

## 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3年3月23日  
再処理廃止措置技術開発センター

### ○ 令和3年3月23日 面談の論点

- 資料1 安全対策以降の東海再処理施設の廃止措置の進め方について
- 資料2 LWTFにおける硝酸根分解設備及びセメント固化設備の設備導入に際しての技術的成立性の検証について
- 資料3 TVFの耐津波補強工事  
(再処理施設に関する設計及び工事の計画)
- 資料4 制御室パラメータ監視・津波監視システムの設置について  
(再処理施設に関する設計及び工事の計画)
- 資料5 TVFの槽類換気系排風機の一部更新について  
(再処理施設に関する設計及び工事の計画)
- その他

以上

安全対策以降の東海再処理施設の廃止措置の進め方について

令和3年3月19日  
再処理廃止措置技術開発センター

- 東海再処理施設の廃止措置については、高放射性廃液によるリスク低減の観点から、ガラス固化を進めるとともに、高放射性廃液を取り扱う高放射性廃液貯蔵場（HAW）、ガラス固化技術開発施設（TVF）の安全対策を最優先で進めてきた。
- 安全対策に関しては次回の変更申請において、一連の安全対策の基本設計に係る申請を完了する。これ以降は、令和4年度末を目途に、安全対策工事を進める。
- 安全対策以降の廃止措置の進め方については、放射性物質によるリスク低減の観点から以下の優先順位に従って進めることとし、廃止措置計画に順次反映していく。
- 高放射性廃液を保有するリスクを低減するため、令和10年度の処理完了を目途としてガラス固化処理を最優先で進めることとし、現行の2号溶融炉の結合装置を更新した後、本年5月にガラス固化処理を再開する。また、ガラス固化の継続のために必要となる保管能力増強、3号溶融炉更新等については2号溶融炉の運転状況を踏まえつつ計画的に進める。
- 工程内に残存している核燃料物質等によるリスクを低減するため、工程洗浄を行う。工程洗浄に関しては、令和3年度からの開始を目途として優先的に進める。
- 工程洗浄およびそれに続く系統除染等に伴い増加する低レベル放射性廃棄物によるリスクを低減するため、低放射性廃棄物処理技術開発施設（LWTF）の運転に向けた改造工事を進める。LWTFに関しては、硝酸根分解設備及びセメント固化設備の技術的成立性を検証する。
- これら工程洗浄及びLWTFの整備に関しては、令和3年7月を目途に廃止措置計画の変更認可申請及び変更認可申請の補正を行う。
- 高放射性固体廃棄物貯蔵庫（HASWS）に関しては、「HAW,TVF以外のその他施設の安全性評価」の結果、地震、津波等に対する安全性が担保しうることから、当面の間は現在の貯蔵管理を継続しつつ、より安定な貯蔵状態に向けてハル缶等の取出設備機器の性能確認試験、設計を進める。

以上

## 低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)における硝酸根分解設備及びセメント固化設備の設備導入に際しての技術的成立性の検証について

令和 3 年 3 月 23 日  
再処理廃止措置技術開発センター

### 1. 概要

低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)には、現在、低放射性濃縮廃液の処理設備として、ホウ酸ナトリウムを用いた蒸発固化体(中間固化体)を作製する設備を設置している。当該設備を設置後、ホウ酸ナトリウム中のホウ素が環境規制物質に指定され、更に廃液に含まれる硝酸性窒素も同様に環境規制物質に指定された状況から、現在、既存の LWTF 建家内に設置できる設備として、触媒還元法を用いた硝酸根分解設備及びセメント固化設備を導入する計画である。

今回導入する硝酸根分解設備及びセメント固化設備については、東海再処理施設の廃止措置を進めるにあたり安定に運転することが重要であることから、安定運転に必要な対応を明確化し、これまでの開発において確認できていない不確実な事項を明らかにするため、技術的成立性の検証を行った。検証の方法としては、各試験規模を段階的に行う場合の検証手順と確認項目を明らかにした上で、それに沿って、硝酸根分解設備、セメント固化設備の開発実績を踏まえて、今後取り組むべき事項を整理した。

### 2. 設備導入に際しての技術的成立性の検証

#### 2.1 基本的な検証手順

新規設備を導入する際、各試験規模を段階的に行う場合の検証手順と各試験規模における確認項目を表-1に示す。

##### (1) ビーカースケール試験

着目プロセスにフィージビリティがあることを確認するとともに、所定の生成物を効率的に得る方法を検討するため反応系の組成や温度・圧力などの運転状態を幅広く変化させて、その効果を確認する。

##### (2) 工学規模(ベンチスケール)試験

実設備に用いる機器と類似の構造・特性を持つ機器で構成した試験装置を用い、化学プロセスの実設備への適用性を明らかにする。また、実設備に用いる機器の開発・改良、耐久性・保守性の確認、運転・制御条件の確認、異常時の挙動確認を行う。

### (3) 実証プラント規模(実設備の数分の一から数十分の一程度の規模)試験

実設備の数分の一から十分の一の規模(工学規模以上)でプラントシステム(主要な系統)を構成したミニプラントを建設し、プラントの効率性や経済性、システムの制御性・安定性を検証する。長期間運転・大量処理によって発現する現象の確認とトラブルシュートも実施する。

また、スケールアップに伴う変化の予測が正しかったかどうか確認し、問題点があれば、解決を図る。

### (4) 実設備での試運転

#### ➤ コールド試運転

施工確認と模擬廃液を用いた機器の動作確認を行い、所定の処理能力が得られることを確認する。また、保守性、異常時の挙動等を確認し、万一、問題点があれば、解決を図る。

#### ➤ ホット試運転

実廃液を用いて、所定の処理能力が得られること及び放射性核種の挙動を確認する。また、施設内の空間線量率や放射性物質の放出量が、設計の範囲内であることを確認する。

## 2.2 検証結果

表-1の一般的な検証手順と確認項目に照らして、これまでの硝酸根分解設備及びセメント固化設備の開発実績を整理し、今後追加で必要となる試験項目の抽出を行った。結果を表-2～5に示す。これまでのビーカースケール又は工学規模の試験においては、概ね検証データは取得しているものの、安定運転に向けて補完すべきデータが抽出された。また、実証プラント規模では、長期間運転による不具合の発生の有無や運転裕度の確認等の確認すべき事項が抽出された。

### (1) ビーカースケール又は工学規模の試験において補完すべきデータ

#### ➤ 「② 生成物を得るために影響を与える因子(組成、不純物、温度、濃度、流量、圧力等)を変動させた時の影響確認」

・操作条件変動時の影響確認(硝酸根分解設備 各槽)

・実廃液の変動を考慮し、模擬廃液組成を更に変動させた処理試験

(硝酸根分解設備 各槽、セメント固化設備)

- 「⑥ 異常時(運転上及び安全上)の設備の挙動確認」
  - ・停電等で運転が中断した際の再開時の影響確認(セメント固化設備)
  - ・セメント供給系の閉塞対策の有効性確認(セメント固化設備)

(2) 実証プラント規模で確認すべき項目

- 「① 生成物を得るための最適操作条件(温度、濃度、流量、圧力等)の確認」
  - ・槽内の均一性(触媒の分散性)の確認(硝酸根分解設備 分解槽)
  - ・最適操作条件における処理能力確認(硝酸根分解設備 各槽)
  - ・制御性の確認(硝酸根分解設備 分解槽)
- 「② 生成物を得るために影響を与える因子(組成、不純物、温度、濃度、流量、圧力等)を変動させた時の影響確認」
  - ・運転裕度の確認(硝酸根分解設備 各槽、セメント固化設備)
  - ・スケールアップ時の経時変化への影響確認  
(硝酸根分解設備 アンモニア追出槽、転換槽)
- 「④ 不具合(トラブル)が発生せず安定的に連続運転できることの確認」
  - ・長期間運転によるセメント堆積による閉塞の有無(セメント固化設備)
- 「⑤ 保守性の確認」
  - ・保守が容易に行えることの確認(硝酸根分解設備 各槽)
  - ・セメント供給系配管等の保守, 交換頻度の確認(セメント固化設備)
- 「⑥ 異常時(運転上及び安全上)の設備の挙動確認」
  - ・異常時対応策の有効性確認、異常時の動作確認(硝酸根分解設備 各槽)
  - ・停電等で運転が中断した際の再開時の影響確認(セメント固化設備)
  - ・セメント供給系の閉塞対策の有効性確認(セメント固化設備)

2.3 追加で必要となった試験項目の実施について(表-2~5参照)

(1) ビーカースケール又は工学規模の試験において補完すべきデータ

抽出された4件のビーカースケール又は工学規模の試験において補完すべきデータについては、それぞれ同一規模で試験を実施することとし、これらの試験については、速やかに着手する。

(2) 実証プラント規模で確認すべき項目

抽出された11件の実証プラント規模で確認すべき項目については、実証プラント規模の設備を設置して確認する方策と実設備を用いたコールド試運転に含めて確認する方策の2

つが考えられる。

実証プラント規模の設備を設置して確認する方策の場合、試験装置の設計・製作のために試験開始までに期間を要し、実設備の設計・製作は、試験終了後からとなる。一方で、LWTF は、工程洗浄及び系統除染等に伴い増加する低放射性濃縮廃液によるリスクを低減するとともに、低放射性固体廃棄物の貯蔵施設の満杯を回避することも必要であることから、早期に運転開始する必要がある。このため、実証プラント規模で確認すべき項目は、十分なコールド試運転期間を確保した上で、実設備のコールド試運転に含めて確認することとした。

なお、実設備を用いてコールド試運転に含めて確認する方策は、これまでに実施したビークスケール試験や工学規模試験の結果等から、実設備で期待する結果が得られる見込みであること、また、実設備のコールド試運転段階であれば、周辺設備が整ったより実際の運転状態に近いフィールドでの確度の高い実証が得られ合理的であると考えている(表-6 (1/2, 2/2)参照)。

以 上

表－1 新規設備を導入する際の一般的な検証手順と試験における確認項目

確認項目	ビーカースケール	工学規模（ベンチスケール）	実証プラント規模	実設備	
	目的 着目プロセスにフィジビリティがあることを確認するとともに、所定の生成物を効率的に得る方法を検討するため反応系の組成や温度・圧力などの運転状態を幅広く変化させて、その効果を確認する。	目的 実設備に用いる機器と類似の構造・特性を持つ機器で構成した試験装置を用い、化学プロセスの実設備への適用性を明らかにする。また、実設備に用いる機器の開発・改良、耐久性・保守性の確認、運転・制御条件の確認、異常時挙動の確認を行う。	目的 実プラントの数分の一から十分の一の規模（工学規模以上）でプラントシステム（主要な系統）を構成したミニプラントを建設し、プラントの効率性や経済性、システムの制御性・安定性を検証する。長期間運転・大量処理によって発現する現象の確認とトラブルシュートも実施する。 また、スケールアップに伴う変化の予測が正しかったかどうか確認し、問題点があれば、解決を図る。	目的 施工確認と模擬廃液を用いた機器の動作確認を行い、所定の処理能力が得られることを確認する。また、保守性、異常時の挙動等を確認し、万一、問題点があれば、解決を図る。	目的 実廃液を用いて、所定の処理能力と放射性核種の挙動を確認する。また、施設内の空間線量率や放射性物質の放出量が、設計の範囲内であることを確認する。
① 生成物を得るための最適操作条件（温度、濃度、流量、圧力等）の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理対象の廃棄物に対して、所定の生成物を得るための方法の基礎的なパラメータ調査。</li> <li>所定の生成物を得る際の経時変化データを取得する。</li> <li>上記試験から、最適操作条件を設定する。</li> <li>放射性核種の挙動把握が必要な場合は、RIや実廃棄物を用いた試験（ホット試験）を実施する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>所定の生成物を得るための方法に対して、システム化された工学規模試験装置を用いて、最適操作条件の適用性を確認する。</li> <li>機器設計、物質収支、放射能収支、熱計算の検討を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラントの効率性や経済性を確保するために、工学規模試験の結果から、実証プラント規模にスケールアップした際の最適操作条件での実証性を確認する。</li> <li>最適操作条件において、システムの制御性・安定性を検証する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬廃液を用いて、最適操作条件で所定の処理能力が得られることを確認する。</li> <li>操作条件は、「ホット試験運転の操作条件」へ反映する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実廃液を用いて、最適操作条件で所定の処理能力が得られることを再確認する。</li> <li>操作条件は、「実廃液の処理運転の操作条件」へ反映する。</li> <li>また、施設内の空間線量率や放射性物質の放出量が、設計の範囲内であることを確認する。</li> </ul>
② 生成物を得るために影響を与える因子（組成、不純物、温度、濃度、流量、圧力等）を変動させた時の影響確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>生成物を得るために影響を与える因子の確認。</li> <li>生成物を得るために影響を与える因子を変動させた時の影響確認。</li> <li>条件変動時の各種経時変化データ（温度、濃度、強度、等）を取得する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>条件変動時の経時変化データのスケールアップへの影響度を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラントの効率性や経済性を確保するために、条件変動時のプロセス成立範囲を確認する。</li> <li>取合い設備等からの条件変動を踏まえ最適操作条件の変動範囲を設定し、その範囲がプロセス成立範囲内に収束することを確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬廃液を用いて、操作条件が変動した場合においても、所定の処理能力が得られることを確認する（運転裕度の確認）。</li> <li>運転裕度は、「ホット試験運転の操作条件」へ反映する。</li> </ul>	—
③ 実設備の材料選定、機器形状等を設定するために必要なデータ取得	<ul style="list-style-type: none"> <li>工学規模の試験装置を設計するため、取扱い対象物（試薬類、生成物等）の特性（腐食性、ハンドリング性等）を確認する。</li> <li>対象廃棄物への対応に必要な対策を講じるためのデータを取得する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビーカースケールで取得したデータを基に選定した材料、形状等を適用した装置を用い、改良点の有無や耐久性を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工学規模の試験装置で、摘出した改良点や耐久性に関する課題に対する対策を実証プラントに反映し、スケールアップに伴う予測も踏まえ対策が有効であることを再確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>摘出した改良点や耐久性に関する課題への対策が設計どおりに有効であることを確認する。万一、問題点があれば解決を図る。</li> </ul>	—
④ 不具合（トラブル）が発生せず安定的に連続運転できることの確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>所定の生成物を得る処理が阻害されるような不具合、あるいは運転が停止するような不具合の予兆を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不具合が発生する環境を模擬し、実際に不具合が発生するか否かを確認する。不具合が発生する場合は、必要な対策を検討し、実証プラント及び実設備の設計に反映させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証プラント規模において、長期間運転及びスケールアップ（大量処理）により新たな不具合が発生するか否かを確認する。不具合が発生する場合は、必要な対策を検討し、実設備の設計に反映させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不具合への対策が設計どおりに有効であることを確認する。万一、問題点があれば解決を図る。</li> </ul>	—
⑤ 保守性の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>実設備で保守が必要となる要因が、物理現象、化学現象による場合は、その要因に着目したデータを採取する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実設備に用いる機器と類似の構造・特性を持つ機器を工学試験装置に取り付け、繰り返し試験や長期運転で、消耗品の劣化予兆のデータを取得するとともに、消耗品については、実設備での保守方法を想定した構造を検討し、実証プラント及び実設備の設計に反映させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビーカースケール、工学規模試験で確認した消耗品の劣化予兆の予測が、実証プラント規模と同様であることを確認するとともに、保守が容易に行えることを確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>保守時の手順、要員、作業期間等を確認し、手順書に反映する。万一、問題点があれば解決を図る。</li> </ul>	—
⑥ 異常時（運転上及び安全上）の設備の挙動確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>停電や機器故障を想定し、発生する恐れのある操作の中断、再開、試薬類の過剰投入等について、反応に及ぼす影響の有無を確認する。</li> <li>所定の生成物を得る過程で、爆発物や有害物の生成等安全上留意すべき事象の発生の有無を確認し、懸念がある場合はその対策を検討する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>停電や機器故障を想定し、発生する恐れのある操作の中断、再開、試薬類の過剰投入等が反応に影響を及ぼす場合は、工学規模試験にて定量的なデータを取得し、実証プラント及び実設備の設計に反映させる。</li> <li>安全上留意すべき事項の対応策を具体化し、装置を工学規模試験装置に導入し有効性を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>異常（停電、機器故障等）を模擬し、実証プラントが所定通りに作動することを確認する。</li> <li>安全上留意すべき事項に対し工学規模の試験にて有効性を確認できた対応策を実証プラントに導入し、スケールアップした場合の影響を確認する。実証できた対応策を実設備へ反映させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>異常（停電、機器故障等）を模擬した際に、所定通りに作動することを確認する。</li> <li>安全上留意すべき事項への対策が有効であることを確認する。</li> <li>異常時対応の手順、要員等を確認し、手順書に反映する。</li> </ul>	—

表-2 新規設備を導入する際の一般的な検証手順と試験における確認項目（硝酸根分解設備：分解槽）

下線：追加で検討が必要な項目  
 □：実設備のクールド試運転に含めて実施する項目

確認項目	ビーカースケール試験	工学規模（ベンチスケール）試験	実証プラント規模（実設備の数分の一から数十分の一程度の規模）試験	実設備	
				クールド試運転	ホット試運転
① 生成物を得るための最適操作条件（温度、濃度、流量、圧力等）の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理対象の硝酸ナトリウム溶液に対して、触媒と還元剤を用いて溶液中の硝酸根を窒素へ分解し、所定の生成物（硝酸根分解率90%以上の水酸化ナトリウム溶液）を得るための最適な操作条件（温度:80℃、触媒添加量:5 g-metal/L、還元剤添加量:1.25 mol/mol、還元剤供給速度:0.2 mol/h・g-metal）を設定した（添付-1参照）。</li> <li>試験に用いた模擬廃液（硝酸ナトリウム溶液）の濃度は、上流のろ過・吸着設備から受入れる硝酸ナトリウム廃液の想定される最大濃度4.7 mol/Lとした。</li> <li>所定の生成物を得るための処理における経時変化データ（処理液濃度）を取得した（添付-1参照）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビーカースケール試験から処理量を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、模擬廃液20 Lに対して、最適な操作条件（温度:80℃、触媒添加量:5 g-metal/L、還元剤添加量:1.25 mol/mol、還元剤供給速度:0.2 mol/h・g-metal）において、還元剤の供給終了時に硝酸イオンの分解率は100%となり、所定の生成物が得られたことにより、最適操作条件における適用性を確認した（添付-4参照）。</li> <li>実設備の設計において機器設計、物質収支、放射能収支、熱計算の検討を行った。</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>確認項目は実設備のクールド試運転において確認する</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>工学試験結果から、取扱う化学反応におけるスケールアップの影響を与える因子（槽内の均一性）を推定でき、実設備において十分な性能を持つ攪拌機を備えることができ、大きな機器改造をすることなく操作条件の調整において処理が行える見込みを得ている。このため、実証プラント規模試験で確認すべき項目（最適操作条件において所定の処理能力が得られること、槽内の均一性が確保されていること、操作条件の変動範囲において所定の処理能力が得られること）については、あえて実証プラント規模試験で確認しなくても実設備のクールド試運転で十分代替が可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬廃液を用いて、最適操作条件で所定の処理能力が得られることを確認するとともに、<u>槽内の均一性が確保されていることを確認する</u>。</li> <li>操作条件は、「ホット試運転の操作条件」へ反映する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実廃液を用いて、最適操作条件で所定の処理能力が得られることを再確認する。</li> <li>操作条件は、「実廃液の処理運転の操作条件」へ反映する。</li> <li>また、施設内の空間線量率や放射性物質の放出量が、設計の範囲内であることを確認する。</li> </ul>
② 生成物を得るために影響を与える因子（組成、不純物、温度、濃度、流量、圧力等）を変動させた時の影響確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>所定の生成物を得るための処理において、操作条件変動時（温度、還元剤供給量、触媒添加量）の影響について確認した（添付-2参照）。</li> <li>処理液の温度について、80℃に比べて60℃では副生成物アンモニアの生成比率が増大するが分解性能への影響は小さいことを確認できた（添付-2参照）。</li> <li>還元剤供給速度を小さく(0.05 mol/h・g-metal)することにより触媒の長寿命化(約38→157 mol-NO<sub>3</sub>/g-metal)を確認できた（添付-3参照）。</li> <li><u>実廃液中に想定される不純物（油、陰イオン）による影響については廃液の分析値を基に問題のないことを確認しているが、実廃液の組成変動を考慮した確認が十分でないため、ビーカースケール試験を追加実施し、安定運転に向けたデータを補完する。</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビーカースケールと同一の操作条件（温度、触媒添加量、還元剤添加量、還元剤供給速度）において、攪拌による処理溶液と触媒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（添付-4,5参照）。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬廃液を用いて、<u>操作条件の変動範囲において、所定の処理能力が得られることを確認する（運転裕度の確認）</u>。</li> <li>運転裕度は、「ホット試験運転の操作条件」へ反映する。</li> </ul>	-
③ 実設備の材料選定、機器形状等を設定するために必要なデータ取得	<ul style="list-style-type: none"> <li>分解処理済液を分析した結果、還元剤のヒドラジンに由来するアジ化ナトリウムが含まれていないことから、アジ化水素が発生する恐れのないことを確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>テストピース（SUS304, 304L, 316, 316L）を処理液に液浸させて腐食試験（浸漬時間：約230時間）を行った結果、腐食は確認できず、留意すべき腐食性物質の取扱いがないことを確認した（添付-6参照）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証プラント規模試験における対策の有効性確認については、分解槽において、腐食性物質、危険物等の取扱いはなく、対策がないことから、実施する必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>摘出した改良点や耐久性に関する課題への対策はないため、確認すべき事項はない。</li> </ul>	-
④ 不具合（トラブル）が発生せず安定的に連続運転できることの確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>所定の生成物を得るための処理において、処理が阻害されるような不具合は発生していないことを確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機の1/10サイズ（130 L）の試験装置を用いて処理済み液、廃触媒の抜き出し試験を行った結果、処理済液と触媒を分離するためのフィルターが目詰まりすることにより、処理が阻害されるような不具合は発生していないことを確認した（添付-7参照）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理が阻害されるような不具合が発生する状況を検討した結果、触媒を分離するフィルターが目詰まりした際に取り外して保守が行える設計とした。そのため、実証プラント規模において不具合を確認する必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不具合への対策が設計どおりに有効であることを確認する。</li> <li><u>その他の不具合の予兆があれば対策を検討し、対策の有効性について確認する。</u></li> </ul>	-
⑤ 保守性の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>所定の生成物を得るための処理を繰り返し行うことにより、触媒の性能が低下し、硝酸根分解率90%以上を得ることができなくなることを確認した（添付-3参照）。このため、分解槽から劣化した触媒（廃触媒）の抜き出しが行えるように工学試験装置の設計に反映した。</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>確認項目は実設備のクールド試運転において確認する</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>実設備において保守を想定している機器については取り外して保守が行える設計としている。このため、工学規模・実証プラント規模試験で確認すべき項目（<u>保守方法の検討、保守が容易に行えることの確認</u>）については、あえて工学規模・実証プラント規模試験で確認しなくても実設備のクールド試運転で十分代替可能であり、かつ周辺機器が配置された実設備において確認することが合理的である。</li> <li>異常時の設備の挙動として、ヒドラジンの過剰供給を防止するため、積算流量計やバルブを二重化する設計としている。このため、工学規模・実証プラント規模試験で確認すべき項目（<u>対応策の有効性確認、異常時に所定どおりに作動することの確認</u>）については、あえて工学規模・実証プラント規模試験で確認しなくても実設備のクールド試運転で十分代替可能であり、かつ周辺機器が配置された実設備において確認することが合理的である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>保守を想定している機器に対して<u>保守が容易に行えることを確認する</u>。</li> <li>保守の手順書に反映する手順、要員、作業期間等を確認する。万一、問題点があれば解決を図る。</li> </ul>	-	
⑥ 異常時（運転上及び安全上）の設備の挙動確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理に必要な還元剤ヒドラジンの供給が中断、再開した際の影響については、供給中断により直ちに反応は停止し、再開によりガスの発生流量が中断直前とほぼ同じ値を示し、処理反応へ問題となる影響はないことを文献から確認した。また、万一ヒドラジンを過剰に供給した場合は、ヒドラジンが自己分解して水素ガスが発生する恐れがあることを確認した。</li> <li>所定の生成物を得る過程で、爆発物や有害物の生成等がなく、安全上留意すべき事象が発生しないことを確認した。</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>確認項目は実設備のクールド試運転において確認する</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>実設備において保守を想定している機器については取り外して保守が行える設計としている。このため、工学規模・実証プラント規模試験で確認すべき項目（<u>保守方法の検討、保守が容易に行えることの確認</u>）については、あえて工学規模・実証プラント規模試験で確認しなくても実設備のクールド試運転で十分代替可能であり、かつ周辺機器が配置された実設備において確認することが合理的である。</li> <li>異常時の設備の挙動として、ヒドラジンの過剰供給を防止するため、積算流量計やバルブを二重化する設計としている。このため、工学規模・実証プラント規模試験で確認すべき項目（<u>対応策の有効性確認、異常時に所定どおりに作動することの確認</u>）については、あえて工学規模・実証プラント規模試験で確認しなくても実設備のクールド試運転で十分代替可能であり、かつ周辺機器が配置された実設備において確認することが合理的である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>異常（停電、機器故障等）を模擬した際に、所定どおりに作動すること、ヒドラジン過剰供給の防止対策の有効性を確認する</u>。</li> <li>異常時対応の手順書に反映する手順、要員等を確認する。</li> <li>安全上留意すべき事項への対策が有効であることを確認する。</li> </ul>	-	



表-3 新規設備を導入する際の一般的な検証手順と試験における確認項目（硝酸根分解設備：アンモニア追出槽）

下線：追加で検討が必要な項目  
：実設備のコールド試運転に含めて実施する項目

確認項目	ビーカースケール試験	工学規模（ベンチスケール）試験	実証プラント規模（実設備の数分の一から数十分の一程度の規模）試験	実設備	
				コールド試運転	ホット試運転
① 生成物を得るための最適操作条件（温度、濃度、流量、圧力等）の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理対象の水酸化ナトリウム溶液に対して、散気管（スパージャー）を用いて空気と気液接触することによりアンモニアストリッピングを行う既存技術を適用することにより、所定の生成物（アンモニア濃度100 ppm以下）を得るための最適な操作条件（処理温度：80℃、空気供給流量：0.1 L/min）を設定した（添付-8参照）。</li> <li>試験に用いた模擬廃液（水酸化ナトリウム溶液）の濃度は、硝酸根の分解処理で得られる水酸化ナトリウム廃液の想定される最大濃度3.6 mol/L（アンモニア濃度5,000 ppm）とした。</li> <li>所定の生成物（アンモニア濃度100 ppm以下）を得るための処理における経時変化データ（アンモニア濃度、処理液pH値）を取得した（添付-8参照）。</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬廃液を用いて、<b>最適操作条件で所定の処理能力が得られることを確認するとともに、処理液が所定の温度に制御できていること、空気が所定の流量で供給できていることを確認する。</b></li> <li>操作条件は、「実設備のコールド試運転の操作条件」へ反映する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実廃液を用いて、最適操作条件で所定の処理能力が得られることを再確認する。</li> <li>操作条件は、「実設備の処理運転の操作条件」へ反映する。</li> <li>また、施設内の空間線量率や放射性物質の放出量が、設計の範囲内であることを確認する。</li> </ul>
② 生成物を得るために影響を与える因子（組成、不純物、温度、濃度、流量、圧力等）を変動させた時の影響確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>所定の生成物（アンモニア濃度100 ppm以下）を得るための処理において、操作条件変動時（処理温度）の影響については、気体の溶解度が低くなる高温の方が、アンモニアを気相へ追出し易い条件であることを文献から確認した。</li> <li>空気供給流量については、十分な空気攪拌の状態が得られる0.1 L/min（1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>・h）の条件で実施した試験結果から、十分な追出し効果が得られることを確認した（添付-8参照）。</li> <li><b>空気供給流量変動時の影響と実廃液中に想定される不純物（油、陰イオン）による影響について確認できていないため、ビーカースケール試験を追加実施し、実設備のコールド試運転時の操作条件に反映する。</b></li> </ul>	<p><b>確認項目は実設備のコールド試運転において確認する</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>実機の処理能力（処理量：約0.4 m<sup>3</sup>/h、アンモニア濃度：処理前4,000 ppm/処理後100 ppm以下（除去率97.5%以上））を包含する実績を有する既存技術（処理量：約4 m<sup>3</sup>/h、アンモニア濃度：処理前28,000 ppm/処理後280 ppm（除去率99%））を適用する（添付-9参照）。ビーカースケール試験結果から、既存技術を適用する実設備においてもLWTFの処理対象廃液に対して適用可能であり、大きな機器改造をすることなく操作条件の調整において処理が行える見込みを得ている。このため、工学規模・実証プラント規模試験で確認すべき項目（<b>最適操作条件において所定の処理能力が得られること、処理液が所定の温度に制御できていること、空気が所定の流量で供給できていること、操作条件の変動範囲において所定の処理能力が得られること</b>）については、あえて工学規模・実証プラント規模試験で確認しなくても実設備のコールド試運転で十分代替可能である。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬廃液を用いて、<b>操作条件の変動範囲において、所定の処理能力が得られることを確認する（運転裕度の確認）。</b></li> <li>運転裕度は、「ホット試験運転の操作条件」へ反映する。</li> </ul>	-
③ 実設備の材料選定、機器形状等を設定するために必要なデータ取得	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンモニア追出槽において、実設備の材料選定、機器形状等を設定する上で、留意すべき腐食性物質、危険物等の取扱いはないことを確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工学規模試験における機器の改良・耐久性の確認については、アンモニア追出槽において、腐食性物質、危険物等の取扱いはないため、実施する必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証プラント規模試験における対策の有効性確認については、アンモニア追出槽において、腐食性物質、危険物等の取扱いはなく、対策がないことから、実施する必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>摘出した改良点や耐久性に関する課題への対策はないため、確認すべき事項はない。</li> </ul>	-
④ 不具合（トラブル）が発生せず安定的に連続運転できることの確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>所定の生成物（アンモニア濃度100 ppm以下）を得るための処理において、処理が阻害されるような不具合は発生していないことを確認した。</li> <li>アンモニアの追出し処理に不可欠な空気の供給機器である空気の流量調節弁に異物が混入して不具合が起きた場合、アンモニアの追出し処理が阻害される恐れがあることを確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理が阻害されるような不具合が発生する状況を検討した結果、空気の流量調節弁に異物が混入して不具合が起きた際に取り外して保守が行える設計とした。そのため、工学規模試験において不具合が発生した際の対策を検討する必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理が阻害されるような不具合が発生する状況を検討した結果、空気の流量調節弁に異物が混入して不具合が起きた際に取り外して保守が行える設計とした。そのため、実証プラント規模において不具合を確認する必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不具合への対策が設計どおりに有効であることを確認する。万一、問題点があれば解決を図る。</li> <li><b>その他の不具合の予兆があれば対策を検討し、対策の有効性について確認する。</b></li> </ul>	-
⑤ 保守性の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>所定の生成物（アンモニア濃度100 ppm以下）を得るための処理において、実設備で保守が必要となり得る要因は発生していないことを確認した。</li> </ul>	<p><b>確認項目は実設備のコールド試運転において確認する</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>実設備において保守を想定している機器については取り外して保守が行える設計としている。このため、工学規模・実証プラント規模試験で確認すべき項目（<b>保守方法の検討、保守が容易に行えることの確認</b>）については、あえて工学規模・実証プラント規模試験で確認しなくても実設備のコールド試運転で十分代替可能であり、かつ周辺機器が配置された実設備において確認することが合理的である。</li> <li>異常時の設備の挙動として、空気の過剰供給があっても追出すアンモニアの残存濃度が小さくなるだけで問題はないため、必要な対応策はない。このため、工学規模・実証プラント規模試験で確認すべき項目（<b>異常時に所定どおりに作動することの確認</b>）については、あえて工学規模・実証プラント規模試験で確認しなくても実設備のコールド試運転で十分代替可能であり、かつ周辺機器が配置された実設備において確認することが合理的である。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li><b>保守を想定している機器に対して保守が容易に行えることを確認する。</b></li> <li>保守の手順書に反映する手順、要員、作業期間等を確認する。</li> </ul>	-
⑥ 異常時（運転上及び安全上）の設備の挙動確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理に必要な空気の供給が中断、再開した際の影響を検討した結果、処理反応への問題となる影響はない。また、万一空気を過剰に供給した場合、液中に残存するアンモニア濃度が小さくなるだけであり、影響はない。</li> <li>所定の生成物（アンモニア濃度100 ppm以下）を得る過程で、爆発物や有害物の生成等がなく、安全上留意すべき事象が発生しないことを確認した。</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li><b>異常（停電、機器故障等）を模擬した際に、所定どおりに作動することを確認する。</b></li> <li>異常時対応の手順書に反映する手順、要員等を確認する。</li> </ul>	-

表－4 新規設備を導入する際の一般的な検証手順と試験における確認項目（硝酸根分解設備：転換槽）

下線：追加で検討が必要な項目  
 ：実設備のコールド試運転に含めて実施する項目

確認項目	ビーカースケール試験	工学規模（ベンチスケール）試験	実証プラント規模（実設備の数分の一から数十分の一程度の規模）試験	実設備	
				コールド試運転	ホット試運転
① 生成物を得るための最適操作条件（温度、濃度、流量、圧力等）の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理対象の水酸化ナトリウム溶液に対して、インラインミキサを用いて炭酸ガスと気液混合させて中和処理を行う既存技術を適用し、所定の生成物(pH11.5の炭酸ナトリウム溶液)を得るための最適な操作条件（気液比：2、処理終了pH：11.5）を設定した（添付-10参照）。</li> <li>試験に用いた模擬廃液（水酸化ナトリウム溶液）の濃度は、硝酸根の分解処理で得られる水酸化ナトリウム廃液の想定される最大濃度3.6 mol/Lとした。</li> <li>所定の生成物(pH11.5の炭酸ナトリウム溶液)を得るための処理における経時変化データ（処理液pH値、処理液組成）を取得した（添付-10参照）。</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬廃液を用いて、最適操作条件で所定の処理能力が得られることを確認するとともに、<u>炭酸ガスが所定の流量で供給できていることを確認する</u>。</li> <li>操作条件は、「ホット試運転の操作条件」へ反映する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実廃液を用いて、最適操作条件で所定の処理能力が得られることを再確認する。</li> <li>操作条件は、「実廃液の処理運転の操作条件」へ反映する。</li> <li>また、施設内の空間線量率や放射性物質の放出量が、設計の範囲内であることを確認する。</li> </ul>
② 生成物を得るために影響を与える因子（組成、不純物、温度、濃度、流量、圧力等）を変動させた時の影響確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>所定の生成物(pH11.5の炭酸ナトリウム溶液)を得るための処理において、操作条件変動時（気液比、処理終了pH値）の影響について確認した（添付-11参照）。</li> <li>インラインミキサの推奨気液比1～2.5に対して、気液比を1～4に変動した結果、気液比が大きくなると未反応のガス量は増えるが処理時間は変わらないことが確認できた。また、気液比2（気体流量2.0 L/min、液体流量1.0 L/min）において、未反応のガス量を最も低減できる条件であることを確認した（添付-11参照）。</li> <li>処理終了pH値を11.5以下に変動した結果、pH9以下において炭酸水素ナトリウムが析出し始めることを確認した（添付-12参照）。</li> <li><u>処理温度変動時の影響と実廃液中に想定される不純物（油、陰イオン）による影響について確認できていないため、ビーカースケール試験を追加実施し、結果を実設備のコールド試運転時の操作条件に反映する。</u></li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>確認項目は実設備のコールド試運転において確認する</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>実機の処理能力（処理量：約2 m<sup>3</sup>/h、中和処理後のpH：11.5）を包含する実績を有する既存技術（処理量：約5 m<sup>3</sup>/h、中和処理後のpH：5.8～8.6）を適用する（添付-13参照）。ビーカースケール試験結果から、既存技術を適用する実設備においてもLWTFの処理対象廃液に対して、大きな機器改造をすることなく操作条件の調整において処理が行える見込みを得ている。このため、工学規模・実証プラント規模試験で確認すべき項目（<u>最適操作条件において所定の処理能力が得られること、炭酸ガスが所定の流量で供給できていること、操作条件の変動範囲において所定の処理能力が得られること</u>）については、あえて工学規模・実証プラント規模試験で確認しなくても実設備のコールド試運転で十分代替可能である。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬廃液を用いて、<u>操作条件の変動範囲において、所定の処理能力が得られることを確認する（運転裕度の確認）</u>。</li> <li>運転裕度は、「ホット試運転の操作条件」へ反映する。</li> </ul>	—
③ 実設備の材料選定、機器形状等を設定するために必要なデータ取得	<ul style="list-style-type: none"> <li>転換槽において、実設備の材料選定、機器形状等を設定する上で、留意すべき腐食性物質、危険物等の取扱いはないことを確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工学規模試験における機器の改良・耐久性の確認については、転換槽において、腐食性物質、危険物等の取扱いはないため、実施する必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証プラント規模試験における対策の有効性確認については、転換槽において、腐食性物質、危険物等の取扱いはなく、対策がないことから、実施する必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>摘出した改良点や耐久性に関する課題への対策はないため、確認すべき事項はない。</li> </ul>	—
④ 不具合（トラブル）が発生せず安定的に連続運転できることの確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>所定の生成物（pH11.5の炭酸ナトリウム溶液）を得るための処理において、処理が阻害されるような不具合は発生していないことを確認した。</li> <li>処理終了pH11.5に対して9以下の条件において、炭酸水素ナトリウムの析出を確認した。このため、インラインミキサ内の析出物により気液混合の性能が低下し、処理が阻害される恐れがある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理が阻害されるような不具合が発生する状況を検討した結果、インラインミキサ内の析出物により気液混合の性能が低下した際に取り外して保守が行える設計とした。そのため、工学規模試験において不具合が発生した際の対策を検討する必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理が阻害されるような不具合が発生する状況を検討した結果、インラインミキサ内の析出物により気液混合の性能が低下した際に取り外して保守が行える設計とした。そのため、実証プラント規模において不具合を確認する必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不具合への対策が設計どおりに有効であることを確認する。万一、問題点があれば解決を図る。</li> <li><u>その他の不具合の予兆があれば対策を検討し、対策の有効性について確認する。</u></li> </ul>	—
⑤ 保守性の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>所定の生成物（pH11.5の炭酸ナトリウム溶液）を得るための処理において、実設備で保守が必要となり得る要因は発生していないことを確認した。</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li><u>保守を想定している機器に対して保守が容易に行えることを確認する。</u></li> <li>保守の手順書に反映する手順、要員、作業期間等を確認する。</li> </ul>	—
⑥ 異常時（運転上及び安全上）の設備の挙動確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>処理に必要な炭酸ガスの供給が中断、再開した際の影響を検討した結果、処理反応への問題となる影響はない。また、万一炭酸ガスを過剰に供給した場合は、pH9以下においてインラインミキサ内に炭酸水素ナトリウムが析出し始め、気液混合の性能が低下する恐れがあることを確認した。</li> <li>所定の生成物（pH11.5の炭酸ナトリウム溶液）を得る過程で、爆発物や有害物の生成等がなく、安全上留意すべき事象が発生しないことを確認した。</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>確認項目は実設備のコールド試運転において確認する</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>実設備において保守を想定している機器については取り外して保守が行える設計としている。このため、工学規模・実証プラント規模試験で確認すべき項目（<u>保守方法の検討、保守が容易に行えることの確認</u>）については、あえて工学規模・実証プラント規模試験で確認しなくても実設備のコールド試運転で十分代替可能であり、かつ周辺機器が配置された実設備において確認することが合理的である。</li> <li>異常時の設備の挙動として、炭酸ガスの過剰供給を防止するため、処理液のpHが設定値以下になるとガスの供給が停止する設計としている。このため、工学規模・実証プラント規模試験で確認すべき項目（<u>対応策の有効性確認、異常時に所定どおりに作動することの確認</u>）については、あえて工学規模・実証プラント規模試験で確認しなくても実設備のコールド試運転で十分代替可能であり、かつ周辺機器が配置された実設備において確認することが合理的である。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li><u>異常（停電、機器故障等）を模擬した際に、所定どおりに作動すること、炭酸ガス過剰供給の防止対策の有効性を確認する。</u></li> <li>異常時対応の手順書に反映する手順、要員等を確認する。</li> </ul>	<10>

表-5 新規設備を導入する際の一般的な検証手順と試験における確認項目（セメント固化設備）

下線：追加で検討が必要な項目  
 [ ]: 実設備のコールド試運転に含めて実施する項目

確認項目	ビーカースケール	工学規模（ベンチスケール）	実証プラント規模	実設備	
				コールド試運転	ホット試運
① 生成物を得るための最適操作条件（温度、濃度、流量、圧力等）の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント固化対象廃液である炭酸塩廃液（主成分は炭酸ナトリウム）、スラリー廃液（主成分は硝酸ナトリウム）及びリン酸廃液（主成分はリン酸二水素ナトリウム）に対して適したセメント材の選定を行い、セメント固化体中の塩充填率と水セメント比(g-水/g-セメント)をパラメータとして試験を実施し、混練翌日に材料分離に伴う浮き水が発生せず、混練28日後に8MPa以上の強度を有する固化体が製作できる配合条件の範囲を確認し、それぞれの廃液に対し最適条件を設定した(添付-14参照)。</li> <li>リン酸廃液は、pH4程度の酸性廃液であり、セメント固化前に水酸化カルシウムによる中和処理を行うことで、セメントによる固化が行えることを確認した。(添付-15参照)。</li> <li>低放射性濃縮廃液(実廃液)のセメント固化試験を実施し、製作した固化体で浸漬試験を行い、セシウムの浸出挙動を確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビーカースケール試験で確認した配合条件と同条件で実設備で製作する固化体と1/1スケール(200Lドラム缶規模)の混練試験を行い、浮き水が発生せず、十分な強度が発現する範囲を確認した。また、製作した固化体の中心部と外側でサンプルを抜き密度測定を実施した結果、一定の値であることが確認でき、均一混合されていることを確認した(添付-20参照)。</li> <li>セメント供給速度、攪拌翼回転数及び攪拌翼高さの最適条件を把握し、運転タイムチャートを作成した。このタイムチャートを実設備の運転チャートに反映した。</li> <li>試験結果から、機器設計、物質収支、放射能収支、熱収支の検討を行った。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工学規模試験(1/1スケール)にて、データ取得を実施しているため、同規模である実証プラント規模試験で確認する必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬廃液を用いて、最適操作条件で所定の処理能力が得られることを確認する。</li> <li>操作条件は、「ホット試運転の操作条件」へ反映する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実廃液を用いて、最適操作条件で所定の処理能力が得られることを再確認する。</li> <li>操作条件は、「実廃液の処理運転の操作条件」へ反映する。</li> <li>また、施設内の空間線量率や放射性物質の放出量が、設計の範囲内であることを確認する。</li> </ul>
② 生成物を得るために影響を与える因子（組成、不純物、温度、濃度、流量、圧力等）を変動させた時の影響確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>炭酸塩廃液及びスラリー廃液は、既設蒸発缶で所定水分量まで濃縮した廃液をドラム缶に払い出し、約50℃まで冷却しセメントを投入するプロセスを計画していることから、ビーカースケールにて50℃でセメントを投入し混練性状を確認し、十分な流動性を確保できることを確認した。</li> <li>実廃液の分析結果を参考に混入が想定される不純物として、油分、金属元素を各々添加し影響を確認した。ケイ素を単独で添加した場合、硬化反応の遅延を確認し、金属元素類を添加すると、流動性が低下することを確認した。</li> <li>スラリー廃液に含まれることが想定される不純物をプラント設計濃度添加しても浮き水が無く、8MPa以上の強度を有することを確認した(添付-16参照)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>炭酸塩廃液とスラリー廃液は、200Lドラム缶規模で、運転時の誤差(セメント供給量、水分量、廃棄物量)の影響範囲が良好にセメント固化できる配合条件範囲内に収束することを確認した。(添付-21参照)。</li> <li>リン酸廃液は、200Lドラム缶規模でセメント固化体を作製することができるが、条件の変動に対する裕度が少ないことが明らかとなり、廃液を直接ドラム缶に投入し計量誤差を少なくする等の対応を採用することとした。(添付-22参照)。</li> <li>実廃液の万一の想定外の組成変動に柔軟に対応できるように、不純物の変動範囲を更に拡大し、200Lドラム缶規模のセメント固化を行う。</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>確認項目は実設備のコールド試運転において確認する</b></p> <p>実機の運転条件が把握できているため、実証プラント規模試験で確認すべき項目（<b>廃液組成が変動した場合においても、所定の処理能力が得られること、操作条件変動時のプロセス成立範囲</b>）は、実設備のコールド試運転で十分代替可能である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬廃液を用いて、廃液組成が変動した場合においても、所定の処理能力が得られることを確認する（運転裕度の確認）とともに、操作条件変動時のプロセス成立範囲を確認する。</li> <li>運転裕度は、「ホット試験運転の操作条件」へ反映する。</li> </ul>	-
③ 実設備の材料選定、機器形状等を設定するために必要なデータ取得	<ul style="list-style-type: none"> <li>スラリー廃液とリン酸廃液のセメント固化体は、水素ガス滞留の懸念があるため、容器蓋にフィルタを設け排出する設計とした(添付-17参照)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>スラリー廃液及びリン酸廃液は、沈殿物を多く含むため、固化体内で沈殿物を沈降させないために、混練後のペーストの粘度を上げるように水セメント比(g-水/g-セメント)が低い条件を設定する。粘度が高いペーストを混練可能な二段翼の攪拌翼を使用することで、均一な固化体を製作できることを確認した(添付-23参照)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工学規模試験(1/1スケール)にて、データ取得を実施しているため、同規模である実証プラント規模試験で確認する必要はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>模擬廃液を用いて混練を行い、<b>沈殿物が多い配合や粘度が高い配合でも、二段翼の攪拌翼で均一な固化体が製作できることを確認する</b>。万一、不均一な固化体が生じる場合は、水分とセメントの配合比の調整し改善を図る。</li> </ul>	-
④ 不具合（トラブル）が発生せず安定的に連続運転できることの確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>廃液温度が50℃の状態では、液面から湯気が発生することを確認した。セメントを扱う配管内では、水分とセメントが反応し閉塞の可能性があることを確認した。</li> <li>使用するセメントの物性値(安息角)から、セメントホッパ出口で詰まりの可能性があるため、対策が必要であることを確認した(添付-18参照)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>200Lドラム缶規模の試験装置での試験実施中に、セメントホッパ内部でのセメント塊の発生、セメントの圧密により供給装置の閉塞により規定量供給されないケースが生じることを確認した。</li> <li>排気配管に水分を含んだセメントが移行し、管内へ堆積することを確認した。</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>確認項目は実設備のコールド試運転において確認する</b></p> <p>セメントの閉塞対策として実設備は、工学規模試験で傾向を確認し、以下の対策としている。このため実証プラント規模で確認すべき項目（<b>保守方法の検討、保守が容易に行えることの確認</b>）は、実証プラント規模試験で確認しなくても、実設備のコールド試運転で十分代替可能である。</p> <p>① セメントホッパ出口の拡張、適した供給装置の採用等の設計反映。                  ② 閉塞を崩す装置の導入。                  ③ 保守・清掃が行いやすいフランジ接手の設置。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実設備での閉塞対策の有効性を確認する。</li> <li>不具合への対策が設計どおりに有効であることを確認する。万一、問題点があれば機器の調整により解決を図る。</li> </ul>	-
⑤ 保守性の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>水分を伴うセメントが配管内に堆積すると配管の閉塞に繋がることから、容易に清掃ができるよう配管をフランジ接手を設ける必要があることを確認した。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント供給配管へ湯気の逆流を防止するために、1.8Nm<sup>3</sup>/h以上の流速で乾燥空気を送気する対策が有効であることを確認し、実設備の設計へ反映することとした。(添付-24,25参照)。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li><b>1回の運転当たりまた連続運転時の配管へのセメント移行量を把握し保守方法及び頻度を設定する</b>。</li> <li>保守の手順書に反映する手順、要員、作業期間等を確認する。</li> </ul>	-
⑥ 異常時(運転上及び安全上)の設備の挙動確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>セメント混練途中で停電となった場合、経過時間により再度攪拌することが不可能となることを考えられるため、混練中停電が発生した場合は安全側の措置として攪拌翼を切り離し固化体に押し込む措置を取る設計とすることとした。</li> <li>スラリー廃液の主成分である硝酸ナトリウムは、危険物(第1種酸化性固体)に該当することから、充填したセメント固化体が危険物に該当するかを判定試験により確認した。LWTFで作製を計画しているセメント固化体は危険物に該当しないことを確認した。(添付-19参照)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>停電や機器故障によるセメント供給不足、混練操作の中断が生じた場合の影響について、200Lドラム缶規模の試験装置を用いた試験で影響を確認する。</li> <li>200Lドラム缶規模の試験装置にセメント閉塞対策(ホッパ形状の変更、供給装置の機種変更)を施し、対策が有効に機能することを確認する。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>異常(停電、機器故障等)を模擬した際に、<b>所定どおりに作動することを確認するとともに、処理に影響がないことを確認する</b>。</li> <li>異常時対応の手順書に反映する手順、要員等を確認する。</li> </ul>	-

表-6(1/2) 実証プラント規模での確認項目を実設備のコールド試運転段階に追加して実施できる理由

設備	確認項目	実設備で代替できる理由
硝酸根分解設備	① 生成物を得るための最適操作条件(温度、濃度、流量、圧力等)の確認	触媒の分散性については、工学規模試験装置において確認しており、市販の攪拌翼を用い比較的低回転数(20Hz 以上)で、槽内に同一濃度に分散できること確認している(図 5-1 参照)。一般的に攪拌機を有した槽をスケールアップする際には、貯槽形状を概ね相似形とし、同程度の攪拌能力を有した攪拌機を選定すれば、所定の性能が得られると言われている。このため、実設備の設計に際しても貯槽形状を工学規模試験装置と概ね相似形とし、同程度の攪拌能力が得られる攪拌機を選定することから、実設備においても触媒の分散性は容易に確保できる見込みであり、あえて実証プラント規模試験で確認しなくても実設備で代替できる。
	・ 最適操作条件における処理能力確認(各槽)	○分解槽 分解槽における硝酸根分解操作を行う上で考慮すべき事項は、単位処理液量当たりの触媒添加量・還元剤添加量、還元剤供給速度、処理温度、触媒の分散性(攪拌機の回転数)である。これまでのビーカースケールと工学規模試験を実施した結果、約 100 倍のスケール差(ビーカースケール:0.2L、工学規模:20L)があっても、単位処理液量当たりの触媒添加量・還元剤添加量、還元剤供給速度、処理温度を同一条件とし、槽内を攪拌すれば、同等の時間で全量分解できることが分かっている(図 1-2、図 4-3 参照)。このため、更に工学規模から実設備へ 25 倍スケールアップした場合でも、触媒添加量(割合)及び還元剤添加量(割合)、還元剤の供給速度、液温度を同一条件とし、触媒が槽内に分散性するよう攪拌すれば、全量分解できる見込みである。また、触媒の分散性については、低回転数(20Hz 以上)で、槽内に同一濃度に分散できることも確認している(図 5-1 参照)。このため、実設備で所定の処理能力が得られる見込みがあることから、あえて実証プラント規模試験で確認しなくても実設備で代替できる。 ○アンモニア追出槽、転換槽 アンモニア追出及び炭酸ガスによる転換については、実設備を包含する処理能力を有する既存技術を適用すること(表9-1、表 13-1)とし、また、ビーカースケール試験において、LWTF の処理対象廃液に対しても既存技術が適用可能であることを検証(図8-2、図 10-2)できている。このため、実設備で所定の処理能力が得られる見込みがあることから、あえて実証プラント規模試験で確認しなくても実設備で代替できる。
	・ 制御性の確認(分解槽の温度制御)	分解槽の温度制御については、工学規模試験(液量 40 L)において、分解反応で発生する反応熱に対して槽内の処理液温度を外部ジャケットからの冷却により 80℃に制御できることを確認している(図4-2)。工学規模試験で機器設計に必要なデータが取得できていること、また、分解槽の温度は、設定値を 80℃で計画しているものの、万一、60℃に低下した場合でも分解性能への影響が小さいことも確認しており(図2-1)、温度変動が許容されるプロセスであることから、あえて実証プラント規模試験で確認しなくても実設備で代替できる。
	② 生成物を得るために影響を与える因子(組成、不純物、温度、濃度、流量、圧力等)を変動させた時の影響確認	幅を持たせた運転が可能となるよう運転のために取得するデータである。このため、ハード改造が伴う試験ではないことから、実設備で代替できる。
	・ スケールアップ時の経時変化への影響確認(アンモニア追出槽、転換槽)	実設備を包含する処理能力を有する既存技術を適用すること(表9-1、表 13-1)、また、装置設計の際には裕度を確保することにより、仮にスケールアップ時に経時変化への影響が確認された場合でも操作条件の調整で対応可能という見込みを得ている。このため、実証プラント規模ではなく直接実設備においてスケールアップ時の経時変化への影響を確認する。
	⑤ 保守性の確認	保守対象の消耗品としては、フィルタや触媒などを想定しているが、このような消耗品については、交換等の保守を前提とした構造とするとともに、いずれの装置も直接アクセス可能なアンバー区域に設置されている。このため、セル内に設置されている装置に比べると保守は容易に行えることから、保守性に係る課題はない。
⑥ 異常時(運転上及び安全上)の設備の挙動確認	試薬の過剰供給を防止する対策が実設備の設計に反映済みであり、対策の有効性については周辺機器が配置された実設備において、実運転に近い状況で確認する方が、確度の高い検証を行うことができることから、実設備で代替する。	

表-6(2/2) 実証プラント規模での確認項目を実設備のコールド試運転段階に追加して実施できる理由

設備	確認項目	実設備で代替できる理由
セメント 固化設備	② 生成物を得るために影響を与える因子(組成、不純物、温度、濃度、流量、圧力等)を変動させた時の影響確認	<p>ビーカースケールで試験では、セメント固化対象廃液である炭酸塩廃液(主成分は炭酸ナトリウム)、スラリー廃液(主成分は硝酸ナトリウム)及びリン酸廃液(主成分はリン酸二水素ナトリウム)に対して、それぞれ適したセメント材を選定した後、セメント固化体中の塩充填率と水セメント比(g-水/g-セメント)をパラメータとして(図 14-2 参照)、良好にセメント固化体が製作できる配合条件範囲を確認し、各廃液に対する最適条件を設定した。その後、工学規模試験(1/1 スケール)として、ビーカースケール試験で確認した最適条件を用いた混練を行い、良好にセメント固化体が製作できることを確認した(添付-20 参照)。合わせて、塩濃度、水分量、セメント量の変動した場合の影響及び代表的な不純物が混入した場合の影響を把握した(図 21-1 参照)。</p> <p>実証プラント試験で確認すべき事項(廃液組成が変動した場合においても、所定の処理能力が得られること、操作条件変動時のプロセス成立範囲の確認)については、実設備のコールド試運転において廃液組成を変動させることで確認が可能であり、実設備にはセメント供給系統、廃液の濃縮を行う蒸発缶が備わっていることから、運転に近い条件で確度の高いデータが取得可能となる。</p>
	④ 不具合(トラブル)が発生せず安定的に連続運転できることの確認	<p>・ 長期間運転及び大量処理によるセメント堆積による閉塞の有無</p> <p>LWTF で使用するセメントは、物性確認試験の結果、粉体の特性上「流動性が極めて低く、ホッパ出口での閉塞防止対策として特別な対策が必要」であることを確認している(表 18-1 参照)。また、工学規模試験において、ホッパ出口や供給装置内でセメントの詰まりを確認するとともに、配管部のセメントが堆積しやすい箇所を特定している(添付-24 参照)。実設備において、長期間運転によりセメントがどこに堆積するかを把握するためには、セメントホッパの形状、供給装置の仕様、配管の曲がりや角度及び供給速度等の各条件を忠実に模擬した上で試験を行って確認する必要がある、実証プラント試験を経ることなく実設備を用いて確認した方がより運転に近い条件でのデータを得ることができる。</p>
	⑤ 保守性の確認	<p>・ セメント供給系配管等の保守、交換頻度の確認</p> <p>工学規模試験において、セメント供給系配管内のどこにセメントが堆積しやすく、重点的に保守を実施すべきかは把握できており(添付-24 参照)、その結果は実設備の設計へ反映済である(添付-25 参照)。実証プラント規模試験で確認すべき「保守方法の検討、保守が容易に行えることの確認」は、実設備を用いてセメント 1 回供給あたり及び連続供給時の配管へのセメント移行量を把握した上で保守手順を試験して確認する必要がある、実証プラント試験を経ることなく実設備を用いて確認した方がより運転に近い条件でのデータを得ることができる。</p>
	⑥ 異常時(運転上及び安全上)の設備の挙動確認	<p>・ 停電等で運転が中断した際の再開時の影響確認</p> <p>・ セメント供給系の閉塞対策の確認</p> <p>実設備では、セメント混練途中に長時間停電となった場合、攪拌再開が不可能となることが考えられるため、安全側の措置として、攪拌翼を切り離し固化体に押し込む措置を取る設計としている。停電や機器故障によりセメント供給不足等の異常が生じた場合の影響については、現状データが不十分であるため、引き続き、工学規模試験でデータの拡充を実施する。</p> <p>セメント供給系の閉塞対策の確認は、工学規模試験装置に実設備と同様の対策(ホッパ形状の変更、供給装置の機種変更)を施し有効に機能することを試験で確認した上で、実設備で異常が生じた際の本閉塞対策の有効性を試験にて確認する必要がある、実証プラント試験を経ることなく実設備を用いて確認した方がより運転に近い条件でのデータを得ることができる。</p>

# 添付-1 操作条件設定に係るビーカースケール試験結果(硝酸根分解設備:分解槽)

## ○試験方法

- ・処理対象の硝酸ナトリウム廃液を模擬した4.7 mol/L硝酸ナトリウム溶液を模擬廃液として、ビーカースケールにおいて触媒と還元剤を用いて溶液中の硝酸根(硝酸イオン・亜硝酸イオン)を窒素へ分解し、所定の生成物として硝酸根分解率90%以上の水酸化ナトリウム溶液を得るための最適な操作条件を設定する試験を行った。
- ・試験に用いた模擬廃液(硝酸ナトリウム溶液)の濃度は、上流のろ過・吸着設備から受入れる硝酸ナトリウム廃液の想定される最大濃度4.7 mol/Lとした。
- ・試験装置の概要を図1-1に示す。反応槽内の溶液を1時間ごとに採取し、化学分析により溶液中化学種濃度を確認した(図1-2)。

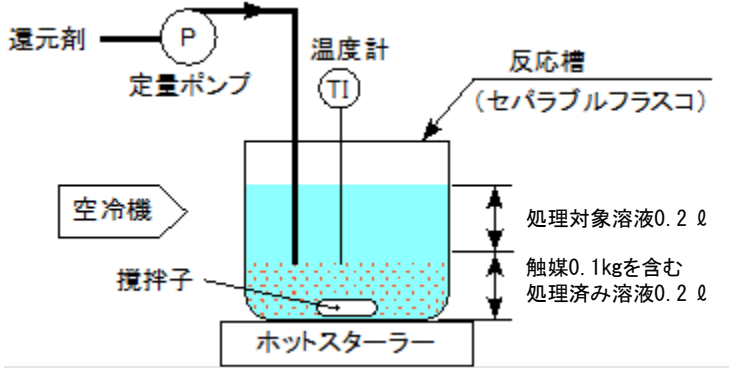


図1-1 試験装置の概要図

## ○試験条件

- ・模擬廃液: 4.7 mol/L 硝酸ナトリウム溶液
- ・処理液量: 0.2 L (実機1/2,500スケール)
- ・触媒: 活性炭担持金属コロイド触媒
- ・触媒添加量: 0.5, 1, 5 g-metal/L- $\text{NaNO}_3$
- ・還元剤: 60%水加ヒドラジン
- ・還元剤添加量: 1.05, 1.25, 1.35 mol/mol ( $\text{N}_2\text{H}_4/\text{NaNO}_3$ )
- ・還元剤供給速度: 0.2, 0.5, 1.2 mol/h·g-metal
- ・液温度: 60, 80 °C

※下線の値は設定した操作条件

## ○試験結果

- ・副生成物であるアンモニアの発生量が少なく、硝酸根が速やかに分解できる条件を最適な操作条件として設定した。
- ・模擬廃液の4.7 mol/L硝酸ナトリウム溶液に対して、最適な操作条件において液中の硝酸根を90%以上分解できることを確認した。

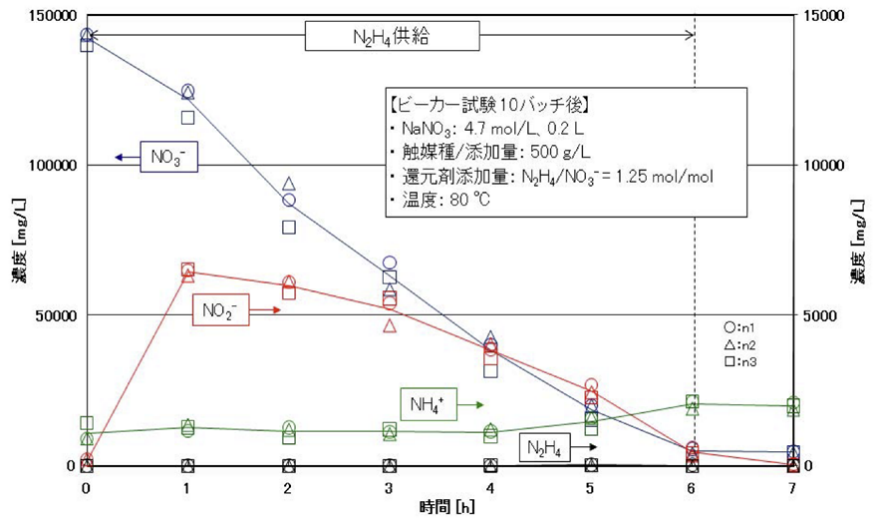


図1-2 処理液中の化学種濃度の経時変化

# 添付-2 操作条件変動時の影響確認に係るビーカースケール試験結果(硝酸根分解設備:分解槽)

## ○試験方法

- ・操作条件(触媒添加量、還元剤添加量、還元剤供給速度、処理温度)を変動させた時の影響を確認する試験を行った。
- ・試験に用いた模擬廃液、試験装置は添付-1と同様。
- ・反応槽内の溶液を採取し、化学分析により溶液中化学種濃度を確認した(図2-1)。

## ○試験条件

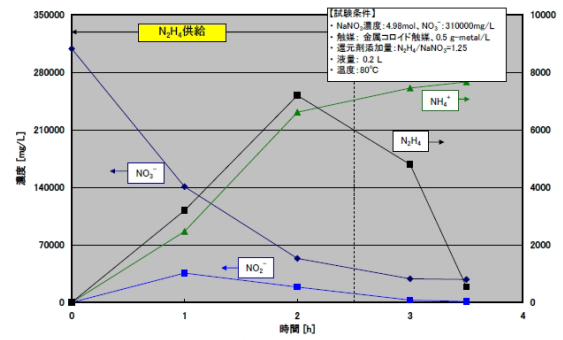
- ・模擬廃液: 4.7 mol/L 硝酸ナトリウム溶液
- ・処理液量: 0.2 L(実機1/2,500スケール)
- ・触媒: 活性炭担持金属コロイド触媒
- ・触媒添加量: 0.5, 1, 5 g-metal/L- $\text{NaNO}_3$
- ・還元剤: 60%水加ヒドラジン
- ・還元剤添加量: 1.05, 1.25, 1.35 mol/mol ( $\text{N}_2\text{H}_4/\text{NaNO}_3$ )
- ・還元剤供給速度: 0.2, 0.5, 1.2 mol/h·g-metal
- ・液温度: 60, 80 °C

※下線の値は設定した操作条件

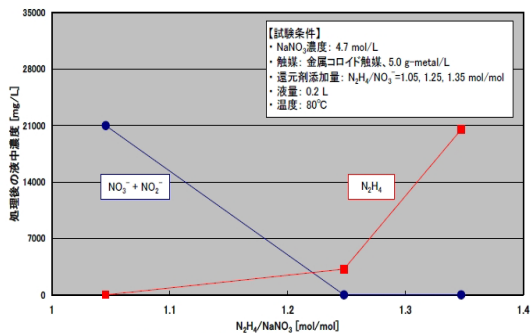
## ○試験結果

- ①触媒添加量: 触媒量が少ないと亜硝酸イオンや供給中のヒドラジンが残存し、分解反応が遅くなることを確認した。
- ②還元剤添加量: 硝酸イオンとヒドラジンの残存濃度から1.25 mol/mol(分解反応の当量相当)が過不足なく適量の添加量であることを確認した。
- ③還元剤供給速度: 供給速度が大きくなる分、時間当たりの発熱量が増加し、温度制御が困難になることを確認した。
- ④処理温度: 80 °Cに比べて60 °Cでは、副生成物のアンモニアの発生量が増えるが分解性能への影響は小さいことを確認した。

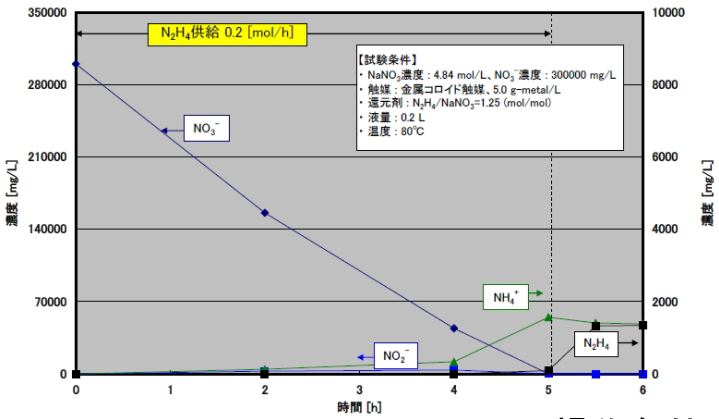
### ①触媒添加量 (0.5 g-metal/ L)



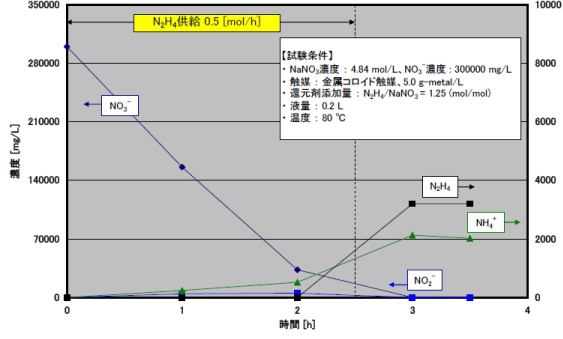
### ②還元剤添加量 (1.05, 1.25, 1.35 mol/mol)



### ③最適な操作条件適用時



### ③還元剤供給速度 (0.5 mol/h·g-metal)



### ④処理温 (60 °C)

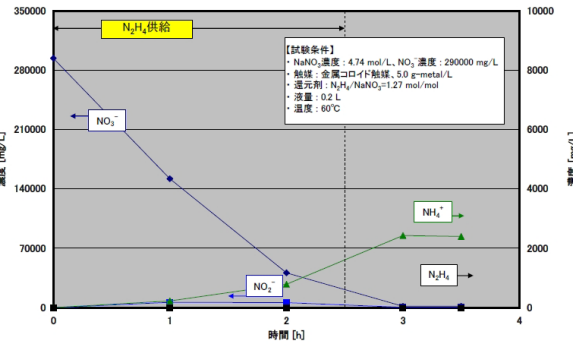


図2-1 操作条件変動時における処理液中の化学種濃度の経時変化

# 添付-3 触媒の交換寿命推定に係るピーカースケール試験結果(硝酸根分解設備:分解槽)

## ○試験方法

- 硝酸根の分解反応を穏やかにし、触媒への負荷を軽減させることで触媒の長寿命化を図るため、触媒劣化を緩和させる操作条件を設定し、触媒を繰り返し使用する分解試験を行い、触媒の交換寿命を推定した。
- 反応槽内の溶液と試験後の触媒を化学分析することにより、触媒の分解性能(図3-1)、触媒寿命、触媒に担持されている金属の残存率(表3-1)を求めた。

## ○試験条件

- 模擬廃液: 4.7 mol/L 硝酸ナトリウム溶液
  - 処理液量: 0.1 L
  - 触媒: 活性炭担持金属コロイド触媒
  - 触媒添加量: 5 g-metal/L- $\text{NaNO}_3$
  - 還元剤: 60%水加ヒドラジン
  - 還元剤添加量: 1.25 mol/mol ( $\text{N}_2\text{H}_4/\text{NaNO}_3$ )
  - 還元剤供給速度: 0.05, 0.1, 0.4 mol/h·g-metal
  - 液温度: 50~80 °C
- ※下線の値は設定した触媒劣化を緩和させる条件

## ○試験結果

- 還元剤供給速度: 還元剤供給速度が小さい程、増加傾向の副生成物のアンモニアの発生量が抑制でき、触媒の長寿命化に効果的であることを確認した。
- 液温度: 低温度では反応速度の低下に伴い副生成物のアンモニアの発生量が増加し、昇温に伴い、アンモニアの発生量が低下することを確認した。液温度は、副生成物のアンモニアの発生量を抑制できる80 °Cとした。
- 触媒劣化を緩和させる操作条件(還元剤供給速度0.05 mol/h·g-metal、液温度80 °C)において硝酸根の分解試験を行い、触媒の寿命を評価した結果、157 mol- $\text{NO}_3^-/\text{g-metal}$ (167バッチ相当)と推定できた。
- 試験後の触媒について、触媒に残存する金属量を分析した結果、最適な操作条件(還元剤供給速度0.4 mol/h·g-metal)で使用した触媒の金属残存率62%に対して、触媒劣化緩和条件で使用した触媒の担持金属残存率は92%であり、担持金属の剥離抑制に効果的であることを確認した。

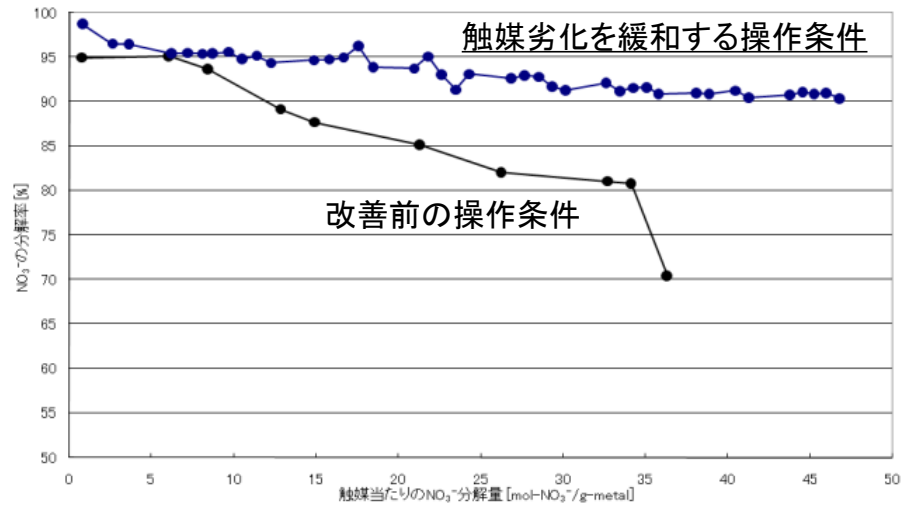


図3-1 触媒劣化を緩和する操作条件における触媒の分解性能

表3-1 触媒寿命と担持金属の残存率

	参考値	触媒劣化を緩和する操作条件
還元剤供給速度 (mol/h·g-metal)	0.4	0.05
触媒寿命 (mol- $\text{NO}_3^-/\text{g-metal}$ )	38	157
担持金属の残存率 (%)	62	92



# 添付-4 工学規模試験結果(硝酸根分解設備:分解槽)

## ○試験方法

- ・ビーカースケール試験から処理液量を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、模擬廃液の4.7 mol/L硝酸ナトリウム溶液に対して、最適な操作条件(ビーカースケール試験と同一条件)において所定の生成物である硝酸根分解率90%以上の水酸化ナトリウム溶液が得られることにより、最適な操作条件における適用性を確認した。
- ・試験装置の概要を図4-1に示す。試験装置の作動確認として、槽内の処理液温度が80℃に制御できていることと(図4-2)、槽内の処理液が均一に攪拌されていること(添付-5)を確認した。
- ・反応槽内の溶液を1時間ごとに採取し、化学分析により溶液中化学種濃度を確認した(図4-3)。

## ○試験条件

- ・模擬廃液: 4.7 mol/L 硝酸ナトリウム溶液
- ・処理液量: 20 L (実機1/25スケール)
- ・触媒: 活性炭担持金属コロイド触媒
- ・触媒添加量: 5 g-metal/L- $\text{NaNO}_3$
- ・還元剤: 60%水加ヒドラジン
- ・還元剤添加量: 1.25 mol/mol ( $\text{N}_2\text{H}_4/\text{NaNO}_3$ )
- ・還元剤供給速度: 0.2 mol/h·g-metal
- ・液温度: 80℃

## ○試験結果

- ・槽内の温度調整用ジャケットにより処理液温度が80℃に制御できていること、槽内の処理液と触媒が均一に攪拌されていることを確認した。
- ・工学規模の試験装置を用いて、模擬廃液の4.7 mol/L硝酸ナトリウム溶液に対して硝酸イオンの分解率は100%となり、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。

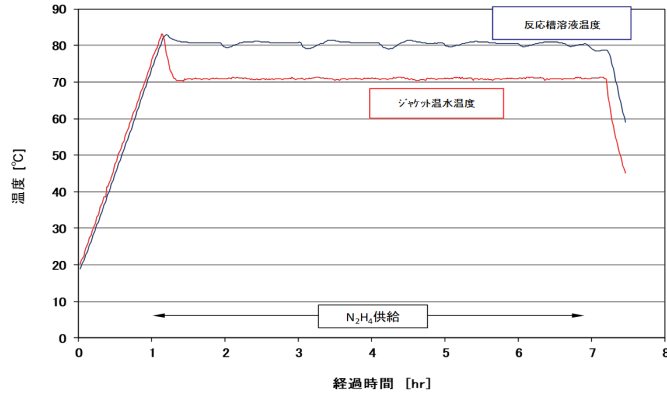


図4-2 槽内の処理液温度制御時の経時変化

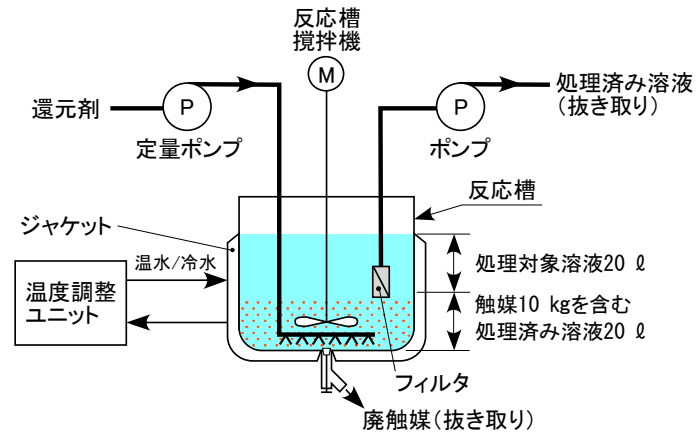


図4-1 試験装置の概要図

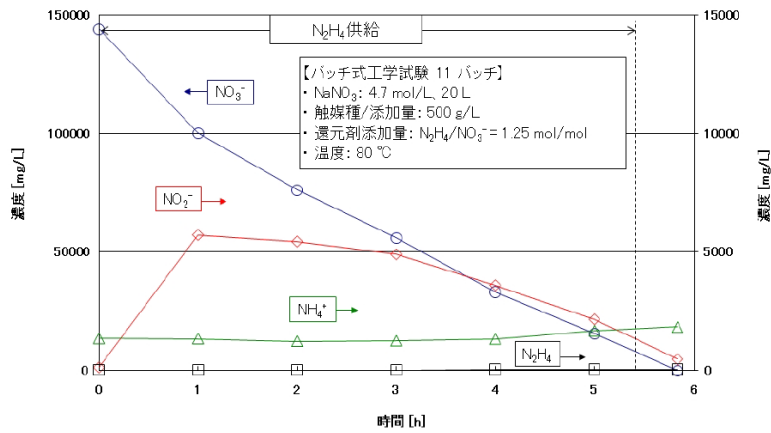


図4-3 処理液中の化学種濃度の経時変化

# 添付-5 均一性確認に係る工学規模試験結果(硝酸根分解設備:分解槽)

## ○試験方法

- ・工学規模試験装置の槽内において、水と模擬触媒による模擬スラリー溶液を用いて、攪拌による溶液の均一性を確認する試験を行った。
- ・模擬スラリー溶液の攪拌時に、槽内の上部と底部よりそれぞれスラリー溶液を採取し、メスシリンダーを用いて液量と模擬触媒の沈降体積を測定し、算出した模擬触媒濃度により溶液の均一性を確認した(表5-1、図5-1)。

## ○試験条件

- ・模擬スラリー溶液:  
水40 L、模擬触媒(金属が担持されていない触媒)10 kg
- ・攪拌機回転数:17~30 Hz

## ○試験結果

- ・槽内の上部と底部から採取したスラリー溶液中の模擬触媒濃度から、攪拌機の回転数20 Hz以上において、攪拌による溶液の均一性を確保できることを確認した。
- ① 工学規模試験時は、余裕をみて攪拌機の回転数を25 Hzで実施することにした。

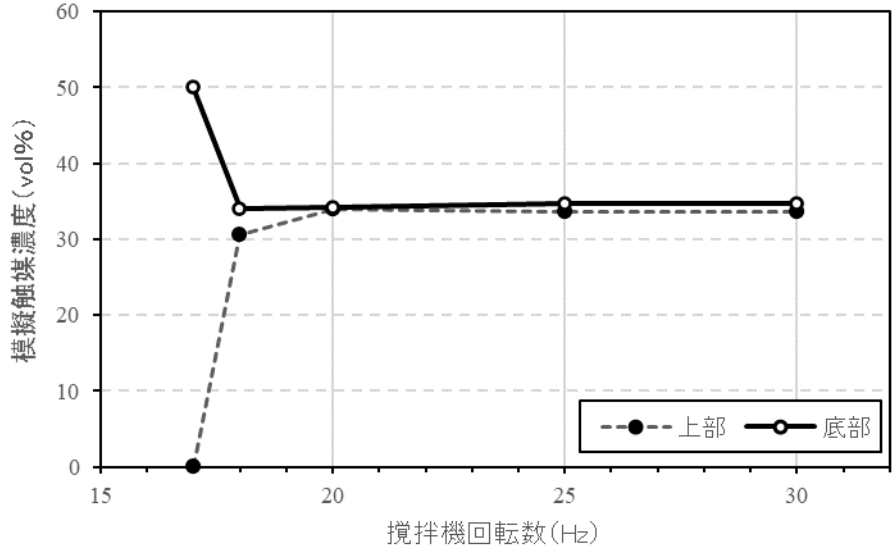


図5-1 攪拌機回転数に対する模擬触媒濃度

表5-1 採取したスラリー溶液中の模擬触媒濃度

攪拌機回転数	模擬スラリー溶液 (水20 g, 模擬触媒5 g)	17 Hz (97 min <sup>-1</sup> )		18 Hz (103 min <sup>-1</sup> )		20 Hz (115 min <sup>-1</sup> )		25 Hz (144 min <sup>-1</sup> )		30 Hz (173 min <sup>-1</sup> )	
		底部	上部	底部	上部	底部	上部	底部	上部	底部	上部
採取位置	—	底部	上部	底部	上部	底部	上部	底部	上部	底部	上部
スラリー液量 (mL)	23.2	36.8	—	35.6	37.7	38.3	37.4	35.7	31.2	37.5	38.0
模擬触媒沈降体積 (mL)	8.1	18.4	—	12.1	11.5	13.1	12.7	12.4	10.5	13.0	12.8
模擬触媒濃度 (vol%)	34.9 (参考値)	50.0	0	34.0	30.5	34.2	34.0	34.7	33.7	34.7	33.7

※採取位置の上部は槽内の水面より10 mm程度の下、底部は槽内の底部より30 mm程度の上とした。  
 ※模擬触媒濃度 vol% = (模擬触媒沈降体積 mL)/(スラリー液量 mL) x 100

# 添付-6 材料腐食試験に係る工学規模試験結果(硝酸根分解設備:分解槽)

## ○試験方法

- ・実設備の材料選定に必要なデータを取得するため、テストピースを工学規模試験装置の槽内の処理液に浸漬する位置に設置し、硝酸根分解反応の環境下での腐食試験を行った。
- ・テストピースの試験前後の重量変化から腐食速度を求め、外観とSEM観察から腐食の有無を確認した(図6-1)。

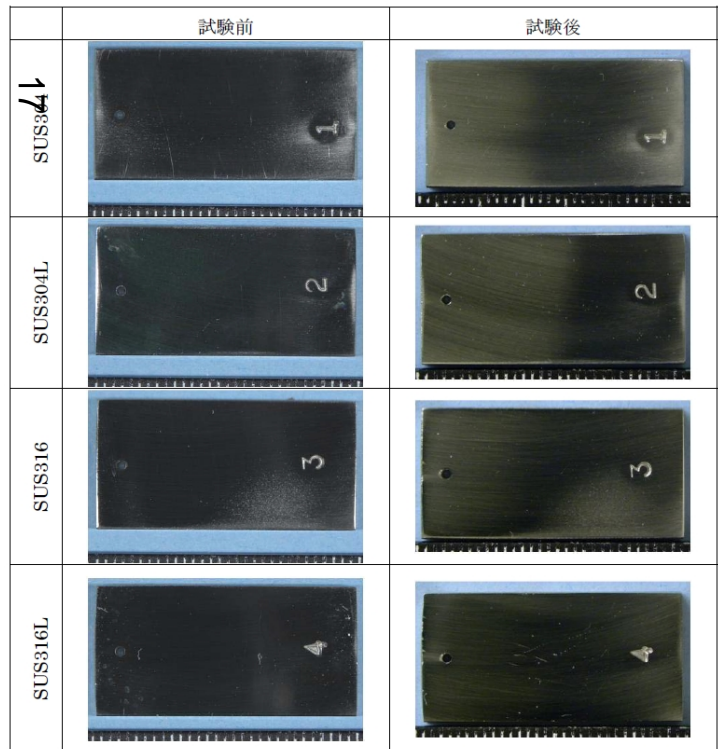
## ○試験結果

- ・保守的な浸漬時間(234時間)、重量減少量(0.001 g以下)、テストピースの表面積(11.5 cm<sup>2</sup>)から腐食速度は0.004 g/m<sup>2</sup>/h以下であり、腐食していないことを確認できた。
- ・テストピースの外観観察、SEM観察を行った結果、いずれの試験片からも腐食を確認することはできなかった。

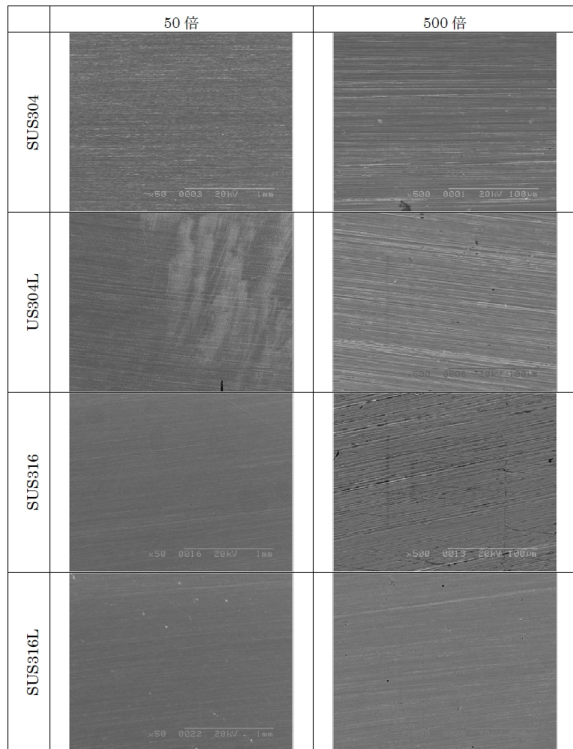
## ○試験条件

- ・テストピース:SUS304, 304L, 316, 316L(30 x 15 x 3 mm)
- ・浸漬時間:234時間  
(バッチ間の時間を含まない約40バッチの分解試験時間のみを積算した保守的な浸漬時間)

### ①外観観察結果



### ②走査型電子顕微鏡(SEM)観察結果



### ③重量測定結果

テストピース	重量減少量
SUS304	0.001 g以下
SUS304L	0.001 g以下
SUS316	0.001 g以下
SUS316L	0.001 g以下

図6-1 テストピースの観察結果と重量測定結果

# 添付-7 処理済液の抜き出し等に係る工学規模試験結果(硝酸根分解設備:分解槽)

## ○試験方法

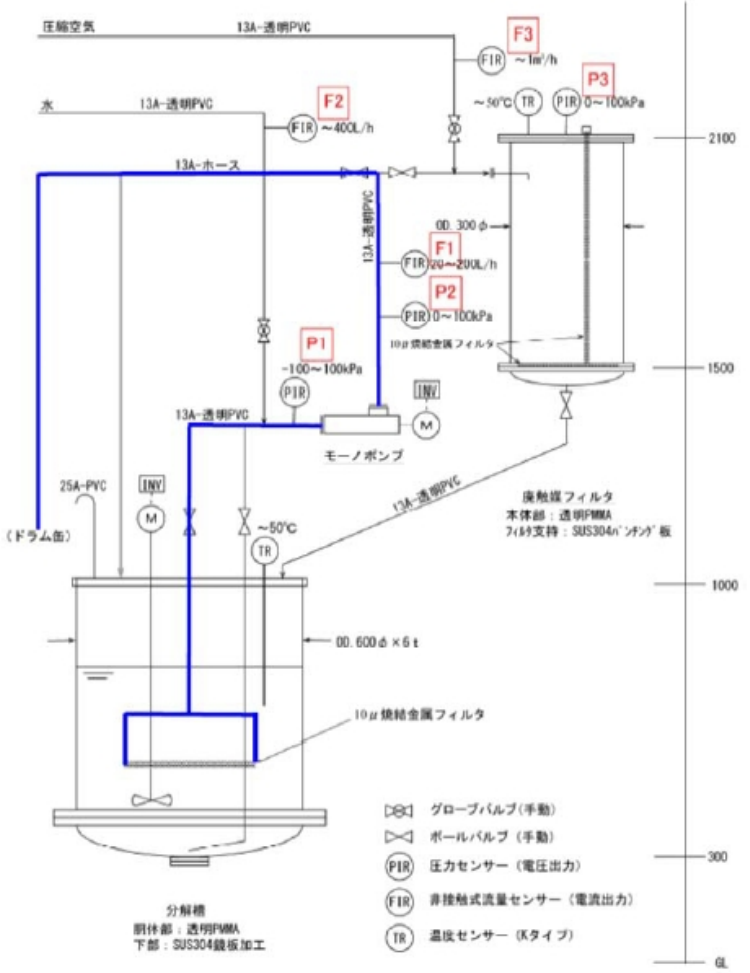
- ・実設備で用いる処理済液と触媒を分離するフィルター(触媒分離用フィルター)の性能を確認するため、実機の1/10サイズのモックアップ試験装置を用いて、触媒分離用フィルターを用いて処理を行う処理済液と廃触媒の抜き出し操作、処理済液の循環操作の確認試験を行った。
- ・試験では、硝酸根の分解処理済液を模擬した水酸化ナトリウム溶液(3.6 mol/L)に模擬触媒(金属を担持していない触媒)を添加した模擬スラリー溶液を用いた。
- ・モックアップ試験装置の概要を図7-1に示す。

## ○試験条件

- ・模擬スラリー溶液: 3.6 mol/L水酸化ナトリウム溶液に模擬触媒を添加したもの
- ・処理液量: 130 L (実機1/10サイズ)
- ・模擬触媒: 活性炭(金属を担持していない触媒)
- ・模擬触媒添加量: 25 kg

## ○試験結果

- ・攪拌時に槽内から採取した溶液中の模擬触媒濃度が、模擬スラリー溶液中の模擬触媒濃度に対してほぼ同一であることから、槽内が均一に攪拌されていることを確認した。
- ・実機の1/10サイズのモックアップ試験装置を用いて、模擬スラリー溶液に対して、処理済液と廃触媒の抜き出し操作、処理済液の循環操作を行い、触媒分離用フィルターに触媒の堆積及び目詰まりすることなく、問題なく処理が行えることを確認した。
- ・触媒分離用フィルターに触媒の堆積や目詰まりするような不具合は確認できなかった。万一、触媒を分離するフィルターが目詰まりした際には、取り外して保守が行えるように実設備の設計に反映することとした。



※太線は処理済液の抜き出しライン

図7-1 モックアップ試験装置の概要図(工学規模試験)

# 添付-8 ビーカースケール試験結果(硝酸根分解設備:アンモニア追出槽)

## ○試験方法

- ・処理対象の水酸化ナトリウム廃液を模擬した3.6 mol/L水酸化ナトリウム溶液(アンモニア濃度 5,000 mg/L)を模擬廃液として、空気と気液接触することによりアンモニアストリッピングを行う既存技術を適用し、最適な操作条件において所定の生成物として3.6 mol/L水酸化ナトリウム溶液(アンモニア濃度 100 mg/L以下)が得られることを確認する試験を行った。
- ・試験に用いた模擬廃液(水酸化ナトリウム溶液)の濃度は、硝酸根の分解処理で得られる水酸化ナトリウム廃液の想定される最大濃度3.6 mol/Lとした。
- ・試験装置の概要を図8-1に示す。反応槽内の溶液を採取し、化学分析により溶液中化学種濃度を確認した(図8-2)。

## ○試験条件

- ・模擬廃液: 3.6 mol/L 水酸化ナトリウム溶液(NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 5,000 mg/L)
- ・処理液量: 0.2 L
- ・液温度: 80 °C
- ・空気流量: 0.1 L/min  
(単位液断面積当たりの搅拌流量1.05 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>\*)
- ・空気供給ノズル形状: φ2 mm 単管

\* Perry's Chemical Engineers' Handbook  
(空気搅拌状態: 0.016 Air rate, m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> tank cross section, min)  
= 0.96 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>)

## ○試験結果

- ・模擬廃液の3.6 mol/L水酸化ナトリウム溶液(アンモニア濃度 5,000 mg/L)に対して、十分な搅拌状態が得られる流量0.1 L/minで空気を供給し、空気と気液接触することによりアンモニアストリッピングを行い、所定の生成物としてアンモニア濃度を 100 mg/L以下に低減するための十分な追出し効果が得られることを確認した。

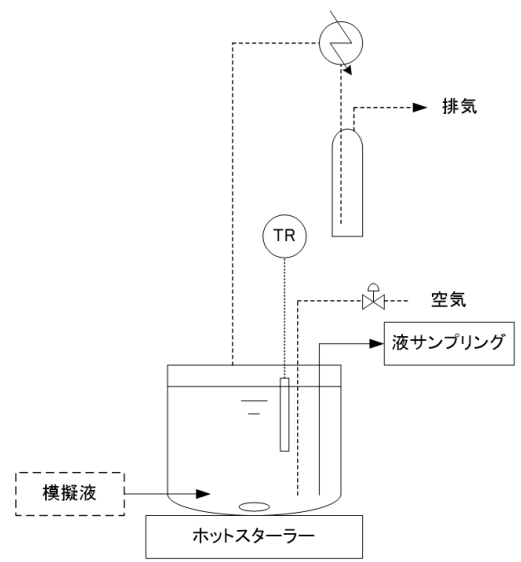


図8-1 試験装置の概要図

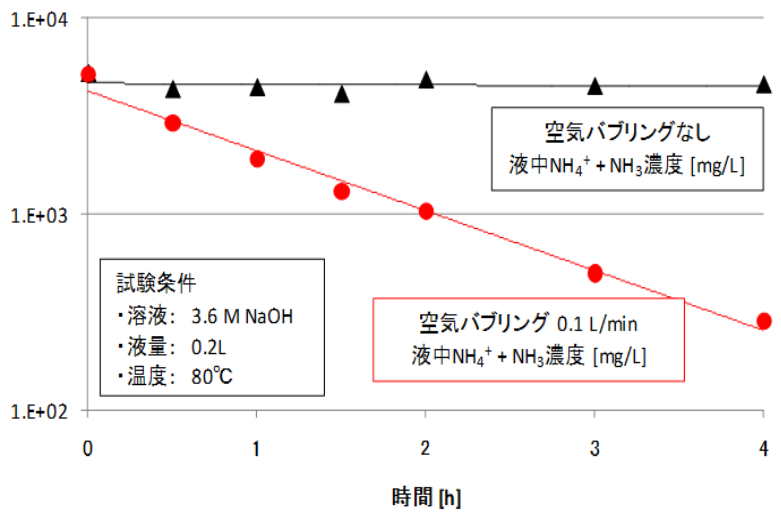


図8-2 処理液中のアンモニア濃度の経時変化 <21>

# 添付-9 既存技術事例(硝酸根分解設備:アンモニア追出槽)

実設備の処理能力を包含する実績を有する既存技術を適用する。ピーカースケール試験結果から、既存技術を適用する実設備においてもLWTFの処理対象廃液に対して、大きな機器改造をすることなく操作条件の調整において処理が行える見込みを得ている。

表9-1 アンモニアストリッピングの既存技術事例

	A社	B社		C社		D社	LWTF 実機設計
液相	アンモニア含有廃水	アンモニア含有廃水		アンモニア含有廃水	アンモニア含有廃水	アンモニア含有廃水	アンモニア含有水酸化ナトリウム廃液(硝酸根分解処理済廃液)
気相	蒸気、空気	空気		蒸気	-	蒸気	空気
廃液処理量	5.5 m <sup>3</sup> /h	4 m <sup>3</sup> /h	1.6 m <sup>3</sup> /h	300 m <sup>3</sup> /d (約12 m <sup>3</sup> /h)	1000 m <sup>3</sup> /d (約40 m <sup>3</sup> /h)	0.5 m <sup>3</sup> /h	0.4 m <sup>3</sup> /h
原水中のNH <sub>3</sub> 濃度	2200~7500 ppm	3500 ppm	28000 ppm	5000 ppm	5000 ppm	1 wt%	4000 mg/L
処理水のNH <sub>3</sub> 濃度	50 ppm (除去率97~99%)	35 ppm (除去率99%)	280 ppm (除去率99%)	50 ppm	50 ppm	10 ppm以下	< 100 mg/L

# 添付-10 ビーカースケール試験結果(硝酸根分解設備: 転換槽)

## ○試験方法

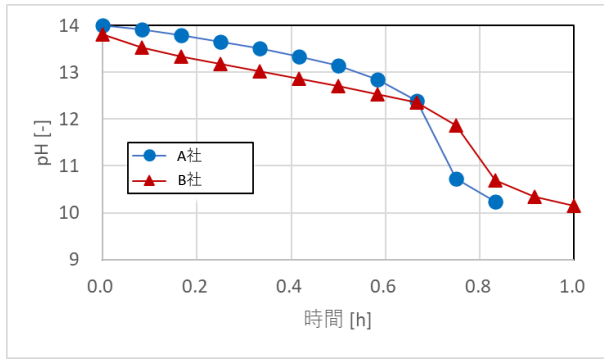
- ・処理対象の水酸化ナトリウム廃液を模擬した3.6 mol/L水酸化ナトリウム溶液を模擬廃液として、インラインミキサを用いて炭酸ガスと気液混合させて中和処理を行う既存技術を適用し、最適な操作条件において所定の生成物として炭酸ナトリウム溶液(pH11.5)が得られることを確認する試験を行った。
- ・試験に用いた模擬廃液(水酸化ナトリウム溶液)の濃度は、硝酸根の分解処理で得られる水酸化ナトリウム廃液の想定される最大濃度3.6 mol/Lとした。
- ・試験装置の概要を図10-1に示す。処理溶液を採取し、pH値、溶液中Na/C濃度(炭酸ナトリウムではNa/C = 2)、処理液温度を確認した(図10-2)。

## ○試験条件

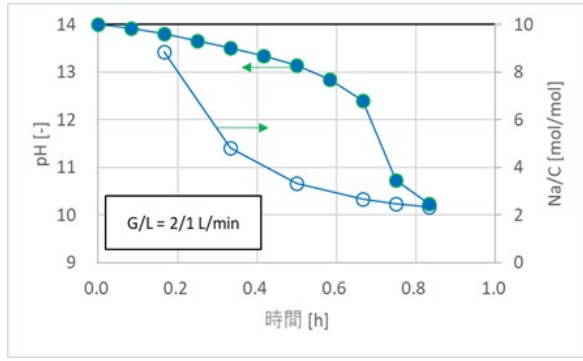
- ・模擬廃液: 3.6 mol/L 水酸化ナトリウム溶液
- ・処理液量: 4 L
- ・液循環流量: 0.5~1 L/min
- ・炭酸ガス: 1~4 L/min
- ・液温度: 室温(約25 °C)
- ・インラインミキサ(SM): 2社製品を使用

## ○試験結果

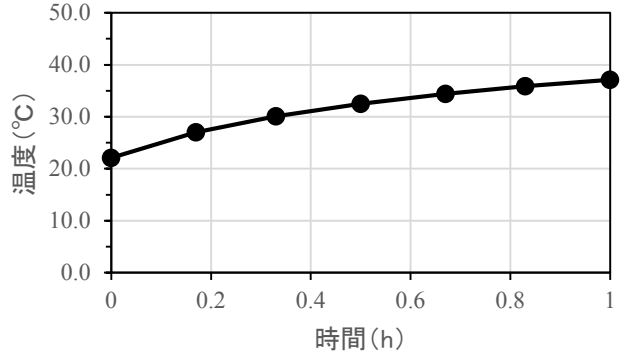
- ・試験に用いた2種類のインラインミキサについては、性能に大きな差異のないことを確認した。
- ・操作条件の気液比(G/L)については、気液比2において処理時間が短くかつ未反応な炭酸ガス量を低減できることを確認した(添付-11)。
- ・模擬廃液の3.6 mol/L水酸化ナトリウム溶液に対して、インラインミキサを用いて炭酸ガスと気液混合させて中和処理を行う既存技術を適用し、所定の生成物として炭酸ナトリウム溶液(pH11.5)が得られることを確認した。



(a)インラインミキサ: 2社製品



(b)気液比(G/L): 2



(c)処理液温度

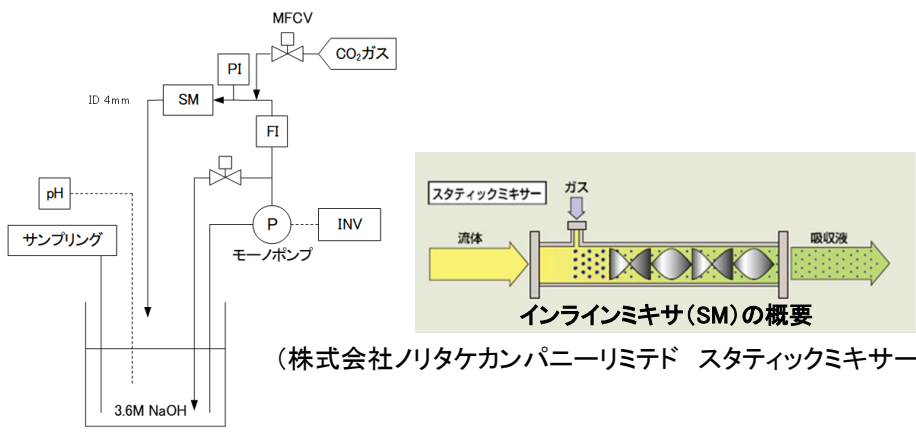


図10-1 試験装置の概要図

図10-2 pH、Na/Cモル比、処理液温度の経時変化

# 添付-11 ビーカースケール試験結果(硝酸根分解設備: 転換槽)

## ○試験方法

- ・操作条件(気液比(G/L))を変動させた時の影響を確認する試験を行った。
- ・試験に用いた模擬廃液、試験装置は添付-10と同様。
- ・処理溶液を採取し、pH値、溶液中Na/C濃度(炭酸ナトリウムではNa/C = 2)を確認した(図11-1)。
- ・インラインミキサ出口配管において未反応の炭酸ガスの有無について確認した(表11-1)。

## ○試験条件

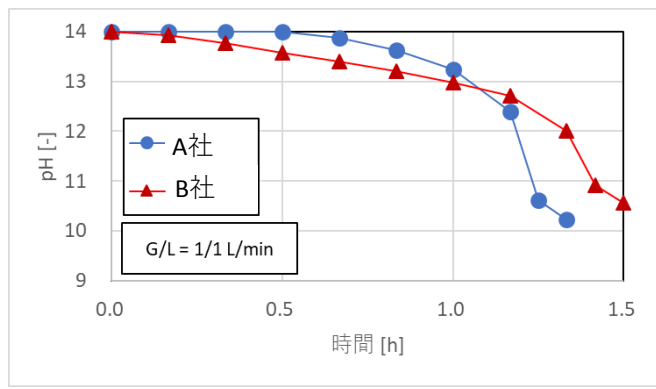
- ・模擬廃液: 3.6 mol/L 水酸化ナトリウム溶液
- ・処理液量: 4 L
- ・液循環流量: 0.5~1 L/min
- ・炭酸ガス: 1~4 L/min
- ・気液比(G/L): 1~4
- ・液温度: 室温(約25 °C)
- ・インラインミキサ(SM): 2社製品を使用

## ○試験結果

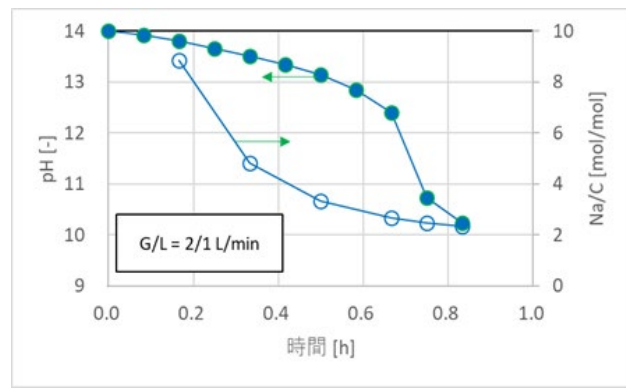
- ・気液比(G/L)を2以上に増加させても、pH11.5までに中和処理を行うのに要する処理時間は変わらないことを確認した。
- ・インラインミキサの出口配管において未反応な炭酸ガスの有無について確認した結果、気液比(G/L)2において、処理時間が短かつ未反応な炭酸ガス量を低減できることを確認した。

表11-1 インラインミキサ出口配管における未反応な炭酸ガスの確認結果

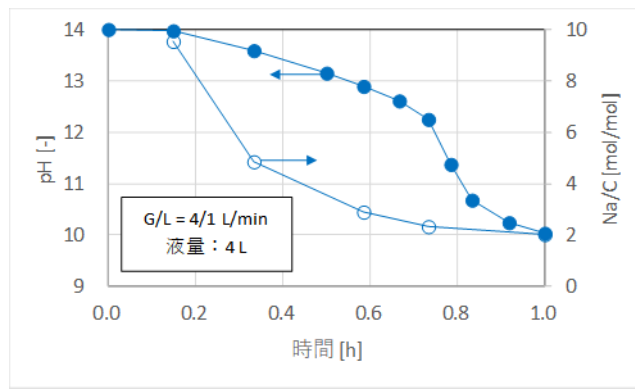
気液比 (G/L)	炭酸ガス流量 (L/min)	水酸化ナトリウム溶液循環流量 (L/min)	未反応ガスの有無
1	1.0	1.0	無
1	1.5	1.5	無
2	2.0	1.0	少量有
4	2.0	0.5	有
4	4.0	1.0	有



(a)気液比(G/L): 1



(b)気液比(G/L): 2



(c)気液比(G/L): 4

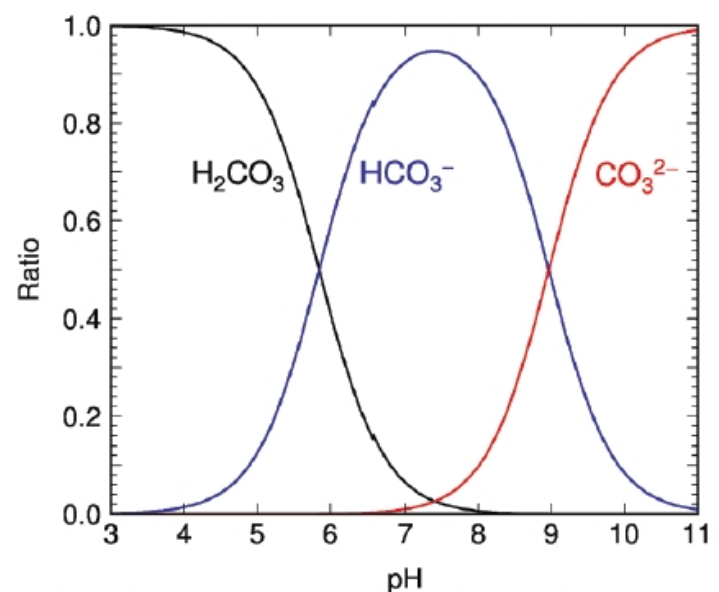
図11-1 気液比(G/L)変動時におけるpHとNa/Cモル比の経時変化



# 添付-12 ビーカースケール試験結果(硝酸根分解設備:転換槽)

炭酸ガスによる中和処理において、pH9以下で炭酸水素ナトリウムの析出を確認した。試算した模擬廃液中の含有量と溶解度からも、処理液中に炭酸水素イオンの存在割合が増加するpH9以下において、炭酸水素ナトリウムが析出する恐れがあることを確認した。

23



第1図 pHの変化に伴う炭酸物質の存在比 (1気圧, 25°C, 塩分 35)

表12-1 模擬廃液中の含有量と溶解度

	模擬廃液中の含有量* (g)	溶解度** (g)
炭酸水素ナトリウム	約30	9.32
炭酸ナトリウム	約19	22.7

\*模擬廃液(3.6 mol/L水酸化ナトリウム溶液)が炭酸ガスにより全量炭酸水素ナトリウム又は炭酸ナトリウムに転換した場合の溶液100 g当たりの含有量を試算した。  
 \*\*25°C, 飽和溶液100 g当たりの溶解度。  
 (出典:丸善株式会社, 化学便覧 基礎編 改訂5版)

図12-1 pHの変化に伴う炭酸物質の存在比

(出典:気象庁における全炭酸濃度・全アルカリ度観測, 測候時報 第82巻特別号(2015))

# 添付-13 既存技術事例(硝酸根分解設備:転換槽)

実設備の処理能力を包含する実績を有する既存技術を適用する。ピーカースケール試験結果から、既存技術を適用する実設備においてもLWTFの処理対象廃液に対して、大きな機器改造をすることなく操作条件の調整において処理が行える見込みを得ている。

表13-1 インラインミキサを用いた炭酸ガス吸収による中和処理の既存技術事例

	A社	B社	C社	D社	LWTF実機設計
処理方式	ワンスルー処理	ワンスルー処理	ワンスルー処理	ワンスルー処理	循環処理
処理量	5 m <sup>3</sup> /h	5 m <sup>3</sup> /h	3 m <sup>3</sup> /h	10 m <sup>3</sup> /h	2 m <sup>3</sup> /h
原水温度	5~40°C	—	40°C以下	5~40°C	30°C
24 原水pH	7~11.5	11.5 以下	11以下	8~11	14
処理水pH	5.8~8.6	5.8~8.6	—	7±1	11.5

## <参考文献>

### ○分解槽

- 1) 日本原燃株式会社, 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, 文部科学省 原子力システム研究開発事業, 平成18年度 成果報告書(2007).
- 2) 原弘典ほか, 一般的環境条件でのコンクリートピット施設における硝酸塩埋設処分量に関する予備的評価, JAEA-Technology 2012-014(2012).
- 3) 佐野雄一ほか, 再処理工程におけるヒドラジンの分解反応の検討, JNC-TN8410 99-049(1999).

### ○アンモニア追出槽

- 4) 下水道の水生生物影響に関する調査研究, 下水道新技術研究所年報, 2/2巻(2004).
- 5) 日本原燃株式会社, 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, 文部科学省 原子力システム研究開発事業, 平成19年度 成果報告書(2008).
- 6) 岩谷瓦斯株式会社, 安全データシート(液化アンモニア), (2017).

### ○転換槽

- 7) 齊藤秀ほか, 気象庁における全炭酸濃度・全アルカリ度観測, 測候時報 第82巻特別号(2015).
- 8) 丸善株式会社, 化学便覧 基礎編(改訂5版).

# 添付-14 炭酸塩廃液、スラリー廃液の一軸圧縮強度測定結果(ビーカー試験)

## ビーカー規模試験方法

ビーカー規模試験では、調整した模擬廃液にセメント材を入れ、小型混練機あるいは薬さじにより混練を行った。混練によりペースト状となった廃液は、流動性(フロー値)の測定を行った後、型枠へと流し込み、所定温度(20~80°C)で1日保持(養生)後に固化体の硬化及びブリーディングの有無の確認を行った。その後、脱型した上で、混練28日後に一軸圧縮強度測定を実施した。

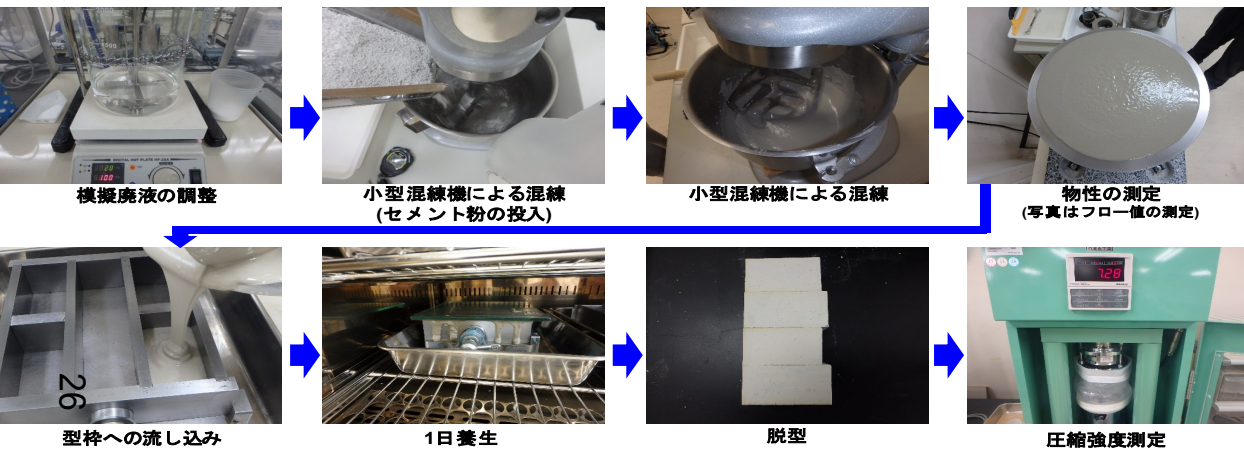


図14-1 ビーカー試験の手順

表14-1 試験でのセメント固化体の管理目標

確認項目	LWTFに導入するセメント固化体の管理目標	技術基準 (JNFL埋設事業の場合)	管理目標の設定理由
一軸圧縮強度	8MPa以上	7.84MPa以上 適切な練り混ぜが行われたセメント固化多いの一軸圧縮強度の値 (一軸圧縮強度としての基準は1.47MPa)	JNFL埋設事業における基準の場合、適切な練り混ぜを示す根拠として運転記録等又は、超音波伝播速度からの固化体の強度の推定がある。基準として7.84MPa以上があり、これに準拠した。
硬化日数	混練翌日に硬化していること。		LWTFで固化体を作製する際の養生期間を想定した際に1日以内に硬化している必要があるため。
ブリーディング※	混練翌日に無いこと。		LWTFで作製する固化体のドラム缶の腐食を防ぐため。

※ブリーディングとは、水とセメントが材料分離し、固化体上面に水が浮くこと。

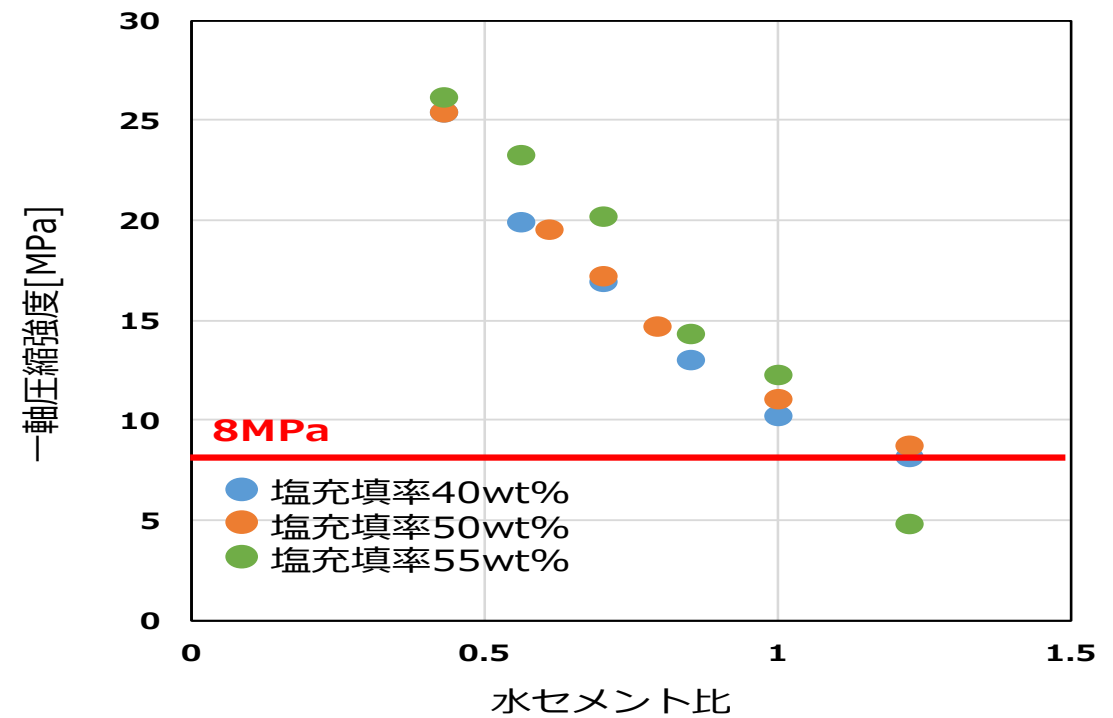
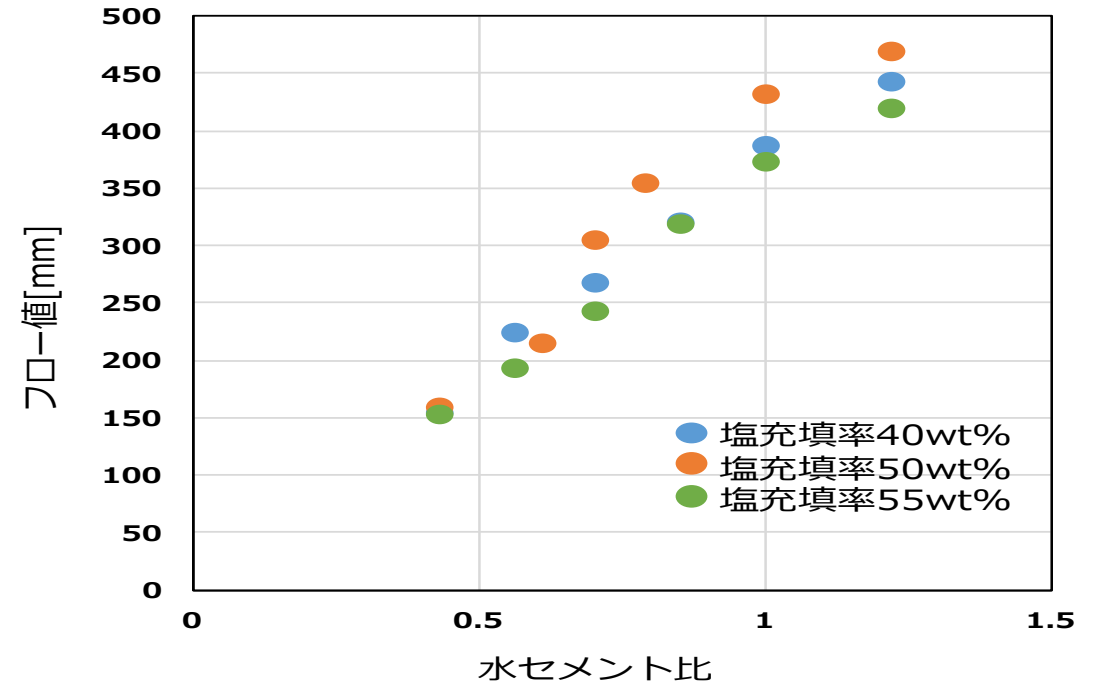


図14-2 ビーカー試験結果の一例

スラリー廃液における固化条件の把握結果 (上図：フロー値、下図：一軸圧縮強度)

## 試験結果

ほぼすべての条件で目標を満たすことを確認した。

# 添付-15 リン酸廃液の中和(不溶化)処理によるセメント固化

## 概要

リン酸廃液は、pH4程度の酸性廃液でありセメント固化するためには、中和処理が必要となる。さらに、リン酸廃液に含まれるリン酸イオンは、セメント中のカルシウムと反応することでセメント固化反応に支障を来す。このため、あらかじめリン酸イオンをカルシウムで不溶化し、廃液内のリン酸濃度を低下させることで、リン酸による固化の阻害を軽減させ、合わせて廃液の中和を実施する。リン酸廃液を不溶化処理した上でセメント固化する際の影響を確認した。

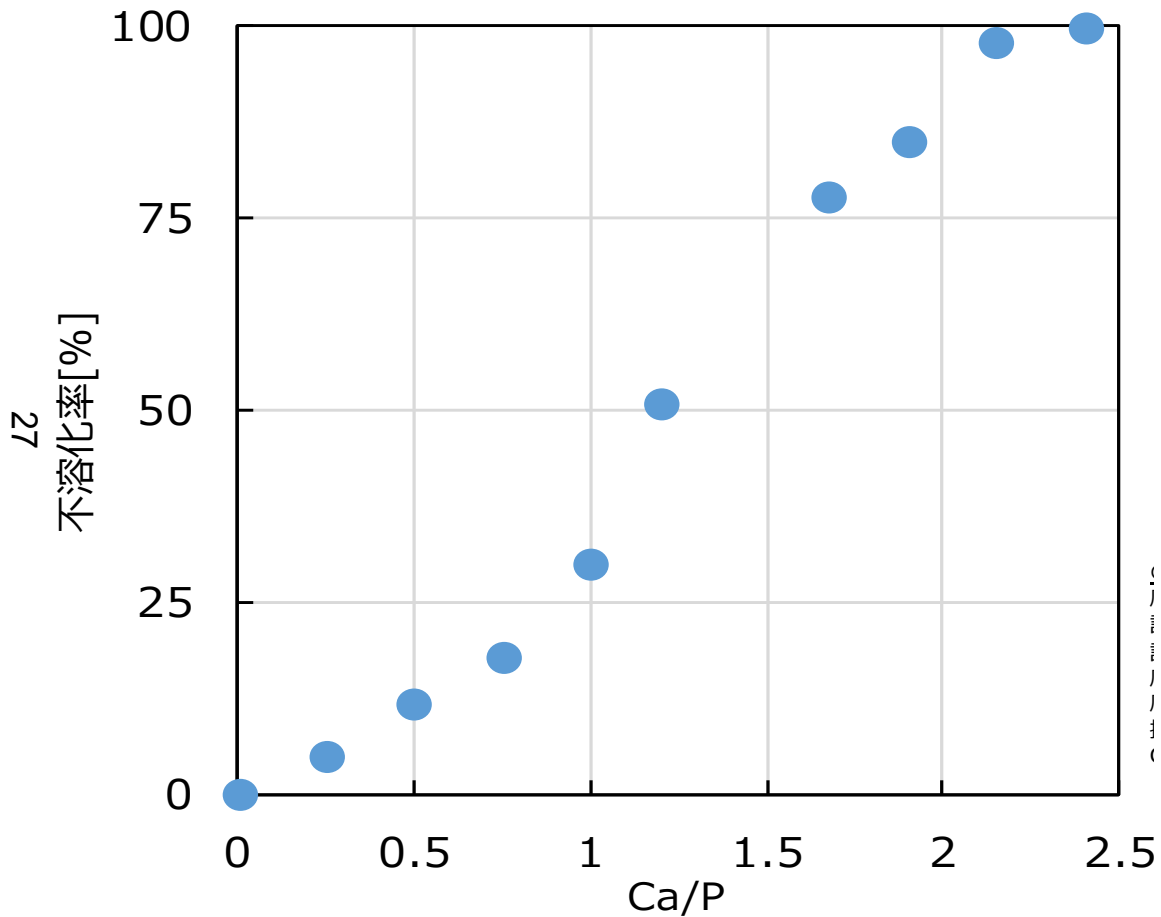


図15-1 水酸化カルシウムの添加量とリン酸イオンの不溶化率の関係

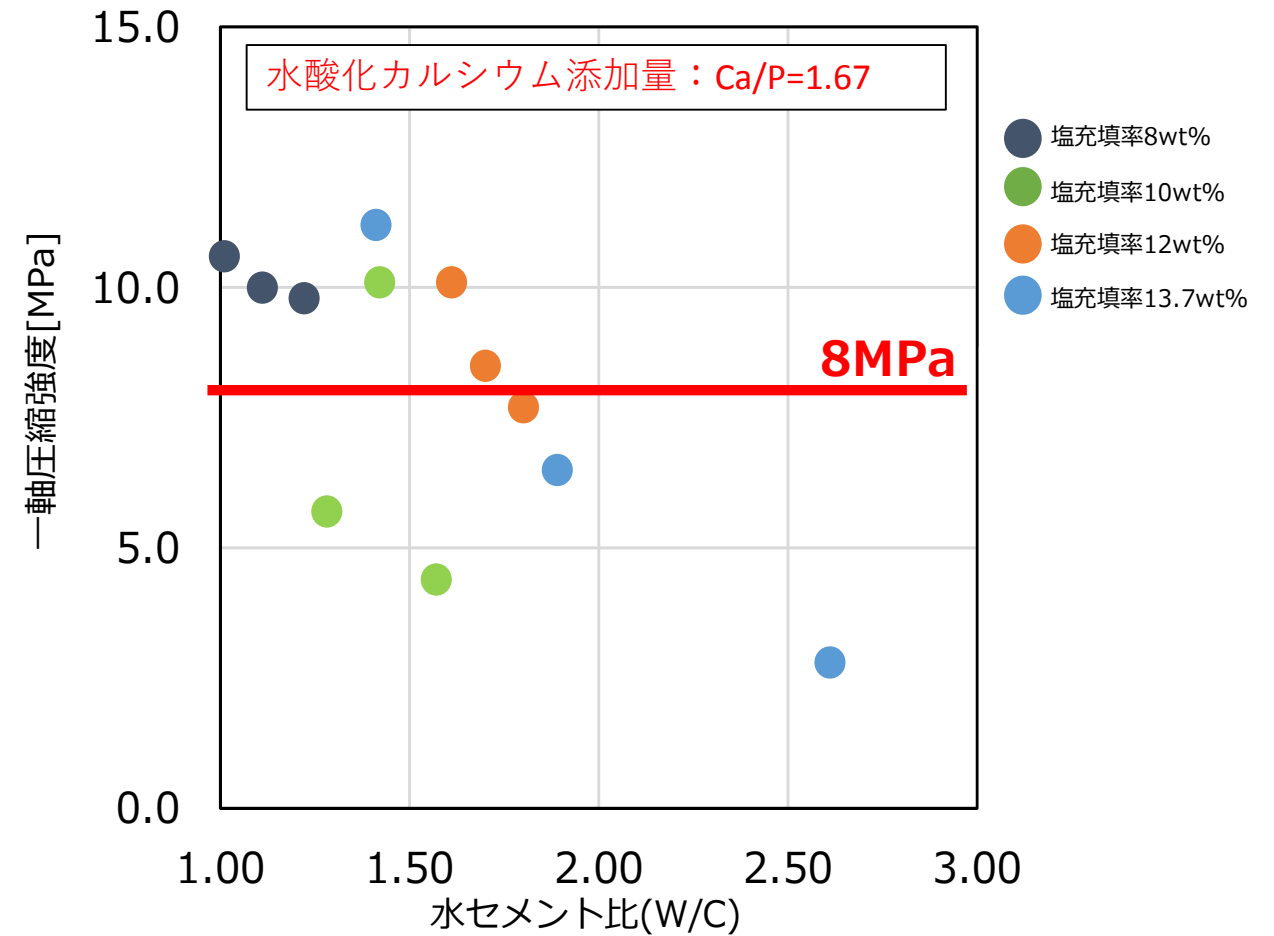


図15-2 水酸化カルシウムで不溶化したリン酸廃液の固化体の一軸圧縮強度測定結果

## 試験結果

水酸化カルシウムを添加することで、廃液内のリン酸イオンを不溶化できることを確認した。

## 試験結果

水酸化カルシウムをCa/P=1.67で添加した際、塩充填率約13.7wt%までの範囲で、目標とする一軸圧縮強度が発現する条件を確認した。

# 添付-16 スラリ廃液における不純物影響確認

## 概要

スラリ廃液には $\text{NaNO}_3$ 、 $\text{NaNO}_2$ 、 $\text{NaHCO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ の主要組成の他、様々な不純物が含まれている。これらについて、固化する際の影響を調査した。試験では下表の主要組成と不純物を全て添加し、水セメント比を変動させ、影響の確認を行った。

表16-1 主要組成と不純物の投入形態と全体量における重量比

塩の投入形態	重量比[wt%]	塩の投入形態	重量比[wt%]
$\text{NaNO}_3$	30.52	$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.009
$\text{NaNO}_2$	4.8	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.032
$\text{NaHCO}_3$	0.93	$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	0.302
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	0.58	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	0.074
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	0.57	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	5.282
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}^*$	0.93	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	1.994
$\text{NaOH}$	1.980	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.519
TBP	飽和**	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.582
DBP	飽和**	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	1.665
ドデカン	飽和**	$\text{Na}_2\text{Ti}_3\text{O}_7$	0.031
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	2.493	$\text{V}_2\text{O}_5$	0.029
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	1.237	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.119
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.317		

\*不溶解成分の $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 分,

\*\*飽和溶解度がTBP:280mg/L(25°C),DBP:1.8g/100mL(20°C),

ドデカン:0.0037mg/L(25°C)であることから重量比はそれぞれ

0.01wt%,0.36wt%,0.0000001wt%となる見込み



写真16-1 不純物をすべて投入したスラリ廃液の様子

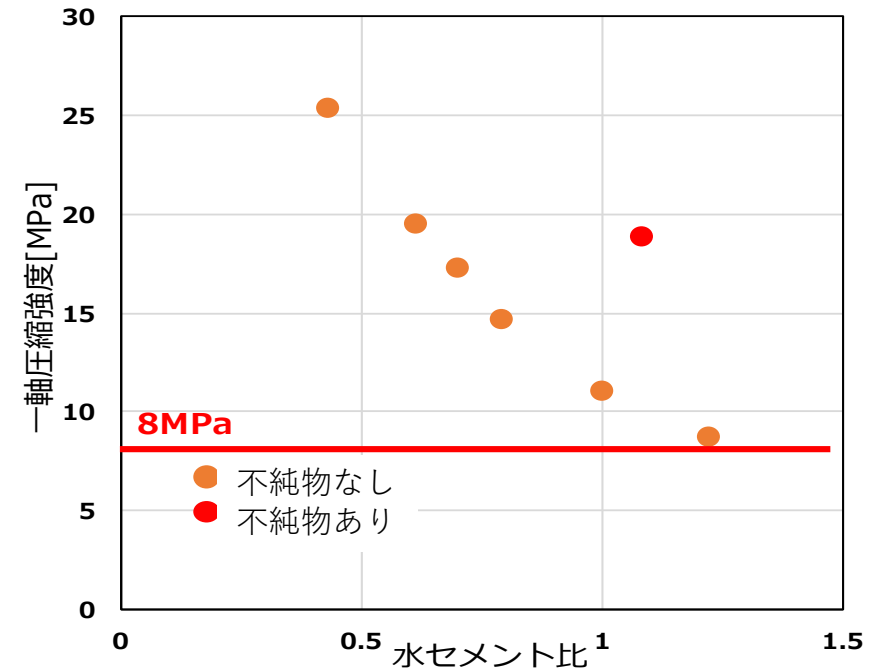
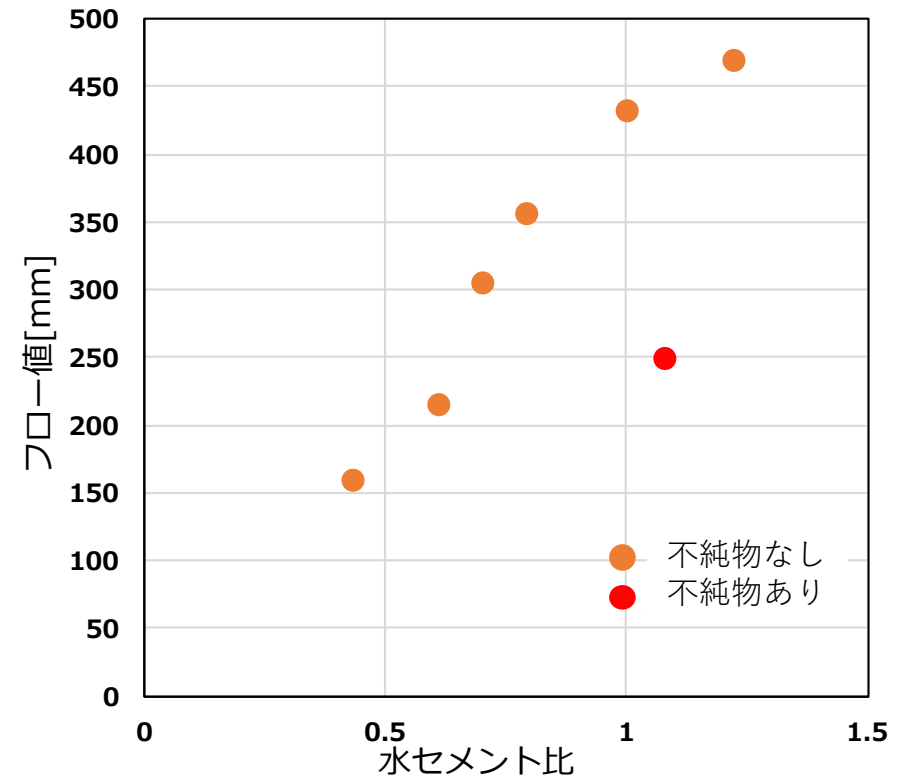


図16-2 スラリ廃液における夾雑物の影響確認結果  
(上図：フロー値、下図：一軸圧縮強度)

## 試験結果

不純物は、混練物の流動性を低減させるとともに、粘度を上げる状況を確認した。一方、固化体の一軸圧縮強度は向上することを確認した。

# 添付-17 セメント固化体からの水素発生評価及び対策

## 概要

スラリ廃液及びリン酸廃液のセメント固化体には放射性物質が含まれるため、ここから生じるガンマ線により固化体中の水分が分解されて水素ガスが発生し、これが固化体容器（200Lドラム缶）内に滞留する懸念がある。水素ガスの発生量は、一般に、水素生成G値（以下、 $G(H_2)$ ）を用いて算出されるが、セメント固化体の $G(H_2)$ は、固化する廃液成分や使用するセメント材の組成によって異なると考えられる。このため、スラリ廃液及びリン酸廃液のセメント固化体の模擬試料を作成した上でガンマ線を照射し、発生した水素ガスを定量することで $G(H_2)$ を求めた。

試験の結果、スラリ廃液及びリン酸廃液のセメント固化体は、原子力発電所から発生するセメント固化体の持つ $G(H_2)$ と同程度の値を持つことが分かった。

29



混練  
(ビーカー規模)



図17-2 成型後の照射用固化体

## 対策

スラリ廃液及びリン酸廃液の固化体に含まれる放射性物質の量と今回得られた $G(H_2)$ を用いて、水素ガスの発生量を算出した上で、これが固化体容器（200Lドラム缶）内に滞留しないよう、容器蓋にフィルタを付ける設計とした。

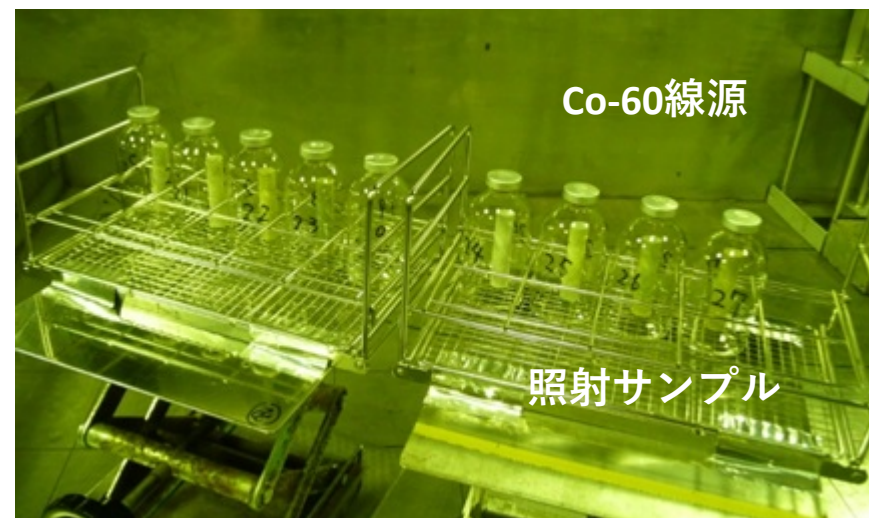


図17-3 QST高崎Co-60施設でのガンマ線照射の状況（概要）

表17-1 各セメント固化体の $G(H_2)$ \*の測定結果

固化体	$G(H_2)(n/100eV)$
スラリ廃液のセメント固化体	0.04
リン酸廃液のセメント固化体	0.06
原子力発電所から発生するセメント固化体	0.08~0.15

\*放射線により100eVのエネルギーが吸収された場合に生成する $H_2$ 分子数

# 添付-18 セメントの物性値確認から実設備反映

## 概要

LWTFで使用するセメントの粉体物性データを採取し、採取したデータから得られるカーの指数※1に基づき、使用するセメント材の物性値を確認した結果、閉塞を解除するための対策が必要であることを確認した。

### ※1：カーの指数

粉体の圧縮度、安息角などの数項目の測定結果から、総合的に流動性及び噴流性を点数化し、粉体機器の設計及び選定の基本とする。

表18-1 カーの指数による分類

流動性の程度	ホッパ出口での閉塞防止対策	セメント材
極めて高い	対策不必要	—
かなり高い	対策不必要	—
高い	対策が必要な可能性有り	—
普通	対策が必要な場合もある	—
低い	何らかの対策が必要	—
かなり低い	強力な対策が必要	—
極めて低く	特別な対策が必要	<ul style="list-style-type: none"> <li>炭酸塩廃液用セメント</li> <li>リン酸廃液/スリ廃液用セメント</li> </ul>

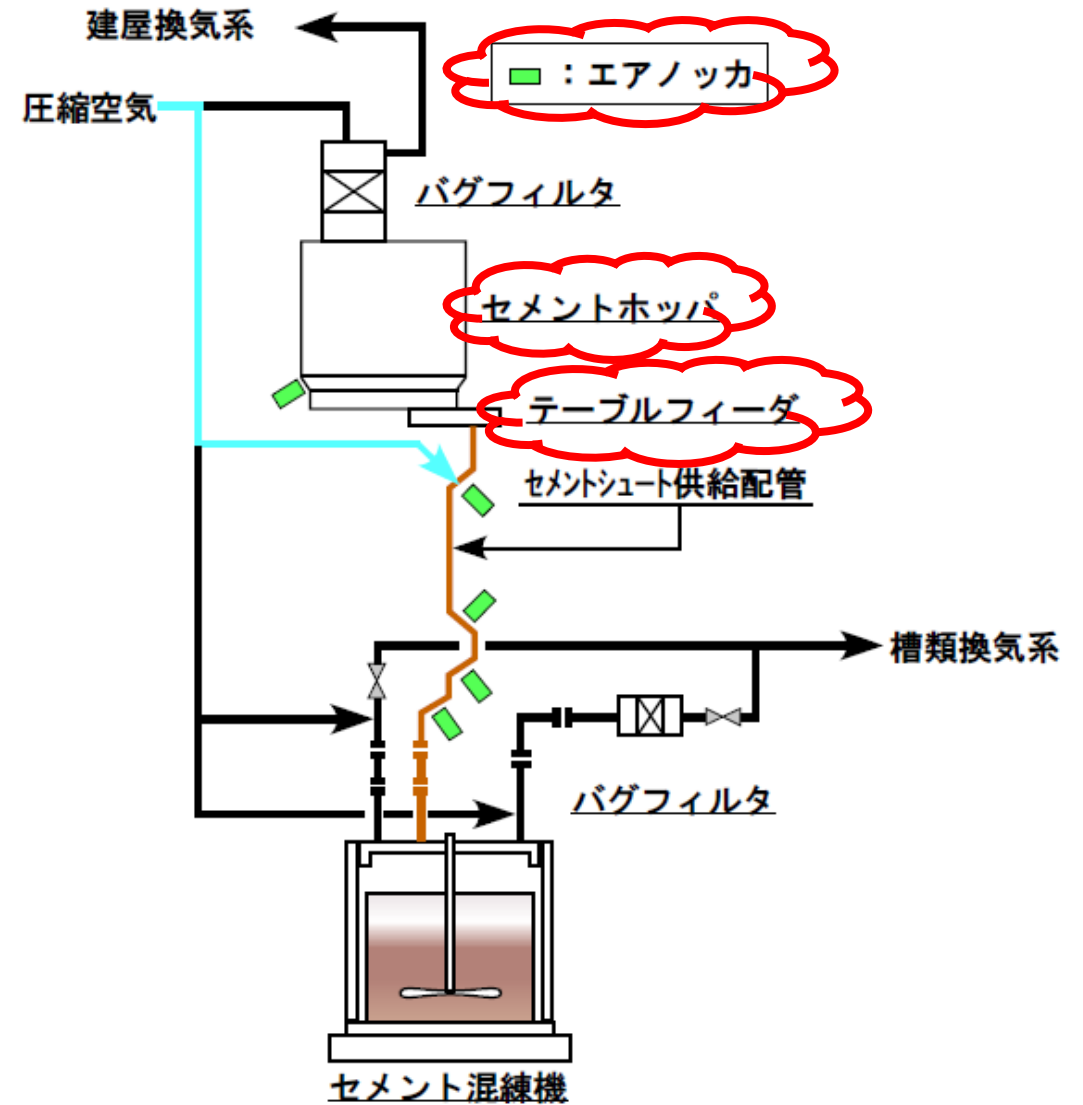


図18-1 セメントの物性値から実設備へ反映した内容

## 結果

カーの指数の分類において、LWTFで使用するセメントは、流動性が低いため、ホッパ出口での閉塞防止対策として特別な対策が必要であるに分類されることを確認した。

## 対策

LWTFでは、セメントホッパ口径を大きくし、安定な粉体供給が可能となるテーブルフィーダを採用する。また、配管にはエアノッカをセメント供給配管に設置し、閉塞を除去する構造を導入することで、安定したセメントの定量供給ができるよう設計へ反映した。



# 添付-19 危険物判定試験

## 試験概要

スラリー廃液の主成分である硝酸ナトリウムは、危険物(第1種酸化性固体)に該当することから、固化処理および貯蔵時の安全性を評価するため、これを充填したセメント固化体が危険物に該当するか否かを判定試験により確認した。

## 試験方法

消防法が定める危険物確認試験方法に従い、下記(1)～(4)の試験を実施して危険性を判定した。

### (1)鉄管試験

試験物質と可燃性物質との混合品を鉄管に詰め、伝爆薬で起爆したときの鉄管の破裂の程度により危険性を判断する。

### (2)大量燃焼試験

試験物質と可燃性物質の混合試料を作製し、燃焼に要する時間を標準物質と比較する。

### (3)燃焼試験

試験物質と可燃性物質の混合物を作製し、燃焼に要する時間を標準物質と比較する。

### (4)落球式打撃感度試験

#### 落球式打撃感度試験

試験物質と可燃性物質から製作した試験試料に鋼球落下衝撃を与え、50%以上の確率で爆発を起こすか否かにより危険性を判断する。



試験(1)及び(2)で使用した試料



試験(3)及び(4)で使用した試料

※ 標準の塩充填率50wt%より多い55wt%の試料を製作し試験を実施した。

## 試験結果

### (1)鉄管試験

セメント固化体(ブロック状)とセルローズ粉の混合物を鉄管に入れ、雷管を用いて爆発させて、鉄管の破裂具合を確認した結果、セメント固化体が入っている部分の鉄管は、破裂しなかった。  
→危険性無し

### (2)大量燃焼試験

セメント固化体(ブロック状)と木粉を混合した物の燃焼時間を測定した結果、試料に着火することはなかった。  
→危険性無し

### (3)燃焼試験

セメント固化体(粉状)と木粉を混合した試料の燃焼時間を測定する試験であるが、試料に着火することはなかった。  
→危険性無し

### (4)落球式打撃感度試験

セメント固化体(粉状)と赤リンを混合した物へ鋼球を落下させた結果、一度も爆発は生じなかった。  
→危険性無し



鉄管試験結果



大量燃焼試験結果



燃焼試験結果

- スラリー廃液を充填したセメント固化体試料は、試験の結果、「非危険物」の判定結果となった。
- LWTFで作製を計画しているセメント固化体は危険物に該当しないことを確認した。

# 添付-20 工学規模(200Lドラム缶規模)で製作した固化体の物性確認

## 概要

ビーカー規模から工学規模(200Lドラム缶規模)にスケールアップすることで、ビーカー規模では確認できなかったセメント及びスラリ分(スラリ廃液に含まれる夾雑物やリン酸廃液の不溶化したリン酸カルシウム等)の分離やセメントの硬化する際の反応熱による影響が発生する可能性がある。試験では、スケールアップした固化体の物性確認を行った。

## 工学規模の方法

模擬廃液を200Lドラム缶内で調整後、セメントを添加し、実規模混練装置を用いて混練した。翌日、固化体の硬化及びブリーディングの有無を確認した。その後、27日経過後にボーリングによりコアサンプルを採取し、翌日(混練28日後)、一軸圧縮強度を測定した。

## 試験結果

工学規模(200Lドラム缶規模)で混練試験を行った結果、各廃液の浮き水が発生せず、1日で硬化し、十分な一軸圧縮強度が発現する条件(LWTFの固化体の管理目標を満たす条件)を確認した。

また、各廃液の固化体は、試料の採取位置(ドラム缶底からの高さ、内側部/外側部)によって密度に違いは無く、均一に混合されていることを確認した。

### 試験体作製



溶液の調整



攪拌翼



セメントの投入と混練

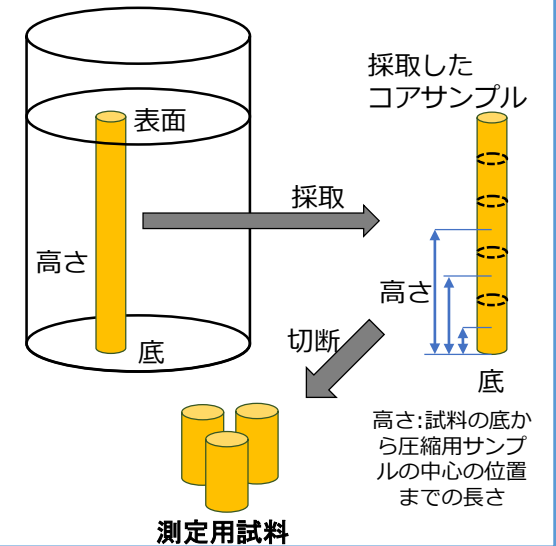
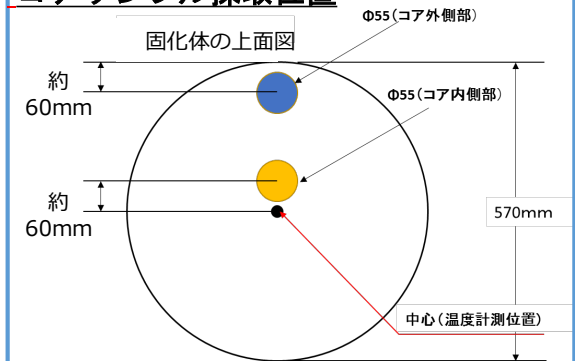


混練後の固化体(翌日硬化確認)



工学規模試験装置(ドラムミキシング方式)

### コアサンプル採取位置



### 硬化後物性測定



コアサンプルの採取



採取したコアサンプル



圧縮強度測定

図20-1 工学規模試験の概要

表20-1 工学規模の各廃液の固化体におけるLWTFの管理目標を満たす条件

処理対象廃液	塩充填率 [wt%]	水セメント比	セメント材	1日後の浮き水	1日後の硬化状況	一軸圧縮強度 [MPa]
スラリ廃液	50	0.56	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	なし	硬化	23.9
リン酸廃液	14	1.37	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	なし	硬化	9.5
炭酸塩廃液	17	0.75	高炉セメントC種に高炉スラグ微粉末を添加したセメント	なし	硬化	12.5

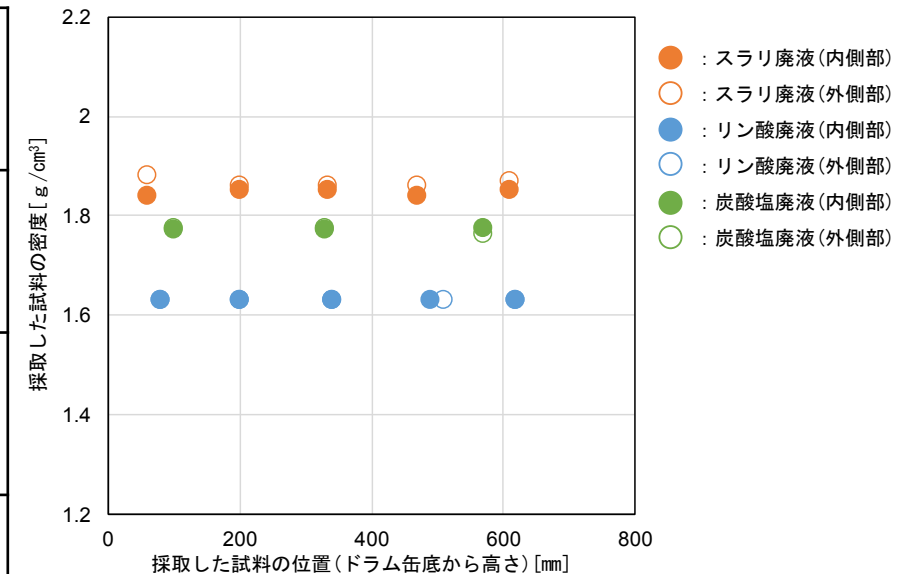


図20-2 工学規模でのセメント固化体の密度測定結果

# 添付-21 実規模での運転条件の設定

## 概要

セメント固化において、運転条件(セメント供給量、水分量、廃棄物量)を設定する際、廃液の分析や蒸発缶蒸発濃縮時の重量測定の結果を用いるが、これらの値には誤差が含まれるため、設計の想定から外れた条件で混練が行われる可能性がある。このため、水セメント比と塩充填率をパラメータとし混練試験を行い、運転時の誤差の影響範囲が良好にセメント固化出来る配合条件範囲内に収束することを確認した。

表21-1 誤差範囲の設定

誤差要因	誤差	設定根拠
セメント供給量	±1%	工学規模試験で配管等に残留したセメント量より設定
水分量	0~+4%	既設蒸発缶の試運転結果より設定
廃棄物量	±3%	同様の分析工程の誤差から設定

表21-2 想定する各廃液の塩充填率及び水セメント比の変動範囲

廃液種類	塩充填率変動範囲	水セメント比変動範囲
炭酸塩廃液	±1wt%	±0.05
スラリー廃液	±3wt%	±0.10

33

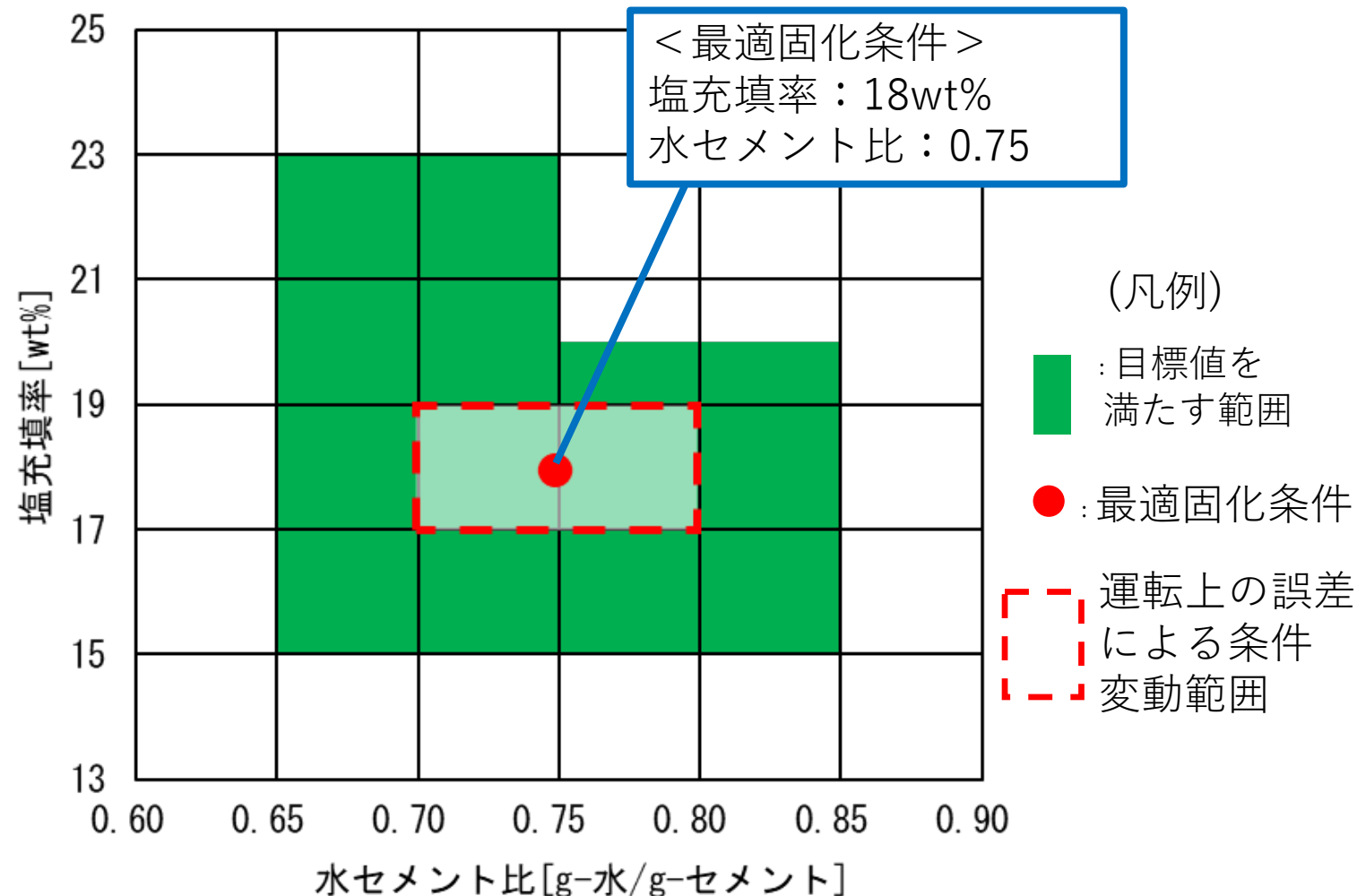


図21-1 炭酸塩廃液のセメント固化試験結果 (実規模試験)

# 添付-22 リン酸廃液のセメント固化における誤差の低減

## 概要

リン酸廃液は、水酸化カルシウムでの処理を行った場合でも、良好に固化出来る条件の範囲が狭い。この対策として、実設備では、計量ポットで規定量を測り取り、直接ドラム缶に供給する方法を採用した。また、蒸発缶で濃縮操作を行うと、塩が残留するなどの影響があることから、蒸発缶での濃縮操作を行わないこととした。

①廃液組成分析  
廃液中の全塩濃度を測定し、廃棄物充填量、水分量やセメント投入量を決定する。

②濃縮操作  
廃液に含まれる余分な水分を蒸発させる。

③セメント混練  
セメントや添加剤をドラム缶に投入し、混練する。

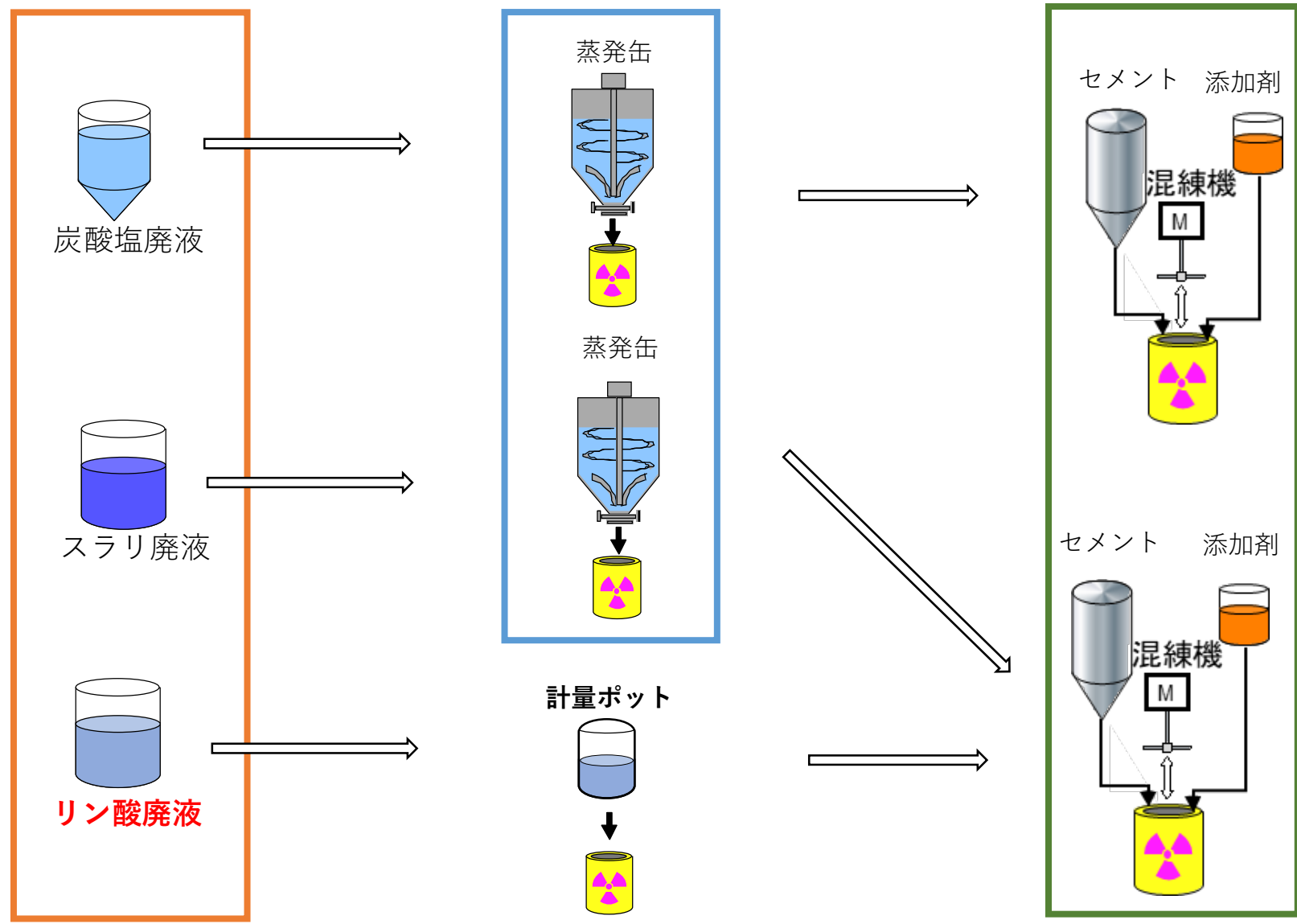


図22-1 LWTFにおけるセメント固化工程における誤差が大きく発生する操作

# 添付-23 二段翼の攪拌翼の採用

## 概要

不純物を含むスラリー廃液を用いた工学規模(200Lドラム缶規模)の混練試験において、得られた固化体の上部と下部で一軸圧縮強度に大きなばらつきが見られ、均一な固化体が製作できていないことを確認した。原因は、混練時、セメント材と廃液が硬化する前に、廃液中の不純物が沈殿したためと考えられる。

※沈殿が骨材として作用し、底部に向かうほど一軸圧縮強度が増加したと予想(図23-1参照)。ドラム缶最底部では一軸圧縮強度が低下しているが、ここは攪拌翼がある位置であり、硬化が始まった後に攪拌翼によるせん断力が加わり、結合が弱まったと考える。

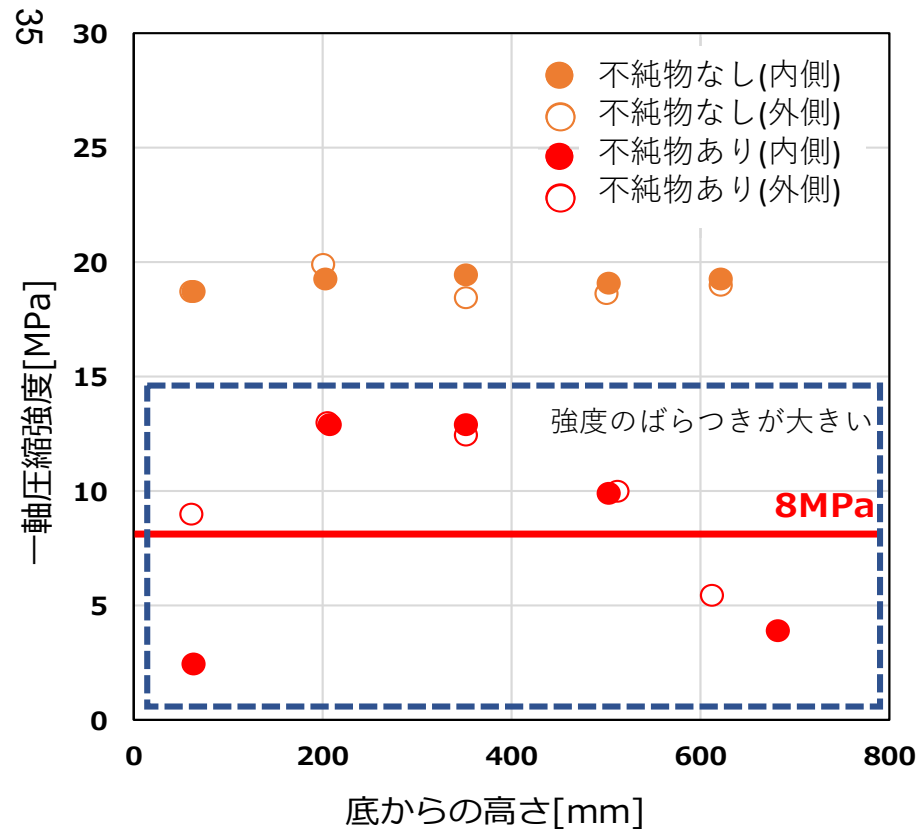


図23-1 不純物を添加の有無による圧縮強度の変化

## 対策

- 不純物が沈殿しないように、混練時のセメントペーストの持つ粘度を高めた(水分を減らした)配合とした。
- 粘度を高めた場合、セメントペーストを均一に混練するためには、流体の対流を利用する「一段翼」では十分な攪拌性能が得られないため、二段翼の攪拌翼を採用した。

## 結果

- 得られた固化体中に一軸圧縮強度のばらつきは無く、均一な固化体が得られるようになった。
- 水分量を減らしたことにより、全体的に一軸圧縮強度が向上した。
- 水分を減らし粘度が上がったセメントペーストでも、二段翼の攪拌翼を用いることで良好に混練できることを確認した。

⇒粘度が高い条件で混練するスラリー廃液、リン酸廃液を固化する設備の設計へ反映した。

- 水分量の減少
- 二段翼の攪拌翼の採用

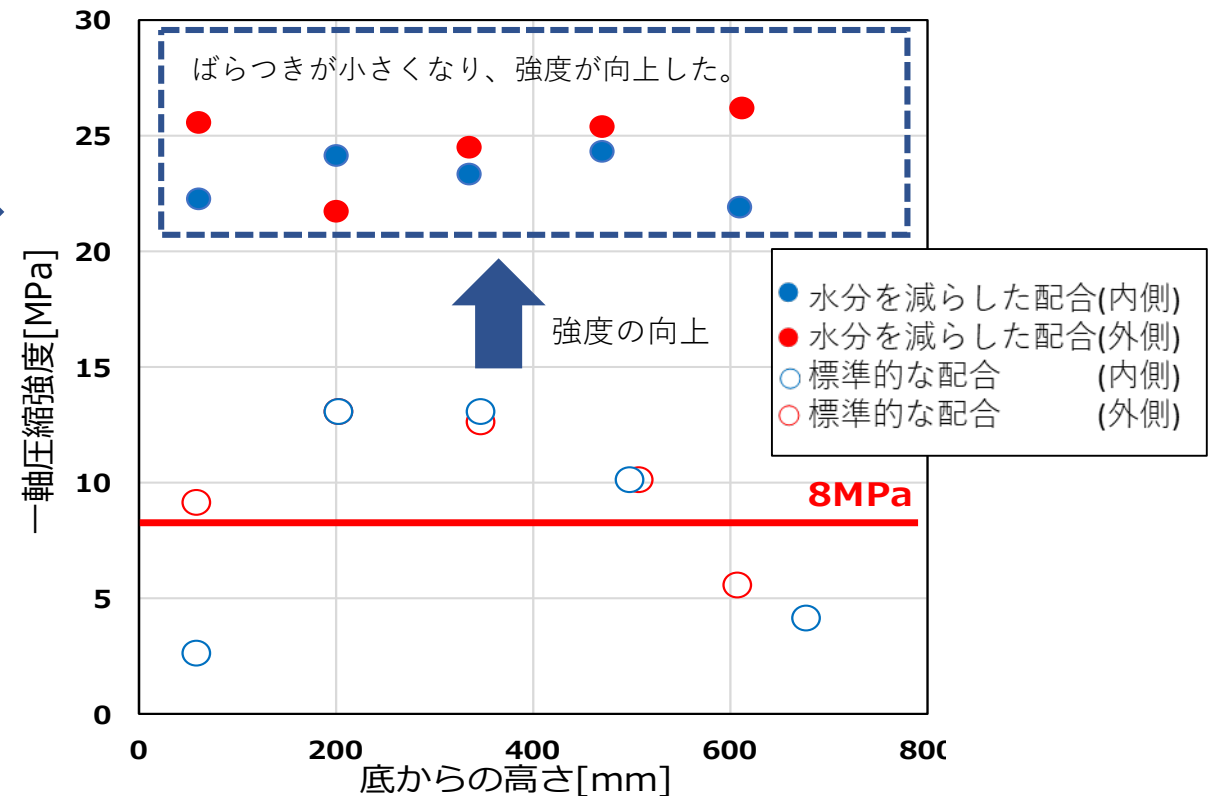


図23-2 水分を減らし、二段翼の攪拌翼を採用したことによる改善効果

# 添付-24 セメント供給配管の閉塞対策(工学規模試験で把握した事項)

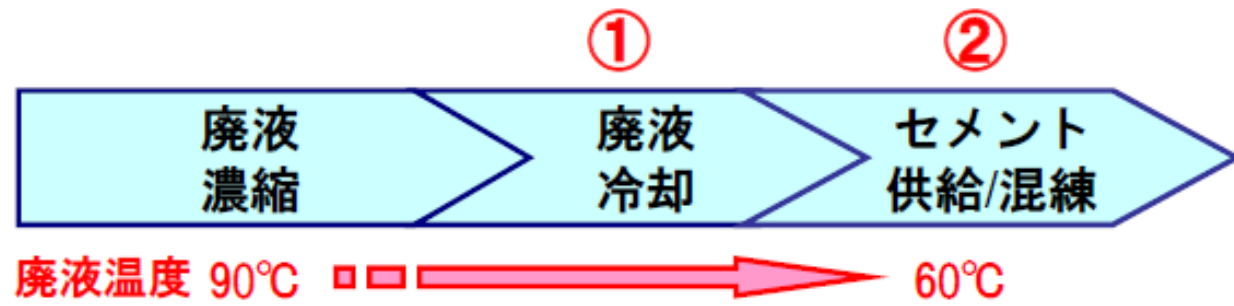


図 セメント混練プロセス

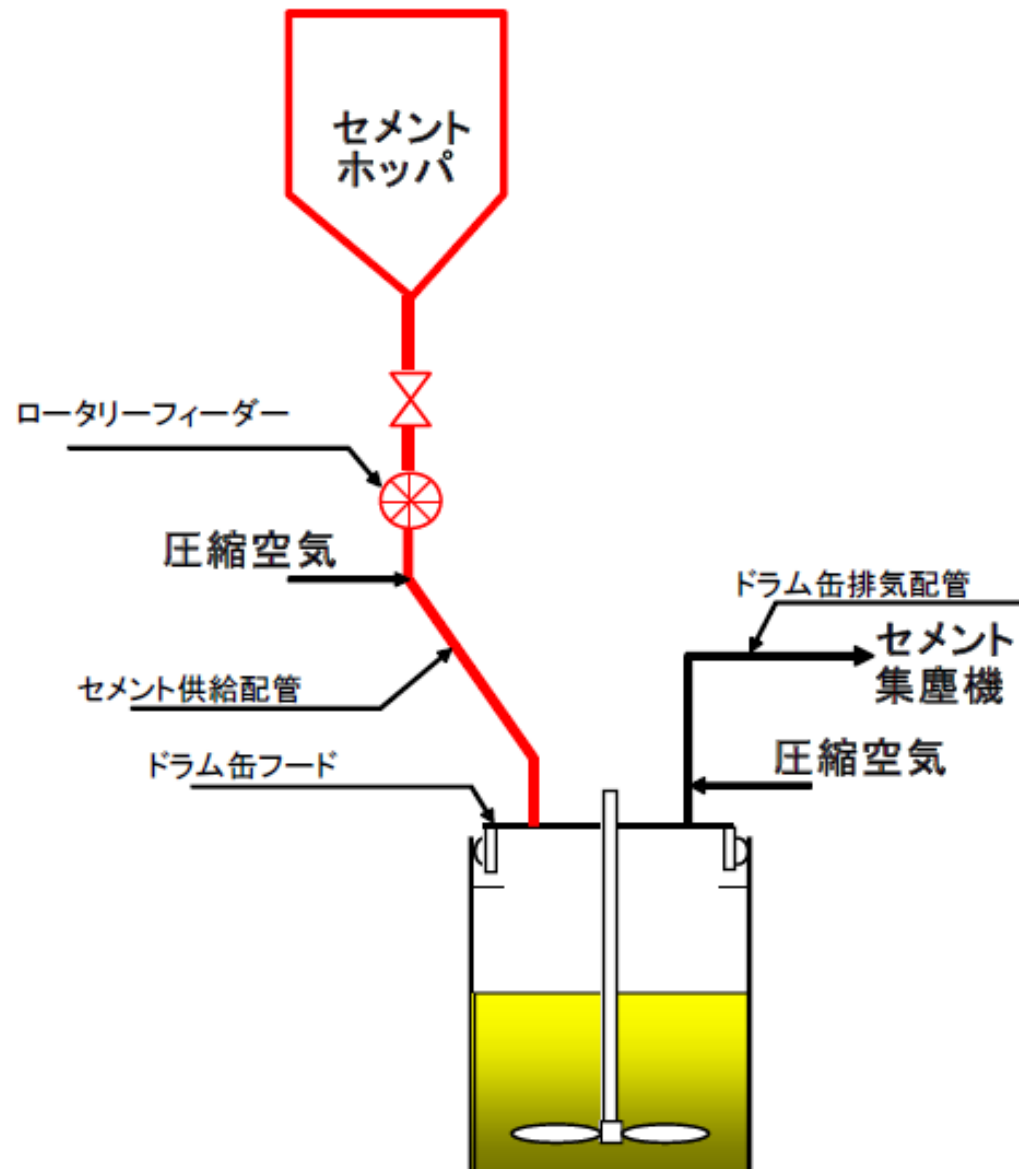


図24-1 工学規模試験装置のセメント供給系統

## ■セメント供給時の残存状況及びホッパ内の状況の確認

### 【試験方法】

セメントホッパにセメントを100kg装荷。ドラム缶へセメントを繰返し供給。配管部の残存量を測定。

### 【試験結果】

- ・セメントホッパ内でセメントの圧密やブリッジを確認した。
- ・セメント供給配管には、一回の供給で200~300gのセメントが残存。
- ・スーパーセメントの安息角は54°

## ■セメント供給系統の水蒸気結露対策

### ① 廃液冷却時(90°C→60°C)の結露対策

#### 【試験方法】

沸騰した硝酸ナトリウム水溶液の入ったドラム缶を混練装置に設置。セメント供給配管へ供給する圧縮空気流量を変化させて水蒸気結露の発生の有無を目視確認。

#### 【試験結果】

8.0Nm<sup>3</sup>/h以上の圧縮空気流量で水蒸気結露は消滅。

### ② セメント混練中の結露対策

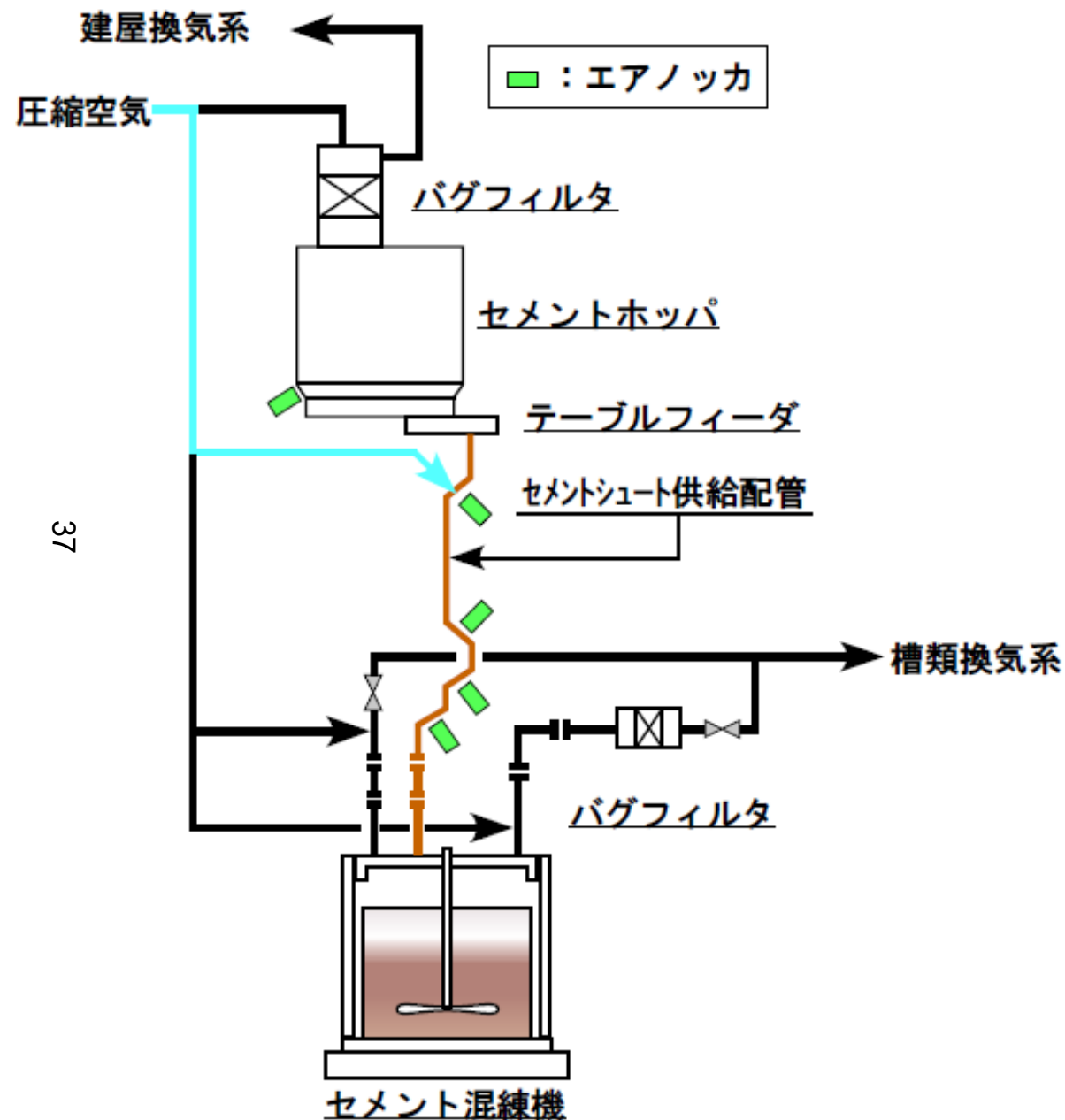
#### 【試験方法】

60°Cに昇温した硝酸ナトリウム水溶液の入ったドラム缶を混練装置に設置。セメント供給配管へ供給する圧縮空気流量を変化させて水蒸気結露の発生の有無を目視確認した。

#### 【試験結果】

1.8Nm<sup>3</sup>/h以上の圧縮空気流量で水蒸気結露は消滅。

# 添付-25 セメント供給配管の閉塞対策(設計への反映事項)



## ■セメント閉塞防止

- ・セメントホッパ及びセメントシュート管傾斜部分には**エアノッカ**を設置する。
- ・セメントシュート管内面は**バフ(#400)**仕上げとする。
- ・セメント供給配管は全て**60°**以上の勾配をつける。

## ■セメント供給系統の水蒸気結露対策

### ①廃液冷却時の結露対策

セメントシュート供給配管に**12.0Nm<sup>3</sup>/h(8.0Nm<sup>3</sup>/h以上)**供給する。

### ②セメント混練中の結露対策

セメントシュート供給配管に**3.0Nm<sup>3</sup>/h(1.8Nm<sup>3</sup>/h以上)**供給する。

## ■閉塞時対策

セメントシュート管のうち、セメント混練機直近部分に**フランジ部**を設置することで、万が一セメントシュート管が閉塞した場合でも清掃が実施できるシステムとした。

図25-1 LWTFセメント混練装置（実設備）のセメント供給系統

## 低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)に係る津波対策について

令和 3 年 3 月 22 日  
再処理廃止措置技術開発センター

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及びそれらに関連する施設以外の分離精製工場(MP)等の施設については、設計津波に対し、有意に放射性物質を建家外に流出させないことを基本とした措置を講ずることとしており、LWTFについても有意に放射性物質を建家外に流出させないことを基本とした措置を講ずることとする。

分離精製工場(MP)等の施設については、低放射性廃液等を貯蔵する施設に設置されている貯槽等の大部分は、耐震性・耐津波性を期待できる地下階のセル・部屋に設置されており、設計津波に対しても機器・容器またはセル・部屋の障壁は維持され、貯槽内の溶液は、貯槽内または地下階のセル・部屋内で保持される。また、地上階に設置されている貯槽等についても、設計津波に対しても機器・容器の障壁は維持され、貯槽内の溶液は貯槽内で保持されるとしている。

一方、LWTFについては、分離精製工場(MP)等の施設と同様の評価を実施した場合に、地下階のセル・部屋については、耐震性・耐津波性を期待でき、設計津波に対しても機器・容器またはセル・部屋の障壁は維持され、貯槽内の溶液は、貯槽内または地下階のセル・部屋内で保持される。但し、地上階については、設計津波に対して、障壁の維持が難しいグローブボックスやサンプリングベンチがあるため、地上階については、設計津波に対する対策が必要と考えている(添付1、2参照)。

今後、地上1階の機器を対象に、設計津波襲来時に有意に放射性物質を建家外に流出させない対策を検討していく。

以上



表 LWTFに設置する主な機器類の設計地震動相当の外力に対する耐震性及び設計津波高さ(約5.3m)における耐圧性の評価結果

添付1

階層	機器	設置場所	耐震性	耐圧性	備考	階層	機器	設置場所	耐震性	耐圧性	備考	階層	機器	設置場所	耐震性	耐圧性	備考		
B2F	処理済液受槽	L22V10	○	×		B1F	乾燥機	L15M11	○	—	・将来更新予定	1F	サンプリングベンチ	L03SB10	○	×			
	供給槽	L22V11	○	×			デミスタ	L22D201 L22D211	A033	○	○			サンプリングポット	L03V1006	○	○		
	粉体充填機	L15M12	○	—			凝縮器	L22H30 L22H31		○	○			サンプリングベンチ	L03SB11	○	×		
	処理済液蒸発缶	L22E20.21	○	○			凝縮液受槽	L22V32 L22V33		○	○			開放ポット	L03V1102	○	○		
	分析廃液受槽	L03V40	○	○			凝縮器	L15H14	A034	○	○		・更新予定	循環水冷却器	L14H703	○	○		
	廃液受槽	L15V10	○	×			pHポット	L28V602		○	○			循環水受槽	L14V70	○	○		
	凝縮水受槽	L15V15	○	×			鉄セル	L03M20	A035	○	—			ドレンポット	L87D40 L87D42	○	○		
	凝縮水移送用受槽	L15V152	○	×			分解槽	L28V20 L28V21 L28V22 L28V23		○	○		・将来設置	ドレンポット	L87D41	○	○		
	凝縮液貯槽	L22V60	○	×			廃触媒フィルタ	L28F203		○	○		・将来設置	ドレンポット	L87D101	○	○		
	プロセス廃液受槽	L71V10	○	×			オフガス凝縮器	L28H204 L28H214 L28H224 L28H234	A037	○	○		・将来設置	灰充填装置 (GB)	L14M39 L14GB391	A127	○	—	
	受入槽	L28V10	○	×	・将来設置		分析ポット	L28V207 L28V217 L28V227 L28V237		○	○		・将来設置	スラリー蒸発缶	L23E20	R172	○	○	
	分解液槽	L28V30	○	×	・将来設置		分離ポット	L03V1001		○	○			計量ポット	L27V40		○	○	
	アンモニア分離槽	L28V40	○	×	・将来設置		分離ポット	L03V1003		○	○			ろ過器	L21F112 L21F113	R173	○	○	
	転換槽	L28V60	○	×	・将来設置		スラリー受槽	L23V10	R071	○	×		セル満水時の津波高さ 3.177m	ろ過器	L21F152 L21F153		○	○	
	廃液受入槽	L28V90	○	×	・将来設置		水封槽	L23V103		○	○			ろ過器	L21F302 L21F303 L21F304		○	○	
	中間貯槽	L23V13	○	○			分離ポット	L03V1008		○	○			ろ過器	L21F352 L21F353 L21F354		○	○	
	凝縮液貯槽	L23V60	○	×	セル満水時の津波高さ 5.313m		分離ポット	L03V1010		○	○			HEPAフィルタ	L45F21 L45F22		○	○	
受入貯槽	L21V10	○	×	セル満水時の津波高さ 5.313m	分離ポット	L03V1012	R072	○	○		廃吸着剤貯槽	L21V55	R174	○	—	ライニング貯槽			
水封槽	L21V103	○	○		供給槽	L23V11		○	×	セル満水時の津波高さ 5.313m	分離ポット	L03V1103	R175	○	○				
					水封槽	L23V113		○	○		:その他40施設と同様の評価方法を用いて、耐震性及び耐圧性を有すること確認済								
					凝縮器	L21H254		○	○		:その他40施設と同様の評価方法の結果、耐圧性が十分でない、あるいは、放射性物質を開放で取り扱うため、放射性物質流出の可能性のある機器								
					反応槽	L21V11		○	○										
					反応槽	L21V15		○	○										
					反応槽	L21V25		○	○	セル満水時の津波高さ 1.546m									
					反応槽	L21V30		○	○	セル満水時の津波高さ 1.546m									
					反応槽	L21V35		○	○	セル満水時の津波高さ 1.546m									
					中間貯槽	L21V40		○	○										
					処理済液槽	L21V65		○	○										

表 建家の耐震性及び耐津波性

名称	階	高さ方向の分布係数 (Ai)	耐震性の確認		耐津波性の確認			建家	備考
			保有水平耐力比*1	耐震性*2	最大浸水深 [m]	保有水平耐力/波力*1	耐津波性*2		
低放射性廃棄物処理技術開発棟 (LWTF)	5F	1.77	1.46	○	5.3	—	—	△*3	津波の影響がない高さ
	4F	1.54	1.40	○		—	—		
	3F	1.37	1.40	○		—	—		
	2F	1.18	1.40	○		24.64	○		
	1F	1.00	1.40	○		5.80	○		
	B1F	1.00	1.64	○		—	○		
	B2F	1.00	1.43	○		—	○		

\*1 「保有水平耐力比」及び「保有水平耐力/波力」については、NS方向及びEW方向の小さい方の値。

\*2 耐震性及び耐津波性が○の場合、建家の各階が維持されるものとして各施設の津波影響評価に反映する。

\*3 津波が流入する可能性のある窓・シャッター等があること、外壁等が比較的薄い施設については地震・津波による外壁のひび割れ部等からの海水の流入の可能性が否定できないため。

ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の

耐津波補強工事

(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

- 令和2年8月7日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和2年9月25日認可)に示した計画に従い、廃止措置計画用設計津波に対するガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の外壁について、波力と、余震、建家設計用漂流物の衝突との荷重のそれぞれの組み合わせを考慮した津波荷重に対して耐力が不足している部位(2カ所)の補強工事を実施する。
- 本補強にあたっては、材料検査、構造検査(配筋検査、型枠検査)、外観検査、寸法検査により、設計を満足していることを確認する。

令和3年3月23日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

## 1. 目的

令和 2 年 8 月 7 日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和 2 年 9 月 25 日認可)の「別添 6-1-3-3 ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟の廃止措置計画用設計津波に対する津波影響評価に関する説明書」に基づき、「Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」において、発生応力が部材耐力を超える部位(1 か所:1 階西面( ))及び裕度を確保できない部位(1 か所:北面( 有))の外壁について、外壁の内側に鉄骨梁補強あるいはコンクリートを増打ち補強を行うものである。

## 2. 設計条件

本補強においては、1 階西面( )及び北面( )の外壁について、外壁の内側に鉄骨梁補強及びコンクリート増打ち補強をすることにより、設計津波による荷重が作用したとしても当該壁面からの浸水が生じさせないようにする。これにより、建家内部に設置されている安全機能を担う設備が設計津波により機能を喪失するおそれがないようにする。

補強後の外壁の構造強度評価は、令和 2 年 8 月 7 日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」と同様の方法、手順により実施し、設計津波による波力と、余震、建家設計用漂流物の衝突による荷重の組み合わせをそれぞれ考慮した津波荷重を基に評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する(別添資料)。

## 3. 設計方針

設計津波による荷重に対して耐力が不足する箇所は、西面の扉開口部上部と北面の扉開口部周辺である。

西面の扉開口部では、両側面の壁には十分な厚さがあるものの、開口部上部の壁の厚さが薄くなっていることから、当該箇所が波力を受けた際に作用する荷重を分担させるため、鉄骨梁を外壁の内側に設置する。鉄骨梁の両端は補強対象となる壁の両側面にある厚さのある壁にあと施工アンカーにて支持させる。

また、北面の扉開口部周辺の内側には補強のため鉄筋コンクリートを増打ちするとともに、既存躯体と増打ち部分との一体性を確保するため、既存躯体にあと施工アンカーを打設して増打ち部分と連結する。

## 4. 工事の方法

本工事は、図-1 に示すように、西面の扉開口部上部と北面の扉開口部周辺である。

西面の扉開口部は、ガラス固化技術管理棟からガラス固化技術開発棟への通路であり、ガラス固化技術開発棟側の通路に足場を設置し、扉開口部上部に

鋼材をあと施工アンカーで取り付ける(図-2)。

また、北面の扉開口部はトラックロックとなり、トラックロック側よりコンクリートをハツリ、あと施工アンカー、鉄筋、型枠組立、コンクリート打設を実施する(図-3及び図-4)。

本工事を行うにあたっては、施工範囲を養生等実施したのちに行う。本工事は、扉開口部周辺の施工であり、扉やトラックロックのシャッター等の機能への波及的な影響は生じない。トラックロックは非管理区域(ホワイト区域)であることから、既定の要領に従って工事を行う。

本工事において、材料検査、寸法検査、構造検査(配筋検査、型枠検査)及び外観検査を実施する。

#### 5. 安全機能への影響

非管理区域のトラックロックの外壁及びガラス固化技術管理棟とガラス固化技術開発棟間の連絡通路の上部外壁の補強であり、施設の閉じ込め機能への影響はない。

また、工事のために足場等を設置する際には、扉の開閉や事故対処の妨げにならないようにする。

#### 6. 工事の工程

本申請に係る工事の工程を表-1に示す。

表-1 耐津波補強対策に係る工事工程表

	令和3年度						令和4年度			備考
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	
耐津波補強 工事										
	工事※									

※ 工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。

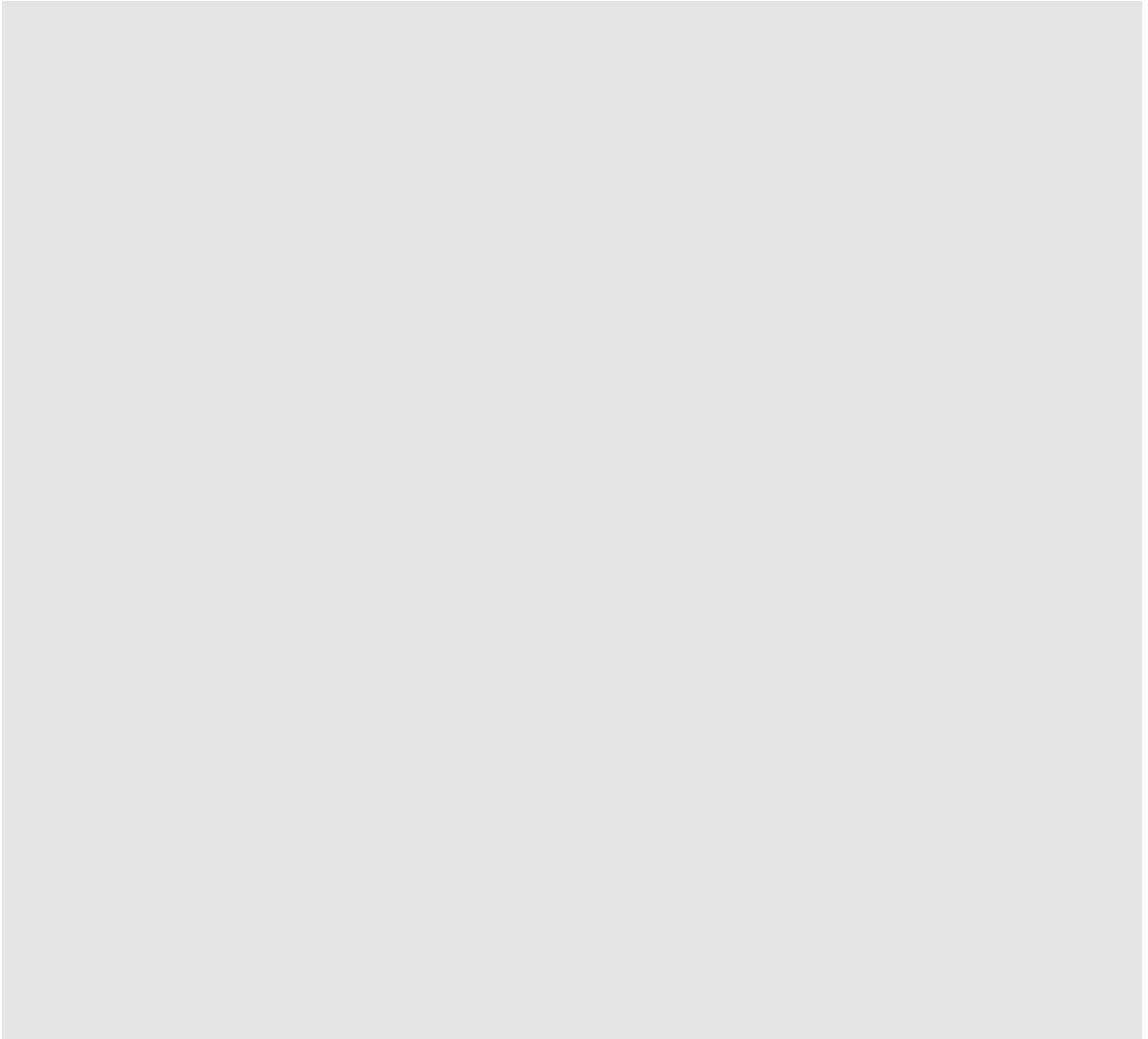


図-1 ガラス固化技術開発施設(TVF)ガラス固化技術開発棟 1階平面図

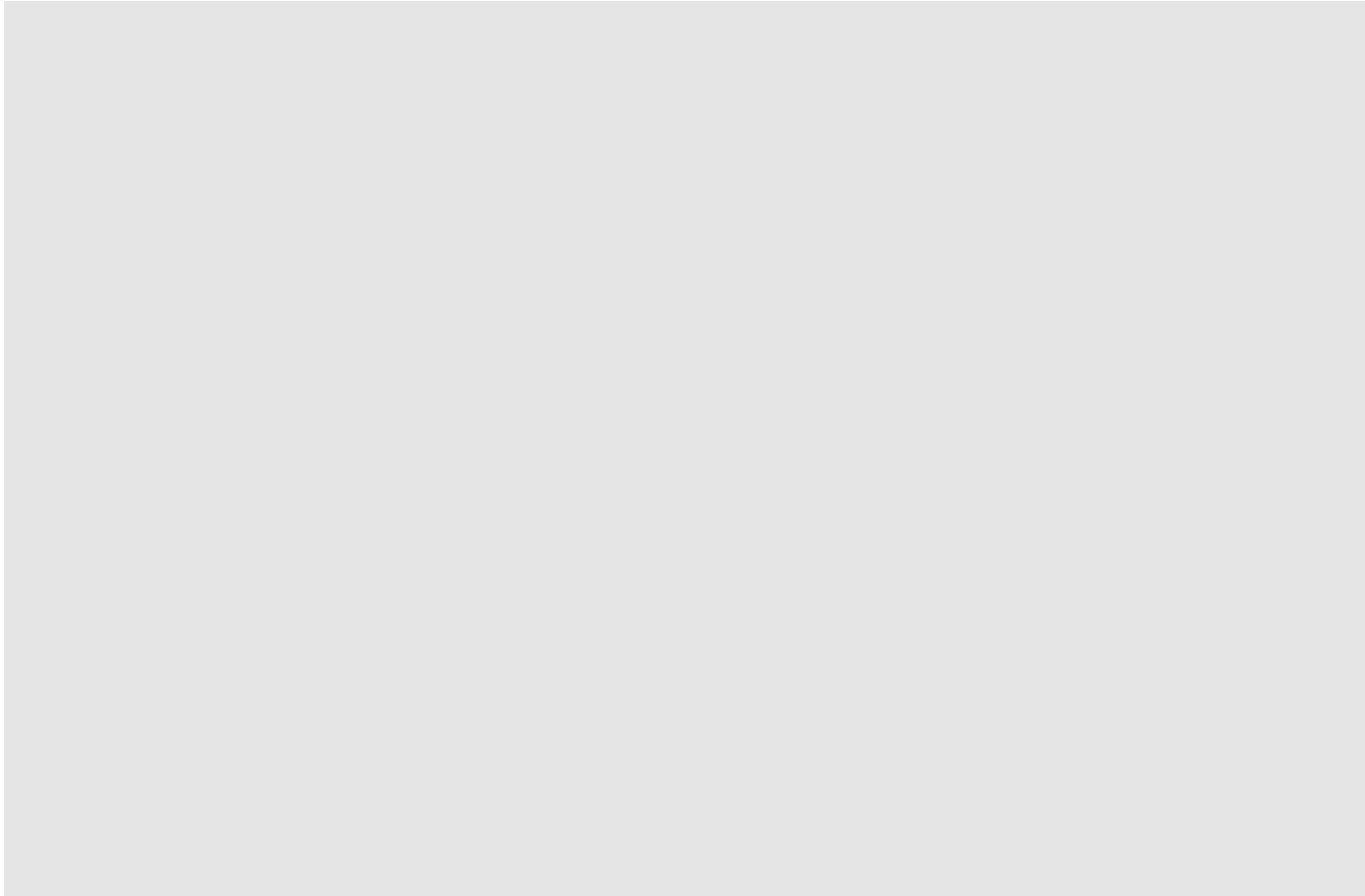


図-2 鉄骨梁補強(1通り)詳細図

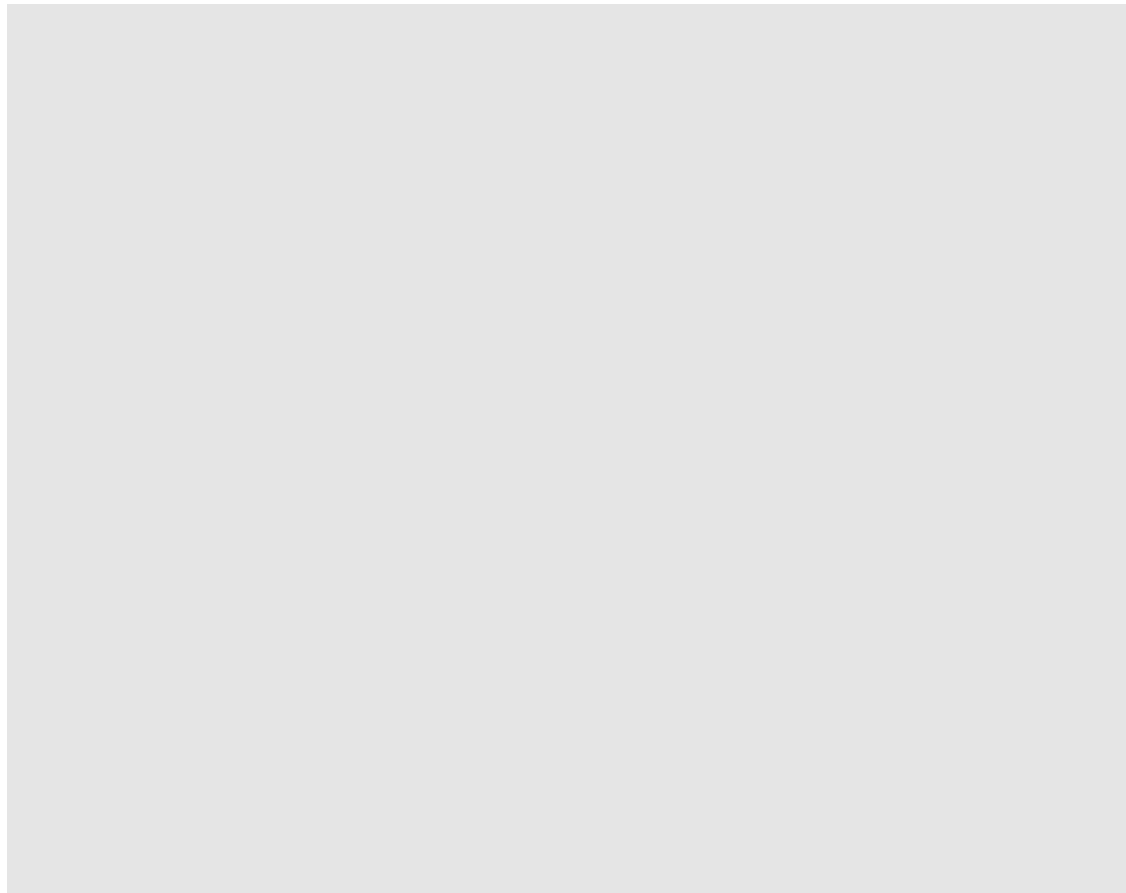


図-3 壁増打ち部(H 通り)配筋詳細図(1)



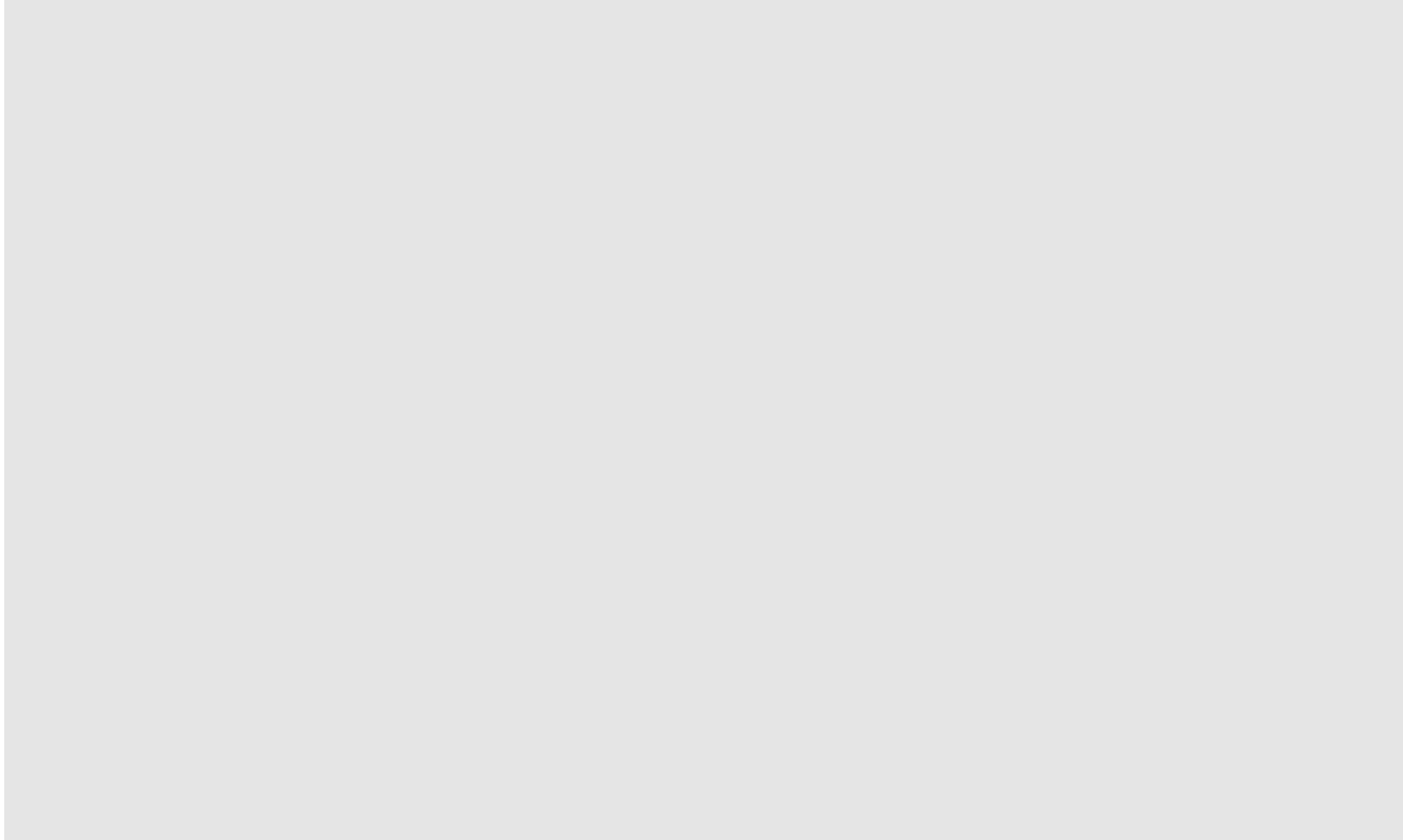


図-4 壁増打ち部(H 通り)配筋詳細図(2)

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟の  
外壁補強後の強度評価計算書  
（暫定版）

## 1. 概要

令和2年8月7日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」（令和2年9月25日認可）の「別添6-1-3-3 Ⅲ-1 設計津波に対する津波防護施設の強度評価」において、許容限界を超える結果となった1階西面（          ）及び北面（          ）の外壁について、補強後の健全性評価を行うものである。評価対象とする外壁を図1-1に示す。

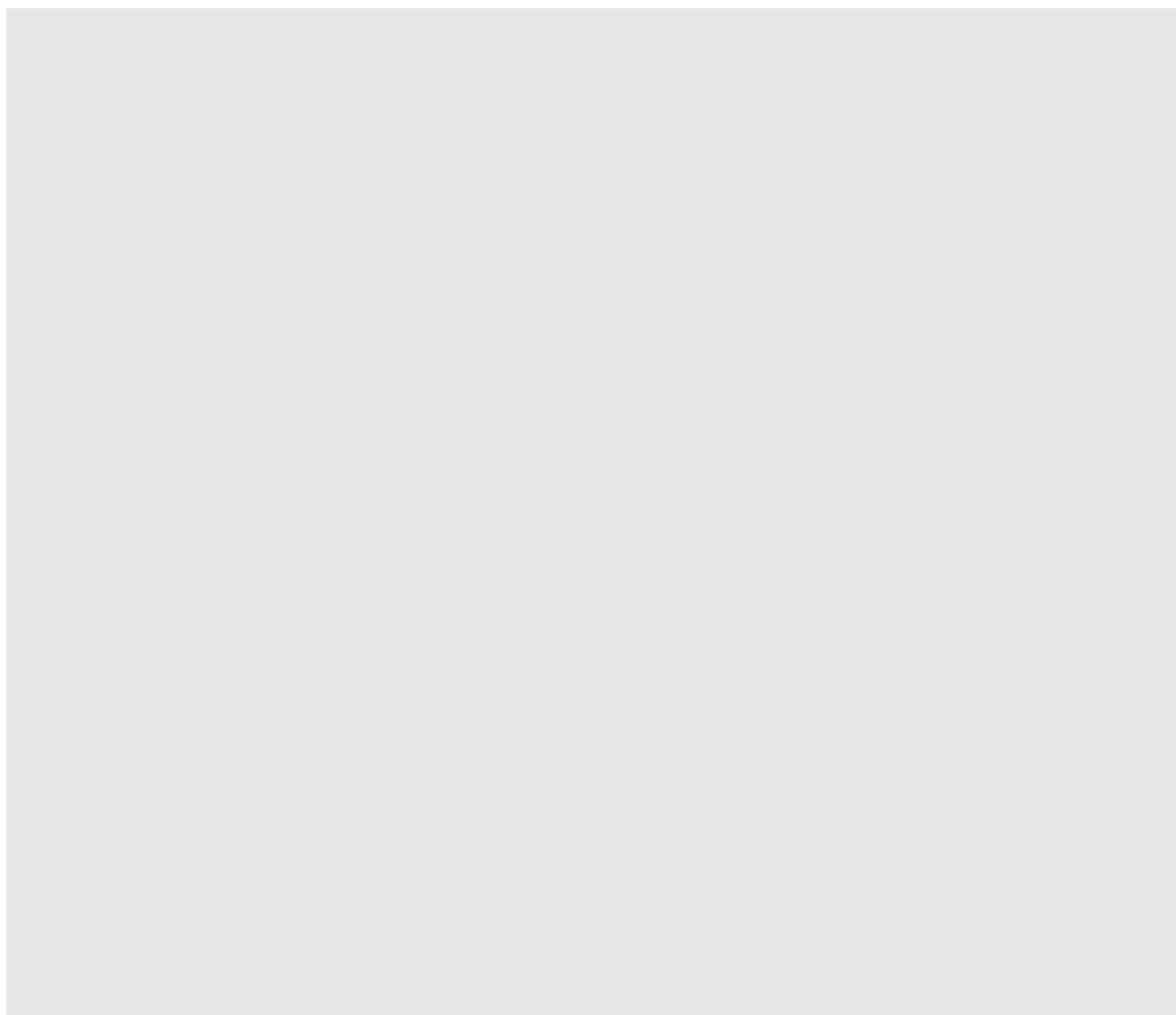


図 1-1 評価対象とする外壁

## 2. 一般事項

### 2.1 構造概要

本資料は、令和2年8月7日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」（令和2年9月25日認可）において、許容限界を超える結果となった1階西面及び北面の外壁（図2-1-1参照）に対して、コンクリートの増打ち補強および鉄骨梁補強を行った後の建家外壁の健全性評価を行うものである。

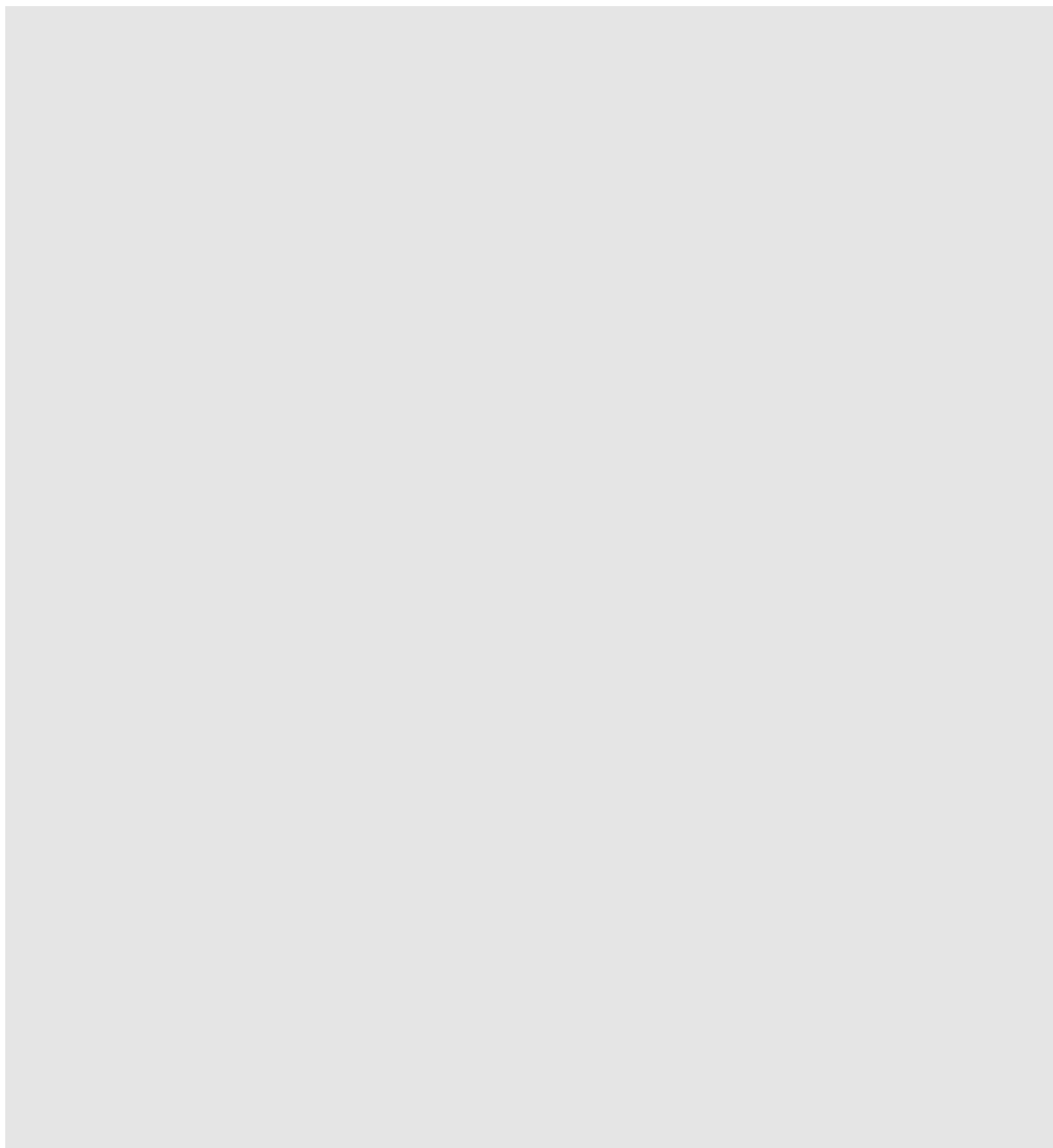


図 2-1-1 評価対象とする外壁

## 2.2 評価方針

廃止措置計画変更認可申請書（令和2年5月29日付け令 02 原機（再）020）別添 6-1-3-2「I ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟（以下、「TVF 開発棟」という）の津波防護に関する施設の設計方針」に基づき、建家外壁が止水性を損なわないことを確認する。評価項目を表 2-2-1 に示す。

表 2-2-1 評価項目

評価方針	評価項目	評価方法	許容限界
止水性を損なわないこと	部材の健全性 (建家外壁)	発生応力（曲げモーメント、せん断）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力

## 2.3 適用基準

耐津波の強度評価において、適用する基準等を以下に示す。

- (1) 東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針（2011年11月17日「津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計法等に係る追加的知見について（技術的助言）」（国住指第2570号）の別添）
- (2) 津波避難ビル等の構造上の要件の解説（国総研資料 第673号，平成24年）
- (3) 建築基準法・同施行令
- (4) 2020年版 建築物の構造関係技術基準解説書（建築行政情報センター・日本建築防災協会編集，2020年）
- (5) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会，2018年）
- (6) 鋼構造許容応力度設計規準（日本建築学会，2019年）
- (7) 建築物荷重指針・同解説（日本建築学会，2015年）
- (8) 道路橋示方書・同解説 I 共通編，V 耐震設計編（日本道路協会，2017年）

### 3. 強度評価方法

#### 3.1 荷重の組合せ

荷重の組合せは、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を参考として、津波到達時に生じる津波による波力と余震による荷重及び津波による波力と漂流物衝突荷重の同時作用を考慮する。上記2ケースに加えて、津波到達後、建家の周囲が浸水することから、浸水時の余震による荷重及び水圧の同時作用を考慮する。表 3-1-1 に荷重の組合せを示す。

① ケース 1 (余震+水圧,  $P_E + P_W + P_W'$ )

津波到達後、TVF 開発棟の周囲が浸水した状況において、余震が発生することを想定する。外力として津波浸水時の静水圧、動水圧 ( $P_W'$ ) (余震時) 及び余震による慣性力を同時に作用させる。

② ケース 2 (波力+余震,  $P_R + P_E$ )

津波到達時に、余震が発生することを想定する。外力として津波による波力と余震による慣性力を同時に作用させる。地下水位による浮力を考慮する。

③ ケース 3 (波力+漂流物衝突荷重,  $P_R + P_P$ )

津波到達時に、漂流物 (0.55t の流木) が衝突することを想定する。外力として津波による波力と漂流物衝突荷重を同時に作用させる。地下水位による浮力を考慮する。

表 3-1-1 荷重の組合せ

荷重の組合せ	
<p>ケース 1                      (余震+水圧,  <math>P_E + P_w + P_w'</math>)</p> <p>津波到達後, 建家周囲が浸水した状況において, 余震が発生することを想定する。</p>	
<p>ケース 2                      (波力+余震, <math>P_R + P_E</math>)</p> <p>津波到達時, 余震が発生することを想定する。</p>	
<p>ケース 3                      (波力+漂流物衝突荷重,  <math>P_R + P_p</math>)</p> <p>津波到達時, 漂流物が衝突することを想定する。</p>	

### 3.2 許容限界

#### (1) 使用材料

建家外壁の許容限界は、要求機能が止水性の確保であること及び津波後の再使用性を考慮して短期許容応力とする。

使用材料を表 3-2-1, 表 3-2-2 に示す。強度評価に用いる既設の使用材料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（ガラス固化技術開発施設）」に基づき設定する。

表 3-2-1 使用材料（既設）

使用材料	短期許容応力度
コンクリート 設計基準強度： $F_c22.1 \text{ N/mm}^2$ ( $F_c225 \text{ kgf/cm}^2$ )	せん断 1.06 $\text{N/mm}^2$
鉄筋 SD30 ( $F = 3000 \text{ kgf/cm}^2$ ) SD35 ( $F = 3500 \text{ kgf/cm}^2$ )	引張 295 $\text{N/mm}^2$ 345 $\text{N/mm}^2$

表 3-2-2 使用材料（新設）

使用材料	短期許容応力度
コンクリート 設計基準強度： $F_c24.0 \text{ N/mm}^2$	せん断 1.09 $\text{N/mm}^2$ ※1
鉄筋, アンカー筋 SD295 SD345	引張 295 $\text{N/mm}^2$ 345 $\text{N/mm}^2$
アンカーボルト SS400	せん断 135 $\text{N/mm}^2$
鉄骨 SS400	せん断 135 $\text{N/mm}^2$ 引張 235 $\text{N/mm}^2$

※1：保守性を考慮して既設と同等の短期許容応力度1.06  $\text{N/mm}^2$ とする。



### 3.3 評価方法

#### (1) 建家外壁の健全性評価

建家外周の架構を図 3-3-1 から図 3-3-2 に示すようにモデル化し，水圧，余震による慣性力及び波力を載荷して外壁に生じる応力を算定する。漂流物衝突荷重は端部を両端固定とした，応力算定式により算定する。

#### FEM モデルによる応力

FEM モデルに水圧，余震による慣性力及び波力をそれぞれ作用させ，外壁に生じる応力を算定する。

FEM モデルの解析条件について，以下に示す。

- ・建家外壁に対して面外方向にスラブ及び耐震壁が配置されている箇所は，面外方向への並進を拘束する。
- ・最下階（B2 階）は並進，回転ともに拘束とする。
- ・計算コードは「midas iGen Ver.875 R1（株式会社マイダスアイティージャパン）」を使用する。

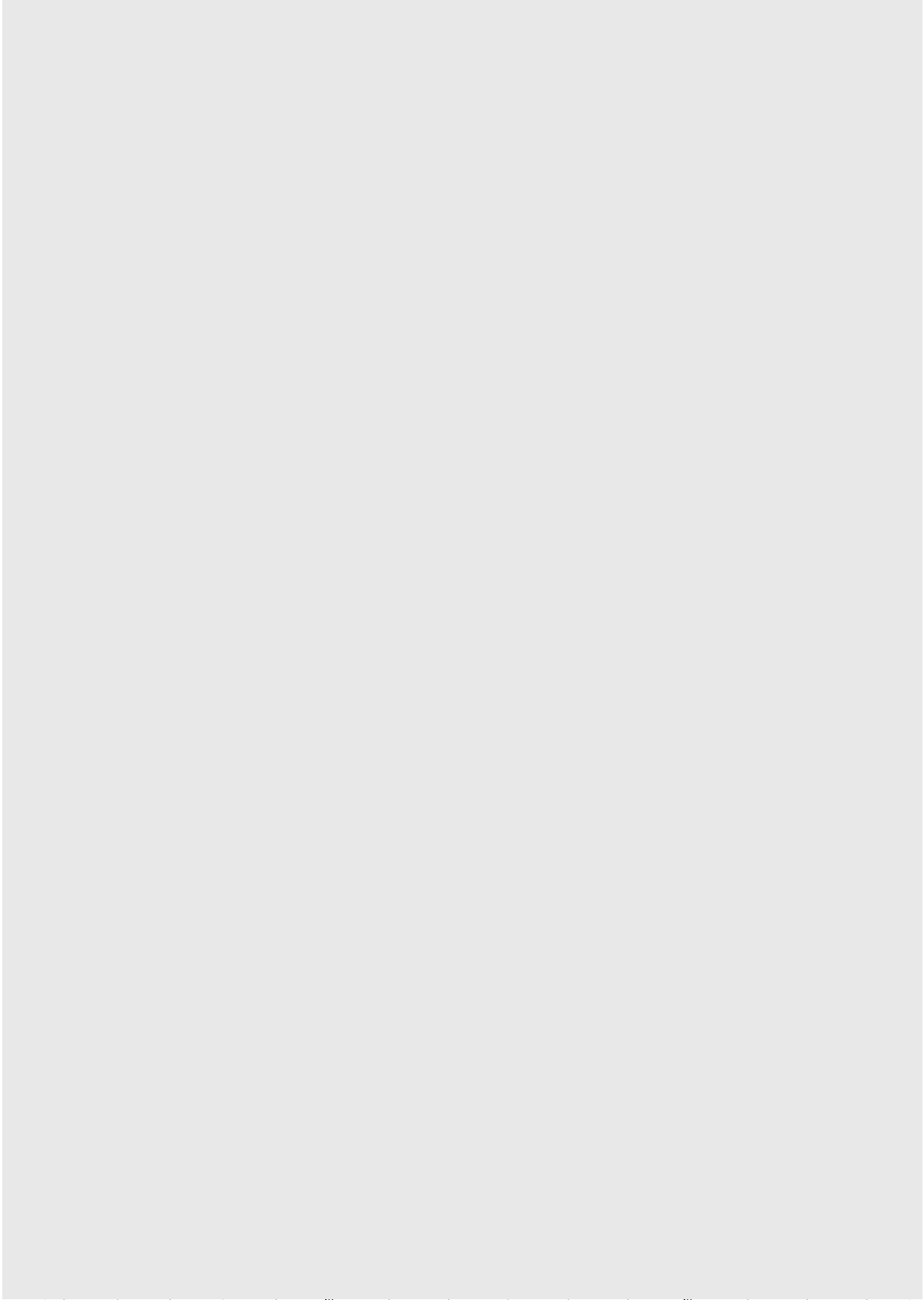


図 3-3-1 解析モデル概要図（1通り）（西面）

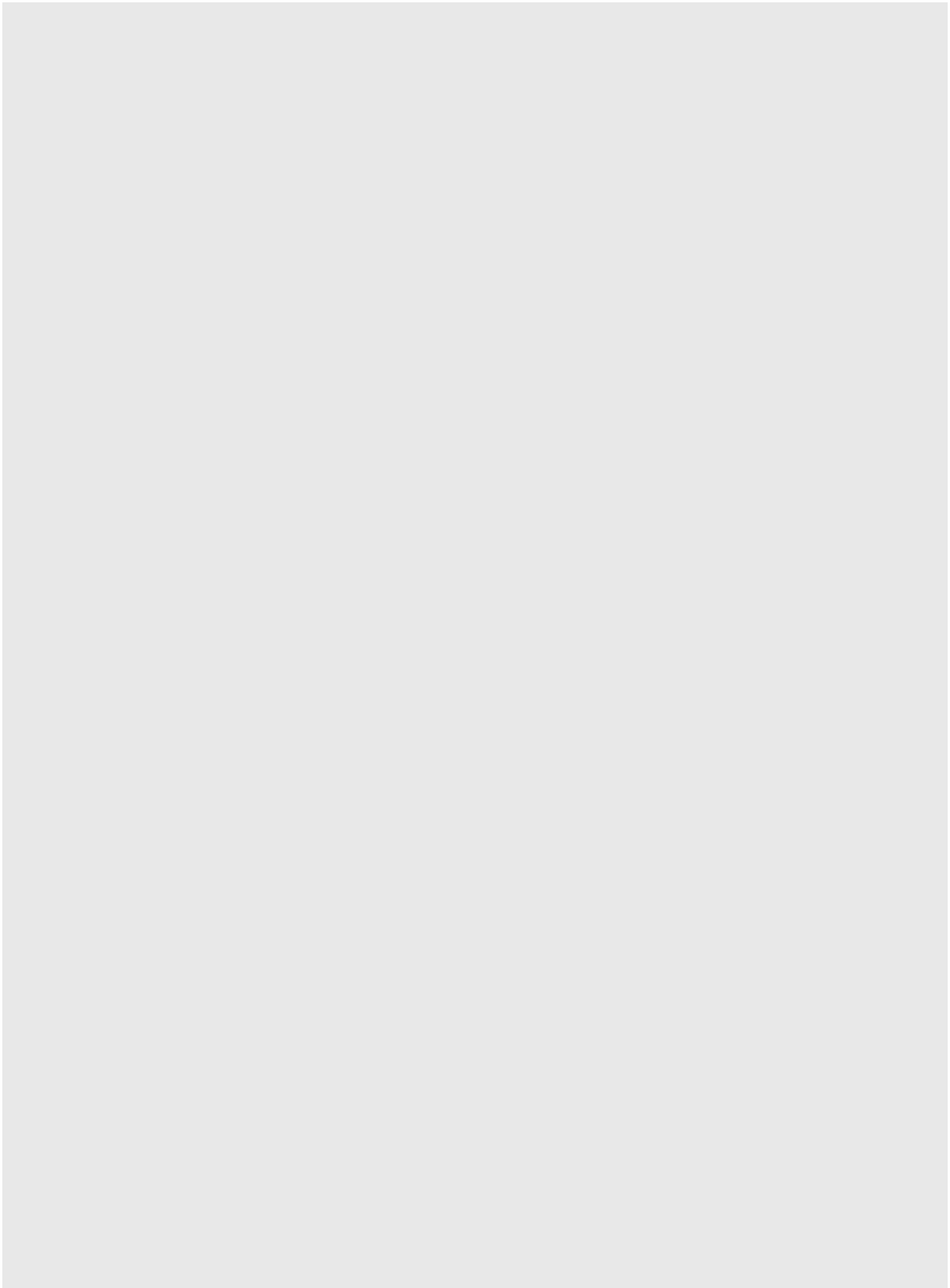


図 3-3-2 解析モデル概要図 (H通り) (北面)

(2) 漂流物の衝突による応力

漂流物衝突荷重の作用位置は、検討内容に応じて保守的となるように設定する。

図 3-3-3 に漂流物衝突荷重の作用位置設定の考え方を示す。

漂流物衝突荷重は、部材端部の曲げ検討時には部材下端部から壁高さの  $1/3$  の位置に、部材中央の曲げ検討時には中央に作用させる。

せん断検討時には、対象部材の端部に作用させる。

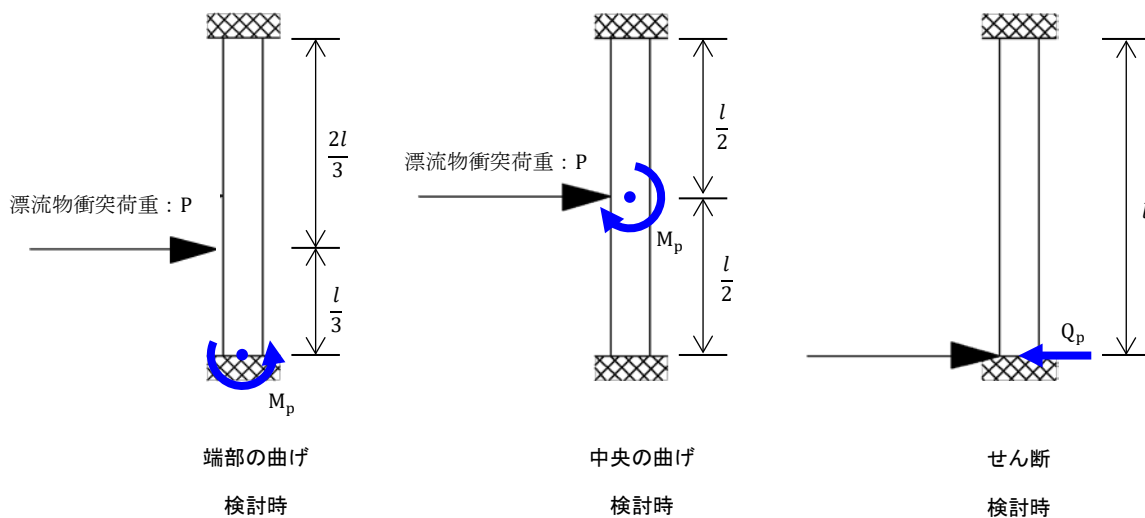


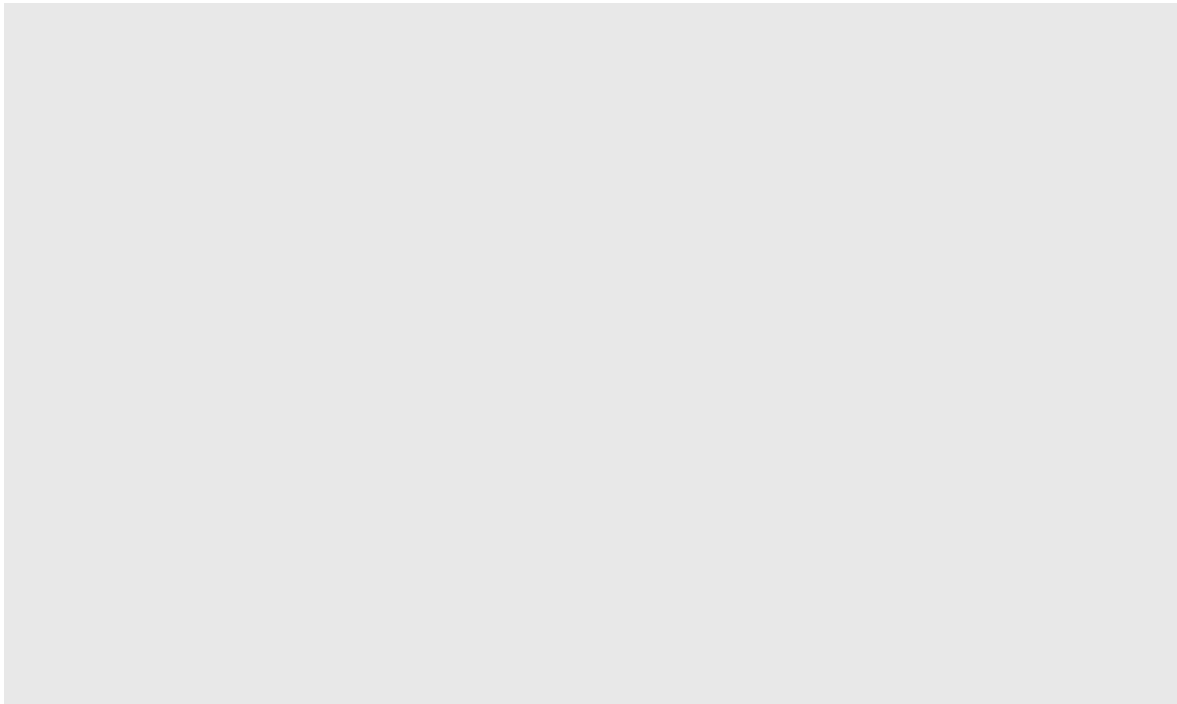
図 3-3-3 漂流物衝突荷重の作用位置設定の考え方

#### 4. 評価結果

##### 4.1 各ケースの強度評価結果

各ケースでの検定比が最大となる建家外壁の応力図を図 4-1-1 から図 4-1-4 に、評価結果を表 4-1-1 に示す。

補強した 1 階外壁 1 通り（西面），H 通り（北面）の応力は短期許容応力以下であることを確認した。




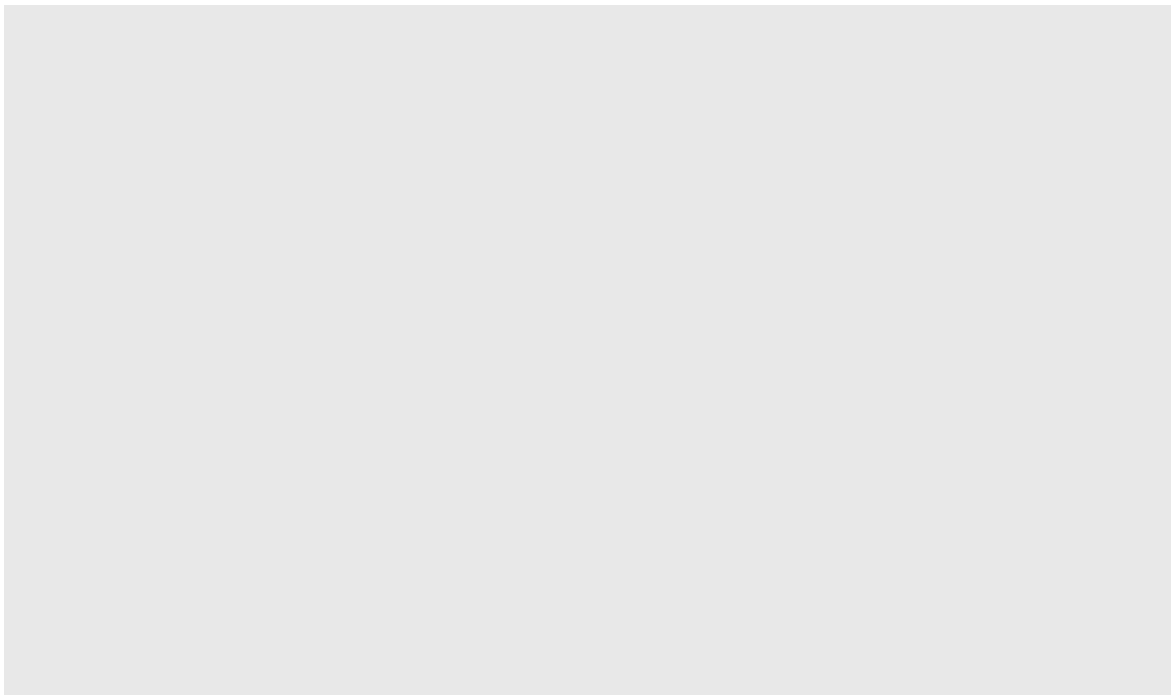
 : 検定比が最大の箇所

図 4-1-1 1 通り (西面) 曲げ応力図 ケース 3 (波力+漂流物衝突荷重※)

※漂流物衝突荷重は別途加算




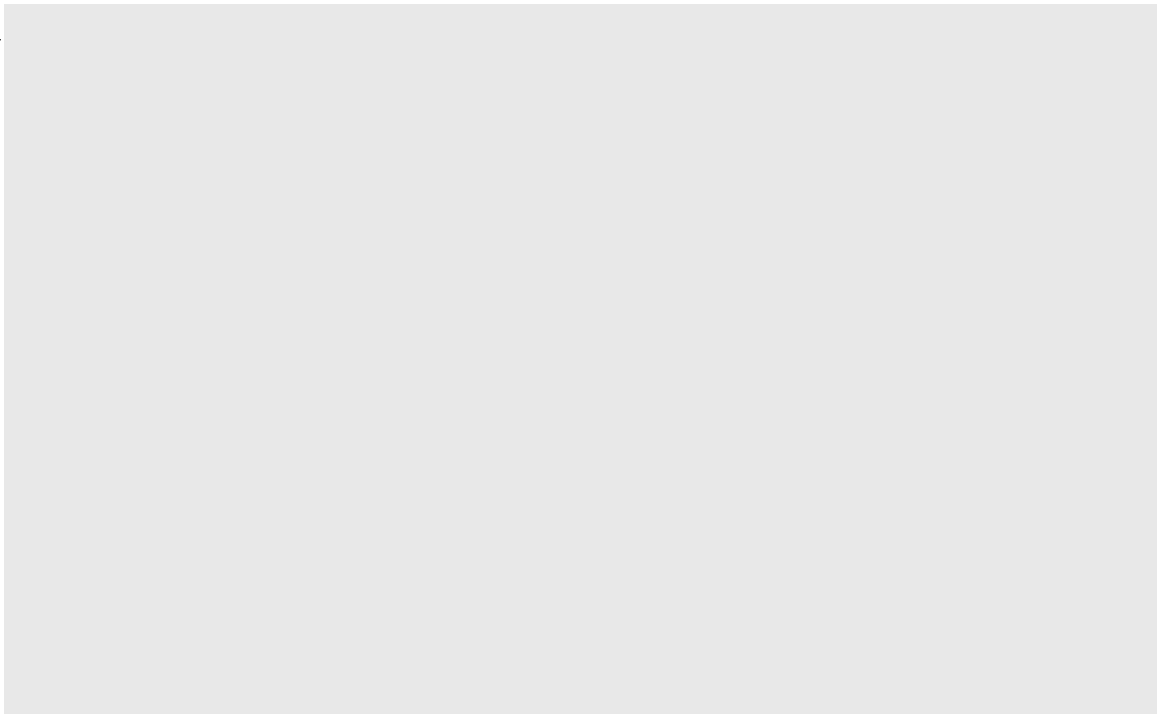
 : 検定比が最大の箇所

図 4-1-2 1 通り (西面) せん断力図 ケース 2 (波力+余震)




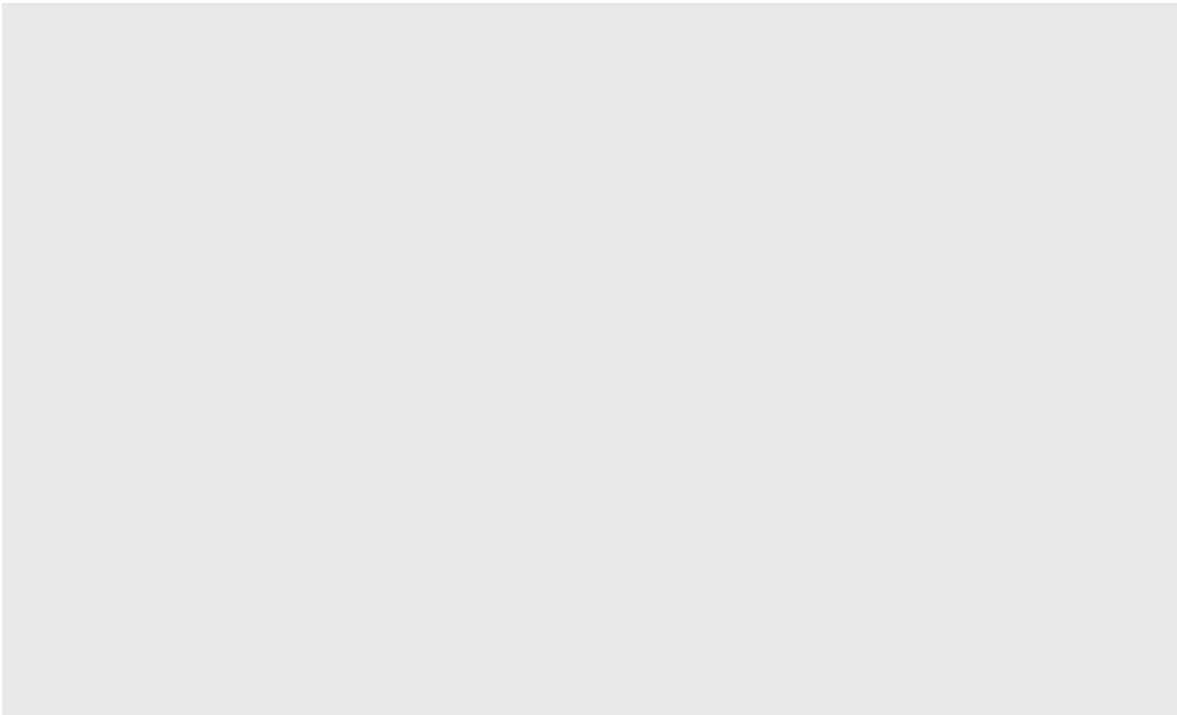
 : 検定比が最大の箇所

図 4-1-3 H通り（北面） 曲げ応力図 ケース 2（波力+余震）




 : 検定比が最大の箇所

図 4-1-4 H通り（北面） せん断力図 ケース 2（波力+余震）

表 4-1-1 建家外壁の健全性評価結果 各ケースで最大の検定値(暫定版)  
 (鉄筋コンクリート・曲げモーメント)

評価対象部位	短期許容曲げモーメント Ma (kN・m)	曲げモーメント M (kN・m)	検定比 M /Ma
1 通り (西面)	21.7	19.2	0.89
H通り (北面)	1388.1	747.7	0.54

(鉄筋コンクリート・せん断力)

評価対象部位	短期許容せん断力 Q <sub>AS</sub> (kN)	せん断力 Q (kN)	検定比 Q/Q <sub>AS</sub>
1 通り (西面)	165.5	139.2	0.84
H通り (北面)	1072.1	703.8	0.66

(鋼材・曲げ・せん断力)

評価対象部位		種類	短期許容 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	発生 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	検定比
1 通り (西面)	H-390x300x10x16	曲げ	235	15.8	0.07
		せん断	135	13.3	0.10
	アンカーボルト 4本-M20	せん断	164.5	72.7	0.44



#### 4.2 評価のまとめ

ガラス固化技術開発施設（TVF）ガラス固化技術開発棟は，ケース 1（余震＋水圧），ケース 2（波力＋余震），ケース 3（波力＋漂流物衝突荷重）の荷重条件に対して，建家外壁の検定比は最大 0.89（ケース 3）であり，許容限界（短期許容応力）以下であることを確認した。

## 制御室パラメータ監視・津波監視システムの設置について

### (再処理施設に関する設計及び工事の計画)

#### 【概要】

- 令和2年10月30日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和3年1月14日認可)において示した計画に従い、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)に係るパラメータを監視できる機器をガラス固化技術開発施設(TVF)制御室に設置する工事を実施する。
- また、外部の状況の把握について、分離精製工場(MP)屋上に設置された屋外監視カメラの映像を確認できる機器をガラス固化技術開発施設(TVF)制御室に設置する工事を実施する。
- 本工事にあたっては、材料検査、据付・外観検査、作動試験により、設計を満足していることを確認する。

令和3年3月23日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

## 1. 目的

令和2年10月30日に申請した「再処理施設 廃止措置計画変更認可申請書」(令和3年1月14日認可)の「別添 6-1-10-1 再処理施設の制御室の安全対策の基本的考え方」の別添資料 6-1-10-1-3「再処理施設の制御室の安全対策について」において、想定される起因事象の発生時、運転員が分離精製工場(MP)中央制御室に留まることが困難となった場合は、ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室において対処するとした基本方針に基づき、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の安全機能(閉じ込め機能及び崩壊熱除去機能)に係るパラメータを監視できる機器及び分離精製工場(MP)屋上に設置された屋外監視カメラの映像を確認できる機器をガラス固化技術開発施設(TVF)制御室に設置する計画とした。

この計画に従い、ガラス固化技術開発施設(TVF)制御室に監視装置等を設置する工事を実施する。

## 2. 設備概要

分離精製工場(MP)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)制御室の位置を図-1に示す。高放射性廃液貯蔵場(HAW)の安全機能に係る監視対象パラメータを表-1に示す。

## 3. 設計条件

ガラス固化技術開発施設(TVF)の制御室に HAW パラメータ監視装置を設置し、屋外監視カメラ用 PC を配備する。HAW パラメータ監視装置等の配置図を図-2に示す。HAW パラメータ監視装置の監視対象は高放射性廃液貯槽の液温、液位、圧力、流量、冷却水系の流量、液温、建家及びセル換気系の差圧等とする。

HAW パラメータ監視装置の耐震分類は S クラスとする。

分離精製工場(MP)、高放射性廃液貯蔵場(HAW)とガラス固化技術開発施設(TVF)間の伝送信号は有線と無線により多様化する。

敷設するケーブル及び電源ケーブルは難燃性とする。

## 4. 工事の方法

HAW パラメータ監視装置等のシステム構成図を図-3に示す。本工事では、材料、ケーブル、部品・配線類を入手後、機械加工、組立等を行ったうえ現地に搬入し、計測信号を伝送するための既設盤の改造、光ケーブルの敷設、監視装置デスクの据付などを行う。また、無線アンテナを各施設屋上に設置する。

本工事を行うにあたっては、高放射性廃液貯蔵場(HAW)の計測・制御を行う主制御盤、ガラス固化技術開発施設(TVF)の計測・制御を行う工程監視盤等に影響を与えないよう施工範囲の隔離・養生等を実施する。

HAW パラメータ監視装置等を据え付けた後、材料検査、据付・外観検査、模擬

信号入力による作動検査を実施する。

#### 5. 安全機能への影響

本工事は、工程監視盤、建家監視盤、工程制御装置などの計測制御系統設備の構成を変更するものではなく、計測・制御する設備に影響を与えないことから、安全機能(崩壊熱除去及び閉じ込め機能)への影響はない。

また、工事のために足場等を設置する際には、蒸発乾固の発生防止のための事故対処の妨げにならないようにする。

#### 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 HAW パラメータ監視装置等の設置に係る工事工程表

	令和4年度									備考
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
パラメータ監視装置等の設置										
	工 事									

※ 工事工程は他の安全対策工事との調整に基づき変更する可能性がある。

表-1 安全機能に係る監視対象パラメータ(1/2)

対象機器	監視対象 パラメータ	監視対象	計器番号
高放射性廃液貯槽 (272V31)	液温	温度記録計 温度上限警報	272TRA*31.1 272TRA*31.2 272TRA*31.3
	液位	液位記録計 液位上限警報	272LR31.1.1 272LA*31.2
	圧力	圧力記録計 圧力上限警報	272PR31.1 272PA*31.2
	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA*3161 272FRA*3162
	液温	冷却水温度記録計	272TR314.1 272TR315.1
高放射性廃液貯槽 (272V32)	液温	温度記録計 温度上限警報	272TRA*32.1 272TRA*32.2 272TRA*32.3
	液位	液位記録計 液位上限警報	272LR32.1.1 272LA*32.2
	圧力	圧力記録計 圧力上限警報	272PR32.1 272PA*32.2
	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA*3261 272FRA*3262
	液温	冷却水温度記録計	272TR324.1 272TR325.1
高放射性廃液貯槽 (272V33)	液温	温度記録計 温度上限警報	272TRA*33.1 272TRA*33.2 272TRA*33.3
	液位	液位記録計 液位上限警報	272LR33.1.1 272LA*33.2
	圧力	圧力記録計 圧力上限警報	272PR33.1 272PA*33.2
	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA*3361 272FRA*3362
	液温	冷却水温度記録計	272TR334.1 272TR335.1
高放射性廃液貯槽 (272V34)	液温	温度記録計 温度上限警報	272TRA*34.1 272TRA*34.2 272TRA*34.3
	液位	液位記録計 液位上限警報	272LR34.1.1 272LA*34.2
	圧力	圧力記録計 圧力上限警報	272PR34.1 272PA*34.2
	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA*3461 272FRA*3462
	液温	冷却水温度記録計	272TR344.1 272TR345.1

表-1 安全機能に係る監視対象パラメータ(2/2)

対象機器	監視対象 パラメータ	監視対象	計器番号
高放射性廃液貯槽 (272V35)	液温	温度記録計 温度上限警報	272TRA+35.1 272TRA+35.2 272TRA+35.3
	液位	液位記録計 液位上限警報	272LR35.1.1 272LA+35.2
	圧力	圧力記録計 圧力上限警報	272PR35.1 272PA+35.2
	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA-3561 272FRA-3562
	液温	冷却水温度記録計	272TR354.1 272TR355.1
高放射性廃液貯槽 (272V36)	液温	温度記録計 温度上限警報	272TRA+36.1 272TRA+36.2 272TRA+36.3
	液位	液位記録計 液位上限警報	272LR36.1.1 272LA+36.2
	圧力	圧力記録計 圧力上限警報	272PR36.1 272PA+36.2
	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA-3661 272FRA-3662
	液温	冷却水温度記録計	272TR364.1 272TR365.1
冷却水系	流量	冷却水流量記録計 冷却水流量下限警報	272FRA-8161 272FRA-8162 272FRA-8163
	液温	冷却水温度記録計 冷却水温度上限警報	272TRA+8161 272TRA+8162 272TRA+8163
建家及び セル換気系	差圧	差圧下限警報	272dPA-103.3 272dPA-105.3
セル等	液位	漏洩検知装置	272LA+001 272LA+002 272LA+003 272LA+004 272LA+005 272LA+006 272LA+007 272LA+008 272LA+009 272LA+010 272LA+011 272FA+201 272FA+202

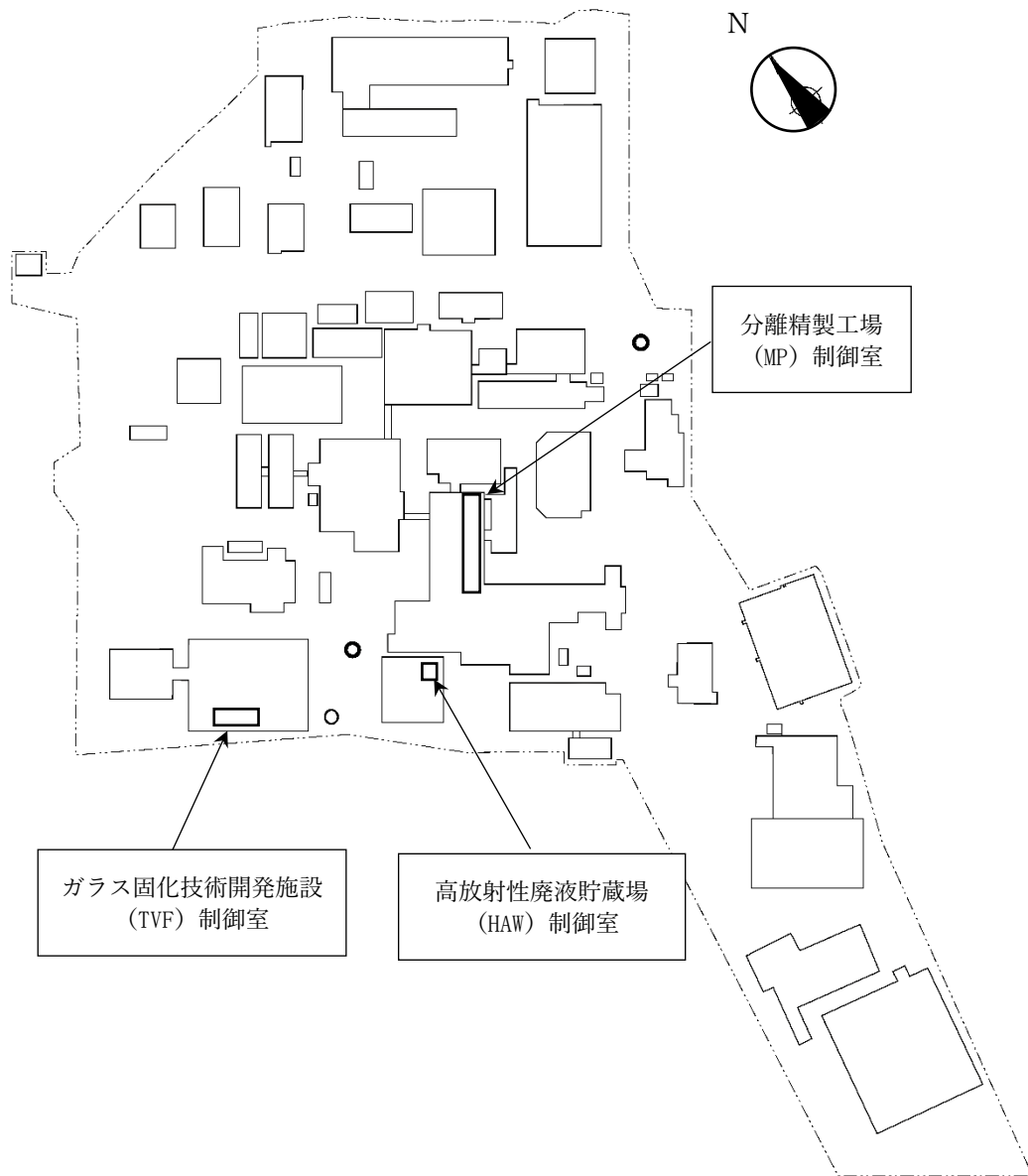


図-1 各制御室の位置

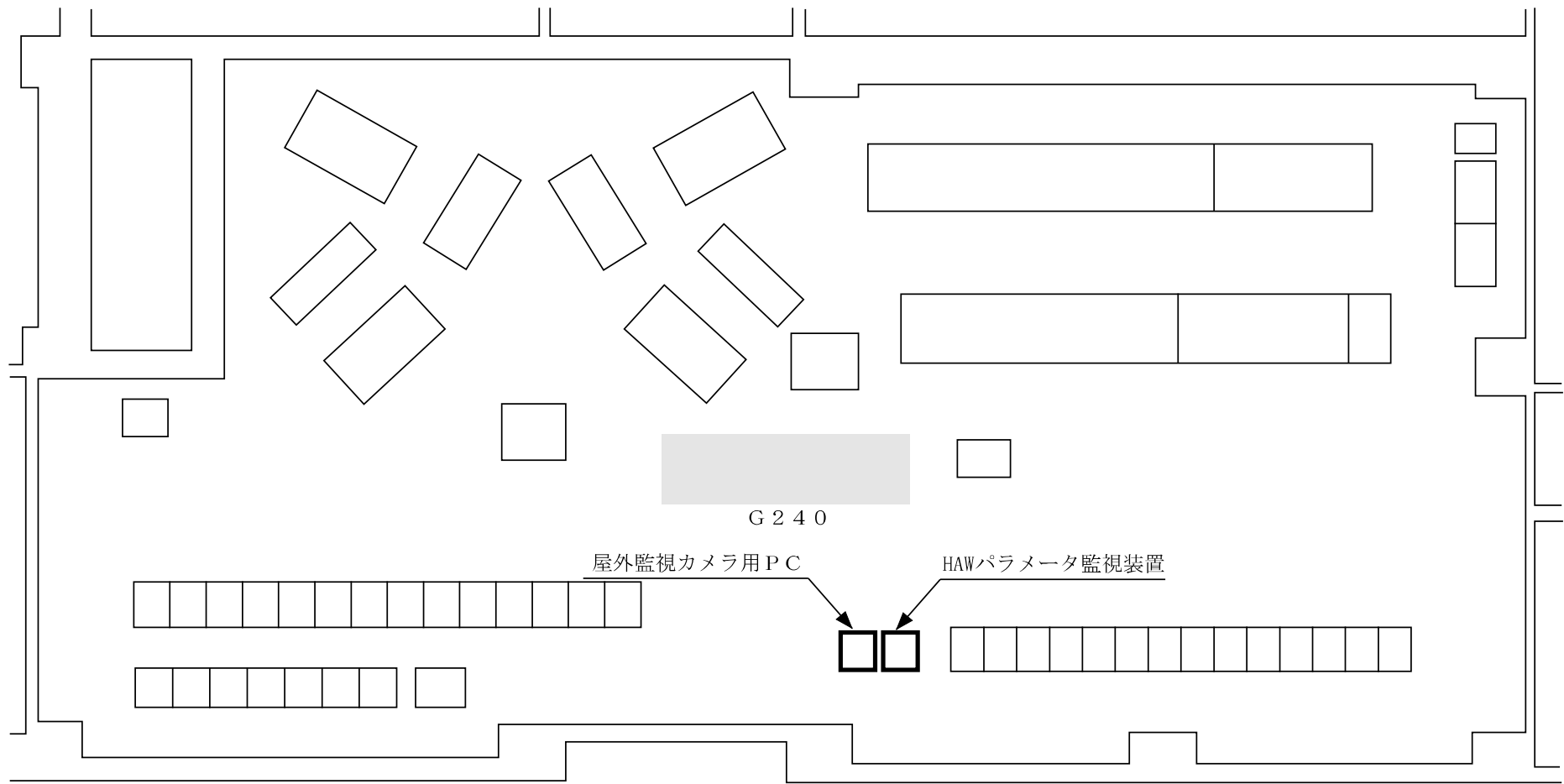


図-2 HAWパラメータ監視装置等の配置図



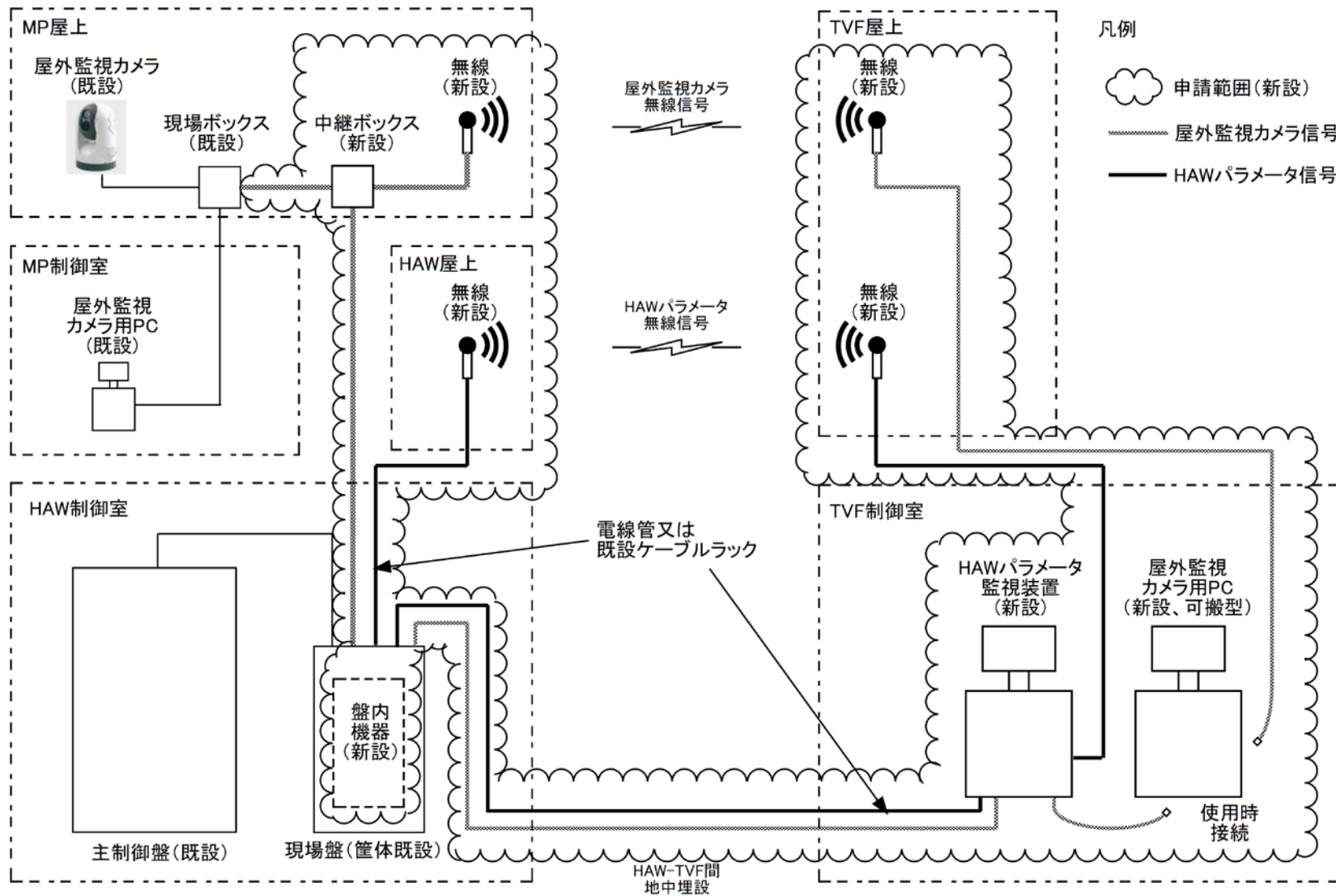


図-3 HAWパラメータ監視等のシステム構成概要図

ガラス固化技術開発施設(TVF)の槽類換気系排風機の

一部更新について

(再処理施設に関する設計及び工事の計画)

【概要】

- ガラス固化技術開発施設(TVF)槽類換気系排風機の高経年化対策として熔融炉換気系の排風機及び貯槽換気系の排風機を更新する。
- 本更新においては、既設排風機と同等の排風機を製作した後、既設排風機と交換する工事を行う。
- 更新にあたっては、材料検査、作動試験、据付・外観検査により、設計を満足していることを確認する。

令和3年3月23日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

## 1. 目的

ガラス固化技術開発施設(TVF)の槽類換気系排風機は、竣工から約 28 年間使用しており、これまでの点検整備における経年劣化の状況を踏まえ、今後、段階的に更新を進めていく計画である。

本件で工事を計画する排風機は、熔融炉換気系の排風機(G41K50,K51)及び貯槽換気系の排風機(G41K60,K61)であり、更新用の排風機を製作した後、既設排風機と交換する工事を実施する。

## 2. 設備概要

ガラス固化技術開発施設(TVF)槽類換気系のフローを図-1に示す。槽類換気系排風機は、廃止措置期間中、閉じ込めの機能が要求される設備である。

本工事を計画する排風機は、熔融炉からの廃気を洗浄、吸着、ろ過する熔融炉換気系の排風機(G41K50,K51)及び濃縮器等からの廃気を洗浄、吸着、ろ過する貯槽換気系の排風機(G41K60,K61)である。

本工事を計画する排風機の配置を図-2に示す。排風機は、ガラス固化技術開発棟 地下 2 階(B2F) 廃気処理室(A011)内に熔融炉換気系に 2 基(常用 1 基, 予備 1 基)、貯槽換気系に 2 基(常用 1 基, 予備 1 基)設置しているものである。

## 3. 設計条件

### (1) 性能

更新する排風機は、既設排風機の同等の性能(容量:約 6 m<sup>3</sup>/min/基)を有するものとする。

### (2) 耐震性

更新する排風機の耐震重要度分類は S クラスである。廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしても閉じ込めに係る安全機能の維持が可能となるよう耐震性を確保する。耐震性計算書を別添資料に示す(令和 2 年 8 月 7 日申請(令和 2 年 9 月 25 日認可)した「別紙 6-1-2-5-3-63\_排風機(G41K50,K51)の耐震性についての計算書」及び「別紙 6-1-2-5-3-64\_排風機(G41K60,K61)の耐震性についての計算書」と同様の手法、手順による)。

### (3) 材料構造, 火災及び溢水防止

更新する排風機に接続する配管(既設)は、既設と同様にフランジ継手で接続する。電源ケーブルは、難燃性ケーブル(既設)を接続する。火気使用時は、可燃物の除去、不燃シートの設置等、火災を防止する措置を講じる。

#### 4. 工事の方法

排風機(G41K50,K51,K60,K61)の外形図を図-3 に示す。本工事は、ガラス固化処理運転の停止期間中であり、TVF から高放射性廃液貯蔵場(HAW)に高放射性廃液を移送した後の、高放射性廃液を保有していない状態下で行う。工事は、溶融炉換気系及び貯槽換気系の各系統の排風機 1 基の運転を維持した状態下で、予備側となる排風機を対象に 1 基ずつ交換する。また、運転中の排風機及び既設に影響を与えないよう、隔離措置、養生を施して行う。

本工事では、材料検査、作動試験、据付・外観検査を行う。

#### 5. 安全機能への影響

本工事は、槽類換気系の閉じ込めに係る性能を変更するものでなく、設備の系統、構成を変更するものでもないことから、槽類換気系の安全機能(閉じ込め、換気)への影響はない。工事は、ガラス固化処理運転の停止期間中であり、かつTVF 内に高放射性廃液を保有しない状態で行うことから、重大事故対処に影響を与えるものではない。

#### 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 槽類換気系排風機の一部更新に係る工事工程表

	令和2年度	令和3年度	令和4年度	令和5年度	令和6年度	備考
槽類換気系排風機 の一部更新		製作				
				工事		

※ 工事工程はガラス固化処理運転の時期やインターキャンペーン中の作業との調整に基づき変更する可能性がある。

図-1 ガラス固化技術開発施設(TVF) 槽類換気系のフロー

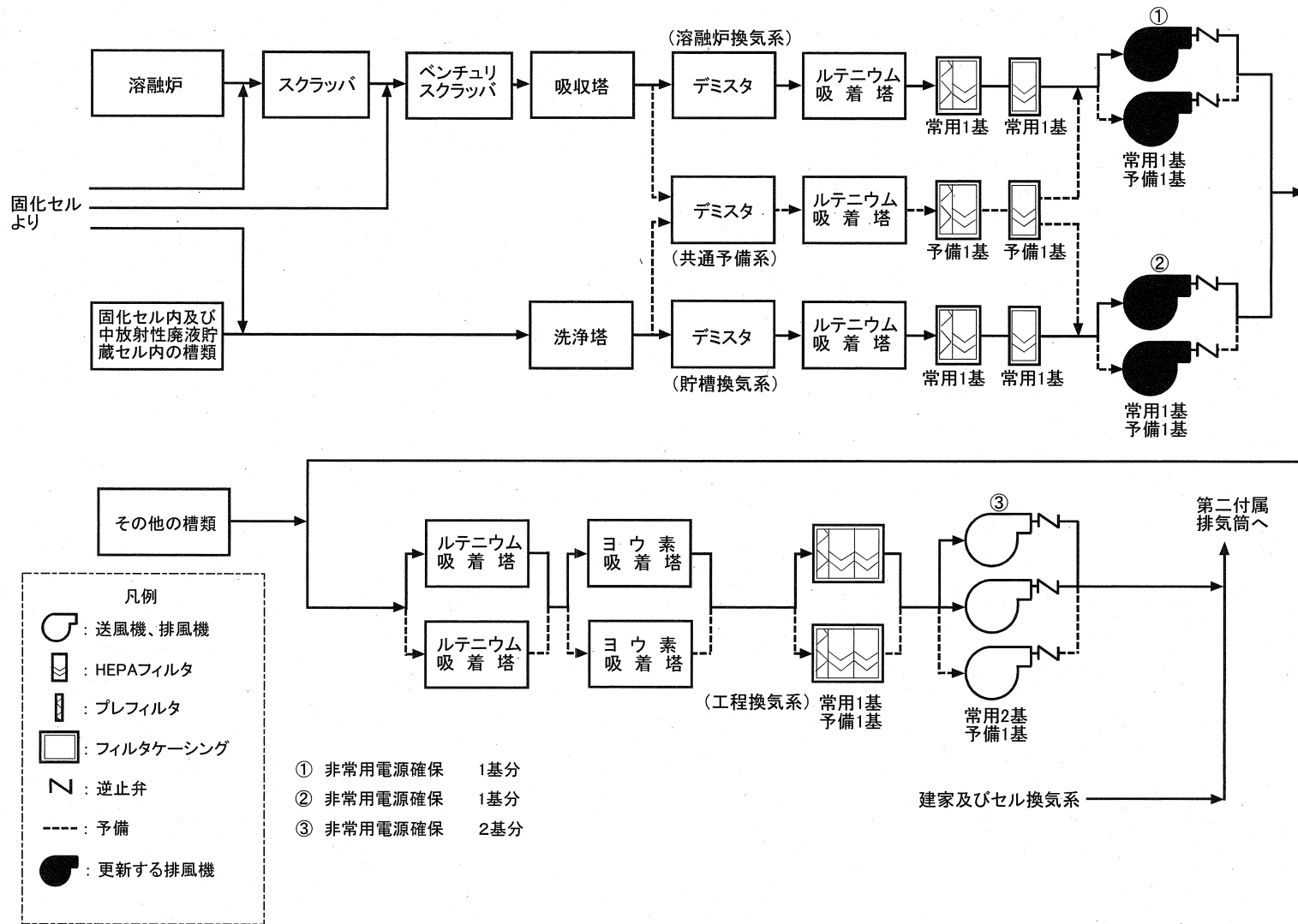
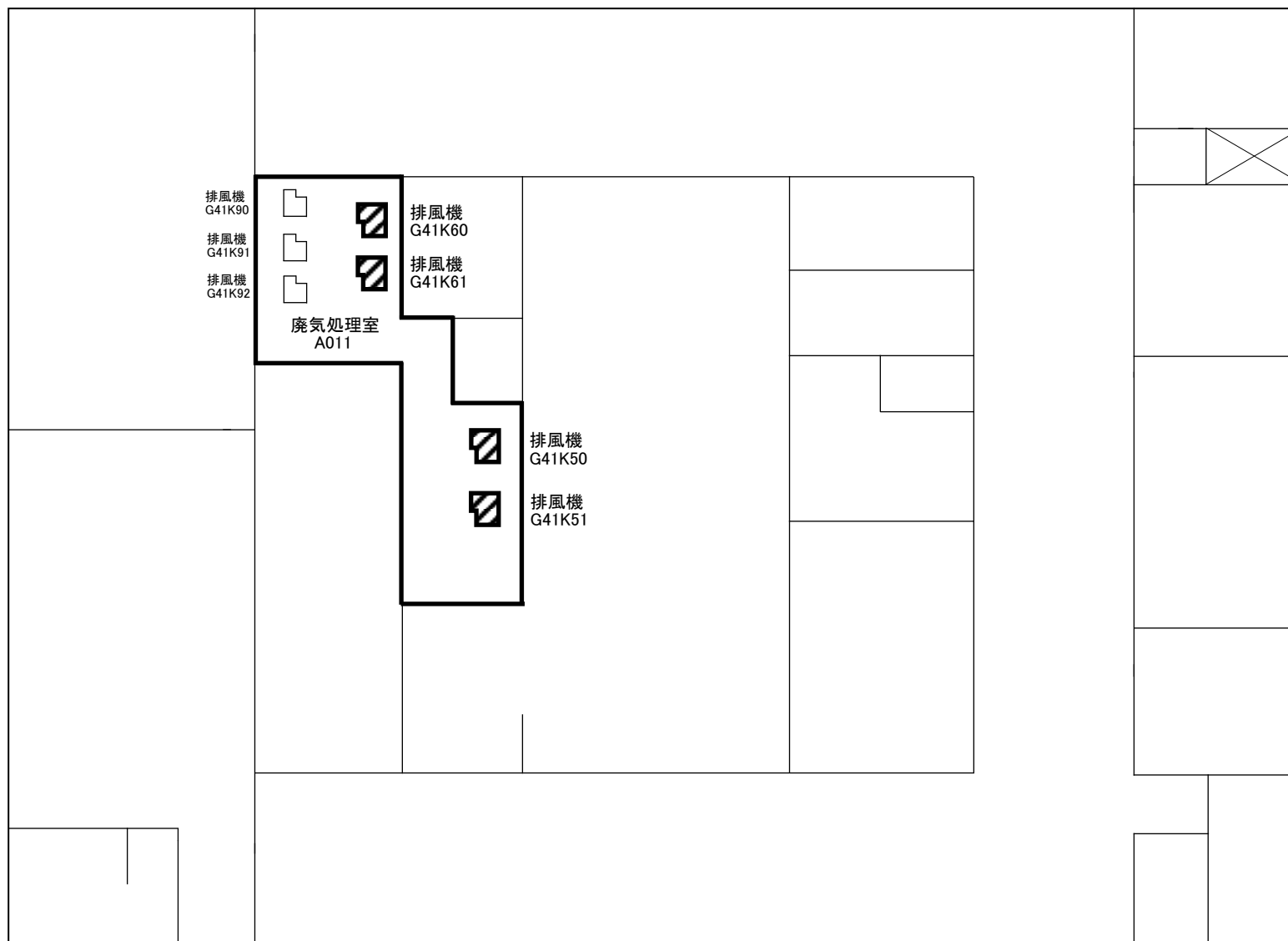


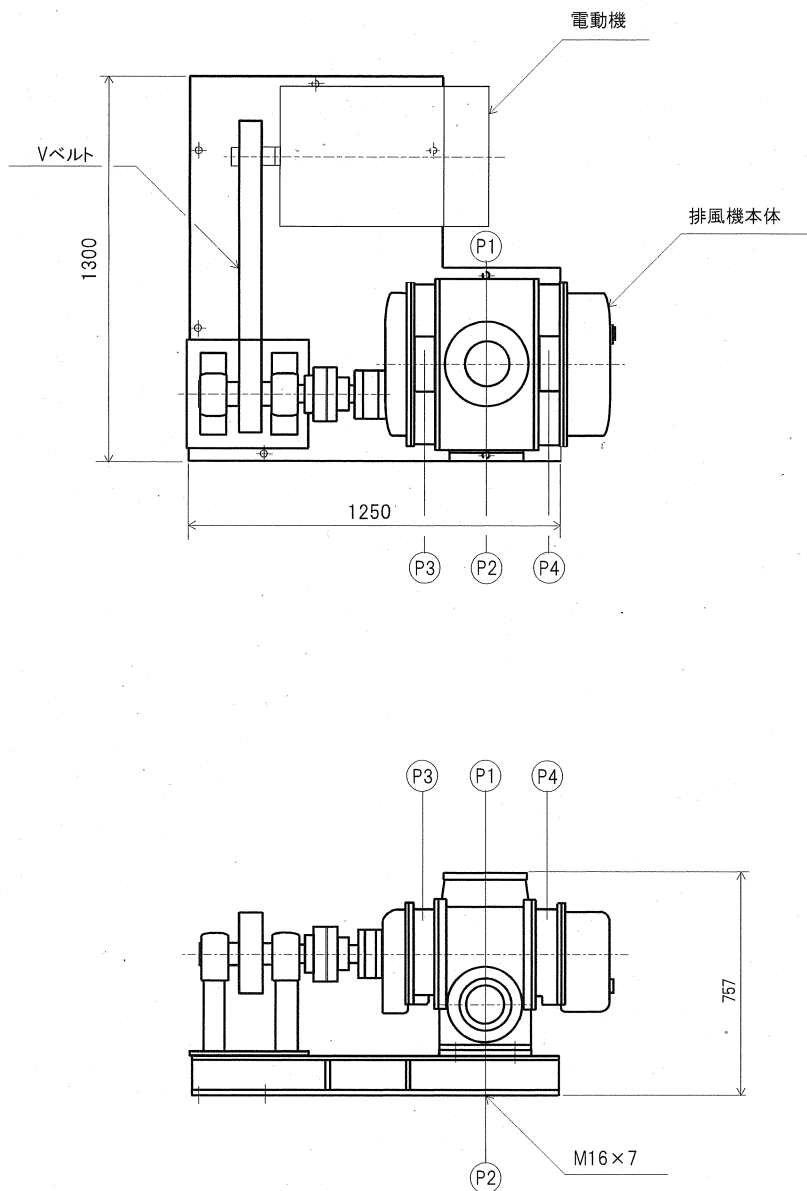
図-2 排風機の配置



ガラス固化技術開発施設(TVF) 開発棟平面図(地下2階)

：工事対象の排風機

図-3 排風機(G41K50,K51)外形図

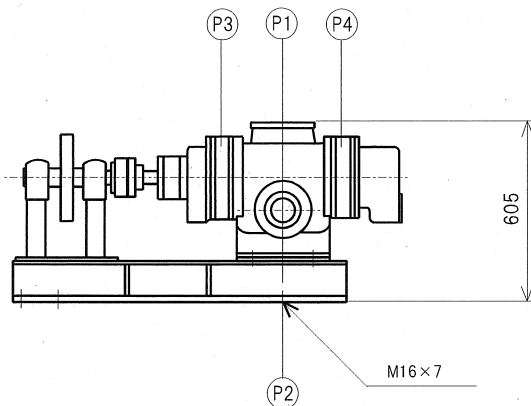
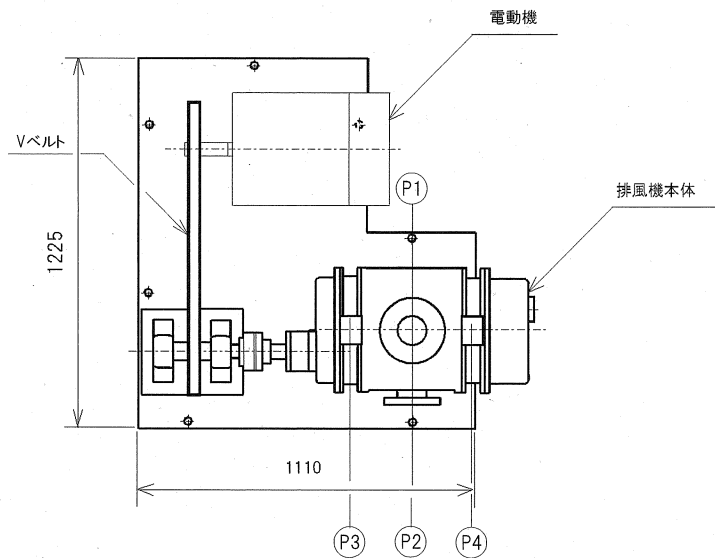


基数	2	
設置場所	廃気処理室 A011	
設計条件		
流体名	廃気	
容量 (m <sup>3</sup> /min)	約 6	
放射性物質	種類	FP
	濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	< 3.7×10 <sup>-2</sup>
本体主材料	SCS13	
据付ボルト	M16×7 (SS400)	

管台一覧表					
符号	名称	※寸法	主材料	接続	
				G41K50	G41K51
P1	廃気入口	150A	SCS13	Ve-21-150-Y-1	Ve-22-150-Y-1
P2	廃気出口	125A	SCS13	Ve-48-150-Y-1	Ve-49-150-Y-1
P3	還流廃気入口	50A	SCS13	Ve-55- 50-Y-1	Ve-58- 50-Y-1
P4	還流廃気入口	50A	SCS13	Ve-56- 50-Y-1	Ve-59- 50-Y-1

※ 接続配管との取合を示すものである。

図-4 排風機(G41K60,K61)外形図



基数	2	
設置場所	廃気処理室 A011	
設計条件		
流体名	廃気	
容量 (m <sup>3</sup> /min)	約 6	
放射性物質	種類	FP
	濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	< 3.7×10 <sup>-2</sup>
本体主材料	SCS13	
据付ボルト	M16×7 (SS400)	

管台一覧表					
符号	名称	※寸法	主材料	接続	
				G41K60	G41K61
P1	廃気入口	100A	SCS13	Ve-37-100-Y-1	Ve-38-150-Y-1
P2	廃気出口	80A	SCS13	Ve-50-150-Y-1	Ve-51-150-Y-1
P3	還流廃気入口	50A	SCS13	Ve-61- 50-Y-1	Ve-64- 50-Y-1
P4	還流廃気入口	50A	SCS13	Ve-62- 50-Y-1	Ve-65- 50-Y-1

※ 接続配管との取合を示すものである。



ガラス固化技術開発施設(TVF)槽類換気系  
排風機の耐震性についての計算書

## 1. 概要

槽類換気系排風機の一部更新において工事を行う排風機(G41K50, K51, K60, K61)について、「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」及び「耐震設計に係る工認審査ガイド」を踏まえ、廃止措置計画用設計地震動によって生じる地震力が作用したとしてもその安全機能の維持が可能であることを確認する。

## 2. 一般事項

### 2.1 評価方針

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の構造強度の評価は、鉛直方向地震動に対する扱いを考慮するため「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のポンプ・ファン類の構造強度評価に準拠し、当該設備に廃止措置計画用設計地震動時に発生する最大応力を評価し、構造上の許容限界を超えないことを確認する。

また、当該設備の地震時及び地震後の動的機能の評価は、廃止措置計画用地震動により当該設備に作用する加速度が機能確認済加速度以下となることを確認する。

### 2.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987(日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008(日本電気協会)
- (3) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012(日本機械学会)
- (4) 発電用原子力設備規格 材料規格 JSME S NJ1-2012(日本機械学会)
- (5) ルーツブロワの地震時の動的機能維持評価に関する研究 HLR-051(日本原燃株式会社, 株式会社日立製作所)

## 2.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
$A_b$	据付ボルトの軸断面積	mm <sup>2</sup>
$A_s$	最小有効せん断断面積	mm <sup>2</sup>
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_P$	ブロー振動による震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$E$	縦弾性係数	MPa
F	JSME S NC1-2012 SSB-3121 に定める許容応力算定用基準値	MPa
$F_b$	据付ボルトに生じる引張力	N
$G_I$	せん断弾性係数	MPa
g	重力加速度	mm/s <sup>2</sup>
h	据付面から重心までの距離	mm
$I$	断面 2 次モーメント	mm <sup>4</sup>
$l_1, l_2$	重心と据付ボルト間の水平方向距離 ( $l_1 \leq l_2$ )	mm
L	据付ボルト間隔	mm
m	総質量	kg
$M_P$	ブロー回転により働くモーメント	N・mm
n	据付ボルトの本数	—
$n_f$	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	—
$Q_b$	据付ボルトに生じるせん断力	N
$\sigma_b$	据付ボルトに生じる引張応力	MPa
$T_H$	水平方向固有周期	秒
$\tau_b$	据付ボルトに生じるせん断応力	MPa

### 3. 評価部位

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の構造強度の評価部位は、評価上厳しくなる据付ボルトとする。

### 4. 構造強度評価

#### 4.1 荷重の組合せ

発生応力の算出においては、自重及び地震力による応力を組み合わせた。地震力による応力については、水平方向応力と鉛直方向応力を、二乗和平方根(SRSS)法により組み合わせた。

#### 4.2 許容応力

設備の構造強度の許容応力は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2012」に準拠し、供用状態 D<sub>s</sub>における許容応力を用いた。供用状態 D<sub>s</sub>での温度は設計温度、自重については設計時の質量とし、それぞれ生じる荷重と廃止措置計画用設計地震動による地震力を組み合わせた状態とした。据付ボルトの応力分類ごとの許容応力を表 4-1 に示す。

表 4-1 据付ボルトの応力分類ごとの許容応力

評価部位	応力分類	許容応力
据付ボルト	引張応力	$1.5 \times (F/1.5)$
据付ボルト	せん断応力	$1.5 \times (F/(1.5\sqrt{3}))$

#### 4.3 設計用地震力

廃止措置計画用設計地震動によるガラス固化技術開発施設(TVF) ガラス固化技術開発棟の各階での静的解析用震度を表 4-2 に示す。排風機(G41K50, K51, K60, K61)の静的解析用震度は、機器据付階のもの(B2F、水平方向:0.86、鉛直方向:0.77)を用いた。

表 4-2 静的解析用震度

階	静的解析用震度(床応答最大加速度×1.2)	
	水平方向	鉛直方向
RF	1.28	0.79
3F	1.12	0.79
2F	1.03	0.79
1F	0.97	0.78
B1F	0.90	0.78
B2F	0.86	0.77

#### 4.4 計算方法

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の発生応力の計算方法は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」の横形ポンプの構造強度評価の計算式を適用した。構造強度評価は、算出した発生応力と許容応力を比較することにより行った。

引張力( $F_b$ ):

$$F_b = \frac{1}{L} \left\{ mg\sqrt{(C_H h)^2 + (C_V l_1)^2} + mgC_P(h + l_1) + M_P - mgl_1 \right\}$$

引張応力( $\sigma_b$ ):

$$\sigma_b = \frac{F_b}{n_f A_b}$$

せん断力( $Q_b$ ):

$$Q_b = mg(C_H + C_P)$$

せん断応力( $\tau_b$ ):

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n A_b}$$

#### 4.5 計算条件

##### 4.5.1 解析モデル

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の解析モデルを図 4-1 に示す。

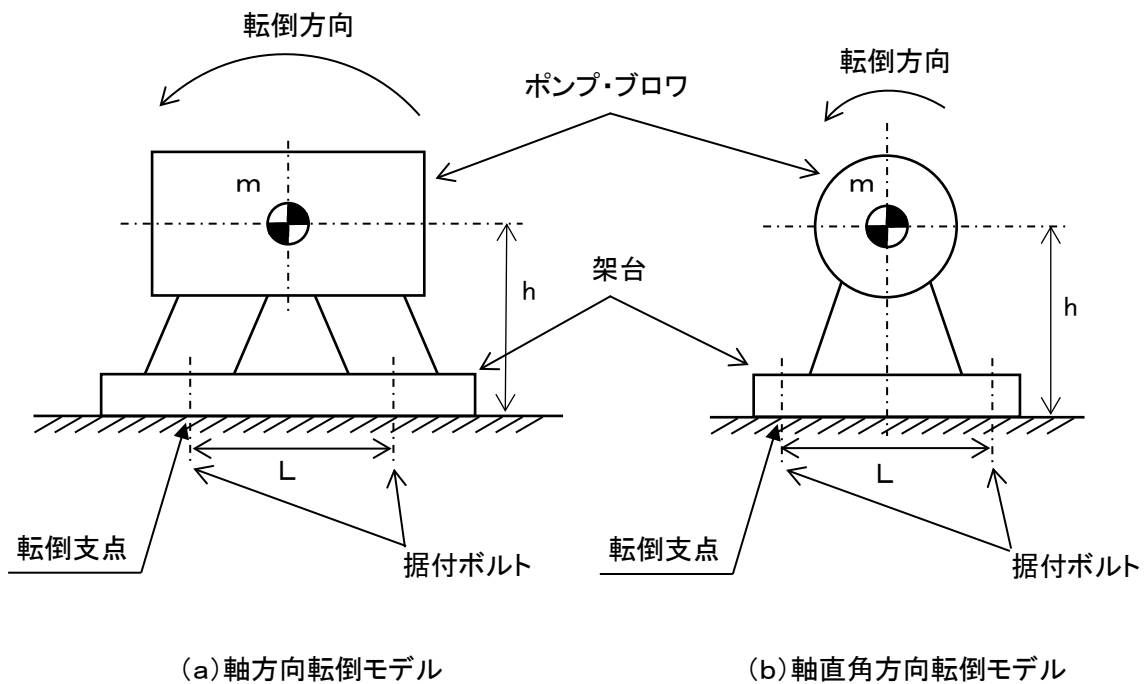


図 4.1 解析モデル

#### 4.5.2 諸元

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の主要寸法・仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 主要寸法・仕様

評価対象設備	項目	記号	値
排風機 (G41K50,K51)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス3
	据付ボルト間隔	L	975 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 °C
	据付ボルトの本数	n	7
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	$n_f$	2
	据付面から重心までの距離	h	447 (mm)
	ブロウ振動による震度	$C_p$	0.10
	ブロウ回転により働くモーメント	$M_p$	0 (N・mm)
	総質量	m	1540 (kg)
排風機 (G41K60,K61)	安全上の機能	—	閉じ込め機能
	機器区分	—	クラス3
	据付ボルト間隔	L	875 (mm)
	据付ボルト呼び径	—	M16
	据付ボルト材質	—	SS400
	据付ボルト温度	—	40 °C
	据付ボルトの本数	n	7
	引張力の作用する据付ボルトの評価本数	$n_f$	2
	据付面から重心までの距離	h	415 (mm)
	ブロウ振動による震度	$C_p$	0.12
	ブロウ回転により働くモーメント	$M_p$	0 (N・mm)
	総質量	m	910 (kg)

#### 4.6 固有周期

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の固有周期は、1 質点系振動モデルとして考え、以下の計算式を用いて算出した。

$$T_H = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{1000} \left( \frac{h^3}{3EI} + \frac{h}{A_S G_I} \right)}$$

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の固有周期を表 4-4 に示す。

表 4-4 固有周期

評価対象設備	固有周期
排風機 (G41K50, K51)	0.05 (秒)以下
排風機 (G41K60, K61)	0.05 (秒)以下

### 5. 動的機能維持評価

#### 5.1 動的機能維持評価方法

排風機(G41K50, K51, K60, K61)の地震時及び地震後の動的機能維持評価について、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」のファンの評価方法を準拠し、廃止措置計画用設計地震動により当該設備に作用する加速度と機能確認済み加速度を比較することにより評価を行った。

排風機(G41K50, K51, K60, K61)は形式がルーツ式であることから、機能確認済加速度は「ルーツブロウの地震時の動的機能維持評価に関する研究 HLR-051(日本原燃株式会社, 株式会社日立製作所)」のものを用いた。機能確認済加速度を表 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度

評価対象設備	形式	方向	機能確認済加速度 (× 9.8 m/s <sup>2</sup> )
排風機 (G41K50, K51)	ルーツブロウ	水平	1.2
		鉛直	1.2
排風機 (G41K60, K61)	ルーツブロウ	水平	1.2
		鉛直	1.2

## 6. 評価結果

構造強度評価結果を表 6-1 に示す。

ガラス固化技術開発施設(TVF) ガラス固化技術開発棟の排風機(G41K50, K51, K60, K61)の発生応力は、いずれも許容応力以下であることを確認した。

また、動的機能維持評価結果を表 6-2 に示す。廃止措置計画用設計地震動により排風機(G41K50, K51, K60, K61)に作用する加速度は機能確認済加速度以下であることを確認した。

表 6-1 構造強度評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力比 <sup>※1</sup>
排風機 (G41K50, K51)	据付ボルト	引張	11	280	0.04
		せん断	14	161	0.09
排風機 (G41K60, K61)	据付ボルト	引張	7	280	0.03
		せん断	8	161	0.05

※1 応力比は、発生応力/許容応力を示す。

表 6-2 動的機能維持評価結果

評価対象設備	方向	廃止措置計画用設計地震動により 設備に作用する加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )	機能確認済加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ )
排風機 (G41K50, K51)	水平	0.72	1.2
	鉛直	0.64	1.2
排風機 (G41K60, K61)	水平	0.72	1.2
	鉛直	0.64	1.2



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3年3月23日

再処理廃止措置技術開発センター

面談項目 (下線：次回変更申請案件 青字：監視チーム会合コメント対応)		令和3年						
		3月			4月			
		~12	~19	~26	~2	~9	~16	~23
安全対策								
地震による損傷の防止	○TVF 設備耐震補強工事 -設計及び工事の計画	▼11						
津波による損傷の防止	○TVF 一部外壁補強工事 -設計及び工事の計画  ○引き波による漂流物侵入防止対策 -設計及び工事の計画	▼5		▽23				
事故対処	○事故対処設備配備場所地盤補強工事 -設計及び工事の計画  ○審査ガイドとの適合性							
外部からの衝撃による損傷の防止	竜巻 ○TVF 建家の竜巻対策工事 -設計及び工事の計画	▼11						
	火山							
	外部火災	○外部火災対策工事(防火帯の設置) -設計及び工事の計画		▼18				

▽面談、◇監視チーム会合

面談項目 (下線 : 次回変更申請案件 青字 : 監視チーム会合コメント)		令和3年								
		3月			4月					
		~12	~19	~26	~2	~9	~16	~23	~30	
内部火災	○火災影響評価 ○防護対策の検討  ○TVF 内部火災対策工事 -設計及び工事の計画		▼11	▼18		▽30	(◇5)			
溢水	○溢水影響評価 ○溢水源の特定と対策の検討  ○TVF 溢水対策工事 -設計及び工事の計画	▼▼◆ 259				▽30	(◇5)			
制御室	○その他火災の影響評価  ○パラメータ監視設備工事 -設計及び工事の計画									▽23
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ウォークダウン -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	▼▼◆ 259		▼18		▽30	(◇5)			
その他										
廃止措置計画の既変更申請案件の補正	○TVF 保管能力増強  ○LWTF のセメント固化設備及び硝酸根分解設備の設置									▽23
保安規定変更申請										
その他設計及び工事の計画	○TVF3号溶融炉の製作  ○ガラス固化技術開発施設(TVF)の槽類換気系排風機の一部更新									▽23
その他	○TVFの状況	▼▼◆ 259								

▽面談、◇監視チーム会合