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 (5) 模擬燃料と被覆管材料の化学的両立性

R&D on Nitride Fuel Cycle for MA Transmutation to Enhance Safety and Economy
(5) Chemical Compatibility between Cladding and Fuel Surrogate Materials

*原田　誠，髙木 聖也，高野 公秀
原子力機構

核変換用窒化物燃料の被覆管候補材料と模擬窒化物燃料について、被覆管溶融温度での短時間の反応試験及び通常運転温度における長時間の反応試験を行った。どちらの試験でも模擬窒化物燃料成分と被覆管成分による反応層の形成は認められず化学的両立性は優れていることがわかった。

キーワード：マイナーアクチノイド、核変換、窒化物燃料、被覆管、化学的両立性

1. 緒言

核変換用窒化物燃料の被覆管材料として、耐照射性及び高温強度に優れる T91 フェライト鋼が候補となっている。しかし、窒化物燃料と T91 フェライト鋼の化学的両立性に関するデータは不足している。化学的両立性を評価することは、原子炉通常運転における燃料の健全性を担保するだけでなく、過酷事故における事象進展を理解する上でも重要となる。そこで本研究では模擬窒化物燃料と被覆管材料について、被覆管溶融温度での短時間の反応試験及び通常運転温度での長時間の反応試験を行った。

2. 実験方法

試料は、模擬窒化物燃料として ZrN と $Dy_{0.3}Zr_{0.7}N$ の焼結体を、被覆管材料として T91 フェライト鋼と SUS316L オーステナイト鋼を用いた。被覆管溶融温度の短時間試験は、集光加熱で温度勾配を生じさせる方法と電気炉で等温加熱する方法で行った。溶融状態の保持時間はそれぞれ約 5 分、30 分であった。通常運転温度での長時間試験は、模擬窒化物燃料と被覆管材料の接触を保った状態でガラス管に封入し、電気炉で 773K、923K および 1073K の 3 条件で加熱した。保持時間はそれぞれの温度で約 60 日、21 日、4 日とした。試験後に試料を樹脂に包埋し、切断、研磨を経て SEM/EDX により断面観察および元素分析を行った。

3. 結果と考察

被覆管溶融状態の試験では、どちらの加熱方法でも反応層は確認されなかったが、模擬燃料から脱離した粒子が界面付近の被覆管層で観察された。脱離した粒子は酸化物あるいは酸化窒化物であり、被覆管材料に不純物として含まれていた酸素と反応して、選択的に脱離したものと考えられる。通常運転温度での長時間試験の結果の一例を図 1 に示す。試料断面の観察から模擬燃料と被覆管材料の接触が保たれていたことが確認できた。元素分析の結果、すべての条件で反応層および相互拡散は確認できなかった。どちらの試験においても反応層が確認できなかったことから被覆管材料と模擬燃料の化学的両立性は良好であることがわかった。以上の結果を踏まえて、平成 30 年度は模擬 FP 元素を加えた体系での通常運転温度での長時間試験を行う予定である。

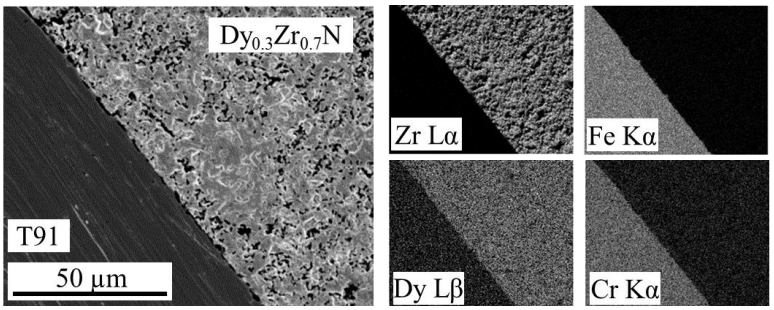


図 1 試料断面と元素分析結果（773K、60 日間保持）

*本報告は、原子力機構が委託先として実施した平成 28 年度および 29 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。

*Makoto Harada, Seiya Takaki and Masahide Takano, Japan Atomic Energy Agency (JAEA)