

# 軽水炉の経済性・信頼性向上を目指す伝熱・流動技術

## 背景

発電コストの低減のため、原子炉出力の増加や、既存炉の出力密度の増大（アップレート）、並びに多様な燃料に柔軟に対応できる炉心管理技術が求められています。このような多様なニーズに応えるためには精緻な炉外試験を行い、広い範囲の系統的な実験に基づく検証を行うことが望まれています。

当所では、伝熱・流動のみならず炉心の核特性も考慮した試験手法を開発し、試験により軽水炉の経済性と信頼性の向上に資する研究を実施しています。

## これまでの研究と主な成果

沸騰水型原子炉（BWR）の核反応および燃料棒の発熱量の時間変化を、応答性が速くかつ高精度な加熱用電源および計測制御手法を用いて模擬することにより、設置許可で評価が必要とされる不安定現象（炉心不安定現象および領域不安定現象）を高精度に再現できる試験設備SIRIUS-Fを設計製作しました。

許認可条件を含む広い範囲で試験を実施し、許認可安定性解析コードの信頼性を確認しました（図1, 2）。

## 今後

柔軟な炉心管理技術の確立を目指し、混合酸化物（MOX）燃料を含む広い条件に対してSIRIUS-F設備を用いた実験を行い、設置許可申請の検証データを得ます。

本研究で培った伝熱・流動技術とSIRIUS-F設備を活用し、更なるコスト低減に資する研究を実施していきます。

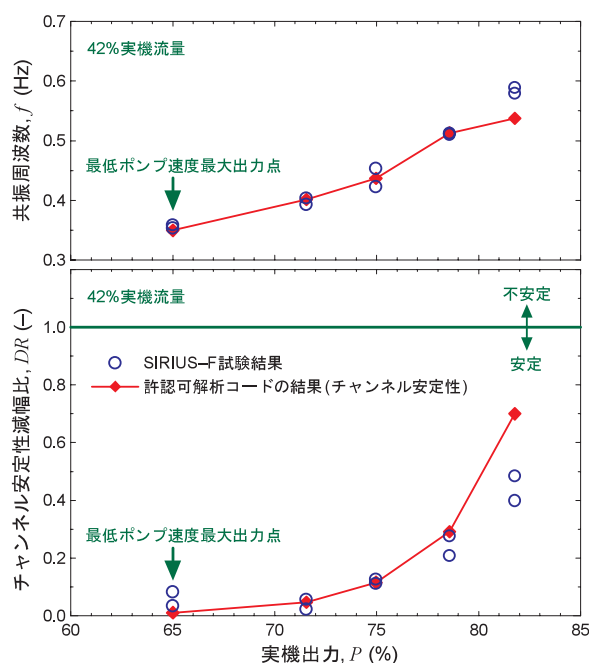


図1 チャンネル安定性試験結果

出力一定条件下で熱流動の安定性を評価した。その結果、解析結果はSIRIUS-Fでの試験と精度良く一致した。

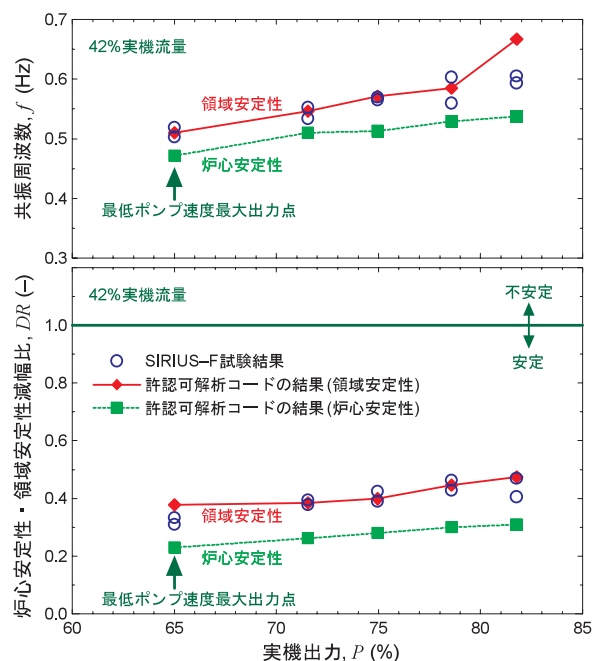
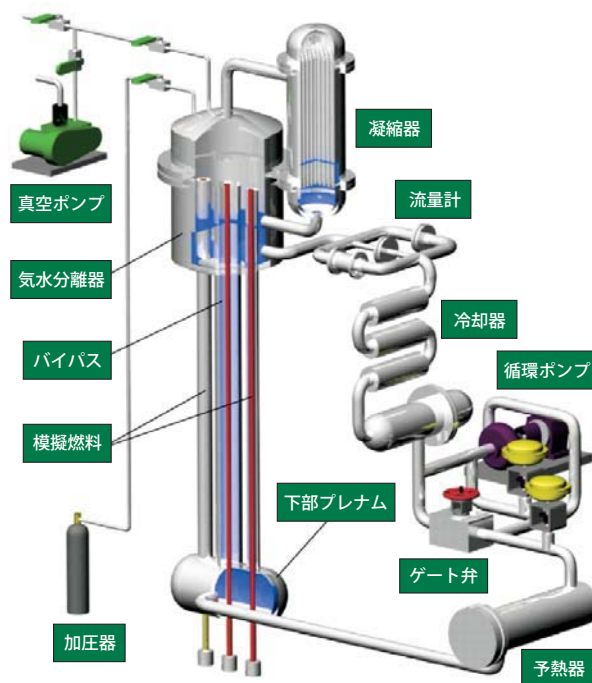


図2 炉心安定性・領域安定性試験結果

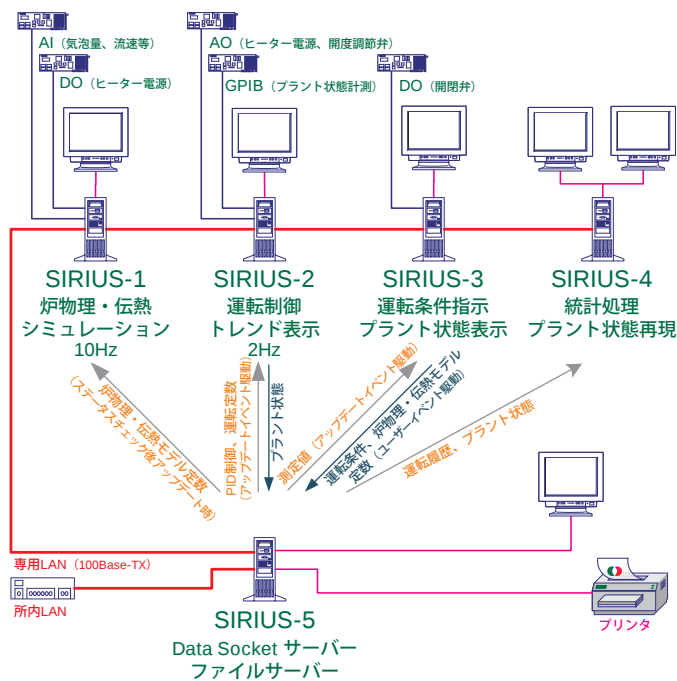
核反応を考慮した核熱結合安定性評価を行った。その結果、安定度の低いモードである領域安定性の解析結果はSIRIUS-Fでの試験結果と精度良く一致した。



SIRIUS-F建屋外観



SIRIUS-F設備概念図



SIRIUS-F設備の計測制御系

炉心動特性と燃料棒熱伝導リアルタイムシミュレーションを行いながら、全自動で理想的な熱流動境界条件を設定できる高精度計測制御系を開発した。

#### 【豊富な試験実績で、流動の安定化対策や熱伝達向上をサポート】

- 原子炉の動特性を模擬した領域安定性・炉心安定性試験
- 沸騰二相流の流動安定性試験
- 自然循環流量特性試験
- 限界出力試験
- 過渡変化時の伝熱特性試験
- 伝熱流動評価試験解析

#### 【試験設備仕様】

- 建屋諸元：全高12m、幅5m、長さ5m、他に制御室
- 直流安定化電源：120kW×4 系統、32kW×4 系統
- 出力制御応答：高精度（99.95%）・高速応答（0.3ms）
- 循環流量：600L/min
- 冷却器性能：1,200kW
- 運転監視法：24時間全自動運転可能

#### 【設備の特長】

- 原子炉内の核反応による発熱量変化など、模擬対象のリアルタイムシミュレーションと連動した試験を実施可能
- 計測・制御機器の伝達関数による歪みを補償
- ソフトウェアPID制御による境界条件の自動設定
- ノイズ解析技術により、外乱を導入することなく安定度の指標である減幅比と振動数をオンライン予測
- 試験中であっても、過去の運転状態を表示可能
- 数値流体解析と連動して、配管内の流動様式をリアルタイム表示
- インターネットを介して、試験の監視・制御可能
- 試験条件をオンライン変更可能
- GUI による警報メッセージ表示と対話型対処指示

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 発電基盤技術領域 主任研究員 古谷 正裕

電話：(03) 3480-2111(代表) FAX：(03) 3480-2493