

材料部会セッション

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

(3) 事故耐性制御棒の開発

(3) Development of Accident Tolerant Control Rod

*太田 宏一¹¹電力中央研究所

1. はじめに

原子力発電の自主的安全性向上への取り組みの一環として、過酷事故の抑制や事象進展猶予の確保、非凝集性ガスの発生量削減、さらに放射性物質の放出抑制を目的とする事故耐性の高い燃料および炉心構成材の開発が世界的に注目されている。制御棒は、事故発生の如何によらず必要に応じて炉を停止し、継続的に未臨界を確保するための重要な炉心要素である。一方で、軽水炉で広く用いられている B_4C や $Ag-In-Cd$ をステンレス鋼で被覆した制御棒の場合、事故時の大規模な燃料破損に先行して制御棒が破損し、溶落すると考えられる。さらに高温水蒸気と接触した B_4C や蒸気圧の高い Cd が揮発し、制御材と燃料物質が分離することも予想される。この時、緊急冷却措置として、真水や海水を注入した場合には、燃料が冠水し再臨界に至る懸念がある^[1]。そこで、制御棒に関しても事故耐性に着目した開発が国内外で始められている。

2. 事故耐性制御棒の候補材

電力中央研究所は、過酷事故の初期過程において燃料棒に先行して破損せず、炉心が大規模に熔融、固化した場合にもウランと共存することが期待される「事故耐性制御棒」の開発を世界に先駆けて進めている。この制御棒開発では、通常時の炉心制御への影響を最小限に抑えながら、長期に渡って現行制御棒と同等またはそれ以上の制御棒価値を維持することも目指し、 $RE_2O_3-ZrO_2$ または $RE_2O_3-HfO_2$ (RE: 希土類元素) を新型中性子吸収材として利用する。また最近では、AREVA NP 社が、高融点で化学的安定性が高く、照射時の低スエリング特性や寿命延伸が期待できる Eu_2HfO_5 や Sm_2HfO_5/HfC を用いた制御棒開発に着手している。

3. 開発の進捗

これまでに、上記の新型中性子吸収材が現行の中性子吸収材と同等以上の反応度価値を有すること(右図)、 $1600^{\circ}C$ までステンレス鋼被覆管材との高温共存性が高いこと^[2]、室温～ $100^{\circ}C$ の凝集水との共存性^[2]や $1200^{\circ}C$ 以下の高温水蒸気雰囲気中で熱化学的安定性に優れていること^[3]が確認されており、事故耐性制御棒の概念成立上の問題は見出されていない。

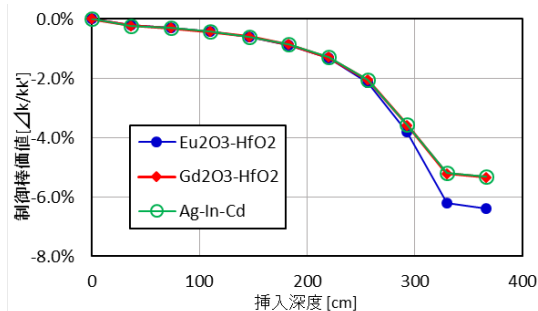


図 制御棒価値の挿入深度依存性解析結果

4. 今後の展望

提案されている事故耐性制御棒では、信頼性の高い現行のステンレス製被覆管が流用できる。また、図1に示すように部分挿入時の制御棒価値は現行材と同等であり、通常時の炉心制御には大きな影響を与えず、比較的短期間で実用化し、現行の軽水炉に導入できると期待される。その結果、高い事故耐性と全制御棒挿入時の未臨界度余裕の増大が実現できる。一方で、中性子照射挙動に関しては、実際の新型制御材を用いた照射試験によって確認する必要がある。さらに、事故耐性燃料の開発が進み、新型被覆管や燃料が実用化される際には、それらとの共存性の確認も重要な課題と考えられる。

[1] Recriticality in a BWR Following a Core Damage Event, NUREG/CR-5653、

[2] H. Ohta et al., Top Fuel 2016, 17556、[3] 中村ら、日本原子力学会 2017 春の年会、1106

*Hirokazu Ohta¹¹Central Research Institute of Electric Power Industry