

東海再処理施設の安全対策に係る廃止措置計画認可変更申請対応について

令和2年10月1日
再処理廃止措置技術開発センター

○ 令和2年10月1日 面談の論点

- 資料1 事故対処の有効性評価について
- 資料2 再処理施設の制御室の安全対策について
- 資料3 ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室の安全対策工事の計画について
- 資料4 再処理施設 主排気筒の耐震性について

(以上 10/6 東海再処理施設安全監視チーム会合資料)

- 資料5 高放射性廃液の液量管理に係る再処理施設保安規定の変更について
- 資料6 廃止措置計画の変更認可申請(低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)の改造)における規制庁コメントに対する回答
- 東海再処理施設の安全対策に係る面談スケジュール(案)について
- その他

以上

〈9/15 監視チームにおける議論のまとめ〉
2. 事故対処の有効性評価について
・審査が先行する施設の例を参考とすること
・引き波を含む津波の遡上解析結果の反映
・10月申請の工事と1月申請有効性評価の関係

事故対処の有効性評価について

【概要】

- 事故対処の有効性評価の前提条件及びウエットサイト環境下で、可搬型設備等により重要な安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)を回復させるための具体的な操作手順等の考え方について示す。
- 事故対処においては、津波を起因事象とした場合、設計津波の遡上に伴いユーティリティ関連施設等を含め機能喪失範囲が広範に及ぶことに加え、津波がれき等が広く散乱し屋外での復旧活動の障害となる。また、随伴する地震による影響も加わり、最も厳しい事象となることから、高放射性廃液貯蔵場における地震、津波を起因とした対策フローの具体化及び現在計画中の各対策において想定するタイムチャートを示す。
なお、今後、ウエットサイトを模擬した訓練での実績に基づき、タイムチャートに反映していく。

令和2年10月1日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

事故対処の有効性評価

DRAFT

1. 高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）における有効性評価の基本方針

1.1 有効性評価の基本的考え方

再処理施設においては、高放射性廃液に伴うリスクが集中する高放射性廃液貯蔵場（HAW）とガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟について最優先で安全対策を進める。

両施設に関連する施設として、両施設の重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を維持するために、事故対処設備を用いて必要な電力やユーティリティ（冷却に使用する水や動力源として用いる蒸気）を確保することとし、それらの有効性の確保に必要な対策（保管場所及びアクセスルートの信頼性確保、人員の確保等）を実施する。

リスクを低減するための対策は計画的に進めており、現在、ガラス固化に係る運転準備をはじめとして、設計地震に対する耐震性確保のための高放射性廃液貯蔵場（HAW）周辺地盤改良、主排気筒及び第二付属排気筒の補強、プルトニウム転換技術開発施設駐車場の地盤補強、施設内配管の耐震補強、耐津波に係る建家外壁補強、津波漂流物防護柵の設置、耐竜巻防護に係る開口部補強、事故対処設備の整備等を進め、高放射性廃液に伴うリスクに対して必要な安全対策を講じる。

再処理施設では、今後、再処理運転を実施しないことから新たな高放射性廃液の発生はない。また、時間の経過とともに放射性核種の減衰が進み内蔵放射エネルギーは低下するとともに、高放射性廃液貯蔵場（HAW）に保有している高放射性廃液をガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟にて安定化処理を進めることから、内蔵放射エネルギーは減少する。このため、現状の内蔵放射エネルギーで有効性を評価する。

なお、これまでの廃止措置計画の申請範囲に含む安全対策については、令和4年度末までに順次完成させる計画であり、安全機能の維持を前提とした有効性評価を実施する。竜巻については、建家開口部の閉止措置を実施する計画であるが、屋外設備等は竜巻飛来物の影響を受けるため、機能喪失を伴うことを前提として有効性評価を実施する。

1.2 事故対処の特徴

再処理施設の立地の特徴として、核燃料サイクル工学研究所北東部の T.P. 約 5 m から 7 m の平坦地に位置しており、再処理施設の敷地に隣接して南方向には T.P. 約 18 m から 30 m の高台が広がっている。

設計津波が襲来した際は、T.P. 約 5 m から 7 m である再処理施設のサイト内は浸水

し、遡上解析及び軌跡解析の結果から漂流物による瓦礫等がサイト内に散乱しウェットサイトになることが想定される。このため、リスクが集中する高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の建家内は、設計津波からの浸水を防止し、事故対処を確実に成立できるよう対策を講じる。

また、事故対処に使用するエンジン付きポンプ等の設備については、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の建家内に保管し設計津波はもとより竜巻に対しても防護できるよう対策を講じる。一方で南方向に広がる高台は、設計津波（T.P. 14 m）に対して浸水することはない、ドライサイトを維持できる。この地形の特徴から事故対処設備を高台に分散配備する。

これらを踏まえ、事故対処の有効性評価においては、可搬型設備等により、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の重要な安全機能（閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能）を回復させるための訓練を通じて具体的な操作手順に要する時間、体制、対策に要する資源（水源、燃料及び電源）等を確認する。

既存の水源である浄水貯槽及び工業用水受槽について設計地震動や設計津波に対して機能喪失を想定するが、設備の被災状況に応じて使用可能な場合は水源として利用する。また、現有の南東地区に設置している貯油槽等については設備の被災状況に応じて使用可能な場合には、事故対処設備の燃料として使用する。なお、水源及び燃料の既存設備については事故対処設備として期待しないことから、有効性評価には含まない。

1.3 事故の抽出

事故の起因事象は、自然現象を起因とする外的事象及び機器故障等による内的事象とし、崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能を維持するための設備に対する機能喪失を想定する。

また、設計地震動による機能を維持することが可能な設備のリストを「別添 6-1-2-2 別紙表 1～3 設計地震動に対して耐震性を確保する設備及び系統（高放射性廃液貯蔵場（HAW）」及び「別添 6-1-2-4 別紙表 1～3 設計地震動に対して耐震性を確保する設備及び系統（ガラス固化技術開発施設（TVF）」に示す。起因事象は、外的事象及び内的事象を対象とする。設計基準を上回る事象に対しては、大規模損壊として扱うものとする。想定する起因事象については、外的事象及び内的事象に分類し整理した内容を以下に示す。

（1）【外的事象】

1) 津波（地震との重畳含む）

事故の復旧活動に要する時間、要員数、設備等の規模は、安全機能の喪失範囲に応

じて大きくなる。特に、津波を起因事象とした場合、設計津波の遡上に伴いユーティリティー関連施設等を含め機能喪失範囲が広範に及ぶことに加え、津波瓦礫等が広く散乱し屋外での復旧活動の障害となる。随伴する地震による影響も加わり、最も厳しい事象となる。重要な安全機能を担う施設において、機能喪失する範囲を以下のとおり想定する。

機能	関連する恒設施設	地上面の高さ	水密扉等の津波対策	耐震設計
非常用電源(発電機)	第二中間開閉所	約 T.P. +6 m	約 T.P. +10 m 位置までの浸水に対して対策済	B 類
非常用電源(発電機)	ガラス固化技術管理棟	約 T.P. +8 m	約 T.P. +11 m 位置までの浸水に対して対策済	B 類
工業用水の供給	資材庫	約 T.P. +6 m	無し	C 類
蒸気の供給	中央運転管理室	約 T.P. +14 m (重油タンク設置位置)	— (遡上波は到達しない)	一般施設

2) 地震

設計地震動に対する耐震性を有さない建物、構築物、機器等は機能喪失することから、ユーティリティー関連施設や構内道路等を含め機能喪失範囲が広範に及ぶ。倒壊した建物等により復旧活動の障害となり津波に次いで影響の大きな事象となる。

3) 竜巻

設計竜巻に対する防護が行えない屋外冷却塔等の設備は機能喪失するが、竜巻による機能喪失範囲は、津波、地震と比べ限定的となる。

4) 火山

降下火砕物の影響に対しては、除灰やフィルタ交換作業等の措置により対応するが、ユーティリティー関連施設等が機能喪失した場合には、その影響を考慮する。

5) 外部火災

想定する外部火災から高放射性廃液貯蔵場(HAW)及びガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟を防護するために防火帯を設ける。

(2) 【内的事象】

1) 内部火災、内部溢水等

高放射性廃液貯蔵場(HAW)、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟建家内で行う事故の復旧活動において必要となる設備及びアクセスルートを防護する必要があり、復旧活動に影響を受ける場合には、その影響を考慮する。

設計津波の遡上に伴いユーティリティー関連施設等を含め機能喪失範囲が広範に及ぶことに加え、津波による瓦礫等が広く散乱し屋外での復旧活動の妨げになることから、

事故対処においては、過酷な状況が想定される地震及び津波の重畳を起因事象とし事象進展とその対策について有効性を評価する。その他の事象については、地震及び津波を起因とした事象進展に包含されることを確認する。

1.4 事故の選定

廃止措置段階にある東海再処理施設においては、リスクが特定の施設（高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟）に集中しており、そのリスクは高放射性廃液に伴うものであることから、事故対処の有効性評価の対象施設は高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟とする。

両施設のリスクは高放射性廃液に伴うものであるため、「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」に定められている以下の事象のうち、高放射性廃液の特徴を踏まえ事故選定を行う。

- 1) セル内において発生する臨界事故
- 2) 使用済燃料から分離されたものであって液体状のもの又は液体状の放射性廃棄物を冷却する機能が喪失した場合にセル内において発生する蒸発乾固
- 3) 放射線分解によって発生する水素が再処理設備の内部に滞留することを防止する機能が喪失した場合にセル内において発生する水素による爆発
- 4) セル内において発生する有機溶媒その他の物質による火災又は爆発
- 5) 使用済燃料貯蔵プールの冷却等の機能喪失による使用済燃料の著しい損傷
- 6) 放射性物質の漏えい

高放射性廃液は、分離第1サイクルにおいて使用済燃料の溶解液から大部分のウラン及びプルトニウムを取り除いた核分裂生成物であり、放射性物質の崩壊による発熱を伴うため冷却を必要とする。このため、崩壊熱除去機能が喪失した場合、高放射性廃液の沸騰に伴い、外部へ放出される放射性物質が増加するおそれが生じる。

よって、高放射性廃液の崩壊熱除去機能を維持することが重要であり、この特徴を踏まえ、事故として以下を選定する。

「2) 使用済燃料から分離されたものであって液体状のもの又は液体状の放射性廃棄物を冷却する機能が喪失した場合にセル内において発生する蒸発乾固」

1.5 選定の理由

- 1), 3)～6)については、高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）

ガラス固化技術開発棟において事故は発生しない，又は，事故に至るまでに長時間を要することから事故として選定しない。

1) セル内において発生する臨界事故

高放射性廃液の主成分は核分裂生成物であり，臨界事故に至るような有意な濃度のウラン及びプルトニウムを含まないことから事故は発生しない。

3) 放射線分解によって発生する水素が再処理設備の内部に滞留することを防止する機能が喪失した場合にセル内において発生する水素による爆発

放射線分解によって高放射性廃液から発生する水素の濃度が低いことを実測により確認^[1]しており，水素濃度が爆発濃度の下限値に至るまでの時間余裕は年オーダーであることから事故に選定しない。

4) セル内において発生する有機溶媒その他の物質による火災又は爆発

高放射性廃液には火災又は爆発に至るような有意量の有機溶媒を含まないことから事故は発生しない。

5) 使用済燃料貯蔵プールの冷却等の機能喪失による使用済燃料の著しい損傷

高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟では使用済燃料を取り扱わないことから対象外とする。

6) 放射性物質の漏えい

高放射性廃液を保持する貯槽は設計地震動に対し耐震性を有するとともに，貯槽の液量制限^{注1)}による耐震性の裕度を確保していることから，地震起因での放射性物質の漏えいは考え難く事故は選定しない。万一，漏えいした場合は，高放射性廃液をスチームジェットにより崩壊熱除去機能を有する貯槽に回収する。

注 1) 令和 2 年 7 月 10 日付け原規規発第 2007104 号をもって認可を受けた廃止措置計画認可申請書，令和 2 年 9 月 25 日付け原規規発第 2009252 号をもって認可を受けた廃止措置計画認可申請書

また，有効性評価の実施においては，上記 2) に加え，その他の安全機能維持への対応として，津波，漏えい，水素掃気（換気を含む），ガラス固化体保管ピットの強制換気について有効性評価の対象として安全機能の維持を図る。

1.6 事象進展

想定する起因事象に対し、崩壊熱除去機能及び閉じ込め機能を構成する建家、構築物、機器等の健全性が確保される範囲を起因事象毎に特定する。崩壊熱除去機能を有する常設設備、高放射性廃液を閉じ込める機能を有する常設設備、津波に対する防護を担う常設設備及び事故対処設備について示す。

事故対処に用いる設備については、対策用途に応じ以下の通り分類する。

- ① 沸騰の未然防止対策^{*1)}（高放射性廃液貯槽の冷却水系統への通水）に用いる設備
 - ・施設内水源を使用する場合に用いる設備
 - ・自然水利等を使用する場合に用いる設備
- ② 沸騰の遅延対策^{*2)}（高放射性廃液貯槽への直接注水）に用いる設備
 - ・施設内水源を使用する場合に用いる設備
 - ・外部支援水源を使用する場合に用いる設備

また、事故対処までの時間余裕を評価し事象進展を明らかにする。

事故対処までの時間余裕については、以下に示す事項を時間余裕に反映し、保守性を保ちつつ現実的な評価となるように設定する。

- 沸騰到達時間の評価に高放射性廃液貯槽を構成するステンレス材料の熱容量を見込む。また、高放射性廃液の初期温度を過去の実績データを基に現実的な運転温度に設定する。
- 高放射性廃液貯蔵場(HAW)、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟以外の施設の水源については、起因事象による被災状況に応じて利用の可否を判断するものとし、竜巻等の機能喪失範囲が限定的な場合には既存の浄水貯槽等を利用する。なお、再処理施設の水源である浄水貯槽及び所内の水源である工業用水貯槽がともに地震、津波による起因事象により使用できない場合は、沸騰に至るまでに、十分な時間余裕を確保する遅延対策を行うとともに、水源の外部支援要請または自然水利を用いる対策を行う。
- 高放射性廃液貯槽については冷却水供給を停止して、温度上昇挙動を確認する取り組みを実施しており、今後、取得データを拡張し現実的な時間余裕の評価に反映することを検討する。

※1) 沸騰の未然防止対策は、高放射性廃液貯槽等の一次冷却コイルへ冷却水を供給することで崩壊熱を除去する対策をいう。対策完了により持続的な冷却が可能である。

※2) 沸騰の遅延対策は、当該貯槽に直接注水することで発熱密度を低下させ沸騰に至る時間を延ばす対策である。対策により沸騰の発生を遅延させるものであり、持続的な冷却を行うものではない。

1.7 対策手順の優先度

起因事象の発生から事故対処が完了するまでの事象進展を整理し、対策を行う判断基準と時期を明確にした。地震、津波の場合、耐震性を有さない建物、構築物、機器等の機能喪失及び津波漂流物等により、屋外活動の障害となるため、屋内での復旧活動を優先して行う。

事象進展及び対応フローを図1-7-1に、実施する対策の判断フローを図1-7-2にそれぞれ示す。また、実施する各対策のタイムチャートの例を図1-7-3～図1-7-5にそれぞれ示す。なお、訓練の結果を反映したタイムチャートを令和3年1月申請にて示す。

(1) 実施対策判断フロー

高放射性廃液貯蔵場における各安全対策の実施の流れについて考え方を示すとともに、対策が分岐する場合の判断基準を明示する。

- ① 沸騰の未然防止対策は、冷却コイルへの給水により崩壊熱除去機能の回復が可能であり、持続的な対策効果が期待できる。遅延対策は、沸騰に至るまでに十分な時間余裕の確保が可能であるが、崩壊熱除去機能の回復は別途必要となる。このため、沸騰の未然防止対策の完了までを実施対策判断フローとして整理した。

(対策の効果に係る考え方)

- ・優先度1：沸騰の未然防止対策
- ・優先度2：沸騰の遅延対策

- ② 沸騰の未然防止対策の実施に必要な水源については、地震・津波を起因事象とした場合、既存水源の利用が困難となることから、外部支援又は自然水利による水源を確保する必要がある。

このため、現在高放射性廃液貯蔵場(HAW)に貯蔵中の高放射性廃液を希釈して発熱密度を低下させる方法として施設内水源による沸騰の遅延対策によって、沸騰に至るまでの十分な時間余裕を確保し、この間に外部支援又は自然水利による水源の確保を可能とする。なお、自然水利は施設内水源及び外部支援水源が確保できない場合に利用する。

(水源確保に係る考え方)

- ・優先度1：施設内水源
- ・優先度2：外部支援水源

- ③ 起因事象の発生後速やかに各対策の準備を進め、準備が整った対策から順次実行して安全裕度を確保する。

(対策準備時間に係る考え方)

- ・準備時間が短い対策を優先

- 一屋外復旧活動に要する時間を考慮（津波瓦礫等の除去範囲，事故対処設備の運搬配置）

- 一資源確保に要する時間を考慮（要員，水源，燃料）

1.8 有効性評価

事故の進展状況に応じて，対策の実施に必要な時間，組織体制（技術支援組織及び運営支援組織），対応要員数，要員の招集方法，使用機材，資源（水源，燃料及び電源），アクセスルートの確保手段等の有効性を訓練により確認する。

事故対処設備の保管場所は地震，津波の影響を受けにくい場所に位置的分散等を考慮して配備していることを確認する。現状の事故対処設備の配備状況を図 1-8-1 に示す。

（1）事故時の招集，体制

設計津波襲来時は，核サ研のみならず周辺河川，道路にも被害が及ぶことを想定し，事故時に招集できる人数，役割，体制等について確認する。また，津波の襲来時においては，招集ルートの被害が想定されることから，津波被害を考慮した事故対処要員の居住地からの招集訓練を行い，事故対処の実施開始までに必要な時間を把握する。

夜間休日での体制構築を目的に，作業員の招集時間を調査し，役割毎に作業体制の成立時間を把握する。また，集合場所での作業員の確認，役割分担のための具体的体制（現場責任者，作業責任者，放射線監視）を構築する。

（2）ウェットサイトを考慮した訓練

津波を起因事象としたウェットサイトを考慮した訓練を実施する。

屋外での復旧活動においては，サイト内外でウォークダウンにより調査した津波漂流物（数量の多い車両，コンテナ，防砂林等）を想定して行う。また，設計津波による遡上解析の結果から津波が引いた後の浸水状況及び軌跡解析結果から漂流物の状況を踏まえ，重機等を用いて散乱した津波瓦礫の除去作業を模擬した瓦礫撤去訓練を行う。瓦礫撤去に要する時間を把握し，事故対処を開始できる時間に反映する。

（3）訓練結果のタイムチャートへの反映

上記（1）及び（2）を踏まえ，タイムチャートの操作項目ごとに想定する要員数，班編成，操作時間の成立性を検証しタイムチャートに反映する。

1.9 その他の安全機能維持への対応

事故対処として実施する上記対応のほか，以下の項目に対し安全機能維持を図る。

[津波に対する安全機能維持]

- ・ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟建家外壁貫通配管損傷時のバル

ブ閉止操作を行うための手順等を整備し訓練により実効性を確認する。

- ・屋外監視カメラの監視機能維持のための構成部品の交換等の操作について、手順等を整備し訓練により実効性を確認する。

[漏えいに対する安全機能維持]

- ・漏えい液の回収等の操作を行うための手順等を整備し、操作の実効性を訓練により確認する。

[水素掃気（換気を含む）に対する安全機能維持]

- ・水素掃気を行うための設備の回復操作においては、排風機を起動し換気機能の回復が可能であり、手順等を整備し、操作の実効性を訓練により確認する。

[ガラス固化体保管ピットの強制換気のための対応]

- ・ガラス固化体保管ピットの強制換気を行うための手順等を整備し、操作の実効性を訓練により確認する。

DRAFT

1.10 申請の範囲

令和2年10月申請においては高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）における有効性評価の基本方針、有効性評価の基本的考え方、事故対処の基本フローを示す。高放射性廃液貯蔵場（HAW）における崩壊熱除去機能の喪失による蒸発乾固への対処として関連する設備について示す。

令和3年1月においては、ガラス固化技術開発施設（TVF）の崩壊熱除去機能の喪失による蒸発乾固への対処として関連する設備、遡上解析結果を踏まえた訓練結果に基づく高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）に係る事故対処の有効性評価を示す。また、ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に係る有効性評価の結果を踏まえ、必要な事故対処の設計及び工事の計画を示す。

申請時期	項目		備考
令和2年 10月	1. 有効性評価 の基本方針 (高放射性廃液 貯蔵場 (HAW) ガラス固化技術 開発施設 (TVF))	1.1 有効性評価の基本的考え方	
		1.2 事故対処の特徴	
		1.3 事故の抽出	
		1.4 事故の選定	
		1.5 選定の理由	
		1.6 事象進展	
		1.7 対策手順の優先度	
		1.8 有効性評価	
		図1-7-1 事象進展フロー及び対応フロー	
		図1-7-2 実施対策判断フロー	
		図1-7-3 [未然防止対策] タイムチャート	(評価例)
		図1-7-4 [未然防止対策] タイムチャート	(評価例)
		図1-7-5 [遅延対策] タイムチャート	(評価例)
令和2年 10月	2. 高放射性廃 液貯蔵場 (HAW) にお ける崩壊熱除 去機能の喪失 による蒸発乾 固への対処	2.1 蒸発乾固の特徴	
		2.2 蒸発乾固への対処の基本方針	
		2.3 蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策	
		2.4 蒸発乾固の拡大防止対策	
		2.5 蒸発乾固の影響緩和対策	
		図2-2-1 未然防止対策に係る給水接続口の	

申請時期	項目		備考
令和2年 10月 (続き)	2. 高放射性廃液貯蔵場 (HAW) における崩壊熱除去機能の喪失による蒸発乾固への対処 (続き)	設置概要	
		図2-2-2 遅延対策に係る給水接続口の設置概要	
		図2-3-1 崩壊熱除去機能喪失時の未然防止対策 (移動式発電機を利用する場合) の概要	
		図2-3-2 崩壊熱除去機能喪失時の未然防止対策 (移動式発電機を利用しない場合) の概要	
		図2-3-3 崩壊熱除去機能喪失時の遅延対策の概要	
		図2-3-4 遅延対策及び未然防止対策実施時の高放射性廃液貯槽の温度傾向例	(評価例)
		表2-1-1 崩壊熱除去機能の喪失による蒸発乾固が発生するおそれがある貯槽	
		表2-3-1 移動式発電機の運転及び設備の関係	
		表2-3-2 沸騰の未然防止対策 (冷却コイルへの通水) における手順及び設備の関係	
		表2-3-3 沸騰の遅延対策 (予備貯槽からの注水) の手順及び設備の関係	
		表2-3-4 沸騰の遅延対策 (外部支援による貯槽への注水)	
表2-3-5 有効性評価に係る主要評価条件 (令和2年8月31日時点)			

申請時期	項目	備考
令和3年 1月	遡上解析結果を踏まえた訓練結果に基づく高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に係る事故対処の有効性評価	※
	高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に係る有効性評価の結果を踏まえ、必要な事故対処の設計及び工事の計画を示す。	

- ※・ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟における崩壊熱除去機能の喪失による蒸発乾固への対処を含む
- ・訓練結果を反映したタイムチャート及び2.項に示す評価値の見直しを含む

参考文献

- [1] 高放射性廃液から発生する水素の測定及び解析(1) 高放射性廃液貯槽のオフガス中の水素濃度測定と評価（2013 日本原子力学会春の年会）

2. 高放射性廃液貯蔵場（HAW）における崩壊熱除去機能の喪失による蒸発乾固への対処

2.1 蒸発乾固の特徴

崩壊熱除去機能の喪失による蒸発乾固の発生が想定される冷却が必要な高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液を内包する高放射性廃液貯槽及び中間貯槽は、通常運転時には、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の冷却水系により冷却を行い、高放射性廃液の崩壊熱による温度上昇を防止している。

冷却水系は、高放射性廃液貯槽及び中間貯槽に内包する高放射性廃液の崩壊熱を除去する一次冷却系及び一次冷却系によって除かれた熱を二次冷却系に伝える熱交換器、二次冷却系に移行した熱を最終ヒートシンクである大気中へ逃がす冷却塔等で構成される。

崩壊熱除去機能の喪失による蒸発乾固が発生するおそれがある貯槽は、高放射性廃液貯槽（272V31～272V35）及び中間貯槽（272V37、272V38）である（表 2-1 参照）。

なお、中間貯槽は移送時の使用に限定されることから、高放射性廃液は高放射性廃液貯槽からの移送時以外において中間貯槽 V37、V38 には存在しない。また、新たな再処理に伴う高放射性廃液の発生はない。これらより、高放射性廃液貯蔵場（HAW）での高放射性廃液のインベントリーは高放射性廃液貯槽の貯蔵量のみが対象となることから、有効性評価は高放射性廃液貯槽について実施する。

仮に崩壊熱除去機能が喪失した場合には、高放射性廃液の温度が崩壊熱により上昇し、沸騰に至った場合には、液相中の気泡が液面で消失する際に発生する飛まつが放射性エアロゾルとして蒸気と共に気相中に移行することで、大気中へ放出される放射性物質の量が増大する。また、崩壊熱除去機能が喪失した状態が継続した場合の高放射性廃液が沸騰に至るまでの時間（沸騰到達時間）は、発熱密度が最も大きい高放射性廃液貯槽（272V35）において断熱評価で約 77 時間である。

評価の詳細を「添四別紙 1-1-1 高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書」に示す。

なお、分離精製工場（MP）に貯蔵中の発熱密度が小さい廃液を、高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽に移送した場合、高放射性廃液貯槽の発熱密度は小さくなり沸騰に至るまでの時間余裕はより大きくなる。有効性評価では、令和 2 年 8 月 31 日時点の高放射性廃液貯蔵場（HAW）の貯蔵状況に基づき評価を行い、分離精製工場（MP）からの廃液の移送による沸騰到達までの遅延については、保守的に見込まない。

2.2 蒸発乾固への対処の基本方針

高放射性廃液の沸騰を未然に防止するため、喪失した崩壊熱除去機能を代替する設備により、沸騰に至る前に高放射性廃液の冷却を実施する対策を整備する。

崩壊熱除去機能が喪失した場合には、未然防止として、蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策を行う。

未然防止対策の完了には外部支援水源または自然水利の水が必要であり水の確保に時間を要することが予想されることから、沸騰の未然防止対策を実施するための十

分な時間余裕の確保を目的として、施設内水源の高放射性廃液貯槽への注水により沸騰に至る時間を延ばすための遅延対策を未然防止対策と同時に着手し実施する。

未然防止対策及び遅延対策については、エンジン付きポンプや消防ポンプ車を配備するなど、多様な対処方法とすることで事故対処の信頼性を向上させる。また、外部から高放射性廃液貯槽及び中間貯槽に水を供給する接続口が共通要因により同時に損傷することがないように位置的分散を図り、対策の信頼性を向上させるため、外部から注水可能な接続口を新たに設ける（図 2-2-1，図 2-2-2 参照）。

高放射性廃液の崩壊熱除去機能喪失後、発熱密度が最も大きい高放射性廃液貯槽（272V35）が沸騰に到達するまでには、断熱評価で約 77 時間の時間余裕がある。起因事象発生後においては、遅延対策の実施により更なる時間余裕を確保するとともに、継続的に冷却状態を維持する未然防止対策を実施する。これらの対策では、複数の対処手段を確保して対策の信頼性を高め、沸騰に至るまでの間に確実に対策を完了させる方針である。

また、廃止措置段階にある再処理施設では今後再処理に伴う新たな高放射性廃液の発生はなく、時間経過による放射性物質の減衰及び高放射性廃液のガラス固化処理に伴う内蔵放射エネルギーの減少等により、沸騰に至るまでの時間余裕は更に遅延する。

このように十分な時間余裕を有する中で沸騰の未然防止に重点を置き対処することから、沸騰後に実施する拡大防止対策及び影響緩和対策は必要としない。

2.3 蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策

(1) 蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策の具体的内容

a. 未然防止対策

未然防止対策は、喪失した崩壊熱除去機能の代替として、外部支援燃料を利用して移動式発電機を運転し常設冷却設備に給電することにより崩壊熱除去機能を維持する対策と、移動式発電機からの給電ができない場合に外部支援水源または自然水利を利用して、冷却コイルに水を供給する事で崩壊熱除去機能を維持する対策である。

未然防止対策の水源は、外部支援資源として、タンクローリ車等により搬送される水を、地盤改良を実施した高台のプルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場からのアクセスルートを経由し、高放射性廃液貯蔵場周辺に設置した組立水槽に受け入れる。この組立水槽からホースを敷設し、消防ポンプ車、もしくは、エンジン付きポンプを使用して冷却コイルに水を供給する経路を構築する。

冷却に使用した排水は、別の組立水槽に移送するため、冷却コイルの排水口にホースを接続し、経路を構築する。

また、外部支援資源が利用できない場合には自然水利を利用する。ホースを敷設し、消防ポンプ車、もしくは、エンジン付きポンプを使用して冷却コイルに水を供給する経路を構築する。冷却に使用した排水は、別の組立水槽へ移送するため、冷却コイルの排水口にホースを接続し、経路を構築する。

未然防止対策については、上記の通り、移動式発電機からの給電の有無により対応が異なるため、各対応について以下に示す。

(a) 移動式発電機からの給電が有る場合（図 2-3-1 参照）

移動式発電機からの給電が有る場合には、冷却塔、二次冷却水ポンプ、一次冷却水系の予備循環ポンプの冷却設備を運転できることから、崩壊熱除去機能を維持できる。

移動式発電機からの給電が有る場合の未然防止対策の手順及び設備の関係を表 2-2 に示す。

イ. 移動式発電機の運転準備

外部支援の燃料が運転に必要な量が確保されている事を確認する。また、冷却塔への補給水として外部支援または自然水利からの水が確保されている事を確認する。

移動式発電機の給電ケーブルをプルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場に設置されている接続端子盤に接続する。なお、計画しているプルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場の地盤補強工事が完了するまでの間に、起因事象により移動式発電機から給電することができない場合は、南東地区に分散配備している移動式発電機を高放射性廃液貯蔵場(HAW)の近傍に移動し、直接、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の緊急電源接続盤に接続する。

ロ. 冷却水系の系統構成の構築

移動式発電機からの給電により運転を行う冷却塔、二次冷却水ポンプ、一次冷却水系の予備循環ポンプの系統構成を行う。

消防ポンプ車またはエンジン付きポンプにより冷却塔への補給水を移送する系統構成の構築を行う。

ハ. 移動式発電機の運転の実施判断

イ. 移動式発電機の運転準備及びロ. 冷却水系の系統構成の構築の準備が完了後、移動式発電機の運転の実施を判断し、以下のホ. に移行する。

ニ. 移動式発電機の運転の実施

移動式発電機の運転を行い、給電を開始する。

ホ. 移動式発電機の運転による崩壊熱除去機能維持の成否判断

高放射性廃液貯蔵場(HAW)の冷却塔、二次冷却水ポンプ、一次冷却水系の予備循環ポンプが運転していること、また、高放射性廃液貯槽及び中間貯槽の高放射性廃液の温度が設計上の運転温度の 60℃以下であることを確認する

ことにより、崩壊熱除去機能が維持されていることを判断する。

移動式発電機の運転により崩壊熱除去機能が維持されていることを判断するために必要な監視項目は、高放射性廃液貯槽及び中間貯槽の高放射性廃液の温度である。

(b) 移動式発電機からの給電が無い場合（図 2-3-2 参照）

移動式発電機からの給電が無い場合の未然防止対策の手順及び設備の関係を表 2-3-2 に示す。

イ. 冷却コイルへの通水の着手判断

外部電源が喪失し、移動式発電機からの給電が無い場合は、冷却コイルへの通水の実施を判断し、以下のロ. 及びハ. に移行する。

ロ. 建家外の水供給経路の構築

高放射性廃液貯蔵場（HAW）に外部支援資源または自然水利からの水を確保する。また、エンジン付きポンプ等に使用する外部支援燃料を確保する。冷却コイルに水を供給するために、消防ポンプ車またはエンジン付きポンプ、組立水槽を屋外に設置し、ホースを接続し、組立水槽から高放射性廃液貯蔵場（HAW）へ水を供給するための経路を構築する。また、建家近傍に組立水槽を設置し、放射能測定を実施の上、建家外に移送する経路を構築する。

ハ. 冷却コイルへの通水による冷却の準備

常設事故事象等対処設備により高放射性廃液貯槽、及び中間貯槽の温度を計測できない場合は、高放射性廃液貯槽及び中間貯槽へ可搬型貯槽温度計を設置する。

ホースを敷設し、冷却コイルに接続する。

ニ. 冷却コイルへの通水の実施判断

ハ. 冷却コイルへの通水の準備が完了後、冷却コイルへの通水の実施を判断し、以下のホ. に移行する。

ホ. 冷却コイルへの通水の実施

消防ポンプ車またはエンジン付きポンプを運転し、組立水槽から冷却コイルに通水を開始する。

燃料を消防ポンプ車またはエンジン付きポンプに補給する。

冷却コイルへの通水時に必要な監視項目は高放射性廃液の温度である。

冷却コイルへの通水に使用した冷却水は、組立水槽に回収し、サーベイメーター等を用いて汚染の有無を確認した上で、建家外へ移送する。

へ. 冷却コイルへの通水の成否判断

高放射性廃液貯槽及び中間貯槽の高放射性廃液の温度が設計上の運転温度である 60℃以下であることを確認することにより、冷却コイルへの通水による崩壊熱除去機能が維持されていることを判断する。

崩壊熱除去機能が維持されていることを判断するために必要な監視項目は、高放射性廃液貯槽及び中間貯槽の高放射性廃液の温度である。

b. 遅延対策（図 2-3-3 参照）

遅延対策は、発熱密度の希釈を目的として、高放射性廃液貯槽の予備貯槽（272V36）等に予め貯留した水を高放射性廃液貯槽に注水する対策と、外部支援の水を高放射性廃液貯槽に注水する対策である。

遅延対策の外部支援の水を用いた注水については、a. 未然防止対策と同様の経路、手順にて注水を実施する。

遅延対策については、上記の通り、予備貯槽からの注水と外部支援の水を用いた注水により対応が異なるため、各対応について以下に示す。

なお、事故時の被災状況に応じて、上記の水源に加え、使用可能な水源がある場合には利用する。

(a) 予備貯槽からの注水

予備貯槽に貯留した水を高放射性廃液貯槽へ注水する対策の手順及び設備の関係を表 2-3-3 に示す。

イ. 予備貯槽からの注水の着手判断

崩壊熱除去機能が喪失した場合、予備貯槽からの注水の実施を判断し、以下のロ. 及びハ. に移行する。

ロ. 予備貯槽からの注水経路の構築

高放射性廃液貯槽に直接注水するために、予備貯槽からスチームジェットの移送経路を設定する。

ハ. スチームジェット用の蒸気供給ラインの構築

可搬型蒸気発生器にて使用する蒸気用の水源として、外部支援資源の水を確保する。また、可搬型蒸気発生器及び可搬型蒸気発生器の運転に必要な可搬型発電機に使用する外部支援燃料を確保する。可搬型蒸気発生器と可搬型発電機を建家近傍に設置し、可搬型蒸気発生器からスチームジェットの蒸気配管まで、可搬型の蒸気供給ホースの移送経路を構築する。

ニ. 予備貯槽からの注水の実施判断

ロ. 予備貯槽からの注水経路の構築及びハ. スチームジェット用の蒸気供給ラインの構築が完了後、予備貯槽からの注水の実施を判断し、以下のホ. に移行する。

ホ. 予備貯槽からの注水の実施

可搬型発電機を起動後、可搬型蒸気発生器を運転し、移送用のスチームジェットに蒸気を供給する事で予備貯槽からの注水を実施する。

また、高放射性廃液貯槽は耐震裕度の更なる確保を目的として貯蔵量を 90 m³ に制限する。これにより予備貯槽を除く各貯槽内の空き容量は 1 基当たり 30 m³ となることから、予備貯槽 (120 m³) を施設内水源として利用する場合であっても高放射性廃液の漏えい時等に貯槽への回収が可能である。

ヘ. 予備貯槽からの注水の成否判断

予備貯槽の液位の減少及び移送先の高放射性廃液貯槽の液位の上昇により、予備貯槽からの注水の成否判断を行う。

予備貯槽からの注水が成功したことを判断するために必要な監視項目は、予備貯槽と高放射性廃液貯槽の液位である。

(b) 外部支援水源を用いた注水

外部支援水源を高放射性廃液貯槽に注水するための対策の手順及び設備の関係を表 2-3-4 に示す。

イ. 外部支援の水を用いた注水の着手判断

崩壊熱除去機能が喪失した場合、外部支援水源を用いた注水の実施を判断し、以下のロ. 及びハ. に移行する。

ロ. 建家外の注水経路の構築

高放射性廃液貯槽に注水する外部支援水源を確保する。また、エンジン付きポンプ等に使用する外部支援燃料を確保する。消防ポンプ車またはエンジン付きポンプ、組立水槽を屋外に設置し、ホースを接続し、組立水槽から高放射性廃液貯槽に注水するための経路を構築する。

ハ. 建家内の注水準備

常設事故事象等対処設備により高放射性廃液貯槽及び中間貯槽の温度を計測できない場合は、高放射性廃液貯槽及び中間貯槽に可搬型貯槽温度計を設置する。ホースを敷設し、高放射性廃液貯槽の注水接続口にホースを接続する。

ニ. 外部支援の水を用いた注水の実施判断

ロ. 建家外の注水経路の構築及びハ. 建家内の注水準備が完了後，外部支援の水を用いた注水の実施を判断し，以下のホ. に移行する。

ホ. 外部支援の水を用いた注水の実施

消防ポンプ車またはエンジン付きポンプを運転し，組立水槽から高放射性廃液貯槽への注水を開始する。

燃料を消防ポンプ車またはエンジン付きポンプに補給する。

ヘ. 外部支援の水を用いた注水の成否判断

移送先の高放射性廃液貯槽の液位の上昇により，外部支援の水を用いた注水の成否判断を行う。

注水されていることを判断するために必要な監視項目は，高放射性廃液貯槽の液位である。

(2) 蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策の有効性評価

a. 有効性評価

(a) 代表事例

「地震」及び「津波」を条件とした場合が 1.2(1)1) に記載の通り，厳しい結果を与えることから，「地震」及び「津波」を代表として有効性評価を実施する。

(b) 有効性評価の考え方

高放射性廃液の沸騰を未然に防止できることを確認するため，高放射性廃液の温度の推移を評価する。

高放射性廃液の温度の推移の評価にあたっては，高放射性廃液貯槽及び中間貯槽からセルへの放熱を考慮せず，断熱条件にて評価する。

沸騰に至るまでの時間算出の前提となる高放射性廃液の沸点は，沸騰に至るまでの時間を安全側に評価するため，溶質によるモル沸点上昇を考慮せず，溶液の硝酸濃度のみを考慮することとし，高放射性廃液では 102℃とする。

高放射性廃液の温度の推移の評価は，解析コードを用いず，簡便な計算により算出する。

高放射性廃液の温度上昇の推移に係る主要評価条件を表 2-3-5 に示す。

(c) 有効性評価の評価単位

有効性評価は，高放射性廃液貯蔵場(HAW)に対して行う。

(d) 機能喪失の条件

外的事象の「地震」及び「津波」を要因とした場合の安全機能の喪失の想定は、外部電源も含め全ての電源喪失を想定していることから、更なる安全機能の喪失は想定しない。

(e) 機器の条件

主要な機器の機器条件を以下に示す。

イ. エンジン付きポンプ及び消防ポンプ車

エンジン付きポンプは、1台当たり約 60 m³/h の送水能力を有し、冷却コイルへの通水を実施する場合、高放射性廃液貯槽の冷却に必要な約 12 m³/h の送水が可能となる設計としている。

消防ポンプ車は1台当たり約 168 m³/h の送水能力を有し、高放射性廃液貯槽の冷却に必要な水量を供給できる。

各貯槽に必要な冷却水量は下記の通り。なお、除熱量評価の詳細を「高放射性廃液の除熱に必要な冷却水流量の計算書」に示す。

高放射性廃液貯槽 (272V31)	約 1.7 m ³ /h
高放射性廃液貯槽 (272V32)	約 2.5 m ³ /h
高放射性廃液貯槽 (272V33)	約 1.8 m ³ /h
高放射性廃液貯槽 (272V34)	約 2.7 m ³ /h
高放射性廃液貯槽 (272V35)	約 3.0 m ³ /h

ロ. 高放射性廃液の核種組成等

2020年8月31日時点における高放射性廃液の核種組成等を使用する。

ハ. 高放射性廃液の保有量

高放射性廃液貯槽の保有量（2020年8月31日時点）は下記の通り。

高放射性廃液貯槽 (272V31)	約 55 m ³
高放射性廃液貯槽 (272V32)	約 66 m ³
高放射性廃液貯槽 (272V33)	約 69 m ³
高放射性廃液貯槽 (272V34)	約 75 m ³
高放射性廃液貯槽 (272V35)	約 72 m ³

(f) 操作の条件

冷却コイルへの通水は、沸騰に至るまでの時間が最も短い高放射性廃液貯槽 (272V35) が沸騰に至る時間（約 77 時間）までに冷却コイルへの通水を開始する。崩壊熱除去機能の喪失から高放射性廃液貯槽が沸騰に至るまでの時間を添四別紙 1-1-1 に示す。また、遅延対策及び未然防止対策実施時の高放射性廃液貯槽の温度及び液量傾向の例を図 2-3-4 に示す。

(g) 判断基準

未然防止対策及び遅延対策の有効性評価の判断基準は以下のとおりとする。

イ. 未然防止対策

高放射性廃液が崩壊熱により温度上昇し、沸騰に至る前に、貯水槽から冷却コイルに冷却水を通水することで、高放射性廃液の温度が沸点に至らずに、設計上の運転温度の 60℃以下で安定すること。

ロ. 遅延対策

高放射性廃液が崩壊熱により温度上昇し、沸騰に至る前に、高放射性廃液貯槽に注水することで、高放射性廃液の温度が沸点に至らないこと。

DRAFT

b. 有効性評価の結果

有効性評価の結果については、事故対処の訓練の結果を踏まえ、令和3年1月申請にて示す。

c. 同時発生又は連鎖

(a) 同時発生

蒸発乾固が同時に発生する場合については、条件に示すとおり、5基の高放射性廃液貯槽で同時に発生する可能性があることから、本評価は同時発生するものとして評価した。

(b) 連鎖

未然防止対策及び遅延対策を実施する際の環境については、高放射性廃液の状態が平常運転時と大きく変わるものではないため、他の事故事象が連鎖して発生することはない。

イ. 温度

高放射性廃液は沸騰に至らないことから、機器の材質の強度が大きく低下することはない。高放射性廃液貯槽及び中間貯槽に接続する機器が損傷又は機能劣化することはない。

ロ. 圧力

溶液が沸騰していない状態であり大きな圧力上昇はなく、安全機能を有する機器が損傷又は機能劣化することはない。

ハ. 湿度

溶液の温度上昇に伴い多湿環境下となるが、高放射性廃液貯槽及び中間貯槽自体及び高放射性廃液貯槽及び中間貯槽に接続する機器が損傷することはない。

ニ. 放射線

高放射性廃液貯槽及び中間貯槽内の放射線環境は通常環境下から変化することはない。機器が損傷又は機能劣化することはない。

ホ. 物質(水素、煤煙、放射性物質及びその他)及びエネルギーの発生

新たな物質及びエネルギーが発生することはない。機器が損傷又は機能劣化することはない。

へ. 落下・転倒による荷重

高放射性廃液の温度が上昇したとしても、高放射性廃液貯槽及び中間貯槽の材質の強度が大きく低下することはない、高放射性廃液貯槽及び中間貯槽が落下・転倒することはない。

ト. 腐食環境

ハ. と同様である。

d. 判断基準への適合性の検討

判断基準への適合性の検討については、事故対処の訓練の結果を踏まえ、令和3年1月申請にて示す。

2.4 蒸発乾固の拡大防止対策

蒸発乾固の未然防止対策、遅延対策により、高放射性廃液貯槽、中間貯槽では沸騰に至ることなく、崩壊熱除去機能を維持できることから、拡大防止対策による対応はない。

2.5 蒸発乾固の影響緩和対策

蒸発乾固の未然防止対策、遅延対策により、高放射性廃液貯槽、中間貯槽では沸騰に至ることなく、崩壊熱除去機能を維持できることから、影響緩和対策による対応はない。

2.6 蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策に必要な要員及び資源

蒸発乾固の未然防止対策及び遅延対策に必要な要員及び資源については、事故対処の訓練の結果を踏まえ、令和3年1月申請にて示す。

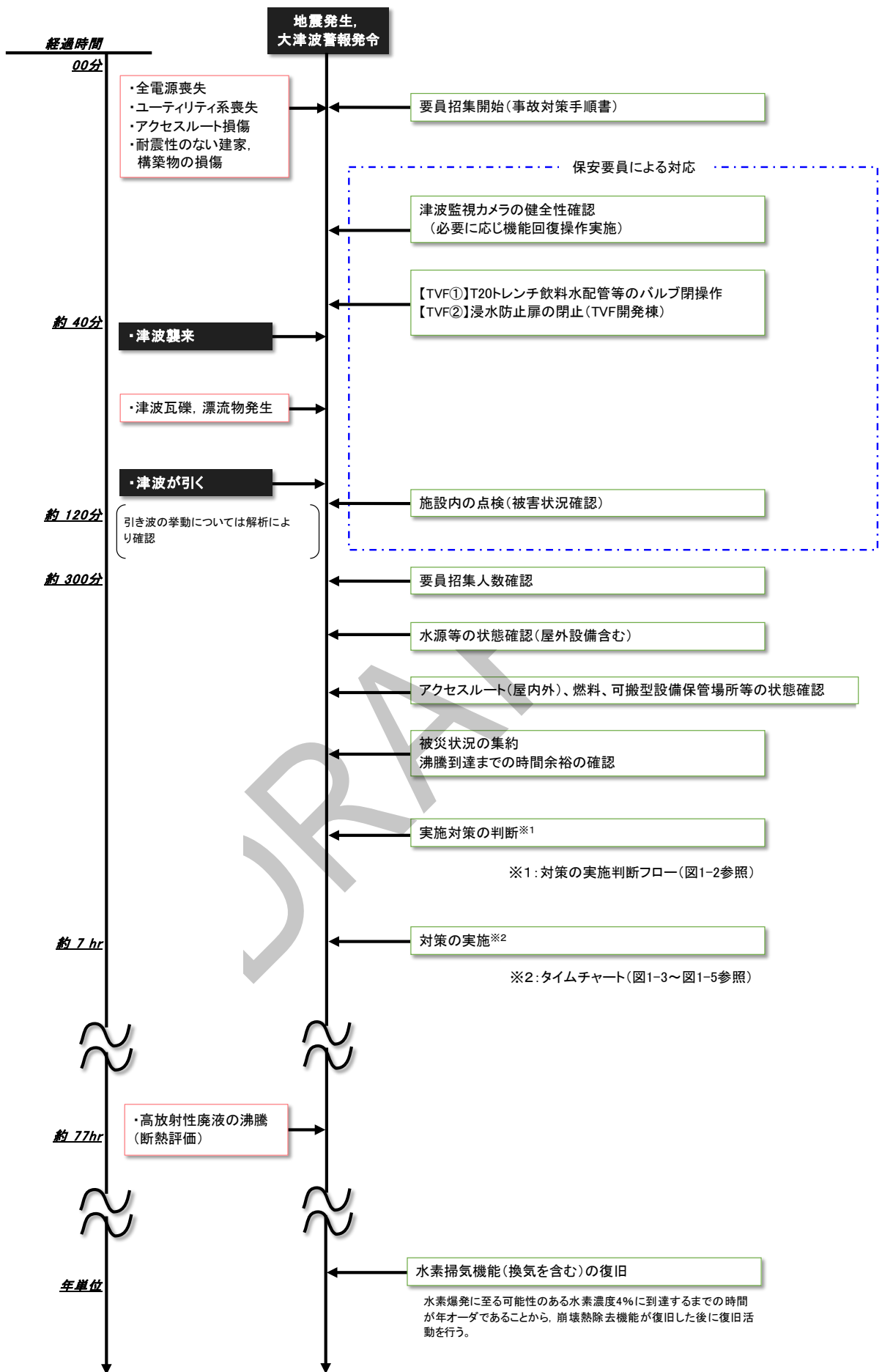


図1-7-1 事象進展フロー及び対応フロー

添四1-1-24

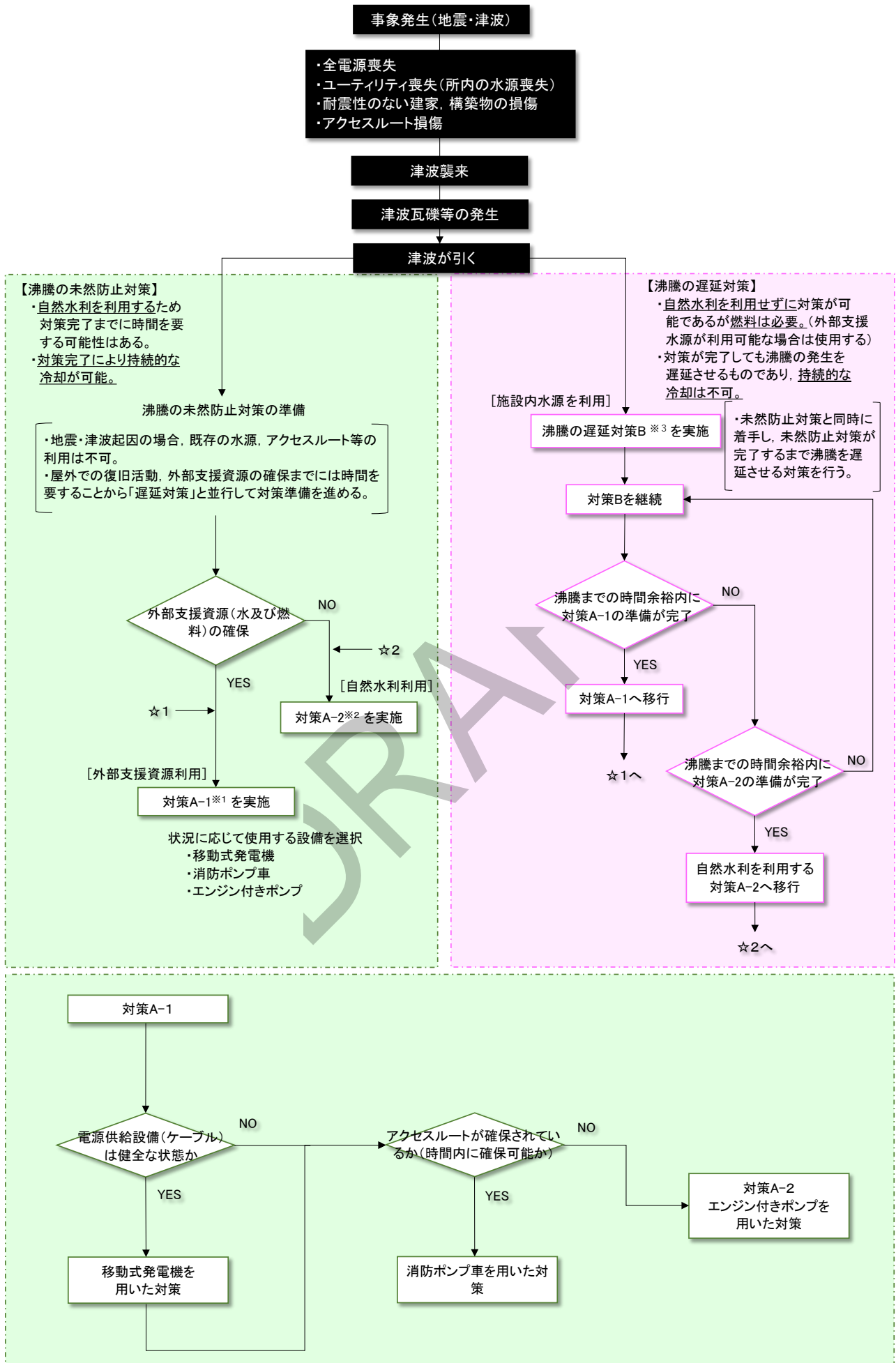


図 1-7-2 実施対策判断フロー (1/2)

添四 1-1-25

※1: 対策 A-1

- ・外部支援の水及び燃料を用いて、燃料を燃料とする移動式発電機、消防ポンプ車、エンジン付きポンプにより各貯槽の冷却コイルへ給水する。
- ・PCDF 管理棟駐車場に配備している移動式発電機からの給電により、一次冷却水予備循環ポンプ及び二次冷却水循環ポンプを起動する。二次冷却水系統は、気化により低下する水量分の水を水源(外部支援水源、自然水利)からエンジン付ポンプ(又は消防ポンプ車)を用いて補給する。

【対策 A-1 に用いる資源が使用できる理由】

- ・エンジン付きポンプは、設計地震動及び設計津波に対して健全である HAW 建家内に保管するため使用できる。移動式発電機についても常時、設計地震動及び設計津波に対して健全である高台に配備している。消防ポンプ車は津波襲来時は高台に避難するため使用できる。

※2: 対策 A-2

- ・自然水利を用いて、燃料を燃料とするエンジン付きポンプにより各貯槽の冷却コイルへ給水する。

【対策 A-2 に用いる資源が使用できる理由】

- ・エンジン付きポンプは、設計地震動及び設計津波に対して健全である HAW 建家内に保管するため使用できる。
- ・エンジン付きポンプに使用する燃料は、地盤改良を実施し高台のプルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場に保管するため使用できる。

※3: 対策 B

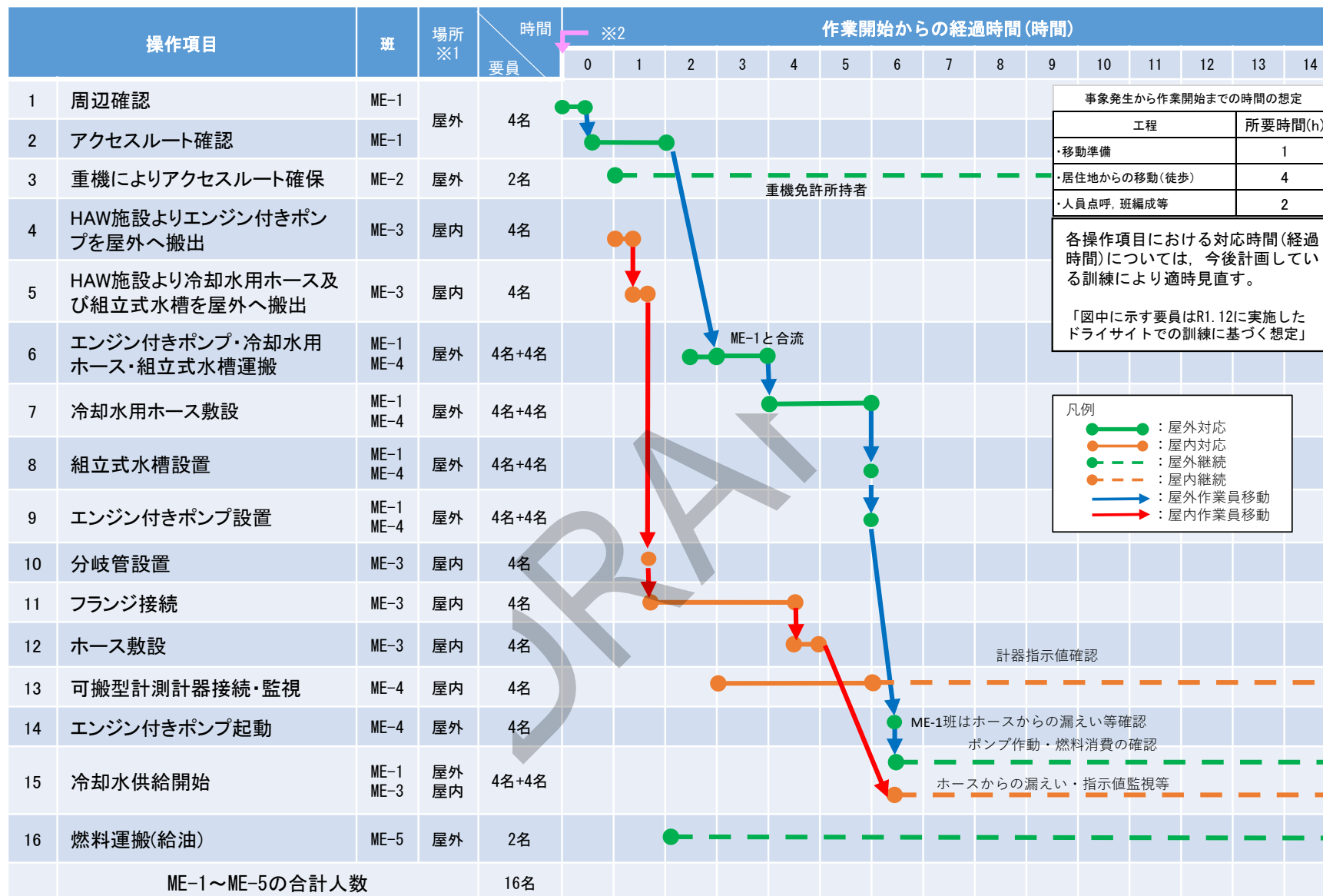
- ・施設内水源(予備貯槽に予め貯留していた水)、または、外部支援水源を各貯槽へ供給する。
- ・施設内水源の移送に使用するスチームジェットの蒸気の製造には可搬型ボイラーを利用。

【対策 B に用いる資源が使用できる理由】

- ・HAW 建家は設計地震動及び設計津波に対して健全であるため、施設内の予備貯槽に予め貯留していた水は使用できる。
- ・可搬型ボイラーは、設計地震動及び設計津波に対して健全である建家内に保管するため使用できる。
- ・可搬型ボイラーに使用する燃料及び水は、地盤改良を実施し高台のプルトニウム転換技術開発施設管理棟駐車場に保管するため使用できる。

図 1-7-2 実施対策判断フロー (2/2)

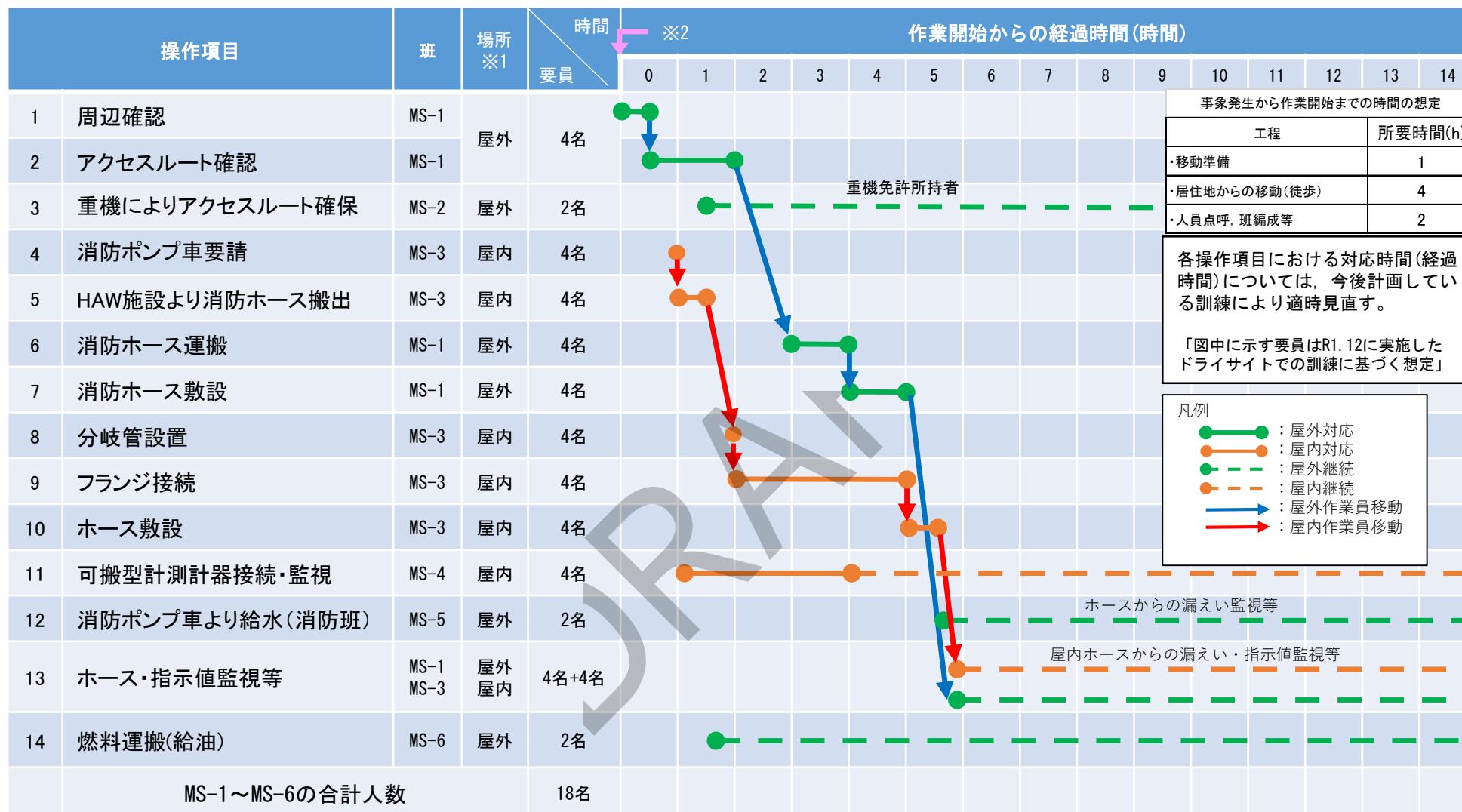
【参考（評価例）】



※1 制御室における復旧活動はない
 ※2 事象発生後、約7時間後を想定

図 1-7-3 「未然防止対策」エンジン付きポンプによる冷却コイルへの通水に必要な要員及び作業項目の例（ドライサイト）

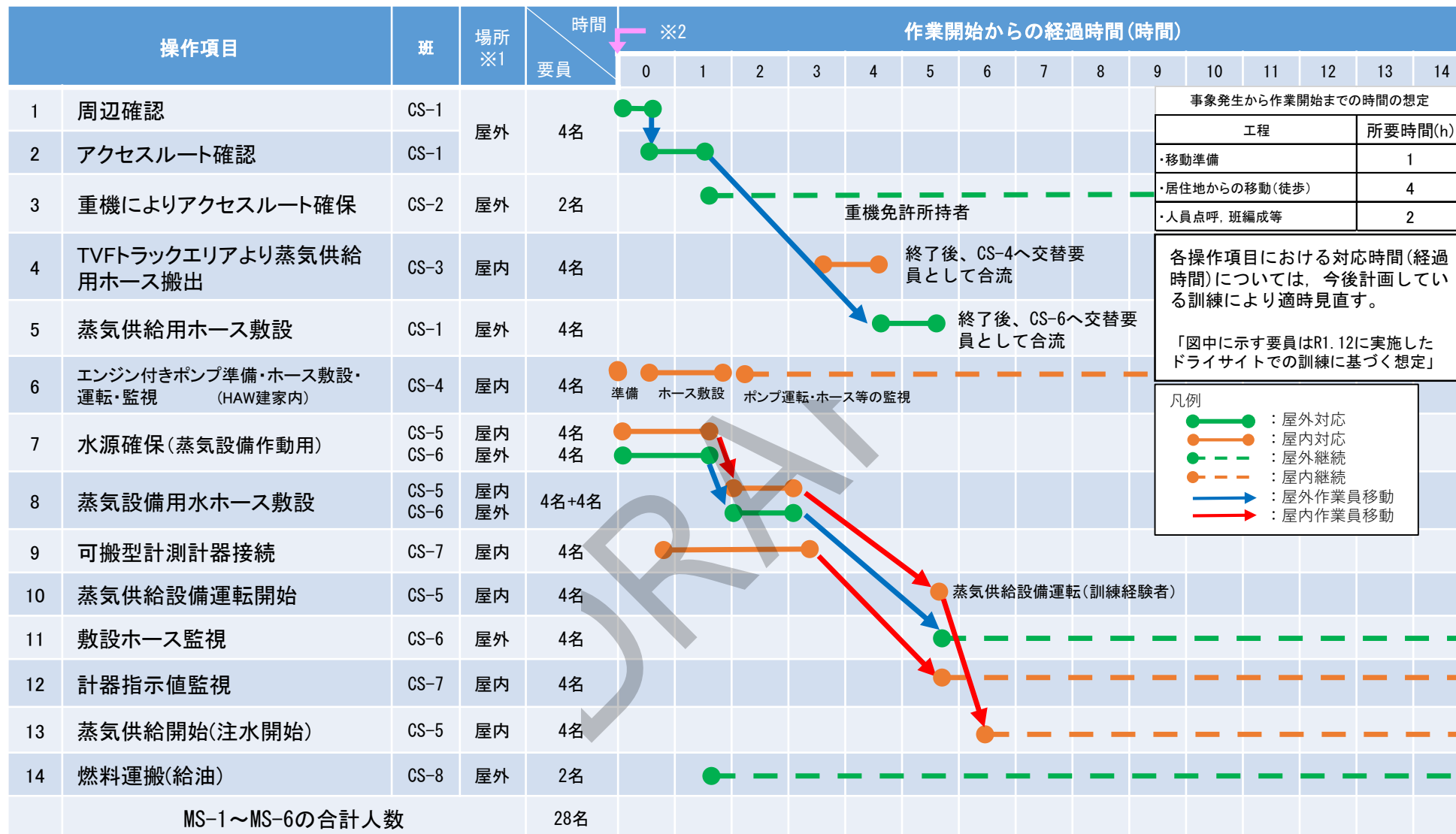
【参考（評価例）】



※1 制御室における復旧活動はない
 ※2 事象発生後、約7時間後を想定

図 1-7-4 「未然防止対策」消防ポンプ車による冷却コイルへの通水に必要な要員及び作業項目の例（ドライサイト）

【参考（評価例）】



※1 制御室における復旧活動はない
 ※2 事象発生後、約7時間後を想定

図 1-7-5 [遅延対策] 貯槽への直接注水に必要な要員及び作業項目の例 (ドライサイト)

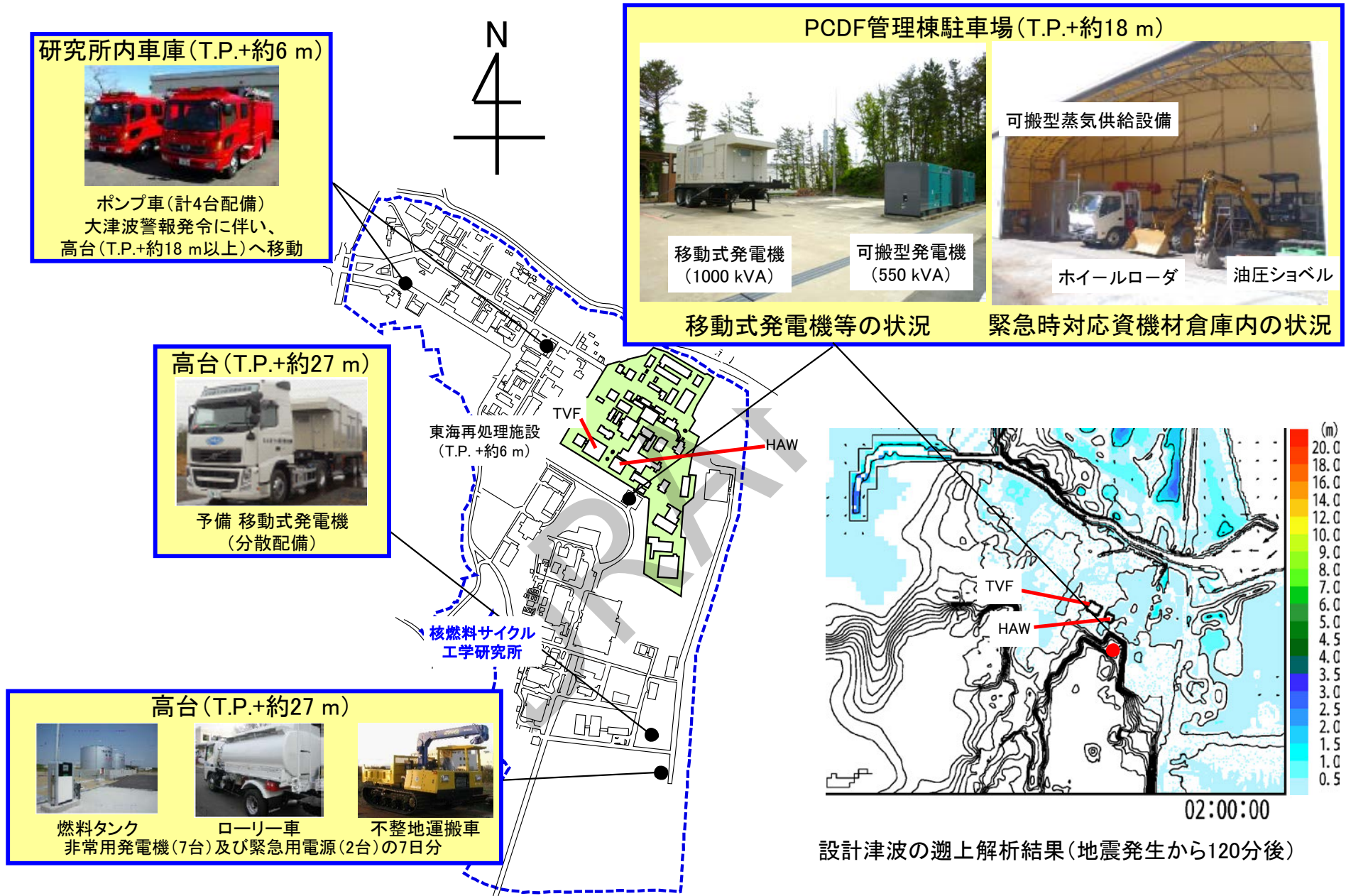


図 1-8-1 事故対処設備の配備状況

添四 1-1-30

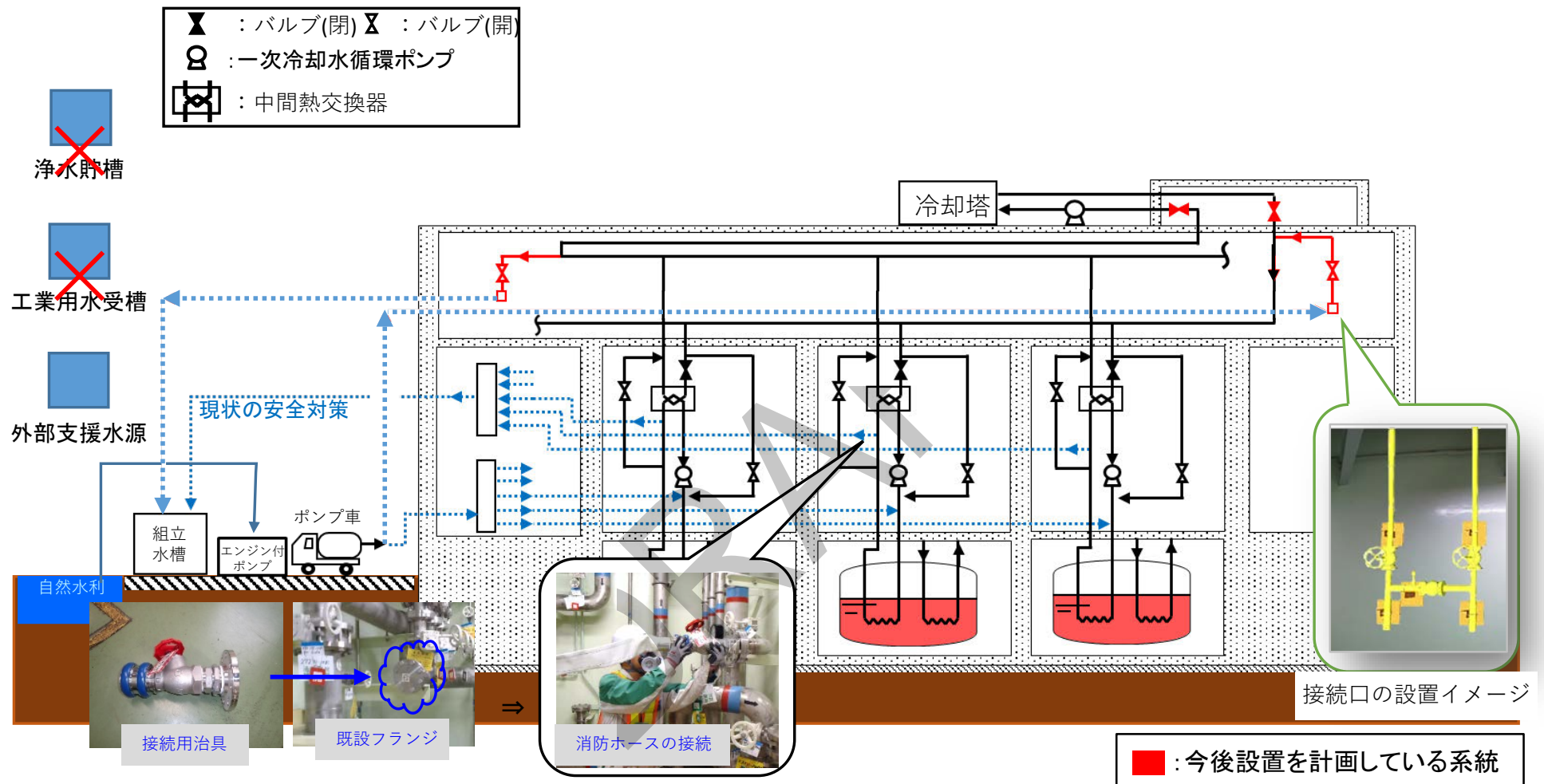


図 2-2-1 未然防止対策に係る給水接続口の設置概要図

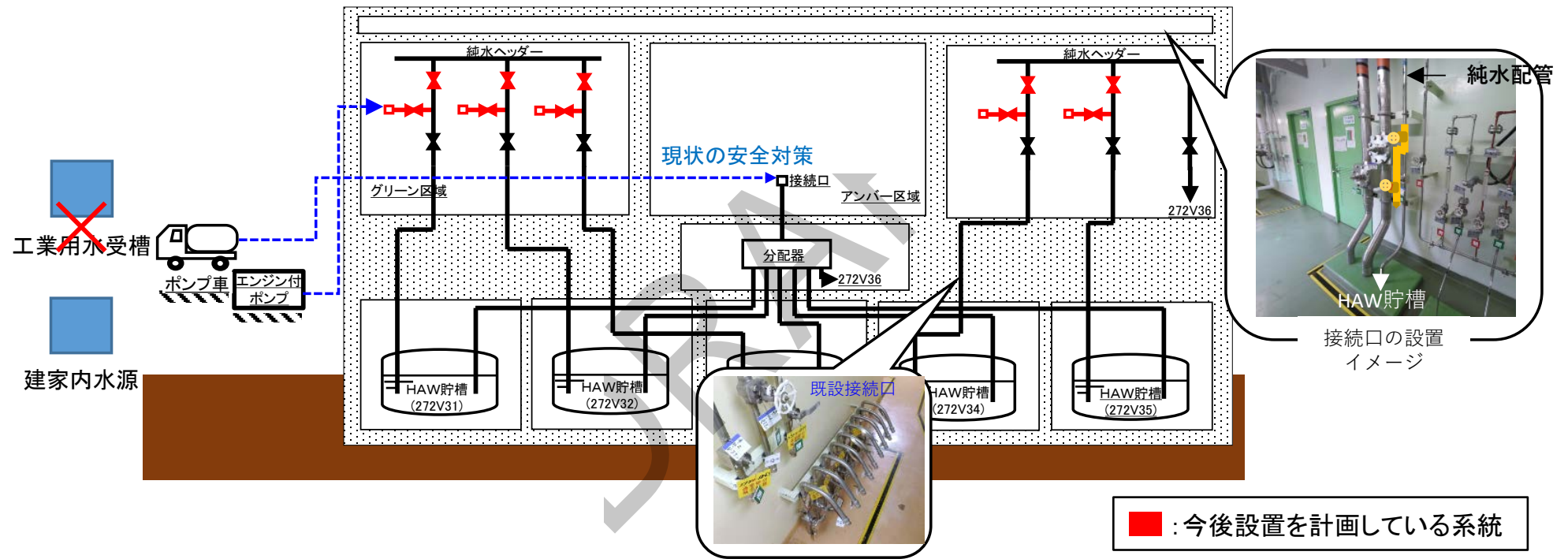
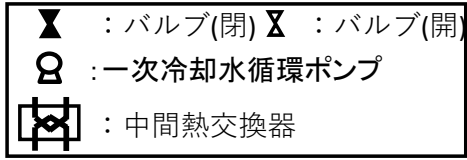


図 2-2-2 遅延対策に係る給水接続口の設置概要図

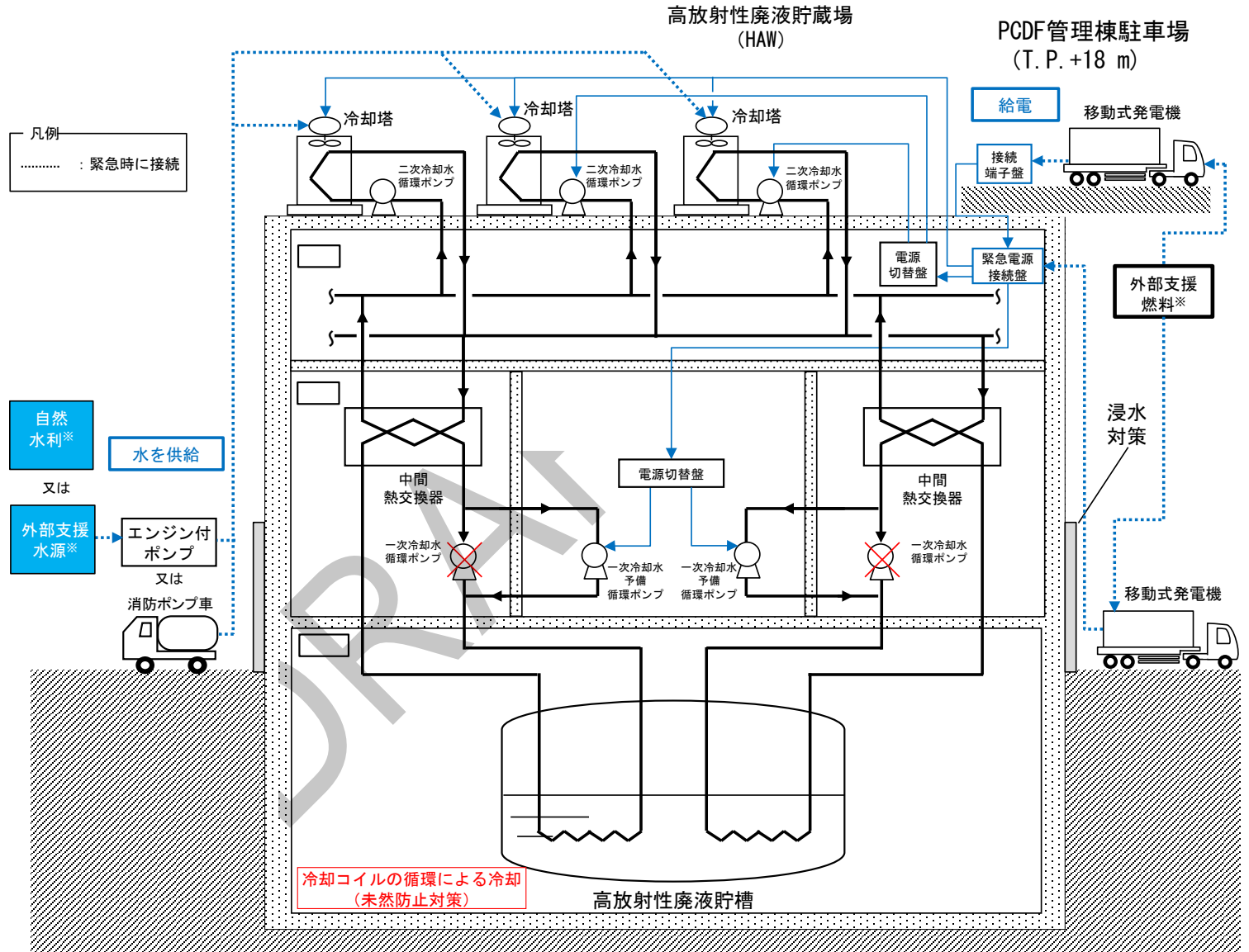
未然防止対策の具体的方法

・冷却コイルの循環

PCDF管理棟駐車場において移動式発電機と接続端子盤を電源ケーブルで接続し、PCDF、MP及びHAWの屋上に敷設済みの電源ケーブルをHAWの緊急電源切替盤に接続するか、若しくは、高台にある移動式発電機をHAW近傍まで移動し、HAWの緊急電源切替盤に接続する。緊急用電源にて一次冷却水予備循環ポンプ及び二次冷却水循環ポンプを起動するか、バルブ操作により中間熱交換器をバイパスし二次冷却系から冷却コイルを循環させる。冷却塔に水源（外部支援水源、自然水利）からエンジン付ポンプ（又は消防ポンプ車）及び消火ホースを用いて水を補給する。

・冷却システムの冗長性

高放射性廃液貯槽の冷却システムは、独立2系統の一次冷却系と3系統の二次冷却系があり、両者とも1系統の稼働により十分な冷却が可能であることから冷却システムは冗長性を有している。



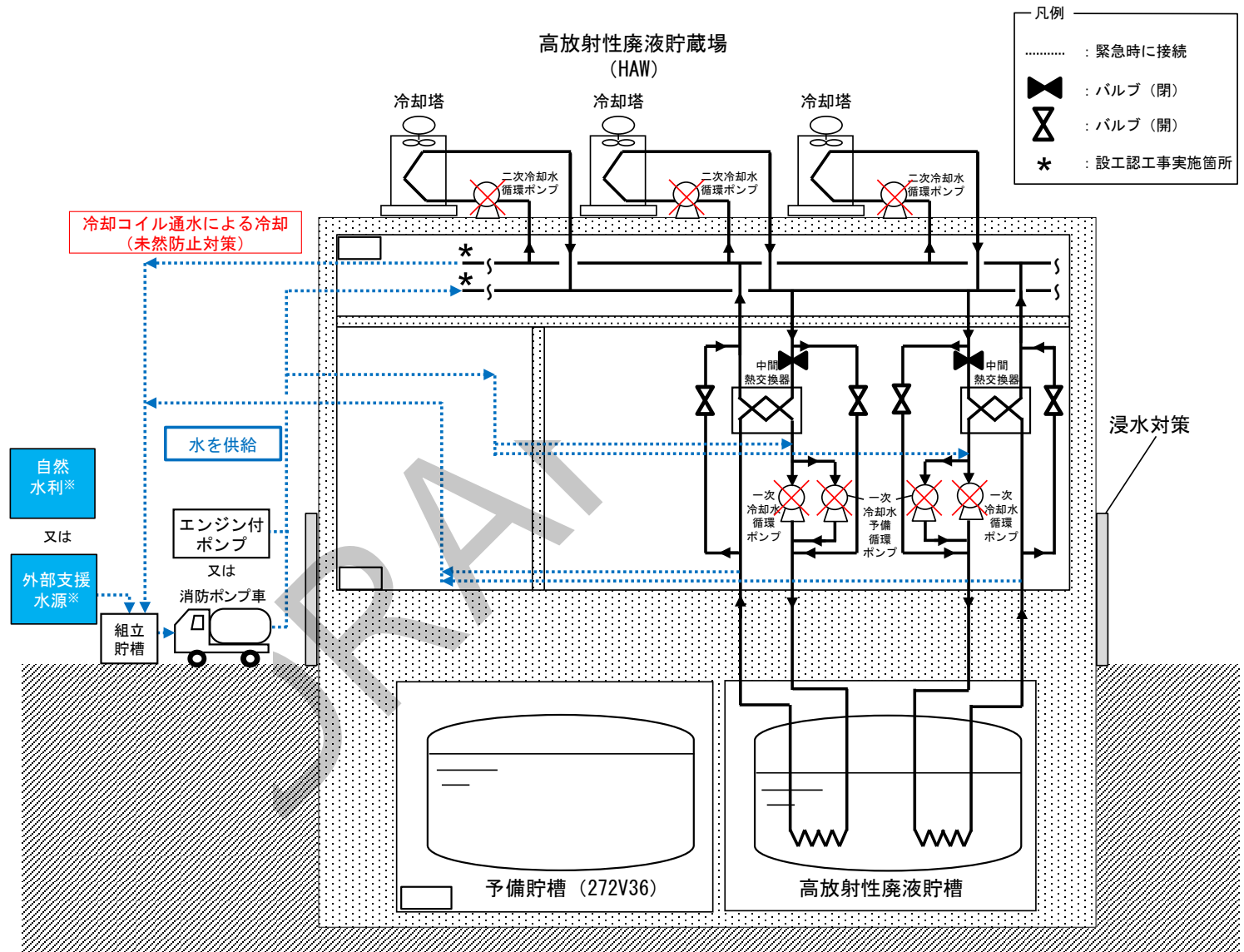
※ 浄水貯槽等の水源、地下貯油槽等の燃料については、事故時の被災状況に応じて利用する。

図 2-3 崩壊熱除去機能喪失時の未然防止対策（移動式発電機を利用する場合）の概要

未然防止対策の具体的方法

・冷却コイル通水

水源（外部支援水源，自然水利）からエンジン付ポンプ（又は消防ポンプ車）及び消火ホースを用いて一次冷却系に直接通水するか，若しくは新たに設置する接続口（設工認工事実施）からバルブ操作により中間熱交換器をバイパスした二次冷却系に通水する。



冷却コイル通水による冷却
(未然防止対策)

水を供給

自然水利※

又は

外部支援水源※

組立貯槽

エンジン付ポンプ
又は
消防ポンプ車

予備貯槽 (272V36)

高放射性廃液貯槽

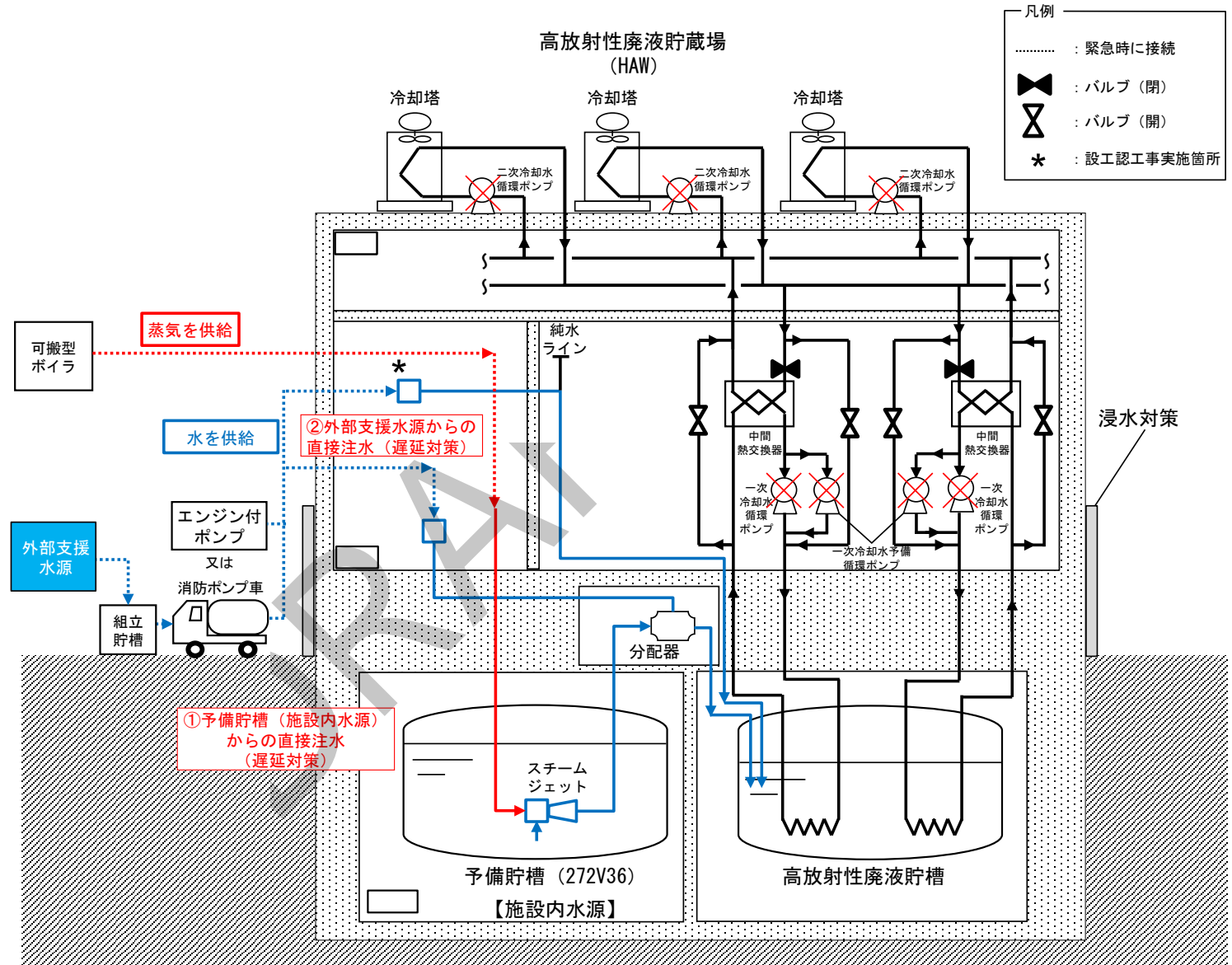
浸水対策

※ 浄水貯槽等の水源については，事故時の被災状況に応じて利用する。

図 2-4 崩壊熱除去機能喪失時の未然防止対策（移動式発電機を利用しない場合）の概要

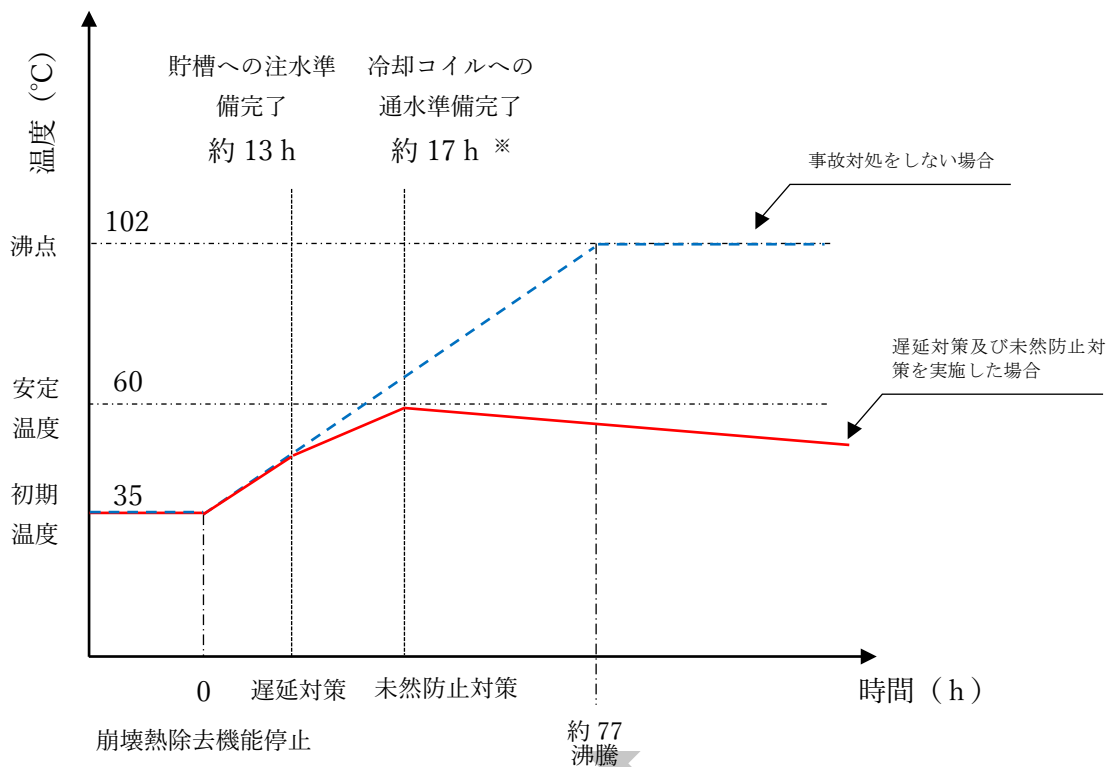
遅延対策の具体的方法

- ① 予備貯槽（施設内水源）からの直接注水
可搬型ボイラによる蒸気を用いてスチームジェットポンプを起動し、予備貯槽（272V36）等に貯留した水を高放射性廃液貯槽に送液することで時間余裕を確保する。
- ② 外部支援水源からの直接注水
外部支援水源からエンジン付ポンプ（又は消防ポンプ車）及び消火ホースを用いて、分配器又は新たに設置する接続口（設工認工事実施）から高放射性廃液貯槽に直接注水を行う。



※ 浄水貯槽等の水源については、事故時の被災状況に応じて利用する。

図 2-5 崩壊熱除去機能喪失時の遅延対策の概要
添四 1-1-35



※未然防止対策に必要な水の確保に要する時間をドライサイト環境で要する時間の3倍として計算。ウェットサイト環境を模擬した訓練の結果を踏まえ、令和3年1月申請に反映する。

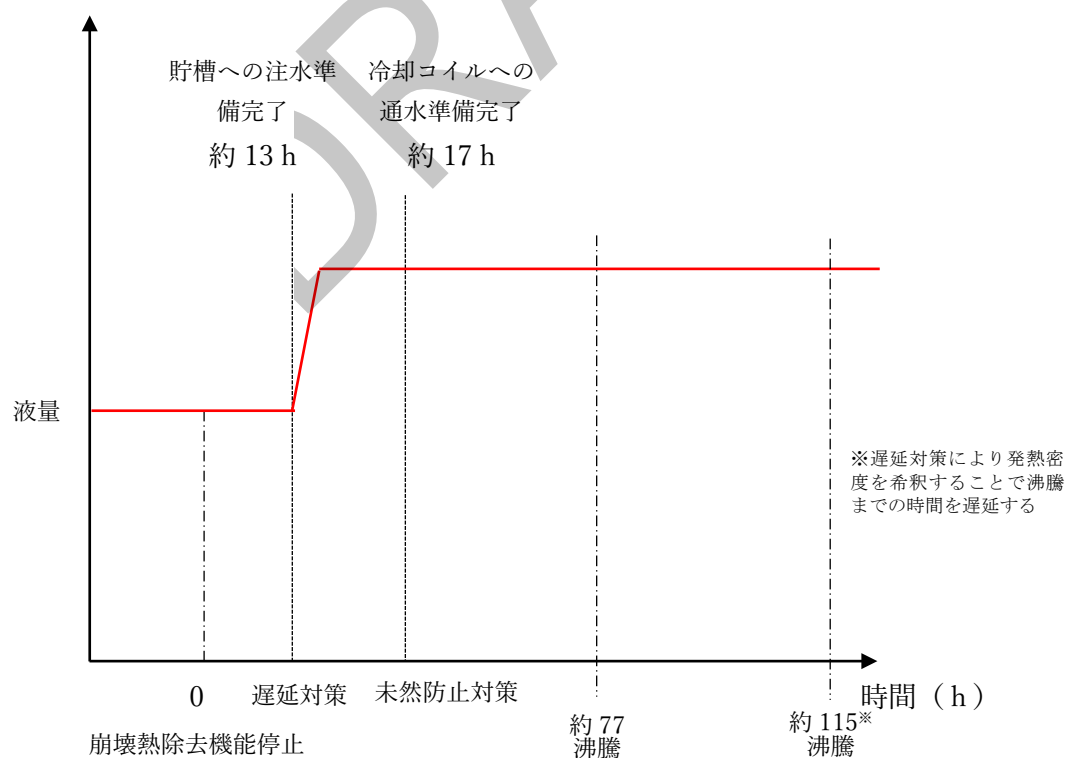


図 2-3-4 遅延対策及び未然防止対策実施時の高放射性廃液貯槽の温度及び液量傾向例

表 2-1-1 崩壊熱除去機能の喪失による蒸発乾固が発生するおそれがある貯槽

建家	貯槽	
高放射性廃液貯槽場 (HAW)	高放射性廃液貯槽	272V31
		272V32
		272V33
		272V34
		272V35
	中間貯槽*1	272V37
		272V38

*1：中間貯槽は移送時の使用に限定されることから、高放射性廃液は高放射性廃液貯槽からの移送時以外において中間貯槽 V37, V38 には存在しない。また、新たな再処理は実施しないことから、高放射性廃液は発生しない。これらより、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) での高放射性廃液のインベントリーは高放射性廃液貯槽の貯蔵量のみが対象となることから、有効性評価は高放射性廃液貯槽について実施する。

表 2-3-1 移動式発電機の運転及び設備の関係

	判断及び操作	手順	事故事象等対処設備		
			常設事故事象等 対処設備	可搬型事故事象等 対処設備	計装設備
(1)	移動式発電機の運転の着手判断	<ul style="list-style-type: none"> ● 外部電源が喪失し、崩壊熱除去機能が喪失した場合、移動式発電機の運転の着手を判断し、以下の(2)及び(3)に移行する。 			
(2)	移動式発電機の準備	<ul style="list-style-type: none"> ● 外部支援物質としての燃料について、運転に必要な約 60m³ が確保されている事を確認する。 ● 移動式発電機の電源供給ケーブルをプルトニウム転換駐車場に設置されている接続端子盤に接続するか、もしくは、移動式発電機を高放射性廃液貯蔵場(HAW)の近傍に移動した上で、直接、緊急電源接続盤に接続する。 ● PCDF, MP 及び HAW の屋上に敷設済みの電源ケーブルを高放射性廃液貯蔵場(HAW)の緊急電源切替盤に接続する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 接続端子盤 ● 緊急電源接続盤 	<ul style="list-style-type: none"> ● 移動式発電機 ● 電源ケーブル 	
(3)	冷却水系の系統構成の構築	<ul style="list-style-type: none"> ● 移動式発電機により、運転を行う冷却塔、二次冷却水ポンプの系統構成を行う。 ● 一次冷却水系の予備循環ポンプを利用して冷却水を循環させるための系統構成を行う。 ● 外部支援資源(水)、もしくは、自然水利の水を組立水槽に貯留する。 ● 組立水槽から水を供給するために、消防ポンプ車またはエンジン付きポンプを組立水槽近傍に設置する。 ● 消防ポンプ車またはエンジン付きポンプに可搬型建家外ホースを接続し、組立水槽から冷却塔へ補給水を供給するための経路を構築する。 ● エンジン付きポンプ、可搬型建家外ホース、組立水槽等を運搬車により運搬する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 冷却塔 ● 二次冷却水ポンプ ● 一次冷却水系の予備循環ポンプ 	<ul style="list-style-type: none"> ● エンジン付きポンプ ● 消防ポンプ車 ● 可搬型建家外ホース ● 組立水槽 ● エンジン付きポンプ運搬車 ● ホース運搬車 	
(4)	移動式発電機の運転判断	<ul style="list-style-type: none"> ● (2), (3)の準備が完了後直ちに、移動式発電機の運転判断し、以下の(5)に移行する。 			

	判断及び操作	手順	事故事象等対処設備		
			常設事故事象等対処設備	可搬型事故事象等対処設備	計装設備
(5)	移動式発電機の運転	<ul style="list-style-type: none"> ● 移動式発電機の運転を行い、緊急電源盤への給電を開始する。 		<ul style="list-style-type: none"> ● 移動式発電機 	
(6)	移動式発電機の運転による崩壊熱除去機能維持の成功判断	<ul style="list-style-type: none"> ● 系統が健全であることを確認したのち、二次冷却水ポンプ、冷却塔、一次冷却水系の予備循環ポンプを起動する。 ● 高放射性廃液貯蔵場(HAW)の冷却塔、二次冷却水ポンプ、一次冷却水系の予備循環ポンプが正常に運転されている事を電流値で確認する。 ● 高放射性廃液貯槽及び中間貯槽に内包する高放射性廃液の温度が設計上の運転温度である 60℃以下で安定していることをHAW 制御盤にて確認する。 ● 上記より、移動式発電機の運転による崩壊熱除去機能が維持されていることを判断する。 ● 移動式発電機の運転により崩壊熱除去機能が維持されていることを判断するために必要な監視項目は、高放射性廃液貯槽及び中間貯槽に内包する高放射性廃液の温度である。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 接続端子盤 ● 緊急電源接続盤 ● 冷却塔 ● 二次冷却水ポンプ ● 一次冷却水系の予備循環ポンプ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 移動式発電機 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可搬型貯槽温度計

表 2-3-2 沸騰の未然防止対策（冷却コイルへの通水）における手順及び設備の関係

	判断及び操作	手順	事故事象等対処設備		
			常設事故事象等対処設備	可搬型事故事象等対処設備	計装設備
(1)	冷却コイルへの通水の着手判断	<ul style="list-style-type: none"> ● 外部電源の喪失とともに崩壊熱除去機能が喪失し、且つ移動式発電機を運転できない場合は、冷却コイルへの通水の着手を判断し、以下の(2)及び(3)に移行する。 			
(2)	建家外の水の給排水経路の構築	<ul style="list-style-type: none"> ● 外部支援資源(水)、もしくは、自然水利の水を組立水槽に貯留する。 ● 組立水槽から水を供給するために、消防ポンプ車またはエンジン付きポンプを組立水槽近傍に設置する。 ● 消防ポンプ車またはエンジン付きポンプに可搬型建家外ホースを接続し、組立水槽から水を供給するための経路を構築する。 ● 可搬型冷却水流量計を可搬型建家外ホースの経路上に設置する。 ● 冷却に使用した水を組立水槽へ移送するために、組立水槽を建家近傍に敷設する。 ● エンジン付きポンプ、可搬型建家外ホース、組立水槽を運搬車等により運搬する。 		<ul style="list-style-type: none"> ● エンジン付きポンプ ● 消防ポンプ車 ● 可搬型建家外ホース ● 組立水槽 ● エンジン付きポンプ運搬車 ● ホース運搬車 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可搬型供給冷却水流量計
(3)	冷却コイルへの通水による冷却の準備	<ul style="list-style-type: none"> ● 常設事故事象等対処設備により貯槽等の温度を計測できない場合は、可搬型温度計により高放射性廃液の温度を計測する。 ● 建家内の通水経路を構築するために、可搬型建家内ホースを敷設する。 ● 可搬型建家内ホースを冷却コイルの給水側の接続口に接続し、可搬型建家内ホースと可搬型建家外ホースを接続することで、組立水槽から各冷却コイルに通水するための経路を構築する。 ● 冷却に使用した水を組立水槽へ移送するために、可搬型建家内ホースを敷設する。 ● 可搬型建家内ホースを冷却コイルの排水側の接続口に接続し、 	<ul style="list-style-type: none"> ● 冷却コイル配管・弁 	<ul style="list-style-type: none"> ● エンジン付きポンプ ● 可搬型建家外ホース ● 可搬型建家内ホース ● 組立水槽 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可搬型温度計 ● 可搬型供給冷却水流量計

	判断及び操作	手順	事事故事象等対処設備		
			常設事事故事象等対処設備	可搬型事事故事象等対処設備	計装設備
		可搬型建家内ホースと可搬型建家外ホースを接続することで、冷却に使用した水を組立水槽に排水するための経路を構築する。			
(4)	冷却コイルへの通水の実施判断	<ul style="list-style-type: none"> ● 冷却コイルへの通水の準備が完了後直ちに、冷却コイルの通水の実施を判断し、以下の(5)に移行する。 			
(5)	冷却コイルへの通水の実施	<ul style="list-style-type: none"> ● エンジン付きポンプを運転し組立水槽の水を冷却コイルに通水する。通水流量は、可搬型冷却水流量計の指示値を基に調整する。 ● 冷却コイルへの通水に使用した水は組立水槽に回収し、汚染の有無を確認した上で、系外へ放出する。 ● 冷却コイルへの通水時に必要な監視項目は、冷却コイル通水流量、貯槽温度及び排水線量である。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 冷却コイル配管・弁 	<ul style="list-style-type: none"> ● エンジン付きポンプ ● 可搬型建家外ホース ● 可搬型建家内ホース ● 組立水槽 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可搬型冷却水流量計 ● αシンチレーション、GM管、IC等
(6)	冷却コイルへの通水の成否判断	<ul style="list-style-type: none"> ● 貯槽に内包する高放射性廃液の温度が60℃以下で安定していることを確認することにより、冷却コイルへの通水による崩壊熱除去機能が維持されていることを判断する。 ● 崩壊熱除去機能が維持されていることを判断するために必要な監視項目は、貯槽温度である。 			

表 2-3-3 沸騰の遅延対策（予備貯槽からの注水）の手順及び設備の関係

	判断及び操作	手順	事故事象等対処設備		
			常設事故事象等対処設備	可搬型事故事象等対処設備	計装設備
(1)	貯槽への注水の準備判断	<ul style="list-style-type: none"> ● 外部電源が喪失し、崩壊熱除去機能が喪失し、且つ移動式発電機を運転できない場合は、貯槽への注水の実施のための準備作業として以下の(2)及び(3)に移行する。 			
(2)	建家外の蒸気供給経路の構築	<ul style="list-style-type: none"> ● 可搬型蒸気発生器を建家近傍に設置する。 ● 可搬型蒸気発生器に可搬型蒸気配管を接続し、可搬型蒸気発生器から水を移送するために使用するスチームジェットへの蒸気を供給するための経路を構築する。 ● 可搬型発電機を可搬型蒸気発生器の近傍に設置する。 ● 可搬型発電機からの電気を可搬型蒸気発生器の電源盤に接続する。 ● 可搬型蒸気発生器からの蒸気配管とスチームジェット移送用の蒸気供給配管をジョイントコネクタを使用して接続する。 ● 可搬型蒸気発生器、可搬型発電機、可搬型蒸気供給配管は人手、もしくは運搬車により運搬する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● スチームジェット 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可搬型蒸気発生器 ● 可搬型発電機 ● 可搬型蒸気配管 ● 接続用ジョイントコネクタ ● 運搬車 	
(3)	貯槽への注水判断	<ul style="list-style-type: none"> ● 崩壊熱除去機能が回復しておらず、高放射性廃液の温度上昇が確認されたら、注水による希釈が必要との判断し、下記(4)に移行する。 			
(4)	貯槽への注水の実施	<ul style="list-style-type: none"> ● 移送先の高放射性廃液貯槽の液位計を可搬型発電機及び可搬型コンプレッサーを使用し復旧させる。 ● 移送先の高放射性廃液貯槽の可搬型貯槽液位計の指示値から貯槽の液位を算出し、予め決められた希釈液量までの貯槽への注水量を決定する。 ● 可搬型蒸気発生器を起動し、所定の圧力に達したところで、V36の使用するスチームジェットへの蒸気供給弁を開けて、水の移送を開始する。 ● 移送先の高放射性廃液貯槽の液量が決められた液量まで到達し 	<ul style="list-style-type: none"> ● スチームジェット 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可搬型蒸気発生器 ● 可搬型発電機 ● 可搬型蒸気配管 ● 接続用ジョイントコネクタ ● 可搬型コンプレッサー 	

	判断及び操作	手順	事故事象等対処設備		
			常設事故事象等対処設備	可搬型事故事象等対処設備	計装設備
		<p>た場合は、スチームジェットへの蒸気供給弁を閉じ、水の移送を停止する。貯槽の液位及び温度の監視を継続する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 貯槽への注水時に確認が必要な監視項目は、蒸気圧力、貯槽の液位及び温度である。 			
(5)	貯槽への注水の成否判断	<ul style="list-style-type: none"> ● 貯槽の液位から、貯槽に注水されていることを確認することで判断する。 ● 必要な監視項目は、貯槽の液位である。 			

表 2-3-4 沸騰の遅延対策（外部支援による貯槽への注水）

	判断及び操作	手順	事象等対処設備		
			常設事象等対処設備	可搬型事象等対処設備	計装設備
(1)	貯水への注水の準備判断	<ul style="list-style-type: none"> ● 外部電源が喪失し、崩壊熱除去機能が喪失し、且つ非常用ディーゼル発電機を運転できない場合は、貯槽への注水の実施のための準備作業として以下の(2)及び(3)に移行する。 			
(2)	建家外の水供給経路の構築	<ul style="list-style-type: none"> ● 外部支援資源(水)、もしくは、自然水利の水を組立水槽に貯留する。 ● 組立水槽から水を供給するために、消防ポンプ車、エンジン付きポンプを組立水槽近傍に設置する。 ● 消防ポンプ車、エンジン付きポンプに可搬型建家外ホースを接続し、組立水槽から水を供給するための経路を構築する。 ● エンジン付きポンプ、ホース、組立水槽を運搬車により運搬する。 		<ul style="list-style-type: none"> ● エンジン付きポンプ ● 消防ポンプ車 ● 可搬型建家外ホース ● 組立水槽 	
		<ul style="list-style-type: none"> ● 建家内の注水経路を構築するために、給水用の消防ポンプ車、エンジン付きポンプの下流側に可搬型建家内ホースを敷設し、可搬型注水流量計を可搬型建家内ホースの経路上に設置する。 ● 可搬型建家内ホースと注水配管を接続し、可搬型建家内ホースと可搬型建家外ホースを接続することで、組立水槽から貯槽に注水するための経路を構築する。 ● 注水先の高放射性廃液貯槽の液位計を可搬型発電機及び可搬型コンプレッサーを使用し復旧させる。また、貯槽に内包する高放射性廃液の温度の監視を継続する。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建家の注水配管・弁 ● 高放射性廃液貯槽、中間貯槽 ● 組立水槽 	<ul style="list-style-type: none"> ● エンジン付きポンプ ● 消防ポンプ車 ● 可搬型建家外ホース ● 可搬型建家内ホース ● 可搬型コンプレッサー ● 可搬型発電機 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可搬型貯槽液位計 ● 可搬型注水流量計 ● 可搬型温度計
(3)	貯槽への注水の実施判断	<ul style="list-style-type: none"> ● 崩壊熱除去機能が回復しておらず、高放射性廃液の温度上昇が確認されたら、注水による希釈が必要との判断し、下記(4)に移行する。 			<ul style="list-style-type: none"> ● 可搬型貯槽温度計
(4)	貯槽への注水の実	<ul style="list-style-type: none"> ● 移送先の高放射性廃液貯槽の液位計の指示値から貯槽の液位を算出し、予め決められた希釈液量までの貯槽への注水量を決定 	<ul style="list-style-type: none"> ● 注水配管・弁 ● 高放射性廃液 	<ul style="list-style-type: none"> ● エンジン付きポンプ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可搬型貯槽温度計

	判断及び操作	手順	事故事象等対処設備		
			常設事故事象等対処設備	可搬型事故事象等対処設備	計装設備
	施	<p>する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● エンジン付きポンプ、消防ポンプ車により、組立水槽の水を移送先の高放射性廃液貯槽に供給する。 ● 移送先の高放射性廃液貯槽の液量が決められた液量まで到達した場合は、エンジン付きポンプ、消防ポンプ車を停止し、水の移送を停止する。貯槽の液位及び温度の監視を継続する。 ● 貯槽への注水時に確認が必要な監視項目は、貯槽の液位及び温度である。 ● 貯槽への注水時に確認が必要な監視項目は、建家給水流量、貯槽の液位及び温度である。 	<p>貯槽、中間貯槽</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 組立水槽 	<ul style="list-style-type: none"> ● 消防ポンプ車 ● 可搬型建家外ホース ● 可搬型建家内ホース ● 可搬型発電機 ● 可搬型コンプレッサー 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可搬型注水流量計
(5)	貯槽への注水の成否判断	<ul style="list-style-type: none"> ● 貯槽の液位から、貯槽に注水されていることを確認することで判断する。 ● 必要な監視項目は、貯槽の液位である。 			

表 2-3-5 有効性評価に係る主要評価条件(令和 2 年 8 月 31 日時点)

高放射性 廃液貯槽	貯槽の 材質	発熱密度 Q [W/m ³]	液量 V [m ³]	貯槽の質 量 M [kg]	貯槽の比 熱 C [J/kg/K]	高放射性 廃液の密 度 ρ [kg/m ³]	高放射性廃 液の比熱 C' [J/kg/K]	高放射性 廃液の硝 酸濃度 [規定]	高放射性 廃液の沸 点 T ₁ [°C]	高放射性 廃液の初 期温度 T ₀ [°C]
V31	ステンレ ス鋼	693	55.0	53000	500	1203	2930	2	102	35
V32	ステンレ ス鋼	872	65.6	53000	500	1211	2930	2	102	35
V33	ステンレ ス鋼	605	69.2	53000	500	1249	2930	2	102	35
V34	ステンレ ス鋼	833	74.9	53000	500	1228	2930	2	102	35
V35	ステンレ ス鋼	958	71.6	53000	500	1244	2930	2	102	35

参考資料

(仮に沸騰に至った場合の放射性物質の放出量評価)

1. 仮に沸騰に至った場合の放射性物質の放出量評価

沸騰の未然防止対策，遅延対策により崩壊熱除去機能を維持できることから沸騰には至らないが，仮に高放射性廃液貯槽において沸騰に至った場合の放射性物質の放出量評価を行う。

1.1 評価条件

高放射性廃液の沸騰時の大気中への放射性物質の放出量の評価は，高放射性廃液貯槽が保有する放射性物質質量に対して，気相中に移行する放射性物質の割合，大気中への放出経路における低減割合を乗じて算出する。沸騰時の放出系統の概要図を図 1-1-1 に，放射性物質の大気放出過程を図 1-1-2 にそれぞれ示す。

また，評価した大気中への放射性物質の放出量にセシウム-137 への換算係数を乗じて，大気中へ放出された放射性物質の放出量(セシウム-137 換算)を算出する。セシウム-137 への換算係数は，IAEA-TECDOC-1162 に示される，地表沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく及び再浮遊した放射性物質の吸入摂取による内部被ばくにかかる実効線量への換算係数について，セシウム-137 と着目核種との比から算出する。ただし，一部の核種は，化学形態による影響の違いを補正する係数を乗じて算出する。

(1) 高放射性廃液の貯蔵量，密度

高放射性廃液貯槽が内包する溶液の貯蔵量及び密度(R2. 8. 31 時点)を表 1-1-1 に示す。

(2) 放射エネルギー

添四別紙 1-1-1 「高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書」と同様。

(3) 沸騰継続時間

評価期間は 7 日間とし，沸騰継続時間は 7 日間(168 時間)から各貯槽の沸騰到達時間を減じた値とする。

1.2 評価方法

対象貯槽毎に崩壊熱除去機能が喪失してから 7 日後までの主排気筒からの放出量(セシウム-137 換算)を評価する。

(1) 蒸発蒸気量の算出

各貯槽の核種毎の放射能(Bq)に比発熱率(W/Bq)を乗じたものの総和を求め、合計発熱率(W)を算出する。合計発熱率に沸騰継続時間(s)を乗じて求めた総発熱量(J)を蒸発潜熱(J/kg)で除して、蒸発蒸気重量(kg)を算出する。蒸発蒸気重量を

密度 (kg/m³) で除して、蒸発蒸気量 (m³) を算出する。

○蒸発蒸気量の算出式

$$\text{蒸発蒸気量 (m}^3\text{)} = \Sigma (\text{核種毎の放射能 (Bq)} \times \text{比発熱率 (W/Bq)}) \times \text{沸騰継続時間 (s)} \div \text{蒸発潜熱 (J/kg)} \div \text{廃液の密度 (kg/m}^3\text{)}$$

(2) 放出量の算出

各貯槽内の核種毎の放射能 (Bq) を貯蔵量 (m³) で除して求めた放射能濃度 (Bq/m³) に、蒸発蒸気量、気相への移行率、放出経路低減割合 (-) を乗じて、放出放射能 (Bq) を算出する。

○建家からの放出量評価式

$$\text{放出放射能 (Bq)} = \text{放射能 (Bq)} \div \text{貯蔵量 (m}^3\text{)} \times \text{蒸発蒸気量 (m}^3\text{)} \times \text{気相への移行率} \times \text{放出経路低減割合 (-)}$$

評価に用いる係数は以下の通り

- 蒸発潜熱 : 2.1×10^6 (W・s/kg) (「伝熱工学資料改訂第5版^[1]」より (硝酸の沸点の最大が 121.9 °C^[2]であることから 130°C の水の蒸発潜熱を基に保守側に設定))
- 気相への移行率 : 5×10^{-5} ^[3]
- 放出経路低減割合 (-) : 0.01 (フィルタ 2 段。湿分による除去性能の低下を考慮し、DF10/段としてフィルタ DF100 を設定)。ただし、I-131 については、1 を設定。

(3) 放出量 (セシウム-137 換算) の算出

Cs-137 換算係数は、国際原子力機関 IAEA の TECDOC-1162 に示される換算係数を用いて行う。その際、吸入タイプにより内部被ばくの実効線量が異なることを考慮した補正を行う。

Cs-137 換算係数は、次の式により算出する。

$$ST_{Cs137} = \sum_i ST_i \times \frac{CF_{4i}}{CF_{4Cs137}} \times C_i$$

ST_{Cs137} : Cs-137 換算放出量 (Bq)

ST_i : 放射性物質 i の放出量 (Bq) ^[4]

- CF_{4Cs137} : 地表に沈着した Cs-137 からの 50 年間の外部被ばく及び再浮遊による 50 年間の吸入摂取による内部被ばくの実効線量を算出する係数 (mSv/kBq/m²)^[5]
- CF_{4i} : 地表に沈着した放射性物質 i からの 50 年間の外部被ばく及び再浮遊による 50 年間の吸入摂取による内部被ばくの実効線量を算出する係数 (mSv/kBq/m²)^[5]
- C_i : 放射性物質 i の吸入タイプを考慮した補正係数

吸入タイプを考慮した補正は、吸入摂取による内部被ばくの実効線量係数を、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示」(平成 27 年 8 月 31 日原子力規制委員会告示第八号)に規定された化学形等の範囲に適合させるために行う。

吸入タイプに係る補正は、内部被ばくを対象としたもので、あることから、実効線量の換算係数の内訳である外部被ばくに係る係数と内部被ばくに係る係数とを求め、これらを比較して内部被ばくに係る係数が外部被ばくに係る係数に比べて十分大きい場合に、吸入タイプを考慮した補正を行う。

外部被ばくに係る係数と内部被ばくに係る係数は、IAEA-TECDOC-1162 に記載されたデータに基づき、Cs-137 放出量の算出に用いる係数 CF₄ の内訳となる CF₃、CF₂ 及び再浮遊係数から求め、両者の比から補正係数の考慮の有無を評価する。

補正係数の算出は、次の通り。

$$C_i = (H_{ICRP, i} \times 1000) / H_{IAEA, i}$$

$$H_{IAEA, i} = CF2i / R$$

ここで、

H_{ICRP, i} : 放射性核種 i の ICRP PuB. 72 の吸入摂取換算係数 (mSv/Bq)^[6]

CF2i : 放射性核種 i の IAEA-TECDOC の係数 [(mSv/h)/(kBq/m³)]^[5]

R : CF2 の算出で使用されている呼吸率 1.5 (m³/h)^[5]

1.3 評価結果

仮に高放射性廃液貯槽 (272V31~V35) において沸騰に至った場合の放射性物質の放出量評価を行った。崩壊熱除去機能の喪失が 7 日間継続した場合の放出量 (セシウム-137 換算) は約 0.08 TBq である。評価結果を表 1-3-1 に示す。

2. 参考文献

- [1] 「伝熱工学資料改訂第5版」日本機械学会. 2009.5
- [2] 「再処理プロセス・化学ハンドブック第2版」JAEA-Review 2008-037
- [3] 「再処理施設における放射性物質移行挙動に係る研究」運営管理グループ. 再処理施設における放射性物質移行挙動に係る研究報告書. 2014-02
- [4] 「東海再処理施設の安全性確認に係る基本データの確認」JNC TN8410 99-002
- [5] IAEA-TECDOC-1162 「Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency」
- [6] ICRP Publication72 「Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides;Part 5」1996

DRAFT

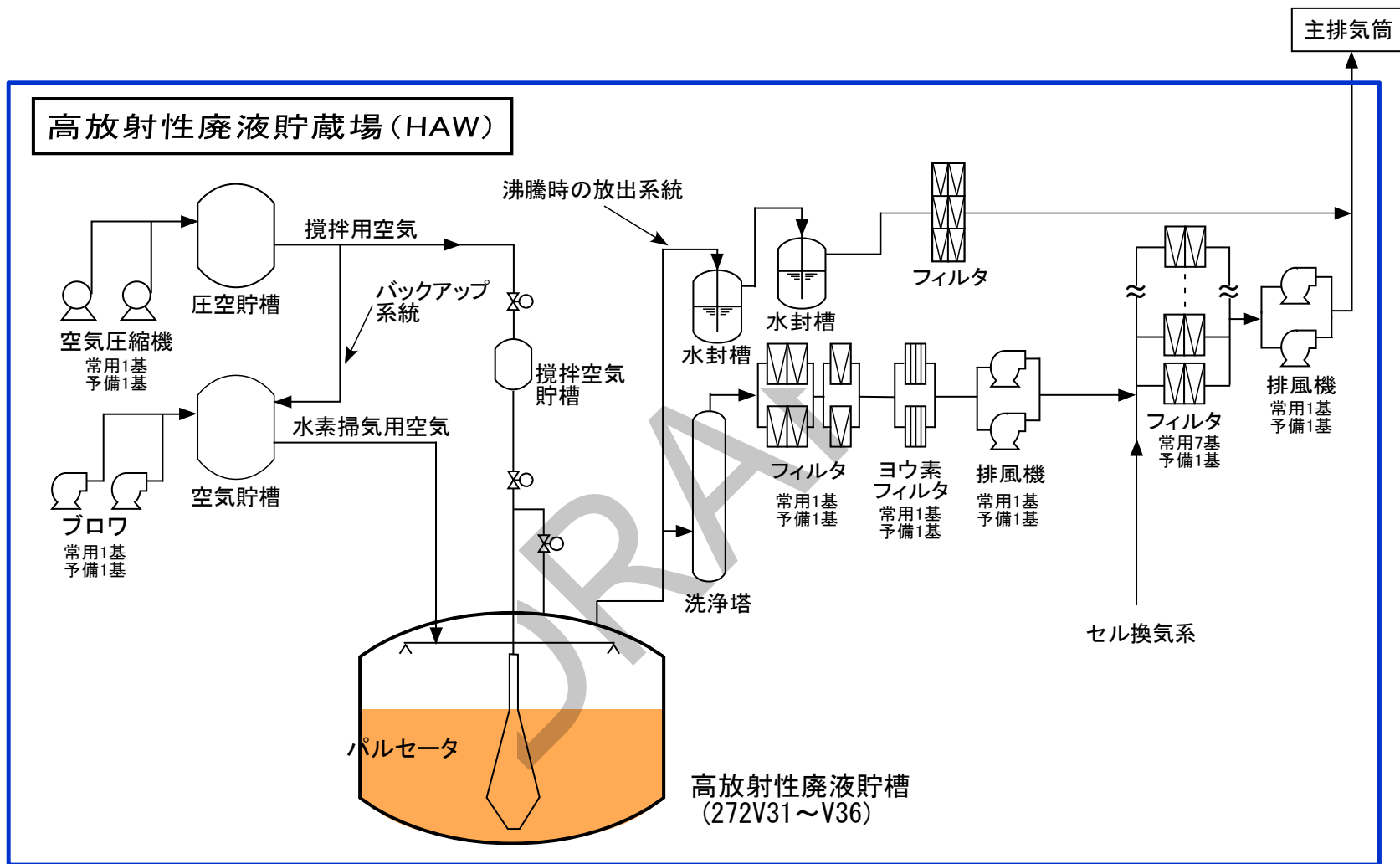


図 1-1-1 沸騰時の放出系統の概要図

添四参 1-1-6

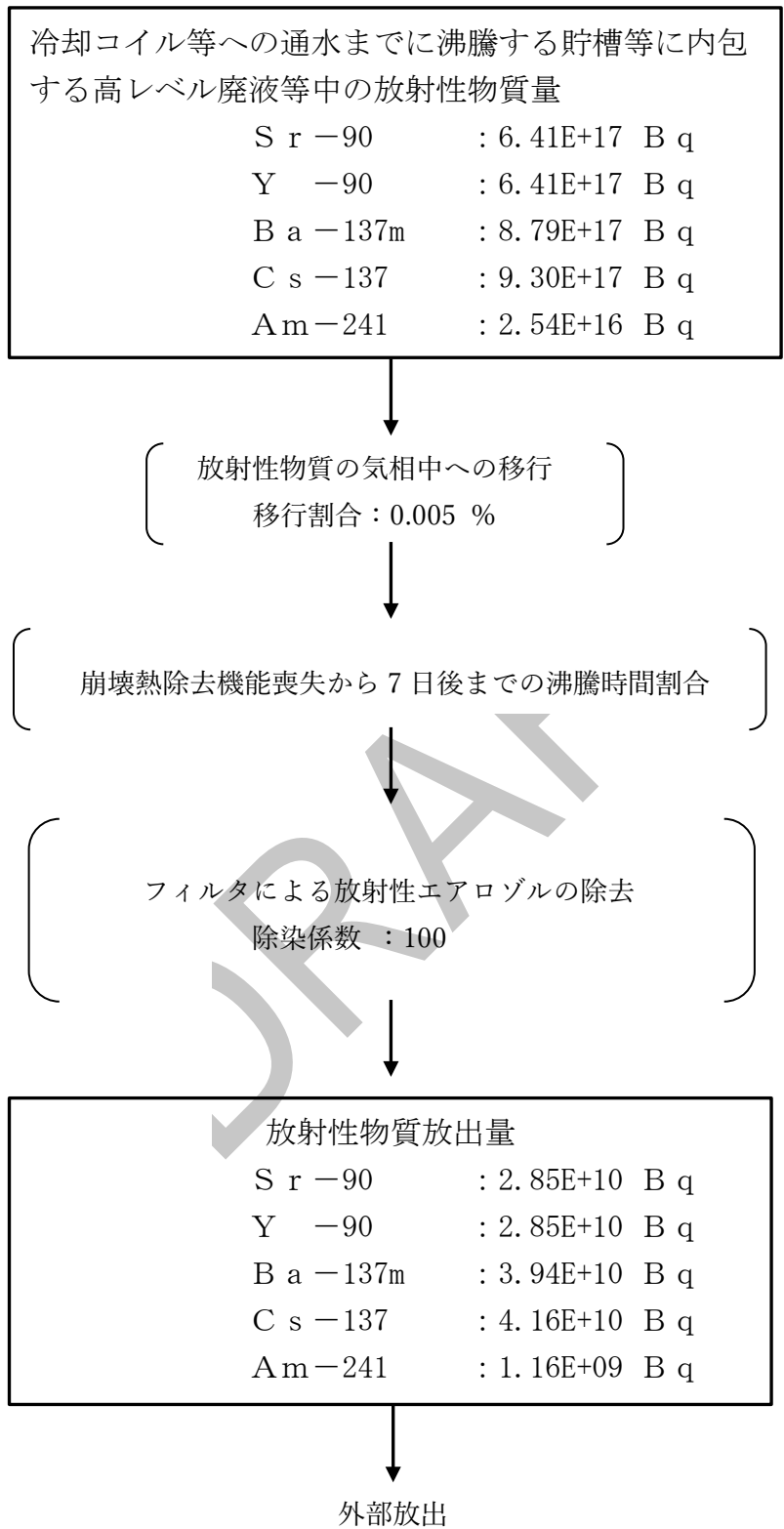


図 1-1-2 放射性物質の大気放出過程

表 1-1-1 各貯槽の液量及び密度(R2. 8. 31 時点)

貯槽	液量[m ³]	密度[kg/m ³]
272V31	55.0	1203
272V32	65.6	1211
272V33	69.2	1249
272V34	74.9	1228
272V35	71.6	1244

表 1-3-1 仮に沸騰に至った場合の大気中への放射性物質の放出量
(セシウム-137 換算)

貯槽	放出量 [Bq] (セシウム-137 換算)
272V31	6.69E+09
272V32	2.21E+10
272V33	4.88E+09
272V34	1.83E+10
272V35	2.56E+10
合計	7.75E+10

高放射性廃液の沸騰到達時間の計算書

DRAFT

1. 高放射性廃液の沸騰到達時間

1.1 評価条件

高放射性廃液貯蔵場（HAW）の高放射性廃液貯槽が内包する溶液の液量，発熱量，密度を表 1-1-1 に示す。

表 1-1-1 高放射性廃液貯槽の液量，発熱量，密度 (R2. 8. 31 時点)

貯槽	液量 [m ³]	発熱量		密度 [kg/m ³]
		[kW]	[kcal/hr]	
272V31	55.0	38.1	3.28×10 ⁴	1203
272V32	65.6	57.2	4.92×10 ⁴	1211
272V33	69.2	41.8	3.60×10 ⁴	1249
272V34	74.9	62.4	5.37×10 ⁴	1228
272V35	71.6	68.6	5.90×10 ⁴	1244

1.2 評価方法

高放射性廃液貯槽における沸騰到達時間は，断熱条件(高放射性廃液の崩壊熱が全て溶液及び構造材の温度上昇に寄与)により，沸点に達するのに必要とする熱量を時間当たりの発熱量で除して求めた。沸騰到達時間の算出式を以下に示す。

$$t = (\rho \cdot V \cdot C_1 + M \cdot C_2) \times (T_a - T_o) / Q$$

t [h] : 沸騰到達時間
 ρ [kg/m³] : 溶液の密度
 V [m³] : 貯蔵量
 C₁ [kcal/kg/°C] : 溶液の比熱
 M [kg] : 構造材の質量
 C₂ [J/kg/°C] : 構造材の比熱
 T_a [°C] : 溶液の沸点
 T_o [°C] : 溶液の初期温度
 Q [kcal/h] : 溶液の発熱量

① 比熱の設定

高放射性廃液の比熱は以下の式¹⁾を用いて算出し，0.7 kcal/kg/°Cとした。

$$C = 0.998 - 9.630 \times 10^{-4} \times C_U - 4.850 \times 10^{-2} \times C_N$$

C [kcal/kg/°C] : 比熱
 C_U [g/L] : ウラン濃度
 C_N [mol/L] : 硝酸濃度

上式のウラン濃度を核分裂生成物濃度で置き換えて算出した。核分裂生成物濃度は，高放射性廃液中の酸化物量の定量分析結果の過去最大値 (128 g/L) を用いた。また，硝酸濃度は保守

的に管理値(1~3 mol/L)の最大値である 3 mol/L を設定した。

構造材の材質はステンレス鋼であることから、構造材の比熱は 499 J/kg/°C を設定した。

② 沸点の設定

高放射性廃液の沸点の設定には以下の式²⁾を用いた。高放射性廃液の通常の酸濃度(2 mol/L)の沸点上昇を考慮し、沸点を 102 °C に設定した。

$$\Delta \theta_b = K_b \times \frac{n}{m}$$

$\Delta \theta_b$: 沸点上昇程度

K_b : モル沸点上昇 (0.515)

m [kg] : 溶媒の質量

n [mol] : 溶質の物質質量

③ 高放射性廃液の初期温度の設定

高放射性廃液の初期温度は、直近 3 年間 (2018~2020 年) の 6 月~9 月の最高温度 (2020 年 8 月 11 日の 34.1 °C) を基に 35 °C に設定した。

④ 溶液の発熱量の設定

a. 溶液の放射エネルギーの算出

これまでに再処理した使用済燃料 1 体ごとの核分裂生成物 (FP) 及びマイナーアクチノイド (MA) の放射エネルギーを ORIGEN 計算 (Ver. 79) により各核種の減衰計算を実施した。この際、使用済燃料中の FP 及び MA の核種は保守的に高放射性廃液側へ全量移行し高放射性廃液に含まれるものとした。

U-234, U-235, U-236, U-238, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Pu-242 の放射エネルギーについては、直近の分析結果を基に算定した。

Am-241 の放射エネルギーについては、直近の放射能濃度の分析結果を基に算定し、さらに直近の分析日から評価日までの Pu-241 の減衰量を Am-241 に加算した (保守的に Pu-241 は減じていない)。なお、分析後に貯蔵量の増減があった高放射性廃液貯槽は、増減に伴う Am, U 及び Pu の放射エネルギーの変化を考慮して算出した。

高放射性廃液貯槽の Am-241 の放射能濃度の分析値を表 1-2-1, U 及び Pu 濃度の分析値を表 1-2-2, U 及び Pu の同位体組成比の分析値を表 1-2-3 に示す。

また、算出した各核種の放射エネルギーを表 1-2-4 に示す。

b. 発熱量の算出

算出した放射エネルギーに、崩壊時に発生する各核種のエネルギー (ORIGEN 核データ) を乗じて発熱量を算出し、各核種の発熱量を合算することにより、発熱量を算出した。ORIGEN 核データを表 1-2-5 に示す。

1.3 評価結果

上記の方法により、崩壊熱除去機能の喪失状態が継続した場合に高放射性廃液が沸騰に至るま

での時間を求めた。その結果を表 1-3-1 に示す。

参考文献

- 1) JAERI-Tech 2003-045 熱流動解析コード PHOENICS を組み込んだ燃料溶液体系の動特性解析コードの開発及び TRACY の自然冷却特性実験の解析, 日本原子力研究所
- 2) JAEA-Review 2008-037 再処理プロセス・化学ハンドブック 第 2 版, 日本原子力研究開発機構

DRAFT

表 1-2-1 Am-241 の放射能濃度の分析値

貯槽	分析日	分析時点の液量(m ³)	放射能濃度(Bq/mL)
272V31	H27. 10. 19	77. 7	4. 8E+07
272V32	H31. 4. 8	74. 7	1. 2E+08
272V33	H29. 12. 11	70. 6	5. 5E+07
272V34	H31. 4. 10	78. 1	6. 8E+07
272V35	H29. 12. 12	75. 9	7. 2E+07

表 1-2-2 U 及び Pu 濃度の分析値

貯槽	分析日	分析時点の液量(m ³)	U 濃度(g/L)	Pu 濃度(mg/L)
272V31	H27. 10. 19	77. 7	■	■
272V32	H31. 4. 9	74. 7	■	■
272V33	H25. 11. 18	82. 1	■	■
272V34	H31. 4. 10	78. 1	■	■
272V35	H29. 12. 12	75. 9	■	■

表 1-2-3 U 及び Pu の同位体組成比の分析値

貯槽	分析日	同位体組成 (%)								
		U-234	U-235	U-236	U-238	Pu-238	Pu-239	Pu-240	Pu-241	Pu-242
272V31	H27. 10. 19	■	■	■	■	■	■	■	■	■
272V32	H31. 4. 9	■	■	■	■	■	■	■	■	■
272V33	H25. 11. 18	■	■	■	■	■	■	■	■	■
272V34	H31. 4. 10	■	■	■	■	■	■	■	■	■
272V35	H29. 12. 12	■	■	■	■	■	■	■	■	■

表 1-2-4 各核種の放射エネルギー(R2. 8. 31 時点)

[単位 : Bq]

核種	272V31	272V32	272V33	272V34	272V35
Sr-89	6.90E-22	1.54E-21	2.93E-22	7.52E-22	4.86E-22
Sr-90	9.61E+16	1.27E+17	1.02E+17	1.50E+17	1.65E+17
Y-90	9.61E+16	1.27E+17	1.02E+17	1.50E+17	1.65E+17
Zr-95	5.11E-14	1.14E-13	2.17E-14	5.56E-14	3.59E-14
Nb-95	1.11E-13	2.48E-13	4.70E-14	1.21E-13	7.79E-14
Ru-103	3.32E-33	7.43E-33	1.41E-33	3.62E-33	2.34E-33
Ru-106	6.07E+10	1.10E+11	2.60E+10	5.25E+10	3.20E+10
Rh-103m	3.32E-33	7.43E-33	1.41E-33	3.62E-33	2.34E-33
Rh-106	6.07E+10	1.10E+11	2.60E+10	5.25E+10	3.20E+10
Sb-125	1.52E+13	2.02E+13	8.11E+12	1.65E+13	1.87E+13
Te-125m	3.50E+12	4.65E+12	1.86E+12	3.80E+12	4.31E+12
Cs-134	5.19E+13	5.77E+13	2.46E+13	4.42E+13	3.95E+13
Cs-137	1.32E+17	1.92E+17	1.46E+17	2.19E+17	2.41E+17
Ba-137m	1.25E+17	1.81E+17	1.38E+17	2.07E+17	2.28E+17
Ce-141	1.06E-43	2.37E-43	4.50E-44	1.16E-43	7.47E-44
Ce-144	2.73E+09	5.41E+09	1.16E+09	2.54E+09	1.54E+09
Pr-144	2.73E+09	5.41E+09	1.16E+09	2.54E+09	1.54E+09
Pm-147	1.60E+14	2.21E+14	8.47E+13	1.72E+14	1.88E+14
Sm-151	2.53E+15	3.60E+15	3.37E+15	4.28E+15	4.47E+15
Eu-154	1.91E+15	2.57E+15	1.45E+15	2.92E+15	3.59E+15
Eu-155	9.95E+13	8.84E+13	4.60E+13	9.05E+13	1.13E+14
U-234 ^{※1}					
U-235 ^{※1}					
U-236 ^{※1}					
U-238 ^{※1}					
Np-237	6.91E+11	9.84E+11	8.39E+11	1.20E+12	1.29E+12
Pu-238 ^{※1}					
Pu-239 ^{※1}					
Pu-240 ^{※1}					
Pu-241 ^{※1}					
Pu-242 ^{※1}					
Am-241 ^{※2}	2.49E+15	8.23E+15	3.89E+15	5.31E+15	5.48E+15
Cm-242	1.10E+03	5.62E+03	1.88E+02	2.18E+03	4.84E+02
Cm-244	1.03E+15	1.46E+15	8.77E+14	1.66E+15	1.89E+15

※1: U, Pu の各種同位体の放射エネルギーは、直近の分析結果を基に算定。

※2: Am-241 の放射エネルギーは Pu-241 の減衰を考慮し、直近の分析日から評価日までの減衰量を Am-241 に加算した計算値 (保守的に Pu-241 は減じていない)。

表 1-2-5 ORIGEN 核データ

核種	1 Bq 当たりの発熱量 [kcal/hr/Bq]	核種	1 Bq 当たりの発熱量 [kcal/hr/Bq]
Sr-89	8.02E-08	Pm-147	8.68E-09
Sr-90	2.73E-08	Sm-151	2.75E-09
Y-90	1.28E-07	Eu-154	2.06E-07
Zr-95	1.17E-07	Eu-155	1.96E-08
Nb-95	1.11E-07	Np-237	6.83E-07
Rh-103m	5.51E-09	Am-241	8.56E-07
Ru-103	7.69E-08	Cm-242	8.13E-07
Ru-106	1.38E-09	Cm-244	8.68E-09
Rh-106	2.27E-07	U-234	6.70E-13
Te-125m	1.98E-08	U-235	6.09E-13
Sb-125	7.42E-08	U-236	6.30E-13
Cs-134	2.40E-07	U-238	5.90E-13
Ba-137m	9.12E-08	Pu-238	7.71E-13
Cs-137	2.40E-08	Pu-239	7.17E-13
Ce-141	3.18E-08	Pu-240	7.24E-13
Ce-144	1.54E-08	Pu-241	7.21E-16
Pr-144	1.78E-07	Pu-242	6.87E-13

表 1-3-1 高放射性廃液貯槽の沸騰到達時間 (R2. 8. 31 時点)

貯槽	沸騰到達時間 [hr]
272V31	107
272V32	84
272V33	124
272V34	88
272V35	77

高放射性廃液の除熱に必要な
冷却水流量の計算書

DRAFT

1. 高放射性廃液の除熱に必要な冷却水流量の評価

1.1 評価内容

高放射性廃液貯槽（272V31～272V35）について、高放射性廃液の除熱に必要な冷却水流量の評価を行う。

1.2 前提条件

評価の前提として、冷却水出口温度は、ホースの使用条件の上限値 60 °C に対して余裕を見込んだ 55 °C 以下となるようにする。また、内包液温度は、設計上の運転温度の 60 °C 以下となるようにする。

1.3 評価条件

高放射性廃液貯槽が内包する溶液の発熱量を表 1-3-1 に示す。

高放射性廃液貯槽における対数平均温度差及び総括伝熱係数の計算に用いる物性値を表 1-3-2 に示す。

冷却水の比熱、冷却水の密度、冷却水の熱伝導率及び冷却水の粘度は、冷却水の平均温度(=冷却水入口温度+冷却水出口温度)/2 または冷却水の壁面温度における表 1-3-3 に示す値の線形近似値とする。

1.4 評価方法

本評価では、1.2 項で示した冷却水出口温度及び内包液温度を満足するとともに、必要伝熱面積 A [m²] と実際の伝熱面積 A_r [m²] が等しくなる定常状態での冷却水流量 W [m³/h] を算出する。この際に使用する対数平均温度差 Δt_L [K] 及び総括伝熱係数 U [W/m²K] の評価式を以下に示す。

a. 対数平均温度差の算出

対数平均温度差 Δt_L [°C] は以下のとおり求める。

$$\Delta t_L = \frac{(T - t_1) - (T - t_2)}{\ln \frac{(T - t_1)}{(T - t_2)}}$$

対数平均温度差の算出に用いるパラメータ		
Q	[kcal/h]	発熱量
T	[°C]	内包液温度
t ₁	[°C]	冷却水入口温度
t ₂	[°C]	冷却水出口温度 (=t ₁ +Q/(C _i ×ρ _i ×W))
W	[m ³ /h]	冷却水流量
C _i	[J/kgK]	冷却水の比熱
ρ _i	[kg/m ³]	冷却水の密度

b. 総括伝熱係数の算出

総括伝熱係数 U [W/m²K] は以下のとおり求める。

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_{so}} + \frac{2 \times L \times d'}{\lambda \times (d + d')} + \frac{d'}{(d \times h_{si})} + \frac{d'}{d \times h_i}$$

総括伝熱係数の算出に用いるパラメータ		
h _o	[W/m ² K]	冷却コイル外面（内包液側）の熱伝達率
h _i	[W/m ² K]	冷却コイル内面（冷却水側）の熱伝達率
L	[m]	冷却コイル厚さ
λ	[W/mK]	冷却コイルの熱伝導率
h _{so}	[W/m ² K]	冷却コイル外面（内包液側）の汚れ係数
h _{si}	[W/m ² K]	冷却コイル内面（冷却水側）の汚れ係数
d'	[m]	冷却コイル外径
d	[m]	冷却コイル内径

ここで、冷却コイル外面（内包液側）の熱伝達率 h_o [W/m²K] は下式であらわされる。

$$h_o = \frac{\lambda_o \times Nu_o}{d'}$$

冷却コイル外面（内包液側）のヌセルト数 Nu_o は以下のとおり求める⁽¹⁾。

($Gr_o \times Pr_o = 10^4 \sim 10^9$ の場合)

$$Nu_o = 0.53 \times (Gr_o \times Pr_o)^{\frac{1}{4}}$$

($Gr_o \times Pr_o > 10^9$ の場合)

$$Nu_o = 0.13 \times (Gr_o \times Pr_o)^{1/3}$$

内包液側のヌセルト数の算出に用いるパラメータ		
Pr_o	—	内包液のプラントル数 ($= C_o \times \mu_o \times 3600 / \lambda_o$)
Gr_o	—	内包液のグラスホフ数 ($= g \times d'^3 \times \rho_o^2 \times \beta \times (T - T_w) / \mu_o^2$)
g	[m/s ²]	重力加速度 (=9.8)
β	[K ⁻¹]	内包液の体膨張係数
T_w	[°C]	内包液のコイル壁面温度
μ_o	[kg/ms]	内包液の粘度
λ_o	[W/mK]	内包液の熱伝導率
ρ_o	[kg/m ³]	内包液の密度
C_o	[J/kgK]	内包液の比熱

また、冷却コイル内面（冷却水側）の熱伝達率 h_i [W/m²K] は下式であらわされる。

$$h_i = \frac{\lambda_i \times Nu_i}{d}$$

冷却コイル内面（冷却水側）のヌセルト数 Nu_i は以下のとおり求める。

($Re_i = 10^4 \sim 1.2 \times 10^5$ の場合)

$$Nu_i = 0.023 \times Re_i^{0.8} \times Pr_i^{0.4}$$

($Re_i = 2320 \sim 10^4$ の場合)

$$Nu_i = 0.116 \times (Re_i^{\frac{2}{3}} - 125) \times Pr_i^{\frac{1}{3}} \times \left[1 + \left(\frac{d}{L_c} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \times \left(\frac{\mu_i}{\mu_{wi}} \right)^{0.14}$$

冷却水側のヌセルト数の算出に用いるパラメータ		
L_c	[m]	コイル長さ
Re_i	—	冷却水のレイノルズ数 (= $d \times u \times \rho_i / \mu_i$)
Pr_i	—	冷却水のプラントル数 (平均温度における値) (= $C_i \times \mu_i \times 3600 / \lambda_i$)
u	[m/s]	冷却水の流速
μ_i	[kg/ms]	冷却水の粘度 (平均温度における値)
μ_{wi}	[kg/ms]	冷却水の粘度 (壁面温度における値)
λ_i	[W/mK]	冷却水の熱伝導率 (平均温度における値)
C_i	[J/kgK]	冷却水の比熱

c. 冷却水流量の算出

冷却水流量の評価フローを図 1-4-1 に示す。

1.5 評価結果

評価結果を表 1-5-1 に示す。

高放射性廃液貯槽の冷却コイルへの通水に必要な冷却水の合計流量は約 12 m³/h であった。各貯槽に必要な流量は以下の通り。

高放射性廃液貯槽(272V31)	約 1.7 m ³ /h
高放射性廃液貯槽(272V32)	約 2.5 m ³ /h
高放射性廃液貯槽(272V33)	約 1.8 m ³ /h
高放射性廃液貯槽(272V34)	約 2.7 m ³ /h
高放射性廃液貯槽(272V35)	約 3.0 m ³ /h

2. 参考文献

- (1)尾花 英明,「熱交換器設計ハンドブック」, 工学図書, 1974
- (2)化学工学協会 「化学工学便覧 改訂7版」, 丸善出版, 2011
- (3)伝熱工学資料 改訂第5版, 日本機械学会, 1980

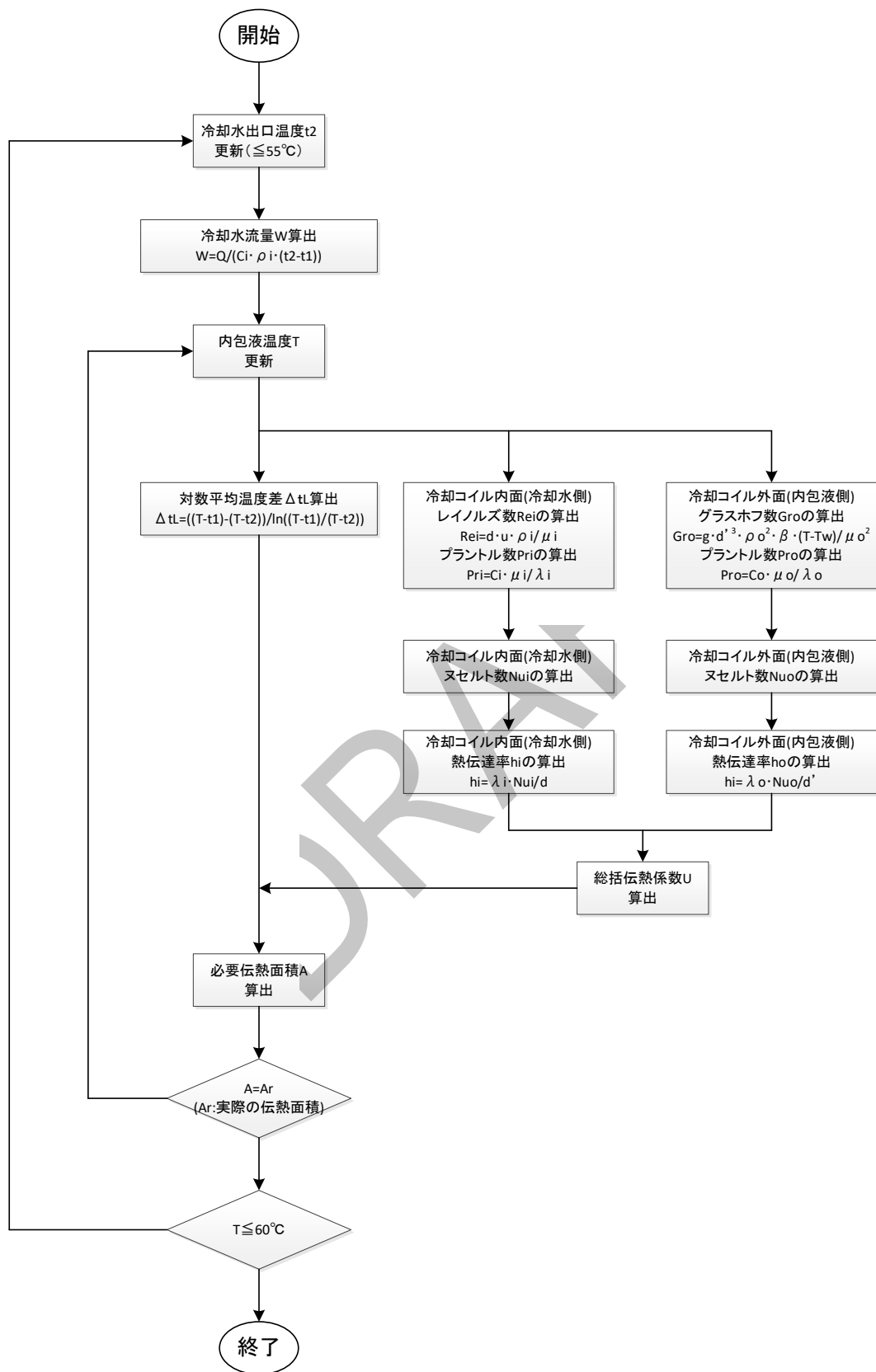


図 1-4-1 冷却水流量の評価フロー

表 1-3-1 HAW 貯槽の発熱量

貯槽	貯蔵量[m ³]	発熱密度[W/m ³]	発熱量[kW]
272V31	55.0	693	38.1
272V32	65.6	872	57.2
272V33	69.2	605	41.9
272V34	74.9	833	62.4
272V35	71.6	958	68.6

DRAFT

表 1-3-2 対数平均温度差及び総括伝熱係数の計算に用いる物性値

No.	パラメータ	記号	単位	272V31	272V32	272V33	272V34	272V35
1	発熱密度	P	W/m ³	693	872	605	833	958
2	内包液量	V	m ³	55.0	65.6	69.2	74.9	71.6
3	冷却水入口温度	t ₁	°C	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
4	内包液の比熱	C _o	J/kgK	2930	2930	2930	2930	2930
5	内包液の密度	ρ _o	kg/m ³	1203	1211	1249	1228	1244
6	内包液の粘度	μ _o	kg/ms	9.44E-04	9.44E-04	9.44E-04	9.44E-04	9.44E-04
7	内包液の体膨張係数	β	K ⁻¹	3.84E-04	3.84E-04	3.84E-04	3.84E-04	3.84E-04
8	冷却コイル厚さ	L	m	5.20E-03	5.20E-03	5.20E-03	5.20E-03	5.20E-03
9	冷却コイルの熱伝導率	d	W/mK	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3
10	冷却コイル外径	d'	m	7.63E-02	7.63E-02	7.63E-02	7.63E-02	7.63E-02
11	冷却コイル内径	d	m	6.59E-02	6.59E-02	6.59E-02	6.59E-02	6.59E-02
12	冷却コイル外面(内包液側) の汚れ係数	h _{so}	W/m ² K	1860	1860	1860	1860	1860
13	冷却コイル内面(冷却水側) の汚れ係数	h _{si}	W/m ² K	3488	3488	3488	3488	3488

表 1-3-3 冷却水の比熱, 冷却水の密度, 冷却水の熱伝導率及び冷却水の粘度

No.	冷却水の温度 [°C]	伝熱工学資料 改訂第5版 ⁽³⁾			
		比熱 C_i [kcal/kg°C]	密度 ρ_i [kg/m ³]	熱伝導率 λ_i [kcal/mh°C]	粘度 μ_i [Pa·s]
1	20	0.9996	998.2	0.5155	1.002E-03
2	25	0.9990	996.9	0.5221	8.997E-04
3	30	0.9984	995.6	0.5288	7.974E-04
4	35	0.9983	993.9	0.5347	7.252E-04
5	40	0.9981	992.2	0.5405	6.530E-04
6	45	0.9983	990.1	0.5456	5.999E-04
7	50	0.9984	988.0	0.5507	5.468E-04
8	55	0.9987	985.6	0.5552	5.066E-04
9	60	0.9991	983.2	0.5596	4.664E-04
10	65	0.9997	980.5	0.5634	4.352E-04
11	70	1.0003	977.7	0.5672	4.039E-04
12	75	1.0012	974.8	0.5703	3.791E-04
13	80	1.0022	971.8	0.5735	3.543E-04
14	85	1.0033	968.6	0.5761	3.344E-04
15	90	1.0043	965.3	0.5787	3.144E-04
16	95	1.0058	961.9	0.5807	2.981E-04
17	100	1.0072	958.4	0.5828	2.817E-04

表 1-5-1 冷却水の通水による除熱に関する評価結果

No.	パラメータ	記号	単位	272V31	272V32	272V33	272V34	272V35
1	発熱量	Q	kW	38.1	57.2	41.9	62.4	68.6
2	内包液温度	T	°C	57.0	56.6	56.2	56.3	56.6
3	冷却水出口温度	t ₂	°C	55.0	55.0	55.0	55.0	55.0
4	対数平均温度差	Δt_L	°C	8.37	7.73	6.89	7.17	7.68
5	冷却水流量	W	m ³ /h	<u>1.7</u>	<u>2.5</u>	<u>1.8</u>	<u>2.7</u>	<u>3.0</u>
6	総括伝熱係数	U	W/m ² K	77	105	81	108	116
7	内包液のコイル壁面温度	T _w	°C	55.5	55.2	55.2	55.1	55.1
8	内包液のプラントル数	Pr _o	-	5.17	5.17	5.17	5.17	5.17
9	内包液のグラスホフ数	Gr _o	-	4.04E+06	4.06E+06	2.91E+06	3.50E+06	4.36E+06
10	プラントル数とグラスホフ数の積	Gr _o ×Pr _o	-	2.09E+07	2.10E+07	1.51E+07	1.81E+07	2.26E+07
11	冷却コイル外面(内包液側)のヌセルト数	Nu _o	-	35.8	35.9	33.0	34.6	36.5
12	冷却コイル外面(内包液側)の熱伝達率	h _o	W/m ² K	251	252	231	242	256
13	冷却水のレイノルズ数	Re _i	-	2.94E+03	4.41E+03	3.23E+03	4.81E+03	5.29E+03

【資料2】

〈7/16 監視チームにおける議論のまとめ〉
4. 内部事象対策について
③ 制御室の安全対策について
制御室に求められる機能

再処理施設の制御室の安全対策について

【概要】

○廃止措置計画変更認可申請(令和2年8月7日)で示した再処理施設の制御室の安全対策の基本的考え方に基づき、高放射性廃液を取扱う施設に関連する制御室の安全対策として、規則の要求事項を踏まえて、想定される起因事象毎に必要な対策を検討した。

令和2年10月1日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

再処理施設の制御室の安全対策について

1. 概要

廃止措置計画変更認可申請（令和2年8月7日）で示した再処理施設の制御室の安全対策の基本的考え方（別添6-1-10-1）に基づき、高放射性廃液を取扱う施設に関連する再処理施設の制御室の安全対策として、規則の要求事項を踏まえて、想定される起因事象毎に必要な対策を検討した。

2. 基本方針

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟には、制御室が設置されており、運転員が常駐してパラメータの監視を行っている。一方、高放射性廃液貯蔵場（HAW）には、制御室が設置されているものの、廃液の貯蔵を行っている施設であり運転員が常駐せずに、巡視によりパラメータの監視を行っている。通常時は、分離精製工場（MP）の中央制御室にて常駐する運転員が高放射性廃液貯蔵場（HAW）の警報等の監視を行っている（別添-1）。

上記のように、高放射性廃液を取扱う施設に関連する制御室として現状は3つの制御室（MP中央制御室、HAW制御室、TVF制御室）を運用していることから、高放射性廃液を取扱う施設に関連する制御室の安全対策として、想定される事象に対して制御室に求められる機能を整理した上で個々の制御室で対応できていないものについては、いずれかの制御室（MP中央制御室、HAW制御室、TVF制御室）で機能を代替（補完）して対処していくことを基本方針とする。

対策の検討にあたっては、対応できない項目に対してどこの制御室で代替することが合理的か、そのために必要な対策は何かという観点で対策を検討した。

3. 対策の検討

「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の制御室に係る条項（第20条、第44条）の要求事項は以下のとおり。

・第20条では、主に再処理施設の健全性を確認するために必要なパラメータ監視、外部状況の把握、事故時の居住性が要求されている。

・第44条では、主に重大事故時の居住性、照明等の電源確保、汚染の持ち込み防止が要求されている。

上記の規則の要求事項を踏まえて、想定される起因事象毎に必要な対策について検討した（別添-2）。

この結果、基本方針に示したとおり、想定される事象に対して個々の制御室で対応できないものについては、TVF制御室で機能を補完できることを確認した。

想定される事象の発生時においても個々の制御室で監視等を継続することを基本とし、万一、制御室の健全性が損なわれた場合の規則の要求事項に対する対応を以下に示す。

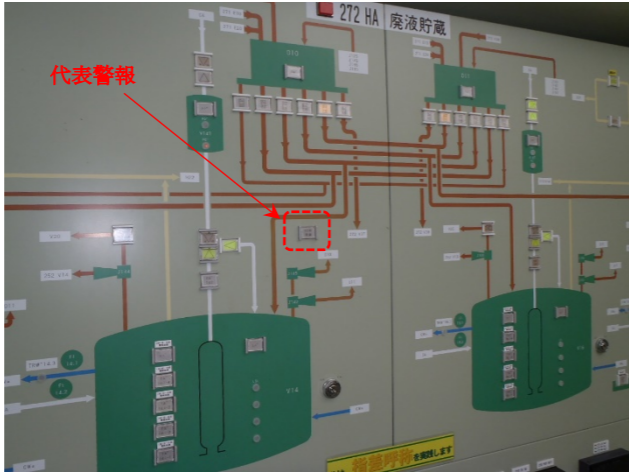
- ① パラメータ監視について、地震、津波に対しては、個々の制御室は健全であり、通常通りのパラメータ監視が可能である。竜巻及び火山に由来する降下火砕物に対しては、MP 中央制御室は健全性を損なう可能性があり、MP 中央制御室が健全性を損なった場合は、常駐する運転員は HAW 制御室に移動して HAW のパラメータ監視を行うこととする。外部火災（ばい煙、有毒ガス）については、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」に基づき実施した影響評価により、森林火災、近隣工場火災等に起因するばい煙及び有毒ガス（CO、CO₂、NO₂、SO₂）は 30 分の暴露限界濃度である IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) の値以下であることを確認している。しかし、MP 中央制御室及び HAW 制御室は外気の取り込みを遮断できず居住性が損なわれる可能性があることから、TVF 制御室においても HAW の警報等のパラメータ監視ができるよう対策を行う。
- ② 外部状況の把握について、地震及び津波に対しては、MP 中央制御室は健全であるため MP に設置された津波監視カメラを利用する。竜巻、火山及び外部火災（ばい煙、有毒ガス）に対しては、MP 中央制御室が健全性を損なう可能性があることから、TVF 制御室で MP に設置された津波監視カメラの監視状況を共有できるようにする。
- ③ 事故時の居住性について、地震及び津波に対しては、個々の制御室は健全である。竜巻及び火山に由来する降下火砕物に対しては、MP 中央制御室は健全性を損なう可能性があり、万一、MP 中央制御室が健全性を損なった場合は常駐する運転員は HAW 制御室に移動する。外部火災（ばい煙、有毒ガス）及び重大事故に対しては、MP 中央制御室及び HAW 制御室は雰囲気が悪化し運転員が滞在できなくなる可能性があり、制御室の雰囲気が悪化した場合は常駐する運転員は退避し、TVF 制御室で機能を補完することとする。TVF 制御室は可搬型の換気設備（可搬型ブロワ、フィルタ、ダクト等）を配備し、外部火災及び重大事故であっても運転員がとどまれるよう対策を行う。また、制御室内の雰囲気悪化に備え、環境測定用機器（酸素濃度計、二酸化炭素濃度計、有毒ガス検知器・有毒ガス警報装置）を配備すると共に、必要に応じて運転員及び事故対策要員等が現場にアクセスできるよう空気呼吸器等の防護具を配備する。
- ④ 照明等の電源確保について、MP 中央制御室及び TVF 制御室に可搬型の照明を配備している。HAW 制御室については、必要に応じて作業員が MP 中央制御室に配備している可搬型の照明を携帯して使用することで対応する。
- ⑤ 汚染の持ち込み防止について、個々の制御室の出入口には、放射性物質による汚染を検知するための設備を配備しており、汚染が確認された場合は、必要に応じて、区画を設け、汚染の拡大防止及び除染作業を行う運用としている。

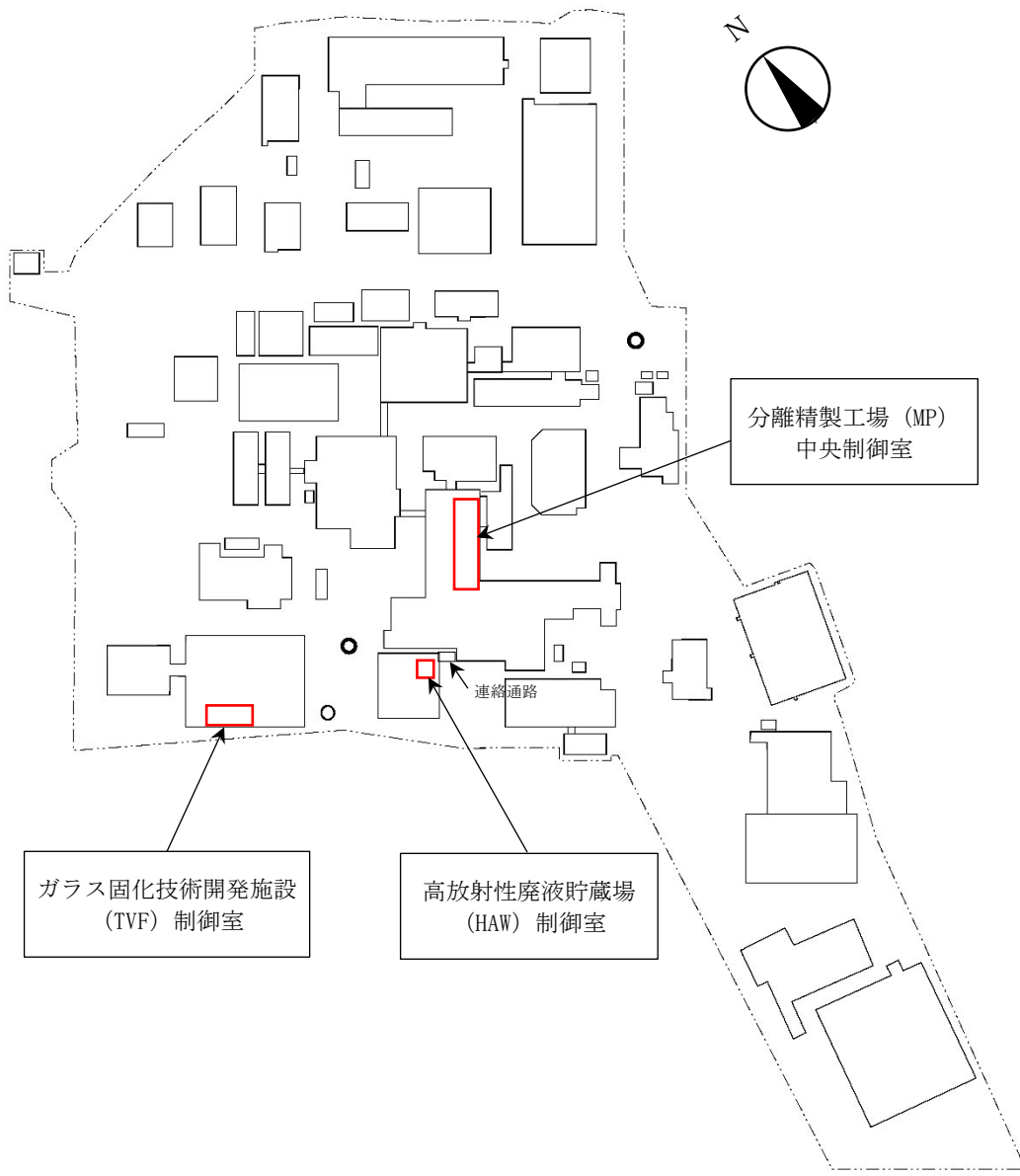
4. 今後の予定

上記の対策のうち、③の TVF 制御室の換気対策（可搬型換気設備の配備）に係る設計及び工事の計画については、令和 2 年 10 月に廃止措置変更認可申請を行う。

①の TVF 制御室で HAW のパラメータ監視を行うための対策、②の TVF 制御室で MP の津波監視カメラの監視状況を共有するための対策については、今後設計を行い、事故対処の有効性評価に係る検討結果も含めて、令和 3 年 4 月を目途に廃止措置変更認可申請を行う計画である。

高放射性廃液を取り扱う施設に関連する制御室の現状

	分離精製工場 (MP) 中央制御室	高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 制御室	ガラス固化技術開発施設 (TVF) 制御室
設置場所 (別図参照)	分離精製工場 5 階 (管理区域)	高放射性廃液貯蔵場 4 階 (管理区域)	ガラス固化技術開発施設ガラス固化技術開発棟 2 階 (管理区域)
常駐する運転員	8 人 (当直長 1 人、当直長補佐 1 人、工程監視要員 6 人 (内 2 人が HAW 施設に関する要員))	0 人	キャンペーン中：10 人 インターキャンペーン中：3 人
パラメータの監視方法	<ul style="list-style-type: none"> MP 中央制御室に HAW のパラメータ監視装置は設置されておらず、運転員が 2 時間毎に HAW 制御室へ行って主制御盤に表示されるパラメータを確認・記録している。 HAW で警報が吹鳴した場合には、同時に MP 中央制御室で代表警報が吹鳴する。 	<ul style="list-style-type: none"> MP 中央制御室に駐在している運転員が 2 時間毎に HAW 制御室へ行って主制御盤に表示されるパラメータを確認・記録している。 	<ul style="list-style-type: none"> TVF 制御室に駐在している運転員が工程監視盤等に表示されるパラメータを確認・記録している。
高放射性廃液を取扱う HAW 及び TVF の安全機能 (崩壊熱除去、閉じ込め) に係る監視対象パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> HAW の代表警報 (貯槽温度高警報、冷却水流量低警報等) 	<ul style="list-style-type: none"> 高放射性廃液貯槽 (272V31~36) の温度、液位、圧力 冷却水の流量、温度 換気系の負圧 <p>パラメーター一覧は別紙参照。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 高放射性廃液を内包する機器 (受入槽 G11V10、回収液槽 G11V20、濃縮器 G12E10、濃縮液槽 G12V12、濃縮液供給槽 G12V14、中放射性廃液蒸発缶 G71E20、濃縮液槽 G71V22) の温度、液位、圧力 冷却水の流量、温度 換気系の負圧 <p>パラメーター一覧は別紙参照。</p>
監視装置	<p>HAW の代表警報</p> 	<p>主制御盤</p> 	<p>工程監視盤、工程制御装置、建家監視盤</p> 
異常時の対応	<ul style="list-style-type: none"> HAW の代表警報が吹鳴した場合には、MP 中央制御室の運転員が HAW 制御室へ移動し、警報の内容を確認し手順書に従い対応する。 (MP 中央制御室から HAW 制御室への移動は数分以内で可能。) 	同左	<ul style="list-style-type: none"> 警報が吹鳴した場合には、TVF 制御室の運転員が手順書に従い対応する。
運転操作	—	<ul style="list-style-type: none"> 通常時 (廃液貯蔵時) に運転操作はない。 運転操作 (高放射性廃液の TVF への送液等) を行う際は日勤者が対応。 	<ul style="list-style-type: none"> 運転操作 (ガラス溶融炉運転、高放射性廃液の濃縮、送液等) は運転員が対応。



別図 制御室の位置

制御室に求められる機能と対策の整理 (1/5)

起回事象	求められる機能	現状 (○：求められる機能に対して足りている、×：求められる機能に対して足りていない)						対策		
		MP 中央制御室		HAW 制御室		TVF 制御室		MP 中央制御室	HAW 制御室	TVF 制御室
地震	・耐震性	・MP 中央制御室は廃止措置計画用設計地震動（以下、設計地震動という）に対して耐震性を有する見込み（評価中）。	○	・HAW 制御室は設計地震動に対して耐震性を有している。 ・パラメータを監視する主制御盤は設計地震動に対して耐震性を有している。	○	・TVF 制御室は設計地震動に対して耐震性を有している。 ・パラメータを監視する工程監視盤は設計地震動に対して耐震性を有している。	○	-	-	-
	・居住性の確保	・運転員がMP中央制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 ・運転員が制御室にとどまることができるよう、被ばく防護策として、マスク、タイベック等を配備している。	○	・運転員がHAW制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 ・保護具はMP制御室に集約して配備しており、必要に応じて作業員が携帯し使用する。	○	・運転員がTVF制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 ・運転員が制御室にとどまることができるよう、被ばく防護策として、マスク、タイベック等を配備している。	○	-	-	-
	・パラメータ監視	・HAWのパラメータ監視は、MP中央制御室に常駐する運転員がHAW制御室へ巡視して行う。	○	・HAWのパラメータ監視は、MP中央制御室に常駐する運転員がHAW制御室へ巡視して行う。 ・外部電源喪失時は移動式発電機からHAW制御盤等へ給電しパラメータ監視を行う。 ・移動電源車からの給電が困難な場合は、今後、配備する予定の可搬型計器を使用し監視を行う。	○	・TVFのパラメータ監視は、TVF制御室に常駐する運転員が行う。 ・外部電源喪失時は移動式発電機からTVF工程監視盤へ給電しパラメータ監視を行う。 ・移動電源車からの給電が困難な場合は、今後、配備する予定の可搬型計器を使用し監視を行う。	○	-	-	-
	・施設外の状況の把握	・MP屋上に設置されている津波監視カメラを用いて施設外の自然現象や構内の状況を確認する。 ・公的機関等から気象情報を入手できる設備（ラジオ、電話等）を配備している。 ・外部電源喪失時であっても使用できるよう、屋外監視カメラは無停電電源装置を配備している。	○	・MPに設置されている津波監視カメラを使用して外部状況の把握を行う。	○	・施設外の自然現象や構内の状況を確認する屋外監視カメラを設置している。 ・公的機関等から気象情報を入手できる設備（ラジオ、電話等）を配備している。 ・外部電源喪失時であっても使用できるよう、屋外監視カメラは無停電電源装置を配備している。	(○)	-	-	・MPに設置された津波監視カメラの監視状況を共有できるようにするとともに、TVF屋上に設置された屋外監視カメラを使用し施設外の自然現象や構内の状況を確認する。
津波	・耐津波性（浸水しない、波力及び漂流物に対する健全性）	・MP中央制御室はMP建家の5階に設置されており、津波による浸水の恐れはない。 ・MP中央制御室高層階（5F）にあり設計津波（波力、漂流物）による浸水はない見込み（評価中）。	○	・HAW制御室はHAW建家の4階に設置されており、津波による浸水の恐れはない。 ・HAW制御室は設計津波（波力、漂流物）による浸水はない。（建家外壁の補強を実施予定）	○	・TVF制御室は、設計津波高さよりも高いTVF建家の2階に設置されており、津波による浸水の恐れはない。 ・TVF制御室は設計津波（波力、漂流物）による浸水はない。（建家外壁の補強を実施予定）	○	-	-	-
	・居住性の確保	・運転員がMP中央制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 ・運転員が制御室にとどまることができるよう、被ばく防護策として、マスク、タイベック等を配備している。	○	・運転員がHAW制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 ・保護具はMP制御室に集約して配備しており、必要に応じて作業員が携帯し使用する。	○	・運転員がTVF制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 ・運転員が制御室にとどまることができるよう、被ばく防護策として、マスク、タイベック等を配備している。	○	-	-	-

※網掛け部の機能は、他の制御室で代替（補完）する。

制御室に求められる機能と対策の整理 (2/5)

起回事象	求められる機能	現状 (○：求められる機能に対して足りている、×：求められる機能に対して足りていない)						対策		
		MP 中央制御室		HAW 制御室		TVF 制御室		MP 中央制御室	HAW 制御室	TVF 制御室
起回事象	・パラメータ監視	・HAWのパラメータ監視は、MP中央制御室に常駐する運転員がHAW制御室へ巡視して行う。	○	・HAWのパラメータ監視は、MP中央制御室に常駐する運転員がHAW制御室へ巡視して行う。 ・外部電源喪失時は移動式発電機からHAW制御盤へ給電しパラメータ監視を行う。 ・移動電源車からの給電が困難な場合は、今後、配備する予定の可搬型計器を使用し監視を行う。	○	・TVFのパラメータ監視は、TVF制御室に常駐する運転員が行う。 ・外部電源喪失時は移動式発電機からTVF工程監視盤へ給電しパラメータ監視を行う。 ・移動電源車からの給電が困難な場合は、今後、配備する予定の可搬型計器を使用し監視を行う。	○	—	—	—
	・施設外の状況の把握 (津波の発生状況)	・津波の発生状況を確認する屋外監視カメラを設置している。 ・公的機関等から気象情報を入手できる設備(ラジオ、電話等)を配備している。 ・外部電源喪失時であっても使用できるように、屋外監視カメラは無停電電源装置を配備している。	○	・MPに設置されている津波監視カメラを使用して外部状況の把握を行う。	○	・津波の発生状況を確認する屋外監視カメラを設置していない。 ・公的機関等から気象情報を入手できる設備(ラジオ、電話等)を配備している。	×	—	—	・津波の発生状況の把握は、MPに設置された津波監視カメラの監視状況を共有できるようにする。
竜巻	・耐竜巻性(風圧、飛来物)	・MP中央制御室は設計竜巻に対して健全性を損なう可能性がある(壁厚が薄く、竜巻飛来物に対する防護対策が困難なため)。	×	・HAW制御室は設計竜巻に対して健全である。 ・HAW制御室は屋外と通じる窓及び扉はないことから竜巻飛来物の影響を受けない。	○	・TVF制御室は、設計竜巻に対して健全性を確保する(窓及び扉に対する竜巻防護対策を実施予定)。	○	・竜巻に関する気象情報を入手し、MP中央制御室が竜巻で健全性を損なう恐れがある場合には、MP中央制御室の運転員はHAW制御室に移動する。 ・また、運転員がHAW制御室に移動するための対応手順を整備する。	—	—
	・居住性の確保	・MP中央制御室は設計竜巻に対して居住性を損なう可能性がある(壁厚が薄く、竜巻飛来物に対する防護対策が困難なため)。	×	・運転員がHAW制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 ・保護具はMP制御室に集約して配備しており、必要に応じて作業員が携帯し使用する。	○	・運転員がTVF制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 ・運転員が制御室にとどまることができるよう、被ばく防護策として、マスク、タイベック等を配備している。	○	・竜巻に関する気象情報を入手し、MP中央制御室が竜巻で居住性を損なう恐れがある場合には、MP中央制御室の運転員はHAW制御室に移動する。 ・また、運転員がHAW制御室に移動するための対応手順を整備する。	—	—
	・パラメータ監視	・竜巻によってMP中央制御室が居住性を損なった場合、運転員が常駐できなくなり、HAWのパラメータを監視できなくなる恐れがある。	×	・竜巻によってMP中央制御室が損傷した場合、運転員はMP中央制御室からHAW制御室に移動し、常駐してパラメータ監視を行う。 ・外部電源喪失時は移動式発電機からHAW制御盤へ給電しパラメータ監視を行う。 ・移動電源車からの給電が困難な場合は、今後、配備する予定の可搬型計器を使用し監視を行う。	○	・TVFのパラメータ監視は、TVF制御室に常駐する運転員が行う。 ・外部電源喪失時は移動式発電機からTVF工程監視盤へ給電しパラメータ監視を行う。 ・移動電源車からの給電が困難な場合は、今後、配備する予定の可搬型計器を使用し監視を行う。	○	・竜巻によってMP中央制御室が居住性を損なった場合、運転員はMP中央制御室からHAW制御室に移動し、常駐してパラメータ監視を行う。	—	—
	・施設外の状況の把握 (竜巻の発生状況)	・MP屋上に設置されている津波監視カメラを用いて施設外の自然現象や構内の状況を確認する。 ・公的機関等から気象情報を入	○	・MPに設置されている津波監視カメラを使用して外部状況の把握を行う。	○	・施設外の自然現象や構内の状況を確認する屋外監視カメラを設置している。 ・公的機関等から気象情報を入手できる設備(ラジオ、電話	(○)	—	—	・MPに設置された津波監視カメラの監視状況を共有できるようにするとともに、TVF屋上に設置された屋外監視カメラを使用

※網掛け部の機能は、他の制御室で代替(補完)する。

制御室に求められる機能と対策の整理 (3/5)

起回事象	求められる機能	現状 (○：求められる機能に対して足りている、×：求められる機能に対して足りていない)						対策			
		MP 中央制御室		HAW 制御室		TVF 制御室		MP 中央制御室	HAW 制御室	TVF 制御室	
		<p>手できる設備（ラジオ、電話等）を配備している。</p> <ul style="list-style-type: none"> 外部電源喪失時であっても使用できるよう、屋外監視カメラは無停電電源装置を配備している。 竜巻により屋外監視カメラが損傷した場合は、予備品と交換し監視を継続する。 			<p>等）を配備している。</p> <ul style="list-style-type: none"> 外部電源喪失時であっても使用できるよう、屋外監視カメラは無停電電源装置を配備している。 					<p>し施設外の自然現象や構内の状況を確認する。</p>	
外部火災 有毒ガス	・居住性の確保	<ul style="list-style-type: none"> 運転員がMP中央制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 運転員が制御室にとどまることができるよう、被ばく防護策として、マスク、タイベック等を配備している。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 運転員がHAW制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 保護具はMP制御室に集約して配備しており、必要に応じて作業員が携帯し使用する。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 運転員がTVF制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 運転員が制御室にとどまることができるよう、被ばく防護策として、マスク、タイベック等を配備している。 	○	—	—	—	
		<ul style="list-style-type: none"> MP中央制御室への外気の取り込みは遮断できないため（制御室への給気のみを遮断する弁がないため）、ばい煙や有毒ガスにより居住性が損なわれる恐れがある。 	×	<ul style="list-style-type: none"> HAW制御室への外気の取り込みは遮断できないため（制御室への給気のみを遮断する弁がないため）、ばい煙や有毒ガスにより居住性が損なわれる恐れがある。 	×	<ul style="list-style-type: none"> 制御室への給気弁を閉止し、外気を遮断できる。 外気を遮断するための手順は整備されていない。また、制御室の環境測定用の機器は配備されていない。 	○	×	<ul style="list-style-type: none"> 制御室雰囲気悪化に備え、環境測定用機器（酸素濃度計、二酸化炭素濃度計、有毒ガス検知器・有毒ガス警報装置）、空気呼吸器を必要に応じ配備する。 外部火災に関する情報を入手した場合には、制御室の環境の測定（有毒ガス濃度等）を行い、ばい煙や有毒ガスにより制御室の居住性が損なわれる恐れがある場合には、退避する。 	<p>外部火災に関する情報を入手した場合には、退避する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 外部火災に関する情報を入手した場合には、制御室への給気弁を閉止するための手順を整備する。 環境測定用機器（酸素濃度計、二酸化炭素濃度計、有毒ガス検知器・有毒ガス警報装置）、空気呼吸器を必要に応じ配備する。 制御室雰囲気の悪化に備え可搬型の換気設備を配備する。
	・パラメータ監視	<ul style="list-style-type: none"> 外部火災によって、MP中央制御室内の雰囲気が悪化して運転員が常駐できなくなり、HAWのパラメータを監視できなくなる恐れがある。 	×	<ul style="list-style-type: none"> 外部火災によって、HAW制御室内の雰囲気が悪化して運転員が巡視できなくなり、HAWのパラメータを監視できなくなる恐れがある。 	×	<ul style="list-style-type: none"> TVFのパラメータ監視は、TVF制御室に常駐する運転員が行う。 外部電源喪失時は移動式発電機からTVF工程監視盤へ給電しパラメータ監視を行う。 移動電源車からの給電が困難な場合は、今後、配備する予定の可搬型計器を使用し監視を行う。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 外部火災の影響によりMP中央制御室に運転員が常駐できない場合に備え、TVF制御室においてHAWの警報等を確認できるよう監視設備等を設置し、制御室の機能を代替（補完）する。 HAWでの現場巡視が必要になった場合に備え、空気呼吸器等の保護具を配備する。 	<ul style="list-style-type: none"> 外部火災の影響によりHAW制御室に運転員が常駐できない場合に備え、TVF制御室においてHAWの警報等を確認できるよう監視設備等を設置し、制御室の機能を代替（補完）する。 	—	
・外部状況の把握 (火災の発生方向、ばい煙の方向等)	<ul style="list-style-type: none"> MP屋上に設置されている津波監視カメラを用いて施設外の自然現象や構内の状況を確認する。 公的機関等から気象情報を入手できる設備（ラジオ、電話等）を配備している。 外部電源喪失時であっても使用できるよう、屋外監視カメラは無停電電源装置を配備している。 	○	<ul style="list-style-type: none"> MPに設置されている津波監視カメラを使用して外部状況の把握を行う。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 施設外の自然現象や構内の状況を確認する屋外監視カメラを設置している。 公的機関等から気象情報を入手できる設備（ラジオ、電話等）を配備している。 外部電源喪失時であっても使用できるよう、屋外監視カメラは無停電電源装置を配備している。 	(○)	—	—		<ul style="list-style-type: none"> MPに設置された津波監視カメラの監視状況を共有できるようにするとともに、TVF屋上に設置された屋外監視カメラを使用し施設外の自然現象や構内の状況を確認する。 	

※網掛け部の機能は、他の制御室で代替（補完）する。

制御室に求められる機能と対策の整理 (4/5)

起回事象	求められる機能	現状 (○：求められる機能に対して足りている、×：求められる機能に対して足りていない)						対策		
		MP 中央制御室		HAW 制御室		TVF 制御室		MP 中央制御室	HAW 制御室	TVF 制御室
火山	・降下火砕物の影響防止	<ul style="list-style-type: none"> MP 中央制御室は、高性能フィルタを介して給気される管理区域内に設置されていることから、降下火砕物は居住性に影響を与えない見込み（評価中）。 MP 中央制御室は、降灰等により降下火砕物が建家屋上に堆積した場合、天井スラブが荷重により損傷する恐れがある（評価中）。 	○ ×	<ul style="list-style-type: none"> HAW 制御室は、高性能フィルタを介して給気される管理区域内に設置されていることから、降下火砕物は居住性に影響を与えない。 ※なお、火山対策として降下火砕物の降灰に備えて、交換用入気フィルタの準備、降下火砕物の除去に使用する資機材を準備する計画。 	○	<ul style="list-style-type: none"> TVF 制御室は、高性能フィルタを介して給気される管理区域内に設置されていることから、降下火砕物は居住性に影響を与えない。 ※なお、火山対策として降下火砕物の降灰に備えて、交換用入気フィルタの準備、降下火砕物の除去に使用する資機材を準備する計画。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 火山活動に関する気象情報を入手し、MP 中央制御室への降灰等が予想される場合には、MP 中央制御室の運転員は HAW 制御室に移動する。 また、運転員が HAW 制御室に移動するための対応手順を整備する。 	—	—
	・居住性の確保	<ul style="list-style-type: none"> MP 中央制御室は降下火砕物の堆積によって居住性が損なわれる（天井スラブが荷重に耐えられないため）恐れがある（評価中）。 	×	<ul style="list-style-type: none"> 運転員が HAW 制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 保護具は MP 制御室に集約して配備しており、必要に応じて作業員が携帯し使用する。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 運転員が TVF 制御室に入ることができるよう、複数の連絡する通路を設けている。 運転員が制御室にとどまることができるよう、被ばく防護策として、マスク、タイベック等を配備している。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 火山活動に関する気象情報を入手し、MP 中央制御室への降灰等が予想される場合には、MP 中央制御室の運転員は HAW 制御室に移動する。 また、運転員が HAW 制御室に移動するための対応手順を整備する。 	—	—
	・パラメータ監視	<ul style="list-style-type: none"> MP 中央制御室は降下火砕物の堆積によって居住性が損なわれ、運転員が常駐できなくなることにより、HAW のパラメータを監視できなくなる恐れがある。 	×	<ul style="list-style-type: none"> MP 中央制御室が降下火砕物の堆積に対して居住性を確保できない場合、運転員は MP 中央制御室から HAW 制御室に移動し、常駐してパラメータ監視を行う。 外部電源喪失時は移動式発電機から HAW 制御室へ給電しパラメータ監視を行う。 移動電源車からの給電が困難な場合は、今後、配備する予定の可搬型計器を使用し監視を行う。 	○	<ul style="list-style-type: none"> TVF のパラメータ監視は、TVF 制御室に常駐する運転員が行う。 外部電源喪失時は移動式発電機から TVF 工程監視盤へ給電しパラメータ監視を行う。 移動電源車からの給電が困難な場合は、今後、配備する予定の可搬型計器を使用し監視を行う。 	○	<ul style="list-style-type: none"> MP 中央制御室が降下火砕物の堆積に対して居住性を確保できない場合、運転員は MP 中央制御室から HAW 制御室に移動し、常駐してパラメータ監視を行う。 	—	—
	・外部状況の把握（降灰の状況）	<ul style="list-style-type: none"> MP 屋上に設置されている津波監視カメラを用いて施設外の自然現象や構内の状況を確認する。 公的機関等から気象情報を入手できる設備（ラジオ、電話等）を配備している。 外部電源喪失時であっても使用できるよう、屋外監視カメラは無停電電源装置を配備している。 	○	<ul style="list-style-type: none"> MP に設置されている津波監視カメラを使用して外部状況の把握を行う。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 屋外監視カメラを設置している。 公的機関等から気象情報を入手できる設備（ラジオ、電話等）を配備している。 外部電源喪失時であっても使用できるよう、屋外監視カメラは無停電電源装置を配備している。 	(○)	—	—	<ul style="list-style-type: none"> MP に設置された津波監視カメラの監視状況を共有できるようにするとともに、TVF 屋上に設置された屋外監視カメラを使用し施設外の自然現象や構内の状況を確認する。
その他関連する条項	・通信連絡設備	<ul style="list-style-type: none"> 作業員に操作又は退避の指示の連絡を行うための通信連絡設備を配備している。 施設外の必要箇所との連絡を行うための通信連絡設備を配備している。 外部電源喪失時であっても使用できるよう、通信設備はバッテリー又は電池で動作する機器 	○	<ul style="list-style-type: none"> MP 制御室に集約しており、必要に応じて作業員が携帯し使用する。 	○	<ul style="list-style-type: none"> 作業員に操作又は退避の指示の連絡を行うための通信連絡設備を配備している。 施設外の必要箇所との連絡を行うための通信連絡設備を配備している。 外部電源喪失時であっても使用できるよう、通信設備はバッテリー又は電池で動作する機器 	○	—	—	—

※網掛け部の機能は、他の制御室で代替（補完）する。

制御室に求められる機能と対策の整理 (5/5)

起回事象	求められる機能	現状 (○：求められる機能に対して足りている、×：求められる機能に対して足りていない)						対策		
		MP 中央制御室		HAW 制御室		TVF 制御室		MP 中央制御室	HAW 制御室	TVF 制御室
		を配備している。				を配備している。				
全動力電源喪失 (事故対処)	・照明の確保	・作業員が操作、作業及び監視を実施するための可搬型の照明を配備している。	○	・MP 制御室に集約しており、必要に応じて作業員が携帯し使用する。	○	・作業員が操作、作業及び監視を実施するための可搬型の照明を配備している。	○	—	—	—
	・居住性	・移動式発電機を期待できる場合は、移動式発電機からの給電により稼働できる換気設備を配備している。	○	・HAW のパラメータ監視は、MP 中央制御室に常駐する運転員が巡視して行うため、HAW 制御室には運転員が常駐していないことから、移動式発電機からの給電により稼働できる換気設備を配備していない。	×	・移動式発電機を期待できる場合は、移動式発電機からの給電により稼働できる換気設備を配備している。	○	—	・運転員が HAW 施設内の現場にアクセスできるよう空気呼吸器を必要に応じて配備する。 ・事故対処にあたる運転員等は空気呼吸器等の防護具を装着して現場に移動し、制御室にとどまらずに事故対処を行う。	—
		・全動力電源を喪失した場合に、外気を取り入れるための可搬型設備は整備されていない。	×	・全動力電源を喪失した場合に、外気を取り入れるための可搬型設備は整備されていない。	×	・全動力電源を喪失した場合に、外気を取り入れるための可搬型設備は整備されていない。また、制御室の環境測定用の機器は配備されていない。	×	・全動力電源喪失時に、制御室内雰囲気が悪化する恐れがある場合に備えて、環境測定用機器（酸素濃度計、二酸化炭素濃度計）、空気呼吸器を必要に応じて配備する。 ・制御室の環境の測定（有毒ガス濃度等）を行い、制御室内雰囲気が悪化する恐れがある場合には、退避する。	・運転員が HAW 施設内の現場にアクセスできるよう空気呼吸器を必要に応じて配備する。 ・事故対処にあたる運転員等は空気呼吸器等の防護具を装着して現場に移動し、制御室にとどまらずに事故対処を行う。	・全動力電源喪失時に、制御室内雰囲気が悪化する恐れがある場合に備えて、環境測定用機器（酸素濃度計、二酸化炭素濃度計）、空気呼吸器を必要に応じて配備する。 ・制御室雰囲気の悪化に備え TVF 制御室にとどまれるよう可搬型発電機で稼働できる可搬型の換気設備を配備する。
	・被ばく評価	・重大事故（蒸発乾固）の事象進展を考えると、事象進展が緩やか（沸騰まで約 77h 以上）で時間余裕がある。事故対処として、現場での対応が可能であり、制御室に運転員が長時間とどまる必要はない。高放射性廃液の沸騰が始まる約 77h までの間に放射性物質の有意な放出はないことから、制御室の被ばく評価は必要ないと考えている。被ばく評価については、事故対処の有効性評価の結果を踏まえて実施を検討する。	—	・重大事故（蒸発乾固）の事象進展を考えると、事象進展が緩やか（沸騰まで約 77h 以上）で時間余裕がある。事故対処として、現場での対応が可能であり、制御室に運転員が長時間とどまる必要はない。高放射性廃液の沸騰が始まる約 77h までの間に放射性物質の有意な放出はないことから、制御室の被ばく評価は必要ないと考えている。被ばく評価については、事故対処の有効性評価の結果を踏まえて実施を検討する。	—	・重大事故（蒸発乾固）の事象進展を考えると、事象進展が緩やか（沸騰まで約 77h 以上）で時間余裕がある。事故対処として、現場での対応が可能であり、制御室に運転員が長時間とどまる必要はない。高放射性廃液の沸騰が始まる約 77h までの間に放射性物質の有意な放出はないことから、制御室の被ばく評価は必要ないと考えている。被ばく評価については、事故対処の有効性評価の結果を踏まえて実施を検討する。	—	—	—	—
汚染の持込み防止	・制御室の出入口には、放射性物質による汚染を検知するための設備を配備している。 ・汚染が確認された場合は、必要に応じて、区画を設け、汚染の拡大防止及び除染作業を行う運用としている。	○	・制御室の出入口には、放射性物質による汚染を検知するための設備を配備している。 ・汚染が確認された場合は、必要に応じて、区画を設け、汚染の拡大防止及び除染作業を行う運用としている。	○	・制御室の出入口には、放射性物質による汚染を検知するための設備を配備している。 ・汚染が確認された場合は、必要に応じて、区画を設け、汚染の拡大防止及び除染作業を行う運用としている。	○	—	—	—	

※網掛け部の機能は、他の制御室で代替（補完）する。

安全機能に係る監視対象パラメータ

高放射性廃液貯蔵場 (HAW)

対象機器	監視対象	
高放射性廃液貯槽 (272V31)	温度記録上限警報	TRA+31.1
		TRA+31.2
		TRA+31.3
	液位記録計	LR31.1.1
	圧力上限警報	PA+31.2
	冷却水流量記録下限警報	FRA-3161
	冷却水温度記録計	TR314.1
高放射性廃液貯槽 (272V32)	温度記録上限警報	TRA+32.1
		TRA+32.2
		TRA+32.2
	液位記録計	LR32.1.1
	圧力上限警報	PA+32.2
	冷却水流量記録下限警報	FRA-3261
	冷却水温度記録計	TR324.1
高放射性廃液貯槽 (272V33)	温度記録上限警報	TRA+33.1
		TRA+33.2
		TRA+33.3
	液位記録計	LR33.1.1
	圧力上限警報	PA+33.2
	冷却水流量記録下限警報	FRA-3361
	冷却水温度記録計	TR334.1
高放射性廃液貯槽 (272V34)	温度記録上限警報	TRA+34.1
		TRA+34.2
		TRA+34.3
	液位記録計	LR34.1.1
	圧力上限警報	PA+34.2
	冷却水流量記録下限警報	FRA-3461
	冷却水温度記録計	TR344.1
高放射性廃液貯槽 (272V35)	温度記録上限警報	TRA+35.1
		TRA+35.2
		TRA+35.3
	液位記録計	LR35.1.1
	圧力上限警報	PA+35.2
	冷却水流量記録下限警報	FRA-3561
	冷却水温度	TR354.1

高放射性廃液貯槽 (272V36)	温度記録上限警報	TRA+36. 1
		TRA+36. 2
		TRA+36. 3
	液位記録計	LR36. 1. 1
	圧力上限警報	PA+36. 2
	冷却水流量記録下限警報	FRA-3661
	冷却水温度記録計	TR364. 1
建家及びセル換気系	負圧警報装置	dPA-103. 3
		dPA-105. 3
セル等	漏洩検知装置	LA+001
		LA+002
		LA+003
		LA+004
		LA+005
		LA+006
		LA+007
		LA+008
		LA+009
		LA+010
		LA+011
		LA+012
		FA+201
FA+202		

ガラス固化技術開発施設 (TVF)

受入槽 (G11V10)	温度指示上限警報	G11TIA+10. 2
	液位指示上限警報	G11LIA+10. 3
回収液槽 (G11V20)	温度指示上限警報	G11TIA+20. 2
	液位指示上限警報	G11LIA+20. 2
濃縮器 (G12E10)	温度指示上限警報	G12TIA+10. 2
	液位指示上限警報	G12LIA+10. 4
	圧力指示上限警報	G12PIA+10. 2
濃縮液 (G12V12)	温度指示上限警報	G12TIA+12. 2
	液位指示上限警報	G12LIO-A+12. 2
濃縮液供給槽 (G12V14)	温度指示上限警報	G12TIA+14. 2
	液位指示上限警報	G12LI14. 3
濃縮液槽 (G71V22)	温度指示上限警報	G71TIA+22. 2
	液位指示上限警報	G71LIO+-22. 1

冷却水系	冷却水流量指示下限警報	G83FIA-32
		G83FIA-42
建家及びセル換気系	負圧警報装置	G07dPA+07.1
		G07dPA-07.2
		G07dPA-003.2
		G07dPA-004.2
		G07dPA-005.2
		G07dPA-006.2
		G07dPA-007.2
		G07dPA-101.2
		G07dPA-102.2
		G07dPA-103.2
		G07dPA-018.2
		G07dPA-028.2
		G07dPA-122.2
		G07dPA-221.2
		G07dPA-311.2
		G07dPA-116.2
		G07dPA-211.2
G07dPA-144.2		
G07dPA-240.3		
G07dPA-240.2		
セル等	漏洩検知装置	G04LA+001a
		G04LA+001b
		G04LA+003
		G04LA+004
		G04LA+005
		G04LA+006
		G04LA+007
		G04LA+102
		G04LA+013
		G04LA+014
		G04LA+015
		G04LA+016
		G04LA+026
固化セル	圧力上限緊急操作	G43PP+001.7

<p>再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則</p>	<p>国立研究開発法人日本原子力研究開発機構核燃料サイクル工学研究所（再処理施設）の廃止措置計画における安全対策の検討での対応方針</p>
<p>(制御室等)</p> <p>第二十条 再処理施設には、次に掲げるところにより、制御室（安全機能を有する施設に属するものに限る。以下この条において同じ。）を設けなければならない。</p> <p>一 再処理施設の健全性を確認するために必要なパラメータを監視できるようにすること。</p> <p>二 主要な警報装置及び計測制御系統設備を有するものとする。</p> <p>三 再処理施設の外の状況を把握する設備を有するものとする。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第1項に規定する「制御室」とは、運転時においては、放射線業務従事者が施設の運転又は工程等の管理を行い、事故時においては、放射線業務従事者が適切な事故対策を講じる場所をいう。なお、1箇所である必要はない。</p> <p>2 第1項第1号に規定する「必要なパラメータを監視できる」とは、計測制御系統施設で監視が要求されるパラメータのうち、連続的に監視する必要があるものを制御室で監視できることをいう。</p> <p>3 第1項第3号に規定する「再処理施設の外の状況を把握する設備」とは、制御室から、再処理施設に影響を及ぼす可能性のある自然現象等を把握できる設備のことをいう。</p>	<p>(第1項)</p> <p>核燃料サイクル工学研究所（再処理施設）では、高放射性廃液を取扱う施設である高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟に制御室を設けている。</p> <p>なお、高放射性廃液貯蔵場（HAW）は制御室を設けているが、高放射性廃液の貯蔵施設であり通常時は運転員が制御室に常駐していないことから、分離精製工場（MP）の中央制御室に常駐している運転員が定期的（2時間に1度）に巡視し、必要なパラメータを監視する運用としている。</p> <p>(第一号)</p> <p>高放射性廃液貯蔵場（HAW）の健全性を確認するために必要な安全機能を有する計測制御系統設備のパラメータのうち、連続的に監視する必要があるものを高放射性廃液貯蔵場（HAW）制御室の主制御盤により監視できる。また、ガラス固化技術開発施設(TVF)の健全性を確認するために必要な安全機能を有する計測制御系統設備のパラメータのうち、連続的に監視する必要があるものをガラス固化技術開発施設(TVF)制御室の工程制御装置により監視できる。以下に、各制御室において連続的に監視する対象としているパラメータを示す。</p> <p>高放射性廃液貯蔵場（HAW）制御室</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高放射性廃液貯槽（272V31～36）の温度、液位、圧力 ・冷却水の流量、温度 ・換気系の負圧

	<p>ガラス固化技術開発施設(TVF)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高放射性廃液を内包する機器（受入槽 G11V10、回収液槽 G11V20、濃縮器 G12E10、濃縮液槽 G12V12、濃縮液供給槽 G12V14、中放射性廃液蒸発缶 G71E20、濃縮液槽 G71V22）の温度、液位、圧力 ・冷却水の流量、温度 ・換気系の負圧 <p>（第二号）</p> <p>主要な警報装置及び計測制御系統設備として、高放射性廃液貯蔵場(HAW)制御室には主制御盤を、ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室には工程監視盤及び工程制御装置を、分離精製工場（MP）中央制御室には高放射性廃液貯蔵場（HAW）の代表警報を設けている。</p> <p>（第三号）</p> <p>運転員が常駐している分離精製工場（MP）屋上に津波監視カメラを設置しており、分離精製工場（MP）制御室から再処理施設に影響を及ぼす可能性のある自然現象等（地震、津波、竜巻、外部火災等）について把握することができる。ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室については、津波監視カメラを設置していないため、自然現象等の発生時に分離精製工場（MP）中央制御室での自然現象等の監視状況を共有できる設備を設けるとともに、ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟屋上に設置している屋外監視カメラを利用し、外部の監視を行う方針とする。</p> <p>また、運転員が常駐している分離精製工場（MP）中央制御室及びガラス固化技術開発施設(TVF)制御室に、気象観測設備及び公的機関等から気象情報を入手できる設備（ラジオ、電話等）を配備している。</p>
--	---

<p>2 分離施設、精製施設その他必要な施設には、再処理施設の健全性を確保するために必要なパラメータを監視するための設備及び再処理施設の安全性を確保するために必要な操作を手動により行うことができる設備を設けなければならない。</p>	<p>(第2項)</p> <p>高放射性廃液貯蔵場(HAW)制御室には、再処理施設の健全性を確保するために必要なパラメータを監視するための設備及び再処理施設の安全性を確保するために必要な操作を手動により行うことができる設備として主制御盤を配備している。</p> <p>ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室には、再処理施設の健全性を確保するために必要なパラメータを監視するための設備及び再処理施設の安全性を確保するために必要な操作を手動により行うことができる設備として工程監視盤及び建家監視盤を設置している。</p>
<p>3 設計基準事故が発生した場合に再処理施設の健全性を確保するための措置をとるため、従事者が支障なく制御室に入り、又は一定期間とどまり、かつ、当該措置をとるための操作を行うことができるよう、次の各号に掲げる場所の区分に応じ、当該各号に定める設備を設けなければならない。</p> <p>一 制御室及びその近傍並びに有毒ガスの発生源の近傍 工場等内における有毒ガスの発生を検知するための装置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に制御室において自動的に警報するための装置</p> <p>二 制御室及びこれに連絡する通路並びに運転員その他の従事者が制御室に出入するための区域 遮蔽壁その他の適切に放射線から防護するための設備、気体状の放射性物質及び制御室外の火災又は爆発により発生する有毒ガスに対し、換気設備を隔離するための設備その他の従事</p>	<p>(第3項)</p> <p>高放射性廃液貯蔵場(HAW)制御室及びガラス固化技術開発施設(TVF)制御室及びこれらに連絡する通路並びに運転員その他の従事者が制御室に出入するための区域には、重大事故が発生した場合に再処理施設の健全性を確保するための措置がとれるよう、以下の設計及び措置を講じる。</p> <p>(第一号)</p> <p>重大事故が発生した場合に、高放射性廃液貯蔵場(HAW)制御室及びガラス固化技術開発施設(TVF)制御室に入ることができるよう複数の通路を設けている。</p> <p>高放射性廃液貯蔵場(HAW)制御室及びガラス固化技術開発施設(TVF)制御室の遮蔽(建屋内壁)は、各制御室を内包する建家と一体構造であり、セ</p>

者を適切に防護するための設備

(解釈)

- 1 第3項に規定する「従事者が支障なく制御室に入り、又は一定期間とどまり」とは、事故発生後、事故対策操作をすべき従事者が制御室に接近できるよう通路が確保されていること及び従事者が制御室に適切な期間滞在できること並びに従事者が交代のため接近する場合においては、放射線レベルの減衰及び時間経過とともに可能となる被ばく防護策を採り得ることをいう。「当該措置をとるための操作を行うことができる」には、有毒ガスの発生に関して、有毒ガスが制御室の運転員に及ぼす影響により、運転員の対処能力が著しく低下し、安全施設の安全機能が損なわれることがないように、有毒ガスの発生時において、制御室の運転員の吸気中の有毒ガス濃度を有毒ガス防護のための判断基準値以下とすることを含む。
- 2 第3項第1号に規定する「有毒ガスの発生源」とは、有毒ガスの発生時において、運転員の対処能力が損なわれるおそれがあるものをいう。「工場等内における有毒ガスの発生」とは、有毒ガスの発生源から有毒ガスが発生することをいう。「工場等内における有毒ガスの発生を検知するための装置及び当該装置が有毒ガスの発生を検出した場合に制御室において自動的に警報するための装置」については「有毒ガスの発生を検出し警報するための装置に関する要求事項（別記4）」によること。

ル内で重大事故が発生した場合であっても、運転員が過度の被ばくを受けることはない。重大事故の事象進展により、外気が放射性物質に汚染された場合等の外部からの放射線への対策については、今後、事故対処の有効性評価に係る検討結果を踏まえ、詳細を検討することとする。

「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」に従い、再処理施設の敷地内の固定源及び可動源について調査を実施する。固定源及び可動源の有毒化学物質の性状・保管状況に基づき整理し、有毒ガスの発生源の有無について調査を実施する。調査の結果、有毒ガス発生の検出が必要となった場合は、運転員が常駐している分離精製工場(MP)中央制御室及びガラス固化技術開発施設(TVF)制御室に有毒ガスの発生を検知するための装置を設置し、制御室外で火災又は爆発等の異常事態が生じ、有毒ガスの発生を検知した場合に制御室において自動的に警報するための装置を設置するとともに空気呼吸器等の保護具を配備する方針とする。

なお、再処理施設の敷地外で火災又は爆発等の異常事態が発生した場合については、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」に基づき実施した影響評価により、森林火災、近隣工場火災等に起因するばい煙及び有毒ガス(CO、CO₂、NO₂、SO₂)が30分の暴露限界濃度であるIDLH(Immediately Dangerous to Life and Health)の値以下であることを確認しており、ばい煙及び有毒ガスを検知できる有毒ガス検知器・有毒ガス警報装置を設置するとともに、有毒ガスの発生を検知した場合に分離精製工場(MP)中央制御室及び高放射性廃液貯蔵場(HAW)制御室に滞在する運転員は30分以内に退避する。またガラス固化技術開発施設(TVF)制御室については換気系統の外気からの遮断を30分以内に実施するための手順を整備する。

(第二号)

制御室外で火災又は爆発等の異常事態が発生した場合、ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室は、運転員その他の従事者を放射性物質及び制御室外の火災又は爆発により発生する有毒ガスから防護するため、有毒ガスの発生を検知から30分以内に給気ダンパを閉止して外気との連絡口を遮断する手順及び実施体制を整備する。また、外気との遮断時の酸欠防止等を考慮して外気の入力の再開が可能な体制を整備する。

万一、火災又は爆発等により全動力電源喪失した場合に備え、可搬型の換気設備(可搬型ブロワ、フィルタ、ダクト)を配備する。ばい煙・有毒ガスが一時的に流入した場合は、可搬型の換気設備により制御室の内部循環されている空気を浄化できる構成とするとともに、制御室内の雰囲気(酸素濃度、二酸化炭素濃度)が悪化した場合は、フィルタを経由し外気を取り入れることができる設計とする。

また、分離精製工場(MP)中央制御室及び高放射性廃液貯蔵場(HAW)制御室については、換気システムの構造上、給気ダンパの閉止による外気との連絡口の遮断が困難なため、制御室で有毒ガス等による空気の汚染が生じた場合、運転員は退避することとする。その場合、高放射性廃液貯蔵場(HAW)制御室で監視することとしている必要なパラメータ及び警報についても監視継続できるよう、ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室で代替(補完)できる設備を設ける方針とする。また、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の制御室へ行く必要性や現場操作等が生じた場合に備え、空気呼吸器等の装備を配備する。

(制御室)

第四十四条 第二十条第一項の規定により設置される制御室には、重大事故が発生した場合においても運転員がとどまるために必要な設備を設けなければならない。

(解釈)

1 第四十四に規定する「運転員がとどまるために必要な設備」とは、以下に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を講じた設備をいう。

- 一 制御室用の電源（空調、照明他）は、代替電源設備からの給電を可能とすること。
- 二 重大事故が発生した場合の制御室の居住性について、以下に掲げる要件を満たすものをいう。
 - ① 本規定第 28 条に規定する重大事故対策のうち、制御室の運転員の被ばくの観点から結果が最も厳しくなる事故を想定すること。
 - ② 運転員はマスクの着用を考慮しても良い。ただし、その場合は、実施のための体制を整備すること。
 - ③ 交代要員体制を考慮しても良い。ただし、その場合は、実施のための体制を整備すること。
 - ④ 判断基準は、運転員の実行線量が 7 日間で 100mSv を超えないこと。

(第 1 項)

重大事故時に運転員がとどまることを想定しているガラス固化技術開発施設(TVF)制御室には、以下の設計及び措置を講じる。また、分離精製工場(MP)中央制御室には必要に応じて以下の資機材を配備する。

(第一号)

分離精製工場 (MP) 中央制御室及びガラス固化技術開発施設(TVF)制御室に、電池、バッテリー等により給電可能な可搬型の照明設備を配備している。また、ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室には、代替電源設備からの給電が可能な可搬型の換気設備を配備する方針である。なお、分離精製工場 (MP) 中央制御室及び高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 制御室については、換気系統の構造上、給気ダンプの閉止による外気との連絡口の遮断が困難であり、可搬型の換気設備を用いた制御室の居住性の確保ができないことから、運転員は退避することとする。

(第二号)

- ①重大事故対策においては、被ばくの観点から結果が最も厳しくなる高放射性廃液の蒸発乾固を想定し、方針を検討することとする。
- ②分離精製工場 (MP) 中央制御室及びガラス固化技術開発施設(TVF)制御室にマスク等の保護具を配備する方針とする。
- ③必要に応じて交代要員体制の導入を考慮する。
- ④今後、事故対処の有効性評価に係る検討において制御室に求められる機能を整理し、制御室にとどまる運転員の被ばく量や運転員がとどまるために必要な設備について検討していく。

<p>三 制御室の外側が放射性物質により汚染したような状況下において、制御室への汚染の持込みを防止するため、モニタリング及び作業服の着替え等を行うための区画を設けること。</p>	<p>(第三号)</p> <p>事故対処の有効性評価に係る検討結果を踏まえ、必要に応じて分離精製工場(MP)中央制御室及びガラス固化技術開発施設(TVF)制御室には、制御室への汚染の持込みを防止するため、モニタリング及び作業服の着替え等を行うための区画を設けることとする。</p>
---	--

ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室の安全対策工事の計画について

【概要】

○廃止措置計画変更認可申請(令和2年8月7日)で示した再処理施設の制御室の安全対策の基本的考え方に基づき、制御室に必要な対策を検討した結果を踏まえ、ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室については、外部火災を起因としたばい煙や有毒ガスへの対策として、環境測定用機器(酸素濃度計、二酸化炭素濃度計、有毒ガス検知器・有毒ガス警報装置)及び可搬型の換気設備(可搬型ブロワ、フィルタ、ダクト)の配備を計画している。

令和2年10月1日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

ガラス固化技術開発施設 (TVF) 制御室の安全対策工事の計画について

1. 概要

廃止措置段階にある再処理施設においては、リスクが特定の施設に集中しており、高放射性廃液に伴うリスクが集中する高放射性廃液貯蔵場 (HAW) と、長期的ではないものの分離精製工場等の工程洗浄や系統除染に伴う廃液処理も含めて一定期間使用するガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟については、安全対策を最優先で講じることとしている。高放射性廃液を取扱う施設に関連する制御室の安全対策として、想定される事象に対して制御室に求められる機能を整理した上で個々の制御室で対応できていないものについては、分離精製工場 (MP) 中央制御室、高放射性廃液貯蔵場 (HAW) 制御室及びガラス固化技術開発施設 (TVF) 制御室いずれかの制御室で機能を代替 (補完) して対処していくことを基本方針として必要な対策を検討している。

外部火災を起因としたばい煙や有毒ガスの発生に対する対策として、ガラス固化技術開発施設 (TVF) 制御室については、環境測定用機器 (酸素濃度計、二酸化炭素濃度計、有毒ガス検知器・有毒ガス警報装置) 及び空気呼吸器等を配備するとともに、給気ダンパの閉止操作によるばい煙や有毒ガスの流入防止措置、全動力電源喪失を想定した可搬型の換気設備 (可搬型ブロワ、フィルタ、ダクト) の配備により制御室の居住性を確保することを計画している。ガラス固化技術開発施設 (TVF) のガラス固化処理運転を令和 3 年度第 1 四半期に開始する予定であり、運転に影響を与えず速やかに安全性の向上を図ることを目的とし、既存設備の改造工事は実施せず可搬型の換気設備を配備する方針である。

TVF 制御室の換気対策の内容について、以下に示す。

2. 想定条件

TVF 制御室の換気対策について、以下を想定し対策を講じる。

- ・外部火災によるばい煙、有毒ガスの発生を想定する。
- ・ガラス固化技術開発施設 (TVF) ガラス固化技術開発棟における商用電源の喪失、非常用発電機による給電機能喪失、移動式発電機による給電機能喪失 (全動力電源喪失) を想定する。
- ・制御室に運転員がとどまる場合の居住性確保のための換気空調 (酸素濃度確保、二酸化炭素濃度確保、発熱除去) を想定する。

3. TVF 制御室の換気対策

- ・外部火災発生時には、制御室の入気・排気の弁を閉止し外気を遮断する。
- ・ガラス固化技術開発施設 (TVF) 制御室と空調機械室との間に敷設されている既設の換気ダクト部に可搬型の換気設備 (可搬型ブロワ、フィルタ、ダクト等) を接続し、制御室の内部循環換気を行う (図 1)。なお、可搬型の換気設備は予め組み立てた状

態で空調機械室に配備、保管しておくこととし、有事の際は、既設ダクトへの接続
治具の取付け及び仮設ダクトの接続のみを行う。

- ・ 制御室内に配備した環境測定用機器（酸素濃度計，二酸化炭素濃度計）により，制
御室内雰囲気悪化（酸素濃度低下，二酸化炭素濃度上昇）が生じた場合は，外気
の取入れを実施する。
- ・ 外気取入れを行う際は，制御室及び空調機械室に設置されている既設の搬入扉に入
気・排気用の接続パネル及び仮設ダクトを接続することで換気を行う（図2）。
- ・ 外気の入気系統には，外気がばい煙等で汚染していることを想定し，フィルタ（プ
レフィルタ，HEPA フィルタ）を設置する。
- ・ 本対策に使用する機器及び，制御室にとどまる運転員に起因する発熱量については，
制御室内にスポットクーラーを設置することで除去することが可能な設計とする。

4. 設備の仕様

本対策に使用する機器については，以下の要求を満たすものとする。

・可搬型ブロワ

外部火災発生時に制御室に配備した有毒ガス検知器により有毒ガスを検知した場合には，制御室の入気・排気の弁を閉止し外気を遮断した上で内部循環換気を行う。外部火災発生時には，制御室に運転員が滞在することを想定し，制御室への入気・排気を停止し内部循環換気とした場合における酸素濃度下限管理値及び二酸化炭素濃度上限管理値（酸素濃度及び二酸化炭素濃度は法令で許容された範囲で管理することとし，鉱山保安法施行規則における値 酸素濃度下限管理値：19%，二酸化炭素濃度上限管理値：1%）に到達する時間を評価する。

制御室室内雰囲気が悪化（酸素濃度低下，二酸化炭素濃度上昇）した場合には，可搬型ブロワを用いた外気取入れを行う。可搬型ブロワは，制御室内の酸素濃度下限管理値及び二酸化炭素濃度上限管理値確保のために必要な換気風量（3000 m³/h）以上を有する設計とする。

・フィルタ

フィルタユニットの構成は，プレフィルタ，HEPA フィルタを基本とし，除去対象は粒子状物質とする。配備するフィルタユニットについては，可搬型換気設備の内部循環換気時ならびに外気取入れ時のいずれにおいても共用できる構成とし，設備の小型化を図る。なお，万一，外気が放射性物質により汚染されている状況下において，制御室内雰囲気の悪化（酸素濃度低下，二酸化炭素濃度上昇）が生じ外気取入れが必要になった場合に備え，フィルタユニットにはチャコールフィルタを追加で取付け可能な設計とする。フィルタへの放射性物質等の蓄積やフィルタの交換については，今後，事故対処の有効性評価に係る検討の結果を反映していく。

・可搬型ダクト

ダクトは可搬型のフレキシブルダクト（400A）とする。可搬型ダクトを既設の換気ダクト並びに搬入扉へ接続する際は、既存の開口部（既設ダクト点検口等）に取付け用治具を設置し、接続する設計とし、既存の設備の改造工事は実施しない方針とする。

- 取付け用治具

可搬型ダクトを既設ダクトに接続する際は、まず取付け用治具を既設ダクト点検口に固定し、その後可搬型ダクトを接続する設計とする。可搬型ダクトを既設搬入扉に接続する際は、接続パネルを搬入扉に取り付けた後、可搬型ダクトを接続する設計とする。なお、接続パネルを既設搬入扉に接続する際は、一時的に搬入扉が開放状態となることから、外部火災の発生や有毒ガスの発生を確認した場合は、事前に接続パネルを取付けておく運用とする。万一、取付けが間に合わない場合に備え、接続パネルの取付け作業中の外気の流入を低減させるようグリーンハウス等の資材も併せて配備する。

- スポットクーラー

制御室に滞在する事故対策要員ならびに本対策に使用する機器等からの発熱量に対し、御室換気用仮送風機を用いた換気による除熱量を加味し、十分な除熱性能（冷房能力：約 4.6 kW）を有するスポットクーラーを制御室に配備する。

- その他

再処理施設の敷地外で火災又は爆発等の異常事態が発生した場合については、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」に基づき実施した影響評価により、森林火災、近隣工場火災等に起因するばい煙及び有毒ガス（CO、CO₂、NO₂、SO₂）を検知できる有毒ガス検知器・有毒ガス警報装置を設置するとともに、有毒ガスの発生を検知した場合に退避、換気系統の外気からの遮断を実施するための手順を整備することとしている。

再処理施設の敷地内の有毒ガスの発生源については、「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」に従い調査を実施し、想定される有毒ガスに対する有毒ガス検知器・有毒ガス警報装置の設置及び空気呼吸器の配備等の対策を講じる方針とする。

なお、今後、事故対処の有効性評価に係る検討において制御室に求められる機能が追加された場合は適宜、反映していく。

以上

項目	内容
対策内容	<ul style="list-style-type: none"> ・制御室と空調機械室との間に敷設されている既設の換気ダクトに対し、可搬型設備（可搬型ブロワ、フィルタ、ダクト等）を接続し、TVF制御室の内部循環換気を行う。 ・内部循環系統についてもフィルタにより空気を浄化できる構成とする。

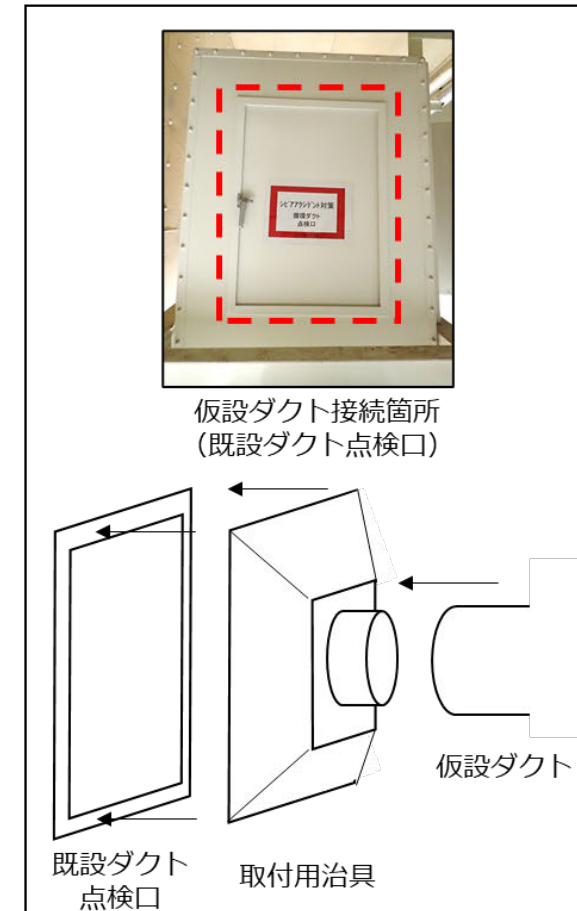
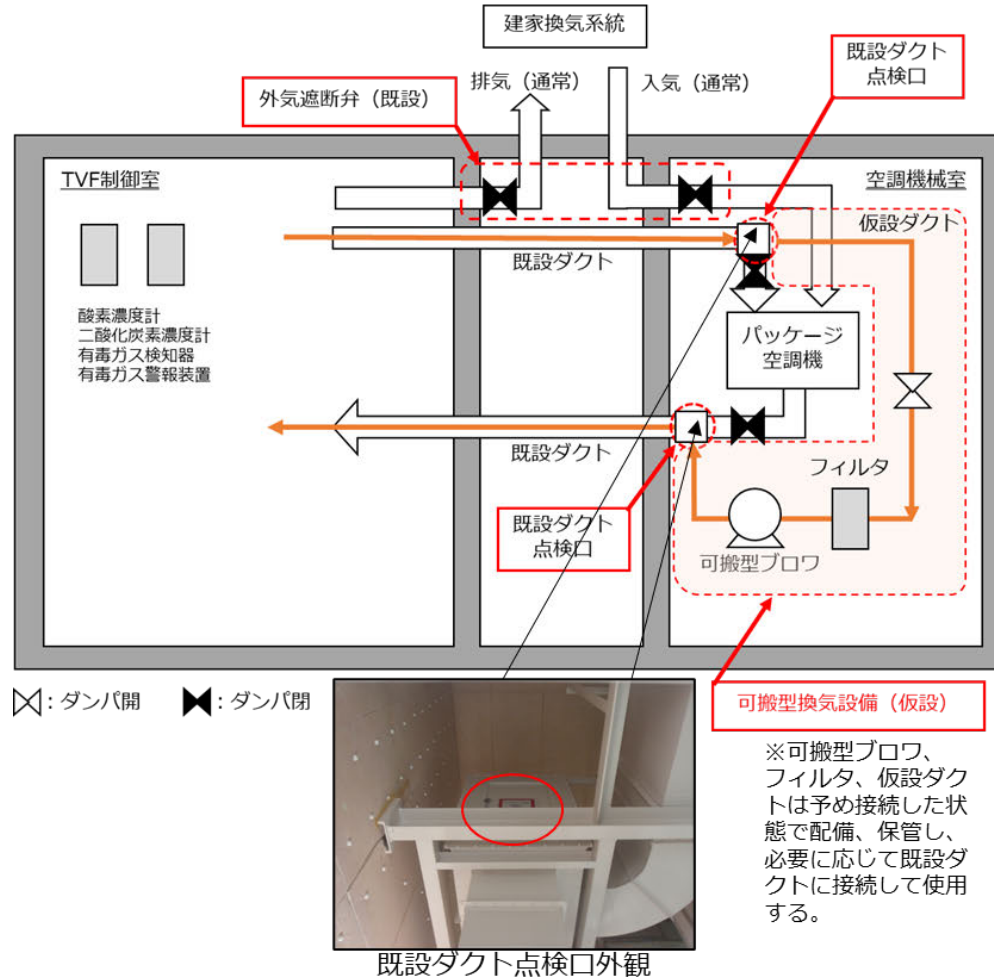


図 仮設ダクト接続 概略
(治具寸法：約670×470×350 mm、重量：約20～30 kg)

図1 TVF制御室換気系統概略図（内部循環換気時）

項目	内容
対策内容	<ul style="list-style-type: none"> ・入気、排気停止により制御室内の酸素濃度低下及び二酸化炭素濃度上昇が生じた場合、既設の搬入口に接続パネル及び可搬型設備（可搬型ブロフ、フィルタ、ダクト等）を接続し外気を入気する。 ・外気の入気系統にはばい煙等の除去のため、フィルタを設置する。 ・対策に使用する機器並びに人体等からの発熱量の除去を目的としてスポットクーラーを設置する。

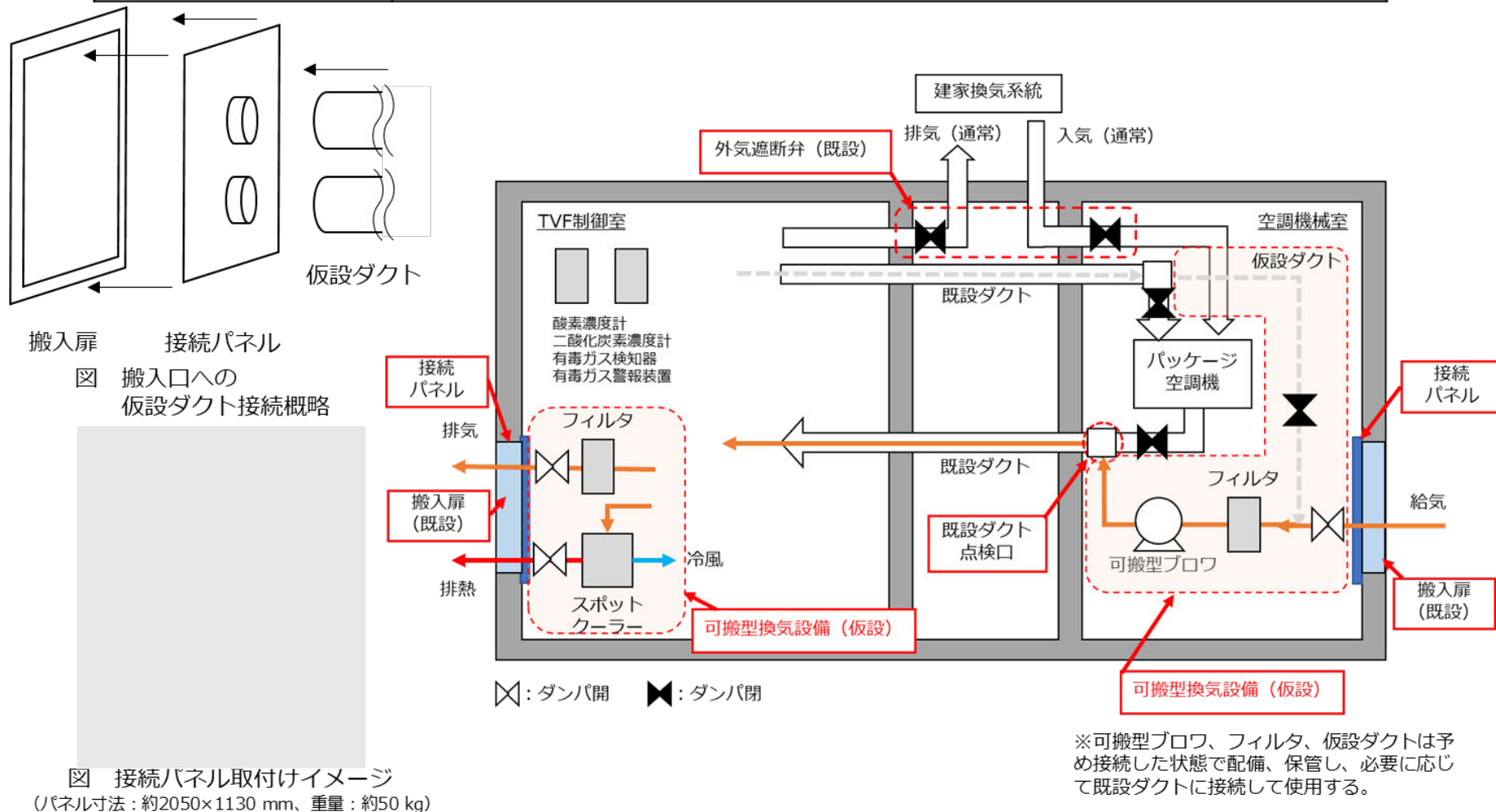


図 接続パネル取付けイメージ
 (パネル寸法: 約2050×1130 mm、重量: 約50 kg)

図2 TVF制御室換気系統概略図 (外気取入れ時)

再処理施設 主排気筒の耐震性について

【概要】

- 再処理施設の主排気筒(地上高さ 90 m)は、廃止措置計画用設計地震動に対して耐震性を確保するとして高放射性廃液貯蔵場(HAW)建家(地上高さ ■■■ m)及びガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟建家(地上高さ ■■■ m)に近い位置に設置されている。地震により主排気筒が倒壊した場合には、これらの施設の屋上に設置された高放射性廃液の崩壊熱除去機能を担う設備(冷却塔や二次冷却水系の配管等)への波及的影響が想定される。
- そのため、主排気筒に対しても廃止措置計画用設計地震動に対する耐震性を確保することとし、そのために必要な補強工事を実施する。
- 補強工事後の主排気筒について地震応答解析を行い、耐震性が確保できることを確認したことから、地震応答解析の結果及び耐震補強の工事の概要について示す。

令和2年10月1日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

主排気筒の地震応答計算書

1. 概要

本資料は、廃止措置計画用設計地震動に対して、主排気筒が耐震余裕を有することを説明するものである。

廃止措置計画用設計地震動は、令和2年2月10日付け原規規発第2002103号をもって認可された「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 核燃料サイクル工学研究所再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書」において策定した敷地の解放基盤表面における水平成分及び鉛直成分の地震動とする。策定した廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトルを図1-1から図1-3に、時刻歴波形を図1-4から図1-6に示す。解放基盤表面は、S波速度が0.7 km/s以上であるT.P.*-303 mとする。

※T.P. : 東京湾平均海面

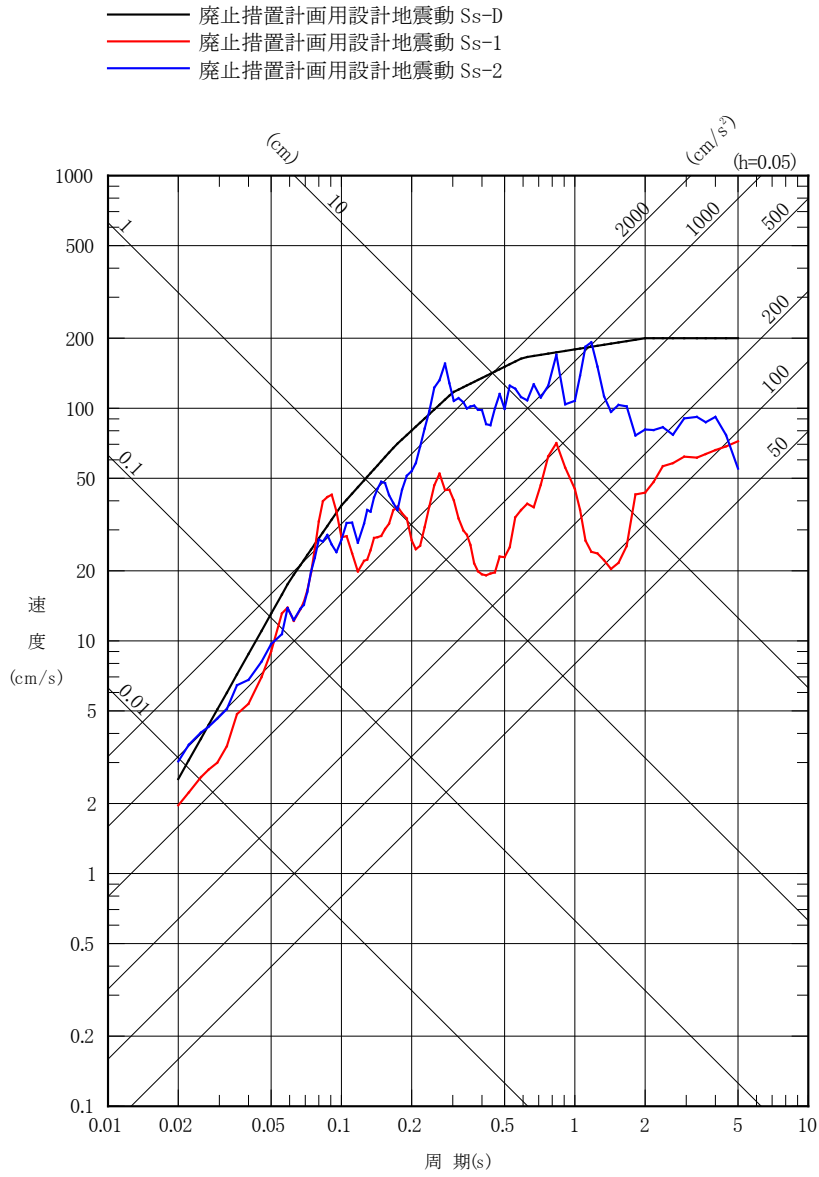


図 1-1 廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトル(NS 成分)

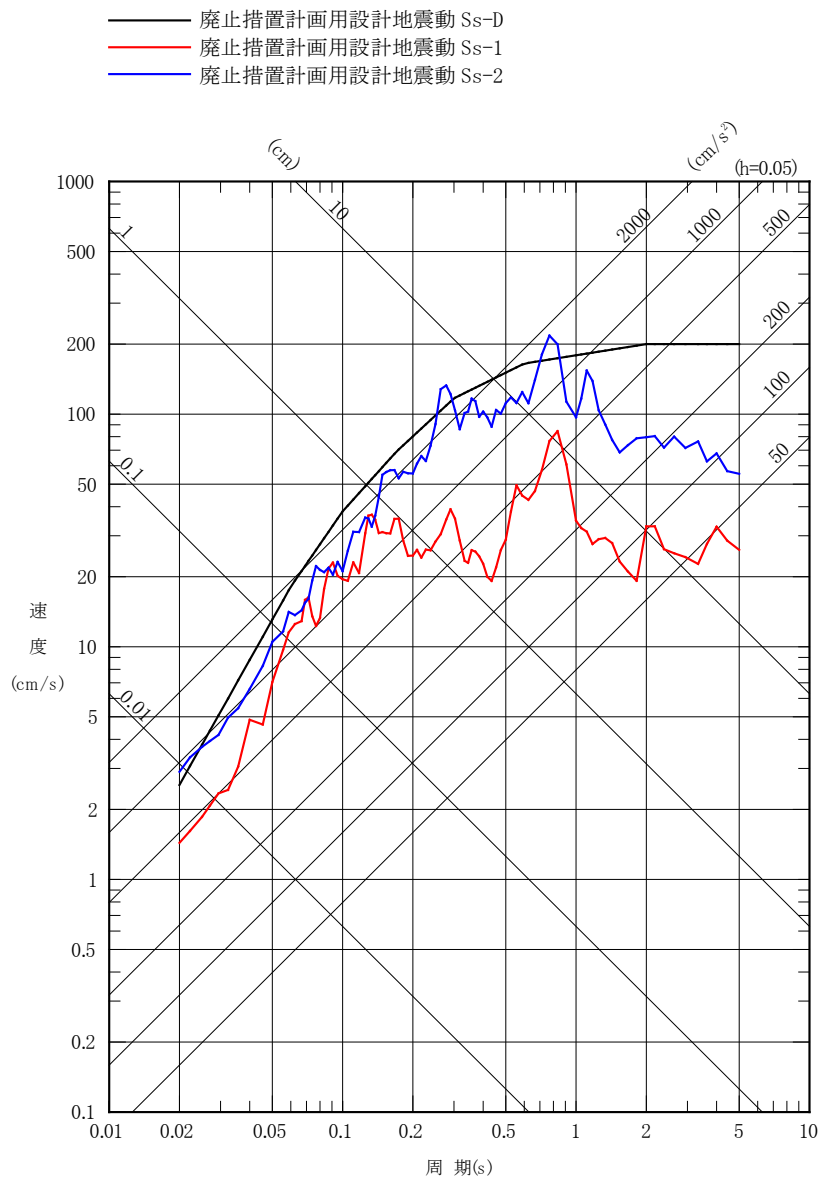


図 1-2 廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトル(EW成分)

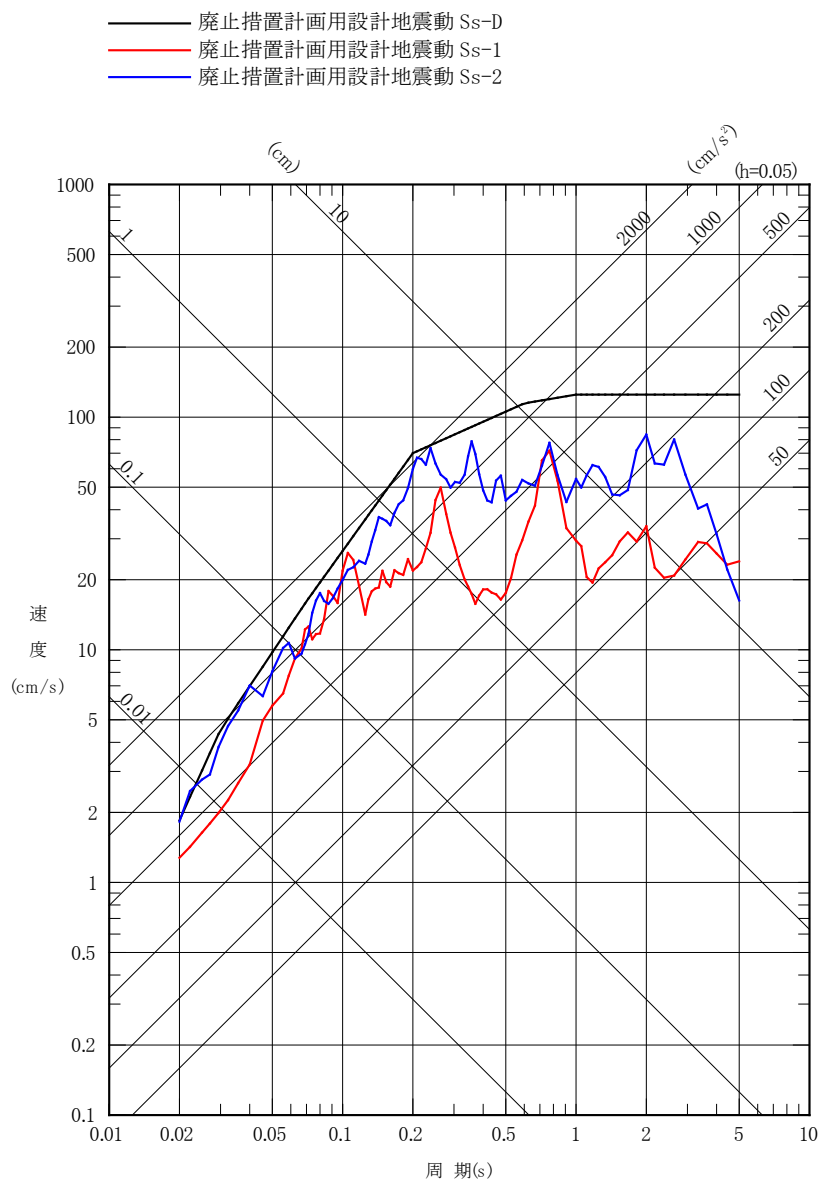
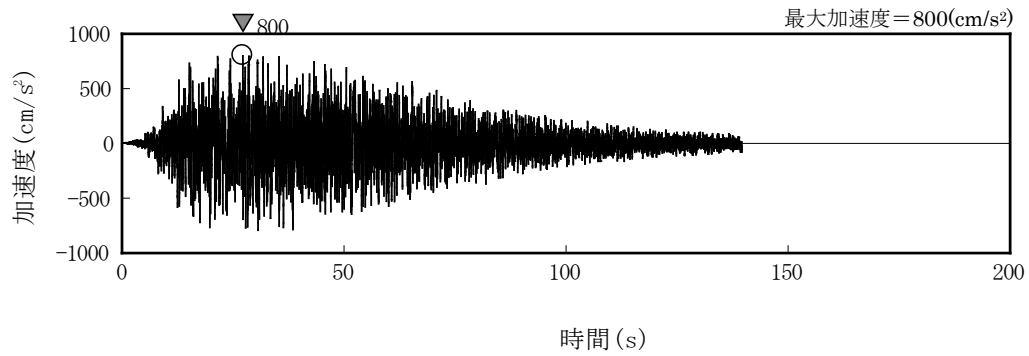
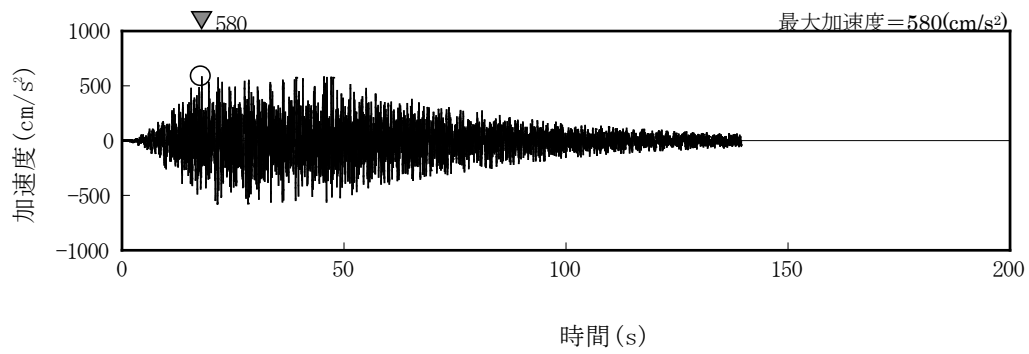


図 1-3 廃止措置計画用設計地震動の応答スペクトル(UD成分)

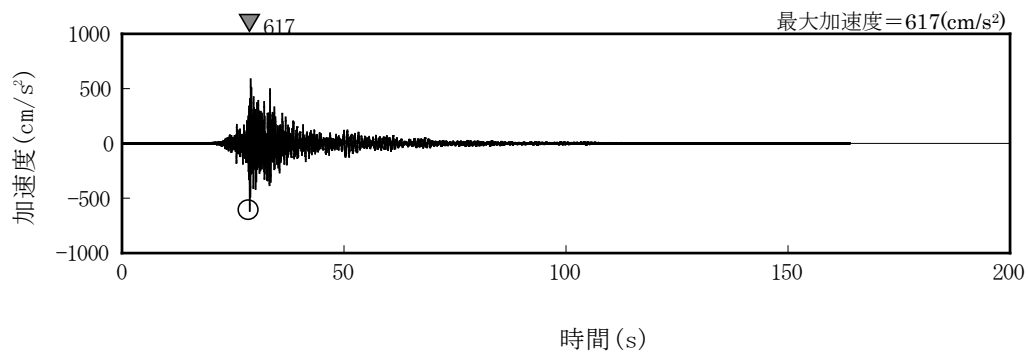


(水平成分)

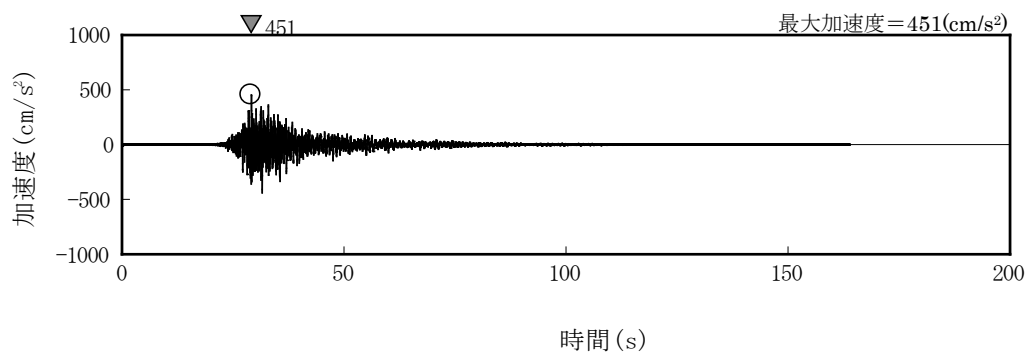


(鉛直成分)

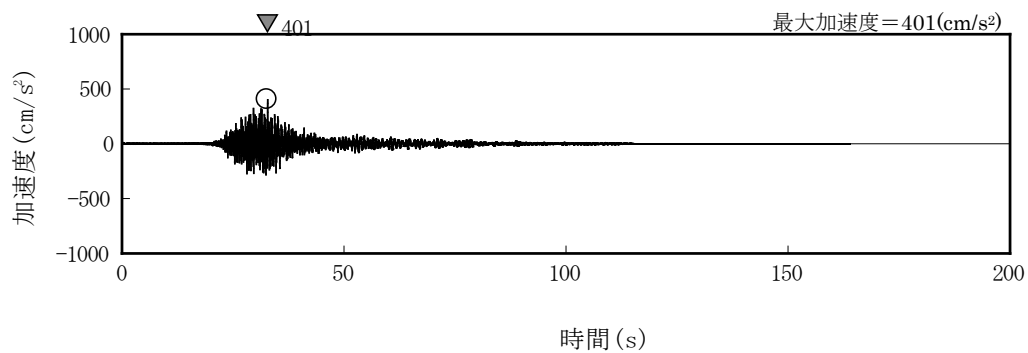
図 1-4 廃止措置計画用設計地震動 (Ss-D) の時刻歴波形



(NS 成分)

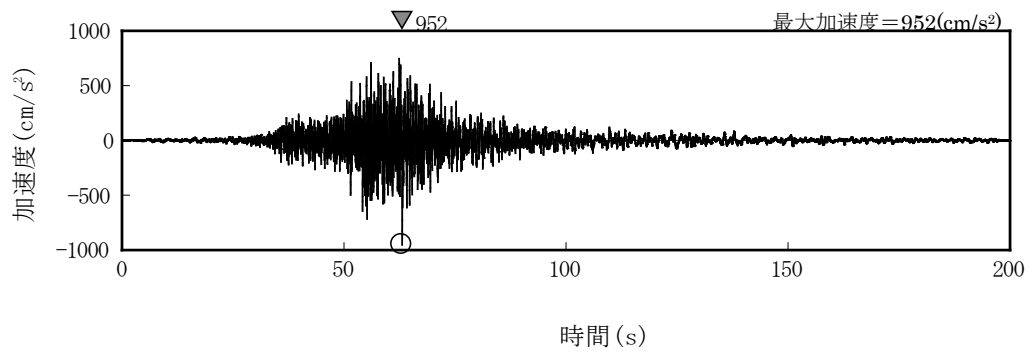


(EW 成分)

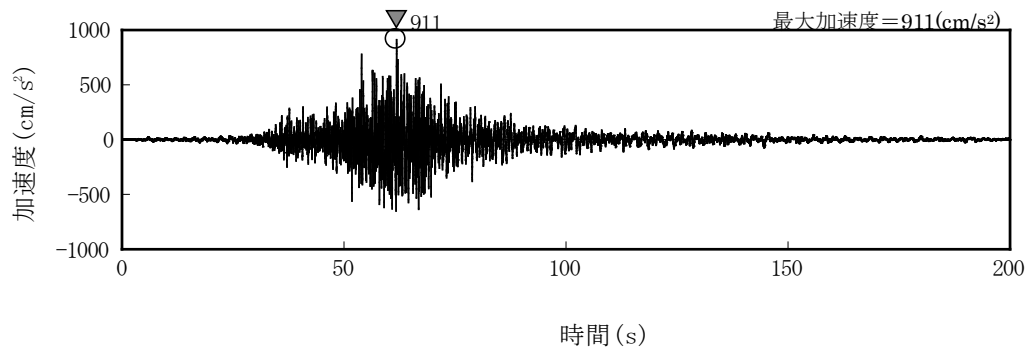


(UD 成分)

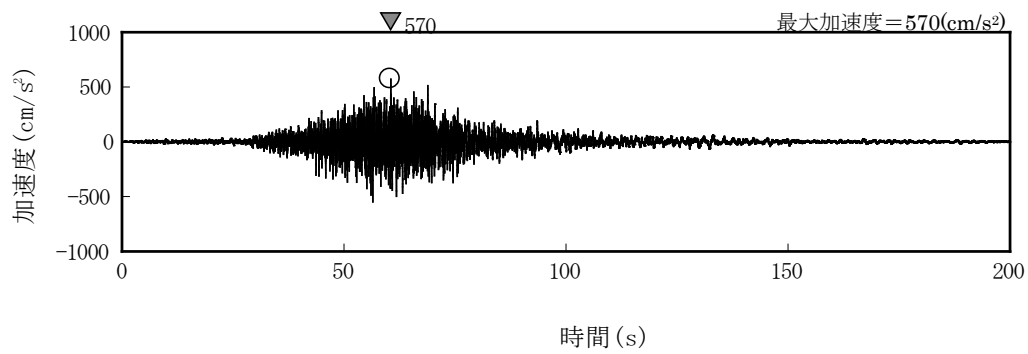
図 1-5 廃止措置計画用設計地震動 (Ss-1) の時刻歴波形



(NS 成分)



(EW 成分)



(UD 成分)

図 1-6 廃止措置計画用設計地震動 (Ss-2) の時刻歴波形

2. 一般事項

2.1 位置

主排気筒の位置を図 2-1 に示す。プラントノースと磁北方向の角度差は 35.7° である。

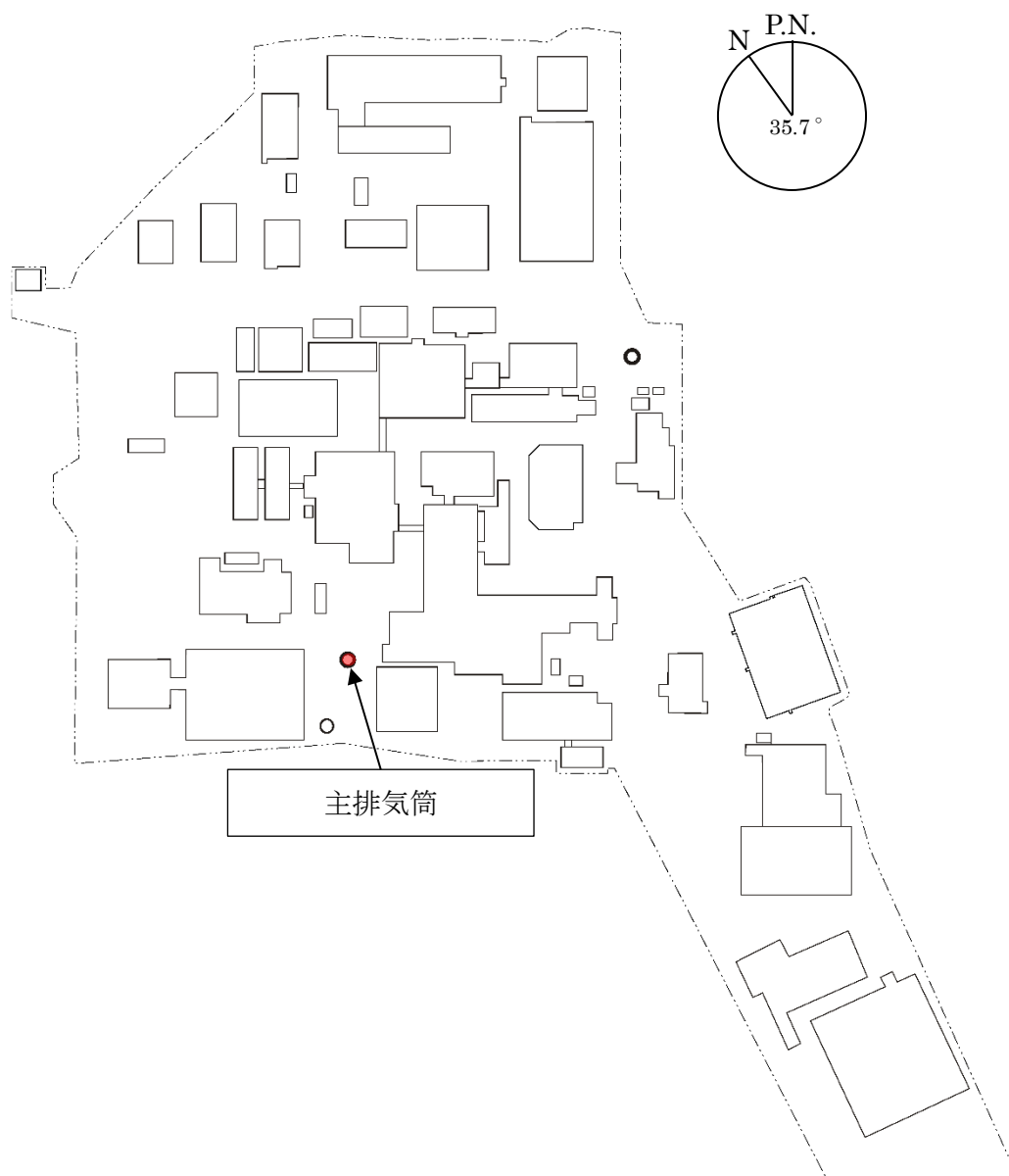


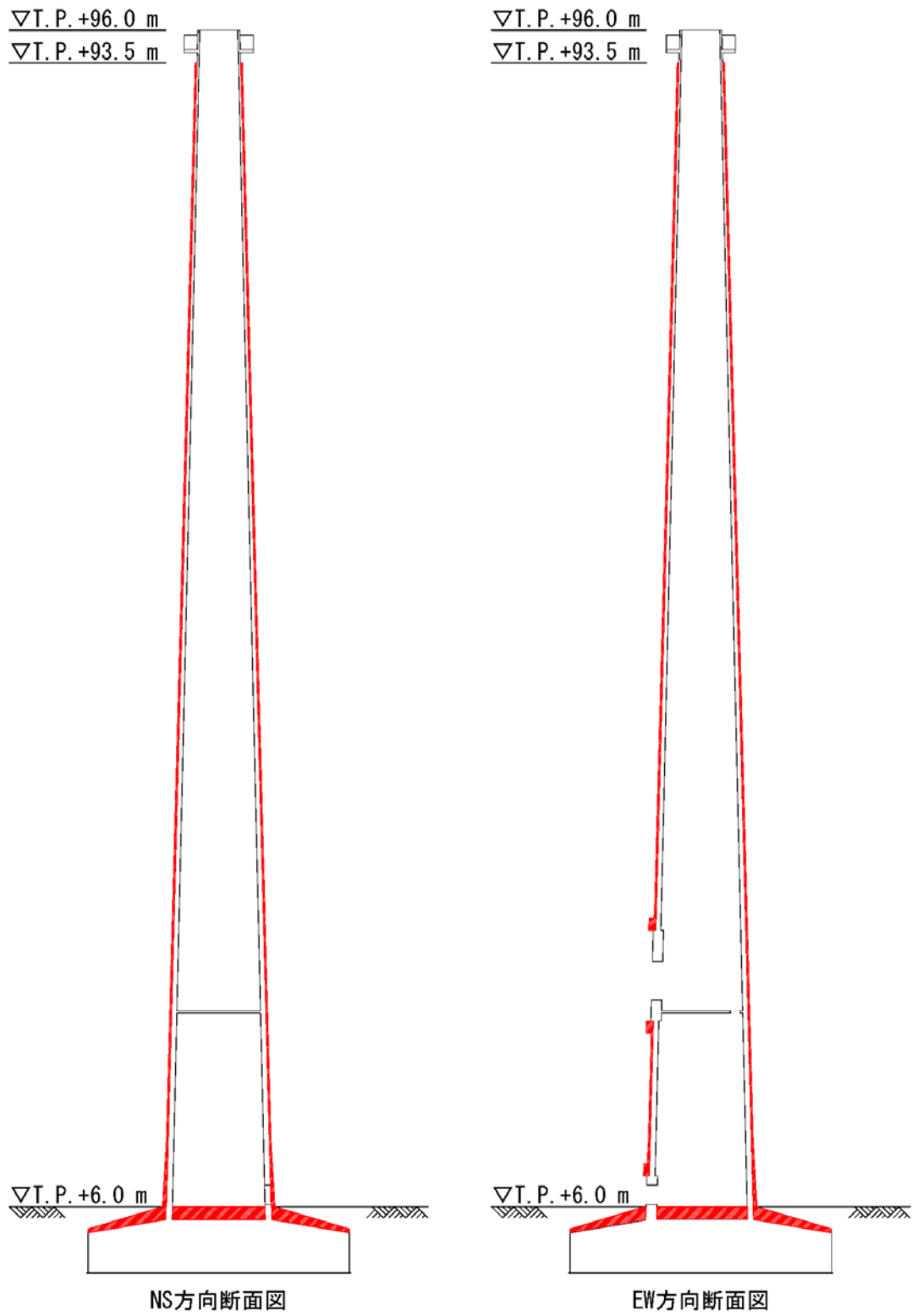
図 2-1 主排気筒の位置

2.2 構造概要

主排気筒は、筒身中央の外径約 5.9 m、地上高さ 90 m、基礎深さ 5 m の自立型の鉄筋コンクリート造排気筒である。基礎は、鉄筋コンクリート造のべた基礎とし、基礎地盤である久米層（砂質泥岩）に設置されている。

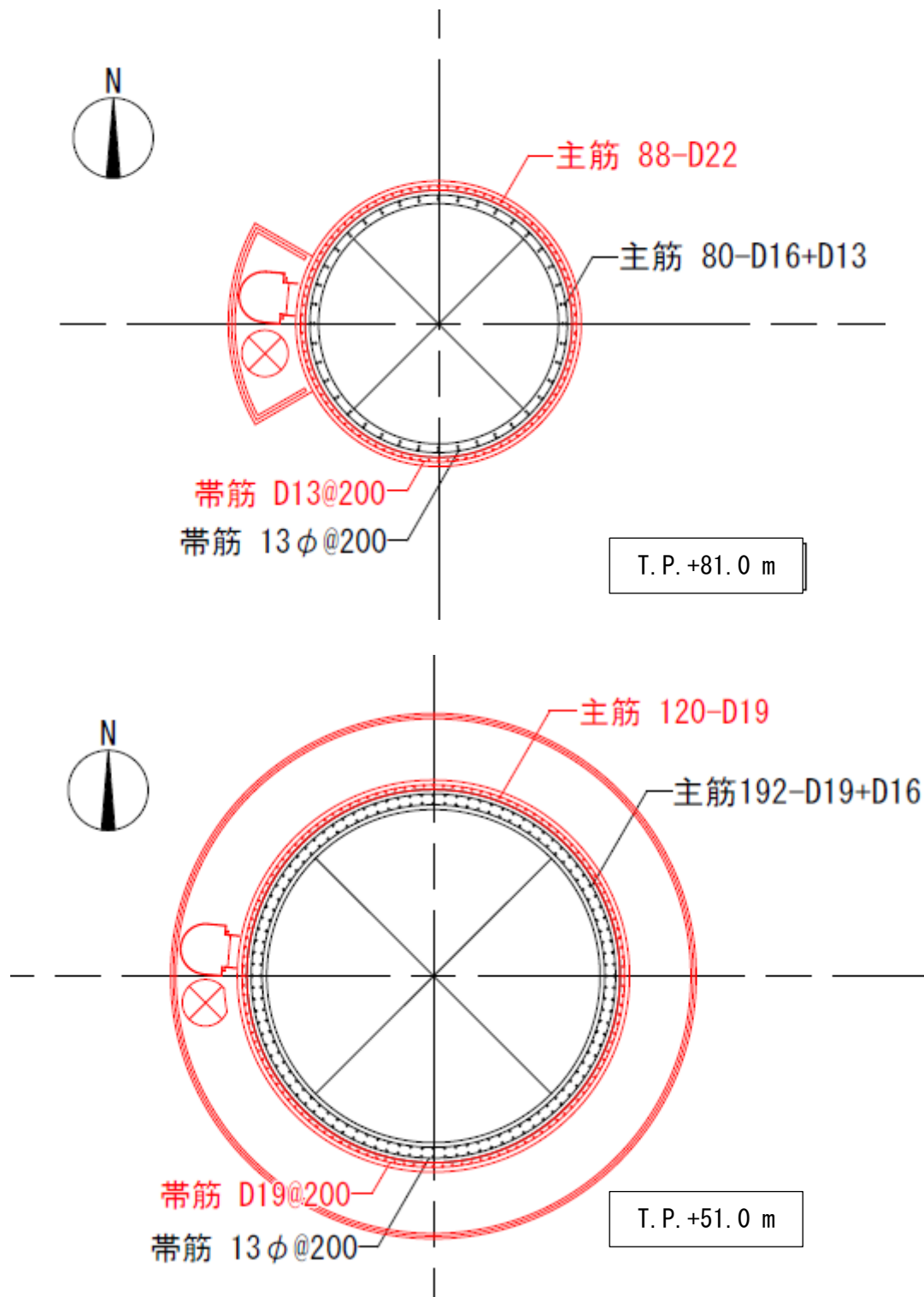
主排気筒の地震時における耐震性向上のため、筒身下部から地上高さ 87.5 m まで鉄筋コンクリートによる巻き立て補強を行う。

主排気筒の断面図を図 2-2、水平断面図を図 2-3 及び図 2-4 に示す。基礎地盤（久米層）の等高線図を図 2-5、断面図を図 2-6 に示す。



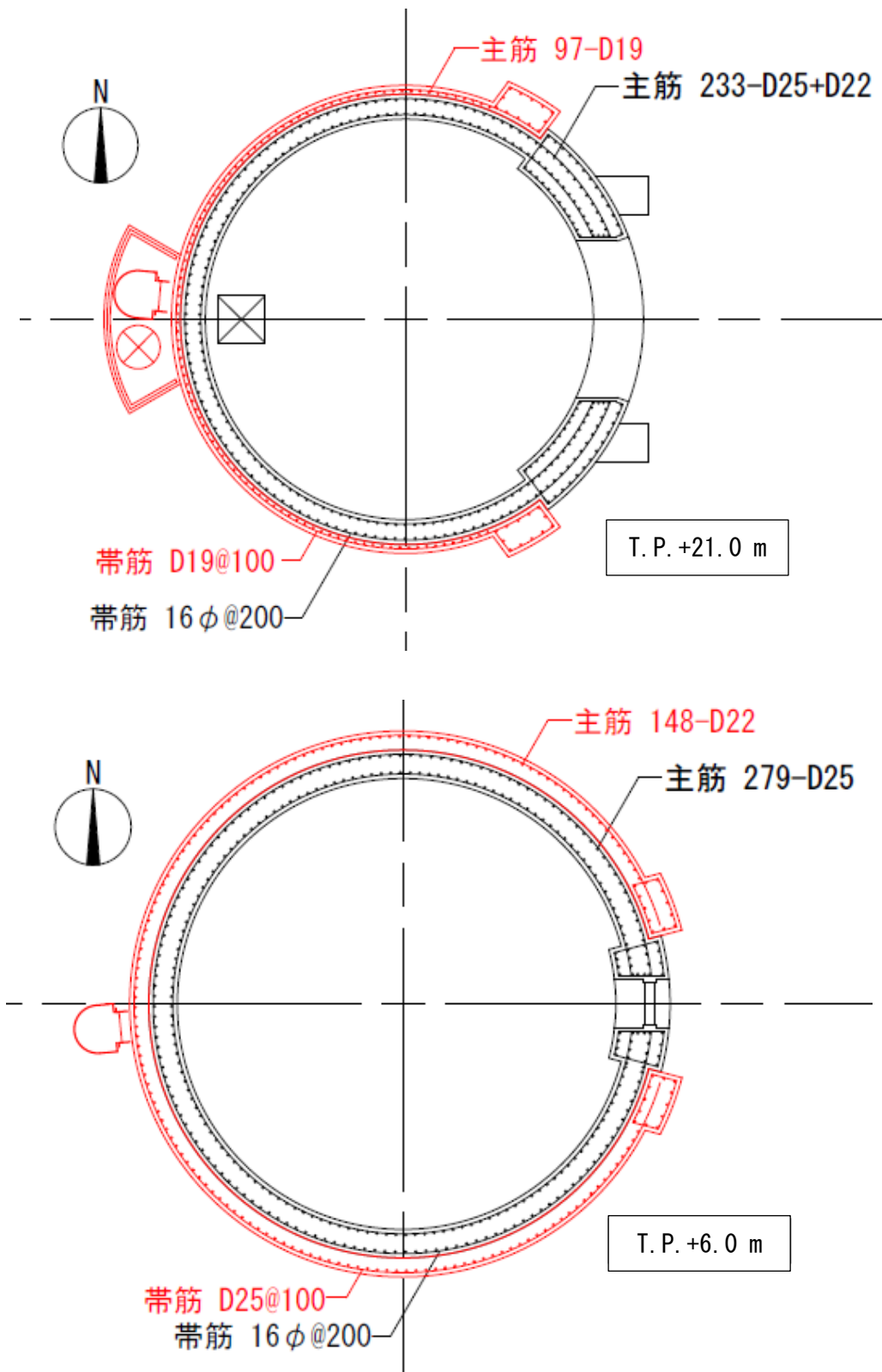
※赤線，赤字は補強部を示す。

図 2-2 断面図



※赤線，赤字は補強部を示す。

図 2-3 水平断面図



※赤線，赤字は補強部を示す。

図 2-4 水平断面図

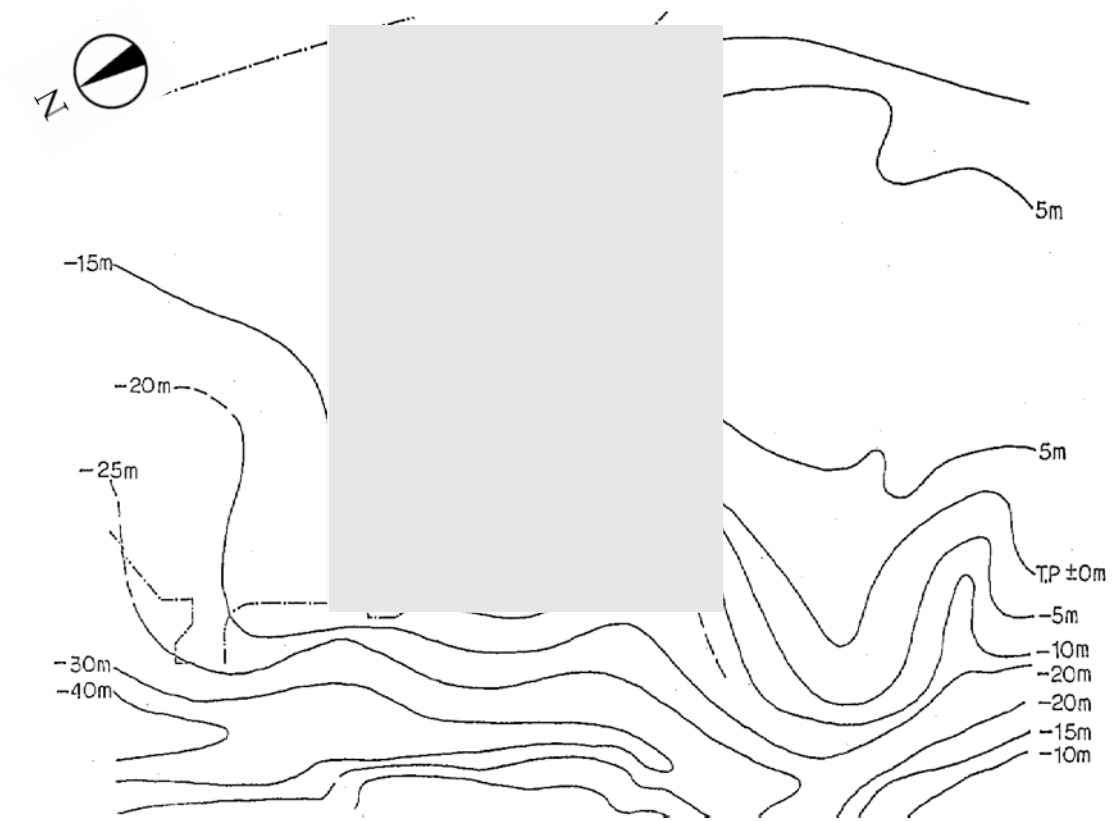


図 2-5 基礎地盤(久米層)の等高線図

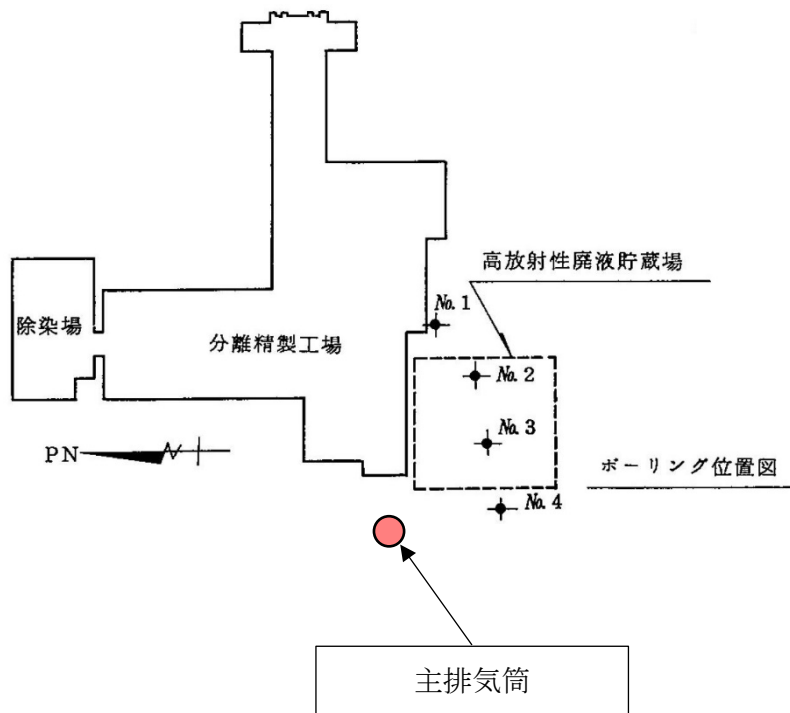
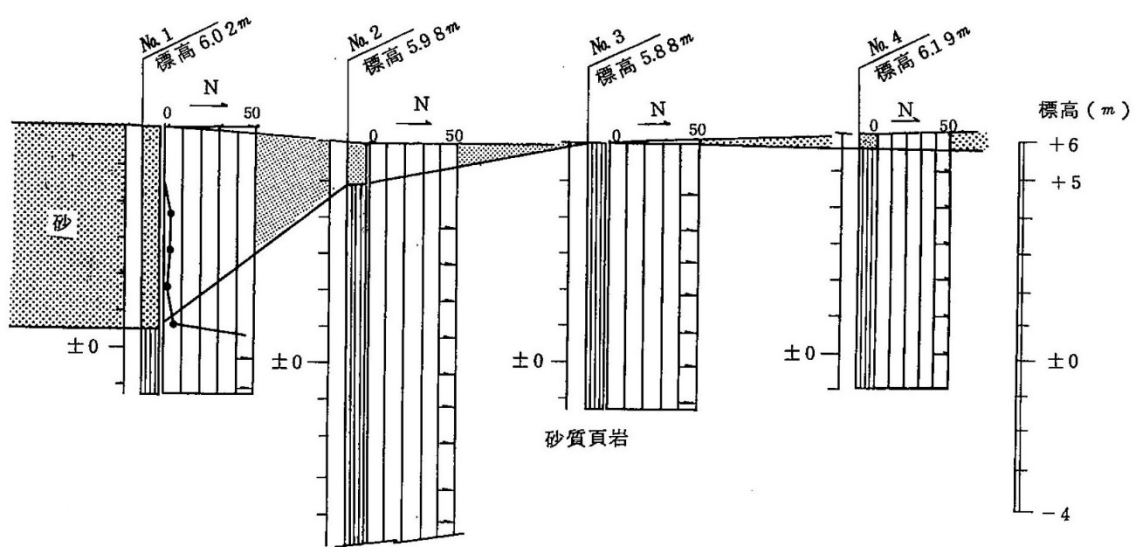


図 2-6 基礎地盤(久米層)の断面図

2.3 評価方針

主排気筒の評価は、廃止措置計画用設計地震動(以下「Ss」という。)による地震応答解析の結果に基づき実施する。

地震応答解析は、構築物の形状、構造特性等を考慮した質点系の解析モデルを水平方向及び鉛直方向ごとに設定し実施する。

地震応答解析の結果に基づいて接地率を算出し、基礎浮き上がりの評価法の適用範囲内であることを確認する。

筒身、基礎、接地圧については、発生応力を算出し、評価基準値を超えないことを確認する。

主排気筒の評価フローを図 2-7 に示す。

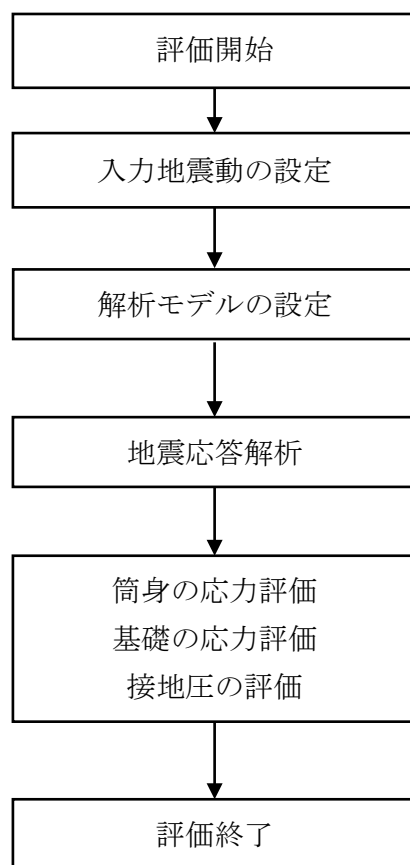


図 2-7 評価フロー

2.4 準拠規格・基準

主排気筒の地震応答解析において、準拠する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601) (日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC4601) (日本電気協会)
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会)
- ・ 煙突構造設計指針 (日本建築学会)
- ・ 既存鉄筋コンクリート造煙突の耐震診断指針・同解説 (日本建築防災協会)
- ・ 建築基礎構造設計指針 (日本建築学会)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会)

2.5 使用材料

2.5.1 使用材料

地震応答解析及び応力解析に用いるコンクリートの材料定数を表 2-1 に、鉄筋の材料定数を表 2-2 に、鉄筋コンクリートの単位体積重量を表 2-3 に示す。

表 2-1 コンクリートの材料定数

対象	設計基準強度 F _c (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
既設部	20.6	2.15×10 ⁴	0.2
補強部	21 [*]	2.15×10 ^{4*}	0.2

※本計算書における補強部の材料定数は既設部と同じ 20.6 N/mm²で評価する。

表 2-2 鉄筋の材料定数

対象	種類	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν
既設部	SD30A, SR24	2.05×10 ⁵	0.3
補強部	SD295A, SD345, SD390	2.05×10 ⁵	0.3

表 2-3 鉄筋コンクリートの単位体積重量

対象	単位体積重量 (kN/m ³)
既設部, 補強部	24.0

2.5.2 許容応力度及び材料強度

①コンクリート

コンクリートの許容応力度及び材料強度を表 2-4 に示す。

表 2-4 コンクリートの許容応力度及び材料強度（既設部及び補強部※）

		圧縮	せん断
Fc=20.6 N/mm ²	長期許容応力度 (N/mm ²)	6.9	0.69
	短期許容応力度 (N/mm ²)	13.7	1.03
	材料強度 (N/mm ²)	20.6	2.06

※補強部は Fc=21 N/mm²を使用するが、本計算書では既設部と同じ 20.6 N/mm²で評価する。

②鉄筋

鉄筋の許容応力度及び材料強度を表 2-5 及び表 2-6 に示す。

表 2-5 鉄筋の許容応力度及び材料強度（既設部）

	SD30A		SR24	
	引張 圧縮	せん断	引張 圧縮	せん断
長期許容応力度 (N/mm ²)	195	195	155	155
短期許容応力度 (N/mm ²)	295	295	235	235
材料強度 (N/mm ²)	295	295	235	235

※終局耐力評価時は材料強度の 1.1 倍を基準強度とする。

表 2-6 鉄筋の許容応力度及び材料強度（補強部）

	SD295A		SD345		SD390	
	引張 圧縮	せん断	引張 圧縮	せん断	引張 圧縮	せん断
長期許容応力度 (N/mm ²)	195	195	215	195	215	195
短期許容応力度 (N/mm ²)	295	295	345	345	390	390
材料強度 (N/mm ²)	295	295	345	345	390	390

※終局耐力評価時は材料強度の 1.1 倍を基準強度とする。

3. 入力地震動

3.1 水平方向の入力地震動

水平方向の入力地震動は、 S_s を解放基盤表面に入力して一次元波動論により算定した主排気筒の基礎底面位置での応答波とする。

NS 及び EW 方向での個別の地震動が定義されている S_{s-1} 及び S_{s-2} については、解放基盤表面への入力前に主排気筒の座標系に方位変換する。

算定に用いる地盤モデルは、当該敷地の地層等を考慮して設定された水平成層地盤とし、等価線形化法により地盤の非線形性を考慮する。

水平方向の入力地震動算定の概要を図 3-1 に、地盤の物性値を表 3-1 に、動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性を図 3-2 に示す。入力地震動の算定に使用する解析コードは「SHAKE（中電技術コンサルタント株式会社）」である。

S_s による地盤の地震応答解析結果を図 3-3 から図 3-7 に、主排気筒の基礎底面位置における水平方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-8 から図 3-10 に示す。

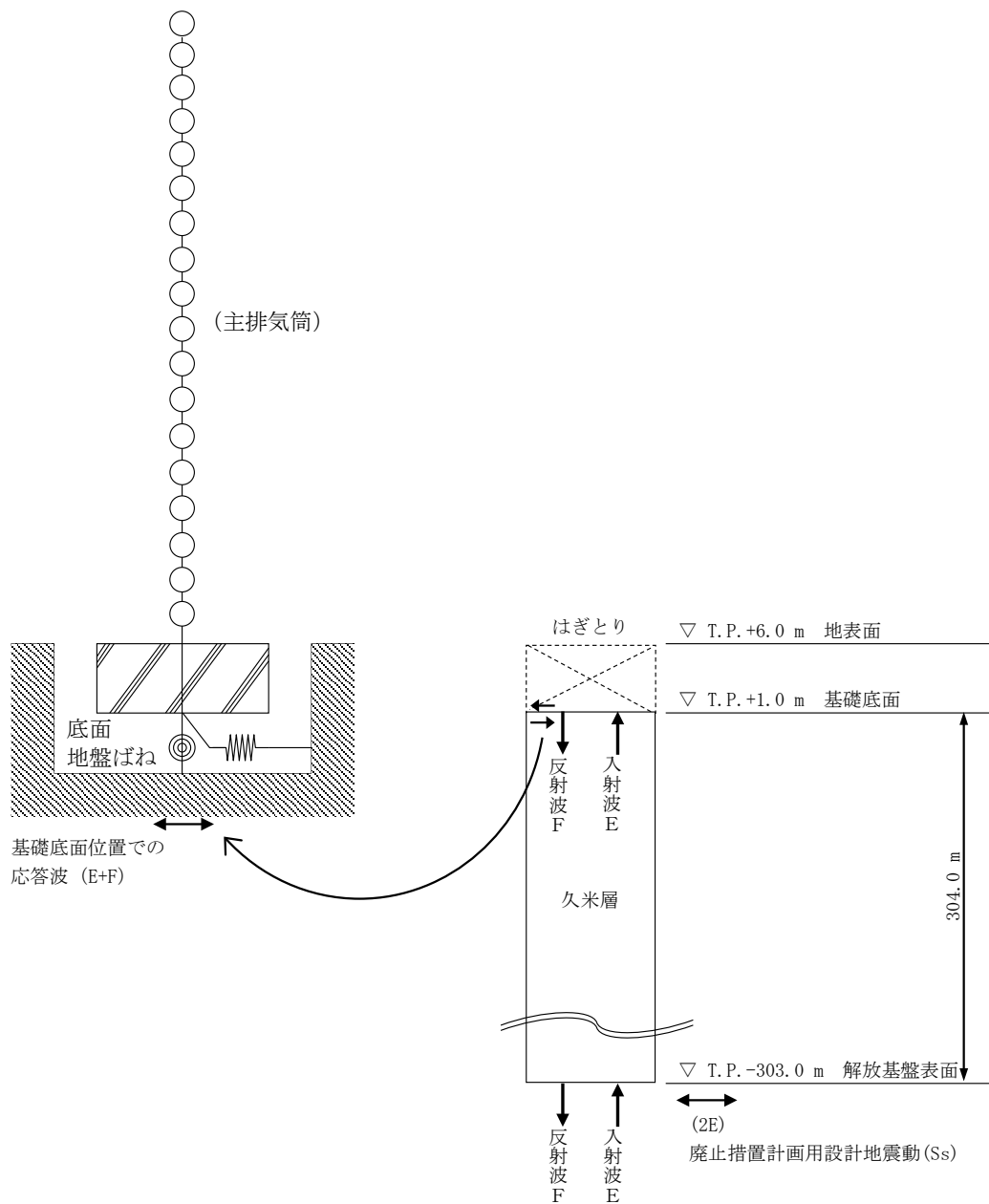
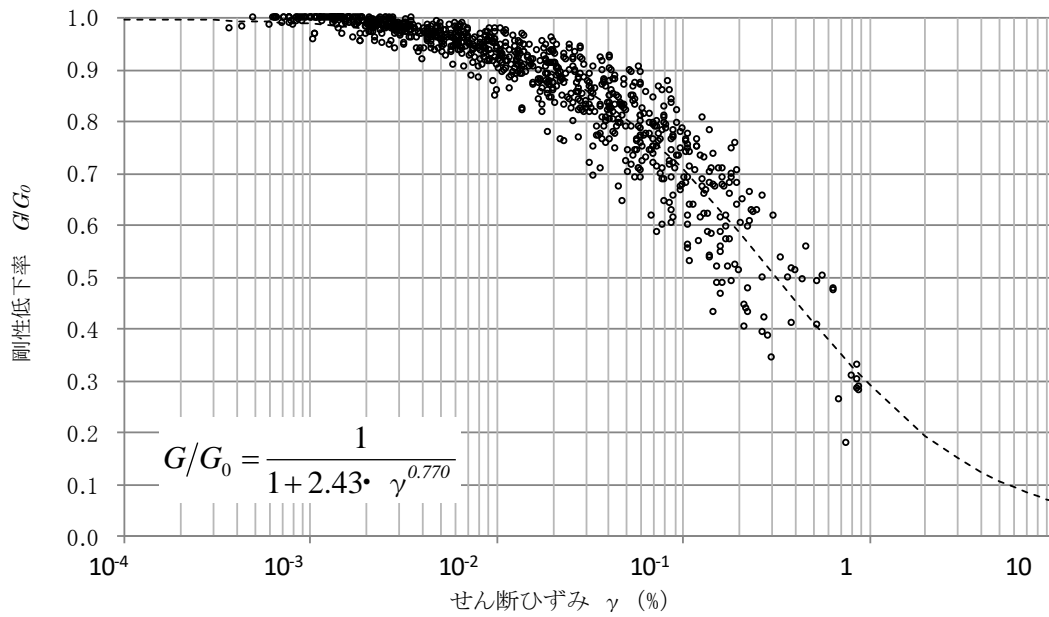


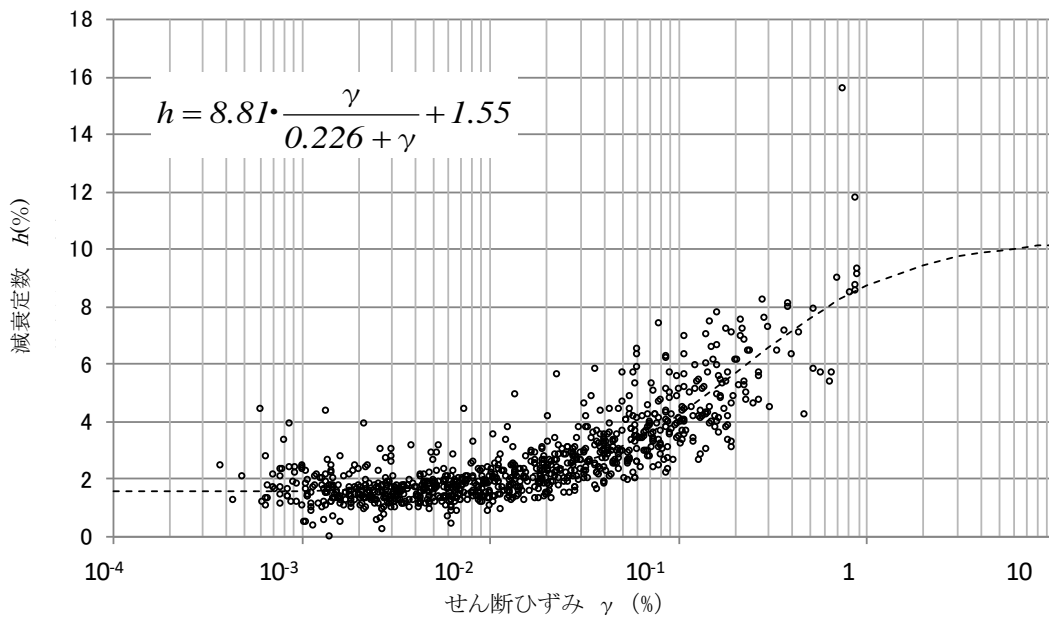
図 3-1 入力地震動算定の概要 (水平方向)

表 3-1 地盤の物性値

高さ T.P. (m)	地質名	地層 分類	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	動ポアソン比 ν_d	動せん断 弾性係数 G_0 (MN/m ²)
1.0					
-10.0	久米層	Km1	1.77	0.455	427
-62.0		Km2	1.77	0.451	466
-92.0		Km3	1.77	0.447	515
-118.0		Km4	1.77	0.444	549
-169.0		Km5	1.77	0.440	596
-215.0		Km6	1.77	0.436	655
-261.0		Km7	1.77	0.431	711
-303.0		▽解放基盤表面	Km8	1.77	0.426
	解放基盤		1.77	0.417	867



(a) 動せん断弾性係数



(b) 減衰定数

図 3-2 動せん断弾性係数及び減衰定数のひずみ依存性(久米層)

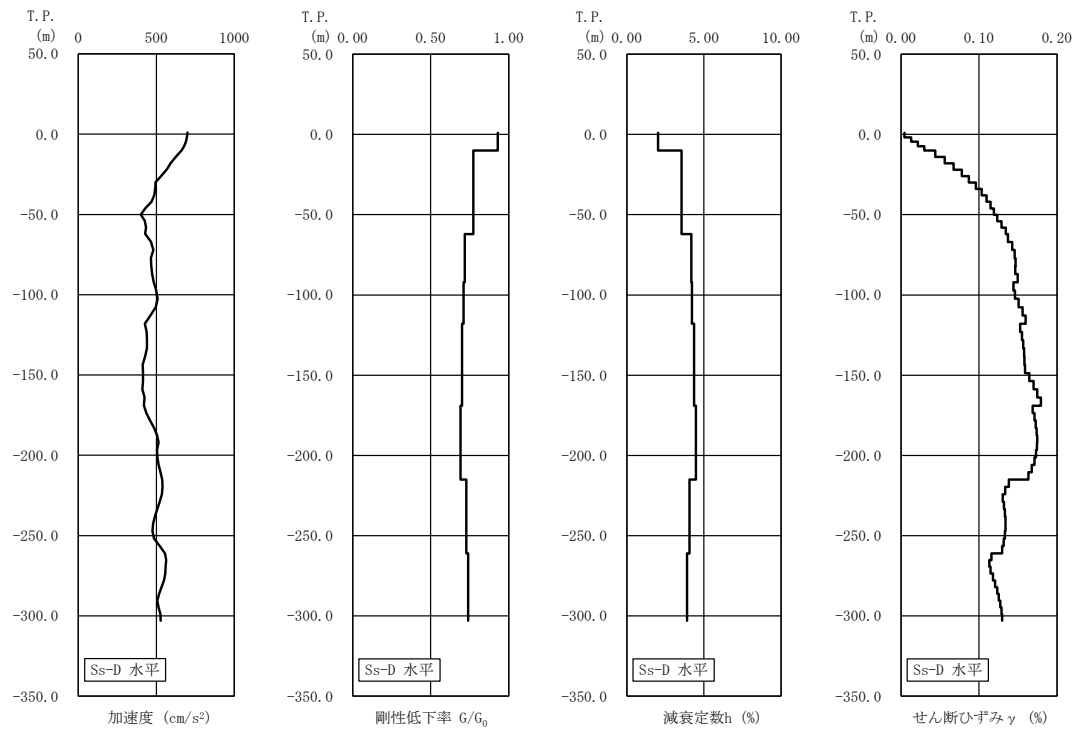


図 3-3 地盤の地震応答解析結果（水平方向, Ss-D）

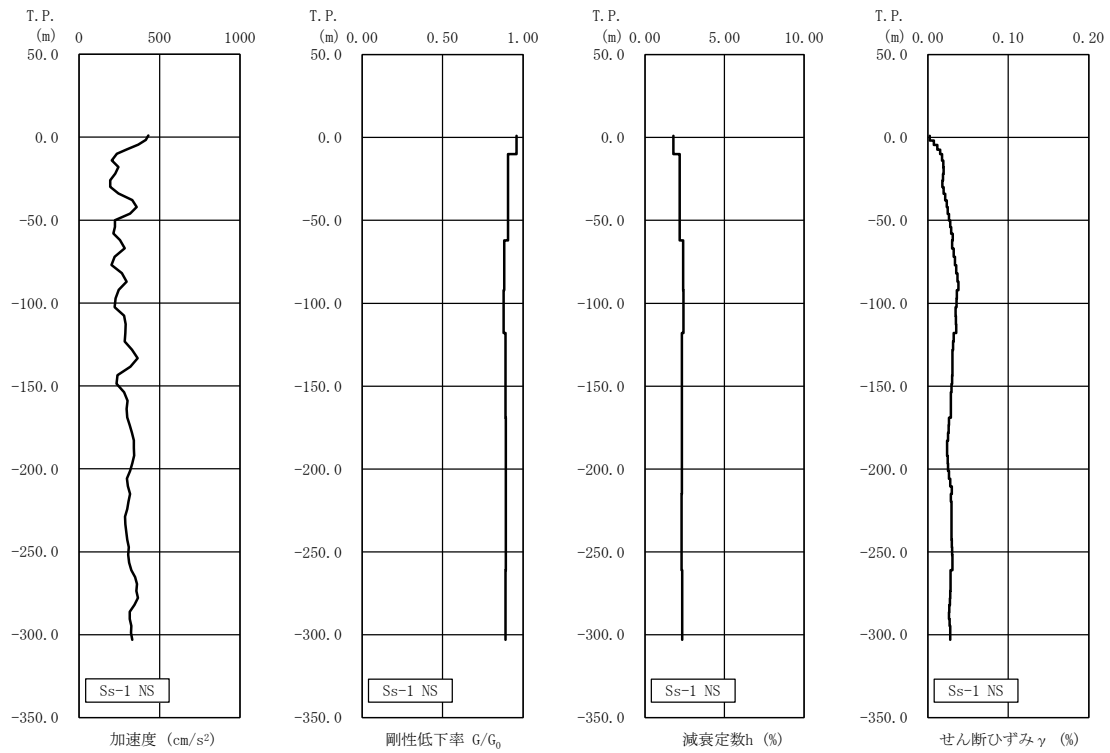


図 3-4 地盤の地震応答解析結果 (NS 方向, Ss-1)

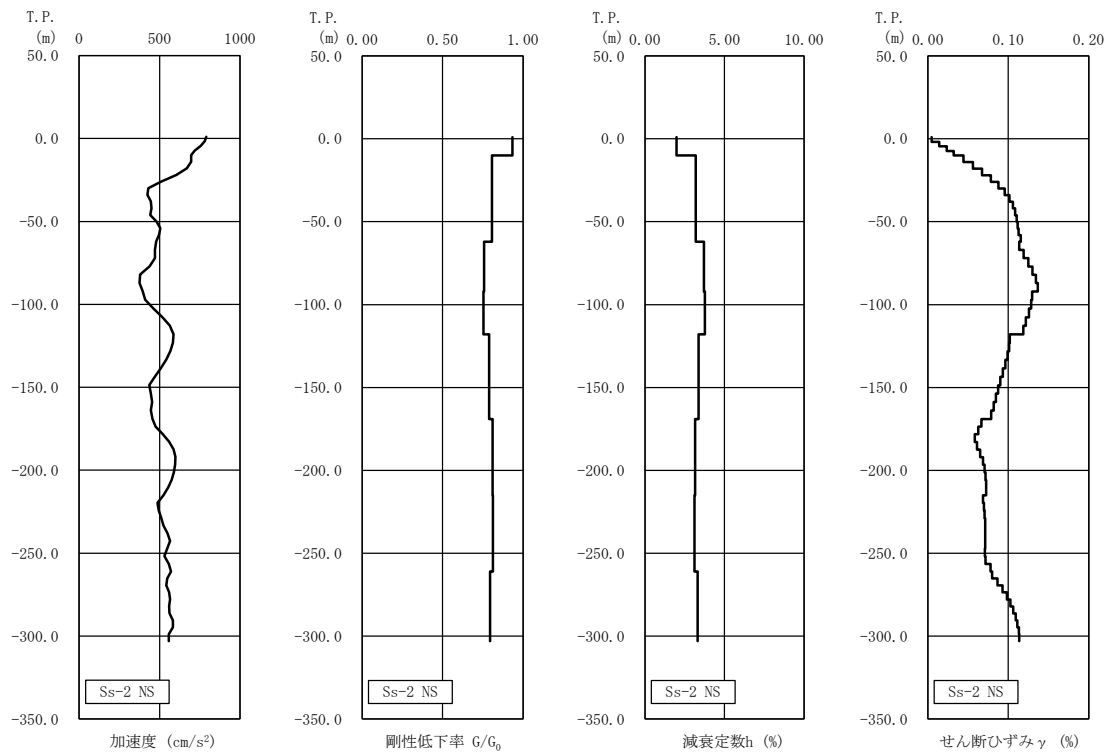


図 3-5 地盤の地震応答解析結果 (NS 方向, Ss-2)

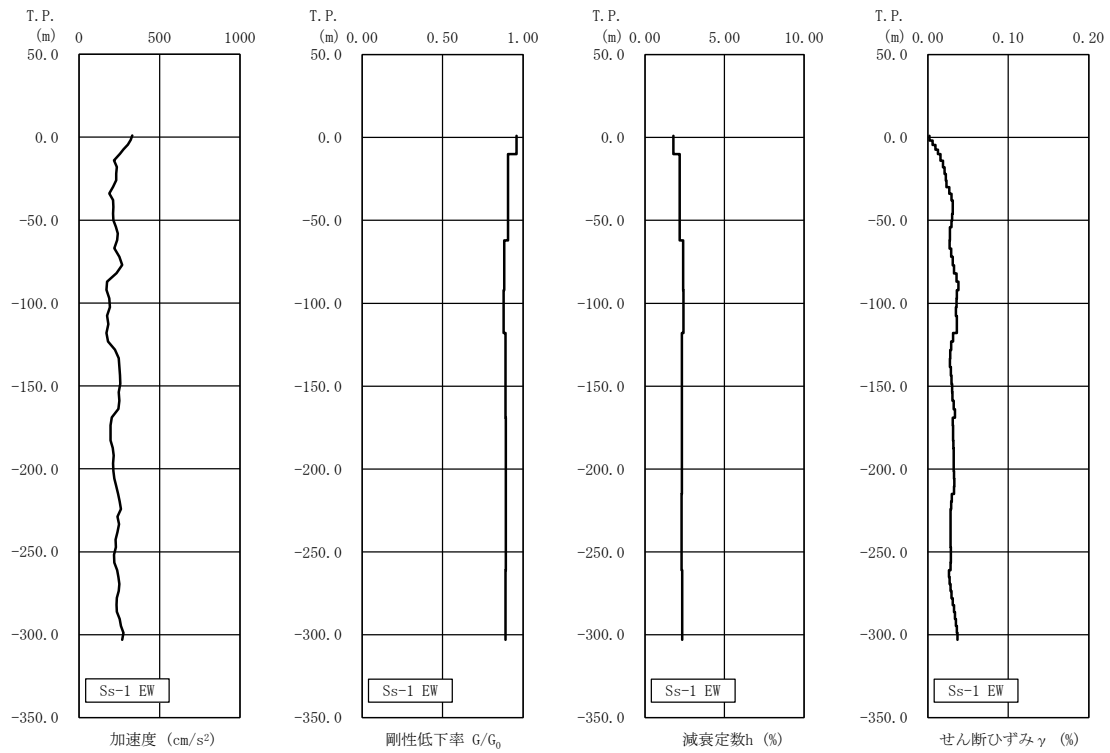


図 3-6 地盤の地震応答解析結果 (EW 方向, Ss-1)

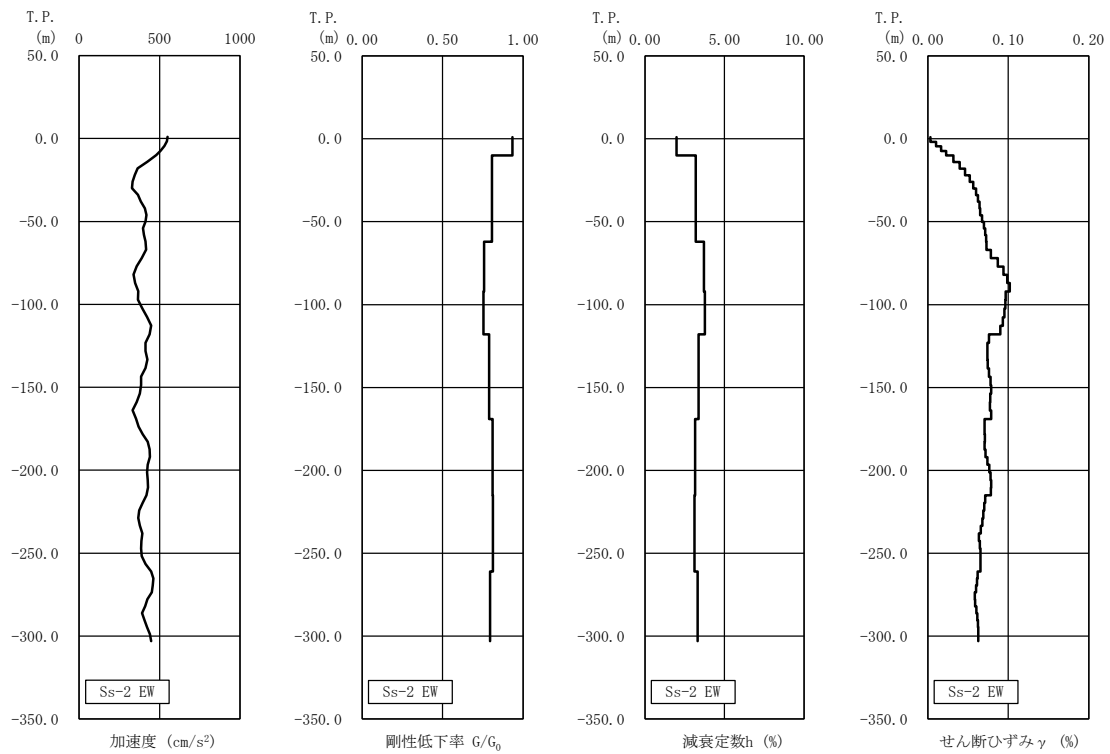


図 3-7 地盤の地震応答解析結果 (EW 方向, Ss-2)

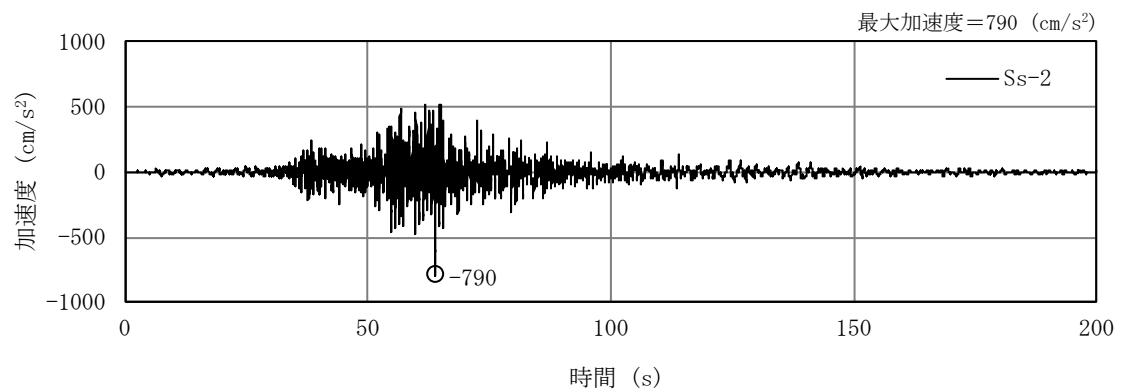
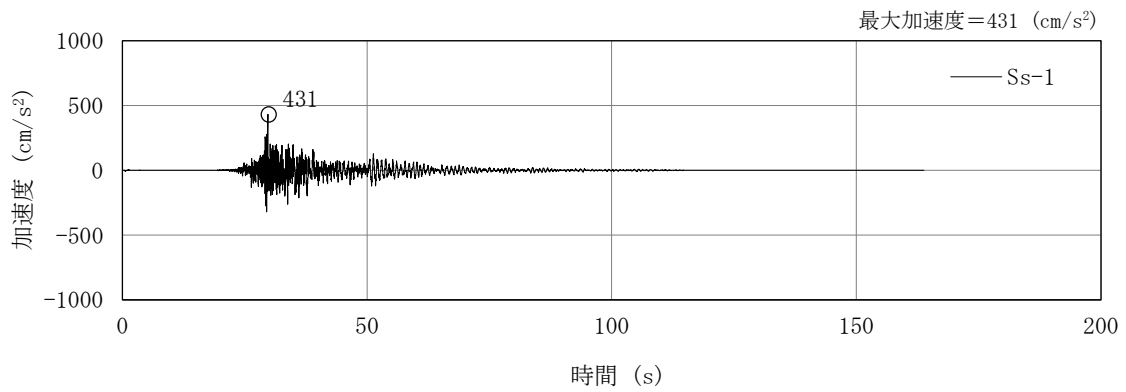
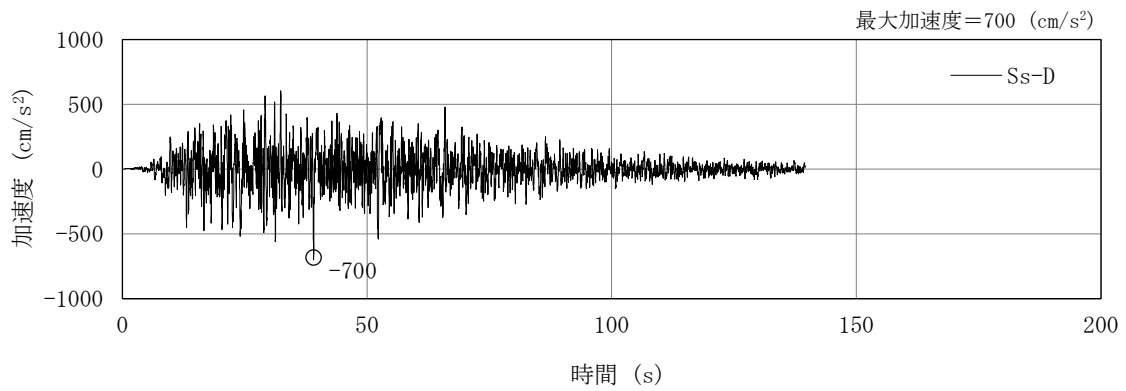


図 3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形 (NS 方向, 基礎底面位置)

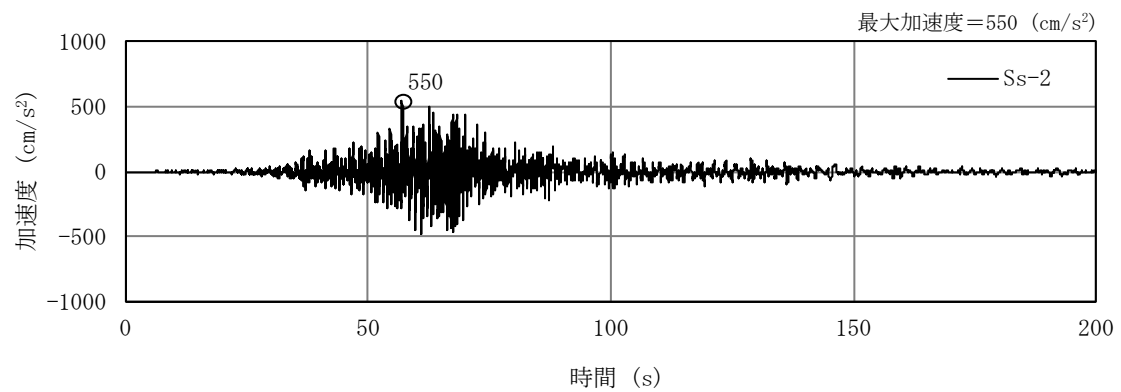
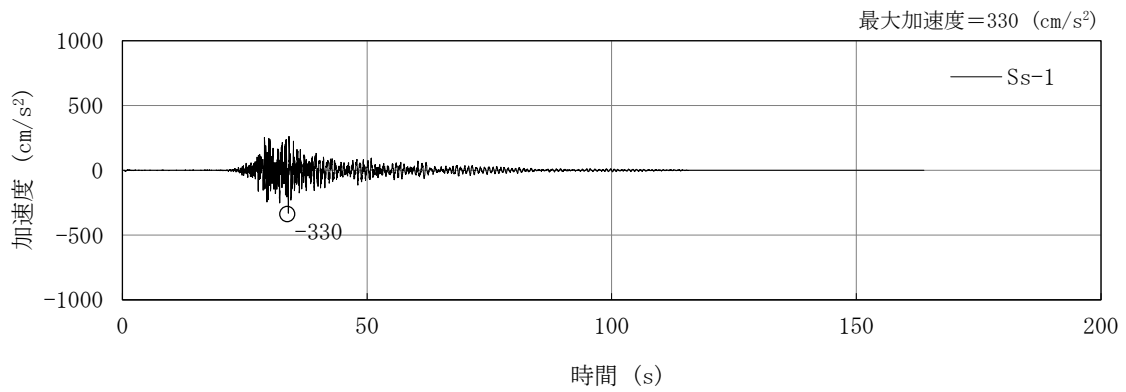
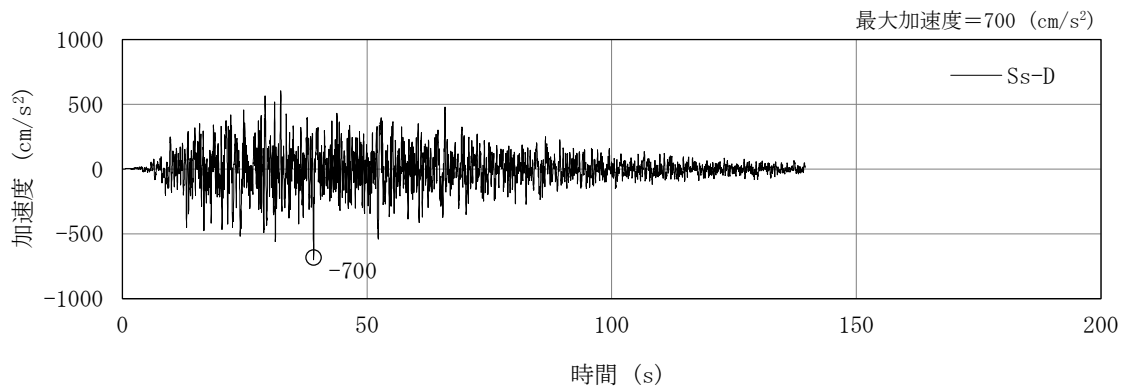


図 3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形 (EW 方向, 基礎底面位置)

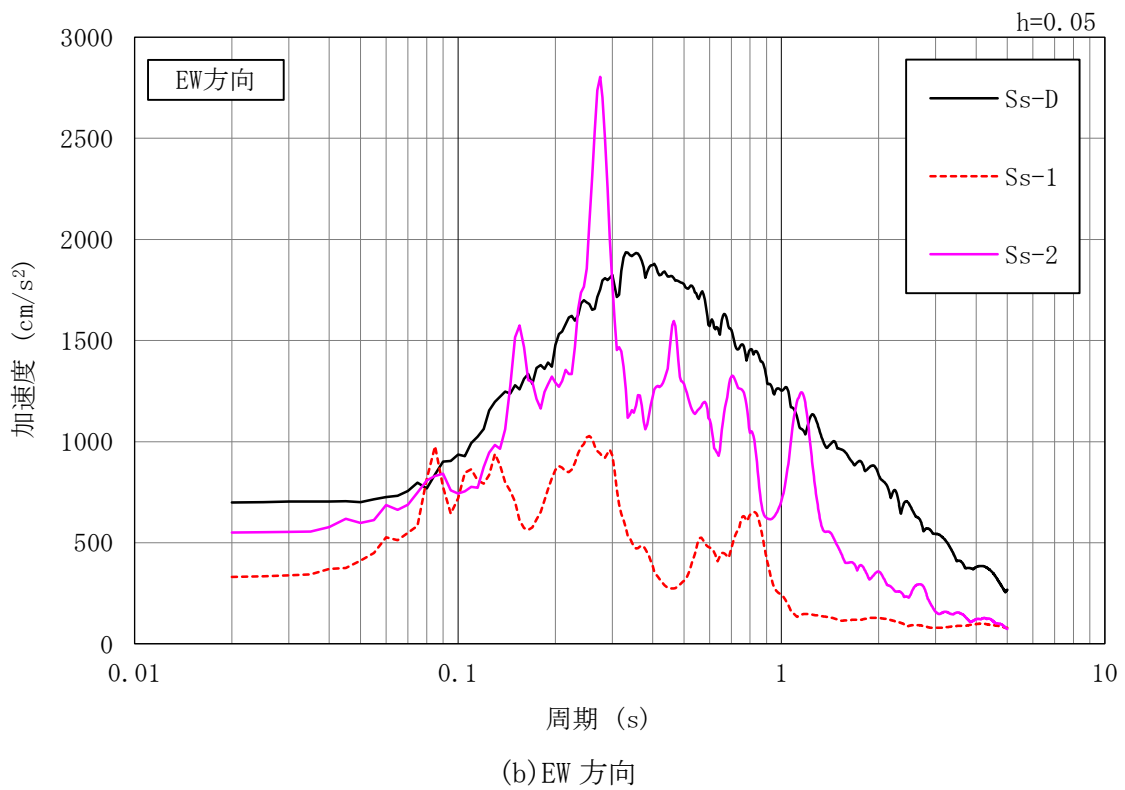
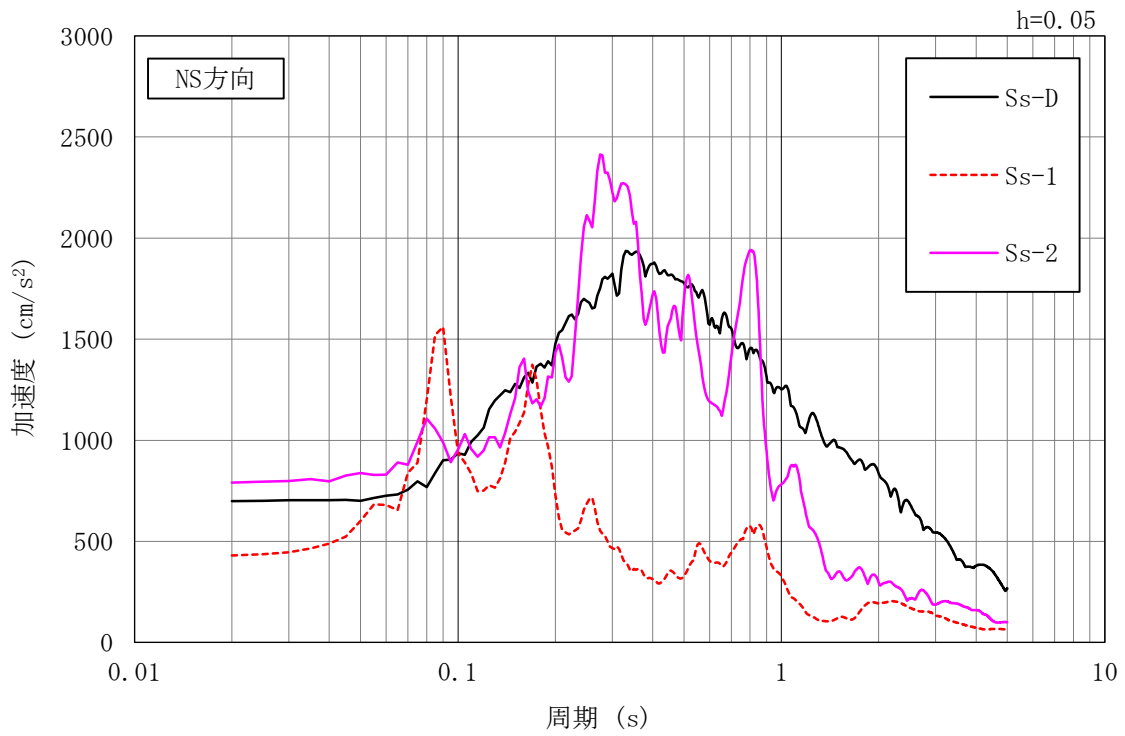


図 3-10 入力地震動の加速度応答スペクトル (水平方向, 基礎底面位置)

3.2 鉛直方向の入力地震動

鉛直方向の入力地震動は、 S_s を解放基盤表面に入力して一次元波動論により算定した主排気筒の基礎底面位置での応答波とする。

算定に用いる地盤モデルは、水平方向の入力地震動の算定において設定された物性値に基づき、基礎底面位置より上部を剥ぎ取った地盤モデルとする。

鉛直方向の入力地震動算定の概要を図 3-11 に示す。入力地震動の算定に使用する解析コードは「SHAKE（中電技術コンサルタント株式会社）」である。

S_s による地盤の地震応答解析結果を図 3-12 に、主排気筒の基礎底面位置における鉛直方向の入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-13 及び図 3-14 に示す。

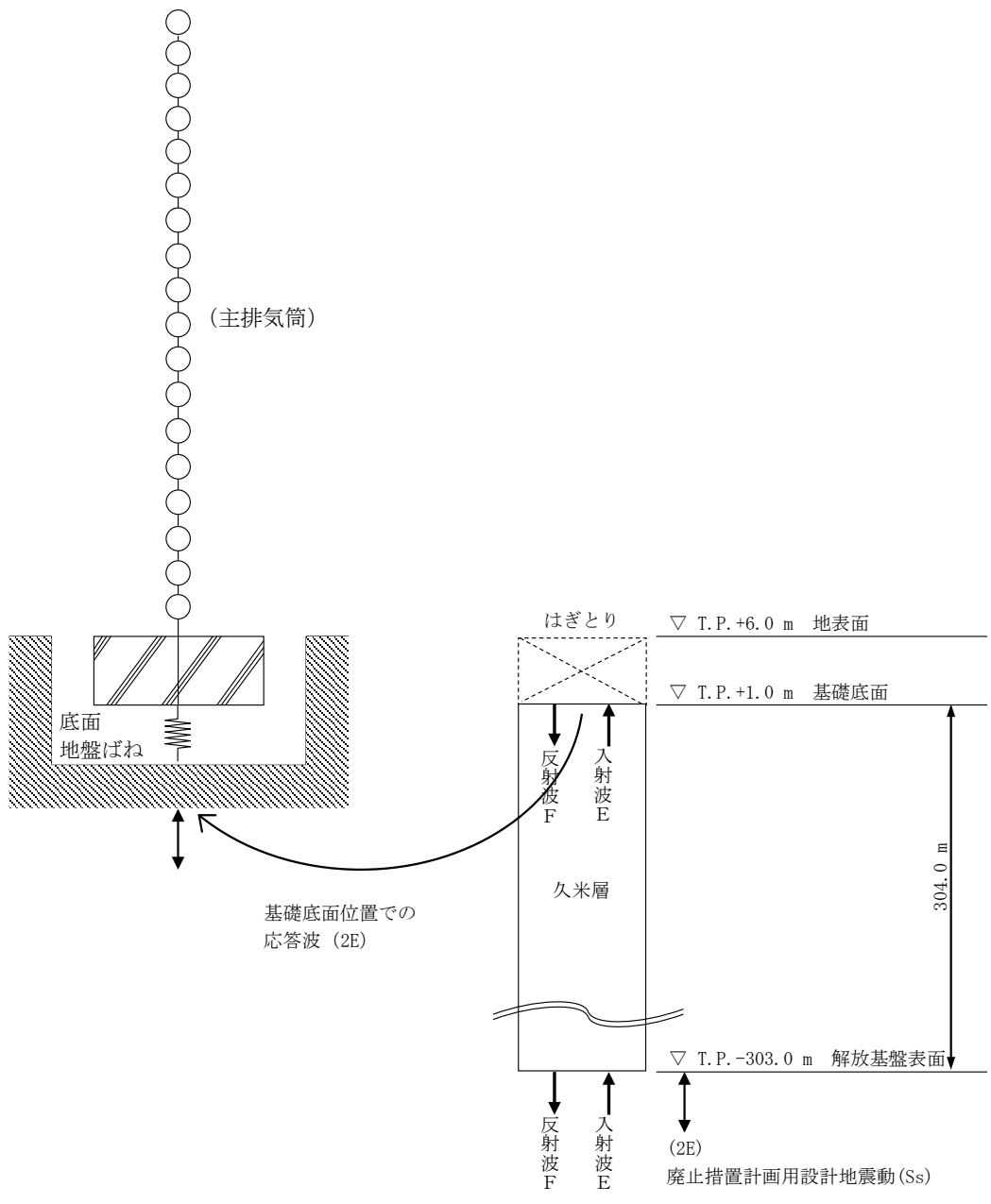


図 3-11 入力地震動算定の概要 (鉛直方向)

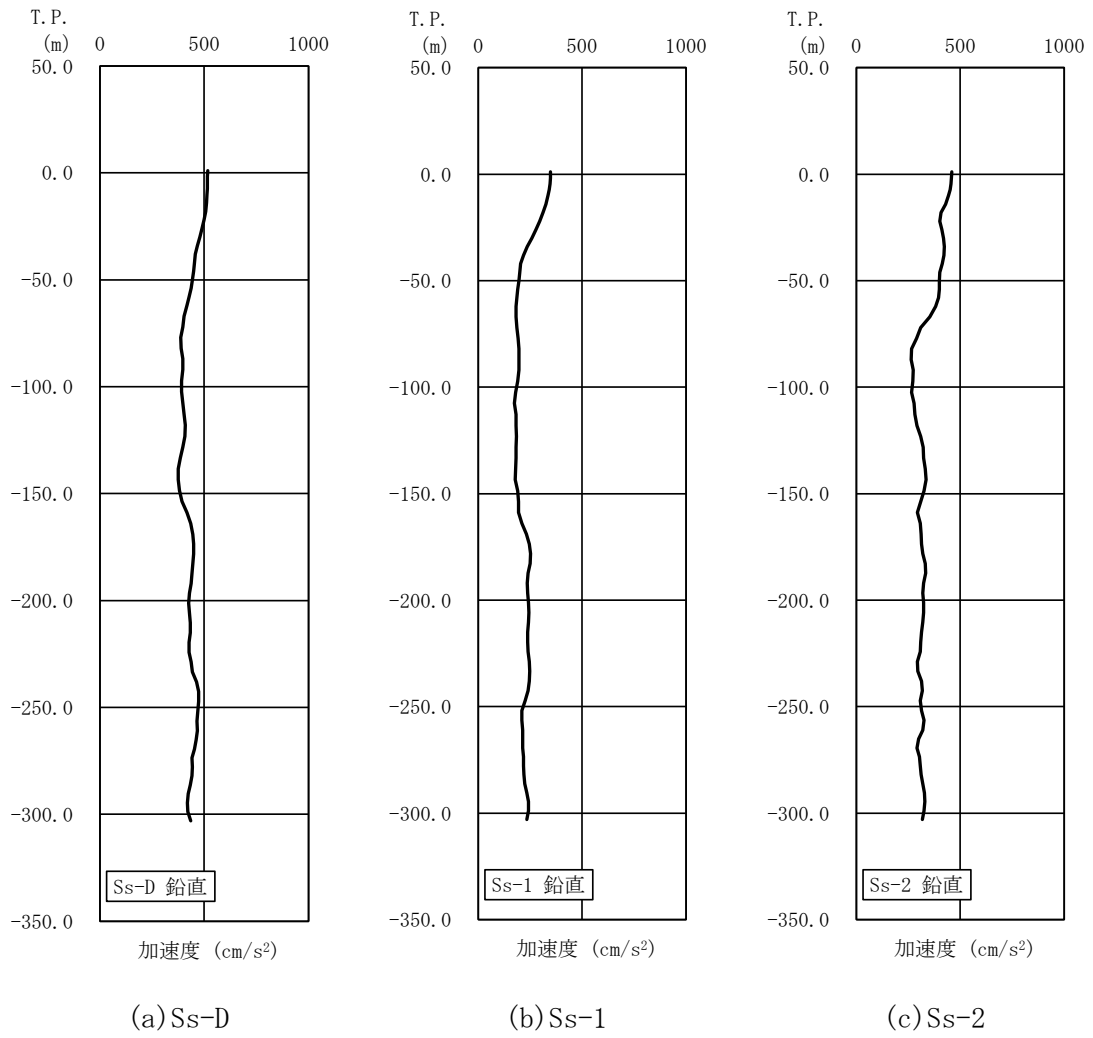


図 3-12 地盤の地震応答解析結果 (鉛直方向)

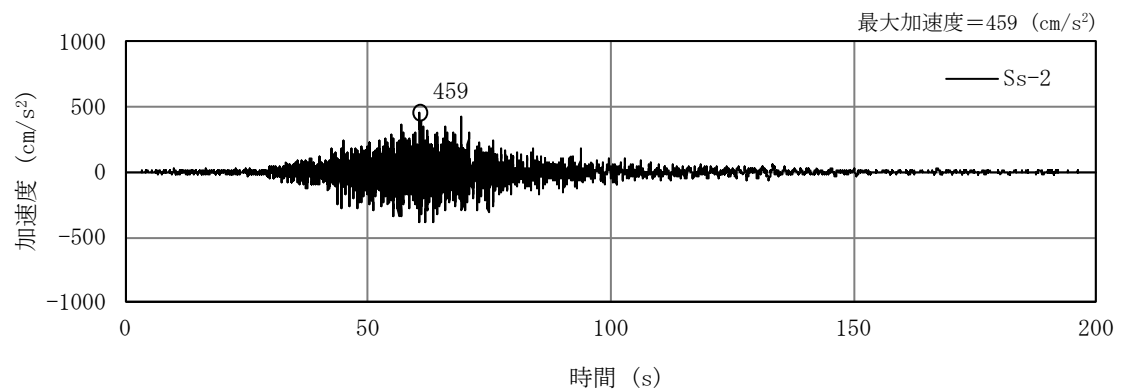
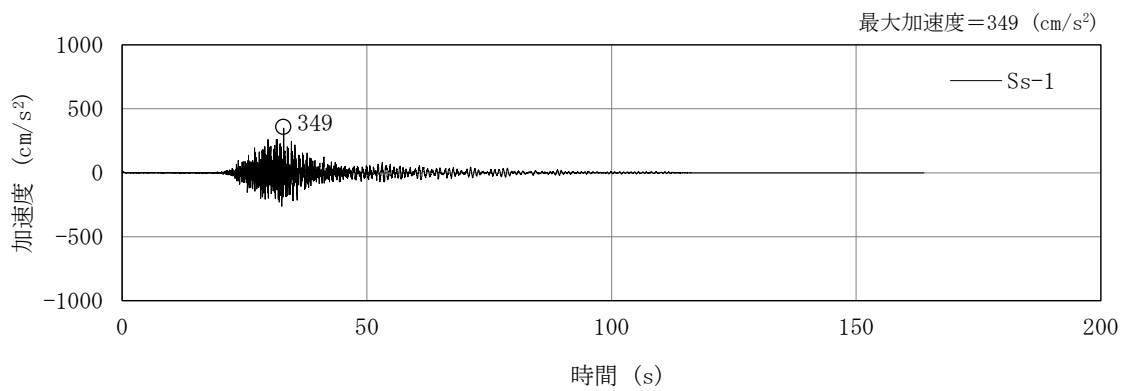
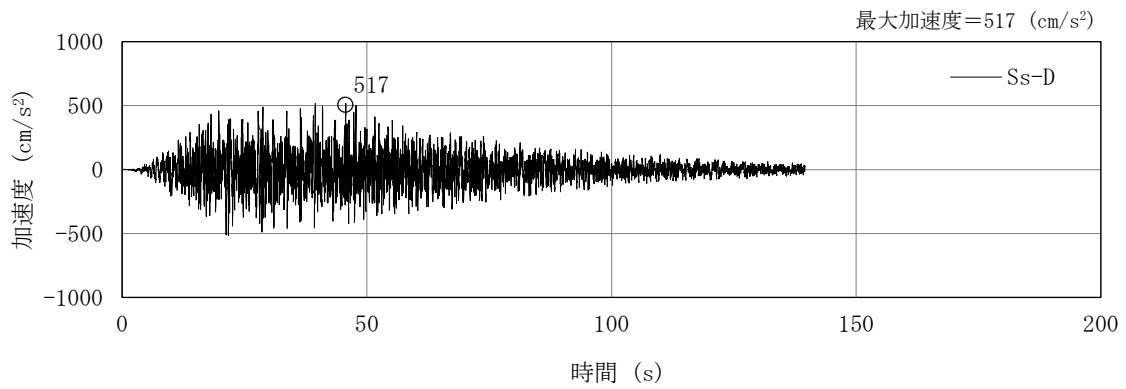


図 3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形（鉛直方向，基礎底面位置）

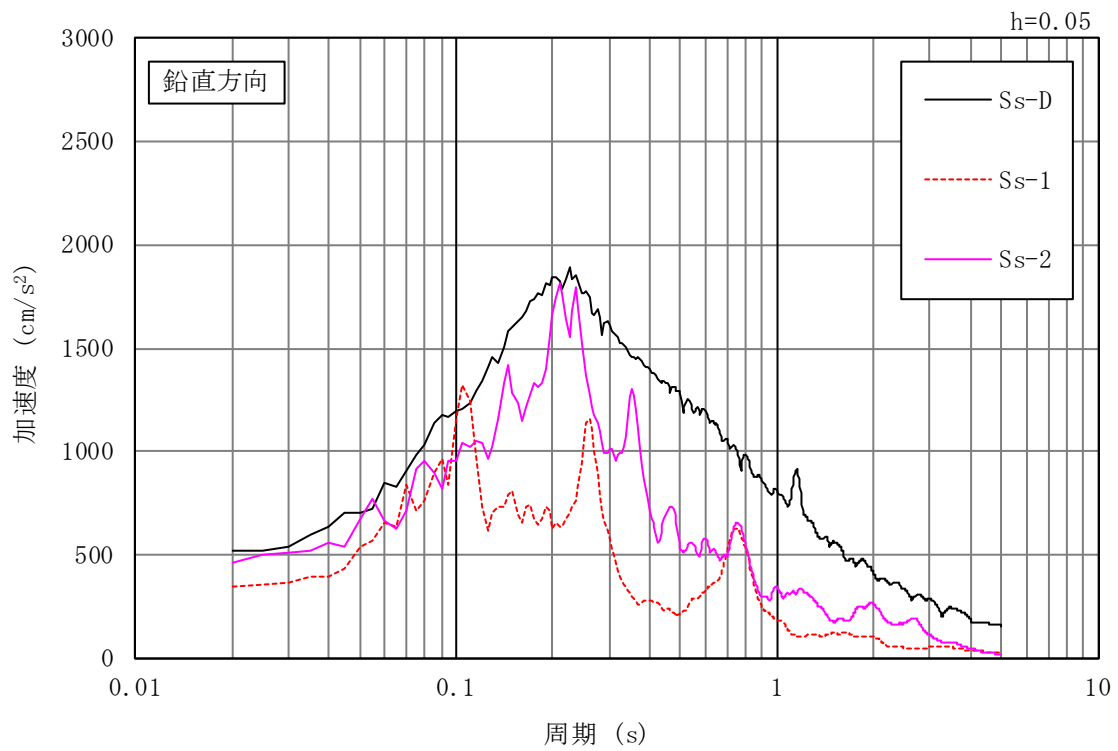


図 3-14 入力地震動の加速度応答スペクトル (鉛直方向, 基礎底面位置)

4. 地震応答解析

4.1 水平方向の解析モデル

水平方向の解析モデルは、主排気筒と地盤の相互作用を考慮した曲げせん断型の多質点系モデルとする。

水平方向の解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの諸元を表 4-1 に示す。

解析モデルの諸元は、既往の設計及び工事の方法の認可「再処理施設に関する設計及び工事の方法（その 2）」の構造図に基づき設定する。

筒身の曲げの復元力特性は、図 4-2 に示すトリリニア型のスケルトンカーブとし、履歴特性はディグレイディングトリリニア型とする。曲げモーメント-曲率関係の各折れ点は「煙突構造設計指針」に基づいて算定する。算定結果を表 4-2 に示す。

基礎下の底面地盤ばねは、原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1991 追補版（以下「JEAG4601-1991 追補版」という。）に基づき、振動アドミッタンス理論により振動数依存の複素ばねを算定し、地盤ばね定数は 0 Hz での実部（静的ばね値）により、減衰係数は地盤-構築物連成系 1 次固有円振動数での虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾きにより、それぞれ設定する。底面地盤回転ばねは、基礎の浮き上がりを考慮する非線形ばねとし、浮き上がり非線形地震応答解析（接地率に応じて誘発上下動を考慮）とする。

底面地盤ばねの評価に使用する解析コードは「DMAIN2（中電技術コンサルタント株式会社）」である。

地盤ばね定数及び減衰係数を表 4-3 に、地盤ばね定数及び減衰係数の設定方法の概要を図 4-3 に、底面地盤回転ばねの非線形特性（転倒モーメント-回転角関係）を図 4-4 に示す。

主排気筒の減衰はモード減衰として与え、各次のモード減衰定数は主排気筒各部のひずみエネルギーに比例した値として算定する。主排気筒に関する減衰定数は 2% とする。

主排気筒の地震応答解析に使用する解析コードは「DYNA2E（伊藤忠テクノソリューションズ株式会社）」である。

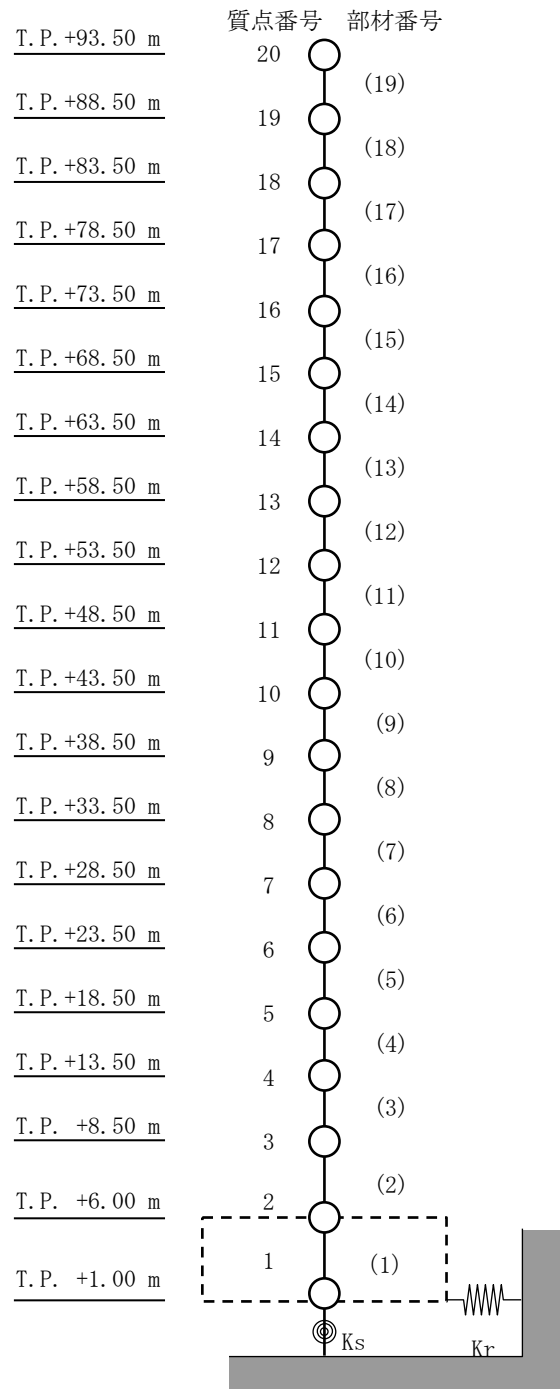


図 4-1 解析モデル (水平方向)

表 4-1 解析モデルの諸元 (水平方向)

質点 番号	高さ T. P. (m)	重量 (kN)	回転慣性 重量 (kN・m ²)	部材 番号	せん断 断面積 (m ²)	断面二次 モーメント (m ⁴)
20	93.50	283.0	963.8	-	-	-
19	88.50	423.5	1560.0	19	1.658	5.726
18	83.50	477.2	1869.0	18	1.873	7.366
17	78.50	533.8	2222.0	17	2.104	9.516
16	73.50	593.9	2629.0	16	2.349	11.880
15	68.50	657.1	3093.0	15	2.602	15.120
14	63.50	723.1	3616.0	14	2.873	18.480
13	58.50	792.6	4210.0	13	3.158	22.620
12	53.50	865.2	4878.0	12	3.449	26.630
11	48.50	940.6	5624.0	11	3.760	32.120
10	43.50	1020.0	6464.0	10	4.084	37.940
9	38.50	1102.0	7396.0	9	4.414	45.120
8	33.50	1186.0	8419.0	8	4.764	52.590
7	28.50	1275.0	9567.0	7	5.128	63.050
6	23.50	1366.0	10830.0	6	5.497	74.020
5	18.50	1460.0	12200.0	5	5.887	85.060
4	13.50	1558.0	13730.0	4	6.290	97.180
3	8.50	1909.0	18030.0	3	6.697	112.500
2	6.00	18060.0	485600.0	2	9.248	167.800
1	1.00	19880.0	534600.0	1	298.300	8738.000
				-	-	-

表 4-2 曲げモーメントー曲率関係

部材 番号	第1折れ点		第2折れ点		終局点	
	M_1 ($\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)	ϕ_1 ($\times 10^{-3}/\text{m}$)	M_2 ($\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)	ϕ_2 ($\times 10^{-3}/\text{m}$)	M_3 ($\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)	ϕ_3 ($\times 10^{-3}/\text{m}$)
(19)	5.50	0.0446	13.6	0.599	20.6	11.6
(18)	6.93	0.0437	15.5	0.558	23.8	11.2
(17)	8.75	0.0427	20.0	0.532	31.1	9.81
(16)	10.7	0.0418	22.4	0.500	35.3	9.57
(15)	13.2	0.0406	30.7	0.483	48.2	7.91
(14)	15.8	0.0396	34.5	0.458	54.7	7.64
(13)	18.8	0.0387	41.4	0.439	65.9	6.98
(12)	21.8	0.0380	40.9	0.412	66.3	7.43
(11)	25.6	0.0370	49.7	0.398	80.5	6.70
(10)	29.6	0.0363	54.9	0.381	89.5	6.50
(9)	34.4	0.0354	66.4	0.369	108	5.86
(8)	39.3	0.0347	72.8	0.354	119	5.70
(7)	45.7	0.0337	98.0	0.348	157	4.70
(6)	52.4	0.0328	119	0.339	189	4.21
(5)	59.0	0.0322	131	0.328	209	4.05
(4)	66.3	0.0317	143	0.317	230	3.92
(3)	74.9	0.0309	171	0.310	272	3.54
(2)	98.3	0.0272	203	0.284	328	3.79

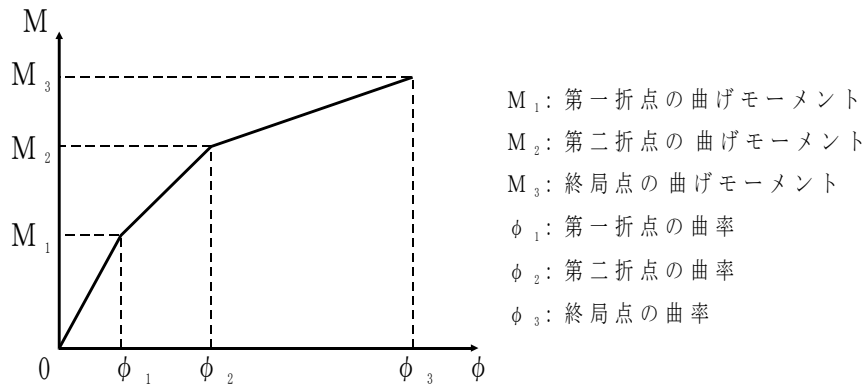


図 4-2 曲げのスケルトンカーブ (M - ϕ 関係)

表 4-3 地盤ばね定数及び減衰係数（水平方向）

地震動	地盤ばね成分		ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	成分	記号		
S _S -D	水平	K _s	1.952 × 10 ⁷	2.247 × 10 ⁵
	回転	K _r	1.914 × 10 ⁹	1.139 × 10 ⁵
S _S -1	水平	K _s	2.093 × 10 ⁷	2.327 × 10 ⁵
	回転	K _r	2.050 × 10 ⁹	1.101 × 10 ⁵
S _S -2	水平	K _s	1.987 × 10 ⁷	2.268 × 10 ⁵
	回転	K _r	1.947 × 10 ⁹	1.130 × 10 ⁵

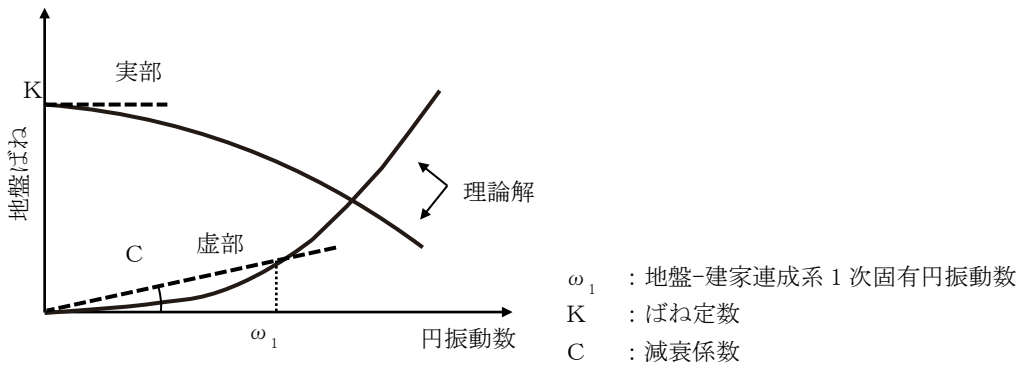


図 4-3 地盤ばね定数及び減衰係数の設定方法の概要

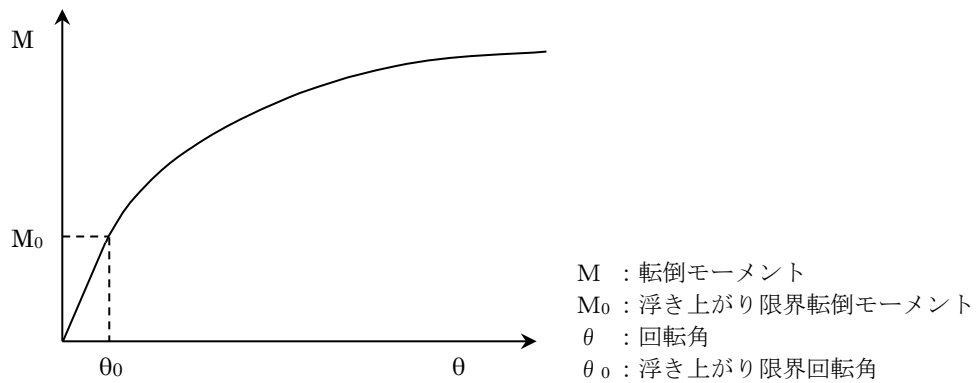


図 4-4 底面地盤回転ばねの非線形特性(転倒モーメント-回転角関係)

4.2 鉛直方向の解析モデル

鉛直方向の解析モデルは、主排気筒と地盤の相互作用を考慮した多質点系モデルとする。

鉛直方向の解析モデルを図 4-5 に、解析モデルの諸元を表 4-4 に示す。

基礎下の底面地盤ばねは、JEAG4601-1991 追補版に基づき、振動アドミッタンス理論により算定する。底面地盤ばねの評価に使用する解析コードは「DMAIN2（中電技術コンサルタント株式会社）」である。地盤ばね定数及び減衰係数を表 4-5 に示す。

主排気筒の減衰はモード減衰として与え、各次のモード減衰定数は主排気筒各部のひずみエネルギーに比例した値として算定する。主排気筒の減衰定数は 2% とする。

主排気筒の地震応答解析に使用する解析コードは「DYNA2E（伊藤忠テクノソリューションズ株式会社）」である。

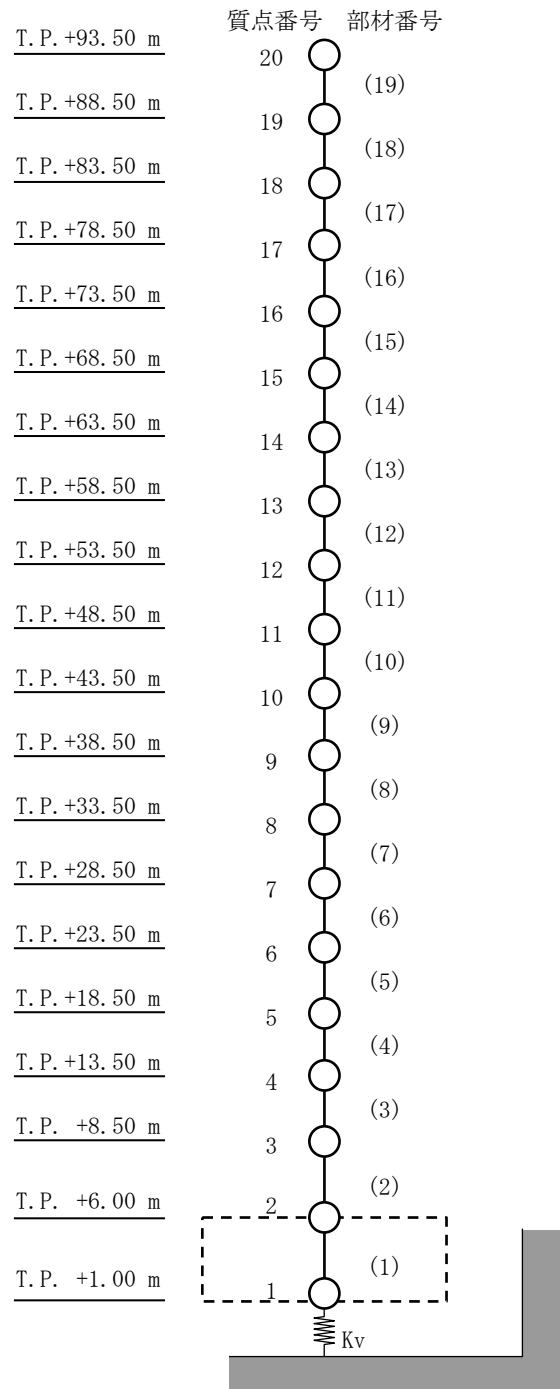


図 4-5 解析モデル (鉛直方向)

表 4-4 解析モデルの諸元 (鉛直方向)

質点 番号	高さ T. P. (m)	重量 (kN)	部材 番号	軸断面積 (m ²)
20	93.50	283.0	-	-
			(19)	3.317
19	88.50	423.5	(18)	3.745
18	83.50	477.2	(17)	4.208
17	78.50	533.8	(16)	4.698
16	73.50	593.9	(15)	5.204
15	68.50	657.1	(14)	5.746
14	63.50	723.1	(13)	6.315
13	58.50	792.6	(12)	6.898
12	53.50	865.2	(11)	7.520
11	48.50	940.6	(10)	8.168
10	43.50	1020.0	(9)	8.828
9	38.50	1102.0	(8)	9.529
8	33.50	1186.0	(7)	10.260
7	28.50	1275.0	(6)	10.990
6	23.50	1366.0	(5)	11.770
5	18.50	1460.0	(4)	12.580
4	13.50	1558.0	(3)	13.390
3	8.50	1909.0	(2)	18.500
2	6.00	18060.0	(1)	331.400
1	1.00	19880.0	-	-

表 4-5 地盤ばね定数及び減衰係数（鉛直方向）

地震動	地盤ばね成分		ばね定数 K (kN/m)	減衰係数 C (kN・s/m)
	成分	記号		
Ss-D	鉛直	K _v	2.737×10^7	4.658×10^5
Ss-1	鉛直	K _v	3.080×10^7	4.929×10^5
Ss-2	鉛直	K _v	2.832×10^7	4.735×10^5

4.3 固有値解析結果

S_s の固有値解析結果を表 4-6 に示す。刺激関数を S_s-D の結果を代表として図 4-6 から図 4-8 に示す。

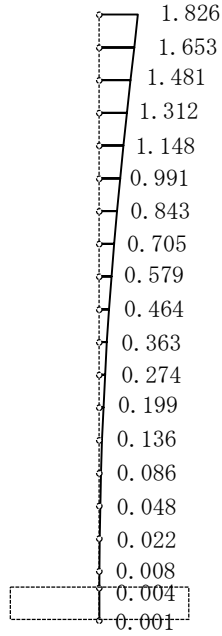
表 4-6 固有値解析結果 (1/2)

地震動	方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備 考
Ss-D	水平	1	1.235	0.810	1.826	水平 1 次
		2	0.328	3.047	-1.638	
		3	0.148	6.774	1.804	
		4	0.099	10.113	-2.132	
		5	0.077	12.948	1.412	
		6	0.055	18.075	-0.526	
		7	0.046	21.938	0.240	
		8	0.038	26.203	-0.045	
	鉛直	1	0.109	9.182	2.095	鉛直 1 次
		2	0.067	14.929	-1.281	
		3	0.037	27.390	0.227	
		4	0.023	43.021	-0.057	
Ss-1	水平	1	1.233	0.811	1.824	水平 1 次
		2	0.327	3.054	-1.624	
		3	0.147	6.808	1.740	
		4	0.097	10.336	-2.160	
		5	0.077	13.062	1.511	
		6	0.055	18.213	-0.549	
		7	0.045	22.315	0.259	
		8	0.038	26.294	-0.060	
	鉛直	1	0.106	9.442	2.124	鉛直 1 次
		2	0.065	15.370	-1.339	
		3	0.036	27.427	0.262	
		4	0.023	43.029	-0.065	

表 4-6 固有値解析結果 (2/2)

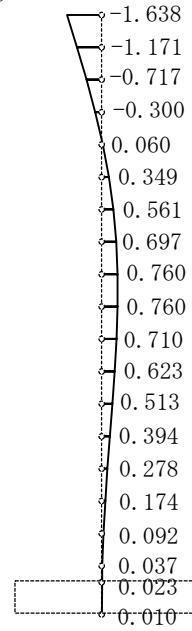
地震動	方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数	備 考
Ss-2	水平	1	1.235	0.810	1.825	水平 1 次
		2	0.328	3.048	-1.635	
		3	0.147	6.783	1.788	
		4	0.098	10.170	-2.139	
		5	0.077	12.976	1.437	
		6	0.055	18.111	-0.532	
		7	0.045	22.030	0.245	
		8	0.038	26.224	-0.048	
	鉛直	1	0.108	9.260	2.105	鉛直 1 次
		2	0.066	15.050	-1.299	
		3	0.036	27.400	0.236	
		4	0.023	43.023	-0.059	

Mode-1
 $T(s) = 1.235$
 $f(\text{Hz}) = 0.810$
 $\beta h = 1.826$



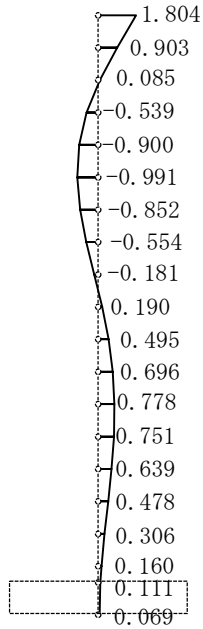
1 次

Mode-2
 $T(s) = 0.328$
 $f(\text{Hz}) = 3.047$
 $\beta h = -1.638$



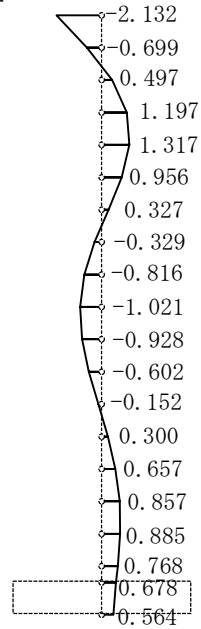
2 次

Mode-3
 $T(s) = 0.148$
 $f(\text{Hz}) = 6.774$
 $\beta h = 1.804$



3 次

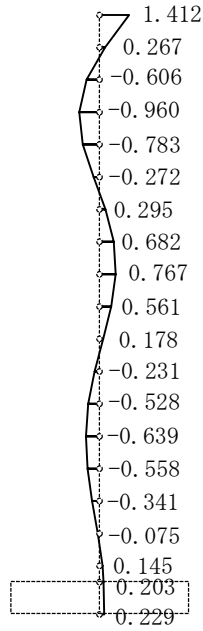
Mode-4
 $T(s) = 0.099$
 $f(\text{Hz}) = 10.113$
 $\beta h = -2.132$



4 次

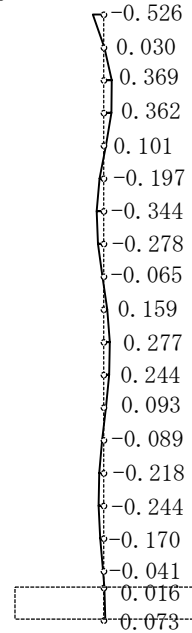
図 4-6 刺激関数 (水平, $Ss-D$, 1~4 次)

Mode-5
 $T(s) = 0.077$
 $f(\text{Hz}) = 12.948$
 $\beta h = 1.412$



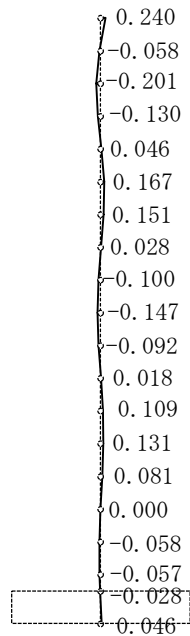
5 次

Mode-6
 $T(s) = 0.055$
 $f(\text{Hz}) = 18.075$
 $\beta h = -0.526$



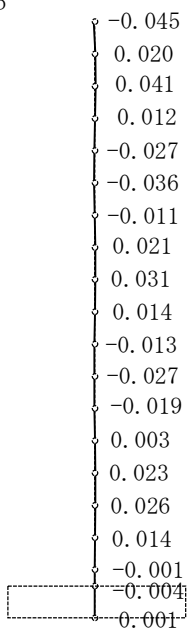
6 次

Mode-7
 $T(s) = 0.046$
 $f(\text{Hz}) = 21.938$
 $\beta h = 0.240$



7 次

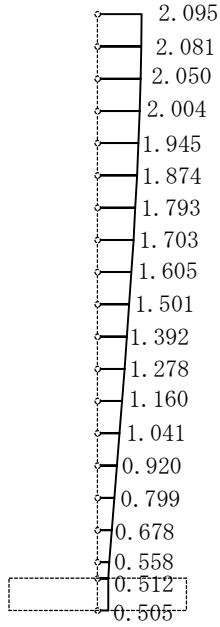
Mode-8
 $T(s) = 0.038$
 $f(\text{Hz}) = 26.203$
 $\beta h = -0.045$



8 次

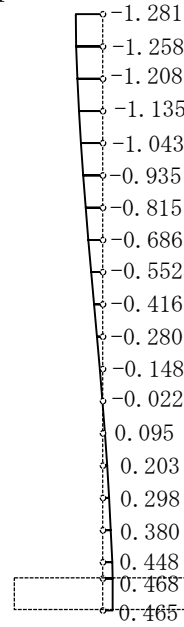
図 4-7 刺激関数 (水平, Ss-D, 5~8 次)

Mode-1
 $T(s) = 0.109$
 $f(\text{Hz}) = 9.182$
 $\beta v = 2.095$



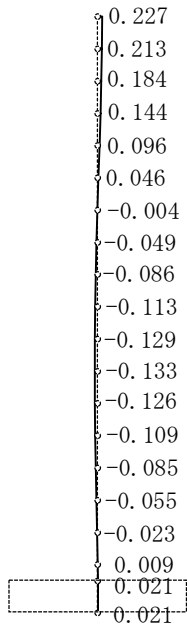
1 次

Mode-2
 $T(s) = 0.067$
 $f(\text{Hz}) = 14.929$
 $\beta v = -1.281$



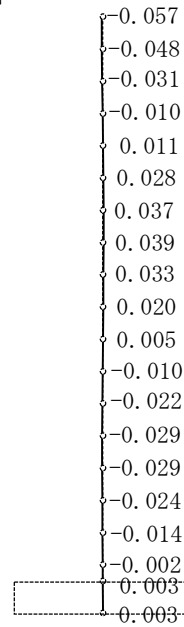
2 次

Mode-3
 $T(s) = 0.037$
 $f(\text{Hz}) = 27.390$
 $\beta v = 0.227$



3 次

Mode-4
 $T(s) = 0.023$
 $f(\text{Hz}) = 43.021$
 $\beta v = -0.057$



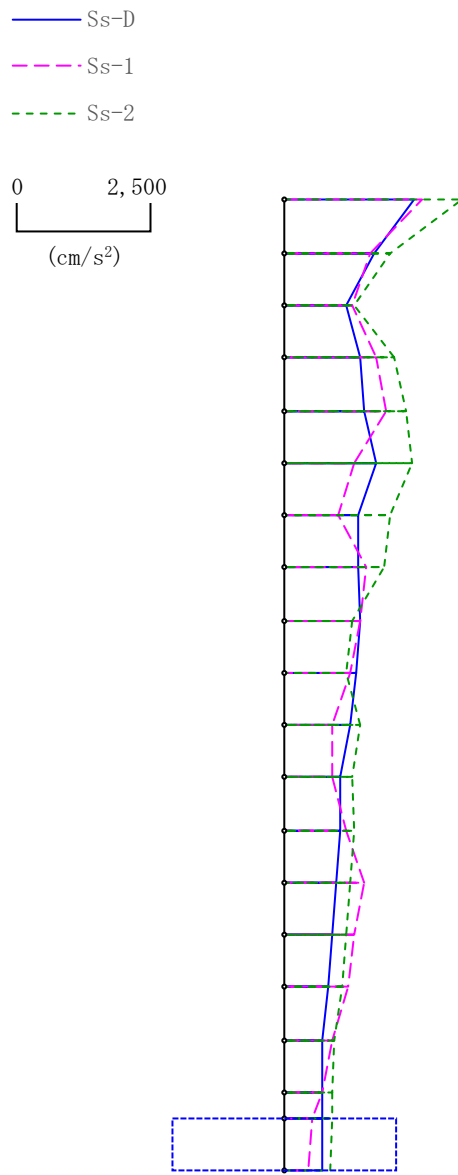
4 次

図 4-8 刺激関数 (鉛直, Ss-D, 1~4 次)

4.4 地震応答解析結果

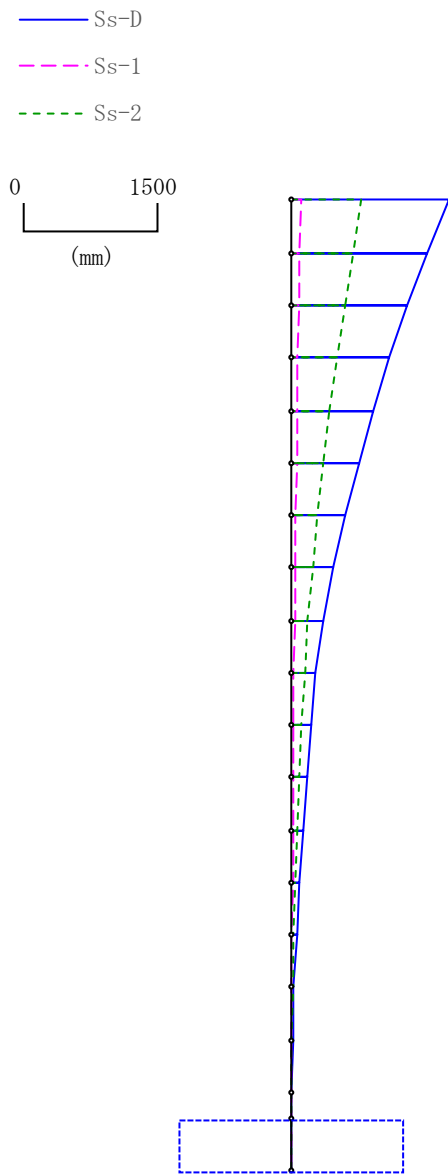
S_s による水平方向の最大応答加速度, 変位, せん断力及び曲げモーメントを図 4-9 から図 4-16 に, 鉛直方向の最大応答加速度, 変位及び軸力を図 4-17 から図 4-19 に示す。

これらの検討結果を基に, 筒身に生じる応力が評価基準を超えないことを確認する。



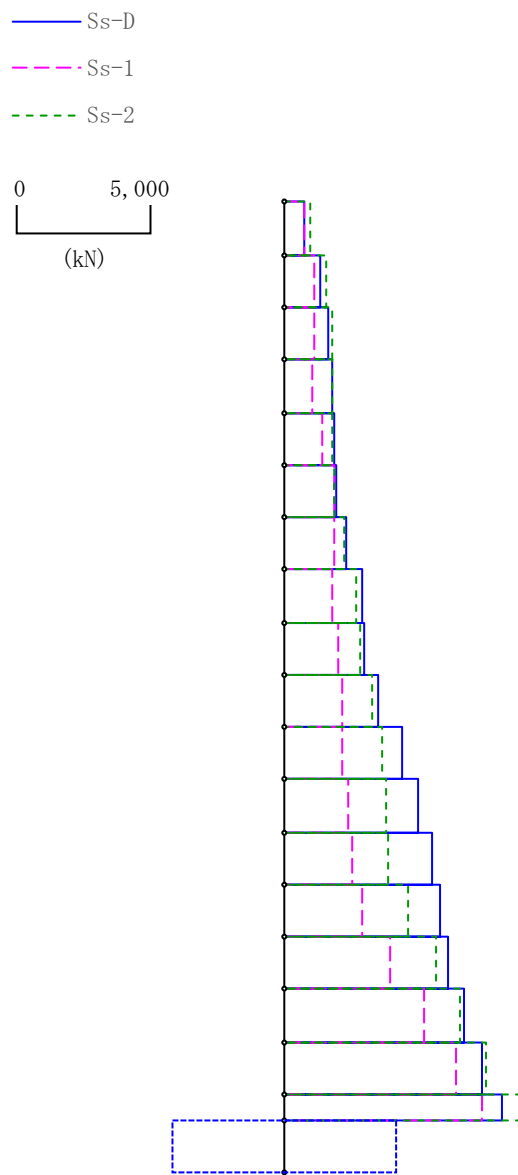
質点番号	Ss-D	Ss-1	Ss-2
20	2433.8	2589.6	3332.1
19	1702.9	1629.1	1977.7
18	1166.3	1271.4	1311.8
17	1423.7	1727.0	2065.1
16	1511.3	1928.2	2291.3
15	1719.9	1329.0	2410.0
14	1387.2	1021.4	1995.9
13	1392.3	1537.9	1874.2
12	1437.1	1427.1	1286.6
11	1331.4	1224.0	1158.5
10	1248.7	912.7	1436.1
9	1066.2	898.6	1281.2
8	1034.4	1149.0	1326.3
7	968.2	1497.9	1232.2
6	907.7	1317.6	1144.2
5	814.5	1189.2	1080.2
4	702.6	906.2	941.4
3	712.9	724.1	912.8
2	717.4	538.8	897.2
1	724.4	456.2	875.8

図 4-9 最大応答加速度 (NS 方向)



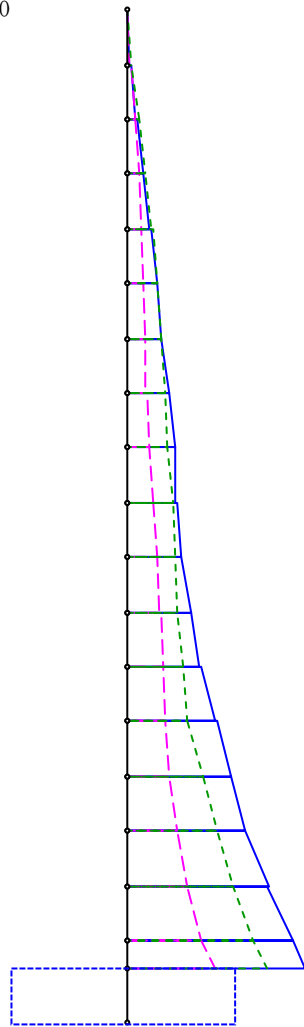
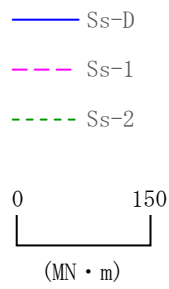
質点 番号	Ss-D	Ss-1	Ss-2
20	1776.2	116.1	796.4
19	1540.0	98.9	703.6
18	1304.8	85.2	611.5
17	1092.7	73.9	522.8
16	932.0	64.1	437.7
15	771.4	55.3	357.5
14	615.7	46.7	289.8
13	469.5	39.8	236.4
12	351.6	34.2	185.9
11	275.4	28.6	149.3
10	215.6	23.3	121.1
9	172.8	18.5	94.1
8	130.2	14.2	69.8
7	91.6	10.4	48.8
6	57.9	7.6	31.4
5	30.3	5.1	18.0
4	11.5	3.1	8.4
3	3.5	1.9	3.3
2	2.2	1.5	2.6
1	1.7	1.1	2.0

図 4-10 最大応答変位 (NS 方向)



部材番号	Ss-D	Ss-1	Ss-2
19	733.0	757.6	990.5
18	1377.1	1124.7	1539.4
17	1653.7	1138.3	1817.6
16	1789.8	1067.8	1776.3
15	1871.8	1426.8	1765.5
14	1944.3	1878.6	1895.0
13	2293.5	1862.4	2246.6
12	2920.0	1817.2	2684.5
11	2997.0	2035.6	2820.7
10	3506.3	2143.3	3282.1
9	4447.4	2194.8	3692.4
8	5004.5	2434.3	3846.4
7	5527.0	2525.7	3877.2
6	5859.6	2913.5	4647.2
5	6130.5	3989.7	5664.6
4	6768.9	5229.8	6633.6
3	7441.8	6472.8	7594.4
2	8202.0	7422.1	8863.3
1	-	-	-

図 4-11 最大応答せん断力 (NS 方向)



部材番号	Ss-D	Ss-1	Ss-2
19	0.4	0.7	0.6
	3.9	4.1	5.6
18	4.3	4.6	6.2
	10.6	9.5	13.3
17	11.1	10.1	13.8
	18.7	14.1	20.6
16	19.2	14.9	21.4
	26.6	16.5	27.6
	27.1	16.5	29.2
15	33.7	19.0	33.8
	33.9	19.1	35.6
14	40.2	21.9	38.8
	40.2	22.0	39.3
13	48.9	22.1	43.2
	48.9	22.4	44.2
12	54.6	25.1	45.6
	54.3	25.6	46.5
11	55.6	29.1	52.3
	57.2	29.4	52.7
10	61.0	35.3	54.3
	61.5	35.3	54.6
9	72.0	38.0	56.3
	72.5	38.1	56.3
8	83.2	41.6	63.0
	83.6	42.0	63.0
7	100.7	43.6	69.6
	101.7	43.7	69.6
6	118.0	48.1	86.7
	118.4	48.1	86.6
5	133.6	58.2	102.9
	134.2	58.2	103.0
4	160.1	69.7	121.0
	159.9	69.4	121.3
3	187.2	84.9	143.3
	187.8	85.2	143.5
2	202.5	100.0	159.2
1	-	-	-

図 4-12 最大応答曲げモーメント (NS 方向)

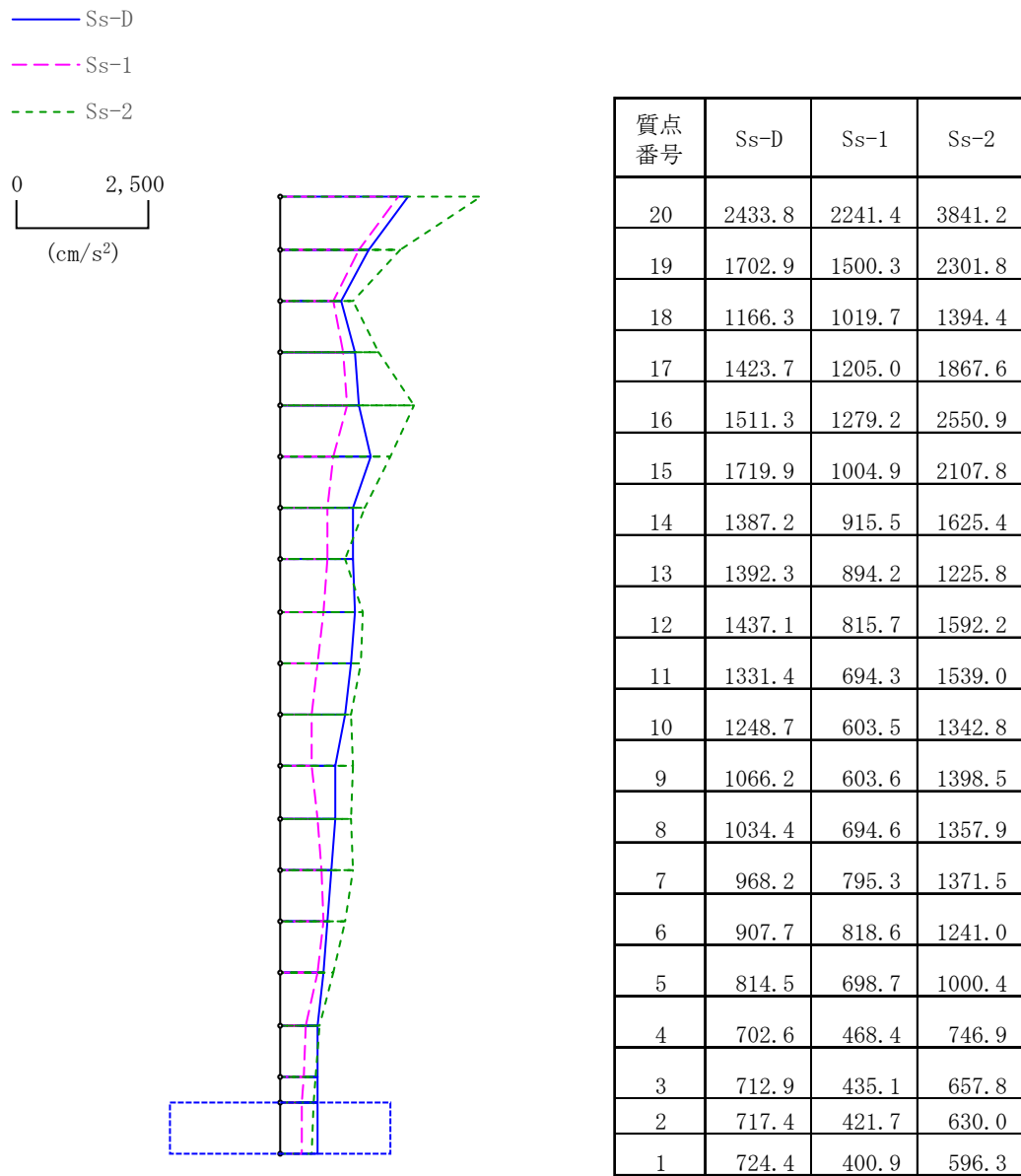
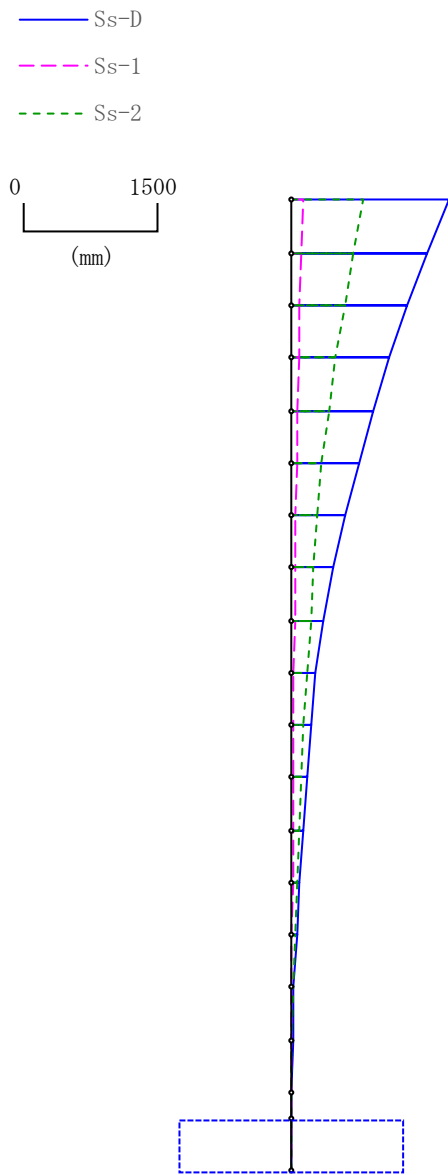
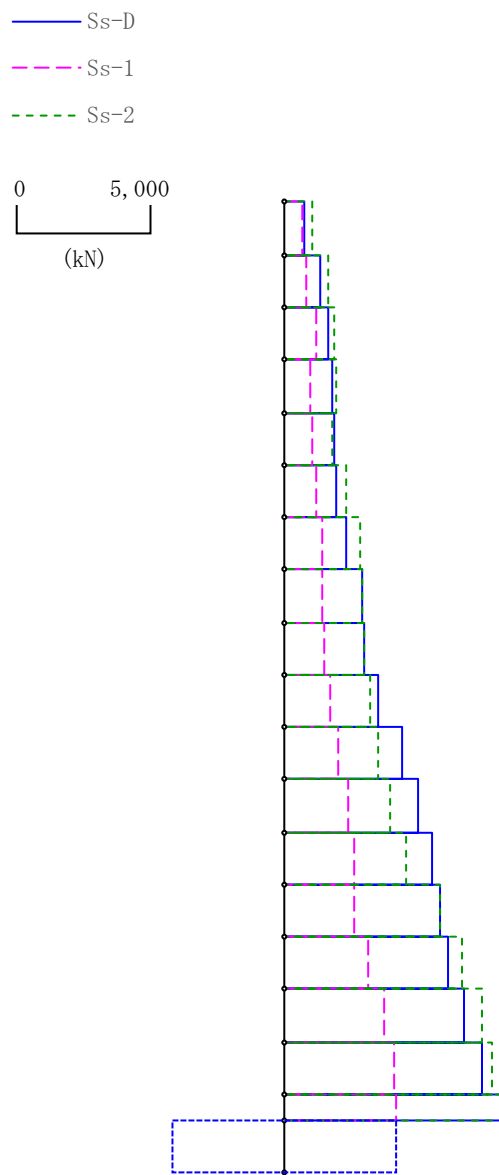


図 4-13 最大応答加速度 (EW 方向)



質点番号	Ss-D	Ss-1	Ss-2
20	1776.2	124.2	814.8
19	1540.0	106.6	702.4
18	1304.8	91.6	596.2
17	1092.7	79.3	504.5
16	932.0	68.1	418.1
15	771.4	57.6	341.5
14	615.7	48.1	283.1
13	469.5	40.5	251.7
12	351.6	33.8	215.6
11	275.4	28.3	179.1
10	215.6	23.4	144.4
9	172.8	18.6	112.5
8	130.2	14.1	84.1
7	91.6	10.2	59.2
6	57.9	7.0	37.9
5	30.3	4.3	20.6
4	11.5	2.3	9.4
3	3.5	1.0	3.1
2	2.2	0.9	1.9
1	1.7	0.8	1.4

図 4-14 最大応答変位 (EW 方向)



部材番号	Ss-D	Ss-1	Ss-2
19	733.0	651.4	1078.9
18	1377.1	803.3	1652.3
17	1653.7	1169.0	1843.4
16	1789.8	955.9	1948.8
15	1871.8	1064.0	1822.2
14	1944.3	1229.3	2350.8
13	2293.5	1387.7	2845.2
12	2920.0	1444.1	2898.6
11	2997.0	1532.6	2998.7
10	3506.3	1715.0	3187.7
9	4447.4	1993.3	3494.0
8	5004.5	2413.6	3992.5
7	5527.0	2596.9	4604.2
6	5859.6	2642.7	5853.7
5	6130.5	3115.7	6672.1
4	6768.9	3746.4	7412.9
3	7441.8	4104.9	7834.8
2	8202.0	4220.0	8187.4
1	-	-	-

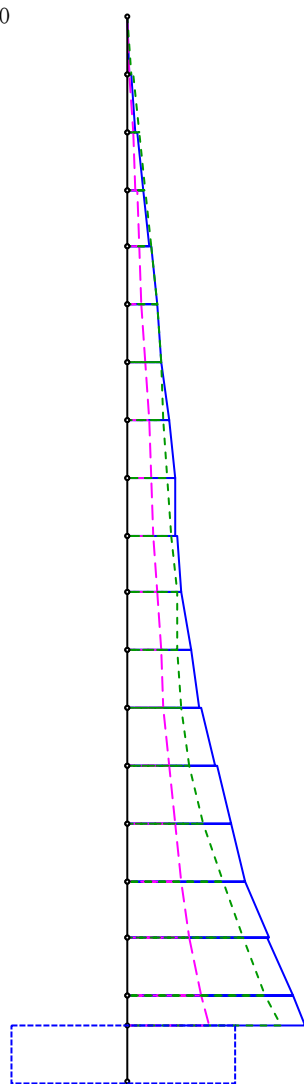
図 4-15 最大応答せん断力 (EW 方向)

— Ss-D

- - - Ss-1

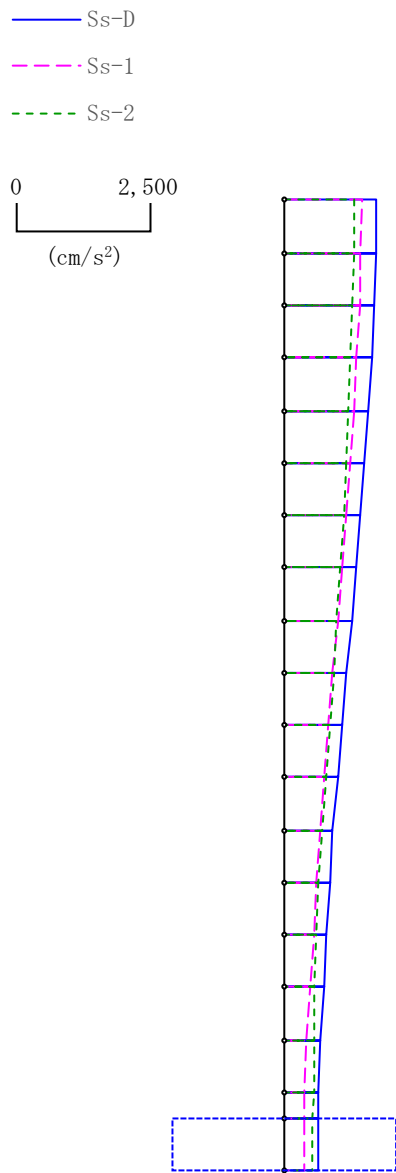
- - - Ss-2

0 150
(MN・m)



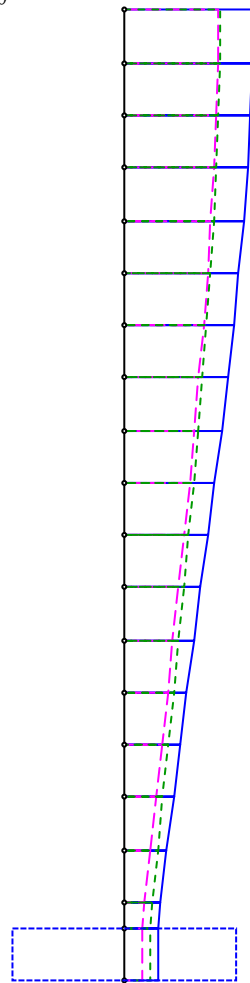
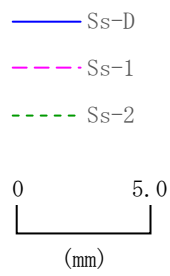
部材番号	Ss-D	Ss-1	Ss-2
19	0.4	0.4	0.6
	3.9	3.6	6.0
18	4.3	4.0	6.7
	10.6	7.7	14.0
17	11.1	8.0	14.4
	18.7	10.7	21.0
16	19.2	11.3	21.6
	26.6	14.6	28.0
15	27.1	14.6	27.7
	33.7	17.3	33.8
14	33.9	17.7	34.2
	40.2	21.1	39.1
13	40.2	21.4	39.0
	48.9	24.8	41.8
12	48.9	24.8	41.7
	54.6	27.1	45.3
11	54.3	27.0	45.3
	55.6	30.4	51.1
10	57.2	30.6	51.4
	61.0	35.3	56.5
9	61.5	35.5	56.2
	72.0	38.7	56.6
8	72.5	38.9	56.3
	83.2	41.4	61.9
7	83.6	41.5	61.9
	100.7	48.4	70.2
6	101.7	48.6	70.5
	118.0	55.9	87.0
5	118.4	56.0	87.2
	133.6	61.4	108.3
4	134.2	61.6	108.6
	160.1	71.7	131.7
3	159.9	71.9	131.8
	187.2	83.6	156.3
2	187.8	84.1	156.4
	202.5	93.0	174.6
1	-	-	-

図 4-16 最大応答曲げモーメント (EW 方向)



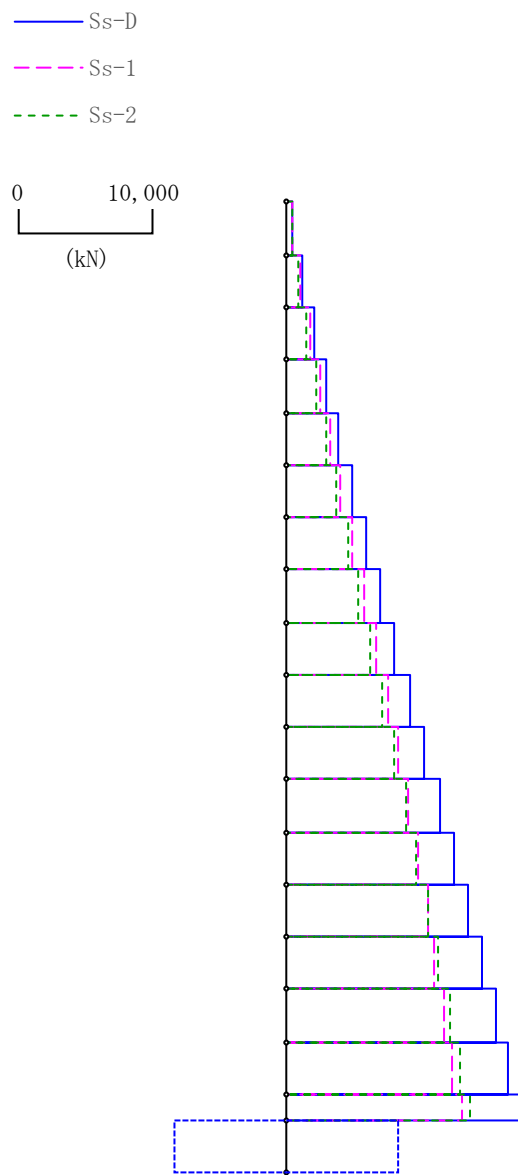
質点番号	Ss-D	Ss-1	Ss-2
20	1719.0	1458.2	1311.0
19	1707.2	1441.3	1302.3
18	1677.6	1408.9	1282.6
17	1631.0	1366.4	1254.7
16	1570.5	1315.4	1217.0
15	1503.4	1252.3	1170.4
14	1430.2	1176.9	1116.9
13	1349.0	1091.3	1056.6
12	1262.6	998.0	991.3
11	1174.5	901.0	923.8
10	1087.3	824.9	854.5
9	999.8	755.5	785.2
8	916.6	684.7	717.5
7	853.5	614.9	652.7
6	789.6	546.8	601.2
5	731.9	478.2	573.4
4	688.7	413.6	558.7
3	649.0	365.4	544.9
2	634.6	357.7	538.2
1	632.4	356.0	535.5

図 4-17 最大応答加速度 (UD 方向)



質点 番号	Ss-D	Ss-1	Ss-2
20	4.8	3.5	3.6
19	4.8	3.5	3.6
18	4.7	3.4	3.5
17	4.6	3.3	3.4
16	4.5	3.2	3.3
15	4.3	3.1	3.2
14	4.1	3.0	3.1
13	3.9	2.8	2.9
12	3.7	2.6	2.8
11	3.4	2.4	2.6
10	3.1	2.2	2.4
9	2.9	2.0	2.2
8	2.6	1.8	2.0
7	2.3	1.6	1.8
6	2.1	1.4	1.6
5	1.8	1.2	1.4
4	1.6	1.0	1.2
3	1.4	0.8	1.0
2	1.3	0.7	1.0
1	1.3	0.7	1.0

图 4-18 最大応答変位 (UD 方向)



部材番号	Ss-D	Ss-1	Ss-2
19	495.6	420.4	377.6
18	1231.7	1042.2	938.8
17	2047.1	1727.0	1561.8
16	2933.6	2470.1	2243.8
15	3883.6	3266.1	2979.3
14	4889.7	4104.6	3760.0
13	5942.9	4971.2	4576.8
12	7031.7	5851.4	5425.8
11	8144.3	6730.8	6296.1
10	9269.3	7594.7	7179.4
9	10398.7	8428.2	8065.5
8	11520.6	9214.7	8946.0
7	12621.7	9937.7	9812.6
6	13696.1	10581.4	10659.7
5	14731.8	11126.8	11473.9
4	15719.8	11806.6	12247.7
3	16650.7	12459.2	12979.3
2	17651.6	13138.8	13776.5
1	-	-	-

図 4-19 最大応答軸力 (UD 方向)

5. 基礎浮き上がりの検討

S_sによる地震応答解析の結果に基づく接地率の一覧表を表5-1に示す。

接地率は、誘発上下動を考慮した地震応答解析を適用できる基準値(50%以上)を満足していることを確認した。

表 5-1 接地率 (S_s)

地震動 方向	S _s -D		S _s -1		S _s -2	
	NS	EW	NS	EW	NS	EW
浮き上がり限界 モーメント(×10 ³ kN・m)	123.9	123.9	123.9	123.9	123.9	123.9
転倒モーメント(×10 ³ kN・m)	255.3	255.3	154.5	127.6	230.2	237.9
接地率(%)	62	62	93	99	70	67

6. Ss 評価

6.1 評価方法

各部分の Ss 時の応力を算定し、発生応力が終局耐力以内であることを確認する。終局耐力は各項目に記載の規基準に従って算定する。

6.1.1 筒身

筒身の曲げモーメント及びせん断に対する評価は、「煙突構造設計指針」に準じて下式により算定する。筒身の評価は、高さ 5.0 m ごとに行う。

$$\text{(曲げ)} \quad M_u = 2t \cdot r^2 \cdot \sin \theta_D (2\sigma_y \cdot p_g + 0.85F_C) / 10^6$$

$$\theta_D = \frac{1}{2\sigma_y \cdot p_g + 0.85F_C} \left(\frac{N}{2t \cdot r} + \pi \cdot \sigma_y \cdot p_g \right)$$

M_u 終局曲げモーメント (kN・m)

t 算定断面での肉厚 (mm)

r 算定断面での肉厚中央に対する半径 (mm)

p_g a_g/A

a_g 全主筋断面積 (mm²)

A 筒身断面積 (mm²)

N 算定断面より上部の筒身重量 (kN)

σ_y 鉄筋強度 (N/mm²)

F_C コンクリート圧縮強度 (N/mm²)

$$\text{(せん断)} \quad Q_A = 0.5 \cdot p_s \cdot w_f t \cdot A / 10^3$$

Q_A 許容せん断力 (kN)

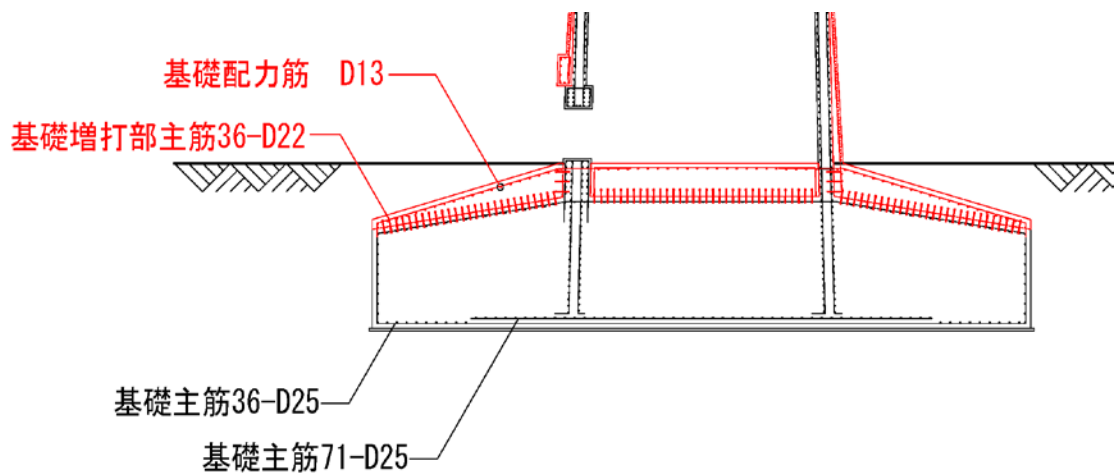
p_s せん断補強筋比

$w_f t$ 帯筋のせん断補強用許容引張応力度 (N/mm²)

A 筒身断面積 (mm²)

6.1.2 基礎

基礎の評価は「建築基礎構造設計指針」及び「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に準じて終局耐力を算出し、基礎に生じる応力が終局耐力以下であることを確認する。基礎配筋図を図 6-1 に示す。



※赤線，赤字は補強部を示す。

図 6-1 基礎配筋図

6.1.3 接地圧

S_s 時の最大接地圧は、「建築基礎構造設計指針」に準じて地反力分布を三角形分布と仮定し、鉛直方向の地震力を組合せ係数法(組合せ係数 0.4)により考慮して算定する。

地盤の許容応力は、基礎地盤における平板載荷試験の結果から設定した極限支持力度 2350 kN/m²とする。

6.2 評価結果

各部分について、S_s 時の発生応力を終局耐力で除した検定比が 1.0 を下回り、発生応力が終局耐力以内であることを確認する。

6.2.1 筒身

筒身の評価結果を表 6-1 及び表 6-2 に示す。筒身に生じる応力は全ての部材で、終局耐力以内であることを確認した。

表 6-1 筒身の評価結果（曲げ）

部材 番号	高さ T.P. (m)	① 発生曲げ モーメント M (kN・m)	② 終局曲げ モーメント (kN・m)	検定比 ①/②
19	91.0	3284.7	20640.0	0.160
18	86.0	10265.1	23840.0	0.431
17	81.0	17558.6	31120.0	0.565
16	76.0	23878.5	35250.0	0.678
15	71.0	30742.9	48240.0	0.638
14	66.0	36475.3	54730.0	0.667
13	61.0	42633.3	65910.0	0.647
12	56.0	51532.9	66250.0	0.778
11	51.0	54929.4	80480.0	0.683
10	46.0	57985.3	89520.0	0.648
9	41.0	66494.7	107800.0	0.617
8	36.0	77217.5	119000.0	0.649
7	31.0	92034.5	157400.0	0.585
6	26.0	109725.0	189200.0	0.580
5	21.0	125764.0	209300.0	0.601
4	16.0	146348.0	229800.0	0.637
3	11.0	172856.0	272100.0	0.636
2	6.0	202466.0	328100.0	0.618

表 6-2 筒身の評価結果（せん断）

部材 番号	高さ T. P. (m)	① 最大発生せん断力 Q (kN)	② 許容せん断力 (kN)	検定比 ①/②
19	91.0	1078.9	2050.7	0.527
18	86.0	1652.3	2204.8	0.750
17	81.0	1843.4	2357.5	0.782
16	76.0	1948.8	2510.1	0.777
15	71.0	1871.8	3720.0	0.504
14	66.0	2350.8	3933.8	0.598
13	61.0	2845.2	4147.6	0.686
12	56.0	2920.0	6736.7	0.434
11	51.0	2998.7	7065.8	0.425
10	46.0	3506.3	7394.9	0.475
9	41.0	4447.4	7727.1	0.576
8	36.0	5004.5	8056.2	0.622
7	31.0	5527.0	8385.3	0.660
6	26.0	5859.6	14218.6	0.413
5	21.0	6672.1	16461.4	0.406
4	16.0	7412.9	17059.9	0.435
3	11.0	7834.8	17663.7	0.444
2	6.0	8202.0	31381.1	0.262

6.2.2 基礎

基礎の評価結果を表 6-3 に示す。基礎に生じる応力は終局耐力以内であることを確認した。

表 6-3 基礎の評価結果

曲げ			せん断		
発生曲げ モーメント M (kN・m)	終局曲げ モーメント M _a (kN・m)	検定比 M/ M _a	発生 せん断力 Q (kN)	許容 せん断力 Q _a (kN)	検定比 Q/Q _a
91865	119830	0.767	27990	86041	0.326

6.2.3 接地圧

接地圧の評価結果を表 6-4 に示す。最大接地圧は極限支持力度以下であることを確認した。

表 6-4 接地圧の評価結果

方向	最大接地圧 σ_b (kN/m ²)	極限支持力度 R_u (kN/m ²)	検定比 σ_b/R_u
NS	800	2350	0.341
EW	800		0.341

(別冊 1—20)

再処理施設に関する設計及び工事の計画

(主排気筒の耐震補強工事)

建物（その2）

分析所、除染所、高放射性固体廃棄物貯蔵庫、
スラッジ貯蔵場、主排気筒

目 次

	頁
1. 変更の概要	1
2. 準拠すべき法令、基準及び規格	2
3. 設計の基本方針	3
4. 設計条件及び仕様	4
5. 工事の方法	7
6. 工事の工程	9

別 図 一 覧

- 別図-1 再処理施設の構成及び申請範囲
- 別図-2-1 補強鉄筋コンクリート範囲 外形図 (I-I)
- 別図-2-2 補強鉄筋コンクリート範囲 外形図 (II-II)
- 別図-2-3 補強鉄筋コンクリート範囲 平面図 (A-A)
- 別図-2-4 補強鉄筋コンクリート範囲 平面図 (B-B)
- 別図-2-5 補強鉄筋コンクリート範囲 平面図 (C-C)
- 別図-2-6 補強鉄筋コンクリート範囲 平面図 (D-D)
- 別図-2-7 補強鉄筋コンクリート範囲 断面詳細図 (E-E 断面)
- 別図-2-8 補強鉄筋コンクリート範囲 基礎伏図及び断面詳細図 (F-F 断面)
- 別図-2-9 補強鉄筋コンクリート範囲 配筋詳細図 (ダクト開口部)
- 別図-2-10 補強鉄筋コンクリート範囲 配筋詳細図 (改め開口部)
- 別紙-2-11 補強鉄筋コンクリート工事フロー図

表 一 覧

- 表-1-1 設計条件
- 表-1-2 設計仕様
- 表-1-3 鋼材等の種類
- 表-1-4 鉄筋の継手の長さ
- 表-1-5 鉄筋及びアンカー筋の定着の長さ
- 表-1-6 鉄筋と型枠とのかぶり厚さ
- 表-1-7 型枠の寸法許容差
- 表-1-8 コンクリートの強度表
- 表-1-9 構造体強度補正值と適用期間
- 表-2 主排気筒の耐震補強工事工程表
- 表-3 主排気筒筒身の高さ方向の壁厚及び配筋量一覧表

1. 変更の概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項に基づき、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第 44 条第 1 項の指定があったものとみなされた再処理施設について、平成 30 年 6 月 13 日付け原規規発第 1806132 号をもって認可を受け、令和 2 年 9 月 25 日付け原規規発第 2009252 号をもって変更の認可を受けた核燃料サイクル工学研究所の再処理施設の廃止措置計画について、変更認可の申請を行う。

再処理施設の主排気筒（地上高さ 90 m）は、廃止措置計画用設計地震動に対して耐震性を確保するとした高放射性廃液貯蔵場（HAW）建家（地上高さ ■■■ m）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家（地上高さ ■■■ m）に近い位置に設置されている。地震により主排気筒が倒壊した場合には、これらの施設の屋上に設置された高放射性廃液の崩壊熱除去機能を担う設備（冷却塔や二次冷却水系の配管等）への波及影響が想定されることから、波及的影響の防止の観点から、主排気筒に対しても廃止措置計画用設計地震動に対する耐震性を確保する必要がある。

今回、主排気筒基礎及び筒身において、廃止措置計画用設計地震動が作用した際に強度が不足するおそれがあることから、地震時における耐震性向上のため、主排気筒基礎及び筒身への鉄筋コンクリート補強を行う。

2. 準拠すべき法令、基準及び規格

- 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(昭和 32 年法律第 166 号)
- 「再処理施設の技術基準に関する規則」(令和 2 年原子力規制委員会規則第 9 号)
- 「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」
(平成 25 年 原子力規制委員会規則第 27 号)
- 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」
(平成 25 年 原子力規制委員会規則第 5 号)
- 「建築基準法・同施行令」(昭和 25 年法律第 201 号)
- 「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601)」(日本電気協会)
- 「原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC4601)」(日本電気協会)
- 「日本産業規格 (JIS)」
- 「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会)
- 「建築基礎構造設計指針」(日本建築学会)
- 「煙突構造設計指針」(日本建築学会)
- 「既存鉄筋コンクリート造煙突の耐震診断指針・同解説」(日本建築防災協会)
- 「2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書」(日本建築センター)
- 「各種合成構造設計指針・解説」(日本建築学会)
- 「2017 年改訂版 既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準改修設計指針同解説」
(日本建築防災協会)
- 「公共建築工事標準仕様書」(国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)
- 「公共建築改修工事標準仕様書」(国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)
- 「建築工事監理指針」(国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)
- 「建築改修工事監理指針」(国土交通省大臣官房官庁営繕部監修)
- 「建築工事標準仕様書・同解説 (JASS)」(日本建築学会)
- 「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」(日本建築学会)

3. 設計の基本方針

主排気筒（地上高さ 90 m）は、廃止措置計画用設計地震動に対して耐震性を確保するとして高放射性廃液貯蔵場（HAW）建家（地上高さ ■■■ m）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟建家（地上高さ ■■■ m）に近い位置に設置されており、地震により主排気筒が倒壊した場合には、これらの施設の屋上に設置された高放射性廃液の崩壊熱除去機能を担う設備（冷却塔や二次冷却水系配管等）への波及影響が想定される。このため、波及的影響の防止の点から、主排気筒に対しても廃止措置計画用設計地震動に対する耐震性を確保する必要がある。

今回、主排気筒基礎及び筒身において、廃止措置計画用設計地震動が作用した際に強度が不足するおそれがあることから、地震時における耐震性向上のため、主排気筒基礎及び筒身への鉄筋コンクリート補強を行う。

主排気筒の耐震補強工事は、再処理施設の技術基準に関する規則第 6 条（地震による損傷の防止）第 2 項に規定する技術上の基準を満足するように行う。

4. 設計条件及び仕様

(1) 設計条件

表-1-1 設計条件

名 称	主排気筒
耐震重要度分類	Bクラス（旧A類）
構 造	鉄筋コンクリート造

(2) 仕様

主排気筒の耐震性向上のため、以下の施工を行う。

表-1-2 設計仕様

名 称	主排気筒
仕 様	補強鉄筋コンクリートの新設
補強部材 主要材料	コンクリート：普通コンクリート（JIS A 5308） 鉄筋：SD295A、SD345、SD390（JIS G 3112）
図	別図-1，別図-2-1～別図-2-11，表-3

表-1-3 鋼材等の種類

部材	材料	備考
鉄筋	SD295A (D13、D16、D19、 D22、D32)	JIS G 3112
	SD345 (D13、D19)	
	SD390 (D25)	
アンカー筋	SD345 (D22)	JIS G 3112
あと施工アンカー (接着系・カプセル型)	D22 用	JCAA 認証品

表-1-4 鉄筋の継手の長さ

鉄筋の種類	継手の長さ		備考
SD295A	重ね継手	40d または 30d フック付き	JASS 5N
SD345	重ね継手	45d または 30d フック付き	JASS 5N
SD390	重ね継手	50d または 35d フック付き	JASS 5N
共通	フレア溶接	片面 10d または両面 5d	建築改修工事監理指針

表-1-5 鉄筋及びアンカー筋の定着の長さ

鉄筋の種類	定着長さ	備考
SD295A	35d または 25d フック付き	JASS 5N
SD345	35d または 25d フック付き	JASS 5N

表-1-6 鉄筋と型枠とのかぶり厚さ

部位			かぶり厚さ (mm)	備考
土に接しない部分	耐力壁 (補強鉄筋コンクリート)	屋外	50	JASS 5N
土に接する部分	耐力壁 (補強鉄筋コンクリート)		50	JASS 5N
	基礎		70	JASS 5N

表-1-7 型枠の寸法許容差

項目	許容差 (mm)	備考
壁 (補強鉄筋コンクリート) の断面寸法	-5	JASS 5N
	+15	
基礎 (補強鉄筋コンクリート) の断面寸法	-5	JASS 5N
	+(規定せず)	

表-1-8 コンクリートの強度表

普通コンクリート		備考
設計基準強度 (N/mm ²)	品質基準強度 (N/mm ²)	
21	21	JASS 5N

表-1-9 構造体強度補正值と適用期間

(強度管理材齢 28 日)

適用期間	構造体強度補正值 (N/mm ²)
3月12日～7月27日	3
7月28日～8月23日	6
8月24日～11月14日	3
11月15日～3月11日	6

茨城県北部生コンクリート協同組合の通達による。

5. 工事の方法

(1) 工事の方法及び手順

本工事のフローを別図-2-11 に示す。また、本工事において実施する試験・検査項目、検査方法、判定基準を以下に示す。

1) 試験・検査項目

① 材料検査

方法：イ. 鉄筋及びアンカー筋の材料を材料証明書等により確認する。

ロ. あと施工アンカー（接着系・カプセル型）の材料が認証品であることを確認する。

判定：イ. 鉄筋が表-1-3 に示す材料であること。

ロ. あと施工アンカー（接着系・カプセル型）が表-1-3 に示す材料であること。

② 構造検査1（配筋検査）

方法：イ. 鉄筋及びアンカー筋の径（呼び径）を目視により確認する。

ロ. 鉄筋及びアンカー筋の本数又は間隔を目視又は測定により確認する。

ハ. アンカー筋の埋め込み長さ及び定着長さが確保されていることを目視又は測定により確認する。

ニ. 鉄筋の継手長さ及び定着長さを目視又は測定により確認する。また、フレア溶接を行う継手については、フレア溶接部を目視により確認する。

ホ. 鉄筋と型枠とのかぶり厚さを目視又は測定により確認する。

判定：イ. 鉄筋及びアンカー筋が別図-2-3～別図-2-11 及び表-3 に示す径（呼び径）であること。

ロ. 鉄筋及びアンカー筋が別図-2-3～別図-2-11 及び表-3 に示す本数又は間隔であること。

ハ. アンカー筋が別図-2-8 に示す埋め込み長さ及び表-1-5 に示す定着長さを確保していること。

ニ. 鉄筋の継手長さ及び定着長さが表-1-4 及び表-1-5 に示す長さ以上であること。また、フレア溶接部について、割れ等の有害な欠陥がないこと。

ホ. 鉄筋と型枠とのかぶり厚さが表-1-6 に示す厚さ以上であること。

③ 構造検査 2 (型枠検査)

方法：型枠の寸法を測定により確認する。

判定：型枠が表-1-7 に示す寸法許容差の範囲内であること。

④ 強度検査 (コンクリートの強度試験)

方法：コンクリートの強度を圧縮強度試験により確認する。

判定：普通コンクリートの圧縮強度の平均値が表-1-8 に示す品質基準強度に表-1-9 に示す構造体強度補正値を加えた値以上であり、かつ、個々の値が表-1-8 に示す品質基準強度に表-1-9 に示す構造体強度補正値を加えた値の 85%以上であること。

⑤ 外観検査 1 (外観検査)

方法：補強鉄筋コンクリートの表面を目視により確認する。

判定：補強鉄筋コンクリートの表面に有害な傷、へこみ等がないこと。

⑥ 外観検査 2 (配置検査)

方法：補強鉄筋コンクリートの配置を目視により確認する。

判定：補強鉄筋コンクリートが別図-2-1 及び別図-2-2 に示す位置に配置されていること。

(2) 工事上の安全対策

本工事に際しては、以下の注意事項に従い行う。

- ① 本工事の保安については、再処理施設保安規定に従うとともに、労働安全衛生法に従い、作業者に係る労働災害の防止に努める。
- ② 本工事においては、作業手順、装備、連絡体制等について十分に検討した上で、作業を実施する。
- ③ 本工事においては、ヘルメット、保護手袋等の保護具を作業の内容に応じて着用し、災害防止に努める。
- ④ 本工事における火気作業時は、近傍の可燃物を除去した上で実施する。ただし、可燃物を除去できない場合は、不燃シートによる作業場所の養生等を行い、火災を防止する。
- ⑤ 本工事における高所作業時は、資機材の落下防止とともに、墜落制止用器具等の保

護具を着用し、災害防止に努める。

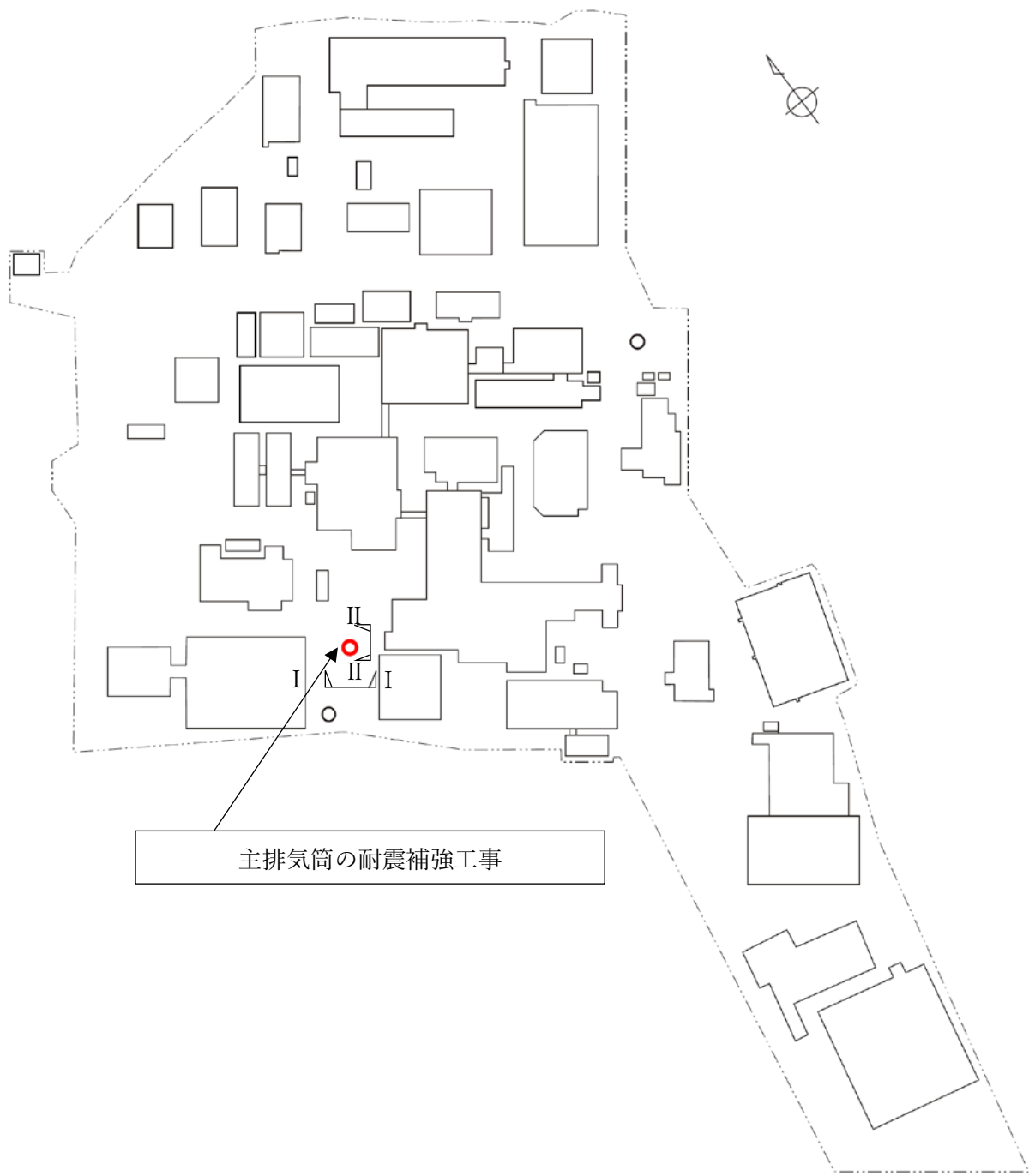
6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-2 に示す。

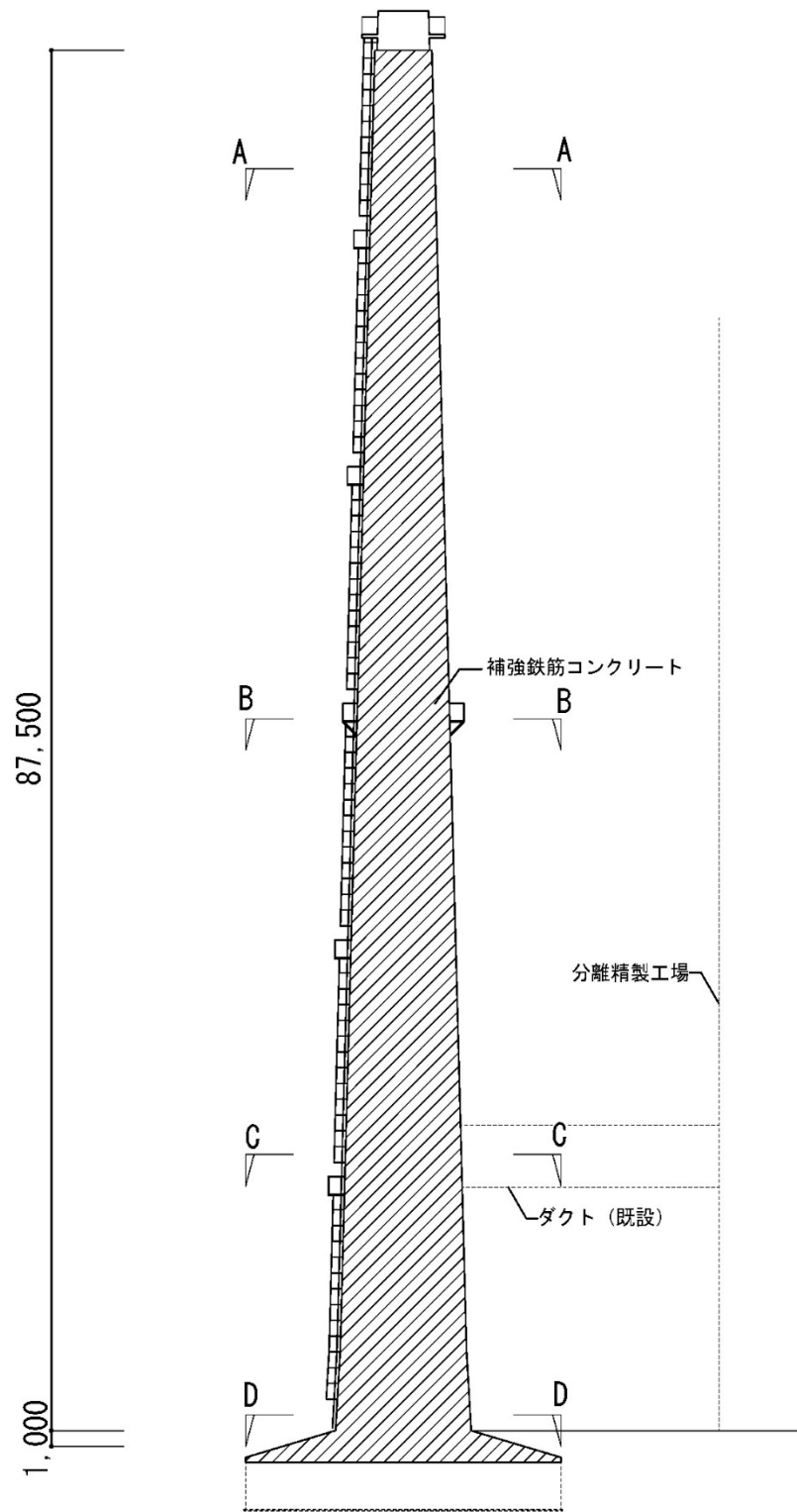
表-2 主排気筒の耐震補強工事工程表

	令和2年度		令和3年度		令和4年度		備考
主排気筒耐震補強 工事			工事				

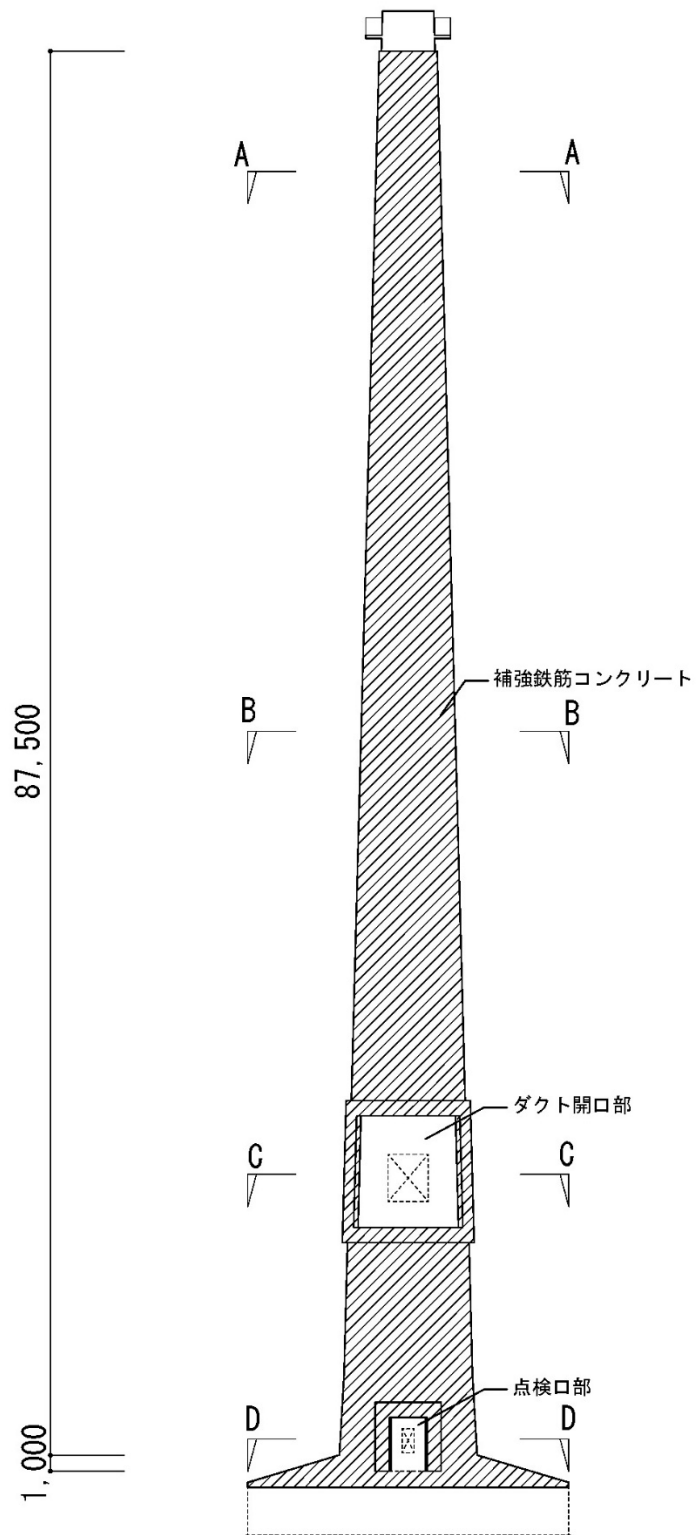
(別図)



別図-1 再処理施設の構成及び申請範囲



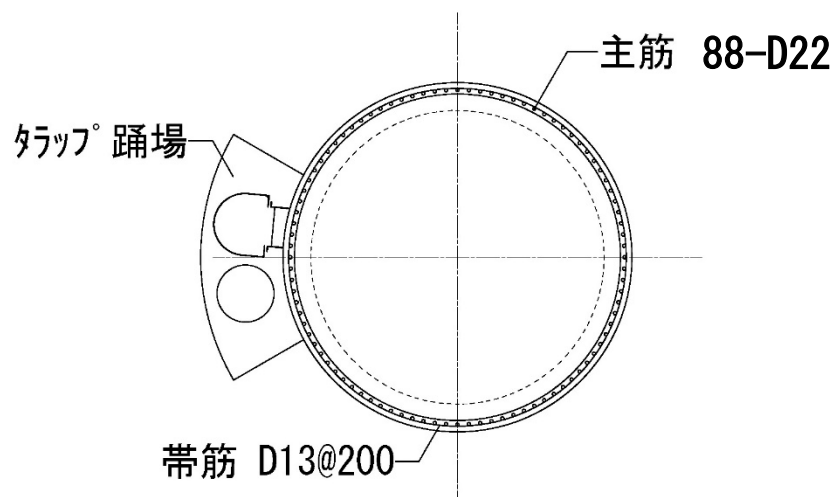
別図-2-1 補強鉄筋コンクリート範囲 外形図 (I-I)



別図-2-2 補強鉄筋コンクリート範囲 外形図 (II-II)

表-3 主排気筒筒身の高さ方向の壁厚及び配筋量一覧表

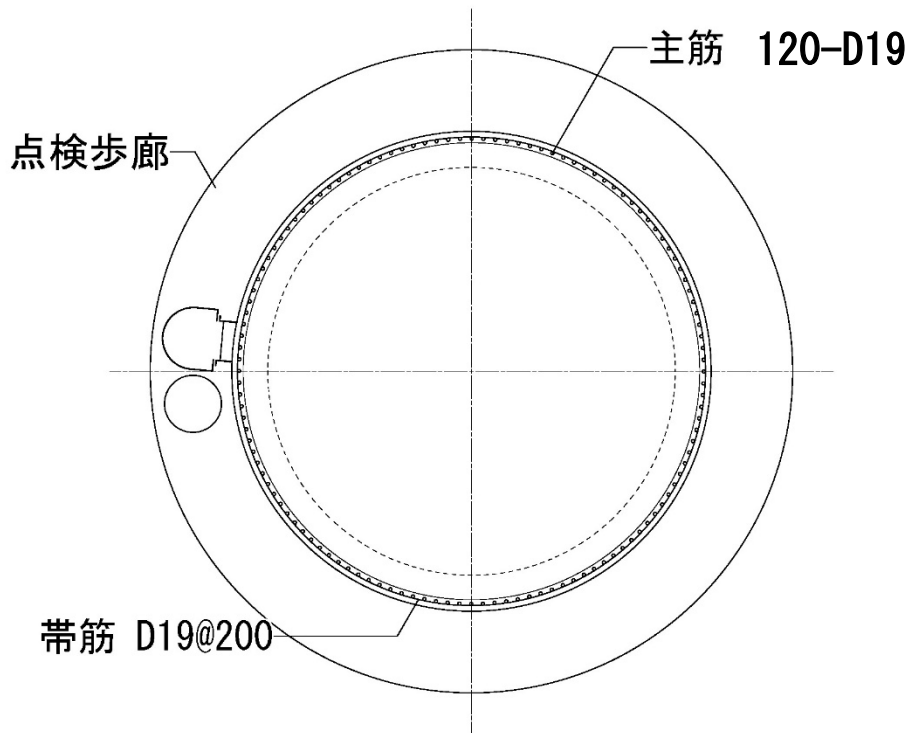
高さ (m)	壁厚 (mm)	配筋	
		主筋 (シングル)	帯筋 (シングル)
87.5～82.5	140	76-D22	D13@200
82.5～77.5	140	80-D22	D13@200
77.5～72.5	140	88-D22	D13@200
72.5～67.5	140	92-D22	D13@200
67.5～62.5	140	96-D22	D13@200
62.5～57.5	140	104-D22	D13@200
57.5～52.5	140	108-D22	D13@200
52.5～47.5	140	116-D19	D19@200
47.5～42.5	140	120-D19	D19@200
42.5～37.5	140	124-D19	D19@200
37.5～32.5	140	132-D19	D19@200
32.5～27.5	140	136-D19	D19@200
27.5～22.5	140	144-D19	D19@200
22.5～17.5	140	148-D19	D19@100
17.5～12.5	140	152-D19	D19@100
12.5～7.5	140	160-D19	D19@100
7.5～5.0	140	164-D19	D19@100
5.0～2.5	140～300	164-D19	D19@100
2.5～0		172-D22	D25@100



(単位：mm)

- ※ 既設との干渉により、補強部材の位置等を変更することがある。
この場合、同等以上の耐力を確保した施工とする。
- ※ 筒身にはシアコネクタを配置する。

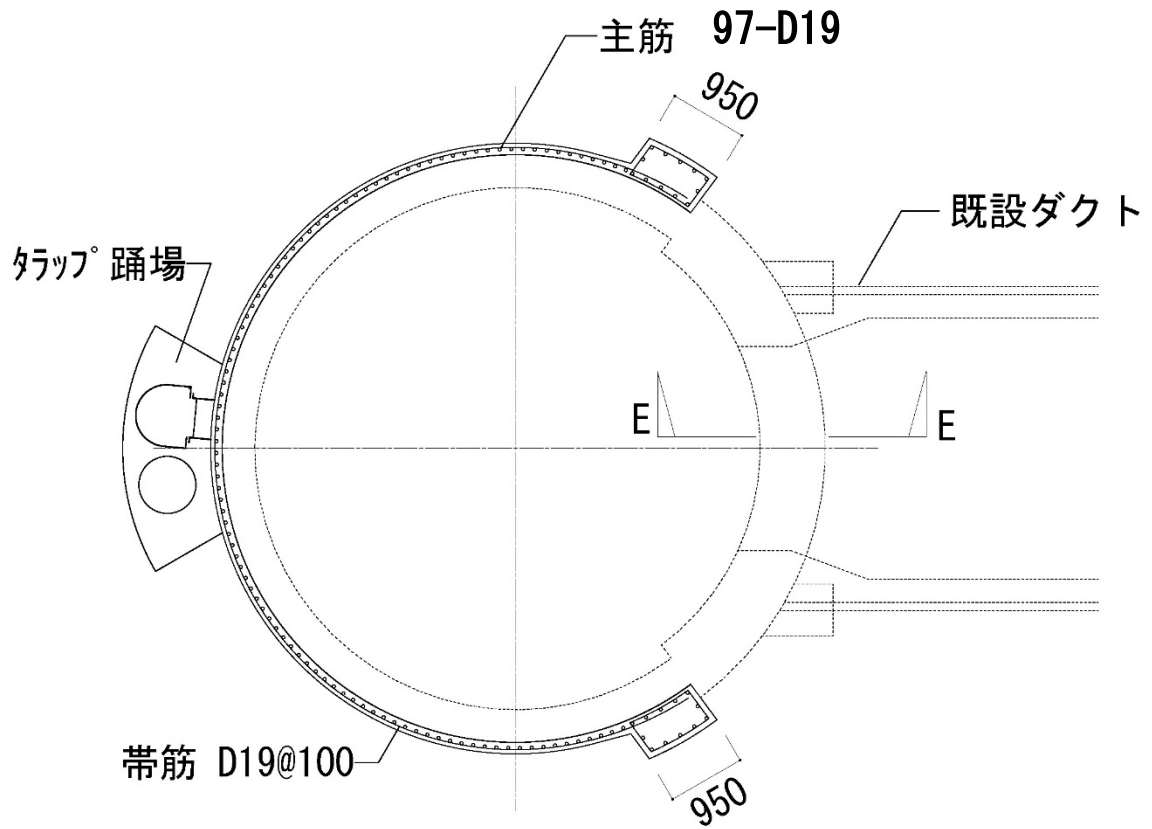
別図-2-3 補強鉄筋コンクリート範囲 平面図 (A-A)



(単位：mm)

- ※ 既設との干渉により、補強部材の位置等を変更することがある。
この場合、同等以上の耐力を確保した施工とする。
- ※ 筒身にはシアコネクタを配置する。

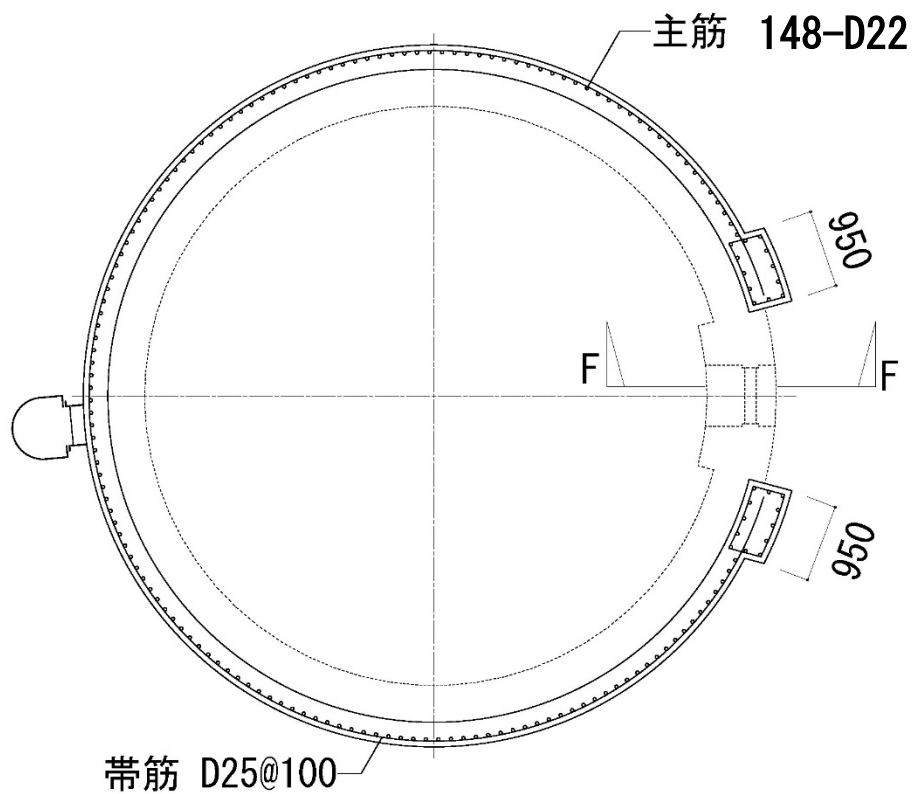
別図-2-4 補強鉄筋コンクリート範囲 平面図 (B-B)



(単位：mm)

- ※ 既設との干渉により、補強部材の位置等を変更することがある。
この場合、同等以上の耐力を確保した施工とする。
- ※ 筒身にはシアコネクタを配置する。

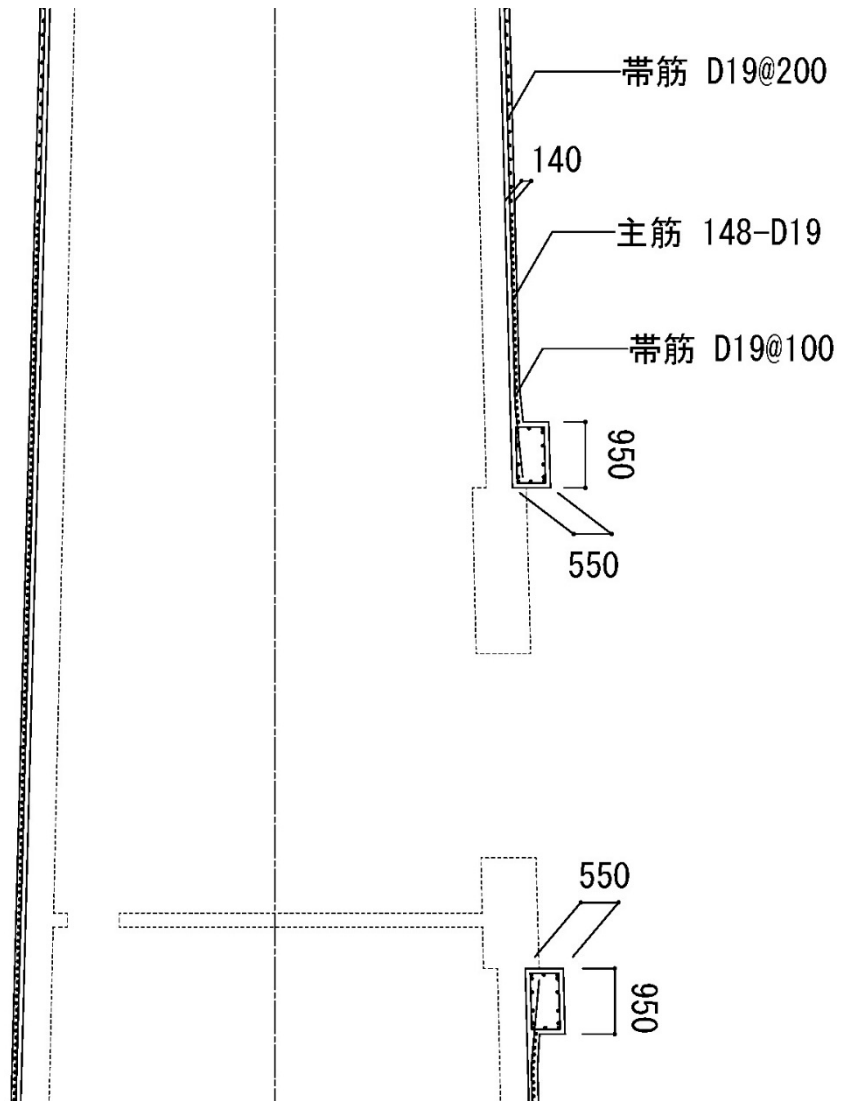
別図-2-5 補強鉄筋コンクリート範囲 平面図 (C-C)



(単位：mm)

- ※ 既設との干渉により、補強部材の位置等を変更することがある。
この場合、同等以上の耐力を確保した施工とする。
- ※ 筒身にはシアコネクタを配置する。

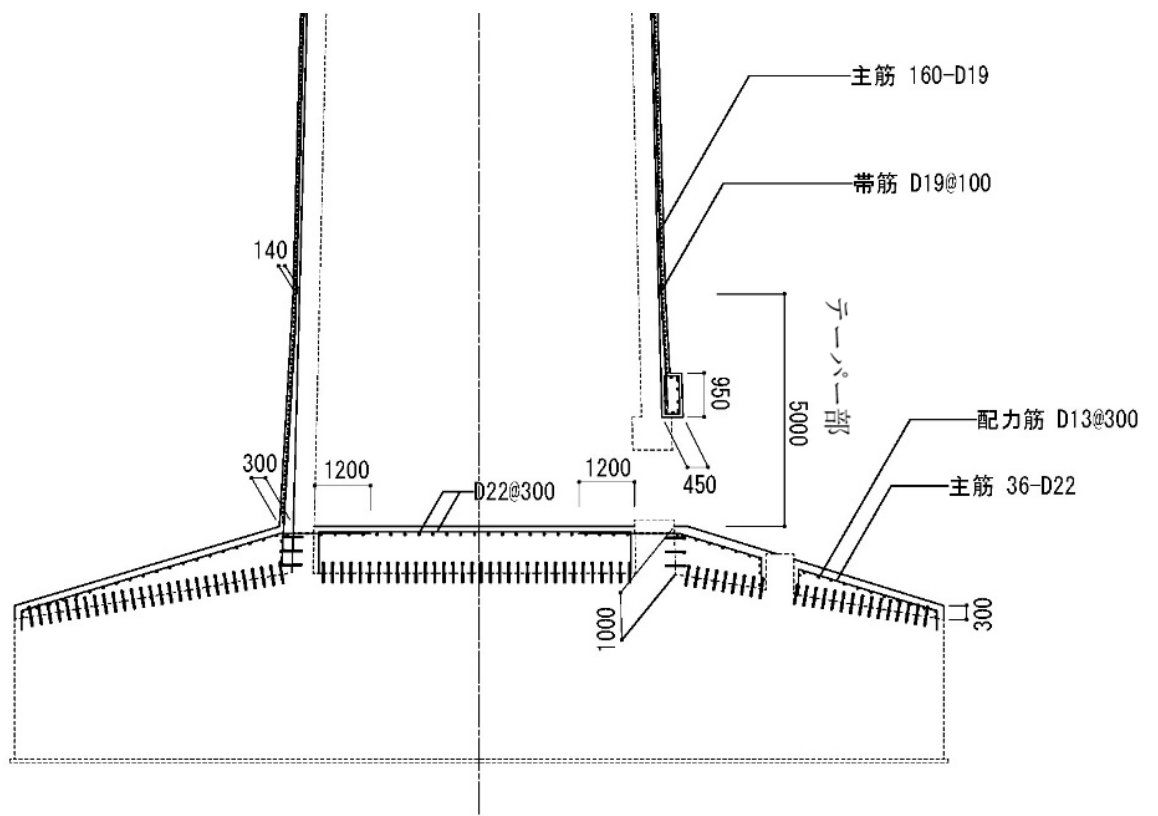
別図-2-6 補強鉄筋コンクリート範囲 平面図 (D-D)



(単位：mm)

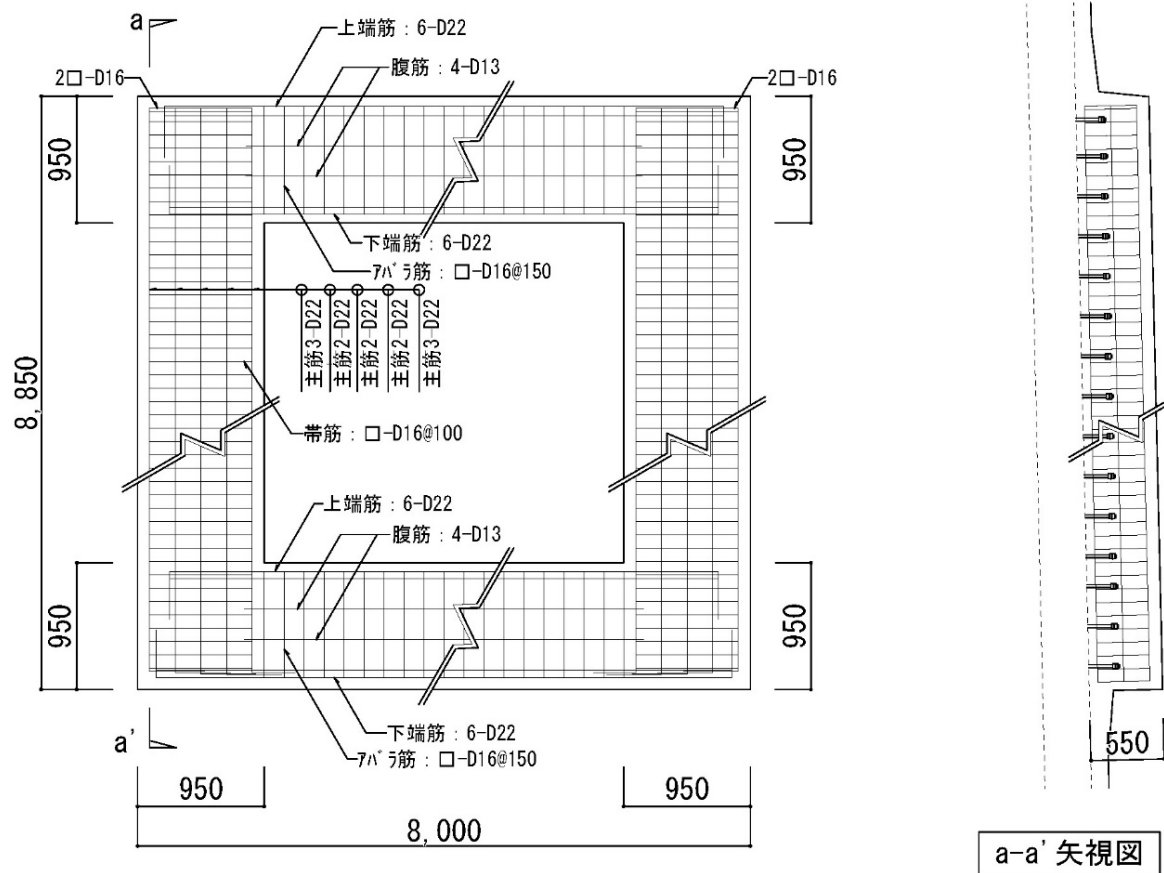
- ※ 既設との干渉により、補強部材の位置等を変更することがある。
この場合、同等以上の耐力を確保した施工とする。
- ※ 筒身にはシアコネクタを配置する。

別図-2-7 補強鉄筋コンクリート範囲 断面詳細図 (E-E 断面)



- ※ 既設との干渉により、補強部材の位置等を変更することがある。 (単位：mm)
- この場合、同等以上の耐力を確保した施工とする。
- ※ 筒身にはシアコネクタを配置する。

別図-2-8 補強鉄筋コンクリート範囲 基礎伏図及び断面詳細図 (F-F 断面)

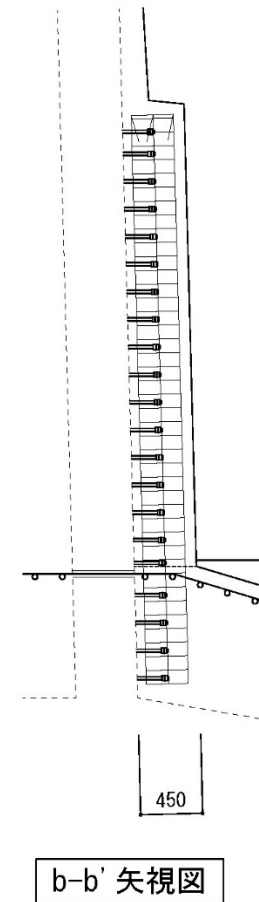
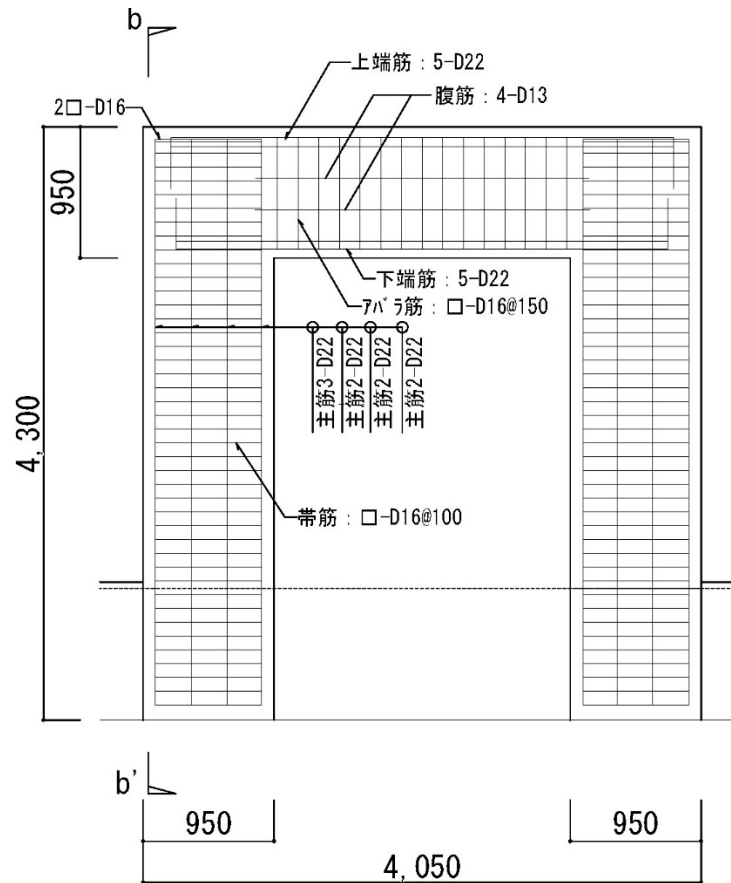


a-a' 矢視図

- ※ 既設との干渉により、補強部材の位置等を変更することがある。
この場合、同等以上の耐力を確保した施工とする。
- ※ 筒身にはシアコネクタを配置する。

(単位：mm)

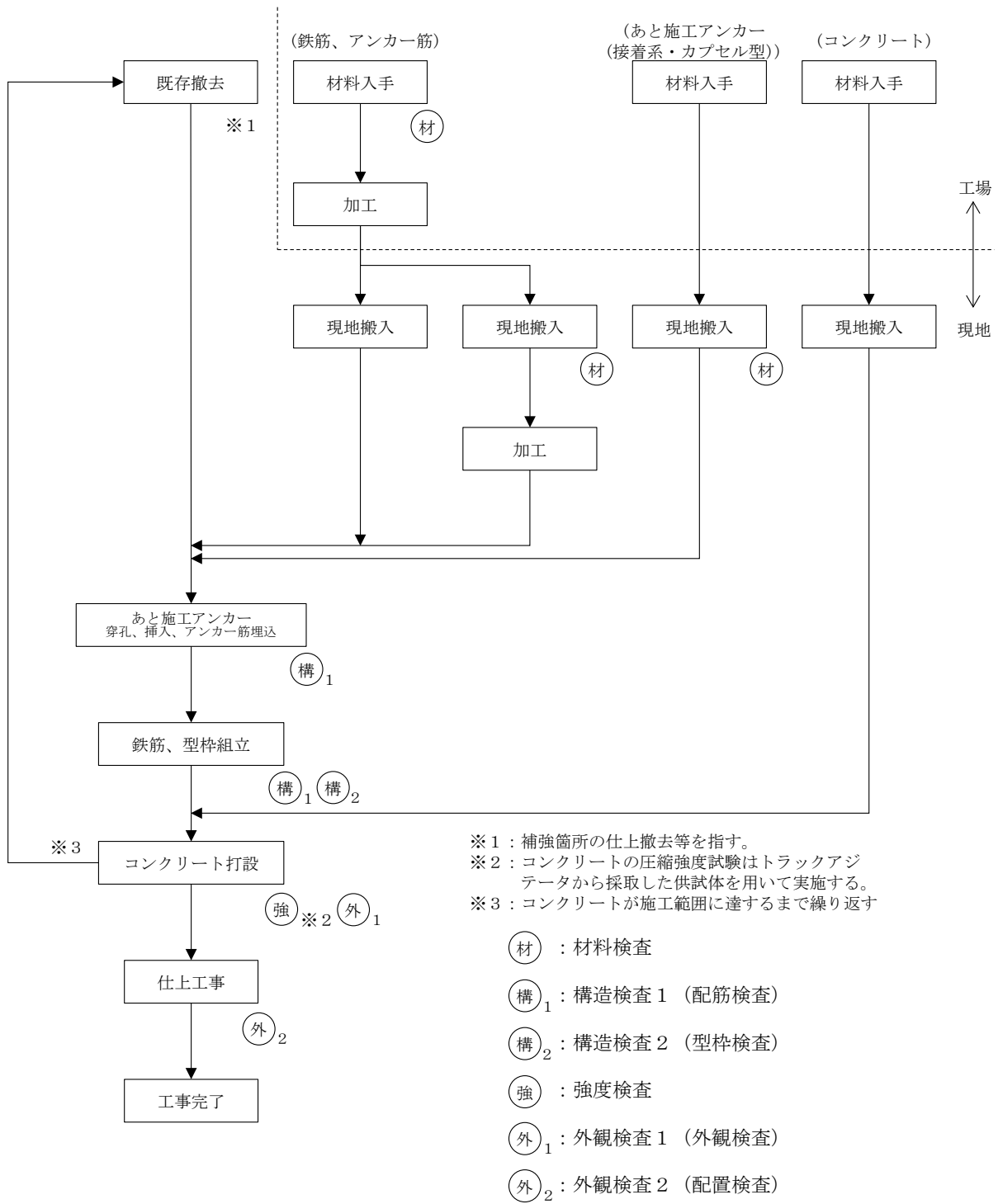
別図-2-9 補強鉄筋コンクリート範囲 配筋詳細図 (ダクト開口部)



- ※ 既設との干渉により、補強部材の位置等を変更することがある。
この場合、同等以上の耐力を確保した施工とする。
- ※ 筒身にはシアコネクタを配置する。

(単位 : mm)

別図-2-10 補強鉄筋コンクリート範囲 配筋詳細図 (点検口)



別図-2-11 補強鉄筋コンクリート工事フロー図

添 付 書 類

1. 申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」との適合性
2. 申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第44条第1項の指定若しくは同法第44条の4第1項の許可を受けたところ又は同条第2項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

1. 申請に係る「再処理施設の技術基準に関する規則」
との適合性

本申請に係る「再処理施設に関する設計及び工事の計画」は以下に示すとおり「再処理施設の技術基準に関する規則」に掲げる技術上の基準に適合している。

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第一条	定義	—	—	—
第二条	特殊な設計による再処理施設	無	—	—
第三条	廃止措置中の再処理施設の維持	無	—	—
第四条	核燃料物質の臨界防止	無	—	—
第五条	安全機能を有する施設の地盤	無	—	—
第六条	地震による損傷の防止	有	第2項	別紙-1に示すとおり
第七条	津波による損傷の防止	無	—	—
第八条	外部からの衝撃による損傷防止	無	—	—
第九条	再処理施設への人の不法な侵入等の防止	無	—	—
第十条	閉じ込めの機能	無	—	—
第十一条	火災等による損傷の防止	無	—	—
第十二条	再処理施設内における ^{いつ} 溢水による損傷の防止	無	—	—
第十三条	再処理施設内における化学薬品の漏えいによる損傷の防止	無	—	—
第十四条	安全避難通路等	無	—	—
第十五条	安全上重要な施設	無	—	—
第十六条	安全機能を有する施設	無	—	—
第十七条	材料及び構造	無	—	—
第十八条	搬送設備	無	—	—
第十九条	使用済燃料の貯蔵施設等	無	—	—
第二十条	計測制御系統施設	無	—	—
第二十一条	放射線管理施設	無	—	—
第二十二条	安全保護回路	無	—	—

技術基準の条項		評価の必要性の有無		適合性
		有・無	項・号	
第二十三条	制御室等	無	—	—
第二十四条	廃棄施設	無	—	—
第二十五条	保管廃棄施設	無	—	—
第二十六条	使用済燃料等による汚染の防止	無	—	—
第二十七条	遮蔽	無	—	—
第二十八条	換気設備	無	—	—
第二十九条	保安電源設備	無	—	—
第三十条	緊急時対策所	無	—	—
第三十一条	通信連絡設備	無	—	—
第三十二条	重大事故等対処施設の地盤	無	—	—
第三十三条	地震による損傷の防止	無	—	—
第三十四条	津波による損傷の防止	無	—	—
第三十五条	火災等による損傷の防止	無	—	—
第三十六条	重大事故等対処設備	有	—	—
第三十七条	材料及び構造	無	—	—
第三十八条	臨界事故の拡大を防止するための設備	無	—	—
第三十九条	冷却機能の喪失による蒸発乾固に対処するための設備	無	—	—
第四十条	放射線分解により発生する水素による爆発に対処するための設備	無	—	—
第四十一条	有機溶媒等による火災又は爆発に対処するための設備	無	—	—
第四十二条	使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備	無	—	—
第四十三条	放射性物質の漏えいに対処するための設備	無	—	—
第四十四条	工場等外への放射性物質等の放出を抑制するための設備	無	—	—

技 術 基 準 の 条 項		評価の必要性の有無		適 合 性
		有・無	項・号	
第四十五条	重大事故等への対処に必要な なる水の供給設備	無	—	—
第四十六条	電源設備	無	—	—
第四十七条	計装設備	無	—	—
第四十八条	制御室	無	—	—
第四十九条	監視測定設備	無	—	—
第五十条	緊急時対策所	無	—	—
第五十一条	通信連絡を行うために必要な 設備	無	—	—
第五十二条	電磁的記録媒体による手続	無	—	—

第六条（地震による損傷の防止）

安全機能を有する施設は、これに作用する地震力（事業指定基準規則第七条第二項の規定により算定する地震力をいう。）による損壊により公衆に放射線障害を及ぼすことがないものでなければならない。

2 耐震重要施設（事業指定基準規則第六条第一項に規定する耐震重要施設をいう。

以下同じ。）は、基準地震動による地震力（事業指定基準規則第七条第三項に規定する基準地震動による地震力をいう。以下同じ。）に対してその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

3 耐震重要施設は、事業指定基準規則第七条第三項の地震により生ずる斜面の崩壊によりその安全性が損なわれるおそれがないものでなければならない。

2 主排気筒は、廃止措置計画用設計地震動に対して耐震性を確保するとした高放射性廃液貯蔵場（HAW）及びガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟に近い位置に設置されており、地震により主排気筒が倒壊した場合には、これらの施設の屋上に設置された高放射性廃液の崩壊熱除去機能を担う設備への波及的影響が想定される。このため、波及的影響防止の観点から廃止措置計画用設計地震動に対する耐震性を確保する必要がある。

主排気筒基礎及び筒身において、廃止措置計画用設計地震動が作用した際に強度が不足するおそれがあることから、地震時における耐震性向上のため、主排気筒基礎及び筒身への鉄筋コンクリート補強を行う。

2. 申請に係る「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」第44条第1項の指定若しくは同法第44条の4第1項の許可を受けたところ又は同条第2項の規定により届け出たところによるものであることを説明した書類

原子力利用における安全対策の強化のための核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律等の一部を改正する法律附則第 5 条第 6 項において読み替えて準用する同法第 4 条第 1 項の規定に基づき、独立行政法人日本原子力研究開発機構法（平成 16 年法律第 155 号）附則第 18 条第 1 項により、指定があったものとみなされた再処理事業指定申請書について、令和 2 年 4 月 22 日付け令 02 原機（再）007 により届出を行っているところによる。

高放射性廃液の液量管理に係る再処理施設保安規定の変更について

【概要】

- 令和2年5月29日及び8月7日に申請した廃止措置計画変更において、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の高放射性廃液貯槽、ガラス固化技術開発施設(TVF)の受入槽、回収液槽及び濃縮器については高放射性廃液の液量を管理することにより耐震裕度向上を図ることとし、具体的な管理の方法については保安規定に定めることとした。
- これに基づき、液量管理に関する再処理施設保安規定の変更認可申請を行う。
なお、TVFの受入槽及び回収液槽については、送液時の送液精度等による変動によって一時的に管理値を超過する場合においては、速やかに管理値に戻すことを条件とした超過期間を設け、対応方法を明確化した。

令和2年10月1日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

高放射性廃液の液量管理に係る再処理施設保安規定の変更について

1. 概要

廃止措置計画において、高放射性廃液を貯留する高放射性廃液貯蔵場の高放射性廃液貯槽、並びにガラス固化技術開発施設の受入槽、回収液槽及び濃縮器のさらなる耐震裕度を確保する方策として、貯蔵液量管理による耐震裕度向上に向けた運用を行うこととしており、保安規定に管理値を定めて運用管理を行うことを追加（変更）する。

2. 変更内容

(1) 高放射性廃液貯蔵場の高放射性廃液貯槽の管理値の設定

「第Ⅲ－6表 施設の貯蔵・保管能力」に記載されている高放射性廃液貯蔵場の高放射性廃液貯槽の貯蔵・保管能力（120 m³）に対して、耐震裕度を確保する方策として、90 m³を管理値とすることを第160条（高放射性液体廃棄物の貯蔵）に定める。

(2) ガラス固化技術開発施設の受入槽等の液量管理値の設定

ガラス固化技術開発施設の受入槽（G11V10：11 m³）、回収液槽（G11V20：11 m³）及び濃縮器（G12E10：1.4 m³）に対して、耐震裕度を確保する方策として、各貯槽の管理値（運転時5.5 m³、回収時4 m³、（濃縮器は1 m³））を液量管理値とすることを第152条（ガラス固化）及び第Ⅲ－8－（1）表（新規追加）に定める。

なお、受入槽及び回収液槽については、工程変動により一時的に液量管理値を超過することも想定されるため、液量管理値を超えた場合は、次工程への送液などにより速やかに（運転実績を踏まえて、運転時：2日、回収時：3日）液量管理値以下とすることを、第Ⅲ－8－（1）表に注記する。

3. 変更後の安全性

本件は、高放射性廃液を貯留する貯槽等について、保管能力より低い値に管理値を設けて液量を管理するものであり、貯槽等の耐震裕度は向上する。

4. 添付資料

別紙 核燃料サイクル工学研究所 再処理施設保安規定 新旧対照表

以上

変更箇所を_____で示す。

変 更 前 (令和2年6月23日認可版)	変 更 案	変更理由
<p>表一覧 第Ⅲ－１－（１）表～第Ⅲ－７表<省略></p> <p>第Ⅲ－８表 ガラス固化体の測定等の項目（第153条関係）</p> <p>第Ⅲ－９表～第Ⅳ－７表<省略></p>	<p>表一覧 第Ⅲ－１－（１）表～第Ⅲ－７表<変更なし></p> <p>第Ⅲ－８－（１）表 <u>耐震裕度向上のための受入槽、回収液槽及び濃縮器の液量管理値（第152条関係）</u></p> <p>第Ⅲ－８－（２）表 ガラス固化体の測定等の項目（第153条関係）</p> <p>第Ⅲ－９表～第Ⅳ－７表<変更なし></p>	<p>○表の追加に伴う表番号の見直し</p>
<p>（ガラス固化）</p> <p>第152条 ガラス固化処理課長は、第160条で貯蔵した高放射性液体廃棄物及び第158条で発生した高放射性液体廃棄物等の工程廃液のガラス固化処理を行う場合は、高放射性液体廃棄物の受入れ、濃縮等を適切に行うとともに、1日当たりの熔融炉の廃液処理量が0.35 m³を超えないようにする。</p> <p>（ガラス固化体の保管）</p> <p>第153条 ガラス固化処理課長は、ガラス固化体を保管する場合は、<u>第Ⅲ－８表</u>の測定等を行い、その結果を記録し、ガラス固化技術開発施設内の保管セルに保管する。</p>	<p>（ガラス固化）</p> <p>第152条 ガラス固化処理課長は、第160条で貯蔵した高放射性液体廃棄物及び第158条で発生した高放射性液体廃棄物等の工程廃液のガラス固化処理を行う場合は、高放射性液体廃棄物の受入れ、濃縮等を適切に行うとともに、1日当たりの熔融炉の廃液処理量が0.35 m³を超えないようにする。</p> <p><u>2 ガラス固化処理課長は、受入槽、回収液槽及び濃縮器に高放射性液体廃棄物を保有する際は、耐震裕度向上のため、第Ⅲ－８－（１）表に定める液量管理値を超えないように管理する。ただし、受入槽及び回収液槽において、液量が液量管理値を超えた場合は、第Ⅲ－８－（１）表のそれぞれの注釈に示す所定の期間以内に、次工程への送液などにより管理値以下にする。</u></p> <p>（ガラス固化体の保管）</p> <p>第153条 ガラス固化処理課長は、ガラス固化体を保管する場合は、<u>第Ⅲ－８－（２）表</u>の測定等を行い、その結果を記録し、ガラス固化技術開発施設内の保管セルに保管する。</p>	<p>○廃止措置計画変更認可申請書の一部補正（令和2年8月7日申請）の記載を担保するため、管理値を設定</p> <p>○表の追加に伴う表番号の変更</p>

核燃料サイクル工学研究所 再処理施設保安規定 新旧対照表(案)

変更箇所を_____で示す。

変 更 前 (令和2年6月23日認可版)	変 更 案	変更理由
<p>(高放射性液体廃棄物の貯蔵)</p> <p>第 160 条 化学処理施設課長は、蒸発濃縮した高放射性液体廃棄物の濃縮液及びガラス固化技術開発施設からの返送廃液を貯蔵する場合は、次の各号に掲げる事項を遵守する。</p> <p>(1) 分離精製工場及び高放射性廃液貯蔵場の高放射性廃液貯槽に第Ⅲ－6表に定める値を超えないように貯蔵すること</p> <p>(2) 貯槽内冷却水を確保すること</p> <p>2 化学処理施設課長は、高放射性廃液貯蔵場の高放射性廃液貯槽間で移送する場合は、1回の送液時間を6時間以内とする。</p>	<p>(高放射性液体廃棄物の貯蔵)</p> <p>第 160 条 化学処理施設課長は、蒸発濃縮した高放射性液体廃棄物の濃縮液及びガラス固化技術開発施設からの返送廃液を貯蔵する場合は、次の各号に掲げる事項を遵守する。</p> <p>(1) 分離精製工場及び高放射性廃液貯蔵場の高放射性廃液貯槽に第Ⅲ－6表に定める値を超えないように貯蔵すること。<u>また、高放射性廃液貯蔵場の高放射性廃液貯槽は、耐震裕度向上のため、第Ⅲ－6表にかかわらず1基あたり90m³を液量管理値とし、その値を超えないように管理する。</u></p> <p>(2) 貯槽内冷却水を確保すること</p> <p>2 化学処理施設課長は、高放射性廃液貯蔵場の高放射性廃液貯槽間で移送する場合は、1回の送液時間を6時間以内とする。</p>	<p>○廃止措置計画変更認可申請書の一部補正(令和2年5月29日)の記載を担保するため、管理値を設定</p>

核燃料サイクル工学研究所 再処理施設保安規定 新旧対照表(案)

変更箇所を_____で示す。

変更前 (令和2年6月23日認可版)	変更案	変更理由												
<p>第Ⅲ-8表 ガラス固化体の測定等の項目 (第153条関係)</p> <p><省略></p>	<p>第Ⅲ-8(1)表 耐震裕度向上のための受入槽、回収液槽及び濃縮器の液量管理値 (第152条関係)</p> <table border="1" data-bbox="1555 363 2445 583"> <thead> <tr> <th data-bbox="1555 363 2044 415">対象機器</th> <th colspan="2" data-bbox="2044 363 2445 415">液量管理値^{*1}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1555 415 2044 531">受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の各貯槽</td> <td data-bbox="2044 415 2243 468">運転時^{*2}</td> <td data-bbox="2243 415 2445 468">5.5 m³</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1555 531 2044 583"></td> <td data-bbox="2044 531 2243 583">回収時^{*3}</td> <td data-bbox="2243 531 2445 583">4.0 m³</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1555 583 2044 625">濃縮器 (G12E10)</td> <td colspan="2" data-bbox="2044 583 2445 625">1.0 m³</td> </tr> </tbody> </table> <p>*1 液量管理値：対象機器の耐震裕度向上のために管理する液量</p> <p>*2 運転時とは、濃縮器 (G12E10) で濃縮していない高放射性液体廃棄物を受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) で扱う場合をいう。液量管理値を超えた場合は、2日以内に次工程への送液などにより液量管理値以下にする。</p> <p>*3 回収時とは、濃縮器 (G12E10) で濃縮した高放射性液体廃棄物を受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) で扱う場合をいう。液量管理値を超えた場合は、3日以内に高放射性廃液貯蔵場への返送などにより液量管理値以下にする。</p> <p>第Ⅲ-8-(2)表 ガラス固化体の測定等の項目 (第153条関係)</p> <p><変更なし></p>	対象機器	液量管理値 ^{*1}		受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の各貯槽	運転時 ^{*2}	5.5 m ³		回収時 ^{*3}	4.0 m ³	濃縮器 (G12E10)	1.0 m ³		<p>○廃止措置計画変更認可申請書の一部補正 (令和2年8月7日申請) の記載を担保するため、管理値を設定</p> <p>○用語の定義の明確化のための注釈、</p> <p>○表の追加に伴う表番号の変更</p>
対象機器	液量管理値 ^{*1}													
受入槽 (G11V10) 及び回収液槽 (G11V20) の各貯槽	運転時 ^{*2}	5.5 m ³												
	回収時 ^{*3}	4.0 m ³												
濃縮器 (G12E10)	1.0 m ³													

核燃料サイクル工学研究所 再処理施設保安規定 新旧対照表(案)

変更箇所を_____で示す。

変更前 (令和2年6月23日認可版)						変更案						変更理由	
第Ⅲ-20表 性能維持施設 (計器校正) (第196条関係) (3/7)						第Ⅲ-20表 性能維持施設 (計器校正) (第196条関係) (3/8)						○対象装置の追加に伴うページ増加	
対象機器	対象装置	要求される機能	検査頻度	維持すべき期間	担当部長 (担当課長)	対象機器	対象装置	要求される機能	検査頻度	維持すべき期間	担当部長 (担当課長)		
高放射性廃液貯槽	温度計 (272TRA*12.1-1, TRA*12.1-2, TRA*12.1-3, TRA*12.1-4, TR12.2, TRW*12.3, TRA*14.1-1, TRA*14.1-2, TRA*14.1-3, TRA*14.1-4, TR14.2, TRW*14.3, TRA*16.1-1, TRA*16.1-2, TRA*16.1-3, TRA*16.1-4, TR16.2, TRW*16.3, TRA*18.1-1, TRA*18.1-2, TRA*18.1-3, TRA*18.1-4, TR18.2, TRW*18.3, TRA*31.1, TRA*31.2-1, TRA*31.2-2, TRA*31.2-3, TRA*31.2-4, TRA*31.3-1, TRA*31.3-2, TRA*31.3-3, TRA*31.3-4, TRA*31.3-5, TRA*32.1, TRA*32.2-1, TRA*32.2-2, TRA*32.2-3, TRA*32.2-4, TRA*32.3-1, TRA*32.3-2, TRA*32.3-3, TRA*32.3-4, TRA*32.3-5, TRA*33.1, TRA*33.2-1, TRA*33.2-2, TRA*33.2-3, TRA*33.2-4, TRA*33.3-1, TRA*33.3-2, TRA*33.3-3, TRA*33.3-4, TRA*33.3-5, TRA*34.1, TRA*34.2-1, TRA*34.2-2, TRA*34.2-3, TRA*34.2-4, TRA*34.3-1, TRA*34.3-2, TRA*34.3-3, TRA*34.3-4, TRA*34.3-5, TRA*35.1, TRA*35.2-1, TRA*35.2-2, TRA*35.2-3, TRA*35.2-4, TRA*35.3-1, TRA*35.3-2, TRA*35.3-3, TRA*35.3-4, TRA*35.3-5, TRA*36.1, TRA*36.2-1, TRA*36.2-2, TRA*36.2-3, TRA*36.2-4, TRA*36.3-1, TRA*36.3-2, TRA*36.3-3, TRA*36.3-4, TRA*36.3-5)	計測制御システム施設 (測定機能)	1回/年	系統除染が完了するまで	施設管理部長 (化学処理施設課長)	高放射性廃液貯槽	温度計 <変更なし>	計測制御システム施設 (測定機能)	1回/年	系統除染が完了するまで	施設管理部長 (化学処理施設課長)	○対象装置の追加に伴うページ増加	
	圧力計 (272PR12.1, PR14.1, PR16.1, PR18.1, PR31.1, PR32.1, PR33.1, PR34.1, PR35.1, PR36.1, PR12.3, PR14.3, PR16.3, PR18.3)												圧力計 <変更なし>
廃ガス貯槽	圧力計 (246PRW*42)	計測制御システム施設 (測定機能)	1回/年	系統除染が完了するまで	施設管理部長 (前処理施設課長)		液位計 (272LR31.1.1, LR32.1.1, LR33.1.1, LR34.1.1, LR35.1.1, LR36.1.1)						
海中放出設備	流量計 (317FS22, 350FS20)	計測制御システム施設 (測定機能)	1回/年	全ての建家の管理区域解除まで	環境保全部長 (処理第1課長)		密度計 (272DR31, DR32, DR33, DR34, DR35, DR36)						○液量管理に係る計器を追加 (HAW)
主排気筒	流量計 (207FRS001)	計測制御システム施設 (測定機能)	1回/年	排気元の建家の管理区域解除まで	施設管理部長 (施設保全第1課長)	受入槽	液面計 (G11LI0≒W-A±10.1) 密度計 (G11DI10)	計測制御システム施設 (測定機能)	1回/年 1回/年	系統除染が完了するまで	ガラス固化部長 (ガラス固化処理課長)	○液量管理に係る計器を追加 (TVF)	
建家及びセル換気系 (分析所)	圧力計 (107dPI025, dPI026, dPI027, dPIC144.2, dPIC021, dPI145A, dPI145B, dPIA-107.6, dPIA-107.7)	計測制御システム施設 (測定機能)	1回/年	分析所の管理区域解除まで		回収液槽	液面計 (G11LI0≒W-A±20.1) 密度計 (G11DI20)	計測制御システム施設 (測定機能)	1回/年 1回/年				
						濃縮器	液面計 (G12LI 0≒10.1, LI 0≒A±10.2) 密度計 (G12DI10)	計測制御システム施設 (測定機能)	1回/年 1回/年				

廃止措置計画の変更認可申請（低放射性廃棄物処理技術開発施設（LWTF）の改造）
 における規制庁コメントに対する回答

令和2年10月1日
 再処理廃止措置技術開発センター

目次

1. 技術的成立性について（硝酸根分解設備/セメント固化設備）	1
2. 硝酸根分解設備の設置について	
1) 硝酸根分解設備を設置する理由。	36
2) 硝酸根分解設備の設置は他の一般化学産業の方法も検討した上で のものか。	37
3) 廃止措置上のメリット・デメリット（蒸発固化方式からセメント固 化方式に変更する理由。）	40
3. セメント固化設備の設置について	
1) インドラムミキシング形式を採用するとあるが、過去のトラブル事 例を踏まえた上での設計となっているのか。	41
2) 水とセメントの反応において、水が少ないと混練できず、水は多め に入れる必要があるが、この場合余った水がドラム缶内で浮いてき てしまう事象があるが、問題なく固化体の製作ができるのか。	45
4. 安全設計方針について	
1) 硝酸根分解設備	
① 圧縮空気の供給、炭酸ガスの吹き込みとあるが、実現可能なもの か。（ビーカー規模なら問題ないが、反応槽が大きくなると均一化 に時間を要する。）	46
② 火災等による損傷の防止について、ヒドラジンの過剰供給防止の ためのインターロック設置については申請書への記載がないため、 記載すること。	47
③ 水素が発生した場合でも滞留しないようにとあるが、水素濃度管 理の基準は何か説明すること。	47
④ 排風機の位置付けについて説明すること。（安全機能を有する施 設と思われる。）排風機停止時の影響について説明すること。 また、何故2系統設けているのか説明すること。	48
⑤ 性能維持施設としてのLWTFの位置付けを明確にすること。	49
（設備名称、検査内容、要求される機能、維持すべき期間） LWTFについては、今後性能維持施設としての詳細を定めるとして	

いるが、現時点でも維持すべき性能や維持すべき期間は明確にしておくと必要があると考え、性能維持施設としての記載を求める。

- ⑥ 材料及び構造について、「安全性を確保する上で重要なもの」とは何か、申請書にも記載がないため明確にすること。…………… 53
 - ⑦ LWTF の耐震分類上の位置付けについて説明すること。(どのような設備が B、C クラスなのかとその理由) (セメント固化設備と共通) …………… 54
 - ⑧ アンモニア分解設備を設置することの必要性について説明すること。…………… 56
 - ⑨ アンモニア分解槽では、副生成物のアンモニアが出るとあるが、PNC レポートでは硝酸アンモニウム生成についての記載がある。今回は積極的に硝酸アンモニウムを生成してしまうことになるのではないか。…………… 57
また、本日の説明では試験規模から実規模への適用が可能であるとの説明であったが、試験規模から実規模への適用が可能であることを示す技術的資料を用いて、説明すること。…………… 58
 - ⑩ ろ過時の吸着剤に何を使っているのか説明すること。有機系の PAN (ポリアクリルニトリル) だとすると、これ自体の廃棄に問題があると思われるため。(アクリルは焼却するとシアンが発生するため。) また、吸着剤が廃棄物となった際の扱いについて説明すること。…………… 60
- 2) セメント固化設備
- ① セメントは反応時に発熱を伴うと思われるが、発熱の影響について説明すること。…………… 61
 - ② 放射性濃度低と高で設備に相違はあるのか。(硝酸根分解設備と共通) …………… 62
 - ③ 既存のセルの閉じ込め機能に影響を与えない設計とあるが、影響を与える設計としないのは何故か説明すること。…………… 67
 - ④ 混練フードをアンバー区域に設ける理由について説明すること。…………… 62
- 3) 廃止措置計画との整合性
- ① 現在の廃液量と今後発生する廃液量を踏まえた上で、廃止措置計画とも整合の取れた設計となっているか説明すること。…………… 68
 - ② LWTF から AS2 (第二アスファルト固化体貯蔵施設) への運搬方法について、申請書に記載がないため説明すること。
また、AS2 施設での貯蔵方法について説明すること。…………… 69

1. 技術的成立性について

1.1 硝酸根分解設備

硝酸根分解設備導入に向けて、処理対象となる廃液（LWTF に受け入れた低放射性濃縮廃液をろ過・吸着設備で処理した廃液）を対象とした“ビーカースケール試験”及び“工学規模試験”を実施した。試験では、主に処理対象溶液の 4.7 mol/l 硝酸ナトリウム溶液に対して、還元剤（60 %水加ヒドラジン）と触媒（Pd-Cu 活性炭担持触媒）を用いて、触媒還元法による硝酸根（ NO_3^- 、 NO_2^- ）の分解性能を確認した。試験の結果、想定している運転条件において、処理対象溶液中の硝酸根を 90 %以上分解できることを確認でき、目標とする設備の処理性能を有していることを確認した。

設備化に向けて、廃液には硫酸ナトリウム、TBP、DBP が含まれていることから、主成分だけでなく廃液中に含まれる微量成分についても影響を確認する必要がある。このため、これらの夾雑物を添加後、硝酸根の分解試験を実施した結果、分解反応に影響はなく、所定の分解性能が得られることを確認した。

硝酸根分解設備については、実規模試験による性能確認試験を行っていないが、主反応を行う分解槽と設置する攪拌機については工学規模試験装置を基に幾何学的相似性と単位体積当たりの攪拌動力が得られるように、実機仕様を設計している。その他の機器（アンモニアを追い出す分離槽、炭酸ナトリウムへの転換槽）については、ビーカースケール試験結果を基に実機における運転条件等を設定し、かつ既に一般産業界において実用化されている技術を用いていることから、実機へのスケールアップに問題はない。

硝酸根分解設備は、特定廃液を処理する設備であることから、安定的に運転を継続することが重要である。このため、事前に運転が滞るような事象を硝酸根分解設備内の“硝酸根の分解”、“アンモニア追出し”、“炭酸ナトリウムへの転換”でそれぞれ抽出し、想定される原因に対して、コールド試験等を踏まえて必要な対応・対策を図る。

以上のことから、処理廃液において、想定している運転条件下で、廃液中の硝酸根を 90 %以上分解し炭酸塩へ転換する所定の性能が得られる見通しがあることから、LWTF に適用する硝酸根分解設備は技術的に成立したものである。

硝酸根分解設備に係るコールド試験の試験内容と結果

1. 概要

LWTF において硝酸塩廃液中の硝酸根 (NO_3^- 、 NO_2^-) を分解する処理方法として採用する触媒/還元法について、実機への適用性を確認するため、下記のコールド試験（ビーカースケール試験及び工学規模試験）を実施した（表－1.1 参照）。

- ・ビーカースケール試験 : 小規模なスケール（処理対象溶液 0.2 ℓ）で、LWTF で想定している硝酸塩廃液が処理できることを確認
- ・工学規模試験 : ビーカースケール試験から 100 倍にスケールアップした工学規模の試験装置（処理対象溶液 20 ℓ）で、規模の拡大が処理に及ぼす影響を確認

コールド試験の結果、処理対象溶液の硝酸根分解率が、実機での目標値である 90 %以上となることを確認した。

これを踏まえ、実機の分解槽については、基本的な運転方法を設定し、設備の基本設計を行っている。

2. 試験内容と試験結果

2.1 試験条件の設定

(1) 模擬廃液の設定

硝酸根分解設備で処理する硝酸塩廃液は、LWTF に受け入れた低放射性濃縮廃液をろ過・吸着設備で処理した後に発生するものである。

LWTF で処理する低放射性濃縮廃液のうち、酸性廃液をろ過・吸着設備で処理した後に発生する硝酸塩廃液中の硝酸ナトリウムの濃度（約 4.7 mol/ℓ）が最も高くなるため、試験では、これを模擬した硝酸ナトリウム水溶液（4.7 mol/ℓ）を用いた。

(2) 試験処理方法の設定

実機においては、バッチ方式で触媒を繰り返し使用して処理を行うものであり、沈降した触媒を繰り返し使用するために、分解処理後、約半分の上澄み液を送り出し、残りの沈降した触媒を含む廃液はそのまま次バッチの硝酸塩廃液と混合して処理を行う（図－1.1、1.10 参照）。

ビーカースケール試験及び工学規模試験においては、触媒を繰り返し使用することを考慮し、試験開始時の廃液量のうち半分を処理対象溶液（硝酸ナトリウム水溶液）とし、残り半分は触媒を含む分解処理済みの溶液（水酸化ナトリウム溶液）とした。

2.2 ビーカースケール試験

(1) 試験目的

LWTF で処理する硝酸塩廃液に含まれる硝酸根が、所定の条件で水酸化ナトリウムへ分解されることを小規模なスケールで確認する。

(2) 試験装置及び試験条件

試験装置を図-1.2 に、試験条件を以下に示す。

- ・ 処理対象溶液 : 4.7 mol/l硝酸ナトリウム溶液
- ・ 処理液量 : 0.4 l
(処理対象溶液 0.2 l、触媒を含む処理済み溶液 0.2 l)
- ・ 触媒 : 活性炭担持金属コロイド触媒
- ・ 触媒添加量 : 0.1 kg (5 g-metal/l- NaNO_3)
- ・ 還元剤 : 60 %水加ヒドラジン
- ・ 還元剤添加量 : 約 38 g- N_2H_4 ($\text{N}_2\text{H}_4/\text{NaNO}_3 = 1.25 \text{ mol/mol}$)
(硝酸イオンが窒素に還元分解する反応の当量相当)
- ・ 還元剤供給速度 : 約 6.4 g- $\text{N}_2\text{H}_4/\text{h}$ ($0.2 \text{ mol/h}\cdot\text{g-metal}^{-1}$)
この供給速度による1バッチの処理時間は以下のとおり。
$$\frac{4.7 \text{ mol/l} \times 0.2 \text{ l} \times (1.25 \text{ mol/mol})}{0.2 \text{ mol/h}\cdot\text{g-metal} \times (5 \text{ g-metal/l} \times 0.2 \text{ l})} \doteq 5.9 \text{ hr}$$
- ・ 処理温度 : 80 °C¹⁻²⁾

1-1) 硝酸根分解反応による発熱が触媒に影響を与えないために、予備的に実施した確認試験から、還元剤供給速度を $0.2 \text{ mol/h}\cdot\text{g-metal}$ 以下とすることで設計を進めている。その上限値を試験における還元剤供給速度として設定した。

1-2) 予備的に実施した確認試験で、分解反応が速やかに進行する温度として 80 °Cと定めた。

(3) 試験方法

- ① 反応槽とするセパラブルフラスコに触媒 0.1 kgを含む処理済み溶液 0.2 l及び処理対象溶液 0.2 lを供給し、ホットスターラーを用いて溶液を加熱・攪拌し、処理温度の 80 °Cまで昇温した。
- ② 反応槽内の液温が 80 °Cに到達した後、定量ポンプを用いて還元剤の供給を開始した。還元剤の供給開始後、反応熱により溶液の温度上昇が起こるため、空冷機とホットスターラーを用いて温度を 80 °Cに調節した。
- ③ 1時間毎に溶液を採取し、化学分析により溶液中化学種濃度を確認した。

(4) 試験結果

ビーカースケール試験における溶液中化学種濃度の経時変化を図-1.3 に示す。還元剤の供給終了時(約 5.9 時間を超えたとき)において、硝酸根の分解率は 96 %となり、目標とする処理対象溶液中の硝酸根分解率 90 %以上であることを確認した。

2.3 工学規模試験

(1) 試験目的

ビーカースケール試験から処理対象溶液量を 100 倍にスケールアップした工学規模の試験装置を用いて、ビーカースケールと共通の条件で硝酸塩廃液に含まれる硝酸根が分解できることを確認する。

(2) 試験装置及び試験条件

試験装置を図-1.4 に、試験条件を以下に示す。

なお、スケールアップした試験条件を下線で示す。

- ・ 処理対象溶液 : 4.7 mol/l硝酸ナトリウム溶液
- ・ 処理液量 : 40 l
(処理対象溶液 20 l、触媒を含む処理済み溶液 20 l)
- ・ 触媒 : 活性炭担持金属コロイド触媒
- ・ 触媒添加量 : 10 kg (5 g-metal/l- NaNO_3)
- ・ 還元剤 : 60 %水加ヒドラジン
- ・ 還元剤添加量 : 約 3.8 kg- N_2H_4 ($\text{N}_2\text{H}_4/\text{NaNO}_3 = 1.25 \text{ mol/mol}$)
(硝酸イオンが窒素に還元分解する反応の当量相当)
- ・ 還元剤供給速度 : 約 640 g- $\text{N}_2\text{H}_4/\text{h}$ (0.2 mol/h·g-metal)
この供給速度による1バッチの処理時間は以下のとおり。
$$\frac{4.7 \text{ mol/l} \times 20 \text{ l} \times (1.25 \text{ mol/mol})}{0.2 \text{ mol/h} \cdot \text{g-metal} \times (5 \text{ g-metal/l} \times 20 \text{ l})} \doteq 5.9 \text{ hr}$$
- ・ 処理温度 : 80 °C

(3) 試験方法

- ① 反応槽に触媒 10 kgを含む処理済み溶液 20 l及び処理対象溶液 20 lを供給し、反応槽の温度調整ユニットを用いて溶液を加熱し、反応槽攪拌機で攪拌しながら処理温度の 80 °Cまで昇温した。
- ② 反応槽内の液温が 80 °Cに到達した後、定量ポンプを用いて還元剤の供給を開始した。還元剤の供給開始後、反応熱により溶液の温度上昇が起こるため、温度調整ユニットを用いて温度を 80 °Cに調節した。
- ③ 1時間毎に溶液を採取し、化学分析により溶液中化学種濃度を確認した。

(4) 試験結果

工学規模試験における溶液中化学種濃度の経時変化を図-1.5 に示す。

反応槽内において、処理溶液と触媒が均一に攪拌されていることと、還元剤の供給終了時(約 5.9 時間を超えたとき)において、硝酸イオンの分解率は 100 %となり、目標とする処理対象溶液中の硝酸根分解率 90 %以上であることを確認した。

攪拌による溶液の均一性を確保することで、処理の規模を 100 倍にスケールアップしても、硝酸根の分解処理に影響がないことを確認した。

2.4 夾雑物影響確認試験

(1) 試験目的

硝酸根分解設備の処理対象液に含まれる硝酸ナトリウム以外の不純物に対して、硝酸根分解反応への影響を確認する。

(2) 試験装置及び試験条件

夾雑物として、亜硫酸ナトリウム、油分（TBP、DBP）をそれぞれ硝酸ナトリウム溶液に添加し、処理対象溶液とした。亜硫酸ナトリウムは、LWTF 液体廃棄物処理系統のろ過・吸着設備（硝酸根分解設備の上流プロセス）において廃液に添加する試薬であり、油分は LWTF で受け入れる濃縮廃液に含まれている。設計で用いる廃液組成を基に設定した処理対象溶液の組成は以下のとおり。処理対象溶液以外の試験装置及び試験条件は、2.2 ビーカースケール試験（2）と同様とした。

	溶液①	溶液②	溶液③	溶液④
NaNO ₃	304 g/L	—	4.7 mol/L (400 g/L)	4.7 mol/L (400 g/L)
NaNO ₂	80 g/L	—	—	—
Na ₂ SO ₄	8 g/L	100 g/L	—	—
Na ₂ SO ₃	8 g/L	—	—	—
TBP	—	—	1000 ppm	—
DBP	—	—	—	1000 ppm

(3) 試験方法

2.2 ビーカースケール試験（3）と同様。

(4) 試験結果

亜硫酸イオン、硫酸イオン（亜硫酸イオンが酸化したもの）については、亜硫酸イオン・硫酸イオンが混入していない場合の 2.2 ビーカースケール試験結果と同様に 95 %以上の硝酸根は分解され、硝酸根分解反応への関与は見られなかった。

TBP、DBP についても、混入していない場合の 2.2 ビーカースケール試験結果と同様にほぼ 100 %の硝酸根は分解され、硝酸根分解反応への関与は見られなかった。

よって、実機において処理廃液に設計値濃度の亜硫酸イオン・硫酸イオン・TBP・DBP の混入があった場合でも、前処理せずに硝酸根分解処理を行うことができることが分かった。

2.5 アンモニアの追い出しに係る確認試験

(1) 試験目的

硝酸根分解反応の副生成物として発生するアンモニアに対しては、処理液からストリップングした後、酸化触媒装置を用いて窒素と水に分解する。

今回、ストリップング方法に関するビーカースケール試験を行い、データを取得する。

(2) 試験方法、試験装置及び試験条件

- ① セパラブルフラスコに、硝酸根分解処理済液を模擬した溶液 0.2 ℓを入れ、ホットスターラーを用いて溶液を 80 °C に加熱し、攪拌した。
 - ② 空気を供給してストリップングを行った。
 - ③ 1 時間ごとに溶液を採取し、化学分析によりアンモニア成分濃度 (NH_4^+ , NH_3) を確認した。
- 試験装置を図-1.6 に、試験条件を以下に示す。

- ・ 処理溶液 : 3.6 mol/ℓ水酸化ナトリウム溶液
(NH_4^+ : 5000 mg/ℓ)
- ・ 処理液量 : 0.2 ℓ
- ・ 溶液温度 : 80 °C
- ・ 空気流量 : 0, 0.1 ℓ/min (1.05 m³/h/m²)¹⁻³⁾
- ・ ノズル形状 : φ2 mm 単管

1-3) Perry's Chemical Engineers' Handbook

(空気攪拌状態: 0.016 Air rate, m³/(m² tank cross section, min) = 096 m³/h/m²)

(3) 試験結果

アンモニアストリップング試験結果を図-1.7 に示す。

溶液中のアンモニア成分濃度は、空気バブリングを行わない場合にはほとんど変化せず、0.1 ℓ/min の空気バブリングにより直線的な低下傾向を示すことが確認できた。

本試験条件 (処理溶液 : 0.2 ℓ、空気流量 : 0.1 ℓ/min、ノズル形状 : φ0.2 mm 単管) において、4 時間のストリップング処理を行うことにより、液中のアンモニア成分濃度は 1/10 まで低減した。

2.6 炭酸ナトリウムへの転換に係る確認試験

(1) 試験目的

硝酸根分解設備では、硝酸根分解済液 (NaOH) に炭酸ガスを吹込むことにより炭酸ナトリウムへ転換する。

今回、炭酸ナトリウムへの転換方法に関するビーカースケール試験を行い、データを取得する。

(2) 試験方法、試験装置及び試験条件

- ① セパラブルフラスコに、硝酸根分解処理済液を模擬した溶液 0.5 ℓを入れ、攪拌した。
- ② 所定流量の炭酸ガスを供給して炭酸塩への転換処理を行った。
- ③ 1時間ごとに溶液を採取し、化学分析により炭酸イオン濃度等を確認した。試験装置を図-1.8に、試験条件を以下に示す。

・ 処理溶液	: 3.6 mol/ℓ水酸化ナトリウム溶液
・ 処理液量	: 0.5 ℓ
・ 溶液温度	: 室温
・ ガス流量	: 0.1, 0.5, 1.0 ℓ/min
・ ノズル形状	: φ2 mm 単管

(3) 試験結果

炭酸ナトリウムへの転換試験結果を図-1.9に示す。

炭酸ガスの吹込みにより処理溶液の pH は低下し、炭酸ナトリウムを主成分とする pH 領域である 11.5~13.0¹⁻⁴⁾に容易に調整できることが確認できた。炭酸ガス供給初期に、生成した IC (HCO_3^- , CO_3^{2-}) 濃度の上昇と、中和熱による液温の上昇が見られた。

本試験条件（処理溶液：0.5 ℓ、ガス流量：1.0 ℓ/min、ノズル形状：φ0.2 mm 単管）において、約1時間の炭酸塩への転換処理を行うことにより、炭酸ナトリウムを主成分とする pH 領域である 11.5 まで pH を調整できた。

1-4) JIS K0101 工業用水試験方法、pH に対する全炭酸の濃度分布
(pH11.5(25℃)における濃度分布、 HCO_3^- :0.0630, CO_3^{2-} :0.9370)

2.7 実機に向けたスケールアップの影響

実機において、特に硝酸根分解設備の主反応を行う分解槽と設置する攪拌機については、工学規模試験装置を基に幾何学的相似性と単位体積当たりの攪拌動力が得られるように、実機の仕様を決定している。そのため、硝酸根分解設備については、実規模試験装置を用いた性能確認は行っていないが、工学規模試験装置から実機へのスケールアップ 25 倍（バッチ当たりの処理量から算出）は達成可能であり、問題はない。

その他の機器（アンモニアを追い出す分離槽、炭酸ナトリウムへの転換槽）については、ビーカースケール試験結果を基に実機における追い出し条件等を設定し、かつ既に一般産業界において実用化されている技術を用いていることから、実機へのスケールアップの問題はない。

2.8 想定される処理量低下事象への対応策

セメント固化設備において想定される処理量低下事象への対応策については、表-1.2に示す。

表-1.1 ビーカースケール試験、工学規模試験、実機における硝酸根分解処理条件の比較

	ビーカースケール試験	工学規模試験	実機
処理対象溶液	4.7 mol/ℓ硝酸ナトリウム溶液	4.7 mol/ℓ硝酸ナトリウム溶液	LWTF に受け入れた濃縮廃液をろ過・吸着設備で処理した後に発生する硝酸塩廃液で、濃縮廃液の種類により硝酸ナトリウム濃度が異なる。 <ul style="list-style-type: none"> ・酸性廃液由来 :約 4.7 mol/ℓ ・AAF のアルカリ廃液由来 :約 3.6 mol/ℓ ・Z 施設のアルカリ廃液由来 :約 2.9 mol/ℓ
処理対象溶液量	0.2 ℓ	20 ℓ (ビーカースケール試験の 100 倍)	0.5 m ³ (工学規模試験の 25 倍)
触媒添加量	0.1 kg (5 g-metal/ℓ-NaNO ₃)	10 kg (5 g-metal/ℓ-NaNO ₃)	250 kg (5 g-metal/ℓ-NaNO ₃)
還元剤添加量 (60%水加ヒドラジン)	約 38 g-N ₂ H ₄ (N ₂ H ₄ /NaNO ₃ = 1.25 mol/mol)	約 3.8 kg-N ₂ H ₄ (N ₂ H ₄ /NaNO ₃ = 1.25 mol/mol)	約 95 kg-N ₂ H ₄ ¹⁾ (N ₂ H ₄ /NaNO ₃ = 1.25 mol/mol)

(注記)

1) 酸性廃液由来の硝酸ナトリウム濃度約 4.7 mol/ℓの硝酸塩廃液を処理する場合の還元剤添加量を示す(硝酸ナトリウム濃度に応じて還元剤添加量は変化する)。

表-1.2 処理量低下事象に対する対応策

プロセス	処理量低下事象	想定される原因	対応・対策
硝酸根の分解	硝酸根分解率低下	触媒の劣化	<ul style="list-style-type: none"> ・ コールド試験等により、実機での触媒交換のタイミングを確認する。 ・ 触媒の劣化具合を分解液槽でのサンプリングにより分解処理液の液性や副生成物のアンモニア濃度により判断し、触媒を交換する。
		還元剤の添加量不足	<ul style="list-style-type: none"> ・ コールド試験等により、実機での還元剤の添加量を確認する。
		攪拌機の不調	<ul style="list-style-type: none"> ・ 攪拌機の不調により攪拌が行えない場合は、保守を行う。
アンモニア追出し	追出し率低下	追い出し時間不足	<ul style="list-style-type: none"> ・ コールド試験等により、実機での追い出し時間を確認する。 ・ 追い出し時間を延長する。
炭酸ナトリウムへの転換	転換率低下	転換時間不足	<ul style="list-style-type: none"> ・ コールド試験により、実機での転換時間を確認する。 ・ 転換時間を延長する。
		インラインミキサの閉塞	<ul style="list-style-type: none"> ・ 炭酸塩が析出しインラインミキサが閉塞した場合は、保守を行う。
槽類換気設備 (アンモニア分解装置)	アンモニア分解率低下	触媒の劣化	<ul style="list-style-type: none"> ・ メーカー推奨期間に従い定期的に交換する。

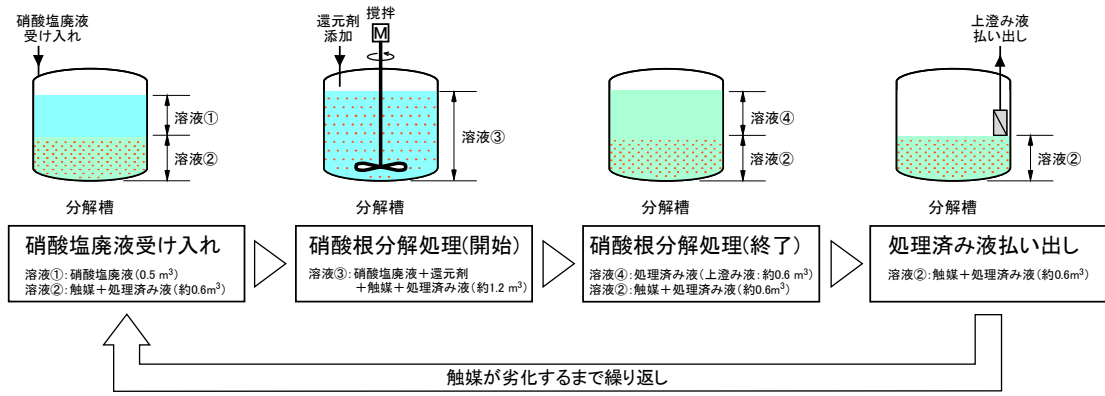
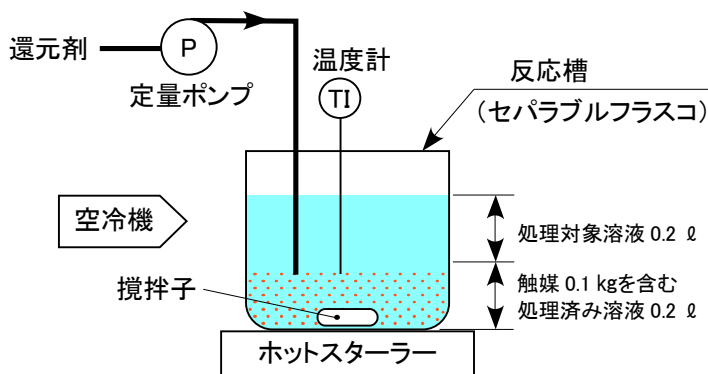


図-1.1 触媒を繰り返し使用する実機硝酸根分解処理の概要



装置の概略構成



装置の外観写真

図-1.2 ビーカースケール試験の試験装置

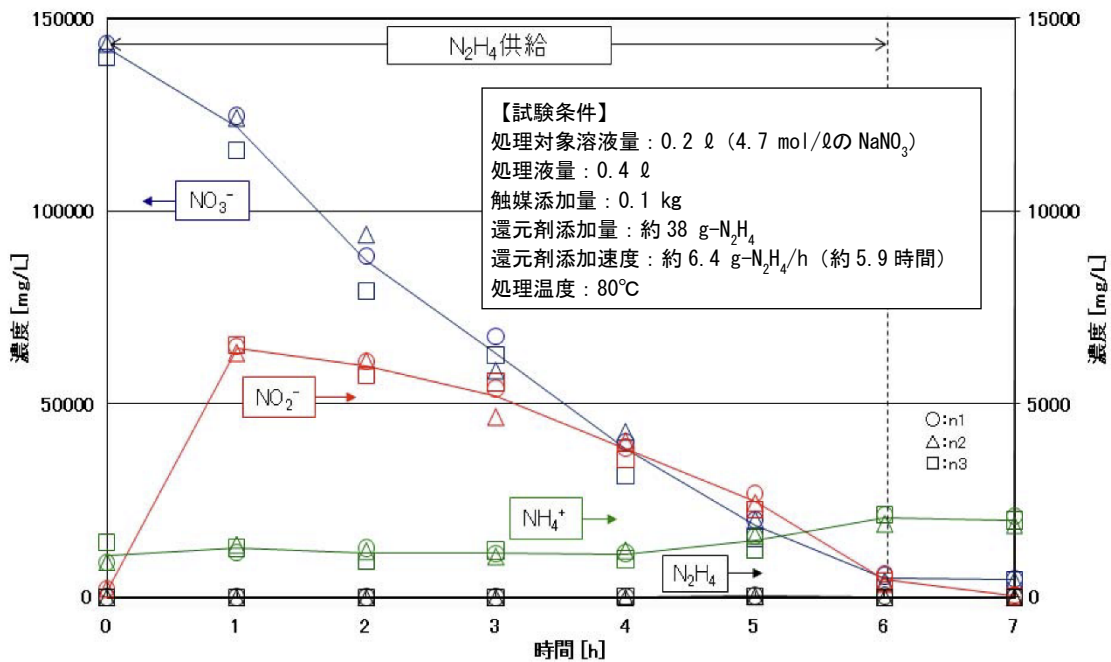


図-1.3 ビーカースケール試験における溶液中化学種濃度の経時変化 (繰り返し使用 10 回目の触媒)

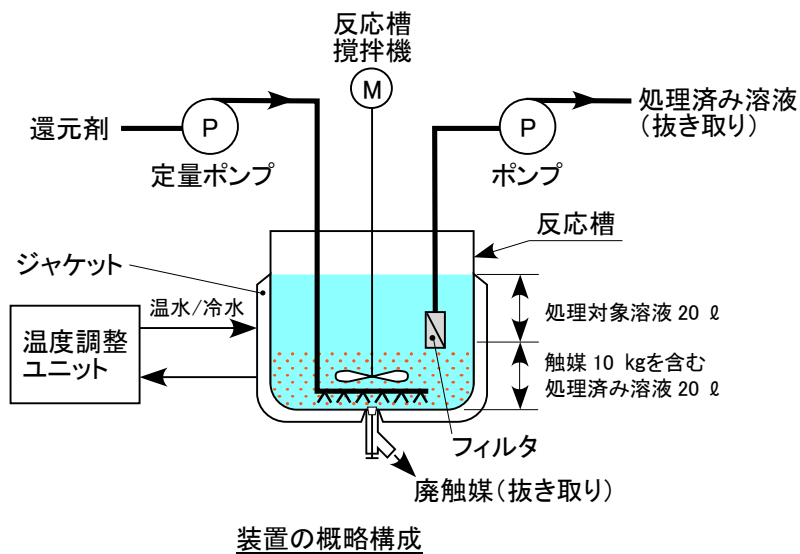


図-1.4 工学規模試験の試験装置

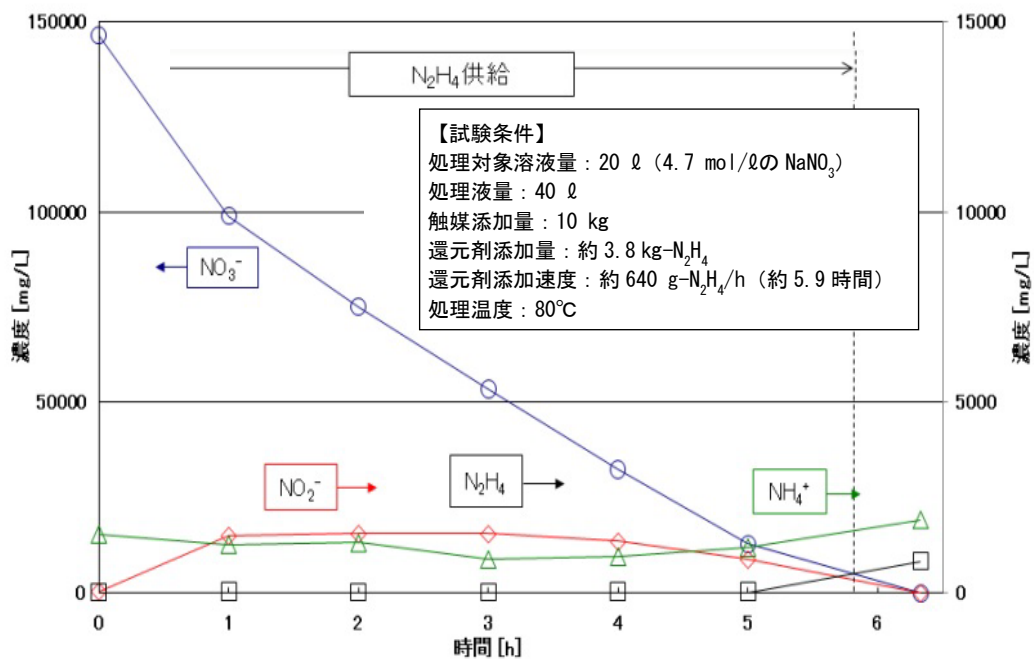


図-1.5 工学規模試験における溶液中化学種濃度の経時変化 (繰り返し使用3回目の触媒)

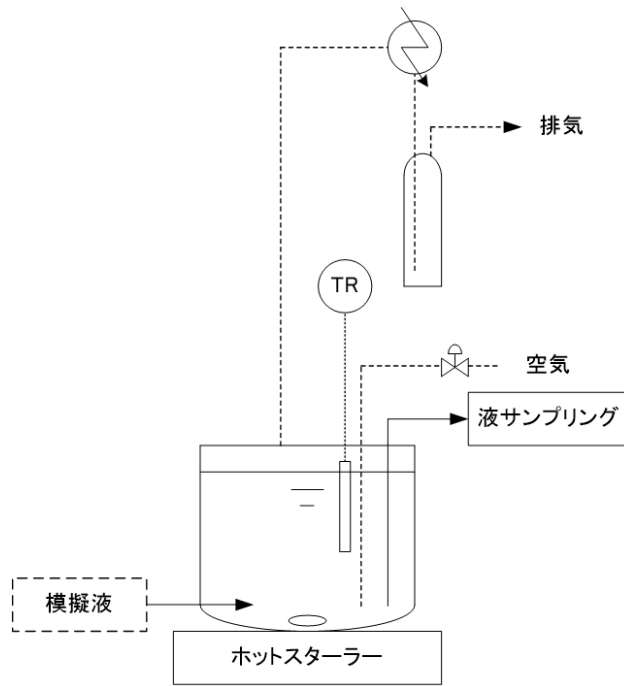


図-1.6 アンモニアストリッピング試験装置

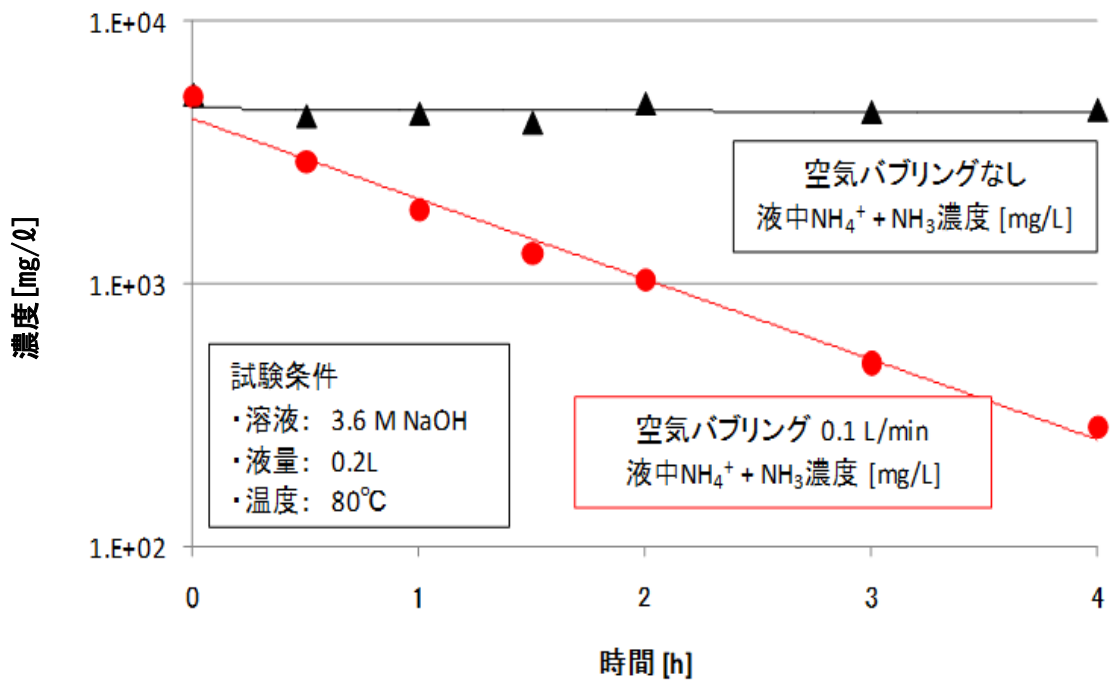


図-1.7 アンモニアストリッピング試験結果

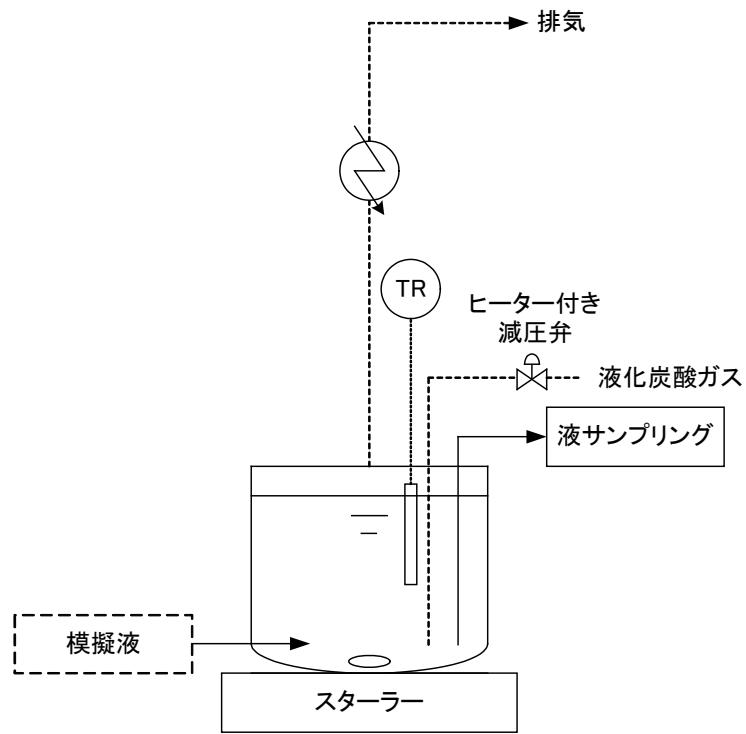


図-1.8 炭酸ガスによる炭酸塩転換試験装置

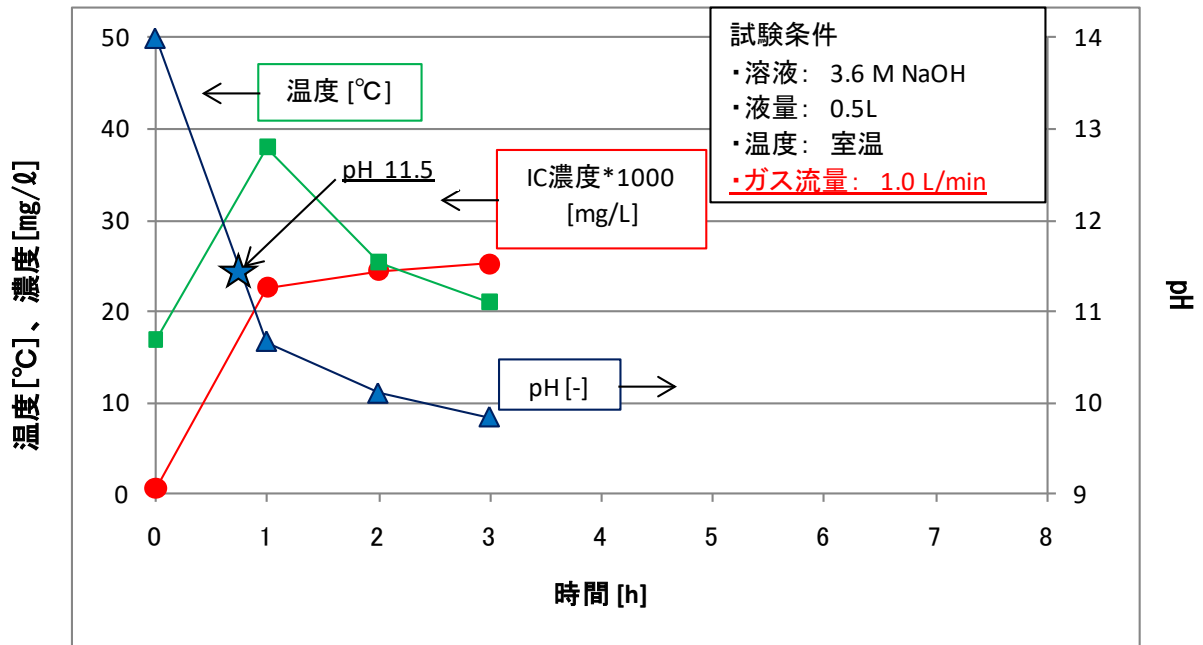


図-1.9 炭酸ガスによる炭酸塩転換試験結果

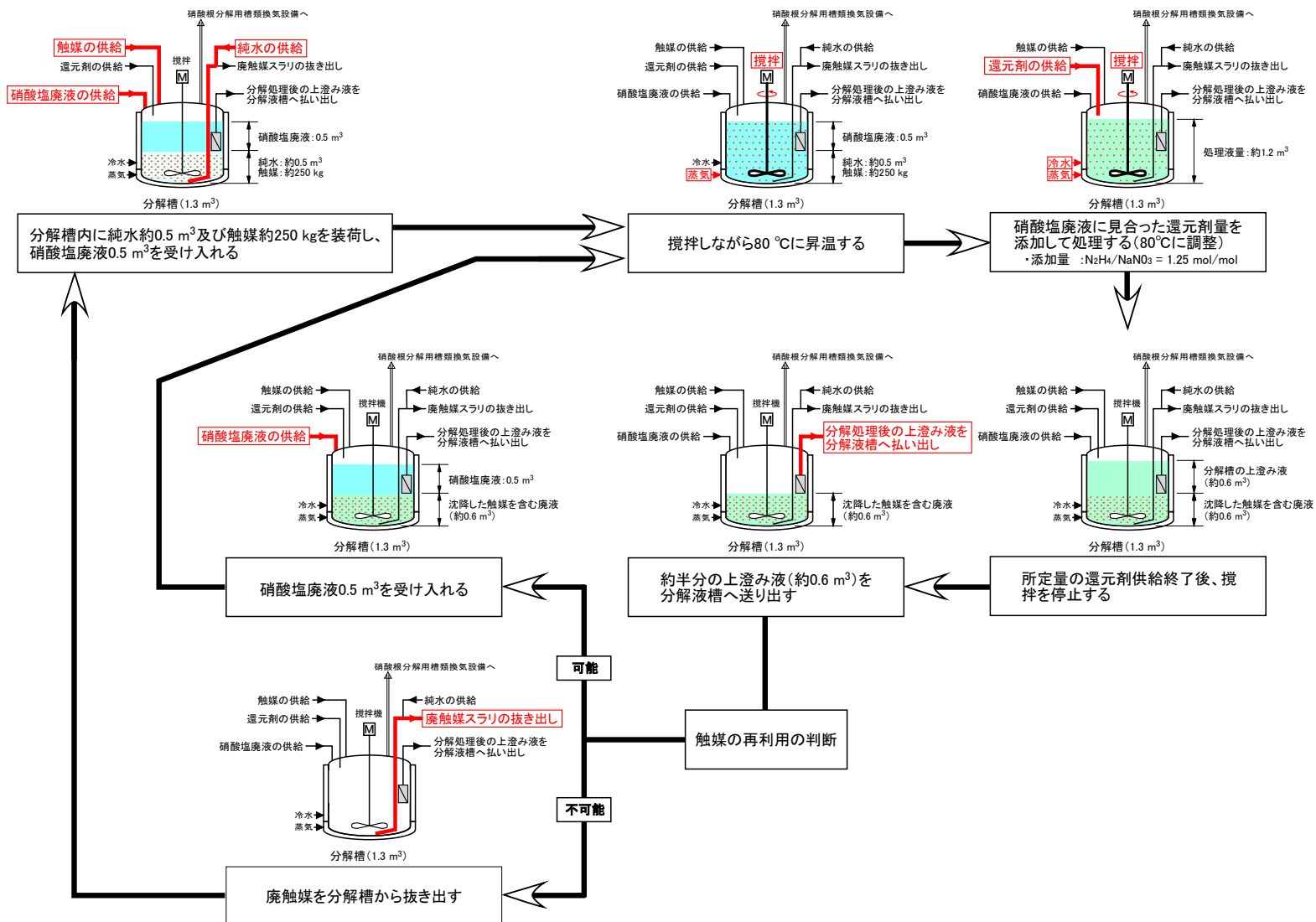


図-1.10 実機の分解槽での硝酸根分解処理（バッチ方式）の概要

1. 技術的成立性について

1.1 セメント固化設備

セメント固化設備導入にあたっては、処理対象となる全ての廃液（スラリー廃液、リン酸廃液及び炭酸塩廃液）を対象にセメント固化の“ビーカースケール試験”及び“実規模試験”を実施した。試験は、塩充填率及び水セメント比（g-水/g-セメント）をパラメータとして実施した。試験の結果、想定している運転条件において、廃棄物確認に関する運用要領¹⁻⁴⁾に定める一軸圧縮強度 1.47 MPa に対して十分な強度（8 MPa）を有していることを確認した。

更に、廃棄物確認に関する運用要領では、セメント材と廃棄物が均一に混合されていることが求められている。このため、実規模試験で作製したセメント固化体を用いて中心部・外側部における密度を測定し、一定の値が確認できたことから、いずれの固化体も均一混合できていることを確認した。

また、LWTF のインドラムミキシング方式によるセメント固化は、対象廃液は異なるものの国内の原子力発電所でも行われている。このため、類似設備におけるトラブルの水平展開の観点から、原子力発電所で発生したトラブルを基に LWTF での発生の可能性を検討した結果、既に対策が考慮されているため、同様の不具合が発生する恐れはない。なお、今後も最新情報の入手を継続し、必要に応じ対応を図っていく。

LWTF のセメント固化設備は、特定廃液を処理する設備であることから、安定的に運転を継続することが重要である。このため、事前に運転が滞るような事象を抽出し、想定される原因に対して、必要な装置を設置する等の対応・対策を図る設計とする。

上記より、処理対象となる全ての廃液において、想定している運転条件下で、所定の強度を有した均一の固化体が作製できる見通しがあることから、LWTF 採用予定のセメント固化は技術的に成立したものである。また、設備設計に際しても、事前に運転が滞るような事象を洗い出し、必要な対応・対策をとっていることから、安定運転が可能な設備である。

1-4) 廃棄物確認に関する運用要領，原子力規制庁，平成 26 年 3 月（2014）。

セメント固化設備に係るコールド試験の試験内容と結果

1. 概要

LWTF のセメント固化設備において、スラリ廃液、リン酸廃液及び炭酸塩廃液のセメント固化技術の実機への適用性を確認するため、下記のコールド試験（ビーカースケール試験及び実規模試験）を実施した。

- ・ビーカースケール試験： 実規模の 1/200 程度のスケールで、LWTF で処理する各廃液が固化できることを確認
- ・実規模試験： LWTF へ導入する実機を想定して、実規模試験装置を用いて LWTF で処理する各廃液が固化できることを確認

試験の結果、セメント硬化時に浮き水が発生せず、また、日本原燃株式会社濃縮・埋設事業所廃棄物埋設施設に対する廃棄物確認に関する運用要領²⁻¹⁾に定められている一軸圧縮強度（1.47 MPa）に対して十分な強度（8 MPa）が発現する固化条件（塩充填率、水セメント比）を確認している。

2-1) 廃棄物確認に関する運用要領，原子力規制庁，平成 26 年 3 月（2014）.

2. 試験内容と試験結果

2.1 スラリ廃液の試験

(1) 試験目的

硝酸塩を直接固化できるセメント材（高炉スラグ微粉末とシリカヒュームを混合）を、硝酸ナトリウムを主成分とするスラリ廃液へ適用することを目的に、ビーカースケール試験及び実規模試験を実施し、固化条件について検討した。

(2) 試験方法（表－2.1 参照）

1) ビーカースケール試験

ビーカースケール試験の概要を図－2.1 に、試験条件及び試験方法を以下に示す。

〔試験条件〕

- ・処理対象溶液：硝酸ナトリウム溶液、実際のスラリ廃液を模擬した溶液
- ・溶液温度：50 °C
- ・溶液中の塩成分の固化体中への添加率（以下、「塩充填率」という。）
：40～55 wt%^{*}
- ・セメント材：高炉スラグ微粉末とシリカヒュームを混合したセメント材
- ・溶液中の水に対して投入するセメント材の重量比（以下、「水セメント比（g-水/g-セメント）」もしくは「W/C」という。）
：0.43～1.22（g-水/g-セメント）^{*}
- ・固化体重量：約 2 kg（溶液＋セメント材）

- ・混練時間 : 20 分

※実運転で想定される変動幅として設定

[試験方法]

- ① 処理対象溶液を、ホットスターラーを用いて所定の温度まで加温
- ② 所定のセメント材とともにミキサーへ投入
- ③ ミキサーにて、所定の時間混練
- ④ その後、混練物を型枠へ充填
- ⑤ 室温で1日養生後、浮き水の有無を確認
- ⑥ さらに室温で養生し、混練から28日経過後、型枠より分離した上で、試料の一軸圧縮強度を測定

2) 実規模試験

実規模試験の概要を図-2.2に、試験条件及び試験方法を以下に示す。

[試験条件]

- ・処理対象溶液：実際のスラリ廃液を模擬した溶液
- ・溶液温度 : 50 °C
- ・塩充填率 : 55 wt%
- ・セメント材 : ビーカースケール試験と同様
- ・水セメント比 : 0.56 (g-水/g-セメント)
- ・固化体重量 : 約 300 kg-(溶液+セメント材)
- ・混練時間 : 20 分

[試験方法]

- ① 処理対象溶液をドラム缶へ供給後、ヒーターを用いて所定の温度まで加温
- ② ドラム缶を実規模試験装置に設置後、所定のセメント材を投入し、所定の時間混練
- ③ その後、ドラム缶を室温で養生
- ④ 1日養生後、浮き水の有無を確認
- ⑤ さらに室温で養生し、混練から28日経過後、コアボーリングにより一部を採取した上で、試料の一軸圧縮強度及び密度を測定

(3) 試験結果 (表-2.1 参照)

ビーカースケール試験のうち、硝酸ナトリウム溶液を用いた試験では、塩充填率 : 40~55 wt%、W/C : 0.43~1.22 の範囲で試験を行い、全ての条件で、固化体に浮き水は発生せず、塩充填率 : 55 wt%、W/C : 1.22 を除く条件で、一軸圧縮強度が 8MPa 以上となることが分かった (図-2.3 参照)。また、実際のスラリ廃液を模擬した溶液を用いた試験では、塩充填率 : 55wt%、W/C : 0.87 の条件で、浮き水は発生せず、一軸圧縮強度が 8 MPa 以上となることが分かった。

実規模試験では、ビーカースケール試験を踏まえて設定した塩充填率：55 wt%、W/C：0.56 の条件において、浮き水が発生せず、一軸圧縮強度が 8 MPa 以上となる固化体が得られた。

2.2 リン酸廃液の試験

(1) 試験目的

セメント材（高炉スラグ微粉末とシリカヒュームを混合）を、水酸化カルシウムを添加して予めリンを不溶化したリン酸廃液へ適用することを目的に、ビーカースケール試験及び実規模試験を実施し、固化条件について検討した。

(2) 試験方法（表-2.1 参照）

1) ビーカースケール試験

試験条件及び試験方法を以下に示す。

〔試験条件〕

- ・処理対象溶液：リン酸廃液の主成分となるリン酸二水素ナトリウムを純水へ溶解し、水酸化カルシウムと混合し、リンをリン酸カルシウムとした溶液
- ・溶液温度：常温
- ・塩充填率：8～14 wt%*
- ・セメント材：高炉スラグ微粉末とシリカヒュームを混合したセメント材
- ・水セメント比：1.01～1.89 (g-水/g-セメント)*
- ・固化体重量：約 1.5 kg (溶液+セメント材)
- ・混練時間：20 分

*実運転で想定される変動幅として設定

〔試験方法〕

- ① 純水で溶解したリン酸二水素ナトリウムを水酸化カルシウムと混合し、予め溶液中のリン酸を不溶化
(リン 1 mol あたりのカルシウム添加量は、予め試験を行い 1.67 mol-Ca/mol-P と設定)
- ② その後の手順については、「2.1 スラリ廃液の試験」の「(2) 試験方法 1) ビーカースケール試験」の試験方法と同様とした。

2) 実規模試験

試験条件及び試験方法を以下に示す。

〔試験条件〕

- ・処理対象溶液：ビーカースケール試験と同様
- ・溶液温度：常温
- ・塩充填率：14 wt%
- ・セメント材：ビーカースケール試験と同様
- ・水セメント材：1.37 (g-水/g-セメント)

- ・ 固化体重量 : 約 300 kg (溶液+セメント材)
- ・ 混練時間 : 17 分

[試験方法]

- ① ビーカースケール試験と同様、予め溶液中のリン酸を不溶化

(リン 1 mol あたりのカルシウム添加量は、ビーカースケール試験結果を踏まえ、2.4 mol-Ca/mol-P と設定)

その後の手順については、「2.1 スラリ廃液の試験」の「(2) 試験方法 2) 実規模試験」の試験方法と同様とした。

(3) 試験結果 (表-2.1 参照)

ビーカースケール試験では、リン酸に対して水酸化カルシウムを 1.67 mol-Ca/mol-P 添加することでリンを不溶化した後、塩充填率: 8~14 wt%、W/C: 1.01~1.89 の範囲で試験を行い、図-2.4 に示す条件において、得られた試料に浮き水は発生せず、一軸圧縮強度が 8 MPa 以上となる範囲を確認した。

以上を踏まえて実施した実規模試験では、リンに対して水酸化カルシウムを 2.4 mol-Ca/mol-P 添加することでリンを不溶化した後、塩充填率: 14 wt%、W/C: 1.37 の条件で試験を行い、浮き水が発生せず、一軸圧縮強度が 8 MPa 以上となる固化体を得られた。

2.3 炭酸塩廃液の試験

(1) 試験目的

一般産業界にて用いられるセメント材（高炉セメントC種）と、高炉セメントC種に高炉スラグ微粉末を添加したものを、炭酸塩廃液へ適用することを目的に、ビーカースケール試験及び実規模試験を実施し、固化条件について検討した。

(2) 試験方法（表-2.1 参照）

1) ビーカースケール試験

試験条件及び試験方法を以下に示す。

〔試験条件〕

- ・ 処理対象溶液：炭酸塩廃液の主成分となる塩〔塩組成：炭酸ナトリウム：硝酸ナトリウム=4.5：1(mol比)〕を溶解した溶液
- ・ 溶液温度：50℃
- ・ 塩充填率：15～23 wt%*
- ・ セメント材：高炉セメントC種〔高炉スラグ微粉末：普通セメント=7：3(重量比)〕
高炉セメントC種に高炉スラグ微粉末を添加したもの
〔高炉スラグ微粉末：普通セメント=9：1(重量比)〕
- ・ 水セメント比：0.65～0.85 (g-水/g-セメント)*
- ・ 固化体重量：約1 kg (溶液+セメント材)
- ・ 混練時間：4分

※実運転で想定される変動幅として設定

〔試験方法〕

試験方法は、「2.1 スラリ廃液の試験」の「(2) 試験方法 1) ビーカースケール試験」の試験方法と同様とした。

2) 実規模試験

試験条件及び試験方法を以下に示す。

〔試験条件〕

- ・ 処理対象溶液：ビーカースケール試験と同様
- ・ 溶液温度：50℃
- ・ 塩充填率：15～23 wt%*
- ・ セメント材：ビーカースケール試験と同様
- ・ 水セメント比：0.65～0.85 (g-水/g-セメント)*
- ・ 固化体重量：約300 kg (溶液+セメント材)
- ・ 混練時間：20分

※実運転で想定される変動幅として設定

〔試験方法〕

その後の手順については、「2.1 スラリ廃液の試験」の「(2) 試験方法 2) 実規模試験」の試験方法と同様とした。

(3) 試験結果 (表-2.1 参照)

ビーカースケール試験では、塩充填率：15～23 wt%、W/C：0.65～0.85 の範囲で試験を行い、図-2.5、2.6 に示す条件で、固化体に浮き水は発生せず、一軸圧縮強度が 8 MPa 以上となることが分かった。

以上を踏まえて実施した実規模試験では、塩充填率：15～23 wt%、W/C：0.65～0.85 の範囲で試験を行い、図-2.7、2.8 に示す条件において、得られた試料に浮き水は発生せず、一軸圧縮強度が 8 MPa 以上となる範囲を確認した。

2.4 固化体の均一性

廃棄物確認に関する運用要領では、固化体の均一性については、「2.6. 練り混ぜ・混合」の項に以下の通り技術基準が記載されている。

固型化に当たっては、固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料と放射性廃棄物を均質に練り混ぜ、又はあらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料と放射性廃棄物を均一に混合させること。この場合において、容器内に有害な空隙が残らないようにすること。

つまり、廃棄物は、固型化材料により、偏在することなく一様に固型化されなければならないことと定められている。

LWTF のセメント固化体を模擬して、作製した実規模大の固化体について、中心部と外側の 2 か所で長手方向にボーリングを行い、コアサンプルを採取し、コアを最大 5 分割し、それぞれ密度を測定し、ばらつきがほぼ無いことから、固化体が均一に混練出来ていることを確認した。図-2.9 にセメント固化体の均一性の検討結果を示す。

2.5 過去のトラブル事例を踏まえた対応

国内の原子力発電所では、既に、インドラムミキシング方式によるセメント固化が行われている。このため、LWTF については、これらのプラントで発生した不具合について、LWTF で発生する可能性のある事象として、下記の 2 点を摘出し、整理をしている。

➤ 福島第一のケース

- ① セメント供給配管に残留するセメントが、混練前の廃液に落下・混入することで練り混ぜ性が確保できない。

➤ 浜岡のケース

- ② 廃液中に含まれる硫酸ナトリウムの影響で固化体がふくらむ。

- ① については、セメント供給配管にエアノッカーを設置することにより供給配管内のセメント残留を防止するとし、②については、実機で想定される同

量の硫酸ナトリウムを混入させた固化試験を行い、固化体がふくらまないことを確認している。

2.6 想定される処理量低下事象への対応策

LWTF のセメント固化設備を“セメント供給系”、“混練系”、“オフガス系”に分割し、処理量が低下する事象と想定される原因及びそれらに対する対応・対策を検討した。その結果、既に設計の中で必要な対応・対策をとっていることから、運転が滞ることによる処理量低下は、発生する恐れはないと考えている。詳細については、表-2.2 に示す。

なお、対応・対策の詳細については、改造に係る設計及び工事の方法の中で示していく。

表-2.1 ビーカースケール及び実規模のセメント固化試験まとめ

対象	試験条件						試験結果		
	規模	模擬廃液		セメント材		混練時間 [分]	1日養生後	28日養生後	
		処理対象溶液	溶液温度 [°C]	溶液中の塩成分の 固化体中への添加率 (塩充填率) [wt%]	種類		溶液中の水に対して投入 するセメント材の重量比 (水セメント比 W/C) [g-水/g-セメント]	浮き水の有無	試料の一軸圧縮強度 [MPa]
スラリ廃液	ビーカースケール (実規模の1/150)	硝酸ナトリウム溶液	50	40~55	高炉スラグ微粉末と シリカヒュームを 混合したセメント材	0.43~1.22	20	無し	図-2.3参照
		実際のスラリ廃液を模擬した溶液		55		0.87		無し	18.9
	実規模※ (300 kg規模)	実際のスラリ廃液を模擬した溶液		55		0.56		20	無し
リン酸廃液	ビーカースケール (実規模の1/200)	リン酸廃液の主成分となるリン酸二水素ナトリウムを純水で溶解したものと水酸化カルシウムを混合し、リンをリン酸カルシウムとした溶液 (リンの不溶化のために添加した水酸化カルシウム量:1.67 mol-Ca/mol-P)	常温	8~14	高炉スラグ微粉末と シリカヒュームを 混合したセメント材	1.01~1.89	20	無し	図-2.4参照
	実規模※ (300 kg規模)	リン酸廃液の主成分となるリン酸二水素ナトリウムを純水へ溶解し、ここへ水酸化カルシウムを添加してリンをリン酸カルシウムとした溶液 (リンの不溶化のために添加した水酸化カルシウム量:2.4 mol-Ca/mol-P)		14		1.37		17	無し
炭酸塩廃液	ビーカースケール (実規模の1/300)	炭酸塩廃液の主成分となる塩[塩組成:炭酸ナトリウム/硝酸ナトリウム=4.5/1(mol比)]を溶解した溶液	50	15~23	高炉セメントC種 [高炉スラグ微粉末/ 普通セメント =7:3(重量比)]	0.65~0.85	4	無し	7:3 = 図2.5 9:1 = 図2.6
	実規模※ (300 kg規模)	炭酸塩廃液の主成分となる塩[塩組成:炭酸ナトリウム/硝酸ナトリウム=4.5/1(mol比)]を溶解した溶液		15~23		高炉セメントC種に高炉スラグ微粉末を添加したもの [高炉スラグ微粉末: 普通セメント=9:1(重量比)]		0.65~0.85	20

※実規模試験では、混練28日後に試料をコアボーリングにより一部を採取した上で一軸圧縮強度を測定

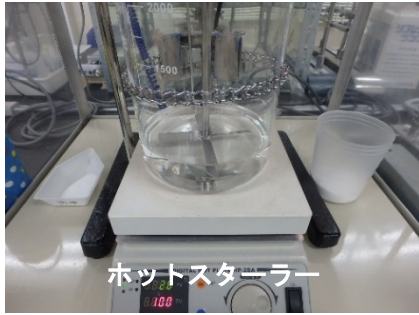
表-2.2 処理量低下事象に対する対応策 (1/2)

プロセス	処理量低下事象	想定される原因	対応・対策
セメント供給系	セメント移送能力低下	移送配管内の閉塞	<ul style="list-style-type: none"> 1/1 スケールの装置を用いて、移送距離及び配管エルボの数が設計を上回る条件で移送試験を実施し、移送できることを確認済み。 結露により配管内にセメントが付着し閉塞することを未然に防ぐため、大気圧露点-40℃以下の空気を使用する設計。 万一、閉塞が発生した場合のために、配管エルボの接続をフランジ構造とし、閉塞時にフランジを開放して直接閉塞を取り除くことが可能な設計。
		移送空気流量の不足	<ul style="list-style-type: none"> 1/1 スケールの装置を用いて、移送できることを確認済み。 移送に用いる空気圧縮機は、必要流量約 2.5 m³/min に対し、1.5 倍程度の裕度を有しており、調整可能。
	ホッパからの排出不良	ホッパ内でのブリッジ形成	<ul style="list-style-type: none"> 安息角（60 度）のデータに基づき、セメントホッパ側壁の角度をほぼ垂直とし、ブリッジを形成しにくい構造とする。 セメントホッパにエアーノッカーを取り付け、衝撃によりブリッジを壊す設計。
		セメントシュート管内の閉塞	<ul style="list-style-type: none"> セメントシュート管内を常時乾燥空気ではージし、セメントの付着・閉塞を防止する設計。 セメントシュート管にエアーノッカーを取り付け、衝撃により付着したセメントの固着を防止する設計。 上記の対策でも閉塞した時は、フランジ接続部を開放してアクセスするか、セルの外に設けたクリーニングホールからアクセスしてシュート管内の閉塞を取り除く設計。

表-2.2 処理量低下事象に対する対応策 (2/2)

プロセス	処理量低下事象	想定される原因	対応・対策
混練系	セメントの供給不良	ホッパからの排出不良	<ul style="list-style-type: none"> 上記の対策を施し、供給不良が生じないような設計とするものの、実プラントでの排出量については、コールド試験により確認する。
	混練操作中の混練機停止	混練機の機器故障	<ul style="list-style-type: none"> 直接保守により修理、復旧できるよう、セル内については、線源となる固化体（ドラム缶）を他のセルに移動して線源除去できるように、線源除去に必要な設備の駆動機構を冗長化。
オフガス系	オフガス配管のセメントダストによる閉塞	セメント投入・混練時にセメントダストがオフガス系に移行し、配管内壁に付着	<ul style="list-style-type: none"> 混練機へのセメント投入時は、常時乾燥空気をオフガス配管に流し、かつ、ヒートトレースにより配管を加熱することにより結露を防止し、セメントダストが配管内壁に付着しない設計。 上記の対策によってもセメントダストの付着が徐々に進行して閉塞に至った場合は、配管フランジ接続部を開放してアクセスし、配管内の閉塞を解除。セル内については、線源除去後に直接保守。

対応内容の詳細については、改造に係る設計及び工事の方法の中で示していく。



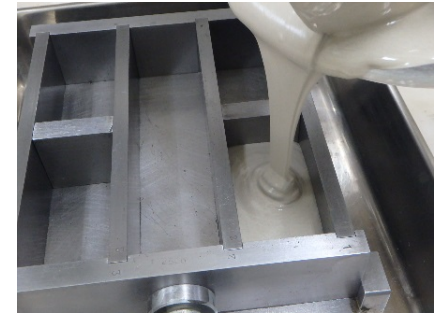
処理対象溶液の調整
(室温 or 50°C)



ミキサーによる混練
(セメント材の投入)



ミキサーによる混練
(4~20分)



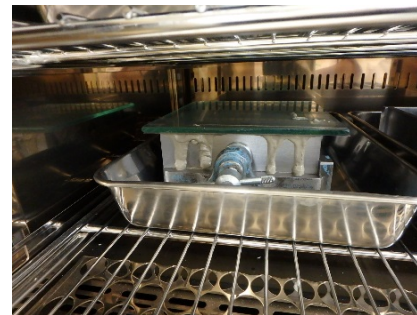
型枠への充填



室温で養生



浮き水の有無の確認
(1日養生後)



室温で養生



圧縮強度測定
(28日養生後)

図-2.1 ビーカースケール試験の概要

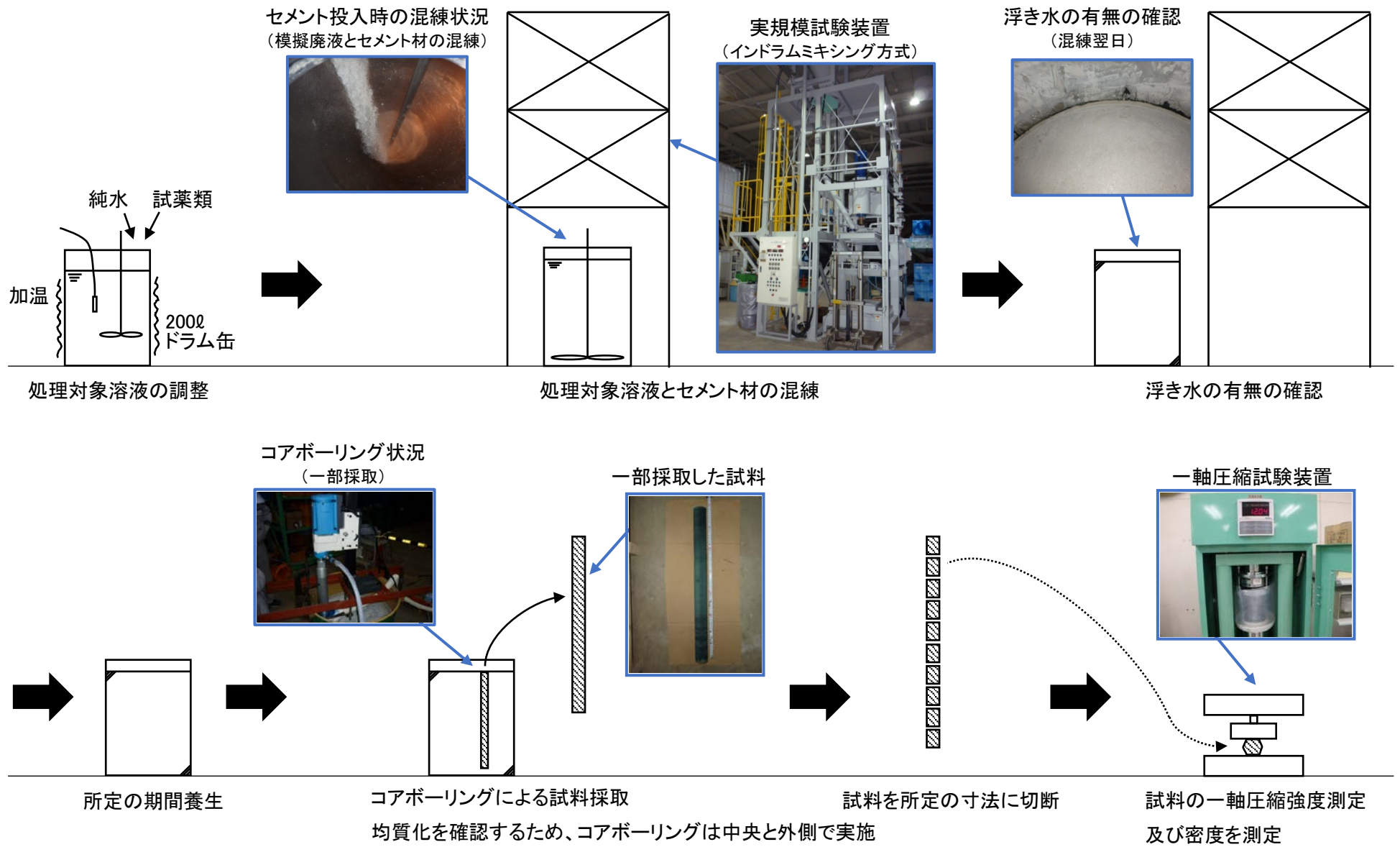
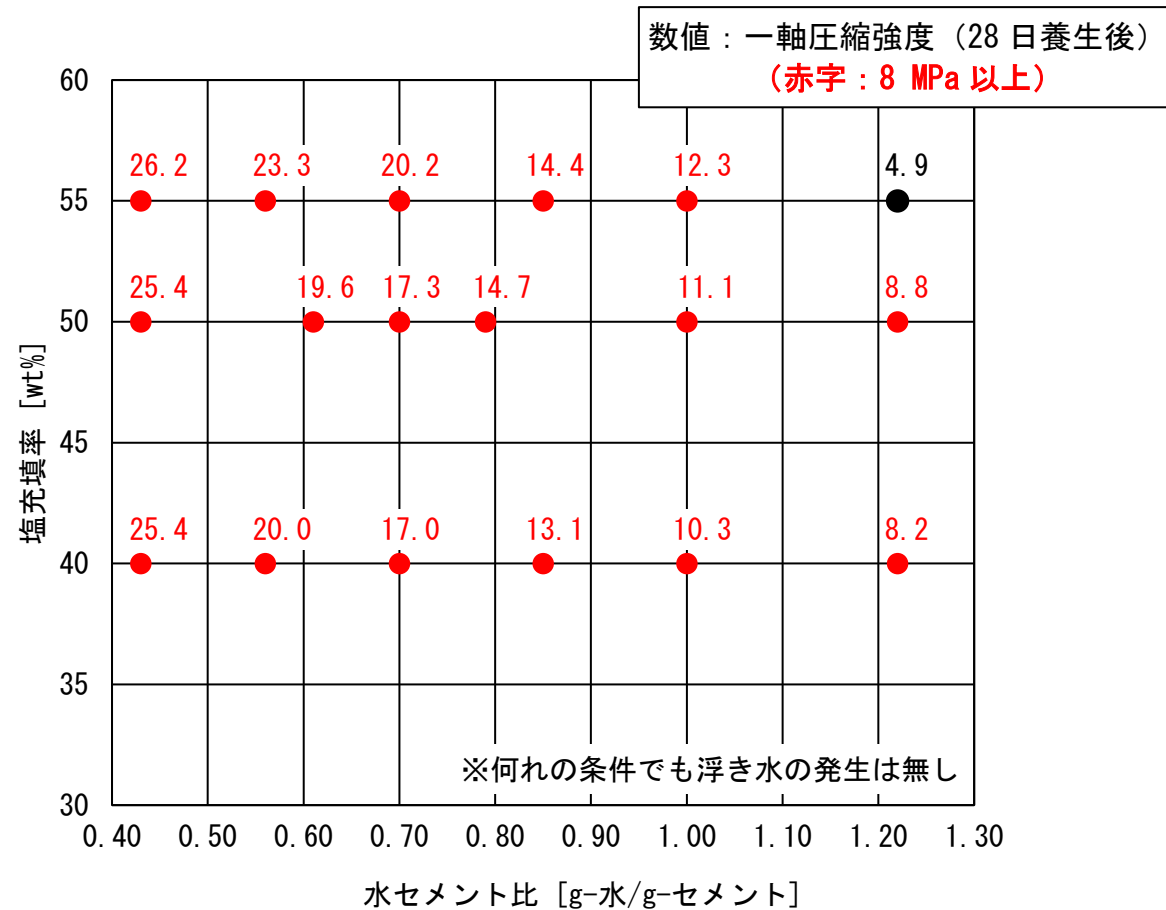
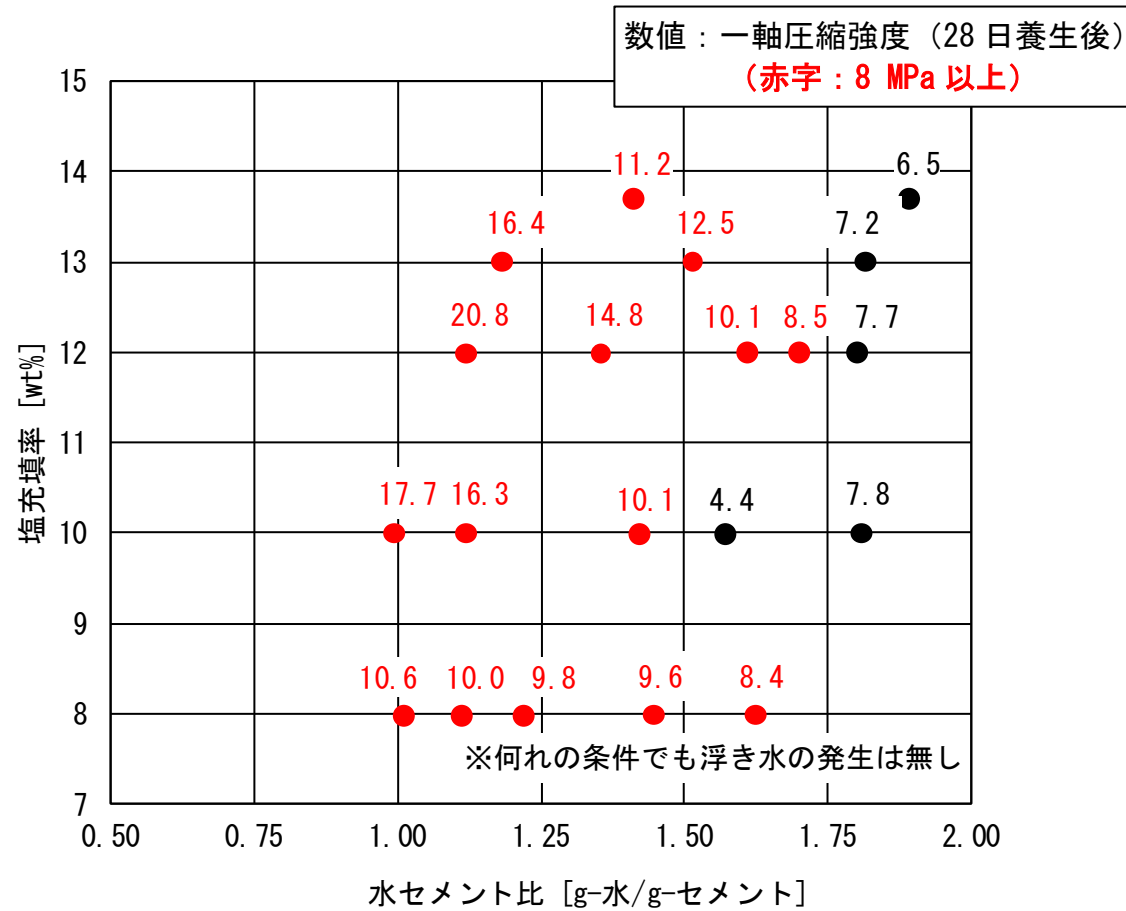


図-2.2 実規模試験の概要



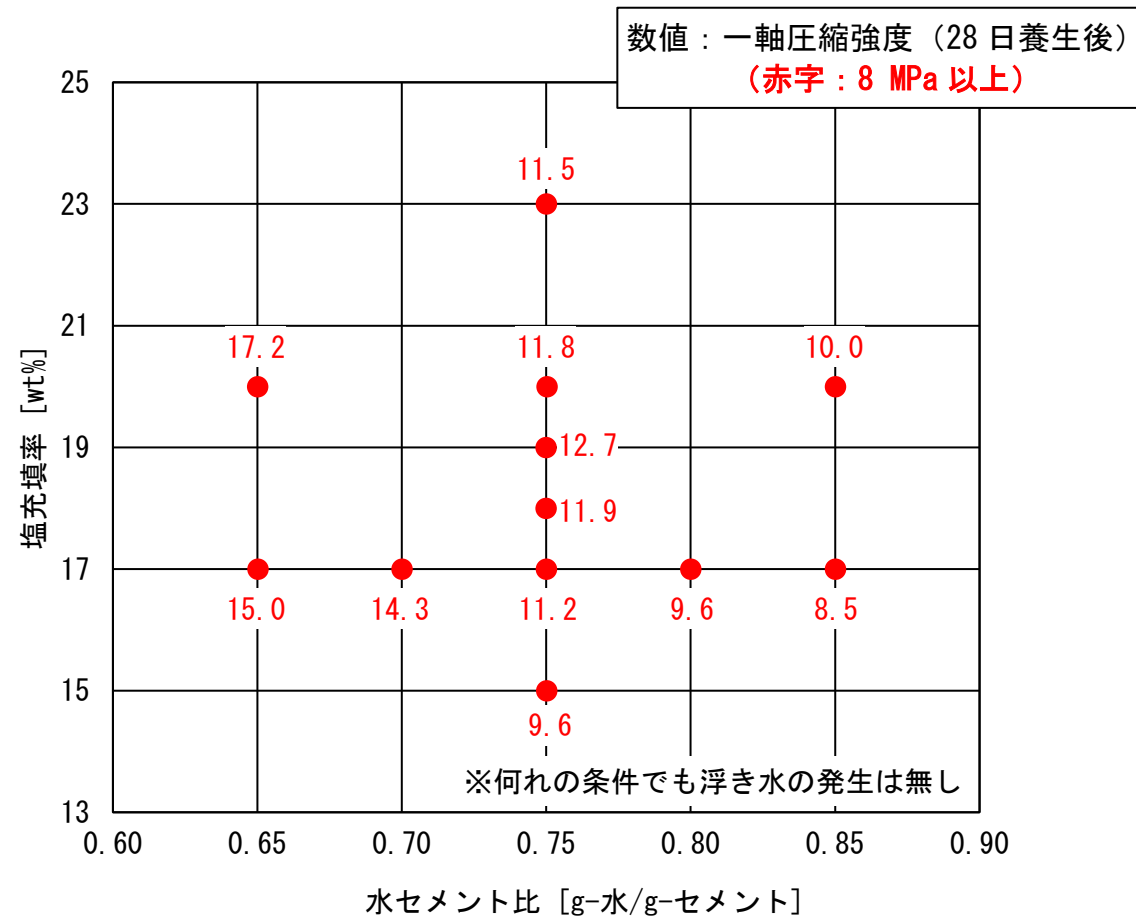
塩：硝酸ナトリウム
セメント：高炉スラグ微粉末とシリカヒュームを混合したセメント材

図-2.3 スラリ廃液のセメント固化試験結果（ビーカースケール試験）



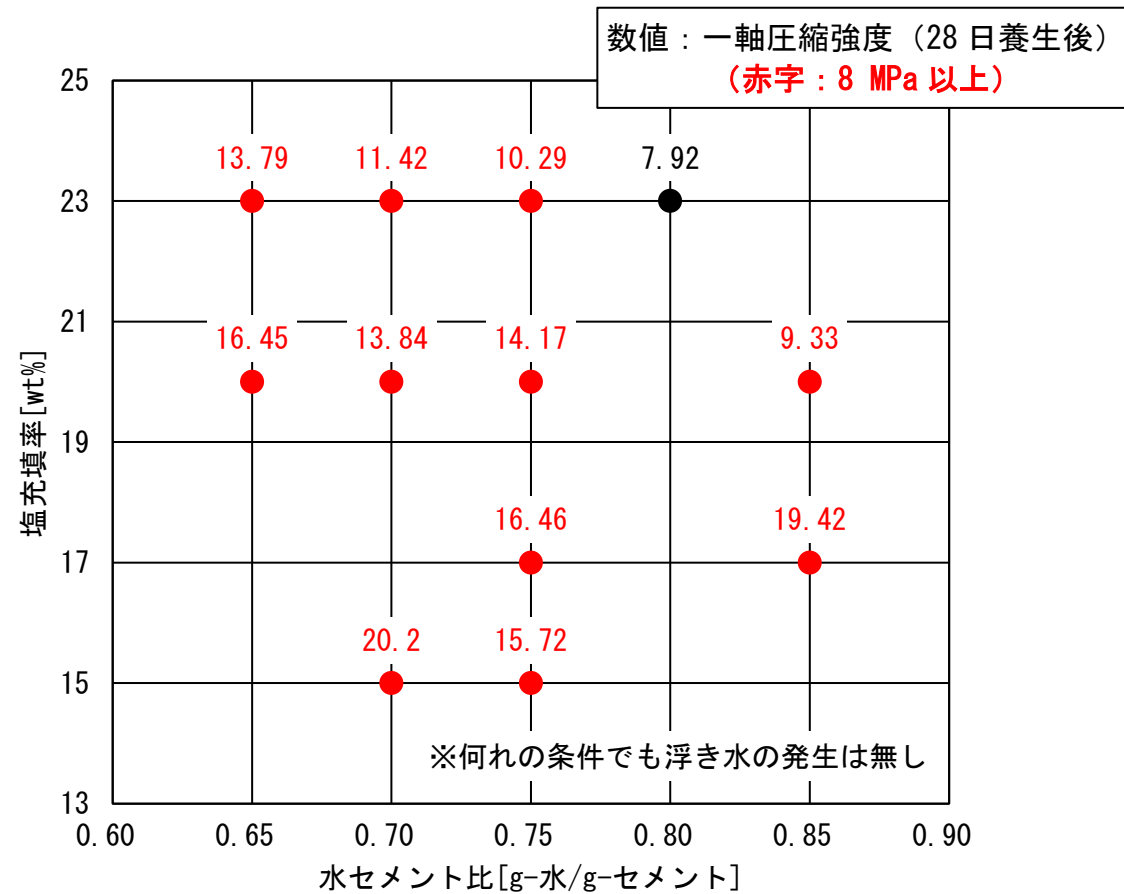
塩：リン酸二水素ナトリウム [水酸化カルシウム (1.67 mol-Ca/mol-P) を添加してリン酸を不溶化]
セメント：高炉スラグ微粉末とシリカヒュームを混合したセメント材

図-2.4 リン酸廃液のセメント固化試験結果（ビーカースケール試験）



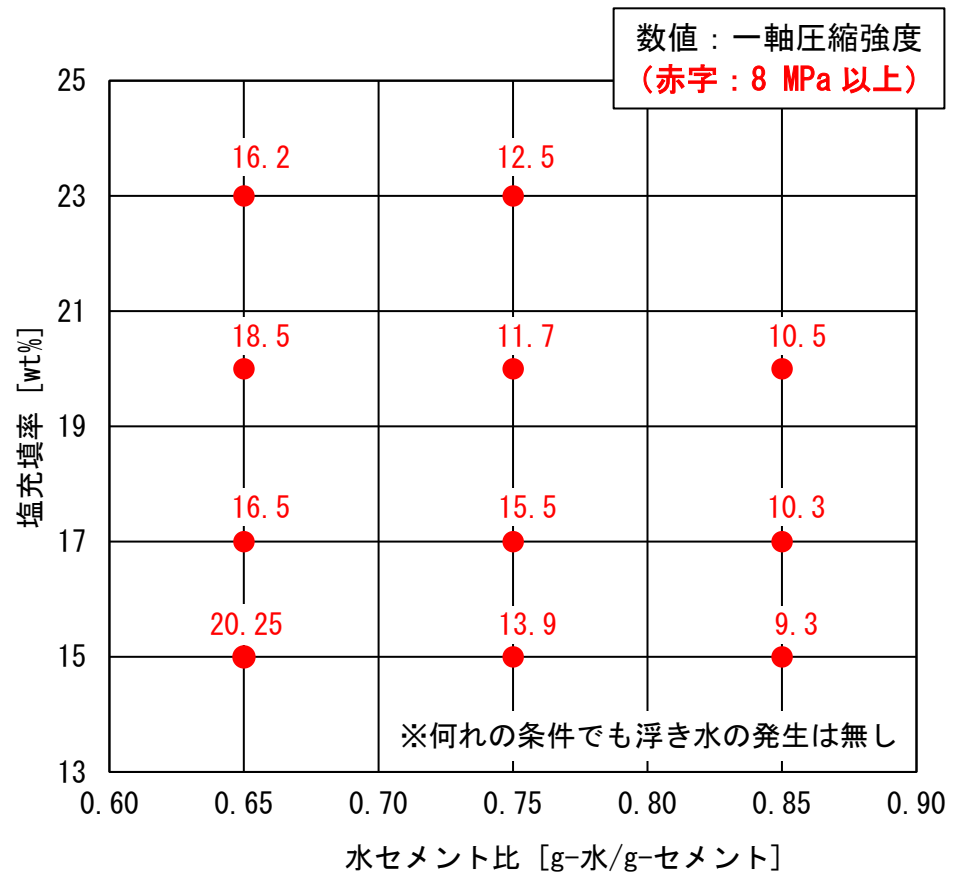
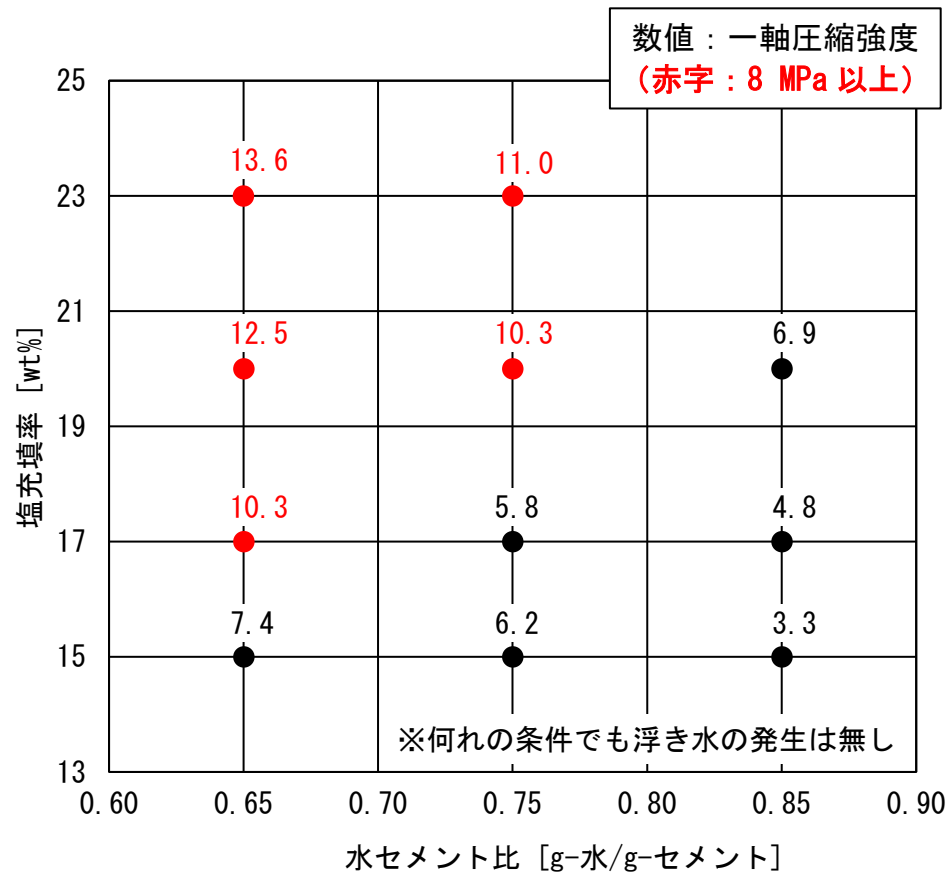
塩：炭酸ナトリウムと硝酸ナトリウムの混合物 [炭酸ナトリウム：硝酸ナトリウム=4.5：1(mol比)]
セメント：高炉セメントC種 [高炉スラグ微粉末：普通セメント=7：3(重量比)]

図-2.5 炭酸塩廃液のセメント固化試験結果（ビーカースケール試験）



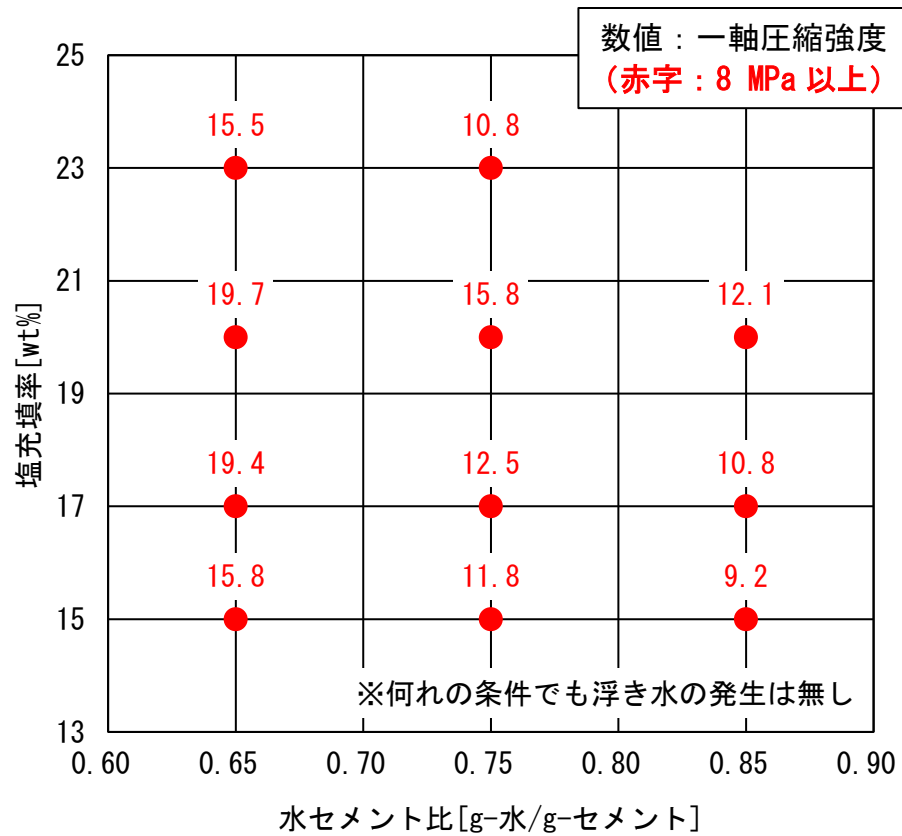
塩：炭酸ナトリウムと硝酸ナトリウムの混合物 [炭酸ナトリウム：硝酸ナトリウム=4.5：1(mol 比)]
セメント：高炉セメントC種に高炉スラグ微粉末を添加したもの [高炉スラグ微粉末：普通セメント=9：1(重量比)]

図-2.6 炭酸塩廃液のセメント固化試験結果（ビーカースケール試験）

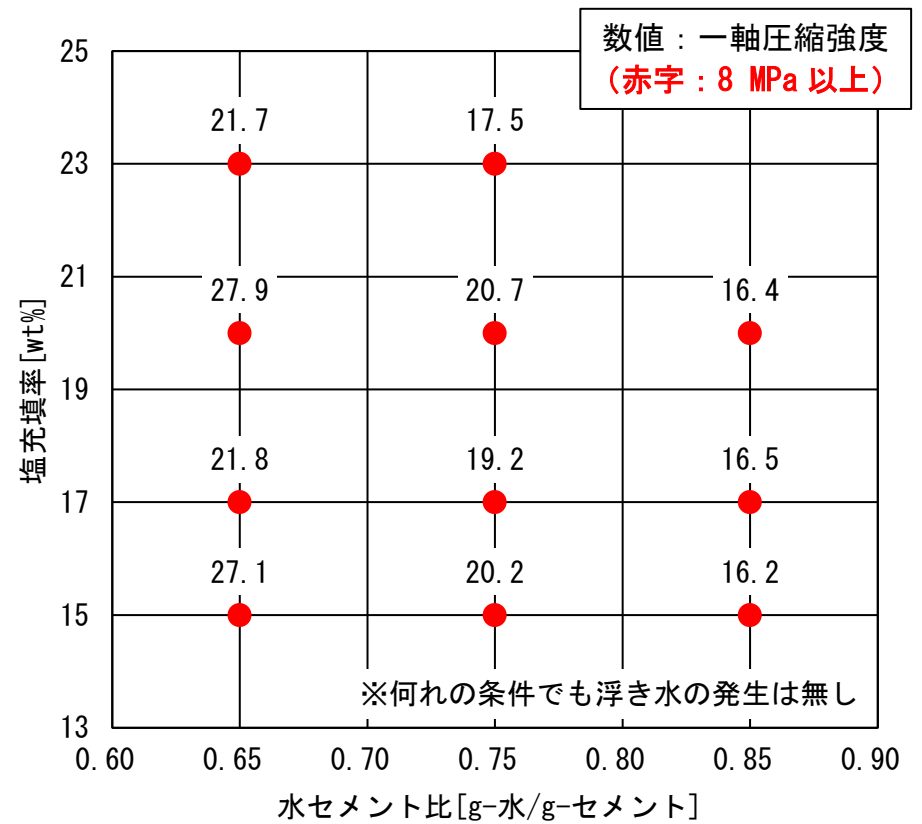


塩 : 炭酸ナトリウムと硝酸ナトリウムの混合物 [炭酸ナトリウム : 硝酸ナトリウム = 4.5 : 1 (mol 比)]
 セメント : 高炉セメント C 種 [高炉スラグ微粉末 : 普通セメント = 7 : 3 (重量比)]

図-2.7 炭酸塩廃液のセメント固化試験結果 (実規模試験)



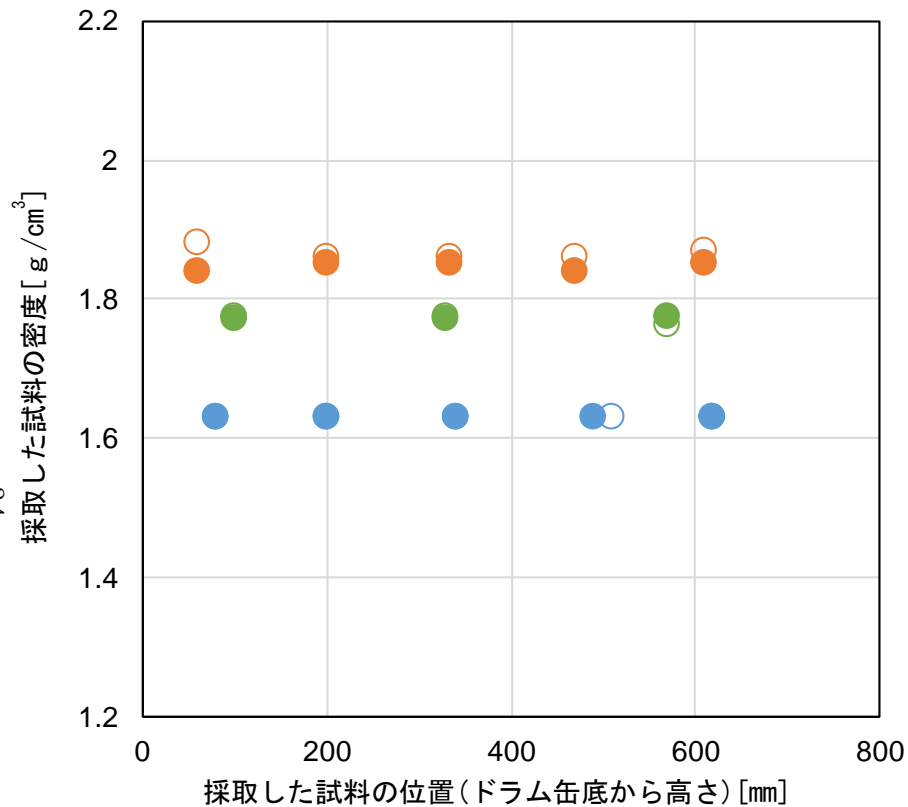
【28日養生後】



【364日養生後】

塩：炭酸ナトリウムと硝酸ナトリウムの混合物 [炭酸ナトリウム：硝酸ナトリウム=4.5：1(mol比)]
 セメント：高炉セメントC種に高炉スラグ微粉末を添加したもの [高炉スラグ微粉末：普通セメント=9：1(重量比)]

図-2.8 炭酸塩廃液のセメント固化試験結果 (実規模試験)



- : スラリー廃液 (内側部)
- : スラリー廃液 (外側部)
- : リン酸廃液 (内側部)
- : リン酸廃液 (外側部)
- : 炭酸塩廃液 (内側部)
- : 炭酸塩廃液 (外側部)

○スラリー廃液組成

- ・ 塩充填率 : 50wt%
- ・ 水セメント比 : 0.56

○リン酸廃液 (内側部)

- ・ 塩充填率 : 14wt%
- ・ 水セメント比 : 1.37

○炭酸塩廃液

- ・ 塩充填率 : 17wt%
- ・ 水セメント比 : 0.75

高炉スラグ微粉末 : 普通セメント=7 : 3(重量比) を使用
(9 : 1 の場合も密度は同様の結果となった)

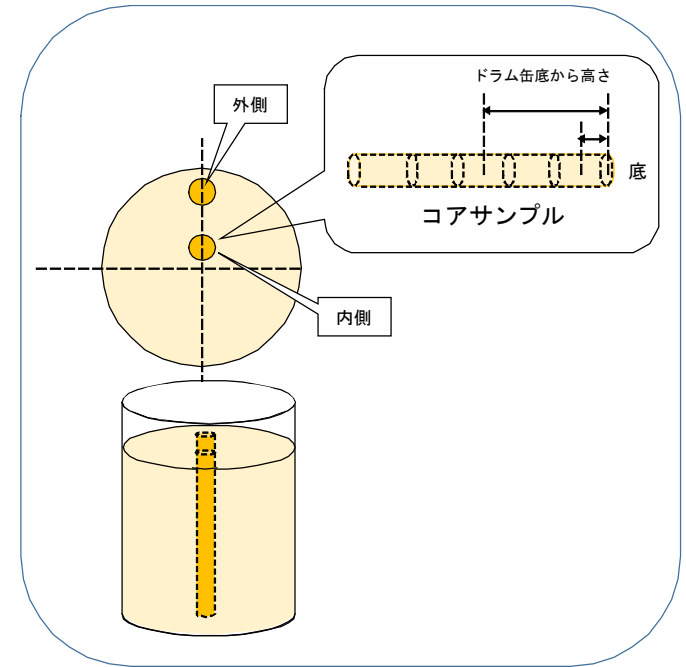
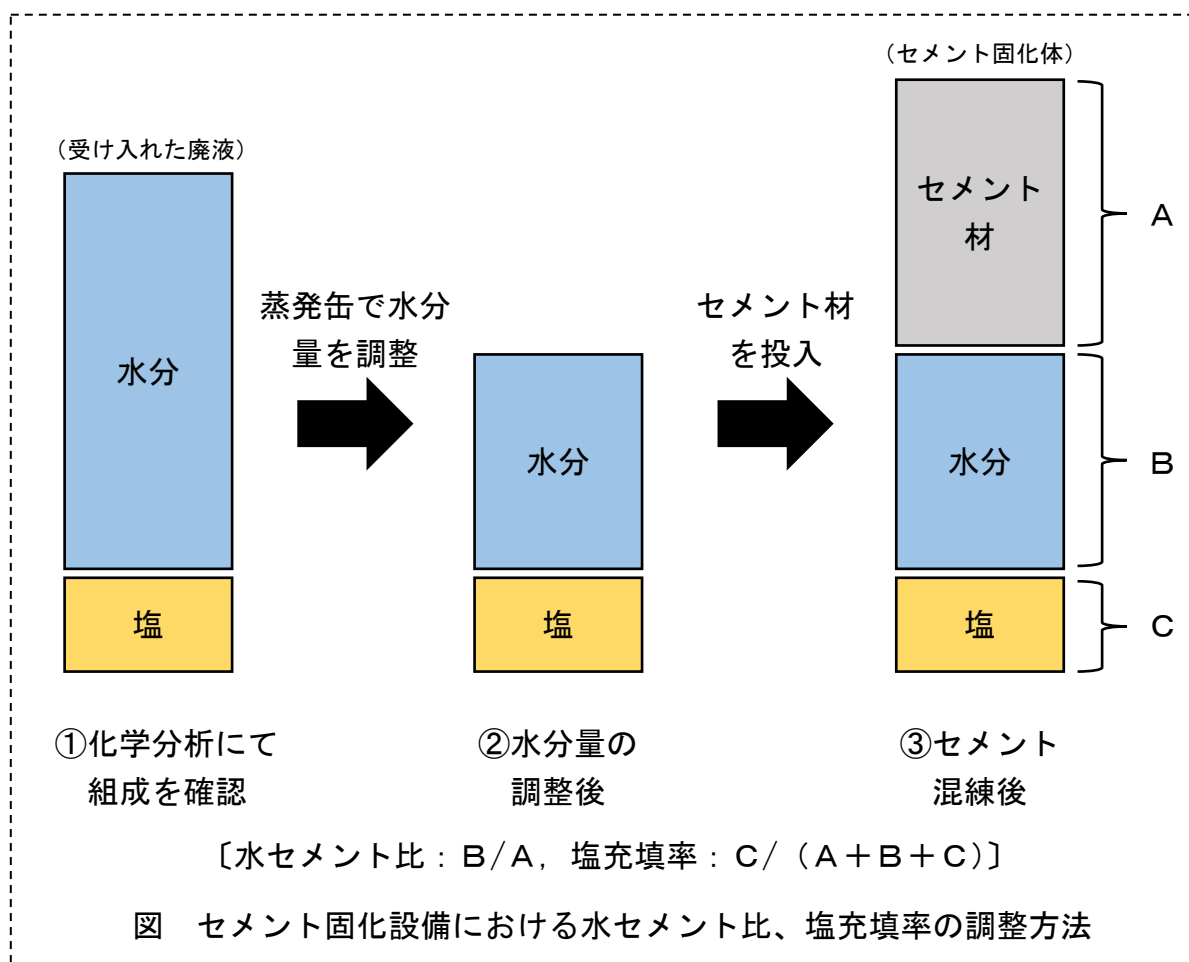


図-2.9 セメント固化体の密度測定結果 (実規模試験)

(参考) セメント固化設備における水セメント比、塩充填率の調整方法について

「2. 試験内容と試験結果」に示したとおり、スラリー廃液、リン酸廃液、炭酸塩廃液の各廃液をセメント固化するためには、廃液中の塩成分の固化体中への添加率（塩充填率）と、廃液中の水に対して添加するセメント材の重量比（水セメント比）を、浮き水が発生せず、固化体が8 MPa以上の一軸圧縮強度を持つ条件に調整することが必要である。

各廃液の処理にあたっては、セメント固化設備の上流にある蒸発濃縮設備にて、受け入れた廃液に含まれる塩の量を化学分析にて確認するとともに、蒸発缶にて廃液中の水分量を調整した上で、セメント固化設備にて廃液中の水分量に応じたセメント材を投入することで、水セメント比及び塩充填率を調整する。



2. 硝酸根分解設備の設置について

1) 硝酸根分解設備を設置する理由。

LWTF へのセメント固化の導入にあたり、処分に向けての成立性の検討・調査の過程において、LWTF で製作するセメント固化体のうち、浅地中処分対象のものは、化学物質による環境汚染に配慮した対応が必要となる可能性²⁻¹⁾が明らかになった。

このため、固化処理前に廃液中の硝酸根（硝酸イオンと亜硝酸イオンの総称）を分解する設備（硝酸根分解設備）を導入し、廃棄体に含まれる硝酸性窒素²⁻²⁾の低減を図ることとした。

2-1) 「第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方(平成 22 年 8 月 9 日付け原子力安全委員会決定)」では、「非放射性の有害物質そのものの環境影響については、本基本的考え方で評価を要求するものではないが、必要に応じ国あるいはその他関連する機関が定める規定に準じて別途考慮されなければならない。」とされており、研究施設等廃棄物の処分に当たっても化学物質による環境汚染に配慮した対応が求められることを考慮。

2-2) 硝酸性窒素が環境規制物質に該当(水質汚濁に係る環境基準について(環境庁告示 59 号))。

2. 硝酸根分解設備の設置について

2) 硝酸根分解設備の設置は他の一般化学産業の方法も検討した上でのものか。

硝酸根分解設備の導入に当たっては、既存の LWTF 施設内に設置可能であり、技術的信頼性があることを条件に、一般産業界における硝酸根の分解処理方法について調査し、大型の装置が不要であること、既設の LWTF へ比較的容易に設備が追加可能であること、汚泥（二次廃棄物）が生じないため追加の処理設備が不要であることから、触媒/還元剤法を採用している（表-2.1 参照）。

また、硝酸根分解に用いる触媒についても、一般産業界で用いられる触媒について調査した上で、触媒の寿命の観点から活性炭担持金属コロイド触媒を選定している（表-2.2 参照）。

表-2.1 硝酸根の分解処理方法の選定

名称	概要	利点	欠点	これまでの実績	LWTF 導入に当たっての評価
触媒／還元剤法 ^{1), 2)}	貴金属あるいは合金系触媒と還元剤を用いて硝酸イオンを窒素ガスまで還元する。	・高濃度の硝酸ナトリウム溶液を効率よく分解した基礎データが取得されている。	・硝酸イオン濃度が高い場合、触媒の寿命が短い。 ・副生成物として、アンモニア(NH ₃)が発生する。	・核燃料サイクル施設で発生した廃液の処理方法として、報告有り。	採用 (理由) ・LWTF で想定される高濃度の硝酸ナトリウムを処理した報告有り ¹⁾ 。
生物学的方法 ³⁾	排水中の硝酸根を微生物で分解する。	・特殊な装置や試薬を用いる必要がなく、安全性に優れる。	・高濃度の硝酸溶液への適用例がない。 ・反応速度が遅く装置が大型化する。 ・処理に伴い二次廃棄物(汚泥)が生じる。	・再処理施設で発生した廃液の処理方法として、報告有り。 ・但し、低濃度の硝酸溶液が対象。	不採用 (理由) ・大型の設備の導入が必要。 ・二次廃棄物(汚泥)の処理設備の追加が必要。
高温高压法 ⁴⁾	超臨界あるいは亜臨界状態の硝酸溶液中において、ギ酸等を還元剤として硝酸イオンを還元分解する。	・効率よく硝酸イオンを分解できる。	・高压処理のため、負圧による放射性物質の閉じ込めができない。 ・副生成物として、亜酸化窒素(N ₂ O)が発生する。	・研究開発段階	不採用 (理由) ・一般産業における実績無し。 ・放射性物質の閉じ込めが困難。
次亜塩素酸法 ⁵⁾	硝酸溶液へ塩素イオンを添加し、電解反応と化学反応を組み合わせることで硝酸イオンを窒素ガスとする。	・還元剤や触媒が不要である。 ・高濃度の硝酸イオンを分解できる。	・塩素イオンが共存するため、腐食の観点でステンレス鋼を用いることができない。 ・副生成物として水素ガス、酸素ガスが発生する。	・研究開発段階	不採用 (理由) ・一般産業における実績無し。 ・装置材料にステンレス鋼を使用できず、高価な耐食性の高い材料が必要。 ・水素ガスによる爆発を防ぐ安全対策が必要。
活性水素生成法 ⁶⁾	硝酸溶液に対して、膜で隔てた状態で電解溶液を設置する。電解溶液中の水素イオンを水素吸蔵合金の陰極を用いて電解して水素ラジカルとし、これが膜を通り抜けて硝酸溶液側へ移動した後に反応することで、硝酸イオンを還元分解する。	・還元剤や触媒が不要である。	・電解溶液の電解処理時に副生成物として水素ガス、酸素ガスが発生する。 ・電極(水素吸蔵合金)の寿命に課題がある。	・研究開発段階	不採用 (理由) ・一般産業における実績無し。 ・水素ガスによる爆発を防ぐ安全対策が必要。

(参考文献)

- 1) 日本原子力研究開発機構, 平成 21 年度 地層処分技術調査等委託費 TRU廃棄物処分技術 硝酸塩処理・処分技術高度化開発 報告書 (2010).
- 2) Jean-Charles Broudic, et al., "METHOD FOR REDUCING NITRATE AND/OR NITRIC ACID CONCENTRATION IN AN AQUEOUS SOLUTION", United States Patent, US 6,383,400 B1 (2002).
- 3) 高橋邦明, 他, "硝酸塩廃液生物処理システム試験", JAEA-Technology 2008-084 (2008).
- 4) 高奥芳伸, 他, "将来再処理プロセスでの窒素酸化物クロードシステム開発".
- 5) 広直樹, 他, "電解法による水溶液中の硝酸性窒素の高速除去", Electrochemistry, Vol. 70, No. 2 (2002).
- 6) 島宗孝之, 他, "水素化方法及び電解槽", 特開 1998-195686. 1998-7-28.

表-2.2 硝酸根分解で用いる触媒の選定

触媒	概要	利点	欠点	これまでの実績	LWTF 導入に当たっての評価
活性炭担持金属コロイド触媒 ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> •Pd 及び Cu イオンを活性炭に吸着させた後、これを金属に還元し、活性炭表面に担持させたもの。 •還元剤と用いることで、硝酸イオンを窒素ガスに分解することができる。 	<ul style="list-style-type: none"> •高濃度の硝酸ナトリウム溶液が処理可能¹⁾。 •ゼオライト担持触媒に比べて、触媒の持つ比表面積が大きく、反応速度が速い⁵⁾。 •金属コロイド触媒に比べて、触媒の寿命が長い¹⁾。 	<ul style="list-style-type: none"> •副生成物として、アンモニア(NH₃)が発生する¹⁾。 	<ul style="list-style-type: none"> •活性炭を担体に用いた触媒としては、ニトリル酸の水素化、エチレンの塩素化等が工業的に利用されている⁶⁾。 	<p>採用</p> <p>(理由)</p> <ul style="list-style-type: none"> •候補とした触媒の中で、最も寿命が長い。
金属コロイド触媒 ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> •Pd 及び Cu イオンを含む溶液を還元し、金属原子とした後、その凝集を制御してコロイドとしたもの。 •硝酸イオンを窒素ガスに分解する反応は、活性炭担持金属コロイド触媒と同様。 	<ul style="list-style-type: none"> •高濃度の硝酸ナトリウム溶液が処理可能¹⁾。 	<ul style="list-style-type: none"> •副生成物として、アンモニア(NH₃)が発生する¹⁾。 •形状(粒径)のばらつきが大きく、沈降、ろ過等の操作に不向き¹⁾。 	<ul style="list-style-type: none"> •活性が大きく、過去にはよく使用されたが、製法が複雑、触媒と生成物との分離の操作に不向きとの理由で、現在ではあまり使用されない⁷⁾。 	<p>不採用</p> <p>(理由)</p> <ul style="list-style-type: none"> •寿命が短い。 •沈降、ろ過等の操作に不向き
ゼオライト担持触媒 ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> •Pd 及び Cu イオンをゼオライトに吸着させた後、これを金属に還元し、ゼオライト表面へ担持させたもの。 •硝酸イオンを窒素ガスに分解する反応は、活性炭担持金属コロイド触媒と同様。 	<ul style="list-style-type: none"> •高濃度の硝酸ナトリウム溶液が処理可能¹⁾。 	<ul style="list-style-type: none"> •副生成物として、アンモニア(NH₃)が発生する¹⁾。 	<ul style="list-style-type: none"> •類似の触媒として、Pt、Pd 及び Rh をアルミナ表面へ担持させたものが、自動車の排ガス処理用として利用されている⁶⁾。 	<p>不採用</p> <p>(理由)</p> <ul style="list-style-type: none"> •酸化還元反応が遅い。

(参考文献)

- 1) 日本原燃株式会社, 平成 18 年度 文部科学省 原子力システム研究開発事業 将来再処理プロセスでの窒素酸化物クローズドシステム開発 成果報告書 (2007).
- 2) 高野雅人, 他, “東海再処理施設における低放射性廃液の処理技術開発(2)硝酸根分解技術の適用検討”, 日本原子力学会「2007 年秋の大会」予稿集, N37 (2007).
- 3) 高野雅人, 他, “東海再処理施設における低放射性廃液の処理技術開発(5)硝酸根分解技術の適用検討”, 日本原子力学会「2008 年秋の大会」予稿集, O25 (2008).
- 4) 高野雅人, 他, “東海再処理施設における低放射性廃液の処理技術開発(8)硝酸根分解用触媒の実用化に向けた検討”, 日本原子力学会「2009 年秋の大会」予稿集, L11 (2009).
- 5) 北川進, “多孔性材料の挑戦”, 文部科学省補助事業 地域イノベーション戦略支援プログラム.
- 6) 化学工学便覧(改訂 5 版), 化学工学会編, 丸善株式会社 (1988).
- 7) 西村重夫, 他, “総説 貴金属触媒による水素化”, 有機合成化学, Vol. 22, No. 12 (1964).

2. 硝酸根分解設備の設置について

3) 廃止措置上のメリット・デメリット（蒸発固化方式からセメント固化方式に変更する理由。）

低放射性廃棄物処理技術開発施設（LWTF）においては、東海再処理施設で発生する低放射性濃縮廃液の安定化を行うことを目的とし、従前のアスファルト固化に替わる技術として、無機物の固型化材料を用いる固化技術を採用することにした。無機物を用いる固化技術としては、日本原燃株式会社で実績のある「薄膜蒸発処理＋ペレット化」及びドイツの原子力発電所で実績のある「蒸発固化法」について検討を進めていたが、蒸発固化法は、機器点数が少なく保守が容易であること、設備の設置スペースがコンパクトであること、更に、製作した固化体は容易に溶解でき将来施設での再加工が可能であることから、蒸発固化法²⁻³⁾（固化助剤：ホウ酸ナトリウム）を採用した。

その後、硝酸塩を直接固化できるセメント材の開発が進み、廃棄体技術として適用可能であるとの見通しが得られた。また、処分コストの観点からも優位であることから、固化方法を蒸発固化法からセメント固化法に変更することとし、セメント固化設備を設置する。

2-3) ホウ酸ナトリウムを固化助剤として用い、塩の析出を利用して固型化するプロセス。固化体は、加熱等により溶解が可能で特徴を有しており、廃棄体化の際、再加工が容易なことから、中間固化体を製作するためのプロセスとして当初の設計で採用。

3. セメント固化設備の設置について

1) インドラムミキシング形式を採用するとあるが、過去のトラブル事例を踏まえた上での設計となっているのか。

原子力施設情報公開ライブラリー（ニューシア）で確認できる国内の原子力発電所におけるインドラムミキシング方式のセメント固化に係るトラブル事象及びLWTF セメント固化設備における対策について表-3.1 に示す。トラブル事象からLWTF で発生する可能性のある事象として以下が考えられる。

①セメント供給配管に残留するセメントが、混練前の廃液に落下・混入することで練り混ぜ性が確保できない。

②廃液中に含まれる硫酸ナトリウムの影響で固化体がふくらむ。

①については、セメント供給配管にエアーノッカー（圧空により振動を与える装置）を設置することにより供給配管内のセメント残留を防止するとし、②については、実機で想定される同量の硫酸ナトリウムを混入させた固化試験を行い、固化体がふくらまないこと確認している。

また、同様にアウトドラムミキシング方式によるセメント固化で生じたトラブル事象についても、LWTF で発生する可能性のある事象を踏まえた設計を実施している（表-3.2 参照）。

表-3.1 インドラムミキシング方式のセメント固化に係るトラブル事象及びLWTFセメント固化設備における対策

インドラムミキシング方式のセメント固化に係るトラブル事象 ¹⁾				トラブル事象を踏まえたLWTFで発生する可能性のある事象	LWTFのセメント固化設備における対策
トラブル名	発生日	事象概要	事象原因		
固体廃棄物貯蔵庫内における不良ドラム缶の発生について(福島第一)	1997年 09月05日	パレットに積んであった濃縮廃液固化体ドラム缶をクランプリフトで持ち上げたところ、ドラム缶の底が抜け、内容物の一部が床にこぼれた。	底が抜けたドラム缶は、固化作業を開始する前に、既にドラム缶の底部に濃縮廃液と少量のセメントによる層が形成され固化が進行した。更にこの層の上に通常の固化処理がされたが底部とは練り混ぜられず、底部の層に余分な水分が存在した状態で長期間保管された。このため構造的に水の滞留しやすい底板中央部及び底板周囲の接合部の腐食が進行し、今回の選別作業に伴う移動によって底部破損に至ったものである。	セメント供給配管に残留していたセメントが落下し、過剰にセメントが添加されることで、練り混ぜ性が確保できないことにより、不良固化体の発生が考えられる。	セメント供給配管にはエアノッカー(圧空により振動を与える装置)を設置することで、供給配管内にセメントが残留しないようにし、混練前に配管に残留していたセメントが過剰に添加されることを防ぐ。また、固化体の練り混ぜ性を確保可能な条件で、混練を行えるように実規模大で試験を行い、運転条件を決定する。
搬出前のセメント固化体ドラム缶底部のふくらみについて(浜岡)	2014年 08月21日	固体廃棄物貯蔵庫にてセメント固化体のドラム缶の健全性確認を実施していたところ、一部のドラム缶の底部にふくらみがあることを確認した。	廃液に含まれる硫酸ナトリウムが原因と推定される。充填する乾燥粉体の量を調整することで、膨張の防止を図る ²⁾ 。	LWTFで処理を行う廃液についても廃液内の硫酸ナトリウムが含まれるのでその影響が考えられる。	多量に硫酸ナトリウムが含まれる場合、セメント成分と反応することでセメント固化体を膨張させる可能性がある。LWTFで処理を行う廃液には、硫酸ナトリウムが含まれているが、その量を含む固化体を製作したところ、固化体が膨らむ事象は確認されていない。このため、硫酸ナトリウムは固化体へ影響を与えるほど廃液には存在しておらず、膨張の可能性はない ³⁾ 。

(参考文献)

- 1) 原子力安全推進協会: ニューシア 原子力施設情報公開ライブラリー
- 2) 原子力規制庁: 中部電力株式会社浜岡原子力発電所 平成28年度(第3回)保安検査報告書(2017),pp10-11
- 3) 松島,他: 東海再処理施設における低放射性廃棄物の処理技術開発 (23)廃液内に存在する夾雑物の影響の検討,原子力学会(2019秋の大会),3103

表-3.2 アウトドラムミキシング方式のセメント固化に係るトラブル事象及びLWTFセメント固化設備における対策(1/2)

アウトドラムミキシング方式のセメント固化に係るトラブル事象 ¹⁾				トラブル事象を踏まえたLWTFで発生する可能性のある事象	LWTFのセメント固化設備における対策
トラブル名	発生日	事象概要	事象原因		
廃棄物処理系セメント固化装置洗浄ラインからの漏洩について(敦賀)	1982年 01月26日	セメント固化装置の洗浄用ウォッシュアウトポンプ分解点検終了後、同ポンプの試運転を実施したところ、当該ポンプ出口配管の一部に使用されている耐圧ホースが外れ、水が漏洩した。	ウォッシュアウトポンプ出口配管の一部に取り付けられていた耐圧ホースと配管の止め金具がゆるんでおり、ポンプ運転圧力により、耐圧ホースが徐々にぬけ、外れたものである。	同様に耐圧ホースを使用した箇所があった場合、漏洩が考えられる。	LWTFのセメント固化設備において、放射性物質を内蔵する配管については鋼管を使用し、溶接あるいはフランジにより接続を行う。
セメント固化装置の不具合について(伊方)	2005年 08月26日	放射性廃液を処理するセメント固化装置の異常を示す信号が発信し、同装置の脱水機が自動停止した。	脱水機運転後の機内に残留する固形物が、運転後の機内洗浄で十分除去できず、機内に堆積する固形物量が徐々に増加し、脱水機が過負荷による自動停止に至ったものと推定される。	固形物が機器や配管に付着することが考えられる。	セメント投入時にセメントが飛散し、さらに結露水により固形物となり機器に付着することを防ぐため、セメント投入時の排気については適切に行う。また、配管についても固形物の付着が懸念されるため、結露を防止するヒーターを設置する。
セメント固化装置廃棄物処理室チラーユニットの不具合について(伊方)	2009年 12月09日	セメント固化装置廃棄物処理室チラーユニット3号が停止し、警報が発信した。	当該チラーユニット(No.1)の凝縮器に通水している冷却水(原子炉補機冷却水)の流量が低下していることが判明した。冷却水出入口弁の分解点検、凝縮器内部の洗浄を行い、冷却水を適正な流量に調整できたことから、冷却水出入口弁のつまりと考えられる。	セメントの移送用配管のつまりが起きることが考えられる。	セメントの移送用配管を清掃可能なように分解ができるように考慮する。
セメント固化装置の不具合について(伊方)	2012年 03月21日	点検後の確認運転中にセメント固化装置の異常を示す信号が発信し、同装置の脱水機が自動停止した。	脱水機の減速機内の潤滑油が少量しかなく、内部機構の一部が固着したことによると考えられる。	混練装置などの装置の潤滑油の枯渇が考えられる。	混練機やポンプの潤滑油について、定期的に補充するように運転条件を決定する。

(参考文献)

1) 原子力安全推進協会: ニューシア 原子力施設情報公開ライブラリー

表-3.2 アウトドラムミキシング方式のセメント固化に係るトラブル事象及びLWTFセメント固化設備における対策 (2/2)

アウトドラムミキシング方式のセメント固化に係るトラブル事象 ¹⁾				トラブル事象を踏まえたLWTFで発生する可能性のある事象	LWTFのセメント固化設備における対策
トラブル名	発生日	事象概要	事象原因		
低レベル放射性廃棄物のドラム缶底部の塗装の剥がれおよび水滴の付着 (浜岡)	2018年 04月23日	埋設に向けた検査の準備が行われたところ、準備中のドラム缶1本の底部に塗装の剥がれおよび水滴の付着がある旨の連絡を受けた。	固化体のすき間内部にモルタルが固化する際に発生した浮き水が残留し、ドラム缶底部内面にできた傷から溶融亜鉛メッキ層が溶解し、母材が腐食する環境あるいは母材が直接腐食する環境が形成。また、浮き水に含まれる塩化物イオンとすき間内部等の酸素によって腐食が発生したと推定される。	インドラムミキシング形式についても固化条件により浮き水が発生することが考えられる。また、インドラムミキシング形式についてもドラム缶に傷が発生し、腐食することが考えられる。	均質・均一固化体についても、浮き水が発生した場合、ドラム缶の腐食が懸念されるため、24時間後、表面に浮き水がない条件を設定する。また、溶融亜鉛メッキをしたドラム缶では、傷ができた場合、腐食が進行しやすくなるため、ドラム缶の材質はステンレス鋼を用いる。
廃棄物処理建屋における煙の確認 (玄海)	2018年 09月27日	廃棄物処理建屋内の火災報知器(煙感知器)が発信した。	調査の結果、混練機の主軸がセメントにより固着し、回転しなかったため、モータと混練機をつなぐゴム製のVベルトが、モータ側のプーリ上をすべり、摩擦熱により煙が発生したものと推定される。	固形物の付着により機器への影響が考えられる。	セメント投入時にセメントが飛散し、さらに結露水により固形物となり機器に付着することを防ぐため、セメント投入時の排気については適切に行う。また、機器については使用前に点検を行い、健全性を確認してから運転する。
廃棄物処理室(セメント固化装置)排気ファンの停止について (伊方)	2019年 10月22日	セメント固化装置において、廃棄物処理室排気ファンが2台運転のところ、排気ファンが停止し、1台運転になっていることを確認した。	点検の結果、電源装置内の基板の不具合により電源装置から定格電圧が出力されていないことを確認したため、これにより廃棄物処理室排気ファンの停止に至ったものと推定される。	電源システムの異常は考えられる。	排風機は予備機を有し、独立した電源系統で給電する設計とする。

(参考文献)

1) 原子力安全推進協会: ニューシア 原子力施設情報公開ライブラリー

3. セメント固化設備の設置について

2) 水とセメントの反応において、水が少ないと混練できず、水は多めに入れる必要があるが、この場合余った水がドラム缶内で浮いてきてしまう事象があるが、問題なく固化体の製作ができるのか。

固化対象廃液であるスラリ廃液、リン酸廃液及び炭酸塩廃液のセメント固化技術について、下記のコールド試験（ビーカースケール試験及び実規模試験）を実施し、実機へ適用可能であることを確認している。

	試験装置 (試験規模)	試験目的	試験内容	試験結果
ビーカースケール試験	ビーカー試験装置（実機の 1/300～1/150 スケール）	実機で固化対象廃液のスラリ廃液、リン酸廃液及び炭酸塩廃液に対して、それぞれ適用するセメント材を用いてセメント固化が可能となる固化条件（塩充填率、水セメント比）を把握する。	スラリ廃液、リン酸廃液及び炭酸塩廃液を模擬した溶液に対して、それぞれ適用するセメント材を用いて、固化試験を行い、浮き水が発生せず、十分な一軸圧縮強度（8 MPa 以上）が発現することを確認し、その固化条件（塩充填率、水セメント比）を把握する。	浮き水は発生せず、一軸圧縮強度は 8 MPa 以上
実規模試験	実規模試験装置（200ℓドラム缶サイズ）			浮き水は発生せず、一軸圧縮強度は 8 MPa 以上

試験の結果、セメント硬化時に浮き水が発生せず、また、日本原燃株式会社濃縮・埋設事業所廃棄物埋設施設に対する廃棄物確認に関する運用要領³⁻¹⁾に定められている一軸圧縮強度（1.47 MPa）に対して、十分な裕度をもった強度（8 MPa 以上）が発現する固化条件（塩充填率、水セメント比）を確認している。

試験の結果を踏まえ、固化対象廃液であるスラリ廃液、リン酸廃液及び炭酸塩廃液に対して、実機で用いる最適なセメント材を選定している。

3-1) 廃棄物確認に関する運用要領，原子力規制庁，平成 26 年 3 月（2014）。

固化対象廃液	セメント材
スラリ廃液 リン酸廃液	高炉スラグ微粉末とシリカヒュームを混合したもの
炭酸塩廃液	高炉セメント C 種 又は高炉セメント C 種に高炉スラグ微粉末を 添加したもの

4. 安全設計方針について

1) 硝酸根分解設備

① 圧縮空気の供給、炭酸ガスの吹き込みとあるが、実現可能なものか。(ビーカー規模なら問題ないが、反応槽が大きくなると均一化に時間を要する。)

○アンモニア押し出し技術の実機への適用性について

アンモニア分離槽において、水酸化ナトリウム廃液(pH14)を80℃に加熱した条件下で、圧空を供給し廃液中のアンモニアを気相中に追い出す。

アンモニアは、強アルカリ(pH14)領域ではイオンではなく分子(ガス)として存在することから、アンモニア分離槽より上流に位置する分解槽における硝酸根分解処理の過程(強アルカリ)で気相中へ移行するが、アンモニア分離槽において圧空供給(バブリング)することで廃液を攪拌し、更に除去効率を高めた追い出し操作を行う。

バブリングを用いて液中のアンモニアを気相中へ追い出す方法については、ビーカースケール試験(模擬廃液:3.6 M NaOH 溶液 0.2 L、初期アンモニア濃度:5000 ppm以上、圧空供給:0.1 L/min)を実施し、単位液断面積当たりの攪拌流量⁴⁻¹⁾として1.05 m³/h/m²において十分な追い出し効果が得られることを確認している。

実機(廃液:3.6 M NaOH 溶液 1.3 m³、初期アンモニア濃度:4000 ppm、目標アンモニア濃度:<100 ppm、圧空供給:2 m³/h、処理量:約300 L/h)への適用については、単位液断面積当たりの攪拌流量は1.3 m³/h/m²であり、ビーカー試験と同様な空気攪拌条件であることから十分な追い出し効果が期待でき、スケールアップの問題はない。なお、気液接触によりアンモニアを液相から気相へ追い出して分解・処理を行う方法は、既に一般産業界において実用化^{4-2), 4-3)}されている技術である。

4-1) Perry's Chemical Engineers' Handbook
(空気攪拌状態 Violent = 0.016 Air rate, m³/(m² tank cross section, min) = 0.96 m³/h/m²)

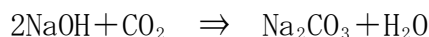
4-2) 栗田エンジニアリング株式会社, アンモニア処理装置
(装置標準仕様: 初期アンモニア態窒素濃度 最大 9,000 mg/L, 除去率 94.45%, 処理量 4 m³/h)

4-3) 共栄技研工業株式会社, アンモニア含有廃液処理装置
(運転事例: 初期アンモニア濃度 21,000 ppm, 処理後アンモニア濃度 150~230 ppm)

○炭酸ナトリウムへの転換技術の実機への適用性について

転換槽においては、炭酸ガスを吹き込み、下記の中和反応により水酸化ナトリウム廃液を炭酸ナトリウム廃液(炭酸塩廃液)に転換する。

[転換に係る反応式]



炭酸ガスを吹き込み、水酸化ナトリウム廃液を炭酸ナトリウム廃液へ転換する方法については、ビーカースケール試験(模擬廃液:3.6 M NaOH 溶液 0.5 L、炭酸ガス供給:0.1~1.0 L/min)を実施し、十分な転換効果が得られることを確認している。

実機(廃液:3.6 M NaOH 溶液 1.3 m³、炭酸ガス供給:8 m³/h、処理量:約200 L/h)への適用については、一般産業界において液中に炭酸ガスを吹き込み中和する技術の使用実績(処理量:数十 m³/h)があることから⁴⁻⁴⁾、スケールアップの問題はない。

4-4) 昭和電工ガスプロダクツ株式会社, PH-SEVEN アルカリ排水中和処理装置 A 型:ワンスルータイプ

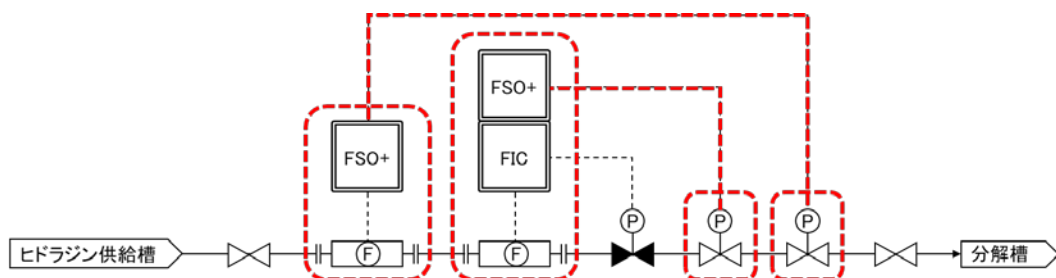
4. 安全設計方針について

1) 硝酸根分解設備

- | |
|--|
| ② 火災等による損傷の防止について、ヒドラジンの過剰供給防止のためのインターロック設置については申請書への記載がないため、記載すること。 |
| ③ 水素が発生した場合でも滞留しないようにとあるが、水素濃度管理の基準は何か説明すること。 |

硝酸根分解設備の分解槽において、万一、硝酸根分解後に未反応のヒドラジンが溶液中に残存すると、触媒との共存下においてヒドラジンが自己分解して水素ガスが発生する。このため、ヒドラジンの過剰供給を防止するため、計器（積算流量計）やバルブを冗長化（二重化）し、ヒドラジン供給量制御系の単一故障による過剰投入を防止する。

なお、供給先の分解槽については、硝酸根分解用槽類換気設備に接続され、常時換気していることから、万一、水素ガスが発生した場合でも滞留することはない。



4. 安全設計方針について

1) 硝酸根分解設備

- ④ 排風機の位置付けについて説明すること。(安全機能を有する施設と思われる。)
排風機停止時の影響について説明すること。また、何故2系統設けているのか説明すること。

硝酸根分解設備の設置に伴い、既存の槽類換気設備では排気能力が不足することから、新たに硝酸根分解設備用として槽類換気設備を増設する。

硝酸根分解用槽類換気設備は、アンモニア分解装置、HEPA・よう素フィルタ、排風機により構成される。アンモニア分解装置は、オフガス中に硝酸根分解設備から副生成物として発生するアンモニアを「悪臭防止法」に定められている規制値以下まで低減するために設置している。アンモニア分解装置、HEPA・よう素フィルタ、排風機はオフガス処理室（アンバー区域）に設置する。この設置場所の区域区分については、硝酸根分解用槽類換気設備設置後における設置場所の線量率が、設置前の区域区分レベルの範囲内に収まることから区域区分（アンバー区域）に変更はない。

硝酸根分解設備の各貯槽から発生する廃気は、オフガス加熱器で 300 °Cまで加熱した後、アンモニア分解装置に送り、廃気中のアンモニアを白金触媒により窒素及び水に分解する。

アンモニア分解装置からの廃気はオフガス冷却器で 150 °Cまで冷却した後、HEPA・よう素フィルタに送り、既設の槽類換気設備と同様に廃気中に含まれる放射性物質を除去した後、第一付属排気筒から放出する。

排風機は、常時系統の負圧を維持するために予備機を設け、故障時には予備機に自動切換えを行う。また、外部電源機能喪失時には、発電機からの給電により運転が継続できる設計とする。万一、硝酸根分解設備の運転中に排風機が停止し、かつ予備機への自動切換えができなかった場合には、硝酸根分解設備の運転を停止し、既設の槽類換気設備により負圧を維持する。

4. 安全設計方針について

1) 硝酸根分解設備

- ⑤ 性能維持施設としての LWTF の位置付けを明確にすること。
(設備名称、検査内容、要求される機能、維持すべき期間)
LWTF については、今後性能維持施設としての詳細を定めるとしているが、現時点でも維持すべき性能や維持すべき期間は明確にしておく必要があると考えるため、性能維持施設としての記載を求める。

○対象設備

性能維持施設については、事業の指定、設計及び工事の方法の認可等既往の許認可に基づく施設うち、廃止措置計画認可申請書 「2 性能維持施設の設備、その性能、その性能を維持すべき期間」の「主な設備・機器等の維持管理の基本的な考え方」に該当し、安全確保上必要な設備を性能維持施設と定める。

対象は以下のとおり。

- ・ 建家及びセル換気系
- ・ 建家・構築物
- ・ 放射線管理施設
- ・ セル等（漏洩検知装置）
- ・ 温度指示上限操作装置、温度計
対象機器：焼却炉、二次燃焼器、燃焼ガスフィルタ及び灰充填装置
- ・ 流量積算上限操作装置、流量計
対象機器：分解槽

○維持すべき期間

放射性物質を内包する系統及び機器については、管理区域設定後から系統除染が完了するまでの期間、閉じ込めの機能を維持管理する。

その他については、管理区域設定後から管理区域解除までの期間、各々の設備に要求される機能を維持管理する。

上記のうち、今後実施する施工設計で明確にしていく基数、性能を除き、LWTF の性能維持施設としての設備名称等、要求される機能及び維持すべき期間を整理したものを表-4.1 に示す。

廃止措置計画申請書本文への LWTF の性能維持施設の反映は、維持すべき期間となる管理区域設定までに行う。

表-4.1 LWTF の性能維持施設 (1/3)

設備名称等		要求される機能	維持すべき期間	
低放射性廃棄物処理技術開発施設 (LWTF)	建家・構築物	<ul style="list-style-type: none"> ・地震による損傷の防止 ・閉じ込めの機能 ・遮蔽 	低放射性廃棄物処理技術開発施設の管理区域設定後から管理区域解除まで	
	建家及びセル換気系	送・排風機のインターロック		<ul style="list-style-type: none"> ・閉じ込めの機能 ・換気
	ガンマ線エリアモニタ			・放射線管理施設
	ベータ線ダストモニタ			・放射線管理施設
	プルトニウムダストモニタ			・放射線管理施設
	排気モニタ	局所排気		・放射線管理施設

表－4.1 LWTF の性能維持施設 (2/3)

設備名称等		要求される機能	維持すべき期間	
低放射性廃棄物処理技術開発施設 (LWTF)	建家及びセル換気系	負圧警報装置 ・閉じ込めの機能	低放射性廃棄物処理技術開発施設の管理区域設定後から管理区域解除まで	
	セル等	温度警報装置 ・火災等による損傷の防止		
		漏洩検知装置 ・閉じ込めの機能		
	焼却炉	温度指示上限操作装置 ・火災等による損傷の防止		
	二次燃焼器	温度指示上限操作装置 ・火災等による損傷の防止		低放射性廃棄物処理技術開発施設の管理区域設定後から系統除染が完了するまで
	燃焼ガスフィルター	温度指示上限操作装置 ・火災等による損傷の防止		
	灰充填装置	温度指示上限操作装置 ・火災等による損傷の防止		
	分解槽	流量積算上限操作装置 ・火災等による損傷の防止		

表-4.1 LWTF の性能維持施設 (3/3)

設備名称等		要求される機能	維持すべき期間
低放射性廃棄物処理技術開発施設 (LWTF)	建家及びセル換気系	圧力計	・計測制御系統施設
	焼却炉	温度計	・計測制御系統施設
	二次燃焼器	温度計	・計測制御系統施設
	燃焼ガスフィルタ	温度計	・計測制御系統施設
	灰充填装置	温度計	・計測制御系統施設
	分解槽	流量計	・計測制御系統施設
			低放射性廃棄物処理技術開発施設の管理区域設定後から管理区域解除まで
			低放射性廃棄物処理技術開発施設の管理区域設定後から系統除染が完了するまで

4. 安全設計方針について

1) 硝酸根分解設備

⑥ 材料及び構造について、「安全性を確保する上で重要なもの」とは何か、申請書にも記載がないため明確にすること。

平成 31 年 3 月 20 日付け 30 原機（再）087 にて申請した再処理施設に係る廃止措置計画変更認可申請書の「別冊 1-1 低放射性廃棄物処理技術開発施設（LWTF）の改造 ー事業の変更の許可を得ている事項からの変更事項及び設計方針等ー」の「2.3 改造に係る設計方針等」のうち、「(3) 第 12 条（材料及び構造）」において、「① 硝酸根分解設備及びセメント固化設備の容器及び配管並びにこれらを支支持する構造物のうち、閉じ込め機能等の安全性を確保する上で重要なものの材料及び構造は、設計上要求される強度及び耐食性を確保するように設計する。」としている。

ここで、安全性を確保する上で重要なものとして考えているものは、「再処理施設の技術基準に関する規則」に規定する「容器等の主要な溶接部」に該当する容器及び管であり、主に硝酸根分解設備の受入槽、分解槽、転換槽及びこれらに接続する配管等が該当する。

4. 安全設計方針について

1) 硝酸根分解設備

⑦ LWTF の耐震分類上の位置付けについて説明すること。(どのような設備が B、C クラスなのかとその理由) (セメント固化設備と共通)

LWTF は、事業指定基準規則の耐震重要度分類に従い、B クラス又は C クラスに分類し、耐震重要度分類に応じた耐震設計を行う。改造により設置する主要な機器の耐震重要度分類を以下に示す。

なお、LWTF は、地震による安全機能の喪失を想定しても公衆への放射線影響が 5 mSv を超えるおそれがない施設であり、耐震重要施設を有しない (別紙-3 参照)。

○B クラスに分類するもの

硝酸根分解設備のうち、放射性物質を含む廃液を受ける容器及びその容器の廃気処理する槽類換気設備は、放射性物質を内蔵する設備であることから、B クラスとする。

硝酸根分解設備

- ・受入槽
- ・分解槽
- ・転換槽

硝酸根分解用槽類換気設備

- ・HEPA・ヨウ素フィルタ
- ・排風機

○C クラスに分類するもの

セメント混練機は、放射性物質を内蔵しないため C クラスとする。

処理済液セメント固化設備

- ・セメント混練機

スラリーセメント固化設備

- ・セメント混練機

地震により安全機能（閉じ込め）を喪失した場合の影響

施設内の機器の損傷に伴い、内蔵する低放射性液体廃棄物、使用済吸着剤が施設内に漏洩し、これらに含まれる放射性物質が室内雰囲気に移行し、建家外へ放出されることを想定。

対象物	全放射能 (Bq)	根拠（廃棄物の漏えい量の設定）
低放射性液体廃棄物 使用済吸着剤	約 3.5×10^{14}	LWSFで貯蔵している低放射性濃縮廃液の分析結果を基に施設内の全放射能が高くなるよう保守的に設定。 ✓ 低放射性液体廃棄物：セル内の各貯槽にろ過・吸着設備で濃縮されたもの（低放射性濃縮廃液：約 300 m^3 相当）が滞留。 ✓ 使用済吸着剤：廃吸着剤貯槽に平衡吸着量に達した使用済吸着剤が全量（約 87 m^3 ）保管。

低放射性固体廃棄物の放射エネルギーは小さく、万一施設内に漏洩した場合でも一般公衆の被ばく評価に影響を与えない。

- ✓ 建家内への漏えい率：1
- ✓ 気相への移行率： 2×10^{-5} （低放射性液体廃棄物）
 1×10^{-5} （使用済吸着剤）
- ✓ 建家のDF：1
- ✓ 相対濃度： $4.42 \times 10^{-7} \text{ h/m}^3$
- ✓ 地上放散

➤ 一般公衆の被ばく評価：約 $8.9 \times 10^{-2} \text{ mSv}$

なお、追加する硝酸根分解設備及びセメント固化設備の機器は、取り扱う放射エネルギーが小さく、上記の被ばく評価に寄与しない。

4. 安全設計方針について

1) 硝酸根分解設備

⑧ アンモニア分解設備を設置することの必要性について説明すること。

硝酸根分解設備の設置に伴い、既存の槽類換気設備では排気能力が不足することから、新たに硝酸根分解設備用として槽類換気設備を増設する。

硝酸根分解用槽類換気設備は、アンモニア分解装置、HEPA・よう素フィルタ、排風機により構成される。アンモニア分解装置は、オフガス中に硝酸根分解設備から副生成物として発生するアンモニアの「悪臭防止法」に定められている規制値に対して、放出量低減の観点から設置している。アンモニア分解装置、HEPA・よう素フィルタ、排風機はオフガス処理室（アンバー区域）に設置する。この設置場所の区域区分については、硝酸根分解用槽類換気設備設置後における設置場所の線量率が、設置前の区域区分レベルの範囲内に収まることから区域区分（アンバー区域）に変更はない。

硝酸根分解設備の各貯槽から発生する廃気は、オフガス加熱器で 300 °Cまで加熱した後、アンモニア分解装置に送り、廃気中のアンモニアを白金触媒により窒素及び水に分解する。

アンモニア分解装置からの廃気はオフガス冷却器で 150 °Cまで冷却した後、HEPA・よう素フィルタに送り、既設の槽類換気設備と同様に廃気中に含まれる放射性物質を除去した後、第一付属排気筒から放出する。

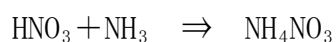
4. 安全設計方針について

1) 硝酸根分解設備

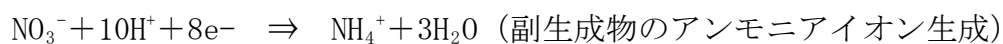
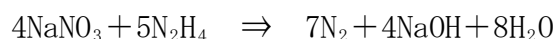
⑨アンモニア分解槽では、副生成物のアンモニアが出るとあるが、PNC レポートでは硝酸アンモニウム生成についての記載がある。今回は積極的に硝酸アンモニウムを生成してしまうことになるのではないか。

硝酸アンモニウムは、硝酸とアンモニアによる中和反応により生成する。硝酸根分解設備に受け入れる廃液は中和された硝酸ナトリウム溶液（約 pH7）であり、硝酸根分解設備プロセスにおける廃液は中性～強アルカリ（pH14）であることから、硝酸分子は存在せず、硝酸とアンモニアによる中和反応が生じることはない。従って、硝酸アンモニウムが生成する可能性はない。

〔硝酸アンモニウム生成に係る反応式〕



〔硝酸根分解に係る反応式〕



4. 安全設計方針について

1) 硝酸根分解設備

⑨また、本日の説明では試験規模から実規模への適用が可能であるとの説明であったが、試験規模から実規模への適用が可能であることを示す技術的資料を用いて、説明すること。

○硝酸根分解設備に係る試験について

触媒/還元剤法について、下記のコールド試験（ビーカースケール試験及び工学規模試験）を実施し、実機へ適用可能であることを確認している。

	試験装置 (試験規模)	試験目的	試験内容	試験結果
ビーカー スケール 試験	ビーカー試験装置 (処理液量 0.2 ℓ)	実機の硝酸塩廃液に含まれる硝酸根が水酸化ナトリウムへ分解できることを確認する。	硝酸塩廃液を模擬した 4.7 mol/l 硝酸ナトリウム溶液に対して、還元剤、触媒を用いて分解処理を行い、溶液中の化学種濃度の経時変化から、硝酸根（硝酸イオン）の分解率が実機の目標値である 90%以上であることを確認する。	硝酸根（硝酸イオン）の分解率は 96 %
工学規模 試験	ビーカースケール試験から 100 倍にスケールアップした工学規模の試験装置 (処理液量 20 ℓ)			硝酸根（硝酸イオン）の分解率は 100 %

ビーカースケール試験及び工学規模試験の試験結果から、スケールアップした影響はなく、模擬廃液と還元剤・触媒の攪拌が十分になされており、硝酸根の分解率が実機での目標値である 90 %以上となることを確認した。これにより、実機へスケールアップしても問題なく処理できると判断している。

○セメント固化設備に係る試験について

固化対象廃液であるスラリー廃液、リン酸廃液及び炭酸塩廃液のセメント固化技術について、下記のコールド試験（ビーカースケール試験及び実規模試験）を実施し、実機へ適用可能であることを確認している。

	試験装置 (試験規模)	試験目的	試験内容	試験結果
ビーカー スケール 試験	ビーカー試験装置 (実機の 1/300～ 1/150 スケール)	実機で固化対象廃液のスラリー廃液、リン酸廃液及び炭酸塩廃液に対して、それぞれ適用するセメント材を用いてセメント固化が可能となる固化条件（塩充填率、水セメント比）を把握する。	スラリー廃液、リン酸廃液及び炭酸塩廃液を模擬した溶液に対して、それぞれ適用するセメント材を用いて、固化試験を行い、浮き水が発生せず、十分な一軸圧縮強度（8 MPa 以上）が発現することを確認し、その固化条件（塩充填率、水セメント比）を把握する。	浮き水は発生せず、一軸圧縮強度は 8 MPa 以上
実規模 試験	実規模試験装置 (200 ℓドラム缶 サイズ)			浮き水は発生せず、一軸圧縮強度は 8 MPa 以上

試験の結果、セメント硬化時に浮き水が発生せず、また、日本原燃株式会社濃縮・埋設事業所廃棄物埋設施設に対する廃棄物確認に関する運用要領⁴⁻⁵⁾に定められている一軸圧縮強度（1.47 MPa）に対して、十分な裕度をもった強度（8 MPa 以上）が発現する固化条件（塩充填率、水セメント比）を確認している。

試験の結果を踏まえ、固化対象廃液であるスラリ廃液、リン酸廃液及び炭酸塩廃液に対して、実機で用いる最適なセメント材を選定している。

4-5) 廃棄物確認に関する運用要領，原子力規制庁，平成 26 年 3 月（2014）。

固化対象廃液	セメント材
スラリ廃液 リン酸廃液	高炉スラグ微粉末とシリカヒュームを混合したもの
炭酸塩廃液	高炉セメント C 種 又は高炉セメント C 種に高炉スラグ微粉末を 添加したもの

4. 安全設計方針について

1) 硝酸根分解設備

⑩ ろ過時の吸着剤に何を使っているのか説明すること。有機系の PAN (ポリアクリロニトリル) だとすると、これ自体の廃棄に問題があると思われるため。(アクリルは焼却するとシアンが発生するため。) また、吸着剤が廃棄物となった際の扱いについて説明すること。

LWTF のろ過・吸着設備で Cs/Sr の吸着処理に使用する予定であった吸着剤は、有機物 (PAN: ポリアクリロニトリル) を用いたものであるが、この吸着剤は、約 0.3 MGy 程度の吸収線量によりひび割れ等を生じ、吸着性能が低下すること、及び放射線分解によりシアンイオン (CN⁻) を生じること等が分かってきた。このため、現在は無機系の吸着剤を使用することとしており、コメントに示されるような問題が生じないように配慮している。

なお、現在選定している吸着剤は、東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴い、化学メーカーが開発した無機系の吸着剤 (Cs/Sr の吸着性能に優れているとされている) であり、当初使用予定のものよりも吸着性能が高いことが期待できるため、現在、LWTF で処理する廃液を模擬した試験用廃液で、当該吸着剤の性能及び寿命を確認中である。いずれにしても有機系の吸着剤を採用することはない。

なお、吸着できなくなった廃吸着剤は、LWTF1 階の廃吸着剤貯槽 (ライニング型: 容量 78 m³) 内に貯留し、満杯になる前に処理方法を決定することとしている。

4. 安全設計方針について

2) セメント固化設備

① セメントは反応時に発熱を伴うと思われるが、発熱の影響について説明すること。

LWTF で作製するセメント固化体の混練後の養生中温度は、スラリ廃液及びリン酸廃液のセメント固化体は約 60 °C 程度であるが、炭酸塩廃液のセメント固化体は、約 130 °C 程度となる見込みである。

最も高温となる炭酸塩廃液のセメント固化体は、フード内で取り扱うが、養生中は、フード外から容易にアクセス出来ない位置にあること、また、フード内には、セメント固化前の廃液冷却を目的とした空気冷却器が設置されており、これにより除熱が期待できることから、フード内の温度が有意に上昇することはない。

固化対象廃液	混練後の中心部最高温度 (養生中)
スラリ廃液	約 60 °C
リン酸廃液	約 60 °C
炭酸塩廃液	約 130 °C

また、セメント固化体の内部温度上昇により、一軸圧縮強度が低下することが懸念されるが、実規模大 (200 ㍓ドラム缶サイズ) の試験を行い、十分な一軸圧縮強度が得られることを確認している。

4. 安全設計方針について

2) セメント固化設備

② 放射性濃度低と高で設備に相違はあるのか。(硝酸根分解設備と共通)

④ 混練フードをアンバー区域に設ける理由について説明すること。(セメント固化設備)

(1) 硝酸根分解設備 (図-4.1 参照)

硝酸根分解設備は、主に受入槽、分解槽、アンモニア分離槽、転換槽により構成される。受入槽、アンモニア分離槽、転換槽は転換処理室(アンバー区域)に、分解槽は分解処理室(アンバー区域)に設置する。これらの設置場所の区域区分については、硝酸根分解設備設置後における設置場所の線量率が、設置前の区域区分レベルの範囲内に収まることから区域区分に変更はない(表-4.2 参照)。

硝酸根分解設備の設置に伴い、既存の槽類換気設備では排気能力が不足することから、新たに硝酸根分解設備用として槽類換気設備を増設する。

硝酸根分解用槽類換気設備は、アンモニア分解装置、HEPA・よう素フィルタ、排風機により構成される。アンモニア分解装置は、オフガス中に硝酸根分解設備から副生成物として発生するアンモニアを「悪臭防止法」に定められている規制値以下まで低減するために設置している。アンモニア分解装置、HEPA・よう素フィルタ、排風機はオフガス処理室(アンバー区域)に設置する。この設置場所の区域区分については、硝酸根分解用槽類換気設備設置後における設置場所の線量率が、設置前の区域区分レベルの範囲内に収まることから区域区分(アンバー区域)に変更はない。

(2) セメント固化設備 (図-4.2 参照)

セメント固化設備は、セメント材の供給機(セメントホッパ)、添加剤の供給機(硬化剤、消泡剤及び分散剤)及び混練機で構成される。

放射能濃度の比較的高いスラリ廃液及びリン酸廃液を扱うセメント固化設備においては、混練機は蒸発固化セル(レッド区域)に、セメント材の供給機(セメントホッパ)は保守室(アンバー区域)に、添加剤の供給機(硬化剤、消泡剤及び分散剤)は試薬供給室(グリーン区域)、廊下(アンバー区域)及び積載室(グリーン区域)に設置する。

放射能濃度の比較的低い炭酸塩廃液(硝酸根分解後の処理済液)を扱うセメント固化設備においては、混練フード・混練機は蒸発固化室(アンバー区域)に、セメント材の供給機(セメントホッパ)は洗浄廃液処理室(アンバー区域)に設置する。

これらの設置場所の区域区分については、セメント固化設備設置後における設置場所の線量率が、設置前の区域区分レベルの範囲内に収まることから区域区分に変更はない(表-4.3 参照)。

表-4.2 硝酸根分解設備の設置場所における区域区分と割当線量率

設置場所 (設置する主な機器)	区域区分	設置前の割当線量率 (遮蔽計算上の設計値)	設置後の割当線量率 (遮蔽計算上の設計値)
転換処理室 (受入槽、アンモニア分離槽、 転換槽)	アンバー区域 ($\leq 500 \mu\text{Sv/h}^{1)}$)	$100 \mu\text{Sv/h}^{2)}$	$100 \mu\text{Sv/h}$
分解処理室 (分解槽)		$6.25 \mu\text{Sv/h}^{2)}$	$100 \mu\text{Sv/h}^{3)}$

- 1) 作業頻度の比較的多い箇所では $25 \mu\text{Sv/h}$ 以下に、一方立ち入る可能性の極めて少ない箇所に対しては $500 \mu\text{Sv/h}$ 以下に抑える。
- 2) 平成 14 年 3 月 20 日付け平成 14・03・12 原第 14 号にて認可を受けた建物（その 29 の 1）低放射性廃棄物処理技術開発施設の設計及び工事の方法の認可申請書の添付書類の「2. 放射線による被ばくの防止」の「表-2.2.3-1 各室の割当線量率」に示す値。なお、転換処理室の値は旧部屋名称の資材保管室（A046）の値を読み、分解処理室の値は旧部屋名称の資材保管室（A037）の値を読む。
- 3) 分解処理室(旧資材保管室(A037))においては、LWTF での技術開発を進めるための試験装置を用いて作業員が常時滞在して試験を実施することを考慮していたことから、設計上の線量率を $6.25 \mu\text{Sv/h}$ としていたが、硝酸根分解設備の設置により室内の線量率が上昇し、制御室からの遠隔操作により運転を行うよう設計することから、設計上の線量率を $100 \mu\text{Sv/h}$ としている。



低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)

— セメント固化設備、硝酸根分解設備設置後の処理フローと安全上考慮すべき事項 —

(加筆箇所)

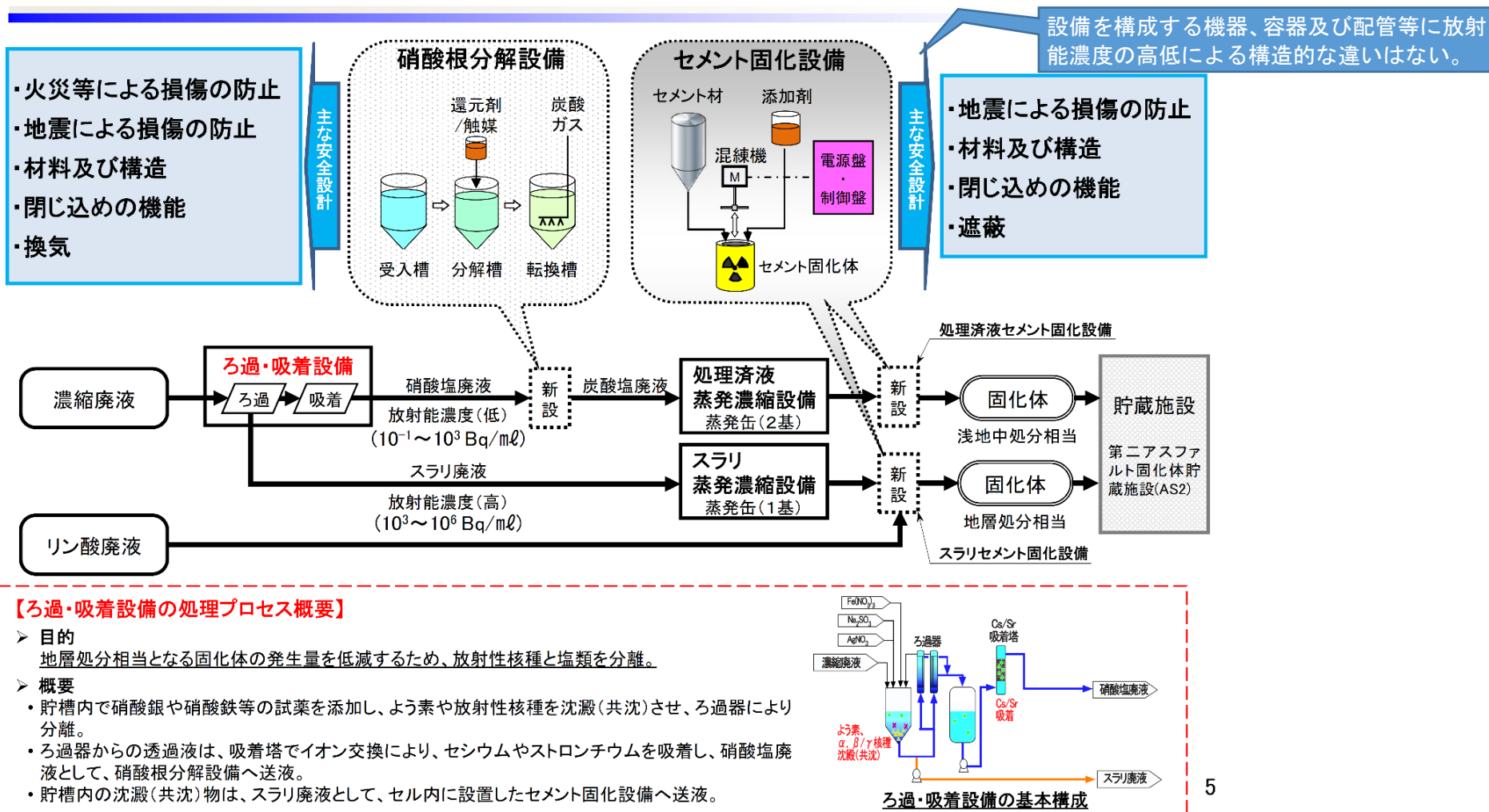


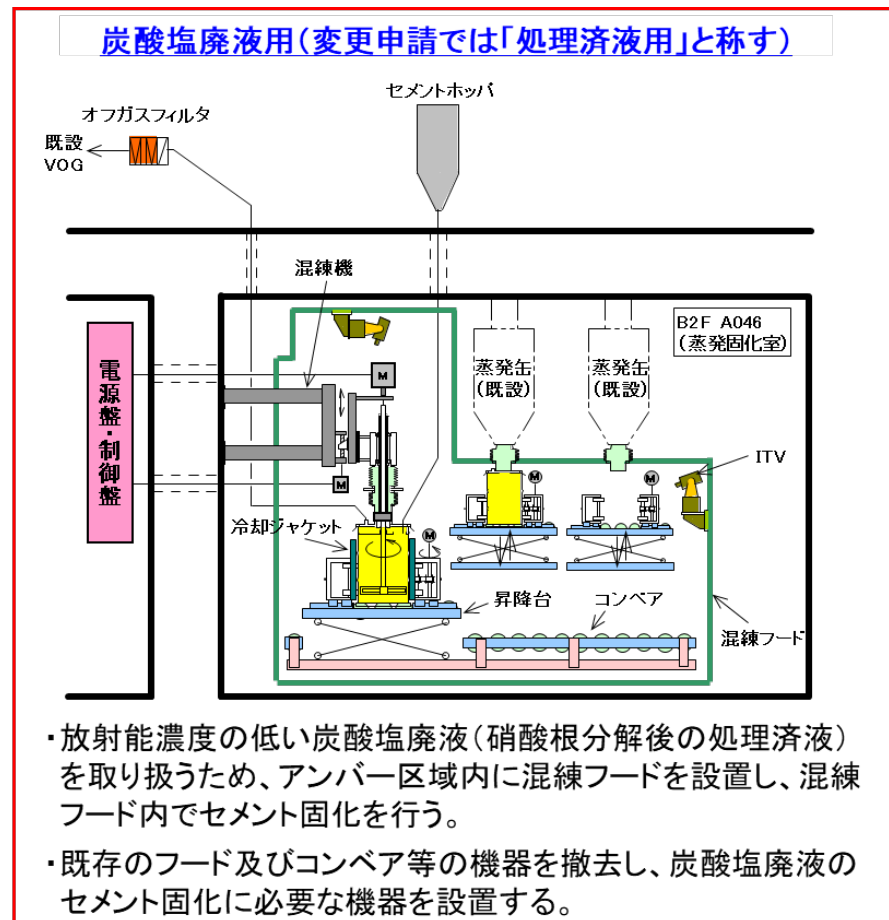
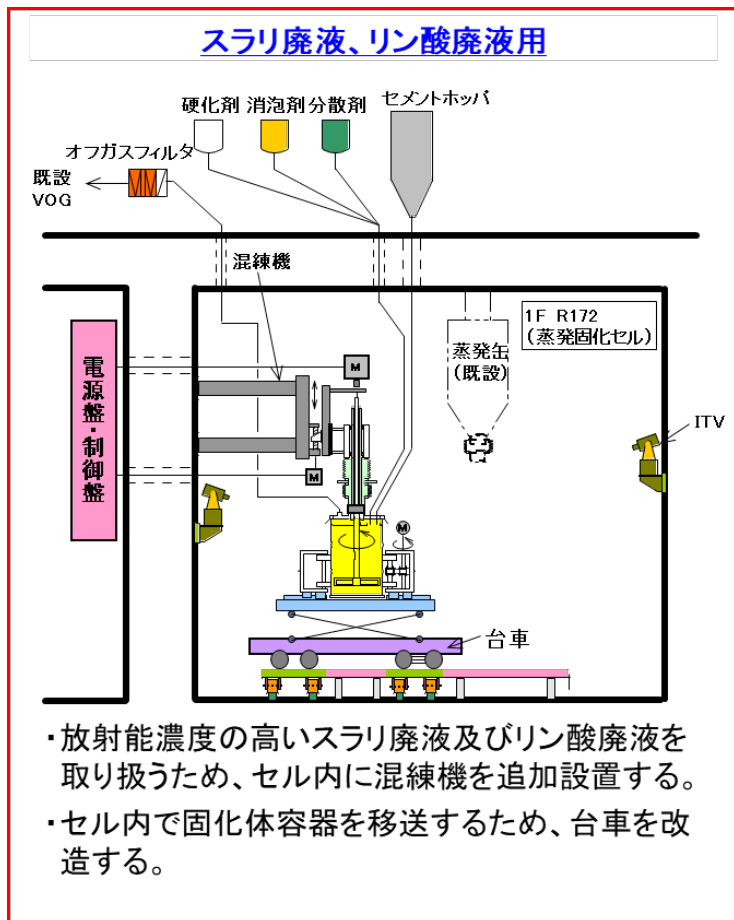
図-4.1 改造後の液体廃棄物処理系統のプロセス (LWTF)

表-4.3 セメント固化設備の設置場所における区域区分と割当線量率

設置場所 (設置する主な機器)	区域区分	設置前の割当線量率 (遮蔽計算上の設計値)	設置後の割当線量率 (遮蔽計算上の設計値)
蒸発固化室 (セメント混練機、混練フード)	アンバー区域 ($\leq 500 \mu\text{Sv/h}^{1)}$)	$25 \mu\text{Sv/h}^{2)}$	$25 \mu\text{Sv/h}$
蒸発固化セル (セメント混練機)	レッド区域 ($> 500 \mu\text{Sv/h}$)	/	

1) 作業頻度の比較的多い箇所では $25 \mu\text{Sv/h}$ 以下に、一方立ち入る可能性の極めて少ない箇所に対しては $500 \mu\text{Sv/h}$ 以下に抑える。

2) 平成 14 年 3 月 20 日付け平成 14・03・12 原第 14 号にて認可を受けた建物 (その 29 の 1) 低放射性廃棄物処理技術開発施設の設計及び工事の方法の認可申請書の添付書類の「2. 放射線による被ばくの防止」の「表-2.2.3-1 各室の割当線量率」に示す値。



【共通事項】

- 放射能濃度の高低により、設備を設置する区域に違いはあるが、設備を構成する機器、容器及び配管等に構造的な違いはない。
- セメント混練機にはバグフィルタを介して既設の槽類換気設備に接続する機構を設ける。

図-4.2 セメント固化設備の設置

4. 安全設計方針について

2) セメント固化設備

- | |
|---|
| ③ 既存のセルの閉じ込め機能に影響を与えない設計とあるが、影響を与える設計としないのは何故か説明すること。 |
|---|

スラリーセメント固化設備を設置する蒸発固化セルの閉じ込め機能は、セル換気系での負圧維持で気体状の放射性物質の拡大防止を図ることで担保している。

既存のセル内へのセメント固化設備の設置に当たり、以下の設計とすることで既存のセルの閉じ込め機能に影響を与えない設計としている。

セメント混練時は、混練機、セメント供給配管、オフガス配管を備えた混練機蓋をドラム缶の上に設置する。オフガス配管は、ガス系に移行したセメントダストの捕集用フィルタを経由し、槽類換気設備に繋がっている。ドラム缶に供給されるセメント材（粉体）は、オフガス配管上のフィルタに捕集されるため、既設のセル換気系に大量に移行することでセル換気系の HEPA フィルタに目詰まりを生じさせることがない設計としている。

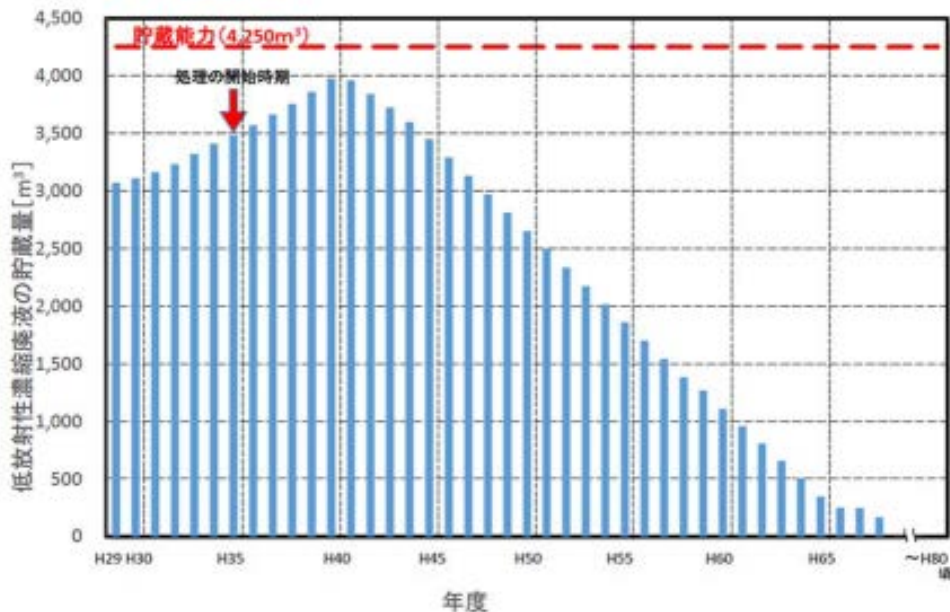
4. 安全設計方針について
 3) 廃止措置計画との整合性

① 現在の廃液量と今後発生する廃液量を踏まえた上で、廃止措置計画とも整合の取れた設計となっているか説明すること。

再処理施設に係る廃止措置計画認可申請書「十三. 特定廃液の固型化その他の処理を行う方法及び時期」のうち、「図 13-1 低放射性濃縮廃液の推移」は、現在の貯蔵量と今後発生が予測される廃液量に対して、LWTF における年間当たりの処理量（リン酸廃液：約 15 m³/年、低放射性濃縮廃液：約 200 m³/年とする計画）を考慮し算定しているものである。

設備改造に当たっては、廃止措置計画書に示している低放射性濃縮廃液の推移を担保できるように、本推移で考慮した処理量に対して、それを上回る処理能力（リン酸廃液：約 15 m³/年以上、低放射性濃縮廃液：約 200 m³/年以上）を持つように設計している。

【廃止措置計画変更認可申請書の「十三. 特定廃液の固型化その他の処理を行う方法及び時期」の「図 13-1 低放射性濃縮廃液の推移」より】



※1 リン酸廃液を優先して処理し、リン酸廃液の処理終了後から本格的に低放射性濃縮廃液を処理する。
 ※2 低放射性濃縮廃液の貯蔵量は、発生量、処理量の影響により変動する。

図 13-1 低放射性濃縮廃液の推移

4. 安全設計方針について

3) 廃止措置計画との整合性

② LWTF から AS2（第二アスファルト固化体貯蔵施設）への運搬方法について、申請書に記載がないため説明すること。また、AS2 施設での貯蔵方法について説明すること。

LWTF から第二アスファルト固化体貯蔵施設（AS2）へのセメント固化体の運搬については、「使用済燃料の再処理の事業に関する規則」の第十四条（工場又は事業所内の運搬）の規定に基づいて行う（図-4.3 参照）。

① 処理済液のセメント固化体の搬出・運搬・貯蔵

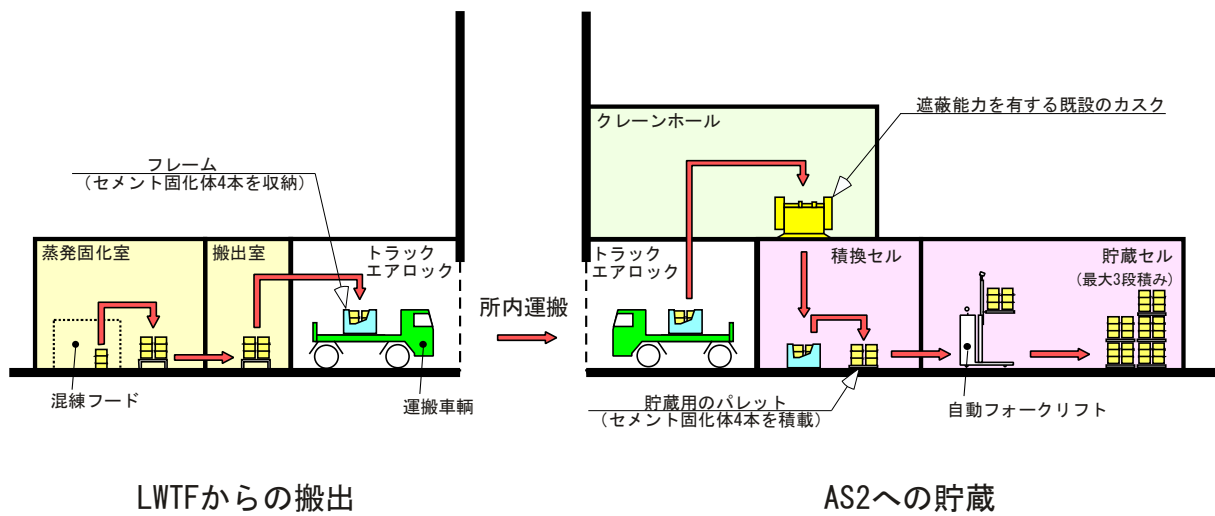
処理済液のセメント固化体は、混練フード内から取り出して搬出室へ運び、トラックエアロックにて、運搬車輛に載せたフレーム内に収納し（最大4本）、運搬車輛で AS2 へ送る。

AS2 に受け入れたセメント固化体は、クレーンホールでカスクに一旦収納した後、積換セルにおいて貯蔵用のパレットに積み替え、貯蔵セル内に最大3段積みで貯蔵する。

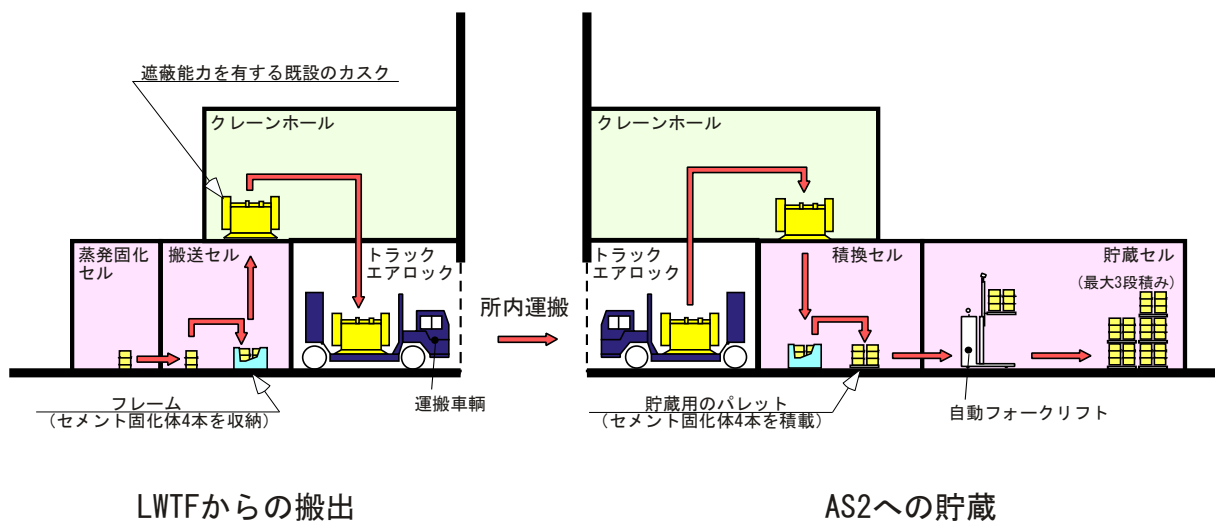
② スラリ廃液及びリン酸廃液のセメント固化体の搬出・運搬・貯蔵

スラリ廃液及びリン酸廃液のセメント固化体は、搬送セルへ運び、クレーンホールでカスクに収納し（最大4本）、運搬車輛で AS2 へ送る。

AS2 に受け入れたセメント固化体は、カスクを用いて積換セルに搬入し、貯蔵用のパレットに積み替え、貯蔵セル内に最大3段積みで貯蔵する。



処理済液のセメント固化体の搬出・運搬・貯蔵



スラリー廃液及びリン酸廃液のセメント固化体の搬出・運搬・貯蔵

図-4.3 LWTFで製作するセメント固化体のAS2への運搬と貯蔵方法の概要

東海再処理施設の安全対策に係る面談スケジュール(案)

令和2年10月1日

再処理廃止措置技術開発センター

面談項目 (下線 : 10月変更申請 青字 : 監視チーム会合コメント)		令和2年									
		8月	9月				10月				
			31~4	~11	~18	~25	29~2	~9	~16	~23	~30
安全対策											
地震による損傷の防止	○主排気筒耐震工事 -設計及び工事の計画						▽1	◇6		◇22	
	○代表漂流物の妥当性評価				▼17					◇22	
津波による損傷の防止	○引き波の影響評価		▼3	▼7	▼10			▽8			
	○津波警報発令時のTVFバルブ閉止処 置に係る他の初動対応を含めた有効性 評価										
	○HAW事故に係る対策 -設計及び工事の計画										
事故対処	○前提条件の明確化	▼25		▼7	▼10	◆15					
	○シナリオ検討、ウェットサイトを想定した 訓練										
	○有効性評価	▼25					▽29(▽1)	◇6		◇22	
	○TVF事故に係る対策 -設計及び工事の計画	▼27								◇22	
外部からの衝撃による損傷の防止	○HAW建家の竜巻対策工事 -設計及び工事の計画					▼17		▽8		◇22	
	○竜巻;飛来物による破損のモード、補修 方法、補修に要する時間等の明確化 (事故対処の有効性評価と併せて提示)	▼27		(▼7)	▼10	◆15					
	○外部事象に係る可搬型の事故対処設備 について(分散配置の設置場所、各外 部事象に対する事故対処設備の対策の 具体的内容)(事故対処の有効性評価と 併せて提示)										
	○防火帯の設置計画について				(▼7)	▼10	◆15				
	○防火帯内側施設の防火体制				(▼7)	▼10	◆15		▽8		◇22
	○8/7 変更申請書に関する質問回答		▼3	▼10							

▽面談、◇監視チーム会合

面談項目 (下線:10月変更申請)		令和2年									
		8月		9月				10月			
		3~7	31~4	~11	~18	~25	29~2	~9	~16	~23	~30
内部火災	○防護条件設定の拡充 ○火災影響評価	▼6	▼27								
溢水	○防護対象除外理由の説明 ○溢水影響評価	▼6	▼27								
制御室	○制御室に求められる機能 ○TVF 制御室の換気対策工事 -設計及び工事の計画	▼6	▼27		▼10		▼25	▽1◇6		◇22	
							▼25	▽1◇6		◇22	
その他施設の安全対策	○その他施設の津波防護 -津波流入経路、廃棄物等流出経路に係る各建家のワークダウン -放射性物質の流出の恐れのある施設に関する詳細評価 -廃棄物等の建家外流出のおそれに対する対応方針 -対策の内容、対策の評価	▼20 (MP)	▼3 ▼7 (フロー)		▼10◆15		▼25		▽15 (廃棄物容器の貯蔵施設等)		
その他											
その他の設計及び工事の計画	○動力分電盤制御用電源回路の一部更新 (その2)		▼3							◇22	
	○排水モニタリング設備の更新		▼3							◇22	
廃止措置計画の既変更申請案件の補正	○TVF 保管能力増強 (事故対処の有効性評価と併せて提示) ○LWTF のセメント固化設備及び硝酸根分解設備の設置						▼17	▽1			
保安規定変更申請	○HAW,TVF 貯槽液量制限							▽1			

▽面談、◇監視チーム会合