

Title	高速炉用高燃焼度酸化物燃料の照射挙動と物性に関する研究
Author(s)	田中, 康介
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59168">https://hdl.handle.net/11094/59168</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

【29】

氏名	たなか こうすけ 田中 康介
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24945 号
学位授与年月日	平成23年9月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科環境・エネルギー工学専攻
学位論文名	高速炉用高燃焼度酸化燃料の照射挙動と物性に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 山中 伸介 (副査) 教授 山口 彰 教授 山本 孝夫 准教授 黒崎 健

## 論文内容の要旨

高速増殖炉サイクルでは、低除染MA含有MOX燃料をナトリウム冷却炉でピーク燃焼度250GWd/tまで燃焼させる概念が最有力候補と位置づけられている。この燃料の開発には、設計に必要な物性評価、安定した品質を維持する燃料製造技術など様々な項目があるが、照射初期から高燃焼度領域までの挙動を把握することは、燃料の性能を評価するうえで極めて重要である。しかしながら、低除染MA含有MOX燃料については、ほとんど全ての照射期間における挙動はわかっていない。また、高速炉用MOX燃料の照射挙動についても、高燃焼度領域における核分裂生成物（FP）の挙動、とりわけ固体状に生成・析出するFP相の挙動についてのデータが圧倒的に不足しており、高燃焼度領域における物性データもほとんど報告されていない。これらの課題を解決することは、将来における高速増殖炉サイクルを実現するうえで必要不可欠である。そこで、本研究では、実燃料の照射後試験によるFPの挙動評価、模擬低除染MA含有MOX燃料の相状態・物性評価、FP酸化物析出相の相状態・物性評価についての試験を実施した。

第二章では、高速実験炉「常陽」において最高燃焼度約144GWd/tを達成したMOX燃料の照射後試験を実施した結果を述べ、高燃焼度MOX燃料における固体FPのふるまいを評価するとともに、燃料組織変化、アクチニドの分布について議論した。その結果、照射中における燃料の組織変化に対応したPu およびAm の分布状況が明らかになった。また、酸化物析出相を構成するBa、Zrや白色金属析出相を形成するMo、Pd などの重要なFP についての存在

分布を把握することに成功した。

第三章では、照射試験で達成困難な高燃焼度250GWd/tまでの特性を評価するため、U、Pu、Amと非放射性のFP相当元素を用いた模擬低除染MA含有MOX燃料を調製し、相状態評価、物性評価を実施した。その結果、低除染MA含有MOX燃料の物性データと相状態は、過去に報告されている高速炉用MOX燃料のそれらと同等あるいは外挿により評価可能であることがわかった。

第四章では、高燃焼度領域で生成・析出するFP化合物に着目し、それらの物性を系統的に調査した結果を述べ、材料科学的な観点からその特性を評価した。Cs系、Ba系、Sr系からなるFP酸化物の物性データの拡充が進み、特に、これまで報告例の無いプルトニウムを含有する化合物のデータ取得に成功した。

第五章では、高速炉燃料における設計方針・安全性評価の現状を整理するとともに、これまでに得られている知見ならびに第二章から第四章までに述べてきた実験研究の結果に基づき、将来の高速炉燃料における挙動評価、設計評価手法の高度化に向けた意見を述べた。

第六章では、各章のまとめを結論として述べた。

## 論文審査の結果の要旨

高速増殖炉サイクルでは、低除染 MA 含有 MOX 燃料をナトリウム冷却炉でピーク燃焼度 250GWd/t まで燃焼させる概念が最有力候補と位置づけられている。この燃料の開発において、照射初期から高燃焼度領域までの挙動を把握することは、燃料の性能を評価するうえで極めて重要である。しかしながら、低除染 MA 含有 MOX 燃料については、ほとんど全ての照射期間における挙動はわかっていない。また、高速炉用 MOX 燃料の照射挙動についても、高燃焼度領域における核分裂生成物 (FP) の挙動、とりわけ固体状に生成・析出する FP 相の挙動についてのデータが圧倒的に不足しており、高燃焼度領域における物性データもほとんど報告されていない。本論文では、これらの課題を解決するために研究した結果が述べられており、以下の六章から構成されている。

第一章では、原子力エネルギーの位置付け、過去の研究によって得られた燃料の照射中の挙動、燃料設計の考え方などの背景が整理されている。

第二章では、高速実験炉「常陽」において最高燃焼度約 144GWd/t を達成した MOX 燃料の照射後試験を実施した結果を述べ、高燃焼度 MOX 燃料における固体 FP のふるまいを評価するとともに、燃料組織変化、アクチニドの分布について議論している。その結果、照射中における燃料の組織変化に対応した Pu および Am の分布状況が明らかになった。また、酸化物析出相を構成する Ba、Zr や白色金属析出相を形成する Mo、Pd などの重要な FP についての存在分布を把握することに成功している。

第三章では、照射試験で達成困難な高燃焼度 250GWd/t までの特性を把握するため、U、Pu、Am と非放射性の FP 相当元素を用いた模擬低除染 MA 含有 MOX 燃料を調製し、相状態や物性を評価している。その結果、低除染 MA 含有 MOX 燃料の物性データと相状態は、過去に報告されている高速炉用 MOX 燃料のそれらと同等あるいは外挿により評価可能であると結論付けている。

第四章では、高燃焼度領域で生成・析出する FP 化合物に着目し、それらの物性を系統的に調査した結果を述べ、材料科学的な観点からその特性を評価している。その結果、Cs 系、Ba 系、Sr 系からなる FP 酸化物の物性データの拡充が進み、特に、これまで報告例の無いプルトニウムを含有する化合物のデータ取得に成功している。

第五章では、高速炉燃料における設計方針・安全性評価の現状を整理するとともに、これまでに得られている知見ならびに第二章から第四章までに述べてきた実験研究の結果に基づき、将来の高速炉燃料における挙動評価、設計評価手法の高度化に向けた意見を述べている。

第六章では、各章のまとめを結論として述べている。

以上のように、本論文は環境・エネルギー工学、特に原子力エネルギーの有効利用技術としての高速増殖炉燃料の研究開発に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。