

原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ
若手原子力研究プログラム 事後評価総合所見

研究開発課題名：放射光を用いた FBR 炉心構造材料に関する研究	
研究代表者（研究機関名）：菖蒲敬久（独立行政法人日本原子力研究開発機構）	
研究期間及び予算額：平成 21 年度～平成 22 年度（2 年計画） 11 百万円	
項目	要 約
1. 研究開発の概要	高速増殖炉における高燃焼度化による長期運転サイクルの実現を目指した燃料被覆管開発のために、放射光を用いた X 線回折法 (XRD)、X 線小角散乱法 (SAXS)、X 線吸収微細構造 (XAFS) 法による製品製造最適条件に関する研究を行う。
2. 総合評価	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 5px; margin-right: 10px;">A</div> <div> <p>・放射光を用いた X 線回折法 (XRD)、X 線小角散乱法 (SAXS) 及び X 線吸収微細構造 (XAFS) 法を組み合わせ、ODS 鋼高温熱処理中に生成されるナノサイズ酸化物粒子の析出機構を解明するとともに生成される温度と時間に関する相図を作成し、ODS 鋼製造プロセスに資するなど、優れた成果が挙げられている。</p> <p>S) 極めて優れた成果が挙げられている A) 優れた成果が挙げられている B) 一部を除き、相応の成果が挙げられている C) 部分的な成果に留まっている D) 成果がほとんど挙げられていない</p> </div> </div>
3. その他	・複合酸化物の種類などに対する解析では、あらゆる可能性を検討対象にするなど、更なる進展を期待したい。

<p>1. 目的・目標</p>	<p>高速増殖炉における高燃焼度化による長期運転サイクル実現のために、炉心燃料被覆管の最有力候補材料として提案されている酸化物分散強化型フェライト鋼（ODS 鋼）被覆管製造プロセスの製品性能向上と品質安定化をめざす。放射光を用いた X 線回折法（XRD）、X 線小角散乱法（SAXS）による製造過程中その場同時測定法を開発、使用する。さらに、熱処理済材料の X 線吸収微細構造（XAFS）法測定も実施し、その場同時測定データとともに総合評価することによりナノサイズ酸化物粒子の高温熱処理中の析出機構を明らかにする。これに基づき ODS 鋼被覆管製造プロセスの最適温度条件を決定する。</p>
<p>2. 研究成果</p>	<p>【研究開発項目 1 XRD および SAXS 高温その場同時測定システムの開発】 [得られた成果] リアルタイム 2 次元検出器である Pilatus を 2 台利用することにより、SPring-8 の日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）専用ビームライン BL22XU で XRD および SAXS を同時測定するための観察システムを整備し、原子力機構が所有する XRD、SAXS 用高温炉を導入することにより、XRD および SAXS 高温その場同時測定システムを構築した。またデータの質の向上のために、試料ホルダーの改造、電気炉内部にコリメータの設置などの工夫を加えることで、最速 1 分で高温中で生成される酸化物からの微量なシグナルを計測することに成功した。</p> <p>【研究開発項目 2 XRD および SAXS 高温その場同時測定システムを用いた材料製造条件の検討】 [得られた成果] XRD・SAXS 用検出器微調整ユニット装置を導入することにより、データの質が向上し、高温中で発生する複合酸化物は $Y_2Ti_2O_7$、Y_2TiO_5 の 2 種類に特定することに成功した。この結果、XRD 測定から高温中で発生する酸化物は到達温度により異なること、低温では求められる複合酸化物以外の酸化物が生成し、それが室温でも存在することを明らかにした。また SAXS 測定から、これらの複合酸化物のサイズが 4.5nm より若干小さく、2 つの測定からその割合も時間経過とともに増加することを明らかにした。</p> <p>【研究開発項目 3 XAFS 法による材料評価】 [得られた成果] 熱処理条件の異なる ODS 鋼を用いた XAFS 測定を実施し、酸化物の種類を比較した。その結果、高温熱処理中では 2 段階の複合酸化物への相変化が発生することを明らかにし、その温度条件が研究開発項目 2 の結</p>

果とほぼ一致していることから、その複合酸化物析出メカニズムを明らかにすることに成功した。

【研究開発項目 4 まとめ・評価】

[得られた成果]

研究開発項目 1、2 の結果から、析出する複合酸化物は数種類あるが、製品性能向上に深くかかわりのあるナノサイズ複合酸化物は 2 種類であり、それらの析出機構を明らかにした。また、様々な条件による計測から析出するナノサイズ複合酸化物の種類、サイズに関する相図を作成し、その中から最適温度時間条件を明らかにした。

また、品質向上、安定化のためにはナノサイズ複合酸化物の割合が多いことが必須であることがすでに報告されているが、これを満たすためには熱処理前に試験片を封入した真空容器内の酸素の軽減が必須であり、そのためには希ガスを使ったガス導入、真空引きの繰り返し作業が効果的であることを明らかにした。

【論文、特許等】

[口頭発表]

- 1) 菖蒲敬久、金思雄、「放射光を用いた 9Cr-ODS 鋼酸化物粒子の構造解析」、日本金属学会 春の年会、2010 年 4 月
- 2) 菖蒲敬久、金思雄、「9Cr-ODS 鋼酸化物粒子生成現象のその場観察」、日本金属学会 秋の分科会、2010 年 9 月

[ポスター発表]

- 1) 菖蒲敬久、「XRD および SAXS 高温その場同時測定によるナノサイズ複合酸化物粒子析出条件の導出」、第 2 回 SPring-8 合同コンファレンス、2010 年 9 月
- 2) 菖蒲敬久、金思雄、豊川秀訓、「XRD および SAXS 高温その場同時測定によるナノサイズ複合酸化物粒子析出条件の導出」、日本放射光学会 年会、2011 年 1 月