

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状況及び
設工認申請に係る対応状況（案）

令和3年6月23日

目次

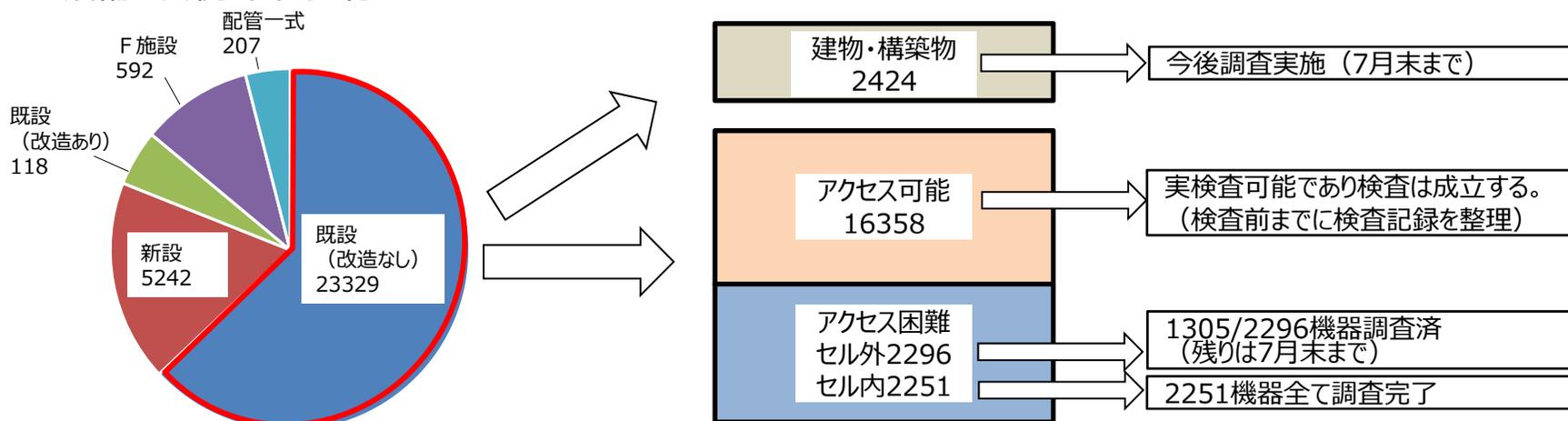
1. 使用前事業者検査の実施方針
2. 設工認申請に係る対応状況
(全般事項)
3. 技術的内容に係る説明
(耐震：建物・構築物) / (耐震：機器・配管系)
4. 設工認申請に係る対応状況
(外部衝撃による損傷の防止)

1. 使用前事業者検査の状況について〈検査の成立性〉

1. 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て検査を行う。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：6月末>

- セル内の機器全てについて、原燃・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51機器（参考1参照）あったが、記録の再調査、検証等を行った結果、全て検査記録により検査が成立することを確認した（参考2参照）。
- アクセス困難なセル外の機器1305/2296についても、記録があることを確認した。（不足なし）
- 埋込金物・支持構造物について、セル内の機器全てに関連する対象が健全であることを記録により確認した。

<今後の作業：7月末>

- アクセス困難なセル外の機器991/2296、建物・構築物（2424）、F施設(592)、配管（207式）について、同様の確認を行う。
- 埋込金物および支持構造物について、アクセス困難なセル外の機器（2296）、F施設(592)、配管（207式）に関連する対象が健全であることを確認する。

1. 使用前事業者検査の状況について <検査の成立性> (2/2)

<ガラス溶融炉の機能・性能検査について>

・ガラス溶融炉の機能・性能検査は、設工認仕様表に記載する「処理容量」、「ガラス流下を開始できること」及び「ガラス流下が所定の重量内で停止できること」を確認する。

その際、使用前確認申請書には、ガラス溶融炉の機能・性能検査および気体・液体廃棄物放出放射線検査に必要となる設備を試験使用範囲として明示する。

<腐食を考慮する容器等の使用前事業者検査の判定基準（既設設備）について>

・既設の腐食を考慮する容器等は、設計腐食代を確保していることおよび試験運転による腐食の進行を考慮しても技術基準を満足していることが必要となる。

・当該容器等の使用前事業者検査（寸法検査）では、

①新設時の板厚が「公称値の許容範囲内（素材の公差および加工公差）」

②現状の板厚が「最小厚さ以上」

③「初回の定期事業者検査までの期間以上*板厚が確保できること」

を判定基準とする。

当該の判定基準について、第1回設工認申請書 工事の方法の「2. 使用前事業者検査の方法」に記載（補正）する。

*：「運用開始から初回の定期事業者検査までの期間に、使用前事業者検査から運用開始までの期間を加えた期間」とし、使用前事業者検査要領書において具体的数値を記載する。

<参考 1 : 記録が不足していた機器> (1/2)

No.	名称	数量	使用前事業者検査項目	調査結果				検査成立性
				材料	寸法	耐圧	据外	
1	計量補助槽スチームジェットポンプ漏えい検知ポット (非安重、耐震 Cクラス)	1	材料検査：使用材料の化学成分、機械的強度等が設工認のとおりであること。 寸法検査：寸法（高さ、幅、奥行、板厚）が設工認のとおりであること。 耐圧・漏えい検査：検査圧力に耐え漏えいがないこと。 据付・外観：設工認どおり据付けられ、外観に有害な欠陥がないこと。	×	×	×	○	<ul style="list-style-type: none"> 据付・外観検査記録以外の検査記録不足。 → 記録の再調査（調査する範囲拡大）により、各検査記録を入手できた。 ◆ 検査は、入手した検査記録用いることで記録確認検査として成立する。
2	リサイクル槽サンプリングエアリフトポンプ分離ポット (非安重、耐震 Bクラス)	1		○	×	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 寸法検査記録が一部不足（個別部品）。 → 検証によって不足していた寸法が検査対象部位ではないことを確認した。設工認に記載の寸法の検査記録については保有していることを確認した。
3	アルファモニタセル漏えい液受皿漏えい検知ポット (非安重、耐震 Bクラス)	1		○	×	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 検査は、寸法検査記録を用いることで、記録確認検査として成立する。
4	プルトニウム濃縮液計量槽サンプリングエアリフトポンプ 2 分離ポット (非安重、耐震 Bクラス)	1		○	×	○	○	
5	溶媒蒸発缶セル漏えい検知ポット (非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 材料判定記録の不足。 → 記録類の再調査によって、各設備の材料証明書を保有していることを確認した。 ◆ 検査は、材料証明書をを用いることで、検査として成立する。
6	混合廃ガス凝縮液受槽(非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	
7	極低レベル廃ガス洗浄塔(非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	
8	廃ガスリーフポット(非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	
9	低レベル無塩廃液受槽デミスタ (非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	
10	排ガスポット(非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	
11	溶解槽セル排気前置フィルタ(安重、耐震 Aクラス)	10		×	○	○	○	
12	せん断機・溶解槽保守セル排気前置フィルタ (安重、耐震 Aクラス)	10		×	○	○	○	
13	凝縮液分配器(非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	
14	凝縮液シールポット(非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	

<参考 1 : 記録が不足していた機器> (2/2)

No.	名称	数量	新検査項目	調査結果				対応
				材料	寸法	耐圧	据外	
15	中間ポット堰付サイホンデミスタ (非安重、耐震 B クラス)	2	<p>材料検査：使用材料の化学成分、機械的強度等が設工認のとおりであること。</p> <p>寸法検査：寸法（高さ、幅、奥行、板厚）が設工認のとおりであること。</p> <p>耐圧・漏えい検査：検査圧力に耐え漏えいがないこと。</p> <p>据付・外観：設工認どおり据付けられ、外観に有害な欠陥がないこと。</p>	×	○	○	○	<p>• 材料判定記録の不足。</p> <p>→ 記録類の再調査によって、各設備の材料証明書を保有していることを確認した。</p> <p>◆ 検査は、材料証明書をを用いることで、検査として成立する。</p>
16	中間ポット堰付サイホン真空フィルタ (非安重、耐震 B クラス)	2		×	○	○	○	
17	第1廃ガス洗浄塔洗浄液ポンプ (非安重、耐震 B クラス)	2		×	○	○	○	
18	溶解槽サンプリングエアリフト分離ポット (非安重、耐震 B クラス)	2		×	○	○	○	
19	サンプリングエアリフトデミスタ (非安重、耐震 B クラス)	2		×	○	○	○	
20	サンプリングエアリフト真空フィルタ (非安重、耐震 B クラス)	2		×	○	○	○	
21	第3一時貯留処理槽サンプリングエアリフトポンプ 分離ポット(非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
22	プルトニウム溶液受槽サンプリングエアリフトポンプ 分離ポット(非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
23	油分分離槽サンプリングエアリフトポンプ分離ポット (非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
24	プルトニウム濃縮缶供給槽サンプリングエアリフト ポンプ分離ポット(非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
25	希釈槽サンプリングエアリフト分離ポット (非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
26	第1一時貯留処理槽サンプリングエアリフトポンプ 分離ポット(非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
27	第2一時貯留処理槽サンプリングエアリフトポン プ分離ポット(非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
		19						

<参考 2 : 記録が不足していた機器の検証方法 (代表例) >

○計量補助槽スチームジェットポンプ漏えい検知ポット (No. 1)

再調査によって入手した検査記録を用いて材料検査、寸法検査、耐圧・漏えい検査が可能であることを確認。

(材料検査)

設工認記載予定の主要部材の材質 (胴板、鏡板 : ステンレス鋼) の化学成分、機械的強度等がJISを満足していることを証明している材料検査記録により確認

(寸法記録)

設工認記載予定の主要寸法 (全高、外形、板厚) が測定され、判定基準 (公称値、許容値) を満足していることを寸法検査成績書により確認

(耐圧・漏えい検査)

設工認記載予定の最高使用圧力 (静水頭) により、30分以上、検査圧力 (水頭圧) に耐え、かつ漏えいがないことを耐圧・漏えい試験成績書により確認

○リサイクル槽サンプリングエアリフトポンプ分離ポット (No.2)

検証によって不足していた寸法が検査対象部位ではないことを確認し、寸法検査が可能であることを確認。

(寸法検査)

設工認記載予定の主要寸法 (全高、外形、板厚) が測定され、判定基準 (公称値、許容値) を満足していることを寸法検査成績書により確認

○溶媒蒸発缶セル漏えい検知ポット (No.5)

記録の再調査によって、材料証明書等を保有していることを確認し、材料検査が可能であることを確認。

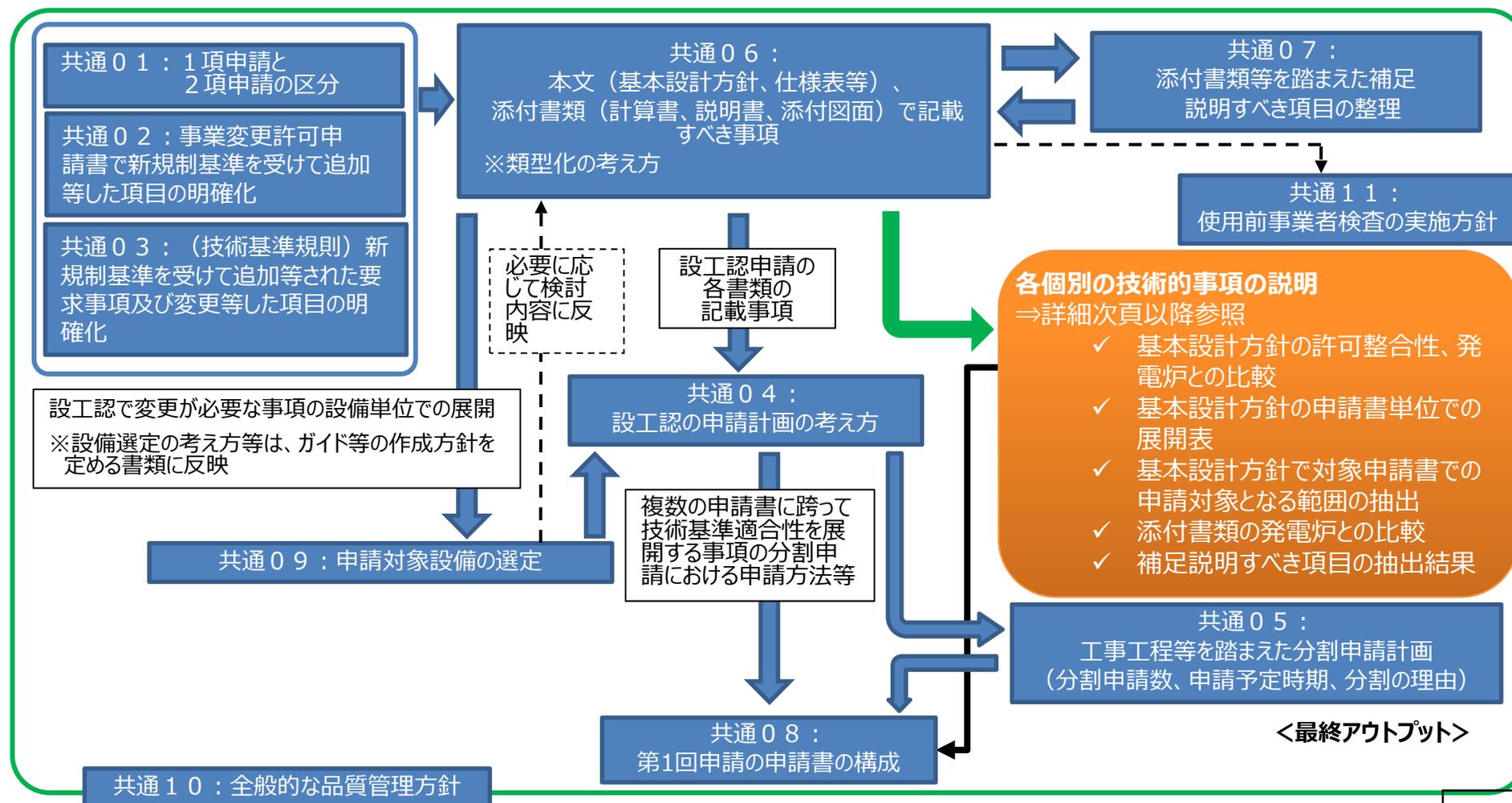
(材料検査)

設工認記載予定の主要部材の材質 (胴板、鏡板 : ステンレス鋼) の化学成分、機械的強度等がJISを満足していることを材料証明書等により確認

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（1/2） 共通的な補足説明資料において説明する事項

- 新規制基準を受けた設工認申請について、申請書に記載すべき事項、申請対象設備、効率的な申請等を考慮した分割申請の計画など、申請書作成にあたって明確にすべき事項を体系的に整理するとして事項について、共通の補足説明資料を作成することで共通的な考え方を策定することを審査会合で説明を実施。
- また、共通の補足説明資料のうち、「本文（基本設計方針、仕様表等）、添付書類（計算書、説明書、添付図面）で記載すべき事項」で明確にした記載方針等に基づき個別条文への展開を進めることについても審査会合で説明を実施。



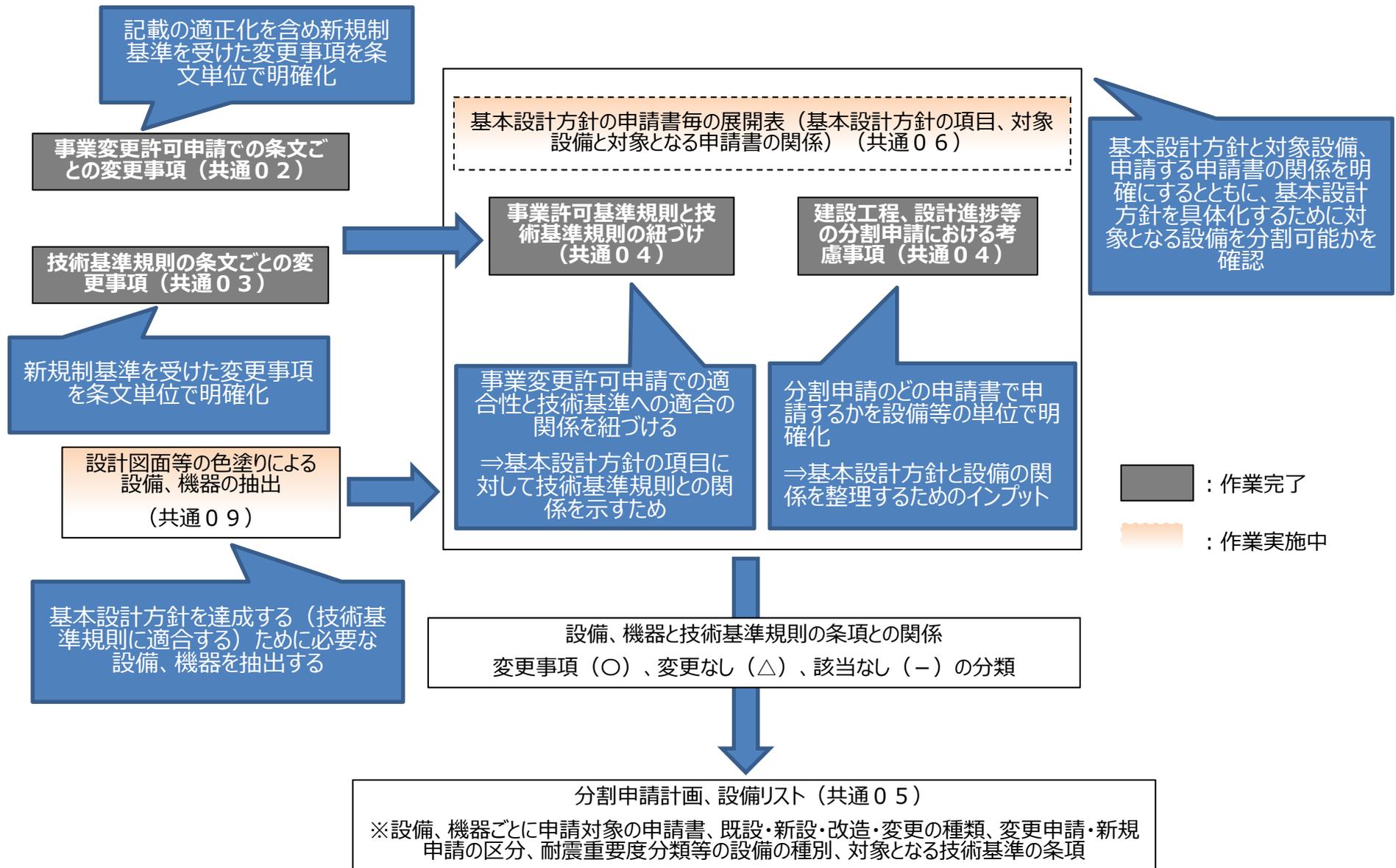
2. 1 設工認申請にあたって整理すべき事項（2/2） 共通的な補足説明資料において説明する事項

- 新規制基準を受けた設工認申請において、基本設計方針、仕様表、添付書類に記載すべき事項の明確化ができたことから、この結果を条文ごとに展開し、第1回申請の基本設計方針対象の適切性を示すため、以下の一連の作業を実施する。
 - ✓ 基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較
（許可整合を踏まえた基本設計方針の記載+発電炉の記載との比較による記載の適正化）
 - ✓ 基本設計方針の申請書単位での展開表
（基本設計方針の項目ごとに分割申請全体での展開の明確化）
 - ✓ 基本設計方針で対象申請書での申請対象となる範囲の抽出
（基本設計方針を基に添付書類で示す項目および項目ごとに記載すべき事項の明確化）
 - ✓ 添付書類の発電炉との比較
（基本設計方針を基に展開した添付書類の記載+発電炉の記載との比較による記載の適正化）
 - ✓ 補足説明すべき項目の抽出結果
（基本設計方針、添付書類の記載事項を踏まえて補足説明として必要な項目を抽出）
（発電炉の補足説明項目と比較を行い、必要な補足説明項目の確認）

2. 2 分割申請計画の考え方（1 / 6）

- 分割申請計画の策定に必要な以下の対応を実施した。
 - ✓ 事業変更許可申請での条文ごとの変更事項
 - ✓ 技術基準規則の条文ごとの変更事項
 - ✓ 事業許可基準規則と技術基準規則の紐づけ
 - ✓ 建設工程、設計進捗等の分割申請における考慮事項
- 上記整理を踏まえ、「基本設計方針の申請書毎の展開表」で、分割申請の各申請書で申請対象となる設備、機器を明確にし、技術基準適合を確認する作業を現在実施中である。
(第1回申請の対象となる基本設計方針については概ね作業が完了し、それ以外を順次展開中)
- 「基本設計方針の申請書毎の展開表」で記載する申請対象となる設備、機器について、設工認申請対象設備の選定の結果を順次反映し、対象となる設備、機器の明確化を図っている。
- なお、分割申請計画は、再処理施設、廃棄物管理施設、MOX燃料加工施設における新規制基準を受けた設工認等に係る計画の全体像を示す。

2. 2 分割申請計画の考え方 (2 / 6)



2. 2 分割申請計画の考え方（3 / 6）

建設工程、設計進捗等の分割申請における考慮事項として、主に以下の事項を明確にした。

- 火災等による損傷の防止等
影響評価等については、防護対象設備が出揃ったうえで説明する。
そのため、当該条文に係る適合性を説明する①初回の申請において全体の設計方針を示し、②申請対象設備又は機器等に係る設計の適合性を申請する際には申請対象設備又は機器等が当該方針に合致することを説明することとし、③設備又は機器等が出揃う申請時に影響評価結果等を説明する。
- 複数の設備の設計条件を組み合わせて適合性を説明する設備
複数の設備の設計条件を組み合わせて説明が必要な設備を複数の申請書に跨って申請する場合は、最初の申請において、基本設計方針や添付書類により全体構成を示した上で、当該申請書で申請対象となっていない設備の設計情報として担保すべき事項を明確にする。
- 共用設備
共用する各設備の設計情報が詳細設計上の条件となる場合は、共用する施設を同時期に申請し、それ以外の共用設備については、施設ごとに設工認申請を行う（申請するタイミングは必ずしも関係する施設全てが同時にならない）。

2. 2 分割申請計画の考え方（4 / 6）

○再処理施設／廃棄物管理施設

- 新規制基準を受けた設工認可は、設備が多いこと、建設工程、設計進捗を踏まえると一括での申請が難しいことから、3つのグループに分けて申請を行う。
- 第1グループは、設工認申請書の形式や技術基準の共通条文への対応方針等を整理するため、申請対象を冷却塔（A4B）等に限定して申請
- 第2グループは、廃棄物管理施設の低レベル固体廃棄物貯蔵容量等を考慮し、再処理施設／廃棄物管理施設の共用設備を優先的に申請。さらに、設計工程（建屋直下の地盤物性による耐震評価等）を考慮して、設計が完了する建屋とそれに付随するDB/SA設備および工事工程上優先すべきガラス溶融炉検査に関連する設備、地下水排水設備等を申請
- 第3グループは、上記以外の建屋のDB/SA設備、火災防護設備、溢水防護設備、薬品防護設備、その他設備を全て申請
- 新規制基準施行以前に建設工認とは別の設工認として認可されている施設のうち、しゅん工までに工事等が必要な事項に係るものを、これらが未しゅん工施設（工事中）であることを踏まえ、上記の3つのグループに分けて申請するとした申請とは別に変更申請することとし、時期としては上述の第3グループに合わせて申請

○廃棄物管理施設

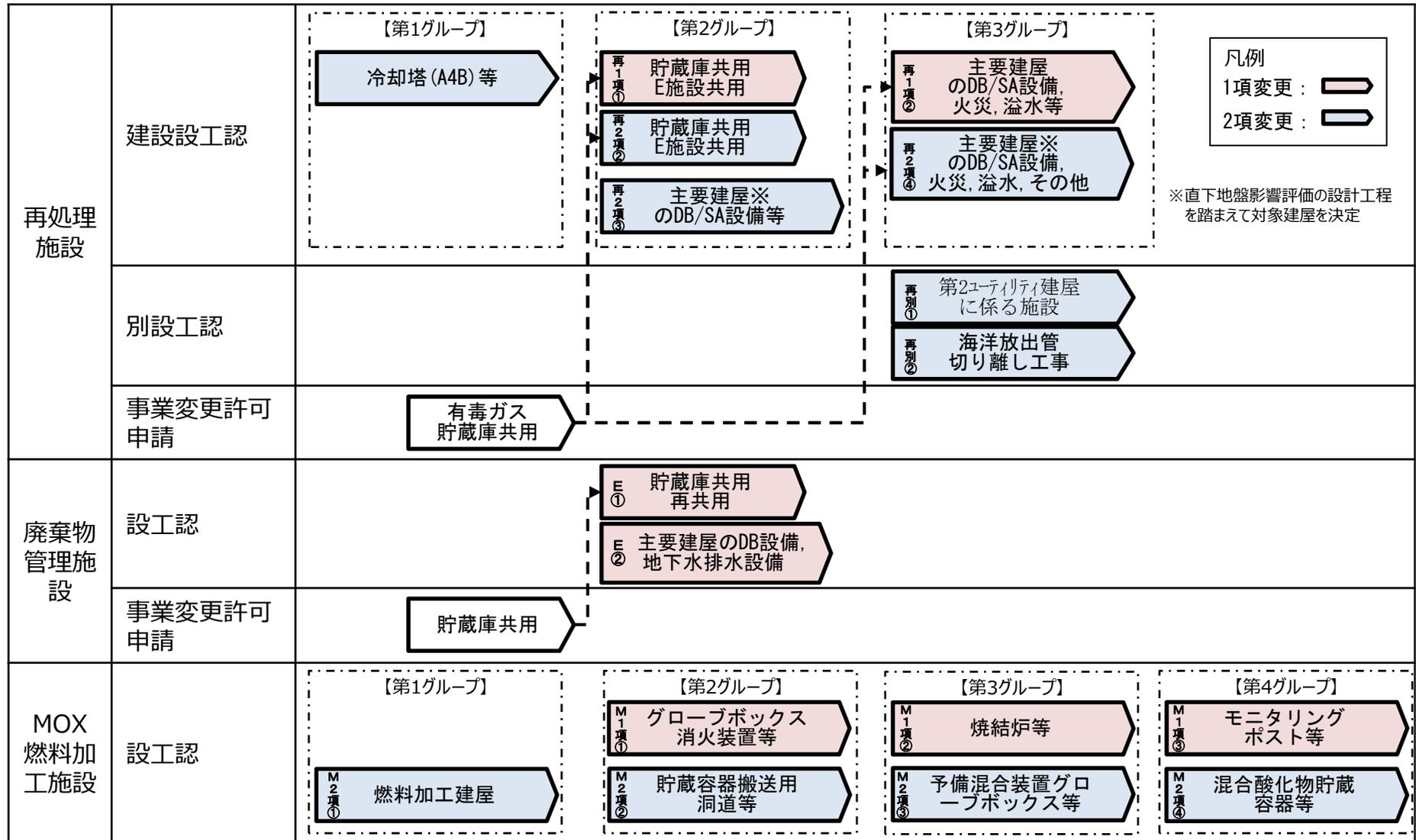
- 再処理施設との共用設備、低レベル固体廃棄物貯蔵、地下水排水設備等に係る設工認を申請する計画であり、設工認後の工事等の工程を踏まえて2つの申請に分けて申請することとし、時期としては再処理施設の第2グループ（共用設備に係る申請）と合わせて申請

2. 2 分割申請計画の考え方（5 / 6）

○MOX燃料加工施設

- 建設工事の段階であることから、建設工事の工程を考慮して4つのグループに分割して申請
- 第1グループは、設工認申請書の形式や技術基準の共通条文への対応方針等を整理するため、申請対象をMOX燃料加工建屋に限定して申請
- 建設工事を地下階から順次実施していくため、設置階の天井を施工する前にあらかじめ設置する必要のあるもの等を優先的に第2グループとして申請
- 新規制基準を受け新たに設置することが必要となった設備で詳細設計を確定するために時間を要するものは、設計の進捗を踏まえて第3グループとして申請
- 再処理施設と共用する設備のうち、MOX燃料加工施設の建設工程に直接影響しないものを第4グループとして申請

2. 2 分割申請計画の考え方 (6 / 6)



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
- ② 設計用地下水の設定
- ③ 隣接建屋の影響

① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

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関する内容について、これまでの審査会合での指摘を踏まえた対応方針について示す。

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。	

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) 直下PS検層データを用いた耐震評価対象施設の選定方針

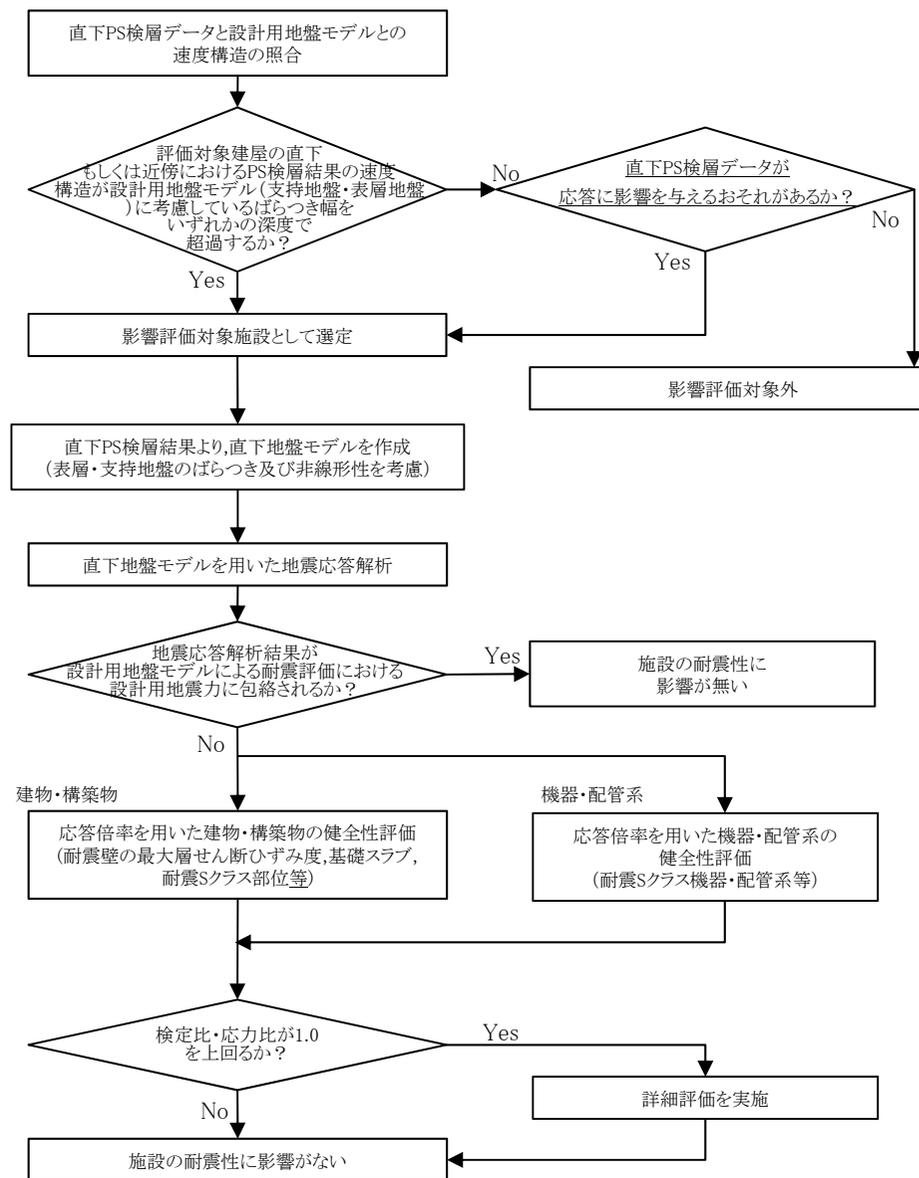
R3.5.25
資料1
P26,27 加除修正

■ 影響評価対象施設の選定方針

- 影響評価対象施設は、設工認申請対象施設である建物・構築物のうち、地盤モデルを用いた地震応答解析を実施する建物・構築物（耐震Sクラス施設の間接支持構造物, 重大事故等対処施設, 上位クラス施設への波及的影響を考慮する施設）から、以下の方針にて選定する。
- 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（ $\pm 1\sigma$ ）を支持地盤及び表層地盤における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。
- なお、設計用地盤モデルに考慮しているばらつき幅（ $\pm 1\sigma$ ）をいずれの深度においても超えない建物・構築物についても、速度構造のインピーダンス比等に着眼した検討等により、応答に与える影響への配慮を行った上で、影響評価対象施設として選定するか検討を行う方針とする。
- 後次回申請対象施設についても、上記の方針にて影響評価対象施設を選定することとし、その選定の経緯及び結果については各申請回次にて示す。

■ 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（[変動係数]=[標準偏差]÷[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。
 - Ssや1.2Ss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。



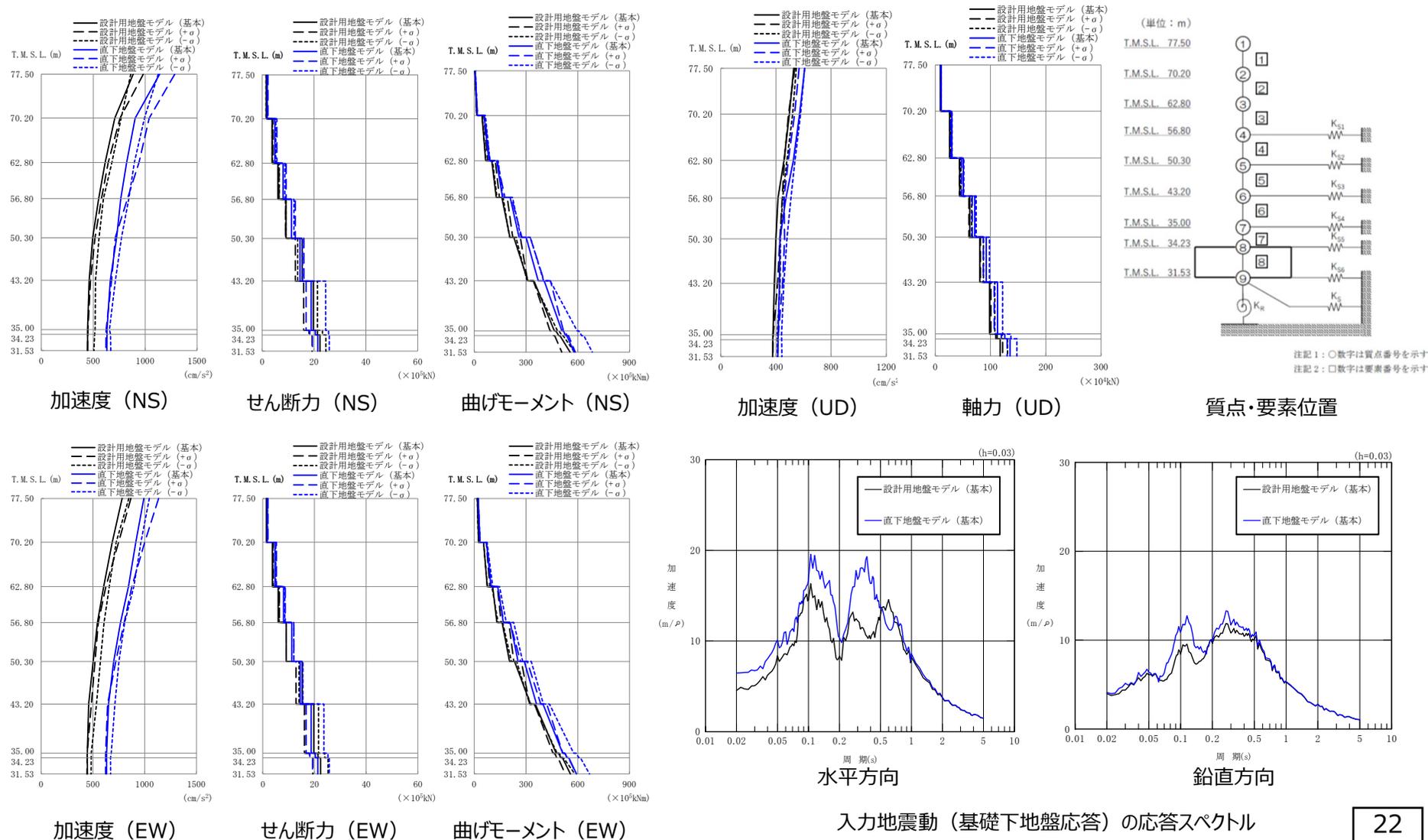
直下PS検層データを考慮した耐震影響評価フロー

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

(6) 直下PS検層データを用いた地震応答解析結果 (燃料加工建屋)

■ 直下PS検層データを用いた地震応答解析結果の分析

➤ 燃料加工建屋について、設計用地盤モデルによる解析結果と直下地盤モデルによる解析結果の比較を下図に示す。(本資料では代表として基準地震動Ss-Aによる結果を示す。) 直下地盤モデルによる応答値が、設計用地盤モデルによる応答値を上回る傾向となっている。



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) 直下PS検層データを用いた耐震評価結果 (燃料加工建屋)

■ 直下PS検層データを用いた耐震評価結果 (概要)

- ▶ 下表に、燃料加工建屋に対する直下地盤PS検層データを用いた耐震評価結果の概要を示す。
- ▶ 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}) 以内であることを確認し、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」による応答値を「設計用地盤モデル」による応答値で除して算出した応答比率を、「設計用地盤モデル」による最大の検定値 (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した。
- ▶ 燃料加工建屋の各部位について、直下地盤モデルを用いた場合であっても、耐震評価上、安全上支障は無いことを確認した。

燃料加工建屋に対する耐震評価結果のまとめ (層に対する評価)

施設名称	検討対象部位	評価内容	検討対象地震動	評価に用いる指標	最大せん断ひずみ度	評価結果
燃料加工建屋	耐震壁	層に対する評価	Ss, 1.2Ss	直下地盤を用いた地震応答解析結果における最大せん断ひずみ度	1.08×10^{-3}	許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認

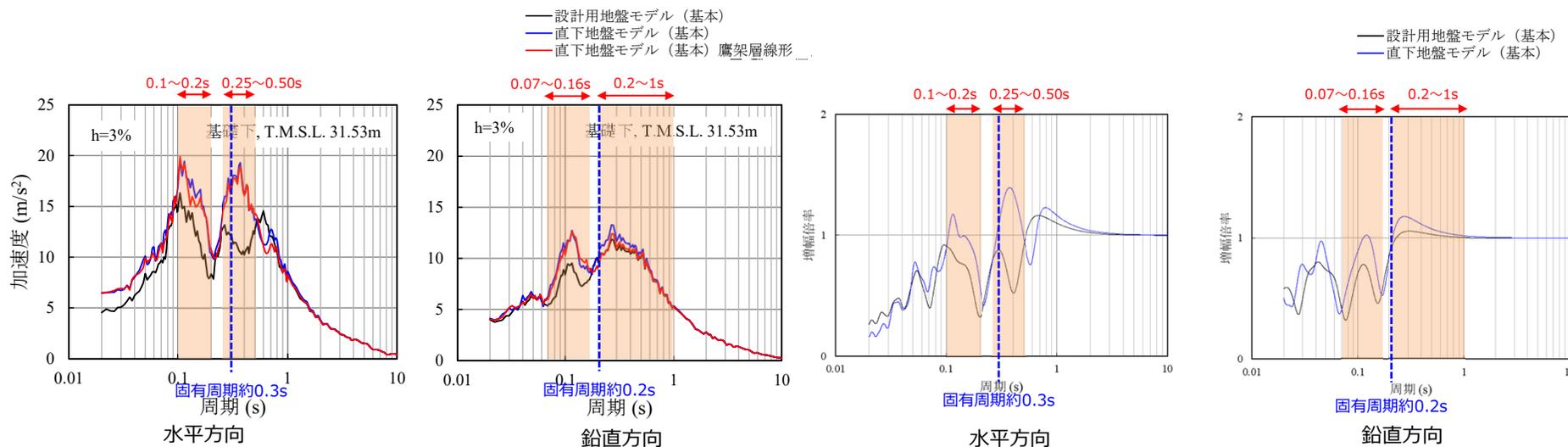
燃料加工建屋に対する耐震評価結果のまとめ (個々の部位に対する評価)

施設	検討対象部位	評価内容	検討対象地震動	評価に用いる指標	応答比率に基づく割増係数	割増係数を考慮した検定比	評価結果
燃料加工建屋	地盤 (接地圧)	個々の部位に対する評価	Ss	曲げモーメント及び軸力の応答比率	1.130	0.037	検定比が1.0を超えないことを確認
	基礎スラブ	個々の部位に対する評価	Ss	せん断力、曲げモーメント及び軸力に対する応答比率	1.130	0.955	検定比が1.0を超えないことを確認
	重要区域の壁	個々の部位に対する評価	Ss	上記耐震壁の評価で代表	-	-	耐震壁のSsに対する評価で代表
			Sd	せん断力による応答比率 曲げモーメント及び軸力に対する応答比率	1.428	0.962	検定比が1.0を超えないことを確認
	重要区域の床	個々の部位に対する評価	Ss	鉛直方向の最大応答加速度の応答比率	1.107	0.872	検定比が1.0を超えないことを確認
			Sd	上記Ssによる評価で代表	-	-	重要区域の床のSsによる評価で代表

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) 燃料加工建屋に対する影響の考察

■ 直下PS検層データを用いた地震応答解析結果の分析

- 前頁に示したとおり、燃料加工建屋については、直下地盤モデルによる応答値が、設計用地盤モデルによる応答値を上回る傾向となっていることから、その要因の分析を行った。
- 直下地盤モデルを用いた評価にあたっては、支持地盤に非線形性を考慮しており、その影響の感度解析として、支持地盤を線形条件とした場合の評価を実施した。その結果、非線形性の考慮の有無によって応答に有意な差は無いことから、支持地盤の非線形性の考慮は応答増の要因ではないと考えられる。
- 次に、直下地盤モデルによる解放基盤表面～燃料加工建屋基礎底面レベル(E+F波)の伝達関数を確認した。伝達関数において、設計用地盤モデルの増幅率を上回る周期帯は、入力地震動の応答スペクトルが卓越している周期帯と整合していることから、直下地盤モデルによる応答値の増大は、直下地盤モデルと設計用地盤モデルの速度構造の差が要因になっていると考えられる。
- 水平方向について、燃料加工建屋の1次固有周期は約0.3sであることから、入力地震動の卓越が固有周期と合致したことにより、前頁に示したとおり、特に水平方向の建屋応答として、設計用地盤モデルによる応答値を上回る傾向となったと考えられる。



支持地盤の非線形性の影響（燃料加工建屋基礎底面レベル（E+F））

伝達関数の比較（燃料加工建屋基礎底面レベル(E+F)／解放基盤表面）

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) 今回設工認への反映の考え方

R3.5.25
資料1
P28 加除修正

- 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した。
 - 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した。
 - 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した。
- また、直下PS検層データに基づく影響評価については、評価方針について今回設工認の添付書類における基本方針に記載するとともに、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、今回設工認における添付書類※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、安全冷却水B冷却塔及び安全冷却水B冷却塔飛来物防護ネットについては、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、各施設の申請回次にて、第1回申請における影響評価対象施設の選定方針及び影響評価方針を踏まえ、直下PS検層データに基づく耐震評価を実施する。

※「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」の別添を基本とするが、影響評価結果が設計に与える影響度合いに応じて、施設ごとに記載箇所について検討する。

② 設計用地下水位の設定

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定 (1) 審査会合における指摘事項

■本日の説明内容

- 建物・構築物の設計用地下水位の設定に関する内容について、これまでの審査会合での指摘を踏まえた対応方針について示す。

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	2021.4.13	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。	第1回申請対象施設である杭基礎である安全冷却水系冷却塔B 飛来防護ネットの液状化影響評価の考え方を整理した。 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。
5	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。	

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定 (2) 設計用地下水位の設定方針

■ 建物・構築物の設計用地下水位の設定に関する基本方針

- 基準地震動Ssまたは基準地震動Ssを1.2倍した地震力による評価を行う建物・構築物※（上位クラスへの波及的影響を評価する施設を含む）について、設計用地下水位を設定し、耐震評価を行う。
- 建物・構築物の耐震設計に用いる設計用地下水位は、右記フロー図に基づき、以下の通り設定する。

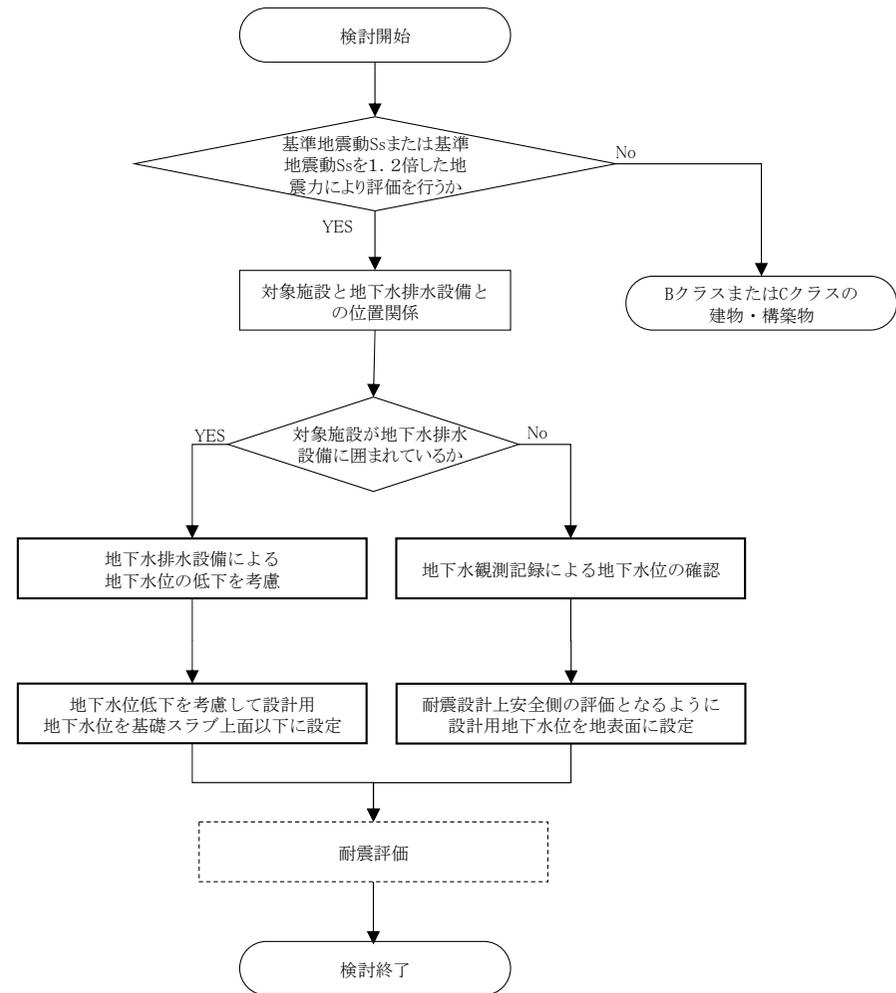
【地下水排水設備に囲まれている建物】

対象施設が地下水排水設備に囲まれている建物については、地下水排水設備による地下水低下を考慮して設計用地下水位を基礎スラブ上端以下に設定する。

【地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物】

対象施設が地下水排水設備に囲まれていない場合は、地下水位観測記録等に基づく敷地内の地下水位の状況を踏まえ設定することが考えられるが、耐震設計上安全側となるように設計用地下水位を地表面に設定する。

- 地下水排水設備について、既設工認（当初設計）においては、地下躯体を有し、基準地震動S1またはS2による耐震評価を行うかBクラス以上の建屋及び屋外機械基礎に対して、地下水による影響を低減させることを目的として、当該施設の周囲に地下水排水設備を設置することを原則としていた。
- なお、一部の建屋については、地下水排水設備に囲まれているものの、設計用地下水位を地表面に設定していた建屋や地下水排水設備の外側に配置されているものの、設計用地下水位を基礎スラブ上端以下に設定していた建屋があったが、今回設工認においては、地下水排水設備の設置状況に応じて、設計用地下水位の見直しを行った。



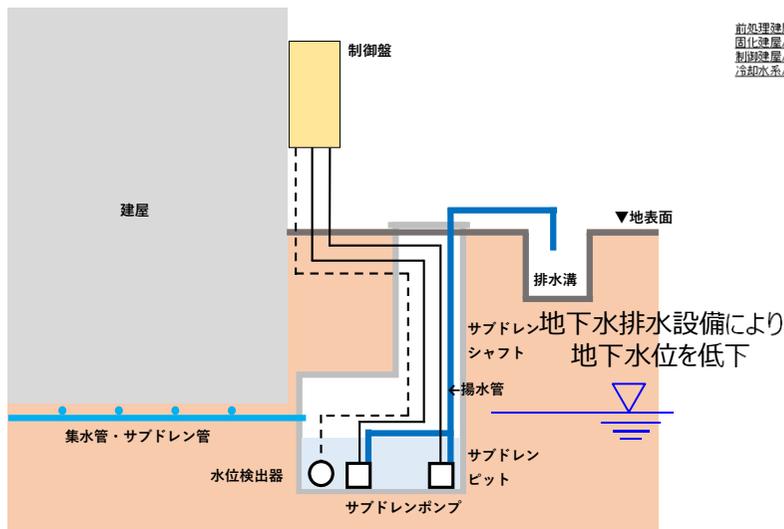
設計用地下水位の設定フロー

※ 建物・構築物：建屋，屋外機械基礎，屋外重要土木構造物（洞道），竜巻防護対策設備，排気筒及び換気筒の総称

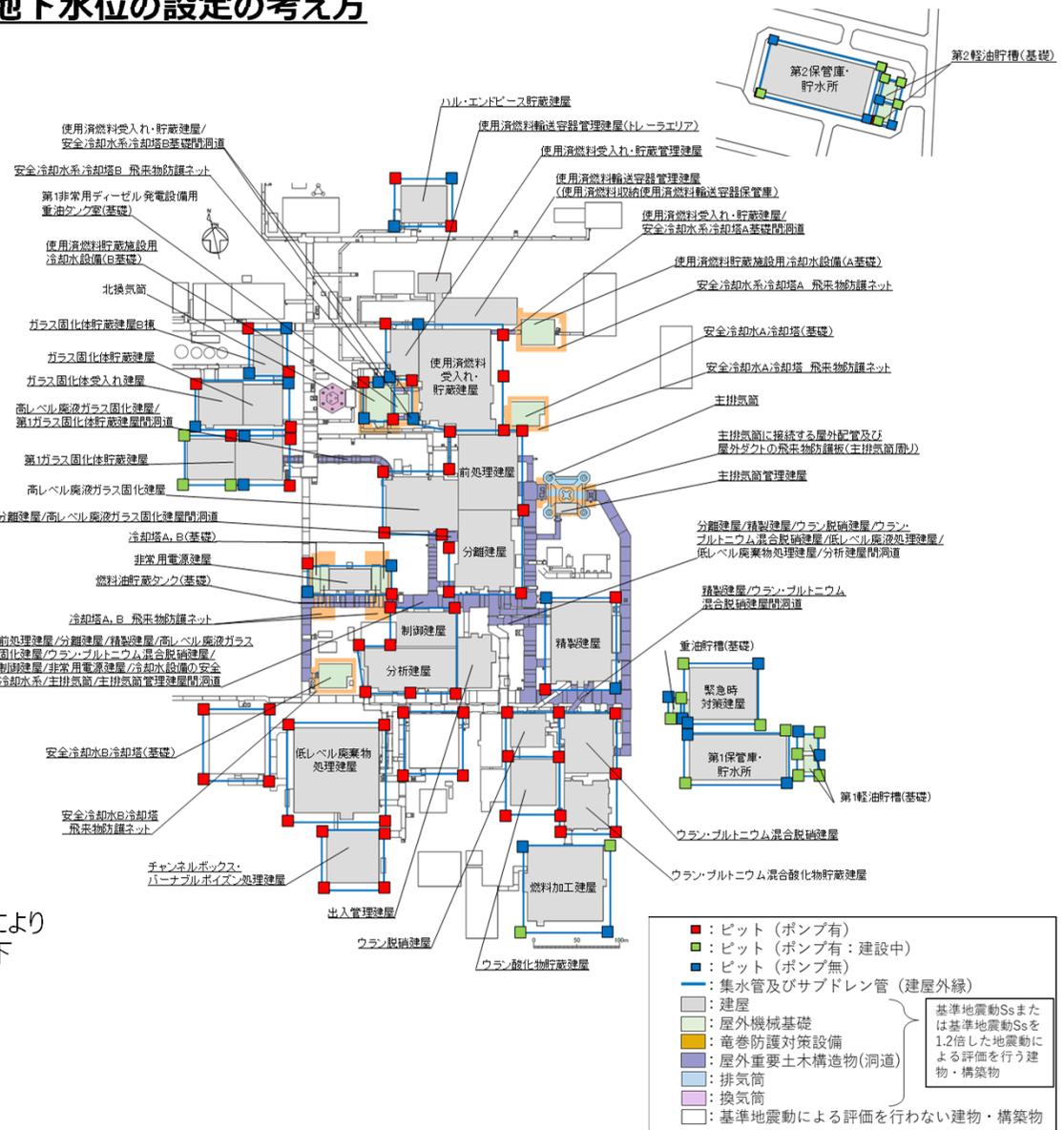
3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定 (3) 地下水排水設備に囲まれている建物 (設計用地下水位の設定)

■ 地下水排水設備に囲まれている建物の設計用地下水位の設定の考え方

- 再処理事業所における地下部に基礎以外の躯体を有する建屋及び屋外機械基礎の底面及び周囲には、地下水位を低下させ、建屋に作用する揚圧力を低減するための地下水排水設備を設置している。
- 下図に示した地下水排水設備に囲まれた内側は、地下水位を低下させている。
- 建物の耐震設計における設計用地下水位については、地下水排水設備による地下水位の低下を考慮し、基礎スラブ上端以下に設定することにより、耐震設計に用いる揚圧力及び地下水圧を低減させる設計とする。



地下水排水設備の概要図



敷地における地下水排水設備の配置図

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

(4) 地下水排水設備に囲まれている建物（地下水排水設備の設計方針）

■ 地下水排水設備の設計方針

- 地下水排水設備は、地下水位を抑制して一定レベルに維持し、建物・構築物に作用する揚圧力を低減するための設備であることから、建物・構築物の付随設備として位置づける。（事業許可基準規則第7条に関連）
- 地下水排水設備は、安全機能を有する施設として整理する。なお、当該設備は、放射性物質を内蔵しておらず、工場等外へ放出されることを抑制し又は防止する要求はないため、安全上重要な施設には該当しない。従って、安全機能を有する施設として適用される要求事項を満足するよう設計する。
- 耐震重要度分類については、放射性物質を内蔵しておらず一般産業施設又は公共施設と同等の施設であり、耐震Cクラスとなる（事業許可基準規則第7条に関連）が、耐震重要施設等作用する揚圧力を低減するための設備であることから、耐震重要施設等の重要度を考慮して基準地震動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。非常用電源に接続する場合は、非常用電源設備に接続される安全上重要な施設に対して波及的影響を及ぼさない設計とする。
- 基準地震動Ssを超過し、地下水排水設備の機能が停止した場合の考慮として、地下水排水設備の機能が停止した場合の地下水位の上昇速度が緩やかであることから、代替ポンプ等の資機材によりサブドレンピットからの地下水のくみ上げ等を行う運用・手順を保安規定に基づき規定する。この場合において、集水機能を維持し、代替ポンプを設置し、排水を行うため、サブドレン管及び集水管並びにサブドレンピット及びサブドレンシャフトについて基準地震動Ssの1.2倍の地震力を考慮した設計とする。
- 地下水排水設備の排水能力の設定にあたっては、事業変更許可申請書に示している降水量を条件として算定する湧水量に基づき保守的な想定湧水量を設定し、本想定湧水量を上回る排水能力を有するサブドレンポンプを設置する。

■ 地下水排水設備の申請上の取扱い

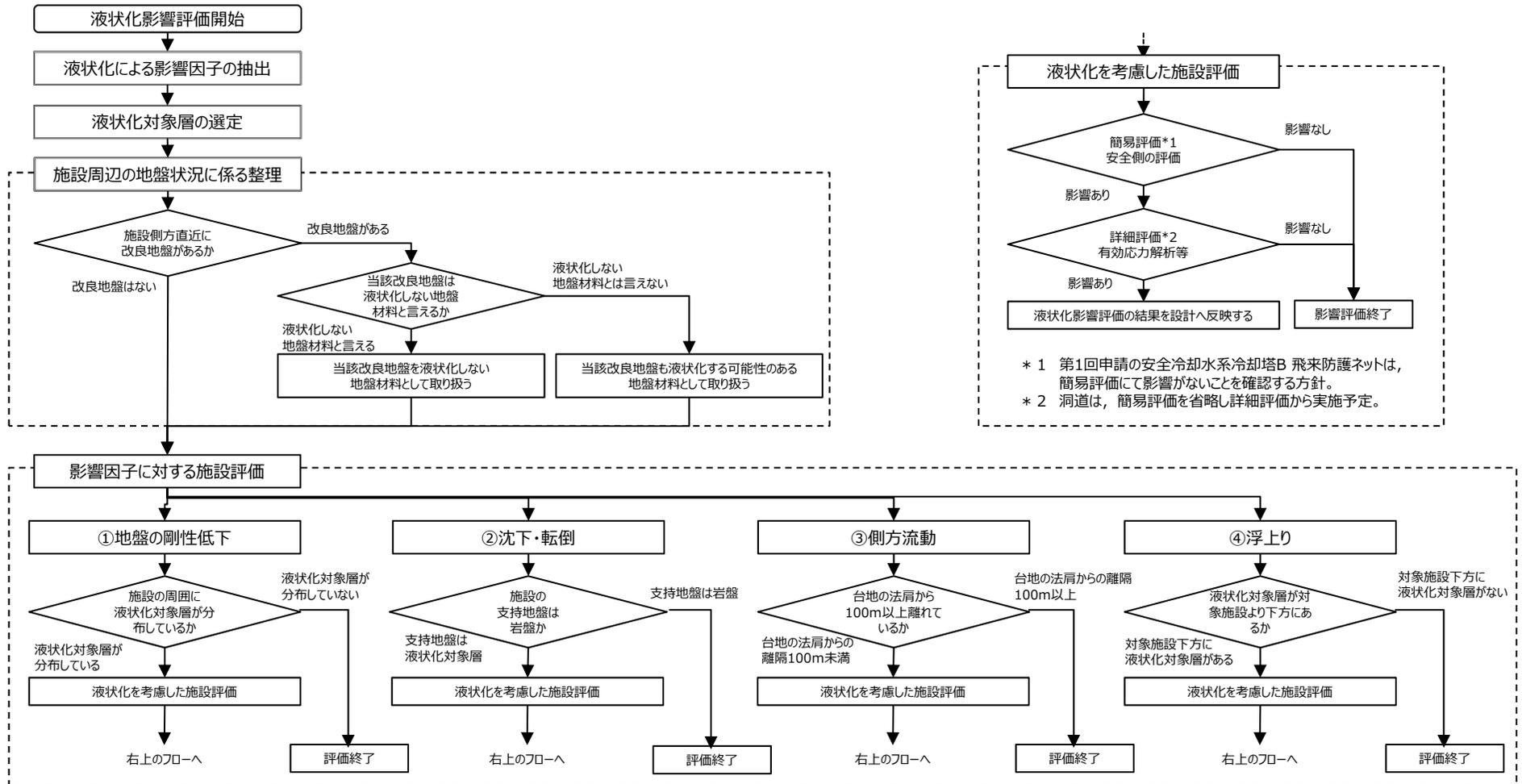
- 第1回設工認では、「基本設計方針」及び添付書類「耐震性に関する説明書」において、地下水位の低下を期待する建物・構築物に地下水排水設備を設けること、建物・構築物の耐震評価で地下水排水設備により設計用地下水位を維持することを前提としていることを記載する。併せて、添付書類で地下水排水設備を後次回で申請することを記載する。

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水水位の設定

(5) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物（液状化による影響評価方針）

■液状化による影響評価方針

- 液状化影響評価については、以下に示すフローに基づき実施する。
- 液状化による影響評価に当たっては、液状化による影響因子の抽出、液状化対象層の選定及び施設側方の地盤状況に係る整理を行ったうえで、各影響因子に対する影響の有無を確認し、影響が想定される影響因子に対して各施設の評価目的を踏まえた液状化影響評価を行い、設計への反映要否を確認することとする。



液状化影響評価フロー

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

(6) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物（液状化による影響評価方針）

■各施設の液状化影響評価

- 液状化評価対象施設である「洞道」、「飛来物防護ネット」、「建屋」の各評価方針は、各施設の構造上の特性（内空の有無による面外力考慮要否）や評価目的（対象が支持構造物である場合、波及影響施設である場合）により異なる。
- 第1回申請対象施設における液状化影響評価対象施設である安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットについて、具体的な液状化影響評価を以下に示す。その他の施設の具体的な評価手法については、各施設の申請回次にて示す。

■液状化影響評価方針（安全冷却水系冷却塔B 飛来防護ネット）

<構造概要及び耐震評価概要>

- 竜巻防護機能を持った防護ネット及び防護板を支持する鉄骨架構を上部構造とし、それらを鉄筋コンクリート造の基礎及び場所打ちコンクリート杭にて支持する構造である。杭周辺の表層地盤は基礎下レベルから支持地盤レベルまでの範囲を地盤改良し、杭は支持岩盤である鷹架層に支持する。
- 上位クラス施設である冷却塔を取り囲む配置となるため、Ss地震時に冷却塔へ波及影響を及ぼさない設計とする。
- 液状化影響評価としては、「液状化対象層が無いものと仮定した評価」及び「液状化対象層が液体と仮定した評価」等により、各影響因子に対する影響度合を確認し、設計への反映要否を確認する。

<各影響因子に対する施設評価>（詳細は、②【参考】(8)~(12)参照）

- ① 地盤の剛性低下
改良地盤の側方に分布する液状化対象層の剛性低下を考慮し、「液状化対象層が無いものと仮定した評価」により地盤改良範囲(幅)が妥当であり、杭設計に影響を与えないことを確認している。
- ② 沈下・転倒
「液状化対象層が液体と仮定した評価」により液状化対象層から改良地盤に作用する荷重及び地震時荷重により杭の支持層である改良地盤の健全性が確認することで、飛来物防護ネットの耐震評価の成立性（沈下・転倒の恐れがないこと）を確認している。
- ③ 側方流動
飛来物防護ネットが設置される支持地盤は、鷹架層を台形状に掘削して水平に埋戻し土、流動化処理土で埋め戻されていること、高低がある台地の法肩から100m以上離れていること、埋戻し土の高低差までの水平方向の連続性が確認されないこと、液状化により影響を受けない建物・構築物により変形抑制されることから、液状化に伴う側方流動による施設への影響はないことを確認している。
- ④ 浮上り
杭基礎と支持する改良地盤は杭の周面摩擦により引抜力作用時に抵抗できるため飛来物防護ネットと改良地盤は一体であると考えられ、液状化対象層は改良地盤の底部より下に存在しないため、液状化に伴う浮上りの可能性はない。

③ 隣接建屋の影響

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (1) 本日の説明内容

■ 前回（2021年5月25日）の審査会合での説明事項

- 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。*
- **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）**については、上記影響検討として、先行発電炉に倣い、**FEMモデルを用いた詳細検討を実施**する。

※：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、竜巻防護対策設備、排気筒及び換気筒、並びに機器・配管系については、各設備の申請回次において別途説明する。

■ 今回説明事項

- 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）について、**FEMモデルを用いた詳細検討の内容及び結果を示し、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説明**する。
- **FEMを用いた詳細検討**については、**評価方針を添付書類の基本方針に記載**するとともに、評価結果についても、隣接建屋の影響を考慮した**応答比率（隣接/単独）が1を超える場合には、その結果を添付書類に記載**することとする。

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (2) 検討概要

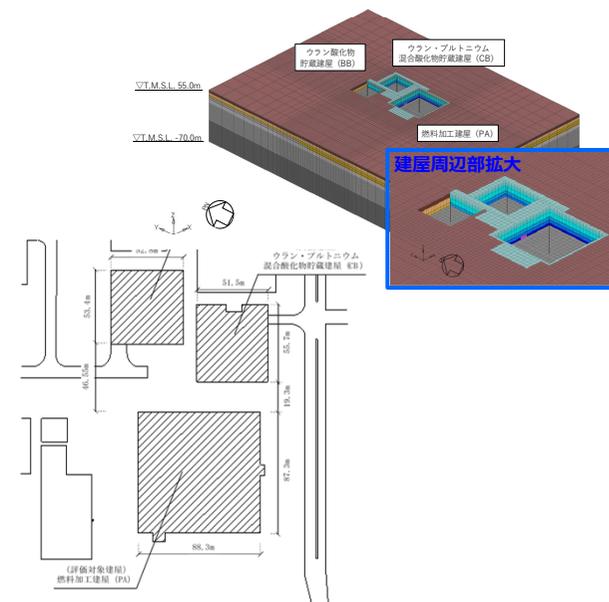
■ 検討概要

- FEMを用いた詳細検討は、先行発電炉に倣い、実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置する場合（**隣接モデル**）と各建屋を単独でモデル化する場合（**単独モデル**）の地震応答解析を実施し、両者の建屋応答の比較を行う。
- 上記建屋応答の比較から得られる**応答比率（隣接モデル/単独モデル）が1を超える場合については、応答比率を用いた影響検討を行い、建物・構築物の耐震評価に与える影響を確認する。**
- 検討に用いる解析モデルは、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**を用いる。解析条件は、先行発電炉の実績を参考に設定した。
- 隣接モデルには、下表に示すとおり、評価対象建屋に隣接する隣接建屋をモデル化する。

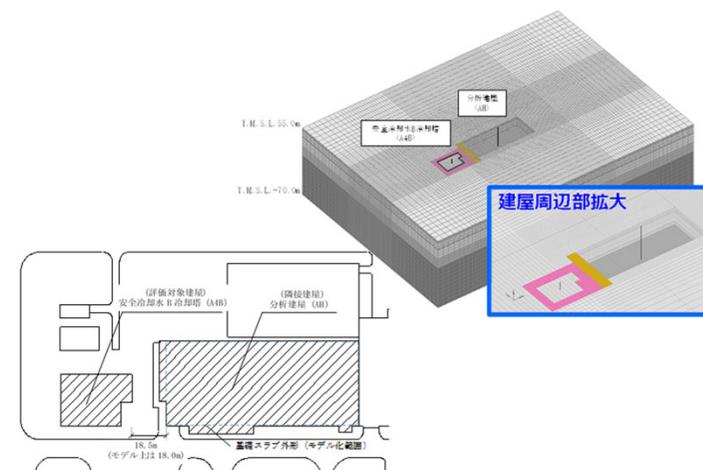
隣接モデルに考慮する隣接建屋※

評価対象建屋	隣接建屋
燃料加工建屋	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
	ウラン酸化物貯蔵建屋
安全冷却水B冷却塔（基礎）	分析建屋

※：評価対象建屋の基礎幅程度の範囲内に存在する建屋（評価対象建屋に比べて重量が非常に小さい建屋は除く）を考慮



燃料加工建屋の検討概要



安全冷却水B冷却塔の検討概要

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (3) FEMを用いた詳細検討 (耐震評価への影響検討)

■ 検討方法 (燃料加工建屋, 安全冷却水B冷却塔 (基礎) 共通)

➤ 建物・構築物の耐震評価への影響確認では、**隣接モデルと単独モデルの建屋応答の比較から得られる応答比率 (隣接モデル/単独モデル) を考慮した検討**を行う。具体的には、以下(1)～(4)のとおりである。

- (1) 検討対象部位の耐震評価において、地震力として考慮する応答成分を耐震要素毎に抽出し、応答比率を算定する。
- (2) 各耐震要素毎に算定した応答比率の最大値を割増係数として設定する。
- (3) 上記の割増係数を、各計算書の耐震評価結果の検定比^{※1}に乗じる。
- (4) 割増係数を考慮した検定比が1.00を超えないことを確認^{※2}する。

➤ 上述の**応答比率は、Sd-Aによる線形解析の結果に基づき算定した値**であるが、**部材の非線形化の影響を考慮^{※3}した**うえで、「**Ss地震時に対する評価**」にも適用している。

※1：検定比 = 解析結果 (発生応力等) / 許容値。

各計算書に示す検定比は、**基準地震動Ss (又は弾性設計用地震動Sd) 全波を包絡した結果**であり、**地盤物性のばらつきについても考慮した結果**である。

※2：割増係数を考慮した検定比が1.00を超える場合は、別途詳細な評価を実施する。

※3：線形解析により算定した応答比率は、部材の非線形化による剛性低下を考慮して算定した応答比率よりも大きくなる。

また、各層の変形 (耐震壁のせん断ひずみ) の評価については、部材の非線形化による変形の進行を考慮し、エネルギー一定則に基づき評価する。

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (3) FEMを用いた詳細検討 (耐震評価への影響検討)

■ 耐震評価への影響検討結果

- 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）の影響検討結果を示す。
⇒ 割増係数を乗じた検定比が1.00を超えないことから、安全上支障がないことを確認した。

耐震評価への影響検討結果
(割増係数を乗じた検定比が最も厳しいケースを代表して記載)

評価対象 建屋	検討対象部位	①最大応答比率	割増係数を乗じた検定比が 最も厳しいケース			②耐震計算書 の結果※1 (検定比換算)	③割増係数を 乗じた検定比※1 (①×②)	判定	
			地震力	方向	項目				
燃料加工 建屋	耐震壁	1.017	Ss	NS	せん断ひずみ	0.312	0.319※2	OK	
	地盤 (接地圧)	0.993	—※3					OK	
	基礎スラブ	0.993	—※3					OK	
	スクラスの	壁	0.996	—※3					OK
		床		該当部位無し					
	屋根鉄骨 及び屋根トラス		該当部位無し						
安全冷却水B 冷却塔 (基礎)	耐震壁		該当部位無し						
	地盤 (接地圧)		—※3					OK	
	基礎スラブ		Ss	EW	軸力+曲げモーメント			OK	
	スクラスの	壁		該当部位無し					
		床		該当部位無し					
	屋根鉄骨 及び屋根トラス		該当部位無し						

※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）， ※2：エネルギー一定則を考慮した値のため，単純に①×②の値とはならない，
※3：最大応答比率が1を超えないため，割増係数を考慮した検討は不要

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (4) まとめ

■まとめ

- 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、隣接建屋の影響は考慮しておらず、構造毎に独立して構築した解析モデルを用いている。**
- 上述の状況を踏まえ、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）について、**FEMモデルを用いた詳細検討を実施した。**FEMを用いた詳細検討は、先行発電炉に倣い、実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置する場合（隣接モデル）と各建屋を単独でモデル化する場合（単独モデル）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した。**
- **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）について、FEMモデルを用いた詳細検討の結果、隣接建屋の影響による割増係数を考慮した検定比が1.00を超えないことから、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。**
- なお、**FEMを用いた詳細検討**については、**評価方針を添付書類の基本方針に記載するとともに、評価結果についても、隣接建屋の影響を考慮した応答比率（隣接/単独）が1を超える場合には、その結果を添付書類に記載することとする。**
⇒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）については、隣接建屋の影響を考慮した応答比率（隣接/単独）が1を超えることから、その結果を添付書類に記載する。

3. 技術的内容に係る説明

(耐震：機器・配管系)

- 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

3. 技術的内容に係る説明 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	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 S d 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 S d 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"> 影響確認として、従来の水平1方向と鉛直地震力の組合せによる評価に対し、水平2方向による地震力と鉛直地震力の組み合わせによる影響評価の考え方について示す。 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、設備ごとに形状に応じた水平2方向地震力に対する影響有無の確認に対する考え方を示す。 類型化の分類に対する水平2方向影響の関係性について、類型化分類を影響が類似する形状ごとに整理した結果を示す。

3. 技術的内容に係る説明 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 (1) 影響検討方針

■ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせに対する影響評価

- ▶ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせに対する影響については、新規基準において新たに要求されたものであり、実施内容としては「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈 別記2」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた場合の従来評価に対する影響（以下、「水平2方向影響」という。）評価を行う。

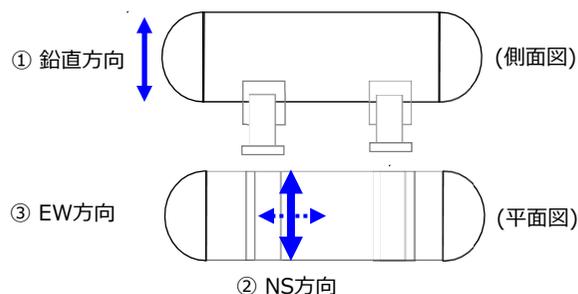
■ 影響検討方針

- ▶ 従来評価では、水平方向として2方向（NS方向及びEW方向）の地震力のうち大きい方又は包絡した地震力の1方向と鉛直方向地震力を組み合わせた評価（以下、「従来評価」という。）を行っていたが、水平2方向影響の評価では、水平2方向と鉛直方向地震力の3方向地震力の組み合わせによる評価を行う。

<評価イメージ>

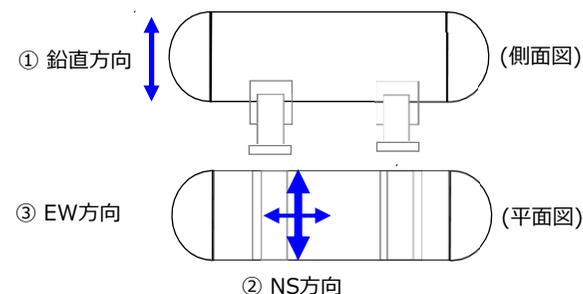
✓ 従来評価

地震力の組み合わせ：①+(② or ③)



✓ 今回の評価

地震力の組み合わせ：①+②+③



- ▶ 水平2方向に対する影響は、設備形状によって物理的な振動が生じる方向（応答軸）が異なることにより影響の有無に違いが生じるため、設備形状に応じた確認を行い、実施方法としては基本方針上の評価方針ごとに行う。その場合の分類数としては機器・配管系の57分類が対象となる。
- ▶ 水平2方向影響の有無の確認の結果、影響有の設備については従来評価に加え水平2方向影響の評価、影響無（影響軽微と見なせる）の設備については従来評価を行う。

3. 技術的内容に係る説明 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 (2) 影響検討実施内容

■ 影響検討実施内容

- ① 水平2方向影響の確認に当たっては、基本方針の計算式の分類を基に、分類内の設備、評価部位ごとに行った（分類数としては、類型化と同一）。
- ② 各設備に対する水平2方向影響の確認としては、応答軸及び応力が増加する形状か否かについて確認した。
- ③ これらの確認を行い、水平2方向影響評価要否の判断を行った。
- ④ 本確認結果については、設備の形状により物理的な挙動が同傾向となることから、影響が類似する形状ごとにグループ化を行った。

<機器（定型式）の評価イメージ>

影響が類似する形状	設備		水平2方向の影響評価要否			
	類型化の分類	評価部位	地震力が重複する形状	振動モードによりねじれ振動が生じる形状	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状	要否
④ (1)	① 別添-11	胴板	○	×	○	要
		ボルト	○	×	○	要
	別添-33	胴板	○	×	○	要
		ボルト	○	×	○	要
(2)	別添-2	胴板	×	×	×	否
		ボルト	×	×	×	否
	別添-3	胴板	×	×	×	否
		ボルト	×	×	×	否

※ 本対応を実施した内容について参考を示す。

3. 技術的内容に係る説明 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 (3) 影響検討結果

■ 影響検討結果

- 影響が類似する形状ごとのグループ数としては14形状となり、そのうち、水平2方向の影響有りの形状は6形状となる。
- 水平2方向の影響を受ける6形状の類型化分類の内訳は、57分類中、以下の11分類が該当し、その他の分類については影響軽微であることを確認した。
 - ✓ 機器（定型式）7分類：別添－4,11,13,33,49,53,54
 - ✓ 機器（FEM）3分類：FEM11,12,16
 - ✓ 配管（多質点解析）
- 影響有となる11分類に該当する設備については、従来評価に加え水平2方向の影響評価結果に対する結果を示す。設工認における評価結果の示し方を以下に示す。

■ 水平2方向影響に対する設工認上の扱い

- 影響評価結果は類型化の各分類の代表設備に示し、代表設備の選定に当たっては応力比が大きい設備を選定する。
- 水平2方向の影響評価を実施する設備の結果は、従来評価結果と水平2方向影響に対する評価結果を設工認 添付書類に示す。

従来評価結果：設工認 添付書類 耐震性に関する計算書「再処理設備本体等に係る耐震性に関する計算書」※

水平2方向影響に対する評価結果：設工認 添付書類 耐震性に関する計算書「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ評価対象設備の組合せに関する影響評価結果」

※水平2方向の影響が軽微な設備の結果は、従来評価結果にて示す。

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

- 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。

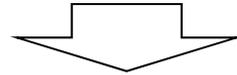
主な説明項目		説明内容	説明予定	
①	竜巻	飛来物防護ネットの健全性について	<ul style="list-style-type: none"> 防護ネットの構造及び評価の考え方を整理し、飛来物に対する防護設計について説明を実施。 防護板に関する設計の考え方について、説明が不足していたことから、説明する。 	本日説明 (4/27審査会 合コメント)
②				
		空気密度による強度評価への影響について	<ul style="list-style-type: none"> 設計竜巻荷重の設定において考慮する空気密度については、低温による密度増加の影響は小さく、現状の考慮している空気密度で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について説明を実施。 防護対策の設計内容について、詳細を説明する。 	本日説明 (5/25審査会 合コメント)

4. 2 飛来物防護ネットの健全性（1/7）

■ 前回審査会合における説明状況

■ 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

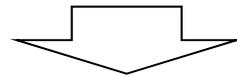
- 審査会合（令和3年4月27日）で、防護板が飛来物の貫通を防止するための、貫通限界厚さの算出にBRL式を用い、等価直径の設定に最新知見の結果が適用できることを説明。



- 最新知見の結果が135kgの設計飛来物にも適用できることの説明が不足していたため、適用可能であることを全体の説明を通して説明する。

■ 飛来物防護ネットの構造と評価項目について

- 審査会合（令和3年4月27日）において飛来物防護ネットの基本的な構造と評価方針について説明を行った。



- 防護板や補助防護板を中心とした詳細構造が不足していたため、詳細構造を示すとともに防護ネット、防護板及び補助防護板のそれぞれの設計の考え方、構造、評価について説明する。

4. 2 飛来物防護ネットの健全性（2 / 7）

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

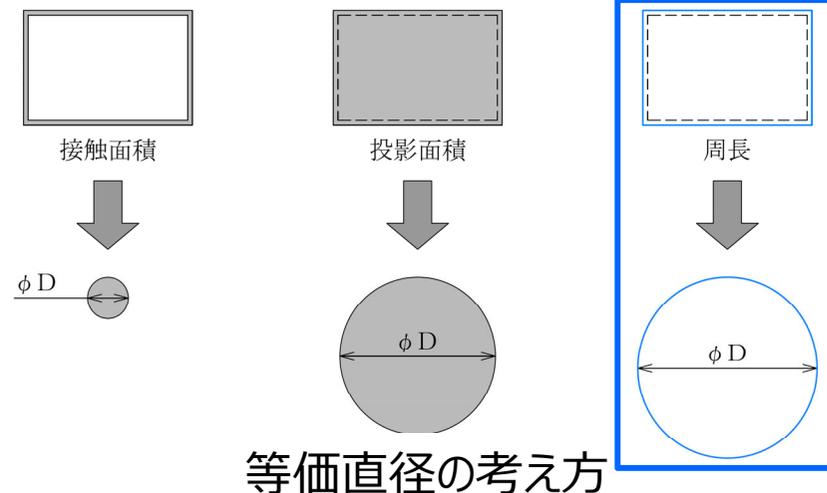
■ BRL式の等価直径Dの考え方

- 防護板は、設計飛来物の貫通を防止するため、貫通限界厚さを上回る板厚を確保する設計としている。
- 貫通限界厚さの算出には、先行電力でも採用実績があるBRL式を用いる。
- 最新知見（電中研報告O19003（2019年11月））で以下のことが確認されている。
 - 衝突部面積の相違が鋼板の貫通／非貫通に与える影響は小さい。
 - 飛来物の速度（30～70m/s）、質量（6～11.5kg）の範囲でBRL式は保守的な評価を与える。
 - 周長が等価な円の直径を入力したBRL式の評価結果は、多角形飛来物に対しても鋼板の対貫通性能を保守的に評価できる。
- 防護板の設計では最新知見の考え方を適用し、BRL式に入力する飛来物衝突部の等価直径を設計飛来物の断面の周長と等価となる直径としている。
- 最新知見の試験体は設計飛来物と質量が異なることから、最新知見の設計飛来物への適用性について次頁に示す。

<BRL式>

$$T^{\frac{3}{2}} = \frac{0.5mv^2}{1.4396 \times 10^9 \cdot K^2 \cdot D^{\frac{3}{2}}}$$

- T: 貫通限界厚さ (m)
D: 飛来物が衝突する衝突断面の等価直径 (m)
K: 鋼板の材質に関する係数
m: 飛来物の質量 (kg)
v: 飛来物の速度 (m/s)

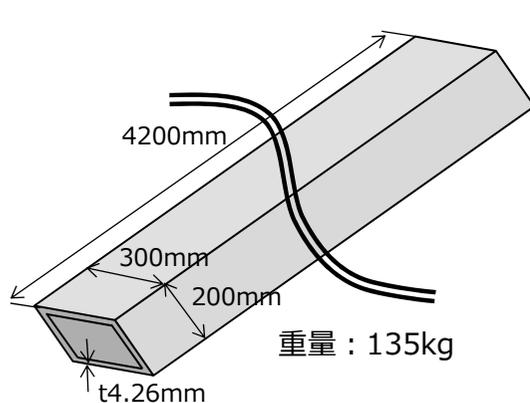


4. 2 飛来物防護ネットの健全性 (3 / 7)

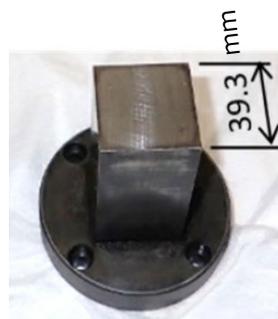
防護板の必要板厚を設定するBRL式の直径Dの設定の妥当性

■ 最新知見を設計飛来物に適用することの考察

- 最新知見の等価直径の考え方は、以下のことから質量の異なる設計飛来物へ適用可能である。
 - 最新知見（電中研報告O19003）では、飛来物の質量を変化させた場合でも、試験結果に有意な差はなく、周長が等価な円の直径をBRL式に入力した場合でも貫通限界厚さを評価できることを確認している。
 - 設計飛来物と同等の寸法及び運動エネルギーを有する飛来物の衝突試験の実施結果（電中研報告N15004（2015年10月））やタービンミサイルの評価に使用されてきた実績があることから、BRL式は飛来物の質量の大きさに係わらず適用できることを確認している。
- 最新知見は多数の実験データから確認しており、最新知見を否定するような実験データが確認されていないことから、十分な信頼性があるといえる。一方で、四角形衝突部の貫通限界厚さ近辺の実験データが十分とはいえないことから、実験的に非貫通が確認された板厚との比率を考慮する。（BRL式による貫通限界厚さの算出結果7.9mmに対し、設計上設定する貫通限界厚さを8.2mmとする。）



設計飛来物



実験で用いた飛来物
(電中研報告O19003)



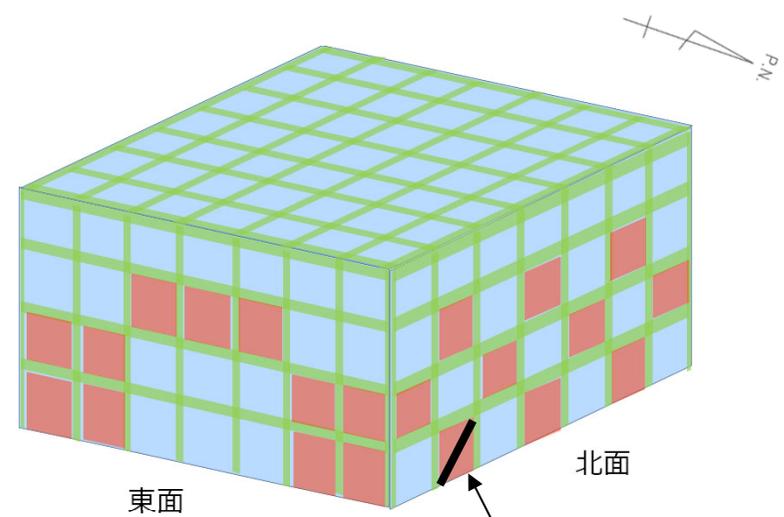
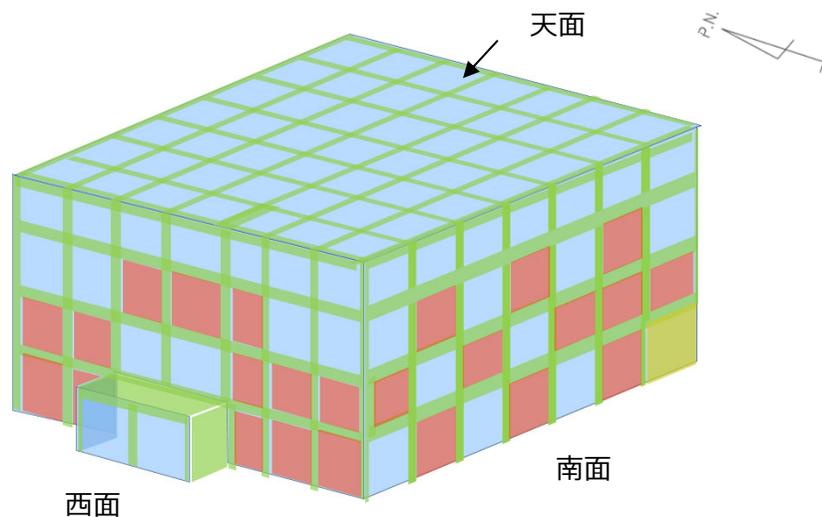
図 貫通試験の結果（電中研報告O19003）
(BRL式による貫通限界厚さと実測板厚の比率に対する結果の違い)

4. 2 飛来物防護ネットの健全性 (4/7)

飛来物防護ネットの構造と評価項目について

■ 飛来物防護ネットの構造概要

- 飛来物から防護対象施設を防護する方法として、防護ネットと防護板の2通りを採用している。
 - ・防護ネットは、鋼製枠付きの防護ネット（外張り）と、鋼製枠を無くし架構に直接設置した防護ネット（外張り、内張り）の3種類。（①～③）
 - ・防護板は、飛来物の侵入を防止するための防護板と防護ネットの間隙を埋める補助防護板の2種類がある。防護板は形状・取付方法により使い分けている。（④～⑮）
- 次ページ以降に防護ネット、防護板、補助防護板の設置目的、構造、評価内容について示す。



②はプレスが設置されるため、内張りネットとなるが、図中ではプレスの記載は省略

凡例

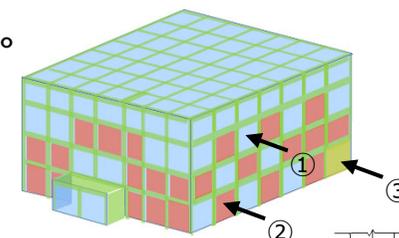
- ①外張りネット（鋼製枠なし）
- ②内張りネット（鋼製枠なし）
- ③外張りネット（鋼製枠あり）（車両用扉ネット）
- ④～⑮防護板（次頁一覧表に詳細を示す）

4. 2 飛来物防護ネットの健全性 (5 / 7)

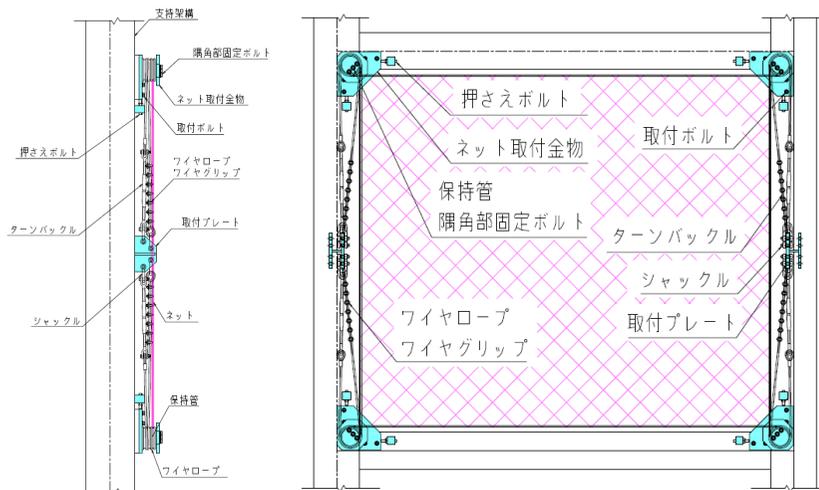
飛来物防護ネットの構造と評価項目について

■ 防護ネットの構造

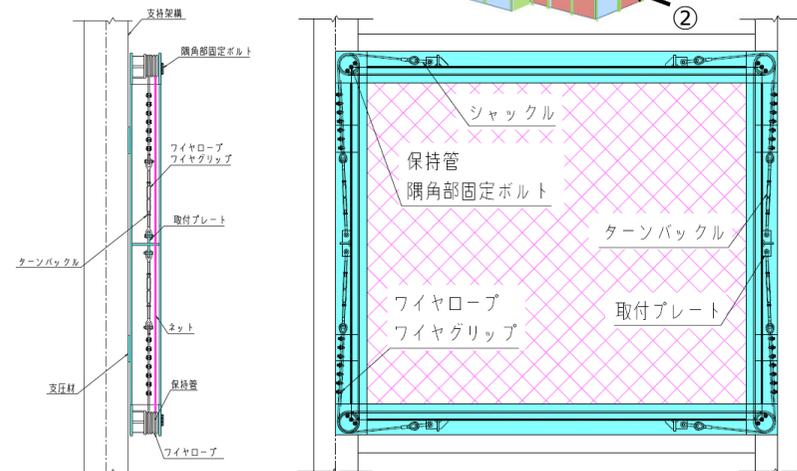
- 設置目的：冷却塔の冷却空気を阻害しないよう防護ネットを採用する。防護ネットは、評価ガイドに規程される設計飛来物の運動エネルギーを吸収し防護対象への衝突を防止する。
- 構造：飛来物を補足するネット、ネットの支持するワイヤロープ、ワイヤロープを保持する保持管等で構成する。再処理施設の防護ネットの特徴として、先行炉では鋼製の枠にネット等を取り付けているが、再処理施設では軽量化のためにネット取付金物を用いて支持架構へ直接ネット等を取り付けている。また、ブレース材との干渉が想定される個所では、支持架構内側に防護ネットを取り付けている。
- 評価内容：電力中央研究所評価式を元に防護ネットの吸収エネルギーの評価を行うと共に飛来物衝突荷重の荷重伝達経路から荷重が作用する部位について、強度評価を行った。



①外張りネット（鋼製枠なし）



③外張りネット（鋼製枠あり）
（車両用扉ネット）



※②内張りネットについても同様の構造である

凡例 ■ : 鋼製枠又はネット取付金物
■ : ネット

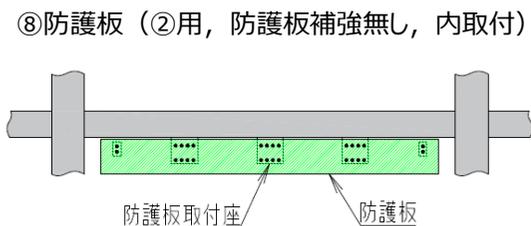
4. 2 飛来物防護ネットの健全性 (6 / 7)

飛来物防護ネットの構造と評価項目について

■ 防護板の構造

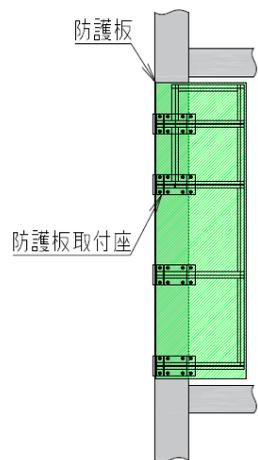
- 設置目的：防護ネットの飛来物衝突時の変形（たわみ）に対して必要となる離隔を確保できない箇所等の防護ネットを設置できない箇所に防護板を設置する。防護板は、評価ガイドに規程される設計飛来物の貫通を防止し、防護対象への衝突を防止する。
- 構造：防護板本体と支持架構に取り付けるための取付座で構成する。
- 評価内容：BRL式を用いて貫通限界厚さ以上の板厚を有していることを確認すると共にLS-DYNAを用いて衝撃荷重により防護板を固定するボルトのうち破断しないものが2本以上あることを確認する。

⑥防護板（①用，内取付）

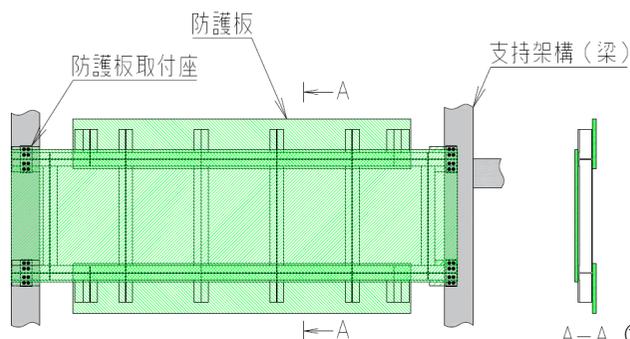


⑦防護板

（②用，防護板補強有り，外取付）

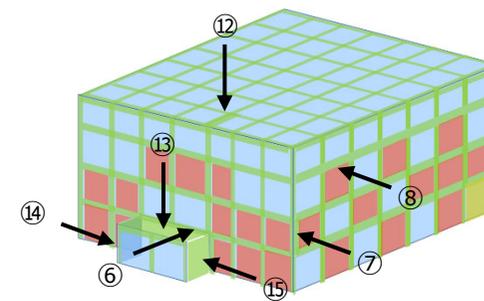
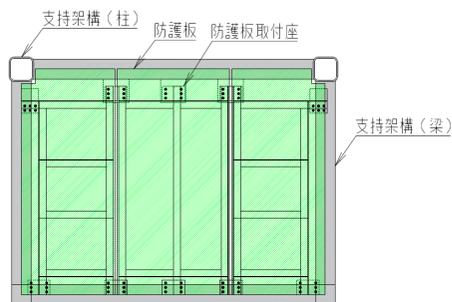


⑫防護板（斜め梁部天面，外取付）

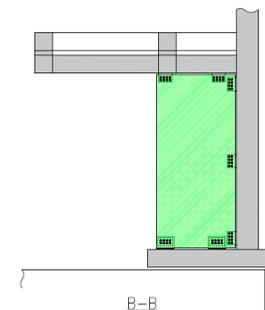
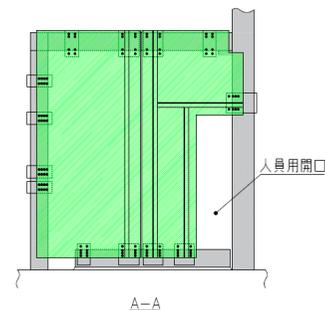
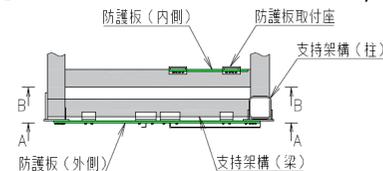


⑬防護板（張出部天面，外取付）

⑭防護板（張出部北側面，外取付）



A-A ⑮防護板（張出部南側面，外取付）（人員用開口）

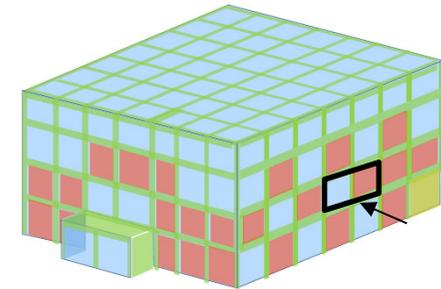
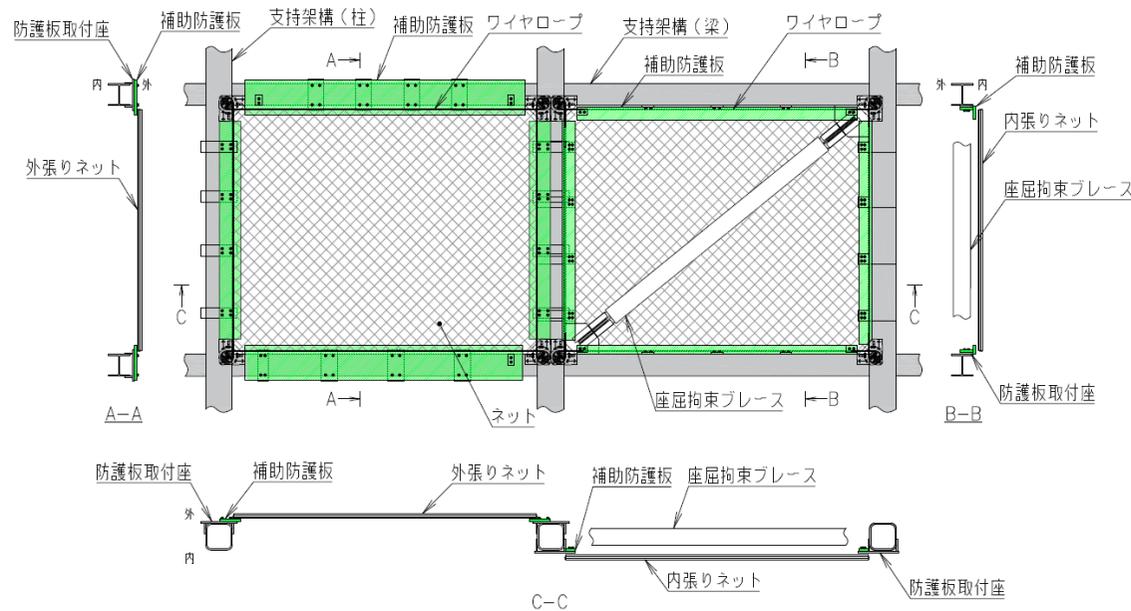


4. 2 飛来物防護ネットの健全性 (7/7)

飛来物防護ネットの構造と評価項目について

■ 補助防護板の構造

- 設置目的：鋼製枠を持たない防護ネットは配置制約から支持架構の柱や梁の端面に近接している。そのため、設計飛来物より小さな飛来物の侵入を防止を目的として補助防護板を設置する。
- 構造：防護板本体と支持架構に取り付けるための取付座で構成する。
- 評価内容：BRL式を用いて貫通限界厚さ以上の板厚を有していることを確認すると共にLS-DYNAを用いて衝撃荷重により防護板を固定するボルトのうち破断しないものが2本以上あることを確認する。



4. 3 航空機墜落火災に対する影響評価について（1 / 11）

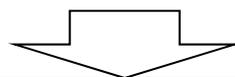
■ 前回審査会合における説明状況

5月25日審査会合での主な説明項目

- ①外部火災防護対象施設を収納する建屋、屋外の外部火災防護対象施設及び波及的影響を及ぼし得る施設は、それぞれの施設が有する機能を維持するため、航空機墜落火災からの輻射に対し、評価対象部位を温度評価し、許容温度内である設計とする。

施設区分	第1回申請対象施設	機能	評価対象部位	評価方針
外部火災防護対象施設を収納する建屋	燃料加工建屋	内包する外部火災防護対象施設に影響を与えない	建屋外壁（コンクリート）	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートの許容温度以下であることを確認。 内包する外部火災防護対象施設が安全機能を損なわないことを確認。
屋外に設置する外部火災防護対象施設	安全冷却水B冷却塔	安全機能の維持	安全冷却水	溶解液等から発生する崩壊熱の除去に必要な温度以下であることを確認。
			冷却に必要な部位（管束、ファン駆動部等）	各部位に設定された許容温度以下であることを確認。
			支持架構	鋼材の許容温度以下であることを確認。
波及的影響を及ぼし得る施設	飛来物防護ネット	安全冷却水B冷却塔に波及的影響を及ぼさない	支持架構	鋼材の許容温度以下であることを確認。

- ②航空機墜落火災の熱影響により、上記の機能を損なうおそれがある場合には、耐火被覆又は遮熱板等の防護対策を講ずる。



塗装範囲の考え方の簡素化を図ったことから、改めて防護対策の全体像を示し、安全機能を損なわないために担保すべき事項を説明する。

4. 3 航空機墜落火災に対する影響評価について (2/11)

■ 航空機墜落火災に対する設計の基本的な考え方(1/2)

①航空機墜落火災の影響を考慮する施設として(a)～(d)を選定し、以下のとおり設計を行う。

(a)外部火災防護対象施設を収納する建屋

- ・外部火災防護対象施設を収納する建屋（燃料加工建屋等）は、内包する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。
- ・建屋内に収納する外部火災防護対象施設の安全機能及び建屋外壁が要求される機能を損なわないことを確認するため、建屋外壁を評価対象とする。

(b)屋外に設置する外部火災防護対象施設

- ・屋外に設置する外部火災防護対象施設（冷却塔等）は、それらの有する安全機能を損なわない設計とする。
- ・冷却機能を維持するために必要となる冷却水の温度、冷却に必要な部位及びそれらを支持する支持構造物を評価対象とする。

(c)屋外に設置する外部火災防護対象施設に波及的影響を及ぼしうる施設

- ・屋外に設置する外部火災防護対象施設に波及的影響を及ぼしうる施設（飛来物防護ネット等）は、外部火災防護対象施設（冷却塔等）に対して波及的影響を及ぼさない設計とする。
- ・火災による輻射の影響により倒壊しないことを確認するため、支持構造物を評価対象とする。

(d)建屋に収納する外部火災防護対象施設のうち、航空機墜落火災の熱影響を間接的に受ける施設

- ・第2非常用ディーゼル発電機は、建屋開口部に設置されている飛来物防護板からの熱影響を考慮しても、その安全機能を損なわない設計とする。

②航空機墜落火災に対する設計にあたっては、最も厳しい評価となるF-16を対象航空機とし、建屋外壁等の至近で火災が発生することを想定する。

4. 3 航空機墜落火災に対する影響評価について (3/11)

■ 航空機墜落火災に対する設計の基本的な考え方(2/2)

- ③外部火災防護対象施設を収納する建屋は、外壁の内部温度がコンクリートの許容温度以下となることを確認する。許容温度を超える場合には、想定される破損及び強度低下による影響を確認し、建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないこと及び建屋外壁が要求される機能を損なわないことを確認する。
- ④屋外の外部火災防護対象施設（冷却塔等）及び波及的影響を及ぼし得る施設（飛来物防護ネット等）は、航空機墜落火災からの輻射を受け、部材の温度が上昇しても、許容温度以下となる設計とする。
- ・防護対策は、外部火災防護対象施設の設置環境、支持架構の耐震性および施工性を考慮した設計とする。
 - ・施設の安全機能を踏まえた設計の結果、許容温度を超える場合には、耐火被覆又は遮熱板を用いた防護設計により許容温度以下とする。
 - 支持架構は、地震や衝突による破損・脱落により安全機能に波及的影響を与えるおそれのない耐火被覆を施工することにより許容温度以下とする。
 - 摺動部や耐火被覆が施工できない材質を有する部位は、耐火被覆の施工が困難であることから、輻射を遮るため、遮熱板を設置する。
 - 遮熱板及び耐火被覆による防護にあたっては、その施工により冷却機能を妨げるなど設備の安全機能に影響を与えないような設計とする。
 - ・冷却水の流路となる配管（管束を除く）は、輻射の影響を考慮しても、崩壊熱の除去に必要な冷却水の許容温度を超えないことを確認する。
- ⑤航空機墜落火災との組合せを考慮する自然現象については、事象の相関性、影響モード及び発生頻度を考慮した検討の結果から、風（台風）、積雪及び高温を選定する。

4. 3 航空機墜落火災に対する影響評価について (4/11)

■ 支持構造物に対する耐火被覆の設計 (塗装範囲)

- 図4-1に示すように、防護対象の至近の任意の地点で航空機墜落火災が発生することを想定する。
- 許容温度を満足するために必要な離隔距離を確保できない部材は、部材単位で耐火被覆を施工する。(図4-2参照)
- 離隔距離は火災の上方に向けても設定する。
- 竜巻との重畳は考慮しないことから、ネットには塗装しない。
- 塗装対象の部材は、火災からの受熱方向に関わらず耐火被覆を施工する。ただし、遮熱板の裏側等、火災からの放射が完全に遮断している範囲は塗装の対象外とする。
- 支持構造物の構造健全性を維持するために、必要な厚さを塗装する。

■ 支持構造物に対する離隔距離の算出

- 航空機墜落火災の発生を想定しても、支持構造物が許容温度以下となる距離を設定する。
- 外部火災ガイドに基づく円筒火災モデルの設定及び放射強度の算出を実施する。

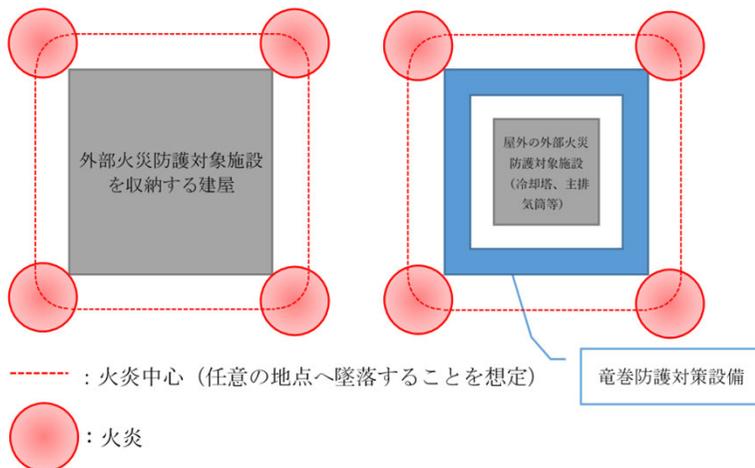


図4-1 防護対象に対する火災想定位置

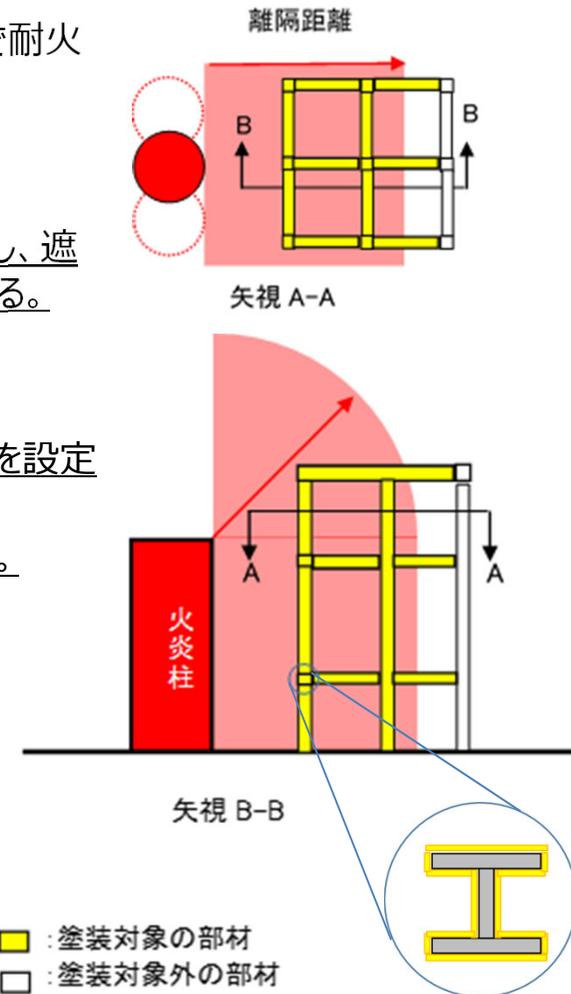


図4-2 塗装範囲の考え方

4. 3 航空機墜落火災に対する影響評価について (5/11)

■ 支持構造物に対する耐火被覆の設計 (使用する耐火塗料について)

- 耐火塗料は、鉄骨部材等を対象とした耐火被覆材の一つである。耐火被覆は、数mm厚の被覆が、火災時には20～30倍に発泡して熱伝導性の低い断熱層を形成し、鉄骨の温度上昇を緩和する。(発泡挙動を図4-3に示す。)
- 採用した2種類の耐火塗料は、建築基準法施行令第百七条に掲げる耐火性能に関する技術基準に適合することを試験により確認し、国土交通大臣の認定を受けた塗料であり、一般の施設でも使用実績のある製品である。(発泡前後の状況を図4-4に示す)

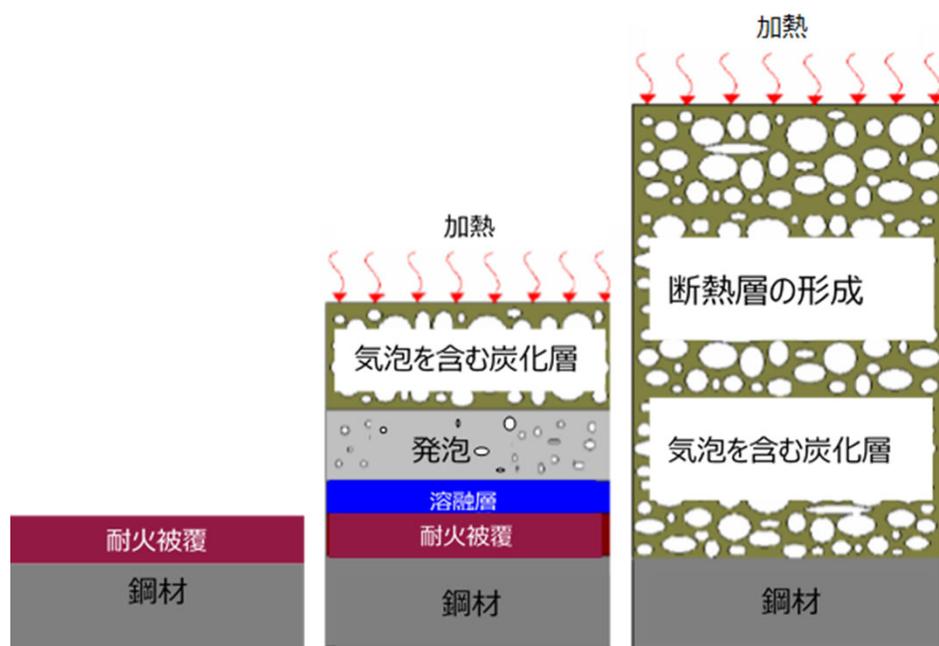


図4-3 発泡挙動



図4-4 発泡前後の状況

4. 3 航空機墜落火災に対する影響評価について (6/11)

■大臣認定の試験について

- 航空機墜落火災対策の耐火被膜に用いる塗料は、建築基準法の大臣認定を取得した塗料を採用している。
- 建築基準法では、建物の主要構造部（柱、梁、床、屋根、壁、階段等）が、利用者が退避するまでの間、倒壊することなく性能を維持することができ、近隣への延焼を防げることが条件となっている
- 航空機墜落火災でも耐火被覆の対象としている支持架構を構成する柱及び梁に対しては、建物の階数により1時間、または2時間の耐火性能を要求している。
- 大臣認定では構造種別（耐火構造、防火構造等）、耐火時間、部位（柱、壁、階段等）の区分毎に認定がなされている。

- 大臣認定の試験（耐火性能試験）と航空機墜落火災の耐火試験は加熱時間、合格の判定基準及び火災の想定は異なるが、火災により構築物が倒壊させないために強度を担保するという目的は同じである。
- また、航空機墜落火災の入熱量と大臣認定試験の入熱量を比較した場合、30分耐火の大臣認定試験の加熱条件に近い。
- すなわち、保守的に1時間耐火以上の大臣認定を取得している耐火塗料であれば、航空機墜落火災対策に必要な断熱性能を有しているといえる。
- よって、1時間耐火以上の大臣認定を取得している耐火塗料を用いて、次頁以降に示す航空機墜落火災の耐火被膜を設計するプロセスを経ることで、信頼性のある対策とすることができる。

4. 3 航空機墜落火災に対する影響評価について (7/11)

■ 耐火被覆の塗装厚さの設計について

- ・耐火被覆は、離隔距離を確保できない部材を許容温度以下とする機能が要求され、許容温度以下とするのに必要な塗装厚さを設定する。
- ・耐火被覆厚さの設計にあたって、耐火塗料の熱伝導率や比熱などの熱物性値及び温度に応じた断熱性能の変化挙動が必要となる。そのため、耐火被覆の性能を判定するために規格化された大臣認定試験の結果を用い、熱物性値や断熱性能の変化挙動を取得し、耐火被覆厚さを設計する。
- ・耐火被覆厚さは、設置位置が火炎に最も近く、かつ薄い9mmの鋼材が至近で火災による輻射を受けた場合でも許容温度以下となる施設毎の厚さを設定し、以下の理由から設定した厚さを一様に施工する。
 - 現場塗装する部材も多数あるため、管理方法を統一することによる品質向上。
 - 耐火被覆厚さを統一することで、部位ごとの塗装厚間違い等のヒューマンエラーを防止。

■ 被膜厚さの設計（プロセス）

- ①大臣認定試験の結果から耐火被覆の熱物性値や断熱性能の変化挙動を取得する。
- ②取得したデータから熱伝導率と比熱を算出し、耐火塗装 1 mmあたりの断熱性能を既知の断熱材の相当厚さに置き換える（発泡前後で相当厚さを設定する）。
- ③許容温度以下となる既知の断熱材厚さを算定し、耐火塗装の必要厚さに換算する。
- ④耐火塗装厚さの妥当性を検証するため、航空機墜落火災と同じ条件で耐火試験を実施し、許容温度内であることを確認する。

4. 3 航空機墜落火災に対する影響評価について (8/11)

■ 被膜厚さの設計 (結果)

- ①、②大臣認定試験の結果を用いて、発泡前後の耐火塗料1mmあたりの、既知の断熱材の相当厚さを算出。
- ③許容温度以下とするために必要な耐火塗料厚さの決定。
- ④被膜厚さの妥当性の検証。

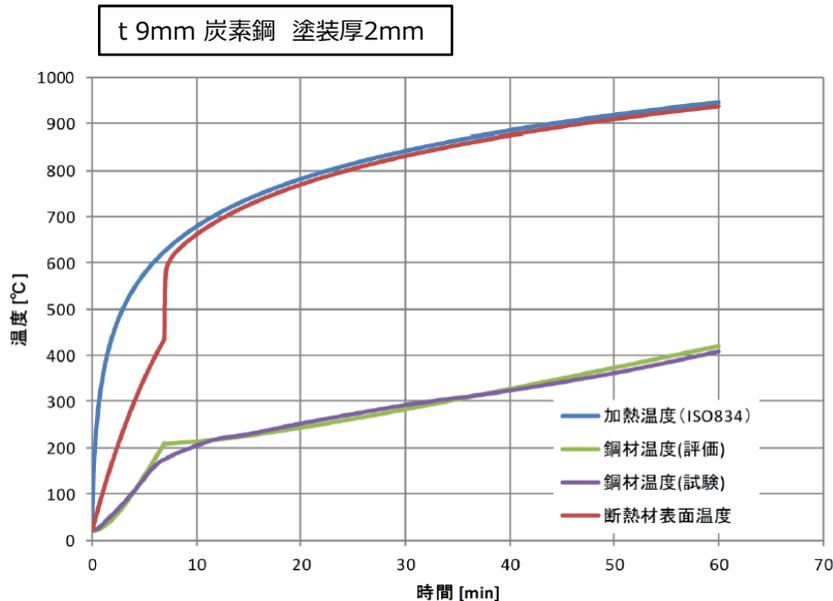


図4-5 耐火被覆2mmの大臣認定試験結果に相当する断熱材厚さを適用して評価した鋼材温度の比較結果 (①、②に対応)

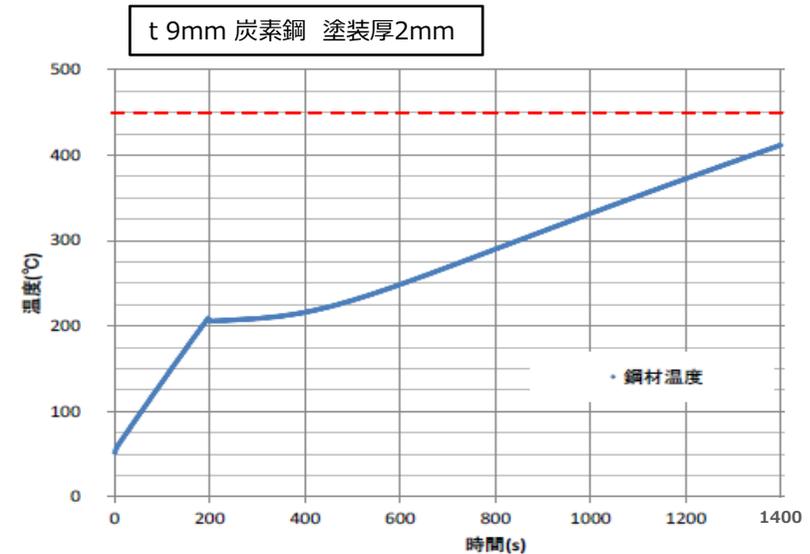


図4-6 航空機墜落火災の条件で許容温度以下となる被膜厚さの温度評価結果 (②、③に対応)

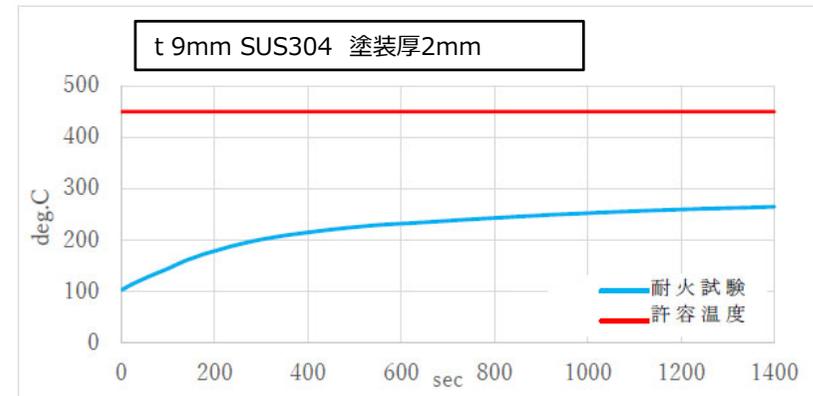


図4-7 許容温度450°C以下とするための耐火被覆2mmの耐火試験による検証結果 (④に対応)

4. 3 航空機墜落火災に対する影響評価について (9/11)

■耐火被覆の設計結果 (飛来物防護ネット)

・耐火被覆の設計に基づく飛来物防護ネットを例とした塗装範囲について図4-8に示す。

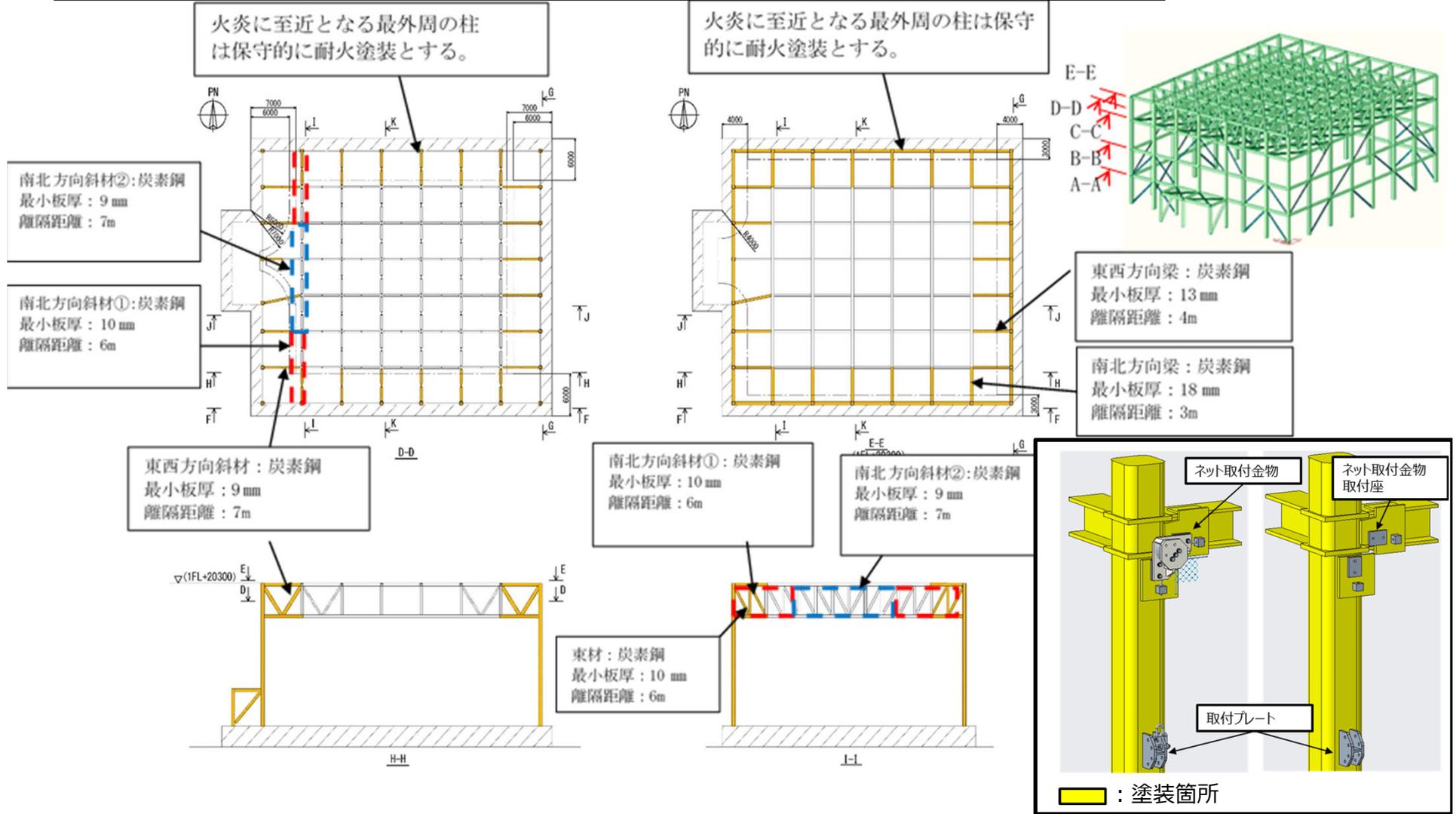


図4-8 飛来物防護ネットで耐火塗装の設計を行った結果

ネット取付部周辺の詳細

4. 3 航空機墜落火災に対する影響評価について (10/11)

■ 耐火被覆の施工管理

耐火被覆の断熱性能は塗装厚さに依存する。施工時の厚さ管理は以下のとおり。

- ・設計厚さを下回る場合は断熱性能が不足するため、マイナス誤差を許容しない。
- ・断熱性能が増加するプラス誤差は許容。(ただし耐震性へ影響を及ぼさない範囲)
- ・耐火塗装は、下塗り・主材・中塗り・上塗りの4層それぞれに役割がある。よって管理は各層で実施。

作業環境

温度：5～35℃

湿度：30～85%

その他：強風、塵埃、降雨、降雪の影響を受けないこと

	材質	役割	管理方法
上塗り	ふっ素樹脂系	主材保護	・塗料の使用量 ・目視
中塗り	エポキシ樹脂系	主材保護、主材と上塗りの接着性	・塗料の使用量 ・目視
主材 (耐火被覆)	耐火被覆	断熱性能	・膜厚管理 (+ 0 mm以上) ・目視
下塗り	エポキシ樹脂系	鋼材と主材の接着性	・塗料の使用量 ・目視
鋼材			

4. 3 航空機墜落火災に対する影響評価について (11/11)

■ 耐火被覆の維持管理

耐火塗装の性能を維持するための管理方針を示す。

- 耐火被覆の損傷実績を調査した結果、耐火被覆特有の損傷事例は確認されなかったことから、一般的な塗料の損傷事例、原因およびそれらを踏まえた点検頻度を下表に示す（なお1回/日の頻度で巡視点検も実施）。

損傷モード	原因	点検内容（頻度）
割れ	経年劣化	外観目視点検（1回/年）
膨れ	経年劣化	外観目視点検（1回/年）
剥がれ	経年劣化	外観目視点検（1回/年）
傷	衝突	外観目視点検（1回/年）

- 損傷が確認された場合は、損傷程度に応じた補修を実施する。
- 基本的に耐火被覆は、その保護材である上塗り・中塗りが健全であれば損傷することはないため、定期的に上塗り材の塗り増しを行う。（メーカー推奨：8～10年ごとに塗り増し）

■ 航空機墜落火災が発生した際の復旧

- 航空機墜落火災が発生により損傷した塗装、ネットの復旧は、調達実績から6カ月を目途に行う。
（損傷したネットおよび焼けた耐火塗装の撤去に1カ月、防護ネットの復旧および耐火塗装の再施工に2カ月、手配関係に3、4カ月程度）
- 年超過確率から発生後6カ月以内の航空機墜落火災の再発、竜巻の発生の可能性は、十分に低い。

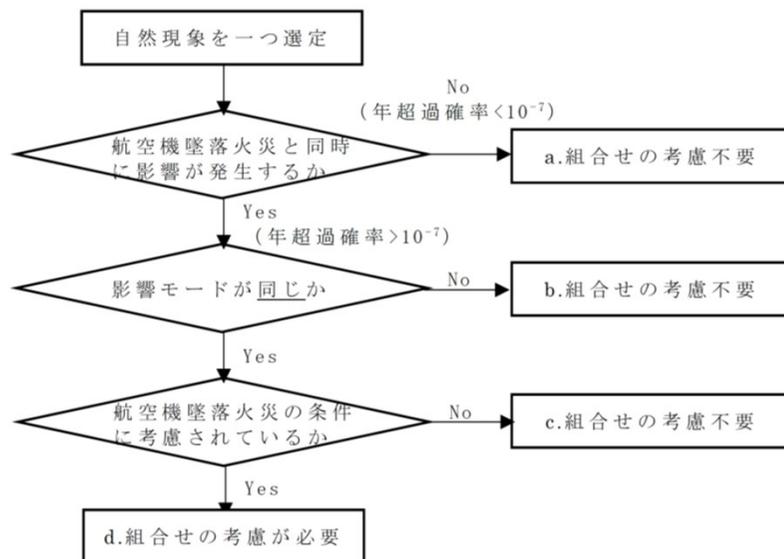
参考：航空機墜落火災と自然現象の重畳（1 / 2）

- (1) 航空機墜落火災との組合せを検討する自然現象は、事業変更許可において再処理施設及びMOX燃料加工施設の設計において考慮するとした12事象とする。
- (2) 航空機墜落火災と上記の12事象には相関性はないことを確認した。
- (3) 航空機墜落火災と相関性のない自然現象であっても、自然現象が再処理施設等に影響を及ぼす年超過確率、影響モード等を考慮し、組合せの要否を検討した（参考図－1及び参考表－1参照）。その結果、航空機墜落火災との組合せを考慮する必要のある自然現象として風（台風）、積雪、高温が選定された。

参考表－1 航空機墜落火災との組合せ要否の検討フロー

自然現象	検討内容	組合せ要否
地震	航空機墜下確率は 4.6×10^{-8} ※、地震の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-6}$ 回／年より、これらが再処理施設等に同時に影響を及ぼす年超過確率は 4.6×10^{-14} ※ とごく低頻度である。	否 (a.)
風（台風）	航空機墜下確率は 4.6×10^{-8} ※ であるが、長期荷重として風の影響を考慮する必要がある。	要 (d.)
竜巻	航空機墜下確率は 4.6×10^{-8} ※、竜巻の年超過確率は 1.86×10^{-8} ※ 回／年より、これらが再処理施設等に同時に影響を及ぼす年超過確率は 8.6×10^{-16} ※ とごく低頻度である。	否 (a.)
降水	航空機墜落火災と降水では影響モードが異なる（降水は航空機墜落火災による熱影響を緩和する方向に作用する）。	否 (b.)
落雷	航空機墜落火災と落雷では影響モードが異なる。 航空機墜落火災…熱影響、強度低下 落雷…電気的影響	否 (b.)
森林火災	森林火災は敷地外で発生する事象であり、敷地内で発生する航空機墜落火災と同時に起こり得ない。	否 (a.)
高温	熱影響評価における初期条件として考慮する必要がある。	要 (d.)
凍結	熱影響評価における初期条件（温度）として、高温にて考慮する。	否（高温を含む）
火山の影響	航空機墜下確率は 4.6×10^{-8} ※、火山の年超過確率は 5.5×10^{-6} 回／年より、これらが再処理施設等に同時に影響を及ぼす年超過確率は 2.5×10^{-13} ※ とごく低頻度である。	否 (a.)
積雪	航空機墜下確率は 4.6×10^{-8} ※ であるが、長期荷重として積雪の影響を考慮する必要がある。	要 (d.)
生物学的事象	航空機墜落火災と生物学的事象では影響モードが異なる。 航空機墜落火災…熱影響、強度低下 生物学的事象…電気的影響、閉塞	否 (b.)
塩害	航空機墜落火災と塩害では影響モードが異なる。 航空機墜落火災…熱影響、強度低下 塩害…電気的影響、腐食	否 (b.)

※ 再処理施設の場合の年超過確率を示している。MON 燃料加工施設の場合にはさらに確率値が低くなる。



参考図－1 航空機墜落火災との組合せ要否の検討フロー

参考：航空機墜落火災と自然現象の重畳（2 / 2）

- (4) (3) において、発生頻度の観点から考慮不要とした地震、竜巻及び火山の影響については、航空機墜落火災の発生後、その影響が及ぶ期間においてそれらの事象の影響を受ける可能性について検討し、年超過確率が十分小さいことを確認した。
- (5) 万一、航空機墜落火災の影響により飛来物防護ネット等の復旧が必要となった場合には、復旧までの間、使用済燃料の再処理を停止する等の措置を講ずる。

<航空機墜落火災の影響が及ぶ期間に竜巻の影響を受ける年超過確率の計算例>

(航空機墜落火災の影響が及ぶ期間に竜巻の影響を受ける年超過確率)

= (航空機墜落確率) × (1年のうち航空機墜落火災の影響が及ぶ期間の比率) × (竜巻の影響を受ける年超過確率)

$$= 4.6 \times 10^{-8} \times \frac{6}{12} \times 1.86 \times 10^{-8}$$

$$= 4.28 \times 10^{-16} \text{ (回/年)}$$