

水銀を可燃性毒物として用いた BWR の核特性

Neutronic properties of BWR using mercury as burnable poison

*木下 昂亮¹, 高木 直行¹.

¹ 東京都市大学

水銀には中性子捕獲断面積の大きい同位体が含まれており、可燃性毒物としての効果が期待できる。さらに中性子捕獲により金へ変換される。本研究では可燃性毒物として水銀を用いることを想定し、中性子増倍率の変化や金の生成量を評価した。

キーワード：水銀，可燃性毒物，チャンネルボックス，金

1. 緒言

水銀には7つの安定同位体が存在する。その内、Hg-196やHg-198の中性子捕獲断面積は2000barn以上と大きく、可燃性毒物としての効果が期待できる。またHg-196は中性子捕獲後、電子捕獲を経て安定な金(Au-197)に変換される。

本研究ではBWRの可燃性毒物としてGd₂O₃の代わりに水銀を用いることの可能性について検討した。

2. 評価条件及び評価方法

解析体系を図1に示す。福島第二原発4号機の9×9燃料集合体の仕様をベースとして、4集合体を配置した無限体系を対象に解析を行った。解析コードにはモンテカルロコードMVP2.0、MVP-BURN、核データライブラリにはJENDL-4.0を用いた。

BWR燃料集合体のチャンネルボックス(CB)肉厚部中心に薄膜状(約30~400μm)の水銀(単体)を装荷することを想定し、中性子増倍率の変化や金の生成量を評価した。

比較のため、「可燃性毒物未装荷ケース」と、「Gd₂O₃装荷ケース」を計算した。Gd₂O₃装荷ケースでは4集合体の内1集合体のみに3.8wt%のGd₂O₃を添加した燃料ピンを12本装荷した。1サイクルを13カ月とし、4.5サイクル分の燃焼解析を実施した。

3. 結果及び結論

無限増倍率の推移を図2に示す。Gd₂O₃装荷ケースではGd-157の燃焼によって増倍率は一旦上昇するが、水銀装荷ケースでは単純な右肩下がりとなった。増倍率が1.0を下回るまでの期間が1,2ヶ月延長され、僅かながら高燃焼度化効果が確認された。

図3にAu-197の生成挙動を示す。2サイクル(約800日)以降では蓄積したAu-197の燃焼がHg-196からの生成を上回り減少に転じた。この結果より、核変換によってAu-197を効率的に生産するためには、2サイクル照射後の定期検査時にCBを交換することが望ましい。4バッチ炉心を仮定するとAu-197は1サイクル当たり約1.6kg生成され、金価格を5000[円/g]とすると約800万円の価値に相当する。水銀のCB装荷に関する材料的検討が課題である。

参考文献

[1] 池田健太ほか, 「BWRを用いたLLFPの効率的核変換法の検討」 日本原子力学会, 関東・甲越支部, 学生研究発表会, p26, secA-26 (2016)

*Kosuke Kinoshita¹, Naoyuki Takaki¹, ¹Tokyo City Univ.

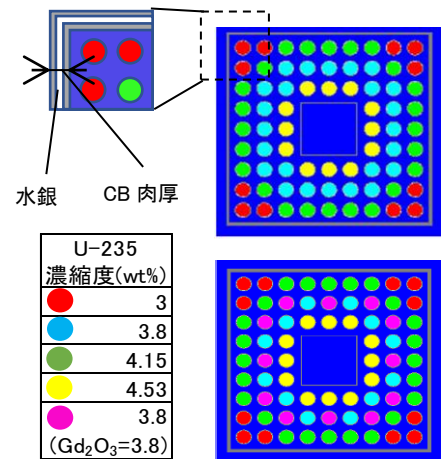


図1 可燃性毒物を装荷した9×9燃料集合体

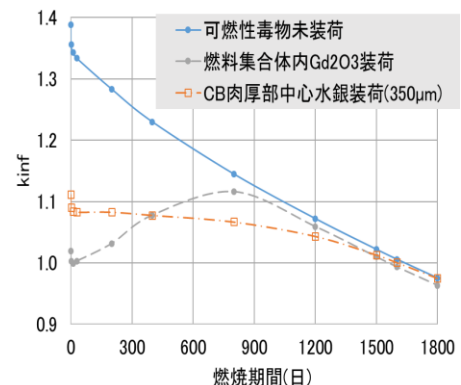


図2 可燃性毒物装荷に伴う臨界性への影響

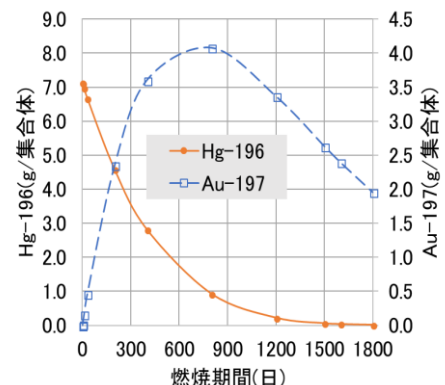


図3 Hg-196 燃焼に伴うAu-197 生成