

水素化物減速ヒートパイプ冷却超小型炉 MoveluX™ の開発

(3) : 受動的炉心反応度制御装置の概念検討

Hydride moderated heat-pipe cooled very small modular reactor MoveluX

(3): Conceptual design of the passive reactivity control device

*木村 礼¹, 金村 祥平¹, 高橋 優也¹, 浅野 和仁¹

¹ 東芝エネルギーシステムズ株式会社

将来的な脱炭素化社会へ向けて、多目的な利用を想定した超小型原子炉システム MoveluX™(Mobile VErY small reactor for Local Utility in X-mark)の開発に取り組んでいる。本原子炉では受動的な炉心反応度制御装置として液体リチウムを用いた LEM の適用を検討していたが、トリチウムの発生・濃縮・リチウムのコスト・化学的活性などの課題から代替となる液体中性子吸収材の検討を行った。その結果、In-Gd 合金を用いて、比較的低融点で十分な価値を持つ受動的反応度制御装置の可能性を示した。

キーワード : SMR, 超小型炉, ヒートパイプ, 受動的安全性, 反応度制御

1. 緒言

将来的な脱炭素化社会へ向けて多目的利用を想定した超小型原子炉 MoveluX™ の開発に取り組んでいる。本原子炉は受動的な炉心制御を目指しており、その主要な機器として Lithium Expansion Module, LEM[1]の様な液体中性子吸収材の熱膨張を利用した受動的反応度制御機器を適用する事を検討している。LEM には液体の濃縮 Li-6 が用いられているが、トリチウムの発生・濃縮・リチウムのコスト・空気中での化学的活性などの課題がある。そこで、新たな液体中性子吸収材の検討を行った。

2. 液体中性子吸収材選定

中性子吸収材として熱中性子吸収断面積の大きい Gd の利用が考えられるが、融点が 1300℃以上と高いため、In との合金として融点を調整することとした。図 1 に In-Gd 合金の二元相図を示す。本図に示すように Gd 重量 1%程度で融点が 360℃程度まで低下する為、約 700–800℃の運転温度を想定している MoveluX™ で十分に動作可能である。以上から液体中性子吸収材として In-Gd を選定し、その制御棒価値を評価した。

3. 制御棒価値評価

図 2 に Li および In-Gd を中性子吸収材に用いた際の制御棒価値評価結果の相対値を示す。なお、評価には MVP, JENDL-4.0, JEFF-3.2 を用いた。炉心体系については当日の発表で示す。結果、In-Gd 合金では Li を用いた場合に比べて倍近い制御棒価値が得られる事が分かった。また、Gd の重量割合を 1%以上にしても制御棒価値に殆ど変化がないことが示された。これは Gd の自己遮蔽効果が主要因であると考えられる。

4. 結論

In-Gd 合金を用い、LEM の概念を踏襲しつつトリチウム発生・コスト・化学的活性などの課題解決が見込める液体中性子吸収材を選定し、その価値の評価を行った。今後、実際の要素技術の実証に向けて検討を進める予定である。

参考文献

[1] M. Kambe, et al., "Startup Sequence of RAPID-L Fast Reactor for Lunar Base Power System", Proc. Space Nucl. Conf, Boston, June 24-28 2007 (2007) [2] K. SHIBATA, et al., "JENDL-4.0: A New Library for Nuclear Science and Engineering," J. Nucl. Sci. Technol., 48, 1-30 (2011), [3] OECD/NEA Data Bank, JEFF-3.2 Evaluated Data Library - Neutron data (2014), http://www.oecd-nea.org/dbforms/data/eva/evatapes/jeff_32/, [4] T. B. Massalski, et. al., Binary Alloy Phase Diagrams, ASM International (1986)

*Rei Kimura¹, Syohei Kanamura¹, Yuya Takahashi¹ and Kazuhito Asano¹

¹Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation

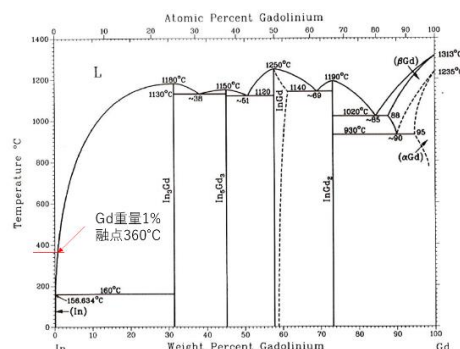


図 1 : In-Gd 合金の二元相図[4]

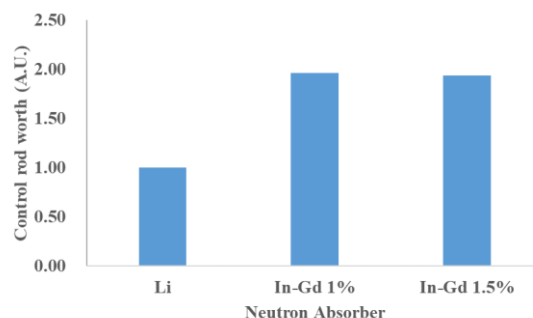


図 2 : Li と In-Gd での制御棒価値の比較