

安全性・経済性向上を目指した MA 核変換用窒化物燃料サイクルに関する研究開発 (16) 気孔形成材を用いた焼結密度制御の TRU 窒化物実証試験

R&D on Nitride Fuel Cycle for MA Transmutation to Enhance Safety and Economy

(16) Application of Pore Former for Density Control of TRU Nitride Pellets

*高木 聖也, 高野 公秀, 音部 治幹

原子力機構

Dy_{0.3}Zr_{0.7}N 模擬窒化物燃料を用いて選定した気孔形成材 (ポアフォーマ) を、TRU 含有窒化物燃料に添加し、焼結試験を行うことで、ポアフォーマを用いた焼結密度制御技術開発の技術的成立性を評価した。

キーワード: マイナーアクチノイド, 核変換, 窒化物燃料, ポアフォーマ, 焼結

1. 緒言 マイナーアクチノイド (MA) 核変換用燃料では、照射時のスエリング緩和を目的とした低密度燃料の技術開発が必要である。適切なポリマー微粒子をポアフォーマ (PF) として添加し、窒化物ペレットの焼結を行うことで、緻密な組織を有しつつ、燃料中に気孔を形成させ低密度窒化物燃料を得る。本研究では、Dy_{0.3}Zr_{0.7}N 模擬窒化物燃料を用いて選定した PF を、TRU 含有窒化物燃料に添加して焼結試験を実施し、組織観察や模擬燃料を用いた試験結果と比較しながら、その技術的成立性を評価した。

2. 実験方法 TRU の中ではグラム規模での取り扱いが比較的容易な ²³⁷Np を用い、Np_{0.3}Zr_{0.7}N 固溶体粉末を調製した。固溶体粉末に対して PF を最大 1.8 wt% まで添加し、窒化ケイ素製乳鉢中でスパチュラ及び乳棒で強く圧迫しないように正味 10 分間混合した。添加した PF はポリエステル (B、平均粒径: 11 μm)、低密度ポリエチレン (C、平均粒径: 20 μm) の 2 種類である。混合粉末をペレット状に成型し、N₂-3%H₂ 混合ガス気流中で PF を熱分解により除去し、1973 K で 6 時間焼結した後、ペレットの寸法及び重量測定と組織観察を行った。なお、参照試料として PF を添加していない Np_{0.3}Zr_{0.7}N ペレットのみの焼結試験も行った。種々の焼結体ペレットの理論密度に対する相対密度を算出するための格子定数は、PF 無添加ペレット焼結後の X 線回折測定から解析した結果を用いた。

3. 結果と考察 PF 添加濃度をモルあたり重量に換算した Dy_{0.3}Zr_{0.7}N 模擬窒化物燃料と Np_{0.3}Zr_{0.7}N の焼結体相対密度の添加濃度依存性の比較を図 1 に示す。添加濃度依存性 (直線の傾き) は、概ね同程度であったが、B を添加した Np_{0.3}Zr_{0.7}N 試料で、依存性が若干小さい傾向を示した。また、それぞれのペレットに対して、組織の健全性や気孔形状を確認した結果、図 2 に示すように気孔周辺に大きなクラック等が無く PF による気孔形成は良好であることを確認した。一方で Np_{0.3}Zr_{0.7}N 母相内には、最大で 10 μm 程度の不定形気孔が形成されていた。このことから、焼結時に B により形成される気孔サイズと母相に形成される粗大な気孔が同程度あるいはそれ以上であったため、これらが一部結合する等により、Np_{0.3}Zr_{0.7}N への B 添加試験において密度低下の効果が阻害された可能性が考えられる。焼結体の密度制御、組織の健全性といった観点から、選定した PF は TRU を含有した窒化物燃料に対しても十分に適用可能であり、技術的に成立し得ると結論付けた。

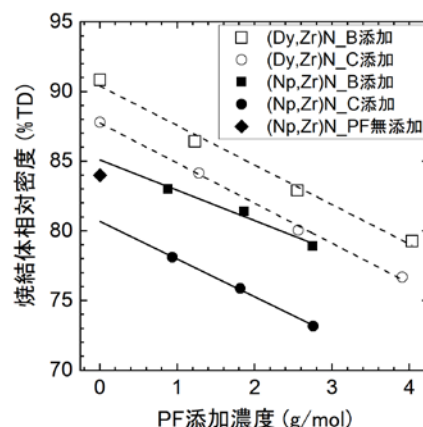


図 1 焼結体相対密度の PF 添加濃度依存性 (■●: (Np,Zr)N、□○: (Dy,Zr)N)

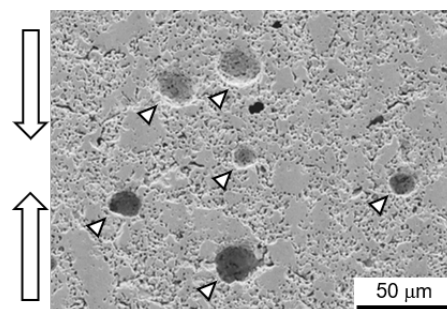


図 2 C を 0.6 wt% 添加して焼結したペレットの研磨面 SEM 観察像 (矢印: ペレット圧縮方向、三角矢印: PF により形成された気孔)

本報告は、原子力機構が委託先機関として実施した令和元年度文部科学省原子力システム研究開発事業「安全性・経済性向上を目指した MA 核変換用窒化物燃料サイクルに関する研究開発」の成果の一部です。

*Seiya Takaki, Masahide Takano and Haruyoshi Ootobe, JAEA.