

評価の詳細

研究開発課題名（研究機関名）：

金属燃料の熔融塩電解精製における陰極／陽極の処理に関する研究開発

（財団法人電力中央研究所）

機関名：財団法人電力中央研究所

代表者氏名：飯塚政利

機関名：国立大学法人豊橋技術科学大学

代表者氏名：竹中俊英

研究期間及び予算額：平成19年度～平成21年度（3年計画）

295,669千円

平成19年度

98,223千円

平成20年度

99,973千円

平成21年度

97,473千円

項目	内容
1. 目的・目標	<p>乾式再処理プロセスの中心となる熔融塩電解精製工程については、以前の文部科学省受託事業で行なわれた陰極析出物掻き取り式電極を用いた試験により、実用化に向けて十分なU回収速度が達成された。しかし、高いアクチニド回収率を達成するためには、陽極に微量に残留するアクチニドを回収して残留物を安定な廃棄物とする技術、U回収速度を大きくした場合に陰極回収物への混入量が増すZrをUとともに均一なリサイクル燃料原料とするための技術が必要である。本事業ではこれら陰極／陽極処理技術に関する研究開発を実施することにより、乾式再処理プロセスの中心部分である電解精製工程の工学的成立性を確立するために必要な技術基盤を得ることを目的とし、以下の研究開発項目を設定した。</p> <p>(1) 陰極析出物の処理技術開発</p> <p>①U-Zr 陰極回収物の高温蒸留処理試験</p> <p>固体陰極析出物の大部分はUで占められているが、使用済燃料からのUおよびPuの溶解が進んで陽極中存在量が減少するに従ってZrの電解が始まり、陰極回収物中へのZr混入量が増加する。このため、固体陰極析出物を確実にインゴット化するためには、Zr混入により融点が増したU-Zr混合物を溶融できる性能が必要である。そこで、過去にU-Zr合金を用いて行われた電解精製試験で得られた陰極析出物からZr存在比の異なるものを選んで蒸留試験を行い、付着塩浴を除去すると共に、U-Zrをインゴットとして回収する。また、ろつぼ材料として、複数のセラミックあるいは複合素材を使用し、溶融U-Zr合金／塩化物との両立性を調べる。これにより、さまざまな組成／性状の陰極析出物から製品を得るための運転条件、適切なるろつぼ材料など、高い信頼性をもって蒸留装置設計とマスバランス評価を行うためのデータを取得する。この試験を行うために、既存グローブボックスに1600℃程度まで昇温可能な蒸留試験装置を設置する。</p> <p>②工学規模蒸留装置の開発</p> <p>高温蒸留装置大型化に伴う重要な課題として、多量の塩化物の揮発／凝固に伴う熱エネルギーの移動に適応するための装置内部温度分布の制御、製品および塩化物取出しのための回収部構造の設計最適化が挙げられる。これらはU模擬物質を用いて検討可能であるが、実用規模装置</p>

に反映できる知見を得るためには、ある程度スケールアップした試験装置が必要である。そこで、既存のクールドグローブボックス内に、U換算で 1kg/バッチ程度の工学規模蒸留試験装置を設置し、装置設計、装置材料、運転条件を変えた試験により、実用規模装置の設計/運転条件データを取得する。高温加熱炉は下記の、(2)④アクチニド除去後の陽極残留物の熔融固化試験、のために設置したものを共用する。

(2) 陽極残留物の処理技術開発

①U-Zr 陽極溶解残留物からの U 溶解除去試験

陰極回収物への Zr 混入量が増すに従ってインゴット化に必要な温度が高くなることを考慮すると、できる限り Zr を陽極に残した状態で陽極溶解を終了することが望ましい。この場合、Zr の溶解が著しくなる前に陽極溶解を終了することになるため、陽極溶解後の残留物には少量のアクチニドが残る可能性がある。このアクチニドを電解精製装置などにリサイクルするためには、 CdCl_2 などの酸化剤を添加して化学的に溶解する方が有効と考えられる。このため、過去に U-Zr 合金を用いて行われた電解精製試験で発生した陽極溶解残留物 (SUS 被覆した U-Zr 合金から大部分の U が溶解したもの) 100g 程度に酸化剤を添加し、未溶解アクチニドを熔融塩中に溶解させる試験を行う。陽極溶解後残留物中の U 残留率、酸化剤の添加パターンを変化させ、U と Zr の溶解量変化、最終的な U 除去率、所要処理時間を調べる。そして最適な酸化剤添加方法、溶解前後のマスバランス、処理速度を評価する。

②U 溶解除去後の陽極残留物からの付着塩除去試験

上記 U 溶解除去試験を経た陽極残留物には塩浴が付着しているため、高温蒸留による付着塩の揮発分離試験を行う。蒸留時の温度変化パターンをパラメータとし、陽極残留物からの塩化物除去率や残留物の微細構造、るつぼ材料の両立性などを調べる。この試験には(1)①で設置した蒸留試験装置を使用する。

③陽極残留物からのアクチニド除去工程への高温金属再溶解法の適用性検討

上記(2)①、(2)②の改良代替法としての高温金属再溶解法の適用性を検討する。検討対象は直流/交流電流による ESR 法、酸化精錬法などである。ESR 法については、低融点の模擬体系における基礎試験、高温における単純系 (Fe-Si など) における試験を経て、ステンレス/Zr/貴金属元素混合系からの模擬アクチニド除去試験を行う。これらの試験では直流/交流の違いや酸化剤添加の有無による精製効果への影響、スラグと製品への模擬アクチニドの移行挙動を調べる。

④アクチニド除去後の陽極残留物の熔融固化試験

U 溶解除去および蒸留工程を経た陽極溶解後残留物には、被覆管 (ステンレス)、燃料合金の主要成分である Zr、貴金属 FP が残り、乾式再処理プロセスから発生する金属廃棄物の主要構成要素となる。ここではこれらの物質から成る模擬金属廃棄物について熔融固化試験を行う。熔融固化における重要な諸条件をパラメータとし、得られる固化体の性状と廃棄物固化形態としての適用性、るつぼ材料の両立性を調べる。また、試験装置の改造により、陽極残留物の高温蒸留処理と熔融固化を 1 つの装置内で完結するよう合理化を図る。この試験を行うために、既存のクールドグローブボックス内に 1800℃程度まで昇温可能な高温加熱炉を設置する。

	<p>(3) 陰極析出物／陽極残留物処理を含めた乾式再処理プロセスの構築</p> <p>①陰極析出物／陽極残留物処理で生じる副生成物のリサイクル方法検討</p> <p>乾式再処理全体におけるアクチニド回収率を高く保持するため、陽極残留物処理で生じるアクチニドを含む塩浴、及び陰極析出物処理で生じる揮発塩化物を電解精製工程にリサイクルするフローと方法を検討し、プロセス設計に取り込む。</p> <p>②運転条件最適化とマスバランス・処理速度評価</p> <p>研究開発項目(1),(2)の成果を用い、電解精製工程、陰極回収物処理工程、陽極残留物処理工程の間で、処理速度、処理温度などの観点から最も好ましい運転条件を定め、これを基に乾式再処理プロセスにおけるマスバランス、回収率などの性能評価を行う。</p> <p>(4) まとめ、評価</p> <p>3カ年にわたる本業務における研究開発の成果をとりまとめ、電解精製工程で発生する陽極溶解残留物および固体陰極回収物の各処理工程の技術的到達度を評価する。また、電解精製工程の性能を発揮させつつ、これらの処理工程を含めた乾式再処理プロセス全体における高いアクチニド回収率を達成するための条件を整理するとともに、実用化に向けた開発課題を明らかにする。</p>
<p>2. 研究成果</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 成果 ・ 副次的な成果 ・ 論文、特許等 	<p>【研究開発項目1】陰極析出物の処理技術開発</p> <p>①U-Zr 陰極回収物の高温蒸留処理試験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ U-Zr 陰極回収物蒸留試験装置の製作 <p>過去に U-Zr 合金を用いて行われた電解精製試験で得られた陰極析出物を用いて、高温蒸留試験（付着塩化物揮発除去および U-Zr インゴット作成）を実施するため、10Pa 程度まで減圧可能かつ最高 1600℃ まで昇温可能な U-Zr 陰極回収物蒸留試験装置を設計・製作した。</p> ・ 陰極回収物蒸留処理試験 <p>U-Zr 陰極回収物からの付着塩化物の揮発除去、U-Zr インゴット化に必要な運転条件を確認するため、過去に行われた電解精製試験で得られた U-Zr 固体陰極回収物を対象とした蒸留試験を実施した。約 600～700℃ で付着塩化物の熔融、約 1000～1200℃ で塩化物揮発除去、約 1400℃ で U-Zr 合金熔融、という温度制御パターンで蒸留試験を実施した。塩化物揮発時には装置内圧力が 300Pa 程度以下となるように必要に応じて減圧制御し、U-Zr 合金熔融時には除去された塩化物の再揮発を防ぐために Ar ガスを導入して 50kPa 程度まで昇圧した。</p> <p>試験の結果、十分に凝集した U-Zr インゴットが得られた。内部の残留塩素濃度は数百 ppm 程度であり、ほぼ全ての塩化物が除去された。最も Zr 含有率が高い試料インゴット内には細かな Zr-rich 相が析出したが、マクロには Zr 濃度の大きな偏りは見られず、乾式再処理工程管理を行う上で十分に均一であることが確認できた。</p> ・ 蒸留るつぼ材料の開発 <p>ZrO₂ をコーティングしたグラファイト (Gr/ ZrO₂、以下同様)、タングステン/ZrO₂、タングステン/ZrO₂/ZrN (二層コーティング) について、蒸留るつぼ材料として適用性が期待できることがわかった。特に ZrO₂ コーティングとして、市販の ZrO₂ ビーズと ZrO₂ 粉末を混合して 300 μm 程度以上の厚さに塗布・焼結したものは、るつぼ母材と内容物との反応抑制効果が高いだけでなく、使用後に U-Zr インゴット</p>

およびるつぼ母材の両方から簡単に剥がすことができるため、インゴット取り出しとるつぼへのコーティング材再塗布の容易さの観点から最も適用性が高いと評価した。

②工学規模蒸留装置の開発

・工学規模蒸留試験装置の設計・製作

本事業の中で製作した金属廃棄物溶融固化試験装置に揮発塩化物回収機構を付加することにより、U換算で1kg/バッチ程度の工学規模蒸留試験装置として使用できるように改造した。

・工学規模蒸留試験

LiCl-KCl 共晶塩を用いた蒸留試験や模擬陰極蒸留試験において各種パラメータが蒸留速度に与える影響を調べ、実用規模の蒸留装置の設計要因として、蒸留温度や誘導出力と蒸発速度との関係、回収に適した蒸発速度や加熱制御方法などの知見を得た。また、100Pa以下の圧力、3.2kWの誘導出力、蒸留温度900°Cの条件下で15g/cm²/hという、工学装置あるいは実用装置としての設計が十分成立する蒸留速度が得られた。蒸発部に装荷した塩化物(200~430g)は全て揮発し、ほぼ100%を塩回収部に回収することができた。回収された塩は、嵩密度が小さく形状が一定でないため、輸送が容易になるように型に入れて再溶融・インゴット化した。500°Cでの再溶融試験ではほぼ100%の物質収支が得られ、インゴットは黒鉛製の型から容易に取り出すことができた。陰極析出物を模擬したペレット状銅金属とLiCl-KCl共晶塩を用い、蒸留による塩化物除去および金属溶融を連続して実施した結果、銅、塩ともにほぼ100%が高い純度で所定位置に回収されたことから、本事業で定めた運転条件により、陰極析出物から付着塩化物をほぼ完全に除去できる見込が得られた。

【研究開発項目2】陽極残留物の処理技術開発

①U-Zr 陽極溶解残留物からのU溶解除去試験

過去にU-Zr合金を用いて行われた電解精製試験で発生した陽極溶解残留物を対象として、CdCl₂添加により未溶解Uを溶融塩中に溶解させる試験を行った。試験の結果、溶融塩浴中U、Zr濃度変化から、2日間程度以下でU溶解反応が完了し、処理速度の面からは乾式再処理プロセスへの適用性が十分にあることがわかった。酸化反応におけるマスバランス試験全体を通じて良好であった。これらの挙動は、陽極残留物中の模擬FP(Mo、Pd)の有無に影響されなかった。模擬FPは電解精製とU溶解除去を経てもほぼ全量が陽極残留物中に留まった。

②U溶解除去後の陽極残留物からの付着塩除去試験

上記①で未溶解Uを溶融塩中に溶解除去した後の陽極残留物を対象とした高温蒸留試験を実施した。試験は、約600~700°Cで付着塩化物の溶融、約1200°Cで塩化物揮発除去、約1400~1500°Cで残った陽極残留物(金属廃棄物)の溶融操作模擬、という温度制御パターンで実施した。装置内圧力は【研究開発項目1】②と同様に制御した。蒸留後の模擬FP含有陽極残留物中の残留塩素濃度は数千ppm程度であり、ほぼ全ての塩化物が除去された。揮発塩化物のマスバランスは良好に保たれた。市販ZrO₂コーティング(厚さ300μm)を施したグラファイト製のつぼ、およびZrO₂/ZrNを二層コーティングしたタンゲステン製のつぼについては陽極残留物と反応した様子が見られなかったが、陽極残留物を溶融させるためにはより高温での処理が必要であることから、今後溶

融 SUS-Zr に対するるつぼ材料耐久性の検証が必要である。模擬 FP を含まない陽極残留物中では Zr/被覆管 (SUS304) 間で相互の拡散が始まり、Fe-Zr 金属間化合物相が形成していたが、模擬 FP を含む陽極残留物中では、被覆管成分の一部は溶融し始めているもののその他の元素 (微量に残留した U、Zr、Mo、Pd) は被覆管成分に溶解・反応せずに粒子のまま存在していることがわかった。

試験後の陽極残留物 ICP-AES 分析結果から求めた U 残留量から評価される、電解精製と一連の陽極残留物処理 (CdCl_2 添加による溶解除去、高温蒸留による付着塩除去) とを通した U 残留率は 0.04~0.20% 程度となり、模擬 FP の有無による影響は見られなかった。この値は乾式再処理プロセス設計仕様である U 回収率 99.5% を考慮しても十分に低い値である。

③陽極残留物からのアクチニド除去工程への高温金属再溶解法の適用性検討

低融点の模擬体系として液体 Zn/溶融塩化物を用いて再溶解実験を実施した結果、特に Zn 液滴を直流・陽分極させた場合に不純物 (Mg) 除去効果が期待できることを明らかにした。続いて CaF_2 -CaO 等のスラグ中で鉄鋼および SUS 鋼を用いた ESR 再溶解試験を行い、模擬アクチニド元素 (Si、Ce) 除去効果を調べた。その結果、U と同程度の酸化物生成自由エネルギー変化を持つ Ce 含有量が最高 1/20 程度まで減少したことから、放射性廃棄物となった SUS 鋼の処理に適用できる可能性があることがわかった。交流 ESR については、操作パラメータ最適化などを行なって再溶融を試みたが、電流量の制御が非常に困難なため、安定した再溶解を継続的に行うことはできなかった。電極間短絡による過敏な影響が出にくい電流制御型で裁断許容電圧がより大きな直流電源を用いた上で、着火直後の消耗電極位置の制御を工夫するのが最も効果的と考えられる。

④アクチニド除去後の陽極残留物の溶融固化試験

・金属廃棄物溶融固化試験装置の設計・製作

高融点の SUS、Zr などを用いた溶融固化試験を行うため、10Pa までの減圧下あるいは Ar 雰囲気下でこれらの金属を最高 1800°C まで加熱可能な金属廃棄物溶融固化試験装置を設計製作した。

・溶融固化試験および固化試料からの浸出挙動測定

上記①②の陽極処理プロセスを経てアクチニドが除去された陽極残留物を対象として、金属廃棄物の主成分となる SUS と Zr とからなる混合物、あるいはこれに模擬貴金属 FP (Mo、Ru、Rh、Pd、Re) を加えた混合物を対象とする溶融固化試験を実施した。Re は、超長半減期核種であり廃棄物固化体性能評価と処分シナリオに重大な影響を与える Tc^{99} の模擬物質として加えたものである。試験パラメータは Zr 存在比 (2~60wt%)、Zr/FP 比、溶融温度、溶融時装置内圧力、るつぼ材料である。試験の結果、1600°C 以上の溶融温度、Zr 濃度 5~20wt%、使用済燃料中における対 Zr 比を超えない程度の貴金属 FP 濃度、という条件下で良好な固化体が得られることを明らかにした。るつぼ材として、溶融金属のみを対象とする場合には、溶融金属との化学的両立性の観点から Y_2O_3 が最も好ましく、熱衝撃への耐性の観点からは 5 回程度の繰り返し使用が可能な Al_2O_3 (SSA-S) の適用性があることがわかった。 Y_2O_3 については、コーティング材として黒鉛に塗布することにより熱衝撃に対する強度が向上する。陰極回収物処理工程への適用性が期待できる ZrO_2 コーティング (【研究開発項目 1】①参

照)は、1700℃における SUS/Zr 溶融固化試験の際に黒鉛るつぼ母材から剥がれ落ちたことから、今後はさらに強固なコーティング層形成方法の検討、およびより低温での性能評価が必要である。

作成した金属廃棄物溶融固化試料を対象として行った浸出試験の結果には試料毎にばらつきがあるものの、各元素の浸出量はガラス固化体に関する規格化浸出量と比較して、1桁近く小さい値であり、廃棄物固化体の性能としては、全く問題の無いものであることがわかった。

【研究開発項目3】陰極析出物／陽極残留物処理を含めた乾式再処理プロセスの構築

①陰極析出物／陽極残留物処理で生じる副生成物のリサイクル方法検討

CdCl₂添加によるU溶解除去工程で発生する浴塩を戻す先の工程としてはドロス処理工程(射出鑄造るつぼ／モールドおよびこれらに施すコーティング材とU金属との反応により発生するUO₂を塩素化するためにZrCl₄を使用する)が最も適切であり、陰極処理工程で発生する回収塩化物は、量的な必要性に応じてドロス処理工程に送り、それ以外は直接電解精製工程に戻すのが適切であることがわかった。

②運転条件最適化とマスバランス・処理速度評価

3ヵ年にわたる本事業の成果から、陰極回収物／陽極残留物の各処理工程の運転条件として現時点で最も好ましいもの、または十分な性能が得られることが確認されたものを定めた。

①で定めた生成物のフローに基づいて従来の乾式再処理プロセスフローに変更を加え、マスバランス検討を行ったところ、電解精製工程における陽極中ウラン残留率が6.8%を超えると陽極処理で必要となるCdCl₂持込み量が増え、プロセス全体における塩化物総量増大、ひいては塩廃棄物量の増加に繋がることがわかった。しかし、この範囲内であればトータルのUの出入量、使用済塩処理／塩廃棄物処理工程で処理すべき塩化物量、アクチニド回収率には変化が生じない。この程度の陽極中ウラン残留率を許容することによる電解精製処理時間短縮の度合を定量的に評価することは困難であるが、過去に行われた電解精製試験では陽極中ウラン残留率を20%程度から5%程度にまで低下させるのに、それ以前の数倍の時間を要したことを考慮すると、電解精製処理時間あるいは装置機器数の削減に大きく寄与することが期待できる。

【事業全体】を通して

陰極回収物処理に関しては、過去の電解精製試験で得られたU-ZrあるいはU-Zr-模擬FPから成る陰極回収物から付着塩をほぼ完全に除去可能であり、得られたU-Zrインゴットからの採取試料の組成代表性にほとんど問題がないことを示すことにより、高い電解精製処理速度において陰極回収物中にZrが混入することによる問題点がクリアできることを明らかにした。蒸留るつぼ材料として本事業で開発した、ZrO₂ビーズとZrO₂粉末を混合したコーティング材は、るつぼ母材／U-Zr間の反応抑制の観点のみならず、U-Zrインゴットと使用後のるつぼからの除去しやすさに長所を持っており、実用施設におけるインゴット取扱やるつぼ再コーティング作業の効率化に大きく寄与することが期待できる。

(特許出願中)。

実際に電解精製試験で発生した陽極残留物に対して本事業で提案した陽極残留物処理プロセスを施すことにより、電解精製前を基準とした残留率が0.20%程度以下に達するまでUを除去して塩化物中に回収することができたことから、これまでに達成された電解精製工程の性能を保ちつつ乾式再処理プロセス全体として高いアクチニド回収率を達成可能であることを明らかにすることができた。乾式再処理プロセス設計仕様であるU回収率99.5%を考慮すれば、上記の成果は想定を上回る良好なものであり、すぐにプロセス設計および他工程におけるU回収率目標値設定に反映できる数値である。

金属廃棄物溶融固化については、先行する米国での試験条件や合金組成範囲が限られている状況であったが、本事業では広い組成範囲、温度/圧力条件における試験により、良好な固化体が得られる条件を明らかにすることが大きな成果である。金属廃棄物固化体の浸出試験については試料数や条件設定範囲が不十分な段階であり、結果がばらばらであるが、いずれの試料・条件においてもガラス固化体と同等以上の耐浸出性を示しており、固化形態として高いポテンシャルを持っていることを示している。ESR法については、電解を直流/交流で行った場合の影響を評価するには至らなかったが、SUS-Ce合金を対象とした直流ESR試験において、すでに十分に高いCe除去効果があることが明らかにされた。

上記の成果を用いて陰極/陽極処理を取り込んだ乾式再処理プロセスの構築においては、塩廃棄物発生量を増やさない観点から許容される陽極中U残留率範囲を明らかにすることにより、高いU回収率を保ちながら電解精製処理時間あるいは装置機器数の削減可能性を示すことができた。別の観点から見ると、この結果は電解精製装置設計や運転条件改善による処理速度向上度を、プロセス全体への影響とバランスさせながら評価できることを意味しており、今後の乾式再処理技術/プロセス開発における有用な指標が得られたことは想定以上の成果である。

以上の結果から、本事業の目的が十分に達成され、一部については想定以上の成果が得られたと考えられる。今後実用化に向けて解決すべき課題として、溶融金属に対してより高い化学的両立性を持ち、容易に厚い皮膜を作成することが可能なコーティング材の開発、実際のU-Zr電解精製試験で発生した陽極残留物からの金属廃棄物固化体試料の作成と耐浸出性などの性能評価、固化体性能評価と処分シナリオに重大な影響を与える元素 (^{99}Tc など) の挙動評価、が挙げられる。

【論文発表】

- (1) M. Iizuka, M. Akagi, T. Omori, " Recovery of uranium from anode residue from electrorefining of U-Zr metal fuel alloy by addition of CdCl_2 ", J. Nucl. Technol. Sci., manuscript in preparation.
- (2) M. Iizuka, M. Akagi, " Evaluation of U remaining ratio through processing of anode residue from electrorefining of metal fuel " , J. Nucl. Technol. Sci., manuscript in preparation.
- (3) M. Iizuka, M. Akagi, " High temperature distillation using U-Zr cathode product from molten salt electrorefining of metal fuel " , J. Nucl. Technol. Sci., manuscript in preparation.

	<p>【特許】</p> <p>(1) 赤城正晃、飯塚政利、「ジルコニアコーティング剤」、特願2010-81688 (出願中)</p> <p>【口頭発表】</p> <p>(1) 飯塚政利、大森孝、「金属燃料の熔融塩電解精製における陰極／陽極の処理に関する研究開発 (1)CdCl₂ 添加による陽極溶解残留物からのU回収試験」、日本原子力学会 2008 年秋の大会、高知工科大学、2008 年 9 月 4 日</p> <p>(2) 飯塚政利、赤城正晃、「金属燃料の熔融塩電解精製における陰極／陽極の処理に関する研究開発 (2)陽極残留物処理における U 残留率の評価」、日本原子力学会 2009 年秋の大会、東北大学、2009 年 9 月 18 日</p> <p>(3) 土方孝敏、飯塚政利、塚田毅志、高橋恵樹、「金属燃料の熔融塩電解精製における陰極／陽極の処理に関する研究開発 (3)陽極残留物を対象とした金属廃棄物の熔融固化試験」、日本原子力学会 2009 年秋の大会、東北大学、2009 年 9 月 18 日</p> <p>(4) 飯塚政利、赤城正晃、土方孝敏、「高速炉金属燃料の電解精製で発生する陽極残留物処理プロセスの開発」、第 41 回熔融塩化学討論会、京大会館、2009 年 11 月 19 日</p> <p>(5) 竹中俊英、飯塚政利、「DC-ESR 法による鉄鋼材料中の不純物除去効果」、第 41 回熔融塩化学討論会、京大会館、2009 年 11 月 19 日</p> <p>(6) 赤城正晃、飯塚政利、「金属燃料の熔融塩電解精製における陰極／陽極の処理に関する研究開発 (4)U-Zr 陰極回収物の高温蒸留処理試験」、日本原子力学会 2010 年秋の大会、北海道大学、2010 年 9 月 17 日</p> <p>(7) 飯塚政利、赤城正晃、「金属燃料の熔融塩電解精製における陰極／陽極の処理に関する研究開発 (5)陽極処理工程の性能評価」、日本原子力学会 2010 年秋の大会、北海道大学、2010 年 9 月 17 日</p> <p>(8) 土方孝敏、飯塚政利、塚田毅志、高橋恵樹、「金属燃料の熔融塩電解精製における陰極／陽極の処理に関する研究開発 (6)金属廃棄物熔融固化条件の検討と浸出挙動評価」、日本原子力学会2010年秋の大会、北海道大学、2010年9月17日</p>
<p>3. 事後評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 研究開発の進捗 ・ 研究開発の成果 ・ ブレイクスルー 	<p>【研究開発の進捗】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 研究は、計画通り着実に遂行された。 <p>【研究開発の成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 陽極残留物からのアクチニド回収において CdCl₂ 添加と高温蒸留を適用することによりプロセス全体として高い U 回収率を達成したこと、金属廃棄物を 1800℃までの温度で熔融固化体とし、さらにその浸出率がガラス固化体より 1 桁近く小さい値であったことなど、想定を上回る成果が得られた。 ・ 乾式再処理の工学的成立性を示す上では不可欠であるもののこれまで未確認であった陽極残留物と陰極回収物の処理に関して、工学規模に近い試験を実施しプロセスの成立性を実証した。 <p>【ブレイクスルー】</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • 白金族元素やTc、Mo、Zrが付随するという特徴を有する乾式再処理における金属廃棄物（ハル）の溶融処理が可能である事を実証し、かつ、その固化体は処分時の溶出量は極めて少なく処分が可能であることを示した。 • るつぼ材料、ステンレス固化体の安定性等に関して、本研究としては良好な結果を得ているが、今後、更に検討を進めてもらいたい。
4. その他	