

α ホットセル排気弁の運転中保全手法の確立

Establishment of maintenance method of exhaust valve on α -tight hot cell under ventilating condition

独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター 燃料材料試験部

水越保貴 Yasutaka MIZUKOSHI 櫛田尚也 Naoya KUSHIDA

On α -tight hot cell under ventilating that has containment capability of nuclear materials, a safe and efficient maintenance method of exhaust valves which controlled negative pressure in hot cell was established at Fuels Monitoring Facility, Oarai Research and Development Center, Japan Atomic Energy Agency.

The hot cell which required the exhaust valve maintenance needed to stop the ventilating during maintenance work because the valves could not be removed from operating exhaust system. And it was made known from prior work evaluation that this method involved long-term work, much costs and radiation waste, and large work risk. Therefore, a new method of valve maintenance under ventilating was needed due to the reductions of work period, costs and work risk.

So a provisional exhaust system for keeping negative pressure in hot cell without existing exhaust system operation was installed for the maintenance of these valves. By the application of this method, the reductions of work period, costs and radiation waste volume with maintenance were achieved to 1/3, 3/5 and 1/4, respectively.

Keywords: Hot laboratory, Hot cell, Valve, Maintenance,

1. 緒言

大洗研究開発センターの照射燃料集合体試験施設（以下、FMF）は、高速増殖炉の高性能燃料の開発を目的として、原子炉で照射された燃料要素の様々な研究をするための核燃料物質使用施設（以下、使用施設）である。

使用施設では、非密封のプルトニウムやウランなどの核燃料物質の漏えいや作業員の放射線障害を防止するために、放射線の遮蔽、密封、負圧保持といった閉じ込め機能を有する気密型ホットセルやグローブボックスを設置し、その中で核燃料物質を取り扱う。

FMFでは、原子炉で照射された燃料要素（ウランとプルトニウムの混合酸化物燃料等）の破壊試験を実施するため、 α 核種を取り扱う気密型ホットセル（ α ホットセル）を有している。

この α ホットセルでは、セル内の負圧を保持するために使用している機器などの補修は、核燃料物質の漏えいを防止し、作業員の被ばく低減に考慮しながら行う必要がある。

本報では、FMFで確立した α ホットセルの核燃料物質の閉じ込め機能を維持（ α ホットセルを運転）した状態で負圧を調整する排気弁を更新する方法について報告する。

連絡先：水越保貴、〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002 番、（独）日本原子力研究開発機構
大洗研究開発センター 燃料材料試験部 材料試験課
電話：029-267-4141、
e-mail：mizukoshi.yasutaka @jaea.go.jp

2. α ホットセルの概要

(1) 当該 α ホットセルの構造と放射線環境

FMFの当該 α ホットセルでは、照射された燃料ペレットの金相組織観察を行っている。

α ホットセルは、外郭に厚さ 350mmの放射線遮へい用の鋼板構造を有し、その内部に燃料ピンの切断、研磨等の試料調整を行うエリアと調整した試料の光学顕微鏡観察や各種分析を行うエリアの2つに区分されたステンスライニング密閉構造である。

大きさは、縦 1.7m、横 4.5m、奥行き 1.7mである。 α ホットセルの概略構造図を図1に示す。

金相組織観察のための作業や試験機器のメンテナンスの際、作業員は、マニプレータ（マジックハンド）を用いて、 α ホットセル内の試験機器を遠隔で操作する。

金相組織観察等を行っている時の α ホットセル内部の放射線環境は、放射性核分裂生成物であるセシウム 137 等による $\beta-\gamma$ 空間線量当量率は 50mSv/h 以上であり、人が立ち入れる状況ではない。一方で、 α ホットセルの外部（操作室）は、前記の α ホットセルの閉じ込め機能により、汚染密度及び空間線量当量率ともにバッググラントレベルであり、作業員の安全な環境が確保されている。

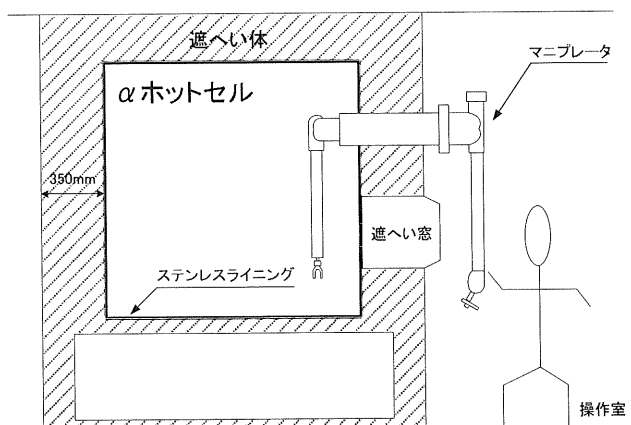


図1 α ホットセルの概略構造図

(2) α ホットセルの運転条件

プルトニウムは、体内に摂取すると高い毒性を示すことから、 α ホットセルで非密封の核燃料物質を取り扱うにあたっては、以下の条件を満足するように運転し、核燃料物質の閉じ込め機能を維持（以下、運転条件の維持）している。

①気密性を保つこと

基本性能として1時間につき0.1セル体積%以下（負圧 400 Pa 時）の漏えい率を有し、 α ホットセル内への試験資材等の出し入れの際にも内部の雰囲気操作室に漏れることのないこと。

②負圧を保持すること

原子炉等規制法に基づくFMFの核燃料物質使用施設等保安規定に従い、 α ホットセルの内部の気圧を操作室に対して常時に負圧に保持すること。負圧は、400 Pa を目標に調整している。

一方で、 α ホットセルの本体や負圧等を保持するための機器の定期点検や修理改造にあたっては、同セル内の核燃料物質を他の α ホットセルに移動し、汚染の拡大を防止する入念な除染を行うなどの保安上の措置（以下、核燃料物質の漏えい防止措置）を予め施してから前途の運転条件（気密や負圧）を解除する。

(3) α ホットセルの負圧保持システム

α ホットセルの給排気システムの概略図を図2に示す。

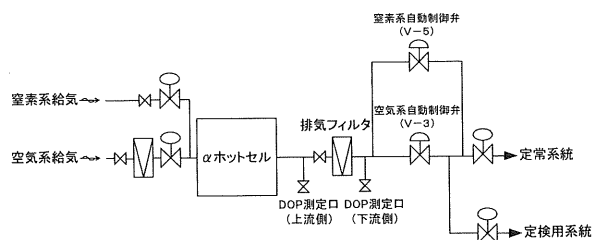


図2 α ホットセル給排気系概略図

排気系統は、鋼管、排気自動制御弁、排気フィルタ（高性能エアフィルタ）、排風機等で構成される。

α ホットセルの内部は、給気系統の弁を固定で給気量を一定とし、排気自動制御弁をPID制御することで排気量を調整し、操作室に対して常時 400 Pa 程度の負圧に保持される。

α ホットセルは、試験の目的に応じて内部を窒素雰囲気気に置換するため、給気系統、排気系統ともに空気系と窒素系の配管と弁を有している。

また、排気系統は、定常の試験操作時に使用する定常系統と定常系統の定期点検時に使用する定検用系統の2つの系統がある。

定常系統も定検用系統も、負圧の調整は α ホットセル内の雰囲気に応じて空気系又は窒素系の排気自動制御弁により行う。

(4) 負圧を保持する機器を補修する際の制約

α ホットセルの負圧を調整する機器である空気系又は窒素系の排気自動制御弁を取り外すと、排気配管が大気開放され運転条件が維持（負圧が保持）できなくなる（図2参照）ことから、核燃料物質の漏えい防止措置を予め施さなければならない。

3. 排気自動制御弁の更新方法の検討

α ホットセルは昭和53年12月にホット運転を開始し、平成15年度まで約25年間連続して運転してきた。この間、排気系統の排気自動制御弁は、圧縮空気による弁駆動部などの弁本体外部の部品の定期的な交換や作動試験による機能確認を行ってきたが、経年化により弁本体内部のシール部のゴムの磨耗や変形などが懸念され、作動不良に至ると運転条件の維持（負圧の保持）が困難となるため更新を検討した。

(1) 負圧の解除を伴う更新方法

前項の通り、 α ホットセルの負圧を調整する排気自動制御弁の更新は、負圧を完全に解除することになることから、核燃料物質の漏えい防止措置が必要となる。

除染は、マニプレータによる遠隔方式により、作業員が α ホットセル内に入れる放射線環境（空間線量当量率 5mSv/h 程度）まで粗除染した後、作業員が防護服を装着して同セル内部に入域し、核燃料物質が容易に飛散しないレベルまで入念に行うためコストがかかる他、外部被ばくの低減化、内部被ばく及び身体汚染防止といった作業安全管理の難易度も高い。

そこで、除染に必要なコストを含めて排気自動制御弁の更新に必要な期間、予算、発生する放射性廃棄物量を見積もった。見積もりの結果を表1（負圧を解除した場合）に示す。

表1の通り、負圧を安全に解除するための除染を伴った α ホットセルの排気自動制御弁の更新には、長期

の作業期間と莫大な予算、除染に伴う大量の放射性廃棄物の発生が見込まれた。

(2) 新しい更新方法の検討

次に、作業期間の短縮とコスト低減を目的に、 α ホットセルの運転条件の維持（負圧の保持）を前提とした排気自動制御弁の更新手法を検討した。

α ホットセルの負圧を保持しながら排気自動制御弁の更新を行うためには、既設の排気系統とは別な排気系統を確保する必要がある。検討の結果、既設の排気系統の排気フィルタ筐体前後に設置されている排気フィルタ捕集効率測定（DOP）用配管に着目した。このDOP測定口（上流側）バルブに仮設排気配管を敷設して定検用排気系統に接続し、既設排気フィルタ上流側の弁を閉止することで α ホットセルの負圧の保持を可能としつつ、排気自動制御弁の更新を行う方法を考案した。

仮設排気配管の系統概略図を図3に示す。

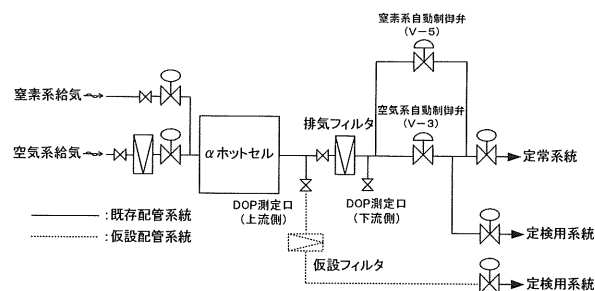


図3 仮設配管の系統概略図

この負圧を保持しながら行う排気自動制御弁の新しい更新方法により、核燃料物質の漏えい防止措置が他の α ホットセルへの核燃料物質の移動とマニプレータでの遠隔方式による簡易的な α ホットセル内の除染で済み、作業員が α ホットセル内に入域して行う入念な除染が不要となるため作業期間やコストの大幅な低減が可能となる。

表1（負圧保持をした場合）に示す通り、この新しい更新方法により、作業期間が $1/3$ 、コストが60%、廃棄物が約 $1/4$ に削減でき、研究への影響も最小限

にできることが分った。

また、作業員がαホットセル内に入域して行う入念な除染が不要となったことで、作業に係る被ばく量も1/100程度低減でき、作業の安全性の飛躍的な向上も見込める。

従って、排気自動制御弁の更新方法は、運転条件の維持（負圧の保持）を前提とした方法とした。

表1 補修方法の比較

	負圧を解除した場合	負圧維持をした場合
作業期間	約12ヶ月	約4ヶ月
コスト	約1億円	約4千万円
発生廃棄物	約5.5m ³	約1.5m ³
研究への影響	大	中
被ばく量	約10mSv/total	約0.1mSv/total

(3) 今後の保守性を改善するための対策の検討

図1に示すように、αホットセルには排気自動制御弁が窒素系と空気系の2台が設けられているが、各々の排気自動制御弁の前後に排気配管を遮断するための閉止弁が設けられていない。閉止弁を設置すれば、補修が必要となった方の排気自動制御弁の前後を閉止し、他方の排気自動制御弁によりαホットセルの負圧を保持することができるため、将来的にも容易にαホットセルの運転条件を維持した状態での保守が可能となる。これにより、今回の更新では、仮設排気配管そのものが不要となる。

よって、排気自動制御弁の更新に際し、空気系統及び窒素系統の排気自動制御弁の今後の保守性を改善するための対策も含める方針とした。

改善後の給排気系統外略図を図4に示す。

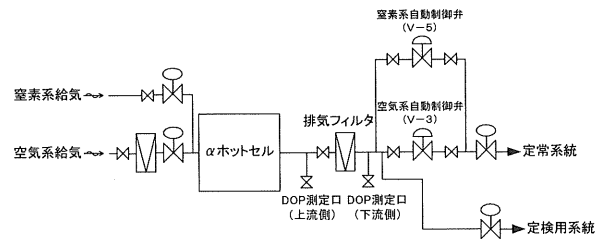


図4 改良後の配管系統概略図

4. 排気自動制御弁の更新作業

(1) 仮設排気配管の敷設と負圧の調整

αホットセル排気フィルタ上流側に設けられているDOP測定口（上流側）のバルブに25Aの仮設排気配管を接続した。DOP測定口（上流側）から排気すると既設の排気フィルタを介さない系統となり、排風機等への汚染拡大が懸念されることから、仮設排気配管の系統にも高性能エアフィルタを設けた。仮設排気配管は、αホットセル用とは別の定検用排気系統に接続した。

負圧の調整は、DOP測定口の配管径は25Aであり、既設の排気系統の配管径（150A）に比べて細く排気流量が減少して負圧が浅くなる可能性があったため、給気系統の手動バルブにより給気量を調整し、更に、DOP測定口のバルブ開閉により排気量の調整を行うことで、仮設排気配管の系統でもαホットセル内の負圧は400Paに保持した。

(2) 排気の切り替え

排気の切り替えは、予め仮設排気配管の系統と既設の排気系統により並行して排気し、負圧を調整しながらいずれかの系統の元バルブ（仮設排気配管の系統はDOP測定口（上流側）の弁、既設の排気系統は排気フィルタ上流側の弁）を閉止することで排気の切り替え中もαホットセルの負圧を保持した。

(3) 排気自動制御弁の更新と閉止弁の設置

高さ約5mの高所に設置されていた空気系統排気自動制御弁は、更新後の保守性を考慮して、作業員が床から手が届く位置に変更した。

排気自動制御弁を排気配管からの遮断し、今後の保守性を改善するための前後閉止弁の取り付け位置も、同様に作業員が床から手が届く位置とした。これらに伴って、既設の排気系統の配管の取り回しも一部変更した。

排気自動制御弁の更新及び閉止弁の設置にあたっては、原子炉等規制法に基づく核燃料物質使用施設の施設検査を受検した。

(4) 被ばく及び汚染対策

排気自動制御弁の表面線量当量率はバックグラウンドレベルであり、外部被ばくによる放射線障害についてはそれ程考慮を要する状況ではなかった。しかし、排気配管や排気自動制御弁の内面に拡散し易い高い密度の汚染を想定し、作業員の内部被ばくと汚染拡大防止対策に留意した。

作業員の防護相装備は、全面マスク、タイベックスーツ、ゴム手袋等を着用して内部被ばくと身体汚染防止を図った。

汚染対策は、更新する排気自動制御弁の近傍を難燃性の透明酢酸ビニルシートを用いてグリーンハウス（仮設の仕切り部屋）を設置し、周囲から隔離するとともに、タイベックスーツを同ハウス内で脱装し、身体汚染検査を行ったのちに操作室に退出するなどして、操作室への汚染拡大を防止した。

また、排気自動制御弁を排気配管から切り離す際には、弁のフランジ接続部分をビニルシートで覆うなどして汚染拡大を防止した。

(5) 更新作業の結果

上記により、平成16年11月から翌17年2月にかけてαホットセルの核燃料物質の閉じ込め機能を維持（αホットセルを運転）した状態で排気自動制御弁の更新作業をトラブル無く実施し、原子炉等規制法に基づく核燃料物質使用施設の施設検査に合格し、作業を完遂した。

適切なタイミングで予防保全したことにより、施設の

安全性に影響を与えることなく、保安確保できた。

また、核燃料物質の漏えい防止措置を伴う運転条件を解除した手法に比べ、作業期間が1/3、コストが60%、廃棄物発生量が約1/4に削減でき、作業に係る被ばく量も1/100以下まで低減し、研究への影響も最小限に止めることができた。

5. 排気弁の運転中保全手法確立の効果

DOP測定配管は、αホットセルの排気をろ過する高性能エアフィルタの管体に捕集性能の測定のために必ず設けられていることから、今回、FMFで確立した同測定配管を活用して負圧を保持し、αホットセルの運転条件を維持した状態で排気自動制御弁などの機器の保全を行う手法は、同様なαホットセルの機器の保全に適用可能である。

また、αホットセルの運転条件を解除（負圧の解除）するための作業員による入念な除染作業は危険度も高く、それを不要とできる本手法は、作業期間、コスト、廃棄物発生量、作業安全管理において非常に優れている。

6. 結言

FMFにおいて、αホットセルの運転条件を維持しながら、安全、かつ効率的に排気自動制御弁等の機器を更新する手法を確立した。

本手法により、αホットセル内の入念な除染を伴う運転条件を解除した手法に比べ、作業期間が1/3、コストが60%、廃棄物発生量が約1/4に削減でき、作業に係る被ばく量も1/100以下まで低減できた。

今後も施設の保安確保のために、有効な保全手法の改善に努める。