

「再処理施設高レベル廃液ガラス固化建屋 ガラス溶融炉運転方法の改善 検討結果について」について

平成22年12月10日
原子力安全・保安院

1. はじめに

使用済燃料を用いた試験運転（以下「アクティブ試験」という。）の第4ステップ終了後の平成20年6月30日、原子力安全・保安院（以下「当院」という。）は、当院に対して平成20年6月11日に日本原燃株式会社（以下「原燃」という。）より提出された「再処理施設高レベル廃液ガラス固化設備の安定運転条件検討結果報告」（以下「安定運転条件報告」という。）に関して、原子力安全・保安部会核燃料サイクル安全小委員会等の意見も聴取しつつ検討を行った結果を取りまとめた。

その際、当院は、

- ・原燃が、これまでの運転で得られた知見を踏まえた予防措置に関する検討状況も含めて試験等を再開するために必要な運転方法を具体化していること（運転方法の具体化）
 - ・運転方法の具体化に当たり、技術的に不合理な点がないこと（調査・検討の合理性）
 - ・具体化された運転方法によって再処理施設の安全が損なわれないこと（安全性）
- という3つの観点から本取りまとめを実施したところである。

当院の検討結果については、別紙1のとおりである。

本取りまとめを受け原燃は、高レベル廃液ガラス固化設備に係るアクティブ試験第5ステップを開始したが、ガラス溶融炉におけるガラスの流下停止や天井レンガの一部損傷などのトラブルにより、原燃が当院の使用前検査受検の前に確認するとしている

- ・安定した運転状態を維持すること
- ・白金族元素の影響を考慮し、長期に管理された運転状態を維持すること

の2つの条件を確認できていない。

このため、ガラスの流下低下等の原因究明、対策及び試験計画について、原燃は報告書を取りまとめ平成22年11月1日に、「再処理施設高レベル廃液ガラス固化建屋 ガラス溶融炉運転方法の改善検討結果について(改正版 その2)」(平成22年7月15日(初版)、平成22年8月23日(改正版))（以下「改善検討報告書」という。）を当院に対して提出した。当該報告書の概要は別紙2のとおりである。

この改善検討報告書で原燃は、平成20年6月11日に当院へ提出した「安定運転条件報告」に基づく試験開始後に得られたガラス溶融炉の運転データを評価するとともに、独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）が設置している実規模大のガラス溶融炉モックアップ設備である確証改良溶融炉（以下「KMOC」という。）における模擬廃液を用いた試験結果も加え、ガラスの流下性低下等の原因を究明し、運転開始に向けての対策を示している。

一連の報告書を受けて、当院では、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会核燃料サイクル安全小委員会再処理ワーキンググループ（以下「再処理WG」という。）を開催（7月29日、8月5日、9月8日、9月22日、11月9日及び12月1日）すると

ともに、核燃料サイクル安全小委員会（12月10日）を開催するなどして原燃の本件に係る検討の状況について説明を聴取するとともに、原子力機構の核燃料サイクル工学研究所再処理技術開発センターにおいて、KMOCの試験運転の状況について現地調査を実施し、改善検討報告書に対する検討結果について取りまとめた。

2. 今回の改善検討報告書に対する当院の評価

2. 1 評価の基本的考え方

当院は、これまでと同様、上記1. で示した

- ・ 運転方法の具体化
- ・ 調査・検討の合理性
- ・ 安全性

の3つの観点から、再処理WGにおける専門家からの意見も聴取しつつ、改善検討報告書の妥当性の確認を行った。

2. 2 原因及び対策に関する検討

2. 2. 1 推定原因について

改善検討報告書では、これまでのアクティブ試験におけるガラス溶融炉の運転で得られたデータの評価及びKMOCでの試験の結果が示されている。この中では、第5ステップにおいて、不溶解残渣廃液を含む廃液供給以降にガラスの流下性が低下したこと及び白金族堆積の判断指標が低下したことにに関して、その推定される原因として、

- ① ジブチルリン酸（以下「DBP」という。）の影響等により炉内の温度状態に変化が生じた際に、その変化に適した電力調整が適切に行われなかったこと
- ② 低粘性流体の影響*による流下ノズルの加熱性の低下により、ガラスの流下性が低下し、白金族元素の沈降の要因となったこと

*低粘性流体の影響については、調整液によりその形成成分を低減したこと等により、第5ステップの運転データ評価において、発生は確認されていないとしている。

- ③ ガラスの流下ノズルの加熱性低下に対する対応として実施したガラス溶融炉の底部電極温度の設定の変更（温度を上げたこと）が白金族元素のガラス溶融炉底部への沈降及び堆積の一因になったこと

を挙げている。

2. 2. 2 推定原因に係る対策について

原燃は、これらの推定原因に対し、

上記①の対策として、従来使用していた温度計の測定点の追加と新たな温度計の追加設置を行うとしている。これらにより、DBP等の影響によって生じる温度変化に対し、適した電力調整を実施できる見通しを得たとしている。

上記②の対策として、低粘性流体の影響により流下ノズルの加熱性が低下しているA系列に対し結合装置を交換し、流下ノズルの加熱性を確保するとしている。B系列については、アクティブ試験を実施しておらず、流下ノズルの加熱性が確保されていることを確認していることから、結合装置の交換は実施しないとしている。

上記③の対策として、流下ノズルの加熱性が確保されることを前提に、ガラスの流下停止（低下）対策として採用した温度の設定を第4ステップ開始時の値に下げることとして、白金族元素の沈降及び堆積の対策とするとしている。

2. 2. 3 当院の評価について

当院としては、報告書中に示された評価結果と各データとの間に矛盾はなく、今回示された対策については一定の合理性及び具体性があると考えます。また、これらの対策に対してその安全性を検討した結果、別表及び別図のとおり、再処理施設の安全性が損なわれることがないことを確認しました。

2. 3 運転方法の改善

2. 3. 1 ガラス溶融炉の運転方法の改善について

改善検討報告書においては、これまでのガラス溶融炉の運転データの評価及びKMOCの試験結果を踏まえ、以下のとおり、運転方法の改善をしております。

ガラス溶融炉の立ち上げ時の熱バランス計算精度向上、主電極間・間接加熱電力投入量の改善及び低模擬廃液供給を実施する。

さらに、白金族堆積指標等の判断による回復運転実施に加え、定期的な洗浄運転も実施する。洗浄運転時には、従来の模擬ガラスビーズに代えて、低模擬廃液とガラスビーズを供給し仮焼層を維持する。

2. 3. 2 当院の評価について

これらの運転方法の改善については、原燃のガラス溶融炉やKMOCの運転により得られたデータの評価結果から判断すると、一定の合理性及び具体性があり、運転方法の改善に資するものと考えます。また、運転方法もこれまでの運転方法から逸脱するものではなく、別表及び別図のとおり、再処理施設の安全性が損なわれることがないことを確認しました。

2. 4 試験再開後の試験計画について

2. 4. 1 試験計画について

原燃は上記の検討結果等を踏まえ、以下の2つのフェーズで試験を再開する計画としている。

(フェーズ1)

- (1) 温度計追加設置工事
- (2) セル内機器点検
- (3) ガラス溶融炉A系列残留物除去（(4)のKMOCと実機の比較評価（A系列）前までに実施）
- (4) KMOCと実機の比較評価（B系列、A系列）

なお、上記以外にA系列の結合装置交換が実施されるほか、実施方法、確認すべき項目及び確認のための廃液供給のバッチ数が記載されている。

(フェーズ2)

安定運転の確認（B系列、A系列）

- ・廃液供給運転については、「廃液供給10バッチ+洗浄運転3バッチ+廃液供給10バッチ」を安定運転の目安とし、これにより、白金族元素を管理した状態での安定運転実施の確認が可能であるとしている。さらに、廃液供給運転10バッチの中で、70L/hの運転を確認するとしている。

2. 4. 2 当院の評価について

上記の計画については、原燃のガラス溶融炉とKMOCの比較評価等において、確認に必要な項目及びバッチ数が示されており、一定の合理性及び具体性があるものと判断する。

なお、別紙1のとおり原燃は、ガラス溶融炉A系列の試験運転を先に実施することとされていたが、今回示された追加の改善策の有効性を確認するという目的を踏まえ、まずはKMOCとの比較試験は実廃液の影響を受けていないガラス溶融炉B系列から試験運転を行うことが改善検討報告書の中で示された。

この理由として、ガラス溶融炉B系列は崩壊熱の影響が無いこと等を挙げ、KMOCで確認された安定運転の条件を実機で確認する上で単純な比較を行うことができるよう、可能な限りKMOCとの違いを排除することを念頭においた計画としている。

本試験の目的は、原燃がガラス溶融炉の安定運転を確認することであり、最終的に両方の系列の安定運転確認が実施されればよい。したがって、今回のガラス溶融炉B系列を先に試験運転を実施する計画については、その理由に鑑み、一定の合理性及び具体性があるものと考ええる。

3. 今後の当院の対応

上記2. のとおり、当院としては、今回の改善検討報告書は、高レベル廃液ガラス固化設備の試験運転に必要な運転手順の見直し及び試験運転の具体化のための手順や方法が示されているものと考ええる。

よって、今後、原燃は、改善検討報告書に示した検討結果に基づき、安定運転の確立を図る必要がある。特に、「KMOCと実機の比較評価」及び「安定運転の確認」に関し、原燃は報告で示した各種のパラメータ確認、対策の妥当性の確認を含め、具体化した運転方法のとおり運転できることを今後、実施される試験運転において確認すべきであると考ええる。

そのような考え方及び過去の検討結果も踏まえ、当院は以下の対応を図ることとする。

- (1) 高レベル廃液ガラス固化設備に係る使用前検査（処理能力に関する性能検査）を実施する前に、ガラス溶融炉運転性能確認試験等の結果について報告を受け、その内容を確認していく。
- (2) この際、別紙3の確認が確実になされている限りにおいては、フェーズ1に引き続きフェーズ2を実施することを可能とし、フェーズ2終了後速やかに使用前検査を実施することとする。

なお、上記の原燃からの報告に拘わらず、当院は適宜運転状況の確認を実施していく。

4. おわりに

今回の改善検討報告書は、上記3. のとおり、これまでのガラス溶融炉の運転データやKMOCの運転データを評価した結果、その原因と対策を示しているものであり、高レベル廃液ガラス固化設備の試験運転に際し、過去の報告書も踏まえると一定の合理性及び具体性が確保されているものとする。

安全性については、再処理施設の安全が損なわれることがないことを、対策毎に確認している。

今後、原燃は、高レベル廃液の漏えい事象があった高レベル廃液濃縮缶に係る対応、ガラス固化設備のセル内点検及び溶融炉への温度計の設置など、再処理施設として必要な設備等の対策を確実に実施した後、今回示した運転方法の改善等に基づいて高レベル廃液ガラス固化設備の試験運転を実施することとなる。その後、原燃が今回の改善検討報告書で示された安定運転のための項目を順調に確認すれば、当院も同様の確認をすることを前提として、引き続き使用前検査を実施する。なお、その安定運転が確認されない場合には、原燃より報告を受け、今後の計画について、当院として評価を行っていくこととする。

第 4 ステップ終了後に提出された報告書に対する当院の検討結果について

第 4 ステップ終了後の平成 20 年に原燃は高レベル廃液ガラス固化設備の運転に関する報告書を 2 つ提出しており、これに対する当院の検討結果のポイントは以下のとおり。

一つは、原燃より当院あてに提出された平成 20 年 2 月 4 日付けの「再処理施設アクティブ試験(使用済み燃料による総合試験) 第 4 ステップにおける高レベル廃液ガラス固化設備の試験状況報告」に対する、平成 20 年 2 月 14 日付けの当院の検討結果であり、以下のとおり対応を図ることとした。

- (1) 原燃から提出された本件報告内容も踏まえ、ガラス溶融炉内部の点検及び内部残留物に関する分析等が実施された上で、原燃によりガラス溶融炉運転性能確認試験等を再開するために必要な運転方法が、これまでの運転で得られた知見を踏まえた予防措置に関する検討状況も含め、具体化が図られたことを原子力安全・保安部会「核燃料サイクル安全小委員会」等の意見も聴取しつつ確認していく。
- (2) また、高レベル廃液ガラス固化設備に係る使用前検査(処理能力に関する性能検査)を実施する前に、再開後のガラス溶融炉運転性能確認試験等の結果について報告を受け、その内容を確認していく。

もう一つは本文 1. でも述べているが、原燃より提出された平成 20 年 6 月 11 日付けの安定運転条件報告に対する平成 20 年 6 月 30 日付けの当院の検討結果で、原子力安全・保安部会核燃料サイクル安全小委員会等の意見も聴取しつつ検討を行い、以下の(3)から(6)の対応を図ることとした。

- (3) 高レベル廃液ガラス固化設備の試験運転(A系統)を実施し、安定運転条件報告に示す運転方法により、「安定した運転状態の維持」について、同報告に示された対策の妥当性を含めて技術的見地から十分な確認が得られた段階で、その結果について原燃より報告を受ける。

また、「長期に運転状態を維持」については、同報告に示された回復運転への移行判断フロー(流下性低下の判断指標、白金族元素堆積の判断指標)及び回復運転フロー(改善効果の判断指標)を踏まえて試験運転を実施し、技術的見地から十分な確認が得られた段階で、その結果について原燃より報告を受ける。

- (4) 当院は上記(3)の報告を受け、当該報告の内容についてサイクル小委等有識者からの意見も聴取しつつ確認を行う。(なお、報告のあった時点以降、原燃より追

加的になされる報告や、当院の検討が終了するまでの間の運転状況又は施設状況についても併せて確認を行う。)

- (5) 上記の確認が得られた後、A系統について使用前検査を開始するとともに、B系統について上記(3)と同様の報告を受ける。
- (6) B系統について上記(5)の報告内容がA系統において確認されたものと同様と認められる場合には、B系統について使用前検査を開始する。なお、B系統について特に必要と認められる場合には、サイクル小委等有識者からの意見も聴取することとする。

「改善検討報告書」の概要

1. 第5ステップに係る経緯

第5ステップの試験運転を平成20年10月に再開するまでの運転条件の検討や試験運転再開後に確認された状況等の経緯をまとめている。

2. 試験再開に向けた原因究明等

第5ステップで確認された「不溶解残渣廃液を含む廃液供給以降に流下性低下及び白金族堆積の判断指標が低下したこと」に対して、運転データの評価に基づき、ガラス温度指示値の変動、ガラス温度の上昇、炉底部の温度、不溶解残渣廃液の影響及び流下ノズルの加熱性の低下について、その要因評価を実施している。

また、不溶解残渣成分の文献調査や成分分析等を実施し、その要因評価を実施している。

3. KMOC試験

運転データの評価等で確認されている事項の影響確認を、KMOCを利用し実施している。

具体的には、ガラス温度計指示値の変動の影響、炉底部の温度、流下性の低下の影響及び不溶解残渣廃液の影響等について確認し、その結果に基づく評価を示している。

4. 第5ステップでの運転状況の推定

第5ステップにおいて確認された一連の現象について、KMOCで再現した結果などから、原因として、電力調整が適切に行われなかったこと、炉内温度を把握するための温度計指示値は、温度計の位置が適切ではなく、仮焼層の状態に影響を受けて変動が大きかったこと、と推定している。

5. 推定される原因に対する対策及び運転方法等の改善

上記で推定した流下性等が低下した原因の対策として、ガラス温度計の測定点の増加、結合装置の交換及び底部電極温度の設定値変更などを挙げている。

また、運転方法の改善として、立ち上げ時の、主電極間及び間接加熱電力の投入量の改善、熱バランス計算精度向上及び運転方法として低模擬廃液供給を実施することや、洗浄運転時に模擬ガラスビーズに変えて、低模擬廃液とガラスビーズを供給し仮焼層を維持すること及び白金族堆積指標等の判断による回復運転実施に加え、定期的な洗浄運転も実施することを挙げている。

6. ガラス固化設備に係るアクティブ試験再開後の試験計画等

今後実施するガラス固化設備のアクティブ試験については、以下のステップで進めると

している。

(フェーズ1)

- (1) 温度計追加設置工事
- (2) セル内機器点検
- (3) ガラス溶融炉A系列残留物除去 ((4) のKMOCと実機の比較評価 (A系列) 前までに実施)
- (4) KMOCと実機の比較評価 (B系列、A系列)
 - ・上記以外にA系列の結合装置交換が実施される他、実施方法、確認すべき項目及び確認のためのバッチ数が記載されている。

(フェーズ2)

安定運転の確認 (B系列、A系列)

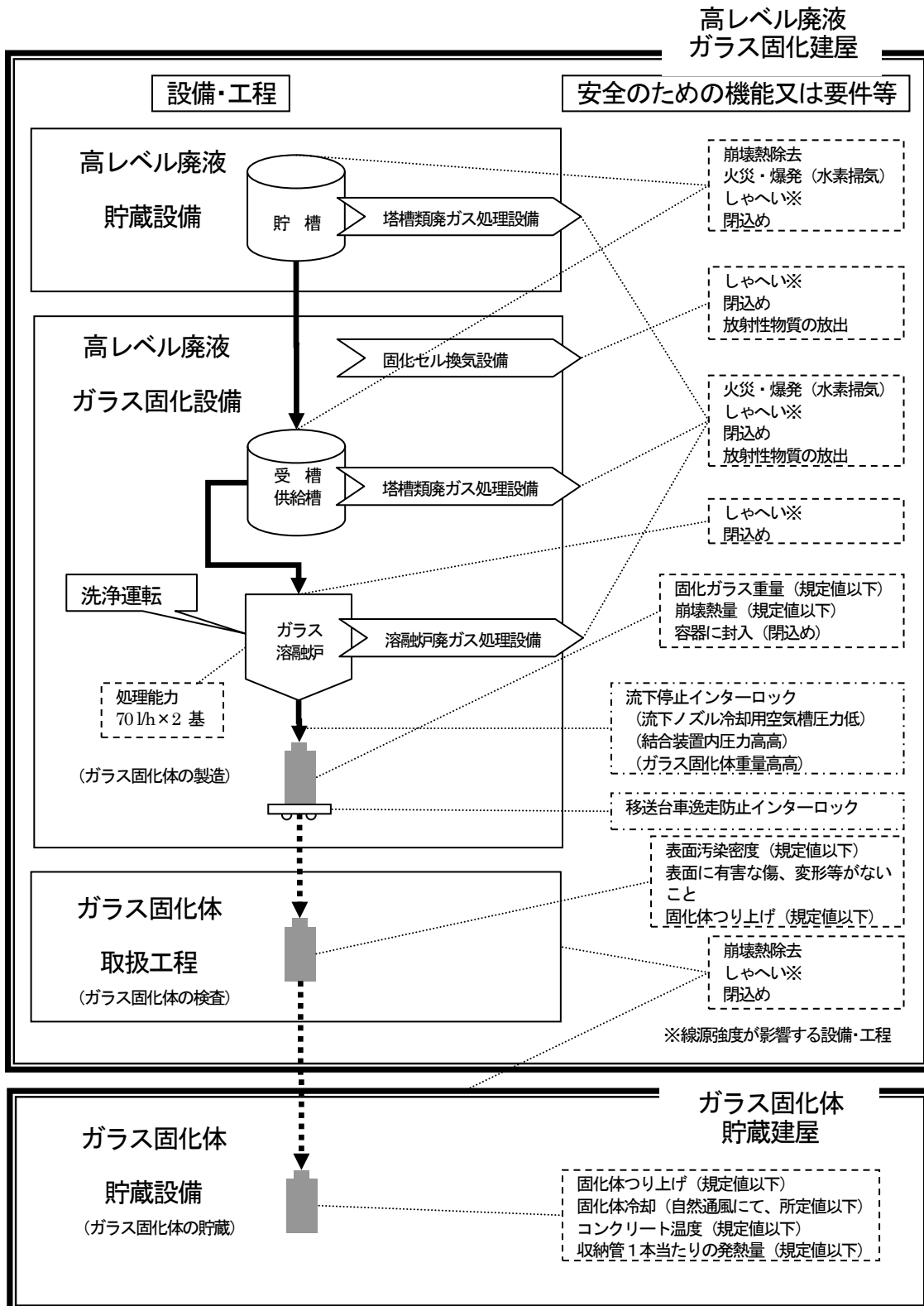
- ・「廃液供給10バッチ+洗浄運転3バッチ+廃液供給10バッチ」の安定運転の確認を行い、その後に行う「洗浄運転3バッチ+廃液供給10バッチ」の廃液供給の中で、70L/hの運転を確認するとしている。

フェーズ1において確認すべき事項

1. 新規設備の設置
 - ・ 温度計の追加、測定点の増加及びA系列結合装置の交換が終了していること
2. セル内機器点検
 - ・ セル内機器点検が終了していること
3. ガラス溶融炉A系列残留物除去
 - ・ ガラス溶融炉A系列の残留物除去が終了していること
4. 運転マニュアルの整備
 - ・ 運転開始前に、ガラス溶融炉運転に係る詳細マニュアルが整備されていること
5. 低模擬廃液による確認
 - ・ 新規に設置した温度計の適用性が確認できていること
 - ・ 実機用熱バランス計算プログラムの適用性が確認できていること
 - ・ 炉底部の温度が所定の温度以下に管理できていること
 - ・ 流下性が良好なこと
 - ・ 次ステップへの移行判断が最大 20 バッチ程度の運転でなされること
6. 実廃液による確認 (B系列のみ)
 - ・ 実廃液の溶融速度定数が取得できていること
 - ・ 炉底部の温度が所定の温度以下に管理できていること
 - ・ 次ステップへの移行判断が最大 40 バッチ程度の運転でなされること

(別 図)

高レベル廃液ガラス固化設備に要求される安全要件等 (概念図)



(別表)

対策が安全要件等に与える影響（整理表）

		対策※	安全のための機能又は要件等				
			崩壊熱除去	火災・爆発	しゃへい	閉込め	放射性物質の放出量
高レベル廃液貯蔵設備		なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	—
高レベル廃液ガラス固化設備	廃液の混合・調整	なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	—
	廃液の供給	ホヘト	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	—
	ガラス溶融炉	イスト	—	—	影響あり 溶融炉内の線源強度が一時的に減少	影響なし	—
	ガラス流下	口ヘ	—	—	—	影響なし	—
	ガラス固化体取扱工程	ヘ	影響なし	—	影響あり 固化体の線源強度が減少	影響なし	—
ガラス固化体貯蔵設備	ヘ	影響あり 固化体の崩壊熱が減少	—	影響あり 固化体の線源強度が減少	影響なし	—	
溶融炉廃ガス処理設備	ホヘト	—	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	
塔槽類廃ガス処理設備	なし	—	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	
固化セル換気設備	なし	—	—	影響なし	影響なし	影響なし	

<※：対策の凡例>

イ. 温度計の追加

ロ. 結合装置の交換

ハ. 炉底低温運転に以降する際の底部電極温度の設定値の変更

ニ. 立ち上げ時の熱バランス計算精度向上、電力調整の改善

ホ. 立ち上げ時の低模擬廃液の供給

ヘ. 定期的な洗浄運転の実施

ト. 洗浄運転の方法の変更（模擬ガラスビーズの供給を、低模擬廃液及びガラスビーズの供給に変更）