

評価の詳細

研究開発課題名（研究機関名）：

効果的環境負荷低減策創出の為の高性能Am含有酸化物燃料の研究

（独立行政法人日本原子力研究開発機構）

機関名：独立行政法人日本原子力研究開発機構

代表者氏名：田中健哉

機関名：国立大学法人大阪大学

代表者氏名：黒崎 健

研究期間及び予算額：平成17年度～平成21年度（5年計画）

1,381,348千円

平成17年度 103,887千円

平成18年度 655,661千円

平成19年度 371,040千円

平成20年度 126,980千円

平成21年度 123,780千円

項目	内容
1. 目的・目標	<p>将来の原子力発電において多数の軽水炉と少数の高速炉の共存時期が長期間にわたることが予想される。現在の再処理工程ではNp、Am等の放射能毒性の高いマイナーアクチニド（MA）は高レベル放射性廃棄物に含有され、環境に与える負荷が大きい。Puの軽水炉での利用の本格化に伴い、MAの環境への影響に対する配慮が更に必要となることを考えると、環境負荷低減型核燃料サイクルシステムの構築が喫緊の課題となる。現行軽水炉の核燃料サイクルとの技術的整合性を重視した高速炉を用いたMAリサイクルシステムを実現することにより、開発コスト及び開発期間の面で合理性を有するMA燃焼（利用）が可能となり、先の課題を解決可能である。</p> <p>使用済み燃料中のMAのうちNpは、現有サイクル技術を利用して全量をPuと共抽出し、Np含有MOX燃料に加工して高速炉燃料としてリサイクルできる。これは経済合理性に優れる方式である。残るAm及びCmのリサイクルについては、まだ、最適概念を検討している段階にある。しかし、現行の湿式法を基本とした再処理においてPu-Npを抽出した残りの溶液から微量のCmを含むAm(以下単に「Am」と称す)を分離する技術の成立性が得られている。このAmを酸化物燃料中に高い濃度で含有させて、少数の燃料体で大量のAmを集中的に高速炉で燃焼させるリサイクル概念を実現できれば、MA燃料製造システムを小規模とできる等の特徴を持った、経済合理性を有するMAリサイクルシステムを構築できる。</p> <p>即ち、高濃度Am含有酸化物燃料の製造技術確立がMAリサイクル燃料システム実用化上の枢要課題である。</p> <p>この解決策として構想されるものは、以下のシステムである。まず、燃料形態は軽水炉等で多用されているペレット型燃料とする。高い放射能の原料の取扱いを考慮して遠隔製造施設で燃料製造を行い、微粉飛散防止の観点から燃料原料粉は造粒する。高濃度にAmを含有する酸化物燃料では熱伝導率等の燃料物性の劣化が生じるため、物性改善のための助剤を燃料原料粉に混合して焼結し、ペレット燃料に加工する。この高濃度Am含有酸化物ペレット燃料で構成する集合体複数体を、通常</p>

のドライバー燃料集合体と同様に、高速炉の炉心領域に装荷し、高速中性子を効果的に利用して Am を燃焼する。これは、高速炉全盛期において、高速炉からの MA を合理的にリサイクルするシステムにも適用可能である。

本研究開発では、この、Am を酸化物燃料中に高い濃度で含有させて、少数の燃料体で大量の Am を集中的に高速炉で燃焼させる高濃度 Am 含有酸化物燃料を用いた MA リサイクル燃料システムの実現に必要な基盤的技術要件の把握を目標として、以下の課題を設定した。

- ① MA リサイクル燃料システムのシステム構成とシステムコストの概略検討を行うこと
- ② 現行の核燃料サイクルシステムと整合する効率的な MA 燃焼のための、MOX 及び UO_2 を燃料母材とする Am の高濃度添加技術の工学的成立性の確認
- ③ 高濃度 Am 含有酸化物燃料開発の中核をなす熱伝導率改善及び酸素ポテンシャル制御技術の工学的成立性の確認
- ④ 高濃度 Am 含有酸化物燃料製造のための合理的な遠隔製造技術の見通しを得ること

以下には、全体計画を記す。

(1) 合理的 MA リサイクル燃料システムの概念検討

コスト等の解析を実施して、本システム導入で達成し得る経済的及び環境負荷低減に係る効果を定量的に明らかにする。併せて、炉心設計・燃料設計・燃料装荷パターンに関する横断的な解析を行い、MA リサイクル燃料システムに整合する高速炉の仕様を明らかにする。

(2) 高濃度 Am 含有酸化物ペレット燃料製造技術開発

高濃度 Am 含有酸化物燃料の製造試験及び物性試験を行い、燃料製造方法の詳細を明らかにする。また、燃料の熱設計上重要である熱伝導率、並びに熱及び機械設計上重要である酸素ポテンシャルを測定し、Am 含有による燃料の物性変化を明らかにする。

(3) 高性能 Am 含有酸化物ペレット燃料製造技術開発

金属 U 及び金属 Mo を添加した UO_2 ペレットや MOX ペレットの製造試験を行い、製造性を確認する。製造試験結果に基づき、U・Mo 添加 Am 含有 UO_2 ペレット、U・Mo 添加 Am 含有 MOX ペレットの製造試験、物性試験を行い、添加材による燃料性能改善効果並びに同技術の工学的成立性を確認し、燃料製造方法の詳細を明らかにする。

(4) 高性能添加材の開発

酸素ポテンシャル制御並びに高熱伝導率化の両機能を達成できる合金型の高性能添加材候補を設計し、試作試験及び物性試験を行い、本概念の技術的成立性を明らかにする。

(5) 合理的遠隔製造工程の開発

転動造粒法及び押出造粒法に関する基礎試験を実施して、造粒仕様と運転条件との相関関係を明確化し、原料粉末の飛散防止やペレット製造時の遠隔取扱い性の観点から適切な造粒方式を明らかにする。その造粒方式による実機装置の概念を設計して、合理的遠隔製造工程を創出する。

<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 合理的 MA リサイクル燃料システムの概念検討】 Am 等の MA を高レベル放射性廃棄物から分離して燃料として用いる、環境負荷低減型の MA リサイクル燃料システムの有効性を検討するため、以下を実施した。</p> <p>①MA 含有率に対する諸量評価：MA 含有率をパラメータとする燃料製造量及びガラス固化体数の解析を行い、軽水炉使用済燃料（UO₂ 燃料及び MOX 燃料）の処理体数想定値と比較して、燃料製造量及びガラス固化体の削減割合を評価した。この結果、基礎データであるサイクル諸量として、軽水炉使用済燃料の発生条件に応じた MA 含有燃料の製造量及びガラス固化体削減割合を定量化できた。併せて、サイクルコスト詳細解析に必要な基礎的条件を得た。</p> <p>②MA リサイクル燃料システム用高速炉仕様の検討：炉心特性サーベイ解析、炉心・燃料仕様選定解析を行い、内側炉心と外側炉心の間に 10～20 wt%の Am を含有させた Am ターゲット燃料集合体を装荷する非均質装荷型炉心構成により、発電炉としての炉心性能を損なわずに効果的に核変換を行えることを見出した。この炉心構成に関する炉心核熱設計及び燃料設計により、炉心成立性を確保可能な燃料ピン径、被覆管肉厚等の燃料仕様を具体化できた。更に、事故時の炉心安全性を評価した結果、高速増殖炉サイクル実用化研究開発（FaCT）の中で検討されている MA 均質混入型炉心と同様の過渡特性を有することが確認できた。</p> <p>③燃料製造コスト評価：高濃度 MA 含有燃料の遠隔製造施設の概略設計を行った。これに、高濃度 MA 含有燃料原料粉末固有の高発熱性に対応するための除熱機能を付加した施設を想定して、燃料製造施設導入コストを評価した。また、燃料製造に係る工学試験施設導入コストについても評価し、これら結果を④のコスト評価に反映した。</p> <p>④燃料サイクルコスト評価：③で得られたコスト評価値を用いて MA リサイクルの経済性を検討した。その結果、MA リサイクル燃料システム導入時に必要となる MA 回収設備を設置した LWR 再処理施設、Am-MOX 燃料製造施設、及び、Np-MOX 製造施設の施設費総額は、再処理から発生する Pu 全量を Pu サーマル燃料としてリサイクルする場合に必要な施設費総額を下回る可能性が確認できた。</p> <p>【研究開発項目2 高濃度 Am 含有酸化物ペレット燃料製造技術開発】 20wt.%程度の高濃度に Am を MOX に含有させた燃料ペレット製造技術開発をするため、以下を実施した。</p> <p>①GB 内簡易遮蔽型熱伝導率測定装置の設計及び製作：高濃度 Am 含有酸化物燃料の物性評価に使用するため、無停電電源装置や冷却水循環装置などのユーティリティ系を有する最高試験温度約 2000℃のレーザーフラッシュ式 GB 内簡易遮蔽型熱伝導率測定装置を設計、製作し、性能を検証した。</p> <p>②Am 原料粉末の性状特性評価：グローブボックス設置型粉末性状特性評価試験装置を製作し、性能を検証した。この装置を用いて③で調達した Am 粉末の微細構造観察した結果、Am 粉末の一次粒子は μm オーダーの板状粒子であること、及び、粉碎混合特性は良好であり、均質混合を期待できる粉末であることが確認できた。</p> <p>③酸化物母材への Am の高濃度添加技術の検討：Am 含有酸化物ペレット燃料製造技術開発に必要な AmO₂ 原料粉末を、海外から金属 Am 量で 50g 分調達した。この原料粉末を用いて 10～20wt.%Am 含有</p>
---	---

MOX(Pu 濃度は 30wt.%)ペレット製造試験を行った結果、従来型の冷間成型・Ar-5%H₂ ガス気流中における加湿雰囲気下無負荷焼結法では、健全なペレット外観・内部組織を有するが、Am 含有量の増加に伴い焼結密度が低下すること（15wt.%Am 含有 MOX では 92%TD 程度、20wt.%Am 含有 MOX では 90%TD 程度）がわかった。この回避策には、原料粉末調製時の粉碎混合時間伸長による粉末の活性度改善が考えられたが、粉碎混合時間伸長による改善効果は顕著には得られておらず、実用化に向けての課題として、20wt.%程度に Am を含有させる際には製造条件の調整が必要になることがわかった。

④Am 含有酸化物燃料の物性試験：③で得られた試料について、①で整備した熱伝導率測定装置による熱伝導率測定を行った。この結果、Am 含有 MOX 燃料では、Am 含有量の増加に伴い熱伝導率が小さくなる傾向を有することを明らかにできた。また、機構所有の装置を用いて Am 含有 MOX 燃料の酸素ポテンシャルを評価したところ、MOX に比べて高い値を示すことを明らかにできた。

⑤計算科学的手法による Am 含有酸化物燃料の物性評価：計算科学的手法を用いた、実験によらない Am 含有酸化物燃料の熱伝導率評価の実現性を検討するため、分子動力学法の適用性を評価した。その結果、欠陥を有さない単結晶の完全結晶状態の熱伝導率評価に対して適用可能であることを確認するとともに、その評価に必要な 2 体間ポテンシャルには、クーロン相互作用・近接反発相互作用・分子間力・共有結合力から成る評価モデルを適用すればよいことがわかった。

【研究開発項目 3 高性能 Am 含有酸化物ペレット燃料製造技術開発】

高濃度 Am 含有に伴う燃料物性劣化を補償するための燃料への金属顆粒添加技術を開発するため、以下を実施した。

①金属顆粒製造装置用治具の製作及び金属顆粒製造予備試験：添加材として用いる金属 U 顆粒製造に必要なコレットチャックを製作するとともに、予備試験を行って顆粒製造条件を確定した。

②焼結試験装置用治具の製作：⑤の試験に必要な真空装置を製作し、性能を検証した。

③GB 設置型ホットプレス装置の設計及び製作：真空排気系等のユーリティ系を有するプレス圧力 3t/cm²、最高加熱温度 1800°C のホットプレス装置を設計、製作し、性能を検証した。

④添加材の製造：①で整備・検討した治具、製造条件を用いて、⑤～⑦に必要な金属 U 顆粒（直径 105～149μm）を製造した。

⑤添加材添加 UO₂ ペレット製造試験：添加材添加による焼結特性や物性変化に関する基礎的知見の取得を目的として、④の金属 U 顆粒、及び、市販の Mo 微粉（粒度 1.5μm）を添加した（各 5wt.%）UO₂ 粉末のホットプレス焼結試験を行った。この結果、高純度 He ガス雰囲気下で 4.9～9.8MPa 程度のホットプレス圧を加えることにより、1500°C×1 時間の焼成にて、健全な外観・内部組織を有する 90%TD 超の高密度ペレットを製造できることがわかった。また、実験的に熱伝導率を評価した結果、金属 Mo による熱伝導率改善効果によって、添加材添加 UO₂ ペレットの熱伝導率は、添加材未添加の UO₂ に比べ、有意に増加することが確認できた。

⑥添加材添加 MOX ペレット製造試験：⑦の予備試験との位置づけで、⑤で得られた知見に基づき、Mo 微粉 5wt.%のみを添加した 3wt.%Am

含有 MOX (Pu 濃度は 30wt.%) ペレットの冷間成型・無負荷焼結法による製造試験を実施した。この結果、⑤の UO_2 母材への添加と同様に、Am 含有 MOX に Mo を添加しても良好な焼結性を期待できることが確認できた。

⑦添加材添加 Am 含有ペレット製造試験：⑤、⑥で得られた知見に基づき、2.5wt.%の金属 U 顆粒、2.5wt.%の Mo 微粉を添加した 15wt.%Am 含有 UO_2 (2.5wt.%U-2.5wt.%Mo-15wt.%Am 含有 UO_2) 及び 15wt.%Am 含有 MOX (Pu 濃度は 30wt.%) (2.5wt.%U-2.5wt.%Mo-15wt.%Am 含有 MOX) の製造試験を実施した。この結果、MOX を母材とする場合、Ar-5% H_2 還元性ガス雰囲気下で 29.4MPa のホットプレス圧により 1500°C×1 時間焼成することで 95%TD 超のきわめて高い密度を有するペレットを得られるが、結晶粒の成長は少なく、固溶度も低く、かつ、添加した U の大半は酸化していることがわかった。ただし、雰囲気ガス中の酸素含有量は少ないことから、Am 酸化物中の酸素を吸収したものと考えられる。 UO_2 を母材とする場合には、雰囲気ガス中の酸素ポテンシャルを MOX に比べて高めることにより、9.8MPa のホットプレス圧で 1500°C×1 時間の焼成で 90%TD 超の高密度ペレットを得られることがわかった。なお、雰囲気ガスの酸素ポテンシャルが高いことから、MOX の場合と同様に、添加した U の大半は酸化しているものと推測される。以上から、添加材添加 Am 含有酸化物燃料については高密度かつ低 O/M 比のペレットを製造可能であるが、実用化に向けての課題として、U の焼結中の酸化を考慮した製造時組成の調整等の検討が必要になることがわかった。

⑧添加材添加 Am 含有酸化物燃料の物性試験：⑦で得られた 2.5wt.%U-2.5wt.%Mo-15wt.%Am 含有 MOX について、実験的に熱伝導率を評価した結果、添加材未添加時よりも有意に熱伝導率が改善されることが確認できた。ただし、改善量は少量であることから、実用化に向けての課題として、添加材の分布状態の改善を図る必要があることがわかった。また、酸化特性試験では、添加した金属 U の多くが焼結時に酸化することにより、焼結後は添加材の酸素吸収能力が低下することがわかった。

⑨計算科学的手法による添加材添加 Am 含有酸化物燃料の物性評価：研究開発項目 2 の⑤で得られた分子動力学法による欠陥を有さない単結晶の完全結晶状態の熱伝導率評価方法を利用した、添加材添加 Am 含有酸化物燃料の熱伝導率評価方法について検討した結果、分子動力学法で得られる完全結晶状態の熱伝導率評価値を、実在物質に内包される気孔分布、添加材分布を模式化した幾何学的モデルに基づき有限要素法で補正して、実在物質の熱伝導率を評価する方法を得た。この方法の実用性を、模擬燃料物質の熱伝導率測定値を使って評価した結果、実用化に向けては、気孔分布、添加材分布に関する幾何学的モデルの精度向上が課題となることがわかった。

【研究開発項目 4 高性能添加材の開発】

高濃度 Am 含有に伴う燃料物性劣化を補償する技術として、金属 U 及び Mo 添加型燃料の開発を行っているが、これらの添加材を燃料内に均質に添加するための精密制御型混合は、製造工程上の負荷が小さくない。そこで、金属状の複合機能型添加材で代替することを考え、この概念の技術的成立性評価を目的として以下を実施した。

①高性能添加材候補材の設計及び製作：酸素吸収能力、熱伝導特性、融

点、核特性への影響の観点からの材質検討により、U-Mo 合金、U-Zr 合金、Mo-Zr 合金の 3 種類に候補材を絞り込むとともに試作試験を行い、②、③に必要な知見、供試材製造技術を取得・整備した。

②高性能添加材の評価：①の試作試験結果、並びに、①の供試材製造技術を用いて調製した試料の酸化特性試験結果から、Mo-Zr 合金が相対的に優れていることを明らかにした。そこで、③において Mo-Zr 合金の詳細物性試験を行った。

③高性能添加材の物性試験：詳細物性試験の結果、Mo-55Zr であれば、Zr の選択的酸化による酸素吸収反応を期待可能であること、単体の Zr に比べて高い熱伝導率を有していることが確認でき、複合機能型添加材の要件である酸素吸収機能と熱伝導率改善機能を満足できる可能性が高いことを明らかにした。一方、模擬燃料粉末に UO_2 粉末を用い、これに Mo-55Zr 顆粒（粒径 $53\mu\text{m}$ 以下）を 5wt.% 添加して焼結試験を行い、熱伝導率を評価したところ、焼結体内に Mo-55Zr を起点とするマイクロクラックが発生し、熱伝導率が添加材未添加の UO_2 焼結体からあまり向上しないことが確認できた。以上から、Mo-Zr 合金は実用複合機能型添加材としての可能性は有しているものの、これを添加した燃料粉末焼結時のマイクロクラックの発生防止策の構築が課題であり、複合機能型添加材の実用化には時間を要することがわかった。

【研究開発項目 5 合理的遠隔製造工程の開発】

原料粉末の飛散防止やペレット製造時の遠隔取扱い性に優れる燃料製造工程に適した造粒技術を明らかにするため、以下を実施した。

①造粒試験装置の製作及び造粒予備試験：混練機・湿式押出造粒機・球状整粒機から成る押出造粒試験装置、及び、既存の転動造粒試験装置に付加するバインダー注入系を設計・制作し、性能を検証した。

② WO_3 粉末を用いた造粒試験：実際の燃料原料粉末の流動性を模擬可能な一般材である WO_3 粉末を用いた造粒試験を行い、転動造粒、押出造粒に関するバインダー添加方法等の造粒条件調整方法を明らかにした。

③ UO_2 粉末を用いた造粒及び焼結試験：②で得られた知見に基づき、 UO_2 粉末を模擬燃料粉末とする造粒試験、及び、得られた造粒物の焼結試験を行った。この結果、転動造粒、押出造粒ともに、有意な差はなく、どちらも、良好な焼結性を示す造粒物を得られることがわかった。

④添加材添加 UO_2 造粒粉焼結試験：③で得られた条件を用いて製造した UO_2 造粒物について、研究開発課題 3 の⑤と同様に、5wt.% の金属 U 顆粒、5wt.% の Mo 微粉を添加し、ホットプレス焼結試験を行った。その結果、添加材を添加した場合においても、転動造粒物と押出造粒物の間に有意な差は認められず、どちらの造粒物も良好な焼結性を示すことがわかった。

⑤合理的遠隔製造工程の創出：③、④の結果から、転動造粒法、押出造粒法ともに実用技術としての可能性を有すると考えられたことから、両手法について、実用化時を想定した遠隔製造工程を具体化するとともに、実用化上の課題点の抽出を行った。その結果、両手法ともに 100g 規模の原料粉を対象とできる装置の小型化が主たる課題となること、及び、押出造粒法については、造粒物の工程機器間搬送システム開発も課題となることがわかった。

【事業全体】を通して

まず、高濃度 Am 含有酸化物燃料ペレット製造方法については、従来の冷間成型後常圧焼結する方法が適用可能であり、かつ、焼結条件を固定した際の焼結物の性状（密度、内部組織状態）に再現性があることを焼結試験により確認できた。このことから、本法を実機燃料製造に利用可能であることを確認できたと考えられる。

高性能 Am 含有酸化物ペレット燃料製造方法については、新たに創出した金属 U 及び金属 Mo を燃料原料粉末に添加して冷間成型し、これを、ホットプレス焼結する方法が適用可能であり、かつ、焼結条件を固定した際の焼結物の性状（密度、内部組織状態）に再現性があることを焼結試験により確認できた。また、物性試験により、添加材添加により熱伝導率が改善できることを確認できた。ただし、ホットプレス焼結特有の量産性に係る問題や、焼結過程において Am 酸化物から放出される酸素により金属 U が酸化されている可能性が高いことを示唆する知見が得られている。従って、焼結後の製品の O/M 比は十分に低減されるものの、照射中の酸素ゲッター能力が低下することについて、更に検討を進める必要があると考えられる。

また、高性能添加材については、性能面で有望視された U 系合金に関して、量産可能な製造方法の開発が必要であること、既存技術で量産可能な Mo-Zr 合金に関しては焼結特性に改善の余地が大きいことが確認できた。このことから、高性能添加材については、短期間での実用化は困難であると考えられる。

一方、造粒方法については、模擬燃料 (UO_2) を用いた試験のみの実施であったが、候補技術である転動造粒法、押出造粒法ともに、一般材同様に核燃料物質の造粒にも適用可能であることを示唆する知見が得られたとともに、造粒物の焼結性も良好であることが確認できた。また、両手法間で決定的優劣は認められなかったことから、これら 2 手法は、核燃料物質の造粒技術として利用可能であると考えられる。

以上のように、枢要要素技術として開発を進めてきた高濃度 Am 含有酸化物ペレット燃料製造技術については、基本的な成立性を見通せたと考えられ、MA リサイクルシステムが必要とする燃料供給は実現可能と考えられる。なお、熱伝導率や酸素ポテンシャル特性を改善するための高性能 Am 含有酸化物ペレット製造技術については、酸素ポテンシャル特性改善に関して改良の余地があることから、引き続き開発を進めていくことが必要であると考えられる。

一方、MA リサイクルシステムが必要とする炉心システムについては、内側炉心領域と外側炉心領域との間に Am 含有燃料集合体領域を設けるとの、非均質装荷型炉心の成立性見通しが得られており、現有知見に基づく計算評価では、発熱効率を損なうことなく、40%程度の MA 変換効率を期待できるとの評価結果も得られている。詳細評価の必要性を有するが、事故時の炉心安全性の観点からも、炉心システムは実現可能と考えられる。

従って、本業務で開発してきた MA リサイクル燃料システムは、環境負荷低減効果を発揮できる実現可能なシステム概念であると考えられる。

	<p>(論文発表)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)石井徹哉ら、「金属顆粒添加型酸化燃料の製造技術開発」、原子力学会和文論文誌 vol.9(2),207-218(2010). 2)Kenya TANAKA, et.al. “Rational MA Recycling Concept Based on Innovative Oxide Fuel with High Am Content” GLOBAL 2007, Boise, Idaho, USA. 3)Shigeo OHKI et.al. “An Effective Loading Method of Americium Targets in Fast Reactors” GLOBAL 2007, Boise, Idaho, USA. 4)Kenya TANAKA, et.al. “Evaluation of MA Recycling Concept with High Am-Containing MOX(Am-MOX)Fuel and Development of Its Related Fuel fabrication Process”GLOBAL 2009,Paris,France. <p>(口頭発表)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)田中健哉ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発(I)燃料開発計画及び MA リサイクル概念の検討」、原子力学会 2006 年秋の大会 2)廣沢孝志ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発(II) 雰囲気制御型レーザーフラッシュ式熱伝導率測定装置の設計」、原子力学会 2006 年秋の大会 3)石井徹哉ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発(III)金属 U 添加酸化燃料の製造性に関する基礎的検討」、原子力学会 2006 年秋の大会 4)田中健哉ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発-2(I)燃料開発計画及び MA リサイクル概念の検討(2)」、原子力学会 2007 年秋の大会 5)佐藤勇ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発-2(II) 雰囲気制御型レーザーフラッシュ式熱伝導率測定装置の設計製作及び性能検証」、原子力学会 2007 年秋の大会 6)黒崎健ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発-2(III)計算科学的手法による Am 含有酸化燃料の物性評価」、原子力学会 2007 年秋の大会 7)石井徹哉ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発-2(IV)Am 含有酸化燃料の製造技術開発」、原子力学会 2007 年秋の大会 8)田中健哉ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発-3(I)燃料開発計画及び MA リサイクル概念の検討(3)」、原子力学会 2008 年春の年会 9)石井徹哉ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発-3(II)Am 含有酸化燃料の製造技術開発(2)」、原子力学会 2008 年春の年会 10)田中健哉ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発-4(I)研究開発の中間まとめ」、原子力学会 2008 年秋の大会 11)吉持宏ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発-4(II)高濃度 Am 含有 MOX 燃料の製造技術開発(1)」、原子力学会 2008 年秋の大会 12)廣沢孝志ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発-4(III)レーザーフラッシュ法による酸化燃料の高温比熱容量、熱拡散率同時測定」、原子力学会 2008 年秋の大会 13)石井徹哉ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発-4(IV)Am 含有酸化燃料の製造技術開発(3)」、原子力学会 2008 年秋の大会 14) 大木繁夫ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発-5 Am 非均質装荷のための高速炉炉心概念」、原子力学会 2009 年春の年会 15) 廣沢孝志ら、「高性能 Am 含有酸化燃料の開発-5 レーザーフラッシュ法による 10%Am-MOX の熱伝導率測定」、原子力学会 2009 年秋の大会 16) 田中健哉、「高濃度 Am 含有酸化燃料開発と MA リサイクル概念について」、日本原子力学会・分離変換・MA リサイクル研究専門委員会、2008/11/12 17) 田中健哉、「MA 非均質高速炉に関する研究開発の現状について」、原子力委員会研究開発専門部会・分離変換技術検討会(第5回)、2008/12/19(特許・実用新案) 1)佐藤勇ら、「物性測定装置」、特願 2007-036462 (2007年2月16日) 2)廣沢孝志ら、「加熱炉及び加熱炉を使用した熱物性値測定装置」、特願
--	---

	<p>2007-036463 (2007年2月16日)</p> <p>3)石井徹哉ら、「核燃料ペレット及びその製造方法」、特願 2009-176332 (2009年7月29日)</p> <p>4)石井徹哉ら、「核燃料ペレットの製造方法及び核燃料ペレット」、特願 2009-180988 (2009年8月3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"> ・ MA リサイクルシステム概念の検討、高濃度 Am 含有酸化物ペレット (UO₂、MOX) の製造技術、U/Mo 金属を含む高性能 Am 含有酸化物ペレットの製造、高性能添加剤の開発、遠隔製造工程の開発など、MA 含有燃料酸化物ペレット製造に関する多岐にわたる総合的な研究開発を精力的に進めて、計画通りに遂行したと判断する。 ・ 本研究に供するため、かなりの量 (50g) のAmを海外からスケジュール通りに輸入できたことは、評価したい。 <p>【研究開発の成果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本研究開発は、製造および評価をその目的として計画通りに遂行し、想定どおりの成果が得られている。 ・ 高濃度Am含有酸化物ペレットがホットプレス法で加工可能であることを実験的に確認し、高濃度Am含有UO₂ペレット及びMOXペレットの製造方法・条件を確立するとともに、高濃度Am含有酸化物ペレットの貴重な熱物性データを取得できたことで有用な知見が得られており、大きな成果である考える。 <p>【ブレイクスルー】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 高濃度の Am を含む UO₂ペレット及び MOX ペレットの製造方法を実証すると共に課題も明らかにすることが出来た。 ・ Amを高速炉燃料にリサイクルすることについて、これまではアイデアとしてはあっても、現実的に可能かどうかの確証がなされていなかった。本研究で実際にペレットを製造して物性データを取得しており、アイデアの議論から一歩進めて、実現の可能性に結び付けた功績は大きい。
<p>4. その他</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ Am 等の放射能の高い物質を含むセラミックスの熱伝導度を、雰囲気制御した環境で測定する装置を開発し、特許も取得している。今後のデータ蓄積が期待される。