

(11) 地震

荷重としては、地震による施設の損傷が想定される。アクセス性としては、設計として考慮する必要がある屋外作業がないことから影響はない。また、竜巻と組み合わせる場合には、竜巻発生前における車両の退避において退避ルートが影響を受けることが想定される。視認性としては、振動による監視カメラの視界低下が想定される。

(12) 津波

荷重としては、津波による施設の損傷が想定される。浸水としては、基準津波は津波防護施設及び浸水防止設備により敷地内に到達することはないことから、敷地が浸水に至る可能性はない。アクセス性としては、設計として考慮する必要がある屋外作業がないことから影響はない。

また、竜巻と組み合わせる場合、竜巻発生前における車両の退避については、基準津波は津波防護施設及び浸水防止設備により退避ルートに遡上することはないことから影響はない。

第 5. 4-3 表 泊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	摩耗	アクセス性	視認性
風（台風）	○	—	—*1	—	—	—	—	○	—
竜巻	○	—	—	—	—	—	—	○	—
凍結	—	○	○	—	—	—	—	○	—
降水	—	—	—	○	—*2	—*3	—	—	○
積雪	○	—	—*4	—	—	—	—	○	○
落雷	—	—	—	—	○	—	—	—	—
地滑り	○	—	—	—	—	—	—	○	—
火山の影響	○	—	○	—	○	○	○	○	○
生物学的事象	—	—	○	—	○	—	—	—	—
森林火災	—	○	○	—	○	—	○	○	○
地震	○	—	—	—	—	—	—	○	○
津波	○	—	—	○	—	—	—	○	—

○：影響を考慮する —：影響を考慮しない

※1 原子炉補機冷却海水設備は、除塵装置により塵芥を除去する設計としている。

※2 浸水による設備の喪失は、浸水に包含される。

※3 進展が遅いため、十分な管理が可能である。

※4 ディーゼル発電機の吸気口等、地表からの高さを確保している。

生物学的事象に対する考慮について

1.はじめに

泊発電所 3 号炉において想定される生物学的事象は、海生生物であるクラゲ等の発生や小動物の侵入等が挙げられるが、発電用原子炉施設の安全性に影響を与える可能性があるものとして、海生生物であるクラゲ等の発生による原子炉補機冷却海水設備等の取水への影響が考えられる。

本資料では、海生生物の発生に対する防護対策の状況を示す。

なお、小動物の侵入に対しては、屋内施設設備は、建屋止水処置により、屋外施設は、端子箱貫通部の閉止処置を行うことにより防止している。

2.海生生物の発生による施設への影響

発電所の取水口付近の海生生物等は、原子炉補機冷却海水ポンプ等（以下、「海水ポンプ」という。）の取水に伴う海水の流れにより、取水口へ流入し、海水ポンプへの塵芥流入を防止するための除塵装置（バースクリーン、トラベリングスクリーン）で捕獲される。

除塵能力を超える多量の海生生物等が除塵装置に流入した場合、スクリーン前後の水位差が大きくなり、海水ポンプの取水機能への影響が懸念される。

なお、泊 3 号炉においては、クラゲ等の海生生物の襲来による発電機の出力を抑制した事例、プラント停止に至った事例、海水ポンプの取水性能に影響を及ぼした事例は発生していない。

3.対策の概要

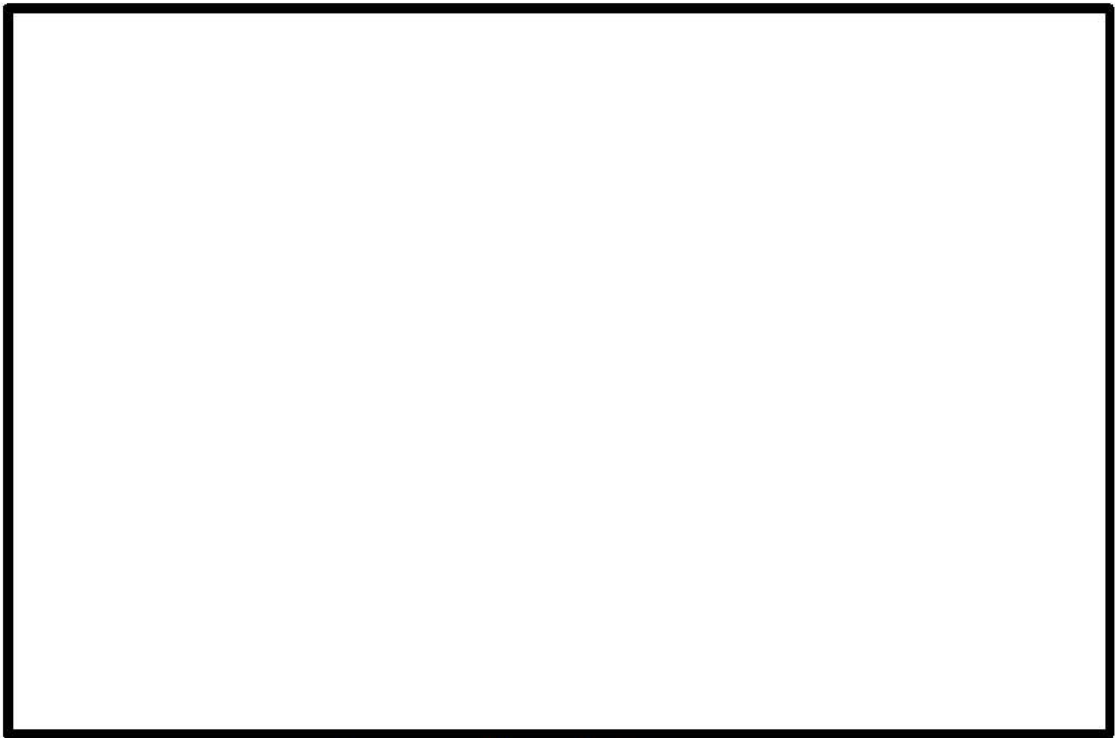
泊 3 号炉では、バースクリーン、トラベリングスクリーンによる流入クラゲの捕獲及び除去を実施している。

また、運転手順として、循環水ポンプの取水機能へ影響が生じる場合は、必要に応じ循環水ポンプの翼開度調整、発電機出力の抑制及び発電機停止の手順を整備している。

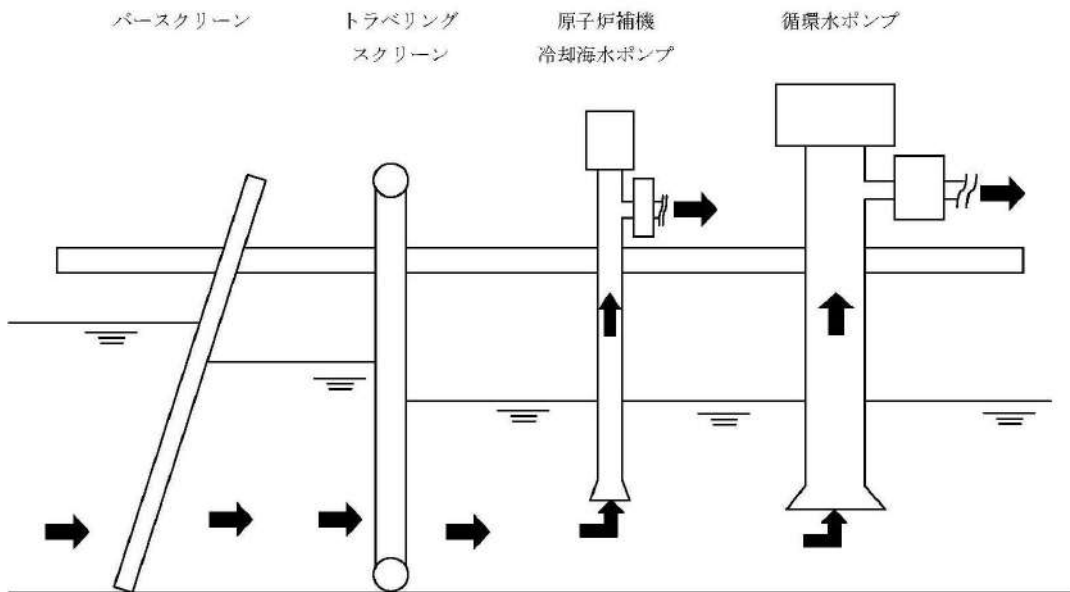
(1) 概要（概略図）

泊発電所に設置している除塵装置の概略配置図を第 1 図に示し、設備の断面図を第 2 図に示す。

クラゲ等の海生生物の捕獲に伴いトラベリングスクリーン前後に水位差が生じ、水位差が一定以上に大きくなると、トラベリングスクリーンが自動起動し、捕獲されたクラゲ等の海生生物を除去する。



第1図 除塵設備の概略配置図



第2図 除塵設備の断面図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(2) 除塵設備の詳細

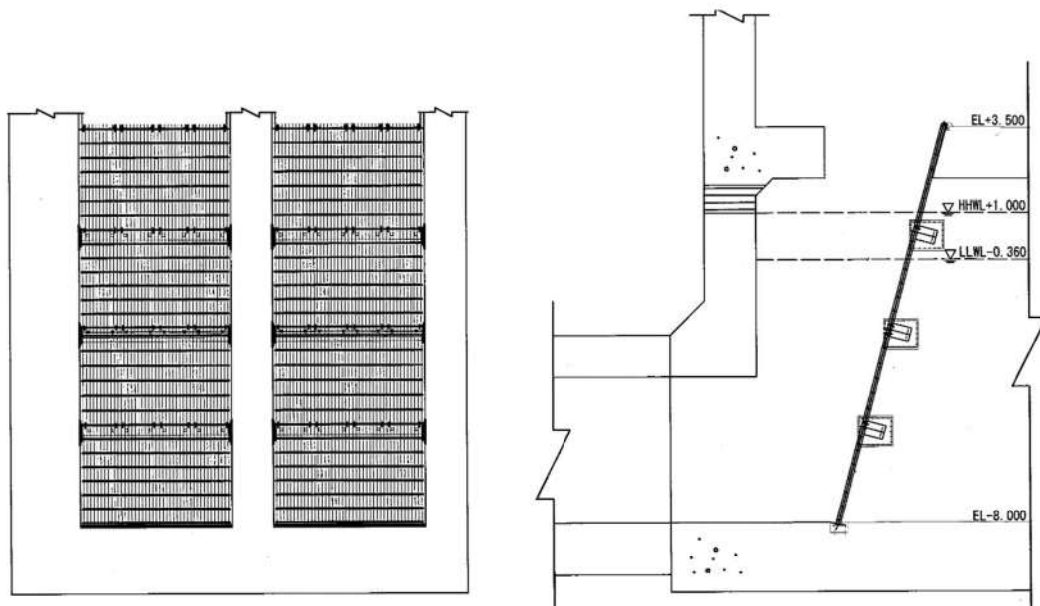
泊発電所に設置されている除塵装置の詳細について、各設備の目的、仕様及び運用又は機能を示す。

① バースクリーン

[目的] 大きな塵芥を除去する。

[仕様] (取水ピットスクリーン室) バーピッチ: 100mm

[運用] 巡視点検で目視確認し、大型のゴミが捕獲されれば回収している。



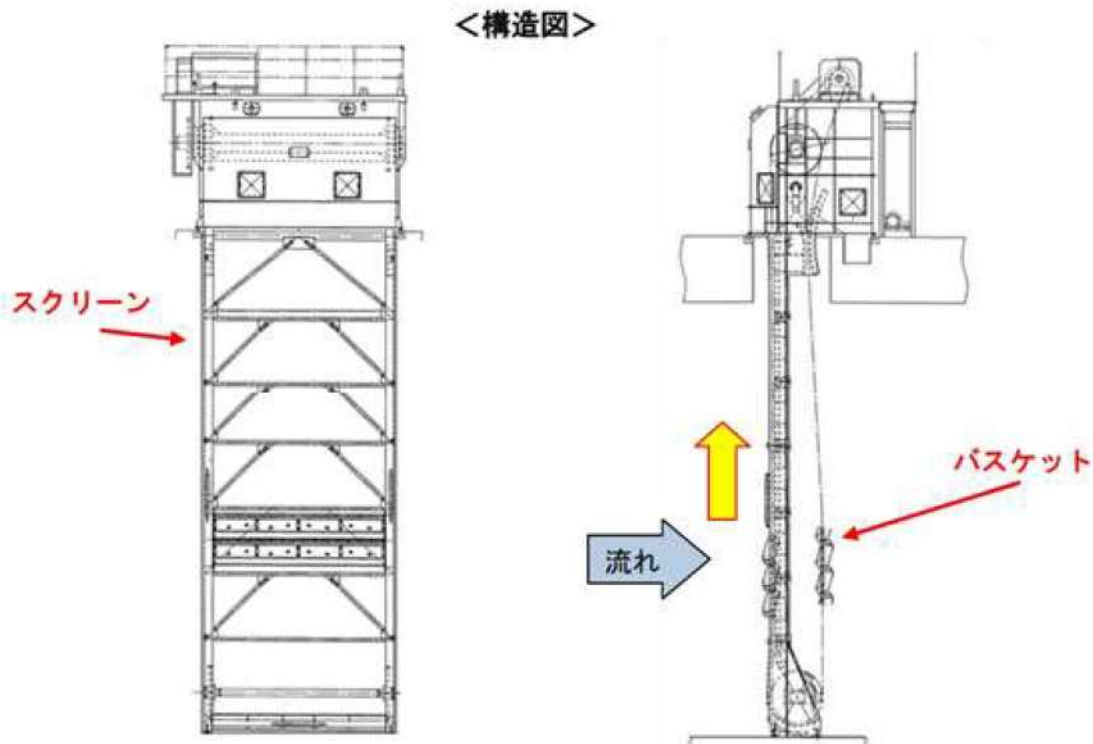
第3図 バースクリーン構造図

②トラベリングスクリーン

[目的]バースクリーンを通じたクラゲ等の海生生物を捕獲し、回収する。

[仕様] (スクリーン室) メッシュ：10mm 除塵能力：100t/h/台 設置台数：4台

[機能]スクリーン前後の水位差が250mm (取水ピットスクリーン室) になると自動起動し、捕獲されたクラゲ等の海生生物を除去する。



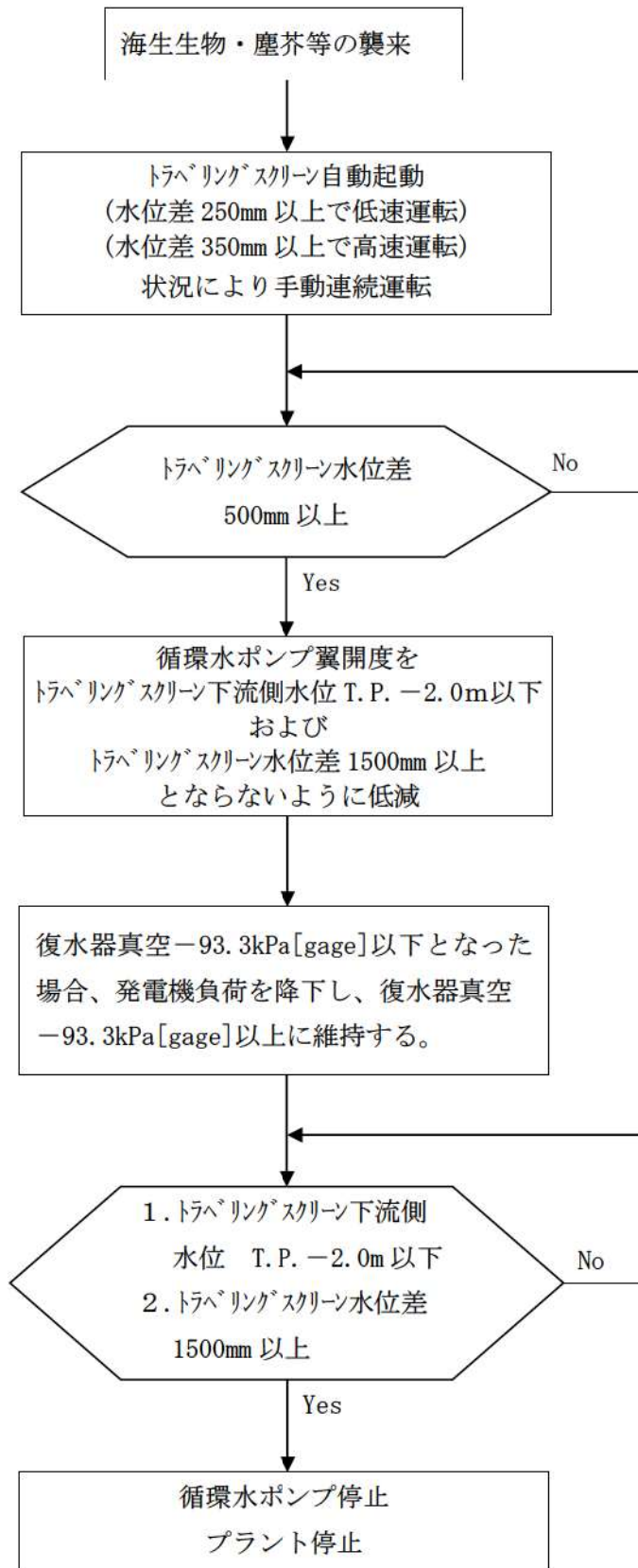
第4図 トラベリングスクリーン構造図

4.運転操作

海生生物の発生時の運転操作については、以下の内容を運転要領に定め運用している。

- 塵芥激増により、トラベリングスクリーン前後の水位差が、自動起動水位差となれば、トラベリングスクリーンの起動状況を確認する。
- トラベリングスクリーン前後の水位差を確認し、水位差がさらに大きくなれば循環水ポンプの翼開度を徐々に減少させ取水量の調整を行う。それに伴い、復水器真空度が基準値を下回らないよう、必要に応じて発電機の出力を抑制する。
- トラベリングスクリーン水位差による循環水ポンプの運転継続が困難となれば、ユニット停止(発電停止)し、循環水ポンプを停止する。

運転要領の定めている手順を第5図に示す。



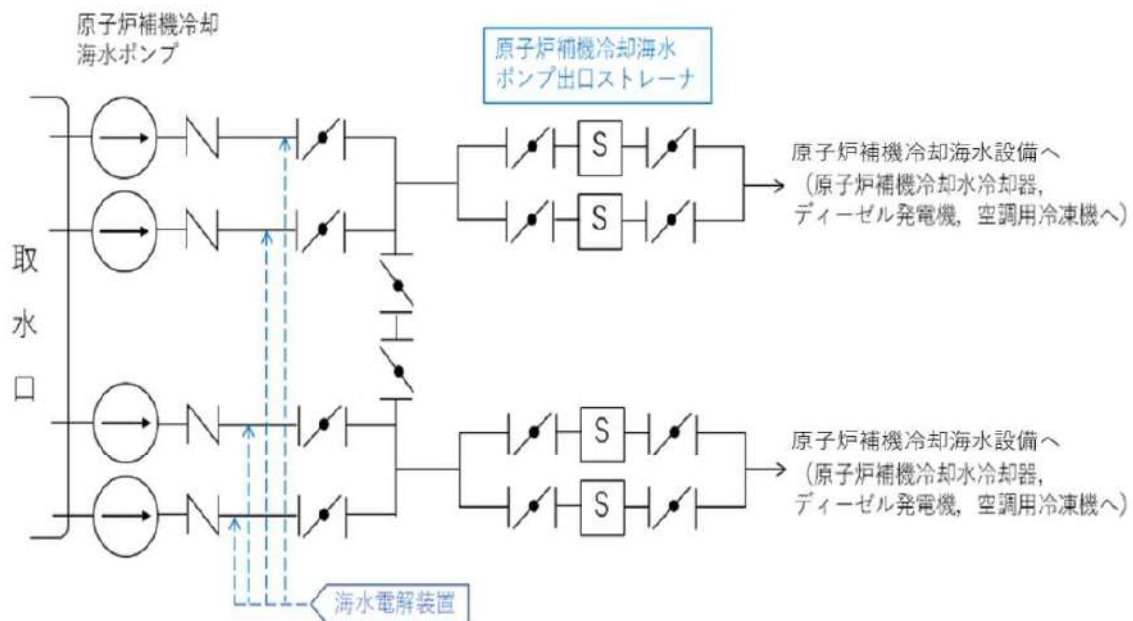
第5図 海生生物・塵芥等の襲来時の対応フロー

5.貝等の海生生物について

除塵装置では捕獲，除去できない貝等の海生生物についても，以下の対策により施設への影響を防止している。

海水ポンプで取水された海水中の海生生物については，海水ポンプ下流に設置した原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ（第6図）により捕獲することで，原子炉補機冷却水冷却器等への海生生物の侵入を防止している。また，海水電解装置により海生生物の付着，繁殖を防止している。

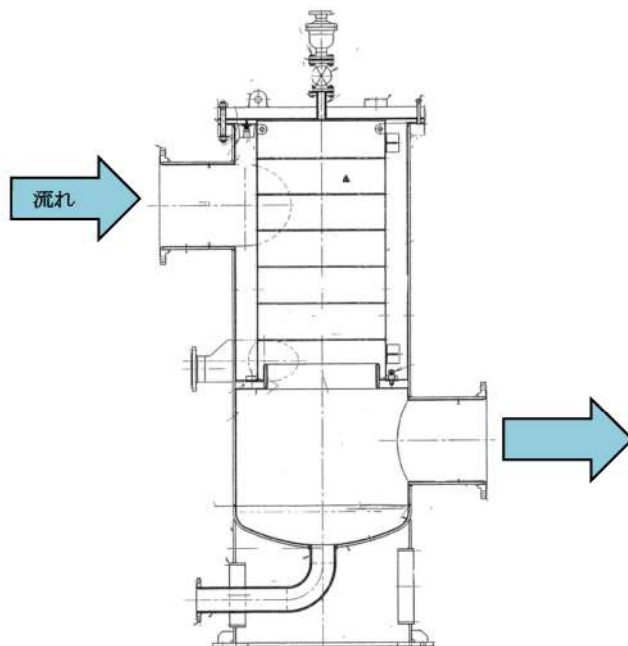
また，海水を冷却水として用いている原子炉補機冷却水冷却器等は定期的に開放点検，清掃を実施し，性能維持を図っている。



第6図 原子炉補機冷却海水設備概略

①原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ

- ・海水中に含まれる海生物等の固形物を除去する。
- ・原子炉補機冷却海水ポンプ供給母管に各系統2基、並列で設置している。（1基で100%通水容量を有している）
- ・ストレーナの差圧が許容値以上になれば，ストレーナの切替え、逆洗を実施し，捕獲した海生物を除去する。
- ・こし筒穴径：3mm
（伝熱管内径・原子炉補機冷却水冷却器：3.25mm（伝熱板間流路））
- ・ディーゼル発電機
空気冷却器：10.6mm
清水冷却器：15.0mm
潤滑油冷却器：15.0mm
- ・空調用冷凍機：15.78mm（最小流路幅）



第7図 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ構造図

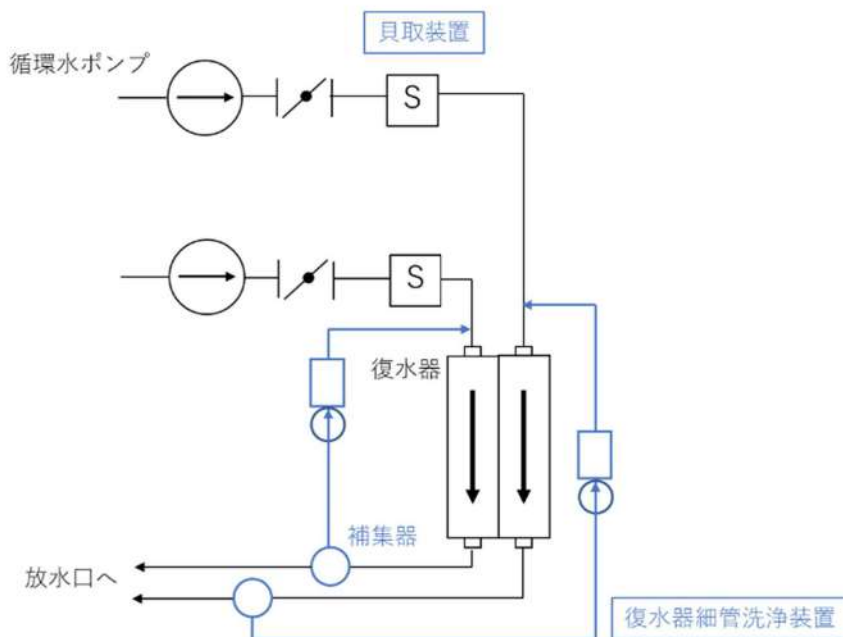
②海水電解装置

- ・海水を電気分解し殺菌力のある次亜塩素酸ナトリウムを発生させ、海水ヘッダへ注入し、クーラー伝熱管への海生物の付着、繁殖を防止する。



次亜塩素酸ナトリウム

循環水ポンプで取水された海水中の海生生物については、貝取装置（第9図）により復水器伝熱管への海生物の侵入を防止している。また、復水器細管洗浄装置（第8図）により細管に付着した海生生物を除去している。さらに、復水器を定期的な開放点検、清掃を実施し機能維持を図っている。

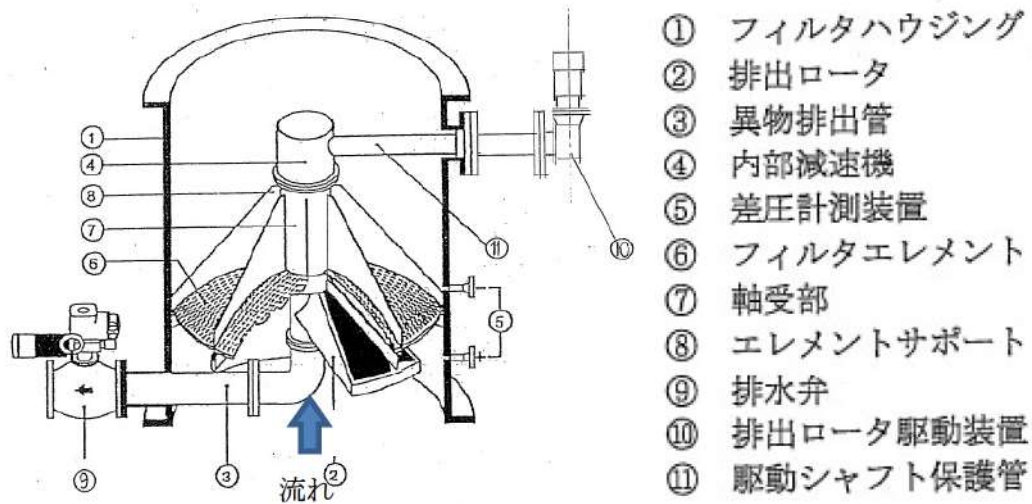


第8図 循環水設備概略

6条(自然)-別1-添付1-7

①貝取装置

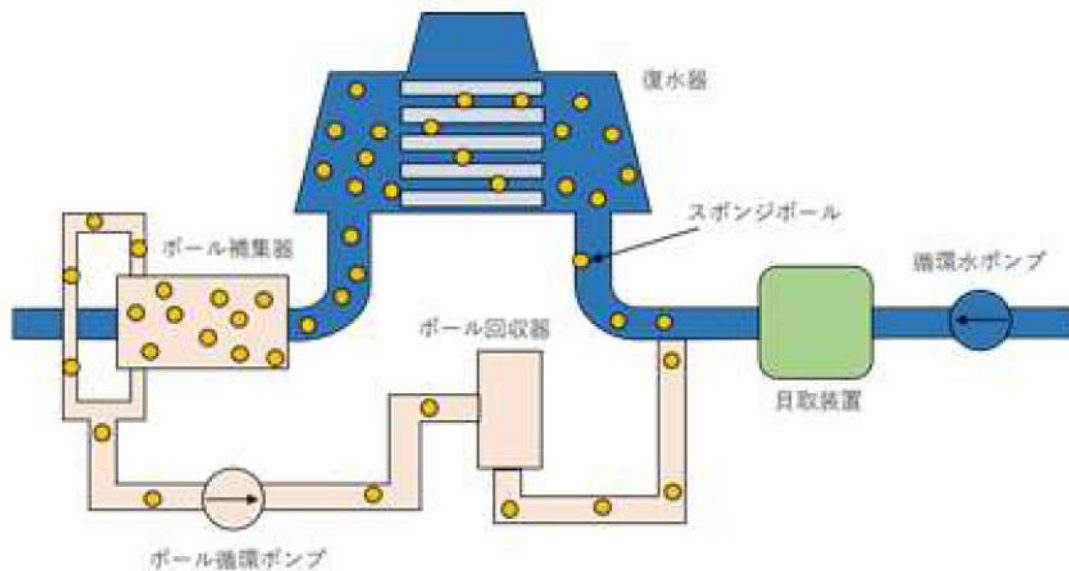
- ・循環水ポンプで取水された海水中に含まれる海生物等の固形物をフィルタエレメントで捕集，除去する。
- ・捕獲された固形物は，排出ロータの回転動作を行い，異物排出流を保った状態で発生する逆洗流によりフィルタエレメントに堆積した冷却水中の固形物をエレメントより浮上させ，排水口から排出する。



第9図 貝取装置

②復水器細管洗浄装置

復水器運転中において，海水中へスポンジボールを注入してボール循環により復水器伝熱管内面に付着した海生物等を除去する。



第10図 復水器細管洗浄装置

6.まとめ

○泊発電所3号炉において、安全施設へ影響を考慮すべき生物学的事象として、海生生物であるクラゲの発生による海水ポンプの取水機能への影響が挙げられる。

○海生生物の発生に対して、以下の設備対策、運転手順を整備し、発電所の安全確保を図っている。

(設備対策)

- ・バースクリーン、トラベリングスクリーンによりクラゲの海生生物を捕獲、除去することで、海水ポンプ及び循環水ポンプの取水機能を維持する。

(運転操作)

- ・海生生物の発生により、トラベリングスクリーン前後の水位差が、ロータリーの自動起動水位差となれば、自動動作状況を確認する。必要に応じ循環水ポンプの取水量の調整を行う。
- ・トラベリングスクリーン前後の水位差がさらに大きくなれば循環水ポンプの取水量の調整に伴い、復水器真空度が低下すれば発電機出力を抑制し、さらにスクリーン水位差による循環水ポンプの運転継続が困難になれば、ユニット停止(発電停止)を行う。

○除塵装置を通過する貝等の海生生物についても、海水ポンプ下流に設置した原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ、貝取装置及び復水器細管洗浄装置により、原子炉補機冷却水系熱交換器や復水器等への影響を防止している。

航空機落下確率評価について

「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」
に基づく評価結果について

泊発電所3号炉の原子炉施設への航空機落下確率は、以下に示すとおり 10^{-7} (回/炉・年)を超えていないため、「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」に定められた判断基準を満足する。

なお、令和5年3月に原子力規制委員会が航空機落下事故に関するデータを更新したことから、最新の事故データ^注を用いた航空機落下確率の評価を実施した。

注：「航空機落下事故に関するデータ」（令和5年3月 原子力規制委員会）

第1表 航空機落下確率

発電所名称	号炉	落下確率（回/炉・年）
泊発電所	3号炉	約 2.3×10^{-8}

評価対象事故及び評価に用いた数値について

1. 評価対象事故

評価対象とする航空機落下事故を第2表に示す。

第2表 評価対象事故の概要

発電所 名称及 び号炉	1) 計器飛行方式民間航空機 の落下事故		2) 有視界飛行 方式民間航 空機の落下 事故	3) 自衛隊機又は米軍機の落下事 故	
	① 飛行場での 離着陸時に おける落下 事故	② 航空路を 巡航中の 落下事故		① 訓練空域内で訓 練中及び訓練空 域外を飛行中の 落下事故	② 基地－訓練 空域間を往 復時の落下 事故
泊 発電所 3号炉	× ^{注1}	× ^{注2}	○	○ ^{注3} 自衛隊機について は訓練空域内で訓 練中、米軍機につ いては訓練空域外 を飛行中の落下事 故	× ^{注3}

○：評価対象，×：評価対象外

注1：泊発電所は、札幌空港及び新千歳空港からの最大離着陸地点以遠に位置するため対象外。(添付1)

注2：泊発電所上空に航空路は存在しない。(添付2)

注3：泊発電所の上空は自衛隊機の訓練空域である。また、発電所は米軍機の基地－訓練空域間の往復の想定範囲内にはない。(添付2)

2. 評価に用いた数値

(1) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$$

P_v : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_v : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

S_v : 全国土面積 (km²)

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

α : 対象航空機の種類による係数

第3表 有視界飛行方式民間航空機の落下事故確率

発電所名称 及び号炉	泊発電所3号炉
パラメータ	
f_v 注1	大型固定翼機 0.5/20=0.025 小型固定翼機 22/20=1.1 大型回転翼機 1/20=0.05 小型回転翼機 17/20=0.85
S_v 注1	37.2万
A 注2	0.0116
α 注3	大型固定翼機, 大型回転翼機 : 1 小型固定翼機, 小型回転翼機 : 0.1
P_v	8.42×10 ⁻⁹

注1 : 「航空機落下事故に関するデータ」(令和5年3月 原子力規制委員会)による。事故件数が0件の場合、保守的に0.5件と仮定した。

注2 : 原子炉建屋, 循環水ポンプ建屋及び原子炉補助建屋等の水平面積の合計値は0.0116km²とする。(添付3)

注3 : 「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(内規)」による。

(2) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

① 訓練空域内で訓練中の落下事故

$$P_{si} = \left(\frac{f_{si}}{S_i}\right) \cdot A$$

P_{si} : 訓練空域内での対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_{si} : 単位年当たりの訓練空域内落下事故率 (回/年)

S_i : 全国の陸上の訓練空域の面積 (km²)

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

② 訓練空域外を飛行中の落下事故

$$P_{so} = \left(\frac{f_{so}}{S_o}\right) \cdot A$$

P_{so} : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_{so} : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率 (回/年)

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

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

第4表 自衛隊機又は米軍機の落下事故確率

発電所名称 及び号炉	泊発電所3号炉
パラメータ	
f_{si} 又は f_{so} 注1	自衛隊機 (f_{si}) 1/20=0.05 米軍機 (f_{so}) 4/20=0.2
S_i 又は S_o 注1	自衛隊機 (S_i) 7.80万 米軍機 (S_o) 37.2万
A	0.0116
P_{si} 及び P_{so}	1.37×10 ⁻⁸

注1 : 「航空機落下事故に関するデータ」(令和5年3月 原子力規制委員会)による。

注2 : 原子炉建屋, 循環水ポンプ建屋及び原子炉補助建屋等の水平面積の合計値は0.0116km²とする。(添付3)

3. 落下確率値の合計値

(1) 泊発電所

泊発電所3号炉における航空機落下確率値の合計値を第5表に示す。

第5表 落下確率値の合計

号炉	1) 計器飛行方式民間航空機の 落下事故		2) 有視界飛行方式民間 航空機の落下事故	3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故		合 計
	①飛行場での離着陸時 における落下事故	②航空路を巡航 中の落下事故		①訓練空域内で訓練中 及び訓練空域外を飛 行中の落下事故	②基地—訓練空域間 往復時の落下事故	
泊発電所 3号炉	—	—	8.42×10^{-9}	1.37×10^{-8}	—	約 2.3×10^{-8}

以上

計器飛行方式民間航空機の飛行場での離着陸時における航空機落下確率の評価について

計器飛行方式民間航空機の飛行場での離着陸時における航空機落下確率の評価の必要性について検討した。

泊発電所付近に位置する札幌空港及び新千歳空港と発電所との距離は、札幌空港及び新千歳空港における最大離着陸距離よりも大きいことから、当該飛行場での離着陸時における航空機落下確率の評価は不要であることを確認した。

第 6 表 飛行場での離着陸時における航空機落下確率評価の要否判定結果

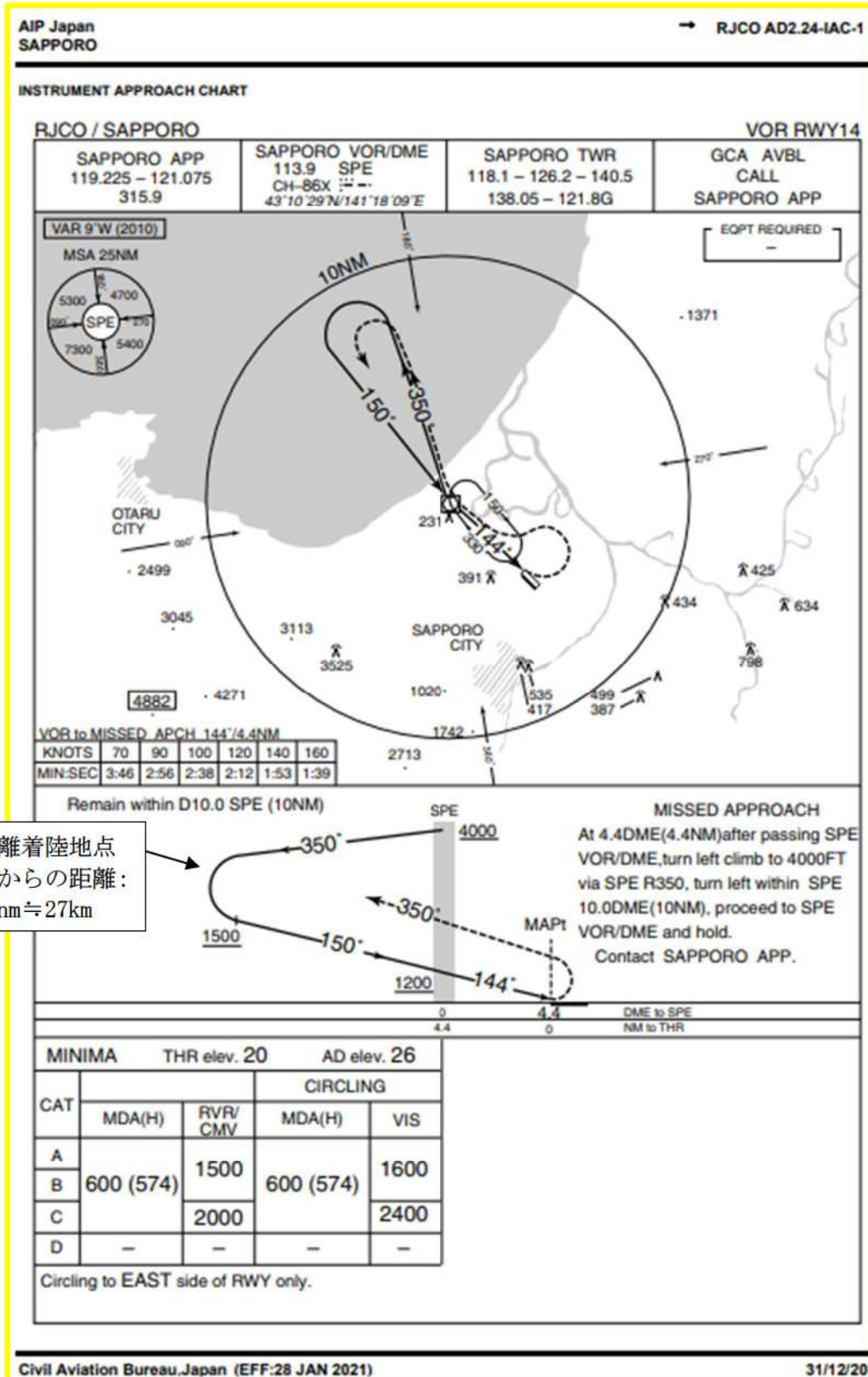
空港名	発電所との距離 ^{注1}	最大離着陸距離 ^{注2}	判定
札幌空港	約 70km	約 27km (14.4nm)	×
新千歳空港	約 100km	約 33km (17.6nm)	×

○：評価対象 ×：評価対象外

注 1：発電所と札幌空港及び新千歳空港の緯度，経度より計測した。

注 2：AIP を参照した。(第 1 図，第 2 図)

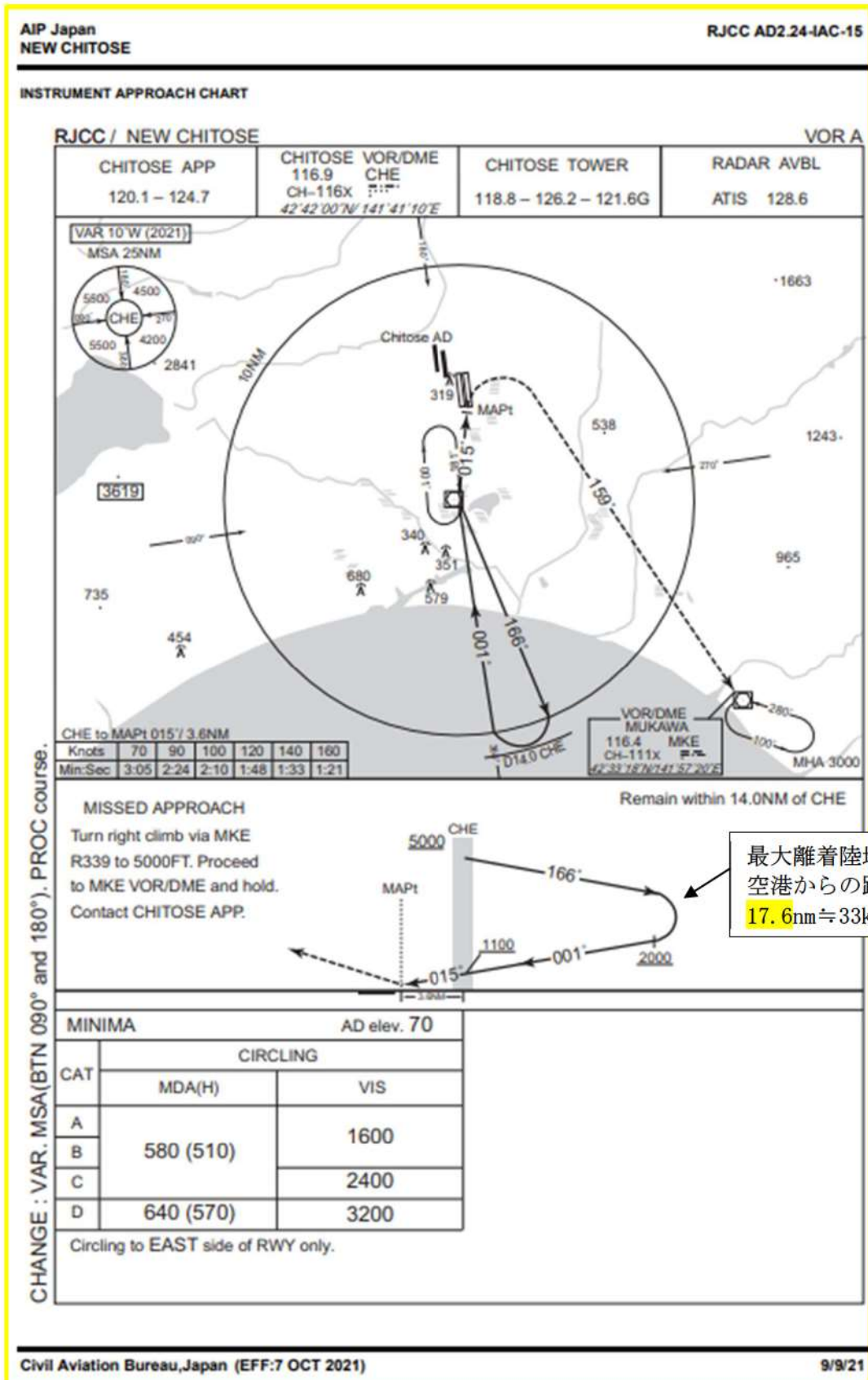
札幌空港の最大離着陸地点までの距離
 (札幌空港～泊発電所の距離：約 70km)



最大離着陸地点
 空港からの距離：
 14.4nm ≒ 27km

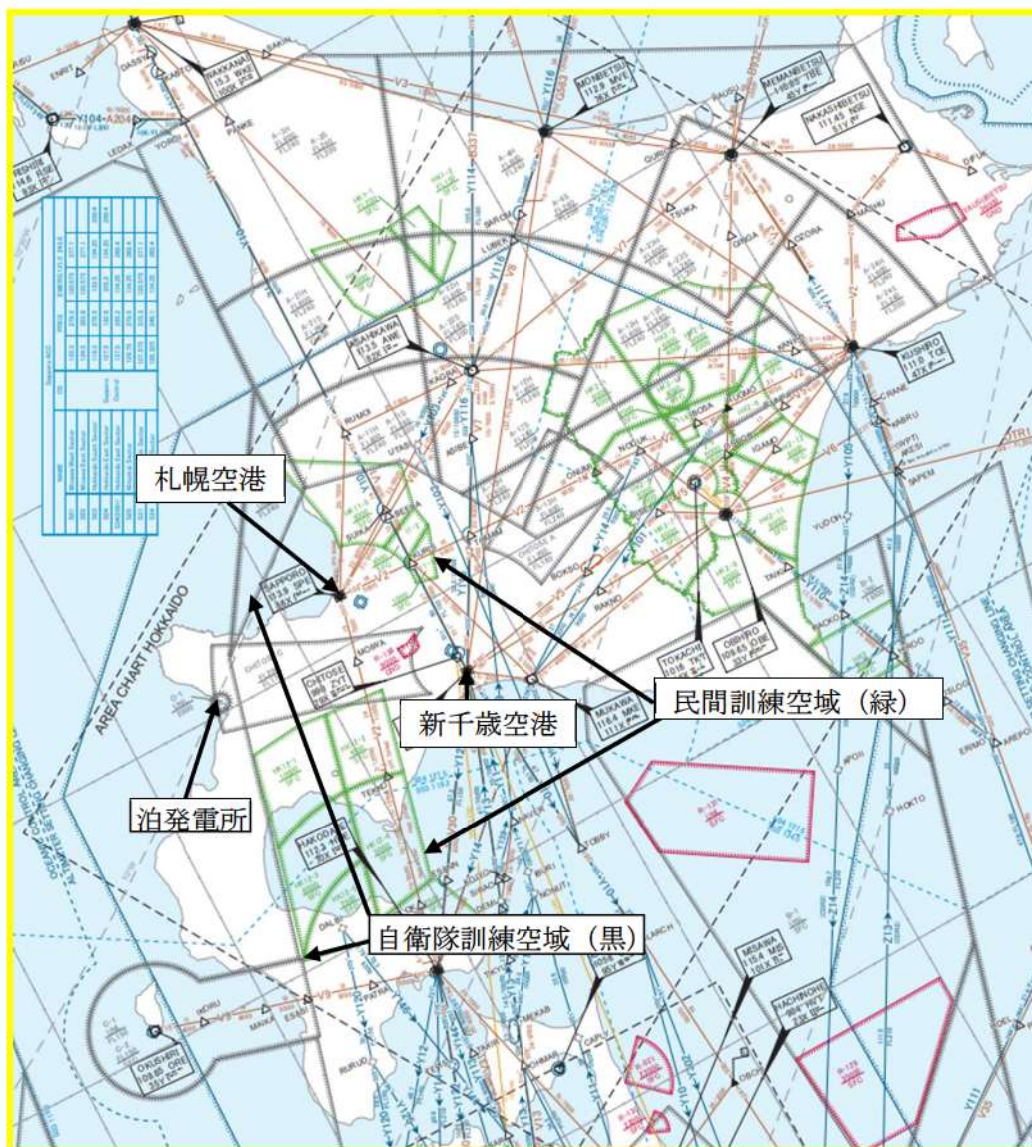
第1図 札幌空港の最大離着陸地点
 (出典：AIP-JAPAN, 国土交通省航空局)

新千歳空港の最大離着陸地点までの距離
(新千歳空港～泊発電所の距離：約 100km)



第2図 新千歳空港の最大離着陸地点
(出典：AIP-JAPAN, 国土交通省航空局)

泊発電所周辺の航空路について



第 3 図 泊発電所周辺の航空図

(出典：AIP-JAPAN ENROUTE CHART (2023 年 3 月 23 日版),
国土交通省航空局)

第 7 表 航空機落下確率評価に係わる標的面積

単位：k m²

発電所	号炉	原子炉建屋 ^{注1}	原子炉補助 建屋 ^{注2}	燃料取替用水 タンク建屋	ディーゼル 発電機	中央制御室	循環水ポンプ 建屋 ^{注5}	合計	標的面積 ^{注6}
泊発電所	3号炉	0.004582	0.003720	— ^{注3}	0.000420	— ^{注4}	0.002795	0.011517	0.0116

注 1：炉心，安全系の機器及び使用済燃料ピットを含む

注 2：安全系の機器を含む

注 3：燃料取替用水ピットは原子炉建屋内に設置

注 4：中央制御室は原子炉補助建屋内に設置

注 5：原子炉補助機冷却海水ポンプを含む

注 6：落下確率の算定にあたっては，合計を切り上げて 0.0116(3号炉)を使用する

安全保護回路の制御盤の主な電磁波等，外部からの 外乱（サージ）・ノイズ対策について

1. 概要

電磁的障害には，サージ・ノイズや電磁波の侵入があり，これらは低電圧の計測制御回路に対して影響を及ぼすおそれがあるため，計測制御回路を構成する安全保護回路の制御盤及びケーブルは，ラインフィルタや絶縁回路の設置によりサージ・ノイズの侵入を防止するとともに，鋼製筐体や金属シールド付ケーブルの適用により電磁波の侵入を防止している。

2. サージ・ノイズ，電磁波に対する具体策

計測制御回路を構成する制御盤及びケーブルは原則として以下の設計としている。

(1) サージ・ノイズ対策

a. 電源回路

制御盤へ入線する電源受電部にサージ・ノイズ対策回路として絶縁回路を設置し，外部からのサージ・ノイズの侵入を防止する設計としている。

b. 信号入出力回路

外部からの信号入出力部に，サージ・ノイズ対策回路としてラインフィルタを設置し，外部からのサージ・ノイズの侵入を防止する設計としている。

(2) 電磁波対策

a. 筐体

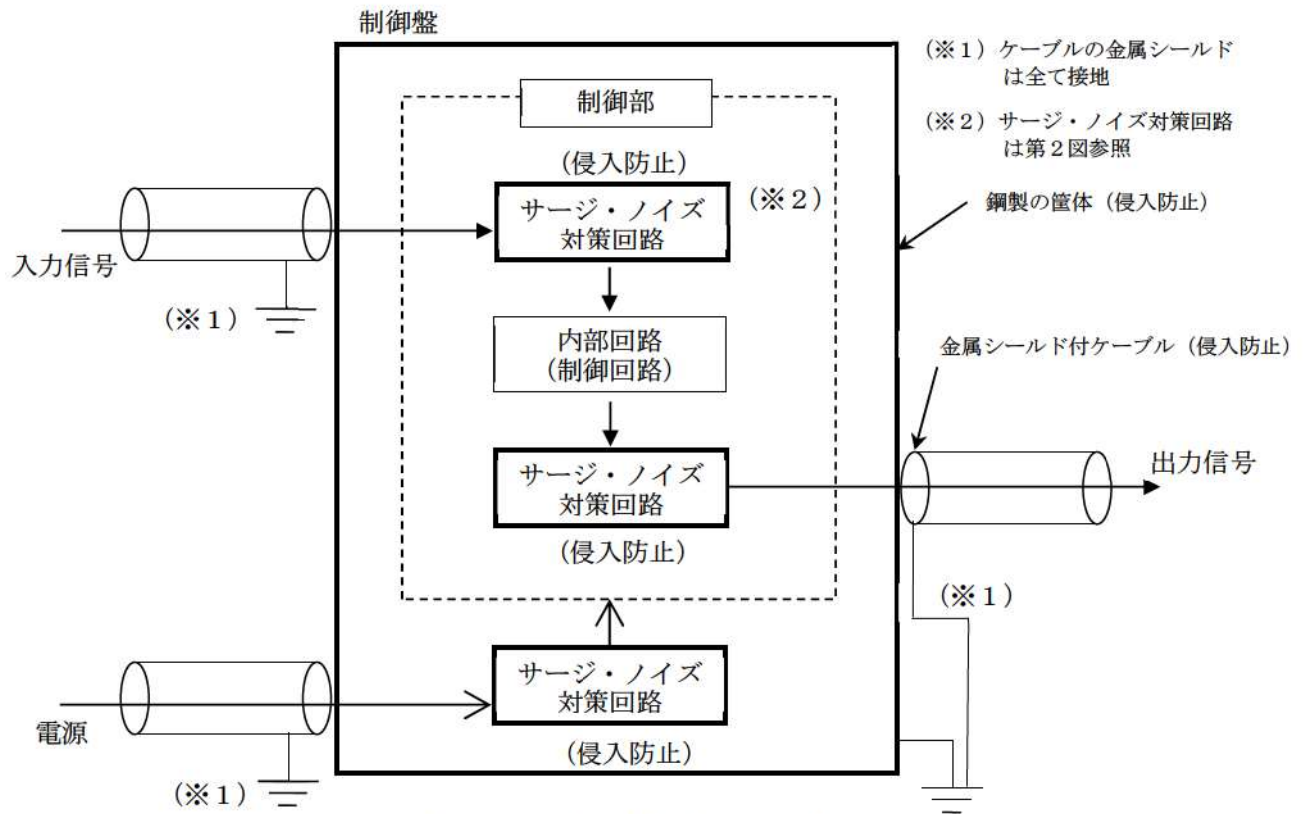
制御盤の制御部，演算部は鋼製の筐体に格納し，筐体は接地することで電磁波の侵入を防止する設計としている。

b. ケーブル

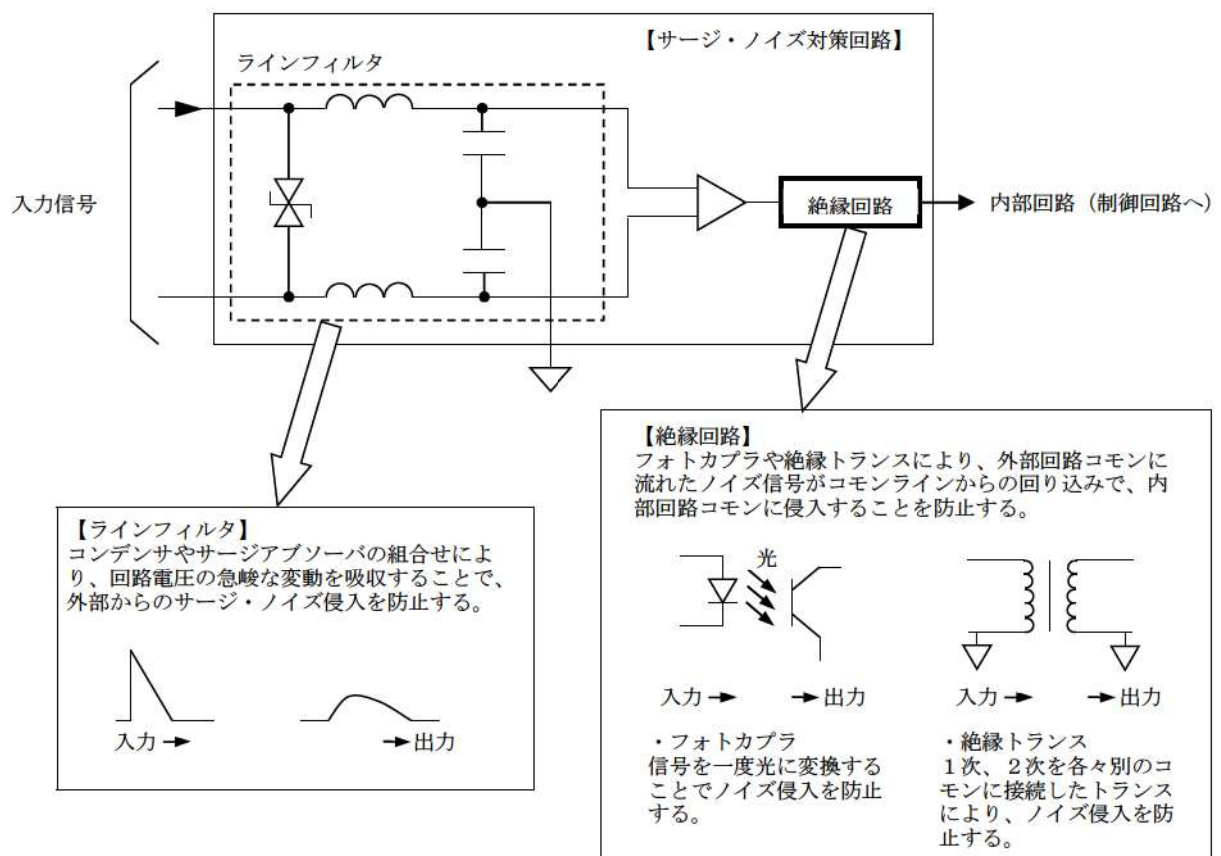
ケーブルは必要により金属のシールド付ケーブルを使用し，金属シールドは接地して電磁波の侵入を防止する設計としている。

3. 電磁波等の発生源に対する対策

電源ケーブルは信号ケーブルとは別のトレイ・ダクトに敷設し，信号ケーブルはシールド付ケーブルを使用して接地することで計測制御回路への電磁的影響を防止している。



第1図 電磁的障害防止策の全体構成



第2図 サージ・ノイズ対策回路の具体的な構成

六ヶ所落雷事象に対する北海道電力の状況について

当社の耐雷設計として、安全上重要な設備は、原子炉建屋及び原子炉補助建屋に集約されており、六ヶ所のような安全上重要な設備が点在しておらず、屋外を通じて、建屋間を接続する構造ではない。加えて、平成27年8月の六ヶ所落雷事象に鑑み、泊発電所において耐雷設計としては、雷撃電流150kAを想定しているものの、六ヶ所落雷事象のような想定を超える雷が生じたとしても、以下に示すとおり事象収束される設計となっているため、現時点においては追加対策不要と判断している。

1. 当社における耐雷設計

(雷害防止対策)

- ・雷害防止対策として、建築基準法に基づき高さ20mを超える原子炉格納施設等へ日本産業規格(JIS)に準拠した避雷設備を設置するとともに、構内接地網と接続することにより、接地抵抗の低減や雷撃に伴う構内接地系の電位分布の平坦化を図っている。

(機器保護対策)

- ・安全保護回路への雷サージ抑制を図る回路設計としていることから、安全施設の安全機能を損なうことの無い設計としている。
- ・原子力発電所における雷サージの侵入経路としては、「送電鉄塔・架空地線への落雷」、「所内電源系統、発電所避雷針への落雷」、「排気筒、建屋避雷針への落雷」がある。JEAG 4608-2007に基づき、これらからの侵入を抑制するために、避雷器(保安器)の設置やシールド付ケーブルを採用する設計としている。
- ・また、安全保護回路のデジタル計算機が収納された盤は、JEC-210-1981に基づいて耐力を確認し、JIS C 1000-4-4-1999の設計を踏まえて、ラインフィルタや金属シールド付ケーブルを設置する設計としている。
- ・プラントトリップ機能等を有する安全保護回路については、過去PWR5社にて、「原子力発電所の耐雷設計に関する研究」を実施し、 避雷針より雷サージ模擬インパルス小電流 を印加し、接地系の過渡特性・回路への雷サージ伝搬特性に関するデータを取得した。低レベル信号回路に観測されたサージ誘導電圧は最大でも である。そのため、想定雷撃電流150kAを超える雷(仮に200kAと設定)の落雷による回路への影響評価を実施すると、雷サージ誘導電圧約 となり、安全保護回路の許容値2kV以内となるため設計的に影響はない。
- ・万一、落雷により、安全上重要な設備が故障した場合にも、計器類は多重化されており、原子炉を安全に停止し、かつ、原子炉の停止後に炉心を冷却するための設備が動作すると

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

ともに、原子炉格納容器の健全性の確保のための設備が動作することができる設計としている。

- ・現時点においては、追加対策は不要と考えるが、今後新知見等が得られれば、検討していく。

2. 落雷事象に対する止める、冷やす、閉じ込めるの設計に関する考察

1. のとおり、安全保護回路については雷サージの誘導に対する耐力を確保しているが、仮に
1. を上回る雷サージに伴い外部電源が喪失した場合について、その影響を整理する。

(1) 単一故障に対する止める、冷やす、閉じ込める機能の維持

安全保護回路については機能確保のために、原子炉の運転状態に応じて各検出要素の動作設定値及び動作可能であるべき所要チャンネル数を定めている。落雷への対策については、避雷針等により発電所大で対策を図っているものの、検出器側に不具合が生じた場合に備えて、安全保護回路の所要チャンネル数は安全設計審査指針への適合性の観点から、多重性、独立性、運転中の試験可能性を考慮した設計としている。

落雷の影響により、検出器が単一故障した場合は、中央制御室に警報が発信されるとともに、1チャンネルが動作不能又は動作となった場合においても多重化されていることから保護機能は維持されることになる。具体的には、以下の①～③に示すとおりである。なお、警報は検出器からの信号ケーブルとは異なるラインから中央制御室に発信する設計としており、加えて、故障による検出器信号の変動で発信するものや、チャンネル間の信号比較により異常を検知するもの等多様な手段により警報を発信することができる。

①「止める（プラントトリップ）」

機能は、原子炉圧力低等の多重化による原子炉トリップ信号により維持される。なお、原子炉トリップ信号が機能しなかった場合においても、保安規定では所要チャンネル数を満足できない場合の措置として、故障等により動作不能となったチャンネルを所要時間内に動作可能な状態にできない場合は、原子炉を手動で停止側へ移行する等の措置を規定している。

②「冷やす（非常用炉心冷却設備作動等）」

機能は、原子炉圧力異常低等の多重化による非常用炉心冷却設備作動信号により維持される。なお、ECCSが機能しなかった場合においても、保安規定では所要チャンネル数を満足できない場合の措置として、故障等により動作不能となったチャンネルを所要時間内に動作可能な状態にできない場合は、手動で炉心冷却する等の措置を規定している。

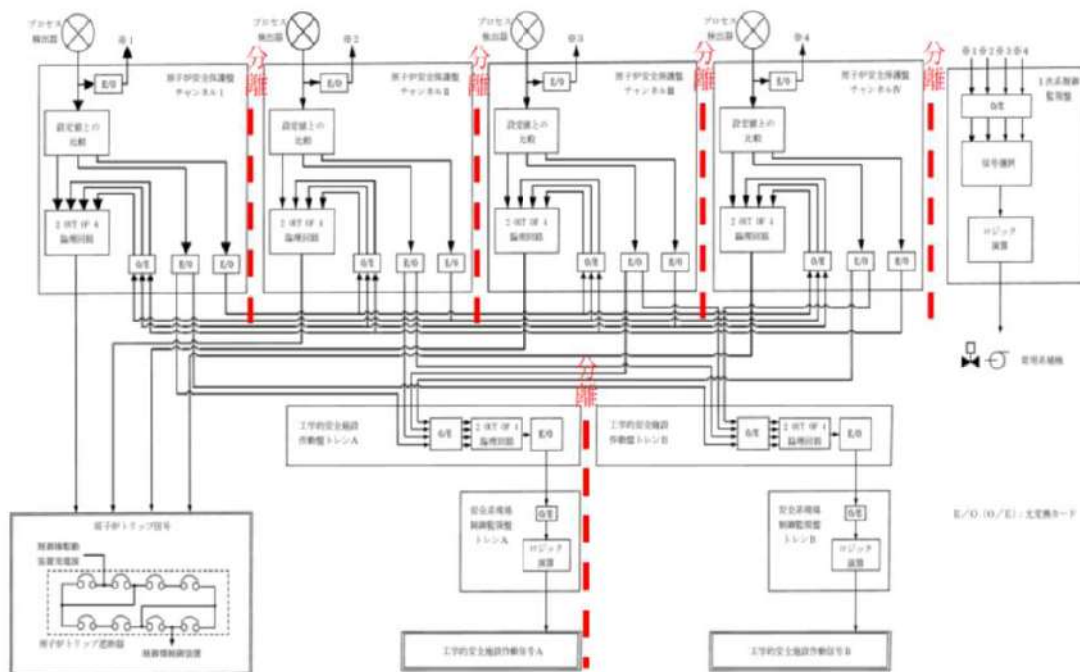
③「閉じ込める（C/V隔離等）」

機能は非常用炉心冷却設備作動信号等の多重化による原子炉格納容器隔離信号により維

持される。なお、C/V隔離信号が機能しなかった場合においても、保安規定では所要チャンネル数を満足できない場合の措置として、故障等により動作不能となったチャンネルを所要時間内に動作可能な状態にできない場合は、手動で格納容器を隔離する等の措置を規定している。

(2) 全チャンネル同時喪失に対する止める、冷やす、閉じ込める機能の維持

全チャンネル（複数チャンネル）の同時喪失についてはこれまでのプラント運転の経験（ニューシア等）からも実績はない。仮に落雷により所要チャンネル数に満たない状態となった場合の対応は（1）項と同様となる。



第1図 安全保護回路のデジタル計算機が収納された盤の構成

1. 日本原燃の落雷事象の概要

(原因)

- ・2015年12月7日、日本原燃ホームページに掲載された最終報告書の内容では、トラブルの発生要因として、落雷に伴う影響（雷サージ）による故障としている。さらに、詳細分析では、落雷によって誘起された雷圧による可能性が高く（間接雷）、再処理施設の主排気筒への落雷により発生した電位上昇による過電圧の影響で故障が発生した可能性が高いとしている。

(対策)

- ・計器（ディストリビュータ）が故障に対し、アナログ信号伝送の計装回路において保安器等を追加する。
- ・設備対応を行うまでの間に備え、万一落雷の影響により故障が発生した場合に安全確保ができるよう計器及び保安器の予備品を確保する。さらに、今後同様の事象が発生した際に、速やかに必要な安全機能が確保されていることを確認するために、代替監視手段を整理し、手順に定める。

2. 六ヶ所再処理施設との相違点

- ・当社の安全上重要な設備については、原子炉格納施設、原子炉建屋及び原子炉補助建屋に集約されており、六ヶ所のような安全上重要な設備が点在し、屋外を通じて、建屋間を接続する構造ではない。
- ・当社の耐雷設計は、接地網を浅くして等電位となるようにすることで、直撃雷を低減することとしている。その上で、各機器レベルでのサージ・ノイズ対策を行う設計としている。
- ・六ヶ所再処理施設においては、構内接地網に流れるとともに、地表面近くに埋設されているトレンチ等の構造物に分流しながら伝搬するため、基本的に建物入口付近に保安器を設置する設計としている。

以上

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、適切に組み合わせて設計する。

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。

従って、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、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。

泊3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想定される自然現象によって影響を受けると考えられる重要安全施設は、原子炉建屋等に比して脆弱な外壁及び天井で構成される循環水ポンプ建屋に覆われている原子炉補機冷却海水ポンプである。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。

従って、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、事故の影響が長期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、また循環水ポンプ建屋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、事故の影響が長期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循環水ポンプ建屋に覆われた原子炉補機冷却海水ポンプに事故時の荷重が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

応力の評価と変わらない。

自然現象，人為事象に対する安全施設の影響評価について

泊発電所で考慮する自然現象及び人為事象に対して，安全施設の受ける影響評価を行った。

自然現象，人為事象に対する屋外の安全施設の影響評価を第1表に示す。

なお，洪水及び高潮の自然現象，並びに飛来物（航空機落下），ダムの崩壊及び船舶の衝突の人為事象に関しては，泊発電所の施設への影響がないことから，影響を及ぼす自然現象，人為事象から除外している

なお，安全施設については，「重要度分類審査指針」に従い，その有する安全機能の重要度に応じクラス分類がなされている。クラス3の安全機能を有する安全施設については，一般産業施設と同等以上の信頼性の確保及び維持の要求となっており，相応の安全機能を有している。そのため，これらの安全施設の機能が喪失した場合には，運用上の措置等，可能な限り対策を講じることとしている。

第1表 自然現象に対する安全施設の影響評価 (泊発電所) (1/5)

重要度(機能維持)設計	自然現象による影響										人為事象による影響														
	風(台風)		竜巻		洪水		地震		津波		地滑り		火山		生物学的事象		森林火災		爆発		近隣工場等の火災		船舶の被害		
	評価	確認結果	評価	確認結果	評価	確認結果	評価	確認結果	評価	確認結果	評価	確認結果	評価	確認結果	評価	確認結果	評価	確認結果	評価	確認結果	評価	確認結果	評価	確認結果	
IS-1	その項値又は範囲により発生する事象によって、 (a) 炉心の著しい損傷、又は燃料の大量の溶融 (b) 燃料の大量の溶融を引起こすおそれのある構造物、系統及び機器	機組又は機器	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置
		機組又は機器	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置
IS-1	1) 原子炉冷却材圧力カブリング機能 2) 炉心冷却水の閉止機能 3) 炉心冷却水の維持機能	機組又は機器	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置
		機組又は機器	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置
IS-1	1) 異常事態発生時に原子炉を緊急停止し、冷却水を除去し、原子炉冷却材圧力カブリングの機能を停止し、緊急停止後の冷却水の供給を確保する機能 2) 原子炉停止後の冷却水の供給を確保する機能	機組又は機器	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置
		機組又は機器	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置
IS-1	1) 異常事態発生時に原子炉を緊急停止し、冷却水を除去し、原子炉冷却材圧力カブリングの機能を停止し、緊急停止後の冷却水の供給を確保する機能 2) 原子炉停止後の冷却水の供給を確保する機能	機組又は機器	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置
		機組又は機器	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置

○：各外部事象に対し安全機能を維持できる。
 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

荷：荷重による影響なし
 水：浸水による影響なし
 飛：異常飛来物による影響なし
 爆：爆発飛来物による影響なし
 除：除雪、除灰

熱：輻射熱による影響なし
 煙：ばい煙による影響なし
 取：ディーゼル発電設備吸気フィルタの取替え
 代：代替設備(設備名)
 補：補修の実施(必要に応じプラント停止)

影：対象となる構造物、系統又は機器に影響を及ぼす影響モードがない
 防：事象に見合った防護対策を実施(例：飛来物からの防護、雷害対策、除塵装置等)
 内：建屋内(地下敷設も含む)
 居：中央制御室居住性評価の結果、影響なし

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付属施設の位置、構造および設備の基準に関する規則 (規則の解釈)</p>
<p>指針二 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築物、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。</p> <p>重要度の特に高い安全機能を有する構築物、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)</p> <p>「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。</p> <p>「重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器」については、別に「重要度分類指針」において定める。</p> <p>「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、積雪、地滑り等から適用されるものをいう。</p> <p>「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對して、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た、かつ、統計的に妥当とみなされるものをいう。</p>	<p>第六条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <p>安全施設は、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れないものでなければならぬ。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第6条は、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れ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、生物学的事象又は森林火災等から適用されるものをいう。</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れないもの」とは、設計上の考慮を要する自然現象又はその組合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>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>なお、過去の記録、現地調査の結果等を参考にして、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>「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の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変化を考慮して適切に組み合わせた場合をいう。</p> <p>指針三 人為事象に対する設計上の考慮</p> <p>1 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、想定される人為事象によって、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。</p> <p>(解釈)</p> <p>「人為事象」とは、飛行機落下、ダムの崩壊、爆発等をいう。</p>	<p>実用発電用原子炉及びその付属施設の位置、構造および設備の基準に関する規則 (規則の解釈)</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> <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」とは、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変化を考慮して適切に組み合わせさせた場合をいう。</p> <p>3 安全施設は、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。）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)</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つて人為によるもの（故意によるものを</p>
---	---

<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28年8月30日）</p>	<p>実用発電用原子炉及びその付属施設の位置、構造および設備の基準に関する規則 (規則の解釈)</p>
	<p>除く。) に対して、<u>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。</u></p> <p>8 第3項に規定する「<u>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。）</u>」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、<u>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</u>をいう。なお、<u>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。</u></p>

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 EXT-B1 より	参考訳	考慮すべき事象の除外基準
Initial Preliminary Screening: For screening out an external hazard, any one of the following five screening criteria provides as an acceptable basis;	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>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>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: プラント設計上、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、又はプラントの安全性が損なわれることがない。</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>Criterion 3:</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</p>	<p>基準 A: プラントに影響を与えるほど接近した</p>

ASME ANS RA-Sa-2009 EXT-B1 より	参考訳	考慮すべき事象の除外基準
<p>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>参訳 していなくて、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>場所が発生しない。</p>
<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>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>該当なし</p>	<p>—</p>	<p>基準 F : 外部から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。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の対象外の事項</p>

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、ガイドに基づく影響評価を実施し必要な対応を行なっている。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（平成 12 年 11 月）での記載有無も併せて、下表に整理した。

第1表 各事象への対応状況

	事象	旧指針	新基準	既記載	対応変更	説明
自然現象	1 洪水	○	○	○	なし	—
	2 風（台風）	○	○	○	なし	気象データの追加調査を実施。
	3 竜巻	—	○	—	あり	今回、竜巻影響評価ガイドに基づき評価を実施。
	4 凍結	○	○	○	なし	気象データの追加調査を実施。
	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	○	○	○	なし	気象データの追加調査を実施。
	7 落雷	—	○	○	なし	—
	8 地滑り	○	○	○	あり	今回、地すべり発生時の評価実施
	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を実施。
	10 生物学的事象	—	○	—	なし	設置時より、除塵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、外部火災影響評価ガイドに基づき評価を実施。
人為事象	12 高潮	—	—	○	なし	設置時の添付書類六「水理」に潮位及び水理状況を記載している。 設置時より、高潮の潮位を考慮した敷地レベルとなっている。
	1 飛来物（航空機落下）	○	○	○	なし	データのみ変更。
	2 ダムの崩壊	○	○	○	なし	設置時の添付書類六「水理」に水理状況を記載している。
	3 爆発	○	○	○	あり	今回、外部火災影響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、外部火災影響評価ガイドに基づき評価等実施。
	5 有毒ガス	—	○	—	あり	今回、外部火災影響評価ガイドに基づき評価等実施。
	6 船舶の衝突	—	○	—	あり	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設備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、計測制御系に電磁的障害への対策を実施している。	

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」の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。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。

【抜粋】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

設置許可基準規則	解釈
<p>第六条 (外部からの衝撃による損傷の防止)</p> <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(重要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

重要度分類審査指針※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、クラス 2 及びクラス 3 に分類

※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

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、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、設置許可基準にて以下のように規定されている。

【抜粋】 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

第四十三条（重大事故等対処設備）

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。

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、安全施設のうち外部事象防護対象施設は、設計基準風速の風荷重に対して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。

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、建築基準法施行令第 87 条では、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、泊村(古宇郡)の基準風速は 36m/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（別紙 1）

風の影響には地域性があり、風（台風）の設計基準風速の設定の際は、その地域性を考慮する必要があることから、泊発電所及び泊発電所近隣の気象観測所における観測記録（別紙 2）を確認した結果、小樽市の観測記録を参照することが妥当と判断した。

気象庁の気象統計情報における最大風速の観測記録⁽¹⁾⁽²⁾によれば、泊発電所の最寄りの気象官署である小樽特別地域気象観測所における地域気象観測システム（アメダス）、気象庁年報及び地上気象観測原簿での最大風速の観測記録史上 1 位は 27.9m/s（小樽特別地域気象観測所 1954 年 9 月 27 日）であり、風速の観測記録は台風も含む。

小樽市：最大風速：27.9m/s

（1954 年 9 月 27 日，統計期間：1943 年～2021 年）

以上より、設計基準風速として使用する値としては、(1)規格・基準類で要求される泊村(古宇郡)の基準風速である 36m/s（地上高 10m, 10 分間平均風速）が、(2)観測記録の値である小樽市における観測記録史上 1 位の最大風速（地上高 10m, 10 分間平均風速の日最大風速）である 27.9m/s を上回ることから、36m/s を設計基準風速と定める。

3. 外部事象防護対象施設の健全性評価

外部事象防護対象施設が、36m/s（地上高10m、10分間平均）の風（台風）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、36m/sの風（台風）に対する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する。

本評価における基本的な考え方は、以下のとおり。また、第1図に風（台風）に対する安全施設の評価フローを示す。

○外部事象防護対象施設について、以下の①又は②に分類の上、評価し、風荷重に対して安全機能が損なわれないことを確認する。なお、風荷重は地震、津波、火山の影響に対して適切に組み合わせる。

① 屋外に設置されている設備については、当該の設備に36m/sの風（台風）に対する風荷重が作用した場合においても、安全機能を損なわないことを確認する。

② 屋内に設置されている設備は、風速36m/sの風荷重が作用しても、当該の建屋の健全性を確認することにより、設備の安全機能が損なわれないことを確認する。

○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こと若しくは風（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、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

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。

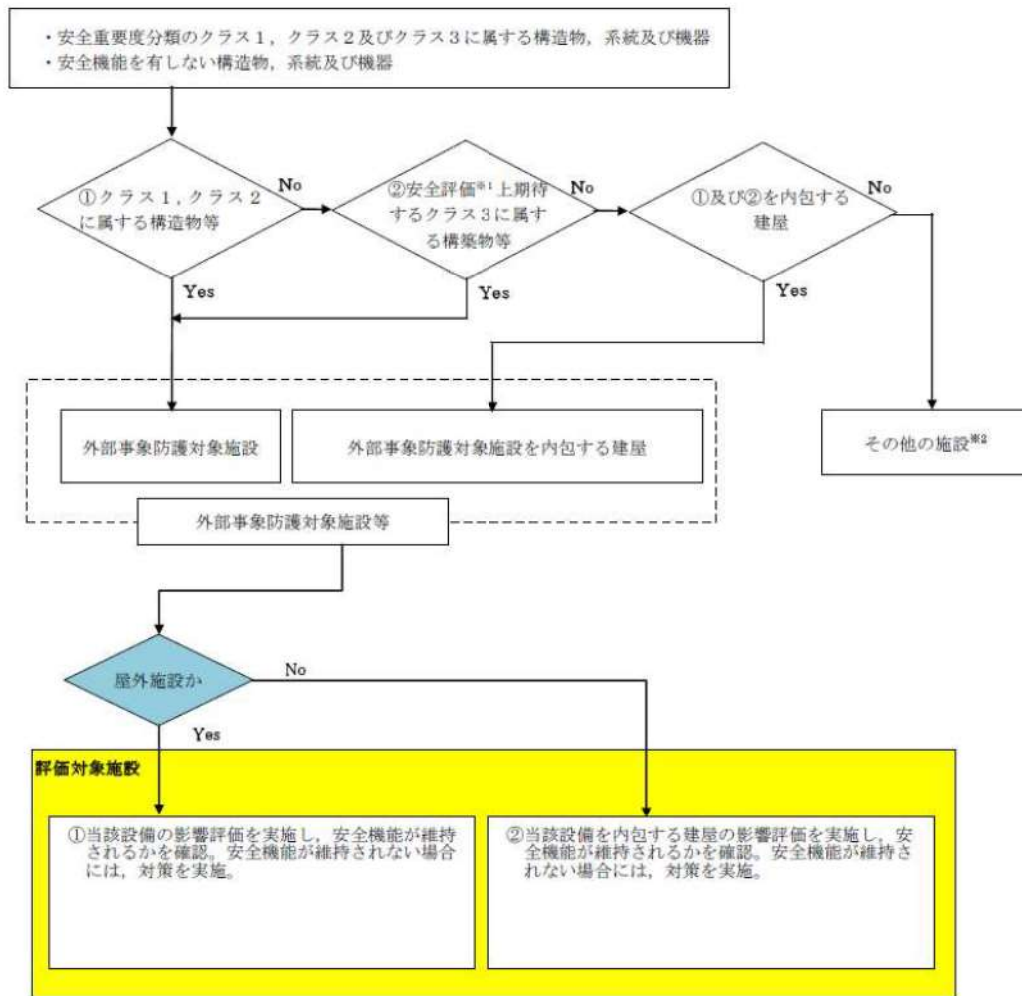
4. 重大事故等対処設備に対する考慮

第2図の風（台風）による重大事故等対処設備への影響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する。

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

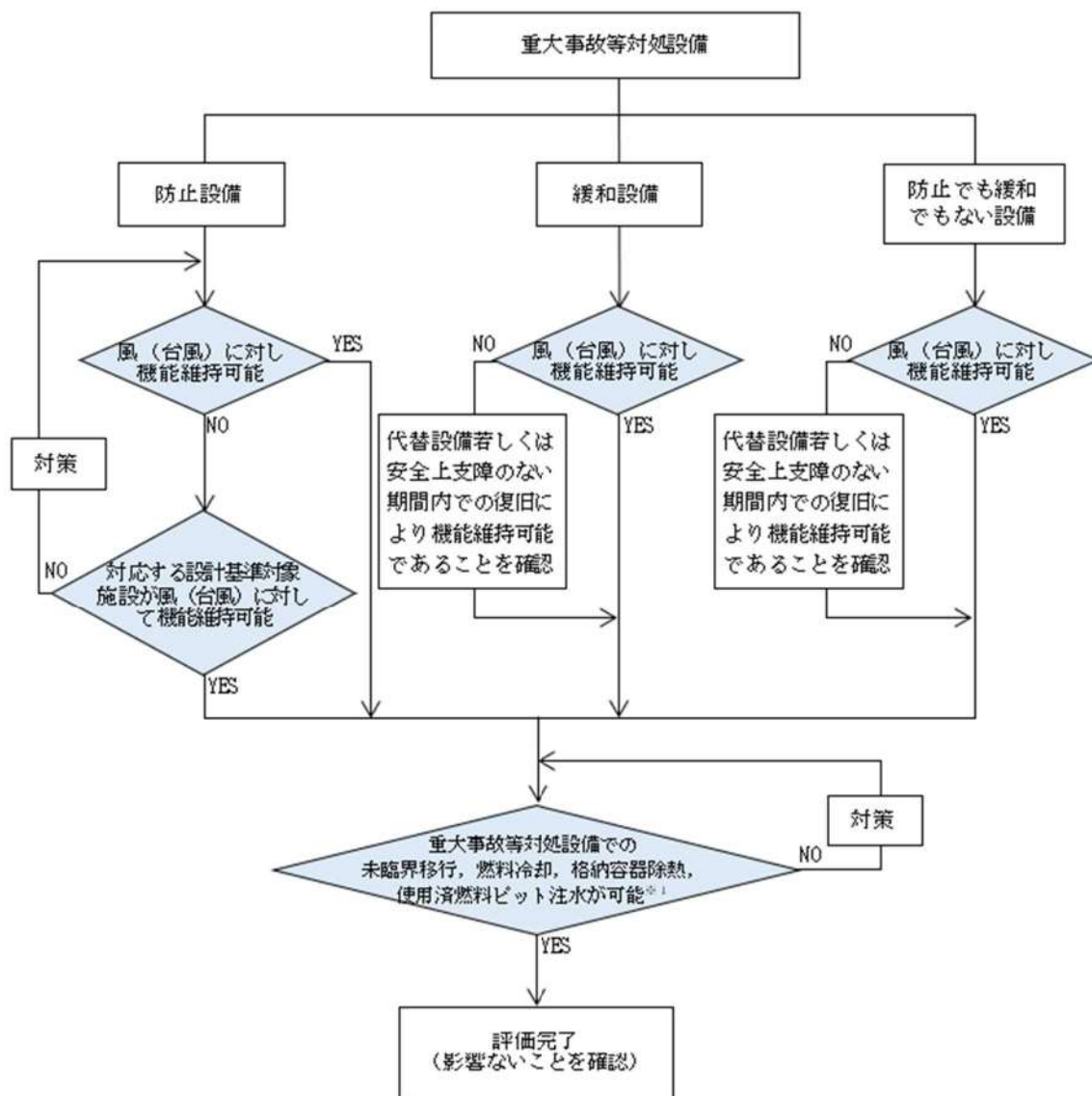
- (1) 気象庁：<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- (2) 気象庁年報（地上気象観測原簿データ）



※1 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析

※2 その他の施設のうち安全施設は、構造健全性の確保、若しくは損傷を考慮して代替設備、修復等で安全機能を確保

第1図 風（台風）に対する安全施設の評価フロー



※ 1：設計基準風速により重大事故等対処設備と設計基準対象施設の機能が同時に損なわれることはないが、安全上支障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

第 2 図 風（台風）による重大事故等対処設備への影響評価フロー

小樽市における日最大風速の観測記録

第 1 表 小樽市における毎年の日最大風速観測記録

(気象庁ホームページ及び気象庁年報（地上気象観測原簿データ）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]	年	日最大風速 [m/s]
1943	17.0	1968	12.0	1993	14.6	2018	12.4
1944	24.2	1969	18.8	1994	14.1	2019	12.7
1945	19.0	1970	17.7	1995	15.8	2020	12.4
1946	18.2	1971	14.2	1996	15.1	2021	12.6
1947	20.7	1972	16.5	1997	12.9		
1948	24.0	1973	13.0	1998	13.2		
1949	23.2	1974	17.3	1999	12.7		
1950	19.7	1975	13.9	2000	12.4		
1951	20.8	1976	13.3	2001	16.3		
1952	24.8	1977	11.4	2002	15.9		
1953	17.6	1978	13.2	2003	14.8		
1954	27.9	1979	14.0	2004	20.5		
1955	18.0	1980	11.8	2005	14.5		
1956	20.5	1981	17.2	2006	13.1		
1957	18.2	1982	14.4	2007	15.7		
1958	23.5	1983	14.1	2008	12.2		
1959	22.6	1984	14.1	2009	14.0		
1960	16.0	1985	14.2	2010	15.5		
1961	17.3	1986	12.5	2011	13.1		
1962	15.0	1987	14.3	2012	15.4		
1963	14.3	1988	12.4	2013	16.4		
1964	15.0	1989	12.2	2014	12.7		
1965	14.8	1990	12.4	2015	13.3		
1966	16.5	1991	12.9	2016	13.7		
1967	14.3	1992	12.9	2017	16.1		

泊発電所及び泊発電所近隣の気象観測所における 類似性を考慮した設計基準風速の設定について

泊発電所3号炉の設計基準風速の設定に当たっては、既許可では建築基準法で定める泊発電所のある泊村（古宇郡）の基準風速を基に定めていた。今回、これと最寄りの気象官署の既往最大値を参照することとしたが、風については局地性の影響を強く受けるため、卓越風向や強風が吹く時期において泊発電所と類似性の傾向がある気象官署を選定し設計基準風速を設定することとした。

1. 泊発電所近隣の気象観測所について

泊発電所近隣の気象官署としては寿都、小樽及び倶知安、アメダスとしては共和、神恵内、余市、美国がある。また、泊発電所も運開前から風速をはじめとした気象データを採取しており、これらの観測記録を参照することが考えられる。（第3図）

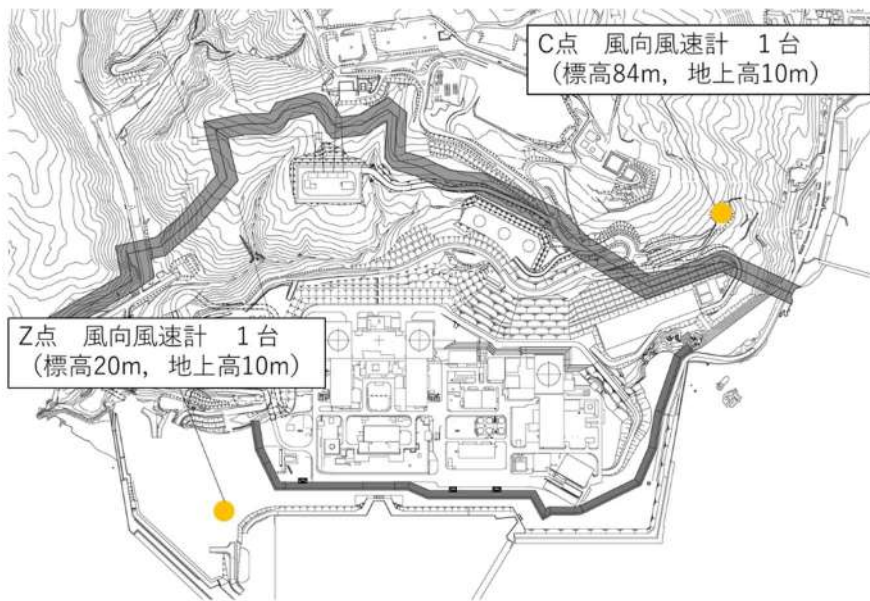
なお、アメダス（共和、神恵内、余市、美国）の観測記録は1977年10月、泊発電所の観測記録は1989年4月からデータ採取を開始しており既に30年以上のデータ蓄積があり、気象官署と同等の信頼性を有すると考えられることから、これらの観測記録も同様に確認した。（気象の平年値は気象観測統計指針にて30年間の平均値から算出すると定義されていることを考慮しても、十分なデータ量であると考え）

また、泊発電所の風向風速計は気象業務法並びに気象測器検定規則に基づき5年ごとに検定を受けている。（参考1）



マーク	地点の種類	観測要素
●	特別地域 気象観測所	降水量, 風, 気温, 日照時間, 積雪, 気圧, 湿度, 天気など
■	アメダス	降水量, 風, 気温, 日照時間, 積雪
●	アメダス	降水量, 風, 気温, 日照時間
○		町を表したもの

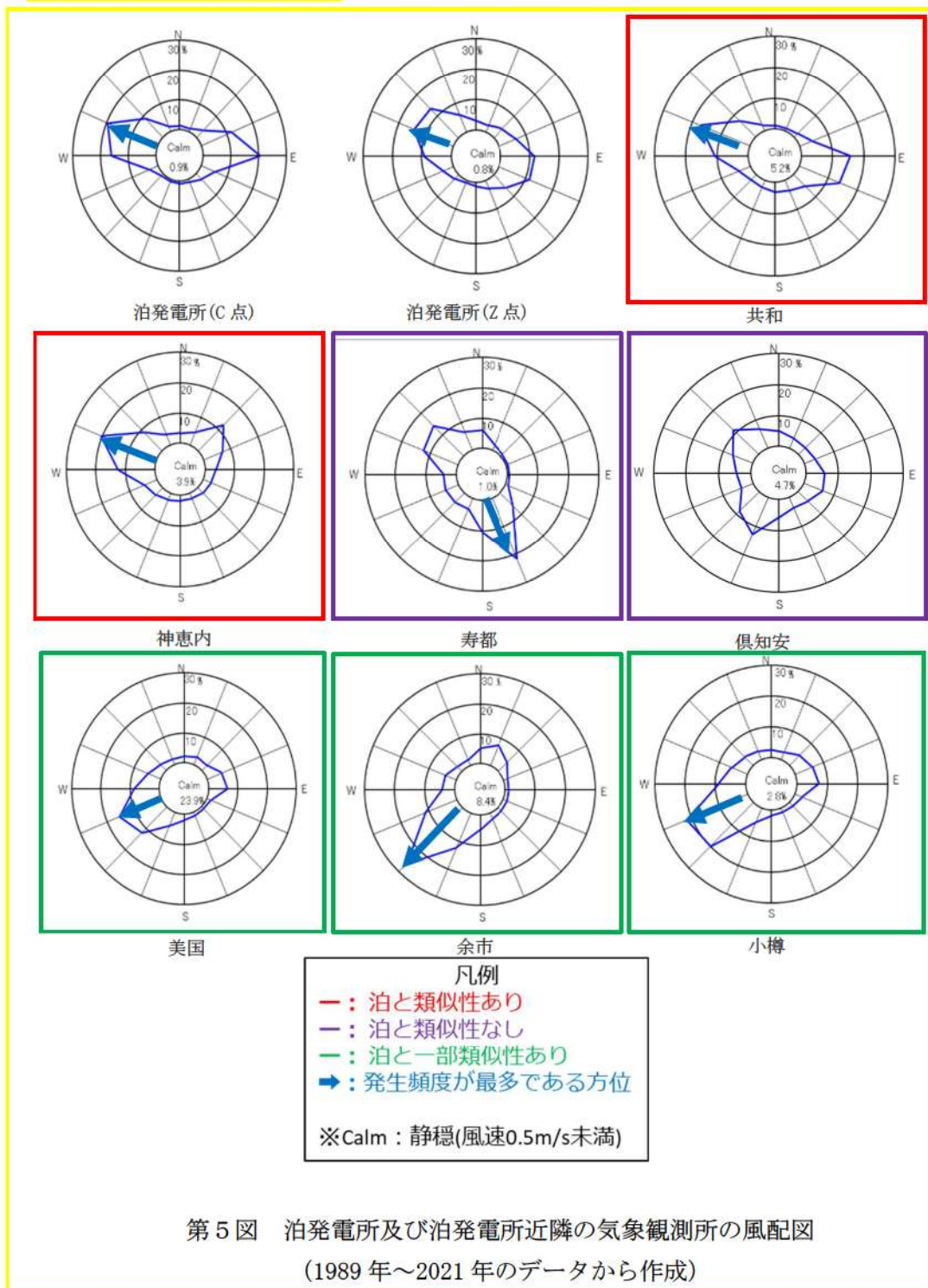
第3図 参照を検討した泊発電所近隣の気象観測所



第4図 泊発電所構内の気象観測地点

2. 泊発電所及び近隣の気象観測所の卓越風向について

風は地形などによる局地性があるため、泊発電所及び近隣の気象観測所における卓越風向を風配図にて整理した。また、参考2にて強風による影響をみるため風速10m/s以上の風配図についても整理した。



これらを比較すると、泊発電所は共和、神恵内と非常に似ており西北西に卓越した風が吹いていることが分かる。小樽、余市、美国も西風ではあるが、西南西が強く、若干異なっている。

一方、沿岸部に位置する寿都については南南東からの風が卓越しており、他の地点とは大きく異なっていることが分かる。また、倶知安については四方が山岳に囲まれているため、卓越風向が見られず、内陸性の気候を示しており、泊発電所が異なることが分かる。

3. 泊発電所及び泊発電所近隣の気象観測所の最大風速観測時期について

2. において、卓越風向から泊発電所及び泊発電所近隣の気象観測所の類似性を整理したが、卓越風向はある期間に最も頻繁に表れる風向きを示していることから、泊発電所及び近隣の気象観測所の歴代最大風速、風向、観測時期を整理した。

第2表 泊発電所及び泊発電所近隣の気象観測所の歴代最大風速データ

	順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
寿都 (移転前) ^{※1}	極値	49.8	42 ^{※2}	40.5 ^{※3}	39.5	37.7	36.8	36.3	36	35.3	35.1
	風向	南南東	南南東	北	南南東	南南東	南南東	南東	南南東	南南東	南南東
	年月日	1952/4/15	1954/9/26	1939/1/9	1895/5/18	1924/12/10	1921/9/28	1902/9/28	1937/3/24	1945/6/3	1955/5/4
寿都 (移転後)	極値	20.3	20.2	19.4	19.2	19.2	19.1	18.7	18.6	18.4	18.3
	風向	北	南南東	北	南南東	南南東	北西	北北西	北北西	北	南南東
	年月日	2004/2/23	2017/4/18	1996/1/11	2011/5/13	2018/9/5	2016/3/1	2009/2/21	2015/10/8	2007/1/7	2010/4/29
倶知安	極値	34.1	28.1	26.5	25.8	25.8	25.5	25.2	23.8	23.3	23.0
	風向	南南西	南西	南東	南東	東南東	南東	南	南東	南東	東南東
	年月日	1954/9/27	1958/1/2	1944/10/8	2018/9/5	1949/4/4	1959/4/23	1954/9/28	1956/10/31	1949/9/1	1946/3/13
共和	極値	25.5	21	20	19.7	19.6	19	19	19	19	19
	風向	西北西	南	西北西	西北西	西北西	北西	西北西	西北西	欠測	欠測
	年月日	2016/3/1	1987/9/1	1993/1/29	2018/3/2	2017/12/25	2004/12/17	1994/2/22	1994/1/7	1989/2/21	1986/11/26
神恵内	極値	24.5	22.7	21.8	20.9	20.5	20	19.2	19.0	19.0	19.0
	風向	西	西	西北西	西	西	西北西	西	西	西	西
	年月日	2012/12/6	2017/12/25	2013/1/2	2015/10/2	2010/4/14	1985/1/16	2014/11/3	2021/2/16	2010/12/12	2010/11/29
小樽	極値	27.9	24.8	24.2	24	23.5	23.2	22.6	21.7	21.1	20.8
	風向	南西	南西	西南西	南南西	南西	南東	南西	南西	南西	南南西
	年月日	1954/9/27	1952/5/14	1944/12/7	1948/1/6	1958/1/2	1949/4/4	1959/9/18	1948/1/7	1952/5/13	1954/4/22
余市	極値	17	15.9	15.0	14.0	14	14	13.9	13.9	13.3	13.3
	風向	南南西	南南西	南西	北	南西	北北東	西北西	北	南西	南
	年月日	2004/9/8	2010/3/21	2012/12/6	2015/2/27	2005/11/29	1991/2/17	2016/3/1	2015/10/8	2014/12/2	2011/5/13
美国	極値	16	15.8	15	15	15	14.7	14.4	14.1	14	14
	風向	東北東	南西	南西	南西	南西	南南西	南西	南南西	北北西	南西
	年月日	2002/1/7	2015/3/11	2008/3/24	2004/9/8	1981/8/23	2012/3/29	2015/4/26	2014/4/15	1991/5/14	1990/4/8
泊発電所 (0点)	極値	31.7	29.9	29.5	28.7	28.1	28	27.8	27.6	27	27
	風向	西	西	西北西	西	西南西	西	西北西	西北西	西	西
	年月日	2012/12/6	2017/12/25	2015/3/1	1993/1/7	2004/9/8	1996/12/6	1995/11/8	1992/1/29	1990/11/11	2014/12/2
泊発電所 (2点)	極値	30.7	28.8	28.0	27.2	26.0	25.6	24.6	24.4	23.5	23.2
	風向	北西	北西	北西	西	北西	西北西	北西	西北西	西	北西
	年月日	2015/3/1	2004/12/17	2000/12/24	2012/12/6	1998/3/6	2017/12/25	1993/2/22	1992/1/29	1996/12/6	2001/12/30

凡例
 : 寿都だしの影響^{※4}
 : 代表的な台風による影響^{※5}
 : 冬季(10~3月)、西寄りの風

- ※1 寿都の歴代最大風速はいずれも移転前のものである
- ※2 台風が襲来した時の記録であるが、寿都の地形的な影響を受けて、さらに強風化したものと考えられる
- ※3 寿都だしは南南東の風が長万部から寿都までの黒松内低地帯で風下である寿都に風が集まり強風化するものであるが、このような逆向きの北風でも山地による影響を受けるため強風化したもの。これが強風の影響を受けやすい沿岸部にあった旧測候所で記録されたものであり、泊地区の西風の強風とは大きく異なる
- ※4 南南東、南東の風は寿都の地形的影響を受けやすいことから「寿都だし」としている
- ※5 洞爺丸台風(1954年)、ボブラ台風(2004年)を代表的な台風とした

第2表をみると、寿都については主に4月~9月にかけて寿都だしと呼ばれる南南東~南東の強風が吹く傾向がある。また、移転前の歴代風速2位の42m/s(南南東)は台風が襲来した時の観測記録であるが、寿都の地形的要因の影響を受けて、さらに強風化したものと考えられる。更に、移転前の歴代風速3位の40.5m/s(北)は寿都だしと逆向きの風向であるが、山地による影響を受けるため強風化し、風の影響を受けやすい沿岸部にあった旧測候所で記録されたと考えられる。一方、移転後は移転前と比べて強風の影響を受けやすい場所ではなくなったものの、風向や強風が吹く時期については、移転前と同様の傾向であり、寿都については移転前後によらず泊発電所とは異なることが分かる。

また、倶知安については春と秋に南寄りの強風が吹く傾向が確認でき、泊発電所とは異なることが分かる。

一方、共和、神恵内、小樽、余市及び美国については、泊発電所と同様、冬季（10月～3月）に西寄りの強風が吹く傾向を確認できる。

なお、泊発電所及び泊発電所近隣の気象観測所における歴代最大風速データをみると、北海道に上陸した代表的な台風である洞爺丸台風（1954年9月）及びポプラ台風（2004年9月）による影響を確認できる。

4. 設計基準風速の設定について

2. 及び3. の泊発電所近隣の長期間でのデータを有している気象官署である寿都及び小樽のうち、寿都については寿都だしと呼ばれる局地風の影響を強く受けており、泊発電所の風向と強風の吹く時期と傾向が大きく異なることが分かる。このため、風向と強風の吹く時期について泊発電所と類似の特性がある小樽の観測記録（27.9m/s）を参照し、設計基準風速を設定することとした。

建築基準法に基づく基準風速は泊発電所のある泊村（古宇郡）においては36m/sと定められており、小樽の観測記録（27.9m/s）を上回ることから設計基準風速は基準風速による36m/sとする。（参考3）

なお、泊発電所及び泊発電所近隣の気象観測所における最大風速は泊発電所（C点）で観測された31.7m/sであり、設計基準風速に包含される。

また、今回参照した泊発電所近隣の気象観測所を除く後志地方の観測記録の最大風速をみても、いずれも設計基準風速に包含される。（参考4）

泊発電所における風向風速計について

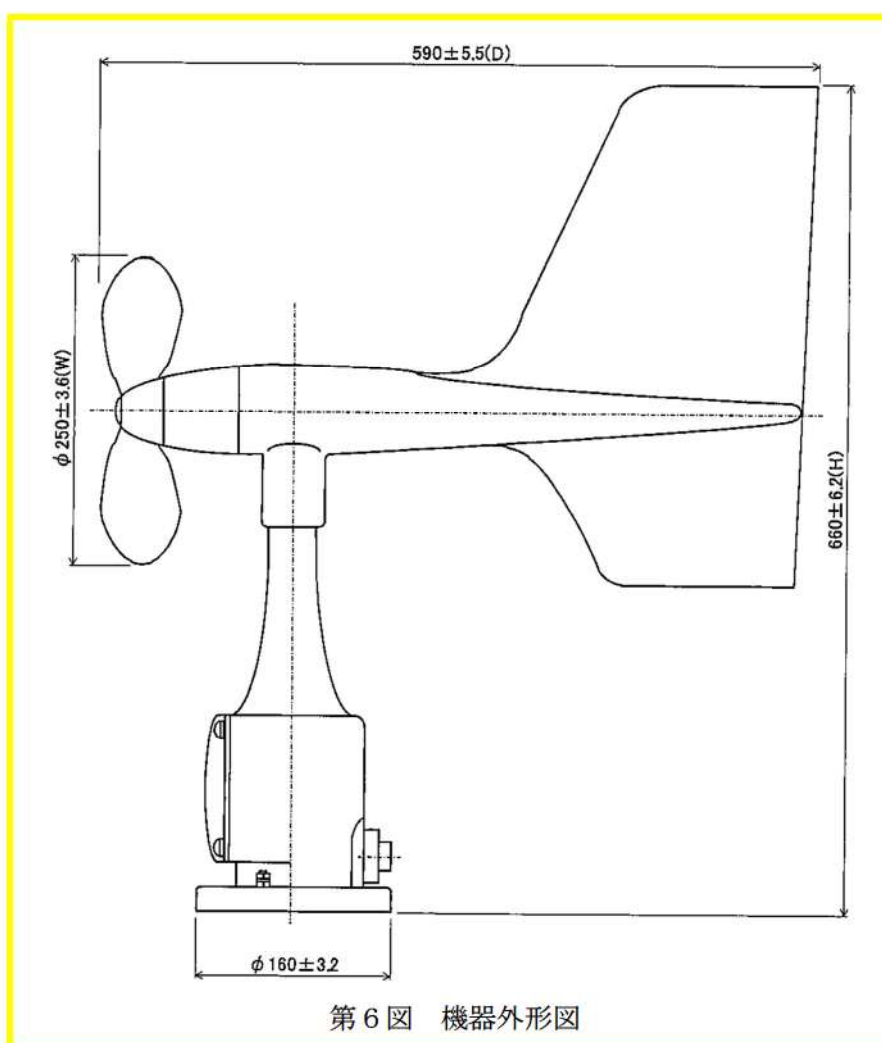
泊発電所における風向風速計の機器仕様及び設置高さについては、以下のとおり。

1. 機器仕様

・測定範囲：風向 0° ~360°

：風速 0m/s~90m/s

・外形寸法：約 $\phi 250\text{mm}$ (W) $\times 660\text{mm}$ (H) $\times 590\text{mm}$ (D)



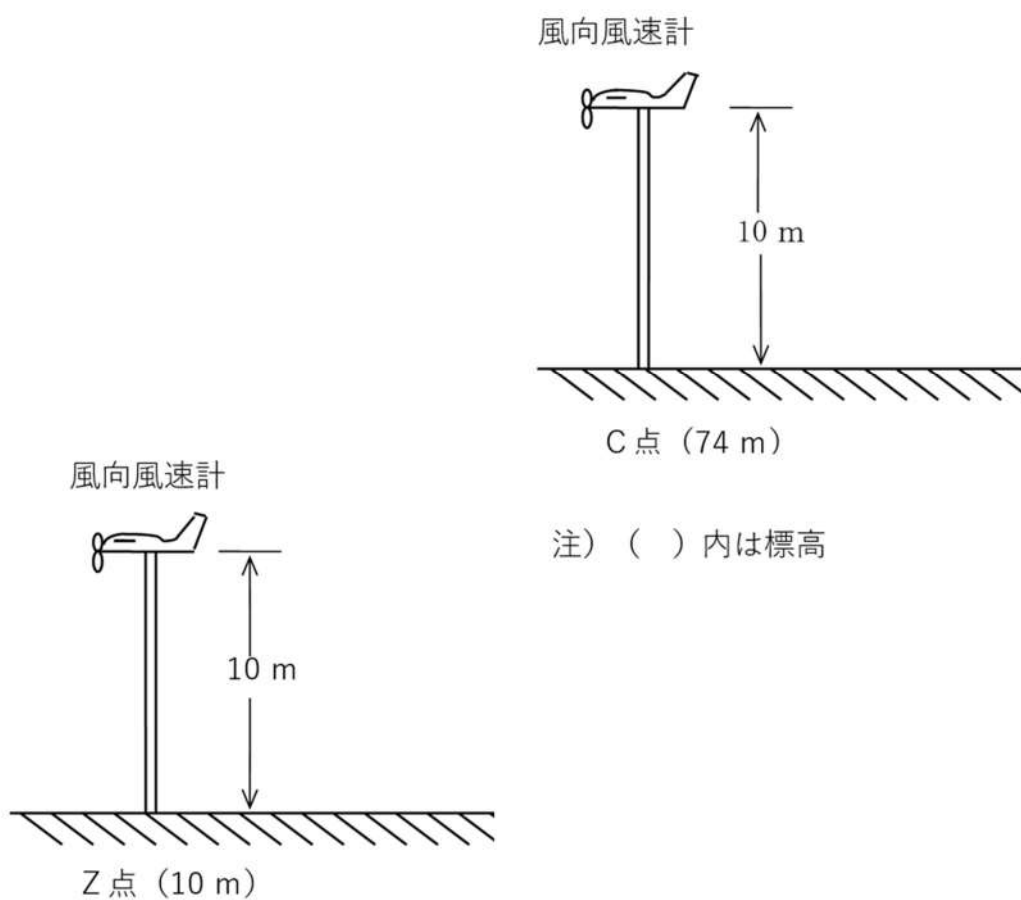
第 6 図 機器外形図

2. 設置高さ

風向風速計の設置高さ及び配置図を第3表と第7図に示す。

第3表 風向風速計の設置高さ

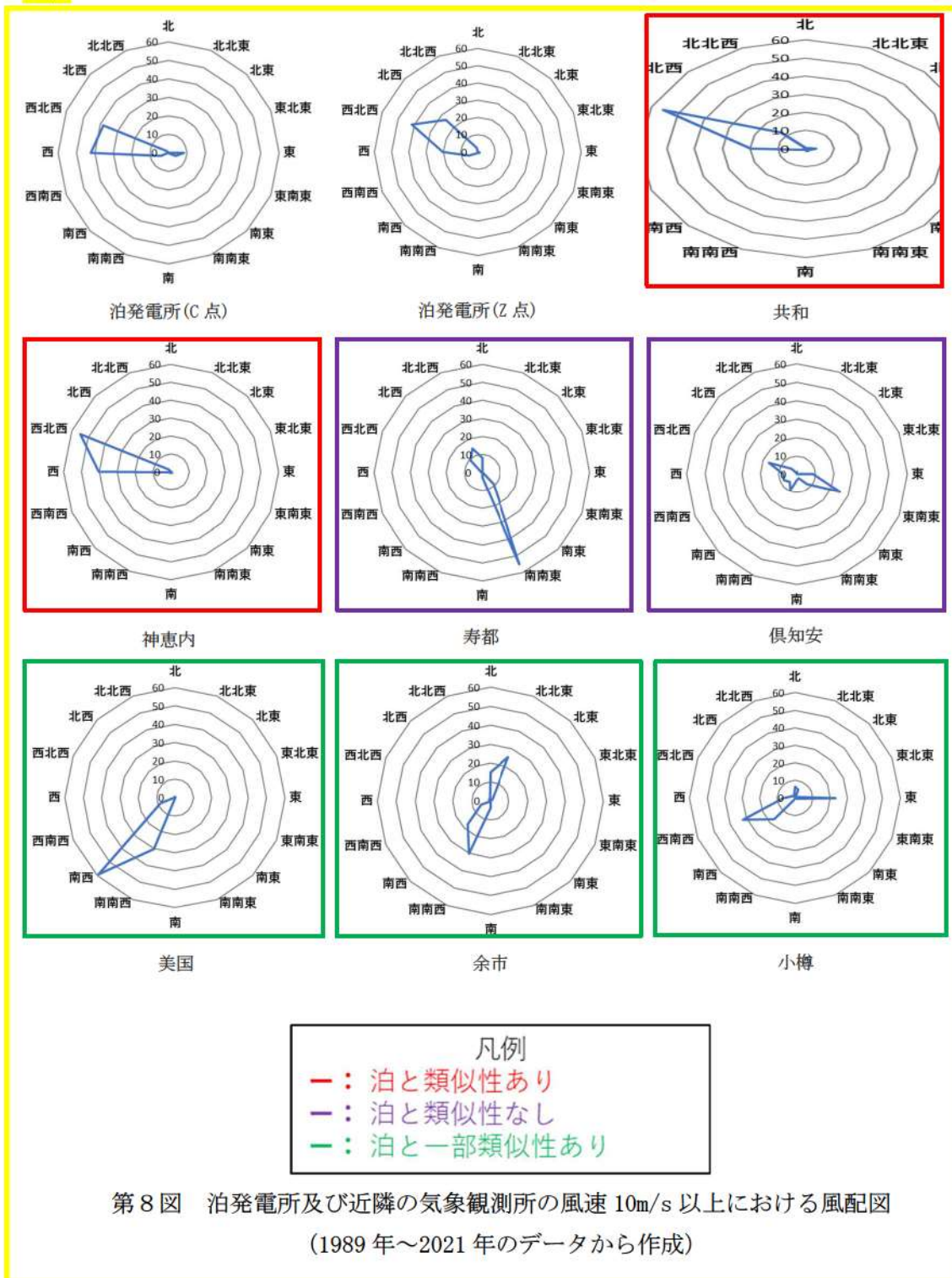
観測項目	場所	地上高(m)	標高(m)
風向・風速	敷地内C点	10	84
	敷地内Z点	10	20



第7図 風向風速計の配置図

風速 10m/s 以上の風配図について

泊発電所及び近隣の気象観測所における風速 10m/s 以上の卓越風向を風配図にて整理した。



基準風速の考え方について

基準風速は各地の観測記録を基に、30m/s から 46m/s までの範囲内において全国各地の風速を国土交通大臣が定めたものであり、日本建築学会「建築物荷重指針・同解説(1993年改訂)」(以下、荷重指針)の考え方に基づいて定められている。

1. 観測記録について

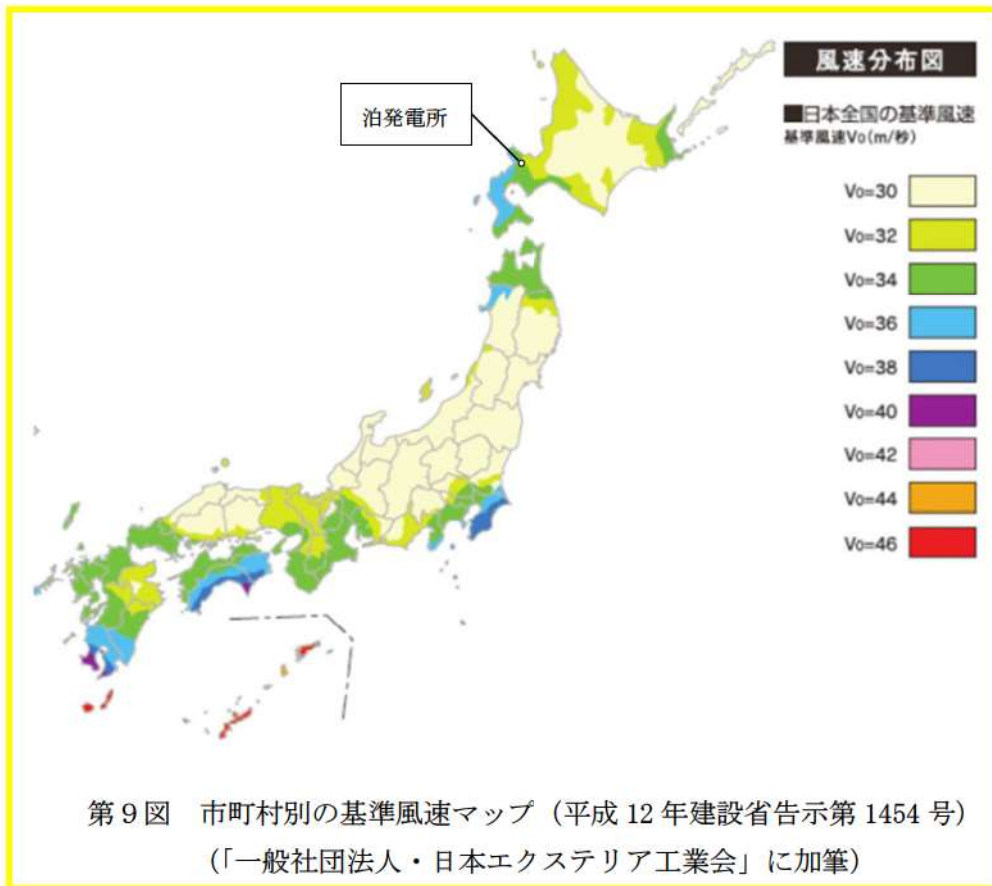
荷重指針においては、全国各地の気象官署の1929年～1991年の年最大風速の観測記録を基に風速を算出しており、この中には旧寿都測候所の最大風速である49.8m/s(1952年4月15日)、旧小樽測候所の最大風速である27.9m/s(1954年9月27日)等の観測記録も含まれている。

2. 観測記録の平滑化について

- ・ 上記の観測記録に対して局所的な特殊性を排除した風速を定めるため、以下の通り平滑化の作業を実施し、基準風速を定める。(第4図)
- ・ 全国各地の気象官署の観測記録に対して、風速計高さ、地表面の粗さ、及び観測記録の再現期間の条件を同一とする。
- ・ 日本全土を内接する長方形を設定し、その長方形に128×100の等間隔メッシュを設定し(1メッシュ約13km)、メッシュ交点の値をその点に最も近い気象官署の値とする。
- ・ ある交点に対する対角方向も含む隣合う8つの点の値と中心点での値、合計9つの値の平均値を計算し、これを新しく中心点での値に置き換え、これを全ての点について行い、この作業を5回繰り返す。

上記の基準風速は既許可より変更はなく、基準風速を定めるにあたり観測記録としては寿都の最大風速である49.8m/sは考慮されているものの、上記の平滑化によって36m/sとなっている。

これに対し、今回の設計基準風速の設定では、卓越風速や強風が吹く時期など、泊発電所との類似性を考慮したうえで、最寄りの気象観測所の既往最大値を参照したうえで、これと建築基準法の基準風速を比較し、最大値を設計基準風速としている。



後志地方の各観測地点において観測された
観測記録史上1位の日最大風速



第10図 後志地方の気象観測地点（「気象庁ホームページ」に加筆）

第4表 観測地点の種類及び観測要素（気象庁ホームページより）

マーク	地点の種類	観測要素
●	特別地域気象観測所	降水量, 風, 気温, 日照時間, 積雪, 気圧, 湿度, 天気など
■	アメダス	降水量, 風, 気温, 日照時間, 積雪
●	アメダス	降水量, 風, 気温, 日照時間
■	アメダス	降水量, 積雪
●	アメダス	降水量

年代により、要素が異なる場合がある。

第5表 後志地方の各観測地点において観測された観測記録史上1位の日最大風速

観測地点	日最大風速 [m/s]	観測日	統計期間
泊発電所 (C点)	31.7	2012/12/6	1989/4~2021/12
泊発電所 (Z点)	30.7	2015/3/1	1989/4~2021/12
美国	16.0	2002/1/7	1977/10~2021/12
神恵内	24.5	2012/12/6	1977/10~2021/12
余市	17.0	2004/9/8	1977/10~2021/12
小樽	27.9	1954/9/27	1943/1~2021/12
共和	25.5	2016/3/1	1977/10~2021/12
俱知安	34.1	1954/9/27	1944/1~2021/12
寿都	49.8	1952/4/15	1884/6~2021/12
蘭越	14.0	1990/4/9	1977/10~2021/12
真狩	17.2	2016/2/29	1978/10~2021/12
喜茂別	14.3	2016/3/1	1977/10~2021/12
黒松内	16.0	1979/10/19	1977/10~2021/12

凍結影響評価について

1. 基本方針

予想される最も過酷と考えられる条件として設計基準を設定の上、安全施設のうち外部事象防護対象施設は、設計基準温度による凍結により、安全機能を損なわない設計とする。

2. 設計基準温度の設定

低温に伴う凍結に対し、設計基準温度の設定は以下の(1)及び(2)を参照し設定する。

(1) 規格・基準類

低温に関する規格・基準類の要求はない。

(2) 観測記録（別紙1）

気象庁の気象統計情報における最低気温の観測記録⁽¹⁾⁽²⁾によれば、泊発電所の最寄りの気象官署である寿都特別地域気象観測所及び小樽特別地域気象観測所における地域気象観測システム（アメダス）、気象庁年報及び地上気象観測原簿での最低気温の観測記録史上1位は -18.0°C （1954年1月24日）である。

以上より、設計基準温度は最低気温を考慮し -19.0°C と定める。

3. 外部事象防護対象施設の健全性評価

外部事象防護対象施設が、2.にて設定した設計基準温度による凍結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、凍結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する。

本評価における基本的な考え方は、以下の通り。また、第1図に凍結に対する安全評価のフローを示す。

○外部事象防護対象施設について、以下の①又は②に分類の上、評価し、凍結に対して対策を行うことで安全機能が維持できることを確認する。

- ①凍結するおそれがある箇所に設置されている設備のうち、通常内部流体が流動せず静止している露出配管は、低温による影響を受ける可能性があるが、ヒーティングケーブル又は配管寸法に応じた厚さの保温材による保温対策を実施していることから低温に対して影響はない（別紙2参照）。
- ②屋内で換気空調や暖房設備が常時運転し温度制御している箇所に設置されている設備は、極端な低温にさらされることはなく、安全機能が維持可能である。

○上記以外の安全施設については、低温による凍結に対して機能維持すること若しくは低温による凍結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を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。

4. 重大事故等対処設備に対する考慮

第2図の凍結による重大事故等対処設備への影響評価フローに基づき、2.にて設定した設計基準温度に伴う凍結に対し、必要な安全機能を維持できることを確認する。

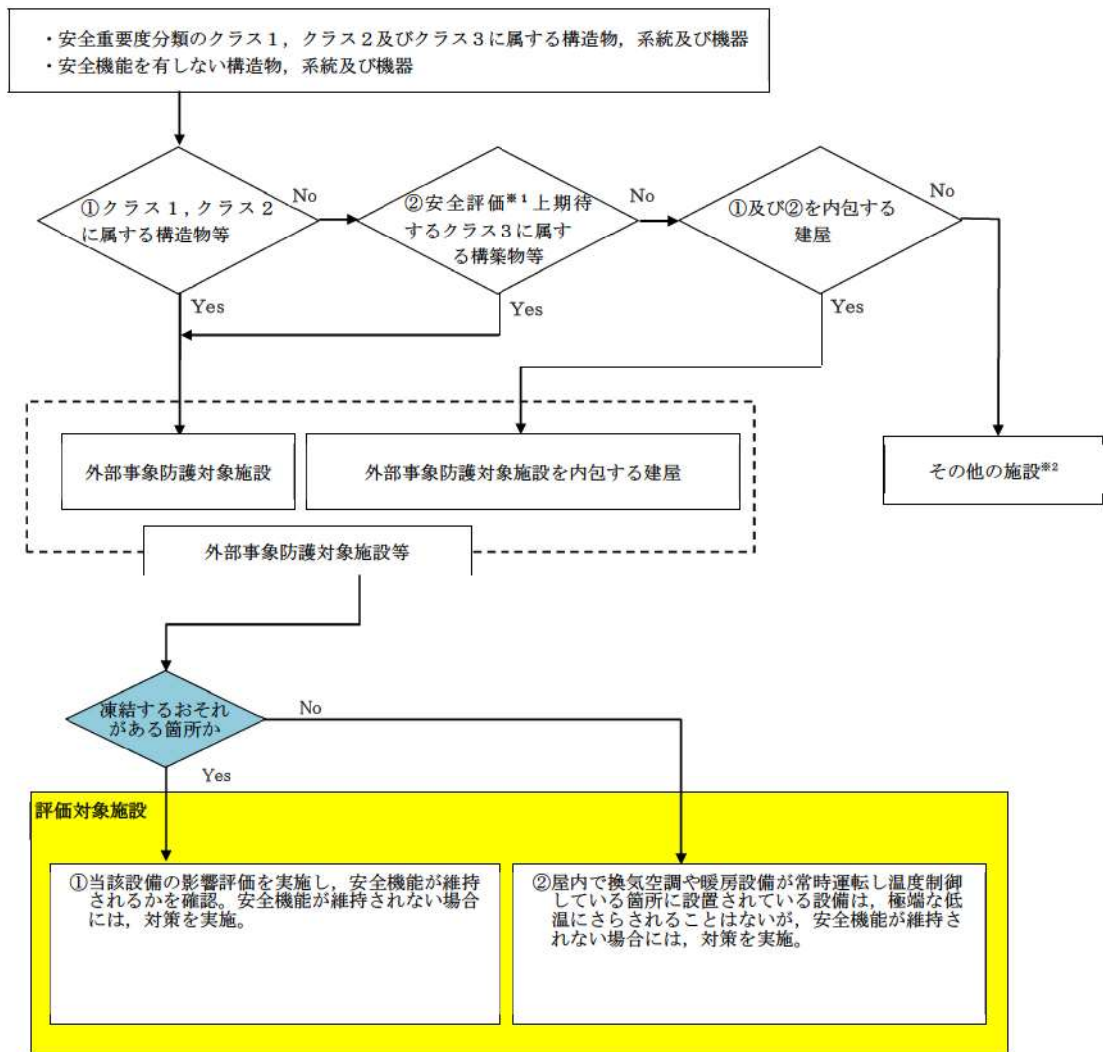
建屋内は常に換気空調設備を運転し温度を制御していることから、建屋内に設置されている重大事故等対処設備は、極端な高温又は低温となることはない。

また、屋外の重大事故等対処設備は、可搬型重大事故等対処設備への機械的影響が考えられるが、設計基準温度に伴う凍結に対し、気象予報等を踏まえ、必要に応じ暖機運転等を行うことにより対処が可能である。

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。

5. 参考文献

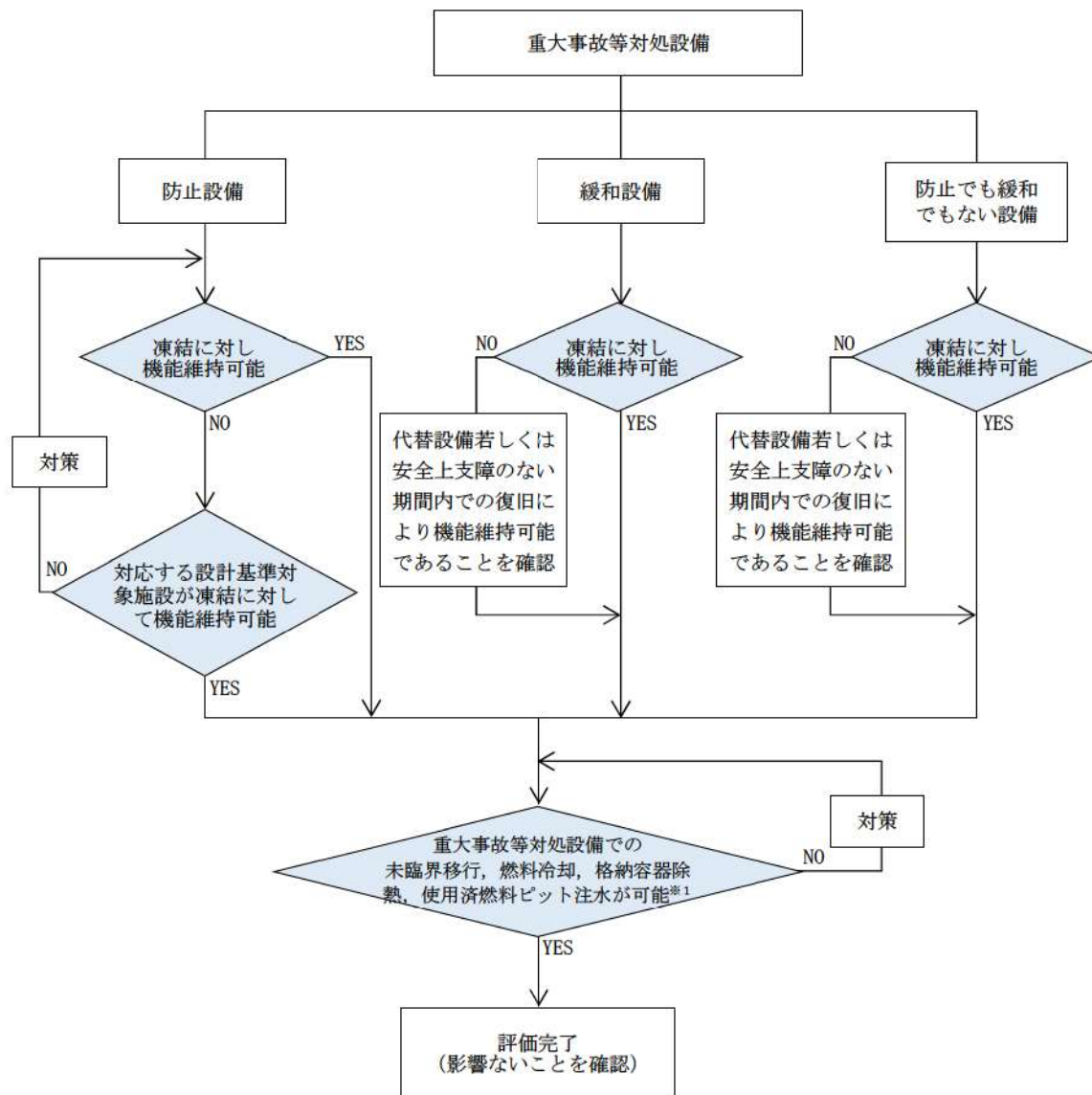
- (1) 気象庁：<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- (2) 気象庁年報（地上気象観測原簿データ）



※1 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析

※2 その他の施設のうち安全施設は, 構造健全性の確保, 若しくは損傷を考慮して代替設備, 修復等で安全機能を確保

第1図 凍結に対する安全施設の評価フロー



※1：設計基準温度に伴う凍結により重大事故等対処設備と設計基準対象施設の機能が同時に損なわれることはないが，安全上支障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

第2図 凍結による重大事故等対処設備への影響評価フロー

寿都町及び小樽市における低温の観測記録

第 1 表 寿都町における毎年の最低温度観測記録
(気象庁ホームページより)

年	最低気温 [°C]	年	最低気温 [°C]	年	最低気温 [°C]	年	最低気温 [°C]	年	最低気温 [°C]
1884	-11.4	1912	-15.7	1940	-8.8	1968	-11.1	1996	-12.4
1885	-12.8	1913	-13.9	1941	-13.0	1969	-12.4	1997	-9.2
1886	-14.4	1914	-9.6	1942	-12.9	1970	-11.3	1998	-12.6
1887	-11.7	1915	-13.0	1943	-10.4	1971	-10.0	1999	-10.3
1888	-11.6	1916	-11.0	1944	-12.2	1972	-9.7	2000	-10.4
1889	-11.7	1917	-11.5	1945	-12.6	1973	-9.6	2001	-13.4
1890	-11.7	1918	-11.2	1946	-12.8	1974	-10.1	2002	-9.8
1891	-12.6	1919	-15.1	1947	-13.4	1975	-9.3	2003	-11.3
1892	-12.4	1920	-10.4	1948	-10.6	1976	-11.6	2004	-10.0
1893	-15.0	1921	-11.3	1949	-11.1	1977	-12.5	2005	-10.2
1894	-12.4	1922	-12.3	1950	-9.8	1978	-14.1	2006	-12.7
1895	-11.6	1923	-12.7	1951	-12.7	1979	-12.3	2007	-6.6
1896	-12.8	1924	-13.6	1952	-12.4	1980	-10.5	2008	-9.4
1897	-14.0	1925	-13.4	1953	-11.7	1981	-7.5	2009	-10.3
1898	-11.4	1926	-13.2	1954	-11.4	1982	-9.8	2010	-12.9
1899	-10.5	1927	-12.4	1955	-9.9	1983	-11.6	2011	-10.1
1900	-13.1	1928	-11.4	1956	-10.8	1984	-13.0	2012	-10.9
1901	-11.7	1929	-13.0	1957	-11.0	1985	-14.2	2013	-11.1
1902	-15.2	1930	-12.1	1958	-8.6	1986	-12.0	2014	-9.1
1903	-10.8	1931	-14.3	1959	-10.1	1987	-11.5	2015	-9.4
1904	-12.0	1932	-10.2	1960	-10.8	1988	-10.3	2016	-9.4
1905	-9.7	1933	-14.4	1961	-14.0	1989	-9.0	2017	-10.1
1906	-13.1	1934	-10.0	1962	-11.6	1990	-11.3	2018	-13.2
1907	-11.7	1935	-11.2	1963	-10.7	1991	-12.5	2019	-13.0
1908	-13.8	1936	-13.1	1964	-10.1	1992	-11.3	2020	-9.6
1909	-13.3	1937	-15.0	1965	-11.8	1993	-8.5		
1910	-10.9	1938	-12.1	1966	-14.1	1994	-12.6		
1911	-14.7	1939	-13.6	1967	-14.9	1995	-9.8		

値] : 資料不足値

統計値を求める対象となる資料が許容する資料数を満たさない場合。

第2表 小樽市における毎年の最低温度観測記録
(気象庁ホームページより)

年	最低気温 [°C]	年	最低気温 [°C]	年	最低気温 [°C]	年	最低気温 [°C]
1943	-16.3	1963	-11.0	1983	-11.3	2003	-14.9
1944	-16.7	1964	-13.8	1984	-13.2	2004	-10.7
1945	-17.2	1965	-11.6	1985	-15.2	2005	-12.0
1946	-13.4	1966	-14.0	1986	-13.9	2006	-13.6
1947	-13.8	1967	-14.1	1987	-12.2	2007	-9.1
1948	-11.7	1968	-16.0	1988	-12.3	2008	-11.3
1949	-11.7	1969	-13.1	1989	-9.8	2009	-11.2
1950	-13.8	1970	-14.1	1990	-13.6	2010	-13.2
1951	-15.3	1971	-13.8	1991	-13.5	2011	-10.6
1952	-13.5	1972	-12.4	1992	-11.2	2012	-12.3
1953	-13.6	1973	-9.6	1993	-8.8	2013	-10.7
1954	-18.0	1974	-11.5	1994	-14.3	2014	-12.6
1955	-11.1	1975	-14.0	1995	-11.4	2015	-9.5
1956	-12.0	1976	-13.6	1996	-13.9	2016	-9.6
1957	-11.7	1977	-14.1	1997	-9.7	2017	-13.0
1958	-11.2	1978	-17.2	1998	-15.1	2018	-11.4
1959	-11.8	1979	-13.2	1999	-12.1	2019	-13.6
1960	-10.9	1980	-12.0	2000	-10.8	2020	-13.9
1961	-13.3	1981	-11.0	2001	-13.5		
1962	-12.3	1982	-11.8	2002	-10.6		

凍結防止対策について

凍結するおそれがある箇所に設置されている設備のうち、通常内部流体が流動せず静止している露出配管は、低温による影響を受ける可能性があるため、ヒーティングケーブル又は配管寸法に応じた厚さの保温材による保温対策を実施している。凍結防止対策を実施する外部事象防護対象施設である原子炉補機冷却海水設備配管等に対する凍結防止対策の概要を図1に示す。

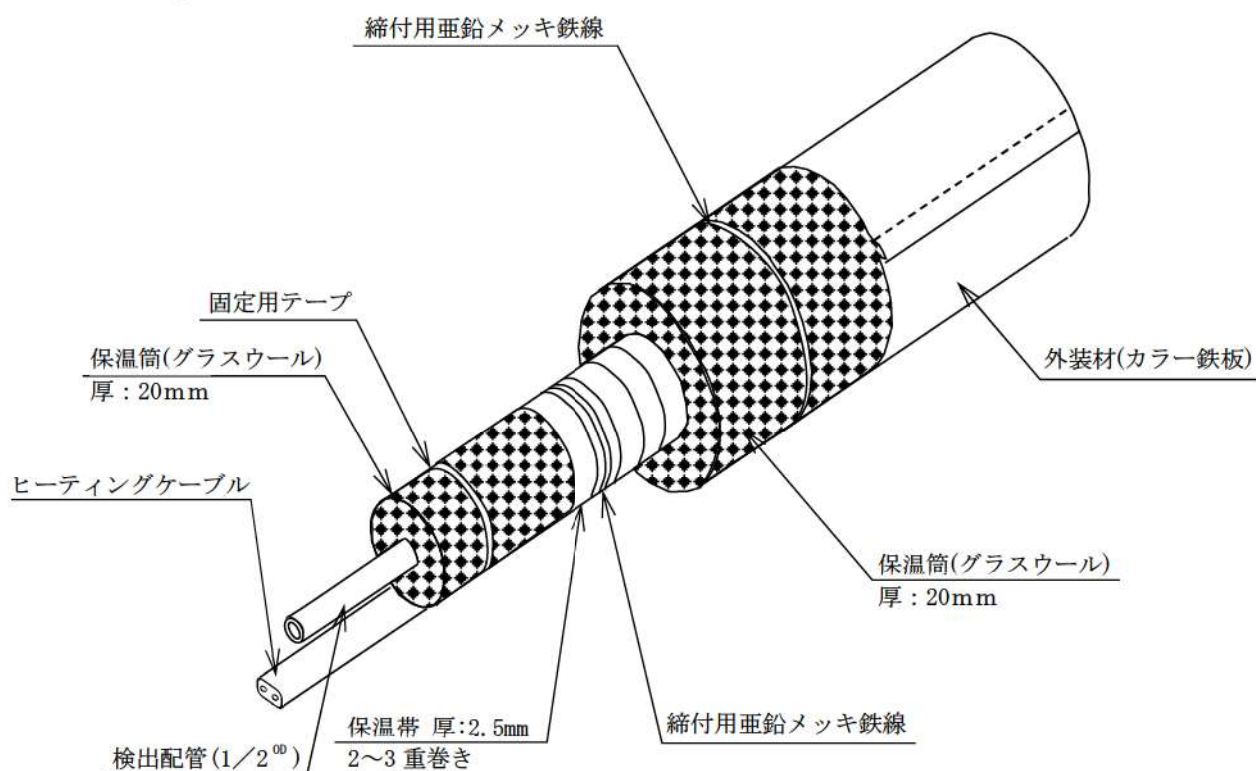


図1 凍結防止保温の例

(1) 環境条件

- ・ 雰囲気温度：-7℃

(2) 凍結防止対策の構造

ヒーティングケーブルは対象配管に取付けた温度検出器により温度を検知し、配管表面温度が□℃になると、ヒーティングケーブルがオンし、□℃になるとオフする。

以上

□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

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上、安全施設のうち外部事象防護対象施設は、設計基準降水量による浸水、荷重に対して維持され、安全機能を損なわない設計とする。

2. 設計基準降水量の設定

設計基準降水量は、以下の(1)及び(2)を参照し設定する。

(1) 規格・基準類

降水に対する排水施設の規格・基準は、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北海道の手引き⁽¹⁾であり、排水施設の設計雨量強度として、雨水の10年確率で想定される到達時間内の雨量強度を用いることとしている。また、北海道の大雨資料(第14編)⁽²⁾では、降雨継続時間毎の北海道内の10年確率雨量強度表が示されており、流域面積の規模で区分した単位時間が採用される。同手引きによる発電所敷地における対象区域の確率雨量強度は「神恵内」又は「共和」に分類され、32mm/hが採用される。

(2) 観測記録(別紙1)

気象庁の気象統計情報における降水量の観測記録⁽³⁾によれば、泊発電所の最寄りの気象官署である寿都特別地域気象観測所及び小樽特別地域気象観測所における地域気象観測システム(アメダス)の最大1時間降水量の観測記録史上1位は57.5mm/h(1990年7月25日)である。

以上より、設計基準降水量は最大1時間降水量の57.5mm/hと定める。

3. 外部事象防護対象施設の健全性評価

外部事象防護対象施設が、降水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、設計基準降水量(57.5mm/h)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、第1図に降水に対する安全施設の評価フローを示す。

○外部事象防護対象施設について、以下の①又は②に分類の上評価し、安全機能が維持できることを確認した。

①建屋外に設置されている設備は、当該の設備に設計基準降水量（57.5mm/h）の降水に対する浸水及び荷重が作用した場合においても、構内排水設備等による排水等によって、安全機能を損なわないことを確認した。（別紙2）

②頑健性のある建屋内に設置されている設備は、設計基準降水量（57.5mm/h）の降水に対し、構内排水設備等による排水によって影響がないことを確認した。

なお、頑健性のある建屋（原子炉建屋等）は、雨水の侵入防止措置として1階床の基準高さを雨水による外部からの水の侵入防止を考慮し、地表面の基準高さに対して30cm高く設定している。また、地表面からの30cmの高さ及び地表面以下の範囲に存在する建屋の貫通部については、すべてシール材や閉止処置を施工している。

○上記以外の安全施設については、降水に対して機能を維持すること若しく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、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

4. 重大事故等対処設備に対する考慮

第2図の降水による重大事故等対処設備への影響評価フローに基づき、設計基準降水量の降水に対し、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。

5. 参考文献

(1) 北海道林地開発許可制度の手引き（令和4年9月）

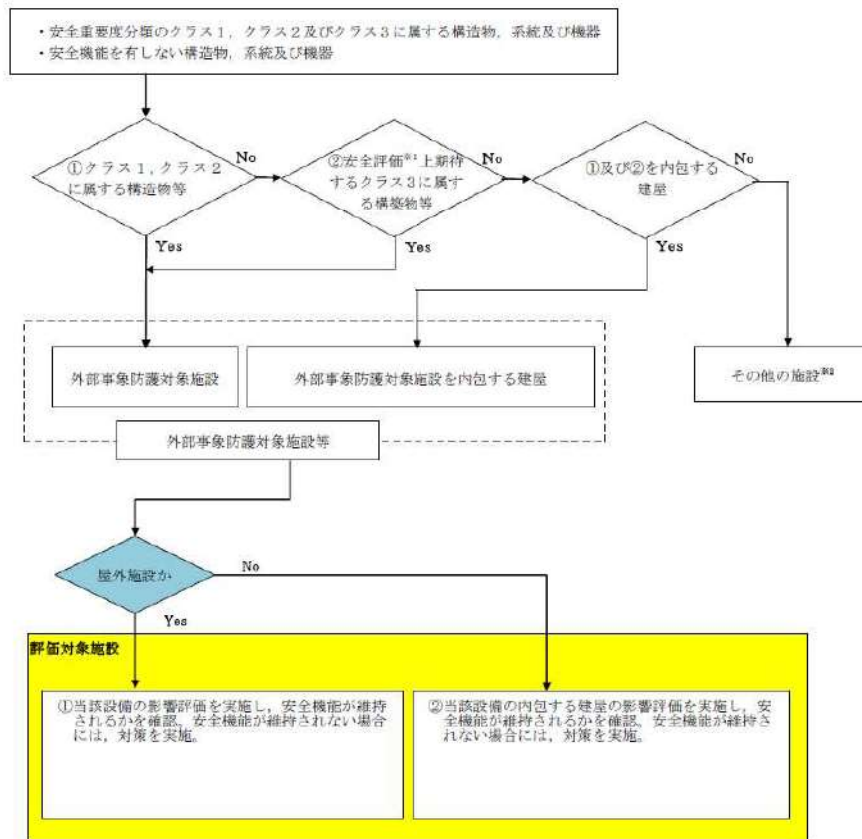
:<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/tsn/rin/tebiki/tebiki.html>

(2) 北海道の大雨資料（第14編）（令和3年1月）

:<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/kss/ksn/ooameshiryou14.html>

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

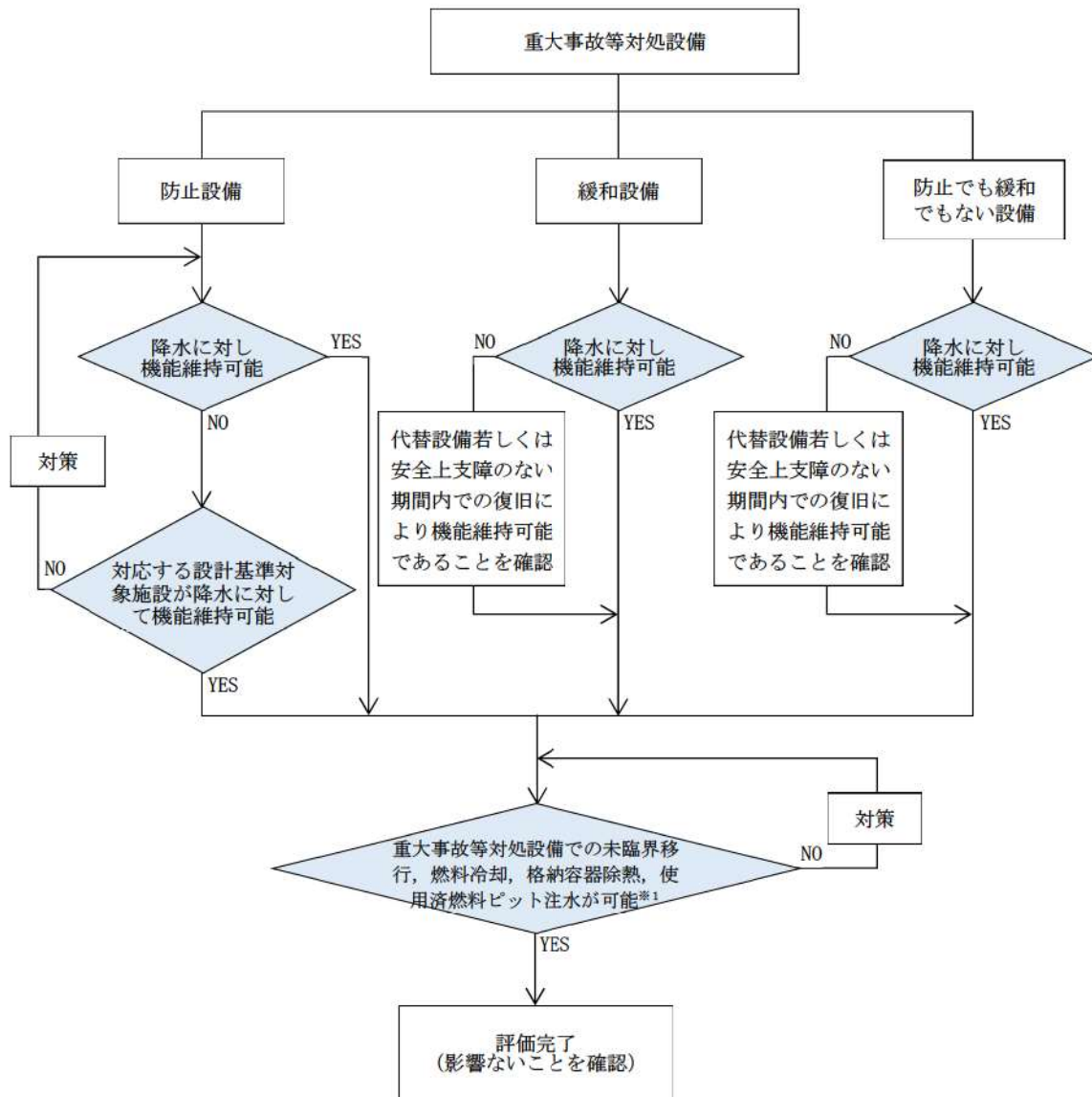
(4) 気象庁年報（地上気象観測原簿データ）



※1 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析

※2 その他の施設のうち安全施設は、構造健全性の確保、若しくは損傷を考慮して代替設備、修復等で安全機能を確保

第1図 降水に対する安全施設の評価フロー



※1：基準になる降水量により重大事故等対処設備と設計基準対象施設の機能が同時に損なわれることはないが、安全上支障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

第2図 降水による重大事故等対処設備への影響評価フロー

寿都町及び小樽市における降水量の観測記録

第 1 表 寿都町における毎年の最大 1 時間降水量観測記録
(気象庁ホームページより)

年	最大 1 時間 降水量 [mm]	年	最大 1 時間 降水量 [mm]	年	最大 1 時間 降水量 [mm]	年	最大 1 時間 降水量 [mm]
1938	34.5]	1963	12.5	1988	17.5	2013	24.5
1939	11.4]	1964	15.8]	1989	17.0	2014	15.5
1940	19.5]	1965	25.6	1990	57.5	2015	17.0
1941	13.4]	1966	26.5	1991	20.0	2016	22.5
1942	17.6]	1967	19.0	1992	25.5	2017	30.0
1943	23.9]	1968	24.5	1993	12.5	2018	13.5
1944	16.6]	1969	15.0	1994	22.5	2019	22.5
1945	9.7]	1970	28.0	1995	22.5	2020	28.5
1946	22.1]	1971	15.0	1996	20.5		
1947	43.5]	1972	13.0	1997	24.0		
1948	41.2]	1973	49.0	1998	21.0		
1949	29.7]	1974	33.5	1999	34.5		
1950	27.0]	1975	34.0	2000	20.0		
1951	14.3]	1976	23.5	2001	16.5		
1952	25.4]	1977	13.5	2002	19.5		
1953	24.7]	1978	11.5	2003	24.5		
1954	19.4]	1979	15.0	2004	23.5		
1955	34.4]	1980	22.0	2005	25.5		
1956	16.5]	1981	24.5	2006	32.0		
1957	22.5]	1982	12.5	2007	19.0		
1958	10.9]	1983	20.5	2008	24.0]		
1959	21.3]	1984	23.0	2009	28.0		
1960	21.7]	1985	42.0	2010	41.5		
1961	29.1]	1986	22.5	2011	34.0		
1962	21.5	1987	19.5	2012	27.5		

値] : 資料不足値

統計を行う対象資料が許容範囲を超えて欠けている。

第2表 小樽市における毎年の最大1時間降水量観測記録
(気象庁ホームページより)

年	最大1時間 降水量 [mm]	年	最大1時間 降水量 [mm]	年	最大1時間 降水量 [mm]	年	最大1時間 降水量 [mm]
1943	28.9]	1968	19.0	1993	9.5	2018	21.5
1944	16.8]	1969	16.0	1994	36.5	2019	16.0
1945	15.2]	1970	32.0	1995	16.5	2020	33.0
1946	25.8]	1971	12.0	1996	20.5		
1947	15.6]	1972	13.0	1997	22.0		
1948	31.8]	1973	38.0	1998	18.5		
1949	27.0]	1974	11.0	1999	14.0		
1950	11.9]	1975	23.5	2000	25.0		
1951	10.8]	1976	14.5	2001	13.5		
1952	12.7]	1977	12.0	2002	15.0		
1953	15.7]	1978	28.0	2003	21.5		
1954	40.2]	1979	21.0	2004	23.0		
1955	39.0]	1980	29.5	2005	33.5		
1956	17.1]	1981	16.0	2006	17.5		
1957	17.7]	1982	20.5	2007	14.0		
1958	13.1]	1983	10.5]	2008	9.5		
1959	12.7]	1984	10.5	2009	13.5		
1960	26.7]	1985	31.5	2010	37.5		
1961	23.7]	1986	15.0	2011	22.0		
1962	21.1]	1987	13.0	2012	26.0		
1963	27.7]	1988	35.0	2013	23.5		
1964	20.6]	1989	17.5	2014	19.5		
1965	17.8]	1990	22.5	2015	24.0		
1966	15.7]	1991	12.5	2016	27.5		
1967	30.9]	1992	33.0	2017	50.5		

値] : 資料不足値

統計を行う対象資料が許容範囲を超えて欠けている。

降水による浸水の影響評価

1. 概要

屋外の外部事象防護対象施設の設置場所は、設計基準降水量(57.5mm/h)の降水による浸水(敷地内滞留水)に対し、構内排水設備による排水等により、安全機能を損なうことのない設計とする。

外部事象防護対象施設は、設計基準降水量(57.5mm/h)の降水による荷重に対し、排水口による排水等により影響を受けない設計とし、安全機能を損なうことのない設計とする。

また、その他の安全施設は、降水による荷重及び浸水に対して、排水口による排水等、構内排水設備等による排水、若しくは、降水による損傷を考慮し安全上支障のない期間での修復等の対応、又は、それらを適切に組み合わせた設計とする。

2. 降水による敷地内滞留水の影響評価

2.1 浸水量評価

設計基準降水量(57.5mm/h)における敷地内の浸水量は以下の条件のもと評価した。

<評価条件>

降雨強度：

57.5mm/h(寿都特別地域気象観測所において平成11年7月25日に観測された日最大1時間降水量の既往最大値)

雨水流入量：

「北海道林地開発許可制度の手引き」(令和4年9月北海道水産林務部林務局治山課)に基づく合理式より算出

排水可能流量：

北海道林地開発許可制度の手引き」(令和4年9月北海道水産林務部林務局治山課)に基づき、マニング式より算出

2.2 浸水量評価の結果

(1) 雨水流入量

泊発電所周辺の雨水は、第3図のように敷地内に配置された1号炉系統流末、2号炉系統流末及び3号炉系統流末の構内排水設備に集水され、海域に排水される。

評価にあたっては、防潮堤横断部における構内排水設備の集水面積を算定した上で、設計基準降水量(57.5mm/h)降水時の雨水流入量を算出する。

その際、「北海道林地開発許可制度の手引き」(令和4年9月北海道水産林務部林務局治山課)に基づき以下の合理式を用い、流出係数については、すべての流域を1.0とする。

$$Q=1/360 \cdot f \cdot r \cdot A$$

Q：雨水流入量 (m³/s)

f：流出係数

r：降雨強度 (mm/h)

A：集水面積 (ha)

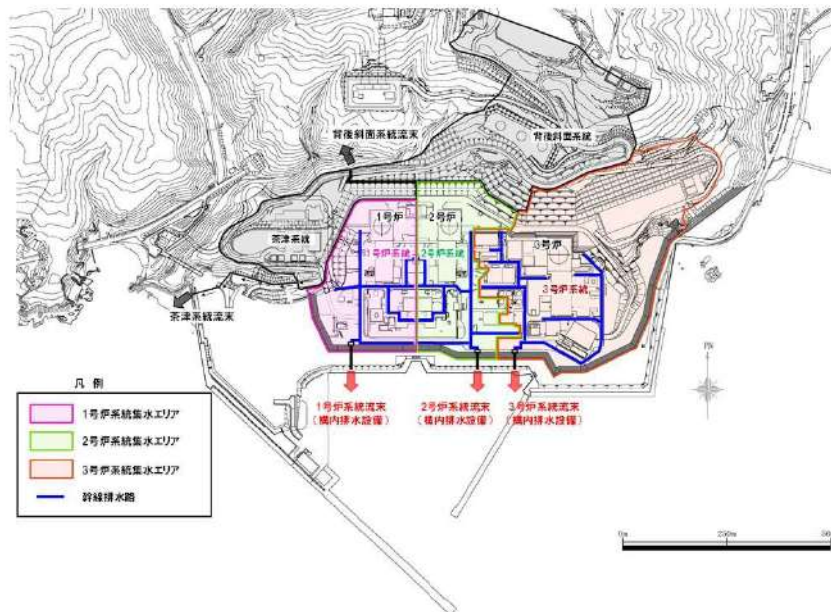
(2) 排水可能流量

設計基準降水量(57.5mm/h) により想定される雨水流入量に対して、裕度を持って排水可能な流量とする。構内排水設備の仕様を第3表に示す。

第3表 構内排水設備の仕様

	仕様	断面積 (m ²)
1号炉系統流末	鋼管 φ 1800	2.545
2号炉系統流末		
3号炉系統流末		

※構内排水設備については構造検討中



第3図 構内排水設備の配置概要図

(3) 評価結果

構内排水設備における雨水流入量と排水可能流量の比較結果を第4表に示す。

各号炉系統流末ともに防潮堤横断部における排水可能流量は、設計基準降水量(57.5mm/h)降水時の雨水流入量を上回り、余裕をもって雨水排水が可能であると評価される。

第4表 57.5mm/h 降水時の雨水流入量と排水可能流量との比較

	集水面積※ (ha)	雨水流出量 a (m ³ /s)	排水可能流量 b (m ³ /s)	安全率 b/a
1号炉系統流末	7.87	1.26	3.89	3.10 (排水可能)
2号炉系統流末	7.75	1.24	3.89	3.14 (排水可能)
3号炉系統流末	19.74	3.15	3.89	1.23 (排水可能)

※校内排水設備については構造検討中

3. 降水による荷重の影響について

設計基準降水量(57.5mm/h)による荷重の影響として、原子炉建屋等は多量の降水に対しても、雨水排水口を介して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、排気筒等の屋外設備については、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。

以上から、屋外の外部事象防護対象施設の安全機能が降水による荷重によって損なわれることはない。

積雪影響評価について

1. 基本方針

予想される最も過酷と考えられる条件として設計基準を設定の上、安全施設のうち外部事象防護対象施設は、設計基準積雪量による荷重、積雪による換気空調設備の給排気口の閉塞により、安全機能を損なわない設計とする。

2. 設計基準積雪量の設定

設計基準積雪量は、以下の(1)及び(2)を参照し設定する。

(1) 規格・基準類 (別紙 1)

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 項に基づく北海道建築基準法施行細則において、地域毎に垂直積雪量が定められている。泊村の垂直積雪量は 150cm である。

(2) 観測記録 (別紙 2)

気象庁の気象統計情報における積雪深の観測記録⁽¹⁾によれば、泊発電所の最寄りの気象官署である寿都特別地域気象観測所及び小樽特別地域気象観測所における地域気象観測システム (アメダス) の月最深積雪の最大値は 189cm (1945 年 3 月 17 日) である。

○積雪時の発電所の対応について

泊発電所が立地する泊村は、多雪区域であるため降雪量が多く、降雪があった場合は必要に応じ発電所構内の除雪活動を実施する。

また、建屋屋上の除雪に関しては、気象情報 (降雪予報) 及び構内に設置している監視システム等による積雪深を監視し、必要に応じ除雪を実施する。

以上より、設計基準積雪量は月最深積雪の最大値 189cm を考慮する。

3. 外部事象防護対象施設の健全性評価

2. にて示した設計基準積雪量に対する外部事象防護対象施設への影響を評価する。設計基準積雪量に対して、外部事象防護対象施設を有する各建屋又は外部の外部事象防護対象施設が積雪荷重、空気、流体の取入口の閉塞によって機能喪失に至ることがないことを確認する。

本評価における基本的な考え方は、以下の通り。また、第 1 図に積雪に対する安全施設

の評価フローを示す。

○外部事象防護対象施設について、以下の①から③に分類の上、評価し、積雪による荷重等に対して安全機能が損なわれないことを確認する。なお、積雪荷重は地震、津波、火山の影響に対して適切に組み合わせる。

①屋外の設備は設計基準積雪量の荷重に対して健全であることを確認する。

②屋内の設備は、当該設備を有する建屋が設計基準積雪量の荷重に対して 機械的強度を有する設計であることを確認する。

③流体の取り入れ口等の閉塞による影響について、各建屋の換気口等の高さが設計基準積雪量に対して高い位置に設置してあること及び上向きに開口部がない設計であることを確認する。また、積雪と風等により給気口等の閉塞が考えられるが、この場合には、運転員、保修員がガラリに付いた積雪を落とすことにより閉塞を防止する。

○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こと若しくは風（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、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

4. 重大事故等対処施設に対する考慮

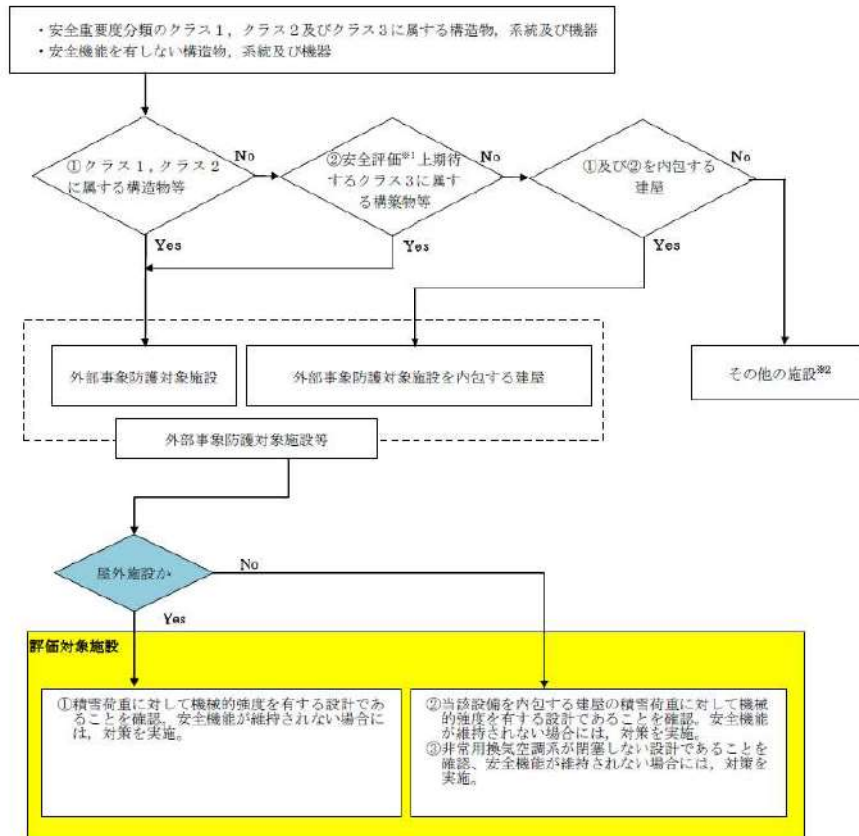
第2図の積雪に対する重大事故等対処設備の評価フローに基づき、設計基準積雪量の荷重に対し、必要な安全機能が確保されていることを確認する。

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。

5. 参考文献

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

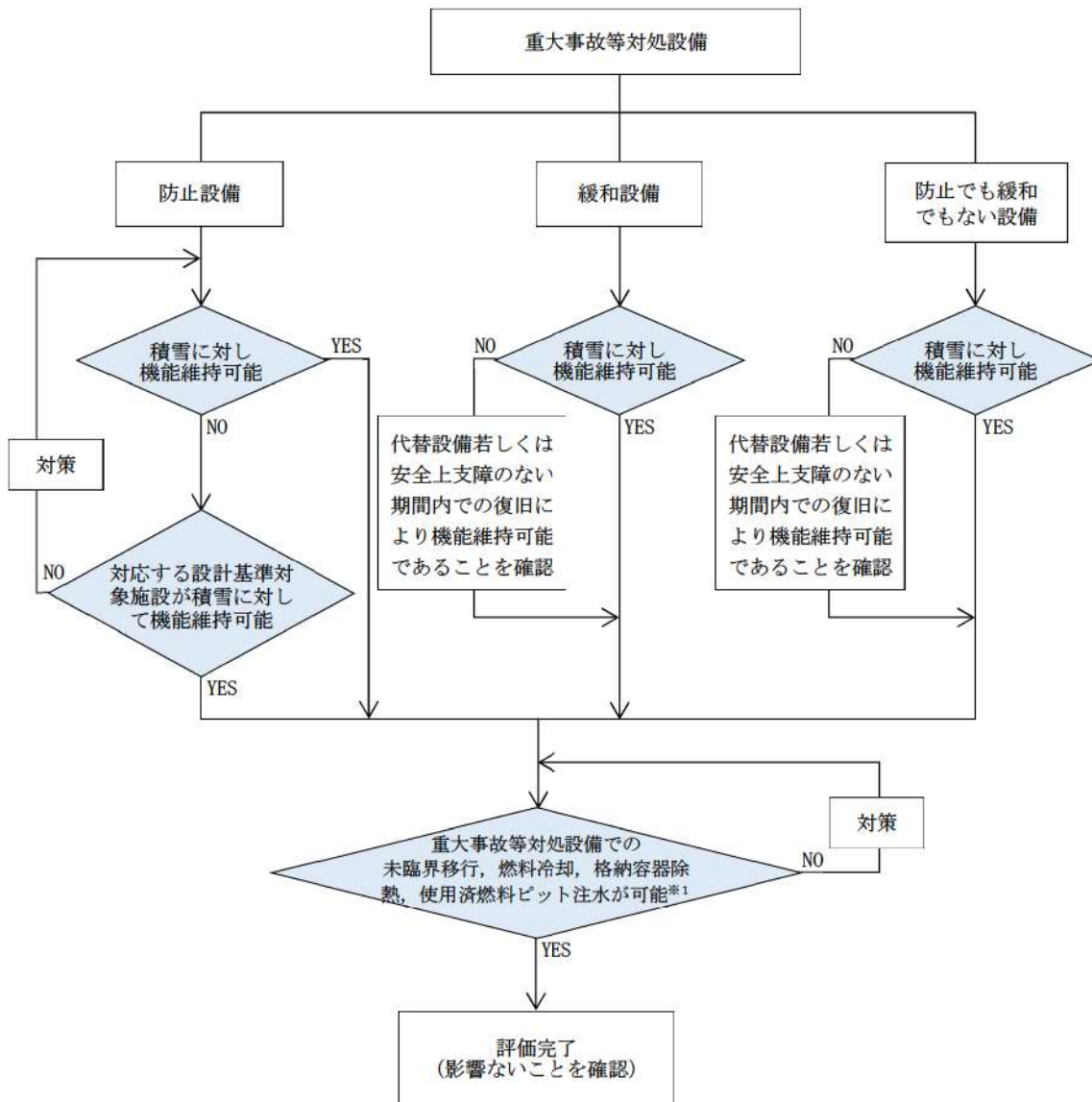
(2) 気象庁年報（地上気象観測原簿データ）



※1 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析

※2 その他の施設のうち安全施設は、構造健全性の確保、若しくは損傷を考慮して代替設備、修復等で安全機能を確保

第1図 積雪に対する安全施設の評価フロー



※1：設計基準積雪量により重大事故等対処設備と設計基準対象施設の機能が同時に損なわれることはないが、安全上支障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

第2図 積雪による重大事故等対処設備への影響評価フロー

北海道建築基準法施行細則について

建築基準法施行令（以下「政令」）の一部が改正（平成 12 年政令第 211 号）され、政令第 86 条の規定において、垂直積雪量を特定行政庁が規則で定めることとなった。北海道建築基準法施行細則⁽¹⁾における積雪に関する記載は以下のとおりである。

（積雪荷重）

第 17 条 政令第 86 条第 2 項ただし書の規定により、多雪区域は、別表第 1 に掲げる区域とする。

2 前項の多雪区域における積雪の単位重量は、政令第 86 条第 2 項本文の規定にかかわらず、積雪 1cm ごとに 1 平方メートルにつき、30N 以上としなければならない。

3 政令第 86 条第 3 項に規定する垂直積雪量の数値は、別表第 2 の適用区域の区分に応じた垂直積雪量とする。

別表第 2（後志総合振興局管内を抜粋）

	区域	垂直積雪量（単位：cm）
(1)	島牧村，寿都町	130
(2)	共和町，岩内町	140
(3)	泊村，神恵内村，積丹町，古平町，仁木町，余市町	150
(4)	黒松内町，蘭越町	180
(5)	赤井川村	210
(6)	ニセコ町，真狩村，留寿都町，喜茂別町，京極町，倶知安町	230

(1) 北海道 建築基準法施行細則(昭和 48 年 1 月 15 日 北海道規則第 9 号)

寿都町及び小樽市における積雪深の観測記録

第1表 寿都町における毎年の積雪観測記録
 (気象庁ホームページ及び気象庁年報(地上気象観測原簿データ)より)

年	最大日 降雪量 [cm]	月最深 積雪 [cm]	年	最大日 降雪量 [cm]	月最深 積雪 [cm]	年	最大日 降雪量 [cm]	月最深 積雪 [cm]	年	最大日 降雪量 [cm]	月最深 積雪 [cm]
1893	なし	177]	1928	なし	103	1963	37	97	1998	17	54
1894	なし	なし	1929	なし	139	1964	14	76	1999	33	74
1895	なし	なし	1930	なし	63	1965	26	60	2000	32	103
1896	なし	なし	1931	なし	111	1966	13	62	2001	31	77
1897	なし	なし	1932	なし	65	1967	19	90	2002	41	62
1898	なし	なし	1933	なし	165]	1968	26	96	2003	26	54
1899	なし	なし	1934	なし	103]	1969	22	80	2004	25	71
1900	なし	なし	1935	なし	83	1970	50	120	2005	30	88
1901	なし	なし	1936	なし	130]	1971	28	65	2006	30	99
1902	なし	なし	1937	なし	73	1972	11	32	2007	16]	28]
1903	なし	なし	1938	なし	84	1973	22	52	2008	45	75
1904	なし	4]	1939	なし	126	1974	38	116	2009	39	53
1905	なし	6]	1940	なし	120	1975	23	94	2010	28	103
1906	なし	なし	1941	なし	70	1976	24	60	2011	35	85
1907	なし	なし	1942	なし	150]	1977	39	102	2012	22	81
1908	なし	なし	1943	なし	87	1978	21	107	2013	19	107
1909	なし	31]	1944	なし	80	1979	30	58	2014	26	71
1910	なし	なし	1945	なし	189]	1980	22	67	2015	31	90
1911	なし	97	1946	なし	139]	1981	37	116	2016	28	64
1912	なし	61	1947	なし	97]	1982	28	83	2017	28	44
1913	なし	8]	1948	なし	90	1983	33	88	2018	26	107
1914	なし	78	1949	なし	33	1984	19	93	2019	30	63
1915	なし	60	1950	なし	64	1985	37	81	2020	22	28
1916	なし	72	1951	なし	117	1986	22	89			
1917	なし	32	1952	なし	98	1987	14	56			
1918	なし	99	1953	なし	94	1988	26	66			
1919	なし	160]	1954	なし	65	1989	22	26			
1920	なし	74	1955	なし	85	1990	22	51			
1921	なし	78	1956	なし	98	1991	27	94			
1922	なし	170]	1957	なし	142]	1992	33	78			
1923	なし	123	1958	なし	129	1993	19	66			
1924	なし	74	1959	なし	38	1994	23	55			
1925	なし	92	1960	なし	54	1995	36	66			
1926	なし	80	1961	17]	61]	1996	32	61			
1927	なし	85	1962	18	68	1997	20	49			

なし：観測を行っていない場合、機器の故障等で観測できなかった場合、火災や戦災等で資料を失った場合等

値]：資料不足値

統計値を求める対象となる資料が許容する資料数を満たさない場合。

第2表 小樽市における毎年の積雪観測記録
 (気象庁ホームページ及び気象庁年報(地上気象観測原簿データ)より)

年	最大日 降雪量 [cm]	月最深 積雪 [cm]	年	最大日 降雪量 [cm]	月最深 積雪 [cm]	年	最大日 降雪量 [cm]	月最深 積雪 [cm]
1943	なし	134]	1973	25	77	2003	28	112
1944	なし	128	1974	30	108	2004	31	99
1945	なし	173]	1975	24	92	2005	31	153
1946	なし	139]	1976	42	108	2006	41	172
1947	なし	116	1977	25	99	2007	28	92
1948	なし	150]	1978	23	108	2008	35	126
1949	なし	59	1979	34	82	2009	27	87
1950	なし	89]	1980	32	114	2010	24	102
1951	なし	37]	1981	36	157	2011	36	133
1952	なし	35]	1982	34	155	2012	31	125
1953	なし	5]	1983	36	125	2013	30	155
1954	なし	172]	1984	24	111	2014	34	148
1955	なし	151]	1985	28	102	2015	36	140
1956	なし	5]	1986	37	118	2016	32	89
1957	なし	105]	1987	26	139	2017	30	103
1958	なし	128	1988	38	135	2018	26	134
1959	なし	51	1989	34	101	2019	23	92
1960	なし	112	1990	47	141	2020	26	69
1961	21]	108]	1991	31	123			
1962	31	102	1992	38	110			
1963	31	76	1993	30	123			
1964	24	98	1994	46	139			
1965	36	135	1995	25	107			
1966	33	134	1996	84	149			
1967	35	120	1997	26	121			
1968	45	141	1998	28	99			
1969	24	90	1999	40	142			
1970	54	125	2000	29	143			
1971	21	88	2001	35	97			
1972	43	118	2002	28	66			

なし：観測を行っていない場合，機器の故障等で観測できなかった場合や，火災や戦災等で資料を失った場合等

値]：資料不足値

統計値を求める対象となる資料が許容する資料数を満たさない場合。

落雷影響評価について

1. 基本方針

予想される最も過酷と考えられる条件を設計基準として設定の上、安全施設のうち外部事象防護対象施設は、落雷による雷撃電流に対して維持され、安全機能を損なわない設計とする。

2. 基準雷撃電流値の設定

基準雷撃電流値の設定は、以下の(1)及び(2)を参照し設定する。

(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 JEAG4608「原子力発電所の耐雷指針」⁽¹⁾があり、以下のように規定している。

- a. JEAG4608 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「発電所及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、275kV 発電所における送電線並びに電力設備に対し、100kA を想定雷撃電流として推奨している。

- b. JEAG4608 では、建築物等の避雷設備に関して、日本産業規格 JIS A 4201:2003「建築物等の雷保護」や日本産業規格 JIS A 4201-1992「建築物等の避雷設備（避雷針）」を参照している。JIS A 4201:2003 では、雷保護システムについて、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、保護レベルⅠは最も小さい雷撃電流をもつ雷まで補捉できる。

保護レベルの設定にあたって、JEAG4608 では原子力発電所の危険物施設に対する保護レベルを IEC/TR 61662「Assessment of the risk of damage due to lightning」⁽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、泊発電所3号炉の危険物施設は、消防庁通知⁽⁴⁾に基づき保護レベルを決定するが、泊発電所3号炉の屋外危険物施設である3号炉燃料油貯油槽タンクは地下設置であり、危険物の規制に関する政令⁽⁵⁾により、地下タンク貯蔵所として扱われることから、避雷設備の設置要求がないため、消防通知に基づく保護レベルの設定対象外となる。

日本産業規格 JIS-Z 9290-4「建築物内の電気及び電子システム」⁽⁶⁾において、建築物の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Ⅳの場合

の最大雷撃電流値は100kAと規定されている。

よって、落雷の設計基準電流値は、JEAG等の規格・基準類による100kAとする。

(2) 観測記録

雷撃電流の観測記録として、発生した雷放電の発生時刻・位置を標定し、雷撃電流の大きさを推定できる落雷位置標定システム(LLS^{※1})により観測された落雷データから、発電所を中心とした標的面積3km²の範囲の落雷密度は1.1回/年・km²であり、当社管内(北海道)の落雷密度0.65回/年・km²と比較して頻度が高くなっているものの、過去PWR5社にて、「原子力発電所の耐雷設計に関する研究」を実施し

2006年1月～2020年12月(15年間)の間に、泊発電所構内敷地面積を包絡する標的面積3km²^{※2}の範囲においてLLSにより観測された、最大雷撃電流値は48kAであり、設計基準電流値100kAに包絡されている。

※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で推定するシステム。

※2 泊発電所構内敷地面積を包絡する標的面積は以下のとおり算出した。

- ・ 範囲：北緯43.030～43.044[度]，東経140.502～140.524[度]
- ・ 面積：1.66[km]×1.77[km] = 3.0[km²]



第1図 泊発電所の標的面積

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

3. 外部事象防護対象施設の健全性評価

外部事象防護対象施設が、設計基準の雷撃電流値（100kA の雷撃電流）によって安全機能を損なうことがない設計であることを確認するために、第1図に示すフローに沿って評価・確認を実施した。

(1) 建屋及び内包される外部事象防護対象施設

原子炉建屋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設備を設けている。また、避雷設備の接地極を構内接地網と接続し接地抵抗を下げる等の対策を実施していることから影響を受けにくい設計としている。さらに、安全保護回路は雷サージ抑制対策がなされており、外部事象防護対象施設の安全機能に影響を及ぼすことはない。

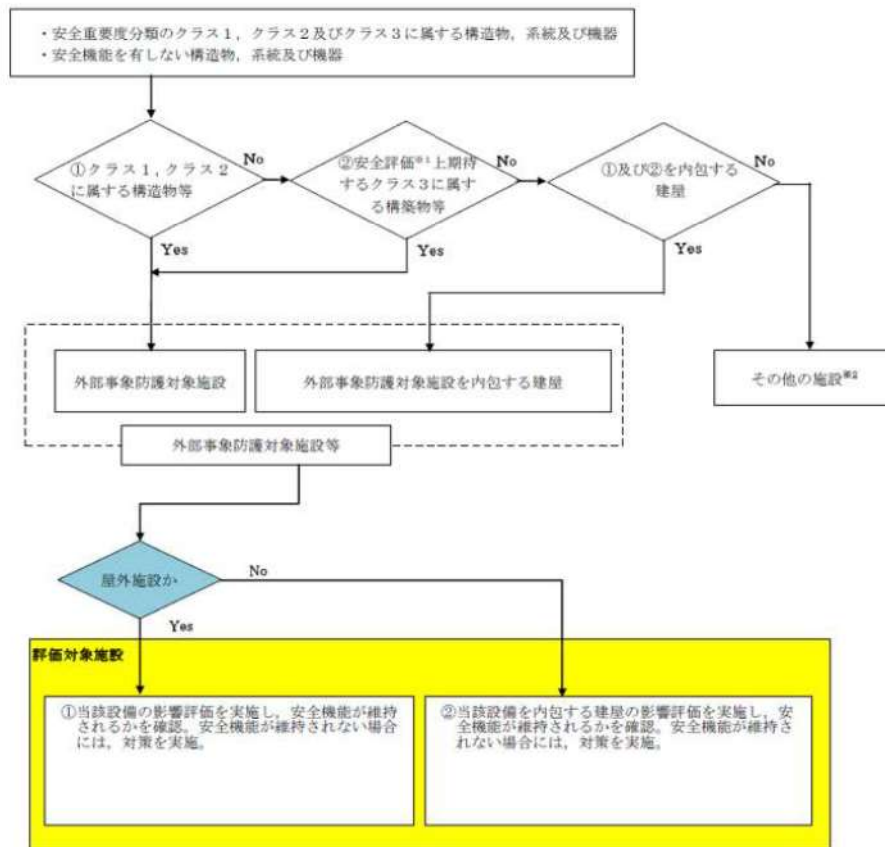
また、電磁的障害として、サージ・ノイズ及び電磁波の侵入があり、これらは低電圧の計測制御回路に対して影響を及ぼすおそれがある。

このため、計測制御回路を構成する制御盤及びケーブルは、鋼製筐体及び金属シールド付ケーブルの適用により電磁波の侵入を防止する設計としている。

(2) 屋外の外部事象防護対象施設

屋外の外部事象防護対象施設は、地下ピット構造としていることから影響を受けにくい設計、又は避雷設備保護範囲内であることから影響を受けにくい設計としている。

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こと若しく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、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。



※1 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析
 ※2 その他の施設のうち安全施設は、構造健全性の確保、若しくは損傷を考慮して代替設備、修復等で安全機能を確保

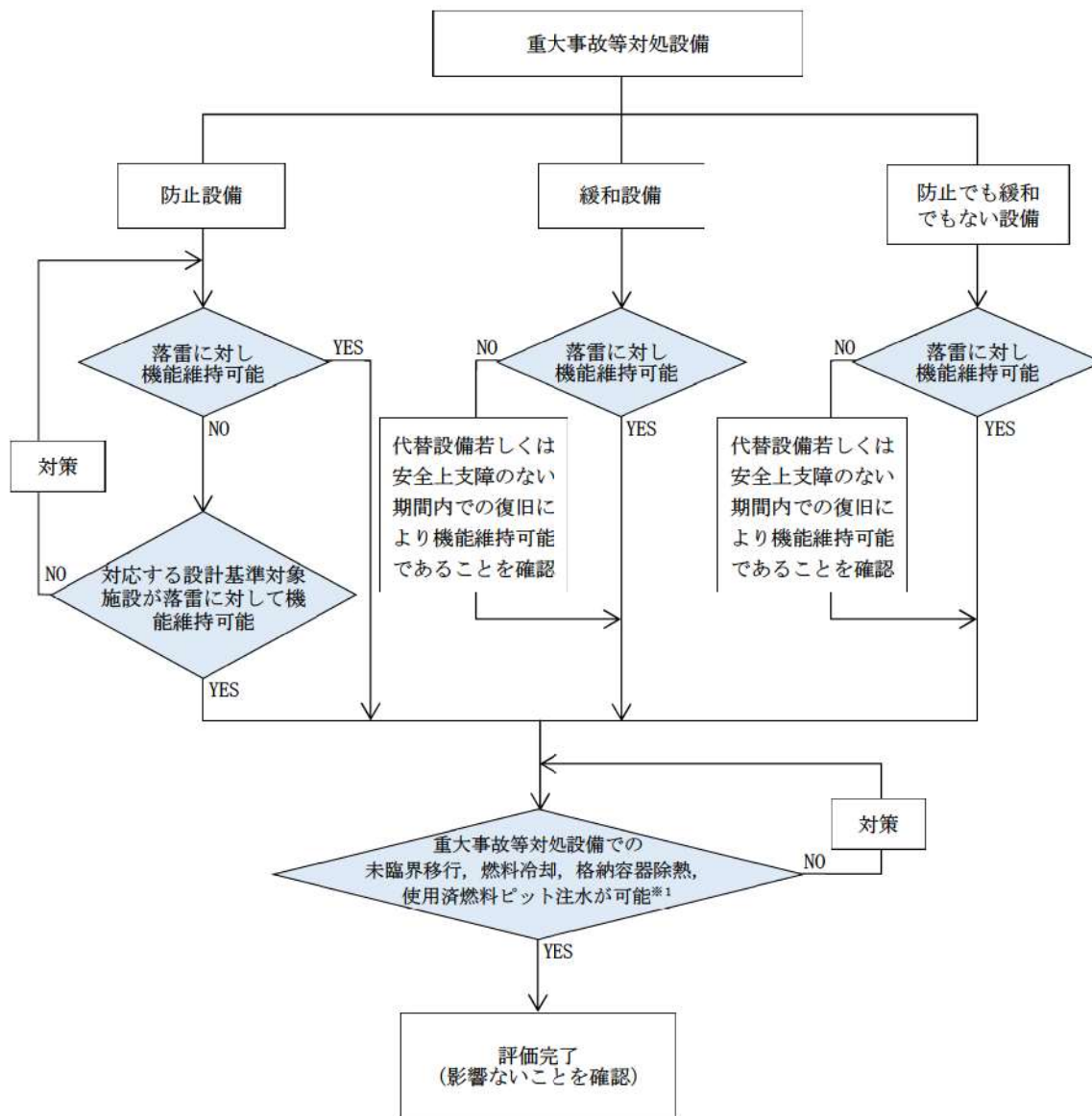
第1図 落雷に対する安全施設の評価フロー

4. 重大事故等対処設備に対する考慮

重大事故等対処施設のうち，屋内設備については，建屋内にあることから落雷の影響を受けにくい。また，屋外の常設代替交流電源設備は，避雷設備を設置していることから落雷の影響を受けにくく，屋外の可搬型設備は分散配置することにより必要な安全機能を維持できる。さらに，重大事故等対処施設の安全機能が喪失した場合においても，建屋による防護の観点から，代替手段により必要な安全機能を維持できることを確認した。

第2図に落雷に対する重大事故等対処施設の評価フローを示す。

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。



※1：基準になる落雷により重大事故等対処設備と設計基準対象施設の機能が同時に損なわれることはないが、安全上支障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

第2図 落雷による重大事故等対処設備への影響評価フロー

5. 参考文献

- (1) 電気技術指針 JEAG4608(2007)：「原子力発電所の耐雷指針」
- (2) 電力中央研究所報告 T40「発電所及び地中送電線の耐雷設計ガイド(1996)」
- (3) IEC/TR 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) 危険物の規制に関する政令(昭和三十四年政令第三百六号)
- (6) JIS-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」

泊発電所の耐雷設計について

1. 当社における耐雷設計

(雷害防止対策)

- 雷害防止対策として、建築基準法に基づき高さ20mを超える原子炉建屋等へ日本産業規格（JIS）に準拠した避雷設備を設置するとともに、構内接地網と接続することにより、接地抵抗の低減や雷撃に伴う構内接地系の電位分布の平坦化を図っている。

(機器保護対策)

- 安全保護回路への雷サージ抑制を図る回路設計としていることから、安全施設の安全機能を損なうことの無い設計としている。
- 原子力発電所における雷サージの侵入経路としては、「送電鉄塔・架空地線への落雷」、「所内電源系統、発電所避雷針への落雷」、「排気筒、建屋避雷針への落雷」がある。JEAG4608-2007^{※1}に基づき、これらからの侵入を抑制するために、避雷器の設置やシールド付ケーブルを採用する設計としている。
- また、安全保護回路のデジタル計算機が収納された盤は、JEC-210-1981^{※2}に基づいて耐力を確認し、JIS C 1000-4-4-1999^{※3}の設計を踏まえて、ラインフィルタや金属シールド付ケーブルを設置する設計としている。
- プラントトリップ機能等を有する安全保護回路については、過去PWR5社にて、「原子力発電所の耐雷設計に関する研究」を実施し、 避雷針より雷サージ模擬インパルス小電流 を印加し、接地系の過渡特性・回路への雷サージ伝搬特性に関するデータを取得した。低レベル信号回路に観測されたサージ誘導電圧は最大でも である。そのため、想定雷撃電流150kAを越える雷（仮に200kAと設定）の落雷による回路への影響評価を実施すると、雷サージ誘導電圧約 となり、安全保護系の許容値2kV以内となるため設計的に影響はない。

- 万一、落雷により、安全上重要な設備が故障した場合にも、計器類は多重化されており、原子炉を安全に停止し、かつ、原子炉の停止後に炉心を冷却するための設備が動作するとともに、原子炉格納容器の健全性の確保のための設備が動作することができる設計としている。
- 現時点においては、追加対策は不要と考えるが、今後新知見等が得られれば、検討していく。

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

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、泊発電所 3 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. 泊発電所における耐雷設計

安全保護回路のケーブルに、建屋（原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋及び循環水ポンプ建屋）間を跨るケーブルものがあるものの、各建屋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屋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無い。

地滑り・土石流及び急傾斜地の崩壊影響評価について

1. 地滑り地形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、文献調査により泊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。

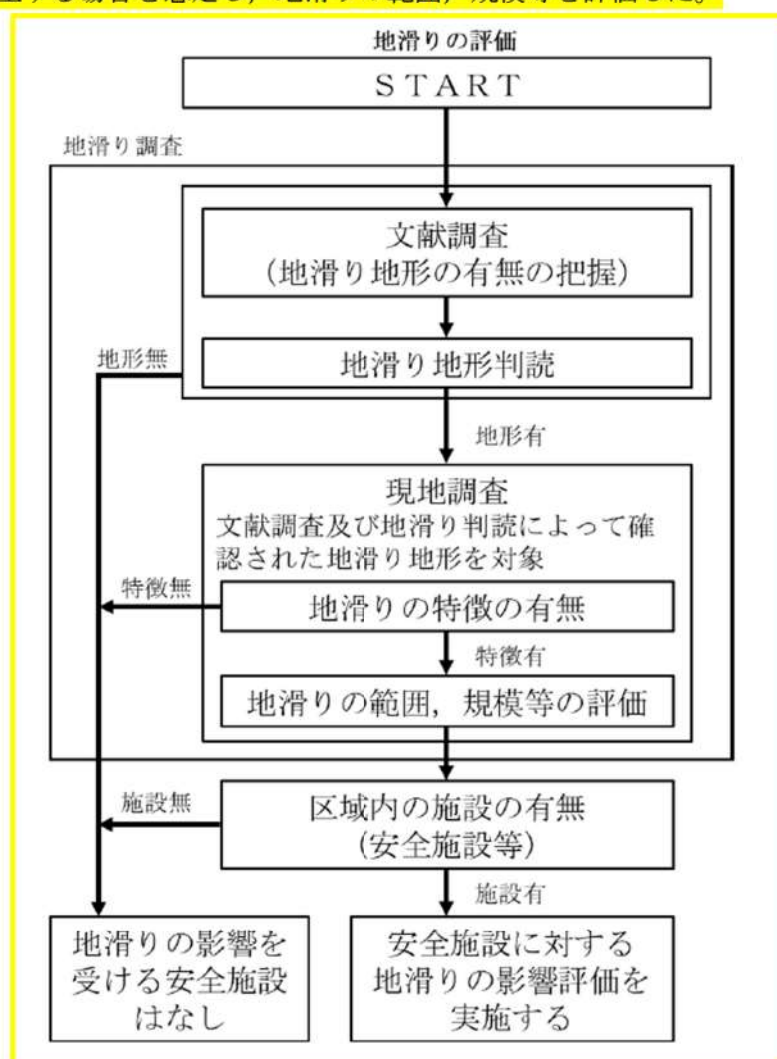


図-1 地滑りの影響評価フロー図

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 22 年、清水ほか「岩内」（2010））がある。この地すべり地形分布図では、泊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、泊発電所建設前の空中写真を基にした等高線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、規模等を評価した。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地滑り地形①-4～地滑り地形①-7 の範囲付近である。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等の内容の比較

		地滑り調査 (平成 21 年～令和 5 年)	防災科研調査 (平成 22 年)
実施項目		・地滑り地形判読(机上) ・ <u>現地調査(令和 4 年度)</u>	・地滑り地形判読(机上)
実施 内容	参照 資料	・モノクロ空中写真(4 万分の 1, <u>1947 年撮影</u>) ・ <u>カラー空中写真(1 万分の 1, 1976 年撮影)</u> ・ <u>等高線図(2 千分の 1)*</u> ※1 万分の 1 空中写真より作成	・モノクロ空中写真(4 万分の 1, 1965 年撮影) ・地形図(5 万分の 1)
	判 読 方 法	・実体鏡による空中写真の判読	・実体鏡による空中写真の判読
	抽 出 対 象	・ <u>全ての地滑り地形を抽出</u>	・幅 150m 以上の比較的大規模な <u>地滑り地形のみを抽出</u>

下線は相違箇所

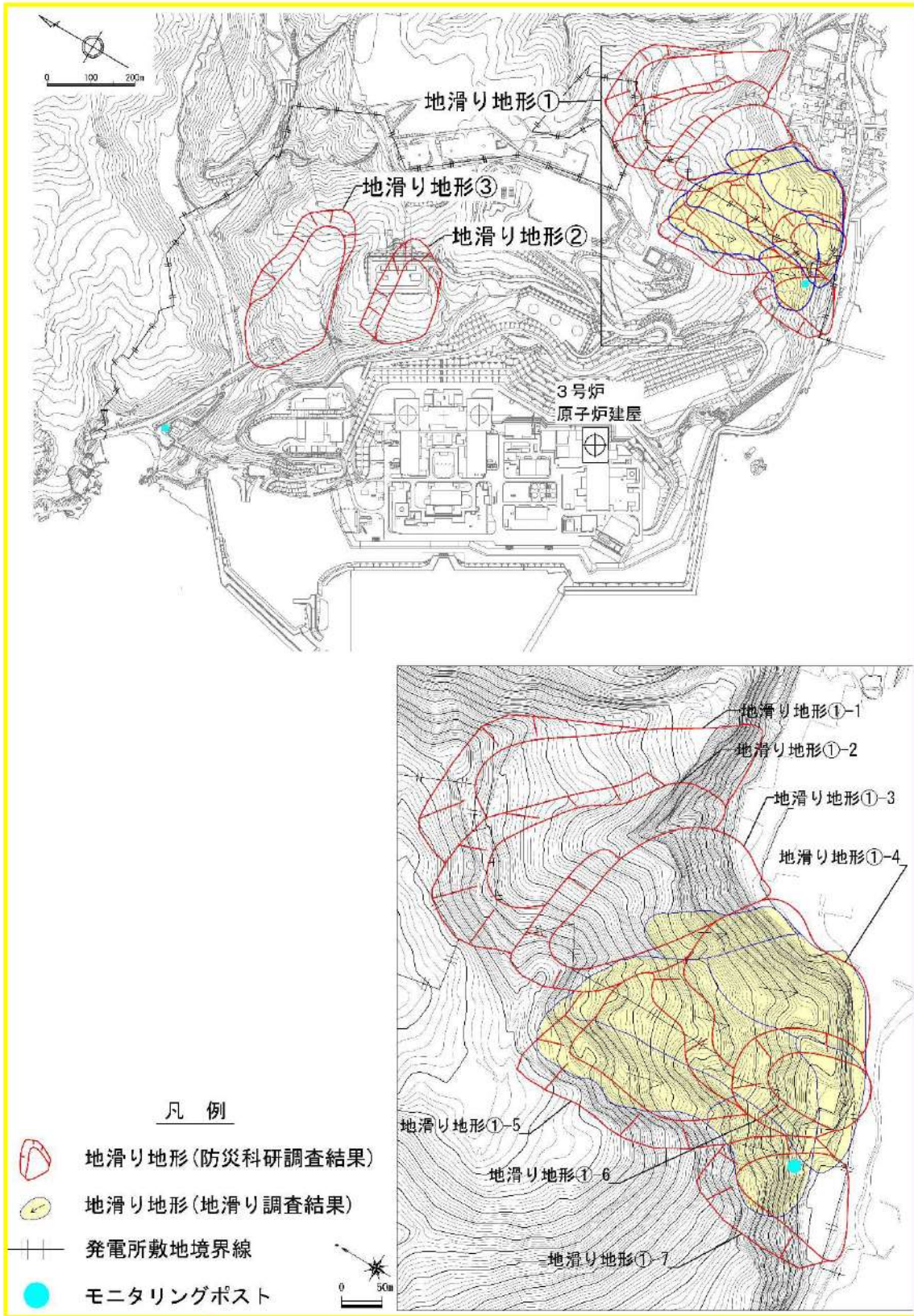


図-2 泊発電所周辺に見られる地滑り地形位置図

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

地滑り地形①は、防災科研調査によって7ユニットの地滑り地形が隣接して分布しているとされる(地滑り地形①-1～地滑り地形①-7)。

地形判読の結果、地滑り地形①-1～3の範囲付近においては、地滑りを示唆する地形的特徴は認められないが、地滑り地形①-4～7の範囲付近においては、地滑り地形の特徴である多丘形凹状台地状地形が認められる。

現地調査の結果、地滑り地形①-1～3の範囲付近においては地滑りを示唆する地形的特徴は認められない。地滑り地形①-4～7の範囲付近においては、湧水等の地滑りを示唆する水文的な特徴は認められないが、滑落崖及び地滑り土塊の存在が示唆される地形的特徴が認められ、地形判読で認められた多丘形凹状台地状地形の特徴と合致する。

以上から、地滑り地形①のうち地滑り地形①-4～7の範囲付近は地滑り地形と判断される。

地滑り地形①-4～7の範囲付近は、モニタリングポストが安全施設として位置しているが、当該モニタリングポストが損傷したとしても、可搬型モニタリングポストによって代替することが可能であるため、安全施設の安全機能に影響を及ぼすおそれはない。

(2) 地滑り地形②

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、地滑りを示唆する地形的特徴は認められない。

以上のことから、本箇所は地滑り地形ではないと判断される。

なお、本箇所は、開閉所造成のための人工改変により、切取法面となっている。現地調査の結果、法面及び開閉所周回道路に地滑りを示唆するような変状は認められない。

(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、地滑りを示唆する地形的特徴は認められない。

以上のことから、本箇所は地滑り地形ではないと判断される。

なお、本箇所の一部は防火帯となっている。現地調査の結果、防火帯に地滑りを示唆する変状は認められない。

(4) 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。

ボーリング調査、試掘坑調査及び開削調査の結果、F-1 断層～F-11 断層の 11 条の断層を認定しているが、これらの断層以外で、滑り面を示唆する粘土を挟在する連続する割れ目は認められない。

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。

3. 土石流の影響評価について

北海道の地滑り地形分布状況を調査した文献として、北海道が作成した土砂災害危険箇所図(以下、「北海道調査」)がある。この記載に基づくと、図-3のとおり泊発電所周辺の土石流危険区域及び土石流危険渓流は1箇所である。

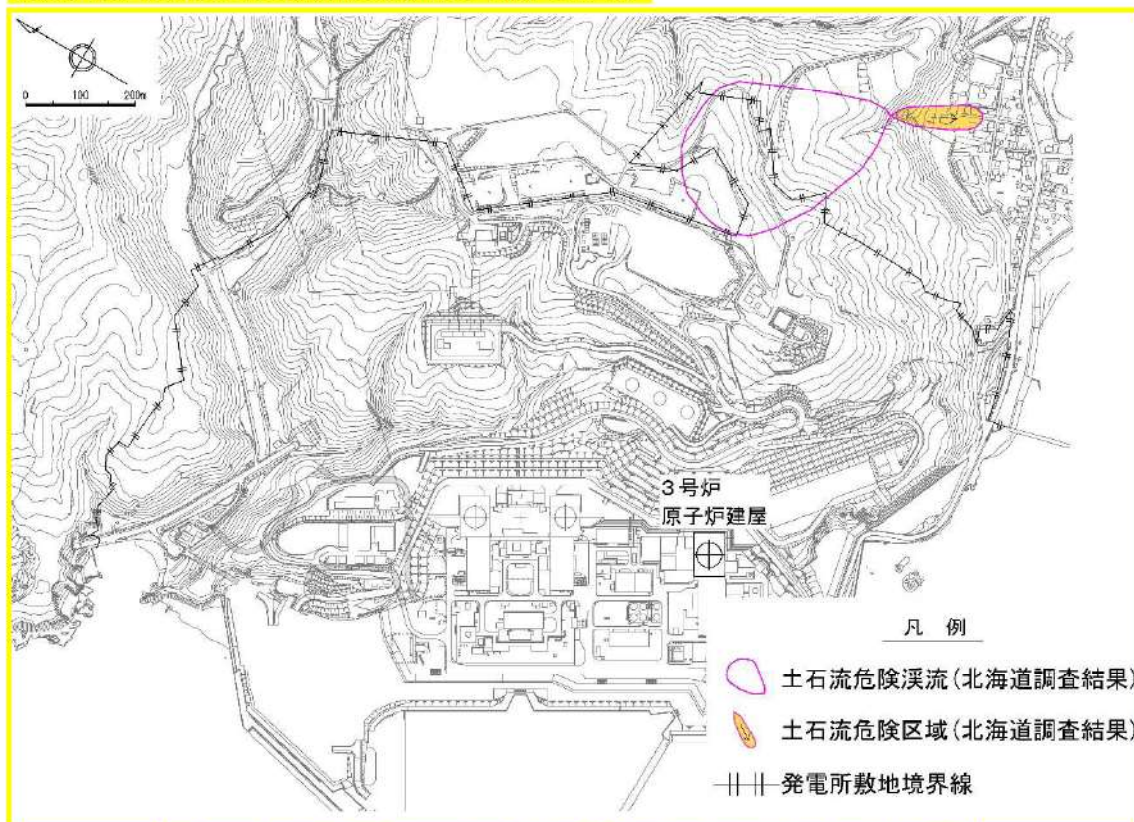


図-3 泊発電所周辺の土石流危険渓流及び土石流危険区域位置図

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）

本箇所において、土石流の影響を受ける可能性がある安全施設は存在しない。

4. 急傾斜地崩壊危険箇所の影響評価について

北海道の急傾斜地崩壊危険箇所を調査した文献として、北海道調査がある。

この記載に基づくと、図-4 のとおり泊発電所周辺の急傾斜地崩壊危険箇所は3箇所である。



図-4 泊発電所周辺の急傾斜地崩壊危険箇所*¹位置図

急傾斜地の崩壊：傾斜度が 30° 以上である土地が崩壊する現象（別紙 1）

※ 1：傾斜度 30° かつ高さ 5m 以上の急傾斜地で人家や公共施設に被害を生じるおそれのある箇所

4.1 急傾斜地崩壊危険箇所①

本箇所において、急傾斜地の崩壊の影響を受ける可能性がある安全施設は存在しない。

4.2 急傾斜地崩壊危険箇所②

本箇所において、急傾斜地の崩壊の影響を受ける可能性がある安全施設はモニタリングポストがあるが、当該モニタリングポストが損傷したとしても、可搬型モニタリングポストによって代替することが可能であることから、安全機能に影響を及ぼすおそれはない。

4.3 急傾斜地崩壊危険箇所③

本箇所において、急傾斜地の崩壊の影響を受ける可能性がある安全施設はモニタリング

ポストがあるが、当該モニタリングポストが損傷したとしても、可搬型モニタリングポストによって代替することが可能であることから、安全機能に影響を及ぼすおそれはない。

参考文献

- (1) 清水文健・井口隆・大八木規夫(2010):5万分の1地すべり地形分布図第45集「岩内」図集,地すべり地形分布図茅沼,防災科学技術研究所研究資料第339号,防災科学技術研究所

地滑り・土石流及び急傾斜地の崩壊の概要

1. 地滑り・土石流及び急傾斜地の崩壊について

「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。

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。

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。

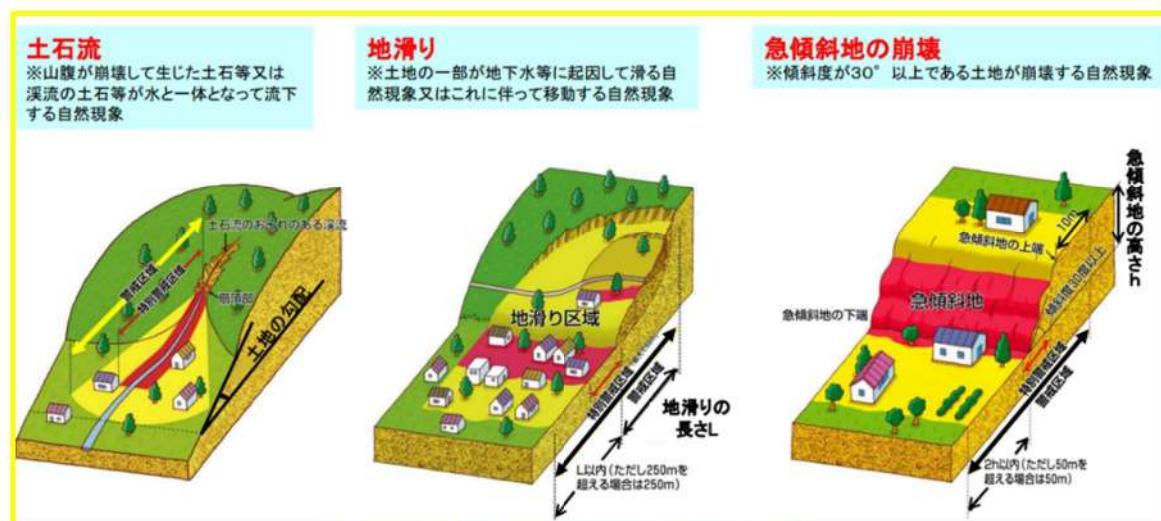


図-1 土砂災害の種類(国土交通省 HP)

2. 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（二次滑り面）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 0.5~2.0m 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。

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、泊発電所建設前の空中写真を基にした等高線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。

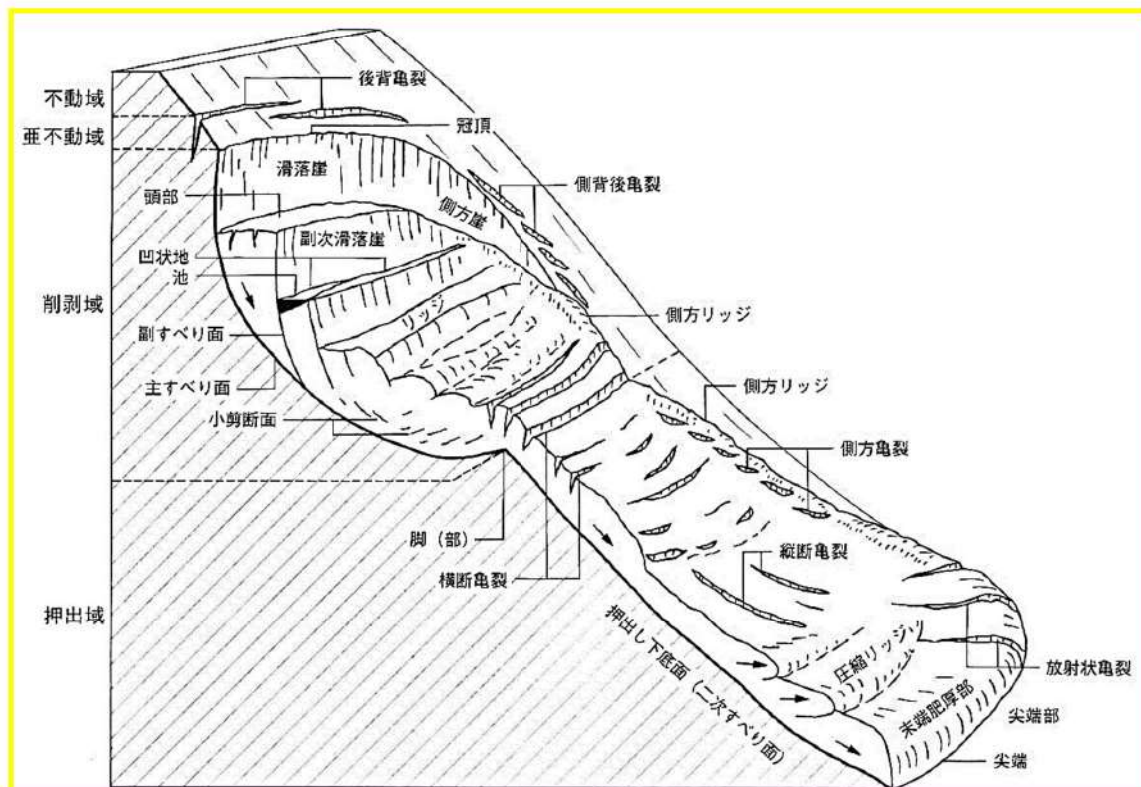


図-2 地滑りに伴って生じる各種の地形

(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)

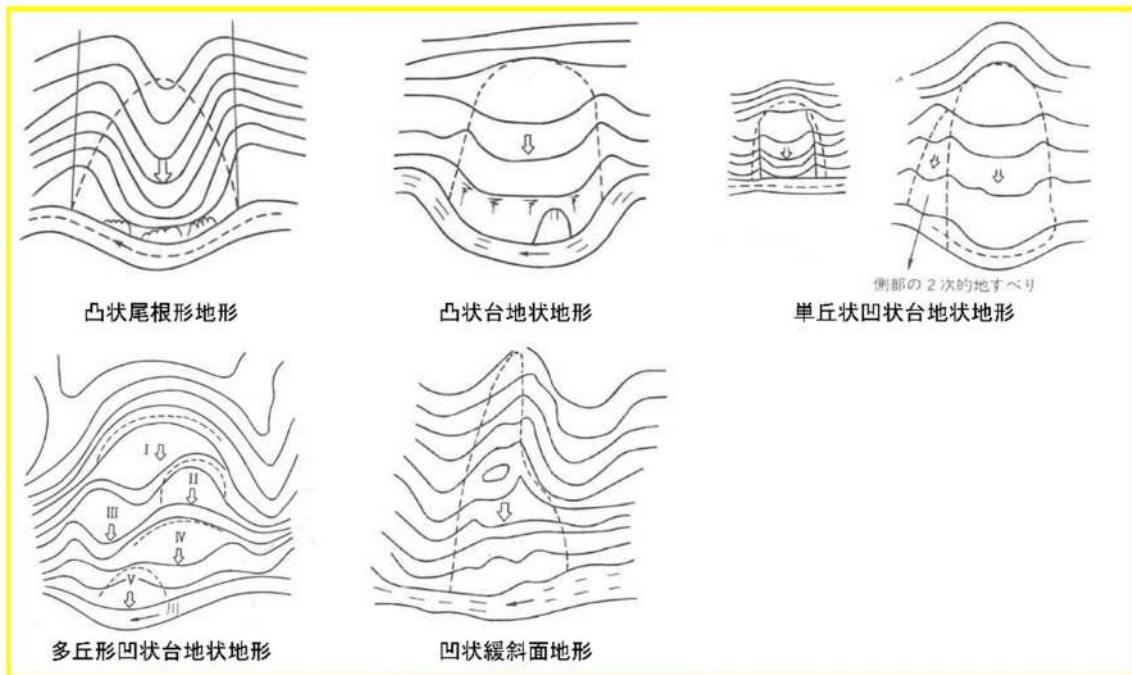


図-3 地滑り地形の特徴

(渡 正亮・小橋澄治(1987)：地滑り・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，破碎帯の有無等) ・ 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

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 22 年)では、泊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」)。抽出された地滑り地形及び防災科研調査の地滑り地形を合わせて図-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。

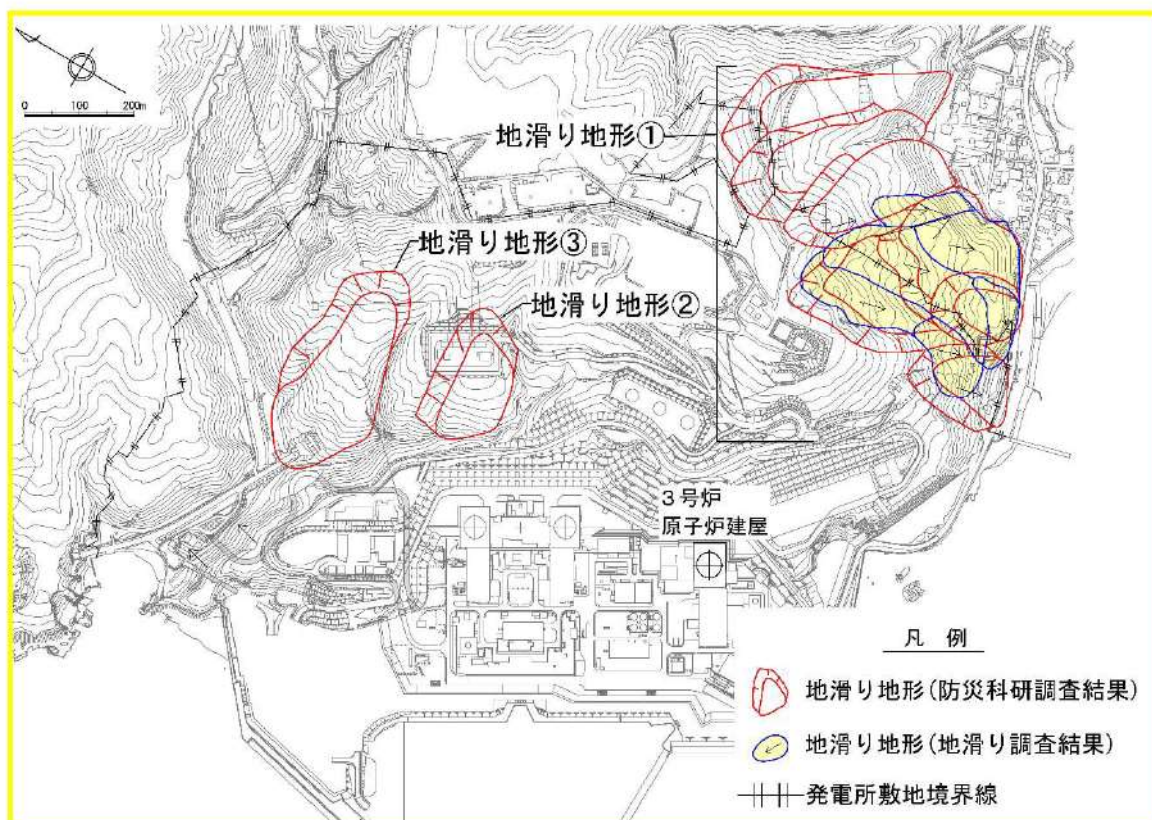


図-1 泊発電所周辺の地滑り地形位置図

1. 地滑り地形①

1.1 地形判読

地滑り地形①周辺の等高線図を図-2 に、2 種類の空中写真をそれぞれ図-3 及び図-4 に示す。発電所南東にある南東向き斜面で標高約 5～120m の緩斜面をなす。

地滑り地形①は、防災科研調査によって 7 ユニットの地滑り地形が隣接して分布しているとされる(地滑り地形①-1～地滑り地形①-7)。

地形判読の結果、地滑り地形①-1～3 の範囲付近においては、地滑りを示唆する地形的特徴は認められない。地滑り地形①-4～7 の範囲付近においては、地滑り地形の特徴である、

滑落崖と考えられる凹形谷型斜面及びその下方に凹凸に富む緩斜面を持つ多丘形凹状台地状地形が、図-2 に示す地滑り調査結果の範囲で認められる。

認められた地滑り地形の長さは合計で約 400m、幅は合計で約 370m である。凹凸に富む緩斜面は海食崖の手前まで達している。

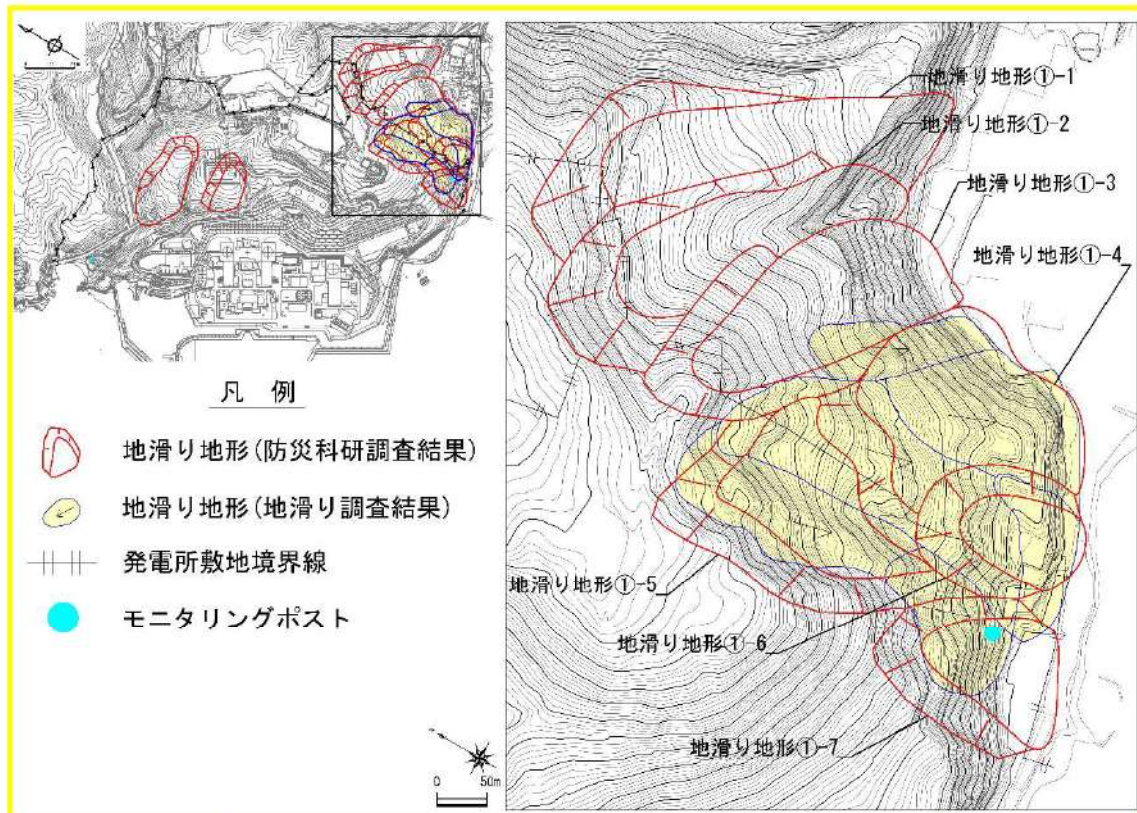


図-2 地滑り地形①周辺の等高線図(原縮尺：2千分の1)



図-3 地滑り地形①周辺の空中写真(撮影縮尺：1万分の1, 1976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, 1947年撮影)

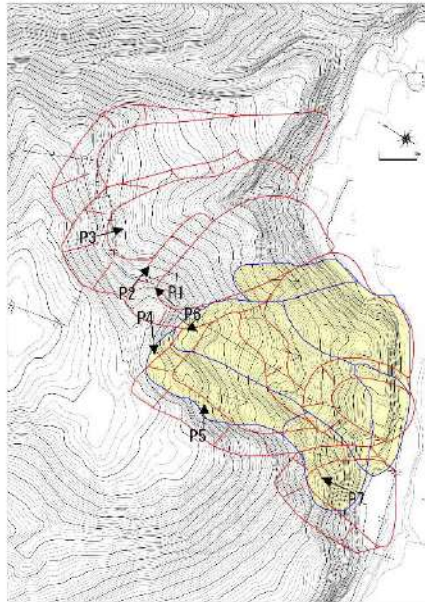
1.2 現地調査

地滑り地形①-1～7周辺の調査位置図及び状況写真を図-5に示す。



現地調査の結果、地滑り地形①-1～3の範囲付近においては、滑落崖及び側方崖を示唆する遷急線及び遷緩線や、地滑り土塊を示唆する凹凸のある緩斜面等の地形的特徴は認められない。

地滑り地形①-4～7の範囲付近においては、湧水等の地滑りを示唆する水文的な特徴は認められないが、防災科研調査において滑落崖とされる箇所では遷急線及び遷緩線が認められることから、滑落崖の存在が示唆される。また、防災科研調査において地滑り土塊とされる箇所では凹凸に富む緩斜面が認められることから、地滑り土塊の存在が示唆される。

これらの遷急線、遷緩線及び凹凸に富む緩斜面は、地形判読において認められた多丘形凹状台地状地形の特徴と合致する。



凡例

-  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)



P1 防災科研調査において滑落崖とされる斜面の状況
滑落崖を示唆する遷緩線及び遷急線は認められない。



P2 防災科研調査において側方崖とされる斜面の状況
側方崖を示唆する遷緩線及び遷急線は認められない。



P3 防災科研調査において地滑り土塊とされる斜面の状況
防災科研調査において滑落崖とされる箇所から、地滑り土塊とされる箇所を見下ろす。側方崖を示唆する遷緩線及び遷急線や、地滑り土塊を示唆する凹凸に富む緩斜面は認められない。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



P4 防災科研調査において滑落崖～側方崖とされる斜面の状況
遷緩線及び遷急線が認められる。

- 遷急線
- - - - - 遷緩線

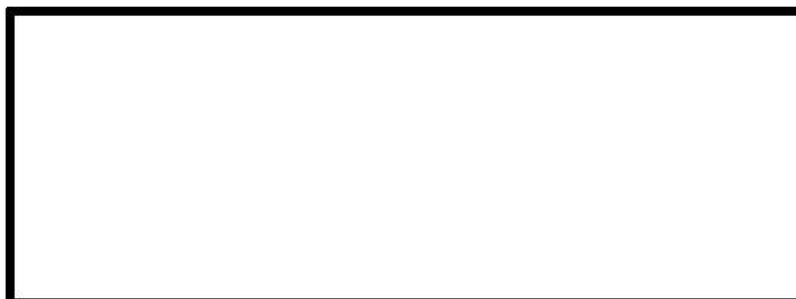


P5 防災科研調査において滑落崖～側方崖とされる斜面の状況
遷緩線及び遷急線が認められる。

- 遷急線
- - - - - 遷緩線



P6 防災科研調査において地滑り土塊とされる斜面の状況
凹凸に富む緩斜面が認められる。



P7 防災科研調査において地滑り土塊とされる斜面の状況
凹凸に富む緩斜面が認められる。

図-5 地滑り地形①-1～地滑り地形①-7 周辺の調査位置図及び状況写真

本資料のうち、枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

1.3 地形断面図

地滑り地形①-1～3の範囲付近及び地滑り地形①-4～7の範囲付近について、防災科研調査が示す地滑り方向に概ね沿った地形断面図をそれぞれ図-6に示す。

地滑り地形①-1～3の範囲付近(A-A')については、防災科研調査において遷緩線とされる箇所を境界に、地滑り土塊とされる範囲の傾斜角は、滑落崖とされる範囲の傾斜角に比べやや緩傾斜であるものの、地滑り土塊の特徴である凹凸に富む緩斜面は認められない。

一方で、地滑り地形①-4～7の範囲付近(B-B')については、防災科研調査において遷緩線とされる箇所段差地形が認められ、また、防災科研調査において地滑り土塊とされる範囲で、地滑り土塊の特徴である凹凸に富む緩斜面や先端部の押し出しが認められる。

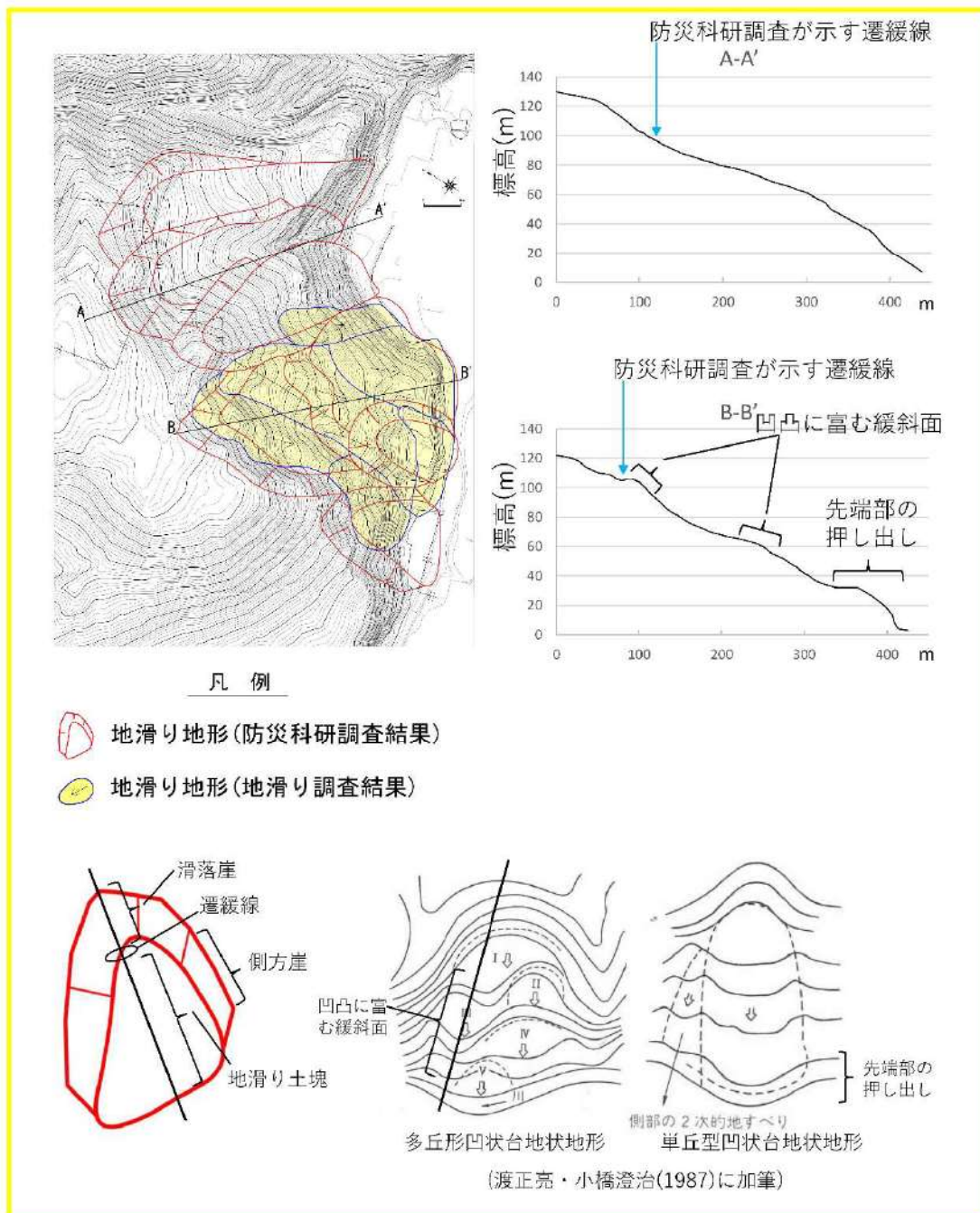


図-6 地滑り地形①の地形断面図

1.4 まとめ

地滑り地形①-1～地滑り地形①-7について地形判読及び現地調査の結果、地滑り地形①-1～地滑り地形①-3の範囲付近においては地滑りを示唆する地形的特徴が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。

一方で、地滑り地形①-4～地滑り地形①-7の範囲付近においては滑落崖及び地滑り土塊を示唆する地形的特徴が認められることから、地滑り地形と判断される。

2. 地滑り地形②

2.1 地形判読

地滑り地形②周辺の等高線図を図-7に、2種類の空中写真(1976年撮影及び1947年撮影)を図-8及び図-9に示す。

発電所北部にある西向き斜面で標高約50~100mの緩斜面をなす。周囲を沢に囲まれており、西向き尾根からなる。

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。

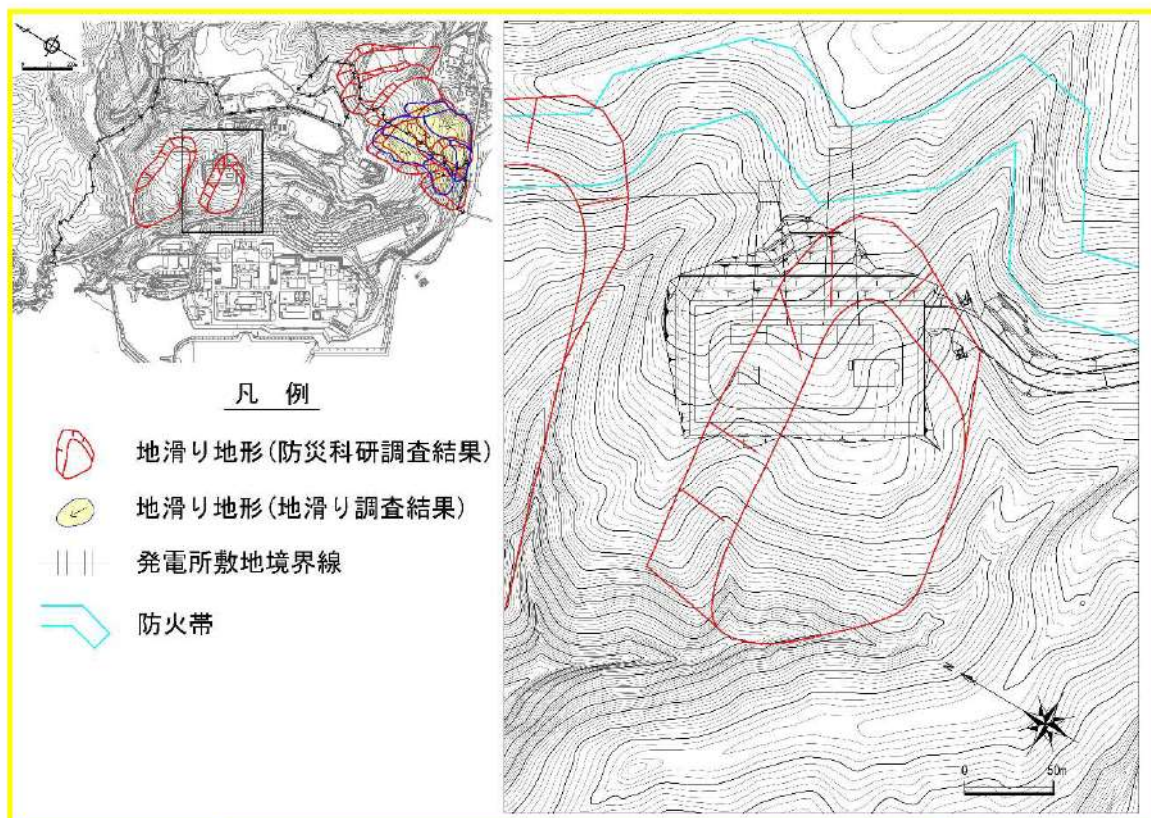


図-7 地滑り地形②周辺の等高線図(原縮尺; 2千分の1)



図-8 地滑り地形②周辺の空中写真(撮影縮尺：2万分の1，1976年撮影)

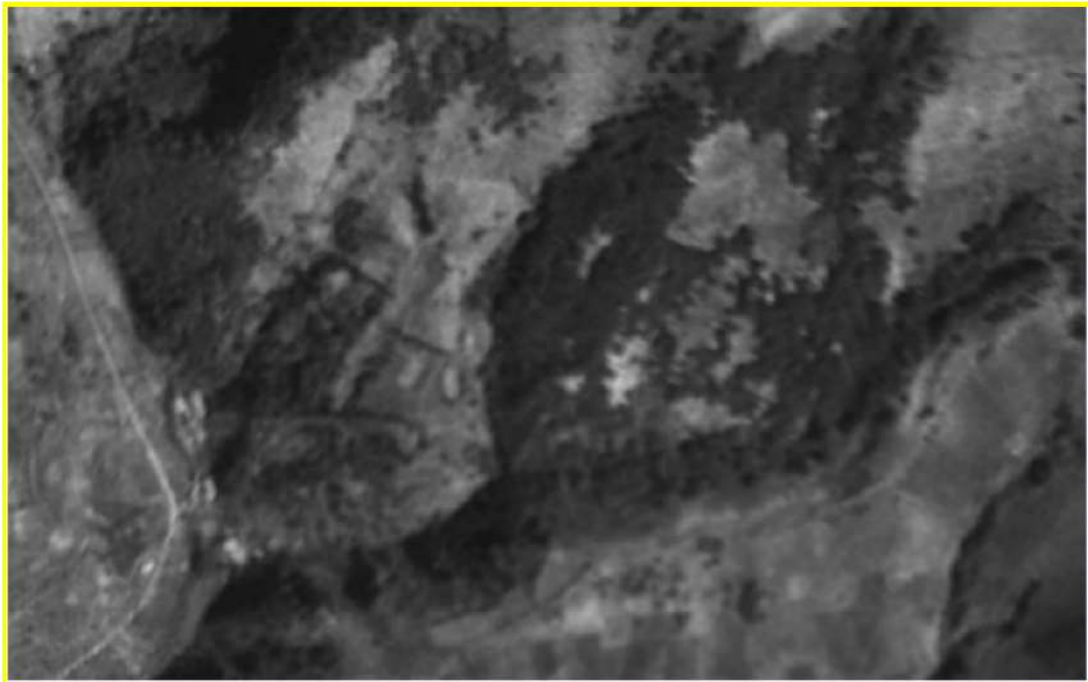


図-9 地滑り地形②周辺の空中写真(撮影縮尺：4万分の1，1947年撮影)

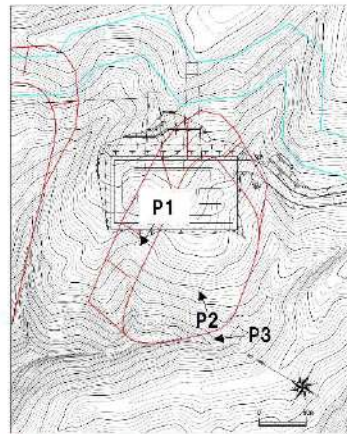
2.2 現地調査




地滑り地形②周辺の調査位置図及び状況写真を図-10 に示す。

現地調査の結果、防災科研調査において側方崖とされる箇所には西向きの沢が発達しており、沢を挟んだ両岸において顕著な地形の変化は認められない。

防災科研調査において地滑り土塊とされる箇所は一様な斜面であり、地滑り土塊を示唆する地形的特徴である凹凸に富む緩斜面は認められない。また、この斜面の西側端部付近には、北西向きの沢が分布している。この沢を挟んだ両岸において、斜面の角度が同程度であり、地滑り土塊末端部を示唆する先端部の押し出しは認められない。

なお、防災科研調査において滑落崖とされる範囲及び地滑り土塊とされる範囲の上部は、開閉所造成のための人工改変により、切取法面となっている。現地調査の結果、法面及び開閉所周回道路に地滑りを示唆する変状は認められない。



- 凡例
-  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)
 -  防火帯



P1 防災科研調査において側方崖とされる斜面の状況
沢地形となっており、沢を挟んだ両岸において顕著な地形の変化は認められない。



P2 防災科研調査において地滑り土塊とされる斜面の状況
一様な斜面であり、地滑り土塊を示唆する凹凸に富む緩斜面は認められない。



P3 地滑り地形②南側の沢地形の状況
防災科研調査において地滑り土塊の末端部とされる箇所にあたる位置である。沢が分布しており、この沢を挟んだ両岸において斜面の角度が同程度であり、地滑り土塊末端部を示唆する先端部の押し出しは認められない。

図-10 地滑り地形②周辺の調査位置図及び状況写真

2.3 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，地滑りを示唆する地形的特徴が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。

3. 地滑り地形③

3.1 地形判読

地滑り地形③周辺の等高線図を図-11 に，2種類の空中写真(1976年撮影及び1947年撮影)を図-12及び図-13に示す。

発電所北部にある西向き斜面で標高約10～120mの斜面をなす。この斜面は西向きに緩やかな尾根地形からなり，南側端部付近に西向きに沢が分布している。

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。



図-11 地滑り地形③周辺の等高線図(原縮尺：2千分の1)



図-12 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)

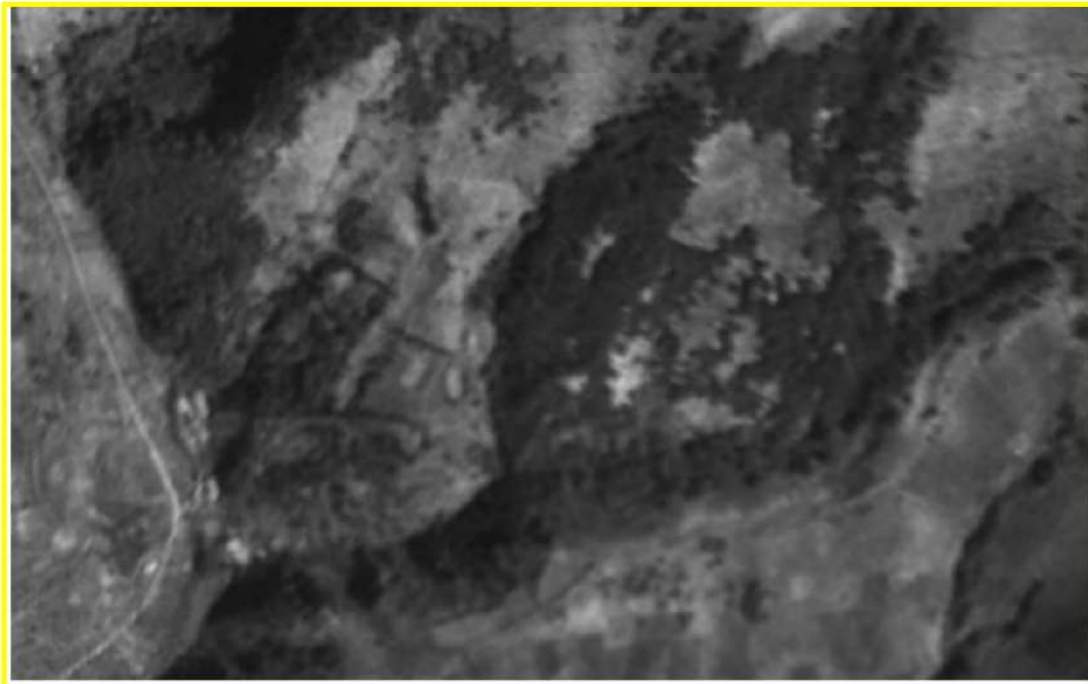


図-13 地滑り地形③周辺の空中写真(撮影縮尺：4万分の1, 1947年撮影)

3.2 現地調査

地滑り地形③周辺の調査位置図及び状況写真を図-14 に示す。

現地調査の結果、防災科研調査において滑落崖とされる箇所は西向きの斜面に位置し、滑落崖及び側方崖を示唆する遷急線及び遷緩線は認められない。また、防災科研調査において地滑り土塊とされる箇所には、地滑り土塊を示唆する凹凸に富む緩斜面は認められない。

なお、地滑り土塊とされる箇所の一部は防火帯となっており、モルタル吹付となっている。現地調査の結果、防火帯に地滑りを示唆する変状は認められない。



3.3 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、地滑りを示唆する地形的特徴が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。

4. 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。

図-15 に敷地内地質調査内容を示す。ボーリング調査、試掘坑調査及び開削調査の結果、F-1 断層～F-11 断層の 11 条の断層を認定しているが、これらの断層以外で、滑り面を示唆するような粘土を挟在する連続性のある割れ目は認められない。

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。

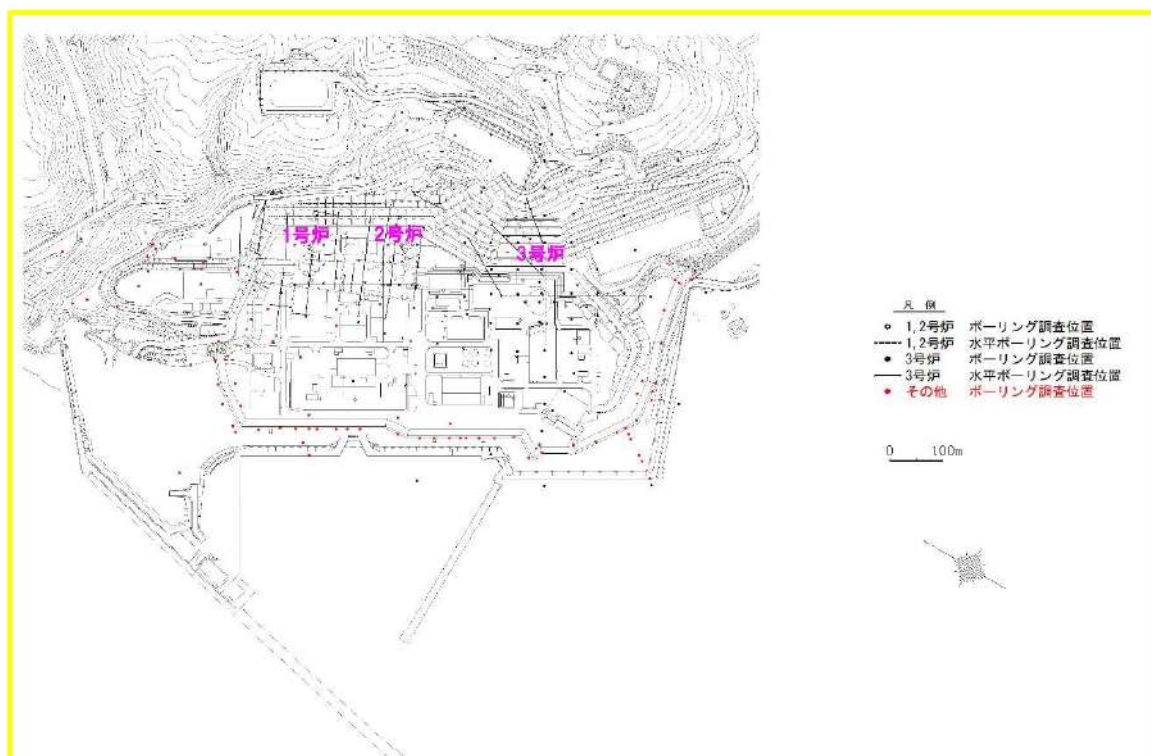


図-15 敷地内地質調査内容(2023年4月時点)

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

地滑り調査について

地滑り調査に用いた資料及び独立行政法人防災科学技術研究所(以下、「防災科研」)調査に用いた資料を表-1に示す。地滑り調査では、泊発電所建設前の空中写真を基にした等高線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、また現地調査等を合わせて実施している。

表-1 地滑り調査と防災科研調査等の内容の比較

		地滑り調査 (平成 21 年～令和 5 年)	防災科研調査 (平成 22 年)
実施項目		・地滑り地形判読(机上) ・ <u>現地調査(令和 4 年度)</u>	・地滑り地形判読(机上)
実施内容	参照資料	・モノクロ空中写真(4 万分の 1, <u>1947 年撮影</u>) ・ <u>カラー空中写真(1 万分の 1, 1976 年撮影)</u> ・ <u>等高線図(2 千分の 1)[※]</u> <u>※1 万分の 1 空中写真より作成</u>	・モノクロ空中写真(4 万分の 1, 1965 年撮影) ・地形図(5 万分の 1)
	判読方法	・実体鏡による空中写真の判読	・実体鏡による空中写真の判読
	抽出対象	・ <u>全ての地滑り地形を抽出</u>	・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

以下に、地滑り調査と防災科研調査で用いた資料を示す。

(1) 空中写真

地滑り調査では、1947年に米軍により撮影された撮影縮尺 4 万分の 1 のモノクロ空中写真及び 1976 年に国土地理院により撮影された撮影縮尺 1 万分の 1 のカラー空中写真を用いた。防災科研調査では、1965 年に国土地理院により撮影された撮影縮尺 4 万分の 1 のモノクロ空中写真を用いている。それぞれが使用した空中写真の一部を図-1 及び図-2 に示す。

(2) 等高線図

地滑り調査では、1976年に国土地理院により撮影された撮影縮尺1万分の1の空中写真を用いて作成した2千分の1の等高線図を使用した。防災科研調査では、5万分の1地形図に判読結果を示している。それぞれが使用した等高線図を図-3に示す。

(3) 現地調査

地滑り地形判読によって地滑りを示唆する地形的特徴が確認された地滑り地形を対象として、地形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。

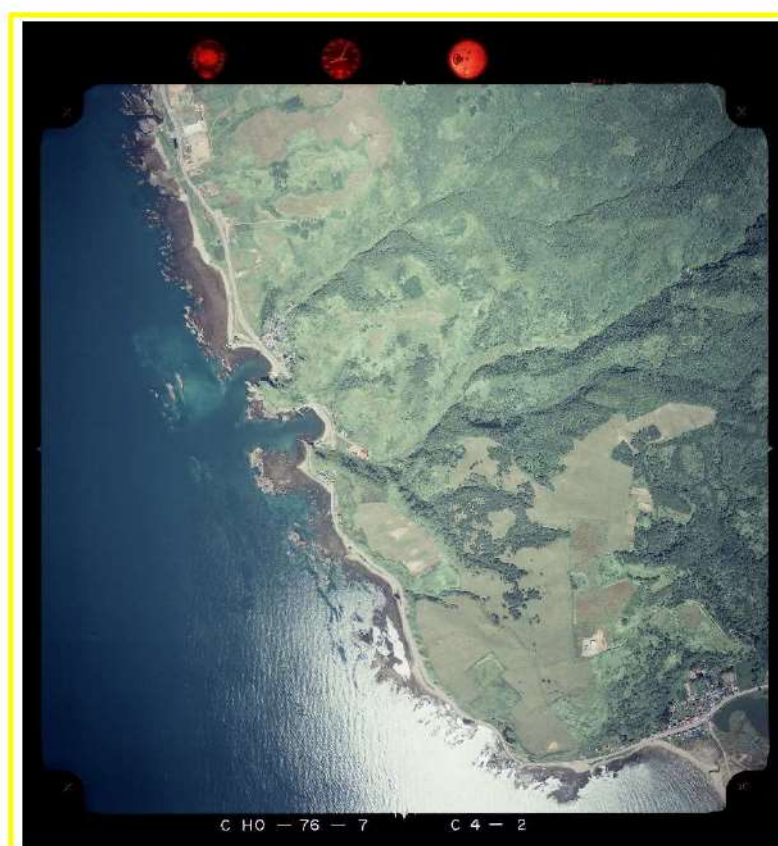


図-1 カラー空中写真(撮影縮尺：1万分の1，1976年撮影)
整理番号：CH0767，コース番号：C4，写真番号：2，国土地理院



図-2 モノクロ空中写真(撮影縮尺：4万分の1，1947年撮影)
整理番号：USA，コース番号：M469，写真番号：100，米軍

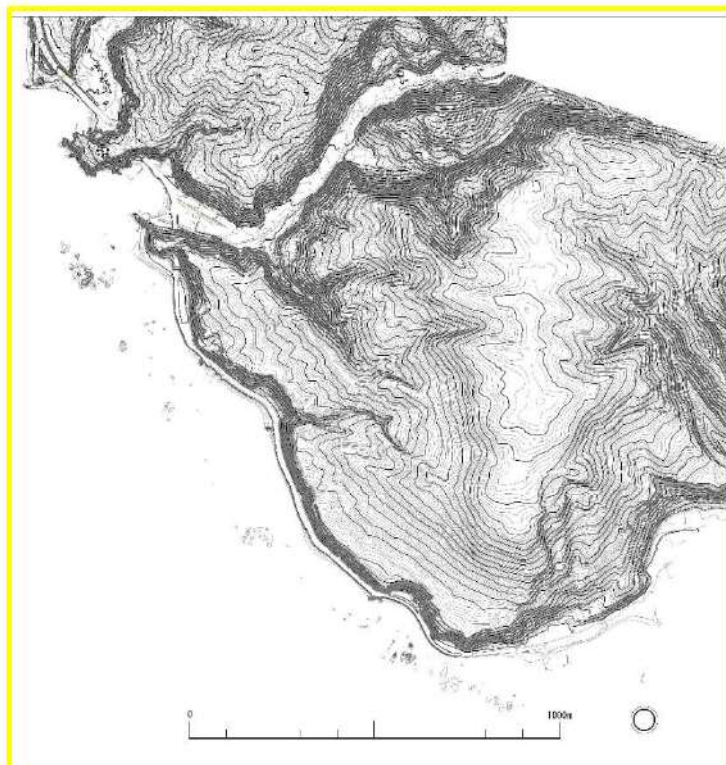


図-3 等高線図：2千分の1

有毒ガス影響評価について

1. 評価概要

有毒ガスの毒性が人に与える影響に着目し、中央制御室等(3号炉中央制御室、緊急時対策所)の居住性評価を実施する。有毒ガスの発生源として、泊発電所敷地外の石油コンビナート等の施設を想定する。

2. 影響評価

(1) 評価対象

敷地外からの有毒ガスの発生源は、石油コンビナート等の固定施設の流出事故、及びタンクローリや海上を航海するケミカルタンカー等の可動施設の輸送事故が想定される。第1表に、評価対象に選定した事故の種類を示す。

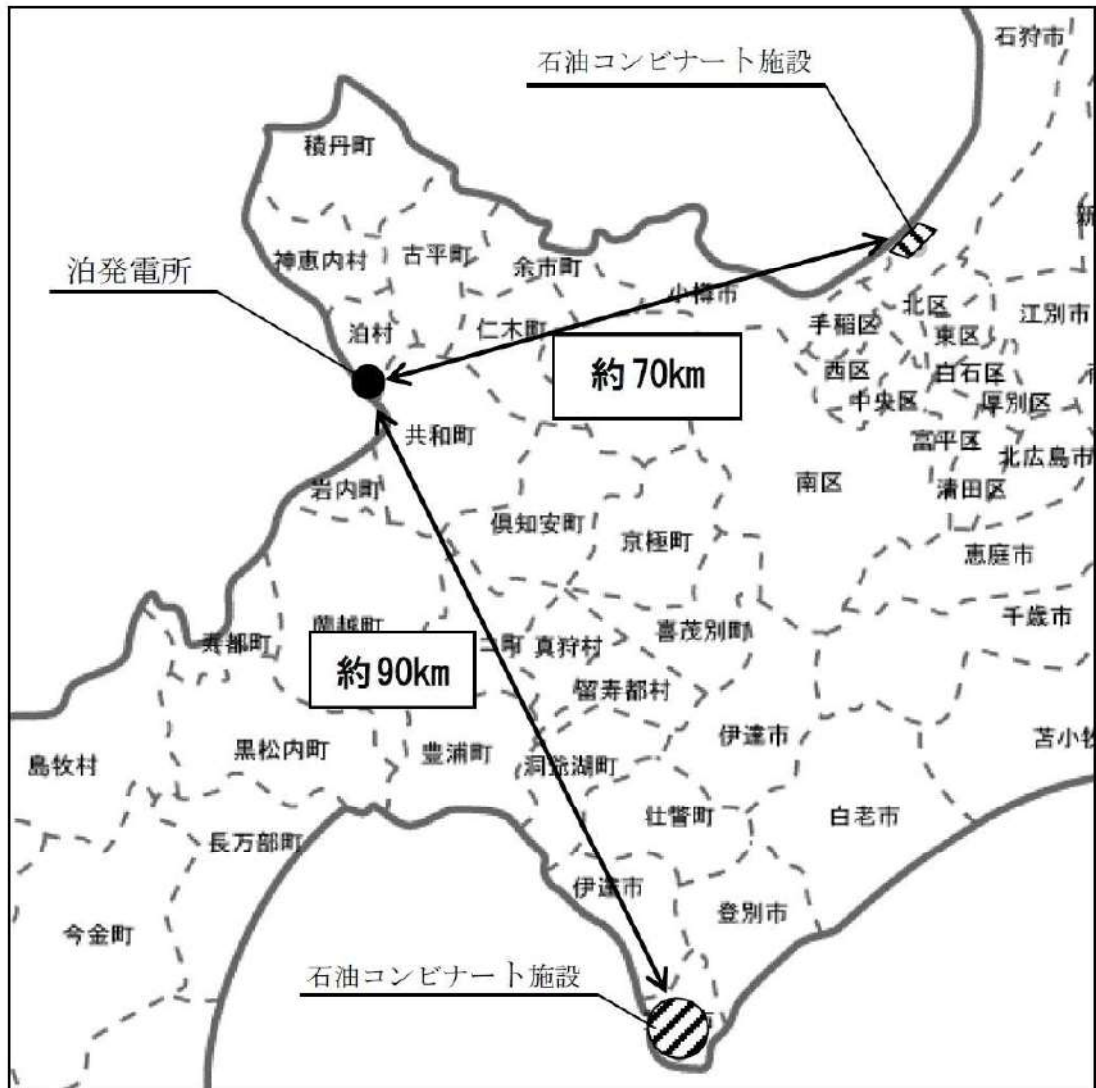
第1表 評価対象事故(原子力発電所敷地外)

原子力発電所敷地外	固定施設	石油コンビナート等の固定施設の流出事故
	可動施設	陸上トラックの輸送事故
		海上船舶の輸送事故

(2) 敷地外固定施設の流出事故の影響

石油化学コンビナート等の固定施設については、石油コンビナート等災害防止法に基づき、災害の発生のおそれ及び災害による影響について科学的知見に基づく調査、予測、評価及び対策の実施が求められており、当該施設の敷地外へは影響がないことが確認されている。

また、泊発電所の周辺の石油化学コンビナート等の大規模な有毒物質を貯蔵する固定施設は、最も近いものでも70km以上離れているため影響を及ぼすことはない。(第1図)



第1図 泊発電所周辺の石油コンビナート等特別防災区域の位置

(3) 敷地外可動施設からの流出の影響

全国的に生産量及び輸送量が特に多く、専用の大型輸送容器が使用されている毒性物質の中で、特に毒性の強い物質として塩素（輸送時の性状は液化塩素）を代表として想定する。塩素専用の大型輸送容器による輸送は、陸上輸送ではタンクローリーや鉄道のタンク貨車、海上輸送では塩素を専用で積み輸送するケミカルタンカーにて行われる。

液化塩素ガスを積載するタンクローリーは、高圧ガス保安法や毒物及び劇物取締法によって容器の設計、製造、取扱いの規制を受ける。事故等の衝撃により弁等の突出部が破損しガスが漏れいすることを防ぐための保護枠の設置やガス容器が二重構造であることから信頼性が高く、交通事故等が発生した場合であっても流出に至りにくい。また、万一流出に至った場合の対応に必要な、中和剤（消石灰、苛性ソーダ）や呼吸器、防護

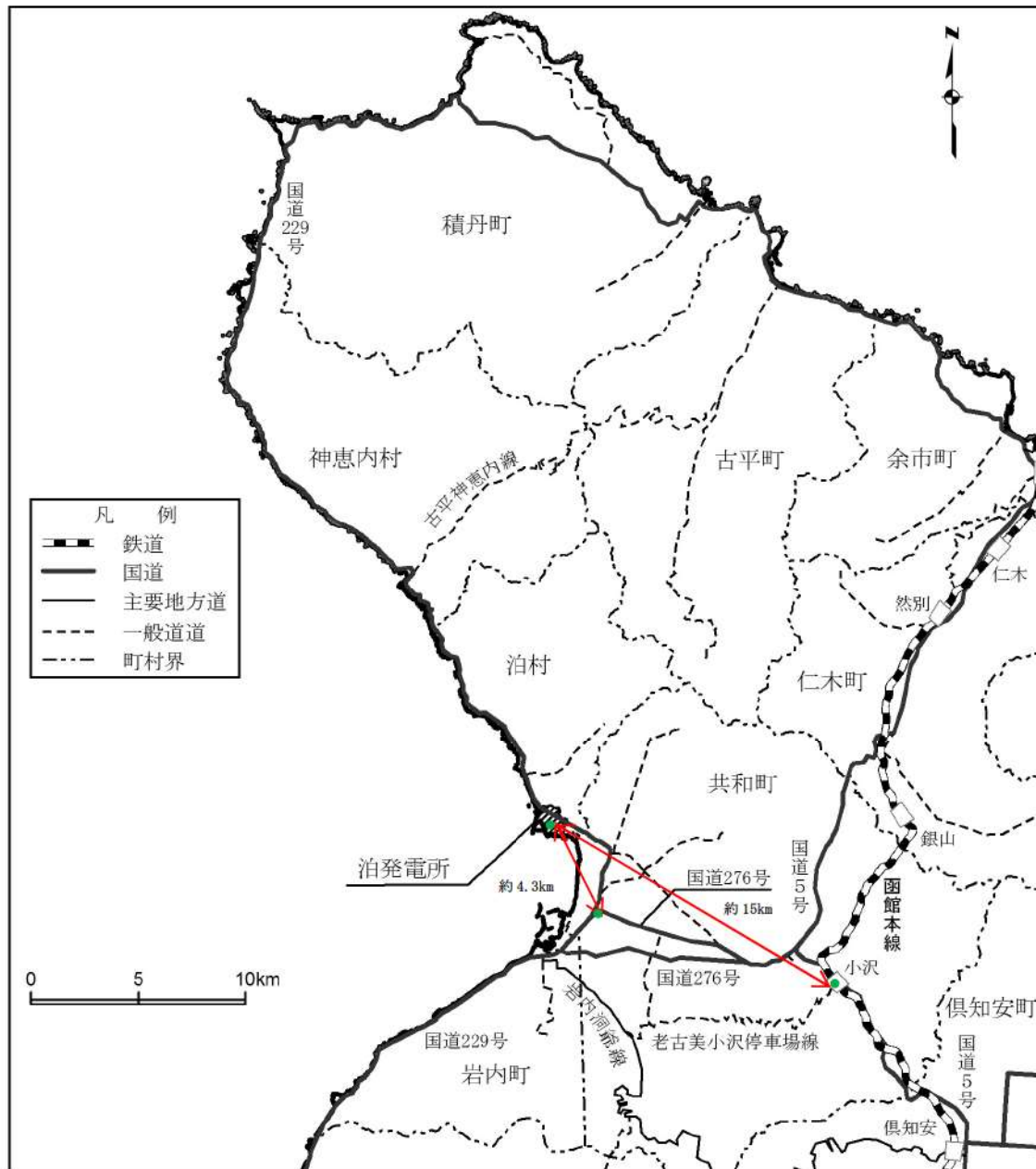
具等を積載している。このため、タンクローリーの輸送事故による中央制御室等への影響はない。なお、主要な道路としては、発電所から南方向約 4.3km のところを東西に通る国道 276 号線がある（第 2 図）。

本発電所に近い鉄道路線としては、函館本線（函館～旭川）があり、最寄りの小沢駅までは約 15km 程度の距離がある（第 2 図）。このため、有毒ガスを積載した鉄道車両の事故等による有毒ガスの中央制御室等への影響はない。また、タンク貨車についても高圧ガス保安法や毒物及び劇物取締法によりタンクローリーと同様の規制を受けており流出に至りにくい構造である。

航路に関して調査したところ、最も距離の近い航路は、南方向約 5km に岩内港がある。なお、発電所への大型重量物の運搬は発電所前面に設けた荷揚施設により海送搬入するが、周辺にはフェリー航路はない（第 3 図）。

また、船舶に関しては漏えい時に自動で作動する緊急遮断弁や二重構造等による特殊な船体構造を有しており、万一船舶がプラント内に進入し、座礁、転覆した場合においても、積荷が漏えいすることは考えにくい。また流出が生じて中和剤（苛性ソーダ）を介してから海上に放出される構造となっている。このため、有毒ガスを積載した船舶の事故等による有毒ガスの中央制御室等への影響はない。

以上より、敷地外可動施設からの有毒物質が大気に放出され中央制御室等に影響が及ぶことはない。



第2図 発電所周辺の鉄道及び主要道路図



第3図 発電所周辺の主要航路図
 (北海道沿岸水路誌 2019年3月刊行に加筆)

比較的短期での気候変動に対する考慮について

1. 気候変動に対する考慮

設計基準設定の際には、①規格・基準類からの要求事項、②気象観測記録を参照し、発電所立地地域の地域性を考慮した値を採用している。

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、将来的な気候変動により各自然現象が厳しい傾向となることは否定できない。そのため、過去の気象観測記録を用いて将来的なハザードを予測するという点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・知見をもって気候変動の影響を注視し、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。

現時点でも予想される大規模な気候変動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、気温の上昇、台風の強度が強まる等の影響が想定される。これらの影響は、地球規模で顕在化していくものと考えられるが、気候変動が原子力発電所の安全性に与える影響について議論する場合は、発電所の周辺地域における気候変動を考慮し、立地地域における気象観測記録に基づく議論を行うことが重要である。

上記の観点から、最寄りの気象官署である寿都特別地域気象観測所（寿都町）及び小樽特別地域気象観測所（小樽市）における過去の気象観測記録を確認し、発電所周辺における比較的短期での気候変動が発電所の安全性に与える影響及び設計基準の見直しの必要性について以下のとおり考察した。

- ・降水量は、寿都特別地域気象観測所及び小樽特別地域気象観測所の観測記録には増加傾向が見られるものの、設計基準と比較して余裕がある。
- ・積雪深は、寿都特別地域気象観測所の観測記録には減少傾向があるが、有意な変化は見られない。小樽特別地域気象観測所の観測記録には増加傾向が見られるものの、設計基準と比較して余裕がある。
- ・風速は、最大風速では、寿都特別地域気象観測所及び小樽特別地域気象観測所の観測記録には減少傾向があり、設計基準と比較して余裕がある。

最大瞬間風速では、寿都特別地域気象観測所の観測記録には減少傾向があるものの、小樽特別地域気象観測所の観測記録には有意な変化は見られず、設計竜巻の最大風速 100m/s に十分包絡される。

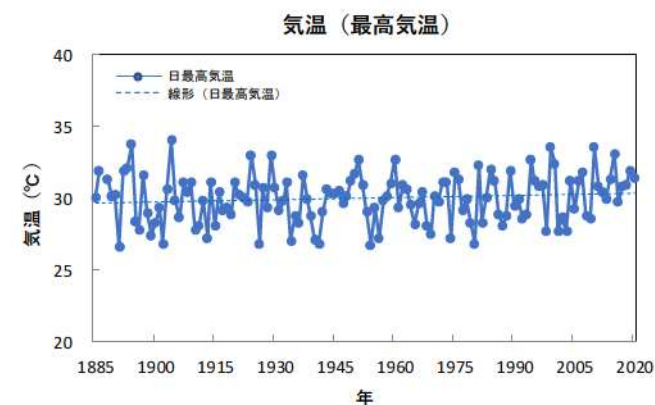
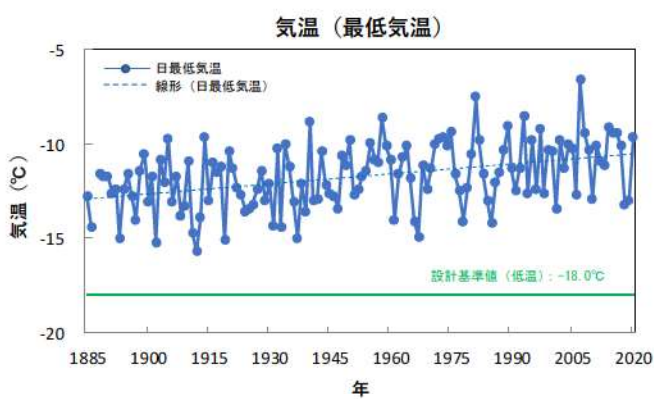
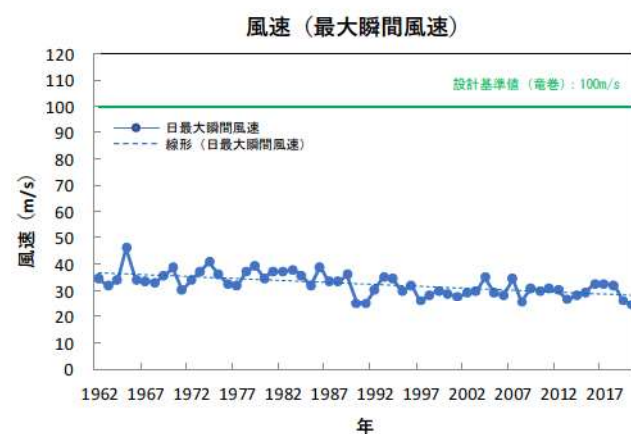
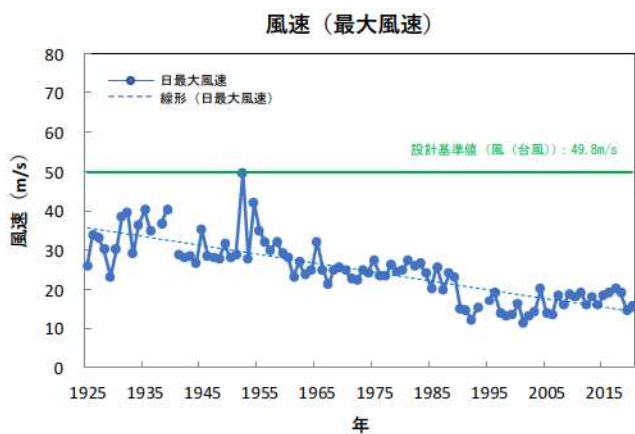
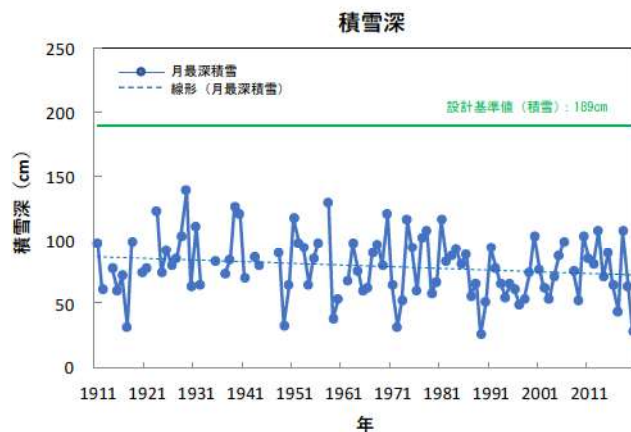
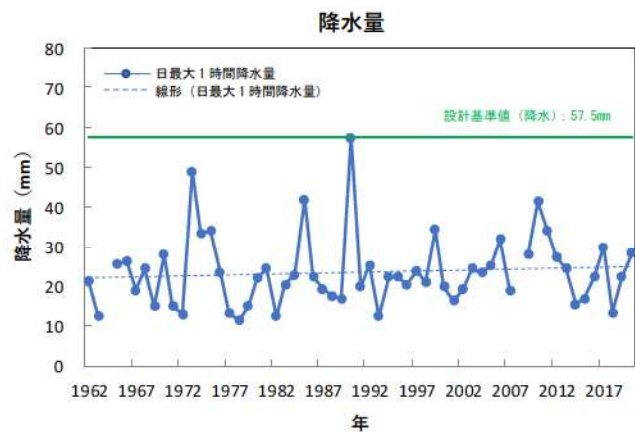
- ・気温は、最低気温では上昇傾向が見られるものの、設計基準に対して緩やかになる方向である。

最高気温では、若干の上昇傾向が見られるものの、設備の機能に悪影響を与える程度で

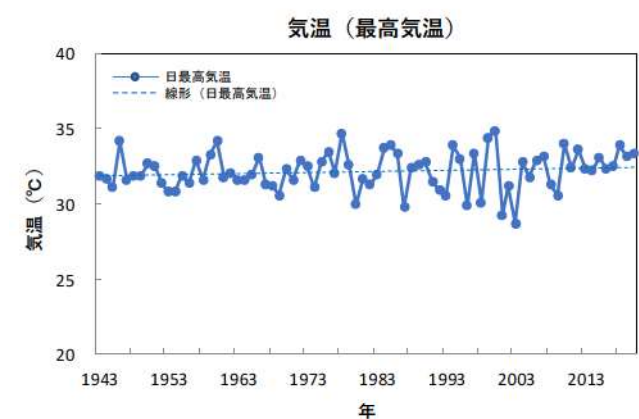
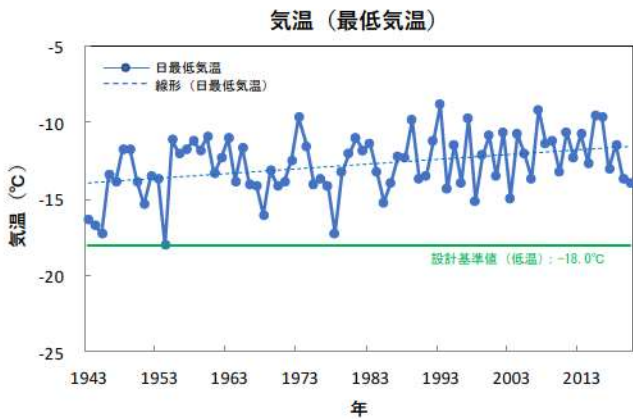
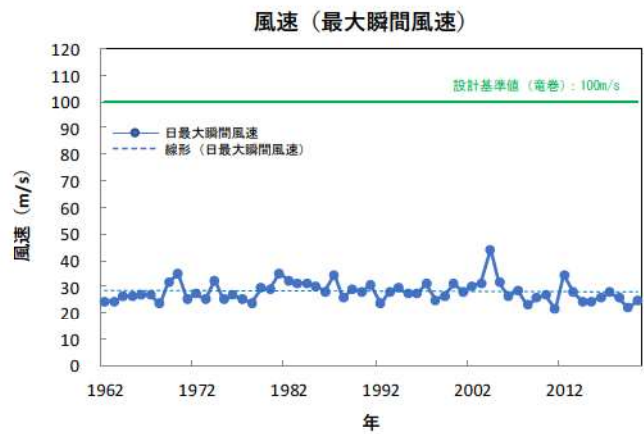
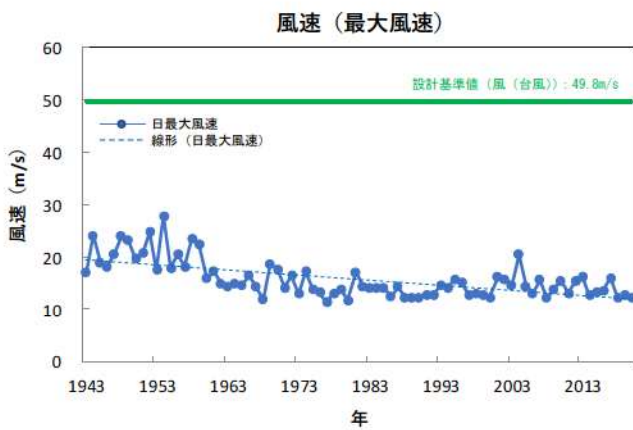
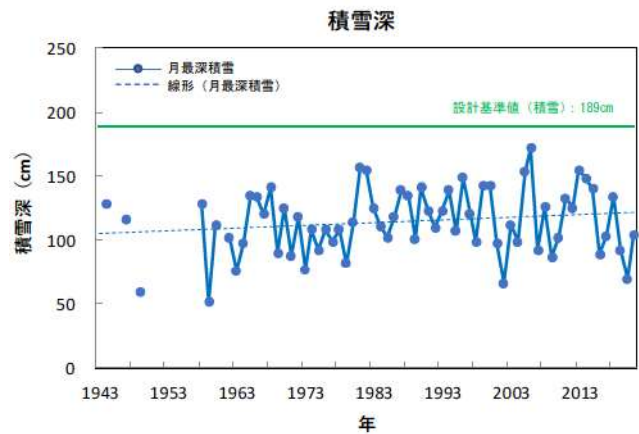
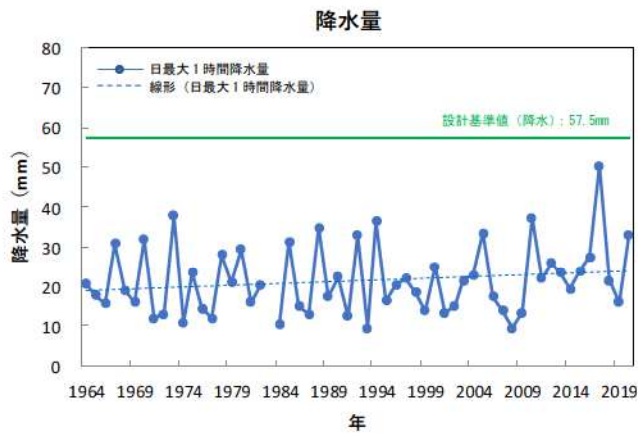
はなく、安全施設への影響はない。

これらのことから、過去の泊発電所周辺の観測記録からは、降水量、積雪深（小樽）及び最高気温・最低気温に増加・上昇の傾向が確認されたものの、安全施設への影響はなく、立地地域における将来的な気候変動とプラント寿命を考慮しても設計基準の見直し等の対応は不要と考える。（第1図及び第2図参照）

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。



第1図 気候トレンド (寿都特別地域気象観測所)
 資料不足値を除く
 (気象庁ホームページより作成)



第2図 気候トレンド(小樽特別地域気象観測所)
資料不足値を除く
(気象庁ホームページより作成)

外部事象に対する津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の
防護方針について

1. 概要

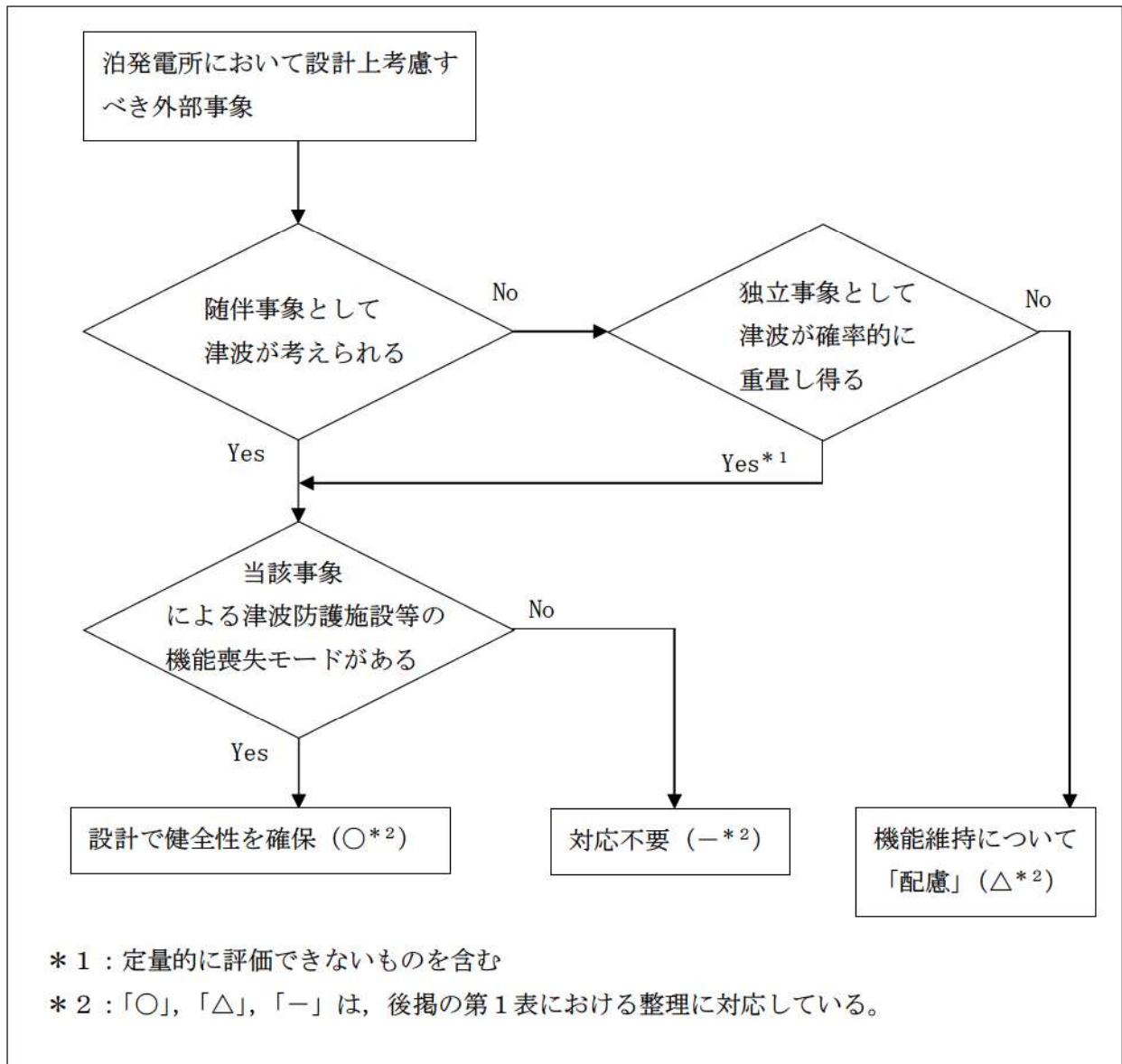
津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備（以下「津波防護施設等」という。）の外部事象に対する防護方針を以下に示す。

2. 防護に関する考え方

以下の考え方に基づき，泊発電所において設計上考慮すべき外部事象に対する津波防護施設等の機能維持のための対応要否について整理した。

外部事象に対する津波防護施設等の機能維持対応要否判断フローを第1図に示す。

- (1) 設計上考慮すべき事象が，津波若しくは津波の随伴，重畳が否定できない事象に該当するかを確認する。定量的な重畳確率が求められない事象については，保守的にその影響を考慮する。
- (2) 津波の随伴，重畳が否定できない場合は，当該事象による津波防護施設の機能喪失モードの有無を確認する。機能喪失モードが認められる場合は，設計により健全性を確保する。
- (3) 津波の随伴，重畳が有意でないと評価される事象についても，泊発電所の津波防護施設については，基準津波の高さや防護範囲の広さ等その重要性に鑑み，自主的に機能維持のための配慮を行う。



第1図 自然事象に対する津波防護施設等の機能維持対応要否判断フロー

3. 検討結果

上記フローに基づく各事象に対する防護方針の検討結果を以下に示す。

(詳細は第1表のとおり)

(1) 津波の随伴、重畳が否定できない事象^{※1}に対する防護方針

これらの外部事象に対しては、津波との随伴若しくは重畳の可能性を否定できないため、荷重の重ね合わせのタイミングも考慮した上で設計への反映の要否を検討し、津波防護施設等への影響が考えられる事象に対しては、津波防護施設等の機能を維持する設計とする。

※1：地震、風（台風）、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、森林火災

(2) 津波の随伴、重畳が有意ではない事象（竜巻、火山の影響）に対する防護方針「竜巻」、「火山の影響」の2つの外部事象に津波は随伴せず、また、基準津波との重畳の確率も有意ではないため、津波防護施設等を防護対象施設とはしないものの、津波防護施設等の機能が要求される時にはその機能を期待できるように以下の対応を自主的に実施する。

a. 「竜巻」

設計竜巻と基準津波が重畳する年超過確率は約●（/年）であり、竜巻と津波の重畳は有意ではないと評価されるが、竜巻が襲来した場合には必ず作用する風荷重に対しては、津波防護施設等の健全性を維持する設計とする。また、竜巻が襲来した場合でも、必ずしも津波防護施設に作用するとは限らない竜巻飛来物の衝撃荷重に対しては、大規模な損傷に至り難い構造とする。

b. 「火山の影響」

設計で想定する降下火砕物の噴火と基準津波が重畳する年超過確率は約●（/年）^{※2}であり、火山の影響と基準津波の重畳は有意ではないと評価されるが、降下火砕物の堆積荷重について長期荷重に対する構造健全性を確保するとともに、降灰後に適宜除去が可能な設計とする。

※2：約●万年前の●を考慮

追而【地震津波側審査の反映】
(上記の●については、地震津波側審査結果を受けて反映のため)

- : 津波の随伴, 重畳が否定できないため, 設計で健全性を確保する事象 (○)
- : 津波の随伴, 重畳は有意ではないが, 機能維持については設計上配慮する事象 (△)
- : 対応が不要な事象 (ー)

表 1 外部事象に対する津波防護施設等の対応方針整理表

設計上考慮すべき外部事象	① 随伴事象として津波を考慮する要	② 独立事象として津波が重畳し得る	津波との重畳を考慮要 (①か②が○)	津波防護施設の機能喪失による安全施設等の機能喪失の可能性	設計への反映要否	機能維持のための対応方針
地震	○	ー	○	<u>あり</u> 地震荷重により損傷した場合, 安全施設等への津波の到達, 浸水による機能喪失が想定される。	○	耐震Sクラスとして基準地震動 S_s に対し健全性を維持し, 津波に対する防護機能を維持する。 また, 津波と余震の組み合わせも考慮する。
風 (台風)	ー	○	○	<u>あり</u> 風荷重により損傷した場合, 安全施設等への津波の到達, 浸水による機能喪失が想定される。	○	・風荷重, 津波荷重を考慮した設計とする。 ・津波監視カメラは, 風荷重を考慮した設計とする。
竜巻	ー	ー	ー	<u>なし</u> 以下のとおり, 重畳の頻度は無視し得る。 ・設計竜巻の確率: 約 2.5×10^{-7} /年 ・基準津波の年超過率: 約 ●/年 [※] →重畳確率: 約 ●/年 年超過率が 1×10^{-7} /年未満であり, 有意ではない。	△	防潮堤・3号取水ピットスクリーン室防水壁の設計においては, 自主的に以下の配慮を行い, 信頼性を高める。 ・風圧力に対しては, 健全性を維持する設計とする。 ・飛来物については, 大規模な損傷に至り難い構造とする。 ・津波監視カメラは, 風荷重を考慮した設計とする。
凍結	ー	○	○	<u>あり</u> 凍害により止水目地が損傷した場合, 安全施設等への津波の到達, 浸水による機能喪失が想定される。	○	止水目地は最低気温を考慮した設計とする。
降水	ー	○	○	<u>なし</u> 降雨による海面の上昇は無視し得る。	ー	ー

□	：津波の随伴、重畳が否定できないため、設計で健全性を確保する事象 (○)
□	：津波の随伴、重畳は有意ではないが、機能維持については設計上配慮する事象 (△)
□	：対応が不要な事象 (ー)

表1 外部事象に対する津波防護施設等の対応方針整理表 (2/2)

設計上考慮すべき外部事象	① 随伴事象として津波を考慮要	② 独立事象として津波が重畳し得る	津波との重畳を考慮要 (①か②が○)	津波防護施設等の機能喪失による安全施設等の機能喪失の可能性	設計への反映	機能維持のための対応方針
積雪	ー	○	○	あり 積雪荷重により損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	積雪荷重と津波荷重を考慮した設計とする。
落雷	ー	○	○	あり 落雷による津波監視設備の機能喪失が想定される	○	津波監視設備については、既設避雷設備の遮へい範囲内への設置を行う。
火山の影響	ー	ー	ー	なし 以下のとおり、重畳の頻度は無視し得る。 ・想定する火山の確率：●/年*2 ・基準津波の年超過率：●/年*3 ⇒重畳確率：●/年* 年超過率が1×10 ⁻⁷ /年未満であり有意ではない。	△	設計にて長期荷重に対する構造健全性を確保するとともに、降灰後に降下火砕物を適時除去可能な設計とする。
地滑り	ー	○	○	なし 地滑りにより津波防護施設が機能喪失に至ることはない。	ー	ー
生物的事象	ー	○	○	なし 生物による影響 (閉塞、侵入) による機能喪失モードを有しない。	ー	ー
森林火災	ー	○	○	なし 防火帯により森林との離隔距離が確保されるため、熱影響を受けることはない。	ー	ー

* 2：敷地で確認された降下火砕物の層厚は20cmと評価しており、この降下火砕物噴出年代は約●万年前であることを考慮

* 3：設置変更許可申請書添付書類六「●●● 超過確率の参照」を考慮

追而【地震津波調査の反映】

(上記●については、地震津波調査結果を受けて反映のため)

自然現象等に対する監視カメラの扱いについて

1. 概要

中央制御室には、発電用原子炉施設の外の状況を把握するために、3号炉原子炉建屋屋上他に設置した監視カメラの映像により、津波等の自然現象を昼夜にわたり監視できる設備を設置することとしている。本設備について、自然現象等の影響を考慮した防護方針について以下にまとめる。

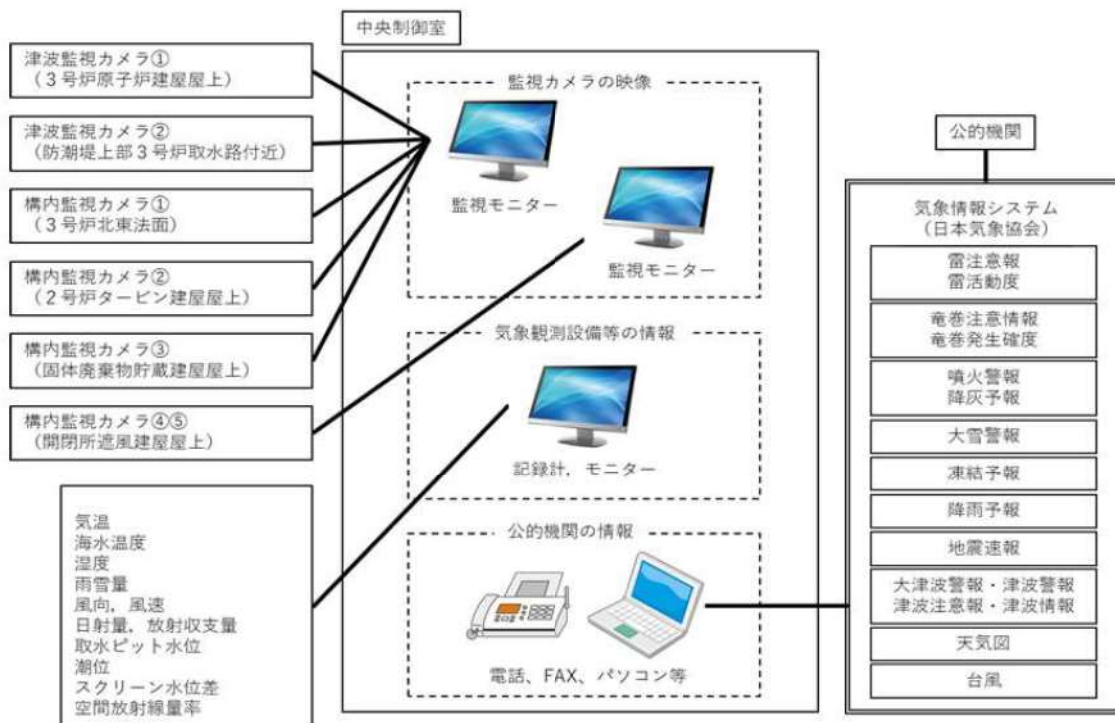
2. 自然現象等の影響について

(1) 設計方針

監視カメラは外部事象防護対象施設ではなく、想定する自然現象等に対して損傷した場合には、各事象に対し機能維持、又は損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、必要に応じプラントを停止し、安全上支障のない期間に修復する等の対応により安全機能を損なわない設計としている。ただし、表1に示すように自然現象等による荷重に対して考慮を行うこととしている。

また、監視カメラが損傷したとしても代替設備及び措置（運転員による確認）によって、原子炉施設に影響を及ぼす可能性がある自然現象等を把握することが可能である。

(図1及び表1参照)



第1図 中央制御室における外部状況把握のイメージ

表1 監視カメラにより把握可能な自然現象等

自然現象等	監視カメラにより把握できる 原子炉施設の外の状況	監視カメラ以外の 設備等による把握手段
地震	地震による発電所構内及び原子炉施設の損壊状況	公的機関（地震速報）
津波	津波の襲来状況や発電所構内の浸水状況	取水ピット水位計
		潮位計
		公的機関（津波警報，注意報）
風（台風）	風（台風）・竜巻（飛来物含む）による発電所構内及び原子炉施設の損壊状況	気象観測設備（風向，風速）
竜巻		公的機関（台風，竜巻注意報）
降水	発電所構内の浸水状況	気象観測設備（雨雪量） 公的機関（降雨予報）
積雪	発電所構内及び原子炉施設の積雪状況	気象観測設備（雨雪量）
落雷	発電所構内及び原子炉施設周辺の落雷状況	公的機関（雷注意報）
地滑り	地震や降雨による地滑りの有無や施設への影響有無	目視確認
火山の影響	発電所構内及び原子炉施設の降下火砕物堆積状況	目視確認
生物学的事象	発電所前方の海面における海生生物（クラゲ等）の襲来状況	取水ピット水位計 スクリーン水位差
森林火災	火災状況，ばい煙の方向確認	目視確認※
飛来物 （航空機落下）	飛来物による発電所構内及び原子炉施設の損壊状況	目視確認※
近隣工場等の火災	火災状況，ばい煙の方向確認	目視確認※
船舶の衝突	船舶の衝突による原子炉施設の損壊状況	目視確認※

※建屋外で状況確認

以上

設計竜巻荷重と積雪荷重の考慮について

設置許可基準規則第6条のうち「外部事象の考慮」において、竜巻と積雪は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として抽出しており、組合せの要否の検討を実施している。

また、積雪事象は気象情報によって予測可能であることも踏まえて、積雪が確認された場合には除雪等に必要な資機材を確保するとともに手順等を整備することによって、雪を長期間堆積状態にしない方針としている。

一方、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」では設計竜巻荷重と組み合わせる荷重として、竜巻以外の自然現象による荷重を挙げており、竜巻との同時発生が想定され得る雪等の発生頻度を参照し、設計対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重等と組み合わせることの適切性や設定する荷重の大きさ等を判断するとしている。

これらの方針を踏まえて、設計竜巻荷重と積雪荷重の組合せの考え方について以下のとおり整理する。

1. 設計竜巻荷重と設計積雪荷重の組合せの考え方

竜巻及び積雪による堆積荷重は、同時に発生する場合を考慮し、設計上考慮すべき荷重評価における自然現象の組合せとして、竜巻による荷重及び積雪による荷重の組合せを設定している。荷重の組合せは、主たる作用（主事象）の最大値と、従たる作用（副事象）の任意時点の値（平均値）の和として作用の組合せを考慮する Turkstra の法則^{※1}の考え方に基づき設定している。この考え方は、日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」や建築基準法、土木学会「性能設計における土木構造物に対する作用の指針」、国土交通省「土木・建築にかかる設計の基本」、EN1990（ユーロコード）、ASCE 7-02（米国土木学会）、ANSI（米国国家規格協会）、ISO 等でも採用されている。

竜巻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く、安全機能への影響が大きいと考えられることから、設計上の主荷重として扱う。一方、積雪は発生頻度が主荷重と比べて相対的に高いが、荷重は主荷重に比べて小さく、安全機能への影響も主荷重に比べて小さいため、従荷重として扱う。竜巻と積雪の発生頻度、影響の程度を第1表に示す。また、主荷重と従荷重の組合せを第2表に示す。（第1表、第2表は「別添資料1 外部事象の考慮について」より抜粋）

第1表 竜巻および積雪荷重の性質

荷重の種類		荷重の大きさ	最大荷重の 継続時間	発生頻度 (/年)
主荷重	竜巻	大	短（数十秒）	2.5×10^{-7}
従荷重	積雪	中	長 ^{※1}	1.0×10^{-2} ^{※2}

※1 積雪は冬季の限定した期間のみ発生する。除雪を行うことで、継続期間は短縮することが可能

※2 100年再現期待値

第2表 竜巻（主荷重）と積雪（従荷重）の組合せ

		竜巻（主荷重）	
積雪 （従荷重）	建築基準法	記載なし	
	継続時間	短（竜巻）×長（積雪）	
	荷重の大きさ	大（竜巻）＋中（積雪）	

上記のとおり、竜巻の作用時間は極めて短時間であること、積雪の荷重は冬季の限定された期間に発生し、積雪荷重の大きさや継続時間は除雪を行うことで低減できることから、発生頻度が極めて小さい設計竜巻の風荷重と積雪による荷重が同時に発生し、設備に影響を与えることは考えにくいと、組合せを考慮しない。また、雪が堆積した状態における竜巻の影響については、除雪により雪を長期間堆積状態にしない方針であることから、組合せを考慮しない。

2. 竜巻との同時発生が想定される雪との組合せの考え方

「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」で設計竜巻荷重に組み合わせる荷重として考慮することが要求される竜巻と同時発生が想定される雪は、冬期に竜巻が襲来する場合に考慮すべき事象である。

竜巻通過前後の気象条件において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は、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、雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。よって、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」で考慮することが要求される竜巻と同時発生が想定される雪は荷重として影響を及ぼさないことから、組合せを考慮しない。

[参考文献]

- ※1：建築物荷重指針・同解説（2015）（2章 荷重の種類と組合せ、付5.5 許容応力度設計に用いる組合せ荷重のための荷重係数）

降下火砕物と積雪荷重との組合せについて

火山（降下火砕物）と積雪は相関性が低い事象同士の組合せであるが、重畳した場合には堆積荷重が増加することになるため、組合せを考慮することとしている。以下に火山（降下火砕物）と組み合わせる際の積雪荷重の設定について整理する。

1. 関連する基準要求に対する適合確認

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）のうち「外部事象の考慮」において、火山の影響（降下火砕物）と積雪を安全施設に影響を及ぼすおそれがある自然現象として抽出しており、荷重の組合せの要否の検討を実施している。具体的な荷重の組合せの考え方は以下のとおり。

(1) 荷重の組合せの考え方

降下火砕物及び積雪による堆積荷重は、同時に発生する場合を考慮し、設計上考慮すべき荷重評価における自然現象の組合せとして、降下火砕物による荷重及び積雪による荷重の組合せを設定している。荷重の組合せは、主たる作用（主事象）の最大値と、従たる作用（副事象）の任意時点の値（平均値）の和として作用の組合せを考慮する Turkstra の法則^{*1} の考え方にに基づき設定している。この考え方は、日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」や建築基準法、土木学会「性能設計における土木構造物に対する作用の指針」、国土交通省「土木・建築にかかる設計の基本」、EN1990（ユーロコード）、ASCE 7-02（米国土木学会）、ANSI（米国国家規格協会）、ISO 等でも採用されている。

積雪荷重は降下火砕物による荷重に対して、発生頻度が相対的に高く、また、荷重が大きく、安全機能への影響が大きくなると考えられることから主事象として扱い、設計基準で想定している積雪荷重（積雪 189cm）を設定する。降下火砕物は発生頻度が主荷重（積雪）と比べて相対的に低く、また、荷重は主荷重に比べて小さく安全機能への影響も主荷重に比べて小さいと考えられるため、主事象に対して考慮する副事象として扱うこととする。なお、別紙-1 に降下火砕物による荷重を主荷重、積雪荷重を従荷重と想定した場合の確認結果を示す。

2. 従荷重として組み合わせる降下火砕物による荷重の設定方法

副事象である降下火砕物による荷重は、積雪荷重のように平均値を求めることが困難であるため、副事象として考慮する場合は、基準降下火砕物堆積量の設定において想定する噴火規模から1段階下げた噴火規模を考慮する。噴火規模を1段階下げた場合、降下火砕物堆積量は10分の1になることから基準降下火砕物堆積量の層厚 20cm の10分の1である層厚 2 cm による荷重を想定する。

[参考文献]

※1：建築物荷重指針・同解説(2015) (2章荷重の種類と組合せ、付5.5 許容応力度設計に用いる組合せ荷重のための荷重係数)

降下火砕物による荷重を主荷重、積雪荷重を従荷重と想定した場合の確認結果

火山（降下火砕物）と積雪の組合せは補足資料-17 に示すように、積雪荷重を主荷重、降下火砕物による荷重を従荷重として設定している。

これに対して、降下火砕物による荷重を主事象（主荷重）、積雪荷重を副事象（従荷重）と想定した場合について確認する。

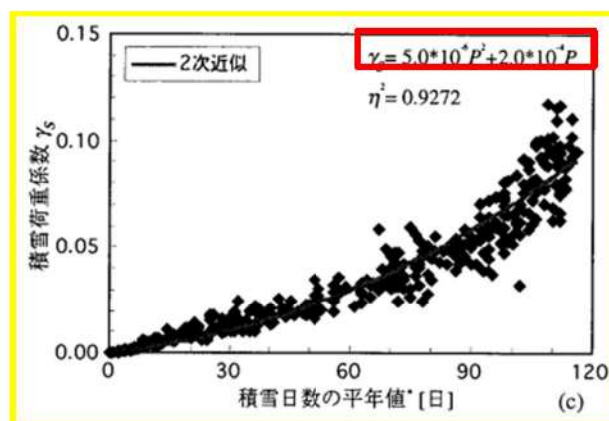
1. 評価条件

主事象である降下火砕物による荷重は設計基準値（20cm）の荷重とする。

主荷重である降下火砕物に対して組み合わせる積雪荷重の平均値については、関連する規格・基準等を踏まえて、以下のとおり検討を行った。

(1) 確率過程的に平均値な積雪量を求める

副事象として想定する積雪荷重の考え方として高橋^{*1}が Turkstra の法則に従って、荷重の組合せを考える際の積雪荷重の係数を求めている。高橋^{*2}の論文によると、年最深積雪の100年再現期間期待値と積雪荷重の荷重係数の関係に対して、積雪日数の平年値を横軸とした場合の関係を示している（第1図参照）。これは、一年間のうち、いつ襲来するか明らかでない荷重（例えば地震荷重等）と積雪荷重を組み合わせる場合の荷重係数を示している。泊発電所の近隣である寿都特別地域気象観測所の観測データより、積雪日数の最大値が149日（観測期間1961年～2022年において）であることを踏まえると、この場合の荷重係数は近似式より約0.14となる。設計基準値の積雪量を考慮した場合には、組み合わせる積雪量は約26.5cm（189cm×0.14）と算出される。



第1図 積雪荷重が従となる場合に掛け合わせる荷重係数^{*2}（赤枠は追記）

(2) 建築基準法の考え方を準用して平均値を求めた場合

建築基準法では、多雪地域において主荷重である地震・暴風と組み合わせる場合の平均的な積雪量として、短期積雪荷重の0.35倍の積雪量を考慮することとしており、算出される平均的な積雪量は約66.2cm（設計基準積雪量189cm×0.35）であることを確認した。

(3) 観測記録により年最深積雪の平均値を求めた場合

副事象として想定する積雪荷重について、平均的な積雪荷重の一般的な設定方法として最寄りの気象観測所における年最深積雪の平均値を求める方法がある。泊発電所の最寄りの気象観測所である寿都における年最深積雪の平均値は気象観測データ（観測期間：1961年～2022年）より75.2cmであることを確認した。

検討の結果、算出される平均的な積雪量は、観測記録により年最深積雪の平均値を求めた場合（75.2cm）が最も大きな値となることを確認した。

2. 火山影響評価ガイドを踏まえて考慮すべき事項

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」（以下、火山影響評価ガイドという）において、降雨、積雪などの自然現象は、火山灰等の堆積物の静的負荷を著しく増大させる可能性があるとしていることから、乾燥状態の降下火砕物の密度（ 0.7g/cm^3 ）に対して、同時期に想定される降雨等による荷重影響として、湿潤状態の降下火砕物の密度（ 1.5g/cm^3 ）を設定し、更に75.2cmの積雪荷重を組み合わせることとしている。

また、降下火砕物による荷重と積雪による荷重の組合せにおいては、除灰の効果は期待しないものとし、積雪については適切に除雪を行い、雪を長期間堆積状態にしない方針とすることで、積雪荷重に対する設計余裕を確保する。

以上の検討より、泊発電所における降下火砕物の荷重に組み合わせる積雪荷重の積雪量は、発電所立地の最寄りの気象観測所である寿都地域における年最深積雪の平均値（75.2cm）を採用する方針とする。

3. 評価結果

評価結果は第1表に示すとおりであり、降下火砕物による荷重を主事象（主荷重）、積雪荷重を副事象（従荷重）と想定した場合の評価（ケース2）は、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）のうち「外部事象の考慮」の荷重の組合せで設定している評価（ケース1）に対して小さいことを確認した。

第1表 組合せ荷重の評価結果

ケース	主事象	副事象	堆積荷重(N/m ²)	備考
1	積雪(189cm)	降下火砕物(2cm)	5,970	—
2	降下火砕物(20cm)	積雪(75.2cm)	5,256	—

[参考文献]

※1：高橋 徹：積雪荷重の推移過程モデルに関する一考察（日本建築学会 構造工学論文集 Vol.44B(1998年3月)）

タービントリップ機能が損なわれた場合の影響について

1. はじめに

外部事象防護対象施設等は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されている重要度分類（以下「安全重要度分類」という。）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，系統及び機器並びにそれらを内包する建屋としている。その上で，屋内施設，屋外施設に分類し，想定される外部事象の特徴を考慮の上，評価対象施設を抽出している。

タービントリップ機能を有するクラス3設備としてタービン保安装置及び主蒸気止め弁があり，タービントリップ機能は，安全評価指針の運転時の異常な過渡変化事象における「蒸気発生器への過剰給水」事象で影響緩和のための安全機能として期待している。

ただし，タービン保安装置及び主蒸気止め弁を内包するタービン建屋は外壁が板厚0.5mmの鋼板で構成されていること等により，外部事象により損傷が想定される。（第1図）

ここでは，タービントリップ機能喪失による具体的な対応について以下に示す。

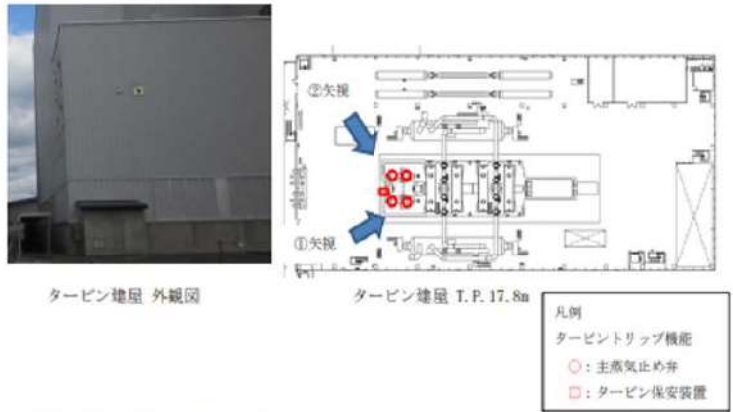
2. タービントリップ機能喪失による影響

タービントリップ機能が期待される「蒸気発生器への過剰給水」事象については，原子炉の出力運転中に，給水制御系の故障，誤操作等により，主給水制御弁が1個全開し，蒸気発生器への給水が過剰となり，1次冷却材の温度が低下して反応度が添加され，原子炉出力が上昇する事象を想定している。

主給水制御弁は原子炉建屋内の主蒸気管室に設置されていることから，外部事象を起因として蒸気発生器への過剰給水が発生することはない。

通常運転中は中央制御室で，「蒸気発生器水位」，「主給水流量」等の監視を行い，また，警報として「蒸気発生器水位偏差大」を設けている。蒸気発生器の水位が異常に上昇した場合には，「蒸気発生器水位高」信号により主給水制御弁を全閉する。その後「蒸気発生器水位異常高」信号が発信した場合は，タービントリップ機能により自動的にタービントリップとなり，主給水ポンプを自動停止し，主給水設備のすべての制御弁及び主給水隔離弁を全閉とすることで原子炉をトリップさせる。仮にタービントリップ機能が損なわれた場合においても，運転員による蒸気発生器水位の監視状況によって異常が認められた場合は，原子炉をトリップさせる。

原子炉トリップによりタービントリップ機能の要求がない期間に補修等の対応を行うことで，安全機能を損なわない設計とする。



第 1 図 タービン建屋概要図

北海道山越郡長万部町で確認された水柱事象における 泊発電所への影響について

1. はじめに

令和5年3月30日(木)に行われた第58回技術情報検討会にて北海道山越郡長万部町で確認された水柱事象が議論されたことを受け、泊発電所において本事象が6条その他外部事象の評価対象とすべきかを確認した。

2. 水柱事象の発生要因と6条の扱いについて

第58回技術情報検討会資料にて水柱事象の発生要因及び6条の扱いについて以下のとおり記載している。(別紙1)

- ▶ 本事象は天然ガスを含む地下水が脱ガスによる圧力上昇を受けて湧昇・噴出したものであり、直接的には天然ガス田開発当時の廃坑措置に関する技術的問題に起因した事象である可能性が高く、当地周辺の地震活動や地殻変動に由来したものではないと考えられる。
- ▶ 实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条第3項は、「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、同規則の解釈において、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の事象を規定している。本事象は外的ハザードとしての潜在的懸案事項となりうるものの、本調査で判明したように国内での発生はごくまれであり、解釈に追加すべき事象ではないと考える。

3. 水柱事象に対する泊発電所への影響について

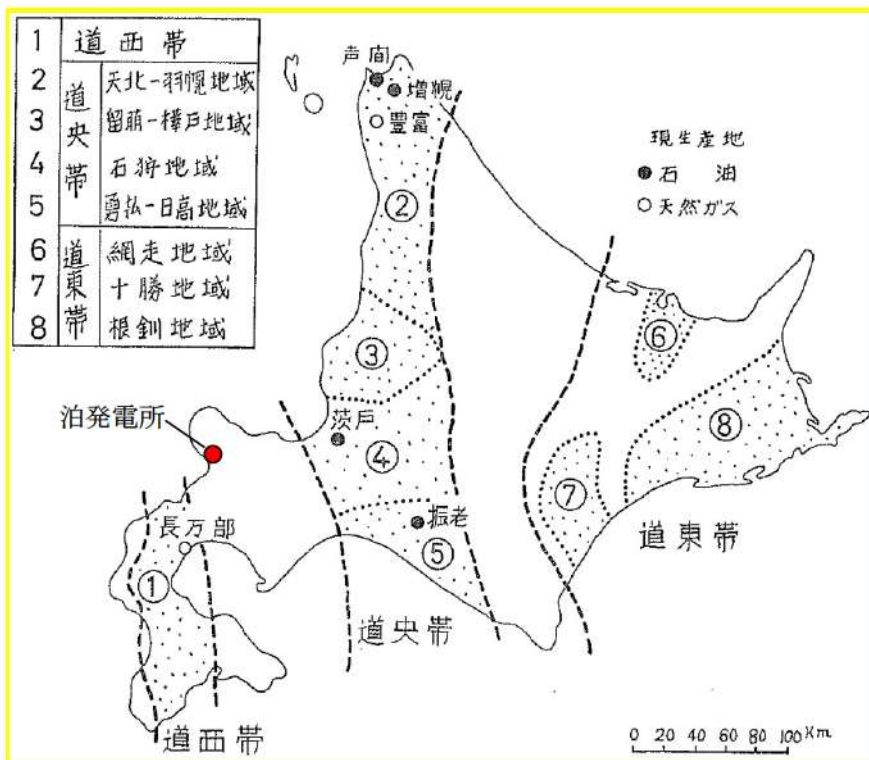
国内には、油田・ガス田地帯に立地する原子力施設が存在することを踏まえ、泊発電所が油田・ガス田地帯に立地しているかを文献⁽¹⁾により確認した。

第1図をみると、北海道における油田・ガス田地帯が3箇所(道西帯、道央帯及び道東帯)あるものの、いずれも泊発電所の立地地域外であることがわかる。

仮に6条の考慮すべき事象として扱った場合は第1表の除外基準のうち、基準A(プラントに影響を与えるほど近接した場所に発生しない)に該当することから、泊発電所において設計上考慮すべき「想定される人為事象」として評価対象外と考える。

4. 参考文献

- (1) 長尾捨一、北海道の構造的天然ガスについて。地下資源調査所報告、40、1-59、1969。



第1図 北海道油・ガス田区分概念図

(「北海道の構造的天然ガスについて」に加筆)

第1表 考慮すべき事象の除外基準

基準 A	プラントに影響を与えるほど接近した場所に発生しない。
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・検知することが可能
基準 C	プラント設計上、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
基準 D	影響が他の事象に含まれる。
基準 E	発生頻度が非常に低い。
基準 F	設置許可基準規則第6条の対象外事象（地震，津波等）

<技術情報検討会資料>
 技術情報検討会は、新知見のふるい分けや作業担当課の特定を目的とした事務的な会議体であり、その資料及び議事録は原子力規制委員会の判断を示すものではありません。

資料58-1-2

北海道山越郡長万部町で確認された水柱について

令和5年3月30日
 地震・津波研究部門

1. 経緯

2022年8月8日夕方から同年9月26日未明までの約50日間、北海道山越郡長万部町長万部の飯生神社敷地内（以下「当地」という。）の旧天然ガス坑井から、高さ30mに達する大規模な湧水及びメタンガスの噴出事象（以下「本件事象」という。）が発生した。

この状況を踏まえ、令和4年度第44回原子力規制委員会（2022年10月12日）において、本件事象の原因、地震活動との関係等を調査するよう原子力規制庁に指示があり、当該調査・整理結果を以下のとおり取りまとめた。

2. 本件事象の詳細について

本件事象に関する報道発表等の概要は以下のとおりである。

- ・2022年8月8日、当地において水が噴出し、その高さは30mに達した。
- ・同年9月26日、水の噴出が停止した^{※1)}。
- ・水の噴出停止後もメタンガスの噴出は継続している^{※2,3)}。
- ・町による水質分析の結果、噴出水は水温21.5℃の温泉水とされた^{※4)}。
- ・町による調査の結果、水の噴出源は1958～1959年の試掘井と判明した^{※5,6)}。
- ・当地では1961年にも数時間以上にわたってガス等が噴出した記録がある^{※7)}。

当地は黒松内低地断層帯^{※8)}の近傍に位置するほか、付近には活構造として長万部背斜^{※9)}及び旭浜付近の断層^{※10)}が分布する（図1）。本件事象はこれらの活構造の運動に伴って生じた可能性があると考えられることから、同断層帯を含む当地付近の最近の地震活動及び地殻変動を確認した。その結果、当地付近の地震の発生時期及び地震規模に本件事象の発生時期との関連性が見られないこと、電子基準点「長万部」の変動傾向についても同様であることから、最近の地震活動及び地殻変動と本件事象との間に有意な因果関係は認められなかった（図2～5）。

また、水質について周辺の温泉との比較を行った結果、本件事象の湧水は近傍の活火山のマグマ活動及び当地付近の断層活動に影響を受けたものではなく、長万部温泉に代表される化石海水由来の高濃度塩水がアルカリ炭酸塩型の地下水によって一定程度希釈されたものと考えられる（図6）。なお、本件事象の湧水は我が国の水溶性天然ガス田の多くで見られるかん水¹⁾と同様の化学的特徴を有することから、当地付近に分布する天然ガス田との関連性が示唆される。

3. 油田・ガス田開発に伴う水の噴出について

本件事象は1950年代に天然ガス開発を目的として掘削された試掘孔^{※23)}におい

¹⁾ 天然ガスが溶解している地層水を指す。

て発生したため、直接的な原因としては当該坑井の廃坑措置が不十分であった可能性が考えられる。このため、国内及び石油・天然ガス産出国である米国における類似事例を調査した結果、今回のような事象は国内ではごくまれに発生しているのに対し、米国では少なくとも数年に1回の頻度で発生していることが判明した(表1)。また、国内・米国ともに、これらの試掘孔が設けられた年代は古く、現在ではその位置が不明な場合が多い。

特に米国には、現在の管理者がおらず廃坑措置が不十分な可能性のある旧石油・ガス坑井である「孤児の井戸(Orphan Well)」が多数存在し、その総数は全米で約90万孔と推定されている²⁴⁾。これらのOrphan Wellでは石油・天然ガスの漏えいによる土壌汚染及び引火事故が発生しており、原子力分野においても、使用済燃料及びGTCC²廃棄物中間貯蔵施設の建設・運転に係る近年の許認可の過程(パブリックコメント等)で、サイト内の潜在的なOrphan Wellの存在による施設の安全性への影響が議論された²⁵⁻²⁷⁾。しかしながら、現時点でOrphan Wellに対するNRC、DOE等の統一的な見解(審査ガイド等)は示されていない。

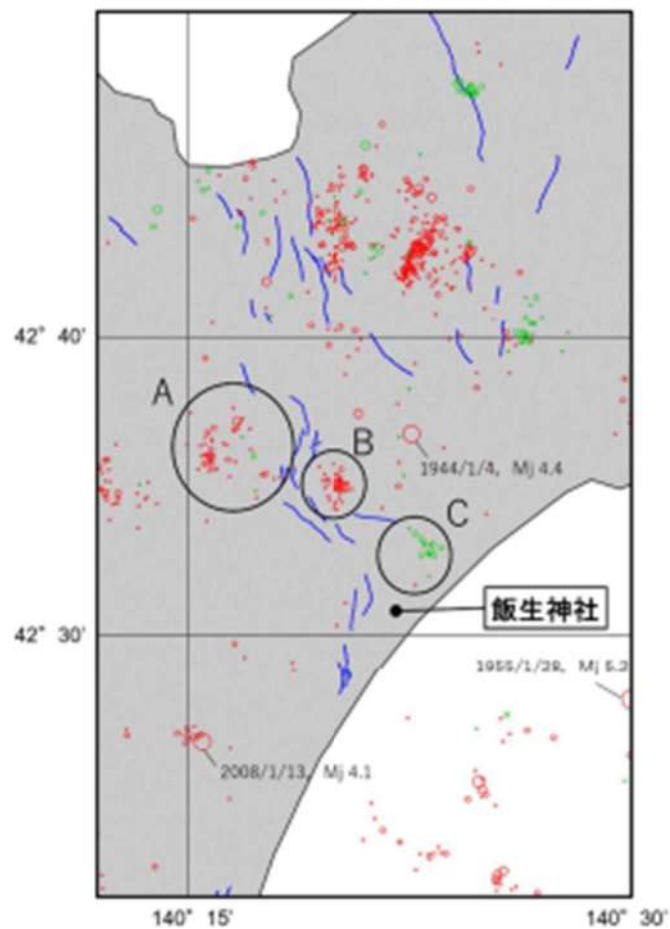
4. まとめ

以上の調査結果を総合すると、本事象は天然ガスを含む地下水が脱ガスによる圧力上昇を受けて湧昇・噴出したものであり、直接的には天然ガス田開発当時の廃坑措置に関する技術的問題に起因した事象である可能性が高く、当地周辺の地震活動や地殻変動に由来したものではないと考えられる。

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条第3項は、「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、同規則の解釈において、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の事象を規定している。本事象は外的ハザードとしての潜在的懸案事項となりうるものの、本調査で判明したように国内での発生はごくまれであり、解釈に追加すべき事象ではないと考える。また、これまでに、原子力施設において、安全機能に影響を及ぼし得る事象として本事象と同様の事象が発生したとは承知していない。

しかし、国内には、油田・ガス田地帯に立地する原子力施設が存在することを踏まえ、原子力事業者等に対して被規制者向け情報通知文書 NRA Information Notice を発出することとしたい。

² 「クラスCを超える(Greater Than Class C)」の略。米国における低レベル放射性廃棄物のうち放射能濃度がクラスCの上限値を超えるものであり、放射化した原子炉構成材料、医療用密封線源等が含まれる。



- 活断層線分データ
(活断層詳細デジタルマップ、中田・今泉編, 2002) 参 11)
- 0.0M-1.0
 - 1.0M-2.0
 - 2.0M-3.0
 - 3.0M-4.0
 - 4.0M-5.0
 - 5.0M-6.0
 気象庁地震カタログ ※検測済みの震源データ 参 12)
 ($M_{JMA} \geq 0.0$ & 震源深さ $D \leq 25$ km)
 (1919/01/01~2020/08/31)
- 0.0M-1.0
 - 1.0M-2.0
 - 2.0M-3.0
 (国研) 防災科学技術研究所 Hi-netデータ 参 13)
 ($M \geq 0.0$ & 震源深さ $D \leq 25$ km)
 (2020/09/01~2022/10/18)

図 2 当地周辺の震央分布 参 11-13)
 (中田・今泉編(2002) 参 11) に加筆)
 震源クラスター A~C の地震発生時期と地震規模の関係は図 3 を参照

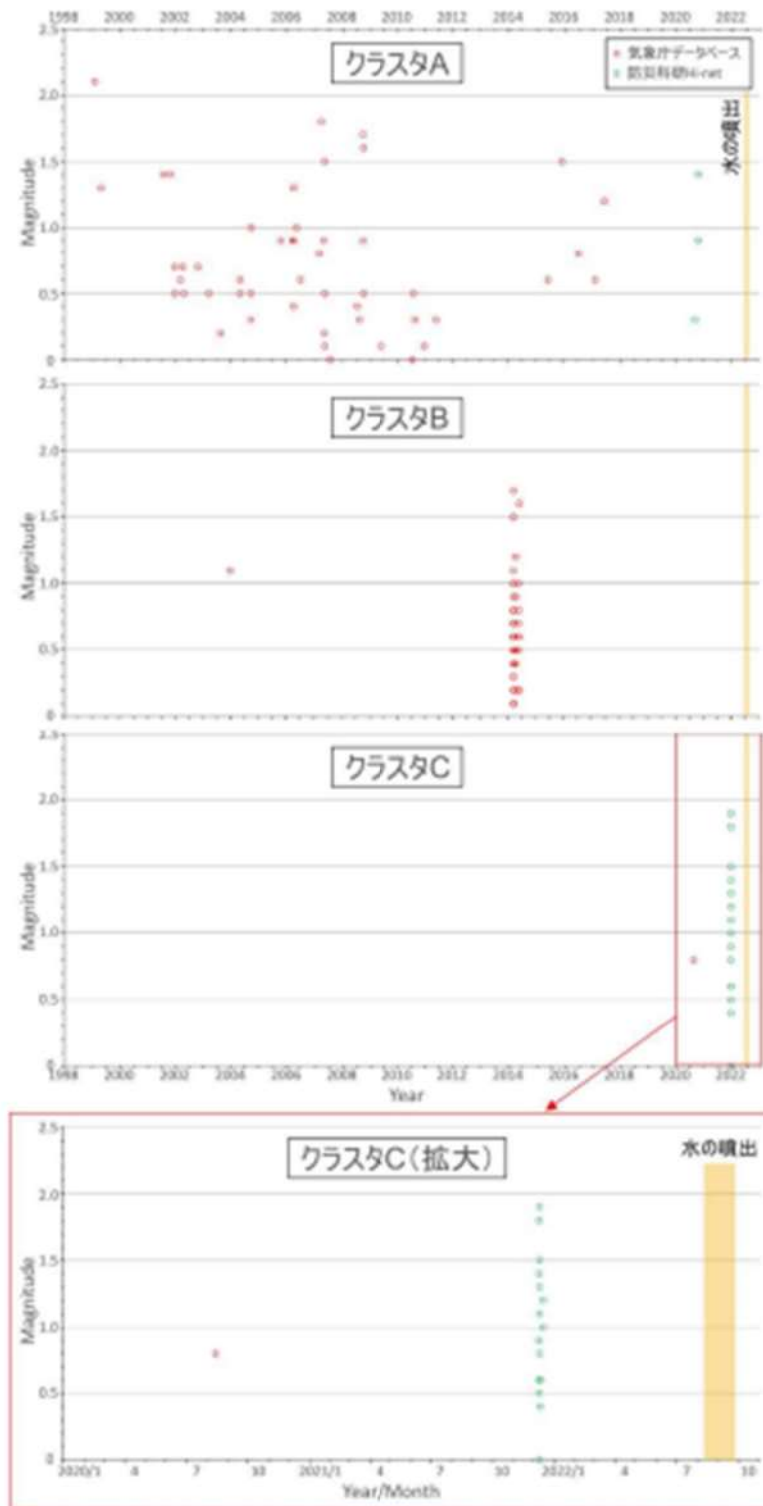


図3 震源クラスタ A~C の地震発生時期と地震規模の関係^{12,13)}

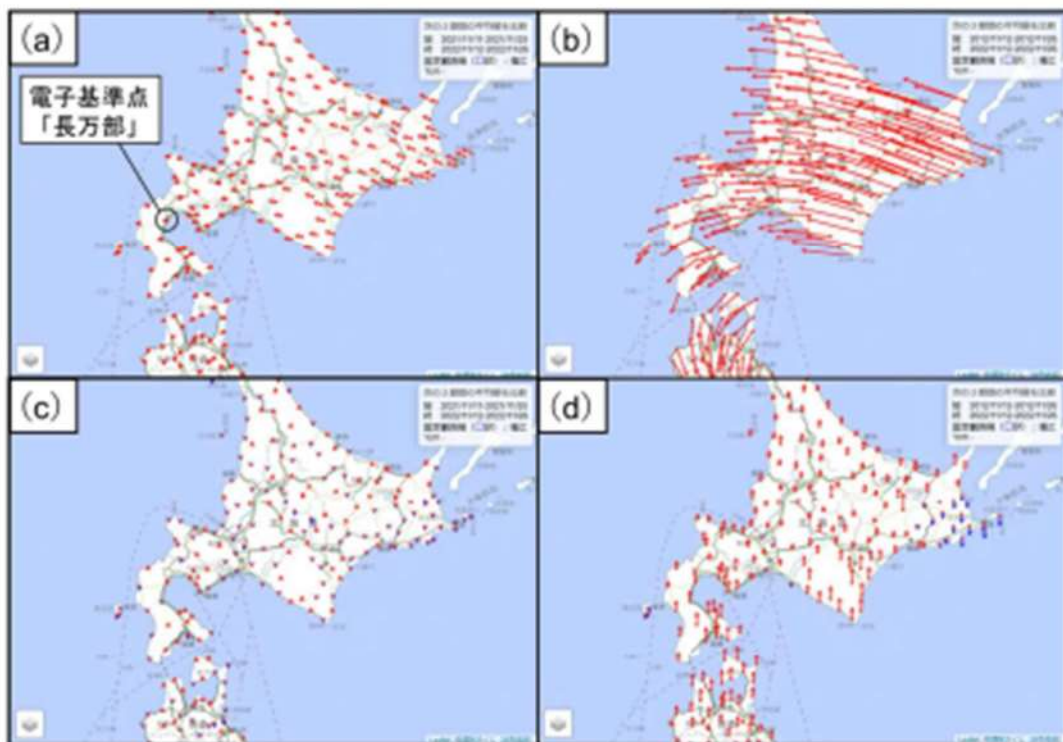


図4 当地周辺の最近の地殻変動
 (国土地理院地殻変動情報表示サイト¹⁴⁾に加筆
 (a) 最近1年間の電子基準点の変動(水平)
 (b) 最近10年間の電子基準点の変動(水平)
 (c) 最近1年間の電子基準点の変動(垂直)
 (d) 最近10年間の電子基準点の変動(垂直)
 【データ期間】始期: 2021/11/11~2021/11/25 (最近1年間)
 2012/11/12~2012/11/26 (最近10年間)
 終期: 2022/11/12~2022/11/26

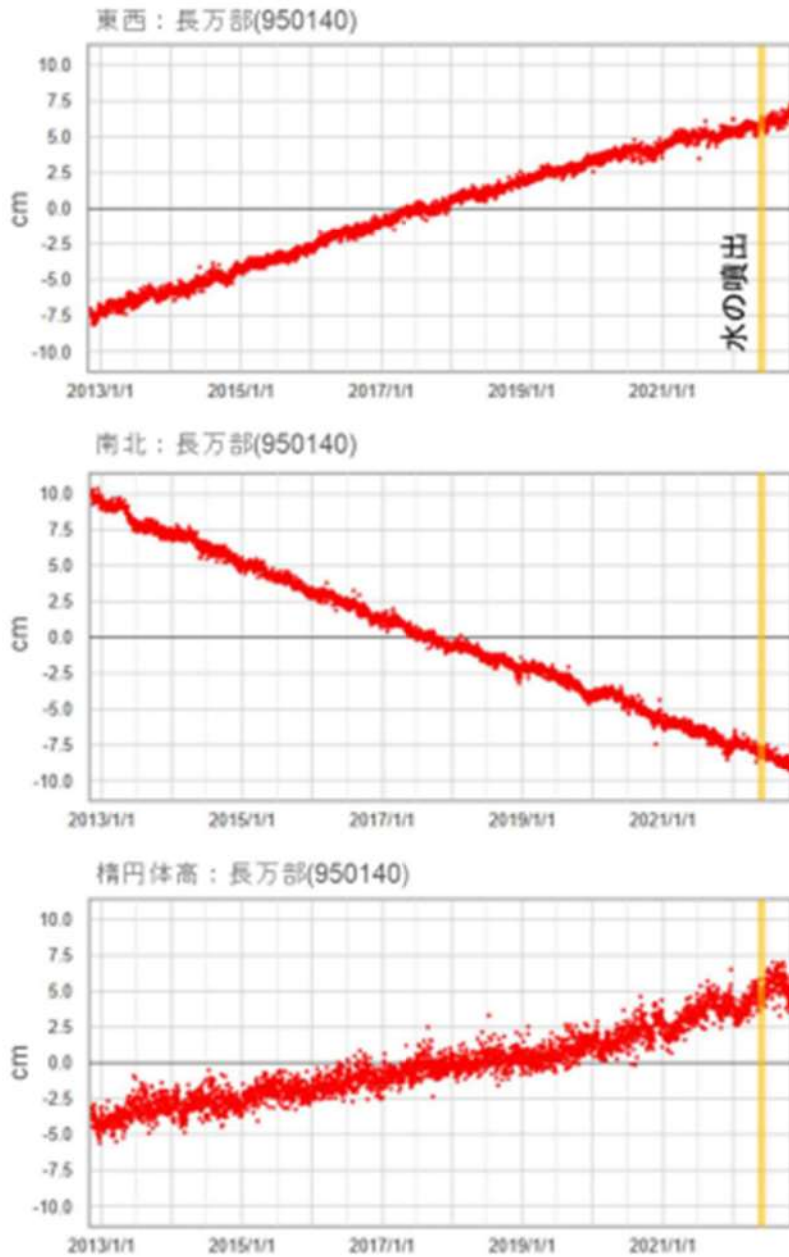


図5 長万部(950140)の最近の座標変化
 (国土地理院地殻変動情報表示サイト^{※14)}に加筆)
 データ期間：2012/11/1~2022/10/31

表 1 国内及び米国における類似事象

発生時期 (年/月)	発生場所	噴出水の高さ	噴出継続期間
2004/10	新潟県新津市滝谷町 (現 新潟市秋葉区)	不明	数時間
2012/10	米国ペンシルベニア州 Tioga 郡 Union Township	30 フィート (約 9.1m)	1 週間
2019	米国カリフォルニア州 Los Angeles, Marina Del Ray	100 フィート (約 30.5m)	不明 (短期間)
2022/1	米国テキサス州 Crane 郡 Monahans 近郊	75~100 フィート (約 22.9~30.5m)	不明 (12 日間以上)

<参考文献>

- 参1) 朝日新聞 2022/9/27 10:45 「突然噴き出した水柱、50 日目でびたり止まる 「久々に静か」住民安堵」
<https://www.asahi.com/articles/ASQ9V7S15Q9VIPE007.html> (2022/10/12 確認)
- 参2) 北海道ニュース UHB 2022/9/26 15:15 「工事関係者が撮影 “水の止まった” 水柱の噴出口 「静か、静か…よかった」住民は安堵 北海道」
<https://www.uhb.jp/news/single.html?id=30819> (2022/10/12 確認)
- 参3) ABEMATIMES 2022/9/27 20:30 「巨大 “水柱” の噴出突然止まる 住民安堵「安心して寝られる」北海道・長万部」
<https://times.abema.tv/articles/-/10041276> (2022/10/12 確認)
- 参4) 長万部町, 2022, 「水柱」の水質検査結果について.
<https://www.town.oshamambe.lg.jp/site/mizubashira/5133.html> (2022/11/30 確認)
- 参5) 令和 4 年第 3 回長万部町議会定例会 (第 2 日目) 会議録. 令和 4 年 9 月 13 日.
<https://www.town.oshamambe.lg.jp/uploaded/attachment/6581.pdf>
- 参6) The Hokkaido Shimbun Press, 26 Aug. 2022, 30-m-high column of water suddenly appears in front of shrine.
<https://h2w.hokkaido-np.co.jp/topics/p16357/> (2022/11/30 確認)
- 参7) 長万部町史編集室, 長万部町史. 長万部町, 776p, 1977.
- 参8) 地震調査研究推進本部, 黒松内低地断層帯の長期評価について. 平成 17 年 4 月 13 日.
- 参9) 池田安隆, 今泉俊文, 東郷正美, 平川一臣, 宮内崇裕, 佐藤比呂志, 第四紀逆断層アトラス. 東京大学出版会, 254p, 2002.
- 参10) 杉山雄一, 内田康人, 村上文敏, 津久井朗太, 黒松内低地断層帯南方延長部(内浦湾)の地質構造と活動性. 活断層・古地震研究報告, 11, 21-53, 2011.
- 参11) 中田高, 今泉俊文, 活断層詳細デジタルマップ. 東京大学出版会, 68p, 2002.
- 参12) 気象庁, 地震月報 (カタログ編).
<https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/bulletin/index.html>
- 参13) 国立研究開発法人防災科学技術研究所, Hi-net 高感度地震観測網.
<https://www.hinet.bosai.go.jp/?LANG=ja>
- 参14) 国土地理院, 地殻変動情報表示サイト.
<https://mekira.gsi.go.jp/index.html>
- 参15) 地方独立行政法人北海道立総合研究機構, 技術指導報告書 長万部町に出現した水柱の現地調査報告 (噴出水の主要溶存成分分析結果). 4p, 2022.

- 参16) 太秦康光, 那須義和, 瀬尾淑子, 温泉の化学的研究 (第41~44報) (第41報) 北海道諸温泉の化学成分とその起源についての問題点. 日本化学雑誌, 80, 8, 856-859, 1959.
- 参17) 太秦康光, 那須義和, 瀬尾淑子, 温泉の化学的研究 (第41~44報) (第42報) 北海道西南部の諸温泉 (その1). 日本化学雑誌, 80, 8, 859-862, 1959.
- 参18) 松波武雄, 北海道の海岸地域に分布する高濃度塩水について. 地下資源調査所報告, 67, 41-58, 1995.
- 参19) 島田忠夫, 矢崎清貴, 粕武, 北海道長万部町における天然ガス試掘井 (長万部 R-1号) のコア試験およびリフト試験について. 石油技術協会誌, 20, 5, 28-35, 1955.
- 参20) 福田理, 日本のホウ素資源と水溶性ホウ素鉱床—その2. 地質ニュース, 371, 40-55, 1985.
- 参21) 松尾植士, 日下部実, 千葉仁, 牛木久雄, 小坂文予, 平林順一, 安孫子勤, 野津憲治, 小沢竹二郎, 荒牧重雄, 佐藤和郎, 林保, 佐藤純, 藤井直之, 1977年有珠山噴火直後の地下水, 温泉水および火山灰の地球化学的研究. 火山, 22, 4, 201-220, 1977.
- 参22) 桑本融, 海水の無機成分—溶存化学種を中心に. 化学と生物, 22, 7, 439-445, 1984.
- 参23) 長尾捨一, 北海道の構造的天然ガスについて. 地下資源調査所報告, 40, 1-59, 1969.
- 参24) Interstate Oil & Gas Compact Commission, Idle and Orphan Oil and Gas Wells: State and Provincial Regulatory Strategies 2021. 78p.
https://iogcc.ok.gov/sites/g/files/gmc836/f/documents/2022/iogcc_idle_and_orphan_wells_2021_final_web_0.pdf (2022/11/30 確認)
- 参25) U.S. Nuclear Regulatory Commission, NRC Staff's Answer in Opposition to the Appeal of Fasken Land and Minerals, Ltd. and the Permian Basin Land and Royalty Owners of LBP-19-7. Docket No. 72-1050, 2019/10/15.
<https://www.nrc.gov/docs/ML1928/ML19288A224.pdf>
- 参26) New Mexico Energy, Minerals and Natural Resources Department (EMNRD), Comments Regarding the May 2020 Draft Environmental Impact Statement (EIS) for the Interim Storage Partners License Application for a Consolidated Interim Storage Facility for Spent Nuclear Fuel and High-Level Waste in Andrews County, Texas. 2020/11/3.
<https://www.nrc.gov/docs/ML2030/ML20309B052.pdf>
- 参27) U.S. Nuclear Regulatory Commission, Environmental Impact Statement for Interim Storage Partners LLC's License Application for a Consolidated Interim Storage Facility for Spent Nuclear Fuel in Andrews County, Texas, Final Report. NUREG-2239, 684p, 2021.
<https://www.nrc.gov/docs/ML2120/ML21209A955.pdf>

<謝辞>

本稿の執筆に当たり、北海道長万部町水道ガス課からは水の分析結果に関する文献を提供いただいた。石油技術協会からは国内における旧石油・ガス坑井の状況及び米国の Orphan Well の状況について大変有用な情報を提供いただいた。以上の方に記して感謝申し上げます。