

再処理施設 廃棄物管理施設 MOX燃料加工施設

設工認申請に係る対応状況

令和3年8月19日



目次

- 1. 論点に対する説明状況**
- 2. 設工認申請に係る対応状況（全般事項）**
- 3. 技術的内容に係る説明（耐震：建物・構築物）**

1. 論点に対する説明状況

1. 1 論点に対する説明状況：共通事項

【共通事項】

主な説明項目		進捗状況	
		説明すべき事項	対応状況
①	共通	申請対象設備の明確化	<p>系統、設備の重要度、系統、設備の安全機能を踏まえて、申請対象設備の明確化を行う。明確化にあたっては、安全機能を達成するために必要な機器を設計図面の色塗り等により確実に抽出し、仕様表対象設備を分類する。具体的な抽出方法等については、設工認作成要領、設備選定ガイドに反映し、実施内容の統一化を図る。</p> <p style="text-align: center;">追而</p>
②		分割申請計画の考え方	<p>法律上の申請区分、事業許可との整合性説明、技術基準への適合性説明ができるよう、申請書の記載事項を明確にする。設工認記載事項は、先行の発電炉の内容も参照しながら検討する。また、分割申請において複数の申請書に跨って技術基準適合を説明する事項等について分割申請でのパッケージ構成の考え方を明確にする。設工認の申請にあたっては、類型化により申請書の合理化及び効率化を図る。</p> <p style="text-align: center;">追而</p>
③		使用前事業者検査	<ul style="list-style-type: none"> アクティブ試験等の影響によってアクセス性の観点から検査実施に支障が生じる設備の検査成立性を示す。 ガラス溶融炉の機能・性能検査に伴う試験使用の対象となる範囲等を示す。 既設設備に対する腐食を考慮する容器等の検査の判定基準を示す。 <p> <ul style="list-style-type: none"> アクティブ試験等の影響によってアクセス困難な設備に対する検査の成立性について、全ての機器等の調査を完了し、検査が成立することを確認：説明済（7/26審査会合） ガラス溶融炉の機能・性能検査内容及び試験使用範囲：説明済（6/28審査会合） 既設設備に対する腐食を考慮する容器等の検査の判定基準：説明済（6/28審査会合） </p>

1. 2 論点に対する説明状況：地震による損傷の防止(1/4)

【個別事項：耐震（建物・構築物）】

主な説明項目		進捗状況	
		説明すべき事項	対応状況
①	耐震 (建物・構築物)	<p>地震応答解析に用いる地盤モデルの設定</p> <p>設計用地盤モデルについて以下の確認を実施する。</p> <p>a.設計用地盤モデルの設定の考え方が適切であることについて、設計用地盤モデルの設定に用いるデータの選定や物性値の算定方法の考え方の妥当性を示すことにより確認する。</p> <p>b.設計用地盤モデルによる地震波の伝播特性が適切に設定されていることについて、地震観測記録を用いたシミュレーション解析により確認する。</p> <p>c.建物・構築物の直下PS検層データにおいて、その速度構造が設計用地盤モデルにおいて考慮している地盤物性のばらつき幅を超えるデータが得られていることについて、建物・構築物の直下PS検層データを用いた耐震評価を行い、施設の耐震性に影響が無いことの確認を行う。</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">追而</div>

1. 2 論点に対する説明状況：地震による損傷の防止(2/4)

【個別事項：耐震（建物・構築物）】

主な説明項目			進捗状況	
			説明すべき事項	対応状況
②	耐震 (建物・構築物)	埋込み効果の考慮	<ul style="list-style-type: none"> 既設工認からのモデルの変更点として埋め込み効果を考慮することとし、側面地盤ばねの設定に関する考え方について整理 	<ul style="list-style-type: none"> 3/15審査会合にて説明済
③		隣接建屋の影響	<p>隣接建屋の影響を考慮せず、各建物・構築物毎に独立して構築した解析モデルを用いても耐震安全性評価において安全上支障がないこと</p> <ul style="list-style-type: none"> 3次元地盤FEMモデルを用いて、建屋の配置状況を反映した地震応答解析の結果、建屋単独モデルの応答に対し増幅が見られるなど、隣接建屋の影響がみられる場合は、耐震評価に与える影響を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 6/28審査会合にて説明済

1. 2 論点に対する説明状況：地震による損傷の防止(3/4)

【個別事項：耐震（建物・構築物）】

主な説明項目		進捗状況	
		説明すべき事項	対応状況
④	耐震（建物・構築物） 建物・構築物の設計用地下水位の設定	<p>建物・構築物の耐震評価において、設定している設計用地下水位が適切であること。</p> <p>a. 地下水排水設備に囲まれている建物・構築物、囲まれていない建物・構築物、それぞれに対する設計用地下水位の設定の考え方</p>	<ul style="list-style-type: none"> 説明すべき事項に関連する以下の整理・評価を実施 a. 設計用地下水位は、地下水排水設備に囲まれている建物・構築物の地下水位の低下を考慮し基礎スラブ上端以下の設定とし、外側に配置する建物・構築物は保守的に地表面に設定とした。 ⇒説明済（6/28会合）
		<p>b. 地下水排水設備に囲まれている建物・構築物において、設計用地下水位を基礎スラブ上端以下に維持することを前提として、建物・構築物の耐震評価を行うことから、以下の事項について説明を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 地下水排水設備の設工認における位置づけ 地下水排水設備の要求機能の維持に係る設計（耐震・電源他）の考え方 	<ul style="list-style-type: none"> b. 地下水排水設備について、以下の通り位置づけを明確にした。 地下水排水設備の要求事項に基づき、基本設計方針、設工認申請上の取扱いについて整理した。 地震時及び地震後において設計用地下水位を維持することを前提とする建物に設置する地下水排水設備（集水管、ポンプ等）について基準地震動Ssに対して機能維持する設計とする。 外部電源喪失時への考慮として、非常用電源設備または基準地震動Ssに対し機能維持が可能な発電機に接続する。 ⇒説明済（6/28会合）
		<p>c. 地下水排水設備の外側に設置される建物・構築物に対する液状化の施設への影響を網羅的に整理し、その影響に対して施設の周辺状況に応じて体系的な評価フロー・方針を示す。</p>	<ul style="list-style-type: none"> c. 地下水排水設備の外側に設置される建物・構築物に対する液状化の施設への影響を網羅的に整理し、その影響に対して施設の周辺状況に応じて体系的な評価フロー・方針を示した ⇒説明済（6/28会合）
		追而	
⑤	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ	<ul style="list-style-type: none"> 設備の形状等に基づく水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のある部位の抽出及び評価方針 	<ul style="list-style-type: none"> 3/15審査会合にて説明済

1. 2 論点に対する説明状況：地震による損傷の防止(4/4)

【個別事項：耐震（機器・配管系）】

主な説明項目		進捗状況		
		説明すべき事項	対応状況	
①	耐震 (機器・配管系)	「S sの床応答曲線の加速度を係数倍した評価用床応答曲線 S d」と「弾性設計用地震動 S dから作成した床応答曲線 S d」について	<ul style="list-style-type: none"> 弾性設計用地震動Sdの評価に用いる床応答曲線は、許可との整合性の観点から先行発電プラント同様に弾性設計用地震動Sdにより評価 	<ul style="list-style-type: none"> 3/15審査会合にて説明済
②		耐震評価対象の網羅性、既設工認との手法の相違点の整理について	<ul style="list-style-type: none"> 網羅性に対して抜けが無いことの確認として、以下4つの観点から、説明する評価項目に抜けが無いことを確認 (1) 事業許可との整合性 (2) 既設工認からの変更点 (3) 新規基準における追加要求事項 (4) その他先行発電プラントの審査実績 	<ul style="list-style-type: none"> 3/15審査会合にて説明済
③		機器・配管系の類型化に対する分類の考え方について	<ul style="list-style-type: none"> 評価方法、説明方法の類型化について設備の特徴、評価手法により分類し、さらに説明の効率化として類似した分類ごとに説明を行い、分類ごとの代表設備の考え方を説明 	<ul style="list-style-type: none"> 4/13審査会合にて説明済 (ただし、全体の類型化及び代表設備の考え方については、共通側で今後対応する)
④		水平2方向の組合せに関する設備の抽出及び考え方について	<ul style="list-style-type: none"> ○水平2方向影響確認の考え方について <ul style="list-style-type: none"> 水平2方向影響に対する影響確認実施内容及び設備形状に応じた影響有無に対する考え方 ○水平2方向の設備分類と類型化分類との関係について <ul style="list-style-type: none"> 類型化における分類と水平2方向の設備分類との関係性の整理結果 	<ul style="list-style-type: none"> 6/28審査会合にて説明済

1. 3 論点に対する説明状況：外部衝撃による損傷の防止

【個別事項：外部衝撃による損傷の防止】

主な説明項目			進捗状況	
			説明すべき事項	対応状況
①	竜巻	飛来物防護ネットの健全性について	・防護ネットの構造及び評価の考え方	・6/28審査会合にて説明済
			・防護板の必要板厚を設定するBRL式の直径Dの設定の妥当性	・6/28審査会合にて説明済
②	竜巻・火山	荷重影響評価について	・許容限界の設定に関する妥当性 ・空気密度の設定の妥当性（竜巻のみ）	・3/15審査会合にて説明済
③	外部火災	航空機墜落火災対策について	・航空機墜落火災対策としての耐火被覆の妥当性	・6/28審査会合にて説明済

1. 4 論点に対する説明状況：各条文への展開

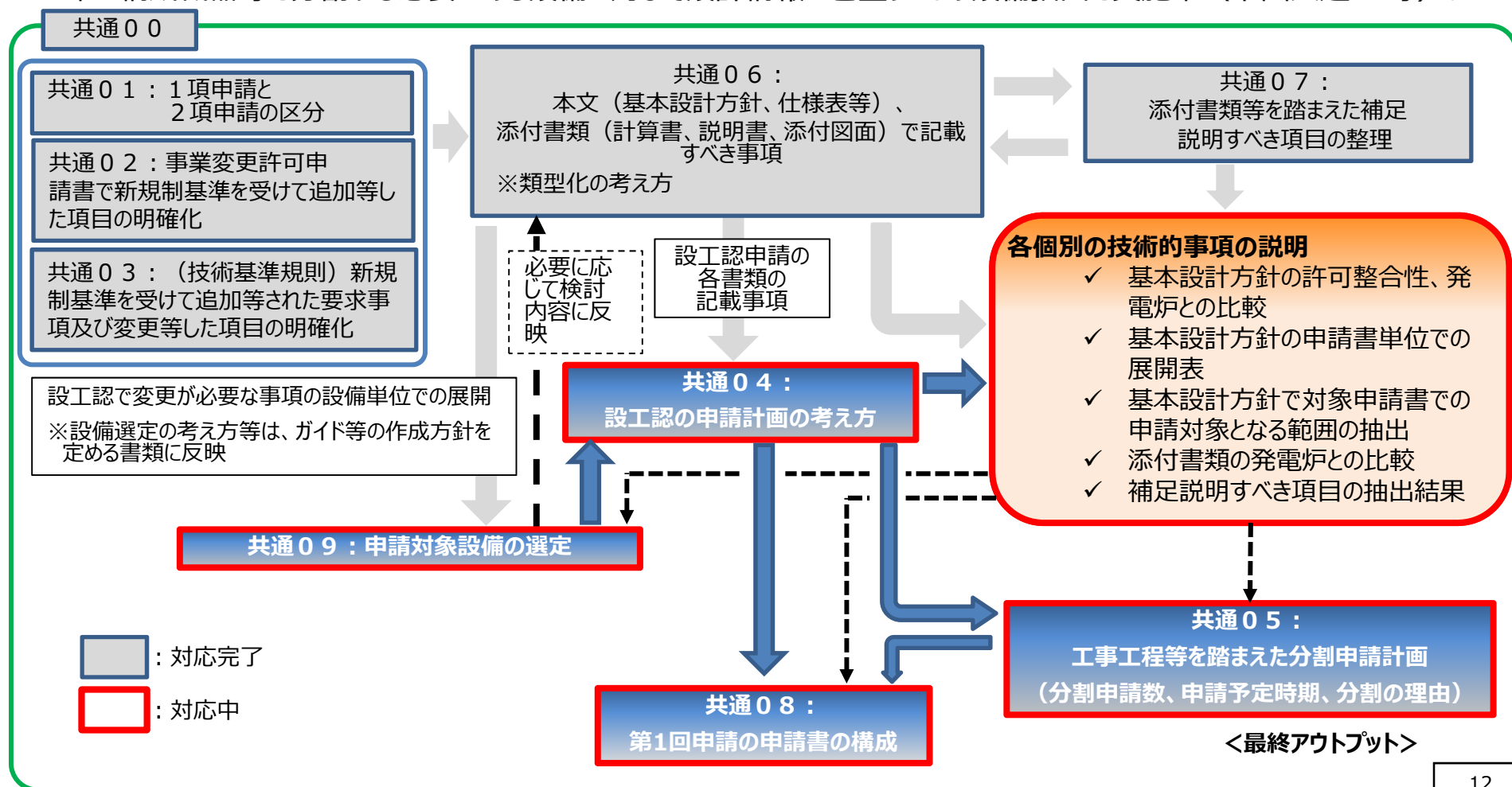
【個別事項：各条文】

主な説明項目			進捗状況	
			説明すべき事項	対応状況
①	各条文	共通事項の説明を踏まえた対応	•「分割申請計画の考え方」に基づき、基本設計方針の記載と添付書類及び補足説明資料への展開	追而

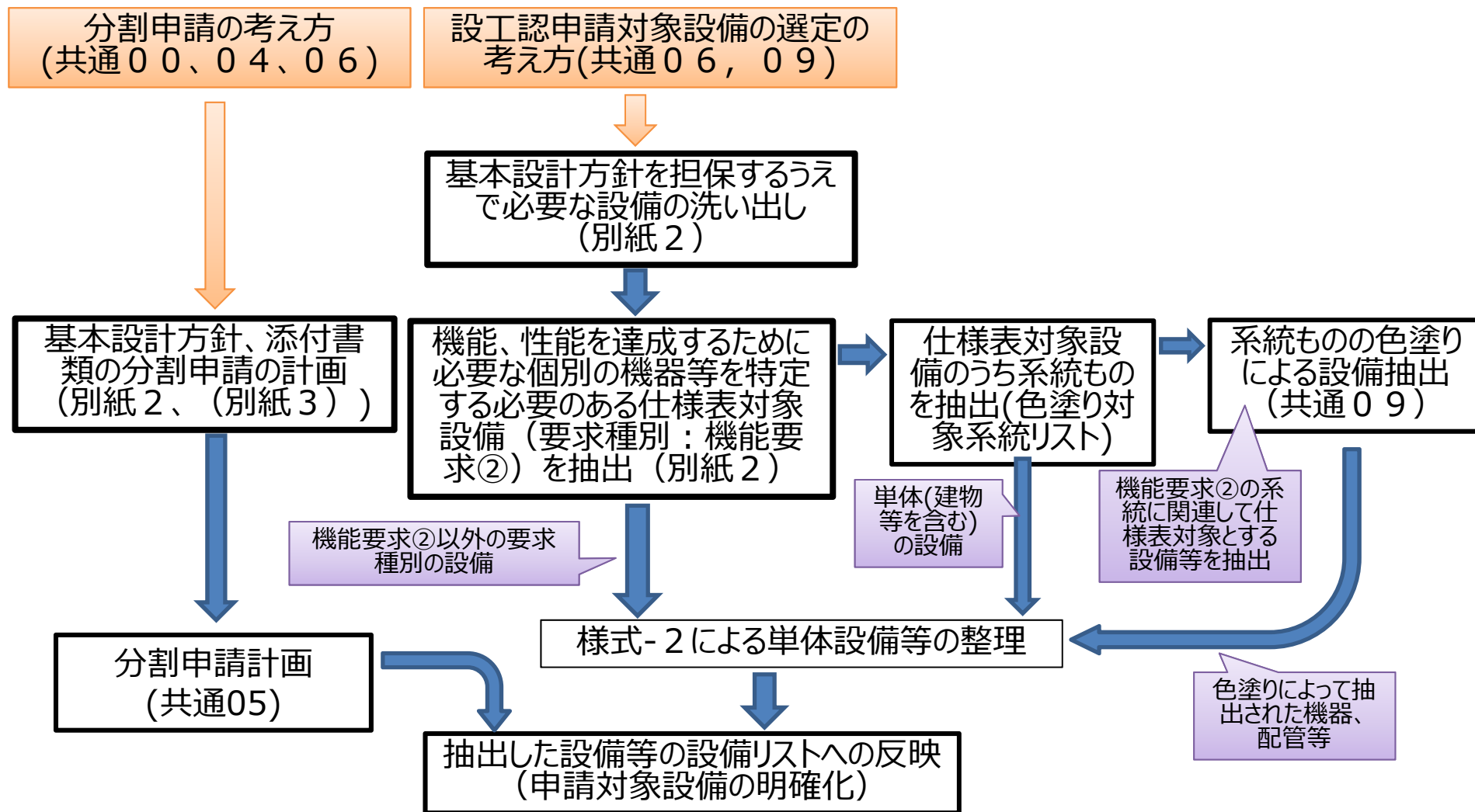
2. 設工認申請に係る対応状況（全般事項）

2. 1 設工認申請にあたって整理すべき事項 共通的な補足説明資料において説明する事項

- 申請書に記載すべき事項、効率的な申請等を考慮した分割申請の考え方を踏まえて、基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較、基本設計方針の申請書単位での展開表などを条文ごとに展開(下図共通08へ反映)。
- 再処理、廃棄物管理、MOX燃料加工施設に係る設工認申請の分割申請の全体像、各条文ごとの基本設計方針の申請書単位での展開表をもとに分割申請計画を策定(下図共通05へ反映)。
- 申請対象設備の選定については、基本設計方針の要求事項との関係を踏まえて申請対象設備の全体像を整理し、その中の構成機器等を分割する必要のある設備に対して設計情報の色塗りにより設備抽出を実施中(下図共通09等)。



2. 1 設工認申請にあたって整理すべき事項 共通的な補足説明資料において説明する事項



2. 2 申請対象設備選定のこれまでの対応

根拠を明確にし、抜け漏れがなく申請対象設備選定を以下のとおり実施。

【仕組み作り】

- 許可整合および技術基準適合、さらには先行炉も参考に基本設計方針を策定(共通06)
- 基本設計方針に記載している設備の要求種別に着目し、申請対象設備を抽出(共通09)
- 申請対象設備のうち系統設備は、選定の手引きを用い設計図書の色塗りにより仕様表対設備を抽出。色塗りにあたっては、選定ガイドに基づき画一的に作業を実施

【作業管理：考え方を統一するための活動】

- 作業実績に基づく検討結果、懸案等の共有
 - ✓ 類似設備の選定結果の相違を、関係者で協議し横並び調整
 - ✓ 選定ガイド等の解釈を関係者で共有し、考え方を統一
- 再処理事業部と燃料製造事業部との連携の強化
 - ✓ 事業部間の共同作業により、基本設計方針、要求種別等の事業部間整合確認
- 基本設計方針に基づき抽出した設備について分野別責任者（条文）、設計主管部署および許認可業務課の有識者によるレビューの実施
 - ✓ 設備、設工認に精通したメンバー間で相互確認し、申請対象設備の抜け漏れ防止

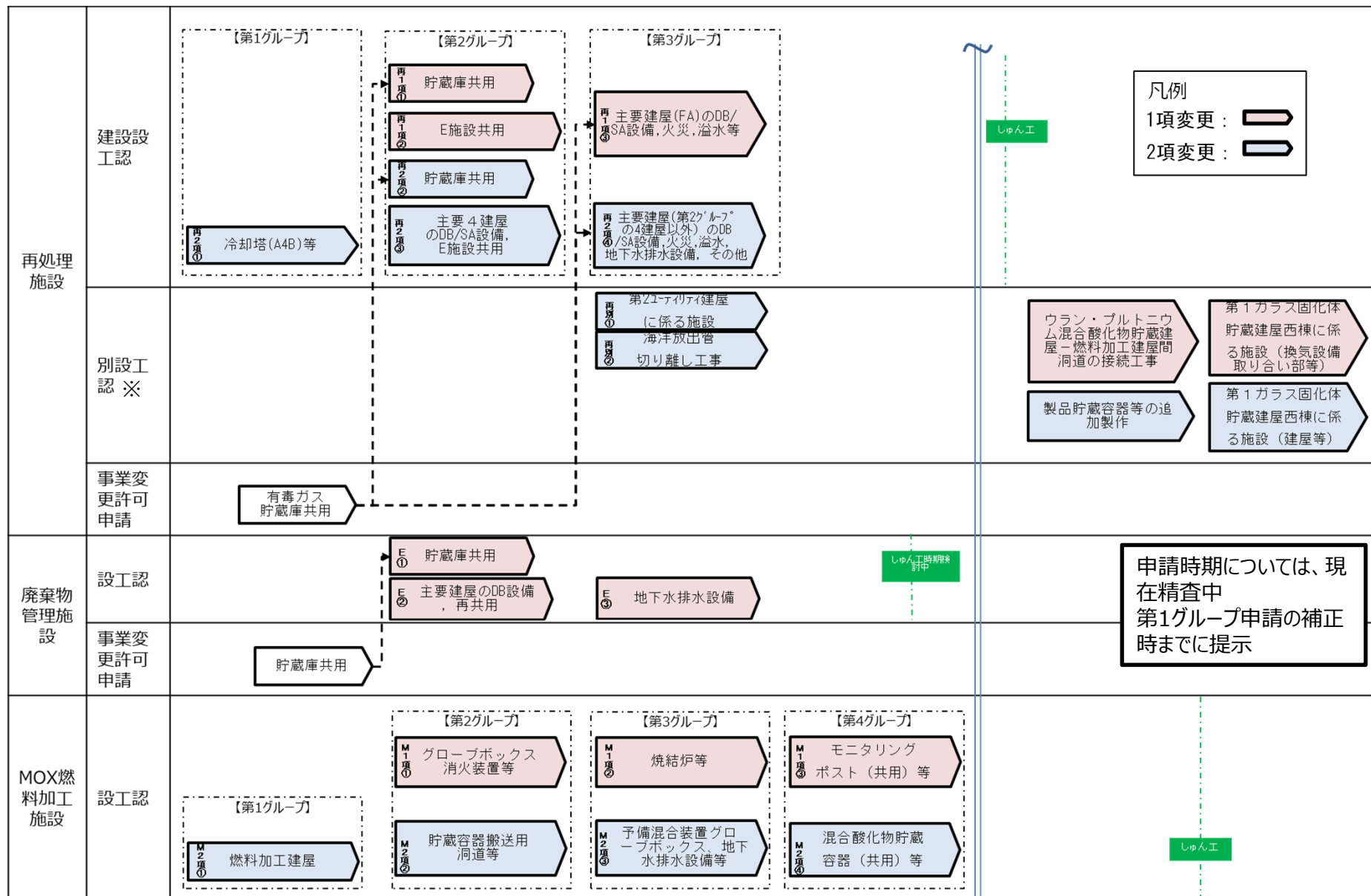
2. 3 分割申請計画の考え方

- 新規制基準を受けた事業変更許可申請に基づく設工認は、再処理施設、MOX燃料加工施設は、設備数が多いこと、建設工程、設計進捗を踏まえ、分割して申請
再処理施設：3グループ／MOX燃料加工施設：4グループ
- 分割する各申請書で技術基準適合性が説明可能なことが前提
技術基準規則の各条文への展開として作成するとした補足説明資料で分割申請の成立性を確認
→別紙2：基本設計方針ごとに要求種別及び各申請書で対象となる申請対象設備を明確化
→別紙3：各申請書の申請内容を明確化
- また、別紙2で要求種別が機能要求②に該当する系統、設備で系統によって機能を達成するものに対して、構成する機器、対象となる配管の範囲等を共通09の設備抽出で明確化
- 一つの系統、設備（申請対象設備）が複数の申請書に跨って申請される場合
→共通04の考え方に基づき添付書類での示し方を別紙3で明確化
→各申請書で対象となる設備や技術基準適合性を説明する対象条文、説明方針を整理
- 再処理施設の新規制基準で変更された要求事項に対して設工認申請する場合
→別紙2で基本設計方針ごとに変更事項に該当するか確認（申請対象範囲の明確化）
- 再処理施設の機能要求に係る部分に変更がなく、評価要求に係る部分のみが申請対象となる場合
→共通04の考え方に基づき添付書類での示し方を別紙3で明確化
→共通09の設備抽出において、申請書ごとの配管等の範囲を明確化



これらを踏まえた分割申請計画を策定

2. 3 分割申請計画



※建設工認とは別に認可を得ている設工認

これまでの対応における問題点と改善策

これまでの問題点

- 申請内容に対する技術的論点の抽出と整理が不十分
- 技術的論点に関する科学的根拠、合理性に係る検討が不十分
- 結果として、審査会合、事実確認（ヒアリング）における対応に不備

改善策

- 事業許可、技術基準、新規採用案件、先行炉との相違等の観点で、技術的論点を多角的視点から抽出できる体制の整備
 - ✓ 電力支援者をテーマごとに貼り付け、電力の知見を踏まえた論点の抽出と、電力支援者間の協調による部門横断的な課題の調整を実施できる体制の構築
 - ✓ 科学的合理性を含めた基本ロジックを策定した上で、具体的審査資料の説明を実施
- 科学的根拠に関わる検討に対して、電力支援者による組織的なレビューを実施することにより、技術的深掘りを実施
- 活動の結果得られたリスク、重要情報等を経営層にエスカレーションし、活動の評価が行える仕組みの構築

3. 技術的内容に係る説明（耐震：建物・構築物）

第1回設工認申請における耐震再評価結果

- ① 地震応答解析に用いる地盤モデルに係る再評価結果

① 地震応答解析に用いる地盤モデルに係る再評価結果 審査会合における指摘事項と対応方針

■ 審査会合における指摘事項と対応方針

No.	審査会合日	指摘事項	対応方針
1	2021.3.15	エリアごとの平均的な地盤物性値に基づく地盤モデルを用いる場合は、その妥当性の説明ロジックとして、その地盤モデルを入力地震動の評価に用いても安全上支障がないこと、設計用地震力の設定において施設への影響評価も含めて地盤のばらつきが適切に考慮されていることの観点で整理すること。	エリアごとの平均的な物性値に基づく地盤モデルに加え、各建物・構築物の直下PS検層データを用いた耐震評価を実施する方針とする。
2	2021.3.15	データの拡充にあたっては、各エリア内で得られた調査結果を詳細に示したうえで、地下構造が同様な速度構造であること、PS検層結果と地盤モデルのばらつき範囲の関係性、地表付近でPS検層結果のデータが得られていない部分の扱いについて説明すること。	各エリア内において速度構造が建屋位置ごとに相違していることから、各建物・構築物の直下PS検層データを用いた耐震評価を実施する方針とする。
3	2021.4.13	第1回申請対象施設である安全冷却水B冷却塔についても近傍データに基づき整理すること。また、他の建物・構築物に対しても第1回申請において示す基本的な方針との関係を踏まえて必要な説明をすること。	安全冷却水B冷却塔について、近傍のPS検層データを用いた耐震評価を実施する方針とする。
4	2021.4.13	直下もしくは近傍の直下PS検層データが複数得られている場合について、直下地盤モデルとしてばらつきを考慮するのか、ロジックを整理し根拠を明確にして説明すること。	直下PS検層データが複数得られている建物・構築物については、そのデータのばらつきを考慮した耐震評価を実施する方針とする。
5	2021.4.13	表層地盤を敷地全体のモデルとして扱い、そのデータのばらつきの影響評価について、地盤ばねの剛性を変化させた場合の検討として行うのであれば、 $\pm 1\sigma$ を超えるデータがあることに留意すること。	各建物・構築物の直下PS検層データによれば、速度構造設計用地盤モデルに考慮しているばらつき幅を超えるものがあることから、各建物・構築物の直下PS検層データを用いた耐震評価を実施する方針とする。
6	2021.4.13	Ssや1.2Ssの入力では支持地盤や建物・構築物の非線形が進む可能性を考慮し、その場合の影響も踏まえて施設への影響を確認すること。	直下PS検層データを用いた耐震評価にあたっては、支持地盤の非線形が進む場合を考慮する方針とする。
7	2021.5.25	直下PS検層データを用いた耐震評価を行う対象施設の選定方針について明確にすること。	地盤モデルを用いた地震応答解析を行う建物・構築物に対し、直下PS検層データの速度構造との比較を行った上で評価対象施設の選定を行う方針とする。
8	2021.5.25	直下地盤モデルを用いた評価方針については、今回設工認の基本方針に記載することで検討すること。	今回設工認への反映事項として、左記の方針の対応とすることで本資料に記載。
9	2021.5.25	直下地盤モデルを用いた評価結果の記載場所については、今後申請建屋の影響の大きさに応じて、耐震計算書の別添に限定せず、適切に記載箇所を検討すること。	
10	2021.6.28	直下地盤モデルを用いた耐震評価の設計への反映の考え方について再度検討すること。	今回設工認における入力地震動の算定に用いる地盤モデルの考え方及び第1回申請への反映の考え方について整理した。 (本日説明)

① 地震応答解析に用いる地盤モデルに係る再評価結果 本日の説明内容

R3.7.26
資料1
P18 加除修正

■本日の説明内容

- 今回設工認における入力地震動の算定に用いる地盤モデルの考え方について以下のとおり整理した。
- 今回設工認における建物・構築物への入力地震動の算定にあたっては、「地盤の実態を考慮した地盤モデル」を設定した上で、入力地震動の算定に用いる地盤モデルを決定することとする。

第1回申請施設
・燃料加工建屋
・安全冷却水B冷却塔
(基礎, 本体, 飛来物防護ネット)

: 各建物・構築物直下または近傍のPS検層結果に基づき、建物・構築物ごとの直下地盤の状況を考慮したモデル（以下、「1次元直下地盤モデル」）を入力地震動の算定に用いる地盤モデルとする。

第2回申請以降の施設

: 「地盤の実態を考慮した地盤モデル」として、「2次元地盤モデル」を設定した上で、入力地震動の算定に用いる1次元地盤モデルを決定する。

- 今回審査会合では、上記の考え方にに基づき、第1回申請施設の耐震評価を「1次元直下地盤モデル」を用いて再実施したことから、1次元直下地盤モデルの設定結果及び耐震評価結果を示すとともに、設工認申請書における扱いを示す。

① 地震応答解析に用いる地盤モデルに係る再評価結果

(1) 今回設工認における入力地震動の算定に用いる地盤モデルの考え方 (1/3)

■ 基本的な考え方

- ・ 今回設工認における耐震設計では、建屋の埋め込みを考慮するために表層地盤を考慮に加えている。また、基準地震動 S_s が新規制基準を踏まえて大きくなっており、特に表層地盤において非線形性が現れてくる等、設計条件が変化している。
- ・ このことから、今回設工認においては、上記の設計条件の変化を踏まえた上で、「地盤の実態を考慮した地盤モデル」を設定した上で、入力地震動の算定を行うこととする。
- ・ ここで、「地盤の実態を考慮した地盤モデル」については、建物・構築物への入力地震動を算定する上で、各建物・構築物直下の地盤の情報が重要となることから、各建物・構築物の直下又は近傍の地盤のデータを用いて作成する。

■ 第1回申請対象施設における地盤モデルの扱いについて

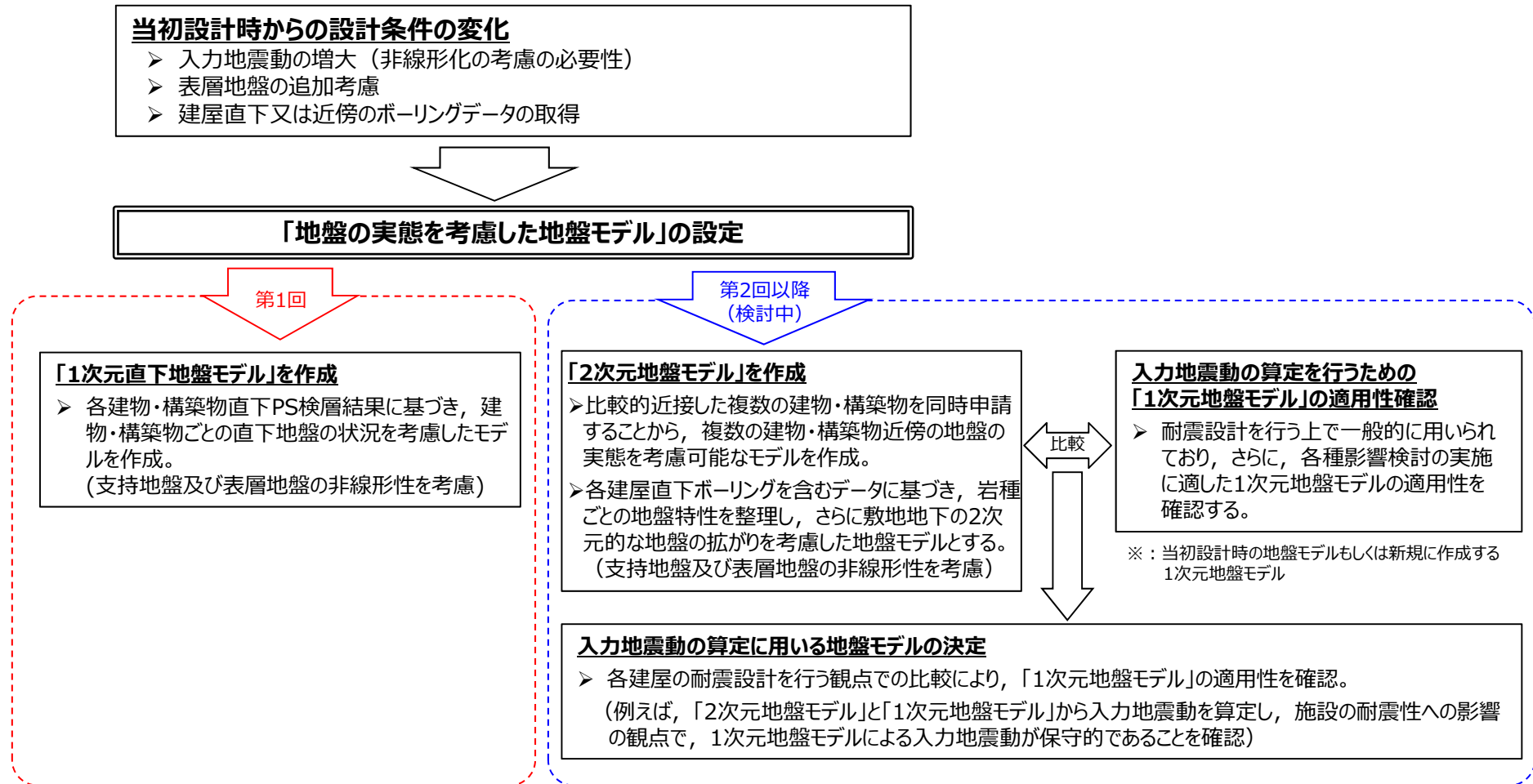
- ・ 燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔（基礎、本体、飛来物防護ネットを含む）については、申請時点において、既認可において設定していた地盤モデルをベースに入力地震動を算定していた。
- ・ しかしながら、燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔については、既認可において設定していた地盤モデルの作成に際して建物・構築物直下又は近傍のデータが含まれていなかったことから、今回設工認においては、建物・構築物直下又は近傍のPS検層結果に基づき作成した「1次元直下地盤モデル」を、「地盤の実態を考慮した地盤モデル」として採用することとした。

■ 第2回申請以降の対象施設における地盤モデルの扱いについて

- ・ 第2回申請以降の対象施設については、比較的近接した複数の建物・構築物を同時申請することから、複数の建物・構築物近傍の「地盤の実態を考慮した地盤モデル」として、直下又は近傍のボーリングを含むデータに基づいて岩種ごとの地盤特性を整理し、敷地地下の2次元的地盤の拡がり考慮した「2次元地盤モデル」を設定する。
- ・ そのうえで、「2次元地盤モデル」を活用し、入力地震動を算定を行うための「1次元地盤モデル」の適用性について検討を行う方針とする。

① 地震応答解析に用いる地盤モデルに係る再評価結果 (1) 今回設工認における入力地震動の算定に用いる地盤モデルの考え方 (2/3)

■ 基本的な考え方に係るフロー



① 地震応答解析に用いる地盤モデルに係る再評価結果
 (1) 今回設工認における入力地震動の算定に用いる地盤モデルの考え方 (3/3)

■ **第1回申請対象施設における地盤モデルの変更に伴う耐震評価結果の変更の扱い**

- 本日会合においては、1次元直下地盤モデルを用いた耐震評価の再実施結果※を示す。
- 下表に、燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔において、入力地震動の算定に用いる地盤モデルを「1次元直下地盤モデル」に見直した場合に変更となる耐震評価項目を示す。
- これらの項目のうち、耐震設計結果に直接影響する項目については、補足説明資料に反映するとともに、第1回申請対象施設における地震応答計算書及び耐震計算書に反映する。また、耐震評価結果に直接影響しない項目については、補足説明資料に反映する。

※：水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した評価結果及び一関東評価用地震動（鉛直）に対する影響評価結果も含め、検定比が最も大きいものを示す。

「1次元直下地盤モデル」に見直した場合に変更となる耐震評価項目

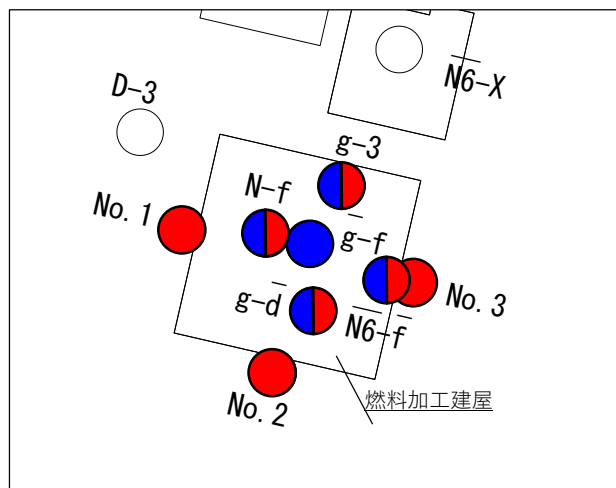
評価項目	評価結果の反映先
隣接建屋の影響評価結果	地震応答計算書、耐震計算書及び補足説明資料 (耐震評価結果に直接影響するもの)
水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した評価結果	
一関東評価用地震動(鉛直)に対する影響評価結果	
「建屋側面地盤ばね」及び「地盤のひずみ依存特性」の評価手法について	補足説明資料 (耐震評価結果に直接影響しないもの)
地震応答解析モデルに用いる鉄筋コンクリート造部の減衰定数に関する検討	
地震応答解析における材料物性のばらつきに関する検討	
建物・構築物の耐震評価における組合せ係数法の適用性について	
応力解析における断面の評価部位の選定	

① 地震応答解析に用いる地盤モデルに係る再評価結果

(2) 燃料加工建屋の入力地震動算定に用いる地盤モデル

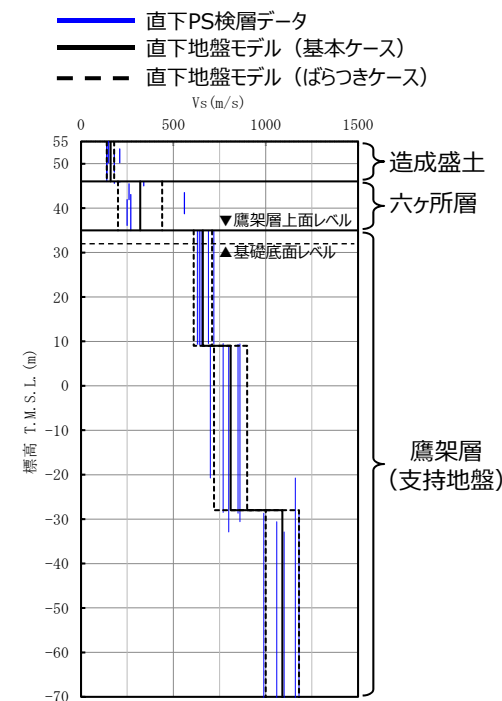
■ 燃料加工建屋の入力地震動の算定に用いる地盤モデル

- 燃料加工建屋の直下地盤モデルの速度構造については、支持地盤及び表層地盤ともに、複数の燃料加工建屋の直下PS検層データに基づき設定した。
- ひずみ依存特性については、支持地盤及び表層地盤の両方に対して設定することとし、各孔における速度境界間を占める主な岩種に対応するように、岩種ごとの繰返し三軸圧縮試験結果に基づき設定した。
- 地盤物性のばらつきケースについては、複数の直下PS検層データに基づく平均値 $\pm 1\sigma$ を考慮した。



- : 支持地盤の物性値設定に用いる直下PS検層データ
- : 表層地盤の物性値設定に用いる直下PS検層データ
- : 支持地盤及び表層地盤の物性値設定に用いる直下PS検層データ

燃料加工建屋の直下地盤モデル作成に用いる
直下PS検層データの位置図



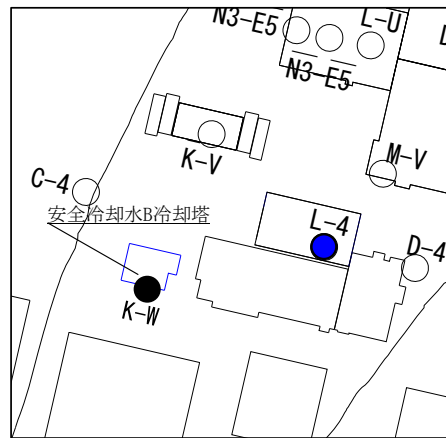
燃料加工建屋の直下PS検層データ及び
直下地盤モデルのS波速度構造

① 地震応答解析に用いる地盤モデルに係る再評価結果

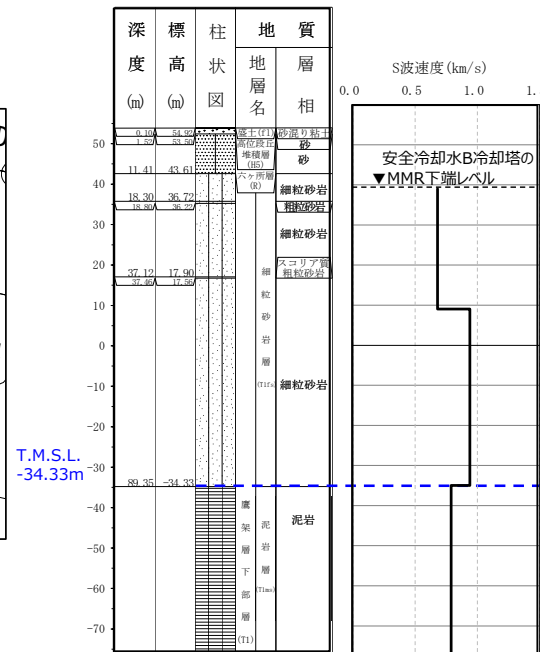
(3) 安全冷却水B冷却塔の入力地震動算定に用いる地盤モデル

■ 安全冷却水B冷却塔の入力地震動の算定に用いる地盤モデル

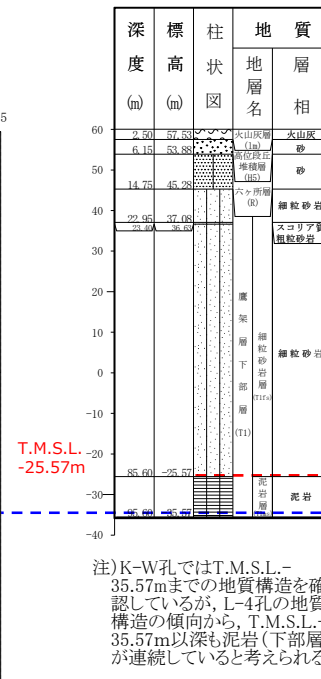
- 安全冷却水B冷却塔の直下地盤モデルは、直下孔（K-W孔）でPS検層を実施していないことから、直下孔の地質構造と、近傍孔のPS検層データに基づいて作成した。
- 近傍のPS検層データとしては、安全冷却水B冷却塔直下と同様の地盤が分布している孔を選定することとし、直下孔と同様に支持地盤が細粒砂岩、粗粒砂岩及び泥岩で構成されるL-4孔のデータを参照した。
- 速度構造の設定にあたっては、直下孔と近傍孔の岩種境界レベルの違いを踏まえるとともに、保守性に配慮して深部の低速度層が厚くなり地震波の増幅が大きく見込まれるよう、直下孔における岩種境界に合わせて速度境界レベルの補正を行った。
- ひずみ依存特性については、岩種ごとの繰返し三軸圧縮試験結果に基づき、直下孔の岩種の分布に対応するように設定した。
- 地盤物性のばらつきケースについては、中央地盤のエリア内において複数実施されている支持地盤のPS検層データに基づく速度構造のばらつき幅を参照し、平均値±1σに相当する変動係数を深さごとに設定した。



直下孔 (K-W孔) 及び
近傍孔 (L-4孔) の位置図

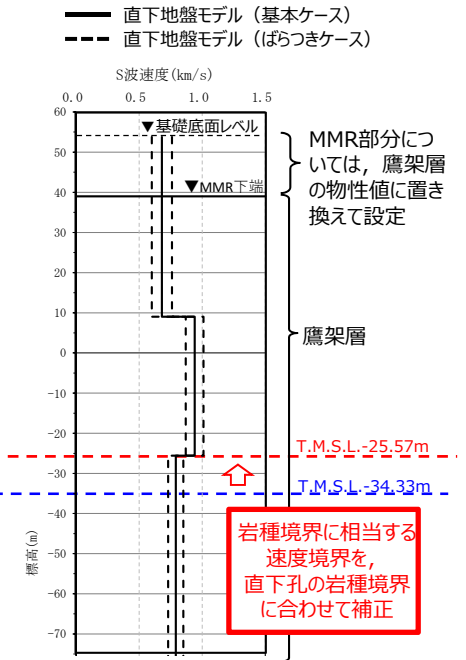


(a) 近傍孔 (L-4孔) の地質柱状図
(b) 近傍孔 (L-4孔) のS波速度構造



注) K-W孔ではT.M.S.L.-35.57mまでの地質構造を確認しているが、L-4孔の地質構造の傾向から、T.M.S.L.-35.57m以深も泥岩(下部層)が連続していると考えられる。

(c) 直下孔 (K-W孔) の地質柱状図



(d) 直下地盤モデルのS波速度構造

直下地盤モデルの速度構造と地質構造の対応

① 地震応答解析に用いる地盤モデルに係る再評価結果
 (4) 直下地盤モデルを用いた耐震評価結果 (燃料加工建屋)

■ 燃料加工建屋の直下地盤モデルを用いた耐震評価結果

- 燃料加工建屋における直下地盤モデルを用いた地震応答解析結果に基づく耐震評価結果を実施中。
- 建屋のせん断ひずみ度については地震応答解析結果から許容値に収まっていることを確認している。
- 基礎スラブ及び重要区域については、申請時点における耐震評価結果に対して、直下地盤モデルを用いた地震応答解析から得られた応答比率を考慮した評価により、耐震性は確保できる見通しを得ている。

燃料加工建屋における直下地盤モデルを用いた耐震評価結果

検討対象部位	検討対象地震動	解析結果		②許容限界	③検定比 (①/②)	判定
		評価指標	①発生値 (※1)			
耐震壁	Ss	最大せん断ひずみ度 (※2)	0.993×10^{-3}	2.0×10^{-3}	0.497	OK

※1：最大検定比の発生箇所について記載する

※2：重要区域の壁のSs評価を含む

燃料加工建屋の耐震評価見通し

検討対象部位	検討対象地震動	申請時点における耐震評価結果		②応答比率 (直下地盤モデルによる最大応答値 / 申請時点の最大応答値)
		評価指標	①応力比又は検定比※3	
基礎スラブ	Ss	曲げモーメント (kN・m/m)	0.557	1.130
	Ss-C1※4	面外せん断力(kN/m)	0.845	
重要区域の壁	Sd	鉄筋 (水平) の引張応力度(N/mm ²)	0.668	1.162
		鉄筋 (鉛直) の引張応力度(N/mm ²)	0.807	
重要区域の床	Ss※5	曲げモーメント (kN・m)	0.787	1.069
		せん断力 (kN)	0.376	

※3 水平2方向及び鉛直方向地震力による組合せによる評価結果

※4 基礎の評価上もっともクリティカルとなる波の応力解析結果 (検定比) を用いる

※5 Sdでの評価については、Ssでの評価を代表とすることで示す

応答比率を乗じても
1.0以下

① 地震応答解析に用いる地盤モデルに係る再評価結果 (5) 直下地盤モデルを用いた耐震評価結果 (安全冷却水B冷却塔)

■ 安全冷却水B冷却塔の直下地盤モデルを用いた耐震評価結果

- 安全冷却水B冷却塔（本体・基礎スラブ）における直下地盤モデルを用いた地震応答解析結果に基づく耐震評価を実施中。
- 冷却塔本体については、申請時点における耐震評価結果に対して、直下地盤モデルを用いた床応答曲線と設計用平均地盤モデルを用いた床応答曲線の比較により得られた応答比率を考慮した評価により、耐震性は確保できる見通しを得ている。
- 基礎スラブについては、申請時点における耐震評価結果に対して、直下地盤モデルを用いた地震応答解析から得られた応答比率を考慮した評価により、耐震性は確保できる見通しを得ている。

安全冷却水B冷却塔の基礎スラブの耐震評価の見通し

検討対象部位	検討対象地震動	申請時点における耐震評価結果		②応答比率 (直下地盤モデルによる最大応答値 / 申請時点の最大応答値)
		評価指標	①応力比 又は 検定比※1	
冷却塔本体 (基礎ボルト) ※2	Ss	せん断	■	
基礎スラブ	Ss	曲げモーメント (kN・m/m)		
		面外せん断力 (kN/m)		

※1 水平2方向及び鉛直方向地震力による組合せによる評価結果

※2 冷却塔本体及び基礎スラブの耐震計算書に示している最大応力比又は最大検定比を示す。

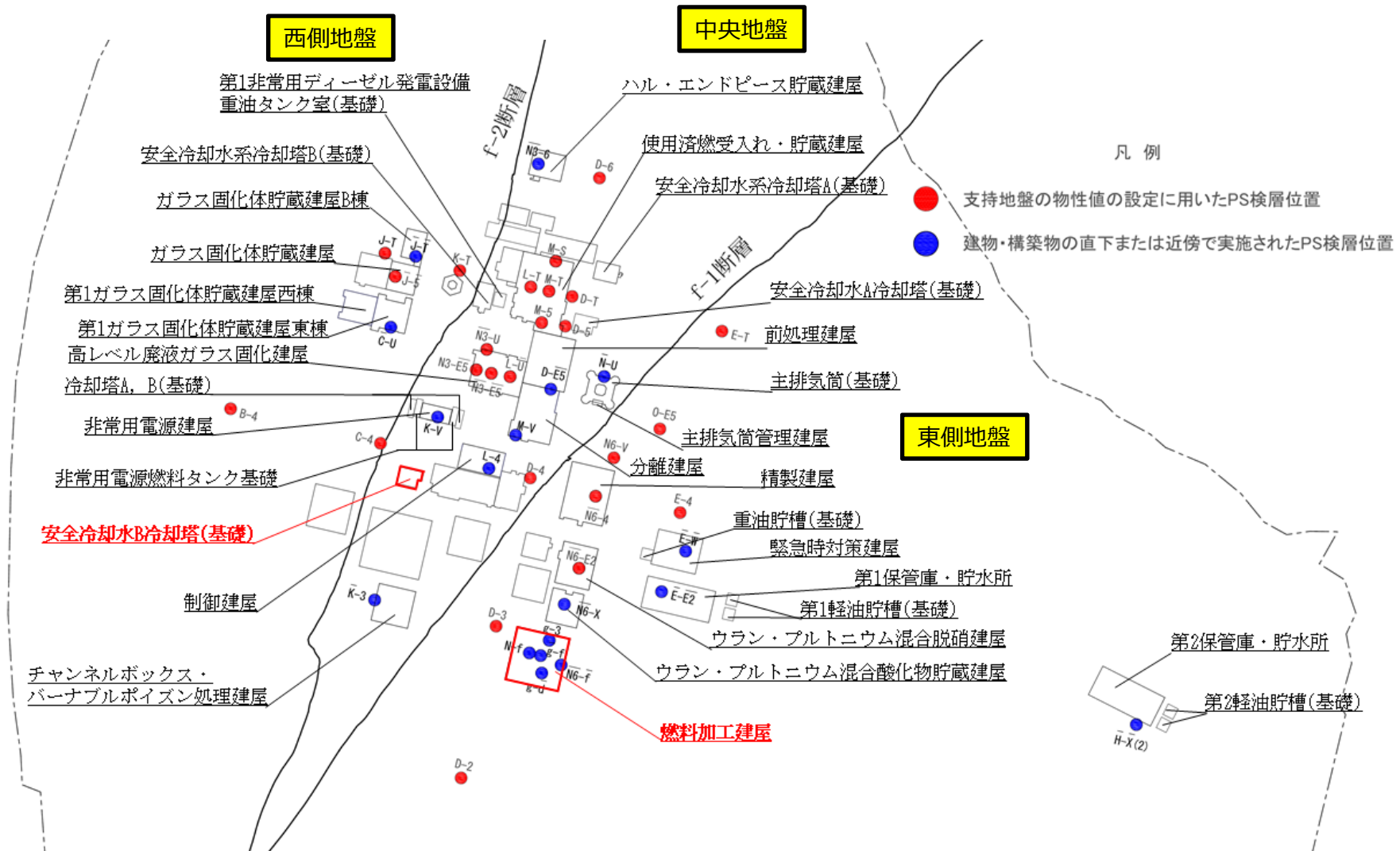
応答比率を乗じても
1.0以下

① 地震応答解析に用いる地盤モデルに係る再評価結果
(6) まとめ

- 第1回申請施設である燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔について、耐震評価を「1次元直下地盤モデル」を用いて再実施した。
 - 再実施結果のうち、耐震設計結果に直接影響する項目については、補足説明資料に当該結果を反映することとし、あわせて、当該結果を耐震計算書に反映する。
 - 再実施結果のうち、耐震評価結果に直接影響しない項目については、補足説明資料への反映を行うこととする。
- 第2回申請以降の対象施設の入力地震動の算定にあたっては、本日示した基本的な考え方に基づき、「地盤の実態を考慮した地盤モデル」を設定した上で、入力地震動の算定に用いる地盤モデルを決定することとし、その考え方については、当該施設の申請時に説明を行う。

① 地震応答解析に用いる地盤モデルに係る再評価結果 (参考) 敷地内PS検層位置図

■ 既認可において設定していた地盤モデルの作成に用いているPS検層及び直下PS検層位置



既認可において設定していた地盤モデル(支持地盤)の作成に用いたPS検層位置及び直下PS検層結果が得られているボーリング調査孔の位置

② 飛来物防護ネットの耐震評価

② 飛来物防護ネットの耐震評価 (1) 本日の説明内容及び審査会合における指摘事項

■ 審査会合における指摘事項と対応

安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの耐震評価

No.	審査会合日	指摘事項	対応方針
1	2021.7.26	①飛来物防護ネットの上部構造と基礎の耐震評価の全体体系について説明すること。 ②座屈拘束ブレースの設計方針、目的・採用理由、配置の考え方、解析モデルの扱い、評価方法について説明すること。 ③質点系モデルと3次元フレームモデルでの弾塑性の応答解析結果を比較し、部材レベルで妥当性及び保守性を示すこと。 ④材料物性のばらつきの扱いについて示すこと。	①全体の評価体系の流れがわかるフローを示す。 ②座屈拘束ブレースの採用理由や配置の考え方などを示す。 ③座屈拘束ブレースの荷重時刻歴、履歴ループ、周辺部材の荷重を比較することにより、質点系モデルが妥当であることを示す。 ④設計体系の中で材料物性のばらつきの考慮方法を示す。

設計用地下水の設定

No.	審査会合日	指摘事項	対応方針
1	2021.3.15	地下水排水設備に要求する機能、申請対象施設としての取り扱い、耐震設計上の位置づけなどについて明確に整理すること。	地下水排水設備の要求機能、耐震設計上の位置づけ、申請対象施設としての取り扱いについて整理した。
2	2021.4.13	地下水排水設備の設計方針については、先行炉の整理も踏まえて示すこと。	
3	2021.4.13	出入管理建屋の設計用地下水位について、耐震評価上の位置づけを整理すること。	出入管理建屋は、地下水排水設備の外側に配置されていることから、設計用地下水位を地表面に設定する。 出入管理建屋の耐震評価方針等については、当該施設の申請回次において示す。
4	2021.3.15	液状化の影響を受ける可能性のある施設については、今回申請だけでなく今後の申請対象施設も含めて、施設の網羅的な抽出をまず行った上で、液状化の影響を考慮した設計の考え方を体系的に整理して説明すること。	第1回申請対象施設である杭基礎である安全冷却B冷却塔飛来防護ネットの液状化影響評価の考え方を整理した。
5	2021.4.13	杭基礎の竜巻ネットと洞道で検討内容が異なっていることから、双方の評価が有効であることを示すこと。	液状化に伴う影響因子、液状化対象層、施設周辺の地盤の整理し、各因子に対して各対象施設が液状化影響がないか体系的に整理した。
6	2021.4.13	液状化の影響検討において、周辺建屋や支持地盤の傾斜の影響等を踏まえていることを示し、体系的に整理すること。	
7	2021.6.28	竜巻防護施設の液状化評価について、各影響因子に対して、液状化によりどのような荷重の作用を受けて、どのような損傷モードがあり、その上で上位クラスに波及的影響を及ぼすのか等、背景も含めて整理すること。	竜巻防護施設の液状化評価について、飛来物防護ネットの耐震計算と合わせて、液状化時に必要な評価項目を影響因子、作用荷重、損傷モード、波及的影響防止の考え方を明確化することにより評価方針を整理した。
8	2021.6.28	竜巻防護施設の液状化評価について、ウエスタガード補正式を、液状化した地盤から受ける土圧の算定に用いることができる根拠を示すこと。また、その代替手法が有効応力解析よりも保守的な結果を与えるということ、実際の液状化時の複雑な土圧の影響を考慮できていることを明確にすること。	ウエスタガード補正式の適用性について、有効応力解析の結果との比較検証を踏まえ、側方土圧荷重の設定は有効応力解析結果を用いることとした。
9	2021.7.26	地盤液状化による想定事象に対する確認が網羅できていることを示すこと。	耐震設計全体の流れを整理することで地盤液状化にて想定すべき事象が網羅出来ていることを整理した。
10	2021.7.26	有効応力解析における評価条件の妥当性及び結果の保守性についても説明を行うこと 有効応力解析を用いた評価及びその他手法を用いた評価について妥当性を示すこと	有効応力解析の解析方針について整理した。なお、解析結果及び保守性については、別途整理する。

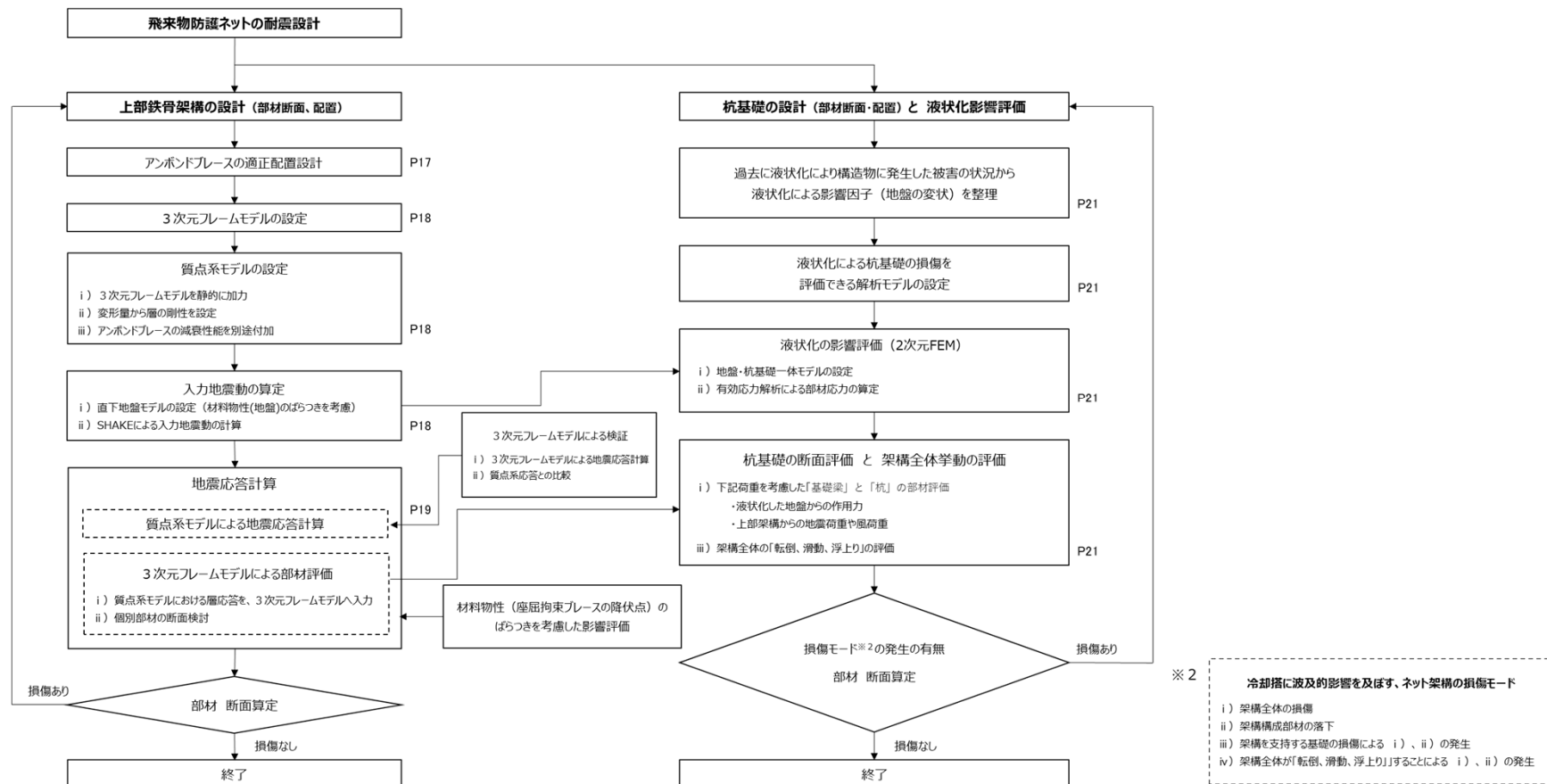
■本日の説明内容

- 7/26審査会合において、安全冷却水B冷却塔の飛来物防護ネットの耐震設計概要及び液状化影響評価について説明した。
- 今回審査会合では、前回指摘事項を踏まえ以下項目を説明する。
 - (1) 飛来物防護ネットの設計体系
 - (2) 上部構造の設計（座屈構造ブレースの採用理由，配置の考え方）
 - (3) 上部構造から杭基礎に至る耐震評価概要
 - (4) 上部構造の耐震評価（3次元フレームモデル時刻歴解析による検証）
 - (5) 杭基礎の設計方針
 - (6) 液状化影響評価方針
 - (7) 上部構造および基礎・杭の耐震評価結果

② 飛来物防護ネットの耐震評価

(1) 飛来物防護ネットの設計体系

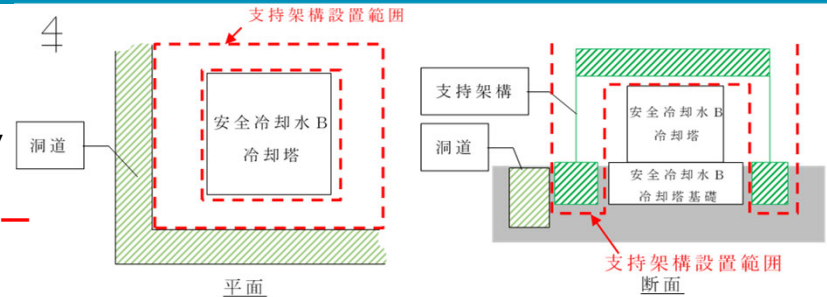
- 飛来物防護ネット（耐震Cクラス）は、防護対象である冷却塔（上位クラス）への波及的影響が無い設計とする。
 - ✓ 上部構造の「損傷、転倒、過大な変形」、「部材の落下」により冷却塔へ接触しないこと。
 - ✓ 杭基礎の「損傷」により上部構造の支持性能を損なわないこと。
 - ✓ 施設全体の「滑動」が生じないこと。
- 耐震評価は、下記フローのとおり上部構造と杭基礎それぞれで実施。地盤の液状化影響評価として有効応力解析を用いた評価により波及的影響を及ぼす損傷モードが発生しないことを確認する。



② 飛来物防護ネットの耐震評価 (2) 上部構造の設計 (座屈構造ブレースの採用理由, 配置の考え方)

- 飛来物防護ネットは、地下の洞道や周辺構造物を避けつつ、既設冷却塔を囲むように配置
- 基礎は鉄筋コンクリート造、鷹架層に打込んだコンクリート杭により支持、冷却塔の基礎とは独立

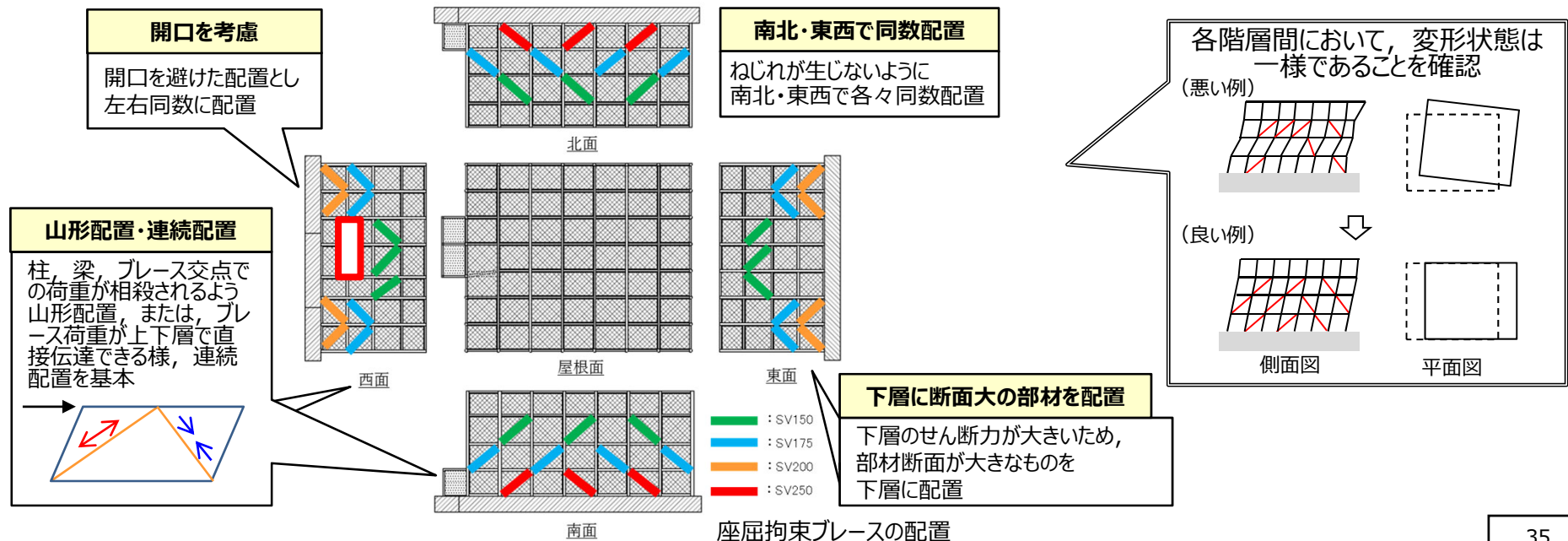
⇒ 配置制約の中で接地性を確保するために、「座屈拘束ブレース」を採用し、地震荷重低減（転倒モーメント約4割減）



飛来物防護ネットの支持架構の設置場所(配置制約)

- 南北面は飛来物防護ネットの主設備となるネットの取付に配慮し、同一層及び上下層でブレースが隣合わないよう計画
- 東西面は開口やスパン数の制約により耐震計画上困難なため、ネットの取付よりもブレース配置を優先
- 柱、梁、ブレース交点での荷重が相殺・伝達、ねじれ変形の防止等を考慮し、座屈拘束ブレースのサイズ、本数、配置を検討
- 3次元フレームモデルでの試解析により、層としてバランスの良い、局所的に偏りのない変形となることを確認

⇒ 各層の変形性能を剛性として反映した「質点系モデル」を構築し、耐震評価を合理的に実施。



座屈拘束ブレースの配置

② 飛来物防護ネットの耐震評価

(3) 上部構造から杭基礎に至る耐震評価概要

<入力地震動算定>

- ・1次元波動論により直下地盤を用いた入力地震動を算定。
- ＊2次元モデルにて1次元モデルの妥当性検証。

<地震応答解析>

- ・質点系基礎固定モデルにて地震応答解析。
- ＊SRモデルにて基礎固定モデルの妥当性検証。

<架構評価>

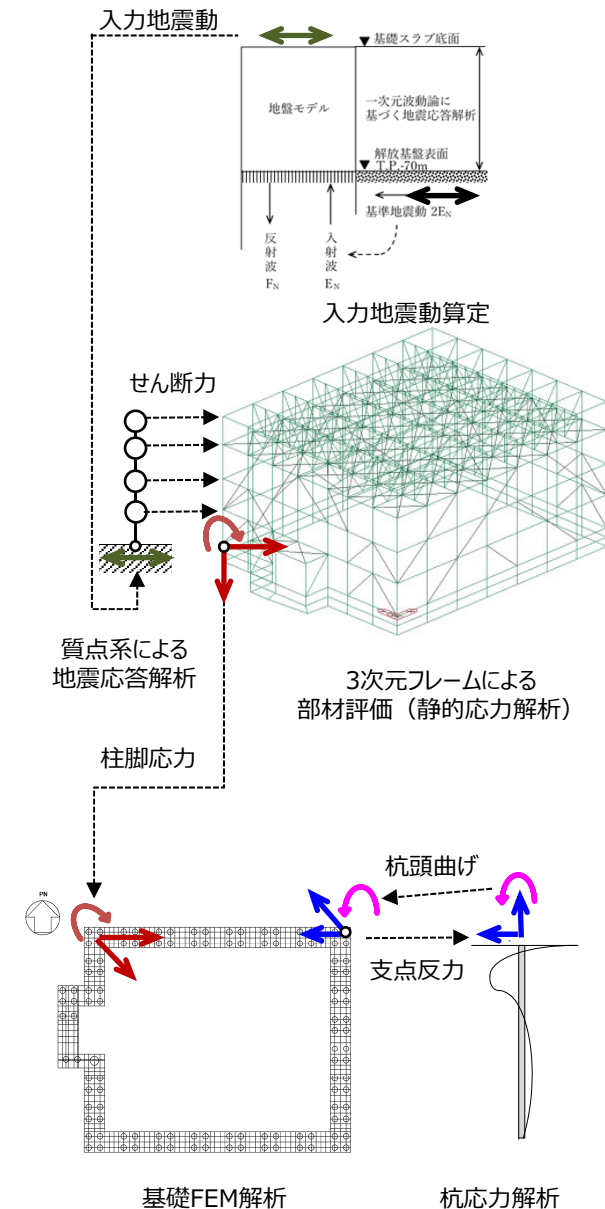
- ・3次元フレームモデルにて部材応力解析。
- ・架構の構造健全性確認，相対変位による接触確認により波及影響を及ぼさないことを確認。

<基礎評価>

- ・基礎FEMモデルにて部材応力解析。
- ・3次元フレームモデルの柱脚応力（せん断，曲げ，軸力），基礎自重の地震時慣性力，杭頭曲げを考慮。

<杭評価>

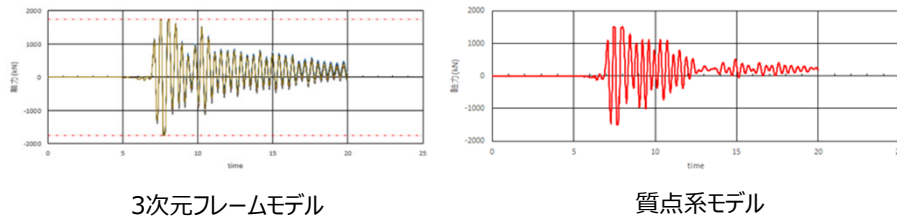
- ・応力評価は基礎指針（Chang式）により算定。
- ・基礎FEMの支点反力を杭頭に作用させる。
- ・杭支持力（鉛直支持力，引抜力）は基礎指針に基づく単杭及び群杭の双方の算定で厳しい評価とする。支持力算定においては原位置試験結果（N値，Cu）を用いる。
- ・基礎，杭，支持力の構造健全性確認により架構の支持性能を確認。



② 飛来物防護ネットの耐震評価
 (4) 上部構造の耐震評価 (3次元フレームモデル時刻歴解析による検証)

- ・ 曲げモーメントが卓越し、検定比の厳しい3階層から代表部材を選定し、質点系モデルと3次元フレームモデルと比較
- ・ 座屈拘束ブレースのエネルギー吸収性能及び周辺部材の荷重比較結果から、地震応答が質点系モデルで表現可能であることを確認

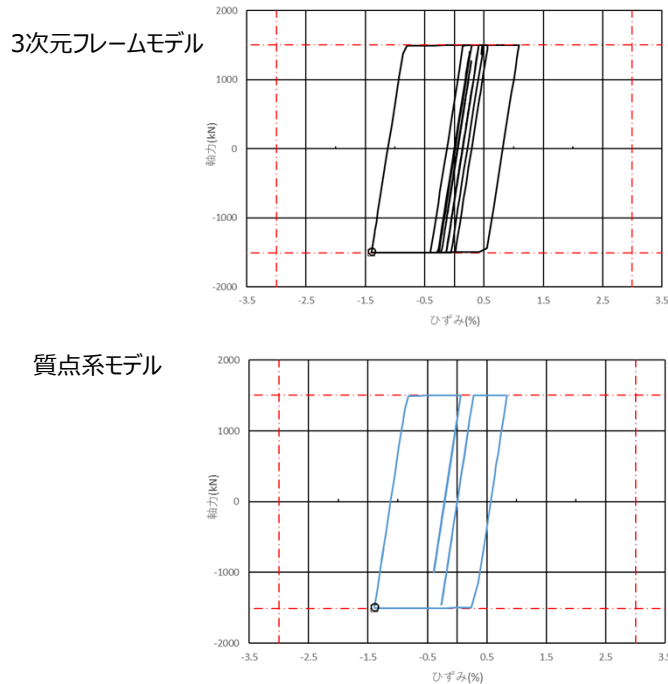
① 座屈拘束ブレースの荷重時刻歴の比較 (NS方向)



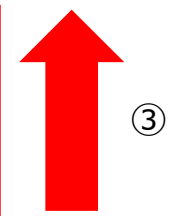
③ 座屈拘束ブレースの周辺部材の荷重比較 (NS方向)

柱	3次元フレームモデル評価	質点系モデル評価
モーメント (kN・m)	修正中	
軸力 (kN)		
検定値 (組合せ)		

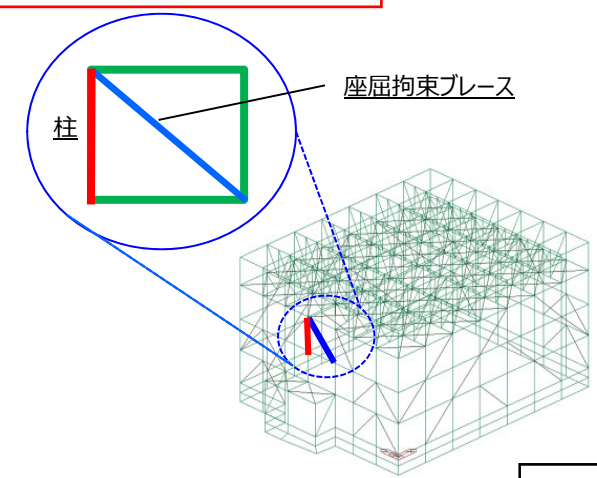
② 座屈拘束ブレースの履歴ループの比較 (NS方向)



<部材選定理由>
 (1)座屈拘束ブレースの断面積が相対的に小さな3階層は、柱の荷重負担が大きいため、柱に作用する曲げモーメントが大きい。
 (2) **修正中**
 上記2つの条件が重畳した柱を選定



①, ②
 <部材選定理由>
 架構に最大応力が発生する3階層の座屈拘束ブレースのうち、最大ひずみ発生個所を選定

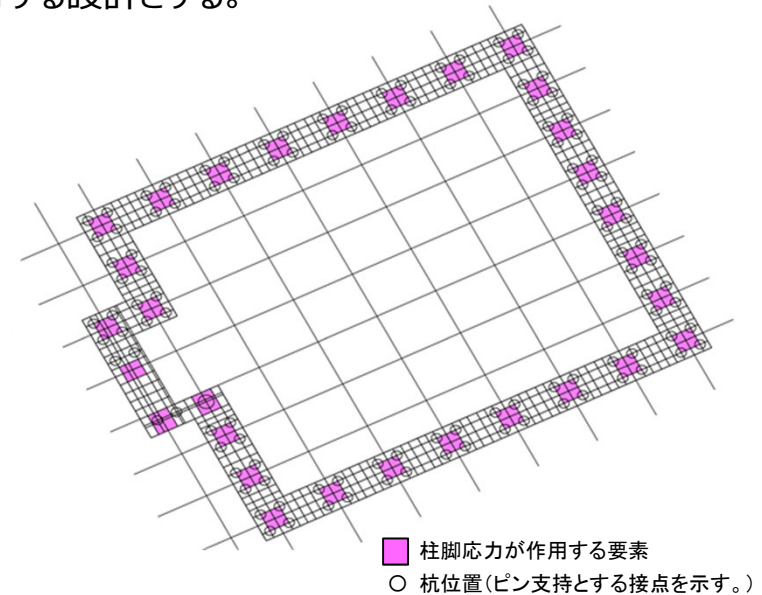


②飛来物防護ネットの耐震評価 (5) 杭基礎の設計

飛来物防護ネット架構の杭基礎は、鉄筋コンクリート造の「基礎梁」と「杭」から構成されており、上位クラス施設へ波及的影響を及ぼさないよう、基準地震動Ss時に上部構造の支持性能を維持する設計とする。

＜基礎梁の設計＞

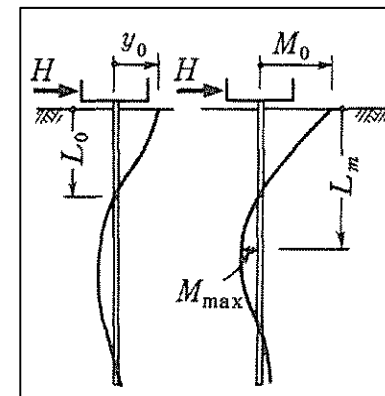
- 基礎梁の応力解析は、FEMモデルを用いた弾性応力解析とする。
- 基礎梁はシェル要素にてモデル化し、各杭位置でピン支持とする。
- 作用荷重は以下の通り
 - 上部架構の3次元フレームモデルの柱脚応力
 - 基礎梁の地震時慣性力
 - 杭から作用する杭頭曲げ
- 「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に基づき基礎梁に生じる軸力・曲げモーメント及び面外せん断力に対する許容限界を設定する。
- 解析コード「midas iGen」を用いる。



基礎評価概要図

＜杭の設計＞

- 「建築基礎構造設計指針」の評価式を用いた応力計算とする。
- 作用荷重は、上記、基礎梁のFEMモデルの支点反力（各杭に発生する支持力、引抜き力及び杭頭せん断力）とする。
- 「建築基礎構造設計指針」に基づき、杭に生じる軸力・曲げモーメント、面外せん断力、支持力及び引抜き力に対する許容限界を設定する。
- 杭配置を考慮した群杭条件と単杭条件のうち厳しい結果を得る条件にて設計する。



$$M_0 = \frac{H}{2\beta}$$

M_0 : 杭頭曲げモーメント
 H : 杭頭せん断力
 β : 杭の特性係数

杭評価概要図

② 飛来物防護ネットの耐震評価 (6) 液状化影響評価方針

■ 液状化影響評価方針

飛来物防護ネット架構は液状化対策として杭周辺の地盤改良を行っている。ただし、地盤改良側方の埋戻し土については液状化の可能性があることから、液状化に対する影響評価を実施する。液状化の影響評価に際しては、過去の液状化時の被害事例から抽出した影響因子（下記①～⑥）に対して、杭基礎の支持機能が維持されていることを確認する。

① 地盤剛性低下： 周辺地盤の剛性の低下に伴い杭が支持性能を失う損傷

有効応力解析から求まる、「杭に作用する荷重」と「上部構造から作用する荷重」（地震力及び風荷重）を考慮し杭の構造健全性を確認する。

② 沈下： 杭基礎全体の過大な変形による損傷

基礎が杭を介して支持層である鷹架層（非液状化層）に支持されていることから沈下は生じないと評価している。

③ 転倒： 杭基礎全体の過大な変形による損傷

「改良地盤を含む施設全体に作用する地震力」と「改良体に生ずる側方土圧」により発生する転倒モーメントに対して、施設全体が持つ「安定モーメント」を考慮した評価を実施する。

④ 滑動： 杭基礎全体の過大な変形による損傷

有効応力解析による支持岩盤と改良地盤の接合面における最大せん断力に対して、原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）に基づき算定する底面と地盤に働くせん断抵抗力及び杭の支持層への根入効果として杭断面せん断抵抗力を考慮した評価を実施する。

⑤ 側方流動： 周辺地盤状況が大きく変動し、杭基礎全体の過大な変形による損傷

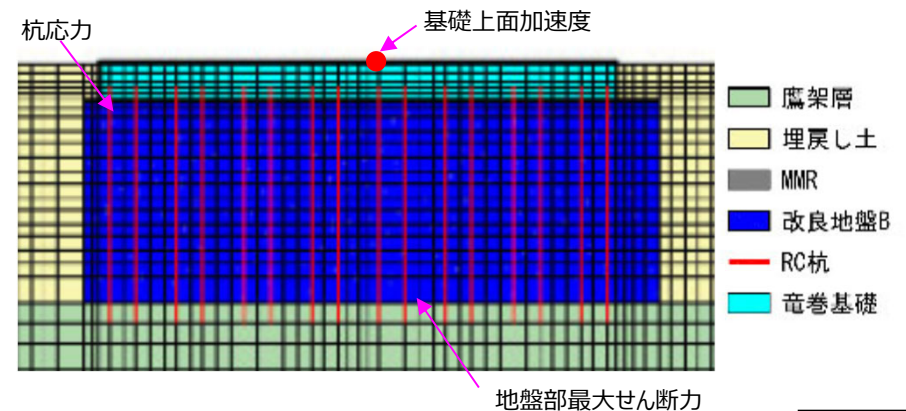
施設が設置される場所は高低差がある台地の法肩から100m以上離れていること（側方流動判定基準）から側方流動は生じないと評価している。

⑥ 浮上り： 杭基礎全体の過大な変形による損傷

施設の下方に液状化対象層がないこと（浮上り判定基準）から液状化に伴う浮上りは生じないと評価している。

■ 有効応力解析

- 解析モデルは、杭基礎と地盤の相互作用を考慮した2次元FEMとし、埋戻し土、改良地盤、鷹架層、MMR、冷却塔基礎、ネット架構の基礎梁、杭をモデル化する。また、上部構造は基礎重量割増にて考慮する。
- 液状化対象層は埋戻し土とし、液状化試験結果に基づき、液状化強度曲線を設定する。また、液状化強度に大きく起因している粒形加積曲線、細粒分含有率、N値を比較することで液状化試験で得られた結果が再処理事業所内のボーリング結果に対して代表性・網羅性があることを確認する。
- 地下水位は地表面とする。
- 解析結果として、杭応力、地盤部最大せん断力、基礎上面加速度を用いて影響評価を実施する。
- 解析プログラムは、「FLIP」とする。



有効応力解析概要図

② 飛来物防護ネットの耐震評価
 (7) 上部構造および基礎・杭の耐震評価結果

■ 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの直下地盤モデルを用いた耐震評価結果

- 直下地盤モデルを用いた飛来物防護ネットの上部構造及び基礎・杭の耐震評価を実施中。
- 材料物性のばらつきのうち、座屈拘束ブレースの降伏点のばらつきを考慮した影響評価については、設計用平均地盤モデルを用いた評価より影響が軽微であることを確認しているため、直下地盤モデルを用いても評価成立の見通しを得ている。

安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの耐震評価見通し

飛来物防護ネットの検討 対象部位	検討対象 地震動	申請時点における耐震評価結果	
		評価指標	検定比
上部架構 (弾性部材)	Ss	応力度 (軸力 + 曲げ)	追而
上部架構 (弾塑性部材)	Ss	最大軸ひずみ	
		疲労係数総和	
基礎	Ss	耐力 (軸力 + 曲げ)	
		耐力 (面外せん断力)	
杭	Ss	耐力 (軸力 + 曲げ)	
		耐力 (面外せん断力)	
		支持力・引抜力	

※：基礎・杭の評価結果については、耐震性の見通しを得るために、申請時点における耐震評価結果に対して、直下地盤モデルを用いた地震応答解析から得られた応答比率を考慮し算出したもの。