ナトリウム冷却高速炉における崩壊熱除去システムの炉内冷却特性に関する研究 (3)総合ナトリウム試験装置 AtheNa-RV/DHRS の概念検討

Study on In-Vessel Coolability by Decay Heat Removal Systems in Sodium-cooled Fast Reactors (3) Conceptual Design of an Integrated Sodium Test Facility AtheNa-RV/DHRS

*田中 正暁¹, 江連 俊樹¹, 石川 信行¹, 宮越 博幸¹, 清水 亮², 中村 博紀², 大山 一弘² ¹原子力機構, ²MFBR

過酷事故(SA:シビアアクシデント)時を含む崩壊熱除去時の多様な炉内冷却システムの成立性確認を目的 として設計検討を行っているナトリウム試験装置(AtheNa-RV/DHRS)に対し、総合効果試験としての要求項 目に対応した系統構成及び炉心冷却器(DHX)を含む試験体概念の検討結果を報告する。

キーワード:ナトリウム冷却高速炉,崩壊熱除去システム,ナトリウム試験,炉内冷却特性

1. 緒言 ナトリウム冷却高速炉の安全性強化の観点 から、SA時の崩壊熱除去能力の強化及び手段の確保が 重要な課題である[1]。本報では、多様な炉内冷却シス テムの成立性確認を目的としたナトリウム試験装置 (AtheNa-RV/DHRS)の概念検討として実施してきた

これまでの検討[2-4]を含め、試験体及び系統構成、計装(熱電対)配置の検討状況をとりまとめ報告する。

2. 試験装置の構成 図1に本試験装置の主要部位であ る模擬原子炉容器の概念図を示す。原子炉容器内部の 自然循環崩壊熱除去を主要試験課題とし、上/下部プレ ナム、炉心部、炉上部機構、浸漬型 DHX 及び貫通型 DHX (タンク型炉 IHX としても機能)等を模擬する。タン ク型炉での下部プレナムから炉心入口部に接続する1 次系は、ポンプの設置と炉心閉塞状態(ループ閉止)

を模擬するため、外部に引き出して構成する(図1に現れていない)。 数値解析により浸漬型 DHX 稼働時の炉心部への低温流体の潜り込みと 炉心部での集合体逆流等の再現性や、DHX 内での伝熱流動現象の実機 模擬性を確認するとともに、結果を温度計測位置の検討に活用した。

2-1. **炉心部** 炉心を構成する模擬燃料集合体(発熱集合体)は19本の 電気ヒータ内蔵のワイヤスペーサ付き模擬燃料ピン(ピン径は実機の約 2.5倍)で構成され、炉心は発熱集合体(内側/外側炉心、ブランケッ ト)と非発熱集合体(遮蔽体)で構成する[4]。

2-2. 炉心冷却器 (DHX) 3 層以上の伝熱管群を有する浸漬型及び貫通型 DHX [4] が1 基ずつ設置され、現時点で仕様は決定していないが、も う1 体分の予備スペースを有する (図1 では現れていない)。

2-3. 系統構成 1 次系配管及びポンプ等の機器、DHX の 2 次系配管及 びポンプや空気冷却器等の機器について、配管の引き回しや既設ナトリ ウムループとの接続など、試験建屋 (AtheNa) 内の配置を具体化した。

3. 温度計測点の検討 既往ナトリウム試験(PLANDTL)[1]の知見及び数値解析結果を活用し、特に浸漬型 DHX 稼働時の炉内自然循環挙動に着目して、集合体内部及び集合体間ギャップ部、炉上部機構、上/下部プレナム(熱電対ツリー、炉容器壁内外面)、DHX 内部の熱電対配置(合計 1,000 点)を具体化した。

4. 結言 SA 時を含む崩壊熱除去時の多様な DHRS の成立性確認を目的とする AtheNa-RV/DHRS の系統構成 及び試験体について、これまでの概念設計検討のとりまとめを行った。

本報告は経済産業省からの受託事業である「高速炉の国際協力等に関する技術開発」の一環として実施した成果を含む。 参考文献 [1]H. Kamide, et al., NED, 312 (2017), p.30, [2]鍋島ら, 2016 年春の年会, 1D11, [3]田中ら, 2017 年秋の大会, 2J20, [4] 田中ら, 2018 年秋の大会, 2H18, [5] M. Ichimiya, et al., Nuclear Engineering and Technology, 39, 171-186 (2007).

^{*}Masaaki Tanaka¹, Toshiki Ezure¹, Nobiyuki Ishikawa¹, Hiroyuki Miyakoshi¹, Ryo Shimizu², Hironori Nakamura², Kazuhiro Oyama² ¹ Japan Atomic Energy Agency, ² Mitsubishi FBR systems INC.



表 1 試験装置の主な仕様 仕様 (暫定) 項目 作動流体 ナトリウム 全高 8050 mm 3930 mm 外径 1/3 縮尺比 (炉容器径) *JSFR[5]を基準 炉心ヒータ出力 1.35 MW デブリヒータ出力 0.15 MW

集合体本数 (炉心構成)	19本(内側炉心) 18本(外側炉心 24本(ブランケット) 30本(遮蔽体)
炉心ヒータ発熱長	330 mm
1次系最大流量	500 L/min
熱交換器内 伝熱管本数	156本(浸漬型) 108本(貫通型)

550 °C

最高温度