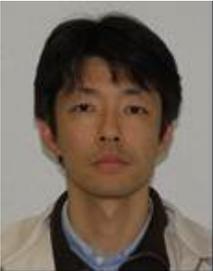


課題名	核燃料に関する計算組織学的な解析技術の開発		
参画機関	伊藤忠テクノソリューションズ（株）、（一財）電力中央研究所、東京大学、 （独）日本原子力研究開発機構、（一財）ファインセラミックスセンター		
事業規模	期間	平成22～24年度	総額
			86百万円
<p><b>【研究代表者】</b> 太田 宏一 （一財）電力中央研究所 原子力技術研究所</p>			
<p><b>【研究概要】</b> 軽水炉などで広く利用されているウラン (UO<sub>2</sub>) 燃料に比べ、将来の先進的な核燃料概念には、取り扱いの難しいプルトニウム(Pu)やマイナーアクチニド(MA)を含むものが多く、多様な条件での試行実験を繰り返すことで、その製造方法や炉内でのふるまいなどを明らかにすることが難しくなっています。このため、計算科学を用いて、あらかじめ現象の評価を行うことに高い期待が集まっています。本研究では、動的な組織形成をシミュレーションする手法として、近年急速に発展している「フェーズフィールド法」に着目しました。フェーズフィールド法は、熱力学データベースや炉内外での試験によって得られている燃料組織の観測結果を活用できる現象論的な手法であり、様々な要因が複雑に相関する核燃料開発にも応用できる実用的な解析手法と考えられます。また、解析結果をメソスケールで視覚的に示すことができる点もフェーズフィールド法の特長です。</p> <p>その結果、核燃料において組織形成が重要となる様々な事象（①温度勾配下での金属燃料の組織形成、②熔融金属燃料の凝固、③金属燃料-被覆管相互作用、④酸化物燃料の焼結、⑤乾式再処理の電析）のそれぞれに適用できる解析モデルやツールを開発し、それらの事象進展メカニズムの理解に貢献することができました。さらに、これらの解析モデルを統括的に操作できる汎用プログラムの構築も行いました。今後、本手法による解析と実験による検証をうまく組み合わせることで、様々な新型核燃料の開発を効率的に行うことができると期待されます。</p>			
<p><b>【その後の取り組み】</b> 本研究の実施期間中に福島第一原子力発電所での事故が起きました。このような過酷事故による核燃料の破損現象に関しては、先進燃料の開発以上に、実験に基づく網羅的なデータの蓄積が困難であり、本検討で開発した計算科学的な手法が有効となると考えられます。例えば、UO<sub>2</sub>燃料とジルカロイ被覆管との相互拡散と液相化や炭化ホウ素制御材とステンレス被覆管との相互拡散と液相化、固液混合物の形態変化などへの応用について検討を進めています。</p>			

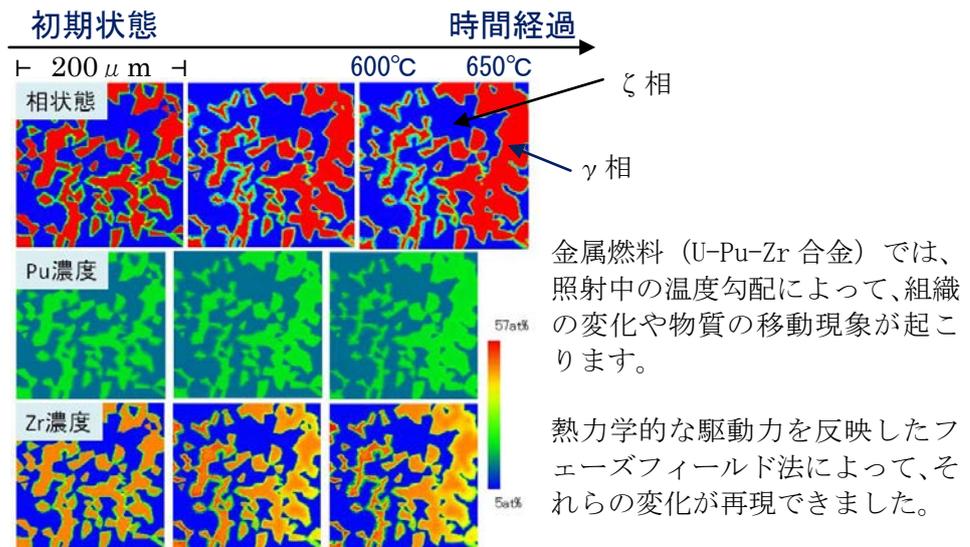


図1 開発ツールによる温度勾配下での金属燃料の組織変化の解析結果  
直接観測することが難しい、照射中の燃料組織状態を解析しました。

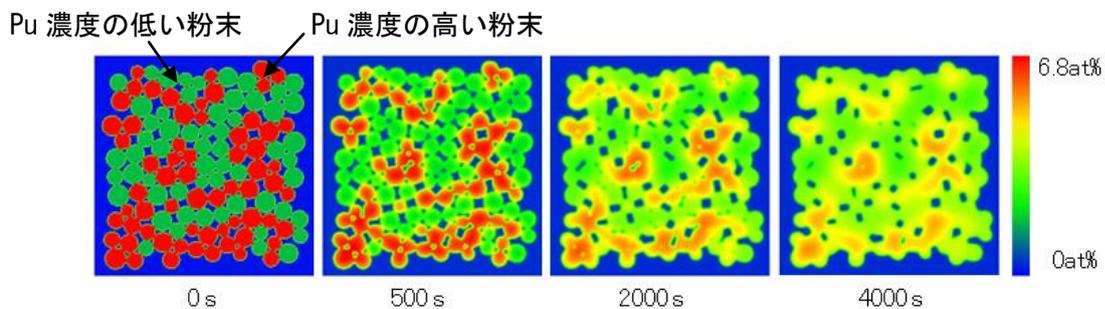


図2 MOX燃料の焼結解析の例 (Pu濃度の変化)

焼結過程での濃度変化を計算することができました。また、Pu濃度の高い部分が維持され続けることが示されました。

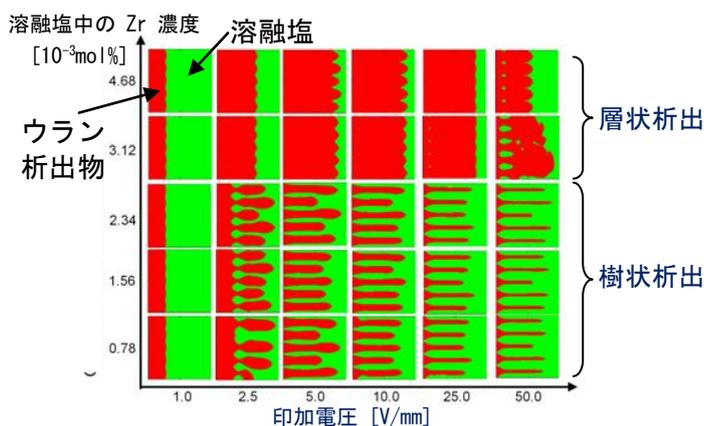


図3 溶融塩中からのウラン金属の析出状態の解析

金属燃料の再処理では、溶融塩電解により、ウラン金属をデンドライト形状(樹状)で析出させ、回収します。

電析の条件 (印加電圧と溶融塩中の不純物 Zr 濃度) によって、析出物の形態が変化することが分かり、実際の装置設計にも反映できる結果が得られました。

代表的な  
特許、論文  
受賞

【発表論文等】

1. Y. Shibuta, T. Sato, T. Suzuki, H. Ohta, and M. Kurata, "Morphology of uranium electrodeposits on cathode in electrorefining process: a phase-field simulation", J. Nuclear Materials, 436, 61-67, May (2013).
2. T. Satoh, Y. Shibuta, M. Kurata, H. Ohta, "Experimental Evaluation of The Morphological Diagram in Uranium Electrodeposition in LiCl-KCl Eutectic Melts", NuMAT2012, Osaka, Oct. 21-25 (2012)
3. S. Nomoto, N. Shirasu, M. Kurata, H. Ohta, "Numerical Simulation for Sintering Uranium-Plutonium Mixed Oxide Fuel by Phase-Field Method Coupled with Thermodynamic Database", CALPHAD XLII, San Sebastian, Spain, May, 26-31 (2013).