

東海再処理施設における分析設備の保守

Maintenance experiences at analytical laboratory at the Tokai Reprocessing Plant

(独) 日本原子力研究開発機構	鈴木 久規	Hisanori SUZUKI	Non-Member
(独) 日本原子力研究開発機構	永山 哲也	Tetsuya NAGAYAMA	Non-Member
(独) 日本原子力研究開発機構	堀籠 和志	Kazushi HORIGOME	Non-Member
(独) 日本原子力研究開発機構	石橋 篤	Atsushi ISHIBASHI	Non-Member
(独) 日本原子力研究開発機構	北尾 貴彦	Takahiko KITAO	Non-Member
(独) 日本原子力研究開発機構	駿河谷 直樹	Naoki SURUGAYA	Non-Member

The Tokai Reprocessing Plant (TRP) is developing the technology to recover uranium and plutonium from spent nuclear fuel. There is an analytical laboratory which was built in 1977, as one of the most important facilities for process and material control analyses at the TRP. Samples taken from each process are analyzed by various analytical methods using hot cells, glove boxes and hoods. A large number of maintenance work have been so far carried out and different types of experience have been accumulated. This paper describes our achievements in the maintenance activities at the analytical laboratory at the TRP.

Keywords: maintenance, analytical facility, hot cell, glove box

1. 緒言

東海再処理施設の主な工程は、ウラン・プルトニウム分離精製工程、MOX 粉末製造工程、高レベル廃液ガラス固化工程等から構成されている。各工程における分析業務は、運転状況を把握するための工程管理分析や核物質の計量管理分析など、様々な目的に応じて実施されている。

分析作業は、分析試料の放射エネルギーや性状に応じ、設備の異なる分析室にて実施しており、高放射性試料分析用のセルライン設備、低放射性試料分析用のグローブボックス設備、極低レベル試料分析用のヒュームフード設備などがある。これらの設備は使用開始から長いもので37年が経過しており、日々の保全管理の重要性は年々高まっている。また、近年では、2011年の東北地方太平洋沖地震発生後の設備の健全性確認も実施しており、新たな保全形態に対応してきている。

本報告では、これまで実施してきた多種多様な分析設備に対する保全実績として、幾つかの作業実例を報告する。

連絡先: 鈴木 久規
〒319-1101 茨城県那珂郡東海村村松 4-33
日本原子力研究開発機構
核燃料サイクル工学研究所
E-mail: suzuki.hisanori@jaea.co.jp

2. 保全形態の考え方

設備保全を形態別に区分すると、予防保全と事後保全に大別される。

予防保全は、日常的な巡視点検や定期的な点検・検査の結果に基づいた設備の状況把握によって実施しているものと、過去の運転実績から耐用年数や耐用時間を定め、計画的に実施しているものがある。

事後保全は、設備に不具合が生じた後に、施設に与える影響、作業に必要とされる期間、要員などを考慮しながら実施している。

本来、トラブル予防の観点から予防保全が望ましいが、放射性物質を取扱うという特殊性の観点から予防保全と事後保全の形態を状況に応じて適用している。

以下に主だった保全機器と形態を述べる。

(1) 分析機器

- ・ 予防保全（日常保全、予知保全）：各機器の特徴に合わせた点検整備（日毎、2～12回/年）
- ・ 事後保全：部品の交換、制御機器の修正

(2) 分析セル・グローブボックス

- ・ 予防保全（日常保全）：負圧、表面線量率、グローブ汚染検査及び定期交換
- ・ 事後保全：筐体の経年劣化、線量上昇による更新

(3) ヒュームフード

- ・ 予防保全：風向量確認

(4) マニピュレーター

- ・ 予防保全：作動点検

- ・事後保全：機器破損による交換

(5) 換気設備（フィルター）

- ・予防保全：線量確認、圧力損失
- ・予防保全：線量上昇による更新
- ・予防、事後保全：ビニルバッグの交換

(6) 配管

- ・予防保全：外観、肉厚、線量
- ・事後保全：腐食、孔食、変形、漏えい

(7) 気送管設備（試料移送）

- ・予防保全：線量確認
- ・事後保全：線量上昇による更新

(8) 建屋

- ・予防保全：外観確認
- ・事後保全：コンクリートのひび割れ、剥離・剥落、扉の腐食

3. 保全実績の紹介

本報告では代表として分析セル関連作業、グローブボックス関連作業、建屋関連作業、震災後に係る作業について紹介する。

3.1 分析セルインナーボックスの更新作業

(1) 概要

分析セルラインは、使用済み燃料の溶解液など核分裂生成核種が多く含まれる高線量試料を取り扱う設備である。構成は、閉じ込め機能を有したインナーボックスの周りを鉛遮へい体が覆っており、分析作業は、マニピュレータによる遠隔操作となる。本工事では、高放射線分析試料室分析セルライン（図1）に設置されている老朽化した塩化ビニル製インナーボックスをステンレス製のインナーボックスに更新した。



図1 分析セルライン

(2) 作業内容

図2にインナーボックス更新作業フロー概略を示す。

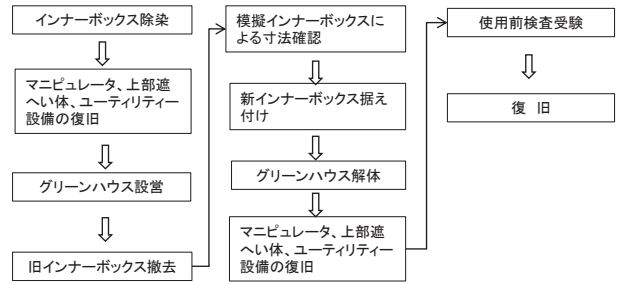


図2 インナーボックス更新作業フロー

作業箇所は、汚染の拡散を防止するためグリーンハウスで覆う（4m×4m×4m）。また、この中は負圧が担保されるよう、排気設備を設け、汚染レベルの低い方から汚染レベルが高い方向へ空気の流れを起こし、閉じ込め機能を高めている（図3）。

インナーボックス（1m×1m×1m）は、グリーンハウスに取付けた手動式チェーンブロックにより遮へいセルから引き上げ、遮へいセル前面に用意した搬出容器に搬入し撤去した。

新規インナーボックスの取り付けは、本設する前にインナーボックスを固定する受け座や廃水口との寸法位置が正確であることの確認を行うため、実寸を模擬したテンプレートを据え付け、設計と現状寸法との誤差の確認を行った。模擬ボックスにより得られたデータは、新規インナーボックスの加工に反映した。

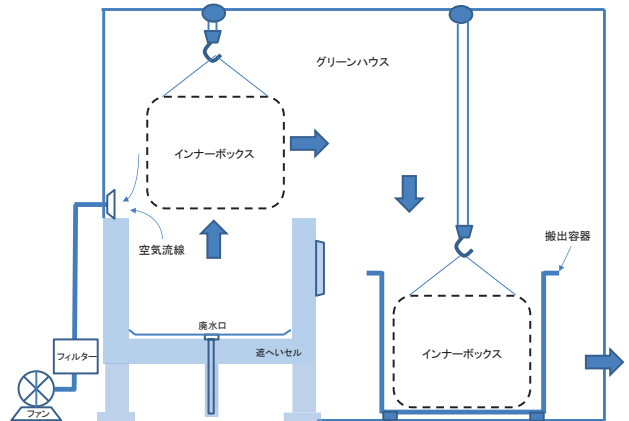


図3 インナーボックス撤去概略図

この作業で重要となることは、高線量環境下における作業員への被ばくである。作業員の被ばくを抑えるため作業時間を厳密に制限した。併せて作業員は鉛材の防護具を着用した。

インナーボックス本体の線量を低減するために、更新作業前に内部の除染（洗浄）を行った。特に線量が高い底面や廃水口の部分は除染液を一定時間浸漬させ除染後の線量を約1/20に低減させた（図4）。また、撤去作業時には、廃水口を遮へい材（鉛）で覆い、付近の空間線量を下げることや直接対象物に触れないよう遠隔工具を利用し被ばくの低減を図った。

これらの作業は、長年メーカー請負にて実施してきたが、近年では、施設従業員による作業分担も取り込み、工事コストの削減と経験からの技術の習得・知見拡大に努めている。

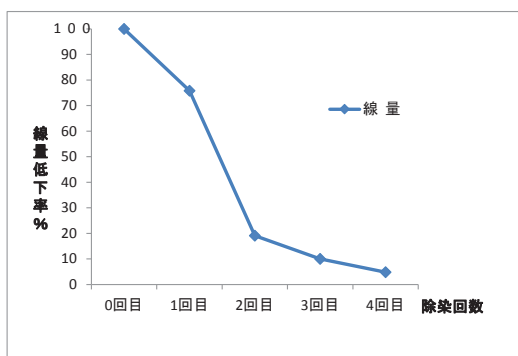


図4 除染による線量低下率

(3) 所要日数と人工数

所要日数は、準備作業（遮へい体及び付帯機器の撤去等）に20日、インナーボックスの撤去・据え付けに20日を要し、復旧を含め全体で50日である。

作業員の人工数は700人工（準備：200人工+インナーボックス交換：400人工+復旧：100人工）である。被ばくの低減を優先した作業方法のため工期、人工数共に多くなっている。

3.2 グローブボックス排気フィルタの交換作業

(1) 概要

グローブボックスは、低放射性分析試料を取扱う設備であり、施設内で最も多い設備である。この内部は、給気系統と排気系統からなる換気を行っており、グローブボックス内部を設置室の気圧より300Pa程低い負圧状態に保ち、閉じ込め機能を高めている。また、グローブボックス内の放射性物質は高性能エアフィルタで捕集し、環境への放出を防いでいる（図5）。

このエアフィルタは、日常管理として表面線量率の測定とフィルタ前後に生じる差圧値から目詰まり度合を確認しており、定期的にフィルタ本体の交換を実施している。放射性物質を捕集したフィルタの交換作業は汚染

発生のリスクが高く、グリーンハウス等の汚染拡大防止の対策が望ましい。しかし、設置されている場所は、高所や狭小空間であり、グリーンハウスの設置は困難である。このような状況を踏まえ、本報告ではこのフィルタ交換作業を安全に且つ小規模な作業体制で実施した作業手順を紹介する。

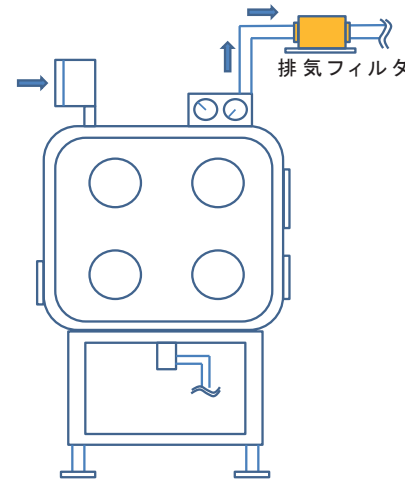
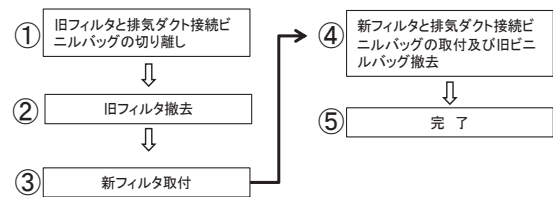


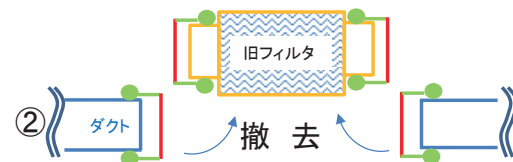
図5 グローブボックス概略図

(2) 作業内容

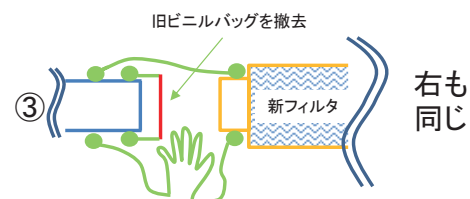
作業フローを図6に示す。



排気ダクトとフィルタを接続しているビニルバッグを高周波シーラーにて溶着線をつくり切断する。



フィルタ左右のビニルバッグを切り離し、旧フィルタを撤去する。



新フィルタと接続用新ビニルバッグ（手付）を取付ける。

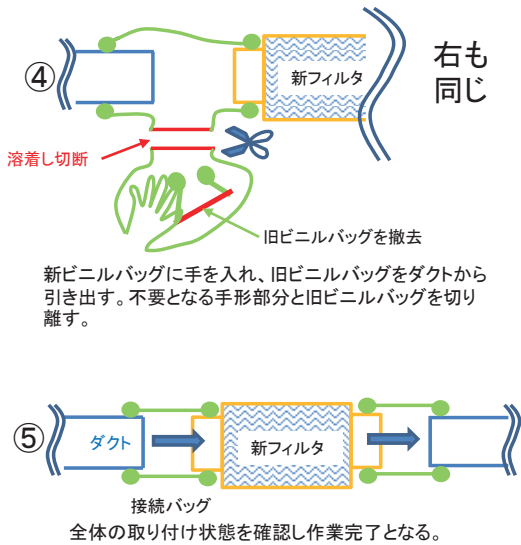


図6 作業フローと図解

ビニルバッグを介して行うこの方法は、当該部の気密を維持した状態（ α 汚染防止）で簡便に実施できるため、少ない作業日数、低コスト、省スペース、少人数で対応できる作業性に優れた方法である。

一方、フィルタの交換周期は従来、経年劣化の有無に係わらず、5年毎の交換を目安としているが、実際にはフィルタ差圧、表面線量率に変化はなく、健全なものが多い。分析施設以外では、構成部材の経年劣化を考慮して10年を交換周期としている場合もある。そこで、フィルタ本体の性能劣化が見られず、且つ接続バッグに変色や硬化等の異常が生じていない場合には、点検結果（差圧・表面線量率上昇の有無）を反映して交換時期を延長している。

(3) 所要日数と人工数

本作業は、準備を含め2日（交換作業0.5日）で完了し、5人工/日で10人工である。汚染物を取扱うメンテナンスとしては、小規模の作業で実施可能である。

3.3 非常用扉の更新作業

(1) 概要

管理区域には、異常時に直接屋外へ退避できるよう、図7のような非常用扉を数ヶ所に設けている。このうち海岸からの風の影響を受け易い扉に塩害腐食が発生し、更新が必要であった。

この扉は、管理区域と非管理区域（屋外）の境界に位置するため、工事期間中、管理区域の雰囲気屋外へ晒すことを防止することや建屋換気（負圧）状態を常に維持する必要があった。また、当該扉の役目である非常時の退避口としての機能も維持しなければならなかった。

本工事では、幾つかの条件を満たすため、扉の屋外側に一時管理区域を設定し、外部との間仕切りとなる仮設部屋を設け、この室内で扉の更新を実施した。



図7 非常用扉外観

(2) 作業内容

作業フロー及び作業エリアの概略を図8に示す。

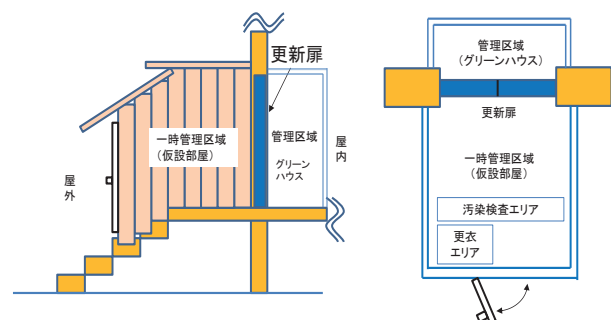
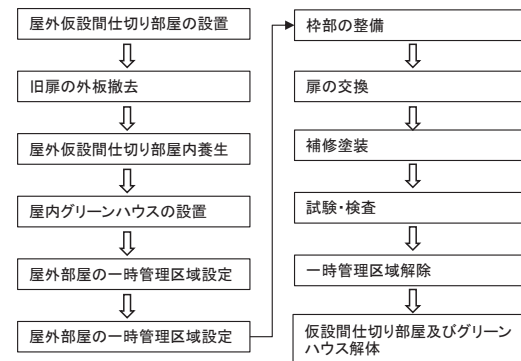


図8 作業フローと作業エリア概略図

撤去した扉は、両開きタイプで内部に遮へい鉛を含めており、重量は1.6tであった。撤去は、重機の搬入が困難であったため、細断により外板と鉛を取り崩して行った。新規扉は、狭いスペースでの取り付けを可能とするために鉛量の低減で軽量化（0.3t）を図り、小型玉掛け用具で吊り上げ、取り付けを行った。

なお、鉛低減後の管理区域境界の実効線量基準値（ $< 1.3\text{mSv}/3\text{ヶ月}$ ）は、更新工事後も十分に担保している。

(3) 一時管理区域の放射線管理

本作業の一時管理区域は、汚染発生の可能性が極めて低いエリアである。一方、建屋側の管理区域は、既存の分析設備があるため、汚染発生の可能性が高い。よって、扉を境界に作業班を分別し、両エリアを作業者及び物品が往行しないように管理し、汚染の拡散防止を図った。

結果として、作業を通して、両エリア共、汚染の発生はなかったが、嚴重な汚染管理により、作業を円滑に進めることができた。

(4) 所要日数と人工数

所要日数は17日、人工数は、平均8人工/日で136人工であった。この作業は、扉を境に管理区域側と一時管理区域側作業を分担したことで、作業日数及び人工数共、効率的に進めることができた。

3.4 東北地方太平洋沖地震後の設備健全性の確認

(1) 概要

平成23年東北地方太平洋沖地震発生に伴い、分析設備への影響を確認した。

地震直後の点検では、分析セル、グローブボックス等の負圧、汚染の有無を確認し、異常は認められなかった。その後、対象設備の細部に渡る健全性を確認するため、各設備毎の点検要領を策定し点検を実施した。

点検対象は、グローブボックス、分析セルライン（インナーボックス含む）、ヒュームフード、配管等であり、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律に基づく「再処理施設及び工事の方法の認可」に該当するものとした。

点検方法は、地震による設備の損傷形態を整理した上で、点検方法を機種毎に選定した。これを基に各機種の部品構成、使用状況等を考慮し実施する点検項目を選定した。その例を図9に示す。

機種の中で同類の仕様が多数存在する配管類については、設計仕様、使用条件等を考慮し代表を選定して点検を実施した。また、設置状況や被ばくの影響等により設備全体やその一部について、点検の実施が困難な設備については、代替設備、または代替部位の点検により評価した。

対象	要求機能	要因	現象	損失機能	損失形態	
分析セルライン	(A) 遮へい	本体応答過大	基礎ボルト応力過大	基礎ボルトの損傷	(A)	①基礎ボルトの損傷
			脚応力過大	脚の損傷	(A)	②脚の損傷
			接続ボルト応力過大	接続ボルトの損傷	(A)	③接続ボルトの損傷
			本体応力過大	本体の損傷	(A)	④本体の損傷
			付属品応答過大	付属品の損傷	(A)	⑤付属品の損傷

図9 損傷形態実例

(2) 作業内容

分析施設において対象としたものは以下の通りである。

① 建屋（鉄筋コンクリート建造物）

ひび割れ及び剥離・剥落の有無について、コンクリート診断士等による目視点検を実施した。点検方法は、耐震壁・遮へい壁に評価基準（幅1mm）以上のひび割れについて確認した。点検の結果、地震によるひび割れはいずれも微細（幅1mm未満）なもので、震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針に基づいてエポキシ樹脂の注入による簡易な補修が可能なものであった。

② 設備

点検方法は、分析セル（図10）を例にあげると、目視確認による固定ボルト等の外観（変形・緩み・破損）、負圧計測、漏えい、作動状況の異常の有無である。

なお、分析セルラインは基礎ボルトの一部に遮へい体を取り付けられており、目視点検が困難な箇所があった。このため、設計時の耐震評価結果に基づいて発生応力が最も厳しい部位を選定し、その部位の基礎ボルトを代表として目視確認またはCCDカメラにより確認した（図11）。

その結果、全ての点検項目に不具合はなく、健全性が確保されていると判断した。

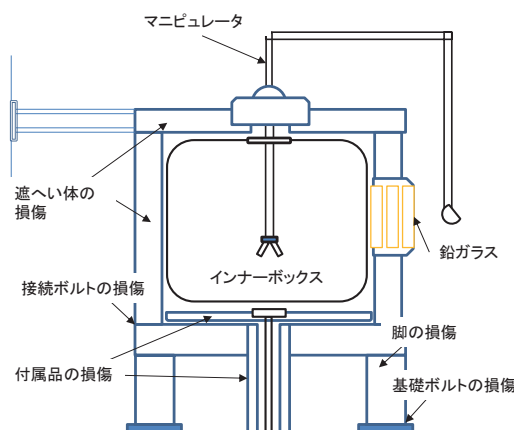


図10 分析セル点検箇所



図11 CCDカメラによる基礎ボルト点検

(3) 所要日数と人工数

所要日数は40日、人工数は、約200人工である。

4. 結言

東海再処理施設は、ホット運転開始から37年が経過している。この間、分析施設においても数多くの保全活動に取り組んできた。一般産業施設と異なる当該施設の特徴は、日常の保守、故障時の補修等を行う場合、取り扱う対象機器・装置類が多量の放射性物質を内包していたり、それによって汚染していたりすることである。よって、この際の保守管理の要は、施設内外への汚染の拡大を防止することであり、保守作業に当たっている作業員の被ばくを防止・低減していくことである。

今後の課題に高経年化を見据えた管理がある。長期供用を持続するためには、定期的な評価は基より日常においても更なる質の高い合理的な保全管理を進めなければならない。これまでの実績を反映させ、技術の継承となる作業員への教育・訓練の充実を図り、今後とも安全性・信頼性の向上に取り組んでいく。

参考文献

- [1] 日本原子力研究開発機構 平成18年度 放射線管理部年報 JAEA-Review 2007-051
- [2] 核燃料サイクル開発機構 第四回 東海再処理施設技術報告会 JNC TN8410 2001-023
- [3] 日本原子力研究開発機構 平成23年(2011年) 東北地方太平洋沖地震後の独立行政法人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再処理施設の健全性に係る詳細な点検・評価の結果について