

東海第二発電所 可搬型重大事故等対処設備 保管場所及びアクセスルートについて 審査会合における指摘事項の回答

平成29年10月5日
日本原子力発電株式会社

-
1. 審査会合での指摘事項
 2. 指摘事項の回答

1. 審査会合での指摘事項(保管場所・アクセスルートに係る指摘事項)



番号	指摘日時	分類	シーケンス等	指摘事項の内容
85	2017/9/12	43他_1.0_共通		屋内アクセスルートについて、要員の出発箇所(中央制御室又は緊急時対策所等)と作業場所までのアクセスルート選定(迂回ルート含む)の関係を含めて、作業の成立性に係る時間評価を整理して提示すること。
86	2017/9/12	43他_1.0_共通		原子炉建屋付属棟内のCS電気室1階からケーブル処理室への新設階段に設置しているハッチについて、仕様及び運用(電源喪失時も含めて、CS電気室1階からケーブル処理室へ昇る際のハッチ開の方法含む)を整理して提示すること。
87	2017/9/12	43他_1.0_共通		原子炉建屋への入口の多様性が確保されているかについては、大規模損壊のケーススタディを通じて説明すること。
88	2017/9/12	43他_1.0_共通		放射線防護具と薬品類の漏えい時に仕様する防護具について、選定の考え方や運用方法を整理して提示すること。
89	2017/9/12	43他_1.0_共通		東海第二の敷地の地質、地質構造を踏まえたアクセスルートのリスク評価を整理して提示すること。
90	2017/9/12	43他_1.0_共通		屋外アクセスルートの評価に係る周辺斜面の崩壊及び道路面のすべり評価の記載を整理して提示すること。また、液状化に伴う沈下量評価におけるFLIPの適用性を整理して提示すること。
91	2017/9/12	43他_1.0_共通		防潮堤の設置に係る地下水位設定の考え方を示した上で、浮き上がりや沈下量評価に与える影響及びその影響を踏まえたアクセスルート選定の考え方を整理して提示すること。

2. 指摘事項の回答(No.85及びNo.87)(1／6)



(1) 指摘事項

[No.85]屋内アクセスルートについて、要員の出発箇所(中央制御室又は緊急時対策所等)と作業場所までのアクセスルート選定(迂回ルート含む)の関係を含めて、作業の成立性に係る時間評価を整理して提示すること。

[No.87]原子炉建屋への入口の多様性が確保されているかについては、大規模損壊のケーススタディを通じて説明すること。

(2) 回 答

a.出発箇所

- 屋内アクセスルートを使用し現場作業に向かう要員の出発箇所は、中央制御室としている。
- 重大事故等対応要員のうち運転班の3名は、重大事故等発生後速やかに緊急時対策室建屋から中央制御室に参集する。ただし、全交流動力電源喪失時における原子炉注水に係る現場系統構成作業については、参集時点で運転班の現場作業が必要とされているため、中央制御室に立ち寄ることなく、当直要員と原子炉建屋入口で合流し、そのまま現場に移動する。
- 地震発生後に重大事故等対応要員が原子炉建屋内へ入域するための入口を西側に2ヶ所、南側に1ヶ所設定している。
 - ① 附属棟4FL空調機械室
 - ② 附属棟1FL電気室
 - ③ 附属棟1FL原子炉建屋大物搬入口横扉
- 重大事故等対応要員の原子炉建屋内への入域ルートを第1図に示す。



第1図 緊急時対策室建屋から原子炉建屋入口までのアクセスルート

2. 指摘事項の回答(No.85及びNo.87)(2/6)



b. 出発箇所から作業場所までのアクセスルート

- 中央制御室から原子炉棟入口(エアロック)前までのアクセスルート(第2図参照)
 - Aルート: 原子炉建屋付属棟1FLを経由して、廃棄物処理棟1FLに入域するルート
 - Bルート: 原子炉建屋付属棟4FLから屋上及び廃棄物処理棟屋上を経由して、廃棄物処理棟屋上から建屋内に入域するルート
- 原子炉棟入口(エアロック)前から作業場所までのアクセスルート
 - ・各階層内及び各階層間を移動するルートについて、地震随伴火災及び内部溢水の影響が無いルートを複数確保している。
 - ・万一、地震及び火災等の被害によりアクセス性が阻害された場合は、他方の影響の小さいルートを使用する。

c. 作業の成立性に係る時間評価

- 本評価で考慮する項目のうち、操作場所までの移動時間の算出方法は以下のとおり
 - ・操作場所までの移動時間: 距離を基にした移動時間(想定)^{※1}を1.5倍した時間+扉等操作時間^{※2}
 - ※1: 移動時間は、下記の合計時間
 - ① 徒歩での移動時間: 一般的な歩行速度を基に設定 $\frac{\text{歩行による移動距離(m)}}{4(\text{km/hr})}$
 - ② 階段部の移動時間: 一般的な歩行速度を基に設定 $\frac{\text{階段部の距離(m)}}{4(\text{km/hr})}$
(傾斜が急な階段は、類似階段での実測時間を基に設定 $\text{段数} \times 2(\text{秒/段})$)
 - ③ 弁操作のための垂直梯子の昇降時間: 既存設備での実測時間を基に設定 $\text{段数} \times 2(\text{秒/段})$
 - ※2: 扉等操作時間
 - ① 防火・耐火扉、水密扉の操作時間: 既存扉の実操作時間を基に設定 $1\text{ヶ所あたり}1\text{分}$
 - ② 原子炉建屋外壁付扉操作時間: 既存扉の実操作時間を基に設定 $1\text{ヶ所あたり}1\text{分}30\text{秒}$
 - ③ 付属棟内ケーブル処理室床面ハッチの操作時間: 5分 ⇒ SAコメント回答(No.86)にて操作時間を評価
- 中央制御室から原子炉棟入口(エアロック)前までの移動時間は、上記による算出結果^{※3}から、移動時間が長いAルートの算出時間を使用する。
 - ※3: 各ルートでの移動時間は、Aルートで約37分、Bルートで約26分(秒単位は切り上げ)
- 原子炉棟入口(エアロック)前から作業場所までのアクセスルートは、地震による影響評価の結果、通行に支障の無いルートであるため、作業場所までの最短ルートで移動時間を算出する。
 - なお、万一、上記ルートが使用できずに、通行を阻害する箇所を避けて同階層内の反対側や上下階を利用し回り込んだ場合を想定しても、移動距離が極端に長くなることはない。
- 評価結果は次頁参照

2. 指摘事項の回答(No.85及びNo.87)(3／6)



c.作業の成立性に係る時間評価(つづき)

➤現状の有効性評価の作業時間評価に対して下表の①～③の変更事項を考慮した場合の作業時間への影響を確認した

作業時間に影響する変更事項		変更箇所	確認結果
①	中央制御室から電気室へのアクセスルート変更	・ケーブル処理室内を通行するルートから、空調機械室より新設階段(垂直梯子より変更)を用いて電気室内に入域するルートに変更 ・これに伴い、ケーブル処理室内の移動が不要 ・この結果、中央制御室から電気室までの移動時間が短縮	①②の移動時間の増減により、作業時間は変更なし
②	階層間のハッチの追加	・①の移動ルートにハッチを新設することとした ・これに伴い、ハッチの開閉操作が必要 ・この結果、移動時間が延長	
③	電気室内での耐火扉の位置変更等	・1階から地下2階電気室内の耐火扉の位置の変更等実施 ・これに伴い移動時に通過する耐火扉の枚数が増減 ・この結果、移動時間が増減	電気室内での操作が必要な一部の作業に関して作業時間が増減

2. 指摘事項の回答(No.85及びNo.87)(4/6)



c.作業の成立性に係る時間評価(つづき)

➤①～③の変更を考慮した場合の有効性評価での作業の成立性を確認した

作業名		作業時間※1, 2	有効性評価上の 作業時間※1, 2	有効性評価での 作業完了時間※3 (最短ケース)	有効性評価 要求時間※4 (最短ケース)	評価結果
運 転 時	格納容器ベント準備操作(現場移動(第二弁))	42分 (42分)	45分 (45分)	16.7時間	19時間	変更無し
	可搬型代替注水大型ポンプを用いた低圧代替注水系(可搬型)の起動準備操作【原子炉注水のための系統構成】	121分 (121分)	125分 (125分)	2.2時間	3時間	変更無し
	直流電源の負荷切り離し操作(現場)	49分 (50分)	50分 (50分)	8.8時間	9時間	変更無し
	常設代替高圧電源装置による非常用母線の受電準備操作【非常用母線受電準備】※5	75分 (68分)	75分 (70分)	1.5時間	1.5時間	③により作業時間は延長したが、常設代替高圧電源装置による緊急用母線受電が完了する事象発生16分後から本作業を開始することで、後作業の原子炉建屋ガス処理系及び中央制御室換気系の起動操作を行っても事象発生2時間後までに作業を完了することができることを確認(別紙1参照)
	常設代替高圧電源装置による非常用母線の受電準備操作【非常用母線受電準備】※6	185分 (182分)	185分 (185分)	10.0時間	24時間	変更無し
	可搬型代替注水大型ポンプを用いた代替格納容器スプレイ冷却系(可搬型)による格納容器冷却【格納容器スプレイのための系統構成】	173分 (173分)	175分 (175分)	13時間	13時間	変更無し
	現場における破損系統の注入弁の閉止操作	115分 (115分)	115分 (115分)	5時間	5時間	変更無し

※1 カッコ内の数値は見直し前(有効性評価の審査資料記載値)の評価時間

※2 再評価後、変更となった作業時間は赤字で記載

※3 事象発生から当該作業完了までの時間(再評価した時間)

※4 有効性評価解析等から作業完了が要求される時間

※5 格納容器破損防止対策の有効性評価対応における作業時間

※6 事故シーケンス「全交流動力電源喪失(TBD, TBU)」対応における作業時間

2. 指摘事項の回答(No.85及びNo.87)(5／6)



作業名		作業時間※1, 2	有効性評価上の作業時間※1, 2	有効性評価での作業完了時間※3 (最短ケース)	有効性評価要求時間※4 (最短ケース)	評価結果
停止時	常設代替高圧電源装置による非常用母線の受電準備操作【非常用母線受電準備】	75分 (68分)	75分 (70分)	1.5時間	—	③により作業時間は延長したが、事象発生17分後から本作業を開始することで、後作業の原子炉保護系母線の受電操作を行っても事象発生4時間30分までに作業を完了することができることを確認(別紙2参照)
	原子炉保護系母線の受電操作	101分 (81分)	105分 (85分)	3.1時間	—	③により作業時間は延長したが、事象発生1時間21分後から本作業を開始することで、後作業の残留熱除去系(原子炉停止時冷却系)による原子炉除熱操作を行っても事象発生4時間40分までに作業を完了することができることを確認(別紙3参照)
	残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード)による原子炉冷却	44分 (43分)	45分 (45分)	4.5時間	—	変更無し

※1 カッコ内の数値は見直し前(有効性評価の審査資料記載値)の評価時間

※2 再評価後、変更となった作業時間は赤字で記載

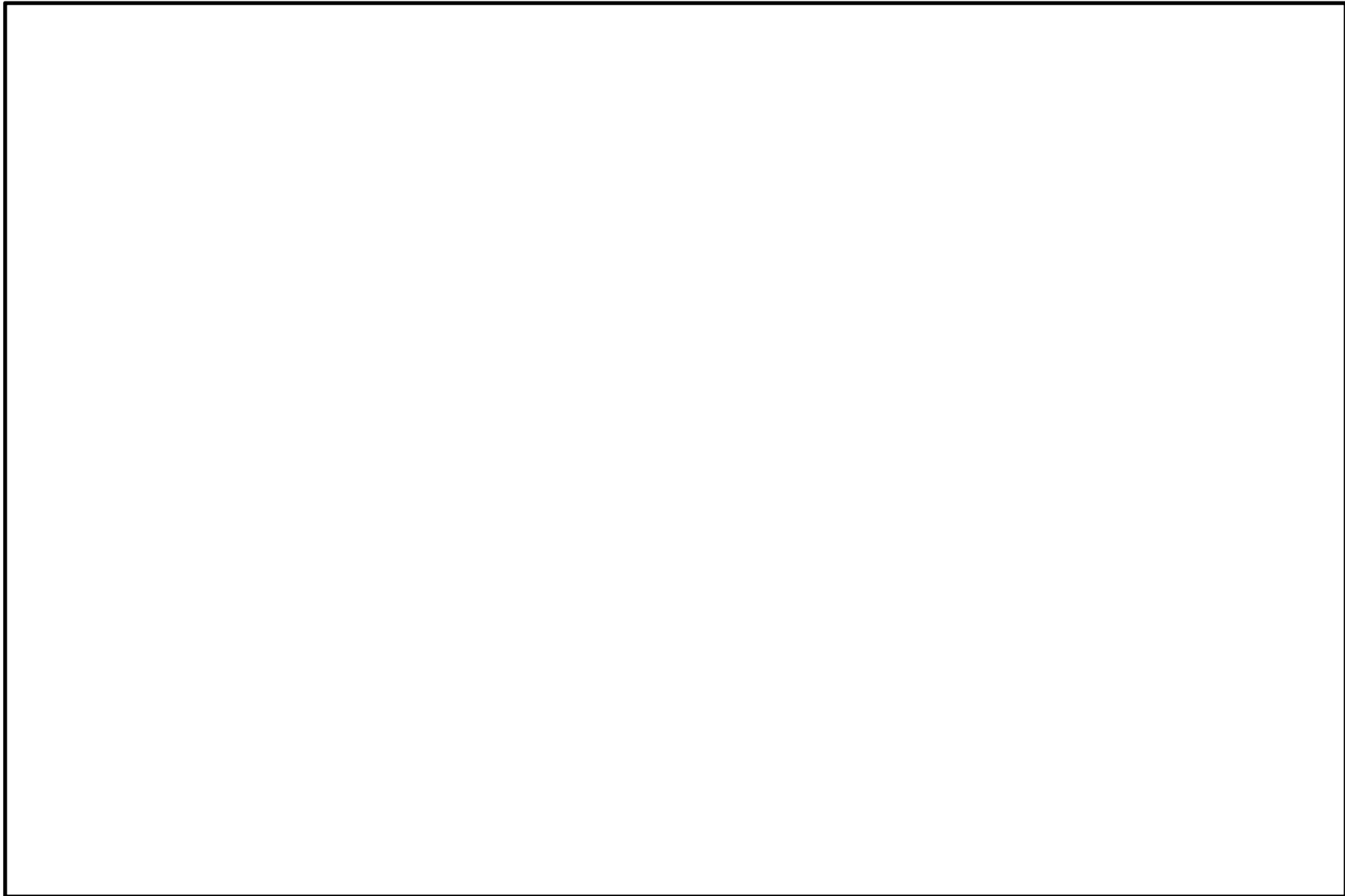
※3 事象発生から当該作業完了までの時間(再評価した時間)

※4 有効性評価解析等から作業完了が要求される時間

(3) 記載箇所

技術的能力 1.0.2 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて

6. 屋内アクセスルートの評価、別紙(30) 屋内アクセスルートの設定について

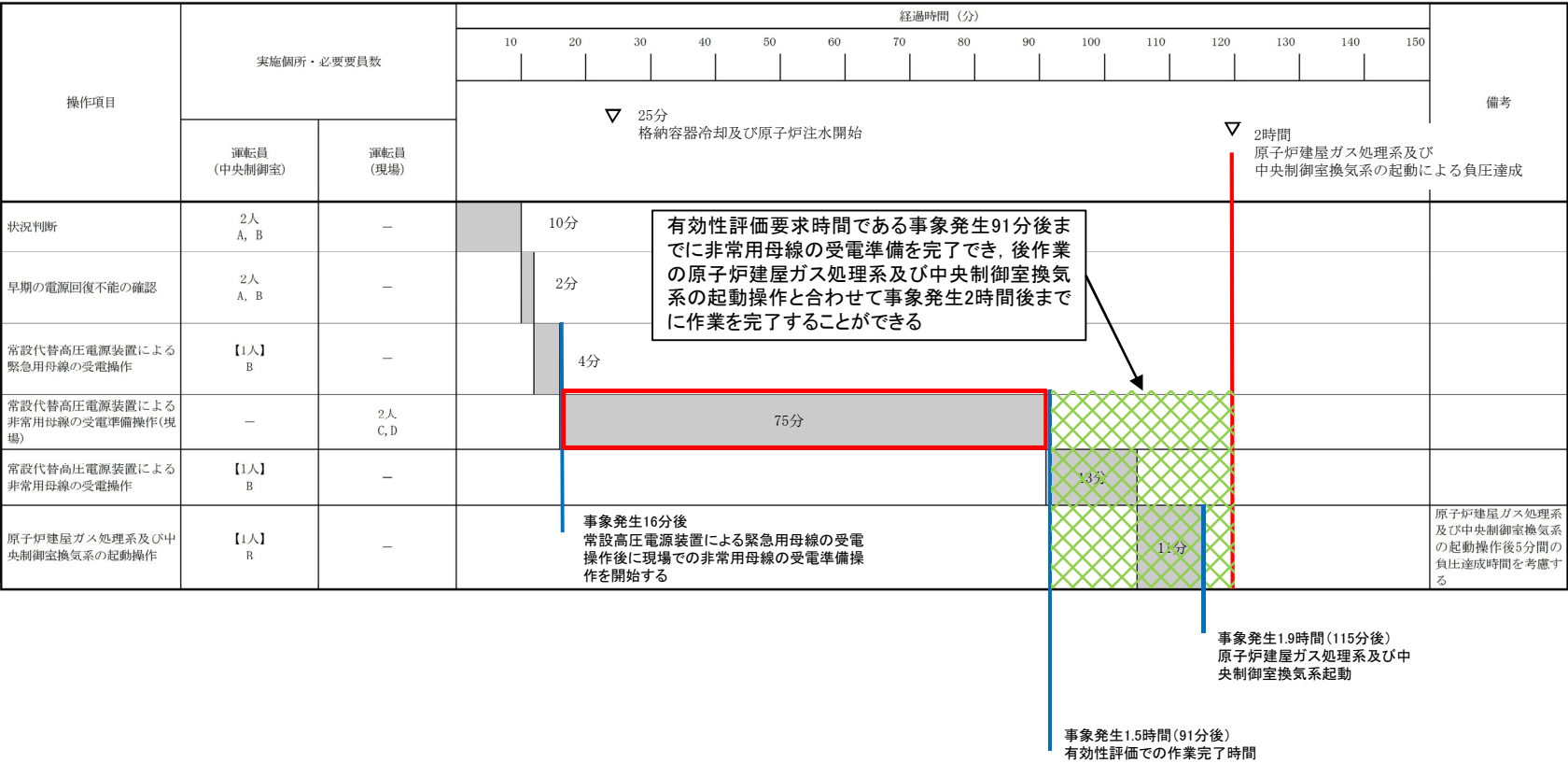


第2図 中央制御室から原子炉棟入口前までのアクセスルート

2. 指摘事項の回答(No.85及びNo.87)別紙1



別紙1 有効性評価タイムチャート(抜粋)

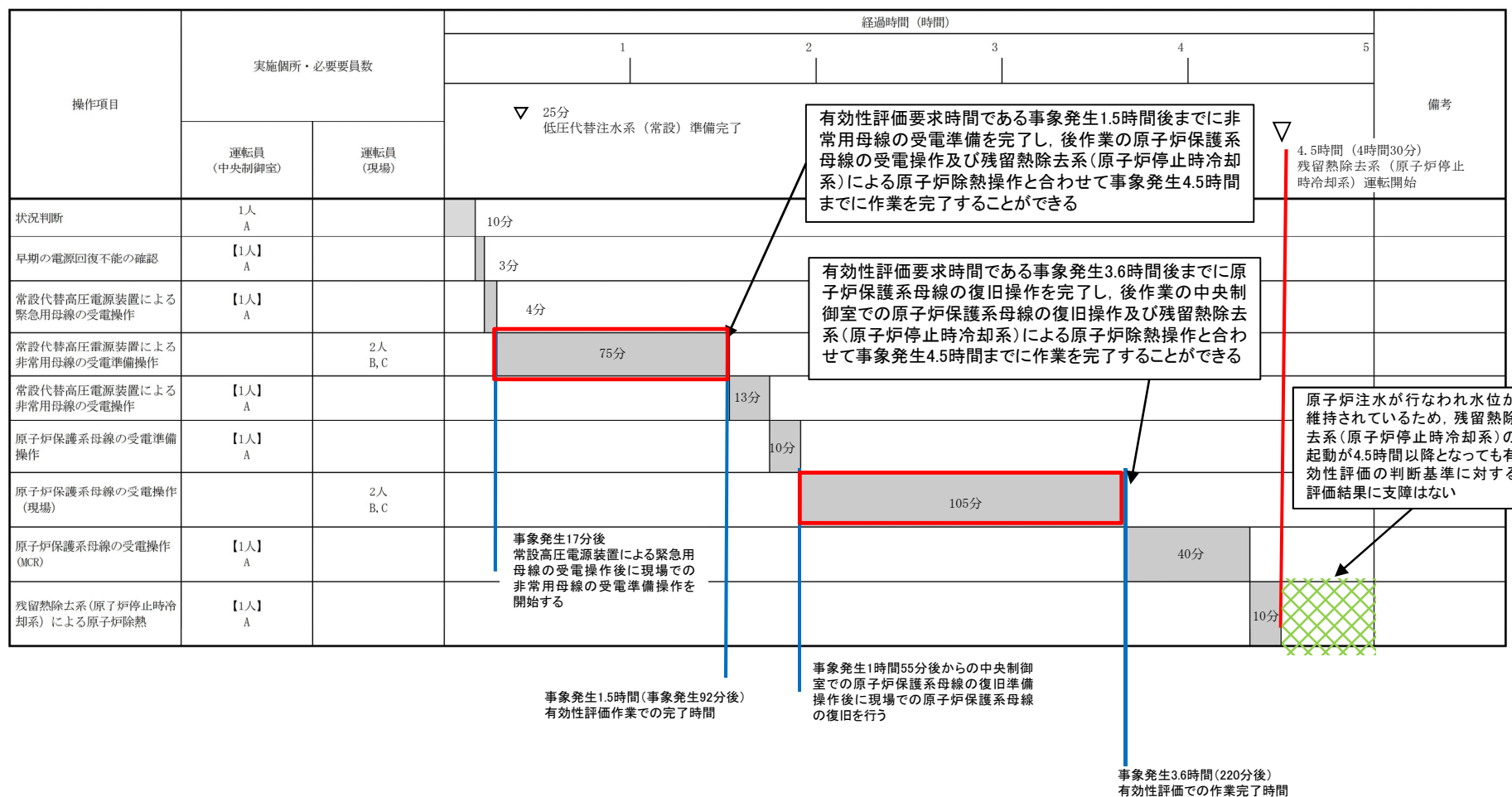


「雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)」の作業と所要時間

2. 指摘事項の回答(No.85及びNo.87)別紙2



別紙2 有効性評価タイムチャート(抜粋)

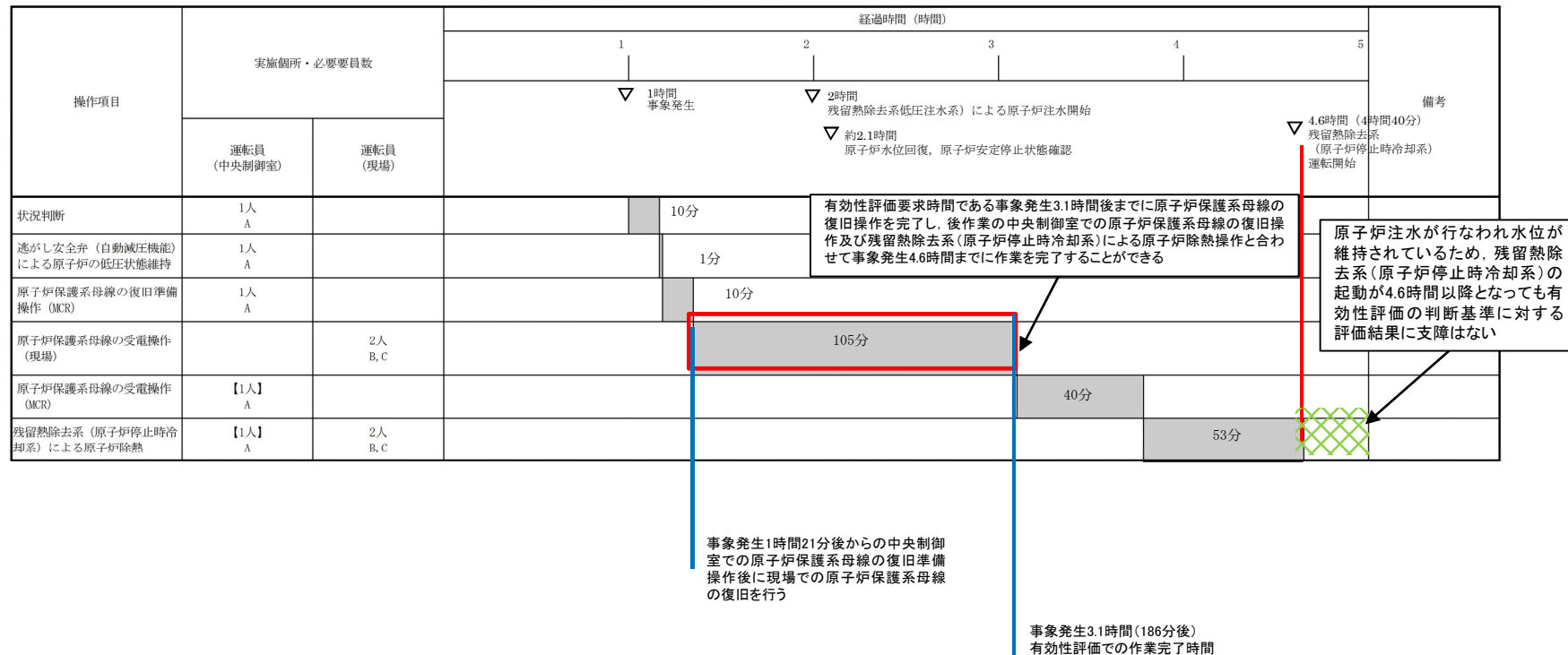


全交流動力電源喪失時の作業と所要時間(停止時)

2. 指摘事項の回答(No.85及びNo.87)別紙3



別紙3 有効性評価タイムチャート(抜粋)

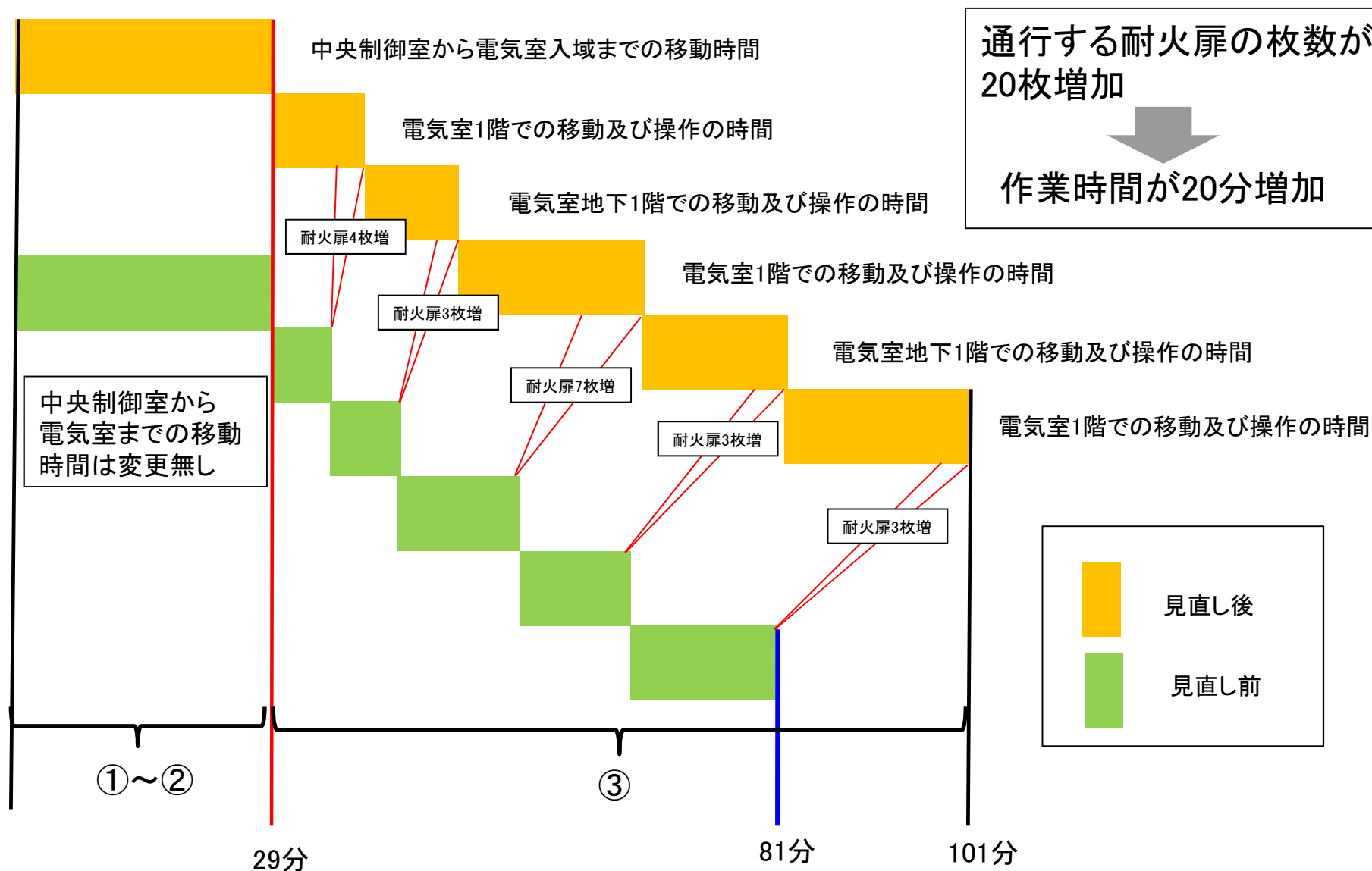


崩壊熱除去機能喪失時(停止時)の作業と所要時間の作業と所要時間

2. 指摘事項の回答(No.85及びNo.87)別紙4



①～③の変更を考慮した作業時間への影響確認例(原子炉保護系母線の受電操作の場合)



2. 指摘事項の回答(No.86)(1/2)

(1) 指摘事項

原子炉建屋付属棟内のCS電気室1階からケーブル処理室への新設階段に設置するとしているハッチについて、仕様及び運用(電源喪失時も含めて、CS電気室1階からケーブル処理室へ昇る際のハッチ開の方法含む)を整理して提示すること。

(2) 回 答

a. 新設ハッチの仕様(概要)

- ・火災区域のバウンダリを確保するために、火災区域境界として3時間耐火隔壁機能及びラッチ機構を有するハッチを設置する。(防火扉と同じ構造)

新設ハッチ部の概要を第1図、ハッチ部の仕様を第1表、寸法と重量を第2表に示す。なお、ハッチ上部は耐火隔壁の性能維持を考慮して通行禁止とし、柵等による立ち入り制限を行う。

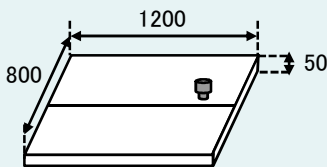
b. ハッチ開閉作業

- ・人力によりハッチ開閉作業を行う。

第1表 ハッチ部仕様(概要)

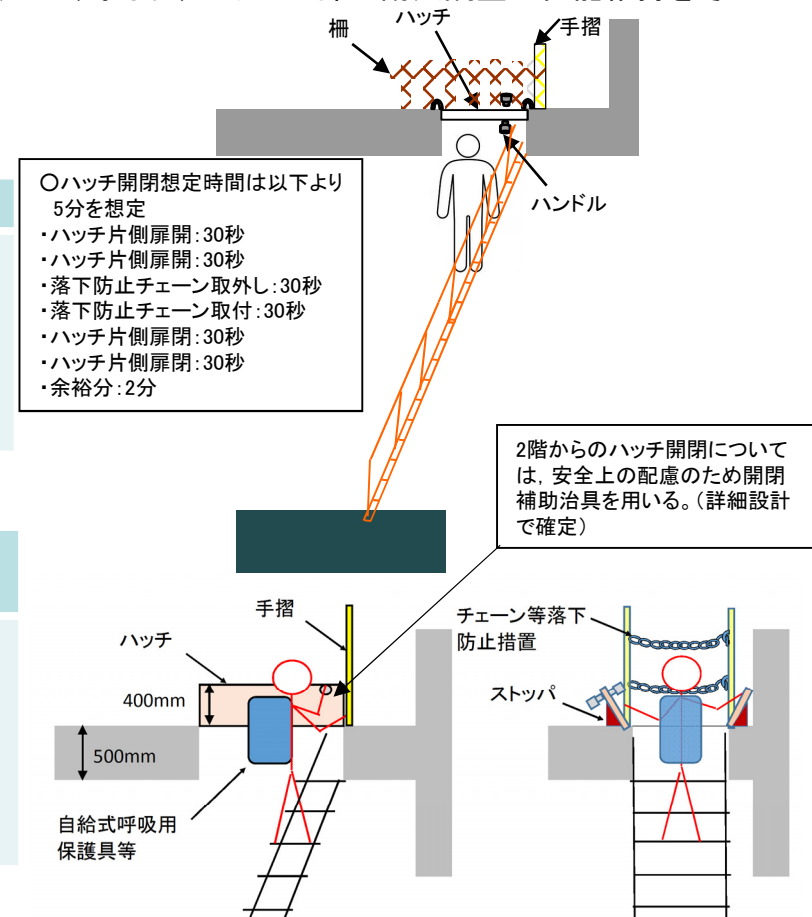
名 称	性 能	備 考
ハッチ	3時間耐火性能	・8条「火災による損傷の防止」審査資料の防火扉と同じ構造とする。 ・寸法は開口部に合わせ第2表のとおり製作するが、耐火試験を行った防火扉(約2.7m×約2.8m)に比べ小さいことから歪み量、合わせ面長さは少ないため、耐火性は同等

第2表 寸法と重量※1

名 称	寸 法	重 量	開 閉 方 式
ハッチ	縦800mm×横1200mm×高さ50mm(鋼板厚さ1.6mm) 	約38kg (片扉約19kg※2)	両開き

※1: 詳細設計で確定

※2: 開閉時はヒンジ部も荷重を分担するため、人力での開閉時の重さは約9.5kg

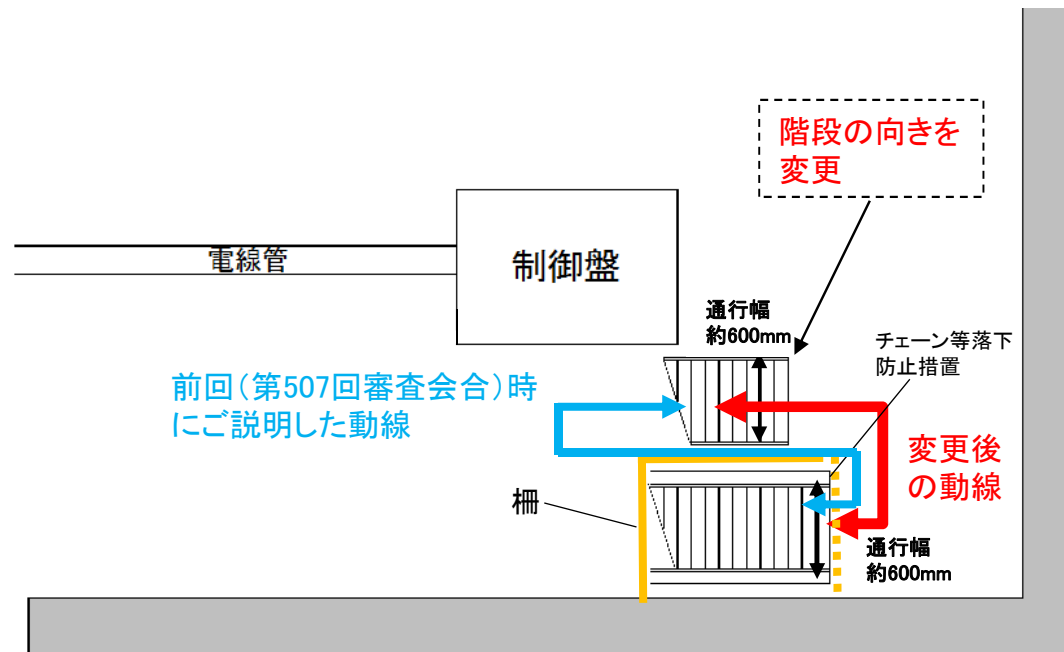


第1図 新設ハッチ部イメージ

2. 指摘事項の回答(No.86) (2/2)

c. 付属棟2階の動線

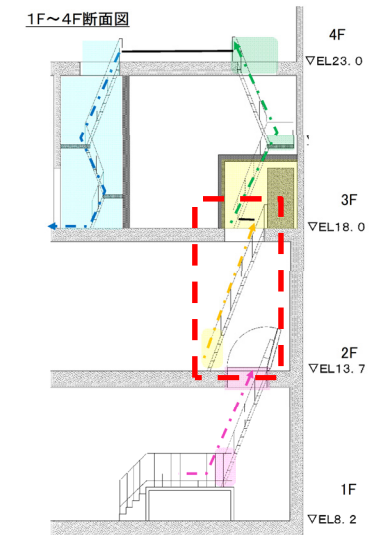
ハッチ上は立入禁止とし、柵を設けることとするが、2階～3階の階段の向きを第2図のとおりとすることで、通行幅は確保され、柵の設置による動線への影響はない。



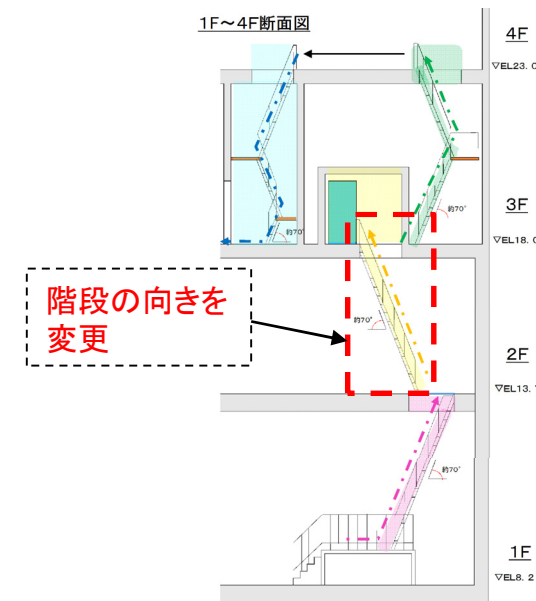
第2図 付属棟2階平面図

(3) 記載箇所

技術的能力1.0.2 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて
別紙(30) 屋内アクセスルートの設定について



第3図 付属棟1階～4階断面図(変更前)



第4図 付属棟1階～4階断面図(変更後)

2. 指摘事項の回答(No.88)(1/2)



(1) 指摘事項

放射線防護具と薬品類の漏えい時に使用する防護具について、選定の考え方や運用方法を整理して提示すること。

(2) 回答

屋内及び屋外薬品タンクの配置を整理した結果、防護具の選定表に基づき、必要な防護具を着用する。

屋内及び屋外薬品タンクの配置を第1図及び第2図に示す。

✓屋内

➤ 廃棄物処理棟内での作業(対象薬品タンク:りん酸ソーダタンク, 中和苛性タンク, 中和硫酸タンク)

- ・地震により薬品が漏えいし、薬品タンク周辺に設置されている堰内への薬品の滞留、ガスの発生を想定。
- ・廃棄物処理棟内の作業時は、放射線防護具のうち自給式呼吸用保護具(炉心損傷のおそれがある場合)、または薬品防護具(炉心損傷のおそれがない場合)を予め着用。
- ・当該薬品タンクの設置場所を迂回することが可能(第1図参照)。
- ・有効性評価において廃棄物処理棟内で行う作業(格納容器ベント準備操作(現場移動(第二弁)))は、想定時間(19時間)に対して作業時間を事象発生16時間後から41分と評価しており、自給式呼吸用保護具の着用時間(21分)を考慮しても余裕があるため、影響はない。

	炉心損傷のおそれあり	炉心損傷のおそれなし
薬品の影響あり (廃棄物処理棟内の作業)	放射線防護具 (自給式呼吸用保護具)	薬品防護具
薬品の影響なし (廃棄物処理棟以外の作業)	放射線防護具	通常の装備

地震時の防護具の選定表

➤ 原子炉棟内での作業(対象薬品タンク:ほう酸水注入系テストタンク)

- ・地震により薬品が漏えいし、薬品タンク周辺に設置されている堰内及び近傍のエリアへの薬品の滞留を想定。当該薬品からのガスの発生は想定されない。
- ・原子炉棟内の作業時は、溢水を考慮した放射線防護具(アノラック等)(炉心損傷のおそれがある場合)、または通常の装備(炉心損傷のおそれがない場合)を着用。



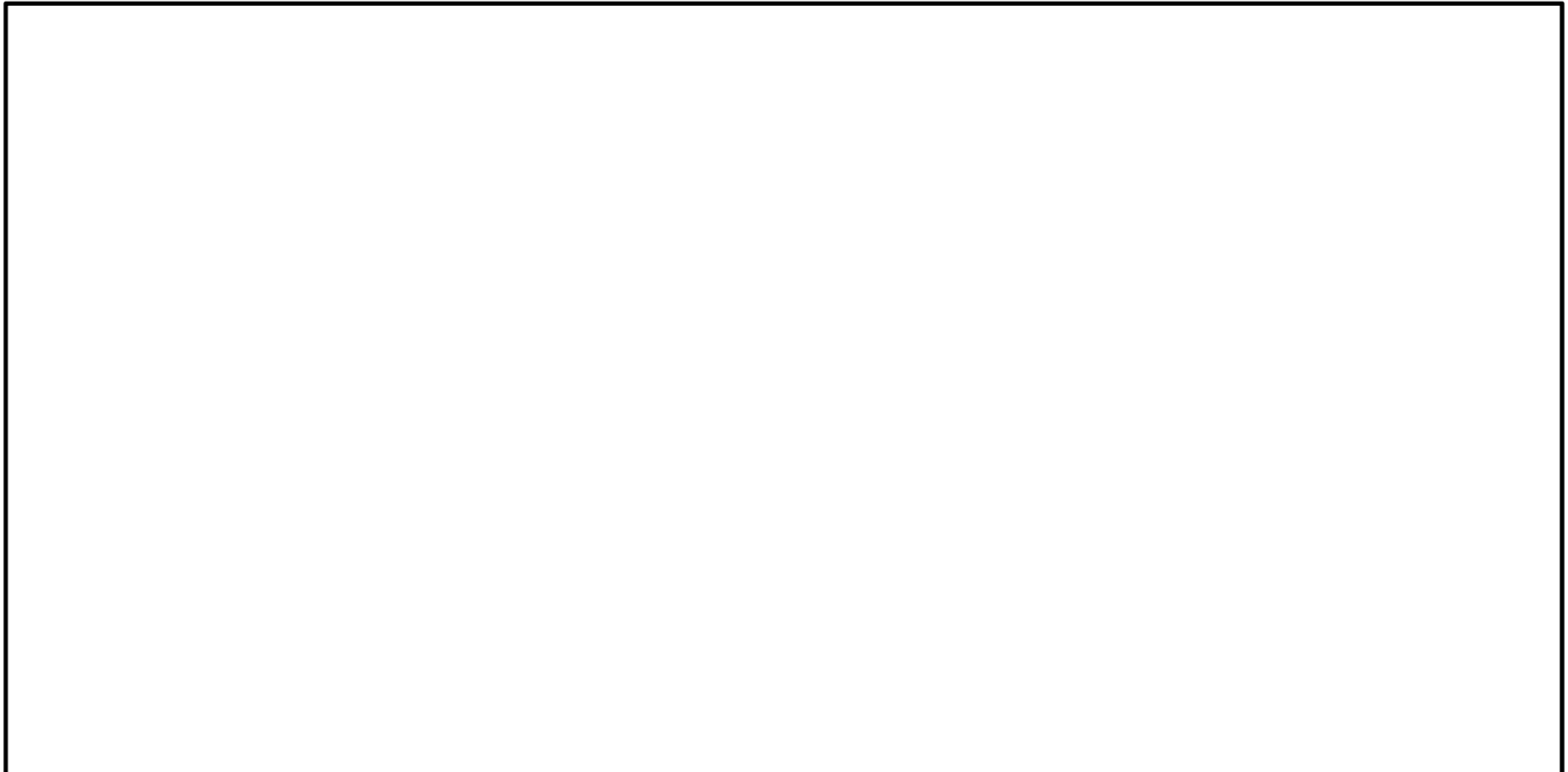
第1図 屋内薬品タンクの配置

2. 指摘事項の回答(No.88)(2/2)



✓屋外

- ・薬品タンクから薬品が漏えいした場合、薬品タンク周辺の路面勾配により、薬品が路肩への流下を想定。
- ・薬品タンクはアクセスルートから10m以上離れているため、漏えいした薬品がタンク周辺に滞留していた場合でも、漏えいによる影響は小さいと想定。
- ・アクセスルートの近傍に設置している溶融炉苛性ソーダタンクや溶融炉アンモニアタンクは、アクセスルートから十分な離隔を確保した箇所に移設を実施。
- ・屋外の作業時は、放射線防護具(炉心損傷のおそれがある場合)、または通常の装備(炉心損傷のおそれがない場合)を着用する。



第2図 屋外薬品タンクの配置

(3) 記載箇所

技術的能力1. 0. 2 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて

5. 屋外アクセスルートの評価

別紙(32) 地震随伴内部溢水の影響評価について、別紙(36) 薬品類の漏えい時に使用する防護具について

2. 指摘事項の回答(No.89)(1/3)

(1) 指摘事項

東海第二の敷地の地質・地質構造を踏まえたアクセスルートリスク評価を整理して提示すること。

(2) 回答

- 敷地の地質・地質構造を確認し、その特徴及び特徴から想定されるリスク及びその影響を抽出した。
- 地質・地質構造から想定されるリスク及びその影響について、各アクセスルートに対して評価を行った。

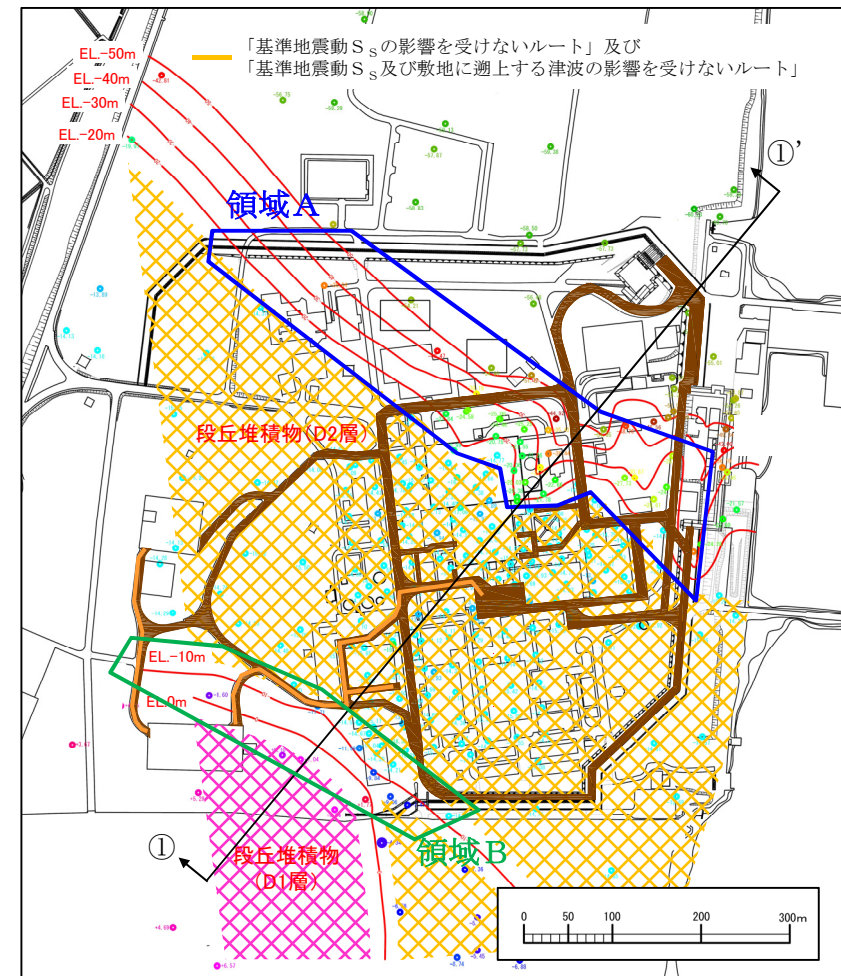
【敷地の地質・地質構造の特徴】

- 敷地の第四系は、砂層、砂礫層、粘土層からなり、概ね水平に分布している。
- また、敷地の北部と南部には北西-南東方向に延びる岩盤の深度の急変部が認められ、これに伴う第四系の層厚及び地層構成の変化が認められる。(北部:領域A, 南部:領域B)



【上記を踏まえたアクセスルートリスク想定】

- 敷地全体に想定されるリスク
 1. 重要施設設置において大規模な掘削・埋戻が行われており、地山と埋戻部の不等沈下が想定される。
 2. 砂質地盤に液状化を仮定すると噴砂によりアクセスルートに不陸が生じるリスクが想定される。
- 岩盤深度の急変部に想定されるリスク
 3. 岩盤の傾斜に伴う堆積層厚の変化により、沈下量が場所的に変化することが想定される。
 4. 岩盤の傾斜部付近の第四系の地層構成の変化により、沈下量が場所的に変化することが想定される。



第四系基底の標高分布及び段丘区分図

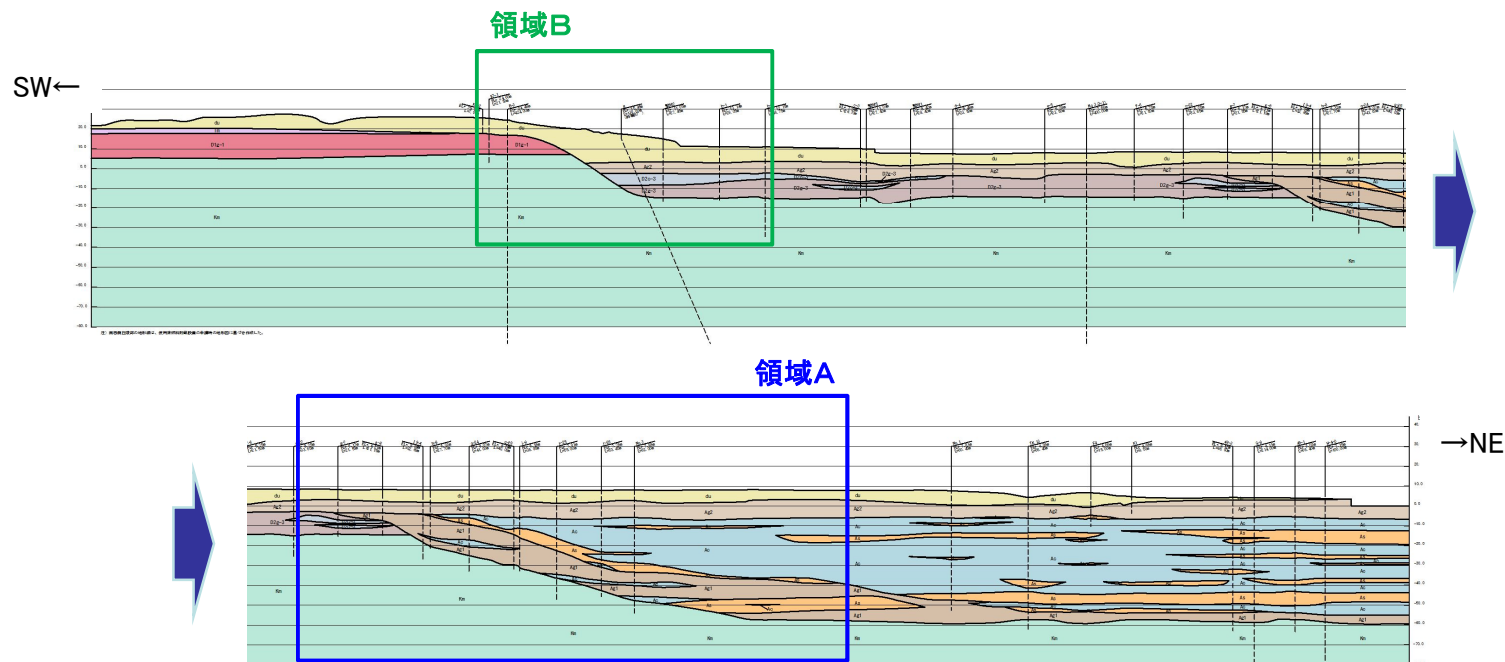
2. 指摘事項の回答(No.89)(2/3)

➤ 敷地全体に想定されるリスクとその評価

1. 発電所施設の建設において大規模な掘削、埋戻を行っている場所を確認し、別途影響評価を実施する。
→地山と埋戻部の境界の評価参照
2. アクセスルート上に不陸が発生する可能性があるが、避ける又は復旧作業を行うため、通行へのリスクは低い。
なお、「基準地震動 S_g の影響を受けないルート」及び「基準地震動 S_g 及び敷地に遡上する津波の影響を受けないルート」については路盤補強を実施する。

➤ 岩盤深度の急変部に想定されるリスクとその評価

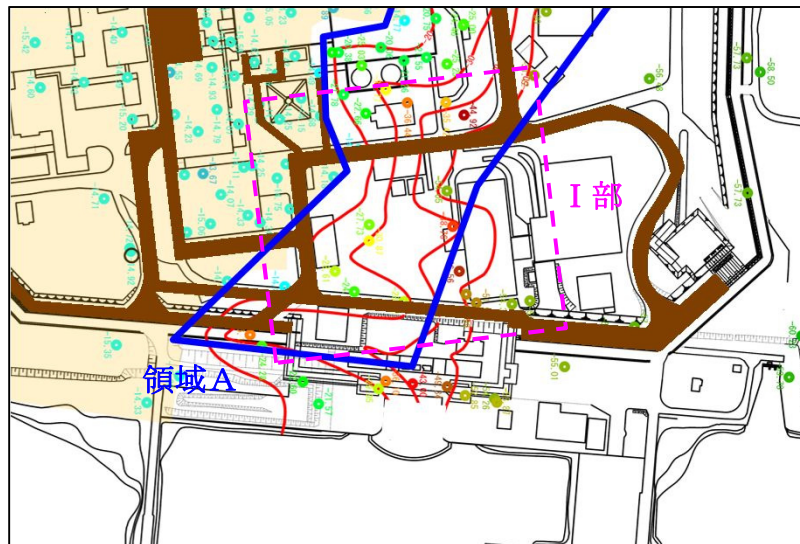
3. 領域A及びBの岩盤深度の急変部は、岩盤上限部の傾斜が1:1以下であり、堆積層全層が沈下したとしても地表面の傾斜は2%未満となり、当該箇所のアクセスルートにこの傾斜を考慮しても勾配は登坂可能な勾配12%を下回ることから、通行への影響はない。
4. 領域A及びBの岩盤深度の急変部付近の第四系の地層構成の変化により沈下量が場所的に変化するものの、変化が比較的大きい領域Aにおいても想定される傾斜は4%程度であることから、通行への影響はない。



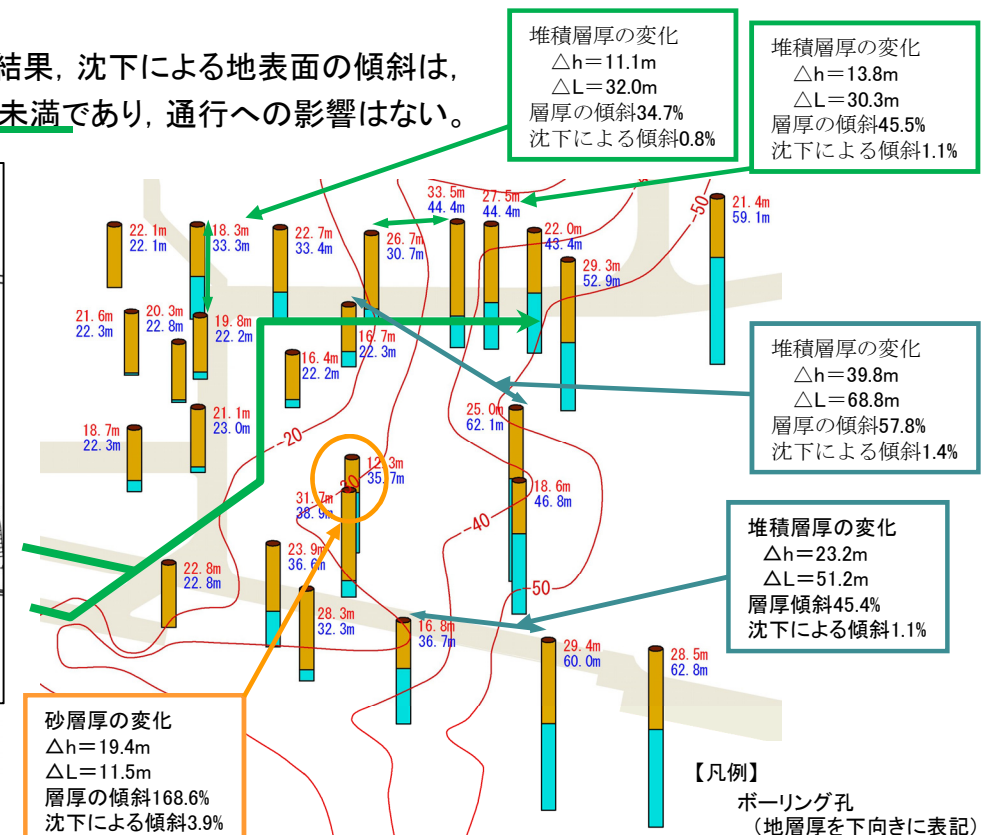
地質断面図 (①-①' 断面)

2. 指摘事項の回答(No.89)(3/3)

- 領域Aの岩盤深度の急変部及び急変部付近の地層構成の変化について、以下のとおり確認した(確認箇所位置図: I 部)。
- ・岩盤深度急変部における沈下による地表面の傾斜は、保守的に堆積層を全層砂質土層として仮定した場合でも2%未満であり、通行への影響はない。
 - ・砂質地盤の層厚変化が大きい箇所があるが、沈下による地表面の傾斜は最大4%程度であり、通行への影響はない。
 - ・岩盤深度の急変部に想定される地表面の傾斜と砂質地盤の層厚変化に想定される地表面の傾斜を保守的に重ね合わせても6%程度であり、通行への影響はない。
 - ・地震時に車両通行を想定するルート沿いについて確認した結果、沈下による地表面の傾斜は、保守的に堆積層を全層砂質土層として仮定した場合でも2%未満であり、通行への影響はない。



確認箇所位置図



地層構成図 (I 部)

赤字 砂質地盤の層厚
 青字 堆積層全体の層厚
 地震時に車両通行を
 想定するルート

【凡例】
 ボーリング孔
 (地層厚を南向きに表記)
 ←孔口
 ←砂質地盤の地層厚
 ←砂質地盤以外の地層厚
 アクセスルート

(3) 記載箇所

技術的能力 1.0.2 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて

4. 保管場所の影響評価

5. 屋外アクセスルートの評価

(38) 敷地の地質・地質構造の特徴及び想定されるリスクについて

2. 指摘事項の回答(No.90)(1/3)

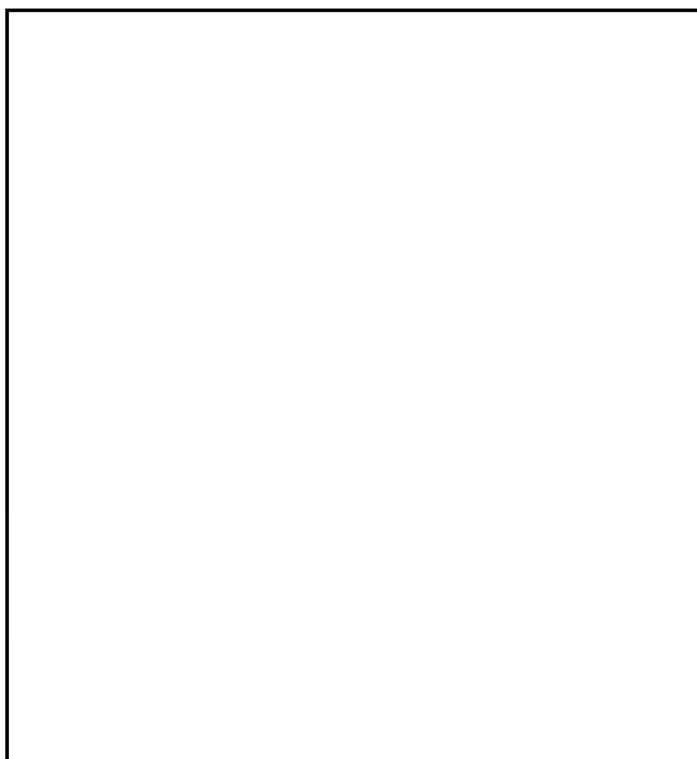
(1) 指摘事項

屋外アクセスルートの評価に係る周辺斜面の崩壊及び道路面のすべり評価の記載を整理して提示すること。また、液状化に伴う沈下量の評価におけるFLIPの適用性を整理して提示すること。

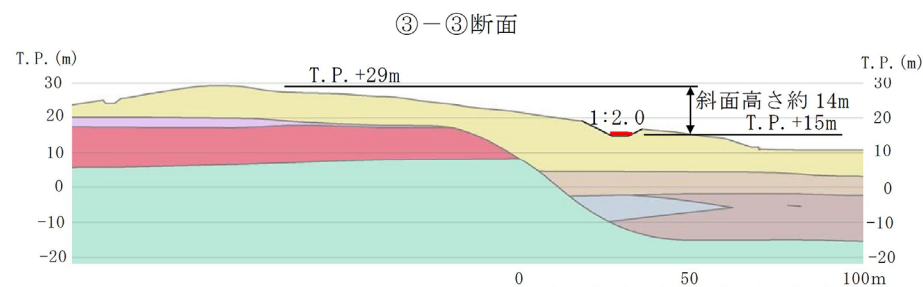
(2) 回答

➤ 屋外アクセスルートの評価に係る周辺斜面の崩壊及び道路面のすべり評価について、以下の通り整理した。

アクセスルート沿いの切土部における最大勾配は1:2.0, 最大高さは5mである。また、③-③断面は、斜面高さが最大約14mであるが、平均勾配は1:7.8の緩い斜面である。



アクセスルートの周辺斜面の崩壊及び道路面のすべりに対する影響評価断面位置図



アクセスルートの周辺斜面の崩壊及び道路面のすべりに対する影響評価断面図

第5.4.2-1表 アクセスルートの周辺斜面の崩壊及び道路面のすべりの評価結果

	評価基準	周辺斜面		道路面	
	D/Cの西側斜面	①-①断面	③-③断面	②-②断面	④-④断面
地質	du層	擁壁, 埋戻土, du層	du層	du層	盛土※1
斜面勾配	1:1.9	直(1:0)	最大 1:2.0※2	1:1.5	1:2.0
斜面高さ	14m	3m	最大約 14m※2	5m	最大約 3.5m
すべり安定性評価	—	崩壊を想定	問題なし	崩壊を想定	問題なし
アクセスルートへの影響	—	影響あり	影響なし	影響あり	影響なし

※1 盛土の施工において、改良土等により、安定性が確認されている強度（地山（du層）相当）を確保する。

※2 アクセスルート沿いの切土部における最大斜面勾配は1:2.0, 最大斜面高さは5mである。また、③-③断面は、斜面高さが最大約14mであるが、平均勾配は1:7.8の緩い斜面である。

2. 指摘事項の回答(No.90)(2/3)

➤ 液状化に伴う沈下量の評価におけるFLIPの適用性について、以下の通り整理した。

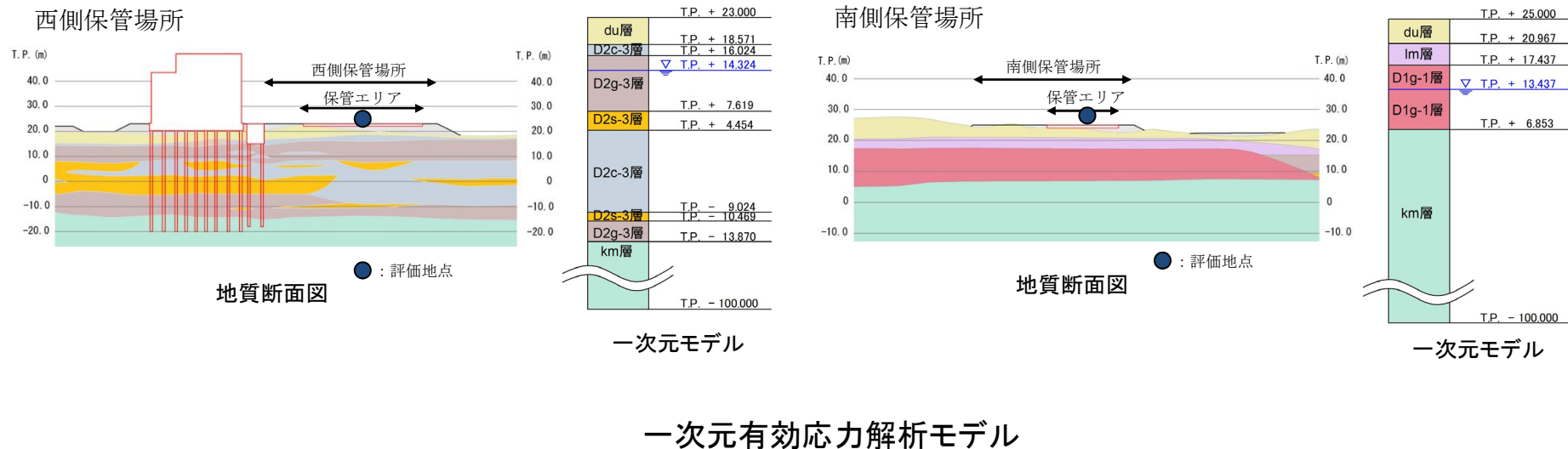
液状化による沈下量は、液状化を含めた地震時の地盤の変形とその後の排水沈下を想定し、両者を合算して求める。

- ・液状化を含めた地盤の変形については、有効応力解析による地震時の残留変位により算出する。
- ・排水沈下については、液状化後の排水に伴う沈下量を算出する。

有効応力解析法は、地盤内の応力を有効応力及び間隙水圧に分けて評価する手法であり、地震時の地盤内の間隙水圧の上昇及びそれに伴う有効応力の低下による地盤挙動の変化を適切に考慮できるため、液状化を含めた地盤の地震時応答を評価することができる。FLIPは、運輸省港湾技術研究所において開発された有効応力解析法に基づく、二次元地震応答解析プログラムであり、被災事例などの再現解析も行われている。

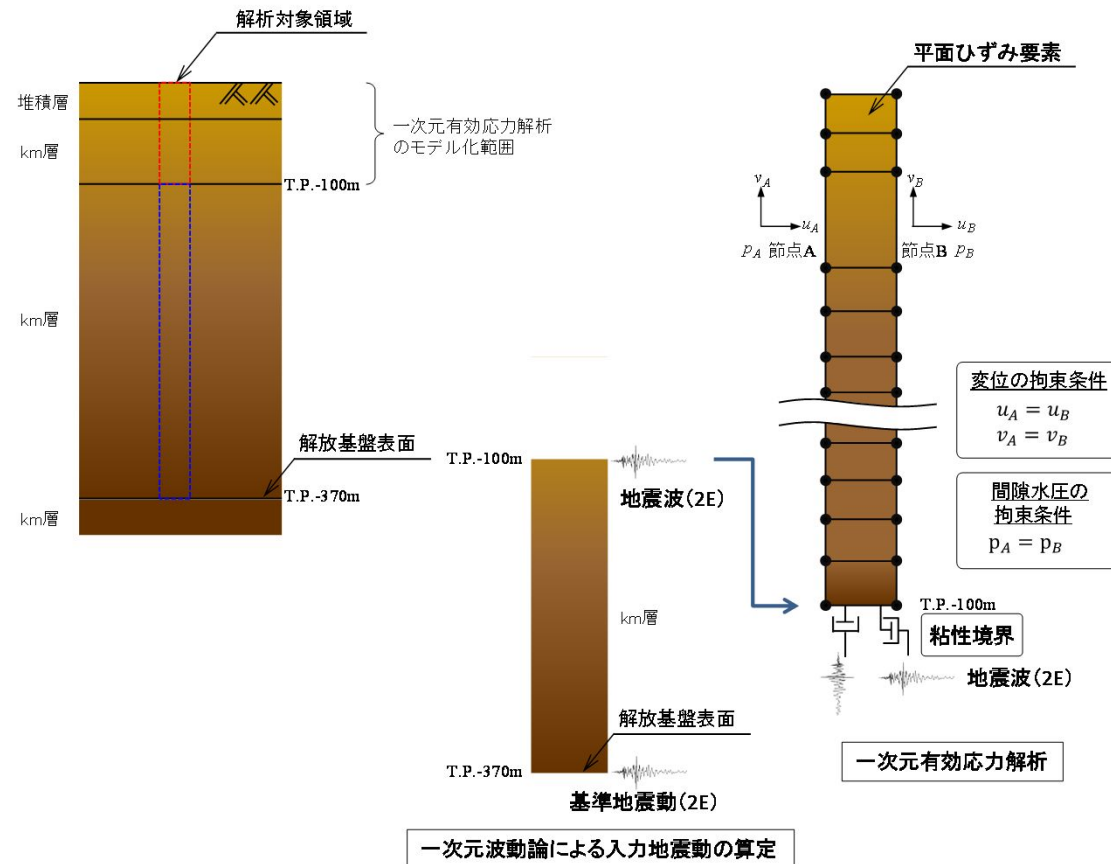
西側保管場所及び南側保管場所直下の地盤は概ね水平成層になっていることから、一次元モデルにより検討する。

解析用物性値は、地盤調査結果及び室内試験により得られた各地層の物性値を用いることとし、液状化パラメータについては、室内試験で得られた液状化強度の平均と標準偏差を考慮して適切に設定する。



2. 指摘事項の回答(No.90) (3/3)

一次元有効応力解析モデルは、地表面からT.P.-100mをモデルとし、解析モデル下端位置での入力地震動は一次元波動論により算定した。解析モデルの境界条件は、動的解析においては、下端を粘性境界、その他を周期境界とした。



解析モデルの概念図

(3)記載箇所

技術的能力 1.0.2 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて

4. 保管場所の影響評価
 5. 屋外アクセスルートの評価
- (39) 有効応力解析について

2. 指摘事項の回答(No.91)(1/5)

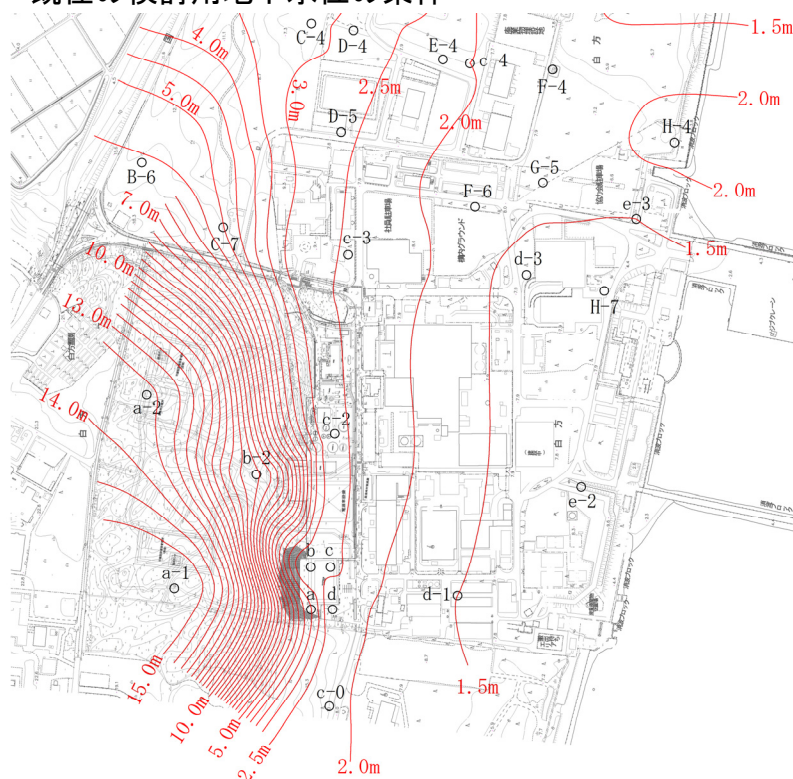
(1) 指摘事項

防潮堤の設置に係る地下水位設定の考え方を示した上で、浮き上がりや沈下量評価に与える影響及びその影響を踏まえたアクセスルート選定の考え方を整理して提示すること。

(2) 回答

- 防潮堤の設置により地下水位が上昇する可能性を考慮し、地下水位は保守的に防潮堤に囲われた範囲のうち、地表面高さがT.P.+8m以下の範囲について、T.P.+8m又は地表面のいずれか低い方に設定する。
- 防潮堤に囲われた範囲のうち、地表面高さがT.P.+8m以上の範囲については、T.P.+8mに浸出面が存在することから、その西端を始点とし、現状の動水勾配を加えた水位を確認し、保守的に地表面高さの位置に地下水位を設定する。
- 上記の検討条件に対し、液状化による沈下及び浮き上がりの再評価を実施する。

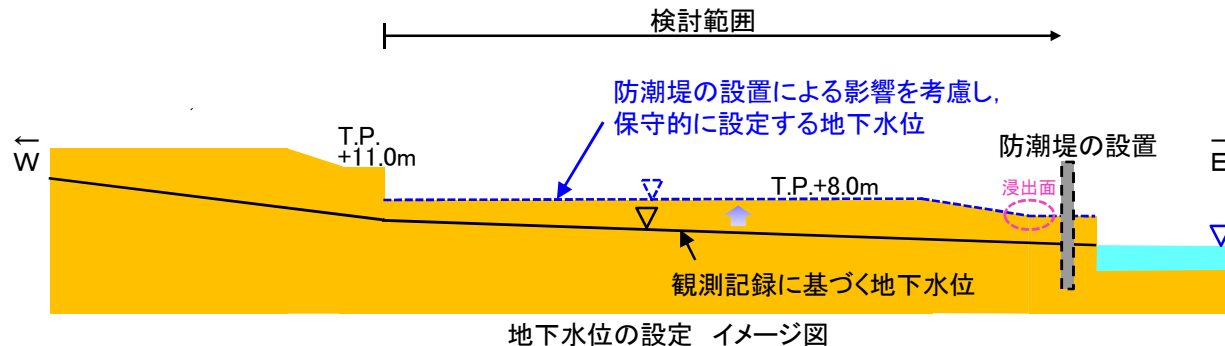
既往の検討用地下水位の条件



2. 指摘事項の回答(No.91)(2/5)

【地表面がT.P.+8m以下の範囲の地下水位の設定】

- 防潮堤の設置により地下水位が上昇する可能性を考慮し、一部浸出面があるものの、防潮堤に囲まれる範囲の地下水位は地表面に設定する。



【地表面がT.P.+8mより高所の範囲の地下水位の設定】

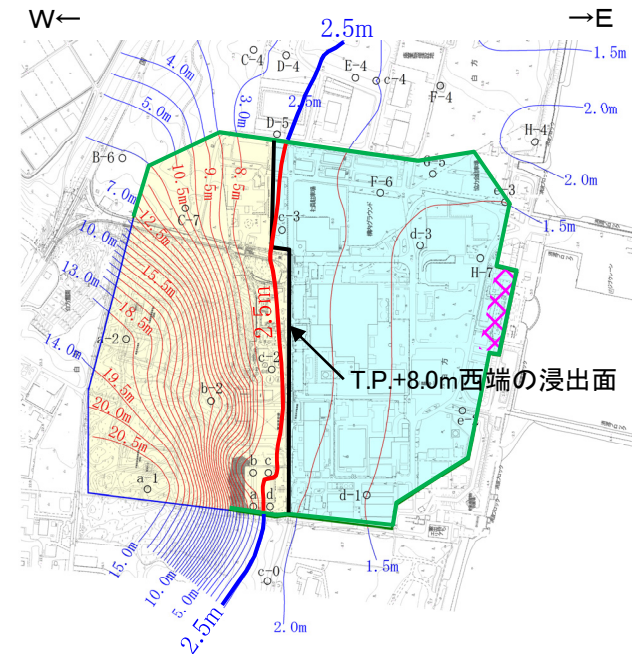
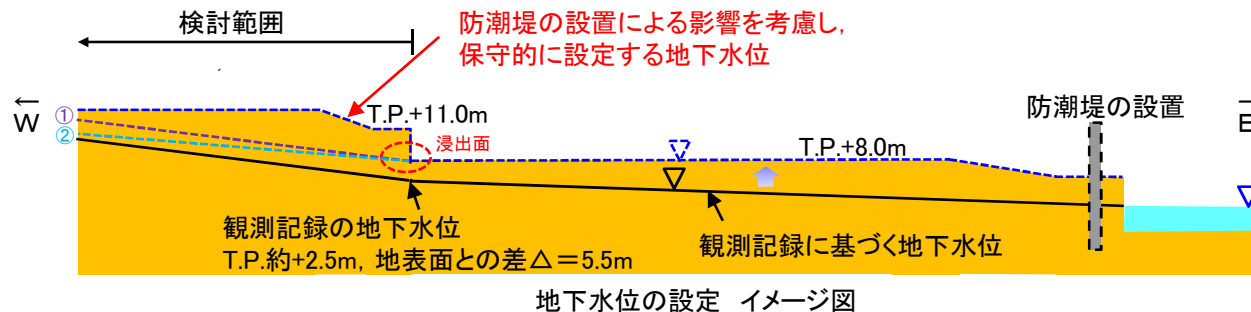
- T.P.+8m盤西端には幅広に浸出面が分布する。このため、地下水位は浸出面下端(T.P.+8m)となり、観測記録から得られた地下水位コンターと浸出面下端の差は5.5mである。
- 防潮堤に囲われた範囲のうち、地表面高さがT.P.+8m以上の範囲については、T.P.+8mの西端に浸出面が存在することから、その西端を始点とし、保守的に現状の動水勾配を加えた水位を地下水位とする。…①線
- 上流からの地下水流量は変化しないため、地下水位上昇に伴い通水面積が増加することから流速は低下し、ダルシーの法則($v=ki$)より動水勾配(地下水位の差÷水平距離)は小さくなる(②線)ため、①線は保守的な地下水位設定と言える。

$$Q = hv_0 = (h + 5.5)v_1 \rightarrow v_0 > v_1$$

$$Q = h \times ki_0 = (h + 5.5) \times ki_1 \rightarrow i_0 > i_1$$

Q: 流量(単位幅あたり), h: 通水高さ, v_0 : 元の流速, v_1 : 変化後の流速

k: 透水係数, i_0 : 元の動水勾配, i_1 : 変化後の動水勾配



- 防潮堤
- ◇◇◇◇ T.P.+8.0m又は地表面の範囲
- ◇◇◇◇ T.P.+8.0m以上の範囲
- ◇◇◇◇ T.P.+8.0mより低い範囲

地下水水位の評価については、左記の通りであるが、施設設計の保守性を考慮し、T.P.+8.0m盤より高い範囲についても地下水水位を地表面に設定する。

2. 指摘事項の回答(No.91)(3/5)

【地下水位見直し前後の影響評価比較】

※数字は対象構造物数

		地下水位		増 減	
		見直し前	見直し後		
1.不等沈下	15cm以上の 段差発生	1	●	1	±0
	埋戻部の通行 影響あり	1		2	+1
2.浮き上がり	15cm以上の 浮き上がり発生	0	—	58	+58
3.埋設物の 損壊	15cm以上の 段差発生	45	●	—	—

【凡例】

- アクセスルート
- 自主整備ルート
- 構造物埋設箇所
(図示は位置を示すものであり、殆どの
箇所で構造物が複数存在する。)

【地下水位見直しに伴う影響評価結果】

1. 不等沈下による通行への影響

- ①地下水位の見直しにより沈下量が増え、通行に影響を与える箇所が1箇所から2箇所に増えた。

2. 液状化による浮き上がりの影響

- ①地下水位の見直しにより、浮き上がりの発生が想定される構造物が T.P.+8m盤全体に増えた。
- ②浮き上がり発生構造物の浮き上がり量は、以下のとおりである。

- ・15cm以上1.0m未満 38基
- ・1.0m以上 20基

- ③ 1.0m以上の浮き上がりが発生する構造物が、T.P.+8m盤北部のエリアに集まっている。

3. 埋設物の損壊影響

- ①地下水位の見直しによる影響はない。(変更なし)

地下水位見直しに伴う影響評価結果

【アクセスルート上における地中構造物浮き上がり対応について】

- 屋外アクセスルート上において、液状化による地中構造物の浮き上がり等を評価した結果、可搬型設備(車両)が乗り越えることができる段差量15cmを越える箇所があることを確認した。
- 特に、敷地北側については、段差量が1mを越える箇所が数箇所あることを確認した。
- これらに対し、以下の対策又は運用により、重大事故等への対応を可能とする。
 - ① 地震時に車両通行を想定するルートのうち、段差量が15cmを越える箇所について、路盤補強等の対策を実施
 - ② 但し、段差量が1mを越える箇所を含む敷地北側のルートについては、地震時の車両通行を想定しないルートとして設定(重大事故等対応要員の通行は想定)
 - ③ 上記②を踏まえ、敷地中央付近にあるサービス建屋(東Ⅰ)の構造変更を新たに実施し、敷地東側への車両通行性を確保
- 上記の対策又は運用により、複数のアクセスルートを設定する。

当該対策とは別に実施する水源変更も踏まえて確認したアクセスルート設定変更に係る評価結果を別紙に示す。

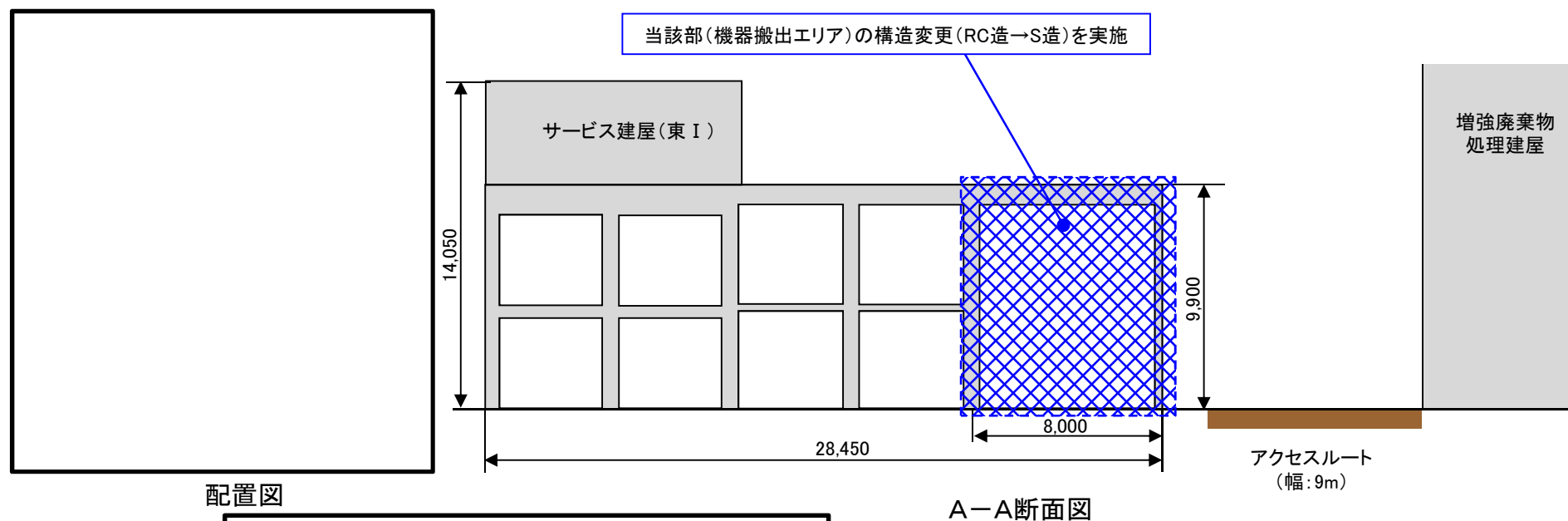
--

(3)記載箇所

技術的能力 1.0.2 可搬型重大事故等対処設備保管場所及びアクセスルートについて

4. 保管場所の影響評価, 5. 屋外アクセスルートの評価, (41) 敷地内の地下水位の設定について

2. 指摘事項の回答(No.91) (参考)東 I サービス建屋の構造変更対策



配置図

A-A断面図



サービス建屋(東 I)のがれき撤去範囲

現在のRC構造では損壊時にアクセスルートに干渉した場合、早期のがれき撤去は困難であるため、損壊時でもホイールローダによるがれき撤去によりアクセスルートの幅5mを確保できるようにS造に構造変更を行う。

2. 指摘事項の回答(No.91) (別紙 水源変更及び屋外アクセスルート設定変更について)

1. 水源の変更

- 敷地北側のアクセス性を考慮するとともに、耐震、耐津波性を向上させるため、高所淡水池、北側淡水池を統合し、西側淡水貯水設備(地下)に変更(図1, 2)

	高所淡水池	北側淡水貯水池
用途	原子炉等への送水, 代替淡水貯槽への補給	同左
設置場所	敷地西側T.P.+23m	敷地北側T.P.+8m
構造	セメント改良土による 築堤+内面遮水シート	同左
容量	2,500m ³	同左
耐震クラス	-	同左
送水手段	可搬型代替注水大型 ポンプ	同左



	西側淡水貯水設備(地下)
用途	原子炉等への送水, 代替淡水貯槽への補給
設置場所	常設代替高圧電源装置地下
構造	鉄筋コンクリート
容量	5,000m ³ 以上
耐震クラス	Ss機能維持
送水手段	可搬型代替注水中型ポンプ(2台直列)

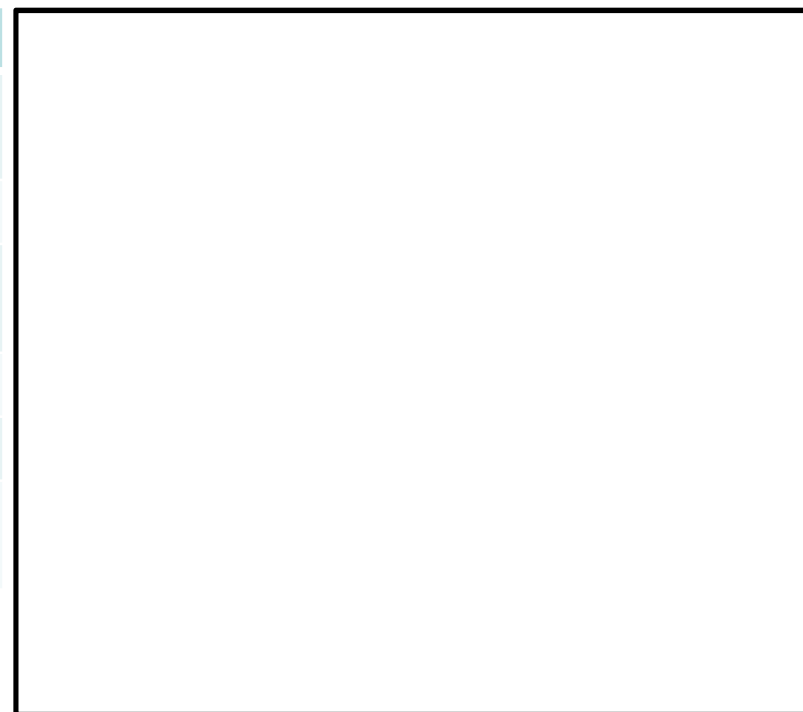
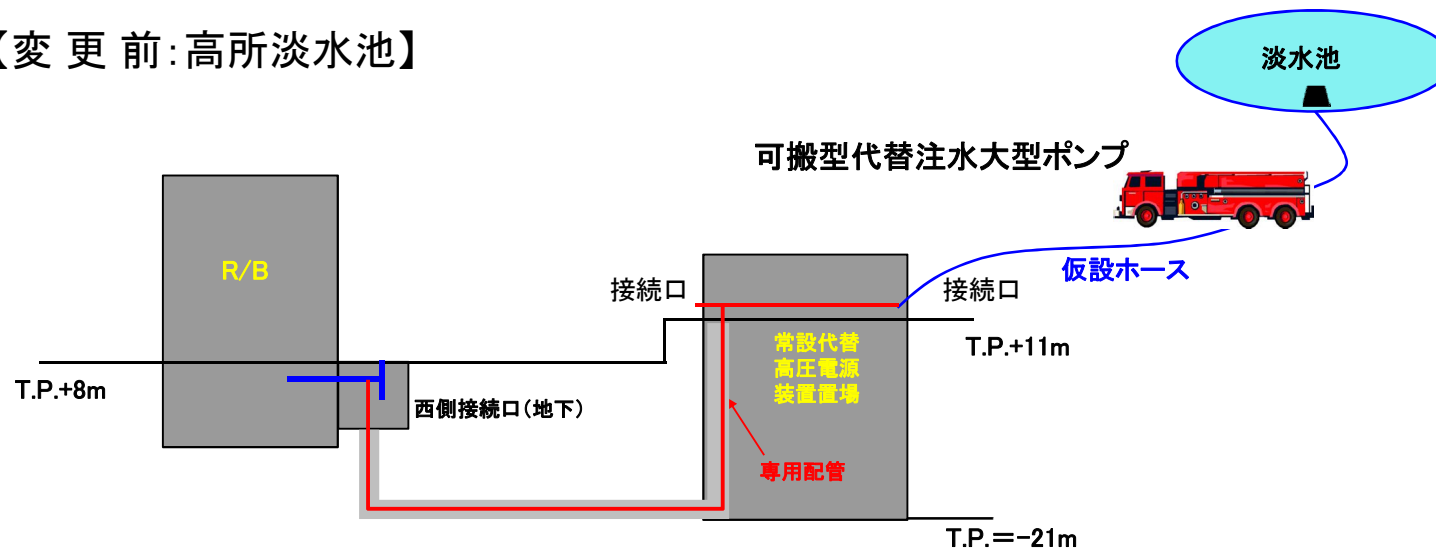


図1 水源位置の変更

- 西側淡水貯水設備を鉄筋コンクリート構造とすることで、Ss機能維持を確保する。
- 敷地遡上津波の影響を受けない箇所により多くの容量を確保する。

2. 指摘事項の回答(No.91) (別紙 水源変更及び屋外アクセスルート設定変更について)

【変更前:高所淡水池】



【変更後:西側淡水貯水設備(地下)】

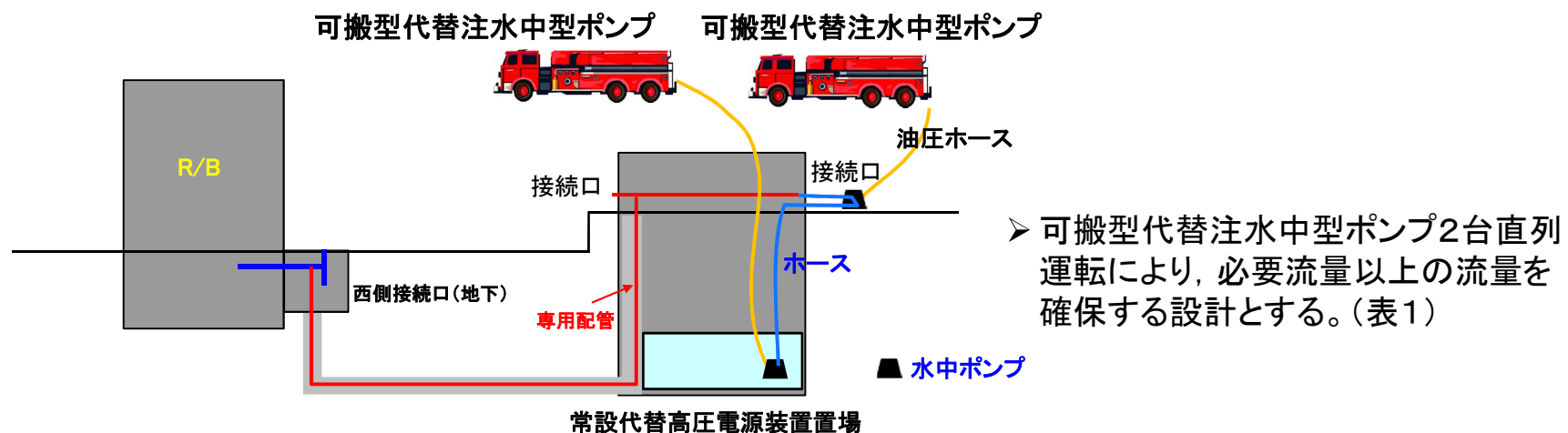


図2 原子炉への送水時の系統構成概要

2. 指摘事項の回答(No.91) (別紙 水源変更及び屋外アクセスルート設定変更について)

表1 有効性評価における事象進展ごとの可搬型代替注水大型ポンプによる注水先の組み合わせ
全交流動力電源喪失(24時間継続)時の可搬型代替注水大型ポンプ(高所接続口)を使用する場合

	47条/1.4	49条/1.6	51条/1.8	53条/1.10	54条/1.11	
	原子炉	格納容器	(ドライウエル部) ペデスタル	格納容器頂部	使用済燃料 プール	備考
原子炉減圧・低圧注水移行段階	≤110m ³ /h	—	—	—	—	・QH特性に従った注水 ・原子炉水位回復後は崩壊熱除去相当の注水量で可 (解析上は注水量一定で注水開始/停止操作実施)
格納容器スプレイ段階	50m ³ /h	130m ³ /h	—	—	—	・原子炉注水は崩壊熱除去相当の注水量で可(解析上は注水量一定で注水開始/停止操作実施) ・格納容器スプレイは格納容器圧力に応じてスプレイ開始/停止操作
使用済燃料プール冷却復旧操作段階	50m ³ /h	130m ³ /h	—	—	16m ³ /h	・有効性評価の解析条件ではないが、使用済燃料プールの冷却機能復旧操作を同時に行うことを想定し、設定したケース ・使用済燃料プールが100℃到達まで1日以上余裕があるため、原子炉水位及び格納容器圧力制御が安定した状態で実施することを想定

最も容量が大きいケースとして圧損評価を実施。

対象事象: 津波による注水機能喪失

SA設備 47条(原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備) 補足説明資料 47-6容量設定根拠より

圧損評価の結果、以下のとおり圧損の合計約140mは、可搬型代替注水中型ポンプの全揚程約200m(2台直列運転時)を下回っていることから、必要流量が確保できる。

注水先 (RPV) 圧力	約 46.1m
静水頭	約 24.1m
ホース圧損	約 12.0m
配管及び弁類圧損	約 27.0m
水中ポンプ間距離	約 30.0m
合計	約 139.2m ≒140m

注水先 (PCV) 圧力	約 31.8m
静水頭	約 8.7m
ホース圧損	約 12.0m
配管及び弁類圧損	約 56.7m
水中ポンプ間距離	約 30.0m
合計	約 139.2m ≒140m

注水先 (SFP) 圧力	約 0.0m
静水頭	約 35.4m
ホース圧損	約 12.0m
配管及び弁類圧損	約 61.8m
水中ポンプ間距離	約 30.0m
合計	約 139.2m ≒140m

- ・圧損評価は、高所接続口のうち配管敷設が長い高所西側接続口及び可搬型代替注水中型ポンプ用のホース敷設が長いケースで実施。
- ・必要流量になるように流量調整弁の開度(圧損)を調整する。同時注水のケースであるため、3箇所の注水先とも同じ圧損になる。

SA設備 補足説明資料47-6、49-6、54-6より

2. 指摘事項の回答(No.91) (別紙 水源変更及び屋外アクセスルート設定変更について)

2. アクセスルートの変更

(1) 水源の変更及び地震時に敷地北側の車両通行を想定しないルートの反映

- 水源の変更(変更点①)及び地震時に敷地北側の車両通行影響を受けるルート(変更点②)を考慮し, 原子炉建屋南側の東西ルートについて車両通行性を確保しアクセス性を向上(変更点③)

変更前

変更後(今回)

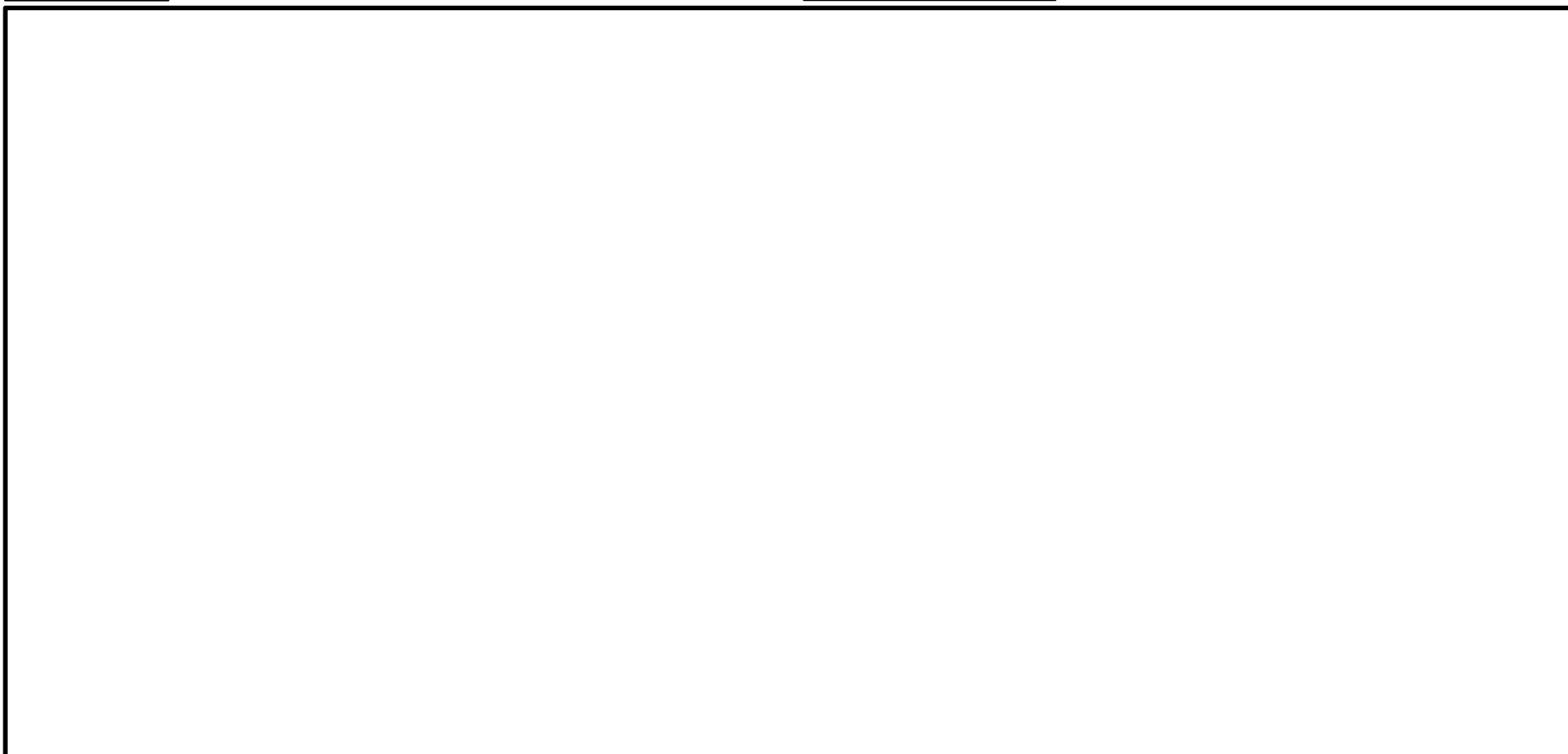


図3 屋外アクセスルートの変更

2. 指摘事項の回答(No.91) (別紙 水源変更及び屋外アクセスルート設定変更について)

(2) アクセスルート設定変更に係る評価

- 被害想定結果を踏まえた地震時におけるアクセスルートの考え方について以下のとおり整理し、変更前後で影響のないことを確認した。
- 次頁以降に変更前後のアクセスルート及び時間評価を示す。(図4～図8, 表1)

アクセスルート 設定の考え方	アクセスルート設定(変更前)		アクセスルート設定(変更後)		評価(変更後ルート)
	水源	接続先	水源	接続先	
基準地震動 S_s の影響を受けないアクセスルートを少なくとも1ルート設定	・ 代替淡水貯槽	・ 西側接続口	同左		・ 水源変更により、接続先までのホース敷設距離短縮(B'ルート) ・ 送水準備(地下までのポンプ投入等)時間は増加するが、ホース敷設時間が大きく短縮されるため、時間成立性に影響なし(B'ルート)
	(Aルート)		(Aルート)		
	・ 高所淡水池	・ 高所東側接続口 ・ 高所西側接続口	・ 西側淡水貯水設備(地下)	・ 高所東側接続口 ・ 高所西側接続口	
	(Bルート)		(B'ルート)		
敷地遡上津波の影響を受けないアクセスルートを少なくとも1ルート設定	Bルートに同じ		B'ルートに同じ		同上
重機による復旧が可能なルート又は人力によるホースもしくはケーブルの敷設が可能なルートを設定	・ 代替淡水貯槽	・ 東側接続口 ・ 西側接続口	同左		・ 水源変更により、基準地震動 S_s 及び敷地遡上津波の影響を受けないアクセスルートで対応可能(B'ルート) ・ 屋内開閉所がれき撤去及び11m盤の崩壊土砂の考慮が不要(C'ルート) ・ 原子炉建屋南ルートを車両が東西に通行可能となり水源、接続先へのアクセス性が向上(D'ルート) ・ 送水先まで基準地震動 S_s の影響を受けないルートで対応可能(G'ルート) ・ 水源変更により、接続先までのホース敷設距離短縮(H'ルート)
	(Cルート, Dルート)		(C'ルート, D'ルート)		
	・ 北側淡水池	・ 西側接続口 ・ 東側接続口	・ 西側淡水貯水設備(地下)	・ 高所東側接続口 ・ 高所西側接続口	
	(Eルート, Fルート)		(B'ルート)		
	・ 北側淡水池	・ 代替淡水貯槽	・ 西側淡水貯水設備(地下)	・ 代替淡水貯槽	
	(Gルート, Hルート)		(G'ルート, H'ルート)		
	・ 高所淡水池	・ 代替淡水貯槽	(G'ルート, H'ルートに統合)		
	(Iルート)				

2. 指摘事項の回答(No.91) (別紙 水源変更及び屋外アクセスルート設定変更について)

変更前	変更後(今回)

図4 ルート変更比較①

➤ 基準地震動 S_s の影響を受けないルート, 敷地遡上津波の影響を受けないルート

ルート	アクセスルート設定(変更前)		アクセスルート設定(変更後)		評価(変更後ルート)
原子炉への注水ルート	水源	接続口	水源	接続口	・ 基準地震動 S_s の影響を受けないルート (変更なし)
	・ 代替淡水貯槽	・ 西側接続口	同左		
	(Aルート: 西ルート)		(Aルート: 西ルート)		
	・ 高所淡水池	・ 高所東側接続口 ・ 高所西側接続口	・ 西側淡水貯水設備(地下)	・ 高所東側接続口 ・ 高所西側接続口	・ 敷地遡上津波の影響を受けないルート (変更なし) ・ ホース敷設距離の短縮
	(Bルート: 高所ルート)		(B'ルート: 高所ルート)		

2. 指摘事項の回答(No.91) (別紙 水源変更及び屋外アクセスルート設定変更について)

変更前	変更後(今回)

図5 ルート変更比較②

➤ 重機による復旧が可能なルート又は人力によるホースもしくはケーブルの敷設が可能なルート

ルート	アクセスルート設定(変更前)		アクセスルート設定(変更後)		評価(変更後ルート)
原子炉への注水ルート	水源	接続口	水源	接続口	• 屋外開閉所のがれき撤去が不要 • 11m盤崩壊土砂考慮不要
	• 代替淡水貯槽	• 西側接続口	同左		
	(Cルート:8m盤周回ルート)		(C'ルート:南ルート)		
	• 代替淡水貯槽	• 東側接続口	同左		• 原子炉建屋前ルートが東西にアクセス可能となったことより、ホース展張車の移動距離が短縮
	(Dルート:西, 南ルート)		(D'ルート:西, 中央ルート)		

2. 指摘事項の回答(No.91) (別紙 水源変更及び屋外アクセスルート設定変更について)

変更前	変更後(今回)

図6 ルート変更比較③

➤ 敷地遡上津波の影響を受けないルート(変更前は重機による復旧が可能なルート又は人力によるホースもしくはケーブルの敷設が可能なルート)

ルート	アクセスルート設定(変更前)		アクセスルート設定(変更後)		評価(変更後ルート)
原子炉への注水ルート	水源	接続口	水源	接続口	• 水源変更により, 基準地震動 S_g 及び敷地遡上津波の影響を受けないアクセスルートで対応可能
	• 北側淡水池	• 西側接続口	• 西側淡水貯水設備(地下)	• 高所西側接続口	
	(Eルート: 北回りルート)		(B'ルート)		
	• 代替淡水貯槽	• 東側接続口	• 西側淡水貯水設備(地下)	• 高所東側接続口	
	(Fルート: 北回りルート)		(B'ルート)		

2. 指摘事項の回答(No.91) (別紙 水源変更及び屋外アクセスルート設定変更について)

変更前	変更後(今回)

図7 ルート変更比較④

➤ 重機による復旧が可能なルート又は人力によるホースもしくはケーブルの敷設が可能なルート

ルート	アクセスルート設定(変更前)		アクセスルート設定(変更後)		評価(変更後ルート)
水源補給ルート	水源	送水先	水源	送水先	• 送水先まで基準地震動 S_s の影響を受けないルートで対応可能
	• 北側淡水池	• 代替淡水貯槽	• 西側淡水貯水設備(地下)	• 代替淡水貯槽	
	(Gルート:北回りルート)		(G'ルート:西ルート)		
	• 北側淡水池	• 代替淡水貯槽	同左		• 水源変更により, 送水先までのホース敷設距離短縮
	(Hルート:南回りルート)		(H'ルート:南回り, 中央ルート)		

2. 指摘事項の回答(No.91) (別紙 水源変更及び屋外アクセスルート設定変更について)

変更前	変更後(今回)

図8 ルート変更比較⑤

➤ 重機による復旧が可能なルート又は人力によるホースもしくはケーブルの敷設が可能なルート

ルート	アクセスルート設定(変更前)		評価(変更後ルート)
水源補給ルート	水源	送水先	・ G'ルート, H'ルートに統合
	・ 高所淡水池	・ 代替淡水貯槽	
	(Iルート: 西ルート)		

2. 指摘事項の回答(No.91) (別紙 水源変更及び屋外アクセスルート設定変更について)

(3) 屋外作業の成立性

- 屋外作業の成立性を以下に示す。
- 有効性評価における時間成立性について影響のないことを確認した。

表1 屋外作業の成立性評価結果比較

変更前								変更後(今回)							
作業名		評価 ルート	アクセスルート 復旧時間 ①	作業時間 ②	有効性評価 での作業 完了時間	評価結果 ①+②		作業名		評価 ルート	アクセスルート 復旧時間 ①	作業時間 ②	有効性評価 での作業 完了時間	評価結果 ①+②	
地震時	可搬型代替注水大型ポンプを用いた低圧代替注水系(可搬型)の起動準備操作(南側保管場所～代替淡水貯槽～西側接続口)	Aルート	0分	165分	3時間	165分	○	可搬型代替注水大型ポンプを用いた低圧代替注水系(可搬型)の起動準備操作(南側保管場所～代替淡水貯槽～西側接続口)	Aルート		0分	165分	3時間	165分	○
	可搬型代替注水大型ポンプによる水源補給操作(南側保管場所～北側淡水池～代替淡水貯槽)	Gルート	60分	160分	6.6時間	220分	○	可搬型代替注水中型ポンプによる水源補給操作(南側保管場所～西側淡水貯水設備(地下)～代替淡水貯槽)	Gルート		0分	195分	5.2時間	195分	○
	タンクローリによる燃料補給準備(南側保管場所～可搬型代替注水大型ポンプ設置場所)	—	0分	90分	4.5時間	210分	○	タンクローリによる燃料補給準備(南側保管場所～可搬型代替注水大型ポンプ設置場所)	—		0分	90分	4.5時間	210分	○
敷地遡上津波時	可搬型代替注水大型ポンプを用いた低圧代替注水系(可搬型)の起動準備操作(南側保管場所～高所淡水池～高所西側接続口)	Bルート	0分	160分	3時間	160分	○	敷地遡上津波時 可搬型代替注水中型ポンプを用いた低圧代替注水系(可搬型)の起動準備操作(南側保管場所～西側淡水貯水設備(地下)～高所西側接続口)	Bルート		0分	160分	3時間	160分	○

2. 指摘事項の回答(No.91) (別紙 水源変更及び屋外アクセスルート設定変更について)

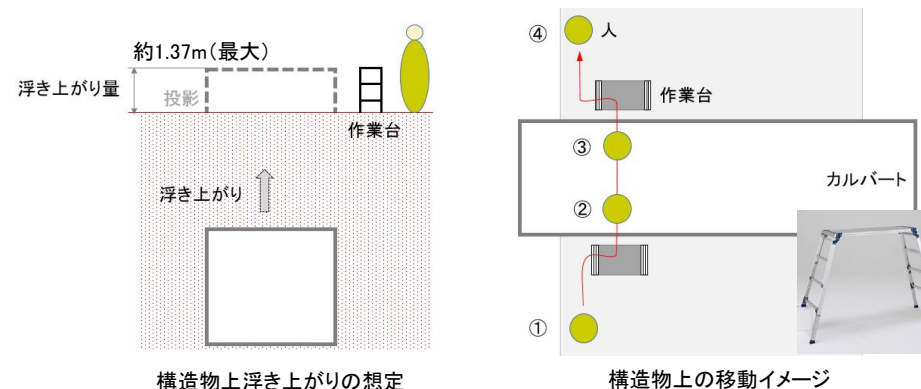
(4) 人力による汚濁防止膜運搬作業について

人力による運搬時間を考慮しても、原子炉建屋への放水準備が完了するまでに汚濁防止膜の設置が可能であることを以下のとおり確認

- 人力により設置する汚濁防止膜は、放水路6枚(重量約22kg/枚)
- 重大事故等対応要員は2人1組で汚濁防止膜を運搬し、作業台を設置することにより構造物上を移動
- 人力運搬に要する作業時間は約177分
- ルート上の被害や対応要員の移動に係る不確かさを考慮し、徒歩移動及び作業台昇降に要する時間を1.5倍と想定
- 上記の保守性を考慮しても、技術的能力で想定する放水準備完了時間(作業開始判断後約215分)までに汚濁防止膜を運搬し、設置することが可能

汚濁防止膜の運搬に係る作業時間

作業内容	作業時間	保守的な想定時間	作業時間の考え方等
① 出動準備	30分※1	同左	※1 技術的能力で想定する作業時間 ※2 取水管路手前までの車両移動と雨水排水路集水枡への汚濁防止膜設置作業 ※3 380m×5回(2.5往復)÷4km/h ※4 作業時間の1.5倍 ※5 4分/箇所×6箇所 1箇所当たりの作業時間は作業台昇降(5段×2秒/段×2回×5名)と汚濁防止膜の上げ下ろし(10秒/1枚×6枚×2回)に要する時間 ※6 ※3と※5は5分単位で切り上げ
② 車両移動等※2	32分※1	同左	
③ 徒歩移動	30分※3	45分※4	
④ 作業台昇降等	25分※5	38分※4	
⑤ 汚濁防止膜設置	60分※1	同左	
合計時間	177分	205分	



➤ 水源変更及びアクセスルート設定変更に伴う各資料への反映内容は以下の通り。

No,	項 目	反映内容	備 考
1	有効性評価	- 概略系統図 - タイムチャート - 資源評価等	- 時間成立性に影響なし - 可搬型代替注水中型ポンプ2台の燃料消費量は可搬型代替注水大型ポンプ1台の燃料消費量より少なく、資源評価も影響なし
2	大規模損壊	大規模損壊で想定するルート、タイムチャート等	- ルート短縮により対応時間に影響なし - シルトフェンスは人力にて運搬するが放水開始までに設置可能
3	第56条, 技術的能力1.13 重大事故等の収束に必要な 水の供給設備, 手順等	- 西側淡水貯水設備(地下)の仕様 - 系統概要図 - タイムチャート - 可搬型代替注水中型ポンプの送水手順等	—
4	SA逐条, 技術的能力 (上記以外)	- タイムチャート - 可搬型代替注水中型ポンプの注水手順等	—
5	DB逐条	敷地図等	—