

改良標準化ベースプラント東京電力株式会社 福島第二原子力発電所2号機の特徴

Highlights of Improved and Standardized Nuclear Plant, Unit No.2 of Fukushima Dai-Ni Nuclear Power Station

東京電力株式会社福島第二原子力発電所2号機は、電気出力1,100MWの国内最大級沸騰水型原子力発電設備であり、軽水炉改良標準型ベースプラントとして通商産業省及び電力会社の指導により、国情に合わせて実施した改良標準化の成果を採用するとともに、日立製作所の自主開発技術の多くを採り入れたプラントである。信頼性・稼働率の向上、被ばく低減の改良など多くの特徴をもち、国産化率99%に達している。建設を完了し、試運転が計画外停止もなく順調に終えた本プラントは、昭和59年2月3日から無事に営業運転に入った。この建設経験と運転実績は、我が国改良標準化プラントの指標を確立したものである。本稿では、プラントの設計、建設、試運転などの面から主な特徴についてを紹介する。

内ヶ崎儀一郎* Giichirô Uchigasaki
新崎康一* Yasuichi Arasaki
日栄信治* Shinji Hiei

1 緒言

国内最大級の電気出力1,100MW BWR(沸騰水型原子炉)による原子力発電設備であり、改良標準化ベースプラントとして日立製作所が昭和54年2月の着工以来鋭意建設を進めてきた東京電力株式会社福島第二原子力発電所2号機(以下、福島第二・2号機と略称)は、昭和59年2月3日に無事営業運転に入った。図1に全容を示す。

石油代替エネルギーとして供給安定性・経済性に優れた原子力発電が、導入技術から脱却して国産技術によって信頼性、稼働率の向上により、軽水炉の定着化を図ることは重要な課題であった。すなわち、昭和50年から、官民一体となって軽水炉の改良標準化計画が進められている。

日立製作所は、この改良標準化計画に参画し、信頼性向上、

放射線被ばく低減、稼働率向上などについて多面的な研究開発の提案推進に努め、製品の品質向上、国産技術の向上、保守点検技術の確立などに努力を傾注してきた。

改良標準化の成果を設計に適用した初号機である福島第二・2号機には、改良標準化プラントの指標を確立したとして、今後の運転が注目される場所である。

本稿では、プラントの主な特徴について紹介する。

2 福島第二・2号機の意義

2.1 日本型軽水炉の確立

昭和45年運開した導入炉の建設・運転を契機に、我が国のBWRは実用化段階に入った。この当初のBWR型原子炉は、米国GE社から導入した技術によるものであったが、その後の運転経験により、稼働率、保守点検性などの面で必ずしも十分満足できるものでない点が明らかとなり、これらの改善が部分的に実施された。

更に、いっそうの改良を図って国情に合った日本型軽水炉を確立するため、昭和50年から通商産業省、電力会社、メーカーが一体となって稼働率向上、信頼性向上、放射線被ばく低減などを目標とした改良標準化計画が開始された。日立製作所では、当初から自主技術の開発に力を注ぐとともに建設経験、運転実績からの蓄積技術を基に設備・機器の改善に取り組み、その成果は改良標準化計画に提案し、改良プログラムに大幅に採用された。

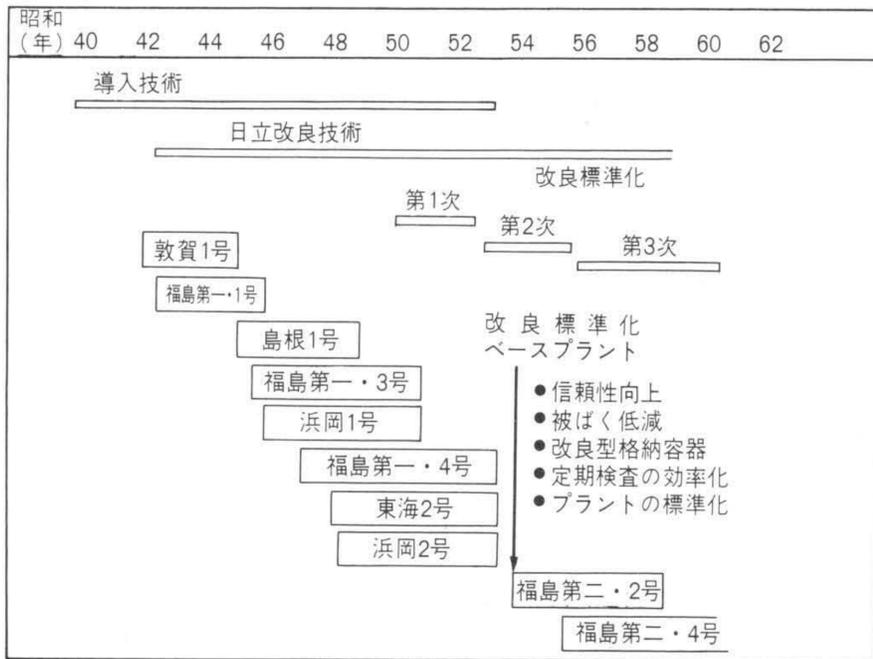
軽水炉の定着化を図る改良標準化の3大目標として設定した信頼性・稼働率の向上、定期検査期間の短縮及び放射線被ばく低減の主要な改良策は、第1次改良標準化(昭和50~52年度)で具体化され、我が国独自の軽水炉改良技術の調査、検討が開始された。その主な成果としては、保守点検性向上と放射線被ばく低減を図った改良型原子炉格納容器をはじめ、SCC(耐応力腐食)材料の選定、ISI(In-Service Inspection: 供用期間中検査)などの自動化、給復水系クラッドの発生防止・除去などが挙げられる。第2次改良標準化(昭和53~55



図1 東京電力株式会社福島第二原子力発電所2号機(福島第二・2号機)(右端)の全容 我が国改良標準化ベースプラントとして昭和54年2月着工し、59年2月3日運開した。改良型原子炉格納容器をはじめ、日立製作所の自主技術が多く採用され、電気出力1,100MW BWRとしての建設工程を最短記録で完成した。

* 日立製作所日立工場

年度)では、更に機器・システムの改良を進め我が国で開発された耐震設計技術・評価法と併せプラントの標準化、許認可申請図書標準化を図るとともに、改良炉心設計では日立製作所が提案した上下2領域濃縮度炉心が検討されるなど、ソフトウェア技術でも我が国の独自性をもっている。図2に上述の経緯を示す。



注：略語説明
 敦賀1号(日本原子力発電株式会社敦賀原子力発電所1号機)
 福島第一・1号(東京電力株式会社福島第一原子力発電所1号機)
 島根1号(中国電力株式会社島根原子力発電所1号機)
 福島第一・3号(東京電力株式会社福島第一原子力発電所3号機)
 浜岡1号(中部電力株式会社浜岡原子力発電所1号機)
 福島第一・4号(東京電力株式会社福島第一原子力発電所4号機)
 東海2号(日本原子力発電株式会社東海原子力発電所2号機)
 浜岡2号(中部電力株式会社浜岡原子力発電所2号機)
 福島第二・2号(東京電力株式会社福島第二原子力発電所2号機)
 福島第二・4号(同上4号機)

図2 原子力発電所の技術変遷と日立製作所の建設実績 導入炉の建設・運転経験を通して得た教訓を基に、我が国の実情に合った軽水炉技術を確認する必要が痛感され、昭和50年から改良標準化計画が始まった。福島第二・2号機は、改良標準化ベースプラントである。

2.2 改良標準型の初号機

福島第二・2号機は電気出力1,100MW改良標準化ベースプラントとして、日本型軽水炉の確立に画期的な意義をもつものである。図3に示すように、信頼性・稼働率の向上、定期検査の効率化、放射線被ばく低減などを目標とする第1次改良標準化計画の成果を設計に採用すると同時に、日立製作所の自主開発技術の多くを採り入れ、製品の品質向上を図るとともに国産機器の拡大採用により国産化率99%を達成している。

建設工法の面でも、我が国初の130t×50m大型ジブクレーンによる重量物一体つり込みなどの工程短縮化を図り、電気出力1,100MW BWRの建設工程を最短記録で完成した。

試運転も順調に終了し、改良設計、新技術の機能・性能が確認され、プラント効率では計画値を上回る結果を得た。この間、起動試験中は計画外停止もなく良好に進捗し、昭和59年2月3日無事営業運転に入っている。

福島第二・2号機が、改良標準化適用の第1号として、その指標を確立した意義は大きく、日立製作所は設計・製作・建設の機会に恵まれ、その名誉を担うことができた。

3 主要な設計及び技術の改良

福島第二・2号機の設計・建設では、多くの面で日立製作所の改良開発技術が採用されている。

主要なものとして、炉心軸方向の出力分布を大幅に改善した上下2領域燃料・WNS(No Shuffling and No Shallow炉心：グレーノーズ制御棒を採用した改良炉心)、保守点検性を大幅に向上させたMARK-II改良型原子炉格納容器、被ばく低減を図った炉内構造物・給水加熱器の低コバルト材の採用及び給水2段過脱塩方式・酸素注入法の併用、運転監視性向上のためのCRT(Cathode Ray Tube)を適用した中央制御盤・計算機システムの採用、信頼性向上のための耐応力腐食材料・原子力用316ステンレス鋼を使用した一次系配管及び自動LSI装置の採用などが挙げられる。国産化率は99%に達し、原子炉再循環ポンプ及び電動機、M-G(Motor Generator)セット及び流体継手の国産化は記録品であった。

改良標準化(1次)の目標	項目		従来のプラント	改良標準化(一次)プラント
	信頼性及び稼働率	時間稼働率	63.8%*	約75%
		設備利用率	61.5%*	約70%
	定期検査日数(保守工事含まず)		90~100日	約85日
従業員の被ばく		100%とする。	約75%	

注：* 昭和56年度運転実績を示す。

注：略語説明
 ISI(In-Service Inspection)
 ALAP(As Low As Practicable)
 RPV(原子炉圧力容器)
 CRD(制御棒駆動機構)

改良標準化(1次)項目	分類	項目	適用技術	福島第二・2号機
	1. 信頼性向上	(1) 耐応力腐食材料	(1) 原子力用316ステンレス鋼一次系配管	○
		(2) ISIの自動化	(2) 日立方式RPVのISI自動化	○
	2. 被ばく低減	(1) クラッドの発生防止・除去	(1) 給水2段過脱塩方式 (2) 酸素注入腐食抑制法	○ ○
		(2) 低コバルト材	(1) 給水加熱器チューブ (2) 制御棒ガイドローラの無コバルト化	○ ○
(3) ALAP対策		(1) 希ガスホールドアップ装置 (2) タービングランドシールへの清浄蒸気採用	○ ○	
3. 改良型格納容器	(1) 作業性向上 (2) 放射線被ばく低減	改良型MARK-II格納容器	○	
4. 定期検査の効率化	保守機器の自動化など	(1) CRD遠隔自動交換機 (2) 燃料自動交換機 (3) 主蒸気ノズル水封プラグ (4) 保守点検ロボット技術	○ ○ ○ ○	
5. プラントの標準化	システム・配置計画などの標準化	(1) 電気出力1,100MW標準プラント (2) 補機冷却系の淡水化	○ ○	

図3 改良標準化項目と福島第二・2号機への適用技術 改良標準化計画に日立製作所も積極的に参加し、国産プラントの建設経験を通して検討・改善を重ねた信頼性・稼働率の向上、被ばく低減などの改良設計・技術が多く採用されている。

プラント設計にモデルエンジニアリングを採り入れ、特にMARK-II改良型PCV(原子炉格納容器)の縮尺モデルでは、機器・配管・HVAC(換気空調系)ダクト・電気ケーブルなどの総合モデルエンジニアリングによって、設計精度の向上を図るとともに、建設・保守点検性の改良のための詳細検討に多大な効果を得ることができた。

建設工法では、我が国で最初の130t×50m大型ジブクレーンを採用して、電気出力1,100MW BWRプラントとして我が国はもちろん世界でも最短工程の建設工期を達成することができた。

福島第二・2号機の主要なプラント基本仕様を表1に、主要な設計及び技術の改良項目を表2に示す。この中で特徴的な項目を以下に述べる。

3.1 改良炉心

日立製作所では、従来炉心の運転実績に基づき運転の融通性を増大させ、プラント利用率の向上を図るとともに長期化運転にも適した炉心設計の検討を重ね、上下2領域燃料・グレーノーズ制御棒を用いた改良炉心を開発した。

福島第二・2号機の初装荷燃料として、上下2領域燃料が全炉心に初めて装荷された。試運転を通してその効果は確認され、軸方向出力分布が十分平坦化されて出力ピークは約20%改善されている。熱的余裕についても、軸方向出力分布平坦化により最大線出力密度が約20%以上改善されていることも確認されている。

これらの改善効果は、PCIOMR(燃料健全性を維持するためのならし運転)下で、制御パターン調整のための出力低下幅を少なく抑えることができ、プラント利用率として約20%の向上が期待できる。

表1 プラント基本仕様 我が国最大級の電気出力1,100MW BWRプラントには、日立製作所の記録製品が数多く採用されている。

項目	仕 様		
出力	熱出力	3,293MW	
	電気出力	1,100MW	
炉心及び燃料	炉心設計	上下2領域炉心	
	燃料集合体	764	
	燃料	8×8	
	制御棒数	185	
	チャンネルボックス	100mil	
再循環系	炉心冷却水流量	4.83×10 ⁴ t/h	
	ジェットポンプ数	20	
	流量制御	可変速度式	
主蒸気系	蒸気流量	6.41×10 ³ t/h	
	逃し安全弁個数	18	
タービン・発電機系	タービン型式	TC6F-41"	
	発電機容量	1,300MVA	
	タービン制御	EHC	
	主復水器細管	全チタン	
	給水ポンプ	タービン駆動	50%×2
		電動機駆動	25%×2
	復水脱塩器	10塔(1塔予備)	
復水過脱塩器	12塔(1塔予備)		
サービス機器	CRD交換機	自動(空気電動機)	
	燃料取替機	自動	
	供用期間中検査装置	自動(マルチ端触子式)	

注：略語説明 EHC(Electro-Hydraulic Control System)

表2 主要な設計及び技術の改良 日立製作所の改良設計・技術により信頼性・稼働率の向上、被ばく低減、保守・運転性の向上ほかを図られている。

項目	適用技術	目的					合理化
		信頼性向上	稼働率向上	被ばく低減	保守性向上	運転性向上	
1. 炉心燃料	(1)上下2領域燃料	○	◎	-	-	-	-
	(2)グレーノーズ付制御棒	-	○	-	-	◎	-
2. 原子炉圧力容器	(1)狭開先ミグ溶接	◎	-	-	-	-	-
	(2)下鏡一体鍛造化	-	-	○	◎	-	-
	(3)CRDハウジング一体遠心鋳造化	◎	-	-	○	-	-
3. 原子炉補機	(1)CUWポンプのキャンド型化	-	-	◎	-	-	-
	(2)PLR系配管大型鍛造材	◎	-	-	○	-	-
	(3)RHRポンプの軸長短縮化	◎	-	○	○	-	-
	(4)PLRポンプ/電動機, M-Gセット国産化	◎	-	-	○	-	-
	(5)TIP駆動機構の改良, 国産化	○	-	◎	-	-	-
	(6)Cf-Be-Sb型中性子源	◎	-	-	-	-	-
4. タービン補機	(1)復水器冷却管のチタン化	◎	-	-	-	-	-
	(2)バランスドダウンフロー復水器	◎	-	-	-	-	-
	(3)T-RFPの国産化	◎	-	-	○	-	-
	(4)主タービン周り改良	◎	-	-	-	○	-
	(5)タービン発電機系計装多重化	◎	-	-	-	-	-
5. 建設工法	(1)130tジブクレーン	-	-	-	-	-	◎
	(2)大パネルプレハブ化	-	-	-	-	-	◎
6. その他	(1)メカニカルスナバの採用	-	-	-	◎	-	-
	(2)曲げ管の採用	◎	-	-	○	-	-
	(3)1/3PCVモデル	-	-	-	-	-	◎

注：記号及び略号説明

◎(主要な効果), ○(関連する効果)

CUW(Clean Up Water)

PLR(Primary Loop Recirculation)

RHRポンプ(Residual Heat Removal)

TIP(Traversing In-Core Probe System)

T-RFP(Turbine driver Reactor Feed Pump)

3.2 MARK-II改良型PCV(原子炉格納容器)

原子力発電所の重要な設備の一つであるPCVは、導入炉の建設経験、定期検査時の保守点検性などの面から詳細な検討が加えられ、軽水炉技術の上でも貴重な改良設計を確立できた。

福島第二・2号機は、MARK-II改良型PCVを採用した1号機である。その主な特徴は、保守点検性の向上と作業員の被ばく低減を図るため格納容器直径を大きくして内部空間に余裕をもたせた。また空調機を上下配置にして冷却効果を向上させることにより、空調ダクトを減少するとともに原子炉再循環ポンプの分解などの保守点検性を向上した。更に、SRV(主蒸気逃し安全弁)とCRD(制御棒駆動機構)の専用搬出入口を設け、定期検査時などのつり降ろし・つり上げ作業の効率化を図っている。

図4にMARK-II PCVの断面概要を、表3に主要項目を示す。

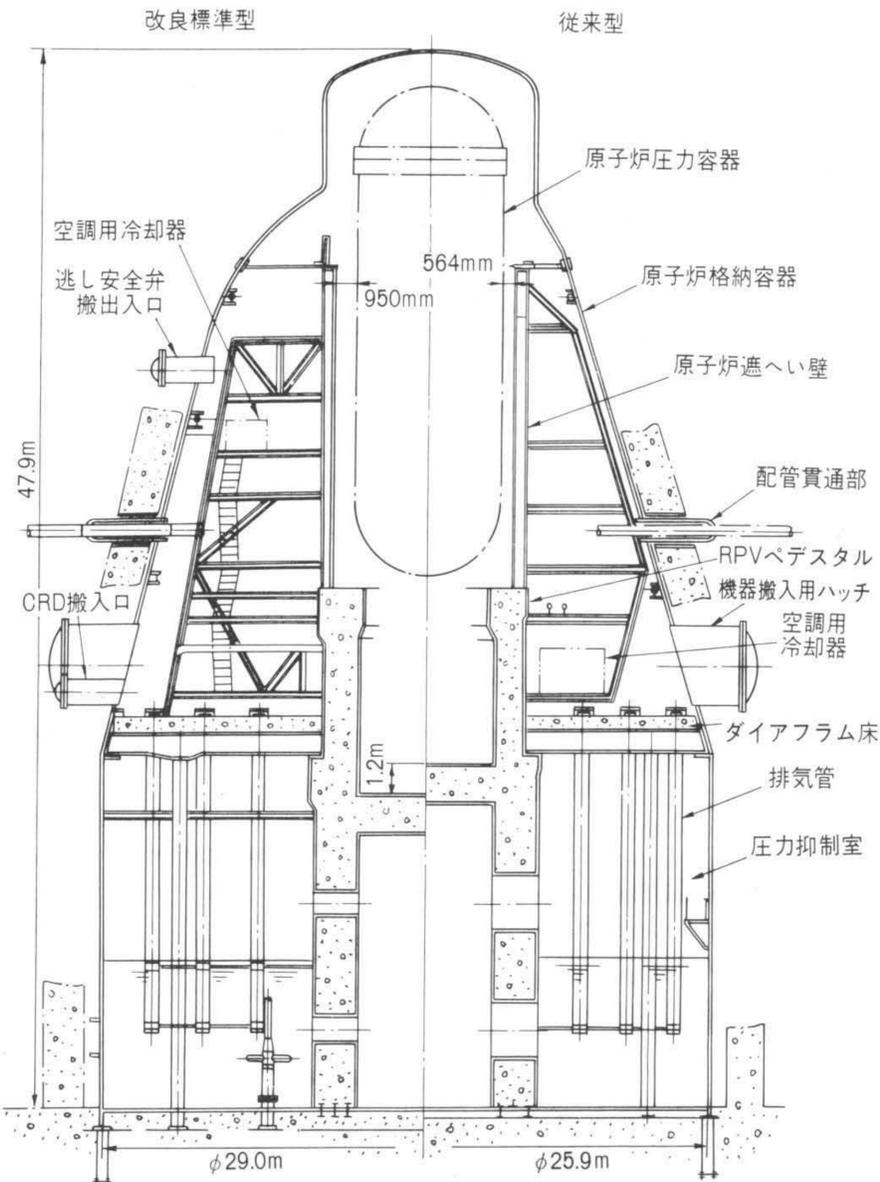
3.3 放射線被ばく低減

被ばく低減を目標に、設計・材料面での配慮とともに、自動化・省力化をはじめ遮へい、保守点検性などの面でも改良設計を採り入れた。その主要なものとして、原子炉冷却水の鉄クラッド低減及びコバルト低減の両対策を実施している。主な特徴としては、

- (1) 給水加熱器胴板、タービン抽気管、ヒータドレン管にクロム低合金鋼を採用するとともに、主復水器に耐候性鋼を使用し、クラッド低減を図っている。
- (2) 復水脱塩器と過脱塩器の給水2段過脱塩方式を採用

して、給水中の鉄クラッドの除去能力を増強した。更に、給水系への酸素注入法を採用し、復水脱塩器から原子炉に至る給水系でのクラッド発生を抑制した。

- (3) 制御棒ガイドローラ及び給水加熱器チューブに低コバルト材を使用し、放射性⁶⁰Coの抑制を図った。
- (4) 給水再循環ラインを、最終給水加熱器から復水器へ連絡



注：格納容器形状の破線は、従来設計を示す。

図4 MARK-II改良型原子炉格納容器の保守点検性改善 破線の従来型に比べて内部空間を拡大した結果、空調用冷却器の上下配置、主蒸気・給水配管の上下分離配列、階段歩廊の配置などの改善ができ、保守点検性が向上した。



図5 CRT付制御盤とHIDIC 80E計算機などによる運転性が向上した中央制御室配置 CRT付制御盤とHIDIC 80E計算機によって、運転監視性と高信頼化が図られている。

して設け、起動時の給水クリーンアップ運転を可能とした。

3.4 運転性の向上

プラント運転性向上のため、計測制御設備の分野ではヒューマンファクタを考慮し、監視・操作性の改善、制御装置の高信頼化及び制御機能の高度化への技術的開発を進めた。

その結果図5に示すように、中央監視制御盤には6台のCRTを配置し、プラント監視用系統図表示、炉心性能予測表示などを運転状況に応じ活用できるようにするとともに、スイッチ・計器・警報の重要度分類の導入により監視・操作性を向上させた。

また、プロセス計算機HIDIC 80Eによる原子力発電所初の本格的な負荷分散型マルチ計算機システムの実現などにより、制御装置の信頼性を向上させている。更に、給水・再循環制御装置の協調した制御方式の採用により、運転制御性の向上を図った。これらを通じて、プラント全体としての運転性向上を図ることができた。

表3 改良型原子炉格納容器の基本仕様と改良項目 保守点検性向上のためのPCV内径拡大に伴い、主要部材に高強度材を採用した。機器搬出入用ハッチ及びダイヤフラム床マンホールなどの員数を増し、機器搬出入性・保守点検性の向上を図っている。

No.	項目	福島第二・2号機	従来設計	備考
1	PCV高さ	47.9m	47.9m	—
2	PCV最大内径	29m	25.9m	保守点検性向上のための拡大
3	主要部材材料	SGV 49, SPV 50	SGV 49	PCV内径拡大に伴う高強度化
4	所員用エアロック	1	1	—
	機器搬入用ハッチ	2	1	機器搬入出、保守点検性の向上
	逃し安全弁搬出入口	1	0	—
	CRD搬出入口	1	1*	機器搬入用ハッチに併設*
	ダイヤフラム床マンホール	2	0	機器搬入出、保守点検性の向上
5	原子炉遮へい壁とRPVとの間隙	950mm	564mm	この拡大によりRPV取り付けに先行してPCV内機器配管据付作業が進捗できる。
6	RPVベデスタル下部空間	1.2m拡大	—	CRD自動交換機の採用

注：略語説明 PCV(原子炉格納容器)

3.5 信頼性向上

設計・製作・建設上の新設計、新技術、製品の品質管理、信頼性評価、保守点検性の改良などにより、システム及び機器の信頼性向上策を積極的に推進した。特に、燃料・炉心管理技術、RPV(原子炉圧力容器)及び配管の溶接技術、計装システムなどの信頼性向上を図るとともに、日立製作所が独自にシステム・機器用として開発したHI-FMECA(信頼性評価手法)を適用した。

信頼性向上のための適用技術は前述の表2に示すとおりであるが、主な特徴としては、RPVに狭開先溶接を適用して溶接熱影響部の耐衝撃性を向上させるとともに、下鏡一体鍛造法により溶接部を減少させたこと、ISIとしてマルチ端触子及びデータ集録装置から成る日立式RPV自動LSI装置を国産化したことなどが挙げられる。

4 建設及び試運転の特徴

4.1 電気出力1,100MW BWR建設工程の最短記録

本プラントは昭和54年2月の着工から59年2月の運転開始まで59箇月という、我が国はもちろん世界でも最短の建設工程を達成することができた。これには、大型タワークレーンによる重量物一体つり込み、デッキプレート建築工法による機械工事の早期化などの建設合理化を織り込み、土木・建築・機械の協調工程のもとに建設を進めた。

昭和55年1月、PCVの据付けに着手し、同年8月末の耐圧

漏れ試験を経て従来よりも約6箇月早い着工後33箇月でRPVの据付を完了した。その5週間後の6.9kV受電以降、順調な総合工事進捗をみて昭和58年4月に燃料装荷を開始し、同年6月の初併入のあと出力上昇試験をノースクラムで進め、昭和59年2月3日の負荷試験を終えて営業運転に入り、建設工程の記録を達成した。図6に工程概要を示す。

4.2 建設合理化

最短建設工程の達成具体策として実施した主要な合理化内容としては、次のようなものがある。

- (1) 130t×50m大型ジブクレーンを投入し、原子炉建屋天井クレーン・燃料交換台車などの一体つり込みを実施したほか、機器のプレハブ化率を高め機器搬入の効率向上を図った。図7にその稼動状況を示す。
- (2) PCVは工場溶接によるプレハブ化を図り、現地つり込み分割数で38%、つり込み後の溶接線は94%に低減し、現地での耐圧部溶接は100%自動溶接とした。更に、RPVと原子炉遮へい壁との間隙を拡大(950mm)した改良設計によって、RPVつり込み前に原子炉遮へい壁の先行据付が可能となり、工程短縮上の効果が得られた。
- (3) 大パネルプレハブ工法を、機器仮置プール・使用済み燃料プール・原子炉ウエルプール・キャスクピットなどに適用し、建築関連作業の低減及び機械側の現地溶接作業の削減の効果と合わせ、RPVつり込み前にライナ据付を完了させた前倒し建設工法が適用できた。

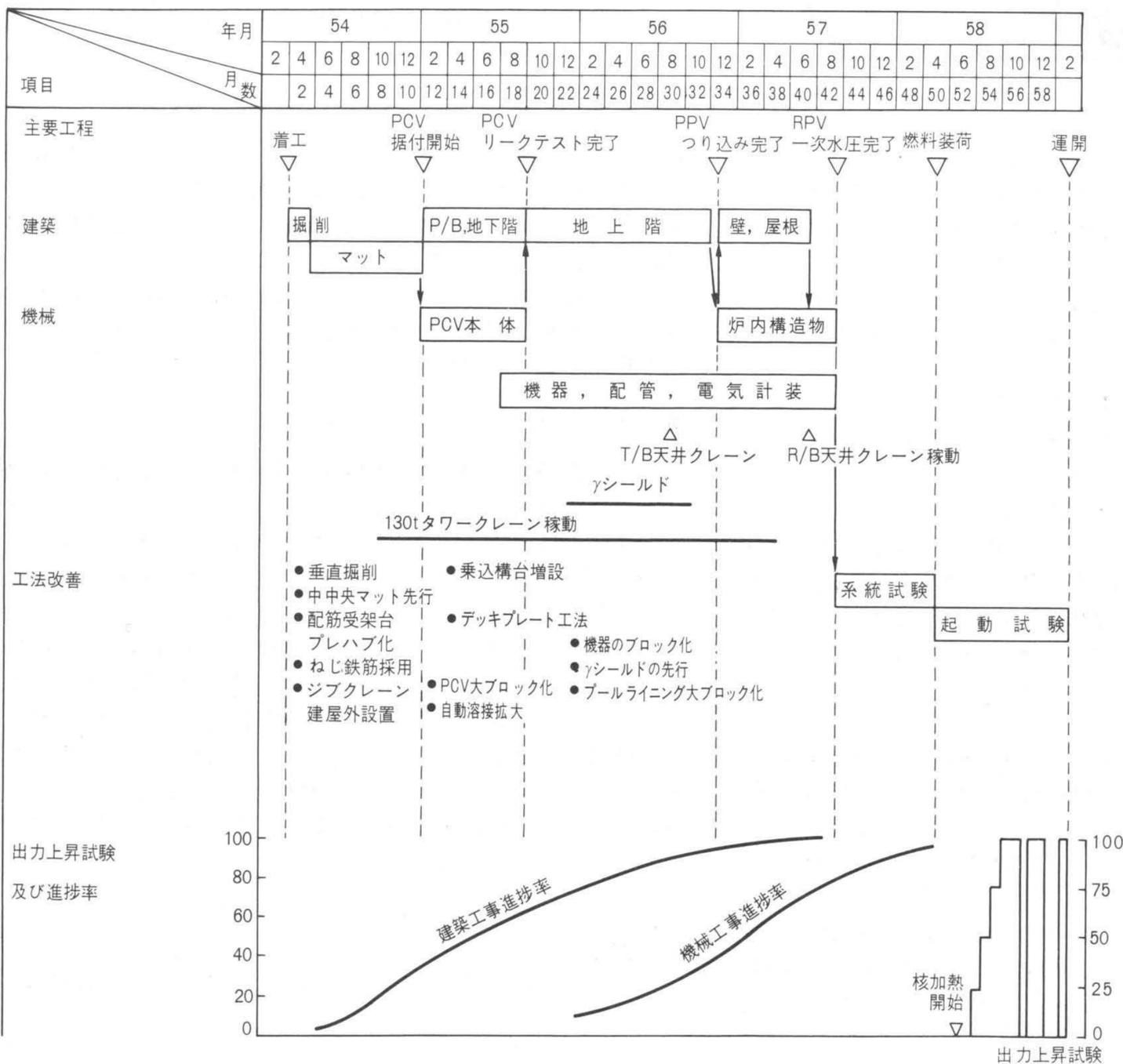


図6 建設及び試運転の概要工程 130tジブクレーンにより、大型機器一体つり込み、プール類の大パネルプレハブ工法などの建設合理化を図り、試運転は計画外停止もなく良好に進捗した。その結果、電気出力1,100MW BWRでは建設工程の最短記録を達成した。

注：略語説明 R/B(Reactor Building), T/B(Turbine Building)

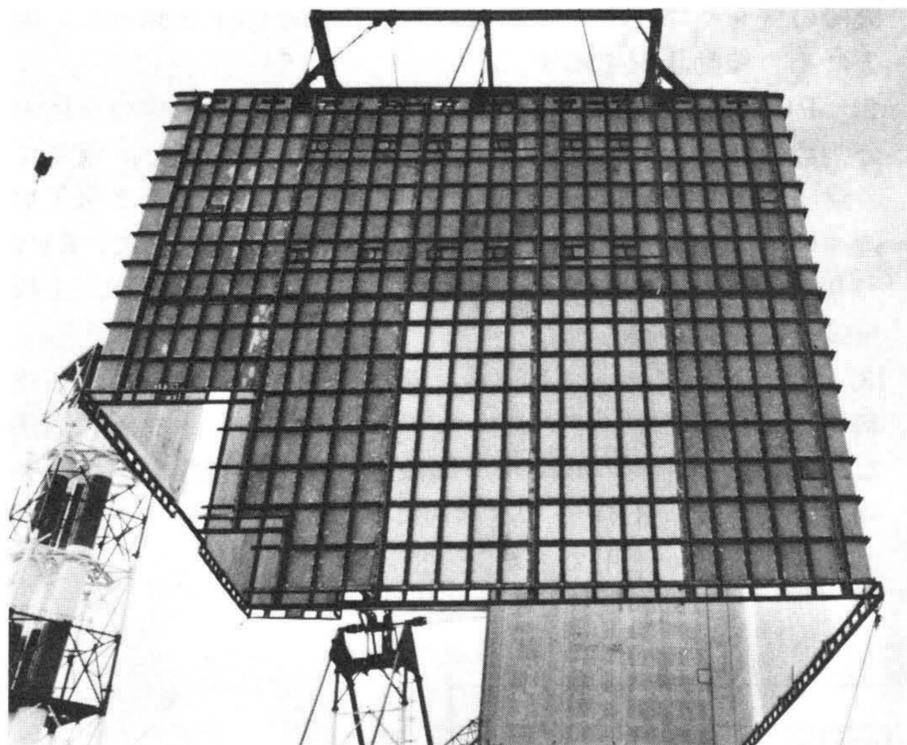


図7 130t×50mジブクレーンによる建設状況 図に示す使用済み燃料プールの大パネルプレハブ化構造のほか、原子炉建屋天井クレーン・燃料交換台車などの大型機器一体つり込みに活躍し、建設工法の改善ができた。

4.3 総合品質保証活動の効果

改良設計・新技術を多く採用した改良標準化ベースプラントとして、設計・製作・現地据付の各分野にわたる総合品質保証体制を確立し、東京電力株式会社と協同で各種点検を実施した。その特徴的なものとしては、

- (1) D・R(デザイン レビュー)
- (2) 先行機不具合のチェックと対策のフィードバック
- (3) プラント総点検

などが挙げられる。いずれも設計・製造・検査の専門家集団により念入りな点検と摘出事項の早期対策を実施した。

4.4 試運転実績

(1) 燃料装荷及び初臨界確証試験

764体の8×8型初装荷燃料は50～60体/日の速度で装荷された後、大気圧試験で炉心特性、中性子計装系・制御棒駆動系など主要系統の特性・性能確認及び総合インタロック試験を行ない、初臨界(昭和58年4月26日)確証試験を成功裏に終了した。

(2) 核加熱試験及び初併入

原子炉規定圧力に至る各段階で、炉心特性などの核熱関係試験及びタービン発電機無負荷試験を経て、原子炉圧力制御系・出力制御系・水位制御系などプラント主要制御の機能確認の後、昭和58年6月23日初併入し待望の送電を開始した。

(3) 負荷試験

25%、50%、75%の各出力段階で、プラント全般にわたる機能確認試験を行ない、昭和58年10月1日から100%負荷試験に入り、通商産業省立会による100%負荷試験を経て、昭和59年2月3日に営業運転を開始した。

各負荷試験とも順調に計画外停止もなく進捗して、改良設

計・新技術の機能・性能が確認され、プラント効率では計画値を上回る結果を得た。試験には、過渡状態などの細部データ記録及び解析・評価のため、新しく開発したNUSTARS(起動試験評価システム)を援用し、試験の効率向上を図った。

改良炉心性能及び被ばく低減の目安となる水質データなど各々が目標値どおりであり、改良標準化プラントとしての指標を確立することができた。

5 結 言

国内最大級の電気出力1,100MW BWRとして、最短工程で完成した福島第二・2号機は、改良標準化ベースプラントとして今後の運転が注目される所であり、日本型軽水炉の定着化を図る改良標準化プラントとしての指標を確立したわけである。

今回の貴重な経験と成果は、現在建設を進めている福島第二・4号機ほかにも生かして、我が国軽水炉の信頼性・稼働率の向上と合わせ、技術のいっそうの高度化を図る考えである。

福島第二・2号機の完成に至るまで、東京電力株式会社の関係各位から豊富な建設・運転経験に基づく御指導をいただいた。ここに、建設・試運転の完遂とその好結果について深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 森山：軽水炉の改良標準化，原子力工業，29，7，17～23 (昭58-7)
- 2) 大木，外：軽水炉開発の動向，日立評論，64，8，547～552 (昭57-8)