

小型原子炉の概念構築と革新要素技術開発

背景

当所は、1988年より高い安全を追求した小型原子炉(4S炉: Super-Safe, Small and Simple Reactor)の研究開発を実施しており、平成14年度からは、文部科学省の公募研究にて、4S炉で採用している反射体制御炉心に関する炉心核特性、燃料集合体流動特性、構造材照射特性、反射体駆動機構などの技術開発を並行して実施している。この4S炉は、熱伝導率が良好な金属燃料を用いるナトリウム冷却小型高速炉であり、安全性や核拡散抵抗性が高く(新燃料や使用済み燃料から核物質を取り出し、それを核兵器などへ転用することが困難なこと)、長期間にわたって燃料交換を行うことなく運転ができるなどの特長を有している。これが実用化できれば、遠隔地や島嶼など大都市に比較して発電コストの高い小規模消費地、生活水準向上のため電力や飲料水・農業用水が必要な開発途上地域、などでの多目的エネルギー供給源としての利用が可能になる。当所では、4S炉の実用化するための技術開発を行なうとともに、建設に向けた許認可ステップに進める予定としている。

目的

電気出力1万kW、および5万kWの4S炉について、要素技術開発の成果に基づき、高い安全性を有する原子炉システムの概念を具体化し許認可に備える。

主な成果

1. 小型原子炉の概念構築

30年間燃料無交換で運転が可能な電気出力1万kWの原子炉システム概念、および10年間燃料無交換で運転が可能な5万kWの概念を具体化した(表1)。原子炉出力の大きさは、事故時の冷却システムに影響を与えるが、動特性解析により、両システムとも、炉心損傷に至ることがなく、また強制的な熱除去ができない場合でも自然通風により静的に原子炉が冷却できるという高い安全特性を有していることを確認した。

2. 要素技術開発

以下に平成16年度の主要な成果を示す。

- (1) 反射体制御炉心の核特性評価技術を確立するため、日本原子力研究所(原研)の高速臨界実験装置を用いて臨界実験を行い、解析との比較評価を実施している。2004年7月に図2に示す基準となる炉心体系で初臨界を達成し、炉心体系からの中性子の漏れが核特性に及ぼす影響等、評価技術の確立に必要なデータを得た。
- (2) 稠密に配置した実規模の燃料集合体を用いた水流動実験(図3)等により、圧力損失を目標である0.2MPa以下とできることを確認した。これにより、本長寿命炉心が事故時において十分な自然循環力を有することが確認できた。

上記要素技術開発は、電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの受託事業として、(財)電力中央研究所が実施した平成15、16年度「燃料無交換炉心のための新型制御方式に関する技術開発」の成果です。

今後の展開

4S炉建設のための第1ステップとして、平成17年度中を目途に、(株)東芝と共同で米国NRC(原子力規制委員会)の事前審査を申請する。そのために必要なデータを蓄積するとともに、申請用図書類を整備する。

主 担 当 者 原子力技術研究所 スタッフ 上席研究員 木下 泉

関連報告書 「平成15年度 文部科学省 革新的原子力システム技術開発公募事業 燃料無交換炉心のための新型制御方式に関する技術開発 成果報告書」、平成16年3月
「平成16年度 同上」、平成17年3月

3. 新型炉

表1 4S 炉主要仕様

電気出力	50MWe	10MWe
熱出力	135MW	30MW
1次系温度	355/510	
2次系温度	310/475	
蒸気条件	453 /107ata	
炉心寿命	10年	30年
プラント寿命	30年	30年
炉心等価直径	1.2m	0.68m
炉心高さ	1.0m(内)/1.5m(外)	2.0m
反射体厚さ	300mm	200mm
燃料	金属燃料(U-Pu-Zr)	
平均燃焼度	70GWD/ton	76 GWD/ton
Pu 富化度	17.5w%HM(内側) 20.0w%HM(外側)	24.0w%HM(内側) 24.0w%HM(外側)
最大線出力	250W/cm	110 W/cm
転換比	0.7	0.6
1次系ポンプ	電磁ポンプ2段直列配置	
中間熱交換器	シェル&チューブ型1基	
2次系ポンプ	電磁ポンプ1基	
蒸気発生器	二重管ヘリカルコイル型1基	

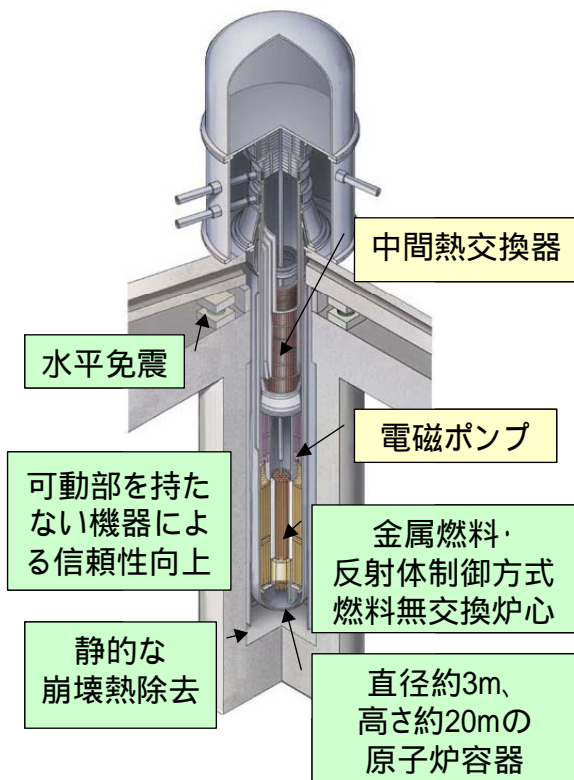


図1 4S 炉原子炉構造

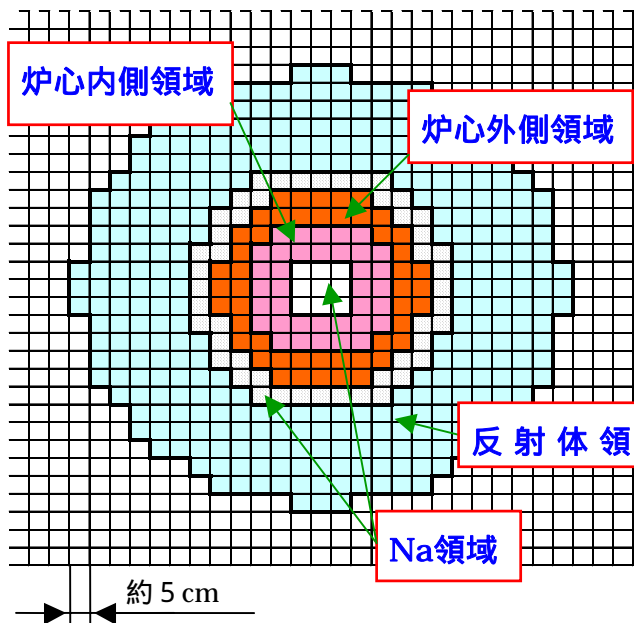


図2 原研高速臨界実験装置(FCA)での炉心体系

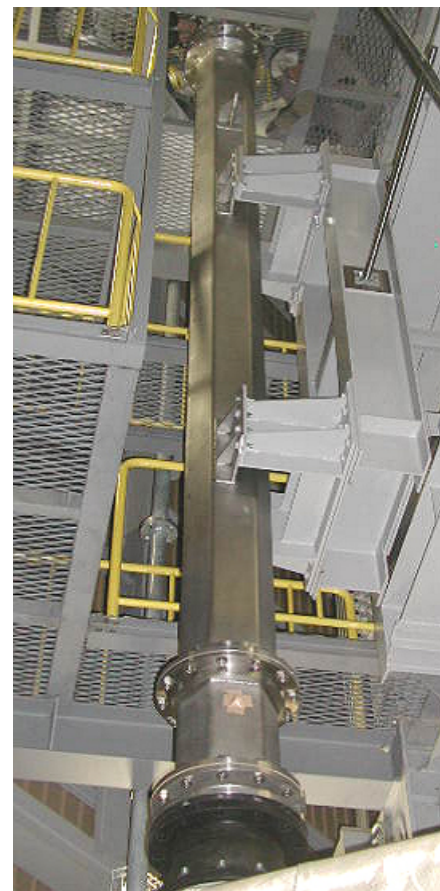


図3 実規模燃料集集体水流動実験の試験部 (燃料集集体長さ: 約5m)