

核燃料サイクル技術の安定性に関する検討

第二ステップ 再処理工場の安定した運転に関する 課題と見通し

報 告 書

平成 2 5 年 1 2 月



一般財団法人 エネルギー総合工学研究所

本報告書は、一般財団法人エネルギー総合工学研究所が、自主研究として作成したものであり、著作権は当研究所が有する。本報告書の全部または一部の転載、複写、引用には、当研究所の許可が必要である。

概 要

本報告書は、「核燃料サイクル技術の安定性に関する検討」の第二ステップ「再処理工場の安定した運転に関する課題と見通し」に関する技術的検討と評価を行った結果を取りまとめたものである。

我が国の核燃料サイクルの中核をなす再処理工場の安定的な操業は、核燃料サイクル技術を確立し長期的に安定した原子力エネルギー利用という面から、重要な課題の一つと考えられる。

（一財）エネルギー総合工学研究所（以下、「エネ総研」という）は、我が国あるいは世界のエネルギーに関連する重要課題について委員会や運営会議等を設置して議論することを主な役割の一つとし、これまで我が国のエネルギー政策、その中でも特に、原子力エネルギー政策に対する提言を行ってきた。この一環として、エネ総研は、幾度かの竣工時期の延期を経てきた六ヶ所再処理工場において、試験運転の最終段階であるガラス固化試験が平成25年5月末に完了したことを契機として、再処理、放射性廃棄物処理・処分にに関する技術的な視点から、自主研究「核燃料サイクル技術の安定性に関する検討」を行うこととした。研究の全体計画は、複数のステップより構成されており、第一ステップは「再処理工場におけるガラス固化設備の安定運転実現に向けた見通し」、第二ステップは「再処理工場の安定した運転に関する課題と見通し」、第三ステップは「高レベル放射性廃棄物の処理・処分にに関する課題と見通し」について技術的検討と評価を行う。（「付録1 エネ総研自主研究『核燃料サイクル技術の安定性に関する検討』の全体計画について」を参照。）

評価にあたって、「安定運転」とは、当該設備・機器の性能を安定に維持し、それに基づき、所定の期間を運転し所定の処理量を達成すること、と定義した。評価に関わる検討の視点に関しては、「（１）設備の機能維持及び運転員等の技術力維持に係る方策」、「（２）設備の高経年化対策」、「（３）操業開始以降の運転計画」、「（４）先行施設の不具合情報の反映等に係る不適合管理」とした。第一ステップの現地調査を含む検討結果を踏まえつつ、六ヶ所再処理工場全体に着目し、事業者から再処理工場の採用技術からアクティブ試験結果などに至るまで幅広く技術資料の提供を求めるとともに、内容聴取を行い、再処理工場の安定した運転に関する課題と見通しについて技術的検討と評価を実施した。

技術的評価の結果、設備の機能、運転員の技術力の維持に関する取り組みや操業開始以降の運転計画の検討、先行施設の不具合情報の取り込み等の安定運転実現に向けての準備が整っているものと評価した。

六ヶ所再処理工場の安定運転の実現には、事業者が現在行っている活動や対策を継続して確実に実施することが重要である。また、更なる改善など、幾つかの提言事項を示したが、これら事項の検討、実施により、安定運転がより確実なものとなることが期待される。なお、一部提言事項には、規制側も含めた検討が必要なものが含まれている。

先に実施された第一ステップにおける評価結果も踏まえ、六ヶ所再処理工場全体の安定運転に関する課題と見通しについての評価は、以下のとおりである。

- ・ ガラス固化設備を含む再処理工場全体として、安定運転に向け、準備が整っているものと評価できる。
- ・ 先行施設の情報に基づく不具合発生未然防止、不具合発生時の日本原燃(株)社内対応体制の整備と社外サポート体制の構築により、経験工学的要素がある再処理工場において、想定していない事象も含む不具合に対して適切な措置が講じられるものと期待される。
- ・ 今後、高経年化等が想定される設備・機器に関しては、長期的安定運転の観点から、早期にリプレイス等の計画を準備し、長期にわたる運転の停止を回避する方策の具体化が望まれる。
- ・ 長期的には、ガラス固化における新型溶融炉の開発など、抜本的な改善策により廃棄物減容化を目指すことが望まれる。
- ・ 長期的な安定運転の観点から維持基準に基づく設備の保全が重要であるが、規制機関が主体となった維持基準規格化への検討が進められることが望まれる。

以上に示した評価結果を受け、事業者である日本原燃(株)に対して、再処理工場の安定運転に向けて、新規制基準への対応も含め、万全の態勢を以って粛々と進めていくことを期待するものである。

目 次

1. はじめに	1
2. 検討の視点	3
3. 検討の手順と方法	6
4. 事業者から聴取した技術情報	8
4. 1 六ヶ所再処理工場について	8
4. 1. 1 六ヶ所再処理工場について	8
4. 1. 2 六ヶ所再処理工場の採用技術	10
4. 2 六ヶ所再処理工場の試験運転の状況	13
4. 2. 1 試験運転の経緯	13
4. 2. 2 アクティブ試験における主な事象の原因と対策	21
4. 2. 3 再処理工場の品質保証体系と不適合管理等の仕組み	30
4. 3 操業開始以降の安定運転に向けた対策	33
4. 3. 1 設備の保全	33
4. 3. 2 運転員の技術力維持	36
4. 3. 3 高経年化対策	38
4. 3. 4 操業開始以降の運転計画	41
4. 3. 5 再処理工場における技術支援	46
5. 安定運転の見通しに対する技術的検討と評価	48
5. 1 設備の機能維持及び運転員等の技術力維持に係る方策	48
5. 2 設備の高経年化対策	49
5. 3 操業開始以降の運転計画	50
5. 4 先行施設の不具合情報の反映等に係る不適合管理	52
5. 5 安定運転に関する見通し（評価のまとめ）	53
6. まとめ	55

付 録

- 1 (一財)エネルギー総合工学研究所 自主研究「核燃料サイクル技術の安定性に関する検討」の全体計画について
- 2 核燃料サイクルにおける再処理の位置づけ

添付資料

- 1 六ヶ所再処理工場の技術導入と先行施設との設計の相違
- 2 試験運転の経緯
- 3 アクティブ試験における主な事象の原因と対策

- 4 再処理工場の品質保証体系並びに不適合管理等の仕組み
- 5 再処理工場の設備の保全
- 6 運転員の技術力維持
- 7 再処理工場の高経年化対策
- 8 先行施設の実績
- 9 操業開始以降の運転計画
- 10 先行施設の設計、不具合に関する反映
- 11 再処理工場における技術支援
- 12 用語集

1. はじめに

我が国の核燃料サイクルの中核をなす再処理工場の安定的な操業は、核燃料サイクル技術確立し長期的に安定した原子力エネルギー利用という面から、重要な課題の一つと考えられる。

(一財)エネルギー総合工学研究所(以下、「エネ総研」という)は、我が国あるいは世界のエネルギーに関連する重要課題について委員会や運営会議等を設置して議論することを主な役割の一つとし、これまで我が国のエネルギー政策、その中でも特に、原子力エネルギー政策に対する提言を行ってきた。この一環として、エネ総研は、幾度かの竣工時期の延期を経てきた六ヶ所再処理工場において、試験運転の最終段階であるガラス固化試験が平成25年5月末に完了したことを契機として、再処理、放射性廃棄物処理・処分に関する技術的な視点から、自主研究「核燃料サイクル技術の安定性に関する検討」を行うこととした。研究の全体計画は複数のステップより構成されており、第一ステップは「再処理工場におけるガラス固化設備の安定運転実現に向けた見通し」、第二ステップは「再処理工場の安定した運転に関する課題と見通し」、第三ステップは「高レベル放射性廃棄物の処理・処分に関する課題と見通し」について技術的検討と評価を行う。(「付録1 エネ総研自主研究「核燃料サイクル技術の安定性に関する検討」の全体計画について」を参照。)

第一ステップでは、六ヶ所再処理工場の操業開始に当たって、種々のトラブルを経験して工程遅延の要因の一つになっているガラス固化設備の安定運転実現に向けた見通しについて技術的検討と評価を実施し、検討結果を平成25年9月に取りまとめ、公表している。第二ステップでは、第一ステップの現地調査を含む検討結果を踏まえつつ、六ヶ所再処理工場全体に着目し、事業者(日本原燃(株))からは再処理工場の採用技術からアクティブ試験結果などに至るまで幅広く技術資料の提供を求めるとともに、内容聴取を行い、再処理工場の安定した運転に関する課題と見通しについて技術的検討と評価を実施した。いずれのステップにおいても、課題の評価に際して、客観性を確保するために、学識経験者により構成される「核燃料サイクル技術の安定性に関する検討委員会」(以下、「委員会」という)を設置して検討を行った。

本報告書は、以上に述べた「核燃料サイクル技術の安定性に関する検討」の第二ステップに関する技術的検討と評価を、委員会の指導、レビューを受けつつ実施した結果を取りまとめたものであり、構成は以下のとおりである。

第1章である本章では、エネ総研として実施する自主研究の趣旨及び本報告の位置づけを示している。

第2章では、検討を開始するに当たり策定した検討の視点を、第3章では委員会を含めた自主研究における検討の手順と方法を示している。

第4章では、検討に当たって事業者から聴取した技術情報の概要を、第5章では、それらを踏まえて行った技術的検討と評価を示し、第6章では、全体のまとめを示している。

また、付録には、エネ総研自主研究の全体計画等を、添付資料には、本検討に際し事業者より提供を受けた資料を示す。

なお、平成25年12月に使用済燃料再処理施設の新規制基準が施行されたが、六ヶ所再処理工場に対する新規制基準による適合性評価については、別の場で取り扱われるものであることから、今回の検討評価の対象外としている。

2. 検討の視点

第二ステップでは、再処理工場全体を対象として「六ヶ所再処理工場の安定した運転に関する課題と見通し」に着目した検討を行う。

ガラス固化設備を対象とした第一ステップの検討では、技術的評価、検討に先だって、「安定運転」とは、当該設備・機器の性能を安定に維持し、それに基づき、所定の期間を運転し所定の処理量を達成すること、と定義した。ここで、「性能を安定に維持」とは、当該設備・機器は消耗品であるとの認識の下にその設計寿命期間中に安定な性能を維持すること、「所定の期間」とは、1年程度～設計寿命、「所定の処理量」とは、ガラス熔融炉の処理廃液条件に基づいて決められた年間当たりの使用済燃料の処理量、と定義した。

再処理工場全体を対象とした第二ステップでは、安定運転の定義は、第一ステップでの定義と同様としたうえで、対象設備の違いを念頭において、「所定の処理量」については、各設備の処理条件に基づいて決められた処理量、と定義した。

六ヶ所再処理工場のアクティブ試験において、使用済燃料のせん断、溶解等を行う主工程は、幾つかの不具合を経験したものの、計画した試験を全て終了し、試験の判断基準を満足するとの結果が得られ、規制機関（旧原子力安全・保安院）にも報告されている※。また、六ヶ所再処理工場の主工程の主要な技術導入元であるフランスUP3再処理工場も、順調な運転の実績を残している。

※ 日本原燃(株)によるアクティブ試験報告書（日本原燃HPにて公開）：アクティブ試験中間報告書（その1）、アクティブ試験中間報告書（その2－1）、アクティブ試験中間報告書（その2－2）、アクティブ試験経過報告（第3ステップ）、アクティブ試験経過報告（第4ステップ）

しかしその一方で、六ヶ所再処理工場の主工程は、平成20年（2008年）に使用済燃料の処理を行って以降、停止期間が5年を経過し、また建設からすでに10数年を経過している。従って、アクティブ試験において主工程設備・機器が所定の性能を発揮することが確認されているとはいえ、安定した運転に関する課題と見通しに対する評価として、設備の機能及び運転員等の技術力の維持、設備の高経年化対策という観点から、検討・評価が必要と考えられる。

さらに、操業運転開始後の運転においては、これまでの試験運転では経験されなかった不具合が発生することと考えられることから、これら不具合の発生を低減する対策の一環として実施されている、先行施設の経験の反映に関しても、検討・評価が必要と考える。

上記を踏まえ、委員会における検討の結果、以下に示す視点に基づき、検討・評価を進めることとした。

なお、検討・評価に際して、六ヶ所再処理工場のアクティブ試験の経緯および結果、並びに先行施設であるフランスUP3再処理工場の運転実績についても、改めて確認することとした。

(1) 設備の機能維持及び運転員等の技術力維持に係る方策

<検討の視点>

使用済燃料のせん断、溶解等を行う主工程は、2008年に使用済燃料の処理を行って以降、停止期間が5年を経過していることを踏まえ、今後の操業運転に適した状態に設備や運転員等の状態を維持しておくための方策が適切に計画され、実施されているか、という視点。

<検討のポイント>

- ・ 機器、設備の機能維持に対する取り組み：

主工程が2008年以降停止しており、使用済燃料を処理することによる機器、設備の機能確認が出来ていないことを考慮し、アクティブ試験等で確認された機器、設備に対して、機器、設備の定常の保守、補修に加え、動作確認を行う等により機能維持が適切になされているかなど。

- ・ 運転員等の技術力維持に対する取り組み：

主工程が2008年以降停止しており、その間に運転員等の人材が入れ替わっていることから、アクティブ試験、ウラン試験経験者が減少していることを考慮し、運転員等が操業開始後の運転に必要な技術力を維持できる教育等が計画されているかなど。

(2) 設備の高経年化対策

<検討の視点>

再処理工場全体としては、建設から既に10数年が経過しており、操業運転開始に際して、予め高経年化対策を考慮しておくことが必要と考えられ、高経年化に対する評価及び対策の検討が適切に行われているか、という視点。

<検討のポイント>

- ・ 設備の高経年化の評価及び評価結果を踏まえたリプレース等の対策の確認：

維持基準を念頭においた定期保全計画、大型機器（蒸発缶等）、制御設備等のリプレース計画が適切になされているかなど。

(3) 操業開始以降の運転計画

<検討の視点>

先行施設における経験、実績を参考とし、上記（1）、（2）の課題も踏まえ、操業開始以降の運転計画が適切に計画されているか、という視点。

<検討のポイント>

- ・ 操業開始以降の運転計画の確認：

六ヶ所再処理工場の操業開始以降の運転計画として、先行施設の操業開始時等における経験・実績や六ヶ所再処理工場の設備、運転員等の状況を踏まえた、適切な操業計画になっているかなど。

- ・ AREVA、JAEA、メーカー等のバックアップ体制：

第一ステップでガラス固化設備の安定運転の見通しを確認する際にも、事業者の体制だけではなく、JAEA、メーカー等によるバックアップ体制が重要な役割を担っていることを確認しており、再処理工場全体に対しても操業開始後の安定運転を達成するために必要なAREVA、JAEA、メーカー等のバックアップ体制が構築されているか。

（４）先行施設の不具合情報の反映等に係る不適合管理

＜検討の視点＞

先行施設の不具合情報を入手し、未然防止策として適切に活用しているか、という視点。

＜検討のポイント＞

- ・ 先行施設の不具合情報の分析と反映：

先行施設の不具合情報が確実に把握され、分析によって抽出された反映すべき事項が、確実に実行されているか。

なお、先行施設の不具合情報等が適切に処理される品質保証体制が構築されていること、アクティブ試験において発生した不具合への対応状況について、あわせて確認する。

3. 検討の手順と方法

「核燃料サイクル技術の安定性に関する検討」の第二ステップに関する検討の手順と方法を以下に示す。

① 委員会の設置：

客観性を確保するために、学識経験者により構成される委員会を設置し、委員会の指導、レビューを受けつつ自主研究を実施した。

なお、第二ステップ開始に際して、検討内容を勘案し委員構成を第一ステップのものから見直した。

委員会の委員構成を、表3-1に示す。また、委員会の開催実績を、表3-2に示す。

② 評価に関わる検討の視点の設定：

第2章に示したとおり、検討に先立ち安定運転を定義するとともに、評価に関わる検討の視点を策定した。

③ 事業者からの資料提供、聴取：

事業者から②に必要となる技術資料の提供を求めるとともに、委員会において内容聴取を行った。

④ 検討と評価：

事業者からの資料提供と内容聴取を踏まえ、委員会において「再処理工場の安定した運転に関する課題と見通し」に対する技術的検討と評価を行った。

⑤ 報告書のとりまとめ：

委員会における技術的検討と評価結果を踏まえ、エネ総研が報告書を取りまとめた。

また、核燃料サイクル技術の重要性とその技術の現状の広い理解促進に役立てることを目的に、報告書を公表することとした。

表3-1 核燃料サイクル技術の安定性に関する検討委員会の委員構成

〔主査〕寺井 隆幸 東京大学 工学系研究科 総合研究機構 機構長 教授 原子力国際専攻兼任、工学部システム創成学科兼任
〔委員〕出光 一哉 九州大学 工学研究院 エネルギー量子工学部門 エネルギー物質科学 教授
〔委員〕河田 東海夫 元 原子力発電環境整備機構（NUMO）理事
〔委員〕武田 誠一郎 日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター 核燃料サイクル工学研究所 所長代理
〔委員〕湊 和生 日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター 原子力科学研究所 副所長
〔委員〕宮野 廣 法政大学 デザイン工学研究科 客員教授

表3-2 核燃料サイクル技術の安定性に関する検討委員会の開催実績

委員会	内 容	備 考
第1回委員会 平成25年10月 4日（金） 13:30～16:10	1. 第二ステップの検討の進め方 2. 評価の視点等について 3. 六ヶ所再処理工場の技術導入と先行施設との設計の相違及び試験運転の経緯 4. アクティブ試験における主な事象の原因と対策 5. 先行施設の実績 6. その他	
第2回委員会 平成25年10月30日（水） 15:15～17:30	1. 再処理工場の設備の保全 2. 再処理工場の高経年化対策 3. 操業開始以降の運転計画 4. 運転員の技術力維持 5. その他	
第3回委員会 平成25年11月11日（月） 13:30～16:00	1. 前回委員会までの委員質問回答 2. 第二ステップ報告書骨子案 3. 第二ステップにおける提言等 4. その他	
第4回委員会 平成25年11月26日（火） 13:30～16:00	1. 第二ステップ報告書 2. 第二ステップにおける提言等 3. その他	
第5回委員会 平成25年12月 6日（金） 15:15～17:45	1. 第二ステップ報告書 2. その他	

4. 事業者から聴取した技術情報

本検討に当たり、事業者（日本原燃（株））より以下の項目について聴取した。

- ①六ヶ所再処理工場の技術導入と先行施設との設計の相違（添付資料－ 1）
- ②試験運転の経緯（添付資料－ 2）
- ③アクティブ試験における主な事象の原因と対策（添付資料－ 3）
- ④再処理工場の品質保証体系並びに不適合管理等の仕組み（添付資料－ 4）
- ⑤再処理工場の設備の保全（添付資料－ 5）
- ⑥運転員の技術力維持（添付資料－ 6）
- ⑦再処理工場の高経年化対策（添付資料－ 7）
- ⑧先行施設の実績（添付資料－ 8）
- ⑨操業開始以降の運転計画（添付資料－ 9）
- ⑩先行施設の設計、不具合に関する反映（添付資料－ 10）
- ⑪再処理工場における技術支援（添付資料－ 11）

以下に技術情報の概要を示す。詳細は、添付資料を参照。なお、本章は、事業者から聴取した内容を示しているため、行為の主体は日本原燃である。

4. 1 六ヶ所再処理工場について

4. 1. 1 六ヶ所再処理工場について

六ヶ所再処理工場は、日本で初めての商業用再処理工場であり、最大処理能力は、800トン・ウラン/年で、これは100万kW級原子力発電所約40基が1年間稼動した時に発生する分の使用済燃料を処理する能力に相当する。

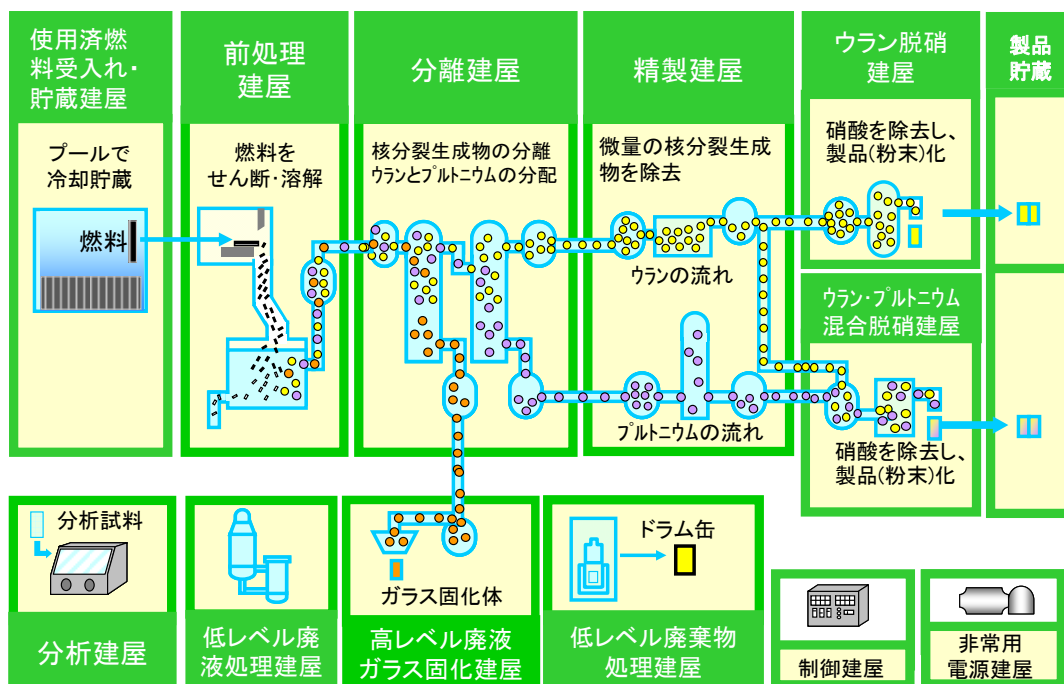


図4.1-1 六ヶ所再処理工場

（「添付資料－1 六ヶ所再処理工場の技術導入と先行施設との設計の相違」より）

六ヶ所再処理工場の主な建屋の設備構成等の概要は、以下のとおりである。（図4.1-1 参照）

（１）使用済燃料受入れ・貯蔵建屋

原子力発電所から運ばれてきた使用済燃料は、使用済燃料輸送容器（キャスク）から取り出され、3基の燃料貯蔵プール（BWR専用、PWR専用、BWR／PWR共用）で冷却・貯蔵される。

原子炉取り出し後4年以上冷却した使用済燃料は、次の前処理建屋せん断工程に移送する。

（２）前処理建屋

前処理建屋せん断工程では、使用済燃料の貯蔵施設から受け入れた使用済燃料集合体を燃料横転クレーンで1体ずつせん断機へ供給しせん断する。燃料せん断片は溶解槽へ移送され、高温の硝酸で燃料部分を溶解し、よう素追出し槽において、溶解液中に残留するヨウ素を追い出し、清澄工程へ移送する。

清澄工程では、不溶解残渣を含む溶解液から不溶解残渣を分離除去した後、計量・調整槽で溶解液の計量、調整を行い、分離建屋分離設備に移送する。清澄工程で分離除去された不溶解残渣は、高レベル廃液ガラス固化建屋高レベル廃液処理設備へ移送する。

（３）分離建屋

分離設備では、有機溶媒を用いて溶解液中のウラン及びプルトニウムを抽出するとともに、抽出廃液中に大部分の核分裂生成物を残留させる。ウラン及びプルトニウムを含む有機溶媒は、硝酸を用いて洗浄することにより、有機溶媒中に同伴する少量の核分裂生成物を除去した後、分配設備に移送する。

抽出廃液は、希釈剤を用いてリン酸三ブチル（以下、「TBP」という。）を除去した後、高レベル廃液ガラス固化建屋高レベル廃液処理設備へ移送する。

分配設備では、ウラン及びプルトニウムを含む有機溶媒を硝酸溶液を用いて、ウランを含む有機溶媒と硝酸プルトニウム溶液に分離する。

硝酸プルトニウム溶液は、精製建屋プルトニウム精製設備に移送する。ウランを含む有機溶媒は、有機溶媒中の微量のプルトニウムを除去した後、硝酸を用いてウランを逆抽出する。逆抽出によって得られた硝酸ウラン溶液は、ウラン濃縮缶で濃縮し、精製建屋ウラン精製設備に移送する。

（４）精製建屋

ウラン精製設備では、硝酸ウラン溶液から残存する微量の核分裂生成物等の除去を行った後、ウラン濃縮缶で濃縮し、ウラン脱硝建屋ウラン脱硝設備及びウラン・プルトニウム混合脱硝建屋ウラン・プルトニウム混合脱硝設備へ移送する。

プルトニウム精製設備では、硝酸プルトニウム溶液から残存する微量の核分裂生成物の除去を行った後、プルトニウム濃縮缶で濃縮し、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋ウラン・プルトニウム混合脱硝設備に移送する。

(5) ウラン脱硝建屋

ウラン脱硝設備では、ウラン精製設備から受け入れた硝酸ウラニル溶液を濃縮缶で濃縮した後、脱硝塔で熱分解し、ウラン酸化物粉末 (UO_3) の製品とし、ウラン酸化物貯蔵容器に充填する。

(6) ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋

ウラン・プルトニウム混合脱硝設備では、プルトニウム精製設備から硝酸プルトニウム溶液を、ウラン精製設備から硝酸ウラニル溶液を受入れ、これら両溶液を混合槽で混合調整した後、脱硝装置を用い脱硝処理、焙焼炉及び還元炉にて焙焼・還元処理し、混合酸化物粉末 ($PuO_2 + UO_2$) として、粉末缶に充填する。

(7) 高レベル廃液ガラス固化建屋

高レベル廃液ガラス固化設備では、分離建屋で発生する抽出廃液、アルカリ濃縮廃液、前処理建屋で発生する不溶解残渣を、ガラス溶融炉でガラスと共に溶融し、ガラス固化する。

再処理工場の建屋間には、上流設備との運転調整を行う等を目的として、溶液を貯留するためのバッファ槽が設けられているものの、前処理建屋-分離建屋間、分離建屋-精製建屋間では数日程度、精製建屋-ウラン脱硝建屋間、精製建屋-ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋間では2週間程度と、長期間溶液を貯留する容量を有していないことから、使用済燃料をせん断してから製品になるまではほぼ連続的に処理が行われる。

そのため、国内外の先行再処理工場と同様に、六ヶ所再処理工場においても、再処理工場の1日や年間の処理量を示す場合には、使用済燃料のせん断量を代表として用いている。

4. 1. 2 六ヶ所再処理工場の採用技術

六ヶ所再処理工場は、当初の実績と安全性を考慮し、実用可能な最良技術を国内外から選び構成した。

・再処理工程の主要部分（主工程）：

せん断、溶解、分離等については、再処理工場として実績の多いフランス（AREVA）の技術を採用

・放射性廃液の減圧蒸発処理技術

フランスの常圧沸騰と比較し、腐食環境緩和のメリットがあるとして、蒸発させる際の溶液の沸騰する温度を低くし、蒸発缶の材料が腐食し難い環境とするため、蒸発缶内を減圧にして運転を行うイギリス（NDA）の技術を採用

・溶解オフガス中のヨウ素除去技術

ヨウ素除去には、湿式除去方式と乾式除去方式があり、フランス等はアルカリ洗浄によりヨウ素を除去する湿式除去方式であるが、廃棄物の発生量等の観点でメリットがあるとして、ドイツ（KEWA）の乾式除去方式技術を採用

・ウラン脱硝

硝酸ウラン溶液をウラン酸化物にする方法として、水酸化アンモニウムを添加するADU法や流動層内に硝酸ウラン溶液を噴霧して熱分解させる流動層脱硝法等があるが、廃棄

物の発生量等の観点でメリットがあるとして、東海再処理工場（JAEA）で使用している流動層脱硝方式を採用

・ウラン・プルトニウム混合脱硝

六ヶ所再処理施設では、プルトニウムの核兵器の転用を防止するといった核不拡散の観点から硝酸プルトニウム溶液と硝酸ウラン溶液を混合し、混合溶液として酸化物にする混合脱硝を行う。プルトニウム溶液を酸化物にする方法としては、シュウ酸等の沈殿剤を加えてプルトニウムの沈殿物を生成させる湿式法と溶液をマイクロ波等により加熱して蒸発乾固させる乾式法があり、混合転換法への適用性等の観点でメリットがあるとして、東海再処理工場で使用しているマイクロ波加熱法による乾式法を採用

詳細は、図4. 1-2中に示した。導入元の区別は凡例に示したとおりである。

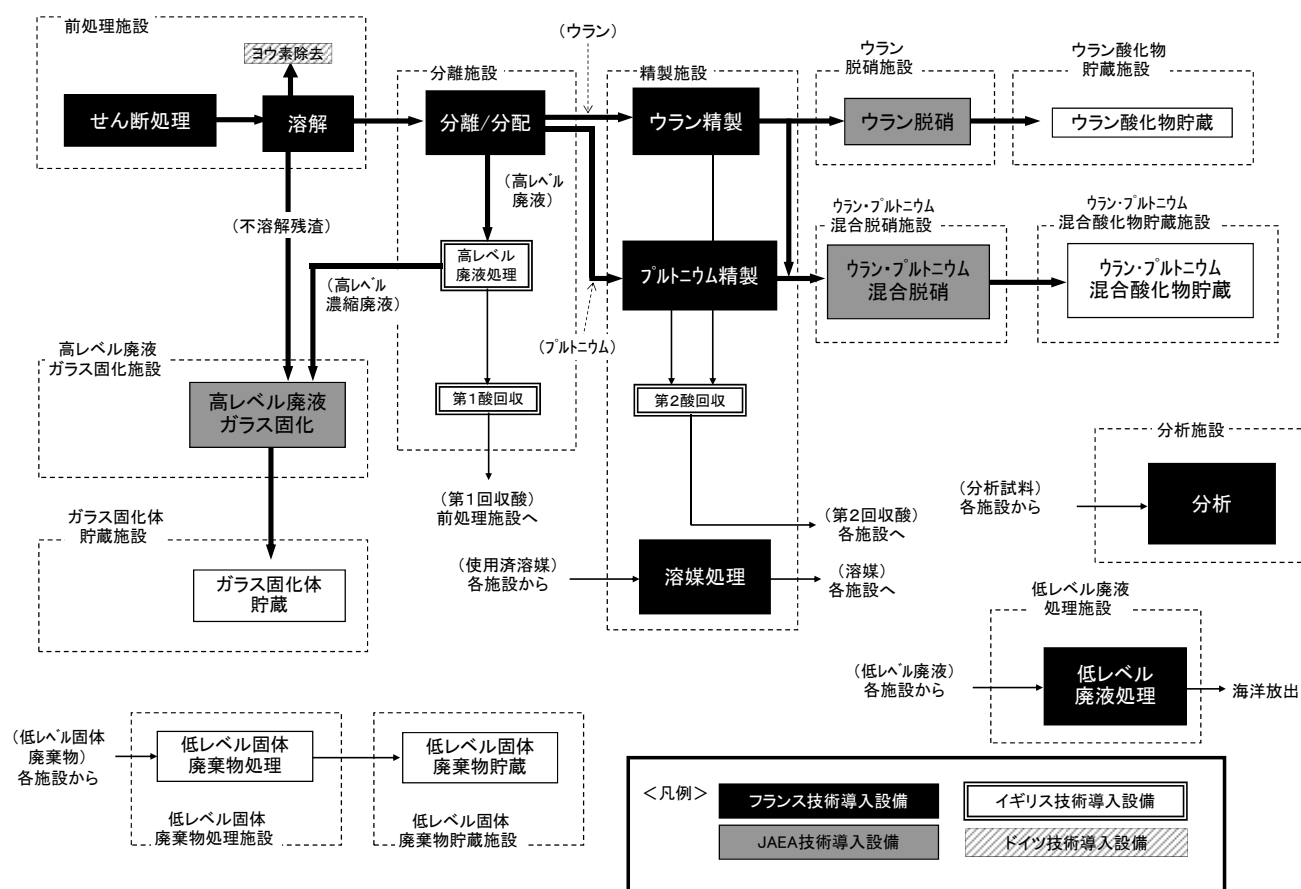


図4. 1-2 六ヶ所再処理工場の採用技術

(「添付資料－1 六ヶ所再処理工場の技術導入と先行施設との設計の相違」より)

海外導入技術については、一般的に基本設計は海外ライセンサが行い、機器の詳細設計、製作、据え付けは国内メーカーが行う方法で技術移転を図ってきた。

いくつかのものは、国内の基準に合致させるための改良を行っている。例えば、耐震設計の結果に基づくパルスカラムの内部構造の変更や、放射性物質に関して、より厳しい放出基準に対応すべく、よう素追い出し槽の追加、安全設計に係るインターロックの設置（最大処理能力超過制限等）等がある。

さらにパルスカラムやせん断機・溶解槽については、実規模モックアップ設備を作り操作条件の確認や遠隔保守手順の検証を実施してきた。

また、JAEAから導入した国内技術に関しても、ウラン・プルトニウム混合脱硝設備、ガラス熔融炉について六ヶ所再処理工場の仕様に合わせて改良すると共に、モックアップ設備による確認を行ってきた。

このような改良・検証を通して技術の定着化を行うとともに、これら新技術のさらなる定着化を図ることを目的として、試験運転を実施してきた。

4. 2 六ヶ所再処理工場の試験運転の状況

4. 2. 1 試験運転の経緯

(1) 試験運転全体の経緯

六ヶ所再処理工場の試験運転では、配管等の施工状態を確認するための通水作動試験を平成13年（2001年）4月～平成16年（2004年）9月に行った。試験運転は、化学試験、ウラン試験、及びアクティブ試験からなる。化学試験は平成14年（2002年）11月～平成17年（2005年）12月に、ウラン試験は2004年12月～平成18年（2006年）1月に行った。使用済燃料を用いた試験運転の最終段階となるアクティブ試験は、2006年3月に開始した。（図4. 2-1 参照）

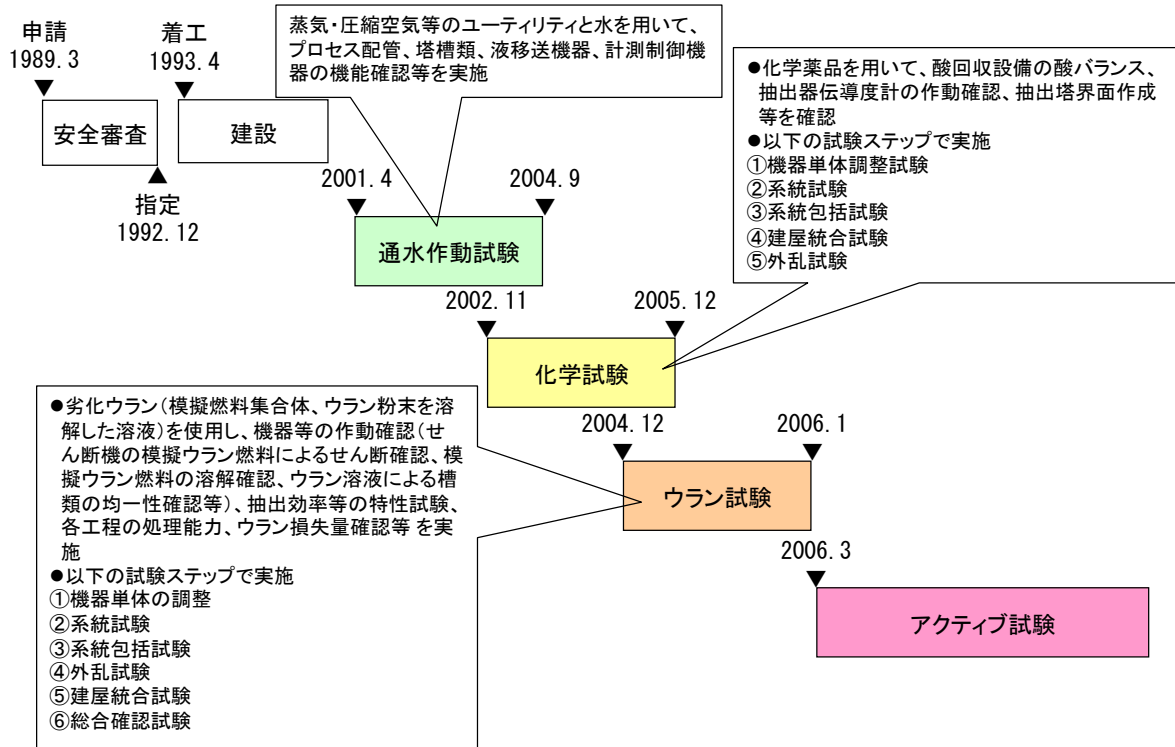


図4. 2-1 六ヶ所再処理工場における試験運転の経緯

（「添付資料－2 試験運転の経緯」より）

(2) 試験運転実施に係る経緯

六ヶ所再処理工場の試験運転は、事業指定申請許可時に旧原子力安全委員会から旧科学技術庁に示された「再処理の事業の指定について（設計及び工事の方法の認可以降の段階で確認すべき重要事項）」（平成4（1992）. 12. 3）に従い、旧原子力安全・保安院（旧科学技術庁から所管を引き継いだ）からの指示「日本原燃株式会社再処理施設の試験運転に係る対応について」（2002. 8. 30）に基づき試験計画の立案等を行った。

上記の旧原子力安全・保安院の指示では、試験運転計画の提出として、化学試験、ウラン試験、アクティブ試験を通じた全体的な試験運転計画、試験運転の各段階の試験計画の提出及び各試験運転結果の報告として、化学試験結果、ウラン試験結果及びアクティブ試験結果に係る報告が求められ、「再処理施設 試験運転全体計画書（2002. 9. 2）」、「再処理施設 ウラン試験計画書（2004. 2. 4）」、「再処理施設 アクティブ試験計画書（使用済燃料による総合試験）（2005. 12. 22）」を提出するとともに、ウラン試験、アクティブ試験に係る試験結果の報告を行った。（図4. 2-2 参照）

各計画書に記載すべき事項については、旧原子力安全・保安院の審議会である核燃料安全小委員会の報告「日本原燃(株)再処理施設の試験運転段階の安全規制について(2002.8.7)」で示され、それによって作成した計画書を提出し、旧原子力安全・保安院の確認を受けた。

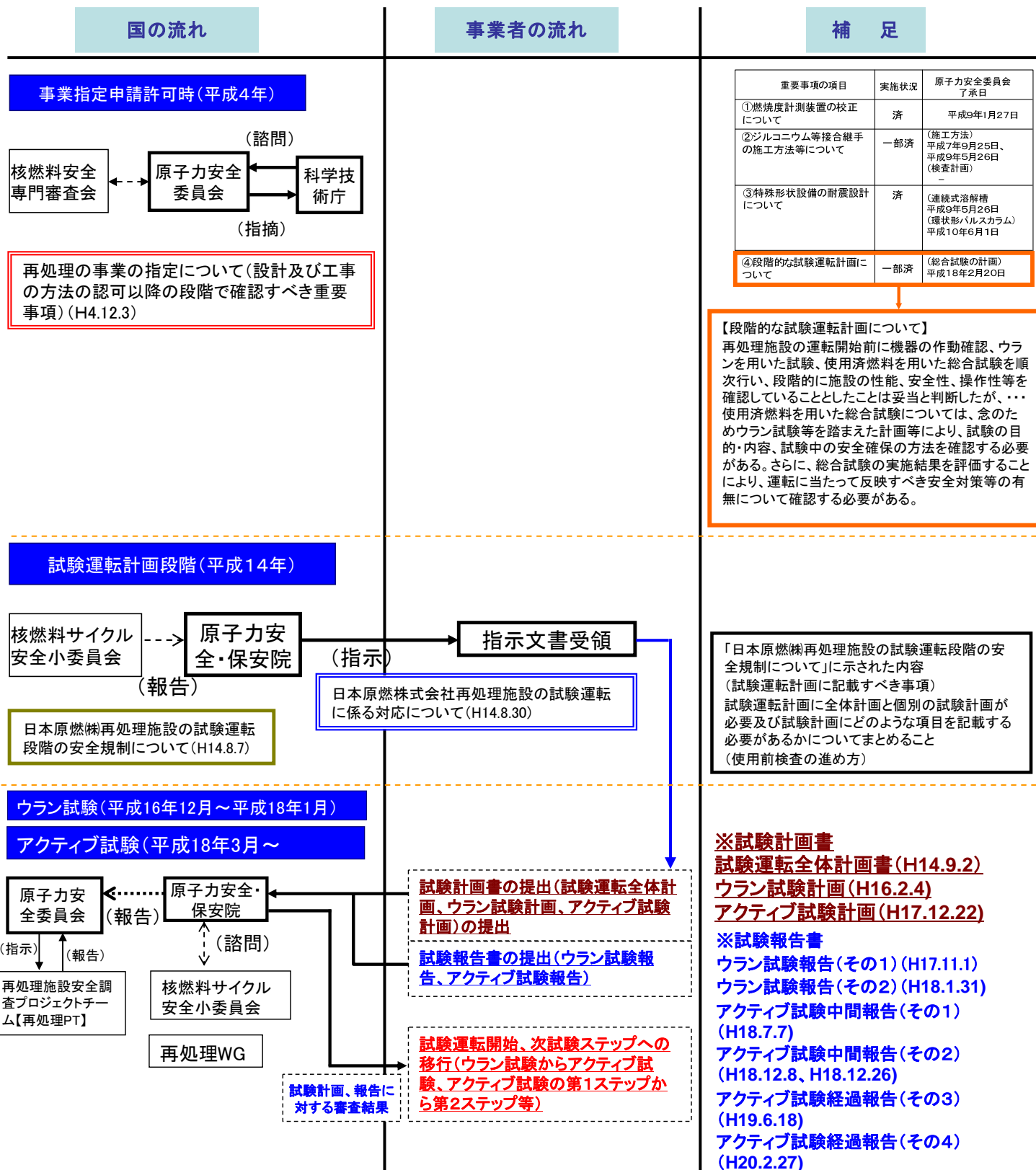


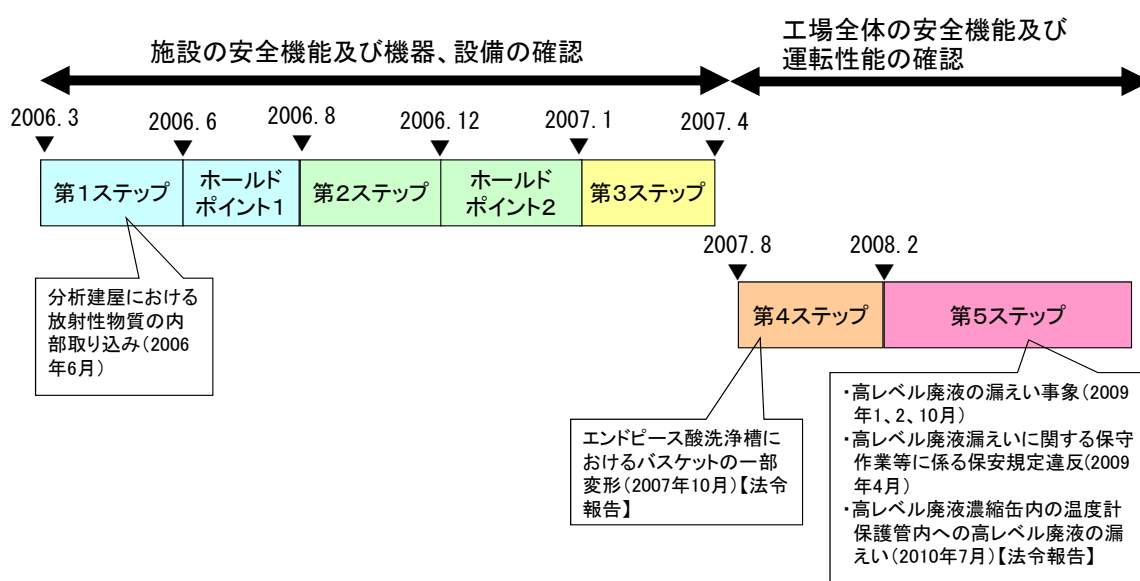
図4.2-2 試験運転実施に係る経緯
(「添付資料-2 試験運転の経緯」を元に作成)

(3) アクティブ試験の計画と実績

1) アクティブ試験の計画

実際の使用済燃料を使用するアクティブ試験では、万一異常が発生した場合においても、可能な限りその影響を抑えるという災害防止上の観点から、取扱うプルトニウムや核分裂生成物の量を段階的に増加させるため、試験ステップを5つに分け、段階的に試験を進めることとした。(図4.2-3 参照)

具体的には、第1ステップにおいて、低燃焼度、長期冷却と中燃焼度、中期冷却の使用済燃料を用い、使用済燃料のせん断量を徐々に増やしながらか段階的に1日当たりの処理量を上げるとともに、分離建屋で溶解液をウラン溶液で希釈し、核分裂生成物及びプルトニウム濃度を段階的(3段階)に高くして試験を実施する等を行った。また、施設の範囲をステップごとに広げることも計画として考慮した。(図4.2-4 参照)



※ホールドポイントでは、線量当量率、空気中の放射性物質濃度、溶解性能、核分裂生成物の分離性能、環境への放出放射線量などを評価(評価ポイントは、アクティブ試験計画で予め設定)。これらの評価は、第1ステップおよび第2ステップで一通り確認できることから、同ステップ後にホールドポイントを設定。

【ホールドポイント1】

(事業者報告)

核分裂生成物の分離性能、プルトニウムの分配性能等の試験項目を実施し、いずれも判断基準を満足する結果。

(国の評価)

いずれの試験も所期の目的に達したことを確認。第2ステップを開始するための条件は満たしているものと判

【ホールドポイント2】

(事業者報告)

環境への放出放射線量等の試験項目を実施し、いずれも判断基準を満足する結果。

(国の評価)

いずれの試験も所期の目的に達したことを確認。第3ステップを開始するための条件は満たしているものと判断。第2ステップで発生した不適合等の是正処置について、第3ステップまでには是正が必要なものは、既にその処置を完了していることを確認。

図4.2-3 六ヶ所再処理工場におけるアクティブ試験の経緯

(「添付資料-2 試験運転の経緯」を元に作成)

(第1ステップ)

- 低燃焼度、長期冷却と中燃焼度、中期冷却のPWR燃料合計約30トンを用いて試験を実施。
- 試験においては、使用済燃料のせん断量を徐々に増やしながら段階的に1日当たりの処理量上げる。
- 核分裂生成物の分離性能及びプルトニウムの分配性能確認試験においては、分離建屋で溶解液をウラン溶液で希釈し、核分裂生成物及びプルトニウム濃度を段階的（3段階）に高くして試験を実施。
- さらに、このステップの最終段階では、希釈を行わずに核分裂生成物の分離性能、プルトニウムの分配性能の確認を実施。



(第2ステップ)

- PWR燃料約50トンを用い、環境への放出放射能の1次評価を実施。合わせて、第1ステップで確認した項目に加え、脱硝性能や環境への放出放射能等の確認を実施。
- また、本ステップの最後に低燃焼度のBWR燃料約10トンを用いて、せん断性能の確認を実施。



(第3ステップ)

- 前処理建屋のせん断処理施設及び溶解施設の系列を変更し、PWR燃料及びBWR燃料合計約70トンを用いて、せん断・溶解性能、分離・分配性能、線量当量率及び空気中の放射性物質濃度、環境への放出放射能等の確認を実施。

図4.2-4 アクティブ試験計画の概要
(「添付資料－2 試験運転の経緯」より)

2) アクティブ試験の実績

アクティブ試験では、溶解液中の核燃料物質濃度が核的制限値よりも低く設定した目標値以下であること、放射能量（放出量）が所定の値以下であること、主要な核分裂生成物に対し、除染係数が目標値以上であること等の「設備、機器の安全機能の確認」や定格処理量での運転が連続して実施できること等の「設備、機器の運転性能の確認」、22.2日以内に80トンの処理ができること等の「処理能力の確認」を行った。

安全機能については、再処理施設の事業指定申請書等に記載された各設備の安全に係る性能、能力又は廃棄物の処理能力、並びに運転管理手法の妥当性の根拠として、試験による確認が必要な「閉じ込め機能」、「放射線被ばく管理」、「放射性廃棄物の放出管理」等の事項に対して確認した※。（表4.2-1 参照）

※アクティブ試験報告書（日本原燃HPで公表）：アクティブ試験中間報告書（その1）、アクティブ試験中間報告書（その2－1）、アクティブ試験中間報告書（その2－2）、アクティブ試験経過報告（第3ステップ）、アクティブ試験経過報告（第4ステップ）として日本原燃HPで公表

表 4.2-1 アクティブ試験の主な安全機能確認項目
 (「添付資料－2 試験運転の経緯」を元に作成)

安全要求項目	安全関連確認事項	アクティブ試験における確認内容
閉じ込め	閉じ込めを形成する材料の運転時の温度 ・減圧運転の高レベル廃液濃縮缶 ・焙焼炉、還元炉	運転温度の確認 ・分離建屋の高レベル廃液濃縮缶内温度が目標値以下 ・ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋の焙焼炉、還元炉ヒータ部温度が所定の値以下
放射性廃棄物の放出管理等	液体廃棄物の廃棄施設全体の能力	液体廃棄物中の放射エネルギー（放出量）が所定の値以下 上記の能力に影響を与える上流工程の除染係数の確認 ・分離建屋 分離設備及び分配設備のテクネチウム、ルテニウム等の主要な核分裂生成物に対し、除染係数が目標値以上 ・精製建屋 ウラン精製設備の各核種に対する除染係数が目標値以上
臨界管理	抽出・逆抽出性能	運転データの確認 ・分離建屋の抽出廃液中、補助抽出廃液中等のプルトニウム濃度が未臨界濃度よりも低く設定した目標値以下 ・精製建屋プルトニウム精製設備の抽出廃液中等のプルトニウム濃度が未臨界濃度よりも低く設定した目標値以下
火災・爆発に対する考慮	TBP 洗浄塔（器）の洗浄	運転時の TBP 濃度の確認 ・分離建屋のウラン濃縮缶供給槽、プルトニウム溶液中間貯槽、抽出廃液受槽及び補助抽出廃液受槽における TBP 濃度が安全評価の根拠とした TBP 濃度よりも低く設定した目標値以下 ・精製建屋ウラン精製設備の供給液中間貯槽及びウラン濃縮缶供給槽における TBP 濃度が安全評価の根拠とした TBP 濃度よりも低く設定した目標値以下。

処理能力については、一定の処理量を連続的に処理することにより、操業開始以降の安定運転に対して重要な要素である機器、設備の性能が年間800トン処理できる能力を有していることを確認した。(表4.2-2 参照)

表 4.2-2 アクティブ試験の主な安全機能確認項目
 (「添付資料－2 試験運転の経緯」を元に作成)

項 目	判定基準	確認結果
施設全体の処理能力（せん断～精製）	22.2 日以内に 80tU 処理	80 t U を 17.5 日間で処理
せん断、溶解工程（PWR）	4.4 t U / 日以上	5.3 t U / 日
せん断、溶解工程（BWR）	4 t U / 日以上	4.6 t U / 日
分離・分配、精製	4.4 t U / 日以上	4.7 t U / 日

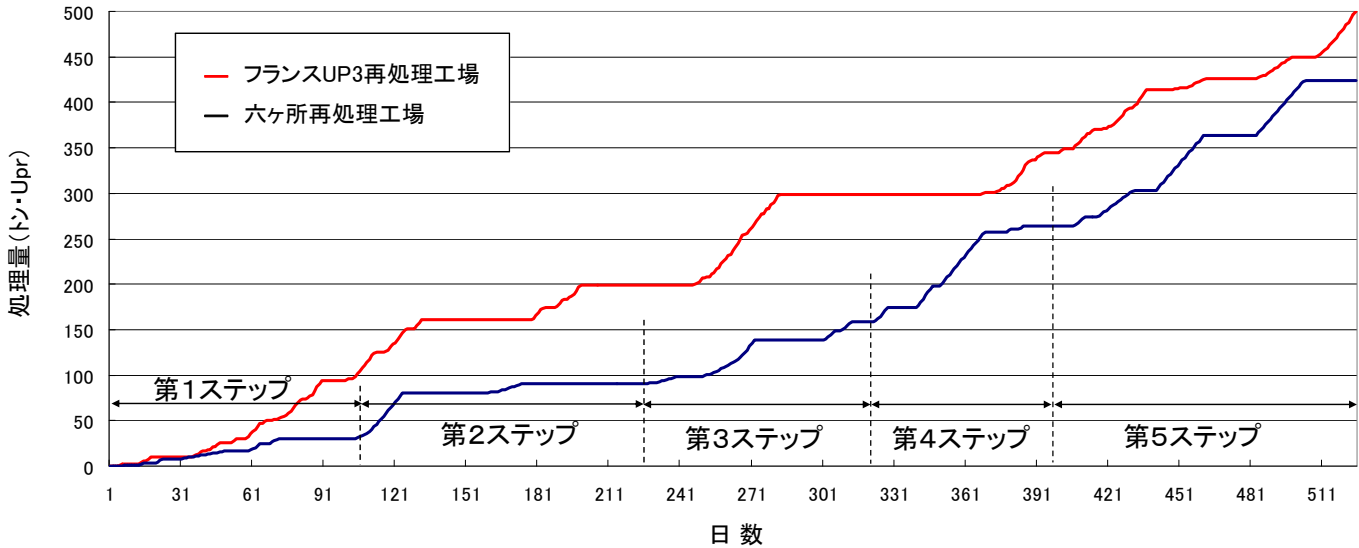
また、放射エネルギー（放出量）が所定の値以下であることの確認では、処理した使用済燃料の放射エネルギーと放出された放射エネルギーとの関係から、年間800トン処理した際に放出される放射

エネルギーを推定し、その値が所定の値（保安規定で定める放出管理目標値）を下回ることを確認した。

上記のとおり、ガラス固化設備を含めアクティブ試験で計画した試験を全て終了し、試験の判断基準を満足する結果が得られた。

さらに、処理運転を実施した状況等に違いがあることから、同じスケールで比較することは正確ではない部分もあるが、フランスUP3再処理工場の使用済燃料の処理開始からの処理実績を六ヶ所再処理工場のアクティブ試験での処理実績と比較すると、アクティブ試験第5ステップでは、フランスUP3再処理工場と同程度の処理実績であり、機器、設備の性能が年間800トン処理できる能力を有していることに対する裏づけとなると考える。（図4.2-5 参照）

なお、ここでいう各再処理工場の処理量は、使用済燃料のせん断量として評価した。



工 場 \ 期 間	約3.5ヶ月	約4ヶ月	約3ヶ月	約2.5ヶ月	約4ヶ月
フランスUP3再処理工場	98	102	99	51	150
六ヶ所再処理工場	30 (第1ステップ)	60 (第2ステップ)	70 (第3ステップ)	110 (第4ステップ)	160 (第5ステップ)

図4.2-5 先行施設と六ヶ所再処理工場アクティブ試験の処理量（トン）推移の比較
（「添付資料－2 試験運転の経緯」より）

一方、アクティブ試験等の試験運転では、設計段階で設定した施設間の取り合い条件についても、その条件を満足していることを確認した。

特に「図4.1-2 六ヶ所再処理工場の採用技術」で示した異なる技術導入元の取り合い部分については、重要な確認項目であった。

技術導入元の所掌が変わる部分としては、フランス技術導入設備-国内設計設備間（図4.2-6 ①）、フランス技術導入設備-イギリス技術導入設備間（図4.2-6 ②）、イギリス技

術導入設備-国内設計設備間（図4.2-6 ③）、イギリス技術導入設備-フランス技術導入設備間（図4.2-6 ④）があり、設計段階の取り合い条件の調整は、建設メーカーが主体となって技術導入元と調整を行い、試験運転段階では日本原燃が技術導入元との調整を主体となって実施してきた。

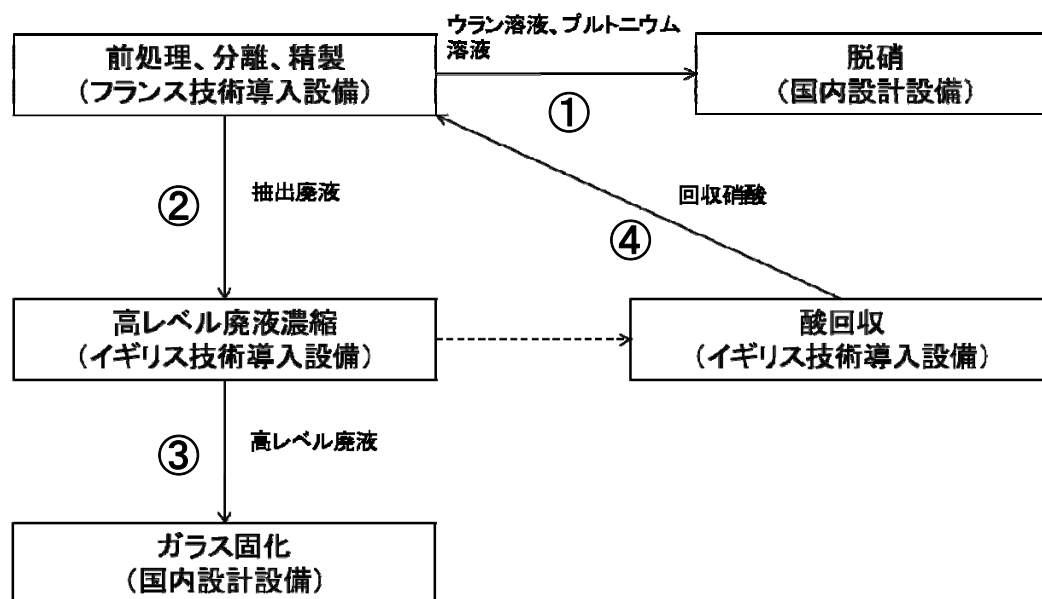


図4.2-6 主な異なる技術導入元設備間の取り合い
(「添付資料-2 試験運転の経緯」より)

取り合い条件については、図4.2-6に示すように、

- ・ウラン溶液、プルトニウム溶液中の不純物濃度（フランス技術導入設備-国内設計設備間）
- ・溶液中のTBP濃度、鉄濃度、酸濃度、溶液流量（フランス技術導入設備-イギリス技術導入設備間）
- ・溶液中の酸濃度、鉄濃度、溶液流量（イギリス技術導入設備-国内設計設備間）
- ・溶液中の酸濃度、放射能濃度、溶液流量（イギリス技術導入設備-フランス技術導入設備間）
- ・溶液中の酸濃度、放射能濃度、溶液流量（国内設計設備-フランス技術導入設備間）

等の項目が設定され、それを満足するように施設ごとの運転パラメータの調整を行うことで、運転確認等を行った。

その結果、フランスとイギリスの取り合いについては、両者ともこれまで先行再処理工場で十分な実績があり、さらには設備取り合いの構成がフランス⇒イギリス⇒フランスとなっているため、フランス側が自分の設計する設備へ戻ってくる流体のことも考慮して、設計等の調整を行っていたことから、取り合い調整において大きな問題は生じなかった。

しかし、試験運転段階での取り合い調整として、国内設計施設の低レベル廃棄物処理施

設とガラス固化施設については、廃棄物処理系特有の上流から受け入れる廃液等と設計条件の違いがあり、取り合い調整が困難であった。

また、低レベル廃棄物処理施設は、処理設備の設計として決めた条件が一点であったことに対して、上流から実際に受け入れる廃液や廃棄物の性状がある範囲をもったものであったために、試験運転でのパラメータ調整で運転可能な状態を達成したものの、その調整に時間を要した。

更に、ガラス固化施設とその上流設備との取り合いについては、設計で決めた廃液条件と実際に上流設備から受け入れる廃液に違いがあり、その違いによりガラス固化設備の運転パラメータの調整等に時間を要した。

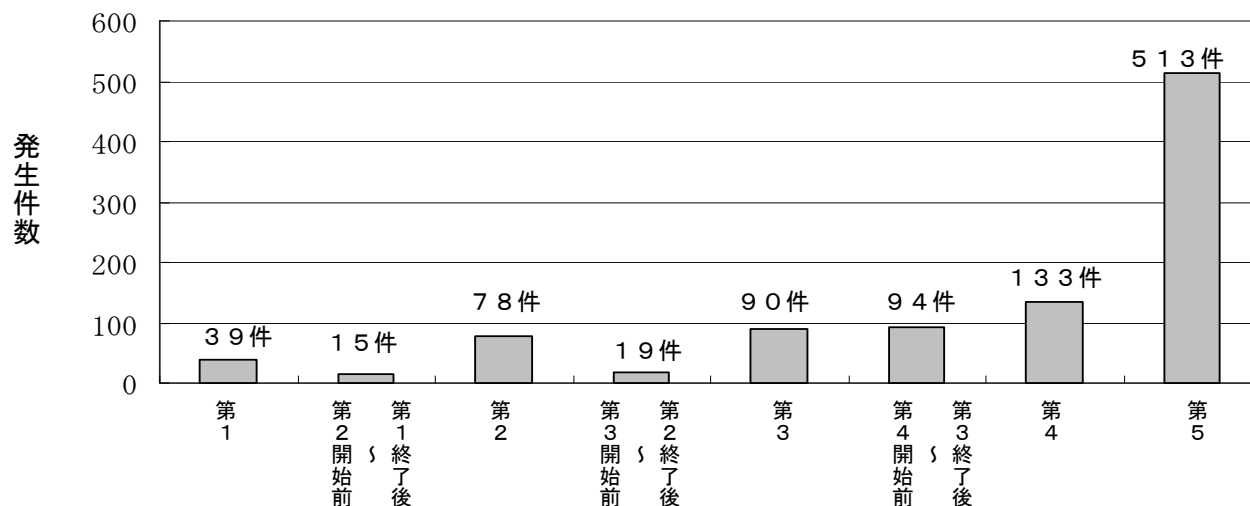
上記のような経緯を経て、現時点では、アクティブ試験第5ステップで計画していたガラス固化試験が2013年5月に終了し、ガラス固化に係る国の使用前検査を残すのみの状況である。

このような状況において、旧原子力安全・保安院、旧原子力安全委員会から、原子力規制委員会、原子力規制庁に、試験運転を含む規制を所管する組織が移管されたが、「図4.2-2 試験運転実施に係る経緯」に示した体制は現時点で整備されていない。

4. 2. 2 アクティブ試験における主な事象の原因と対策

アクティブ試験では、不適合事項と改善事項を抽出し、設備やシステムの改造等を行い、これらの不適合等を処置するということが目的のひとつであり、アクティブ試験の第1～第5ステップ（2006年3月31日～2010年3月31日）で、679件の不適合事項と302件の改善事項を抽出した。

不適合事項については、その原因を特定し、是正処置を実施してきており、改善事項についても、処置内容を検討し、予防処置を実施してきた。（図4.2-7 参照）



対 象		発生件数	期 間
試験ステップ	第1ステップ	39 件	3 ヶ月
	第2ステップ	78 件	3.5 ヶ月
	第3ステップ	90 件	3 ヶ月
	第4ステップ	133 件	5.5 ヶ月
	第5ステップ（2010 年 3 月 31 日まで）	513 件	25.5 ヶ月
試験ステップ間	第1ステップ終了から第2ステップ開始前まで	15 件	1.5 ヶ月
	第2ステップ終了から第3ステップ開始前まで	19 件	2 ヶ月
	第3ステップ終了から第4ステップ開始前まで	94 件	4 ヶ月

図4.2-7 アクティブ試験各ステップ期間中における不適合等の発生件数

（「添付資料-3 アクティブ試験における主な事象の原因と対策」より）

その中で、社会的影響、原子炉等規制法に基づく事故報告等の観点で主な事象として、以下の事象を挙げ、各事象の発生事象、原因および対策について概要を示す。

- ①分析建屋における微量の放射性物質の体内への取込み（2006年5月、6月）
- ②ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における脱硝皿への溶液の誤供給（2007年3月）
- ③エンドピース酸洗浄槽におけるバスケットの一部変形（2007年10月）
- ④高レベル廃液濃縮缶内の温度計保護管内への高レベル廃液の漏えい（2010年8月）
- ⑤安全蒸気ボイラ2台の故障（2011年7月）

(1) 分析建屋における微量の放射性物質の体内への取込み（不具合情報の調査結果 再
処理工場分析建屋における作業員の内部被ばくに係る調査結果について 2006年7
月3日 日本原燃HP公表）

a. 発生事象

1) 分析建屋における微量の放射性物質の体内への取込み（2006年5月）

- ・5月22日、管理区域用被服を洗濯する前のサーベイで、被服右胸部に汚染を確認。
- ・当該服を着用していた作業員を調査したところ、微量の放射性物質を体内に取
込んでいたことを確認。これによる被ばく（預託実効線量）は0.014mSvであり、
法令に定める年線量限度（50mSv）より十分低い。

2) 分析建屋における微量の放射性物質の体内への取込み（2006年6月）

- ・6月24日、分析作業を行っていた作業員が分析室から退出する際、靴底に汚染を
検出した。
- ・身体サーベイの結果、左右のゴム手袋表面及び右足靴底部に放射能が検出され
たため、鼻スミヤを採取した結果、アルファ:0.7Bqが検出された。その後実施し
たバイオアッセイによる測定の結果、放射性物質は検出されず、内部被ばくは
なかった。

b. 要因分析結果と再発防止策

要因分析により評価した原因と再発防止策を以下に示す。（図4.2-8 参照）

1) 分析建屋における微量の放射性物質の体内への取込み（2006年5月）

原因	再発防止策
試料皿裏面に付着した放射性物質をエア ロック及びフードに持ち込んだ	放射性物質がフード等へ極力移行しない よう、試料裏面の放射性物質を検査する ための放射線検出器を追加する
汚染した可能性のある二重目のゴム手袋 を廃棄する際に、廃棄物袋から一重目の ゴム手袋に放射性物質が移行した	二重目のゴム手袋を捨てる際に放射性物 質が一重目のゴム手袋に移行しないよ う、開口部が広い専用廃棄物容器を設置 する
一重目のゴム手袋の指先等の汚染を見落 とした	汚染を見逃さないよう作業終了時の補助 作業員による汚染検査を徹底する
フード作業に伴い、放射性物質を持ち込 んだ	放射性物質を取り扱うフード作業時に は、当面半面マスクを着用する

2) 分析建屋における微量の放射性物質の体内への取込み（2006年6月）

原因	再発防止策
分析管理用計算機システムの画面におい て、分析項目を誤って確認したことによ り、必要な前処理操作（溶媒洗浄）を行わ ずに次の分析ボックスに試料を移送した	必要な前処理操作を行ったことをチェック シートにより分析自らチェックするととも に、作業管理者により確認することとした
試料皿に試料を焼付け、試料皿をフード外 へ持ち出す前に、測定器を用いて放射能量 を確認したが、数え落としが発生したた め、測定器の誤表示がおき、基準値を超え	試料を受け入れる分析室においても必要な 前処理操作が行われていることを確認する こととし、新たにチェックシートを追加し た

た試料をフードから持ち出した	持ち出し基準を超える試料が確実に測定でき、基準値を超えていることが確認できるよう測定器を改良した
チャック付き袋（フードから試料を持ち出す際に入れる容器）にて試料を運搬した際、試料表面と袋内面が接触し、放射性物質が剥離しやすい状態になった	試料皿の運搬方法をチャック付き袋から容器に入れることに変更した
放射性物質が剥離しやすい状態であった試料をフードの無い分析計測装置で測定した際に、放射性物質が剥離し、分析計測装置内において汚染が発生した	万一、放射性物質が剥離した場合でも分析員に付着しないように分析計測装置をフードで覆う措置を実施した

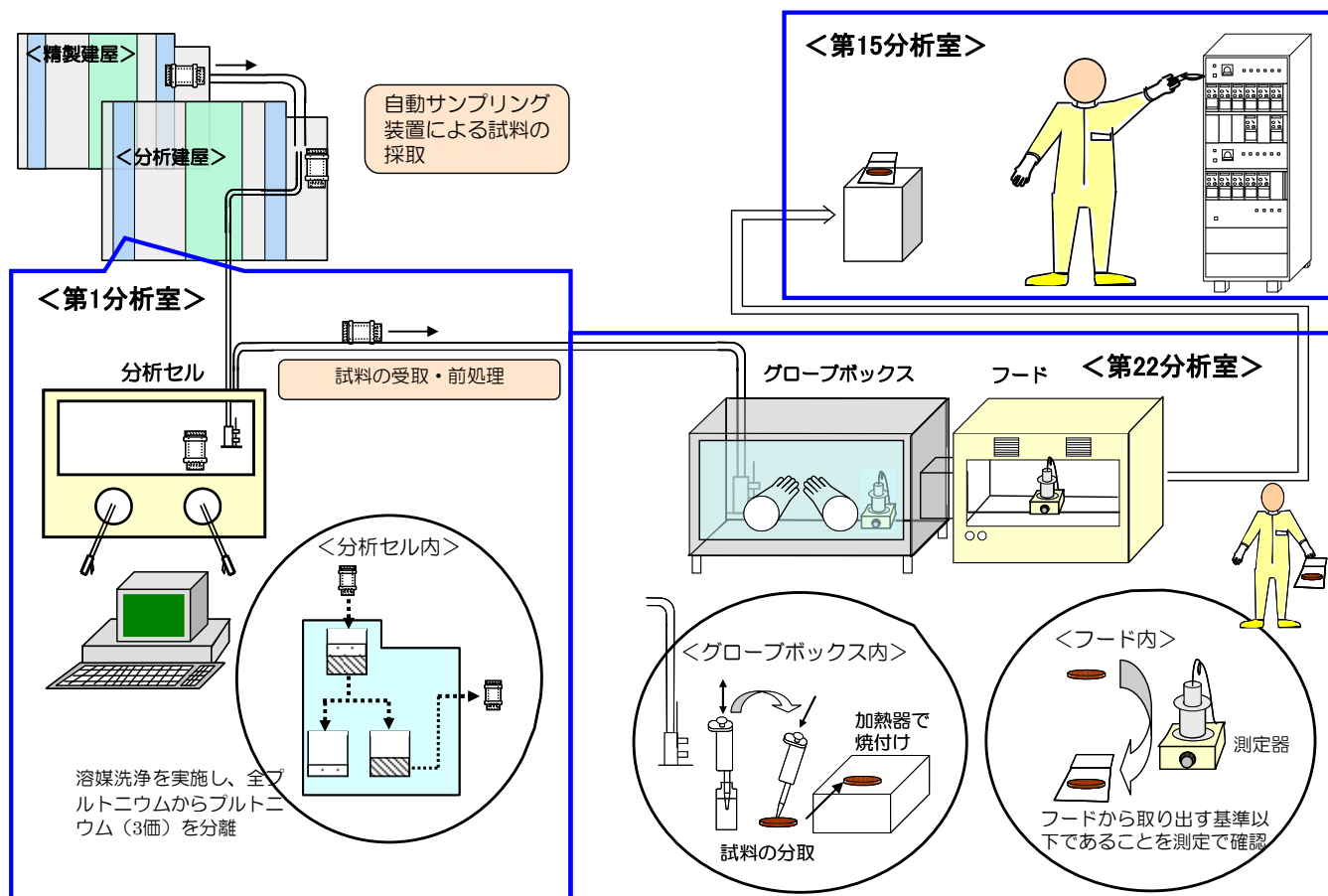


図4.2-8 分析作業の流れ概要図

（「添付資料－3 アクティブ試験における主な事象の原因と対策」より）

（２）ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における脱硝皿への溶液の誤供給（不具合情報の調査結果 ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋における脱硝皿への溶液の誤供給 平成19年（2007年）3月20日 日本原燃HP公表）

a. 発生事象（図4.2-9 参照）

・2007年3月11日、ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋 脱硝工程B系において、操作員が、中央制御室からの運転操作によって、アクティブ試験に係る脱硝工程の処理性能試験を行っていた際、脱硝装置から脱硝体が入った脱硝皿を取り出し、次ステージへ撤去し搬送操作を行うべきところ、これを実施せずに再び

同じ脱硝皿を脱硝装置に設置し、ウラン・プルトニウム混合溶液の供給を行い、脱硝運転を開始した。

- ・別の操作員が運転操作画面を確認していたところ、直前に脱硝運転を行った脱硝皿と同じ番号の脱硝皿が脱硝運転されていることから、搬送操作を行わずに脱硝体が入った脱硝皿に混合溶液を誤供給したことに気づいた。

b. 要因分析結果と再発防止策

要因分析により評価した原因と再発防止策を以下に示す。

原因	再発防止策
<ul style="list-style-type: none"> ・事象発生前のバッチで警報が発報したため、警報復旧後「半自動」運転に切り替え残りの脱硝運転を行った ・次バッチの「全自動」運転に移行する前に、「搬送」せずに「設置」操作を行った。(脱硝皿の「撤去」、「搬送」、「設置」の3つの操作を順次実施) ・「半自動」であったために、「全自動」では実施できない運転の流れが実施できてしまった 	<p>「半自動」運転において「搬送」終了を、「設置」の許可条件とし、脱硝装置に脱硝体が入った脱硝皿を「設置」できない制御ロジックに改良した</p>
<p>運転手順書のチェックシートは、脱硝終了後、「撤去」、「搬送」、「設置」の3つの各々の操作が終了した時点でチェックする様式としていたが、チェックシートへのチェックを後回しにしたため、3つの操作（「撤去」、「搬送」、「設置」）のうち「搬送」操作の抜けに気がつかなかった</p>	<p>「半自動」運転時に各操作単位の操作順序を明確にするとともに、「半自動」運転時は当直長に報告し、当該操作を行っていることを明確にする等、運転手順書を見直した</p>
<p>脱硝皿が空であることをテレビカメラにより目視で確認する操作手順としていたが、照明不足により、脱硝皿の状態が見えにくかったため、空であると誤認した</p>	<p>脱硝皿の状態を明瞭に確認できるよう、テレビカメラ用の照明を交換した</p>

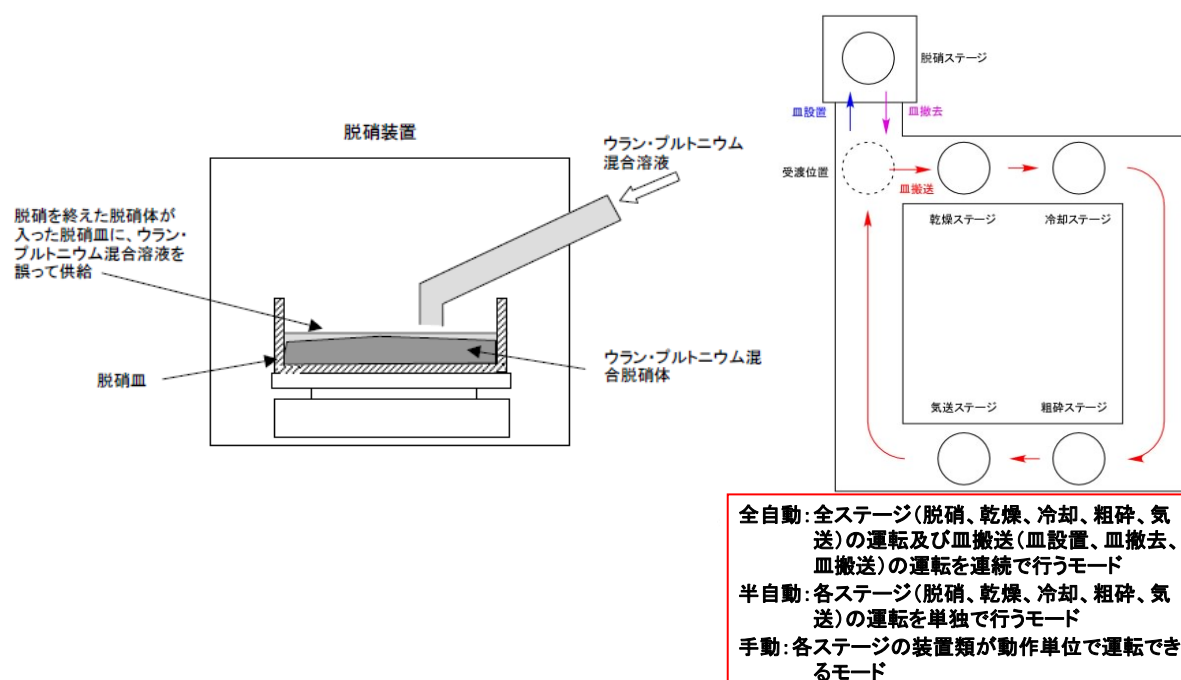


図4.2-9 事象の概要と脱硝工程の運転の概要

(「添付資料-3 アクティブ試験における主な事象の原因と対策」より)

(3) エンドピース酸洗浄槽におけるバスケットの一部変形(法令に基づく事故報告 2007年10月19日 日本原燃 HP 公表)

a. 発生事象(図4.2-10 参照)

- ・PWR燃料せん断運転中にエンドピース酸洗浄槽(以下、「酸洗浄槽」という。)のバスケットを上端位置から下降させていたところ「バスケット下降時間超過」注意報が発報し、上端位置付近で停止した。その後、せん断運転を停止した。
- ・手動運転にてバスケットを昇降させたが、その可動範囲は限定されていた。状況確認のため、カメラを使用して酸洗浄槽内部の点検を行った結果、バスケットの扉が変形していること及び酸洗浄槽底部にエンドピースがあることを確認した。その後、カメラを使用して酸洗浄槽の内部状況を詳細に点検し、当該バスケットの交換方法等について、検討を行った。

b. 要因分析結果と再発防止策

要因分析により評価した原因と再発防止策を以下に示す。

原因	再発防止策
エンドピースがバスケット内斜面に留まった	エンドピース、グリッド等の引っかかりが発生することは、偶発的な事象であり、引っかかりを効果的かつ確実に防止することは困難であることから、万一発生した場合には、「バスケット下降時間超過」注意報等により検知することとして、これを警報対応手順書等に定めた
アコースティックセンサがグリッド等の落下振動をエンドピース落下と誤検知した	アコースティックセンサの誤検知を少なくする方向に設定値を再調整した アコースティックセンサが検知しなかった場合の対策として、水洗浄槽内の状況を確認するためのカメラを設置した
通常圧でバスケットが昇降しなかったために、高圧力での手動運転により昇降操作を行ったことで扉先端が内胴に接触した状態で、高圧力で下降させたことにより扉に荷重がかかり、扉が変形した	バスケットの下降操作に係る高圧力の設定値を扉が変形する値以下にした

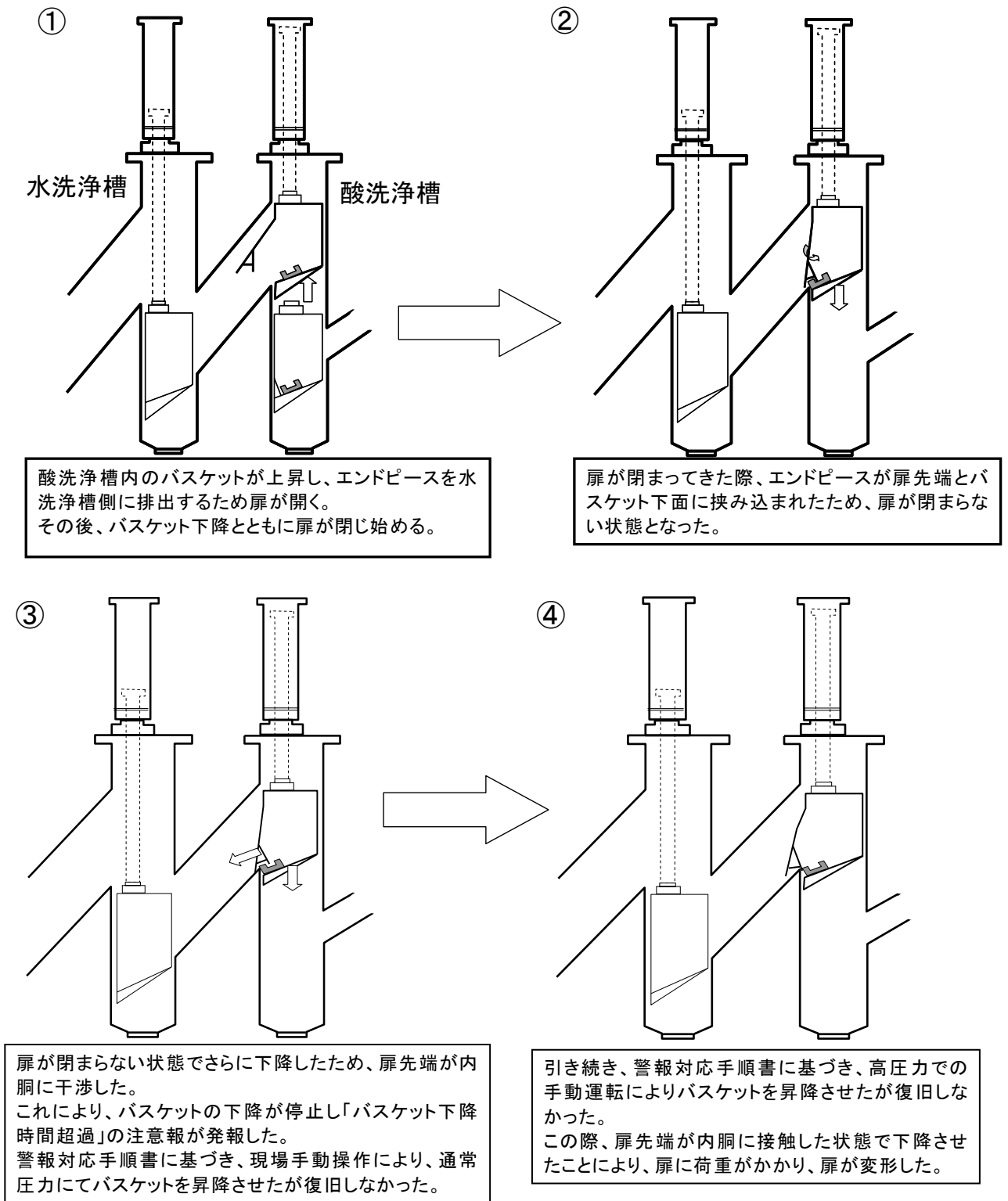


図4.2-10 事象発生の流れ

(「添付資料－3 アクティブ試験における主な事象の原因と対策」より)

(4) 高レベル廃液濃縮缶内の温度計保護管内への高レベル廃液の漏えい（法令に基づく
事故報告 平成23年（2011年）1月19日 日本原燃 HP 公表）

a. 発生事象（図4.2-11、図4.2-12 参照）

- ・再処理施設分離建屋高レベル廃液濃縮缶第1セルに設置されている高レベル廃液濃縮缶Aの温度計交換作業において、温度計の先端が温度計保護管（以下、「保護管」という。）から作業エリア側に出た時点で線量当量率が上昇した。
- ・その後、汚染の発生源の調査を進めたところ、高レベル廃液濃縮缶内の保護管内に高レベル廃液が漏えいしている可能性があることを確認した。

b. 要因分析結果と再発防止策

要因分析により評価した原因と再発防止策を以下に示す。（図4.2-13 参照）

原因	再発防止策
漏えいが発生した箇所は、保護管キャップ部である可能性が高く、キャップ部に損傷が発生した原因は、要因分析に基づく調査の結果、析出物の発生が濃縮缶内の対流に影響し、想定した以上の濃縮缶下部温度の上昇が発生したことにより鍛鋼品であるキャップ部でトンネル腐食が発生したものと推定	<ul style="list-style-type: none"> ・濃縮缶下部の温度上昇の抑制として、先行施設でも実施している定期的な洗浄運転を行うことにより、温度上昇の要因となる析出物を再溶解させるとともに濃縮缶から払出す ・濃縮缶の温度管理として、3本の温度計の平均値が55℃に達した場合には、温度を下げるための操作を行うこと、さらに濃縮缶温度が65℃を超えた場合には、濃縮運転を停止し、減酸運転、冷却等の操作を行い、濃縮廃液を払出す。濃縮液払出し後、酸濃度の低い硝酸により濃縮缶内を洗浄する

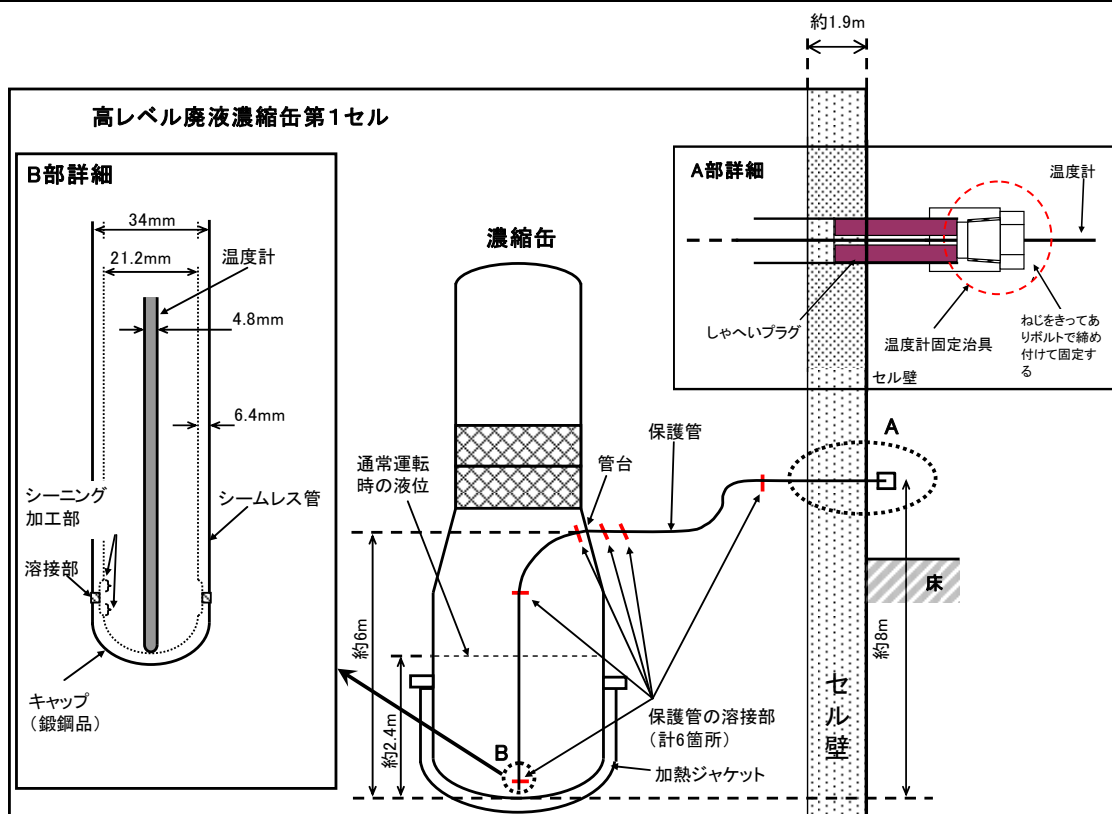


図4.2-11 高レベル廃液濃縮缶及び温度計保護管の概要
（「添付資料－3 アクティブ試験における主な事象の原因と対策」より）

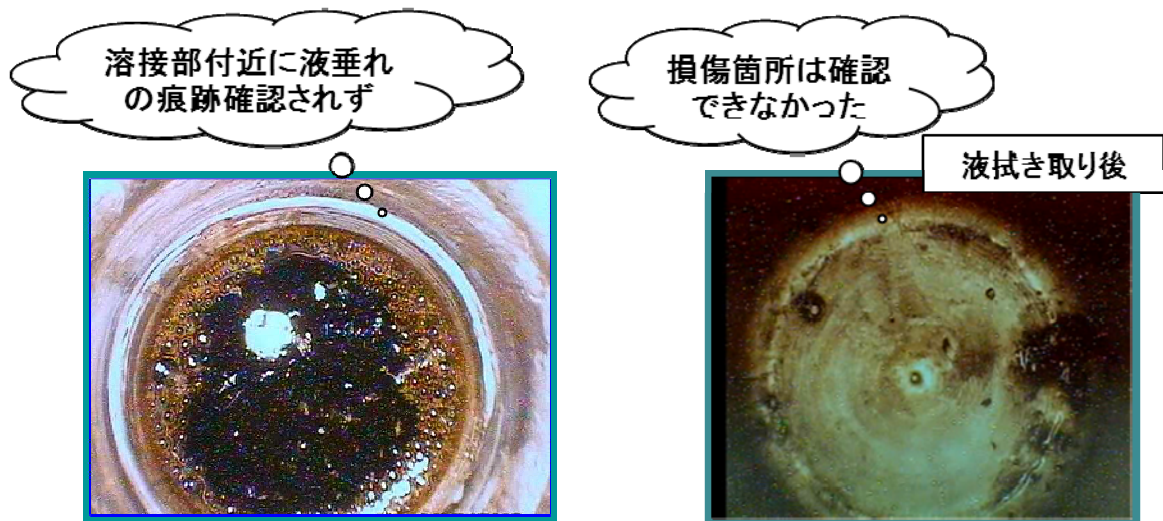


図 4.2-12 保護管内の状況

(「添付資料－3 アクティブ試験における主な事象の原因と対策」より)

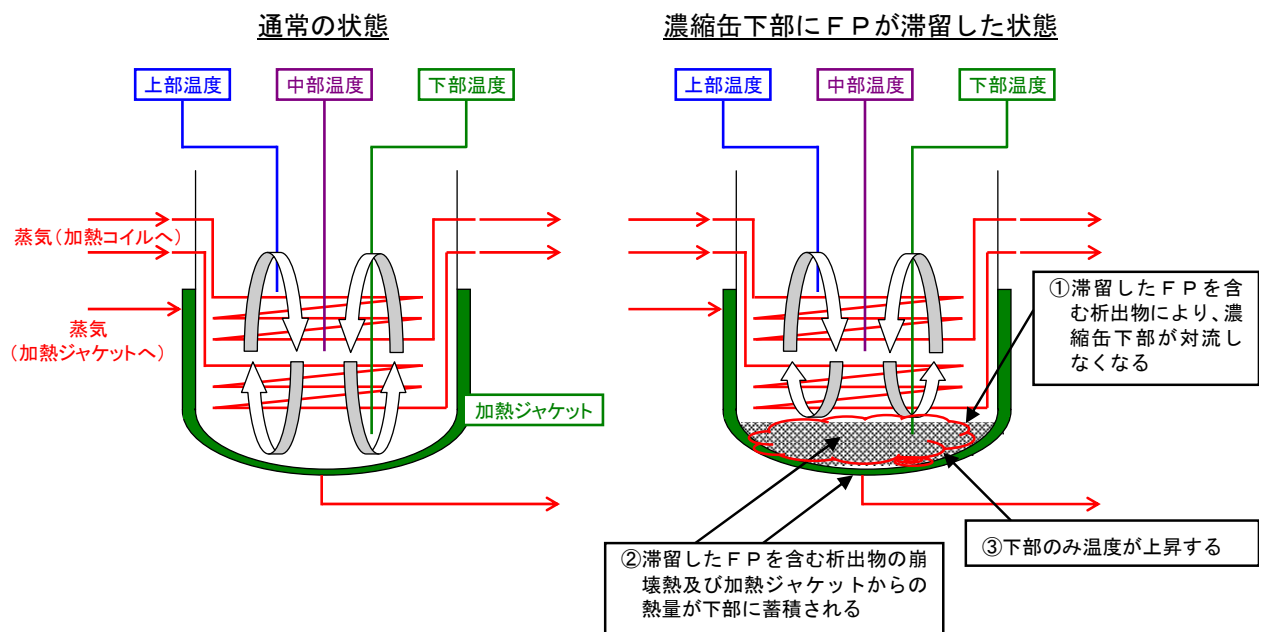


図 4.2-13 析出物が濃縮缶下部に沈降し、液温が上昇したメカニズム

(「添付資料－3 アクティブ試験における主な事象の原因と対策」より)

(5) 安全蒸気ボイラ2台の故障（法令に基づく事故報告 2011年12月22日 日本原燃HP公表）

a. 発生事象

- ・前処理建屋（管理区域外）において、安全蒸気ボイラ※A号機の起動作業を行ったところ、同ボイラの故障警報が発報し起動できず、別系統の安全蒸気ボイラB号機の起動作業を行ったが、警報が発報し起動できなかった。

※安全蒸気ボイラ：使用済燃料の溶解液や高レベル廃液のように崩壊熱により沸騰等のおそれのある漏えい液を安全に回収するための移送機器の駆動源である蒸気を製造するための設備であり、安全上重要な設備であることから多重化として2台が設置されている。

b. 要因分析結果と再発防止策

要因分析により評価した原因と再発防止策を以下に示す。（図4.2-14 参照）

原因	再発防止策
弁交換作業に当たり広い範囲の燃料ガスを抜いたこと、作業後に配管内の空気を燃料ガスに置換していないこと等から、燃料ガス供給配管内に空気が残留し、「ガス濃度不足」になっていた	保守作業の最終確認として着火確認を行うこと等の手順を標準施工手順として定めた
燃料ガス供給配管が、安全蒸気ボイラ2系統に対して仕切りをするための弁がない共通の系統となっていたために、弁交換作業時は両系統内の燃料ガスがほとんど抜かれた状態となっていた	安全蒸気ボイラ1系統ずつ単独系統で保修できるように仕切りをするための弁を設置した

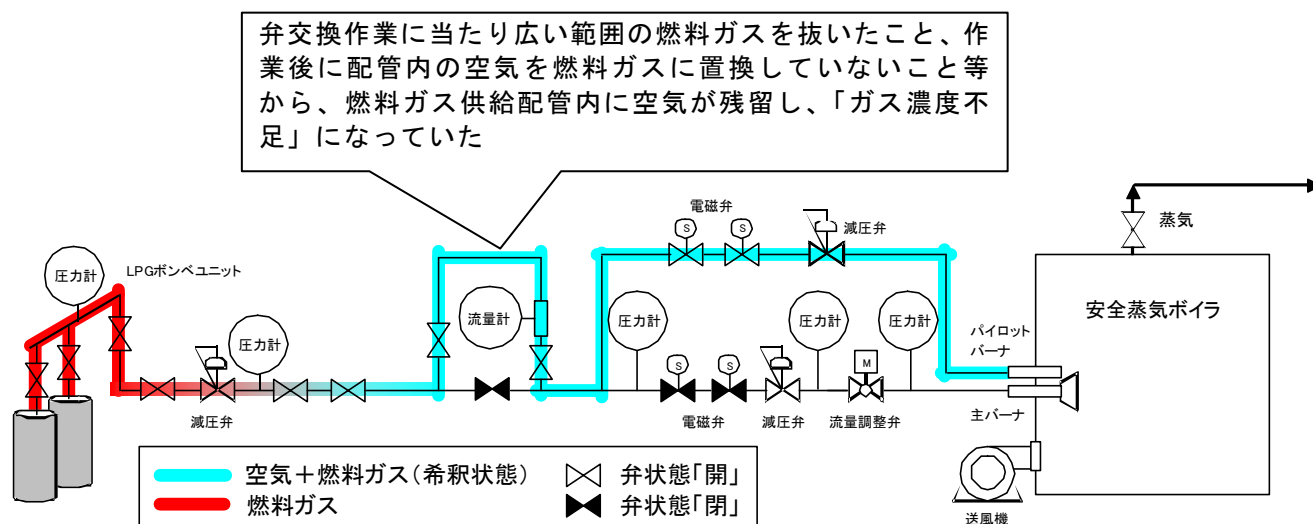


図4.2-14 安全蒸気ボイラが起動しなかった際のガス供給系の状態
（「添付資料－3 アクティブ試験における主な事象の原因と対策」より）

4. 2. 3 再処理工場の品質保証体系と不適合管理等の仕組み

4. 2. 2 項で示したアクティブ試験で発生した不適合等については、図4.2-15に示す品質保証体系に基づき管理等を行っている。

不適合等の管理は、事業部（再処理事業部、埋設事業部、濃縮事業部、燃料製造事業部）ごとに行っており、事業部の品質保証部門が取りまとめを行うとともに、全社的に水平展開が必要な場合には全社の品質保証部門である品質保証室が取りまとめを行っている。

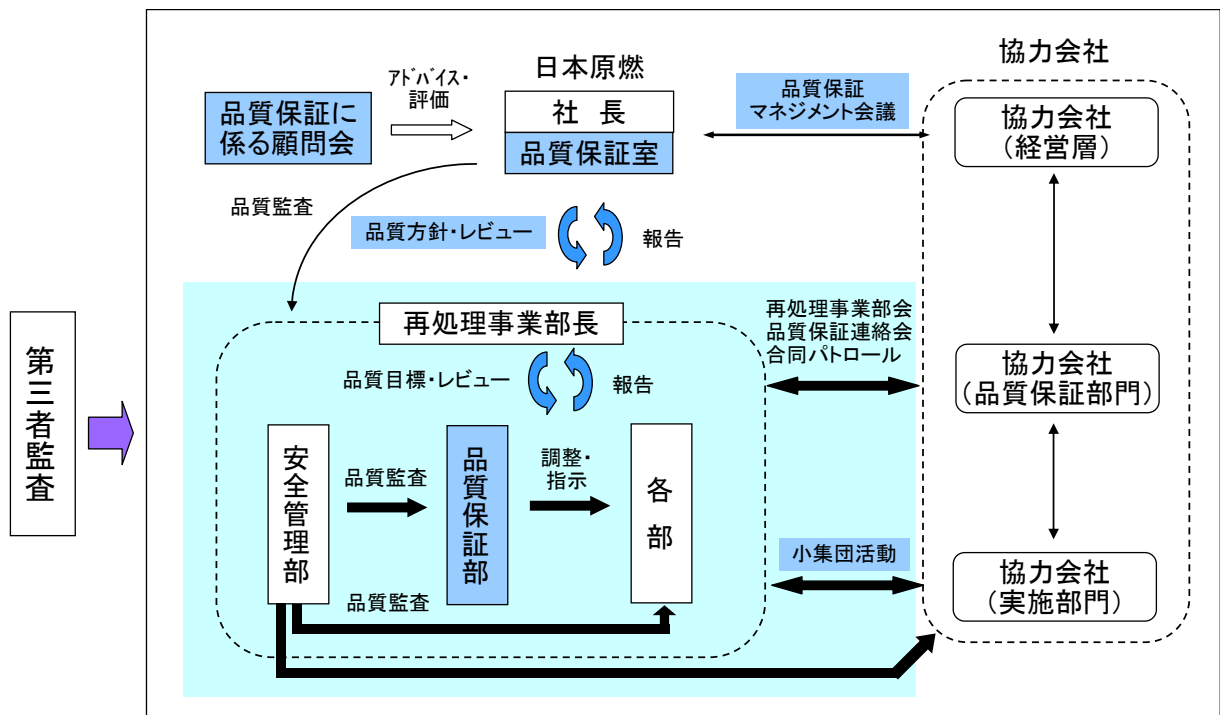


図4.2-15 再処理工場の品質保証体系

（「添付資料－4 再処理工場の品質保証体系並びに不適合管理等の仕組み」より）

再処理工場における不適合等の管理では、事象発生を受け、不適合処理票を起票した後、事象の内容、原因究明、是正・予防措置、水平展開の検討結果について不適合検討ワーキングで審議を行うことでサイドチェックを行っている。

また、アクティブ試験における不適合等の管理の改善として、半期毎に類似事象の発生に係る分析評価を行い、必要に応じて、根本原因分析を行うこととしている。

（図4.2-16 参照）

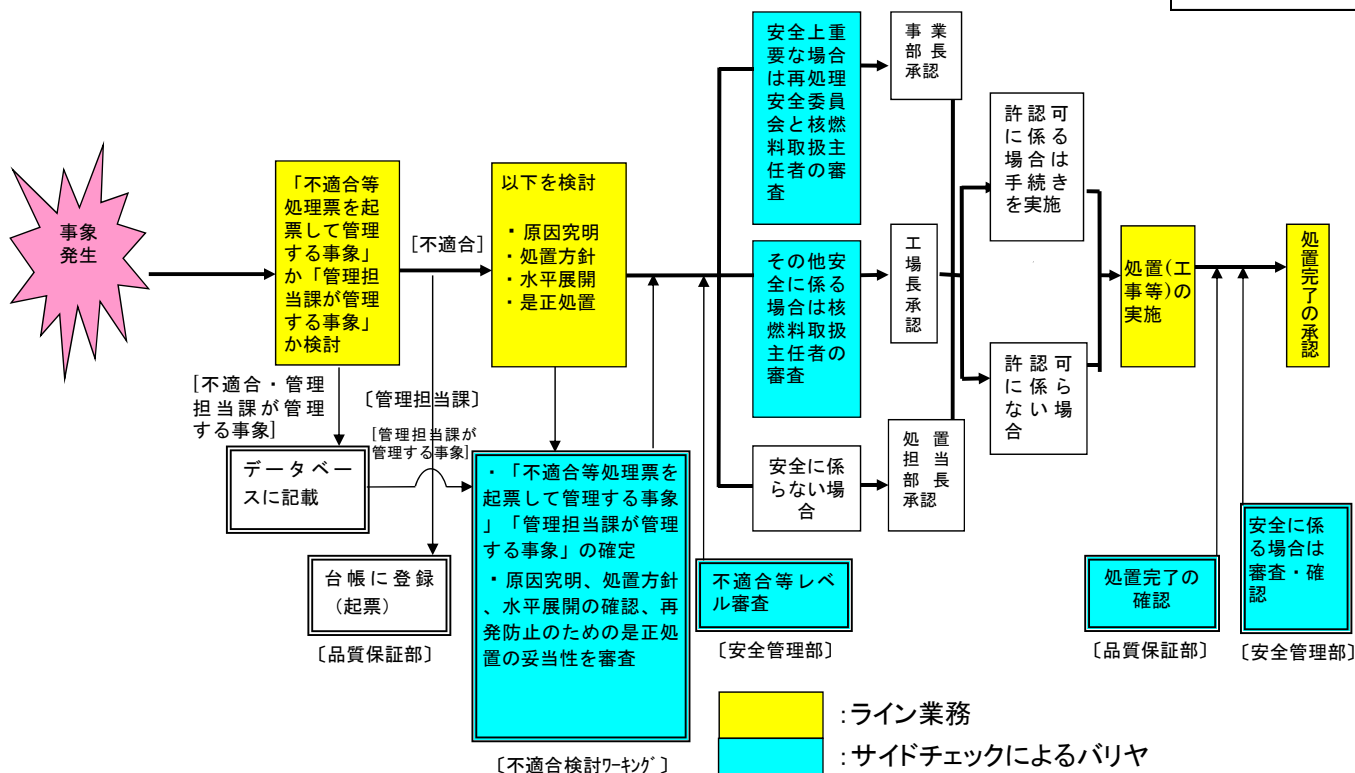
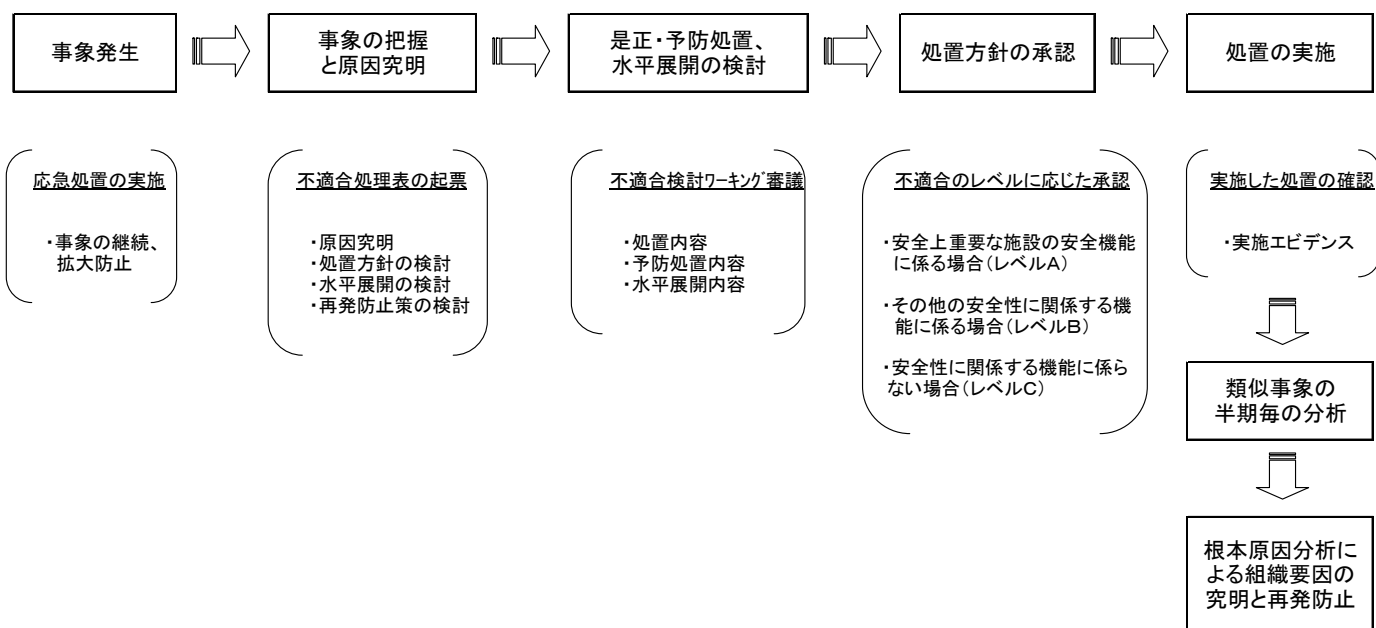


図4.2-16 再処理事業部における不適合管理フロー

(「添付資料－4 再処理工場の品質保証体系並びに不適合管理等の仕組み」より)

さらに、アクティブ試験第5ステップ中の2010年3月31日までに発生した不適合等について、これらの管理が適切に行われているかという観点で評価、分析を行っている。(図4.2-17 参照)

不適合等981件に対して、発生原因別の件数評価を行い、特に人的過誤により発生している不適合については、その原因の深堀評価を行い、対策のひとつとして、施設管理部門と保修部門の統合等の組織改正を行っている。(図4.2-18 参照)

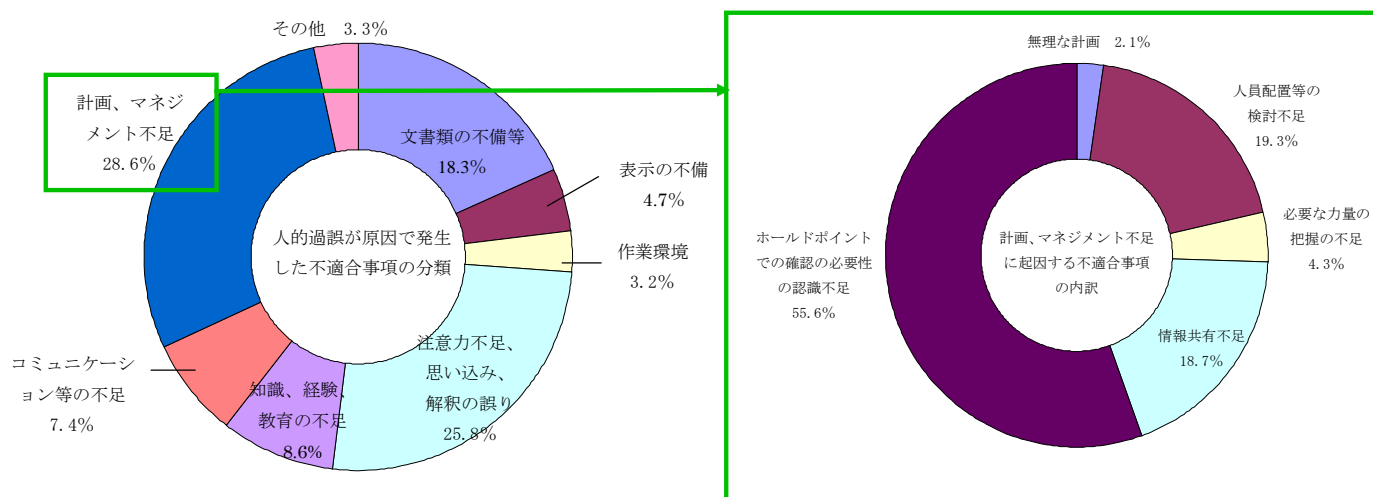


図4.2-17 アクティブ試験で発生した人的過誤による不適合事項の傾向分析結果
 (「添付資料－4 再処理工場の品質保証体系並びに不適合管理等の仕組み」より)

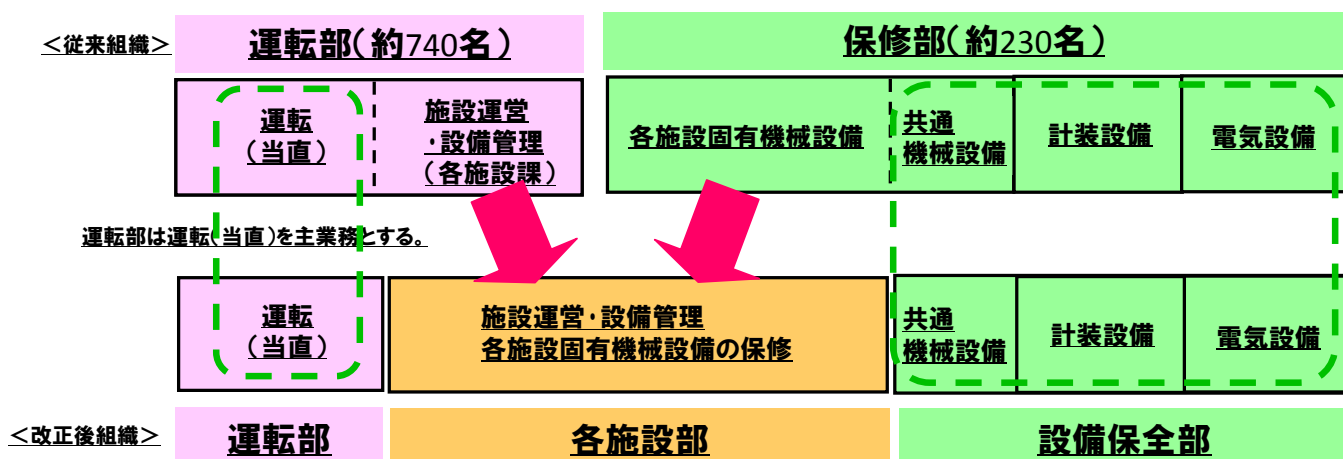


図4.2-18 再処理事業部組織改正（運転部門と保守部門の一部統合による連携強化）
 (「添付資料－4 再処理工場の品質保証体系並びに不適合管理等の仕組み」より)

また、水平展開の範囲の妥当性についても評価を行い、水平展開範囲が不足している等が確認されたものについて、必要な措置を講じる等の対応を行っている。

アクティブ試験を通して、発生した不適合の原因分析、必要な是正措置等の実施を行うとともに、発生した不適合の分析を行うことで、不適合発生の根本的な原因を洗い出し、それに対する改善を行うことで、不適合の低減を目指した取り組みを実施している。

4. 3 操業開始以降の安定運転に向けた対策

アクティブ試験において確認した機器、設備の性能、抽出した不適合の是正措置の実施等により、機器、設備の性能が年間800トン処理できる能力を有しているという評価を行ったことを4. 2節に示した。

これらの確認を行ったアクティブ試験において最後の使用済燃料処理を行ってから5年程度の期間、主工程が停止している状況であり、操業開始時に安定で確実な処理運転が実施できるよう、定期的な設備保全等による機器、設備の機能維持、運転訓練等による運転員の技術力維持を図るとともに、さらに操業以降の安定運転に向けた運転計画の検討等を行っているが、これらの実施状況、検討状況を以下に示す。

4. 3. 1 設備の保全

(1) 設備の保全体制

再処理工場を構成する設備には、機械設備として、ポンプ、排風機、攪拌機、熱交換器、脱湿装置、ボイラ、弁、特殊機器（せん断機、燃料横転クレーン、遠心清澄機、ミキサセトラ）等があり、計装設備として、検出器、伝送器、記録計、盤等、電気設備として、遮断器、変圧器、電源装置、蓄電池、電動機等がある。

これらの再処理工場を構成する設備の数は、合計約15万機器になる。

これらの機器、設備の機能を維持するために行う保全については、図4. 3-1に示すように、保全計画、作業管理、保全結果の評価等保全の全体管理は日本原燃社員が実施、再処理工場特有の保全作業（セル内機器の遠隔装置による保全、グローブボックス内機器の保全）は、設備の操作上も特殊な技量が必要なため、コア技術として、原則として専門の訓練を受けた日本原燃社員が実施、それ以外の保全作業は原則として協力会社が実施するという体制となっている。

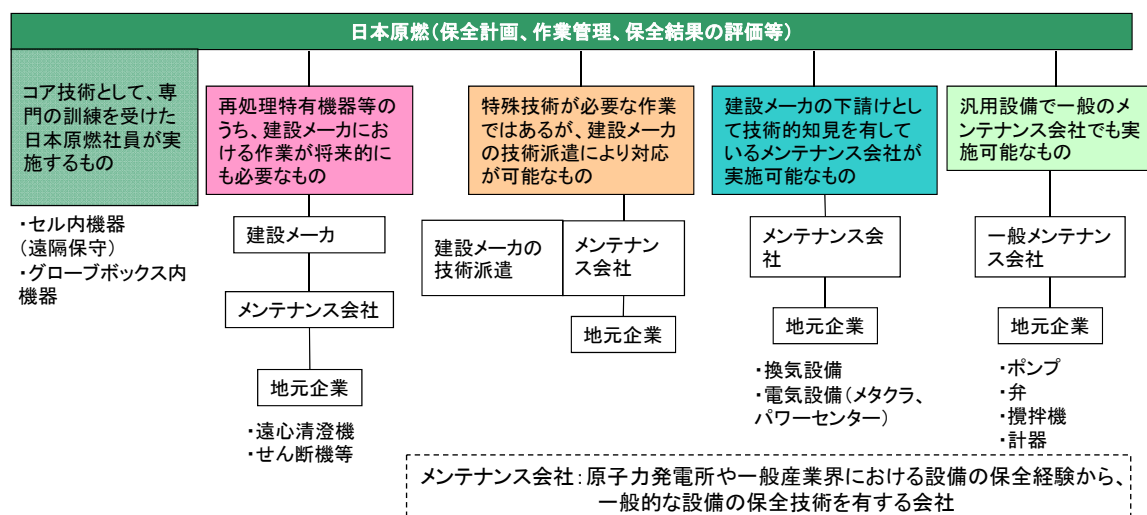


図4. 3-1 保全体制

(「添付資料－5 再処理工場の設備の保全」より)

機器、設備の保全には、計画的に行う「予防保全」と故障後に状態を回復するために行う「事後保全」があり、「予防保全」では、施設定期自主検査、法定点検や自主点検等の予定の時間計画（一定の時間間隔や累積運転時間）に基づく「時間計画保全」、回転機器等の振動測定等の状態監視に基づく「状態監視保全」に分類し、機器、設備の特

性に応じた保全を行っている。また、「事後保全」については、保全実績を評価し、その結果を蓄積している。

（２）再処理工場の保全業務の管理

再処理工場の保全業務については、ウラン試験開始当初から、点検方法・点検内容・点検時期の点検計画の策定、取替えおよび改造計画の策定による保全の計画、計画に基づく保全の実施結果の確認を行う管理等の管理を行っていたが、設備の劣化状態の評価や過去の点検実績を踏まえて保全内容を見直す仕組みが十分ではなかった。

そのため、2010年9月以降、点検手入れ前データの採取、点検手入れ前データや点検・検査等の保全実績の確認、点検結果や不具合情報等の評価を行い、保全計画へ反映にするよう保全業務の管理方法を見直した。

保全業務の管理方法の具体例を以下に示す。

①保全の計画

再処理工場には膨大な数の機器が設置されているが、自主点検の対象としては、原子力安全や工場の生産性を考慮し、機器の安全上の重要度や機器が故障した場合の再処理運転への影響度に応じて、保全対象設備を選定している。

設備の点検頻度、点検内容の設定にあたっては、国内外の先行再処理プラントの実績（AREVA ラ・アーク再処理工場、東海再処理工場）、国内原子力発電所の実績およびプラントメーカーの推奨内容を考慮して点検頻度・点検内容を設定し、運転経験および点検実績を踏まえた適正化を継続的に実施している。

②保全結果の確認、保全計画の評価・改善

保全計画（保全頻度、保全内容）が適切であったかどうかを評価するために、分解点検時に採取した点検手入れ前データをもとに、設備の劣化程度の確認、評価を行い、評価結果をもとに点検頻度等への保全計画に反映している。

点検結果等の評価では、機器の振動診断結果、2系統あるうちの片系の点検結果等を踏まえ、点検実施要否検討を行うことも経験を積重ねながら実施している。

上記保全業務の確実な実施のためには、「（１）設備の保全体制」に示したとおり、地元企業等の協力会社の協力が不可欠であることから、協力会社が率先して行動できる環境の仕組み整備、引いては協力会社との円滑な事業推進を目的として、「再処理企業協議会」を設立（2012年11月）した。

「再処理企業協議会」では、再処理事業所で作業する日本原燃、協力会社で約70社が参加し、再処理施設および廃棄物管理施設の運転・定期検査・保修・建設ならびに構内のあらゆる作業の円滑な推進を目的として、会員企業に共通する技能訓練・教育の実施、会員企業相互のコミュニケーション推進のための事業を展開している。

これにより、地元企業も含め協力会社の検査や保修等に対する技術力確保（技術・技能の維持、向上）を図っている。

（３）現状の保全に対する今後の取り組み

「（２）再処理工場の保全業務の管理」に示した保全業務の管理を行っているが、保全

業務の更なる改善のため、今後以下の取り組みを実施していく。

①各設備の保全内容の最適化

- ・保全業務のPDCAサイクルを確実にまわし、点検手入れ前データの評価や振動診断等の状態監視のデータを蓄積し、設備状態を的確に評価することで、保全内容（点検頻度や点検内容）の最適化を進める。
- ・保全内容の最適化は、まず、再処理工場の安全性に影響しない「生産系設備」を対象として検討を進め、「生産系設備」での実績が蓄積した段階で「安全系設備」への拡大を検討する。

②保全業務システムの改修

- ・現在、エクセルを用いた簡易ツールで管理している「保全に関する情報（設備仕様、点検計画表、保修実績管理表）」について、保全業務の厳格な運用管理やシステムによる保全業務への更なる支援を図るため、保全業務システムの改修を進める。

③再処理固有設備における日本原燃の保修技術力の向上

- ・プラントメーカーのみが保修技術を有している一部の再処理固有設備については、設備の故障や不具合発生時の原因究明等に時間を要する傾向がある。再処理固有設備の不具合発生時に速やかに原因究明や設備復旧を行うため、日本原燃社員の保修技術力の向上を図る。

（４）長期停止している設備の維持等に対する対応

再処理工場の主工程は2008年10月以降、使用済燃料を用いた運転を行っておらず、長期間停止している状態であり、長期停止設備に対するハード（設備）面での健全性維持およびソフト（運転員）面での技術の維持・向上の両面での対応が必要である。

せん断機等のメカ系機器および溶解液等を扱うプロセス系機器ともに、長期停止設備については、「（２）再処理工場の保全業務の管理」に示した機器単体の定期点検等に加えて、作動確認により健全性確認を実施している。また、一部の工程については、工程全体を連動させた実動作確認も実施している。（表4.3-1、図4.3-2 参照）

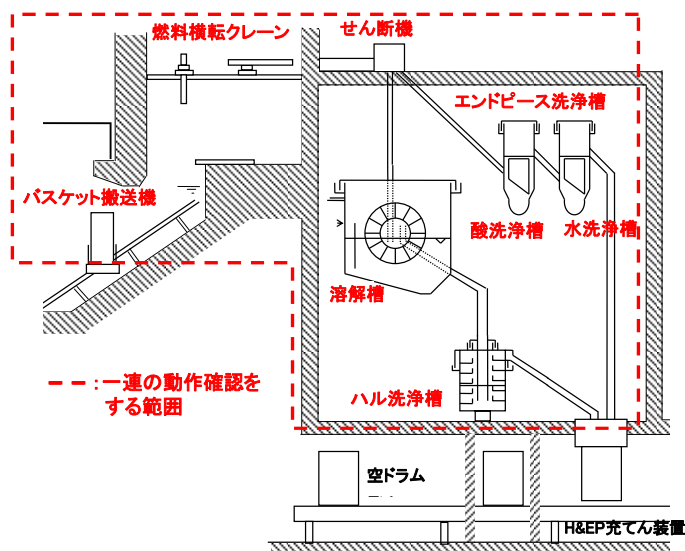
これら設備の動作確認時の操作を運転員が実施することで、運転員の運転技能の維持、教育の効果も担っている。

表4.3-1 長期停止している設備の機能維持等の対応
（「添付資料－5 再処理工場の設備の保全」より）

○：効果大、△：効果小

対策		設備		運転員	
		機器の健全性確認	実動作確認	処理運転経験者の操作スキル維持・習熟	新人未経験者への教育
メカ	定期点検	○	△	－	△
	機器単体の作動確認	△	○(単体)	△(単体)	△(単体)
	シミュレータ訓練	－	－	△	○
	実機運転訓練	－	○(連動)	○(実機、連動)	○(実機、連動)
プロセス	定期点検	○	△	－	△
	弁・ポンプ等の作動確認	－	○	－	△
	シミュレータ訓練	－	－	○	○
	実機運転訓練	－	○(連動)	○(実機、連動)	○(実機、連動)

<前処理施設 せん断・溶解工程の設備概要>



<運転訓練モードを用いた訓練項目>

設備	動作内容	備考
バスケット搬送機	・バスケット上昇 ・バスケット下降	模擬燃料入りバスケット使用
燃料横転クレーン	・燃料供給 ・燃料返却	・模擬燃料の上昇、横転(せん断機への挿入はなし。データ上で挿入を模擬) ・模擬燃料の下降
せん断機	せん断	燃料なしの空運転
溶解槽	運転	・溶液の移送や過熱操作はなし ・特核設備は運転なし
ハル洗浄槽		
エンドピース洗浄槽(酸洗浄槽、水洗浄槽)		

図4.3-2 長期停止している設備の機能維持等の対応の例（メカ系の設備）
（「添付資料－5 再処理工場の設備の保全」より）

上記のように、長期停止設備については機器単体の定期点検や作動確認による健全性確認、また、一部の工程については、工程全体を連動させた実動作確認も実施しているものの、施設全体の運転確認や実際の使用済燃料等を用いた運転確認は実施できていない状況である。

4. 3. 2 運転員の技術力維持

再処理工場のガラス固化施設や廃液処理工程を除く主工程は2008年10月以降、使用済燃料を用いた運転を行っておらず、長期間停止している状態であり、その間、メーカ出向者の解除や定年退職等によりアクティブ運転を経験した運転員が減少している。出向者の解除や定年退職等により減少した運転要員は、基本的に新入社員で補充している。（図4.3-3 参照）

再処理工場の各工程の運転は、起動、停止、圧力等のパラメータを見ながらの供給量等の設定変更等、運転員による手動操作が必要なものが多い（監視業務が主体ではない）、そのため、上記のようなアクティブ運転を経験した運転員が減少している状況下で、技能維持と技術伝承が重要である。

運転員等への教育については、試験運転（ウラン試験、アクティブ試験）を実施しながら、運転員の教育項目等を検討し、個別に教育を行ってきたが、体系的に教育が行われているとは言えない状況であった。

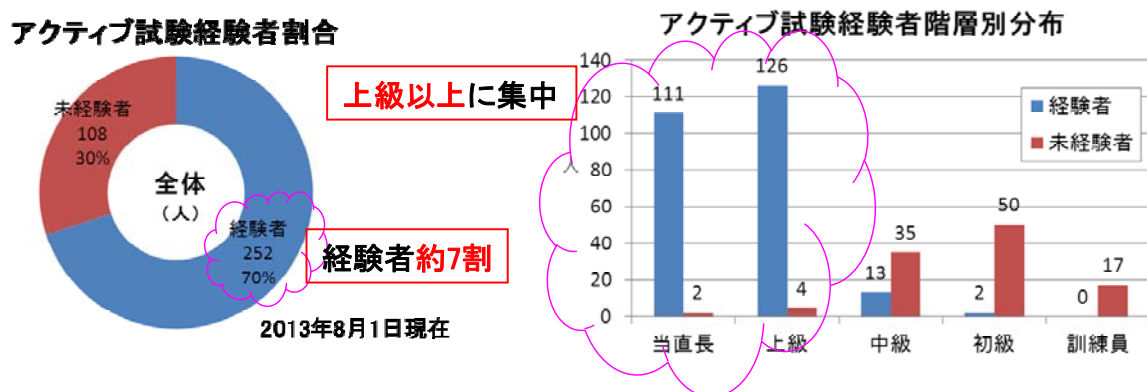


図4.3-3 運転員等の構成
(「添付資料－6 運転員の技術力維持」より)

そのため、運転員に対して、必要な教育を体系的に行うことを目的に、2011年度から以下のような項目を含む人材育成プログラムを整備し、実施することとした。(表4.3-2 参照) これにより、技能維持と技術伝承を効果的に行うことを目指している。

- ①運転操作技術の習得（設備の実動作確認、換気設備切り替え、廃液系設備の通常運転操作）
- ②異常時、通常時の運転操作とプロセス挙動の把握（シミュレータ施設を活用）
- ③工程の技術的知識等の習得（基礎知識からアクティブ試験時の経験等の実運転に則した技術的知識に至る机上教育）

表4.3-2 シミュレータ訓練の訓練コース
(「添付資料－6 運転員の技術力維持」より)

	訓練コース	目的・内容
①	導入訓練	新入社員、転入社員等の新規運転員を対象に運転員の基本動作、各施設(工程)の基本的な運転操作習得、主な事故時のプラント挙動の把握およびインターロックの習得を目的とする。
②	通常運転訓練	通常運転操作(起動・停止・処理量変更等)の習得を目的とするとともに手順、役割の確認、指揮命令系の確認、コミュニケーション能力の向上、チームワークの醸成を目的とする。
③	異常事象対応訓練	様々な故障や異常な過渡変化、異常な過渡変化を超える事象や設計想定外事象発生時の対応操作を習得するとともに指揮命令系の確認、通報連絡訓練、コミュニケーション能力の向上、チームワークの醸成を目的とする。
④	自主訓練	個々の習得したい事項や確認したい事象、その他様々な要望により自主的な訓練を行い、個人の習熟度および技術レベルの向上を目的とする。
⑤	基本動作訓練	運転監視制御盤やハードスイッチについての基本的な操作方法や運転操作における基本動作の習得を目的とする。

また、運転員等への教育を開始した当初は、運転員の人材育成について、毎年業務目標の中で目標設定、計画の策定を行い、それに沿って教育を実施していたが、年度毎の教育、訓練計画では長期的な育成効果が見通せない、レベルに応じた教育となっていない、教育レベルにばらつきが生じる可能性が大きい等、効果的な教育が実施できていなかった。

そのため、レベル毎の教育計画の設定、個人進捗管理票による年単位、長期的な進捗管理を実施する等の個人毎に目標を設定した教育訓練計画を策定することとした。(図4.3-4 参照)

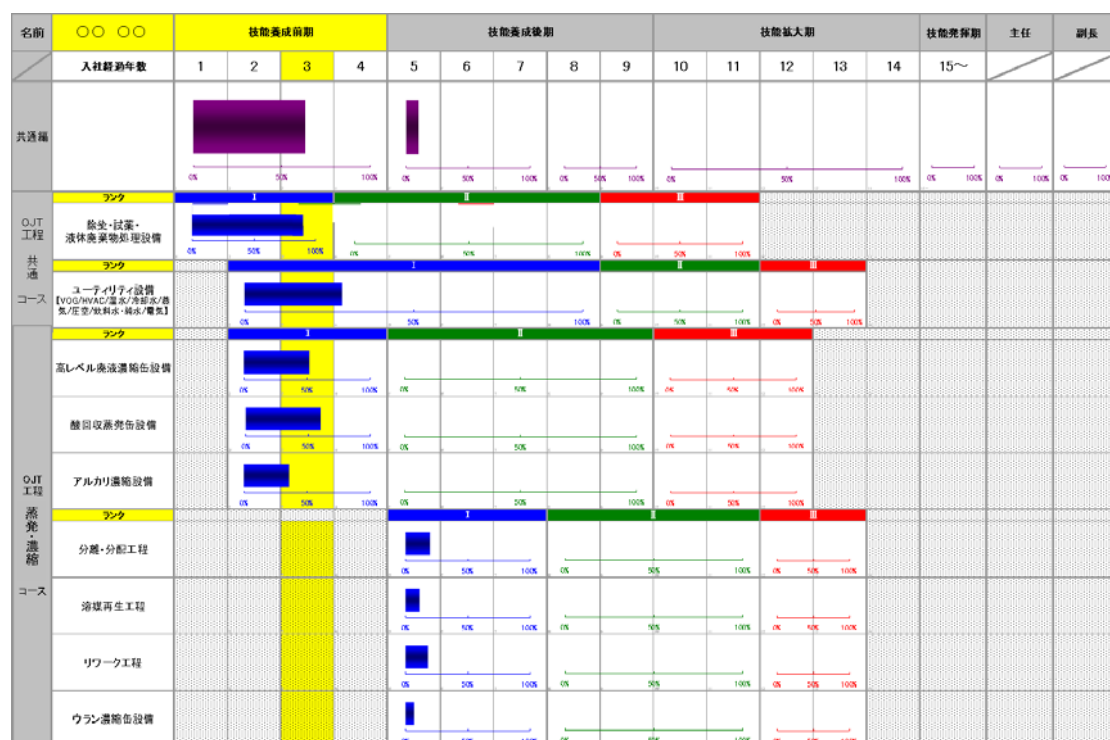


図4.3-4 個人進捗管理票（長期計画）
（「添付資料－6 運転員の技術力維持」より）

これにより、運転員を計画的に育成するとともに進捗が見える化する、自分のレベルが明らかになり目標に対して近づいていることが分かるような仕組みを作ることになり、運転員のモチベーションを維持することに繋がっている。

上記のように、運転員に対して、シミュレータや故障対応訓練等を通して必要な技術・技能の維持に努めているが、施設全体の運転確認は実施できていない状況である。

4. 3. 3 高経年化対策

高経年化対策の評価は、定期安全レビューの1項目として位置づけられ、運転開始20年後から10年毎に実施し、施設の保全のために実施すべき措置に関する10年間計画の策定を行うものであり、2008年5月に「高経年化対策に関する基本的な考え方」、「高経年化対策の評価の手引き（内規）」が示されている。

「高経年化対策に関する基本的な考え方」等において、安全機能を有する機器・構築物を評価対象となる機器・構築物として、工学的に想定される経年変化事象の中から、使用環境等を考慮し、発生する可能性のある経年変化事象を抽出し、10年間の供用を仮定し、経年変化事象のうち、発生する可能性あるものの発生、進展に係る評価等を実施する等の高経年化対策に係る考え方が示されている。(図4.3-5 参照)

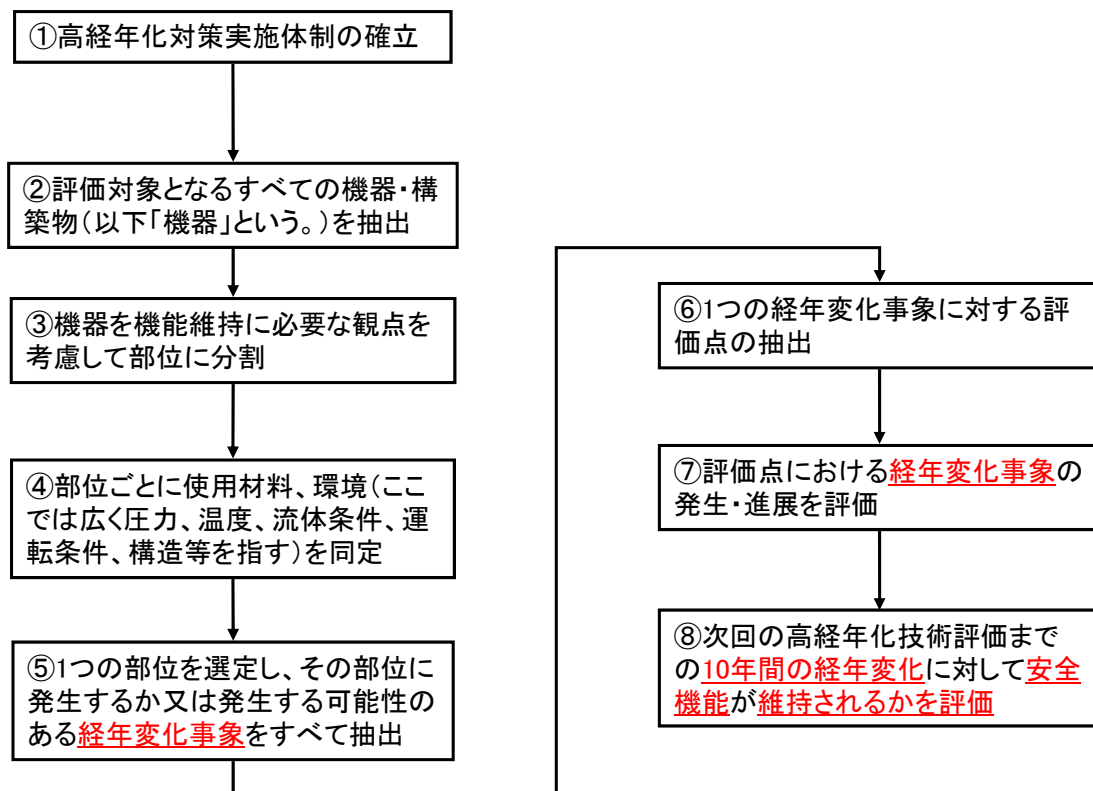


図4.3-5 高経年化対策に関する評価方法のイメージ
(「添付資料－7 再処理工場の高経年化対策」より)

六ヶ所再処理工場においても、国による基本方針に基づき、経年変件事象を把握し、高経年化対策として、運転監視項目、定期的な部品交換の設定やリプレース計画の検討等、必要な対応を選定している。

検討の結果としては、腐食環境の厳しい濃縮缶（高レベル廃液濃縮缶、酸回収蒸発缶、ウラン濃縮缶）を除き、通常の運転監視・部品交換により対応できる。腐食環境の厳しい濃縮缶については、減肉進展を監視するとともに、リプレースを検討している。特に、高レベル廃液濃縮缶に関しては、切替え可能な予備機が既に設置されている。（表4.3-3 参照）

表4.3-3 経年変化の評価結果と対応
 (「添付資料－7 再処理工場の高経年化対策」を元に作成)

代表機器	想定される経年変化	対策	
高レベル廃液濃縮缶 酸回収蒸発缶 ウラン濃縮缶	全面腐食	運転	肉厚測定による減肉進展の監視
		リプレース	リプレース計画の検討
プルトニウム濃縮缶	伝熱性能低下(異物付着)	運転	定期的な洗浄
ミキサセトラ	固着(かくはん機)	運転	連続運転による固着予防
ガラス溶融炉	加熱性能の低下(間接加熱装置) 腐食(電極・流下ノズル)	運転	運転監視
		部品交換	定期的な部品交換
酸洗浄槽	異物の閉塞	運転	定期的な洗浄
	振動等による疲労・変形(バスケット)	部品交換	定期点検による部品交換

再処理工場で年間800トンの処理を行う場合、おおよそ運転期間8ヶ月、定期検査期間4ヶ月と想定しており、定期検査期間では予防保全(各種点検)のほか、必要な機器等のリプレースを計画的に実施することが基本的な考えである。

一部の設備・機器(主に制御盤、ガラス溶融炉、濃縮缶等)についてはリプレース工事期間に数ヶ月要すとの見込みであり、これらの設備・機器については、リプレース工事期間が長期化した場合、計画した運転期間(再処理量)が確保できなくなるリスクがある。

そのため、これらの設備・機器については、極力同じ時期にリプレースを実施する方針とし、更に予備品供給の充実化(リプレース実施時期の裕度確保)、製作工場における部品等のユニット化、現地搬入等の工事期間の短縮化、モックアップによる工事方法の事前検証等の方策についても検討している。

4. 3. 4 操業開始以降の運転計画

(1) 先行施設の実績

国内外の先行再処理工場の中で、年間処理量、運転監視方法等の観点で、再処理工程の主要部分（主工程）であるせん断、溶解、分離等の技術導入元であるフランスUP3再処理工場が、もっとも類似点が多い。

この類似点が多いフランスUP3再処理工場は、海外の電力会社の使用済燃料を再処理するために建設された軽水炉酸化燃料用の再処理工場で、年間処理能力は800トンであり、前処理施設のせん断、溶解、清澄工程を2系列持っている（六ヶ所再処理工場と同じ）。

フランスUP3再処理工場は、六ヶ所再処理工場と同様に、通水作動試験、化学試験、ウラン試験という段階を経て、1989年11月に使用済燃料等を処理するアクティブスタートアップを向かえ、1995年に年間800トンの定格操業に至っている。

使用済燃料の処理運転開始以降のフランスUP3再処理工場を含むラ・アーグ再処理工場における運転実績を図4.3-6に示す。

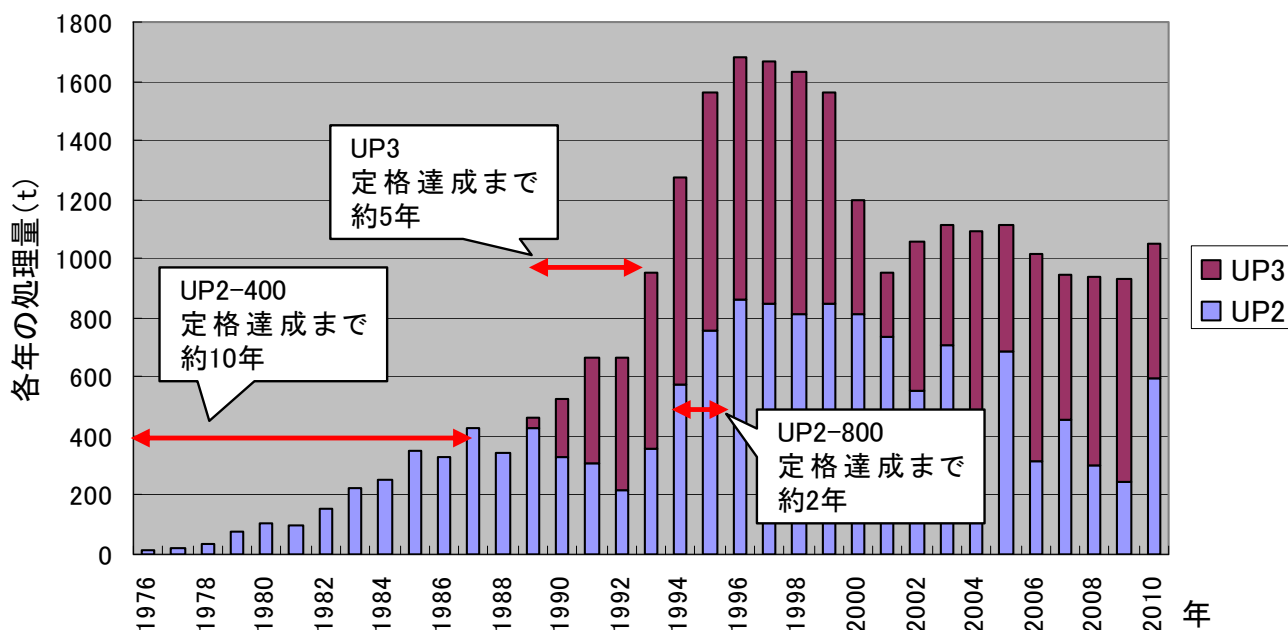


図 4.3-6 フランス ラ・アーグ再処理工場の運転実績

(「添付資料－8 先行施設の実績」より)

(2) 六ヶ所再処理工場における操業開始以降の運転計画

六ヶ所再処理工場は、試験運転として、化学試験、ウラン試験、アクティブ試験と段階的に機能確認を実施してきており、アクティブ試験では、使用済燃料の処理量を段階的に上げながら機能確認を実施してきた。

再処理工場のガラス固化施設や廃液処理工程を除く主工程が、2008年10月以降、使用済燃料を用いた運転を行っておらず、長期間停止している状態で操業運転に移行することを踏まえて、操業開始時の運転計画を考える必要があり、操業開始以降に安定運転を確実なものにするためには、使用済燃料の処理を段階的に実施する運転が実効的である。

操業開始以降の運転計画として、段階的に処理量を上げ、年間800トン処理の定格稼動に到達するまでの中期的計画を設定し、さらにそれを実現するために、短期的計画として初年度において、運転員の運転技術、設備の機能の再確認のステップを設け、その後、段階的に処理量を上げてゆくことが必要と考えている。

年間800トン処理の定格稼動に到達するまでの中期的な処理量の段階的な増加については、先行施設の実績も踏まえ、1年目40%（320トン）、2年目60%（480トン）、3年目80%（640トン）、4年目100%（800トン）と段階的に処理量上げる計画を設定しており、フランスUP3再処理工場と同程度の定格処理量までの計画である。（図4.3-7 参照）

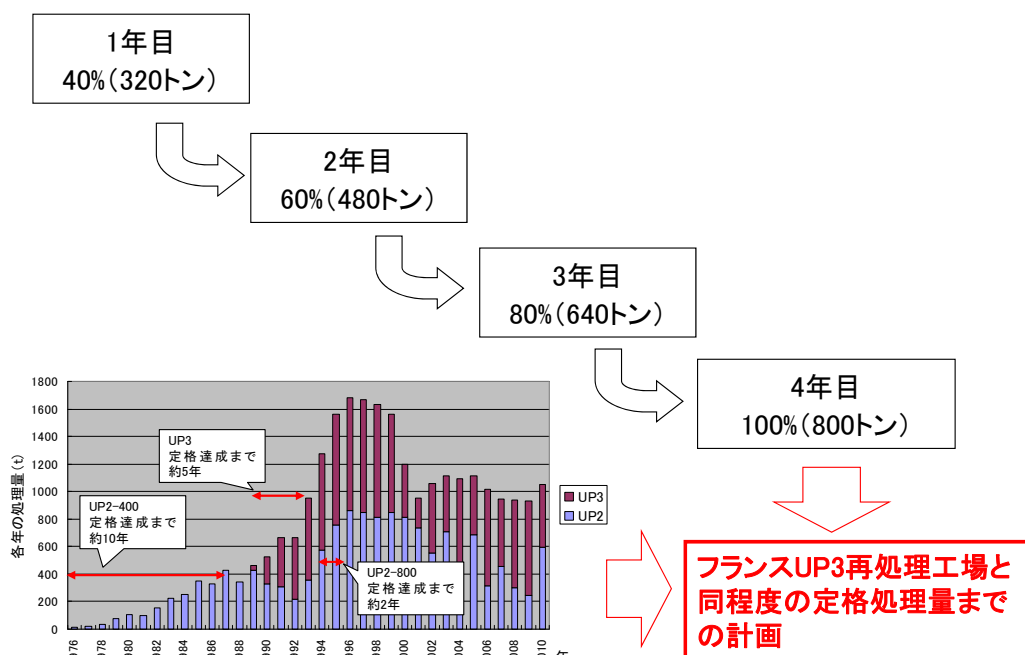


図4.3-7 操業以降の運転計画案（中期的計画）
（「添付資料－9 操業開始以降の運転計画」より）

この計画が実現可能な計画であるかという観点では、1年目の処理計画を見ると、年間で320トンの処理を行う計画であり、アクティブ試験後半において、約9.5ヶ月で340トン処理した実績からも初年度として無理のない範囲での設定であると考えている。

また、中期的計画の中の1年目の処理計画としての短期的計画については、長期間停止している状態で操業運転に移行することを踏まえ、運転員の運転技術、設備の機能の再確認のステップを考慮し、「Phase-1：運転直の全班がせん断処理を行うことが出来る期間を設定」、「Phase-2：連続運転の確認」というステップを設定し、さらにその後段階的に連続運転の処理量を増加させる計画である。

上記のように操業開始以降の運転計画について、長期間停止している状態で操業運転に移行すること、運転員の運転技術、設備の機能の再確認のステップを考慮すること等を踏まえて検討しているが、年間800トン処理の定格稼動に到達するまでには、4年かけて徐々に運転期間を拡大していくことになり、確実な処理運転の実施と並行して、運転期間を確保するために重要な要素となる施設定期検査、自主検査・点検、必要な機器保

修等の期間の効率化を図っていく必要があり、また、4. 3. 3 項に示した機器のリプレイスについても運転期間に影響を与えないような実施方法を検討している。

(3) 先行施設の不具合情報等の反映

(2) に示した操業開始以降の運転計画を実現するための活動として、先行施設の不具合情報等の反映を行っており、設計、試運転段階における先行施設の経験の反映だけではなく、先行施設の操業運転における不具合情報等を把握し、反映することにより、計画に従った操業運転の実現に向けて取り組んできた。

① 先行施設等での不具合事象の情報の収集

基本設計段階において、設備及び運転手順への反映について検討が必要な先行施設等での不具合事象の情報約 100 件を収集・分析し、必要な事項の安全設計への反映を実施しており、その妥当性については、安全審査により確認された。(1992 年 国による事業指定)

また、事業指定後に発生した、トムスク事故、旧動燃（現、JAEA）アスファルト火災・爆発事故、JCO 臨界事故については、同様の事故に対する防止対策の再確認及び追加措置の検討等を実施し、安全性を確認しており、その結果は、国の審査等において確認された。

さらに、試験運転開始前（1990 年以降）には、AREVA、NDA、JAEA と技術提携を行い、事故・不具合情報、運転情報 約 1530 件を入手し、試験運転段階において、設備、運転手順への反映事項の整理、洗い出しを行い、必要な反映を実施した。(図 4.3-8 参照)

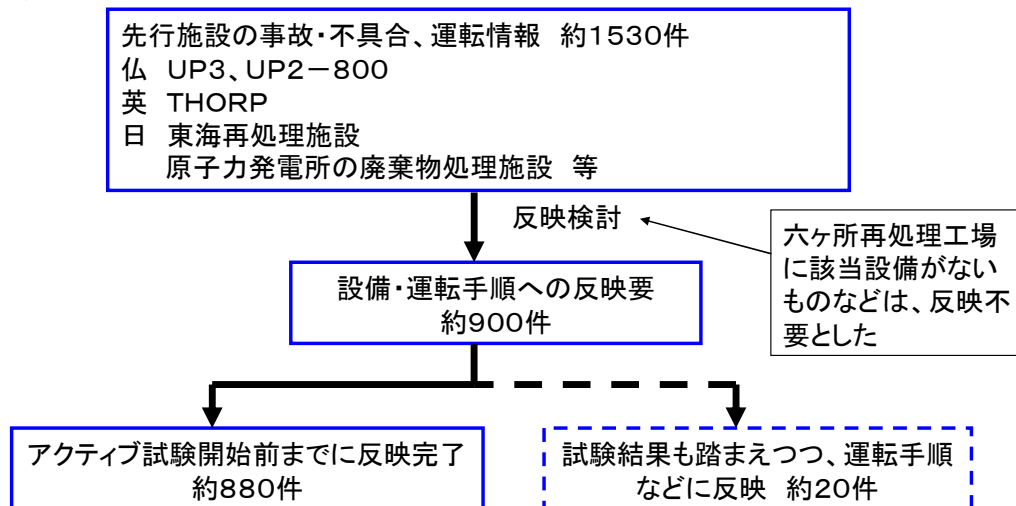


図4.3-8 試験運転開始前における先行施設の不具合事象の反映
(「添付資料-10 先行施設の設計、不具合に関する反映」より)

② 設計検証

六ヶ所再処理工場の設備の技術導入元である、先行再処理工場（フランス（AREVA）UP3 再処理工場、イギリス（NDA）THORP 工場、及び東海再処理工場）の運転・保守を通して蓄積された知見・経験を六ヶ所再処理工場に反映するために検討すべき事項を

洗い出し、必要な対策を実施することを目的として、平成12年（2000年）5月より設計検証を実施した。

設計検証は、日本原燃が、六ヶ所再処理工場の設備の機能を、AREVA等の運転・保守に関する熟練者に説明し、熟練者が各設備を機能に着目して、経験に基づいて検討すべき事項を抽出した後、対策を日本原燃に提案するという方法で実施した。

その結果、約1560件の提案を受け、日本原燃の総合的判断により約1130件を採用した。

そのうち設計に反映した項目は約220件であった。（表4.3-4 参照）

表 4.3-4 設計検証における提案件数等
（「添付資料－10 先行施設の設計、不具合に関する反映」より）

先行施設	提案件数	採用件数	採用のうち設計に係る件数
AREVA	約 1360	約 950	約 190
NDA	約 60	約 50	約 10
JAEA	約 140	約 130	約 20
合計	約 1560	約 1130	約 220

これらの提案事項の反映状況の確認として、アクティブ試験開始までに反映すべき案件については、「再処理工場 アクティブ試験前総点検」として、全ての反映が終了していることを確認した。

③AREVA駐在員を通じた情報提供等

現在の AREVA 駐在員は、日々の業務として、六ヶ所再処理工場における現場の施設管理（運転管理、保守作業、放射線管理等）の観察や分析を通じ、再処理工場の最新状況に応じた日本原燃への必要な助言、改善等の提案を実施しており、特にアクティブ試験において使用済燃料の処理を行う等の各設備の試験を実施していた際は、各建屋および放射線管理部門に専属の AREVA 駐在員が複数名配置され、設計検証等を踏まえた上で、デイリーミーティング、試験立会い、試験結果評価等に参画していた。

日々のミーティングや時には現場パトロールへの随行を通じて、AREVA 駐在員より現場に密着したアドバイスを得ることも可能であり、フランス（AREVA）技術導入設備である主工程設備の主管課との定例ミーティング（週1回）、工場幹部を交えたマネジメントミーティング（月1回）を通じた意見交換も行っている。

六ヶ所駐在の AREVA チームとの日々のコミュニケーションを通して、2012 年実績で、デイリーレポートで約 110 件のコメントを受領し、AREVA の経験に関する文書やミーティング議事録を約 160 通受領した。

上記の先行施設の不具合事象の反映状況のまとめを表4.3-5に示す。

表4.3-5 先行施設の不具合事象の反映状況のまとめ
 (「添付資料-10 先行施設の設計、不具合に関する反映」より)

実施項目		内 容	備 考
試験運転開始までに実施した情報収集・反映	基本設計段階	設備及び運転手順への反映について検討が必要な先行施設等での不具合事象の情報約100件を収集・分析し、必要な事項の安全設計への反映を実施。	安全審査により国による安全確認（1992年 事業指定）
	事業指定後	事業指定後に発生した、トムスク事故、旧動燃（現、JAEA）アスファルト火災・爆発事故、JCO臨界事故については、同様の事故に対する防止対策の再確認及び追加措置の検討等を実施し、安全性を確認。	<ul style="list-style-type: none"> ・トムスク事故については、設工認申請の顧問会にて安全対策を説明 ・事業変更許可の際、核燃料施設安全審査会で火災・爆発防止対策について確認 ・JCO事故後の炉規法改正に伴う保安規定の認可申請において必要な変更を実施
	試験運転開始前	試験運転開始前（1990年以降）には、AREVA、NDA、JAEAと技術提携を行い、事故・不具合情報、運転情報 約1530件を入手し、試験運転段階において、設備、運転手順への反映事項の整理、洗い出しを行い、必要な反映を実施。 設備・運転手順への反映：計 約900件	
その他の関連活動	設計検証	先行再処理工場（フランス（AREVA）UP3再処理工場、イギリス（NDA）THORP工場、及び東海再処理工場）の知見・経験を反映すべく検討すべき事項を洗い出し、必要な対策を実施することを目的として、2000年5月より設計検証を実施。 提案総数：約1,560件 採用総数：約1,130件 （設計への反映は、約220件）	アクティブ試験開始までに反映すべき案件（設備・設計、アクティブ試験手順書、運転要領書への反映させるべき事項）は、アクティブ試験前総点検として、全ての反映が終了していることを確認
	AREVA駐在員を通じた情報提供等	<ul style="list-style-type: none"> ・現場の施設管理の観察や分析を通じ、必要な助言、改善等の提案を実施 ・アクティブ試験において試験を実施していた際は、デイリーミーティング、試験立会い、試験結果評価等に参画 ・主工程設備の主管課との定例ミーティング（週1回）、工場幹部を交えたマネジメントミーティング（月1回） 	六ヶ所駐在のAREVAチームとの日々のコミュニケーションを通して、2012年実績で、デイリーレポートで約110件のコメントを受領、AREVAの経験に関する文書やミーティング議事録を約160通受領

先行施設の不具合事象の反映等を行うことで、設計上改善が必要な点を試験運転前に把握し、試験運転前に対応を図ることで、試験運転段階に発生する不具合事象等を低減することはもとより、今後の操業運転段階において遭遇する可能性のある不具合事象を先行施設の実績をもとに事前に把握し、必要な対応を図ることにより、不具合事象発生の低減を

目指した取り組みを実施している。

4. 3. 5 再処理工場における技術支援

再処理工場は、これまで先行事業者（AREVA、JAEA）・建設メーカ等の技術支援を受け、設備の性能確保や試験運転の円滑な実施に貢献しているほか、先行事業者・建設メーカから日本原燃に対する技術・ノウハウの伝承を進めてきた。（図4.3-9 参照）

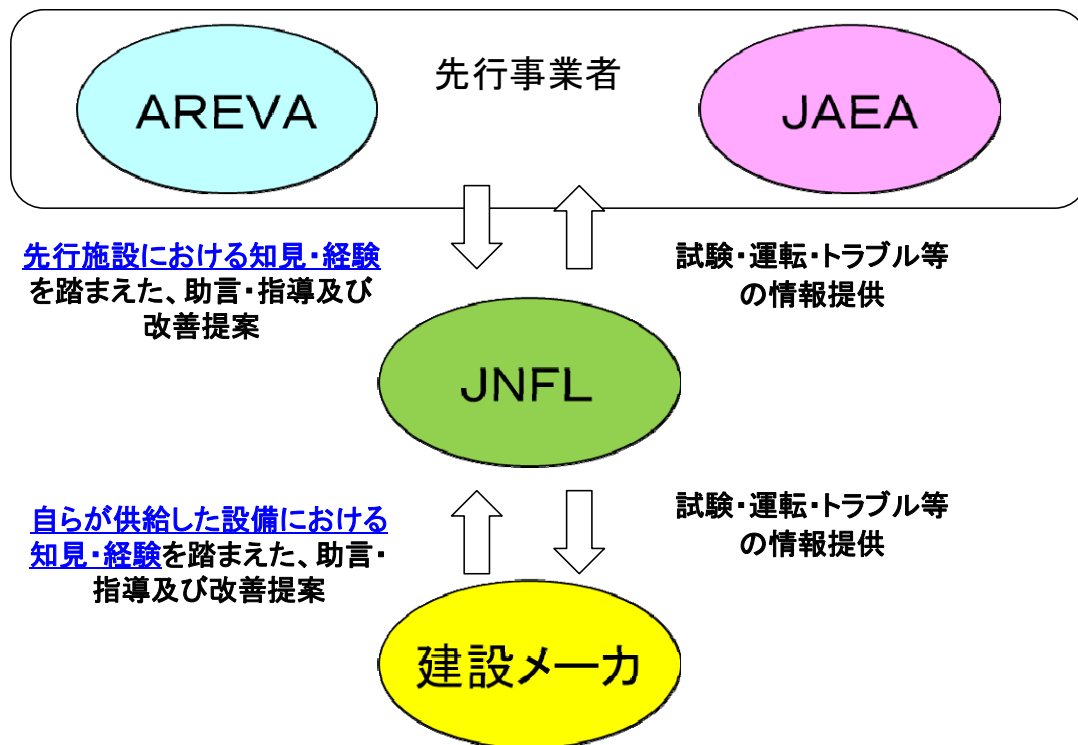


図4.3-9 再処理工場における技術支援体制
（「添付資料－11 再処理工場における技術支援」より）

試験運転時は、AREVA、JAEAについては、フランス（AREVA）技術導入設備、東海再処理工場（JAEA）技術導入設備に関する技術支援、各建設メーカについては、各メーカが供給した機器・設備に関する技術支援として、六ヶ所に駐在しながら、試験の立会いや運転管理全般に関する指導、助言及び提案等を実施してきた。

最近の技術支援の実績として、AREVAについては、日本原燃からの運転情報の提供による、再処理工場の現状を踏まえた指導、助言・改善の提案、ラ・アーク再処理工場におけるトラブル事象等の情報共有等を実施しており、建設メーカについては、日々の運転データの収集及び過去の運転データの整理並びに予兆管理の実施やその結果に基づく異常兆候の早期発見、運転手順書の改善の提案、トラブル発生時の原因調査や水平展開の実施、将来の運転方法に関する合理化や経年対策、設備リプレイス計画等に関する指導・助言等を行っている。

今後、再処理工場の円滑な操業に向けて、操業初期の運転シナリオ策定、合理的な保全計画策定等について検討を深めていく必要があり、さらには長期停止後には先行施設の運

転実績からも初期トラブルの発生が見込まれるため、予兆把握、トラブルシューティング等も更に経験とレベルアップが必要であることから、今後も操業に向けて、AREVA、JAEAや建設メーカーの技術支援を継続していくことを考えている。

5. 安定運転の見通しに対する技術的検討と評価

本章では、第2章に示した検討の視点に沿って行った技術的検討と評価の結果を、委員会における議論を踏まえて取りまとめた。

5. 1 設備の機能維持及び運転員等の技術力維持に係る方策

(1) 機器、設備の機能維持に対する取り組み

事業者は、以下のように取り組んでいる。

- ・再処理工場にある約15万点に上る機械設備、計装設備、電気設備に対して、機器の安全上の重要度や機器が故障した場合の再処理運転への影響度に応じて、保全方法の分類を予防保全と事後保全に分けている。
- ・予防保全については、保全対象設備を選定するとともに、国内外の先行再処理プラントの実績、国内原子力発電所の実績およびプラントメーカーの推奨内容を考慮して点検頻度・点検内容を設定して取り組んでいる。
- ・事後保全については、保全実績を評価し、その結果を蓄積していくことにより、その後の予防保全と事後保全の仕分けや、予備品確保等へ反映している。
- ・これらの保全作業の実績として得られたデータをもとに、設備の劣化程度の確認、評価を行い、評価結果をもとに点検頻度等への保全計画に反映している。
- ・また、保全業務の管理方法については、必要に応じて見直しを図っている。
- ・さらに、今後の対応として、「各設備の保全内容の最適化」、「保全業務システムの改修」、「再処理固有設備における日本原燃の保修技術力の向上」を行うことで、保全業務の一層の改善を図る計画としている。
- ・長期停止している設備について、機器単体の定期点検や作動確認により健全性を確認するとともに、一部の工程については、工程全体を連動させた実動作確認を実施している。

これらのことから、数多くある再処理工場の機器・設備に対して、工場の安全性と操業安定性確保の観点から、維持管理を適切に行うためのシステムが、一通り構築されているものと評価した。

今後、操業運転開始に向けて、構築したシステムのしっかりした運用と改善に努めることが重要であるが、以下の事項も必要と考えられる。

- ・予防保全と事後保全の仕分け、予防保全機器の点検方法などの保全の考え方について、実績をしっかりと評価、検討し、PDCAをまわして常に改善していく。また予防保全と事後保全の仕分け等の仕組みについても同様に改善活動を継続的に実施していく。
- ・保全業務の管理として、実施した保全作業実績、実績を踏まえた保全計画に対する評価に対する確認・審査等の管理面の強化という観点で、今後改善していく保全業務支援ツールを含めて仕組み作りを検討する。
- ・設計上考慮されていない事象についても、設備保全計画の際に考慮する必要があるか否かも含め、検討する。

（２）運転員等の技術力維持に対する取り組み

事業者は、以下のように取り組んでいる。

- ・ 2008年10月以降、主工程が長期間停止している状態であり、アクティブ運転を経験した運転員が減少していることを踏まえ、必要な教育を体系的に行えるよう、「運転操作技術の習得」、「異常時、通常時の運転操作とプロセス挙動の把握」、「工程の技術的知識等の習得」を含む人材教育プログラムを整備し、技能維持と技術伝承を行っている。
- ・ 年度毎の教育、訓練計画では長期的な育成効果が見通せない、教育レベルにばらつきが生じる可能性が大きいなどの過去の教育実態に対して、レベル毎の教育計画の設定、個人進捗管理票による年単位、長期的な進捗管理を実施するなど個人毎に目標を設定した教育訓練計画を策定するように改善している。
- ・ 総合運転訓練シミュレータは、先行施設であるフランスの再処理工場にもない我が国独自のものであり、教育訓練に有効に活用していく。

再処理工場の各工程の運転は、起動、停止、圧力等のパラメータを見ながらの供給量等の設定変更等、運転員による手動操作が必要なものが多いという、再処理工場の特徴を踏まえた人材育成を行っている。また、長期停止している設備に対して、一部の工程については、運転員の技術力維持という観点も含め、工程全体を連動させた実動作確認も実施している。

以上のことから、再処理工場の運転開始に向け、実際の使用済燃料、実溶液を用いた運転訓練が行えない中で、現状可能な範囲において様々な工夫がなされており、運転員の技術力維持が図られているものと評価した。

今後は、操業運転開始に向けて、以下の事項も必要と考えられる。

- ・ 教育訓練においては、先行施設での実績等も考慮し、実際の運転の中で、どのような現象をとらえればよいかという知見を蓄積し、それをシステムティックに教育項目に反映する。
- ・ 先行施設での教育訓練に関する情報も調査し、必要に応じて参考とする。

5. 2 設備の高経年化対策

事業者は、以下のように取り組んでいる。

- ・ 六ヶ所再処理工場の設備に対して、国による高経年化に係る基本方針に基づき、経年変換事象を把握し、高経年化対策として、運転監視項目、定期的な部品交換の設定やリプレース計画の検討など、必要な対応を選定している。
- ・ 腐食環境の厳しい濃縮缶（高レベル廃液濃縮缶、酸回収蒸発缶、ウラン濃縮缶）については、減肉進展を監視するとともに、リプレースを検討している。特に、高レベル廃液濃縮缶に関しては、切替え可能な予備機が既に設置されている。それ以外の設備・機器については、通常の運転監視と部品交換により対応する。

- ・一部の設備・機器（主に制御盤、ガラス溶融炉、濃縮缶等）についてはリプレース工事期間に数ヶ月要する見込みであり、これらの設備・機器については極力同じ時期にリプレースを実施する方針とし、更に予備品供給の充実化（リプレース実施時期の裕度確保）、製作工場における部品等のユニット化・現地搬入等の工事期間の短縮化、モックアップによる工事方法の事前検証等の方策についても検討している。

これらのことから、現段階で必要と考えられる範囲で、設備・機器の高経年化対策が適切に検討されているものと評価した。

今後は、操業運転開始に向けて、運転データを積み重ね、現在行われている高経年化対策における評価の精度を上げていくとともに、以下の事項も必要と考えられる。

- ・経時的变化に対する課題として、計装系配管詰まりなどの発生の可能性と必要に応じた対応策についても検討する。

また、六ヶ所再処理施設を安定に運転していく上では、発電用原子力設備で行われているように、運転段階における検査・評価・補修の方法等に関する維持基準の規格化も必要と考えられる。再処理施設の維持基準に関しては日本機械学会等の学協会により民間規格化が行われ、2010年7月に再処理設備・設計規格、2012年9月に同・溶接規格および維持規格が、日本機械学会制定の民間規格として発行されている。今後、規制機関が主体となった維持基準規格化への検討が必要と考える。

5. 3 操業開始以降の運転計画

（1）操業開始以降の運転計画の確認

事業者は、以下のように計画している。

- ・主工程が、長期間停止している状態で操業運転に移行することを踏まえ、操業開始時の運転計画として、年間800トン処理の定格稼動に到達するまでの中期的計画と初年度の短期的計画に分けて計画することが必要と考えている。
- ・中期的計画については、先行施設であるフランスUP3再処理工場を参考に、1年目40%、2年目60%、3年目80%、4年目100%と段階的に処理量を上げる計画としている。
- ・短期的計画については、①運転直の全班がせん断処理を行うステップを設け、②次いで、連続運転を確認するステップを設定し、③さらに、その後段階的に連続運転の処理量を増加させる、計画としている。
- ・年間800トン処理の定格稼動に到達するまでには、確実な処理運転の実施と並行して、運転期間を確保する上で重要な影響因子である施設定期検査、自主検査・点検、機器保守の期間等の効率化を図っていくことや、機器のリプレースについて運転期間への影響を極小化するような実施方法を検討している。

なお、操業開始以降の運転計画を評価する前提として、再処理工程の主要部分（主工程）であるせん断、溶解、分離等については、年間処理量、運転監視方法等の観点で類似点が多く、技術導入元であるフランスUP3再処理工場が順調な運転の実績を残していること、六ヶ所再処理工場アクティブ試験等の試験運転において主工程に対する性能確

認が行われていること等を確認した。

これらのことから、事業者が検討している操業開始時の運転計画が、段階的に処理量を増やす、運転直の全班がせん断処理を行うステップを設けるなど先行施設の経験を踏まえ、また長期間停止している状態で操業運転に移行することに配慮した計画となっているものと評価した。

また、再処理工程の主工程については、技術導入元であるフランスUP3再処理工場が順調な運転の実績を残していること、六ヶ所再処理工場アクティブ試験等の試験運転において、定格処理量での運転が連続して実施できること、22.2日以内に80トンの処理ができることなど、処理能力等の確認が行われており、操業開始以降の運転計画を評価する前提として、設備として一定の処理能力を有しているものと評価した。

今後、操業運転開始に向けて、以下の事項も必要と考えられる。

- ・年間800トンといった処理量の達成には稼働日数の確保が必要であるが、各種検査等の頻度、必要とされる期間など、日本固有の課題にも注意し、運転計画の評価、検討を行う。
- ・再処理工場では、設備の起動/停止の回数が多いこと、また、部品交換などが定検期間に収まるのか、なども運転計画の評価にあたって考慮しておく。
- ・主要な設備が長期間停止状態であることを踏まえ、可能な限り実際の溶液などを用いた設備の運転を行なうことによって、機器の機能、運転員の技術力が維持されていることを再確認するなど、操業運転をよりスムーズに立ち上げる方策を検討する。

(2) AREVA、JAEA、メーカー等のバックアップ体制

事業者は、以下のように取り組んでいる。

- ・先行事業者、建設メーカー等の技術支援を受け、設備の性能確保や試験運転の円滑な実施が実現できたことに加え、技術・ノウハウの伝承を受けてきている。
- ・試験運転時は、技術支援として、試験の立会いや運転管理全般に関する指導・助言・提案等を受けて、試験を遂行してきた。
- ・最近の技術支援の実績として、フランス ラ・アーグ再処理工場及びJAEA東海再処理工場におけるトラブル事象等の情報共有を図る等を実施している。
- ・建設メーカーから、日々の運転データの収集及び過去の運転データの整理並びに予兆管理の実施やその結果に基づく異常兆候の早期発見、運転手順書の改善提案を受ける等を行っている。
- ・今後、再処理工場の円滑な操業に向けて、長期停止後には先行施設の運転実績からも初期トラブルの発生が見込まれるため、AREVA、JAEAや建設メーカーの技術支援を継続していくことを考えている。

これらのことから、先行施設経験者及び設備設計等を行ったメーカーから必要な技術支援を受ける体制が、構築されているものと評価した。

今後は、操業運転開始に向けて、以下の事項も必要である。

- ・再処理工場では原子力施設ということの他に化学工場という面もあり、化学工業等から学ぶべき点もあると考えられる。必要に応じて、情報交換等を継続して行うこと。

5. 4 先行施設の不具合情報の反映等に係る不適合管理

事業者は、以下のように取り組んでいる。

- ・先行施設の不具合情報等について、基本設計段階、事業指定後、試験運転開始前と段階ごとに情報を入手し、設計・運転等への必要な反映を行ってきている。
- ・さらに、先行施設の不具合情報の反映とは別に、先行施設での運転・保守を通して蓄積された知見、経験を反映することを目的として設計検証を行い、先行施設の運転、保守の熟練者の意見を聞くことにより、運転手順、保守手順を改善することのみならず、設備の設計変更も視野に入れて必要な対応を図ってきている。
- ・また、フランスAREVA社の駐在員による現場の施設管理の観察や分析を通じ、再処理工場の最新状況に応じた必要な助言、改善等の提案を受けるとともに、先行施設で発生した不具合情報等についても適宜情報提供を受けて、六ヶ所再処理工場へのフィードバックの必要性の評価を行っている。

これらのことから、先行施設の不具合情報を適宜入手し、今後の操業運転での不具合発生リスク低減のための取り組みが適切に実施されているものと評価した。

今後これらの取り組みを継続して実施するとともに、以下の点についても考慮することが必要と考える。

- ・特に高経年化の観点で先行施設の運転情報を分析し、必要な対応策を検討する。
- ・長期安定運転の観点から、先行施設での不具合事象などの経験を分析し、六ヶ所再処理工場に同一の設備がない場合においても、使用環境、発生原因などに着目し、先行施設と同じような現象が起こる可能性があることを念頭に置いて対応策を検討する。

また、先行施設の不具合情報等が適切に処理される品質保証体制が構築されていることや、アクティブ試験において発生した不具合への対応状況について、以下のとおり確認した。

①アクティブ試験において発生した不適合事項等の措置

事業者は、以下のようにアクティブ試験において発生した不適合事項等の措置を行っている。

- ・アクティブ試験 第1ステップから第5ステップの中で、679件の不適合事項と302件の改善事項を抽出するとともに、不適合事項についてはその原因を特定し、是正処置を実施してきており、改善事項についても、処置内容を検討し、予防処置を実施している。
- ・アクティブ試験において発生した不適合等の分析結果に基づき、人的過誤による不

適合事象発生対策として、組織の見直しも行われた。

②品質保証体系と不適合管理等の仕組み

事業者における不適合管理を含む品質保証体制は、以下のようなものである。

- ・ 不適合等の管理は、事業部（再処理事業部、埋設事業部、濃縮事業部、燃料製造事業部）ごとに、それぞれの事業部の品質保証部門が取りまとめ担当して実施しているが、事業部をまたがり全社的に水平展開が必要な場合には、全社の品質保証部門である品質保証室が取りまとめを行なっている。
- ・ 再処理事業部における不適合等の管理では、事象発生を受け、不適合処理票を起票した後、事象の内容、原因究明、是正・予防措置、水平展開の検討結果について不適合検討ワーキングで審議を行うことでサイドチェックを行っている。
- ・ アクティブ試験における不適合等の管理の改善として、半期毎に類似事象の発生に係る分析評価を行い、必要に応じて、根本原因分析を行うこととしている。

上記のとおり、不適合等が発生した際の原因究明、必要な対策の検討、及びその管理を行うための仕組みが構築され、不適合等の発生を抑止する対策が講じられていることを確認した。

5. 5 安定運転に関する見通し（評価のまとめ）

前項までの評価を総合し、六ヶ所再処理工場の安定運転実現に向けての準備は整っているものと評価した。

安定運転をより確実なものとするため、表5.5-1に示す事項について、更に検討、実施することが望ましい。

表5.5-1 六ヶ所再処理工場の安定運転をより確実とする提言事項

項 目		内 容
設備の機能維持及び運転員等の技術力維持	機器、設備の機能維持	<ul style="list-style-type: none"> ・ PDCAを通じた、予防保全と事後保全の仕分け、予防保全機器の点検方法などの保全の考え方に関する実績評価を踏まえた継続的な改善 ・ 予防保全と事後保全の仕分け等の仕組みに対する継続的な改善活動の実施 ・ 保全業務の管理に対する実施した保全作業実績等の管理面の強化の観点での保全業務支援ツールを含めた仕組み作りの検討 ・ 考慮する必要があるか否かも含め、設計上考慮されていない事象の保全業務への反映検討
	運転員等の技術力維持	<ul style="list-style-type: none"> ・ 先行施設での実績等も考慮し、実際の運転の中で捉えるべき現象等の知見の蓄積及びシステマティックな教育項目への反映 ・ 先行施設での教育訓練に関する情報調査及び調査結果の必要に応じた反映
設備の高経年化対策		<ul style="list-style-type: none"> ・ 計装系配管の詰まりなどの発生可能性についての考慮 ・ 運転段階における検査・評価・補修の方法などに関する、規制機関が主体となった維持基準規格化の検討
操業開始以降の運転計画	運転計画	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各種検査等の頻度、必要とされる期間など日本固有の課題を踏まえた運転計画の評価、検討 ・ 再処理工場での起動/停止の回数が多いという設備の特徴を踏まえ、部品交換などに必要な期間と定期検査の期間の関係を考慮した運転計画の評価 ・ 可能な範囲で、実際の溶液などを用いた設備の運転により、機器の機能、運転員の技術力の維持に対する再確認を行うなど、操業運転をよりスムーズに立ち上げる方策の検討
	バックアップ体制	<ul style="list-style-type: none"> ・ 必要に応じた化学工業との情報交換等の継続的な実施
先行施設の不具合情報の反映等に係る不適合管理		<ul style="list-style-type: none"> ・ 高経年化の観点での先行施設運転情報の分析及び分析結果を踏まえた必要な対応策の検討 ・ 先行施設での不具合事象などの経験に対する使用環境、発生原因などに着目した分析及び分析結果を踏まえ先行施設と同様な現象の発生を念頭に置いた対応策の検討

6. まとめ

エネ総研は、幾度かの竣工時期の延期を経てきた六ヶ所再処理工場において、試験運転の最終段階であるガラス固化試験が平成25年5月末に完了したことを契機として、再処理、放射性廃棄物処理・処分に関する技術的な視点から、自主研究「核燃料サイクル技術の安定性に関する検討」を行うこととした。研究の全体計画は複数のステップより構成されており、今回は、そのうち第二ステップ「再処理工場の安定した運転に関する課題と見通し」に関するものである。

評価にあたって、「安定運転」とは、当該設備・機器の性能を安定に維持し、それに基づき、所定の期間を運転し所定の処理量を達成すること、と定義した。ここで、「性能を安定に維持」とは、当該設備・機器は消耗品であるとの認識の下にその設計寿命期間中に安定な性能を維持すること、「所定の期間」とは、1年程度～設計寿命、「所定の処理量」とは、各設備の処理条件に基づいて決められた処理量、と定義した。評価に関わる検討の視点に関しては、「(1) 設備の機能維持及び運転員等の技術力維持に係る方策」、「(2) 設備の高経年化対策」、「(3) 操業開始以降の運転計画」、「(4) 先行施設の不具合情報の反映等に係る不適合管理」とした。第一ステップの現地調査を含む検討結果を踏まえつつ、六ヶ所再処理工場全体に着目し、事業者から再処理工場の採用技術からアクティブ試験結果等に至るまで幅広く技術資料の提供を求めるとともに、内容聴取を行い、再処理工場の安定した運転に関する課題と見通しについて技術的検討と評価を実施した。

技術的評価の結果、設備の機能、運転員の技術力の維持に関する取り組みや操業開始以降の運転計画の検討、先行施設の不具合情報の取り込み等の安定運転実現に向けての準備が整っているものと評価した。

六ヶ所再処理工場の安定運転の実現には、事業者が現在行っている活動や対策を継続して確実に実施することが重要である。また、更なる改善等の観点で示した幾つかの提言事項を事業者が検討、実施することにより、安定運転がより確実なものとなることが期待される。なお、一部提言には、規制側も含めた検討が必要な事項が含まれている。

先に実施された第一ステップにおける評価結果も踏まえ、六ヶ所再処理工場全体の安定運転に関する課題と見通しについての評価のまとめは、以下のとおりである。

- ・ ガラス固化設備を含む再処理工場全体として、安定運転実現に向けての準備が整っているものと評価できる。
- ・ 先行施設の情報に基づく不具合発生の未然防止や不具合発生時の日本原燃(株)社内対応体制の整備と社外サポート体制の構築などにより、経験工学的要素がある再処理工場において、想定していない事象も含む不具合に対して適切な措置が講じられるものと期待される。
- ・ 今後、高経年化等が想定される設備・機器に関しては、長期的安定運転の観点から、早期にリプレイス等の計画を準備し、長期にわたる運転の停止を回避する方策の具体化が望まれる。

- ・長期的には、ガラス固化における新型溶融炉の開発など、抜本的な改善策により廃棄物減容化を目指すことが望まれる。
- ・長期的な安定運転の観点から維持基準に基づく設備の保全が重要であるが、規制機関が主体となった維持基準規格化への検討が進められることが望まれる。

以上に示した評価結果を参考に、事業者である日本原燃(株)に対して、再処理工場の安定運転に向けて、新規制基準への対応も含め、万全の態勢を以って粛々と進めていくことを期待するものである。