

高放射性廃液貯槽の廃液攪拌用三方弁等交換時における作業員の被ばく低減対策

Dose reduction measure in exchange work of valves used for agitation of highly active liquid waste in storage tank

日本原子力研究開発機構	磯崎 尚彦	ISOZAKI NAOHICO	Member
日本原子力研究開発機構	森本 憲次	MORIMOTO KENJI	Non-Member
日本原子力研究開発機構	古川 竜一	FURUKAWA RYUICHI	Non-Member
日本原子力研究開発機構	坪井 雅俊	TSUBOI MASATOSHI	Non-Member
日本原子力研究開発機構	矢田 祐士	YADA YUJI	Non-Member
日本原子力研究開発機構	三好 竜太	MIYOSHI RYUTA	Non-Member
日本原子力研究開発機構	内田 豊実	UCHIDA TOYOMI	Non-Member
新生テクノ株式会社	池澤 和美	IKEZAWA KAZUMI	Non-Member
株式会社 E&E テクノサービス	黒澤 健二	KUROSAWA KENJI	Non-Member

Highly active liquid waste, which is generated by the reprocessing of spent nuclear fuel, is stored in storage tank of Tokai Reprocessing Plant until it is vitrified. The waste solution in the tank is periodically agitated to avoid the precipitation of insoluble residues during the storage. Three way valves and ball valves have been located at the tank for agitation. Radiation dose rate at the valve location is high and operator's radiation exposure become a problem. Therefore, measures to reduce radiation exposure are performed and reported in this presentation.

Keywords: Highly active liquid waste/maintenance of pulsation valve/Reduction of radiation exposure

1. 緒言

東海再処理施設の分離精製工場（以下、MP という。）に設置してある高放射性廃液貯槽（4 基、うち 1 基は予備貯槽）では、高放射性廃液中に含まれる不溶解残渣（以下、スラッジという。）等の沈降を防ぐために、定期的に貯槽内の廃液を圧縮空気（以下、圧空という。）により脈動させて攪拌している。攪拌を行うための配管系統には三方弁やボール弁が設置されているが、これらの弁を保全のために交換する際に作業員の放射線被ばく量が高くなる問題があったことから被ばく低減に取り組んだ内容を報告する。

2. 攪拌装置（パルセーション）の概要

MP の高放射性廃液貯槽（以下、HAW 貯槽という。）では、高放射性廃液中に含まれるスラッジの沈降、堆積を予防するために、圧空を HAW 貯槽の内部にあるパルセータと呼ばれる筒状の管へ供給することで液攪拌を行う。これを「パルセーション」と言い、高放射性廃

液を貯蔵している HAW 貯槽（272V12, V14, V16）において、それぞれ攪拌動作を約 6 分間隔で行っている。

図 1 に示すように、三方弁は圧空供給槽、HAW 貯槽内のパルセータ、HAW 貯槽の気層部の三方に繋がる配管をユニオン継手で接続している。また、三方弁とパルセータ間及び三方弁と貯槽間にはボール弁が設置されている。

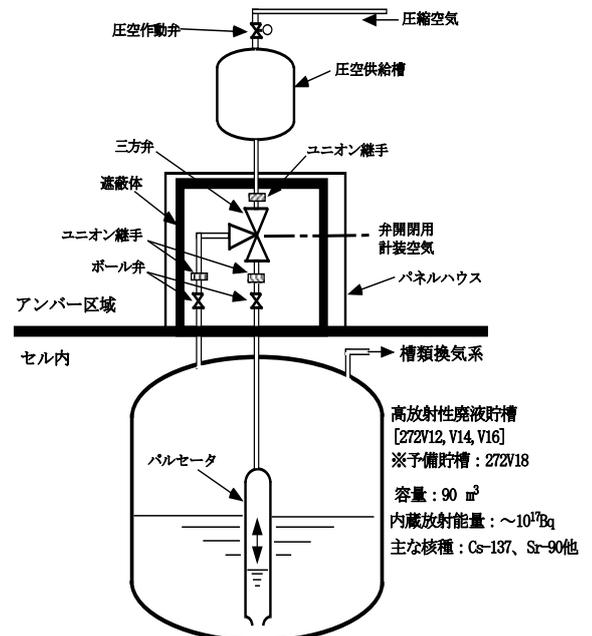


図 1 パルセーションの概要

連絡先：磯崎 尚彦
〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33
国) 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: isozaki.naohiko@jaea.go.jp
TEL: 029-282-1133 (内 73333)

パルセーションの動作は、三方弁の切り替えにより、パルセータと貯槽間のラインが開となっている状態で、圧空供給槽にパルセーションに必要な圧空を溜める。圧空供給槽が所定の圧力に達すると、圧空供給槽側とパルセータ側の弁が開き、圧空供給槽の圧空がパルセータ内へ供給される (図2①)。これによりパルセータ内の高放射性廃液を貯槽内に押し出して、その流速により貯槽底部に沈降したスラッジを攪拌させる。

圧空の供給が終了すると、圧空供給槽側の弁が閉、パルセータと貯槽間のラインが開となり、パルセータに供給した圧空が三方弁内を通過し、貯槽内に流れて槽類換気側へ排気される (図2②)。

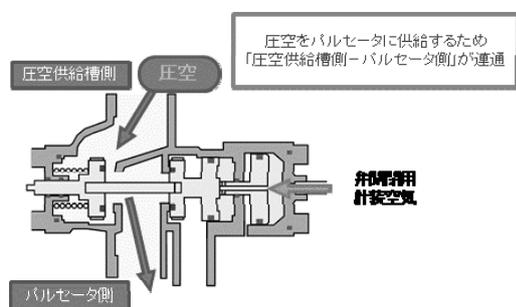


図2 ①

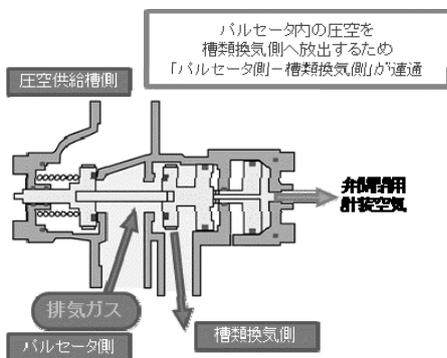


図2 ②

HAW 貯槽は通常人が立ち入れないセル内に設置し、三方弁やボール弁は保守が必要となることからアンバー区域に設置してある。しかし、三方弁、ボール弁及びその系統の配管は、パルセータに供給した圧空が高放射性廃液と接触後、放射性物質を含む空気 (パルセータ内の排気ガス) として通過することから、高線量下 (γ : 約 10~120 mSv/h^{※1}) となるため、鉛遮蔽体 (以下、遮蔽体という。) の中に設置されている (図3)。また、三方弁本体、ボール弁、及びそれらの継手類の緩みやパッキン・ガスケットの劣化により汚染した圧空が漏れ出る可能性があるため、遮蔽体を取り囲むようにパネルハウスを設置して、アンバー区域への空気汚染の

防止を図っている。

※1: HAW 貯槽の廃液の保有量及び三方弁、ボール弁の使用期間等で線量に幅がある。また、当該線量は、各交換作業時における三方弁、ボール弁等の表面を直接測定した際の最大値。

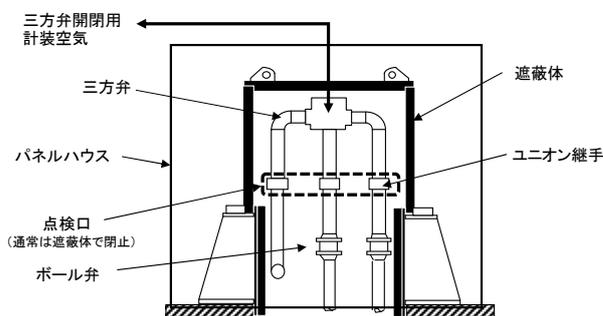


図3 三方弁設置概略図

3. 課題 (従来の三方弁等の保守方法)

三方弁等の交換を行うためには、三方弁等を覆っている遮蔽体上面及び前面 (点検口含む) を取外す必要があり、作業では以下の課題があった。

- (1) 三方弁の取外しを行う際は、遮蔽体前面に設置してある点検口からユニオン回しを差し込み、ユニオン継手 (3 箇所) を緩めることで取外しができるが、点検口の位置、寸法 (約 20 mm×約 420 mm) が決まっており、ユニオン継手が回転した位置によっては次にユニオン回しの爪を掛けようとしてもユニオン継手の溝に引っ掛からない状態が発生した (図4)。また、取付けの際にもユニオン継手の締付けが不十分になるおそれもあり、遮蔽体を取外して作業を行っていた。
- (2) ボール弁の交換においては、ボール弁交換用の点検口が設計されておらず、当初から前面の遮蔽体を取外して行っていた。
- (3) 遮蔽体を取外した状況での交換等作業は、作業員の被ばく量が増加するため、1 回あたりの作業時間も制限されていた。

以上のことから、遮蔽体を外すことなく、三方弁やボール弁の交換等の保守作業が行えるような作業方法及び治工具を考案・製作することとした。

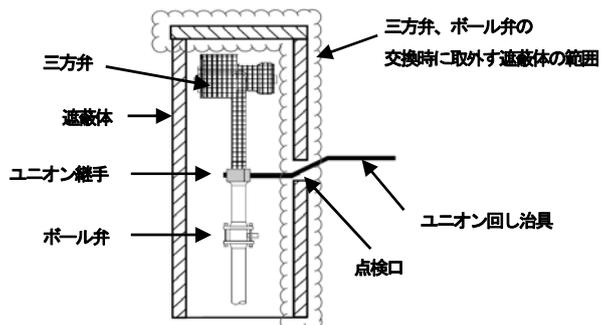


図4 ユニオン回し治具取付け概要

4. 遠隔治具の考案・実用化

4.1 ユニオン回し治具の改良

定まった位置、寸法の点検口において、確実にユニオン継手の締付けが行えるように市販のユニオン回しを改良した（写真一①）。

- (1) ユニオン継手の溝がどの位置にあってもユニオン回しの爪が掛かるように、爪を2箇所に変更した。
- (2) ホールド性を向上させるためにユニオン継手の半周分の位置に先端の爪が届くように長さの延長やユニオン継手の径に合うように角度調整を実施した。

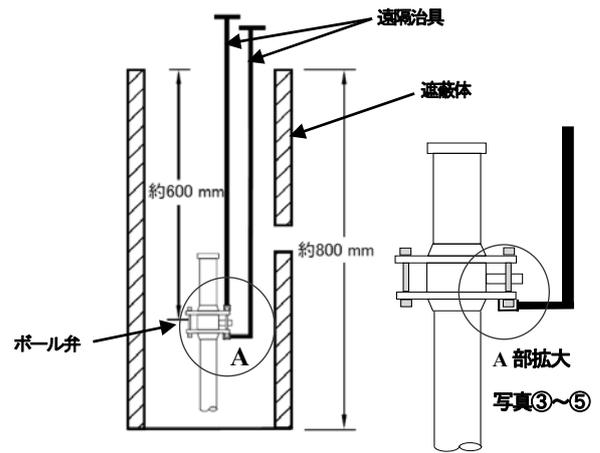
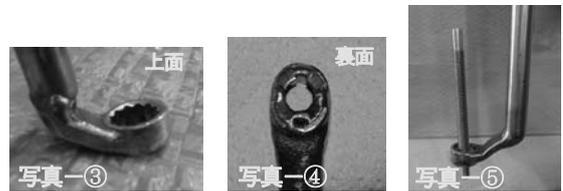


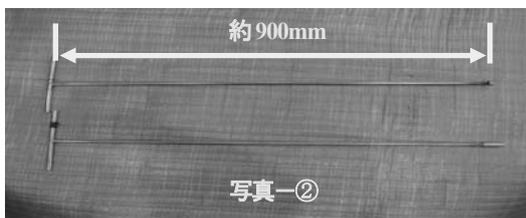
図5 遠隔治具取付概要図



4.2 ボール弁の交換等に使用する遠隔治具の採用

遮蔽体の上面のみを取り外して、その開口部から約600mm下のボール弁を交換するための遠隔治具として、以下のものを考案・製作し、実用化を図った（図5）。

- (1) ボール弁固定用上部フランジ側のナット回し工具
上部フランジのナットに直線的に工具が差し込めるタイプと途中で配管サポート等が介在している場合にそれらを避けて、ナットを回すタイプの2種類を製作した（写真一②）。どちらのタイプでもナットを緩めたり、締付ける機能、操作性に問題ないことを確認している。

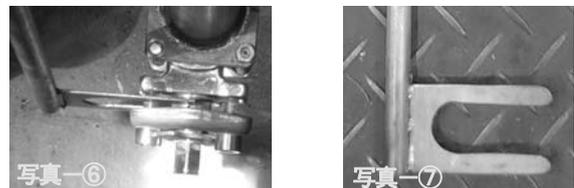


- (2) フランジ下部側で使用する専用工具

フランジ下部側のナットを押える専用の工具は、メガネスパナを改良して、底面に平ワッシャーを溶接した形状とした（写真一③、④）。これにより、ボール弁交換時にスタッドボルトにナットを付けた状態（スタッドボルトの端約10mmのねじ山を削り、メガネスパナのワッシャー穴を通すことでボルトナットを保持）でフランジの上下ボルト穴を通すことを可能としている（写真一⑤）。

- (3) ボール弁の回収等を行う治工具

フランジ面から旧ボール弁の回収及び新ボール弁の据付けを行うために、ボール弁のシャフト部分を挟み込んで保持できるように平板を加工した工具を製作した（写真一⑥、⑦）。



- (4) スタッドボルトにナットをセットする治工具

フランジ下部側からスタッドボルトを差し込んでいる状態（図6）で、上部側フランジのスタッドボルトにナットを取り付ける治具を製作した（写真一⑧）。

なお、スタッドボルト上側の端も約10mmのねじ山を削ることで、ナットが水平な状態でねじ山の部分まで落下し、ネジを噛むことなくナットを締め付けられることを確認している（写真一⑨）。

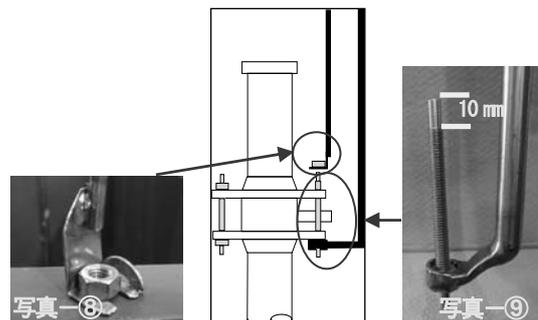


図6 ナット取付け概要図

4.3 モックアップ装置の製作及び操作訓練

施工図等の完成図書をもとに既設と同形状、同寸法、同配列のモックアップ装置を製作した。更に、実機では遮蔽体の外側にパネルハウスが取り付けられており、そのうち、床面から点検口までの高さのパネルハウス土台部分は取り外しができない構造となっていることから、それも模擬した構造としている。(写真⑩、⑪)。

このモックアップ装置により、4.1 に示したユニオン回し治具の改良、4.2 に示したボール弁の交換に使用する各種遠隔治具の製作、改良を繰り返して実用化を図った。また、三方弁やボール弁の交換は数年行わない場合があるため、交換作業前には、熟練者による技術指導を行い、遠隔治具の取扱い訓練を繰り返し行うことで作業員の操作技量向上を図っている。



既設装置



モックアップ装置

5. 成果

- ①表1において、作業員の被ばくに起因する三方弁等の線量は、高放射性廃液の保有量、三方弁等の使用期間(交換間隔)等により、異なる。このため本改善の効果を確認するため、三方弁等の線量がほぼ同じ(約40 mSv/h)であった1997年、1999年と2010年、2014年の三方弁交換時の作業員の被ばく量と比較した結果、平均で約0.45 mSvから約0.17 mSv(約60%減)に低減することができた。これは、遠隔治具を実用化し、前面の遮蔽体を外さずに作業を行えるようになったためである(表1、図7)。
- ②また、被ばく人数についても、遮蔽体を外さずに作業が可能になったことで、1回あたりの作業時間を長くすることができ、これまで約7人かけていた作業を約3.5人(被ばく人員の約50%減)で行えるようになった。
- ③実機と同形状、同寸法のモックアップ装置を製作し、遠隔治具による、三方弁及びボール弁の交換訓練を繰り返し実施することにより、作業員の操作技量の向上を図ることができた。このことも作業員の被ばく低減化に大きく寄与したものと考えられる。

交換年月	対象貯槽	保有容量 (m ³)	交換実績	最大線量 (mSv/h)		最大被ばく量	総被ばく量/対象人数
				γ	βγ		
1997.6	272V16	約78	三方弁	40	100	0.5 mSv	2.6 mSv/10人
1999.2	272V16	約69	三方弁	40	40	0.4 mSv	2.2 mSv/9人
2004.6	272V14	約28	三方弁 ボール弁	70	90	0.5 mSv	1.8 mSv/7人
2006.9	272V16	約55	三方弁	120	135	0.6 mSv	1.8 mSv/5人
2007.9	272V16	約36	三方弁 ボール弁	10	100	0.5 mSv	1.2 mSv/4人
2010.4	272V12	約26	三方弁 ボール弁	39	160	0.1 mSv	0.3 mSv/3人
2014.2	272V14	約12	三方弁	30	65	0.2 mSv	0.3 mSv/3人
2014.12	272V16	約11	三方弁	40	160	0.2 mSv	0.6 mSv/4人
2019.5	272V16	約12	増締め	26	27	0.2 mSv	0.5 mSv/4人

※最大被ばく量(平均) 約0.5 mSv⇒約0.18 mSv [約60%低減]
 ※被ばく人数(平均) 約7人⇒約3.5人 [約50%低減]
 ※総被ばく線量(平均) 約1.9 mSv⇒約0.4 mSv [約80%低減]

□ : 遮蔽体無し ■ : 遮蔽体有り

表1 三方弁等交換時の被ばく実績

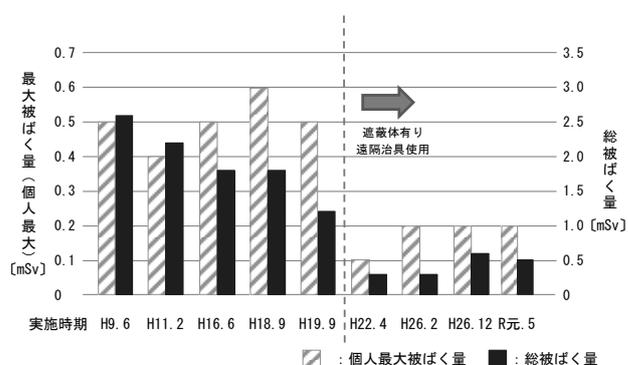


図7 三方弁等交換時の被ばく量の実績

6. 結言

パルセーション用の三方弁及びボール弁交換時の被ばく問題に対して、ユニオン回しの改良、遠隔治具の実用化を図ることにより、前面の遮蔽体を取り外すことなく上部からのアクセスのみで、保守・交換作業ができるようになったため、作業員の被ばく量の大幅な低減化や作業に係る人員の削減を図ることができ、被ばくに対する問題が解消された。

また、模擬遮蔽体内に既設と同形状の三方弁、ボール弁等を配置したモックアップ装置を製作したことで、実際の交換作業前に操作訓練を繰り返し行うことができ、保守要員の技術伝承に大きく役立っている。

参考文献

- [1] 戸曾晴久ほか、原子力学会 1991 年秋の大会「再処理工場における高放射性廃液貯蔵工程の運転経験」
- [2] 平成 28 年度日本原子力学会北関東支部若手研究者発表会(ポスター発表)「ベローズ構造による高放射性廃液貯槽パルセーション用三方弁の開発」