

■ 展望・解説 ■

建設進む高速増殖原型炉「もんじゅ」

Current Status of FBR 「Monju」 Project

明比道夫*

Michio Akebi



1. はじめに

高速増殖炉はその実用化によって消費した核燃料以上の核燃料を生産し、ウランを最も有効に利用できることから、ウランの利用効率は在来炉の約60倍以上にもなる。その為、ウラン資源に恵まれない国情に最適な原子炉として、我が国においても動力炉・核燃料開発事業団（以下動燃事業団という）を中心に国内の関連機関の総力を集め、慎重な計画のもとに、我が国初めての発電用高速増殖炉を自主開発し、その設計・製作・建設・運転の経験を通して発電炉としての性能、信頼性、安全性等を実証するため、高速増殖炉もんじゅ発電所（以下「もんじゅ」という）の開発を進めている。

そのため、動燃事業団は昭和45年4月に「もんじゅ」建設候補地として福井県敦賀市白木を選定以来、地元及び関係官庁をはじめとして各方面に亘る関係者の絶大な協力理解により昭和55年12月原子炉設置許可申請を国へ提出し、昭和58年5月原子炉設置許可を得た。そして、昭和60年10月建設本工事に着手し、その後、計画された建設工程に沿って順調に工事を進め平成2年6月現在の総合進捗率85%へと進んできた。ここで「もんじゅ」建設工事の概況について紹介することとしたい。

2. 「もんじゅ」施設の概要

(1) 建設地点

「もんじゅ」建設地点は図-1に示すように福井県敦賀市白木に位置し、ここは敦賀市街地より北西約12Km、美浜町中心街より北東約16Kmの敦賀半島北西部で西側は若狭湾に面し背後地は標高300~600mの山地に囲まれている。



図-1 「もんじゅ」建設地点

(2) 全体配置

「もんじゅ」主要施設の全体配置及び全景を図-2、写1に示す。

(3) 設計主要目

「もんじゅ」設計主要目を表1に示す。



写1 「もんじゅ」全景（南から）

* 動力炉・核燃料開発事業団 理事

〒107 東京都港区赤坂1-9-13 (三会堂ビル)

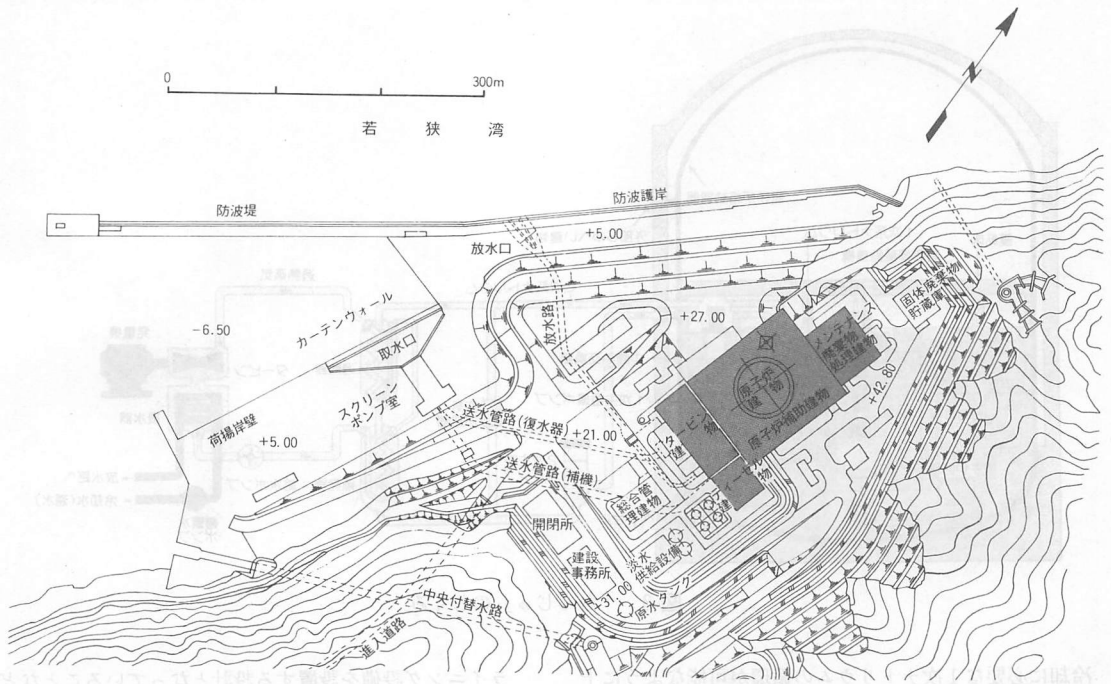


図-2 主要施設の全体配置

表1 「もんじゅ」設計主要目

| | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 原子炉型式 | ナトリウム冷却・高速中性子増殖炉・ループ型 |
| 熱出力 | 714MW |
| 電気出力 | 約280MW |
| 燃料(炉心) | プルトニウム・ウラン混合酸化物 (ブランケット) |
| 増殖比 | 約1.2 |
| 取出炉心燃料平均燃焼度 | 約80,000MWD/T |
| 一次冷却材流量 | $15.3 \times 10^6 \text{ Kg/H}$ |
| 一次冷却材温度 (原子炉入口/原子炉出口) | 397/529°C |
| ループ数 | 3 |
| 中間熱交換器型式 | たて形無液面平行向流型 |
| 二次冷却材流量 | $3.7 \times 10^6 \text{ Kg/H}$ (1ループ) |
| 二次冷却材温度 (高温側/低温側) | 505/325°C |
| 蒸気発生器型式 | ヘリカルコイル貫流式分離型 |
| 蒸気タービン型式 | くし形3シリンダー4流排気非再熱式 |
| 蒸気温度(主蒸気止め弁前) | 483°C |
| 蒸気圧力(主蒸気止め弁前) | $127 \text{ Kg/cm}^2 \text{ g}$ |
| 燃料交換方式 | 単回転プラグ固定アーム方式 |
| 燃料交換間隔 | 約6ヶ月 |

3. 高速増殖炉の特徴

(1) 「もんじゅ」は、図-3に示すように熱を発生させる炉心、熱を伝える1次冷却系及び2次冷却系、そしてナトリウムの熱を水に伝えて蒸気を作る水・蒸気系、この蒸気によりタービン発電機を回転させ電気を

発生させるこれらの設備等によって構成されている。

(2) 高速増殖炉は軽水炉と異なるいくつかの特徴を有しており、まず燃料にプルトニウム・ウラン混合酸化物を使用し、高速中性子による反応を主体とした増殖可能な炉心である。そして、冷却材にナトリウムを使用しており、万一冷却材の漏洩があった場合も炉心

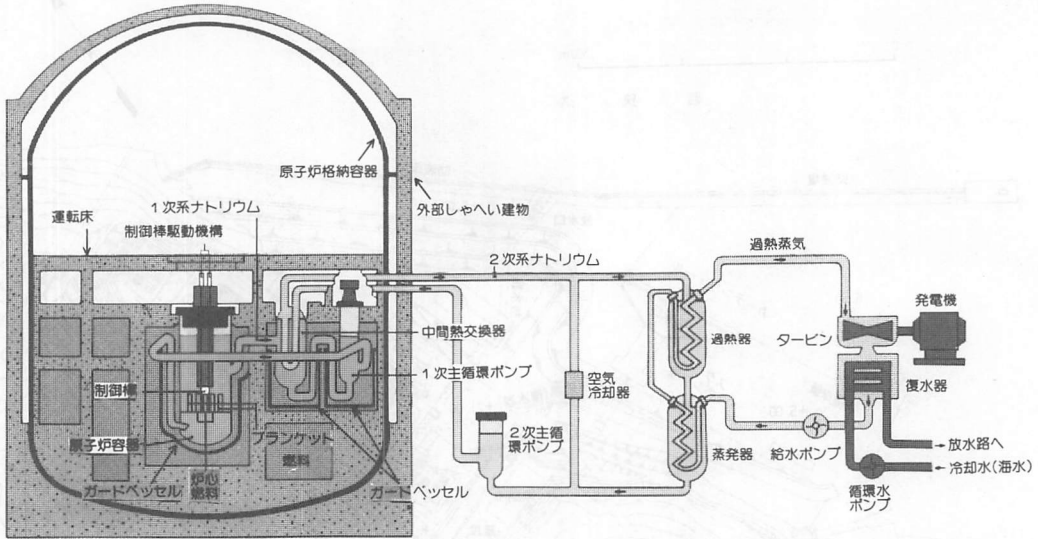


図-3 「もんじゅ」のしくみ

冷却に必要な1次ナトリウムの循環が可能のように十分な冷却材を確保するため、1次ナトリウム配管の大部分を高所配置とし、やむを得ず低所となる原子炉容器、1次系主循環ポンプ、中間熱交換器並びにそれら接続部分の配管にはガードベッセルと称する容器を設置し、又ナトリウムは化学的に活性であるためナトリウム機器配管を収納する部屋にはナトリウムと建物コンクリートと直接接触することを防止するため鋼製の

ライニング設備を設置する設計となっていることなどである。

4. 建設工程

表2に示すように昭和60年10月建設本工事に着手以来、平成3年4月機器据付完了迄66ヶ月(5.5年)、それ以降臨界迄の総合機能試験期間18ヶ月(1.5年)合計84ヶ月(7年)工程で建設を進めている。

表2 工事工程(全体計画)

| 年 | 58 | | | | 59 | | | | 60 | | | | 61 | | | | 62 | | | | 63 | | | | 64 | | | | 元 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|----|----|---|---|----|---|----|----|----|---|---|---|----|----|---|---|----|---|----|----|----|---|---|---|----|----|---|---|---|---|----|----|---|---|---|---|----|----|---|---|---|---|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 内容 | [Gantt chart bars representing construction progress from 1983 to 2012] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主要工程 | [Key milestones: 準備工事, 竣工, マット, C/V, R/V, 2次系, 総合機能試験開始, 臨界] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 土木敷地造成工事 | [Civil works: 進道路等, 取放水設備, 仮設用地造成工事] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 海城工事 | [Marine works: 防波護岸, 防波堤, 岸壁, 取水口] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 建築 | [Building works: 原子炉建物等] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 原子炉設備 | [Nuclear equipment] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| タービン発電機 | [Turbine generator] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 電気設備 | [Electrical equipment] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 総合機能試験 | [Overall functional test] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

注) C/V: Containment Vessel (原子炉格納容器) R/V: Reactor Vessel (原子炉容器)

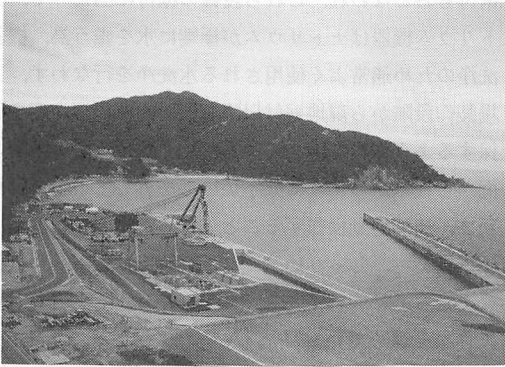
5. 建設工事の概要

(1) 土木施設

土木工事は昭和58年1月から準備工事を開始し、白木トンネル(740m)、もんじゅ隧道(920m)を昭和60年3月に開通させ、工事に必要な仮設用地はサイト内が狭い為白木、丹生地域の山林等を造成し確保した。

発電所の用地面積は約110万m²で、海域埋立部約8万m²を含め約36万m²が発電所敷地造成区域である。

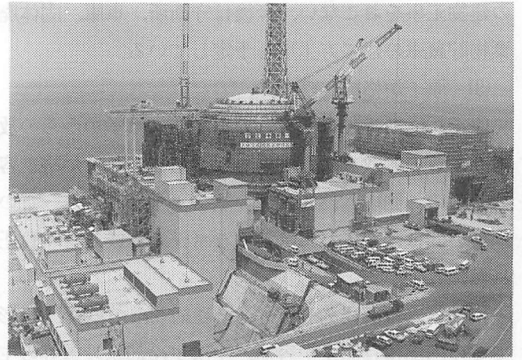
海域部は海域の埋立と防波護岸と防波堤(全長810m)、荷揚岸壁工事をおこない、写2に示すように荷揚設備、取水口設備等を設置し、港湾内は3000トン級の船舶が接岸可能である。



写2 港湾及び取水口設備

(2) 建物

発電所敷地内の主要な建物は、図-4、写3に示すように原子炉建物・原子炉補助建物(R/B, A/B)、メンテナンス・廃棄物処理建物(M/B)、タービン



写3 「もんじゅ」建物全景(東から)

建物(T/B)、ディーゼル建物(D/B)からなっている。

A/Bの平面寸法は約115m×100mで、その屋上には海拔からの高さ約150mの排気筒を設置している。

M/Bの平面寸法は約48m×58mで原子炉補助建物の北側に隣接して設置している。

T/B及びD/Bはそれぞれ平面寸法約38m×85m及び約37m×39mで原子炉補助建物の南側に隣接して設置している。

建設工事に当たっては、ほぼ全工事範囲をカバーできるように工事用タワークレーンを適切に配置し、更に建屋内外乗り込み構台の設置等により、大きな物量の取扱いを円滑迅速化したり、床コンクリート打設におけるデッキプレート施工法の採用等により現地作業の効率向上を図って進めている。

その他の建物については淡水供給設備建物、排水処理建物が既に出来上がり、現在は総合管理建物、倉庫

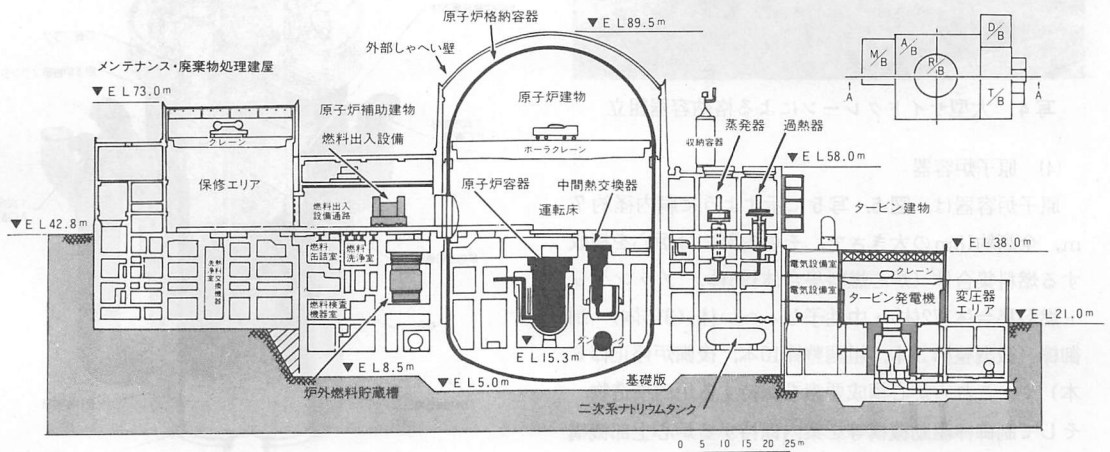


図-4 主要建物断面図(A-A断面)

の建物工事をおこない、今後は守衛所、車庫、固体廃棄物貯蔵庫の建て方工事を予定している。

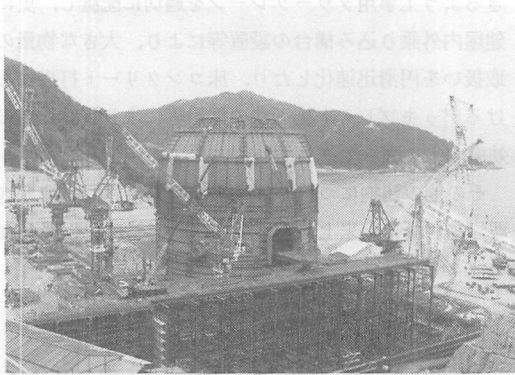
(3) 原子炉格納施設

原子炉格納施設は、万一の事故時に原子炉からの放射性物質の放散を防止するものであり、原子炉格納容器とその外側の外部しゃへい壁により構成され、この両者の間は密閉されたアニュラス部を形成し常時負圧に保たれている。

格納容器は直径約49.5m、全高約79mの鋼製円筒形でこの内部には原子炉容器、1次主冷却系設備等の主要設備を収納している。

格納容器の据付は、写4に示すように工場製作の452枚の鋼板を現場加工場にて自動溶接器によって141ブロック（最大重量約60トン、最大寸法約12m×11m）にし、この大型ブロック化した部材を8000t-mの機能を持つ大型サイドクレーンで吊り上げ据付ける工法を採用し、昭和61年7月に建て方を開始し、約10ヶ月の工期を使って昭和62年4月に耐圧漏洩検査を終え据付工事を完了した。

外部しゃへい壁は縦置き円筒上部ドーム型で格納容器を覆う鉄筋コンクリート構造物で平成2年夏には完成の予定である。



写4 大型サイドクレーンによる格納容器組立

(4) 原子炉容器

原子炉容器は、図-5、写5に示すように胴内径約7m、全高約18mの大きさで、その内部には炉心を構成する燃料集合体（炉心燃料集合体198体、ブランケット燃料集合体172体）・中性子しゃへい体（316体）・制御棒（微調整棒3本、粗調整棒10本、後備炉停止棒6本）や、これら炉心構成要素を保持する炉内構造物、そして制御棒駆動機構等を案内保持する炉心上部機構等を組み込み、原子炉容器の上部には蓋に相当するしゃへいプラグが据えつけられる。このしゃへいプラグは

固定プラグ（最大径約9.5m、厚さ約2.8m）とその内側の回転プラグ（最大径約5.9m）からなり、原子炉容器カバーガスバウンダリーを形成するとともに、燃料交換時には回転プラグの回転と燃料交換装置のアームの回転とによって燃料交換を行なう機能を有している。

又、原子炉容器の外側には胴内径約7.8m、全高約13mの大きさの原子炉容器ガードベッセルを設置している。

原子炉容器ガードベッセルは昭和63年6月に、原子炉容器は昭和63年10月に、それぞれ工場から海上輸送し格納容器内に搬入し据付けをおこなっており引き続き、炉内構造物・しゃへいプラグ・及び炉心上部機構等の据付もおこなわれ、これら設備の据付に当たって、ナトリウム機器はナトリウムが極端に水を嫌う為、機器洗浄のため通常よく使用される水洗浄を行わず、工場製作段階から現地据付以降も機器内部の清浄度を確保するよう作業を進めている。又、燃料交換は気密の面から軽水炉のように原子炉の蓋を外して目視で行わず、遠隔自動操作することとなる為、原子炉容器、炉内構造物、しゃへいプラグ、燃料交換装置等の据付にあたっては許容精度内に納めるべく精度管理を行なって作業を進めている。

(5) 原子炉冷却系

原子炉冷却系は、図-3に示すように1次主冷却系、

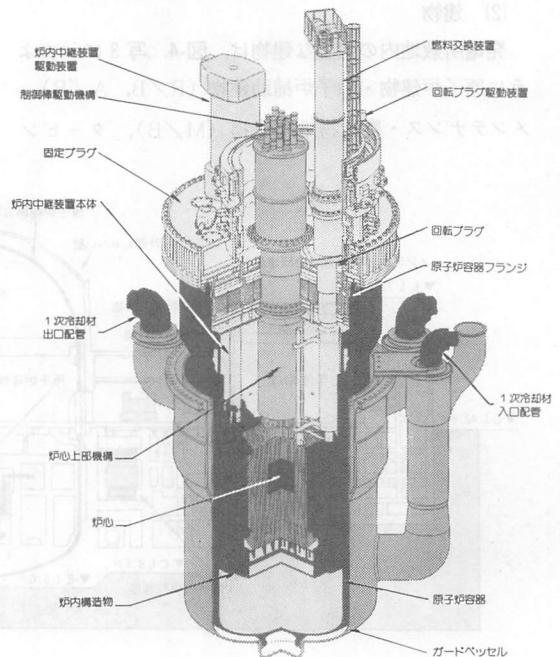
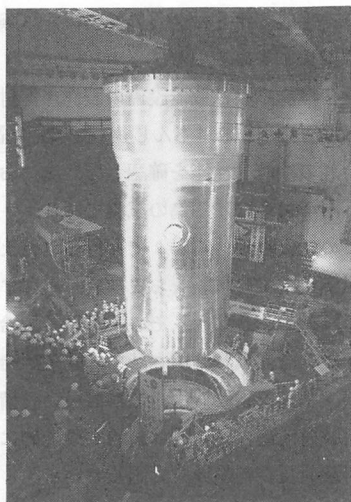


図-5 原子炉本体図



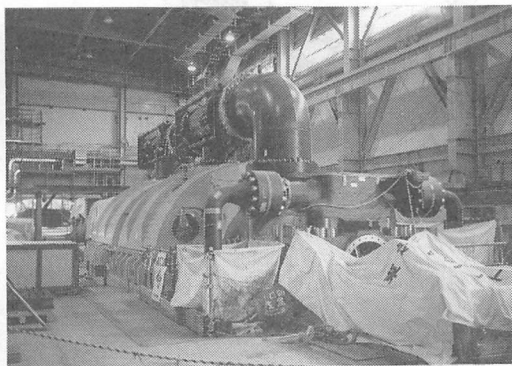
写5 原子炉容器据付状況

2次主冷却系、及び水・蒸気系で構成され、各系統とも各3ループ設けられている。

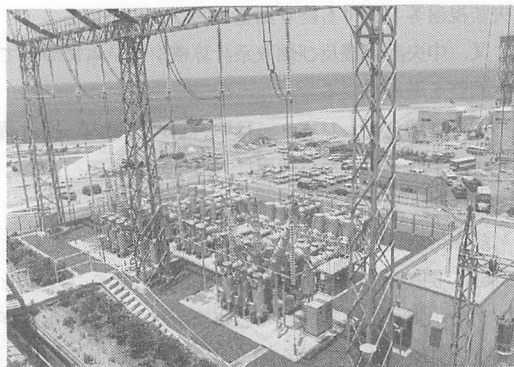
1次主冷却系は原子炉容器、中間熱交換器、1次主循環ポンプ及びそれを結ぶ配管等からなり、又2次主冷却系は1次系の中間熱交換器を介して過熱器、蒸発器、2次主循環ポンプ及びそれを結ぶ配管等から成っておりそれぞれ主要設備の据付を終わっている。

これらナトリウム機器配管を収納する部屋には、鋼製のライニング設備を設置しており、原子炉建物内のナトリウム機器・配管の壁、天井のライニング工事は、予めサイト内の加工場で断熱材と合わせて組立加工し建物躯体コンクリート打設時前に先行取付けし型枠として使用することにより建物躯体工事と一体化した工程で進め工事工程の効率化を図っている。

水・蒸気系は蒸発器、過熱器、原子炉補助建物の外壁を出てタービン建物へ入る配管類、タービン、復水



写6 タービン・発電機据付状況



写7 開閉所設備



写8 中央制御室

器、給水ポンプ等から成るループを構成しており、平成1年秋から復水器、給水ポンプ等のタービン附属設備の据付け及び配管等の接続工事をおこない、平成2年春から写6に示すようにタービン・発電機本体の搬入据付をおこなっている。

(6) 電気・計測制御設備

電気設備は送電線、開閉所設備、発電機、変圧器及び、所内母線系統から構成される。

送電線は既存の275KV敦賀線から「もんじゅ」へ分岐し接続され、これを使用して「もんじゅ」の発生電力を送り出す予定である。写7に示すように開閉所設備及び送電線は平成2年4月に竣工し、現在は工事用及び試験用電力の受電に使用している。

所内母線系統は6.6KVの所内高圧系統と所内低圧系統からなり、外部電源が喪失した場合の対応として互いに独立分離した3台のディーゼル発電機(4250KW/台)を設置している。

計測制御設備は原子炉制御設備、原子炉保護設備、原子炉計装及びプロセス計装等から構成される。

中央制御室においては写8に示すように制御盤、中

中央監視盤等の据付も終り調整をおこなっている。

又、中央計算機及び燃取系計算機システムについても調整を進めている。

運転訓練シミュレーターは総合管理建物内へ据付調整後、平成2年末から運用に入る予定である。

(7) ユーティリティ設備

淡水供給設備、排水処理設備は平成2年春に竣工し、275KV開閉所の碍子水洗設備、機器配管のフラッシングや水張り試験等構内の必要箇所から順次純水及び淡水の供給を始めている。

平成2年夏には、原子炉補機冷却海水系及び原子炉補機冷却系の運転を予定しており、これにより順次、空調用冷水設備への冷却水供給及び、空調系を運転できる状況になる。又、制御用圧縮空気設備及び補助ボイラー設備の運転も始める予定であり、これらユーティリティ設備も順次運用に入り出しプラントの各種試験を進めて行く条件が整いつつある。

6. あとがき

「もんじゅ」の建設工事は、順調にそして着実に進

んでおり、平成3年5月からの総合機能試験開始についても準備をすすめている。

この総合機能試験は機器設備の製作、据付段階の各種試験・検査に引続き「もんじゅ」機器設備全般に亘って設計全般の機能・性能を確認して、次におこなう性能試験へ円滑につなげる為の試験である。

そのため、実験炉「常陽」でも行われたように、最初は常温空気中での試験をおこない、次にアルゴンガス中での試験をおこなう、その次に原子炉冷却系設備にナトリウムを充填し循環させて、原子炉冷却設備の流動試験、制御棒駆動機構、燃料取扱い設備等について、燃料装荷前迄の総合的な試験を段階的に進め、その後燃料装荷及び初臨界を計画している。

以上、動燃事業団は主務官庁の指導のもと関係者の協力を得て、安全及び品質の確保に万全を期しながら、このナショナルプロジェクトの完成に向けて努力を続けている。

