

環境との調和を目指した北陸電力株式会社 志賀原子力発電所1号機の建設と運転実績

Construction and Operating Experience of Shika Nuclear Power Station Unit No.1

内山 祐一* *Yūichi Uchiyama* 後藤 伸穂* *Nobuho Gotō*
真田 高宥* *Takahiro Sanada* 木戸口 康夫* *Yasuo Kidoguchi*



北陸電力株式会社志賀原子力発電所1号機の外観

自然の海岸線を残し、環境との調和を重視した意匠を採用している。手前の海側からタービン建屋、原子炉建屋を配置した。

北陸電力株式会社志賀原子力発電所1号機は、改良標準化の成果を取り入れた電気出力540 MWのMARK-I改良型プラントとして、平成元年7月に原子炉建屋基礎マット工事を開始し、順調な建設工事・試運転を経て、平成5年7月30日に営業運転に入った。

このプラントには、運転の自動化、画像表示による運転状態の監視高度化、サイリスタによる再循環ポンプの速度制御、廃棄物の減容固化など、日立製作所のこれまでの設計、建設、運転経験を踏まえた

最新の技術開発成果が適用されている。また、三次元CADによる配置・配管詳細計画を全面的に採用した初めてのプラントであるほか、海岸線を残し、自然との調和を重視した敷地・外観設計が行われている。

建設では大型ブロック化、モジュール化、先入れ工法の拡大などによる効率化を図り、建設工期短縮を達成した。

試運転段階では、すべての試験で十分な性能が確認され、9か月の営業運転の後、平成6年4月末から第1回定期検査を実施し、予定どおり終了した。

* 日立製作所 日立工場

1 はじめに

北陸電力株式会社志賀原子力発電所1号機(以下、志賀1号機と言う。)は、電気出力540 MW級沸騰水型改良標準化プラントとしては初号機であり、昭和63年12月の着工以来、「いい人・いい技・いいプラント」をスローガンに建設を推進してきた。平成4年11月に初臨界を達成し、平成5年7月に営業運転を開始した。平成6年4月末から予定どおり第1回定期検査入りし、75日間の検査を実施、終了した。

ここでは、改良標準化の成果、およびさまざまな自主開発技術を盛り込んだ最新技術によるプラントとして完成した志賀1号機の概要について述べる。

2 設計、設備の特徴

志賀1号機は、軽水炉の改良標準化計画の成果を全面的に取り入れるとともに、日立製作所の最新技術を採用したプラントである。また、海岸線の保存、周辺環境と調和した建物意匠が配慮されている。プラントの主要仕様を表1に示す。

2.1 設備の特徴

(1) 原子炉格納容器

原子炉格納容器は改良標準化で創出された、MARK-I改良型で、従来のMARK-Iの電球型のドライウエル部分の拡大によって、通路性、保守点検性を向上したものを採用している。

表1 プラントの主要仕様

このプラントは、日立製作所の最新技術を結集したものである。

項目	設備仕様	
原子炉	型式	沸騰水型軽水炉(BWR)
	熱出力	約160万kW
	圧力・温度	約7 MPa, 約286 °C
原子炉圧力容器	全高・内径	約20 m・約4.7 m
原子炉格納容器	型式	圧力抑制形
タービン	型式	くし形4流排気復水式
	回転数	1,800 r/min
	蒸気流量	約3,100 t/h
発電機	型式	横軸円筒回転界磁三相交流同期式
	容量	60万kVA
燃料(初装荷)	種類	低濃縮二酸化ウラン
	平均濃縮度	約2.3 wt%
	装荷量	約64 t
	燃料集合体	368体

(2) 原子炉系および工学的安全設備

Zrライナ型の燃料の採用に加え、濃縮度を取り出し時期に対応させた3種類の燃料体で炉心を構成し、取出し燃焼度を増大させて燃料経済性の向上を図った高経済性炉心¹⁾を採用している。

原子炉再循環ポンプモータの電源設備としては、従来のMG(電動発電機)セットの代わりに、初めてインバータを採用した。従来方式に比べ応答性、制御性が向上しているほか、保守性の改善に役立っている。

(3) タービン系

中間蒸気止め弁にバタフライ弁²⁾を使用して配置効率、レイダウンの効率化に寄与している。また、復水浄化系には中空糸膜フィルタを採用している。

(4) 計装制御設備

最新技術による制御盤(図1参照)を採用しており、自動化およびデジタル制御範囲の拡大、テレビ画面7台による監視性、運転性の向上を図っている。

(5) 廃棄物処理設備

乾燥造粒設備、セメントガラス固化設備³⁾を採用し、廃棄物の大幅な減容を図るとともに、濃縮廃液、廃樹脂、焼却灰などを同一の設備で処理することができる。

また、焼却灰の焼却炉から造粒機までの移送には空気輸送方式を採用し、省スペース、信頼性の向上、および輸送の省力化を図っている。

2.2 三次元CADの全面適用

配置計画では、膨大な数の設備に対して適切なスペースを確保し、機器の機能、運転・保守点検性、据付け手順などについて総合的に調整し、効率の良い設計とすることが必要である。特に総延長100 kmにもなる配管のレイアウト計画は、高い技術力と豊富な経験をベースに試行錯誤的に計画を行う必要があり、多大なマンパワーを



図1 新型中央制御盤“NUCAMM-80”

デジタル制御範囲の拡大、監視・操作性の向上が図られている。

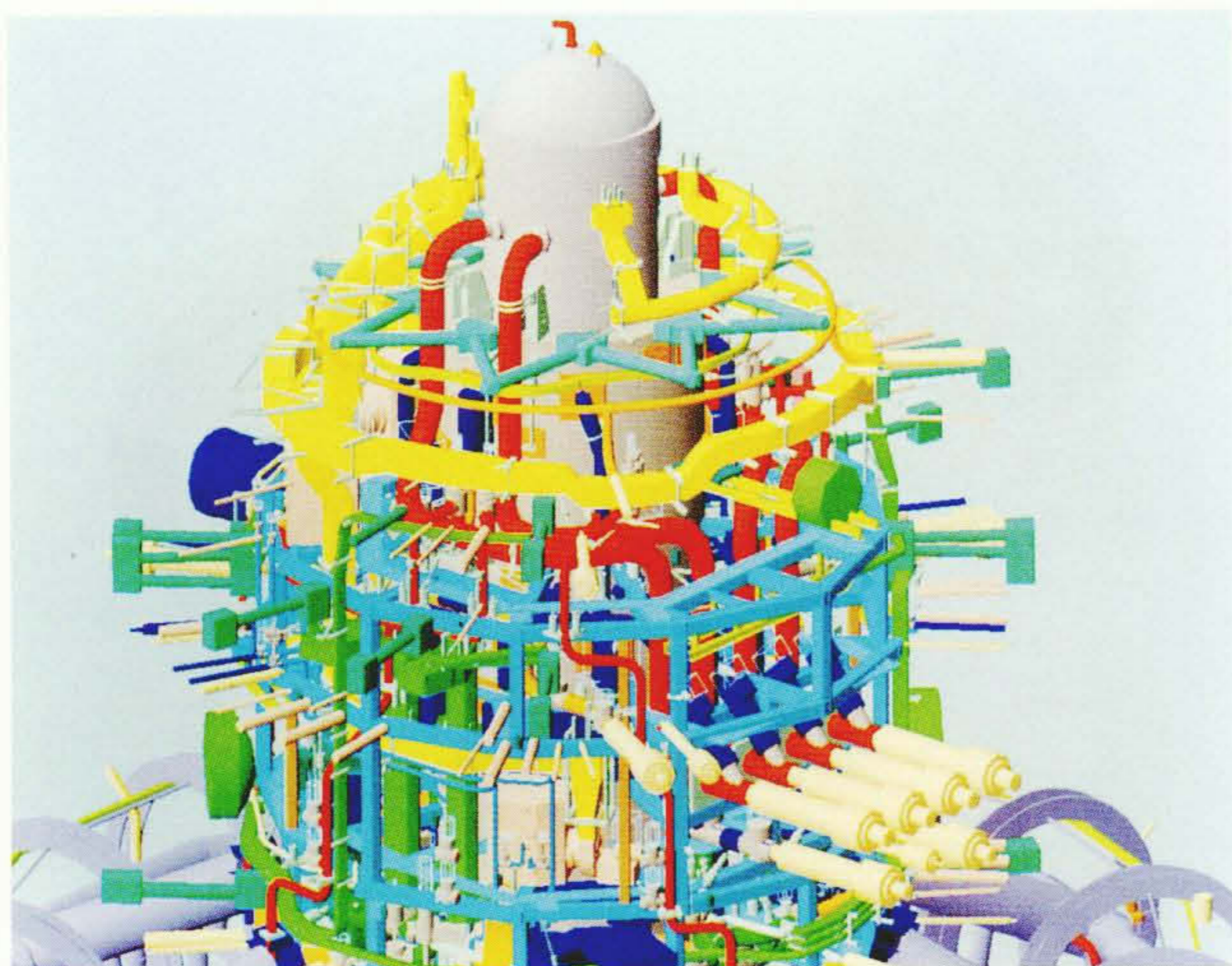


図2 原子炉格納容器内のCADモデル

原子炉建屋の全体モデルから格納容器内だけを取り出して表示したものである。任意の対象物だけを取り出し、各種検討用を使用できる。

必要とする。

志賀1号機の三次元CADモデルの例を図2に示す。このプラントは、配管の配置計画にコンピュータによるエンジニアリング手法(三次元CADシステム)⁴⁾を全面的に採用した初めてのプラントであり、プラスチックモデルを中心とした従来の計画設計と比較して、大幅な設計効率向上を実現できた。CADシステムの機能上の特徴、および効果について以下に述べる。

(1) データベースシステム

計画から施工設計、据付けまでのデータの一元管理によってデータ整合性、信頼性を保証することにより、設計業務の迅速かつ円滑な運用を支援した。

(2) 各種アプリケーションシステム

三次元データを有効に活用し各種設計を支援するシステム群であり、配管施工、製作図の自動作成、配管応力解析・サポート自動設計、設計物量管理および建設計画管理などに活用した。

(3) ネットワークシステム

ホストコンピュータを中心に、関連工場、関連会社および建設所をネットワーク化し、計画設計から施工設計、現地建設計画までの幅広い業務の統合化、システム化を実現した。このシステムにより、工場と建設所間での設計レビューや各種検討を行った。建設所では100人を超える担当者が端末を操作して種々の分野に活用した。

以上のように、三次元CADシステムの初の全面採用は、大きな効果を発揮した。今後はメンテナンスサービスについてもこのシステムの有効活用を推進したい。

2.3 高信頼性活動

QF(Quality First)プラント委員会を組織して、設計、製作、建設の各段階で徹底した品質保証活動を行った。この委員会では先行機の経験を反映して、設計総点検、使用前検査レビュー、系統試験レビュー、現地総点検、起動試験レビュー、およびミニ定検の六つのタスクを推進し、高信頼性確保に努めた。特に、現地総点検では電力会社技術者、設計者、現地施工者が一体で総点検を実施し、試運転に向けて万全を期した。

3 現地工事および試運転

3.1 建設工事

平成元年の原子炉建屋基礎マット工事開始から、原子炉圧力容器つり込み(図3参照)などを経て、平成5年7月の運転開始まで、わずか49か月の工程(図4参照)であった。これは積雪地帯での沸騰水型原子力発電所建設工事としては、きわめて短いものである。

建設工法としては、デッキプレート工法適用範囲拡大、配管の長尺化および先入れ搬入、ブロックモジュール化などによって工期短縮を図った。

3.2 試運転(系統試験および起動試験)

系統試験では機器ごと、系統ごとに性能および健全性を確認する。この試験は平成3年10月22日の所内電源系受電から据付け工事に合わせて進められ、燃料装荷開始前までの12.5か月で完了した。



図3 原子炉圧力容器のつり込み

高さ約18 m、外径約5 mの圧力容器を慎重につり上げ、原子炉建屋中央部に据え付けた。

昭和63年	平成元年	平成2年	平成3年	平成4年	平成5年	
12月1日 ▽ 着工(掘削開始)	7月1日 ▽ 基礎マツト工事開始	11月15日 ▽ 原子炉格納容器	5月16日 ▽ 原子炉格納容器検査	8月10日 7月22日 ▽▽ 原子炉圧力容器 所内受電	3月17日 ▽ 原子炉圧力試験器完了	11月2日 ▽ 燃料装荷開始
	7月30日 ▽ 営業運転開始					
	4.5か月	6か月	17か月	12.5か月	9か月	

図4 主要建設工程

建設工事開始から49か月、延べ850万時間の間、順調かつ無事故、無災害で営業運転ができた。

次いでプラント全体の性能、特性を確認する起動試験を開始し、核加熱試験などを経て、平成5年1月12日に初並列を迎えた。その後、原子炉出力を25%ずつ上昇させながら、各種試験(核熱特性、動特性など)を実施した。各段階および定格出力のすべての試験で計画を上回る性能と十分な機能が確認され、同年7月30日に通商産業省の負荷検査に合格し、営業運転に入った。この間の試験期間は9か月である。

4 第1回定期検査の概要

第1回定期検査は、良好な第1サイクル運転の後、平成6年4月30日から開始され、同年7月13日に併入し予定どおり定期検査作業を終了することができた。定期検査状況を図5に示す。志賀1号機は、計画時点から先行機の経験を踏まえた炉水のCo低減による雰囲気線量低減対策、原子炉格納容器内高線量配管に対する遮蔽(鉛毛マット)などのくふうを施している。第1回定期検査にあたっては、さらに下記に示す各種被ばく低減対策を実施した。

- (1) 被ばく低減対策の実施
 - (a) 自動化点検機器の採用

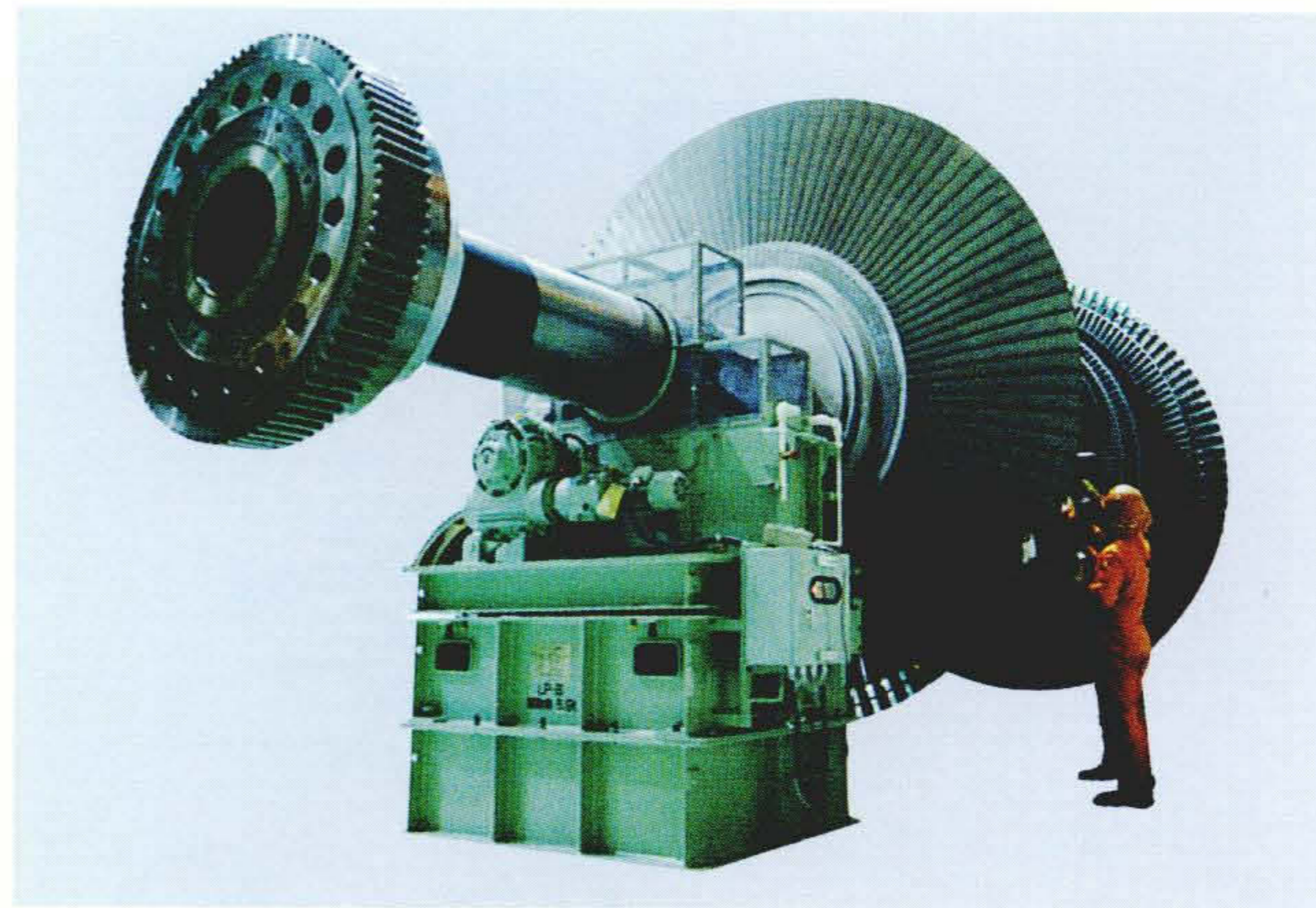


図5 第1回定期検査

75日間の定期検査を、非常に低い被ばく線量で実施できた。これは被ばく管理、低減技術の高さを示すものである。

- (b) 線源条件を考慮した作業工程、作業エリアの最適化
 - (c) 作業姿勢に合わせた遮蔽形状の採用
 - (d) 機器の除染などによる線源の除去
- (2) キャンペーンによる全員の被ばく低減意識の再徹底
- (3) 立ち入り者の制限の徹底によるむだな被ばくの排除
- (4) 綿密な作業計画と総合放射線管理システムによる日々の線量管理の徹底

この結果、第1回定期検査での発電所全体の総線量当量を0.18人・Svというごく低い水準に抑えることができた。これは、被ばく低減対策が世界最高の技術水準にあることを示すものである。

5 おわりに

志賀1号機は、改良標準化の成果および種々の自主開発技術を盛り込んだ最新技術によるプラントとして完成した。建設工事および試運転を無災害で良好な結果をもって完了し、第1サイクルの運転の後、第1回定期検査を順調に終了することができたことは、北陸電力株式会社の関係各位のご指導によるものと考えている。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 下重, 外: 高経済性初装荷炉心の実績について, 平成6年度火力原子力発電大会要旨集, p.92~93(1994)
- 2) 森谷, 外: BWRタービン設備の新技术, 日立評論, 72, 10, 1019~1026(平2-10)
- 3) 玉田, 外: 最近の放射性廃棄物処理処分技術と発電プラント廃止措置技術, 日立評論, 72, 10, 1059~1068(平2-10)
- 4) 後藤, 外: 原子力プラントの計画・設計・建設における三次元CADの活用について, 社団法人日本高圧力技術協会, 平成3年度秋季講演会概要集, p.11, 12(平3-11)