

核燃料自給型小型炉の開発

(1) 燃料自給の方法

Development of Self-sustaining Small FR

(1) Way of Self-supplying Nuclear Fuel

*内藤 倅孝¹, 畦倉和雄¹

¹(株)ナイス

抄録: 我が国のプルトニウムの利用の基本的考え方は「余分なプルトニウムを蓄積しないこと」である。核燃料を燃焼させながら、その分の燃料を生産する原子炉の設計方法について提案する。燃料として Pu を考えると、Pu を増大させることなく運転できる原子炉を考案する。ここで提案するのは小型高速炉である。モジュール化して、複数炉にすれば、高出力炉としても活用もできる。

キーワード: 核燃料自給型炉、小型炉、高速炉、安全炉、金属燃料、プルトニウム、鉛ビスマス冷却材

1. 緒言

小型高速炉をつくることを考える。この炉は余剰反応度が小さいので構造が簡単であり、経済性、安全性に富み、操作性が高く、管理が容易である。燃料は Pu と U を用い、Pu が核分裂し、熱と 3 個程度の中性子を放出する。放出された中性子をウランが吸収しプルトニウムになる。これらの反応により Pu を増大させることなく熱を得ることができる。このプロセスを安全に行う炉としては、反応度係数が、容易に負となる小型高速炉が適している。

2. 燃焼の進行に伴う実行増倍率及び核種組成の変化

図 1 に計算に使用した炉心の体系モデルを図 2 に燃料を燃焼させた場合の燃焼期間に伴う実行増倍率変化を、初期 Pu 富化度をパラメータとして示す。

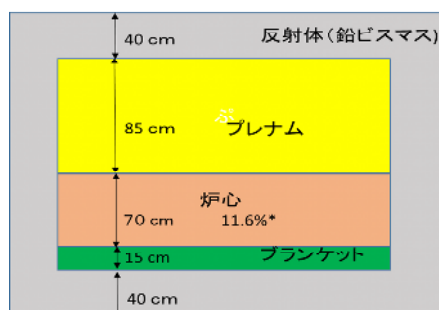


図1 RZ炉心モデル *Pu富化度

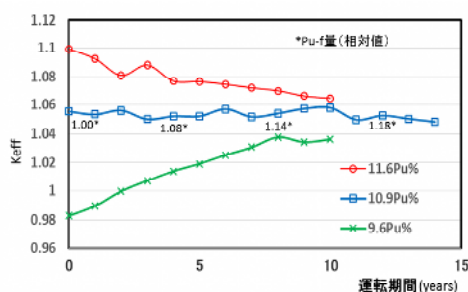


図2 燃焼反応度劣化のPu富化度依存性(1次元)

初期 Pu 富化度が 11%以下では燃焼に伴って Keff は増大する。初期 Pu 富化度 11.6%Pu の場合には Keff は燃焼の進行に伴ってわずかに下降する。

初期燃料の Pu 富化度が高い (11.6%) と Keff は燃焼とともに減少し (Pu の減少の方が U からできる Pu の増大よりも大きく)、初期 Pu 富化度が低いと (9.6%) Keff は燃焼とともに増大する。

燃焼による炉心の核種組成の変化は下記の式に従い、変化するはずである。

$$\begin{aligned} \{ (N_U) [U] + (N_{Pu}) [Pu] \} &\rightarrow N_U(t) \{ 1 - \sigma_a(U) \phi(t) dt \} \\ &+ \{ g(U \rightarrow Pu) N_U(t) \sigma_a(U) \phi(t) dt \} - N_{Pu}(t) \sigma_f(Pu) \phi(t) dt + Q + FP \end{aligned}$$

即ち、初期 Pu 富化度 10.9Pu%の場合、238U が Pu239 に変換されるが、Pu239 は核分裂して減少し、結果として Pu は殆ど変化せず、Keff は燃焼に伴いほとんど変化しない。炉内の反応としては、ウランが分裂して Q (熱) と FP を発生したように見える。

*Yoshitaka Naito¹ and Kazuo Azekura¹

¹NAIS Co., Inc.