海道 檜山支庁	奥尻郡奥尻町	(F1~F2)	温暖前線
1974年10月20日 15時00分	北海道 檜山支庁	檜山郡上ノ国 町	(F1~F2)	寒冷前線
1975年05月31日 18時10分	島根県	簸川郡大社町	(F2)	日本海低気圧 局地 性じょう乱 寒気の 移流
1975年09月08日 01時30分	北海道 檜山支庁	奥尻郡奥尻町	(F1~F2)	日本海低気圧 暖気 の移流
1979年11月02日 01時58分	北海道 渡島支庁	松前郡松前町	(F2)	日本海低気圧 温暖 前線
1989年03月16日 19時20分	島根県	簸川郡大社町	(F2)	局地性じょう乱 寒 気の移流
1990年04月06日 02時55分	石川県	羽咋郡富来町	F2	オホーツク海低気圧 気圧の谷
1999年11月25日 15時40分	秋田県	八森町	(F1~F2)	日本海低気圧 寒冷 前線

※1 気象庁「竜巻等の突風データベース」⁽²⁾より作成

※2 Fスケールは、ア) 被害の詳細な情報等から推定できたもの、イ) 文献等からの引用又は被害のおおまかな情報等から推定したもの、があり、F2以上の事例ではア)とイ)を区別し、イ)の場合には値を括弧で囲んでいる。

(2) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

以下(a)~(e)の検討の結果、海岸線から陸側及び海側それぞれ5km全域(竜巻検討地域)を対象に算定したハザード曲線、竜巻検討地域を海岸線に沿って1km範囲ごとに短冊状に細分化して算定したハザード曲線より、年超過確率 10^{-5} における風速はそれぞれ61m/s、62m/sである。

また、使用した竜巻の統計データの不確実性については「別添2-1」で検討を実施しており、Fスケール不明の海上竜巻の発生数は、陸上竜巻のFスケール別発生比率で按分して取り扱っているが、竜巻検討地域を「北海道から山陰地方にかけての日本海沿岸」にすることに伴う竜巻ハザード曲線算出のためのデータの不確実性(日本海側はFスケール不明の海上竜巻が多い)を踏まえ、参照する年超過確率を 10^{-5} から一桁下げた年超過確率 10^{-6} における風速とすると、陸側及び海側5km全域での評価、1km範囲ごとに細分化した評価ともに78m/sとなる。以上より、竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速V_{B2}は78m/sとする。

竜巻最大風速のハザード曲線は、気象庁「竜巻等の突風データベース」⁽²⁾より竜巻検討地域における竜巻の観測記録を抽出・評価し、既往の算定法(Wen&Chu⁽⁴⁰⁾)及び

Garson et. al⁽⁴¹⁾)に基づき算定する。具体的には、東京工芸大学委託成果⁽⁴²⁾を参考とし、「別添2-1 添付資料2.3」に示すフローに従いハザード曲線を算定する。

ハザード曲線は、竜巻検討地域の竜巻特性を適切に考慮できる海岸線から海側、陸側それぞれ5kmの範囲内で算定した。加えて、竜巻検討地域において過去に発生した竜巻は、海上発生でFスケール不明の竜巻が半数以上を占める偏った発生となっていることや竜巻発生確認数にばらつきがあることを踏まえ、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（平成30年11月28日 原規技発第1812177号 原子力規制委員会決定）」（以下、「ガイド」という。）に基づき、ハザード曲線に保守性をもたせるために竜巻検討地域を海岸線に沿って1km範囲ごとに短冊状に細分化した場合のハザード曲線も算定した。

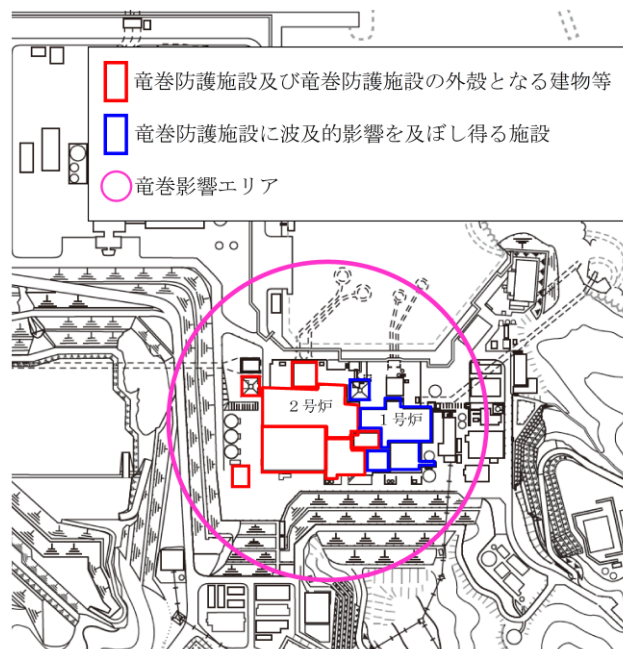
a. 竜巻影響エリアの設定

(a) 竜巻影響エリア

竜巻影響エリアは、島根原子力発電所2号炉の竜巻影響評価対象施設を十分な余裕をもって包絡するエリアとして設定する。

第2.2.2.2-1図に島根原子力発電所2号炉の竜巻影響エリアを示す。竜巻影響エリアは、島根原子力発電所2号炉の評価対象施設を包絡する円形のエリア（直径450m、面積約 $1.6 \times 10^5 \text{m}^2$ ）として設定する。

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。



第2.2.2.2-1図 竜巻影響エリア

(b) 竜巻風速，被害幅及び被害長さの確率分布並びに相関係数

竜巻検討地域における1961年1月～2012年6月までの51.5年間の竜巻の発生数，被害幅及び被害長さをもとに，確率密度分布についてはガイド及びガイドが参考としている東京工芸大学委託成果⁽⁴²⁾を参照し，対数正規分布に従うものとする。（第2.2.2.2-2図～第2.2.2.2-7図）

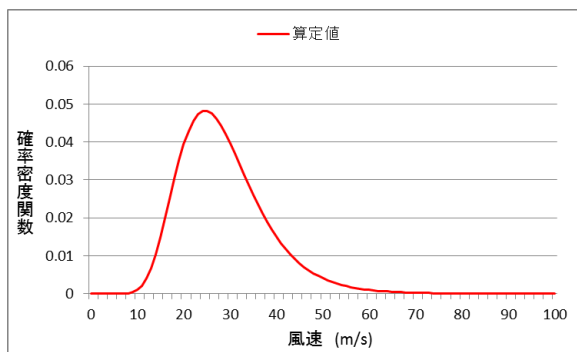
なお，擬似的な竜巻の作成において被害幅又は被害長さの情報がない竜巻には，観測された竜巻と同程度の竜巻を想定し，それに相当する被害幅又は被害長さを与えている。その際は，被害幅又は被害長さが大きいほうから優先的に用いることにより，保守的に評価を行う。

また，1961年以降の観測データのみを用いて，竜巻風速，被害幅及び被害長さについて相関係数を求める。（第2.2.2.2-2表）

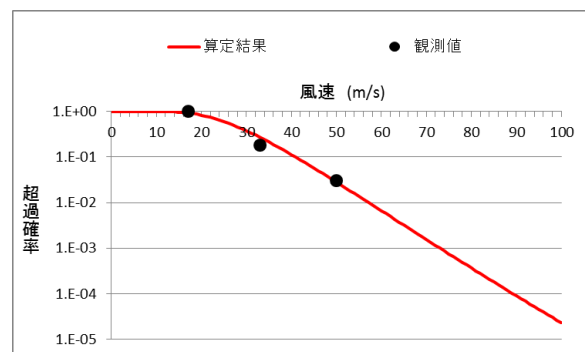
第2.2.2.2-2表 竜巻風速，被害幅及び被害長さの相関係数（単位なし）

相関係数	風速	被害幅	被害長さ
風速	1.000	-0.050 [※]	0.312
被害幅	-0.050 [※]	1.000	0.462
被害長さ	0.312	0.462	1.000

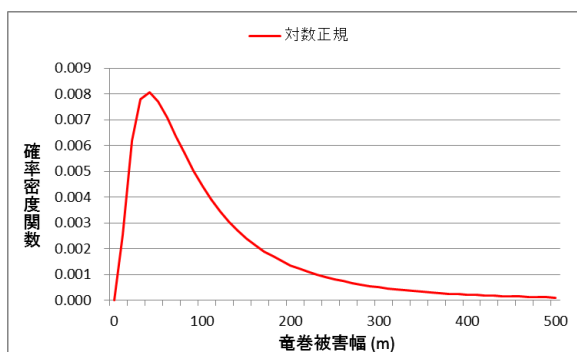
※風速と被害幅は無相関との知見が得られたため，ハザード算定の際には，相関係数0として計算



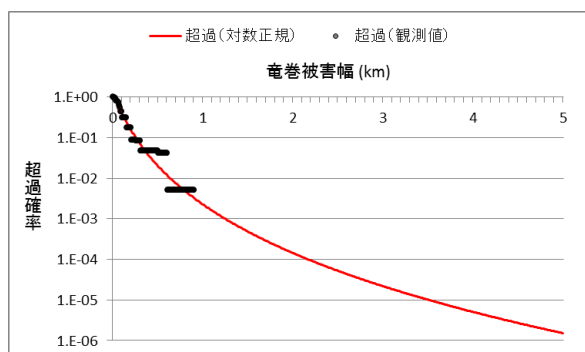
第2.2.2.2-2図 竜巻風速の確率密度分布



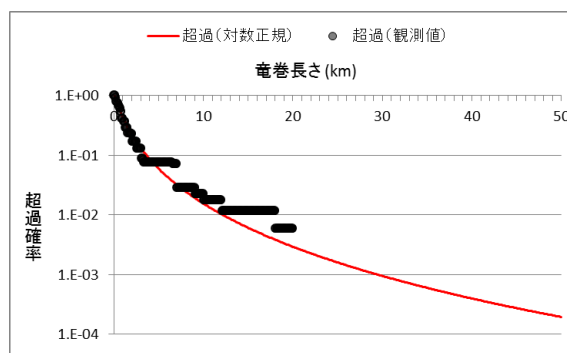
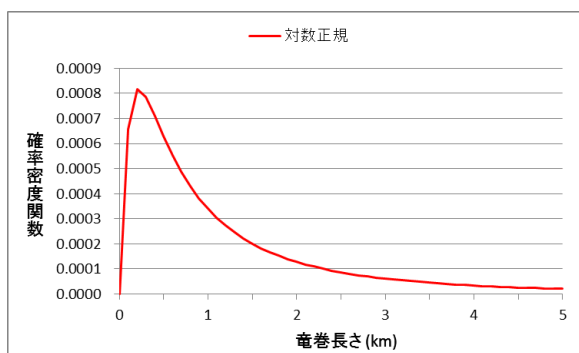
第2.2.2.2-3図 竜巻風速の超過確率分布



第2.2.2.2-4図 被害幅の確率密度分布



第2.2.2.2-5図 被害幅の超過確率分布



第2.2.2.2-6図 被害長さの確率密度分布

第2.2.2.2-7図 被害長さの超過確率分布

b. 竜巻の年発生数の確率分布の設定

(a) 竜巻の年発生数の確率分布

設定に当たっては、竜巻は気象事象の中でも極めて稀に発生する事象であり、発生数の変動（標準偏差）が大きい分布であることから、東京工芸大学委託成果⁽⁴²⁾ になってポリヤ分布により設定した。なお、ポリヤ分布は、ガイドにおいて推奨されているポアソン分布を一般化したものであり、年発生数の年々変動の実態をポアソン分布よりも適合性が高い形で表現できることを確認している。

(b) 竜巻の発生頻度の分析

気象庁「竜巻等の突風データベース」⁽²⁾ をもとに、1961年1月～2012年6月までの51.5年間の統計量をFスケール別に算出する。なお、観測体制の変遷による観測データ品質のばらつきを踏まえ、以下の①～③の基本的な考え方に基づいて整理を行う。

- ① 被害が小さくて見過ごされやすいF0及びFスケール不明竜巻に対しては、観測体制が強化された2007年以降の年間発生数や標準偏差を用いる。
- ② 被害が比較的軽微なF1竜巻に対しては、観測体制が整備された1991年以降の年間発生数や標準偏差を用いる。
- ③ 被害が比較的大きく見逃されることがないと考えられるF2及びF3竜巻に対しては、観測記録が整備された1961年以降の全期間の年間発生数や標準偏差を用いる。また、Fスケール不明の竜巻については、以下の取扱いを行う。

陸上で発生した竜巻（以下「陸上竜巻」という。）及び海上で発生して陸上へ移動した竜巻については、被害があつて初めてそのFスケールが推定されるため、陸上でのFスケール不明の竜巻は、被害が少ないF0竜巻とみなす。海上で発生しその後上陸しなかった竜巻（以下「海上竜巻」という。）については、その竜巻のスケールを推定することは困難であることから、「海岸線から海上5 kmの範囲における海上竜巻の発生特性が、海岸線から内陸5 kmの範囲における陸上竜巻の発生特性と同様である。」という仮定に基づいて各Fスケールに分類する。（第2.2.2.2-3表）

第2.2.2.2-3表 竜巻発生数の解析結果

竜巻検討地域 (沿岸±5km)	発生数の統計	小計	竜巻スケール				不明		総数 (含む不明)
			F0	F1	F2	F3	(陸上)	(海上)	
1961～ 2012/6 (51.5年間)	期間内総数	74	24	40	10	0	13	105	192
	平均値(年)	1.44	0.47	0.78	0.19	—	0.25	2.04	3.73
	標準偏差(年)	2.25	1.75	0.90	0.49	—	0.71	5.92	7.81
	C V(年)	1.56	3.76	1.16	2.52	—	2.83	2.90	2.09
1991～ 2012/6 (21.5年間)	期間内総数	46	24	21	1	0	12	105	163
	平均値(年)	2.14	1.12	0.98	0.05	—	0.56	4.88	7.58
	標準偏差(年)	3.11	2.61	0.91	0.22	—	1.02	8.49	11.07
	C V(年)	1.45	2.34	0.93	4.64	—	1.83	1.74	1.46
2007～ 2012/6 (5.5年間)	期間内総数	27	22	5	0	0	7	91	125
	平均値(年)	4.91	4.00	0.91	—	—	1.27	16.55	22.73
	標準偏差(年)	5.55	4.32	1.24	—	—	1.69	11.41	15.10
	C V(年)	1.13	1.08	1.36	—	—	1.33	0.69	0.66
擬似 51.5年間 (陸上竜巻)	期間内総数	333	206	51	10	0	66	853	1186
	平均値(年)	6.44	4.00	0.98	0.19	—	1.27	16.55	22.99
	標準偏差(年)	4.75	4.32	0.91	0.49	—	1.69	11.41	12.36
	C V(年)	0.74	1.08	0.93	2.52	—	1.33	0.69	0.54
擬似 51.5年間 (全竜巻)	期間内総数	1187	969	182	36	0	0	0	1187
	平均値(年)	23.05	18.82	3.53	0.70	—	—	—	23.05
	標準偏差(年)	8.97	8.76	1.72	0.92	—	—	—	8.97
	C V(年)	0.39	0.47	0.49	1.32	—	—	—	0.39

c. 竜巻最大風速の確率密度分布の設定

(a) 竜巻最大風速の確率密度分布

a. (b)に示すとおり、竜巻検討地域における51.5年間の竜巻の発生数、被害幅及び被害長さをもとに、確率密度分布については、ガイド及びガイドが参考としている東京工芸大学委託成果⁽⁴²⁾を参照し、対数正規分布に従うものとする。

(b) 海岸線から陸側及び海側それぞれ5km全域の評価

本評価では、竜巻検討地域外で発生して竜巻検討地域内に移動した陸上発生竜巻も発生数にカウントする。被害幅及び被害長さは、それぞれ被害全幅及び被害全長を用いる。

(c) 1km範囲に細分化した評価

海側の竜巻発生位置は不明な場合が多く、セグメント長さ(短冊内の竜巻の移動長さ)が精度良く求められないため、海側0-1kmのセグメント長さの評価に陸側0-1km短冊の値などを代用する方法を用いて評価した。陸側0-1kmの長さで代用した場合、ハザードの風速は61.4m/sと±5kmケースとほぼ同じとなる。海側0-1kmのハザードは、不確実性が最も大きな短冊であり、そのセグメント長さの取り方によって結果が62～64m/sの範囲となることから、基準値設定に影響しない。

d. 竜巻最大風速のハザード曲線の算定

ハザード曲線は、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る。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(1)⁽⁴⁰⁾で示される。

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

ここで、

N : 竜巻の年発生数

v : 竜巻の年平均発生数

T : 年数

β は分布パラメータであり式(2)で示される。

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

ここで、

σ : 竜巻の年発生数の標準偏差

Dをリスク評価対象構造物が風速 V_0 以上の竜巻に遭遇する事象と定義し、 $R(V_0)$ をリスク評価対象構造物が1つの竜巻に遭遇し、竜巻風速が V_0 以上となる確率と定義すると、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(3)で示される。

$$P_{V_0, T}(D) = 1 - [1 + \beta v R(V_0) T]^{-1/\beta} \quad (3)$$

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33,395km²)、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(4)で示される。

$$R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0} \quad (4)$$

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(4)により $R(V_0)$ を推定して、式(3)により $P_{V_0, T}(D)$ を求める。風速を V 、被害幅 w 、被害長さ l 、移動方向 α 及び構造物の寸法を A, B 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(5)で示される。⁽⁴¹⁾

$$\begin{aligned}
E[DA(V_0)] &= \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl \\
&+ \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty H(\alpha) l f(V, l, \alpha) dV dl d\alpha + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) G(\alpha) f(V, w, \alpha) dV dw d\alpha \\
&+ AB \int_{V_0}^\infty f(V) dV
\end{aligned} \tag{5}$$

ここで、 $W(V_0)$ は竜巻風速が V_0 以上となる幅であり、式(6)で示される。
 $H(\alpha)$ 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リスク評価対象構造物を投影した時の長さであり、式(7)で示される。

$$W(V_0) = \left(\frac{V_{\min}}{V_0} \right)^{1/1.6} w \tag{6}$$

ここで、

V_{\min} ：被害幅 w 内の最小竜巻風速

V_0 ：被害が発生する最小風速

$$\begin{aligned}
H(\alpha) &= B |\sin \alpha| + A |\cos \alpha| \\
G(\alpha) &= A |\sin \alpha| + B |\cos \alpha|
\end{aligned} \tag{7}$$

本評価ではリスク評価対象構造物を円形構造物（竜巻影響エリア）で設定しているため、 $H(\alpha)$ 、 $G(\alpha)$ ともに竜巻影響エリアの直径450mで一定（竜巻の移動方向に依存しない）となる。円の直径を D_0 とした場合の計算式は式(8)で示される。

$$\begin{aligned}
E[DA(V_0)] &= \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl \\
&+ D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty l f(V, l) dV dl + D_0 \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) f(V, w) dV dw \\
&+ (D_0^2 \pi / 4) \int_{V_0}^\infty f(V) dV
\end{aligned} \tag{8}$$

V_{min} は、竜巻被害が発生する最小風速であり、Garsonはgale intensity velocityと呼んでいる（Galeとは非常に強い風の意）。米国の気象局（National Weather Service）では、34～47ノット（17.5～24.2m/s）とされている。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において、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。

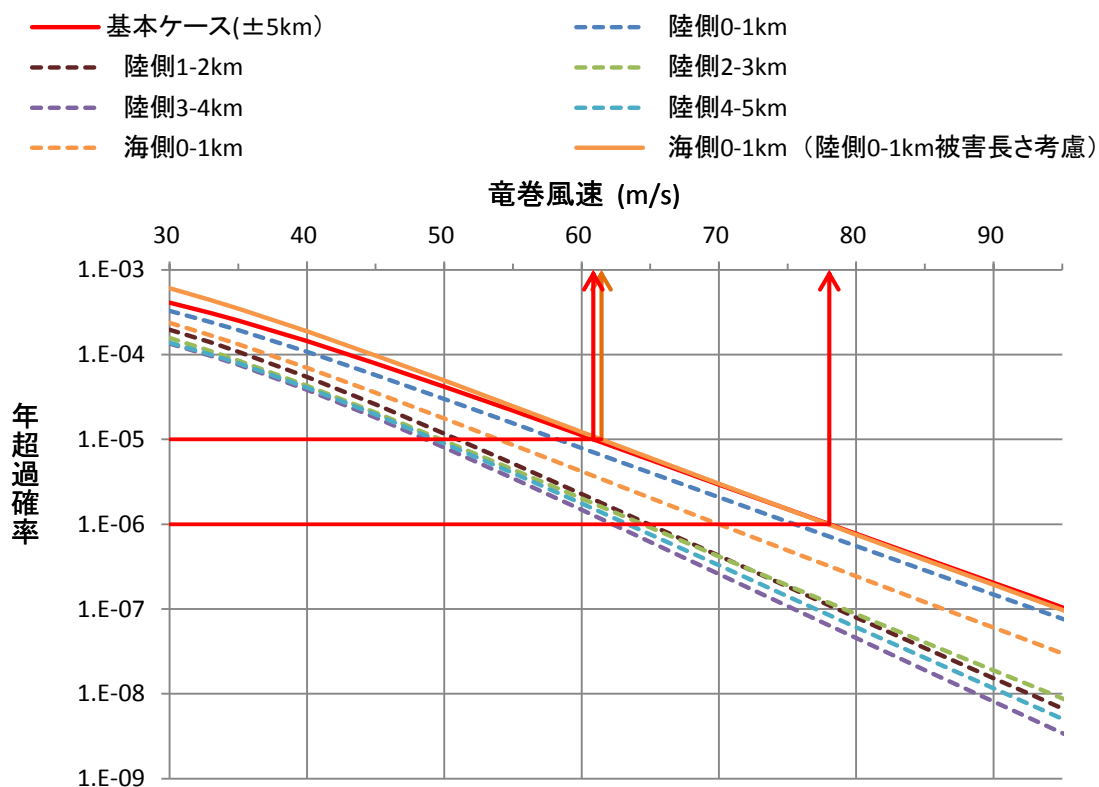
以上より、これらの風速を包括するよう、 $V_{min}=25\text{m/s}$ とした。この値は、F0（17～32m/s）のほぼ中央値に相当する。

e. 年超過確率（ P_{B2} ）に対応する最大風速（ V_{B2} ）の算定

海岸線から陸側及び海側それぞれ5km全域（竜巻検討地域）を対象に算定したハザード曲線，1km範囲ごとに短冊状に細分化して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第2.2.2.2-8図に示すとおりそれぞれ60.8m/s，61.4m/sとなった。

また，年超過確率 10^{-5} から一桁下げた年超過確率 10^{-6} における風速を求めると第2.2.2.2-8図に示すとおり陸側及び海側5km全域での評価，1km範囲ごとに細分化した評価ともに78.0m/sとなった。

以上より，竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 V_{B2} は78m/sとする。



第2.2.2.2-8図 竜巻最大風速のハザード曲線

(3) 基準竜巻の最大風速

過去に発生した竜巻による最大風速 $V_{B1}=69\text{m/s}$ 及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 $V_{B2}=78\text{m/s}$ のうち、大きい風速である 78m/s を島根原子力発電所における基準竜巻の最大風速 V_B とする。

2.2.2.3 設計竜巻の設定

(1) 設計竜巻の最大風速 (V_D) の設定

島根原子力発電所が立地する地域の特性として、周辺の地形や竜巻の移動方向を考慮して、基準竜巻の最大風速の割り増しを検討し、設計竜巻の最大風速を設定する。

a. 地形効果による竜巻風速への影響

地形効果が竜巻強度に及ぼす影響に関する知見として、(a)地形起伏による影響、(b)地表面粗度による影響、について既往の研究において示されており、その知見を踏まえ、島根原子力発電所周辺の地形効果による竜巻の増幅可能性について検討する。また、既往の研究に基づく地形起伏及び地表面粗度による影響に関する知見の詳細については、「別添2-1 添付資料2.4」に示す。

(a) 地形起伏による影響^{(43)~(45)}

竜巻のような回転する流れでは、角運動量保存則により「回転の中心からの距離」及び「周方向の回転速度」の積が一定になるという性質がある。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。

(b) 地表面粗度による影響^{(46)~(60)}

風は地表面の細かな凸凹が与える摩擦抵抗の影響を受けやすく、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。地表面粗度は竜巻の旋回流を減衰させる効果を有し、地表面粗度の構成物が飛来物として運動することで風速が減衰することも示唆されていることから、地表面粗度の増加とともに竜巻に起因する強風の風速を低下させるといえる。

b. 島根原子力発電所周辺の地形

島根原子力発電所周辺の地形を第2.2.2.3-1図、島根原子力発電所東西方向の鉛直断面での地形起伏を第2.2.2.3-2図、島根原子力発電所周辺の地表面粗度を第2.2.2.3-3図に示す。島根原子力発電所が立地する敷地は、北側を輪谷湾に面し、他の三方を山で囲まれている。

c. 竜巻の移動方向の分析

島根原子力発電所の周辺地域を対象に竜巻の移動方向に関する分析を行う。なお、分析の対象とする地域は、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(案)及び解説」⁽¹⁾に示されている竜巻集中地域を参考に、竜巻集中地域⑥(鳥取県の一部)及び⑦(島

根県の一部) とした。

第2.2.2.3-4図に竜巻集中地域⑥及び⑦で発生した竜巻の移動方向、第2.2.2.3-5図に竜巻集中地域⑥及び⑦において過去に発生した竜巻の移動方向の頻度を分析した結果を示す。竜巻の移動方向の分析の結果、島根原子力発電所周辺で発生する竜巻は、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。

d. 竜巻風速の増幅に関する検討

(a) 地形起伏による竜巻増幅

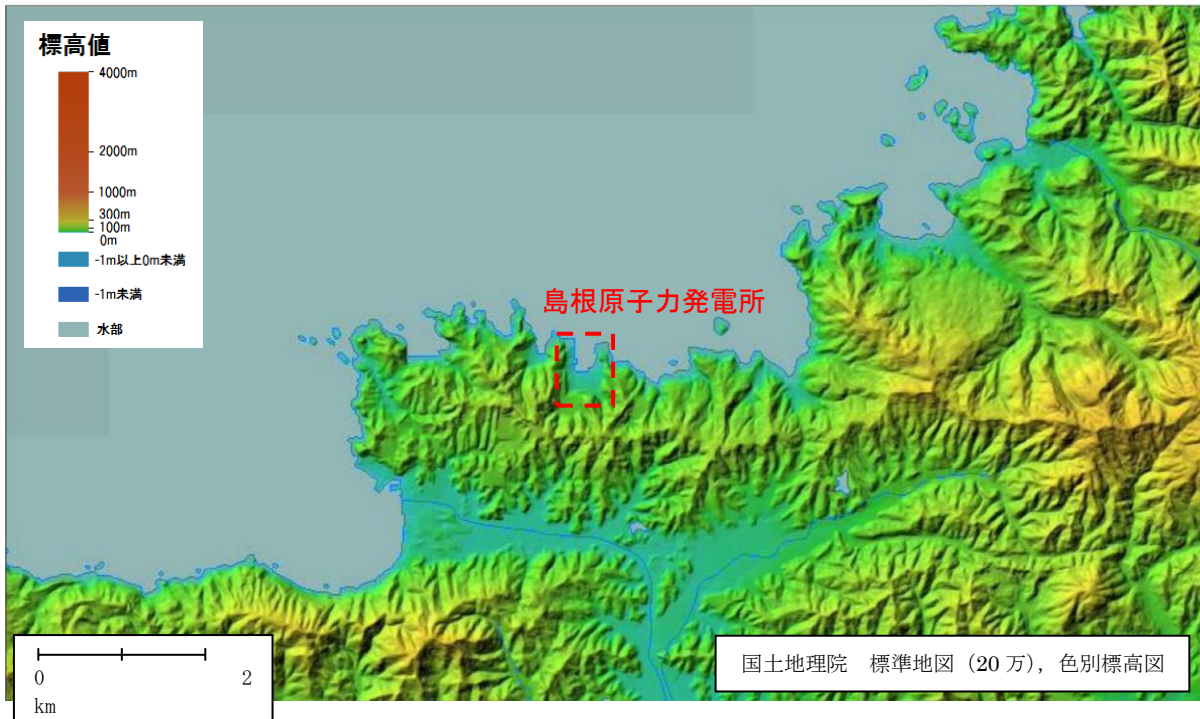
島根原子力発電所周辺で発生する竜巻は、発電所北方又は西方の海上あるいは沿岸部で発生し、竜巻が発電所の北方で発生し南方向（陸側）へ移動する場合には、地形が平坦な海側から発電所敷地に進入することとなり、発電所敷地自体も平坦であるため竜巻が増幅することはないと考えられる。また、発電所西方で発生する竜巻は、上り斜面・下り斜面の影響をほぼ同程度受け発電所敷地に進入する可能性が高く発電所敷地はほぼ平坦であるため竜巻が増幅することはないと考えられる。万が一発電所敷地外の南側（例えば鹿島町の平地）で竜巻が発生し、その竜巻が海側に向かって移動し、発電所敷地内に進入した場合、竜巻は山を越える必要がある。この場合の地形効果による増幅は、山の上り勾配と下り勾配で相殺される。

(b) 地表面粗度による竜巻増幅

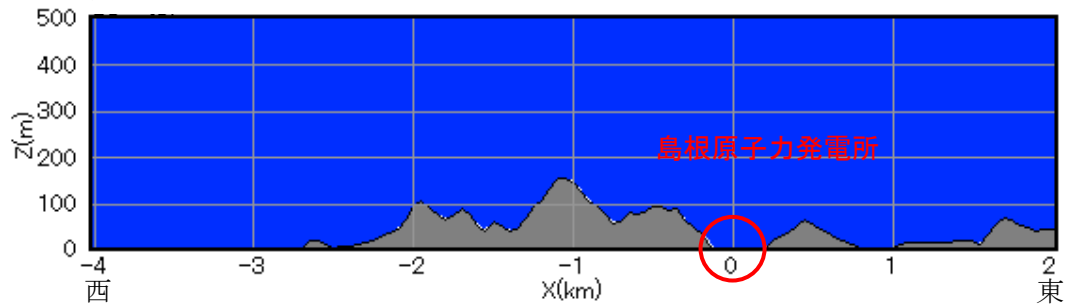
島根原子力発電所周辺では、竜巻の移動経路となり得る発電所西方に着目すると森林などに相当する粗度区分Ⅲの領域が2 km以上にわたり存在していることから、粗度による減衰効果が期待できる。発電所北方又は西方の海上あるいは沿岸から南又は東方向へ向かう竜巻が極めて多く、発電所北方の海上で発生した竜巻が南方向へ移動する場合には、地表面粗度の小さい海上から粗度の大きな陸上に上陸するため、粗度により減衰するものと考えられる。

e. 設計竜巻の最大風速 V_D

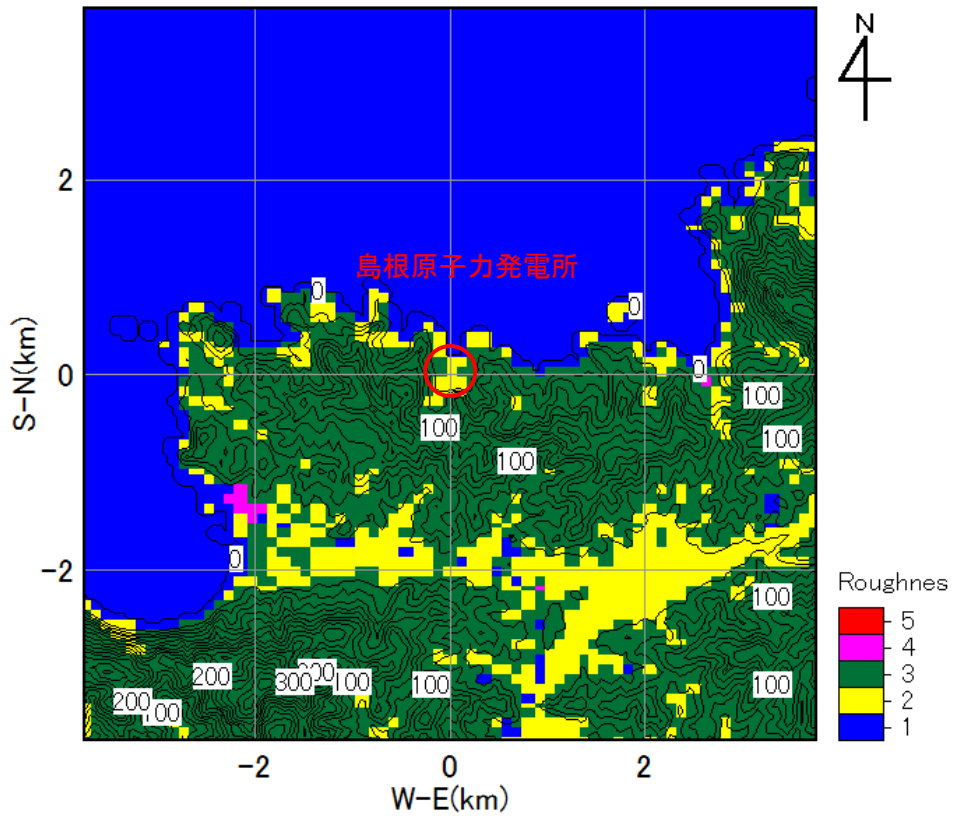
以上のことから、島根原子力発電所では、地形効果による竜巻の増幅を考慮しない。一方、将来的な気候変動による竜巻発生の不確実性を踏まえ、 V_B の値がF3の風速範囲（70～92m/s）にあることから設計竜巻の最大風速 V_D はF3の風速範囲の上限値92m/sとする。



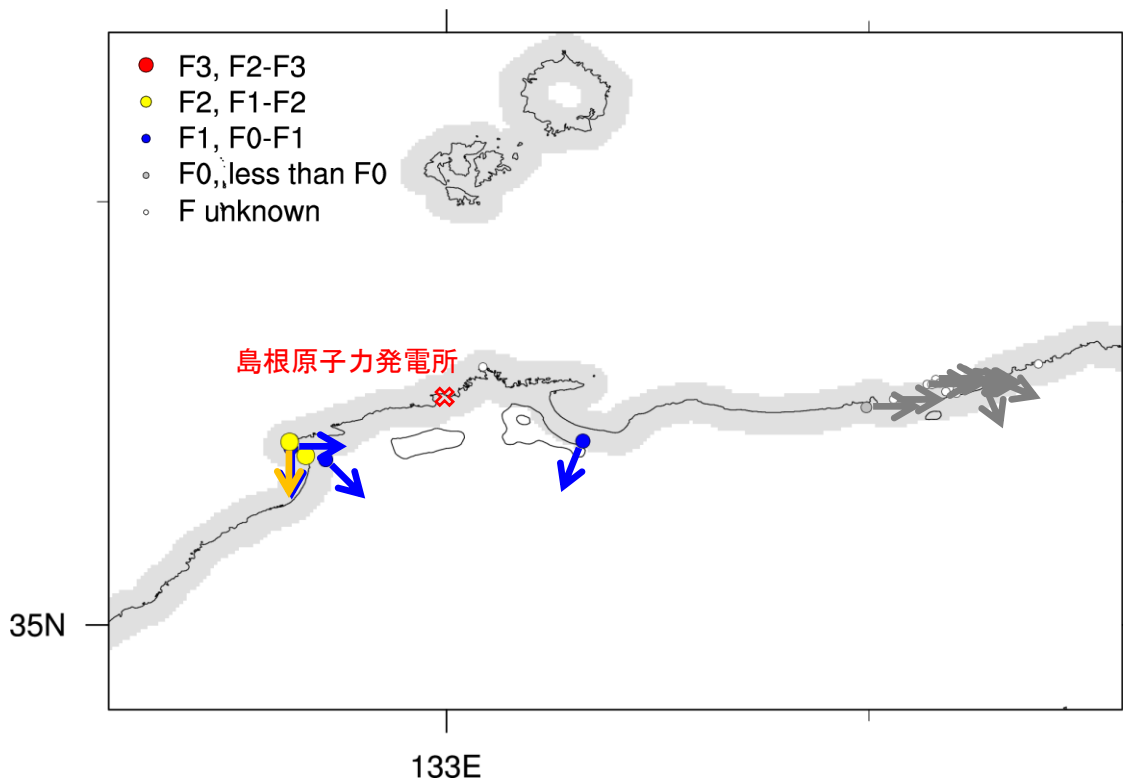
第2.2.2.3-1図 島根原子力発電所周辺の地形
 (国土地理院「電子国土Web」より作成)



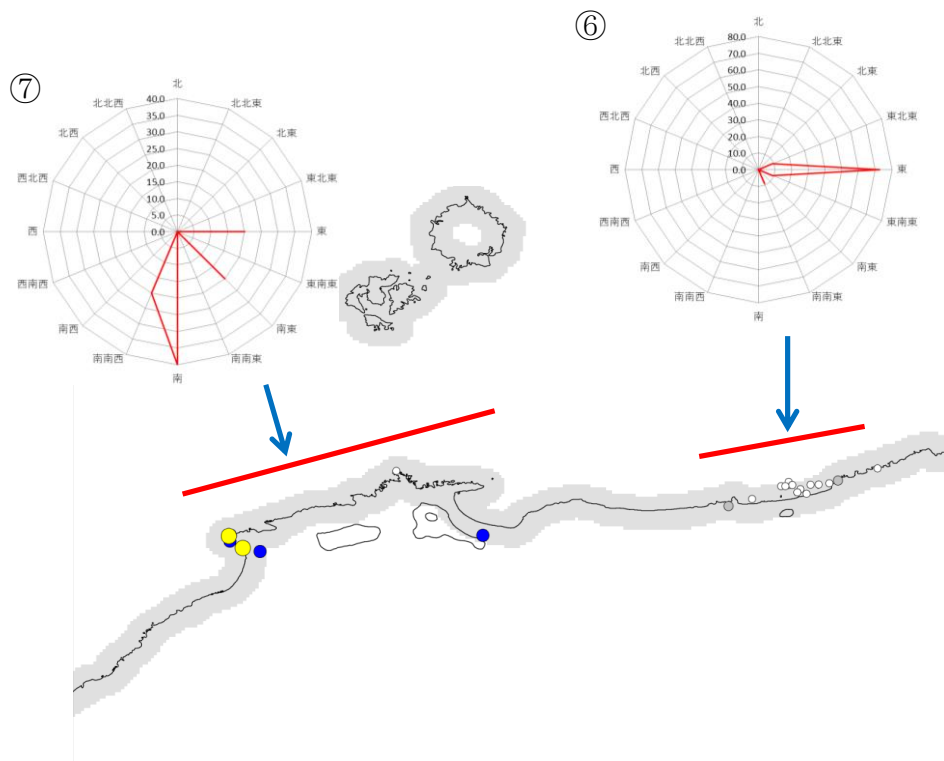
第2.2.2.3-2図 島根原子力発電所東西方向の鉛直断面での地形起伏



第2. 2. 2. 3-3図 島根原子力発電所周辺の地表面粗度



第2. 2. 2. 3-4図 竜巻集中地域⑥及び⑦における竜巻移動方向



第2.2.2.3-5図 竜巻集中地域⑥及び⑦における竜巻移動方向の頻度

(2) 設計竜巻の特性値の設定

設計竜巻の特性値については、第2.2.2.3-1表のとおり設定する。また、飛来物の運動モデルについてはフジタモデル⁽⁶¹⁾を適用する。フジタモデルの適用の妥当性及び設計竜巻の特性値の設定の詳細については、「別添2-2」に示す。

a. 設計竜巻の移動速度 (V_T)

設計竜巻の移動速度 (V_T) は、風速場モデルに依存しない日本の竜巻観測記録（竜巻等の突風データベース）に基づいた竜巻移動速度（平均値）と最大風速との関係⁽⁴²⁾を参照して設定した以下の算定式を用いて V_D から V_T を算定する。

$$V_T = 0.15 \cdot V_D \quad (9)$$

b. 設計竜巻の最大接線風速 (V_{Rm})

設計竜巻の最大接線風速 (V_{Rm}) は、米国NRCの基準類⁽⁶²⁾を参考として、風速場モデルに依存しない以下の算定式を用いて算定する。

$$V_{Rm} = V_D - V_T \quad (10)$$

c. 設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径 (R_m)

設計竜巻の最大接線風速が生じる位置での半径 (R_m) は、風速場モデルに依存しない以下の値を用いる。

$$R_m = 30 \text{ (m)} \quad (11)$$

d. 設計竜巻の最大気圧低下量 (ΔP_{\max}) ・最大気圧低下率 ($(dp/dt)_{\max}$)

設計竜巻の最大気圧低下量 (ΔP_{\max}) は、計算の簡便性の観点から、米国NRCの基準類⁽⁶²⁾を参考として、以下の算定式を用いて算定する。

$$\Delta P_{\max} = \rho \cdot V_{Rm}^2 \quad \rho : \text{空気密度 (kg/m}^3\text{)} \quad (12)$$

設計竜巻の最大気圧低下率 ($(dp/dt)_{\max}$) は、ガイドに基づき、米国NRCの基準類⁽⁶²⁾を参考に設定されているランキン渦モデルによる風速分布に基づいた以下の式を用いて算定する。

$$(dp/dt)_{\max} = (V_T/R_m) \cdot \Delta P_{\max} \quad (13)$$

第2.2.2.3-1表 設計竜巻の特性値

風速 V_D (m/s)	移動速度 V_T (m/s)	最大接線 風速 V_{Rm} (m/s)	最大接線 風速半径 R_m (m)	最大気圧 低下量 ΔP_{\max} (hPa)	最大気圧 低下率 $(dp/dt)_{\max}$ (hPa/s)
92	14	78	30	75	35

2.2.3 設計荷重の設定

2.2.3.1 設計竜巻荷重

設計竜巻により評価対象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。

(1) 風圧力の設定

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, 風圧力による荷重(W_w)を次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A \quad (14)$$

ここで,

W_w : 風圧力による荷重 (N)

q : 設計用速度圧 (N/m^2)

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 (m^2)

$$q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2 \quad (15)$$

ここで,

ρ : 空気密度 (kg/m^3)

V_D : 設計竜巻の最大風速 (m/s)

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脆弱と考えられる評価対象施設等が存在する場合には, フジタモデルの風速場により求まる鉛直方向の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。

(2) 気圧差による圧力

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施設及び評価対象施設を内包する施設の建物壁, 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評価対象施設等の内外の気圧差による圧力荷重が発生する。保守的に「閉じた施設」を想定し, 気圧差による荷重(W_p)を最大気圧低下量(ΔP_{max})を用いて次式のとおり算出する。

$$W_P = \Delta P_{\max} \cdot A \quad (16)$$

ここで、

W_P : 気圧差による荷重 (N)

ΔP_{\max} : 米国NRCの基準類を参考にして算出した最大気圧低下量 (N/m²)

A : 施設の受圧面積 (m²)

(3) 飛来物の衝撃荷重

a. 設計飛来物の設定

飛来物に係る現地調査結果及び「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（平成30年11月28日 原規技発第1812177号 原子力規制委員会決定）」に示されている設計飛来物の設定例を参照し設定する。

現地調査にて確認した発電所構内の常設物（マンホール蓋等）、仮設物（資機材等）及び二次飛来物（屋根等）、また、それらの飛散防止対策の可否、固定状況、過去の被害事例や代表性（運動エネルギー、貫通力）について検討した結果を、「別添2-1 添付資料3.3」に示す。

設計飛来物は、浮き上がりの有無、運動エネルギー、貫通力の大きさから、鋼製材を選定した。

また、竜巻防護対策設備である竜巻防護ネットを通過し得る可能性があり、鋼製材にて包含できないことから、砂利も設計飛来物とする。

飛来物の発生防止対策については、現地調査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、貫通力を考慮して、衝突時に建物等又は竜巻防護対策設備に与えるエネルギー又は貫通力が設計飛来物によるものより大きく、外部事象防護対象施設を防護できない可能性があるものは、浮き上がりや横滑りの有無を考慮した上で、固縛、固定又は外部事象防護対象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とする。

b. 設計飛来物の速度の設定

設計飛来物のうち鋼製材の最大水平速度 (mV_{Hmax}) 及び最大鉛直速度 (mV_{Vmax}) は、設計竜巻の最大風速92m/sにて、フジタモデルを適用した風速場の中での速度を包絡する「竜巻影響評価ガイド」の解説表4.1に示される値とする。設計飛来物のうち砂利の最大水平速度 (mV_{Hmax}) 及び最大鉛直速度 (mV_{Vmax}) は、設計竜巻の最大風速92m/sにて、フジタモデルを適用した風速場の中での速度を設定する。

島根原子力発電所における設計飛来物を第2.2.3.1-1表に示す。

第2.2.3.1-1 表 島根原子力発電所における設計飛来物

飛来物	砂利	鋼製材
寸法(m)	長さ×幅×奥行 0.04×0.04×0.04	長さ×幅×奥行 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)	36	34

c. 設計飛来物の衝突方向，衝突範囲および衝撃荷重の設定

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評価対象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。

なお，設計飛来物の衝突位置については，飛散高さによらず評価対象施設等のどの高さに対しても衝突を考慮する。

(4) 設計竜巻荷重の組み合わせ

評価対象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。

$$W_{T1} = W_p$$

$$W_{T2} = W_w + 0.5 \cdot W_p + W_m \quad (17)$$

なお，評価対象施設等には W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。

2.2.3.2 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重

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。

(1) 評価対象施設等に常時作用する荷重，運転時荷重

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

(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⁽³⁰⁾，積乱雲の発達時に竜巻と同時に発生する可能性がある自然現象は，雷，雪，ひょう及び降水である。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する必要はない。

a. 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は発生しない。

b. 雪

島根原子力発電所が立地する地域においては、冬期、竜巻が襲来する場合は竜巻通過前後に降雪を伴う可能性はあるが、上昇流の竜巻本体周辺では、竜巻通過時に雪は降らない。また、下降流の竜巻通過時や竜巻通過前に積もった雪の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。

c. ひょう

ひょうは積乱雲から降る直径5mm以上の氷の粒⁽⁶³⁾であり、仮に直径10cm程度の大型のひょうを想定した場合、その重量は約0.5kgとなる。10cm程度のひょうの終端速度は59m/s⁽⁶⁴⁾、運動エネルギーは約0.9kJ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。

d. 降水

竜巻と降水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。

(3) 設計基準事故時荷重

外部事象防護対象施設は、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、設計竜巻は原子炉冷却材喪失事故等の設計基準事故の起因とはならないことから、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、評価対象施設等のうち設計基準事故荷重が生じ、竜巻による風荷重等の影響を受ける屋外施設としては、海水ポンプ及びディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系））が考えられるが、設計基準事故時においても、運転時の系統内圧力及び温度と変わらないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、竜巻と設計基準事故時荷重の組み合わせは考慮しない。

2.2.4 評価対象施設等の設計方針

2.2.4.1 設計方針

評価対象施設等については、以下の設計方針のとおり、設計荷重に対してその構造健全性を維持する設計とする。評価対象施設等以外の外部事象防護対象施設については、竜巻及びその随件事象に対して機能維持する、若しくは、竜巻及びその随件事象による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間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、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

(1) 許容限界

建物・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
- ・ 日本産業規格
- ・ 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 J E A G 4601-1987（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）
- ・ 原子力エネルギー協会（NEI）の基準・指針類等

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。

- ・ 日本産業規格
- ・ 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 J E A G 4601-1987（日本電気協会）等

(2) 屋外施設（建物含む。）

屋外施設は、設計荷重に対して、安全機能が維持される設計とし、必要に応じて竜巻防護ネット、竜巻防護鋼板の設置等の防護対策を講じる方針とする。

なお、外殻となる施設による防護機能が期待できる屋内施設は、建物又は構築物による防護により、設計荷重に対して安全機能を損なわない方針とする。

- a. 海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレー補機海水ポンプ）（配管、弁を含む。）

海水ポンプは、風圧力による荷重、気圧差による荷重、海水ポンプに常時作用する荷重、運転時荷重に対して構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

また、設計飛来物（鋼製材）に対して竜巻防護ネット、竜巻防護鋼板の設置等

の防護対策を行う。

なお、竜巻防護ネットを通過する可能性のある設計飛来物（砂利）の衝突に対して、ポンプ、電動機等の部材を貫通しない厚さを確保し、安全機能を損なわない設計とする。

b. 海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ、高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ）

海水ストレーナは、風圧力による荷重、気圧差による荷重、海水ストレーナに常時作用する荷重、運転時荷重に対して構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

また、設計飛来物に対して竜巻防護鋼板の設置等の防護対策を行う。

c. 排気筒（非常用ガス処理系排気管を含む。）

排気筒（非常用ガス処理系排気管を含む。）は、設計飛来物（鋼製材）が衝突により貫通することを考慮しても、閉塞することはない、排気筒（非常用ガス処理系排気管を含む。）の排気機能が維持される設計とする。また、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する。さらに、排気筒（非常用ガス処理系排気管を含む。）は開かれた構造物であり気圧差荷重も作用しないことから、風圧力による荷重及び排気筒（非常用ガス処理系排気管を含む。）に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

また、排気筒（非常用ガス処理系排気管を含む。）は、設計飛来物（鋼製材）により部材が損傷した場合においても構造健全性が維持され、排気筒全体が倒壊しない設計とする。

d. 排気筒モニタ

排気筒モニタは、放射性気体廃棄物処理施設の破損の検出手段として期待している。外部事象を起因として放射性気体廃棄物処理施設の破損が発生することはないが、独立事象としての重畳の可能性を考慮し、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する。

e. ディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系））（配管、弁を含む。）

ディーゼル燃料移送ポンプは、風圧力による荷重、気圧差による荷重、ディーゼル燃料移送ポンプに常時作用している荷重及び運転時荷重に対して構造健全性が維持され安全機能を損なうことのない設計とする。

また、設計飛来物（鋼製材）に対して竜巻防護鋼板（穴あき）の設置等の防護対策を行う。

なお、竜巻防護鋼板（穴あき）を通過する可能性のある設計飛来物（砂利）の

衝突に対しては、設備の配置状況やディーゼル燃料移送ポンプに対する影響を考慮し、安全機能を損なわない設計とする。

- f. 原子炉建物，タービン建物，制御室建物，廃棄物処理建物，ディーゼル燃料貯蔵タンク室（A－非常用ディーゼル発電機（燃料移送系），高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系）），ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽（B－非常用ディーゼル発電機（燃料移送系））

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルについては、設計竜巻による気圧低下による開放及び設計飛来物の貫通により、原子炉建物の放射性物質の閉じ込め機能を損なう可能性があるが、竜巻防護ネットの設置による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の衝突及び気圧低下による開放後の開口部からの設計飛来物の侵入を防止する設計とするとともに、原子炉建物の放射性物質の閉じ込め機能に対しては、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、安全上支障のない期間に補修（再開止措置）を行うことで、安全機能を損なわない設計とする。

原子炉建物，タービン建物，制御室建物，廃棄物処理建物，ディーゼル燃料貯蔵タンク室，ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽は、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物等に設置される外部事象防護対象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物等に設置される外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

外殻となる施設による防護機能が期待できない施設に関する方針は(4)に示す。

- g. 排気筒モニタ室

排気筒モニタ室については、外部事象を起因として放射性気体廃棄物処理施設の破損が発生することはないが、独立事象としての重畳の可能性を考慮し、安全上支障のない期間に補修を行うことで、排気筒モニタの安全機能を損なわない設計とする。

(3) 屋内の施設で外気と繋がっている施設

屋内の施設で外気と繋がっている施設は、設計荷重に対して、安全機能が維持される設計とし、必要に応じて竜巻防護ネットの設置等の防護対策を講じる方針とする。

- a. 換気空調設備（原子炉棟換気系，中央制御室換気系，原子炉建物附属棟換気系）

換気空調設備は、各建物に内包されていることを考慮すると、風圧力による荷重は作用しない。換気空調設備の建物開口部は竜巻防護ネットの設置等の防護対

策を行うことを考慮すると、設計飛来物（鋼製材）による衝撃は作用しない。

気圧差による荷重に対して、換気空調設備の構造健全性が維持され安全機能を損なうことのない設計とする。

なお、設計飛来物（砂利）による衝突に対して、建物開口部の状況や換気空調設備に対する影響を考慮し、安全機能を損なわない設計とする。

b. 非常用ガス処理系配管

非常用ガス処理系配管は、原子炉建物及びタービン建物に内包されていることを考慮すると、風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重は作用しない。

気圧差による荷重に対して、非常用ガス処理系配管の構造健全性が維持され安全機能を損なうことのない設計とする。

(4) 外殻となる施設による防護機能が期待できない施設

外殻となる施設による防護機能が期待できない施設は、設計荷重に対して、安全機能が維持される設計とし、必要に応じて施設の補強等の防護対策を講じる方針とする。

原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネルが設計竜巻による気圧低下により開放されることを考慮し、原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル開放により発生する外壁開口部付近の外部事象防護対象施設のうち、設計竜巻荷重の影響を受ける可能性がある原子炉建物4階設置設備の 原子炉建物天井クレーン、燃料取替機、燃料プール、燃料プール冷却系配管及び弁、使用済燃料貯蔵ラック及び燃料集合体が安全機能を損なわない設計とする。

a. 原子炉建物1階 原子炉補機冷却水ポンプ、熱交換器、配管及び弁、原子炉建物2階 原子炉建物付属棟換気系、原子炉建物4階 原子炉建物天井クレーン、燃料取替機、燃料プール、燃料プール冷却系配管及び弁、使用済燃料貯蔵ラック、燃料集合体、廃棄物処理建物3階 中央制御室換気系等

原子炉補機冷却水ポンプ、原子炉補機冷却系熱交換器、原子炉補機冷却系配管及び弁、原子炉建物付属棟換気系、原子炉建物天井クレーン、燃料取替機、燃料プール、燃料プール冷却系配管及び弁、使用済燃料貯蔵ラック、燃料集合体、中央制御室換気系等は、設計飛来物の衝突により、開口部の開放又は開口部建具に貫通が発生することを考慮し、竜巻防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより、原子炉補機冷却水ポンプ、原子炉補機冷却系熱交換器、原子炉補機冷却系配管及び弁、原子炉建物付属棟換気系、原子炉建物天井クレーン、燃料取替機、燃料プール、燃料プール冷却系配管及び弁、使用済燃料貯蔵ラック、燃料集合体、中央制御室換気系等への設計飛来物の衝突を防止し、原子炉補機冷却水ポンプ、原子炉補機冷却系熱交換器、原子炉補機冷却系配管及び弁、原子炉建物付属棟換気系、原子炉建物天井クレーン、燃料取替機、燃料プール、燃料プール冷却系配管及び弁、使用済燃料貯蔵ラック、燃料集合体、中央制御室換気系等

の構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

なお、原子炉建物天井クレーン及び燃料取替機については、竜巻の襲来が予想される場合には、燃料取扱作業を中止し、燃料プール、燃料プール冷却系配管及び弁、使用済燃料貯蔵ラック及び燃料集合体に影響を及ぼさない待機位置への退避措置を行う。

(5) 外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る評価対象施設

外部事象防護対象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外部事象防護対象施設に影響を及ぼさないよう、施設又は運用による竜巻防護対策を実施することにより、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

a. 1号炉排気筒

1号炉排気筒は、風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重に対して、倒壊により外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼさない設計とする。

b. 1号炉原子炉建物，1号炉タービン建物，1号炉廃棄物処理建物，排気筒モニタ室

1号炉原子炉建物，1号炉タービン建物，1号炉廃棄物処理建物及び排気筒モニタ室は、風圧力による荷重，気圧差による荷重，設計飛来物による衝撃荷重に対して、倒壊により外部事象防護対象施設へ波及的影響を及ぼさない設計とする。

c. 排気管（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の付属施設），排気消音器（非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の付属施設），ベント管（ディーゼル燃料貯蔵タンク，ディーゼル燃料デイトンク及び潤滑油サンプタンクの付属施設）

排気管，排気消音器，ベント管は設計飛来物である鋼製材の衝突を考慮して、安全上支障のない期間での補修が可能な設計とすることにより、非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機に波及的影響を及ぼさない設計とする。また、風圧力による荷重及び気圧差による荷重に対して、構造健全性を維持し安全機能を損なわない設計とする。

2.2.5 竜巻随件事象に対する評価対象施設の設計方針

(1) 竜巻に伴い発生が想定される事象の抽出

竜巻随件事象は、過去の竜巻被害状況及び島根原子力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、外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。（別添2-1

1 (1.5 竜巻随件事象に対する評価))

(2) 火災

竜巻随伴事象として、竜巻による飛来物が建物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。

建物内については、飛来物が侵入する場合でも、建物開口部付近には、発電用原子炉施設の安全機能を損なわせる可能性がある発火性又は引火性物質を内包する機器は配置されておらず、また、外部事象防護対象施設を設置している区画の開口部には竜巻防護ネット設置等の竜巻防護対策を行うことを考慮すると飛来物が到達することはないことから、設計竜巻により建物内に火災が発生することはなく、建物内の外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない。

建物外については、屋外にある危険物タンク等からの火災がある。火災源と外部事象防護対象施設の位置関係を踏まえて火災の影響を評価した上で、外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とすることを「2.4.3 外部火災に対する設計方針」に記載する。

以上より、竜巻による火災により外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

(3) 溢水

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

外部事象防護対象施設を内包する建物内については、飛来物が侵入する場合でも、建物開口部付近に飛来物が衝突して発電用原子炉施設の安全機能を損なう可能性がある溢水源が配置されておらず、また、外部事象防護対象施設を設置している建物の開口部には、竜巻防護ネット設置等の竜巻防護対策を行うことを考慮すると、飛来物が到達することはないことから、設計竜巻により建物内に溢水が発生することはなく、建物内の外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない。

建物外については、「第9条:溢水による損傷の防止等」にて、地震時の屋外タンク等の破損を想定し、地震起因の溢水が安全系機器に影響を及ぼさない設計としており、竜巻による飛来物で屋外タンク等が損傷して発生する溢水に対しては、上記に包絡されることから、外部事象防護対象施設の安全機能維持に影響を与えることはない。

以上より、竜巻による溢水により外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

(4) 外部電源喪失

設計竜巻、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、設計竜巻に対して非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の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外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

2.2.6 参考文献

- (1) 井上博登, 福西史郎, 鈴木哲夫, 2013: 原子力発電所の竜巻影響評価ガイド(案) 及び解説, 独立行政法人原子力安全基盤機構, JNES-RE-2013-9009.
- (2) 気象庁 竜巻等の突風データベース
(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/tornado/index.html>)
- (3) Bluestein, H. B., 2013: Severe Convective Storms and Tornadoes. Springer, 456 pp.
- (4) Brady, R. H., and E. J. Szoke, 1989: A case study of nonmesocyclone tornado development in northeast Colorado: similarities to waterspout formation. *Mon. Wea. Rev.*, 843-856.
- (5) Browning, K. A., 1964: Airflow and precipitation trajectories within severe local storms which travel to the right of the winds. *J. Atmos. Sci.*, 21, 634-639.
- (6) Bunkers, M. J., B. A. Klimowski, J. W. Zeitler, R. L. Thompson, and M. L. Weisman, 2000: Predicting supercell motion using a new hodograph technique. *Wea. Forecasting*, 15, 61-79.
- (7) Burgess, D. W., M. A. Magsig, J. Wurman, D. C. Dowell, and Y. Richardson, 2002: Radar observations of the 3 May 1999 Oklahoma City tornado. *Wea. Forecasting*, 17, 456-471.
- (8) Chuda, T., and H. Niino, 2005: Climatology of environmental parameters for mesoscale convections in Japan. *J. Meteor. Soc. Japan*, 83, 391-408.
- (9) Davies, J. M., 1993: Hourly helicity, instability, and EHI in forecasting supercell tornadoes. 17th Conf. on Severe Local Storms, St. Louis, MO, Amer. Meteor. Soc., 107-111.
- (10) Davis-Jones, R., D. Burgess, and M. Foster, 1990: Test of helicity as a tornado forecast parameter. 16th Conf. on Severe Local Storms, Kananaskis Park, AB., Canada, Amer. Meteor. Soc., 588-592.
- (11) Doswell III, C. A., and J. S. Evans, 2003: Proximity sounding analysis for derechos and supercells: an assessment of similarities and differences. *Atmos. Res.*, 67-68, 117-133.
- (12) Dotzek, N., M. V. Kurgansky, J. Grieser, B. Feuerstein, and P. Nevir, 2005: Observational evidence for exponential tornado intensity distributions over specific kinetic energy. *Geophys. Res. Letters*, 32, L24813, doi:10.1029/2005GL024583.
- (13) Fujita, T. T., 1981: Tornadoes and downbursts in the context of generalized planetary scales. *J. Atmos. Sci.*, 38, 1511-1534.
- (14) Klemp, J. B., and R. B. Wilhelmson, 1978: Simulations of right- and left-moving storms produced through storm splitting. *J. Atmos. Sci.*, 35, 1097-1110.

- (15) Lee, B. D., and R. B. Wilhelmson, 1997: The numerical simulation of nonsupercell tornadogenesis. Part II: Evolution of a family of tornadoes along a weak outflow boundary. *J. Atmos. Sci.*, 54, 2387-2415.
- (16) Mashiko, W., H. Niino, and T. Kato, 2009: Numerical simulation of tornadogenesis in an outer-rainband minisupercell of typhoon Shanshan on 17 September 2006. *Mon. Wea. Rev.*, 137, 4238-4260.
- (17) Moncrieff, M., and M. J. Miller, 1976: The dynamics and simulation of tropical cumulonimbus and squall lines. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 102, 373-394.
- (18) Noda, A. T., and H. Niino, 2010: A numerical investigation of a supercell tornado: Genesis and vorticity budget. *J. Meteor. Soc. Japan*, 88, 135-159.
- (19) Onogi, K., J. Tsutsui, H. Koide, M. Sakamoto, S. Kobayashi, H. Hatsushika, T. Matsumoto, N. Yamazaki, H. Kamahori, K. Takahashi, S. Kadokura, K. Wada, K. Kato, R. Oyama, T. Ose, N. Mannoji and R. Taira, 2007: The JRA-25 Reanalysis. *J. Meteor. Soc. Japan*, 85, 369-432.
- (20) Orlanski, I., 1975: A rational subdivision of scales for atmospheric processes. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 56, 527-530.
- (21) Rasmussen, E. N., 2003: Refined supercell and tornado forecast parameters. *Wea. Forecasting*, 18, 530-535.
- (22) Rasmussen, E. N., and D. Blanchard, 1998: A baseline climatology of sounding-derived supercell and tornado forecast parameters. *Wea. Forecasting*, 13, 1148-1164.
- (23) 櫻井溪太, 川村隆一, 2008: 日本における竜巻発生環境場と予測可能性. *天気*, 55, 7-22.
- (24) Roberts, R. D., and J. W. Wilson, 1995: The genesis of three nonsupercell tornadoes observed with dual-Doppler radar. *Mon. Wea. Rev.*, 123, 3408-3436.
- (25) Rotunno, R., and J. Klemp, 1985: On the rotation and propagation of simulated supercell thunderstorms. *J. Atmos. Sci.*, 42, 271-292.
- (26) Suzuki, O, H. Niino, H. Ohno, and H. Nirasawa, 2000: Tornado-producing mini supercells associated with Typhoon 9019. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 1868-1882.
- (27) Trapp, R. J., 2013: *Mesoscale-Convective Processes in the Atmosphere*. Cambridge, 346 pp.
- (28) Wakimoto, R. M., and J. W. Wilson, 1989: Non-supercell tornadoes. *Mon. Wea. Rev.*, 117, 1113-1140.
- (29) 飯塚義浩, 加治屋秋実, 2011: 数値予報資料から求めた竜巻に関連する大気環境指数の統計的検証. *天気*, 58, 19-30.
- (30) 大野久雄, 2001: 雷雨とメソ気象. 東京堂出版, pp. 309.
- (31) 加藤輝之, 2008a: 竜巻発生環境場に関する研究 (I) - 竜巻をもたらす発生環境に関する統計的研究 -, 平成19年度科学技術振興調整費 重要政策課題への機

動的対応の推進, 6-12.

- (32) 加藤輝之, 2008b: スーパーセルに伴う竜巻の発生機構の研究 (Ⅲ) -2006年の佐呂間竜巻に対する解析-, 平成19年度科学技術振興調整費 重要政策課題への機動的対応の推進, 39-44.
- (33) 杉本聡一郎, 野原大輔, 平口博丸, 2014: 国内既往最大規模の竜巻を対象とした発生頻度の地域性について, 第11 回学術講演会要旨集, 日本保全学会, 395-402.
- (34) 杉本聡一郎, 野原大輔, 平口博丸, 2014: 突風関連指数を用いた大きな竜巻の発生環境場の地域性に関する検討, 日本気象学会2014年度春季大会講演予稿集, 420.
- (35) 杉本聡一郎, 野原大輔, 平口博丸, 2016: 突風関連指数の長期再解析にもとづくスーパーセル型竜巻発生地域気候特性, 電力中央研究所報告, 015007, 22pp.
- (36) 瀧下洋一, 2011: 竜巻発生確度ナウキャスト・竜巻注意情報について-突風に関する防災気象情報の改善-. 測候時報, 78, 57-93.
- (37) 新野 宏, 2007: 竜巻, 天気, 54, 933-936.
- (38) 橋本篤, 平口博丸, 豊田康嗣, 中屋耕, 2011: 温暖化に伴う日本の気候変化予測 (その1) -気象予測・解析システムNuWFASの長期気候予測への適用性評価-. 電力中央研究所報告 N10044, 22pp.
- (39) 橋本篤, 平口博丸, 田村英寿, 服部康男, 松梨史郎, 2013: 領域気候モデルを用いた過去53年間の気象・気候再現. 電力中央研究所報告, N13004, 18 pp.
- (40) 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.
- (41) 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.
- (42) 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.
- (43) Forbes GS (1998) Topographic influences on tornadoes in Pennsylvania. 19th Conf. on Severe Local Storms, Amer. Meteor. Soc., Minneapolis, MN, 269-272.
- (44) Karstens C. D., 2012: Observations and laboratory simulations of tornadoes in complex topographical regions. Graduate theses and dissertations of Iowa state Univ., paper 12778.
- (45) 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.
- (46) Church, C. R., 1993: The tornado: Its structure, dynamics, prediction and hazards. Geophysical Monograph, Vol. 79, American Geophysical Union.
- (47) 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.
- (48) James R. Holton (1992) An Introduction to Dynamic Meteorology, pp.511.
- (49) 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.
- (50) 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.
- (51) 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.
- (52) 日本建築学会, 2004: 建築物荷重指針・同解説. 丸善出版, 651pp.
- (53) Dessens, J., Jr. (1972) Influence of ground roughness on tornadoes : A Laboratory Simulation. J. Appl. Meteor., 11, 72-75.
- (54) Leslie, F. W., 1977: Surface roughness effects on suction vortex formation. J. Atmos. Sci., 34, 1022-1027.
- (55) 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.
- (56) Lewellen, D. C., B. Gong, W. S. Lewellen, 2008: Effects of finescale debris on near-surface tornado dynamics. J. Atmos. Sci., 65, 3247-3262.
- (57) 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.
- (58) Maruyama, T. (2011) Simulation of flying debris using a numerically generated tornado-like vortex. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 99, 249-256.
- (59) Lewellen, D. C., and W. S. Lewellen (2007) Near-surface intensification of tornado vortices. J. Atmos. Sci., 64, 2176-2194.
- (60) 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.
- (61) Fujita, T. T., Workbook of tornadoes and high winds for engineering applications, U.Chicago, 1978.
- (62) U. S. NUCLEAR REGULATORY COMMISSION : REGULATORY GUIDE 1.76, DESIGN-BASIS TORNADO AND TORNADO MISSILES FOR NUCLEAR POWER PLANTS, Revision 1, March 2007
- (63) 気象庁ホームページ (http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/kousui.html)
- (64) 一般気象学 小倉義光, 東京大学出版社

2.3 火山

2.3.1 火山活動に対する防護に関して、評価対象施設を抽出するための方針

降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

外部事象防護対象施設のうち、屋内設備は外殻となる建物により防護する設計とし、評価対象施設を、建物、屋外に設置されている施設、降下火砕物を含む海水の流路となる施設、降下火砕物を含む空気の流路となる施設、外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設に分類し、抽出する。また、評価対象施設及び外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設を評価対象施設等という。

なお、外部事象防護対象施設に含まれない構築物、系統及び機器は、降下火砕物により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

(1) 建物

- ・原子炉建物
- ・タービン建物
- ・制御室建物
- ・廃棄物処理建物
- ・排気筒モニタ室

(2) 屋外に設置されている施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・ディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系））
- ・排気筒
- ・非常用ガス処理系排気管
- ・排気筒モニタ

(3) 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ、高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ）及び下流設備

(4) 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機
- ・非常用ディーゼル発電機吸気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸

気系

- ・換気空調設備（中央制御室換気系，原子炉建物付属棟換気系）
- ・排気筒
- ・非常用ガス処理系排気管
- ・ディーゼル燃料移送ポンプ（A，B－非常用ディーゼル発電機（燃料移送系），
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系））
- ・排気筒モニタ

(5) 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

- ・計測制御系統施設（安全保護系盤）
- ・計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）
- ・非常用所内電源設備（所内低圧系統）

(6) 降下火砕物の影響を受ける施設であって，その停止等により，外部事象防護
対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設

- ・非常用ディーゼル発電機吸気系（給気口）
- ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音
器及び排気管
- ・取水設備（除じん装置）

また，上記以外の安全施設については，降下火砕物に対して機能維持すること，
若しくは，降下火砕物による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保
すること，安全上支障のない期間に除灰，修復等の対応，又は，それらを適切に
組み合わせることで，その安全機能を損なわない設計とする。

2.3.2 降下火砕物による影響の選定

(1) 設計条件に用いる降下火砕物の物性値及び特徴

a. 降下火砕物の設計条件

発電所敷地からの位置関係，過去の噴火規模を考慮し設定した評価対象火山
さんべさん だいこんじま もりたやま めんがめやま ほうじょうはちまん かわもと まきはら こおげ
（三瓶山，大根島，シゲグリ，森田山，女亀山，北条八幡，川本，槇原，郡家，
さぼう おおや とどろき かみさの めさか わくらやま だいせん くらよし おきどうご みかたかざんぐん
佐坊，大屋・轟，上佐野・目坂，和久羅山，大山，倉吉，隠岐島後，美方火山群，
かんなべかざんぐん うつりょうとう
神鍋火山群，鬱陵島等）について，文献，既往解析結果の知見及び降下火砕物
シミュレーションを用い検討した。

想定する降下火砕物堆積量は，敷地周辺の層厚等を考慮し，56cmと設定する。
なお，鉛直荷重については，湿潤状態の降下火砕物に，建築基準法の考え方を
参考とし設計基準積雪深（100cm）に係数0.35を考慮した値を踏まえ設定する。

粒径及び密度については，文献調査の結果を踏まえ，粒径4.0mm以下，密度0.7
g/cm³（乾燥状態），1.5g/cm³（湿潤状態）と設定する。

以上の結果から、設計条件の設定として、発電所の運用期間中において発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として、層厚56cm、粒径4.0mm以下、密度0.7～1.5g/cm³の降下火砕物を設定する。

b. 降下火砕物による影響の選定

降下火砕物の特徴及び評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して、降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）とそれ以外の影響（以下「間接的影響」という。）として選定する。

c. 降下火砕物の特徴

各種文献の調査結果より、降下火砕物は以下の特徴を有する。

- ① 火山ガラス片、鉱物結晶片から成る⁽¹⁾。ただし、火山ガラス片は砂よりもろく硬度は低く⁽²⁾、主要な鉱物結晶片の硬度は砂同等またはそれ以下である⁽³⁾⁽⁴⁾。
- ② 硫酸等を含む腐食性のガス（以下「腐食性ガス」という。）が付着している⁽¹⁾。ただし、金属腐食研究の結果より、直ちに金属腐食を生じさせることはない⁽⁵⁾。
- ③ 水に濡れると導電性を生じる⁽¹⁾。
- ④ 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する⁽¹⁾。
- ⑤ 降下火砕物粒子の融点は約1,000℃であり、一般的な砂に比べ低い⁽¹⁾。

(2) 評価対象施設等の安全機能に及ぼす影響

a. 直接的影響

降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を設定した上で、外気吸入の有無等の特徴を踏まえ、直接的影響の主な因子として、構造物への静的負荷及び粒子の衝突、化学的影響（腐食）、水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）、換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞、摩耗）、化学的影響（腐食）、発電所周辺の大気汚染並びに盤の絶縁低下を選定する。

① 荷重

「荷重」について考慮すべき影響因子は、屋外設備及び建物の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」、並びに屋外設備及び建物に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。なお、粒子の衝突による影響については、「2.2 竜巻」の「2.2.3 設計荷重の設定」に包絡される。

② 閉塞

「閉塞」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路の狹隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」、並びに降下火砕物を含む空気が機

器の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系，電気系及び計装制御系の機械的影響（閉塞）」である。

③ 摩耗

「摩耗」について考慮すべき影響因子は，降下火砕物を含む海水が流路に接触することにより配管等を摩耗させる「水循環系の内部における摩耗」，並びに降下火砕物を含む空気が動的機器の摺動部に侵入し摩耗させる「換気系，電気系及び計装制御系の機械的影響（摩耗）」である。

④ 腐食

「腐食」について考慮すべき影響因子は，降下火砕物に付着した腐食性ガスにより屋外設備及び建物の外面を腐食させる「構造物への化学的影響（腐食）」，換気系，電気系及び計装制御系において降下火砕物を含む空気の流路等を腐食させる「換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）」，並びに海水に溶出した腐食性成分により海水管等を腐食させる「水循環系の化学的影響（腐食）」である。

⑤ 大気汚染

「大気汚染」について考慮すべき影響因子は，降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室内に侵入することによる居住性の劣化，降下火砕物の除去，屋外設備の点検等，屋外における作業環境を劣化させる「発電所周辺の大気汚染」である。

⑥ 水質汚染

「水質汚染」については，給水等に使用する渓流水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが，島根原子力発電所では給水処理設備により水処理した給水を使用しており，また水質管理を行っていることから，プラントの安全機能に影響しない。

補足資料-18において，島根原子力発電所2号炉で使用する淡水源は渓流水であるが，外部事象防護対象施設においては，降下火砕物襲来時に補給等が必要ないことを水源の概略系統図にて示す。

⑦ 絶縁低下

「絶縁低下」について考慮すべき影響因子は，湿った降下火砕物が，電気系及び計装制御系絶縁部に導電性を生じさせることによる盤の「絶縁低下」である。

降下火砕物が影響を与える評価対象施設等と影響因子の組み合わせを検討した結果を第2.3.2-1表に示す。

第 2.3.2-1 表 降下火砕物が影響を与える評価対象施設等と影響因子の組合せ

影響因子 評価対象施設等	構造物への 静的負荷	構造物への 化学的影響 (腐食)	水循環系の 閉塞, 摩擦	水循環系の 化学的影響 (腐食)	換気系, 電気系及び計 装制御系に対する機 械的影響(閉塞, 摩擦)	換気系, 電気系及び計 装制御系に対する化 学的影響(腐食)	発電所周辺の 大気汚染	絶縁低下
原子炉建物, 制御室建物, タ ービン建物, 廃棄物処理建 物, 排気筒モニタ室	●	●	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)
海水ポンプ(原子炉補機海水 ポンプ, 高圧炉心スプレイ補 機海水ポンプ)	●	●	● ポンプ	● ポンプ	● モータ	● モータ	— (③)	— (③)
非常用ディーゼル発電機及び高 圧炉心スプレイ系ディーゼル発 電機(機関, 吸気系, 排気消音 器及び排気管)	●	●	— (③)	— (③)	●	●	— (③)	— (③)
ディーゼル燃料移送ポンプ	— (①)	●	— (③)	— (③)	●	●	— (③)	— (③)
換気空調設備	— (①)	— (②)	— (③)	— (③)	●	●	●	— (③)
排気筒及び非常用ガス処理 系排気管	— (①)	●	— (③)	— (③)	●	— (③)	— (③)	— (③)
海水ストレーナ(原子炉補機海 水ストレーナ, 高圧炉心スプレ イ補機海水ストレーナ)	— (①)	— (①)	● (下流設備 を含む)	● (下流設備 を含む)	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)
取水設備(除じん装置)	— (③)	— (②)	●	●	— (③)	— (③)	— (③)	— (③)
計測制御系施設(安全保護系盤), 計測制御用電源設備(計装用無停電 電源設備)及び非常用所内電源設備 (所内低圧系統)	— (①)(屋内)	— (①)	— (③)	— (③)	— (③)	●	— (③)	●
排気筒モニタ	— (①)	●	— (③)	— (③)	●	— (③)	— (③)	— (③)

●：詳細な評価が必要な設備

—：評価対象外 () 内数値は理由

【評価除外理由】

①：静的荷重等の影響を受けにくい構造(屋内設備の場合含む)

②：腐食があっても, 機能に有意な影響を受けにくい

③：影響因子と直接関連しない

b. 間接的影響

降下火砕物によって島根原子力発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」、並びに降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。

2.3.3 設計荷重の設定

設計荷重は、以下のとおり設定する。

a. 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重

評価対象施設等に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。

b. 設計基準事故時荷重

外部事象防護対象施設は、降下火砕物によって安全機能を損なわない設計とするため、設計基準事故とは独立事象である。

また、評価対象施設等のうち設計基準事故時荷重が生じる屋外設備としては、海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）及びディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系））が考えられるが、設計基準事故時においても、通常運転時の系統内圧力及び温度と変わらないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、設計基準事故時荷重と降下火砕物との組み合わせは考慮しない。

c. その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み合わせ

降下火砕物と組み合わせを考慮すべき火山以外の自然現象は、荷重の影響において風（台風）及び積雪であり、降下火砕物の荷重と適切に組み合わせる。

2.3.4 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針

直接的影響については、評価対象施設等の構造や設置状況等（形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等）を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各評価対象施設等が安全機能を損なわない以下の設計とする。

(1) 降下火砕物による荷重に対する設計

a. 構造物への静的負荷

評価対象施設等のうち、構造物への静的負荷を考慮すべき屋外設備及び建物は以下である。

(a) 建物

- ・原子炉建物
- ・タービン建物
- ・制御室建物

- ・廃棄物処理建物
 - ・排気筒モニタ室
- (b) 屋外に設置されている施設
- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ， 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- (c) 降下火砕物の影響を受ける施設であって， その停止等により， 外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設
- ・非常用ディーゼル発電機吸気系（給気口）
 - ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器及び排気管

これら屋外設備及び建物は， 降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより， 構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。若しくは， 降下火砕物が堆積しにくい又は直接堆積しない構造とすることで， 外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

なお， 建物の評価は， 建築基準法における積雪の荷重の考え方に準拠し， 降下火砕物の除去を適切に行うことから， 降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とし， 建築基準法による短期許容応力度を許容限界とする。

また， 建物を除く評価対象施設等においては， 許容応力を「日本産業規格」， 「日本機械学会の基準・指針類」及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）」に準拠する。

【個別評価 - 1, 2, 3, 10】

b. 粒子の衝突

粒子の衝突による影響については， 「2.2 竜巻」の「2.2.3 設計荷重の設定」に包絡される。

(2) 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計

外気取入口からの降下火砕物の侵入に対して， 以下のとおり安全機能を損なわない設計とする。

a. 機械的影響（閉塞）

評価対象施設等のうち， 機械的影響（閉塞）を考慮すべき降下火砕物を含む空気の流路となる設備は以下である。また， これら設備は降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

- (a) 降下火砕物を含む空気の流路となる施設
- ・ディーゼル燃料移送ポンプ
 - ・換気空調設備
 - ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機
 - ・非常用ディーゼル発電機吸気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気系

- ・排気筒
- ・非常用ガス処理系排気管
- ・排気筒モニタ

ディーゼル燃料移送ポンプは、軸貫通部に対してメカニカルシール等を用いて潤滑剤や内部流体の漏えいがないよう適切に管理することで、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

換気空調設備（中央制御室換気系、原子炉建物付属棟換気系）は、外気取入口に、ルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、また空気の流路にフィルタを設置することで、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は、給気フィルタの上流側の外気取入口には、フード又はルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、給気消音器にフィルタ（粒径約1～5 μ mに対して80%以上を捕獲する性能）を設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、また、降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。なお、フィルタを通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

排気筒は、排気筒の排気速度から排気流路が閉塞しない設計とする。

非常用ガス処理系排気管は、開口部の配管形状を降下火砕物が侵入しにくい構造とすることにより、閉塞しない設計とする。

排気筒モニタのサンプリング配管の計測口は、排気筒内部に設置するとともに下方から吸い込む構造とすることにより、閉塞しない設計とする。

【個別評価 - 3, 4, 5, 6, 10】

b. 機械的影響（摩耗）

評価対象施設等のうち、機械的影響（摩耗）を考慮すべき降下火砕物を含む空気の流路となる設備は以下である。

(a) 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

- ・ディーゼル燃料移送ポンプ
- ・換気空調設備
- ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機
- ・非常用ディーゼル発電機吸気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気系

ディーゼル燃料移送ポンプは、軸貫通部に対してメカニカルシール等を用いて潤滑剤や内部流体の漏えいがないよう適切に管理することで、降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

換気空調設備、非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機については、主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さく、かつ構造上の対応として、外気取入口には、フード又はルーバが取り付けられており、下方から吸い込む構造であること、また空気の流路にそれぞれフィルタを設置することで、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とし、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。仮に当該設備の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐摩耗性のある材料を使用することで、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

【個別評価 - 3, 4, 5】

c. 化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、化学的影響（腐食）を考慮すべき降下火砕物を含む空気の流路となる設備は以下である。

(a) 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

- ・ディーゼル燃料移送ポンプ
- ・換気空調設備（外気取入口）
- ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機
- ・非常用ディーゼル発電機吸気系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気系

金属腐食研究の結果⁽⁵⁾より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないことから、金属材料を用いること等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

【個別評価 - 3, 4, 5】

d. 大気汚染（発電所周辺の大気汚染）

大気汚染を考慮すべき中央制御室は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が、中央制御室換気系の外気取入口を通じて中央制御室に侵入しないようバグフィルタを設置することにより、降下火砕物が外気取入口に到達した場合であってもフィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とする。

また、中央制御室換気系については、給気隔離弁の閉止及び系統隔離運転モードを可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止すること、さらに外気取入遮断時において室内の居住性を確保するため、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価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。

【個別評価 - 5】

e. 電気系及び計装制御系の絶縁低下及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、絶縁低下及び化学的影響（腐食）を考慮すべき外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する設備は以下である。

(a) 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

- ・計測制御系統施設（安全保護系盤）
- ・計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）
- ・非常用所内電源設備（所内低圧系統）

当該機器の設置場所は、原子炉建物付属棟換気系、中央制御室換気系、原子炉棟換気系により、空調管理されており、本換気空調設備の外気取入口には、フィルタを設置していることから、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。

また、中央制御室換気系については、給気隔離弁を閉止し系統隔離運転モードを行うことにより侵入を阻止することも可能である。

バグフィルタの設置により降下火砕物の侵入に対する高い防護性能を有すること、また給気隔離弁の閉止による侵入防止が可能な設計とすることにより、降下火砕物の付着に伴う絶縁低下及び化学的影響（腐食）による影響を防止し、計測制御系統施設（安全保護系盤）、計測制御用電源設備（計装用無停電電源設備）、非常用所内電源設備（所内低圧系統）の安全機能を損なわない設計とする。

【個別評価 - 9】

(3) 屋外及び海水の流路となる評価対象施設等に関する降下火砕物が及ぼす影響に対する設計

a. 構造物への化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、構造物への化学的影響（腐食）を考慮すべき屋外設備及び建物は以下である。

(a) 建物

- ・原子炉建物
- ・タービン建物
- ・制御室建物
- ・廃棄物処理建物
- ・排気筒モニタ室

(b) 屋外に設置されている施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・ディーゼル燃料移送ポンプ（A-非常用ディーゼル発電機（燃料移送系）、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（燃料移送系））
- ・排気筒
- ・非常用ガス処理系排気管
- ・排気筒モニタ

(c) 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設

- ・非常用ディーゼル発電機吸気系（給気口）
- ・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器及び排気管

金属腐食研究の結果⁽⁵⁾より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、外装の塗装等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

【個別評価 - 1, 2, 3, 4, 6, 10】

b. 水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）

(b-1) 水循環系の閉塞について

評価対象施設等のうち、水循環系の閉塞を考慮すべき降下火砕物を含む海水の流路となる設備は以下である。

i 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ、高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ）及び下流設備

ii 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設

- ・取水設備（除じん装置）

海水ポンプについては、降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはなく、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける設計とするとともに、ポンプ軸受部が閉塞しない設計とする。

海水ストレーナ及び下流設備並びに取水設備（除じん装置）については、降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはなく、また、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設ける又は差圧の確認が可能な設計とする。

【個別評価 - 2, 7, 8】

(b-2) 水循環系の内部における摩耗について

評価対象施設等のうち、水循環系の内部における摩耗を考慮すべき降下火砕物を含む海水の流路となる設備は以下である。

i 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ、高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ）及び下流設備

- ii 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設

- ・取水設備（除じん装置）

主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、設備に与える影響は小さく、また、当該設備については、定期的な内部点検及び日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

また、水循環系において最も摩耗の影響を受けやすい箇所はライニングが施されていない各熱交換器の伝熱管と考えられるが、発電所の運用期間中において海水取水中に含まれる砂等の摩耗によるトラブルは発生していないこと、及び主要な降下火砕物は砂と同等または砂より硬度が低くもろいことから、降下火砕物による摩耗が設備に影響を与える可能性はない。

【個別評価 - 2, 7, 8】

(b-3) 水循環系の化学的影響（腐食）について

評価対象施設等のうち、水循環系の化学的影響（腐食）を考慮すべき降下火砕物を含む海水の流路となる設備は以下である。

- i 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）
- ・海水ストレーナ（原子炉補機海水ストレーナ、高圧炉心スプレイ補機海水ストレーナ）及び下流設備

- ii 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設

- ・取水設備（除じん装置）

金属腐食研究の結果⁽⁵⁾より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

【個別評価 - 2, 7, 8】

c. 電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）及び化学的影響（腐食）を考慮すべき設備は以下である。

- (a) 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

- ・ディーゼル燃料移送ポンプ（電動機）
- ・海水ポンプ（原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ）（電動機）

ディーゼル燃料移送ポンプ（電動機）は，降下火砕物が侵入しにくい構造とすることで，降下火砕物による機械的影響（閉塞・摩耗）及び化学的影響（腐食）により安全機能を損なわない設計とする。

機械的影響（閉塞）については，海水ポンプ（電動機）本体は外気と遮断された全閉構造であり，空気冷却器冷却管の冷却管内径及び冷却流路は降下火砕物粒径以上の幅を設ける構造とすることで，閉塞しない設計とする。

化学的影響（腐食）については，金属腐食研究の結果⁽⁵⁾より，降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食は生じないが，耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって，短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお，降灰後の長期的な腐食の影響については，日常保守管理等により，状況に応じて補修が可能な設計とする。

【個別評価 - 2, 4】

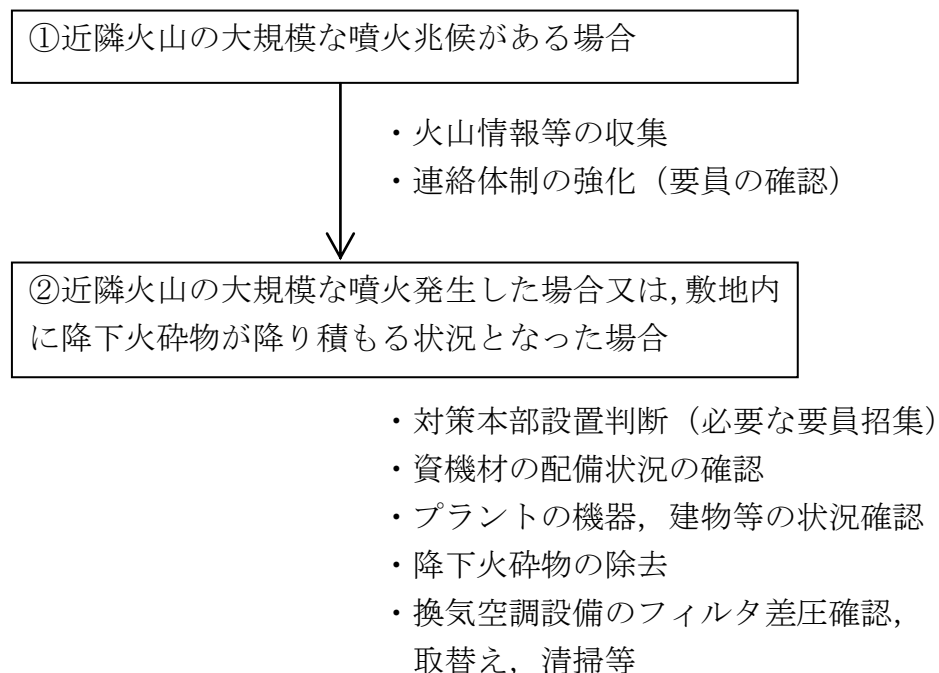
(4) 運用

評価対象施設等に、長期にわたり静的荷重がかかることや化学的影響（腐食）が発生することを避け、安全機能を維持するために、降下火砕物の降灰時の除灰等の対応を適切に実施する方針とする。

以下に降下火砕物の降灰時の除灰等の対応手順を示す。

- a. 降灰が確認された場合には、屋外設備や建物等に長期間降下火砕物の荷重をかけ続けられないこと、また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために、評価対象施設等に堆積した降下火砕物の除灰を適切に実施する手順を定める。
- b. 降灰が確認された場合には、状況に応じて給気隔離弁の閉止、換気空調設備の停止又は系統隔離運転モードにより、建物内への降下火砕物の侵入を防止する手順を定める。
- c. 降灰が確認された場合には、換気空調設備の外気取入口のフィルタについて、フィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて取替え又は清掃を実施する手順を定める。

また、降下火砕物に備え、手順を整備し、第2.3.4-1図のフローのとおり段階的に対応することとしている。



第2.3.4-1図 降下火砕物に対応するための運用管理フロー

2.3.5 降下火砕物による間接的影響に対する設計方針

降下火砕物による間接的影響として考慮する、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象

が生じた場合については、降下火砕物に対して非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の安全機能を維持することで、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却、並びに燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

2.3.6 参考文献

- (1) (内閣府) 広域的な火山防災対策に係る検討会 (第3回) (資料2)
- (2) 「シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状」武若耕司, コンクリート工学, vol. 42, 2004
- (3) 「新編火山灰アトラス[日本列島とその周辺]. 第2刷」町田洋ほか, 東京大学出版会, 2011
- (4) 「理科年表 (2017)」国立天文台編
- (5) 「火山環境における金属材料の腐食」出雲茂人, 末吉秀一ほか, 防食技術Vol. 39, 1990

2.4 外部火災

2.4.1 外部火災に対して、設計上対処すべき施設を抽出するための方針

(1) 防護対象施設の抽出

安全施設に対して、外部火災の影響を受けた場合、発電用原子炉の安全性を確保するために必要な設計上の要求機能を喪失し、安全性の確保が困難となるおそれがあることから、安全機能を有する設備について外部火災に係る防護対象施設とする。

外部火災によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

(2) 外部火災による影響評価が必要となる施設の選定

外部事象防護対象施設のうち、外部火災の影響を受ける評価対象施設については、評価ガイドに基づき、建物の外側（コンクリート、鋼、扉、貫通部で形成される障壁）の熱影響に対する耐性評価を実施する。選定フロー（別添4-1添付資料1 第3-1図）に基づき抽出した施設のうち、屋内設置の外部事象防護対象施設については、内包する建物により防護するとし、評価対象施設として抽出された建物側面のコンクリート壁の温度評価を実施し、建物内の外部事象防護対象施設に影響を及ぼさないことを確認する。また、屋外の評価対象施設については、各機器について熱影響評価を実施する。

防護対象及びその防護方法を第2.4.1-1表に、火災防護の方法等の判断基準を「別添4-1 添付資料1 第3-1図」の判断フローにて示す。

その他の安全機能を有する設備は、原則防火帯により防護し、建物内の設備は建物による防護、屋外設備は代替手段等で安全機能に影響がないことを確認する。

なお、防火帯による防護ができない設備は、送電線、通信線及びモニタリング・ポストとなるが、これらが機能喪失した場合であっても、防火帯の内側で防護する非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機（以下「非常用ディーゼル発電機」という。）、無線連絡設備及び可搬式モニタリング・ポストにより安全機能は維持される。

第 2.4.1-1 表 防護対象及び防護方法

防護対象		防護方法	評価対象施設等 ^{※1, 2}
外部事象防護対象施設	外部事象に対し必要な構築物，系統及び機器を内包する建物	防火帯の内側に設置 消火活動による防護手段を期待しない条件のもと，火元からの離隔距離で防護 (熱影響評価を実施)	原子炉建物 制御室建物 タービン建物 廃棄物処理建物 排気筒モニタ室 ^{※3}
	外部事象に対し必要な構築物，系統及び機器に属する屋外施設		海水ポンプ ^{※4} 排気筒 非常用ガス処理系排気管 ^{※5} 排気筒モニタ ^{※5}
その他の安全施設		防火帯の内側に原則設置 屋内設備は建物による防護 屋外設備は，代替手段等で安全機能に影響がないことを確認	固体廃棄物貯蔵所 開閉所 モニタリング・ポスト 他

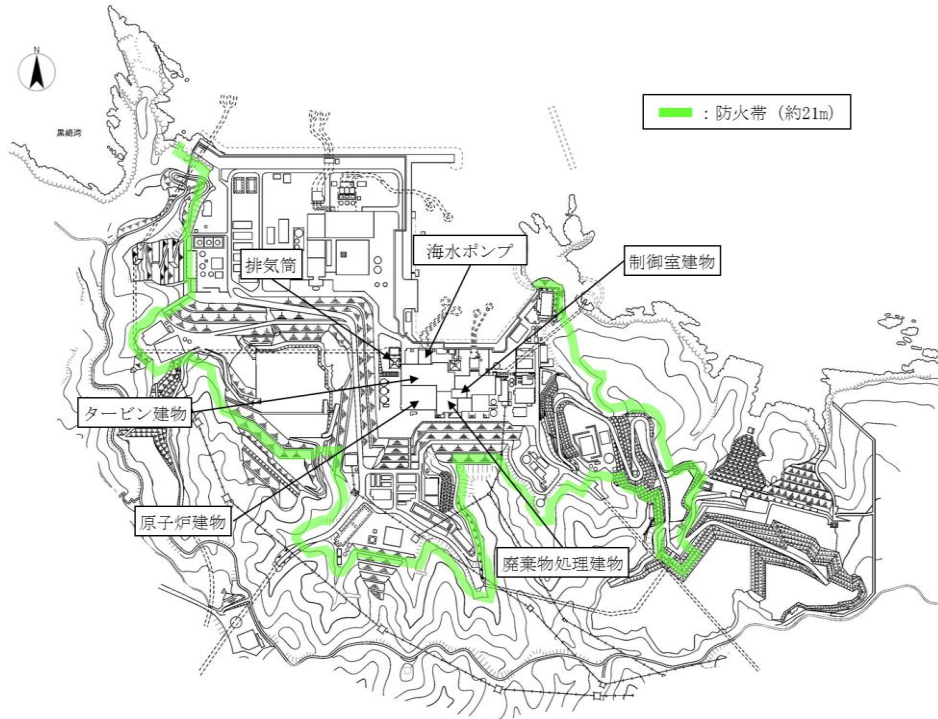
※1：破線内は評価対象施設である。

※2：非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク及び燃料移送ポンプは地下設置であり，輻射熱が直接届かないことから熱影響を受けない。

※3：排気筒モニタ室については，建物の熱影響評価に含まれる。

※4：海水ポンプには，原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプがあるが，代表して原子炉補機海水ポンプの熱影響評価を実施する。

※5：非常用ガス処理系排気管及び排気筒モニタについては，排気筒の熱影響評価に含まれる。



第 2. 4. 1-1 図 発電所構内全体

(3) 二次的影響（ばい煙及び有毒ガス又は爆発による飛来物等）に配慮すべき施設・機器の抽出方針

二次的影響を受ける，評価対象施設に属する施設については，換気空調設備で給気されるエリアの設置機器，建物外部に開口部を有する設備，居住性への影響の観点で以下のとおり抽出する。

- ・換気空調設備
- ・非常用ディーゼル発電機
- ・安全保護系
- ・中央制御室
- ・緊急時対策所

添付資料において，選定フローに基づき，評価対象施設に属する施設について，ばい煙等による影響評価対象とする系統及び機器を選定する。（別添 4-1 添付資料 1 第 3-2 図）

2.4.2 考慮すべき外部火災

安全施設が外部火災（森林火災，近隣工場等の火災・爆発，航空機墜落火災等）に対して，発電用原子炉施設の安全性を確保するために想定される最も厳しい火災が発生した場合においても必要な安全機能を損なわないよう，防火帯の設置，隔離距離の確保，建物による防護又は代替手段等によって，安全機能を損なわない設計とする。

想定する外部火災として，森林火災，近隣の産業施設の火災・爆発（発電所敷地内に設置する危険物タンク等を含む），航空機墜落による火災を選定する。外部火災にて想定する火災を第 2.4.2-1 表に示す。

また，想定される火災及び爆発の二次的影響（ばい煙等）についても，考慮する。

第 2.4.2-1 表 外部火災にて想定する火災

火災種別	考慮すべき火災
森林火災	発電所敷地外 10km 圏内に発火点を設定した島根原子力発電所に迫る森林火災
近隣の産業施設の火災・爆発	発電所敷地外 10km 圏内の石油コンビナート等の火災・爆発
	発電所敷地内の危険物貯蔵施設等の火災
航空機墜落による火災	発電所敷地内への航空機落下時の火災

2.4.3 外部火災に対する設計方針

(1) 輻射熱の影響に対する防護

一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして算出する建物（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度をコンクリート許容温度である 200℃以下とすることで、評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。（建築火災のメカニズムと火災安全設計，原田和典）

当該建物のコンクリート壁は厚く、外壁からの入熱は一定時間経過後から長時間に亘って建物内に放熱されるが、換気空調設備による除熱により、建物内外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 2」にて、コンクリートの許容限界温度 200℃の設定根拠について示す。

(2) ばい煙等の影響に対する防護

外部火災による二次的影響として、ばい煙等による影響を抽出し、安全機能を損なわれるおそれがある構築物、系統及び機器として外気を取り込む区域に設置される評価対象施設を抽出したうえで、第 2.4.3-1 表の分類のとおり評価を行い、必要な場合は対策を実施することで評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

a. 換気空調設備

外気を取り入れている設備として、原子炉建物付属棟空調換気系、中央制御室換気系がある。

これらの外気取入口には、バグフィルタ（粒径 2 μm に対して 80%以上の捕集効率）を設置することにより、ばい煙が外気取入口に到達した場合であっても、一定以上の粒径のばい煙粒子については、バグフィルタにより侵入を阻止することで評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

なお、給気隔離弁及び排気隔離弁が設置されており系統隔離運転モードへの切替えが可能である中央制御室の換気系については、給気隔離弁及び排気隔離弁を閉止し、系統隔離運転モードへの切替えを行うことで評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。また、それ以外の換気空調設備については、空調ファンを停止し、外気取入れを遮断することで評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

b. 非常用ディーゼル発電機

非常用ディーゼル機関の外気取入口にはフィルタ（粒径 1 μm ～5 μm に対して 80%以上の捕集効率）を設置し、粒径 5 μm 以上のばい煙粒子が侵入しにくい設計とする。粒径 5 μm 以下のばい煙粒子については、機関内に侵入するものの、通気経路（過給機、空気冷却器）の隙間より小さく、閉塞に至

ることを防止することで非常用ディーゼル発電機の安全機能を損なわない設計とする。

また、非常用ディーゼル発電機は建物外部に開口部（排気口）を有しているが、排気によりばい煙を掃気することで非常用ディーゼル発電機の安全機能を損なわない設計とする。

c. 安全保護系

安全保護系盤は、原子炉建物附属棟空調換気系、中央制御室換気系で給気されるエリアに設置してある。外気取入経路にはバグフィルタ（粒径 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上の捕集効率）を設置し、粒径 $2\mu\text{m}$ 以上のばい煙粒子が侵入しにくい設計とする。バグフィルタにより捕集しきれなかったばい煙が侵入する可能性がある場合においても、空調ファンを停止することで、ばい煙の侵入を阻止することが可能である。また、安全保護系盤は、粒径 $2\mu\text{m}$ 以下のばい煙粒子に対し、短絡が生じないようにすることにより、影響を受けない設計とする。

d. 火災時の有毒ガスの発生に伴う居住空間への影響評価

有毒ガスの発生については、中央制御室換気系及び緊急時対策所換気空調設備における外気取入遮断時の室内に滞在する人員に対する環境劣化防止のため、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施することにより、居住空間へ影響を及ぼさない設計とする。

なお、給気隔離弁及び排気隔離弁が設置されており系統隔離運転モードへの切替えが可能である中央制御室換気系については、給気隔離弁及び排気隔離弁を閉止し、系統隔離運転モードへの切替えを行う。また、それ以外の換気空調設備については、空調ファンを停止し、外気取入れを遮断する。

第 2.4.3-1 表 ばい煙による影響評価

分類	影響評価設備
換気空調設備で給気されるエリアの設置機器	非常用ディーゼル発電機 安全保護系
建物外部に開口部を有する設備	非常用ディーゼル発電機
居住性への影響	中央制御室 緊急時対策所

(3) 火災防護計画

外部火災における手順として、火災発生時の対応、防火帯の維持・管理並びにばい煙及び有毒ガス発生時の対応を適切に実施するための対策を火災防護計画に定める。

- a. 防火帯の維持・管理については、定期的な点検等の方法を火災防護計画に定め、実施する。
- b. 防火帯により森林火災が発電用原子炉施設へ影響を及ぼすことはないが、森林火災の状況に応じて防火帯付近へ予防散水を行うことについては、予防散水エリアごとに使用水源を定めるとした火災防護計画を定め、自衛消防隊長の指揮のもと自衛消防隊が実施する。
- c. ばい煙及び有毒ガス発生時の対応については、外気取入れを遮断する方法等を火災防護計画に定め、実施する。
- d. 外部火災発生時の予防散水に必要な消火対応力等を維持するため、自衛消防隊を対象とした教育・訓練を定期的実施する。

なお、体制等については、「別添 4-1 添付資料 2 2.3」にて記載している。

2.4.3.1 森林火災

(1) 発生を想定する発電所敷地外における森林火災の想定及び影響評価

a. 発生を想定する発電所敷地外における森林火災の設定

(a) FARSITE 解析に必要な入力データ

(a-1) 土地利用データ

土地利用データについては現地状況をできるだけ模擬するため、発電所周辺の建物用地、交通用地等のデータについては、公開情報の中でも高い空間解像度である 100m メッシュの「国土数値情報 土地利用細分メッシュ」（国土交通省データ）を用いる。

発電所周辺の建物用地、交通用地、湖沼、河川等の土地状況を実際に近い形で模擬したデータを「別添 4-1 添付資料 2 第 2.2-1 図, 第 2.2-2 図」に示す。

(a-2) 地形データ

地形データについては現地状況をできるだけ模擬するため、発電所周辺の土地の標高、地形等のデータについては、公開情報の中でも高い空間解像度である 10m メッシュの「基盤地図情報 数値標高モデル」(国土地理院データ) を用いる。

地形データのうち、傾斜度、傾斜方向については標高データから計算する。(別添 4-1 添付資料 2 第 2. 2-3 図)

(a-3) 植生データ

植生データについては現地状況をできるだけ模擬するため、樹種に関する情報を有する島根県から入手した森林簿のデータを用いる。また、現地調査を実施し発電所構外及び構内の植生を反映する。

樹冠率は日照や風速への影響を考慮し、針葉樹、落葉広葉樹について、保守的な樹冠率区分を入力。「別添 4-1 添付資料 2 第 2. 2-4 表」にて、樹種・林齢の設定の考え方を記載している。

(a-4) 気象データ

気象データについては起こり得る最も厳しい条件を検討するため、「鹿島地域気象観測所」及び「松江地方気象台」の過去 10 年間の気象データのうち、松江市で発生した森林火災の実績から、発生頻度が高い 3 月から 8 月の気象条件(最多風向、最大風速、最高気温及び最小湿度)の最も厳しい条件を用いる。

風向については、上記の気象データの中から最大風速における風向の出現回数を調査し、これらをもとに卓越風向を設定している。

なお、「別添 4-1 添付資料 2 2. 2 (3) b. 気象条件の設定」にて、気象条件として設定する風向については、最大風速の風向きも考慮して設定していることを記載している。

(b) 評価エリア

発電所近傍の発火想定地点を 10km 以内とし、評価対象範囲は北側が海岸という発電所周辺の地形を考慮し島根原子力発電所から東側、西側及び南側に 12km 以内の範囲を対象に評価を行う。

(c) 発火点

発火点については、島根原子力発電所から直線距離 10km の間で風向及び人為的行為を考慮し、火を扱う可能性がある箇所、火災の発生頻度が高いと想定される集落部又は道路沿いのうち、森林部との境界 5 地点を設定する。

風向は最大風速記録時の風向及び卓越方向（南西，東北東）とし、火災規模に対する風向の影響を考慮し、発火点は、陸側方向（島根原子力発電所の北側が海）の島根原子力発電所の風上を選定する。

- ・発火点 1：島根原子力発電所の南西約 2 km の恵曇地区
- ・発火点 2：島根原子力発電所の南西約 1 km の県道沿い（敷地境界）
- ・発火点 3：島根原子力発電所の東約 2 km の御津地区
- ・発火点 4：島根原子力発電所の東南東約 4 km の上講武地区
- ・発火点 5：島根原子力発電所の東北東約 5 km の島根町（大芦地区）

上記の 5 つの発火点をもとに評価に必要なパラメータを算出し、パラメータごとに、より厳しい値を採用している。

森林火災の発火時刻については、日照による草地及び樹木の乾燥に伴い、火線強度が変化することから、これらを考慮して火線強度が最大となる時刻を設定する。具体的には日照による草地及び樹木の乾燥に伴い、延焼速度・火線強度が増大することから、これらを考慮して火線強度が最大となる発火時刻を設定する。

b. 森林火災による影響評価

(a) 火災の到達時間及び防火帯幅の評価

森林火災シミュレーション解析コード（FARSITE）を用いて延焼速度及び火線強度を算出したうえで、延焼速度をもとに発火点から防火帯までの到達時間を、火線強度をもとに防火帯幅を算出している。

・延焼速度及び火線強度の算出

ホイヘンスの原理に基づく火災の拡大モデルを用いて延焼速度（2.15m/s（発火点 2））や火線強度（4,154kW/m（発火点 1））から、発火点から火災が防火帯に到達する時間（2.3 時間（発火点 2））を算出した。

・防火帯幅の算出

FARSITE から出力される最大火線強度（4,154kW/m（発火点 1））により防火帯幅 19.5m を算出した。

(b) 危険距離の評価

影響評価に用いる火炎輻射発散度としては、発火点1～5による森林火災の熱影響としてFARSITEの出力データから最大であるケース1の火炎輻射発散度 $118\text{kW}/\text{m}^2$ （火炎輻射強度 $364\text{kW}/\text{m}^2$ ）を用いる。これに対する危険距離を算出したうえで、危険距離に応じた離隔距離を確保する。

(2) 森林火災に対する設計方針

a. 熱影響に対する防護

森林火災の直接的な影響を受ける評価対象施設への影響評価を実施し、離隔距離の確保、建物による防護等により、評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

(a) 原子炉建物、制御室建物、タービン建物及び廃棄物処理建物への熱影響

影響が大きい発火点1の火線強度に基づき算出する、防火帯の外縁（火炎側）から最も近くに位置する原子炉建物（垂直外壁面及び天井スラブから選定する、火炎の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度を、火災時における短期温度上昇を考慮した場合のコンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度（以下「コンクリート許容温度」という。）である 200°C 以下とすることで、当該建物内の外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

コンクリート壁以外の機器搬入口等の建物内近傍には、安全機能を有する施設を設置しないことにより外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

なお、「別添4-1 添付資料2 3.3」にて評価プロセスを記載している。

(b) 海水ポンプへの熱影響

影響が大きい発火点1の火線強度に基づき算出する海水ポンプへの冷却空気の温度を、下部軸受の機能維持に必要な温度である 55°C 以下とすることで、海水ポンプの安全機能を損なわない設計とする。

なお、「別添4-1 添付資料2 3.5」にて評価プロセスを記載している。

(c) 排気筒への熱影響

影響が大きい発火点1の火線強度に基づき算出する排気筒の表面温度を、鋼材の強度が維持される保守的な温度 325°C 以下とすることで、排気筒の安全機能を損なわない設計とする。

なお、「別添4-1 添付資料2 3.5」にて評価プロセスを記載している。

b. 防火帯幅の設定

FARSITE から出力される最大火線強度 (4, 154kW/m (発火点 1)) により算出される防火帯幅 19.5m に対し, 約 21m の防火帯幅を確保することにより評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

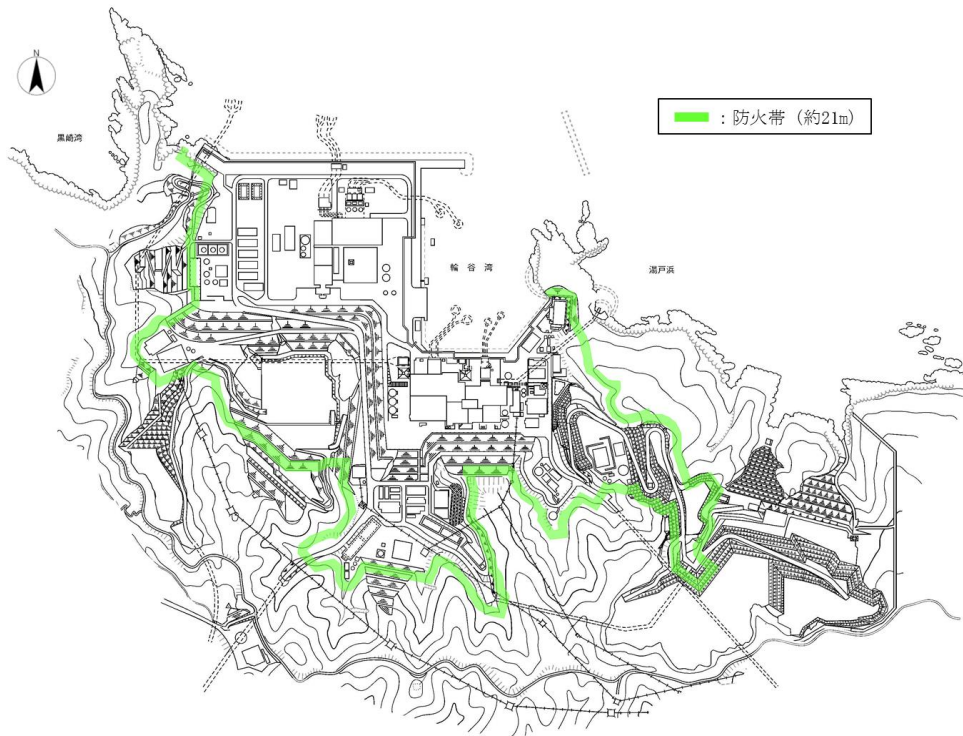
防火帯は延焼防止効果を損なわない設計とし, 防火帯に可燃物を含む機器等を設置する場合は必要最小限とする。

設置する防火帯について, 第 2.4.3.1-1 図に示す。

(a) 延焼対策

FARSITE の解析によると, 火炎が防火帯に到達する時間は, 発電所敷地境界付近からの出火 (ケース 2) を想定しても 2.3 時間程度であり, これに対して, 防火帯付近への予防散水は, 敷地境界域での火災発見から約 60 分で開始可能である。

敷地外の森林から出火し, 敷地内の植生へ延焼するおそれがある場合は, 自衛消防隊が出動し, 予防散水等の延焼防止措置を行う。また, 敷地内の植生へ延焼した場合であっても, 適切な離隔距離を保っており, 発電用原子炉施設に影響せず, 安全性が損なわれることはない。



第 2.4.3.1-1 図 防火帯配置図

2.4.3.2 近隣の産業施設の火災・爆発

(1) 近隣の産業施設からの火災及びガス爆発の想定及び影響評価

a. 近隣の産業施設による火災及びガス爆発の想定

(a) 火災による影響の検討

(a-1) 石油コンビナート施設等の影響

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、石油コンビナート施設を調査した結果、当該施設は存在しないことを確認している。なお、島根原子力発電所に最も近い石油コンビナート地区は南東約 120km の福山・笠岡地区及び水島臨海地区である。

(b-1) 危険物貯蔵施設の影響

(b-1-1) 評価対象範囲

評価対象は、発電所敷地外の半径 10km の消防法及び高圧ガス保安法に基づき設置している施設を抽出し、最短距離の危険物施設（危険物貯蔵施設、高圧ガス貯蔵施設、ガスパイプライン）に最大貯蔵量があるものと仮定する。

なお、LNG 基地及び石油備蓄基地は存在しないことを確認している。発電所敷地外 10km 以内の危険物貯蔵施設を第 2.4.3.2-1 図に示す。

(b-1-2) 火災の想定

- ・危険物貯蔵施設の貯蔵量は、危険物を満載した状態を想定する。
- ・離隔距離は、評価上厳しくなるよう危険物貯蔵施設の位置から評価対象施設までの直線距離とする。
- ・火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の 3 倍とする。
- ・気象条件は無風状態とする。

(c-1) 燃料輸送車両の影響

(c-1-1) 評価対象範囲

評価対象は、非常用ディーゼル発電機の燃料を運搬するタンクローリ（30kL）とし、火災の発生場所は、車両が接近可能な発電所出入口ゲートを対象とする。

(c-1-2) 火災の想定

- ・非常用ディーゼル発電機の燃料を運搬するタンクローリ（30kL）が出入口ゲートで火災を起こすものとする。
- ・燃料積載量は燃料輸送車両の中で最大規模とする。
- ・燃料輸送車両は燃料を満載した状態を想定する。
- ・輸送燃料は軽油とする。
- ・発電所出入口ゲートでの燃料輸送車両の全面火災を想定する。
- ・気象条件は無風状態とする。
- ・火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。

(d-1) 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の熱影響

(d-1-1) 評価対象範囲

評価対象は、発電所敷地内に位置している屋外の危険物タンクの火災を想定した敷地内危険物施設のうち、熱影響評価を実施する危険物施設として重油タンク、軽油タンク及び変圧器等のうち影響が最も大きいものとする。

評価対象抽出フローを第 2.4.3.2-2 図に、発電所敷地内に設置している屋外の危険物タンク等を第 2.4.3.2-3 図、第 2.4.3.2-4 図、第 2.4.3.2-1 表及び第 2.4.3.2-2 表に示す。

(d-1-2) 火災の想定

- ・発電所敷地内に設置する重油タンク、軽油タンク及び主変圧器等の火災のうち、発電用原子炉施設への影響が最も大きいものを想定する。
- ・危険物タンク等の貯蔵量は、危険物を満載した状態を想定する。
- ・離隔距離は、評価上厳しくなるようタンク等の位置から評価対象施設までの直線距離とする。
- ・危険物タンク等の破損等による防油堤内の全面火災を想定する。
- ・火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。
- ・気象条件は無風状態とする。
- ・変圧器の防火設備の消火機能等には期待しない。

なお、屋外に設置する危険物タンク等のうち、屋内設置の設備、地下設置の設備及び常時「空」で運用する設備は評価対象外とする。また、指定数量以下の危険物を貯蔵する車両等及び倉庫等は、貯蔵量が少なく、重油タンク及び軽油タンク等と発電用原子炉施設の距離に比べ離れた位置に配置しており、評価対象とした重油タンク及び軽油タンク等火災の評価に包絡される。

(e-1) 漂流船舶の火災

(e-1-1) 評価対象範囲

評価対象は、島根原子力発電所前面の海域に船舶の主要な航路がないことから、港湾内へ入港する船舶のうち積載量が最大の重油運搬船（積載量 1,246kL）を想定する。発電所港湾内において港湾内へ入港する最大規模の船舶に火災が発生した場合を想定し影響評価を実施する。火災の発生場所は、発電所港湾内において、発電用原子炉施設に最も近い場所とする。

(e-1-2) 火災の想定

- ・漂流船舶は、島根原子力発電所前面の海域に船舶の主要な航路がないことから、港湾内へ入港する船舶を想定する。
- ・漂流船舶は、港湾内に入港する船舶の中で最大の船舶（積載量 1,246kL）を想定する。
- ・漂流船舶は、燃料を満載した状態を想定する。
- ・燃料は、重油とする。
- ・離隔距離は、評価上厳しくなるよう護岸から評価対象施設までの直線距離とする。
- ・港湾内での漂流船舶の全面火災を想定する。
- ・火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。
- ・気象条件は無風状態とする。

(b) ガス爆発による影響の検討

(a-1) 石油コンビナート施設等の影響

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、石油コンビナート施設を調査した結果、当該施設は存在しないことを確認している。なお、島根原子力発電所に最も近い石油コンビナート地区は南東約 120km の福山・笠岡地区及び水島臨海地区である。

(b-1) 危険物貯蔵施設の影響

(b-1-1) 評価対象範囲

評価対象は、発電所敷地外の半径 10km の消防法及び高圧ガス保安法に基づき設置している施設を調査した。調査した結果、評価対象施設は存在しないことを確認している。

発電所敷地外 10km 以内の危険物貯蔵施設を第 2.4.3.2-1 図に示す。

(c-1) 燃料輸送車両の影響

(c-1-1) 評価対象範囲

評価対象は、L P ガスボンベを運搬する車両とし、爆発の発生場所は、車両が接近可能な発電所出入口ゲートを対象とする。

(c-1-2) 爆発の想定

- ・ L P ガスボンベを運搬する車両が発電所出入口ゲートで爆発を起こすものとする。
- ・ 燃料積載量は運用上の最大値（0.5 トン）を積載した状態とする。
- ・ 輸送燃料はL P ガス（プロパン）とする。
- ・ 発電所出入口ゲートでの高圧ガス漏えい、引火によるガス爆発を想定する。
- ・ 気象条件は無風状態とする。

(d-1) 漂流船舶の爆発

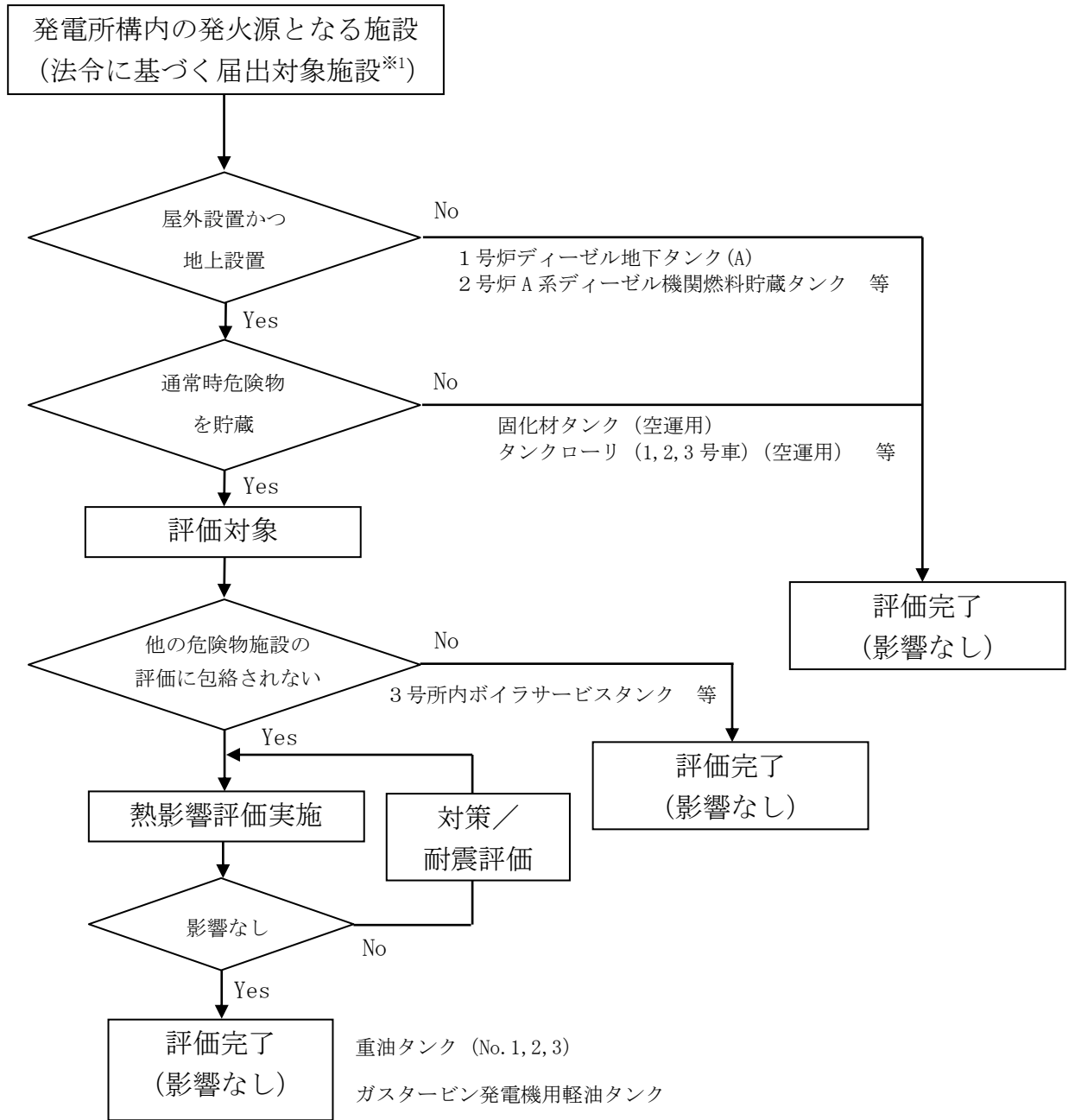
(d-1-1) 評価対象範囲

評価対象は、島根原子力発電所前面の海域に船舶の主要な航路がないことから、港湾内へ入港する船舶を想定するが、発電所港湾内に液化石油ガス輸送船等の爆発する危険性のある船舶が入港した実績はないことを確認している。



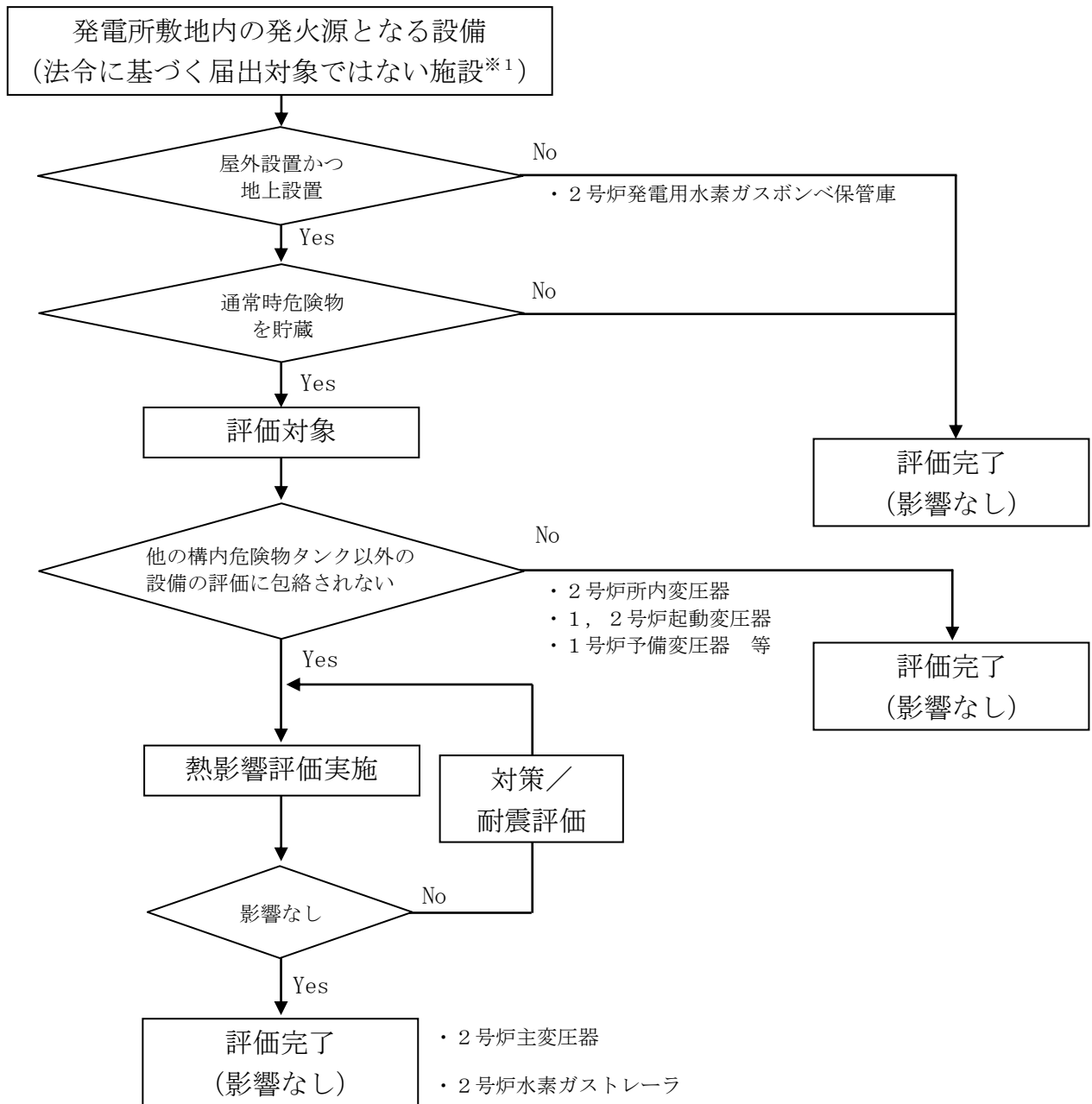
第 2.4.3.2-1 図 危険物施設等配置図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



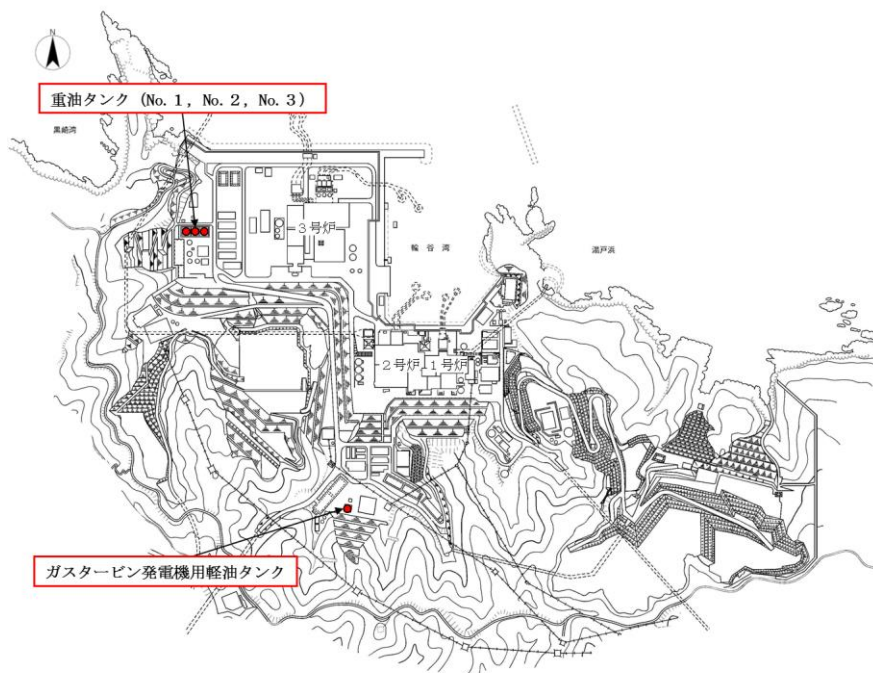
※1：消防法又は松江市火災予防条例に基づく届出対象施設となる危険物タンク等

第2.4.3.2-2図 危険物タンク等のうち評価対象施設フロー(1/2)

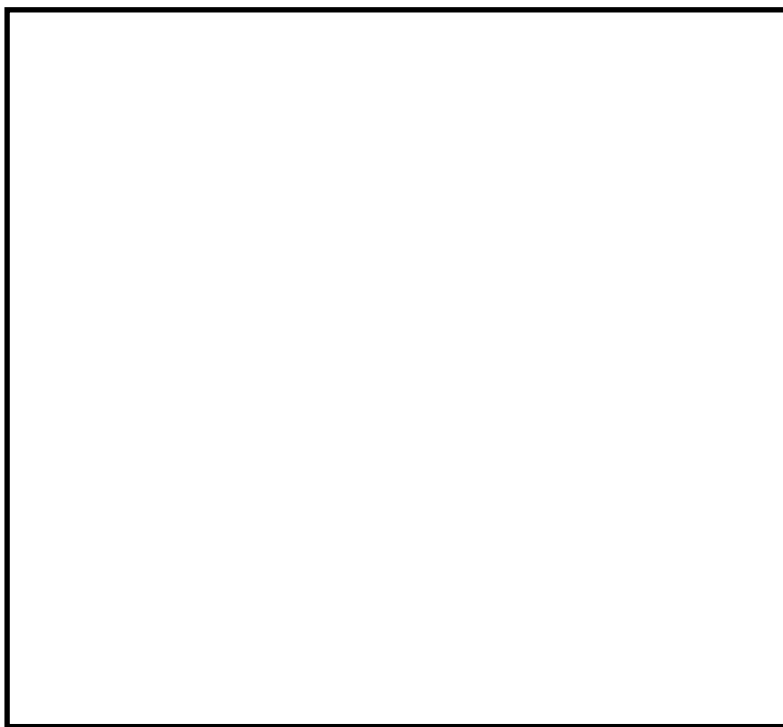


※1：消防法又は松江市火災予防条例に基づく届出対象施設ではない変圧器等

第2.4.3.2-2図 危険物タンク等のうち評価対象施設フロー (2/2)



第 2.4.3.2-3 図 危険物タンク等配置図



第 2.4.3.2-4 図 危険物タンク等配置図 (変圧器)

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

第 2.4.3.2-1 表 危険物製造所等許可施設一覧表(1/5)

(2019年7月時点)

号炉	施設名	製造所の別	危険物		数量	評価 要否	
			類	品名			
1	ディーゼル地下タンク (A)	地下タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	46kL	× 地下
1	ディーゼル地下タンク (B)	地下タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	46kL	× 地下
1	ディーゼル発電機 潤滑油 サンプタンク (A, B)	一般取扱所	4	第 4 石油類	潤滑油	2kL×2	× 屋内
1	ディーゼル発電機 燃料小出槽 (A, B)	一般取扱所	4	第 2 石油類	軽油	490L×2	× 屋内
1	再循環ポンプMGセッ ト流体継手室 (A, B)	一般取扱所	4	第 4 石油類	潤滑油	10.92kL	× 屋内
1	タービン主油タンク (A, B) 油清浄機	一般取扱所	4	第 4 石油類	潤滑油	55.7kL	× 屋内
1	タービン油計量タンク						×※
2	No. 2 重油タンク	屋外タンク 貯蔵所	4	第 3 石油類	重油	900kL	○
2	No. 3 重油タンク	屋外タンク 貯蔵所	4	第 3 石油類	重油	900kL	○
2	A 系-ディーゼル機関 燃料貯蔵タンク	地下タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	170kL	× 地下
2	A2 系-ディーゼル機関 燃料貯蔵タンク	地下タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	170kL	× 地下
2	HPCS 系-ディーゼル 機関燃料貯蔵タンク	地下タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	170kL	× 地下
2	3 号所内ボイラ サービスタンク	一般取扱所	4	第 3 石油類	重油	65kL	×※
2	3 号所内ボイラ						×※
2	4 号所内ボイラ サービスタンク	一般取扱所	4	第 3 石油類	重油	46kL	×※
2	4 号所内ボイラ						×※
2	タービン設備	一般取扱所	4	第 4 石油類	タービ ン油	71kL	× 屋内
2	原子炉再循環ポンプ MGセット	一般取扱所	4	第 4 石油類	潤滑油	15.6kL	× 屋内

※：代表タンクの評価に包絡される。

第 2.4.3.2-1 表 危険物製造所等許可施設一覧表(2/5)

号炉	施設名	製造所の別	危険物			数量	評価 要否
			類	品名			
2	A系-非常用ディーゼル 発電設備	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	16kL	× 屋内
			4	第4石油類	潤滑油	7.65kL	× 屋内
2	B系-非常用ディーゼル 発電設備	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	16kL	× 屋内
			4	第4石油類	潤滑油	7.65kL	× 屋内
2	HPCS系非常用ディーゼル	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	9kL	× 屋内
			4	第4石油類	潤滑油	7.56kL	× 屋内
2	固化材タンク	一般取扱所	4	第2石油類	不飽和ポ リエステ ル樹脂	21.6kL	× 空運用
2	促進材タンク		4	第2石油類	ナフテン 酸コバル ト	87.1L	× 屋内
2	開始材タンク		5	第二種自己 反応性物質	ケトン系 過酸化物	267.5kg	× 屋内
2	2号一ガスタービン 発電機	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	52.68kL	×※
	2号ガスタービン 発電機用サービスタンク						
3	No.1重油タンク	屋外タンク 貯蔵所	4	第3石油類	重油	900kL	○
3	補助ボイラ（サービスタ ンクを含む）	一般取扱所	4	第3石油類	重油	109kL	×※
3	第3危険物倉庫	屋内貯蔵所	4	第1石油類	潤滑油他	6.4kL	× 屋内
			4	第2石油類		1.2kL	× 屋内
			4	第3石油類		1.4kL	× 屋内
			4	第4石油類		40kL	× 屋内
3	A-ディーゼル発電機	一般取扱所	4	第2石油類	軽油	34.3kL	× 屋内
			4	第4石油類	潤滑油	7.1kL	× 屋内

※：代表タンクの評価に包絡される。

第 2.4.3.2-1 表 危険物製造所等許可施設一覧表(3/5)

号炉	施設名	製造所の別	危険物			数量	評価 要否
			類	品名			
3	B-ディーゼル発電機	一般取扱所	4	第 2 石油類	軽油	34.3kL	× 屋内
			4	第 4 石油類	潤滑油	7.1kL	× 屋内
3	C-ディーゼル発電機	一般取扱所	4	第 2 石油類	軽油	34.3kL	× 屋内
			4	第 4 石油類	潤滑油	7.1kL	× 屋内
3	再循環ポンプ MG セット (A,B)	一般取扱所	4	第 4 石油類	潤滑油	16kL	× 屋内
3	タービン設備	一般取扱所	4	第 4 石油類	潤滑油	100kL	× 屋内
共通	第 1 危険物倉庫	屋内貯蔵所	4	第 1 石油類	非水溶性液体	1,300L	× 屋内
					水溶性液体	600L	× 屋内
			4	アルコール類	アルコール類	600L	× 屋内
			4	第 2 石油類	非水溶性液体	19,000L	× 屋内
					水溶性液体	200L	× 屋内
			4	第 3 石油類	非水溶性液体	3,000L	× 屋内
					水溶性液体	400L	× 屋内
			4	第 4 石油類	第 4 石油類	36,000L	× 屋内
共通	第 2 危険物倉庫	屋内貯蔵所	4	第 1 石油類	非水溶性液体 (洗浄液)	3,000L	× 屋内
					水溶性液体 (現像液)	800L	× 屋内
			4	アルコール類	アルコール類	200L	× 屋内
			4	第 2 石油類	非水溶性液体 (洗い油)	1,000L	× 屋内
					水溶性液体	200L	× 屋内
			4	第 3 石油類	非水溶性液体 (浸透液)	1,000L	× 屋内
					水溶性液体	400L	× 屋内
			4	第 4 石油類	第 4 石油類	24,000L	× 屋内

※：代表タンクの評価に包絡される。

第 2.4.3.2-1 表 危険物製造所等許可施設一覧表(4/5)

号炉	施設名	製造所の別	危険物			数量	評価 要否
			類	品名			
共通	ガスタービン発電機用軽油タンク	屋外タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	560kL	○
共通	タンクローリ (1 号車)	移動タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	灯油・軽油	3,000L	× 空運用
共通	タンクローリ (2 号車)	移動タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	灯油・軽油	3,000L	× 空運用
共通	タンクローリ (3 号車)	移動タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	灯油・軽油	3,000L	× 空運用
共通	免震重要棟ガスタービン 発電装置 2 基 燃料小出槽(4901) 2 基	一般取扱所	4	第 2 石油類	軽油	12,048L	× 屋内
共通	A-ガスタービン燃料 地下タンク	地下タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	45,000L	× 地下
共通	B-ガスタービン燃料 地下タンク	地下タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	45,000L	× 地下
共通	予備—ガスタービン 発電機 予備—ガスタービン 発電機用サービスタンク	一般取扱所	4	第 2 石油類	軽油	52.68kL	×※
2 (新設)	B1-ディーゼル燃料貯蔵 タンク	地下タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	100kL	× 地下
2 (新設)	B2-ディーゼル燃料貯蔵 タンク	地下タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	100kL	× 地下
2 (新設)	B3-ディーゼル燃料貯蔵 タンク	地下タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	100kL	× 地下
3 (廃止)	非常用ディーゼル発電設 備軽油タンク (A)	屋外タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	560kL	× 廃止
3 (廃止)	非常用ディーゼル発電設 備軽油タンク (B)	屋外タンク 貯蔵所	4	第 2 石油類	軽油	560kL	× 廃止

※：代表タンクの評価に包絡される。

第 2.4.3.2-1 表 危険物製造所等許可施設一覧表(5/5)

号炉	施設名	製造所の別	危険物		数量	評価 要否	
			類	品名			
共通	危険物倉庫	屋内貯蔵所	4	第 1 石油類	第 1 石油類	440L	× 屋内
			4	アルコール類	エチル アルコール	2L	× 屋内
			4	第 2 石油類	第 2 石油類	4,700L	× 屋内
			4	第 3 石油類	エンジン オイル	200L	× 屋内
			4	第 4 石油類	潤滑油	400L	× 屋内
共通	危険物倉庫	屋内貯蔵所	4	第 1 石油類	第 1 石油類	3,280L	× 屋内
			4	第 2 石油類	第 2 石油類	3,500L	× 屋内
共通	8m 盤一般停電用 発電機	発電設備	4	第 2 石油類	軽油	490L	×※
共通	44m 盤事務所 一般停電用発電機	発電設備	4	第 2 石油類	軽油	490L	×※

※：代表タンクの評価に包絡される。

第 2.4.3.2-2 表 1, 2 号炉の変圧器

(2019 年 7 月時点)

号炉	設備名	危険物の種類	数量	評価 要否
1	起動変圧器	絶縁油	46kL	× (※)
1	予備変圧器	絶縁油	10kL	× (※)
2	主変圧器	絶縁油	77kL	○
2	所内変圧器 (A, B)	絶縁油	20kL	× (※)
2	起動変圧器	絶縁油	24kL	× (※)

※：2号の主変圧器火災による熱影響評価に包含される。

b. 近隣の産業施設による火災及びガス爆発の評価

(a) 火災による影響の評価

(a-1) 危険物貯蔵施設の評価

発電所敷地外 10km 以内の危険物貯蔵施設の火災による直接的な影響を受ける評価対象施設への影響評価を実施する。具体的な計算条件等は「別添 4-1 添付資料 3 3.1」にて記載している。

(a-2) 燃料輸送車両の評価

発電所敷地外 10km 以内の燃料輸送車両の火災による直接的な影響を受ける評価対象施設への影響評価を実施する。

具体的な計算条件等は「別添 4-1 添付資料 4 2.」にて記載している。

(a-3) 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の評価

発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災による直接的な影響を受ける評価対象施設への影響評価を実施する。

具体的な計算条件等は「別添 4-1 添付資料 6 2.」にて記載している。

(a-4) 漂流船舶の評価

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参照し、発電所敷地外で発生する漂流船舶を選定し、船舶の燃料量と評価対象施設との離隔距離を考慮して、輻射強度が最大となる火災を設定し、直接的な影響を受ける評価対象施設への影響評価を実施する。

具体的な計算条件等は「別添 4-1 添付資料 5 2.」にて記載している。

(b) ガス爆発による影響の評価

(b-1) 燃料輸送車両の評価

発電所敷地外 10km 以内の燃料輸送車両の爆発による直接的な影響を受ける評価対象施設への影響評価を実施する。

具体的な計算条件等は「別添 4-1 添付資料 4 3.」にて記載している。

(2) 想定される近隣の産業施設の火災・爆発に対する設計方針

a. 火災に対する設計方針

(a) 危険物貯蔵施設の影響

(a-1) 原子炉建物，制御室建物，タービン建物及び廃棄物処理建物への熱影響

想定される危険物貯蔵施設の火災による輻射の影響に対し，危険物貯蔵施設から各建物までの離隔距離を必要とされる危険距離（63m）以上確保することにより，当該建物内の外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 3 3.1」に評価結果を示す。

(a-2) 海水ポンプへの熱影響

想定される危険物貯蔵施設の火災による輻射の影響に対し，危険物貯蔵施設から海水ポンプまでの離隔距離を必要とされる危険距離（56m）以上確保することにより，海水ポンプの安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 3 3.1」に評価結果を示す。

(a-3) 排気筒への熱影響

想定される危険物貯蔵施設の火災による輻射の影響に対し，危険物貯蔵施設から排気筒までの離隔距離を必要とされる危険距離（38m）以上確保することにより，排気筒の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 3 3.1」に評価結果を示す。

(b) 燃料輸送車両の影響

(b-1) 原子炉建物，制御室建物，タービン建物及び廃棄物処理建物への熱影響

想定される燃料輸送車両の火災による輻射の影響に対し，燃料輸送車両から各建物までの離隔距離を必要とされる危険距離（10m）以上確保することにより，当該建物内の外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 4 2.」にて評価結果を示す。

(b-2) 海水ポンプへの熱影響

想定される燃料輸送車両の火災による輻射の影響に対し，燃料輸送車両から海水ポンプまでの離隔距離を必要とされる危険距離（9m）以上確保することにより，海水ポンプの安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 4 2.」にて評価結果を示す。

(b-3) 排気筒への熱影響

想定される燃料輸送車両の火災による輻射の影響に対し，燃料輸送車両から排気筒までの離隔距離を必要とされる危険距離（6m）以上確保す

ることにより、排気筒の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 4 2.」にて評価結果を示す。

(c) 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の熱影響

(c-1) 原子炉建物、制御室建物、タービン建物及び廃棄物処理建物への熱影響

主変圧器を対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度 ($4.26 \times 10^3 \text{W/m}^2$) で外壁が昇温されるものとして算出するタービン建物（垂直外壁面及び天井スラブから選定する、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度をコンクリート許容温度である 200°C 以下とすることで、当該建物内の外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 6 3.」にて評価結果を示す。

(c-2) 海水ポンプへの熱影響

海水ポンプ近傍に位置し最も影響が大きい主変圧器を対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度 ($1.39 \times 10^3 \text{W/m}^2$) で海水ポンプの冷却空気が昇温されるものとして算出する冷却空気の温度を、下部軸受の機能維持に必要な温度である 55°C 以下とすることで、海水ポンプの安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 6 3.」にて評価結果を示す。

(c-3) 排気筒への熱影響

主変圧器を対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度 ($6.49 \times 10^1 \text{W/m}^2$) で鋼材が昇温されるものとして算出する排気筒の表面温度を鋼材の制限温度である 325°C 以下とすることで、排気筒の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 6 3.」にて評価結果を示す。

(d) 漂流船舶の火災・爆発

(d-1) 原子炉建物、制御室建物、タービン建物及び廃棄物処理建物への熱影響

想定される重油運搬船の火災による輻射の影響に対し、重油運搬船から各建物までの離隔距離を必要とされる危険距離 (35m) 以上確保することにより、当該建物内の外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 5 2.」にて評価結果を示す。

(d-2) 海水ポンプへの熱影響

想定される重油運搬船の火災による輻射の影響に対し、重油運搬船から海水ポンプまでの離隔距離を必要とされる危険距離 (28m) 以上確保す

ることにより，海水ポンプの安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 5 2.」に評価結果を示す。

(d-3) 排気筒への熱影響

想定される重油運搬船の火災による輻射の影響に対し，重油運搬船から排気筒までの離隔距離を必要とされる危険距離 (17m) 以上確保することにより，排気筒の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 5 2.」に評価結果を示す。

b. ガス爆発に対する設計方針

(a) 燃料輸送車両

想定される燃料輸送車両のガス爆発による爆風圧に対して，発電所出入口ゲートから発電用原子炉施設までの離隔距離を必要とされる危険限界距離 (44m) 以上確保することにより，評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 4 3.」に評価結果を示す。

また，想定される燃料輸送車両のガス爆発による飛来物の影響に対して，発電所出入口ゲートから発電用原子炉施設までの離隔距離を，「石油コンビナート防災アセスメント指針」に基づき算出する破片の最大飛散距離 (713m) 以上確保することにより，評価対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 4 4.」に評価結果を示す。

2.4.3.3 発電所敷地内における航空機墜落による火災

(1) 発生を想定する発電所敷地内における航空機墜落による火災の設定及び影響評価

a. 航空機墜落による火災の想定

(a) 評価対象範囲

評価対象範囲は，発電所敷地内であって落下確率が 10^{-7} [回/炉・年] 以上になる範囲のうち発電用原子炉施設への影響が最も厳しくなる区域とすることから，島根原子力発電所における航空機落下確率評価の対象航空機を大型民間航空機 (離着陸時)，大型民間航空機，小型民間航空機，空中給油機等，その他の機種に分類し，それぞれの機種の落下確率の合計が 10^{-7} [回/炉・年] となる標的面積を算出し，その結果から発電用原子炉施設からの離隔距離を算出する。

そのうえで，選定された航空機ごとの燃料積載量と落下地点から安全施設までの距離をもとに，輻射強度が最大となる航空機の種類を特定し，その落下による火災を想定している。

なお、落下実績がない航空機については、保守的に落下実績を 0.5 件としている。

具体的な算出方法、落下事故データ等については、「別添 4-1 添付資料 7 2.」にて記載している。

(a-1) 航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳

航空機墜落による火災が発生した場合に、危険物タンク火災との重畳を考慮する。

(b) 火災の想定

以下の火災の想定を踏まえ、航空機落下事故の発生状況や機種による飛行形態の違いに関する最新の知見をもとに、航空機を種類別に分類し、その種類ごとに燃料積載量が最大の航空機を選定している。

- ・航空機は、島根原子力発電所における航空機落下評価の対象航空機のうち燃料積載量が最大の機種とする。
- ・航空機は燃料を満載した状態を想定する。
- ・航空機の落下によって燃料に着火し火災が起こることを想定する。
- ・気象条件は無風状態とする。
- ・火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の 3 倍とする。

b. 航空機墜落による火災の影響評価

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参照し、航空機墜落による火災についてカテゴリごとに選定した航空機を対象に、直接的な影響を受ける評価対象施設への影響評価を実施する。

具体的な評価方法は「別添 4-1 添付資料 7 2.」にて記載している。

(2) 航空機墜落等による火災に対する設計方針

a. 航空機墜落による火災

- (a) 原子炉建物、制御室建物、タービン建物及び廃棄物処理建物への熱影響
- 落下事故のカテゴリごとに選定した航空機を対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度 ($1,805\text{W}/\text{m}^2$) で外壁が昇温されるものとして算出する各建物（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度をコンクリート許容温度である 200°C 以下とすることで、当該建物内の外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 2」にコンクリートの許容限界温度 200°C の設定根拠を、「別添 4-1 添付資料 7 2.」に評価結果を示す。

(b) 海水ポンプへの熱影響

落下事故のカテゴリごとに選定した航空機を対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度 ($1,805\text{W}/\text{m}^2$) で、海水ポンプの冷却空気が昇温されるものとして算出する冷却空気の温度を、下部軸受の機能維持に必要な温度である 55°C 以下とすることで、海水ポンプの安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 2」に海水ポンプの許容温度 55°C の設定根拠を、「別添 4-1 添付資料 7 2.」に評価結果を示す。

(c) 排気筒への熱影響

落下事故のカテゴリごとに選定した航空機を対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度 ($1,805\text{W}/\text{m}^2$) で昇温されるものとして算出する排気筒の表面温度を、鋼材の強度が維持される温度である 325°C 以下とすることで、排気筒の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 2」に排気筒の許容限界温度 325°C の設定根拠を、「別添 4-1 添付資料 7 2.」に評価結果を示す。

b. 航空機墜落による火災と敷地内危険物タンク火災の重畳

評価対象施設のうち、原子炉建物は、航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳を考慮する。

(a) 原子炉建物への熱影響

航空機墜落による火災のうち評価結果が最も厳しい大型民間航空機の B747-400 と、敷地内危険物タンク等の火災のうち評価結果が最も厳しいガスタービン発電機用軽油タンクについて、同時に火災が発生した場合を想定し、火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度 ($1,878\text{W}/\text{m}^2$) で外壁が昇温されるものとして算出する建物(垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所)の表面温度を、コンクリート許容温度である 200°C 以下とすることで、原子炉建物の安全機能を損なわない設計とする。

「別添 4-1 添付資料 7 2.」に評価結果を示す。

2.4.3.4 ばい煙及び有毒ガス

(1) 二次的影響の検討

火災に伴い発生を想定する二次的影響として、ばい煙及び有毒ガスによる影響を抽出している。

外部火災により発生するばい煙及び有毒ガスについては、火災による上昇気流により上空に運ばれ、発電所近傍に滞留することはない。そのため、ばい煙及び有毒ガスが、換気空調設備の外気取入口から建物内に侵入する可能性は低

い。ここでは、高濃度のばい煙及び有毒ガスが建物内に侵入することを想定し、評価を行う。

なお、主要道路、鉄道路線、一般航路及び石油コンビナート施設等は、島根原子力発電所から離隔距離が確保されており、危険物を積載した車両及び船舶を含む事故等による島根原子力発電所への有毒ガスを考慮する必要はない。

(2) 具体的な二次的影響

ばい煙の影響が想定される設備として、設備内にばい煙を含んだ外気を取り込む可能性のある機器、煙や埃に対して脆弱な設備、建物外部に開口部を有する設備について影響評価を実施する。また、建物内にばい煙及び有毒ガスを含んだ外気が取り込まれた場合の居住性の観点から評価を実施する。

ここでは、二次的影響を受ける、評価対象施設に属する施設を以下のとおり抽出する。

- ・換気空調設備
- ・非常用ディーゼル発電機
- ・安全保護系
- ・中央制御室
- ・緊急時対策所

(3) 火災の影響評価判断の考え方

a. 二次的影響による評価

二次的影響に対する設計として、外気を取り入れる評価対象施設については、ばい煙に対して、フィルタにより一定以上の粒径ばい煙粒子を捕獲等することにより、安全機能を損なわないような設計とする。

(a) 換気空調設備

外気を取り入れている空調系統として、原子炉建物付属棟空調換気系、中央制御室換気系がある。

これらの換気空調設備の外気取入経路には、バグフィルタ（粒径 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上を捕獲する性能）を設置しているため、ばい煙が外気取入口に到達した場合であっても、一定以上の粒径のばい煙はバグフィルタにより侵入を阻止できる。

上記系統のうち、給気隔離弁及び排気隔離弁を設置し系統隔離運転モードへの切替えが可能である中央制御室換気系については、ばい煙の侵入が想定される場合には、給気隔離弁及び排気隔離弁を閉止し、系統隔離運転モードへの切替えを行うことにより、ばい煙の侵入を阻止できる。

それ以外の換気空調設備については、空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止できる。

(b) 非常用ディーゼル発電機

非常用ディーゼル発電機は、換気空調設備で給気されるエリアに設置していることから、空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止できる。

フィルタ（粒径 $1\ \mu\text{m}$ ～ $5\ \mu\text{m}$ に対して、80%以上を捕獲する性能）の入口と出口間の差圧を検知できる差圧感知計を監視し、差圧が上昇しフィルタが目詰まりした場合はフィルタの交換が可能である。

なお、非常用ディーゼル機関は吸気系統から外気を取り入れているため、機関内にばい煙が流入し、機関燃焼を阻止することが考えられるが、非常用ディーゼル機関への外気取入経路にはフィルタを設置していることから、一定以上の粒径のばい煙粒子が捕獲され、フィルタにより捕集されなかったばい煙粒子が機関内へ送気される。フィルタでは、粒径が数 μm 程度の粒子が捕集され、それ以下のばい煙が機関内に送気されるが、シリンダまでの通気流路（過給機、空気冷却器等）の隙間より小さいことから閉塞に至ることはない。また、通常運転においても燃料油（軽油）の燃焼に伴うばい煙が発生していることから、機関に損傷を与えることや運転機能を阻害することはない。

(c) 安全保護系

安全保護系盤は、原子炉建物付属棟空調換気系、中央制御室換気系で給気されるエリアに設置してある。外気取入経路にはバグフィルタ（粒径 $2\ \mu\text{m}$ に対して80%以上を捕集する性能）を設置していることから、一定以上の粒径のばい煙については、侵入を阻止することが可能である。バグフィルタにより捕集しきれなかったばい煙が侵入した場合においても、空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止することが可能である。また、バグフィルタにより捕集しきれなかったばい煙等が中央制御室内に侵入する可能性がある場合、及び中央制御室内においてばい煙等が流入したことを煙や異臭で確認した場合等は、当直長の指示により、系統隔離運転モードへ切り替えることにより、隔離が可能であり安全保護系設備に影響はない。

b. 火災時の有毒ガスの発生に伴う居住空間への影響評価

有毒ガスの発生については、中央制御室換気系及び緊急時対策所換気空調設備における外気取入遮断時の室内に滞在する人員に対する環境劣化防止のため、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施し、又は、隔離を確保する等により、居住空間へ影響を及ぼさない設計とする。

なお、給気隔離弁及び排気隔離弁が設置されており系統隔離運転モードへの切替えが可能である中央制御室換気系については、給気隔離弁及び排気隔離弁を閉止し、系統隔離運転モードへの切替えを行う。また、それ以外の換気空調設備については、空調ファンを停止し、外気取入れを遮断する。

「別添 4-1 添付資料 8 3.」に評価結果を示す。

c. 延焼対策

FARSITE の解析によると、火炎が防火帯に到達する時間は、発電所敷地境界付近からの出火（ケース 2）を想定しても、2.3 時間程度であり、これに対して、防火帯付近への予防散水は、敷地境界域での火災発見から約 60 分で開始可能である。

敷地外の森林から出火し、敷地内の植生へ延焼するおそれがある場合は、自衛消防隊が出動し、予防散水等の延焼防止措置を行う。また、敷地内の植生へ延焼した場合であっても、適切な離隔距離を保持しており、発電用原子炉施設に影響せず、安全性が損なわれることはない。

森林火災等により発電所敷地付近まで延焼した際の飛び火等による発電所敷地内への延焼対策については、火災防護計画に火災発生時の対応、防火帯の維持・管理等を適切に実施するための対策を定める。

島根原子力発電所 2 号炉
外部事象の考慮について

目 次

1. 設計上考慮する外部事象の選定
 - 1.1 外部事象の収集
 - 1.2 設計上考慮する外部事象の選定
 - 1.3 設計上考慮する外部事象の選定結果
2. 基本方針
3. 自然現象の考慮
 - 3.1 設計基準の設定
 - 3.2 個別評価
4. 人為事象の考慮
5. 外部事象に対する安全施設の影響評価について
6. 自然現象の組合せについて

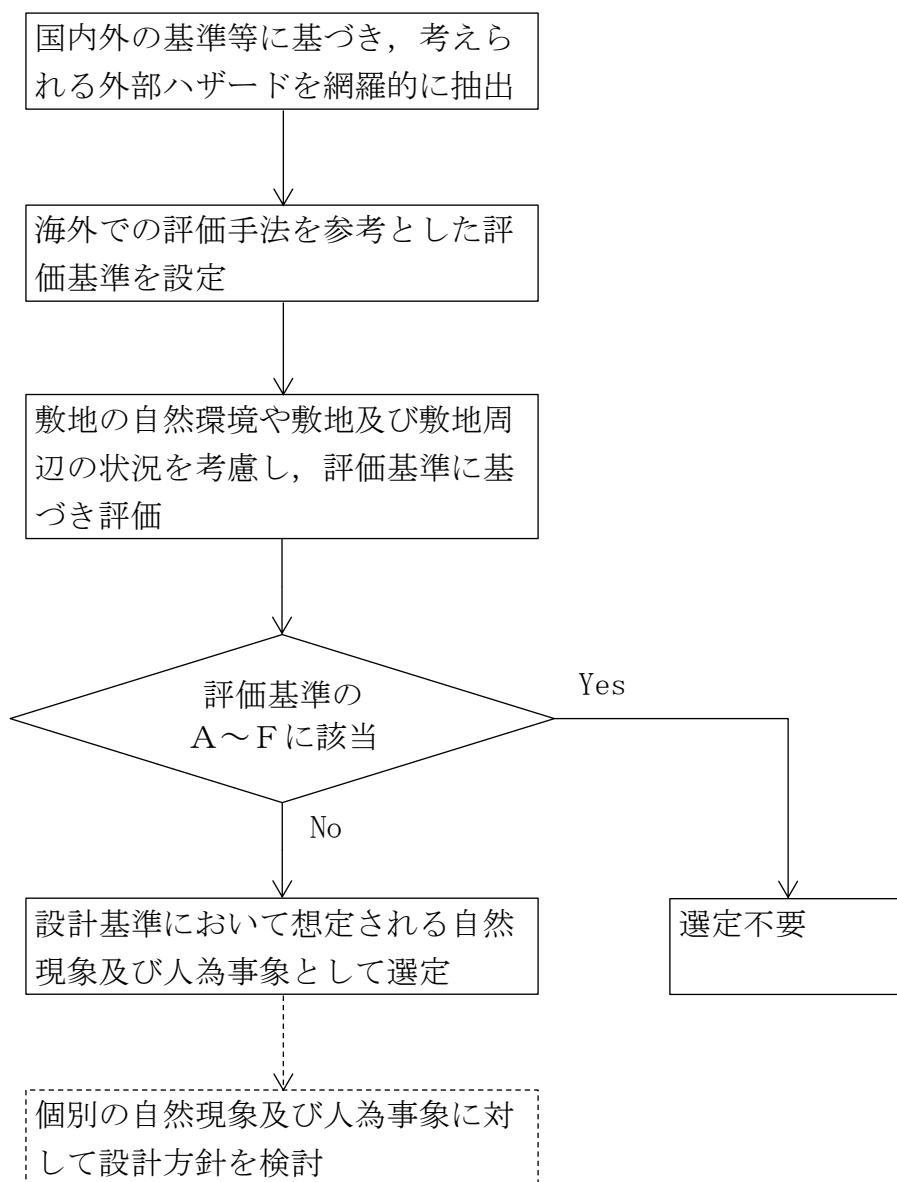
添付資料

1. 旧安全設計審査指針と設置許可基準規則の比較について
2. 考慮した外部事象についての対応状況について
3. 設計基準事故時に生じる応力の考慮について
4. 考慮すべき事象の除外基準と A S M E 判断基準との比較について
5. 防護すべき安全施設及び重大事故等対処設備への考慮
6. 過去の経験データを用いた設計基準の設定の妥当性について
7. 風（台風）影響評価について
8. 凍結影響評価について
9. 降水影響評価について
10. 積雪影響評価について
11. 落雷影響評価について
12. 地滑り・土石流影響評価について
13. 生物学的事象影響評価について
14. 航空機落下確率評価について
15. 電磁的障害影響評価について
16. 主荷重と組み合わせる場合の積雪荷重の考え方について
17. 船舶の衝突影響評価について
18. 耐津波設計における余震荷重と津波荷重の組合せについて
19. 発生頻度を踏まえた主荷重同士の組合せの考え方について

1. 設計上考慮する外部事象の選定

島根原子力発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき外部事象の抽出に当たっては、国内で一般に発生し得る事象に加え、欧米の基準等で示されている事象を用い網羅的に収集し、自然現象55事象、人為事象23事象を抽出した。

その上で、地震、津波を除く各事象に対し、海外文献を参考に策定した評価基準に基づき評価を実施し、設計上考慮する外部事象（自然現象10事象、人為事象6事象）を選定した。外部事象に対する選定フローを第1-1図に示す。



第1-1図 設計基準において想定される自然現象及び人為事象の選定フロー

1.1 外部事象の収集

発電用原子炉施設に対して外部から作用する衝撃による損傷を防止するため、自然現象や人為事象に関して、事象を収集する。設計上考慮する外部事象について網羅的に抽出するために国内外の基準等を収集した。

次に挙げる資料から、国内における規制（資料①，②）で取り上げている事象や、国外の規制として、米国原子力規制委員会が定めたPRAについてのガイド（資料③）やIAEAが定めたガイド（資料④）に取り上げている事象を抽出した。

- ① 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（制定 平成25年6月19日 原規技発第1306193号 原子力規制委員会決定）
- ② 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（制定 平成25年6月19日 原規技発第1306194号 原子力規制委員会決定）
- ③ NUREG/CR-2300 “PRA Procedures Guide”, NRC, January 1983
- ④ Specific Safety Guide (SSG-3) “Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010

さらに、日本の自然現象における実例（資料⑤）や、米国の原子力発電設備の維持基準に引用されている米国機械学会の規格（資料⑥），また、関連して、地震や洪水を含む様々な過酷な自然現象への対応に適用できるように考案されたFLEX（多様かつ柔軟な対応方策）や大規模損壊事象を取り上げている米国NEIのガイド等（資料⑦，⑧，⑨）で取り上げられている事象を収集することによって、網羅性を確保した。

- ⑤ 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998年
- ⑥ ASME/ANS RA-S-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”
- ⑦ DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)
- ⑧ B.5.b Phase 2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) - 2011.5 NRC公表
- ⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014」一般社団法人 日本原子力学会 2014年12月

以上の①～⑨の資料より、外部事象78事象（自然現象55事象，人為事象23事象）が収集された（第1-1表，第1-2表）。

なお、自然現象55事象のうち地震、津波及びその随伴事象はそれぞれ「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」（以下、「設置許可基準規則」という。）第四条（地震による損傷の防止），

第五条（津波による損傷の防止）にて扱うこととし、本資料の対象外とする。

第1-1表 外部ハザードの抽出（自然現象）

No	外部事象	外部ハザードを抽出した文献等※								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-1	風（台風）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-2	竜巻	○	○	○	○	○	○	○		○
1-3	高温			○	○	○	○	○		○
1-4	低温（凍結）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-5	極限的な気圧				○					○
1-6	降雨（豪雨）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-7	積雪（豪雪）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-8	ひょう			○	○	○	○	○		○
1-9	もや				○					
1-10	霜			○	○	○	○	○		○
1-11	干ばつ			○	○	○	○	○		○
1-12	塩害，塩雲				○					○
1-13	砂嵐			○	○		○	○		○
1-14	落雷	○	○	○	○	○	○	○		○
1-15	隕石			○	○		○	○		○
1-16	地面の隆起				○	○				○
1-17	動物				○					○
1-18	火山（火山活動・降灰）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-19	雪崩			○	○	○	○	○		○
1-20	地滑り	○		○	○	○	○	○		○
1-21	地震	○	○	○	○	○	○	○		○
1-22	カルスト				○					○
1-23	地下水による浸食				○					
1-24	海岸浸食（水面下の浸食）			○	○		○	○		○
1-25	湖又は河川の水位低下			○	○		○	○		○
1-26	湖又は河川の水位上昇			○	○	○				
1-27	海水面低				○					○
1-28	海水面高				○	○				○
1-29	高水温（海水温高）				○					○
1-30	低水温（海水温低）				○	○				○
1-31	海底地滑り				○					
1-32	氷結（水面の凍結）			○	○		○	○		○
1-33	氷晶				○					○
1-34	氷壁				○					○
1-35	水中の有機物質				○					
1-36	生物学的事象	○	○				○	○		○
1-37	津波	○	○	○	○	○	○	○		○
1-38	太陽フレア，磁気嵐							○		○
1-39	洪水	○		○		○	○	○		○
1-40	濃霧			○			○	○		○
1-41	森林火災	○	○	○	○	○	○	○		○
1-42	草原火災							○		○

No	外部事象	外部ハザードを抽出した文献等※								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-43	満潮			○			○	○		○
1-44	ハリケーン			○			○	○		
1-45	河川の迂回			○			○	○		○
1-46	静振			○		○	○	○		○
1-47	陥没					○		○		○
1-48	高潮			○		○	○	○		○
1-49	波浪			○		○	○	○		○
1-50	土石流					○				○
1-51	土砂崩れ（山崩れ，崖崩れ）					○				
1-52	泥湧出					○				
1-53	水蒸気，熱湯噴出					○				○
1-54	土壌の収縮又は膨張			○		○	○	○		○
1-55	毒性ガス			○		○	○	○		○

※：外部ハザードを抽出した文献等の番号は「1.1 外部事象の収集」における資料番号と同じ

第1-2表 外部ハザードの抽出（人為事象）

No	外部事象	外部ハザードを抽出した文献等※								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
2-1	船舶から放出される固体液体不純物				○					○
2-2	水中への化学物質の流出				○					
2-3	船舶の衝突（船舶事故）	○	○		○			○		○
2-4	交通機関（航空機を除く）の事故による爆発			○	○		○	○		○
2-5	交通機関（航空機を除く）の事故による化学物質流出				○			○		○
2-6	爆発（発電所外）	○	○		○					○
2-7	化学物質流出（発電所外）				○					○
2-8	発電所内貯蔵の化学物質流出			○	○		○	○		
2-9	パイプライン事故 （爆発，化学物質流出）			○	○		○	○		
2-10	軍事施設からのミサイル				○					
2-11	掘削工事				○					
2-12	他ユニットからの火災				○					
2-13	他ユニットからのタービン・ミサイル				○					
2-14	他ユニットからの内部溢水				○					
2-15	人工衛星の落下				○		○	○		○
2-16	飛来物（航空機落下）	○	○	○	○		○	○	○	○
2-17	電磁的障害	○	○		○					○
2-18	ダムの崩壊	○	○		○					○
2-19	工業施設又は軍事施設事故 （爆発，化学物質放出）			○			○	○		○
2-20	タービン・ミサイル	○	○	○			○	○		
2-21	有毒ガス	○	○	○			○	○		
2-22	内部溢水	○	○	○			○			
2-23	外部火災（近隣工場等の火災）	○	○	○						○

※：外部ハザードを抽出した文献等の番号は「1.1 外部事象の収集」における資料番号と同じ

1.2 設計上考慮する外部事象の選定

外部事象に係る海外での評価手法※を参考に、設計上考慮する外部事象を選定するに当たり、影響を評価する基準を以下のように設定した。評価に当たっては、サイトに外部事象が有意な影響を与えるかという観点の評価（基準A、基準B、基準E）に加え、サイトに到達した外部事象が設備にどの程度影響を与えるかという観点の評価（基準C）を実施する、又は、外部事象の影響規模がほかの外部事象に包含される（基準D）、第6条とは別の条項により評価している若しくは故意の人為事象である（基準F）ことを確認している。評価基準を第1-3表に示す。

（添付資料4. 考慮すべき事象の除外基準とASME判断基準との比較について）

第1-3表 評価基準

評価基準	内 容
基準A	当該原子炉施設に影響を及ぼすほど接近した場所に発生しない。 （例：砂嵐）
基準B	ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。（例：海岸浸食）
基準C	当該原子炉施設の設計上考慮された事象と比較して、設備等への影響度が同等若しくはそれ以下であり、プラントの安全性が損なわれることはない。（例：濃霧）
基準D	影響が他の事象に包含される。（例：満潮）
基準E	発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。（例：隕石）
基準F	第六条（外部からの衝撃による損傷の防止）とは別の条項により評価を実施している事象、または故意の人為事象等であって第六条（外部からの衝撃による損傷の防止）の対象外の事象。（例：タービン・ミサイル）

※ ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Application”, ASME/ANS, February 2009

1.3 設計上考慮する外部事象の選定結果

前述1.1で網羅的に抽出した外部事象について、敷地の自然環境や敷地及び敷地周辺の状況を考慮し、前述1.2で設定した評価基準に基づき評価を実施し、設計上考慮する自然現象及び人為事象を以下のとおり選定した。評価内容及び選定結果を第1-4表及び第1-5表に示す。

【自然現象】

- ・洪水

- ・風（台風）
- ・竜巻
- ・凍結
- ・降水
- ・積雪
- ・落雷
- ・地滑り・土石流
- ・火山の影響
- ・生物学的事象

【人為事象（偶発的）】

- ・飛来物（航空機落下）
- ・ダムの崩壊
- ・火災・爆発（森林火災，近隣工場等の火災・爆発，航空機落下火災等）
- ・有毒ガス
- ・船舶の衝突
- ・電磁的障害

第1-4表 設計上考慮する自然現象の選定結果

No.	外部事象	評価基準	選定	評価内容
1-1	風（台風）	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
1-2	竜巻	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
1-3	高温	C B	×	気温は1日の中で高低差があるため、空調設計条件を超過したとしても一時的であること、建物内空調及び機器は海水をヒートシンクとして冷却することなどから、安全施設の機能に影響を及ぼす可能性は低い。 また、温暖化による長期的な温度上昇は緩慢であり、風量調整、冷却設備の増強等、室内及び機器の温度上昇を抑制する処置を検討・実施する時間余裕があると評価した。
1-4	低温（凍結）	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
1-5	極限的な気圧	D	×	竜巻評価として気圧差による荷重を考慮することから、「No.1-2 竜巻」による影響評価（気圧差による荷重）に包含されると評価した。
1-6	降雨（豪雨）	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
1-7	積雪（豪雪）	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
1-8	ひょう	D	×	ひょうによる衝撃荷重については、「No.1-2 竜巻」による影響評価において、鋼製材等の飛来物による衝撃荷重を考慮することから、これに包含されると評価した。 また、ひょうの堆積による影響については、ひょうが主に初夏に極短時間起こる気象事象であることから、「No.1-7 積雪（豪雪）」による影響評価に包含されると評価した。
1-9	もや	C	×	安全施設の機能に影響を及ぼすことはないと評価した。
1-10	霜	C	×	安全施設の機能に影響を及ぼすことはないと評価した。
1-11	干ばつ	A C	×	海水をヒートシンクとして冷却することから、河川または湖は冷却源ではない。 また、淡水はタンク類に保管していることから、保有水が急速に減少することはないと評価した。
1-12	塩害、塩雲	B	×	腐食の進展は遅く、保守管理による不具合防止が可能であると評価した。 なお、塩害については、屋外設備等に対する塗装施工により、直接の海塩粒子の付着を防止している。
1-13	砂嵐	A	×	発電所周辺には砂漠がないため発生しないと評価した。 なお、黄砂については、空調換気設備の外気取入口に設置されたフィルタにより大部分を捕集可能であること、また、容易に清掃又は取替が可能であることから、安全施設の機能に影響を及ぼすことはない。
1-14	落雷	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
1-15	隕石	E※ ¹	×	安全施設の機能に影響を及ぼす隕石等の衝突は、極低頻度な事象であると評価した。
1-16	地面の隆起	D	×	地面の隆起は、地震の随件事象であることから、「No.1-21 地震活動」による影響評価に包含されると評価した。
1-17	動物	D	×	小動物を生物学的事象として考慮するため、「No.1-36 生物学的事象」による影響評価に包含されると評価した。

No.	外部事象	評価基準	選定	評価内容
1-18	火山（火山活動・降灰）	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
1-19	雪崩	A	×	発電所周辺は豪雪地帯ではないため、雪崩が発生することはないと評価した。
1-20	地滑り	—	○	地域特性を踏まえて選定する。 なお、地震に伴う地滑りについては、第三条（設計基準対象施設の地盤）において評価する。
1-21	地震活動	F	×	設置許可基準規則第四条（地震による損傷の防止）において評価する。
1-22	カルスト	A	×	発電所周辺にはカルスト地形はないと評価した。
1-23	地下水による浸食	A	×	発電所周辺には地下水による浸食を受ける岩質はないと評価した。
1-24	海岸浸食（水面下の浸食）	B	×	海岸の浸食は進展が遅く十分に管理でき、補強工事等により侵食を食い止めることができることから、安全施設の機能に影響を及ぼすことはないと評価した。
1-25	湖又は河川の水位低下	A	×	海水をヒートシンクとして冷却することから、河川または湖は冷却源ではない。
1-26	湖又は河川の水位上昇	D	×	河川の水位上昇による氾濫は、「No. 1-39 洪水」による影響評価に包含されると評価した。 なお、発電所周辺には、発電所に影響を及ぼす湖又は河川はない。
1-27	海水面低	D	×	影響は津波と同様と考えられるため、「No.1-37 津波」による影響評価に包含されると評価した。
1-28	海水面高	D	×	影響は津波と同様と考えられるため、「No.1-37 津波」による影響評価に包含されると評価した。
1-29	高水温（海水温高）	C B	×	海水温度は監視しており、水温上昇に対しては出力低下等の措置を講じることができるため、安全施設の機能に影響を及ぼすことはないと評価した。 また、温暖化による長期的な海水温度の上昇は緩慢であり、冷却設備の増強等の処置を検討・実施する時間余裕があると評価した。
1-30	低水温（海水温低）	C	×	取水温度の低下は冷却性能の低下につながるものではなく、安全施設の機能に影響を及ぼすことはないと評価した。 なお、海水の凍結については、「No. 1-32 氷結（水面の凍結）」において評価する。
1-31	海底地滑り	D	×	沿岸部の地滑りに伴い発生の可能性のある津波については、「No.1-37 津波」において評価する。
1-32	氷結（水面の凍結）	A	×	発電所周辺では取水源（海水）の凍結は発生しないと評価した。
1-33	氷晶	D	×	氷晶とは大気中の微細な氷の結晶のことであり、氷結による堆積荷重の影響については軽微であり、「No.1-7 積雪（豪雪）」による影響評価に包含されると評価した。
1-34	氷壁	A	×	氷壁とは氷河の末端や氷山などの絶壁、また、氷におおわれた岩壁のことであり、発電所周辺では氷壁は発生しないと評価した。
1-35	水中の有機物質	D	×	クラゲ等の海生生物を生物学的事象として考慮するため、「No. 1-36 生物学的事象」において評価する。
1-36	生物学的事象	—	○	地域特性を踏まえて選定する。

No.	外部事象	評価基準	選定	評価内容
1-37	津波	F	×	設置許可基準規則第五条（津波による損傷の防止）において評価する。
1-38	太陽フレア、 磁気嵐	C	×	太陽フレア、磁気嵐により誘導電流が発生する可能性があるが、影響が及んだとしても変圧器等の一部に限られること、仮に発電所外を含めた送変電設備に影響が及んだ場合でもプラント停止など適切な措置を講じることにより、安全施設の機能が損なわれることはないとは評価した。
1-39	洪水	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
1-40	濃霧	C	×	安全施設の機能に影響を及ぼすことはないとは評価した。
1-41	森林火災	—	○	地域特性を踏まえて選定する。 ただし、出火原因となるのは、たき火やタバコ等の人為によるものが大半であると想定し、人為事象「火災・爆発」において評価する。
1-42	草原火災	D	×	「No.1-41 森林火災」において評価する。
1-43	満潮	F	×	設置許可基準規則第五条（津波による損傷の防止）において評価する。（入力津波の水位変動に対して朔望平均満潮位を考慮し評価を実施している）
1-44	ハリケーン	D	×	台風と同一の気象現象であるため、「No.1-1 風（台風）」による影響評価に包含される。
1-45	河川の迂回	A	×	海水をヒートシンクとして冷却することから、河川または湖は冷却源ではない。 なお、発電所周辺には、発電所に影響を及ぼす河川はない。
1-46	静振	D	×	港湾・湖沼の固有振動による水面の波打ち挙動、波浪等は、「No.1-37 津波」による影響評価に包含されると評価した。
1-47	陥没	D	×	発電所周辺の地盤は硬質岩盤であり陥没は生じないと評価した。 なお、地震に伴い生じる沈下については、第三条（設計基準対象施設の地盤）において評価する。
1-48	高潮	F	×	設置許可基準規則第五条（津波による損傷の防止）において評価する。（基準津波の超過確率を踏まえ、再現期間100年の高潮を算定し、これと基準津波との重畳を考慮している）
1-49	波浪	D	×	影響は津波と同様と考えられるため、「No.1-37 津波」による影響評価に包含されると評価した。
1-50	土石流	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
1-51	土砂崩れ（山崩れ、崖崩れ）	D	×	土砂崩れ（山崩れ、崖崩れ）を地滑りの評価で考慮するため、「No.1-20 地滑り」による影響評価に包含されると評価した。
1-52	泥湧出（液状化）	D	×	地盤の脆弱性に係る影響であり、第三条（設計基準対象施設の地盤）において評価する。
1-53	水蒸気、熱湯噴出	D	×	火山事象により発生する事象であるため、「No.1-18 火山（火山活動・降灰）」において評価する。 なお、発電所周辺には、発電所に影響を及ぼす範囲に火山はない。
1-54	土壌の収縮又は膨張	A	×	発電所周辺の地盤は硬質岩盤であり土壌の収縮又は膨張は生じない。

No.	外部事象	評価基準	選定	評価内容
1-55	毒性ガス	D	×	火山事象により発生する事象であるため、「No.1-18 火山（火山活動・降灰）」による影響評価に包含されると評価した。 なお、発電所周辺には、発電所に影響を及ぼす範囲に火山はない。

※1 隕石の考慮について

NUREG-1407 “Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities”によると、隕石や人工衛星については、衝突の確率が 10^{-9} と非常に小さいため、起因事象頻度は低くIPEEEの評価対象から除外する旨が記載されている。

なお、本記載の基となったNUREG/CR-5042, Supplement2によると、1ポンド以上の隕石の年間落下数と地表の一定面積に落下する確率を面積比で概算した結果、100ポンド以上の隕石が10,000平方フィートに落下する確率は 7×10^{-10} /炉年、100,000平方フィートに落下する確率は 6×10^{-8} /炉年、隕石落下による津波の確率は 9×10^{-10} /炉年と評価されている。

その他、IAEAのSAFETY STANDARDS SERIES No.NS-R-1, “SAFETY OF NUCLEAR POWER PLANTS:DESIGN”では、想定起因事象で考慮しないものとして、自然または人間に起因する外部事象であって、極めて起こりにくいもの（例えば、隕石や人工衛星の落下）を挙げている。

なお、参考として、隕石が島根原子力発電所に衝突する確率については、概略計算で以下のとおり見積もられる。

地球近傍の天体が地球に衝突する確率及び衝突した際の被害状況を表す尺度として、トリノスケールがあるが、NASAによると2017年において、今後100年間に衝突する可能性があるすべての天体についてレベル0とされている。このレベル0は、衝突確率が0か限りなく0に近い、または、衝突したとしても大気中で燃え尽き被害がほとんど発生しないことを示す。

NASAのリストにおいて、2017年現在最も衝突確率の高い“2010RF₁₂”について、今後100年間の島根原子力発電所の敷地内への落下確率を計算すると以下のとおりである。

- ・地球の表面積：510,072,000 (km²)
- ・島根原子力発電所の敷地面積：1.92 (km²)
- ・2010RF₁₂の衝突確率（2017年現在）： 5.0×10^{-2}

よって、隕石が島根原子力発電所の敷地内に衝突する確率は、概算で以下のとおりとなる。

- ・ $5.0 \times 10^{-2} \times (1.92 / 510,072,000) = 1.9 \times 10^{-10}$

第1-5表 設計上考慮する人為事象の選定結果

No.	外部事象	評価基準	選定	評価内容
2-1	船舶から放出される固体液体不純物	D	×	重油流出事故を船舶の衝突として考慮するため、「No.2-3 船舶の衝突（船舶事故）」において評価する。
2-2	水中への化学物質の流出	D	×	影響は船舶の衝突と同じと考えられるため、「No.2-3 船舶の衝突（船舶事故）」による影響評価に包含されると評価した。
2-3	船舶の衝突（船舶事故）	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
2-4	交通機関（航空機を除く）の事故による爆発	D	×	影響は爆発と同じと考えられるため、「No.2-6 爆発（発電所外）」による影響評価に包含されると評価した。
2-5	交通機関（航空機を除く）の事故による化学物質流出	D	×	影響は有毒ガスと同じと考えられるため、「No.2-21 有毒ガス」による影響評価に包含されると評価した。
2-6	爆発（発電所外）	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
2-7	化学物質流出（発電所外）	D	×	影響は有毒ガスと同じと考えられるため、「No.2-21 有毒ガス」による影響評価に包含されると評価した。
2-8	発電所内貯蔵の化学物質流出	C	×	化学薬品は適切に管理しているが、仮に流出した場合でも堰等により薬品の拡散防止が図られていることから、発電所内貯蔵の化学物質流出による安全施設の機能への影響はないと評価した。
2-9	パイプライン事故（爆発、化学物質流出）	A	×	発電所周辺には、発電所に影響を及ぼす範囲にパイプラインはない。
2-10	軍事施設からのミサイル	A	×	発電所から東方向約22kmに航空自衛隊美保基地があるが、輸送航空隊の基地であり、射撃訓練区域の設定はない。
2-11	掘削工事	C	×	敷地内での掘削工事は管理され、また、敷地外での掘削は離隔距離が確保されていることから、掘削工事による安全施設の機能への影響はないと評価した。
2-12	他ユニットからの火災	D	×	外部火災評価として敷地内に存在する危険物タンクの火災を考慮するため、「No. 2-23 外部火災（近隣工場等の火災）」による影響評価に包含されると評価した。
2-13	他ユニットからのタービン・ミサイル	F	×	設置許可基準規則第十二条（安全施設）において評価する。
2-14	他ユニットからの内部溢水	D	×	他のユニットの屋外タンクについても内部溢水として考慮するため、「No. 2-22 内部溢水」による影響評価に包含されると評価した。
2-15	人工衛星の落下	E ^{*2}	×	安全施設の機能に影響を及ぼす人工衛星の落下は、極低頻度な事象であると評価した。
2-16	飛来物（航空機落下）	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
2-17	電磁的障害	—	○	設備の特性を踏まえて選定する。

No.	外部事象	評価基準	選定	評価内容
2-18	ダムの崩壊	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
2-19	工業施設又は軍事施設事故（爆発，化学物質放出）	D	×	「No.2-6 爆発（発電所外）」又は「No.2-21 有毒ガス」において評価する。
2-20	タービン・ミサイル	F	×	設置許可基準規則第十二条（安全施設）において評価する。
2-21	有毒ガス	—	○	地域特性を踏まえて選定する。
2-22	内部溢水	F	×	設置許可基準規則第九条（溢水による損傷の防止等）において評価する。
2-23	外部火災（近隣工場等の火災）	—	○	地域特性を踏まえて選定する。

※2 人工衛星の落下の考慮について

NUREG-1407 “Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities”によると、隕石や人工衛星については、衝突の確率が 10^{-9} と非常に小さいため、起因事象頻度は低くIPEEEの評価対象から除外する旨が記載されている。

その他、IAEAのSAFETY STANDARDS SERIES No.NS-R-1, “SAFETY OF NUCLEAR POWER PLANTS:DESIGN”では、想定起因事象で考慮しないものとして、自然または人間に起因する外部事象であって、極めて起こりにくいもの（例えば、隕石や人工衛星の落下）を挙げている。

なお、人工衛星が落下した場合については、人工衛星の大部分が大気圏で燃え尽き、一部破片が落下する可能性があるものの原子炉施設に影響を与えることはないものと考えられる。

2. 基本方針

安全施設は、「1. 設計上考慮する外部事象の選定」にて選定した各外部事象又はその重畳によって、安全機能を損なわない設計とする。

ここで、第六条における安全施設とは、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」にて規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器(以下、「安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器」という。)を指していることから、選定した各外部事象に対して防護する安全施設は、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

その上で、上記構築物、系統及び機器の中から、発電用原子炉を停止するため、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能、又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器、並びに、燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能、又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器として安全重要度分類のクラス1、クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器に加え、それらを内包する建物を外部事象から防護する対象(以下、「外部事象防護対象施設」という。)とする。

選定した各外部事象による安全施設への影響評価を行うに当たっては、考慮すべき最も苛酷と考えられる条件を設計基準とする。

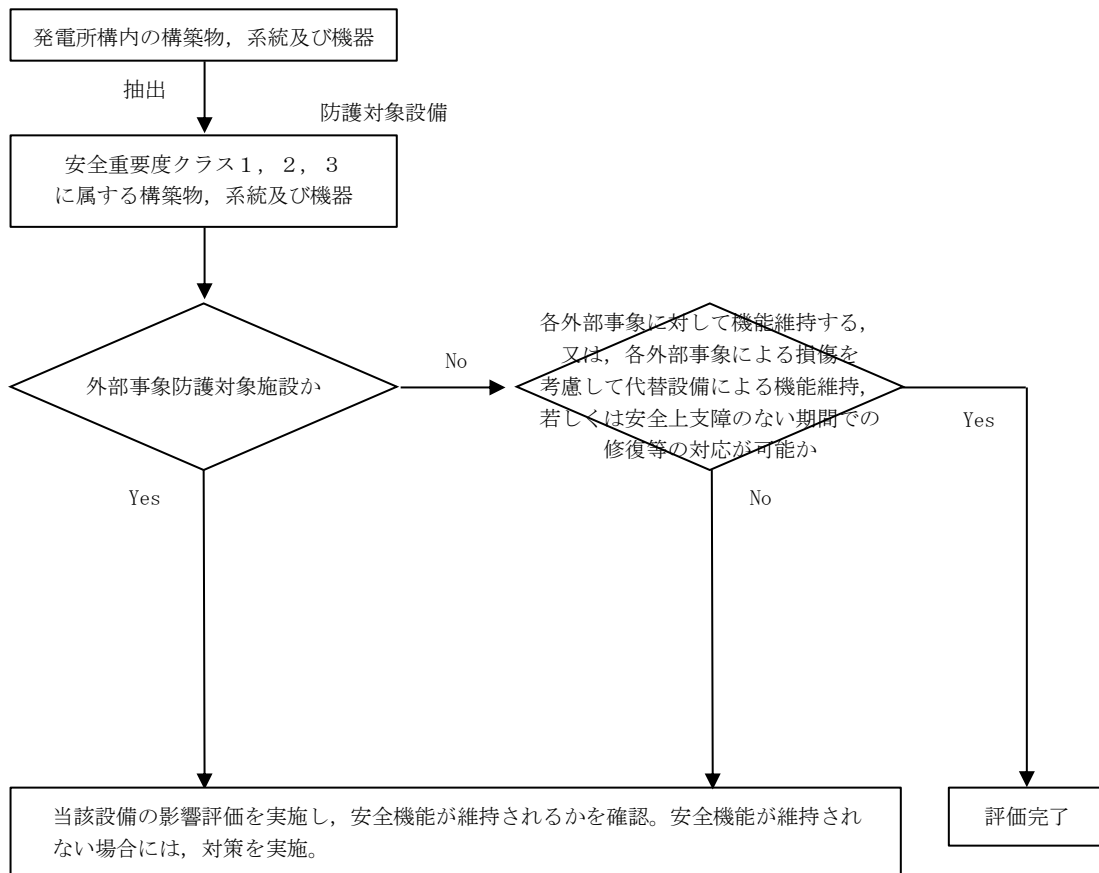
また、影響評価については、外部事象防護対象施設として、外部事象に対し必要な構築物、系統及び機器又はそれを内包する建物を評価し、安全機能が維持できることを確認する。また、安全機能が維持されない場合には対策を実施する。

上記以外の安全施設については、各外部事象に対して機能維持する、又は、各外部事象による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な場合、安全機能が維持可能であることから影響評価の対象外とする。

外部事象による安全施設への評価フローは第2-1図のとおり。

各外部事象の重畳については、自然現象を網羅的に組み合わせて評価する。

なお、安全施設への考慮における、根拠となる条文等については、「添付資料5 防護すべき安全施設及び重大事故等対処設備への考慮」のとおり。



第2-1図 外部事象に対する安全施設の評価フロー

3. 自然現象の考慮

安全施設は、以下のとおり自然現象によって、安全施設の安全性を損なわない設計とする。

また、各事象において従属的又は相関的に起こり得る事象があるものに関しては、合わせて設計方針を記載する。

3.1 設計基準の設定

設計基準について、以下に挙げる①及び②を参照し、最も保守的となる値を採用する。ただし、以下のいずれの方法でも設計基準の設定が行えないものについては、当該事象が発生した場合の安全施設への影響シナリオを検討の上、個別に設計基準の設定を行う。（例：火山については、上記考え方に基づく設計基準の特定は困難なため、個別に考慮すべき火山事象の特定を実施した上で設計基準を設定する。）

① 規格・基準類に基づく設定

選定した自然現象に関する規格・基準類が存在する場合、それを参照する。

② 観測記録に基づく設定

島根原子力発電所及びその周辺における観測記録を調査の上、観測史上1位を参照する。

なお、設計基準の設定においては、上記のとおり規格基準類に加え、過去の観測記録を基に設定しているが、将来的な気候変動により、今後、観測記録が更新されることは否定できないため、最新のデータ及び知見をもって、気象変動の影響に注視し、必要に応じて見直しを実施していく。

（添付資料6 過去の経験データを用いた設計基準の設定の妥当性について）

3.2 個別評価

(1) 洪水

島根原子力発電所の敷地の南方約2kmのところに佐陀川（斐伊川水系、1級河川）があり、南方約7kmのところに宍道湖（斐伊川水系、1級河川）がある。敷地の北側は日本海に面し、他の三方は標高150m程度の山に囲まれており、敷地が佐陀川及び宍道湖による洪水の被害を受けることはない（第3-1図参照）。

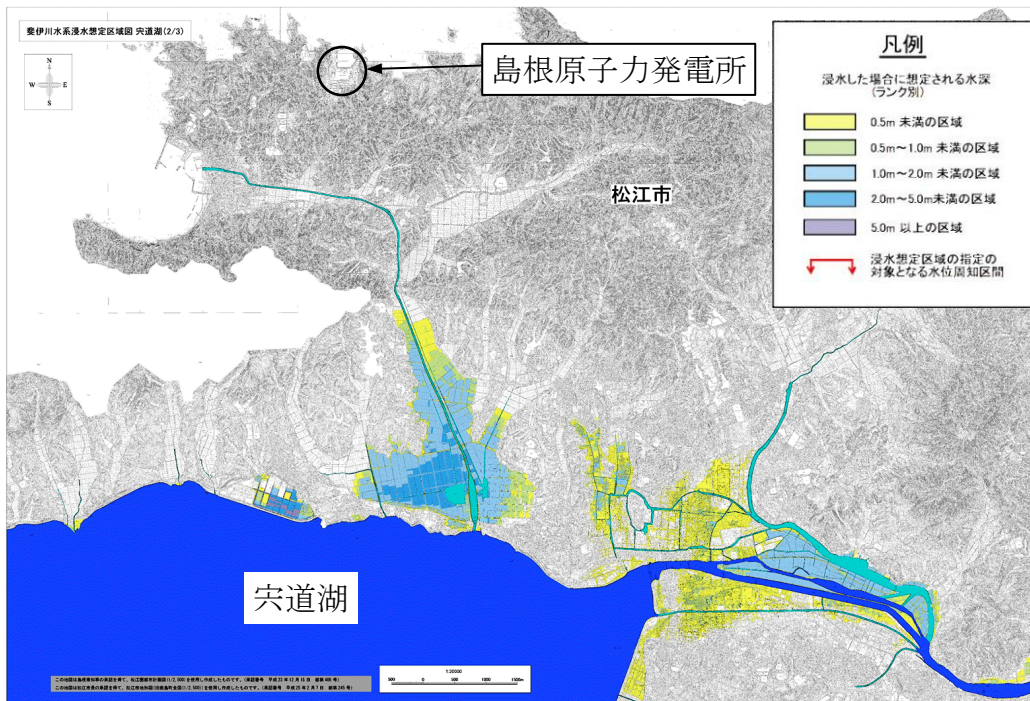
なお、浸水想定区域図^{*1}によると、宍道湖が概ね150年に1回程度起こる大雨^{*2}により氾濫したとしても、島根原子力発電所に影響が及ばないことを確認している（第3-2図参照）。

※1 国土交通省 中国地方整備局

※2 宍道湖の洪水防御に関する計画の基本となる降雨（2日間総雨量399mm）



第3-1図 島根原子力発電所敷地周辺の地形



第3-2図 浸水想定区域図

(2) 風（台風）

建築基準法施行令によると、松江市において建築物を設計する際に要求される基準風速は30m/s（地上高10m，10分間平均）である。

敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録

(1941～2018年)によれば、日最大風速は28.5m/s(1991年9月27日)である。

以上を踏まえ、設計基準風速は、保守的に最も風速が大きい規格・基準類の値である建築基準法施行令において要求されている風速(地上高10m,10分間平均風速の日最大風速)である30m/sとする。

なお、最大瞬間風速等の風速変動といった局所的かつ一時的な影響であれば、竜巻の最大瞬間風速の影響に包絡されるが、本号では風(台風)の影響範囲、継続性を鑑み、風(台風)に対して設計基準風速を設定する。

設計基準風速の設定に当たっては、最大風速を採用することにより、その風速の1.5～2倍程度の最大瞬間風速*を考慮することになること、現行の建築基準法では最大瞬間風速等の風速変動による影響を考慮した係数を最大風速に乘じ風荷重を算出することが定められていることから、設計基準風速としては最大風速を設定する。

設計基準風速(30m/s,地上高10m,10分間平均)によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1,クラス2及びクラス3に属する構築物,系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設は設計基準風速(30m/s,地上高10m,10分間平均)の風荷重に対し機械的強度を有することにより安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物,系統及び機器は、風(台風)により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

なお、風(台風)の設計基準風速は、竜巻影響評価における設計竜巻の最大風速に、風(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する設計飛来物の影響に包含される。

また、風(台風)の中心付近の強い上昇気流にて雷が発生する可能性があるが、安全施設に対し、台風は風荷重を及ぼす一方、落雷は電氣的影響を及ぼすものであることから、台風と落雷は個別に安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

評価結果の詳細は、「添付資料7 風(台風)影響評価について」のとおり。

※：気象庁：<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

(3) 凍結

凍結に対する法令及び規格・基準の要求はない。

敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台(松江市)での観測記録(1941～2018年)によれば、観測史上1位の日最低気温は-8.7℃(1977年2月19日)である。

以上を踏まえ、凍結に関する設計基準温度は松江地方気象台(松江市)に

おける観測史上1位の日最低気温である -8.7°C とする。

設計基準温度 (-8.7°C) の低温によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、屋内設備については換気系により環境温度を維持し、屋外設備については保温等の凍結防止対策を必要に応じて行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、低温により凍結した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

評価結果の詳細は、「添付資料8 凍結影響評価について」のとおり。

(4) 降水

降水に対する排水施設の規格・基準として、森林法に基づく林地開発許可に関する審査基準等を示した島根県林地開発行為審査基準細則においては、観測所「松江」における雨量強度は継続時間60分の場合 56mm/h である。

敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）によれば、観測史上1位の日最大1時間降水量は 77.9mm （1944年8月25日）である。

以上を踏まえ、設計基準降水量は保守的に最も降水量が大きい松江地方気象台（松江市）における観測史上1位の日最大1時間降水量である 77.9mm/h とする。

設計基準降水量 (77.9mm/h) の降水によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準降水量 (77.9mm/h) の降水による浸水に対し、構内排水路による海域への排水、浸水防止のための建物止水処置により、安全機能を損なわない設計とするとともに、外部事象防護対象施設は、設計基準降水量 (77.9mm/h) の降水による荷重に対し、排水口及び構内排水路による海域への排水により安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、降水により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

評価結果の詳細は、「添付資料9 降水影響評価について」のとおり。

(5) 積雪

積雪に対する規格・基準として、建築物については建築基準法及び同施行令第86条第3項に基づく松江市建築基準法施行細則において、地域ごとに建築場所の標高に応じた設計積雪量が定められている。松江市鹿島町において、発電所の安全施設が設置されている地盤レベルである標高 8.5m ～ 50.0m の設計積雪量は、 70cm ～ 85cm である。

敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）によれば、観測史上1位の月最深積雪は100cm（1971年2月4日）である。

以上を踏まえ、設計基準積雪量は保守的に最も積雪量が大きい松江地方気象台（松江市）における観測史上1位の月最深積雪である100cmとする。

設計基準積雪量（100cm）の積雪によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準積雪量（100cm）の積雪荷重に対し機械的強度を有すること、また、換気系の給・排気口は、設計基準積雪量より高所に設置する等により安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、積雪により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

評価結果の詳細は、「添付資料10 積雪影響評価について」のとおり。

(6) 落雷

電気技術指針 J E A G 4608においては、500kV開閉所における送電線ならびに電力設備に対して基準電流を150kAとしている。また日本産業規格 J I S A 4201:2003「建築物等の雷保護」、消防庁通知などによると、原子力発電所の危険物施設に対して基準電流150kAと規定されている。

雷撃電流の観測記録として、落雷位置標定システムによる落雷データを用いた。島根原子力発電所構内における観測記録（1989～2018年）の最大値は、104kA（1994年9月13日）である。

以上を踏まえ、設計基準電流値は保守的に最も電流値が大きい規格・基準類の値である J E A G 4608において参照されている150kAとする。

設計基準電流値（150kA）の落雷によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設の雷害防止対策として、原子炉建物等への避雷針の設置、接地網の敷設による接地抵抗の低減等を行うとともに、安全保護系への雷サージ侵入の抑制を図る回路設計を行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、落雷により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

評価結果の詳細は、「添付資料11 落雷影響評価について」のとおり。

(7) 地滑り・土石流

地滑り調査は、文献が示す地滑り地形を参照したうえ、机上調査によって島根原子力発電所周辺の地滑り地形の抽出を行った。抽出した箇所について

現地調査を行い、地滑り地形の有無、範囲、規模等を評価した。

土石流調査も同様に、文献が示す土石流危険区域・溪流を参照したうえ、机上検討によって敷地内の土石流危険区域・溪流の地形を網羅的に抽出した。土石流危険区域等がある箇所については、旧建設省の「土石流危険溪流および土石流危険区域調査要領（案）」を参考に設定したフローに基づいて図上調査及び現地調査を行い、土石流の範囲、規模等を評価した。

抽出された島根原子力発電所周辺の地滑り地形は第3-3図、土石流危険区域は第3-4図に示すとおりである。なお、島根原子力発電所周辺には土砂崩れ（山崩れ、崖崩れ）に相当する急傾斜地崩壊箇所は示されていない。

地滑り及び土石流によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、斜面からの離隔距離を確保し地滑り及び土石流のおそれがない位置に設置することにより安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、地滑り及び土石流により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

a. 地滑りの影響評価

地滑り地形範囲にある安全施設への影響評価を実施する。第3-3図に地滑り地形と対象設備（安全施設等）の位置を示す。

地滑り地形①の範囲にある安全施設として2号機放水接合槽があり、また津波防護施設として防波壁があるが、地滑り調査の結果、地滑り地形①については深層崩壊を伴うような地滑り地形ではないことを確認している。また、防災科研調査結果の地滑り地形①付近において確認された表層土（礫質土及び粘性土）については、過去の表層すべりの可能性が否定できないことから、周辺斜面の安定性確保のため、撤去を行うこととしている。

地滑り地形②の範囲にある安全施設としてモニタリング・ポストがあるが、地滑り調査の結果から地滑りは想定されないと評価している。また、地滑り地形⑤の範囲に、安全施設は存在しない。

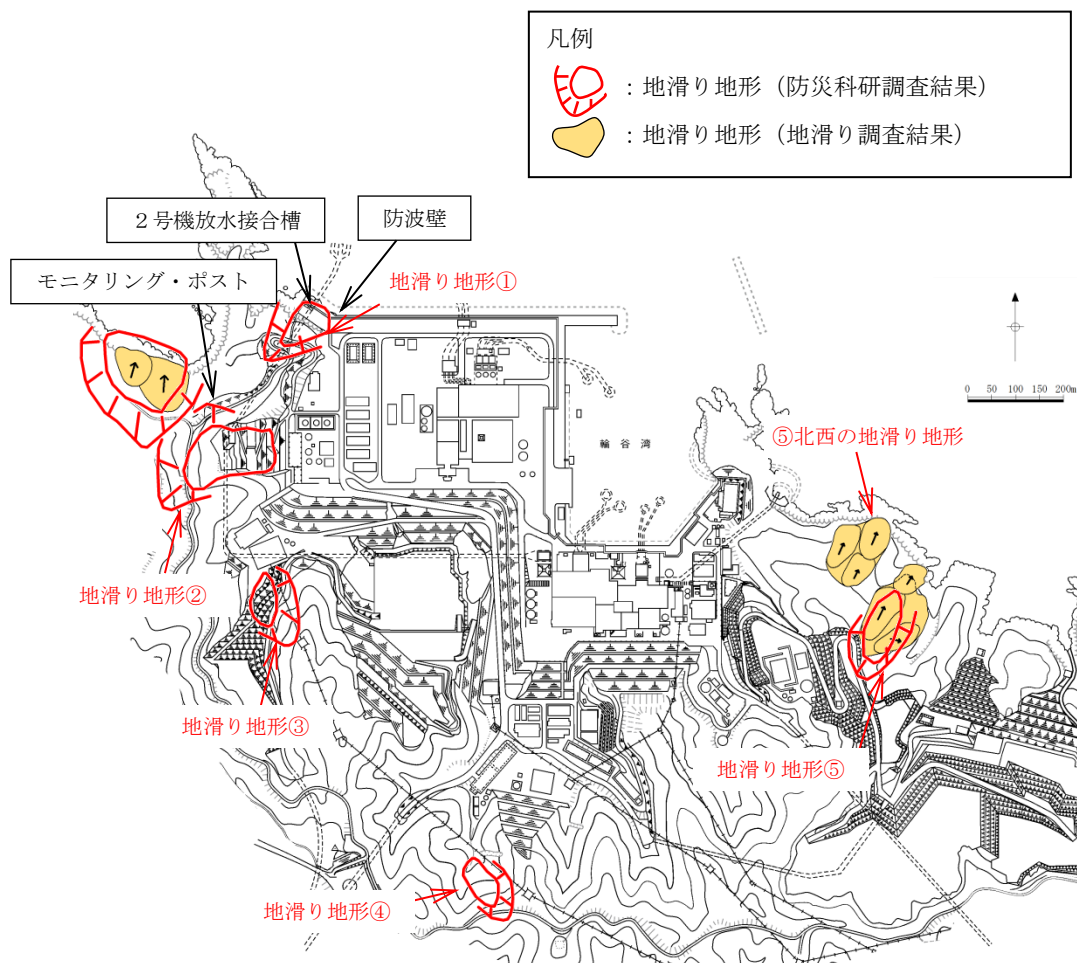
b. 土石流の影響評価

土石流危険区域7箇所について、土石流が発生する可能性は低いと考えられるが、溪床に土石流の発生源となる堆積土砂が確認されたため、保守的に土石流が発生した場合の土石流危険区域内にある安全施設への影響評価を実施する。

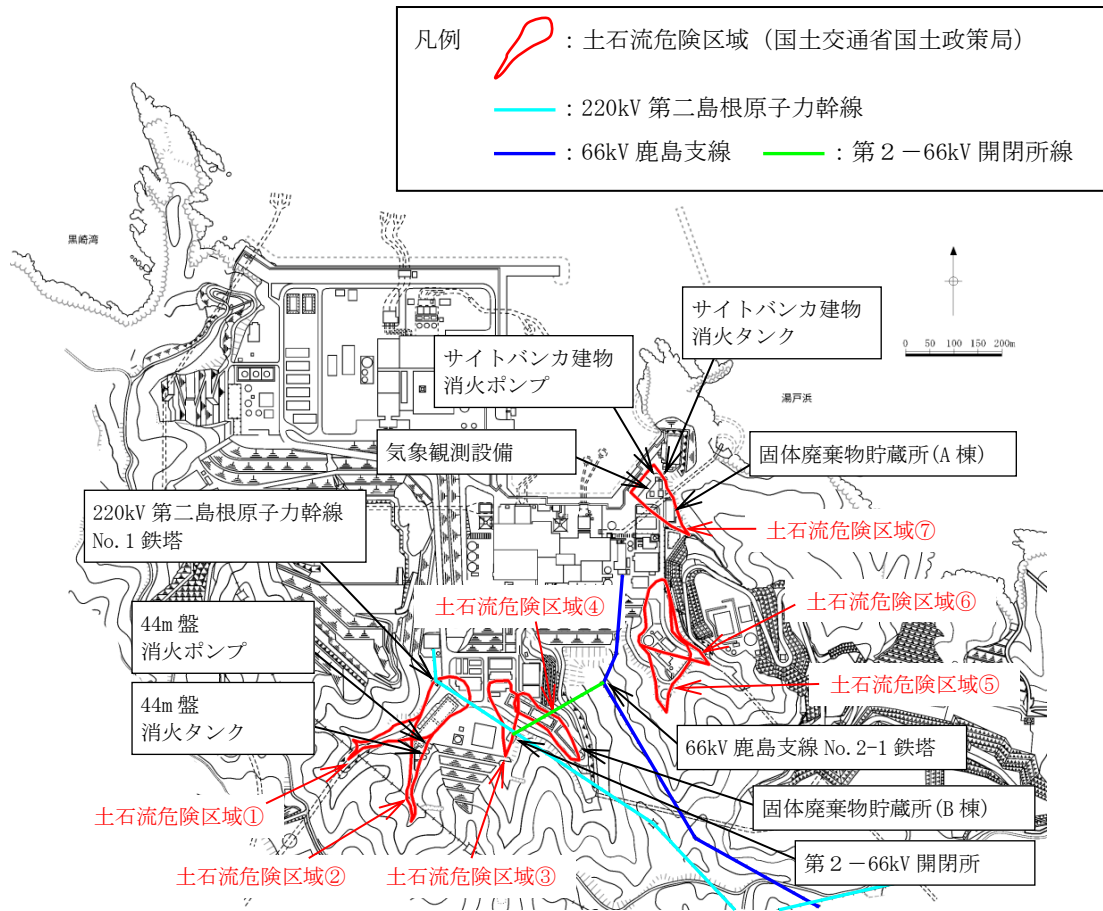
土石流危険区域には、消火ポンプ、消火タンク、220kV第二島根原子力幹線No.1鉄塔、気象観測設備及び固体廃棄物貯蔵所がある。消火ポンプ、消火タンク及び220kV第二島根原子力幹線No.1鉄塔については、土石流に

よりこれらの設備が破損したとしても、代替設備により、安全施設の安全機能は損なわれない。気象観測設備については、土石流により破損した場合、速やかに補修を実施することにより安全施設の安全機能は損なわれない。固体廃棄物貯蔵所については、土石流による損傷によって公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれはなく、損傷した場合は補修等の運用上の措置等を講じることにより、安全施設の安全機能は損なわれない。

評価結果の詳細は、「添付資料12 地滑り・土石流影響評価について」のとおり。



第3-3図 島根原子力発電所周辺の地滑り地形
及び対象施設（安全施設等）位置図



第3-4図 島根原子力発電所周辺における土石流危険区域及び対象施設（安全施設等）位置図

(8) 生物学的事象

生物学的事象として海洋生物であるクラゲ等の発生，小動物の侵入によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を，安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

その上で，外部事象防護対象施設は，クラゲ等の発生に対しては，クラゲ等を含む塵芥による原子炉補機海水系等への影響を防止するため，除じん装置及び海水ストレーナを設置し，必要に応じて塵芥を除去することにより，安全機能を損なわない設計とする。

小動物の侵入に対しては，屋内設備は建物止水処置により，屋外設備は端子箱貫通部の閉止処置を行うことにより，安全機能を損なわない設計とする。

また，上記に含まれない構築物，系統及び機器は，生物学的事象により損傷した場合であっても，代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

評価結果の詳細は，「添付資料13 生物学的事象影響評価について」のとおり。

4. 人為事象の考慮

安全施設は、以下のとおり想定される偶発的な人為事象によって、安全施設の安全性を損なわない設計とする。

(1) 飛来物（航空機落下）

航空機落下については、「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（平成21年6月30日原子力安全・保安院制定））等に基づき、航空機落下確率を評価し、防護設計の要否について確認している。

島根原子力発電所2号炉について航空機落下確率評価を行った結果は、約 8.4×10^{-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設計を考慮しない。

評価結果の詳細は、「添付資料14 航空機落下確率評価について」のとおり。

(2) ダムの崩壊

島根原子力発電所周辺地域のダムとしては、島根原子力発電所の敷地から南方向約3kmの地点に柿原溜池が存在するが、敷地との距離が離れており、さらに敷地の周りは標高150m程度の山に囲まれていることから、本溜池の越水による影響はない（第4-1図参照）。



第4-1図 発電所周辺のダムの位置

(3) 有毒ガス

有毒ガスの漏えいについては固定施設（石油コンビナート施設等）と可動施設（陸上輸送，海上輸送）からの流出が考えられる。

発電所周辺地域には，以下の交通運輸状況及び産業施設がある。

発電所周辺地域の主要道路としては，一般国道431号線があり，鉄道路線としては，西日本旅客鉄道株式会社山陰本線及び一畑電気鉄道株式会社北松江線がある（第4-2図参照）。

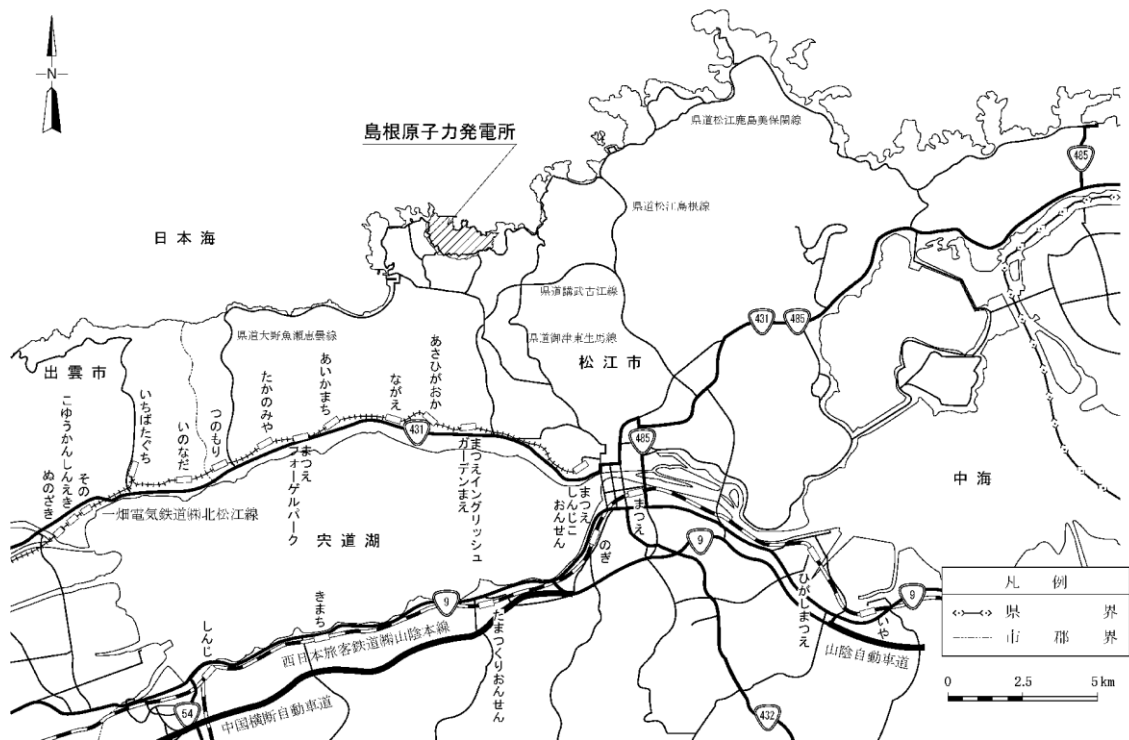
島根原子力発電所前面の海域にフェリーの航路等一般航路があるが，発電所からの離隔距離が確保されている（第4-3図参照）。

発電所周辺の石油コンビナート施設については，発電所敷地外10km以内の範囲において，石油コンビナート施設は存在しない（第4-4図参照）。なお，発電所に最も近い石油コンビナート地区は南南東約120kmの福山・笠岡地区及び水島臨海地区である。

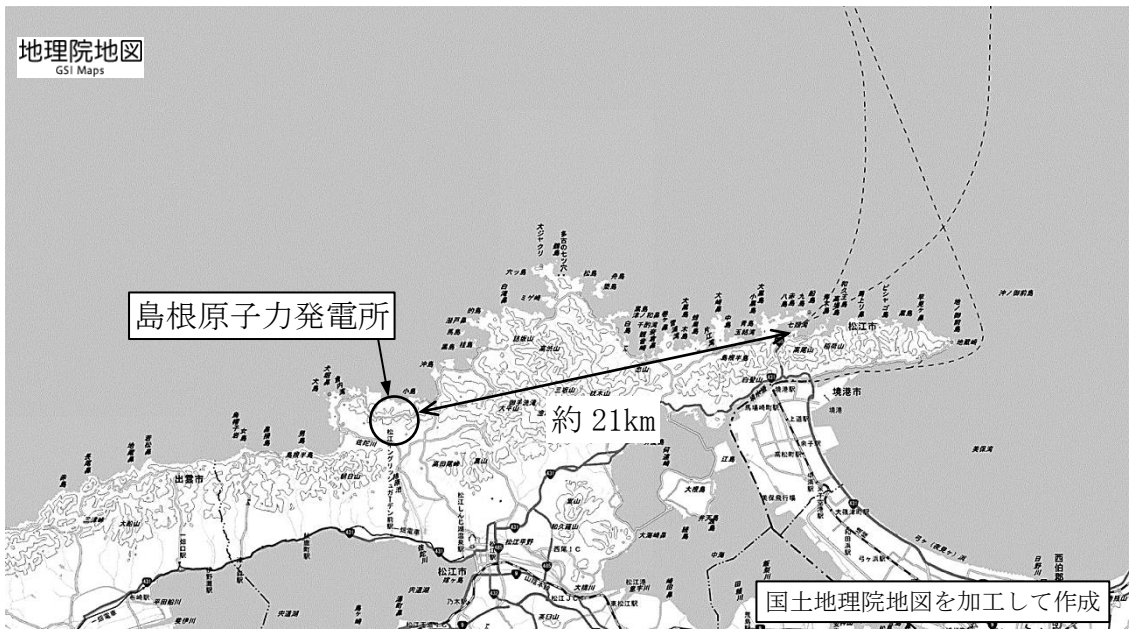
また，発電所敷地外10km以内の範囲において，石油コンビナート施設以外の主要な産業施設がある。

これらの主要道路，鉄道路線，一般航路及び石油コンビナート施設等は，発電所から離隔距離が確保されており，危険物を積載した車両及び船舶を含む事故等による発電所への有毒ガスを考慮する必要はない。

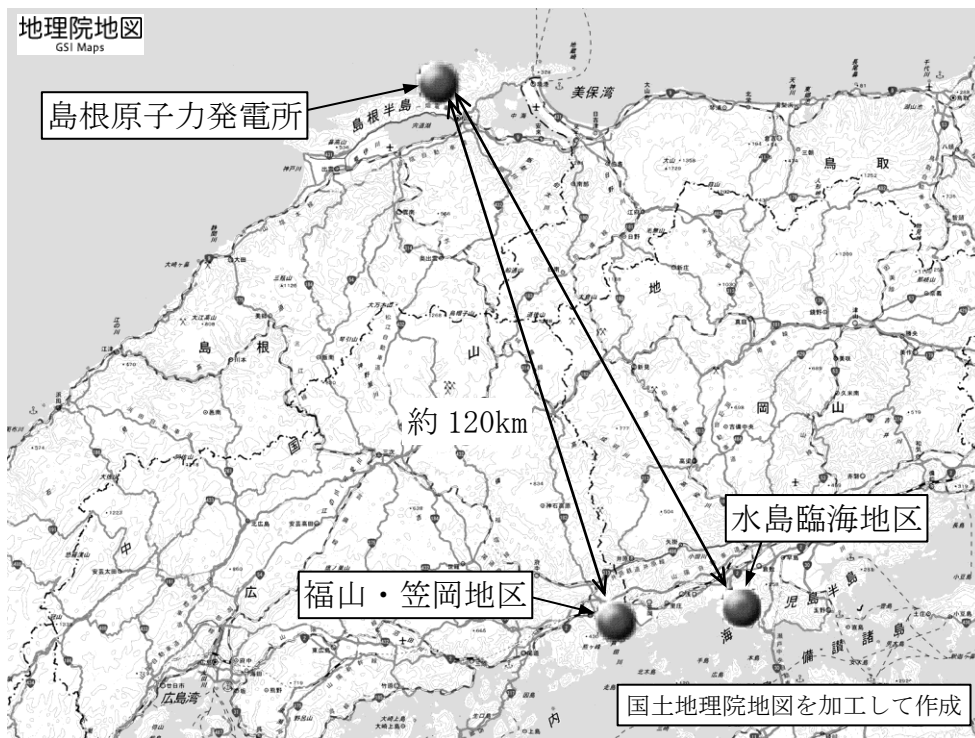
中央制御室換気系については，給気隔離弁及び排気隔離弁を閉止し，系統隔離運転モードへ切り替えることにより中央制御室の居住性が損なわれることはない。



第4-2図 発電所周辺の鉄道及び主要道路図



第4-3図 発電所周辺の主要航路図



第4-4図 コンビナート施設の位置

(4) 船舶の衝突

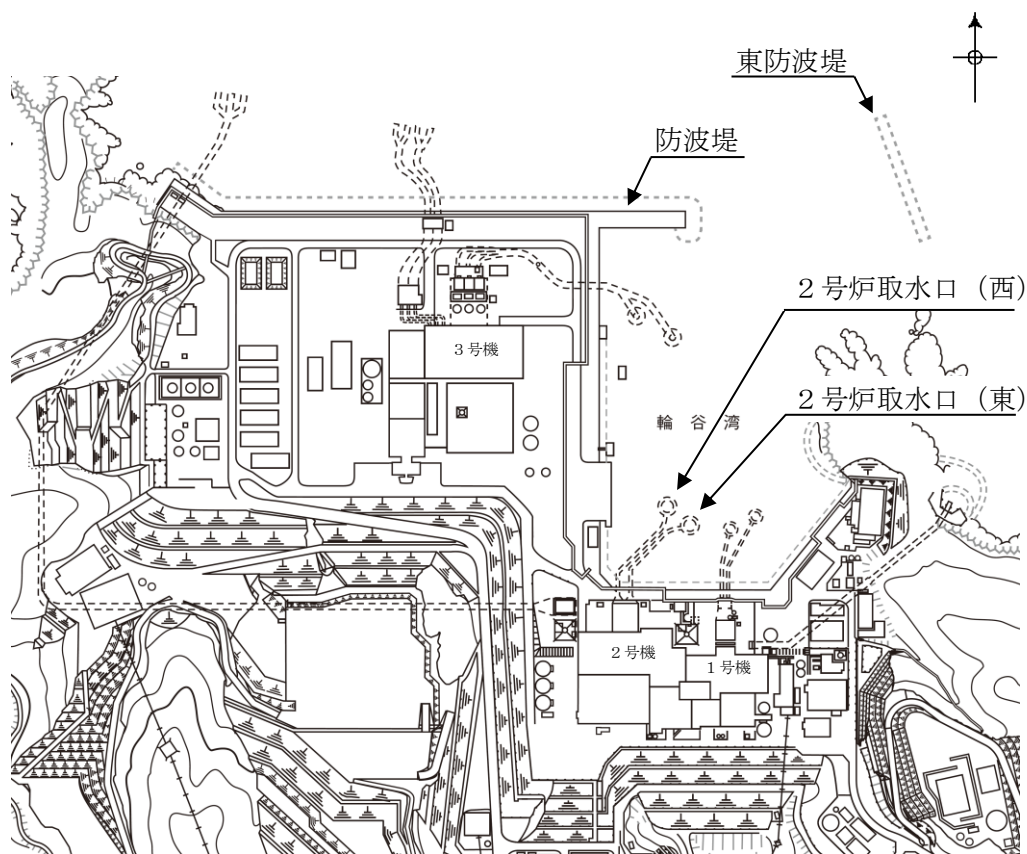
島根原子力発電所周辺海域の航路としては、北東方向約6kmに加賀港から潜戸までの観光遊覧船が運航している。また、東北東方向約21kmに七類港から隠岐諸島までの高速船及びフェリーが運航している。発電所はこれらの航

路の進行上にはなく、航路までの距離が離れていることから船舶の侵入はない。

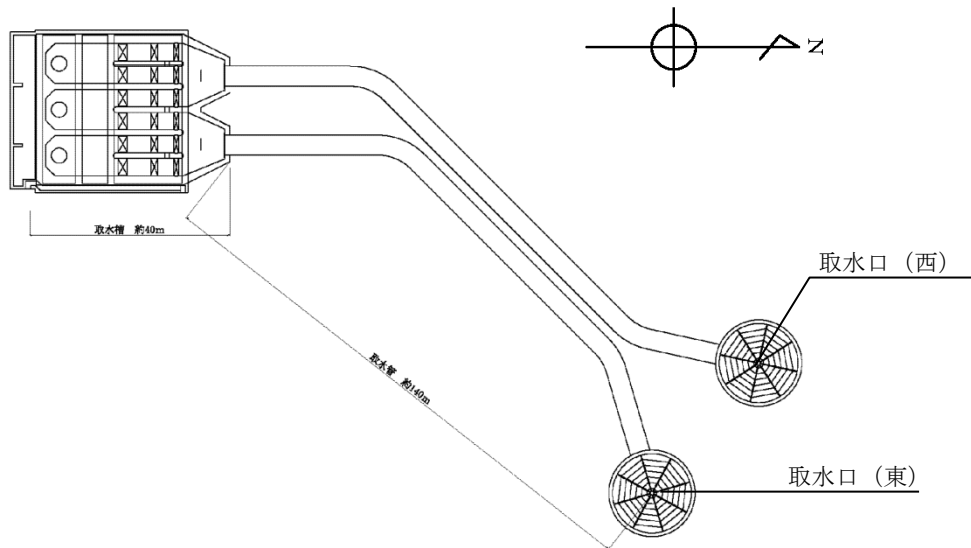
また、取水口前面には防波堤及び東防波堤があることから、小型船舶が漂流し、港湾内に侵入する可能性は極めて低い。仮に取水口側に侵入した場合でも、取水口の上端高さEL-12.5~-9.5mに対して、朔望平均干潮位(L.W.L) EL-0.02mに小型船舶の喫水約1.5mを考慮しても船舶の下端はEL-3m程度であることから、取水路の閉塞はない(第4-5~7図参照)。

なお、燃料輸送船等が座礁し、運搬している重油等が流出するような場合についても、深層から取水していることから、取水機能に影響はない。また、必要に応じて、オイルフェンスを設置する措置を講じることができる。

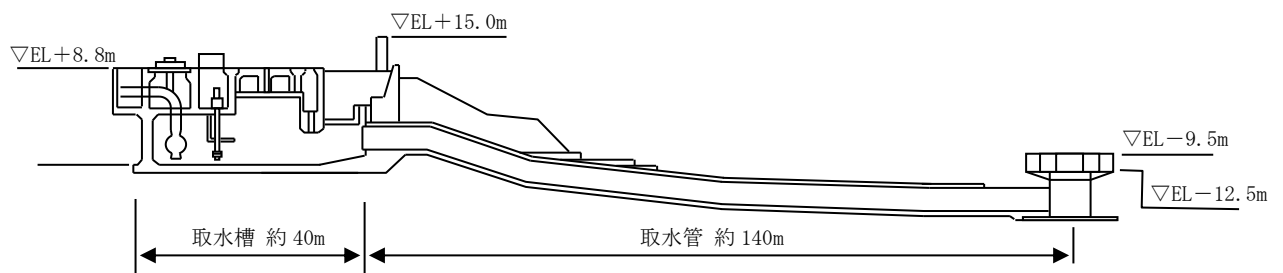
したがって、船舶の衝突によって取水路が閉塞することはなく、安全施設の安全機能を損なうことはない。



第4-5図 取水口、防波堤及び東防波堤の位置



第4-6図 取水口～取水ピット平面図



第4-7図 取水口～取水ピット断面図

(5) 電磁的障害

安全保護系は、電磁的障害による擾乱に対して、制御盤へ入線する電源受電部にラインフィルタの設置、外部からの信号入出力部にラインフィルタや絶縁回路の設置、鋼製筐体や金属シールド付ケーブルの適用等により、影響を受けない設計としている。

したがって、電磁的障害により安全施設の安全機能を損なうことはない。

評価結果の詳細は、「添付資料15 電磁的障害影響評価について」のとおり。

5. 外部事象に対する安全施設の影響評価について

3. 及び4. にて評価した，外部事象による安全施設への影響を第5-1表に示す。

なお，自然現象の洪水，並びに人為事象の飛来物（航空機落下）及びダムの崩壊に関しては，島根原子力発電所への影響がないことから，第5-1表から除外している。

第5-1表 自然現象及び人為事象に対する安全施設の影響評価 (1/13)

分類	定義	重要度分類指針	自然現象による影響 ^{※1}													人為事象による影響 ^{※2}					
			設置 場所 ^{※3}	外部事象 防護対策 施設	風 (台風)	竜巻	凍結	降水	積雪	落雷	地滑り・土石流	火山の影響	生物学的事象	火災・爆発	有毒ガス	船舶の衝突	電磁的障害				
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象に (a) 炉心の著しい損傷、又は (b) 燃料の大規模の破損を引き起こす おそれのある構造物、系統及び機器	1) 原子炉停止の緊急停止機能 2) 未燃界維持機能 3) 原子炉冷却材圧力カバウンダリ機能	構造物、系統又は機器	外部事象防護対策施設	設置場所 ^{※3}	風 (台風) 防備方法 評価	竜巻 防備方法 評価	凍結 防備方法 評価	降水 防備方法 評価	積雪 防備方法 評価	落雷 防備方法 評価	地滑り・土石流 防備方法 評価	火山の影響 防備方法 評価	生物学的事象 防備方法 評価	火災・爆発 防備方法 評価	有毒ガス 防備方法 評価	船舶の衝突 防備方法 評価	電磁的障害 防備方法 評価			
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象に (a) 炉心の著しい損傷、又は (b) 燃料の大規模の破損を引き起こす おそれのある構造物、系統及び機器	1) 原子炉停止の緊急停止機能 2) 未燃界維持機能 3) 原子炉冷却材圧力カバウンダリ機能	原子炉冷却材圧力カバウンダリ機能 原子炉再循環系ポンプ 隔離弁 制御駆動機構ハウジング 中性子束計装管ハウジング	○ ○ ○ ○ ○	R/B	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○		
MS-1	1) 異常事態発生時に原子炉を緊急停止し、炉心を冷却材圧力カバウンダリの過圧を防止し、事故防止の公衆の過度の放射線の影響を防止する構造物、系統及び機器	1) 原子炉停止の緊急停止機能 2) 未燃界維持機能	制御棒 制御棒案内管 制御棒駆動機構 水圧制御ユニット (スクラムパイロット弁、スクラム弁、アキユムレレータ、緊急容器、配管・弁) 制御棒 制御棒トップブリンダ 制御棒駆動機構ハウジング 制御棒駆動機構ハウジング 制御棒駆動機構ハウジング ほう酸水注入系 (ほう酸水注入ポンプ、注入弁、タンク出口弁、ほう酸水貯蔵タンク、ポンプ吸込配管・弁、注入配管・弁) 逃がし安全弁 (安全弁機能)	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	R/B	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○	建物内 ○		

※1 R/B：原子炉建物、C/B：制御室建物、T/B：タービン建物、Rw/B：廃棄物処理建物、屋内：R/B、C/B、T/B、Rw/B内、屋外：R/B、C/B、T/B、Rw/B外
 ※2 【評価】○：各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持、安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない

第5-1表 自然現象及び人為事象に対する安全施設の影響評価 (5/13)

分類	定義	機能	重要度分類指針	島根原子力発電所2号炉		設置場所※1		自然現象による影響※2										人為事象による影響※2							
				建築物、系統又は機器	外部対策 防衛対策 施設	評価	防護方法	評価	防護方法	雷害	積雪	凍結	竜巻	風(台風)	風速	風向	評価	防護方法	地震	土砂崩れ	火災・爆発	有毒ガス	船舶の衝突	電磁的障害	
MS-1	2) 安全上必須な他の建築物、系統及び機器	D) 工学的な安全施設及び原子炉停止系への作用信号の発生機能	安全保護系	原子炉保護系 工学的な安全施設駆動系	R/B, C/B, T/B, Rw/B	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内
			非常用炉内電源系、制御室及び原子炉の運転機能	非常用炉内電源系(ディーゼル機関、発電機、ディーゼル発電機から非常用負荷までの配電設備及び回路)、非常用空気系(始動用空気ダクト(自動供給)からディーゼル冷却機まで)	R/B, T/B	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内	建築物内 建築物内
				燃料移送系(非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンクから燃料移送系(非常用ディーゼル機関まで))	屋外	影響なし(竜巻評価に包含)	影響なし(竜巻評価に包含)	影響なし(竜巻評価に包含)	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし
				燃料移送系(非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンクから燃料移送系(非常用ディーゼル機関まで))	R/B	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内
				高圧炉心スプレッド発電機燃料貯蔵タンクから燃料移送系(非常用ディーゼル機関まで)の配電設備及び回路)	R/B	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内
				燃料移送系(非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンクから燃料移送系(非常用ディーゼル機関まで))																					
				燃料移送系(高圧炉心スプレッド発電機燃料貯蔵タンクからディーゼル機関まで)	R/B, T/B	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内	建築物内
				燃料移送系(高圧炉心スプレッド発電機燃料貯蔵タンクからディーゼル機関まで)	屋外	影響なし(竜巻評価に包含)	影響なし(竜巻評価に包含)	影響なし(竜巻評価に包含)	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし

※1 R/B: 原子炉建物, C/B: 制御室建物, T/B: タービン建物, R w/B: 廃棄物処理建物, 屋内: R/B, C/B, T/B, R w/B/屋内, 屋外: R/B, C/B, T/B, R w/B/屋外
 ※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持, 安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない

第5-1表 自然現象及び人為事象に対する安全施設の影響評価 (7 / 13)

分類	重要度分類指針		設置場所※1	外部事象 防護対象施設		自然現象による影響※2												人為事象による影響※2			
	定義	機能		構造物、系統又は機器	外部事象	風 (台風)	雹	凍結	降雪	落雷	地震り・土石流	火山の影響	生物学的事象	火災・爆発	有毒ガス	結油の衝突	電磁的障害				
PS-2	1) その損傷又は故障により発生する事象については、損傷又は故障の重大な破壊損傷を引き起こすおそれ、敷地外への過度の放射線物質の放出のおそれのある構造物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材を貯蔵する機能 (ただし、原子炉冷却材圧力バッチャから除かれたり、原子炉冷却材圧力バッチャの計装等による計装の故障により、炉心の過熱による放射線物質の放出のおそれのある構造物、系統及び機器)	主蒸気系、原子炉冷却材浄化系 (いすれ器、格納容器、除灰機等の外側のみ)	主蒸気系 (格納容器隔離弁の外部)	R/B, T/B	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内				
MS-2	2) 通常運転時及び運転時の変化時に作用を要求されるものであり、炉心の冷却が損なわれる可能性の高い構造物、系統及び機器	3) 燃料を安全に取り扱う機能	燃料取扱設備	非ガス処理系 (活性炭式希ガスホルドアップ装置)	R/B	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内				
			原子炉冷却材圧力バッチャ	燃料プール (使用済燃料貯蔵ラックを含む)	R/B	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内			
			原子炉冷却材圧力バッチャ	新燃料貯蔵庫 (燃焼炉停止する機能) (新燃料貯蔵ラック)	R/B	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内		
MS-2	1) PS-2の構造物、系統及び機器の損傷又は故障により、炉心の冷却が損なわれる可能性の高い構造物、系統及び機器	1) 燃料プールの補給機能	残留熱除去系 (ポンプ、サブプレッション、プールから燃料プールまでの配管・ライオン・配管・弁、サブプレッション・プール・トラレーナ)	R/B	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内				
		2) 放射線物質放出の防止機能	放射線物質 (非食用ガス処理系) の隔離 (排気ガスのガス処理系排気管の支持機能以外)	T/B	○ 屋外	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内	○ 建物内			

※1 R/B: 原子炉建物, C/B: 制御室建物, T/B: タービン建物, R w/B: 廃棄物処理建物, 屋内: R/B, T/B, R w/B/B内, 屋外: R/B, C/B, T/B, R w/B/B外

※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による必要な機能の維持, 安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない

第5-1表 自然現象及び人為事象に対する安全施設の影響評価 (9/13)

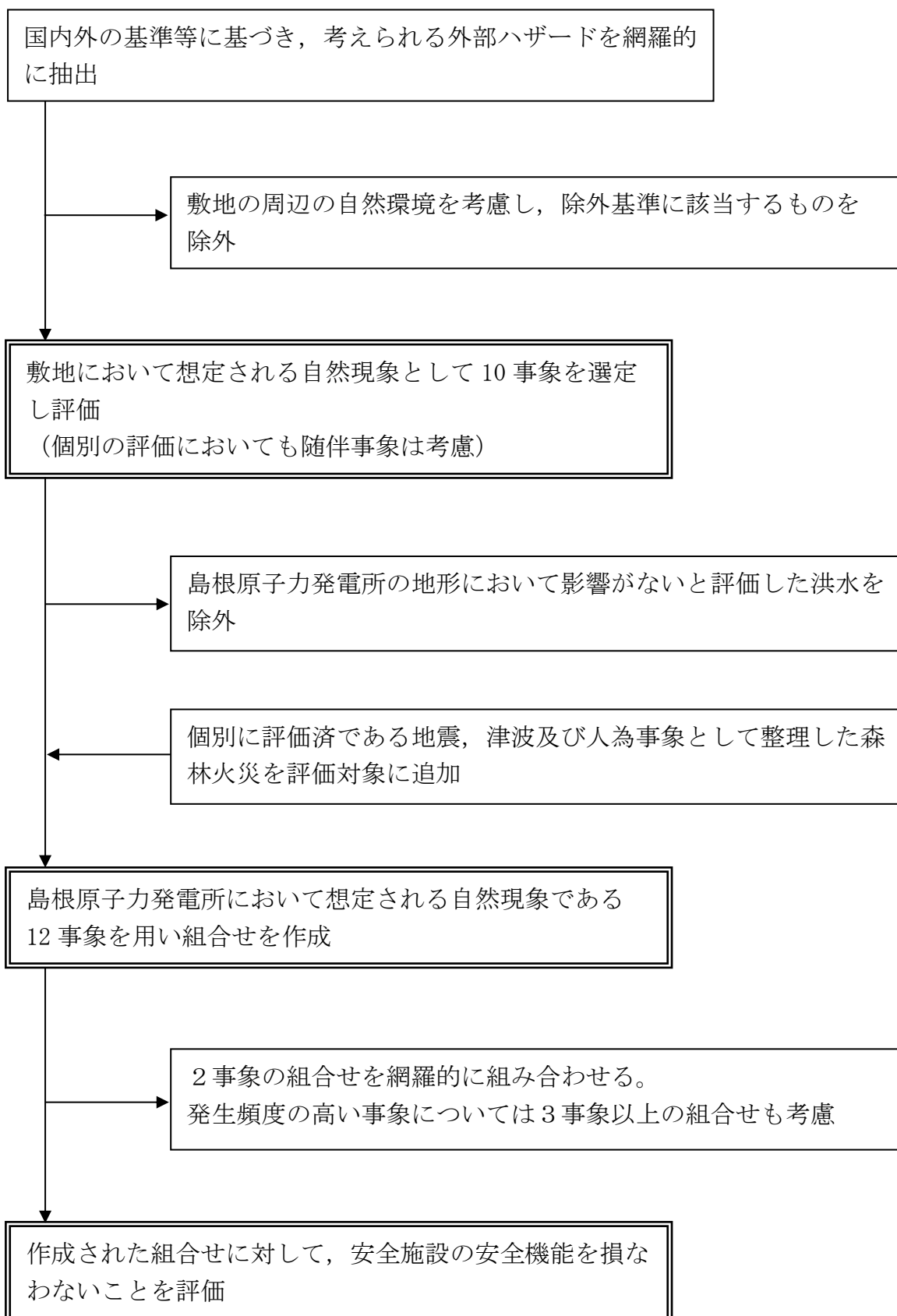
分類	定義	重要度分類指針	島根原子力発電所2号炉	設置場所 ^{※1}	自然現象による影響 ^{※2}										人為事象による影響 ^{※2}					
					外部事象 防護対策 施設	風 (台風)	竜巻	凍結	降水	積雪	落雷	地滑り・土石流	火山の影響	生物学的事象	火災・爆発	有毒ガス	結核の衝突	電磁的障害		
PS-3	1) 異常状態の起因事象となるものであり、PS-1及びPS-2以外の構築物、系統及び機器のもの	機能	構造物、系統又は機器	評価	評価	評価	評価	評価	評価	評価	評価	評価	評価	評価	評価	評価	評価	評価	評価	評価
		計装配管、試験採取管	原子炉冷却材圧力バウンダリから取外される小口径配管・弁	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		炉冷却材保持機能 (PS-1、PS-2以外の構築物、系統及び機器のもの)	原子炉冷却材配管・弁	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		炉冷却材の循環機能	原子炉再循環系配管・弁	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		放射能汚染の抑制機能	ライサ管 (炉内) シェットボトム 復水貯蔵タンク	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			液体廃棄物処理系 (タンク)	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			固体廃棄物処理系 (タンク、固体廃棄物貯蔵所 (ドラム缶))	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

※1 R/B: 原子炉建物, C/B: 制御室建物, T/B: タービン建物, R w/B: 廃棄物処理建物, 屋内: R/B, C/B, T/B, R w/B/B内, 屋外: R/B, C/B, T/B, R w/B/B外
 ※2 【評価】○: 各外部事象に対し安全機能を損なわれない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持, 安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわれない

6. 自然現象の組合せについて

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第6条解釈第3項及び第5項において，設計上の考慮を要する自然現象の組合せについて要求があることから，自然現象の重畳について検討する。

第6-1図に自然現象の組合せ事象の評価フローを示す。



第6-1図 自然現象の組合せの評価

(1) 組合せを検討する自然現象

自然現象の組合せについては、発電所敷地で想定される自然現象（地震、津波を除く。）として抽出された10事象から、洪水を除いた9事象に、地震、津波及び人為事象として整理した森林火災を加えた12事象で網羅的に組合せの検討を実施する。

組合せを検討する島根原子力発電所で想定される自然現象は以下に示すとおりである。

- ・風（台風）
- ・竜巻
- ・凍結
- ・降水
- ・積雪
- ・落雷
- ・地滑り・土石流
- ・火山の影響
- ・生物学的事象
- ・森林火災
- ・地震
- ・津波

組合せに当たっては、発生頻度が比較的高いと考えられる風（台風）、凍結、降水又は積雪について、その他の自然現象と組み合わせる前に同時に発生するものとして取り扱う。

ただし、凍結と降水、降水と積雪は同時に発生することは考えられない又は与える影響が自然現象を重ね合わせることで個々の自然現象が与える影響より緩和されることを考慮し、12事象のうち、風（台風）、凍結、降水、降雪以外の自然現象との組合せは、風（台風）＋降水及び風（台風）＋凍結＋積雪の2事象をあらかじめ想定する。

以上を踏まえた自然現象の組合せを第6-1表に示す。

第6-1表 自然現象の組合せ

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		* 1	* 2	竜巻	落雷	地滑り・ 土石流	火山の 影響	生物学的 事象	森林 火災	地震	津波
A	* 1										
B	* 2	1									
C	竜巻	2	10								
D	落雷	3	11	18							
E	地滑り・ 土石流	4	12	19	25						
F	火山の影響	5	13	20	26	31					
G	生物学的 事象	6	14	21	27	32	36				
H	森林火災	7	15	22	28	33	37	40			
I	地震	8	16	23	29	34	38	41	43		
J	津波	9	17	24	30	35	39	42	44	45	

* 1 : 風 (台風) + 降水

* 2 : 風 (台風) + 凍結 + 積雪

(2) 組合せの評価

第6-1表に示すA, B及び1から45までの組合せについて評価する。島根原子力発電所において想定される自然現象とプラントに及ぼす影響を第6-2表に示す。評価に当たっては、組み合わせた事象によるプラントに及ぼす影響について、以下の観点から評価を行った。

- i) 個々の事象の設計に包含されるか,
- ii) 同時に発生するとは考えられないか,
- iii) 与える影響が自然現象を重ねることで個々の自然現象が与える影響より緩和されるか

評価結果を第6-3表に示す。荷重による影響以外については、上記のi)からiii)のいずれかに該当することから新たな評価が必要となる自然現象の組合せがないことを確認した。

ただし、上記評価のうち、「第四条 地震による損傷の防止」及び「第五条 津波による損傷の防止」において考慮する事象はそれぞれの条項で考慮する。また、その他の荷重における具体的な事象の組合せについては、(3)で検討する。

第6-2表 島根原子力発電所において想定される自然現象と
プラントに及ぼす影響

	プラントに及ぼす影響								
	荷重	温度	閉塞	浸水	電氣的 影響	腐食	磨耗	アクセス 性	視認性
風（台風）	○	—	—	—	—	—	—	○	—
竜巻	○	—	—	—	—	—	—	○	—
凍結	—	○	○	—	—	—	—	○	—
降水	○	—	—	○	—	—	—	○	○
積雪	○	—	○	—	—	—	—	○	○
落雷	—	—	—	—	○	—	—	—	—
地滑り・ 土石流	○	—	—	—	—	—	—	○	—
火山の影響	○	—	○	—	○	○	○	○	○
生物学的事象	—	—	○	—	○	—	—	—	—
森林火災	—	○	○	—	○	—	○	○	○
地震	○	—	—	—	—	—	—	○	○
津波	○	—	—	○	—	—	—	○	—

第6-3表 組合せにより安全施設に与える影響についての評価結果

番号	評 価	評価 結果
<p>A</p> <p>風（台風） +降水</p>	<p>風（台風）及び降水の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②浸水、③アクセス性及び④視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、風（台風）及び降水による荷重が考えられるが、降水による荷重に対しては雨樋による排水により影響を受けない設計としており、降水を組み合わせたとしても風（台風）の個別評価と変わらない。</p> <p>②浸水の観点からは、降水による敷地の浸水の可能性が考えられるが、構内排水設備により排水することで敷地が浸水することはない。また、風（台風）を組み合わせたとしても降水の個別評価と変わらない。</p> <p>③アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>④視認性の観点からは、降水により中央制御室外の状況や津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、風（台風）を組み合わせたとしても降水の個別評価と変わらない。</p>	<p>i)</p>
<p>B</p> <p>風（台風） +凍結 +積雪</p>	<p>風（台風）、凍結及び積雪の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②温度、③閉塞、④アクセス性及び⑤視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、風（台風）及び積雪による荷重が考えられる。さらに凍結を組み合わせたとしても風（台風）及び積雪の評価と変わらない。</p> <p>②温度の観点からは、屋外機器等で凍結のおそれがあるものについては、凍結防止保温や凍結防止ヒータにて対策を施すため、安全施設の安全機能に影響を及ぼすおそれはない。また、風（台風）及び積雪を組み合わせたとしても凍結の個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは、屋外機器等で凍結により閉塞のおそれがあるものについては、凍結防止保温や凍結防止ヒータにて対策を施すため、安全施設の安全機能に影響を及ぼすおそれはない。また、風（台風）及び積雪を組み合わせたとしても凍結の個別評価と変わらない。</p> <p>④アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑤視認性の観点からは、積雪により中央制御室外の状況や津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、風（台風）及び凍結を組み合わせたとしても積雪の個別評価と変わらない。</p>	<p>i)</p>

番号	評価	評価結果
1 風（台風） +降水 +凍結 +積雪	<p>風（台風），降水，凍結及び積雪の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，荷重，温度，閉塞，浸水，アクセス性及び視認性が考えられるが，降水と凍結，降水と積雪は同時に発生するとは考えられない又は個々の影響より緩和されることから本事象の組合せは評価不要である。</p>	ii) iii)
2 風（台風） +降水 +竜巻	<p>風（台風），降水及び竜巻の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②浸水，③アクセス性及び④視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風）及び竜巻による荷重が考えられる。また，降水による荷重に対しては雨樋による排水により影響を受けない設計としており，降水を組み合わせたとしても評価は変わらない。</p> <p>②浸水の観点からは，竜巻とAの組合せを組み合わせたとしてもAの個別評価と変わらない。</p> <p>③アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお，竜巻発生前における車両の退避において風（台風）及び降水の影響を受けることが考えられるが，風（台風）による飛来物については台風前パトロールにより，風（台風）により飛散すると考えられる資機材について飛散防止対策を実施しており，車両の退避に影響するような飛来物が発生することは考え難く，また，降水については構内排水設備により排水されることから退避性に影響はない。</p> <p>④視認性の観点からは，竜巻とAの組合せを組み合わせたとしてもAの個別評価と変わらない。また，竜巻による飛来物によりカメラ等の損傷の可能性はあるが，安全上支障のない期間にカメラを修復すること等の対応により影響はない。なお，竜巻発生前における車両の退避を行う場合には，降水の影響により視認性の低下を及ぼし作業時間増加や作業効率悪化となるおそれがあるが，その場合においても作業不能となるとは考えられない。</p>	i)
3 風（台風） +降水 +落雷	<p>風（台風），降水及び落雷の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②浸水，③電氣的影響，④アクセス性及び⑤視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，落雷とAの組合せを組み合わせたとしてもAの個別評価と変わらない。</p> <p>②浸水の観点からは，落雷とAの組合せを組み合わせたとしてもAの個別評価と変わらない。</p> <p>③電氣的影響の観点からは，落雷による設備損傷や電磁的影響が考えられるが，避雷設備を設置することにより，電氣的影響を及ぼさない設計としており影響はない。また，Aの組合せを組み合わせたとしても落雷の個別評価と変わらない。</p> <p>④アクセス性の観点からは，落雷とAの組合せを組み合わせたとしてもAの個別評価と変わらない。</p> <p>⑤視認性の観点からは，落雷とAの組合せを組み合わせたとしても，Aの個別評価と変わらない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
4 風（台風） + 降水 + 地滑り・ 土石流	<p>風（台風），降水及び地滑り・土石流の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②浸水，③アクセス性及び④視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風）及び地滑り・土石流による荷重が考えられる。また，降水による荷重に対しては雨樋による排水により影響を受けない設計としており，降水を組み合わせたととしても評価は変わらない。</p> <p>②浸水の観点からは，降水による敷地の浸水の可能性が考えられるが，構内排水施設により排水することで敷地が浸水することはない。また，地滑り・土石流の影響により構内排水設備が影響を受けたとしても，地滑り・土石流範囲が敷地の標高の高い位置であり，敷地が浸水することはない。</p> <p>③アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>④視認性の観点からは，地滑り・土石流とAの組合せを組み合わせたとしてもAの個別評価と変わらない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
5 風（台風） +降水 +火山の 影響	<p>風（台風），降水及び火山の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②閉塞，③浸水，④電氣的影響，⑤腐食，⑥磨耗，⑦アクセス性及び⑧視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風）及び降下火砕物による荷重が考えられる。また，降水による荷重に対しては雨樋による排水により影響を受けない設計としており，降水を組み合わせたとしても評価は変わらない。</p> <p>②閉塞の観点からは，降下火砕物により空調換気設備及び取水設備等の閉塞が考えられる。空調換気設備については，外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径の降下火砕物を捕集するとともに，外気取入ダンパを閉止し，再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。取水設備等については，想定する降下火砕物の粒径から取水設備等が閉塞することはない。また，Aの組合せを組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>③浸水の観点からは，湿った降下火砕物が乾燥して固結することにより，排水口等を閉塞させ浸水することが考えられるが，固結した降下火砕物は降水により溶解するため浸水は生じない。また，風（台風）を組み合わせたとしても，降水及び火山の影響の評価と変わらない。</p> <p>④電氣的影響の観点からは，降下火砕物が計装盤に侵入し，端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが，計装盤の設置場所の外気取入口には，平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また，Aの組合せを組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤腐食の観点からは，降下火砕物の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが，屋外設備には外装塗装が施されているため，短期的には腐食の影響はない。また，Aの組合せを組み合わせたとしても，火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥磨耗の観点からは，降下火砕物のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが，降下火砕物はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また，Aの組合せを組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑦アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑧視認性の観点からは，降水及び降灰により中央制御室外の状況や津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが，中央制御室に設置する気象情報を出力する端末，津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また，風（台風）を組み合わせたとしても，降水及び火山の影響の評価と変わらない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
<p>6</p> <p>風（台風） +降水 +生物学的 事象</p>	<p>風（台風），降水及び生物学的事象の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②閉塞，③浸水，④電氣的影響，⑤アクセス性及び⑥視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，生物学的事象とAの組合せを組み合わせたとしてもAの個別評価と変わらない。</p> <p>②閉塞の観点からは，海生生物の襲来による取水設備の閉塞が考えられるが，除じん装置を設置するとともに，手順を整備していること及び海水ストレーナ等の設置により原子炉補機海水系等への影響を防止する設計としており影響はない。また，Aの組合せを組み合わせたとしても生物学的事象の個別評価と変わらない。</p> <p>③浸水の観点からは，生物学的事象とAの組合せを組み合わせたとしてもAの個別評価と変わらない。</p> <p>④電氣的影響の観点からは，小動物が屋外設置の端子箱に進入することによる短絡等により機能影響を生じることが考えられるが，端子箱貫通部をシールすることにより，小動物の進入による機能影響は生じない。また，Aの組合せを組み合わせたとしても生物学的事象の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑥視認性の観点からは，生物学的事象とAの組合せを組み合わせたとしても，Aの個別評価と変わらない。なお，海水ストレーナ等の清掃を行う場合には，降水の影響により視認性の低下を及ぼし作業時間増加や作業効率悪化となるおそれがあるが，その場合においても作業不能となるとは考えられない。</p>	<p>i)</p>

番号	評 価	評価 結果
7 風（台風） ＋降水 ＋森林火災	<p>風（台風），降水及び森林火災の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②温度，③閉塞，④浸水，⑤電氣的影響，⑥磨耗，⑦アクセス性及び⑧視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風）による荷重が考えられる。また，降水による荷重に対しては雨樋による排水により影響を受けない設計としており，降水を組み合わせたとしても評価は変わらない。森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが，防火帯を設置しており，飛び火による火災の延焼が生じた場合でも専属自衛消防隊による消火活動が可能のため，荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。</p> <p>②温度の観点からは，森林火災によりコンクリート建造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが，森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること，評価に用いているコンクリートの許容温度については，一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響はない。また，Aの組合せを組み合わせたとしても，降水は森林火災による熱的影響を緩和する方向にある。</p> <p>③閉塞の観点からは，森林火災によるばい煙により空調換気設備の閉塞が考えられるが，外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに，外気取入ダンパを閉止し，再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。また，Aの組合せを組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>④浸水の観点からは，森林火災とAの組合せを組み合わせたとしてもAの個別評価と変わらない。</p> <p>⑤電氣的影響の観点からは，森林火災によるばい煙が計装盤に進入し，端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが，計装盤の設置場所の外気取入口には，平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していること及び必要に応じ空調を停止することから影響はない。また，Aの組合せを組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥磨耗の観点からは，森林火災によるばい煙のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが，ばい煙はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また，Aの組合せを組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>⑦アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑧視認性の観点からは，降水及び森林火災によるばい煙により中央制御室外の状況や津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが，中央制御室に設置する気象情報出力する端末，津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また，風(台風)を組み合わせたとしても，降水及び森林火災の評価と変わらない。なお，消火活動を行う場合には，降水及び森林火災によるばい煙の影響により視認性の低下を及ぼし作業時間増加や作業効率悪化となるおそれがあるが，その場合においても作業不能となるとは考えられない。</p>	i) iii)

番号	評 価	評価 結果
8 風（台風） ＋降水 ＋地震	<p>風（台風），降水及び地震の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②浸水，③アクセス性及び④視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風）及び地震による荷重が考えられる。また，降水による荷重に対しては雨樋による排水により影響を受けない設計としており，降水を組み合わせたとしても評価は変わらない。</p> <p>②浸水の観点からは，地震とAの組合せを組み合わせたとしてもAの個別評価と変わらない。</p> <p>③アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>④視認性の観点からは，降水及び地震により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが，中央制御室に設置する気象情報を出力する端末，津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また，風（台風）を組み合わせたとしても，降水及び地震の評価と変わらない。</p>	i)
9 風（台風） ＋降水 ＋津波	<p>風（台風），降水及び津波の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②浸水，③アクセス性及び④視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風）及び津波による荷重が考えられる。また，降水による荷重に対しては雨樋による排水により影響を受けない設計としており，降水を組み合わせたとしても評価は変わらない。</p> <p>②浸水の観点からは，基準津波による遡上波が地上部から敷地に到達することはなく浸水に至る可能性はない。また，Aの組合せを組み合わせたとしてもAの個別評価と変わらない。</p> <p>③アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>④視認性の観点からは，津波とAの組合せを組み合わせたとしても，Aの個別評価と変わらない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
10 風（台風） +凍結 +積雪 +竜巻	<p>風（台風），凍結，積雪及び竜巻の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②温度，③閉塞，④アクセス性及び⑤視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風），竜巻及び積雪による荷重が考えられる。</p> <p>②温度の観点からは，竜巻とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは，竜巻とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>④アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお，竜巻発生前における車両の退避において風（台風），凍結及び積雪の影響を受けることが考えられるが，風（台風）による飛来物については台風前パトロールにより，風（台風）により飛散すると考えられる資機材について飛散防止対策を実施しており，車両の退避に影響するような飛来物が発生することは考え難く，また，凍結及び積雪については除雪作業の実施及びタイヤチェーン等の使用により車両の退避が可能である。</p> <p>⑤視認性の観点からは，竜巻とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。また，竜巻による飛来物によりカメラ等の損傷の可能性はあるが，安全上支障のない期間にカメラを修復すること等の対応により影響はない。なお，竜巻発生前における車両の退避を行う場合には，降雪の影響により視認性の低下を及ぼし作業時間増加や作業効率悪化となるおそれがあるが，その場合においても作業不能となるとは考えられない。</p>	i)
11 風（台風） +凍結 +積雪 +落雷	<p>風（台風），凍結，積雪及び落雷の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②温度，③閉塞，④電氣的影響，⑤アクセス性及び⑥視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風）及び積雪による荷重が考えられる。</p> <p>②温度の観点からは，落雷とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは，落雷とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>④電氣的影響の観点からは，落雷による設備損傷や電磁的影響が考えられるが，避雷設備を設置することにより，電氣的影響を及ぼさない設計としており影響はない。また，Bの組合せを組み合わせたとしても落雷の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤アクセス性の観点からは，落雷とBの組合せを組み合わせたとしても，Bの個別評価と変わらない。</p> <p>⑥視認性の観点からは，落雷とBの組合せを組み合わせたとしても，Bの個別評価と変わらない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
12 風（台風） +凍結 +積雪 +地滑り・ 土石流	<p>風（台風），凍結，積雪及び地滑り・土石流の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②温度，③閉塞，④アクセス性及び⑤視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風），積雪及び地滑り・土石流による荷重が考えられる。</p> <p>②温度の観点からは，地滑り・土石流とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは，地滑り・土石流とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>④アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑤視認性の観点からは，地滑り・土石流とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
13 風（台風） +凍結 +積雪 +火山の 影響	<p>風（台風），凍結，積雪及び火山の影響の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②温度，③閉塞，④電氣的影響，⑤腐食，⑥磨耗，⑦アクセス性及び⑧視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風），積雪及び降下火砕物による荷重が考えられる。</p> <p>②温度の観点からは，火山の影響とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは，降下火砕物により空調換気設備及び取水設備等の閉塞が考えられる。空調換気設備については，外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径の降下火砕物を捕集するとともに，外気取入ダンパを閉止し，再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。取水設備等については，想定する降下火砕物の粒径から取水設備等が閉塞することはない。また，Bの組合せを組み合わせたとしても，B及び火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>④電氣的影響の観点からは，降下火砕物が計装盤に侵入し，端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが，計装盤の設置場所の外気取入口には，平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また，Bの組合せを組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤腐食の観点からは，降下火砕物の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが，屋外設備には外装塗装が施されているため，短期的には腐食の影響はない。また，Bの組合せを組み合わせたとしても，火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥磨耗の観点からは，降下火砕物のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが，降下火砕物はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また，Bの組合せを組み合わせたとしても，火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑦アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑧視認性の観点からは，積雪及び降灰により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが，中央制御室に設置する気象情報を出力する端末，津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また，風（台風）及び凍結を組み合わせたとしても，積雪及び火山の影響の評価と変わらない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
14 風（台風） +凍結 +積雪 +生物学的 事象	<p>風（台風），凍結，積雪及び生物学的事象の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②温度，③閉塞，④電气的影響，⑤アクセス性及び⑥視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，生物学的事象とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>②温度の観点からは，生物学的事象とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは，海生生物の襲来による取水設備の閉塞が考えられるが，除じん装置を設置するとともに，手順を整備していること及び海水ストレーナ等の設置により原子炉補機海水系等への影響を防止する設計としており影響はない。また，Bの組合せを組み合わせたとしても，B及び生物学的事象の個別評価と変わらない。</p> <p>④電气的影響の観点からは，小動物が屋外設置の端子箱に進入することによる短絡等により機能影響を生じることが考えられるが，端子箱貫通部をシールすることにより，小動物の進入による機能影響は生じない。また，Bの組合せを組み合わせたとしても生物学的事象の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお，海水ストレーナ等の清掃を行う場合には，積雪の影響を受けることが考えられるが，除雪作業の実施により清掃は可能である。</p> <p>⑥視認性の観点からは，生物学的事象とBの組合せを組み合わせたとしても，Bの個別評価と変わらない。なお，海水ストレーナ等の清掃を行う場合には，降雪の影響により視認性の低下を及ぼし作業時間増加や作業効率悪化となるおそれがあるが，その場合においても作業不能となるとは考えられない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
15 風（台風） +凍結 +積雪 +森林火災	<p>風（台風），凍結，積雪及び森林火災の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②温度，③閉塞，④電氣的影響，⑤磨耗，⑥アクセス性及び⑦視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風）及び積雪による荷重が考えられる。また，森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが，防火帯を設置しており，飛び火による火災の延焼が生じた場合でも専属自衛消防隊による消火活動が可能のため，荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。</p> <p>②温度の観点からは，森林火災によりコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが，森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること，評価に用いているコンクリートの許容温度については，一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響はない。また，Bの組合せを組み合わせたととしても，凍結及び積雪は森林火災による熱的影響を緩和する方向にある。</p> <p>③閉塞の観点からは，森林火災によるばい煙により空調換気設備の閉塞が考えられるが，外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに，外気取入ダンパを閉止し，再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。また，Bの組合せを組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>④電氣的影響の観点からは，森林火災によるばい煙が計装盤に進入し，端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが，計装盤の設置場所の外気取入口には，平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していること及び必要に応じ空調を停止することから影響はない。また，Bの組合せを組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤磨耗の観点からは，森林火災によるばい煙のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが，ばい煙はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また，Bの組合せを組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお，消火活動を行う場合には，積雪の影響を受けることが考えられるが，除雪作業の実施及びタイヤチェーン等の使用により消火活動は可能である。</p> <p>⑦視認性の観点からは，積雪及び森林火災によるばい煙により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが，中央制御室に設置する気象情報を出力する端末，津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また，風（台風）及び凍結を組み合わせたとしても，積雪及び森林火災の評価と変わらない。なお，消火活動を行う場合には，降雪の影響により視認性の低下を及ぼし作業時間増加や作業効率悪化となるおそれがあるが，その場合においても作業不能となるとは考えられない。</p>	i) iii)

番号	評 価	評価 結果
16 風（台風） +凍結 +積雪 +地震	<p>風（台風），凍結，積雪及び地震の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②温度，③閉塞，④アクセス性及び⑤視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風），積雪及び地震による荷重が考えられる。</p> <p>②温度の観点からは，地震とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは，地震とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>④アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑤視認性の観点からは，積雪及び地震により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが，中央制御室に設置する気象情報を出力する端末，津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また，風（台風）及び凍結を組み合わせたとしても，積雪及び地震の評価と変わらない。</p>	i)
17 風（台風） +凍結 +積雪 +津波	<p>風（台風），凍結，積雪及び津波の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②温度，③閉塞，④浸水，⑤アクセス性及び⑥視認性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは，風（台風），積雪及び津波による荷重が考えられる。</p> <p>②温度の観点からは，津波とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは，津波とBの組合せを組み合わせたとしてもBの個別評価と変わらない。</p> <p>④浸水の観点からは，基準津波による遡上波が地上部から敷地に到達することはなく浸水に至る可能性はない。また，Bの組合せを組み合わせたとしても，津波の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑥視認性の観点からは，津波とBの組合せを組み合わせたとしても，Bの個別評価と変わらない。</p>	i)
18 竜巻+落雷	<p>竜巻及び落雷の組合せが安全施設に及ぼす影響としては，①荷重，②電氣的影響及び③アクセス性が考えられる。以下に，それぞれの影響について評価する。なお，落雷は竜巻の随伴事象として整理し，竜巻にて評価している。</p> <p>①荷重の観点からは，竜巻による荷重が考えられるが，落雷を組み合わせたとしても竜巻の個別評価と変わらない。</p> <p>②電氣的影響の観点からは，落雷による設備損傷や電磁的影響が考えられるが，避雷設備を設置することにより，電氣的影響を及ぼさない設計としており影響はない。また，竜巻を組み合わせたとしても落雷の個別評価と変わらない。</p> <p>③アクセス性の観点からは，設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお，竜巻発生前における車両の退避において落雷により影響を受けることはない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
19 竜巻 +地滑り・ 土石流	<p>竜巻及び地滑り・土石流の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②アクセス性及び③視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、竜巻及び地滑り・土石流による荷重が考えられる。</p> <p>②アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお、竜巻発生前における車両の退避において地滑り・土石流の影響を受けることが考えられるが、避難箇所・ルートを地滑り・土石流の影響を受けない箇所に確保しており影響を受けることはない。</p> <p>③視認性の観点からは、竜巻と地滑り・土石流の組合せを組み合わせたとしてもAの個別評価と変わらない。また、竜巻による飛来物によりカメラ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にカメラを修復すること等の対応により影響はない。</p>	i)

番号	評価	評価結果
20 竜巻 +火山の 影響	<p>竜巻及び火山の影響の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②閉塞、③電気的影響、④腐食、⑤磨耗、⑥アクセス性及び⑦視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、竜巻及び降下火砕物による荷重が考えられる。</p> <p>②閉塞の観点からは、降下火砕物により空調換気設備及び取水設備等の閉塞が考えられる。空調換気設備については、外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径の降下火砕物を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。取水設備等については、想定する降下火砕物の粒径から取水設備等が閉塞することはない。また、竜巻によるフィルタ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にフィルタを修復すること等の対応により影響はない。</p> <p>③電気的影響の観点からは、降下火砕物が計装盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また、竜巻によるフィルタ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にフィルタを修復すること等の対応により影響はない。</p> <p>④腐食の観点からは、降下火砕物の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。また、竜巻を組み合わせたとしても、火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤磨耗の観点からは、降下火砕物のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、降下火砕物はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また、竜巻を組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお、竜巻発生前における車両の退避を行う場合には、降下火砕物の影響を受けることが考えられるが、火山事象の進展は比較的緩慢であり、除灰作業の実施により車両の退避が可能である。</p> <p>⑦視認性の観点からは、降灰により中央制御室外の状況や津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができることから影響はない。また、竜巻による飛来物によりカメラ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にカメラを修復すること等の対応により影響はない。なお、竜巻発生前における車両の退避を行う場合には、降灰の影響により視認性の低下を及ぼし作業時間増加や作業効率悪化となるおそれがあるが、その場合においても作業不能となるとは考えられない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
21 竜巻 +生物学的 事象	<p>竜巻及び生物学的事象の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②閉塞、③電气的影響及び④アクセス性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、竜巻による荷重が考えられるが、生物学的事象を組み合わせたとしても竜巻の個別評価と変わらない。</p> <p>②閉塞の観点からは、海生生物の襲来による取水設備の閉塞が考えられるが、除じん装置を設置するとともに、手順を整備していること及び海水ストレーナ等の設置により原子炉補機海水系等への影響を防止する設計としており影響はない。また、竜巻による除じん装置の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間に除じん装置を修復すること等の対応により影響はない。</p> <p>③電气的影響の観点からは、小動物が屋外設置の端子箱に進入することによる短絡等により機能影響を生じることが考えられるが、端子箱貫通部をシールすることにより、小動物の進入による機能影響は生じない。また、竜巻を組み合わせたとしても生物学的事象の個別評価と変わらない。</p> <p>④アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお、竜巻発生前における車両の退避において、生物学的事象により影響を受けることはない。</p>	i)

番号	評価	評価結果
22 竜巻 + 森林火災	<p>竜巻及び森林火災の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②温度、③閉塞、④電氣的影響、⑤磨耗、⑥アクセス性及び⑦視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、竜巻による荷重が考えられる。また、森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが、防火帯を設置しており、飛び火による火災の延焼が生じた場合でも専属自衛消防隊による消火活動が可能のため、荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。</p> <p>②温度の観点からは、森林火災によりコンクリート建造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響ない。また、竜巻を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは、森林火災によるばい煙により空調換気設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。また、竜巻によるフィルタ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にフィルタを修復すること等の対応により影響はない。</p> <p>④電氣的影響の観点からは、森林火災によるばい煙が計装盤に進入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していること及び必要に応じ空調を停止することから影響はない。また、竜巻によるフィルタ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にフィルタを修復すること等の対応により影響はない。</p> <p>⑤磨耗の観点からは、森林火災によるばい煙のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また、竜巻を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお、竜巻発生前における車両の退避において森林火災の影響を受けることが考えられるが、退避ルートは防火帯の内側にあることから影響を受けることはない。</p> <p>⑦視認性の観点からは、森林火災によるばい煙により中央制御室外の状況や津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、竜巻による飛来物によりカメラ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にカメラを修復すること等の対応により影響はない。なお、竜巻発生前における車両の退避を行う場合及び消火活動を行う場合には、森林火災によるばい煙の影響により視認性の低下を及ぼし作業時間増加や作業効率悪化となるおそれがあるが、その場合においても作業不能となるとは考えられない。</p>	i)

番号	評価	評価結果
23 竜巻＋地震	<p>竜巻及び地震の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②アクセス性及び③視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、竜巻及び地震による荷重が考えられる。</p> <p>②アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお、竜巻発生前における車両の退避において地震の影響を受けることが考えられるが、地震と竜巻は発生原因が異なることから、同時に発生するとは考え難く、地震により車両の退避ルートが影響を受けた場合は復旧、または車両の固縛等の対策による代替処置が可能である。</p> <p>③視認性の観点からは、地震により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性が低下するおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、竜巻による飛来物によりカメラ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にカメラを修復すること等の対応により影響はない。</p>	i)
24 竜巻＋津波	<p>竜巻及び津波の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②浸水、③アクセス性及び④視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、竜巻及び津波による荷重が考えられる。</p> <p>②浸水の観点からは、基準津波による遡上波が地上部から敷地に到達することはなく浸水に至る可能性はない。また、竜巻を組み合わせたとしても、津波の評価と変わらない。</p> <p>③アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお、竜巻発生前における車両の退避において、基準津波は敷地レベルに到達することはないから影響はない。</p> <p>④視認性の観点からは、竜巻による飛来物によりカメラ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にカメラを修復すること等の対応により影響はない。また、津波を組み合わせたとしても竜巻の個別評価と変わらない。</p>	i)
25 落雷 ＋地滑り・ 土石流	<p>落雷及び地滑り・土石流の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②電氣的影響及び③アクセス性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、地滑り・土石流による荷重が考えられるが、落雷を組み合わせたとしても地滑り・土石流の個別評価と変わらない。</p> <p>②電氣的影響の観点からは、落雷による設備損傷や電磁的影響が考えられるが、避雷設備を設置することにより、電氣的影響を及ぼさない設計としており影響はない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても落雷の個別評価と変わらない。</p> <p>③アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
26 落雷 +火山の 影響	<p>落雷及び火山の影響の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②閉塞、③電氣的影響、④腐食、⑤磨耗、⑥アクセス性及び⑦視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、降下火砕物による荷重が考えられるが落雷を組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>②閉塞の観点からは、降下火砕物により空調換気設備及び取水設備等の閉塞が考えられる。空調換気設備については、外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径の降下火砕物を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。取水設備等については、想定する降下火砕物の粒径から取水設備等が閉塞することはない。また、落雷を組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>③電氣的影響の観点からは、落雷による設備損傷や電磁的影響が考えられるが、避雷設備を設置することにより、電氣的影響を及ぼさない設計としており影響はない。また、電氣的影響の観点からは、降下火砕物が計装盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。</p> <p>④腐食の観点からは、降下火砕物の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。また、落雷を組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤磨耗の観点からは、降下火砕物のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、降下火砕物はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また、落雷を組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑦視認性の観点からは、降灰により中央制御室外の状況や津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、落雷を組み合わせたとしても、火山の影響の個別評価と変わらない。</p>	i)

番号	評価	評価結果
27 落雷 +生物学的 事象	<p>落雷及び生物学的事象の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①閉塞及び②電氣的影響が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①閉塞の観点からは、海生生物の襲来による取水設備の閉塞が考えられるが、除じん装置を設置するとともに、手順を整備していること及び海水ストレーナ等の設置により原子炉補機海水系等への影響を防止する設計としており影響はない。また、落雷を組み合わせたとしても生物学的事象の個別評価と変わらない。</p> <p>②電氣的影響の観点からは、落雷による設備損傷や電磁的影響及び小動物が屋外設置の端子箱に進入することによる短絡等により機能影響を生じることが考えられるが、避雷設備を設置すること及び端子箱貫通部をシールすることにより、電氣的影響を及ぼさない設計としており影響はない。</p>	i)
28 落雷 +森林火災	<p>落雷及び森林火災の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①温度、②閉塞、③電氣的影響、④磨耗、⑤アクセス性及び⑥視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①温度の観点からは、森林火災によりコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響はない。また、落雷を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>②閉塞の観点からは、森林火災によるばい煙により空調換気設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。また、落雷を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>③電氣的影響の観点からは、落雷による設備損傷や電磁的影響が考えられるが、避雷設備を設置することにより、電氣的影響を及ぼさない設計としており影響はない。また、森林火災によるばい煙が計装盤に進入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していること及び必要に応じ空調を停止することから影響はない。</p> <p>④磨耗の観点からは、森林火災によるばい煙のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また、落雷を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑥視認性の観点からは、森林火災によるばい煙により中央制御室外の状況や津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、落雷を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
29 落雷＋地震	<p>落雷及び地震の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②電氣的影響、③アクセス性及び④視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、地震による荷重が考えられるが、落雷を組み合わせたとしても地震の個別評価と変わらない。</p> <p>②電氣的影響の観点からは、落雷による設備損傷や電磁的影響が考えられるが、避雷設備を設置することにより、電氣的影響を及ぼさない設計としており影響はない。また、地震を組み合わせたとしても落雷の個別評価と変わらない。</p> <p>③アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>④視認性の観点からは、地震により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性が低下するおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、落雷を組み合わせたとしても地震の個別評価と変わらない。</p>	i)
30 落雷＋津波	<p>落雷及び津波の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②浸水、③電氣的影響及び④アクセス性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、津波による荷重が考えられるが、落雷を組み合わせたとしても津波の個別評価と変わらない。</p> <p>②浸水の観点からは、基準津波による遡上波が地上部から敷地に到達することはなく浸水に至る可能性はない。また、落雷を組み合わせたとしても、津波の個別評価と変わらない。</p> <p>③電氣的影響の観点からは、落雷による設備損傷や電磁的影響が考えられるが、避雷設備を設置することにより、電氣的影響を及ぼさない設計としており影響はない。また、津波を組み合わせたとしても落雷の個別評価と変わらない。</p> <p>④アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
31 地滑り・ 土石流 +火山の 影響	<p>地滑り・土石流及び火山の影響の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②閉塞、③電气的影響、④腐食、⑤磨耗、⑥アクセス性及び⑦視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、地滑り・土石流及び降下火砕物による荷重が考えられる。</p> <p>②閉塞の観点からは、降下火砕物により空調換気設備及び取水設備等の閉塞が考えられる。空調換気設備については、外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径の降下火砕物を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。取水設備等については、想定する降下火砕物の粒径から取水設備等が閉塞することはない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>③電气的影響の観点からは、降下火砕物が計装盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>④腐食の観点からは、降下火砕物の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても、火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤磨耗の観点からは、降下火砕物のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、降下火砕物はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑦視認性の観点からは、降灰により中央制御室外の状況や津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができることから影響はない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
32 地滑り・ 土石流 +生物学的 事象	<p>地滑り・土石流及び生物学的事象の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②閉塞、③電气的影響及び④アクセス性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、地滑り・土石流による荷重が考えられるが、生物学的事象を組み合わせたとしても地滑り・土石流の個別評価と変わらない。</p> <p>②閉塞の観点からは、海生生物の襲来による取水設備の閉塞が考えられるが、除じん装置を設置するとともに、手順を整備していること及び海水ストレーナ等の設置により原子炉補機海水系等への影響を防止する設計としており影響はない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても生物学的事象の個別評価と変わらない。</p> <p>③電气的影響の観点からは、小動物が屋外設置の端子箱に進入することによる短絡等により機能影響を生じることが考えられるが、端子箱貫通部をシールすることにより、小動物の進入による機能影響は生じない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても生物学的事象の個別評価と変わらない。</p> <p>④アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p>	i)

番号	評価	評価結果
33 地滑り・土石流 +森林火災	<p>地滑り・土石流及び森林火災の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②温度、③閉塞、④電気的影響、⑤磨耗、⑥アクセス性及び⑦視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、地滑り・土石流による荷重が考えられる。また、森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが、防火帯を設置しており、飛び火による火災の延焼が生じた場合でも専属自衛消防隊による消火活動が可能のため、荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。</p> <p>②温度の観点からは、森林火災によりコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響ない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは、森林火災によるばい煙により空調換気設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>④電気的影響の観点からは、森林火災によるばい煙が計装盤に進入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していること及び必要に応じ空調を停止することから影響はない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤磨耗の観点からは、森林火災によるばい煙のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑦視認性の観点からは、森林火災によるばい煙により中央制御室外の状況や津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
34 地滑り・ 土石流 +地震	<p>地滑り・土石流及び地震の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②アクセス性及び③視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、地滑り・土石流及び地震による荷重が考えられる。</p> <p>②アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>③視認性の観点からは、地震により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性が低下するおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても地震の個別評価と変わらない。</p>	i)
35 地滑り・ 土石流 +津波	<p>地滑り・土石流及び津波の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②浸水及び③アクセス性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、地滑り・土石流及び津波による荷重が考えられる。</p> <p>②浸水の観点からは、基準津波による遡上波が地上部から敷地に到達することはなく浸水に至る可能性はない。また、地滑り・土石流を組み合わせたとしても、津波の評価と変わらない。</p> <p>③アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p>	i)

番号	評価	評価結果
36 火山の影響 +生物学的 事象	<p>火山の影響及び生物学的事象の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②閉塞、③電氣的影響、④腐食、⑤磨耗、⑥アクセス性及び⑦視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、降下火砕物による荷重が考えられるが、生物学的事象を組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>②閉塞の観点からは、降下火砕物及び生物学的事象により空調換気設備及び取水設備等の閉塞が考えられる。降下火砕物による空調換気設備については、外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径の降下火砕物を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。取水設備等については、想定する降下火砕物の粒径から取水設備等が閉塞することはない。海生生物の襲来による取水設備の閉塞は、除じん装置を設置するとともに、手順を整備していること及び海水ストレーナ等の設置により原子炉補機海水系等への影響を防止する設計としており影響はない。</p> <p>③電氣的影響の観点からは、降下火砕物が計装盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また、小動物が屋外設置の端子箱に進入することによる短絡等により機能影響を生じることが考えられるが、端子箱貫通部をシールすることにより、小動物の進入による機能影響は生じない。</p> <p>④腐食の観点からは、降下火砕物の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。また、生物学的事象を組み合わせたとしても、火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤磨耗の観点からは、降下火砕物のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、降下火砕物はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また、生物学的事象を組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお、海水ストレーナ等の清掃を行う場合には、降下火砕物の影響を受けることが考えられるが、火山事象の進展は比較的緩慢であり、除灰作業の実施により清掃は可能である。</p> <p>⑦視認性の観点からは、降灰により中央制御室外の状況や津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、生物学的事象を組み合わせたとしても、火山の影響の個別評価と変わらない。なお、海水ストレーナ等の清掃を行う場合には、降灰の影響により視認性の低下を及ぼし作業時間増加や作業効率悪化となるおそれがあるが、その場合においても作業不能となるとは考えられない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
37 火山の影響 +森林火災	<p>火山の影響及び森林火災の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②温度、③閉塞、④電氣的影響、⑤腐食、⑥磨耗、⑦アクセス性及び⑧視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、降下火砕物による荷重が考えられる。また、森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが、防火帯を設置しており、飛び火による火災の延焼が生じた場合でも専属自衛消防隊による消火活動が可能のため、荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。</p> <p>②温度の観点からは、森林火災によりコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響はない。また、火山の影響を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは、降下火砕物及び森林火災によるばい煙により空調換気設備及び取水設備等の閉塞が考えられる。空調換気設備については、外気取入口に設置されたフィルタにより一定以上の粒径の降下火砕物及びばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。取水設備等については、想定する降下火砕物の粒径から取水設備等が閉塞することはない。</p> <p>④電氣的影響の観点からは、降下火砕物及び森林火災によるばい煙が計装盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していること及び必要に応じ空調を停止することから影響はない。</p> <p>⑤腐食の観点からは、降下火砕物の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。また、森林火災を組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥磨耗の観点からは、降下火砕物及び森林火災によるばい煙のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、降下火砕物及びばい煙はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。</p> <p>⑦アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。なお、消火活動を行う場合には、降下火砕物の影響を受けることが考えられるが、火山事象の進展は比較的緩慢であり、除灰作業の実施により消火活動は可能である。</p> <p>⑧視認性の観点からは、降灰及び森林火災によるばい煙により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。なお、消火活動を行う場合には、降灰及び森林火災によるばい煙の影響により視認性の低下を及ぼし作業時間増加や作業効率悪化となるおそれがあるが、その場合においても作業不能となるとは考えられない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
38 火山の影響 +地震	<p>火山の影響及び地震の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②閉塞、③電氣的影響、④腐食、⑤磨耗、⑥アクセス性及び⑦視認性が考えられる。なお、「設置許可申請書添付書類六 7. 火山」にて、火山と十分な離隔がある島根原子力発電所において、火山性地震における影響は極めて小さいと評価しているが、ここでは降灰時における地震の発生を念頭に評価を行う。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、降下火砕物及び地震による荷重が考えられる。</p> <p>②閉塞の観点からは、降下火砕物により空調換気設備及び取水設備等の閉塞が考えられる。空調換気設備については、外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径の降下火砕物を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。取水設備等については、想定する降下火砕物の粒径から取水設備等が閉塞することはない。また、地震によるフィルタ等の損傷の可能性があるが、安全上支障のない期間にフィルタを修復すること等の対応により影響はない。</p> <p>③電氣的影響の観点からは、降下火砕物が計装盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また、地震によるフィルタ等の損傷の可能性があるが、安全上支障のない期間にフィルタを修復すること等の対応により影響はない。</p> <p>④腐食の観点からは、降下火砕物の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。また、地震を組み合わせたとしても、火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤磨耗の観点からは、降下火砕物のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、降下火砕物はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また、地震と組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑦視認性の観点からは、降灰及び地震により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
39 火山の影響 +津波	<p>火山の影響及び津波の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②閉塞、③浸水、④電氣的影響、⑤腐食、⑥磨耗、⑦アクセス性及び⑧視認性が考えられる。なお、「設置許可申請書添付書類六 7. 火山」にて、火山事象による津波が敷地に及ぼす影響はないと評価しているが、ここでは降灰時における津波の発生を念頭に評価を行う。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、降下火砕物及び津波による荷重が考えられる。</p> <p>②閉塞の観点からは、降下火砕物により空調換気設備及び取水設備等の閉塞が考えられる。空調換気設備については、外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径の降下火砕物を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。取水設備等については、想定する降下火砕物の粒径から取水設備等が閉塞することはない。また、津波と組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>③浸水の観点からは、基準津波による遡上波が地上部から敷地に到達することはなく浸水に至る可能性はない。また、火山の影響を組み合わせたとしても、津波の個別評価と変わらない。</p> <p>④電氣的影響の観点からは、降下火砕物が計装盤に侵入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していることから影響はない。また、津波と組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤腐食の観点からは、降下火砕物の付着による屋外設備の機能喪失が想定されるが、屋外設備には外装塗装が施されているため、短期的には腐食の影響はない。また、津波を組み合わせたとしても、火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥磨耗の観点からは、降下火砕物のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、降下火砕物はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また、津波と組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p> <p>⑦アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑧視認性の観点からは、降灰により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、津波と組み合わせたとしても火山の影響の個別評価と変わらない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
40 生物学的 事象 + 森林火災	<p>生物学的事象及び森林火災の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①温度、②閉塞、③電氣的影響、④磨耗、⑤アクセス性及び⑥視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①温度の観点からは、森林火災によりコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響はない。また、生物学的事象と組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>②閉塞の観点からは、海生生物の襲来による取水設備の閉塞が考えられるが、除じん装置を設置するとともに、手順を整備していること及び海水ストレーナ等の設置により原子炉補機海水系等への影響を防止する設計としており影響はない。また、森林火災によるばい煙により空調換気設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。</p> <p>③電氣的影響の観点からは、森林火災によるばい煙が計装盤に進入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していること及び必要に応じ空調を停止することから影響はない。また、小動物が屋外設置の端子箱に進入することによる短絡等により機能影響を生じることが考えられるが、端子箱貫通部をシールすることにより、小動物の進入による機能影響は生じない。</p> <p>④磨耗の観点からは、森林火災によるばい煙のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。</p> <p>⑤アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑥視認性の観点からは、森林火災によるばい煙より中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、生物学的事象を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。なお、海水ストレーナ等の清掃を行う場合には、森林火災によるばい煙の影響により視認性の低下を及ぼし作業時間増加や作業効率悪化となるおそれがあるが、その場合においても作業不能となるとは考えられない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
41 生物学的 事象 +地震	<p>生物学的事象及び地震の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②閉塞、③電气的影響、④アクセス性及び⑤視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、地震による荷重が考えられるが、生物学的事象を組み合わせたとしても地震の個別評価と変わらない。</p> <p>②閉塞の観点からは、海生生物の襲来による取水設備の閉塞が考えられるが、除じん装置を設置するとともに、手順を整備していること及び海水ストレーナ等の設置により原子炉補機海水系等への影響を防止する設計としており影響はない。また、地震による除じん装置の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間に除じん装置を修復すること等の対応により影響はない。</p> <p>③電气的影響の観点からは、小動物が屋外設置の端子箱に進入することによる短絡等により機能影響を生じることが考えられるが、端子箱貫通部をシールすることにより、小動物の進入による機能影響は生じない。また、地震を組み合わせたとしても生物学的事象の個別評価と変わらない。</p> <p>④アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑤視認性の観点からは、地震により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性が低下するおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、生物学的事象を組み合わせたとしても地震の個別評価と変わらない。</p>	i)
42 生物学的 事象 +津波	<p>生物学的事象及び津波の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②浸水、③閉塞、④電气的影響及び⑤アクセス性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、津波による荷重が考えられるが、生物学的事象を組み合わせたとしても津波の個別評価と変わらない。</p> <p>②浸水の観点からは、基準津波による遡上波が地上部から敷地に到達することはなく浸水に至る可能性はない。また、生物学的事象を組み合わせたとしても、津波の個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは、海生生物の襲来による取水設備の閉塞が考えられるが、除じん装置を設置するとともに、手順を整備していること及び海水ストレーナ等の設置により原子炉補機海水系等への影響を防止する設計としており影響はない。また、津波を組み合わせたとしても生物学的事象の個別評価と変わらない。</p> <p>④電气的影響の観点からは、小動物が屋外設置の端子箱に進入することによる短絡等により機能影響を生じることが考えられるが、端子箱貫通部をシールすることにより、小動物の進入による機能影響は生じない。また、津波を組み合わせたとしても生物学的事象の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p>	i)

番号	評価	評価結果
43 森林火災 +地震	<p>森林火災及び地震の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②温度、③閉塞、④電氣的影響、⑤磨耗、⑥アクセス性及び⑦視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、地震による荷重が考えられる。また、森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが、森林火災は防火帯の外で発生しており、飛び火による火災の延焼が生じた場合でも専属自衛消防隊による消火活動が可能のため、荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。</p> <p>②温度の観点からは、森林火災によりコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響はない。また、地震を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは、森林火災によるばい煙により空調換気設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。また、地震によるフィルタ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にフィルタ等を修復すること等の対応により影響はない。</p> <p>④電氣的影響の観点からは、森林火災によるばい煙が計装盤に進入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していること及び必要に応じ空調を停止することから影響はない。また、地震によるフィルタ等の損傷の可能性はあるが、安全上支障のない期間にフィルタ等を修復すること等の対応により影響はない。</p> <p>⑤磨耗の観点からは、森林火災によるばい煙のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また、地震を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑦視認性の観点からは、森林火災によるばい煙及び地震により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。</p>	i)

番号	評価	評価結果
44 森林火災 +津波	<p>森林火災及び津波の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②温度、③閉塞、④浸水、⑤電氣的影響、⑥磨耗、⑦アクセス性及び⑧視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、津波による荷重が考えられる。また、森林火災に伴う熱的影響の考慮も必要と考えられるが、森林火災は防火帯の外で発生しており、飛び火による火災の延焼が生じた場合でも専属自衛消防隊による消火活動が可能のため、荷重に対して森林火災による熱的影響を考慮する必要はない。</p> <p>②温度の観点からは、森林火災によりコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性はあるが、森林火災では火源位置等の保守的な条件を用いた評価を行っていること、評価に用いているコンクリートの許容温度については、一般的に強度にほとんど影響がないとされている200℃としていることから影響はない。また、津波を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>③閉塞の観点からは、森林火災によるばい煙により空調換気設備の閉塞が考えられるが、外気取入口に設置された平型フィルタ等により一定以上の粒径のばい煙を捕集するとともに、外気取入ダンパを閉止し、再循環運転により建物内への侵入を阻止すること等が可能であり影響はない。また、津波を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>④浸水の観点からは、基準津波による遡上波が地上部から敷地に到達することはなく浸水に至る可能性はない。また、森林火災を組み合わせたとしても、津波の個別評価と変わらない。</p> <p>⑤電氣的影響の観点からは、森林火災によるばい煙が計装盤に進入し、端子台等との接触による絶縁低下から短絡等が生じ機能影響を及ぼすことが考えられるが、計装盤の設置場所の外気取入口には、平型フィルタ等に加えて粗フィルタが設置され高い防護性を有していること及び必要に応じ空調を停止することから影響はない。また、津波を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>⑥磨耗の観点からは、森林火災によるばい煙のディーゼル機関給気への侵入によるシリンダ部の磨耗が考えられるが、ばい煙はシリンダ及びピストンの硬度より柔らかく磨耗は発生しない。また、津波を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p> <p>⑦アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>⑧視認性の観点からは、森林火災によるばい煙より中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼすおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、津波を組み合わせたとしても森林火災の個別評価と変わらない。</p>	i)

番号	評 価	評価 結果
45 地震+津波	<p>地震及び津波の組合せが安全施設に及ぼす影響としては、①荷重、②浸水、③アクセス性及び④視認性が考えられる。以下に、それぞれの影響について評価する。</p> <p>①荷重の観点からは、地震及び津波による荷重が考えられる。</p> <p>②浸水の観点からは、基準津波による遡上波が地上部から敷地に到達することはなく浸水に至る可能性はない。また、地震を組み合わせたとしても、津波の個別評価と変わらない。</p> <p>③アクセス性の観点からは、設計として考慮する必要がある屋外作業はないため影響はない。</p> <p>④視認性の観点からは、地震により中央制御室外の状況及び津波を監視するカメラの視認性が低下するおそれがあるが、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、津波水位計等の代替設備により必要な機能を確保することができる。また、津波を組み合わせたとしても地震の個別評価と変わらない。</p>	i)

(3) 設計上考慮すべき荷重評価における自然現象の組合せについて

荷重により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は、地震、津波、風（台風）、竜巻、積雪、地滑り・土石流及び火山の影響である。

以下では、地震、津波、風（台風）、竜巻、積雪、地滑り・土石流及び火山の影響の組合せについて検討する。

a. 「荷重」の影響モードを持つ自然現象の特徴について

組合せを検討するため、(2)において選定した「荷重」の影響モードを持つ自然現象の特徴として、発生頻度、影響の程度等を第6-4表に整理した。

これらの自然現象のうち、地震、津波、竜巻、地滑り・土石流及び火山の影響による荷重は、発生頻度が低い偶発荷重であるが、発生すると荷重が大きいことから、設計用の主荷重として扱う。これに対して風及び積雪荷重は、発生頻度が主荷重と比べて相対的に高い変動荷重であり、発生する荷重は主荷重と比べて小さいことから、従荷重として扱う。

b. 荷重の組合せについて

(a) 主荷重同士の組合せについて

主荷重同士の組合せについては、随件事象、独立事象であるかを踏まえ、下記のとおりとする。組合せを第6-5表に示す。

①地震と津波の組合せについて

基準地震動の震源（海域活断層）からの本震と当該本震に伴う津波は、伝播速度が異なり同時に敷地に到達することはないことから、組合せを考慮する必要はない。ただし、当該地震に伴う津波と余震は同時に敷地に到達することを想定し、地震荷重と津波荷重の組合せを考慮する。

なお、基準地震動と基準津波を独立事象として扱う場合は、それぞれの発生頻度が十分小さいことから、地震荷重と津波荷重の組合せを考慮しない。

②地震と竜巻の組合せについて

両者は独立事象であり、それぞれ頻度が十分小さいことから重畳を考慮しない。

③地震と地滑り・土石流の組合せについて

降水による地滑り・土石流の発生を考慮しているため両者は独立事象であり、地震の発生頻度及び最大荷重継続時間（仮に5分と設定）を踏

まえると、地震の最大荷重継続時間内に地滑り・土石流が発生する頻度は十分小さいことから重畳を考慮しない。

④地震と火山の影響の組合せについて

基準地震動の震源と、火山とは十分な距離があることから、独立事象として扱い、それぞれの頻度が十分小さいことから、重畳を考慮しない。

⑤津波と地震の組合せについて

基準津波と当該津波の波源を震源とする本震は、伝播速度が異なり同時に敷地に到達することはないため、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮する必要はない。

基準津波（海域活断層）と当該津波の波源を震源とする余震は、同時に敷地に到達することを想定し、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮する。

一方、基準津波（日本海東縁部）と当該津波の波源を震源とする余震については、当該津波の波源が敷地から遠く、余震の敷地への影響が明らかに小さいことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。さらに、当該津波については、基準地震動よりも頻度が高く地震動レベルの小さい地震を独立事象として想定したとしても、当該津波の発生頻度及び最大荷重継続時間（仮に120分と設定）を踏まえると、当該津波の最大荷重継続時間内に基準地震動以外の地震が発生する頻度は十分小さいことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。

なお、基準津波と基準地震動を独立事象として扱う場合は、それぞれの発生頻度が十分小さいことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。

⑥津波と竜巻の組合せについて

両者は独立事象であり、それぞれ頻度が十分小さいことから重畳を考慮しない。

⑦津波と地滑り・土石流の組合せについて

両者は独立事象であり、津波の発生頻度及び最大荷重継続時間（仮に120分と設定）を踏まえると、津波の最大荷重継続時間内に地滑り・土石流が発生する頻度は十分小さいことから重畳を考慮しない。

⑧津波と火山の影響の組合せについて

基準津波の波源と、火山とは十分な距離があることから、独立事象として扱い、それぞれの頻度が十分小さいことから、重畳を考慮しない。

⑨竜巻と地震の組合せについて

②のとおり。

⑩竜巻と津波の組合せについて

⑥のとおり。

⑪竜巻と地滑り・土石流の組合せについて

両者は独立事象であり、竜巻の発生頻度及び最大荷重継続時間（仮に5分と設定）を踏まえると、竜巻の最大荷重継続時間内に地滑り・土石流が発生する頻度は十分小さいことから重畳を考慮しない。

⑫竜巻と火山の影響の組合せについて

両者は独立事象であり、それぞれの荷重が水平方向又は垂直方向であり直交する向きであることから重畳を考慮しない。

⑬地滑り・土石流と地震の組合せについて

両者は独立事象であり、地滑り・土石流の発生頻度及び最大荷重継続時間（仮に地滑り・土石流による土砂の衝突荷重の継続時間を5分、土砂の堆積荷重の継続時間を1ヶ月と設定）を踏まえると、地滑り・土石流による土砂の衝突荷重については、最大荷重継続時間内に地震が発生する頻度は十分小さいことから重畳を考慮しない。

一方、地滑り・土石流による土砂の堆積荷重については、地震荷重との組合せを考慮する。

⑭地滑り・土石流と津波の組合せについて

両者は独立事象であり、地滑り・土石流の発生頻度及び最大荷重継続時間（仮に地滑り・土石流による土砂の衝突荷重の継続時間を5分、土砂の堆積荷重の継続時間を1ヶ月と設定）を踏まえると、地滑り・土石流の最大荷重継続時間内に津波が発生する頻度は十分小さいことから重畳を考慮しない。

⑮地滑り・土石流と竜巻の組合せについて

両者は独立事象であり、地滑り・土石流の発生頻度及び最大荷重継続時間（仮に地滑り・土石流による土砂の衝突荷重の継続時間を5分、土砂の堆積荷重の継続時間を1ヶ月と設定）を踏まえると、地滑り・土石流の最大荷重継続時間内に竜巻が発生する頻度は十分小さいことから重畳を考慮しない。

⑯地滑り・土石流と火山の影響の組合せについて

両者は独立事象であり，地滑り・土石流の発生頻度及び最大荷重継続時間（仮に地滑り・土石流による土砂の衝突荷重の継続時間を5分，土砂の堆積荷重の継続時間を1ヶ月と設定）を踏まえると，地滑り・土石流の最大荷重継続時間内に火山の影響が発生する頻度は十分小さいことから重畳を考慮しない。

⑰火山の影響と地震の組合せについて

火山の影響と基準地震動については④のとおり。

火山性地震については，火山と敷地とは十分な距離があることから，火山性地震とこれに関連する事象による影響はないと判断し，重畳を考慮しない。

⑱火山の影響と津波の組合せについて

火山の影響と基準津波については⑧のとおり。

火山活動に関する検討結果から，敷地に影響を及ぼすような津波が到達することはないと判断し，火山事象に伴う津波による影響はないと判断し，津波と火山の影響の重畳は考慮しない。

⑲火山の影響と竜巻の組合せについて

⑫のとおり。

⑳火山の影響と地滑り・土石流の組合せについて

両者は独立事象であり，火山の影響の発生頻度及び最大荷重継続時間（仮に1ヶ月と設定）を踏まえると，火山の影響の最大荷重継続時間内に地滑り・土石流が発生する頻度は十分小さいことから重畳を考慮しない。

(b) 主荷重と従荷重の組合せについて

設計基準対象施設の荷重評価において，主荷重（地震，津波，竜巻，地滑り・土石流，火山の影響）と従荷重である積雪荷重及び風荷重が同時に発生する場合を考慮し，主荷重と組み合わせるべき積雪荷重及び風荷重について検討する。

主荷重と従荷重の組合せについては，第6-6表のとおりとする。主荷重及び従荷重それぞれの荷重継続時間が短い事象については，同時に発生することが考えにくいことから荷重の組合せを考慮しない。

①地震による荷重と風荷重及び積雪荷重の組合せについて

地震と風については，ともに最大荷重の継続時間が短く，同時に発生する確率が低いため，本組合せは考慮しない。ただし，屋外の直接風を

受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が地震荷重に対して大きい構造、形状及び仕様の施設においては、本組合せを考慮する。

地震と積雪については、積雪荷重の継続時間が長いため組合せを考慮し、施設の形状、配置により適切に組み合わせる。組み合わせるべき荷重について、島根原子力発電所周辺は多雪地域ではないため、建築基準法による「積雪荷重と他の荷重の組合せ」を考慮する必要はないが、原子力発電所の重要性を鑑み、設計基準積雪深（100cm）に平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮した荷重を地震荷重に組み合わせる。（添付資料16）

ただし、積雪による受圧面積が小さい施設又は常時作用している荷重に対して積雪荷重の影響が小さい施設においては、本組合せは考慮しない。

②津波による荷重と風荷重及び積雪荷重の組合せについて

津波と風については、ともに最大荷重の継続時間が短く、同時に発生する確率が低いため、本組合せは考慮しない。ただし、屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が津波荷重に対して大きい構造、形状及び仕様の施設においては、本組合せを考慮する。

津波と積雪については、積雪荷重の継続時間が長いため組合せを考慮し、施設の形状、配置により適切に組み合わせる。組み合わせるべき荷重について、島根原子力発電所周辺は多雪地域ではないため、建築基準法による「積雪荷重と他の荷重の組合せ」を考慮する必要はないが、原子力発電所の重要性を鑑み、設計基準積雪深（100cm）に平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮する。（添付資料16）

ただし、積雪による受圧面積が小さい施設又は常時作用している荷重に対して積雪荷重の影響が小さい施設においては、本組合せは考慮しない。

③竜巻による荷重と風荷重及び積雪荷重の組合せについて

竜巻と風については、風荷重が竜巻による荷重に包含されるため、本組合せは考慮しない。

竜巻と積雪については、積雪による影響は広い範囲で比較的長い期間及ぶが、竜巻の影響は極低頻度かつ範囲も限定的で極めて短い期間であり、また竜巻通過前に積雪があったとしても、竜巻による風圧によって積雪荷重が緩和されることから、本組合せは考慮しない。

④地滑り・土石流による荷重と風荷重及び積雪荷重の組合せについて

降水による地滑り・土石流の発生を考慮しているため、地滑り・土石流と積雪が同時に発生することは考えられないため、本組合せは考慮し

ない。

地滑り・土石流による土砂の衝突荷重と風荷重については、ともに最大荷重の継続時間が短く、同時に発生する確率が低いため、本組合せは考慮しない。ただし、屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が地滑り・土石流荷重に対して大きい構造、形状及び仕様の施設において、組合せを考慮する。

地滑り・土石流による土砂の堆積荷重については、荷重の継続時間が他の主荷重と比較して長いため、風荷重との組合せを考慮し、施設の形状、配置により適切に組み合わせる。

⑤火山の影響による荷重と風荷重及び積雪荷重の組合せについて

火山の影響と積雪及び風の組合せについては、火山の影響による荷重の継続時間が他の主荷重と比較して長いため、3つの荷重が同時に発生する場合を考慮し、施設の形状、配置により適切に組み合わせる。

組み合わせるべき荷重について、風荷重については、平成12年5月31日建設省告示第1454号に定められた松江市において適用される風速とする。

積雪荷重については、島根原子力発電所周辺は多雪地域ではないため、建築基準法による「積雪荷重と他の荷重の組合せ」を考慮する必要はないが、原子力発電所の重要性を鑑み、設計基準積雪深（100cm）に平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮した荷重を組み合わせる。

（添付資料16）

組み合わせる火山の影響の荷重については、島根原子力発電所で想定される降下火砕物（湿潤状態）による荷重を考慮する。

なお、地震又は津波による荷重と風荷重及び積雪荷重の組合せについては、以下の理由から考慮する必要はない。

- ①地震又は津波と風については、ともに最大荷重の継続時間が短く、同時に発生する確率が低く、積雪が加わる確率はさらに低くなること
- ②主荷重は従荷重と比較して大きく、主荷重が支配的であることを踏まえると、主荷重と従荷重の組合せに対し、さらに従荷重を組み合わせたととしても、その影響は比較的小さいと考えられること

第6-4表 荷重の影響モードをもつ自然現象の特徴

荷重の種類		荷重の大きさ	最大荷重 継続時間※1	発生頻度 (/年)	
主 荷 重	地震	大	短 (数分)	$5 \times 10^{-4} \text{※}3$	
	津波	大	短 (数十分)	$10^{-4} \sim 10^{-5} \text{※}4$	
	竜巻	大	短 (数分)	$1.6 \times 10^{-7} \text{※}4$	
	土石流・ 地滑り	衝突荷重	大	短 (数分)	$10^{-2} \text{※}5$
		堆積荷重	中	長 (数十日) ※1	
	火山の影響	中	長 (数十日) ※2	$10^{-4} \sim 10^{-5} \text{※}6$	
従 荷 重	風 (台風)	小	短 (数十分)	$2 \times 10^{-2} \text{※}7$	
	積雪	中	長 (数日) ※2	$2 \times 10^{-2} \text{※}7$	

※1 添付資料19参照

※2 必要に応じて緩和措置を行うこととしている

※3 J E A G 4601に記載されている基準地震動 S_2 の発生確率を読み替えて適用

※4 ハザード評価結果

※5 「砂防基本計画策定指針 (土石流・流木対策編) 解説」 (平成28年4月)において、土石流の計画規模は、100年超過確率の降雨量で評価するものとされている。また、発電所周辺の100年超過確率の24時間雨量は271mmであり、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台 (松江市) では24時間最大降水量306.9mm (1964年7月18日9時~19日9時) が観測されている。それに対し、当該土石流危険溪流においては、土石流が発生した形跡がないことから、土石流の発生頻度を 10^{-2} /年と設定している。

※6 約15,000年前の三瓶山噴火及び約130,000年前の大山噴火を考慮

※7 50年再現期待値

第6-5表 主荷重同士の組合せ

		事 象Ⅱ				
		地震	津波	竜巻	地滑り・ 土石流	火山の影響
事 象 Ⅰ	地震		①	②	③	④
	津波	⑤		⑥	⑦	⑧
	竜巻	⑨	⑩		⑪	⑫
	地滑り・ 土石流	⑬	⑭	⑮		⑯
	火山の影響	⑰	⑱	⑲	⑳	

第6-6表 主荷重と従荷重の組合せ

			主荷重					火山の影響
			地震	津波	竜巻	地滑り・土石流		
						衝突荷重	堆積荷重	
従荷重	風	建築基準法	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし
		継続時間※ ¹	短×短	短×短	短×短	短×短	長×短	長×短
		荷重の大きさ※ ²	大+小	大+小	大+小	大+小	中+小	中+小
		組合せ	○※ ³	○※ ³	×	○※ ³	○	○
	積雪	建築基準法	多雪区域は 組合せを考 慮	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし
		継続時間※ ¹	短×長	短×長	短×長	短×長	長×長	長×長
		荷重の大きさ※ ²	大+中	大+中	大+中	大+中	中+中	中+中
		組合せ	○※ ⁴	○※ ⁴	×	×	×	○

○：組合せを考慮する，×：組合せを考慮しない

※¹ 主荷重の時間×従荷重の時間

※² 主荷重の大きさ+従荷重の大きさ

※³ 屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち，風荷重の影響が地震荷重，津波荷重又は地滑り・土石流荷重に対して大きい構造，形状及び仕様の施設において，組合せを考慮する。

※⁴ 積雪による受圧面積が小さい施設又は常時作用している荷重に対して積雪荷重の影響が小さい施設を除き，組合せを考慮する。

(4) まとめ

島根原子力発電所において想定される自然現象を網羅的に組み合わせて評価した。

評価の結果、組み合わせた事象がプラントに及ぼす荷重以外の影響については、個別の事象の設計に包含されること、事象の組合せが起こり得ないこと、又は、それぞれの事象の影響が打ち消し合う方向であることから、安全施設の安全機能を損なわないことを確認した。

荷重の影響モードをもつ自然現象の組合せについて、主荷重同士については地震と津波又は地滑り・土石流、主荷重と従荷重の組合せについては、地震と風（台風）又は積雪、津波と風（台風）又は積雪、地滑り・土石流と風（台風）、火山の影響と風（台風）及び積雪を設備の構造等を踏まえて適切に考慮する。

旧安全設計審査指針と設置許可基準規則の比較について

<p>発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 (平成2年8月30日)</p>	<p>実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の 基準に関する規則 (規則の解釈)</p>
<p>指針2. 自然現象に対する設計上の考慮</p> <p>2. 安全機能を有する構造物、系統及び機器は、地震以外の想定される自然現象によって原子炉施設の安全性が損なわれない設計であること。重要度の特に高い安全機能を有する構造物、系統及び機器は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。</p> <p>(解釈) 「自然現象によって原子炉施設の安全性が損なわれない設計」とは、設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、その設備が有する安全機能を達成する能力が維持されることをいう。 「重要度の特に高い安全機能を有する構造物、系統及び機器」とについては、別に「重要度分類指針」において定める。 「予想される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、津波、風、凍結、積雪、地滑り等から適用されるものをいう。 「自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件」とは、対象となる自然現象に対応して、過去の記録の信頼性を考慮の上、少なくともこれを下回らない苛酷なものであつて、かつ、統計的に妥当とみなされるものをいう。 なお、過去の記録、現地調査の結果等を参考に、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。 「自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合」とは、最も苛酷と考えられる自然力と事故時の最大荷重を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係や時間的変化を考慮して適切に組み合わせた場合をいう。</p>	<p>(外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>第六条 安全施設 (兼用キヤスクを除く。) 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ぬ。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第1項は、設計基準において想定される自然現象 (地震及び津波を除く。) 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。) への措置を含む。</p> <p>2 第1項に規定する「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風 (台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、<u>生物学的現象又は森林火災等から適用されるものをいう。</u></p> <p>3 第1項に規定する「想定される自然現象 (地震及び津波を除く。) が発生した場合においても安全機能を損なわないもの」とは、設計上の考慮を要す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、自然現象そのものも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、その設備が有する安全機能が達成されることをいう。</p> <p>2 重要安全施設は、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ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。</p> <p>(解釈)</p> <p>4 第2項に規定する「重要安全施設」については、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」 (平成2年8月30日原子力安全委員会決定) の「V. 2. (2) 自然現象に対する設計上の考慮」に示されるものとする。</p>

※ 規則及び解釈の追加要求事項を下線にて示す。

<p>発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針 (平成2年8月30日)</p>	<p>実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の 基準に関する規則（規則の解釈）</p>
<p>指針3. 外部人為事象に対する設計上の考慮 1. 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、想定される外部人為事象によつて、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。 (解釈) 「外部人為事象」とは、飛行機落下、ダムの崩壊、爆発等をいう。</p>	<p>5 第2項に規定する「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とは、対象となる自然現象に対応して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。なお、過去の記録、現地調査の結果及び最新知見等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。</p> <p>6 第2項に規定する「適切に考慮したものと」とは、大きな影響を及ぼすおそれがあるとして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が発生した場合に生じる応力を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組み合わせた場合をいう。</p> <p>3 安全施設（兼用キヤスクを除く。）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ぬ。</p> <p>(解釈) 7 第3項は、設計基準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。）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。）への措置を含む。</p> <p>8 第3項に規定する「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。）」とは、敷地及び敷地周辺の状況をもとに選択されるものであり、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、船舶の衝突又は電磁的障害等をいう。なお、上記の航空機落下については、「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、防護設計の要否について確認する。</p>

※ 規則及び解釈の追加要求事項を下線にて示す。

考慮した外部事象についての対応状況について

考慮した外部事象のうち、新たに影響評価ガイドが制定されたものについては、今回、ガイドに基づき影響評価を実施し必要な対応を行っている。それ以外の事象については、新たに対応を追加変更しているものはない。

旧指針、新基準の解釈で例示されている事象であるかどうか、設置許可申請（昭和 56 年 8 月 18 日申請）での記載有無も併せて、下表に整理した。

	事象	旧指針	新基準	既記載	対応変更	説明
自然現象	1 洪水	○	○	あり	なし	—
	2 風（台風）	○	○	あり	なし	データのみ変更。
	3 竜巻	—	○	—	あり	今回、竜巻影響評価ガイドに基づき評価等実施。
	4 凍結	○	○	あり	なし	データのみ変更。
	5 降水	—	○	—	なし	設置時の添付書類六「気象」にて降水量を記載している。
	6 積雪	○	○	あり	なし	データのみ変更。
	7 落雷	—	○	—	なし	設置時より、建築基準法による避雷針を設置している。
	8 地滑り・土石流	○	○	あり	あり	地滑り・土石流に対する影響評価を実施。（今回、土石流を評価）
	9 火山の影響	—	○	—	あり	今回、火山影響評価ガイドに基づき評価等実施。
	10 生物学的事象	—	○	—	なし	設置時より、除じん装置を設置する等の対策を実施している。
	11 森林火災	—	○	—	あり	今回、外部火災評価ガイドに基づき評価等実施。
人為事象	1 飛来物（航空機落下）	○	○	—	あり	今回、「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）等」に基づき評価実施。
	2 ダムの崩壊	○	○	—	なし	設置時より、島根原子力発電所付近の水利状況を確認している。
	3 爆発	○	○	—	あり	今回、外部火災評価ガイドに基づき評価等実施。
	4 近隣工場等の火災	—	○	—	あり	今回、外部火災評価ガイドに基づき評価等実施。
	5 有毒ガス	—	○	—	あり	今回、外部火災評価ガイドに基づき評価等実施。
	6 船舶の衝突	—	○	—	なし	今回、耐津波設計方針にて、津波発生時に原子炉補機冷却海水系の取水性に影響を及ぼす漂流物がないことを確認。
	7 電磁的障害	—	○	—	なし	設置時より、計測制御系に JIS 等に基づく対策を実施している。

凡例 旧指針：発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針（平成 2 年 8 月 30 日）指針二 解釈及び指針三 解釈での例示有無

新基準：発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日）第六条 解釈 2、8 での例示有無

既記載：島根原子力発電所の設置変更許可申請書（昭和 56 年 8 月 18 日申請）の記載有無

対応変更：新たにガイドに基づく評価等を行ったもの、または、新たに対策をとったもの

設計基準事故時に生じる応力の考慮について

重要安全施設は、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を、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して、適切に組み合わせ設計する。

なお、過去の記録及び現地調査の結果を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。

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は、設置許可基準規則第六条第1項において選定した自然現象に含まれる。また、重要安全施設を含む安全施設は、設置許可基準規則第六条第1項において選定した自然現象又はその組合せにより、安全機能を損なわない設計としている。安全機能が損なわれなければ設計基準事故に至らないため、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又はその組合せと設計基準事故に因果関係はない。

したがって、因果関係の観点からは、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を組み合わせる必要はなく、重要安全施設は、個々の事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

また、時間的变化の観点から、重要安全施設は、設計基準事故の影響が及ぶ期間に発生すると考えら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を適切に考慮する。

島根原子力発電所2号炉において、重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると限定される自然現象によって影響を受けると考えられる屋外に設置されている重要安全施設は、原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ、排気筒、非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ等である。これらの重要安全施設は、設置許可基準規則第六条第1項において選定した自然現象（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を含む）により安全機能を損なわない設計としている。したがって、因果関係の観点からは、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を組み合わせる必要はなく、自然現象により重要安全施設に作用する衝撃による応力の評価と変わらない。

一方、時間的变化の観点からは、事故の影響が長時間に及ぶことが考えられる原子炉冷却材喪失事故の発生頻度は低く、また、屋外に設置されている重要安全施設に対して大きな影響を及ぼす自然現象の発生頻度も低いことから、原子炉冷却材喪失事故の影響が及ぶ期間中に重要安全施設に大きな影響を及ぼす

自然現象が発生するとは考えられない。

仮に、事故の影響が長時間に及ぶことが考えられる原子炉冷却材喪失事故の期間中に、発生頻度が高く、重要安全施設に及ぼす影響が小さな自然現象が発生したとしても、自然現象によって影響を受けると考えられる屋外に設置された原子炉補機海水ポンプ、高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ、排気筒、非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ等に事故時の荷重が施設に付加されることはないため、自然現象により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を組み合わせる必要はなく、自然現象により重要安全施設に作用する衝撃による応力の評価は変わらない。

考慮すべき事象の除外基準と ASME 判断基準との比較について

ASME/ANS RA-Sa-2009	参考訳	考慮すべき事象の除外基準
<p>Initial Preliminary Screening: For screening out an external hazard, any one of the following five screening criteria provides as an acceptable basis:</p> <p>Criterion 1: The event is of equal or lesser damage potential than the events for which the plant has been designed. This requires an evaluation of plant design bases in order to estimate the resistance of plant structures and systems to a particular external hazard.</p>	<p>最初の予備スクリーニング：外部ハザードの除外には、次の 5 つの除外基準のうちいずれかに該当する場合は、受け入れられるものとして与えられる。</p> <p>基準 1： その事象が、プラントが設計された時に考慮した事象と同じか少ない損傷をもたらす可能性のあるもの。これには、特別の外部ハザードに対してプラントの構造及びシステムの抵抗性を推定したプラント設計基準の評価をすることが要求される。</p>	<p>基準 C： 当該原子炉施設の設計上考慮された事象と比較して、設備等への影響度が同等若しくはそれ以下であり、プラントの安全性が損なわれることはない。</p> <p>事象が発生しても、プラントへの影響が極めて限定的で炉心損傷事故のような重大な事故には繋がらない事象は対象外とする。例えば、外気温が上昇しても、屋外設備が故障に至る可能性は小さく、また、冷却海水の温度が直ちに上昇しないことから冷房は維持できるので、影響は限定的である。</p>
<p>Criterion 2: The event has a significantly lower mean frequency of occurrence than another event, taking into account the uncertainties in the estimates of both frequencies, and the event could not result in worse consequences than the consequences from the other event.</p>	<p>基準 2： その事象が、別の事象より、著しく低い平均頻度であるもの。ここで、両方の頻度の評価には不確実性を考慮に入れること。また、その事象が、別の事象による結果より、悪い結果に帰着しなかったもの。</p>	<p>基準 E： 発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。</p> <p>タービン・ミサイル、航空機落下の評価では発生頻度が低い事象 (10^{-7}/年以下) は考慮すべき事象の対象外としており、同様にごく稀な事象は対象外とする。</p>
<p>Criterion 3: The event cannot occur close enough to the plant to affect it. This criterion must be applied taking into account the range of magnitudes of the event for the recurrence frequencies of interest.</p>	<p>基準 3： その事象が、プラントに影響を与える程十分に接近していないか、発生しない場合。この基準は、着目する再発頻度の事象の大きさの範囲を考慮して適用すべき。</p>	<p>基準 A： 当該原子炉施設に影響を及ぼすほど接近した場所に発生しない。</p> <p>発電所の立地点の自然環境は一概ではなく、発生する自然環境は地域性があるため、発電所立地点において明らかに起こり得ない事象は対象外とする。</p>

ASME/ANS RA-Sa-2009	参考訳	考慮すべき事象の除外基準
<p>Criterion 4: The event is included in the definition of another event.</p>	<p>基準 4 : その事象が、他の事象の定義に含まれる場合。</p>	<p>基準 D : 影響が他の事象に含まれる。</p> <p>プラントに対する影響が同様とみなせる事象については、相対的に影響が大きいと判断される事象に包含して合理的に検討する。例えば、地滑り、山崩れ、崖崩れ等は程度の差はあれども同じ影響を及ぼす事象であるので、まとめて検討できる。</p>
<p>Criterion 5: The event is slow in developing, and it can be demonstrated that there is sufficient time to eliminate the source of the threat or to provide an adequate response.</p>	<p>基準 5 : その事象の発展が遅く、また、脅威の源を除去するかあるいは適切な対応するのに十分な時間があることが実証できる場合。</p>	<p>基準 B : ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。</p> <p>事象発生時の発電所への影響の進展が緩慢であって、影響の緩和又は排除の対策が容易に講じることができ、事象は対象外とする。例えば、発電所の海岸の浸食の事象が発生しても、進展が遅いため補強工事等により浸食を食い止めることができる。</p>
<p>該当なし</p>		<p>基準 F : 第六条（外部からの衝撃による損傷の防止）とは別の条項により評価を実施している事象、または故意の人為事象等であって第六条（外部からの衝撃による損傷の防止）の対象外の事象。</p> <p>第四条 地震による損傷の防止、第五条 津波による損傷の防止、第九条 溢水による損傷の防止、第十二条 安全施設により評価を実施するもの、又は、故意の人為事象等外部からの衝撃による損傷の防止に該当しないものについては、対象外とする。</p>

防護すべき安全施設及び重大事故等対処設備への考慮

1. 防護すべき安全施設

地震及び津波以外の自然現象及び（故意によるものを除く）人為事象（以下「外部事象」という。）に対する安全施設への要求については「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」（以下「設置許可基準規則」という。）にて規定されている。設置許可基準規則における安全施設は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」（以下「重要度分類指針」という。）の安全重要度クラス1，2，3に属する構築物，系統及び機器を指していることから，各外部事象に対して防護する安全施設は，安全重要度クラス1，2，3に属する構築物，系統及び機器とする。

設置許可基準規則には安全施設に対し，以下のように規定されている。

設置許可基準規則 第六条 外部からの衝撃による損傷の防止【抜粋】

設置許可基準規則	解釈
<p>(外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>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。</p> <p>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。</p>	<p>1 第1項は、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）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。）への措置を含む。</p> <p>7 第3項は、設計基準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。）への措置を含む。</p>

設置許可基準規則 第二条 用語の定義より抜粋

- ・「安全施設」とは、設計基準対象施設のうち、安全機能を有するもの
- ・「安全機能」とは、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能

重要度分類指針より抜粋

- ・安全機能を有する構築物，系統及び機器をそれが果たす安全機能の性質に応じて，以下の２種に分類
 - (1)異常発生防止系（以下「PS」という。）
 - (2)異常影響緩和系（以下「MS」という。）
- ・PS及びMSのそれぞれに属する構築物，系統及び機器を，その有する安全機能の重要度に応じ，それぞれクラス1，2，3に分類

2. 重大事故等対処設備への考慮

設計基準事象に対して耐性を確保する必要があるのは設計基準事故対処設備であり，重大事故等対処設備ではないが，設置許可基準規則第四十三条の要求を踏まえ，設計基準事象によって，設計基準事故対処設備の安全機能と重大事故等対処設備が同時にその機能が損なわれることがないことを確認する。

重大事故等対処設備については，設置許可基準規則にて以下のように規定されている。

設置許可基準規則 第四十三条 重大事故等対処設備【抜粋】

（重大事故等対処設備）

第四十三条 重大事故等対処設備は，次に掲げるものでなければならない。

第2項第3号 常設重大事故防止設備は，共通要因によって設計基準事故対処設備の安全機能と同時にその機能が損なわれるおそれがないよう，適切な措置を講じたものであること。

第3項第7号 重大事故防止設備のうち可搬型のものは，共通要因によって，設計基準事故対処設備の安全機能，使用済燃料貯蔵槽の冷却機能若しくは注水機能又は常設重大事故防止設備の重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能と同時にその機能が損なわれるおそれがないよう，適切な措置を講じたものであること。

過去の経験データを用いた設計基準の設定の妥当性について

設計基準設定の際には、過去の気象データの極値及び規格基準類のうち、最も厳しい値を採用しているが、それらは過去の経験データに基づいた設定と言える。

基本的にプラント寿命は、大規模な気候変動の周期よりも短いと考えられるが、各自然現象について将来的な気候変動により厳しい傾向となることは否定できない。そのため、過去の経験データを用いて、将来的なハザードを予測するということについては十分な吟味が必要であり、特にプラント寿命の間に変化が予想される事象については、最新のデータ・知見を持って気候変動の影響に注視し、必要に応じて設計基準の見直し等の配慮を行う必要がある。

将来的な気候変動として現時点でも予想されるものとしては地球温暖化が挙げられ、地球温暖化が進行した際には、気温上昇や台風の強度が強まる傾向が考えられる。一方で、発電所周辺の地域特性が反映された気候変動を把握する観点から、図1に示す発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）の気象データの推移を確認し、以下のとおり考察した。

- ・風速は、最大風速では、有意な増加（又は台風の強度が強まる）傾向は見受けられない。

最大瞬間風速では、増加傾向が見受けられるものの、設計竜巻の最大風速として92m/sを想定しており、観測記録はこれに十分包絡される。

- ・気温は、最低気温では、上昇傾向が見受けられ、設計基準に対して緩やかになる方向に推移している。

最高気温では、若干の上昇傾向が見受けられるものの、設備の機能に悪影響を与えるようなレベルの気温上昇ではなく、安全施設への影響はないと判断した。

- ・降水量は、有意な増加傾向は見受けられない。
- ・積雪深は、有意な増加傾向は見受けられない。

これらのことから、発電所周辺の気候変動の記録からは、最高気温及び最大瞬間風速は増加の傾向が確認されたものの、安全施設への影響はないことを確認している。

ただし、気候変動を完全に予測することは難しいため、今後も最新のデータ・知見をもって気候変動の影響に注視し、必要に応じて設計基準の見直し等を実施していくものとする。

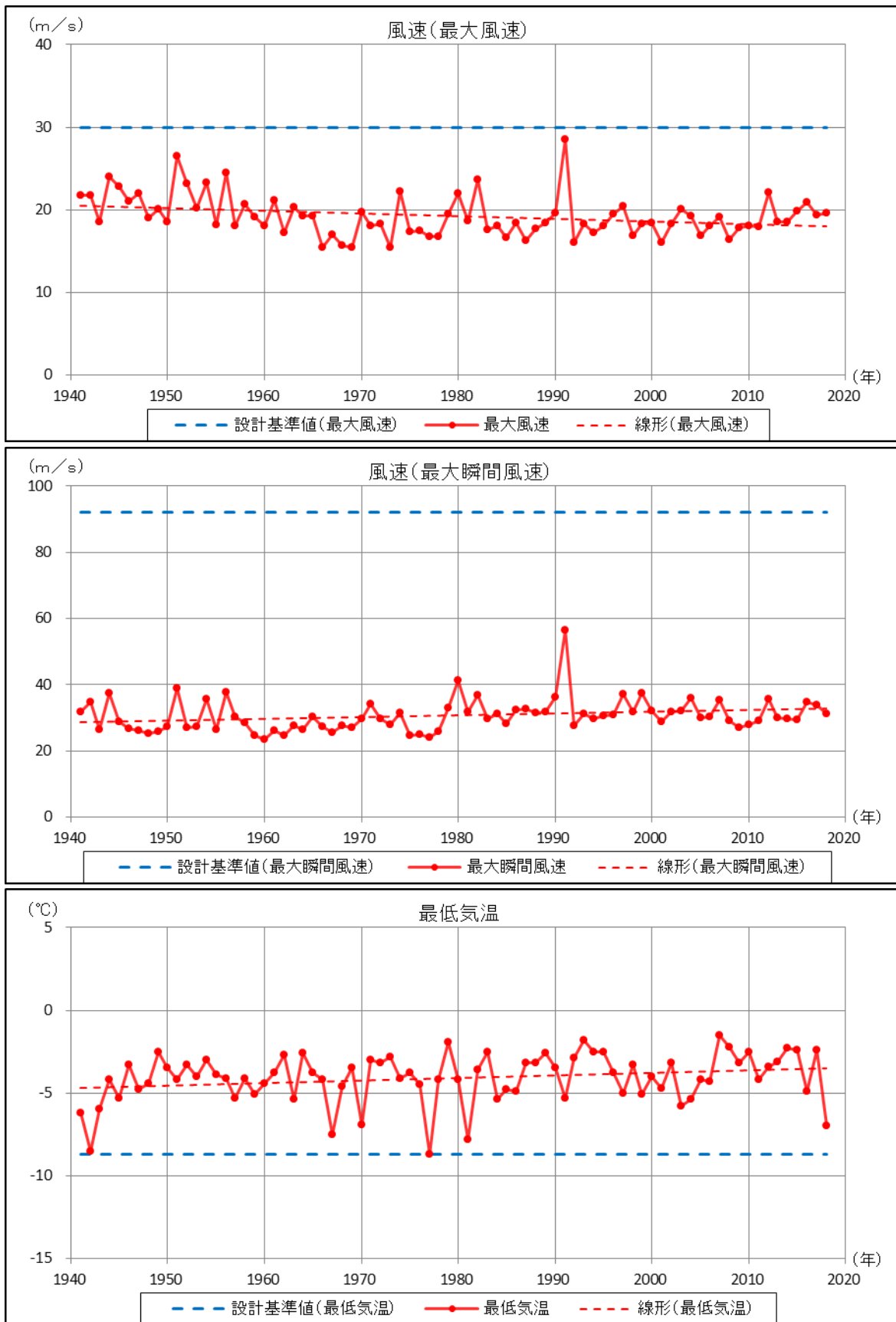


図1 松江地方気象台の気象トレンド (1/2)

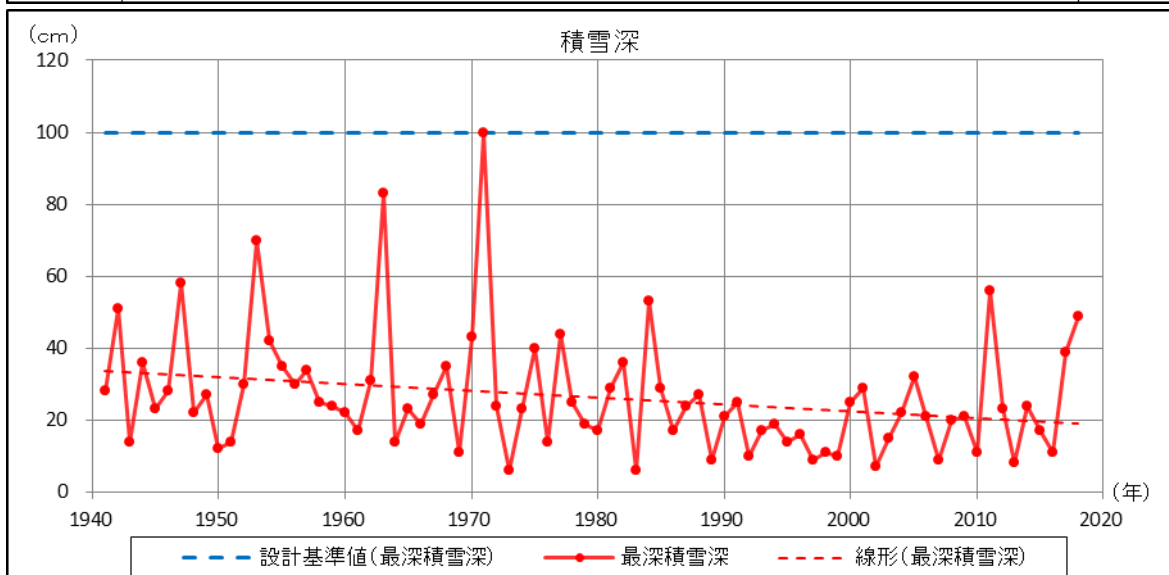
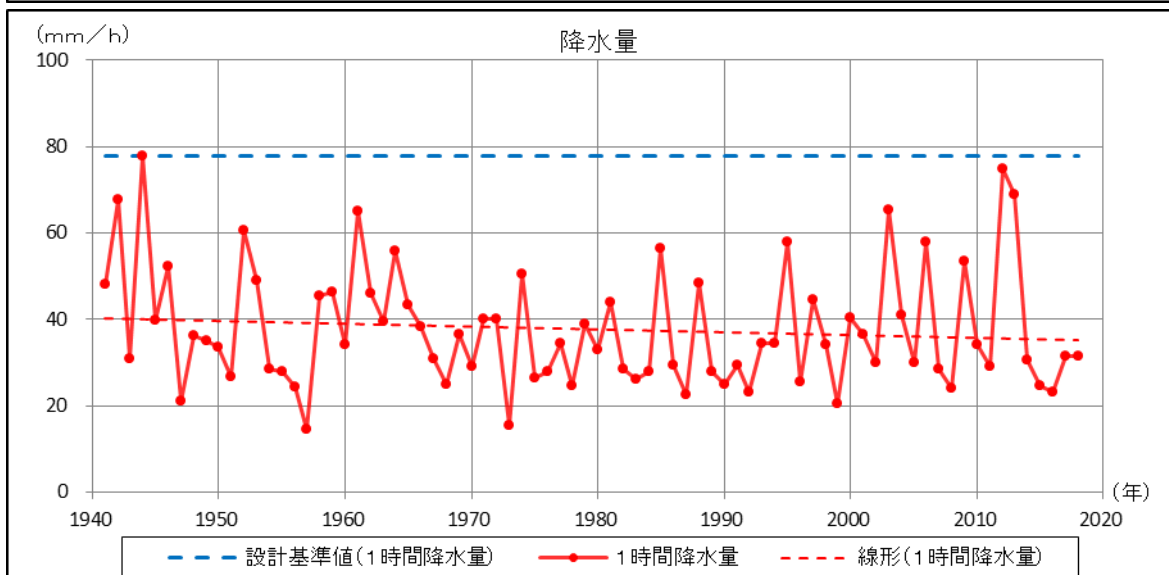
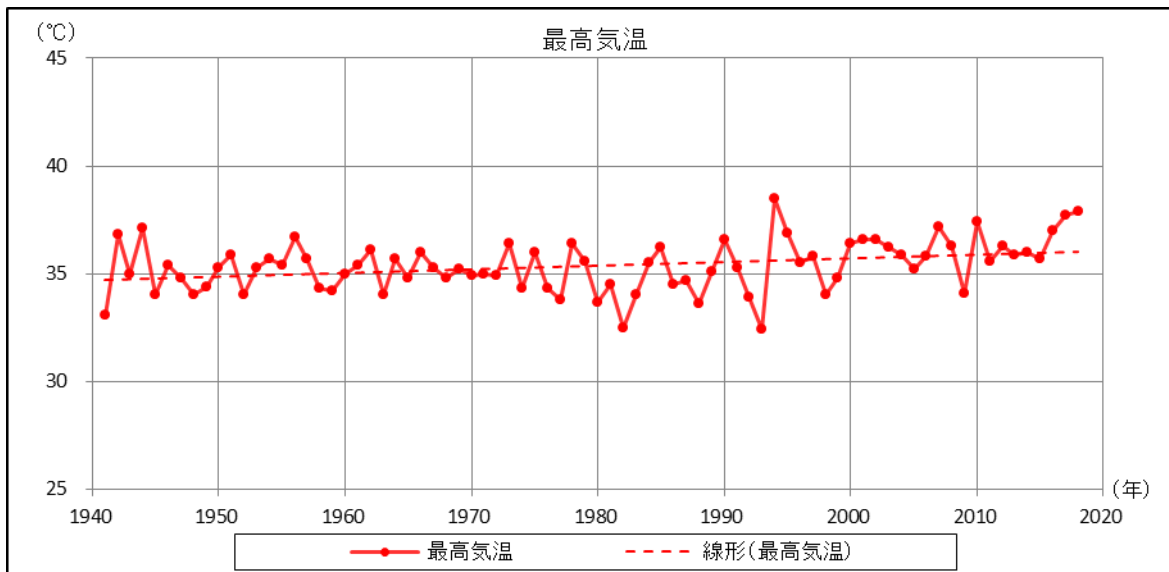


図1 松江地方気象台の気象トレンド (2/2)

風（台風）影響評価について

1. 基本方針

予想される最も苛酷と考えられる条件として設計基準を設定の上、安全施設の機能が風荷重に対して維持され、安全機能が損なわれないよう設計する。

2. 設計基準風速の設定

設計基準風速の設定は、以下の(1)及び(2)を参照し、最大風速（地上高10m、10分間平均風速の日最大風速）のうち最も保守的となる値を採用する。

なお、最大瞬間風速等の風速変動といった局所的かつ一時的な影響であれば、竜巻の最大瞬間風速の影響に包絡されるが、ここでは風（台風）の影響範囲、継続性を鑑み、風（台風）に対して設計基準風速を設定する。

設計基準風速の設定にあたっては、最大風速を採用することにより、その風速の1.5～2倍程度の最大瞬間風速⁽¹⁾を考慮することになること、現行の建築基準法では最大瞬間風速等の風速変動による影響を考慮した係数を最大風速に乘じ風荷重を算出することが定められていることから、設計基準風速としては最大風速を設定する。

(1) 規格・基準類

風に対する建築物の規格・基準として、発電用原子炉施設建設時の建築基準法施行令第87条（以下「旧建築基準法施行令」という。）においては、日本最大級の台風の最大瞬間風速（63m/s、地上高15m）に基づく風荷重に対する設計が要求されていた。

その後、建築基準法施行令第87条の風荷重規定は2000年に改正され、それ以降、建築物については、地域毎に定められた基準風速の風荷重に対する設計が要求されており、松江市の基準風速は30m/s（地上高10m、10分間平均風速）である。

屋外設備のうち、タンクについては、消防法（危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示第4条の19）において、日本最大級の台風の最大瞬間風速（63m/s、地上高15m）に基づく風荷重に対する設計が、現在でも要求されている。

(2) 観測記録

気象庁の気象統計情報における風速の観測記録（別紙1）によれば、敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）で観測された観測史上1位の最大風速及び最大瞬間風速は下記のとおりであり、風速の観測記録は台風も含む。

最大風速28.5m/s

(1991年9月27日, 観測期間: 1941~2018年)

最大瞬間風速56.5m/s

(1991年9月27日, 観測期間: 1941~2018年)

ここで, 設計基準風速の設定にあたり, 各風速の定義を確認する。

気象庁の風の観測については, 風速(地上高10m, 10分間平均)及び瞬間風速(地上高10m, 3秒間平均)を記録している。「最大風速」は, 風速(地上高10m, 10分間平均)の日最大風速を, 「最大瞬間風速」は, 瞬間風速(地上高10m, 3秒間平均)の日最大瞬間風速をいい, 一般的に最大瞬間風速と最大風速の比は1.5~2倍程度とされている⁽¹⁾。(例えば, 最大風速30m/sの場合は, 45~60m/s程度の瞬間的な風が吹く可能性がある)

旧建築基準法施行令では, 最大瞬間風速(63m/s, 地上高15m)を参照していたが, 現行の建築基準法施行令では, 地上高10mにおける10分間平均風速を基準としている。ただし, 現行の建築基準法施行令でも, 風荷重の算出において, 最大瞬間風速等の風速変動による影響を考慮し, 設計基準風速に地表面粗度等により求まるガスト影響係数を乗じ速度圧を算出することが定められている。これにより, 旧建築基準法施行令では全国ほぼ一律で定められていた風荷重を, 現在では建築物の周辺状況及び構造特性等に応じて定めることが可能となった。このような状況を踏まえ, 安全設計上考慮する設計基準風速の定義は, 現行の建築基準法に準拠し, 地上高10mでの10分間平均風速を採用する。

以上より, 設計基準風速は, 保守的に最も風速が大きい(1)規格・基準類の値である建築基準法施行令において要求されている風速(地上高10m, 10分間平均風速の日最大風速)である30m/sとする。

ただし, タンクについては, 消防法に従い, 日本最大級の台風の最大瞬間風速に基づいた風荷重に対する設計が要求されていることから, 設計対象物に応じ, 消防法にて要求される風荷重と上記設計基準風速の風荷重を比較し, 大きい方を採用する。

なお, 建物等に対しては, 消防法に基づく風荷重の要求はないが, 仮に消防法に基づくタンクの風荷重の計算方法を, 2号機原子炉建物に当てはめた場合, 風荷重の値は2.94kN/m²であり, 建築基準法に基づく風荷重は2.10kN/m²であるが, 設計用地震力に比べ十分小さいことから, 安全機能を損なうことはない。

3. 安全施設の健全性評価

安全施設が, 「2. 設計基準風速の設定」にて設定した設計基準風速によって, 安全機能を損なうことのない設計であることを評価・確認するため, 風荷

重が安全施設に作用した場合の影響について評価し、安全機能が維持されることを確認した。

本評価における基本的な考え方は、以下のとおり。また、図1に風（台風）に対する安全施設の評価フローを示す。

- (1) 安全施設のうち安全重要度分類のクラス1，クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物，系統及び機器について，以下の①又は②に分類のうえ，評価を実施し，安全機能が維持できることを確認した。
 - ①頑健性のある建物内に設置されている設備については，設計基準風速に対する風荷重が作用した場合における当該建物の健全性を確認することにより，安全機能を維持できることを確認した。（別紙2）
 - ②建物外に設置されている設備については，設計基準風速に対する風荷重が作用した場合における当該設備の健全性を確認することにより，安全機能を維持できることを確認した。（別紙2）
- (2) 上記以外の安全施設については，風（台風）に対して機能維持する，又は，風（台風）による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，若しくは安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とすることにより，安全機能を維持できる場合には影響評価完了とする。

なお，台風の発生に伴う飛来物の影響は，竜巻影響評価にて想定している設計飛来物の影響に包絡されており，安全施設の安全機能が損なわれるおそれはない。

4. 重大事故等対処設備に対する考慮

図2の風（台風）に対する重大事故等対処設備の評価フローに基づき，2.にて設定した設計基準風速に対し，必要な安全機能を維持できることを確認した。

なお，風（台風）に対する重大事故等対処設備の設計方針は，設置許可基準規則第43条（重大事故等対処設備）にて考慮する。

5. 参考文献

- (1) 気象庁：<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

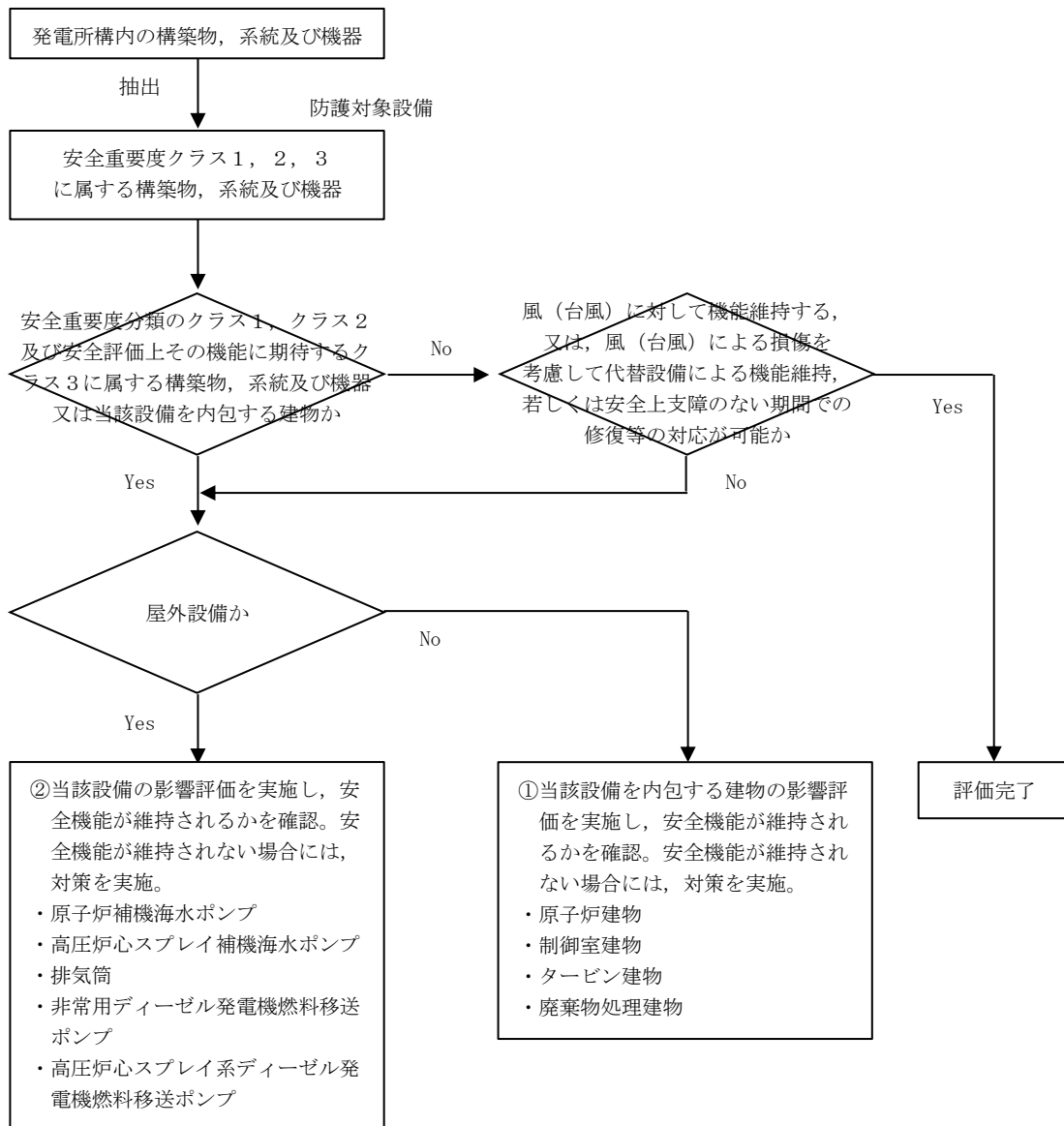
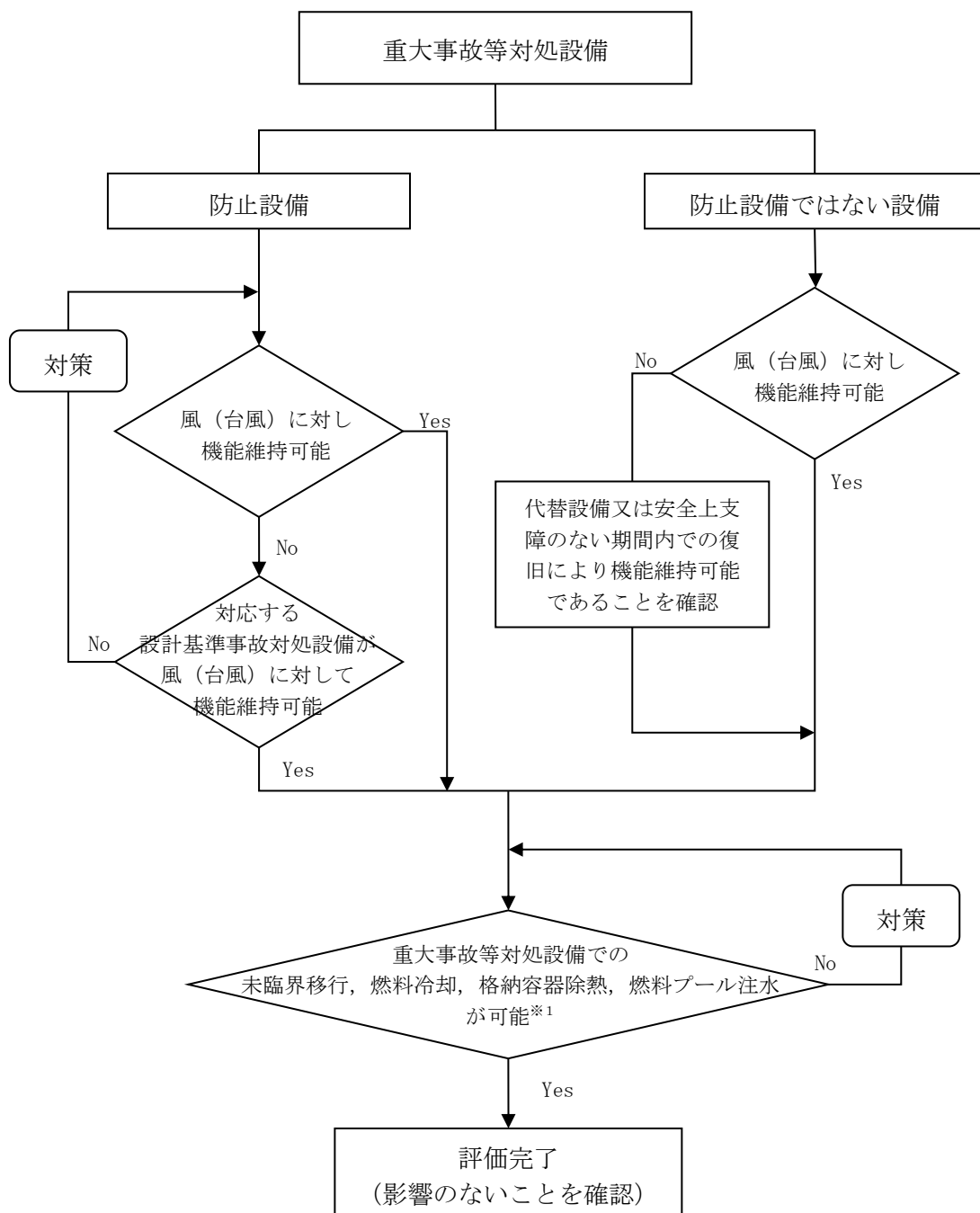


図1 風（台風）に対する安全施設の評価フロー



※1：風（台風）により設計基準事故対処設備の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれることはないが、安全上支障のない期間内での復旧により機能維持可能であることを確認

図2 風（台風）に対する重大事故等対処設備の評価フロー

表 1 - 1 松江地方気象台における毎年の日最大風速の観測記録
(気象庁ホームページより)

年	日最大風速 (m/s)	年	日最大風速 (m/s)	年	日最大風速 (m/s)
1941		1971	18.0	2001	16.0
1942		1972	18.3	2002	18.3
1943		1973	15.5	2003	20.1
1944		1974	22.2	2004	19.3
1945		1975	17.3	2005	16.9
1946		1976	17.5	2006	18.1
1947		1977	16.8	2007	19.1
1948		1978	16.7	2008	16.4
1949		1979	19.5	2009	17.8
1950		1980	22.0	2010	18.0
1951		1981	18.7	2011	17.9
1952		1982	23.6	2012	22.1
1953		1983	17.6	2013	18.5
1954		1984	18.0	2014	18.5
1955		1985	16.6	2015	19.9
1956		1986	18.4	2016	20.9
1957		1987	16.3	2017	19.4
1958		1988	17.7	2018	19.6
1959		1989	18.4		
1960		1990	19.6		
1961	21.2	1991	※ 28.5		
1962	17.2	1992	16.0		
1963	20.3	1993	18.3		
1964	19.3	1994	17.2		
1965	19.3	1995	18.1		
1966	15.5	1996	19.5		
1967	17.0	1997	20.4		
1968	15.7	1998	16.9		
1969	15.5	1999	18.3		
1970	19.7	2000	18.4		

値が空白：観測を行っていない場合。

※：1941～2018年の観測記録における最大値（1991年9月27日）

表1-2 松江地方気象台における毎年の日最大瞬間風速の観測記録
(気象庁ホームページより)

年	日最大瞬間 風速 (m/s)	年	日最大瞬間 風速 (m/s)	年	日最大瞬間 風速 (m/s)
1941		1971	34.0	2001	28.8
1942		1972	29.6	2002	31.7
1943		1973	27.8	2003	32.2
1944		1974	31.4	2004	35.8
1945		1975	24.6	2005	29.9
1946		1976	25.0	2006	30.3
1947		1977	24.1	2007	35.3
1948		1978	25.8	2008	29.2
1949		1979	32.9	2009	26.9
1950		1980	41.2	2010	28.0
1951		1981	31.7	2011	29.0
1952		1982	36.9	2012	35.7
1953		1983	29.6	2013	29.9
1954		1984	31.2	2014	29.8
1955		1985	28.1	2015	29.3
1956		1986	32.3	2016	34.6
1957		1987	32.7	2017	33.9
1958		1988	31.5	2018	31.3
1959		1989	31.7		
1960		1990	36.3		
1961		1991	※ 56.5		
1962		1992	27.6		
1963		1993	31.2		
1964		1994	29.8		
1965		1995	30.6		
1966		1996	31.0		
1967	25.6	1997	37.1		
1968	27.6	1998	31.8		
1969	27.0	1999	37.5		
1970	29.8	2000	32.1		

値が空白：観測を行っていない場合。

※：1941～2018年の観測記録における最大値（1991年9月27日）

表 2 - 1 30m/sの風荷重に対する建物等の健全性確認結果

分類	建物等	確認部位 ^{※1}	(a)風荷重 [kN] ^{※2}	(b)設計用 地震力[kN]	判定 ((a) ≤ (b))
建物	原子炉建物	躯体 (42.8[m] - 51.7[m])	1.93×10 ³	223.30×10 ³	○
	タービン建物	躯体 (5.5[m] - 12.5[m])	7.43×10 ³	278.66×10 ³	○
	制御室建物	躯体 (12.8[m] - 16.9[m])	0.36×10 ³	41.31×10 ³	○
	廃棄物処理建物	躯体 (32.0[m] - 37.5[m])	0.99×10 ³	62.98×10 ³	○
屋外 設備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉補機海水ポンプ ・ 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ ・ 排気筒 ・ 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ ・ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料移送ポンプ 	30m/sの風荷重に対して機能喪失しない設計とする。			○

※1：裕度の小さい部位の評価結果を記載

※2：風荷重は、建築基準法施行令第87条に従い算出（基準風速にガスト影響係数を乗じ算出する速度圧に風力係数、見附面積を乗じて算出）

凍結影響評価について

1. 基本方針

予想される最も苛酷と考えられる条件として設計基準を設定の上、安全施設の機能が凍結に対して維持され、安全機能が損なわれないよう設計する。

2. 設計基準温度の設定

設計基準温度の設定は、以下の(1)及び(2)を参照し、最低温度のうち最も保守的となる値を採用する。

(1) 規格・基準類

凍結に対する法令及び規格・基準の要求はない。

(2) 観測記録

気象庁の気象統計情報における最低気温の観測記録（別紙1）によれば、敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）で観測された観測史上1位の日最低気温は -8.7°C （1977年2月19日）である。

以上より、設計基準温度は、(2)観測記録における日最低気温である -8.7°C とする。

3. 安全施設の健全性評価

安全施設が、「2. 設計基準温度の設定」にて設定した設計基準温度によって、安全機能を損なうことのない設計であることを評価・確認するために、低温が安全施設に作用した場合の影響について評価し、安全機能が維持されることを確認した。

本評価における基本的な考え方は、以下のとおり。また、図1に凍結に対する安全施設の評価フローを示す。

- (1) 安全施設のうち安全重要度分類のクラス1，クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物，系統及び機器について，以下の①又は②に分類のうえ，評価を実施し，安全機能が維持できることを確認した。
 - ①建物内に設置されている設備については，常に換気系を運転し，環境温度を制御しているため，安全機能を維持できる。
 - ②凍結のおそれのあるものは，凍結防止保温や凍結防止ヒータにて凍結防止対策を施すことにより，安全機能を維持できることを確認した（別紙2）。
- (2) 上記以外の安全施設については，凍結に対して機能維持する，又は，凍結による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，若しくは

安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とすることにより、安全機能を維持できる場合には影響評価完了とする（別紙2）。

4. 重大事故等対処設備に対する考慮

図2の凍結に対する重大事故等対処設備の評価フローに基づき、2.にて設定した設計基準温度に対し、必要な安全機能を維持できることを確認した。

なお、凍結に対する重大事故等対処設備の設計方針は、設置許可基準規則第43条（重大事故等対処設備）にて考慮する。

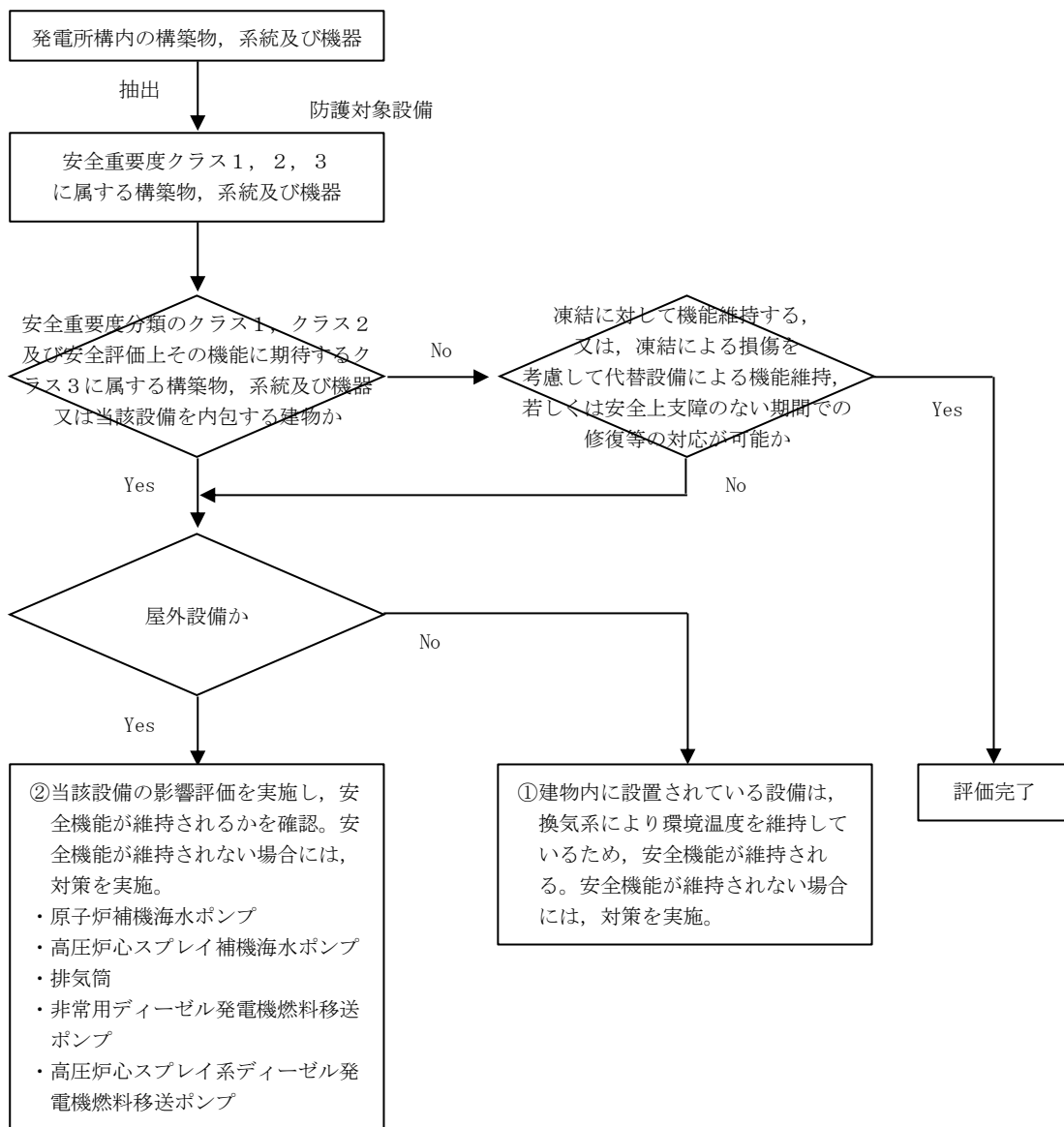
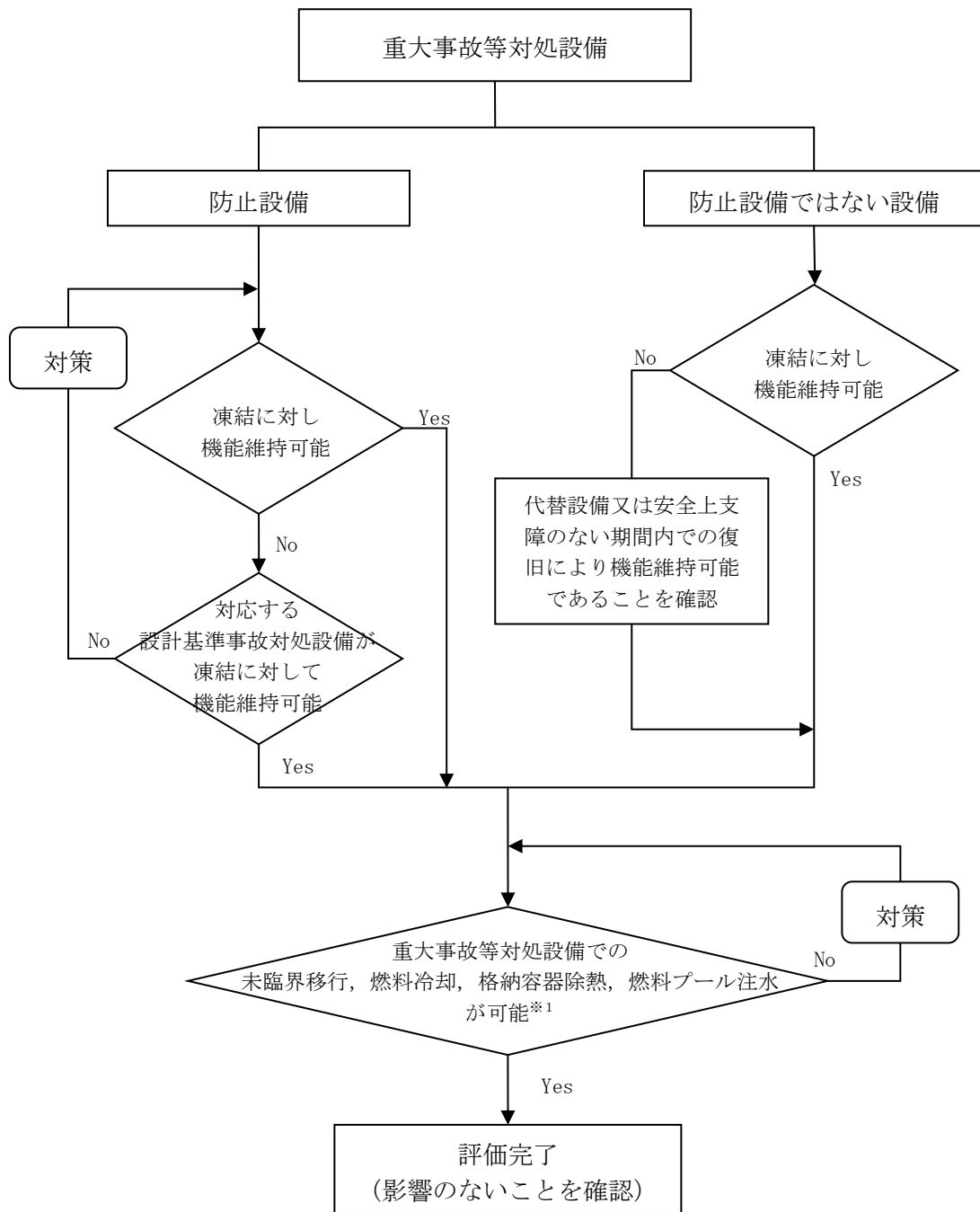


図1 凍結に対する安全施設の評価フロー



※1：凍結により設計基準事故対処設備の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれることはないが、安全上支障のない期間内での復旧により機能維持可能であることを確認

図2 凍結に対する重大事故等対処設備の評価フロー

表 1 - 1 松江地方気象台における毎年の日最低気温の観測記録
(気象庁ホームページより)

年	日最低気温 (℃)	年	日最低気温 (℃)	年	日最低気温 (℃)
1941	-6.2	1971	-3.0	2001	-4.7
1942	-8.5	1972	-3.2	2002	-3.2
1943	-6.0	1973	-2.8	2003	-5.8
1944	-4.2	1974	-4.1	2004	-5.4
1945	-5.3	1975	-3.8	2005	-4.2
1946	-3.3	1976	-4.5	2006	-4.3
1947	-4.8	1977	※ -8.7	2007	-1.5
1948	-4.4	1978	-4.2	2008	-2.2
1949	-2.5	1979	-1.9	2009	-3.2
1950	-3.5	1980	-4.2	2010	-2.5
1951	-4.2	1981	-7.8	2011	-4.2
1952	-3.3	1982	-3.6	2012	-3.4
1953	-4.0	1983	-2.5	2013	-3.1
1954	-3.0	1984	-5.4	2014	-2.3
1955	-3.9	1985	-4.8	2015	-2.4
1956	-4.1	1986	-4.9	2016	-4.9
1957	-5.3	1987	-3.2	2017	-2.4
1958	-4.1	1988	-3.2	2018	-7.0
1959	-5.1	1989	-2.6		
1960	-4.4	1990	-3.5		
1961	-3.8	1991	-5.3		
1962	-2.7	1992	-2.9		
1963	-5.4	1993	-1.8		
1964	-2.6	1994	-2.5		
1965	-3.8	1995	-2.5		
1966	-4.2	1996	-3.8		
1967	-7.5	1997	-5.0		
1968	-4.6	1998	-3.3		
1969	-3.5	1999	-5.1		
1970	-6.9	2000	-4.0		

※ : 1941～2018年の観測記録における最小値(1977年2月19日)

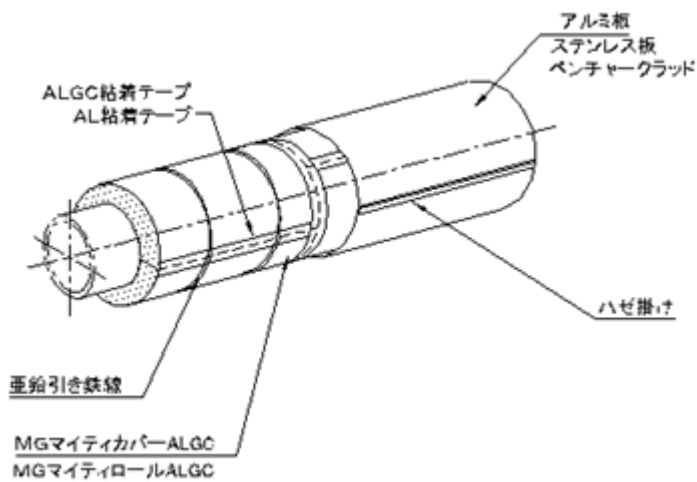
凍結防止対策の具体例について

屋外機器で凍結のおそれのあるものは、内部流体の凍結による閉塞、破損を防止するため、最低気温 -8.7°C に対する凍結防止対策を施す設計としている。

具体的には、復水貯蔵タンクについては、蒸気加熱コイルを設置している。また、屋外に設置され、内部流体の停滞により凍結するおそれのある小口径配管については、配管口径、内部流体の種類等に応じた厚さの保温材を施工するとともに、計装用配管については凍結防止ヒータを設置している。

屋外消火設備の配管は保温材等により凍結防止対策を図る設計とする。屋外消火栓本体はすべて、凍結を防止するため、通常はブロー弁を常時開にして消火栓内の水を排水し、消火栓を使用する場合はブロー弁を閉にして放水する不凍消火栓を採用する設計とする。

なお、屋内機器については建物内温度を空調設備で制御しているため、凍結のおそれはない。



第2-1図 凍結防止保温の例



第2-2図 不凍消火栓外観

降水影響評価について

1. 基本方針

予想される最も苛酷と考えられる条件として設計基準を設定のうえ、安全施設の機能が降水による浸水及び荷重に対して維持され、安全機能が損なわれないよう設計する。

2. 設計基準降水量の設定

設計基準降水量の設定は、以下の(1)及び(2)を参照し、最大1時間降水量のうち最も保守的となる値を採用する。

(1) 規格・基準類

降水に対する排水施設の規格・基準として、森林法に基づく林地開発許可に関する審査基準等を示した島根県林地開発行為審査基準細則においては、排水施設の設計にあたって用いる設計降雨強度として10年確率で規定される降雨強度を用いることとしている。島根県により、島根県内の降雨強度表が示されており、発電所敷地が適用範囲内となる観測所「松江」における降雨強度は継続時間60分の場合56mm/hである。

(2) 観測記録

気象庁の気象統計情報における降水量の観測記録（別紙1）によれば、敷地に最も近い気象官署である松江地方气象台（松江市）で観測された観測史上1位の日最大1時間降水量は77.9mm（1944年8月25日）である。

以上より、設計基準降水量は、保守的に最も降水量が大きい(2)観測記録における日最大1時間降水量である77.9mm/hとする。

3. 安全施設の健全性評価

安全施設が、「2. 設計基準降水量の設定」にて設定した設計基準降水量によって、安全機能を損なうことのない設計であることを評価・確認するため、降水による浸水及び荷重が安全施設に作用した場合の影響について評価し、安全機能が維持されることを確認した。

本評価における基本的な考え方は、以下のとおり。また、図1に降水に対する安全施設の評価フローを示す。

- (1) 安全施設のうち安全重要度分類のクラス1、クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器について、以下の①又は②に分類のうえ、評価を実施し、安全機能が維持できることを確認した。
 - ①建物内に設置されている設備については、設計基準降水量の降水による浸

水に対し、構内排水施設を設けて海域に排水及び浸水防護措置を行い、また、荷重に対して、排水口及び構内排水路による海域への排水によって、安全機能を維持できることを確認した（別紙2）。

②建物外に設置されている設備については、設計基準降水量の降水による浸水及び荷重が作用した場合においても、安全機能を維持できることを確認した。

(2) 上記以外の安全施設については、降水に対して機能維持する、又は、降水による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、若しくは安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とすることにより、安全機能を維持できる場合には影響評価完了とする（別紙2）。

4. 重大事故等対処設備に対する考慮

図2の降水に対する重大事故等対処設備の評価フローに基づき、2.にて設定した設計基準降水量に対し、必要な安全機能を維持できることを確認した。

なお、降水に対する重大事故等対処設備の設計方針は、設置許可基準規則第43条（重大事故等対処設備）にて考慮する。

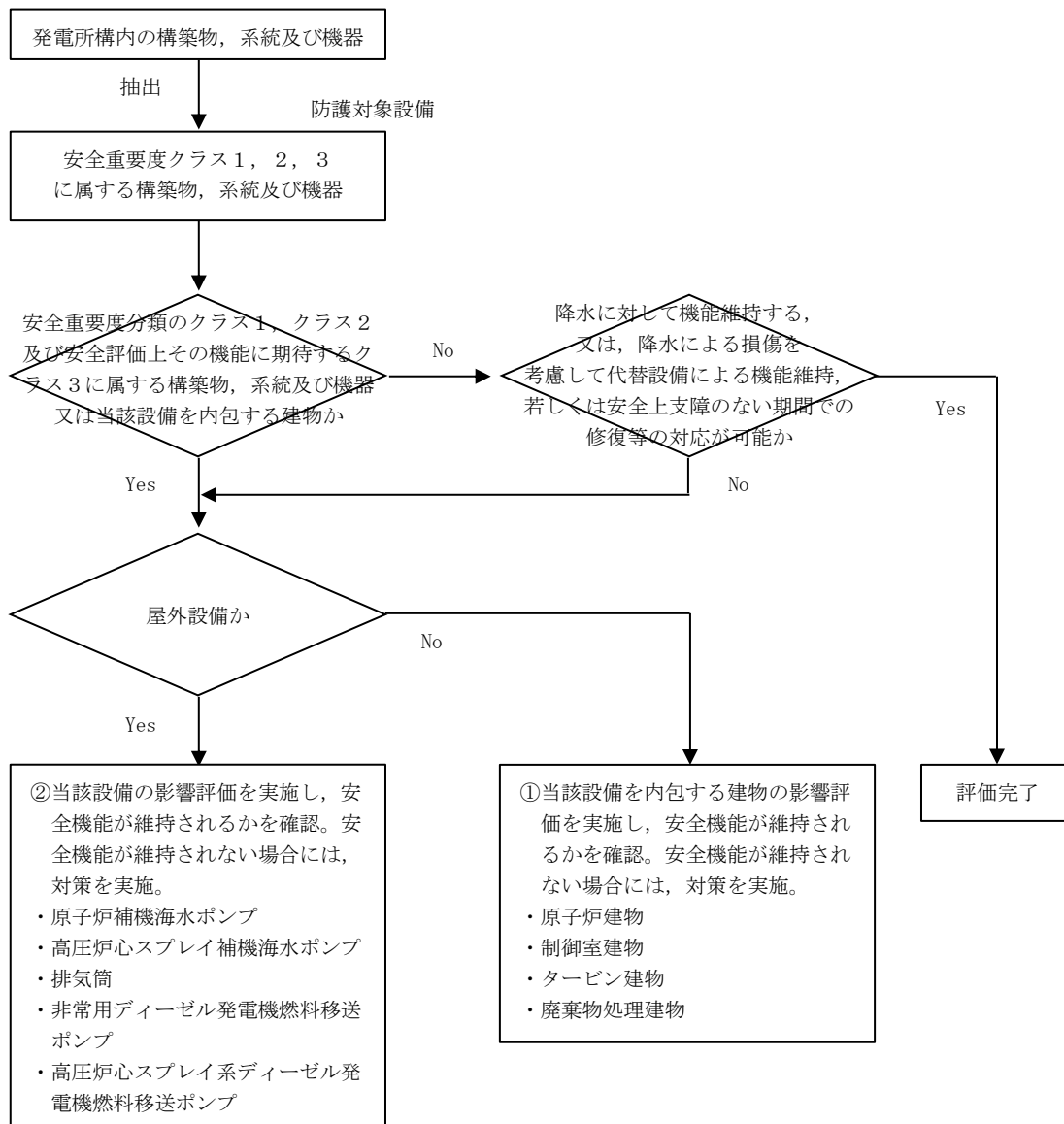
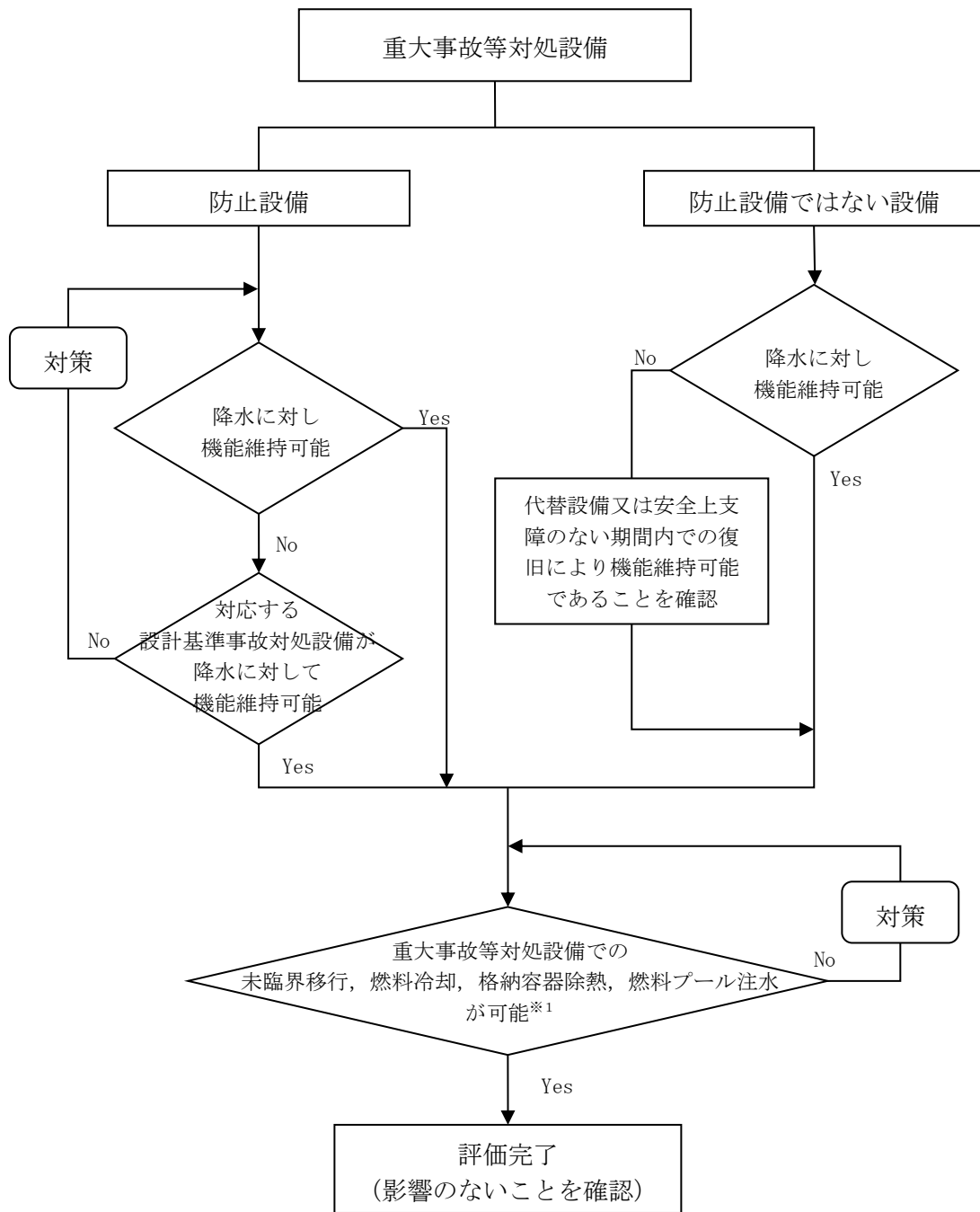


図1 降水に対する安全施設の評価フロー



※1：降水により設計基準事故対処設備の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれることはないが、安全上支障のない期間内での復旧により機能維持可能であることを確認

図2 降水に対する重大事故等対処設備の評価フロー

表 1 - 1 松江地方気象台における毎年の日最大 1 時間降水量観測記録
(気象庁ホームページより)

年	日最大 1 時間降水量 (mm)	年	日最大 1 時間降水量 (mm)	年	日最大 1 時間降水量 (mm)
1941	48.0	1971	40.0	2001	36.5
1942	67.8	1972	40.0	2002	30.0
1943	30.9	1973	15.5	2003	65.5
1944	※ 77.9	1974	50.5	2004	41.0
1945	39.8	1975	26.5	2005	30.0
1946	52.3	1976	28.0	2006	58.0
1947	21.0]	1977	34.5	2007	28.5
1948	36.3	1978	24.5	2008	24.0
1949	35.1	1979	39.0	2009	53.5
1950	33.5	1980	33.0	2010	34.0
1951	26.6	1981	44.0	2011	29.0
1952	60.5	1982	28.5	2012	75.0
1953	49.0	1983	26.0	2013	69.0
1954	28.5	1984	28.0	2014	30.5
1955	28.0	1985	56.5	2015	24.5
1956	24.3	1986	29.5	2016	23.0
1957	14.5	1987	22.5	2017	31.5
1958	45.4	1988	48.5	2018	31.5
1959	46.2	1989	28.0		
1960	34.1	1990	25.0		
1961	65.0	1991	29.5		
1962	45.9	1992	23.0		
1963	39.4	1993	34.5		
1964	55.8	1994	34.5		
1965	43.3	1995	58.0		
1966	38.3	1996	25.5		
1967	31.0	1997	44.5		
1968	25.0	1998	34.0		
1969	36.5	1999	20.5		
1970	29.0	2000	40.5		

値] : 統計を行う対象資料が許容範囲を超えて欠けている (資料不足値)。

※ : 1941~2018 年の観測記録における最大値 (1944 年 8 月 25 日)

降水に対する影響評価について

1. 概要

1.1 評価概要

降雨が継続した場合の敷地への影響について確認する。

評価に用いる降雨は、松江における既往最大の日最大1時間降水量とする。
また、日本全国の日最大1時間降水量の最大値についても評価を行う。

1.2 評価フロー

本評価においては、考慮する降雨の降雨強度を設定し、雨水流出量と、発電所構内の排水設備の排水量を比較し、降雨の影響を評価する。

以下に、評価フローを示す。

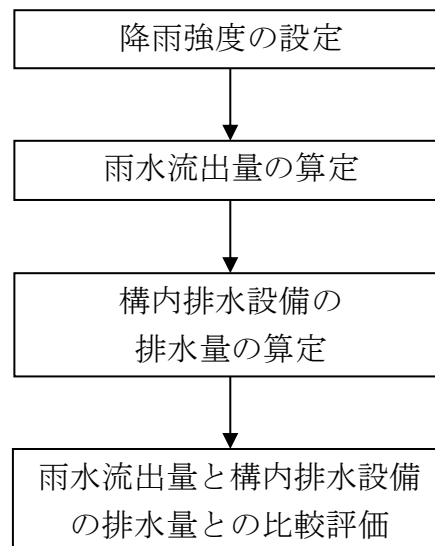


図 2 - 1 降水に対する影響評価フロー

2. 降水の集水範囲

発電所構内に流入する降水の集水範囲は、図2-2のとおりである。

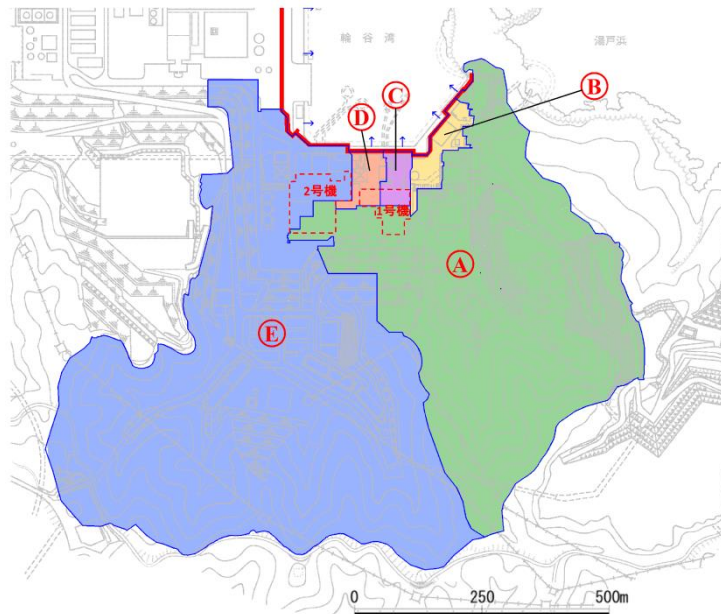


図2-2 降水の集水範囲

3. 構内排水設備

発電所構内には、図2-3のとおり構内排水設備が配置されており、海域へ排水する排水設備を対象として、排水流量計算を行う。

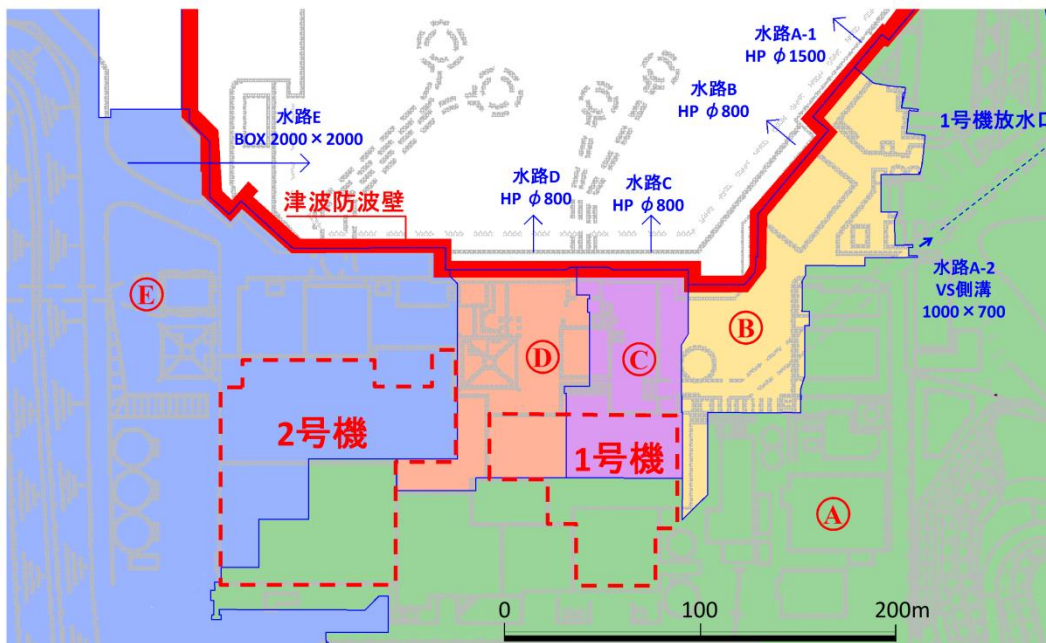


図2-3 構内排水設備

4. 雨水流出量及び排水量の算定方法

4.1 降雨強度

降雨強度は、島根原子力発電所が立地する松江市の松江地方気象台における日最大1時間降水量の77.9mm/hとする。

また、表2-1に示す日本全国の日最大1時間降水量の最大値の153mm/hを用いた評価についても行う。

表2-1 日本全国の日最大1時間降水量の最大値

都道府県	地点	観測年月日	観測値 (mm/h)
千葉県	香取	1999年10月27日	153
長崎県	長浦岳	1982年7月23日	

4.2 雨水流出量

雨水流出量は、林地開発許可申請の手引き（平成12年4月，島根県農林水産部森林整備課）に準拠し，以下の合理式により算出した。

$$Q = \frac{1}{360} \cdot f \cdot I \cdot A$$

ここで、Q：雨水流出量 (m³/s)

f：流出係数

I：降雨強度 (mm/h)

A：流域面積 (ha)

流出係数 f は、島根県林地開発行為審査基準細則記載の下表による。

地表状態	区分	浸透能小 (山岳地)	浸透能中 (丘陵地)	浸透能大 (平地)
	林地		0.6~0.7	0.5~0.6
草地		0.7~0.8	0.6~0.7	0.4~0.6
耕地		—	0.7~0.8	0.5~0.7
裸地		1.0	0.9~1.0	0.8~0.9

採用値は以下のとおり。

林地 f = 0.7

草地 f = 0.7

建物・舗装部 f = 1.0

4.3 排水量

排水量の算定は、林地開発許可申請の手引き（平成12年4月，島根県農林水産部森林整備課）に準拠し，マニング式により実施した。

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

$$Q' = A \cdot V$$

ここで，V：流速（m/s）

n：粗度係数

R：径深（m）＝A/P

A：通水断面積（m²）

P：潤辺（m）

i：水路勾配

Q'：排水量（m³/s）

粗度係数 n は，開発許可制度の手引き（技術編）（平成19年11月，島根県土木部都市計画課）及び林地開発許可申請の手引き（平成12年4月，島根県農林水産部森林整備課）に準拠し，下表による。

排水施設の種類		粗度係数 n
現場施工	コンクリート水路	0.015
	モルタル等吹付水路	0.020
工場製品	コンクリート製水路，管	0.013
	VS 側溝	0.014
	ポリエチレン内面平滑管	0.010

5. 降水の影響評価

5.1 松江市の日最大1時間降水量に対する影響評価結果

表2-2のとおり、日最大1時間降水量(77.9mm/h)に対して、排水能力を有していることを確認した。なお、水路A-2は、図2-4に示すとおり水路A-1の超過分の雨水流出量を、1号放水口を経て海域に排水する水路である。

表2-2 影響評価結果(降雨強度77.9mm/h)

水路	集水面積 (ha)	雨水流出量 Q (m ³ /s)	排水設備	排水量 Q' (m ³ /s)	安全率 (Q'/Q)
A-1	21.03	5.40	ヒューム管 φ1500	6.23	1.49
A-2			VS側溝 B=1000, H=700	1.84	
B	1.01	0.22	ヒューム管 φ800	2.41	10.95
C	0.55	0.12	ヒューム管 φ800	2.41	20.08
D	0.69	0.15	ヒューム管 φ800	2.41	16.07
E	41.06	7.55	BOX2000×2000	16.44	2.18

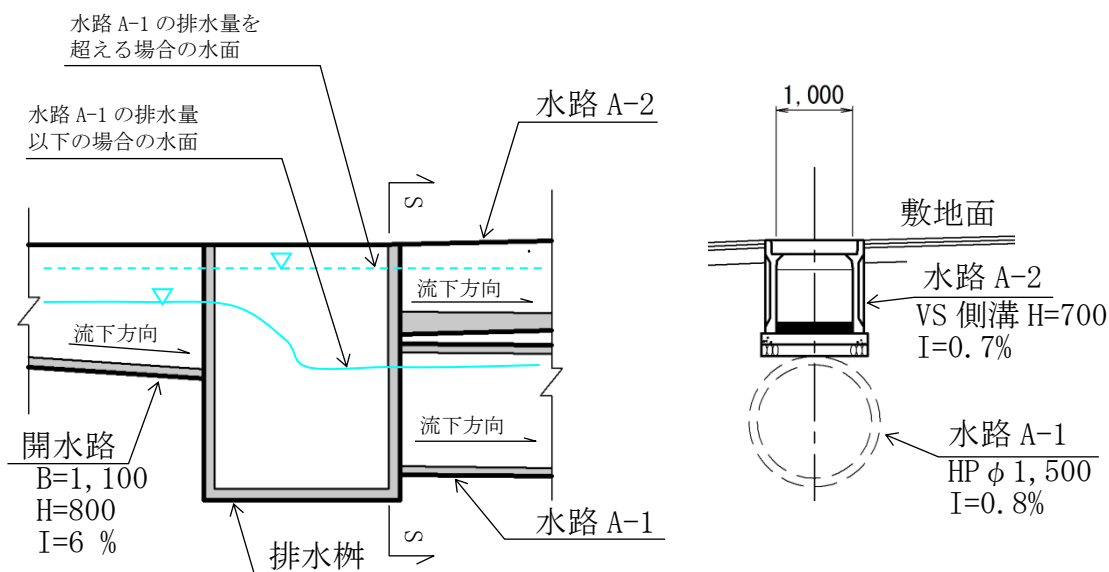


図2-4(a) 縦断面図

図2-4(b) S-S断面図

図2-4 水路A-1, A-2断面図

5.2 日本全国の日最大1時間降水量の最大値に対する影響評価結果

表2-3のとおり、日本全国の日最大1時間降水量の最大値(153mm/h)に対して、1箇所(水路A-2)で溢水することを確認したが、表2-4および図2-5のとおり、隣接する水路Bによる排水を考慮することにより、余裕をもって排水可能であることを確認した。

表2-3 影響評価結果(降雨強度153mm/h)

水路	集水面積 (ha)	雨水流出量 Q (m ³ /s)	排水設備	排水量 Q' (m ³ /s)	安全率 (Q'/Q)	溢水量 (Q)-(Q')(m ³ /s)
A-1	21.03	9.13	ヒューム管 φ 1500	6.23	0.88	1.06
A-2			VS 側溝 B=1000, H=700	1.84		
B	1.01	0.43	ヒューム管 φ 800	2.41	5.60	—
C	0.55	0.23	ヒューム管 φ 800	2.41	10.47	—
D	0.69	0.29	ヒューム管 φ 800	2.41	8.31	—
E	41.06	14.83	BOX 2000×2000	16.44	1.11	—

表2-4 影響評価結果(降雨強度153mm/h)

水路	集水面積 (ha)	雨水流出量 Q (m ³ /s)	排水設備	排水量 Q' (m ³ /s)	安全率 (Q'/Q)
A-1	21.03	8.07 ^{※1}	ヒューム管 φ 1500	6.23	1.00
A-2			VS 側溝 B=1000, H=700	1.84	
B	1.01	1.49 ^{※2}	ヒューム管 φ 800	2.41	1.62
C	0.55	0.23	ヒューム管 φ 800	2.41	10.47
D	0.69	0.29	ヒューム管 φ 800	2.41	8.31
E	41.06	14.83	BOX2000×2000	16.44	1.11

※1 : 9.13m³/s(水路A-1, A-2の雨水流出量) - 1.06m³/s (水路A-1, A-2からの溢水量)

※2 : 0.43m³/s (水路Bの雨水流出量) + 1.06m³/s(水路A-1, A-2からの溢水量)

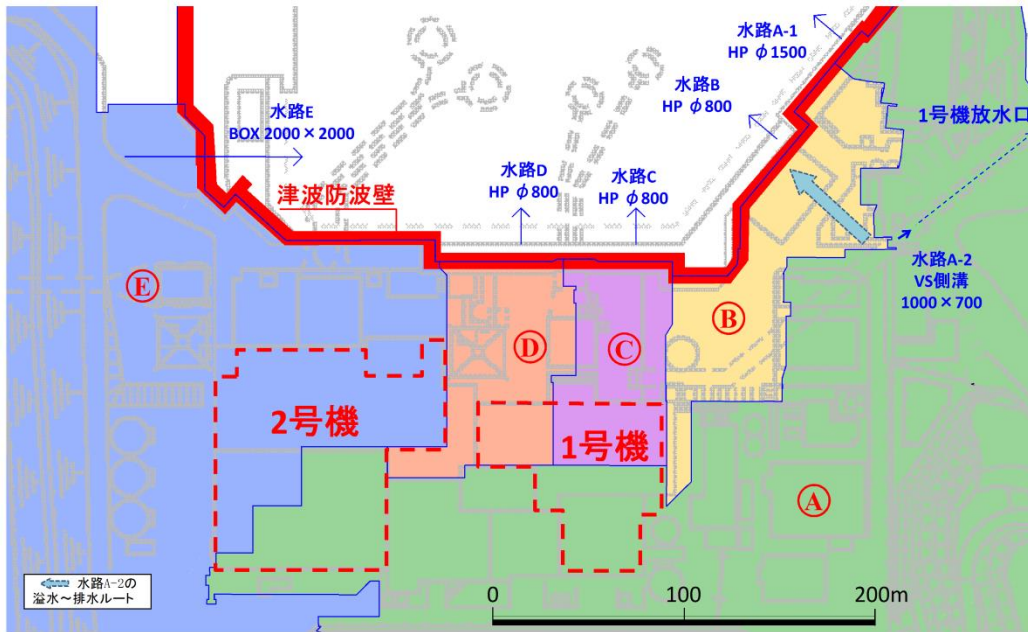


図 2 - 5 日本全国の日最大 1 時間降水量の最大値 (153mm/h) に対する溢水～排水ルート図

6. 荷重の影響について

降水による荷重の影響として、原子炉建物等の建物は多量の降水に対しても雨樋により排水する設計としていることから、滞留水による荷重の影響が及ぶことはない。また、原子炉補機海水ポンプ等については、降水が滞留する構造ではないことから、滞留水による荷重の影響が及ぶことはない。

積雪影響評価について

1. 基本方針

予想される最も苛酷と考えられる条件として設計基準を設定の上、安全施設の機能が積雪による荷重及び閉塞に対して維持され、安全機能が損なわれないよう設計する。

2. 設計基準積雪量の設定

設計基準積雪量の設定は、以下の(1)及び(2)を参照し、最深積雪量のうち最も保守的となる値を採用する。

(1) 規格・基準類

積雪に対する規格・基準として、建築物については建築基準法及び同施行令第86条第3項に基づく松江市建築基準法施行細則において、地域毎に建築場所の標高に応じた設計積雪量が定められている。発電所の立地地域である松江市鹿島町において、発電所の安全施設が設置されている地盤レベルである標高8.5m～50.0mの設計積雪量は、70cm～85cmである。

(2) 観測記録

気象庁の気象統計情報における積雪の観測記録（別紙1）によれば、敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）で観測された観測史上1位の月最深積雪は100cm（1971年2月4日）である。

以上より、設計基準積雪量は、保守的に最も積雪量が大きい(2)観測記録における月最深積雪である100cmとする。

3. 安全施設の健全性評価

安全施設が、「2. 設計基準積雪量の設定」にて設定した設計基準積雪量によって、安全機能を損なうことのない設計であることを評価・確認するために、積雪による荷重及び閉塞が安全施設に作用した場合の影響について評価し、安全機能が維持されることを確認した。

本評価における基本的な考え方は、以下のとおり。また、図1に積雪に対する安全施設の評価フローを示す。

(1) 安全施設のうち安全重要度分類のクラス1，クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物，系統及び機器について，以下の①，②又は③に分類のうえ，評価を実施し，安全機能が維持できることを確認した。

①頑健性のある建物内に設置されている設備については，設計基準積雪量に対する積雪荷重が作用した場合において当該建物が機械的強度を有する設

計であることを確認した（別紙2）。

②建物外に設置されている設備については，設計基準積雪量に対する積雪荷重が作用した場合において機械的強度を有する設計であることを確認した（別紙2）。

③流体の取り入れ口等の閉塞による影響について，設計基準積雪量に対し，換気系の給・排気口が高所に設置され，かつ開口部が上向きでないこと，又は給・排気口の一部が閉塞した場合でも必要開口面積が確保されていることを確認した（別紙3）。

(2) 上記以外の安全施設については，積雪に対して機能維持する，又は，積雪による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，若しくは安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とすることにより，安全機能を維持できる場合には影響評価完了とする。

4. 重大事故等対処設備に対する考慮

図2の積雪に対する重大事故等対処設備の評価フローに基づき，2.にて設定した設計基準積雪量に対し，必要な安全機能を維持できることを確認した。

なお，積雪に対する重大事故等対処設備の設計方針は，設置許可基準規則第43条（重大事故等対処設備）にて考慮する。

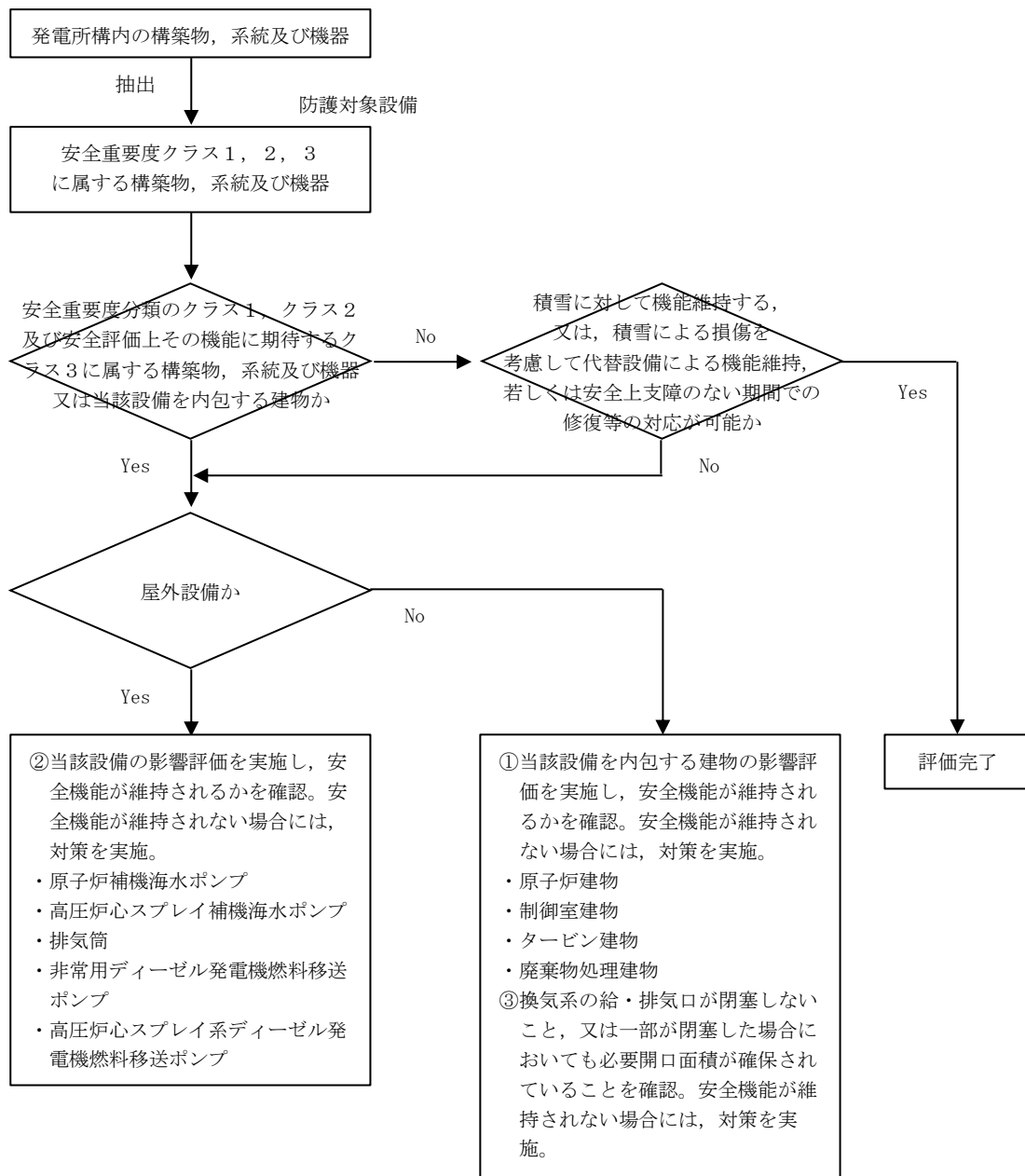
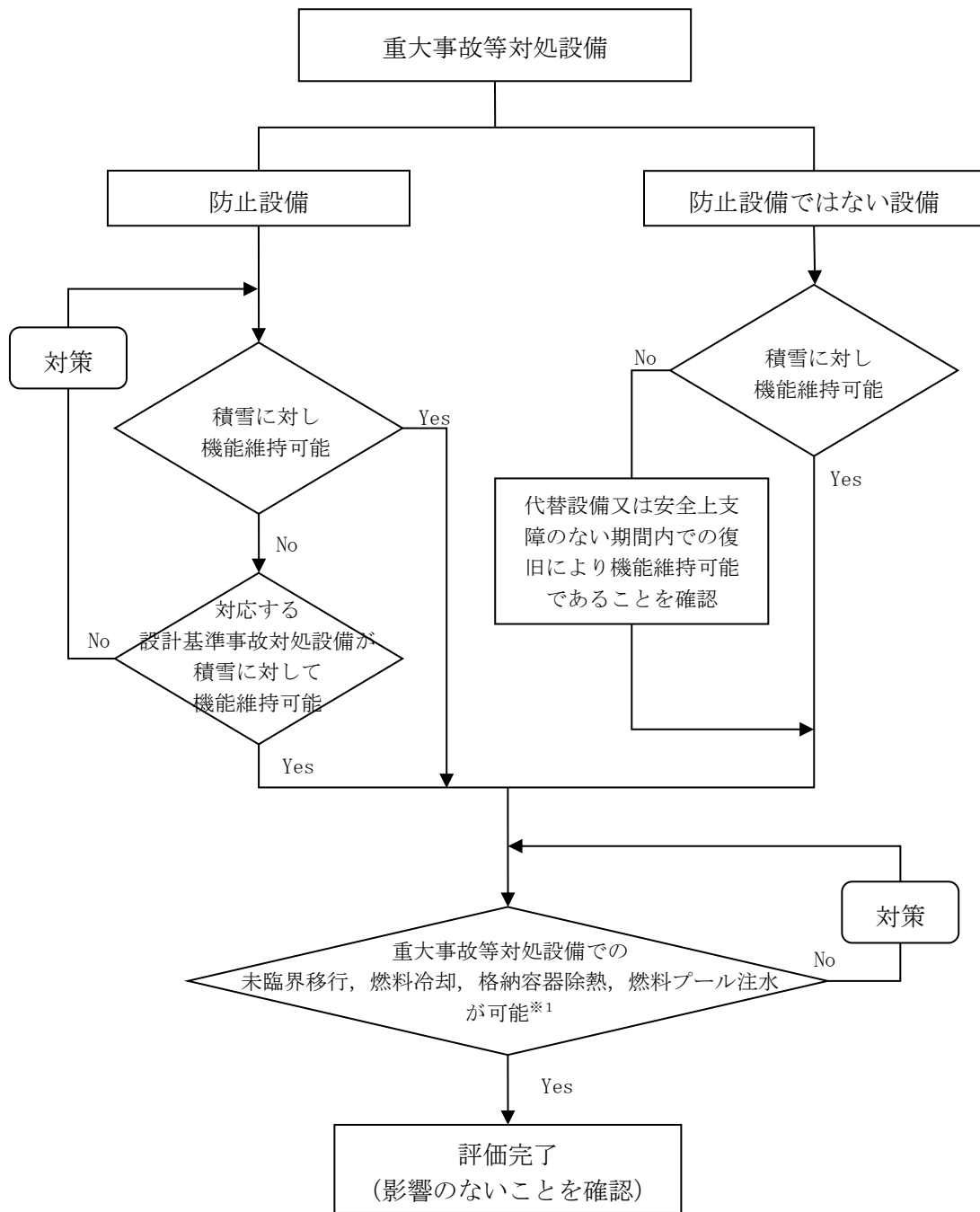


図1 積雪に対する安全施設の評価フロー



※1：積雪により設計基準事故対処設備の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれることはないが、安全上支障のない期間内での復旧により機能維持可能であることを確認

図2 積雪に対する重大事故等対処設備の評価フロー

表 1 - 1 松江地方気象台における毎年の月最深積雪の観測記録
(気象庁ホームページより)

年	月最深積雪 (cm)	年	月最深積雪 (cm)	年	月最深積雪 (cm)
1941		1971	※ 100	2001	29
1942	51]	1972	24	2002	7
1943		1973	6	2003	15
1944	36]	1974	23	2004	22
1945		1975	40	2005	32
1946		1976	14	2006	21
1947	58]	1977	44	2007	9
1948	22]	1978	25	2008	20
1949		1979	19	2009	21
1950		1980	17	2010	11
1951		1981	29	2011	56
1952		1982	36	2012	23
1953		1983	6	2013	8
1954	42]	1984	53	2014	24
1955		1985	29	2015	17
1956		1986	17	2016	11
1957	34]	1987	24	2017	39
1958		1988	27	2018	49
1959		1989	9		
1960	22]	1990	21		
1961	17]	1991	25		
1962	31	1992	10		
1963	83	1993	17		
1964	14	1994	19		
1965	23	1995	14		
1966	19	1996	16		
1967	27	1997	9		
1968	35	1998	11		
1969	11	1999	10		
1970	43	2000	25		

値] : 統計を行う対象資料が許容範囲を超えて欠けている (資料不足値)。

値が空白 : 観測を行っていない場合。

※ : 1941~2018年の観測記録における最大値 (1971年2月4日)

表 2-1 建物に対する評価結果

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

※1：建物ごとに裕度が最も小さい部位を記載（補強工事を実施した原子炉建物及びタービン建物の屋根トラス部を除く）

※2：主荷重と組み合わせる場合の積雪荷重の積雪量35cm及び降下火砕物56cmの重畳を考慮した評価荷重（設計基準積雪量100cmによる荷重を包含する荷重）により評価

積雪荷重（35cm×20N/m²・cm）＋飽和状態の降下火砕物の荷重

$$(56\text{cm} \times 1,500\text{kg/m}^3 \times 9.80665\text{m/s}^2) = 8,938\text{N/m}^2$$

※3：有効数字3桁で切り下げ

表 2-2 建物に対する評価結果（屋根トラス部の評価）

対象建物	評価部位 ^{※4}	応力度 ^{※5} (N/mm ²)	許容値 (N/mm ²)	応力度比	結果
原子炉建物	主トラス（斜材）	150.8	235	0.65	○
	二次部材 （サブビーム）	173.6	220	0.79	○
タービン建物	主トラス（斜材）	208.4	235	0.89	○
	二次部材（母屋）	169.7	193	0.88	○

※4：屋根トラス部のうち裕度が最も小さい部位を記載

※5：主荷重と組み合わせる場合の積雪荷重の積雪量35cm及び降下火砕物56cmの重畳を考慮した評価荷重（設計基準積雪量100cmによる荷重を包含する荷重）により評価

表 2-3 海水ポンプ電動機に対する評価結果

ポンプ名称	評価部位	応力	算出応力 ^{※6} (MPa)	許容応力 ^{※7} (MPa)	結果
高圧炉心スプレイ 補機海水ポンプ	モータステータ フレーム	曲げ応力	4	337	○
		圧縮応力	2	196	○

※6：主荷重と組み合わせる場合の積雪荷重の積雪量35cm及び降下火砕物56cmの重畳を考慮した評価荷重（設計基準積雪量100cmによる荷重を包含する荷重）により評価

※7：J E A G 4601-1987 その他支持構造物の許容応力状態Ⅲ_AS で評価

表 2-4 非常用ディーゼル発電機給気口に対する評価結果

機器名称	評価部位	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 ^{※8} (MPa)	結果
給気口	天板	曲げ応力	113	278	○

※8 : J E A G 4601-1987 その他支持構造物の許容応力状態Ⅲ_AS で評価

表 3-1 給気口等からの閉塞高さ (1/2)

場所	系統	名称	EL [m] ※1	設置高さ [m] ※2	判定 ※3	写真番号
R/B	原子炉棟空調換気系 (非常用ディーゼル発電機系)	原子炉棟外気取入ルーバ (HPCS非常用ディーゼル発電機燃焼用給気口)	24.00	9.00	○	図3-1①
R/B	原子炉建物付属棟空調換気系	A非常用DG室外気取入ルーバ (B非常用電気室外気取入口)	24.00	9.00	○	図3-1②
R/B	原子炉建物付属棟空調換気系	B非常用DG室外気取入ルーバ (B非常用電気室外気取入口)	24.00	9.00	○	図3-1②
R/B	原子炉建物付属棟空調換気系	A非常用DG室排気口 (ルーフファン型)	45.40	1.79	○	
R/B	原子炉建物付属棟空調換気系	B非常用DG室排気口 (ルーフファン型)	45.40	1.62	○	
R/B	原子炉建物付属棟空調換気系	HPCS・DG室外気取入ルーバ	24.00	9.00	○	図3-1③
R/B	原子炉建物付属棟空調換気系	HPCS・DG室排気ルーバ	16.20	1.20	○	
R/B	原子炉建物付属棟空調換気系	A非常用電気室外気取入ルーバ①	38.10	3.09	○	図3-1④
R/B	原子炉建物付属棟空調換気系	A非常用電気室外気取入ルーバ②	38.10	3.00	○	図3-1④
R/B	原子炉建物付属棟空調換気系	A非常用電気室排気口 (ルーフファン型)	45.25	1.36	○	
R/B	原子炉建物付属棟空調換気系	B非常用電気室排気口 (ルーフファン型)	45.25	1.36	○	
R/B	原子炉建物付属棟空調換気系	HPCS電気室外気取入ルーバ	36.05	1.00	○	図3-1⑤
R/B	原子炉建物付属棟空調換気系	HPCS電気室排気口 (ルーフファン型)	37.10	1.33	○	
R/B	非常用ディーゼル発電機系	A非常用ディーゼル発電機燃焼用給気口 (ルーフファン型)	45.40	2.60	○	
R/B	非常用ディーゼル発電機系	B非常用ディーゼル発電機燃焼用給気口 (ルーフファン型)	45.40	2.60	○	
R/B	非常用ディーゼル発電機系	A非常用DG排気消音器排気出口	48.69	5.89	○	
R/B	非常用ディーゼル発電機系	B非常用DG排気消音器排気出口	48.69	5.89	○	

表 3-1 給気口等からの閉塞高さ (2/2)

場所	系統	名称	EL[m] ^{※1}	設置高さ[m] ^{※2}	判定 ^{※3}	写真番号
R/B	非常用ディーゼル発電機系	HPCS・DG排気消音器排気出口	40.69	5.89	○	
T/B	タービン建物空調換気系	T/B外気取入ルーバ	32.20	23.70	○	図3-1⑥
T/B	常用電気室空調換気系	常用電気室外気取入ルーバ	27.45	18.95	○	図3-1⑦
T/B	常用電気室空調換気系	常用電気室排気ルーバ	28.10	19.60	○	図3-1⑧
Rw/B	中央制御室空調換気系	中央制御室外気取入ルーバ	29.00	0.89 ^{※4}	○	図3-1⑨
Rw/B	中央制御室空調換気系	中央制御室排気ルーバ	38.82	0.82 ^{※5}	○	
Rw/B	廃棄物処理建物空調換気系	廃棄物処理建物外気取入ルーバ	35.50	1.12	○	図3-1⑩
Rw/B	-	タービン建物連絡通路ルーバ①	25.30	3.00	○	
Rw/B	-	タービン建物連絡通路ルーバ②	23.75	1.45	○	
Rw/B	-	廃棄物処理建物送風機室連絡階段ルーバ①	30.26	7.96	○	
Rw/B	-	廃棄物処理建物送風機室連絡階段ルーバ②	32.05	4.00	○	

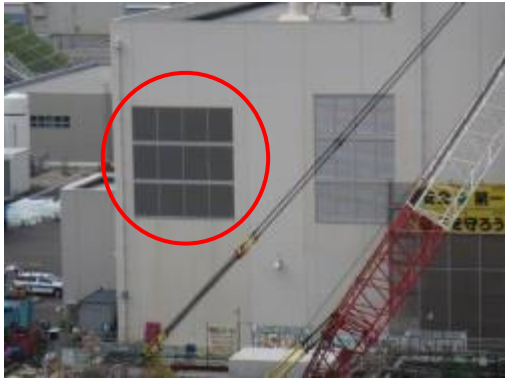
※1：ルーバについては、ルーバ下端の高さ。ルーバファン型排気口については、ルーバ下端の高さ。排気消音器については、排気口下端の高さ。

※2：地面又は建物屋上からの高さ。

※3：設置高さが設計基準積雪量(100cm)以上であること、又は設計基準積雪量による閉塞を考慮しても機能に影響がないことを判定基準としている。

※4：設置高さが設計基準積雪量(100cm)未満であるが、ルーバの開口部には到達しないことから、機能に影響はない。

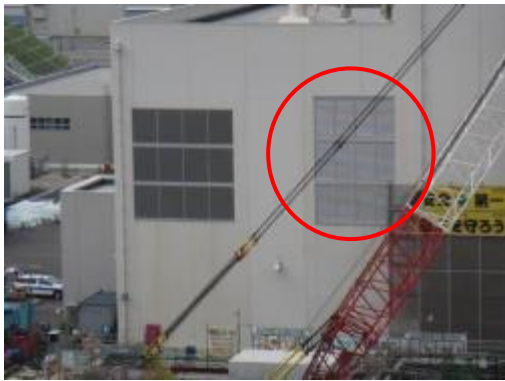
※5：設置高さが設計基準積雪量(100cm)未満であり、ルーバの開口部が一部閉塞するが、排気ダクトの断面積以上の開口部が確保されることから機能に影響ない。



① 原子炉棟外気取入ルーバ



② A, B-非常用DG室外気取入ルーバ



③ HPCS-DG室外気取入ルーバ



④ A-非常用電気室室外気取入ルーバ



⑤ HPCS 電気室室外気取入ルーバ



⑥ T/B外気取入ルーバ (写真上)

⑦ 常用電気室室外気取入ルーバ (写真左下)

⑧ 常用電気室排気ルーバ (写真右下)

図3-1 外気取入ルーバの外観写真 (1/2)



⑨ 中央制御室室外気取入ルーバ



⑩ 廃棄物処理建物外気取入ルーバ

図 3 - 1 外気取入ルーバの外観写真 (2 / 2)

落雷影響評価について

1. 基本方針

予想される最も苛酷と考えられる条件として設計基準を設定のうえ、安全施設の機能が落雷による雷撃電流により維持され、安全機能が損なわれないよう設計する。

2. 設計基準電流値の設定

設計基準電流値の設定は、以下の(1)及び(2)を参照し、雷撃電流値のうち最も保守的となる値を採用する。

(1) 規格・基準類

原子力発電所における耐雷設計の規格・基準には電気技術指針 J E A G 4608⁽¹⁾があり、以下のように規定している。

- J E A G 4608では、電力設備の避雷設備の設計について、電力中央研究所報告T40「発電所および地中送電線の耐雷設計ガイド」⁽²⁾を参照している。同ガイドでは、500kV開閉所における送電線及び電力設備に対し、150kAを想定雷撃電流として推奨している。
- J E A G 4608では、建築物等の避雷設備に関して、日本産業規格 J I S A 4201:2003「建築物等の雷保護」や日本産業規格 J I S A 4201-1992「建築物等の避雷設備（避雷針）」を参照している。J I S A 4201:2003では、避雷設備について、設備を保護する効率に応じ設定するグレード分けである保護レベルごとに規定している。保護レベルは、I, II, III, IVの4段階に設定される。

保護レベルの設定にあたって、J E A G 4608では原子力発電所の危険物施設に対する保護レベルを I E C / T R 61662⁽³⁾に基づく選定手法により保護レベルIVと評価している。一方、消防庁通知⁽⁴⁾に基づき、原子力発電所の危険物施設では保護レベルIIを採用すると規定している。

J I S A 4201:2003においては、保護レベルに応じた最大雷撃電流値は具体的に示されていないものの、日本産業規格 J I S - Z 9290-4⁽⁵⁾において、保護レベルに応じた最大雷撃電流値が定められており、保護レベルIIの場合の最大雷撃電流値は150kA、保護レベルIVの場合の最大雷撃電流値は100kAと規定されている。したがって、より広い範囲の雷撃電流値に対して保護することを求めている保護レベルIIを採用する。

以上より、規格・基準類による想定すべき雷撃電流値のうち最大のものは150kAである。

なお、参考として、別紙1のとおり、年超過確率による影響を確認している。

(2) 観測記録

雷撃電流の観測記録として、落雷位置標定システム（LLS^{※1}）による落雷データを用いた。島根原子力発電所構内における観測記録^{※2}（1989～2018年）から82件が確認されており、最大雷撃電流値は、104kA（1994年9月13日）である。

以上より、設計基準電流値は保守的に最も電流値が大きい電気技術指針J E A G 4608において参照されている150kAとする。

※1 LLS：落雷から放射される電波をセンサで捉え、システム内で基準としている電波の波形（基準波形）との照合により落雷を判別し、データ解析により落雷の位置、時刻等をリアルタイムに推定するシステム。

※2 観測記録範囲：島根原子力発電所を包絡する範囲を選定
北緯 35.532～35.545
東経 132.989～133.007

3. 安全施設の健全性評価

安全施設が、「2. 設計基準電流値の設定」にて設定した基準雷撃電流値によって、安全機能を損なうことのない設計であることを評価・確認した。

(1) 安全施設のうち安全重要度分類のクラス1，クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物，系統及び機器について，以下の①又は②に分類のうえ，評価を実施し，安全機能が維持できることを確認した。

①建物内に設置されている設備については，雷害防止対策として，原子炉建物等の建築基準法に定められる高さ20mを超える建築物等には避雷針の設置，また，避雷設備の接地網の布設による接地抵抗の低減等を行うとともに，安全保護系への雷サージ侵入の抑制を図る回路設計を行い，安全機能を損なうことのない設計であることを確認した。

②建物外に設置されている設備のうち，原子炉補機海水ポンプ等については，排気筒に設置されている避雷針の保護範囲内に設置することにより，影響を受けにくい設計としている。また，原子炉補機海水系など安全上重要な屋外回路については保安器を設置する対策をとっている。

【具体的耐雷対策】

上記の①及び②について，具体的耐雷対策を下記に示す。

・雷インパルス絶縁耐力電気品の採用

機器の雷インパルス絶縁耐力については，J E C-0103に基づき，耐圧を確認した電気品を採用

- ・二重シールドケーブル

ノイズ等の影響を受けない屋外制御回路に両端の二点設置を施した二重シールドケーブルを使用

また、保安器、絶縁変圧器との併用及び直流制御回路など短絡電流が大きく保安器を設置困難な回路及び変圧器を設けられない屋外制御回路に使用

- ・保安器

雷インパルス絶縁耐力が小さく、屋外ケーブルによる雷サージの影響を阻止する必要がある電子制御装置、計算機への入出力回路及び警報回路の微弱信号回路等に保安器を設置

- ・絶縁変圧器

分電盤側への雷サージによる影響を阻止することを目的として、軽装用無停電等の分電盤により直接屋外負荷に給電している回路に絶縁変圧器を設置

- ・制御盤の接地方式

制御盤の接地方式は1点接地方式としている。また、計測回路との間には、雷サージにより電位差が生じるため、建物接地幹線に1点接地することとしている。

- (2) 上記以外の安全施設については、落雷に対して機能維持する、又は、落雷による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、若しくは安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とすることにより、安全機能を維持できる場合には影響評価完了とする。

なお、日本原燃株式会社六ヶ所再処理施設において、平成27年8月に発生した落雷に起因すると考えられる設備故障に関連し、島根原子力発電所2号炉における耐雷設計について確認した（別紙2）。

4. 重大事故等対処設備に対する考慮

図2の落雷に対する重大事故等対処設備の評価フローに基づき、2.にて設定した設計基準電流値に対し、必要な安全機能を維持できることを確認した。

なお、落雷に対する重大事故等対処設備の設計方針は、設置許可基準規則第43条（重大事故等対処設備）にて考慮する。

5. 参考文献

- (1) 電気技術指針 J E A G 4608(2007)：「原子力発電所の耐雷指針」
- (2) T40電力中央研究所報告：発電所および地中送電線の耐雷設計ガイド(1995)
- (3) I E C / T R 61662(1995)：Assessment of the risk of damage due to li

ghtning.

- (4) 消防庁通知(2005)：平成17年1月14日消防危第14号危険物の規制に関する規則の一部を改正する省令等の施行について
- (5) J I S-Z 9290-4(2009) 雷保護第4部：建築物内の電気及び電子システム

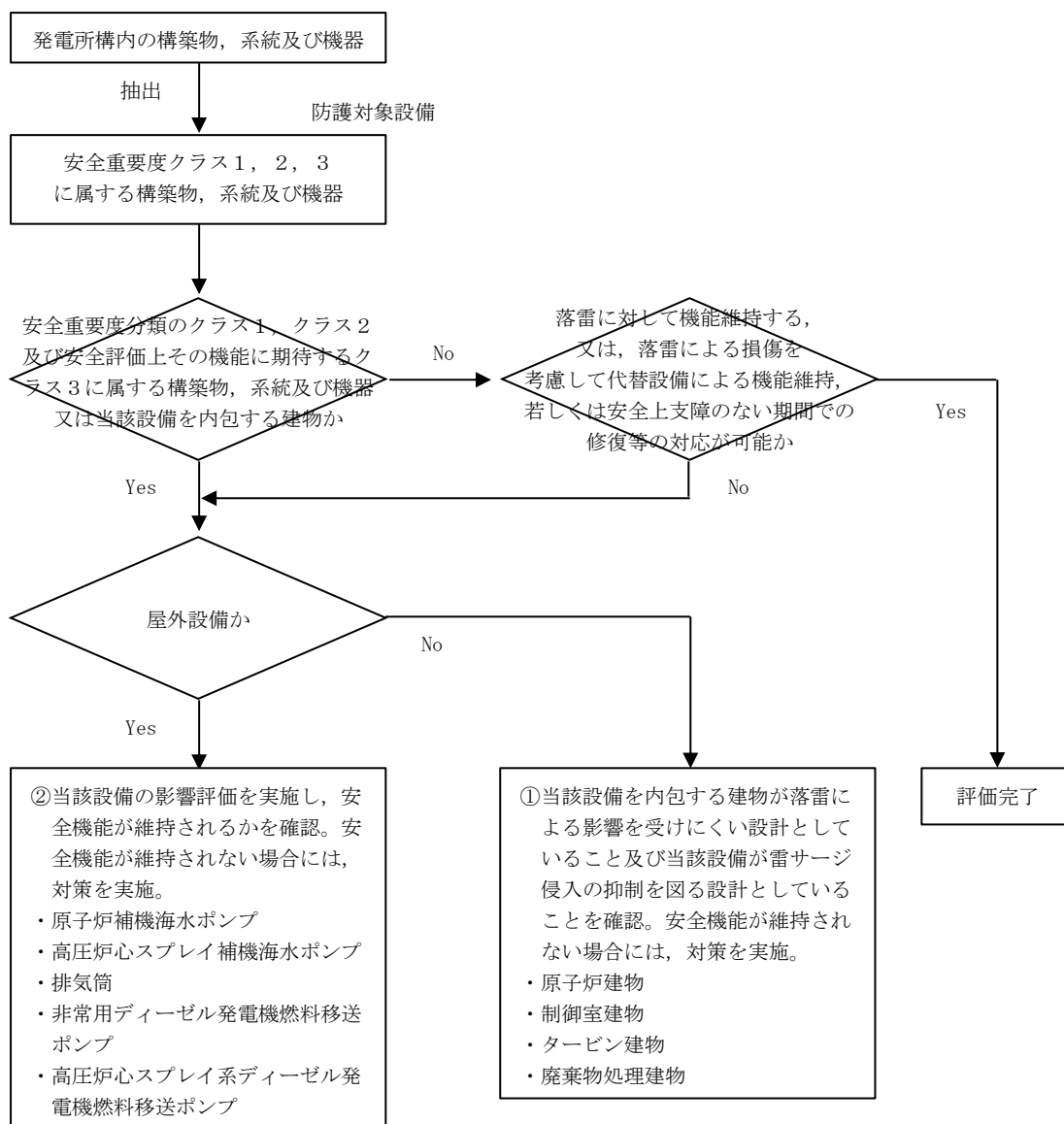
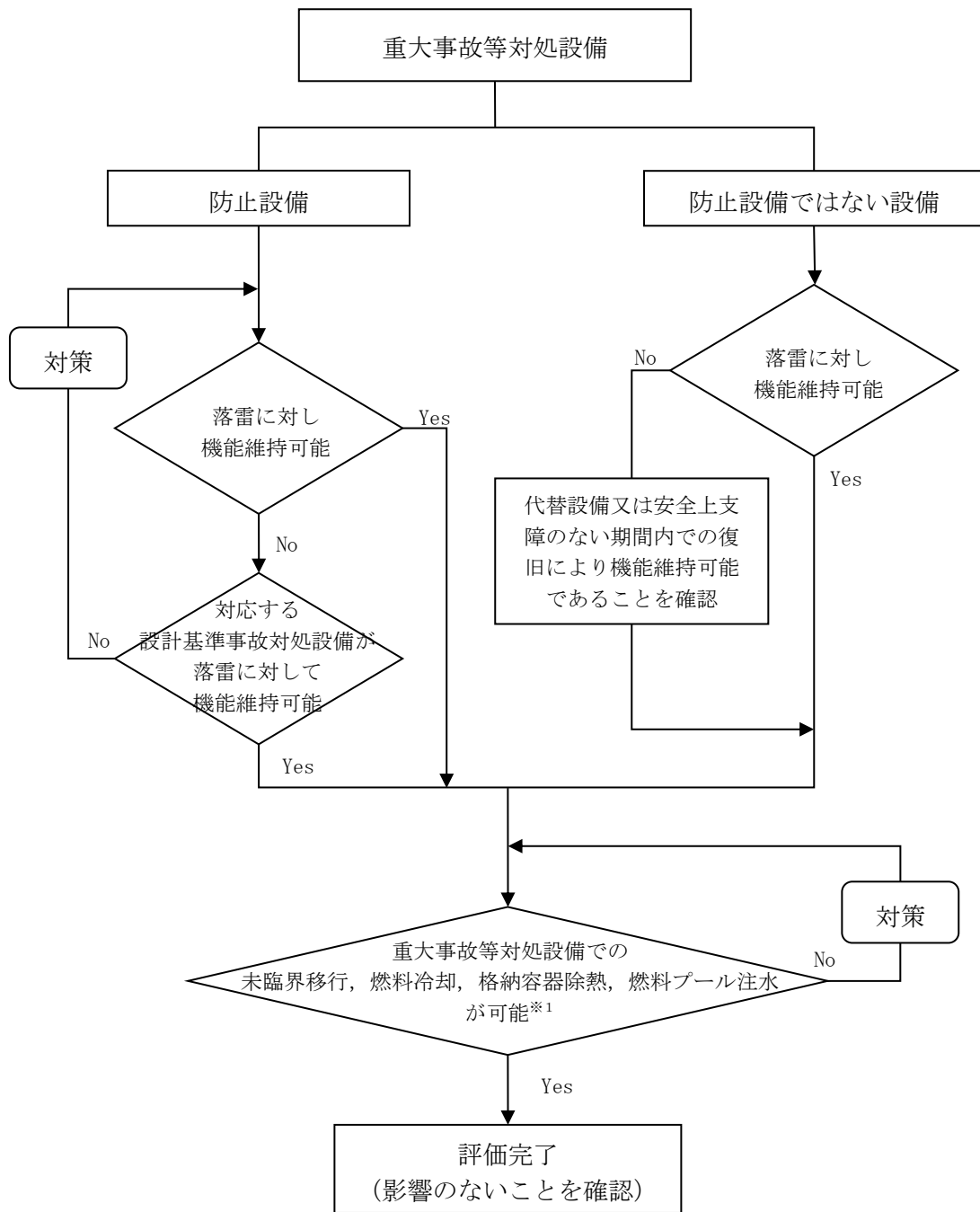


図1 落雷に対する安全施設の評価フロー



※1：落雷により設計基準事故対処設備の安全機能と重大事故等対処設備の機能が同時に損なわれることはないが、安全上支障のない期間内での復旧により機能維持可能であることを確認

図2 落雷に対する重大事故等対処設備の評価フロー

島根原子力発電所 2 号炉への年超過確率による雷撃電流評価

島根原子力発電所 2 号炉の原子炉建物に雷撃する想定雷撃電流最大値を評価すると、 1.0×10^{-4} 回/年に 1 度の確率で発生する想定雷撃電流値を算出することにより、過去に実施した雷インパルス試験結果をもとに、評価基準である想定雷撃電流値により各設備に発生する誘導電位の評価を参考に実施する。具体的には、印加電流とそれにより発生する誘導電位は比例関係にあることから、過去の雷インパルス試験結果による印加電流（雷撃電流）に応じて発生する誘導電位を推定し、各設備のインパルス耐電圧値（制御回路：インパルス耐電圧値 4000V）との比較により機能喪失を判断する。

1. 雷インパルス試験の概要

平成 4 年 2 月 20 日、島根原子力発電所 1 号炉が原子炉建物への落雷に起因して原子炉スクラムに至った事故により、雷サージに対するプラントの挙動を把握するため、1 号炉にて雷インパルス試験を実施している。

試験結果をもとに、想定雷撃電流値による 2 号炉の設備に発生する誘導電位の評価を実施する。

2. 評価基準値（想定雷撃数）の算出

想定雷撃数 N_d は、J E A G 4608 「原子力発電所の耐雷指針」より、以下で求められる。

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot C_e$$

N_g : 落雷密度 (回/ km^2 /年)

・・・ I E C 1024-1-1:1993 の評価式より $N_g = 0.04 \cdot T_d^{1.25}$ にて求める。

T_d (年間の雷雨日数) は、I K L マップより、 $T_d = 20$ 日とすると、

$N_g = 0.04 \times 20^{1.25} = 1.7$ 回/ km^2 /年と求められる。

A_e : 建造物の等価受雷面積 (km^2)

・・・ 建造物の上端に触れてそこから 1 : 3 の勾配をもって引かれた直線平面と地表面との交線とその周りを回転して得られる境界線で囲まれた面積であり、

$A_e = L \cdot W + 6H \cdot (L+W) + 9\pi \cdot H^2$ にて求める。

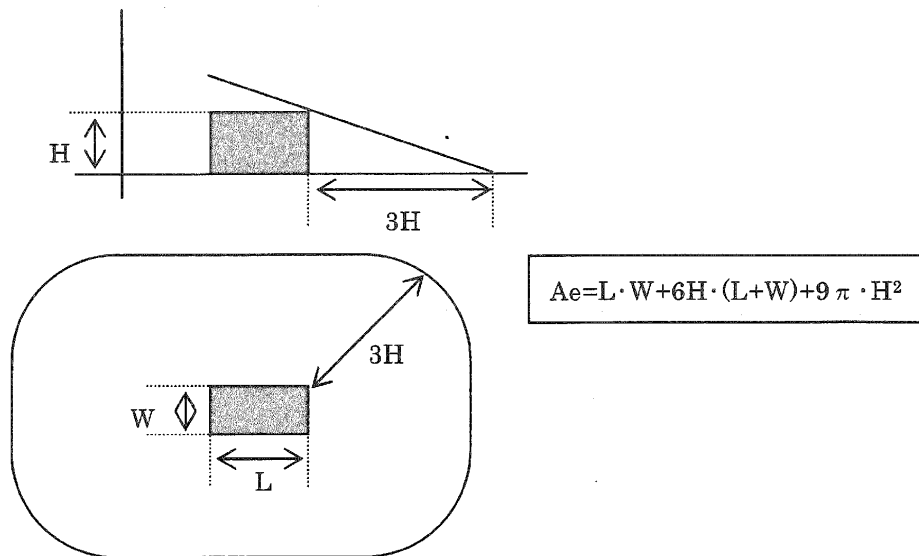


図 要素 Ae (構造物の等価受雷面積)

図 1. 構造物の等価受雷面積
(J E A G 4608 (2007) 「原子力発電所の耐雷指針」)

構造物の大きさとしては、原子炉建物への雷撃を考慮して、島根原子力発電所 2 号炉の原子炉建物；70m(W) × 89.4m(L) × 48.5m(H) とする。
以上から、
 $A_e = (89.4 \times 70 + 6 \times 48.5 \times (89.4 + 70) + 9\pi \times 48.5^2) \times 10^{-6} = 1.19 \times 10^{-1} \text{ km}^2$
と求められる。

Ce : 環境係数

- ・・・環境係数は、下表のとおりであり、原子炉建物は近傍に山や排気筒のような高い建築物があるため、Ce=0.2 とする。

表 1. 環境係数

環 境 条 件	Ce の値
同じ様な高さ、又は塔や森林の様に高い建設群や樹木のある広い範囲に位置する建物	0.2
小さな建物群に囲まれた建物	0.5
建物の高さの 3 倍の範囲に建物がない独立した建物	1.0
丘の上や塚の上に位置する建物	2.0

以上より、想定雷撃数Ndは、 $N_d = 1.7 \times 1.19 \times 10^{-1} \times 0.2 = 4.04 \times 10^{-2}$ 回/年と求められ、考慮する期間を104年とした場合、島根原子力発電所2号機の原子炉建物への雷撃数Ntは、 $N_t = 4.04 \times 10^{-2} \times 10^4 = 404$ 回と求められる。

島根原子力発電所2号機の原子炉建物に雷撃する想定雷撃電流最大値を「発電所及び地中送電線の耐雷設計ガイド（H06）」の各種雷撃電流波高値累積頻度分布での確率 $P=1/404 \times 100=0.247\%$ の点で評価すると、図2のとおり、 10^{-4} /年値の確率で発生する想定雷撃電流値は213kAとなる。

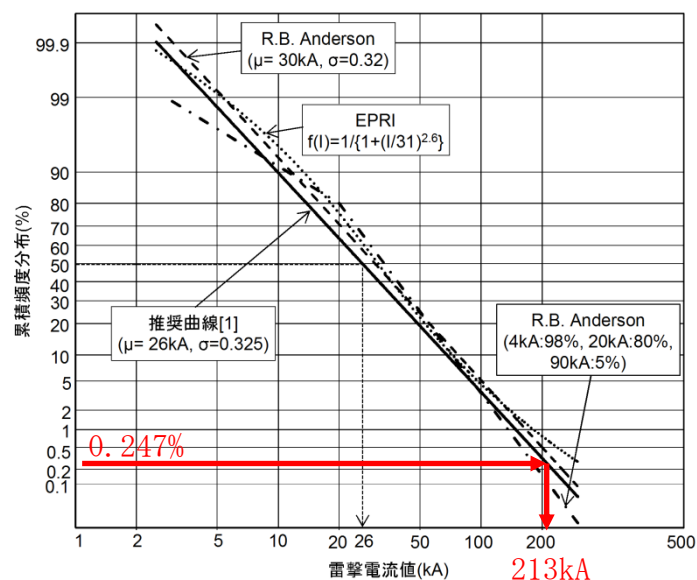


図2. 雷撃電流波高値累積頻度分布
(発電所及び地中送電線の耐雷設計ガイド（H06））

3. 評価基準値に対する評価

評価は、過去に実施した雷インパルス試験結果をもとに、評価基準である想定雷撃電流値により各設備に発生する誘導電位の評価を実施する。具体的には、印加電流とそれにより発生する誘導電位は比例関係にあることが知られていることから、過去の雷インパルス試験結果から印加電流（雷撃電流）に応じて発生する誘導電位を推定し、各設備のインパルス耐電圧値（制御回路：インパルス耐電圧値4000V）との比較により機能喪失判断を実施する。

雷インパルス試験の結果から、印加電流に対し発生しうる最大の誘導電圧は213kA（発生頻度 1.0×10^{-4} 回/年）換算で3406V（表2参照）となり、制御回路のインパルス耐電圧値4000V以下となり、機器の耐電圧上影響ないことを確認した。

なお、上記の関係からインパルス耐電圧値4000Vに達する雷撃電流値は250kA（発生頻度 5.1×10^{-5} 回/年）である。

表2. 雷インパルス試験結果によるケーブルへの誘導電圧

中操－現場	ケーブル 種類	誘導電圧測 定値(V)	印加電流 300A	誘導電圧 (V)	213kA 換算値 (V)
		中操側	現場側	中操側	現場側
C/B－ 開閉所	制御	3.6	4.8	2554.3	3405.7
C/B－ 取水槽	計装	－ (検出できず)	0.16	－	113.6
C/B－ 放水口	計装	0.01	－ (検出できず)	7.1	－
C/B－ 排気筒	計装	0.015	0.2	10.7	141.9

参考文献

(1) 電力中央研究所 H06

発変電所及び地中送電線の耐雷設計ガイド 2011 年度改訂版

六ヶ所再処理施設における落雷事象について

1. はじめに

日本原燃株式会社六ヶ所再処理施設において、平成27年8月に発生した落雷に起因すると考えられる設備故障に関連し、島根原子力発電所2号炉における耐雷設計について述べる。

なお、事象の内容については「再処理施設 分離建屋における安全上重要な機器の故障について」（平成27年12月7日、日本原燃株式会社）による。

2. 事象

六ヶ所再処理施設において、「高レベル廃液供給槽セル漏えい液受皿の漏えい液受皿液位計」（安全上重要な機器）のB系の異常を示す警報の発報及びA系の指示値が表示されない等の事象が発生した。調査の結果、安全上重要な機器について17機器の故障が見られた。これらの機器の故障は、要因分析の結果、落雷によるものである可能性が高いとしている。

3. 再処理施設における推定原因及び対策

本事象の推定原因としては、主排気筒への落雷による雷撃電流が、構内接地網に伝搬する過程で、信号ケーブルに電圧を誘起し、この誘導電圧により計器を損傷させた。また、地表面近くにトレンチ等の構造物が埋設されている再処理施設特有の構造が影響したと推定している。

対策として、建屋間を跨るケーブルへの雷サージによる影響を防止することを目的に保安器を設置している。

4. 島根原子力発電所における耐雷設計

安全保護回路のケーブルに、建物（原子炉建物、タービン建物、廃棄物処理建物、制御室建物）間を跨るケーブルがあるものの、各建物は距離的に近接しており、六ヶ所再処理施設のように広範な敷地に点在した建物間をトレンチ内ケーブルで結ぶ構造ではないこと、電氣的に同じ接地網に接続していることから、トレンチ内ケーブルの安全保護回路の損傷による影響はない。

また、原子炉補機海水系など安全上重要な屋外回路については、保安器を設置する対策を取っている。

地滑り・土石流影響評価について

1. 地滑りの影響評価フローについて

地滑りの影響評価フローを図-1 に示す。

地滑り調査では、文献調査により島根原子力発電所周辺に位置する地滑り地形の有無を把握するとともに、敷地内について網羅的に地形判読を行い、地滑りを示唆する地形的特徴の有無を確認した。文献調査及び地滑り地形判読によって確認された地滑り地形を対象に、地形、地質及び湧水等の水文的な観点に基づく現地調査を実施し、地滑りの特徴が認められる場合は、地滑りが発生する場合を想定し、地滑りの範囲、規模等を評価した。

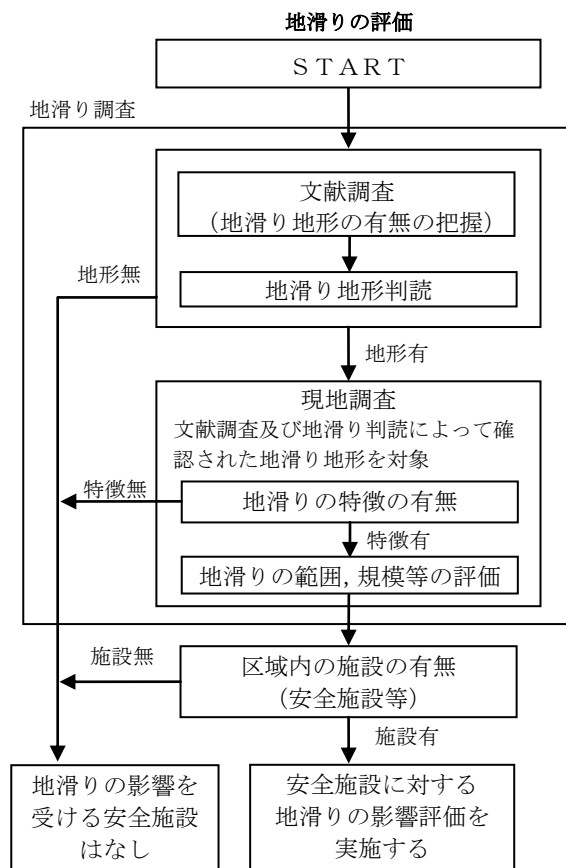


図-1 地滑りの影響評価フロー図

地滑り：地下水等の影響により斜面の一部が動き出す現象（別紙1）

2. 地滑りの影響評価について

2.1 地滑り調査

全国の地滑り地形分布状況を調査した文献として、独立行政法人防災科学技術研究所（以下、「防災科研」）が作成した地すべり地形分布図（平成17年、清水ほか「恵曇」（2005a）⁽¹⁾「境港」（2005b）⁽²⁾）がある。この地すべり地形分布図では、島根原子力発電所周辺に位置する地滑り地形が示されている（以下、「防災科研調査結果」）。

地滑り調査として、机上調査及び現地調査による詳細検討を実施した。机上調査では、詳細な旧地形図を含む多様な参照資料に加え、防災科研調査に用いた資料を参考に地形判読を行い、地滑りを示唆する地形的特徴の有無を確認した。また、確認された地滑り地形を対象に現地調査を実施し、地滑りの特徴が認められる場合は、地滑りが発生する場合を想定し、地滑り地形の範囲、規模等の評価した。地滑り調査と防災科研調査の内容の比較を表-1に示す。

地滑り調査により抽出された地滑り地形は、防災科研調査結果の敷地北西方の地滑り地形、地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形の3箇所である。

ただし、地滑り地形のうち、敷地北西方の地滑り地形は、敷地外に位置し、その変状が直接敷地に影響を及ぼさないと考えられるが、流出土砂が敷地へ及ぼす影響について別途評価する。抽出された地滑り地形について、防災科研調査の地滑り地形と合わせて図-2に示す。

表-1 地滑り調査と防災科研調査の内容の比較

		地滑り調査（平成25～26年）	防災科研調査（平成17年）
実施項目		<ul style="list-style-type: none"> 地滑り地形判読（机上） 現地調査（ルートマップ作成，平成8年） 	<ul style="list-style-type: none"> 地滑り地形判読（机上）
実施内容	参照資料	<ul style="list-style-type: none"> モノクロ空中写真（1万分の1，1962年撮影，4万分の1，1973年撮影） カラー空中写真（1万分の1，1976年撮影） 等高線図（2千5百分の1）※ 地形図（5万分の1） アナグリフ※ 3次元地形モデル※ <p>※ 1mDEM（地形は1962年の空中写真に基づく） または2mDEM（地形の一部は1962年の空中写真に基づく）を用いて作成</p>	<ul style="list-style-type: none"> モノクロ空中写真（4万分の1，1973年撮影） 地形図（5万分の1）
	判読方法	<ul style="list-style-type: none"> 実体鏡による空中写真の判読 その他資料を補足的に使用 	<ul style="list-style-type: none"> 実体鏡による空中写真の判読
	抽出対象	<ul style="list-style-type: none"> 全ての地滑り地形を抽出 	<ul style="list-style-type: none"> 幅150m以上の比較的大規模な地滑り地形のみを抽出

下線は相違箇所

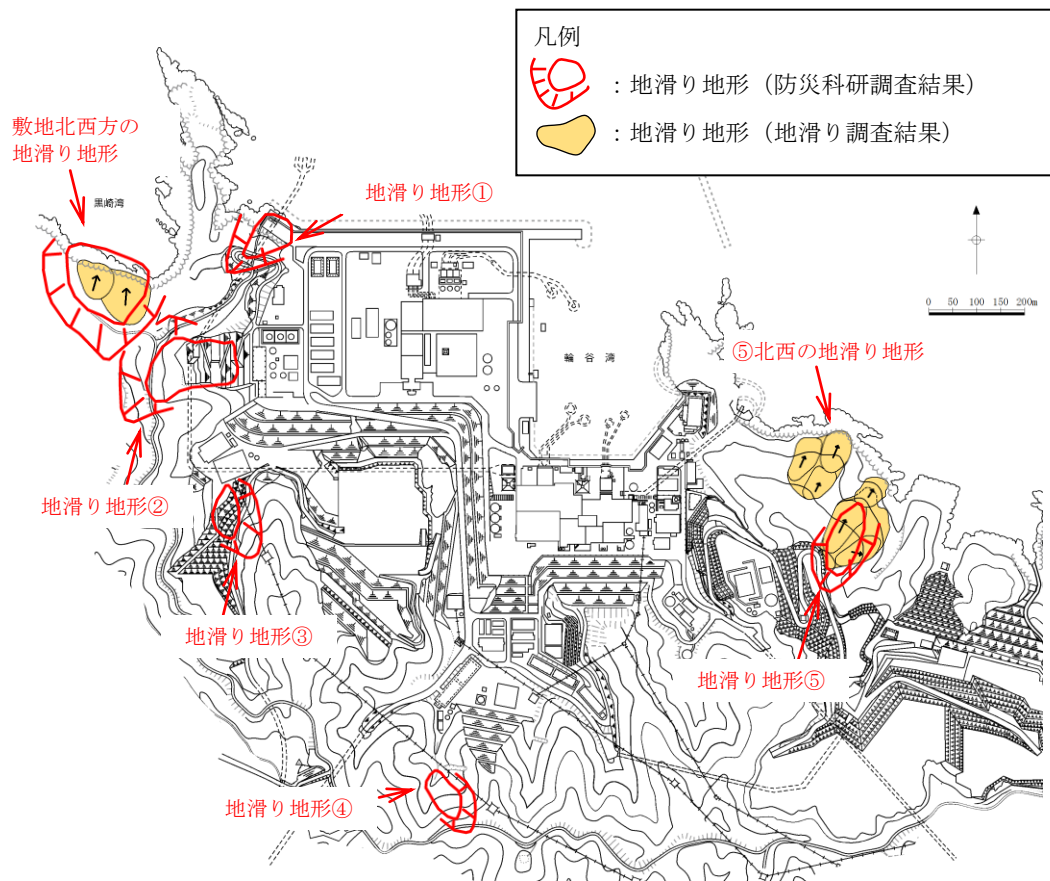


図-2 島根原子力発電所周辺の地滑り地形分布図

2.2 地滑り調査結果

文献調査及び地滑り地形判読によって確認された地滑り地形を対象に、地形、地質及び湧水等の水文的な観点に基づく現地調査を実施し、地滑りの特徴が認められる場合は、地滑りが発生する場合を想定し、地滑りの範囲、規模等を評価した。以下に調査結果の概要を示し、別紙2に詳細を示す。

(1) 地滑り地形①

地形判読の結果、防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所には等高線の乱れが認められることから、表層すべりが想定される。

現地調査の結果、防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所の側方崖末端部においては、おおむね新鮮堅硬な岩盤が認められ、そこに断層構造や顕著な割れ目は認められず、また地滑り末端部付近に生じる層理面の乱れや圧縮構造は確認されない。周辺のボーリング調査結果（No. 201孔・No. 303孔）及び2号炉放水路トンネル切羽面観察結果においても滑り面は認められない。また、防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所の側面である開削面露頭においても、堅硬な岩盤が認められ、シームや断層、褶曲、深層崩壊に伴う地滑り面は認められなかったが、開削面露頭上部で認められた礫質土及び粘性土（層厚：約2m）については、空中写真判読で認められた表層すべりに相当する可能性が考えられる。

深層崩壊に伴う地滑り面は認められないことから、地滑り地形ではないと判断されるが、防災科研調査の地滑り地形付近において確認された礫質土及び粘性土については、過去の表層すべりの可能性が完全に否定できないことから、防波壁周辺斜面の安定性確保のため撤去する。また、標高40mより上方斜面においても礫質土が認められたことから、ルートマップ（平成8年調査）に記載された「崩積土」の範囲について、岩盤まで礫質土を全て撤去する。

(2) 地滑り地形②

発電所建設前の空中写真に基づく地形判読の結果、地滑り土塊とされる箇所に等高線の乱れが認められることから、地滑り土塊の存在が示唆される。

現地調査の結果、地滑り土塊とされる箇所のうち、EL45mより上方については、堅硬な岩盤が露出しているほかに一部盛土があり、地滑り土塊は認められない。地滑り土塊とされる箇所のうち、EL45mより下方の盛土部については、土地造成工事記録によると、地滑り土塊に相当する土砂は撤去したうえで盛土を施している。また、法尻部付近では基盤面まで段切り掘削後に良質土で置換盛土を行っている。地滑り地形には地形的特徴として側方崖が認められるが、その他の地質的・水文的な特徴は確認されない。

不明瞭な滑落崖が認められるが、地滑り土塊とされる箇所のうち、EL45mより上方については堅硬な岩盤が露出していること、EL45mより下位の盛土部については造成工事により地滑り土塊が撤去されていること及び盛土上の道路及び法

面に目立った変状が認められないことから、発電所建設前の旧地形から判読されたような地滑り地形②に相当する地滑りは想定されない。

(3) 地滑り地形③

地形判読の結果、地滑りを示唆する地形的特徴は認められない。

現地調査の結果、地質的な特徴として安山岩岩脈が認められる一方、滑落崖・湧水等の地滑りを示唆する地形的・地質的・水文的な特徴は確認されなかった。防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所は、頭部の一部を除き盛土で被覆されている。

滑落崖及び地滑り土塊ともに認められないこと並びに盛土斜面に変状が認められないことから、地滑り地形ではないと判断する。また、現在は人工改変が加わり元の地形が残っていないことから、地滑りは想定されない。

(4) 地滑り地形④

地形判読の結果、地滑りを示唆する地形的特徴は認められない。

現地調査の結果、滑落崖・湧水等の地滑りを示唆する地形的・地質的・水文的な特徴は認められなかった。また、防災科研調査の滑落崖とされている箇所は北西向きの谷からなる凹型斜面に位置し、土塊とされている箇所は北北西向きの尾根に位置する。この尾根は一様な傾斜の等斉斜面をなすことから、地滑り由来の土塊ではなく、通常尾根型斜面と考えられる。

滑落崖及び地滑り土塊ともに認められないことから、地滑り地形ではないと判断する。

(5) 地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形

地形判読の結果、地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形に分けられ、それぞれ不規則な凹凸を有する斜面があり、地滑り地形と考えられる。なお、滑落崖は不明である。

現地調査の結果、地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形は、湧水等の地滑りを示唆する水文的な特徴は認められなかったが、地滑り土塊とされる箇所でクラックや段差地形、等高線の乱れ、下方及び先端部への押し出し等の地形的・地質的特徴が確認されたことから、地滑り土塊の存在が示唆される。

地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形の両者ともに地滑り土塊が認められることから、地滑り地形と判断する。

(6) 敷地北西方の地滑り地形

敷地北西方の地滑り地形は敷地外に位置しており、北に向かって傾斜する斜面である。

敷地北西方の地滑り地形は岬から約500m入り込んだ湾の奥に位置し、地滑り土塊の滑り方向もほぼ北方向であることから、その変状が直接敷地に影響を及

ぼさないと考えられるが、流出土砂が敷地へ及ぼす影響について検討を行った。敷地北西方の地滑り地形を対象に基準津波策定時と同様にHuber and Hager(1997)⁽³⁾の予測式により、敷地における津波高さ(全振幅)を検討した。なお、当該地滑り地形は西側と東側の2つの地滑り土塊からなるが、両者は近接することから一つの地滑り土塊として取り扱った。

検討の結果、敷地北西方の地滑り地形による津波高さ(全振幅)は0.20mとなるが、敷地周辺の沿岸域に分布する他の地滑り地形による津波高さ(全振幅)の上位2地点(1.20m及び0.44m)より小さい。また、敷地北西方の地滑り地形と他の地滑り地形(津波高さ(全振幅)の上位2地点)による津波について、個々の地滑りの最大水位上昇量となる津波が同時に敷地へ到達する可能性は極めて低いと考えられるが、同時に到達すると仮定した場合、敷地における津波高さ(全振幅)を足し合わせた水位(1.84m)は基準津波1(防波堤無:11.6m)に対して十分に小さい。

以上のことから、敷地北西方の地滑り地形の流出土砂が敷地へ及ぼす影響はない。

(7) 抽出した地滑り地形以外の斜面について

国土地理院により撮影された複数の公開空中写真により、敷地内について網羅的に地形判読を行った結果、抽出した地滑り地形以外の斜面について地滑りを示唆する地形的特徴は認められない。

文献調査の結果、地滑り地形は示されていない。

地形、地質及び湧水等の水文的な観点に基づく地表地質踏査の結果、地滑りの特徴が認められない。

弾性波探査、ボーリング調査及び試掘抗調査の結果、地滑りを示唆する地層の不連続は認められないとともに、滑り面を示唆する粘土や角礫も認められない。

以上のことから、地滑り調査において判定した地滑り地形以外の斜面について、地滑りは想定されない。

2.3 地滑りの影響評価

地滑り調査の結果抽出された地滑り地形について、発生した場合の地滑り地形範囲にある安全施設への影響評価を実施する。図-3に地滑り地形と対象設備（安全施設等）の位置を示す。地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形の範囲に、安全施設は存在しないことから、地滑りにより安全施設の機能を損なわないことを確認した。

なお、防災科研調査の地滑り地形①の範囲にある安全施設として2号機放水接合槽があり、また津波防護施設として防波壁がある。地滑り調査の結果、深層崩壊に伴う地滑り面は認められないことから、地滑り地形ではないと判断されるが、防災科研調査の地滑り地形付近において確認された礫質土及び粘性土については、過去の表層すべりの可能性が完全に否定できないことから、防波壁周辺斜面の安定性確保のため、撤去することとする。また、地滑り地形②の範囲にある安全施設としてモニタリング・ポストがあるが、現在は人工改変が加わり地滑り土塊に相当する土砂は撤去されていることから、地滑りは想定されない。

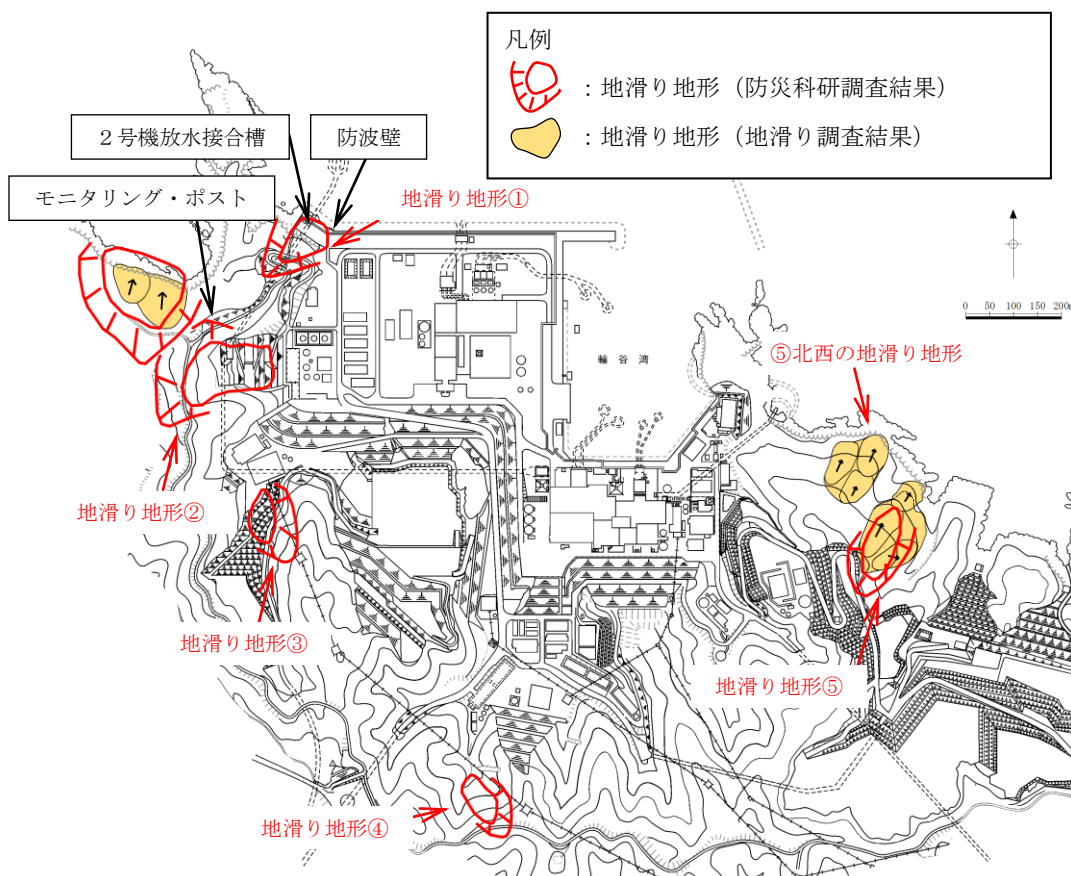


図-3 島根原子力発電所周辺の地滑り地形及び対象施設（安全施設等）位置図

3. 土石流の影響評価フローについて

土石流の影響評価フローを図-4に示す。

土石流調査は、文献が示す土石流危険区域・溪流を参照したうえで、机上検討によって敷地内の土石流危険区域・溪流の地形を網羅的に抽出した。危険区域等がある箇所については、図上調査を実施し、現地調査によって山腹崩壊型土石流及び溪床流動型土石流に関する現地状況を把握し、土石流の範囲、規模等について評価した。

なお、土石流の影響評価フローは、「土石流危険溪流および土石流危険区域調査要領（案）」（旧建設省，平成11年，別紙1）を参考に設定した。上記資料では、発生流域面積が0.05km²未満の箇所について溪床流動型土石流を評価しないとしているが、ここでは発生流域面積の大小にかかわらず、評価対象とした。

溪床流動型土石流の調査及び計画流出土砂量の評価にあたっては、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説」（国土交通省国土技術政策総合研究所，平成28年，以下「砂防指針」）を参考とするとともに、他機関調査との比較結果も踏まえ評価した。

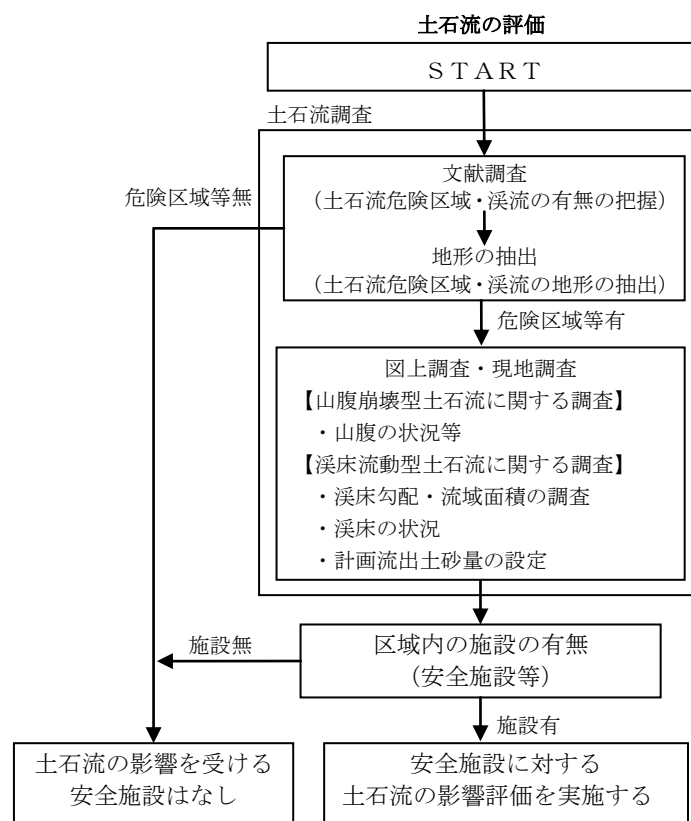


図-4 土石流の影響評価フロー図

土石流：山腹や川底の土砂が長雨や集中豪雨などによって、土砂と水が一体となって一気に下流へと押し流される現象（別紙1）

4. 土石流の影響評価について

4.1 土石流調査

(1) 文献調査

全国の土石流危険区域等を調査した文献として、国土交通省国土政策局が公開する「国土数値情報 土砂災害危険箇所データ」（以下、「土石流危険箇所」）がある。この記載に基づくと、図-5 のとおり島根原子力発電所周辺の土石流危険区域及び土石流危険溪流は7箇所である。

(2) 地形抽出

「土石流危険箇所」における土石流危険区域及び土石流危険溪流は、地形図（2万5千分の1）を用いた机上調査のみにより抽出されている。土石流危険区域①～⑦の土石流危険溪流について、溪床勾配、発生流域面積等について、より詳細な調査を行うため、当社の2mDEMから作成した等高線図（2千5百分の1，コンター間隔2m）等の地形情報を収集し、机上検討を行った。

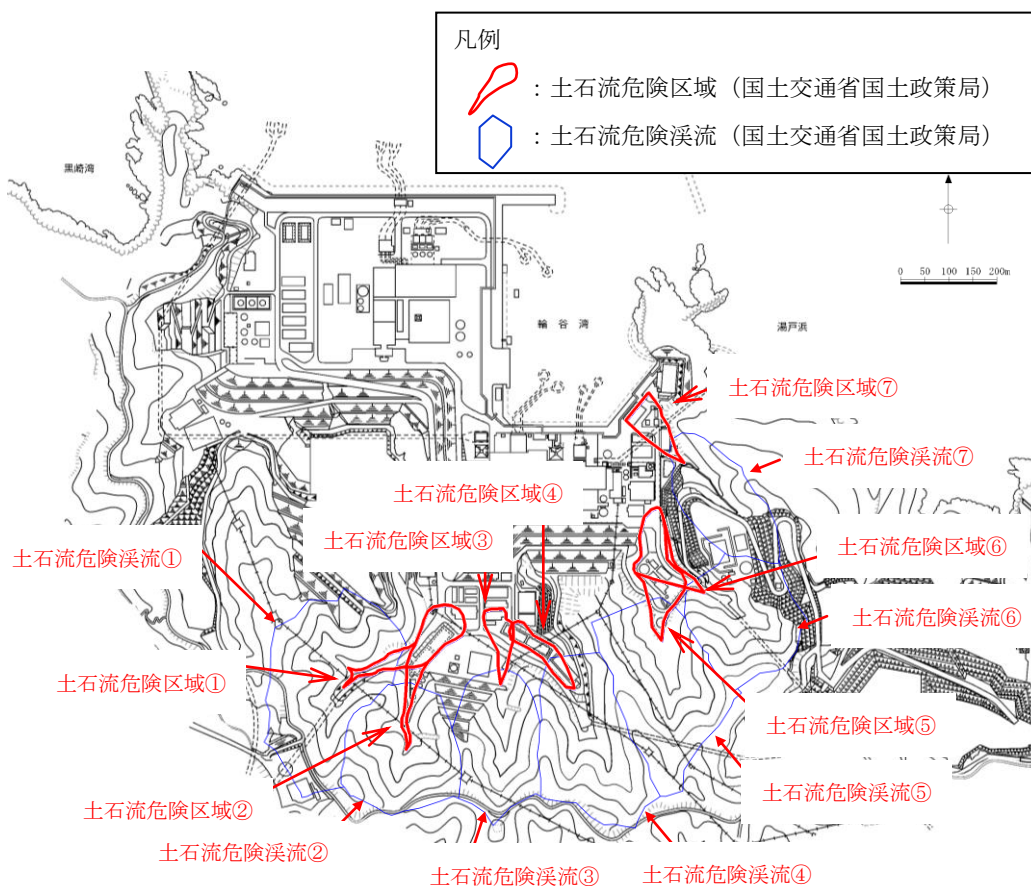


図-5 島根原子力発電所周辺における土石流危険区域及び土石流危険溪流位置図

(3) 人工改変等に伴う土砂量の取り扱いについて

土石流調査については、現地調査を実施した平成 27～28 年の地形・地質状況に基づき評価を行う（令和元年に補足調査を実施）。

現地調査（平成 27～28 年）以降、一部の土石流危険渓流において防火帯設置に伴う改変や敷地造成による山腹形状の改変が施されている。これらは、いずれも流域面積を減少する改変であること、地山を不安定化させる改変ではないことから、現地調査を実施した平成 27～28 年の地形・地質状況に基づき土砂量の評価を行う。防火帯及び土石流危険渓流の位置関係を図-6 に示す。

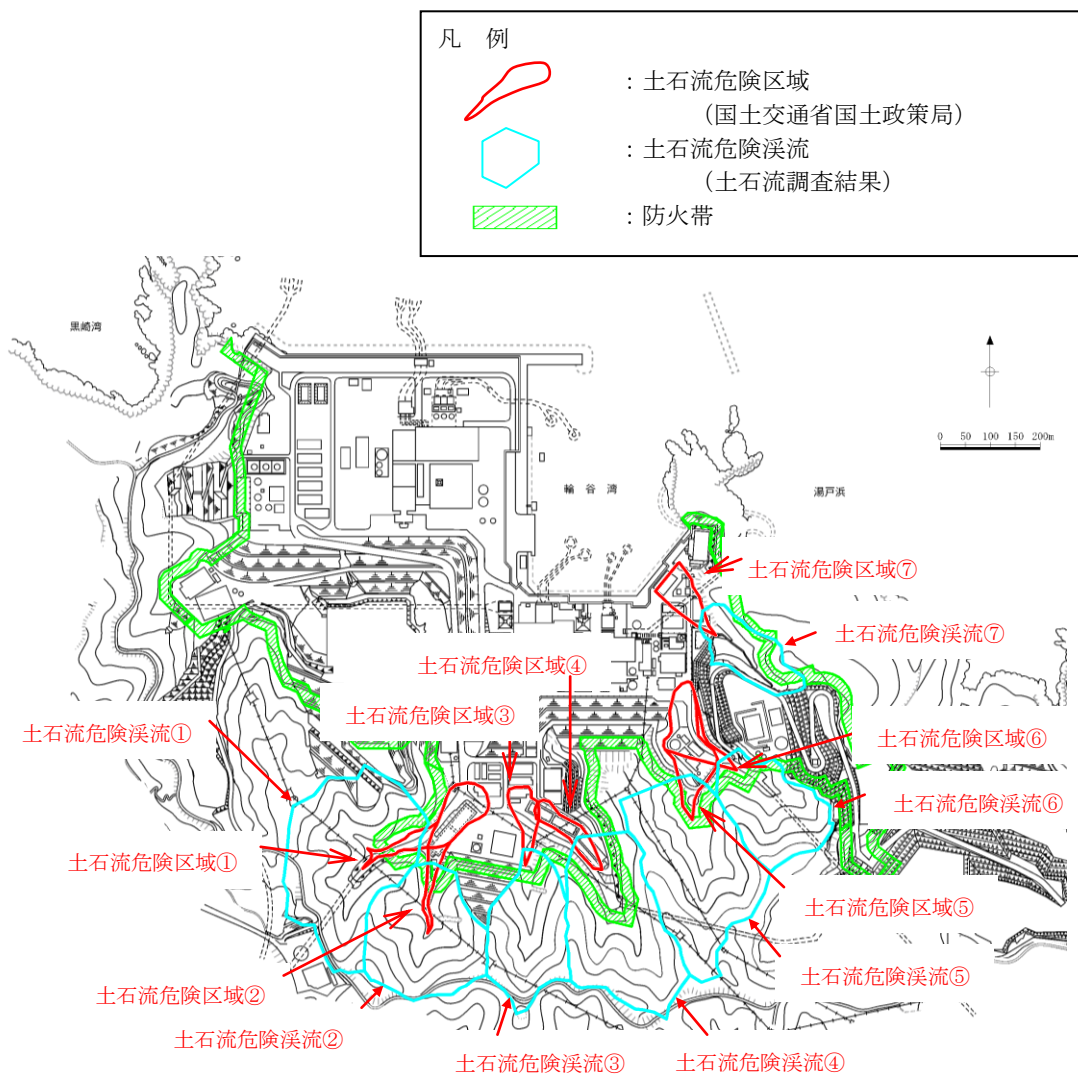


図-6 島根原子力発電所周辺における防火帯及び土石流危険渓流位置図

4.2 土石流調査結果

(1) 山腹崩壊型土石流の評価

山腹崩壊型土石流の評価にあたっては、山腹の状況を確認するために、図-7に示す国土地理院の公開空中写真（1962年～2009年）の確認を行い、大規模な崩壊跡がないことを確認した。また、山腹の状況を平成27～28年に現地調査により確認した。検討結果は表-2のとおり。

- ・ 土石流は主にマサ土や火山灰が分布している範囲で発生しやすい傾向があるが、土石流危険渓流における表層の地質は、主に凝灰岩及び凝灰角礫岩から構成されており、マサ土や火山灰の堆積は認められない。（「島根原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書（2号原子炉施設の変更） 添付書類六 第3.4-2図 敷地の地質平面図」に記載）
- ・ 山腹において大規模な崩壊地形は認められない。
- ・ 山腹において大規模な崩壊に至るような新たな亀裂、常時湧水箇所等は認められない。
- ・ 土石流危険区域⑥及び⑦の山腹の一部は、免震重要棟設置に伴う敷地造成により山腹形状が改変されており、流域は減少している。

以上のことから、山腹崩壊型土石流が発生する可能性は低いと考えられる。



モノクロ空中写真（撮影縮尺：1万分の1，1962年撮影）

整理番号：MCG622，コース番号：C6，写真番号：4，

国土地理院HPより引用。



カラー空中写真（撮影縮尺：1万分の1，2009年撮影）

整理番号：CCG20092，コース番号：C10，写真番号：21，

国土地理院HPより引用。

図-7 国土地理院の公開空中写真

表-2 山腹崩壊型土石流に係る現地調査結果

土石流 危険溪流	地質	地山の状況			
		山腹の状況	湧水の 有無	砂防施設 の有無	山腹形状 の改変
①	凝灰角礫岩 及び火山礫 凝灰岩主体	大規模な崩壊地形, 新たな亀裂等なし	間歇水	なし	なし
②				なし	なし
③				なし	一部改変
④				なし	なし
⑤				なし	なし
⑥				あり	大幅に改変
⑦				あり	

(2) 溪床流動型土石流の評価

溪床流動型土石流の評価にあたっては、発生流域面積の大小にかかわらず抽出された土石流危険溪流①～⑦について図上調査及び現地調査を実施した。

① 図上調査

図上調査により、土石流危険溪流における溪床勾配、谷次数、溪流の延長及び流域面積について調査した。

・溪床勾配

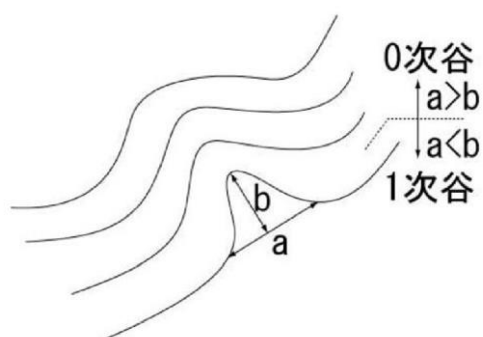
図上調査（地形図の読み取り）により、溪床勾配を確認した。その結果、土石流危険溪流①～⑥において概ね 15° 以上、土石流危険溪流⑦において概ね 10° 以上である。図-9～図-15 に各土石流危険溪流の溪床勾配図を示す。

・谷次数、溪流の延長及び流域面積

図上調査（地形図の読み取り）により、基準点を設定するとともに、谷の状況は枝分かれした先で変化するため、基準点から上流の谷次数区分を実施し、谷次数毎に評価する。谷次数区分の設定にあたっては、図-8 に示すとおり「砂防指針」及び「河川砂防技術基準 調査編」（国土交通省水管理・国土保全局，平成 24 年 6 月）を参考とした。

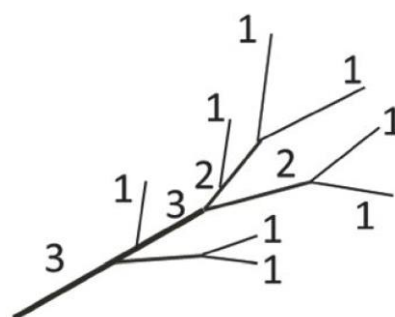
- ・ 0 次谷は、等高線の凹み具合を眺めて、凹んでいる等高線群の間口よりも奥行が小なる地形とする。
- ・ 1 次谷と 1 次谷が合流すると 2 次谷になるというように、同次の谷が合流するとその谷の次数プラス 1 の谷次数となるように設定する。

谷次数毎に溪流の延長を算出した。また、基準点から上流の流域を設定した。図-9～図-15 に各土石流危険溪流の谷次数、溪流の延長及び流域を示す。



0 次谷と 1 次谷の判定

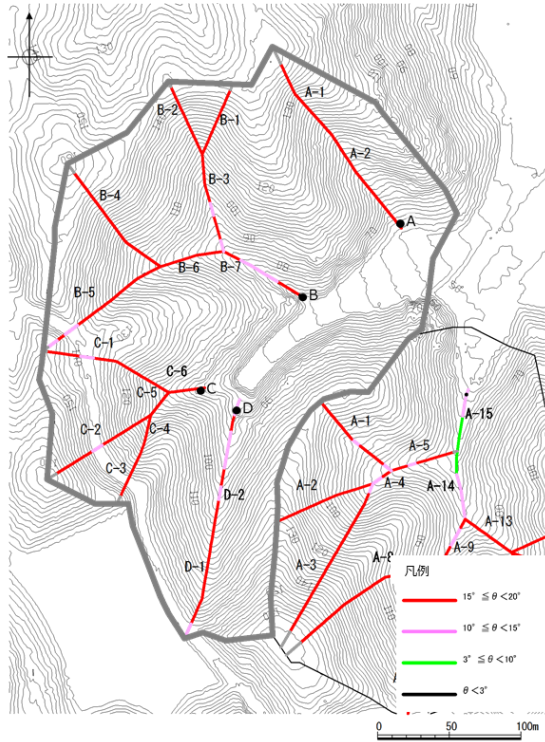
（「砂防指針」より引用）



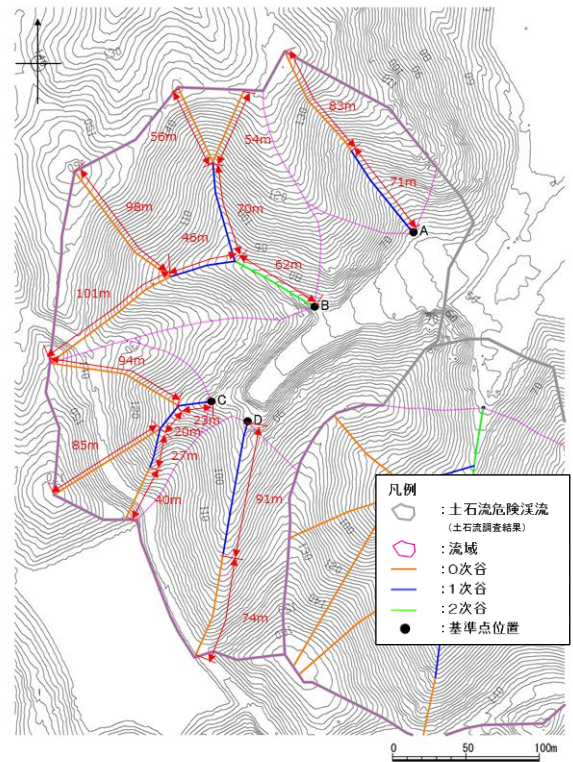
谷の次数区分

（「河川砂防技術基準 調査編」（国土交通省水管理・国土保全局，平成 24 年 6 月）より引用）

図-8 谷次数の設定

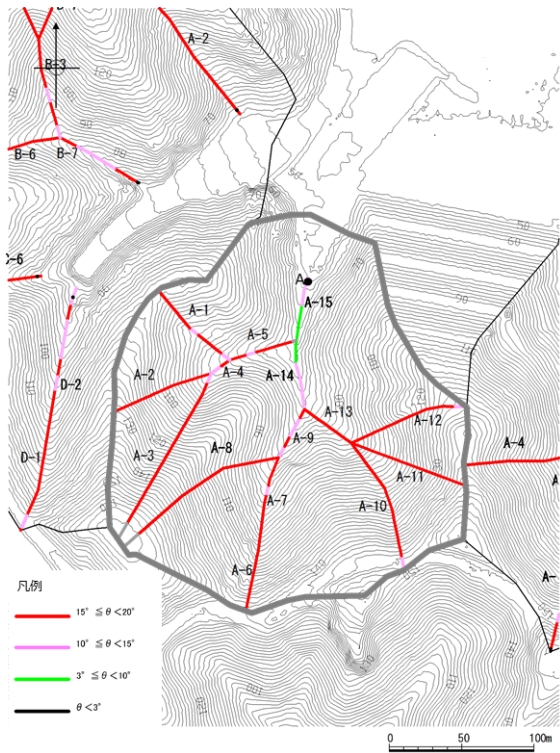


溪床勾配図

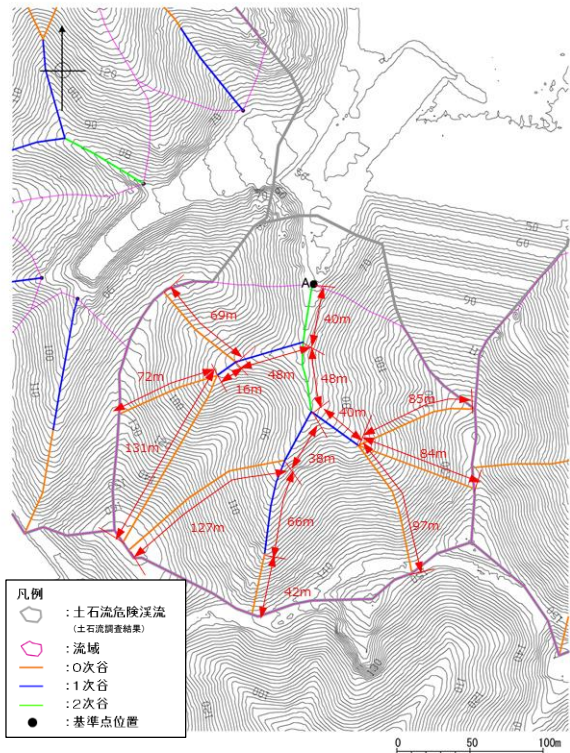


谷次数，溪流の延長及び流域図

図-9 図上調査結果（土石流危険溪流①）

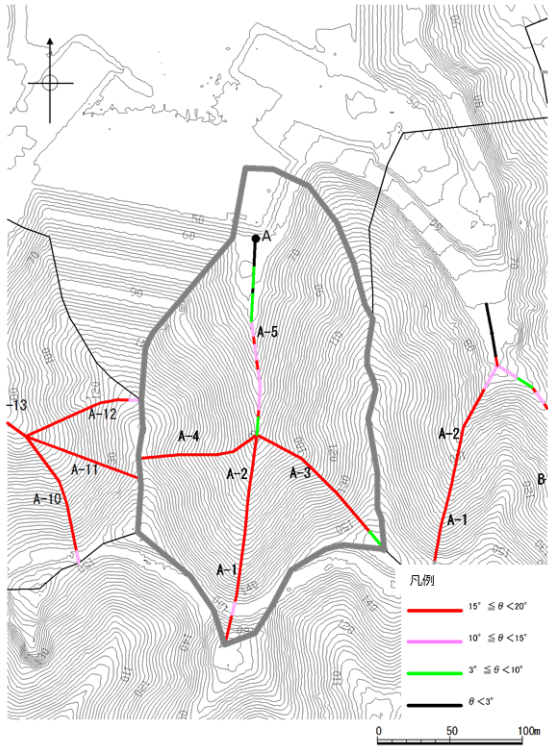


溪床勾配図

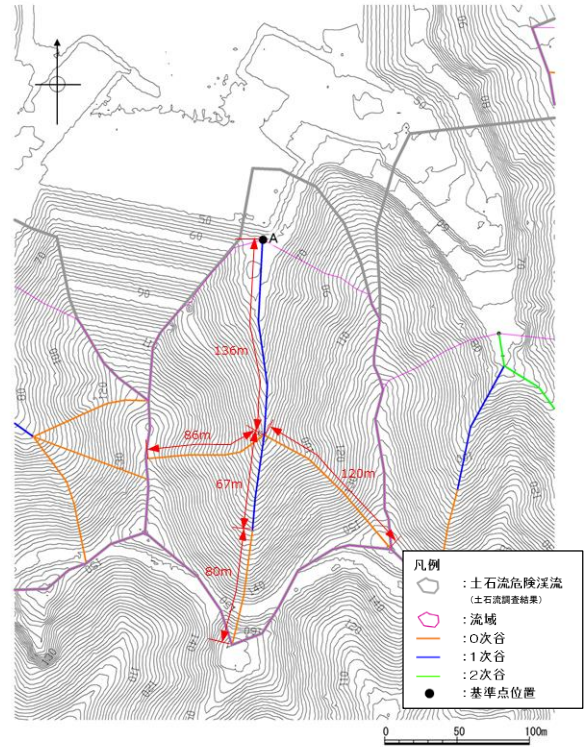


谷次数，溪流の延長及び流域図

図-10 図上調査結果（土石流危険溪流②）

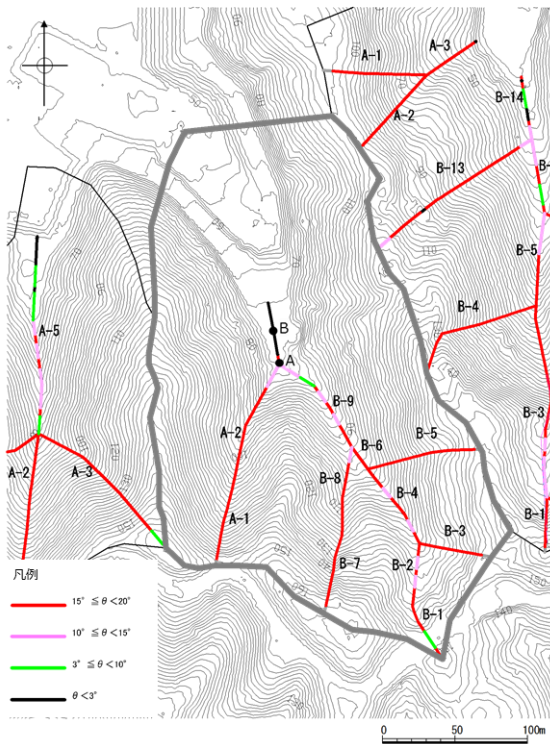


溪床勾配図

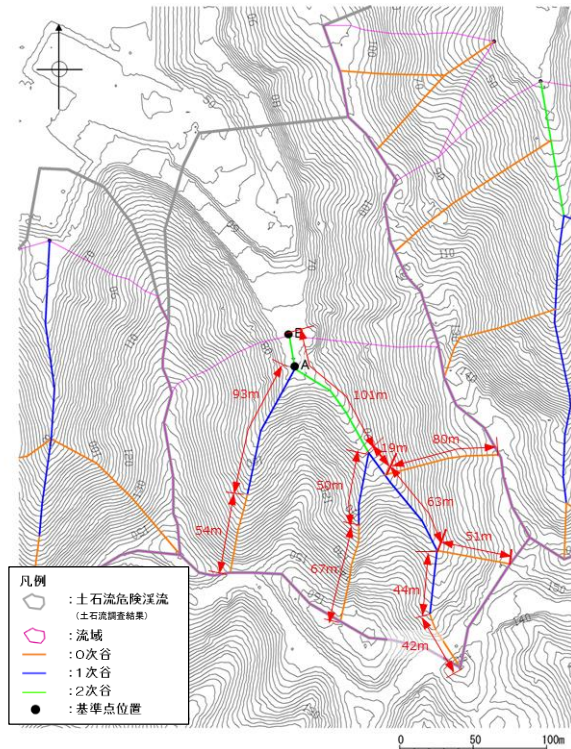


谷次数, 溪流の延長及び流域図

図-11 図上調査結果 (土石流危険溪流③)



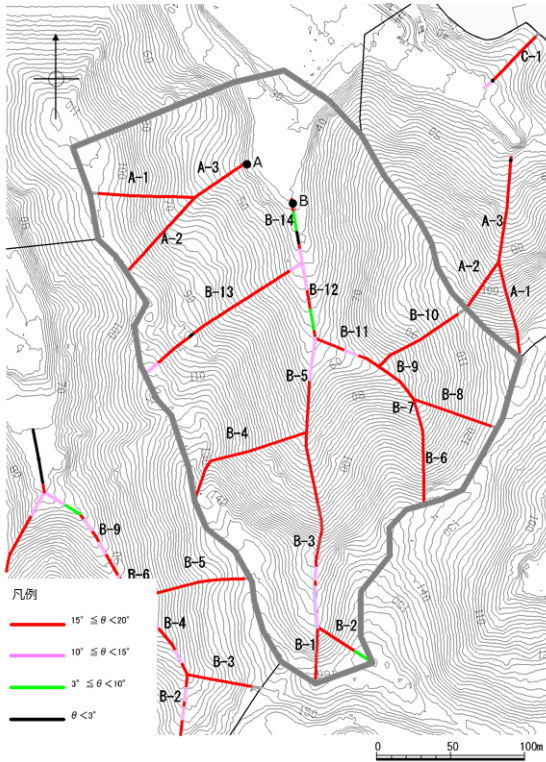
溪床勾配図



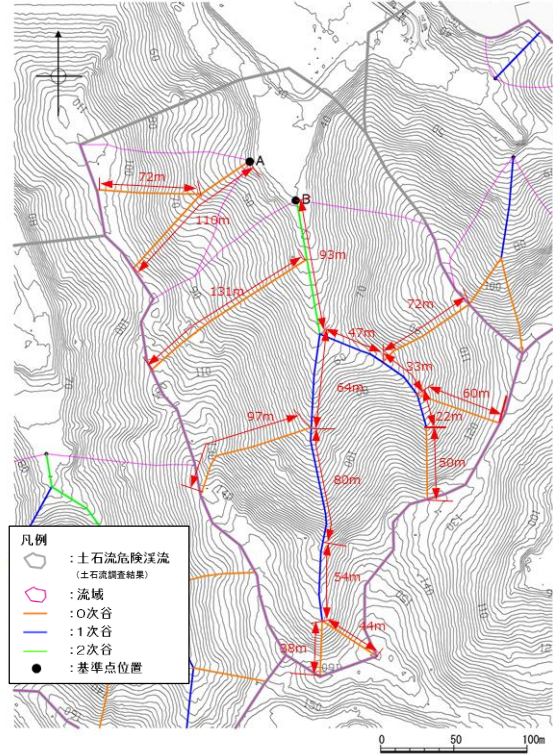
谷次数, 溪流の延長及び流域図

基準点 A より上流の流域は基準点 B より上流の流域に包絡されるため、移動可能土砂量、運搬可能土砂量の評価にあたっては基準点 B に代表させる

図-12 図上調査結果 (土石流危険溪流④)

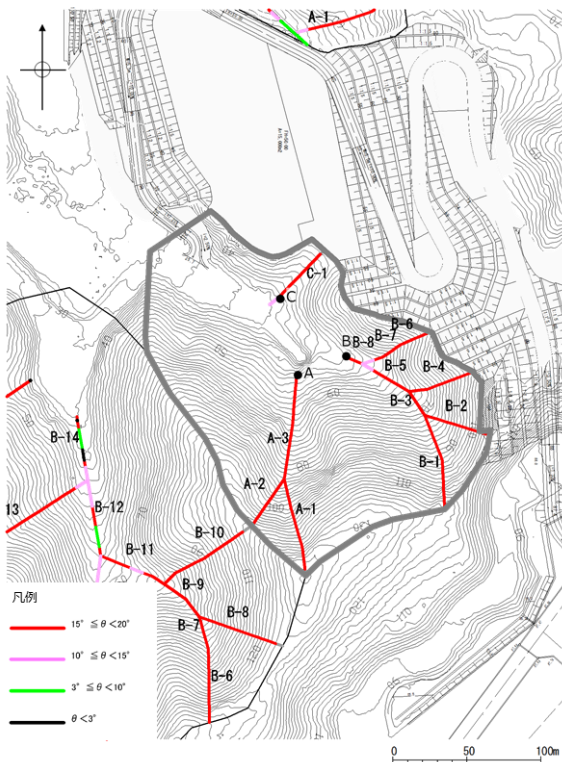


溪床勾配図

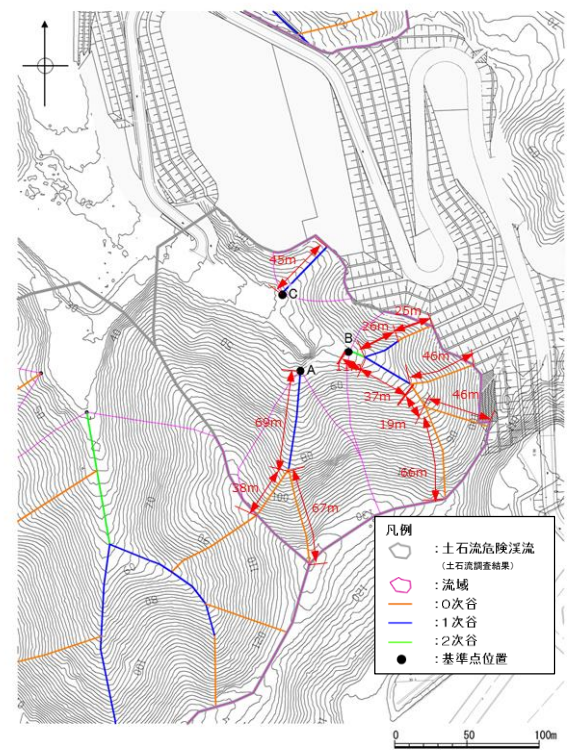


谷次数，溪流の延長及び流域図

図-13 図上調査結果（土石流危険溪流⑤）

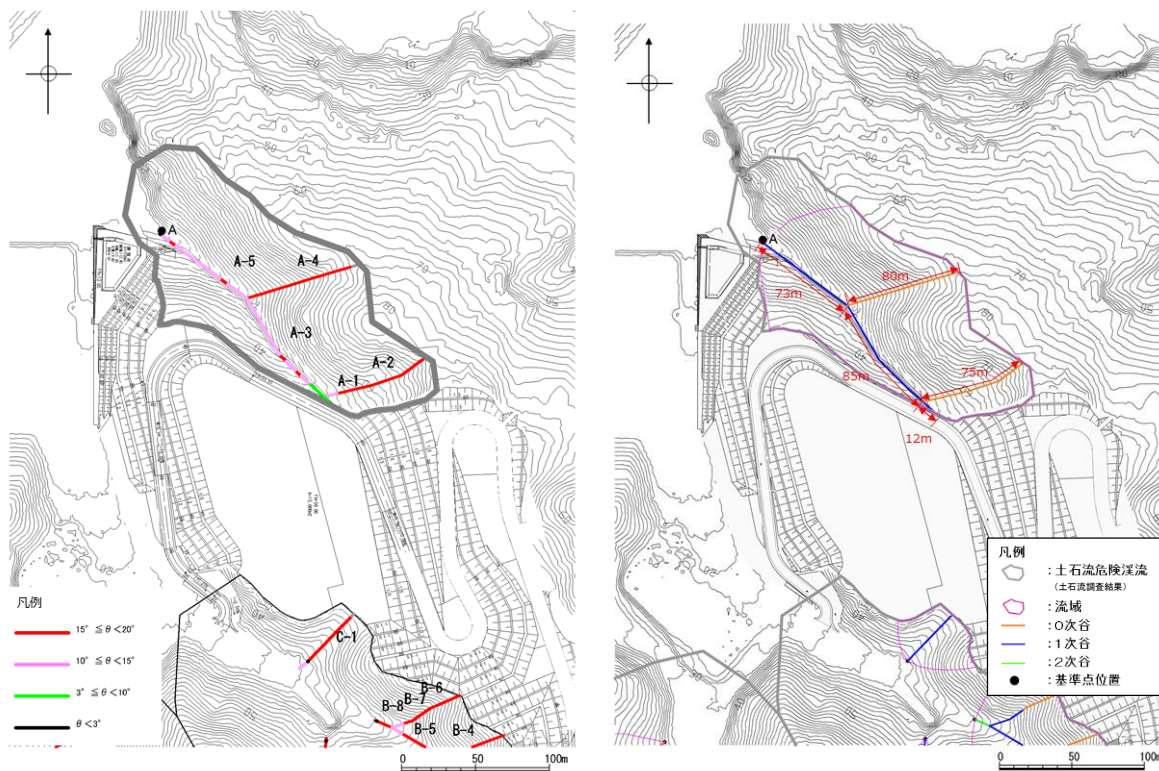


溪床勾配図



谷次数，溪流の延長及び流域図

図-14 図上調査結果（土石流危険溪流⑥）



溪床勾配図

谷次数, 溪流の延長及び流域図

図-15 図上調査結果 (土石流危険溪流⑦)

② 現地調査

現地調査により, 土石流危険溪流における溪床の状況について調査した。その結果, いずれの溪流も堆積土砂が分布することを確認した。(溪床を対象とした現地調査結果の詳細は別紙5参照)

(3) 計画流出土砂量の算出

土石流危険渓流7箇所について、図上調査や渓床流動型土石流及び山腹崩壊型土石流に関する現地調査を実施した結果に基づき、計画流出土砂量を算出した。

計画流出土砂量の算出にあたっては、砂防指針に基づき、流域内の移動可能土砂量と計画規模の土石流によって運搬できる土砂量（運搬可能土砂量）を比較して小さい方の値を土石流調査結果の計画流出土砂量とする。また、土石流調査結果と島根県調査結果の計画流出土砂量を比較し、両者を包絡したうえで保守的に設定した値を事象想定として考慮する計画流出土砂量とする。

以下に、移動可能土砂量、運搬可能土砂量及び計画流出土砂量の算出方法及び算出結果を示す。

①移動可能土砂量の算出

砂防指針に基づき、侵食深、侵食幅及び渓流の延長を想定して渓床全体の移動可能土砂量を算出した結果を表-3に示す。

表-3 移動可能土砂量算出結果

土石流危険渓流	基準点	移動可能土砂量 (m ³)
①	A	2,560
	B	3,030
	C	1,530
	D	1,320
②	A	5,930
③	A	1,880
④	B	3,810
⑤	A	820
	B	7,840
⑥	A	1,070
	B	2,050
	C	1,260
⑦	A	980

②運搬可能土砂量の算出

砂防指針を参考に、運搬可能土砂量は以下の式を用いて求めた。

$$V_{ec} = \frac{10^3 \cdot R_{24} \cdot A}{1 - K_v} \cdot \left[\frac{C_d}{1 - C_d} \right] \cdot K_{f2}$$

ここで、

V_{ec} : 運搬可能土砂量 (計画規模の土石流によって運搬できる土砂量 (m³))

R_{24} : 計画規模の 24 時間雨量

A : 流域面積 (km²)

K_v : 空隙率 ($K_v = 0.4$) (「砂防指針」より一般値を設定)

C_d : 流動中の土石流の容積土砂濃度

溪流⑦を除き溪床勾配が 15° 以上のため、 C_d は上限値の 0.54

溪流⑦は溪床勾配が 14.9° のため、 C_d は 0.52

K_{f2} : 流出補正率 ($K_{f2} = 0.05 (\log A - 2.0)^2 + 0.05$, $0.1 \leq K_{f2} \leq 0.5$)

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)}$$

ここで、

σ : 礫の密度 (2.6t/m³) (「砂防指針」より一般値を設定)

ρ : 水の密度 (1.2t/m³) (「砂防指針」より一般値を設定)

ϕ : 溪床堆積土砂の内部摩擦角 (35°) (「砂防指針」より一般値を設定)

θ : 溪床勾配 (°)

計画規模の 24 時間雨量は、砂防指針によると 100 年超過確率 24 時間雨量を用いるとされているが、表-4 のとおり、観測地点「松江」で 100 年超過確率 24 時間雨量 (271 mm, 観測地点「恵曇, 鹿島」) を上回る年最大 24 時間降水量の既往最大観測記録 (306.9mm) が得られていることを踏まえ、計画規模の 24 時間雨量を保守的に 306.9mm と設定した。

なお、100 年超過確率 24 時間雨量は、発電所周辺 (観測地点: 恵曇, 鹿島) の日雨量観測記録を用いて「高水計画検討の手引き (案)」(一般財団法人国土技術研究センター, 平成 12 年 10 月) に基づき実施している。確率統計解析結果を図-16 に示す。

表-4 観測地点「松江」における年最大24時間降水量

西暦	昭和 平成	使用した資料	観測所	年最大24時間降水量※1			西暦	昭和 平成	使用した資料	観測所	年最大24時間降水量※1		
				雨量(mm)	発生日時						雨量(mm)	発生日時	
1950	S25	アメダス	松江	68.5	9/2	15:00~	1986	S61	アメダス	松江	108.0	7/9	5:00~
1951	S26	アメダス	松江	68.7	7/14	22:00~	1987	S62	アメダス	松江	150.5	10/16	9:00~
1952	S27	アメダス	松江	124.6	9/12	10:00~	1988	S63	アメダス	松江	222.5	7/13	2:00~
1953	S28	アメダス	松江	155.7	7/4	23:00~	1989	H01	アメダス	松江	98.0	9/1	12:00~
1954	S29	アメダス	松江	95.1	9/25	11:00~	1990	H02	アメダス	松江	78.0	9/19	3:00~
1955	S30	アメダス	松江	108.6	7/5	17:00~	1991	H03	アメダス	松江	97.5	6/1	23:00~
1956	S31	アメダス	松江	74.7	8/23	13:00~	1992	H04	アメダス	松江	70.5	8/24	14:00~
1957	S32	アメダス	松江	68.6	7/8	12:00~	1993	H05	アメダス	松江	156.5	6/28	23:00~
1958	S33	アメダス	松江	116.3	7/1	23:00~	1994	H06	アメダス	松江	108.5	9/14	20:00~
1959	S34	アメダス	松江	115.2	8/8	14:00~	1995	H07	アメダス	松江	126.0	7/20	17:00~
1960	S35	アメダス	松江	71.8	9/4	22:00~	1996	H08	アメダス	松江	159.5	6/25	8:00~
1961	S36	アメダス	松江	149.7	8/8	23:00~	1997	H09	アメダス	松江	174.5	7/11	8:00~
1962	S37	アメダス	松江	79.7	9/4	0:00~	1998	H10	アメダス	松江	115.0	10/17	10:00~
1963	S38	アメダス	松江	127.3	6/3	9:00~	1999	H11	アメダス	松江	102.0	6/29	4:00~
1964	S39	アメダス	松江	306.9	7/18	9:00~	2000	H12	アメダス	松江	187.0	9/22	4:00~
1965	S40	アメダス	松江	148.9	7/21	5:00~	2001	H13	アメダス	松江	147.5	6/18	17:00~
1966	S41	アメダス	松江	102.1	9/17	14:00~	2002	H14	アメダス	松江	64.5	10/19	19:00~
1967	S42	アメダス	松江	138.5	10/27	9:00~	2003	H15	アメダス	松江	126.5	7/11	6:00~
1968	S43	アメダス	松江	173.5	7/14	23:00~	2004	H16	アメダス	松江	116.0	10/20	1:00~
1969	S44	アメダス	松江	149.0	7/31	2:00~	2005	H17	アメダス	松江	137.0	7/1	11:00~
1970	S45	アメダス	松江	109.5	6/14	17:00~	2006	H18	アメダス	松江	171.0	7/18	0:00~
1971	S46	アメダス	松江	148.5	6/11	7:00~	2007	H19	アメダス	松江	85.0	6/24	2:00~
1972	S47	アメダス	松江	222.0	7/11	10:00~	2008	H20	アメダス	松江	121.5	6/20	4:00~
1973	S48	アメダス	松江	53.0	4/16	18:00~	2009	H21	アメダス	松江	130.0	6/22	1:00~
1974	S49	アメダス	松江	169.0	7/9	15:00~	2010	H22	アメダス	松江	87.5	7/3	0:00~
1975	S50	アメダス	松江	90.0	8/6	11:00~	2011	H23	アメダス	松江	161.0	5/10	23:00~
1976	S51	アメダス	松江	112.5	8/10	7:00~	2012	H24	アメダス	松江	92.0	9/15	12:00~
1977	S52	アメダス	松江	113.5	8/7	18:00~	2013	H25	アメダス	松江	119.0	9/3	13:00~
1978	S53	アメダス	松江	58.5	6/30	3:00~	2014	H26	アメダス	松江	105.5	10/12	22:00~
1979	S54	アメダス	松江	137.5	10/18	13:00~	2015	H27	アメダス	松江	77.0	8/31	12:00~
1980	S55	アメダス	松江	115.0	10/13	1:00~	2016	H28	アメダス	松江	94.5	8/28	15:00~
1981	S56	アメダス	松江	192.5	6/28	12:00~	2017	H29	アメダス	松江	133.0	10/22	3:00~
1982	S57	アメダス	松江	106.0	9/24	19:00~	2018	H30	アメダス	松江	126.5	9/29	20:00~
1983	S58	アメダス	松江	158.5	9/27	16:00~							
1984	S59	アメダス	松江	130.0	6/25	21:00~							
1985	S60	アメダス	松江	116.5	6/24	8:00~							

※1 気象庁HPより引用

1964 : 既往最大観測値

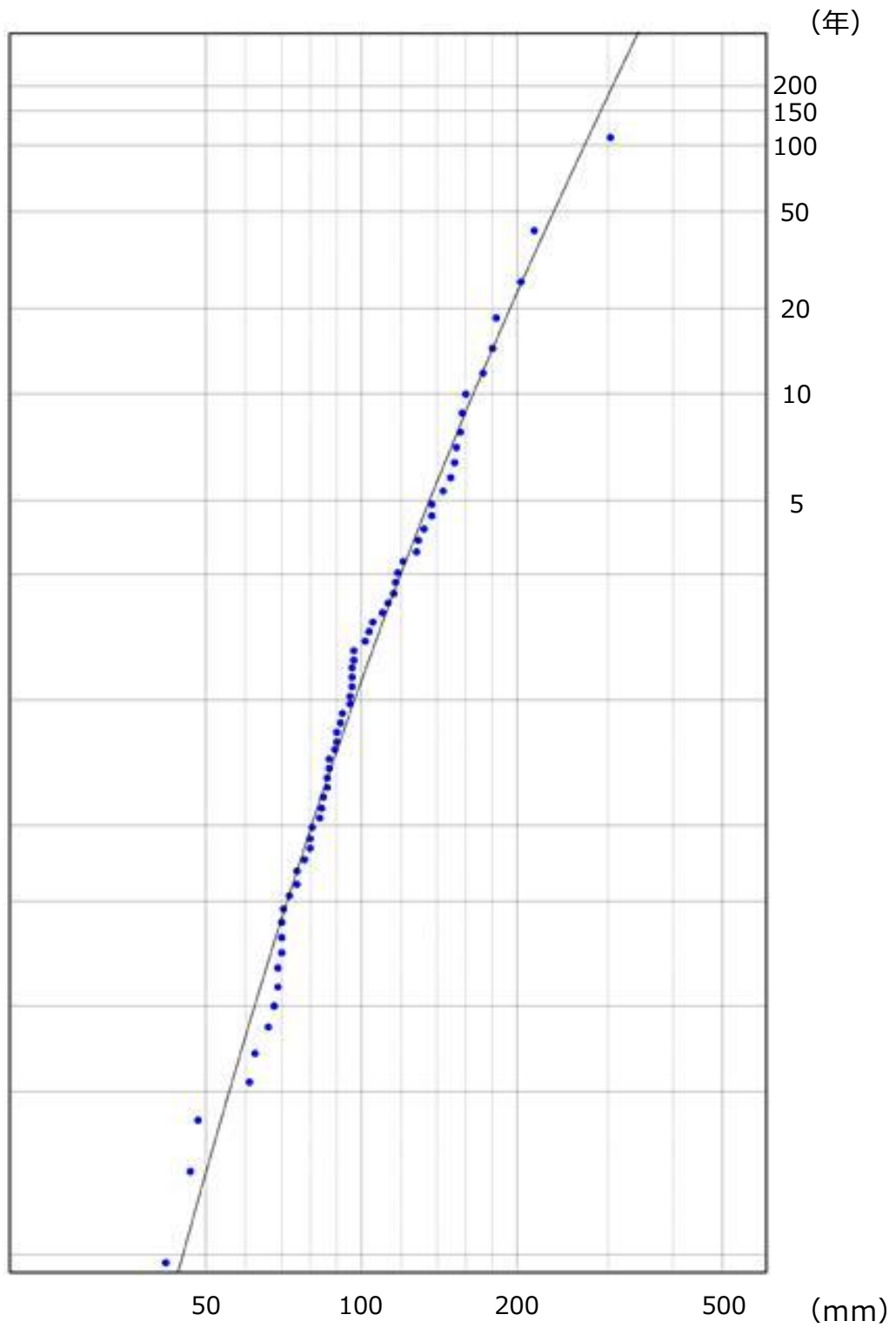


図-16 100年超過確率24時間雨量（観測地点「恵曇，鹿島」）
確率統計解析結果

運搬可能土砂量を算出した結果を表-5 に示す。

表-5 運搬可能土砂量算出結果

土石流危険溪流	基準点	流域面積 (km ²)	運搬可能土砂量 (m ³)
①	A	0.009	2,702
	B	0.024	7,205
	C	0.010	3,002
	D	0.013	3,903
②	A	0.045	13,510
③	A	0.034	10,208
④	B	0.038	11,409
⑤	A	0.007	2,102
	B	0.050	15,011
⑥	A	0.007	2,102
	B	0.010	3,002
	C	0.002	600
⑦	A	0.016	4,433

③計画流出土砂量の算出

移動可能土砂量及び運搬可能土砂量から計画流出土砂量を算出した結果を表-6に示す。

また、土石流調査結果と島根県調査結果の計画流出土砂量を比較し、両者を包絡したうえで保守的に設定した値を事象想定として考慮する計画流出土砂量とする。

土石流調査結果、島根県調査結果及び事象想定として考慮する計画流出土砂量を表-7に示す。(土石流調査結果と島根県調査結果の比較の詳細は別紙6参照)

表-6 土石流危険渓流の計画流出土砂量

土石流危険渓流	基準点	移動可能土砂量 (m ³)	運搬可能土砂量 (m ³)	計画流出土砂量 (m ³) ※ ¹	計画流出土砂量 (m ³) (渓流ごとの総計)
①	A	2,560	2,702	2,560	8,440
	B	3,030	7,205	3,030	
	C	1,530	3,002	1,530	
	D	1,320	3,903	1,320	
②	A	5,930	13,510	5,930	5,930
③	A	1,880	10,208	1,880	1,880
④	B	3,810	11,409	3,810	3,810
⑤	A	820	2,102	1,000 ^{※2}	8,840
	B	7,840	15,011	7,840	
⑥	A	1,070	2,102	1,070	4,120
	B	2,050	3,002	2,050	
	C	1,260	600	1,000 ^{※2}	
⑦	A	980	4,433	1,000 ^{※2}	1,000

※1 砂防指針に基づき、計画流出土砂量は移動可能土砂量と運搬可能土砂量のより小さい値を採用し、一の位を切り上げて表記した。

※2 砂防指針に基づき、計画基準点において算出した計画流出土砂量が1,000m³以下の場合、計画流出土砂量を1,000m³とした。

表-7 計画流出土砂量（土石流調査結果，島根県調査結果及び事象想定）

	計画流出土砂量 (m ³) (土石流調査結果)	計画流出土砂量 (m ³) (島根県調査結果)	計画流出土砂量 (m ³) (事象想定)
横断測線	谷の次数毎に実施 (3～13測線)	代表的な谷で実施 (1～2測線)	
土石流危険溪流①	8,440	調査なし	9,000
土石流危険溪流②	5,930	調査なし	6,000
土石流危険溪流③	1,880	1,388	2,000
土石流危険溪流④	3,810	5,914	6,000
土石流危険溪流⑤	8,840	6,770	9,000
土石流危険溪流⑥	4,120	4,528	5,000
土石流危険溪流⑦	1,000	1,170	2,000

(4) 転石の調査

各土石流危険溪流の基準点より上流に存在する転石の分布状況及び粒径を把握する調査を実施した。図-17に粒径の度数分布図を示す（詳細な調査結果は別紙7参照）。確認された転石については，粒径0.5m未満となるよう小割を行う。土石流危険溪流に分布する転石は，土石流発生時に土砂に取り込まれて流下するものと考えられる。転石を含む土石流は各土石流危険区域に堆積するものとし，その土砂の高さは小割後の転石の粒径を考慮して0.5m以上となるよう設定する。土石流により建築物に作用すると想定される力の大きさは，「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律施行令第2条第2号の規定に基づき国土交通大臣が定める方法を定める告示（国土交通省告示第332号）」にその算出方法が示されており，土石流に含まれる礫（転石）の密度が考慮されている（図-18）。また，「砂防指針」によると，土石流により流下する土石等の量は，1波の土石流により流出すると想定される土砂量を考慮するとされている（図-19）。なお，土石流流体力は，設置許可段階において，図-4に示す「土石流の影響評価フロー図」に基づき安全施設等に対する土石流の影響評価を実施する際に考慮する。

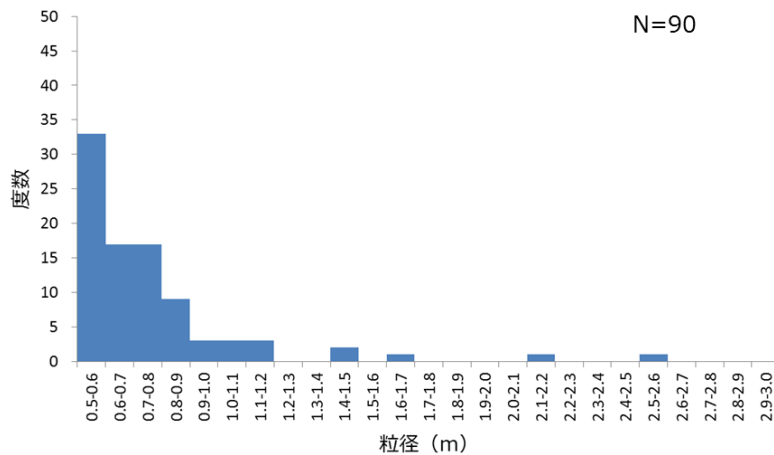


図-17 粒径の度数分布図（土石流危険溪流①～⑦）

令第3条第2号の規定に基づき当該土石流により流下する土石等の量、土地の勾配等に応じて国土交通大臣が定める方法は、次の式により算出することとする。

$$F_d = \rho_d U^2$$

この式において、 F_d 、 ρ_d 及び U は、それぞれ次の数値を表すものとする。
 F_d 土石流により建築物に作用すると想定される力の大きさ（単位 1平方メートルにつきキロニュートン）
 ρ_d 次の式により計算した土石流の密度（単位 1立方メートルにつきトン）

$$\rho_d = \frac{\rho \tan \phi}{\tan \phi - \tan \theta}$$

この式において、 ρ 、 ϕ 及び θ は、それぞれ次の数値を表すものとする。
 ρ 土石流に含まれる流水の密度（単位 1立方メートルにつきトン）
 ϕ 土石流に含まれる土石等の内部摩擦角（単位 度）
 θ 土石流が流下する土地の勾配（単位 度）

U 次の式により計算した土石流の流速（単位 メートル毎秒）

$$U = \frac{h^{2/3} (\sin \theta)^{1/2}}{n}$$

この式において、 h 、 θ 、 n は、それぞれ次の数値を表すものとする。
 h 次の式により計算した土石流の高さ（単位 メートル）

$$h = \left[\frac{0.01 n C_* V (\sigma - \rho) (\tan \phi - \tan \theta)}{\rho B (\sin \theta)^{1/2} \tan \theta} \right]^{3/5}$$

この式において、 n 、 C_* 、 V 、 σ 、 ρ 、 ϕ 、 θ 及び B は、それぞれ次の数値を表すものとする。

- n 粗度係数
- C_* 堆積土石等の容積濃度
- V 土石流により流下する土石等の量（単位 立方メートル）
- σ 土石流に含まれる礫の密度（単位 1立方メートルにつきトン）
- ρ 土石流に含まれる流水の密度（単位 1立方メートルにつきトン）
- ϕ 土石流に含まれる土石等の内部摩擦角（単位 度）
- θ 土石流が流下する土地の勾配（単位 度）
- B 土石流が流下する幅（単位 メートル）
- θ 土石流が流下する土地の勾配（単位 度）
- n 粗度係数

図-18 土石流により建築物に作用する力の算出方法(土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律施行令第2条第2号の規定に基づき国土交通大臣が定める方法を定める告示（国土交通省告示第332号）より引用）

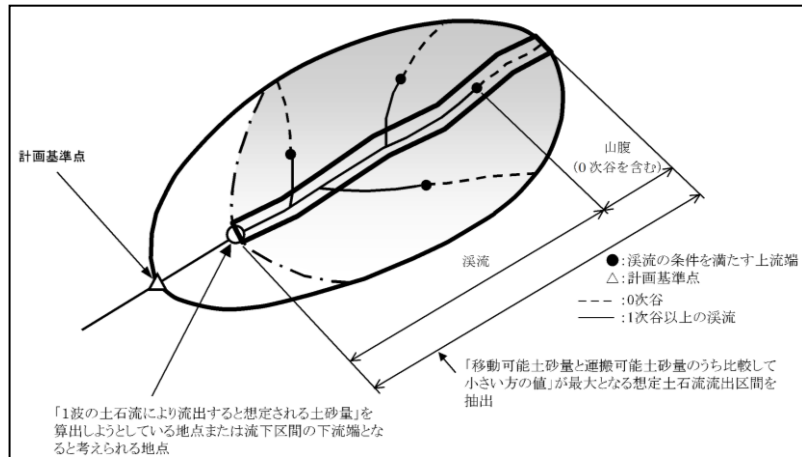


図-19 1波の土石流により流出すると想定される土砂量算出のイメージ図
 (「砂防指針」より引用)

4.3 土砂の堆積高さの算出

「土石流危険箇所」における土石流危険区域①～⑦（図-5）について、各土石流危険溪流から流れ出した土砂がそれぞれの土石流危険区域に堆積するものとして、以下の式を用いて求めた。また、土石流危険区域が重なる範囲の土砂の堆積高さについては、土砂の重畳を考慮し土砂の堆積高さを合計して算出する。表-8 に土砂の堆積高さの算出結果を示す。

$$\text{土砂の堆積高さ (m)} = \text{計画流出土砂量 (m}^3\text{)} \div \text{土石流危険区域の面積 (m}^2\text{)}$$

表-8 土砂の堆積高さ

土石流危険溪流	計画流出土砂量 (m ³)	土石流危険区域面積 (m ²)	土砂の堆積高さ (m)	土石流危険区域が重なる範囲の土砂の堆積高さ (m)
①	9,000	11,663	0.78	1.32
②	6,000	11,188	0.54	
③	2,000	5,078	0.40	1.49
④	6,000	5,510	1.09	
⑤	9,000	14,250	0.64	1.13
⑥	5,000	10,388	0.49	
⑦	2,000	6,580	0.31	—

4.4 土石流の影響評価

溪床に土石流の発生源となる堆積土砂が確認されたため、保守的に土石流が発生した場合の土石流危険区域内にある安全施設への影響評価を実施する。土石流危険区域及び安全施設等の位置を図-20, 土石流危険区域及び安全施設の代替設備の位置を図-21 に示す。

なお、安全重要度分類クラス1, クラス2, 安全評価上その機能に期待する安全重要度分類クラス3の施設は、土石流危険区域範囲外である原子炉建物内, タービン建物内, 制御室建物内, 廃棄物処理建物内, 原子炉建物周辺, 取水槽又は排気筒エリアに設置されているため、影響はない。

(1) 土石流危険区域①

本区域において、土石流の影響を受ける安全施設は220kV第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔である。当該鉄塔は、安全評価上その機能に期待しない安全重要度分類クラス3の施設であり、以下の観点から安全施設の安全機能に影響を及ぼすおそれはない。

- ・当該鉄塔は、土石流により破損したとしても、代替設備として土石流危険区域外に設置している66kV鹿島支線を確保していることから、影響はない。

なお、土石流危険区域③の範囲に代替の受電設備として自主設置している第2-66kV開閉所があり、土石流により破損した場合、接続されている66kV鹿島支線 No. 2-1 鉄塔が影響を受ける可能性がある。仮に土石流危険区域①及び土石流危険区域③において、同時に土石流が発生し、220kV第二島根原子力幹線及び66kV鹿島支線が機能喪失した場合においても、代替設備として非常用ディーゼル発電機を土石流危険区域外に設置し確保していることから、影響はない。

(2) 土石流危険区域②

本区域において、土石流の影響を受ける安全施設は220kV第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔, 44m 盤消火ポンプ及び44m 盤消火タンクである。当該設備は、安全評価上その機能に期待しない安全重要度分類クラス3の施設であり、以下の観点から安全施設の安全機能に影響を及ぼすおそれはない。

- ・当該鉄塔への影響は上記(1)と同様である。
- ・当該ポンプ及びタンクは、土石流により破損したとしても、設計基準事故に至るおそれはない。

また、代替設備として土石流危険区域外に配備し確保している全域ガス消火設備又は消火器による対応が可能であることから、影響はない。

なお、代替設備としては化学消防自動車及び小型動力ポンプ付水槽車も土石流危険区域外に配備し確保しており、対応可能な場合に使用する。

(3) 土石流危険区域③

土石流危険区域③の範囲には安全施設は存在しない。

なお、代替の受電設備として自主設置している第2-66kV 開閉所があり、土石流により破損した場合の影響については、上記(1)に示すとおりである。

(4) 土石流危険区域④

本区域において、土石流の影響を受ける安全施設は固体廃棄物貯蔵所(B棟)である。

固体廃棄物貯蔵所(B棟)は、安全評価上その機能に期待しない安全重要度分類クラス3の施設であり、以下の観点から安全施設の安全機能に影響を及ぼすおそれはない。

- ・固体廃棄物貯蔵所(B棟)が土石流により損傷した場合においても、当該施設は低レベル放射性廃棄物の貯蔵施設であること、及び保管されている廃棄物は汚染が広がらないようドラム缶や金属容器に封入されていることから、当該施設の損傷によって、公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれはない。

また、当該施設が損傷した場合には、放射線量を計測し、必要に応じて、鉛毛マット等による遮蔽を行うほか、速やかに当該施設の補修を行う。

(5) 土石流危険区域⑤

土石流危険区域⑤の範囲には安全施設は存在しない。

(6) 土石流危険区域⑥

土石流危険区域⑥の範囲には安全施設は存在しない。

(7) 土石流危険区域⑦

本区域において、土石流の影響を受ける安全施設は固体廃棄物貯蔵所(A棟)、サイトバンカ建物消火ポンプ、サイトバンカ建物消火タンク及び気象観測設備である。

固体廃棄物貯蔵所(A棟)は、安全評価上その機能に期待しない安全重要度分類クラス3の施設であり、以下の観点から安全施設の安全機能に影響を及ぼすおそれはない。

- ・固体廃棄物貯蔵所(A棟)が土石流により損傷した場合においても、当該施設は低レベル放射性廃棄物の貯蔵施設であること、及び保管されている廃棄物は汚染が広がらないようドラム缶や金属容器に封入されていることから、当該施設の損傷によって、公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれはない。

また、当該施設が損傷した場合には、放射線量を計測し、必要に応じて、

鉛毛マット等による遮蔽を行うほか、速やかに当該施設の補修を行う。

サイトバンカ建物消火ポンプ及びサイトバンカ建物消火タンクは、安全評価上その機能に期待しない安全重要度分類クラス3の施設であり、以下の観点から安全施設の安全機能に影響を及ぼすおそれはない。

- ・当該ポンプ及びタンクは、土石流により破損したとしても、設計基準事故に至るおそれはない。

また、代替設備として土石流危険区域外に配備し確保している消火器による対応が可能であることから、影響はない。

なお、代替設備としては化学消防自動車及び小型動力ポンプ付水槽車も土石流危険区域外に配備し確保しており、対応可能な場合に使用する。

気象観測設備は、安全評価上その機能に期待しない安全重要度分類クラス3の施設であり、以下の観点から安全施設の安全機能に影響を及ぼすおそれはない。

- ・当該設備は、土石流により破損したとしても、設計基準事故に至るおそれはない。
- ・破損した場合には、速やかに補修を実施する。

なお、代替設備として可搬式気象観測装置を土石流危険区域外に保管し確保している。

土石流危険区域⑦に含まれる設備等について、図-22に示す。土石流危険区域内の設備等が土石流により破損しても、土砂に取り込まれて流下し、土石流危険区域内に留まることから、土石流危険区域外の安全施設等に影響を及ぼすことはない。

ただし、管理事務所4号館については、防波壁に隣接していることから、土石流により倒壊した場合に防波壁に影響がない設計とする。影響評価結果については、詳細設計段階で示す。

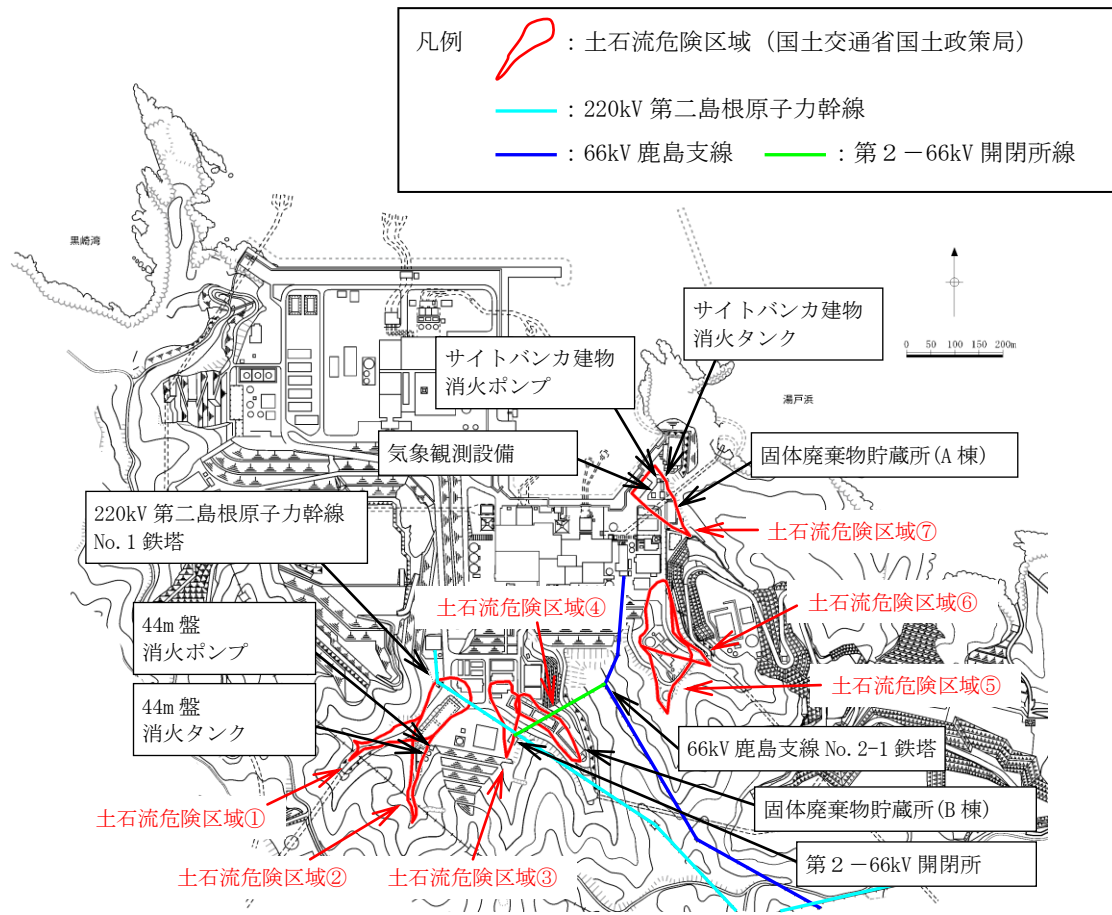


図-20 島根原子力発電所周辺における土石流危険区域
及び対象施設（安全施設等）位置図

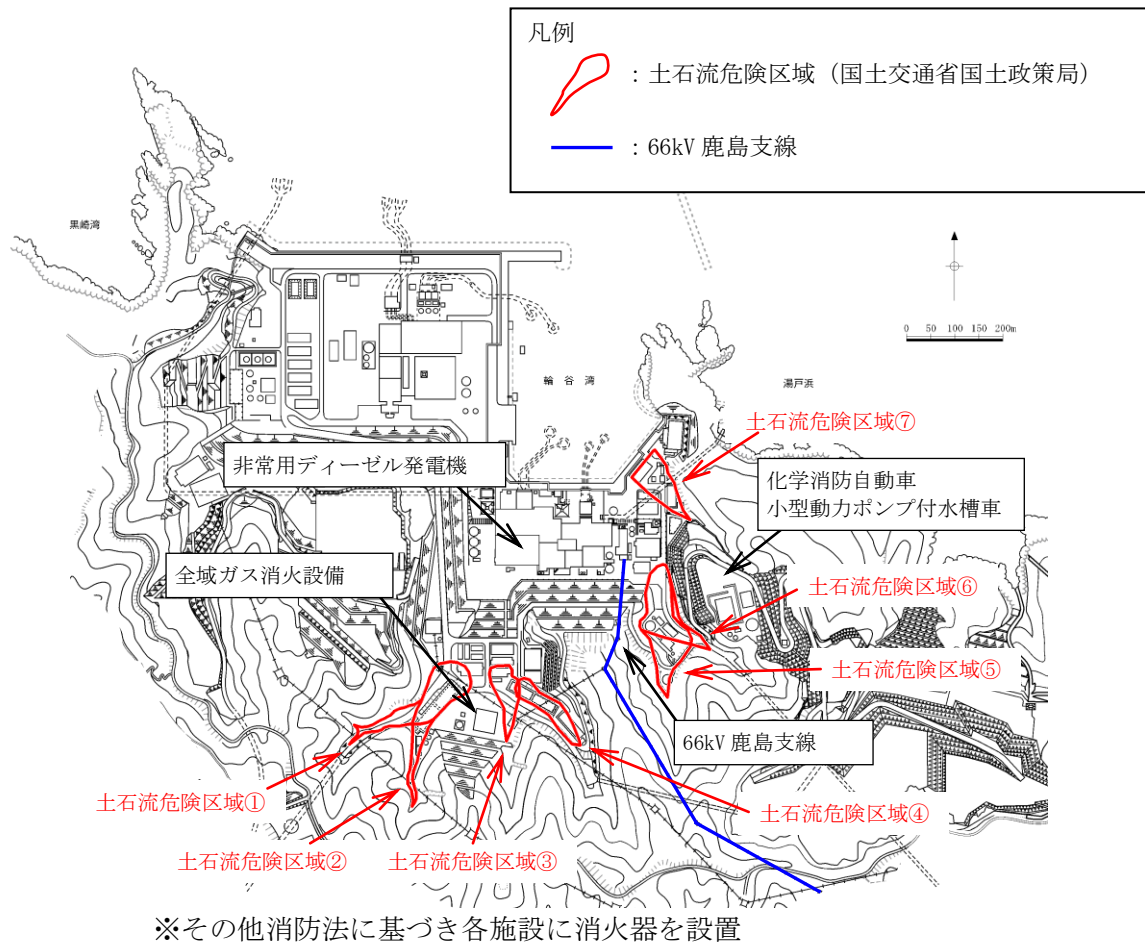


図-21 島根原子力発電所周辺における土石流危険区域
及び安全施設の代替設備位置図

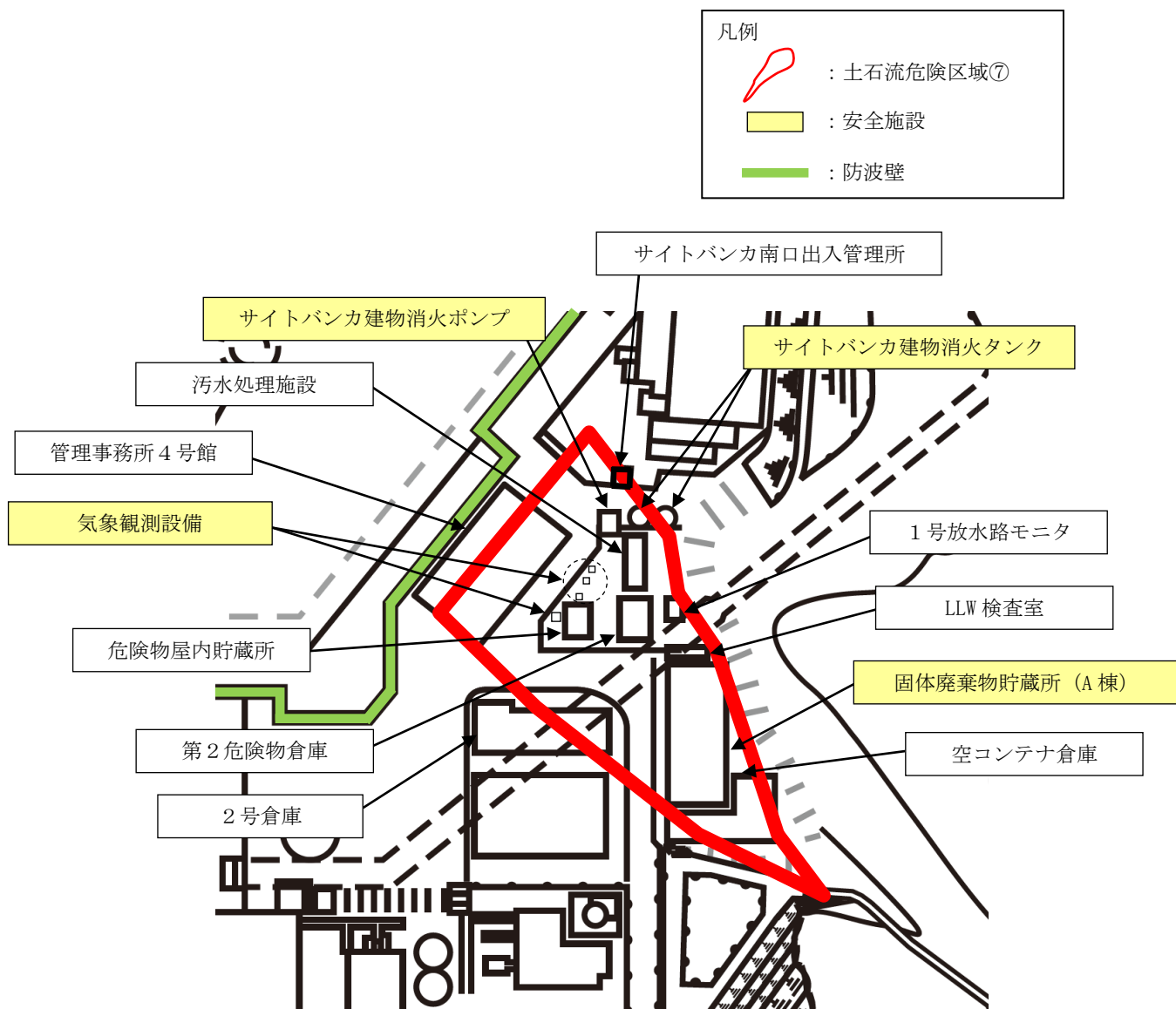


図-22 土石流危険区域⑦に含まれる設備等

参考文献

- (1) 清水文健・井口 隆・大八木規夫(2005a) : 5 万分の 1 地すべり地形分布図 第 26 集 「浜田・大社」 図集, 地すべり地形分布図 恵曇, 防災科学技術研究所研究資料 第 285 号, 防災科学技術研究所
- (2) 清水文健・井口 隆・大八木規夫(2005b) : 5 万分の 1 地すべり地形分布図 第 25 集 「松江・高梁」 図集, 地すべり地形分布図 境港, 防災科学技術研究所研究資料 第 278 号, 防災科学技術研究所
- (3) Huber and Hager(1997) : Forecasting Impulse Waves in Reservoirs, Commission Internationale Des Grands Barrages Florence

地滑り・土石流の概要

1. 地滑り・土石流について

「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」において、地滑りは「土地の一部が地下水などに起因して滑る自然現象又はこれに伴って移動する自然現象」と定義されており、地下水等の影響により斜面の一部が動き出す現象である。また、土石流は「山腹が崩壊して生じた土石等又は溪流の土石等が水と一体となって流下する自然現象」と定義されている。すなわち、山腹や川底の土砂が長雨や集中豪雨等によって、土砂と水が一体となって一気に下流へと押し流される現象である。

なお、地滑り・土石流以外の土砂災害の種類としては、急傾斜地の崩壊が挙げられている。急傾斜地の崩壊は「傾斜度が 30° 以上である土地が崩壊する自然現象」と定義されており、急傾斜面が突然崩れ落ちる現象である。

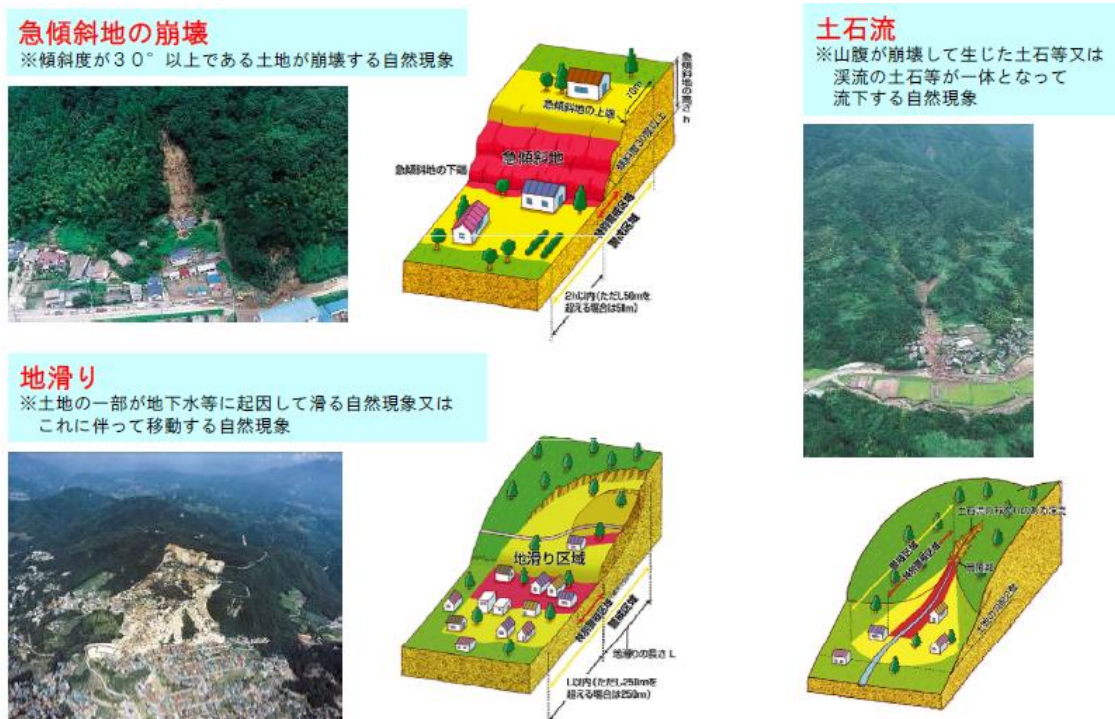


図-1 土砂災害の種類（国土交通省 HP）

(1) 土石流の発生形態

土石流は、急傾斜地の崩壊や地滑りと比較して、移動距離が長く、発生した場所から離れた場所でも被害を受ける危険性があることが特徴的である。

土石流の発生形態としては、①山腹崩壊の土石流化、②溪床堆積土砂の流動化、③天然ダムの決壊等が挙げられる。

- ① 集中豪雨等により山腹崩壊が発生した際に堆積した土砂が、表流水等の影響により流動化し、そのまま土石流として流れ出るもの。
- ② 溪流内に堆積している土砂が、集中豪雨等の影響により流動化し、土石流として流れ出るもの。
- ③ 集中豪雨等により山腹崩壊や地滑りが発生した際に、その崩壊土砂により河川が一時的に閉塞され（いわゆる天然ダムの形成）、その後上流側に流水が貯まり水位が上昇することで、崩壊土砂（天然ダム）が決壊して土石流として流れ出るもの。

土石流の発生形態のうち、①、③については山腹崩壊型土石流に分類され、②については溪床流動型土石流に分類される。

土石流が発生しやすい谷は、山崩れが起きやすい山地内にあり、急勾配区間（概ね 15° 以上）が長く、谷底に土砂が厚く堆積している谷である。火山灰や火山礫など固結していない地層が積み重なっている火山の谷では、土石流材料の供給源が豊富にあるため、土石流が発生する可能性が大きくなる。

また、勾配が $1\sim 2^{\circ}$ 以下といった緩やかな扇状地は河流が運んだ土砂の堆積によるものであるが、勾配の急な扇状地は主として土石流の堆積の繰り返しにより形成されたもので、土石流が発生する危険が大きい地形である。

2. 調査の概要

(1) 地滑り調査の一般的な実施内容

地滑りでは、図-2に示すような滑落崖、押し出し下底面（二次すべり面）等の特徴的な地形が発達する。地滑り地形では、滑落崖、地表面逆傾斜、先端部の押し出し、台地状地形等、図-3に示すような等高線が特徴的に乱れた形状を示すことが多い。また、地滑り地形における等高線の配置は、滑落崖では図-4に示すような凹型谷型斜面をなす。

独立行政法人防災科学技術研究所（以下、「防災科研」）による地すべり地形分布図では、初期的な地滑り変動に関連すると思われる地形的痕跡として、不安定域と推定される斜面領域や斜面上部に発達する小崖地形について判読を行っており、そこに表層すべりは含まれないとしている。国土交通省 HP によると、地滑りは一般的には深層崩壊にともなって発生する現象で動きが緩慢なものが多いとされている。ここで深層崩壊は、すべり面が表層崩壊よりも深部で発生し、表土層だけでなく深層の地盤までもが崩壊土塊となる比較的規模の大きな崩壊現象としている。また表層崩壊は、斜面崩壊のうち、厚さ $0.5\sim 2.0$ m程度の表層土が、表層土と基盤層の境界に沿って滑落する比較的規模の小さな崩壊としている。本資料では、厚さ 2 m程度より深い規模を「地滑り」とし、それより浅い表層土と基盤層の境界に沿って滑落する規模の現象を「表層すべり」と区別して評価する。

防災科研は地すべり地形分布図の利活用における留意点の一つとして、利用者の責任による現地調査が必要としている。

地滑り調査では、防災科研調査と空中写真判読基準は同様であるが、詳細な旧地形図を含む多様な参照資料を用いた地形判読を行い、地滑りを示唆する地形的特徴を確認するとともに、確認された地滑り地形を対象に現地調査を実施した。現地調査では、文献調査及び地滑り地形判読によって抽出された地滑り地形を対象に、地形、地質及び湧水等の水文的な観点に基づく現地調査を実施し、地滑りの特徴が認められる場合は、地滑りが発生する場合を想定し、地滑りの範囲・規模を評価した。現地調査における主な留意点、着目点を表-1に示す。

なお、地滑り地形の抽出に用いた判断基準や留意点については、基準津波策定時の地滑り地形の抽出と同様の考え方である。

地滑り調査と防災科研調査で用いた主な資料を別紙3に示す。

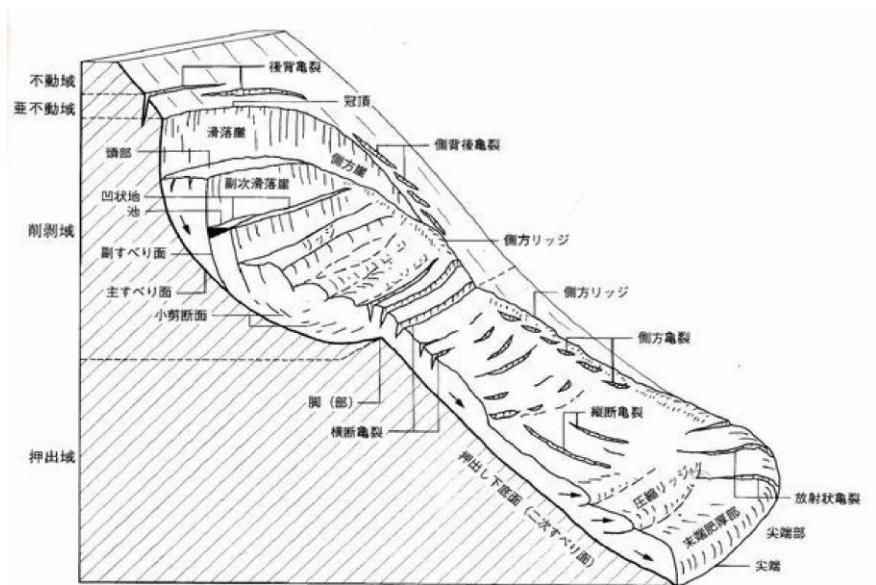


図-2 地滑りに伴って生じる各種の地形

(鈴木隆介(2000)：建設技術者のための地形図読図入門，第3巻，古今書院)

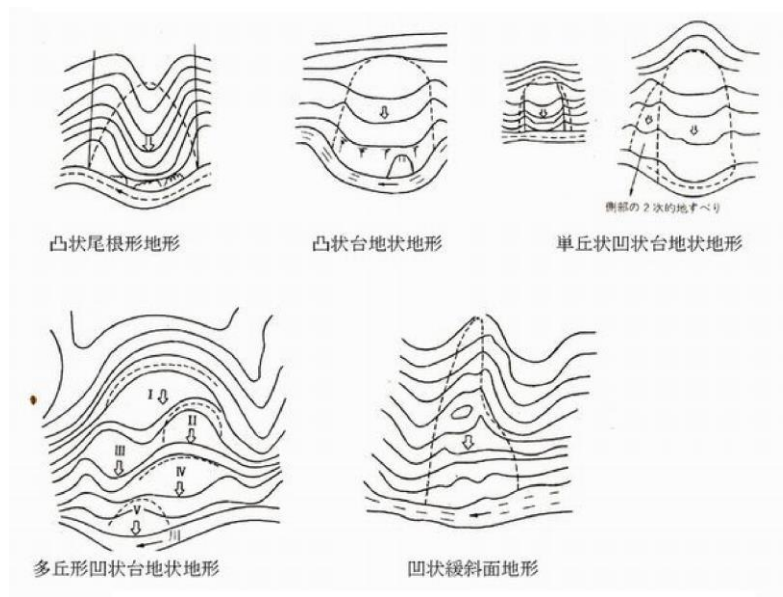


図-3 地滑り地形の特徴

(渡 正亮・小橋澄治(1987)：地すべり・斜面崩壊の予知と対策，山海堂)

分類	尾根型斜面 (r)	直線斜面 (s)	谷型斜面 (v)
凸形斜面 (X)	凸形尾根型斜面 (Xr)	凸形直線斜面 (Xs)	凸形谷型斜面 (Xv)
等斉斜面 (R)	等斉尾根型斜面 (Rr)	等斉直線斜面 (Rs)	等斉谷型斜面 (Rv)
凹形斜面 (V)	凹形尾根型斜面 (Vr)	凹形直線斜面 (Vs)	凹形谷型斜面 (Vv)

図-4 斜面の形態的分類

(鈴木隆介(2000)：建設技術者のための地形図読図入門，第3巻，古今書院)

表-1 現地調査における主な留意点，着目点

項目	留意点・着目点
地形	<ul style="list-style-type: none"> ・ 亀裂，段差等の微地形の有無 ・ 遷緩線，遷急線の有無 ・ 支沢の発達状況 ・ 旧地形
地質	<ul style="list-style-type: none"> ・ 岩種及び岩相 ・ 地質構造（流れ盤，破砕帯の有無等） ・ 風化の程度 ・ 節理間隔，ゆるみの有無
水文	<ul style="list-style-type: none"> ・ 表流水及び表流跡の有無 ・ 湧水地点の位置及び状況
構造物	<ul style="list-style-type: none"> ・ クラックの有無

(2) 土石流調査の一般的な実施内容

平成 11 年から 4 年間に亘って各都道府県において実施された土石流危険溪流に関する調査においては，旧建設省の「土石流危険溪流および土石流危険区域調査要領（案）」に基づき調査が実施されている。

「土石流危険溪流および土石流危険区域調査要領（案）」に示されている土石流危険溪流の調査実施フローの概要は図-5 に示すとおりである。

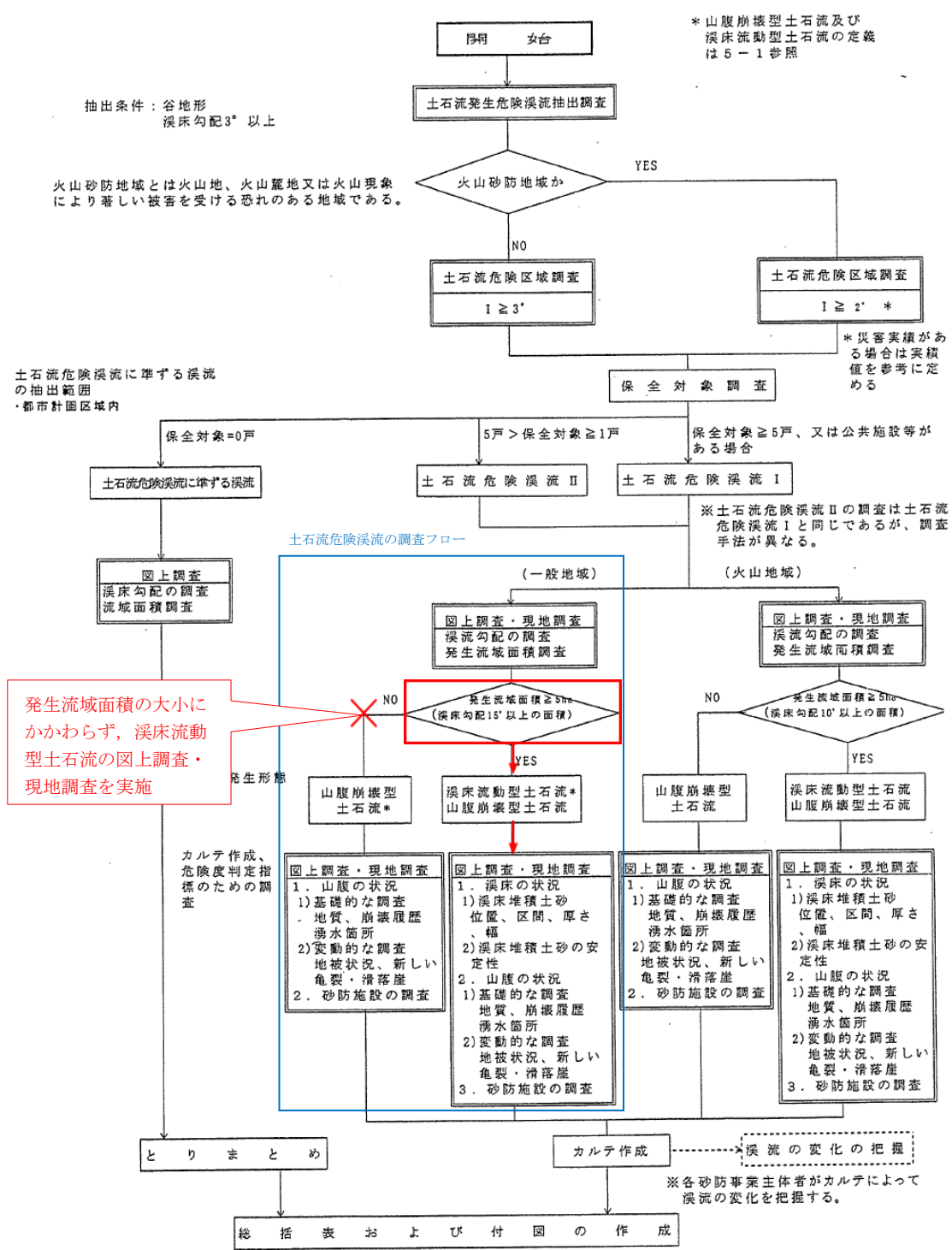


図-5 土石流危険渓流の調査フローチャート

(土石流危険渓流および土石流危険区域調査要領 (案), 一部加筆)

土石流危険渓流調査では、まず、土石流危険区域調査により土石流危険区域を設定し、土石流危険区域にある保全対象の調査を行うことにより、土石流危険渓流の分類を行っている。その結果、土石流危険渓流 I 及び土石流危険渓流 II に分類されたものに対して土石流発生の要因及び砂防施設の調査を実施している。

土石流危険渓流の調査（図-5における囲み部分）においては、土石流危険渓流の状況を確認するために、渓床の状況調査、山腹の状況調査及び砂防施設の調査を実施することとしている。各調査は図上調査（地形図からの読み取り）又は現地踏査によるものとしている。土石流の発生要因を考慮して、調査項目として①渓床勾配、②流域面積、③渓床の状況、④山腹の状況が挙げられる。これら4項目のうち、①～③は渓床流動型土石流の発生要因、④は山腹崩壊型土石流の発生要因となるものである。各項目の説明を以下に示す。

① 渓床勾配

土石流は、発生区間、流下区間及び堆積区間が渓床勾配によってほぼ明確に分類できることが知られている。図-6に渓床勾配の区分を示す。

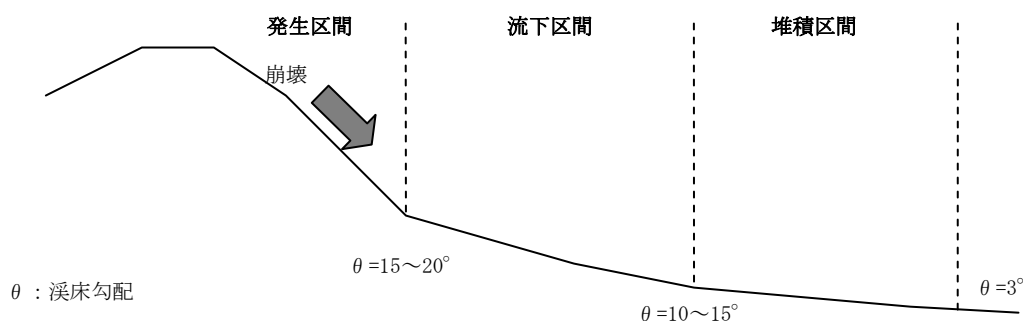


図-6 渓床勾配の区分

② 流域面積

土石流の発生流域面積は、土石流発生要因の一つである水量を表す指標であり、流出土砂量の大小をある程度把握できるものとして調査している。発生流域面積は渓床勾配が 15° の地点より上流の流域面積とされている。発生流域面積が 0.05km^2 未満の小渓流では渓床流動型土石流は発生しにくいとされ、渓床の状況調査は実施しないとされている。

③ 渓床の状況

渓床流動型土石流においては、発生源となる渓床堆積土砂の存在及び量が重要な要素となることから、渓床堆積土砂の有無やその安定度を確認する。

④ 山腹の状況

流域内で1箇所当たりの崩壊面積が $1,000\text{m}^2$ 以上の山腹崩壊が発生した場合、その崩壊土砂が流動化し土石流となる危険性がある。土石流となるような比較的規模の大きい山腹崩壊の発生の危険性を判断するために、地質や規模の大きい崩壊履歴、常時湧水箇所の調査を実施する。

3. 土石流による主な被害事例

近年発生した土石流の被害事例を表-2に示す。土石流は、主にマサ土や火山灰等で発生している。マサ土は、花崗岩が風化してできた砂であり、粘性が低く、脆く崩れやすい状態である場合が多い。火山灰は、粒子が細かいため不透水層を形成しやすく、不透水層の上面を雨水が流れることにより、土石流が発生しやすくなることが知られている。また、土石流は同じ場所あるいは近傍で繰り返し発生している。

表-2 近年発生した土石流被害事例

年月日	場所	地山の岩種	流下した土砂	周辺も含めた過去の土石流災害
2018. 7. 6～ 7. 7	広島県全域 岡山県岡山市・ 倉敷市・高梁市 山口県岩国市	主に花崗岩	主に マサ土	2014. 8. 20, 2009. 7. 21 等の豪雨災害あり
2014. 8. 20	広島市	花崗岩	マサ土	1999. 6. 29 の豪雨災害あり
2014. 7. 24	長野県南木曾町	花崗岩	マサ土	数年～数十年おきに発生
2013. 10. 16	伊豆大島	玄武岩（14世 紀の噴火によ る溶岩流）	火山灰 ・火砕物	1958. 9. 26 台風 22 号により同地区で 土石流災害
2009. 7. 21	山口県防府市	花崗岩	マサ土	数年～数十年おきに発生

参考文献：平成 26 年広島豪雨災害合同緊急調査団調査報告書（土木学会，地盤工学会）
伊豆大島土砂災害対策検討委員会報告書（伊豆大島土砂災害対策検討委員会）
2018 年 7 月西日本豪雨災害調査報告会用 暫定版調査報告書（土木学会中国支部）
平成 30 年 7 月豪雨を踏まえた治山対策検討チーム 中間とりまとめ（林野庁）

地滑り調査結果

独立行政法人防災科学技術研究所（以下、「防災科研」）が作成した地すべり地形分布図（平成17年）では、島根原子力発電所周辺に位置する地滑り地形が示されている（以下、「防災科研調査結果」）。ただし、地滑り地形のうち、敷地北西方の地滑り地形は、敷地外に位置し、その変状が直接敷地に影響を及ぼさないと考えられるが、流出土砂が敷地へ及ぼす影響について別途評価する。抽出された地滑り地形について、防災科研調査の地滑り地形と合わせて図-1に示す。

地滑り調査及び防災科研調査により抽出された地滑り地形について、机上調査及び現地調査による詳細検討の結果を示す。

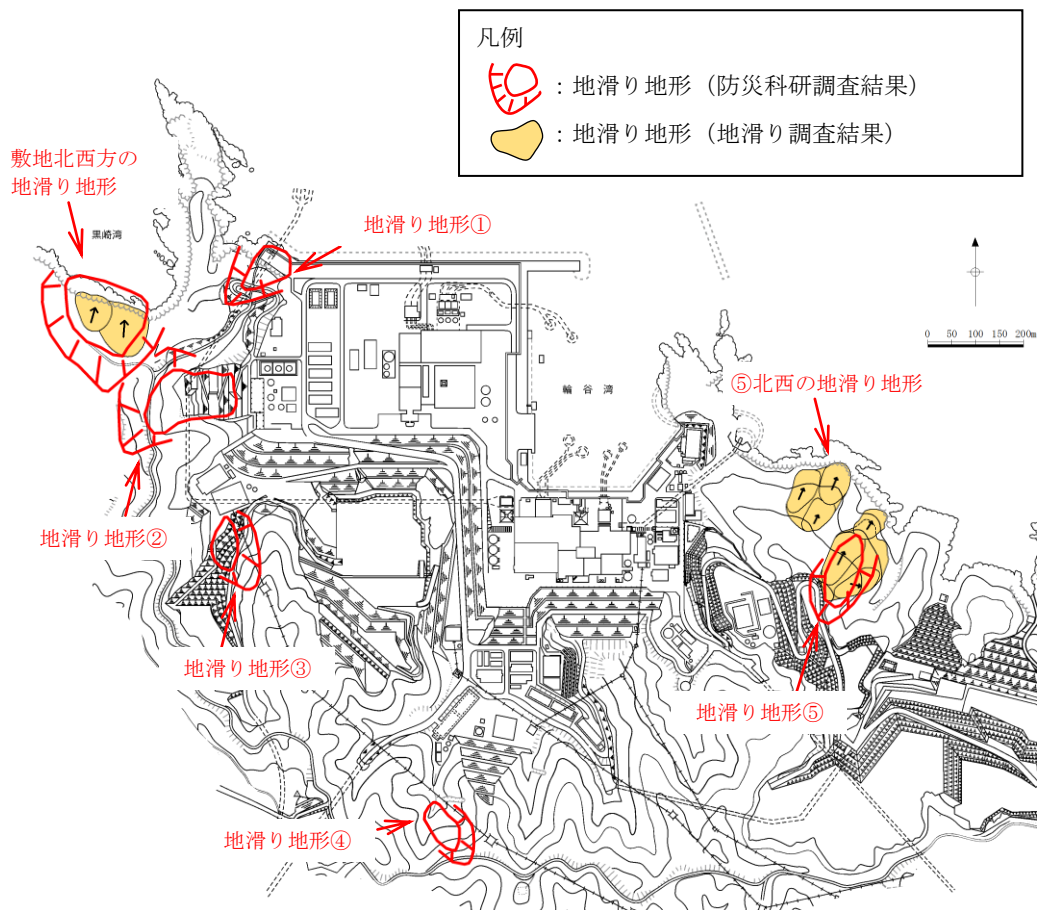


図-1 島根原子力発電所周辺の地滑り地形分布図

1. 地滑り地形①

1.1 地形判読

発電所北西端にある北東向き斜面で標高0～80mの斜面をなす。現在は人工改変が加わり元の地形が残っていない。地滑り地形①周辺の旧地形図を図-2に示す。

3種類の空中写真（1962年撮影、1973年撮影及び1976年撮影）を判読した結果、1962年撮影のモノクロ空中写真が原地形を良く表している。1976年カラー写真は画像の分解能が高いが、耕作地が放棄されており、雑草が繁茂しているように見える。また、海岸側にある立木は1962年に比べて成長し、その斜面地形が判読しにくい。1973年モノクロ空中写真は撮影縮尺が4万分の1と小縮尺であり、微細な地形が判読できない。したがって、地滑り地形判読には、主に1962年モノクロ空中写真を用いることとする。

判読に使用した空中写真を図-3、図-4及び図-5に示す。

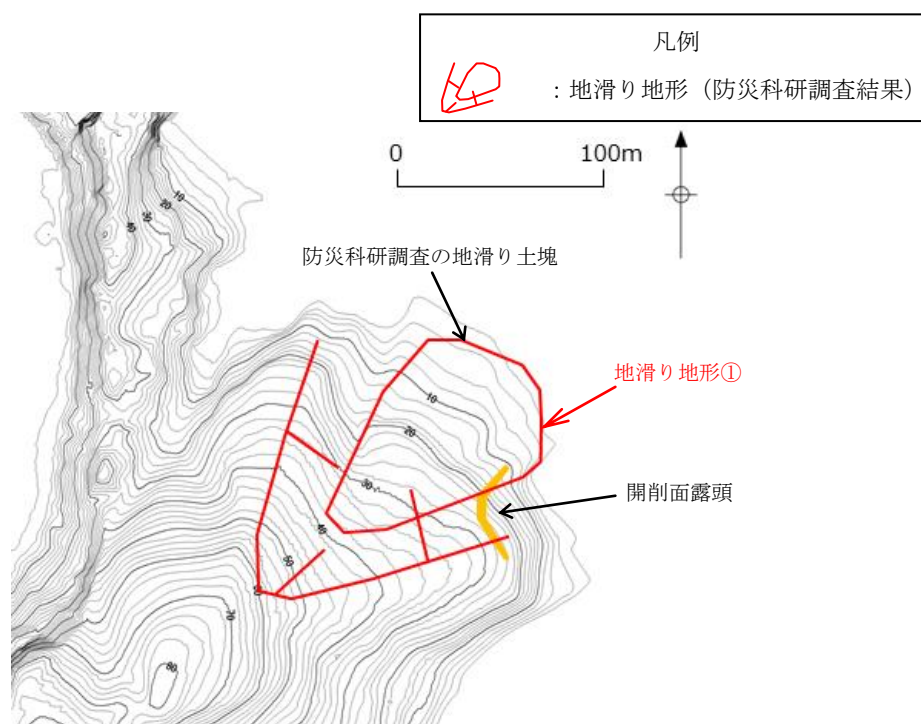


図-2 地滑り地形①周辺の旧地形図（原縮尺：2千5百分の1）



図-3 地滑り地形①周辺の空中写真(撮影縮尺：1万分の1，1962年撮影)



図-4 地滑り地形①周辺の空中写真(撮影縮尺：4万分の1，1973年撮影)



図-5 地滑り地形①周辺の空中写真(撮影縮尺：1万分の1，1976年撮影)

発電所建設前の空中写真によると、防災科研調査結果の地滑り地形①及び地滑り地形②ともに耕作地からなる。白色の耕作地は畑、濃灰色の耕作地は水田である。ここでは、地滑り地形①の地形判読結果について、発電所建設前の空中写真では地滑りの特徴が認められる地滑り地形②と比較した。判読に使用した1962年撮影のモノクロ空中写真を図-6に示す。地滑り地形①は、耕作地が整然と段をなす。一方、地滑り地形②は、不規則な凹凸を有する斜面がある。また、耕作地の輪郭は、谷奥に向かって湾曲して配列する。

空中写真図化により作成した1mDEMを使用し、3次元地形モデルを作成した(図-7)。地滑り地形①は、滑落崖が認められず、地滑り地形の特徴は確認されない。また、地滑り土塊の地形も不明である。一方、地滑り地形②は、馬蹄形の滑落崖を伴い、滑落崖の中に緩斜面が認められ、不規則な凹凸が確認される。緩斜面は、土砂が堆積して形成された斜面と推定される。

空中写真図化により作成した1mDEMを使用し、1mコンターの等高線図を作成した(図-8)。地滑り地形①の地滑り土塊とされる箇所のうち標高25~45mに緩斜面が分布し、等高線の乱れが認められることから、表層すべり(h)が想定される。当該箇所は、浅い谷部に位置することから、厚さ数mの土砂が堆積していると考えられる。また、地滑り地形①の滑落崖とされる箇所に概ね対応する地形として、標高45~65mに相対的に急な斜面が存在するが、その斜面は等斉直線斜面(RS、鈴木(2000)⁽¹⁾)で傾斜方向が東北東方向を示す。地滑り地形①の崩落方向は北北東方向を示し、斜面(RS)とは方向が異なる。仮に斜面(RS)を滑落崖とした場合、半円形の凹形谷型斜面が想定される(鈴木(2000))が、そのような地形は確認されない。一方、地滑り地形②は、3次元地形モデルの検討結果と同様に、馬蹄形の滑落崖を伴い、滑落崖の中に緩斜面が認められ、不規則な凹凸が確認される。緩斜面は、土砂が堆積して形成された斜面と推定され、地滑り地形の特徴(渡・小橋(1987)⁽²⁾の凹状緩斜面地形)を有する。



図-6 地滑り地形①及び地滑り地形②周辺の空中写真
 (撮影縮尺：1万分の1，1962年撮影)

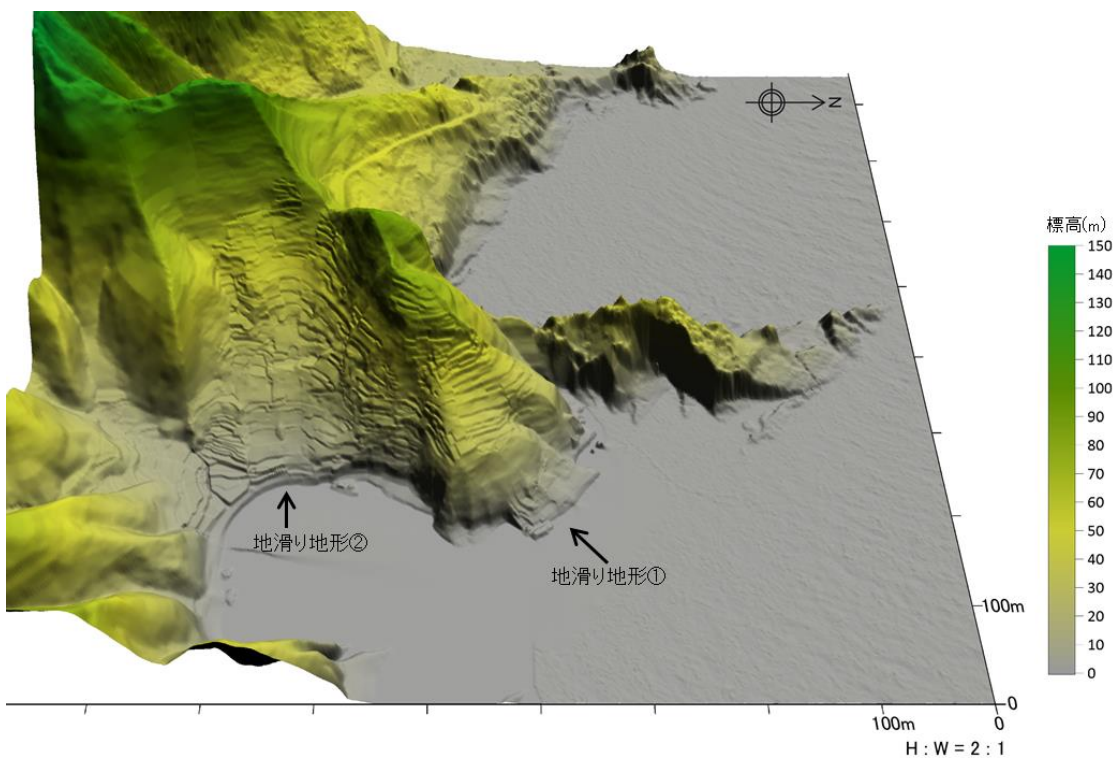


図-7 地滑り地形①及び地滑り地形②周辺の3次元地形モデル（東からの鳥瞰）
 (モノクロ空中写真（撮影縮尺：1万分の1，1962年撮影）により作成した
 1mDEMを使用)

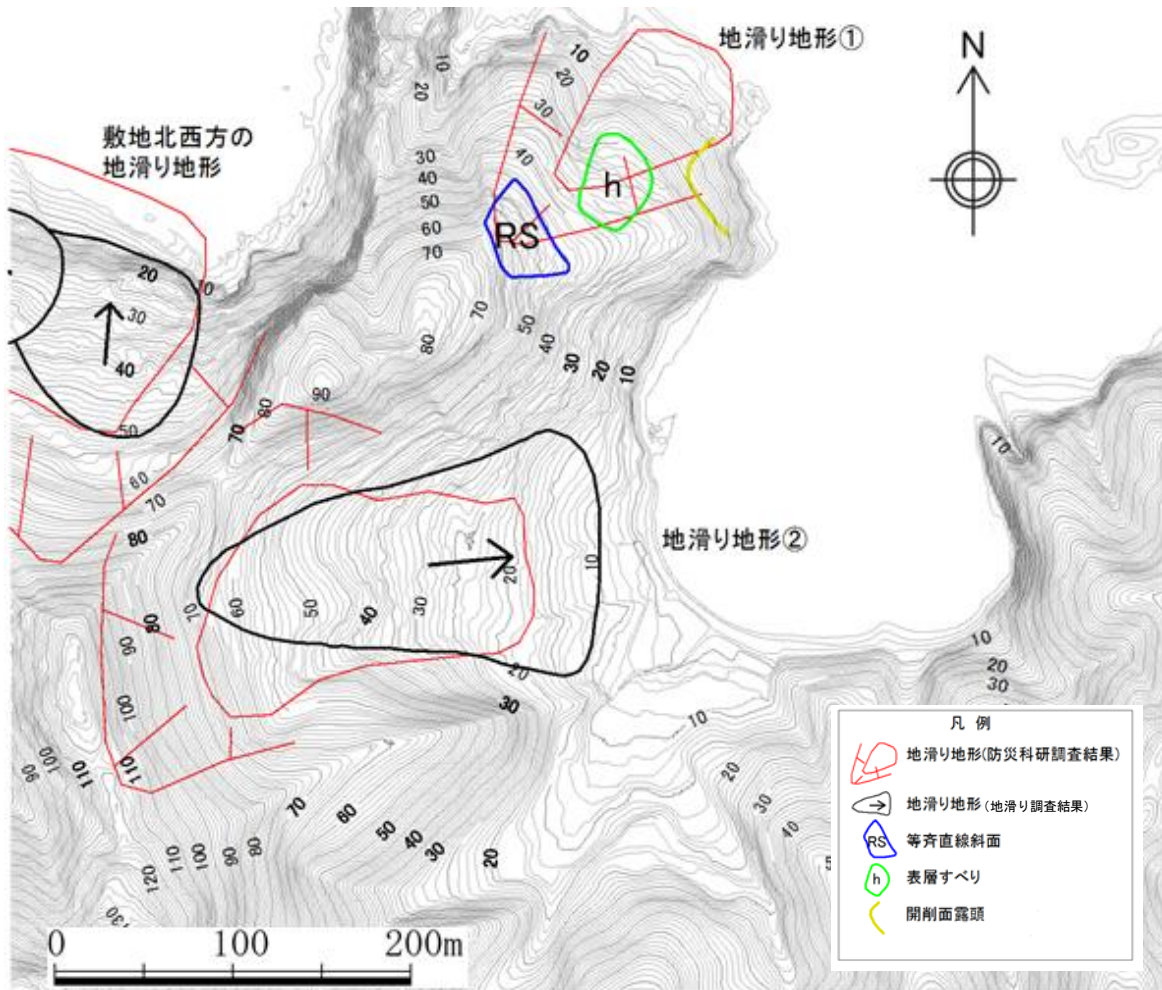


図-8 地滑り地形①及び地滑り地形②周辺の旧地形の等高線図
 (モノクロ空中写真(撮影縮尺: 1万分の1, 1962年撮影)より1mDEMを取得し作成)

注) 発電所建設前の地形図であることから, 地滑り地形②が認められる。

1.2 現地調査

地滑り地形①周辺のルートマップを図-9に示す。

現地調査の結果、防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所側方崖末端部においては、高さ約2mの段差が認められる。この地点は北東傾斜の層理面が連続的に見られ、葉理の発達したおおむね新鮮堅硬な火山礫凝灰岩からなる(図-10)。この地点に断層構造や顕著な割れ目は認められず、また地滑り末端部付近に生じる層理面の乱れや圧縮構造は確認されない。

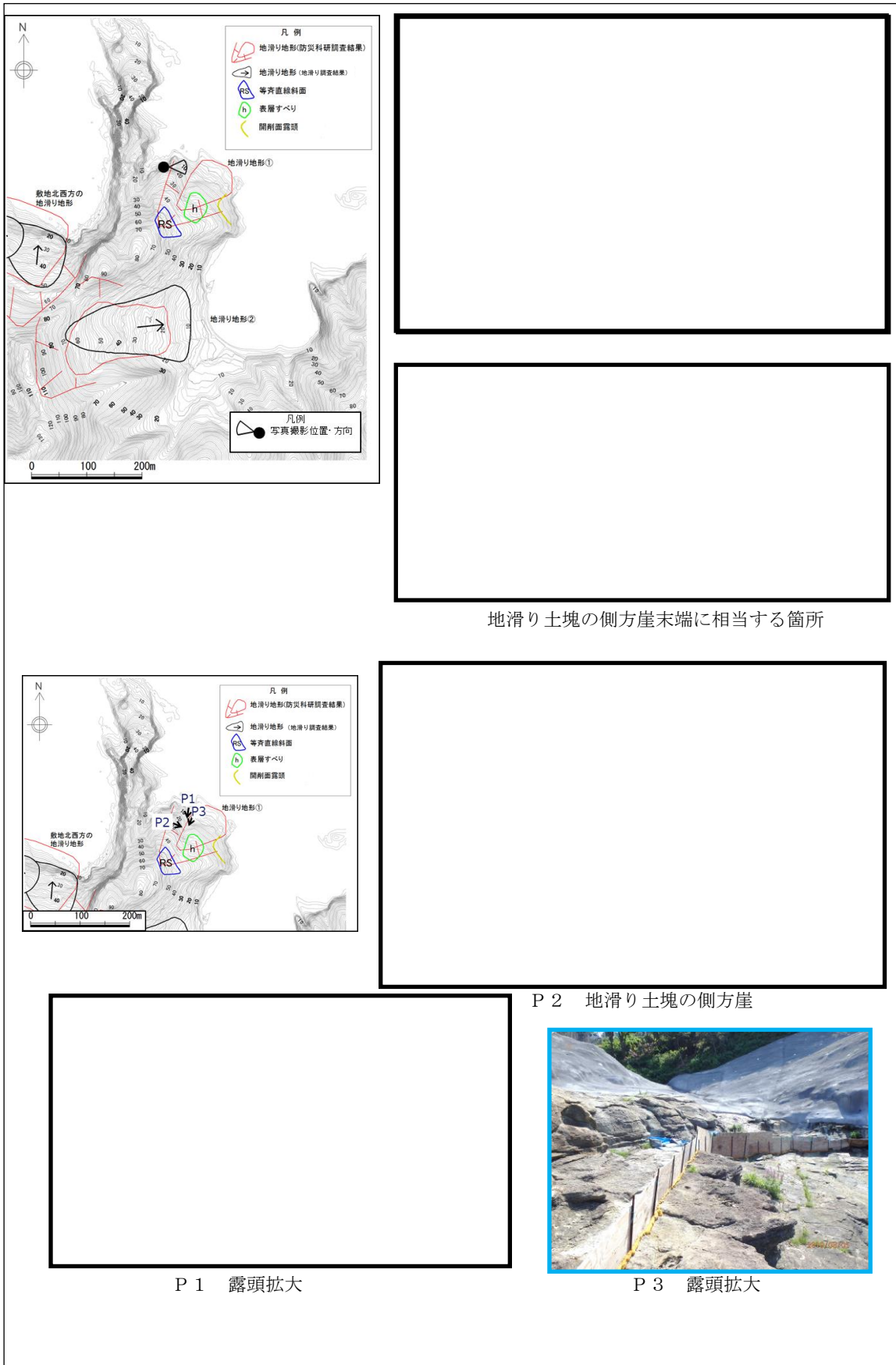
近傍で掘削されたボーリング孔(No. 201孔及びNo. 303孔)において滑り面は認められない(図-11)。

2号炉放水路(直径約6m)の切羽面(T.P.-6m付近)の観察を実施している(図-12)。切羽面は黒色頁岩層と淡緑色の凝灰岩層が20~240cmの厚さで互層している。切羽面の中央部に幅10~20cmのドレライトの脈が認められる。層理面(N75W 15N)が10~20cm間隔で発達し、密着性は比較的良好であるが、薄く褐色酸化している。層理面に直交する縦割れ目も存在するが、緩みや切羽面を横断する割れ目は認められない。また、観察面において、滑り面は認められない。

地滑り地形①周辺の露頭状況、ボーリング及び2号炉放水路トンネル切羽面観察の結果から、地山に防災科研調査の地滑り地形①規模の深層に及ぶ地滑りは認められない。



図-9 地滑り地形①周辺のルートマップ(平成8年調査)



地滑り土塊の側方崖末端に相当する箇所

P 2 地滑り土塊の側方崖

P 1 露頭拡大

P 3 露頭拡大

図-10 地滑り地形①の側方崖末端部付近の露頭写真

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

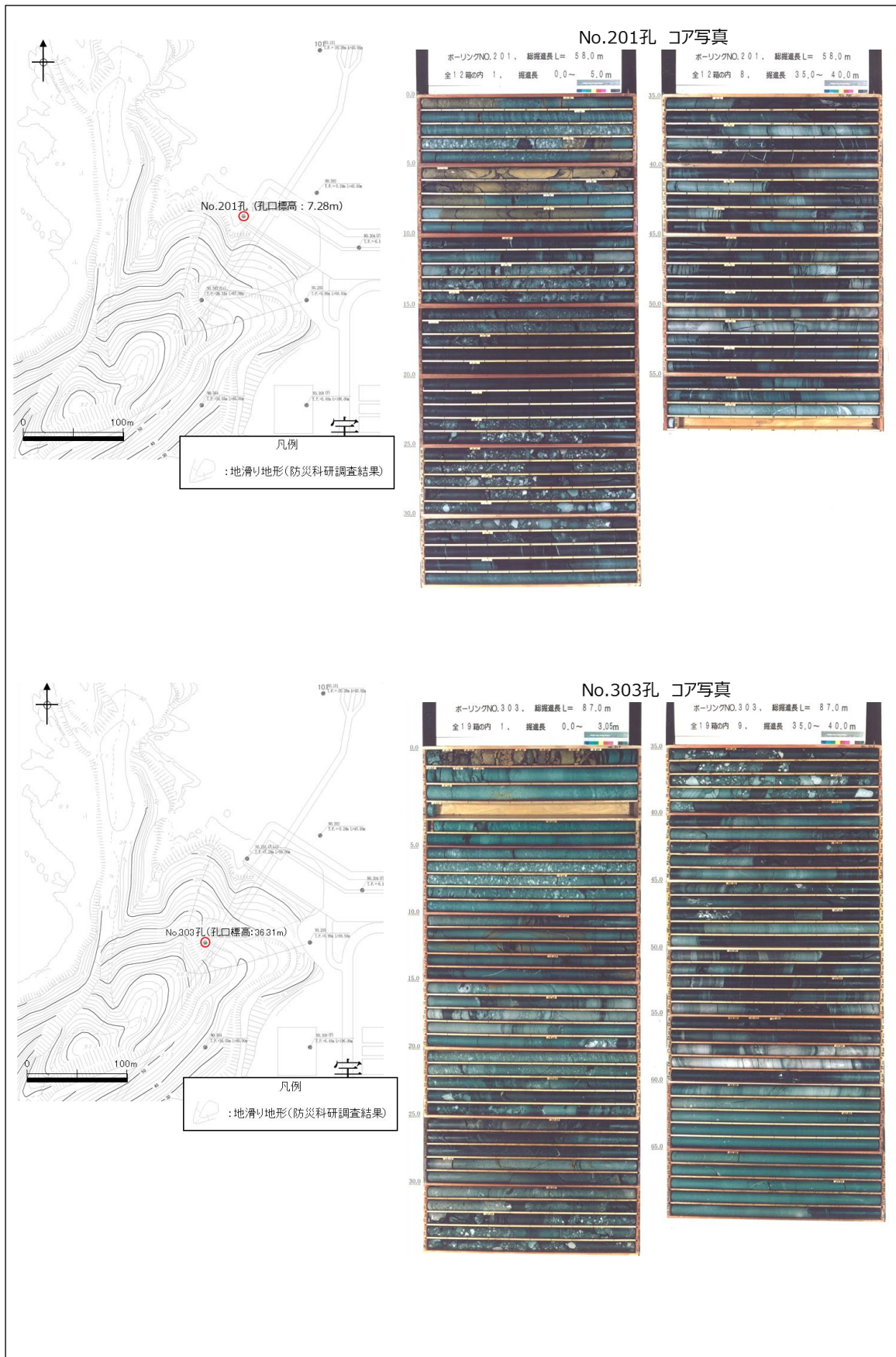


図-11 地滑り地形①近傍で掘削されたボーリングコア写真

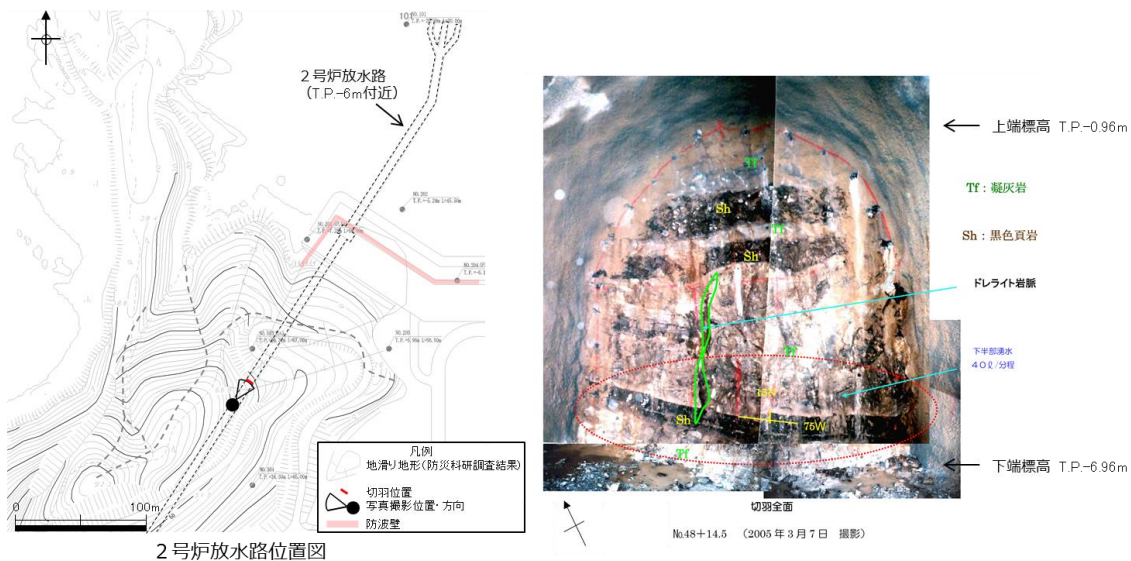


図-12 2号炉放水路（直径約6m）の切羽面観察結果

防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所の側面である開削面露頭において露頭観察を行った。開削面露頭の写真及びスケッチを図-13及び図-14に示す。開削面露頭は凝灰岩を主体とし、最下部及び上部に黑色頁岩薄層、ほぼ中央に火山礫凝灰岩層が認められる。これらの岩相境界は明瞭で、ほぼ平滑な境界を有する。露頭最上部には粘性土及び礫質土が分布する。層理面は北へ緩く傾斜し、これに直交する高角度割れ目が認められる。露頭全体が弱変質により淡褐色を呈するが、岩盤は堅硬である。シームや断層、褶曲、深層崩壊に伴う地滑り面は認められない。開削面露頭上部で認められた礫質土及び粘性土は、表層すべりの要因となる表層土に相当する可能性が考えられる。これらは、空中写真判読で認められた表層すべりを想定した厚さ数mの土砂に相当する可能性が考えられる。礫質土及び粘性土の層厚は、ボーリングコア及び露頭観察の結果、約2mであることが確認された。

防災科研調査結果の地滑り地形付近において確認された礫質土及び粘性土については、過去の表層すべりの可能性が完全に否定できないことから、防波壁周辺斜面の安定性確保のため撤去することとする。

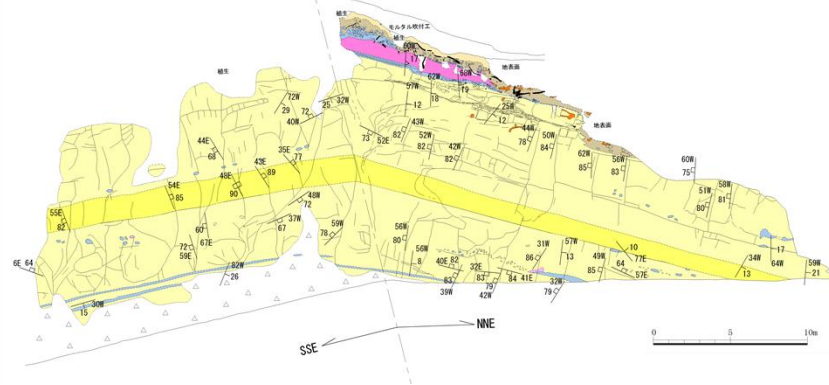
撤去範囲については、防波壁に与える影響を考慮し、尾根線に囲まれた内側の範囲について、岩盤部までの礫質土及び粘性土を全て撤去することとする。

標高40mより上方斜面では、露頭⑩、19W7孔にて礫質土が認められたことから、ルートマップ（平成8年調査）に記載された「崩積土」の範囲について、岩盤まで礫質土を全て撤去する。

対策工の概要について図-15に示す。

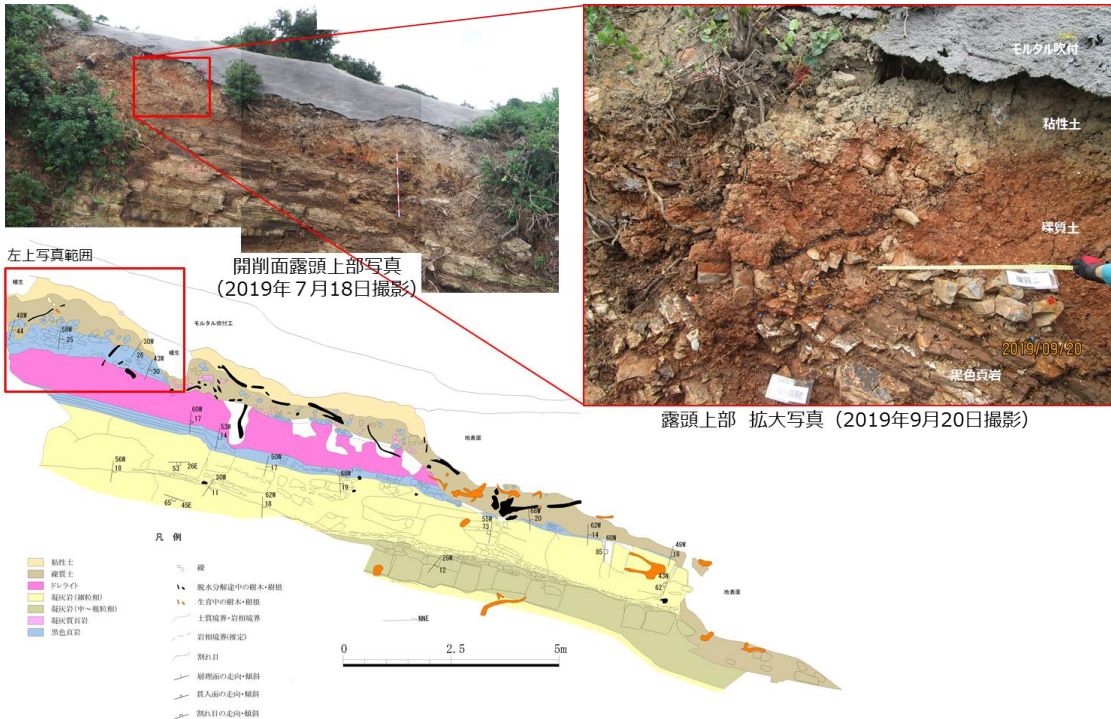


開削面露頭全景 (2019年11月6日撮影)



- 凡例
- △△ 土砂
 - 粘性土
 - 礫質土
 - ドレライト
 - 火山礫凝灰岩
 - 凝灰岩
 - 凝灰質頁岩
 - 黑色頁岩
- 礫
 - 〰 脱水分解途中の樹木・樹根
 - 〰 生育中の樹木・樹根
 - 〰 土質境界・岩相境界
 - 〰 岩相境界(推定)
 - 〰 割れ目
 - 〰 層理面の走向・傾斜
 - 〰 貫入面の走向・傾斜
 - 〰 割れ目の走向・傾斜

図-13 開削面露頭全景写真・スケッチ



露頭上部 拡大写真 (2019年9月20日撮影)

図-14 開削面露頭上部写真・スケッチ

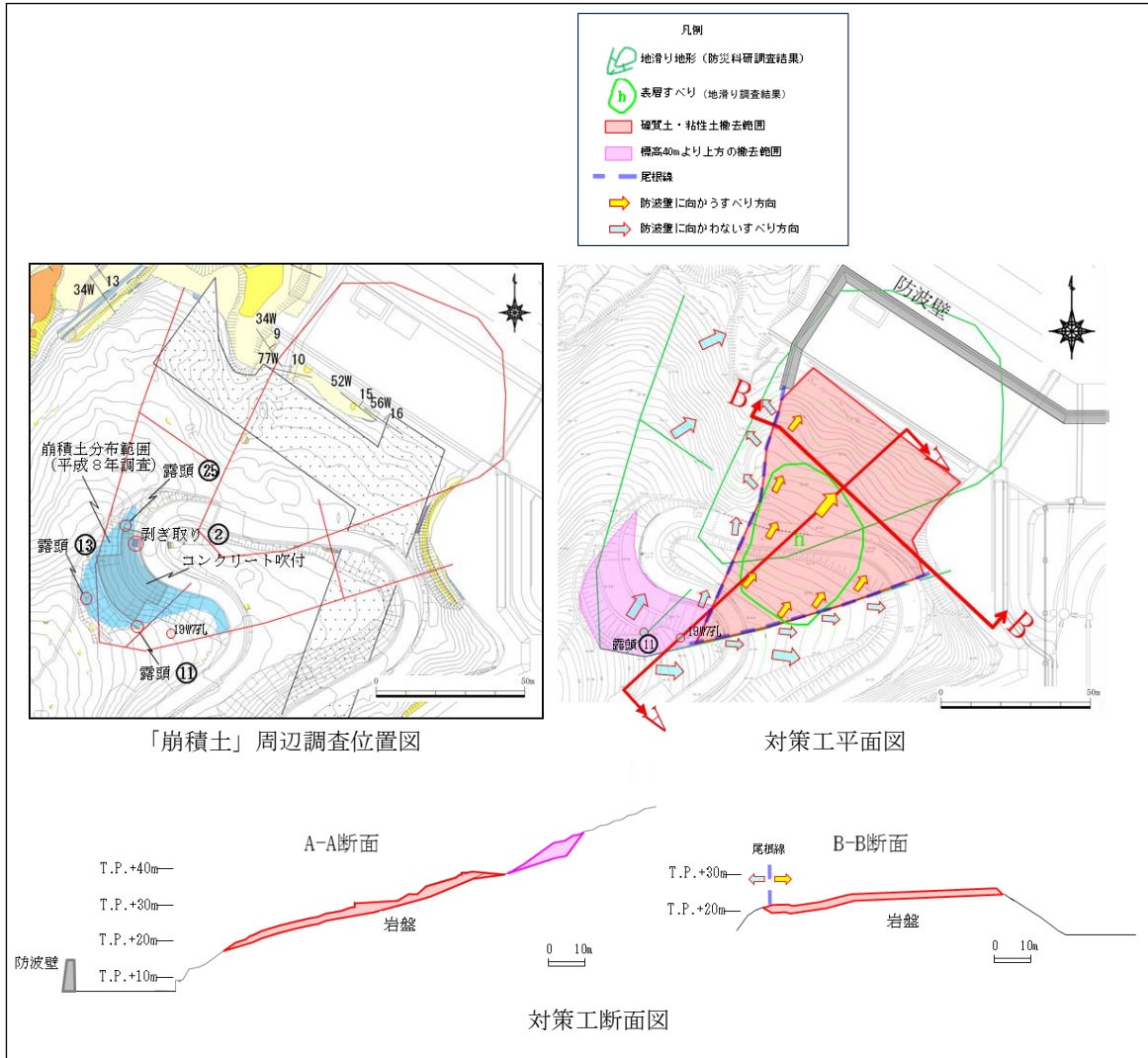


図-15 対策工の概要

1.3 まとめ

(1) 地形判読結果

防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所に等高線の乱れが認められることから、表層すべりが想定される。

(2) 現地調査結果

防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所の側方崖末端部においては、おおむね新鮮堅硬な岩盤が認められ、そこに断層構造や顕著な割れ目は認められず、また地滑り末端部付近に生じる層理面の乱れや圧縮構造は確認されない。

周辺のボーリング調査結果及び2号炉放水路トンネル切羽面観察結果においても滑り面は認められない。

防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所の側面である開削面露頭においても、堅硬な岩盤が認められ、シームや断層、褶曲、深層崩壊に伴う地滑り面は認められなかったが、開削面露頭上部で認められた礫質土及び粘性土（層厚：約2m）については、空中写真判読で認められた表層すべりに相当する可能性が考えられる。

(3) まとめ

地滑り地形①について地形判読及び現地調査の結果、深層崩壊に伴う地滑り面は認められないことから、地滑り地形ではないと判断されるが、防災科研調査の地滑り地形付近において確認された礫質土及び粘性土については、過去の表層すべりの可能性が完全に否定できないことから、防波壁周辺斜面の安定性確保のため、撤去することとする。撤去範囲については、防波壁に与える影響を考慮し、尾根線に囲まれた内側の範囲について、岩盤部までの礫質土及び粘性土を全て撤去することとする。

標高40mより上方斜面では、露頭⑩、19W7孔にて礫質土が認められたことから、ルートマップ（平成8年調査）に記載された「崩積土」の範囲について、岩盤まで礫質土を全て撤去する。

2. 地滑り地形②

2.1 地形判読

地滑り地形②周辺の旧地形図を図-16に、3種類の空中写真(1962年撮影, 1973年撮影及び1976年撮影)をそれぞれ図-17, 図-18及び図-19に示す。

発電所西端にある東向き斜面でEL10~70mの緩斜面をなす。現在は人工改変が加わり元の地形が残っていない。発電所建設前の空中写真を判読すると不規則な凹凸を有する斜面があり, 等高線の乱れが認められることから, 地滑り土塊の存在が示唆される。また, 滑落崖は不明瞭である。地滑り土塊の長さは220m, 幅は130mである。緩斜面は当時の海岸に達するように見える。

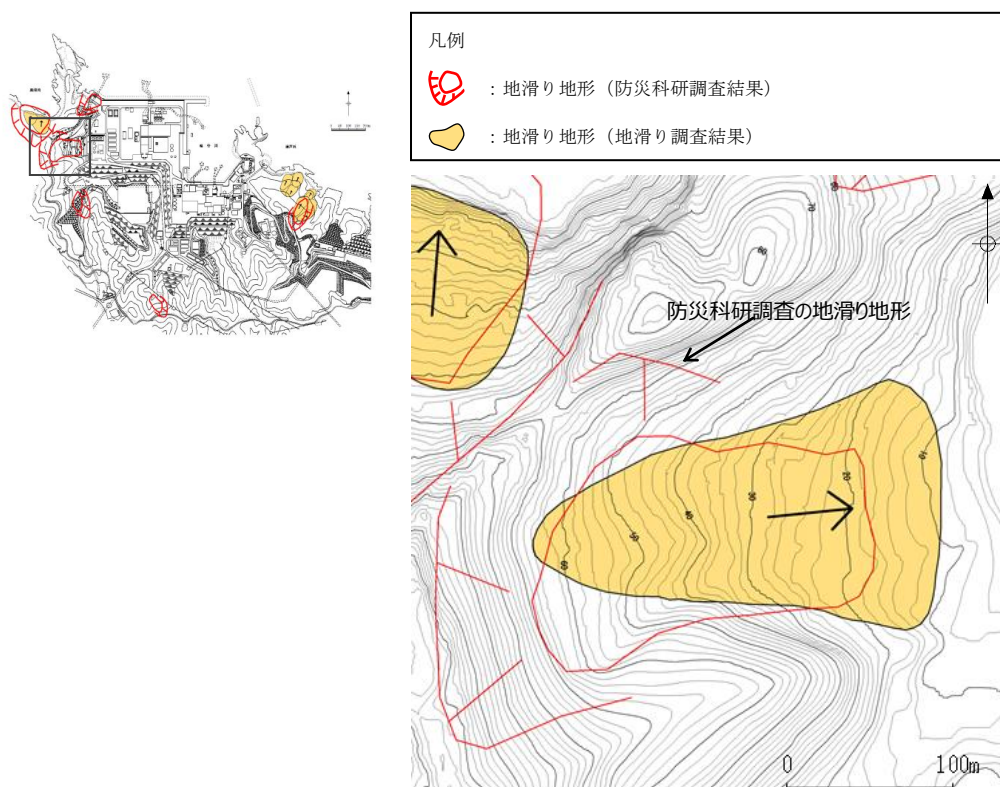


図-16 地滑り地形②周辺の旧地形図 (原縮尺: 2千5百分の1)

注) 発電所建設前の地形図であることから, 地滑り地形②が認められる。



図-17 地滑り地形②周辺の空中写真(撮影縮尺：1万分の1，1962年撮影)

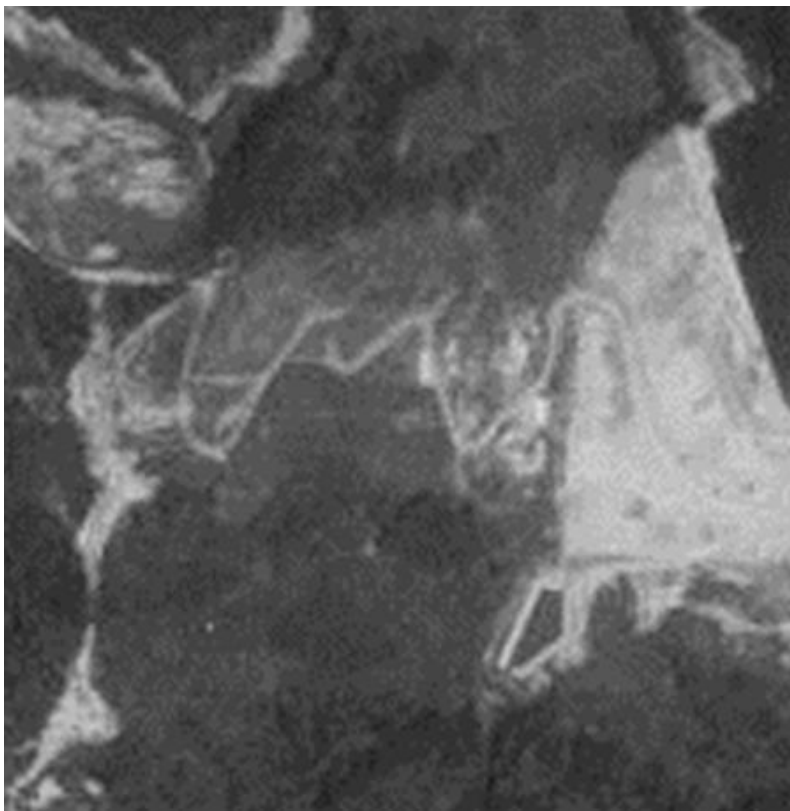


図-18 地滑り地形②周辺の空中写真(撮影縮尺：4万分の1，1973年撮影)



図-19 地滑り地形②周辺の空中写真(撮影縮尺：1万分の1，1976年撮影)

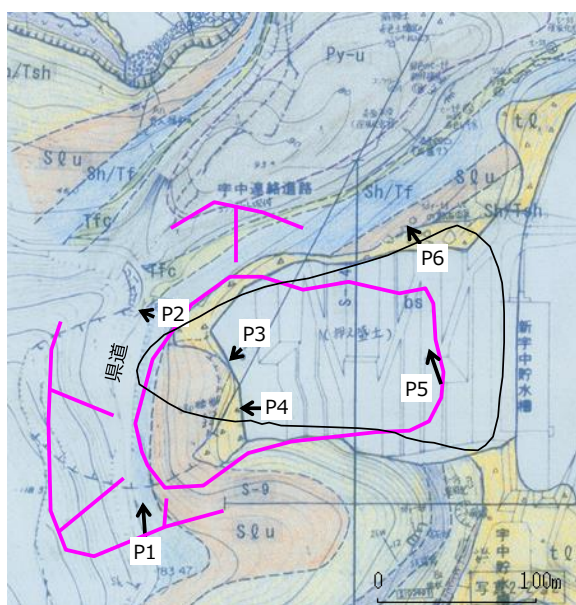
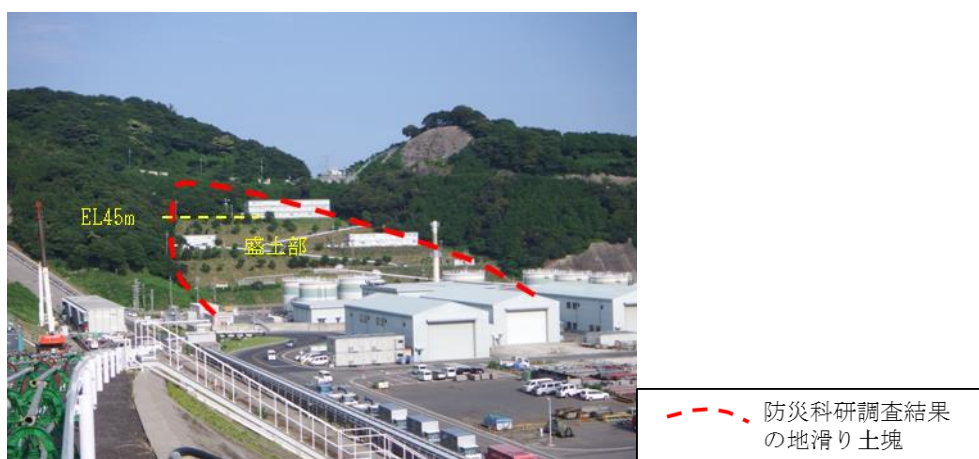
2.2 現地調査

地滑り地形②周辺のルートマップを図-20に示す。

現地調査の結果、地滑り土塊とされる箇所のうち、EL45mより上方については、堅硬な岩盤が露出しているほか一部盛土があり、地滑り土塊は認められない（図-21）。

地滑り土塊とされる箇所のうち、EL45mより下方の盛土部については、土地造成工事記録によると、地滑り土塊に相当する土砂は撤去したうえで盛土を施している。また、法尻部付近では基盤面まで段切り掘削後に良質土で置換盛土を行っている（図-22）。

地滑り地形には地形的特徴として側方崖が認められるが、その他の地質的・水文的な特徴は確認されない。

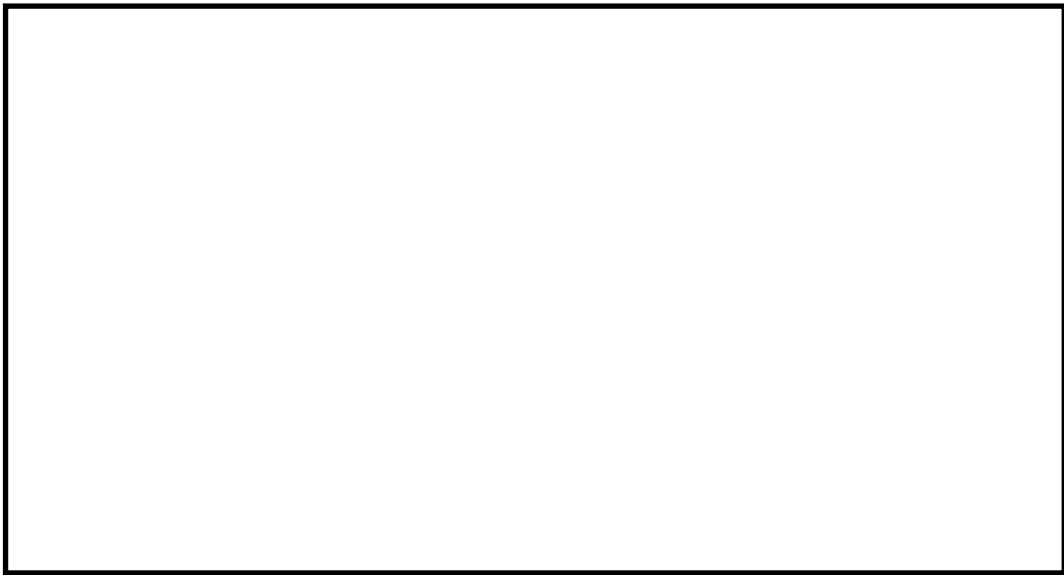


地質区分及び凡例

地質時代	地質名	記号	地質境界線
第四紀	盛土	bs	地質境界線
	置換堆積物	tl	層面の走向・傾斜 (今回の調査)
新第三紀	頁岩	Pa	層面の走向・傾斜 ※ (既往の調査)
	粗粒玄武岩	Bu	断層面の走向・傾斜
中新世	上部黒色頁岩層	Sh-u	頁岩面の走向・傾斜
	最上部フローユニット	Py-un	断層面の走向・傾斜
中新世	下部黒色頁岩層	Sh-l	断層面の走向・傾斜
	上部フローユニット	Py-u	等真位置
第三紀	緑色凝灰岩	Tfg	柱1 露柱状図位置
	下部フローユニット	Py-l	ボーリング位置
白垩紀	黒色頁岩ブロック	Shb	乳名
	白垩凝灰岩	Tfo	測線名
白垩紀	黒色頁岩・凝灰岩互層	Sh/Tf	弾性波測定線
	スランプ層	SFu	断面図作成位置
白垩紀	黒色頁岩・凝灰岩互層	Sh/Tsh	断面図作成位置
	流紋岩火砕岩	Fy	管状軸

- : 地滑り地形 (防災科研調査結果)
- : 地滑り地形 (地滑り調査結果)

図-20 地滑り地形②周辺のルートマップ
(図-21 の露頭写真位置を含む)



P1 フェンス(黄矢印) から県道までの斜面は道路造成時に盛土されているが、その上位及び下位の斜面は露岩している。



P2 県道より山側の斜面では堅硬な岩盤が露出している。



P3 EL45mの盛土部より山側斜面は堅硬な岩盤が露岩している。



P4 P3の50m南方の山側斜面は堅硬な岩盤が露岩している。



P5 谷底部の盛土下部では、道路及び法面に目立った変状は認められない。盛土斜面は安定した状態であると考えられる。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

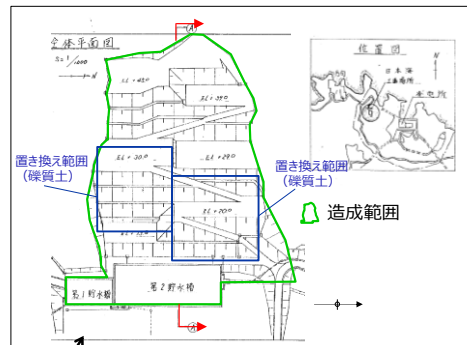


P6 谷底部中位部北端では、盛土背後の斜面が急勾配をなす。地滑り地形の側方崖に相当する可能性がある。

図-21 地滑り地形②周辺の露頭写真

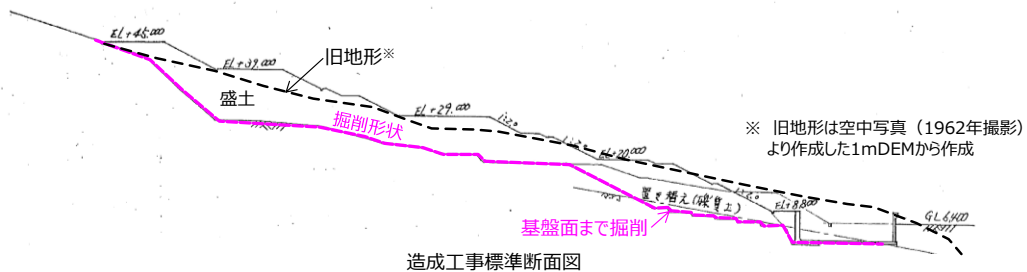


P7 土地造成工事状況写真（置換盛土施工時） 1983年撮影



P7

(A)-(A) 断面 (P-4 参照)
1/1000



地滑り土塊とされる範囲のうち EL45m 以下の範囲については、1983 年に土地造成工事が行われている。当時の工事記録によると、地滑り土塊とされる箇所は、地滑り土塊に相当する土砂を撤去したうえで、盛土を施している。また、法尻部付近では基盤面まで段切り掘削後に良質土で置換盛土を行っている。

図-22 地滑り地形②周辺の土地造成工事記録

2.3 地質断面

地滑り地形②について、模式断面図を図-23に示す。

EL45mより上方では、堅硬な岩盤が露出しており、地滑り土塊は認められない。EL45mより下方では、土地造成工事時に地滑り土塊に相当する土砂は撤去したうえで、盛土を施している。造成工事後に実施したボーリング(No. 301孔及びNo. 305孔)によると、盛土と岩盤の境界は造成工事の掘削面に概ね一致することから、地滑り土塊は全て撤去されていると考えられる。(ボーリング柱状図・コア写真を別紙4に示す)

以上のことから、発電所建設前の旧地形から判読されたような地滑り地形②に相当する地滑りは想定されない。

なお、造成工事による盛土斜面の影響範囲内に安全施設はない。また、アクセスルートへの影響については、技術的能力 添付資料 1.0.2 島根原子力発電所2号炉 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて「別紙(31) 保管場所及びアクセスルートの斜面の地震時の安定性評価について」において説明する。

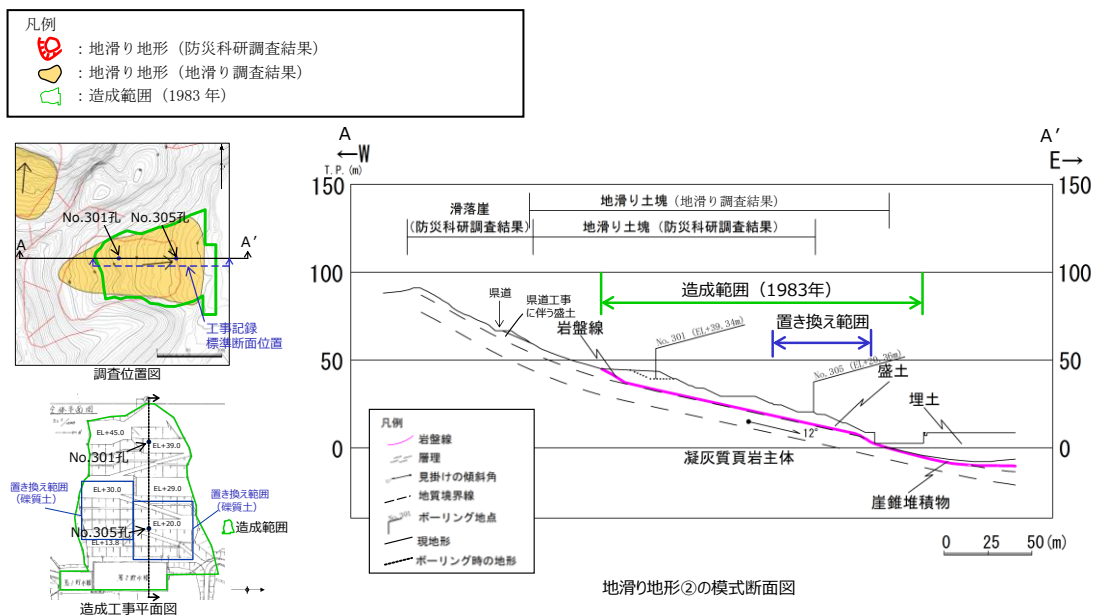


図-23 地滑り地形②の模式断面図

2.4 まとめ

地滑り地形②について地形判読及び現地調査の結果、不明瞭な滑落崖が認められるが、地滑り土塊とされる箇所のうち、EL45mより上方については堅硬な岩盤が露出していること、EL45mより下位の盛土部については造成工事により地滑り土塊が撤去されていること、及び、盛土上の道路及び法面に目立った変状が認められないことから、発電所建設前の旧地形から判読されたような地滑り地形②に相当する地滑りは想定されない。

3. 地滑り地形③

3.1 地形判読

地滑り地形③周辺の旧地形図を図-24に、3種類の空中写真(1962年撮影, 1973年撮影及び1976年撮影)をそれぞれ図-25, 図-26及び図-27に示す。

発電所西側にある北向き尾根の西向き斜面で標高30~120mの斜面をなす。北西向き斜面は緩斜面と急斜面が組み合わさった形状をなす。この地形は地滑り地形が判読されていない東隣の谷沿いでも認められる。また、地滑りを示唆する地形的特徴は認められない。

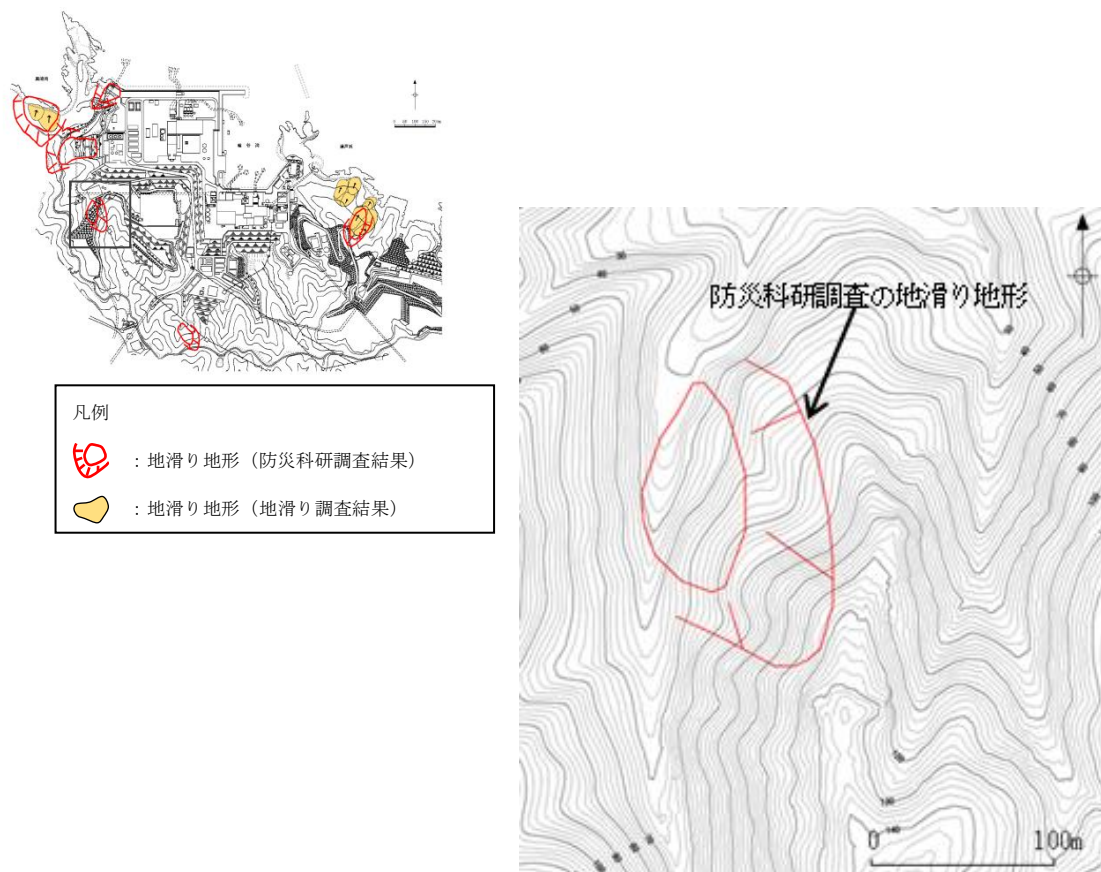


図-24 地滑り地形③周辺の旧地形図 (原縮尺: 2千5百分の1)

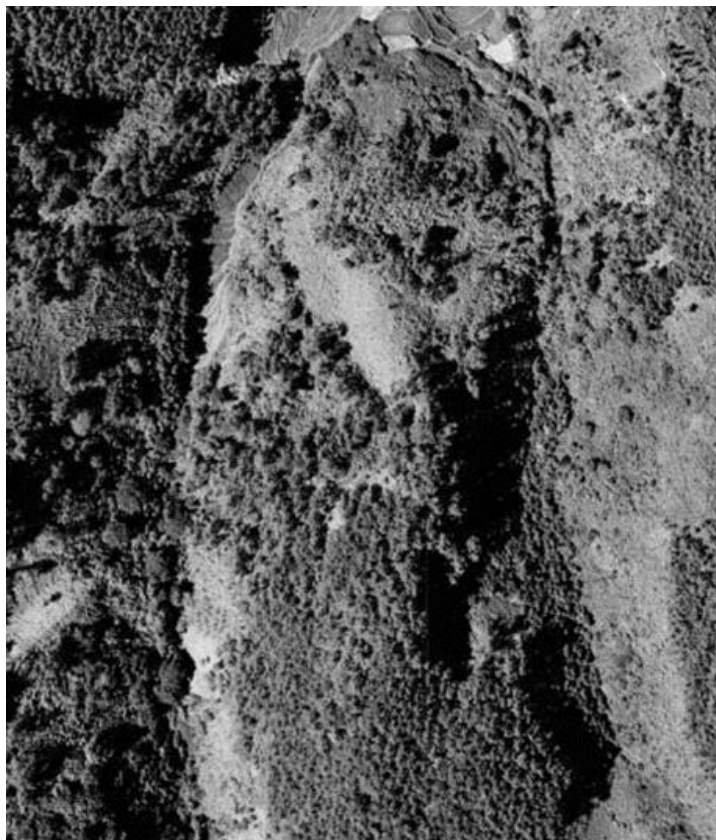


図-25 地滑り地形③周辺の空中写真(撮影縮尺：1万分の1，1962年撮影)

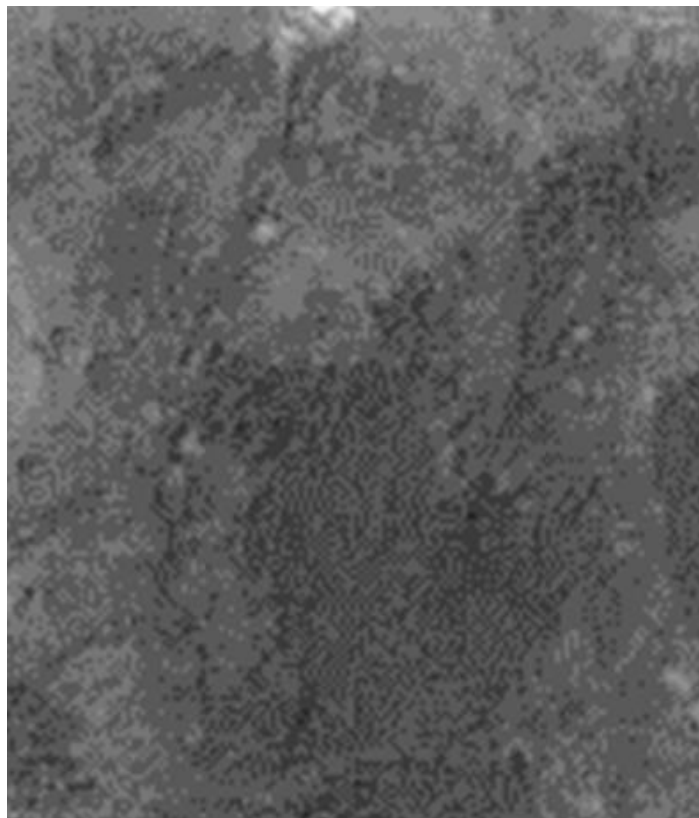


図-26 地滑り地形③周辺の空中写真(撮影縮尺：4万分の1，1973年撮影)





図-27 地滑り地形③周辺の空中写真(撮影縮尺：1万分の1，1976年撮影)

3.2 現地調査

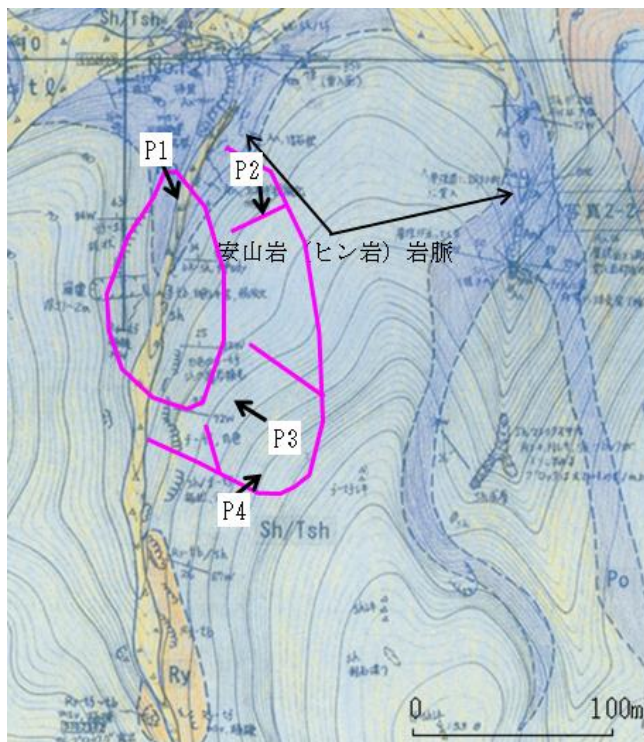
地滑り地形③周辺のルートマップを図-28に示す。

現地調査の結果、地質的な特徴として安山岩岩脈が認められる一方、滑落崖・湧水等の地滑りを示唆する地形的・地質的・水文的な特徴は確認されなかった(図-29)。また、防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所は、頭部の一部を除き盛土で被覆されている。



 防災科研調査結果の滑落崖
 防災科研調査結果の地滑り土塊
 (点線部は盛土で旧地形が確認できない)

P1 地滑り地形③全景



地質区分及び凡例

地質時代	地質名	記号	凡例
第四紀	盛土	bs	地質境界線
	崖線堆積物	tl	層理面の走向・傾斜 (今回の調査)
新第三紀	珪岩	Tr	層理面の走向・傾斜 ※ (既往の調査)
	粗粒玄武岩	Bo	節理面の走向・傾斜
	上部黒色頁岩層	Sh-u	真入面の走向・傾斜
中生代	最上部フローユニット	Py-un	断層面の走向・傾斜
	下部黒色頁岩層	Sh-l	
	上部フローユニット	Py-u	※X1-1-1 写真位置
	緑色凝灰岩	Tfg	柱1 露頭柱状段位置
白垩紀	下部フローユニット	Py-l	○ ボーリング位置
	黒色頁岩ブロック	Shb	乳名
	粗粒凝灰岩	Tfo	測線名
	黒色頁岩・凝灰岩互層	Sh/ff	弾性波調査測線
	スラング層	Slu	断面図作成位置
白垩紀	黒色頁岩・凝灰岩互層	Sh/ff	
	流紋岩質火砕岩	Ry	管状物


 : 地滑り地形
 (防災科研調査結果)

図-28 地滑り地形③周辺のルートマップ
(図-29 の露頭写真位置を含む)



P2 地滑り地形③の斜面状況

防災科研調査の地滑り土塊の大部分は工事用道路の盛土で被覆されている。土塊背後に滑落崖と判断できる地形要素は認められない。

P3 地滑り土塊の頭部とされる斜面の状況

防災科研調査の地滑り土塊の頭部に位置する小尾根である。尾根斜面に顕著な傾斜変化は認められない。

P4 側方崖とされる斜面の状況

防災科研調査の滑落崖の側方崖に位置する谷の斜面である。この谷は尾根筋まで連続するが、滑落崖と判断できる地形要素は認められない。

図-29 地滑り地形③周辺の露頭写真

3.3 地質断面

地滑り地形③について、模式断面図を図-30 に示す。

防災科研調査により地滑り地形とされた地形のうち、地滑り土塊とされる範囲は、滑落崖とされる斜面上部に比べ、やや緩傾斜である。

周辺の地質は黒色頁岩主体層、スランプ層、凝灰質頁岩主体層とする層が緩傾斜をなす。そこに安山岩が岩床状に貫入する構造をなす。

この斜面には安山岩、凝灰質頁岩主体及びスランプ層といった多様な岩種が出現する。個々の岩種の侵食抵抗性の違いから組織地形が形成されたと考えられる。

斜面端部は厚さ 10m 以上の盛土によって被覆されており、盛土部において地滑りを示唆する変状は認められない。

以上のことから、当該斜面に地滑りは想定されない。

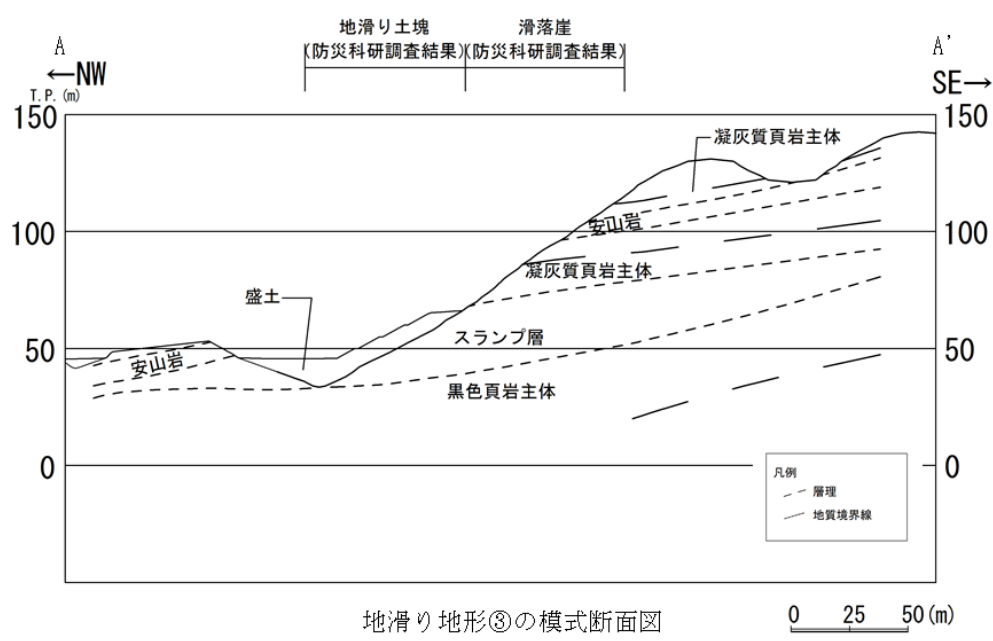
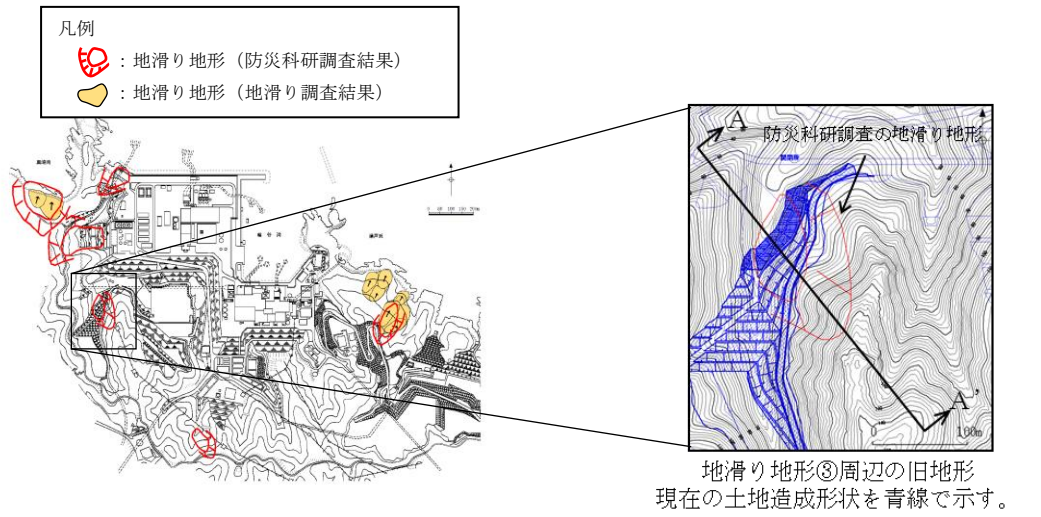


図-30 地滑り地形③の模式断面図

3.4 まとめ

地滑り地形③について地形判読及び現地調査の結果，滑落崖及び地滑り土塊ともに認められないこと，及び，盛土斜面に変状が認められないことから，地滑り地形ではないと判断する。また，現在は人工改変が加わり元の地形が残っていないことから，地滑りは想定されない。

4. 地滑り地形④

4.1 地形判読

地滑り地形④周辺の旧地形図を図-31に、3種類の空中写真(1962年撮影, 1973年撮影及び1976年撮影)をそれぞれ図-32, 図-33及び図-34に示す。

発電所南端にある北向き斜面で標高70~150mの斜面をなす。北に開いたすり鉢状の地形の一部であり, 北西向きの谷部と北北西向きの尾根部からなる。また, 地滑りを示唆する地形的特徴は認められない。

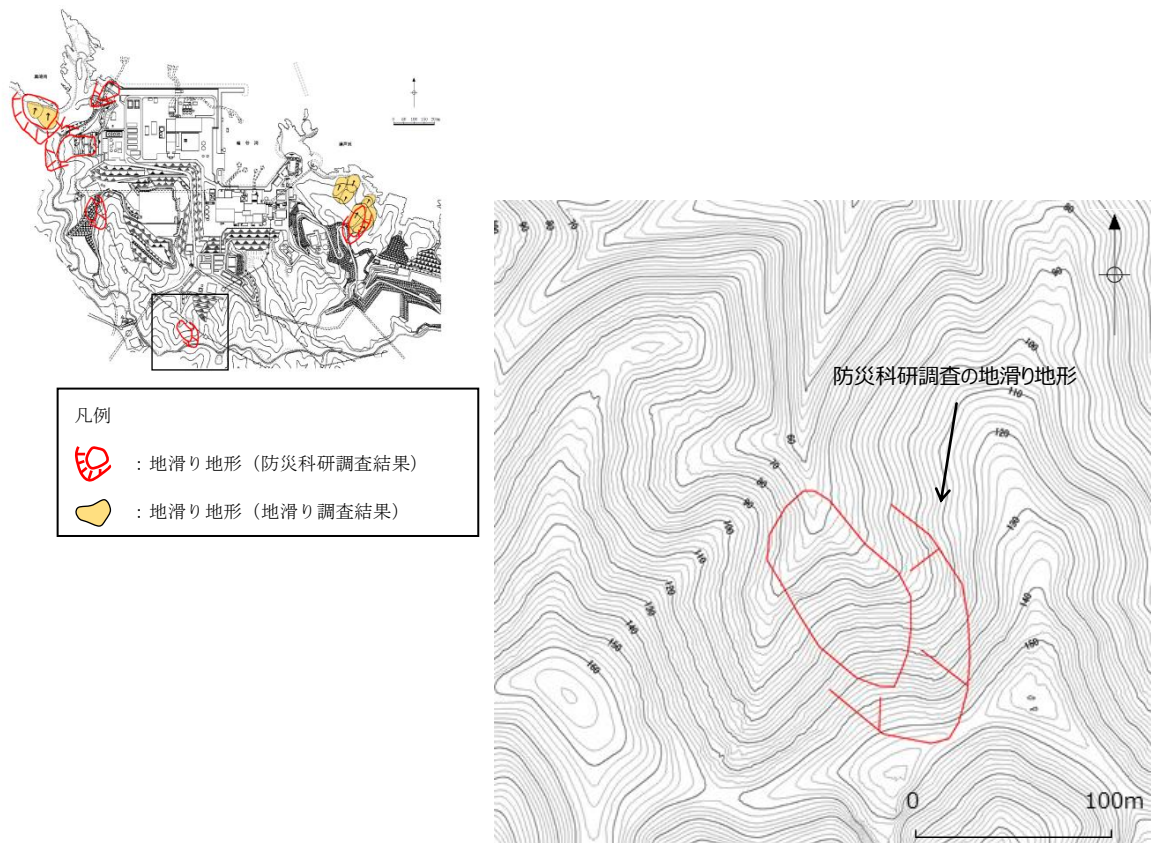


図-31 地滑り地形④周辺の旧地形図



図-32 地滑り地形④周辺の空中写真(撮影縮尺：1万分の1，1962年撮影)

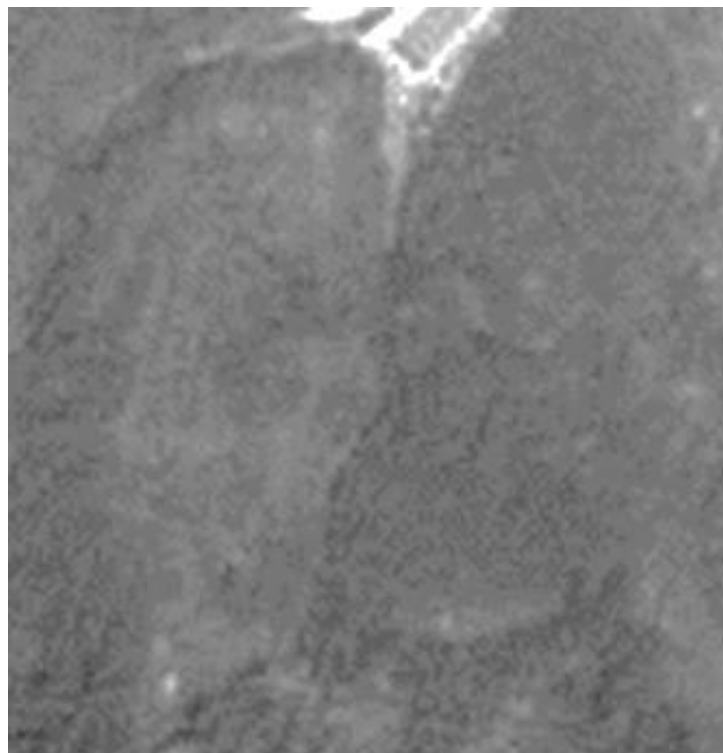


図-33 地滑り地形④周辺の空中写真(撮影縮尺：4万分の1，1973年撮影)

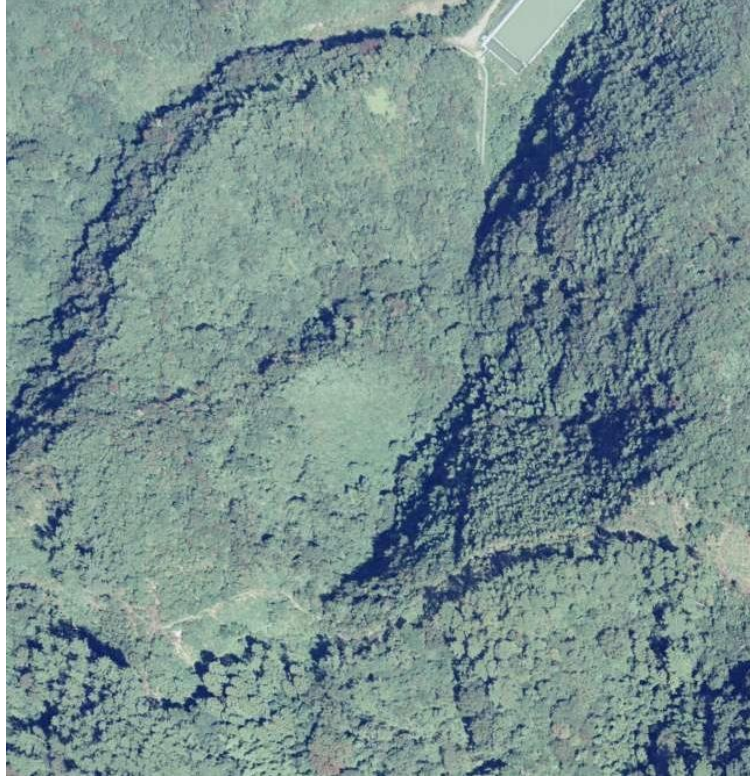
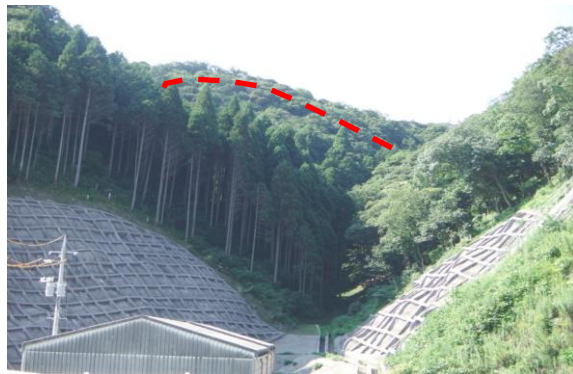


図-34 地滑り地形④周辺の空中写真(撮影縮尺：1万分の1，1976年撮影)

4.2 現地調査

地滑り地形④周辺のルートマップを図-35に示す。

現地調査の結果、滑落崖・湧水等の地滑りを示唆する地形的・地質的・水文的な特徴は認められなかった（図-36）。また、防災科研調査の滑落崖とされている箇所は北西向きの谷からなる凹型斜面に位置し、土塊とされている箇所は北北西向きの尾根に位置する。この尾根は一様な傾斜の等斉斜面をなすことから、地滑り由来の土塊ではなく、通常の尾根型斜面と考えられる。



P1

防災科研調査結果の
地滑り土塊

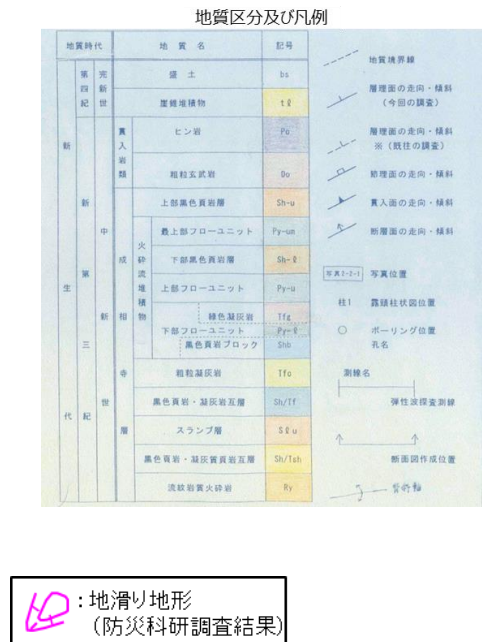
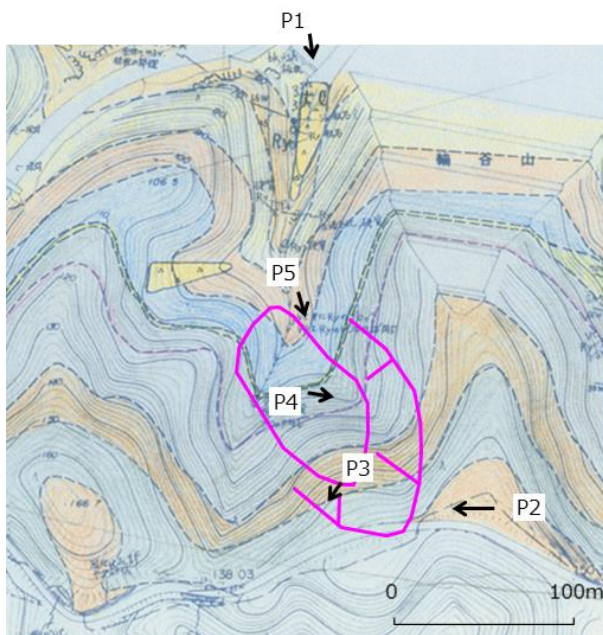
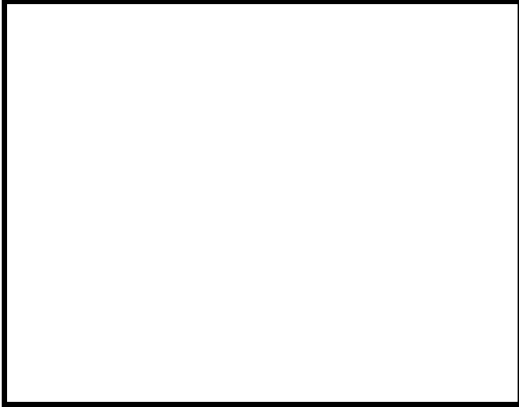


図-35 地滑り地形④周辺のルートマップ
(図-36の露頭写真位置を含む)

防災科研調査結果
の滑落崖



P2 防災科研調査の滑落崖の冠頂付近の状況
防災科研調査の滑落崖の冠頂に位置する。県道沿いに切取法面があるが、滑落崖に相当する急崖は認められない。

P3 滑落崖とされる斜面の状況
防災科研調査の滑落崖の通過位置である。顕著な傾斜変化はなく、滑落崖の地形要素は認められない。



P4 地滑り土塊とされる斜面の中腹部の状況
斜面傾斜 45 度の等斉斜面。県道付近より P2 の末端部まで、顕著な傾斜変化は認められない。



P5 地滑り土塊とされる斜面の末端部の状況
防災科研調査の地滑り土塊の末端部は 2 条の溪流の合流点にあたる。急斜面をなすが、等斉斜面である。樹木（幹径最大 50cm）に地滑りを示唆する根曲りは認められない。

図-36 地滑り地形④周辺の露頭写真

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

4.3 地質断面

地滑り地形④について、模式断面図を図-37に示す。

防災科研調査により地滑り地形とされた地形のうち、滑落崖のうち斜面頂部は県道沿いに切取法面が急斜面をなす。また、地滑り土塊は一様な傾斜の等斉斜面からなる。

周辺の地質は凝灰岩を主体とし、斜面に対し緩く南に傾斜した差し目構造を有する。

以上のことから、当該斜面に地滑りは想定されない。

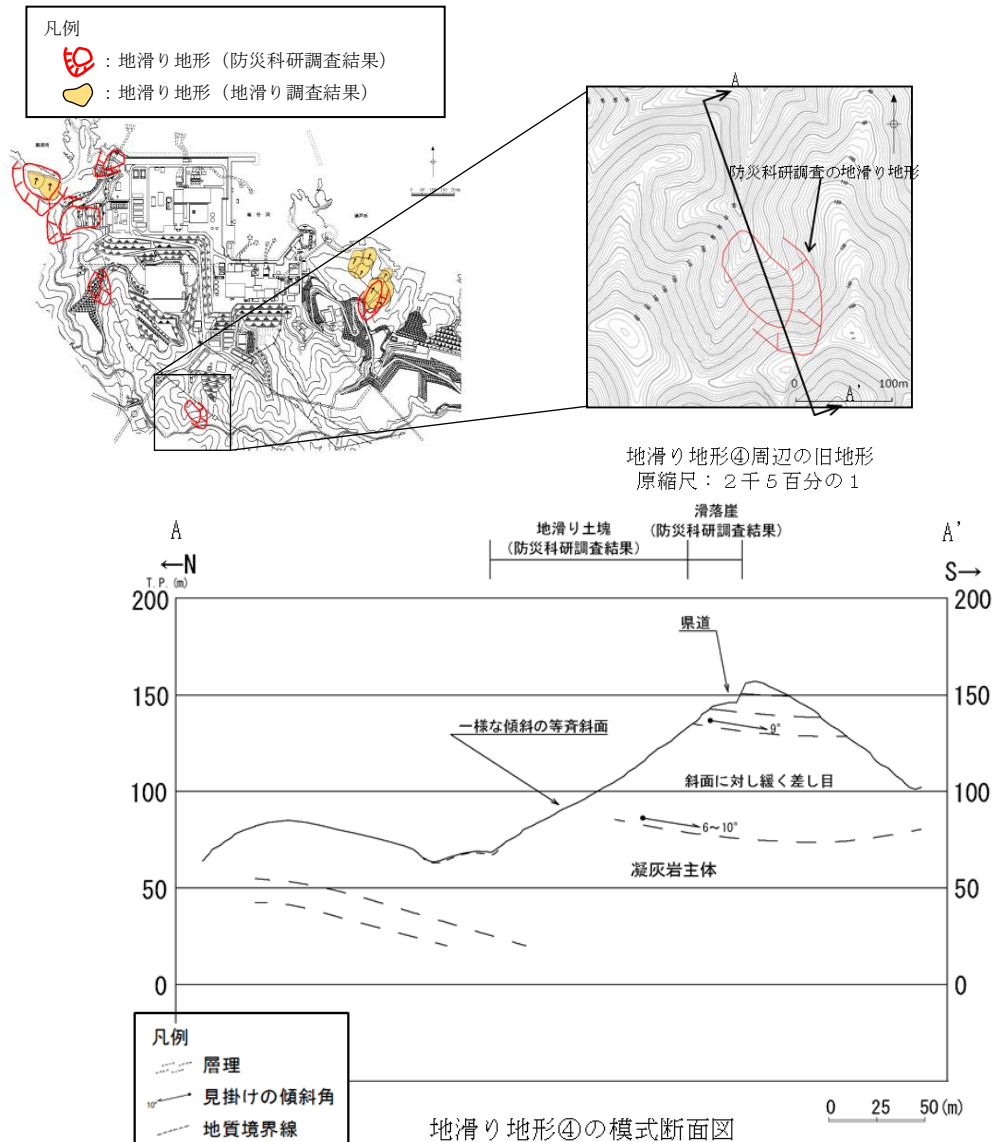


図-37 地滑り地形④の模式断面図

4.4 まとめ

地滑り地形④について地形判読及び現地調査の結果、滑落崖及び地滑り土塊ともに認められないことから、地滑り地形ではないと判断する。

5. 地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形

5.1 地形判読

地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形周辺の旧地形図を図-38に、3種類の空中写真（1962年撮影，1973年撮影及び1976年撮影）をそれぞれ図-39，図-40及び図-41に示す。

発電所東側にある北東向き斜面で標高20～85m，緩傾斜で尾根状をなす。地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形に分けられ，それぞれ不規則な凹凸を有する斜面があり，地滑り地形と考えられる。また，滑落崖は不明である。地滑り地形⑤の長さは250m，幅は140mであり，⑤北西の地滑り地形の長さは160m，幅は80mである。緩斜面は波食台の手前まで達するように見える。

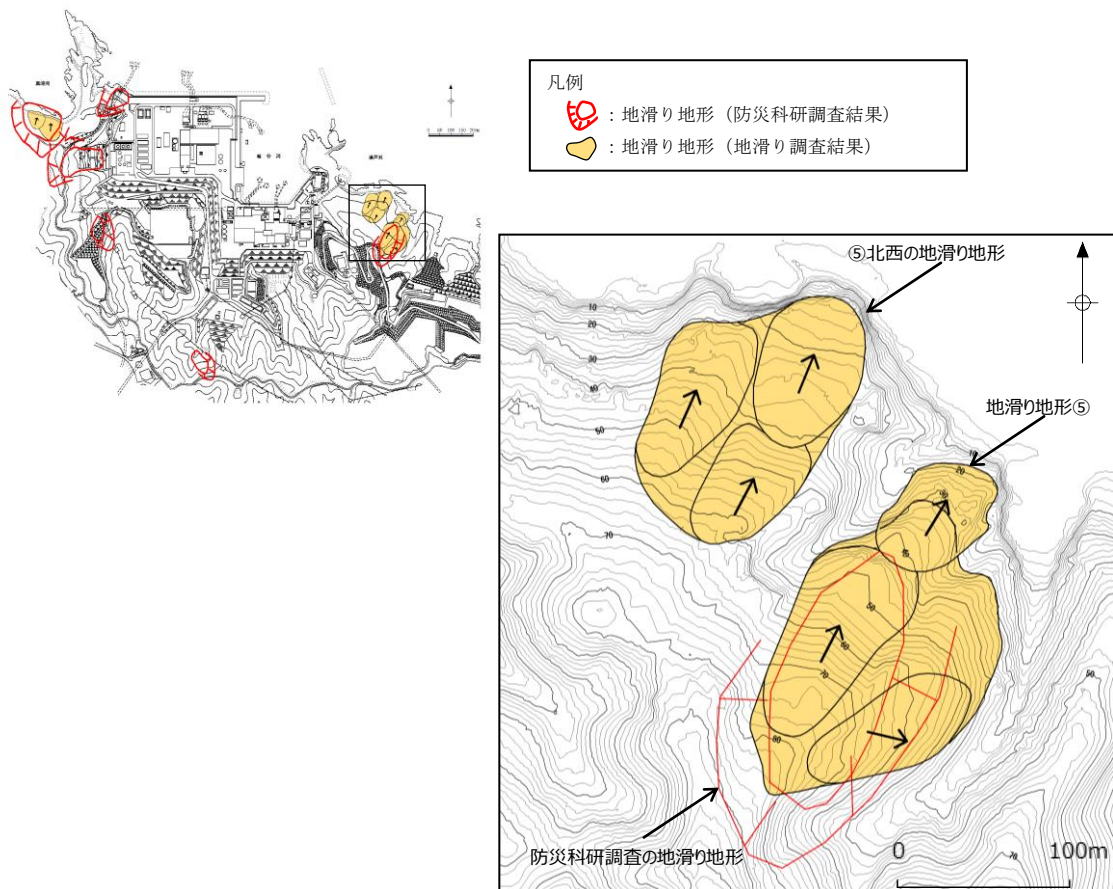


図-38 地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形周辺の旧地形図



図-39 地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形周辺の空中写真
(撮影縮尺：1万分の1，1962年撮影)



図-40 地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形周辺の空中写真
(撮影縮尺：4万分の1，1973年撮影)



図-41 地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形周辺の空中写真
(撮影縮尺：1万分の1，1976年撮影)

5.2 現地調査

地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形周辺のルートマップを図-42に示す。

現地調査の結果、湧水等の地滑りを示唆する水文的な特徴は認められなかったが、地滑り土塊とされる箇所でクラックや段差地形、等高線の乱れ、下方及び先端部への押し出し等の地形的・地質的特徴が確認されたことから、地滑り土塊の存在が示唆される（図-43）。



P 1

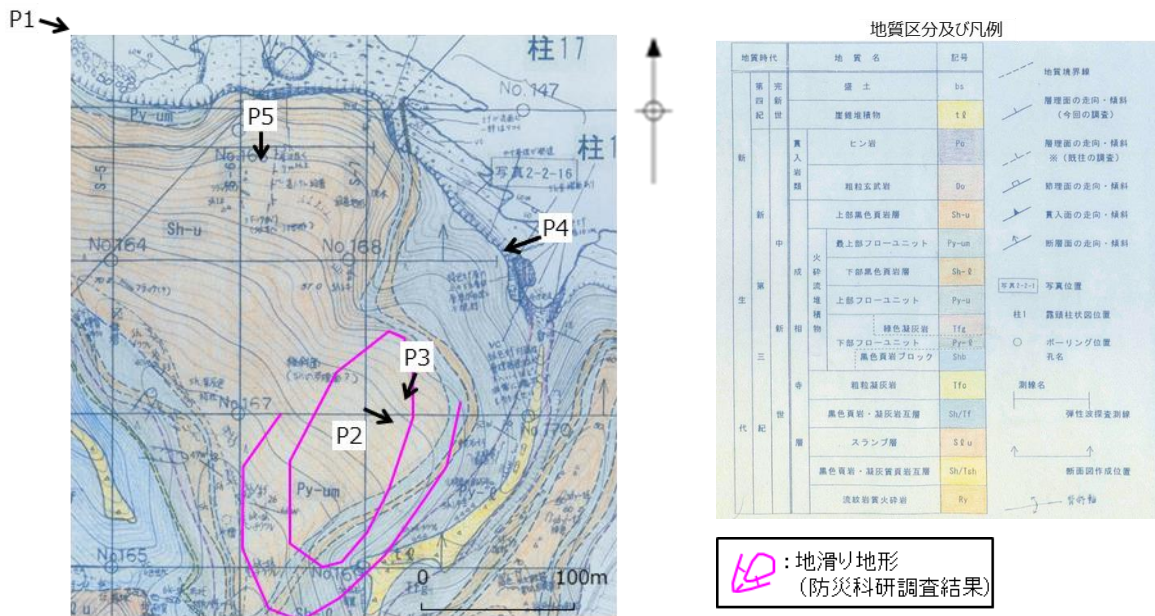


図-42 地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形周辺のルートマップ
(図-43 の露頭写真位置を含む)



P2 地滑り土塊内部に認められる滑落崖末端部の位置は、西側ではほぼ一定の標高をなすが、東側では次第に低くなる。滑落崖と地滑り土塊の境界は明瞭である。



P3 地滑り土塊内部の滑落崖の側部直線的であり、滑落崖と地滑り土塊の明瞭な地形の違いを示す。



P4 海岸部には凝灰岩の連続露頭があり、層理面の走向傾斜は N57W 28N である。緩み構造の認められない C₄ 級岩盤であり、地滑りの影響はないと考えられる。



P5 ⑤北西の地滑り土塊内部には、滑落崖と地滑り土塊の境界をなす明瞭な段差地形が認められる。

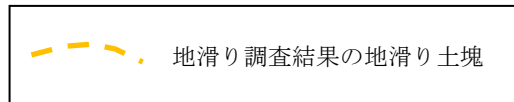


図-43 地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形周辺の露頭写真

5.3 地質断面

地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形について、模式断面図を図-44に示す。

地滑り地形⑤については、岩盤の構造は走向がN50°～75°W方向で北に10°～17°傾斜する穏やかな単斜構造をなし、地滑り土塊は流れ盤となる。各地滑り土塊の移動体は頁岩が主体であり、流紋岩質火山礫凝灰岩と黑色頁岩の地層境界付近の層理面沿いにすべり面が推測される。

⑤北西の地滑り地形については、岩盤の構造は走向がN50°～70°W方向で北に12°～17°傾斜する穏やかな単斜構造をなし、地滑り土塊は流れ盤となる。各ブロックの移動体は頁岩が主体であり、流紋岩質火山礫凝灰岩と黑色頁岩の地層境界付近の層理面沿いにすべり面が推測される。

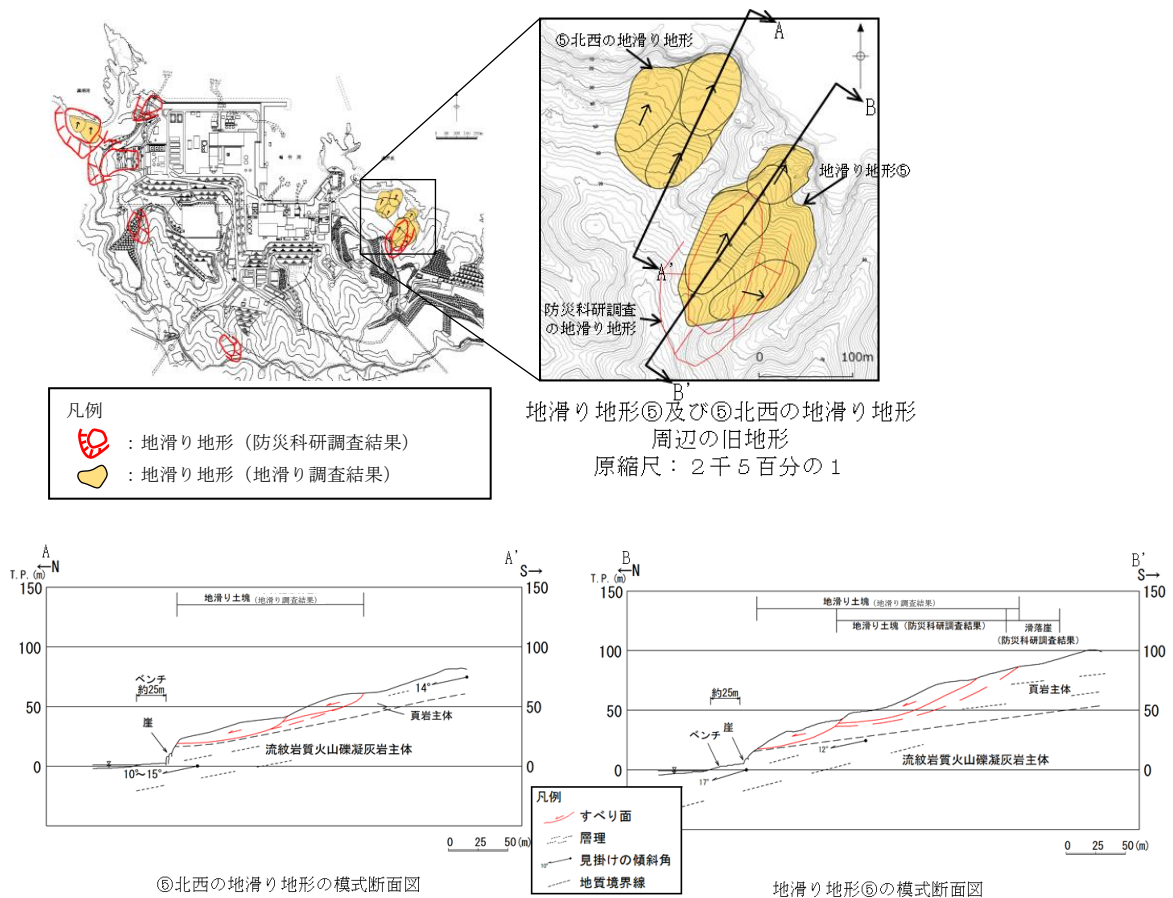


図-44 地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形の模式断面図

5.4 まとめ

地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形について地形判読及び現地調査の結果、両者ともに地滑り土塊が認められることから地滑り地形と判断する。

6. 敷地北西方の地滑り地形

6.1 流出土砂が敷地へ及ぼす影響検討

敷地北西方の地滑り地形は敷地外に位置しており、北に向かって傾斜する斜面である。

敷地北西方の地滑り地形は岬から約500m入り込んだ湾の奥に位置し、地滑り土塊の滑り方向もほぼ北方向であることから、その変状が直接敷地に影響を及ぼさないと考えられるが、流出土砂が敷地へ及ぼす影響について検討を行った。

敷地北西方の地滑り地形周辺の旧地形図を図-45に示す。

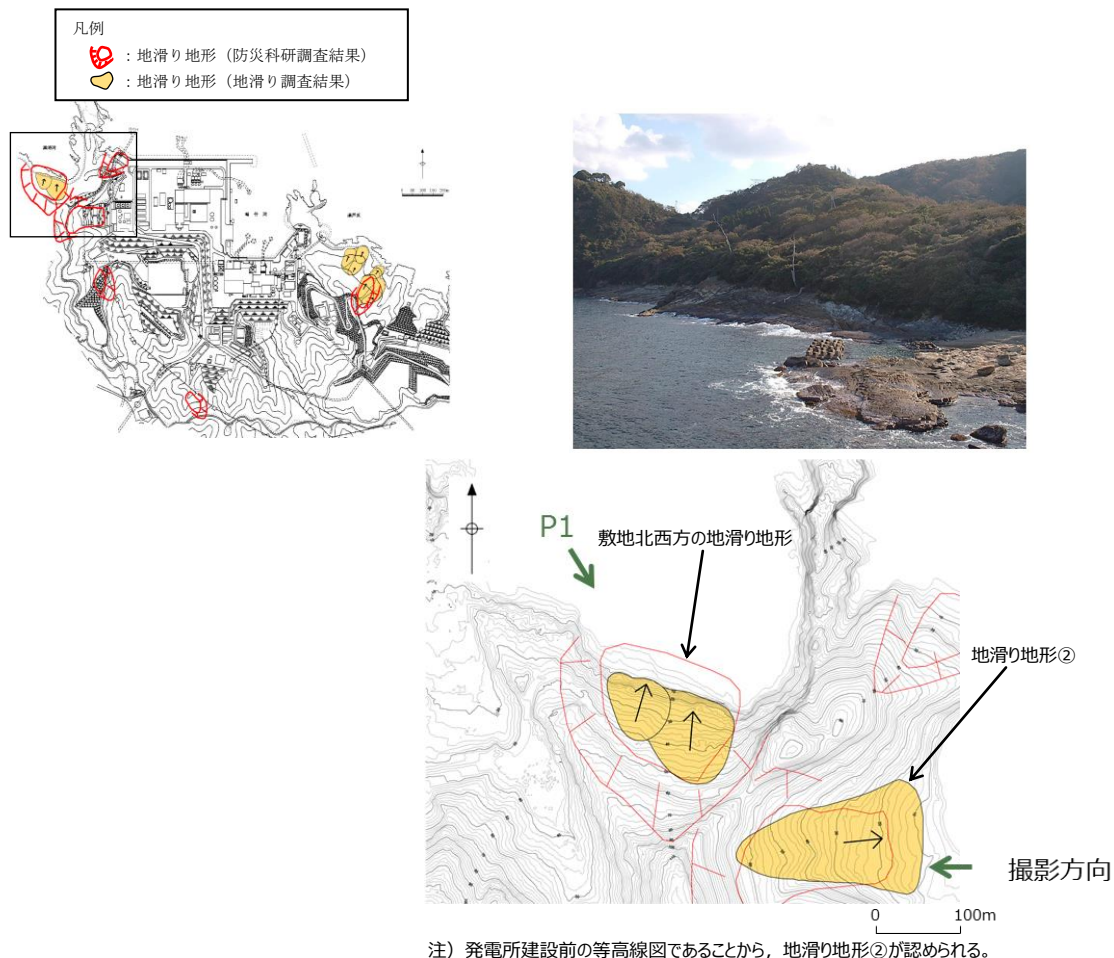


図-45 敷地北西方の地滑り地形周辺の旧地形図

敷地北西方の地滑り地形を対象に基準津波策定時と同様にHuber and Hager(1997)の予測式により、敷地における津波高さ(全振幅)を検討した。計算結果を表-1、敷地周辺の沿岸域に分布する地滑り地形を図-46に示す。なお、当該地滑り地形は西側と東側の2つの地滑り土塊からなるが、両者は近接することから一つの地滑り土塊として取り扱った。

検討の結果、敷地北西方の地滑り地形による津波高さ(全振幅)は0.20mとなるが、敷地周辺の沿岸域に分布する他の地滑り地形による津波高さ(全振幅)の上

位2地点（1.20m及び0.44m）より小さい。また、敷地北西方の地滑り地形と他の地滑り地形（津波高さ（全振幅）の上位2地点）による津波について、個々の地滑りの最大水位上昇量となる津波が同時に敷地へ到達する可能性は極めて低いと考えられるが、同時に到達すると仮定した場合においても、敷地における津波高さ（全振幅）を足し合わせた水位（1.84m）は基準津波1（防波堤無：11.6m）に対して十分に小さい。

以上のことから、敷地北西方の地滑り地形の流出土砂が敷地へ及ぼす影響はない。

表-1 敷地北西方の地滑り地形による津波高さ

地すべり (図中の番号)	長さ L (m)	幅 b (m)	厚さ t (m)	土量 Vs (m ³)	すべり面の傾斜角 α (°)	進行角 γ (°)	突入水深 d ₁ (m)	発電所水深 d ₂ (m)	発電所までの距離 r(km)	発電所での津波高さ(全振幅) H ₂ (m)
敷地北西方の地滑り地形	125	170	25	531,250	29	+110	10	20	1	0.20
参考	Ls7	402	190	2,138,640	27	+35	15	20	9	1.20
	Ls26	289	290	3,520,020	14	-105	10	20	0.5	0.44

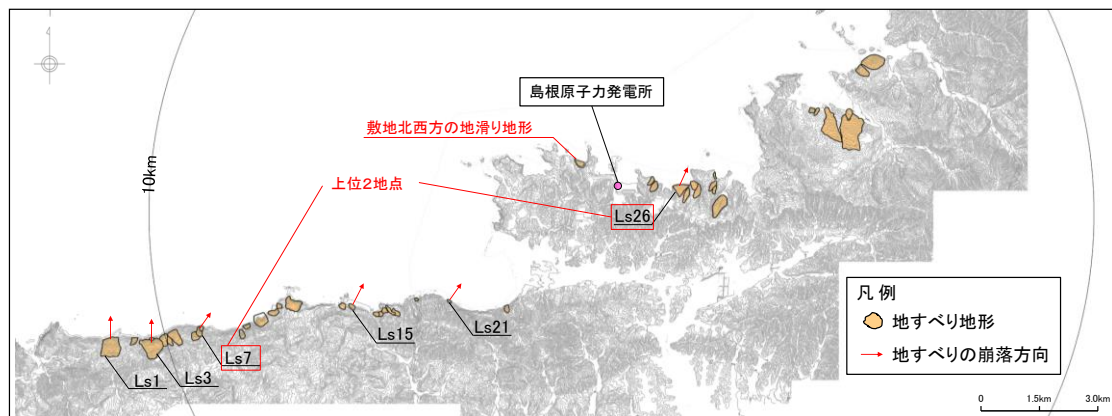


図-46 敷地周辺の沿岸域に分布する地滑り地形

7. 抽出した地滑り地形以外の斜面について

国土地理院により撮影された複数の公開空中写真により、敷地内を網羅的に地形判読を行った結果、抽出した地滑り地形以外の斜面について地滑りを示唆する地形的特徴は認められない。

文献調査の結果、地滑り地形は示されていない。

地形、地質及び湧水等の水文的な観点に基づく地表地質踏査の結果、地滑りの特徴が認められない。

表-2に敷地内地質調査数量一覧、図-47に敷地内地質調査内容を示す。弾性波探査、ボーリング調査及び試掘抗調査の結果、地滑りを示唆する地層の不連続は認められないとともに、滑り面を示唆する粘土や角礫も認められない。

以上のことから、地滑り調査において判定した地滑り地形以外の斜面について、地滑りは想定されない。

表-2 敷地内地質調査数量一覧

調査項目	1・2号炉調査他	3号炉調査	その他調査	合計
	1968～1982年度 2006～2008年度	1995～2002年度	1995年度 2007～2008年度 2011～2015年度 2019年度	
弾性波 探査	5,600m (24測線)	2,520m (6測線)	3,320m (9測線)	11,440m (39測線)
	8,120m (30測線)			
ボーリング 調査	155孔 (延9,230m)	113孔 (延12,293m)	49孔 (延4,963m)	317孔 (延26,486m)
	268孔 (延21,523m)			
試掘坑 調査	840m	930m	—	1,770m
	1,770m			

(調査数量は、2020年4月時点)

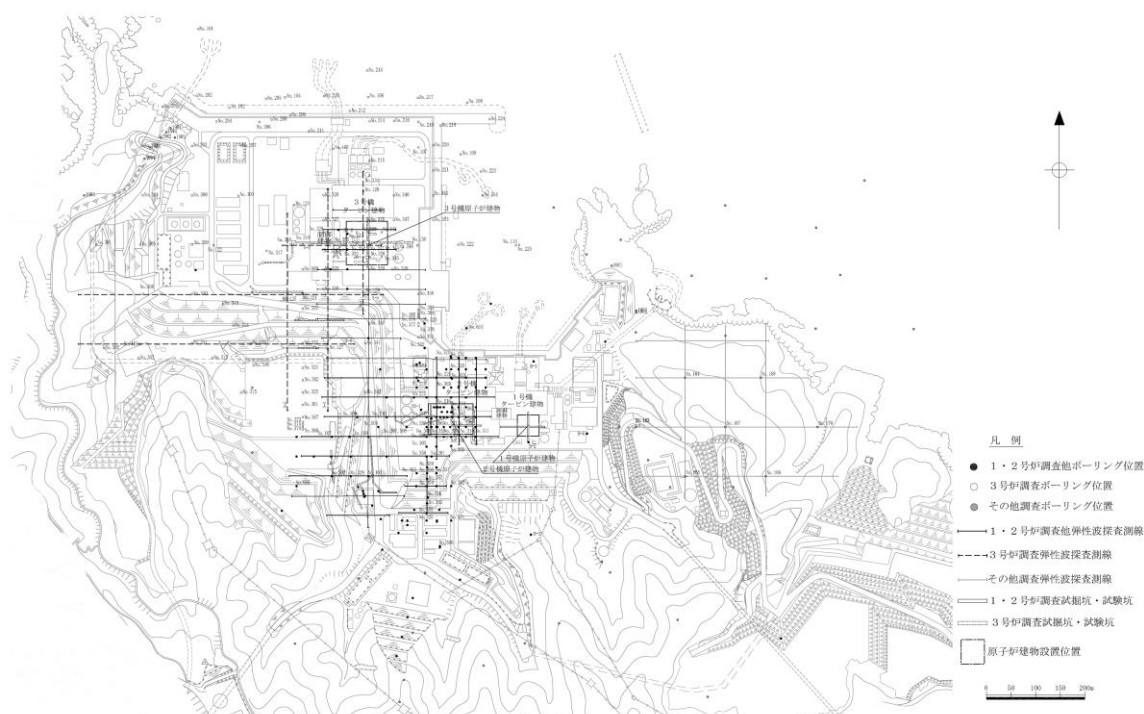


図-47 敷地内地質調査内容 (2020年4月時点)

参考文献

- (1) 鈴木隆介(2000)：建設技術者のための地形図読図入門，第3巻 段丘・丘陵・山地，古今書院，p.751-776，p.811-848，p.867-909
- (2) 渡 正亮・小橋澄治(1987)：地すべり・斜面崩壊の予知と対策，山海堂，p.27-34