

島根原子力発電所 2号炉

外部事象の考慮について (コメント回答)

令和元年6月
中国電力株式会社

番号	審査会合日	コメント要旨	回答頁
1	平成31年 4月4日	積雪単独の評価では、100cm の積雪から短期積雪荷重を設定しているが、積雪と他の事象を組み合わせる評価では、垂直積雪高72cm から算定される短期積雪荷重に0.35を乗じるとしており、評価により想定する短期積雪荷重を変えていることの妥当性を説明すること。	2~4
2	平成31年 4月4日	航空機落下確率について、タービン建物を標的面積から除外している理由を、タービン建物内に設置される設備の安全機能、設置位置の観点から整理して説明すること。	5~6
3	平成31年 4月4日	航空機落下確率について、廃棄物処理建物の一部の面積だけを標的面積として合算していることの妥当性を説明すること。	7~11
4	平成31年 4月4日	地震と津波の組合せについて、津波と主荷重以外の地震との組合せを発生頻度で除外する考え方の詳細を整理して説明すること。	12
5	平成31年 4月4日	地滑りと地震その他の主荷重との組合せについて、それぞれ発生頻度が十分小さいことから考慮しないとする考え方の妥当性を説明すること。	13~14
6	平成31年 4月4日	小型船舶が強風などの影響を受け、防波堤を超えて港湾内に侵入する可能性が低い根拠、小型船舶が防波堤に衝突して止まるとする根拠を詳細に説明すること。また、仮に防波堤が損傷した場合、防波堤から発生する瓦礫等により取水口を閉塞することができないのか、小型船舶が防波堤に衝突して沈没し取水口を閉塞する可能性がないのか等を説明すること。	15~17

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 平成31年4月4日）

積雪単独の評価では、100cm の積雪から短期積雪荷重を設定しているが、積雪と他の事象を組み合わせる評価では、垂直積雪高72cm から算定される短期積雪荷重に0.35を乗じるとしており、評価により想定する短期積雪荷重を変えていることの妥当性を説明すること。

■ 回答

自然現象の設計基準は、複数の事象を組み合わせる評価についても、単独事象の評価と同様に、「(1) 規格・基準類に基づく設定」及び「(2) 観測記録に基づく設定」を参照し、大きい方の値を採用する方針としている。

積雪単独の場合の設計基準積雪深は、(1)及び(2)を参照し、積雪深が大きい(2)の観測記録に基づいた100cm を採用する。

他の事象と積雪を組み合わせる場合の積雪深についても積雪単独の場合と同様に、(1)及び(2)を参照し、平均的な積雪荷重が大きい(1)の建築基準法に基づいて算出した、24.5cm ~29.8cm を採用する。

なお、「(1) 規格・基準類に基づく設定」で積雪深を算定する場合には、次頁に示す建築基準法に基づき算定することになり、その積雪深は過去最大の積雪深ではなく、松江市建築基準法施行細則に基づく積雪深を用いることになる。

	(1) 規格・基準類に基づく設定	(2) 観測記録に基づく設定
積雪単独	70cm ~ 85cm (標高8.5m~50m)	100cm (1971年2月4日) 採用
組合せ (従荷重)	24.5cm~29.8cm (標高8.5m~50m) 採用	24.5cm (1941年~2017年)

審査会合での指摘事項に対する回答（No.1）

他の事象と積雪を組み合わせる評価の積雪深の算出

(1) 規格・基準類に基づく設定

建築基準法及び同施行令第86条第3項に基づく松江市建築基準法施行細則において、地域毎に建築場所の標高に応じた垂直積雪量が定められている。また、同施行令第82条において多雪区域における暴風時あるいは地震時に組み合わせる積雪荷重は、同施行令第86条に規定する積雪荷重に0.35を乗じた平均的な積雪荷重としている。

同施行令第86条第3項に基づく垂直積雪量は、発電所の安全施設が設置されている地盤レベルの標高が8.5m～50.0mであることから、70cm～85cmとなる。

同施行令第82条の規定から、同施行令第86条に規定する積雪荷重に0.35を乗じたものを、建築基準法に基づく平均的な積雪荷重とした。

よって、建築基準法に基づく発電所における平均的な積雪深は、
 $(70\text{cm} \sim 85\text{cm}) \times 0.35 = 24.5\text{cm} \sim 29.8\text{cm}$ である。

(2) 観測記録に基づく設定

島根原子力発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）で観測された年最大積雪深さの平均値（1941年～2017年）は、

24.5cm である。

(参考) 建築基準法に基づく積雪荷重について

建築基準法施行令【抜粋】

第八十二条 前条第二項第一号イに規定する保有水平耐力計算とは、次の各号及び次条から第八十二条の四までに定めるところによりする構造計算をいう。

- 一 第二款に規定する荷重及び外力によって建築物の構造耐力上主要な部分に生ずる力を国土交通大臣が定める方法により計算すること。
- 二 前号の構造耐力上主要な部分の断面に生ずる長期及び短期の各応力度を次の表に掲げる式によつて計算すること。

力の種類	荷重及び外力について想定する状態	一般の場合	第86条第2項ただし書の規定により特定行政庁が指定する多雪区域における場合
長期に生ずる力	常時	G + P	G + P
	積雪時		G + P + 0.7 S
短期に生ずる力	積雪時	G + P + S	G + P + S
	暴風時	G + P + W	G + P + 0.35 S + W
	地震時	G + P + K	G + P + 0.35 S + K

ここで、 G : 第84条に規定する固定荷重によって生ずる力

P : 第85条に規定する積載荷重によって生ずる力

S : 第86条に規定する積雪荷重によって生ずる力

W : 第87条に規定する風圧力によって生ずる力

K : 第88条に規定する地震力によって生ずる力

第八十六条 積雪荷重は、積雪の単位荷重に屋根の水平投影面積及びその地方における垂直積雪量を乗じて計算しなければならない。

3 第一項に規定する垂直積雪量は、国土交通大臣が定める基準に基づいて特定行政庁が規則で定める数値としなければならない。

松江市建築基準法施行細則【抜粋】

第13条 政令第86条第3項の市長が定める垂直積雪量は、次の表の区域の区分に応じた算式により得た数値とする。

区域	垂直積雪量算式
鹿島町	(L-22) ×0.0036 + 0.74
島根町	(L-4) ×0.0036 + 0.70
美保関町	(L-6) ×0.0036 + 0.69
八雲町	(L-31) ×0.0036 + 0.60
玉湯町	(L-3) ×0.0036 + 0.56
宍道町	(L-3) ×0.0036 + 0.54
八束町	(L-17) ×0.0036 + 0.55
東出雲町	(L-3) ×0.0036 + 0.53
その他の区域	(L-17) ×0.0036 + 0.63

この表において、Lは建築場所の標高（単位メートル）を表すものとする。

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 平成31年4月4日）

航空機落下確率について、タービン建物を標的面積から除外している理由を、タービン建物内に設置される設備の安全機能、設置位置の観点から整理して説明すること。

■ 回答

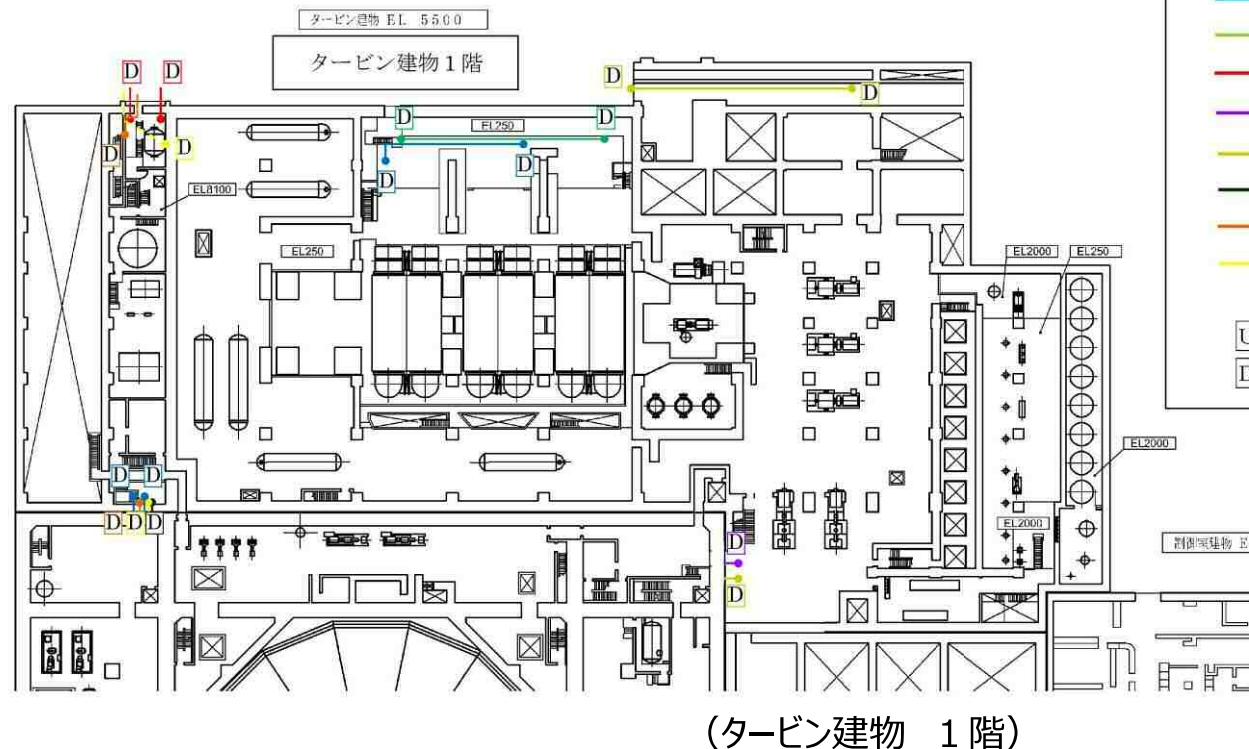
タービン建物内に設置されている原子炉の安全停止（炉心冷却も含む。）に必要な設備を下表のとおり抽出し、設置位置を確認した。

各建物に設置されている炉心、使用済燃料プール
及び原子炉の安全停止（炉心冷却も含む。）に必要な設備

2号炉	炉心、使用済燃料プール及び 原子炉の安全停止（炉心冷却も含む。）に 必要な設備
原子炉建物	<ul style="list-style-type: none"> ・炉心 ・燃料プール ・主要な安全系機器
タービン建物	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機海水系（配管、電路） ・高圧炉心スプレイ補機海水系（配管、電路） ・A, H P C S – 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ（配管、電路） (次頁の図参照)
廃棄物処理建物	<ul style="list-style-type: none"> ・補助盤室 ・バッテリ室 ・計装用電気室 ・中央制御室空調換気設備
制御室建物 (共用)	<ul style="list-style-type: none"> ・中央制御室
取水槽	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機海水系（ポンプ、配管、ストレーナ） ・高圧炉心スプレイ補機海水系（ポンプ、配管、ストレーナ）

審査会合での指摘事項に対する回答（No.2）

- タービン建物 1 階に設置されている原子炉補機海水配管等の原子炉の安全停止に必要な設備は下図のとおり。
- これまでの評価では、タービン建物 1 階に設置されている設備の範囲がわずかであるため、タービン建物を評価対象から除外していたが、他の建物と同様に扱い、タービン建物全体を標的対象として、航空機落下確率評価を実施する。



凡例

—	: 原子炉補機海水配管
—	: 高圧炉心スプレイ補機海水配管
—	: 燃料移送配管
—	: I - 原子炉補機海水系電路
—	: II - 原子炉補機海水系電路
—	: 高圧炉心スプレイ補機海水系電路
—	: A - D E G 燃料移送ポンプ電路
—	: H - D E G 燃料移送ポンプ電路
(点線部は埋設を示す)	
U	: 上階へ
D	: 下階へ

タービン建物に施設される原子炉の安全停止（炉心冷却も含む。）に必要な設備の配置

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 平成31年4月4日）

航空機落下確率について、廃棄物処理建物の一部の面積だけを標的面積として合算していることの妥当性を説明すること。

■ 回答

廃棄物処理建物に設置されている安全停止に必要な設備について下表のとおり抽出した。建物のうち限られた範囲内に設置されているため、その範囲のみを標的面積としていたが、確率評価上、他の建物と同様に扱い、建物全体を標的面積として評価を実施する。

各建物における炉心、使用済燃料プール及び原子炉の安全停止（炉心冷却も含む。）に必要な設備

2号炉	炉心、使用済燃料プール及び 原子炉の安全停止（炉心冷却も含む。）に 必要な設備
原子炉建物	<ul style="list-style-type: none"> ・炉心 ・燃料プール ・主要な安全系機器
タービン建物	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機海水系（配管、電路） ・高圧炉心スプレイ補機海水系（配管、電路） ・A, H P C S - 非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ（配管、電路）
廃棄物処理建物	<ul style="list-style-type: none"> ・補助盤室 ・バッテリ室 ・計装用電気室 ・中央制御室空調換気設備
制御室建物 (共用)	<ul style="list-style-type: none"> ・中央制御室
取水槽	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉補機海水系（ポンプ、配管、ストレーナ） ・高圧炉心スプレイ補機海水系（ポンプ、配管、ストレーナ）

審査会合での指摘事項に対する回答（No.3）

■ 航空機事故データの最新化について

航空機落下確率の評価に使用する航空機事故データを平成9年から平成28年までの20年間のデータに最新化を実施した。なお、平成9年から平成24年までの航空機事故データは、「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）のデータを使用する。

1. 航空機事故データの調査方法

「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）に記載している調査方法に準じて実施した。

2. 調査資料

航空機の事故事例について調査した資料は、次のとおりである。

（1）民間航空機の事故データ

a. 調査期間

平成25年1月～平成28年12月に発生した事故

b. 調査対象

運輸安全委員会の航空事故調査報告書HPに掲載されている事故で、航空機区分が「大型機」、「小型機」、「回転翼航空機（ヘリコプター）」で、分類が「事故」のもの

（2）自衛隊機及び米軍機の事故データ

a. 調査期間

平成25年1月～平成28年12月に発生した事故

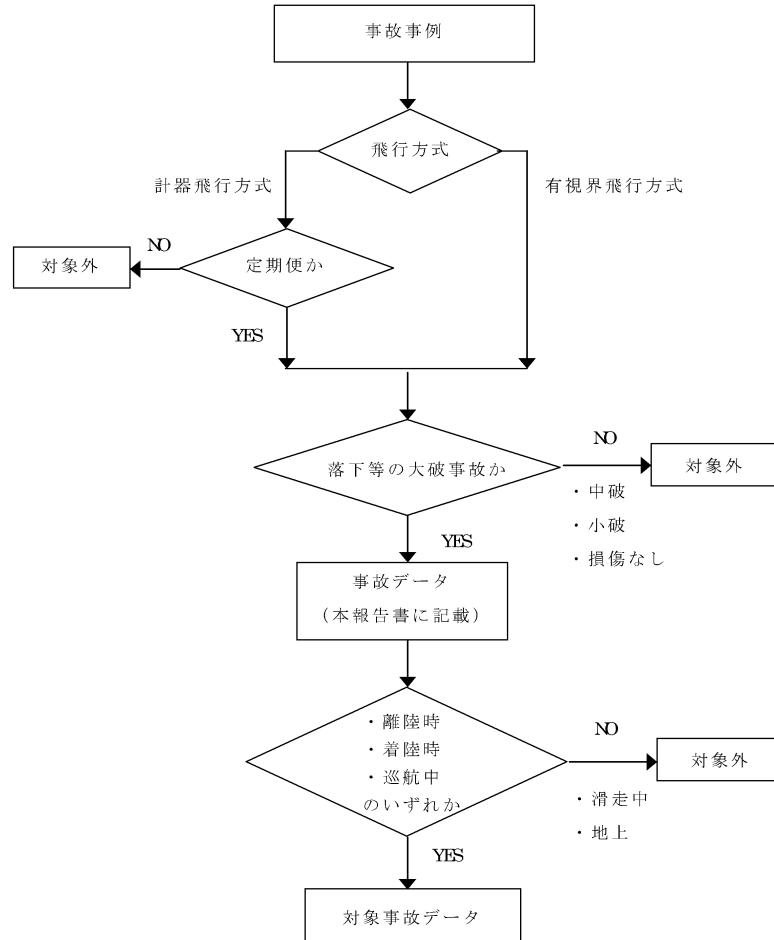
b. 調査対象

国内の航空雑誌及び国内の新聞記事

審査会合での指摘事項に対する回答（No.3）

3. 「事故データ」及び「対象事故データ」の選定方法のフローチャートの例

- フローチャートのとおり、大破事故のうち、「離陸時」、「着陸時」、「巡航中」の事故が対象事故データとなる。



【民間航空機（大型固定翼機、計器飛行方式及び有視界飛行方式）の場合】
(出典：「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)

審査会合での指摘事項に対する回答（No.3）

4. 調査結果

調査した結果、平成9年から平成28年の20年間の評価対象事故件数は、以下のとおり。

事故データ*		H 9～H 24*	H 25～H 28	H 9～H 28
民間 航空機	計器飛行 方式	離着陸時	1	1
		巡航中	0	0
	有視界飛行 方式	大型固定翼機	0	0
		小型固定翼機	29	1
		大型回転翼機	1	0
		小型回転翼機	18	2
自衛隊機 及び 米軍機	自衛隊機	大型固定翼機	7	9
		小型固定翼機		
		回転翼機		
	米軍機	固定翼機	4	4
		回転翼機		

*：平成9年～平成24年の事故データは、「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) のデータを使用した。

審査会合での指摘事項に対する回答（No.3）

- 評価の結果、航空機落下確率は約 7.8×10^{-8} 回／炉・年となり、 10^{-7} 回／炉・年を下回ることから、航空機落下による安全施設への影響を考慮する必要はないことを確認した。

航空機落下確率評価結果

島根原子力発電所 2号炉		評価対象事故	落下確率(回／年)
計器飛行方式 民間航空機の 落下事故	飛行場での離着陸時 における落下事故	【評価対象】 滑走路方向から±60°の範囲に発電所が位置する空港があり、各空港の最大離着陸距離が、発電所から各空港までの距離より大きいため、評価対象	1.57×10^{-8}
	航空路を巡航中の 落下事故	【評価対象】 発電所周辺に存在する航空路と発電所との距離が、それぞれの航空路の幅より短い場合は、評価対象	5.28×10^{-9}
有視界飛行方式 民間航空機の落下事故		【評価対象】	1.67×10^{-8}
自衛隊機又は 米軍機の落下事故	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	【評価対象：訓練空域外を飛行の落下事故】 訓練空域外を飛行中の落下事故は、評価対象 発電所上空には自衛隊機又は米軍機の訓練空域はないため、訓練空域内で訓練中の落下事故は対象外	3.95×10^{-8}
	基地－訓練空域間 往復時の落下事故	【評価対象外】 発電所は基地－訓練空域間の往復想定範囲内に入らないため、評価対象外	—
合計			約 7.8×10^{-8}

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 平成31年4月4日）

地震と津波の組合せについて、津波と主荷重以外の地震との組合せを発生頻度で除外する考え方の詳細を整理して説明すること。

■ 回答

基準津波の発生頻度及び最大荷重継続時間を踏まえると、仮に主荷重（基準地震動）以外の地震として、頻度が高く年に1回程度発生する地震動レベルの小さい地震を想定したとしても、基準津波の最大荷重継続時間内に基準地震動以外の地震が発生する頻度は、以下のとおり 10^{-9} ／年であり十分小さい※ことから、基準津波と基準地震動以外の地震との組合せは考慮しない。

※JEAG4601において組み合わせるべき荷重としては、事象の発生確率、継続時間、地震動の発生確率を踏まえ、その確率が 10^{-7} ／炉年以下となるものは組合せが不要と記載されている。

地震及び津波の最大荷重継続時間と発生頻度

荷重の種類	最大荷重継続時間（年）	発生頻度（／年）
地震 (基準地震動)	$10^{-5} \times 1$	$5 \times 10^{-4} \times 2, 3$
津波 (基準津波)	$10^{-5} \times 1$	$10^{-4} \sim 10^{-5} \times 3, 4$

※1 $10^{-5} = 5$ 分／（365日×24時間×60分）として算出

※2 JEAG 4601に記載されている基準地震動 S₂ の発生確率を読み替えて適用

※3 発生頻度について他条文との整合を図った

※4 ハザード評価結果

（基準津波の最大荷重継続時間内に基準地震動以外の地震が発生する頻度）

基準津波の
発生頻度

10^{-4} ／年 ×

基準津波の
最大荷重継続時間

10^{-5} 年 ×

基準地震動以外の
地震の発生頻度（想定）

1／年 = 10^{-9} ／年

■ 指摘事項（審査会合 平成31年4月4日）

地滑りと地震その他の主荷重との組合せについて、それぞれ発生頻度が十分小さいことから考慮しないとする考え方の妥当性を説明すること。

■ 回答

これまで地滑りと地震その他の主荷重との組合せについて、それらの発生頻度を踏まえ組合せの考慮の要否について評価していたが、地震及び津波と同様に、各事象による最大荷重の継続時間も踏まえて、評価を実施した。

また、他事象との組合せにおける地滑りの荷重として、土石流による土砂の堆積荷重のみを考慮して評価をしていたが、土石流による土砂の衝突荷重についても考慮して評価を実施した。

評価の結果、地滑りとその他の主荷重との組合せについては、考慮する必要がないことを確認した。評価結果は次頁のとおり。

審査会合での指摘事項に対する回答（No.5）

地滑りの荷重として、土石流の土砂による堆積荷重を想定した場合、その発生頻度及び最大荷重継続時間を踏まえると、例えば、地滑りの最大荷重継続時間内に地震が発生する頻度は、以下のとおり 7×10^{-8} /年であり十分小さいことから、地滑りと地震との組合せは考慮しない。他の主荷重との組合せについても、右表のとおり発生頻度が十分小さいことから考慮しない。

また、土石流の土砂による衝突荷重を想定した場合でも、最大荷重継続時間はさらに短く（ 10^{-5} 年）なることから、他の主荷重との組合せについて考慮しない。

※JEAG4601において組み合わせるべき荷重としては、事象の発生確率、継続時間、地震動の発生確率を踏まえ、その確率が 10^{-7} /炉年以下となるものは組合せが不要と記載されている。

(地滑りの最大荷重継続時間内に地震が発生する頻度)		
地滑りの 発生頻度	地滑りの 最大荷重継続時間	基準地震動の 発生頻度
10^{-2} /年	\times 1.4×10^{-2} 年	\times 5×10^{-4} /年
$=$	7×10^{-8} /年	

主荷重の最大荷重継続時間と発生頻度

荷重の種類	最大荷重 継続時間 (年)	発生頻度 (/年)	地滑りとの組合 せの発生頻度 (/年)
地震 (基準地震動)	$10^{-5} \times 1$	$5 \times 10^{-4} \times 4, 5$	7×10^{-8}
津波 (基準津波)	$10^{-5} \times 1$	10^{-4} $\sim 10^{-5} \times 5, 6$	10^{-8}
竜巻	$10^{-5} \times 1$	$10^{-7} \times 6$	10^{-11}
地 滑 り (堆積荷重)	$1.4 \times 10^{-2} \times 2$	$10^{-2} \times 7$	
地 滑 り (衝突荷重)	$10^{-5} \times 1$		
火山の影響	$1/12 \times 3$	$10^{-4} \sim 10^{-5} \times 8$	8.4×10^{-8}

※1 $10^{-5} = 5$ 分 / (365日 × 24時間 × 60分) として算出

※2 $1.4 \times 10^{-2} = 5$ 日 / 365日として算出

※3 $1/12 = 1$ ヶ月 / 12ヶ月として算出

※4 JEAG4601に記載されている基準地震動 S_2 の発生確率を読み替えて適用

※5 発生頻度について他条文との整合を図った

※6 ハザード評価結果

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

※8 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

審査会合での指摘事項に対する回答（No.6）

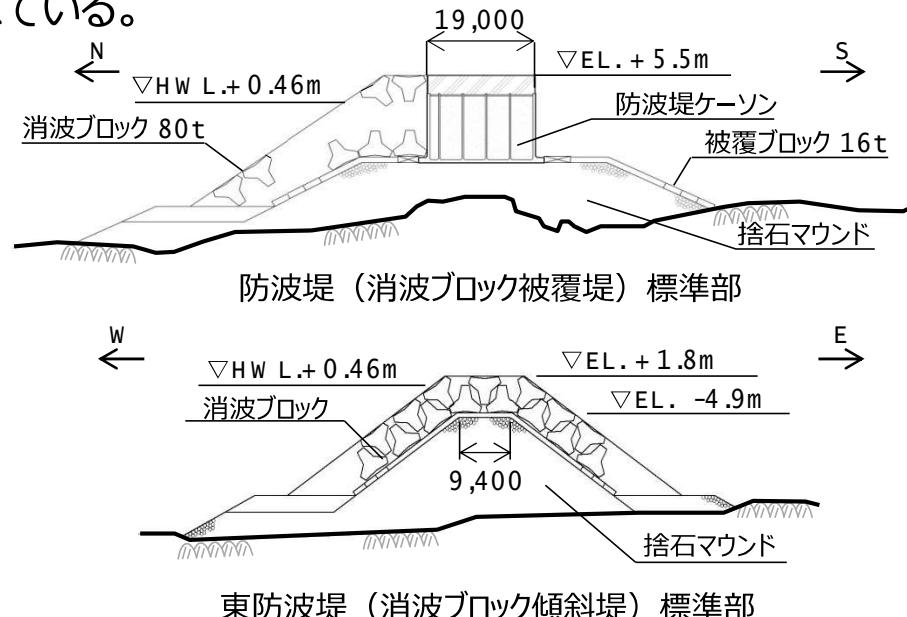
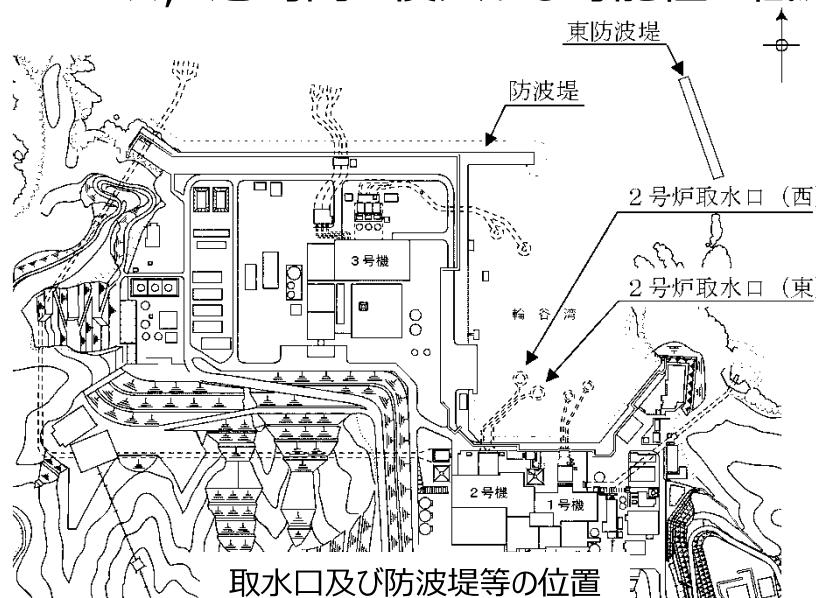
■ 指摘事項（審査会合 平成31年4月4日）

小型船舶が強風などの影響を受け、防波堤を超えて港湾内に侵入する可能性が低い根拠、小型船舶が防波堤に衝突して止まるとする根拠を詳細に説明すること。また、仮に防波堤が損傷した場合、防波堤から発生する瓦礫等により取水口を閉塞することができるのか、小型船舶が防波堤に衝突して沈没し取水口を閉塞する可能性がないのか等を説明すること。

■ 回答

小型船舶が発電所近傍で漂流した場合でも、敷地前面の防波堤及び東防波堤により港湾内への侵入口は狭められていることから、侵入する可能性は低減されている。

また、高潮の再現期間100年に対する期待値EL+1.36mに対して、防波堤はEL+5.5m、東防波堤はEL+1.8mの高さがあることから、小型船舶は防波堤等を乗り越えにくく、港湾内に侵入する可能性は低減されている。



- ▶ 仮に防波堤が損傷した場合又は小型船舶が強風等の影響を受け防波堤に衝突し沈没した場合の取水口への影響について、以下のとおり評価した。

（1）防波堤が損傷した場合について

防波堤の主たる構成要素である本体（上部コンクリート），被覆ブロック等はいずれも1t以上の重量があり、防波堤と2号炉の取水口との間には最短で約340mの距離があることから、損傷した防波堤が、漂流によって2号炉の取水口に到達することはない。

なお、1tよりも軽量なものとしては50kg～200kg程度の捨石等があるが、これは被覆ブロック等の下層に敷かれていること、2号炉の取水口との間に距離があることを考えると、滑動、転動し、取水口に到達する可能性は小さく、仮に到達するものがあった場合でも、次頁図に示した取水口呑口の断面寸法と非常用海水冷却系に必要な通水量を考慮すると、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼさない。

審査会合での指摘事項に対する回答（No.6）

（2）小型船舶が防波堤に衝突し沈没した場合について

万一、取水口呑口上部で沈降した場合においても、以下に示す取水口呑口の断面寸法並びに非常用海水冷却系に必要な通水量及び小型船舶の寸法※1から、その接近により取水口が閉塞し、非常用海水冷却系に必要な取水口及び取水路の通水性に影響を及ぼさない。

※1 小型船舶の寸法は、発電所周辺漁港に係留される漁船（最大約10t程度）及び発電所に来航する作業船（最大約10t程度）の大きさを考慮し、約10tの作業船寸法とした

〈作業船の取水路通水性に与える影響に関する諸元〉

○取水口呑口断面寸法(右図)

- ・高さ：3.0m
- ・幅：17m

○非常用海水冷却系必要通水量

- ・通常時（循環水系）の5%未満※2

※2 循環水系の定格流量約 $3370\text{m}^3/\text{分}$ に対して非常用海水冷却系の定格流量は $150\text{m}^3/\text{分}$ （ポンプ全台運転）

○作業船寸法

（総トン数約10tの作業船代表例）

- ・長さ：約10m
- ・幅：約4m
- ・喫水：約1.5m

