

国内原子力プラント建設に関する取り組み

Action to Nuclear Power Plant Construction in Japan

梶山 直希 Naoki Kajiyama

村山 貢一 Koichi Murayama

浜村 憲司 Kenji Hamamura



図1 建設中の中国電力株式会社島根原子力発電所3号機

右側の大型クローラクレーンを用いて最新の建設工法で建設している。現在、機器の据付け工事が本格化しており、建物と機器の工事を併進している。

日立グループは、地球環境を保全し、持続可能な社会を実現するために、長期計画「環境ビジョン2025」を策定し、日立グループの製品により、2005年と比較して2025年度までに年間1億tのCO₂排出量抑制に貢献することをめざしている。日立GEニュークリア・エナジー株式会社は、原子力の総合メーカーとしてこのビジョンに応え、CO₂排出量低減に大きく貢献している。

現在は、国内の新規原子力プラントとして、中国電力株式会社島根原子力発電所3号機、電源開発株式会社大間原子力発電所においてABWR(改良型沸騰水型原子炉)に着手しており、豊富な経験と実績を生かし、世界最高水準の安全性と信頼性を有する発電所を建設中である。この原子力発電プラント建設では、モジュール工法などの建設工法や建設支援技術、建設管理技術を適用し、建設工期の確保、工事の平準化、予防保全、生産・物流管理の高度化を図っている。

1. はじめに

国内の原子力発電所のうち、ABWR(Advanced Boiling Water Reactor:改良型沸騰水型原子炉)は、すでに4基が営業運転を開始しており、現在2基が建設中である。

日立はこれら6基すべての建設に携わっており、ABWR設計の最適化と標準化を実現するとともに、豊富な建設経験に基づく建設技術の高度化を図り、日立グループ一体となって新規原子力プラントの建設に取り組んでいる。

ここでは、日立における原子力プラント建設技術の特徴と、最新の原子力プラント建設管理技術について述べる。

2. 原子力プラント建設技術の特徴

2.1 建設工程

中国電力株式会社島根原子力発電所3号機(ABWR:電気出力1,373 MW)(以下、島根3号機と記す。)は、2005年12月に着工(第1回工事計画認可取得)し、2011年12月の営業運転開始をめざして、現在鋭意建設中である(図1参照)。

また、電源開発株式会社大間原子力発電所 (ABWR: 電気出力1,383 MW) (以下、大間と記す。)は、2008年5月に着工(第1回工事計画認可取得)し、現在、建物の基礎掘削工事を進めている。営業運転開始は2014年11月の予定である。

2.2 建設工法と適用技術

島根3号機と大間の建設は、日立が先行機から適用している大ブロック・モジュール工法を機軸に改善してきた建設工法と、三次元CAD (Computer-aided Design) システムやRFID (Radio-frequency Identification) などの最新の情報技術を駆使した建設支援技術を適用し、安全性と信頼性の向上、および建設工期の確保と工事の平準化を図っている。

具体的には、(1)モジュール工法の最適化・建築複合化、(2)大型クレーンの活用、(3)機器・配管類の先入れ拡大、および建築工事と機電工事の併進化、(4)階層別工法などの建設工法を適用している。

その適用技術について以下に述べる。

(1) モジュール工法の最適化・建築複合化

モジュール工法とは、現地作業量削減と作業効率向上などを目的に行う工法の一つであり、個々に据え付けられる機器、配管・弁、操作架台などを、事前に工場または現地ヤードで組み立てし、大型クレーンを用いて搬入して据え付ける工法である。

日立は、1980年代初頭から世界に先駆け、原子力プラント建設に対してこの工法を採用し、独自にその技術を発展させてきた。この設計には、組立図作成支援機能や自動つり点算出機能などのモジュール設計専用機能を搭載したCAE (Computer-aided Engineering) システムを用い、設計から製作および現地搬入にわたる一貫したエンジニアリングや、2000年に竣(しゅん)工したモジュール専用工場を活用してきた。島根3号機の建設においては約190基、大間では約100基のモジュールを適用予定である。

中には、RCCV (Reinforced Concrete Containment Vessel) 内モジュールのように、上部ドライウェルに配置される原子炉遮蔽(へい)壁や大型支持構造物、配管・弁など、総質量約650 tを一体化したモジュールも製作している。このように、モジュールの組み込み範囲を拡大することで、現地作業の効率向上を図っている(図2参照)。

また、島根3号機においてはHCU (Hydraulic Control Unit: 制御棒駆動水圧制御ユニット) ルームモジュール2基(総質量: 約270 t/基)を工場で作製し、現地へ搬入した(図3参照)。

このモジュールは、品質向上と現地作業のミニマム化を目的として、鹿島建設株式会社の協力を得て、天井・床・壁などの建築構造物と、その中に設置される機器設備を組み込み、部屋全体をモジュール化したものである。



図2 RCCV内(上部ドライウェル)モジュール

現地でのRCCV (Reinforced Concrete Containment Vessel) 内モジュール組立状況を示す。総質量は約650 tである。



図3 HCUルームモジュール

HCU (Hydraulic Control Unit: 制御棒駆動水圧制御ユニット) ルームモジュールの全景を示す。モジュール専用工場からの出荷前の状況である。

このような完成度の高い一体型モジュールを追求し、モジュール工法の最適化を図っている。

(2) 大型クレーンの活用

日立の建設工法基盤の一つとして大型クレーンの活用がある。1984年から大型クローラクレーン(つり容量: 930 t, 以下、大型C/Cと記す。)を導入し、大物機器やモジュール製品を建物に直接つり込む工法を採用した。これにより、モジュール工法の適用も拡大した。

島根3号機では、海上輸送品の直接水切り(荷揚げ)にも大型C/Cを活用している。島根3号機は建設ヤードが海上輸送品の物揚場に隣接していることから、大型C/Cの稼働エリアを物揚場と機器を搬入する建物の間に設け、物揚場からの直接水切りを可能にした。

これにより、物揚場の常設クレーンの許容量を超えるモジュール製品の適用拡大や、水切り作業の効率化を図っている(図4参照)。

(3) 機器・配管類の先入れ拡大、および建築工事と機電工事の併進化

原子力発電プラント建設においては、膨大な物量の製品の



図4 大型クローラークレーンによる直接水切り

大型C/C(クローラークレーン)による復水器上部胴モジュールの水切り(荷揚げ)状況を示す。

搬入と、その据付け工程を確保するため、先行する建物の工事と並行して機器の搬入・据付けを実施する併進化工法を採用してきた。

島根3号機や大間においても先入れ製品の範囲を拡大するとともに、建物の建設期間中に、機器や盤・ラック基礎の設定、操作架台設定などの作業を先行させ、作業の前倒しや作業手順の最適化による効率向上を図っている。

また、大間の建設は厳寒地での作業となることから、冬季の作業効率向上を目的とした先行鉄骨工法を採用する。これは、建屋の本設鉄骨を床や壁打設よりも先行して屋根の高さまで施工し、鉄骨上部に可動式の仮設屋根を上架しておくことで雨や雪の影響を避ける工法であり、天候に左右されずに作業できるというメリットを持つ。このような全天候での作業環境に、前述のモジュール工法を融合することでさらなる効率向上を図り、厳寒地での建設作業に最適な工法を構築した(図5参照)。

(4) 階層別工法

従来の配管工事は、建物の上階まで工事が完了してから系統耐圧試験を行っていた。そのため、建設工事の終盤に複数の配管耐圧試験が重なるとともに、その後に行う保温・塗装・穴じまいといった付帯作業や足場解体作業が重なり、作業量に大きなピークが発生していた。そこで、地下階に配置されている系統や、建物階を境界に分割耐圧試験の実施が比較的容易な系統を抽出し、分割耐圧試験を実施する工法を適用している。これにより、作業の前倒しや作業手順の最適化による平準化を図っている。



図5 先行鉄骨内へのRCCV下部ライナつり込みイメージ

先行鉄骨の仮設屋根解放状態とRCCV下部ライナつり込みのイメージを示す。

3. 最新の原子力プラント建設管理技術

3.1 原子力プラント統合現地建設システムの開発

原子力プラントは、現地配管溶接点約3万点(配管総延長約150 km)やケーブル総延長約2,000 kmといった膨大な物量で構成されており、それらを効率よく、正確に据え付けるためには、きわめて高度な設計・建設管理技術が要求される。

日立はプラント建設業務のIT化を図り、間接業務の効率化と信頼性の高い作業計画を実現することを目的として、原子力プラント統合現地建設システムを開発し、建設現場に適用してきた。

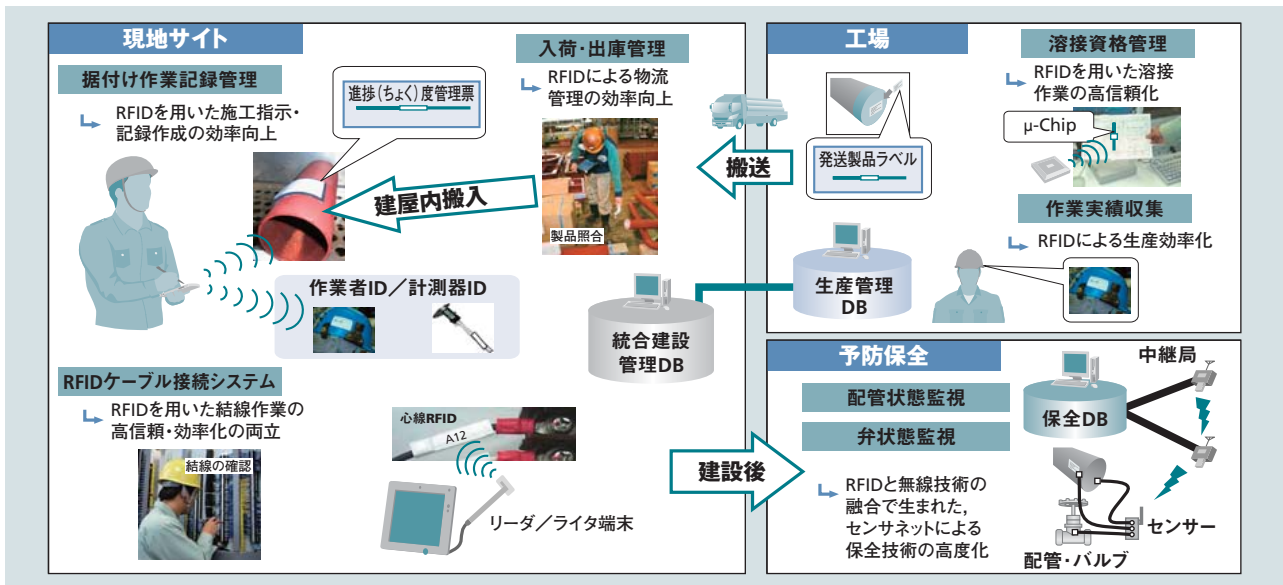
統合現地建設システムは、三次元CADをはじめとする各種設計情報と連携し、機器や配管、ケーブルや盤・ラックなど、原子力プラントで取り扱う製品の据付け作業計画から、作業指示および立会検査、耐圧試験計画から試運転への移管計画までをカバーしており、計画指示・実行・計測・是正措置というプロジェクトマネジメントサイクルが実行できる構成となっている。

3.2 RFID活用による最新の建設管理

島根3号機では、システムへの記録登録作業の効率向上と、記録の誤入力防止による信頼性向上を目的として、入荷・在庫管理、据付け作業記録管理、ケーブル接続作業へモバイルPCとRFIDを応用した建設管理手法およびそのシステムを開発し、その実運用化をめざしている。

さらに、工場での生産管理や予防保全業務に対してもRFIDを適用し、工場製作から現地据付け・予防保全に至るまでの一貫したシステムを構築中である(図6参照)。

RFIDは、製品や人を識別する情報を持った非接触で認証可能なチップを内蔵したIC(Integrated Circuit)タグ(一般には電子タグ)を対象物に貼(ちょう)付し、専用リーダーで認証することにより、製品や人を電波で自動識別する技術である。この



注:略語説明 RFID(Radio-frequency Identification), ID(Identification), DB(Database)

図6 原子カプラントへのRFID応用システム

RFIDを適用した工場、現地、予防保全と一貫したシステムを開発中である。

ICタグを製品や作業員のヘルメットに貼付することにより、例えば、膨大な荷受け製品の照合作業を、瞬時にまちがいをなく実行することを可能とする(図7参照)。

現在、入荷・出庫管理では配管・弁・サポートなどの製品を対象としており、据付け作業記録管理では配管据付け記録と作業員や計測器との照合などの適用を進めている。今後は適用範囲を拡大し、さらなる高度化を図っていく。



図7 製品資材へのRFID適用

原子カプラントへ出荷する製品の出庫・入荷の照合にRFIDを適用している。

4. おわりに

ここでは、日立における原子カプラント建設技術の特徴と、最新の原子カプラント建設管理技術について述べた。

中国電力株式会社島根原子力発電所3号機と電源開発株式会社大間原子力発電所の建設は、日立グループが総力をあげて取り組んでいる。

原子力の総合メーカーである日立GEニュークリア・エナジー株式会社は、日立グループの中核として、これまでの豊富な経験を生かし、より高い安全性と信頼性を有する原子力発電

所の建設を実現していく。

また、RFIDなどの次世代技術を発電所の建設管理に導入し、さらなる信頼性の向上をめざしていく所存である。

参考文献

- 1) 伏木, 外:中国電力株式会社島根原子力発電所第3号機向け水圧制御ユニット室へのルームモジュール工法の適用, 日立評論, 90, 2, 162~165 (2008.2)
- 2) K. Onda, et al.:HITACHI-GE ADVANCED CONSTRUCTION MANAGEMENT TECHNOLOGIES, Proceedings of the ICONE 16th Conference, ICONE16-48826, pp.1-8(2008.5)

執筆者紹介



梶山 直希

1984年日立製作所入社, 日立GEニュークリア・エナジー株式会社 原子力技術本部 原子力技術部 所属
現在, 国内原子力建設プラントのプロジェクト業務に従事



村山 貢一

1986年日立製作所入社, 日立GEニュークリア・エナジー株式会社 日立事業所 原子カプラント部 所属
現在, 原子力発電プラントの建設およびモジュール業務に従事



浜村 憲司

2003年日立製作所入社, 日立GEニュークリア・エナジー株式会社 原子力技術本部 原子力技術部 所属
現在, 国内原子力建設プラントのプロジェクト業務に従事