

Na 冷却ピン型溶融塩高速増殖炉の成立可能性検討

Feasibility study on pin-type molten salt fast breeder reactor

*松前 信伍¹, 高木 直行¹

¹ 東京都市大学

塩化物燃料塩と Na 冷却材が被覆管によって分離されている Na 冷却ピン型塩化物塩高速増殖炉の成立可能性検討を行った。増殖炉としての設計要件を満たすため、燃料塩の低温度化による燃料塩密度の上昇、fissile インベントリの増加や、炉心の大型化による中性子漏洩の抑制等の方策に加え、ブランケット導入による増殖性能改善策を試みた。

キーワード：溶融塩高速増殖炉、Na 冷却、ピン型燃料、塩化物塩

1. はじめに

従来の溶融塩炉では、燃料塩が冷却材の役割も持ち、FP を含む燃料塩が除熱のために炉心領域外の熱交換器、ポンプ等を循環する。これに対して、英 Moltex 社が提案する SSR(Stable Salt Reactor)[1]は燃料塩が被覆管内に納められ冷却塩と分離されているため、一次冷却系の含有放射能が低く、機器保守管理の考え方が従来の固体燃料炉に近い。本研究では、先行研究であるタンク型溶融塩高速増殖炉の設計[2]で検討した、炉心特性改善策を適応し、Na 冷却ピン型塩化物塩高速増殖炉の成立性評価を行った。

2. 解析条件

炉心は熱出力 3000MWt、炉心高さ H と直径 D の比が $1(H/D=1)$ の円筒形状(図 1)で、炉容器厚さ 0.2m、燃料塩被覆管の外径 18mm、肉厚 1.5mm とし、構造材料として SUS316 を用いた(図 2)[1]。燃料塩は NaCl と重元素塩化物の混合塩であり、組成は 60NaCl-40(UCl+PuCl)、Pu 富化度 30%とした。燃料塩は被覆管内で対流し、核特性・熱伝達特性に影響を与えるが、本検討では簡単のために温度均一(875K)とした。断面積ライブラリには JFS-3.0(JENDL-3.2)、実効断面積作成に SLAROM を用い、CITATION にて 2 次元円筒体系(R-Z 体系)中性子拡散計算を行った。

3. 解析結果・検討

3-1. 増殖性能の一次評価

炉直径・高さ 4.5m の炉心(ブランケット無し)に対して増殖性評価を行った結果、実効増倍率は 1.17 程度であったが、転換比は 0.57 と低く増殖を見込めないため、径方向ブランケットを導入し転換比を向上させる方策を試みた。

3-2. 径方向ブランケット導入での増殖性能改善

径方向にブランケットを導入した結果を図 3 に示す。炉心部直径を 4.1m に固定し、燃料領域の一部(図 1 参照)を UO_2 ブランケットに置き換えた。Fissile 量が減り、更に細長い炉心となることで実効増倍率は下がるが、転換比は向上した。ブランケット厚を増していった結果、ブランケット厚約 65cm で 1 年後の増殖達成、ブランケット厚約 80cm で燃焼初期の増殖を達成した。

4. おわりに

Na 冷却ピン型溶融塩高速炉の概念設計を行い、炉心領域外周を UO_2 ブランケットに置き換えることで増殖性能を改善し、増殖炉としての設計要件を満たすことの出来る見通しを得た。今後は燃料塩の対流に伴う影響の解析や、安全パラメータ解析、動特性解析などを行っていく予定である。

参考文献

- [1] Ian R. Scott, "THE SIMPLE MOLTON SALT REACTOR", Conceptual design and technical status, October 2014
 [2] Shingo Matsumae, Naoyuki Takaki "Feasibility study on chloride salt fast breeder reactor using spent fuel from light water reactor", GLOBAL 2022, July 2022

*Shingo Matsumae¹, Naoyuki Takaki¹

¹Tokyo City Univ.

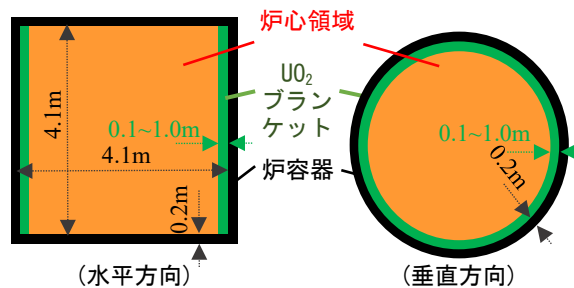


図 1 炉心概略図

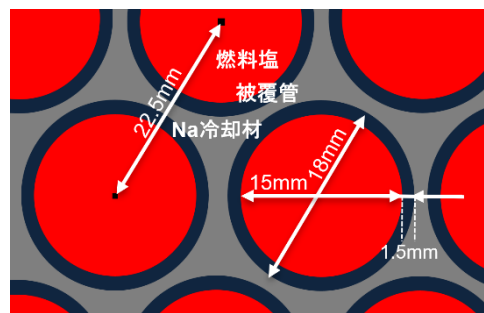


図 2 炉心領域のクローズアップ

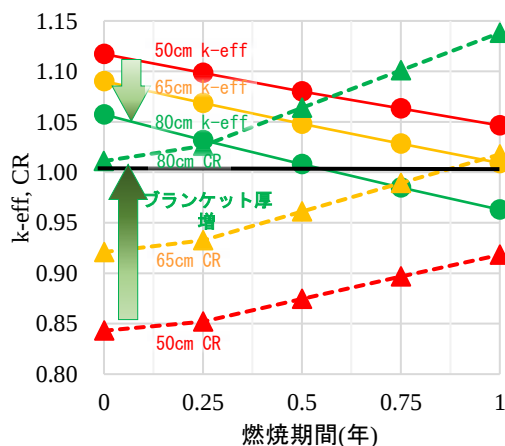


図 3 UO_2 ブランケット導入による増殖性能改善