



島根原子力発電所 2号機 新規制基準への適合性審査の状況について

2019年8月1日
中国電力株式会社

1. 島根2号機の適合性審査の概要

○審査の全体像, 審査状況	2
○地震関係	6
○津波関係	26
○設備関係	50

1. 島根2号機の適合性審査の概要



審査の全体像, 実施状況



地震関係



津波関係



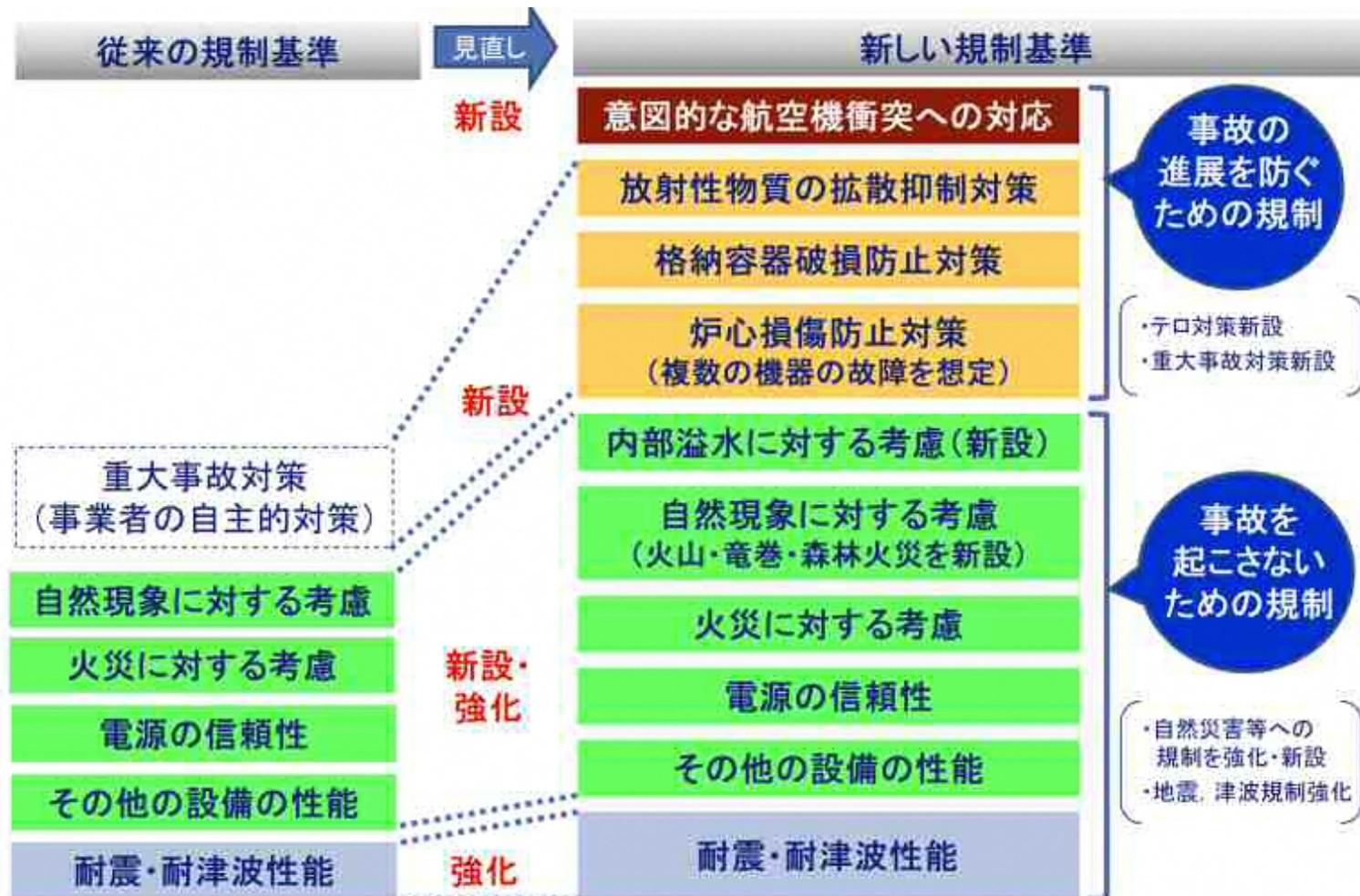
設備関係

島根2号機の設備概要と現在の状況

	1号機	2号機	3号機
営業運転開始	1974年3月	1989年2月	未定
定格電気出力	46万kW	82万kW	137.3万kW
原子炉型式	沸騰水型 (BWR)	沸騰水型 (BWR)	改良型沸騰水型 (ABWR)
運転状況	営業運転終了 (2015年4月30日)	2012年1月～ 停止中 (第17回定期検査中)	建設中 設備の据付工事完了 〔総工事進捗率:93.6%〕 2011年4月末時点
新規制基準への 対応状況等	廃止措置中 (2017年7月28日～)	国へ適合性審査を申請 (2013年12月25日)	国へ適合性審査を申請 (2018年8月10日)

審査の全体像

○2013年12月25日，島根2号機の新規制基準適合性審査を申請しました。
○審査される分野は，大きく①地震・地盤・津波関係といった外部要因に関するものと②設備関係の2分野に分かれます。



島根2号機の新規制基準適合性審査状況

○これまでに、114回の審査会合が開催されています。(2019年7月25日現在)

 : 本日ご説明する審査項目 実施済: 概ね妥当とされたもの 回答済: 会合コメントに回答済

主要な審査項目		審査状況	主要な審査項目		審査状況
審査の申請概要, 主要な論点, 審査会合の進め方		実施中	内部溢水	実施中	
地震	敷地及び敷地周辺の地下構造	実施済	火災	実施中	
	震源を特定して策定する地震動	実施済	竜巻(影響評価・対策)	実施中	
	震源を特定せず策定する地震動	実施済	火山(影響評価・対策)	実施中	
	基準地震動	実施済	外部事象	実施中	
	耐震設計方針	実施中	静的機器単一故障	実施中	
	敷地の地質・地質構造	実施済	保安電源設備	回答済	
	地盤・斜面の安定性	未実施	誤操作防止, 安全避難通路, 安全保護回路	回答済	
津波	基準津波	実施中	原子炉冷却材圧力バウンダリ	回答済	
	耐津波設計方針	実施中	通信連絡設備	実施中	
重大事故対策	確率論的リスク評価	実施中	監視測定設備	実施中	
	事故シーケンスの選定	実施中	共用設備	回答済	
	有効性評価	実施中	人の不法な侵入防止	回答済	
	解析コード	実施中	全交流電源喪失対策設備	回答済	
	原子炉制御室	実施中	燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設	回答済	
	緊急時対策所	実施中	放射性廃棄物の処理施設	回答済	
	フィルタ付ベント設備	実施中	特定重大事故等対処施設	実施中	
	水素爆発防止対策	実施中	所内常設直流電源設備(3系統目)	実施中	
	重大事故対応に必要な技術的能力	実施中			
			設計基準事故対策		
		その他			

1. 島根2号機の適合性審査の概要



審査の全体像, 実施状況



地震関係



津波関係



設備関係

- 発電所の設備のうち、耐震設計上特に重要なものは、「地震によって安全機能に大きな影響を及ぼすおそれがないものでなければならない」とされており、新規制基準では、原子炉施設の耐震重要度分類や地震動の影響評価の妥当性などについて確認が行われています。
- 2019年4月9日の審査会合において、2013年12月25日付け設置変更許可申請における施設の耐震重要度分類の変更は取り止めることとし、これに伴い地震大によるMSIV閉止インターロックの設置についても取り止めることを説明しました。

耐震重要度 分類	該当する施設
Sクラス	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系 ・使用済燃料を貯蔵するための施設 ・原子炉の緊急停止のために急激に負の反応度を付加するための施設、及び原子炉の停止状態を維持するための施設 ・原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設 ・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故後、炉心から崩壊熱を除去するための施設 ・原子炉冷却材圧力バウンダリ破損事故の際に、圧力障壁となり放射性物質の放散を直接防ぐための施設 ・放射性物質の放出を伴うような事故の際に、その外部放散を抑制するための施設であり、上記の「放射性物質の放散を直接防ぐための施設」以外の施設 ・津波防護機能を有する設備及び浸水防止機能を有する設備 ・敷地における津波監視機能を有する施設
Bクラス	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていて、一次冷却材を内蔵しているか又は内蔵し得る施設 ・放射性廃棄物を内蔵している施設（ただし、内蔵量が少ない又は貯蔵方式により、その破損により公衆に与える放射線の影響が実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和53年通商産業省令第77号）第2条第2項第6号に規定する「周辺監視区域」外における年間の線量限度に比べ十分小さいものは除く。） ・放射性廃棄物以外の放射性物質に関連した施設で、その破損により、公衆及び従事者に過大な放射線被ばくを与える可能性のある施設 ・使用済燃料を冷却するための施設 ・放射性物質の放出を伴うような場合に、その外部放散を抑制するための施設で、Sクラスに属さない施設
Cクラス	<ul style="list-style-type: none"> ・Sクラスに属する施設及びBクラスに属する施設以外の一般産業施設又は公共施設と同等の安全性が要求される施設

耐震設計方針(2/19) MSIV閉止インターロックの取り止めについて

第379回審査会合（平成28年7月12日）ではCクラスとしていた施設を含めて、当初申請における施設の耐震重要度分類の変更は取り止める方針とする。

これに伴い、地震時のタービン系配管の破損に伴う被ばく低減対策として地震時にMSIVを閉止するインターロックを設置することとしていたが、当該インターロックの設置についても取り止めることとする。

上記の方針とした理由を以下に示す。

<施設の耐震重要度分類の変更を取り止める理由>

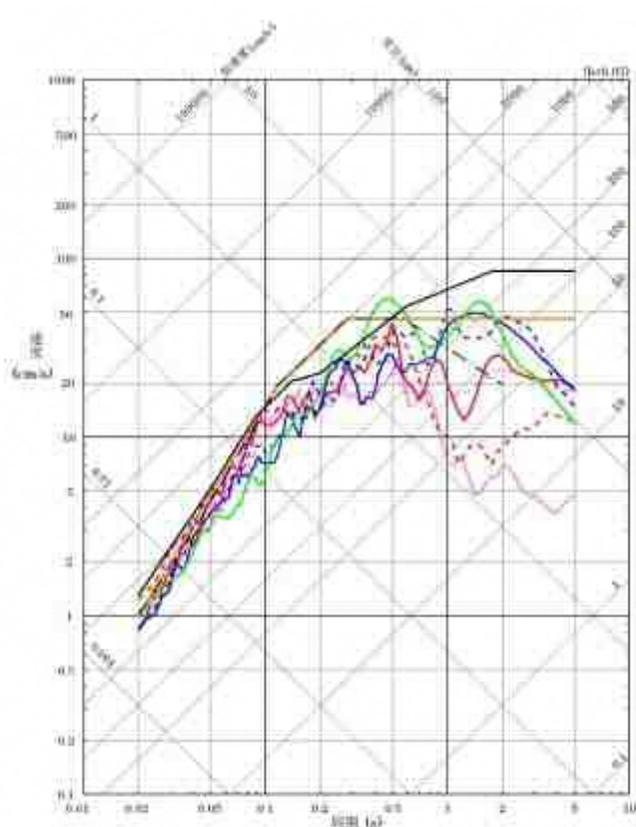
- 施設の耐震重要度分類の変更については、平成28年5月26日及び平成28年7月12日の審査会合にて審議いただいたが、発電用原子炉施設の耐震重要度分類に関しては検討課題が多く、多岐に亘る議論を要すると判断し、島根2号炉の新規制基準適合性審査においては、当初申請の施設の耐震重要度分類の変更は取り止めることとした。

<地震大によるMSIV閉止インターロックを取り止める理由>

- 本インターロックは、従来のMSIV閉止インターロックが作動しない程度のタービン系配管等の破損が生じ、運転員の誤操作等によりMSIVの手動閉止が遅れた場合の被ばく低減に有効であるが、タービン系配管等をBクラス設備として耐震補強することとしたため、地震時の配管破損に伴う被ばくリスクは低減する。
- 本インターロックの取り止めにより、タービン系配管等が破損していない場合、タービン系設備による冷却機能の使用が容易となる。

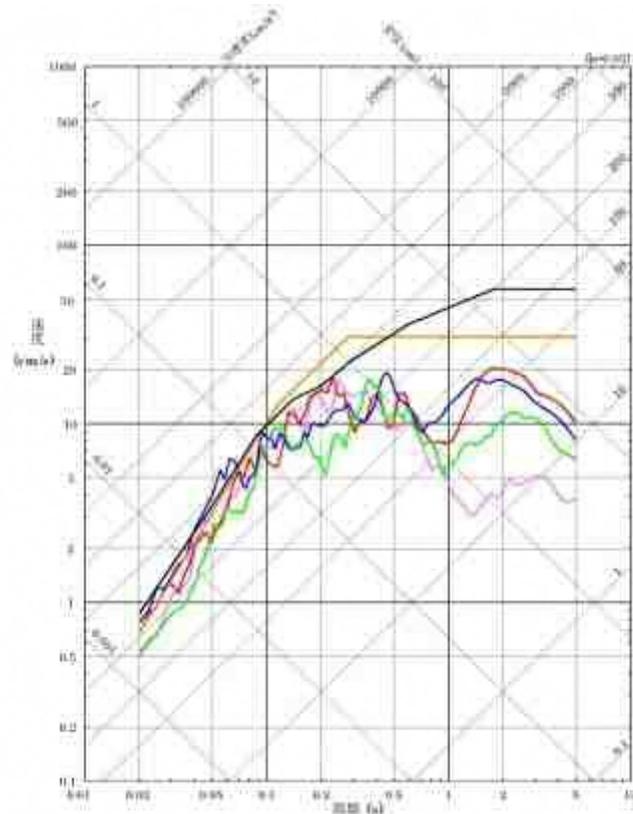
○2019年6月18日の審査会合において、地震による損傷の防止に関する評価のうち、これまでの審査会合にて指摘を受けた、弾性設計用地震動Sd*の設定に関して、選定の根拠等を詳細に説明しました。

*弾性設計用地震動Sd:安全機能の保持を確実にするために用いる地震動で、この地震動を受けても施設等が概ね弾性限界状態に留まることを確認します。



(水平方向)

※「原子炉設備変更許可申請書 (昭和58年9月22日許可/56館庁第10953号)」における基準地震動 S-1



(鉛直方向)

弾性設計用地震動 S d の応答スペクトル

■ 指摘事項

【No.1 (論点 I - 1) 弾性設計用地震動 S_d の設定について】

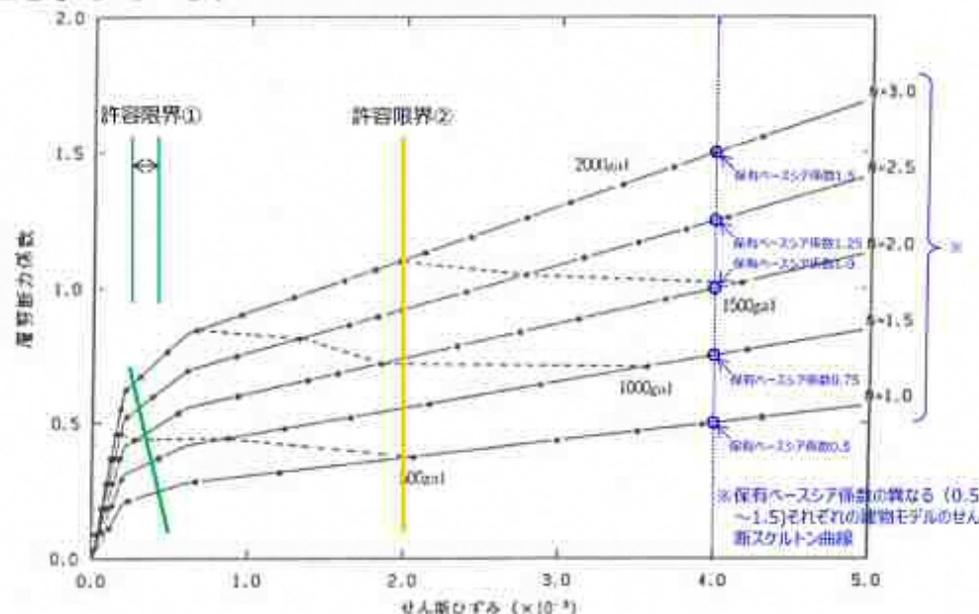
- 弾性設計用地震動 S_d の設定について、基準地震動 S_1 の果たしてきた役割を適切に解釈した上で、今回の方法を選択する場合の目的と効果、選択プロセス及びその理由並びに選択肢ごとのメリット・デメリットを整理し、今回の説明でこの方法を採用するとした根拠を説明すること。また、今後、他の方法を選択する場合の妥当性についても、合理的な設計が出来なくなるとする考え方も含め総合的に整理し、説明すること。
- 弾性設計用地震動 S_d の設定について、 S_1 の設計根拠に関する新知見と既許可での基準地震動 S_1 を変更するものではないとする考え方は整合していないと思われるため、 S_1 の設定根拠に関する新知見を持ち出した理由を説明すること。
- S_d の設定に関して、 S_1 の設定根拠としている「880年出雲の地震」のマグニチュードが最新知見では $M7.4$ から $M7.0$ に変更されたとしているが、根拠としている文献の記載を見ると $M=7.0$ という表記の変更であり、 $M=7.0$ へ変更したというものではない。適正な判断をすること。

■ 回答

- ・弾性設計用地震動 S_d は、設置許可基準規則及び審査ガイドの要求事項に従って、基準地震動 S_s との応答スペクトルの比率が目安として0.5を下回らないよう基準地震動 S_s に係数0.5を乗じて設定する。
なお、係数0.5は、工学的判断として、発電用原子炉施設の安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率が0.5程度であるという知見を踏まえて設定した。
また、基準地震動 S_1 の果たしてきた役割を踏まえ、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和56年7月20日原子力安全委員会決定、平成13年3月29日一部改訂）」における基準地震動 S_1 の応答スペクトルを概ね下回らないよう配慮した地震動も S_d として設定する。
- ・上記設定にあたっては、設置許可基準規則及び審査ガイドの要求事項、先行プラントの審査実績等を踏まえ、その設定根拠を整理した。その際、基準地震動 S_1 の果たしてきた役割等を踏まえ、選択プロセス及びその理由並びに選択肢ごとのメリット・デメリット（「880年出雲の地震」に関する新知見の扱いを含む）に基づき、設定の考え方を総合的に整理した。

< S dとS sとの応答スペクトルの比率に関する知見の整理 >

- 安全機能限界に対応する入力荷重と弾性限界に対応する入力荷重の比率としての係数 α について、日本電気協会の調査報告⁽¹⁾を参照して評価する。日本電気協会の調査報告には鉄筋コンクリート造壁式構造の建物を2質点系の簡易なスウェイ・ロッキングモデル(原子炉建物の規模を参考に、建物の耐力レベルを変動させた5種類の建物モデル)に置換し、入力地震動を100Galずつ順次増加して非線形地震応答解析を行って求められたせん断ひずみと層せん断力係数の関係を示した図があり、この図に許容限界①と許容限界②を加筆したものを以下に示す。
- ここで、許容限界②は、建物はある程度の損傷を受けるがその程度は小さく、終局に対して余裕のある基準地震動 S s の許容限界(せん断ひずみ度で 2.0×10^{-3})を示しており、許容限界①は許容限界②の入力加速度を1/2倍とした場合の応答値を示している。
- 許容限界①の応答値は短期許容応力度相当と考えられ、設置許可基準規則 別記2でいう弾性設計用地震動 S d に求められる「おおむね弾性範囲の設計」と考えられる。
- 以上より、許容限界①を弾性限界、許容限界②を安全機能限界と捉えた場合、安全機能限界に対応する入力荷重と弾性限界に対応する入力荷重の比率としての α は0.5程度の値となる。



(1) (社)日本電気協会:「静的地震力の見直し(建築編)に関する調査報告書(概要)」, 電気技術調査委員会 原子力発電耐震設計特別調査委員会 建築部会 平成6年3月

(i) 弾性設計用地震動 S d の役割を踏まえた設定の考え方

a. 先行プラントの審査実績における設定方法と同じように、基準地震動 S 1 を弾性設計用地震動 S d で包絡させる考え方とした場合、 $S_s - D$ の約 0.8 倍となり、弾性設計用地震動 S d が基準地震動 S s に近づき、S s に対する安全機能の保持をより高い精度で確認するという耐震設計上果たすべき役割から乖離する (S s に対する安全機能保持を確実にするための S d 弾性設計ではなく、S d によって構造設計が決定される)。

図 1 に示す通り、旧指針の S 1 は、880 年出雲の地震 (M7.4) に基づく大崎スペクトルにより設定されたもので、旧指針の S 2 に対する S 1 の比率も約 8 割 ~ 9 割と大きい。また、S 1 と S s - D (穴道断層による地震等を考慮して策定した基準地震動) のスペクトル形状は異なっており、S 1 を包絡する $S_s - D H \times 0.8$ の短周期側は S 1 の約 1.5 ~ 2 倍程度になる。

b. 日本電気協会の調査報告による弾性限界 (許容限界 ①)、安全機能限界 (許容限界 ②) の関係図 (図 2) に、許容限界 ② の入力加速度を 0.8 倍とした場合の応答値を ◆ で示す。これによると、設置許可基準規則解釈 別記 2 でいう弾性設計用地震動 S d に求められる「おおむね弾性範囲の設計」とは対応しないことから、合理的な設計が出来ない。

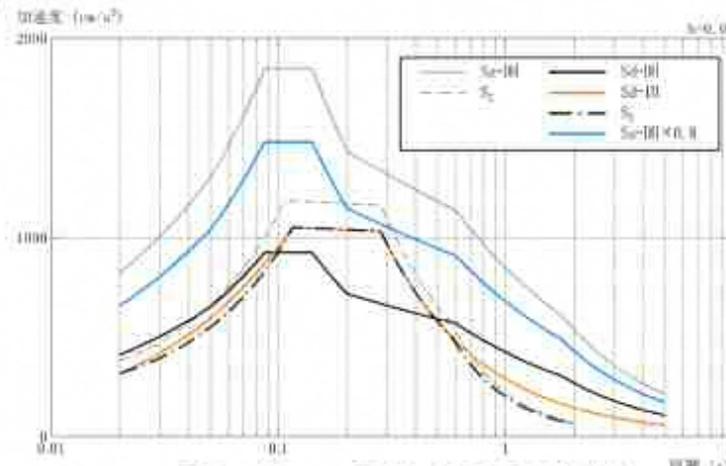


図 1 S s - D H × 0.8 のスペクトル

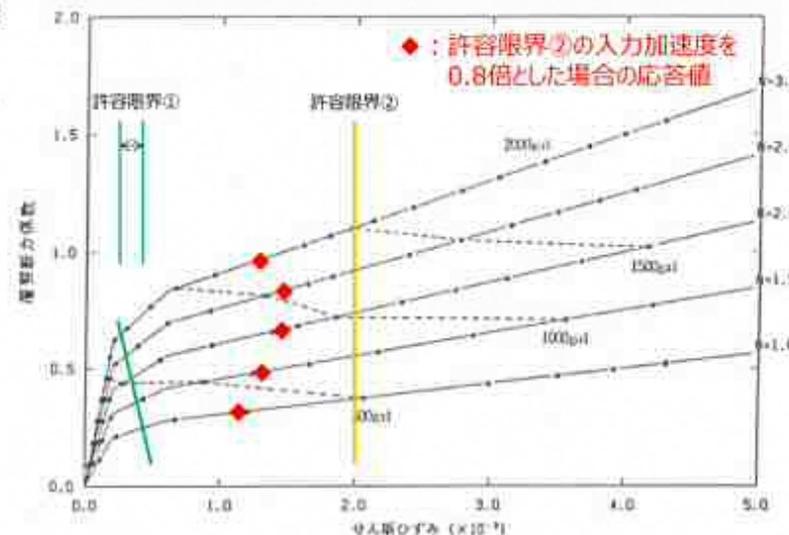


図 2 弾性限界と安全機能限界の関係図

(i) 弾性設計用地震動 S d の役割を踏まえた設定の考え方 (続き)

c. 仮に、S d を S s - D の0.8倍と設定し弾性設計を行う場合、S s による応答は安全機能限界以下となると考えられるが、S d による弾性設計を行うことで S s に対する安全機能保持をより高い精度で確実にするという役割からすると、過大なレベルであると考えられる。

S d を S s - D の0.8倍と設定した場合の耐震評価を、S s に対する安全機能が保持できる見込みの設備において概算すると、以下の表に示す通り、S s - D × 0.8では弾性限界の目安を超え耐震強化が困難な設備がでる見込みであり、弾性設計用地震動 S d とするには過大なレベルで、合理的な設計が出来ないと考えている。

耐震評価の概算

代表設備	地震動	主な評価項目	判定 (弾性限界)	備考
炉内構造物 (ブラケット)	Sd-D	一次応力	目安値以下	1次固有周期: 0.11s(水平方向) ※原子炉圧力容器の1次固有周期を示す。
	Ss-D×0.8		目安値を超える見込み	
制御室建物 (中央制御室 遮蔽壁)	Sd-D	せん断ひずみ, 応力度	目安値以下	1次固有周期: 0.14s(NS方向) 0.12s(EW方向)
	Ss-D×0.8		目安値を超える見込み	

⇒ 従って、単純に S s の係数倍で S 1 を包絡した S d を設定することは過大な地震動となり合理的な設計が出来ないことから、弾性設計用地震動 S d は、S d と S s との応答スペクトルの比率に関する知見及び弾性設計用地震動 S d の役割を踏まえ、基準地震動 S s に係数0.5を乗じて設定する。

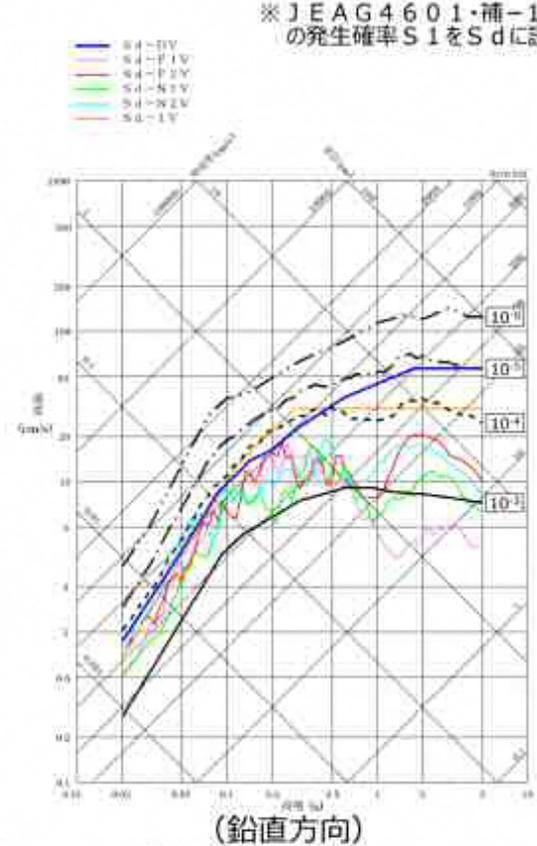
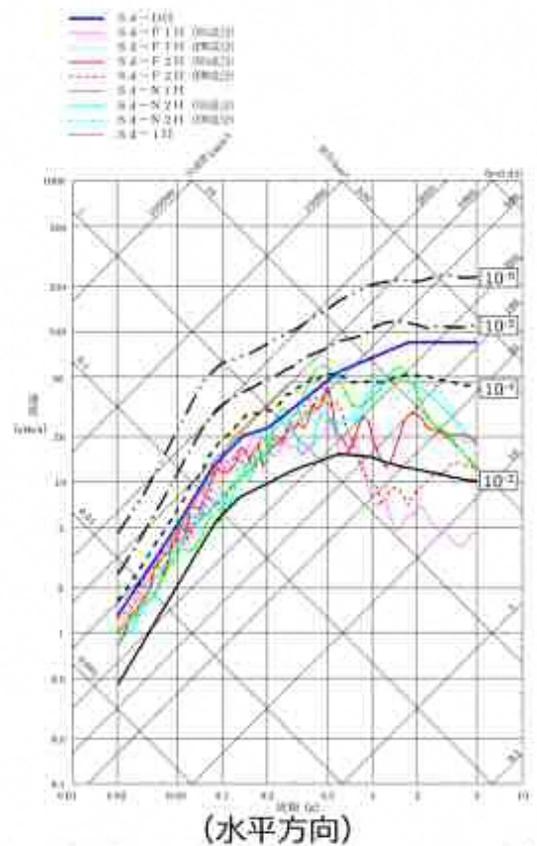
(ii) S 1 の果たしてきた役割を踏まえた設定の考え方

・平成18年の耐震設計審査指針の改訂に伴いAクラスがSクラスに格上げされたことに鑑み、旧指針において、基準地震動 S 1 がAクラス施設の耐震性を担保(S 1 と組み合わせる荷重の考慮を含む)してきたことを踏まえ、基準地震動 S 1 の応答スペクトルを概ね下回らないよう配慮した地震動も弾性設計用地震動 S d として追加設定する。

<弾性設計用地震動 S d の年超過確率>

- 弾性設計用地震動 S d - D の年超過確率は $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 程度, 弾性設計用地震動 S d - F 1, S d - F 2, S d - N 1 及び S d - N 2 は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度, S d - 1 は $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 程度である。
- J E A G 4 6 0 1 によると, 弾性設計用地震動 S d の発生確率は $10^{-2} \sim 5 \times 10^{-4}$ とされている*。 運転状態と地震による荷重の組合せの検討にあたっては, 弾性設計用地震動 S d の年超過確率を 10^{-2} として設定しており, 設定した弾性設計用地震動 S d の発生確率はこれを大きく下回る。

* J E A G 4 6 0 1・補-1984に記載されている地震動の発生確率 S 1 を S d に読み替えた。



弾性設計用地震動 S d の応答スペクトル及び解放基盤表面における地震動の一様ハザードスペクトルの比較

耐震設計方針(9/19) 弾性設計用地震動S_dの設定

- 弾性設計用地震動 S_d の設定根拠に関する総合的な比較・整理を行い、今回の設定の妥当性を以下に示す。

		見直し後 (今回設定)	見直し前 (第701回審査会合(平成31年 4月9日)資料1-1-1にて説明)	先行プラントの審査実績に おける設定方法の場合 (S _s -Dの約0.8倍)
評価項目	①設置許可基準規則及び審査ガイドの要求事項(S _s に対する係数)に適合しているか。	◎ (S _s に対する係数 0.5)	◎ (S _s に対する係数 0.5)	◎ (S _s に対する係数 約0.8)
	②基準地震動 S _s による地震力に対する施設の安全機能の保持をより高い精度で確認するという S _d の役割を踏まえた設定となっているか。	◎	◎	× (注1) (弾性設計用地震動 S _d が耐震設計上果たすべき役割から乖離し、合理的な設計が出来ない)
	③ S ₁ の果たしてきた役割を考慮しているか。 (S ₁ が施設の耐震性を担保してきたことを踏まえた設定となっているか。)	◎ (S ₁ の応答スペクトルを概ね下回らないよう配慮した地震動を追加設定) ※880年出雲の地震(M7.4)に基づき策定されている。	(○(注2)→) × (880年出雲の地震のM≒7.0は最新の文献における諸元であるが、地震規模として採用するには不確実性が高いと判断し、M=7.4とする。その場合、S _d -DがS ₁ を一部の周期帯で下回る)	◎
	④ S _d の年超過確率を参照し、発生確率が妥当な範囲にあるか。	◎	◎	○
総合評価		◎ ⇒採用	(○(注2)→) × ⇒採用しない	× ⇒採用しない

(注1) 補足2(i)参照

(注2) 平成31年4月9日時点での評価

基準地震動 S₁ の設定根拠である880年出雲の地震は古い地震であり、種々の見解が示される中、最新の文献における諸元 (M≒7.0) で評価した地震動は設定した弾性設計用地震動 S_d を概ね下回っていた。

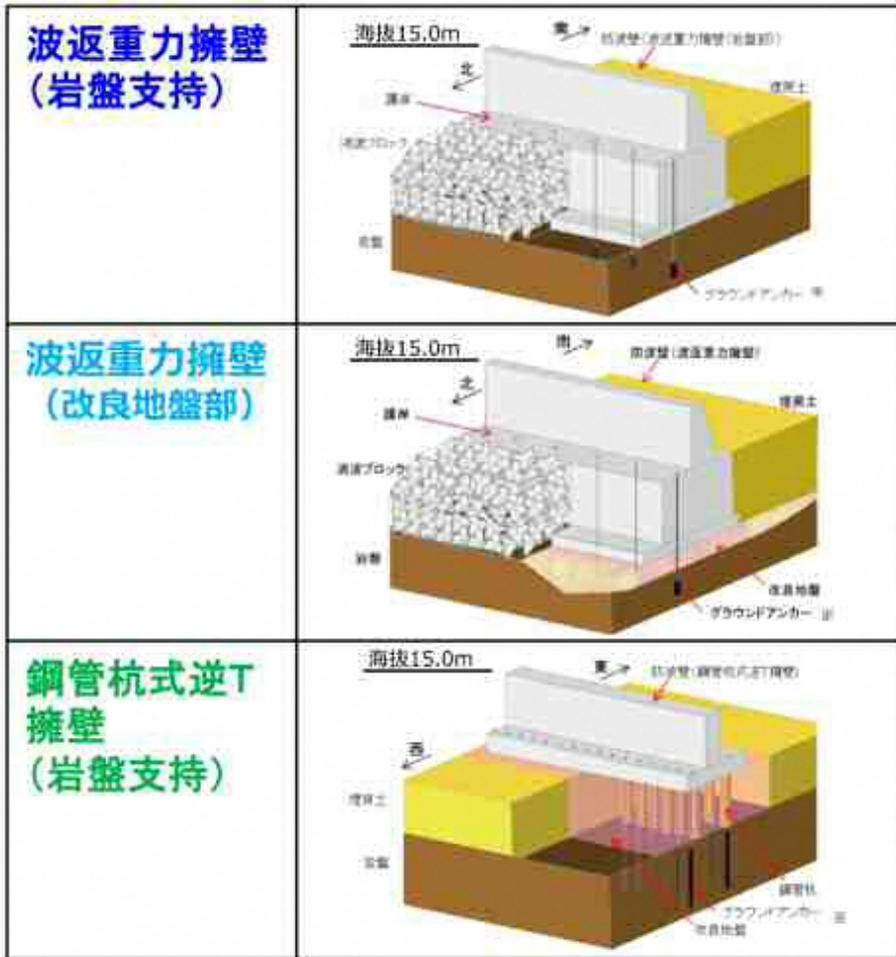
○2019年6月18日の審査会合において、地下水位の設定方法について説明しました。
(地下水位の設定は耐津波設計方針と共通)

【地下水位設定の考え方】

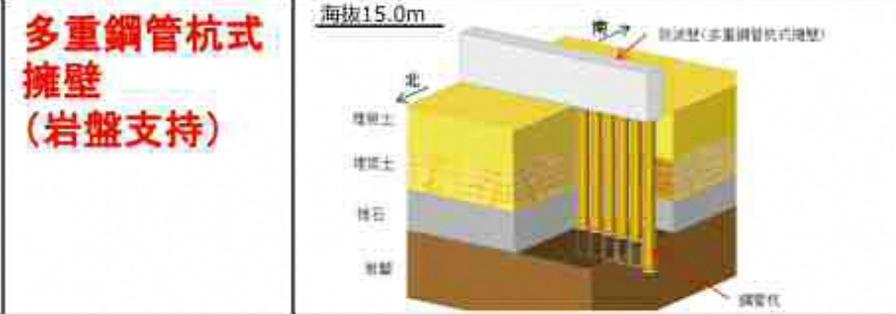
○地下水位については、適切に揚圧力影響及び液状化影響を設計に反映する観点から、敷地における設計基準対象施設及び重大事故等対処施設のうち建物、構築物、屋外重要土木構造物(取水管, 取水口を除く)及び津波防護施設(敷地に直接設置している防波壁)を対象に設計します。

○設計基準対象施設及び重大事故等対処施設のうち建物、構築物、屋外重要土木構造物(取水管, 取水口を除く)及び津波防護施設(敷地に直接設置している防波壁)の設計地下水位は、周辺の地下水位低下設備の効果や地下水位観測記録等を踏まえ、工認段階において設定します。

- 島根原子力発電所では、護岸沿いに津波防護施設として防波壁を設置完了している（H25.9完成）。
- 防波壁の構造形式は、1, 2号炉北側を多重鋼管杭式擁壁、3号炉東側を鋼管杭式逆T擁壁（鋼管杭周辺を地盤改良）、3号炉北側及び東西端部を波返重力擁壁（主に岩着したケーソン上に、重力擁壁を設置）とした。

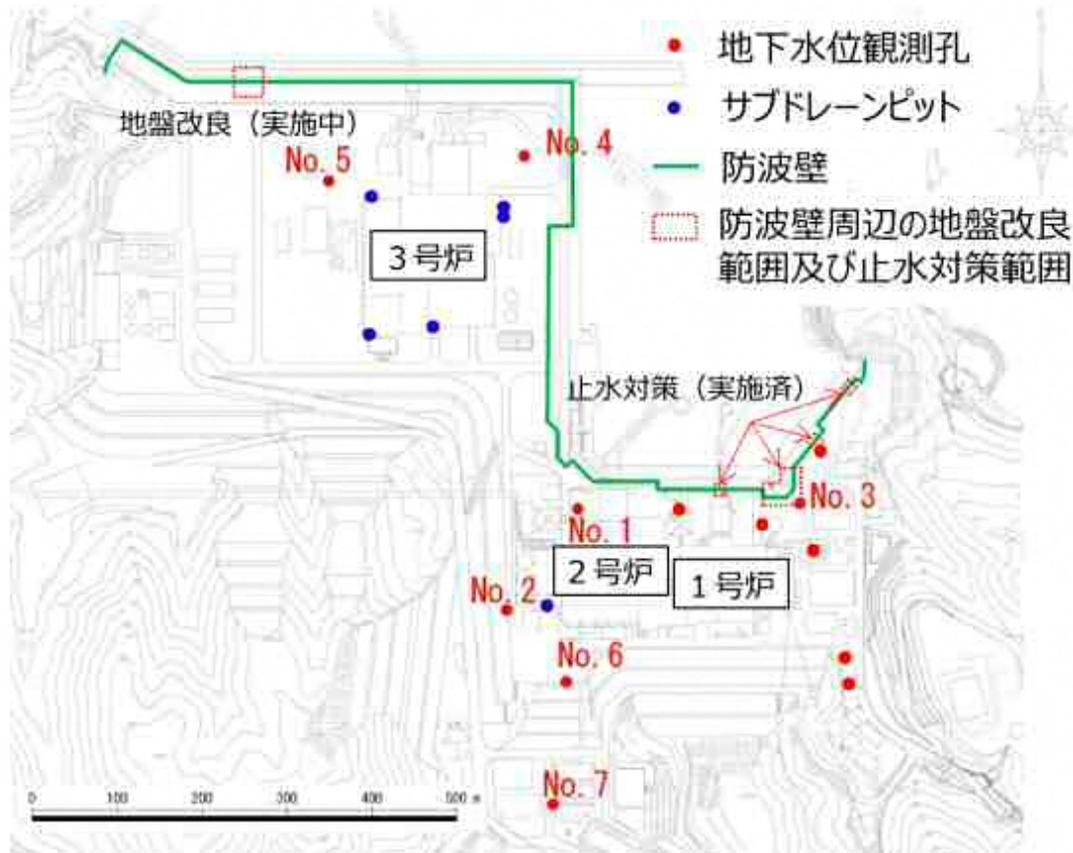


※グラウンドアンカーの効果を期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。



耐震設計方針(12/19) 地下水位観測の概要

- 地下水位については、防波壁（H25.9完成）設置後のH26.11から連続観測しており、この観測記録（H26.11～H31.1）に基づき、防波壁の設置、支持地盤及び周辺地盤の改良が敷地の地下水位に与える影響について検討する。なお、1,2号炉北側の防波壁の一部では、止水対策（H27.6～H27.8）が完了しており、3号炉北側の防波壁の一部では、地盤改良を実施中である。
- 敷地内の地下水位観測孔、サブドレーンピット、及び地下水位観測の諸元を以下に示す。



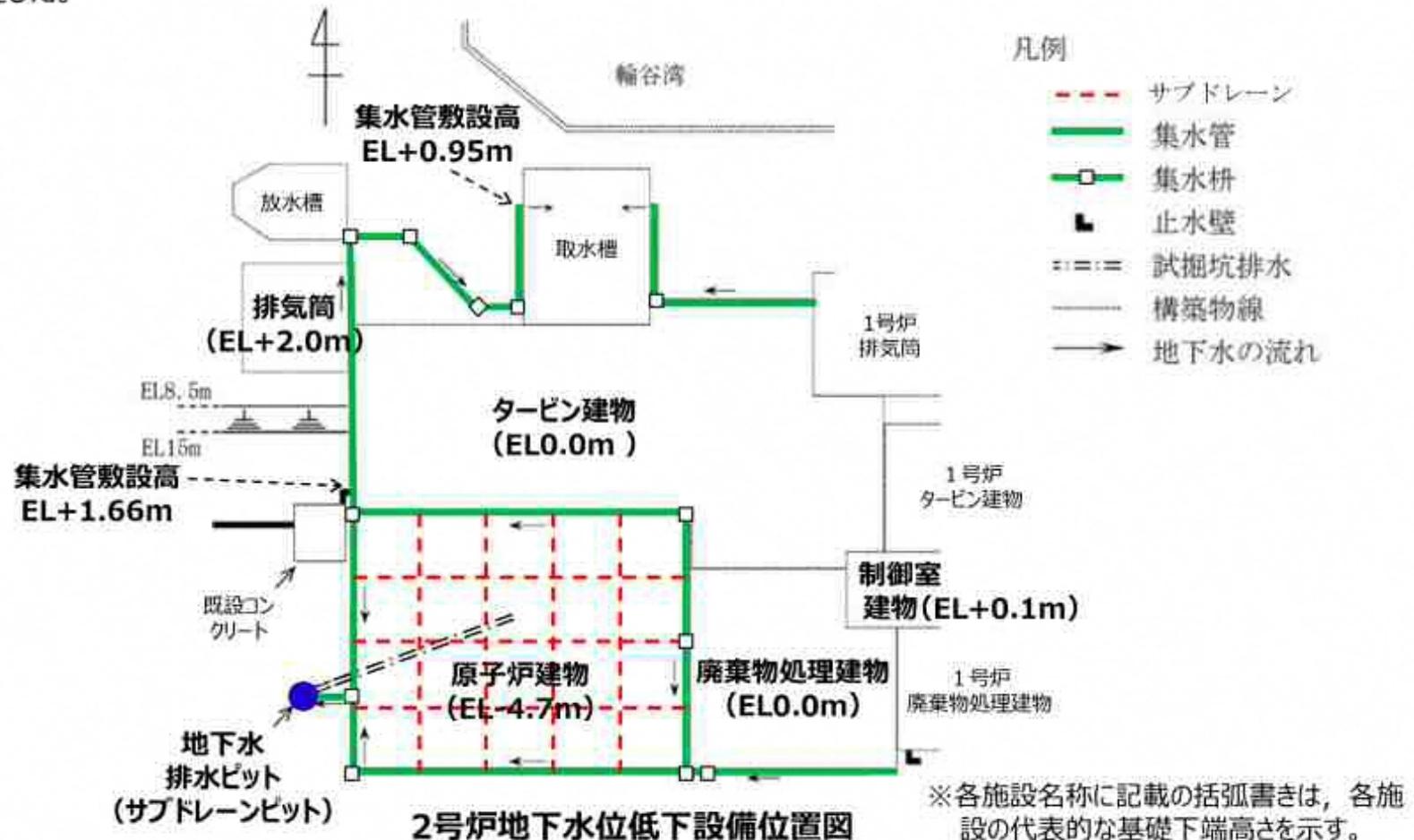
地下水位観測孔配置図

地下水位観測の諸元

観測孔 No.	敷地盤高さ (EL m)	水位計設置深度 (EL m)	観測期間
1	+8.5	-7.5	H26.11.1～ H31.1.31
2	+15.0	-9.1	
3	+8.5	-13.5	
4	+8.5	-10.6	
5	+8.5	-6.5	
6	+15.0	-3.2	
7	+44.0	-3.5	

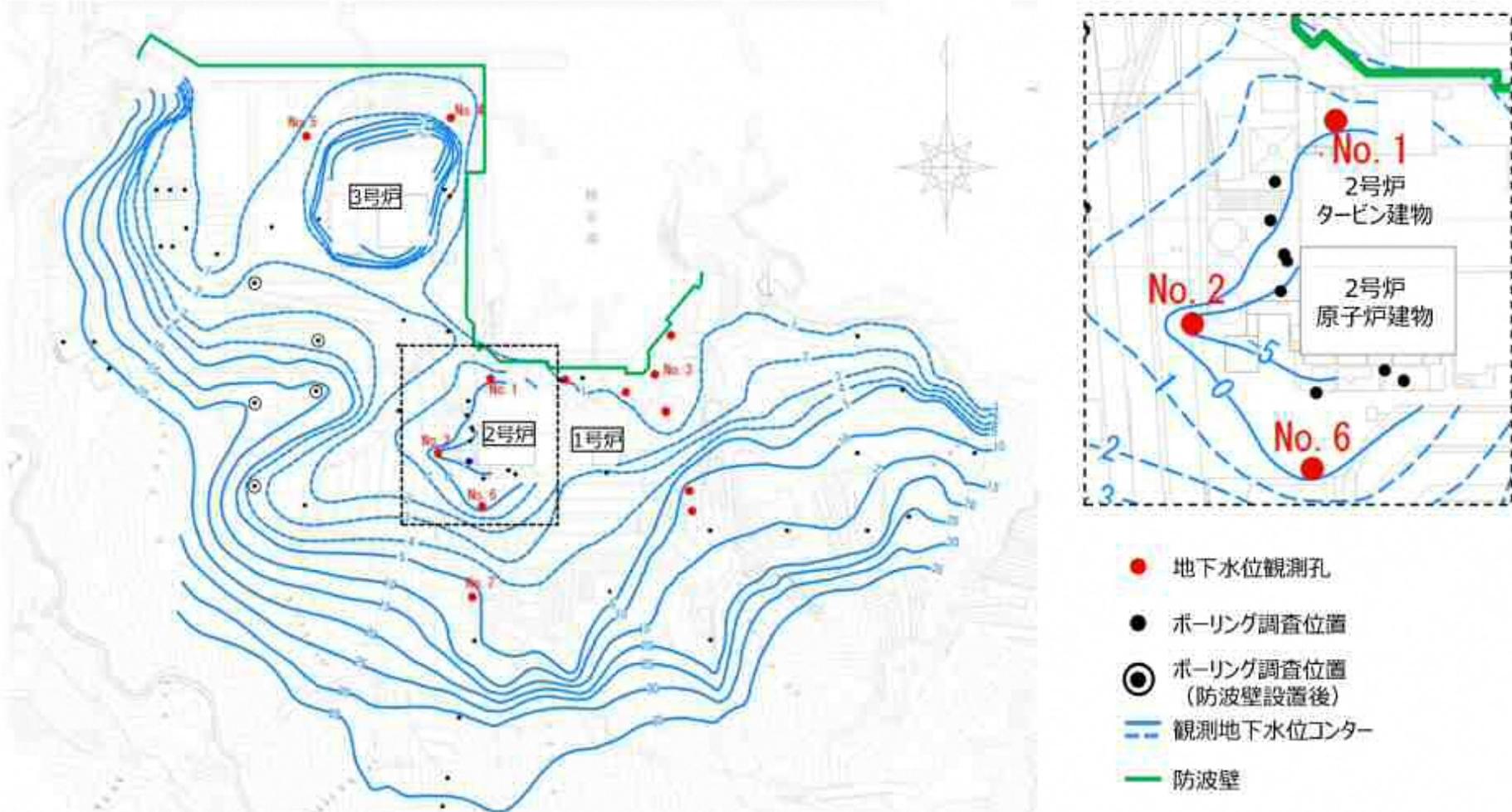
耐震設計方針(13/19) 2号炉地下水位低下設備の概要

- 地下水位低下設備のうち集水管，サブドレーン及びサブドレーンピットの配置を示す。
- 原子炉建物及び廃棄物処理建物周辺に設置されたサブドレーン及び集水管は，サブドレーンピットに集水し，海水ポンプ，配管を介して排水する構造である。
- タービン建物周辺に設置された集水管（有孔ヒューム管Φ300）は，取水槽へ導水する構造である。
- 2号炉原子炉建物等については，施設周辺に地下水位低下設備を設置し，既工認においてはその効果を期待して地下水位を設定した。



耐震設計方針(14/19) 地下水位観測記録(観測地下水位コンター)

- 防波壁設置後の約4年間 (H26.11~H31.1) の地下水位観測記録及び至近のボーリング調査 (H7.7~H26.3) で確認した地下水位に基づき観測平均地下水位コンター※を作成した。なお、今回の観測期間において2号炉及び3号炉の地下水位低下設備は稼働している。
- また、3号炉北側防波壁の一部 (砂礫層堆積部) において地盤改良を実施中である。



観測平均地下水位コンター

※観測平均地下水位コンターは、H27.3時点にて観測記録の取りまとめを行い、作成した。
なお、H27.4以降の観測記録とも概ね一致している。

耐震設計方針(15/19) 地下水位の設定(例)

設備分類	設備名称	基礎形式	支持層	基礎下端高さ ^{※1} (EL m)	観測平均地下水位 (EL m)	設計地下水位(例) ^{※3}				
						地下水位 (EL m)	設計への 反映事項			
設計基準 対象施設	建物, 構築物	原子炉建物	直接基礎	岩盤	-4.7	- ^{※2}	-3.9	設計用揚圧力は 既工認と同一の 考え方で設定する		
		タービン建物	直接基礎	岩盤	0.0	- ^{※2}	+2.0			
		廃棄物処理建物	直接基礎	岩盤	0.0	- ^{※2}	+2.0			
		制御室建物	直接基礎	岩盤	+0.1	- ^{※2}	+0.1			
		排気筒	直接基礎	岩盤	+2.0	+1m以深	+2.0			
	屋外重要 土木構造物	取水槽	直接基礎	岩盤	-11.7	+1m以深	+1.0	朔望平均満潮位 (EL+0.46m) に余裕を考慮して 設定する		
		屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)	直接基礎	岩盤	+4.9	+1m以深				
		ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎	直接基礎	岩盤	+8.35	0m以深				
		燃料移送系配管ダクト	直接基礎	岩盤	+10.4	-5m以深				
		屋外配管ダクト (復水貯蔵タンク~原子炉建物)	直接基礎	岩盤	+10.4	0m以深				
	津波防護 施設	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	杭基礎	岩盤	-19.1	+1m以深				
		防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)	杭基礎	岩盤	-10.0	+1m以深				
		防波壁(波返重力擁壁)	直接基礎	岩盤 改良地盤	-13.0	+1m以深				
	重大事故等 対処施設	第1ベントフィルタ格納槽	直接基礎	岩盤	+0.7	0m以深			基礎下端 以深	基礎下端と地下 水位の関係を踏ま え設定する
		低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	直接基礎	岩盤	-1.3	0m以深				
緊急時対策所建物		直接基礎	岩盤	+48.25	+10~+15					
緊急時対策所用燃料地下タンク		直接基礎	岩盤	+46.6	+15~+20					
ガスタービン発電機建物		直接基礎	岩盤	+44.0	+5~+20					
ガスタービン発電機用軽油タンク基礎		直接基礎	岩盤	+45.8	+15~+25					
屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用 軽油タンク~ガスタービン発電機)		直接基礎	岩盤	+45.45	+10~+25					

※1 各施設の代表的な基礎下端高さを示す。

※2 原子炉建物等については、構造物が大きく、一律に地下水位観測記録を読み取ることが困難なため、「-」と記載した。

※3 周辺の地下水位低下設備の効果や地下水位観測記録等を踏まえ、工認段階において設計地下水位を設定する。

耐震設計方針(16/19) 液状化による影響

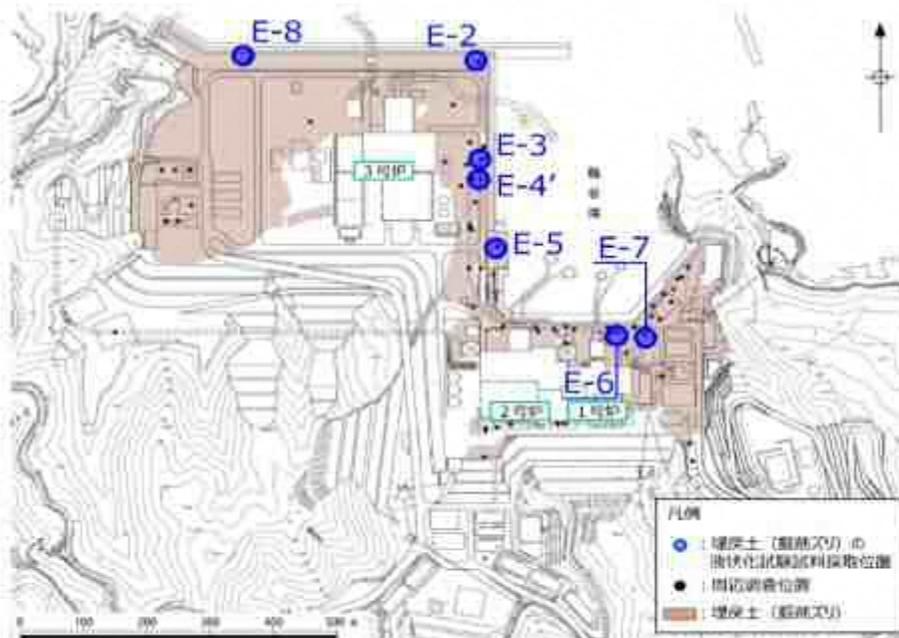
- 2019年6月18日の審査会合において、地震に起因する液状化現象の評価方法について基本方針を説明しました。
(液状化の評価は耐津波設計方針と共通)

【液状化の影響】

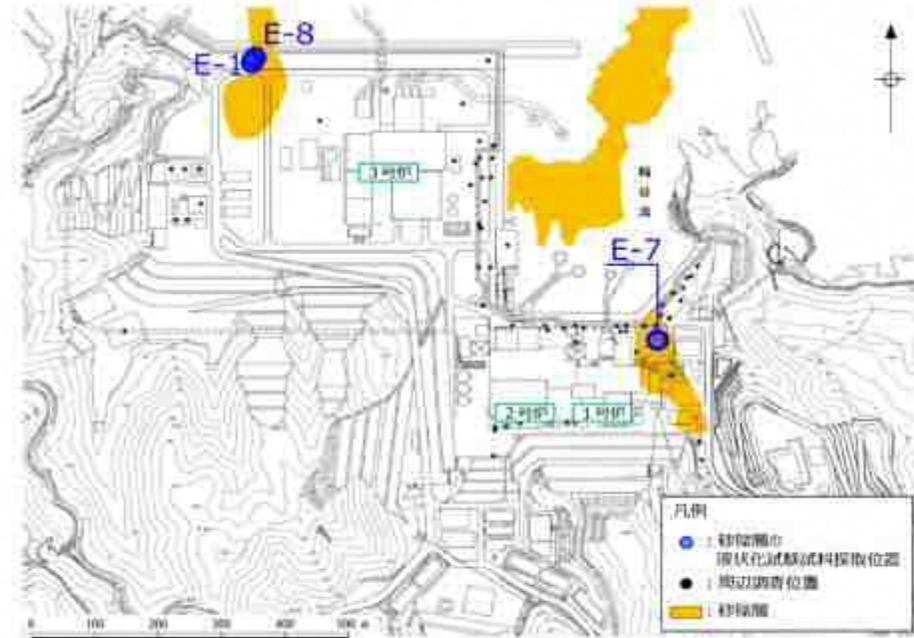
- 液状化影響の評価対象層については、道路橋示方書・同解説(V耐震設計編)((社)日本道路協会, H24.3)及び港湾の施設の技術上の基準・同解説((社)日本港湾協会, H19)に基づく液状化判定の対象となる砂礫層に加えて、液状化判定の対象外となる埋戻土(掘削ズリ)も抽出して液状化試験を実施しました。
- 液状化試験結果によると、液状化を示す土層はありませんでしたが、砂礫層及び埋戻土(掘削ズリ)について、保守的な液状化強度特性を設定します。

耐震設計方針(17/19) 液状化試験試料採取位置とその代表性

- 液状化評価対象層として、埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層の分布状況から以下のとおり地点を選定し、試料を採取して液状化試験を実施する。
- 埋戻土（掘削ズリ）は3号炉西側から1,2号炉東側に広く分布している。このうち、地下水位以下で埋戻土（掘削ズリ）が厚く分布している護岸法線に沿った地点を広範囲に選定した。
- 砂礫層は局所的に分布していることから、分布箇所である3号炉北側西端及び1,2号炉北側東端の地点を選定した。



液状化試験試料採取位置（埋戻土（掘削ズリ））



液状化試験試料採取位置（砂礫層）

【結果】

- E-2～E-8地点の埋戻土（掘削ズリ）は、周辺調査位置と比べて、N値及び細粒分含有率ともに、液状化試験試料採取位置の平均値及び -1σ 値が、周辺調査位置のばらつき（ $\pm 1\sigma$ ）の範囲内であることから、液状化試験試料採取位置は代表性を有していると評価した。
- 砂礫層については、局所的な範囲で確認されており、場所を特定して調査を行ったため、液状化試験試料採取位置は代表性を有していると評価した。

耐震設計方針(18/19) 液状化試験結果, 液状化強度特性の設定方針

- すべての土層で, 液状化試験結果は繰返し軟化(サイクリックモビリティ含む)あるいは非液状化を示し, 液状化ではなかった。このことは, 50%粒径が10mm超過, または, 10%粒径が1mm超過である, 粗粒で均等係数が低い礫質土では透水係数が高く液状化しにくいという道路橋示方書の記載に整合する。

対象層	埋戻土(掘削ズリ)	砂礫層
液状化試験の状況	<ul style="list-style-type: none"> • 過剰間隙水圧比が0.95を上回るが, 有効応力は0にならない。 なお, 一部の供試体では, 過剰間隙水圧比が0.95を下回る。 • 有効応力は減少するが, 回復する。 • ひずみが緩やかに上昇する。 	<ul style="list-style-type: none"> • 過剰間隙水圧比が0.95を上回るが, 有効応力は0にならない。 • 有効応力は減少するが, 回復する。 • ひずみが緩やかに上昇する。
試験結果の分類	<ul style="list-style-type: none"> • 試験結果は, 非液状化または繰返し軟化(サイクリックモビリティ含む)であり, 液状化ではない。 • 有効応力は維持または回復するため, 支持力が期待できる。 	<ul style="list-style-type: none"> • 試験結果は, 繰返し軟化(サイクリックモビリティ含む)であり, 液状化ではない。 • 有効応力は維持または回復するため, 支持力が期待できる。
基準地震動 S_s に対する液状化判定	基準地震動 S_s に対する液状化試験の妥当性確認	

- 液状化試験結果より, 液状化を示す土層はないが, 繰返し軟化(サイクリックモビリティ含む), 若しくは非液状化となる土層(埋戻土(掘削ズリ), 砂礫層)については, 念のため液状化強度特性を設定し, 保守的に構造物への影響評価を実施する。

耐震設計方針(19/19) 液状化影響の基本方針(評価対象施設選定(例))

- 島根原子力発電所の設計基準対象施設及び重大事故等対処施設に該当する建物、構築物、屋外重要土木構造物及び津波防護施設は、堅固な地盤上に設置されていることから、設計地下水位以深の周辺地盤において埋戻土（掘削スリ）又は砂礫層が分布している構造物の中から、工認段階において液状化影響評価対象施設を選定する。

設備分類	設備名称	基礎形式	支持層	基礎下端高さ ^{※1} (EL m)	設計地下水位(例) ^{※2}		
					地下水位 (EL m)	設計への 反映事項	
設計基準対象施設	建物、構築物	原子炉建物	直接基礎	岩盤	-4.7	設計用揚圧力は既工認と同一の考え方で設定する	
		タービン建物	直接基礎	岩盤	0.0		
		廃棄物処理建物	直接基礎	岩盤	0.0		
		制御室建物	直接基礎	岩盤	+0.1		
		排気筒	直接基礎	岩盤	+2.0		
	屋外重要土木構造物	取水槽	直接基礎	岩盤	-11.7	+1.0	朔望平均満潮位(EL+0.46m)に余裕を考慮して設定する
		屋外配管ダクト(タービン建物～排気筒)	直接基礎	岩盤	+4.9		
		ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎	直接基礎	岩盤	+8.35		
		燃料移送系配管ダクト	直接基礎	岩盤	+10.4		
		屋外配管ダクト(復水貯蔵タンク～原子炉建物)	直接基礎	岩盤	+10.4		
	津波防護施設	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	杭基礎	岩盤	-19.1	+1.0	朔望平均満潮位(EL+0.46m)に余裕を考慮して設定する
		防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)	杭基礎	岩盤	-10.0		
		防波壁(波返重力擁壁)	直接基礎	岩盤・改良地盤	-13.0		
重大事故等対処施設	第1バントフィルタ格納槽	直接基礎	岩盤	+0.7	基礎下端以深	基礎下端と地下水位の関係を踏まえ設定する	
	低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽	直接基礎	岩盤	-1.3			
	緊急時対策所建物	直接基礎	岩盤	+48.25			
	緊急時対策所用燃料地下タンク	直接基礎	岩盤	+46.6			
	ガスタービン発電機建物	直接基礎	岩盤	+44.0			
	ガスタービン発電機用軽油タンク基礎	直接基礎	岩盤	+45.8			
	屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)	直接基礎	岩盤	+45.45			

※1 各施設の代表的な基礎下端高さを示す。 ※2 周辺の地下水位低下設備の効果や地下水位観測記録等を踏まえ、工認段階において設計地下水位を設定する。

1. 島根2号機の適合性審査の概要



審査の全体像, 実施状況



地震関係



津波関係



設備関係

基準津波の策定(1/11) 基準津波策定の考え方

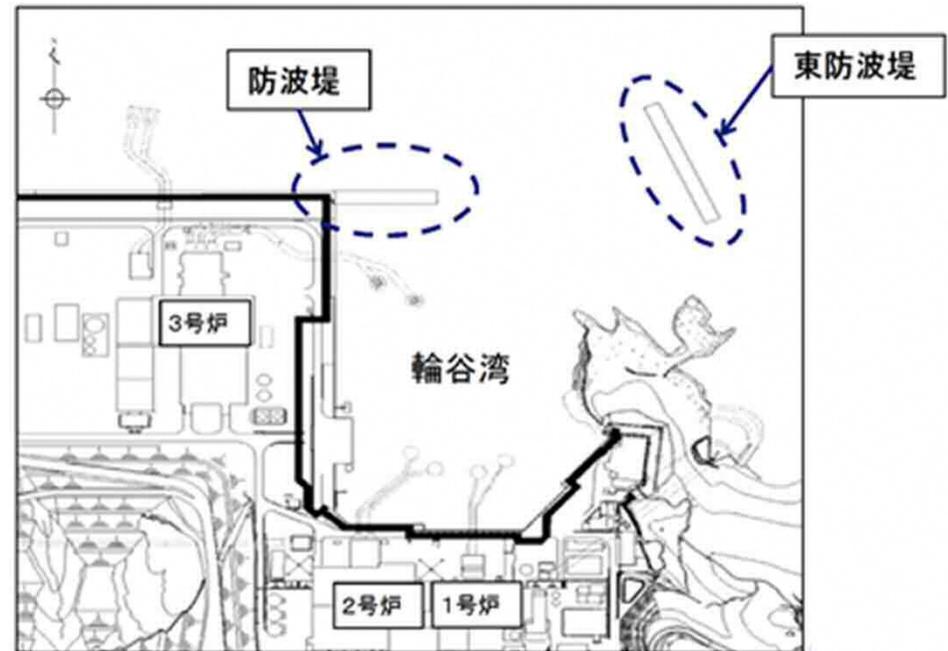
- 新規制基準では、考えられる最大の津波である「**基準津波**」を策定した上で、原子力発電所の安全設計や安全対策を行うよう求められており、この基準津波は、地震のほか、地すべり等の地震以外の要因、およびこれらの組合せによるものを複数選定し、不確かさを考慮した上で策定することとされています。
- 島根原子力発電所の基準津波では、
 - ・鳥取県(2012)が日本海東縁部に想定した地震による津波
 - ・日本海東縁部に想定される地震発生領域の連動を考慮した地震による津波
 - ・敷地前面海域の「F-Ⅲ～F-V断層」から想定される地震による津波などを基に策定しています。
- 2018年9月28日の審査会合において、発電所敷地への浸水対策を講じるうえで重要な基準津波について、原子力規制委員会から「**概ね妥当**」と評価されました。
また、2018年12月14日の審査会合では、基準津波に伴う砂移動評価^{※1}について、2019年1月18日の審査会合では、基準津波の年超過確率^{※2}について、それぞれ概ね妥当と評価されました。
 - ※1: 基準津波によって生じる海底の砂移動のことで、砂移動が取水に影響がないことを確認するもの。
 - ※2: 発電所敷地で基準津波を超える津波が発生する確率で、10-X乗で表される。10-5乗であれば10万年に1度の確率であるということ。
- 2019年6月28日の審査会合において、1号放水連絡通路防波扉地点(発電所敷地東端)における基準津波の評価結果について説明しました。引き続き、審査等の中で説明を行ってまいります。

基準津波の策定(2/11)

時期	敷地最高水位	評価内容
2号機申請時 (2013年12月)	9.5m	・2012年に鳥取県が想定した日本海東縁部の地震に伴う津波を反映
第632回審査会合 (2018年9月)	11.6m (防波堤無し の場合)	・津波解析モデルの計算格子サイズ細分化に伴う解析 ・防波堤の有無の影響を考慮した検討



島根原子力発電所で想定する地震による津波

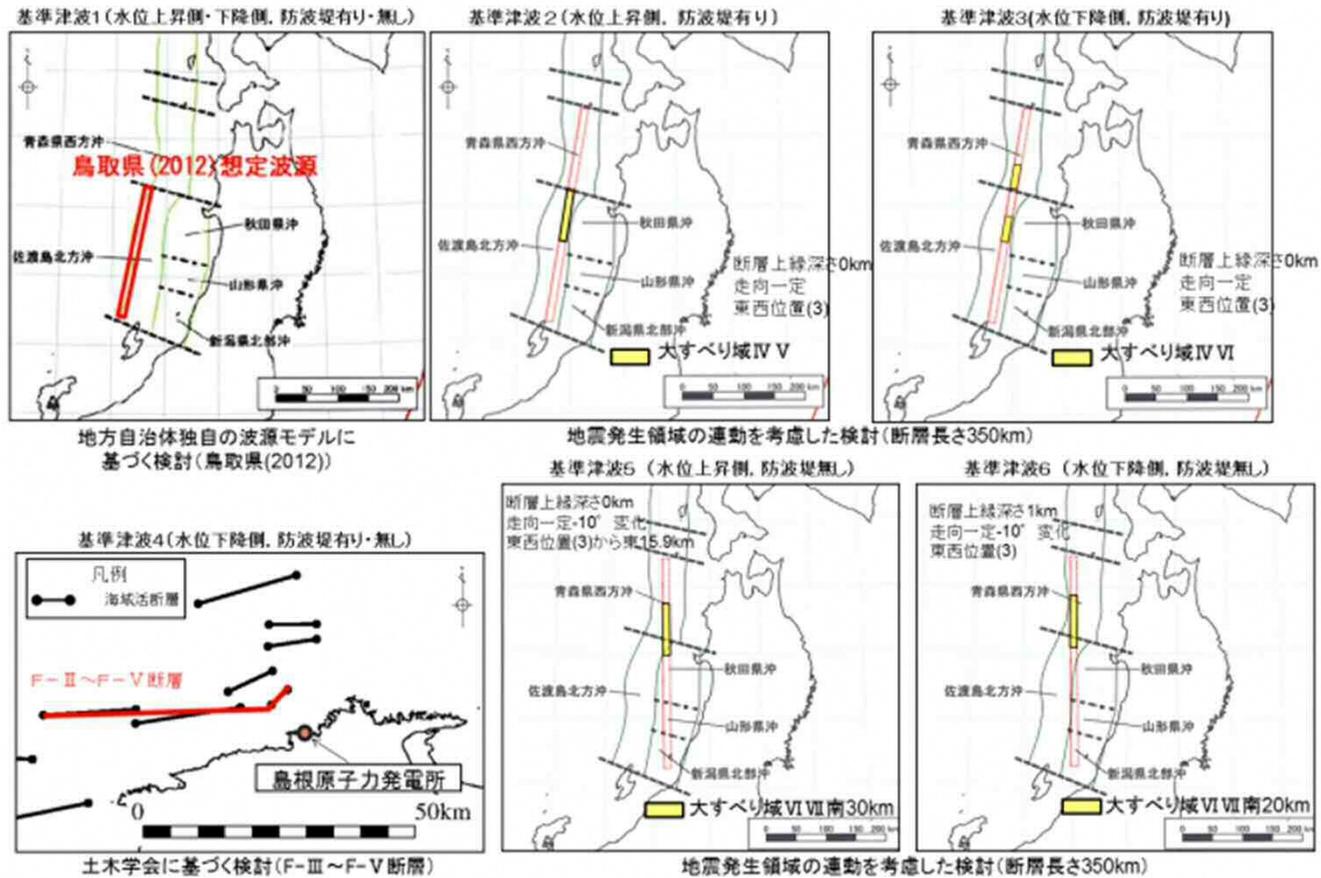


防波堤(2堤)の位置

基準津波の策定(3/11)

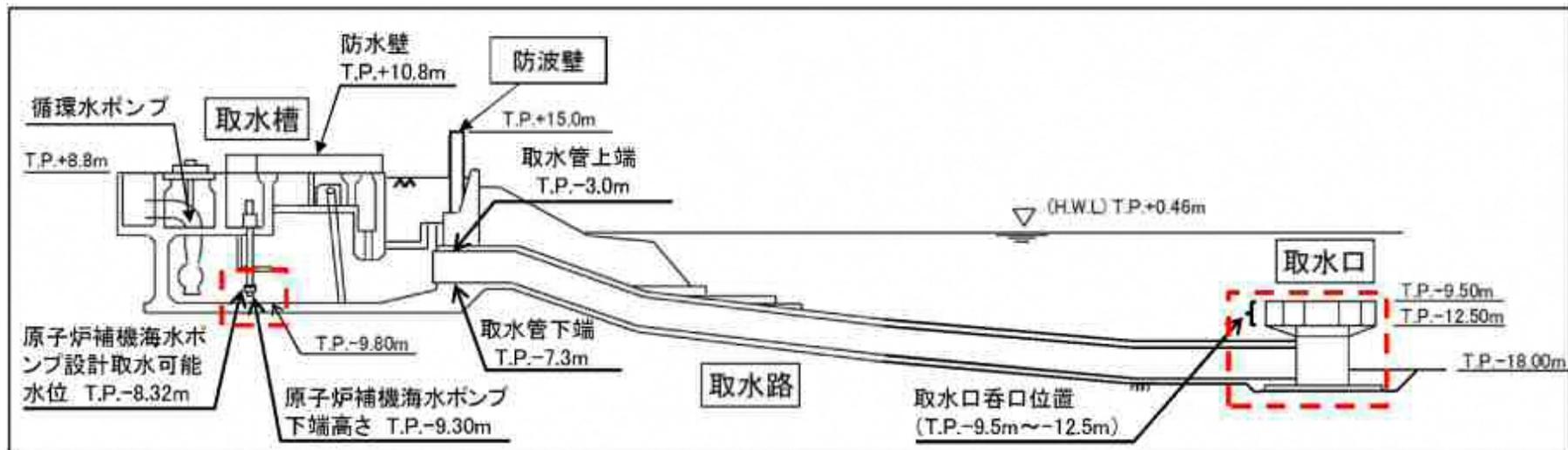
○基準津波は、以下のとおり6つを策定しました。

- 基準津波1：地方自治体独自の波源モデルに基づく検討（鳥取県(2012)）（水位上昇側・下降側，防波堤有り・無し）
- 基準津波2：地震発生領域の連動を考慮した検討（断層長さ350km）（水位上昇側，防波堤有り）
- 基準津波3：地震発生領域の連動を考慮した検討（断層長さ350km）（水位下降側，防波堤有り）
- 基準津波4：土木学会に基づく検討（F-Ⅲ～F-V断層）（水位下降側，防波堤有り・無し）
- 基準津波5：地震発生領域の連動を考慮した検討（断層長さ350km）（水位上昇側，防波堤無し）
- 基準津波6：地震発生領域の連動を考慮した検討（断層長さ350km）（水位下降側，防波堤無し）



基準津波の策定(4/11) 基準津波に伴う砂移動評価

- 取水口位置における最大堆積厚さは、基準津波1での高橋ほか(1999)の浮遊砂上限濃度1%の2号炉取水口(東)において0.02mであり、海底面から取水口呑口下端までの高さ(5.50m)に対して十分に小さく、取水への影響はないことを確認しました。
- 取水槽における最大堆積厚さは、基準津波1(水位下降側)で0.02mとなり、取水槽底面から補機海水ポンプ下端までの高さ(0.50m)に対して十分に小さく、取水への影響はないことを確認しました。

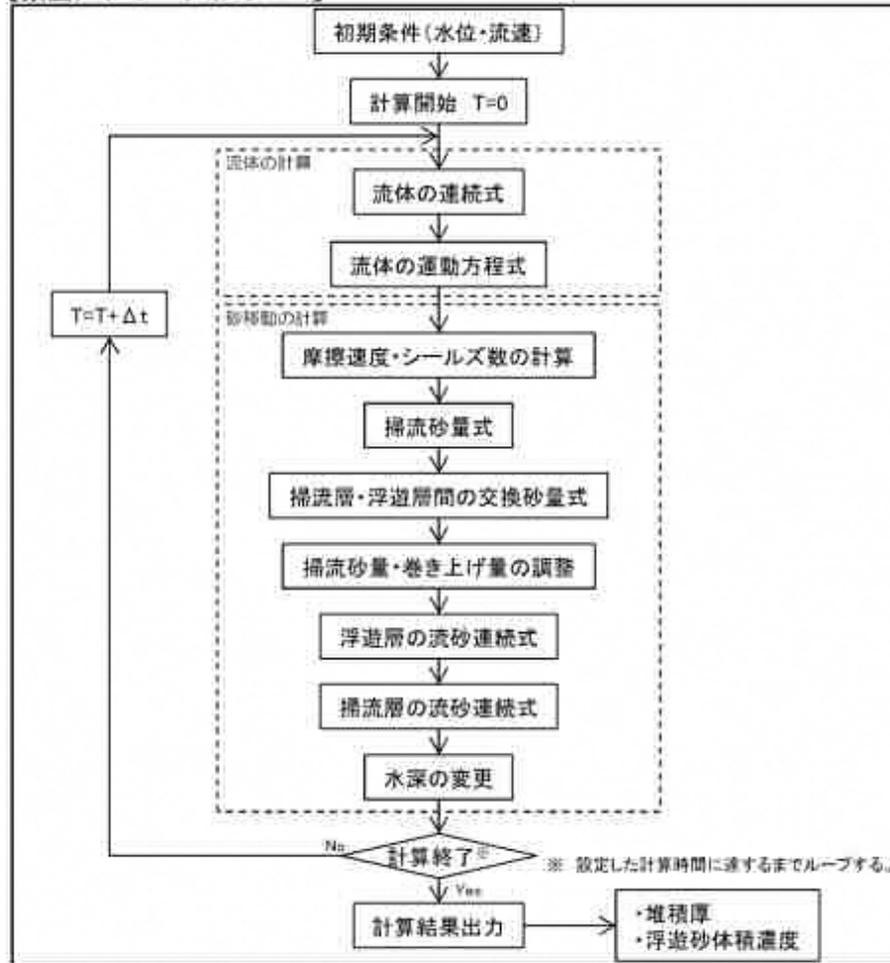


2号炉取水施設

基準津波の策定(5/11) 基準津波に伴う砂移動評価(取水口周辺)

- ・津波水位変動以外の事象に対する評価として、基準津波に伴う砂移動について数値シミュレーションを実施する。
- ・数値シミュレーションは、藤井ほか(1998)⁽¹⁾及び高橋ほか(1999)⁽²⁾の手法に基づき、津波の挙動とそれに伴う砂移動を同時に計算した。
- ・数値シミュレーションフローは左下図、主な計算条件は右下表のとおり。

【数値シミュレーションフロー】



【主な計算条件】

設定項目	設定値
砂移動モデル	藤井ほか(1998), 高橋ほか(1999)
計算時間間隔	0.05秒
沖側境界条件	・開境界部分は自由透過, 領域結合部は, 水位と流速を接続 ⁽³⁾ ・解析領域境界での砂の流入出を考慮
陸側境界条件	・静水面より上昇する津波に対しては完全反射条件, または小谷ほか(1998) ⁽⁴⁾ の遡上条件とする。 ・静水面より下降する津波に対しては小谷ほか(1998)の移動境界条件を用いて海底露出を考慮する。
浮遊砂上限濃度	・藤井ほか(1998): 1%, 5% ・高橋ほか(1999): 1%
計算時間	・日本海東縁部に想定される地震による津波は地震発生後6時間まで ・海域活断層から想定される地震による津波は地震発生後3時間まで
初期砂層厚	砂層は無限に供給されるものとして設定

基準津波の策定(6/11) 基準津波に伴う砂移動評価(取水口周辺)

・基準津波を評価対象として、砂移動の数値シミュレーションを実施した結果のうち、取水口位置における最大堆積厚さを下表に示す。

基準津波	波源	防波堤の有無	砂移動モデル	浮遊砂上限濃度	取水口堆積厚さ(m) ^{※1}		評価結果図	
					2号炉取水口(東)	2号炉取水口(西)	堆積浸食分布図等	時刻歴波形
基準津波1	地方自治体独自の波源モデルに基づく検討(鳥取県(2012))	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P9	P25
				5%	0.00	0.00	P9	P26
			高橋ほか(1999)	1%	0.02[0.020]	0.02[0.011]	P10	P27
		無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P11	P28
				5%	0.00	0.00	P11	P29
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P12	P30
基準津波2	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P13	P31
				5%	0.00	0.00	P13	P32
			高橋ほか(1999)	1%	0.01	0.00	P14	P33
基準津波3	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P15	P34
				5%	0.00	0.00	P15	P35
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P16	P36
基準津波4	土木学会に基づく検討(F-Ⅲ~F-V断層)	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P17	P37
				5%	0.00	0.00	P17	P38
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P18	P39
		無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P19	P40
				5%	0.00	0.00	P19	P41
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P20	P42
基準津波5	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P21	P43
				5%	0.00	0.00	P21	P44
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P22	P45
基準津波6	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P23	P46
				5%	0.00	0.00	P23	P47
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P24	P48

※1 計算結果は小数第3位で切り上げて示す。

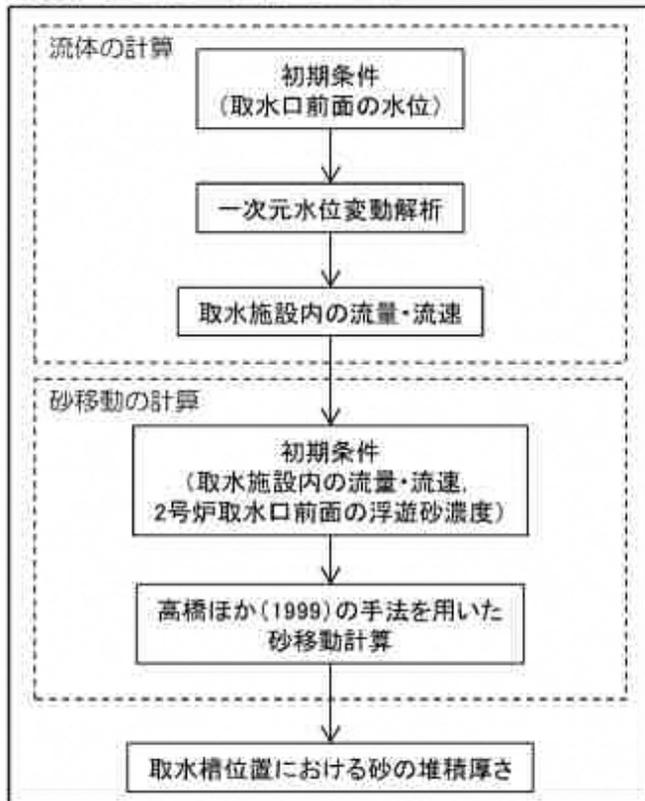
・取水口位置における最大堆積厚さは、基準津波1での高橋ほか(1999)の浮遊砂上限濃度1%の2号炉取水口(東)において0.02mであり、海底面から取水口呑口下端までの高さ(5.50m)^{※2}に対して十分に小さく、取水への影響はないことを確認した。

※2 海底面:T.P.-18.00m、取水口呑口下端:T.P.-12.50m (P2参照)

基準津波の策定(7/11) 基準津波に伴う砂移動評価(取水槽)

- ・基準津波1～6について、取水槽における砂の堆積厚さを評価し、原子炉補機海水ポンプの取水に影響が無いことを確認する。
- ・取水口前面の浮遊砂濃度を境界条件として、高橋ほか(1999)の手法を用いて砂移動解析を実施し、取水施設内の浮遊砂濃度を算定し、取水槽における砂の堆積厚さを算定する。
- ・上記評価に用いる取水施設内の流量及び流速は、取水施設の水利特性を考慮した管路計算により算定する。
- ・数値シミュレーションフローは左下図、主な計算条件は右下表のとおり。

【数値シミュレーションフロー】



【主な計算条件】

項目	計算条件
計算領域	2号炉取水口 ~ 取水管 ~ 取水槽
計算時間間隔	0.01秒
基礎方程式	非定常管路及び開水路流れの連続式及び運動方程式 (次ページ参照)
取水槽側境界条件 (ポンプ取水量)	2号炉 循環水ポンプ運転時: 59m ³ /s, 循環水ポンプ停止時: 2.3m ³ /s
摩擦損失係数 (マンニングの粗度係数)	取水管: 0.014m ^{-1/3} ・s 取水トンネル, 取水路, 取水槽漸拡部: 0.015m ^{-1/3} ・s (塩素注入あり)
貝の付着代	塩素注入しているため、貝の付着代は考慮せず
局所損失係数	土木学会(1999)等 ^{(13)~(15)} による
想定する潮位条件	・水位上昇側: 朔望平均満潮位T.P.+0.46m ・水位下降側: 朔望平均干潮位T.P.-0.02m
地盤変動条件	地盤変動量を考慮する
計算時間	・日本海東縁部に想定される地震による津波は地震発生後6時間まで ・海域活断層から想定される地震による津波は地震発生後3時間まで

基準津波の策定(8/11) 基準津波に伴う砂移動評価(取水槽)

・基準津波を評価対象として、高橋ほか(1999)の手法に基づき数値シミュレーションを実施し、取水槽における砂の堆積厚さを算定した。

波源	上昇側・下降側	防波堤の有無	ポンプ 運転状況	砂移動モデル	浮遊砂 上限濃度	取水槽における 砂の堆積厚さ(m) ^{※1}	評価結果図
							時刻歴波形
基準津波1	上昇側	有	運転	高橋ほか (1999)	1%	0.02[0.0161]	P53
			停止			0.00	P53
		無	運転			0.01	P54
			停止			0.00	P54
	下降側	有	運転			0.02[0.0162]	P55
			停止			0.00	P55
		無	運転			0.01	P56
			停止			0.00	P56
基準津波2	上昇側	有	運転			0.01	P57
			停止			0.00	P57
基準津波3	下降側	有	運転			0.01	P58
			停止			0.00	P58
基準津波4	下降側	有	運転			0.00	P59
			停止			0.00	P59
		無	運転			0.00	P60
			停止			0.00	P60
基準津波5	上昇側	無	運転	0.00	P61		
			停止	0.00	P61		
基準津波6	下降側	無	運転	0.00	P62		
			停止	0.00	P62		

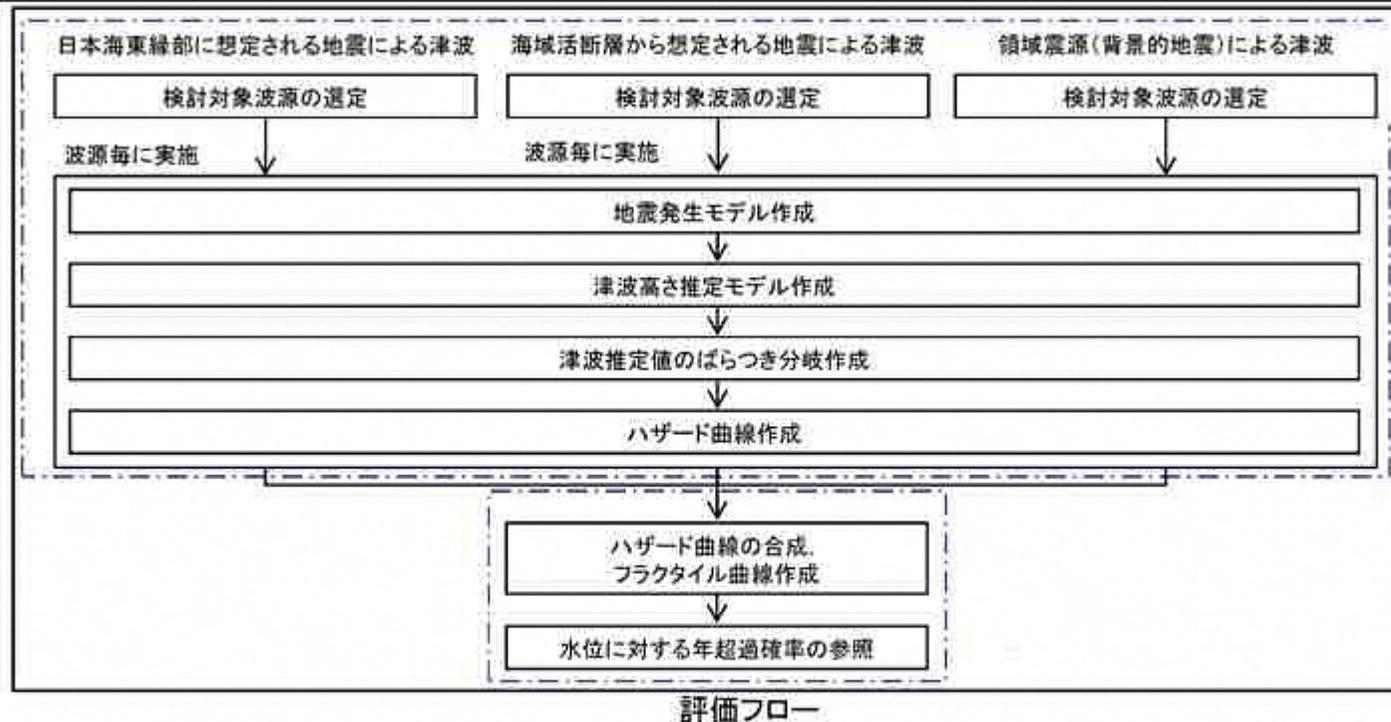
※1 計算結果は小数第3位で切り上げて示す。

・取水槽における最大堆積厚さは、基準津波1(水位下降側)で0.02mとなり、取水槽底面から補機海水ポンプ下端までの高さ(0.50m) ※2に対して十分に小さく、取水への影響はないことを確認した。

※2 取水槽底面高さ:T.P.-9.80m, 補機海水ポンプ下端:T.P.-9.30m(P2参照)

基準津波の策定(9/11) 基準津波の年超過確率の参照(評価フロー)

- ・津波ハザード評価の評価フローを以下に示す。
- ・検討対象波源は、日本海東縁部に想定される地震による津波及び海域活断層から想定される地震による津波から選定し、波源毎に作成されたハザード曲線を合成することにより、フラクタイル曲線を作成し、水位に対する年超過確率の参照を実施する。また、領域震源(背景的地震)による津波については、簡易予測式を用いたスクリーニングを行い評価の要否を検討する。
- ・津波ハザード評価における不確定性については、土木学会(2016)に基づき、下表のとおり取り扱う。



不確定性の取り扱いについて

不確定性		津波ハザード評価における扱い
偶然的 不確定性	物理現象固有のランダム性に起因する不確定性であり、予測不可能と考えられるもの	1本のハザード曲線の中で考慮する
認識論的 不確定性	知識や認識不足に起因する不確定性であり、研究が進展すれば確定させることができるが現状では予測不可能なもの	ロジックツリーの分岐として考慮し、複数のハザード曲線で表現する

基準津波の策定(10/11) 基準津波の年超過確率の参照(水位上昇側)

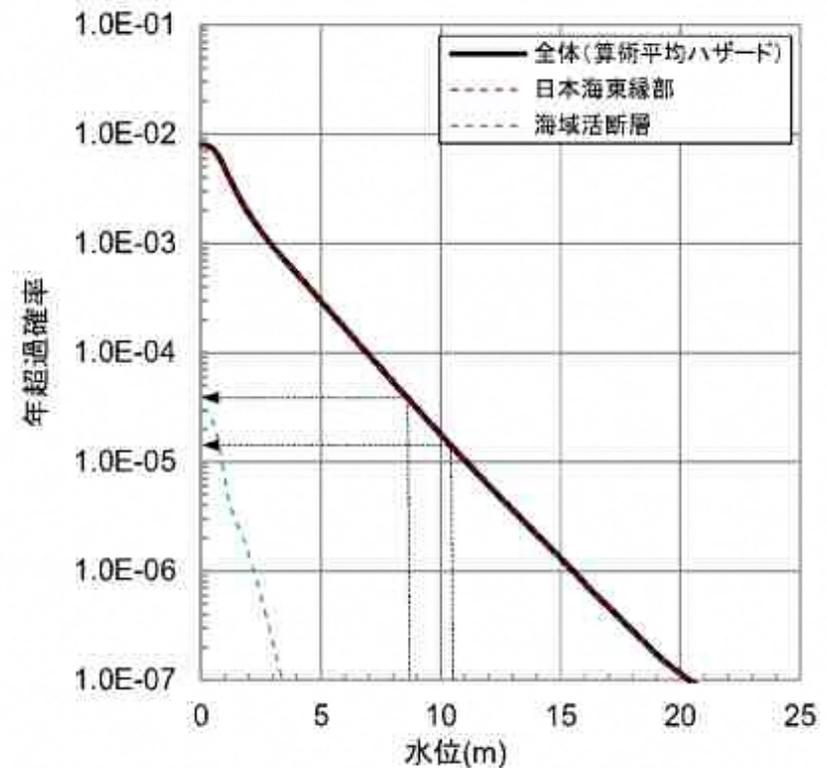
○施設護岸又は防波壁における基準津波水位に対する年超過確率は、水位上昇側で10万分の1～1万分の1程度と評価しています。

■水位上昇側:施設護岸又は防波壁



位置図

	施設護岸又は防波壁 における基準津波水位
基準津波1 (水位上昇側)	+10.5m
基準津波2 (水位上昇側)	+8.7m



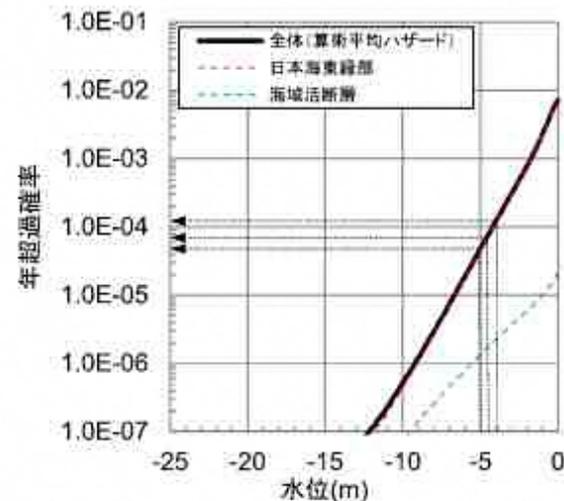
基準津波の策定(11/11) 基準津波の年超過確率の参照(水位下降側)

○2号炉取水口における基準津波水位に対する年超過確率は水位下降側で10万分の1～1000分の1程度と評価しています。

○2号炉取水槽における基準津波水位に対する年超過確率は水位下降側で1万分の1程度と評価しています。

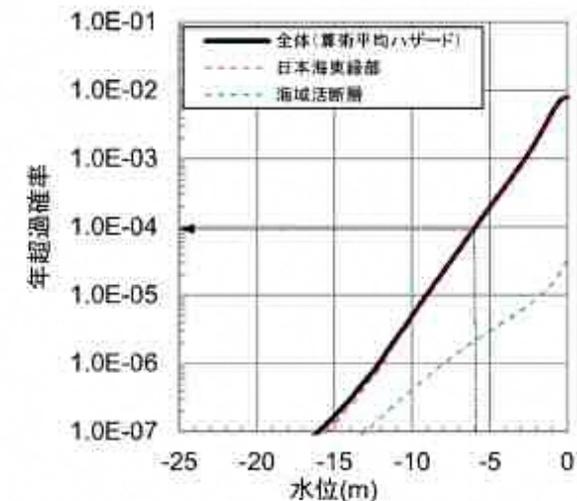


■水位下降側:2号炉取水口



	2号炉取水口における 基準津波水位
基準津波1 (水位下降側)	-5.0m
基準津波3 (水位下降側)	-4.5m
基準津波4 (水位下降側)	-3.9m

■水位下降側:2号炉取水槽



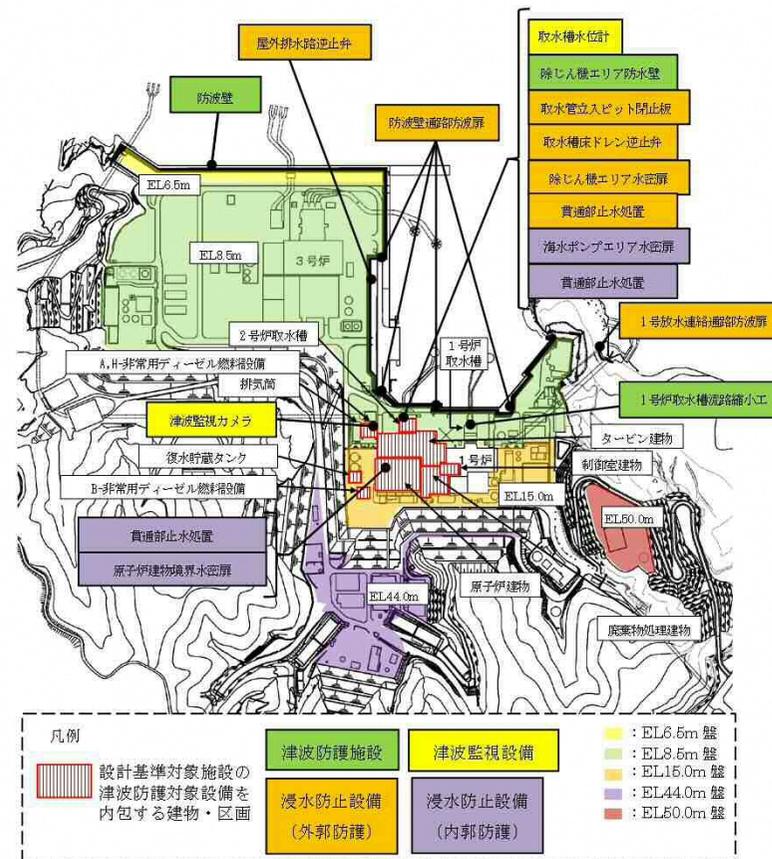
	2号炉取水槽における 基準津波水位
基準津波1 (水位下降側)	-5.9m
基準津波3 (水位下降側)	-5.9m
基準津波4 (水位下降側)	-5.9m

耐津波設計方針(1/12)

○新規制基準では、重要な安全機能を有する施設は、施設の供用期間中に極めてまれであるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがある津波(基準津波)に対して、その安全機能を損なわない設計であることが求められています。

○2019年2月26日、2019年5月21日の審査会合において、津波が到来した場合でも、安全上重要な設備に影響を及ぼさないことなどについて説明しました。

津波防護対策	設備分類	設置目的
防波壁	津波防護施設	・津波が地上部から敷地へ到達、流入することを防止する。
防波扉	浸水防止設備	・津波が屋外排水路から敷地へ到達、流入することを防止する。
屋外排水路逆止弁		
取水槽	防水壁	津波防護施設
	流路縮小工(1号炉)	
	閉止板	
	床ドレン逆止弁	
	水密扉	
貫通部止水処置	浸水防止設備	・津波が取水路から敷地へ到達、流入することを防止する。
		・津波が取水路から取水槽海水ポンプエリア及び取水槽循環水ポンプエリアへ到達、流入することを防止する。
原子炉建物との境界	水密扉	浸水防止設備
	貫通部止水処置	
津波監視カメラ	津波監視設備	・敷地への津波の繰り返しの襲来を察知し、その影響を俯瞰的に把握する。
取水槽水位計		



敷地の特性に応じた津波防護の概要

(審査における論点)

2019年2月26日の審査会合において、原子力規制委員会から今後の審査に関し、以下7つの論点および各論点における確認事項が示されました。

- ①防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性・有効性について
- ②防波壁端部の地山の取り扱いについて
- ③防波壁の構造成立性について
- ④防波壁に囲まれた敷地の地下水位の設定及び液状化による影響について
- ⑤浸水防護重点化範囲の設定について
- ⑥漂流物の影響評価の妥当性について
- ⑦入力津波の設定のプロセスと結果の妥当性について

○上記、論点等を踏まえ、2019年5月21日、2019年6月27日、2019年7月2日に

①, ②, ⑥, ⑦および各論点における確認事項について説明しました。

※④については、関連性のある耐震設計方針の審査会合(2019.6.18)にて説明

⇒次ページ以降にて、

論点①, ②, ⑥, ⑦の内容と、当社の回答の一例を示します。

耐津波設計方針(3/12) 論点①関連:指摘事項と回答

■ 指摘事項

【No.1 (論点1) 防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性、有効性】

先行炉の審査実績と同様に津波時の影響軽減効果を防波堤に期待しないで入力津波を設定しているものの、プラント停止、防波堤の補修等の運用方針で津波防護を達成している。これらの運用方針で津波防護を達成した審査実績がないことから、防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性、有効性について説明すること。

この運用方針の妥当性、有効性については、検討プロセスや他の方針と比較した場合のメリット・デメリットを含めて整理して提示すること。

1. 防波堤の有無が入力津波の設定、津波影響評価に及ぼす影響の整理
2. 防波堤を損傷させる事象として事業者が想定している事象とその位置づけ
3. 防波堤の有無による影響を考慮した対応策の選定の考え方（設計対応・運用対応のメリット・デメリットを踏まえた対応策の選定の考え方）
4. 対応策の設計方針、運用方針の成立の見通し及び悪影響の評価

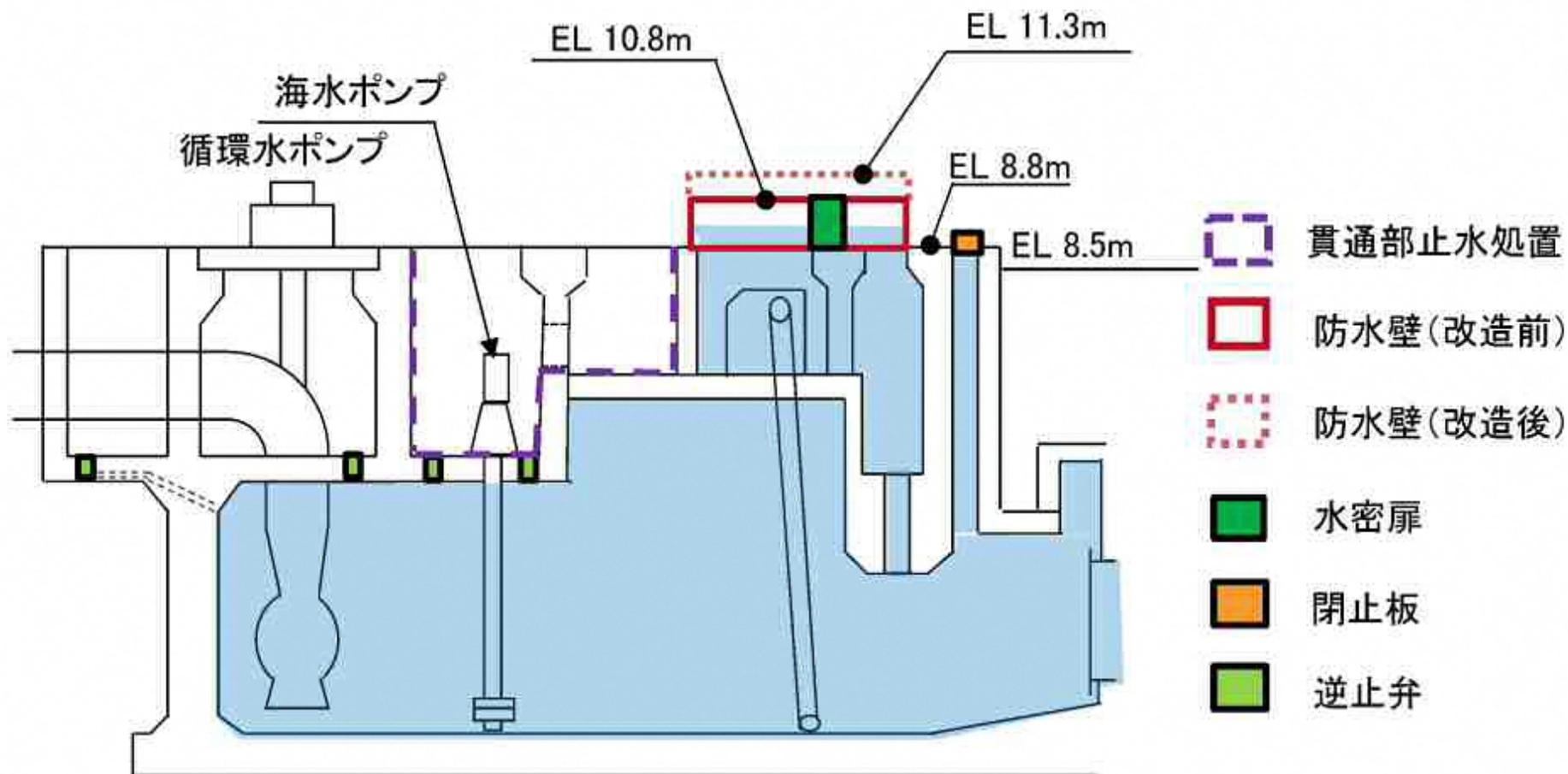
■ 回答 (一例)

【No.1】3. 防波堤の有無による影響を考慮した対応策の選定の考え方（設計対応や運用対応のメリット・デメリットを踏まえた対応策の選定の考え方）について

【No.1】4. 対応策の設計方針、運用方針の成立の見通し及び悪影響の評価について

- 2号炉について、取水槽からの津波の流入防止対応として、防波堤の有無による影響を考慮した対応策の選定の考え方等を整理した。その結果を踏まえて、防水壁の改造（高上げ）を実施することとした。

- 2号炉取水槽への防水壁の改造（嵩上げ）を以下の通り実施する。
- 防水壁の高さをEL10.8mからEL11.3mに嵩上げする。
- 嵩上げにより，防波堤無しの入力津波に対して裕度を考慮しても敷地への津波の流入防止が達成できる。



2号炉取水槽への防水壁の嵩上げのイメージ

■ 指摘事項

【No.2 (論点2) 津波防護の障壁となる地山の扱い】

防波壁(東端部)及び防波壁(西端部)は双方とも地山斜面(岩盤)に摺付き、これらの地山が津波の敷地への地上部からの到達に対して障壁となっている。地山を津波防護上の障壁として活用した審査実績が無いことから、地山の耐震、耐津波設計上の位置付け、基準地震動及び基準津波に対する健全性の確保について説明する。

1. 津波遡上高の分布を踏まえた津波防護上の障壁となっている地山斜面の範囲の特定
2. 地山の地質構造、防波壁擦り付け部の構造・仕様の提示
3. 地山の耐震、耐津波設計上の位置付け(津波防護を担保する地山斜面、防波壁の支持地盤、防波壁及び1号炉放水連絡通路防波扉の周辺斜面等について)
4. 基準地震動及び基準津波に対する健全性確保の見通し(例えば、地震によるすべり、ひび割れ、津波による洗掘等)
5. 1号炉放水連絡通路の存在による悪影響

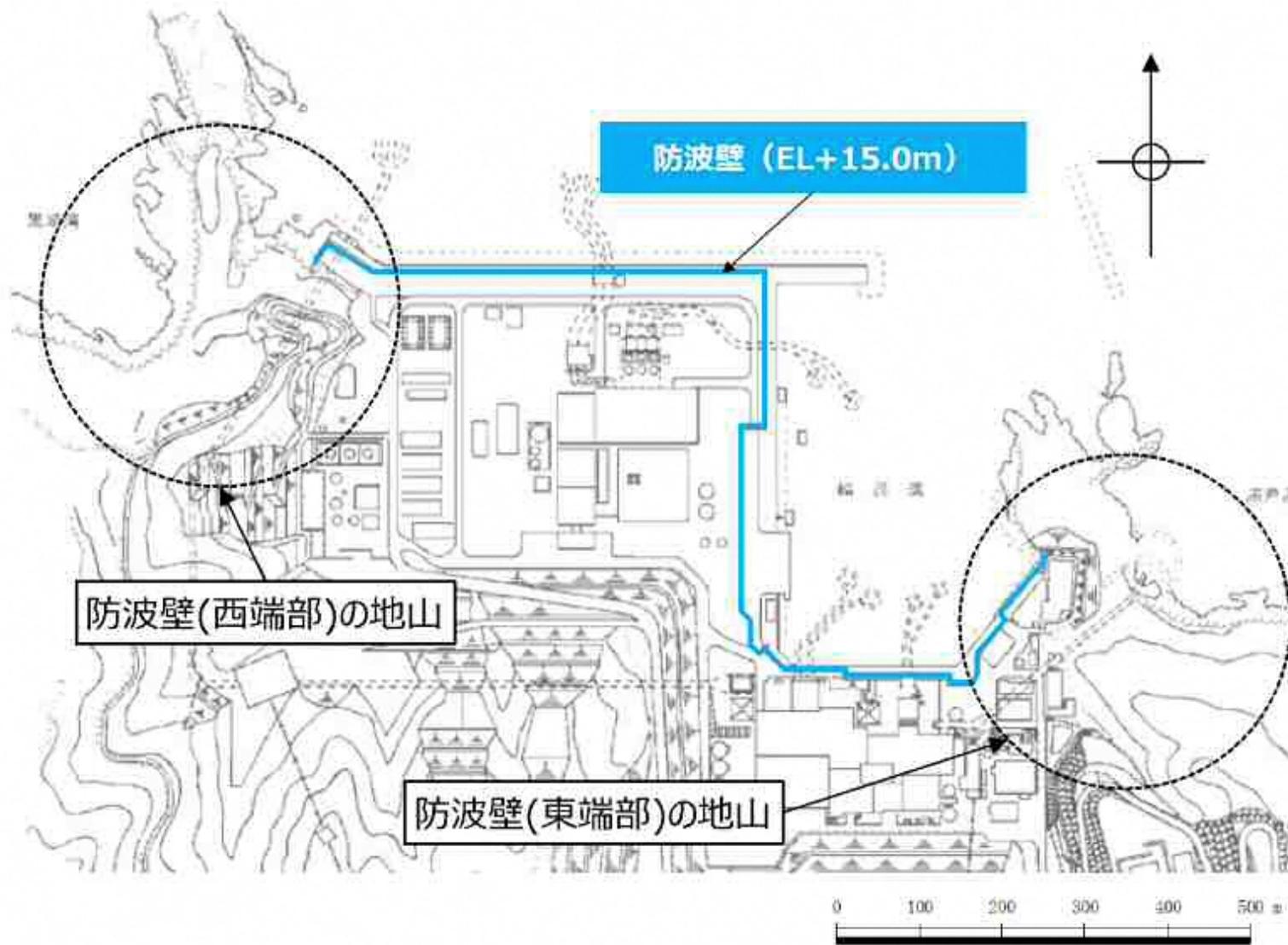
【No.14 津波防護の障壁となる地山の扱い】

地山が津波防護の障壁になっているのであれば、地山のきちんとした地質調査結果として詳しいルートマップ等を提示すること。

■ 回答

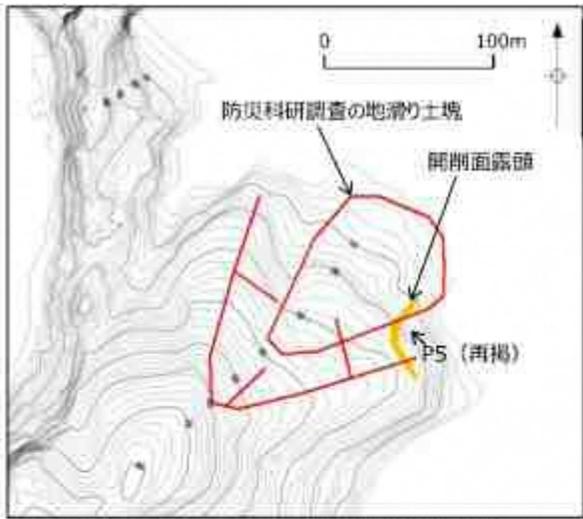
津波防護上の地山斜面の範囲の特定を行い(P9~15参照)、それらの地山の地質構造、防波壁擦り付け部の構造等を示す。(P16~28参照)

地山の耐震、耐津波設計上の位置付けを整理し、健全性確保の見通しを説明する。(P29~38参照)
また、1号炉放水連絡通路の存在による影響が無いことを確認する。(P39~41参照)



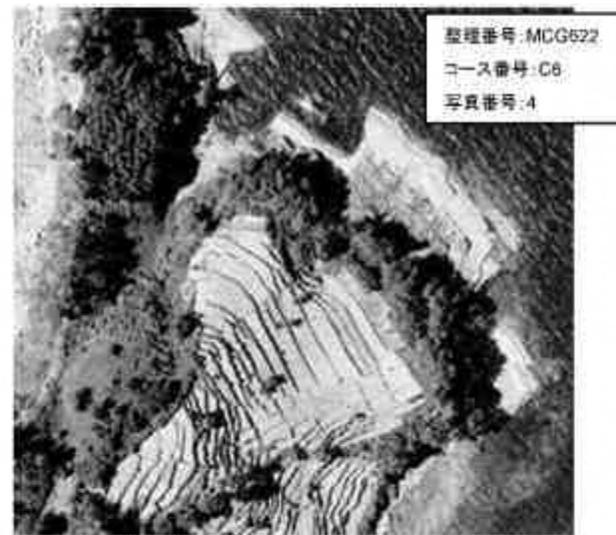
地山位置図

耐津波設計方針(7/12) 論点②関連:回答の一例



防波壁(西端部)周辺の旧地形
原縮尺: 2千5百分の1

凡例
 : 地滑り地形 (防災科研調査)



防波壁(西端部)周辺の空中写真
撮影縮尺: 1万分の1, 1962年撮影



P5 開削面露頭
地滑り土塊とされる箇所を開削した露頭。堅硬な岩盤からなり、地滑り土塊のすべり面は認められない。

- 自社で実施した地滑り地形調査は、詳細な旧地形図を用いた空中写真判読のほか、現地踏査等を合わせて実施した。(詳細は、外部事象の考慮(6条)地滑りの審査で説明)
- 防波壁(西端部)周辺は、発電所北西端にある北東向き斜面で標高0~80mの斜面をなす。現在は人工改変が加わり元の地形が残っていない。発電所建設前の空中写真を判読すると耕作地が整然と段をなすことから、開墾前の断面形状は一様な傾斜の直線状山稜であったことが想定される。
- 現地踏査の結果、滑落崖・湧水等の地滑りを示唆する地形的・地質的・水文的な特徴は認められなかった。また、防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所の側面において、近年の造成によって出現した露頭に堅硬な岩盤が認められ、地滑り土塊のすべり面は確認されない。
- 以上のことから、滑落崖及び地滑り土塊ともに認められない。

■ 指摘事項

【No.6 (論点6) 漂流物の影響評価の妥当性】

- 影響評価に当たって必要となる漂流物調査の範囲について、基準津波による寄せ波の1波分の移動量(450m)の2波分(900m)を保守的に切り上げ2kmとし、短時間(8分)のみの移動量に基づき設定している。一方で、これまでの先行炉の審査実績では、最大流速と継続時間の積から約5kmを漂流物の調査範囲としており、今回の設定方法は適用実績がない。こうしたことから、今回の設定方法が取水性への影響の観点から適切であるか説明すること。
- また、漂流物調査の範囲の設定にあたり、流向・流速分布を抽出した時間及び地点・範囲が限定的であるため、これらの選定プロセス、その代表性及び網羅性を説明するとともに、主要な時間帯と留意すべき地点が含まれる領域について流向・流速分布を提示すること。
 1. 漂流物調査の範囲の設定において流速及び流向を抽出した時間及び地点・範囲の選定の妥当性、網羅性
 2. 取水性への影響の観点からの漂流物調査の範囲の設定方法の保守性(先行炉と同様の評価方法を用いた検証又は検証が不要であることの根拠)

【No.11 漂流物の影響評価の妥当性】

1. データ抽出地点は1kmだけではなく、より遠くの沖合(3km、5km)でのデータの必要性についても検討すること。
2. 漂流物調査について、平成25～26年に実施した結果に基づいて判断していることが問題ないことを説明すること。
3. 漂流物影響確認フローについて、「基礎に設置されている」場合に漂流物とならないとする根拠を資料に基づき説明すること。
4. 漂流物調査範囲と漂流物到達範囲を用語として使い分けているが、その考え方を説明すること。
5. 発電所前面海域を航行する可能性のある船舶の航路を調査し、漂流物評価及び漂流物による影響評価に反映すること。

耐津波設計方針(9/12) 論点⑥関連:回答の一例

【No. 6】2. 取水性への影響の観点からの漂流物調査の範囲の設定方法の保守性(先行炉と同様の評価方法を用いた検証又は検証が不要であることの根拠)

- 漂流物調査の範囲の設定方法の保守性については、以下のとおり、先行炉と同様な設定方法を用いて検討している。なお、島根2号炉は津波の周期が短いため、漂流物移動量は先行炉と比べ、短い結果となっている。
- 発電所方向に向かう流れ(地点1においては南東方向が発電所方向ではあるが、南方向の流れ全てを対象とした)の継続時間とその最大流速の積を基準津波1波による漂流物の移動量とした。
- また、基準津波1波による漂流物の移動量を、引き波による反対方向の流れを考慮せず、寄せ波の2波分が1波と同様な条件(最大継続時間とその最大流速)で押し寄せると仮定し2倍した。更に、その際の移動量を安全側に切上げた。

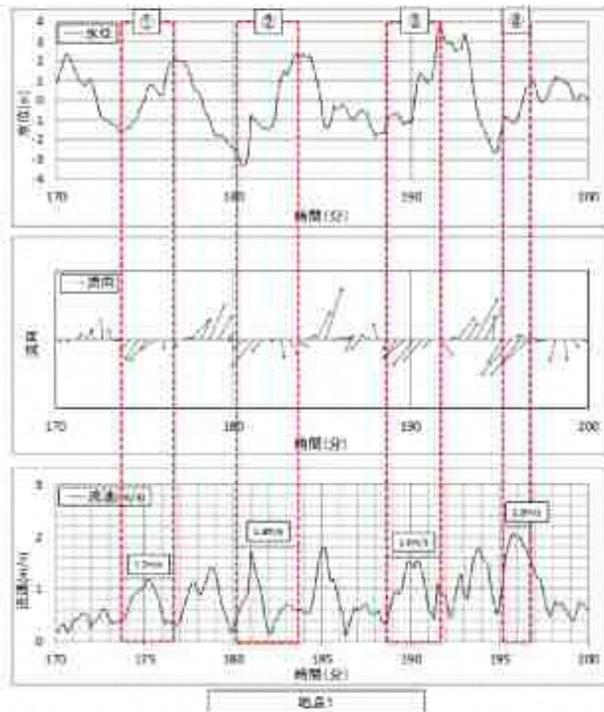


図 基準津波による流向・流速時刻歴波形

1波による移動量

地点1	①	②	③	④
継続時間(s)	185	222	193	98
流速(m/s)	1.2	1.8	1.6	2.2
移動量(m)	222	400	309	216

②における継続時間を保守的に240秒(4分)とし、1波による移動量を約450mと算定。

先行炉の設定方法

- i) 継続時間×津波流速×2 + 裕度
- ii) 継続時間×津波流速 + 裕度
- iii) (1波目の押波継続時間 + 2波目の押波継続時間) ×津波流速 + 裕度

島根2号炉への適用

- i) 240秒×1.8m/s×2 + 裕度 = 900m + 裕度
- ii) 240秒×1.8m/s + 裕度 = 450m + 裕度
- iii) (240秒+200秒) ×1.8m/s + 裕度 = 800m + 裕度

※島根2号炉においては、i)の設定方法を採用

■ 指摘事項

【No.7 (論点7) 入力津波の設定プロセス及び結果の妥当性】

入力津波の設定についてのプロセスを網羅的に整理し、不確かさの考慮及び入力津波の設定結果の妥当性を丁寧に説明すること。

1. 入力津波の設定における不確かさ要因の網羅的な抽出及び各要因の影響を踏まえた考慮すべき要因の選定 (特に考慮不要としたものの根拠)
2. 入力津波の設定における不確かさの考慮に係る設定の妥当性
3. 入力津波の設定プロセス及び結果の網羅的な提示

【No.10 地震による影響の考慮について】

入力津波の設定において、日本海東縁部を波源域とする基準津波については、地震による影響の考慮についての統一的な考え方と方針について詳細に説明すること。

■ 回答

敷地への浸水防止等の設計・評価に用いる入力津波について、津波高さ、津波高さ以外に区分し、抽出する。(P.31～35参照)

入力津波の設定における不確かさ要因を網羅的に抽出し、これらの各要因の影響を検討したうえで、考慮すべき要因を選定するとともに、その根拠を示す。(P.36～61参照) また、地震による影響の考慮に関する方針について、日本海東縁部だけでなく、海域活断層から想定される地震についても併せて示す。(P.37参照)

入力津波の設定における影響要因の検討を踏まえた入力津波の設定プロセスを示し、入力津波の設定結果を網羅的に示す。(P.62～76参照)

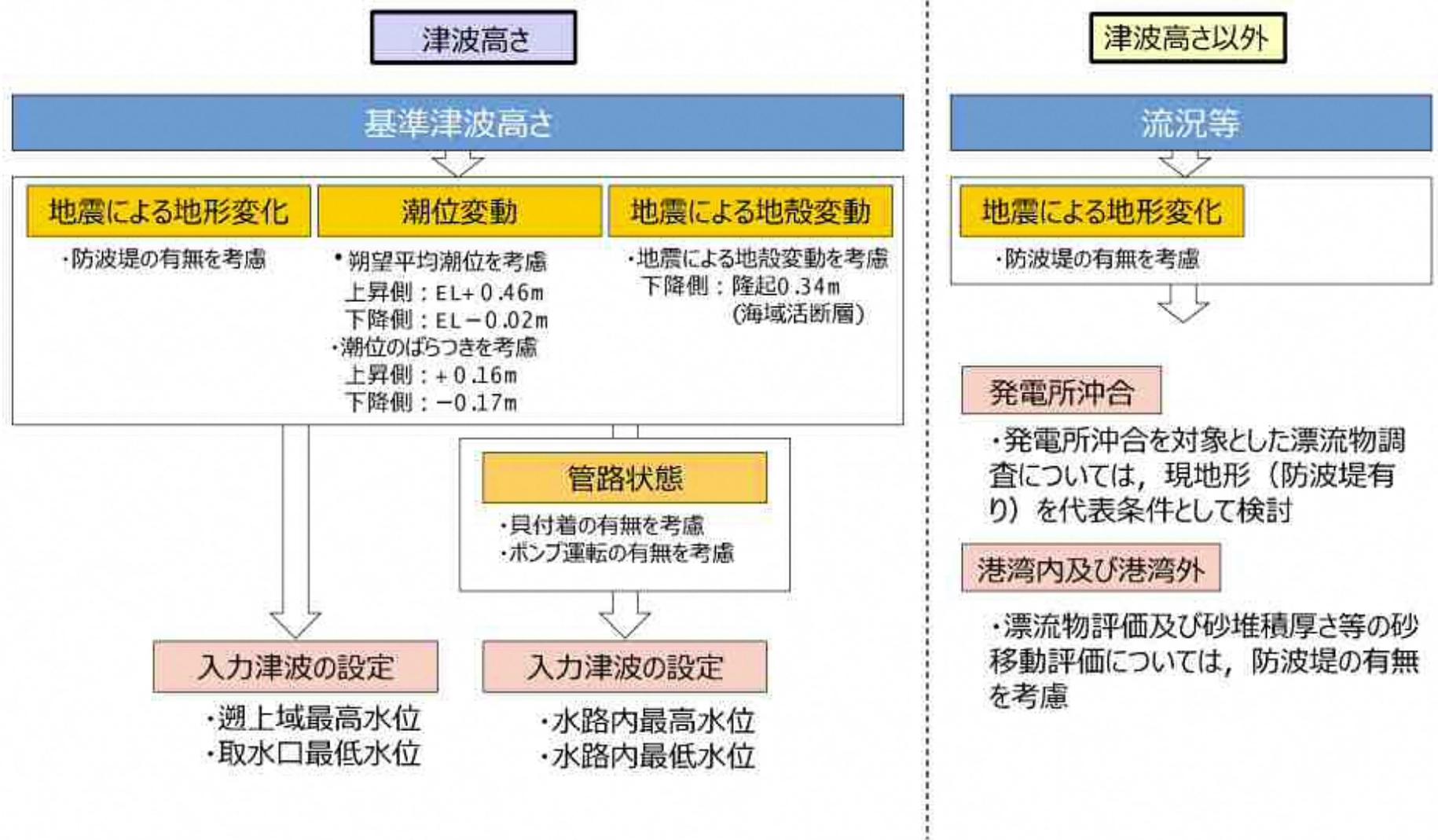
耐津波設計方針(11/12) 論点⑦関連:回答の一例

■ 入力津波の設定における影響要因を検討した結果は以下のとおり。

影響要因		検討結果
地震による地形変化	斜面崩壊	・基準地震動 S_s により、防波壁両端部の斜面は崩壊しないことから、影響要因として考慮しない。
	地盤変状	・基準地震動 S_s による地盤沈下量を考慮した津波解析を実施し、沈下の有無による津波高さの差異が小さいことから、影響要因として考慮しない。
	防波堤損傷	・津波高さについては、防波堤の有無による差異があることから、影響要因として考慮する。 ・津波高さ以外については、発電所沖合は防波堤の有無による最大流速分布に有意な差が認められないことから影響要因として考慮しない。一方、港湾内及び港湾外は最大流速分布に有意な差が認められることから、影響要因として考慮する。
潮位変動	朔望平均潮位・潮位のばらつき	・水位上昇側は朔望平均満潮位+0.46m、潮位のばらつき+0.16mを考慮する。 ・水位下降側は朔望平均干潮位-0.02m、潮位のばらつき-0.17mを考慮する。
	高潮	・再現期間100年に対する期待値(EL+1.36m)と入力津波で考慮する潮位(0.46+0.16m)の差である+0.74mを外郭防護の裕度評価において参照する。
地震による地殻変動		・海域活断層による下降側評価の場合、0.34mの隆起を考慮する。また、上昇側評価の場合、保守的に隆起しないものとする。 ・宍道断層による地殻変動は、十分小さいことから考慮しない。
管路状態・通水状態	貝付着状態	・貝付着の有無により津波高さが異なることから、影響要因として考慮する。
	ポンプ稼働状態	・ポンプ稼働状態(運転・停止)により津波高さが異なることから、影響要因として考慮する。

耐津波設計方針(12/12) 論点⑦関連:回答の一例

■ 入力津波の設定における影響要因の検討を踏まえた入力津波の設定プロセスを以下に示す。



1. 島根2号機の適合性審査の概要



審査の全体像, 実施状況



地震関係



津波関係



設備関係

設備関係の審査再開について

○2018年11月15・16日，新規制基準への適合性審査の一環として，原子力規制委員会による島根2号機の現地調査が実施されました。
また，1号機および3号機についても，併せて現地視察が実施されました。
○2019年2月5日より，設備関係の審査が再開されました。



緊急時対策所内



保管エリア／可搬車両配置



ガスタービン発電機



2号機ペDESTAL内

重大事故等対策の有効性評価(1/4)

○新規制基準では、以下にて重大事故等対策の有効性を評価することが求められています。

- ①: 重大事故等対策が実施されていない状態を仮定して、内部事象(機器故障・人的ミス等)や外部事象(地震・津波)が原因となって重大事故に至る確率を評価(確率論的リスク評価:PRA)
- ②: ①の評価結果を踏まえ、重大事故に至る事故進展シナリオ(事故シーケンス)を選定
- ③: ②で選定された事故シーケンスに対して、重大事故等対策として設置した設備、手順が有効に機能するかを評価(有効性評価)

- ① ■ 確率論的リスク評価(PRA)の知見を活用して、想定する事故シーケンスグループ及び格納容器破損モードを抽出。

<PRAの実施範囲>

● 内部事象運転時レベル1	(炉心損傷頻度	6.2×10^{-6} /炉年)
● 内部事象運転時レベル1.5	(格納容器破損頻度	6.2×10^{-6} /炉年)
● 地震レベル1	(炉心損傷頻度	7.9×10^{-6} /炉年)
● 津波レベル1	(炉心損傷頻度	1.2×10^{-7} /炉年)
● 内部事象停止時レベル1	(燃料損傷頻度	6.0×10^{-6} /定期検査)



「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」で必ず想定する事故シーケンスグループ、格納容器破損モード以外のものは抽出されず。

- ② ■ 抽出した事故シーケンスグループ及び格納容器破損モードから、評価する事故シーケンスを選定し、重大事故等対策の有効性評価を実施。

③

〔有効性評価の内容〕

- ・炉心損傷防止対策の有効性評価
- ・格納容器破損防止対策の有効性評価
- ・燃料プールにおける燃料損傷防止対策の有効性評価
- ・運転停止中原子炉における燃料損傷防止対策の有効性評価



評価項目を満足することを確認。

重大事故等対策の有効性評価(2/4)

【重大事故等対策の有効性評価の審査状況】

《①確率論的リスク評価》

○2019年4月9日の審査会合において、基準地震動、基準津波の審査を踏まえて見直した外部事象(地震・津波)PRAの結果を説明するとともに、これまでの審査会合でのPRAに関する指摘事項について回答しました。

《②事故シーケンスの選定》

○2019年5月9日の審査会合において、PRAの見直しを踏まえた事故シーケンス選定結果を説明するとともに、これまでの審査会合での事故シーケンス選定の考え方や、関連するPRAに関する指摘事項について回答しました。

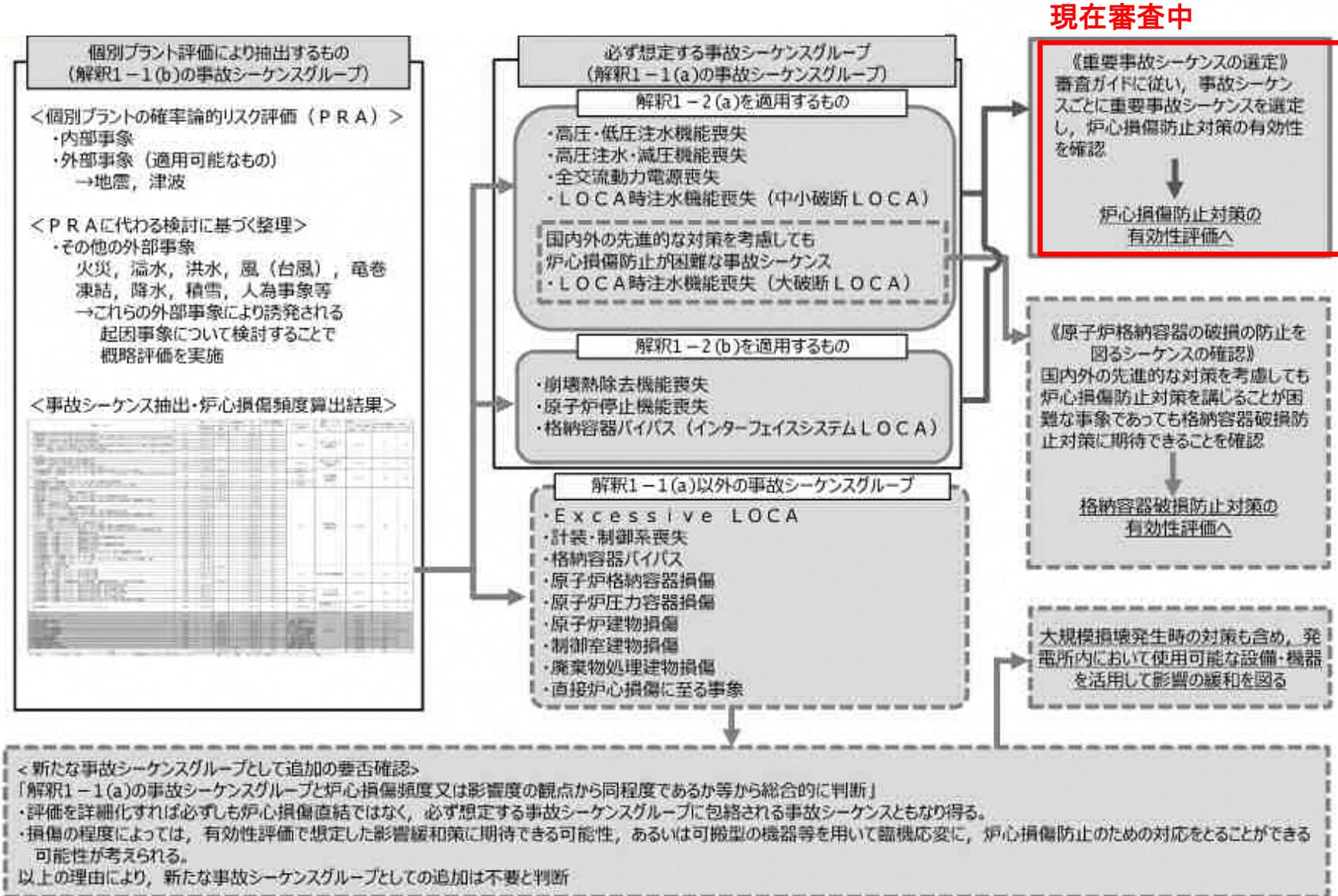
《③有効性評価》

○2019年6月11日、7月9日の審査会合において、炉心損傷防止対策のうち「高圧・低圧注水機能喪失事象」、「高圧注水・減圧機能喪失事象」および「全交流動力電源喪失と高圧炉心冷却失敗等の複合事象」の有効性評価を説明するとともに、これまでの審査会合での有効性評価に関する指摘事項について回答しました。

○今後、格納容器破損防止対策の有効性評価や燃料プールおよび運転停止中における燃料破損防止対策の有効性評価も審査の中で説明してまいります。

重大事故対策の有効性評価(3/4)

(例)【炉心損傷防止対策の有効性評価】



(例)【炉心損傷防止対策の重要事故シーケンスの選定】

- 審査ガイドに記載の観点（共通原因故障又は系統間の機能の依存性，余裕時間，設備容量，代表性）で厳しいシーケンスを重要事故シーケンスとして選定した。

事故シーケンスグループ	事故シーケンス
高圧・低圧注水機能喪失	過渡事象＋高圧炉心冷却失敗＋低圧炉心冷却失敗
高圧注水・減圧機能喪失	過渡事象＋高圧炉心冷却失敗＋原子炉減圧失敗
全交流動力電源喪失	外部電源喪失＋交流電源喪失(DG-A,B)失敗＋高圧炉心冷却(HPCS)失敗
	外部電源喪失＋交流電源(DG-A,B)失敗＋高圧炉心冷却失敗
	外部電源喪失＋交流電源(DG-A,B)失敗＋圧力バウンダリ健全性(SRV再閉)失敗＋高圧炉心冷却(HPCS)失敗
	外部電源喪失＋直流電源(区分1, 2)失敗＋高圧炉心冷却(HPCS)失敗
崩壊熱除去機能失敗	過渡事象＋崩壊熱除去失敗
原子炉停止機能喪失	過渡事象＋原子炉停止失敗
LOCA時注水機能喪失	冷却材喪失(中破断LOCA)＋高圧炉心冷却失敗＋低圧炉心冷却失敗
格納容器バイパス (インターフェイスシステムLOCA)	格納容器バイパス(インターフェイスシステムLOCA)

内部溢水(1/2)

- 新規制基準では、地震による配管破断や、津波による浸水、消火活動における放水等により、原子炉施設内部で漏水事象が発生した場合においても、安全上重要な設備の機能が損なわれないよう、新たに内部溢水に関する規制が盛り込まれました。
- 2019年5月9日の審査会合において、これまでの審査会合で指摘を受けた、溢水影響評価対象設備の選定にあたっての具体的な考え方や、複数の安全機能が同時に喪失しないと網羅的に確認したこと等について説明しました。
- 2019年7月25日の審査会合において、屋外タンク等の溢水影響評価フローの見直しや、燃料プールのスロッシングによる溢水量の評価について説明を行いました。

内部溢水(2/2)

【内部溢水での評価, 確認内容】

- 防護対象設備の選定
- 溢水源の選定
- 溢水防護区域及び溢水経路の選定
- 想定破損評価に用いる各項目の算出及び影響評価
- 消火水の放水評価に用いる各項目の算出及び影響評価
- 地震時評価に用いる各項目の算出及び影響評価
- 燃料プール等のスロッシングに伴う溢水評価
- 溢水防護対象設備が設置されているエリア外からの溢水影響評価
- 建物外からの溢水影響評価
- 放射性物質を内包する液体の漏えい防止

火災について

○新規制基準では、発電所で起こりうる火災を考慮した、火災防護対策の強化が求められています。

○2019年3月14日の外部火災に係る審査会合、2019年5月30日の内部火災に係る審査会合において、外部火災発生時の評価の前提条件や内容、内部火災では同一の部屋に設置する蓄電池についての火災影響等を説明しました。

【島根原子力発電所の火災防護対策に関する主な対策(内部火災)】

項目	内容
火災の発生防止	<p>難燃ケーブルの使用</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する構築物、系統及び機器に使用するケーブルには、実証試験により自己消火性（UL垂直燃焼試験）及び耐延焼性（IEEE383（光ファイバケーブルの場合はIEEE1202）垂直トレイ燃焼試験）を確認した難燃ケーブルを使用する。 核計装・放射線モニタ用の同軸ケーブルについても、実証試験により自己消火性（UL垂直燃焼試験）及び耐延焼性（IEEE383垂直トレイ燃焼試験）を確認した難燃ケーブルを使用する。
火災の感知及び消火	<p>異なる感知方式（2種類）の火災感知器の設置</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する機器等を設置する火災区域は、原則として、アナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置する。 天井が高い箇所や引火性又は発火性の雰囲気形成のおそれがある箇所のように周囲の環境条件により、アナログ式感知器の設置が適さない箇所には、誤操作防止を考慮した上で、非アナログ式感知器を設置し、十分な保安水準を確保する。（原子炉建物4階、取水槽等） <p>全域ガス消火設備の設置</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、基本的に「煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域」として設定し、当該区域に必要な固定式消火設備として、「全域ガス消火設備（自動又は中央制御室からの遠隔手動）」を設置する。
火災の影響軽減	<p>1時間又は3時間の耐火性能を有する隔壁等の設置</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器（互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル）について、互いの系列間を3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離する。 3時間以上の耐火性能を有する隔壁等を適用できない箇所は、互いの系列間を1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離し、かつ、火災感知器及び自動消火設備を設置する。

竜巻(影響評価・対策)について(1/7)

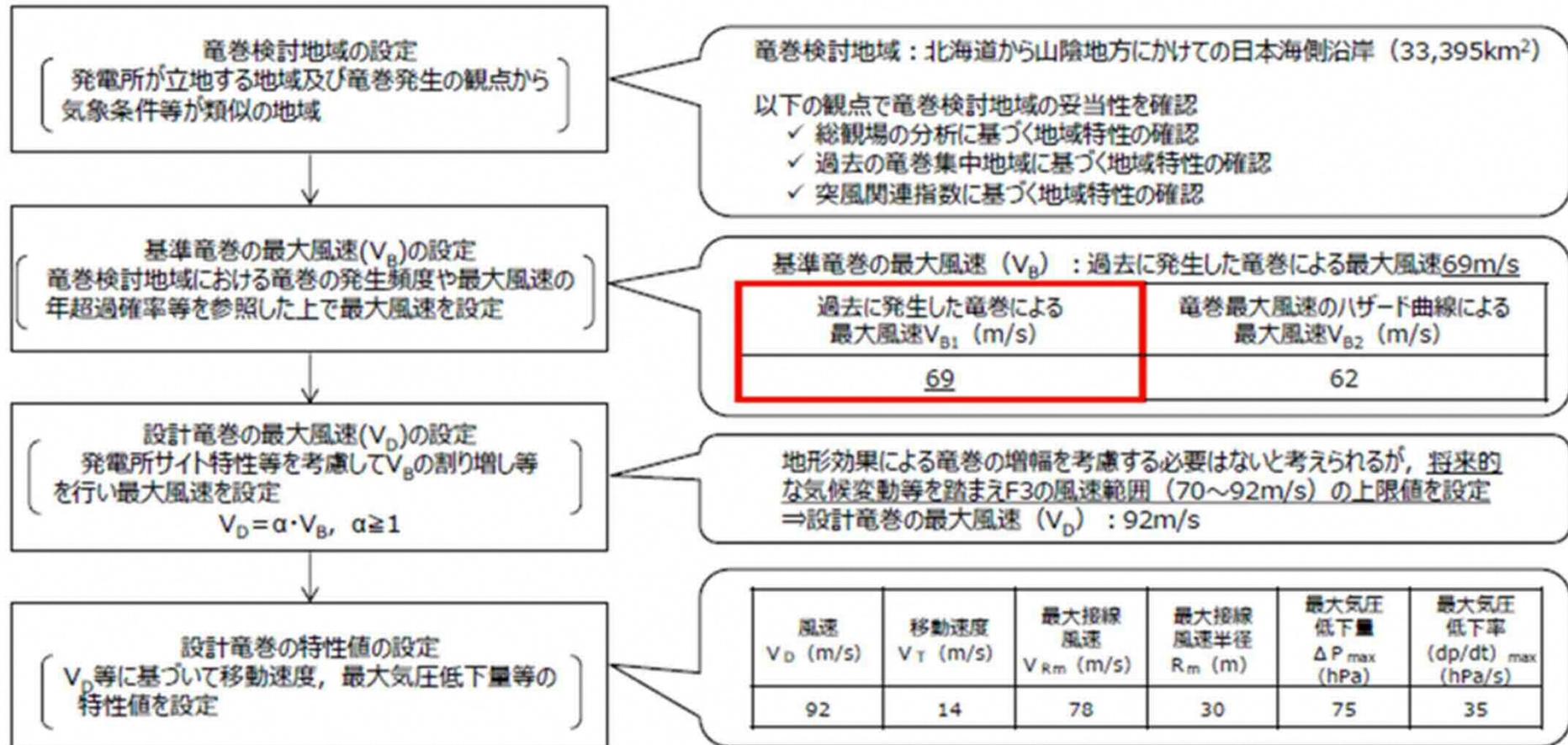
- 新規制基準では、自然現象のうち、竜巻への対策が新設され、基準竜巻※1、設計竜巻※2を設定し、施設の安全性評価を行うことが求められています。
- 2019年5月9日、2019年6月27日の審査会合において、基準竜巻・設計竜巻の設定の妥当性、竜巻の風速特性の不確かさを踏まえた評価結果の保守性等について説明しました。

※1 基準竜巻：設計対象施設の供用期間中にきわめてまれではあるが発生する可能性があり、設計対象施設の安全性に影響を与えるおそれがある竜巻。

※2 設計竜巻：原子力発電所が立地する地域の特性(地形効果による竜巻の増幅特性等)等を考慮して、科学的見地等から基準竜巻に対して最大風速の割り増し等を行った竜巻。

竜巻(影響調査・対策)について(2/7)

【基準竜巻・設計竜巻の設定に係る基本フロー】



竜巻(影響調査・対策)について(3/7)

【基準竜巻の設定】

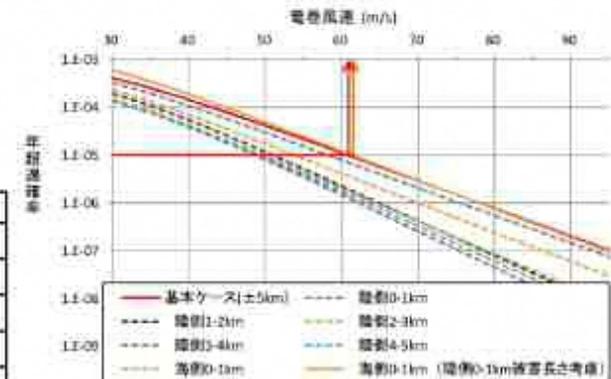
- 過去に発生した竜巻による最大風速 V_{B1}
 - ✓ 竜巻検討地域における過去最大竜巻は気象庁「竜巻等の突風データベース」によるとF2である
 - ✓ F2における風速は50～69m /sであることから、風速範囲の上限値69m /sを V_{B1} と設定
- 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 V_{B2}
 - ✓ 竜巻検討地域全域及び竜巻検討地域を1km ごとに細分化(1km 短冊)した場合のハザード曲線を算定し、 10^{-5} /年の風速値から62m /sを V_{B2} と設定
- 基準竜巻の最大風速 V_B
 - ✓ V_{B1} 及び V_{B2} のうち、大きな風速を適用し69m /sを V_B と設定



竜巻検討地域における竜巻の観測記録(F1より大きい竜巻)

発生日時	発生場所	Fスケール [※]
1962年09月28日	北海道宗谷支庁東利尻町	(F2)
1971年10月17日	北海道留萌支庁羽幌町	(F2)
1974年10月03日	北海道檜山支庁奥尻郡奥尻町	(F1～F2)
1974年10月20日	北海道檜山支庁檜山郡上ノ国町	(F1～F2)
1975年05月31日	島根県簸川郡大社町	(F2)
1975年09月08日	北海道檜山支庁奥尻郡奥尻町	(F1～F2)
1979年11月02日	北海道渡島支庁松前郡松前町	(F2)
1989年03月16日	島根県簸川郡大社町	(F2)
1990年04月06日	石川県羽咋郡富来町	F2
1999年11月25日	秋田県八森町	(F1～F2)

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



竜巻最大風速のハザード評価

竜巻の最大風速の算定結果

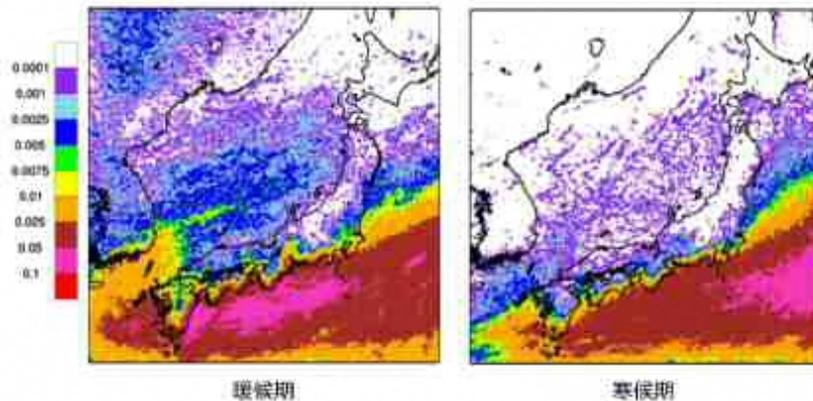
項目	最大風速
過去に発生した竜巻による最大風速 V_{B1}	69m /s
竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 V_{B2}	62m /s
基準竜巻の最大風速 V_B	69m /s

【設計竜巻の設定】

●設計竜巻の最大風速 V_D

- ✓ 周辺地形や竜巻の移動方向を確認した結果、地形効果による竜巻の増幅を考慮する必要はないが、以下の理由から将来的な気候変動等を考慮して、設計竜巻の最大風速 V_D は69m/sではなく、F3の風速範囲(70~92m/s)の上限値92m/sと設定

- ①山口県西側で突風関連指数が高い傾向を示す領域があるため、その領域を含む竜巻検討地域において将来的な気候変動により基準竜巻の最大風速69m/sを超える竜巻が発生することが完全には否定できないため
- ②日本海側沿岸を竜巻検討地域として設定することの妥当性については確認しているが、島根原子力発電所が位置している竜巻集中地域⑦は日本海側沿岸よりも竜巻発生確率がわずかに大きく、ハザード曲線評価における不確実性が若干あるため



F3規模以上を対象とした
SReH, CAPE同時超過頻度分布



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

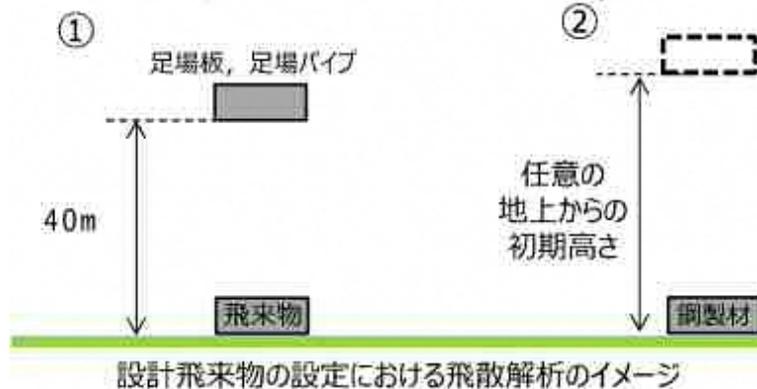
竜巻発生確率	
竜巻検討地域	竜巻集中地域⑦
面積 (km ²)	
33,395	1,177
竜巻発生数 (個)	
192	8
観測期間 (年)	
51.5	
竜巻発生確率 (個/年/km ²)	
1.1×10^{-4}	1.3×10^{-4}

竜巻(影響評価・対策)について(5/7)

【竜巻影響評価における飛散解析の概要】

竜巻影響評価における、フジタモデルによる飛散解析の概要を以下に示す。

・設計飛来物の設定：運動エネルギー，貫通力

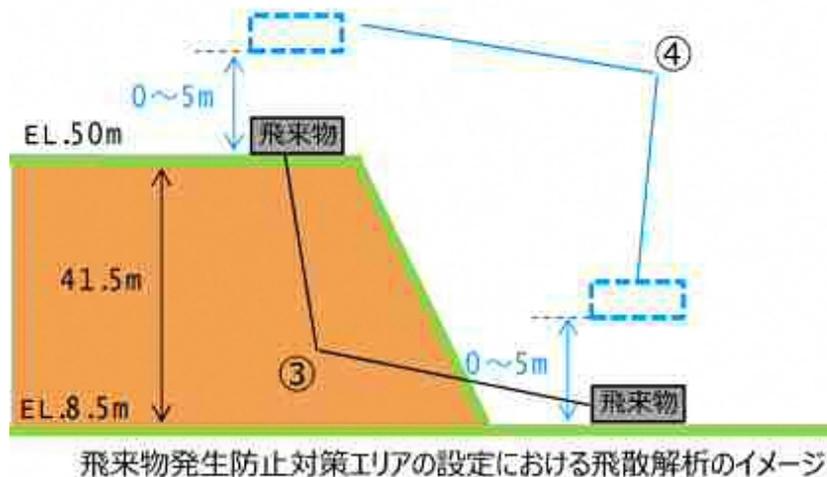


①現地調査で抽出した飛来物等について飛散解析を実施（足場板，足場パイプについては，地上からの初期高さ40m から飛散解析を実施）

②設計飛来物として設定したガイドの鋼製材について，地上からの初期高さの感度解析を実施【

確保した保守性として，次ページに一例を示します。

・飛来物発生防止対策エリアの設定：飛散距離



③現地調査で抽出した飛来物等について，敷地の高低差（EL8.5m ,50m ）を考慮した飛散解析を実施

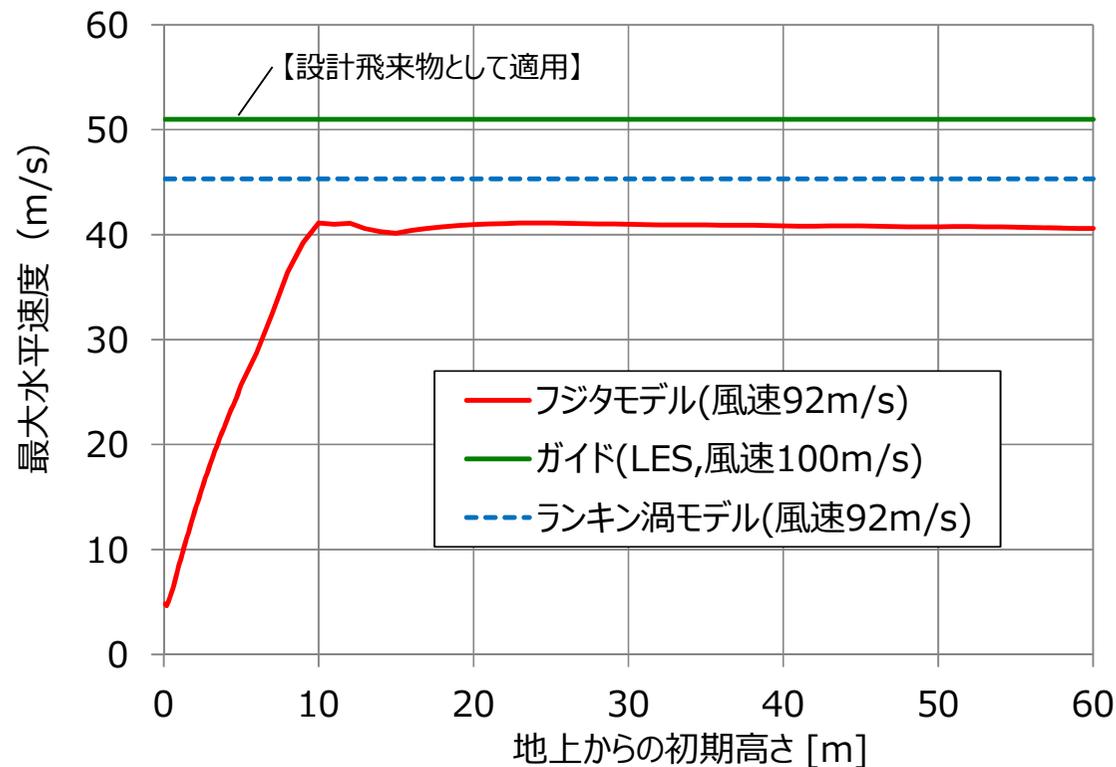
④フジタモデルの地表面付近の風速場の不確定性を考慮し，地表面に設置された物体の飛散解析の妥当性を確認するために，地上からの初期高さの感度解析（地表面付近(0~5m)の範囲）を実施

①～④の飛散解析においては，竜巻を物体の直上へ配置及び物体を多点配置する条件を設定【

【設計飛来物設定における保守性】

フジタモデルを用いた飛散解析においては、物体の地上からの初期高さを高く設定したほうが地表面から解析した場合に比べて最大水平速度は高くなり、最大水平速度に依存するパラメータである運動エネルギー及び貫通力も大きくなる。

設計飛来物の設定においては、任意の地上からの初期高さにある鋼製材をフジタモデルを用いて飛散解析をした結果を包絡するガイド記載の鋼製材を設定しており、フジタモデルの地上付近の風速場の不確定性は考慮できている。

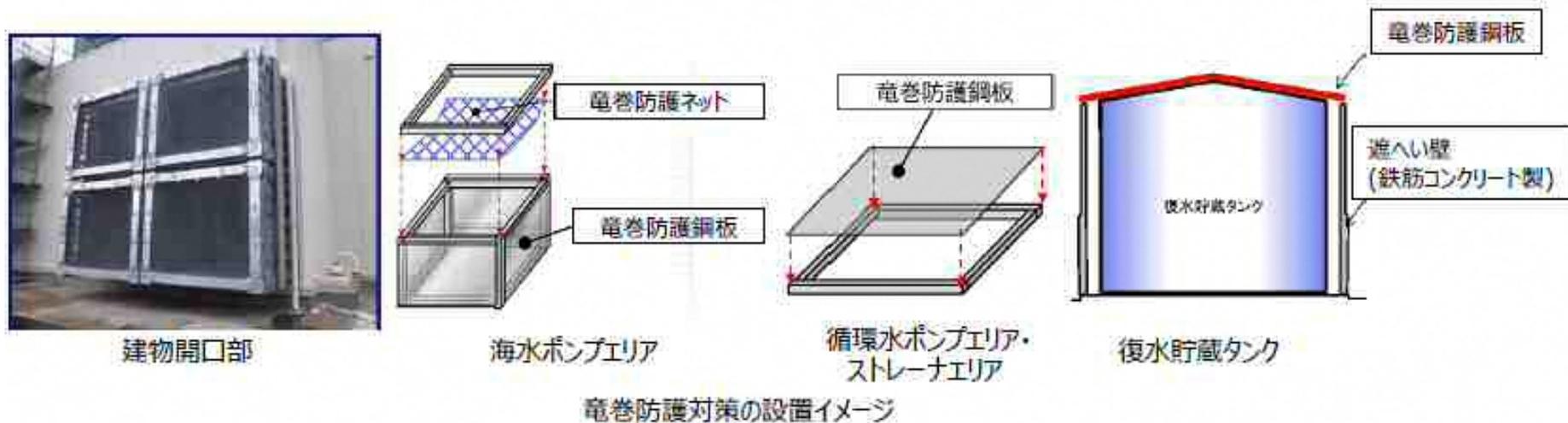


各風速場モデルにおける鋼製材の飛散解析結果
(鋼製材：0.3m×0.2m×4.2m, 135kg)

竜巻(影響評価・対策)について(7/7)

○設計飛来物(鋼製材)によって損傷する可能性がある外部事象防護対象施設について、竜巻防護ネットの設置等の竜巻防護対策を実施します。

【島根原子力発電所の竜巻防護対策の設置イメージ】



島根原子力発電所における設計飛来物 (鋼製材)

飛来物	寸法(m)	質量(kg)	最大水平速度(m/s)	最大鉛直速度(m/s)
鋼製材	長さ×幅×奥行 4.2×0.3×0.2	135	51	34

外部事象(1／3)

- 新規制基準では、外部からの衝撃(外部事象)による原子力発電所の安全性を損なうような損傷を防ぐことが求められています。
なお、外部事象には自然現象と人為的なもの(故意によるものを除く)が含まれます。
- 2019年4月4日, 2019年6月27日, 2019年7月2日の審査会合において, 台風や積雪などの自然現象, 飛来物(航空機落下)や船舶の衝突などの人為事象等, 設計上考慮すべき外部事象に対する影響評価及び対策の検討について説明するとともに, これまでの審査会合における指摘事項について回答しました。

自然現象に対する影響評価および対策の概要

自然現象	設定基準値	影響評価および対策の概要
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）	30m/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	77.9mm/h	安全施設について、降水（日最大1時間降水量：77.9mm/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。除雪等の適用を適切に実施
落雷	150kA	安全施設について、電撃電流値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、机上調査および現地調査の結果、地滑りによる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
生物的事象	—	取水口に流入したくらはば、除塵装置（ロータリースクリーン）で捕獲 屋外装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

人為事象に対する影響評価および対策の概要

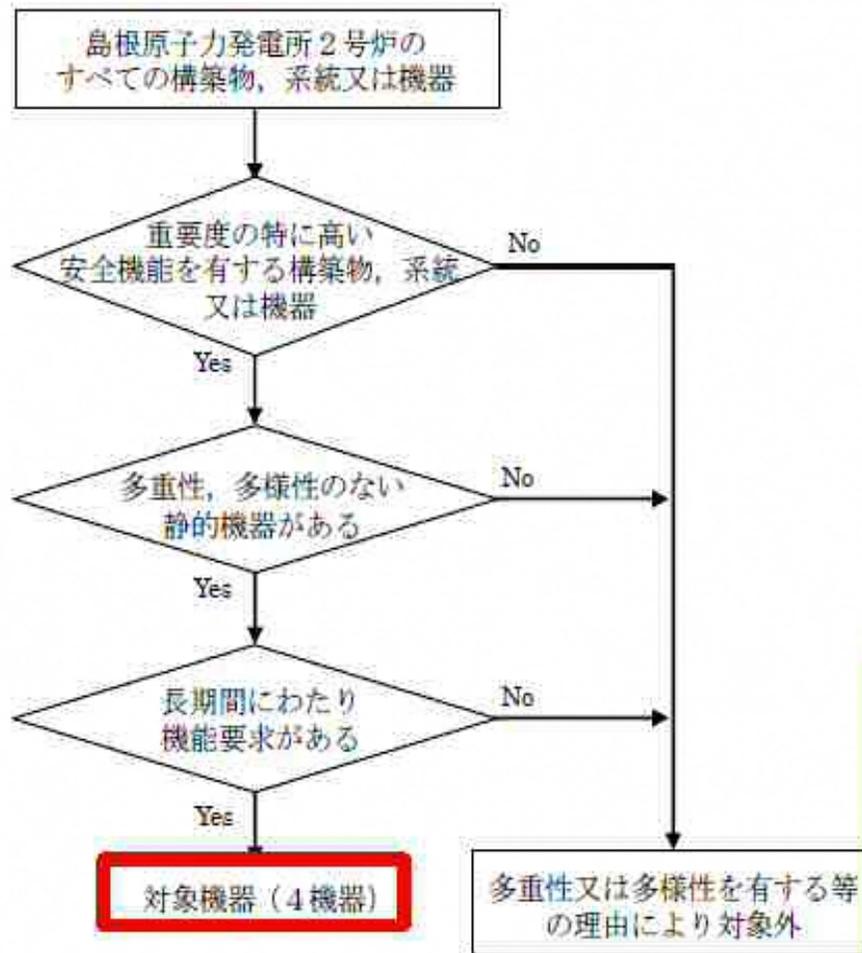
人為事象	影響評価および対策の概要
飛来物 (航空機落下)	発電所周辺の航空路等の状況を考慮して落下確率を評価 島根2号炉への航空機落下確率(約 7.8×10^{-8} 回/炉・年)は、基準に定める評価基準(10^{-7} 回/炉・年)を下回るため、航空機落下に対する防護設計は不要
ダムの崩壊	発電所周辺のダムから距離が離れており、さらに敷地の周りは標高150m程度の山に囲まれていることから、ダムの崩壊による影響はない
有毒ガス	発電所周辺の石油コンビナート施設や航路から離隔距離が確保されていることから、有毒ガスによる影響はない
船舶の衝突	発電所は、周辺の主要航路(七類港~隠岐諸島)から約21km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

静的機器単一故障(1/2)

- 新規基準では、配管やフィルタ等事故後も長期間使用する静的機器の故障を仮定したとしても、その系統が安全機能を維持できる設計とするよう考え方が明確化されました。
- 2019年4月4日の審査会合において、非常用ガス処理系や中央制御室空調換気系について、想定される最も過酷な条件下においても、その単一故障が安全上支障のない期間に修復が可能であること、また、残留熱除去系については、単一故障を仮定することで系統の機能が失われる場合であっても、他の系統を用いて、その機能を代替できることが安全解析等により確認できることを説明するとともに、これまでの審査会合における指摘事項について回答しました。
- 2019年7月25日の審査会合において、中央制御室換気系の排気ファンについて、隔離運転モード時の酸素濃度評価等から、重要度が特に高い安全機能^{※1}として必要な設備に位置付けていないこと等を回答しました。

※1 原子炉制御室非常用換気空調機能

【静的機器単一故障に係る設計上考慮が必要な機器の抽出】



対象機器抽出フロー

【抽出された対象機器系統】

- 非常用ガス処理系
 - ・配管の一部
- 中央制御室空調換気系
 - ・ダクトの一部
 - ・非常用チャコール・フィルタ・ユニット
- 残留熱除去系
 - ・スプレイヘッド (サブプレッション・チェンバ側)

【基準適合性の判断基準】

抽出された3系統について、以下の条件のいずれかに該当することを確認

- ① 想定される最も過酷な条件下においても、その単一故障が安全上支障のない期間に除去又は修復できることが確実である場合
- ② 単一故障の発生の可能性が極めて小さいことが合理的に説明できる場合
- ③ 単一故障を仮定することで系統の機能が失われる場合であっても、他の系統を用いて、その機能を代替できることが安全解析等により確認できる場合

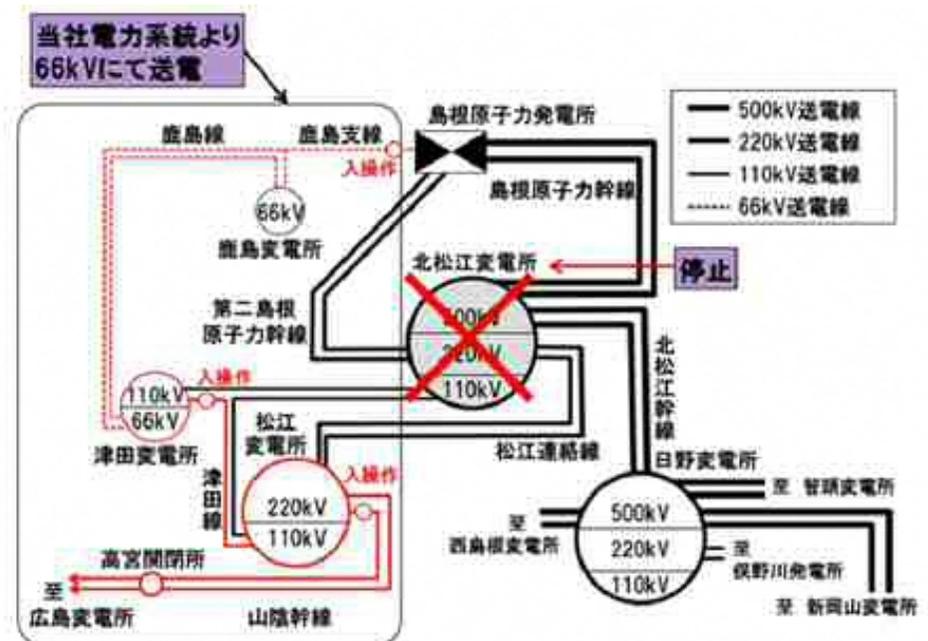
保安電源設備について

【保安電源設備について】

- 新規制基準では、安全上重要な施設への電力供給が停止することがないように、機器の損傷、故障その他の異常を検知するとともに、それらの拡大を防止する設計であることが求められています。
- 2019年3月14日の審査会合において、複数の独立した送電線ルートを確認していることに加え、万が一送電線の事故が発生した場合にも、その他のルートから電源を確保できることを説明しました。

【北松江変電所全停時の供給系統について(例)】

- ・北松江変電所が停止した場合においても津田変電所から66kV鹿島支線より受電を行う供給手段および監視体制により、30分以内で島根2号炉への電力供給が可能である。



北松江変電所全停時の供給系統

誤操作防止, 安全避難通路, 安全保護回路について

【誤操作防止, 安全避難通路, 安全保護回路の考え方】

- 新規制基準では, 運転員の誤操作防止対策や, 万一の事故発生時に適切な措置がとれるよう, 避難通路の確保の考え方などが明確化され, 以下のとおり求められています。
 - ・運転員の誤操作防止のために操作や識別のしやすいものであること
 - ・電源が喪失した場合でも適切な措置が行えるよう, 避難通路に加え必要な操作や作業時に用いる作業用照明を確保すること
 - ・原子炉を安全に停止する機能を持つ回路に不正アクセスされない対策を講じること
- 2019年2月5日, 2019年6月27日の審査会合において, 中央制御室における運転員の誤操作防止や, 電源が喪失した場合の移動ルート, 事故対応用の照明や電源の確保, また不正アクセス防止等について説明しました。

誤操作防止について(1/2)

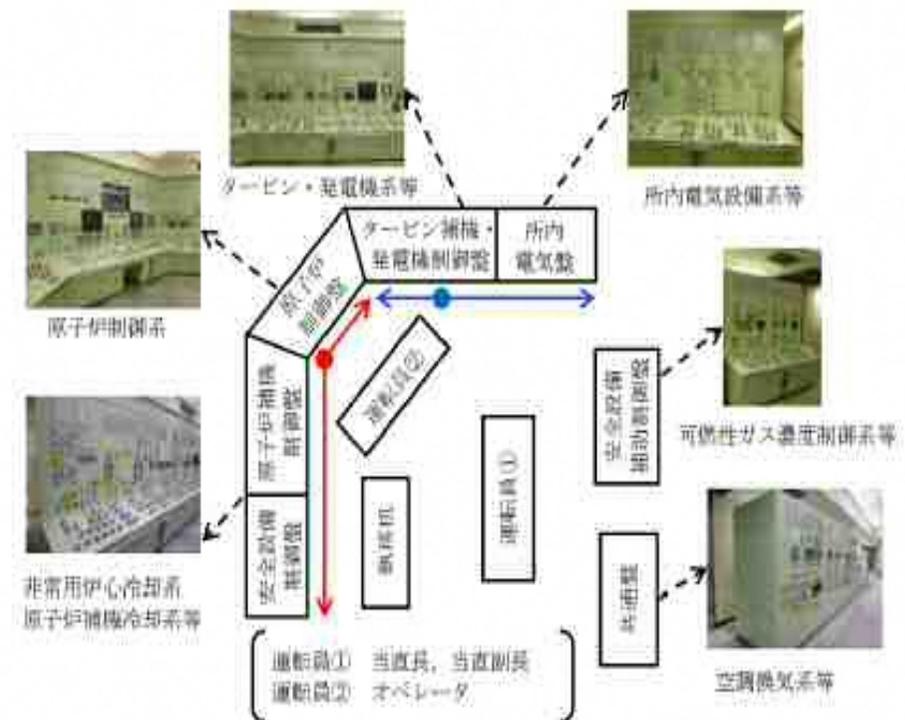
【中央制御室の誤操作防止対策】

○視認性

表示装置および操作器の盘面配置，盘面器具の配列，盘面器具の識別は，運転員の誤操作を防止するよう配置，識別する設計とします。

【表示装置および操作器の盘面配置(例)】

- ・ベンチ盤に設置したハード計器及びディスプレイに集約する。
- ・プラント全体の重要な情報はベンチ盤に表示し，運転員相互の情報共有及びプラント設備全体の情報把握が可能な設計とする。
- ・ベンチ盤は，左側から安全系，原子炉系，タービン・所内電源系の順で配置し，それぞれの表示装置を集約して配列する。
- ・複数の運転員による監視ができるよう，安全上重要なパラメータ，警報を表示できる設計とする。



【中央制御室の誤操作防止対策】

○操作性

運転員の負荷軽減化，誤操作防止対策として，盤面器具に視覚的要素での識別を行っています。

【ハードスイッチについて(例)】

- ・操作器は，大きさ，形状等，操作性を考慮して選定し，操作器の色，形状，操作方法は一貫性を持ち，用途に応じて統一性を持たせた設計とする。
- ・不安全な操作や運転員の意図しない操作を防止するよう，保護カバーの設置，キー付きスイッチの設置，押釦スイッチを設置している。



【作業用照明の設置について】

・作業用照明として、非常灯、直流非常灯および電源内蔵型照明を設置する設計とする。

作業用照明装置（例）	仕様
非常灯（上：蛍光灯等，下：電源内蔵型） 	<ul style="list-style-type: none"> ・定格電圧：交流210V ・中央制御室： 100ルクス（ベンチ盤操作部エリア）（設計値） ・点灯可能時間：1時間（電源内蔵型） （昭和45年建設省告示第1830号に準拠し30分以上の点灯が必要）
直流非常灯 	<ul style="list-style-type: none"> ・定格電圧：直流110V 床面1ルクス以上（設計値） ・点灯可能時間：8時間以上 （全交流電源喪失時から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が常設代替交流電源設備から開始されるまでの間として想定する70分以上点灯が必要）
電源内蔵型照明 	<ul style="list-style-type: none"> ・定格電圧：交流100V ・点灯可能時間：8時間以上 （全交流電源喪失時から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が常設代替交流電源設備から開始されるまでの間として想定する70分以上点灯が必要）

【可搬型照明の保管場所，数量および仕様について(例)】

・中央制御室等に可搬型照明を配備し，昼夜，場所を問わず作業を可能とする。

	保管場所	数量	仕様 (参考値)
懐中電灯 	中央制御室	11個 (運転員分 7 個 + 予備 4 個)	電源：乾電池 (単三) 点灯可能時間：約 4 時間
	第 2 チェックポイント	11個 (中央制御室と同様)	
	緊急時対策所 (対策本部)	40個 (緊急時対策所 (対策本部) の初動対応要員分 35個 + 予備 5 個)	
	免震重要棟	37個 (初動体制時に緊急時対策所に参集する要員のうち免震重要棟で宿泊する要員分 33個 + 予備 4 個)	
	第 1 チェックポイント	3 個 (初動体制時に緊急時対策所に参集する要員のうち第 1 チェックポイントで宿直する要員分 2 個 + 予備 1 個)	
LEDライト (ランタンタイプ) 	中央制御室	12個 (中央制御室対応として中央制御室執務机 6 個 + 中央制御室待避室 2 個 + 予備 4 個)	電源：乾電池 (単三) 点灯可能時間：約 28 時間
	緊急時対策所 (対策本部)	9 個 (緊急時対策所 (対策本部) の初動対応要員分 7 個 + 予備 2 個)	
LEDライト (三脚タイプ) 	中央制御室前通路	3 台 (中央制御室 2 台 + 予備 1 台)	電源：蓄電池 点灯可能時間：約 4.5 時間

安全保護回路について

【安全保護系の不正アクセス行為防止のための措置について】

安全保護回路のうちデジタル化している部分について、不正アクセス行為や使用目的に反する動作をさせる行為等による被害を防止するため、以下の対策を実施します。

- 物理的および電氣的アクセスの制限
- ハードウェアの物理的な分離または機能的な分離
- 外部ネットワークからの遠隔操作およびウイルス等の侵入防止
- システムの導入段階、更新段階または試験段階で承認されていない動作や変更を防ぐ対策
- 耐ノイズ・サージ対策
- ウイルス侵入防止について、供給者への要求事項および供給者で実施している対策(ウイルスチェック)

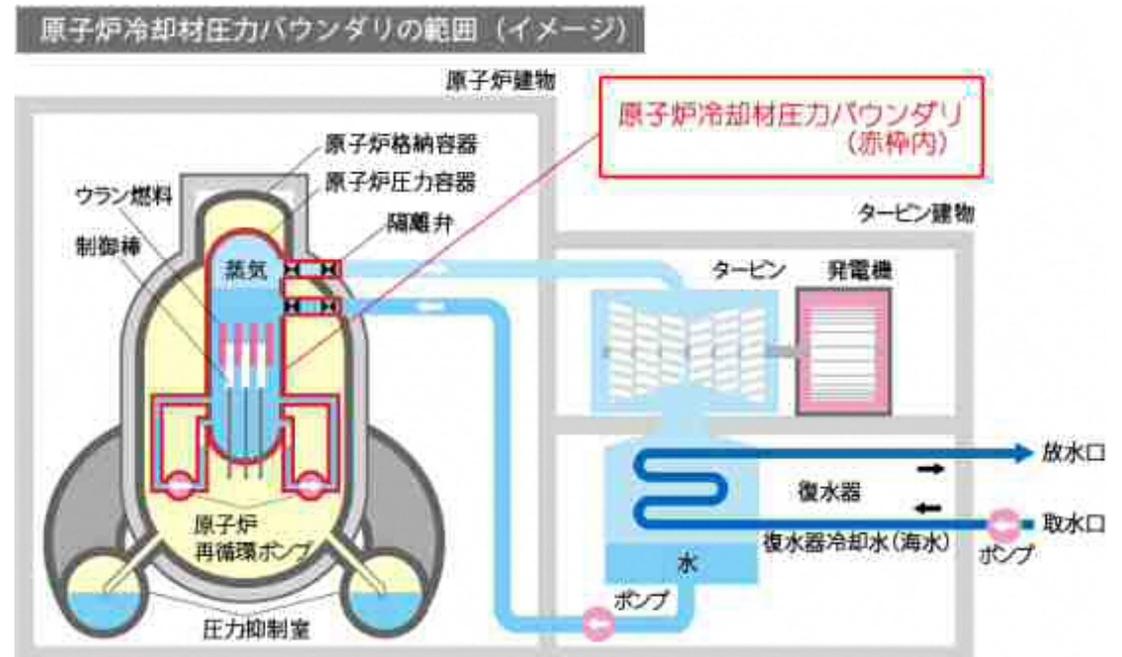
原子炉冷却材圧力バウンダリについて(1/2)

【原子炉冷却材圧力バウンダリ】

- 新規制基準では、「原子炉冷却材圧力バウンダリ」について、これまでよりも考慮する設備の範囲を広げることが求められています。
- 2019年2月5日の審査会合では、改めて原子炉冷却材圧力バウンダリについて、その範囲設定に関する考え方と、範囲内の設備の健全性について説明しました。

●原子炉冷却材圧力バウンダリとは

原子炉圧力容器に接続する配管や隔離弁などは、運転時に原子炉から発生する蒸気によって原子炉圧力容器と同じ圧力がかかっており、この範囲のことを「原子炉冷却材圧力バウンダリ」といいます。



(注) 実際の原子炉圧力容器には、上図で示された以外にも様々な配管が接続しており、それぞれの配管について「原子炉冷却材圧力バウンダリ」の範囲を設定します。

原子炉冷却材圧力バウンダリについて(2/2)

【原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の変更】

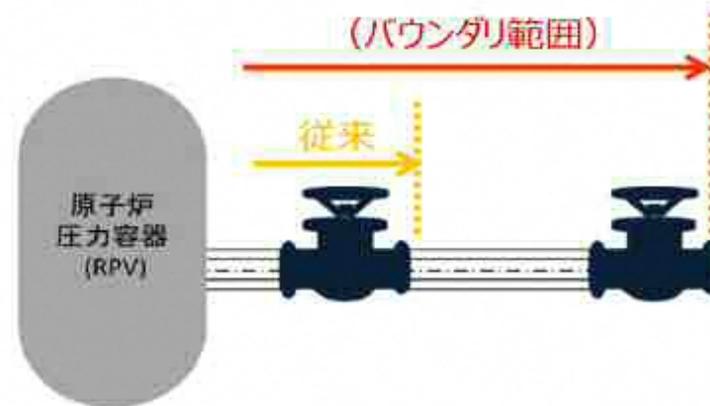
○旧技術基準の解釈

隔離弁が通常運転時閉，事故時閉の場合は，原子炉側からみて第1隔離弁を含みそこまでの範囲。



○変更後の設置許可基準規則の解釈

通常時または事故時に開となるおそれがある通常時閉及び事故時閉となる弁を有する配管は，原子炉側からみて，第2隔離弁を含むまでの範囲。



【原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の変更 概略図】

共用設備について(1/3)

○新規制基準では、原子力発電所内に2つ以上の発電用原子炉施設がある場合、重要安全施設※¹については、安全性を向上できる場合を除き、共用または相互接続しないこと、「重要安全施設以外の安全施設※²については、共用または相互接続する場合は安全性を損なわないものであること」が求められています。

○2019年4月4日、2019年5月30日の審査会合において、島根原子力発電所1号機と中央制御室を共用することによる設備の安全性への影響、1号機の運転員が2号機のトラブル発生時に対応できるかについて、1号機の運転員も2号機の運転員と同様の訓練を受けており、2号機のサポートを行うことで安全性を向上できること等を説明しました。

※1 重要安全施設：安全性を確保するため、「止める」「冷やす」「放射性物質を閉じ込める」機能を有する設備。原子炉の緊急停止機能、原子炉停止後の徐熱機能、炉心冷却機能、放射線の遮へいおよび放出低減機能等。

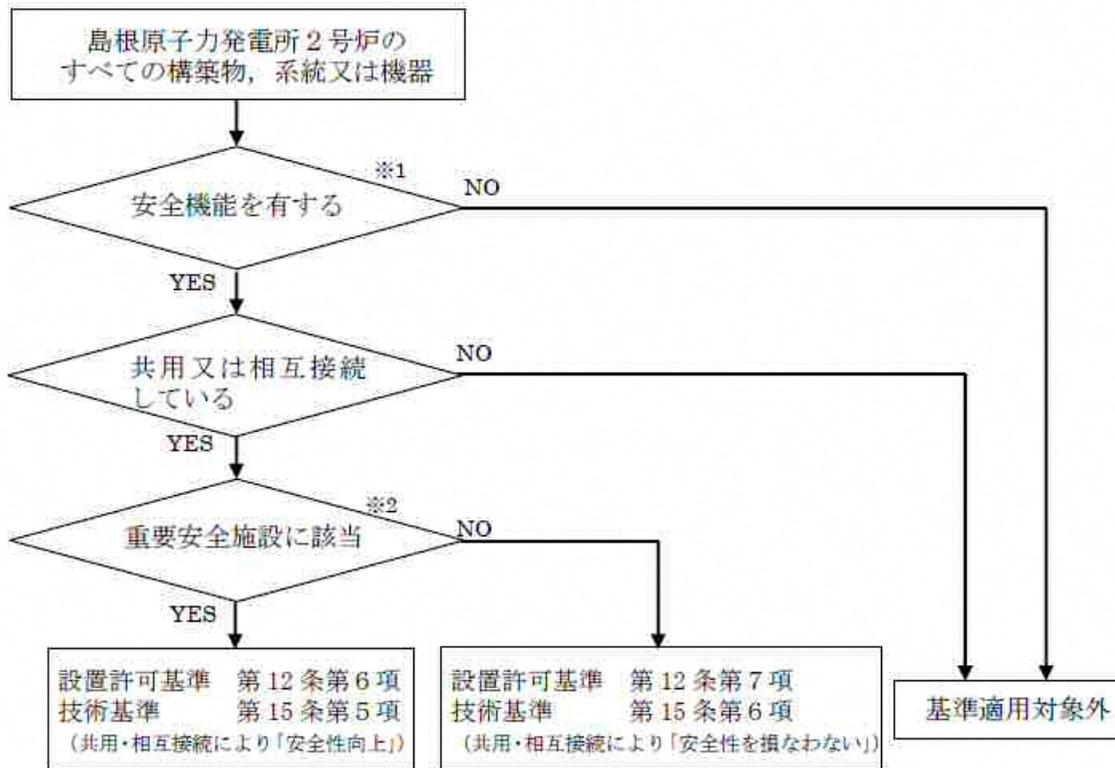
※2 安全施設：重要安全施設を除いた安全性を確保するための設備

共用設備について(2/3)

【共用・相互接続設備の抽出】

以下のとおり、共用・相互接続設備を抽出した。

- (1) 安全施設の抽出は、重要度分類指針に基づき実施した。
- (2) 許認可資料，系統図，単線結線図等を用いて，設備構成及び運用方法を確認し，共用又は相互接続している設備を抽出した。
- (3) 基準適合性について，以下の判断基準に基づき確認した。



※1：重要度分類指針に基づき安全機能の重要度を確認する。

※2：設計基準対象施設に属する安全施設であって，設置許可基準規則第12条の解釈11に該当するものを抽出する。

【基準適合性の判断基準】

- 重要安全施設
当該施設に要求される安全機能を満たしつつ，共用又は相互接続することにより安全性が向上すること
- 安全施設（重要安全施設を除く）
共用又は相互接続することで，当該施設に要求される安全機能を損なわないこと

共用設備について(3/3)

【基準適合性の確認結果(重要安全施設抜粋)】

設備	重要度分類	共用・相互接続により安全性が向上する理由
中央制御室	MS-1	<p>2号炉中央制御室は、以下のとおり要求される安全機能（プラント監視・運転操作）を確保しつつ、1号炉中央制御室と共用することで安全性が向上する。</p> <p>【安全機能の確保】</p> <p>安全性の確保に必要な監視・操作盤は1, 2号炉それぞれ分離して設置しており、プラントの監視・運転操作に支障をきたすことはない。共通設備である送電系統等の監視・操作盤は、当該設備が機能喪失したとしても各号炉の安全性確保に必要な監視・運転操作に支障をきたすことはない。</p> <p>また、1, 2号炉の監視・運転操作に必要な運転要員が滞在するために必要な居住性を確保できるよう、1号炉中央制御室も含めた空間容積を換気可能な2号炉中央制御室空調換気系や遮蔽設備を有しており、監視・運転操作に必要なスペースを確保している。</p> <p>【安全性の向上】</p> <p>○運転要員の融通等</p> <p>1号炉は廃止措置段階であることを踏まえ、1, 2号炉それぞれに必要な運転要員を確保する。</p> <p>1, 2号炉の操作盤はできる限り操作性を統一して設計しており、運転要員は、1, 2号炉いずれも運転操作が可能なよう相互に異動しながら育成してきた。2号炉運転段階における1号炉運転要員は、社内規程に基づき2号炉運転要員と同じ教育・訓練を受けることで、2号炉運転要員と同じ力量を有していることを要件とする。これにより、2号炉運転要員のみでも事故時等の対応は可能であるものの、1号炉運転要員も2号炉運転要員の力量を有していること、また、共用により1, 2号炉中央制御室を自由に行き来できる空間とすることにより、情報の把握や運転要員の融通が容易となることで、2号炉のサポートがスムーズに行うことが可能となり、運転段階の2号炉の安全性向上につながる。</p> <p>○共通設備の監視・操作の一元化等</p> <p>送電系統等の共通設備については、当該設備の監視・操作盤についても中央制御室内に配置しており、監視を一元的に行い、操作の重複を回避できるなど、効率的で確実な運用が可能である。</p>

発電用原子炉施設への人の不法侵入等の防止について

【人の不法侵入等の防止の考え方】

- 新規制基準では、発電用原子炉施設への人の不法な侵入を防止するための区域を設定すること、不正に爆発性または易燃性を有する物件その他人に危害を与え、他の物件を損傷するおそれがある物件の持ち込みを防止するため、持ち込み点検を行うこと、および不正アクセス行為を防止するため外部からのアクセスを遮断する設計とすることなどが求められています。
- 2019年2月5日の審査会合において、発電用原子炉施設への人の不法な侵入等を防止するための対策等について説明しました。

【全交流動力電源喪失対策設備】

- 新規制基準では、全交流動力電源喪失時から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が、交流動力電源設備から開始されるまでの間にも、原子炉格納容器の健全性を確保するための設備の動作に必要な容量を有する蓄電池等を設置することが求められています。
- 2019年2月5日、2019年6月27日の審査会合において、全交流動力電源喪失時から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が、交流動力電源設備から開始されるまでの約8時間に対し、原子炉格納容器の健全性を確保するための設備の動作に必要な容量を有する蓄電池等の設置等について説明しました。

◎必要な非常用蓄電池

種類	組数	容量
鉛蓄電池 (浮動充電方式)	所内用 2組	A系 約1,200Ah B系 約4,500Ah
	高圧炉心スプレイ系用 1組	約 500Ah
	原子炉隔離時冷却系用 1組	約1,500Ah
	原子炉中性子計装用 2組	各約 90Ah

燃料体等の取扱施設および貯蔵施設(1/2)

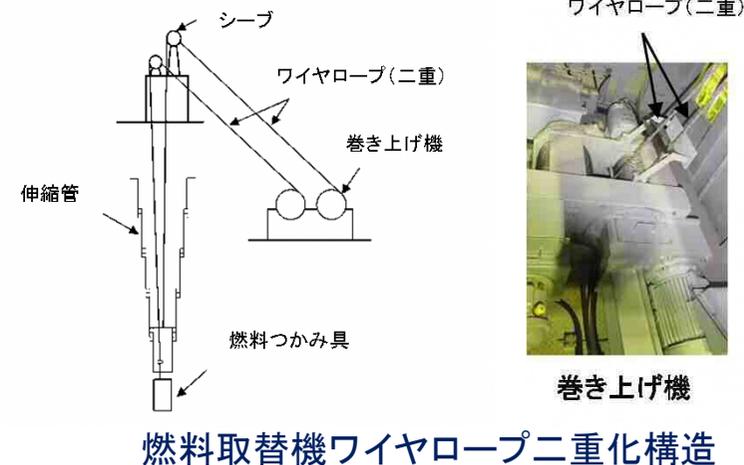
○新規基準では、燃料体等※の取扱中に想定される燃料体等の落下時及び重量物の落下時においても、機能が損なわれないものとするのが求められています。また、外部電源が利用できない場合においても、燃料プール水温や水位等を示す設備が監視可能な状態であることなどが求められています。

※通常運転時に使用する燃料体または使用済燃料

○2019年4月4日、2019年5月30日の審査会合において、燃料プールに落下するおそれのある重量物を抽出し、適切な落下防止対策を実施することで燃料プールの機能が維持されること、外部電源が利用できない場合においても、非常用所内電源設備からの受電により、燃料プール水温や水位等が計測できるようにすることなどを説明しました。

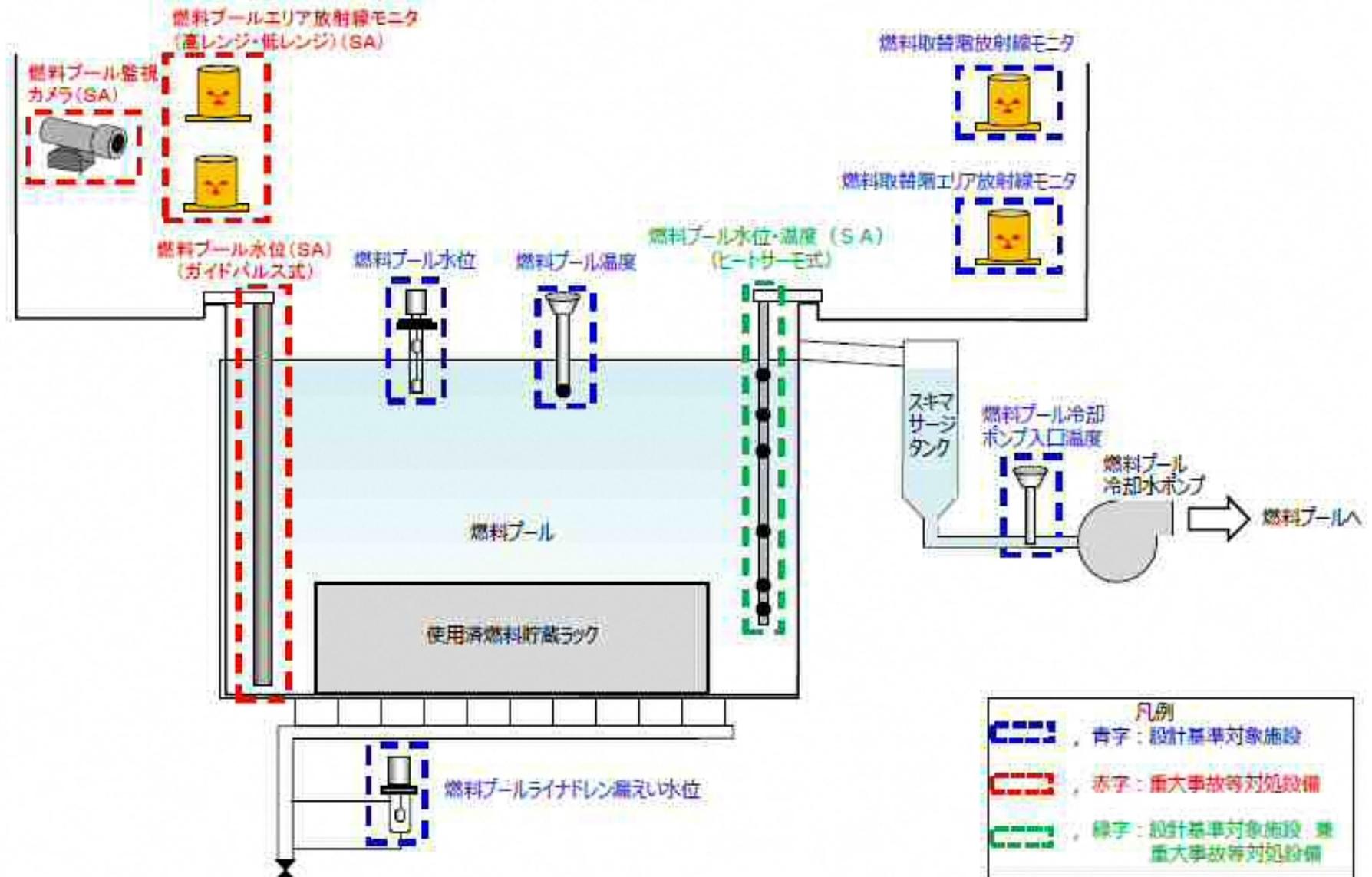
【燃料取替機に吊るされる重量物の落下防止対策(例)】

- ・駆動用電源喪失時に自動的にブレーキがかかる設計とし、燃料つかみ具の駆動用空気が喪失した場合にも、吊荷が落下するのを防止する設計とする。
- ・ワイヤロープを二重化することで、仮にワイヤロープが1本切れた場合でも、残りのワイヤロープで重量物が落下せず、安全に保持できる構造とする。



燃料体等の取扱施設および貯蔵施設(2/2)

【重大事故等対策設備を含めた燃料プール監視設備の概略】

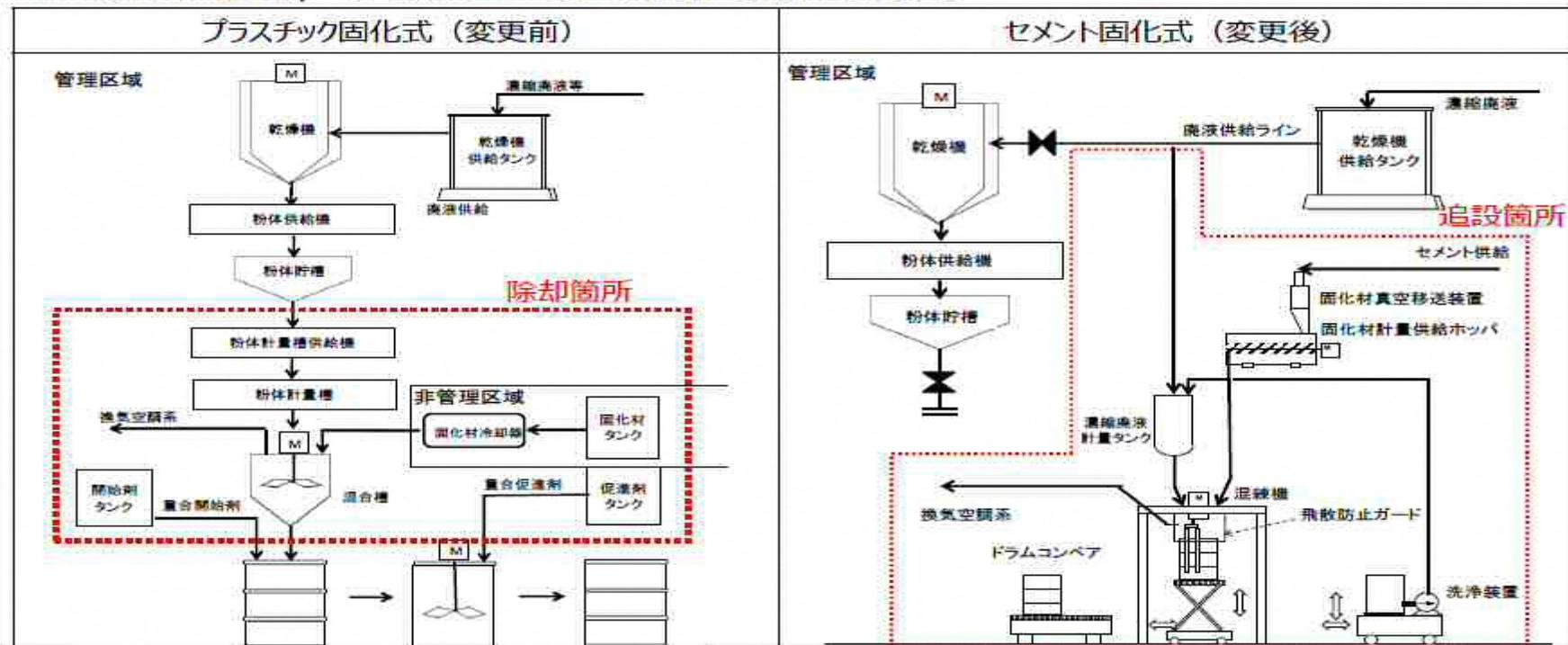


燃料プール監視設備全体概略図

放射性廃棄物の処理施設について(1/2)

- 設置許可基準規則では、固体状の放射性廃棄物の処理に係るものにあつては、放射性廃棄物を処理する過程において放射性廃棄物が散逸し難いものとする設計であることが求められています。
- 2019年3月14日, 2019年5月30日, 2019年7月25日の審査会合において、放射性廃棄物の処理施設で、放射性廃棄物をドラム缶に詰める際に使用しているプラスチック固化材は可燃物であるため、固化材タンクで火災が発生した場合の建物への影響や重大事故等が発生した際の現場作業への影響を考慮し、固化材を「セメント」に変更すること、変更により作業員への放射線被ばくの影響の度合い及び固体廃棄物貯蔵設備の位置付けに変更がないことを説明しました。

- ドラム詰装置で使用する固化材を「プラスチック」から「セメント」に変更する。
- これに伴い、セメント固化専用の機器を追設する。
- ドラム詰装置は、1号及び2号炉共用から変更はない。



放射性廃棄物の処理施設について(2/2)

【固化材の変更による作業員への放射線被ばくの影響について】

- 固化体製作時における放射線業務従事者が放射線を受ける作業は、主にドラム缶を輸送用トラックに積み付けるタイミングです。積み付けするドラム缶の発生量はセメント固化方式により5倍に増加しますが、表のとおり表面線量当量率が1/5に低下するため、作業に伴い放射線業務従事者が受ける線量はほぼ同じです。

表 固化方式の違いによるドラム缶表面線量当量率

固化方式	ドラム缶発生量	濃縮廃液発生量	放射能濃度*2	放射エネルギー		表面線量当量率*4	被ばく線量*5
	本/年			Bq/cm ³	Bq*3		
プラスチック	80	55	3.8E+04	2.1E+12	2.6E+10	4.0E+03	1.6E+05
セメント	400*1				5.3E+09	8.1E+02	1.6E+05

* 1 : 洗浄廃液の発生量 (100本) は、放射能濃度が低く被ばく線量に影響を与えないため、評価対象外とした。

* 2 : 遮蔽設計上の放射能濃度

* 3 : 放射能濃度×濃縮廃液発生量

* 4 : 表面線量当量率は簡易評価により計算

表面線量当量率 = 放射エネルギー (Bq/本) × 実効線量率定数 ÷ ドラム缶表面積 (約2m²)

(実効線量率定数 : 0.305μSv・m²・MBq⁻¹・h⁻¹ (Co-60) 【出典 : アイソトープ手帳11版】)

* 5 : 被ばく線量は距離による低減効果を見込まずに表面線量当量率に1本あたりの積み付け作業時間約0.5h/本を乗じて計算

【固化材の変更に伴う固体廃棄物処理系の各設備の位置付けについて】

- 固化材の変更に伴い、処理、貯蔵経路を見直します。しかしながら、各固体廃棄物の処理方針(原子炉浄化系及び燃料プール冷却系の使用済樹脂等は中深度処分施設へ搬出すること、復水系、液体廃棄物処理系の使用済樹脂等はこれまでどおり焼却処分すること)に変更はないため、固体廃棄物処理系の各設備の位置づけに変更はありません。