

再処理施設
廃棄物管理施設
MOX燃料加工施設
ウラン濃縮加工施設

使用前事業者検査の実施方針及び
設工認申請に係る対応状況

令和 3 年5月25日

- 1. 論点に対する説明状況**
- 2. 使用前事業者検査の状況について〈検査の成立性〉**
- 3. 技術的内容に係る説明**
(耐震：建物・構築物)
- 4. 技術的内容に係る説明**
(外部衝撃による損傷の防止)

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(1/2)

【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	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、申請対象設備を抽出する。具体的な抽出方法等については、設工認作成要領、設備選定ガイド等に反映し、実施内容の統一化を図る。</p>	<p>前回の審査会合で事業変更許可整合および技術基準適合を踏まえ、申請対象設備を明確化する考え方を示した。(4/27審査会合)</p> <ul style="list-style-type: none"> 申請対象設備の抽出作業の実績を設備選定ガイド等へ反映（6月上旬） 申請対象設備の抽出を行い、事業変更許可整合および技術基準適合性を踏まえ、仕様表対象、申請回次、技術基準規則の該当条文等を明確化する。（6月中旬） 第1回補正申請の準備を行う（6月下旬）
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>	<ul style="list-style-type: none"> 設工認申請書 基本設計方針、仕様表、添付書類に記載すべき事項、補足説明すべき事項の抽出方法を明確にした。分割申請において、法律上の申請区分、一つの系統を複数の申請書に跨って申請する場合などに対する技術基準適合性の説明を考慮した申請の考え方等を示した。(4/27審査会合) 抽出した申請対象設備に対し、分割申請における対象となる申請書、既認可事項と新規申請事項の区分等を明確化する。（6月中旬） 上記を踏まえた分割申請数、申請内容、申請予定時期を明確化する。（6月中旬） 類型化について設備の機能要求等に従い、具体的な対象を抽出する。（6月上旬）

1. 1 論点に対する説明状況：共通事項(2/2)

【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
③	共通	使用前事業者 検査	<ul style="list-style-type: none">• アクティブ試験の影響等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。• ガラス溶融炉の処理能力の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。	<ul style="list-style-type: none">• アクティブ試験の影響等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、アクセス困難な設備のうちセル内に設置される機器の各種記録の確認を実施：進捗状況を本日説明• セル内機器の各種記録確認完了を6月下旬、セル外機器の各種記録確認完了を7月下旬として実施中• ガラス溶融炉の処理能力の検査に伴う試験使用の対象となる範囲等（今後説明）• 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（今後説明）

1. 2 論点に対する説明状況：耐震（建物・構築物）（1/3）

【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） 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定	<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>	<ul style="list-style-type: none"> 左記 a. ～ c. の各確認事項に係る対応方針及び説明時期について本日審査会合にて説明。 説明すべき事項に関連する以下の整理・評価を実施 <ul style="list-style-type: none"> a.敷地を3エリアに区分し、エリア単位で共通のモデルを用いていること、PS検層結果に基づく平均的な地盤物性値を設定していることの妥当性についてその考え方及びデータ整理した。（5月下旬） b.事業許可にて示している、各エリアにおける地震観測記録の深さ方向の伝達関数を再現することが可能な地盤モデル（事業変更許可申請書における「はざとり地盤モデル」）を用いたシミュレーション解析を行い、設計用地盤モデル（支持地盤及び表層地盤）とはざとり地盤モデル双方の解放基盤表面位置に地震観測記録を入力した場合の地盤応答解析により、建屋底面位置相当における応答スペクトルが整合していることを確認中。（6月上旬） c.建物・構築物の直下PS検層データを用いた施設の耐震評価により、これらのPS検層データを考慮しても、施設の耐震評価における検定値または応力比が1.0を超えず、耐震性に影響が無いことを確認中。（6月上旬）
②	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

1. 2 論点に対する説明状況：耐震（建物・構築物）（2/3）

【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	
③	耐震 (建物・構築物)	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> <p>・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。</p>	<p>・既往の知見や先行発電炉の実績を参考に、燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔（基礎）について、3次元FEMモデルを用いた確認を実施する。⇒6月下旬</p> <p>参考であるが、これまでの取り組み状況として、複数のSRモデルを接続するパネとして反映したSR連成モデルを用いたケーススタディーを実施し、この結果に基づく、当社事業所における隣接建屋の影響有無について判定を実施している。ここで、SR連成モデルは当社独自の手法であり、その適用性については、先行発電炉と同じくFEMモデルを用いた確認を充実し後次回申請での適用を目指す。⇒6月以降</p> <p>・以上のこれまでの検討と今後の対応について本日審査会合にて説明</p>

1. 2 論点に対する説明状況：耐震（建物・構築物）（3/3）

【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> <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 <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"> 基本ロジックを更新（6月上旬） 説明すべき事項に関連する以下の整理・評価を実施 <ul style="list-style-type: none"> 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（4/13会合） b. 地下水排水設備について、以下の通り整理中 <ul style="list-style-type: none"> 地下水排水設備の要求事項に基づき、設工認における位置づけ、基本設計方針について整理中。 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。 常用電源が喪失した際に非常用電源または基準地震動Ssに対し機能維持可能な発電機からの電源供給が可能な設計とする。 c. 地下水排水設備の外側に設置される建物・構築物については、液状化の施設への影響を網羅的に整理し、施設種別（杭基礎を有する構築物・屋外重要土木構造物（洞道）・建物）や周辺状況（施設近傍の建物・構築物、地盤状況、地盤改良体の分布・種別）に応じた液状化による影響評価フロー・方針を作成する。 上記a.～c.を反映した補足説明資料の作成（6月上旬） 上記b.及びc.の内容について次回審査会合にて説明予定
		⑤	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ

1. 3 論点に対する説明状況：耐震（機器・配管系）

【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	「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 <ol style="list-style-type: none"> 事業許可との整合性 既設工認からの変更点 新規基準における追加要求事項 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毎に説明を行い、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	<p>○安全機能との関係性及び水平2方向影響有無の考え方について</p> <ul style="list-style-type: none"> 影響軽微とした根拠及び設備形状に応じた評価部位ごとの影響有無に対する考え方 2方向同時加振の影響有無について、耐震評価項目に対して要求される安全機能からの整理結果 <p>○水平2方向の設備分類と類型化分類との関係について</p> <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"> 水平2方向の影響評価は、設備形状の違いにより、物理的な振動を受ける方向（以下、「応答軸」という。）が異なるため、設備毎に形状に応じた応答軸の確認を行い、水平2方向地震力に対する影響有無の考え方を示す。 水平2方向同時加振の影響評価対象範囲について、安全機能との関係を整理する。 水平2方向影響評価は、基本方針に基づく評価を行い、類型化の分類に応じた整理結果を示す。(5月下旬)

1. 4 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	<ul style="list-style-type: none"> 防護ネットの構造及び評価の考え方と結果 	<ul style="list-style-type: none"> 飛来物防護ネットを構成する構造（ネット、防護板）に応じて5つに分類。それぞれの構造に応じて、ネットは衝突荷重を負担する部位の強度評価を実施、防護板はBRL式又はLS-DYNAによる評価を実施することを説明済み。（4/27審査会合） 飛来物防護ネットの飛来物に対する防護設計の妥当性を説明するため、ネット、防護板の詳細構造及びそれらに対する荷重の伝達経路を、次回会合にて示す。
			<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 最新知見(電中研報告O19003)を参考として、周長等価の円の直径を入力値として算出した貫通限界厚さ、及び貫通試験の結果に基づき、貫通限界厚さを設定することを説明済み。（4/27審査会合） 最新知見の試験が設計飛来物にも適用できることを次回会合にて示す。
②	竜巻・火山	荷重影響評価について	<ul style="list-style-type: none"> 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） 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 航空機墜落火災対策としての耐火被覆の妥当性 <ul style="list-style-type: none"> a.耐火塗料の塗装厚さ及び塗装範囲の妥当性 b.斜め輻射の影響 	<ul style="list-style-type: none"> 耐火塗装の設計の考え方について本日説明する。 上記を含む耐火塗装の妥当性を次回会合にて示す。

1. 5 論点に対する説明状況：各条文への展開

【個別事項：各条文】

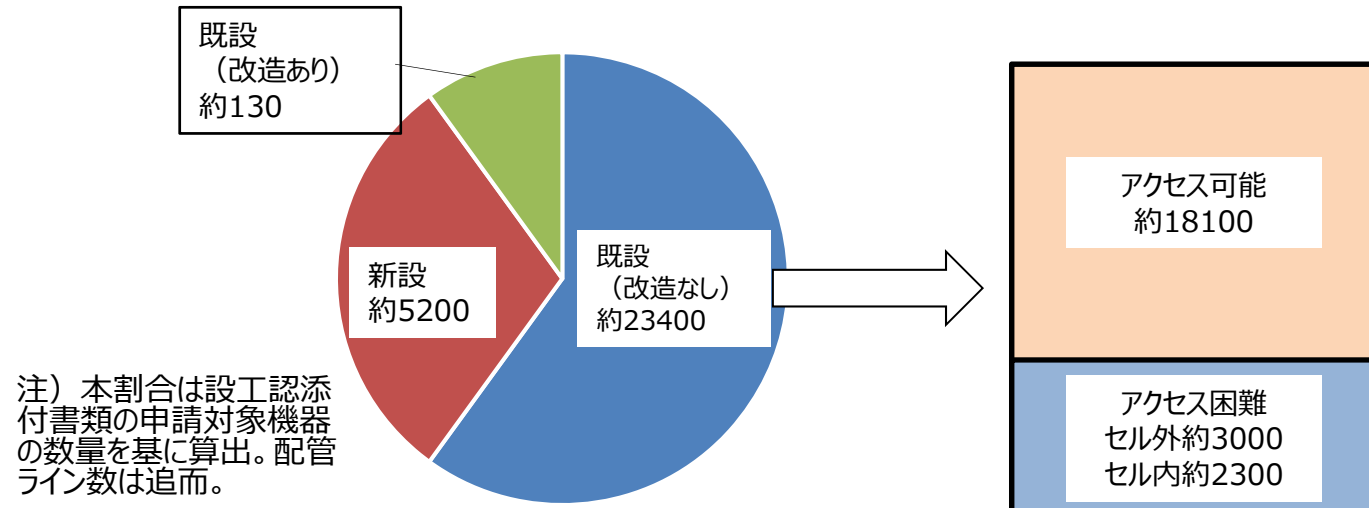
主な説明項目			進捗状況	
			説明すべき事項	対応状況
①	各条文	共通事項の説明を踏まえた対応	<ul style="list-style-type: none"> 「分割申請計画の考え方」に基づき、基本設計方針の記載と添付書類及び補足説明資料への展開 	<ul style="list-style-type: none"> 本文、添付書類で記載すべき事項（共通06）で明確にした対応事項を踏まえ、各条文に展開する。分割申請計画(共通05)に基づき各申請における基本設計方針の記載内容を明確にする。また、その結果から第1回の設工認申請範囲（共通08）を示す。（6月下旬）

2. 使用前事業者検査の状況について〈検査の成立性〉

2. 使用前事業者検査の状況について <検査の成立性> (1/2)

<基本的考え方>

- 新設はアクセス可能であり、実検査を実施可能。
- 既設（改造なし／改造あり）は、原燃、協力会社の設計、製作、施工に係るQMS体制を確認するとともに、設計、製作、施工、検査に係る記録を組み合わせることで検査を行う。必要に応じて維持管理記録を確認するとともにアクセス可能な設備は目視、実測を行う。



使用前事業者検査対象の分類イメージ

<現状>

- アクセス困難なセル内の機器約800（支持構造物含む）/2300（全体の約35%）について、原燃または協力会社が保有する上記の各種記録があることを確認した。記録が一部不足しているものが2%あったが、協力会社の品質保証計画書、工場試験検査要領書、工場試験データシートの組み合わせにより検査が実施できること、同一施工協力会社の施工に不適合が発生していないことを確認した。
- 全ての検査対象について、各種記録を組み合わせることで使用前事業者検査は実施可能と考えている。

<今後の作業>

- 残り約1500/2300（全体の約65%）の機器についても同様の確認を行い、6月末までに整理を完了させる予定。
- アクセス困難なセル外の機器約3000機器についても同様の確認を行い、7月末までに整理を完了させる予定。

<参考> 記録例

項目	記録類	確認内容
QMS	品質保証計画書、関連要領	設計管理、図面管理、製作管理、据付管理、試験検査管理、計測器管理等について、建設当時の活動と現状の品質マネジメントシステムに係る活動との比較
設計	設計管理要領、機器構造図、系統図、機器配置図、配管施工図	検査対象の設計情報（材料、寸法、設計圧力、設置場所等）
製作	製作管理要領、材料識別管理要領	検査対象の製作に係る管理方法
施工	機器据付施工要領書、配管据付施工要領書、据付施工チェックシート	検査対象の施工に係る管理方法および施工管理状況
検査	工場試験検査要領書、工場試験検査データシート、材料検査記録（材料証明書）、寸法検査記録、据付検査記録、外観検査記録、耐圧・漏えい検査記録	検査対象の検査方法およびその検査結果

2. 使用前事業者検査の状況について〈検査の成立性〉（2/2）

〈検査前条件における関連設備の健全性評価について〉

検査前に健全性を評価する必要がある構造物については、埋込金物、支持構造物が考えられる。それ以外に該当するものがないか対象を精査中である。

なお、検査前条件である埋込金物については、以下のとおり確認している。（検査前条件として、これらで確認した記録を確認する）

- 埋込金物はこれまでの記録および現物確認により不適合がないことを確認している。〈次頁参照〉
- セル内の800機器の確認結果に埋込金物の確認結果も含まれている。また、埋込金物の設計、施工、検査記録等が確認できている。
- セル内の埋込金物が適切に施工されたかについては、施工を行った協力会社のQMS体制、セル外工事の各種記録の確認を行い不適切な施工はないと評価している。
- 不適切な施工を行った協力会社は、セル内で施工していなかったことが確認できている。

<参考> 埋込金物の健全性確認（不適合管理）

1. 事象発生

- 2015年8月26日に、再処理施設の一般共同溝内で一般蒸気配管のサポートを固定している埋込金物が浮き上がっていることを確認した。

2. 健全性確認結果

- 再処理施設等の埋込金物（総数約52.9万枚）に対し、以下の考え方で健全性確認を実施し、使用可能な状態であること、または一部の埋込金物については設備・機器を支持しないことを確認した。また、浮き上がった埋込金物および不適切な施工等を行っていた埋込金物については、不適合処理を行い、全て処置を完了した。

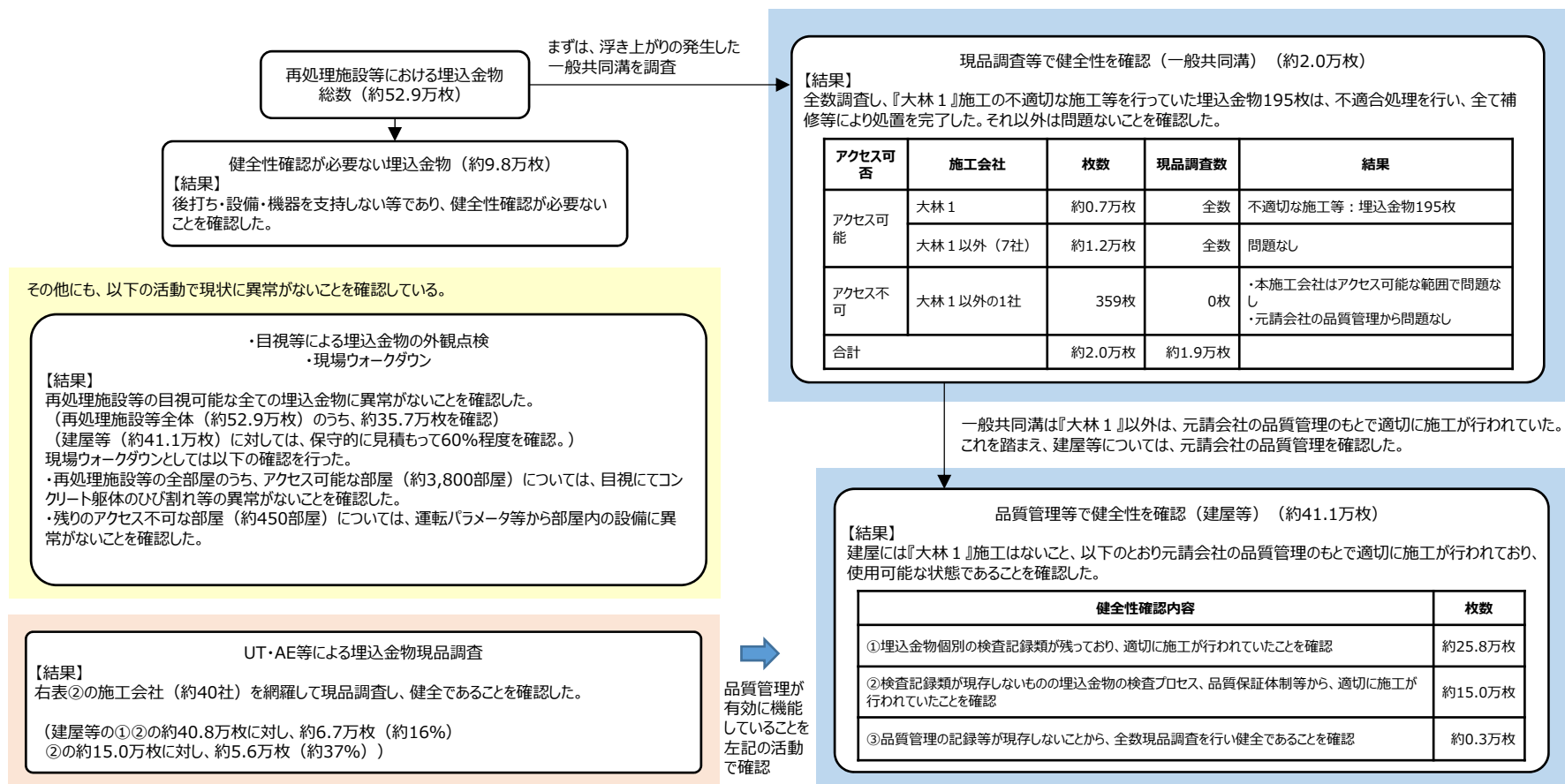


図1 埋込金物の健全性確認の考え方（概要図）

3. 技術的内容に係る説明

(耐震：建物・構築物)

- ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定
- ③ 隣接建屋の影響

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (1) 本日の説明内容及び審査会合における指摘事項

■ 本日の説明内容

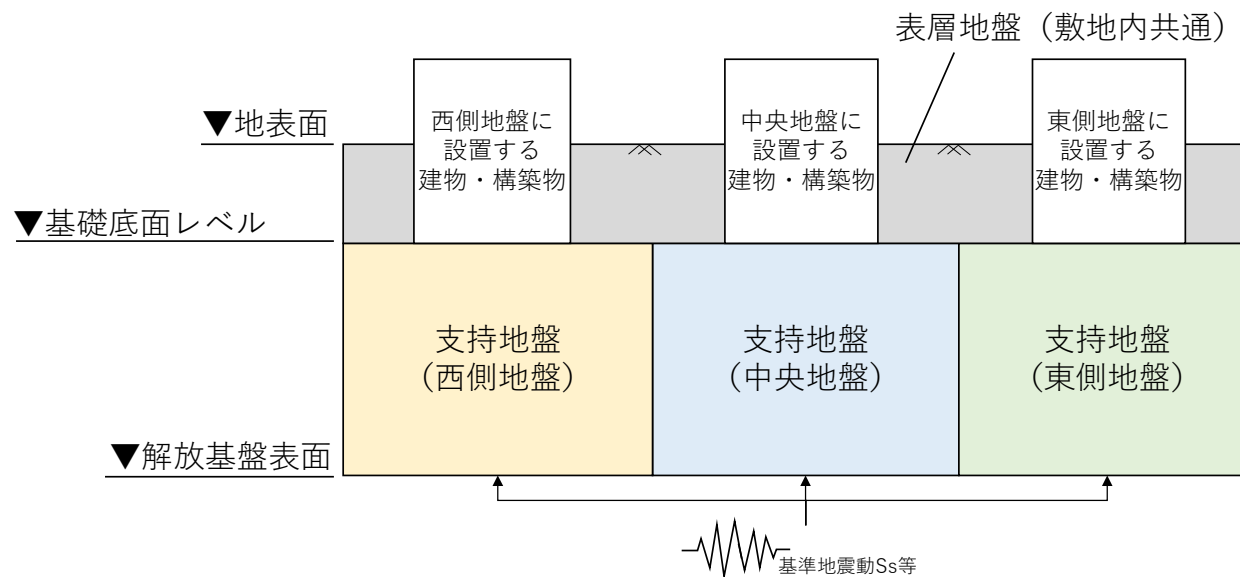
- 建物・構築物の入力地震動の算定に用いる設計用地盤モデルの設定に係る基本ロジック及び基本ロジックの根拠となる確認項目の対応方針について説明する。
- 基本ロジックの根拠となる確認項目の詳細な内容については、今後示す。

No.	審査会合日時	指摘事項	対応
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。	左記指摘の対応については、本資料に 対応方針として反映。 詳細な内容については今後 説明予定。
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。	
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。	
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。	
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。	
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。	

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (2) 設計用地盤モデルの概要

■ 設計用地盤モデルの概要

- 設計用地盤モデルは、安全機能を有する施設の耐震評価において、建物・構築物（屋外重要土木構造物である洞道を含む）への入力地震動を算定する際に用いる地盤モデルである。「設計用地盤モデル」の作成にあたっては、解放基盤表面から建物・構築物までの地震動の伝播特性を適切に考慮する必要がある。
- 建物・構築物の地震応答解析では、解放基盤表面（T.M.S.L.-70m）で定義される基準地震動 S_s 等に基づき、建物・構築物の底面及び側面への入力地震動を算定するために、解放基盤表面（T.M.S.L.-70m）から地表面（T.M.S.L.55m）までの設計用地盤モデルとなっている。
- 設計用地盤モデルは、解放基盤表面（T.M.S.L.-70m）から建物・構築物ごとの基礎底面レベルに該当する支持地盤（岩盤）及び、建物・構築物ごとの基礎底面レベルから地表面（T.M.S.L.55m）に該当する表層地盤（埋戻し土、造成盛土及び六ヶ所層）で構成されている。



設計用地盤モデルの概要図

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (3) 課題の整理

■ 地震応答解析に用いる地盤モデルの設工認上の扱い

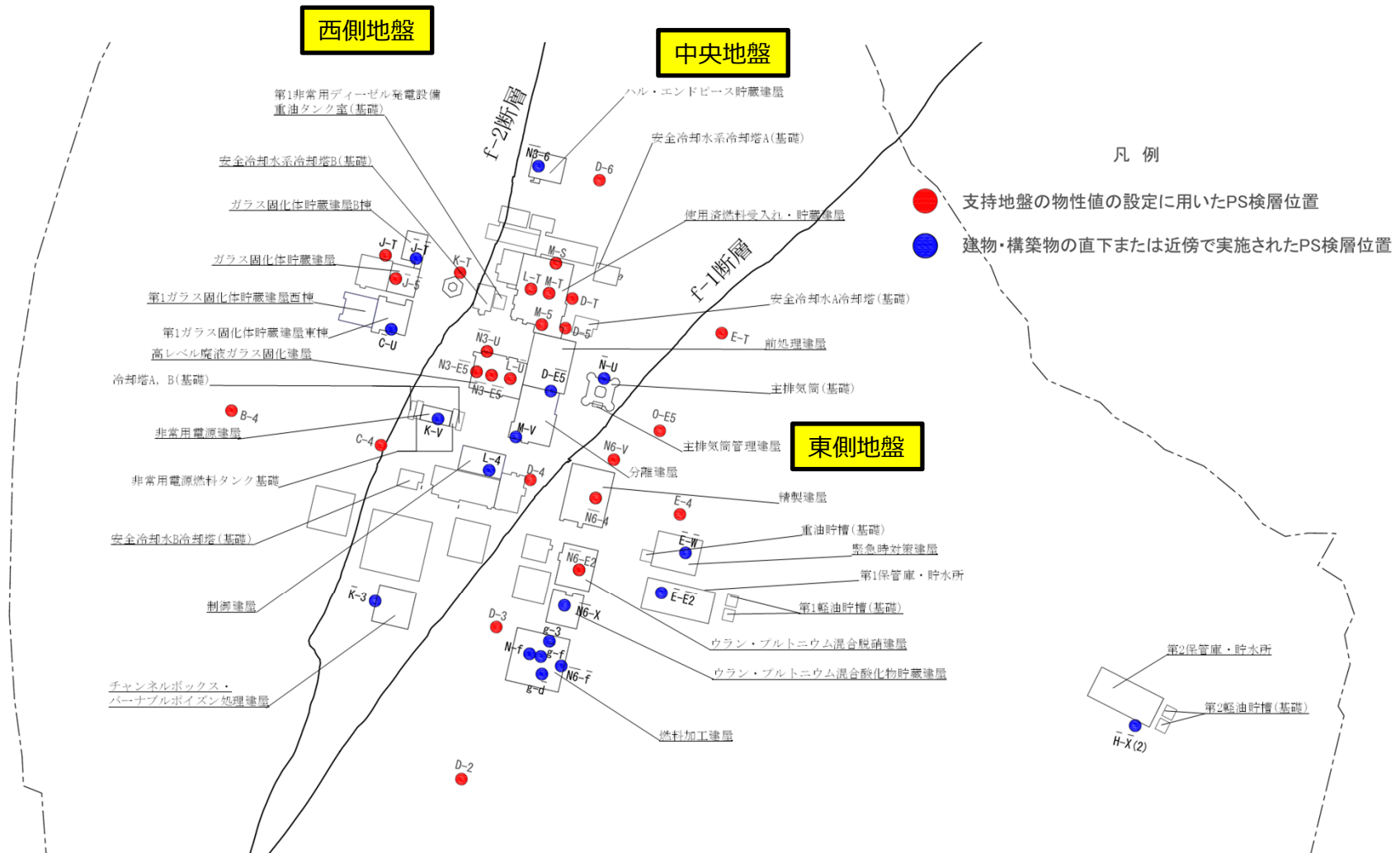
- 設計用地盤モデル（支持地盤）の基本ケースは、再処理事業所の耐震設計において、可能な限り複数の建物・構築物で共通的なモデルを用いることができるよう、地質構造に基づいて再処理事業所の敷地を3エリアに区分し、エリアごとのボーリング調査結果に基づく平均的な地盤物性値を設定し、岩盤であることから線形材料として設定している。今回設工認において建物・構築物の入力地震動の算定に用いる設計用地盤モデル（支持地盤）の基本ケースは、既設工認から変更していない。
- 設計用地盤モデル（支持地盤）の地盤物性のばらつきについては、既設工認では考慮していなかったが、今回設工認において考慮している。
- 設計用地盤モデル（表層地盤）は、既設工認では考慮していなかったが、今回設工認では、建物・構築物の埋め込み状況を反映するために、各建物・構築物の基礎底面レベルから地表面までの地盤特性に応じて地震波の伝播特性を評価するために、表層地盤（埋戻し土、造成盛土及び六ヶ所層）を「設計用地盤モデル」に反映し、敷地内のボーリング調査結果に基づく平均的な地盤物性値を設定し、さらに、地盤物性のばらつきを考慮している。

■ 今回設工認において説明すべき課題及び確認項目

- 設計用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無いことを示す上で挙げられる課題及び課題に対する確認項目としては、以下の項目が挙げられる。各確認項目の詳細については次頁以降に示す。
 - ① 設計用地盤モデルについて、地質構造や敷地内のボーリング調査結果に基づくエリア区分の考え方及び平均的な物性値の設定方法が適切であることの確認
⇒支持地盤及び表層地盤について、地盤モデルの設定方法の妥当性について確認を行う。
 - ② 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の検証
⇒敷地における地震観測記録を用いた検証を行う。
 - ③ ①、②により、敷地における地震波の伝播特性を考慮する上で適切なモデルが作成されていることを確認しているものの、建物・構築物直下もしくは近傍のPS検層データ（以下、「直下PS検層データ」という。）を参照した場合、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。
⇒建物・構築物の直下PS検層データを用いた施設の耐震評価を行う。

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (4) 敷地内P S 検層位置

■ 設計用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



設計用地盤モデル(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

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (5) 支持地盤の設定方法に係る確認項目

■ 確認項目及び確認の視点 (支持地盤の設定方法)

- 設計用地盤モデル (支持地盤) の設定方法について、今回設工認における設定の考え方及び確認項目を整理した。
- 各確認項目及び確認の視点に対して示すべきデータについては、今後示す。

課題に対する確認すべき項目 (支持地盤の設定方法)

課題	今回設工認における設定の考え方	確認項目	確認の視点	示すべきデータ (今後提示)	提出時期
① 設計用地盤モデル (支持地盤) の設定の考え方が適切であること	a. 地質構造に基づいて再処理事業所の敷地を3エリアに区分し、エリア単位で共通のモデルを用いている	敷地を3エリアに区分することが妥当であること	敷地を3つのエリアに区分することが再処理事業所地下の地質構造及び速度構造と整合していることを確認する	<ul style="list-style-type: none"> 地質断面図 敷地内の速度構造分布 地質構造図 	5月下旬
			各エリアで、地質構造及び速度構造が概ね水平成層な構造となっていることを確認する	<ul style="list-style-type: none"> 地質断面図 敷地内の速度構造分布 	5月下旬
	b. エリアごとのPS検層結果に基づく平均的な地盤物性値を基本ケースとして設定	設計用地盤モデルに考慮する基本ケースとして各エリア内の平均的な速度を用いることが妥当であること	物性値の設定に用いるPS検層孔が、建物・構築物の配置状況を考慮し、さらに、重要度の高い建物・構築物をカバーするように選定されていることを確認する	<ul style="list-style-type: none"> PS検層孔の選定の考え方及び選定結果 	5月下旬
			物性値の算定における層境界の設定方法及び速度構造の平均化の考え方が適切であることを確認する	<ul style="list-style-type: none"> 設計用地盤モデル作成に用いたPS検層結果 	5月下旬
			地盤物性のばらつきとして基本ケースに対する $\pm 1\sigma$ としていること の考え方	<ul style="list-style-type: none"> 上記の設定方法が妥当であること及び地震観測記録を用いたシミュレーション結果により、基本ケースを用いることが妥当であることを確認した上で、先行審査プラントの実績を踏まえ、地盤物性の不均質性を考慮して$\pm 1\sigma$のばらつき幅を設定していることを確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 設計用地盤モデル作成に用いたPS検層結果

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (6) 表層地盤の設定方法に係る確認項目

■ 確認項目及び確認の視点 (表層地盤の設定方法)

- 設計用地盤モデル (表層地盤) の設定方法について、今回設工認における設定の考え方及び確認項目を整理した。
- 各確認項目及び確認の視点に対して示すべきデータについては、今後示す。

課題に対する確認すべき項目 (表層地盤の設定方法)

課題	今回設工認における設定の考え方	確認項目	確認の視点	示すべきデータ (今後提示)	提出時期
①設計用地盤モデル (表層地盤) の設定の考え方が適切であること	a.敷地全体のボーリング調査結果に基づく平均的な地盤物性値を基本ケースとして設定	設計用地盤モデルに考慮する基本ケースとして、敷地全体の平均的な速度を用いることが妥当であること	表層地盤 (埋戻し土, 造成盛土, 六ヶ所層) の物性値が、統計的に平均値として扱うことが妥当な相関関係となっており、さらに、敷地全体で偏りなく広範なデータに基づき設定されていることを確認する	• ボーリング調査孔配置図	5月下旬
			平均的な地盤物性として、深さ依存の回帰式として設定することが妥当であることを確認する	• 試験結果深度分布	5月下旬
	地盤物性のばらつきとして基本ケースに対する $\pm 1\sigma$ としていること	上記の設定方法が妥当であること及び地震観測記録を用いたシミュレーション結果により、基本ケースを用いることが妥当であることを確認した上で、先行審査プラントの実績を踏まえ、地盤物性の不均質性を考慮して $\pm 1\sigma$ のばらつき幅を設定していることを確認する。	• 設計用地盤モデル作成に用いたPS検層結果	5月下旬	
	b.岩盤ではない表層地盤については、非線形性を考慮し、ひずみ依存特性を考慮	ひずみ依存特性の考慮方法が妥当であることについて確認を行う	ひずみ依存特性が、敷地内ボーリング調査における繰返し三軸圧縮試験により、適切に考慮されていることを確認する	• 繰返し三軸圧縮試験結果	5月下旬

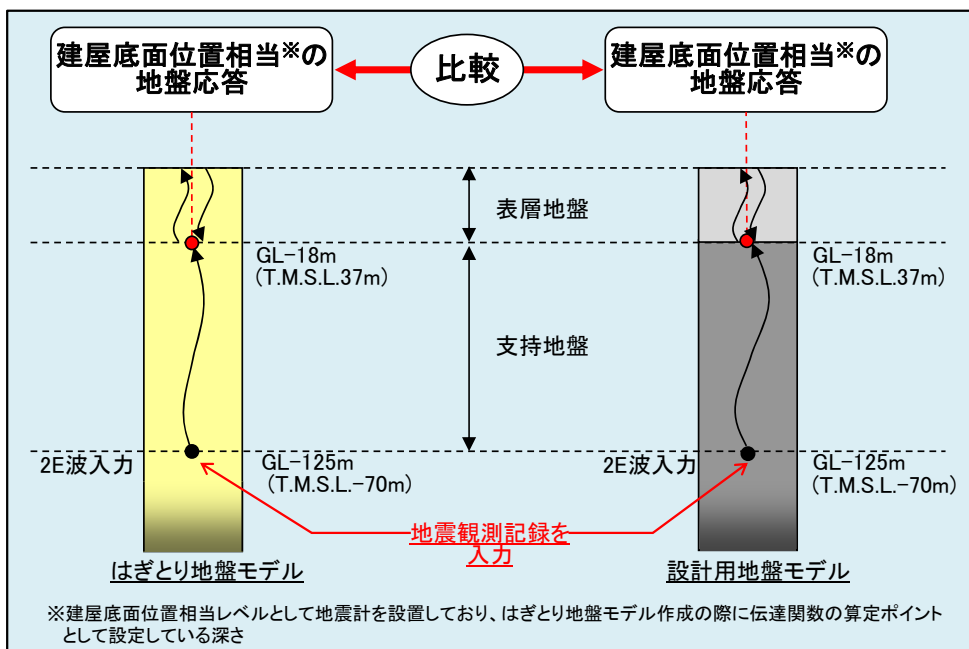
3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (7) 地震観測記録を用いた検証に係る確認項目

■ 確認項目及び確認の視点 (地震観測記録を用いた検証)

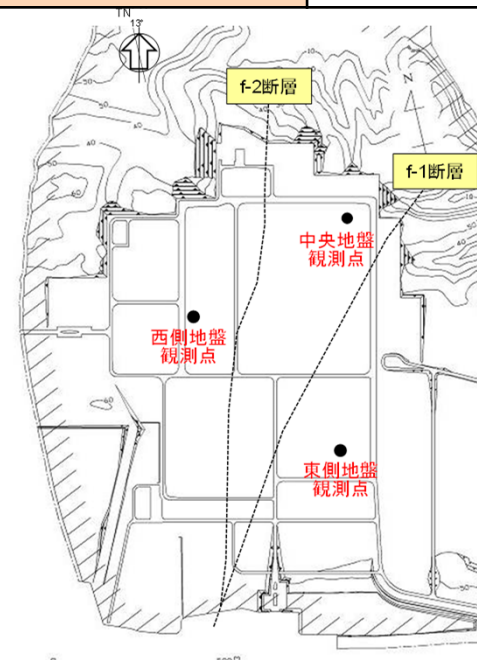
- 地震観測記録を用いた検証について、今回設工認における設定の考え方及び確認項目を整理した。
- 各確認項目及び確認の視点に対して示すべきデータについては、今後示す。

課題に対する確認すべき項目 (地震観測記録を用いた検証)

課題	今回設工認における設定の考え方	確認項目	確認の視点	示すべきデータ (今後提示)	提出時期
②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	事業許可に基づき、敷地における地震観測記録による検証を実施	設計用地盤モデルによる地震波の伝播特性が、敷地における地震観測記録から得られている伝播特性と整合していることについて確認	事業許可にて示している、各エリアにおける地震観測記録の深さ方向の伝達関数を再現することが可能な地盤モデル (事業変更許可申請書における「はざとり地盤モデル」) を用いたシミュレーション解析を行い、設計用地盤モデル (支持地盤及び表層地盤) とはざとり地盤モデル双方の解放基盤表面位置に地震観測記録を入力した場合の地盤応答解析により、建屋底面位置相当における応答スペクトルが整合していることを確認する。	・地震観測記録を用いたシミュレーション解析結果	6月上旬



シミュレーション解析の概要



敷地内の地震観測位置

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (8) 直下PS検層データを用いた耐震評価に係る確認項目

■ 確認項目及び確認の視点 (直下PS検層データを用いた耐震評価)

- 直下PS検層データの参照について、今回設工認における確認項目を整理した。
- 各確認項目及び確認の視点に対して示すべきデータについては、今後示す。
- 直下PS検層データを用いた耐震影響評価の詳細な方針については、次頁に示す。

課題に対する確認すべき項目 (直下PS検層データの参照)

課題	確認項目	確認の視点	示すべきデータ (今後提示)	提出時期
③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	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	評価対象建屋の直下PS検層データの速度構造について、設計用地盤モデルに考慮しているばらつき幅からの乖離がある場合は、これらのPS検層結果を考慮しても、施設の耐震評価における検定値または応力比が1.0を超えず、耐震性に影響が無いことを確認する	<ul style="list-style-type: none"> • 直下PS検層データと設計用地盤モデルの照合結果 • 影響評価対象施設の選定結果 • 直下PS検層データを考慮した耐震影響評価結果 	6月 月上旬

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (8) 直下PS検層データを用いた耐震評価

■ 影響評価対象施設の選定方針

- 直下PS検層データのS波速度またはP波速度が、設計用地盤モデルに考慮しているばらつき幅 ($\pm 1\sigma$) をいずれかの深度で超える建物・構築物について、影響評価対象施設として選定する。

■ 直下地盤モデルの作成方針

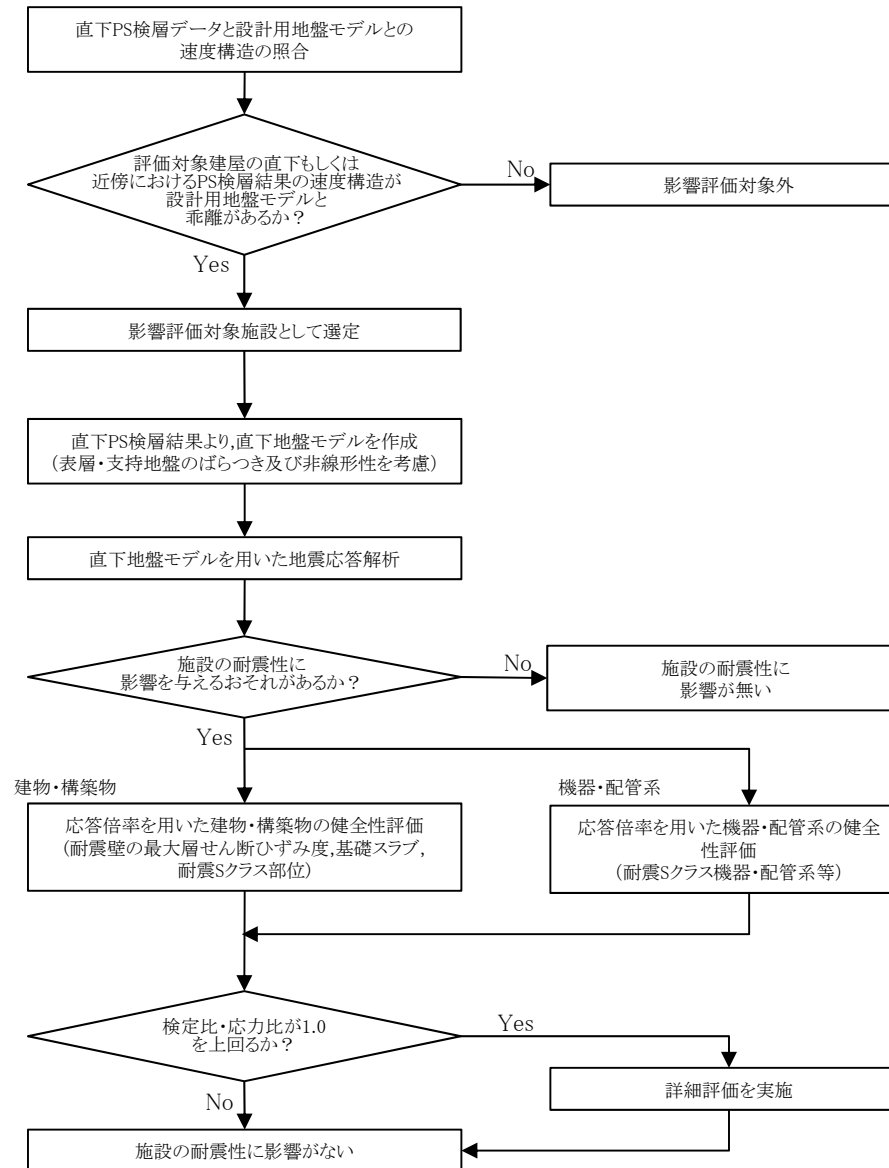
- 直下PS検層データを考慮した直下地盤モデルは、以下の方針で作成する。
 - 直下地盤モデルは、建物・構築物直下もしくは近傍の支持地盤の物性値に加え、近傍の表層地盤の物性値を用いることとする。
 - 影響評価対象施設の建物・構築物について、直下PS検層データが1孔のみの場合は、支持地盤及び表層地盤ともに、そのPS検層データの速度構造を基本ケースとして設定する。また、地盤物性のばらつきとして、設計用地盤モデルに考慮しているS波速度及びP波速度それぞれの変動係数 ($[\text{変動係数}] = [\text{標準偏差}] \div [\text{平均値}]$) を設定する。
 - 影響評価対象施設の建物・構築物について、直下PS検層データが複数孔ある場合は、設計用地盤モデルの物性値の設定方法と同じ手法により、複数の直下PS検層データに基づき、S波速度及びP波速度の層境界を設定し、基本ケース及びばらつきケースの物性値を設定する。表層地盤についても、複数の近傍PS検層データに基づき、S波速度及びP波速度について、同じ手法により基本ケース及びばらつきケースの物性値を設定する。
 - S_s や $1.2S_s$ の入力では支持地盤の非線形が進む可能性について考慮し、支持地盤のひずみ依存特性を考慮する。

■ 直下PS検層データを用いた耐震影響評価の方針

- 影響評価に用いる地震動は、直下地盤モデルを用いた地震応答解析結果のうち、影響評価対象施設ごとに、耐震評価として影響の大きい地震動を選定する。
- 建物・構築物について、主要な耐震部材である耐震壁については「直下地盤モデル」の応答値の最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10^{-3}) 以内であること及び、その他評価部位 (Sクラス部位、基礎スラブ) については「直下地盤モデル」の応答値を「設計用地盤モデル」の応答値で除した際に求められる応答倍率を「設計用地盤モデル」の最大の検定値 (発生値/許容値) に乗じ、その際の検定値が1.0以下であることを確認。検定値が1.0を超える場合は、別途詳細評価を行い、検定値が1.0以下であることを確認することにより、耐震評価上、安全上支障が無いことを示す。
- 機器・配管系については、従来のばらつき評価同様の対応として、拡幅を行わない「直下地盤モデル」のFRSの応答値と「設計用地盤モデル」の拡幅FRSの応答値から求めた加速度比を設工認に記載している算出応力に倍率にて乗じ、応力比 (発生値/許容値) が1.0以下であることを確認。応力比が1.0を超える場合は、別途詳細評価を行い、応力比が1.0以下であることを確認することにより、耐震評価上、安全上支障が無いことを示す。

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (8) 直下PS検層データを用いた耐震評価

■ 直下PS検層データを考慮した耐震影響評価フロー



直下PS検層データを考慮した耐震影響評価フロー

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (9) 今回設工認への反映の考え方

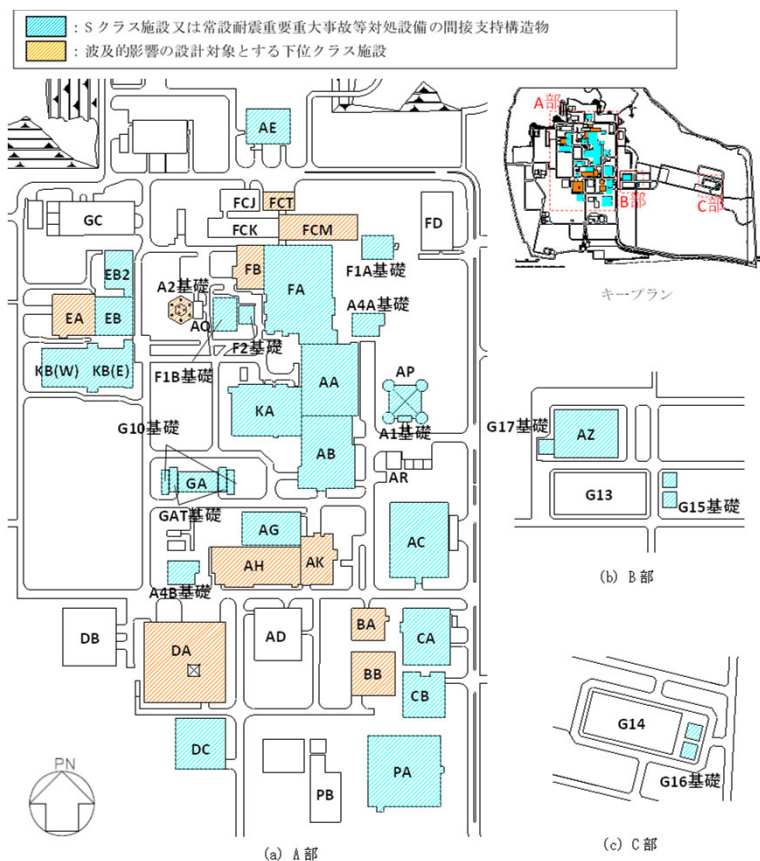
- 以下の確認結果をもって、「設計用地盤モデル」を、今回設工認の添付書類における各施設の地震応答計算書に記載する入力地震動の算定に用いる地盤モデルとする。
 - 設計用地盤モデルの設定に用いるデータの選定や物性値の算定方法の考え方について妥当性を示すことにより、設計用地盤モデルの設定の考え方が適切であることを確認する。
 - 地震観測記録を用いたシミュレーション解析により、設計用地盤モデルによる地震波の伝播特性が適切に設定されていることを確認する。
 - 建物・構築物の直下PS検層データにおいて、その速度構造が設計用地盤モデルにおいて考慮している地盤物性のばらつき幅を超えるデータが得られていることについて、建物・構築物の直下PS検層データを用いた耐震評価により、施設の耐震評価における検定値または応力比が1.0を超えず、耐震性に影響が無いことを確認する。
- また、直下PS検層データを用いた影響評価についても、評価結果に対して各施設の耐震性に影響が無いことを確認し、今回設工認の添付書類※として、影響評価結果を記載する方針とする。
- 2020年12月24日に第1回申請を実施した燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔については、上記方針に従い、第1回申請において直下地盤モデルを用いた影響評価結果を添付書類※に記載する。
- 後次回申請対象施設については、第1回申請における説明において、各建物・構築物において参照する直下PS検層データと設計用地盤モデルとの速度構造の照合と、影響評価対象施設としての選定結果まで示し、影響評価結果については、各建物・構築物の申請回次にて示す。

※「再処理施設の耐震性に関する計算書」及び「加工施設の耐震性に関する計算書」の別添

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (1) 再処理施設等の建物・構築物の隣接状況

■ 再処理施設等の建物・構築物の隣接状況

▶ 当社事業所は、再処理施設等の建物・構築物が互いに隣接して配置される構成となっているが、建物・構築物の地震応答解析においては、構造毎に独立して構築した解析モデルを用いて実施しており、隣接建屋の影響は考慮していない。



建物・構築物名称		建物・構築物名称	
前処理建屋	AA	使用済燃料輸送容器管理建屋 (除染エリア)	FC (FCJ)
分離建屋	AB	使用済燃料輸送容器管理建屋 (空使用済燃料輸送容器保管庫)	FC (FCK)
精製建屋	AC	使用済燃料輸送容器管理建屋 (使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)	FC (FCM)
低レベル廃液処理建屋	AD	使用済燃料輸送容器管理建屋 (トラエア)	FC (FCT)
ハル・エンドピース貯蔵建屋	AE	第1低レベル廃棄物貯蔵建屋	FD
制御建屋	AG	安全冷却水系冷却塔A (基礎)	F1A基礎
分析建屋	AH	安全冷却水系冷却塔B (基礎)	F1B基礎
出入管理建屋	AK	第1非常用ディーゼル発電設備	F2基礎
主排気筒管理建屋	AP	重油タンク室 (基礎)	F2基礎
北換気筒管理建屋	AQ	非常用電源建屋	GA
試薬建屋	AR	燃料油貯蔵タンク基礎	GAT基礎
緊急時対策建屋	AZ	ウラン脱硝建屋	BA
主排気筒 (基礎)	A1基礎	ユーティリティ建屋	GC
北換気筒 (基礎)	A2基礎	ウラン酸化物貯蔵建屋	BB
安全冷却水A冷却塔 (基礎)	A4A基礎	冷却塔A, B (基礎)	G10基礎
安全冷却水B冷却塔 (基礎)	A4B基礎	第1保管庫・貯水所	G13
ウラン脱硝建屋	BA	第2保管庫・貯水所	G14
ウラン酸化物貯蔵建屋	BB	第1軽油貯蔵所 (基礎)	G15基礎
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	CA	第2軽油貯蔵所 (基礎)	G16基礎
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	CB	重油貯蔵所 (基礎)	G17基礎
低レベル廃棄物処理建屋	DA	ガラス固化体受入れ建屋	KA
第2低レベル廃棄物貯蔵建屋	DB	ガラス固化体貯蔵建屋	KB(E)
チャンネルボックス・バーナポリゾン処理建屋	DC	ガラス固化体貯蔵建屋東棟	KB(E)
ガラス固化体受入れ建屋	EA	ガラス固化体貯蔵建屋西棟	KB(W)
ガラス固化体貯蔵建屋	EB	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	PA
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	EB2	使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	PB
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	FA	エネルギー管理建屋	PB
使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	FB		

注記：評価対象建屋に隣接する施設として、洞道も考えられるが、洞道は建屋と比較して重量が著しく小さいことから、本ケーススタディの結果より、評価対象建屋の応答に与える影響は無いと判断している。

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (1) 再処理施設等の建物・構築物の隣接状況

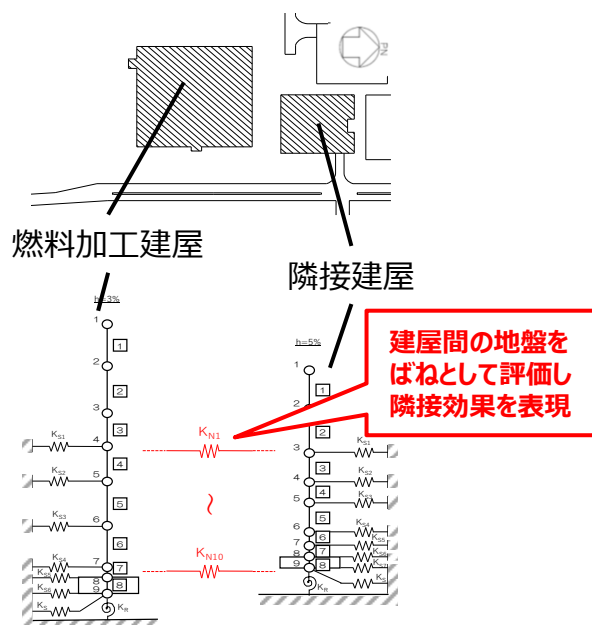
■これまでの検討状況

- 前述の状況を踏まえ、隣接建屋が、評価対象建屋の建屋応答に与える影響について検討を実施することで、**構造毎に独立して構築した解析モデルを用いても安全上支障がないことを確認**する。*

⇒検討の方法は、まずは、当社独自の検討である「ケーススタディに基づく判定フローを用いた確認」を行い、**隣接建屋の影響が無いとは言い切れない建物・構築物を安全側に全て抽出**したうえで、抽出された建物・構築物については、**先行発電炉と同様にFEMを用いた詳細検討**を実施することとしていた。

※：本資料においては、建屋及び屋外機械基礎を対象とし、洞道及び機器・配管系については、後次回申請において別途示す。

これまで（2021年1月～5月）の検討状況の詳細は、次項以降に参考として示す。



ケーススタディの一例
(隣接建屋の影響を考慮した解析モデル)

■今後の検討方針

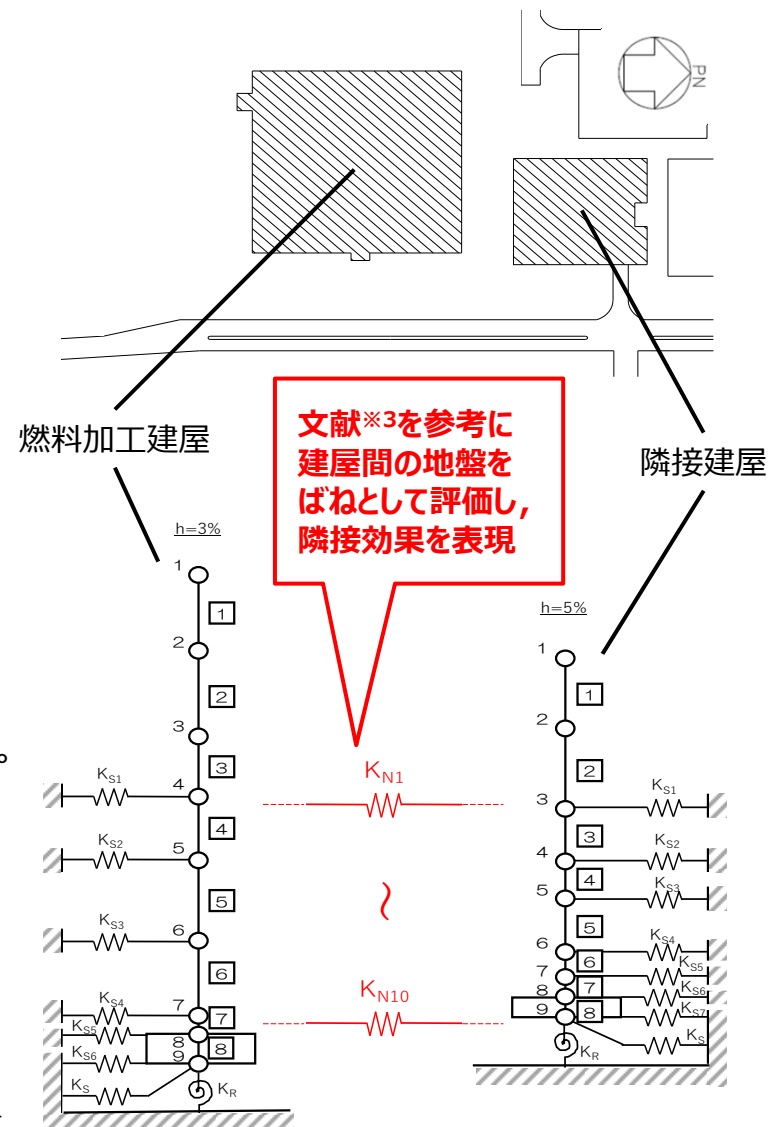
- 建屋同士の検討では、隣接する2棟のSRモデルを、建屋間結合ばねで連成した**SR連成モデル**を用いているが、先行発電炉の審査での実績がない検討モデルであることから、実状を模擬したFEMモデルとの応答の比較を行い、今回のケーススタディにおいて適切な手法であることを示すことが課題となっている。
- そのため、燃料加工建屋を代表とした検討モデルについて、今後3次元FEMモデルを用いた確認を行うこととなる。また、安全冷却水B冷却塔（基礎）はケーススタディーにおいて3次元FEMモデルを用いて検討を実施しており、この結果、第一回申請対象である両者とも3次元FEMモデルを用いた検討を実施することとなる。
- 以上より、**第一回申請**における隣接建屋の影響検討としては、前述の**3次元FEMモデルを用いた詳細検討**を主として示すこととする。
なお、SR連成モデルを用いたケーススタディーによる判定は、後次回申請施設での適用を目指し、可能性検討として進めることとする。

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (2) 再処理施設等を想定したケーススタディ

■ ケーススタディの概要

- 発電炉を対象とした「NUPEC試験」※1や3次元FEMモデルによる既往の検討※2では、隣接建屋の影響は小さいと報告されており、再処理施設等の建物・構築物も構造的特徴を踏まえると本知見を適用可能と考える。
- ここでは、既往の知見に加えて定量的なケーススタディとして、**隣接建屋の影響を考慮した場合の地震応答解析を実施し**、建屋単独の場合の結果と比較することで、当社事業所における**隣接建屋の影響の有無について総合的な確認**を行った。
- ケーススタディでは、**隣接建屋に影響を与える要因を抽出したうえで**、その特徴を反映した**複数の検討ケースを設定**することで、再処理施設等の**全ての建物・構築物に対して判定フローを用いて確認**を行った。判定にあたっては、**隣接建屋の影響が無いとは言い切れない建物・構築物を安全側に全て抽出**できるように行った。
- 判定フローに基づき、**隣接建屋の影響が無いとは言い切れない建物・構築物に対しては、FEMを用いた詳細検討を行い、安全上支障がないことを確認**する。

- ※1：耐震安全解析コード改良試験原子炉建屋の隣接効果試験に関する報告書，（財）原子力発電技術機構，平成14年3月
- ※2：中村 尚弘他，「原子力発電所建屋の地震応答性状に与える不整形地盤および隣接建屋の影響に関する研究」，2012年3月，構造工学論文集，日本建築学会
- ※3：建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計，（社）日本建築学会，2006年



ケーススタディの一例
(隣接建屋の影響を考慮した解析モデル)

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

(2) 再処理施設等を想定したケーススタディ

■ 隣接効果に影響を与える要因の抽出

- 隣接効果に影響を与える要因として、既往の知見を参考に、「隣接建屋との距離」、「地盤への埋込みの有無」及び「隣接建屋との規模差」を抽出した。以下にそれぞれの要因を抽出した理由を示す。

要因については、隣接効果として基礎底面及び建屋側面の相互作用への影響の観点から、分析を実施中。

隣接効果に影響を与える要因と考え方

抽出した要因		抽出した理由
(a)	隣接建屋との距離	・評価対象建屋に、地盤を介して伝播する隣接建屋の地震時応答は、地盤の減衰効果により、その伝播距離に応じて影響が低減されることから、隣接建屋との距離を要因として抽出した。
(b)	地盤への埋込みの有無	・「NUPEC試験」※の検討結果より、評価対象建屋の一部が地盤に埋め込まれて設置されている場合、隣接建屋の地震時応答が、建屋側面地盤を介して評価対象建屋に伝播することの影響が大きいと判断したことから、地盤への埋込みの有無を要因として抽出した。
(c)	隣接建屋との規模差	・隣接建屋の建屋規模が評価対象建屋に比べて大きい場合、隣接建屋が存在することによる評価対象建屋の地盤インピーダンス（地盤との相互作用）への影響が大きいと判断したことから、隣接建屋との規模差を要因として抽出した。 ・なお、地盤インピーダンスに大きく影響を与える建屋規模の要素としては、平面規模及び重量が考えられるが、平面規模と重量の間には相関関係があることから、本検討では、建屋の重量に着目した検討を行うこととする。

※：耐震安全解析コード改良試験原子炉建屋の隣接効果試験に関する報告書，（財）原子力発電技術機構，平成14年3月

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (2) 再処理施設等を想定したケーススタディ

■ ケーススタディの検討方針及び検討ケース

- ケーススタディは、隣接効果に影響を与える要因の中で最も影響が大きいと考えられる「隣接建屋との距離」をパラメータとして地震応答解析モデルに反映し、建屋応答への影響を確認した。
- また、検討条件として、評価対象建屋及び隣接建屋の組合せは、再処理施設等の建物・構築物の特徴（「地盤への埋込みの有無」及び「隣接建屋との規模差」）を踏まえて複数選定した。
- ケーススタディの検討ケースとしては、埋込みがある建屋を対象とした検討（ケース1-1、ケース1-2）と埋込みが無い建屋（屋外機械基礎）を対象とした検討（ケース2）を実施した。
埋込みがある建屋を対象とした検討については、隣接建屋との規模差として、重量差が小さい場合（同規模同士）の検討（ケース1-1）と重量差が大きい場合の検討（ケース1-2）を実施した。

⇒次項以降、ケーススタディの各検討ケースの検討内容及び検討結果の一例を示す。

ケーススタディの検討ケース

ケース	地盤への埋込みの有無	隣接建屋との規模差	隣接建屋との距離
1-1	埋込み有	重量差小 (同規模同士)	0.1m～20.0m
1-2		重量差大	0.1m～20.0m
2	埋込み無	重量差大 (評価対象建屋<隣接建屋)	18.0m

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

【参考】これまでの検討状況

(2) 再処理施設等を想定したケーススタディ（各ケーススタディの検討内容）

■ 検討に用いる建屋概要，及び隣接建屋との距離（パラメータ）の設定

➤ ケーススタディの各検討ケース（ケース1-1，ケース1-2，ケース2）について，検討に用いる建屋概要，及びパラメータとする隣接建屋との距離の設定を以下に示す。

【ケース1-1】埋込みが**ある**建屋を対象とした検討のうち，重量差**小（同規模同士）**の検討

建屋モデル	想定する建屋※	地盤への埋込みの有無	重量比	離隔距離 = 隣接建屋との距離	評価対象
A	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	埋込み 有	(A : B) 5 : 4程度 (同規模)	0.1m, 1.0m, 5.0m, 7.0m , 10.0m, 15.0m, 20.0m	○
B	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	埋込み 有			○

【ケース1-2】埋込みが**ある**建屋を対象とした検討のうち，重量差**大**の検討

建屋モデル	想定する建屋※	地盤への埋込みの有無	重量比	離隔距離 = 隣接建屋との距離	評価対象
C	燃料加工建屋	埋込み 有	(C : D) 4 : 1程度	0.1m, 1.0m, 5.0m, 7.0m , 10.0m, 15.0m, 20.0m	○
D	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	埋込み 有			○

【ケース2】埋込みが**無い**建屋（屋外機械基礎）を対象とした検討

建屋モデル	想定する建屋※	地盤への埋込みの有無	重量比	離隔距離 = 隣接建屋との距離	評価対象
E	安全冷却水B冷却塔（上部構造物 + 基礎）	埋込み 無	(E : F) 1 : 25 程度	18.0m	○
F	分析建屋	埋込み 有			-

【評価対象欄の凡例】○：評価対象，-：評価対象外（評価対象建屋への影響を確認するためにモデル化）

※：想定する建屋の組合せは，安全上重要な施設の中から，配置状況を踏まえ，隣接建屋の影響の程度を確認しておきたいもの（判断に迷うもの）を代表として選定した。

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

(2) 再処理施設等を想定したケーススタディ (各ケーススタディの検討内容)

■ 検討用モデル及び検討用地震動

先行発電炉の審査での実績がない検討モデルであることから、実状を模擬したFEMモデルとの応答の比較を行い、今回のケーススタディにおいて適切な手法であることの検証を今後進める。

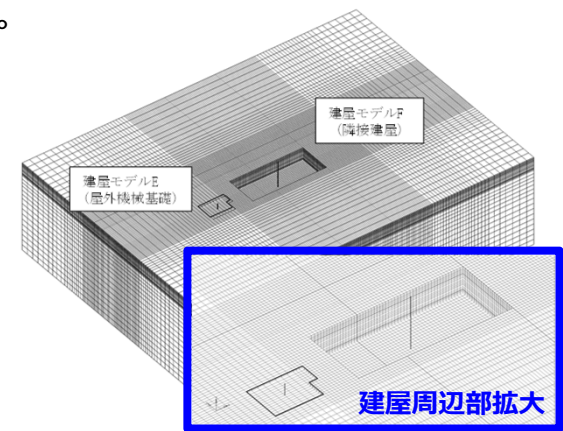
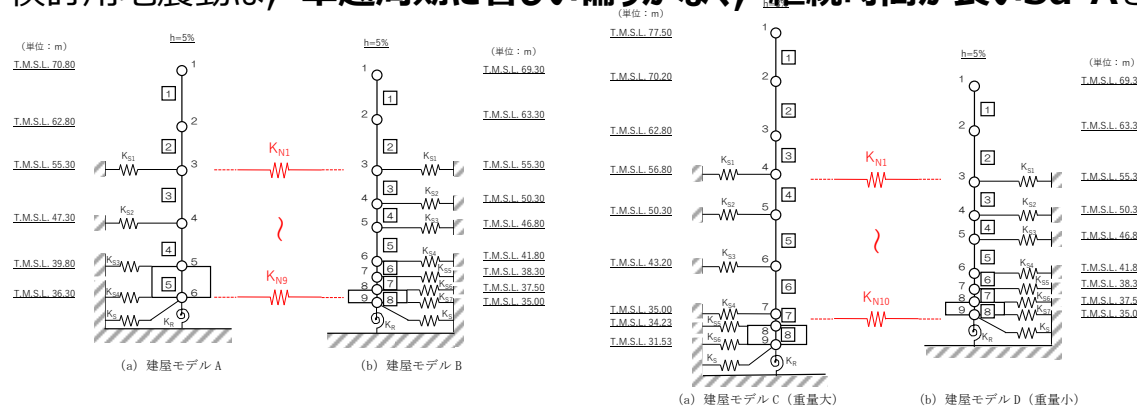
➤ 隣接建屋の影響を考慮した場合の地震応答解析モデルは、以下のとおりとした。

- ① 埋込みがある建屋を対象とした検討：隣接する2棟のSRモデルを、建屋間結合ばね※1、2で連成した**SR連成モデル**※3
- ② 埋込みがない建屋を対象とした検討：評価対象となる屋外機械基礎（上部構造物＋基礎）と隣接建屋を質点系モデルとし、地盤を3次元FEMモデルとした**地盤3次元FEMモデル**

※1：建屋間に存在する地盤を、原子力発電所耐震設計技術指針4601-1991追補版((社)日本電気協会)に記載の多質点系並列地盤モデルの軸ばね K_N として評価
 ※2：設工認モデルに設定している側面地盤との相互作用である建屋側面地盤ばね K_S では考慮していない、隣接建屋との相互作用を考慮するためのばね
 ※3：「建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計（日本建築学会，2006年）」において紹介されている解析モデル

➤ 建屋単独の場合の地震応答解析モデルは、隣接建屋の影響を考慮した場合の解析モデルから、隣接建屋の影響を取り除いた解析モデルとした。

➤ 検討用地震動は、卓越周期に著しい偏りがなく、継続時間が長いSd-Aを用いる。



(a) ケース1-1 (SR連成モデル)

(b) ケース1-2 (SR連成モデル)

(c) ケース2 (地盤3次元FEMモデル)

ケーススタディに用いる検討用モデル

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

【参考】これまでの検討状況

(2) 再処理施設等を想定したケーススタディ (検討結果のまとめ)

■ ケーススタディの結果のまとめ

➤ 「埋込みがある建屋を対象とした検討 (ケース1-1, ケース1-2)」及び「埋込みが無い建屋を対象とした検討 (ケース2)」の検討結果のまとめを、下表に示す。

➤ なお、既往の知見により、隣接建屋の影響は、埋込みが無い場合よりも、埋込みがある場合の方が大きいとされていることから、「埋込みがある建屋を対象とした検討 (ケース1-1, ケース1-2)」から得られた知見は、埋込みが無い建屋に適用できると判断した。

ケース	地盤への埋込みの有無	隣接建屋との規模差	結果のまとめ
1-1	埋込み有	重量差小 (同規模同士)	重量比※が4/5～5/4 (0.80～1.25) 程度の場合には、隣接建屋との離隔距離が1.0m以上確保できていれば、隣接建屋の影響は無い。 重量比 (A : B) が, 5 : 4 程度であることを踏まえて設定した値
1-2		重量差大	重量比※が1/4 (0.25) 程度以上の場合には、以下①, ②のとおり考察できる。 ① : 重量が大きい方の建屋については、隣接建屋との離隔距離が1.0m以上確保できていれば、隣接建屋の影響は無い。 ② : 重量が小さい方の建屋については、隣接建屋との離隔距離が5.0m以上確保できていれば、隣接建屋の影響は無い。 重量比 (C : D) が, 4 : 1 程度であることを踏まえて設定した値
2	埋込み無	重量差大 (評価対象建屋 < 隣接建屋)	重量比※が1/25 (0.04) 程度以上の場合には、隣接建屋との離隔距離が18.0m以上確保できていれば、隣接建屋の影響は無い。 重量比 (E : F) が, 1 : 25 程度であることを踏まえて設定した値

※ : 重量比 = 評価対象建屋の重量 / 隣接建屋の重量

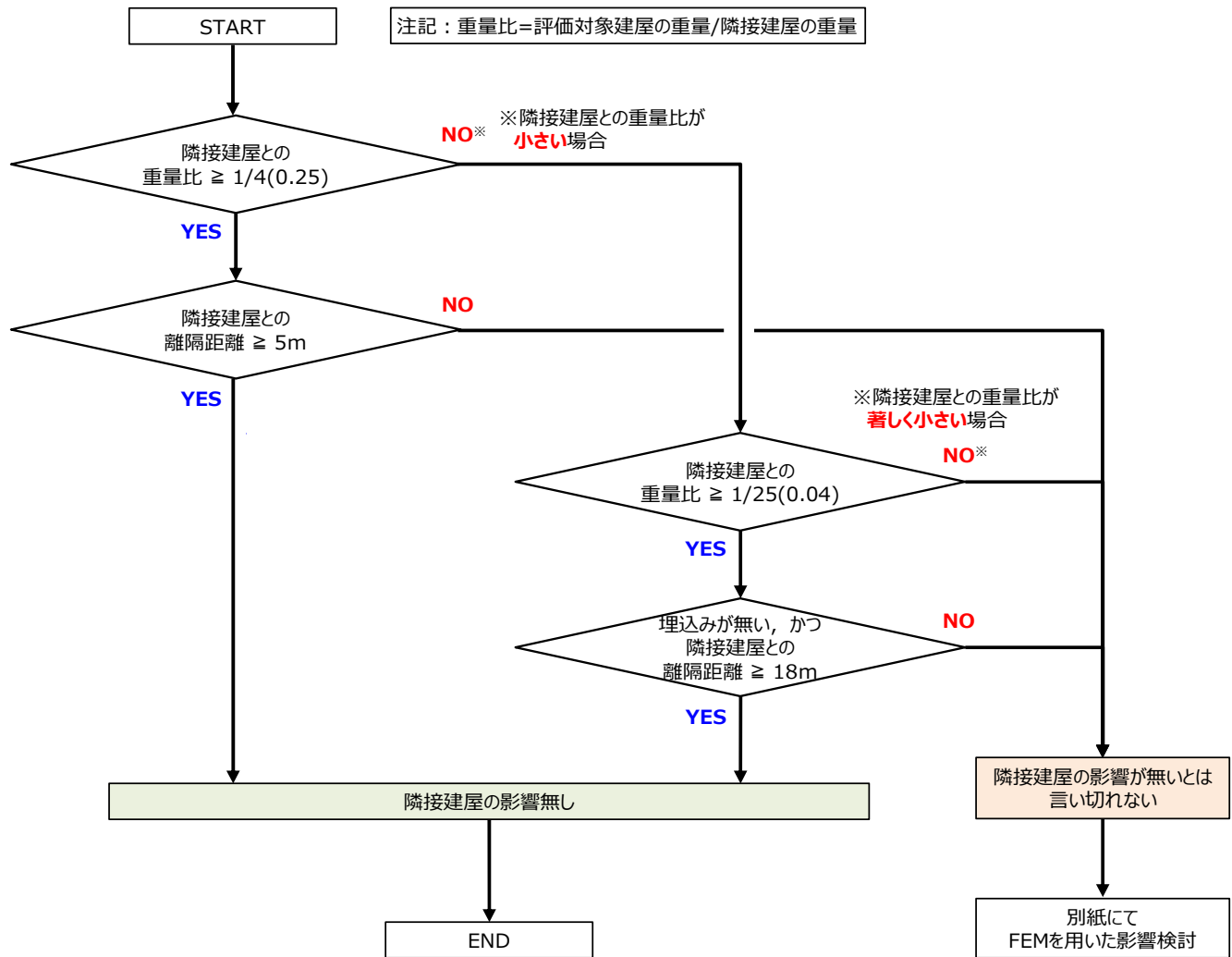
⇒次項以降では、ケーススタディの結果を踏まえて設定した判定フローに基づき、再処理施設等の建物・構築物について、隣接建屋の影響有無の確認を行う。

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (3) 隣接建屋の影響有無の確認

【参考】これまでの検討状況

■ 当社事業所における隣接建屋の影響有無の判定フロー

➤ ケーススタディの結果を踏まえた、当社事業所における隣接建屋の影響有無の判定フローを下図に示す。



3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

(3) 隣接建屋の影響有無の確認 (「影響が無いとは言い切れない」と判定された場合の取り扱い)

■「影響が無いとは言い切れない」と判定された場合の取り扱い (1/2)

- 判定フローにより、「隣接建屋の影響が無いとは言い切れない」と判定された建物・構築物 (評価対象建屋) については、**FEMを用いた詳細検討**を行い、安全上支障がないことを確認する。
⇒評価対象建屋を次項 にて示す。
- FEMを用いた詳細検討にあたっては、**評価対象建屋**、及び重量比・離隔距離の関係から評価対象建屋に影響を及ぼす可能性が否定できない**隣接建屋**を、**建屋群としてグルーピング**したうえで行う。
⇒グルーピングの結果 (グループNo.①～⑧) を次項 にて示す。
- FEMを用いた詳細検討は、グルーピングした各建屋群毎に、**実際の建屋配置状況に即して各建屋を配置する場合と各建屋を単独でモデル化する場合**の地震応答解析を実施し、両者の建屋応答の比較から得られる**応答比率**を用いて建物・構築物の耐震評価に与える**影響を確認**する。

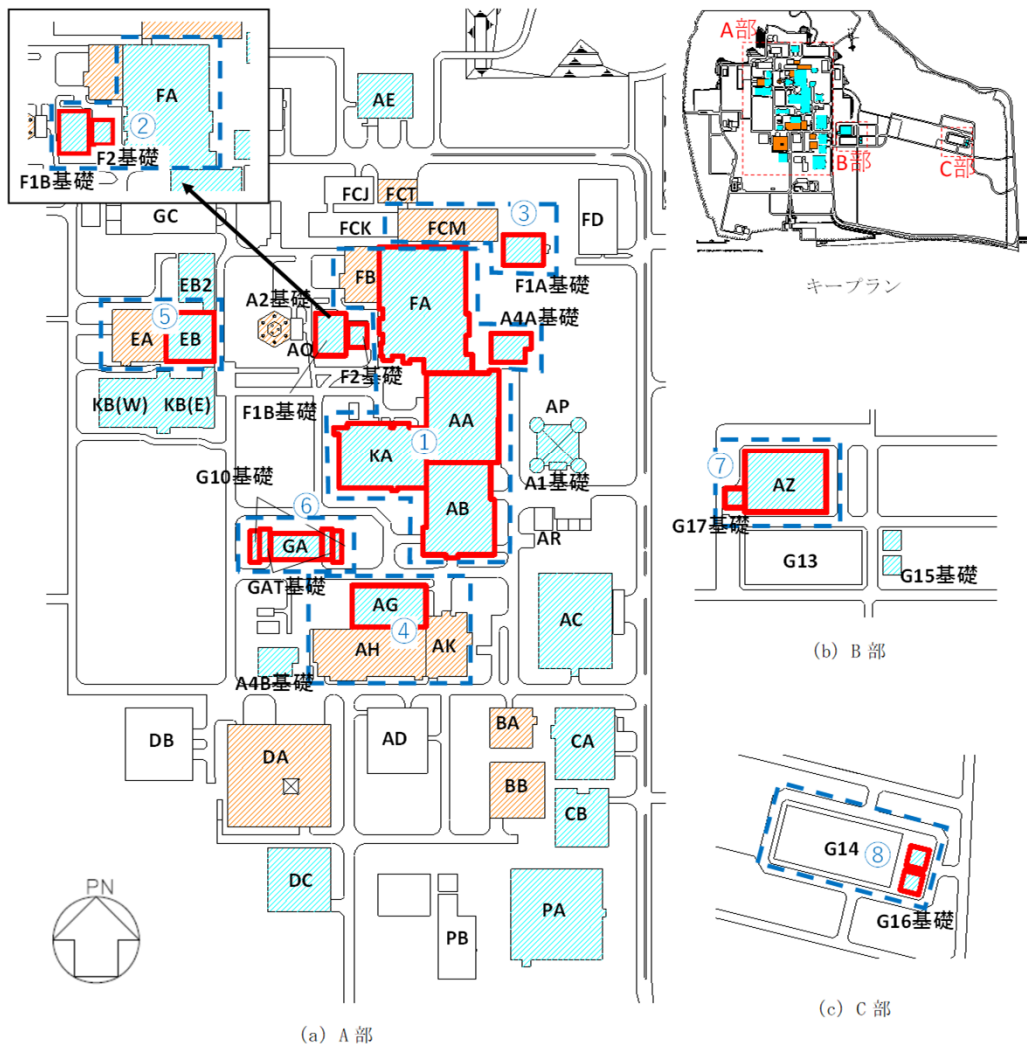
3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

【参考】これまでの検討状況

(3) 隣接建屋の影響有無の確認 (「影響が無いとは言い切れない」と判定された場合の取り扱い)

■「影響が無いとは言い切れない」と判定された場合の取り扱い (2/2)

- : Sクラス施設又は常設耐震重要重大事故等対処設備の間接支持構造物
- : 波及的影響の設計対象とする下位クラス施設
- : 隣接建屋の影響が無いとは言い切れない建屋 (評価対象建屋)
- : FEMを用いた詳細検討を実施する建屋群



建物・構築物名称	
前処理建屋	AA
分離建屋	AB
精製建屋	AC
低レベル廃液処理建屋	AD
ハル・エンドピース貯蔵建屋	AE
制御建屋	AG
分析建屋	AH
出入管理建屋	AK
主排気筒管理建屋	AP
北換気筒管理建屋	AQ
試薬建屋	AR
緊急時対策建屋	AZ
主排気筒 (基礎)	A1基礎
北換気筒 (基礎)	A2基礎
安全冷却水A冷却塔 (基礎)	A4A基礎
安全冷却水B冷却塔 (基礎)	A4B基礎
ウラン脱硝建屋	BA
ウラン酸化物貯蔵建屋	BB
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	CA
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	CB
低レベル廃棄物処理建屋	DA
第2低レベル廃棄物貯蔵建屋	DB
チャンネルボックス・バーナブルボイズ処理建屋	DC
ガラス固化体受入れ建屋	EA
ガラス固化体貯蔵建屋	EB
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	EB2
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	FA
使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	FB
使用済燃料輸送容器管理建屋 (除染エリア)	FC (FCJ)
使用済燃料輸送容器管理建屋 (空使用済燃料輸送容器保管庫)	(FC) (FCK)
使用済燃料輸送容器管理建屋 (使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)	FC (FCM)
使用済燃料輸送容器管理建屋 (トレーエリア)	FC (FCT)
第1低レベル廃棄物貯蔵建屋	FD
安全冷却水系冷却塔A (基礎)	F1A基礎
安全冷却水系冷却塔B (基礎)	F1B基礎
第1非常用ディーゼル発電設備用重油タンク室 (基礎)	F2基礎
非常用電源建屋	GA
燃料油貯蔵タンク基礎	GAT基礎
ユーティリティ建屋	GC
冷却塔A, B (基礎)	G10基礎
第1保管庫・貯水所	G13
第2保管庫・貯水所	G14
第1軽油貯蔵所 (基礎)	G15基礎
第2軽油貯蔵所 (基礎)	G16基礎
重油貯蔵所 (基礎)	G17基礎
高レベル廃液ガラス固化建屋	KA
第1ガラス固化体貯蔵建屋東棟	KB(E)
第1ガラス固化体貯蔵建屋西棟	KB(W)
燃料加工建屋	PA
エネルギー管理建屋	PB

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (4) これまでの検討結果の中間まとめ

■これまでの検討結果の中間まとめ

➤ 隣接建屋が評価対象建屋の建屋応答に与える影響について、以下①，②のとおり検討を実施した。

①：隣接建屋の影響検討にあたっては、既往の知見を参考に、考慮すべき影響要因を抽出し、それを踏まえた**代表例によるケーススタディを実施**することで、**当社事業所における隣接建屋の影響有無について判定**を行った。

判定にあたっては、ケーススタディの結果を踏まえた判定フローを用いて、**隣接建屋の影響が無いとは言い切れない建物・構築物を安全側に全て抽出**できるように行った。

②：ケーススタディを踏まえた確認の結果、**隣接建屋の影響が無いとは言い切れない建物・構築物に対しては、FEMを用いた詳細検討**を行うこととした。

⇒2020年12月24日に申請を実施した燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔（基礎）は、ケーススタディに基づく判定フローにより、「隣接建屋の影響無し」となるため、今回設工認では、**後次回申請における検討対象建屋、検討方針及び検討方法を示した。**

4. 技術的内容に係る説明

(外部衝撃による損傷の防止)

4. 1 主な説明項目

- 火災、溢水、化学薬品及び外部衝撃による損傷の防止に係る主な説明項目について以下に示す。

主な説明項目			説明内容	説明予定
①	竜巻	飛来物防護ネットの健全性について	<ul style="list-style-type: none"> 防護ネットの構造及び評価の考え方を整理し、飛来物に対する防護設計の妥当性を説明。 防護板の必要板厚を設定するBRL式の直径Dの設定は、質量の大きさに係らず適用できること。 	次回審査会合にてコメント回答 (4/27審査会合コメント)
②		空気密度による強度評価への影響について	<ul style="list-style-type: none"> 設計竜巻荷重の設定において考慮する空気密度については、低温による密度増加の影響は小さく、現状の考慮している空気密度で問題ないことを確認した。 	3/15説明済
③	竜巻・火山	許容限界の考え方について	<ul style="list-style-type: none"> 許容限界の設定について機能維持の観点からⅢ_ASを採用することとした。 	3/15説明済
④	外部火災	航空機墜落火災に対する影響評価について	<ul style="list-style-type: none"> 航空機墜落火災に対する設計の基本的な考え方 火災防護設計の考え方 	本日説明

4. 2 航空機墜落火災に対する設計の考え方について

<設計の基本的な考え方 >

- ①安全冷却水B冷却塔（以下、「冷却塔」という）は、飛来物防護ネットの至近で航空機墜落火災が発生した場合に、冷却塔の安全機能を維持する設計とする。
 - ・冷却塔の崩壊熱除去機能を維持するため、冷却水出口温度が許容温度以下となる設計とする。
 - ・冷却塔の崩壊熱除去機能を維持するために必要な部材である、支持架構、ファン駆動部、管束及び配管が許容温度以下となる設計とする。
- ②飛来物防護ネットは、至近に航空機墜落火災が発生した場合に、冷却塔の安全機能に影響を及ぼさないよう支持架構が自立するのに必要な柱・梁に対し、許容温度以下となる設計とする。
- ③輻射による部材の温度上昇を外部火災影響評価ガイド※の評価式を用いて評価し、各部材が許容温度以下であることを確認する。
- ④③に加え、飛来物防護ネット至近での火災を想定することから、斜め方向からの輻射、対流熱伝達、温度差による熱伸びを考慮する。
- ⑤温度評価の結果、許容温度を超過する部材に対しては、耐火被覆又は遮熱板を用いた防護対策により、許容温度を満足する設計とする。

4. 2 航空機墜落火災に対する設計の考え方について

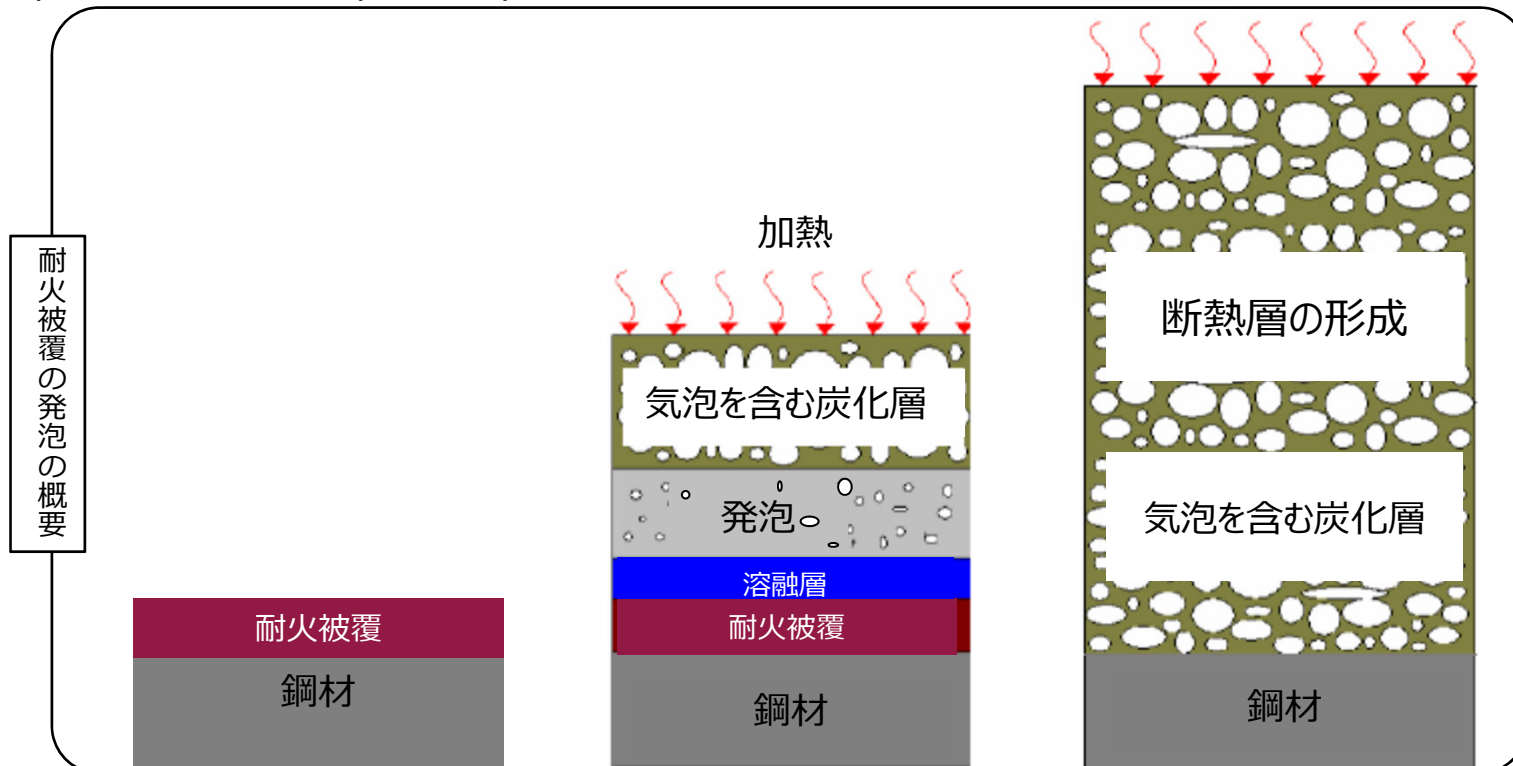
<火災防護設計の考え方（1 / 3）>

- 許容温度については、施設の有する機能を踏まえ、以下の通り設定する。
 - ・冷却水出口温度は、再処理施設の崩壊熱を除去するために必要な設計許容温度とする。
 - ・冷却能力の維持に必要な部材は、航空機墜落火災に対し、その機能を維持するために必要な設計温度、若しくは設計強度に影響を与えないよう、降伏応力度が変わらない325℃とする。
 - ・飛来物防護ネットは、外部火災防護対象施設ではないことを踏まえ、長期許容応力度を考慮することとし、鋼材の長期許容応力度（基準強度の2 / 3）に相当する降伏応力度となる450℃とする。

4. 2 航空機墜落火災に対する設計の考え方について

<火災防護設計の考え方（2 / 3）>

- 耐火被覆とは、塗料の表面温度が上昇することで、塗料の成分が化学反応し、発泡により生じた気泡を含む炭化層から成る断熱層を形成し、部材の温度上昇を緩和させる機能を有する。
- 耐火被覆は、試験から取得した断熱性能を踏まえ、鋼材の温度上昇が許容温度以下となる厚さを設定する。許容温度が325℃である冷却塔は厚さ3mm、許容温度が450℃である飛来物防護ネットは厚さ2mmとした。設定厚さは、試験により試験体が許容温度未満であることを確認している。
- 耐火被覆の施工範囲は、基本的な考え方に示したとおり、板厚毎に許容温度以下となる火災からの距離を算出し、その離隔距離を満足しない部材とする。



4. 2 航空機墜落火災に対する設計の考え方について

<火災防護設計の考え方（3 / 3）>

- 遮熱板とは、防護対象部位と火炎との間に設置する鋼板であり、部材への輻射を遮る機能を有する。遮熱板は許容温度を満足させるため、耐火被覆を施工する。
- 遮熱板は、耐火被覆の施工が困難な回転機器に対し、採用する。
- 施設至近での火災を想定することから、斜め輻射の影響の考慮にあたっては、ガイドでは垂直面以外の形態係数が考慮されていないため、工学的に妥当な範囲で現実に即して考慮する。

4. 2 航空機墜落火災に対する設計の考え方について

<冷却塔の火災防護対策>

- ・原動機、減速機は遮熱板を設置。
- ・ファンリング、管束フレーム、支持架構は耐火被覆を施工

<飛来物防護ネットの火災防護対策>

- ・板厚の薄い梁、張出部の天面および柱は耐火被覆を施工
(板厚が十分確保される柱は耐火被覆を施工しない)
- ・飛来物防護ネットの耐火被覆施工箇所を下図に示す。

