

Title	セシウム・ヨウ素及びヘリウムと酸化物燃料との相互作用に関する研究
Author(s)	松永, 純治
Citation	大阪大学, 2014, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/50536
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (松 永 純 治)

論文題名

セシウム・ヨウ素およびヘリウムと酸化物燃料との相互作用に関する研究

論文内容の要旨

2011年に発生した福島第一原子力発電所事故以降、原子力発電プラントの運転には以前に増して高度な信頼性と安全性が求められている。本論文では原子力発電プラントの信頼性及び安全性向上のため、近年開発が進められている改良燃料であるアルミナシリケート添加 UO_2 ペレットおよびマイナーアクチニド(MA)含有MOX燃料の特徴的な挙動に着目し、ヨウ素やヨウ化セシウムといった腐食性核分裂生成物(FP)のトラップ効果およびMAの α 崩壊によるヘリウム蓄積の影響について行った研究成果をまとめた。

第一章では、序論として核燃料の概要およびその照射挙動について述べるとともに、近年の核燃料の課題と対策について論じた。

第二章では、アルミナシリケート添加 UO_2 ペレットの改良効果メカニズムとして考えられている腐食性FPの化学的捕捉効果について、セシウム・ヨウ素と当該ペレットとの反応試験により検証した。本試験により、アルミナシリケートは UO_2 の結晶粒界にガラス相として析出し、セシウムと高い反応性を示すことが示された。また、当該ペレットをセシウムと反応させた後、さらにヨウ素と反応させた場合、ヨウ素が UO_2 粒界にトラップされる現象が確認された。本研究により、アルミナシリケート添加ペレットの耐PCIメカニズムとして、腐食性FPの化学的捕捉効果が重要であることを明らかにした。

第三章では、MA含有MOX燃料で懸念されているヘリウム気泡析出挙動について、基礎的知見を得るための模擬試験を実施した。試験では、模擬燃料物質として $(Zr, Fe)O_{2-x}$ 及び UO_2 にヘリウムを吸蔵させ、その際の気泡析出挙動について各種電子顕微鏡を用いた微細組織観察により評価した。本試験により、 $(Zr, Fe)O_{2-x}$ 粒内のヘリウム気泡は大きさが0.5~10nmと小さく、また気泡の数密度が空孔欠陥濃度に強く依存するといった特徴があることを明らかにした。一方 UO_2 の場合には、化学量論組成からのずれが大きくなるにつれて粒内および粒界気泡が増加し気泡スエリングが顕著になる傾向が示された。これらの挙動について、従来のFPガスによるスエリングモデルを用いて解析評価を行った結果、従来のモデルに UO_2 マトリックスからのヘリウム拡散放出効果を加味することで実験結果がよく再現されることを明らかにした。

第四章は結論であり、本研究で得られた2種類の改良燃料の課題について論じ、新燃料開発のための指針についてまとめた。アルミナシリケート添加 UO_2 ペレットは豊富な照射実績を有し、従来燃料に比較して高い信頼性があること、また実現性が十分であることを示した。MA含有MOXペレットは高レベル廃棄物の減容及び有害度の低減を目的とした高速増殖炉での利用が期待されており、その照射挙動についてより詳細に把握することが重要であることを示した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (松 永 純 治)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	山中 伸介
	副 査	教授	山本 孝夫
	副 査	教授	栗津 邦男
	副 査	教授	中村 隆夫
	副 査	准教授	黒崎 健

論文審査の結果の要旨

2011年に発生した福島第一原子力発電所事故以降、原子力発電プラントの運転には以前に増して高度な信頼性と安全性が求められている。本論文では原子力発電プラントの信頼性及び安全性向上のため、近年開発が進められている改良燃料であるアルミナシリケート添加 UO_2 ペレットおよびマイナーアクチニド(MA)含有MOX燃料の特徴的な挙動に着目し、ヨウ素やヨウ化セシウムといった腐食性核分裂生成物(FP)のトラップ効果およびMAの α 崩壊によるヘリウム蓄積の影響について行った研究成果をまとめている。

第一章では、序論として核燃料の概要およびその照射挙動について述べるとともに、近年の核燃料の課題と対策について論じている。

第二章では、アルミナシリケート添加 UO_2 ペレットの改良効果メカニズムとして考えられている腐食性FPの化学的捕捉効果について、セシウム・ヨウ素と当該ペレットとの反応試験により検証している。本試験により、アルミナシリケートは UO_2 の結晶粒界にガラス相として析出し、セシウムと高い反応性を示すことが示されている。また、当該ペレットをセシウムと反応させた後、さらにヨウ素と反応させた場合、ヨウ素が UO_2 粒界にトラップされる現象が確認されている。本研究により、アルミナシリケート添加ペレットの耐PCIメカニズムとして、腐食性FPの化学的捕捉効果が重要であることを明らかにされている。

第三章では、MA含有MOX燃料で懸念されているヘリウム気泡析出挙動について、基礎的知見を得るための模擬試験が実施されている。試験では、模擬燃料物質として $(Zr, Fe)O_{2-x}$ 及び UO_2 にヘリウムを吸蔵させ、その際の気泡析出挙動について各種電子顕微鏡を用いた微細組織観察により評価されている。本試験により、 $(Zr, Fe)O_{2-x}$ 粒内のヘリウム気泡は大きさが0.5~10nmと小さく、また気泡の数密度が空孔欠陥濃度に強く依存するといった特徴があることが明らかにされている。一方 UO_2 の場合には、化学量論組成からのずれが大きくなるにつれて粒内および粒界気泡が増加し気泡スエリングが顕著になる傾向が示されている。これらの挙動について、従来のFPガスによるスエリングモデルを用いて解析評価を行った結果、従来のモデルに UO_2 マトリックスからのヘリウム拡散放出効果を加味することで実験結果がよく再現されることが明らかにされている。

第四章は結論であり、本研究で得られた2種類の改良燃料の課題について論じ、新燃料開発のための指針についてまとめられている。アルミナシリケート添加 UO_2 ペレットは豊富な照射実績を有し、従来燃料に比較して高い信頼性があること、また実現性が十分であることが示されている。MA含有MOXペレットは高レベル廃棄物の減容及び有害度の低減を目的とした高速増殖炉での利用が期待されており、その照射挙動についてより詳細に把握することが重要であることが示されている。

以上のように、本論文は UO_2 燃料内におけるアルミナシリケートのFPトラップ効果をはじめ明らかにしたほか、燃料内部でのヘリウム気泡の析出過程についての重要な知見を提供している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。