

## 泊発電所 3 号機

大規模損壊発生時の体制の整備について

(大規模な自然災害又は故意による大型航空機の  
衝突その他のテロリズムへの対応)

## 参考資料

平成 26 年 2 月 4 日

北海道電力株式会社

## 目 次

1. プラントの安全性に影響を与える可能性のある自然現象の選定について …………… 1
2. 大規模損壊発生の起因事象について …………… 2
3. 米国におけるガイド (NEI-12-06) において抽出された自然災害について …………… 3
4. 大規模な自然災害(地震)の発生を想定した対応訓練の実施及び改善点の抽出について ……… 4
5. 添付資料

## 1. プラントの安全性に影響を与える可能性のある自然現象の選定について

泊発電所において、プラントの安全性に影響を与える可能性のある自然現象を網羅的に収集するため、国内外の基準等で示されている事象を収集した上で(影響を及ぼす可能性の低い類似事象については、ひとまとめにして1事象に代表させている場合もある)、海外文献や国内で検討されている考え方を参考にして、検討すべき自然現象の選定を行った。

### 1. 選定基準

外部事象に係る海外での評価手法を参考に、プラントの安全性への影響の観点より検討すべき自然現象として選定する基準を以下に示す。

- 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。
- 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。
- 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。
- D：影響が他の事象に包含される。
- E：発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。
- F：自然現象に該当しない。

### 2. 選定結果

上記選定基準を適用した結果、プラントの安全性への影響の観点から考慮すべき自然現象として以下の10事象を選定された。(選定結果は表2参照)

- ・地震
- ・津波
- ・豪雪(暴風雪)
- ・暴風(台風)
- ・竜巻
- ・火山噴火による降灰
- ・極低温
- ・森林火災
- ・生物学的事象
- ・落雷

表1 考慮する外部ハザードの抽出

丸数字は、次頁に記載した外部ハザードを抽出した文献を示す。

No	外部ハザード	外部ハザードを抽出した文献等								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1	極低温（凍結）	○		○		○	○	○	○	
2	隕石又は衛星の落下	○				○	○	○	○	
3	パイプライン事故(ガスなど)、パイプライン事故によるサイト内爆発等	○				○	○	○		
4	豪雨(降雨)	○		○		○	○	○	○	○
5	サイト貯蔵の化学物質の流出	○				○	○	○		
6	河川の迂回	○				○		○	○	
7	砂嵐(or 塩を含んだ嵐)	○				○	○	○	○	
8	静振	○				○		○	○	
9	地震活動	○		○	○	○	○	○	○	○
10	豪雪(降雪) (暴風雪)	○		○		○	○	○	○	○
11	土壌の収縮又は膨張	○				○		○		
12	高潮	○				○		○	○	○
13	交通事故(化学物質流出含む)	○				○	○	○	○	
14	津波	○		○	○	○	○	○	○	○
15	有毒ガス	○		○		○		○		○
16	タービンサイル	○			○	○		○		
17	火山活動・降灰	○		○		○	○	○	○	○
18	波浪・高波	○				○		○	○	
19	航空機衝突	○	○	○		○	○	○	○	○
20	雪崩	○				○	○	○	○	
21	生物学的事象	○		○				○	○	○
22	海岸侵食	○				○		○	○	
23	干ばつ	○				○	○	○	○	
24	外部洪水	○		○		○		○	○	○
25	暴風(台風)	○		○		○	○	○	○	○
26	竜巻	○		○		○	○	○	○	○
27	濃霧	○				○		○	○	
28	森林火災	○		○		○		○	○	○
29	霜・白霜	○				○	○	○	○	
30	草原火災	○							○	
31	ひょう・あられ	○				○	○	○	○	
32	極高温	○				○	○	○	○	
33	満潮	○				○		○	○	
34	ハリケーン	○				○		○		
35	氷結	○				○	○	○	○	○
36	氷晶						○		○	
37	氷壁						○		○	
38	工業施設又は軍事施設事故	○				○		○	○	
39	土砂崩れ								○	
40	落雷	○		○		○	○	○	○	○
41	湖又は河川の水位低下	○				○	○	○	○	
42	湖又は河川の水位上昇					○	○			
43	凍結による河川の閉塞								○	
44	船舶事故	○		○			○		○	○
45	陥没・地盤沈下・地割れ	○							○	
46	自動車又は船舶の爆発	○					○		○	
47	極限的な圧力(気圧高低)						○		○	
48	もや						○			

No	外部ハザード	外部ハザードを抽出した文献等								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
49	塩害、塩雲						○		○	
50	地面の隆起						○		○	
51	動物						○		○	
52	地すべり	○		○		○	○	○	○	○
53	火災 (近隣の火災)			○		○	○		○	
54	カルスト						○		○	
55	地下水による浸食						○		○	
56	海水面低						○		○	
57	海水面高						○			
58	地下水による地すべり						○			
59	水中の有機物						○			
60	船舶から放出される固体液体不純物						○		○	
61	水中の化学物質						○		○	
62	プラント外での爆発			○			○		○	○
63	プラント外での化学物質流出						○		○	
64	軍事施設からのミサイル						○			
65	掘削工事						○			
66	他のエントからの火災						○			
67	他のエントからのミサイル				○		○			
68	他のエントからの内部溢水						○			
69	電磁的障害			○			○		○	
70	ダムの崩壊			○			○		○	○
71	内部溢水			○	○	○		○		
72	太陽フレア, 磁気嵐	○							○	
73	高温水(海水温高)						○		○	
74	低温水(海水温低)						○		○	

- ① DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)
- ② B.5.b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) - 2011.5 NRC 公表
- ③ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(制定：平成 25 年 6 月 19 日)
- ④ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」(制定：平成 25 年 6 月 19 日)
- ⑤ NUREG/CR-2300 “PRA Procedures Guide”, NRC, January 1983
- ⑥ Specific Safety Guide (SSG-3) “Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010
- ⑦ ASME/ANS RA-S-2008 “Standard for Level 1/ Large Early Release Frequency probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”
- ⑧ 国内における外部事象検討 (国内学会標準より)
- ⑨ 泊発電所設置変更許可申請書 (平成 25 年 7 月 8 日申請)

表2 評価対象外部ハザードのスクリーニング結果

No	外部ハザード	抽出基準	選定要否	備考
1	極低温(凍結)	—	○	泊発電所の地域特性を踏まえ、プラントへの影響評価が必要と判断する。
2	隕石又は衛星の落下	E(※1)	×	安全施設の機能に影響を及ぼす隕石等が衝突する可能性は極めて低いと判断し除外する。
3	パイプライン事故(ガスなど)、パイプライン事故によるサイト内爆発等	A	×	泊発電所周辺にパイプラインはないことから除外する。
4	豪雨(降雨)	B, D	○	降雨は事前の予測が可能であるとともに、比較的進展が遅く時間的余裕があることから事前に安全措置を行う等により、安全施設の機能が損なわれる可能性は低いが、影響については津波に包含できる。
5	サイト貯蔵の化学薬品の流出	C	×	化学薬品は適切に管理しているが、仮に流出した場合でも堰等により薬品の拡散防止が図られることから、安全施設の機能に影響を及ぼす可能性は極めて低いと除外する。
6	河川の迂回	A	×	泊発電所周辺において、氾濫することより安全施設の機能に影響を及ぼすような河川はないことから除外する。
7	砂嵐(塩を含んだ嵐)	A	×	砂嵐は砂漠等の乾燥地域において発生するものであることから、泊発電所及びその周辺にて発生する可能性は極めて低いことから除外する。
8	静振	A	×	泊発電所周辺において、安全施設の機能に影響を及ぼすような潮や沼はないことから除外する。
9	地震活動	—	○	泊発電所の地域特性を踏まえ、プラントへの影響評価が必要と判断する。
10	豪雪(暴風雪)	—	○	泊発電所の地域特性を踏まえ、プラントへの影響評価が必要と判断する。
11	土壌の収縮又は膨張	C	×	凍結深度(泊村 60cm)を考慮した設計としており、土壌の収縮又は膨張によりプラントへ影響を及ぼす可能性は極めて低いことから除外する。
12	高潮	D	○	過去の実績(岩内港での最高潮位 T.P. 1.0m)から、敷地レベル(T.P. 10m)を超える高潮が発生する可能性は極めて低いが、台風との重量等により万一敷地レベルを超える高潮が発生した場合でもその影響は津波に包含される。
13	交通事故(化学物質流出含む)	F	×	自然現象に該当しない。
14	津波	—	○	泊発電所の地域特性を踏まえ、プラントへの影響評価が必要と判断する。
15	有毒ガス	C, D	○	火災等で有毒ガスが発生した場合、要員の安全確保のため換気空調系の閉回路運転を行う。安全施設の機能に影響を及ぼす可能性はきわめて低いが、影響については森林火災に包含できる。
16	タービンサイロ	F	×	自然現象に該当しない。
17	火山活動・降灰	—	○	泊発電所の地域特性を踏まえ、プラントへの影響評価が必要と判断する。
18	波浪・高波	D	○	本事象によるプラントへの影響は、津波に包含される。
19	航空機衝突	F	×	自然現象に該当しない。(故意による大型航空機の衝突にて別途検討。)
20	雪崩	C	×	安全施設の機能に直接的に影響を与える雪崩が発生する可能性は低い。
21	生物学的事象	—	○	海生生物(くらげ等)の襲来による取水口閉塞、小動物等による送電線、ケーブル類の損傷等によるプラントへの影響評価が必要と判断する。
22	海岸侵食	B	○	事象進展が遅く、安全施設の機能に影響を及ぼす可能性は極めて低いが、万一発生した場合のプラントへの影響については津波に包含できる。
23	干ばつ	C	×	干ばつにより、河川水の影響はあるが、安全施設の機能に影響を及ぼす可能性は極めて低いことから除外する。(海淡水装置設置済)
24	外部洪水	A	×	ダム決壊や河川の氾濫によって発電所に影響を与えるようなダムや河川はないことから除外する。
25	暴風(台風)	—	○	泊発電所の地域特性を踏まえ、プラントへの影響評価が必要と判断する。
26	竜巻	—	○	泊発電所の地域特性を踏まえ、プラントへの影響評価が必要と判断する。
27	濃霧	C	×	本事象が発生する可能性は低いが、万一発生した場合でも安全施設の機能に影響を及ぼす可能性は極めて低いことから除外する。
28	森林火災	—	○	泊発電所の地域特性を踏まえ、プラントへの影響評価が必要と判断する。
29	霜・白霜	C	×	本事象が発生する可能性は低いが、万一発生した場合でも安全施設の機能に影響を及ぼす可能性は極めて低いことから除外する。
30	草原火災	A	×	泊発電所周辺に草原火災が発生するような草原は存在しないため除外する。
31	ひょう・あられ	C, D	○	建屋への限定的な被害が考えられるが、安全施設の機能に影響を及ぼす可能性は極めて低い。なお、荷重の影響については豪雪(降雪)に包含できる。
32	極高温	E(※2)	×	地域特性から、プラントの安全性に影響を与えるような極高温が発生する可能性は極めて低いことから除外する。

No	外部ハザード	抽出基準	選定要否	備考
33	満潮	D	○	No. 12 同様、その影響は津波に包含される。
34	ハリケーン	C	×	ハリケーンは発生しないため除外する。
35	氷結	A, D	○	極低温に包含される。
36	氷晶	A, D	○	極低温に包含される。
37	氷壁	A, D	○	極低温に包含される。
38	工業施設又は軍事施設事故	A	×	近隣における産業で発電所に影響を及ぼす施設はないことから除外する。
39	土砂崩れ	C, D	○	安全施設の機能に影響を及ぼす規模の土砂崩れが発生する可能性はきわめて低い、影響については地震に包含できる。
40	落雷	—	○	泊発電所の地域特性を踏まえ、プラントへの影響評価が必要と判断する。
41	湖又は河川の水位低下	A	×	近隣に発電所に影響を与える湖や河川はないことから除外する。
42	湖又は河川の水位上昇	A	×	近隣に発電所に影響を与える湖や河川はないことから除外する。
43	凍結による河川の閉塞	A	×	近隣に発電所に影響を与える湖や河川はないことから除外する。
44	船舶事故	F	×	自然現象に該当しない。
45	陥没・地盤沈下・地割れ	C, D	○	安全施設の機能に影響を及ぼす可能性はきわめて低い、影響については地震に包含できる。
46	自動車又は船舶の爆発	F	×	自然現象に該当しない。
47	極限的な圧力(気圧高低)	D	○	竜巻に包含される。
48	もや	C	×	本事象が発生する可能性は低い、万一発生した場合でも安全施設の機能に影響を及ぼす可能性は極めて低いことから除外する。
49	塩害、塩雲	B, C	×	腐食の進展は遅く、十分管理が可能である。
50	地面の隆起	C, D	○	安全施設の機能に影響を及ぼす規模の地面の隆起が発生する可能性はきわめて低い、影響については地震に包含できる。
51	動物	D	○	生物学的事象に包含される。
52	地すべり	C, D	○	安全施設の機能に影響を及ぼす規模の地すべりが発生する可能性はきわめて低い、影響については地震に包含できる。
53	火災(近隣の火災)	(D)	○	地震の随伴事象として評価する。
54	カルスト	C	×	カルスト地形ではないため除外する。
55	地下水による浸食	C	×	安全施設の機能に影響を及ぼす可能性はきわめて低い、プラントへの影響については No. 23 干ばつと同様である。
56	海水面低	C	×	海水面の低下によるプラントへの影響が考えられるが、引き津波対策が講じられていることから影響はないものと判断する。
57	海水面高	D	○	No. 33 同様、その影響は津波に包含される。
58	地下水による地すべり	C, D	○	安全施設の機能に影響を及ぼす可能性はきわめて低い、影響については地震に包含できる。
59	水中の有機物	F	×	自然現象に該当しない。
60	船舶から放出される固体液体不純物	F	×	自然現象に該当しない。
61	水中の化学物質	F	×	自然現象に該当しない。
62	プラント外での爆発	F	×	自然現象に該当しない。
63	プラント外での化学物質流出	F	×	自然現象に該当しない。
64	軍事施設からのミサイル	F	×	自然現象に該当しない。
65	掘削工事	F	×	自然現象に該当しない。
66	他のエットからの火災	D	○	No. 28 森林火災に包含される。
67	他のエットからのミサイル	F	×	自然現象に該当しない。
68	他のエットからの洪水	D	○	No. 71 内部溢水に包含される。
69	電磁的障害	C	×	電磁的障害による影響は極めて低いものの、万一発生した場合には、通信障害や安全保護設備への悪影響が考えられるが、この影響については地震発生時又は SBO 発生時の安全保護系機能喪失に包含されるため、除外する。
70	ダムの崩壊	A, D	○	敷地境界から 8km に共和ダムが存在するが、発電所まで距離が離れているため、万一崩壊したとしても安全施設の機能に影響を及ぼす可能性は極めて低い、影響については津波に包含できる。
71	内部溢水	D	○	地震の随伴事象として評価する。
72	太陽フレア、磁気嵐	C	×	磁気嵐により誘導電流が発生する可能性があるが、影響が及んだとしても変圧器等の一部に限られることなどから、出力を絞る等の対応によって安全施設の機能を維持できるため除外する。

No	外部ハザード	抽出基準	選定要否	備考
73	高温水(海水温高)	C	×	安全施設の機能に影響を及ぼすことはないことから、除外する。
74	低温水(海水温低)	C	×	海水温の低下により、安全施設の機能に影響を及ぼすことはないため除外する。

※1：隕石又は衛星の落下確率については、概略計算で以下の通り見積られる。

地球近傍の天体が地球に衝突する確率及び衝突した際の被害状況を表す尺度として、トリノスケールがあるが、2012年現在において、NASAは、今後100年間に衝突が起こる可能性のある天体について、このトリノスケールのレベル1を超えるものはないとしている。このレベル1の小惑星として“2007VK<sub>184</sub>”が挙げられているが、当該惑星の衝突確率は「1750分の1」である。そこで、隕石が地球に落ちて地上に当たる確率を1/1750とする。

- ・地球の表面積：510,072,000[km<sup>2</sup>]
- ・泊発電所3号機の：1.35[km<sup>2</sup>]

であることから、隕石が泊発電所3号機の建屋に当たる確率は概算で以下の通りとなる。

$$1/1750 \times (1.35/510,072,000) = 1.51 \times 10^{-12}$$

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

※2：泊発電所における高温事象の発生について、最寄の観測所(小樽)データを参考にした場合、36.3℃の高温の発生確率は $10^{-7}$ であるが、この温度はプラントに影響を与えることのない温度である(参考資料2)。プラントに影響を与えるような高温となる確率は更に低くなることから、ここでは、発生頻度が他の事象と比較して非常に低いとして整理している。

### 3. その他

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(平成25年6月19日)又は「実用発電用原子炉及びその附属設備の技術基準に関する規則の解釈」(平成25年6月19日)にて例示されている自然現象のうち、2.にてスクリーニングアウトしたものについてその見解を以下に示す。

#### (1) 外部洪水(表2におけるNo.24)

発電所周辺においては、洪水により発電所が影響を受けるような河川等はなく、また、敷地の地形及び表流水の状況から判断して、原子炉施設への洪水による影響は考慮しない。

#### (2) 降水(降雨)(2.の分類上は豪雨(降雨))(表2におけるNo.4)

降雨は、事前の予測が可能であるとともに、比較的、進展が遅く時間的余裕があること、また、安全施設が設置されている各建屋については耐津波対策としてT.P.15mまでの浸水対策を講じていることから、安全施設の機能が損なわれることはないと判断する。(津波事象に包含される。)

#### (3) 高潮(表2におけるNo.12)



過去の実績から敷地高さを超えるような高潮発生の可能性は極めて低いものと判断する。  
(仮に敷地を越えるような高潮が発生した場合には津波評価に包含される。)

(4) 地すべり (表 2 における No. 52)

原子炉施設設置位置及びその付近の地盤については、地形、地質・地質構造等から原子炉施設の安全性に影響を与えるような地すべりは生じることはない。ただし、構外における送電設備等の倒壊により外部電源喪失が発生する可能性はあるが、原子炉施設の安全性が損なわれることはないと判断する。

## 2. 大規模損壊発生の起回事象について

大規模な自然災害による大規模損壊発生の起回事象（プラント状態）を特定するために、国内外の基準等に照らし、泊発電所の安全機能に影響を与える可能性のあるものとして抽出された、10通りの自然災害に対して生じ得るプラント状態の特定を行った。

プラント状態を特定するに当たっては、大規模損壊の事態収束の検討に必要となると考えられる以下の機能の状態に着目した。

### ■異常発生防止系

- ・原子炉建屋
- ・原子炉制御系
- ・原子炉冷却材圧力バウンダリ機能

### ■異常影響緩和系

- ・原子炉格納容器
- ・安全保護系
- ・2次系からの除熱機能（補助給水、主蒸気逃がし弁など）
- ・炉心冷却機能（ECCS など）

### ■関連系（安全上特に重要なもの）

- ・補機冷却機能
- ・非常用電源

当該の自然災害10事象を起因として、添付の通りこれらの機能の喪失有無を確認した結果、生じたプラント状態は以下に類型化される。

- ① 大規模損壊（有効性評価を実施した重大事故を上回る状態）
- ② 有効性評価を実施した重大事故
- ③ 設計基準事故

これらのうち、①については地震、津波等設計基準で想定した規模を大きく上回る自然現象で発生するものと考えられることからその発生頻度は極めて小さい。

しかしながら、当該の大規模な自然災害が発生し、プラントに大規模損壊が発生することで大量の放射性物質が環境中に放出されるような万一の事態に至る可能性も想定し、泊発電所においては大規模損壊発生時の対応措置として、プラント内において使える可能性のある機器を活用した柔軟で多様性を有する各種戦略を準備している。

### 【添付資料】

- 1 自然災害10事象に対するイベントツリーについて
- 2 泊発電所の安全性に影響を与える可能性のある自然災害について

## 自然災害10事象に対するイベントツリーについて

## ➤ イベントツリーから判断されるプラントへの影響について

イベントツリーによる評価から、当該の自然災害10事象がプラントへ与える影響について、以下のとおり整理される。

大規模自然災害	【大規模損壊へ至るイベント】	【発生する可能性のある重大事故】	【発生する可能性のある設計基準事故等】
①大規模地震	(a) 原子炉建屋・格納容器の損壊 ⇒ <b>格納容器等の大規模損壊</b> (b) 安全保護系・原子炉制御系機能喪失 ⇒ <b>格納容器過圧破損</b> (c) <b>エクセス LOCA</b>	(a) 大破断 LOCA+ECCS 注入失敗 (CV 過圧破損) (b) LOCA+ECCS 注入失敗 (c) 大破断 LOCA+原子炉補機冷却機能喪失 (SBO(ELAP)) (CV 過圧破損) (d) SBO(ELAP)+LOCA (e) SBO(ELAP)+LUHS(補助給水喪失含む) (CV 過温破損) (f) 2次冷却系からの除熱機能喪失	・大破断 LOCA ・外部電源喪失
②大規模津波	(a) 安全保護系・原子炉制御系機能喪失 ⇒ <b>格納容器過温破損</b>	(a) SBO(ELAP)+補機冷却水喪失 (シール LOCA) (b) SBO(ELAP)+補機冷却水喪失 (LOCA なし)	・外部電源喪失
③豪雪 (暴風雪)	なし(事前の予測が可能であることから人員を確保して除雪することで大規模損壊へ至ることはない。)	なし	・外部電源喪失
④火山噴火による降灰	なし(事前の予測が可能であることから人員を確保して除雪することで大規模損壊へ至ることはない。)	(a) SBO(ELAP)+原子炉補機冷却機能喪失 (補助給水系健全) (b) SBO(ELAP)	・外部電源喪失
⑤暴風 (台風)	【竜巻に包含される】		
⑥竜巻	<竜巻により重大事故対処設備が機能しなければ <b>格納容器過温破損</b> に至る可能性有>	(a) SBO(ELAP)+LUHS (補助給水喪失含む) (C/V 過温破損) ⇒ (代替非常用発電機が機能喪失すれば重大事故シナリオから外れる) (b) 2次系からの除熱機能喪失 (c) SBO(ELAP)	・外部電源喪失
⑦凍結 (極低温)	なし	なし	なし (可搬型重大事故等対処設備が機能喪失する前にエンジンを起動して暖機運転を行う)
⑧森林火災	なし	なし	・外部電源喪失
⑨生物学的事象	なし	なし	(a) 原子炉補機冷却機能喪失 (外電有) (b) 外部電源喪失
⑩落雷	なし	・SBO	・外部電源喪失 ・ECCS 誤起動

この結果、大規模損壊へ至る可能性のある大規模自然災害は、抽出した10事象のうち地震、津波及び竜巻の3事象となる。

## 泊発電所の安全性に影響を与える可能性のある自然災害について

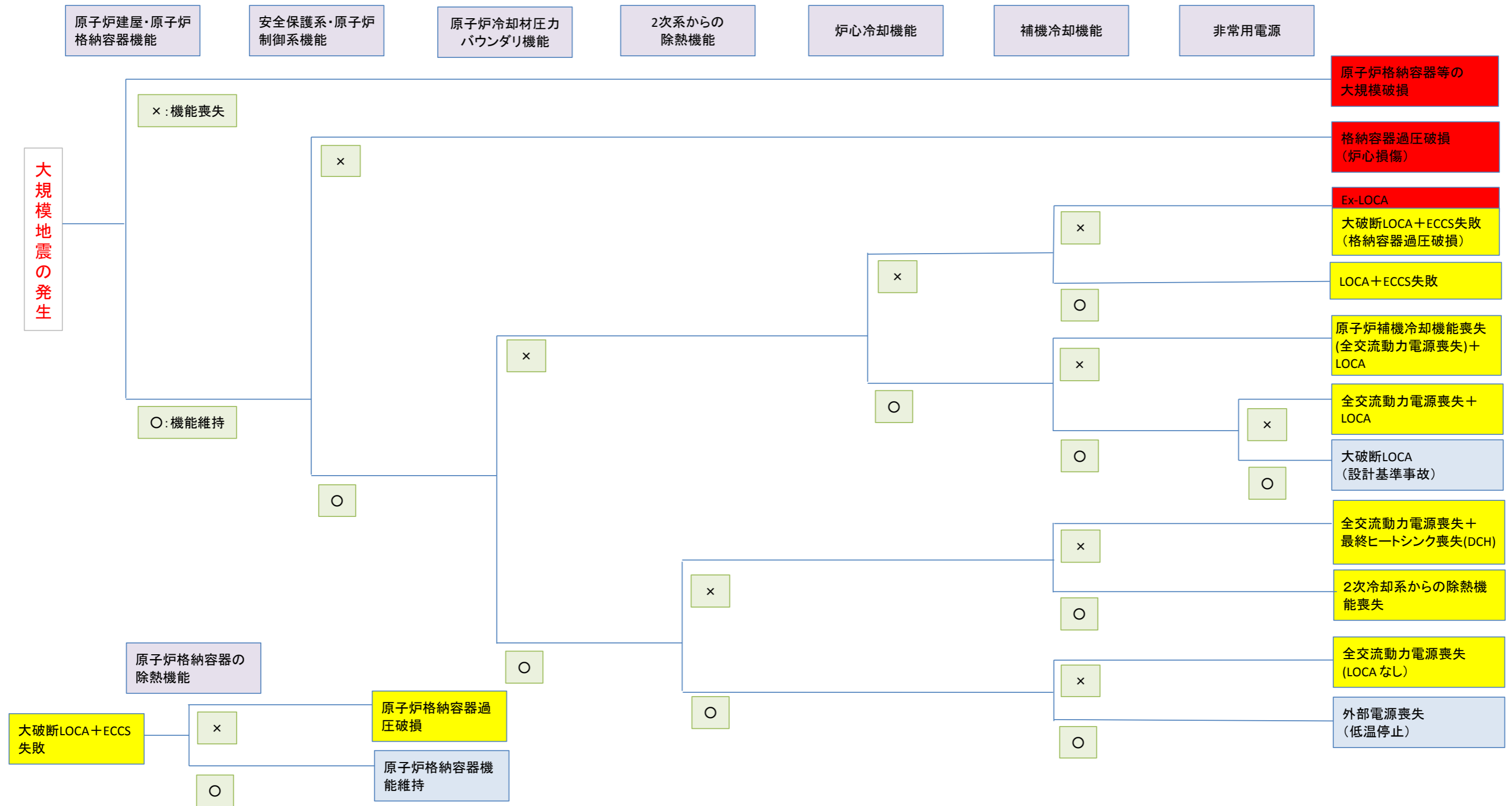
安全性に影響を与える可能性のある自然現象	設計基準を超える自然災害がプラントに及ぼす影響評価	自然災害の想定規模と喪失する可能性のある安全機能	結果
①地震	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建屋及び原子炉補助建屋内の重大事故等対処設備については、設計基準地震動 Ss を一定程度超える地震動に対しても、機能喪失までには十分な裕度がある。</li> <li>屋外の可搬型重大事故等対処設備については、Ss に対して転倒による破損は起こらない。また、Ss を一定程度超えた場合においても、転倒に至るまでには相応の裕度がある。</li> <li>大規模な地震が発生すれば長期間の外部電源喪失が発生する。また、設計基準事故対処設備は Ss に対する十分な裕度はあるものの、地震規模によっては、非常用所内電源が喪失し、更に海水供給機能及び補助給水機能が喪失することにより LUHS に至る可能性がある。</li> <li>ELAP 及び LUHS が同時に発生している状況下においては、大規模地震によって同時に発生する可能性のある LOCA 等への事故対応は、可搬型重大事故等対処設備を中心として行う必要がある。</li> <li>中央制御室は堅牢な原子炉補助建屋内にあることから、運転員による操作機能の喪失は可能性として低いが、プラントの監視機能・操作機能が喪失する可能性がある。</li> <li>格納容器等が破損し、閉じ込め機能が喪失する可能性がある。</li> </ul>	<p><b>【基準地震動を一定程度超える規模】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>非常用所内電源の機能喪失(遮断器損壊)</li> <li>設計基準事故対処設備(ECCS, CSS 等)の機能喪失</li> <li>海水ポンプ機能喪失に伴う非常用発電機機能喪失(SBO)</li> <li>安全保護系・原子炉制御系機能喪失(中央制御室機能喪失)</li> <li>閉じ込め機能の喪失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ELAP 及び LUHS の同時発生</li> <li>地震により LOCA 等の事故が発生した場合には、ELAP+LUHS により恒設機器が機能喪失していることから、重大事故(炉心損傷)へ至る可能性がある。</li> <li>格納容器又は原子炉建屋破損による閉じ込め機能が喪失し大規模損壊となる可能性がある。</li> </ul>
②津波	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建屋及び原子炉補助建屋内の機器に対しては、T.P. 15mまで水密化を図っていることから、基準津波に対して十分な裕度がある。ただし、T.P. 10.3mを越える津波によって海水ポンプの機能が喪失し、非常用所内電源も喪失に至る(今後設置される防潮堤は考慮せず)。(ELAPの発生)</li> <li>屋外の機器(可搬型重大事故等対処設備)については、T.P. 31m以上の高台に保管されていることから、基準津波に対して十分な裕度がある。</li> <li>仮に T.P. 15m を超える大規模な津波が発生した場合には、タービン動補助給水ポンプの機能喪失等により、LUHS が発生する可能性がある。</li> <li>ELAP 及び LUHS が同時に発生している状況下においては、当該の状況下において発生する可能性がある RCP シール LOCA への対応は、高台に保管されている可搬型重大事故等対処設備を中心として行う必要がある。</li> </ul>	<p><b>【基準津波を一定程度超える津波の規模】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>非常用所内電源系の機能喪失(遮断器破損(浸水))</li> <li>設計基準事故対処設備(ECCS, CSS, T/D-AFWP の機能喪失)</li> <li>海水ポンプ機能喪失に伴う非常用発電機機能喪失(SBO)</li> <li>安全保護系・原子炉制御系機能喪失(中央制御室機能喪失)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ELAP 及び LUHS の同時発生</li> <li>RCP シール LOCA が発生する可能性がある。</li> <li>2次系除熱機能の喪失により炉心冷却機能が喪失するため炉心損傷に至る可能性がある。</li> </ul>
③豪雪(暴風雪)	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉建屋、原子炉補助建屋の設計基準である 220cm を超えるような豪雪が発生した場合でも、当該事象の発生については事前の予測が十分に可能であることから人員を確保して除雪することで影響を限定的にすることができると考える。</li> <li>暴風雪が発生した場合には、送電系統の異常等により長期の外部電源喪失に至る可能性がある。</li> </ul>	<p><b>【220cm を超える規模の積雪量】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>事前の予測・検知が可能であることから、除雪等の体制強化により、プラントの安全機能に影響を与える可能性は低いものと判断する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ELAP</li> </ul>
④火山噴火による降灰	<ul style="list-style-type: none"> <li>大量の火山灰の影響により、送電系統の異常等による長期の外部電源喪失が発生し、海への降灰等</li> </ul>	<p><b>【40cm を超える規模の降灰】</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>長期の外部電源喪失</li> <li>ELAP+原子炉補機冷</li> </ul>

安全性に影響を与える可能性のある自然現象	設計基準を超える自然災害がプラントに及ぼす影響評価	自然災害の想定規模と喪失する可能性のある安全機能	結果
	<p>の影響による海水ポンプの機能喪失又は火山灰の影響による非常用発電機の機能喪失により、ELAPに至る可能性がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>屋外の可搬型重大事故等対処設備等については、当該事象の事前予測が十分に可能であることから体制を強化し、除灰を行うことにより機能を維持できるものとする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水ポンプ、非常用発電機の機能喪失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>却機能喪失</li> </ul>
⑤暴風（台風）	<ul style="list-style-type: none"> <li>台風による風の影響については、竜巻に包含されるものと考えられる。（敷地付近で観測された過去最大の風速（49.8m/s）を超える台風により、送電鉄塔倒壊等に伴う長期の外部電源喪失が想定される。）</li> </ul>	<p><b>【49.8m/s を超える風速】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>竜巻の評価に包含される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>長期の外部電源喪失</li> </ul>
⑥竜巻（気圧変動を含む）	<ul style="list-style-type: none"> <li>送電鉄塔倒壊等に伴い長期の外部電源喪失が発生する。竜巻によりもたらされる漂流物・塵芥等による取水設備の故障等により、海水ポンプの機能が喪失するとともに、非常用発電機の機能が喪失し、ELAP に至る可能性がある。</li> <li>補助給水ピット及びタービン動補助給水ポンプについては、設計基準竜巻を超えた竜巻に対しても頑健性が期待できる原子炉建屋内にあり、炉心冷却を継続できることから LUHS に至らないと想定されるが、補助給水ピットの水源確保ができなければ最終的に LUHS に至る。</li> <li>ELAP 及び LUHS が同時に発生している状況下においては、当該の状況下において発生する可能性がある RCP シール LOCA への対応について、構内に分散配置されている可搬型重大事故等対処設備を中心として行う必要がある。</li> <li>竜巻による気圧変動より格納容器圧力が相対的に上昇し、ECCS 作動信号が発信する可能性があるが、当該の信号が発信した場合でも、プラントに事故が発生していないことを確認後に復旧操作を実施することでプラントの安全性に影響を与えることはない。（「運転要領」緊急処置編による対応）</li> </ul>	<p><b>【風速(100m/s)を超える竜巻の場合】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>海水ポンプ、非常用発電機の機能喪失</li> <li>補助給水ピット水源の枯渇（補給可能な屋外タンクの倒壊）</li> <li>屋外にある可搬型重大事故等対処設備の機能喪失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ELAP+ (LUHS)</li> <li>補助給水ピットが枯渇すれば2次系除熱機能が喪失する。</li> <li>2次系からの除熱機能喪失</li> <li>長期の外部電源喪失</li> </ul>
⑦凍結（極低温）	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計値(-19℃)を下回るような極低温事象が発生した場合でも、北海道内における過去の実績から送電系統へ影響を及ぼす可能性は低い。</li> <li>屋外に配備している可搬型重大事故等対処設備が凍結により機能喪失する可能性があるが、気象予報により事前の予測が可能であるため、設計値を下回るような気温となる場合には、予めエンジンを始動させて暖機運転を行うことで機能維持できることからその影響は限定的である。</li> <li>なお、可搬型重大事故等対処設備等の暖機運転時の燃費については、最大でも20/h程度であり7日間の事故対応に必要な燃料に影響を与えることはない。（可搬型設備等を約40台とした場合でも1,9200/d程度である。）</li> <li>屋内設備については暖房設備の設置が図られていることから、極低温の影響を受ける可能性は低い。が、非常用発電機が機能喪失する可能性がある。（この場合は、保安規定に基づき対応する。）</li> </ul>	<p><b>【設計値の-19℃を下回る低温】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>事前の予測・検知が可能であることから、影響を受ける可能性のある屋外設備については、事前に起動しておくことで機能喪失に至ることはないものと判断する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>影響なし</li> </ul>
⑧森林火災	<ul style="list-style-type: none"> <li>森林火災が発生した場合、送電系統への影響により長期の外部電源喪失に至る可能性がある。</li> </ul>	<p><b>【防火帯を越えるような森林火災】</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部電源喪失</li> </ul>

安全性に影響を与える可能性のある自然現象	設計基準を超える自然災害がプラントに及ぼす影響評価	自然災害の想定規模と喪失する可能性のある安全機能	結果
	<ul style="list-style-type: none"> <li>防火帯を越えるような森林火災が発生した場合であっても、建屋周辺に木々はないことから、建屋に熱的な影響を及ぼすことはなくプラントの安全機能に影響は与えないと判断する。なお、屋外の機器(代替非常用発電機等)については、機能喪失する可能性も想定されるので、消火又は移動により機能喪失を回避する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>代替非常用発電機の機能喪失(この場合は、保安規定に則り対応措置を行うこととなる。)</li> </ul>	
⑨生物学的事象	<ul style="list-style-type: none"> <li>海生生物の大量発生により、海水ポンプの機能喪失に至る可能性があるが、補助給水系が健全であること、並びに補助給水ピット及び過水タンクは影響を受けず水源には十分な余裕があることからLUHSには至らない。また、外部電源への影響はない。</li> <li>小動物等による電気系の故障により、外部電源喪失に至る可能性がある。 (海水ポンプの機能喪失と外部電源喪失が同時に発生する可能性は極めて低いものと考えられることから、全交流動力電源喪失に至る可能性は考慮しない。)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水ポンプの機能喪失(非常用発電機の機能喪失)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部電源喪失</li> <li>原子炉補機冷却機能喪失</li> </ul>
⑩落雷	<ul style="list-style-type: none"> <li>避雷設備の設置等により、原子炉施設への雷害防止が図られていることから発生の可能性は低い判断するが、設計想定以上の雷サージが発生することを想定する。屋外設備については、分散配置されていることから落雷による被害は限定的であり安全上必要な機能が喪失することはない。</li> <li>送電システムの異常等により、長期の外部電源喪失が発生する可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>雷サージによる誤信号の発信(誤トリップ、誤SI)</li> <li>海水ポンプの機能喪失(非常用発電機の機能喪失)</li> <li>屋外にある一部の可搬型重大事故等対処設備の機能喪失</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ELAP</li> <li>ECCS 誤起動等</li> </ul>
■大規模地震と大規模津波の重畳	<ul style="list-style-type: none"> <li>前述のとおり、大規模地震発生時、大規模津波発生時のいずれの場合においても、設計基準事故対処設備、常設重大事故等対処設備の機能喪失を想定した場合、T.P. 31m以上の高台に配備している可搬型重大事故等対象設備により事故緩和措置が期待できる。</li> <li>このため、両事象の重畳が発生した場合においても、T.P. 31m以上の高台に配備している可搬型重大事故等対処設備による事故緩和措置に期待できることから、プラントに及ぼす影響は、大規模地震発生時の場合と同様になるものと判断される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模地震発生時の場合と同様</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震に包含される。</li> </ul>
■大規模地震と内部溢水又は内部火災の重畳	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模地震により内部溢水が発生した場合における建屋内での溢水による影響は、T.P. 15mを超える(浸水対策範囲を超える)津波事象が発生した場合の影響と同様と考える。</li> <li>大規模地震により内部火災が発生した場合には、期待する消火設備が機能せず、建屋内の設計基準事故対処設備等の機能が喪失する可能性がある。この場合においても、屋外に保管している可搬型重大事故等対処設備による事故緩和対応に期待できることから、プラントに及ぼす影響は、大規模地震発生時の場合と同様になるものと判断される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模津波発生時の場合と同様</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波・地震に包含される</li> </ul>
■火山噴火による降灰と降雪(大	<ul style="list-style-type: none"> <li>40cmを超える降灰と降雪(大雪)が重畳し、事前の体制強化による除灰・除雪が間に合わないよう</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水ポンプの機能喪失(非常用発電機の</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ELAP</li> </ul>

安全性に影響を与える可能性のある自然現象	設計基準を超える自然災害がプラントに及ぼす影響評価	自然災害の想定規模と喪失する可能性のある安全機能	結 果
雪)又は降雨との重畳	<p>な規模を想定した場合には、原子炉建屋や原子炉補助建屋と比較して頑健性が劣る循環水ポンプ建屋等が損壊する可能性がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・循環水ポンプ建屋の損壊により海水ポンプの機能が喪失し、ELAP に至る可能性がある。</li> <li>・大規模な降灰と降雨との重畳は、泥流を発生させる恐れがあり、この場合には上記の循環水ポンプ建屋の損壊に伴う ELAP に加えて、T. P. 31m盤のアクセス性に支障をきたす可能性及び可搬型設備の一部喪失の可能性がある。</li> </ul>	<p>機能喪失) や一部の可搬型設備の機能喪失。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・屋外可搬型設備の一部機能喪失</li> </ul>	
■融雪と豪雨の重畳(融雪による溢水)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冬季(雪解け時)において、豪雨が発生した場合には融雪による影響が重畳されることから、海へ排水されずに構内での溢水が発生する可能性も考えられる。この場合、海水ポンプの機能喪失、変圧器等の機能喪失により、ELAP に至る可能性が考えられる。</li> <li>・T. P. 15mまでの浸水対策により、タービン動補助給水ポンプの機能は喪失せず、LUHS には至らないものと判断する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海水ポンプの機能喪失(非常用発電機の機能喪失)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・津波に包含される。</li> </ul>
■台風(強風)と洪水(高潮)の重畳	<ul style="list-style-type: none"> <li>・台風による高潮災害については、津波事象での影響評価に包含される。また、規模の大きい台風については、竜巻事象での影響評価に包含される。</li> <li>・両事象が重畳した場合、台風については竜巻と異なりある程度の期間に渡り継続することが想定されることから、このような環境下で ELAP (+屋外の代替非常用発電機の機能喪失) が発生した場合においては、速やかな電源系統の復旧が阻害される可能性がある。</li> <li>・T. P. 15mまでの浸水対策により、タービン動補助給水ポンプの機能は喪失せず、LUHS には至らないことから、炉心の冷却は維持されるものと判断する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海水ポンプの機能喪失(非常用発電機の機能喪失)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ELAP</li> <li>・RCP シール LOCA</li> </ul>

① 大規模地震発生の場合

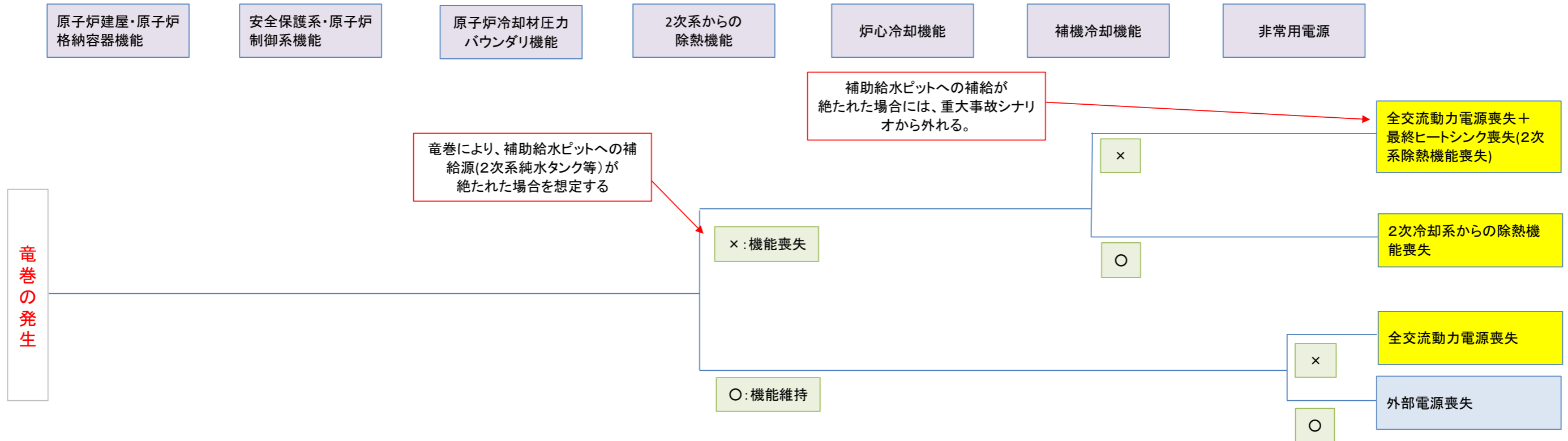




## ② 大規模津波発生の場合



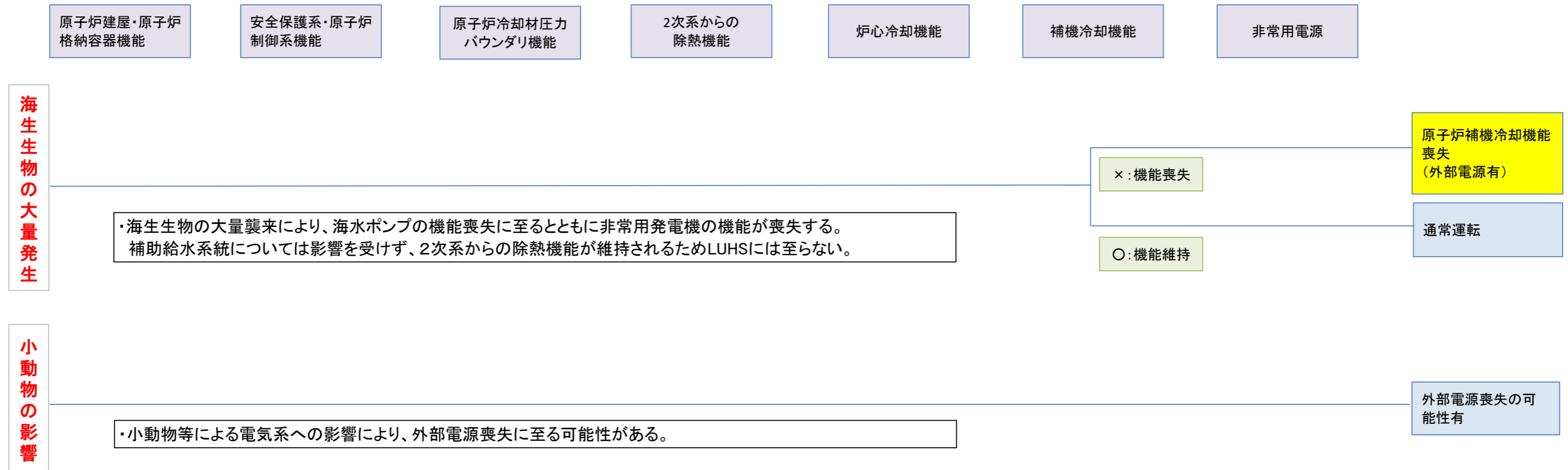
⑤ 大規模竜巻発生の場合



③ 豪雪(暴風雪)、⑥火山噴火による降灰、⑦極低温、⑧森林火災、⑩落雷 発生ケース



⑨ 生物学的事象発生の場合、重畳事象の発生の場合



【地震と他の自然現象との重畳】

- ・大規模津波との重畳の場合：前述の大規模地震及び大規模津波発生時のET図のとおり、大規模地震発生時のプラント状態に包含される。
- ・内部溢水との重畳の場合：大規模津波との重畳に包含される。
- ・内部火災との重畳の場合：大規模地震に包含される。

【火山噴火による降灰と降雪(大雪)重又は降雨との重畳】

- ・循環水ポンプ建屋の損壊により、海水ポンプ機能が喪失しELAPIに至る可能性がある。
- ・降雨により泥流が発生するような状況においては、T.P.31m盤のアクセス性に影響を与える可能性及び重大事故等対処設備の一部が機能喪失する可能性がある。

【融雪と豪雨の重畳】

- ・海水ポンプの機能喪失、主変圧器・所内変圧器の機能喪失が考えられ、ELAPIに至る可能性がある。
- ・T.P.15mを超えるような溢水発生は考え難いことから、タービン動補助給水ポンプによる炉心冷却は可能である。

【台風(強風)と洪水(高潮)の重畳】

- ・外部電源の喪失、海水ポンプの機能喪失により、ELAPIに至る可能性がある。
- ・T.P.15mを超えるような高潮発生は考え難いことから、タービン動補助給水ポンプによる炉心冷却は可能である。

### 3. 米国におけるガイド (NEI-12-06) において抽出された自然災害について

米国におけるガイドである NEI-12-06 (FLEX) においては、設計基準を超える外部事象の発生は、原子炉の安全性に最も影響を及ぼすものである長期交流電源喪失 (ELAP) 及び最終ヒートシンク (LUHS) を同時発生させる原因となる可能性があるとしている。

この ELAP 及び LUHS の同時発生の原因となり、かつ建屋及びプラント内機器に影響を及ぼすものとして、以下の 5 事象を抽出している。

#### 【NEI-12-06 で分類された 5 つの自然災害】

- ・地震
- ・外部洪水 (津波、高潮、降水、洪水等)
- ・強風 (台風、竜巻等)
- ・積雪、氷結、極低温
- ・極高温

【米国の FLEX の付属書 B (添付資料 3 参照) においては、米国機械学会 (ASME) 及び米国原子力学会 (ANS) の確率論的リスク評価基準で考慮されている外部ハザード (自然災害含む) を参照し、長期交流電源喪失 (ELAP) 及び最終ヒートシンク (LUHS) の同時発生の原因となる可能性があり、かつ建屋及びプラント内機器に影響を及ぼすものについて抽出した上で、考慮すべき自然災害を 5 つに分類し、考慮すべき事項を整理している。】

NEI-12-06 においては、ELAP 及び LUHS を同時発生させる可能性のある自然災害として上記 5 事象 (分類) を抽出しているが、資料 4 の I における大規模損壊を発生させる可能性のある大規模自然災害の抽出結果のとおり、泊発電所においては、地震、津波及び竜巻が ELAP 及び LUHS を同時発生させる可能性のある事象としている。極高温、極低温等については、地理的な相違から我が国においては発生する可能性は極めて低いこと、また予報等により事前の安全措置が可能であることから、ELAP 及び LUHS を同時発生させる可能性のある事象として考慮していないが、地震、津波及び竜巻については、NEI-12-06 の考え方と一致している。

なお、大規模な自然災害によりもたらされる可能性のある大規模損壊への対策については、当該事象によって設計基準事故対処設備に加え常設重大事故等対処設備が機能喪失することも想定されることから、構内の T.P. 31m 以上の高台に分散配置する等により大規模な自然災害に対する防護を考慮した可搬型重大事故等対処設備を活用し、柔軟な対応を可能とする多様な手段を整備することを基本としている。この考え方は、NEI-12-06 における FLEX 戦略と類似している。

#### 4. 大規模な自然災害（地震）の発生を想定した対応訓練の実施及び改善点の抽出について

2013年12月19日に、泊3号機において大規模な自然災害（地震）が発生することを想定した総合的な訓練を実施した。当該訓練の主目的は、大規模な自然災害又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる大規模損壊の発生に備えるために整備している手順書及び設備等が、有効かつ実効性のあるものとなっていることを確認するとしている。

以下に訓練概要及び結果並びに抽出された主な改善点を示す。

##### （1）訓練概要

- a. 訓練日時：平成25年12月19日(木) 9：00～16：00
- b. 参加人数：協力会社を含め159名（延べ人数）
- c. 事故想定：
  - ・泊1，2号機停止中、泊3号機定格熱出力一定運転中の状況から、後志管内内陸部を震源とする大地震が発生し、3号機が地震加速度大により自動停止。
  - ・地震の影響により、通常の通信手段の喪失に加えて、衛星固定電話、無線等の通常の通信手段も使用不能な状況を想定する。（携行型通話装置、衛星携帯電話のみ使用可能。）
  - ・2号機SFPより漏えい発生。3号機補助ボイラー燃料タンク及び1号機主変圧器から同時に火災が発生。
  - ・3号機格納容器に亀裂発生、全交流動力電源喪失に加えてタービン動補助給水ポンプが故障停止し冷却機能が喪失することで、ELAP+LUHSに至る想定とする。

##### （2）訓練結果

大規模な自然災害（大地震）の発生により、3号機原子炉施設の大規模損壊（プラントパラメータ監視不能を含む）及び停止中の2号機使用済燃料ピットの漏えいが同時に発生する想定とするとともに、通常の通信手段に加えてバックアップとして期待する固定型の通信手段も使用不能な厳しい想定とした場合においても、大規模損壊への対応のために今回整備した「泊発電所重大事故等発生時および大規模損壊発生時対応要領」及び当該要領に基づく対応手順書（要則）により、使用可能な可搬型重大事故等対処設備等の確認、適切な戦略の立案から決定、指示命令及び対策の実施までの一連のプロセスの成立性及び実効性を確認した。

##### （3）改善事項の抽出

今回の訓練の結果から抽出された主な改善事項について以下に示す。

- a. 「泊発電所重大事故等発生時および大規模損壊発生時対応要領」及び当該要領に基づく対応手順書への訓練結果の反映
  - ・判断フローの表現の適正化、記載の充実等
  - ・重大事故等発生時の対応と大規模損壊発生時の対応のエントリー条件の適正化
  - ・プラント状態チェックシートにおける確認対象設備の追加等
  - ・電源喪失時にSFPへアクセスせずに補給する手段の検討及び手順化

b. 設備の充実

- ・ 緊急時対策設備の充実（ホワイトボードの追加、関連資料等の追加、手元灯の購入）
- ・ 火災対応強化（可搬型中型送水ポンプ車の消防車としての活用検討及び泡消火薬剤の追加配備）

c. 今後の訓練への考慮事項

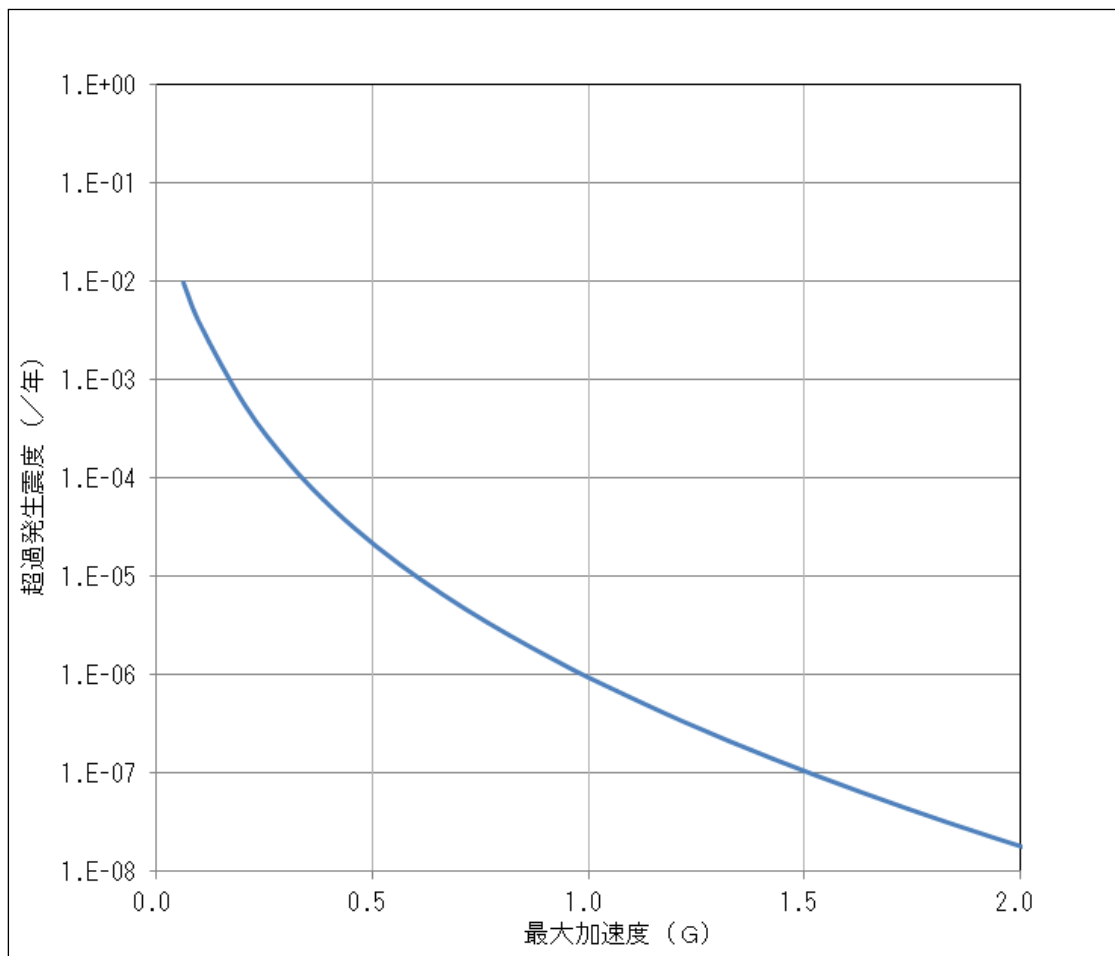
- ・ 夜間訓練（SBO想定）の実施
- ・ 冬季の厳しい環境下での個別訓練の実施
- ・ ホース繋ぎこみ等の技能の習熟度の向上
- ・ ホース敷設等の実施に当たって、将来的に設置されるフェンス等の障害物も想定した訓練の実施
- ・ 夜間・休日時を想定した限られた要員での事故対応訓練の実施

添付資料



## (1) 地震ハザード

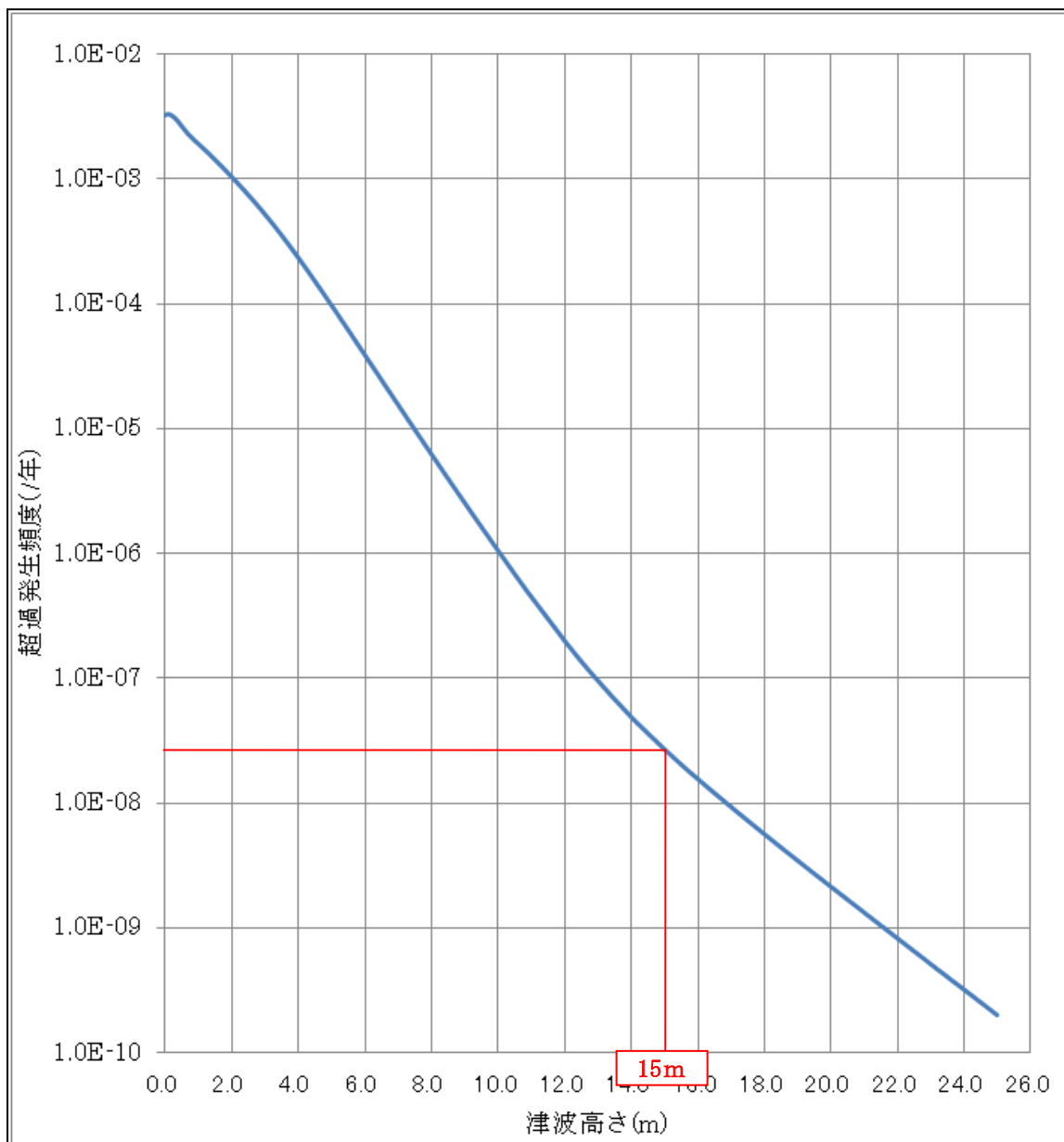
加速度区分	地震平均発生頻度 (／年)
区分 1 (0.2G~0.4G)	5.4E-04
区分 2 (0.4G~0.6G)	4.3E-05
区分 3 (0.6G~0.8G)	7.3E-06
区分 4 (0.8G~1.0G)	1.8E-06
区分 5 (1.0G~1.2G)	5.7E-07



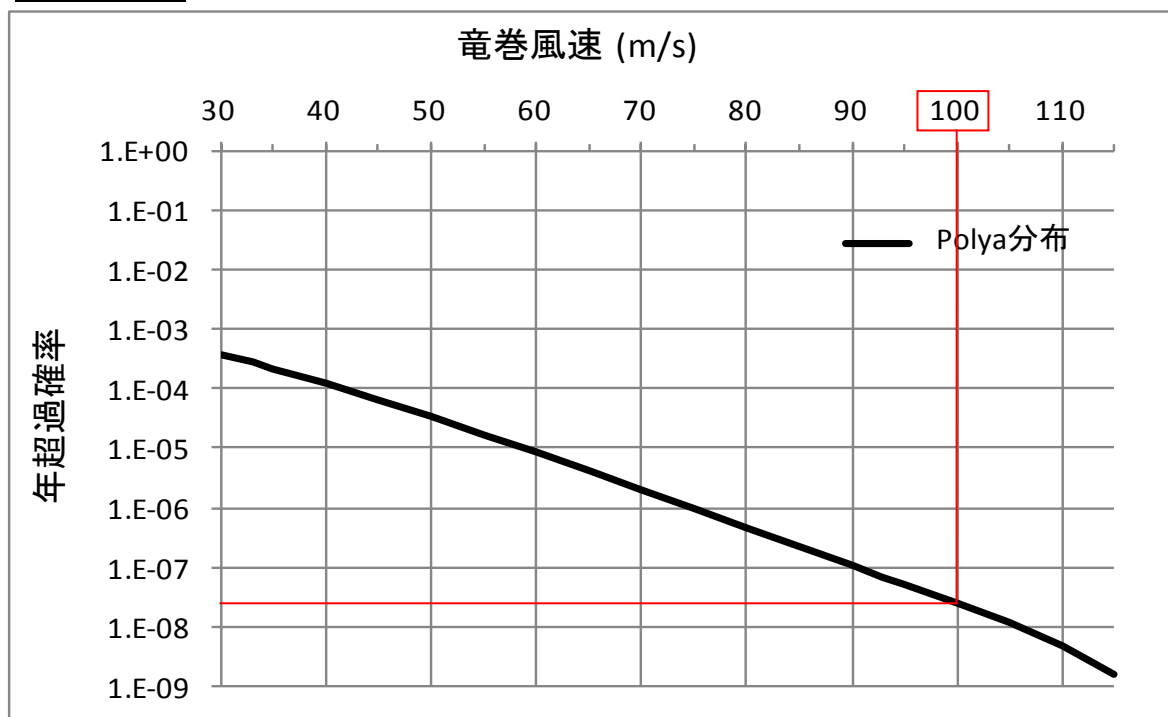
平成 25 年 7 月申請時の泊発電所における基準地震動  $S_s$  は、最大加速度 0.56 (G) である。

(2) 津波ハザード

津波シナリオ区分	津波発生頻度 (／年)
区分1 (10.0m以上～10.3m未満)	2.5E-07
区分2 (10.3m以上～15.0m未満)	7.9E-07
区分3 (15.0m以上)	2.7E-08



(3) 竜巻ハザード



a. 竜巻発生統計データ (気象庁 HP より)

都道府県別発生確認数 (1991~2012年)

	件数		件数		件数		件数		件数		件数		件数
宗谷地方	1	青森県	4	茨城県	10	静岡県	10	滋賀県	1	岡山県	1	山口県	6
上川地方	0	秋田県	17	栃木県	4	愛知県	16	京都府	2	広島県	0	福岡県	6
留萌地方	5	岩手県	2	群馬県	2	岐阜県	4	大阪府	0	島根県	3	大分県	1
石狩地方	3	宮城県	2	埼玉県	9	三重県	6	兵庫県	0	鳥取県	2	長崎県	5
空知地方	4	山形県	9	東京都	7	新潟県	16	奈良県	1	香川県	3	佐賀県	5
後志地方	0	福島県	1	千葉県	11	富山県	3	和歌山県	9	徳島県	3	熊本県	3
網走・北見・紋別地方	2			神奈川県	5	石川県	8			愛媛県	1	宮崎県	22
根室地方	0			長野県	2	福井県	5			高知県	24	鹿児島県	21
釧路地方	0			山梨県	2							沖縄県	41
十勝地方	2												
胆振地方	3												
日高地方	11												
渡島地方	1												
檜山地方	2												
(北海道計)	34												

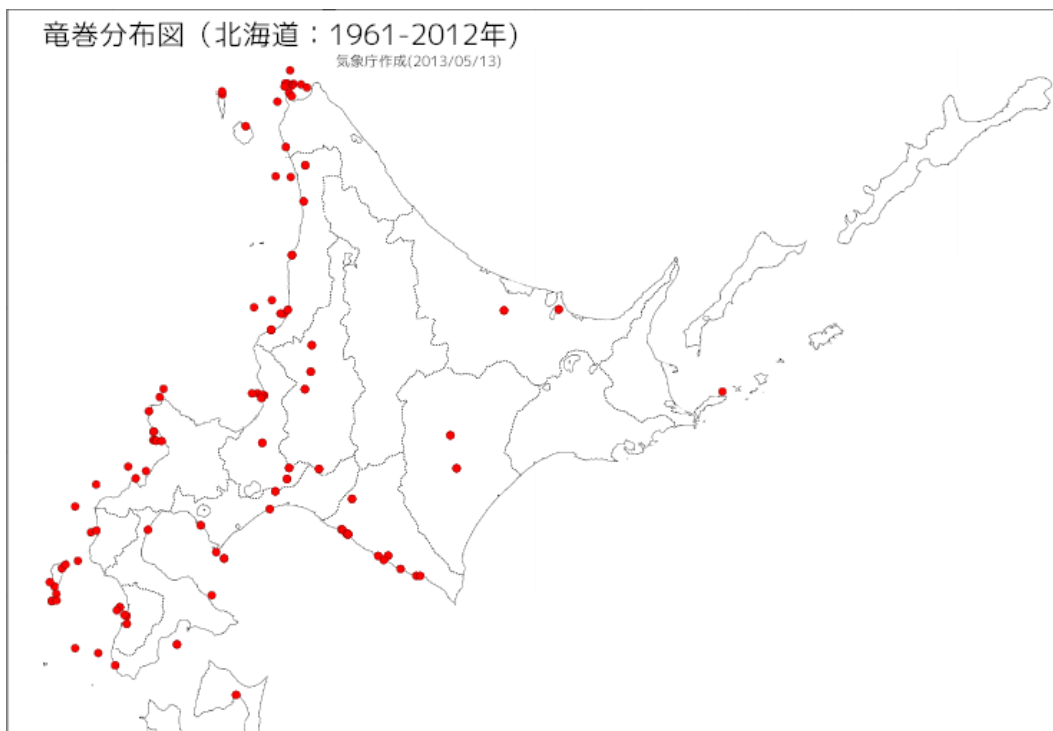
b. 全国での発生事例（気象庁 HP より）

＜藤田スケール F3 の竜巻＞

現象 区別	発生日時	発生場所	藤田 スケ ール	被害 幅 m	被害 長さ Km	主な被害状況				総観場
						死 者	負 傷 者	住 家 全 壊	住 家 半 壊	
竜巻	2006/11/07 13:23	北海道網走支庁 佐呂間町	F3	100 ～ 300	1.4	9	31	7	7	寒冷前線・暖 気の移流
竜巻	2012/05/06 12:35	茨城県 常総市	F3	500	17.0	1	37	76	158	気圧の谷・寒 気の移流
竜巻	1971/07/07 07:50 頃	埼玉県 浦和市	(F3)	100	3.0	1	11	5	1	台風
竜巻	1990/12/11 19:13	千葉県 茂原市	F3	500 ～ 1200	6.5	1	73	82	161	暖気の移流・ 気圧の谷・寒 冷前線
竜巻	1967/10/28 03:12 頃	千葉県 飯岡町	(F2 ～ F3)	80～ 150	11.0	0	#	#	#	台風
竜巻	1966/01/04 12:48 頃	千葉県 南総町	(F2 ～ F3)	30～ 100	6.0	0	8	15	0	南岸低気圧・ 寒冷前線
竜巻	1978/02/28 21:20	神奈川県 川崎市	F2～ F3	200 ～ 2000	40.0 ～ 42.0	0	36	9	280	寒冷前線・暖 気の移流
竜巻	1999/09/24 11:07	愛知県 豊橋市	F3	50～ 550	18.0	0	415	40	309	台風
竜巻	1969/12/07 18:00	愛知県 豊橋市	(F2 ～ F3)	30～ 150	4.9	1	69	10	46	二つ玉低気圧
竜巻	1968/09/24 19:05 頃	宮崎県 高鍋町	(F2 ～ F3)	50～ 100	3.5 ～ 3.7	0	#	#	#	台風
竜巻	1990/02/19 15:15 頃	鹿児島県 枕崎市	(F2 ～ F3)	200	3.0 ～ 4.0	1	18	29	88	寒冷前線・暖 気の移流・そ の他(低気圧)

#: 大雨など突風以外の気象現象による被害数を含む、あるいは他の事例の被害欄に当該事例による被害数を含めて記載していることを示す。

c. 竜巻分布図（気象庁 HP より）



d. 泊発電所の竜巻検討地域における竜巻の移動方向

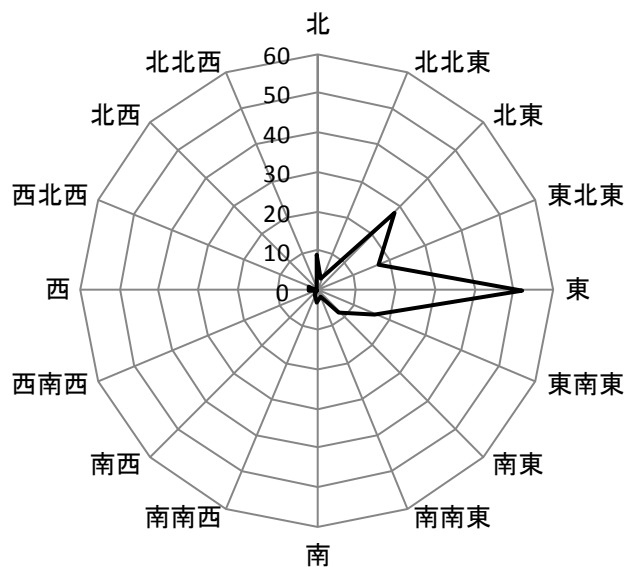
泊発電所の竜巻検討地域における過去の発生竜巻について、移動方向の傾向を整理した。

観測されている発生竜巻の実績は全 206 個であり、そのうち 143 個の竜巻について移動方向が判明しており、これらを整理した結果を第 3 表及び第 3 図に示す。その結果、東側方向に向けて移動する竜巻が大半を占めており、北東～南東までの範囲に 121 個が集中している。これは全個数のおよそ 85%である。特に、泊発電所が位置する北海道後志支庁沿岸部の発生竜巻については、全て東側（北東～南東までの範囲）方向への移動が確認されている。

これらを踏まえると、泊発電所における竜巻の到来方向の傾向としては、海側から進入してくる可能性が高く、山側から進入してくる可能性は低いと考えられる。

表 3 移動方向別の竜巻発生個数[個]

北	9
北北東	3
北東	28
東北東	17
東	52
東南東	16
南東	8
南南東	2
南	3
南南西	1
南西	0
西南西	0
西	2
西北西	2
北西	0
北北西	0
計	143



第 3 図 移動方向別の竜巻発生個数

e. 過去最大の台風について（気象庁HPより）

日本の観測史上、最大風速および最大瞬間風速が最大となった台風は以下の通り。

最大風速が最大となったのは、昭和 40 年の台風 23 号で 69.8m/s（室戸岬）、最大瞬間風速が最大となったのは、第 2 宮古島台風で 85.3m/s(宮古島)である。これらは、竜巻評価における風速である 100m/s に包含されている。

最大風速

順位	都道府県	観測所	観測値		
			m/s	風向	起日
1	静岡県	富士山 *	72.5	西南西	1942 年 4 月 5 日
2	高知県	室戸岬 *	69.8	西南西	1965 年 9 月 10 日
3	沖縄県	宮古島 *	60.8	北東	1966 年 9 月 5 日
4	長崎県	雲仙岳 *	60.0	東南東	1942 年 8 月 27 日
5	滋賀県	伊吹山 *	56.7	南南東	1961 年 9 月 16 日

最大瞬間風速

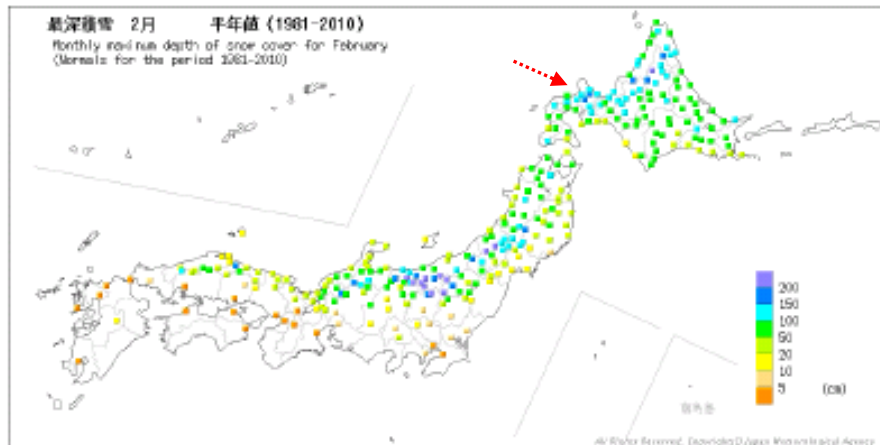
順位	都道府県	観測所	観測値		
			m/s	風向	起日
1	静岡県	富士山	91.0	南南西	1966 年 9 月 25 日
2	沖縄県	宮古島	85.3	北東	1966 年 9 月 5 日
3	高知県	室戸岬	84.5 ]	西南西	1961 年 9 月 16 日
4	鹿児島県	名瀬	78.9	東南東	1970 年 8 月 13 日
5	沖縄県	那覇	73.6	南	1956 年 9 月 8 日

\*印の地点は気象台等

(4) 極低温（凍結）、豪雪に係るハザード

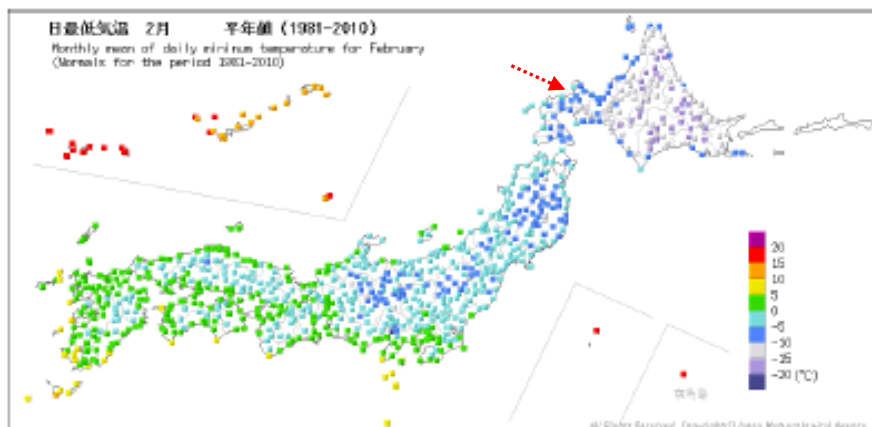
a. 日本の積雪状況（1981年から2010年の2月における平均値）

以下のデータから、泊発電所近郊における積雪量は、それほど多くないことが分かる。

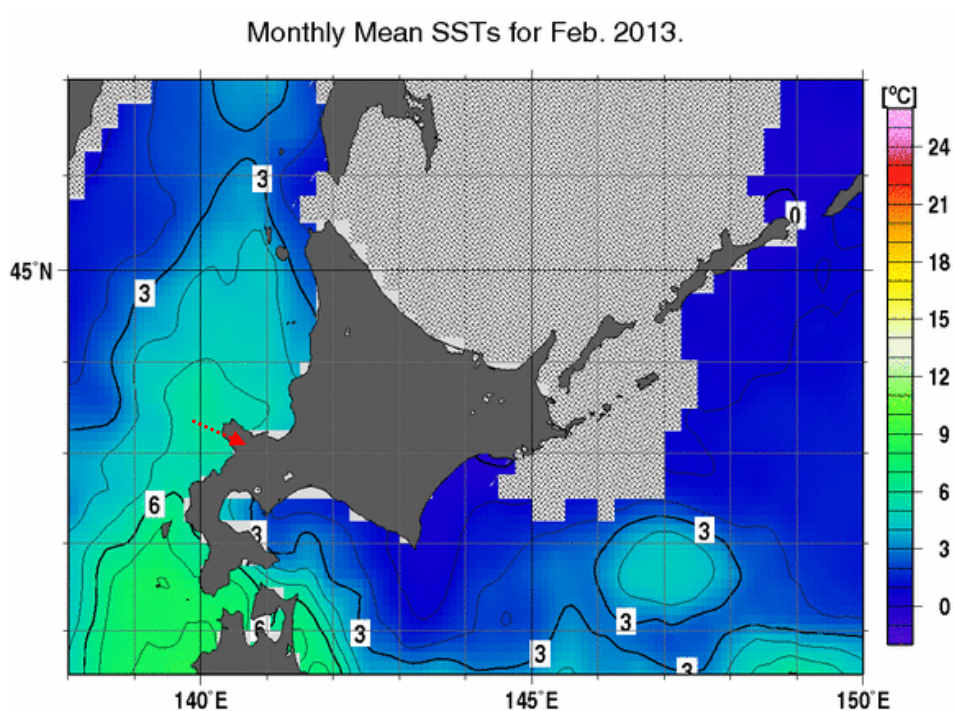


b. 日本における平均最低気温（1981年から2010年の2月における平均最低気温）

泊発電所近郊における厳冬期の最低気温については、概ね-10℃程度を示しておりそれほど厳しい温度とはなっていない。

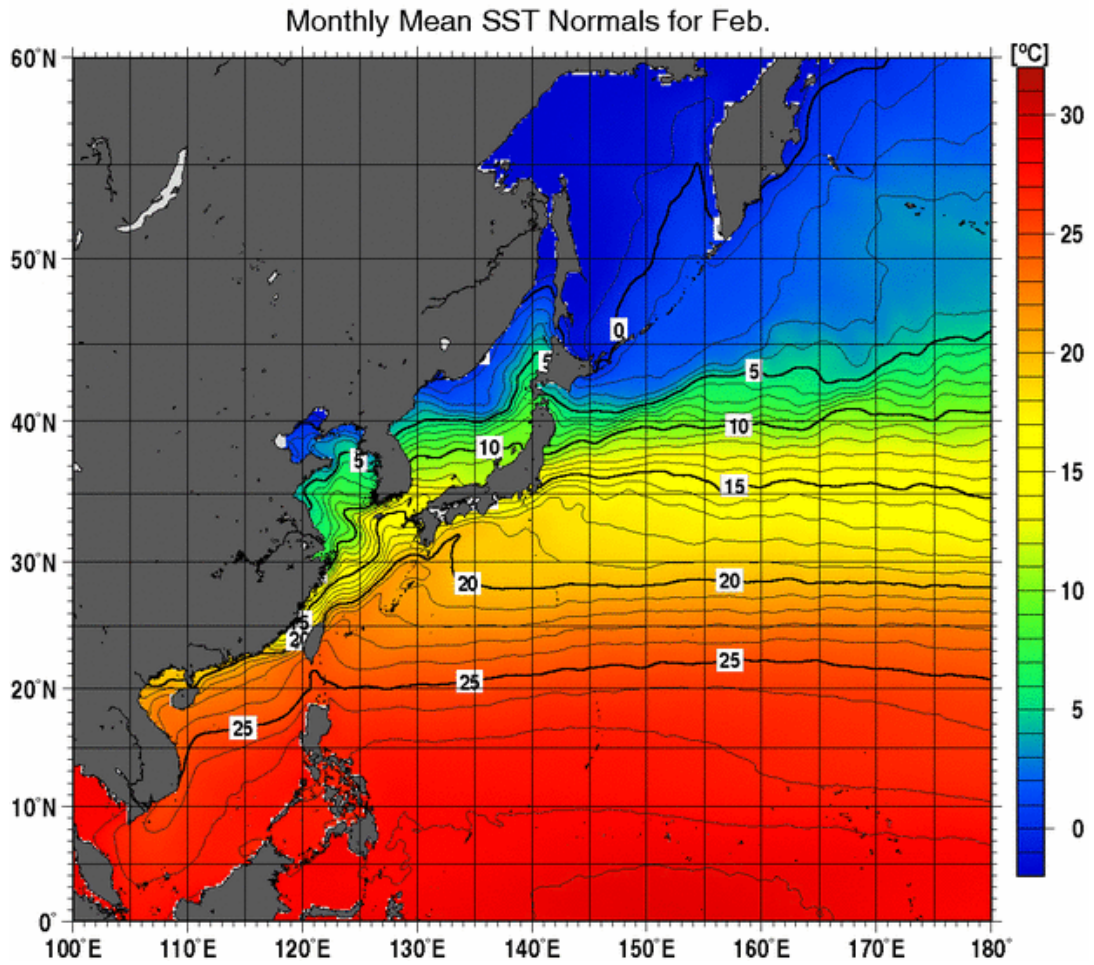


(2013年2月、気象庁HPより)





c. 北西太平洋月平均海面水温 2月の平年値 (1981年から2010年の平均、気象庁HPより)





## 過酷な気象条件について

泊発電所において、過酷な自然災害が襲った場合の影響を以下のとおり検討した。

## 1. 気象

入力条件は、気象庁の異常気象リスクマップ法（別添-1）に基づき 10<sup>7</sup>年に相当する条件のうち、小樽と寿都のうち厳しい条件を採用した。

## (1) 降雨

日雨量として 845.9mm(寿都)、時間雨量として 135.4mm(寿都) を考慮する。

降雨による影響として、低温停止に必要な設備が設置された建屋に降雨が流入することが考えられるが、浸水対策範囲に留まることからプラントの安全性に影響を与えることはない。

屋外の降雨は基本的には海に排水されるものと考えられることから、建屋へ降雨が流入する場合においても降雨の評価は内部溢水の評価に包絡されるものと考えられる。

## (2) 高温

高温として 36.3℃（小樽）を考慮する。高温時の影響として、機器の除熱への影響及び中央制御室の居住性への影響が考えられる。

なお、泊発電所 3 号機の換気空調設備では高温の設計外気温度として 27℃を想定している。

## ①機器の除熱への影響

通常運転時は 4 台(2 台/トレン)設置されている空調用冷凍機のうち 3 台で機器を除熱可能な設計としており、高温状態においても空調用冷凍機を追加起動することにより対応可能と考えられる。また、外電喪失時は冷却負荷に対し片トレンにつき 2 台の空調用冷凍機の起動が必要であるが、その 1 台当たりの負荷は空調用冷凍機的能力に対し余裕を有していることより対応可能と考えられる。（過去の海水温度実績から、空調用冷凍機の性能に影響を与えるような海水温度まで上昇することは想定し難い。）

## ②中央制御室の居住性

中央制御室の温度が夏季設計値 24℃以下から上昇することも考えられるが、設計値からの上昇があっても空調用冷凍機の除熱も期待できることから上記程度の高温においては運転操作に影響することはないと考えられる。また、空調用冷凍機は必要な負荷を除熱する能力を有していることから、中央制御室を循環運転することにより設計温度を達成することが可能である。（図 1 中央制御室換気空調設備系統図参照）

## (3) 低温

低温として -36.3℃（小樽）を考慮する。低温時の影響として、以下が考えられる。

なお、泊発電所 3 号機の換気空調設備では低温の設計外気温度として -19℃を想定している。

①燃焼に空気を使用する内燃機関を使用するディーゼル発電機及び可搬型の重大事故対処設備への影響

ディーゼル発電機の蓄熱室加熱器は始動用空気を 0℃以上にするよう蓄熱室内を常時 0℃以上に保持できることを設計条件にしているが、ヒーター容量は外気 -19℃時に蓄熱室内を余裕をもつ

てヒータ断となる 10℃以上にする能力を有しており、外気温-36.3℃時においても蓄熱室内を 10℃以上とすることが可能である。

重大事故対処設備については、気温低下が予想される場合は、予め屋内にて起動するなどの措置をとる。

#### ②中央制御室居住性の影響

中央制御室の空調系統設備は蒸気加熱コイルを有しているが、外気は-19℃を設計条件としており外気が-36.3℃になった場合は、中央制御室の温度が冬季設計値 21℃から低下することも考えられる。

この場合においても中央制御室の空調系統設備を循環運転にすることで室温の上昇が見込める。  
(図1 中央制御室換気空調設備系統図参照)

#### ③原子炉補助建屋、原子炉建屋等への給気について

中央制御室以外の空調設備についても蒸気加熱コイルを有している。外気が-19℃を下回る場合において、外気の低下が換気空調用設備の能力を上回り、建屋内温度が低下するような場合には、機器による排熱があるため、換気空調設備を間欠運転することにより、建屋内温度を設計条件内におさめることが可能である。

#### (4)強風

最大風速として 82.0m/s(寿都)、最大瞬間風速として 93.3m/s(小樽) を考慮する。  
強風の評価に類似する評価として竜巻の評価が風速 100m/s で行われており、強風の評価はこの評価に包絡される。

#### (5)積雪

最大の積雪深として 210.3cm(小樽) を考慮する。一方で設計では積雪として 189cm を考慮し建築基準法に基づき建屋の設計を行っている。したがって、上記は設計で考慮した積雪を上回るものの設計の余裕に収まる程度である。

## 2. 火山

設計想定では、露頭で確認された火山灰質シルトの層厚から40cmとしている。

泊発電所周辺には、以下の火山活動による降下火砕物が想定されるが、設計想定を上回る降下火砕物が発生する可能性は非常に小さいと考えられる。

### ①洞爺カルデラ（敷地の南東方向約55km）

約11万年前までには大規模な噴火活動を起こしているが、その後の噴火活動は小規模であり、有史後噴火している有珠山の噴火実績では降下火砕物は山体付近に限られている。

### ②ニセコ・雷電火山群（敷地の南東方向約22km）

最新の活動は、約6000年前と推定されるが、気象庁の火山活動解説資料では噴火の兆候は認められないとされている。

### ③羊蹄山（敷地の南東方向約34km）

約4.5万年前に火山活動による斜面崩壊が発生しているが、最新の活動実績は約2500万年前の小規模な噴火であり、敷地周辺で降下火砕物は確認されていない。

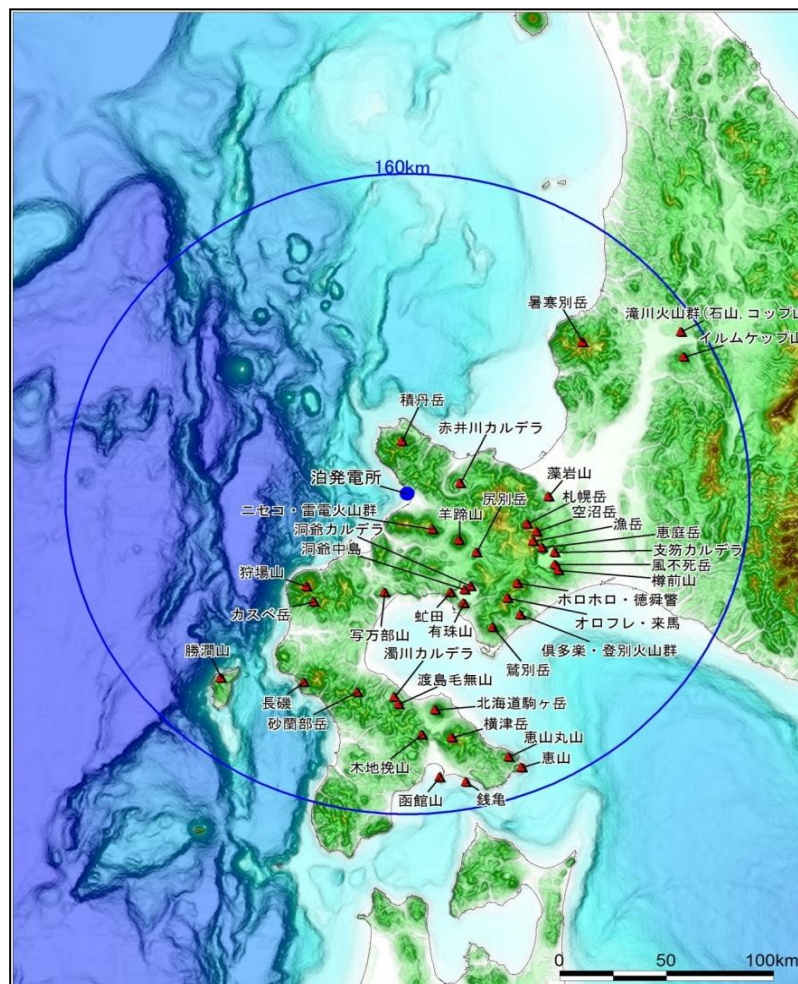
### ④尻別岳（敷地の南東方向約44km）

約5万年前に活動しているが、その影響範囲は山体近傍に限定されている。

### ⑤支笏カルデラ（敷地の東南東方向約75km）

約5万年前に活動しているが、その影響範囲は山体近傍に限定されている。

上述のとおり設計想定を上回る降下火砕物の発生の可能性は非常に小さいが、万一これを上回る降下火砕物を考慮した場合においても、設計基準で期待しているフィルタの清掃による対策は有効と考えられる。



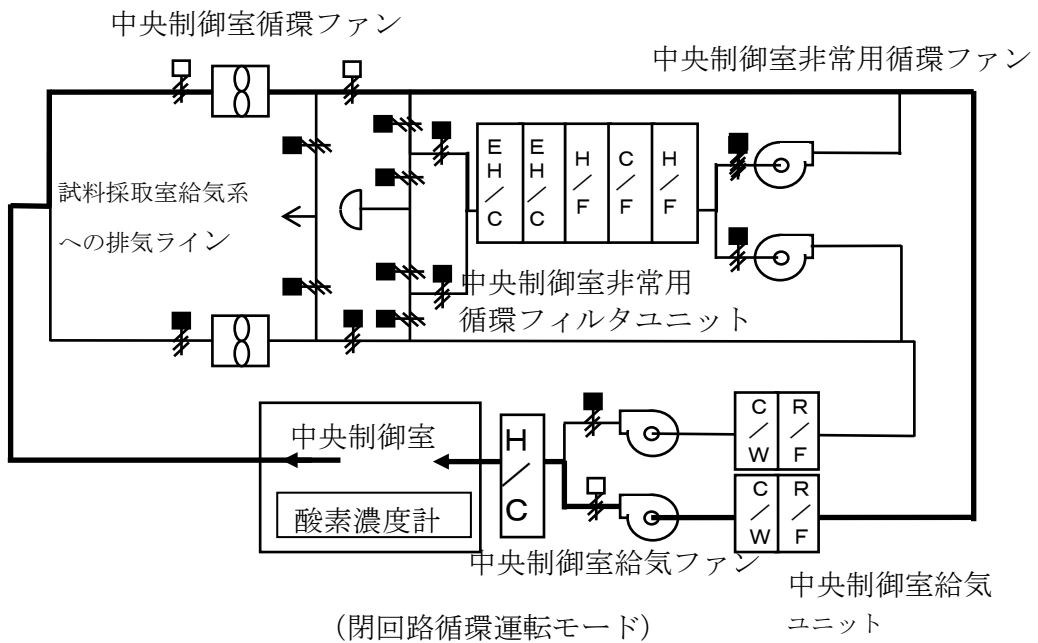
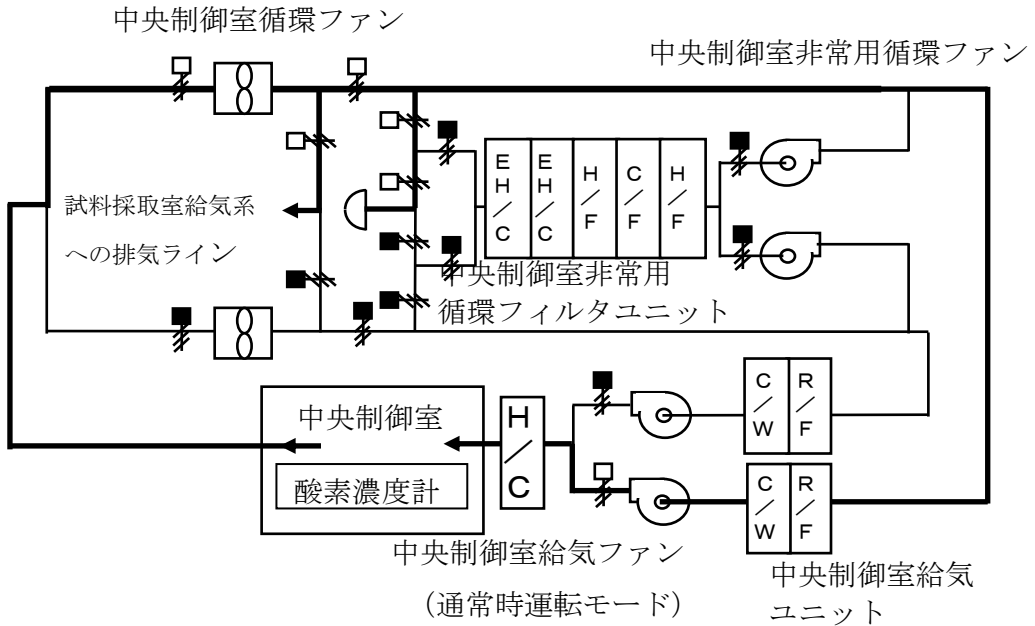
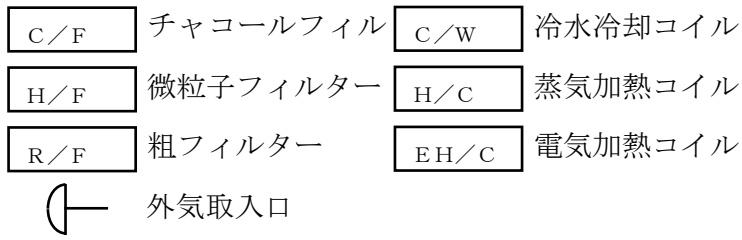


図1 中央制御室換気空調設備系

表1 日降水量(mm)の確率値

地点	確率分布 関数	確率値				SLSC
		10 <sup>2</sup> 年	10 <sup>3</sup> 年	10 <sup>4</sup> 年	10 <sup>7</sup> 年	
小樽	GUMBEL	141.6	186.3	230.9	364.6	0.0216
寿都	SQRT-ET	172.8	265.9	379.9	845.9	0.0208

表2 日最大1時間降水量(mm)の確率値

地点	確率分布 関数	確率値				SLSC
		10 <sup>2</sup> 年	10 <sup>3</sup> 年	10 <sup>4</sup> 年	10 <sup>7</sup> 年	
小樽	GUMBEL	47.2	62.5	77.8	123.6	0.0424
寿都	GUMBEL	52.7	69.3	85.8	135.4	0.0387

表3 日最高気温(°C)の確率値

地点	確率分布 関数	確率値				SLSC
		10 <sup>2</sup> 年	10 <sup>3</sup> 年	10 <sup>4</sup> 年	10 <sup>7</sup> 年	
小樽	GUMBEL	35.0	35.6	36.0	36.3	0.0194
寿都	GUMBEL	33.8	34.7	35.2	35.6	0.0193

表4 日最低気温(°C)の確率値

地点	確率分布 関数	確率値				SLSC
		10 <sup>2</sup> 年	10 <sup>3</sup> 年	10 <sup>4</sup> 年	10 <sup>7</sup> 年	
小樽	GEV	-18.9	-22.4	-25.9	<b>-36.3</b>	0.352
寿都	GEV	-15.5	-16.5	-17.0	-17.6	0.181

表5 日最大風速(m/s)の確率値

地点	確率分布 関数	確率値				SLSC
		10 <sup>2</sup> 年	10 <sup>3</sup> 年	10 <sup>4</sup> 年	10 <sup>7</sup> 年	
小樽	GUMBEL	25.2	30.4	35.6	51.3	0.0142
寿都	GUMBEL	40.1	48.5	56.9	<b>82.0</b>	0.0473

表6 日最大瞬間風速(m/s)の確率値

地点	確率分布 関数	確率値				SLSC
		10 <sup>2</sup> 年	10 <sup>3</sup> 年	10 <sup>4</sup> 年	10 <sup>7</sup> 年	
小樽	LP3	41.2	49.3	58.4	<b>93.3</b>	0.0390
寿都	GEV	41.9	44.3	45.8	47.7	0.0266

表7 月最深積雪(cm)の確率値

地点	確率分布 関数	確率値				SLSC
		10 <sup>2</sup> 年	10 <sup>3</sup> 年	10 <sup>4</sup> 年	10 <sup>7</sup> 年	
小樽	GEV	173.9	189.4	198.9	<b>210.3</b>	0.0181
寿都	GEV	128.3	142.3	150.6	160.7	0.0271

## 異常気象リスクマップにおける確率分布の推定方法について

気象庁の異常気象リスクマップにおける確率分布の推定方法（図 1－1）に従い、極値統計解析を実施した。この方法は、平成 11 年に河川技術者、学識経験者等によって策定された「中小河川計画の手引き（案）」を基本としたものであり、気象庁等において標準的に用いられている手法である。

異常気象リスクマップでは、下記の 5 つの確率分布関数を用いて、適合度を SLSC で安定性をジャックナイフ推定誤差でそれぞれ評価して、最適な確率分布を決定するものである。なお、今回の評価において、どの分布も SLSC の値が 0.04 を上回る場合には SLSC が最少となる分布を採用した。

- ① グンベル分布 (GUMBEL)
- ② 一般化極値分布 (GEV)
- ③ 平方根指数型最大値分布 (SQRT-ET)
- ④ 対数正規分布 (LN3)
- ⑤ 対数ピアソンⅢ型分布 (LP3)

確率分布関数の設定における評価基準として、隔離分布関数の適合度を SLSC で安定性をジャックナイフ推定誤差で、それぞれ評価した。

SLSC（標準最小二乗基準）は、データを確率紙にプロットして確率分布関数を当てはめたときのデータの値と関数値の差を自乗平均したものであり、値が小さいほど適合度がよいことを示している。

ジャックナイフ法は、N 個のデータから 1 つ目のデータ、2 つ目のデータと、1 個ずつのデータを抜いた N-1 個のデータセットを N 通り用意し、それぞれのデータセットから計算される確率値のばらつき（変動幅）を見る方法である。今回の評価においては、 $10^3$  年確率値における誤差を用いて安定性を判断した。

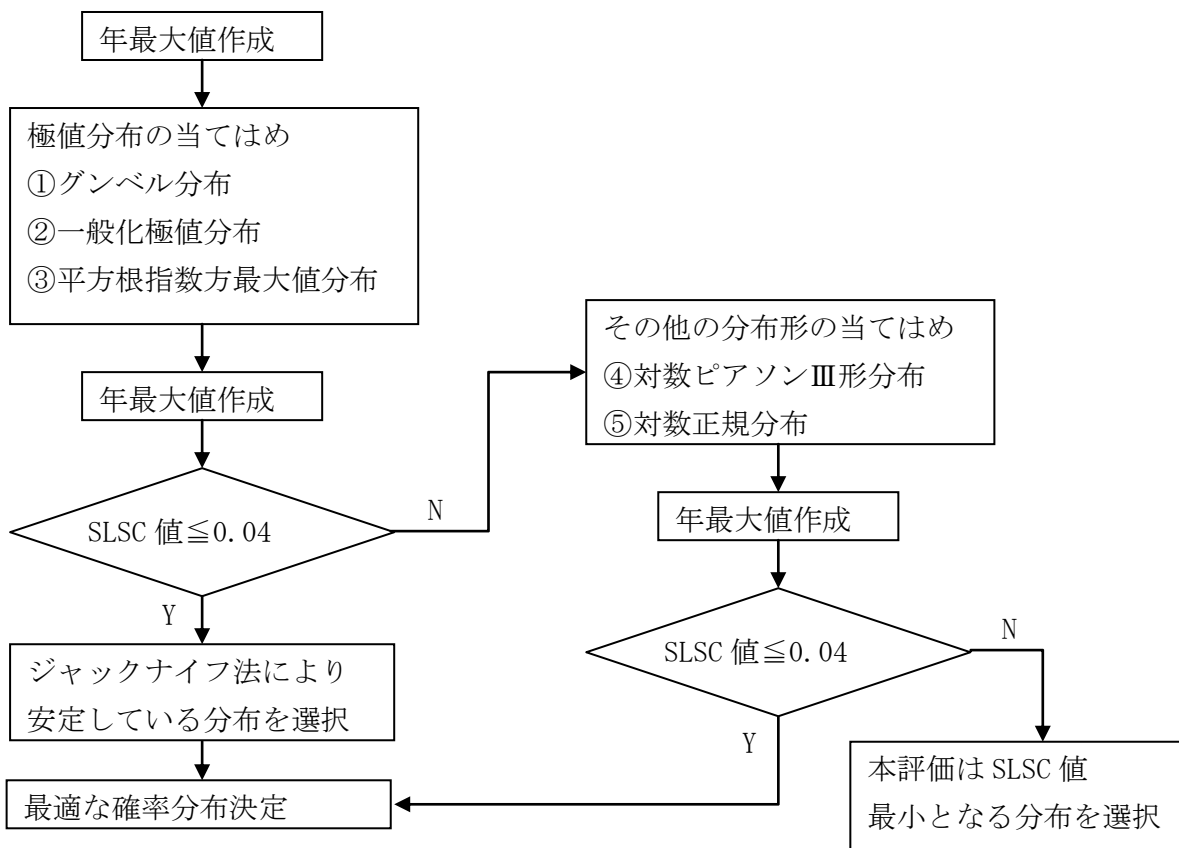


図 1 - 1 異常気象リスクマップの確率分布推定方法

## NEI-12-06(FLEX) 附属書 B (考慮が必要な自然現象の特定) より

## B. 1. 目的

本附属書は、ELAP 及び LUHS の同時発生の原因となることで、米国内の原子力発電所に重大な問題を引き起こす可能性があると思われる、設計基準を超える外的ハザードの可能性に対する評価を提供することを目的としている。特定されるハザードは、産業界での、サイト特有の FLEX 能力を開発するプロセスにおいて対処されることになる。

## B. 2. アプローチ

現行の米国機械学会 (ASME) /米国原子力学会 (ANS) の確率論的リスク評価 (PRA) 基準 [Ref. B-1] で考慮されている設計基準を超える外的ハザードの一覧を利用する。PRA 基準は、地震、強風及び外部洪水のハザードにおける PRA に対する要求事項に対処し、且つ、特定のサイトに適用可能となり得るハザードの包括的な一覧を示す、任意選択の附属書 (附属書 6-A) を提供するものであることは明らかである。附属書 6-A に示すそれぞれのハザードについて検証が行なわれる。ELAP 及び LUHS の同時発生とは明らかに関連性がないとして除外できないものは、サイト評価プロセスの一部として、引き続き考慮される。

## B. 3. 結果

外的ハザードに関する ASME/ANS 一覧の検証結果を、表 B-1 に示す。適用可能であるハザードが、どんな場合に、どのようにして評価されるかについての概要を以下に示す。

いくつかのハザードについては、ELAP 及び LUHS の同時発生の原因となる可能性があると思われるものの、構造物及び内部のプラント機器に対して重大な問題を引き起こすものではない<sup>1</sup>。従って、以下のハザードは、ステップ 1 の基本 ELAP に含まれるものと見なされる。

森林火災  
草原火災  
落雷  
砂嵐  
火山活動

いくつかのハザードは、ステップ 1 の LUHS の原因となる可能性があると思われる。

生物学的事象  
海岸浸食  
氷結  
湖沼または河川の水位低下

<sup>1</sup> 注意：太陽及び地磁気活動による擾乱も、送電系の地磁気誘導電流のために、長期にわたる所外電源の喪失の原因となる可能性があると考えられる。しかし、このハザードは、参考 B-1 に含まれていないため、ここでは一覧には明記されていない。それにも関わらず、この擾乱が、長期にわたる所外電源喪失の原因となる可能性があると考えられるのに対して、所内の安全系関連機器 (ディーゼル発電機及び内部配電装置等) に対しては、これらの機器が鉄筋コンクリート構造物に保管されていることから、影響を与えないと考えられるため、これによって FLEX 戦略の策定アプローチが変更されることはない。



## 河川の迂回

地震活動がステップ 2 Aに含まれることは明らかである。

いくつかのハザードは、外部洪水の原因になるものであり、従ってステップ 2 Bにおいて対処される。

外部洪水

満潮

降雨

静振

高潮

津波事象

波

ハリケーン

いくつかのハザードは、強風を含むものであり、従ってステップ 2 Cにおいて対処される。

ハリケーン

暴風及び竜巻

いくつかのハザードは、対応行動を阻害する可能性がある雪、氷結及び極低温を含む。これらについてはステップ 2 Dにおいて対処される。

雪崩

氷結

降雪

冬期の低温

いくつかのハザードは、極高温を含むものであり、従ってステップ 2 Eにおいて対処される。

夏期の高温

以下のハザードは、ELAP 及び LUHS の同時発生に対して、該当せずあるいはさしたる原因とならないと判断され、更なる考慮対象から除外されている。

予想外の航空機事故

干ばつ

濃霧

霜

あられ・ひょう

工業施設または軍事施設における事故

土砂崩れ

隕石または衛星の落下

配管事故

所内に保管される化学物質の放出

船舶事故

陥没

土壌の収縮または膨張

有毒ガス

交通事故

タービンミサイル

自動車事故

自動車または船舶の爆発

#### B.4 参考文献

B-1. 米国機械工学会及び米国原子力学会「レベル 1/原子力発電所申請のための早期大規模放出頻度の確率論的リスク評価に対する ASME/ANS RA-S-2008 基準へのアジェンダ (Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/ Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications)」ASME/ANS RA-Sa-2009, New York (NY)、2009 年 2 月

表B-1

ASME/ANS PRA 基準で特定される外的ハザードの評価 [Ref. B-1]

外的ハザード	ELAP/LUHS に該当する可能性 (Yes/No)	処理
森林火災	Y	ELAP の基本処理を含む
草原火災	Y	ELAP の基本処理を含む
落雷	Y	ELAP の基本処理を含む
砂嵐	Y	ELAP の基本処理を含む
火山活動	Y	ELAP の基本処理を含む
生物学的事象	Y	LUHS に含む
海岸浸食	Y	LUHS に含む
氷結	Y	LUHS 及び雪または氷結の影響への処理を含む
湖沼または河川の水位低下	Y	LUHS に含む
河川の迂回	Y	LUHS に含む
地震活動	Y	地震を含む
外部洪水	Y	外部洪水を含む
満潮	Y	外部洪水を含む
降雨	Y	外部洪水を含む
静振	Y	外部洪水を含む
高潮	Y	外部洪水を含む
津波事象	Y	外部洪水を含む
波	Y	外部洪水を含む
ハリケーン	Y	外部洪水及び強風を含む
暴風及び竜巻	Y	強風を含む
雪崩	Y	雪または氷結の影響への処理を含む
降雪	Y	雪または氷結の影響への処理を含む
冬期における低温	Y	極端な温度への処理を含む
夏期における高温	Y	極端な温度への処理を含む
予想外の航空機衝突	N	除外。自然現象以外で既に 10CFR50.54 (hh) (2) に含まれている。
干ばつ	N	事象の進展が緩やかであり、短期間で LUHS に重大な問題を引き起こすことはない。
濃霧	N	除外
霜	N	雪または氷結の影響への処理を含む
あられ・ひょう	N	除外

工業施設または軍事施設における事故	N	除外、自然現象でない
土砂崩れ	N	除外
隕石または衛星の落下	N	除外、自然現象でない
配管事故	N	除外
所内に保管される化学物質の放出	N	除外、自然現象でない
船舶事故	N	除外、自然現象でない
陥没	N	除外
土壌の収縮または膨張	N	除外
有毒ガス	N	除外、自然現象でない
交通事故	N	除外、自然現象でない
タービンミサイル	N	除外、自然現象でない
自動車事故	N	除外、自然現象でない
自動車または船舶の爆発	N	除外、自然現象でない