

出力ピーキング係数の低減によるアップレートの経済性評価

量子エネルギーシステム工学講座

安達雅史

1. 緒言

炉心内の出力分布を特徴付ける量として出力ピーキング係数がある。これは炉心内の燃料棒 1 本あたりの最大出力を平均出力で除した値である。

ピーキング係数制限値の低減は、出力分布をより平坦にすることを意味し、燃料配置に厳しい制限を課す。そのため、燃料の燃えにくい配置を選択せざるを得なくなり、取出し燃焼度の低下を招く。これにより取替燃料体数が増加し、燃料にかかる費用が増加する。一方、ピーキング係数の低減によって出力分布を平坦化すれば、燃料の線出力密度に余裕が生まれ、炉心の平均出力を上昇させることも可能であると考えられる。

本研究では、ピーキング係数制限値の低減により生じた出力余裕をアップレート（出力増強）に当てると仮定した場合、上昇する燃料費を発電量の増加でカバーできるのか否かを評価する。

2. 炉心設計

900MWe 級の PWR を対象として、1 つの初装荷炉心、および 8 個の平衡炉心からなる平衡サイクルの設計を行った。設計条件として、炉心のサイクル長を 15200 [MWd/t]、サイクル間の冷却期間を 3 ヶ月、新燃料集合体数を 56 体と設定した。

PWR の炉心には、反応度制御のためにホウ素が添加される。燃料の燃焼が進み、ウランが消費されると、反応度が低下するため、添加するホウ素の量を少なくでき、最終的に添加する必要がなくなる。そのときのサイクル長を正味サイクル長と定義する。そこで、作成したさまざまな出力ピーキング係数の炉心について正味サイクル長を調べ、その炉心における、燃料の正味取出し燃焼度を計算した。

3. 発電コスト計算

計算は 900MWe 級 3 ループ PWR を対象に行う。発電コスト C_G [yen/kWh] は式(1)を用いて算出する¹⁾。

$$C_G [\text{yen/kWh}] = \frac{F_F [\text{yen}] + F_{RE} [\text{yen}] + F_I [\text{yen}]}{E [\text{kWh}]} \quad (1)$$

F_F : 燃料費用 [yen]、 F_{RE} : 代替エネルギー費用 [yen]、 F_I : 定期検査費用 [yen]、 E : 発電量 [kWh]

計算は、炉心設計によって得た、出力ピーキング係数と正味取出し燃焼度の関係を用い、1 サイクル (13.5 ヶ月と仮定) について行った。定格出力 900[MWe]を基準の状態であるとし、炉心冷却期間は 3 ヶ月、定期検査は 1 回であるとした。

4. 結果

出力ピーキング係数制限値の変動に対する発電コストの推移の計算結果を Fig.1 に示す。

出力ピーキング係数制限値の低減に伴って燃料費が若干上昇しているが、発電量の増加により代替エネルギー費用が低減されており、その結果、発電コストが低減されていることが確認できた。

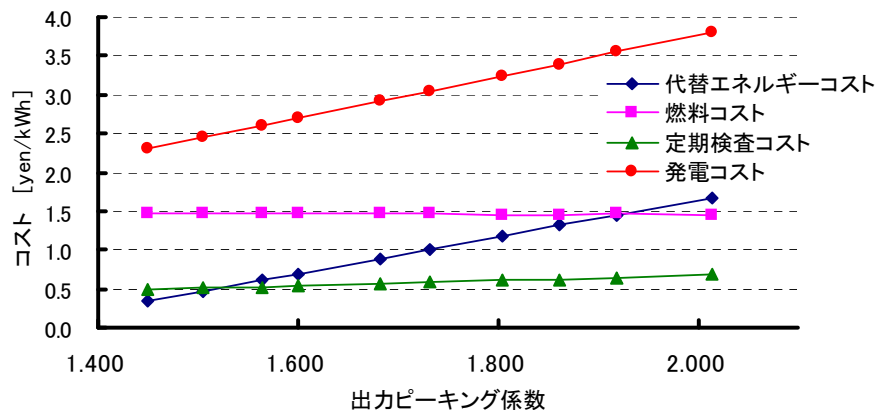


Fig.1 出力ピーキング係数制限値の変動に対する発電コストの推移

5. 結言

出力ピーキング係数制限値を低減し、それによって生じる出力の余裕をアップレートに振り向けることで、発電コストを低減できることを計算により確認した。今後は、実際に即した炉心設計を行い、そのサイクルの発電コストの計算を行うという方法をとった場合でも、今回と同様の結果を得ることができるかどうかを確認する必要がある。

1) A.Yamamoto,T.Kimoto,“Effect of core calculation models on optimum cycle length analyses of pressurized water reactor,” Ann. Nucl. Energy, **27**, pp.1039–1050 (2000).