

一般セッション | IV. 原子力プラント技術：401-2 原子炉の運転管理と点検保守

2025年3月12日(水) 14:45 ~ 15:40 F会場(Zoomルーム6)

[1F01-03] 運転管理と点検保守

座長:西 義久(電中研)

14:45 ~ 15:00

[1F01]

LANCR/AETNAによる長期停止後の取替炉心設計と運転管理

(1) ミクロ燃焼モデルの概要と長期停止の影響

*東條 匡志¹、木村 伊市²、菅間 淳一²、大友 恒人² (1. GNF-J、2. 東北電力)

15:00 ~ 15:15

[1F02]

LANCR/AETNAによる長期停止後の取替炉心設計と運転管理

(2) 女川原子力発電所2号機の再稼働実績

*菅間 淳一¹、木村 伊市¹、大友 恒人¹、東條 匡志² (1. 東北電力、2. GNF-J)

15:15 ~ 15:30

[1F03]

東北電力女川原子力発電所第2号機 再稼働に向けた試験・試運転の取り組み

*仲居 宏理¹ (1. 東芝ESS)

15:30 ~ 15:40

座長持ち時間

LANCR/AETNA による長期停止後の取替炉心設計と運転管理

(1) ミクロ燃焼モデルの概要と長期停止の影響

Reload core design and operation after long-term shutdown by the calculation code LANCR/AETNA

(1) Overview of the Micro Burn-up Model and the Effects of Long-Term Shutdown

*東條 匡志¹, 木村 伊市², 菅間 淳一², 大友 恒人²

¹GNF-J, ²東北電力

ミクロ燃焼モデルが長期停止炉心の設計および運転管理に有効となる技術的説明を報告する。本報では、マクロ燃焼モデルとミクロ燃焼モデルの概要、AETNA[1]のミクロ燃焼モデルで想定する燃焼チェーン、燃焼方程式、マクロ断面積補正法やベンチマーク計算による検証結果を示す。

キーワード : BWR, ミクロ燃焼モデル, 長期停止, AETNA

1. ミクロ燃焼モデルの概要

AETNA[1]では、3群拡散ノード法に基づき炉心計算を行うが、反応度に影響する以下の核種は全ノードで燃焼方程式を解き、運転時及び炉停止時にノード毎核種毎数密度を追跡保持し、反応度の補正を行う。

Rh105, I135, Xe135, Nd147, Pm147, Pm148, Pm149, Sm147, Sm149, Eu154, Eu155, Gd154, Gd155, Np239, Pu239, Pu240, Pu241, Am241 (他に SRNM 計数率に関与する Cm242, Cm244 など)

例えば、Gd155 について、次の微分方程式を中性子束が時間ステップ内で時間的に一定 (I135, Xe135 では線形) と仮定して解析的に解くため、上記仮定が良い近似である範囲では時間ステップ幅の制約を受けない。

$$\frac{dN_{Gd155}(t)}{dt} = \lambda_{Eu155}N_{Eu155}(t) + \sum_{g=1}^3 \sigma_g^{Gd154}(t)\phi_g(t)N_{Gd154}(t) - \sum_{g=1}^3 \sigma_g^{Gd155}(t)\phi_g(t)N_{Gd155}(t) \quad \text{式(1)}$$

ここで、 λ は崩壊定数、 σ_g はノード平均の第 g 群実効微視的捕獲断面積、 ϕ_g はノード平均中性子束である。定格出力密度一定履歴に対するこれら核種の寄与はマクロ断面積に既に含まれている。このため、AETNA 内で定格出力密度一定履歴と実際のノード出力履歴それぞれに対する中性子束及び時間幅を式(1)に用いて、核種 m の数密度 $N_m(\text{base})$ 及び $N_m(t)$ を追跡計算し、その差分と微視的断面積 σ_{xg}^m を用いて第 g 群マクロ断面積 Σ_{xg} を補正する。

$$\Sigma_{xg} = \Sigma_{xg}(\text{base}) + \sum_m \sigma_{xg}^m \{N_m(t) - N_m(\text{base})\} \quad \text{式(2)}$$

2. 長期停止の影響

女川原子力発電所 2号機では約 14 年の長期停止後の 2024 年 11 月に再稼働している。この条件で評価した炉心平均の核種毎および全反応度の長期停止影響をサイクル燃焼度依存で整理した結果を図 1 に示す。サイクル初期で約 1.8% $\Delta k/k$ 、サイクル末期でも約 0.3% $\Delta k/k$ の負の反応度効果があり、一部は次サイクルに持ち越される。停止中に蓄積した Gd は急速に燃焼し、起動後約 3 か月で 0.8% $\Delta k/k$ の負の反応度効果が消失する。

参考文献

[1] GNF-J, “炉心核熱水力特性解析システム システム全般”, GLR-005 改訂 2 (令和 6 年 7 月)

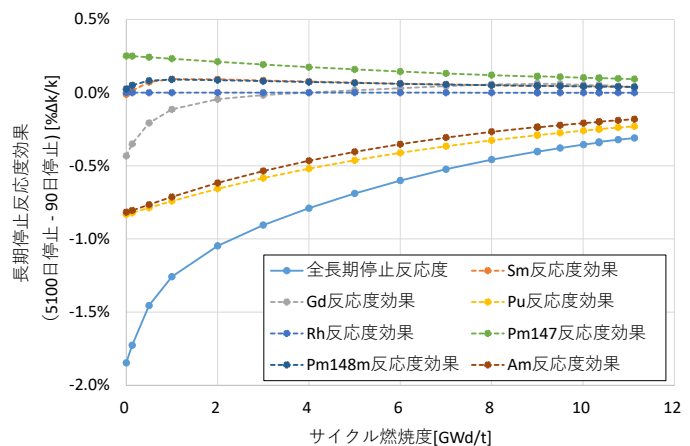


図 1 長期停止時での炉心反応度効果

* Masayuki Tojo¹, Iichi Kimura², Junichi Sugama² and Tsunehito Ootomo²

¹GNF-J, ²Tohoku-EPCO

LANCR/AETNA による長期停止後の取替炉心設計と運転管理 (2) 女川原子力発電所 2号炉の再稼働実績

Reload core design and operation after long-term shutdown by the calculation code LANCR/AETNA

(2) Onagawa-2 NPP restart results

*木村 伊市¹, 菅間 淳一¹, 大友 恒人¹, 東條 匡志²

¹東北電力, ²GNF-J

LANCR/AETNA[1]を使用することで、長期停止後の女川2号機第12サイクル再稼働炉心設計および運転管理が安全に実施できたことを報告する。本報では、再稼働炉心の概要、臨界固有値、出力分布の予測と実績との比較、運転時の炉心流量・熱的制限値等の実績を報告する。

キーワード : BWR, 長期停止, 炉心設計, AETNA

1. 女川原子力発電所2号機第12サイクル炉心

女川原子力発電所2号機は、2024年11月、約14年ぶりに再稼働した。当該炉心は、従前から使用しているLOGOSに加え、長期停止の影響を考慮可能なLANCR/AETNA[1]の評価結果も踏まえて設計した。その結果、起動時の臨界固有値特性や出力分布は良好な予測結果が得られ、安全な炉心を設計できた。また、起動解析においても、AETNAを使用することにより、長期停止影響を適切に考慮した。

2. 再稼働実績

再稼働サイクルである第12サイクル冷温臨界試験（局所臨界）について、長期停止考慮時および非考慮時の評価値を至近のサイクルと合わせて図1に示す。局所臨界では寄与燃料の燃焼度がケースごとに異なるため図1の長期停止影響量もケースごとに異なっている。図1から、冷温時臨界固有値はAETNAを用いて長期停止を考慮することで長期停止が無いサイクルと同様の結果を示し、炉心の核的反応度特性がAETNAによって良好に予測できることが分かる。

また、定格出力時のTIP学習有（実績値）と無（予測値）の軸方向出力分布の比較を図2に示す。図2から、TIP学習有と無の軸方向出力分布がよく一致していることから、AETNAを用いて長期停止を考慮した出力分布計算が良好な予測性を持っていることを示しており、つまり、再稼働炉心設計におけるサイクル中の熱的制限値の予測についても一定の信頼性を確保できたと考える。

参考文献

[1] GNF-J, “炉心核熱水力特性解析システム システム全般”, GLR-005 改訂2 (令和6年7月)

* Iichi Kimura¹, Junichi Sugama¹, Tsunehito Otomo¹ and Masayuki Tojo²

¹Tohoku-EPCO, ²GNF-J

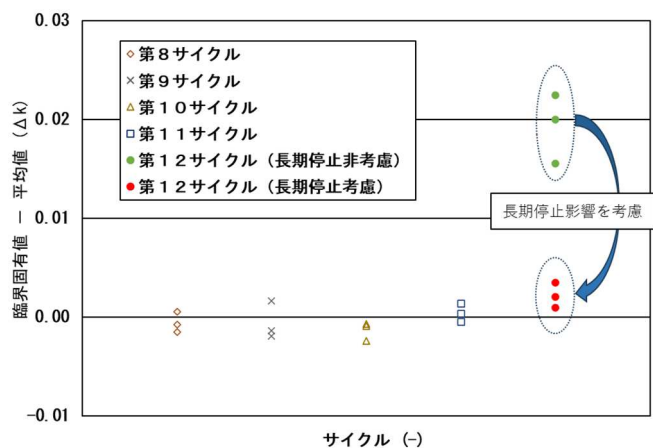


図1 冷温時臨界固有値

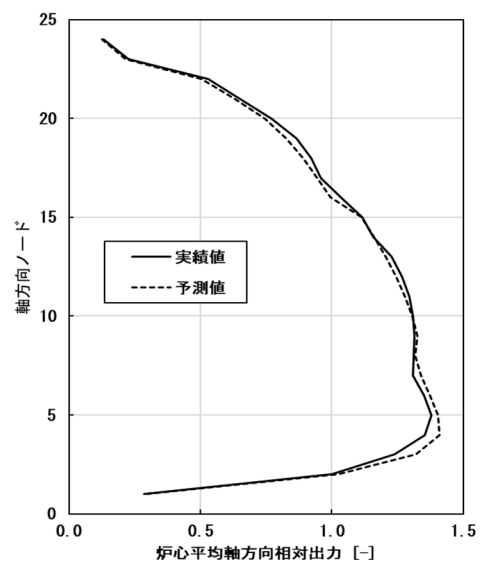


図2 定格出力時軸方向出力分布

東北電力女川原子力発電所第2号機再稼働に向けた試験・試運転の取り組み

Start-up endeavor to restart Onagawa Nuclear Power Station Unit 2

*仲居 宏理¹

¹東芝エネルギーシステムズ株式会社

女川原子力発電所第2号機の再稼働に向けて、安全対策工事完了後に行う試験・試運転の完遂にあたり、施工品質を確保する試験のために実施した取り組みや施策、次のプラント再稼働に向けた改善事項についての報告を行う。

キーワード：原子力，女川原子力発電所第2号機，原子力発電所再稼働，試験・試運転

1. 緒言

女川原子力発電所第2号機の再稼働に向けた各種工事（安全対策工事、更新工事、点検・修繕工事）は、建設級の大規模工事であり、試験・試運転を円滑に行うべく早期段階から計画を進めていたが、各種工事が錯綜していたことから、管理の最適化、試験・試運転方法の工夫等施策を講じてきた。

本稿では、これら試験・試運転の実施内容や実績、講じた施策等を纏め、これまであまり公の場に挙がっていない原子力発電所再稼働に向けた試験・試運転の記録として報告するとともに、次世代再稼働プラントに繋げる提言を行っていく。

2. 試験・試運転の実施施策

2-1. 管理手法の最適化

工程の最短化を図るため、機器据え付け、電線管・トレイ施工、ケーブル布設が全完してから後工程の試験・試運転を行うのではなく、平行して行った。その際に、エリア毎に作業を進める工事と、冷却系、循環系の様な系統毎に作業を進める試験・試運転双方の工程を紐付けつつ、作業干渉しない管理手法を適用した。

2-2. 試験・試運転工程の最短化

膨大な量の機器を試験するにあたり、同一種類の機器（配電盤、制御盤、電動機、弁、計器、等）を纏めて試験を行うのが最も効率的であるため、機器種別単位や同一作業内容（盤改造、等）での工程を組み、纏めて試験・試運転を行うことで工程の最短化を図った。

2-3. 試験・試運転方法の工夫

これまで行ってきた標準的な試験について、試験目的（ケーブル誤配線の検知、ケーブル勘合不良の検知、設計値の検証、等）、工場試験や工事との重複分を再チェックし、より簡易且つ合理的な試験方法を検討し、試験内容の最適化を図った。

3. 結論

試験・試運転は最終段のプロセスで高品質の状態顧客に引き渡す必要があり、様々な施策を駆使して、無事に再稼働を迎えることができた。

参考文献

[1] 無し

*Hiroataka Nakai¹

¹TOSHIBA Energy Systems & Solutions Corporation