

電解研磨による放射性金属廃棄物の除染

Decontamination of Radioactive Metallic Waste by Electropolishing

技術開発本部

和田 耕 一
Koichi Wada

The nuclear fuel cycle generates a large amount of radioactive metallic waste. Most of this waste will be contaminated only on the surface, so removing the surface only is adequate and will reduce the expense of waste storage and disposal.

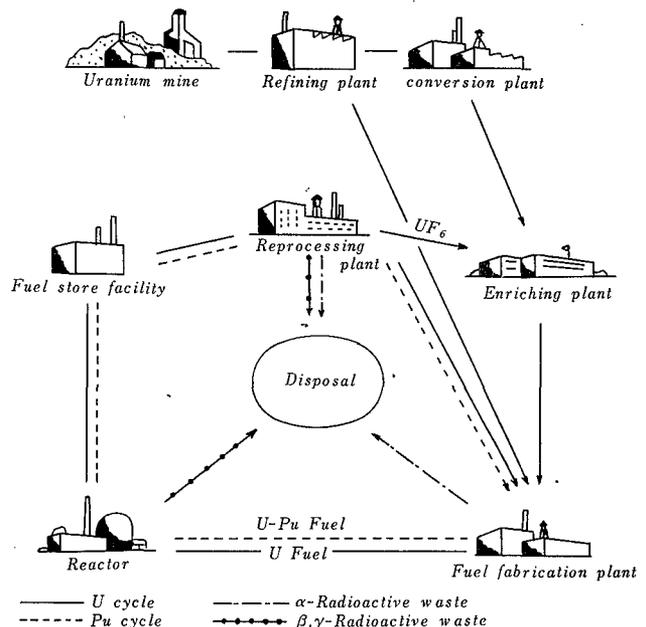
Electropolishing is the most effective method of surface decontamination. Solution treatment is the main difficulty encountered with this method due to the need to minimize the volume of secondary waste. We are developing an electrolyte treatment technique that removes dissolved metals and other contaminants from the electrolyte, making re-use possible. This paper discusses the electropolishing decontamination equipment we installed at the Oarai Engineering Center of the Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC) and our electrolyte treatment technique.

放射性金属廃棄物を除染する装置の開発を目的として、電解除染技術の開発を行なっている。本稿では、当社が動力炉・核燃料開発事業団内に納入した電解除染装置の概要を紹介するとともに、当社の開発した電解除染システムについて報告する。

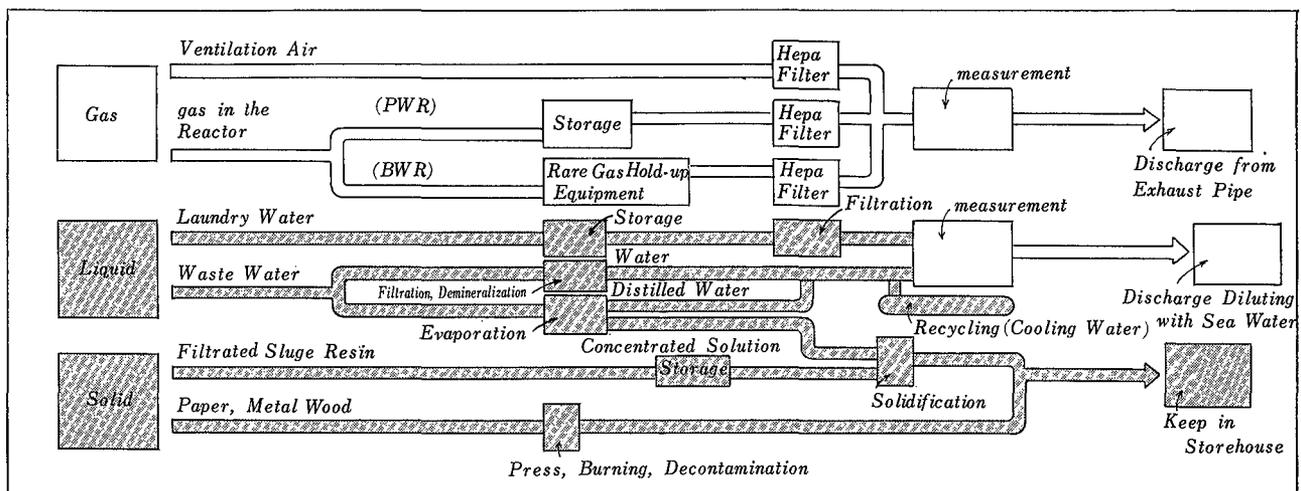
1. ま え が き

原子力発電所、燃料加工施設、あるいは再処理施設などのいわゆる核燃料サイクル施設から発生する放射性廃棄物は、第1図に示す流れの中から発生し、第2図に示すような処理がなされている。処分方法は、様々な角度から評価検討されており、現状は暫定貯蔵が実施されている段階である。しかし、第1表に示すように、原子力発電所のドラム缶貯蔵能力は約50万本で、1982年度での貯蔵本数は約30万本である。年間のドラム缶発生量は数万本といわれており、このままでは数年のうちに貯蔵能力を上まわることになる。原子力発電所などの各施設では、貯蔵施設の増設で対応しているが、敷地に制限もあることから、国策レベルでの総合的対応が緊急の課題となっている。

以上の背景をもとに、原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会は、1982年6月の「低レベル放射性廃棄物対策について」と題する報告書の中で、固体廃棄物に対し「極低レベルのものは放射能で汚染されていないものと同等に取扱



第1図 核燃料サイクル
Fig. 1 Nuclear fuel cycle



第2図 低レベル放射性廃棄物の処理
Fig. 2 Treatment of low level radioactive waste

第1表 原発における放射性廃棄物の貯蔵能力および貯蔵量
Table.1 Storage capacity and stored quantity of radioactive waste in terms of 200ℓ drum (July '82)

POWER STATION	Storage Capacity (×10 ⁴ drums)	Stored Quantity (×10 ⁴ drums)
The Japan Atomic Power Tokai	2.7	1.7
Tsuruga	3.5	2.6
Tokyo Electric Power Fukushima 1	21.0	14.4
Fukushima 2	3.2	<1
Chubu Electric Power Hamaoka	4.2	3.3
The Kansai Electric Power Mihama	3.5	1.7
Takahama	3.1	1.8
Ohj	1.9	1.2
Chugoku Electric Power Shimane	3.6	1.7
Shikoku Electric Power Ikata	1.9	0.6
Kyushu Electric Power Genkai	1.9	1.0
Total	50.5	30.2

うなどの合理的な処理処分が必要」と訴えている。これがいわゆる「すそ切り」といわれるものの概念である。

一方、原子力発電所の寿命は30～40年といわれており、原子炉の恒久的な運転終了に伴ってとられる廃止措置のあり方が原子力委員会廃炉対策専門部会で検討されている。わが国における廃止措置は解体撤去の方向で考えられている。原子炉の解体撤去では、解体廃棄物の処理処分が大きなウェートを占めており、1982年3月の同部会報告の中で「すそ切り」の必要性が訴えられている。

「すそ切り」の法制化により、金属廃棄物などは除染により一般廃棄物と同等の取扱いができる可能性もあるので、除染技術は、減容技術の1つとして重要な開発課題となっている。

金属廃棄物の除染技術には物理的および化学的手段があるが、その中で電解研磨技術は高い除染効果の得られることから、将来の除染技術の中心となるものと考えられている。

当社は十年以上にわたり、化学工業、食品工場、医薬品工業向けの機器に電解研磨技術を適用してきた。しかし、電解研磨技術を除染技術として適用する上で様々な問題点があり、当社では動力炉・核燃料開発事業団殿より委託を受け、またあるいは独自でそれら問題点の解決をはかってきた。

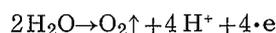
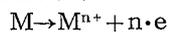
本稿では、動力炉・核燃料開発事業団殿に納入した電解除染装置の概略仕様と、当社が新たに開発した電解除染システムの概要について報告する。

2. 電解除染技術の概要

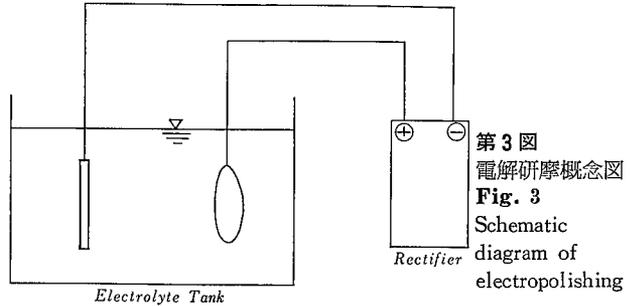
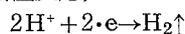
2.1 電解研磨の原理

第3図のように、被研磨物を陽極とし陰極との間に直流を通電すると陽極と陰極とでそれぞれ以下に示す反応が起こる。

(陽極反応)



(陰極反応)



第3図
電解研磨概念図
Fig. 3
Schematic
diagram of
electropolishing

すなわち、被研磨物の表面層を電気化学的に溶解することで表面に付着していた放射性物質も完全に除去することができる。

溶解される量 (Wg) はファラデー則より

$$W = \frac{A \times T \times \frac{M}{n}}{96500} \times \frac{\eta}{100}$$

A: 電流 (A)

T: 電解時間(sec)

M: 溶解金属の原子量(g)

n: 溶解金属のイオン価数

η: 電流効率(%)

で表わされる。

2.2 電解研磨技術を除染に適用する上での問題点

1) 電解液

通常の電解研磨で用いられる電解液は鏡面光沢を得る目的から、特定の材料に対して特定の成分組成を持つ電解液が使用される。また光沢剤として有機物も添加されている。

電解除染では高い除染効果を得ることが目的である。減容効果の面から、液の成分組成を単純化し液の処理が容易になるように考えねばならない。当社は、動力炉・核燃料開発事業団殿より委託を受け、最適除染液として5 vol % 硫酸を提示した。

2) 電極構造

作業者の被曝低減の目的から、陰極の配置、陽極の接続作業が短時間で済むような工夫が必要である。

3) 洗浄

除染対象物を電解槽から取り出す際に、放射性物質が電解液と共に再付着してくる。洗浄が不十分な場合、期待されるような除染効果が得られないので、効果的洗浄方法の検討が必要である。

4) 廃液処理

電解液は液中の放射能が増加して基準値を超えるか、あるいは金属イオン濃度増加により液の研磨能力が低下した場合、廃液として処理しなければならない。処理により発生する二次廃棄物量はできるだけ少なくしなければならない。電解除染システムにおける最大の技術的課題はこの電解液処理である。

3. 電解除染装置

動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センター固体廃棄物前処理施設(Waste Dismantling Facility)に設置された電解除染装置の概要を述べる。

3.1 WDFの概要

WDFは核燃料サイクル施設から発生するプルトニウム等の超ウラン元素(TRU)を含んだいわゆるTRU廃棄物の処分のための前処理を行なう施設である。

TRU廃棄物は長半減期の放射性核種を含んでいるため、処理処分にあたっては高レベル廃棄物対策に準じた長期間の隔離が必要とされている。TRU廃棄物のうち金属廃棄物は効果的な除染により低レベル廃棄物と同等の処理処分を行える可能性があり、このことは廃棄物管理コストの面からきわめて重要である。

WDFでは高レベルTRU廃棄物のハンドリングはマニプレーターを用いた遠隔操作で行なわれ、低レベルTRU廃棄物はフロッグマンスーツと呼ばれる特殊密閉服を着用した作業員がハンドリングを行なっている。

3. 2 装置概要

3. 2. 1 機器仕様

- 1) 電解槽 500×800×700^H(mm)
角型槽
- 2) 水洗槽 400×800×700^H(mm)
角型槽
- 3) 整流器 15V-500A
- 4) 陽極 チタン製バスケット
- 5) 制御盤
- 6) 現場操作盤
- 7) 超音波洗浄器 600W×2台
水洗槽内取付
- 8) 水洗水処理 混床型イオン交換塔
- 9) 局所排気装置

3. 2. 2 操作性

フロッグマンスーツによる操作性を確保するため、バルブ配置、機器形状等に配慮がなされている。

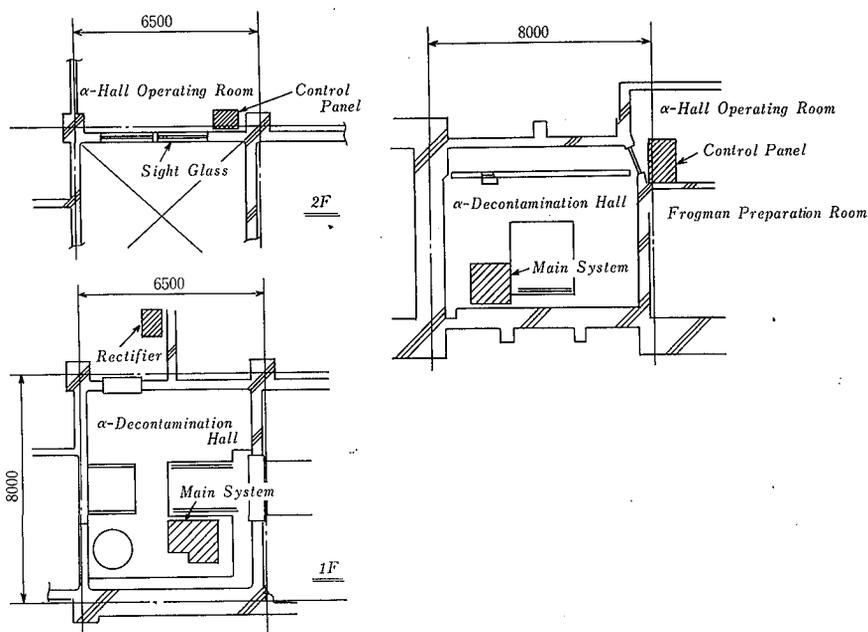
3. 2. 3 安全性

- 1) フロッグマンに対する安全性の目的で、装置の各エッジ部はすべて面取りを行なっている。
- 2) 各機器の保護、作業安全の目的で、インターロック等を設定している。
- 3) 水素ガス発生量を十分考慮した排気量を確保すると共に、構造上ガスだまりを生じないように配慮している。
- 4) 酸ミスト飛散を防止するため、局所排気装置およびデミスターを設置している。
- 5) 耐震設計はBクラスで設計している。

WDF内の設置場所を第4図に、装置の外観図を第5図に、装置の据付状況を写真1にそれぞれ示す。

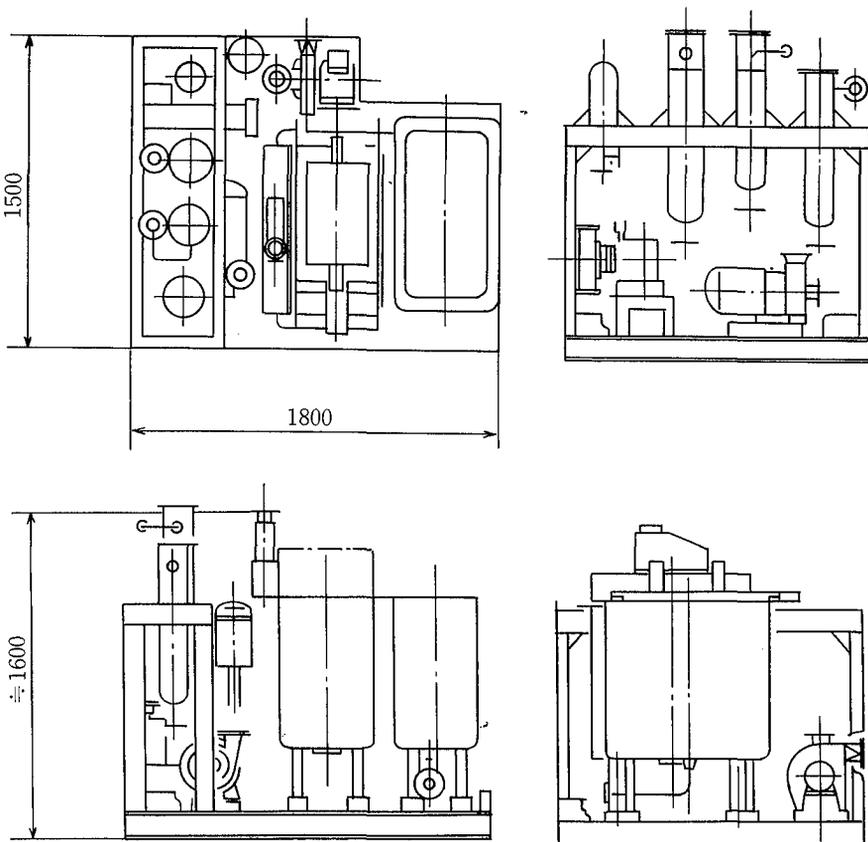
4. 電解液処理技術の概要

2.2 で述べたように、電解除染システムにおける最大の



第4図 WDF内の電解除染装置配置図

Fig. 4 Arrangement for electropolishing-decontamination equipment in WDF



第5図 電解除染装置外観図

Fig. 5 Electropolishing-decontamination equipment

技術的課題は劣化した電解液の処理にある。当社の開発した技術は、隔膜電解法を応用したものである。

4. 1 原理

隔膜で仕切られた陰極室に劣化電解液を入れ電気分解を行うと、陽極室で電解液が再生されると同時に陰極室では

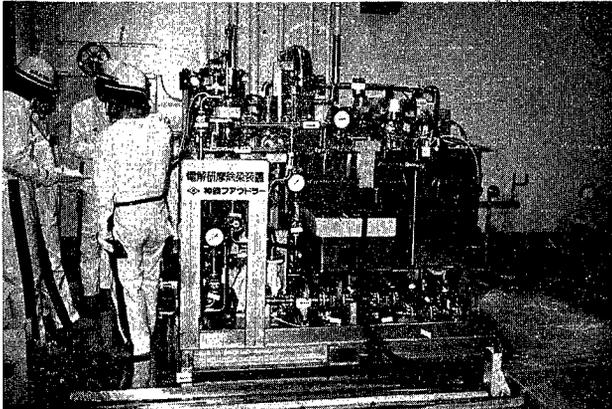
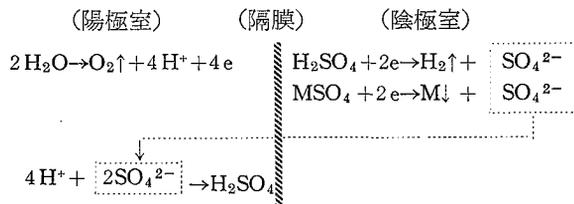


写真 1 電解除染装置
Photo 1 Electropolishing-decontamination equipment

金属イオンが陰極板上に析出（電着）し金属固体として分離回収できる。この時の反応を以下に示す。



4. 2 電着再生試験

4. 2. 1 装置

装置フローシートを第6図に示す。

- 1) 電解槽 100ℓ
- 2) 電着再生槽 30ℓ
- 3) 整流器 15V-500A
- 4) 電解液 5vol%硫酸

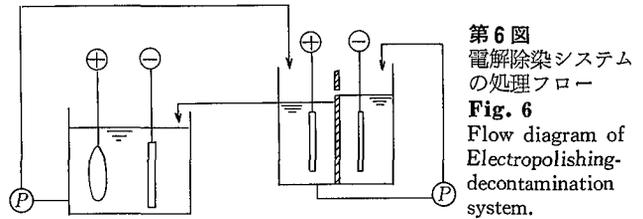
4. 2. 2 試験方法

研磨対象物はSUS304を用いた。電解研磨と電着再生運転を約2か月間にわたり実施した。電解研磨は15分運転、45分休止の条件をタイマー設定し、連続的に運転した。電着再生は連続運転とした。運転中の電解液の特性変化を導電率と化学分析により検知した。

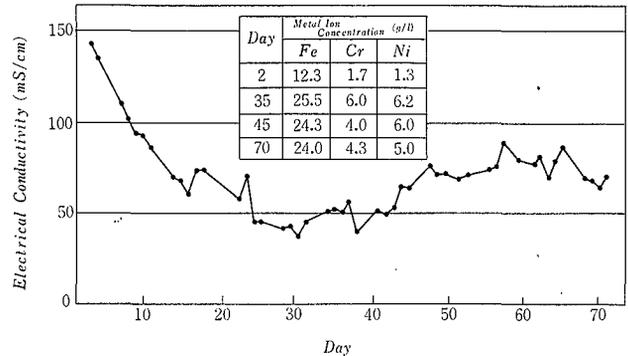
4. 2. 3 試験結果および考察

試験結果を第7図に示す。導電率は試験開始時150 mS/cm近くあったものが、1か月後に約50mS/cmにまで低下した。その後、やや回復して60~80 mS/cmで安定した値をとるようになった。

液中の金属イオン濃度は、電解研磨の電流効率と電着再生の電流効率とに影響しており、両者の効率から求められる研磨量と電着量が一致するイオン濃度でバランスが保たれたものと考えられる。



第6図 電解除染システムの処理フロー
Fig. 6 Flow diagram of Electropolishing-decontamination system.



第7図 連続処理試験結果
Fig. 7 Results of continuous test

5. むすび

本稿においては、電解除染装置と、電解除染システムにおいて最も重要な電解液処理技術を紹介した。当社の開発した電解除染システムは、放射性廃棄物処理分野において、きわめて重要な処理技術になるものと期待される。

また、当社の開発した電解液処理技術は、新しい分野への適用も検討されており、これらの概要については、別稿で報告する予定である。