

東海再処理施設の抽出器用流量調節弁の改良

Improvement of the flow control valve in an extractor in Tokai reprocessing plant

日本原子力研究開発機構 野口 浩二 Kouji NOGUCHI (Non-Member)
日本原子力研究開発機構 安尾 清志 Kiyoshi YASUO (Non-Member)
日本原子力研究開発機構 瀬戸 信彦 Nobuhiko SETO (Non-Member)
日本原子力研究開発機構 綿引 誠一 Seiichi WATAHIKI (Non-Member)

At the Tokai Reprocessing Plant (TRP), spent fuels are dissolved in nitric acid and the dissolved liquid is fed to the extractors (mixer settlers). In the mixer settlers, both uranium and plutonium are extracted by the solvent that contains tri-butyl phosphate. It is important to control the interface between organic and aqueous phase in the settlers. And the interface is controlled by the flow control valve. This valve has maintainability problems because it takes a fair amount of time to maintenance. In addition, this is imported product, the production costs are high, and the delivery period for this valve is long. Therefore, we have tried to obtain same type of valves with the confines of the country. This paper describes the trials and same experimental results.

Keywords: flow control valve, mixer settler, TRP

1. 緒言

東海再処理施設では、使用済燃料の溶解液中からウランとプルトニウムの回収を抽出工程で行っている。この抽出工程では、抽出器としてミキサ・セトラを使用し、使用済燃料を硝酸溶液で溶解した水溶液と TBP（リン酸トリブチル）を含む有機溶媒の混合と静置を繰り返すことにより、ウラン、プルトニウム及び核分裂生成物の分離を行っている。このミキサ・セトラで水溶液と有機溶媒を混合させる際、抽出器用流量調節弁を用いて水溶液の流量を調節している。この抽出器用流量調節弁は、水溶液の流量を調節することで、ウランとプルトニウムの回収効率を保つ重要な役割を果たしているが、保守に時間を要する複雑な構造であるため、保守性に課題があった。さらに、輸入品であるため納期及び価格にも課題があった。本件では、抽出器用流量調節弁のこれらの課題解決に向けて取り組んだ内容について報告する。

2. ミキサ・セトラの概要

抽出工程で使用するミキサ・セトラは、混合槽（ミキサ）と2相分離槽（セトラ）の一对で1段をなし、交互に複数段を並べる形で構成されている。図1にミキサ・セトラの概要を示す。

使用済燃料の溶解液は、ミキサにある攪拌機で有機溶媒と混合し、セトラに送られ、比重の違いにより水相（水溶液）と有機相（有機溶媒）に分離される。水相は、前段のセトラから堰を経てミキサに流入し、有機相は後段のセトラから流入口を経てミキサに流入する^[1,2]。これを繰り返すことで核分裂生成物を分離し、ウランとプルトニウムを抽出し、回収する。

ウランとプルトニウムを回収する際、回収効率を損なわないためには、セトラ内の水相と有機相がそれぞれ同じ高さになるように水相と有機相の境である界面を制御することが重要である。抽出器用流量調節弁は、堰を超えてミキサに流入する水相の流量を調節することでこの界面の高さを制御している。

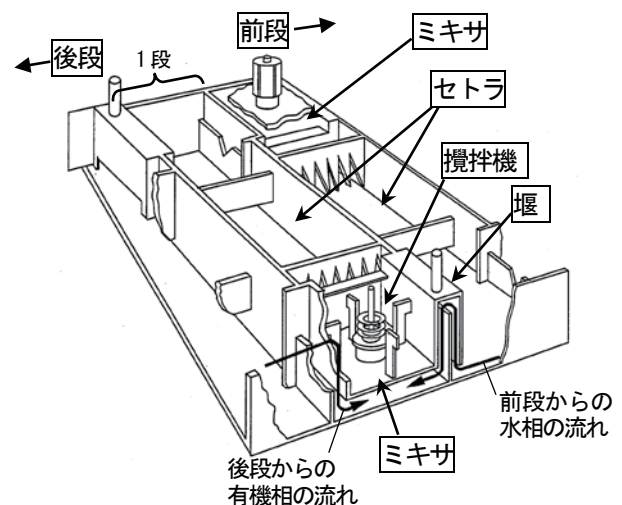


図1 ミキサ・セトラの概要

連絡先:野口浩二、〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33、バックエンド研究開発部門 核燃料サイクル工学研究所 再処理技術開発センター 施設管理部 施設保全第2課、電話 029-282-1111、E-mail: noguchi.koji@jaea.go.jp

3. 抽出器用流量調節弁の概要

3.1 抽出器用流量調節弁による流量調節

図2に抽出器用流量調節弁によるミキサ・セトラの流量調節の概要を示す。

抽出器用流量調節弁による流量調節は、調節器からの制御圧に従い、堰の上部空間と真空圧配管又は大気圧配管をつなげることで堰の上部空間の負圧を調整し、水相を引き上げ、ミキサに流入させる量を変化させて行う。

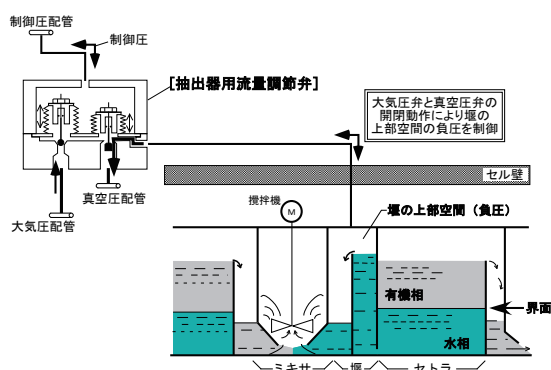


図2 抽出器用流量調節弁によるミキサ・セトラの流量調節

3.2 抽出器用流量調節弁の構造

図3に抽出器用流量調節弁の構造図を示す。

抽出器用流量調節弁は、幅75×奥行75×高さ75 (mm)の箱型であり、本体、カバー、大気圧弁及び真空圧弁などで構成されている。また、水相の流量調節に伴い、放射性物質が抽出器用流量調節弁の内部を通ることから、放射性物質による汚染拡大を防止するための隔離が必要であり、このため内部の気密性を考慮した構造としている。

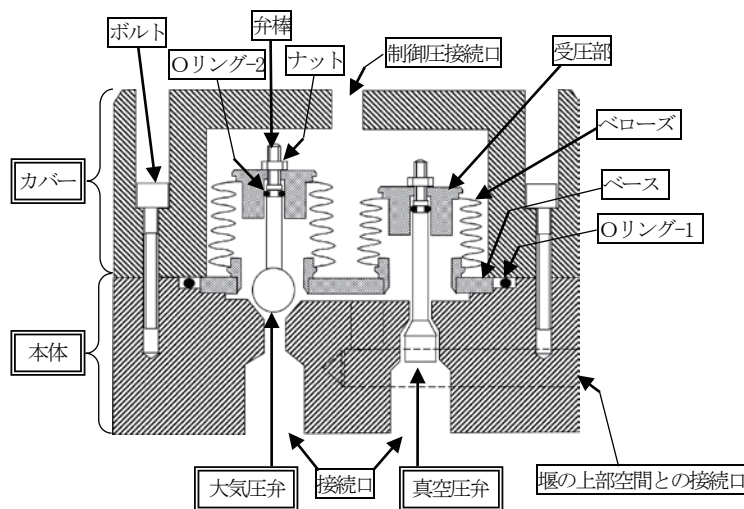


図3 抽出器用流量調節弁の構造図

(1) 本体の構造

本体の下面には、大気圧、真空圧の接続口があり、側面に堰の上部空間との接続口がある。また、大気圧及び真空圧の接続口の上部にはそれぞれの弁座がある。本体の上面には、円状にガイドがあり、ベースとOリング-1が設置できるようになっており、4角にはカバーを固定するボルト用のネジ穴が設けられている。

(2) カバーの構造

カバーの上面には、制御圧の接続口と本体に固定するためのボルト穴が4角にある。また、堰の上部空間からの放射性物質と隔離させるため、本体とカバーの間にOリング-1を設置し、ベースと本体の間はメタルタッチにより気密性を確保できるようにしている。カバーを本体に4本のボルトで固定することにより、制御圧と堰の上部空間から放射性物質を外部に漏らさない構造となっている。

(3) 大気圧弁及び真空圧弁の構造

大気圧弁は、弁棒の下端に球形の弁体を設け、制御圧が加わることで本体の弁座に着座する構造である。また、真空圧弁は、弁棒の下端に逆のテーパ形状をした弁体を設け、制御圧が加わることで本体の弁座に着座した状態から離れる構造である。それぞれの弁棒は、円筒形の受圧部の中心軸に下方からねじ込まれる形で取り付けられ、弁棒の上端にナットを取り付けることで固定している。弁棒は、回転させることで上下し、弁体と弁座の隙間を調整する構造となっている。

弁棒と受圧部の間には、堰の上部空間からの放射性物質と制御圧を隔離させるため、Oリング-2が設けられている。

3.3 抽出器用流量調節弁の動作

抽出器用流量調節弁は、0～100kPaの制御圧に応じて大気圧弁及び真空圧弁が上下することで弁体と弁座の開度が増減する。制御圧に応じた大気圧弁及び真空圧弁の開度は、4つの段階に区分できる。

図4に制御圧と弁開度の関係図を示す。

- ①制御圧が0～P1の範囲では、大気圧弁はP1まで閉方向に動作し、真空圧弁は全閉のままである。
- ②制御圧がP1～P2の範囲では、大気圧弁及び真空圧弁は全閉のままである。
- ③制御圧がP2～P3の範囲では、大気圧弁は全閉のまま

まで、真空圧弁はP3まで開方向に動作する。

- ④制御圧がP3～P4の範囲では、大気圧弁は全閉のまままで、真空圧弁は全開である。

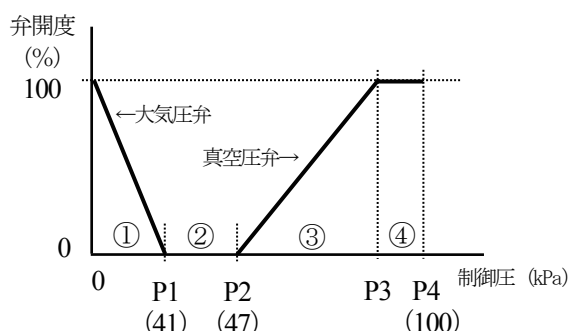


図4 制御圧と弁開度の関係図

4. 抽出器用流量調節弁の課題

4.1 課題

現状の抽出器用流量調節弁は、保守性、気密性及び購入する際の納期と価格について以下のように課題を有している。

図5に抽出器用流量調節弁の構造上の課題箇所を示す。

- ① 弁開度の調整機構に起因する保守性の課題

弁開度の調整は、弁棒上端のナットをゆるめ、弁棒を回転させて弁体と本体にある弁座の隙間を変えることにより行う。この作業は、弁棒がカバーの内部にあるため、カバーを取外して行うが、調整後の弁開度の確認は、カバーを取付けた状態でなければならない。このため、適切な弁開度に調整できるまでカバーの取外しと取付けを繰り返し実施することになる。このように弁開度の調整においては、構造上作業の煩雑さを伴い、時間を要する。

- ② 気密性の課題 (1)

ベース、本体、カバー間の気密性はメタルタッチにより確保している。この気密性が失われると堰の上部空間からの放射性物質が清浄な制御圧配管側へと漏れることにより、汚染が拡大することになる。このため、弁開度を調整する際のカバーの取付け及び取外しでは、接触面を損傷させないように慎重な取り扱いが必要となる。

また、弁開度の調整作業において弁棒を回すと、弁棒に取り付けられたOリング-2も回転するとともに上下し、受圧部との間で摩擦が生じる。このOリング-2が劣化し、気密性が確保できなくなった場合も同様に堰の上部空間からの放射性物質が清浄

な制御圧配管側へと漏れることになる。

- ③ 気密性の課題 (2)

本体とカバーの間に設けられたOリング-1は、抽出器用流量調節弁の内部から外部へ放射性物質が漏れないよう、気密性を確保している。このOリング-1は、弁開度の調整作業に伴うカバーの取外し及び取付けの際、ずれが生じるとOリング-1はカバーと本体間に挟まる恐れがある。このため、十分な確認を行いながらカバーと本体の固定を行うことが求められる。

- ④ 購入する際の納期及び価格の課題

抽出器用流量調節弁は、輸入品であることから、納期までに半年以上を要し、また価格も数百万円と高価である。

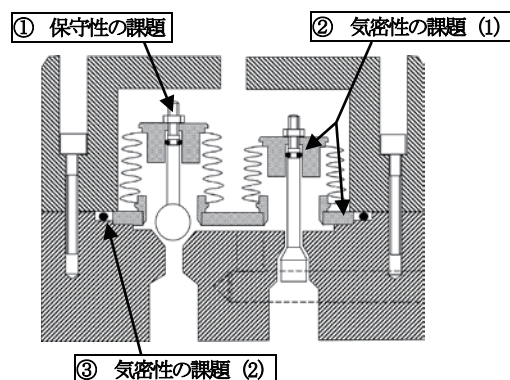


図5 抽出器用流量調節弁の構造上の課題箇所

4.2 課題解決に向けた取組み

- (1) 保守性の課題解決に向けた取組み

カバーの取付け及び取外しを行うことなく弁開度の調整作業ができる構造に改良することとした。

- (2) 気密性の課題解決に向けた取組み

ベースと本体、ベースとカバーに分けて気密性が確保できるよう、メタルタッチからそれぞれにOリングを設置してシールすることとした。また、弁棒のOリング-2は、2重化することとした。

- (3) 納期及び価格の課題解決に向けた取組み

国産化による納期の短縮化と価格の低廉化について取り組むこととした。

5. 抽出器用流量調節弁の改良点と成果

5.1 抽出器用流量調節弁の改良点

改良においては、形状、外形寸法、各接続口の位置については、既設との取合いを考慮し、従来の抽出器用流量調節弁(従来弁)の仕様と同じとなるようにした。また、制御圧に対する弁開度の特性は変更しない

ようにした。図6に改良した抽出器用流量調節弁の構造図を示す。

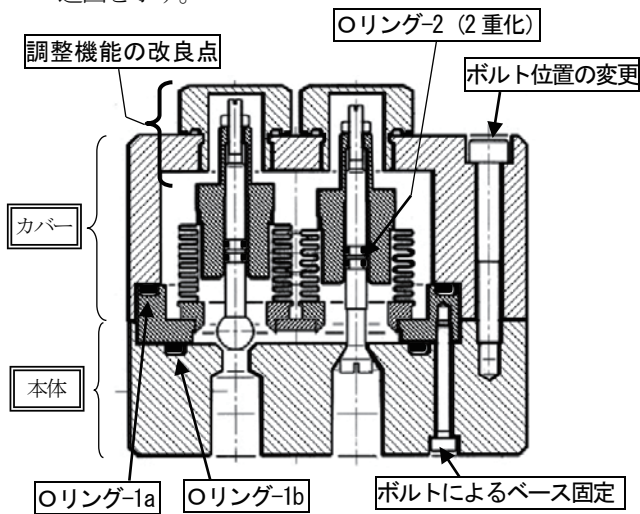


図6 改良した抽出器用流量調節弁の構造図

(1) 保守性の課題に対する改良

弁開度を調整する際の保守性の課題を解決するため、カバーの取外し及び取付けを行うことなく弁開度の調整作業ができる構造を検討した。図7に調整機能の改良案を示す。

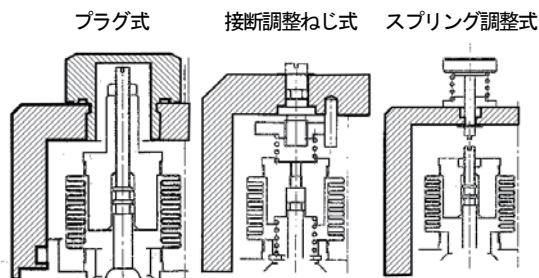


図7 調整機能の改良案

図7に示すようにプラグ式、接断調整ねじ式、スプリング調整式の3種の改良案について検討した。その結果、調整時の安定性を考慮してプラグ式を採用することとした。この方式では、各弁棒の上端をカバー上面から突き出る高さまで延ばすことで、弁棒の調整作業が円滑に行えるようにした。また、従来弁と高さを変えないようにするため、内部を中空にしたプラグを用いて閉止することとした。

(2) 気密性の課題に対する改良

弁棒と受圧部の間に設けられたOリング-2を1つ増やし、2重化して気密性を高めるよう改良した。

また、ベースのシールは、ベースとカバー、ベースと本体に分けて行うこととし、それぞれにOリング(Oリング-1a、1b)を設けて気密性を確保することとした。

(3) 新たな改良点

従来弁において、ベースは本体に固定されておらず、カバーを取付ける際にずれて動くことで、弁と弁座のセンターにずれが生じることがあった。このため、ベースを本体の下面からボルトにより固定できるように改良することにより、ずれを防止できるようにした。また、従来弁は、本体を固定するボルトの設置深さが深かったため、ボルトの締緩が容易に行えるよう、浅い設置とした。

5. 2改良による成果

- ①カバーの上面のプラグを開放できるようにすることで、弁棒の弁開度の調整作業ができるようにした。これにより、調整作業でのカバーの取外し及び取付けが不要となり、調整時間の短縮が図れた。
- ②気密性については、弁棒と受圧部の間のOリング-2を2重化し、ベースと本体及びベースとカバーに分けてOリング-1a、1bを設置したことにより、気密性を向上させることができた。
- ③製作においては、従来弁の仕様と同等にすることができ、また、国内で製作したことにより、納期は数カ月間となり、価格は従来弁の約1/3にすることができた。

6. 結言

従来抽出器用流量調節弁で有していた保守性の課題及び気密性の課題について、構造の一部を改良したことで改善することができた。この結果、保守性については調整作業の負担軽減が図れ、また、気密性を向上させたことで、設備及び作業員に対して安全面での寄与が期待できる。納期と価格の課題については、国内での製作を可能としたことで納期及び購入費が従来弁に比べ大幅に削減できた。

今後、改良した抽出器用流量調節弁を使用することで、より抽出工程の機能維持に貢献できると考える。

参考文献

[1] 東海事業所再処理工場処理部 舛井仁一、“(7)再処理における溶媒抽出”、動燃技報、No58、資料番号58-7 (1986)

[2] 東海事業所再処理工場処理部、東海事業所技術開発部 “使用済燃料再処理における溶媒抽出”、動燃技報、No63、資料番号63-6 (1987)