

事故耐性燃料被覆管及び制御棒開発の現状と今後の展望

Status and perspective of the accident tolerant fuel cladding and control rod development

(1) FeCrAl-ODS 鋼被覆管の開発

(1) Development of the FeCrAl-ODS fuel cladding

*坂本 寛¹¹日本核燃料開発株式会社

1. 背景

シビアアクシデント時における軽水炉の安全性向上には、既存システムとの整合を考慮しながら炉心（燃料棒や制御棒等）に使用される材料の事故耐性を向上させることが有効である。燃料被覆管では、高温水蒸気に対する酸化耐性を向上させて反応熱及び水素発生を抑制すること、また燃料を含む隣接材料との反応を抑制することで事故耐性を向上することが可能である。なお、当然のことながら安定した発電のためには、燃料被覆管は炉内において長期にわたり健全性を保つ必要があり、事故耐性の向上だけでなく、通常運転時の適合性、成立性も現行燃料と同等以上であることが求められる。本発表では、事故耐性燃料被覆管の候補の一つである FeCrAl-ODS 鋼被覆管の開発の現状と今後の展望について紹介する。

2. FeCrAl-ODS 鋼の特徴

FeCrAl-ODS 鋼は、鉄、クロム、アルミニウムを主成分とした酸化物分散強化（ODS）フェライト鋼である。FeCrAl 鋼は、高温水蒸気（大気）に暴露されることで、酸化に対して優れた耐性を持つアルミナ被膜が表面に形成され、高温水蒸気や隣接材料（例えば、 UO_2 燃料、制御材（ B_4C ）、ステンレス等の金属材料）との高温反応を大幅に抑制できる、という優れた特徴を有している。一方、軽水炉の適用の観点からは、主成分である鉄、クロムの熱中性子捕獲による反応度の低下（反応度ペナルティー）が起こるため、被覆管材への適用のためには薄肉化が必要となる。FeCrAl-ODS 鋼は酸化物分散強化によって強度を高めることで薄肉化を可能とし、反応度ペナルティーを軽減する材料である。

3. 開発の現状

現在、文部科学省の原子力システム研究開発事業と経済産業省資源エネルギー庁の発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業において研究開発が進められている。前者では主に事故耐性の向上を図るための材料開発を行っており、高温水蒸気耐性、高温強度を高めた FeCrAl-ODS 鋼の開発に成功している。後者では、事故時だけでなく、通常運転時を含む燃料サイクル全般での成立性、適用性を調べるための総合的な実用化のための研究開発が行われており、燃料挙動解析や核・熱的特性解析等の解析手法の開発も含まれている。これら事業でのこれまでの取り組みにより、FeCrAl-ODS 鋼被覆管を現行 BWR 炉心に適用することで、現行燃料と同等以上の成立性を確保しながら事故耐性を向上できる見通しを得ている。

4. 今後の展望

FeCrAl-ODS 鋼の現在の技術成熟度(TRL: Technology Readiness Level)は、概ね TRL-3（工学化の開発課題と開発目標の明確化、工学的に実用化が達成可能な範囲）～TRL-4（プロトタイプ新型燃料部材の設計パラメータの確立）の段階にあり、資源エネルギー庁の事業では短中期的に TRL-4 を達成することを目指している。TRL-4 の達成には、特に材料照射試験、模擬燃料棒照射試験等による照射データの取得、燃料挙動予測精度の検証が必要であり、客観的な評価を行いながら、それら課題に取り組んでいく予定である。

Kan Sakamoto¹¹Nippon Nuclear Fuel Development Co. Ltd (NFD)