

Na 冷却型小型高速炉の燃料-被覆管化学的相互作用(FCCI)の研究

Study of fuel-cladding chemical interaction (FCCI) in sodium-cooled small fast reactor

*谷垣 考則¹, 田端 優一¹, 佐々木 孔英², 鬼塚 貴志¹, 福元 謙一¹, 有田 裕二¹, 宇埜 正美¹

¹ 福井大学附属国際原子力工学研究所, ² 日本原子力研究開発機構

Na 冷却小型高速炉の実用化に向けて、「燃料-被覆管化学的相互作用(FCCI)」への対処が課題として挙げられる。本件では、金属燃料における FCCI の主要元素の一つである Ce とフェライト系燃料被覆管材(PNC-FMS 鋼: Fe-Cr 鋼)との反応相について分析した結果を報告する。

キーワード: 燃料-被覆管化学的相互作用、金属燃料

1. 緒言

近年、出力 30 万 kW 以下の各種小型モジュール炉(SMR)の開発が進められている。中でも、Na 冷却小型高速炉の基本概念では金属燃料を使用し、燃料交換無しで数十年の長期運転を想定している。しかしながら、高燃焼度下において燃料被覆管材が金属燃料や核分裂生成物(FP)と反応相を形成し、被覆管材のバウンダリ機能や機械的強度を損なう恐れのある「燃料-被覆管化学的相互作用(FCCI)」が問題として挙げられる。これまで先行研究として燃料(あるいは FP)と被覆管材との模擬反応相の分析が行われてきた。本研究では、金属燃料における FCCI 抑制手法の検討に先立ち、FCCI 現象の理解を深めるためにフェライト系燃料被覆管材である PNC-FMS 鋼(Fe-Cr 鋼)と Ce の反応試験を実施し、反応界面について詳細分析を行った。

2. 実験

実験に用いた PNC-FMS 鋼(11Cr-0.4Ni-0.12C-0.05Si-0.6Mn-0.5Mo-2W-0.05N-0.05Nb-0.2V)は、高周波真空溶解にて作成し、板材から放電ワイヤーカットにてΦ10mm×2mmの試験片に加工した後、Ce との接触面をサンドペーパー(~#2000)とダイヤモンド粒子(~粒径0.25μm)を用いて鏡面に仕上げた。アルゴンガス置換したグローブバッグ内でCe粉末をテーブルプレス機にて円柱に成型し、PNC-FMS 鋼と重ね合わせてTa箔、Zr箔で覆い、試験体とした。作製した試験体はバルブ付き石英管に装荷し、ロータリーポンプを用いて0.1Paにて真空封入した。これを電気炉にて610℃×100hの加熱試験を実施した。得られた被覆管材-Ce反応面について走査型電子顕微鏡(SEM)による断面組織観察、エネルギー分散X線分光法(EDS)による化学分析、集束イオンビーム法(FIB)、透過型電子顕微鏡(TEM)による反応生成物の詳細分析を実施した。

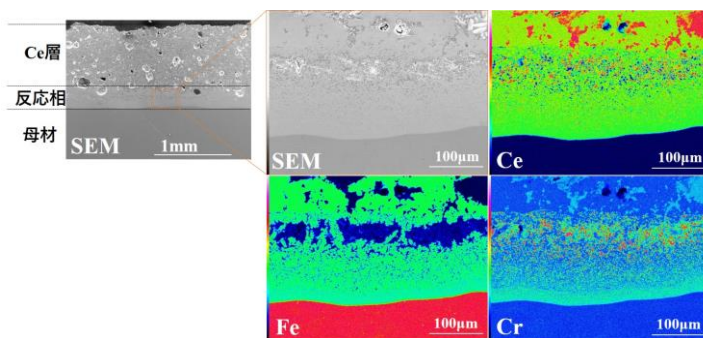


図1 試験片断面 SEM 像と Ce,Fe,Cr の元素マッピング図

3. 結果

図1に試験片断面 SEM 像と Ce,Fe,Cr の元素マッピング図を示す。試験片断面の観察結果から、試験片と Ce との反応により Ce-Fe-Cr 相の形成を確認した。詳細については当日報告する。

*Takanori Tanigaki¹, Yuichi Tabata¹, Koei Sasaki², Takashi Onitsuka¹, Ken-ichi Fukumoto¹, Yuji Arita¹ and Masami Uno¹

¹University of Fukui, Research Institute of Nuclear Engineering., ²Japan Atomic Energy Agency.