

泊発電所 3号炉 重大事故等対策の有効性評価

「格納容器バイパス」

「想定事故 1」

「想定事故 2」

「柏崎刈羽原子力発電所 6号炉及び7号炉の
新規制基準適合性審査を通じて得られた技術的知見の反映」
(使用済燃料貯蔵槽から発生する水蒸気による
悪影響を防止するための対策)

(審査会合における指摘事項回答)

令和5年5月25日
北海道電力株式会社

審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項 230316-1,2 (1 / 3)

【指摘事項】(第1124回審査会合(令和5年3月16日)「格納容器バイパス(IS-LOCA)」) 230316-1

ツインパワー弁の操作場所の温度影響評価について、最新の審査実績を踏まえて、階段等の伝搬経路を含めた評価条件及び条件設定の考え方を網羅的に示した上で説明すること。

島根2号炉の場合は、評価条件として、原子炉建物壁から環境への放熱、原子炉建物換気系等についても、条件設定の考え方を含めて整理した上で評価を行っている。

【指摘事項】(第1124回審査会合(令和5年3月16日)「格納容器バイパス(IS-LOCA)」) 230316-2

「T.P.10.3m 中間床充てんポンプバルブ室」については、「区画扉(閉)(中略)を鑑みると、操作場所への蒸気流入及びその影響は殆どない」とし、検討対象から外しているが、蒸気の漏えいの懸念があるのであれば当該区画を含めて評価を行い、説明すること。

【回答】

- 泊3号炉では、簡易的な手法でツインパワー弁の操作場所の雰囲気温度の評価を行い妥当性を示していた。
- しかしながら、先行実績を踏まえ、蒸気の発生場所及び流入経路を網羅的に整理したうえで精緻に解析評価することとし、具体的にはGOTHICによる解析評価を行った。
- 解析にあたっては、T.P.10.3m 中間床充てんポンプバルブ室を含めた蒸気の発生場所および階段等、蒸気の伝搬経路及び原子炉建物壁から環境への放熱等の条件を網羅的に整理した。整理結果を次ページの表に示す。
- 整理結果を踏まえ解析モデルを作成した。このモデルの概要を次々ページの図に示す。
- 評価の結果、ツインパワー弁操作場所の雰囲気温度は初期温度40℃に対して約5℃の上昇にとどまり、操作に影響がないことを再度確認した。

表 主要解析条件

項目	解析条件	条件設定の考え方
解析コード	GOTHIC	—
評価モデル	分割モデル (図 1 参照)	現実的な伝搬経路を想定
補助建屋内の漏えい 個所	T. P. -1. 7m 通路 T. P. 2. 8m 通路 T. P. 10. 3m 中間床 充てんポン プバルブ室	有効性評価まとめ資料の漏えい機 器評価および配置に基づく
漏えい停止	事象発生後 60 分	有効性評価と整合 運転員操作時間を考慮
ヒートシンク	考慮 (コンクリート壁)	—
補助建屋外への放熱	考慮しない	雰囲気温度の観点から保守的想定 として設定
建屋内換気系	考慮しない	雰囲気温度の観点から保守的想定 として設定

凡例

- : 扉※2
 - ◇ : 機器搬入ハッチ※3
 - : ガラリ
 - ⊗ : 気密扉※4
 - ⊗ : ドレン目皿
- } 隙間や開口からの流入を考慮する経路
 } 隙間や開口からの流入を考慮しない経路

- ※1ドレンラインからの蒸気流入については、影響が軽微であることを確認していることからモデル化は実施しない
- ※2閉止されている扉の隙間から蒸気は出入りする
- ※3機器搬入ハッチの隙間から蒸気は出入りする
- ※4気密であるため蒸気は出入りしない

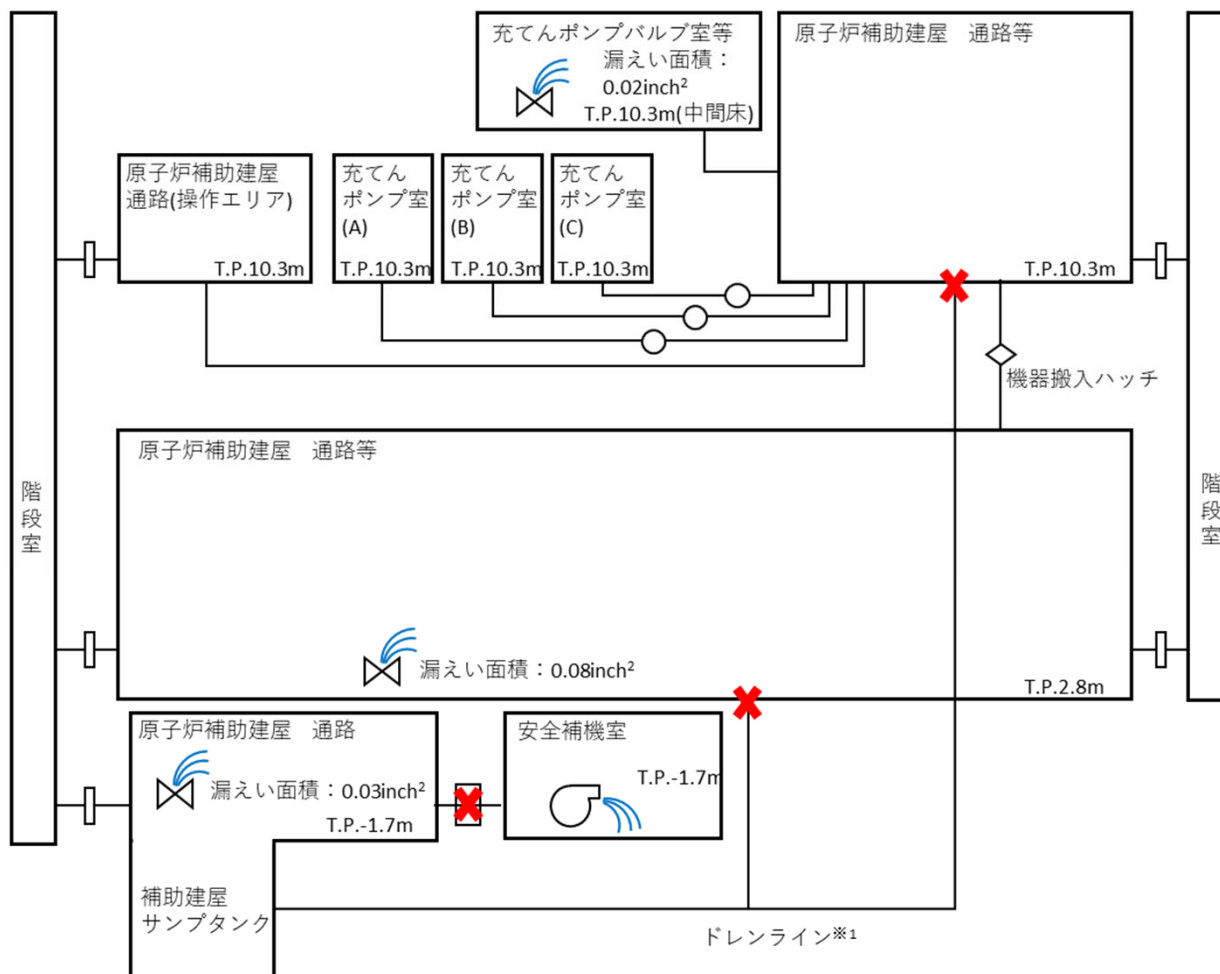


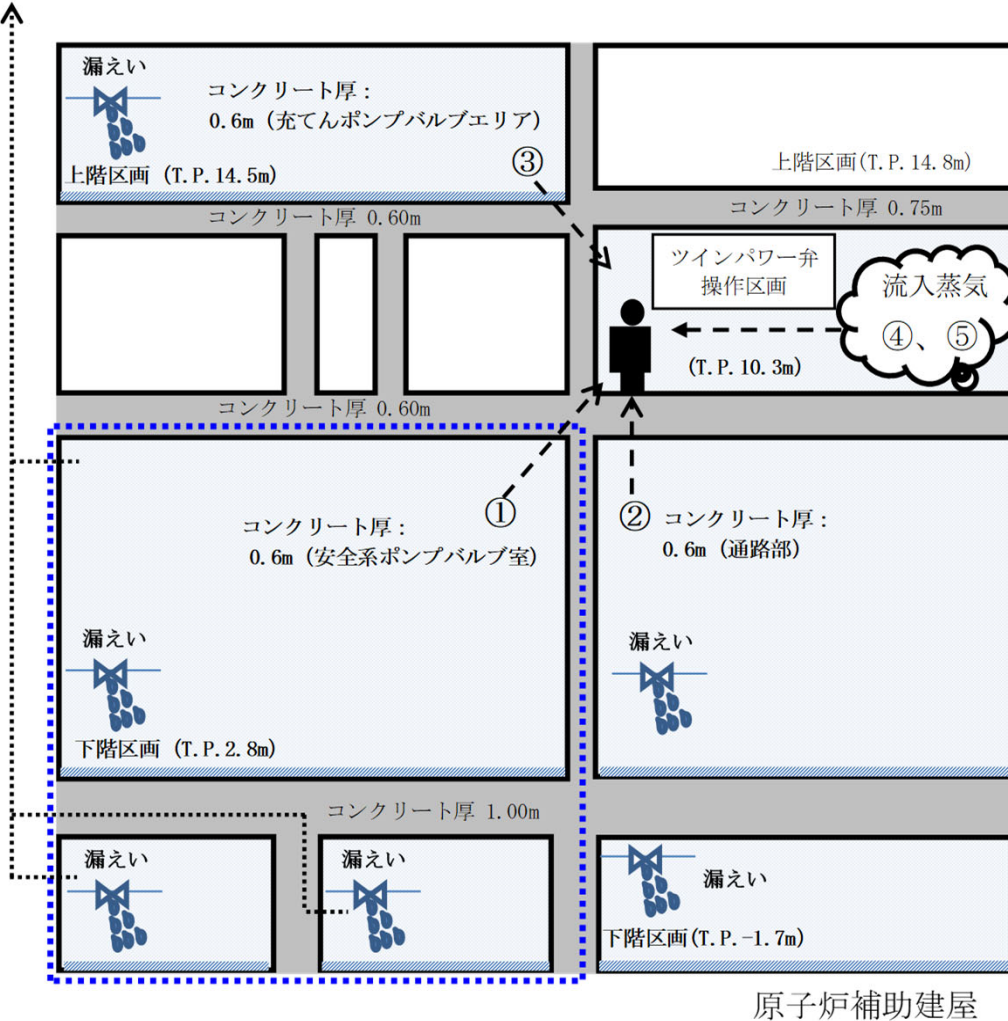
図 評価モデルの概念図

【指摘事項】(第1124回審査会合(令和5年3月16日)「格納容器バイパス(IS-LOCA)」) 230316-3
ISLOCA時に蒸気が操作場所に流入する可能性がある場合には、作業員の内部被ばくの影響を説明すること。
なお、島根2号炉の場合は、現場に向かう作業員に放射線防護具(酸素呼吸器)を装備することになっている。

【回答】

- ISLOCA時のツインパワー弁の操作場所には少量の蒸気が流入する可能性があることから、GOTHIC解析で得られた蒸気流入量を用いて、放射線防護具(全面マスク又は電動ファン付きマスク)無しの条件で作業員の被ばく評価を実施した。
- 評価した結果、操作場所における流入蒸気からの線量率は外部被ばく分が約0.3mSv/h、内部被ばく分が約10.7mSv/hとなった。
- ツインパワー弁の閉操作は、駆動用空気ポンペをツインパワー弁への空気供給配管に接続することで、ツインパワー弁の操作箱の操作スイッチにより遠隔操作が可能となり、容易に操作できる。この操作に要する時間は余裕を含め15分であるため、運転員の受ける線量は約7.3mSvとなり、流入蒸気による影響は約2.8mSvの増加にとどまった。
- 被ばく評価は放射線防護具(全面マスク又は電動ファン付きマスク)無しの条件で実施したが、ISLOCA等の内部被ばくの恐れがある場合には、放射線防護具(全面マスク又は電動ファン付きマスク)を装備する運用としている。

安全補機室空気浄化系
による排気*1



原子炉補助建屋

*1: 本評価では考慮しない

 : 安全補機室区画

- ツインパワー弁操作場所に流入する蒸気からの外部被ばく及び内部被ばくを追加で考慮
- 追加分の被ばく線量は約2.8mSvであるが、作業員の安全を考え、放射線防護具（全面マスク又は電動ファン付きマスク）を装備することとする。

表 線量率計算結果

項目	線量率 (mSv/h)
経路① (下階区画: 安全補機室内 (外部被ばく))	約 11.1
経路② (下階区画: 安全補機室外 (外部被ばく))	約 4.6
経路③ (上階区画 (外部被ばく))	約 2.4
経路④ (流入蒸気 (外部被ばく))	約 0.3
経路⑤ (流入蒸気 (内部被ばく))	約 10.7
合計	約 29.2

※1 内部被ばくにおける放射線防護具（全面マスク又は電動ファン付きマスク）による放射性物質の除去は考慮していない

※2 表における「合計」以外の数値は、小数点第2位を四捨五入した値

※3 「合計」の数値は、小数点第2位を切り上げた値

図 ツインパワー弁操作場所 断面イメージ図

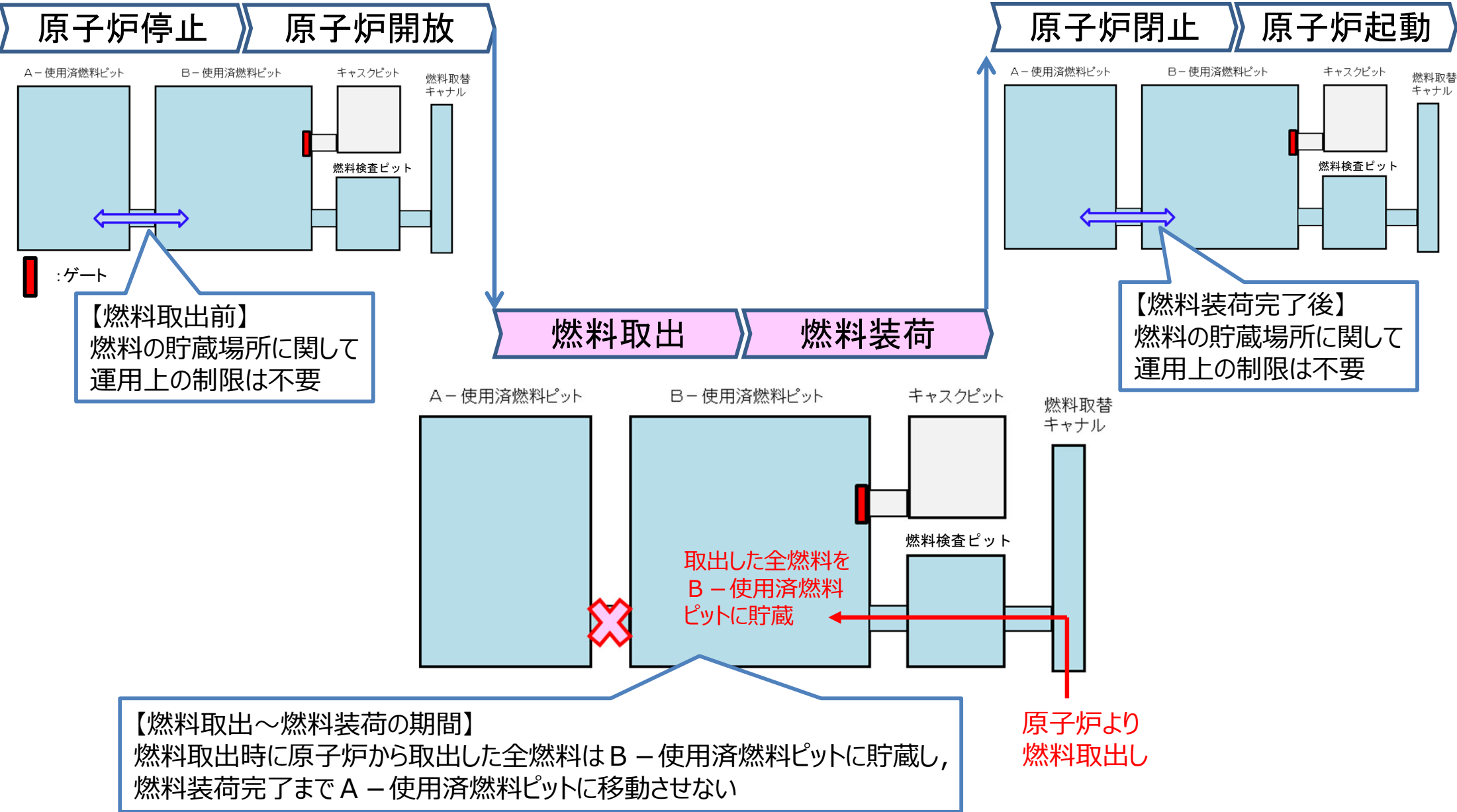
【指摘事項】(第1118回審査会合(令和5年2月28日)「想定事故1、2」) 230228-5

100℃到達までの評価をA－使用済燃料ピットからB－使用済燃料ピットに変更することに関して、原子炉から取り出した直後の崩壊熱の高い燃料をA－使用済燃料ピットに貯蔵することは技術的には可能であり、泊3号炉の場合、沸騰開始時間も早いため、有効性評価上の条件としている貯蔵場所を保安規定で担保することの必要性を検討し説明すること。

【回答】

有効性評価の条件を担保するため、『燃料取出時に原子炉から取出した全燃料はB－使用済燃料ピットに貯蔵し、燃料装荷完了までA－使用済燃料ピットに移動させない』旨を保安規定の下部規定に定める。

- 燃料取出においては、作業効率の観点から、原子炉に近いB－使用済燃料ピットに再装荷する燃料を貯蔵しており、想定事故においてもこの運用を考慮してB－使用済燃料ピットに原子炉から取り出した直後の崩壊熱の高い燃料(原子炉停止から7.5日後)を敷き詰めた評価している。
- 一方、作業効率の観点でデメリットがあることから実運用としては実施しないものの、原子炉から取り出した直後の崩壊熱の高い燃料を原子炉から遠いA－使用済燃料ピットに貯蔵することは技術的には可能であることから、想定事故で評価したB－使用済燃料ピットにおける沸騰開始時間(想定事故1は約6.6時間、想定事故2は約5.8時間)をA－使用済燃料ピットの沸騰開始時間が上回らないことを担保する必要がある。
- したがって、『燃料取出時に原子炉から取出した全燃料はB－使用済燃料ピットに貯蔵し、燃料装荷完了までA－使用済燃料ピットに移動させない』旨を保安規定の下部規定に定める。
- なお、燃料が炉心に装荷されている期間においてはA－使用済燃料ピットに崩壊熱の高い燃料(原子炉停止から30日後)を敷き詰めた評価を実施し、上記の時間を満足していることから、運用上の制限は不要である。



【指摘事項】(第1118回審査会合(令和5年2月28日)「想定事故1、2」) 230228-6

想定事故1では注水準備完了が5.7時間に対して100℃到達が6.6時間、想定事故2では注水準備完了が5.7時間に対して100℃到達が5.8時間となっている。柏崎刈羽6、7号炉の適合性審査において得られた技術的知見を踏まえ、沸騰状態となる前に注水準備を完了する方針としているが、余裕時間が少ないため、地震起因のスロッシング等を踏まえても注水準備完了時間が妥当なものであるかどうかを検討し説明すること。

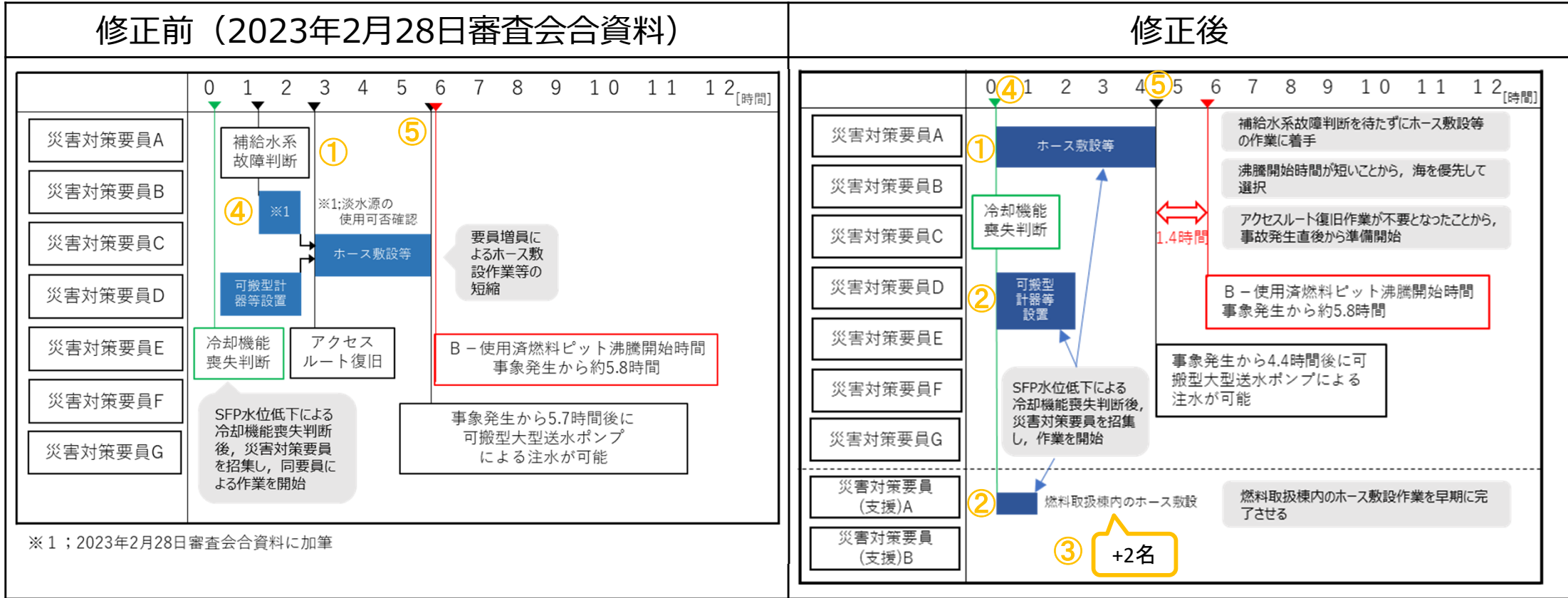
【回答】

- 有効性評価「想定事故1」及び「想定事故2」における使用済燃料ピット水が100℃に到達する時間に対しては、片ピットのみで評価する等の保守的な評価に基づく時間であるとともに、可搬型大型送水ポンプ車による海水注水準備完了時間は訓練実績に余裕を見た想定時間を保守的に設定した時間であることから、余裕時間は少ないもののスロッシング等を踏まえても妥当であると考えていた。
- 先行審査実績を踏まえると、使用済燃料ピット水が100℃に到達する時間に対する注水準備完了時間に更なる余裕の確保が必要であると認識し、以下の対応を実施することとした。その結果、想定事故1における余裕時間は、これまでの約0.9時間から約2.2時間に、また、想定事故2における余裕時間は、これまでの約0.1時間から約1.4時間になった。
 - 泊3号炉は、先行プラントと比較し、使用済燃料ピット水が100℃に到達するまでの時間が短いことから、使用済燃料ピット補給水系故障判断を待たず、災害対策要員により可搬型大型送水ポンプ車等の準備を開始する。
 - 上記準備と並行して、運転員にて常設設備による淡水の注水準備を行い、これらの手段が使用できない場合に可搬型大型送水ポンプ車により海水を注水する。
 - アクセスルート復旧作業を想定していた51m倉庫・車庫エリアからのアクセスルートについて、道路の拡幅を行うことにより周辺斜面の崩壊を考慮しても可搬型設備の運搬に必要な道路幅を確保し、アクセスルート復旧作業を不要としたことから、手順着手の判断後、速やかに注水準備を開始する。
 - 使用済燃料ピット水温が可能な限り低い状況で燃料取扱棟内のホース敷設作業を完了できるよう、災害対策要員(支援)^{※1}2名を増員した。

※1 災害対策要員(支援)を含めた発電所に常駐している要員の体制図(11ページ)

審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項 230228-6 (2 / 4)



• 上記のタイムチャートは、使用済燃料ピット水が100℃に到達する時間が短い想定事故 2 を示す。

<変更後の運用>

- ① 使用済燃料ピット補給水系故障判断を待たずにホース敷設等（可搬型大型送水ポンプ車の準備を含む）の作業に着手する。
- ② 燃料取扱棟内において、可搬型計器等の設置とホース敷設等の注水準備を上記作業と並行で行う。
- ③ 燃料取扱棟内のホース敷設作業は、増員した災害対策要員(支援) 2 名により実施し、ホース敷設等（可搬型大型送水ポンプ車の準備を含む）の作業と並行して行うことで、注水準備にかかる時間を短縮する。なお、当該作業は、事象発生から 1 時間 15 分後に完了する。
- ④ 可搬型大型送水ポンプ車の水源は海を優先して使用する手順とすることで、淡水源の使用可否の確認や水源選択に係る時間のロスを減らし、使用済燃料ピット冷却機能喪失判断直後から注水準備を開始する。
- ⑤ ホース敷設等（可搬型大型送水ポンプ車の準備を含む）の要員が 7 名から 3 名となるため当該作業の準備時間は延びるが、他の作業を並行して実施する等の見直しにより、合計時間は短縮され事象発生から 4.4 時間後に注水準備が完了する。

審査会合での指摘事項に対する回答

指摘事項 230228-6 (3 / 4)

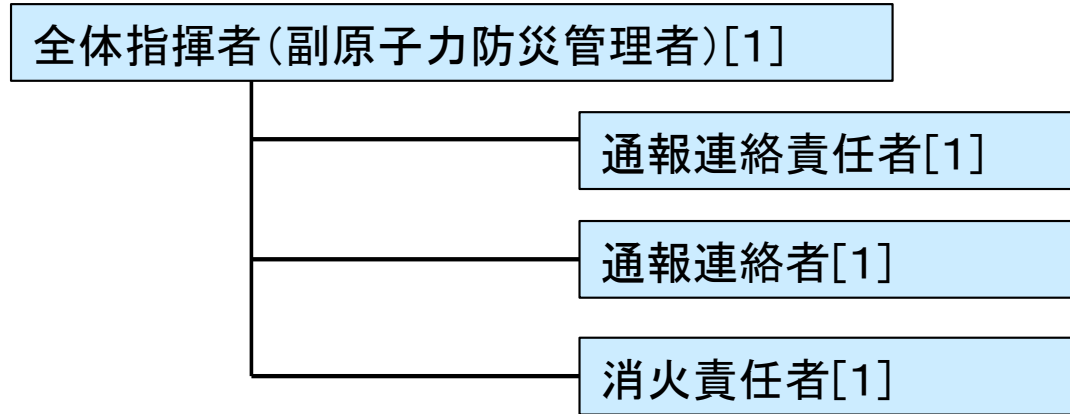
表 先行PWRプラントの使用済燃料ピット水の100℃到達時間と注水準備完了時間について

		高浜 1,2号炉	高浜 3,4号炉	美浜 3号炉	大飯 3,4号炉	川内 1,2号炉	玄海 3,4号炉	伊方 3号炉	泊 3号炉
想定 事故 1	沸騰開始時間評価に用いた水量	1193m ³	1314m ³	1138m ³	1927m ³	1823.7m ³	2154.6m ³	1320m ³	1030m ³
	沸騰開始時間評価に用いた崩壊熱	7.134 MW	9.852 MW	7.638 MW	10.598 MW	8.489 MW	10.496 MW	10.787 MW	10.382 MW
	100℃到達時間 ①	約11時間	約9時間	約10時間	約12時間	約14時間	約13時間	約8時間	約6.6時間
	使用済燃料ピット への注水準備完了時間②	7時間後	7時間後	4.5時間後	5.9時間後	6時間 20分後	7時間 50分後	5.6時間後	4.4時間後
	余裕 (① - ②)	約4時間	約2時間	約5.5時間	約6.1時間	約7時間 40分	約5時間 10分	約2.4時間	約2.2時間
想定 事故 2	沸騰開始時間評価に用いた水量	1117m ³	1168m ³	998m ³	1737m ³	1690.9m ³	1864.3m ³	1160m ³	900m ³
	沸騰開始時間評価に用いた崩壊熱	7.134 MW	9.852 MW	7.638 MW	10.598 MW	8.816 MW	10.496 MW	10.787 MW	10.382 MW
	100℃到達時間 ①	約10時間	約8時間	約9時間	約11時間	約12時間	約11時間	約7時間	約5.8時間
	使用済燃料ピット への注水準備完了時間②	7時間後	7時間後	4.5時間後	5.9時間後	6時間 20分後	7時間 50分後	2.2時間後	4.4時間後
	余裕 (① - ②)	約3時間	約1時間	約4.5時間	約5.1時間	約5時間 40分	約3時間 10分	約4.8時間	約1.4時間

他社記載事項については、原子炉設置許可申請書等を基に弊社の責任において確認したものである。

●発電所に常駐している要員

災害対策本部要員[4]



1, 2号炉
運転員[3]

3号炉
運転員※1
[6]

災害対策要員※1
※運転支援等[7]
※がれき撤去[2]
※燃料補給[2]

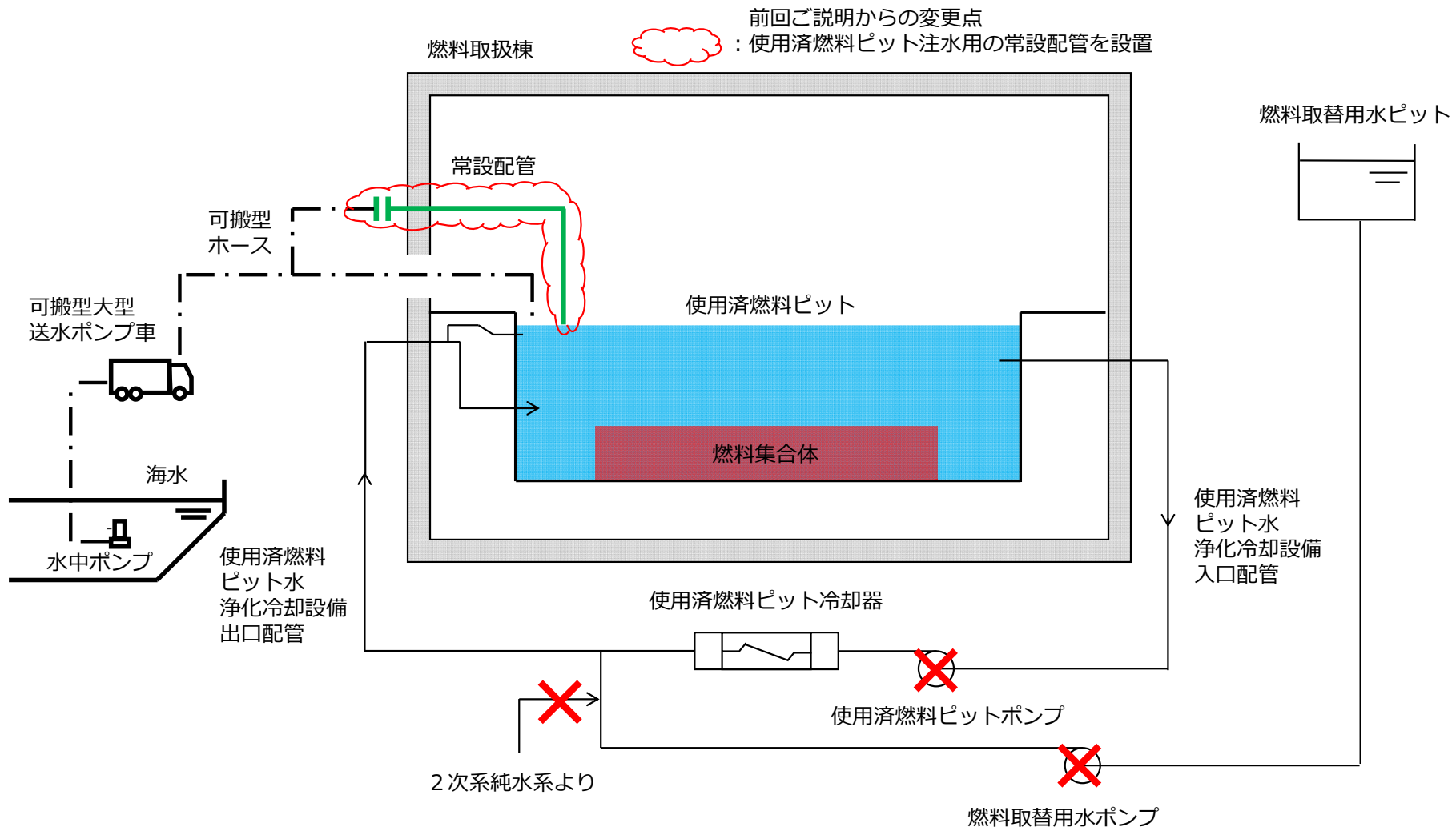
災害対策要員
(支援)[15]

- ・緊急時対策所設備に係る活動
- ・可搬型モニタリング設備の設置

消火要員[8]

※1: 発電所対策本部の体制が機能するまでは、発電課長(当直)の指揮の下、運転員及び災害対策要員を主体とした初動体制を確保し、迅速な対応を図る。

- 使用済燃料ピットへの注水準備は、使用済燃料ピット水温が100℃到達までに完了するものの、更なる作業性の向上を図るため、自主対策設備として常設配管を設置するとともに、燃料取扱棟外にホース接続口を設ける。
- これにより、地震起因のスロッシングによる溢水、使用済燃料ピット水の沸騰等の影響によって、燃料取扱棟内の作業環境が悪化した場合でも、燃料取扱棟内にアクセスすることなく、使用済燃料ピットへの注水が可能となる。



【指摘事項】(第1118回審査会合(令和5年2月28日)「想定事故1、2」) 230228-7

事象発生3時間以降に必要な参集要員2名に対して、発電所構外から参集可能な要員が2名としていることについて、先行審査実績を踏まえて不測の事態も考慮し、必要な要員の評価の妥当性を検討し説明すること。東海第二の場合は、「事象発生2時間以降に必要な参集要員は2名であり、発電所構外から2時間以内に参集可能な要員の72名で確保可能である。」としている。

【回答】

- 泊3号炉では、常設代替交流電源設備である代替非常用発電機への燃料補給が必要となる時間が約6時間であり、ある程度時間余裕があることから、参集要員にて燃料補給要員を確保する方針としていた。
- 燃料補給活動にあたっては、当初、屋外のアクセスルートの復旧(2時間40分)を想定する必要があり、この時間は燃料補給活動ができない待機時間となるため、この時間内に十分余裕を持って参集可能な宮丘地区に専属要員2名を配置することで、燃料補給活動に支障がないと判断したものである。
- しかしながら、非常時の構外からの参集には外部要因等による不確実性を想定することも必要であると改めて認識し、より確実な対応が求められる燃料補給要員は、参集させるよりも常駐化する方が妥当であると判断したことから、先行審査実績も踏まえ、燃料補給活動に必要な要員2名を発電所内に常時確保する方針とする。なお、燃料補給要員を発電所内に常時確保する体制については、女川2号炉と同様である。

修正前 (2022年12月6日審査会合資料)

災害対策本部要員[3]

全体指揮者(副原子力防災管理者)※1[1]

通報連絡者[2]

1, 2号炉
運転員[3]

3号炉
運転員※2
[6]

災害対策要員
(運転支援等)[7]
(ガレキ撤去)[2]

災害対策要員
(支援)[15]

・緊急時対策設備に係る活動
 ・可搬型モニタリング設備の設置

消火要員[8]

※1:副原子力防災管理者である全体指揮者は、通報連絡、消火活動等の責任者として原子力防災組織の統括管理を行う。

※2:発電所対策本部が構築されるまでの間、発電課長(当直)の指揮の下、運転員及び災害対策要員を主体とした初動体制を確保し、迅速な対応を図る。

修正後

災害対策本部要員[4]

全体指揮者(副原子力防災管理者)[1]

通報連絡責任者[1]

通報連絡者[1]

消火責任者[1]

1, 2号炉
運転員[3]

3号炉
運転員※1
[6]

災害対策要員※1
※運転支援等[7]
※がれき撤去[2]
※燃料補給[2]

災害対策要員
(支援)[15]

・緊急時対策設備に係る活動
 ・可搬型モニタリング設備の設置

消火要員[8]

※1:発電所対策本部の体制が機能するまでは、発電課長(当直)の指揮の下、運転員及び災害対策要員を主体とした初動体制を確保し、迅速な対応を図る。

- ・燃料補給を行う災害対策要員 2 名を発電所内に常駐する要員として確保する。

<自主的な体制変更(更なる体制の強化)>

- ・通報連絡者 2 名のうち、1 名を通報連絡責任者とし、副原子力防災管理者である全体指揮者の負担軽減を図る。
- ・初期消火活動を行う消火要員を指揮するため、消火責任者を発電所内に常駐する要員として確保する。

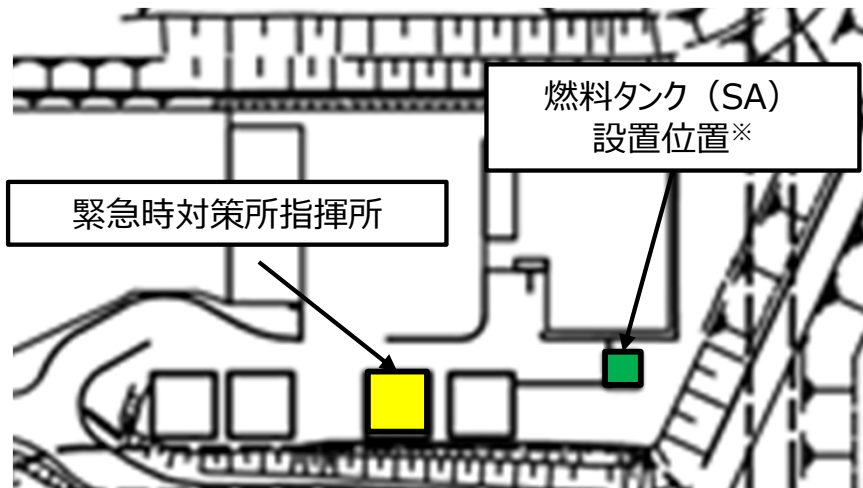
【指摘事項】(第1118回審査会合(令和5年2月28日)「想定事故1、2」) 230228-8

可搬型大型送水ポンプ車の燃料評価を間欠運転にしていることについて、先行審査実績を踏まえ、発電所内に保有している燃料が十分あることを説明すること。島根2号炉の場合は、燃料プールスプレイ系(可搬型スプレイノズル)による燃料プールへの注水に係る燃料評価について、保守的に事象発生直後からの大容量送水車の運転を想定し、7日間の運転継続に必要な軽油量を評価している。

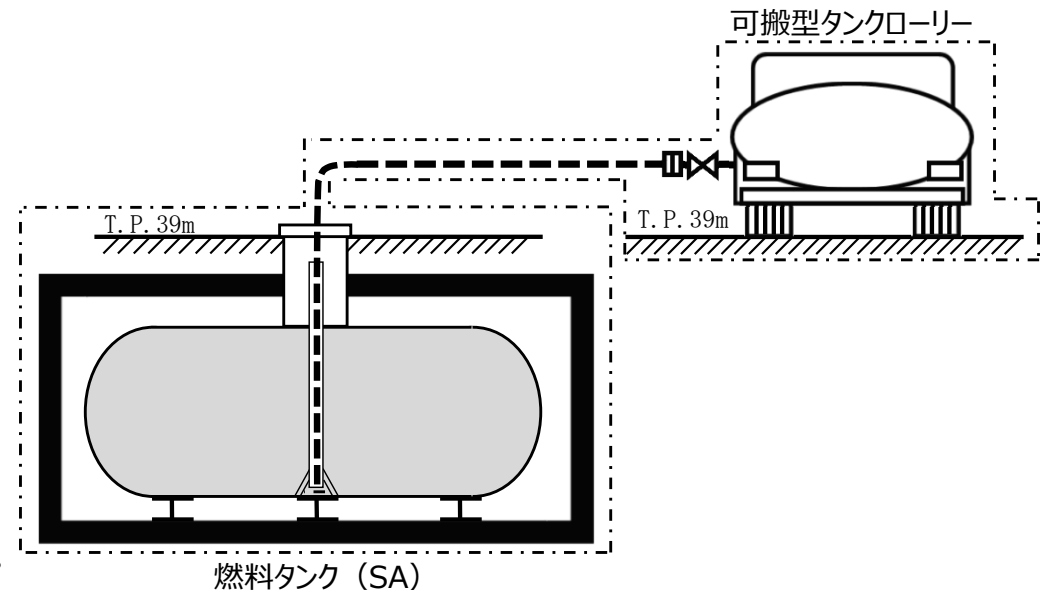
【回答】

- 先行審査実績を踏まえ、以下の通り評価を見直す。
 - 可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの海水注水に係る燃料評価について、間欠運転から連続運転かつ100%負荷時を想定した評価とする。(変更内容①)
 - 緊急時対策所への電源供給に係る燃料評価について、緊急時対策所用発電機の負荷を、実際の想定負荷運転から100%出力とする評価とする。(変更内容②)
- 上記に加えて、ディーゼル発電機(最大負荷(100%出力))による電源供給燃料消費量を考慮しても、発電所内に保有している燃料に余裕を有するよう、50kL程度の燃料タンク(SA)を新規に設置する。(変更内容③)

＜燃料タンク(SA)設置位置＞



＜燃料タンク(SA)の概要図＞



※燃料タンク(SA)の設置位置については、今後の検討により変更となる可能性がある。

修正前 (2023年2月28日審査会合資料)

【想定事故 1 の記載】

b. 燃料

ディーゼル発電機による電源供給については、事象発生後 7 日間最大負荷で運転した場合、約527.1kLの軽油が必要となる。

緊急時対策所への電源供給については、保守的に事象発生直後からの緊急時対策所用発電機の運転を想定すると、7日間の運転継続に約7.4kLの軽油が必要となる。

可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの海水注水については、事象発生直後から使用済燃料ピット水が蒸発を開始すると想定し、使用済燃料ピット水位を維持するよう可搬型大型送水ポンプ車で間欠的に注水した場合、7日間の運転継続に約5.0kLの軽油が必要となる。

ディーゼル発電機燃料油貯油槽にて約540kLの軽油を保有しており、

これらの使用が可能であることから、ディーゼル発電機による電源供給、緊急時対策所への電源供給及び可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの海水注水について、7日間の継続が可能である(合計使用量約539.5kL)。

修正後

【想定事故 1 の記載】

b. 燃料

ディーゼル発電機による電源供給については、事象発生後 7 日間最大負荷で運転した場合、約527.1kLの軽油が必要となる。

緊急時対策所への電源供給については、保守的に事象発生直後からの緊急時対策所用発電機の運転を想定すると、7日間の運転継続に約19.2kLの軽油が必要となる。(変更内容②)

可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの海水注水については、保守的に事象発生直後からの可搬型大型送水ポンプ車の運転を想定すると、7日間の運転継続に約12.5kLの軽油が必要となる。(変更内容①)

ディーゼル発電機燃料油貯油槽(約540kL)及び燃料タンク(SA)(約50kL)にて合計約590kLの軽油を保有しており、(変更内容③)

これらの使用が可能であることから、ディーゼル発電機による電源供給、緊急時対策所への電源供給及び可搬型大型送水ポンプ車による使用済燃料ピットへの海水注水について、7日間の継続が可能である(合計使用量約558.8kL)。