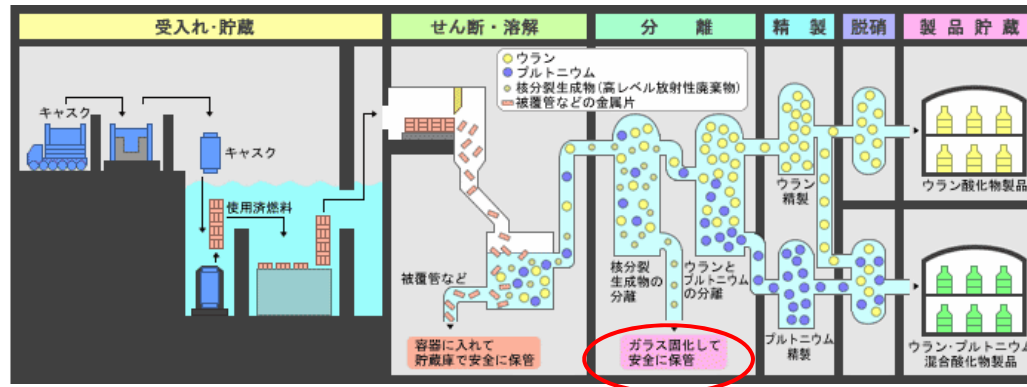


1. C.使用済燃料再処理事業高度化補助金に係る事業の概要

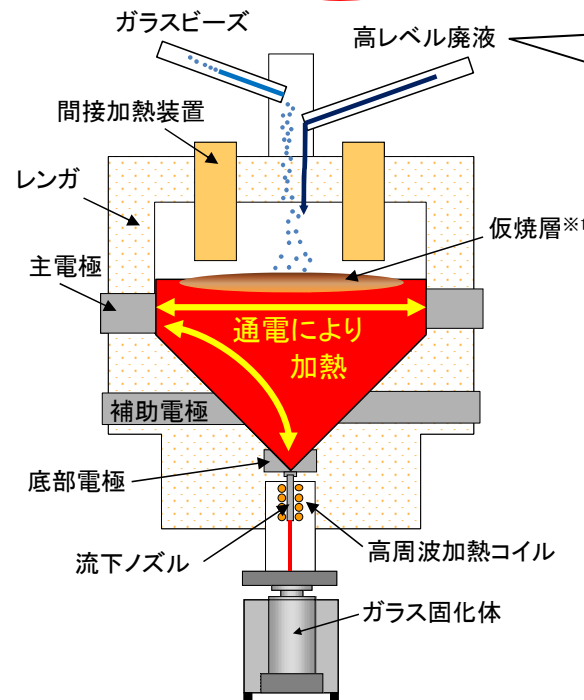
概 要	再処理施設で用いられる <u>ガラス固化技術</u> についてより多くの白金族元素等を含む高レベル廃液を溶融可能な新しい性状のガラスを開発するとともに、これに対応しうる新型のガラス溶融炉を開発することにより、我が国の使用済燃料再処理技術の高度化を図る。新型ガラス溶融炉の開発に際しては、 <u>六ヶ所再処理工場の運転経験を反映する研究もあわせて行う。</u>
実施期間	<u>平成21年度～平成25年度（5年間）</u>
予算総額	<u>57.2億円（補助（補助率：1／2））</u> （平成21年度：15.2億円、平成22年度：15.5億円 平成23年度：6.7億円 平成24年度：9.5億円、平成25年度：10.3億円）
実 施 者	日本原燃株式会社
プロジェクト リーダー	平成21年度～平成24年12月11日 中村 裕行（日本原燃(株) 再処理事業部 再処理計画部長） 平成24年12月12日～平成25年度 越智 英治（日本原燃(株) 再処理事業部 エンジニアリングセンター長）

1. C.使用済燃料再処理事業高度化補助金に係る事業の概要

【参考】六ヶ所再処理工場ガラス溶融炉の概要



ガラス溶融炉(写真)



- 高レベル濃縮廃液(白金族元素、モリブデン(Mo)等を含んでいる)
- アルカリ濃縮廃液
- 不溶解残渣(FINE)^{※2}廃液

元素	性質
Ru、Rh、Pd (白金族元素)	• ガラスへの溶解性が低い • 濃度の増加によりガラスの粘性が増加 • 導電性が高い
Mo	• ガラスへの溶解性が低い • イエローフェーズ^{※3}の主成分

※1 ガラスと廃棄物成分が混ざり合う過程で形成される層

※2 使用済燃料の溶解工程において硝酸で溶けずに残るもの。白金族元素等からなる合金および燃料被覆管の粉末が主な成分

※3 通常の流下ガラスよりも粘性の低い、モリブデン(Mo)を主成分とする流体

2. C.プロジェクトの目的・政策的位置付け

目的:

本プロジェクトは、再処理施設で用いられているガラス固化技術についてより多くの白金族元素等を含む高レベル廃液を溶融可能な新しい性状のガラスを開発するとともに、これに対応する新型のガラス溶融炉を六ヶ所再処理工場の運転経験を反映しながら開発することにより、使用済燃料再処理技術の高度化を図る。

政策的位置付け:

ガラス固化技術は、使用済燃料の再処理により発生した高レベル廃液をガラスとともに固化するものであり、再処理工場を円滑に運転していく上で重要な技術である。

したがって、ガラス固化技術を高度化することは再処理工場の安定運転につながるとともに、最終的には安定的な核燃料サイクルの推進に寄与するものである。

「原子力政策大綱」(平成17年10月)では核燃料サイクルの基本的考え方、「エネルギー基本計画」(平成26年4月)では核燃料サイクルの推進についてそれぞれ示されている。

2. C.プロジェクトの目的・政策的位置付け

政策的位置付け（つづき）：

(1)原子力政策大綱(抜粋)(平成17年10月原子力委員会)

第3章 原子力利用の着実な推進

3-1. エネルギー利用

3-1-3. 核燃料サイクル

(1)使用済燃料の取扱い(核燃料サイクルの基本的考え方)

(中略)我が国においては、核燃料資源を合理的に達成できる限りにおいて有効に利用することを目指して、安全性、核不拡散性、環境適合性を確保するとともに、経済性にも留意しつつ、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム、ウラン等を有効利用することを基本の方針とする。使用済燃料の再処理は、核燃料サイクルの自主性を確実なものにする観点から、国内で行うことを原則とする。

(2)エネルギー基本計画(抜粋)(平成26年4月閣議決定)

第3章 エネルギーの需給に関する長期的、総合的かつ計画的に講ずべき施策

第4節 原子力政策の再構築

4. 対策を将来へ先送りせず、着実に進める取組

(2)核燃料サイクル政策の推進

核燃料サイクルについては、六ヶ所再処理工場の竣工遅延やもんじゅのトラブルなどが続いてきた。このような現状を真摯に受け止め、これら技術的課題やトラブルの克服など直面する問題を一つ一つ解決することが重要である。その上で、使用済燃料の処分に関する課題を解決し、将来世代のリスクや負担を軽減するためにも、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減や、資源の有効利用等に資する核燃料サイクルについて、これまでの経緯等も十分に考慮し、引き続き関係自治体や国際社会の理解を得つつ取り組むこととし、再処理やプルサーマル等を推進する。

2. C.プロジェクトの目的・政策的位置付け

国の関与の必要性：

日本原燃は国内で唯一の民間再処理工場の実施主体であり、再処理工場を円滑に運転していく上で重要な技術であるガラス固化技術を高度化させ、民間事業として定着させるためには国が支援する必要がある。これらは、「原子力政策大綱」(平成17年10月)において以下のとおり示されている。

(1) 原子力政策大綱(抜粋) (平成17年10月原子力委員会)

第4章 原子力研究開発の推進

4-1. 原子力研究開発の進め方

4-1-5. 既に実用化された技術を改良・改善するための研究開発

既に実用化された技術を改良・改善する研究開発は事業者が自ら資源を投じて実施すべきである。ただし、その成果が多く事業者間で共有されることが望ましい場合や、その研究開発の成功が公益に資するところが多い場合等には、国が、その内容を適宜適切に評価しつつ、共同開発の仕組み等を整備して、これを支援・誘導することが妥当である。なお、今後、原子力発電所の新規建設の停滞が続くことが予想され、産業界に築き上げられてきた技術基盤の維持に懸念が生じているが、このような技術開発の推進は、この技術基盤の維持に貢献することにも留意する必要がある。

この段階の主要な活動としては、既存軽水炉技術の高度化、遠心法ウラン濃縮技術の高度化、我が国初の民間MOX燃料加工工場へ適用するMOX燃料加工技術の確証、高レベル放射性廃液のガラス固化技術の高度化を図るための技術開発等がある。

3. C.目標

全体目標：より多くの白金族元素等を含む高レベル廃液を溶融可能なガラス素材およびガラス溶融炉を開発

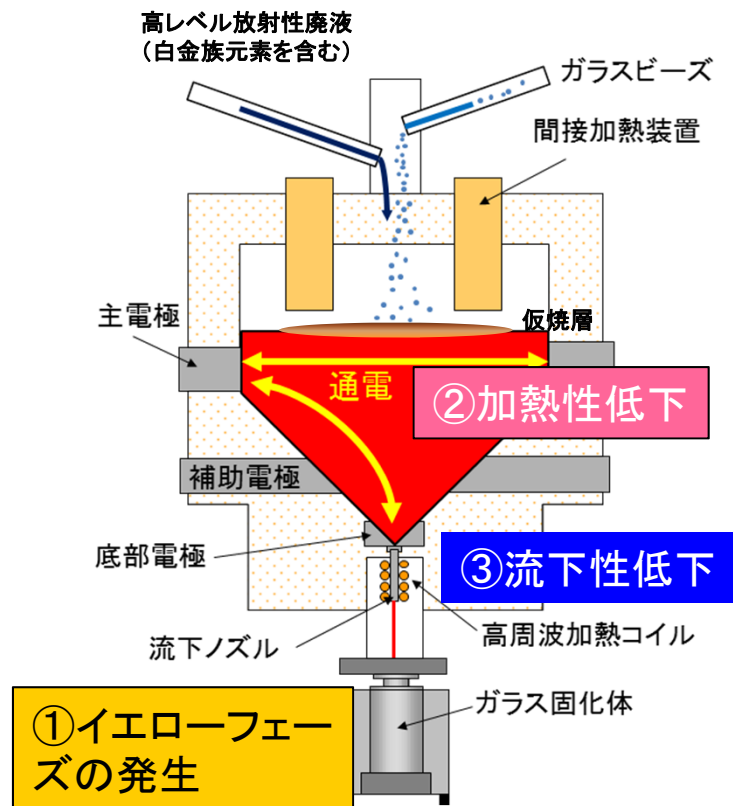
要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
(1)新ガラス素材の開発 ① イエローフェーズ (YP) の発生抑制ガラス素材の開発	・イエローフェーズ (YP) の発生を可能な限り抑制する新ガラス素材を開発する。 ・開発したガラスの性能については、るつぼ試験、小型・中型溶融炉試験、新型ガラス溶融炉実規模モックアップ試験において確認する。	・YP発生を抑制できるガラス素材を開発する必要があるため。 ・ガラス素材の試験を段階的にスケールアップして新ガラス素材の性能を確認することで、YP発生抑制効果およびスケールアップによる影響を評価しながら開発を進める必要があるため。
②高減容ガラス素材の開発	・より多くの高レベル廃液を取り込める新ガラス素材を開発する。 ・開発したガラスの性能については、るつぼ試験、小型溶融炉試験において確認する。	・より多くの高レベル廃液をガラスに充填できるガラス素材を開発する必要があるため。 ・ガラス素材の試験を段階的にスケールアップして新ガラス素材の性能を確認することで、廃棄物含有率およびスケールアップによる影響を評価しながら開発を進める必要があるため。

3. C.目標

要素技術	目標・指標	妥当性・設定理由・根拠等
(2)新型ガラス溶融炉の開発 <u>①新型ガラス溶融炉構成技術の開発</u>	・白金族元素の堆積抑制および抜き出し性の向上を目的として、新型ガラス溶融炉を構成する技術(炉底部技術等)を開発する。 ・開発した各構成技術については新型ガラス溶融炉の実規模モックアップ試験において検証を行う。	・より多くの白金族元素等を含む高レベル廃液を溶融可能とするために、白金族元素の堆積抑制および抜き出し性の向上を図る必要があるため。 ・白金族元素の堆積抑制および抜き出し性の向上を図るために必要となる構成技術を個別に開発・検証した後、実規模のモックアップ試験で総合的な検証を行う必要があるため。
<u>②ガラス溶融炉解析コードの高度化</u>	・ガラス溶融炉内の温度および白金族元素分布等の挙動を模擬できる解析コードを開発する。	・新型ガラス溶融炉のモックアップ試験において事前に運転条件を設定するために、炉内挙動を模擬できる解析コードを開発する必要があるため。
<u>③ガラス物性等の基礎試験</u>	・白金族元素および模擬廃液成分を含有したガラスの物性等の基礎データを取得する。	・ガラス溶融炉解析コードに使用するガラス物性等の基礎データを取得する必要があるため。

3. C.目標

事業の開発目標



【全体目標】

より多くの白金族元素等を含む高レベル廃液をガラスに溶融

【要素技術】

①イエローフェーズ (YP) が発生

YPの発生を抑制し、より多くの高レベル廃液を取り込める新ガラス素材の開発

白金族元素が炉底部に堆積し、

②堆積した白金族元素に電流が流れ、炉底ガラスの加熱性が低下

③炉底ガラスの粘性が上昇し、流下性が低下

白金族元素の堆積抑制および抜き出し性の向上を目的とした新型ガラス溶融炉の開発

【参考】

六ヶ所再処理工場
ガラス溶融炉の対応

廃液に調整液を添加し、YP形成成分の濃度を低減
等

- ・ガラス温度、炉底温度等の温度管理目標値を設定
- ・定期的な洗浄運転の実施 (廃液供給10バッチに対して模擬廃液による洗浄運転3バッチ)

等

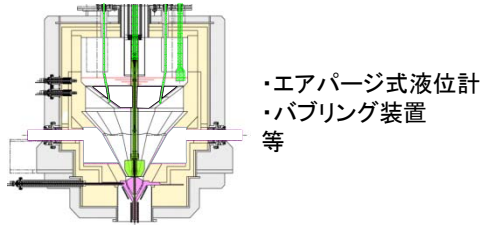
3. C.目標

個別要素技術の相関図

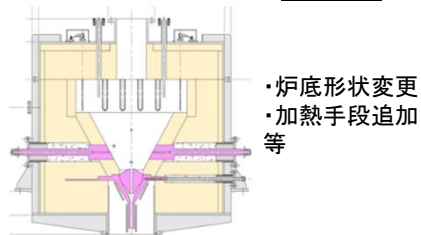
新型ガラス溶融炉の開発

①新型ガラス溶融炉構成技術の開発

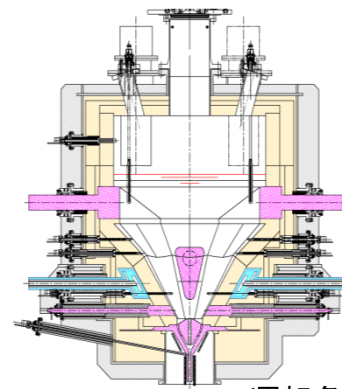
炉内要素技術開発



炉底部技術開発



新型ガラス溶融炉 実規模モックアップ試験



運転条件の
事前検討

新ガラス素材の開発

①イエローフェーズ発生 抑制ガラス素材の開発

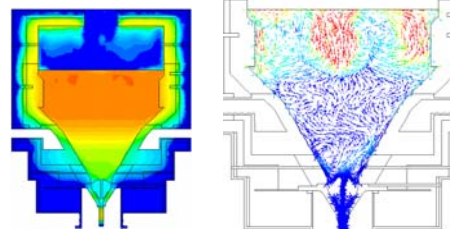
②高減容ガラス素材の 開発

③ガラス物性等の基礎試験



物性データ

②ガラス溶融炉解析コード の高度化



4. C.成果、目標の達成度

要素技術	目標・指標	成 果	達成度
(1)新ガラス素材の開発 ① イエローフェーズ (YP) 発生抑制ガラス素材の開発	・イエローフェーズ (YP) の発生を可能な限り抑制する新ガラス素材を開発する。 ・開発したガラスの性能については、るつぼ試験、小型・中型溶融炉試験、新型ガラス溶融炉実規模モックアップ試験において確認する。	・るつぼ試験により、YP発生抑制ガラス素材の組成(従来ガラス素材中のアルミニウム (Al) とケイ素 (Si) の一部を廃液側に分配)を選定した。 ・小型および中型溶融炉試験において、調整液を添加しない条件でYP発生抑制効果を確認することができた。 ・実規模モックアップ試験炉において、調整液を添加しない条件で新ガラス素材を使用して、適切な温度管理ができ、安定した運転が可能であった。また、YP発生抑制効果については、運転条件の最適化を図る等の課題を確認することができた。	達成
②高減容ガラス素材の開発	・より多くの高レベル廃液を取り込める新ガラス素材を開発する。 ・開発したガラスの性能については、るつぼ試験、小型溶融炉試験において確認する。	・るつぼ試験により、高減容ガラス素材の組成(従来ガラス素材中のアルミニウム (Al) とホウ素 (B) の一部を廃液側に分配、バナジウム (V) の添加)を選定した。 ・小型溶融炉試験において、廃棄物含有率34wt% (現状は20.8wt%) を達成できることを確認できた。	達成

(1)新ガラス素材の開発

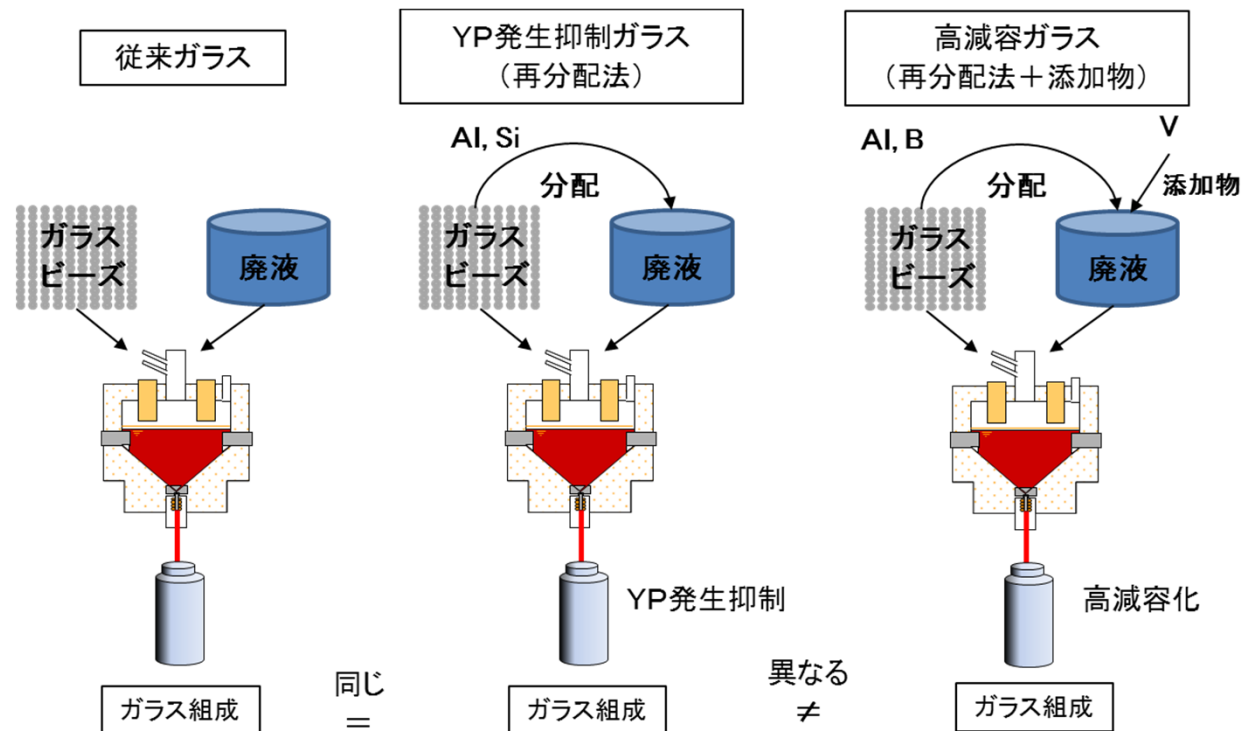
新ガラス素材の設計概念

①イエローフェーズ (YP) 発生抑制ガラス素材の開発:

ガラス成分の一部を廃液側に分配 (再分配法) することでガラスの溶融性を高め、YP形成成分をガラスへ溶解しやすくすることで、YPの発生を抑制する。

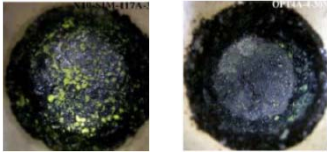
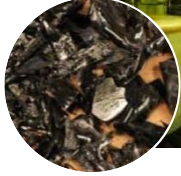
②高減容ガラス素材の開発:

再分配法 + 添加物の効果により、廃液成分のガラスへの充填率を向上させる。



(1)新ガラス素材の開発

新ガラス素材の開発の成果

試験 ガラス 素材	るつぼ試験	小型溶融炉試験	中型溶融炉試験	新型ガラス溶融炉 実規模モックアップ試験
	 従来ガラス素材 新ガラス素材 YPが発生 YPが抑制	 回収したガラス	 回収したガラス	
YP発生抑制ガラス素材	ガラス組成の選定（従来ガラス素材中のアルミニウム（Al）とケイ素（Si）の一部を廃液側に分配）	調整液を添加しない条件でYP発生抑制効果を確認	調整液を添加しない条件でYP発生抑制効果を確認	調整液を添加しない条件で新ガラス素材を使用して、 <u>ガラス温度および気相温度を目標温度に制御</u> <u>YP発生抑制効果については、運転条件の最適化を図る等の課題を確認</u>
高減容ガラス素材	ガラス組成の選定（従来ガラス素材中のアルミニウム（Al）とホウ素（B）の一部を廃液側に分配、バナジウム（V）の添加）	<u>廃棄物含有率34wt%（現状20.8wt%※）を達成できることを確認</u>		

※ガラスビーズからのNa量を除いて計算した値

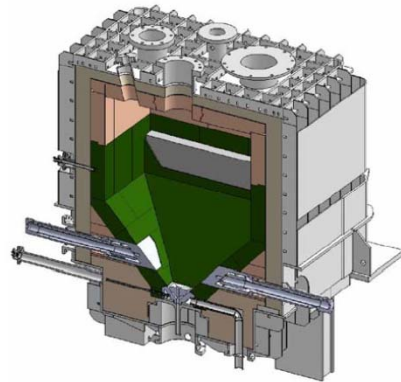
4. C.成果、目標の達成度

要素技術	目標・指標	成 果	達成度
(2)新型ガラス溶融炉の開発 ①新型ガラス溶融炉構成技術の開発	・白金族元素の堆積抑制および抜き出し性の向上を目的として、新型ガラス溶融炉を構成する技術(炉底部技術等)を開発する。 ・開発した各構成技術については新型ガラス溶融炉の実規模モックアップ試験において検証を行う。	・炉底部形状を円すい、傾斜角度を60°に変更し、炉底部の加熱手段を追加した炉底部のモックアップ試験等により、現行ガラス溶融炉と比べ、白金族元素の堆積抑制および抜き出し性、ならびにガラスの流下性が向上することを確認した。また、通常の約5倍の白金族元素濃度のガラスにおいても、良好に流下することができた。 ・新型ガラス溶融炉の実規模モックアップ試験により安定した温度管理が可能であり、白金族元素の堆積抑制、抜き出し性およびガラスの流下性が向上することを確認した。	達成
②ガラス溶融炉解析コードの高度化	・ガラス溶融炉内の温度および白金族元素分布等の挙動を模擬できる解析コードを開発する。	・解析コードに仮焼層のモデルやガラス物性値の反映等を行うことで、従来の解析コードと比べ、ガラス溶融炉内のガラス温度および白金族元素分布の再現性が向上した。 ・解析コードを用いて、新型ガラス溶融炉の実規模モックアップ試験の運転条件の事前検討を行うことができた。	達成
③ガラス物性等の基礎試験	・白金族元素および模擬廃液成分を含有したガラスの物性等の基礎データを取得する。	白金族元素を含有したガラスの物性値、炉内の白金族元素の挙動、仮焼層の構造等のデータを取得し、ガラス溶融炉解析コードの高度化等に利用した。	達成

(2) 新型ガラス溶融炉の開発

新型ガラス溶融炉の改良点

現行ガラス溶融炉

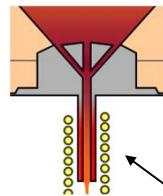
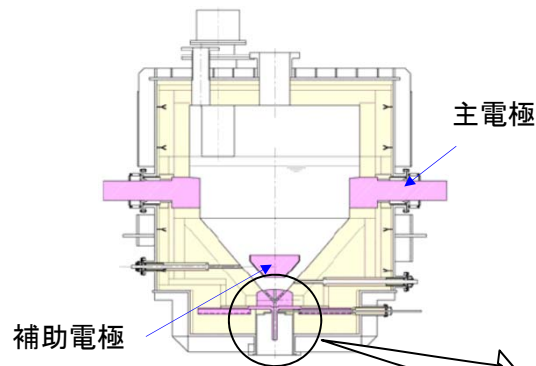


白金族元素の堆積抑制

- ・ 炉底形状の変更（四角すい⇒円すい）
- ・ 傾斜角度の変更（45° ⇒ 60°）

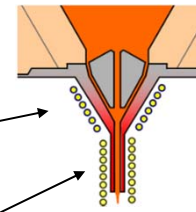
炉底部ガラスの加熱手段の追加

- ・ 補助電極の追加（加熱手段の多様化）
- ・ 底部電極用高周波加熱コイルの追加（通電以外の加熱手段の追加）

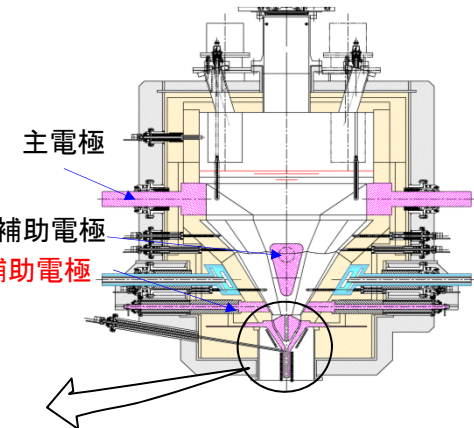
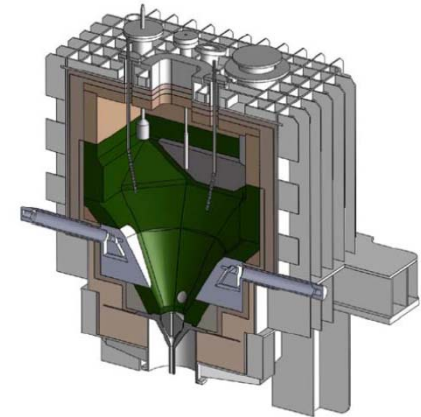


底部電極用高周波加熱コイル

流下ノズル用高周波加熱コイル



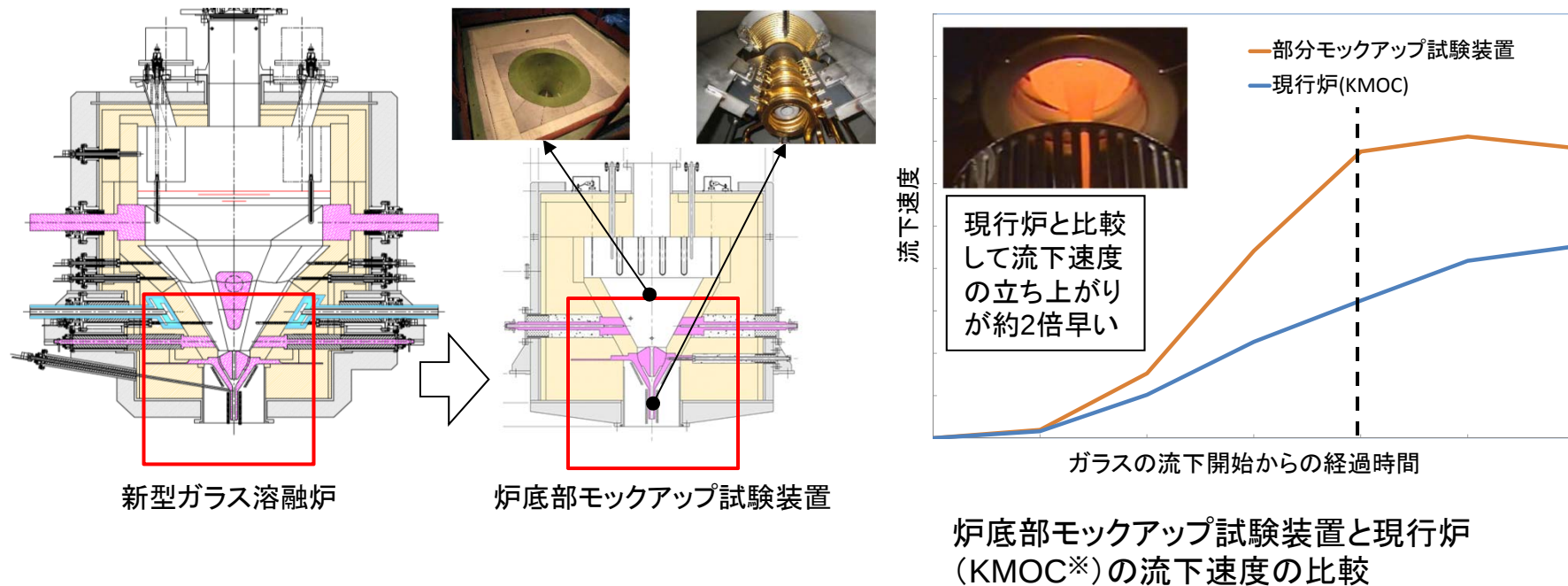
新型ガラス溶融炉



(2) 新型ガラス溶融炉の開発

炉底部モックアップ試験

- 新型ガラス溶融炉の炉底部に適用される技術を炉底部モックアップ試験装置で検証した。
- ガラス流下開始直後からの流下速度の立ち上がりが現行のガラス溶融炉と比較して早く、さらに安定した。
- 通常の約5倍の白金族濃度のガラスでも流下性は良好であった。

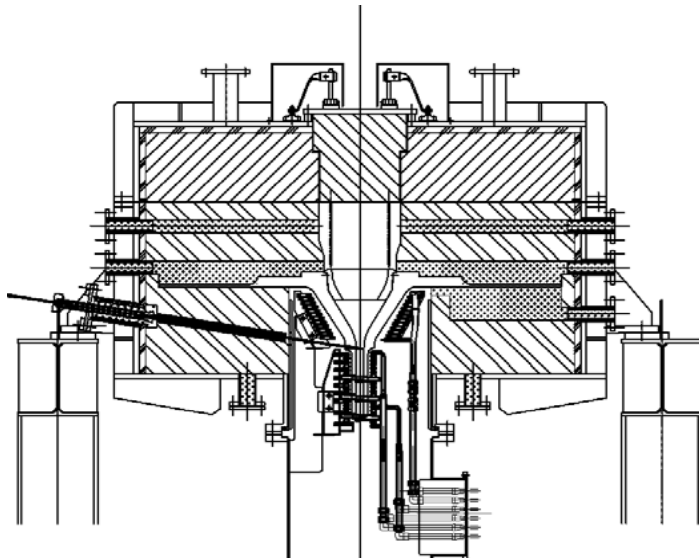


※現行ガラス溶融炉に係る機能の確証を目的とした各種試験を行うための実規模大のガラス溶融炉

(2)新型ガラス熔融炉の開発

流下ノズル寿命評価試験

- 底部電極・流下ノズルの構造健全性を評価するため、実規模形状・寸法を模擬した試験装置を用いた加速試験※による寿命評価試験を実施した。
- 結果、運転期間5年に相当する加速試験では、底部電極・流下ノズルにき裂や変形が確認されず、健全性が確認できた。(2014年度も継続して実施中)



流下ノズル寿命評価試験装置

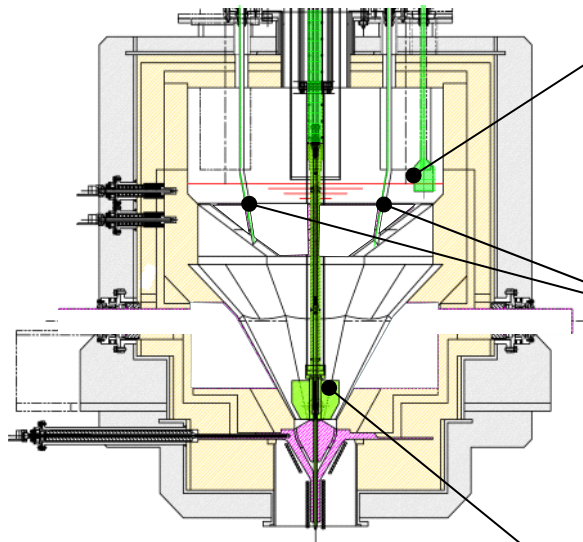


加速試験中の流下ノズル

※対象をより過酷な条件に置くことで、長期間に起こる負荷が短期間に進むとみなして、現実的な時間の試験で長期の負荷に代えて評価を行う試験

(2) 新型ガラス溶融炉の開発

炉内要素技術の開発



エアパージ式液位計(ドイツより技術導入)

- ・接点式の電気抵抗式液位計と比べ、液位の連続測定が可能であり、炉内のガラス量をより正確に把握できた。

バブリング装置(ドイツより技術導入)

- ・仮焼層下面に挿入したノズルから空気を吹き込み溶融ガラスの流動性を向上させることにより、イエローフェーズの溶解性向上や処理能力の向上が期待できる(今後の開発で更に成熟を図る予定)。

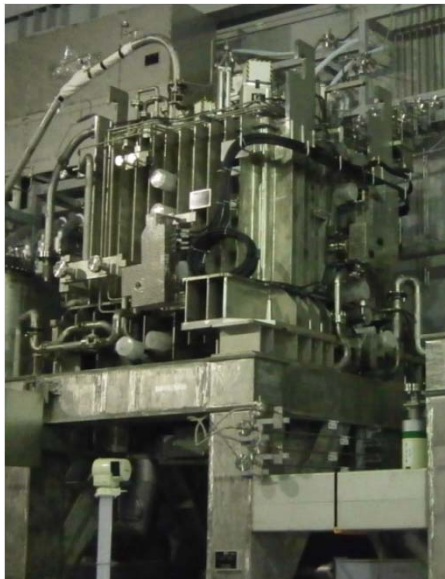
かくはん装置(国内技術を改良)

- ・白金族元素が堆積した場合に、早期にかつ効率的に炉底のかくはん操作(堆積した白金族元素の除去操作)が実施でき、レンガ片により流下ノズルが閉塞した場合に、閉塞解除が可能な構造とした。

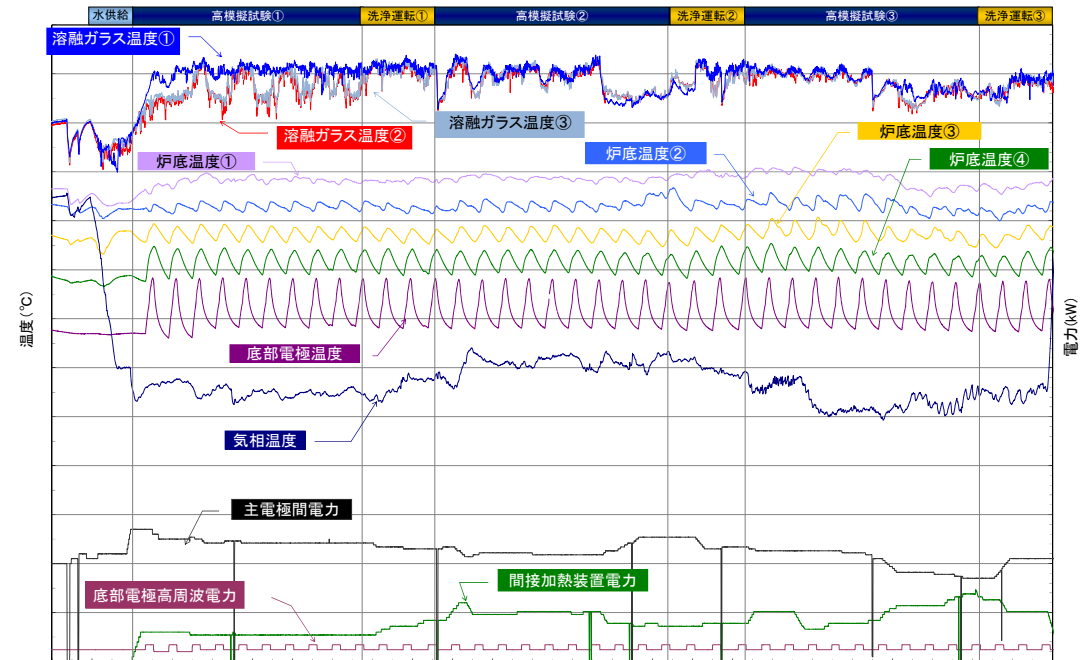
(2)新型ガラス溶融炉の開発

新型ガラス溶融炉モックアップ試験(温度特性の把握)

- 現行ガラス溶融炉との比較評価のため、現行ガラス溶融炉がこれまで実施してきた炉底低温運転※をモックアップ試験でも踏襲した。
- 試験は、模擬ビーズ、低模擬廃液(白金族元素を含まない廃液)、高模擬廃液(白金族元素を含む廃液)と段階的に実施した。
- 新型ガラス溶融炉の熱特性を把握した上で、現行ガラス溶融炉と同じ温度分布を再現できた。また、追加した加熱手段により容易に温度制御できることも確認した。



新型ガラス溶融炉モックアップ試験炉



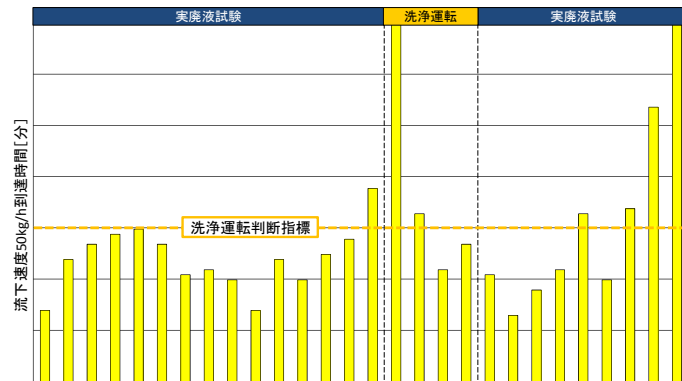
新型ガラス溶融炉モックアップ試験の温度および電力の推移

※ガラス流下終了後に炉底部の温度を低下させ、流下後の白金族元素の炉底部への沈降を抑制する運転

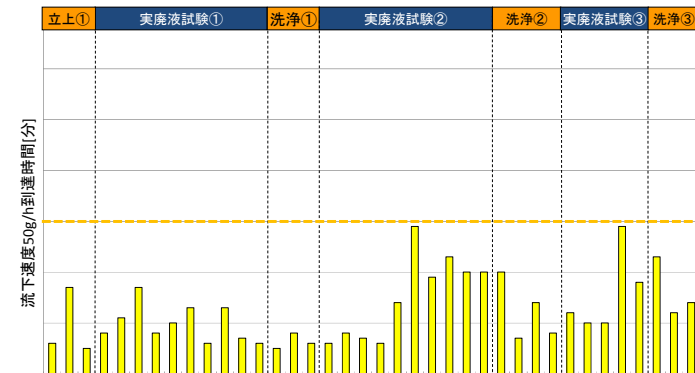
(2) 新型ガラス溶融炉の開発

新型ガラス溶融炉モックアップ試験(白金族元素の抜き出し性)

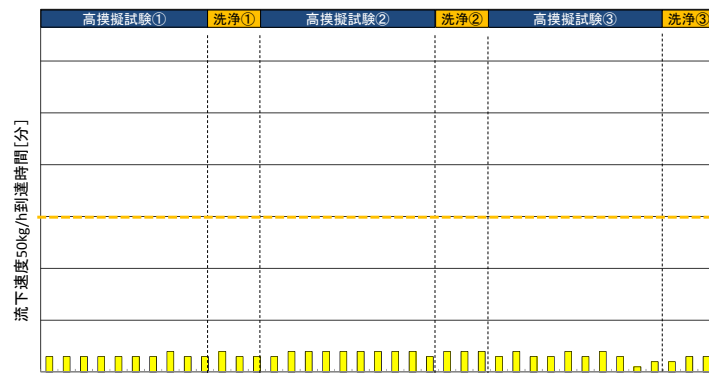
流下性判断指標: ■ 流下速度50kg/h到達時間



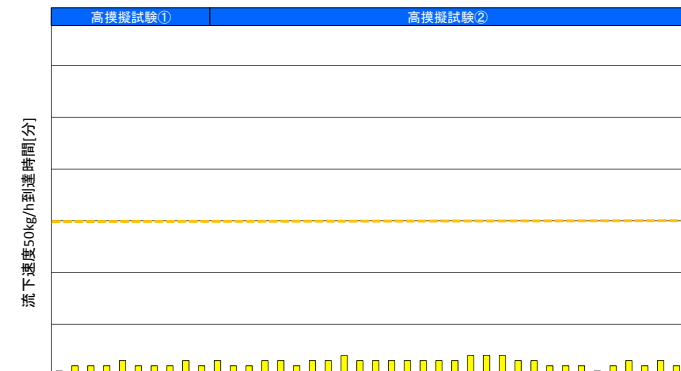
【参考】再処理工場A系列アクティブ試験第5ステップ(2008年10月)



【参考】再処理工場A系列ガラス固化試験(2013年5月)



新型ガラス溶融炉実規模モックアップ試験
(2013年11月～2014年2月)



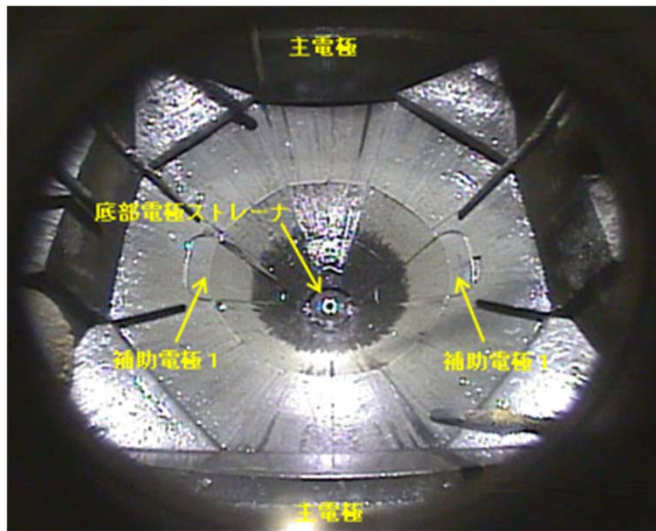
【参考】新型ガラス溶融炉実規模モックアップ試験
(2014年11月～)

流下回数を重ねても流下性は良好であり、白金族元素が炉底部に堆積した傾向は確認されなかった。

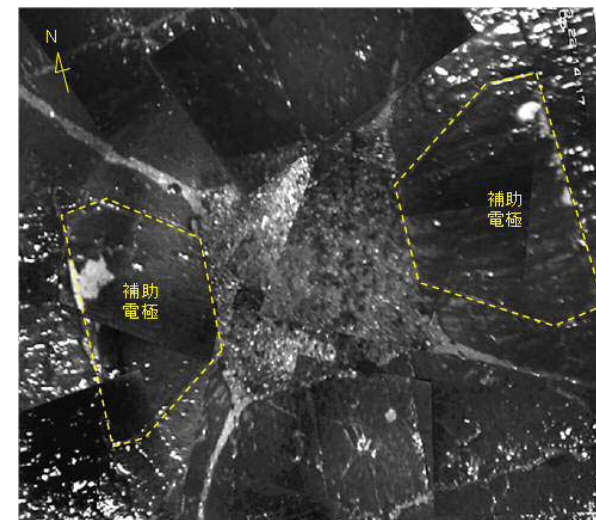
(2)新型ガラス溶融炉の開発

新型ガラス溶融炉モックアップ試験(試験後の炉内状態)

- ドレンアウト試験後に炉内を観察した結果、炉内のガラスは全て排出されており、残留物も確認されなかった。



新型ガラス溶融炉実規模モックアップ
試験後の炉内観察結果



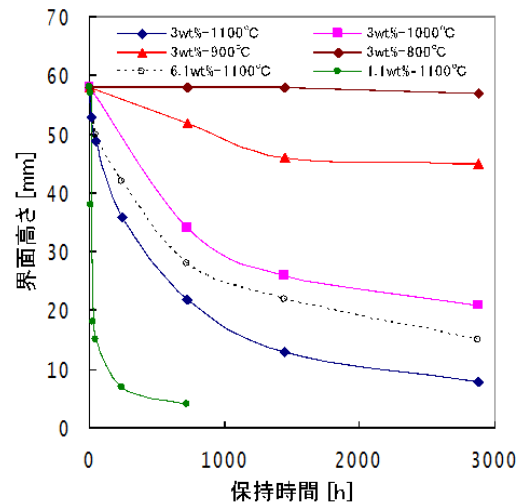
【参考】六ヶ所再処理工場B系列
ガラス固化試験後の炉内観察結果

(2) 新型ガラス溶融炉の開発

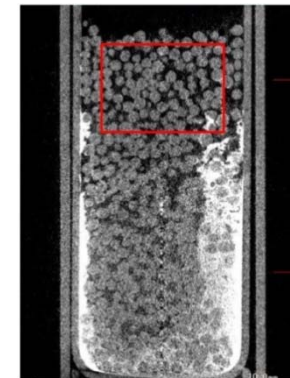
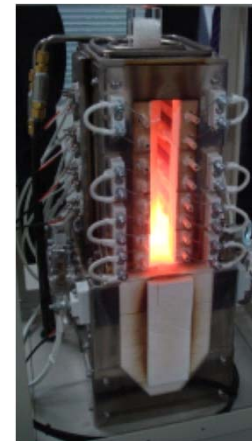
ガラス物性等の基礎試験

ガラスの基礎データを取得し、ガラス溶融炉解析コードの高度化等を利用した。

- ・ ガラス物性関連: 白金族元素および模擬廃棄物成分を含有したガラスの高温物性(粘度、密度、比熱、熱伝導率等)を測定し、定式化
- ・ 炉内白金族元素関連: ガラス温度および白金族元素濃度を変化させて白金族元素の沈降形態・堆積挙動等を評価
- ・ 仮焼層関連: 微量成分(FINE、DBP※)有無による仮焼層の構造(空隙率)変化等を評価



白金族元素の沈降・堆積挙動



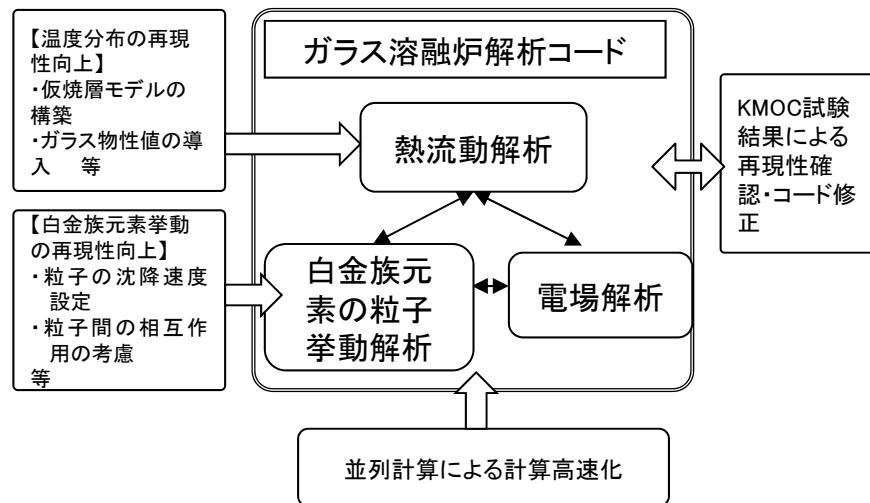
仮焼層観察装置(左)により観察した
仮焼層の構造(右)

※ 使用済燃料を硝酸で溶解した溶解液からウランとプルトニウムを抽出するための溶媒抽出に用いるリン酸三ブチル(TBP)が放射線分解(劣化)して生成される。これが溶媒再生工程でアルカリ廃液へ移行し、高レベル廃液に含まれる。

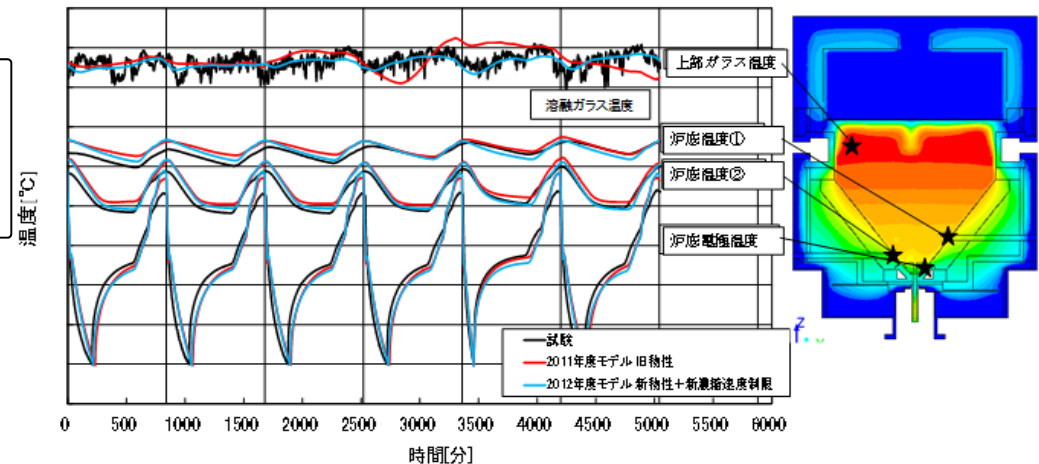
(2)新型ガラス溶融炉の開発

ガラス溶融炉解析コードの高度化

- 解析コードに仮焼層のモデルやガラス物性値の反映等を行うことで、現行のガラス溶融炉のガラス温度および白金族元素分布を再現することができた。
- 高度化した解析コードを用いて、実規模モックアップ試験の運転条件の事前検討を行うことができ、合理的に試験を進めることができた。



ガラス溶融炉解析コードの
機能構成、改良・検証項目



解析コードによるガラス溶融炉の
炉内温度シミュレーション

5. C.事業化、波及効果

事業化：

- 本事業により開発されたガラス固化技術は、実用化に向けた更なる技術検証を進めたうえで、5年程度で更新が計画されている六ヶ所再処理工場のガラス溶融炉の設計に反映することができる。
- 本事業により開発されたガラス固化技術を六ヶ所再処理工場に適用することにより、ガラス溶融炉の運転で行っている定期的な洗浄運転（廃液供給10バッチに対して模擬廃液による洗浄運転3バッチ）を低減または不要とすることによるガラス固化体の発生本数の低減も期待できる。

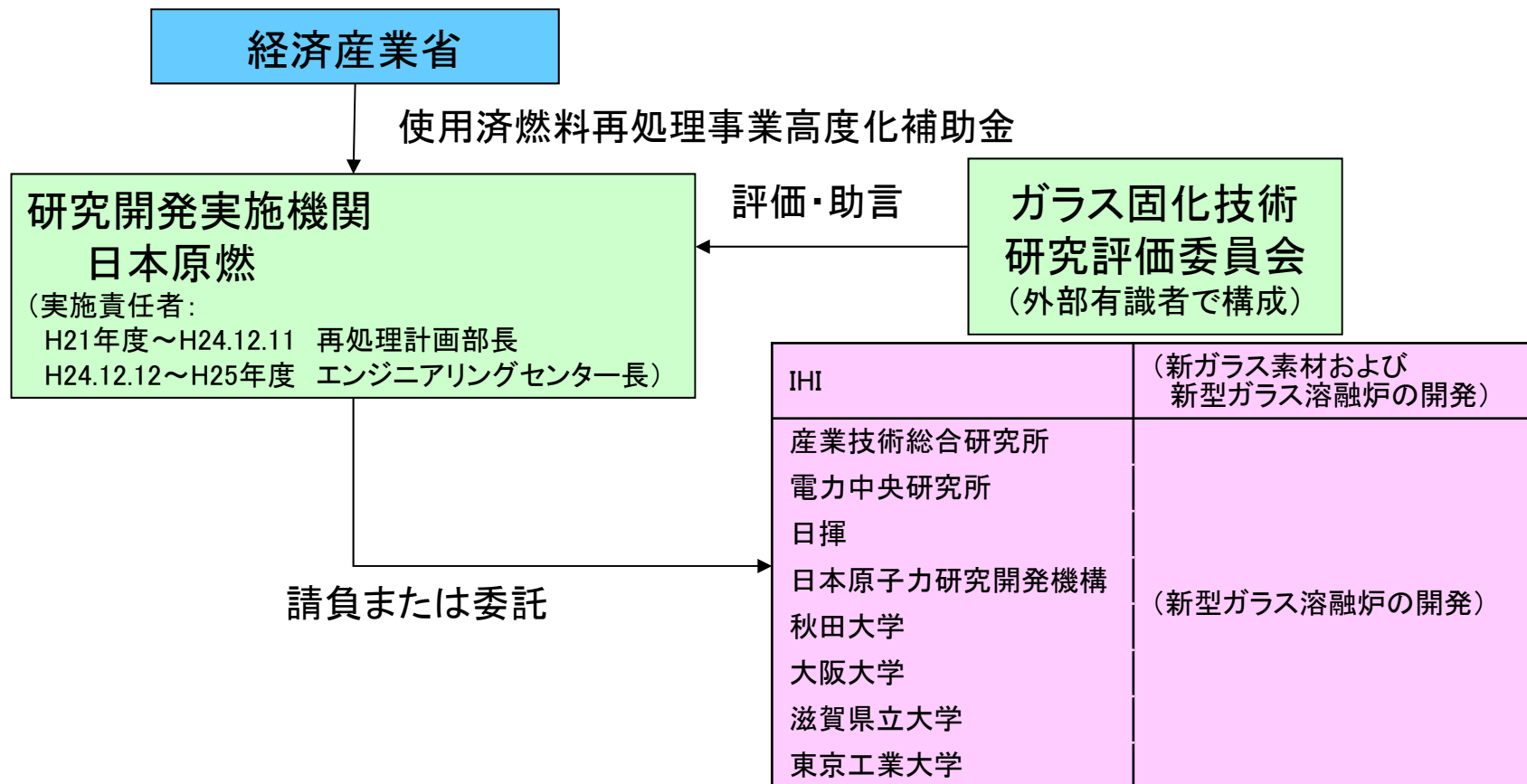
波及効果：

- 本事業により開発されたガラス固化技術により、ウランおよびプルトニウムを準国産エネルギーとして利用する我が国の核燃料サイクルの要である再処理および高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）処分の効率化、処分に際しての安全裕度の一層の向上に資することが期待できる。

6. C.研究開発マネジメント・体制等

研究開発実施者の実施体制・運営

- ・日本原燃は、試験計画の策定、実施、評価等について総括的に管理を行っており、開発に係る試験等をメーカ・大学・研究機関に請負または委託した。
- ・日本原燃は、ガラス・製鉄溶鉱炉・原子力専門家等の外部有識者から構成されるガラス固化技術研究評価委員会から試験の計画策定、実施等において評価・助言を受けた。



6. C.研究開発マネジメント・体制等

資金配分

各技術開発項目の進捗や社会環境の変化等を踏まえ、必要な実施項目と支出予算を精査した上で、各年度において適切な資金配分を行った。

資金配分

(単位:百万円)

年度 平成		21※1	22	23※2	24	25	合計※3
労務費		34	30	10	7	7	89
諸経費		10	6	3	3	1	23
試験費	新ガラス素材の開発	101	165	126	—	—	393
	新型ガラス溶融炉の開発	1,376	1,346	528	941	1,021	5,211
合計※1		1,522	1,547	667	952	1,029	5,717

※1 平成21年度の資金は、平成22年度に繰り越した。

※2 東北地方太平洋沖地震(平成23年3月11日)の影響により平成23年度に試験を行うための資機材の準備等が困難になったことから、当初平成23年度分までの資金配分を、平成25年度までの資金配分に変更した。

※3 四捨五入しているため、各費用と合計は一致しない。

6. C.研究開発マネジメント・体制等

費用対効果

開発されたガラス固化技術は、5年程度で更新が計画されている六ヶ所再処理工場のガラス溶融炉に反映される。

その結果、六ヶ所再処理工場の安定運転が可能となり、ひいては我が国の核燃料サイクルの着実な推進に寄与することが期待される。

(現行のガラス溶融炉の運転で行っている洗淨運転が不要となった場合、ガラス固化体の発生本数を2割程度低減できる。)

変化への対応

本プロジェクトの実施期間中に六ヶ所再処理工場におけるガラス溶融炉の試験運転で得られた課題について、適宜、新型ガラス溶融炉の開発に反映した。