

# 出力向上を目指した長期保全計画の考え方について

## Long term plant maintenance strategy toward power uprate

日立 GE ニュークリア・エナジー(株)	小川 雪郎	Yukio OGAWA	Member
日立 GE ニュークリア・エナジー(株)	吉川 和宏	Kazuhiro YOSHIKAWA	Member
日立 GE ニュークリア・エナジー(株)	吉江 豊	Yutaka YOSHIE	Member
(株)日立製作所	根本 清司	Seiji NEMOTO	Member

Power uprate is nuclear reactor operation to increase thermal power from nuclear reactor to get higher electrical output. In the case of EPU (extended power uprate), significant modifications of major equipments are required. Therefore, long-term plant maintenance strategy based on consideration of plant life cycle management is indispensable. We think at least the following viewpoints should be considered in the long-term strategy, such as fuel type, operating cycle, equipment replacement for aging and performance degradation and turbine efficiency improvement.

**Keywords:** Power Uprate, Plant Maintenance, Plant Life Cycle Management

### 1. 緒言

原子炉熱出力向上は原子炉で発生する熱出力を定格出力以上に増加させることで、従来より高い電気出力を得るものである。海外では1970年代から多くの実績があり、米国では最大20%までの出力向上が行われている。また、国内においても国の原子炉安全小委員会で原子炉熱出力向上運転の検討評価を行うワーキンググループが設置されるなど実現への機運が高まりつつある。

原子炉熱出力向上の実施に当たっては、原子力発電プラントの最も基本的な設計パラメータである原子炉熱出力が変更になるため、各設備への多岐にわたる影響を評価し、設備の安全性、健全性を確認しつつ進めることが重要である。特に米国で行われているような大規模な原子炉熱出力向上の場合には、多くの設備で容量の大きい機器への取替・改造が必要となってくる。この際、最新のタービン効率向上技術を併用して既設タービンを改造することにより、原子炉熱出力向上に加えてさらに大幅な電気出力の向上を図ることも可能である。

一方、原子力発電プラントの長期に渡る安定運転を確保するためには高経年化した機器の更新や設備の近代化による能力の向上なども着実に進める必要がある。また、長期サイクル運転や MOX

(Mixed Oxide Fuel)燃料を使用したプルサーマルを計画している場合には、プラント基本条件として考慮する必要がある。

日立 GE ニュークリア・エナジー(株)ではこのような観点から原子炉熱出力向上を総合的な予防保全の目で見えたプラント改善の一環として捉えた提案を行っている。本稿では出力向上計画の第一段階で弊社が検討する観点を紹介し、合理的な中長期計画立案への考え方を説明する。

### 2. 長期保全計画立案への視点

大規模な原子炉熱出力向上やタービン効率向上はプラント設備の大規模な改造を伴うことから、計画段階で長期的な保全戦略を考慮した検討が必要である。この際、プラントライフを考慮した計画的な機器の経年劣化更新など、同時期に行われる他の改造やプラントの運転計画との整合化を図り、合理的な長期保全戦略を立案することで電気出力の増加と同時に長期安定運転の推進に寄与する計画とすることができる。このようなプラントライフマネジメントを踏まえた総合的な予防保全計画に必要な視点を Fig. 1 に示す。原子炉熱出力向上やタービン効率向上の初期の計画段階では以下の観点からの検討が必要である。

#### 2. 1 使用燃料・運転サイクル

原子炉熱出力向上では使用する燃料ごとに出力

連絡先:小川雪郎、〒317-0073 茨城県日立市幸町3丁目1-1、日立 GE ニュークリア・エナジー(株)、電話:0294-55-4707、e-mail:yukio.ogawa.uu@hitachi.com

上限が決まるため、プルサーマルなど将来の使用燃料の計画により原子炉熱出力向上計画で想定する最大出力が決まる。また運転サイクルの長さは炉心設計に影響するため、長期運転サイクルの導入計画がある場合は基本条件として考慮する必要がある。

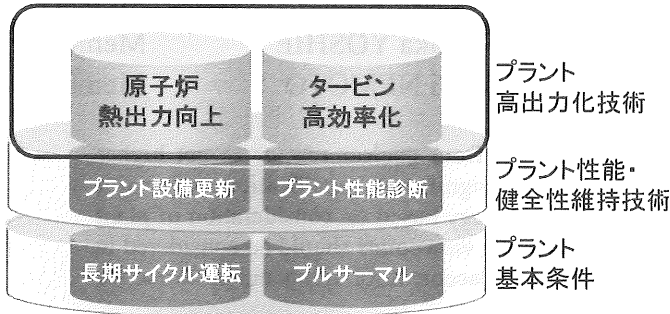


Fig. 1 Viewpoints for long term plant maintenance strategy

## 2. 2 プラント設備更新

プラントの長期安定運転を実現するには高経年化した機器の計画的な更新を着実に行う必要がある。大規模な出力向上時に改造が必要となる大型設備（低圧タービンや発電機など）の劣化更新時期と出力向上の予定時期の整合化が図れる場合には合理的な改造計画とすることが可能である。また、経年劣化更新が先行する場合でも更新する機器の設計時に将来の原子炉熱出力向上を見越した設計条件を採用することで合理化を図ることが可能である。

## 2. 3 プラント性能診断

BOP(Balance of Plant)系の機器の経年的な劣化等によりプラントの性能が低下し、電気出力が低下している場合には、原子炉熱出力向上、タービン効率向上後に期待される効果が十分発揮できないことになる。弊社では原子力プラントの運転状態と設計時のプラント特性の差異を分析して、機器の劣化などの電気出力低下要因を診断する機能を備えたプラント性能監視診断システムを実用化しており (Fig. 2)、原子炉熱出力向上、タービン効率向上の計画段階でプラント性能診断を実施し、その結果として得られる性能回復策を保全計画に反映することで最適なプラント電気出力を得ることができる。

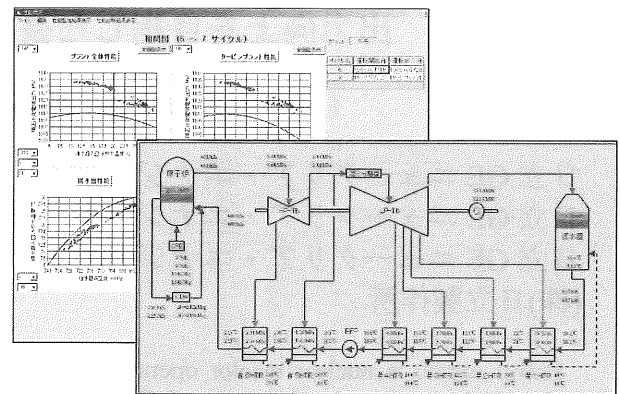


Fig. 2 Plant performance diagnosis system

## 2. 4 タービン効率向上

タービン効率向上はタービン設備の効率を向上させることにより、従来に比べて高い電気出力を得るものであり、低圧タービン最終段動翼の長翼化や静翼、動翼の3次元化、動翼のCCB(Continuous Cover Blade)化、チタン製細管の採用による復水器の高性能化などの高効率化技術がある。これらの設備は特に大規模な原子炉熱出力向上の際に改造が必要となってくる設備であるので、両者を併用することにより改造計画の合理化と大幅な電気出力の向上を実現することができる。また、タービン効率向上が先行する場合でも更新する機器の設計時に将来の原子炉熱出力向上を見越した設計条件を採用することでプラントライフにわたる改造計画の最適化を図ることが可能である。

## 3. 結言

総合的な予防保全の目で見えたプラント改善の方策として、合理的な長期保全戦略を立案するための視点について述べた。使用する燃料の計画や運転サイクル、機器の経年劣化状況やプラントの性能低下の状況はいずれも各プラントに固有の問題であるので、弊社では出力向上計画立案の早期に上記の検討を実施し、電力殿に各プラントの実情に合った最適な計画をご提案するよう努めている。将来の出力向上に必要な改造計画を早期に確立し、長期予防保全戦略に反映することにより、順次実施される経年劣化更新や設備改善などの改造計画および中長期的なプラントの運転計画に柔軟に対応しつつ、段階的に出力向上の実現を目指すアプローチが可能となる。