

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	マイナーアクチニドリサイクル高速炉金属燃料の開発
Title(English)	
著者(和文)	太田宏一
Author(English)	Hirokazu Ohta
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9799号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小原 徹,矢野 豊彦,井頭 政之,千葉 敏,高橋 実
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9799号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		太田宏一	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	小原 徹	教授	審査員	高橋 実	教授
	審査員	矢野豊彦	教授			
		井頭政之	教授			
		千葉 敏	教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「マイナーアクチニドリサイクル高速炉金属燃料の開発」と題し、5 章より構成されている。 第 1 章「序論」では、エネルギーセキュリティの確保や放射性廃棄物量の低減といった観点からは、高速炉燃料サイクルの実用化が有効であり、なかでも金属燃料サイクルは、燃料の高燃焼度化や施設のコンパクト化、燃料製造工程の簡素化による高い経済性の他、燃料の優れた除熱性による高い安全性、Pu と U 及び Np、Am、Cm といったマイナーアクチニド(MA)の同時回収による核不拡散性の確保が期待されると述べている。さらに近年使用済燃料から U や Pu とともに MA を回収することで放射性廃棄物の長期的な毒性や発熱を低減し、処分場の負荷を軽減することが燃料サイクルの果たすべき重要な役割として位置付けられているが、MA リサイクル燃料の実用化に必要な照射データの蓄積は乏しく、特に MA 回収技術との整合性を踏まえた MA やレアアース(RE)含有金属燃料に関する照射挙動や核変換特性の検討例はほとんどないことを指摘している。これらを踏まえ、金属燃料高速炉サイクルによる MA リサイクル概念の成立性を明らかにし、MA 変換性能を実証するとともに、効率的な MA 燃焼と高燃焼度化を両立する金属燃料および炉心の成立性を明らかにするという本論文の目的を述べている。 第 2 章「MA 含有合金燃料の照射試験」では、MA 添加合金燃料の照射挙動を観察するため、高速炉で行った照射試験について述べている。物性や基礎的な特性評価に関する先行炉外試験の結果に基づき、照射試験への適用が可能と判断された最大 5wt%の MA(Np, Am, Cm)および RE(Y, Ce, Nd, Gd)を添加した U-Pu-Zr 合金を燃料スタックの一部に装荷した金属燃料ピンを~2.5at.%、~7.0at.%、~10at.%の最高燃焼度まで照射し、照射後に行われた燃料ピンの外径測定や放出ガンマ線の軸方向分布測定といった非破壊検査を行い、U-Pu-Zr 合金のスエリングやボンドナトリウムの排出挙動は MA や RE の添加によって変化しないことを明らかにしている。 第 3 章「MA 含有合金燃料の照射後試験」では、最高で~2.5at.%または~7.0at.%燃焼度まで照射された燃料ピンのブレナムガス分析や燃料合金の断面組織観察を行い、U-Pu-Zr 合金の照射挙動に対する MA や RE 添加の影響を分析した結果について述べ、さらに照射燃料の化学分析を行い金属燃料による MA 核変換特性について分析した結果を述べている。燃料ピンの穿孔によるブレナムガス分析の結果、燃料合金からの FP ガス放出率は 5wt%以下の MA や RE の添加によってほとんど影響されないことを明らかにしている。また、燃料スタック全長に 5wt%の MA 添加燃料を装荷した場合、α 崩壊等による生成 He ガスによってブレナム圧がおよそ 1.2 倍に増大することを明らかにしている。また各燃料ピンの断面観察の結果、照射による母相組織の形成や U、Pu、Zr 成分の移動が 5wt%の MA や RE によって影響を受けないことを明らかにしている。また MA や RE の析出物が照射成長することが確認されたが、試料に溶解や破損の痕跡は見られず、燃料健全性が確保されることを明らかにしている。さらに照射燃料の化学組成分析を行い、取出し燃焼度が照射条件に基づく評価の範囲にあることを確認し、金属燃料による MA 核変換が燃焼解析による予測に従い進んでいたことを明らかにしている。以上の結果から、~7at.%燃焼度までの範囲で、金属燃料高速炉サイクルによる MA リサイクル概念が成立することを明らかにし、金属燃料による MA 変換特性を明らかにした。 第 4 章「MA 含有合金を利用した超高燃焼度金属燃料炉心の設計」では、これまでの結果を踏まえ、MA リサイクル燃料による転換比の向上を利用した超高燃焼度金属燃料および炉心の設計検討について述べている。従来概念を大幅に上回る高燃焼度化を達成するため、革新的な燃料設計方策を取入れ、通常の HT-9 鋼による被覆管の照射データを外挿評価した金属燃料挙動解析によって、約 42at.%の超高燃焼度が達成できることを明らかにしている。さらに 5wt%の MA を添加した金属燃料高速炉の炉心燃焼特性解析を行い、MA 添加燃料によって、燃焼反応度を通常炉心に並に抑えながら、ピークで 40at.%を上回る高燃焼度化を達成する金属燃料炉心の成立性を確認したとしている。また、本炉心による MA 変換率は 65%を上回り、軽水炉による年間生成量の約 2~3 倍に相当する MA が消費でき効率的に MA 蓄積量を低減できることを明らかにしている。これらの結果により高速炉用金属燃料によって 40at.%を上回る超高燃焼度化の達成が可能で、MA リサイクルと超高燃焼度化を両立する高性能金属燃料炉心により効率的な MA 燃焼が実現できることを明らかにしている。 第 5 章「結論」では、以上の各章で得られた成果を総括し、結論を述べている。 これを要するに、本論文は金属燃料高速炉サイクルによる MA リサイクル概念が成立することを示し、MA 変換特性を実証するとともに、効率的な MA 燃焼と高燃焼度化が両立する金属燃料および炉心が成立することを明らかにしており、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。