

早期実用化と機動的運用が可能な蓄熱型小型モジュール高温ガス炉の開発 (Ⅳ) 炉心設計と代表的な事故時の安全解析結果について

Development of Early Deployable Small Modular HTGR Plant with Heat Storage System

(Ⅳ) Core Design and Safety Analysis Result for Typical Accident Event

*田邊 賢一¹, 中野 正明¹, 大橋 一孝¹, 定廣 大輔¹,
藤原 斉二², 鈴木 哲², 永田 章人²,
¹富士電機, ²東芝エネルギーシステムズ,

蓄熱型小型モジュール高温ガス炉の炉心設計を実施して炉心諸元を設定するとともに、通常運転時および事故時の燃料温度が安全上の制限値を満足していることを確認した。

キーワード：高温ガス炉，燃料温度，安全解析，減圧事故

1. 緒言

本プラントでは蒸気タービン採用等の理由により、冷却材の出入口温度の差が既往炉心 (GTHT300^[1]) と比べて大きく、このため、冷却材流量が少ない。また、これに加え発熱密度も高く、燃料温度が高くなる可能性があった。そこで、炉心設計を実施して、炉心諸元を定めるとともに、通常運転時および事故時の燃料温度の評価を行った。

2. 炉心諸元と燃料温度評価

2.1 炉心諸元

熱出力 600MW、冷却材出口温度 750°C、冷却材入口温度 325°Cの炉心の炉心設計を行った。運転期間中の実効増倍率を設計目標値以内に収まるように、装荷ウランの濃縮度や B₄C の装荷量等を調整し、炉心諸元を設定した(表-1)。

2.2 通常運転時の燃料温度評価

通常運転時の燃料健全性を確認するために、まず、炉心構成要素や炉内構造物の部材間での流れ流れを踏まえ、炉心冷却に有効な冷却材流量を求めた。これをインプットに、工学的安全係数を踏まえ通常運転時の燃料温度評価を行った。結果、設計目標温度 1350°Cに対して、燃料温度は満足することを確認した (図-1)。なお、設計目標温度は過出力時においても、燃料温度が制限温度 1600°Cを上回らないように設定している。

2.3 減圧事故時の燃料温度評価

代表的な事故事象である減圧事故時の燃料健全性を確認するために、減圧事故+スクラム成功時の燃料温度評価を行った。なお、減圧事故時の炉心の崩壊熱は原子炉外表面からの放射等により炉容器冷却パネルに伝わり、除熱される。評価の結果、燃料温度が制限温度 1600°Cを満足することを確認した (図-2)。

3. 結論

既往炉心と比べ、本プラントの冷却材流量は少なく、発熱密度が高いため、燃料温度が高くなる可能性があったが、通常運転時及び減圧事故時において、燃料温度が制限値を満足することを確認し、燃料の健全性が確保できる見通しが得られた。

謝辞

本報告は、経済産業省からの補助事業である「令和 4 年度 社会的要請に応える革新的な原子力技術開発支援事業」の一環として実施した成果を含む

参考文献

[1]中田 哲夫, 片岡 昌司, 他, 原子力と文論文誌, 2[4], 398(2003)

* Kenichi Tanabe¹, Masaaki Nakano¹, Kazutaka Ohashi¹, Daisuke Sadahiro¹, Seiji Fujiwara², Tetsu Suzuki² and Akito Nagata²

¹Fuji Electric Co., Ltd., ²Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation

表-1 主要な炉心諸元

| 項目 | GTHT300 ^[1] | 本プラント |
|--------------|------------------------|----------------------|
| 熱出力 | 600 MWt | 600 MWt |
| 冷却材入口温度 | 850 °C | 750 °C |
| 冷却材出口温度 | 587 °C | 325 °C |
| 冷却材出入口温度差 | 263 °C | 425 °C |
| 冷却材流量, 圧力 | 437kg/s, 7MPa | 272kg/s, 7MPa |
| 燃焼期間(燃焼サイクル) | 2 年 | 1.5 年 |
| 燃料取出し平均燃焼度 | 120 GWd/t | 120 GWd/t |
| 発熱密度 | 5.4 W/m ³ | 5.7 W/m ³ |
| 圧力容器内径 | 7.6 m | 7.6 m |
| ウラン濃縮度(平均値) | 14% | 14% |

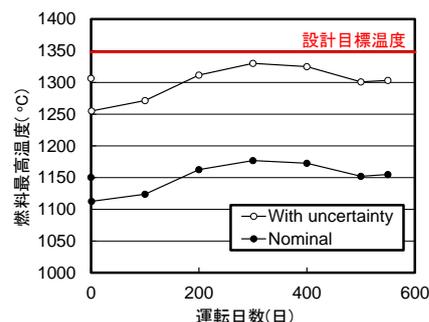


図-1 通常運転時の燃料温度挙動

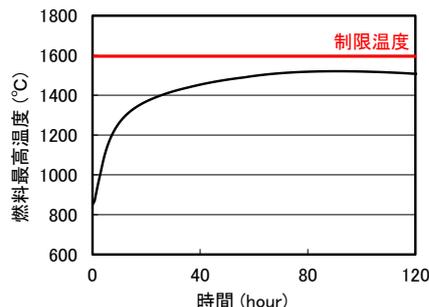


図-2 減圧事故時の燃料温度挙動