プルトニウム燃焼 ADS における
金属水素化物可燃性毒物を用いた反応度制御

Reactivity control with metallic hydride burnable poison for Plutonium-burner Accelerator-Driven System

*阿部 拓海[1] 相澤 直人[1] 菅原 隆徳[2] 岩崎 智彦[1]
[1]東北大学 [2]日本原子力研究開発機構

プルトニウム燃焼を目的とした加速器駆動システムにおいて、長期間の運転を可能とするために金属水素化物可燃性毒物を用いた反応度制御手法を炉心に適用した。その結果、可燃性毒物集合体設計を最適化することで熱的な設計条件を満たした上で燃焼反応度損失を大幅に改善できることを示した。

キーワード：加速器駆動システム(ADS)，プルトニウム核変換，数値解析，反応度制御，可燃性毒物

1. 緒言：

我が国の保有する余剰プルトニウム(Pu)を削減する方法の 1 つとして、加速器駆動システム(ADS)による核変換処理が考えられる。しかし、Pu の核変換を目的とした ADS では燃焼反応度損失が大きい一方で、加速器からの最大ビーム電流値に制限があることから、定格出力運転が可能な期間が短く、燃焼効率が低下することが予測される。これに対し、運転可能期間の延長を目的として、金属水素化物可燃性毒物集合体を用いた反応度制御手法[1]を Pu 燃焼 ADS 炉心に対して適用し、炉心性能への影響を検討した。

2. 炉心体系および解析手法：

ADS 炉心円筒 RZ モデル[2]を対象に、燃料中の PuN 体積割合(PuN/(MAN+PuN))を 60%に設定し、可燃性毒物(GdZrH)及び減速材(ZrH)を有する可燃性毒物集合体を装荷した炉心体系について Serpent2 による数値解析を行った。ここで、反応度制御に関する評価指標として燃焼反応度損失ならびにビーム電流値(15 mA 程度)、熱的な設計指標として被覆管表面最高温度（550℃以下）に着目した。

3. 可燃性毒物装荷時の解析：

燃料ピンと同一寸法の毒物・減速材ピンからなる可燃性毒物集合体を装荷した際の、実効増倍率の時間変化と 200 日間の運転における被覆管表面最高温度を Fig.1 に示す。可燃性毒物集合体の装荷により燃焼反応度損失の低減が可能であるものの、減速材の影響で周囲の燃料の核分裂反応が活発化し、被覆管表面最高温度は 888℃に達する結果となった。被覆管表面最高温度の低下のため、可燃性毒物集合体への高 MA 含有燃料ピンの追加や、毒物集合体位置、燃料希釈材割合の変更を行ったところ、被覆管表面最高温度を設計指標まで低減することができた。また、燃焼反応度損失の更なる低減のために毒物および減速材の装荷方法をピン形状から六角ブロック形状に変更した可燃性毒物集合体の検討を行った結果、被覆管表面最高温度を設計指標未満に抑えた上で、燃焼反応度損失を 5.0%dk/k から 1.4%dk/k、要求ビーム電流値を 34 mA から 15 mA まで抑制できることが確認された。

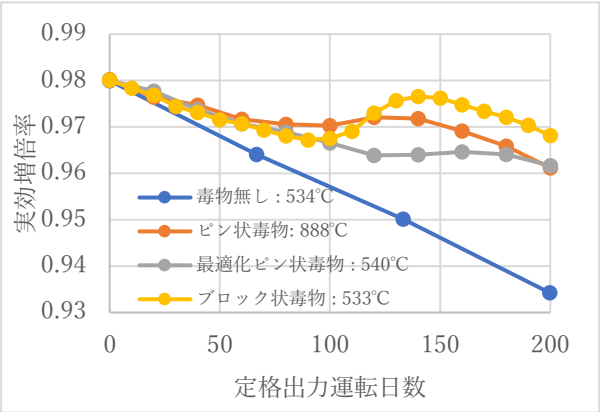

Fig. 1. 実効増倍率変化と被覆管表面最高温度

参考文献

[1] N. Aizawa, et al., J. Nucl. Sci. Technol., 53 (2016), pp.240-249
[2] 菅原ら, JAEA-Research 2021-008, (2021)

*Takumi Abe[1] Naoto Aizawa[1] Takanori Sugawara[2] Tomohiko Iwasaki[1]
[1]Tohoku Univ. ,[2]Japan Atomic Energy Agency