



ウラン系低レベル放射性金属廃棄物の 溶融除染技術開発

青山 誠 須藤 収

東海事業所 環境保全・研究開発センター 環境保全部

Development of Melt Refining Decontamination Technology
for Radioactive Metal Waste Contaminated with Uranium

Makoto AOYAMA Osamu SUTO

Waste Management Division, Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Tokai Works

核燃料サイクル関連施設で発生するウラン系低レベル放射性金属廃棄物を対象に、溶融除染技術の適用性を評価した。溶融除染は、酸化物の生成自由エネルギーの違いを利用し、ウラン等の放射性核種を酸化物としてスラグ層へ移行させ、金属を除染する技術である。

ウランを用いた小型試験装置による試験では、金属中のウラン濃度はスラグ組成や形状によらず分析下限値(0.5 ppm)以下であった。工学規模試験装置を用いた試験では、ウランの模擬核種にセリウムを用い、実廃棄物を想定した金属組成において小型試験装置を用いた試験と同様の除染性能が得られた。

これらの結果から、溶融除染技術がウラン系低レベル放射性金属廃棄物の処理技術として有効であることが分かった。

The feasibility of melt refining decontamination was studied for low-level radioactive metal waste contaminated with uranium discharged from nuclear fuel cycle facilities. Melt refining decontamination is technology which uses the difference in the generation free energy of an oxide, is made to shift radioactive nuclides such as uranium to slag, as an oxide, and decontaminates metal.

Through laboratory scale experiments using uranium the concentration of uranium in the decontaminated metal did not depend on slag form or composition and was below the lower limit of detection(0.5ppm).

Similar results were obtained in engineering scale experiments using cerium as a uranium surrogate and simulated waste by metal composition.

It was demonstrated that melt refining decontamination technology is effective for low-level radioactive metal waste contaminated with uranium.

キーワード

低レベル、放射性廃棄物、金属廃棄物、溶融除染、除染、除染係数、塩基度、スラグ、ウラン、セリウム

Low-level, Radioactive Waste, Metal Waste, Melt Refining Decontamination, Decontamination, Decontamination Factor, Basicity, Slag, Uranium, Cerium



青山 誠

技術開発グループ所属
研究員
低レベル放射性廃棄物処理
技術の開発に従事



須藤 収

技術開発グループリーダー
低レベル放射性廃棄物処理
技術の開発に従事
核燃料取扱主任者

1. はじめに

高温溶融処理技術は、固体廃棄物の減容化、無害化、均質化に優れた廃棄物処理技術であり、原子炉廃棄物の処理に導入されようとしている。一方、高温溶融処理には、ウラン、プルトニウムに汚染された金属に少量の適切な酸化物を加えて溶融状態にすることで、酸化物側にウラン、プルトニウム

ムが移行し、高い除染効果が得られる特徴がある。

これまでの国内外での検討結果及び海外での実廃棄物への適用例としては、ウラン及びTRU系廃棄物の溶融除染については様々な検討がなされ、金属中のウランやTRU元素濃度を0.01ppm以下まで除染可能である等の基礎データが得られている。また、ドイツ、スウェーデン等では商業的に金属廃棄物の処理に適用され、除染された金属は再利用されている。例えば、ドイツのSiempelkamp社¹⁾では、溶融量3.2t/h規模の高周波誘導炉を用いて放射性スクラップの処理を行っている。除染係数は10²程度であり、溶融処理後にクリアランスレベル（α廃棄物基準：C=0.1Bq/g）を達成した金属インゴットは一般工業用に制約条件なしに再利用されている。

サイクル機構ではこの溶融除染技術について、除染特性等に関する基礎試験、関連要素技術の検討等を実施し、適用性の評価を行っている。本報では、ウラン系金属廃棄物を対象として、小型試験装置及び工学規模試験装置を用いた溶融除染試験の結果を報告する。

2. 溶融除染の原理

溶融除染は、酸化物の生成自由エネルギーの違いを利用し、ウラン等の放射性核種によって汚染された金属を溶融酸化させることにより放射性核種を酸化物としてスラグ層へ移行させ、金属を除染する技術である。金属は酸化物生成自由エネルギーが低いほど酸化物になりやすく、高いほど酸化物になりにくいという性質を持っている。図1²⁾に主な金属とウランの酸化物生成自由エネルギー図を示す。この図から、鉄やステンレスの主成分であるクロムやニッケルに比べウランは酸化物になりやすいということが分かる。

このことから、溶融中に適切な酸化物（スラグ剤）を添加することで、ウラン等の放射性核種を金属から酸化物に移行させることにより金属廃棄物の除染が可能となる。金属廃棄物を除染することによって、放射性廃棄物発生量を低減し、処分コストを削減させるだけでなく、除染後の金属廃棄物の再利用を可能とすることにより、資源の有効利用が図れる。

3. 小型試験装置による溶融除染試験

本試験では小型試験装置により溶融除染試験を

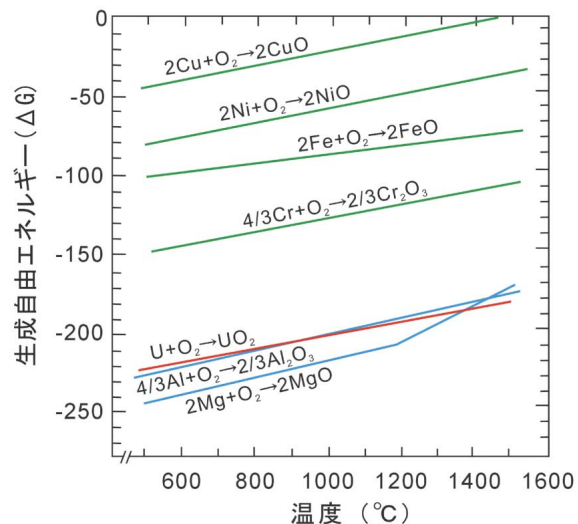


図1 金属酸化物及びウラン酸化物の生成自由エネルギー図

行い、以下に示す三項目について評価検討を行った。

① スラグ剤組成の影響

スラグ剤組成の違いによる除染性能評価、溶融状況を確認する

② スラグ剤形状の影響

粉末スラグ剤、固化スラグ剤の溶融除染技術への適用性を評価する

③ スラグ剤の再利用についての検討

スラグ剤を再利用することによる二次廃棄物量低減の可能性を検証するために、一度使用してウランを含有したスラグを回収して再びスラグ剤として利用する再利用除染試験を行い除染性能の評価する

3.1 試験方法

(1) 試験条件

試験条件の詳細を表1に示す。以下に主要な試験条件を示す。

1) 金属材質及び投入量

サイクル機構で保管している金属廃棄物は、炭素鋼やステンレス鋼が主である。このため、本試験で用いる金属の材質は、配管等様々な部分に使用されているステンレス鋼（SUS304）を用いることとした。金属の投入量は、試験装置の規模を考慮して約1000gとした。

2) スラグ剤

一般に乾式製錬操業において、複雑な組成のス

表1 小規模試験条件

試験目的	Run No.	スラグ組成 (mol%)			スラグ塩基度	スラグ形状	核 種	熔融温度	るつぼ
		CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃					
スラグ組成	Run 1	33	60	7	0.49	粉末	U ₃ O ₈	1,500	多孔質
	Run 2	50	44	6	1	粉末	U ₃ O ₈	1,500	多孔質
	Run 3	39	35	26	0.64	粉末	U ₃ O ₈	1,500	多孔質
	Run 4	50	16	34	1	粉末	U ₃ O ₈	1,500	多孔質
	Run 5	50	28	22	1	粉末	U ₃ O ₈	1,600	多孔質
	Run 6	60	14	26	1.5	粉末	U ₃ O ₈	1,600	多孔質
スラグ形状	Run 7	39	35	26	0.64	粉末	UO ₂ (NO ₃) ₂	1,550	緻密質
	Run 8	39	35	26	0.64	ペレット	UO ₂ (NO ₃) ₂	1,550	緻密質
再利用(1回目)	Run 9	Run7の熔融スラグ			-	粗粒	UO ₂ (NO ₃) ₂	1,550	緻密質
再利用(2回目)	Run 10	Run9の熔融スラグ			-	粗粒	UO ₂ (NO ₃) ₂	1,550	緻密質

スラグの化学的な機能の目安として、スラグの塩基度と呼ばれる値が用いられる。塩基度はスラグ中の塩基性成分と酸性成分の割合で表し、ここでは次式で定義することとする。

$$\text{塩基度}(C/S) = \frac{\text{塩基性スラグのモル数}(CaO)}{\text{酸性スラグのモル数}(Al_2O_3, SiO_2)} \dots\dots(1)$$

CaO-SiO₂-Al₂O₃系スラグを用いてウランで汚染された金属廃棄物を除染する場合、除染性能のスラグ塩基度(C/S)に対する依存性については、過去の報告^{1)~6)}において諸説があり、必ずしも明確になっていない。このため、今回の試験におけるスラグ組成は、試験装置性能(max.1,700)を考慮した範囲内で、できるだけ幅広い組成を設定した。表1に本試験で設定したスラグ組成を示す。スラグ添加量は、過去の報告^{1)~6)}等を参考に金属重量の5wt%(約50g)とし、全量初期投入することとした。

また、スラグ剤の形状の違いによる除染性能を評価するために、同一組成で粉末及び圧縮・固形化しペレット状にしたものをスラグ剤として用いた。

スラグ剤の再利用についての検討では、利用回数は1回、2回及び3回とし、それぞれについて除染性能等のデータを採取した。

写真1に本試験で使用したスラグ剤を示す。粉末スラグは、CaO、SiO₂、Al₂O₃等の試薬を目標の組成となるよう秤量、混合したものを用いた。ペレットスラグは、粉末スラグを2t/cm²の荷重でプレスしてφ25×t6mmのペレットを作製した。再利用するスラグ剤については、以下に示す方法でスラグを回収した。各熔融試験後に回収され

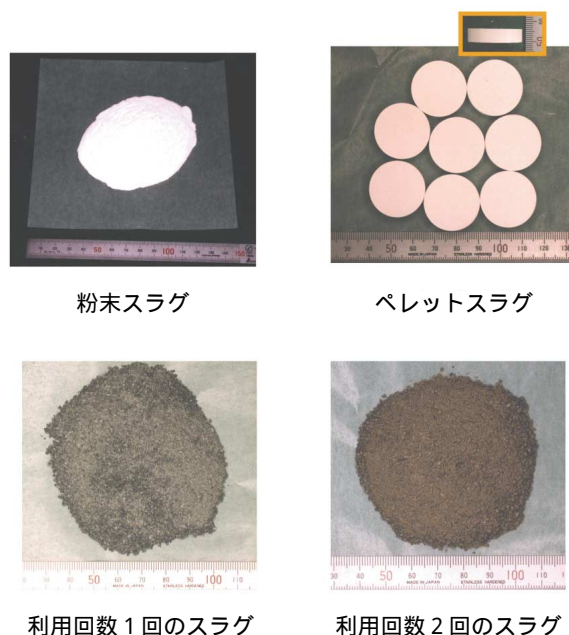


写真1 試験に使用したスラグ

るスラグ重量は約40gと予想され、また、これから分析等にサンプル採取する必要がある。再利用スラグ剤重量を1バッチに50g確保するためにスラグ利用回数1回目を3バッチ、利用回数2回目を2バッチ実施した。各熔融試験後に回収したスラグはそれぞれメノウ乳鉢で粗粉碎して1.18mm以下に調整後、同一利用回数のスラグと混合した。

3) 添加核種

本検討におけるウラン添加量は、金属試料重量の0.1wt%(ウラン単体の換算値)とした。これは、サイクル機構で保管している金属廃棄物の放射能濃度で最も多くの廃棄物が存在する濃度になるようにした。ウランを0.1wt%添加した場合の

表2 溶融後の各相中のウラン濃度 (wt%) とDF

試験目的	Run No.	スラグ	るつぽ他	ダスト	金 属	DF
スラグ組成	Run 1	0.48	0.15	1.2E-02	5.0E-05	> 1,800
	Run 2	0.02	0.11	1.7E-03	5.0E-05	> 1,800
	Run 3	0.31	0.13	2.0E-03	5.0E-05	> 1,800
	Run 4	0.17	0.09	6.1E-03	5.0E-05	> 1,800
	Run 5	0.42	0.09	2.1E-03	5.0E-05	> 1,800
	Run 6	0.19	0.09	3.4E-03	5.0E-05	> 1,800
スラグ形状	Run 7	1.44	0.43	3.5E-06	5.0E-05	> 1,800
	Run 8	1.70	0.29	5.9E-06	5.0E-05	> 1,800
再利用 (1回目)	Run 9	2.60	0.35	8.0E-06	5.0E-05	> 1,800
再利用 (2回目)	Run 10	3.53	1.15	1.1E-05	5.0E-05	> 1,800

$$DF = \frac{\text{除染前の金属中のウラン濃度}}{\text{除染後の金属中のウラン濃度}}$$

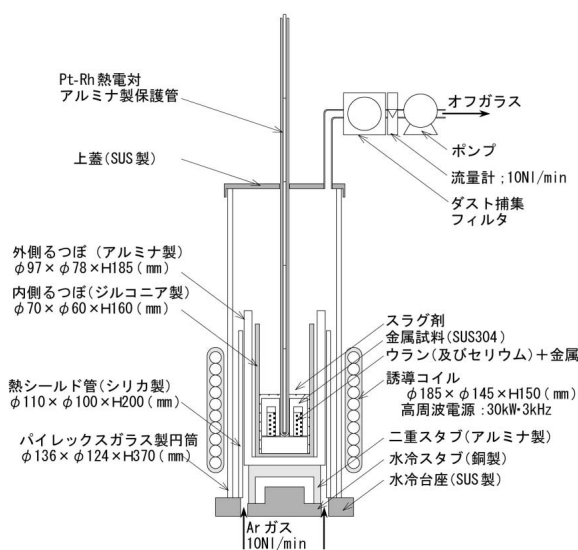


図2 小型溶融試験装置の概略

放射能濃度は天然ウラン換算で約25 Bq/gとなる。金属試料への添加形態は酸化物及び硝酸化合物とした。

(2) 試験手順

1) 試験装置

装置は、誘導コイル・ガラス管・熱シールド管・外側るつぽ・内側るつぽ・熱電対保護管・蓋・排ガスサンプリング配管等から構成される。高周波電源には、定格出力が30kW、周波数3kHzのものを用いた。図2に装置の外観を示す。

2) 試料の溶融

試料を装置に装荷した後、Arガスを導入し、昇温を行った。昇温速度は、1500 /hr程度とした。表1に示した溶融温度における保持時間は30分とした。溶融中はウランが排ガスとして移行することが想定されるため、昇温中に排ガス中のダスト

サンプリングを行った。ダストはダストモニタ用紙に捕集し、その時の吸引ガス流量は10NI/minとした。

3) 分析

金属試料、スラグ試料、ダスト試料中のウランの定量分析にはICP-MS分析法を用いた。今回用いた分析方法の定量下限値はウランで0.5ppmである。この値は、天然ウランの同位体存在比とそれぞれの半減期から放射能濃度に換算すると約0.01Bq/gである。

3.2 試験結果

表2に分析結果を示す。

(1) スラグ組成の影響

金属中のウラン濃度は、全ての試験において定量下限値(0.5ppm)を下回り除染係数(DF)は1,800以上となった。今回の試験条件の下では、スラグ剤組成によらずウランは金属相から除染されることが分かった。

各試験の溶融状況について以下に示す。三元系スラグは組成によって融点、粘性が変化する。

Run 1ではスラグ剤融点が約1,350以下と低くスラグ剤の溶融が容易であった。溶融時も溶融したスラグが金属の上面を十分に覆っており、十分な攪拌が可能であった。その反面、るつぽへのスラグの浸潤が比較的多くなった。これは、ステンレス鋼(融点:約1,400~1,450)が溶融する前に粘性が低くなったスラグがるつぽへ浸潤したと考えられる。

Run 2でもスラグ剤の融点も1,420程度と比較的低く、スラグ剤は容易に溶融した。しかし、Run 1と同様に、るつぽへ浸潤したスラグが比較

的が多くなった。

Run 3 もスラグ剤融点が1 420 程度と比較的低く、スラグ剤の溶融も容易であった。しかし、Run 1 に比べるとスラグの粘性が高いためにほぼ浸潤したスラグはRun 1 ほど多くなかった。

Run 4 のスラグ融点は約1 500 と比較的高いが、溶融時のスラグの粘性も低く溶湯とスラグが十分に接触していた。

Run 5 ではスラグの融点が約1 550 と高く、スラグが溶融する前に炉壁や熱電対に固まり、金属とスラグの接触は十分ではなかった。

Run 6 ではスラグの融点は約1 420 と低いが、CaO が多いためスラグの粘性が低く、未溶融スラグを溶湯に取り込めずスラグ剤の溶融が容易ではなかった。

溶融後の固化体の一例を写真2に示す。溶融後の固化体を観察してみると、溶融温度の比較的低いRun 1、Run 2、Run 3の金属固化体は表面が比較的に滑らかであり、スラグとの分離も容易であったが、溶融温度が高いRun 4、Run 5、Run 6の場合は固化体表面の凹凸が大きくなり、金属とスラグの分離も困難だった。

スラグの融点がステンレス鋼融点(1 410~1 450)より低い場合は、溶融時にスラグのほとんどが溶融・流動しているためスラグが溶融金属表面を覆い、空気を遮断しているため溶融金属の酸化が少ない。一方、スラグ融点の方が高い場合は、スラグの流動性が悪く、また、スラグが一旦全量溶融したとしても、スラグ相の上部のような、加熱源である金属溶湯から離れている部分では温

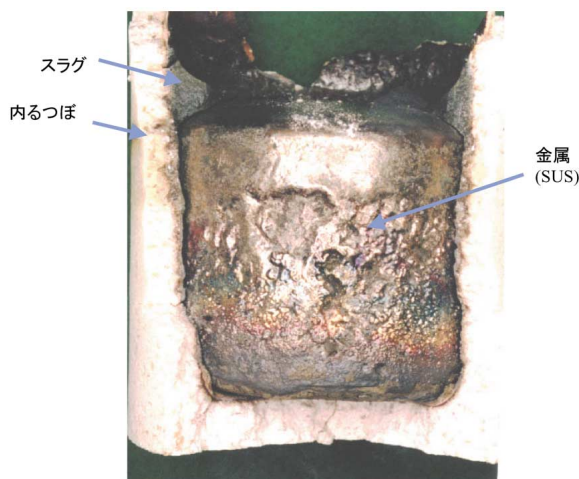
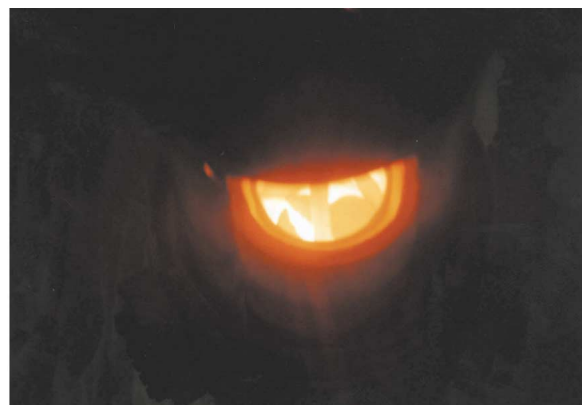


写真2 溶融後の固化体

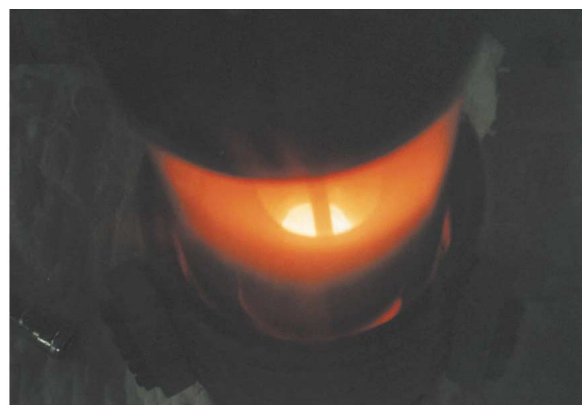
度が下がっていて流動性が極端に落ちるか、凝固により流動性が悪くなるため、溶湯表面の露出部分が多くなり鉄やクロムが酸化する。酸化クロムは流動性が悪く、溶湯面上では凹凸が激しく荒れた状態で成長し、溶融中に意識的に攪拌してやらない限りこの凹凸は解消されることはなかった。この状態で、加熱を停止して凝固させるとスラグと金属の界面ではスラグが金属に巻きこまれた状



昇温中900



昇温中1 430
左側のペレットは2個に割れているが固い



1 550 保持 15分経過

写真3 圧縮・固化スラグ剤の溶融状況(Run 8)

態となり、スラグと金属の分離が困難な表面となった。

本試験では、金属試料にステンレス鋼を用いたためこのような状態になったが、炭素鋼の場合は発生する酸化物は酸化鉄がほとんどであるため固化体表面はそれほど凹凸にはならないと考えられる。

(2) スラグ剤形状の影響

固化スラグ剤の溶融は、粉末スラグ剤と同様に容易であった。金属の融点(約1450℃)付近まで投入時の形状をほぼ維持し、材質SUS304の棒についても破壊されない程度の硬さであった。金属の大半が溶融した時点で、棒を使用してスラグ剤を未溶融の金属表皮ごと溶湯に落とし込むことでスラグ剤は溶融した。

金属中のウラン濃度は、粉末スラグ剤、固化スラグ剤のどちらを利用しても定量下限値(0.5ppm)を下回りDFは1,800以上であった(表2参照)。

写真3にRun 8の固化スラグ剤の溶融状況を示す。また、図3に溶融後の回収スラグ重量、図4にスラグ相中のウラン重量を示す。回収スラグ

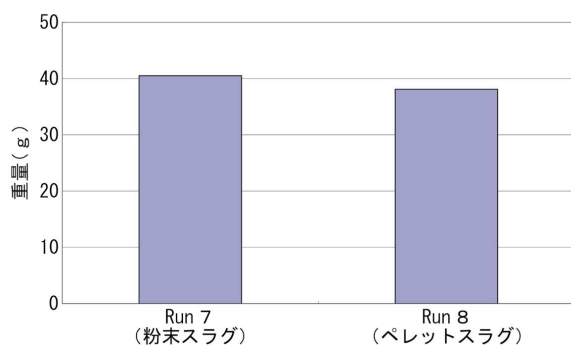


図3 溶融後の回収スラグ量

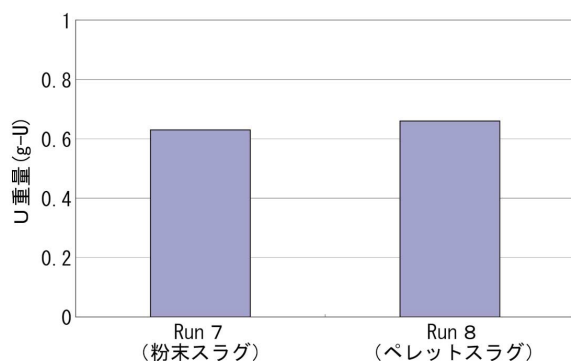


図4 溶融後の回収U重量

重量及び回収ウラン重量は投入形状による差異はほとんどなく、ウランの挙動はスラグ剤形状に依存しないことを確認した。

これにより、溶融時に飛散しやすい粉末スラグ剤よりハンドリング性に優れた固化スラグ剤の溶融除染への適用性について、見通しが得られた。

(3) スラグ剤の再利用についての検討

再利用スラグ剤は利用回数2回目、3回目ともに、利用回数1回目の新規粉末スラグ剤と同様に溶融は容易であった。図5に再利用スラグ剤を使用したときの回収スラグ重量を示す。利用回数1回目から3回目まではほぼ同様の回収重量であった。

金属中のU濃度は定量下限値(0.5ppm)を下回りDFは1,800以上であった(表2参照)。図6に再利用スラグ剤を使用したときの各相中のU重量を示す。再利用スラグ剤にUが含まれているため、溶融前の添加U重量が増えそれに伴い溶融後の回収U重量も増加した。

表3に溶融後のスラグ組成を示す。表1と表3より、Run 7, Run 9, Run 10における溶融後スラ

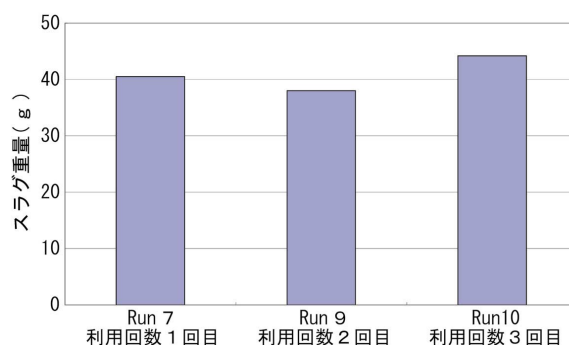


図5 溶融後の回収スラグ量

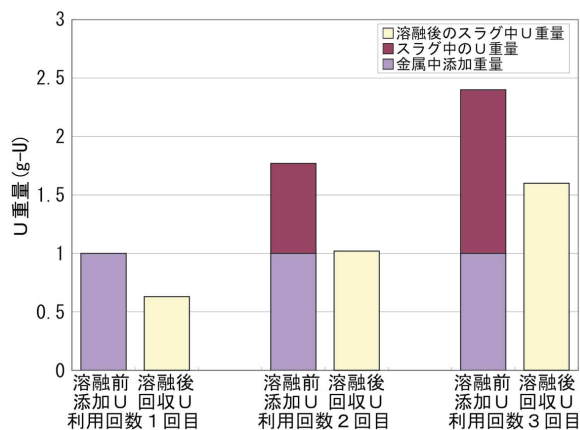


図6 各層中のU重量

表3 溶融後のスラグ組成 (wt%)

Run No.	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Cr ₂ O ₃	Rem .	Total
Run 7	24.0	37.8	32.7	0.4	2.4	2.7	100.0
Run 9	27.9	35.1	23.2	0.5	2.6	10.5	100.0
Run 10	26.6	35.2	23.5	0.3	2.7	11.6	100.0

グ中のCaO, Al₂O₃, SiO₂の存在比率とRun 7の溶融前スラグ剤組成との比較においては顕著な違いはないといえる。また、金属成分が酸化されることより生成するFeO, Cr₂O₃はRun 7において生じたが、再利用してもこれらの成分が増加する傾向は見られなかった。したがって、Ar雰囲気においてこの再利用範囲であれば、スラグ組成に大きな変化はないといえる。

以上の結果より、利用回数3回までにおいては再利用スラグ剤の溶融は可能でありそのウラン保持能力は失われなないと考えられ、スラグ剤を再利用することによる二次廃棄物量低減の可能性を確認できた。

4. 工学規模試験装置による除染試験

工学規模試験装置を用いて、ウランの模擬核種としてセリウム(Ce)を塗布した模擬廃棄物の溶融除染試験を行った。本試験では、雑多な材料で構成される機器類の溶融除染の可能性及びハンドリング性に優れた固形化スラグ剤等の溶融除染への適用性について評価した。

4.1 試験方法

表4に試験条件を示す。金属系被溶融物、模擬核種及びスラグ剤は全て初装した。昇温及び溶融は高周波誘導炉と誘導プラズマ装置を併用して行った。それぞれの試験条件設定における考え方を以下に示す。

(1) 金属系被溶融物の組成と重量

サイクル機構で保管・管理しているウラン系金属系廃棄物の一部には、形状が複雑な機器類(バルブ等)や解体・分別が困難な雑多な材料で構成される機器類(モーター等)が約20%程度含まれている。今回の試験では、雑多な材料で構成される機器類を金属系廃棄物の約30%になるように設定した。本試験では、機器類の一例としてモーターを用いた。

試験装置の炉容積や試料の準備等を考慮して金属系被溶融物重量は約200kgとした。

表4 工学規模溶融装置による溶融試験の条件

(1) 模擬廃棄物の構成材料 (kg)

被溶融金属		スラグ剤	
モーター	65.3	アルミナセメント	7.0
鉄系構造物	134.7	CaO試薬	0.8
		SiO ₂ 試薬	3.0
合 計	200.0	合 計	10.8

* スラグ剤粉末の混合はアルミナセメント粉末200g単位で実施した。

* 加水量はアルミナセメント粉末200gに対し 236gとした。

* 模擬廃棄物は全量初装し、追装は行わなかった。

(2) アルミナセメントの主要成分 (wt%)

CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	合 計
35.5	57.2	2.7	95.4

(3) スラグ剤の主要成分 (mol%)

CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	塩基度
39.0	26.0	35.0	0.64

(4) 硝酸セリウムの添加量

硝酸セリウム水溶液濃度 (kg-Ce/L)	0.55
硝酸セリウム水溶液添加量 (L)	1.83
Ce添加重量 (kg-Ce)	1.0

(5) 運転条件

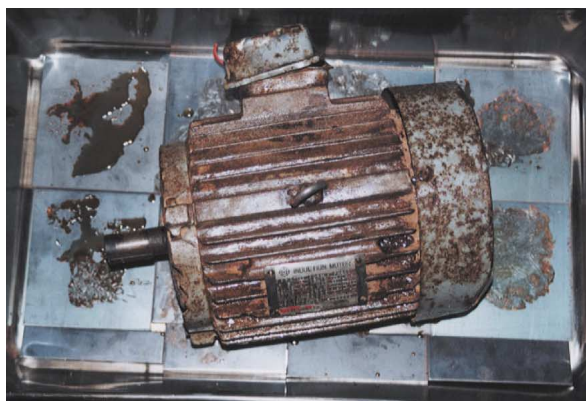
雰囲気	Air(プラズマガス; 15m ³ /hr)
溶融温度	1,650
保持時間	溶湯の状況を見て判断する

(2) 模擬核種の添加形態と添加量

ウランの模擬核種としてCeを用いた。Ceの添加方法としては、硝酸セリウム水溶液を作製し、模擬廃棄物に塗布し乾燥させた。小型溶融試験では金属に対し0.1wt%のCeを添加したが、本試験ではCeの排ガスへの移行やCeの定量下限値等を考慮して小型試験より多めに設定し、0.5wt% (1 kg-Ce) 添加した。添加例を写真4に示す。

(3) スラグ剤

ハンドリング性の良い固形化スラグ剤として、アルミナセメントを主体にして加水混練して乾燥固化したものを使用した。使用したスラグ剤を写



モーターへの添加例



写真5 スラグ剤



鉄筋への添加例



孔加工した炭素鋼への添加例

写真4 金属試料への模擬核種添加例

真5に示す。

本試験にアルミナセメントを選定した理由は、アルミナセメントは高温に強く一般に耐火物として使用されており、主成分が Al_2O_3 であるため CaO

試薬、 SiO_2 試薬を混合することで小型試験で使用したスラグ組成(39.0mol% CaO -26.0mol% Al_2O_3 -35.0mol% SiO_2)に調整可能であるためである。

スラグ剤の添加重量は小型試験と同様に金属系被溶融物重量の5wt%とした。なお、この重量は加水前の原料粉末のみのものである。

(4) 誘導プラズマ装置の併用

高周波誘導炉の使用だけではスラグの加熱が不十分であると予測されるため、誘導プラズマ装置を併用してスラグ上部からも加熱した。実操業を想定してプラズマガスにはAirを使用した。プラズマガスは流量 $15\text{m}^3/\text{hr}$ で一定に維持した。

(5) 溶融温度と出湯条件

溶融温度は、スラグを十分に溶融するために約 $1,650$ とし、30分保持した。また、下抜き出湯の確実性を高めるために出湯時には $1,700$ まで昇温した。

(6) 試験装置

工学規模溶融装置は、高周波誘導炉、誘導プラズマ装置、ダストサンプラ、排ガス分析器、二次燃焼器、冷却塔、バグフィルタ、排気プロア等からなる。高周波誘導炉は出力 250kW 、周波数 1kHz のもの、誘導プラズマ装置は出力 100kW のものを使用した。

4.2 試験結果

(1) 除染性能評価

表5に試験後の各相中のCe濃度、各相重量、Ceの移行率を示す。

金属相中のCe濃度は、全て定量下限値(0.5ppm)を下回った。DFは $10,000$ を超える。これにより、小型試験の結果と同様に金属相中に

表5 工学規模溶融試験における採取試料のCe定量分析結果

材 質	部 位	試料採取位置	Ce濃度 (wt%)	各相重量(kg)	Ce移行率(%)
金 属	溶融時に採取した金属		< 5.0E-05	0.2	< 1.0E-05
	固 化 体	中 央 上 段	< 5.0E-05	194.8	< 1.0E-05
		中 央 中 段	< 5.0E-05		
		中 央 下 段	< 5.0E-05		
		ボ イ ド 部	< 5.0E-05		
ス ラ グ	溶融時に採取したスラグ		2.74	0.3	0.8
	鑄造スラグ	中 央 近 傍	1.84	1.3	2.4
	炉 内 残留スラグ	中 央 上 近 傍	0.84	15.7	13.0
		中 央 下 近 傍	0.76		
		東 端 近 傍	0.92		
		西 端 近 傍	0.79		
耐 火 材	東壁上近傍	0 ~ 5 mm深さ	0.24	7.4	4.4
		15 ~ 25mm深さ	0.01		
	東壁下近傍	0 ~ 5 mm深さ	0.69		
		15 ~ 25mm深さ	0.00		
	西壁上近傍	0 ~ 5 mm深さ	0.72		
		15 ~ 25mm深さ	0.02		
	西壁下近傍	0 ~ 5 mm深さ	0.69		
		15 ~ 25mm深さ	0.04		
排ガスダスト			0.012	0.113	1.4E-03

* 耐火材については、Ceの存在が顕著であった内壁表面から5 mmの深さで評価した。

はCeがほとんど残存しないことが分かった。したがって、雑多な材料で構成される機器類についても溶融除染の可能性についての見通しが得られた。また、アルミナセメントを用いた固化スラグはハンドリングに優れ、溶融除染にも有効であることが確認された。

(2) 金属固化体の均質性

写真6に金属固化体断面の各組織写真を示す。試料採取位置によらず均一な組織を呈しており、また、ポイドもなく、ほぼ均質であることが確認された。

5. おわりに

ウラン系金属廃棄物を対象として、小型試験装置及び工学規模試験装置を用いた溶融除染試験を行い、以下の結果を得た。

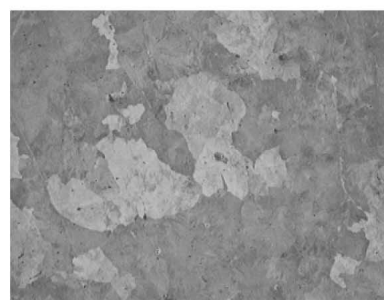
- ① 溶融除染において除染性能は添加するスラグ組成にほとんど影響を受けないことが明らかとなった。流動性の良いスラグを用いた試験では、スラグの巻きこみも確認されず、得られた金属固化体は均質であった。
- ② スラグ中には流動性が悪いスラグ成分が混入する可能性があり、金属とスラグの分離も困難になるため、溶融除染を行う際には流動性の良



中央上部



中心部



中央下部

写真6 金属固化体の組織

いスラグを用いるか、流動性を良くするための融点降下剤など添加も必要になる。

- ③ 溶融時に飛散しやすい粉末スラグ剤よりもハンドリング性に優れる固形化スラグ剤の溶融除染への適用性についての見通しが得られた。
- ④ 利用回数3回までのスラグ剤は溶融が可能であり、そのウラン保持能力は失われないと考えられ、スラグ剤を再利用することによる二次廃棄物量低減の可能性を確認できた。
- ⑤ 工学規模での模擬核種を用いた溶融除染試験を行った結果、雑多な材料で構成される機器類の溶融除染及びハンドリング性に優れる固形化スラグ剤の適用性について見通しが得られた。

これまでに実施してきた試験によって、溶融除染技術が放射性金属廃棄物の処理に有効であることが分かった。

今後はウランを用いた工学規模試験を行い、除染性能の確認、エンジニアリングデータを取得す

るとともに、溶融除染に適切な炉型の評価、出湯方式や金属とスラグの分離方法等の検討評価を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 財団法人 原子力環境整備センター；「サイクル廃棄物溶融処理技術開発調査 平成9年度報告書」, (1998)
- 2) 阿部素久：「ウラン汚染金属の溶融除染技術の開発」動燃技報, No.54, P61-68(1985)
- 3) M.Abe,T.Uda et al : " A Melt Refining Method for Uranium Contaminated Steel and Copper ", WM '85(1985).
- 4) T.Uda,H.Iba,etal. : " Decontamination of Uranium - Contamination Mild Steel by Melt Refining,Nuclear Technology "Vol.73 P109-115.
- 5) 財団法人 原子力環境整備センター：“サイクル廃棄物溶融処理技術開発調査 平成10年度報告書”, (1999)
- 6) 財団法人 原子力環境整備センター：“ウラン廃棄物処理処分システム開発調査 平成7年度報告書”, (1996)