

ナトリウム冷却高速炉用革新的プレートSGの開発

背景

ナトリウム冷却の高速炉 (LMFR) では、蒸気発生器 (SG) でのナトリウム (Na) - 水反応事故影響緩和策として、2次冷却系や Na-水反应对策設備を設けており、これが LMFR 建設コストを上昇させる要因の一つとなっている。これらの設備を不要とし、かつコンパクトな SG が開発できれば、LMFR 建設コストの低減が可能となる。当所では、小型 LMFR を対象として、空調機などに用いられるコンパクトなプレートフィン熱交換器概念を利用した SG を提案してきている。

目的

提案している小型 LMFR 用の SG 概念について、コンパクト性、製作性、LMFR の使用環境での構造健全性、水・蒸気系および Na 境界の破損検出性などを評価し、その基本的な成立性を確認する。

主な成果

(1) 矩形管を並べた伝熱管プレートを HIP (Hot Isostatic Pressing) により製作する革新的プレート SG 概念 (図 1) を創出した。小型 LMFR の系統設計条件でサイズを評価し、ヘリカルコイル二重伝熱管 SG に比べ 60% の体積に収まることが判った (表 1)。

(2) 高速炉の SG 材料として有望視されている改良 9Cr1Mo 鋼を対象とし、HIP 最適条件を見出した。また伝熱管プレートを積層するためのろう付け材・手法の選定を行い、SG 部分モデルの試作を通してその製作性を確認した (図 2)。

(3) 熱応力解析により LMFR の使用環境での構造健全性を確認した。提案した SG 概念には、片側 (水・蒸気側または Na 側) 破損検出のためのリーク検出溝を設置するが、起動停止を想定した繰返し応力によるき裂進展解析の結果、Na-水反応事故に至る貫通破損前に片側破損検出ができる十分な時間的余裕を持つことを明らかにした。

本 SG を用いて 2 次系削除プラントを構築する場合の要求条件を整理し、いくつか確認すべきことはあるものの、大きな障害となる課題は抽出されなかった (表 2)。建設コスト削減効果は、Na 取扱いエリアの縮小を考慮に入れると約 8.5% と推定された。以上により、2 次系削除プラントシステム構築の可能性を有する、小型 LMFR 用のコンパクトな SG の開発について、見通しを得ることができた。

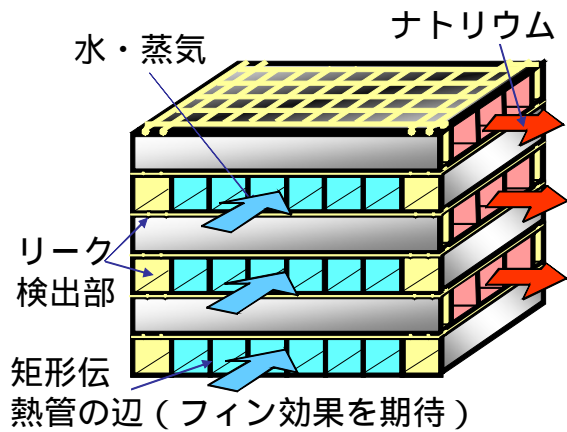


図1 革新的プレートSG

表1 サイジングの結果

熱交換量	30MW	
Na 出入口温度	475 / 310	
蒸気条件	453 / 10.7MPa	
	ヘリカルコイル二重伝熱管SG	革新的プレートSG
伝熱高さ	5.54m	3.35m
体積	5.85m ³	3.36m ³

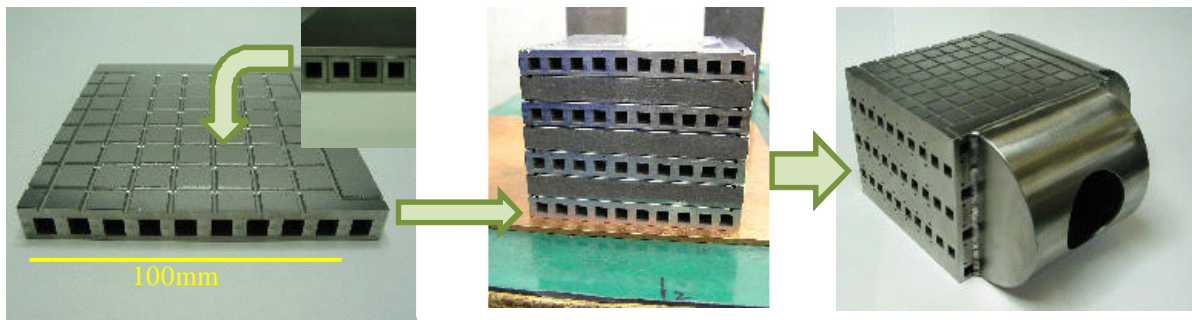


図2 試作のイメージ

表2 要求条件と本SGの適合性(抜粋)

視点	要求条件	本SGでの適合性と課題
安全設計	Na-水反応は設計基準外とできること	微小リーク (10 ⁻¹ g/sec) の検出時間が100秒程度と、早期の検出が可能
	両層の同時破断を防止できること	堅牢な構造であり、ルース部がないことから共通または従属要因破損はない
	仮想的な大リークのNa-水反応事故時の圧力、反応生成物が炉心に影響を与えないこと	2次系削除共通の課題。圧力解放機能などの設計対応で可能と判断されるが、今後検討する必要がある。
系統設計	系統条件に適合すること	圧力、温度ともに対応可能
	リーク検出の性能確認ができること	リーク検出部への模擬リークによる確認が可能
構造設計	高温強度、耐SCC性に優れた材料を用いること	改良9Cr1Mo鋼を用いている。矩形伝熱管特有の課題がないことを試験で確認する。
製作保守補修	製作時に検査ができること。 伝熱管のISI、破損部のプラグが実施できること	プレート毎に検査することが可能。常時リークモニタリングにより、体積または表面検査を不要とし、破損時はSG単体、またはプレート単位の交換を想定。

総合報告 L07	キーワード：プレートフィン熱交換器，液体金属冷却高速炉，ナトリウム，HIP，蒸気発生器
担当者	西 義久（原子力技術研究所 原子炉システム安全領域）
連絡先	（財）電力中央研究所 原子力技術研究所 Tel. 03-3480-2111(代) E-mail : ntrl_rr-ml@criepi.denken.or.jp