

1-2 主要なエネルギー供給源として有望な高速増殖炉システムの探究 ーナトリウム冷却炉の設計研究ー

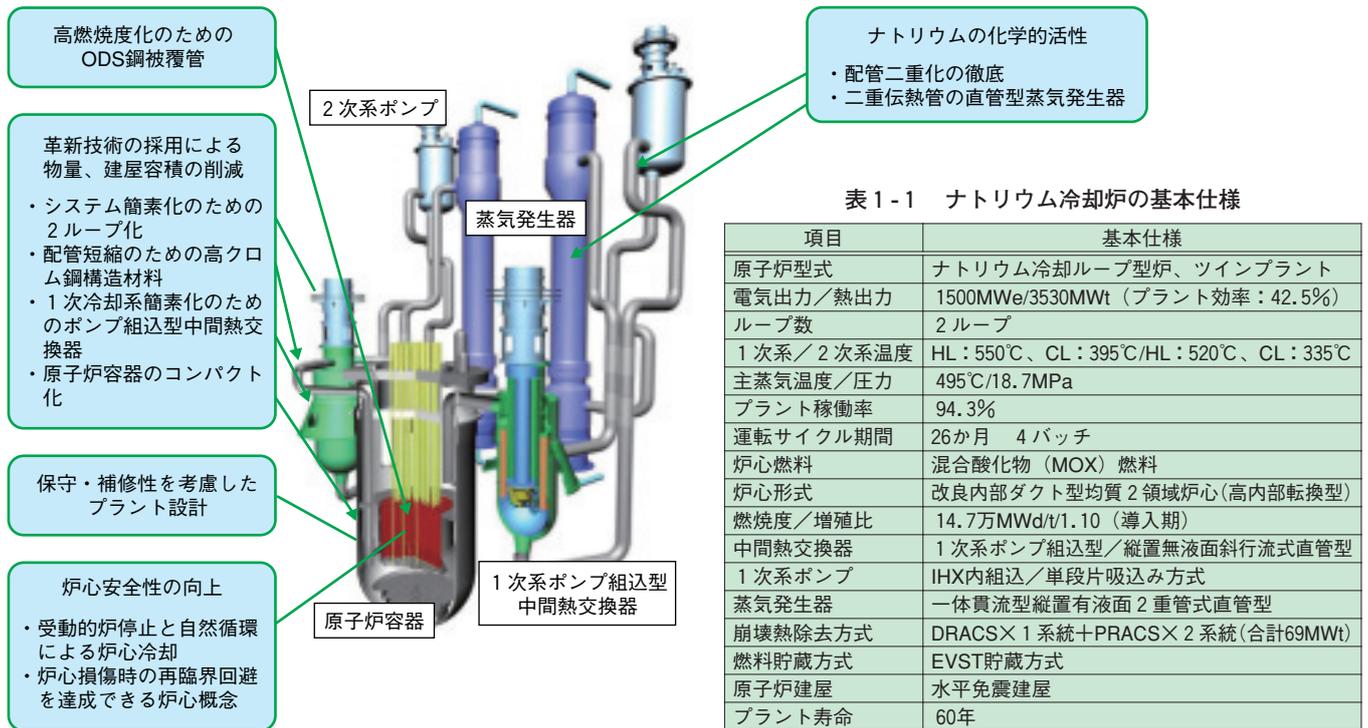


図 1-5 ナトリウム冷却炉の概念とその革新技術

表 1-1 ナトリウム冷却炉の基本仕様

項目	基本仕様
原子炉型式	ナトリウム冷却ループ型炉、ツインプラント
電気出力/熱出力	1500MWe/3530MWt (プラント効率: 42.5%)
ループ数	2ループ
1次系/2次系温度	HL: 550°C、CL: 395°C / HL: 520°C、CL: 335°C
主蒸気温度/圧力	495°C/18.7MPa
プラント稼働率	94.3%
運転サイクル期間	26か月 4バッチ
炉心燃料	混合酸化物 (MOX) 燃料
炉心形式	改良内部ダクト型均質2領域炉心 (高内部転換型)
燃焼度/増殖比	14.7万Mwd/t/1.10 (導入期)
中間熱交換器	1次系ポンプ組込型/縦置無液面斜行流直管型
1次系ポンプ	IHX内組込/単段片吸込み方式
蒸気発生器	一体貫流型縦置有液面2重管直管型
崩壊熱除去方式	DRACS×1系統+PRACS×2系統 (合計69MWt)
燃料貯蔵方式	EVST貯蔵方式
原子炉建屋	水平免震建屋
プラント寿命	60年

・ HL/CL: ホットレグ/コールドレグ ・ DRACS: 直接炉心冷却系
 ・ PRACS: 1次系共用型補助炉心冷却系 ・ EVST: 炉外燃料貯蔵槽

将来の主要なエネルギー供給源として期待される高速増殖炉システムの実用化候補概念の一つとして、ナトリウム冷却炉のプラント概念を構築しました (図 1-5)。これは、実用化戦略調査研究 (フェーズ II) の開発目標 (安全性、経済性、環境負荷低減性、資源有効利用性及び核拡散抵抗性) とそれらを具体化した設計要求に適合する可能性が高い概念です。本プラントの基本仕様を表 1-1 に示します。

プラント設計における主な特徴は、経済性向上の観点から、炉内燃料取扱方式の工夫による原子炉容器のコンパクト化、1次冷却系簡素化のためのポンプ組込型中間熱交換器、配管短縮のため的高クロム鋼材料、高燃焼度化のための ODS 鋼被覆管、システム簡素化のための冷却ループ数の削減 (2ループ化) 等の革新技術を採用したことです。これにより、プラント物量や建屋容積を大幅に削減し、建設費を将来の軽水炉建設単価に比肩する設計要求 (20万円/kWe) 以下に低減できる見通しです。

また、安全性・信頼性を向上させるため、炉心損傷時の再臨界回避を達成できる炉心概念 (従来設計では例のない溶融燃料流出のための改良内部ダクト付き燃料集合体)、事故時の冷却材温度上昇を感知して制御棒を挿入する受動的炉停止機能を有する原子炉停止系、非常用電源に依存しない完全自然循環方式の崩壊熱除去系等を採

用しています。更に、ナトリウム漏えい、ナトリウム-水反応に対しては配管及び容器の二重化を徹底し、ナトリウム漏えいが発生した場合の影響範囲を限定すると共に、蒸気発生器の伝熱管を二重壁構造とすることにより、安全性と信頼性の向上を図りました。以上の結果、炉心損傷の発生頻度は既存の社会的リスクより低くするといった設計要求 (10^{-6} /炉・年) を下回る見通しです。

炉心燃料設計では、経済性、資源有効利用性、環境負荷低減性の観点から、高い燃焼度を達成でき、軽水炉使用済燃料からのマイナーアクチニド (MA) を含む超ウラン元素 (TRU) の燃焼と長寿命核分裂生成物核種 (LLFP) の核変換が可能な、高内部転換型混合酸化物 (MOX) 燃料による炉心概念を構築しました。その結果、ブランケットを含む炉心全体の平均燃焼度を 9~11万 Mwd/t とすることにより燃料費を大幅に低減でき、運転サイクルの長期化による稼働率の向上等により、更に発電コストの低減を図ることができます。

本プラント概念は、第 4 世代原子力システム (Generation IV) に関する国際フォーラム (GIF) における代表的な候補概念の一つとして取り上げられ、今後、国際標準の高速増殖炉概念へ発展していく可能性があり、我が国はナトリウム冷却高速炉開発のリード国として開発を進めていく予定です。

●参考文献

日本原子力研究開発機構, 日本原子力発電株式会社, 高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究 フェーズ II 最終報告書, 2006, JAEA-Evaluation 2006-002, p.12.