

## 4. 金属燃料・乾式リサイクル技術

### 高速炉用 U-Pu-Zr 金属燃料製造技術の開発

#### 背景

電中研では、良好な熱伝導率と高い燃料密度の活用による、炉心性能(増殖率、安全性など)の飛躍的向上の可能性に着目して、高速炉用 U-Pu-Zr 金属燃料の開発を進めている。金属燃料はスラグと呼ぶ棒状に成型加工するため、その製造には溶融合金をパイプ状の石英鑄型に注入する射出鑄造法が適している。これまでに、U-Zr 原料を用いた工学規模の射出鑄造試験を行って、寸法、組成、歩留りなどの仕様達成に成功しており、現在は、小規模ながら U-Pu-Zr 原料を用いた試験による技術開発を進めている。

実用 U-Pu-Zr 燃料では 5~25wt%の Pu が含まれるが、この割合(Pu 富化度)に応じて熱物性が大きく変化するため、これを考慮して射出鑄造の条件を適切に設定する技術の開発が必要である。また、金属燃料導入期に射出鑄造の原料となる U-Pu 合金を調達する技術として、U-Pu 混合酸化物(MOX)を電解還元し U-Pu 合金を製造する手法を確立する必要がある。

#### 目的

MOX の電解還元による高純度 U-Pu 合金原料の製造手法、および実用 U-Pu-Zr 燃料スラグの目標仕様を達成できる鑄造条件を明らかにし、金属燃料導入期に必要な U-Pu-Zr 燃料製造技術を確立する。

#### 主な成果

##### 1. U-Pu 合金原料の製造手法の開発

MOX 粉末をペレット状に成型し、溶融塩に浸漬して電解により金属に還元した(図 1)。得られた多孔質 U-Pu 合金は再酸化しやすいため溶融塩中で溶融してインゴットにするとともに、付着した溶融塩は蒸発により除去し、燃料スラグ鑄造に供給可能な形態に製品化した。得られた U-Pu インゴット(図 2)中の酸素濃度は 1000ppm 以下で高純度の製品が得られ、一連の製造過程を通して U、Pu ともほぼ 100%をインゴット形状で回収できた。これにより、MOX 粉から U-Pu 合金インゴットを製造する手法が確立された。

##### 2. U-Pu-Zr 合金スラグの射出鑄造技術の開発

使用した射出鑄造装置を図 3 に示す。U-Zr、U-8.5wt%Pu-Zr、U-20wt%Pu-Zr(Zr はいずれも 10wt%)の 3 組成について、各々熱物性値に応じて溶融温度等の鑄造条件を調整し、燃料スラグを繰り返し製造した。得られた U-Pu-Zr 燃料スラグ(図 4)は、Pu 濃度が均一であり、長さ、直径、密度、真直度、組成に関する目標仕様を再現性よく達成した(表 1)。これにより、Pu 富化度に応じて、目標仕様を達成できる鑄造条件を適切に設定できる手法が確立された。

以上、還元および射出鑄造など一連の工程の試験結果から、金属燃料導入期に必要な燃料製造技術の成立性に見通しが得られた。

なお、本研究は日本原子力研究開発機構との共同研究において実施した。

#### 今後の展開

開発した技術を活用して金属燃料ピンを製造し、高速増殖実験炉「常陽」における照射試験に供する。

主 担 当 者 原子力技術研究所 次世代サイクル領域 主任研究員 中村 勤也、加藤 徹也

関連報告書 「「常陽」照射試験に向けた金属燃料製造技術の開発—U-20wt%Pu-10wt%Zr 合金の射出鑄造—」電力中央研究所報告 L06005(2007年5月)  
「「常陽」照射試験に向けた金属燃料製造技術の開発—電解還元による原料 U-Pu 合金の製造—」電力中央研究所報告 L05010(2006年3月)

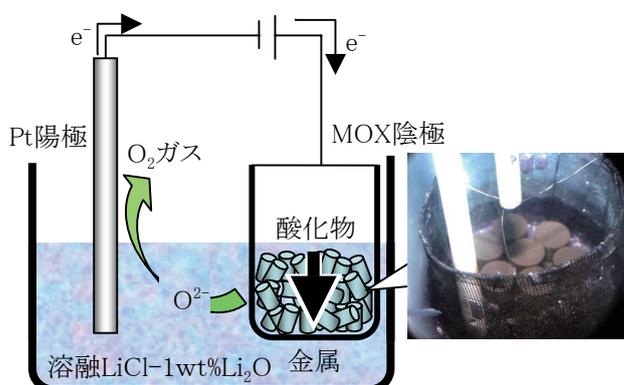


図1 MOXの電解還元

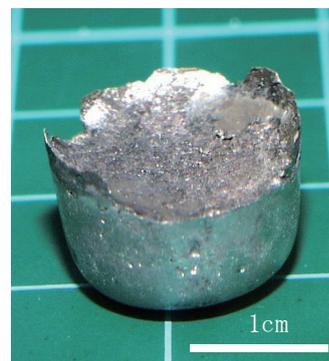


図2 MOXの還元により得られたU-Pu合金インゴット  
(40wt%U-60wt%Pu合金、19g)



図3 U-Pu-Zr燃料射出鑄造装置



図4 U-Pu-Zr燃料スラグ(U-20wt%Pu-10wt%Zr、200.3mmL)  
全長にわたり、金属光沢を示すとともに滑らかである。

表1 U-Pu-Zr燃料スラグの品質検査結果

検査項目	検査結果			目標仕様	
長さ	200.3mm(切断前 275mm)			200±1mm	
直径	5.02mm			5.05±0.05mm	
密度	15.6 g/cm <sup>3</sup>			15.3~16.1 g/cm <sup>3</sup>	
真直度	5.18mmの管内を通過			5.5mmの管内を通過	
組成*1 (wt%)		上部	中央部	下部	
	U	69.0	69.2	68.2	Balance
	Pu	20.5	20.5	20.5	20.0±1.0 wt%
	Zr	10.2	10.0	11.0	10.0±1.0 wt%
	Am	0.3	0.3	0.3	

\*1 化学分析結果