

多目的原子力エネルギー利用を 目指した4S炉

背景

当所では、昭和63年より安全性とメンテナンス性の向上を目指したナトリウム冷却小型高速炉4S（Super-Safe, Small and Simple）の設計研究を進めています。4S炉は電気出力1～5万kWの小型炉であり、炉心は金属燃料を中性子反射体で制御し、長期間（30年）にわたり燃料交換が不要です。近年、小型炉による新たな原子力エネルギー利用の展開が国内外で検討され始めた状況の中で、海水淡水化や熱供給などの多目的炉やインフラストラクチャが十分整備されていない地域での小型分散炉として4S炉の導入が期待されています。

これまでの研究と主な成果

縦長形状の金属燃料炉心と反射体制御を組み合わせた炉心設計により、受動的な原子炉停止（止まる）と受動的な崩壊熱除去（冷える）を構築し、解析を通してシビアアクシデントの発生を排除できる高い安全性を確認しました。安全性を高めたことで機器・システムの簡素化が可能となり、経済性の向上が図られています。加えて、30年間にわたり燃料交換が不要であるため、核拡散抵抗性が高められています。送電網の整備されていない地域での多目的な分散エネルギー源としての適用を想定し、電気出力1万kWと5万kWの2種のプラント設計を行っています（表1）。

今後

需要地のニーズに適した経済性（発電単価、造水単価など）に合致するよう、原子炉の設計と経済性の評価を行います。その設計に対して、実用化に向けた許認可に必要な安全評価を行います。

4S炉はタンク型のナトリウム冷却高速炉である（図1）。炉内の機器は、1次元的な配置となっており、単純な冷却材流路構成である。炉心は、18体の燃料集合体から構成されている（図2）。電気出力1万kWでは、炉心形状は高さ2m、炉心等価直径0.68mと縦長の形状である。これを、中性子反射体を徐々に上昇させながら出力を制御する。

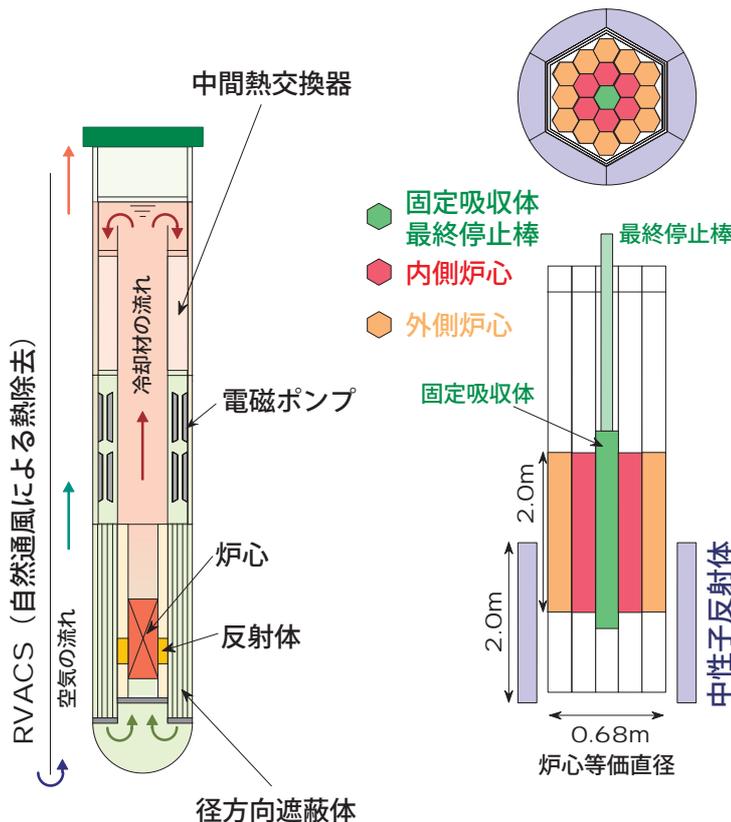


図1 原子炉の基本構造

図2 炉心構成（1万kWe）

一次系温度（出口/入口）[°C]	510/355
二次系温度（出口/入口）[°C]	475/310
蒸気条件 [°C/MPa]	453/10.8

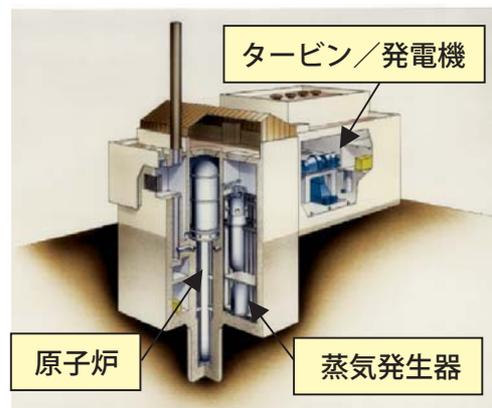


図3 発電所イメージ

高速炉プラント特性解析コードCERESによる 4S炉の安全評価

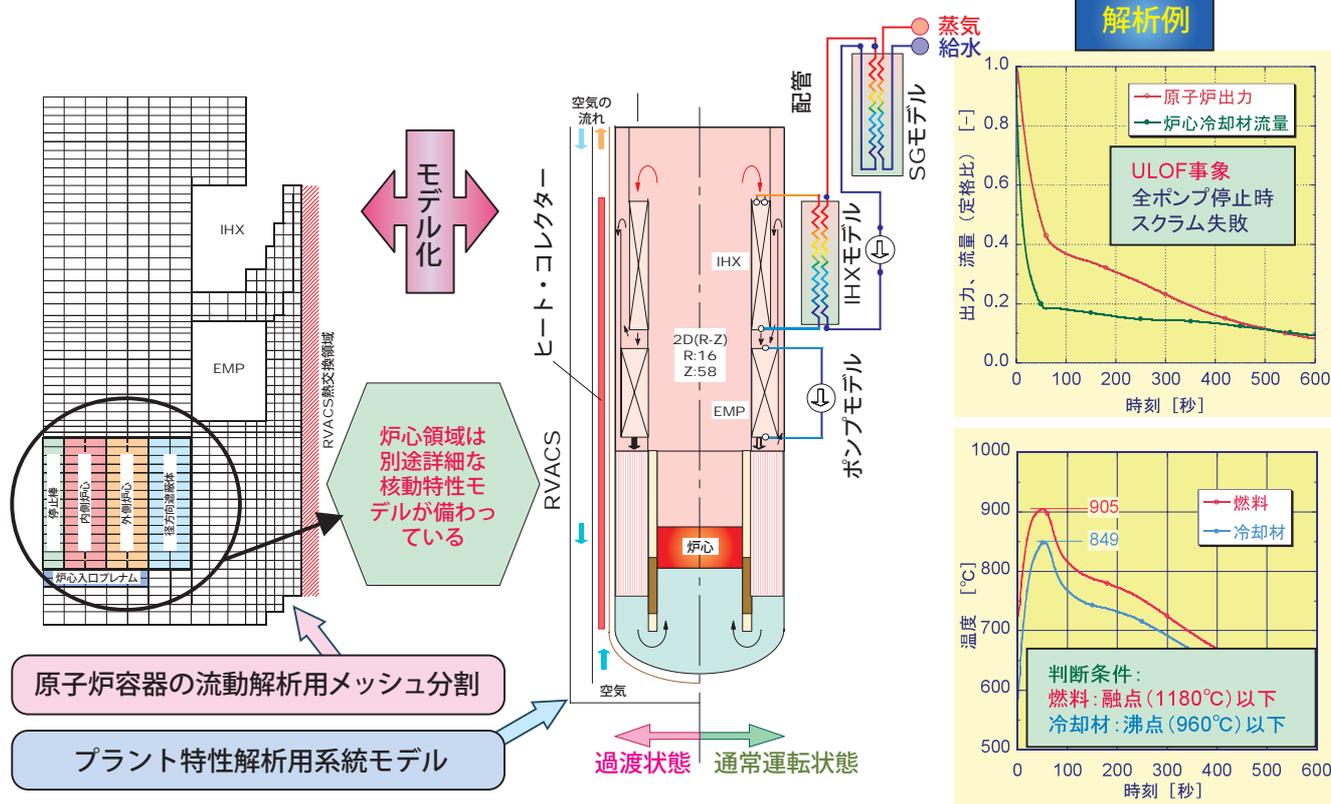


表1 4S炉の主要な仕様

電気出力 [MW]	10	50	燃料要素直径 [mm]	10.0	14.0
熱出力 [MW]	30	135	被覆管肉厚 [mm]	0.50	0.70
炉心寿命 [年]	30	30	燃料要素ピッチ [mm]	11.0	15.12
稼働率 [%]	95	95	燃料要素数 [本/SA]	169	271
炉心高さ [m]	2.0	2.5	バンドルピッチ [mm]	151.4	259.0
炉心等価直径 [m]	0.68	1.2	Pu富化度 [HM%]	24.0/ 24.0	11.3/ 13.5
反射体高さ [m]	2.0	2.5	燃料スミア密度 [%]	78	75
反射体厚さ [m]	0.2	0.3	転換比 [-]	0.6	1.0
平均燃焼度 [GWD/t]	76	81	原子炉容器直径 [m]	2.6	3.3
最終停止棒 [本]	1	1	原子炉容器高さ [m]	14.0	27.0
固定吸収棒 [本]	1	なし			

お問い合わせ先

財団法人 電力中央研究所

原子力技術研究所 新型炉領域 上席研究員 植田 伸幸
 電話：(03) 3480-2111(代表) FAX：(03) 3488-2844