## 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 (2) 多様な炉内冷却器を有するナトリウム試験装置の主要構造に係る概念検討

Study on In-Vessel Coolability by Decay Heat Removal Systems in Sodium-cooled Fast Reactors (2) Conceptual Design of Components in A Sodium Test Apparatus with In-Vessel Direct Heat Exchangers

\*田中 正暁<sup>1</sup>, 江連俊樹<sup>1</sup>, 石川信行<sup>1</sup>, 鍋島邦彦<sup>1</sup>, 大山一弘<sup>2</sup>, 中村博紀<sup>2</sup>, 市原隆司<sup>2</sup> <sup>1</sup>原子力機構, <sup>2</sup>MFBR

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 とするナトリウム試験装置(AtheNa-RV/DHRS)の設計検討を行っている。昨年度実施した試験要求項目に対 応した炉心構成要素及び直接炉心冷却系熱交換器等の主要構造物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検討では、SA 時の崩壊熱除去能力の強化及び確保が重要な課 題である[1]。日本原子力研究開発機構(JAEA)では、SA 時を含む様々なプラント条件下での多様な崩壊熱 除去システム(DHRS)の成立性確認を目的にナトリウム試験(AtheNa-DHRS)を計画している[2]。本報で は、前報[3]により抽出した自然循環崩壊熱除去時の試験要求項目に対し、炉心構成要素及び直接炉心冷却系 熱交換器(DHX)等を対象に試験装置の形状及び寸法、試験条件(代表条件)を検討した結果を報告する。

2. 機器構成の検討 着目した熱流動現象は、炉心部 では集合体間ギャップ部の流れ(IWF:インタラッ パフロー)による除熱、集合体内及び集合体間の流 量再配分、DHRS では主容器内上部(ホット)プレ ナム内に設置する浸漬型のDHX、上部と下部のプレ ナム間を貫通する貫通型 DHX の伝熱流動である。 昨年度検討に基き試験体の縮尺比(代表値)を 1/3

(以上)と暫定するが、実機寸法を一律に縮尺する ことは、製作性はもとより現象再現性の観点から適切ではない。 着目現象に対応する適切な相似則に基き各部形状及び試験代表 条件を決定した。

2-1. 炉心部 伝熱問題を扱うことから、燃料ピン配列ピッチと ピン径の比 (P/D) 及びスペーサワイヤ巻き付けピッチとピン径 の比(H/D)を実機と一致させ、集合体間ギャップ幅(IWF流路 幅)は実機同等の4mmとした。縮尺比1/3により炉心寸法(発 熱部の範囲)として外側燃料集合体の外接直径を設定し、燃料 集合体(内側及び外側炉心)及びブランケット燃料集合体と、 中性子遮蔽体を考慮した。集合体は19本ピン(ピン径は実機の 2.5 倍相当) で構成した。表1に模擬炉心部の構成案を示す。

2-2. 熱交換器 (DHX) DHRS として採用を検討する浸漬型及 び貫通型 DHX を対象に、2-1 の炉心出力 1.4%相当を前提として

表1 模擬炉心部の構成案(炉心出力 1.4%相当)

項目	内側 炉心	外側 炉心	ブラン ケット	中性子 遮蔽体
模擬集合体数	19	18	24	30
模擬燃料ピン数	19	19	19	1
出力(kW/集合体)	45.7	24.1	2.0	_
Re数	1,810	980	75	ほぼ0

表 2 伝熱管の配置案(1.35MW)				
項目	浸漬型	貫通型		
伝熱管外径 (mm)	1:	5.9		
伝熱管本数	156	108		
伝熱管配置(層数)	4	3		



熱交換量を 1.35 MW と暫定し、伝熱管周りの伝熱特性及び熱交換器内の流速分布に留意して伝熱管配置(伝 熱管外径及び本数等)を検討した。既往解析結果からDHX内の流動特性を考慮して伝熱管は3層以上とした。 リチャードソン数、グラスホフ数、レイノルズ数により決定した伝熱管の配置案(円周配置)を表2に示す。 3. 結言 多様な DHRS の成立性確認を目的とする AtheNa-RV/DHRS の炉心部及び DHRS として採用する DHX の機器構成を検討した。今後、試験ループ構成も含め機器寸法及び試験条件を詳細化していく。 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.

謝辞 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。

\*\*Masaaki Tanaka1, Toshiki Ezure1, Nobiyuki Ishikawa1, Kunihiko Nabeshima1, Kazuhiro Oyama2, Hironori Nakamura2, Takashi Ichihara2

1Japan Atomic Energy Agency, 2Mitsubishi FBR systems INC.