

# 島根原子力発電所 2 号炉 外部事象の考慮について

---

平成 3 1 年 4 月  
中国電力株式会社

---

1. 規制要求事項	.....P	2
2. 設計上考慮すべき外部事象の選定と評価の流れ	.....P	3
3. 外部事象の選定	.....P	4
4. 自然現象の組合せ	.....P	9
5. 外部事象に対する影響評価及び対策の検討	.....P	16
5. 1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討	.....P	17
5. 2 人為事象に対する影響評価及び対策の検討	.....P	26
5. 3 自然現象に対する影響評価及び対策の概要	.....P	30
5. 4 人為事象に対する影響評価及び対策の概要	.....P	31
6. 審査会合での指摘事項に対する回答	.....P	32

# 1. 規制要求事項

## ■ 規制要求事項

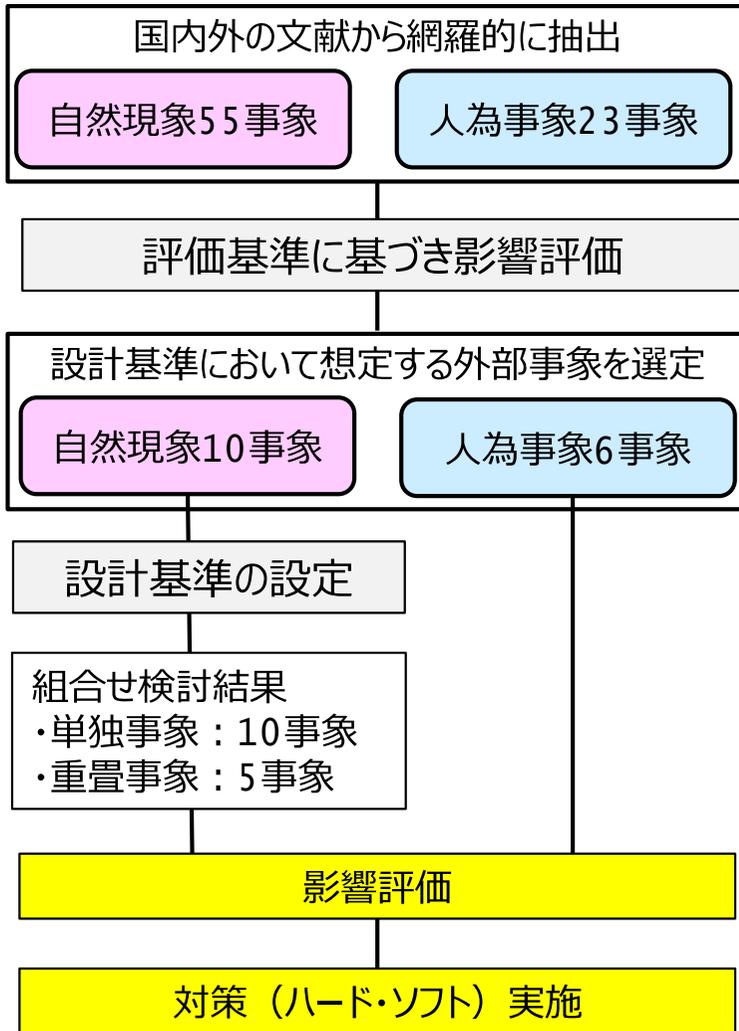
「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」（以下，「基準規則」という。）及びその解釈において，自然現象及び人為事象に対して，以下のとおり，安全施設の安全機能を維持することが求められている

### 規制要求事項

基準規則	基準規則の解釈	
(外部からの衝撃による損傷の防止) 第六条	<ul style="list-style-type: none"><li>「想定される自然現象」とは，<u>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</u>から適用されるものをいう。</li><li>自然現象は，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，<u>異種の自然現象を重畳させる</u>。</li><li>「人為によるもの（故意によるものを除く）」とは，<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。</li></ul>	自然現象の選定  重畳(組合せ)も考慮  人為事象の選定
<ul style="list-style-type: none"><li>安全施設※は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</li><li>安全施設※は，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ない。</li></ul>		
※：設計基準対象施設のうち，安全機能（原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能）を有するもの		

## 2. 設計上考慮すべき外部事象の選定と評価の流れ

■ 以下のフローに従い外部事象の選定，評価を実施



➤ 自然現象，人為事象は，確率論的リスク評価（PRA）及びテロ等に対する国内外の文献から網羅的に抽出

➤ 海外での評価手法を参考とした評価基準により，発電所敷地の自然環境や敷地及び敷地周辺の状況を考慮し，設計基準において想定する外部事象を選定

➤ 選定した自然現象について，規格・基準類，観測記録の既往最大値又は発電所の周辺状況から島根原子力発電所において考慮すべき事象の規模（設計基準）を設定

➤ 自然現象は，重畳（組合せ）についても検討

➤ 選定した自然現象（重畳含む）及び人為事象について，島根原子力発電所の周辺状況等を踏まえ，個別に評価を実施

外部事象の選定・評価フロー

### 3. 外部事象の選定 (1 / 5)

#### ■ 外部事象の抽出に用いた文献

- ① 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（制定 平成25年6月19日 原規技発第1306193号 原子力規制委員会決定）
- ② 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（制定 平成25年6月19日 原規技発第1306194号 原子力規制委員会決定）
- ③ NUREG /CR -2300 “PRA Procedures Guide”, NRC, January 1983
- ④ Specific Safety Guide (SSG-3) “Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010
- ⑤ 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998年
- ⑥ ASME/ANS RA-S-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”
- ⑦ DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)
- ⑧ B.5.b Phase 2 & 3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006)-2011.5 NRC公表
- ⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014」一般社団法人 日本原子力学会 2014年12月

### 3. 外部事象の選定 (2 / 5)

抽出した自然現象 (55事象)

1-1	風 (台風)	1-29	高水温 (海水温高)
1-2	竜巻	1-30	低水温 (海水温低)
1-3	高温	1-31	海底地滑り
1-4	低温 (凍結)	1-32	氷結 (水面の凍結)
1-5	極限的な気圧	1-33	氷晶
1-6	降雨 (豪雨)	1-34	氷壁
1-7	積雪 (豪雪)	1-35	水中の有機物質
1-8	ひょう	1-36	生物学的事象
1-9	もや	1-37	津波
1-10	霜	1-38	太陽フレア, 磁気嵐
1-11	干ばつ	1-39	洪水
1-12	塩害, 塩雲	1-40	濃霧
1-13	砂嵐	1-41	森林火災※1
1-14	落雷	1-42	草原火災
1-15	隕石	1-43	満潮
1-16	地面の隆起	1-44	ハリケーン
1-17	動物	1-45	河川の迂回
1-18	火山 (火山活動・降灰)	1-46	静振
1-19	雪崩	1-47	陥没
1-20	地滑り	1-48	高潮
1-21	地震活動	1-49	波浪
1-22	カルスト	1-50	土石流
1-23	地下水による浸食	1-51	土砂崩れ (山崩れ, 崖崩れ)
1-24	海岸浸食 (水面下の浸食)	1-52	泥湧出
1-25	湖又は河川の水位低下	1-53	水蒸気, 熱湯噴出
1-26	湖又は河川の水位上昇	1-54	土壌の収縮又は膨張
1-27	海水面低	1-55	毒性ガス
1-28	海水面高		

抽出した人為事象 (23事象)

2-1	船舶から放出される固体液体不純物	2-13	他ユニットからのタービンミサイル
2-2	水中への化学物質の流出	2-14	他ユニットからの内部溢水
2-3	船舶の衝突 (船舶事故)	2-15	人工衛星の落下
2-4	交通機関 (航空機を除く) の事故による爆発	2-16	飛来物 (航空機事故)
2-5	交通機関 (航空機を除く) の事故による化学物質流出	2-17	電磁的障害
2-6	爆発 (発電所外) ※1	2-18	ダムの崩壊
2-7	化学物質流出 (発電所外)	2-19	工業施設又は軍事施設事故 (爆発, 化学物質放出)
2-8	発電所内貯蔵の化学物質流出	2-20	タービンミサイル
2-9	パイプライン事故 (爆発, 化学物質流出)	2-21	有毒ガス
2-10	軍事施設からのミサイル	2-22	内部溢水
2-11	掘削工事	2-23	外部火災 (近隣工場等の火災) ※1
2-12	他ユニットからの火災		

赤字：第6条対応で設計上考慮する事象として選定した事象  
 青字：組合せ検討時に追加した事象※2

※1 森林火災, 爆発, 外部火災 (近隣工場等の火災) は火災・爆発としてまとめて評価

※2 地震, 津波は第6条の対象事象ではないが, 規制基準上要求される対象事象

### 3. 外部事象の選定 (3 / 5)

■ 外部事象（自然現象，人為事象）の選定

- 海外での評価手法を参考とした評価基準※により，発電所敷地の自然環境や敷地及び敷地周辺の状況を考慮し，設計基準において想定する外部事象を選定

※評価基準：米国機械学会規格「リスク評価に関する規格」における外部事象の評価基準を参考とした

評価基準

基準A	プラントに影響を及ぼす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もしくはそれ以下
基準D	影響が他の事象に包含される
基準E	発生頻度が非常に低い
基準F	基準規則第6条の対象外事象（地震，津波等）

外部事象のスクリーニング例

No.	自然現象	評価結果	評価基準
1-15	隕石	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 (落下確率 $10^{-9}$ : NUREG1407(NRC))	E
1-21	地震活動	「第4条 地震による損傷の防止」において評価	F
1-24	海岸浸食 (水面下の浸食)	海岸の浸食は進展が遅く十分に管理でき，補強工事等により侵食を食い止めることができることから，安全施設の機能に影響を及ぼすことはない	B
1-40	濃霧	安全施設の機能に影響を及ぼさない	C
1-51	土砂崩れ (山崩れ，崖崩れ)	土砂崩れ（山崩れ，崖崩れ）を地滑りの評価で考慮するため，「地滑り」による影響評価に包含	D
No.	人為事象	評価結果	評価基準
2-9	パイプライン事故	発電所周辺にパイプラインはない	A

### 3. 外部事象の選定（4 / 5）

- 外部事象（自然現象，人為事象）の選定結果  
選定した外部事象について，設計基準値を設定すると共に，個々の事象が安全施設に与える影響の評価を実施

外部事象の選定結果

自然現象（10事象）	人為事象（6事象）
1. 洪水 2. 風（台風） 3. 竜巻※ 4. 凍結 5. 降水 6. 積雪 7. 落雷 8. 地滑り 9. 火山の影響※ 10. 生物学的事象	1. 飛来物（航空機落下） 2. ダムの崩壊 3. 火災・爆発（森林火災，近隣工場等の火災・爆発，航空機落下火災等）※ 4. 有毒ガス※ 5. 船舶の衝突 6. 電磁的障害

※ 当該ハザードに関しては別資料にて説明

### 3. 外部事象の選定（5 / 5）

選定した自然現象及び設計基準

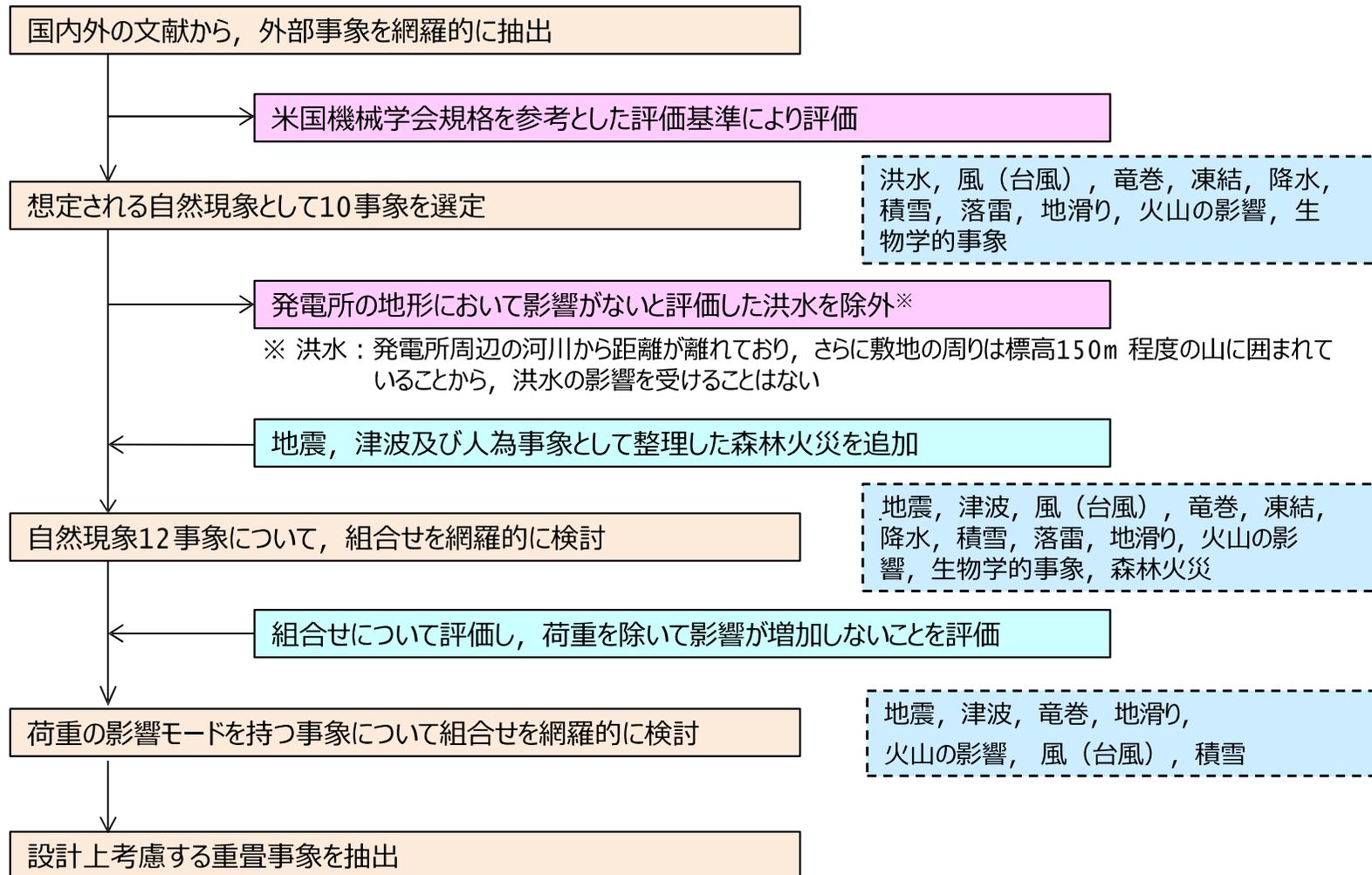
自然現象	設計基準	設計基準設定の考え方
洪水	—	発電所敷地周辺において洪水の要因（河川等）の有無を確認
風（台風）	30m /s	建築基準法に定める松江市における基準風速30m /s（10分平均）と過去の観測記録の既往最大値28.5m /s（10分平均）を比較し30m /sに設定
凍結	-8.7℃	過去の観測記録の既往最大値-8.7℃（最低気温）に設定
降水	77.9m m /h	「島根県林地開発行為審査基準細則」等に定める確率雨量強度56m m /h（「松江」）と過去の観測記録の既往最大値77.9m m /h（日最大1時間降水量）を比較し77.9m m /hに設定
積雪	100cm	建築基準法に定める垂直積雪深72cm（松江市鹿島町）と過去の観測記録の既往最大値100cmを比較し100cmに設定
落雷	150kA	「電気技術指針（JEAG 4608（2007））」等により参照されている150kAと発電所構内における観測記録の既往最大値104kAを比較し150kAに設定
地滑り	—	「地滑り地形分布図」※ <sup>1</sup> 及び「土砂災害危険箇所図」※ <sup>2</sup> を確認し、机上調査及び現地調査結果を踏まえ、地滑り及び土石流の発生を想定
生物学的事象	—	取水口への海生生物の襲来や、屋外設置の端子箱への小動物の侵入を想定

※ 1 独立行政法人防災科学技術研究所発行（平成17年）

※ 2 国土交通省国土政策局発行（平成15年）

## 4. 自然現象の組合せ（1 / 7）

- 以下のフローに従い、自然現象の重畳（組合せ）検討を実施



自然現象の組合せ評価フロー

## 4. 自然現象の組合せ (2 / 7)

- 発電所周辺の河川から距離が離れており、さらに敷地の周りは標高150m 程度の山に囲まれていることから、影響を受けることはないと評価した洪水を除き、個別に評価する地震、津波及び人為事象として整理した森林火災を加えた12事象で重畳事象を検討
- 自然事象12事象について網羅的に組合せを分析 (45の組合せを分析)
  - 組合せは2事象を基本とする
  - ただし、発生頻度の高い事象 (風 (台風) , 凍結, 降水, 積雪) については、複数事象の組合せを1つの組合せとして考慮  
(下表における\*1及び\*2の組合せ)

自然現象の組合せ

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

\* 1 : 風 (台風) + 降水

\* 2 : 風 (台風) + 凍結 + 積雪

## 4. 自然現象の組合せ（3 / 7）

### ■ 組合せに関する検討（1 / 2）

- 個々の自然現象がプラントに及ぼす影響(影響モード)毎に組合せの影響を評価

自然現象の影響モード

	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）	○	-	-	-	-	-	-	○	-
竜巻	○	-	-	-	-	-	-	○	-
凍結	-	○	○	-	-	-	-	○	-
降水	○	-	-	○	-	-	-	○	○
積雪	○	-	○	-	-	-	-	○	○
落雷	-	-	-	-	○	-	-	-	-
地滑り	○	-	-	-	-	-	-	○	-
火山の影響	○	-	○	-	○	○	○	○	○
生物学的事象	-	-	○	-	○	-	-	-	-
森林火災	-	○	○	-	○	-	○	○	○
地震	○	-	-	-	-	-	-	○	○
津波	○	-	-	○	-	-	-	○	-

影響モードの具体的影響

影響モード	具体的影響例
荷重	積雪や降下火砕物の重さによる静的荷重や地震による荷重
温度	低温や火災による熱的影響
閉塞	降下火砕物による空調フィルタの目詰まりや海生生物による取水口の閉塞
浸水	降雨，津波により敷地内に流入した水による影響
電氣的影響	落雷による設備損傷や電気盤内へのばい煙侵入による短絡影響
腐食	降下火砕物の付着による腐食影響
摩耗	降下火砕物，ばい煙の機器内部への侵入による軸受やシリンダ部の摩耗
アクセス性	道路上に堆積した雪・降下火砕物や，風・竜巻による屋外作業の妨げ
視認性	屋外に設置している自然現象監視カメラの視界不良

# 4. 自然現象の組合せ (4 / 7)

## ■ 組合せに関する検討 (2 / 2)

- 以下の観点から考慮すべき組合せを選定
  - ① 個々の自然現象の設計に包含されるか
  - ② 同時に発生するとは考えられないか
  - ③ 安全施設に与える影響が自然現象を組み合わせることにより、個々の自然現象が与える影響よりも緩和されるか
- 1~45の組合せについて、「荷重」の影響モードを除き、観点①~③のいずれかに整理され影響が増長しないことを確認
- 「荷重」の影響モードについては、個別に組合せの評価を実施

自然現象の組合せの評価結果

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		* 1	* 2	竜巻	落雷	地滑り	火山の影響	生物学的事象	森林火災	地震	津波
A	* 1										
B	* 2	②③									
C	竜巻	①	①								
D	落雷	①	①	①							
E	地滑り	①	①	①	①						
F	火山の影響	①	①	①	①	①					
G	生物学的事象	①	①	①	①	①	①				
H	森林火災	①③	①③	①	①	①	①	①			
I	地震	①	①	①	①	①	①	①	①		
J	津波	①	①	①	①	①	①	①	①	①	

\* 1 : 風 (台風) + 降水  
 \* 2 : 風 (台風) + 凍結 + 積雪

## 4. 自然現象の組合せ（5 / 7）

### ■ 「荷重」のモードを有する自然現象

- 影響モードのうち「荷重」については重畳の組合せを検討
- 「荷重」の影響モードを有する自然現象を、発生頻度及び安全施設への影響度を考慮し、以下のとおり分類
  - ✓ 「主荷重」：「地震」、「津波」、「竜巻」、「地滑り」、「火山の影響」（降下火砕物による荷重）
  - ✓ 「従荷重」：「風（台風）」、「積雪」
- 「荷重」の影響モードを有する自然現象の組合せは、最大荷重の継続時間及び発生頻度を考慮して検討

荷重の影響モードをもつ自然現象の特徴

荷重の種類		荷重の大きさ	最大荷重 継続時間	発生頻度（/年）
主荷重	地震	大	短（数分）	$10^{-5} \sim 10^{-6}$
	津波	大	短（数分）	$10^{-5}$
	竜巻	大	短（数分）	$10^{-7}$
	地滑り	大	長（数日）※1	$1 \times 10^{-2}$ ※2
	火山の影響	中	長（数十日）※1	$10^{-4} \sim 10^{-5}$ ※3
従荷重	風（台風）	小	短（数十分）	$2 \times 10^{-2}$ ※4
	積雪	中	長（数日）※1	$2 \times 10^{-2}$ ※4

※1 必要に応じて緩和措置を行うこととしている

※2 100年超過確率の降水により発生する可能性のある土石流

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

※4 50年再現期待値

# 4. 自然現象の組合せ (6 / 7)

■ 主荷重同士の組合せについて

- 主荷重同士を網羅的に組み合わせ、随伴事象、独立事象であるかを踏まえて評価し選定 (下表参照)
- 地震 + 津波の組合せについては、余震と津波の組合せを考慮する
- 地震 + 津波以外の事象の組合せについては、独立事象であり、それぞれ頻度が十分小さい又はそれぞれの事象の影響範囲が異なることから組合せを考慮しない

主荷重同士の組合せ

		事象Ⅱ				
		地震	津波	竜巻	地滑り	火山の影響
事象Ⅰ	地震		○※1	×	×	×
	津波	○※2		×	×	×
	竜巻	×	×		×	×
	地滑り	×	×	×		×
	火山の影響	×	×	×	×	

○：組合せを考慮する，×：組合せを考慮しない

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

※2 基準津波と基準津波の波源を震源とする本震は、伝播速度が異なり同時に敷地に到達することはないため、組合せを考慮する必要はない。ただし、基準津波と基準津波の波源を震源とする余震は、同時に敷地に到達することを想定し、組合せを考慮する。なお、基準津波と地震を独立事象として扱う場合は、最大荷重の継続時間を考慮するとそれぞれの荷重が同時に作用する頻度が十分小さいことから、基準津波による津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。

## 4. 自然現象の組合せ（7 / 7）

### ■ 主荷重と従荷重の組合せについて

- 主荷重と組み合わせるべき従荷重について検討
- 事象の継続時間，荷重の大きさを考慮
- 組み合わせた荷重による影響評価に当たっては，建築基準法を考慮する

主荷重と従荷重の組合せ

			主荷重				
			地震	津波	竜巻	地滑り	火山の影響
従 荷 重	風	建築基準法	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし
		継続時間※1	短×短	短×短	短×短	長×短	長×短
		荷重の大きさ※2	大+小	大+小	大+小	大+小	中+小
		組合せ	○※3	○※3	×	○	○
	積 雪	建築基準法	多雪区域は 組合せ考慮	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし
		継続時間※1	短×長	短×長	短×長	長×長	長×長
		荷重の大きさ※2	大+中	大+中	大+中	大+中	中+中
		組合せ	○※4, 5	○※4, 5	×	×	○※5

○：組合せを考慮する，×：組合せを考慮しない

※1 主荷重の時間×従荷重の時間

※2 主荷重の大きさ+従荷重の大きさ

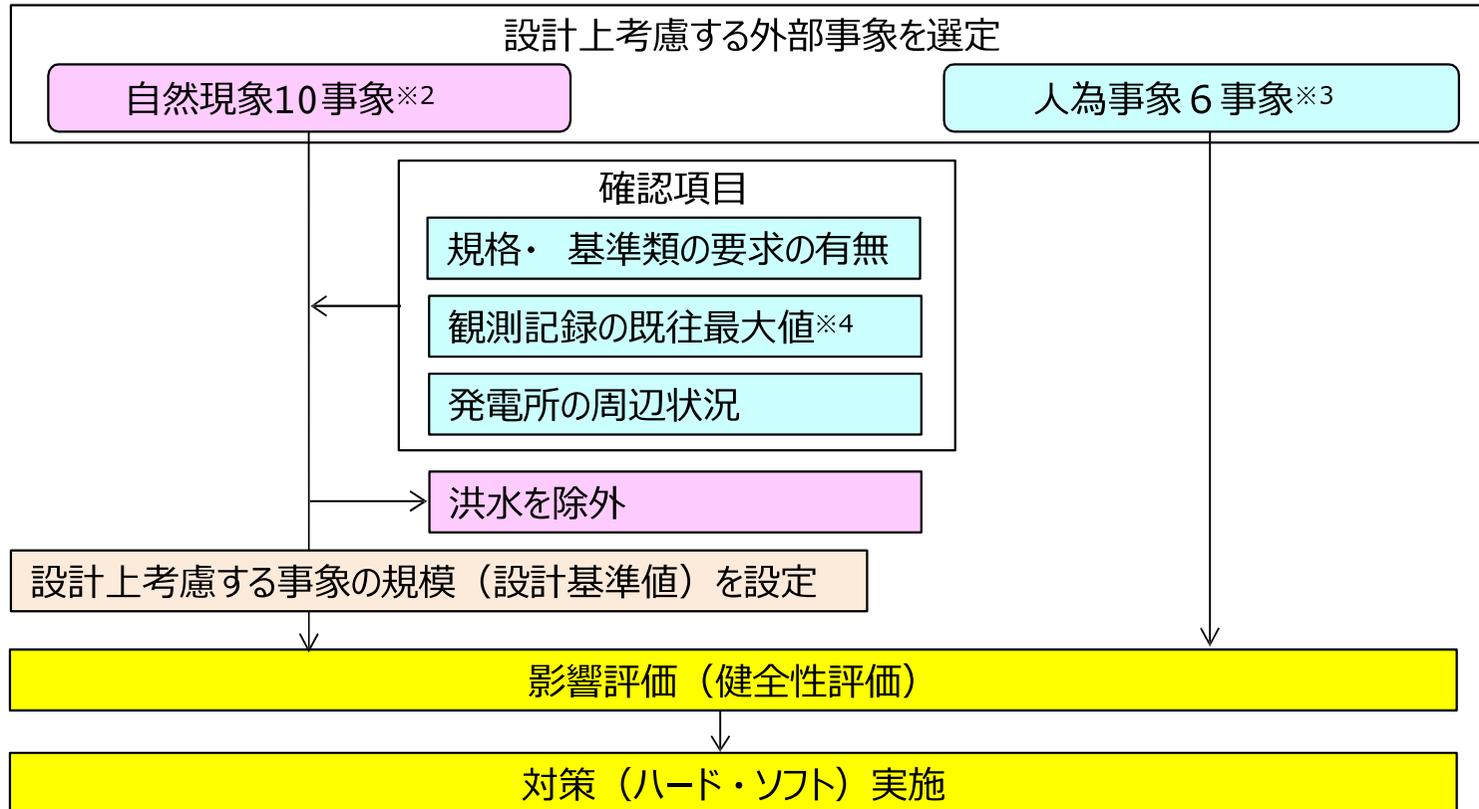
※3 屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち，風荷重の影響が地震荷重又は津波荷重に対して大きい構造，形状及び仕様の施設において，組合せを考慮する。

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

※5 建築基準法の考え方を準用し，平均的な積雪荷重を組み合わせる

# 5. 外部事象に対する影響評価及び対策の検討

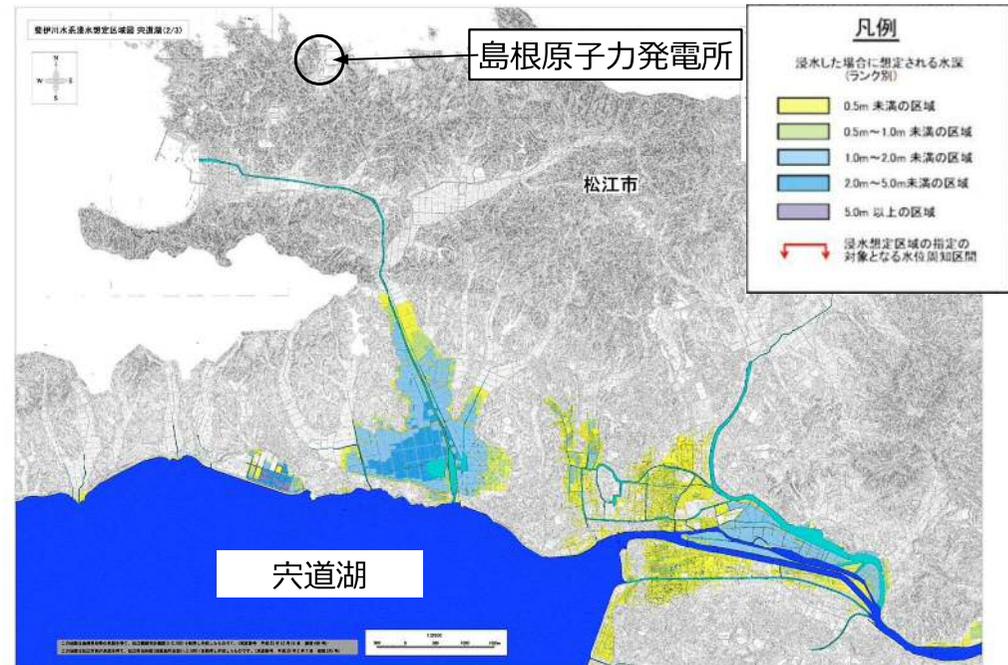
- 外部事象（自然現象，人為事象）が安全施設に与える影響評価及び設計上の考慮
  - 自然現象については，規格・基準類，観測記録の既往最大値又は発電所の周辺状況から考慮すべき事象の規模を設定
  - 人為事象については，発電所の周辺状況（社会環境等）を考慮して事象の規模を設定
  - 安全施設への影響評価及び対策（ハード・ソフト）を実施※1



※1 影響評価及び対策は，各設備の関連条項で実施  
※2 「竜巻」，「火山の影響」については別資料にて説明  
※3 「火災・爆発（森林火災，近隣工場等の火災・爆発，航空機落下火災等）」については別資料にて説明  
※4 観測記録については，松江地方気象台の観測記録を考慮する

■ 「洪水」について

- 島根原子力発電所の敷地の南方約 2 km のところに佐陀川（斐伊川水系，1 級河川）があり，南方約 7 km のところに宍道湖（斐伊川水系，1 級河川）があるが，敷地の北側は日本海に面し，他の三方は標高150m 程度の山に囲まれており，敷地が佐陀川及び宍道湖による洪水の被害を受けることはない。
  - 浸水想定区域図によると，宍道湖が概ね150年に1回程度起こる大雨※により氾濫したとしても，島根原子力発電所に影響が及ばないことを確認している
- ※ 宍道湖の洪水防御に関する計画の基本となる降雨（2日間総雨量 399mm）



浸水想定区域図  
 (国土交通省 中国地方整備局 2013年3月)

## 5. 1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討（2 / 9）－風（台風）

18

### ■ 設計基準値の設定

- 規格・基準類の要求：建築基準法の基準風速 30m /s（松江市，10分平均）
- 観測記録の既往最大値：28.5m /s（1991年9月27日 松江地方気象台，10分平均）
  - 建築基準法の基準風速（30m /s）を設計基準値に設定

### ■ 影響評価（健全性評価）

- 安全機能の重要度分類クラス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の設備について，風荷重に対して安全機能が損なわれないことを確認  
なお，風荷重は地震，津波，地滑り，火山の影響に対して適切に組み合わせる
  - ①建物内に設置されている設備については，風速30m /sの風荷重が作用した場合における当該建物の健全性を確認することにより，安全機能を維持できることを確認
  - ②建物外に設置されている設備については，風速30m /sの風荷重が作用した場合における当該設備の健全性を確認することにより，安全機能を維持できることを確認
- 上記以外の安全施設については，風（台風）に対して機能維持する，又は，風（台風）による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，若しくは安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とする

風速の既往最大値について

観測地点	既往最大値 (最大風速)	記録された年月日
松江地方気象台	28.5m /s	1991年9月27日

### ■ 設計基準値の設定

- 規格・基準類の要求：要求なし
- 観測記録の既往最大値：-8.7℃（1977年2月19日 松江地方気象台，最低気温）
  - 観測記録の既往最大値（-8.7℃）を設計基準値に設定

### ■ 影響評価（健全性評価）

- 安全機能の重要度分類クラス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の設備について，凍結（低温：-8.7℃）に対して安全機能が損なわれないことを確認
  - ①建物内に設置されている設備については，常に換気系を運転し，環境温度を制御しているため，安全機能を維持できることを確認
  - ②凍結のおそれのあるものは，凍結防止保温や凍結防止ヒータにて凍結防止対策を施すことにより，安全機能を維持できることを確認
- 上記以外の安全施設については，凍結に対して機能維持する，又は，凍結による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，若しくは安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とする

#### 凍結（低温）の既往最大値について

観測地点	既往最大値（最低気温）	記録された年月日
松江地方気象台	-8.7℃	1977年2月19日

## 5. 1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討（4 / 9）－降水

### ■ 設計基準値の設定

- 規格・基準類の要求：「島根県林地開発行為審査基準細則」「島根県短時間降雨強度曲線式」の降雨強度  
56mm/h（松江）
- 観測記録の既往最大値：77.9mm/h（1944年8月25日 松江地方気象台）
  - ▶ 観測記録の既往最大値（77.9mm/h）を設計基準値に設定

### ■ 影響評価（健全性評価）

- 安全機能の重要度分類クラス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の設備について，降水による浸水，荷重に対して安全機能が損なわれないことを確認
  - ①建物内に設置されている設備については，77.9mm/hの降水による浸水に対し，構内排水施設を設けて海域に排水及び浸水防護措置を行い，また，荷重に対して，雨樋による排水によって，安全機能を維持できることを確認
  - ②建物外に設置されている設備については，77.9mm/hの降水による浸水及び荷重が作用した場合においても，安全機能を維持できることを確認
- 上記以外の安全施設については，降水に対して機能維持する，又は，降水による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，若しくは安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とする

降水の既往最大値について

観測地点	既往最大値 (日最大1時間降水量)	記録された年月日
松江地方気象台	77.9mm/h	1944年8月25日

■ 設計基準値の設定

- 規格・基準類の要求：建築基準法の垂直積雪量 72 cm ※（松江市鹿島町）  
 ※原子炉建物の設置面の標高15m を考慮
- 観測記録の既往最大値は，100 cm（1971年2月4日 松江地方気象台）  
 ▶ 観測記録の既往最大値（100 cm）を設計基準値に設定

■ 影響評価（健全性評価）

- 安全機能の重要度分類クラス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の設備について，積雪による荷重，閉塞に対して安全機能が損なわれないことを確認

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 建物内に設置されている設備については，100 cm の積雪荷重が作用した場合において当該建物が機械的強度を有する設計であることを確認
  - ② 建物外に設置されている設備については，100 cm の積雪荷重が作用した場合において機械的強度を有する設計であることを確認
  - ③ 流体の取り入れ口等の閉塞による影響について，100 cm の積雪に対し，換気系の給・排気口が高所に設置され，かつ開口部が上向きでないこと，又は給・排気口の一部が閉塞した場合でも必要開口面積が確保されていることを確認
- 上記以外の安全施設については，積雪に対して機能維持する，又は，積雪による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，若しくは安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とする

積雪の既往最大値について

観測地点	既往最大値（最深積雪）	記録された年月日
松江地方気象台	100 cm	1971年2月4日

## 5. 1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討（6 / 9）－落雷

### ■ 設計基準値の設定

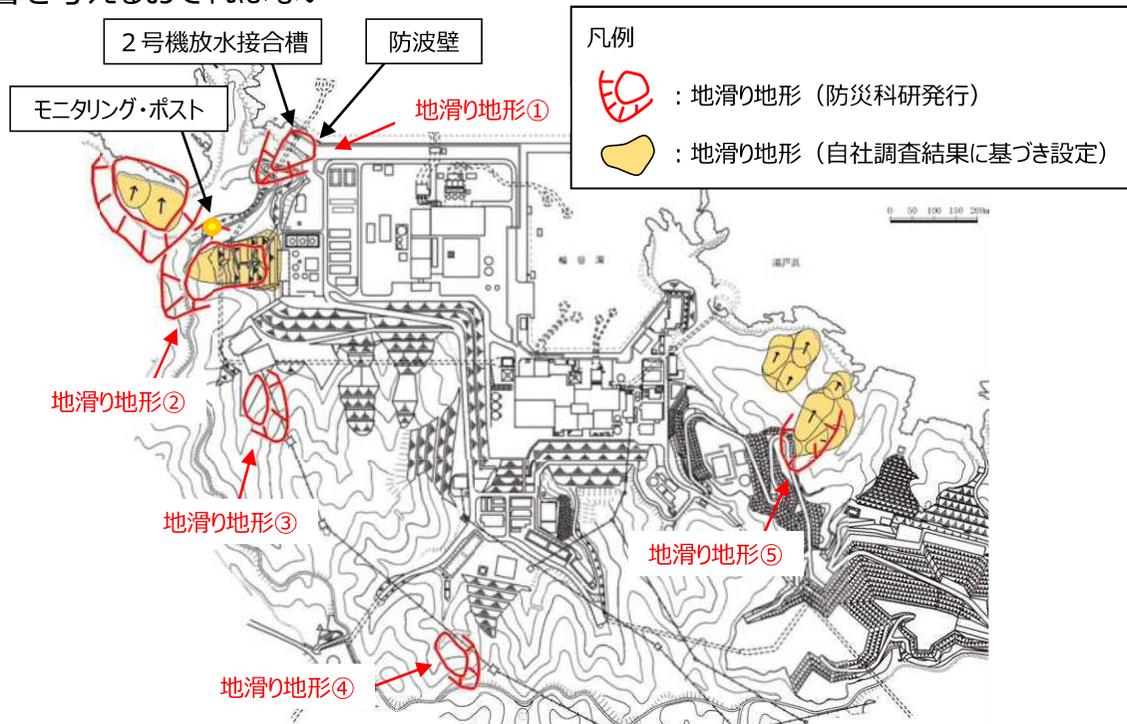
- 規格・基準類の要求：以下の指針等により規定されている雷撃電流値150kA
  - ✓ 電気技術指針JEAG 4608(2007)：「原子力発電所の耐雷指針」
  - ✓ T40電力中央研究所報告：「発電所および地中送電線の耐雷設計ガイド(1995)」
  - ✓ 消防庁通知(2005)：「平成17年1月14日消防危第14号危険物の規則に関する規則の一部を改正する省令等の施行について」
  - ✓ JIS-Z 9290-4(2009)雷保護第4部：「建築物内の電気及び電子システム」
- 観測記録の既往最大値は、104kA（1994年9月13日 島根原子力発電所構内）
  - 規格・基準類の雷撃電流値150kAを設計基準値に設定

### ■ 影響評価（健全性評価）

- 安全機能の重要度分類クラス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の設備について，落雷に対して安全機能が損なわれないことを確認
  - ①建物内に設置されている設備については，雷害防止対策として，原子炉建物等の建築基準法に定められる高さ20mを超える建築物等への避雷針の設置，また，避雷設備の接地網の布設による接地抵抗の低減等を行うとともに，安全保護系への雷サージ侵入の抑制を図る回路設計を行い，安全機能を損なうことのない設計であることを確認
  - ②建物外に設置されている設備のうち，復水貯蔵タンク，原子炉補機海水ポンプ等については，排気筒に設置されている避雷針の保護範囲内に設置することにより，影響を受けにくい設計であることを確認
- 上記以外の安全施設については，落雷に対して機能維持する，又は，落雷による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，若しくは安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とする

■ 「地滑り」について

- 独立行政法人防災科学技術研究所（以下、「防災科研」）の地滑り地形分布図（平成17年発行）を参照
- 安全機能の重要度分類クラス1，クラス2の設備は，地滑り地形の範囲外に設置されているため，影響がないことを確認
- 地滑り地形①の範囲にある安全施設として，2号機放水接合槽及び防波壁があるが，机上調査による地形判読及び現地踏査による地滑り地形の詳細検討の結果，当該地形が地滑り地形ではないことを確認
- 地滑り地形②の範囲にある安全施設としてモニタリング・ポストがあるが，代替設備により対応可能であることから安全機能に影響を与えるおそれはない



島根原子力発電所敷地内の地滑り地形の分布図

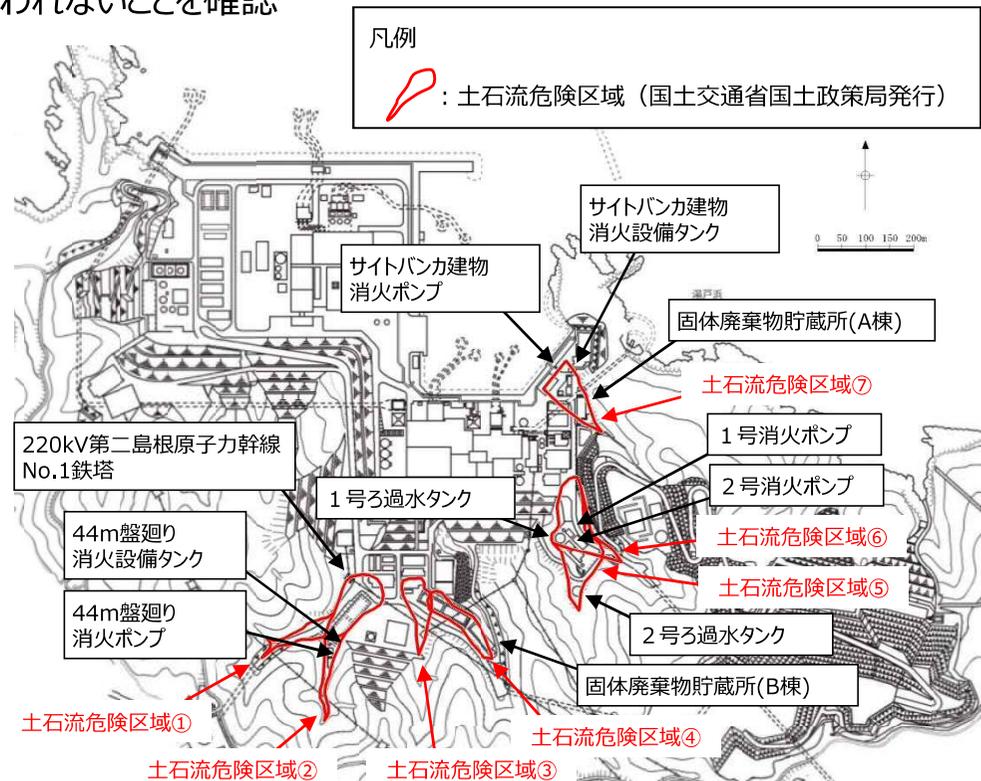
# 5. 1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討 (8 / 9)

## – 地滑り (土石流)

### ■ 「土石流」について

- 国土交通省国土政策局の土砂災害危険箇所図（平成15年発行）における土石流危険渓流に対して、机上調査及び現地調査を実施した結果、安全施設の安全機能に影響を及ぼすような土石流が発生する可能性は低い
- しかし、渓床に土石流の発生源となる堆積土砂が確認されたため、保守的に土石流が発生した場合の土石流危険区域内にある安全施設への影響評価を実施
- 下表のとおり土石流により安全施設の安全機能が損なわれないことを確認

安全施設	評価結果
安全機能の重要度分類 クラス1 クラス2	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 土石流危険区域範囲外に設置されているため、影響がないことを確認。</li> </ul>
上記以外の安全施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 一部の施設が、土石流危険区域範囲内に設置されている。</li> <li>• 固体廃棄物貯蔵所A棟, B棟 土石流による耐力評価を実施し、建物が損壊しないことを確認。</li> <li>• 220kV送電鉄塔 (No.1) 代替設備として66kV鹿島支線又は非常用ディーゼル発電機を確保していることを確認。</li> <li>• 1号, 2号消火ポンプ 1号, 2号ろ過水タンク 代替設備として補助消火系を確保していることを確認。</li> <li>• サイトバンカ建物消火ポンプ, 消火設備タンク 44m盤廻り消火ポンプ, 消火設備タンク 代替設備として消防車を確保していること確認。</li> </ul>



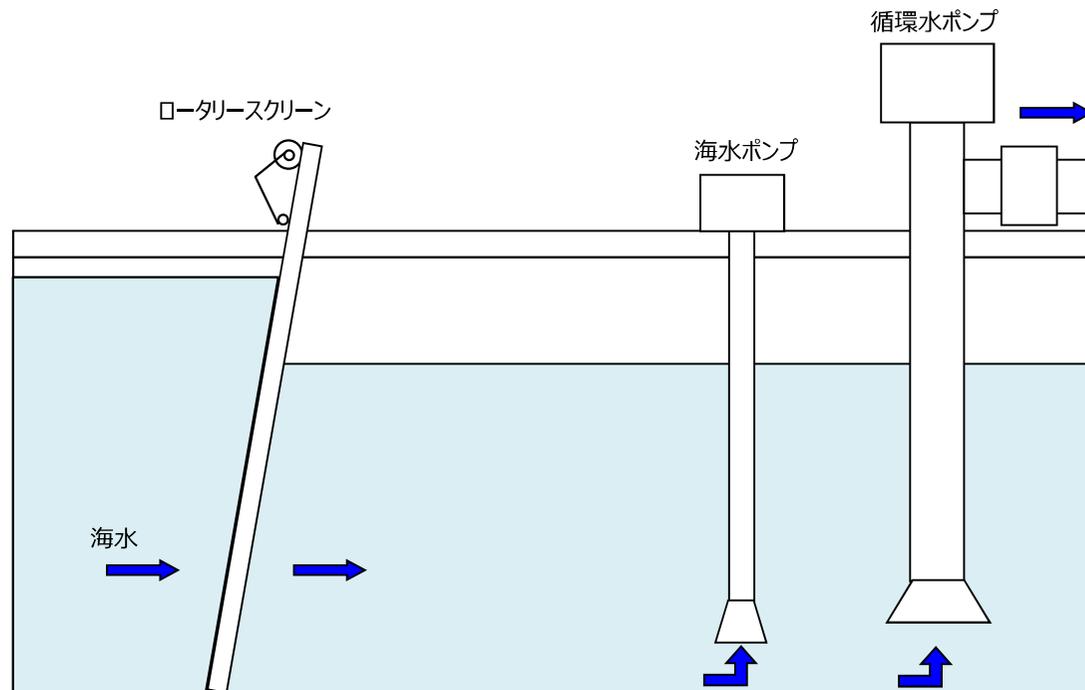
島根原子力発電所敷地内における土石流危険区域の分布図

## 5. 1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討（9 / 9）

### －生物学的事象

#### ■ 「生物学的事象」に対する設計について

- 「生物学的事象」として、取水口への海生生物（くらげ）の襲来や、屋外設置の端子箱への小動物の侵入を想定
- 海生生物の襲来に対する設計
  - 取水口に流入したくらげは、除塵装置（ロータリースクリーン）で捕獲される設計
  - 海水中の貝等の海生生物については、海水ストレーナにより捕獲することで、原子炉補機冷却系熱交換器等※への海生生物の侵入を防止する設計とする
    - ※ 定期的な開放点検、清掃を実施し、性能を維持
- 小動物の侵入に対する設計
  - 屋外設置の端子箱内へのケーブル貫通部等のシールにより侵入を防止する設計とする



取水槽（断面図）

# 5. 2 人為事象に対する影響評価及び対策の検討 ( 1 / 4 ) - 飛来物 ( 航空機落下 )

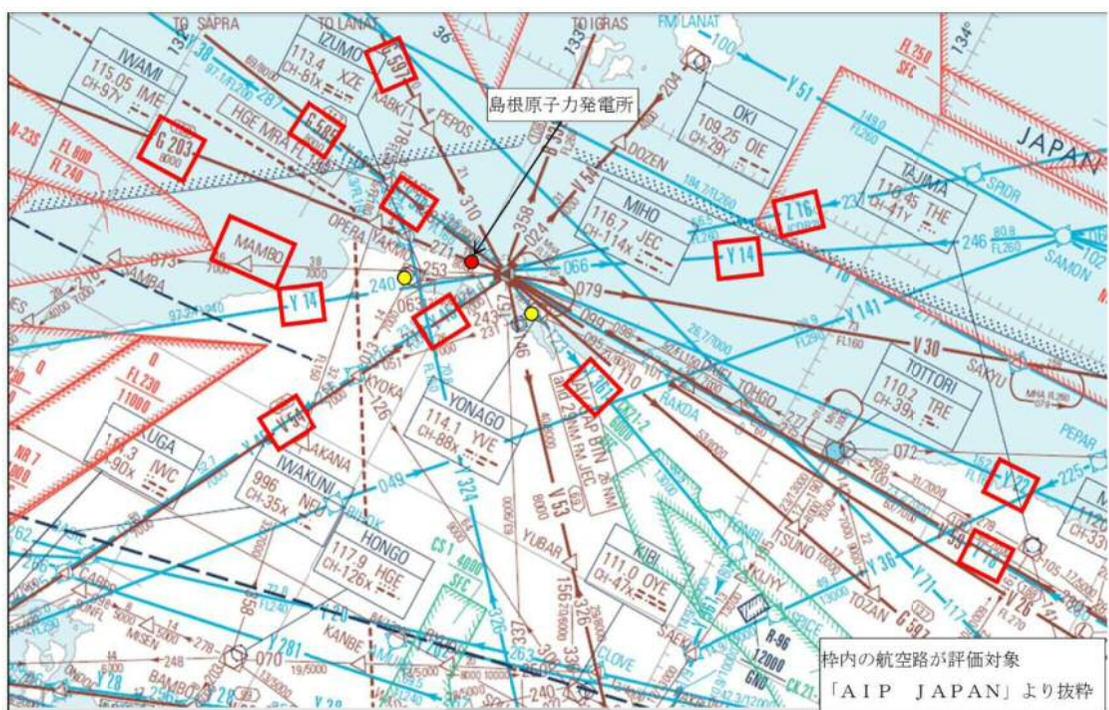
■ 規格・基準類の要求 :  $1.0 \times 10^{-7}$  回 / 炉・年※1

※1 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」(平成21年6月30日 原子力安全・保安院)

- 発電所周辺の航空路等の状況を考慮して落下確率を評価※2, 3
- 島根2号炉への航空機落下確率は約 $4.7 \times 10^{-8}$  回 / 炉・年であり, 基準に定める評価基準 ( $1.0 \times 10^{-7}$  回 / 炉・年) を下回ることを確認

※2 事故件数は, 最新の事故データ(「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会))を参照

※3 最新(2017.12)の航空路誌(AIP)を参照



島根原子力発電所周辺の航空図

島根原子力発電所2号炉に対する  
航空機落下確率について

対象	落下確率 (回 / 炉・年)
2号炉	約 $4.7 \times 10^{-8}$

## 5. 2 人為事象に対する影響評価及び対策の検討 (2 / 4)

27

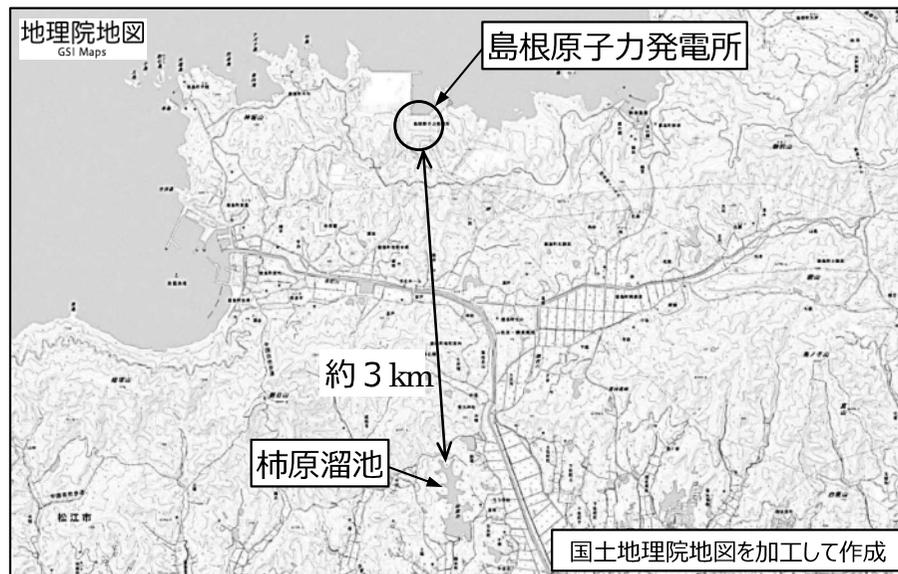
### －ダム の崩壊, 有毒ガス

#### ■ 「ダム の崩壊」について

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

#### ■ 「有毒ガス」について

- 発電所周辺の石油コンビナート施設については、発電所敷地外10km 以内の範囲において、石油コンビナート施設は存在しない（下図参照）ため、発電所への有毒ガスを考慮する必要はない
- 島根原子力発電所前面の海域にフェリーの航路等一般航路（5. 2 (3 / 4) の主要航路図参照）があるが、発電所からの離隔距離が確保されている



発電所周辺のダムの位置



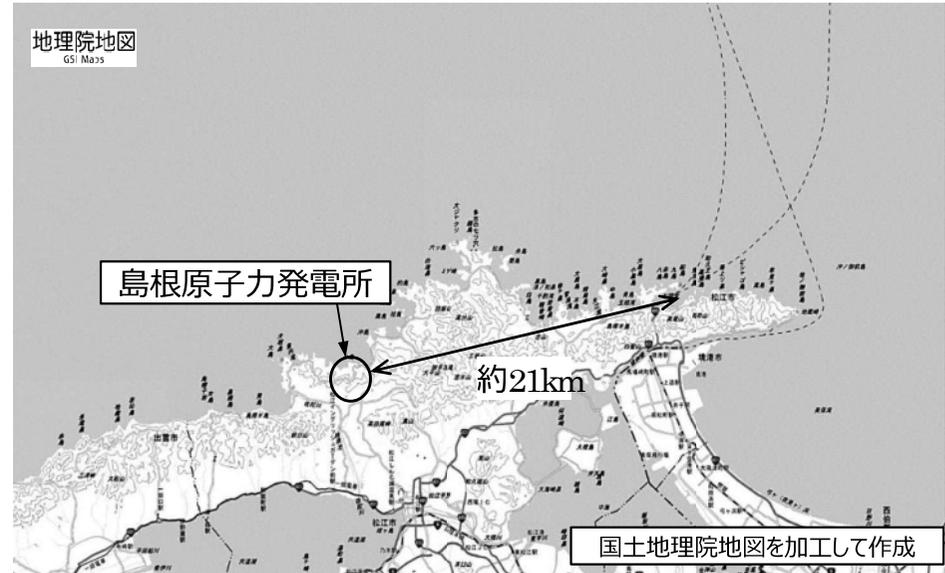
石油コンビナート施設の位置

## 5. 2 人為事象に対する影響評価及び対策の検討（3 / 4）－船舶の衝突

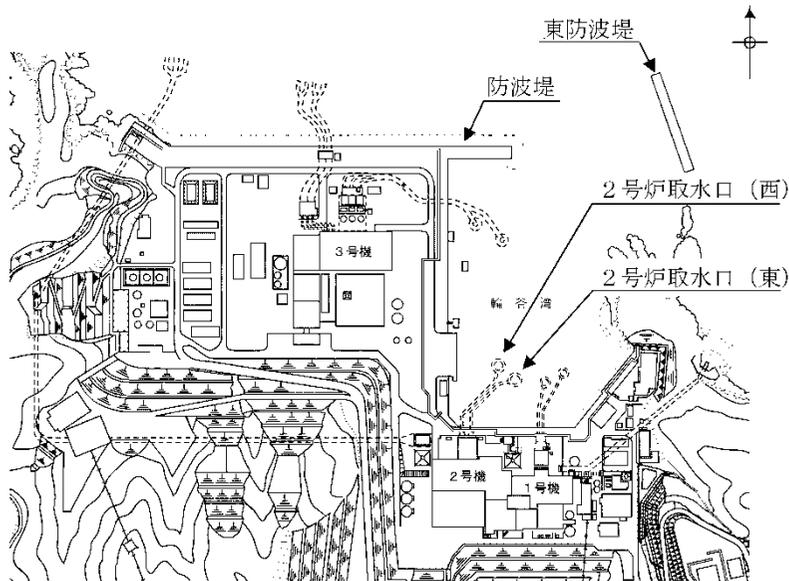
28

### ■ 「船舶の衝突」に対する設計について

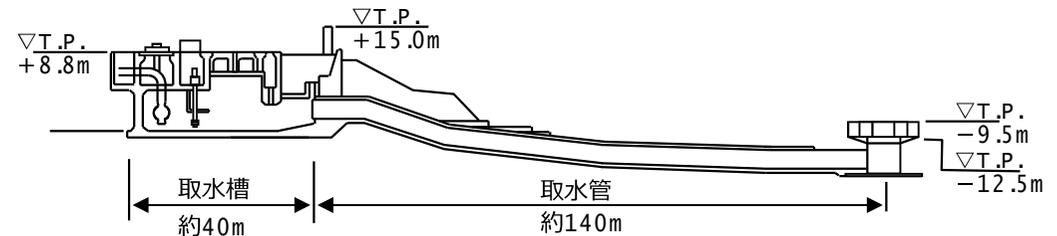
- 発電所は、周辺の主要航路（七類港～隠岐諸島）から約21km，離隔しており，発電所は航路の進行上にはないことから，船舶が取水口に侵入する可能性は低い
- 取水口前面には防波堤等があり，防波堤等の港口付近での漁業は行われていないため，漁船等の小型船舶が漂流し港湾内に侵入する可能性は極めて低い
- 深層から取水していることから，仮に取水口側に船舶が侵入した場合でも取水路の閉塞はない



島根原子力発電所周辺の主要航路図



取水口および防波堤等の位置



取水口断面

### ■ 「電磁的障害」に対する設計について

- サージ・ノイズや電磁波の侵入に対し、電磁波の影響を受けやすい低電圧の計測制御回路は、以下の設計としている。

#### ➤ サージ・ノイズ対策

- 電源回路

計装盤へ入線する電源受電部にラインフィルタを設置

- 信号入出力回路

外部からの信号入出力部にラインフィルタや絶縁回路を設置

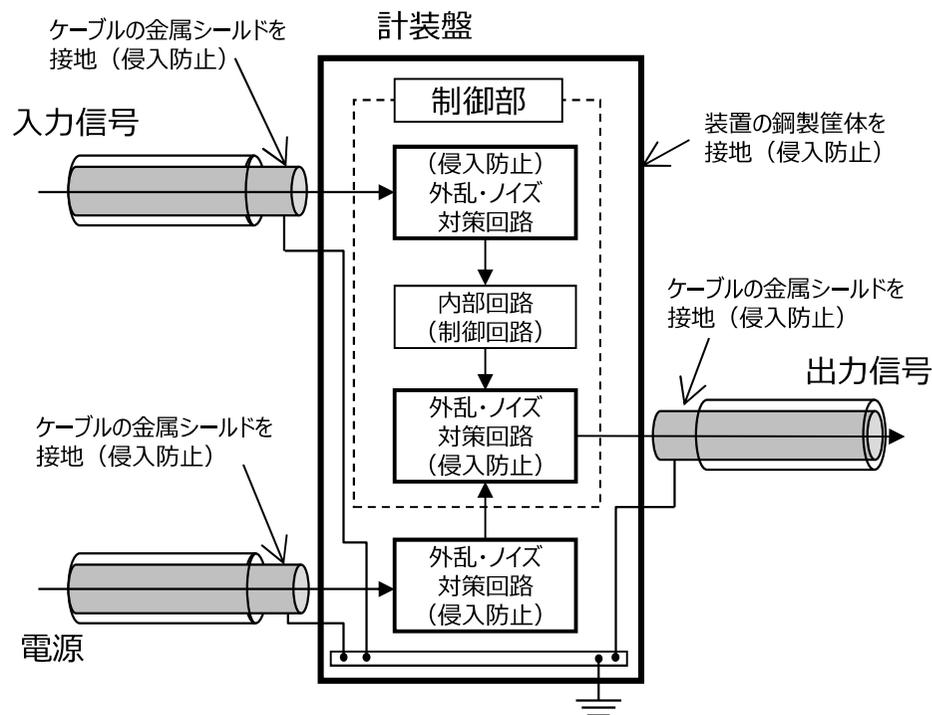
#### ➤ 電磁波対策

- 筐体

計装盤の制御部、演算部は接地した鋼製の筐体に格納

- ケーブル

必要に応じて接地した金属シールド付ケーブルを使用



電磁的障害防止策の例

### ■ 電磁波等の発生源に対する対策

- 高圧動力ケーブルは金属シールド付とするとともに、計装ケーブルとは別のケーブルトレイに布設

## 5. 3 自然現象に対する影響評価及び対策の概要

### 自然現象に対する影響評価及び対策の概要

自然現象	設計基準値	影響評価及び対策の概要
洪水	—	発電所周辺の河川から距離が離れており、さらに敷地の周りは標高150m 程度の山に囲まれていることから、洪水の影響を受けることはない
風（台風）	30 m /s	安全施設について、風速30m /sの風荷重に対し、安全機能が損なわれないことを確認
凍結	-8.7℃	安全施設について、凍結（低温：-8.7℃）に対して凍結防止等の対策を行うことで安全機能が損なわれないことを確認。
降水	77.9m m /h	安全施設について、降水（日最大1時間降水量：77.9m m /h）に対して構内排水路等の設備設計を考慮した上で、安全機能が損なわれないことを確認
積雪	100cm	安全施設について、積雪量100cm による影響に対して、安全機能が損なわれないことを確認。除雪等の運用を適切に実施
落雷	150kA	安全施設について、雷撃電流値150kAによる影響に対して、避雷設備を設置することで安全機能が損なわれないことを確認
地滑り	—	地滑り地形分布図を参照し、机上調査及び現地調査の結果、地滑りにより安全施設の安全機能が損なわれないことを確認 土砂災害危険箇所において土石流が発生したとしても安全機能が損なわれないことを確認
生物学的事象	—	取水口に流入したくらはげは、除塵装置（ロータリースクリーン）で捕獲 屋外設置の端子箱貫通部等へのシールにより、小動物の侵入を防止

## 5. 4 人為事象に対する影響評価及び対策の概要

### 人為事象に対する影響評価及び対策の概要

人為事象	影響評価及び対策の概要
飛来物 (航空機落下)	発電所周辺の航空路等の状況を考慮して落下確率を評価 島根2号炉への航空機落下確率(約 $4.7 \times 10^{-8}$ 回/炉・年)は、基準に定める評価基準( $1.0 \times 10^{-7}$ 回/炉・年)を下回るため、航空機落下に対する防護設計は不要
ダム崩壊	発電所周辺のダムから距離が離れており、さらに敷地の周りは標高150m程度の山に囲まれていることから、ダム崩壊による影響はない
有毒ガス※	発電所周辺の石油コンビナート施設や航路から離隔距離が確保されていることから、有毒ガスによる影響はない
船舶衝突	発電所は、周辺の主要航路(七類港～隠岐諸島)から約21km、離隔しており、発電所は航路の進行上にはないことから、船舶が取水口に侵入する可能性は低い 取水口前面には防波堤等があり、防波堤等の港口付近での漁業は行われていないため、漁船等の小型船舶が漂流し港湾内に侵入する可能性は極めて低い 深層から取水していることから、仮に取水口側に船舶が侵入した場合でも取水路の閉塞はない
電磁的障害	低電圧の計測制御回路に対し絶縁回路の設置等の対策を行い、サージ・ノイズや電磁波の影響を受けにくい設計

※「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」(平成29年4月 原子力規制委員会)に基づく影響評価については、別資料にて説明

## 6. 審査会合での指摘事項に対する回答

番号	審査会合日	指摘事項の内容
1	H27.7.9	評価対象の自然現象スクリーニングにおける考慮の要否について、影響評価の後に対策不要としているのか、そもそも影響評価不要としているのか、明らかにすること。
2	H27.7.9	自然現象のスクリーニング基準について、各社の考え方を説明すること（スクリーニング基準は同じとしている一方、サイト毎に異なるとは考えにくい自然現象に対して、検討の結果が異なっているのはなぜか。）。
3	H27.7.9	土石流を考慮する必要がないとする根拠について詳細に説明すること（ハザード設定の話なので、本件は詳細設計ではなく、基本設計段階で詳細に説明すべき）。
4	H27.7.9	特に地盤に関係する自然現象について、第3条（地盤）、第4条（地震）に適合する部分と、第6条に適合する部分を整理すること。
5	H27.7.9	組み合わせ後の影響評価結果について、「対応性」の内容を具体的に説明すること。
6	H27.7.9	津波と地震の荷重組み合わせ時における余震荷重設定の考え方について説明すること。

## 6. 審査会合での指摘事項に対する回答 (No.1)

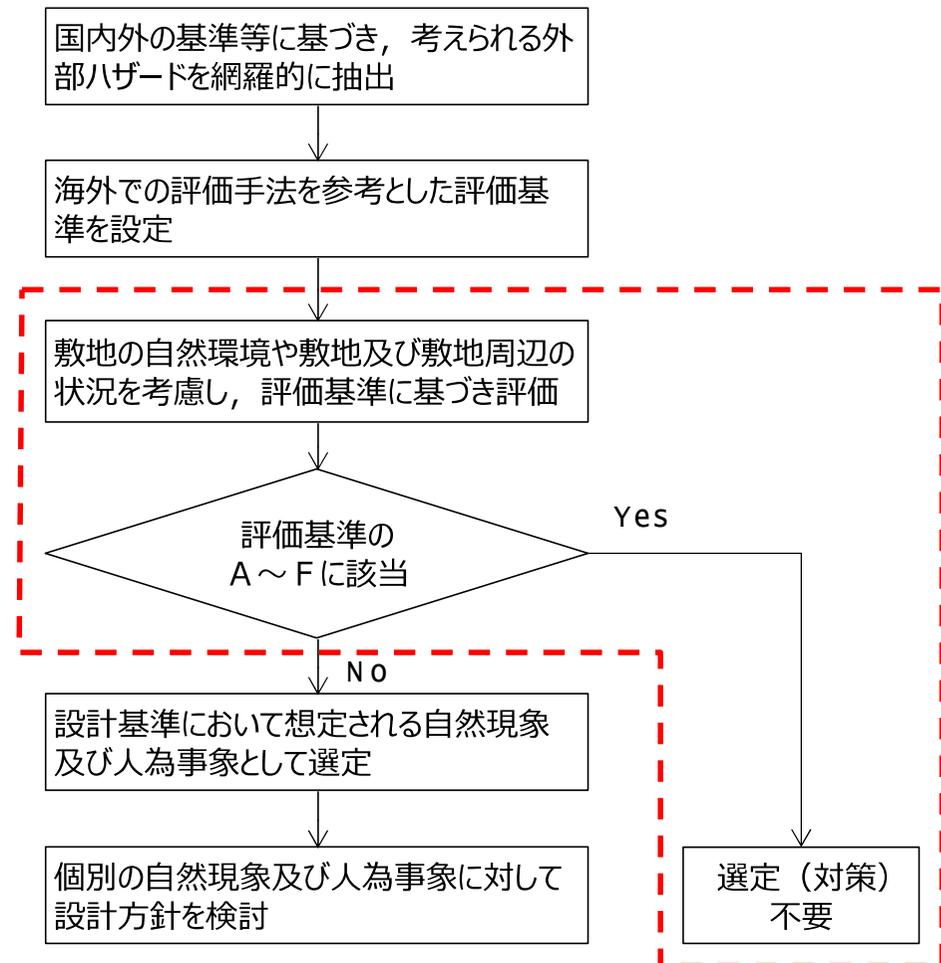
### ■ 指摘事項 (審査会合H27.7.9)

評価対象の自然現象スクリーニングにおける考慮の要否について、影響評価の後に対策不要としているのか、そもそも影響評価不要としているのか、明らかにすること。

### ■ 回答

フローのとおり、網羅的に抽出した外部ハザードに対し、評価基準に基づき評価を実施した後に対策不要と整理している。

(「外部事象の考慮について」  
6条-別添1 (外事) -1-1,8~13  
(第1-1図, 第1-4表, 第1-5表) )



設計基準において想定される自然現象及び人為事象の選定フロー

## 6. 審査会合での指摘事項に対する回答 (No.2)

### ■ 指摘事項 (審査会合H27.7.9)

自然現象のスクリーニング基準について、各社の考え方を説明すること (スクリーニング基準は同じとしている一方、サイト毎に異なるとは考えにくい自然現象に対して、検討の結果が異なっているのはなぜか。)

### ■ 回答

ASMEの判断基準に基づき、スクリーニング基準を設定している。

例えば、「カルスト」(除外基準A)のように、そもそも発電所周辺で発生しないことが確認された事象については、対策不要として整理している。「海岸浸食」(除外基準B)や「霜」(除外基準C)のように発電所周辺で発生する可能性があるかと判断した事象については、事象の性質や想定される規模を考慮し、安全施設への影響評価を実施した上で、対策不要として整理している。

(「外部事象の考慮について」6条-別添1 (外事) -1-6 (第1-3表) ,  
6条-別添1 (外事) -1-添付4-1~2)

## 6. 審査会合での指摘事項に対する回答（No.3）

### ■ 指摘事項（審査会合H27.7.9）

土石流を考慮する必要がないとする根拠について詳細に説明すること（ハザード設定の話なので、本件は詳細設計ではなく、基本設計段階で詳細に説明すべき）。

### ■ 回答

「土砂災害危険箇所図」（国土交通省国土政策局発行）における土石流危険渓流に対して、机上調査及び現地調査を実施した結果、安全施設の安全機能に影響を及ぼすような土石流が発生する可能性は低いと考えられる。しかし、渓床に土石流の発生源となる堆積土砂が確認されたため、保守的に土石流が発生した場合の土石流危険区域内にある安全施設への影響評価を実施した。評価の結果、土石流により安全施設の安全機能が損なわれないことを確認した。

評価結果については、「5. 1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討（8 / 9）  
－地滑り（土石流）」（24ページ）参照。

（「外部事象の考慮について」6条-別添1（外事）-1-添付12-4～52）

## 6. 審査会合での指摘事項に対する回答（No.4）

### ■ 指摘事項（審査会合H27.7.9）

特に地盤に関係する自然現象について、第3条（地盤）、第4条（地震）に適合する部分と、第6条に適合する部分を整理すること。

### ■ 回答

網羅的に抽出した外部事象について、第6条において評価するものと他条文にて評価するものと整理を行った。地盤に関係する事象について、第3条（設計基準対象施設の地盤）又は第4条（地震による損傷の防止）で評価し、適合の確認を受けるべき事象について、以下のとおり整理している。（「外部事象の考慮について」6条-別添1（外事）-1-8～13）

No.1-16 地面の隆起	地面の隆起は、地震の随伴事象であることから、「No.1-21 地震活動」による影響評価に包含されると評価。
No.1-20 地滑り	地域特性を踏まえて選定。 なお、地震に伴う地滑りについては、第3条（設計基準対象施設の地盤）において評価。
No.1-21 地震活動	設置許可基準規則第4条（地震による損傷の防止）において評価。
No.1-47 陥没	発電所周辺の地盤は硬質岩盤であり陥没は生じないと評価。 なお、地震に伴い生じる沈下については、第3条（設計基準対象施設の地盤）において評価。
No.1-51 土砂崩れ（山崩れ、崖崩れ）	土砂崩れ（山崩れ、崖崩れ）を地滑りの評価で考慮するため、「No.1-20 地滑り」による影響評価に包含されると評価。
No.1-52 泥湧出（液状化）	地盤の脆弱性に係る影響であり、第3条（設計基準対象施設の地盤）において評価。

## 6. 審査会合での指摘事項に対する回答（No.5）

### ■ 指摘事項（審査会合H27.7.9）

組み合わせ後の影響評価結果について、「対応性」の内容を具体的に説明すること。

### ■ 回答

「対応性」として、「アクセス性」及び「視認性」の観点で影響評価を実施している。

例えば竜巻と積雪の組合せの場合、「アクセス性」については、竜巻発生前における車両の退避において、積雪の影響を受けることが考えられるため、除雪作業の実施等について考慮している。また、「視認性」については、竜巻発生前における車両の退避を行う場合には、降雪に影響により視認性の低下を及ぼし作業時間増加や作業効率悪化となるおそれがあることについて考慮している。

（「外部事象の考慮について」6条-別添1（外事）-1-49～82（第6-3表））

# 6. 審査会合での指摘事項に対する回答 (No.6)

■ 指摘事項 (審査会合 H27.7.9)

津波と地震の荷重組み合わせ時における余震荷重設定の考え方について説明すること。

■ 回答 (「外部事象の考慮について」6条-別添1 (外事) -1-添付18-1~16)

- 基準津波 1, 2, 3, 5 及び 6 の波源である「日本海東縁部に想定される地震」については、敷地から 600km 以上の距離 (図 1 参照) にあり、その余震及び誘発地震の敷地への影響が明らかに小さいことから、津波荷重に組み合わせる余震荷重を設定しない。
- 基準津波 4 の波源である「海域活断層に想定される地震」については、敷地から距離が近いこと、その余震※<sup>1</sup>及び誘発地震※<sup>2</sup>の地震動評価を行ったところ、その評価結果を全ての周期帯において弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>-D が十分に上回る (図 2 参照) ことから、保守的に S<sub>d</sub>-D による荷重を「海域活断層に想定される地震」による津波荷重に組み合わせる余震荷重として設定する。

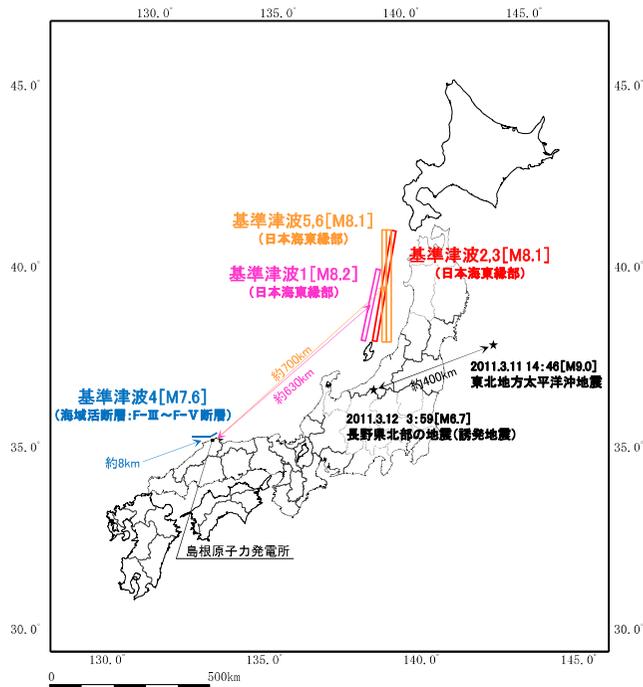


図 1 島根原子力発電所と基準津波の波源の位置関係及び2011年東北地方太平洋沖地震と2011年長野県北部の地震の震源位置

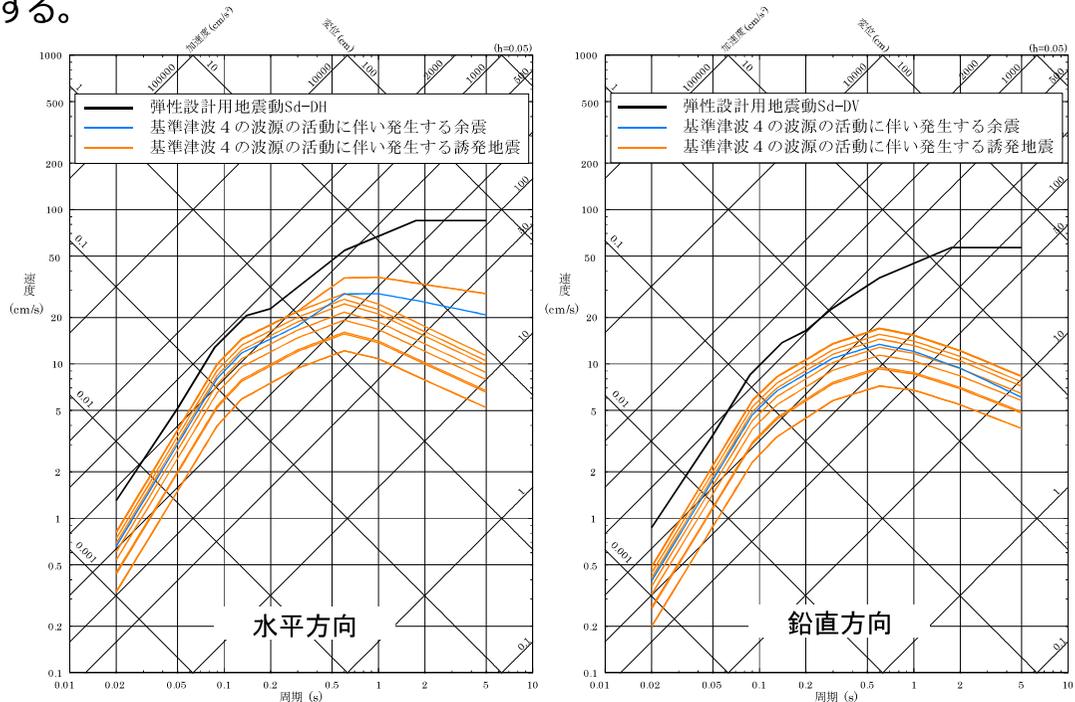


図 2 基準津波 4 の波源の活動に伴い発生する余震及び誘発地震と弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>-D の比較

※1:余震は、M6.7 (過去の地震の本震規模(M0)と最大余震規模(M1)の関係(M1=M0-0.9)から設定)の地震を基準津波4の波源の位置に設定  
 ※2:誘発地震は、M6.8 (過去の誘発地震の規模に保守性を考慮して設定)の地震を敷地周辺の孤立した短い活断層の位置に設定