

# 真空を用いた槽間液移送用三方向切替弁の開発

## Development of new three way valve using vacuum for liquid transfer

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)
日本原子力研究開発機構	福有 義裕	Yoshihiro FUKUARI	(Non-Member)

The nitric acid solution dissolving nuclear fuel material is transferred with the three way valve called VCV (VCV: vide-casse-vide in Fr.) using vacuum in the Tokai Reprocessing Plant. The initial VCV was not reliable because it had broken with in 1 or 2 years. The cause of failure was damage of the plastic diaphragms in the moving parts. Then, the new VCV valve with stainless-steel bellows was developed. There is no failure in moving parts in 20 years, therefore reliability is significantly improved.

**Keywords:** Three way valve, VCV, Vacuum, Diaphragm, Bellow

### 1. 緒言

東海再処理工場では、使用済み核燃料をせん断・溶解し、ウラン、プルトニウムの抽出・分離を行っている。

再処理工場内で取り扱う溶液の移送には、可動部が接液しないように真空の吸引力を利用した機器で故障時の核燃料物質による保全区域の汚染拡大の防止及び従業員の被ばく低減を図っている<sup>[1,2]</sup>。真空を制御するための機器には、3つのポジションを操作圧力値の違いにより切替えられる三方向切替弁 (VCV; Vide-Casse-Vide<sub>(仏)</sub>) を用いている。

VCVによる溶液の槽間移送は、真空の吸引力のほか、サイホンの原理を利用しているため、移送中に VCV が接液することなく残渣を含んだ溶液の移送ができ、また、移送の液路には、弁などが不要で配管のみでよいという利点がある。しかし、当初設置していた VCV の可動部材である樹脂製ダイアフラムは、機械的に弱く、早いものは1、2年で破損していた。ダイアフラムが破損すると真空が維持できず、溶液の移送工程が停止する。移送工程を再開させるためには、VCVの交換が必要であるが、VCVは、輸入品であり、調達に時間がかかる。さらに、系統配管からの核燃料物質の気体が VCV 内部を汚染させるため、放射線管理下での作業となり、多くの労力と資材を必要とした。当初設置していた VCV は、このように信頼性、調達性及び保守性に課題があり、工場の安定運転及び保全経費の削減のた

め、信頼性の高い装置を国内で短期間に低価格で調達できるよう開発が求められていた。

### 2. VCVの構造と作動方法

#### 2.1 構造と原理

VCVの構造を図1に示す。

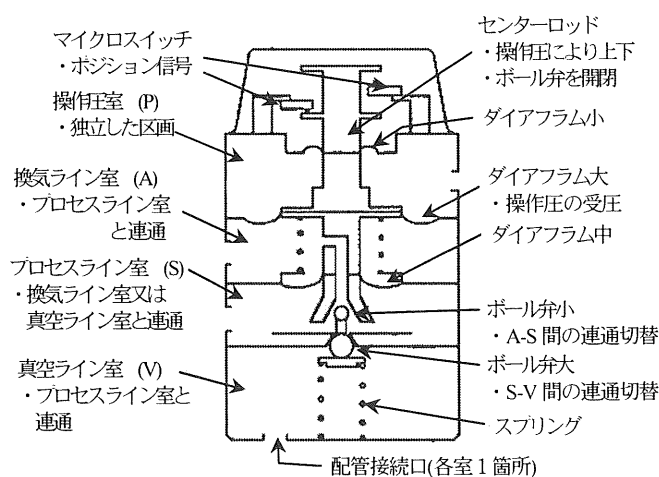


図1 VCVの構造

VCVは、幅90×奥行98×高さ162 (mm)の縦長立方体のステンレス鋼製の箱型である。内部構造は、上方から操作圧室(P)、換気ライン室(A)、プロセスライン室(S)、真空ライン室(V)の4室から構成され、室毎に配管を接続することができる。また、故障時には、内部部品の交換及び核燃料物質の除染を行い再度利用できるよう、室毎に4分割できる構造となっている。

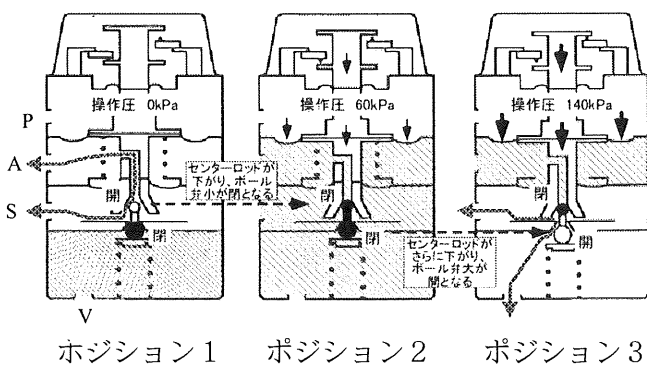
溶液移送においてサイホンの原理を利用するには、

連絡先:安尾清志、〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33、東海研究開発センター 核燃料サイクル工学研究所 再処理工場技術開発センター 施設管理部 施設保全第2課、電話: 029-282-1111、e-mail: yasuo.kiyoshi@jaea.go.jp

落差がある槽間を結ぶ液移送路を大気圧状態から真空状態とし、液移送路内を溶液で満たした状態を作り、それを保持する必要がある。そのため、VCV を槽間の液移送路の上方に設置し、内部に配したボール弁の開閉を制御することで、溶液の移送を可能としている。

## 2.2 作動方法

VCV は、3 段階の操作圧を P 室へ供給することにより S 室と A 室、S 室と V 室の連通を変え、三方の切替えを行う。図 2 に VCV の作動概略図を示す。ポジション 1 では、操作圧を 0kPa とし、S 室と A 室が連通する状態となる。ポジション 2 では、操作圧を約 60kPa とし、S 室が A 室、V 室と連通しない状態となる。最後にポジション 3 では、操作圧を 140kPa とし、S 室と V 室が連通する状態となる。ポジションの切替えは、P 室へ供給された圧力を、P 室のダイヤフラム大が受けて伸縮し、ダイヤフラム大の伸縮に応じてセンターロッドが上下することで S 室のボール弁小及び V 室のボール弁大が上下し、これらのボール弁が開閉することで行う。VCV のポジションは、VCV 本体上部に配置したマイクロスイッチの接点信号により把握することができる。



◄→ ; 連通状態    ▨ ; 非連通の室

図 2 VCV の作動概略図

## 2.3 VCV の使用例

VCV の使用例を図 3 に示す。

槽間落差のある 2 つの槽間で、槽 A から槽 B へ VCV を使用して液移送をする場合、弁 1 が閉の状態 VCV に操作圧約 140kPa を加え、ポジション 1 (大気圧状態) からポジション 3 (S-V ライン) の状態にし、真空槽 V 内を真空とする。次に操作圧を約 60kPa にし、ポジション 2 (真空供給停止) の状態とし、弁 1 を開けると槽 A 及

び槽 B から溶液が引き上げられる。溶液で液移送路内が満たされるとサイホン状態となり、高低差により槽 A から槽 B へ溶液が移送される。溶液の移送は、ポジション 1 (大気圧状態) とし、サイホンを切ることで終了する。

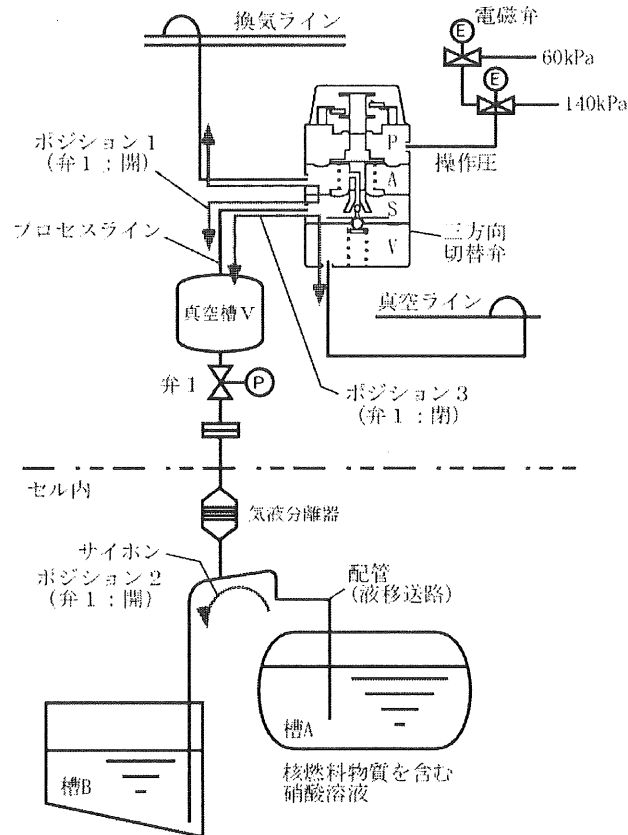


図 3 VCV の使用例

## 3. 国産による VCV の開発

### 3.1 国産化の必要性

VCV は、再処理工場の主工程において、核燃料物質を含んだ溶液を移送するため、高い信頼性が求められている。しかし、当初設置した VCV は、可動部であるダイヤフラムが樹脂製で機械的に弱いため、早いものは稼働 1、2 年で破損が発生し、移送ができなくなっていた。また、設置数 37 台に対して、設置後 5 年間で 20 台が故障し、これまでに延べ 37 台 (同一の VCV で 2 回以上の交換実績を含む) の交換を行った。VCV が故障すると溶液の移送工程が停止するため、工程の運転を維持するには、速やかな交換が必要となる。交換作業では、気液分離器で除去できなかった核燃料物質の気体により VCV の内部が汚染されることもあり、汚染拡大及び被ばくの防止に配慮し、慎重な作業となる

ため、交換作業に多くの労力を割くこととなる。また、故障した VCV を再度使用可能な状態にするため、内部部品を交換し、組立てる際に、機械的に弱いダイヤフラム破損させる恐れがあり、熟練した技術が必要であった。さらに、VCV は輸入品であるため、予備の確保には、割高な費用と約 1 年という長い納期が必要であり、国産計器並みの調達性が求められた。

### 3.2 国産 VCV の開発

開発した VCV を図 4 に示す。また、開発に際しての留意事項を(1)~(5)にまとめた。

- (1) 取付方法が従来の VCV と変更になると、既存の配管の改造が生じるため、外形寸法、配管取合位置は同一とした。
- (2) 可動部の材質は、強度を有し、容易に取り扱え、耐薬品性を有するステンレスを選定した。
- (3) ボール弁小が A-S 間を確実に締切ることができるように、センターロッドのストロークを可変できる調整機構を設けた。このため、可動部の形状には、調整機構の設置空間を確保できるベローを選定した。
- (4) ボール弁大が S-V 間を確実に締切ることができるように、スプリング小のばね圧を可変できる調整機構を設けた。また、保守性を考慮して外部から調整可能とし、熟練した技術を不要とした。
- (5) 国内生産については、同様な切替弁と制御機構を設計・製作した実績のある会社を選定した。

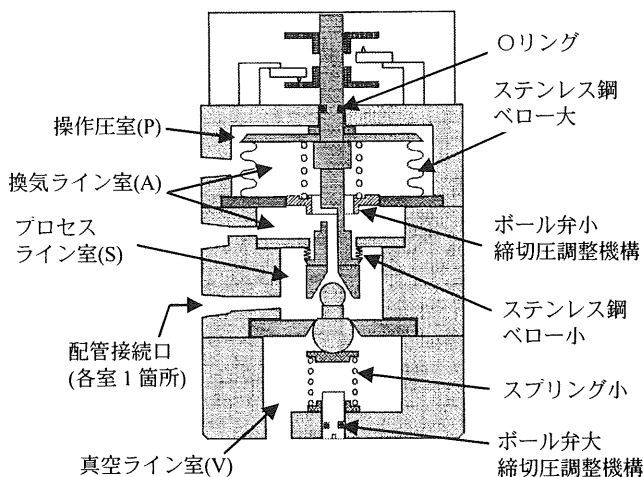


図 4 国産 VCV の構造

### 3.3 国産開発した VCV の使用実績

開発した VCV は、使用頻度の多い工程に適用しているが、既に交換後約 20 年を経過し、故障は発生していない。尚、開発した VCV の不具合は、これまでに 1 件生じているが、ボール弁小へ異物が付着したことにより真空を保持できず作動不良となったことが原因であり、内部機構の設計上の不具合やベローの材質の問題に起因するものではなかった。

### 4. 結言

- 1) 国産化した VCV に交換して以降、故障はなく、信頼性が大きく向上した。
- 2) ボール弁大小の締切圧調整機構は、容易な方法でボール弁が確実に開閉する状態を調整でき、信頼性、保守性ともに向上した。
- 3) ステンレス鋼ベローにしたことで、故障後に内部部品の交換を行う際の部品の取扱が容易になり、保守性が向上した。
- 4) 国産化により、購入に関わる費用、納期ともに縮減され、工場の安定運転に寄与している。
- 5) 開発した VCV の容易な制御方法と構造は、複数の弁やポンプ等を使用して液移送を行っているプロセスに応用することで、制御方法の簡易化、部品点数、保守回数の削減等を行うことができると考える。

### 参考文献

- [1] 福有義裕、立原富夫、“核燃料再処理プラントにおける計装システム”、エネルギー・資源学会、Vol.12, No.4, 1991、pp.365-370.
- [2] 動燃事業団東海事業所再処理工場工務部保守課、処理部前処理課、“再処理工程の運転-保守・補修”、動燃技報、No.55、資料番号 55-13(1985)