

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9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	令和元年 6月27日	飛行場での離着陸時の航空機落下確率における計算因子の $N_{d,a}$ （当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数）及び $f_{d,a}$ （対象航空機の国内での離着陸時事故率）について、最新データの保守性が確保されていることを説明すること。	2～7
2	令和元年 6月27日	他の事象と組み合わせる平均的な積雪荷重について、設計基準値に基づき算出しない理由を整理して説明すること。設計基準値に基づかない新たな手法で説明する場合は、その妥当性も含めて説明すること。	8～9
3	令和元年 6月27日	荷重の組合せのうち地滑りについて、評価諸元の堆積高さの根拠を説明すること。また、施設と地滑りする斜面の位置関係を図示すること。	10～13
4	令和元年 6月27日	荷重の組合せのうち津波について、最大荷重継続時間の根拠を、津波全体の継続時間を考慮するとともに最大荷重が繰り返し発生することも想定して、説明すること。	14～15

■ 指摘事項（審査会合 令和元年6月27日）

飛行場での離着陸時の航空機落下確率における計算因子の $N_{d,a}$ （当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数）及び $f_{d,a}$ （対象航空機の国内での離着陸時事故率）について、最新データの保守性が確保されていることを説明すること。

■ 回答

1. $N_{d,a}$ （当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数）

$N_{d,a}$ については、調査対象を国土交通省HPに掲載されている暦年・年度別空港管理状況調書としており、入手可能な最新データは2017年（平成29年）12月である。

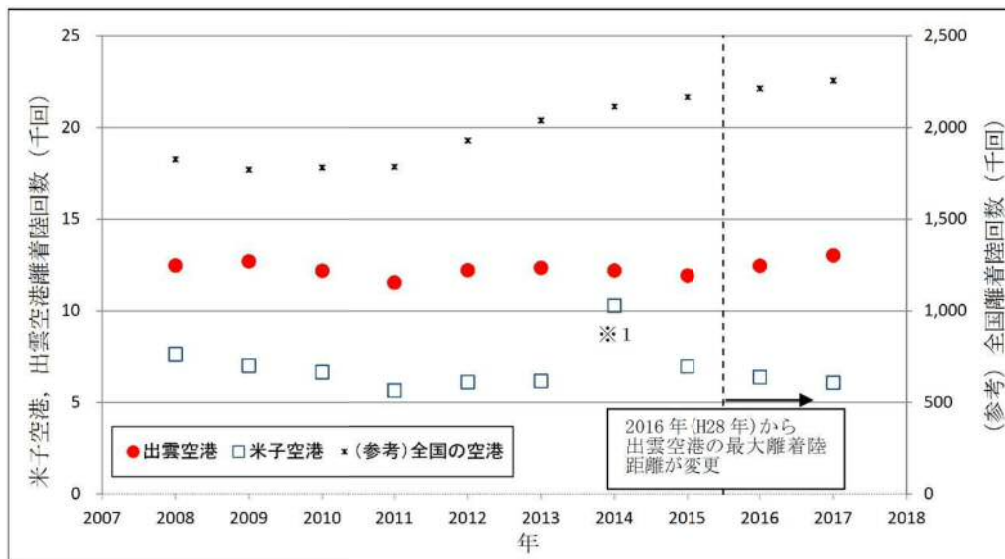
➤ 評価に使用するデータとしては、以下①及び②を踏まえ、入手可能な範囲での最新データ（2017年（平成29年））とする。

①発電所周辺の航路状況は、2016年（平成28年）から航空路誌（AIP）の出雲空港のアプローチ・チャートが変更となったこと（最大離着陸距離が短くなり、離着陸時の事故における落下地点確率分布関数の値が大きくなったこと）から、2016年（平成28年）又は2017年（平成29年）のデータとすること

②出雲空港及び米子空港の離着陸回数は、次頁の図1のとおり過去10年間で多少の増減はあるもののほぼ一定であること

発電所周辺の航路状況が変更となる以前も含めて落下事故の確率を評価した結果を次頁の表1に示す。評価には当該飛行場の離着陸回数だけでなく最大離着陸距離が関係するため、出雲空港及び米子空港の合計値を比較する。評価結果より、入手可能な範囲での最新データ（2017年（平成29年））の評価値が最も厳しい結果となっており、評価で使用するデータは妥当であることを確認した。

審査会合での指摘事項に対する回答【No.1】(2/6)



※1：2014年(H26年)の米子空港は、新たな航空会社が参入し、路線数が約2倍になり離着陸回数が急増したが、1年余りで撤退した。

図1 国内での離着陸回数の推移
 (「航空輸送統計調査年報」(国土交通省)及び「暦年・年度別空港管理状況調査」
 (平成31年3月29日修正版 国土交通省)により作成)

表1 飛行場での離着陸時における落下事故の確率の評価結果

評価年	評価値※	最新評価年との比率	備考
2013年(平成25年)	6.49E-09	0.44	出雲空港の最大離陸距離変更前
2014年(平成26年)	7.95E-09	0.54	
2015年(平成27年)	6.64E-09	0.45	
2016年(平成28年)	1.45E-08	0.97	出雲空港の最大離陸距離変更後
2017年(平成29年)	1.49E-08	1.00	

※：事故率については1997年(平成9年)1月～2016年(平成28年)12月のデータ

2. $f_{d,a}$ (対象航空機の国内での離着陸時事故率) について

$f_{d,a}$ の評価式は以下のとおりである。

$f_{d,a} = D_{d,a} / E_{d,a}$: 対象航空機の国内での離着陸時事故率 (回/離着陸回)

$D_{d,a}$: 国内での離着陸時事故件数 (回)

$E_{d,a}$: 国内での離着陸回数 (離着陸回)

$D_{d,a}$ 及び $E_{d,a}$ のデータ集計期間については、 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準の解説4-3に「現在、運行されていない古い世代の航空機を対象としても現実的ではなく、また、集計期間が短すぎると統計量として十分ではないと考えられるため、原則として最近の20年間とする」とあるため、入手可能な範囲で最新のデータを収集することとする。

$D_{d,a}$ については、調査対象を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としているが、2017年(平成29年)以降に発生した事故に調査中の案件がある。事故率を計算するにあたっては、当該年において、全てのデータが揃っている必要があるため、評価に使用できる最新のデータは、事故調査が全て完了している2016年(平成28年)までのデータとなる。

$E_{d,a}$ については、調査対象を「航空輸送統計調査年報」(国土交通省)及び「暦年・年度別空港管理状況調査」(平成31年3月29日修正版 国土交通省)としており、2017年(平成29年)12月までのデータが国土交通省のHPに掲載されている。

➤ $D_{d,a}$ 及び $E_{d,a}$ の使用可能な最新のデータを踏まえ、それぞれの集計期間を合わせる必要があるため、評価で使用する最新データは2016年(平成28年)までのデータとする。

■ 航空路を巡航中の落下事故について

前述1.及び2.のデータに加え、評価対象とする航空路等の年間飛行回数データ(N_c)及び単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率データ(f_c)についても最新データに更新しており、そのデータの妥当性については以下のとおりである。

3. N_c : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数 (飛行回/年)

N_c については、国土交通省より入手したデータ(2012,2016,2018年(平成24,28,30年))を調査対象としており、入手可能な最新データは2018年(平成30年)である。

➤ 評価に使用するデータとしては、以下①及び②を踏まえ、入手可能な範囲での最新データ(2018年(平成30年))とする。

①発電所周辺の航路状況は、2016年(平成28年)から航空路誌(AIP)の航空路等(エンルート・チャート)が変更となったこと(評価対象航空路等が増加したこと)から、2016年(平成28年)又は2018年(平成30年)のデータとすること

②発電所周辺の評価対象航空路等の飛行回数は、次頁の図2のとおり増加傾向であること

発電所周辺の航路状況が変更となる以前も含めて落下事故の確率を評価した結果を、次頁の表2に示す。評価結果より、入手可能な範囲での最新データ(2018年(平成30年))の評価値が最も厳しい結果となっており、評価で使用するデータは妥当であることを確認した。

4. f_c : 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率 (回/(飛行回・km))

➤ f_c については、前述2.の $f_{d,a}$ (対象航空機の国内での離着陸時事故率)と同様の考え方により、評価で使用する最新データは2016年(平成28年)までのデータとする。

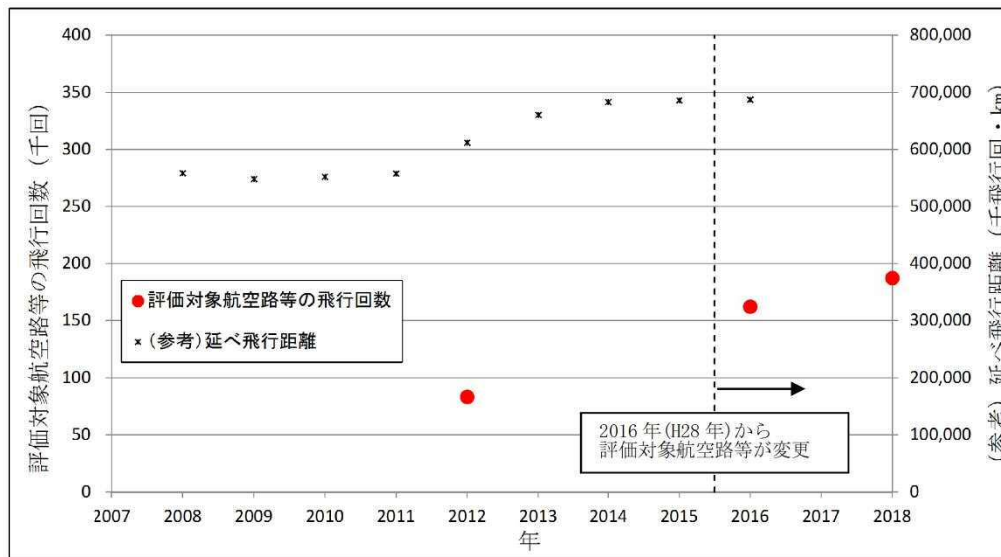


図2 発電所周辺の評価対象航空路等の飛行回数の推移
 (「航空輸送統計調査年報」(国土交通省), 「暦年・年度別空港管理状況調書」
 (平成31年3月29日修正版 国土交通省) 及び国土交通省航空局から入手したデータにより作成)

表2 航空路を巡航中の落下事故の確率評価結果

評価年	評価値※	最新評価年との比率	備考
2012年(平成24年)	5.28E-09	0.60	評価対象航空路等の変更前
2016年(平成28年)	8.03E-09	0.92	評価対象航空路等の変更後
2018年(平成30年)	8.77E-09	1.00	

※: 事故率については1997年(平成9年)1月~2016年(平成28年)12月のデータ

審査会合での指摘事項に対する回答【No.1】(6/6)

■ 航空機落下確率について

第736回審査会合（令和元年6月27日）において説明した標的面積の変更及び航空機事故データの最新化（資料1-3-1）に加え、今回説明した離着陸回数及び評価対象航空路等の飛行回数等のデータを最新化し、航空機落下確率の評価を実施した。評価の結果、航空機落下確率は約 8.0×10^{-8} 回/炉・年となり、 10^{-7} 回/炉・年を下回ることを確認した。

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※1 (回/炉・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	1.49×10^{-8} ※2
	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	8.77×10^{-9} ※3
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 8.0×10^{-8}

※1：事故率については、1997年（平成9年）1月～2016年（平成28年）12月のデータ
 ※2：当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数については、2017年（平成29年）のデータ
 ※3：評価対象とする航空路等の年間飛行回数については、2018年（平成30年）のデータ

■ 指摘事項（審査会合 令和元年6月27日）

他の事象と組み合わせる平均的な積雪荷重について、設計基準値に基づき算出しない理由を整理して説明すること。設計基準値に基づかない新たな手法で説明する場合は、その妥当性も含めて説明すること。

■ 回答

他の事象と組み合わせる平均的な積雪荷重について、建築基準法の考え方を準用して求める場合は、短期積雪荷重として設定した設計基準積雪深（100cm）に基づき算出することに見直した。

他の事象と組み合わせる積雪荷重の考え方、設定方法を以下に示す。

(1) 荷重の組合せの考え方

- 荷重の組合せは、「ある荷重（主荷重）の最大値とその他の荷重（従荷重）の任意時刻における値（平均値）との和」で示されるTurkstraの経験則に基づき設定する。
- 地震、津波及び火山の影響による荷重は積雪荷重に対して大きいことから主荷重とし、積雪を従荷重として扱う。

以上より、地震荷重、津波荷重及び火山の影響による荷重と組み合わせる積雪は、従荷重として平均的な積雪深を設定する。

(2) 従荷重として組み合わせる積雪荷重の設定方法

主荷重と組み合わせる場合の積雪荷重の平均値について、以下の検討を行った。

a. 建築基準法の考え方を準用して平均値を求める場合

- 建築基準法の考え方を準用し、設計基準積雪深（100 cm）に対して係数0.35を考慮した場合には、積雪荷重として組み合わせる積雪深は35.0 cm と算出される。

b. 観測記録により平均値を求める場合

- 積雪の平均値は気象庁の気象観測データ（年最大積雪深）から求めることが可能であることから、松江地方気象台（松江市）の年最大積雪深の平均値（観測期間：1941年～2017年）について確認した結果24.5 cm となる。

a, bのうち、最も大きな値となった「建築基準法の考え方を準用して求めた平均値（35.0 cm）」を従荷重として組み合わせる積雪深とする。

■ 指摘事項（審査会合 令和元年6月27日）

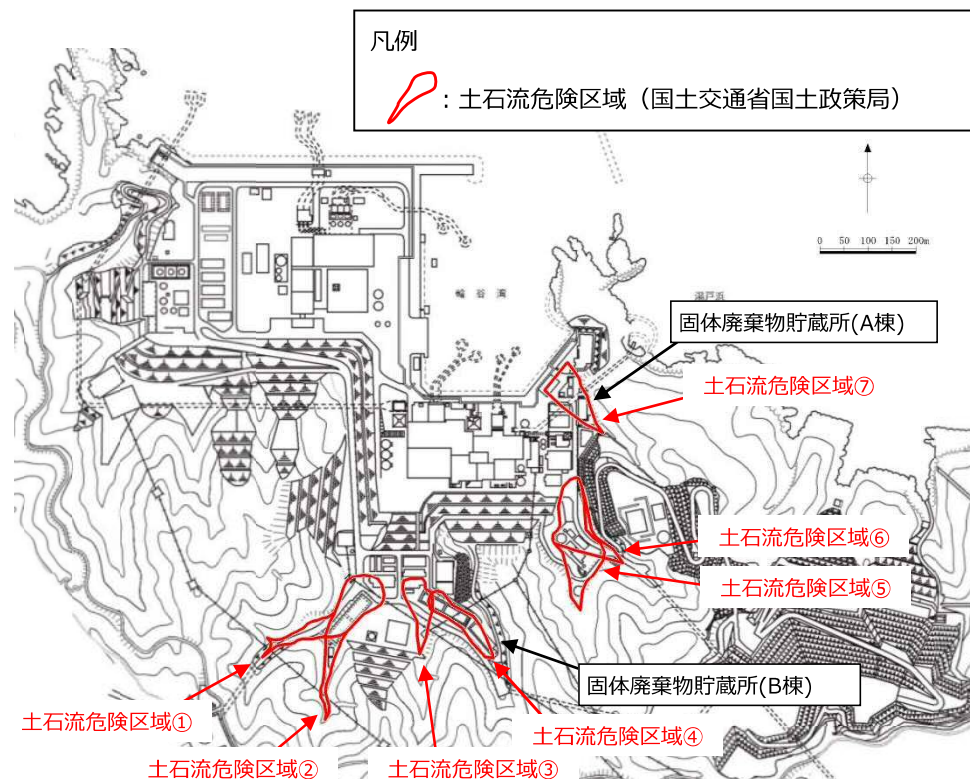
荷重の組合せのうち地滑りについて，評価諸元の堆積高さの根拠を説明すること。また，施設と地滑りする斜面の位置関係を図示すること。

■ 回答

発電所周辺における土石流危険区域内に固体廃棄物貯蔵所（A棟，B棟）が設置されている。

これまで，土石流により固体廃棄物貯蔵所（A棟，B棟）に堆積した土砂の撤去に要する概算時間に基づいた地滑り（土石流含む）の最大荷重継続時間により，地滑りと他事象との荷重の組合せ考慮の要否について評価していた。

今回，固体廃棄物貯蔵所の地滑りに対する影響評価について，当該施設の安全重要度分類を踏まえ見直し，地滑りと他事象との荷重の組合せについて整理した。



島根原子力発電所周辺における土石流危険区域及び固体廃棄物貯蔵所（A棟，B棟）位置図

■ 固体廃棄物貯蔵所の地滑り（土石流含む）に対する影響評価の見直しについて

固体廃棄物貯蔵所が安全評価上その機能に期待しない安全重要度分類クラス3の施設であることを踏まえ、以下のとおり、仮に当該施設が地滑りによって損傷した場合でも、安全上支障のない期間での修復等の対応により、安全施設の安全機能を損なわないと評価を見直した。

- 仮に固体廃棄物貯蔵所が土石流により損傷した場合においても、当該施設は低レベル放射性廃棄物の貯蔵施設であること、及び保管されている廃棄物はドラム缶や金属容器に封入されており、内部の放射性物質が容易に放散することはないため、当該施設の損傷によって、公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれはない。
- 当該施設は、相応の頑健性を有する鉄筋コンクリート造の構築物であり、施設自体が倒壊することは考え難く※、仮に当該施設が損傷した場合には、速やかに補修を行い、長期的な公衆又は従事者の被ばく低減対策として、放射線量を計測し、必要に応じて、鉛毛マット等による遮蔽を行う。

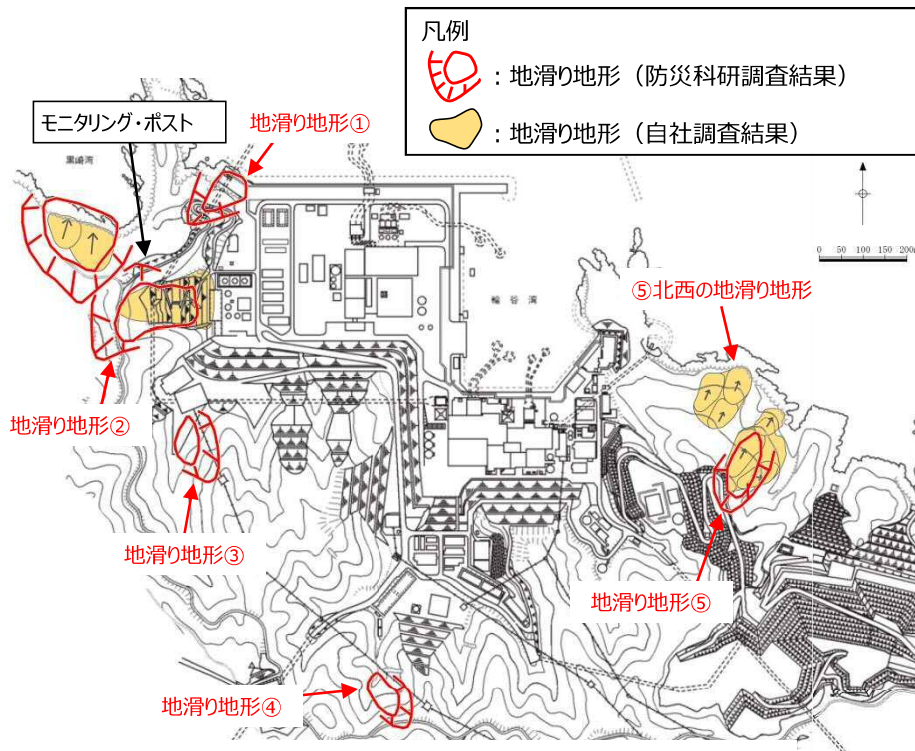
※：土砂の衝突により建物に作用する荷重に対し、建物の影響評価を行い、健全性を有していることを確認している。（「外部事象の考慮について」6条-別添1（外事）-1-添付12-68～78）

審査会合での指摘事項に対する回答【No.3】 (3/4)

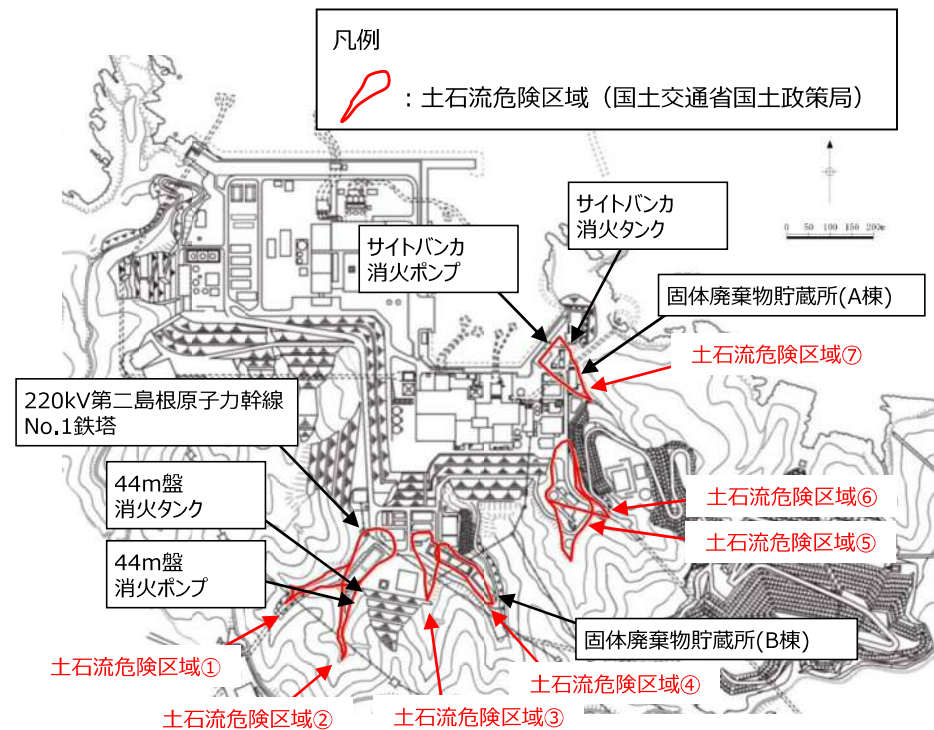
■ 地滑り（土石流含む）と他事象との荷重の組合せについて

下図のとおり，地滑りの影響を受ける施設は限定的であり，島根原子力発電所では，安全評価上その機能に期待しない安全重要度分類クラス3の施設のみが対象となる。

これらの施設については，地滑りによる損傷を考慮して，代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応を行うことにより，その安全機能を損なわないことを次頁のとおり確認していることから，地滑りと他事象との荷重の組合せを考慮する必要はない。



島根原子力発電所周辺の地滑り地形及び対象施設（安全施設等）位置図



島根原子力発電所周辺における土石流危険区域及び対象施設（安全施設等）位置図

■ 影響評価結果

- 下表のとおり地滑り（土石流含む）により安全施設の安全機能を損なわないことを確認した。

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, 安全評価上その機能に期待するクラス3	▶ 地滑り地形及び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。
上記以外の安全施設	▶ 一部の施設が, 地滑り地形又は土石流危険区域範囲内に設置されている。 <ul style="list-style-type: none"> • モニタリング・ポスト 代替設備として可搬式モニタリング・ポストを確保していることを確認。 • 固体廃棄物貯蔵所 (A棟, B棟) 相応の頑健性を有する鉄筋コンクリート造の構築物であり, 施設自体が倒壊することは考え難い。仮に当該施設が損傷した場合には, 速やかに補修を行う。 • 220kV 第二島根原子力幹線No.1鉄塔 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。 • サイトバンカ消火ポンプ, サイトバンカ消火タンク, 44m 盤消火ポンプ, 44m 盤消火タンク 代替設備として消防車を確保していることを確認。

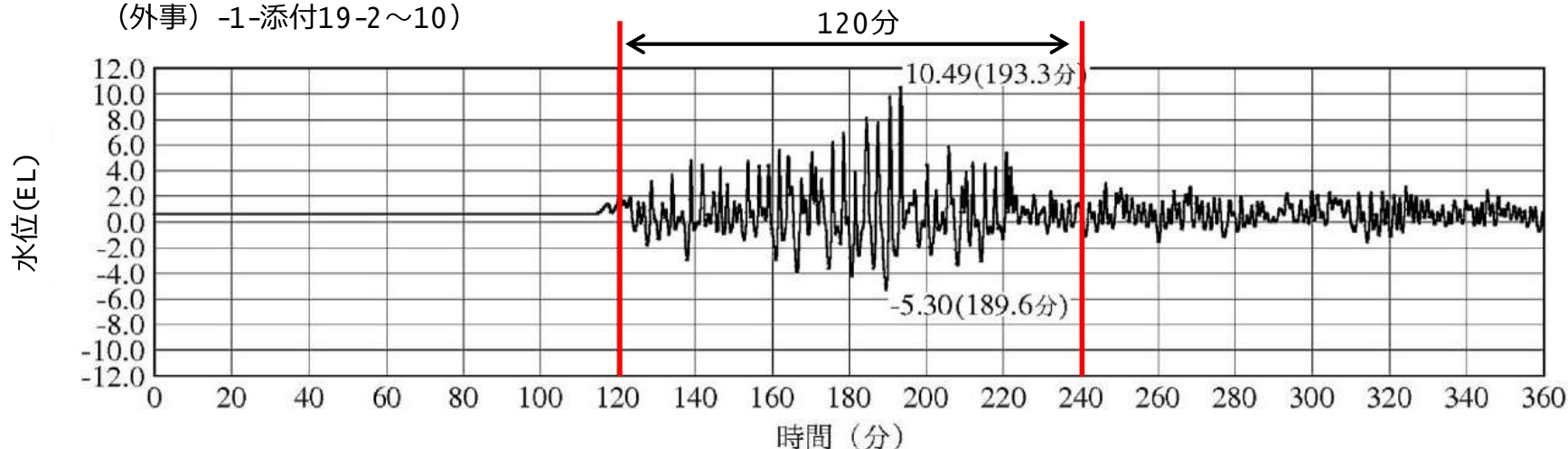
■ 指摘事項（審査会合 令和元年6月27日）

荷重の組合せのうち津波について，最大荷重継続時間の根拠を，津波全体の継続時間を考慮するとともに最大荷重が繰り返し発生することも想定して，説明すること。

■ 回答

施設に対する入力津波の時刻歴波形の例を下図に示す。下図のとおり，入力津波が最大水位となるのは短時間であることから，津波による最大荷重継続時間も短時間となる。ただし，最大ではないものの比較的高い水位が発生していることから，他施設に対する入力津波の時刻歴波形も確認※し，高い水位が発生する範囲を余裕を持って包含する期間として，津波の最大荷重継続期間の設定を120分に見直した。その上で基準津波と基準地震動以外の地震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。

※：「海域活断層に想定される地震による基準津波4」は，「日本海東縁部に想定される地震による基準津波1，2，3，5及び6」と比べ，その津波の継続時間が短いことから，「日本海東縁部に想定される地震による基準津波1，2，3，5及び6」の時刻歴波形のうち，各施設に対して最も水位が高くなる入力津波の時刻歴波形を確認（「外部事象の考慮について」6条-別添1（外事）-1-添付19-2～10）



入力津波の時刻歴波形の例（2号炉取水槽（入力津波1，防波堤無し））

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 2.3×10^{-8} / 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。

※：JEAG 4601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)	$10^{-5} \times 1$	$5 \times 10^{-4} \times 3$
津波(基準津波)	$2.3 \times 10^{-4} \times 2$	$10^{-4} \sim 10^{-5} \times 4$

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

※ 2 : $2.3 \times 10^{-4} = 120 \text{分} / (365 \text{日} \times 24 \text{時間} \times 60 \text{分})$ として算出

※ 3 : JEAG 4601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

※ 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		基準津波の最大荷重継続時間		基準地震動以外の地震の発生頻度(想定)	
$10^{-4} / \text{年}$	×	$2.3 \times 10^{-4} \text{年}$	×	$1 / \text{年}$	= $2.3 \times 10^{-8} / \text{年}$