

美浜発電所、高浜発電所及び大飯発電所の 原子炉設置変更許可申請 【大山生竹テフラの噴出規模見直しに係る施設評価】

2021年 1月 14日

No	第4回審査会合（2020.12.15）のご指摘事項	回答	スライド
4-1	高浜 1, 2 号機の基準捕集容量の設定値については、差圧の立ち上がりが十分低い値で再設定し、フィルタ清掃作業への影響を確認し、タイムチャート及び蒸気発生器注水による炉心冷却の解析結果の影響を説明すること。	本日の審査会合にてご説明。	2~7
4-2	フィルタ試験装置のどこにどれだけの灰が堆積するのか、堆積した場合フィルタに悪影響がないのか補足説明資料に記載すること。	前回の審査会合にて、ご回答した「フィルタに堆積する火山灰が悪影響を与えないこと」を補足説明資料に記載。	-
4-3	除灰要員の荷重については、裕度が小さい美浜3号機の燃料取替用水タンク等について、補足説明資料に荷重評価の方針を作業内容を踏まえて記載すること。	許容層厚に対する裕度が少ない場合には、除灰要員による荷重を考慮して評価することを補足説明資料に記載。	-

1. ご指摘事項

高浜 1, 2 号機の基準捕集容量の設定値については、差圧の立ち上がりが十分低い値で再設定し、フィルタ清掃作業への影響を確認し、タイムチャート及び蒸気発生器注水による炉心冷却の解析結果の影響を説明すること。

2. 回答

- 高浜 1, 2 号機の基準捕集容量を再設定し、フィルタ取替の間隔を決定するための基準捕集容量の到達時間が、フィルタ差圧の立ち上がりから十分低い領域となるように見直した結果、フィルタ取替着手時間は450分となる。 ⇒ 3
- これにより、フィルタ取替着手時間が200分ほど短くなるが、24時間のフィルタ 1 セット当たりの清掃回数は、見直し前の 1 回から変更がないことを確認した。 ⇒ 4
- フィルタ清掃回数の成立性については、見直し前の671分火山灰を付着させる試験条件において、清掃前の差圧が許容差圧に対して十分余裕があり、清掃後の差圧も回復しているため、その結果をもって問題なく実施可能であると判断できる。 ⇒ 4
- DG機能を期待する時間は、基準捕集容量に到達する時間を更に1/2としているため、DG機能喪失時間は230分となる。 ⇒ 5
- DG機能喪失時間の変更により、負荷切り離し等の作業が100分早まるが、タイムチャートにおいて、火山対応に必要な要員数は常駐要員数を下回っているため、対応が可能であることを確認した。 ⇒ 6
- DG機能喪失時間の変更に伴い、SG注水による炉心冷却の解析による概略推定を行った結果、SG最低水位が約17%程度となる見込みであり、炉心の著しい損傷に至らないことを確認した。 ⇒ 7

(1) 基準捕集容量の再設定

DG改良型フィルタの性能試験結果から、フィルタ差圧曲線の差圧が高い領域を避け、**差圧の立ち上がりが十分低い領域**となるように基準捕集容量を350,000 g/m²から**250,000 g/m²**に再設定した。(参考1参照)

プラント	許容差圧到達時間	最大捕集容量	基準捕集容量	
			見直し前	(350,000g/m ²)
高浜1,2号機	777 分	405,314g/m ²	見直し後	250,000 g/m²

(2) 基準捕集容量到達までの時間の算出

保守的に設定した基準捕集容量から、下表のとおり基準捕集容量到達までの時間を算出。

	高浜1,2号機	
①フィルタ取替の目安となる基準捕集容量	250,000 g/ m ²	
②DG 吸気流量	<input type="text"/>	m ³ /h
③DG フィルタ表面積 = 個数×有効面積 = 12(個)× <input type="text"/> (m ²)	<input type="text"/> m ²	
④DG フィルタ部の流速 = ② / ③ / 3,600	2.21 ≒ 2.3 m/s	
⑤降下火砕物の大気中濃度	3.78 g/m ³	
⑥フィルタの基準捕集容量到達までの時間 = ① / ④ / ⑤ / 60	見直し前	(671分)
	見直し後	479 分

(3) フィルタ取替着手時間の再設定

フィルタの基準捕集容量到達までの時間から、フィルタ取替に要する時間20分を差し引いて、フィルタ取替の着手時間を650分から**450分**に再設定した。

(1) フィルタ清掃回数の算出

改良型フィルタは、DG 1 基に対して 2 セット（12 枚 / セット） 配備していることから、フィルタ 1 セット当たりの火山灰を捕集する回数は、（降灰継続時間 / (フィルタ取替時間 + フィルタ取替着手時間)） / 2 セットで算出できる。

初回は火山灰が付着していないフィルタであることから、フィルタ清掃回数は捕集回数から 1 回を引いたものとなる。

高浜1,2号機のフィルタ 1 セット当たり清掃回数：**1 回**

・ 2 回（降灰継続時間1,440分 / (フィルタ取替時間（20分） + フィルタ取替着手時間450分)） / 2 セット - 1 回

(2) フィルタ清掃回数の成立性確認

基準捕集容量の再設定に伴い、フィルタ取替着手時間が200分短くなり、降灰継続時間（24h）のフィルタ捕集回数は 3 回から 4 回となるが、フィルタは 2 セットあるため、**1 セット当たりの清掃回数は 1 回と変わらない。**

また、再設定前の厳しい条件において、フィルタ清掃前の差圧が許容差圧に対して十分余裕があり、フィルタ清掃後の差圧も回復することを確認しているため、その結果をもって**24時間降灰継続時のフィルタ清掃は問題なく実施可能**であると判断できる。

プラント	試験濃度	火山灰付着時間	清掃回数	状態	フィルタ差圧[mmAq]	
					初期	1回目
高浜1,2号機	3.78g/m ³	671分	1回	清掃前	2.55	6.83
				清掃後	-	2.65

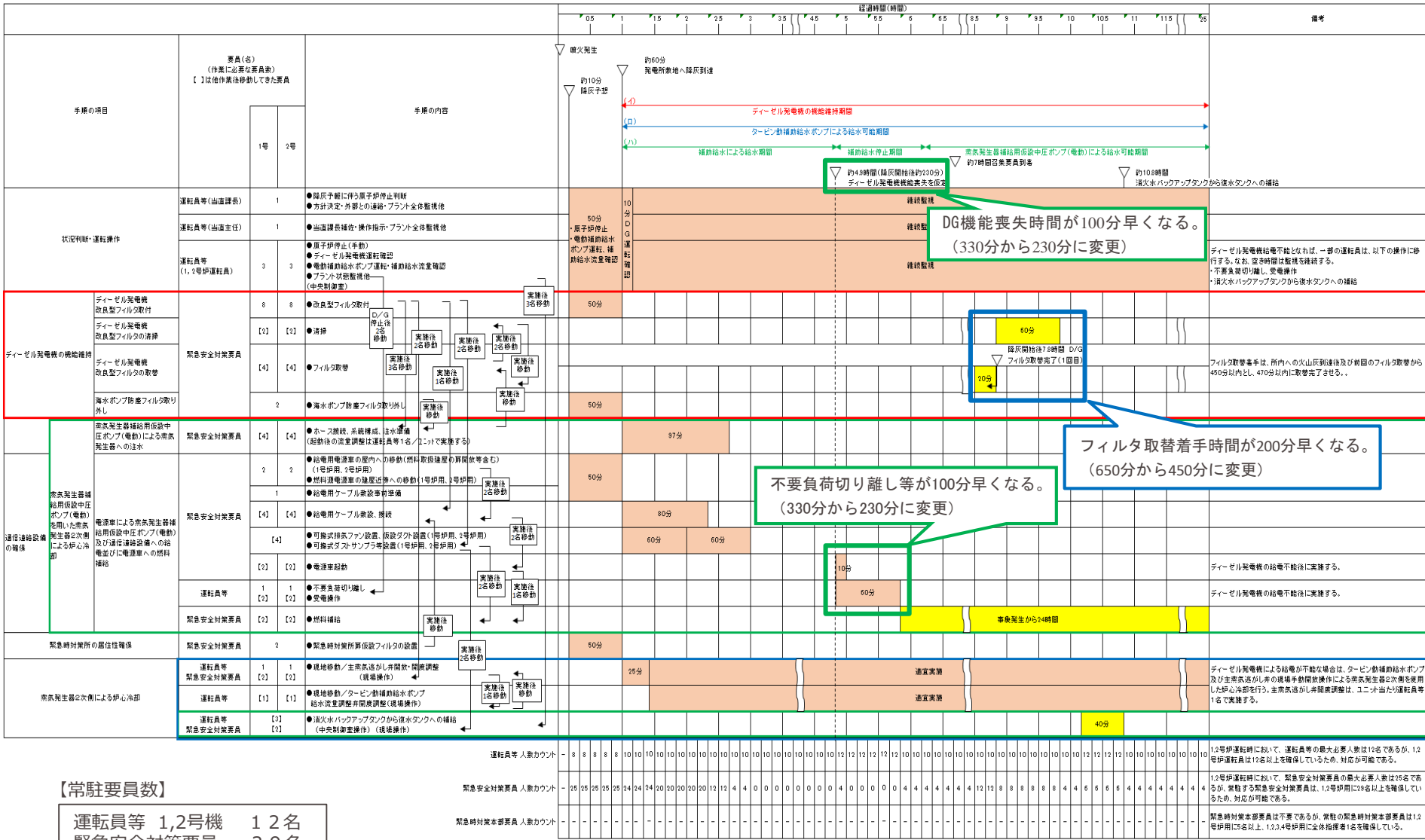
(1) DG機能を期待する時間の再設定

気中降下火砕物濃度を越えることを想定して、基準捕集容量に到達するまでの時間を更に1/2とし、DG機能を期待する時間を**230分**に再設定した。

	高浜1,2号機	
フィルタ最大捕集容量の試験結果 (許容差圧に到達する容量)	405,314 g/m ²	
フィルタ取替基準となる基準捕集容量	見直し前	(350,000 g/m ²)
	見直し後	250,000 g/m²
基準捕集容量到達までの時間	見直し前	(671 分)
	見直し後	479 分
上記の約1/2の時間 (=DG機能を期待する時間)	見直し前	(330分)
	見直し後	230 分

炉規則 8 3 条 対応のタイムチャート (高浜1,2号機)

基準捕集容量の再設定に伴い、「フィルタ取替着手時間」及び「DGの機能喪失時間」が早まることになるが、事象発生から降灰開始24時間後までの全ての時間帯で、以下に示す火山対応に必要な要員数は常駐要員数（運転員等12名、緊急安全対策要員29名）を下回っているため、対応が可能である。



【常駐要員数】

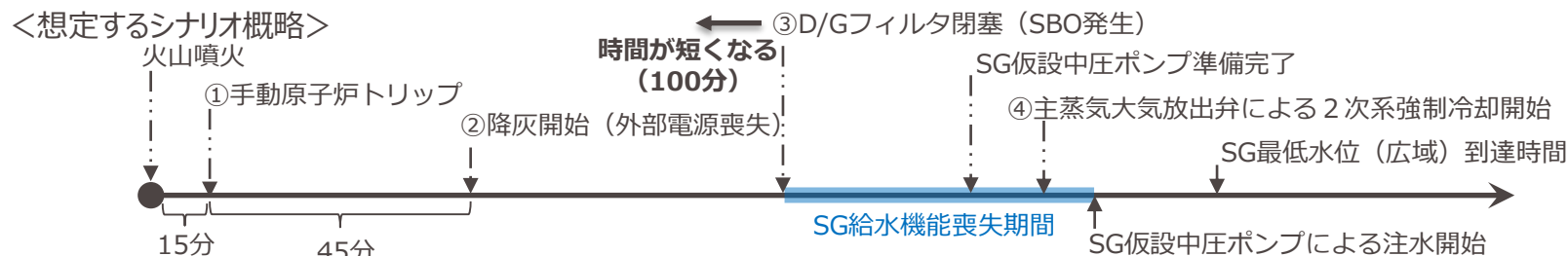
運転員等 1,2号機 12名
緊急安全対策要員 29名

防護員専用なし
屋外作業に伴う防護マスク、ゴーグル等着用

(1) 評価方法

高浜1,2号機の蒸気発生器（以下、SGという。）注水による炉心冷却の解析においては、D/G改良型フィルタ閉塞時間（基準捕集量到達時間の1/2）が早まることによりSBO発生が早まるため、考慮すべき崩壊熱が増加する。

D/G改良型フィルタ閉塞時間見直し後の条件において、既存の解析結果をもとに概略推定を行い、炉心冷却の成立性を確認した。



(2) 成立性確認の結果

見直し後の条件において概略推定を行った結果、**SG最低水位は約17%程度になる見込み**であることから、SG 2次側の保有水量は十分確保でき、**炉心の著しい損傷に至らないことを確認した。**

＜評価条件及び評価結果＞

項目	高浜 1, 2号機	
	解析評価※1	概略推定※2
評価手法	解析評価※1	概略推定※2
想定層厚	27cm	同左
①原子炉手動トリップ	0秒	同左
②降灰開始 (外部電源喪失)	45分	同左
③DGフィルタ閉塞 (SBO発生) (基準捕集量到達時間の1/2で設定) *フィルタ試験の結果による	375分 (③-②=330分)	275分 (③-②=230分)
④主蒸気大気放出弁による2次系強制冷却開始	445分 (④-③=70分)	345分 (④-③=70分)
SG最低水位 (広域)	約21%	約17%程度

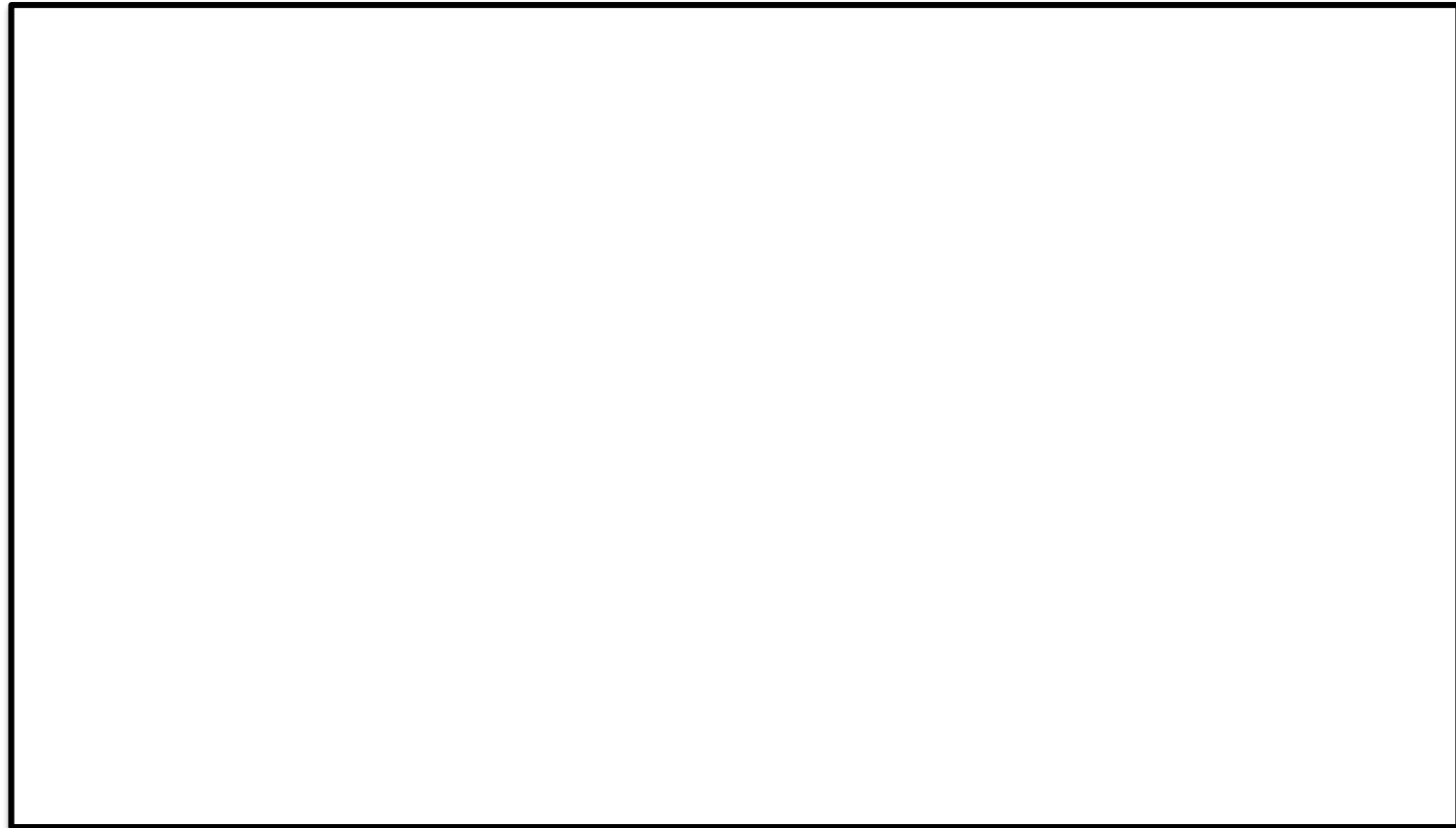
※1：2020.12.15審査会合においてご説明

※2：※1の解析評価をもとに崩壊熱条件の差分を考慮したエンタルピ評価

参考資料

層厚見直し後における高浜1,2号機フィルタ性能試験結果は、下図のとおりであった。

高浜1,2号機のフィルタ性能試験結果



見直し後の設定 479分
(250,000g/m²)

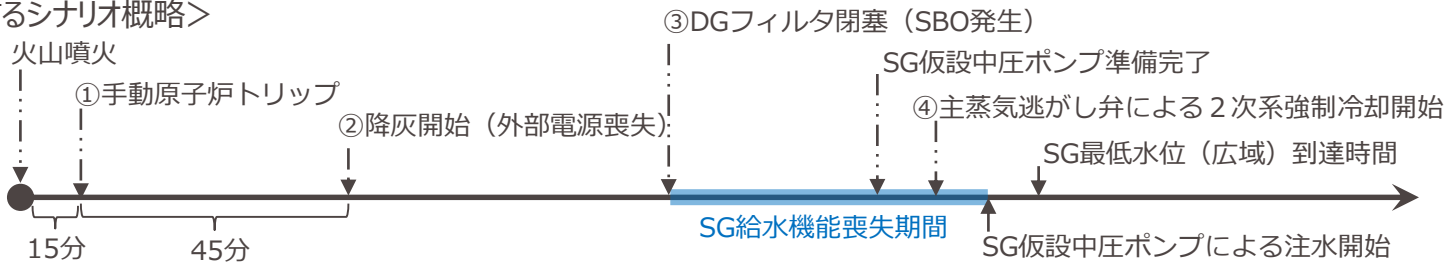


前回審査会合 (2020.12.15)
で示した設定 671分
(350,000g/m²)

SG解析成立性確認に用いた概略推定手法の保守性について

- SG注水による炉心冷却解析の成立性確認に用いた概略推定は、既存の解析評価結果をもとに、崩壊熱条件等の差分を考慮し、蒸発潜熱（飽和水と飽和蒸気のエンタルピ差）に基づきSG水位の低下幅を推定している。
- これまで概略推定の実施後に、あらためて同程度の条件での解析評価を行っている。その結果を確認すると、**概略推定は解析評価に比べて保守的な結果が得られていることがわかる。**
- 従って、**概略推定手法はSG解析の成立性確認に有効な手法である**といえる。
- なお、概略推定手法が保守的となる理由としては、圧力依存性のある飽和水と飽和蒸気のエンタルピ差が、保守的に小さくなるよう主蒸気安全弁設定圧力相当で設定していることが考えられる。

＜想定するシナリオ概略＞



項目	美浜 3号機			高浜 1, 2号機		
	層厚見直し前	層厚見直し後		層厚見直し前	層厚見直し後	
	解析評価	概略推定※1	解析評価※2	解析評価	概略推定※1	解析評価※2
想定層厚	15cm	22cm	同左	25cm	27cm	同左
①原子炉手動トリップ	0秒	0秒	同左	0秒	0秒	同左
②降灰開始 (外部電源喪失)	45分	45分	同左	45分	45分	同左
③DGフィルタ閉塞 (SBO発生) (比例計算等による基準捕集量到達時間の1/2で設定) *フィルタ試験の結果による	105分 (③-②=60分)	90分 (③-②=45分)	同左	445分 (③-②=400分)	395分 (③-②=350分)	375分 (③-②=330分)
④主蒸気逃がし弁による2次系強制冷却開始	135分 (④-③=30分)	125分 (④-③=35分)	同左	515分 (④-③=70分)	465分 (④-③=70分)	445分 (④-③=同左)
SG最低水位 (広域)	約23%	約18%程度	約20%	約22%	約21%程度	約21%

➡ : 解析評価をもとに崩壊熱条件等の差分を考慮して概略推定を実施

同条件だが概略推定の方が保守的

概略推定の方がSBO発生が遅く、水位が高くなるはずだが、結果は同じ ⇒ 概略推定の方が保守的

※1 : 2020.10.20審査会合においてご説明
 ※2 : 2020.12.15審査会合においてご説明

○設置許可段階での、降灰層厚に対する荷重評価の成立性確認の見通しを得るにあたり、裕度が小さい施設・設備については、設工認にて除灰要員の荷重影響を考慮し評価する方針である。

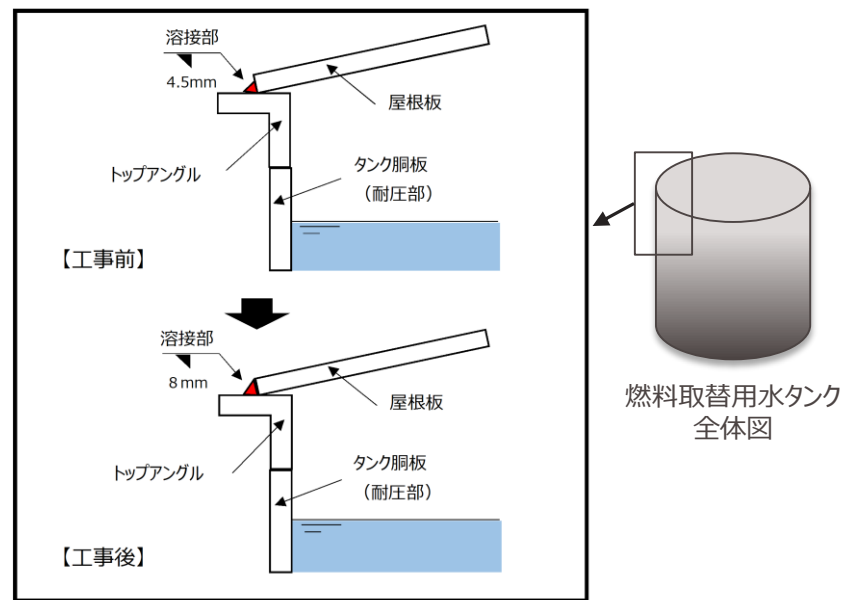
○これにあたり、設置許可段階で確認している降灰層厚に対する荷重評価の成立性確認における「裕度」の大小の前提となる「設計上の余裕」について、「①評価温度」、「②除灰・除雪」の観点も含めて、設工認にて今後説明する。

① 評価対象部位の評価温度について

- 既工認では、燃料取替用水タンクの耐圧部位に該当する胴板は「最高使用温度(95℃)」を使用し、耐圧部ではない「基礎ボルト」は「周囲環境温度(40℃)」で評価してきた。一方、耐圧部ではない燃料取替用水タンクの屋根板は、胴板同様、「最高使用温度(95℃)」で評価してきた。
- この温度設定に応じ、部材の「許容応力」は、高温下で大きく低下するため、既工認の屋根板部の評価は、保守的な評価となっている実態がある。
- 今回の層厚変更が保守性を持っていることや、積雪100cmとの重畳という環境設定も考慮すると、設工認での評価対象部位の温度は、周辺環境温度である40℃が適当である。なお、復水タンク(T12・T34)においては、「周囲環境温度(40℃)」で評価している実例がある。

② タンク屋根部の除灰・除雪について

- 実際には、積もった火山灰及び雪の上に乗って作業はできず、屋根に乗る部分を要員が除灰して作業する必要がある。
- よって、現実的には、火山灰及び雪と、除灰要員の荷重は重畳しにくい。



【燃料取替用水タンク（屋根板溶接補強概要図）】

審査会合でのご指摘事項への回答は、下表のとおりである。

No	第1回審査会合（2019.10.15）のご指摘事項	回答	スライド
1-1	工認、保安規定の変更方針を示すこと。	2020.7.21審査会合でご回答済み	－
1-2	申請中の他案件への影響を示すこと。	2020.7.21審査会合でご回答済み	－
1-3	静的負荷に対する建物・構築物の評価手法について説明すること。	2020.10.20審査会合でご回答済み	－
1-4	アクセスルート確保の対応方針を示すこと。	2020.10.20審査会合でご回答済み	－

No	第2回審査会合（2020.7.21）のご指摘事項	回答	スライド
2-1	設置許可申請当初から層厚が見直されたことから、見直された層厚で今後評価結果を示す。	2020.10.20審査会合でご回答済み	－
2-2	強度評価や炉規則83条の対応などの成立性評価の結果は、準備でき次第示す。	2020.10.20審査会合でご回答済み	－
2-3	美浜3号機及び高浜1, 2号機の保安規定の記載変更がなく、申請が不要であるとする事業者の整理した資料で示す。	2020.10.20審査会合でご回答済み	－
2-4	層厚変更に伴い影響を受ける許認可案件について、必要な手続きを整理し、適切に手続きを行う。	2020.10.20審査会合でご回答済み	－
2-5	DB施設の抽出フローについては、申請に併せて提示済みであるが、SA施設及び特重施設についても抽出フローをまとめ資料に記載する。	2020.10.20審査会合でご回答済み	－

No	第3回審査会合（2020.10.20）のご指摘事項	回答	スライド
3-1	設置許可申請書の内、火山事象に関する層厚変更以外の評価項目についても、本文（基本設計方針など）及び添付資料の記載に変更がないのかを網羅的に確認し、示すこと。	2020.12.15審査会合でご回答済み	－
3-2	美浜3号機と高浜1, 2号機の炉規則83条の対応について保安規定の添付2に記載のある主な作業時間に変更がないことをタイムチャートとともに示すこと。	2020.12.15審査会合でご回答済み	－
3-3	非常用ディーゼル発電機の改良型フィルタの性能試験は、現状、高浜1, 2号機の基準捕集量が突出して数値が高いため、現在採取している試験結果の説明に併せて、その理由を説明すること。	2020.12.15審査会合でご回答済み	－