

東京電力株式会社 柏崎刈羽原子力発電所5号機の建設

Construction of Kashiwazaki Kariwa Nuclear Power Station Unit No. 5

東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所5号機は、電気出力1,100 MWのBWR(沸騰水型原子炉)原子力発電設備で、昭和58年(1983年)10月に着工し建設を進めてきたが平成2年(1990年)4月10日営業運転を開始した。

本プラントは第二次改良標準化の成果を全面的に採用した最初のプラントであり、さらに自主開発技術を各所に採用するとともに、よりいっそうの信頼性の向上と従事者が受ける放射線量の低減などを目指した最新の設備である。

設備面ではジルコニウムライナ燃料・炉心、原子炉冷却材浄化系ポンプの低温部設置などの系統・機器改善技術の採用により設備性能改善の目的が達成された。建設面ではわが国では初めて大型移動式クレーンを使用した建設技術の改善および高信頼性推進活動を基盤にした試運転の推進により予定の工期で建設を完了することができた。

江尻史昭* *Fumiaki Ejiri*
 久保英章* *Hideaki Kubo*
 近藤嶺一** *Ryōichi Kondō*
 藤本弘次* *Hirotsugu Fujimoto*
 落合兼寛* *Kanehiro Ochiai*

1 緒言

東京電力株式会社 柏崎刈羽原子力発電所5号機(以下、柏崎刈羽5号機と言う。)は、国内最大級の電気出力1,100 MW BWR(沸騰水型原子炉)原子力発電設備で、昭和58年10月に着工し、平成2年4月10日に営業運転に入った。

柏崎刈羽5号機は、日立製作所にとって柏崎刈羽原子力発電所での最初のプラントである。また、当プラントは官民一体となって進められた第二次改良標準化の成果を全面的に採用した1,100 MW級プラントの初号機にあたるものである。

さらに、当プラントには先行プラントでの運転経験や、その後開発された新技術も採用し、信頼性、運転性をいっそう高めたプラントである。

柏崎刈羽5号機の外観を図1に示す。

以下、その特徴について述べる。

2 建設の概要

2.1 建設工程

柏崎刈羽5号機は昭和58年10月に着工し、平成2年4月に営業運転を開始するまで77.5か月、岩盤検査からは60か月で予定どおりの工期で完成することができた。建設工事の実績工程を表1に示す。

本サイトは、日本海側の降雪量の多い地域であること、および岩盤レベルが深く半地下式プラントであるという立地的特徴があり、建設工程を確立するためには、事前の調査およ

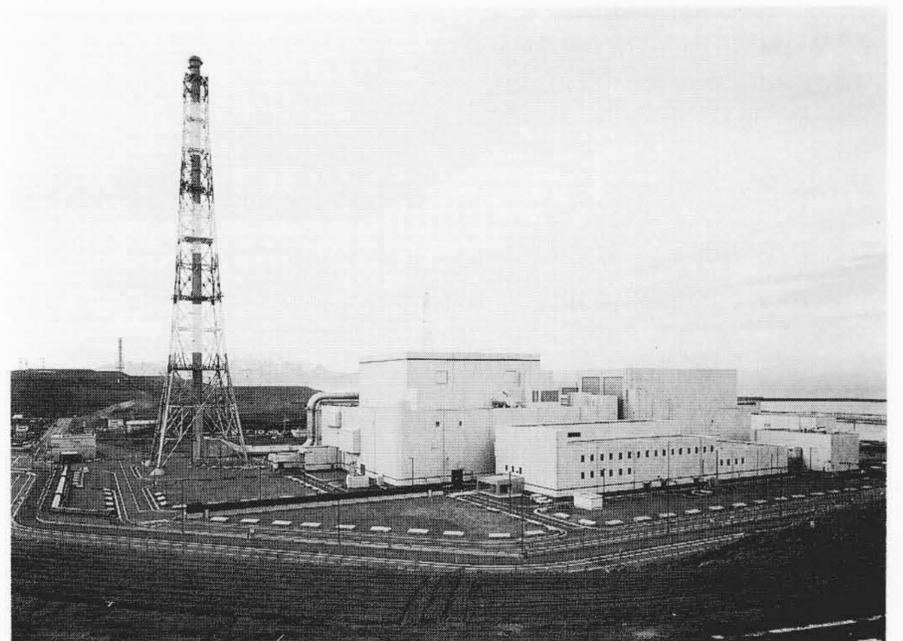


図1 柏崎刈羽原子力発電所5号機の外観 柏崎刈羽5号機は、第二次改良標準化までの成果を全面的に取り入れた電気出力1,100 MWのBWR(沸騰水型原子炉)である。

び検討を従来以上に徹底して行うことが必要とされた。

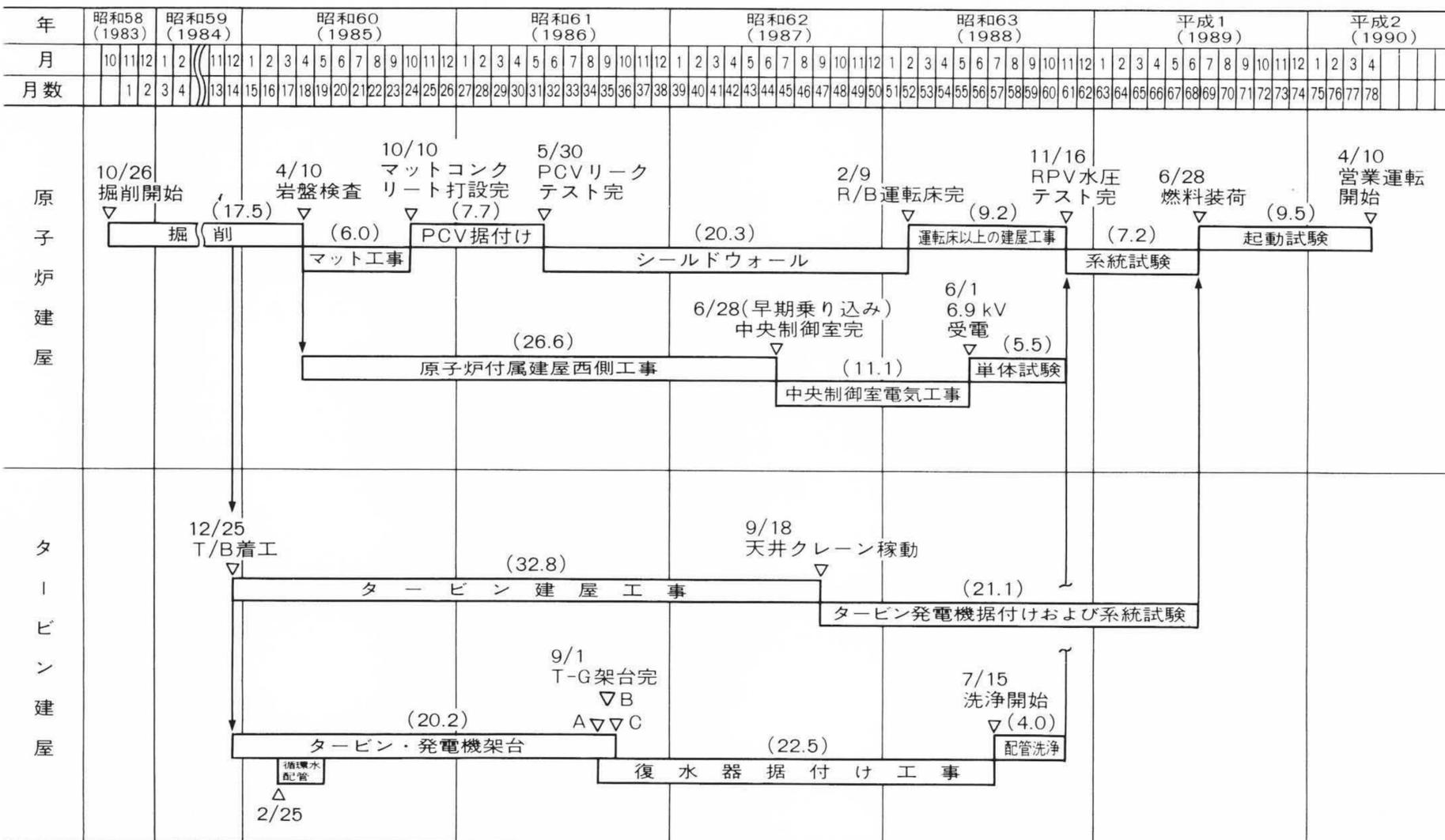
気象条件については、東京電力株式会社の指導および協力を得て、冬季気象の実態調査を実施し、参考情報とした。

半地下式プラントに対しては機器配置が従来プラントに比べかなり変わっているため、据付け手順も新たな検討が必要となることが多く、事前の検討を徹底して行った。

建設工事全体のクリティカルパスは原子炉建屋側であるが、

* 日立製作所 日立工場 ** 日立製作所 日立工場 工学博士

表1 柏崎刈羽5号機建設工事実績工程表 着工から営業運転開始まで77.5か月、岩盤検査からは60か月の工期をもって完成した。



注：略語説明 PCV (原子炉格納容器), T-G (タービン-発電機), R/B (原子炉建屋), RPV (原子炉圧力容器), 表中()内は各作業の所要月数を示す。

その中でもクリティカルパスになる原子炉付属棟2階に位置する中央制御室、および3階に位置する計装電源室についてはこの室への早期乗り込みを実現するため、建築工事側と機械・電気工事側の工法を改善した。

これらが、予定どおりの建設期間の達成につながった。

2.2 建設技術

原子力発電プラント建設では、建築工事と機械・電気工事および試験が並行して進められるので、柏崎刈羽5号機では下記の項目に着目し工法の改良を図った。

- (1) 現地建設の安全性と生産性の向上
- (2) 現地作業量の削減
- (3) 建築工事、機械・電気工事の並進作業の拡大

これらの建設工法の改良の具体的内容は下記のとおりであるが、これらの改良は大型移動式クレーンをわが国で初めて採用したことによって可能となったものである。

本クレーンは、前後2か所にキャタピラを持つクローラによって移動・旋回するもので、安全性が高く製品をつり上げた状態での移動もでき、最大つり上げ荷重 $8.2 \times 10^6 \text{N}$ {840 t} (作業半径30 m)、最大作業半径130 m(つり上げ荷重 $1.0 \times 10^6 \text{N}$ {106 t})と世界最大級のクレーンである。

(1) 原子炉格納容器大ブロック工法

先行機の福島第二原子力発電所4号機(以下、福島第二・4号機と言う。)では、最大質量130 t、ブロック数28ブロック、

据付け期間11か月であったが、柏崎刈羽5号機では370 t、17ブロック、7.7か月と大幅なブロック化と工程短縮を行った(図2参照)。

(2) 原子炉圧力容器、発電機固定子のダイレクトオン

従来、原子炉圧力容器のつり込み作業には、850 tリフティングデバイスを使用していたが、原子炉建屋運転床にランウェイガータを布設し、その上をガントリークレーンが稼動する形態となるため、建築工事がクリティカルパスになっていた。発電機固定子でもタービン建屋完成後に大物搬入口に450 tリフティングジャッキを設置してつり上げ、ころ引き移動、つり降ろし設定という複雑な作業シーケンスになっていた。

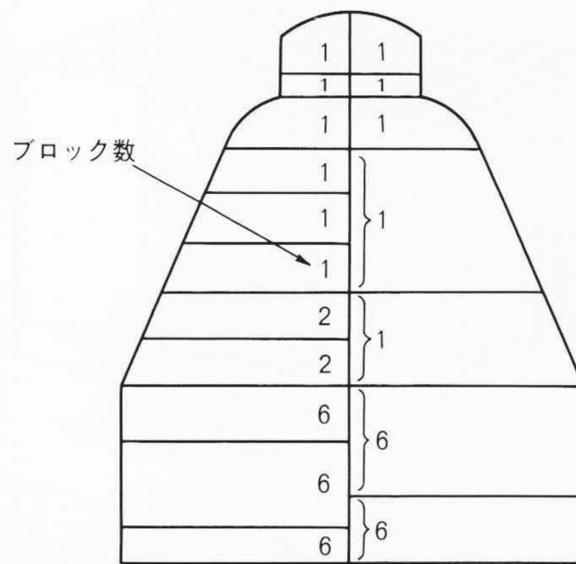
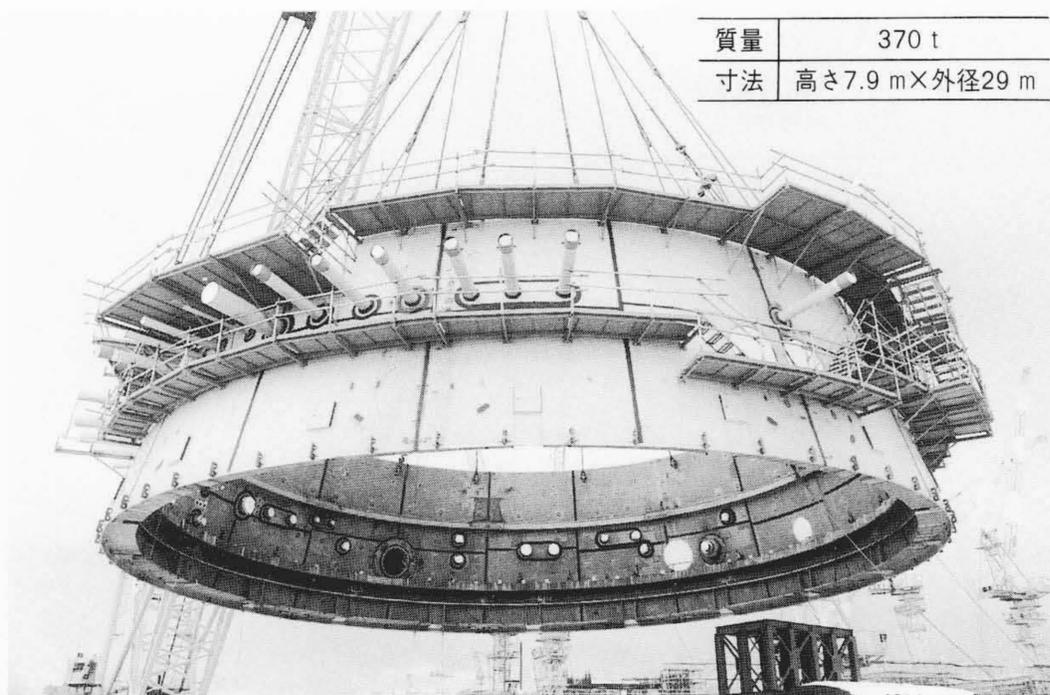
今回、大型移動式クレーンを活用することによって、原子炉圧力容器(750 t)、発電機固定子(410 t)を建築工事に依存することなく据付け位置へダイレクトオンさせる工法を採用し、工期短縮、安全性の向上を図った(図3参照)。

(3) 機器・配管ブロックモジュール工法

工場および現地工場で機器、配管、弁類、サポート、操作架台などをブロックモジュール化する工法を採用し、その数は約100基に達した。本工法により、現場内作業の削減および製品品質の向上を図ることができた(図4参照)。

(4) 復水器大ブロック工法

復水器はホットウェル部を3分割、下部胴を3分割に大ブロック化して、タービン-発電機架台上部開口部から搬入し、



福島二・4号機 (ブロック数 28) (建設工期 11か月) 柏崎刈羽5号機 (ブロック数 17) (建設工期 7.7か月)

図2 原子炉格納容器大ブロック化工法 格納容器の大ブロック化により、工程の短縮を図った。

復水器の据付けの大幅前倒しを図った(図5参照)。

(5) 建築資材の大ブロックプレハブ工法

建設工期前半のクリティカルパスとなる建築工事では、固定式建築クレーンの最適配置と大型移動式クレーンの活用により、①鉄筋自動加工・組立ラインによる鉄筋プレハブ化、②足場・支保工などの仮設材のプレハブ化、および一体盛り替え作業、③鉄骨のプレハブ化・大組み化、④スラブ工事での鉄筋アングルトラス工法、複合スラブ工法などの無支保工工法などを採用し、現場生産性、安全性の向上および工期の短縮を図ることができた。

3 採用された新技術

柏崎刈羽5号機は、第一次および第二次改良標準化の成果

を全面的に採用し、さらに、これまでのプラントでの運転経験および建設経験をもとに、自主開発した新技術を数多く盛り込んだプラントである。

柏崎刈羽5号機に採用された新技術を表2に示す。その主なものについて以下に述べる。

3.1 プラントシステム技術

3.1.1 炉心・燃料

柏崎刈羽5号機の初装荷炉心は、わが国初のジルコニウムライナ燃料を適用した高経済性ステップI炉心である。

高経済性炉心は福島第二・2号機、同4号機で実証された日立改良炉心(濃縮度上下2領域燃料使用)の優れた運転性を活用し、新たに省ウラン技術と高燃焼度化技術とを用いて信頼性を確保し、燃料経済性の向上を図るものである。

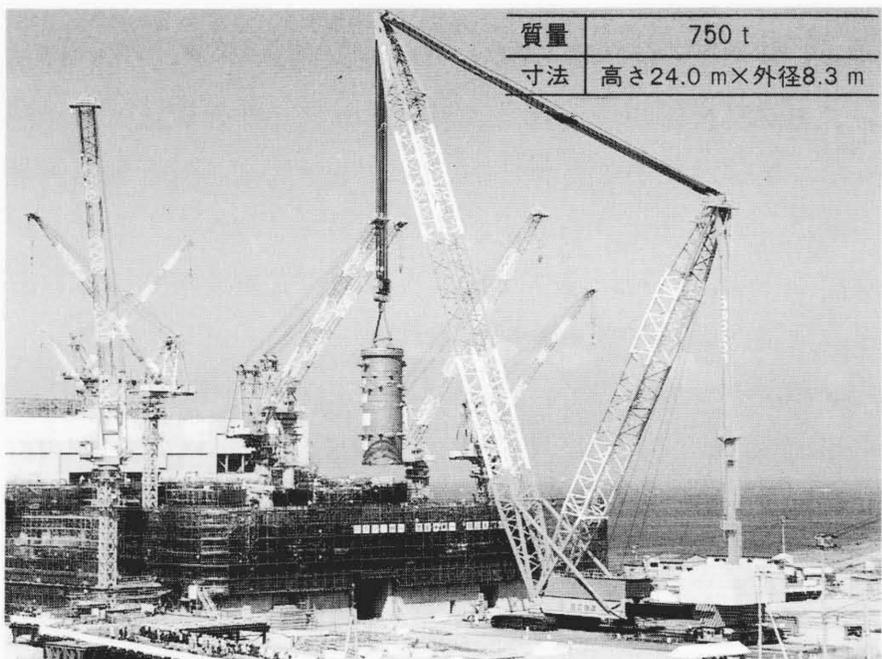


図3 原子炉圧力容器ダイレクトオン 大型移動式クレーンを使用し、原子炉圧力容器を直接据付け位置へつり降ろす工法を採用して工期の短縮、作業の安全性向上を図った。



図4 機器・配管・弁ブロックモジュール化工法の拡大 工場での機器・配管・弁類をブロックモジュール化することにより、現場内作業の削減および製品の品質向上を図った。

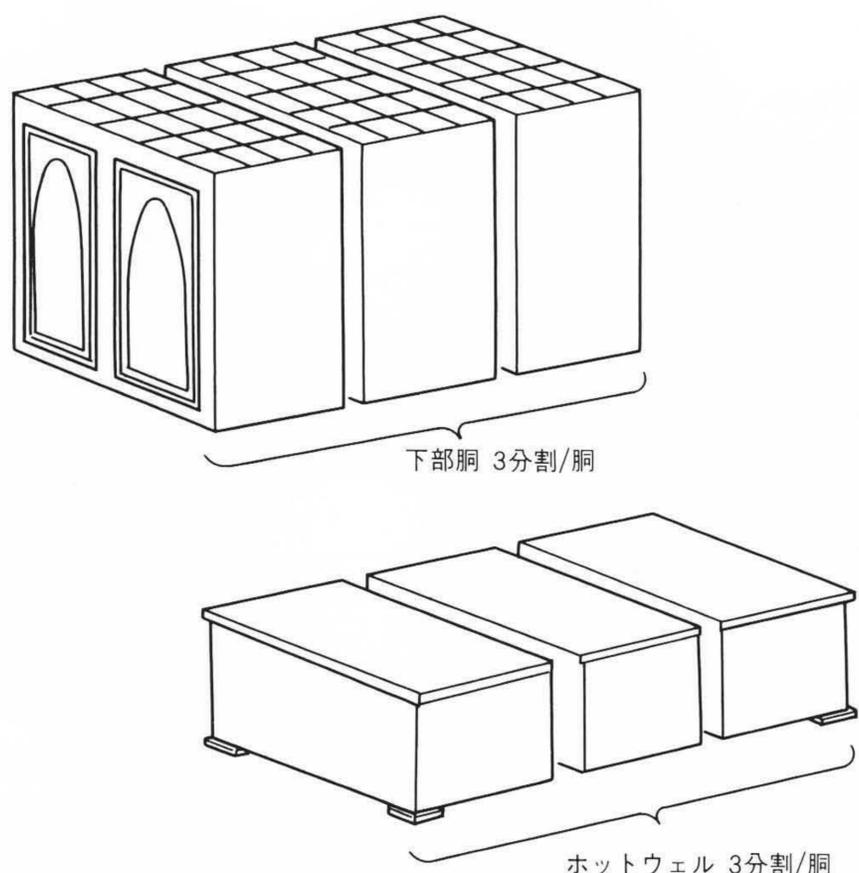


図5 復水器大ブロック化工法 復水器の大ブロック化により、復水器据付けの大幅前倒しを図った。



表2 主な新技術 種々の新技術を採用し発電所の特性向上を図った。

項目	目的 適用技術	信頼性	稼働率	被ばく	保守性	運転性	経済性	廃棄物
		向上	向上	低減	向上	向上	向上	低減
1. 原子炉炉心	(1) 高経済性ステップ1燃料採用	○	○	—	—	○	◎	—
	(2) 濃縮度3領域初装荷炉心	○	○	—	—	○	◎	—
	(3) 長寿命制御棒採用	—	—	○	○	—	—	◎
	(4) 原子炉压力容器胴部一体鍛造化	◎	—	○	○	—	—	—
2. 原子炉補機	(1) CUW ポンプ低温部設置	○	○	◎	○	—	—	—
	(2) 使用済み燃料プール増容量化	—	○	—	—	◎	—	—
	(3) 原子炉補機冷却水系構成変更	○	○	—	—	○	◎	—
3. タービンおよび補機	(1) 低圧ロータ削整(翼軸連成振動対応)	◎	○	—	—	—	—	—
	(2) 組み合わせ中間弁のバタフライ弁化	○	—	—	○	—	◎	—
4. 電気・計装制御設備	(1) HPCS高速D/Gの採用	—	—	—	○	—	◎	—
	(2) 新型プロセス計算機採用	◎	○	—	—	○	—	—
	(3) 廃棄物処理系デジタル化	◎	○	—	—	○	—	—
	(4) 復水浄化系遠方操作化	○	○	○	—	◎	—	—
5. 発電所補助設備	(1) R/B運転床排気方式の改善	○	—	○	○	◎	—	—
	(2) 所内温水系の採用	—	—	—	—	○	◎	—
	(3) 電気式補助ボイラの採用	○	—	—	○	◎	—	—
	(4) 低電導度廃液系中空糸フィルタ採用	—	—	—	○	○	—	◎

注：略語説明 CUW(原子炉冷却材浄化系), HPCS(高压炉心スプレー系), D/G(非常用ディーゼル発電機), R/B(原子炉建屋)
記号説明 ◎ (主な目的), ○ (付随的効果)

3.1.2 原子炉冷却材浄化系ポンプの低温部設置

CUW(原子炉冷却材浄化系)は原子炉压力容器から一次冷材を一部抽出し、汙過脱塩装置で浄化し原子炉压力容器へ戻す系統であり、ポンプ、熱交換器、汙過脱塩装置で構成している。CUW系の概要図を図6に示す。このうち、ポンプは回転機器であることから、電動機、軸受などプラントの定期点検時期に分解点検を必要とする構成部品を持っている。このため、点検時の従事者が受ける放射線量の低減は、設計時点から十分に配慮しておくことが課題となっていた。一方、先行プラントでのCUW系の配管表面線量当量の実測結果から、熱交換器上流側の高温部の配管表面線量当量は、熱交換器下流側の低温部の配管表面線量当量よりも二けた程度高いものであることがわかってきた。この実測結果をもとに、柏崎刈羽5号機では、従来熱交換器の上流側に設置していたCUWポンプを熱交換器の下流側に設置し、ポンプ部の線量低減を図った。起動試験中に実測したCUWポンプ周辺の配管表面線量当量は、高温部よりも低く、当初の予測どおりであることが確認できた。これにより、定期点検時の従事者が受ける放射線量当量が低減できると期待される。

なお、本変更に伴い、CUWポンプの有効NPSH(有効吸込水頭)を確保するために、CUWポンプを建屋最下階に設置した。

3.1.3 バタフライ形タービン組合せ中間弁

柏崎刈羽5号機のタービン組合せ中間弁には、わが国沸騰水型原子力発電所タービンでは初のバタフライ弁を採用した。これにより、従来の組合せ中間弁と比較し、配置スペースが約60%に減少した。また、圧力損失も減少するため、タービン出力が約0.25%以上向上するものである²⁾。

3.1.4 高速ディーゼル発電機の採用

3台の非常用ディーゼル発電機のうち、HPCS(高圧炉心スプレー系)ディーゼル発電機には他の2台のディーゼル発電機よりも回転数が2倍の高速のディーゼル発電機を採用した。これにより、HPCSディーゼル発電機の体格は従来の約75%に低減することができた。

プラント試運転時に負荷投入試験を実施し、支障なく運転可能であることを確認した。

3.1.5 計装制御設備

計装制御設備としては、よりいっそうの安定運転を目的とし、中央監視制御システムにNUCAMM-80型を採用し、放射性廃棄物処理設備監視システムに対しマンマシンインタフェースの改良などを含め総合デジタル化を推進した。主な特徴は次に述べるとおりである。

- (1) 放射性廃棄物処理設備監視システムの全面デジタル化をはじめ、主要制御系、放射線モニタリングシステムなどへのデジタル技術、光伝送技術の適用
- (2) 放射性廃棄物処理設備監視システムのCRTタッチオペレーションによる運転監視性の向上
- (3) プロセスコンピュータに最上位制御用計算機HIDIC-V90/65によるマルチコンピュータシステムと高精細CRTの採用³⁾

3.1.6 原子炉建屋運転床換気空調設備の改善

原子炉建屋運転床は、使用済み燃料貯蔵プールからの放熱や水蒸気の影響により、作業環境は高温・多湿状態になって

いる。このため、運転床の換気空調設備は、作業環境改善の観点から従来種々検討が行われてきている。柏崎刈羽5号機では、運転床の大空間に対して三次元流動解析を実施し、かつ $\frac{1}{20}$ 縮小モデルでモックアップ試験もを行い、天井部に十文字ダクトを配置する方式が良好な換気方式となることを確認し、これを採用した。試運転時のタフトによる流れ確認試験で、天井部への流れが確認できた。

原子炉建屋運転床換気空調設備ダクトの配置および気流の方向を図7に示す。

3.1.7 電極式電気ボイラ(補助ボイラ)

タービンの起動・停止時などに使用する蒸気を供給するための補助ボイラとして、原子力発電所では国内初の電気ボイラを採用した。型式は電極式電気ボイラで、その蒸気発生原理は、水の導電性を利用し電極間の水流に交流電流を流し、ジュール熱によって水を直接加熱して蒸気を発生させる、きわめて簡単な方式である。

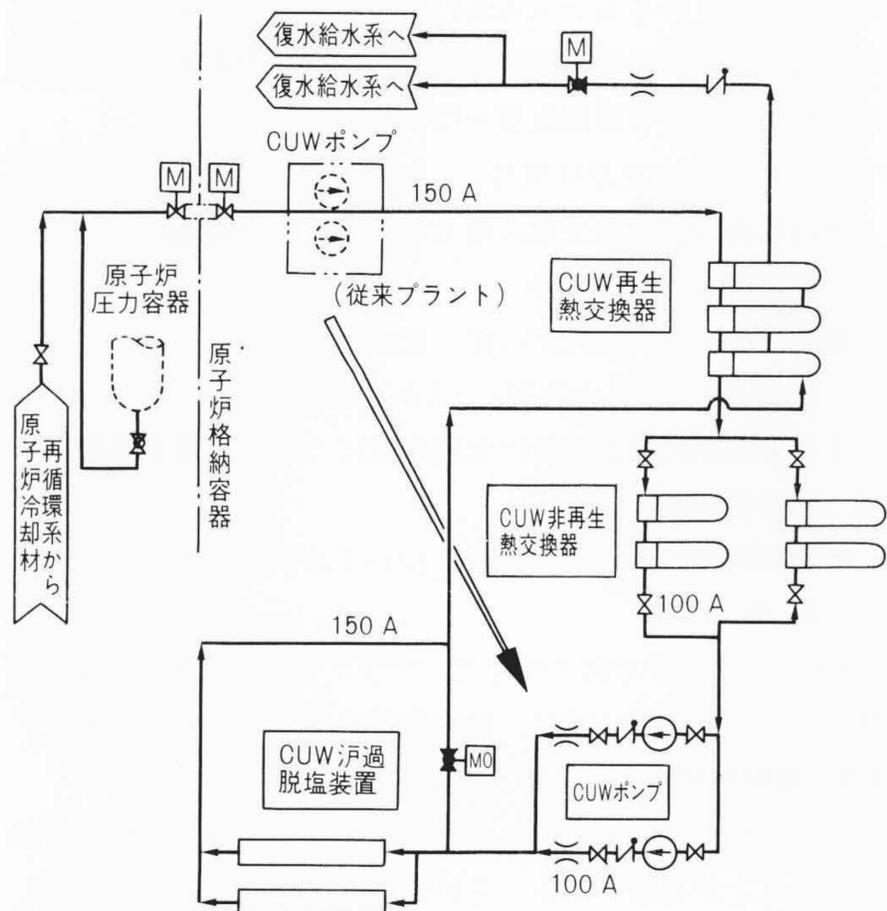
電極式電気ボイラの試運転で次の性能が得られた。

- (1) ボイラ効率…98%(100%負荷時)
- (2) 起動時間…約1時間
- (3) 負荷追従能力…25%を1分間で変更可能
- (4) 低出力連続運転…最小2%出力(0.5 t/h)まで連続運転可能

3.2 配置設計

3.2.1 配置の概要

柏崎刈羽5号機は、整地面から岩盤までの深さが約36mの



注：略語説明 CUW(原子炉冷却材浄化系)

図6 CUW系系統概要図 CUWポンプを低温部に設置し、ポンプ点検時の従事者被ばく線量当量の低減を図った。

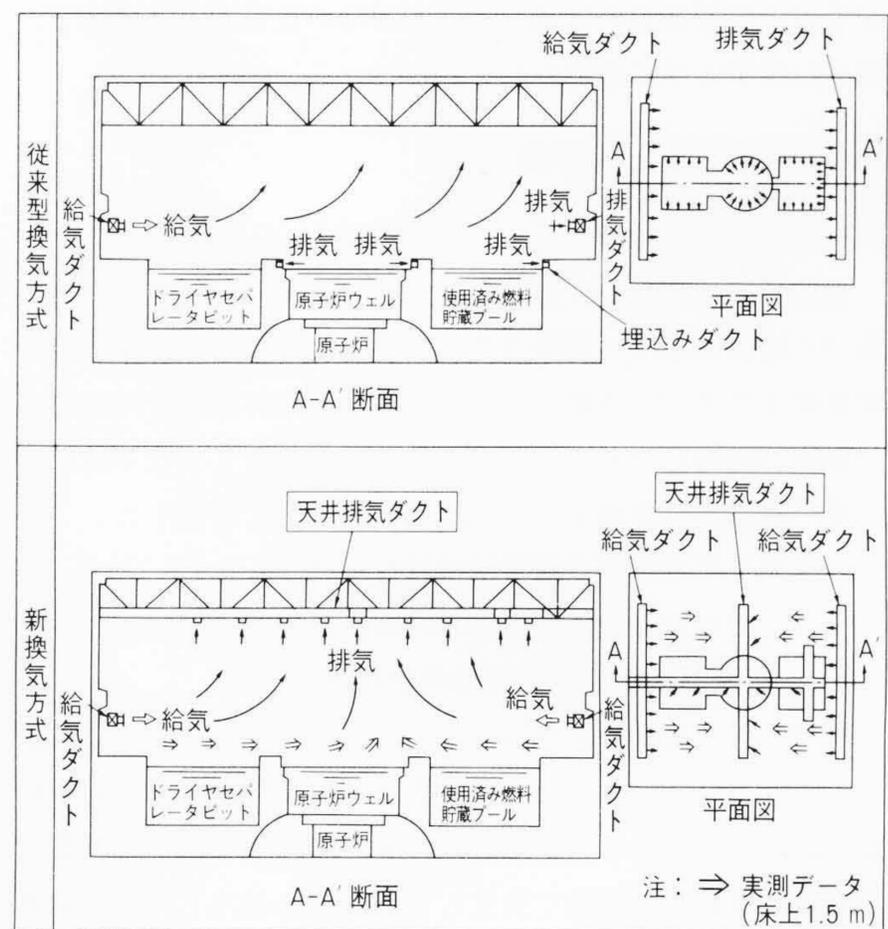


図7 原子炉建屋運転床の換気方式 天井排気ダクトの設置により、R/B運転階の換気改善を図った。

半地下式プラントである。このため、岩盤上に設置すべき耐震クラスの高い建物・構築物量が少なくなるような半地下式プラント計画として次の点に考慮を払った。

- (1) 埋設区域の有効活用による建屋・構築物の集約化
- (2) 主排気筒の原子炉建屋近接配置および海水熱交換器建屋のタービン建屋近接配置による連絡構築物削減

3.2.2 半地下式建屋計画

半地下式建屋の中心となる原子炉建屋の計画にあたっては、地下階の有効活用に考慮を払った。原子炉建屋原子炉棟区域に設置される機器については、原子炉压力容器や原子炉格納容器との位置関係についての要求が強く、整地面との位置関係に拘束される機器は少ない。しかし、原子炉建屋付属棟区域に設置される機器は、外気の取り入れや排気との関連から地上階もしくは地下階の浅い区域に設置することが望ましい機器が多い。このため、半地下式建屋では、主として付属棟の地下部の適性配置と有効活用が課題であった。

このような観点から、柏崎刈羽5号機では換気空調設備や非常用ディーゼル発電設備を地下階の浅い位置に設置し、地下階の深い位置や地上階には先行機(福島第二・4号機)では別の建屋に設置していた機器を次のように設置した。

廃液の収集・処理の容易さの観点から地下階の深い位置に廃棄物処理設備や復水貯蔵設備を設置した。運転員の接近性を考慮し、地上階に中央制御室を設置した。

これにより福島第二・4号機に比較して建屋数を減少することができた。

3.2.3 配置の改善

機器配置の決定にあたっては、建屋寸法の縮小化、従業員が受ける放射線量の低減、保守点検性の改善などを考慮し、表3に示すように改善を行った。

4 高信頼性推進活動

4.1 設計総点検活動

設計での信頼性は、原子力プラント建設の品質保証体系に基づく活動によって確保される。設計総点検活動はこの品質保証体系に基づく活動に加えて、設計の最終段階での再確認の観点で実施したものである。具体的活動としては下記二つの重点確認項目を設定し、全社的活動として展開した。

- (1) 既発不具合事例の対策反映状況の確認
- (2) 先行機からの設計変更事項の検証状況の確認

4.1.1 既発不具合事例の対策反映状況の確認

既発不具合対策の反映は、各不具合の発生時および各設計でのデザインレビューで、対策方法や実施時期を確認している。設計総点検では、最終確認の観点から先行機での建設、試運転、運転の各段階で発生した不具合を抽出し、それらの対策反映状況を再確認した。

表3 配置設計改善内容 建屋寸法の縮小化、従業員が受ける放射線量の低減、保守点検性改善等を目的として配置設計の改善を行った。

改善目的	改善内容
建屋寸法の縮小化	<ul style="list-style-type: none"> ● 原子炉建屋マット厚・幅寸法および外壁厚の最適化 ● タービン建屋内へ希ガス処理設備の収納
従業員が受ける放射線量の低減	<ul style="list-style-type: none"> ● CRD・SRV/MSIV補修室のPCVハッチ近傍設置 ● 湿分分離器～低圧タービン・入口配管遮へい改善
保守点検性改善	<ul style="list-style-type: none"> ● タービン建屋天井クレーン2台化 ● 運転床上ハッチ数の最少化 ● 復水脱塩塔設置レベル見直しによる復水ヘッドタンク運転床下設置

注：略語説明 CRD(制御棒駆動装置)
SRV(主蒸気逃がし安全弁)
MSIV(主蒸気隔離弁)

4.1.2 先行機からの設計変更事項の検証状況の確認

系統・機器の改良や本プラント特有の条件などの理由により、先行機に対して新設計・部分的設計変更が採用されている。

これら設計変更事項は、設計品質保証体系の一環として、デザインレビューや試験確認などの検証が計画的に実施されている。設計総点検では、計画された検証事項が、すべて完了しているかどうかを確認した。

4.2 現地総点検の実施

高信頼性プラントの建設を目指し以下に示す建設工程の主要な段階で、各事業所関連部門の技術者および建設所の指導員合同による現地総点検を実施し、東京電力株式会社の指導も得ながら必要な設備改善を行った。

(1) 6.9 kV所内電源受電前

所内電源設備の初受電に備えて重点点検を実施

(2) 補助ボイラ試運転前

電気式ボイラの初採用に伴い重点点検を実施

(3) RPV(原子炉压力容器)一次水压試験前

工事最盛期の機器据付け状況全般について点検を実施

(4) 燃料装荷前

起動試験開始前の設備全般について点検を実施

(5) 運 開 前

100%出力試験段階の後半で、プラント運転状態の点検およびプラント計画停止時に、設備全般について点検を実施

4.3 起動試験レビュータスク

起動試験での計画外停止などは運転プラントと同様に皆無とすることが目標である。そのために、QA(品質保証)部門、試験部門および設計部門から成る「柏崎刈羽5号機起動試験レビュータスク」を発足させ、平成元年3月から約1年間にわたり活動を実施した。

以下に活動の概要について述べる。

(1) 起動試験内容のレビュー

試験内容の要求を示す「起動試験仕様書」について、試験項目、判定基準などを審議し、適切な試験内容とするよう改善指摘を行った。

(2) 起動試験過渡予測および試験結果のレビュー

起動試験ではプロセスに過渡変化が発生するため、過渡事象の的確な予測が必要である。おのこの出力段階ごとの試験開始前に、前の出力段階での試験結果を評価し、さらに予測解析値の妥当性確認を行った。これにより、起動試験実施にあたっての注意事項などを抽出し、スムーズな試験実施に寄与することができた。

5 起動試験の概要

5.1 起動試験工程と要領

柏崎刈羽 5号機の起動試験は、平成元年 6月28日の燃料装荷によって開始され、平成 2年 4月10日の通商産業省立会負荷検査まで287日(約9.5か月)にわたって行われた。

この内訳は試験期間(出力上昇期間を含む)202日(70%)、計画停止期間85日(30%)となっている。

起動試験実績工程を図 8 に示す。

起動試験期間では、全試験を起動試験とプラント機能試験

の二つに大別し実施した。

起動試験では、プラントの安全性確認を主とした試験を行う。プラントの通常運転時および異常な過渡状態で、プラントが安全かつ安定に運転または停止できるように調整・実証するとともに、プラント性能保証値を満たしているかどうかを確認する。

プラント機能試験では、プラントの温態での機能確認、プラントの特性確認・実証、今後の運転に役立てるための基礎データの採取などを実施する。

以下に主な起動試験結果について述べる。

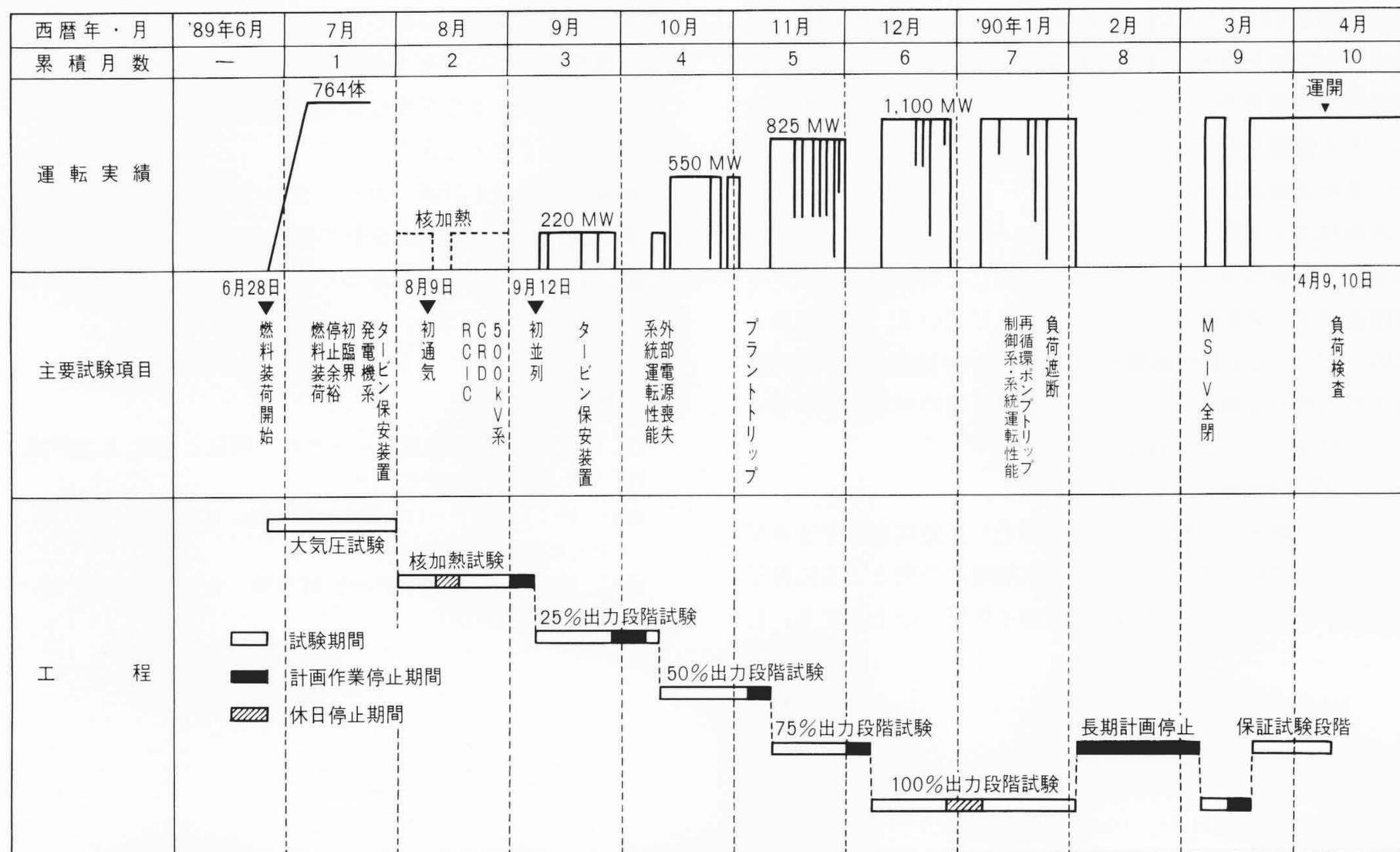
5.2 起動試験結果

5.2.1 炉心特性

柏崎刈羽 5号機では、初装荷炉心としてジルコニウムライナ燃料を適用した高経済型初装荷炉心を採用している。

本初装荷炉心では、濃縮度の異なる燃料集合体を炉心中央部に混在させており、異なる濃縮度の燃料集合体に囲まれたセルの制御棒について反応度投入特性を測定した。その結果、解析予測値とほぼ同じ投入特性が得られた。

また、炉心平均の軸方向出力分布は平坦であり、熱的制限値である最大線出力密度および最小限界出力比についても、制限値に対し余裕度が大きく良好な炉心特性を確認できた。100%出力時の炉心性能を図 9 に示す。



注：略語説明 RCIC (原子炉隔離時冷却系), CRD (制御棒駆動系), MSIV (主蒸気隔離弁)

図 8 柏崎刈羽原子力発電所 5号機起動試験実績 約9.5か月の試験日程で、予定どおり全起動試験を終了した。

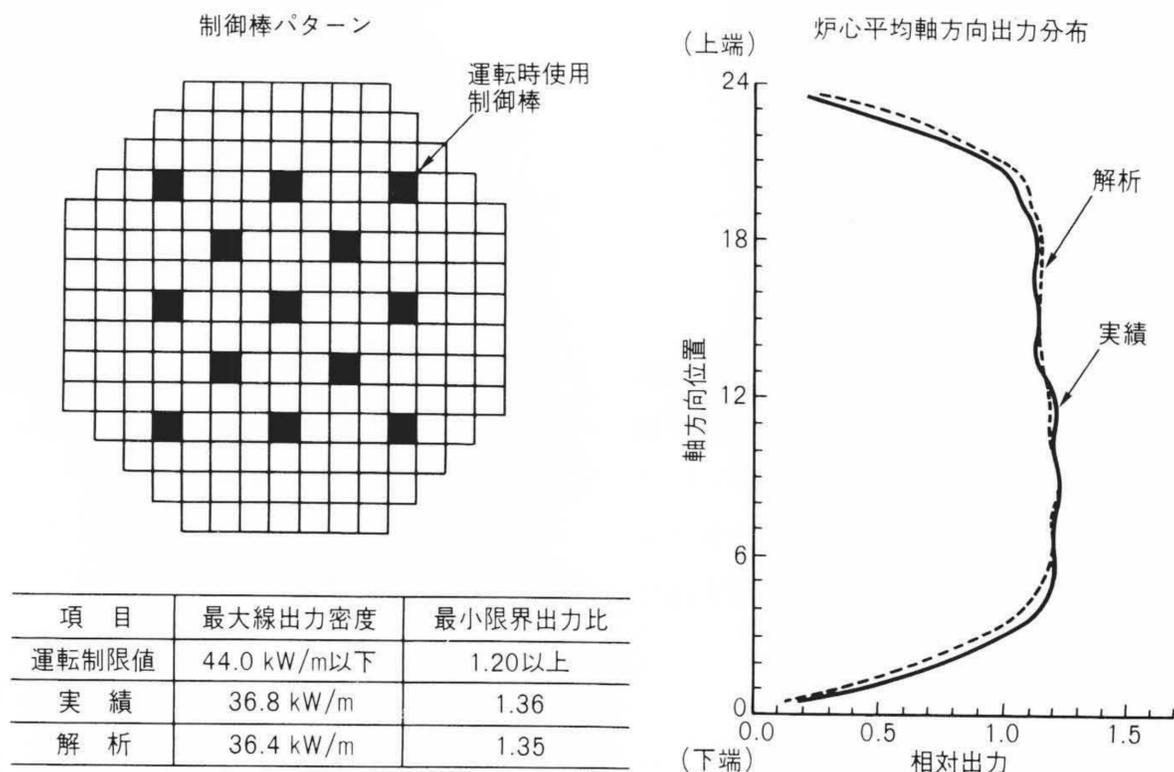


図9 100%出力時の炉心性能 高経済型初装荷炉心の軸方向出力分布は平たんであり、最小限界出力比は制限値に対し余裕度が大
きい特性であることを確認した。

5.2.2 プラント動特性

プラントをトリップさせ、プラントの動特性を確認する種々の試験を実施した。以下に代表的な試験結果について述べる。

(1) 外部電源喪失試験結果(約25%出力)

発電機をトリップさせるとともに、所内機器へ外部から自動的に給電されるのを阻止した外部電源喪失試験を実施した。給水ポンプがトリップするため原子炉水位が徐々に低下し、炉水位低の信号でスクラムした。スクラム後は安定に整定することを確認した。

(2) 負荷遮断試験結果

柏崎刈羽5号機では100%タービンバイパスシステムを採用しており、定格負荷で負荷遮断が発生した場合でもプラントは停止せず、運転継続が可能な設計としている。負荷遮断と同時にRPT(原子炉再循環ポンプトリップ)機能および選択制御棒挿入機能が働き、プラントは安定に所内単独運転状態に移行し整定することを確認した。

(3) 主蒸気隔離弁全閉試験結果

主蒸気隔離弁が全閉する事象を想定し、定格負荷で主蒸気隔離弁全閉試験を実施した。主蒸気隔離弁全閉とともに原子炉はスクラムし、発生蒸気により原子炉圧力が上昇する。し

かし、主蒸気逃がし安全弁の減圧機能によってプラントは安定に停止状態に向かうことを確認した。

6 結 言

以上、柏崎刈羽5号機の概要についてその特徴点を中心に述べた。柏崎刈羽5号機は新技術を適用するとともに、従来にも増して高信頼性を目指したプラントとなっているが、これは今後も、よりいっそうの高度化を図るための1ステップであり、引き続きより高度な新技術開発に全社をあげ全力で取り組んでゆく考えである。

柏崎刈羽5号機が計画どおりの良好な成果をもって完成するまでには、東京電力株式会社の関係各位から終始豊富な建設経験、および運転経験に基づくご指導をいただいた。ここに厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 牧, 外: BWR高燃焼度炉心・燃料の開発と適用, 日立評論, 72, 10, 1011~1018(平2-10)
- 2) 森谷, 外: BWRタービン設備の新技術, 日立評論, 72, 10, 1019~1026(平2-10)
- 3) 藤井, 外: 最近のBWR計測制御技術, 日立評論, 72, 10, 1027~1034(平2-10)