



高速増殖炉もんじゅ発電所 建設状況

動力炉建設運転本部
高速増殖炉もんじゅ建設所

資料番号：67-2

Current Construction Stations of "Monju"

Reactor Construction and Operation Project.
Monju Construction Office.

高速増殖炉もんじゅ発電所の建設工事は、昭和60年10月の本格着工以来、土木、建築、機電の各工事および機器・設備の工場製作が順調に進んでおり、本年6月末現在の総合進捗率は49.6%に達した。この6月中旬には、原子炉容器ガードベッセルを据付けたが、いよいよ10月には原子炉容器を据付ける予定である。その後、昭和64年9月蒸気発生器据付完了、65年4月275kv受電開始、66年4月機器据付完了、そして18ヶ月間の総合機能試験を経て、67年10月の初臨界に向けて運転は進められる。

1. はじめに

高速増殖炉もんじゅ発電所の建設工事は、関係各位の協力の下に順調に進んでおり、昭和63年7月には、総合進捗率が建設の折り返し点である50%に達しようとしている。60年10月本格着工以来約2年9ヶ月を経過し、サイトの状況は日増しに変わり、プラント全景が姿を現わしつつある。この6月には、原子炉容器ガードベッセルの据付が無事終わり、10月にはいよいよ原子炉容器本体の据付を予定するまでに至り、機電工事はまさに最盛期を迎えようとしている。

一方、建設工事の推進にあたっては、安全、工程および各設備・機器の品質の確保に万全を期することはもとより、もんじゅが我が国初のFBR発電炉であることから、その建設を通じて得られる貴重な経験や技術を蓄積・評価し、充実・補強した技術基盤をタイムリーに次のFBR発電炉へ伝えていくことも、もんじゅ建設に携わる者の使命である。このような観点から、昭和62年8月には全社の規模で受注者等も含めた建設工事技術委員会を現地に設置し、同委員会を中心にこれら技術集約の活動も開始している。

本文は建設工期のほぼ半期を経過するもんじゅ建設工事の現況と機器・設備の工場製作状況について述べる。

2. 発電所施設の概要

2.1 設計主要目

もんじゅの主要な設計仕様を表1に、原子炉冷却系の概要を図1にそれぞれ示す。原子炉はいわゆるループ型で、炉心で発生した熱は独立した3系統から構成される冷却系によって取り出され、それぞれ1次ナトリウム系、2次ナトリウム系、さらに水・蒸気系へと伝え、発生した過熱蒸気を発電機に直結するタービンに送る。原子炉の熱出力は714MWt、電気出力は発電端で280MWeである。プラントの主要機器の配置俯瞰を図2に示す。

2.2 プラント配置

もんじゅ発電所のサイトは、福井県敦賀市市街地より北西約12kmの敦賀半島北部に位置する敦賀市白木にある(図3)。発電所敷地は若狭湾に面し、背後は標高300-600mの山地に囲まれ、原子炉施設は中央部の段丘ないし扇状地を呈する丘陵部に設置さ

表1 「もんじゅ」発電所の主要目

原子炉型式	ナトリウム冷却高速中性子型
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)	二酸化ウラン
燃料装荷量(炉心)	約5.9ton
(ブランケット)	約17.5ton
増殖比	約1.2
炉心燃料平均取出燃焼度	約80,000MWD/T
燃料被覆管材質	SUS316
炉心燃料被覆管最高温度	675℃
原子炉容器型式	底部鏡板付円筒たて型容器
1次冷却材流量	15.3×10^6 kg/hr
1次冷却材温度	397/529℃
(原子炉入口/原子炉出口)	
ループ数	3
中間熱交換器型式	たて型無液面平行内流型
2次冷却材流量	3.7×10^6 kg/hr (1ループ)
2次冷却材温度	325/505℃
(低温側/高温側)	

ポンプ位置	コールドドラッグ
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	単型3気筒4流排気非再熱式
蒸気温度(主蒸気止め弁前)	483℃
蒸気圧力(主蒸気止め弁前)	127kg/cm ² g
タービン流入蒸気量	1.1×10^4 t/hr
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5ヶ月

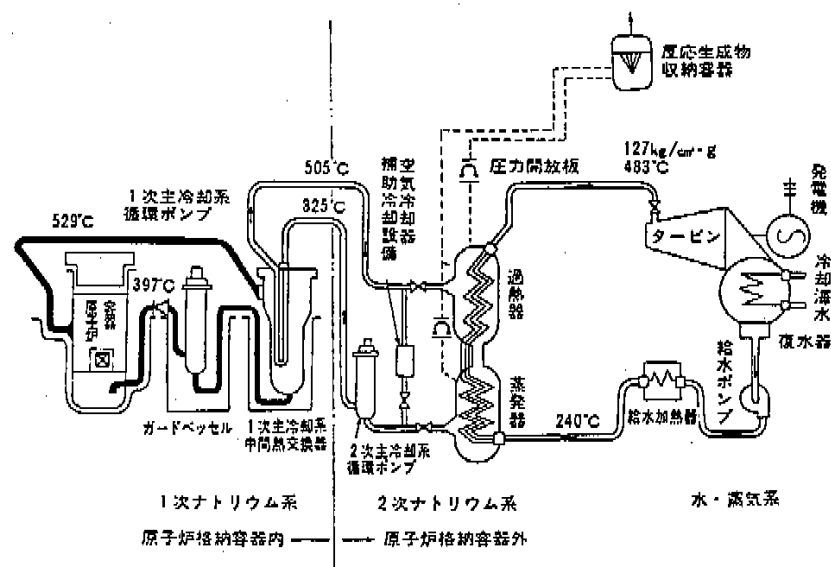
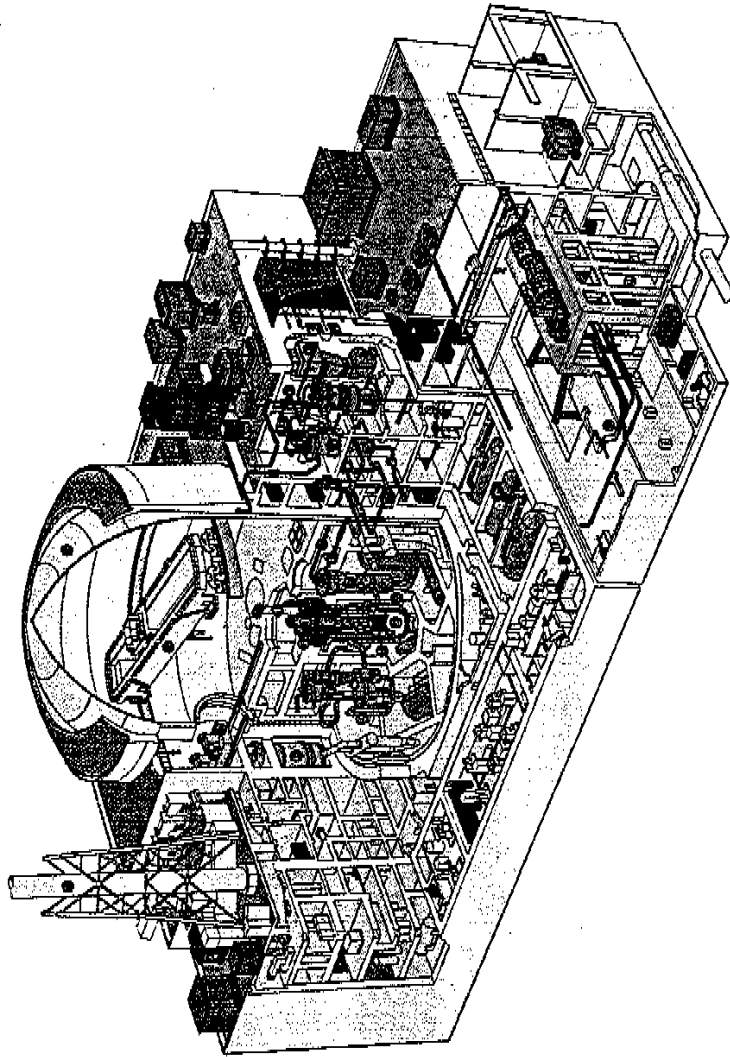


図1 原子炉冷却系概要図



- ① 炉心
Core
- ② 原子炉容器
Reactor Vessel
- ③ 燃料棒駆動機構
Control Rod Drive Mechanism
- ④ 燃料交換装置
Fuel Handling Machine
- ⑤ 遮蔽プラグ
Shield Plug
- ⑥ ガードベッセル
Guard Vessel
- ⑦ 中間熱交換器
Intermediate Heat Exchanger
- ⑧ 1次主冷却循環ポンプ
Primary Main Pump
- ⑨ 1次主冷却系配管
Primary Loop
- ⑩ 2次主冷却系配管
Secondary Loop
- ⑪ 原子炉格納容器
Containment Vessel
- ⑫ 燃料出入設備
Charging Discharge Machine
- ⑬ 2次主冷却系循環ポンプ
Secondary Main Pump
- ⑭ 蒸気発生器(蒸発器)
Evaporator
- ⑮ 蒸気発生器(過熱器)
Super Heater
- ⑯ 相対冷却設備空気冷却器
Air Cooler
- ⑰ 反応生成物処理容器
Reaction Product Tank
- ⑱ 炉内放射線貯蔵槽
Excessed Fuel Storage Tank
- ⑲ 水・蒸気配管
Steam Feed Water Loop

図2 もんじゅ備取図

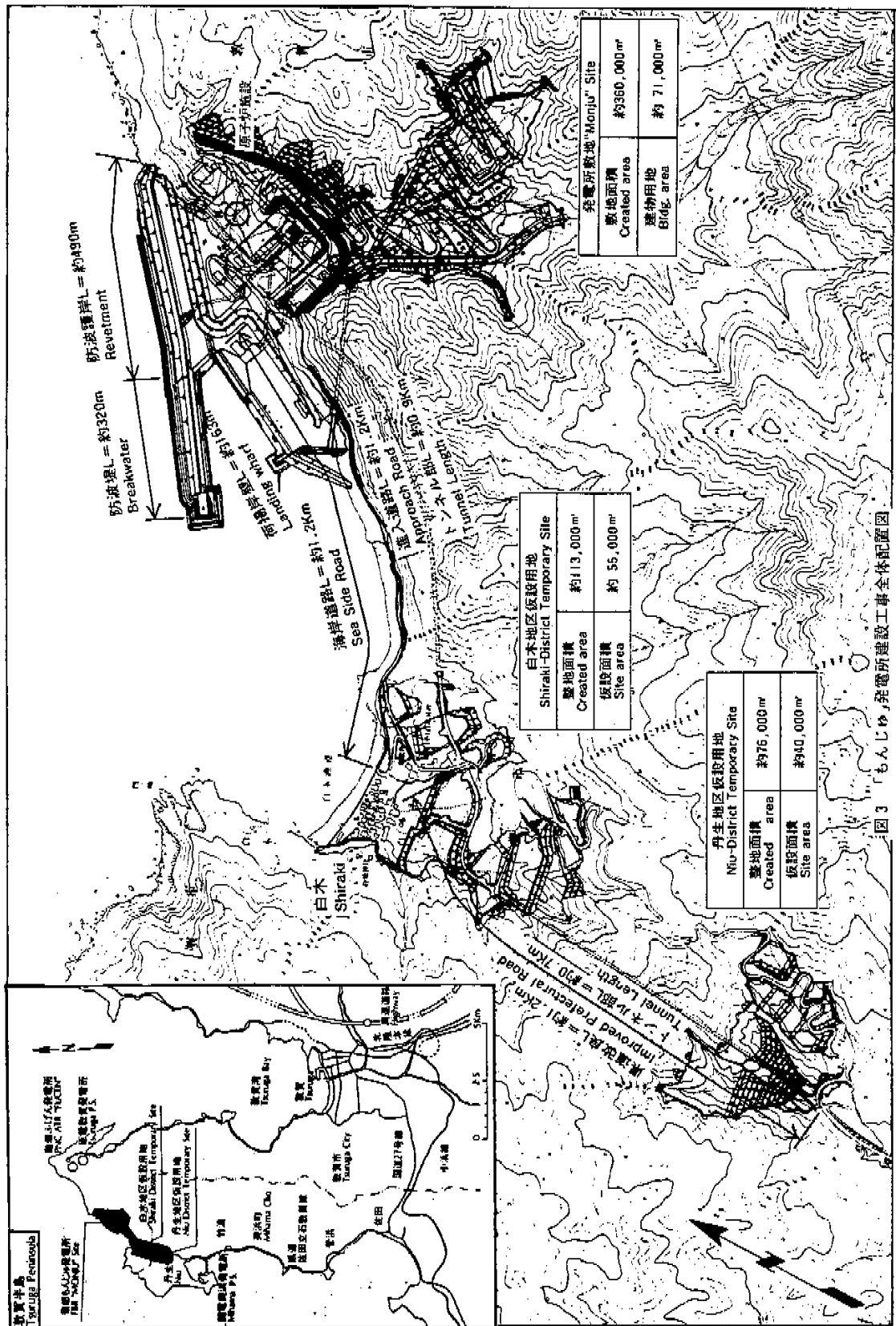


図3 「もんじゅ」発電所建設工事全体配置図

れる。敷地中央部は標高(以下ELと略記)+42.8mおよびEL+21.0m(一部EL+31.0m、EL+27.0m)に敷地造成され、EL+42.8mの敷地面に北側よりメンテナンス・廃棄物処理建物、原子炉建物とそれを取り囲む原子炉補助建物を設置し、EL+21.0mの整地面にディーゼル建物、タービン建物等を配置している(図6参照)。建設時の重量物搬入等のため、敷地前面に港湾を設けており、復水器冷却水は港湾内より深層取水し、放水ピットを経て港湾外に放出する。主要建物および構築物の基礎は、堅固な岩盤上に直接支持している。主要建物の概要を表2に示す。また、その平面図、断面図を図4、図5に示す。

3. 建設計画全般

3.1 全体工程

もんじゅ建設全体工程を表3に示す。昭和58年1月に準備工事を開始し、60年10月本工事着工、これにより建物基礎掘削工事を開始している。61年2月には、原子炉建物および原子炉補助建物の基礎版工事により、建築工事を開始した。もんじゅ建設工事のクリティカル工程を中心とした詳細工程を表4に示す。表4の太線で示したパスがクリティカル工程であり、細線がサブクリティカル工程である。原子炉格納容器のポーラクレーン据付後の生体遮蔽壁据付工事から、64年6月の1次主冷却系中間熱交換器等の据付開始までの間、クリティカル工程は原子炉建物側が支配している。これは、もんじゅ建設工事の特徴であり原子炉建物内のナトリウム機器・配管室の壁、天井のライニング工事と建物躯体工事が交互に一体となって進められるためである。ライニングは、サイト内のライニング加工場で断熱材と合わせて組み立てられた先付けライナパネルとして据付け、そのまま壁や天井の一部となるとともに、建物躯体コンクリート打設のための型枠としても使用することにより工程短縮を図っている。サブクリティカル工程としては、主要機電工事である生体遮蔽壁、原子炉容器室中間床、原子炉容器ガードベッセル、原子炉容器本体据付等原子炉構造関係工事である。

今後の主要工程は、本年10月の原子炉容器据付、64年11月1次系高圧テスト、65年4月末275kV発電開始、66年4月機器据付完了、同5月総合機能試験開始、67年10月初臨界となる。

3.2 もんじゅ発電所の建設の特徴

もんじゅ建設工事は、土木、建築、機電の3工事からなる。土木・建築工事は、軽水炉等と共通する部分が多く、これまでにつかわれた工法と技術経験を積極的に活用し、随所にそれらに基づく合理的

表2 主要建物の概要

名称	構造	規模
原子炉建物	善完版	鉄筋コンクリート造 外型: 115.0m × 100.0m 厚さ: 6.0~9.5m
	外部遮蔽壁	鉄筋コンクリート造 内径: 52.2m 壁厚: 1.0~1.8m ドーム厚: 0.45~0.8m 高さ: 68.5m (EL21.0mから)
	内部コンクリート構造物	鉄筋コンクリート造一部鋼板コンクリート造 原子炉格納容器内部の生体遮蔽装置と主要機器架台EL28.3m~EL43.0m
原子炉格納容器	円筒形鋼製容器 内径: 49.5m 高さ: 79.4m 板厚: 半球部19mm 胴部38mm	
原子炉補助建物	鉄筋コンクリート造一部鉄骨鉄筋コンクリート造 階数: 6階 外型: 115.0m × 100.0m 建築面積: 約11,400㎡ 高さ: 46.5m	
メンテナンス・廃棄物処理建物	鉄筋コンクリート造一部鉄骨鉄筋コンクリート造および鉄骨造 階数: 8階 外型: 47.75m × 57.5m 建築面積: 約3,050㎡ 高さ: 53.5m (基礎版下端EL19.5mから)	
ディーゼル建物	鉄筋コンクリート造 階数: 4階 外型: 36.5m × 38.5m 建築面積: 約1,380㎡ 高さ: 25.3m (基礎版下端EL15.7mから)	
タービン建物	鉄筋コンクリート造および鉄骨造 階数: 5階 外型: 38.07m × 84.57m 建築面積: 約3,270㎡ 高さ: 30.8m (基礎版下端EL7.2mから)	
排気筒(構築物)	鉄骨造 内径: 4.0m 高さ: 100.2m (原子炉補助建物屋上立上りEL52.6mから)	

な工程の設定を行っている。

もんじゅにおける土木工事の特徴は、敷地が三方を山に囲まれた比較的狭隘な場所であることによる。敷地造成工事においては、用地約14万m²を造成するのに約230万m³の掘削を要した。これによる掘削土は海域の埋立造成と山側盛立造成等により処理している。この山側盛立部は、重要施設の上部に位置することから、洪水時の渓流水を安全に流下できるよう、水路は両側に余裕のある断面で段差式水路とし、地下には排水トンネルを設けて地下水の排水を行っている。また、海上輸送および取放水のための海域施設は、320mのケーソン混成堤防波堤を初めとする施設を設けているが、地域的な事情から冬期などの荒天候時には船舶の入港しないコンパクトなものとしている。

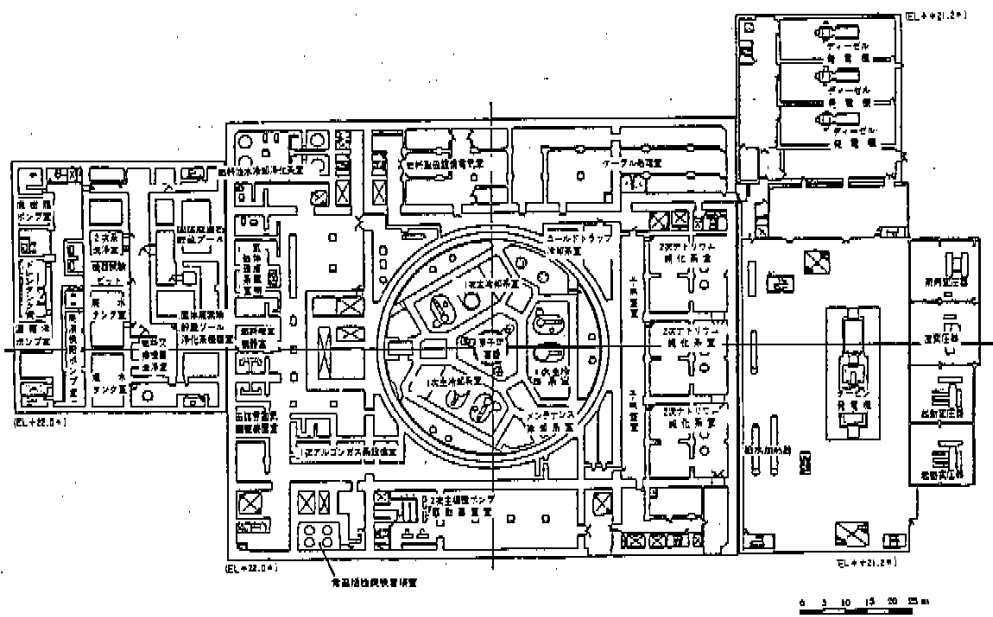


図4 主要建物平面図 (EL.22.0 m)

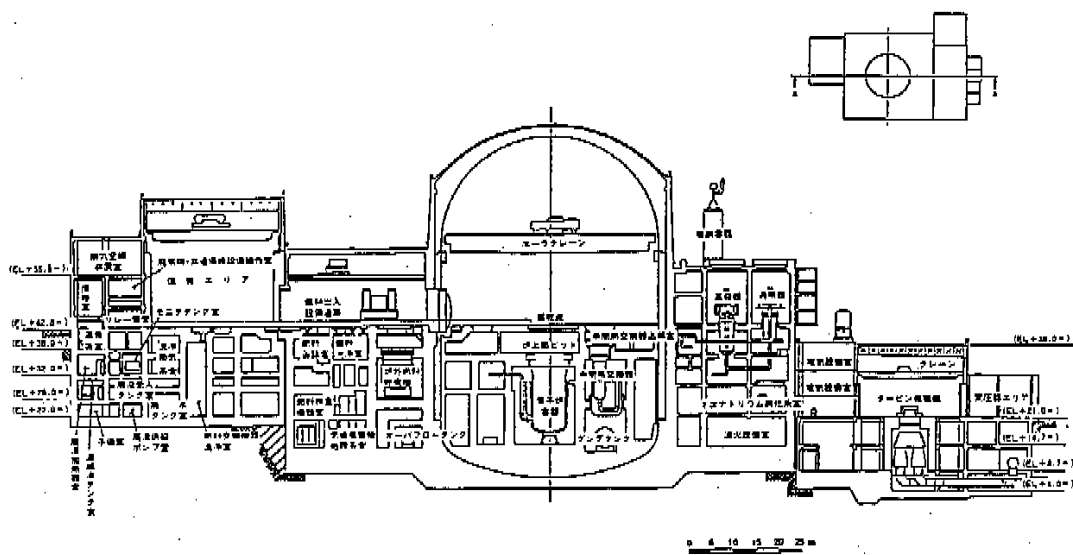


図5 主要建物断面図 (A-A断面)

建築工事においては、最新の軽水炉の工法を採用している。建築工専用資材の搬入動線としては、周囲の造成地盤面のレベル差が大きく、開削法面であることから、四周からアクセスするための乗入構台を設けている。また、ほぼ全工事範囲をカバーできるようにタワークレーンを配置し、膨大な物量を効率的に取り扱っている。床型枠としてはデッキプレート工法を多用し、機器工事への引継ぎ工期の短縮を図り、配筋においては鉄筋支持架台を採用するなど、可能な限り合理的手法を採用している。また、ナトリウムを保持する機器を収納する部屋に設けられている鋼製ライナの施工と建築工事との取合箇所が多いことも一つの特徴となっている。

機電工事においても、原子炉格納容器建方用大型サイドクレーンの採用等の最新の軽水炉の工法を取り入れているが、ここではもんじゅの原子炉構造設備、1次および2次冷却系設備、燃料取扱・貯蔵設備等のナトリウム機器およびライニング設備等FBRに特徴的な設備の工事について説明する。

(1) 原子炉構造設備据付精度の確保

もんじゅの燃料交換は軽水炉と異なり目視による確認ができないので、回転プラグ上に燃料交換機を取り付け、すべて計器にもとづく遠隔操作で行う。このため、原子炉容器、遮蔽プラグ、炉内構造物等の据付にあたっては、工場での製作精度を含めて据付時の精度を検討し、許容精度内に確実に据付けられるよう据付手順、計測方法等を定めて工事を進めている。

(2) 建設工事の清浄度管理

プラント設備全般にわたり、品質管理の観点から清浄度管理を実施しているが、特に原子炉構造設備、1次および2次冷却系設備等のナトリウム機器については、据付完了後に軽水炉におけるような水を用いたフラッシングを行えないため、清浄度管理区域の設定、系統設備内の湿分・塵埃等の混入防止のための雰囲気管理、服装・持ち物等を含めた入城管理を徹底し、建設工事段階から塵埃、異物等が侵入しないような対策を講じている。

(3) ライニング設備工事

ライニング設備は、万一ナトリウム機器からナトリウムが漏洩した場合を想定し、漏洩するナトリウムを受けとめ、安全に処置するためのもので、鋼板、断熱材等から構成され、ナトリウム機器を据付けるすべての部屋の床、壁に設置している。特に、1次冷却系室では窒素雰囲気形成するため、天井にもライニングを設置している。壁および天井ライニングは予めサイト内のライニング加工場で加工し、建物躯体コンクリート打設時の型枠として使用するこ

とは、3.1に記した通りである。

このほか、もんじゅ建設の特徴は、もんじゅを国家プロジェクトとして動燃事業団が主体となり、官民協力のもとに推進している点である。土木工事の各共同企業体、各建物ごとの建築共同企業体、主要機器を担当する原子力メーカ4社、その他のメーカ等数十社が動燃事業団との契約の下に参画している。さらに建設工事の施工管理においては、電力会社側の窓口である日本原子力発電㈱の協力を得て進めている。これら多くの企業間の融和、総合調整を図り、もんじゅを成功裡に導びくこととしている。

4. 建設進捗状況

4.1 進捗状況全般

昭和63年6月末現在の各工事ごとの進捗率内訳を表5に示す。もんじゅサイト内の建設工事状況を図6および写真1に示す。土木工事は、工事件数としては多いがすでに85%を終了しており、残る主な工事としては、機電とも取舍の多いスクリーンポンプ室工事、補機冷却系送水管路工事等がある。建築工事は、原子炉補助建物の工事が最も進んでおり、地下4階より各階の工事区画ごとに機電側へエリア管理の引き継ぎが行われ、6月末現在で地下2階の一部までの引き継ぎを完了している。各建物ごとの進捗状況を表6に示す。機電工事は原子炉格納容器内の原子炉構造設備工事、ライニング設備工事等を

表5 建設工事進捗状況(昭和63年6月末現在)

区分	工事概要	進捗率(%)
土 木	・発電所敷地造成工事中 ・緑化工事中 ・スクリーンポンプ室構切工事中	85.2
建 築	・建物詳細設計中 ・原子炉建物および原子炉補助建物、メンテナンス・廃棄物処理建物、タービン建物およびディーゼル建物鋼骨鉄筋コンクリート工事中 ・原子炉建物および原子炉補助建物、メンテナンス・廃棄物処理建物、タービン建物およびディーゼル建物仕上げ工事中(塗装工事中)	43.8
原 子 炉	・製作設計中 ・原子炉容器等製作中(工場) ・生体遮蔽据付およびライニング設備工事中	47.6
タービン 発 電 機	・製作設計中 ・循環水配管工事中	29.7
電 気	・製作設計中および工場製作中 ・探地網布設工事中 ・ケーブルトレイ工事中	42.3
総 合		49.6

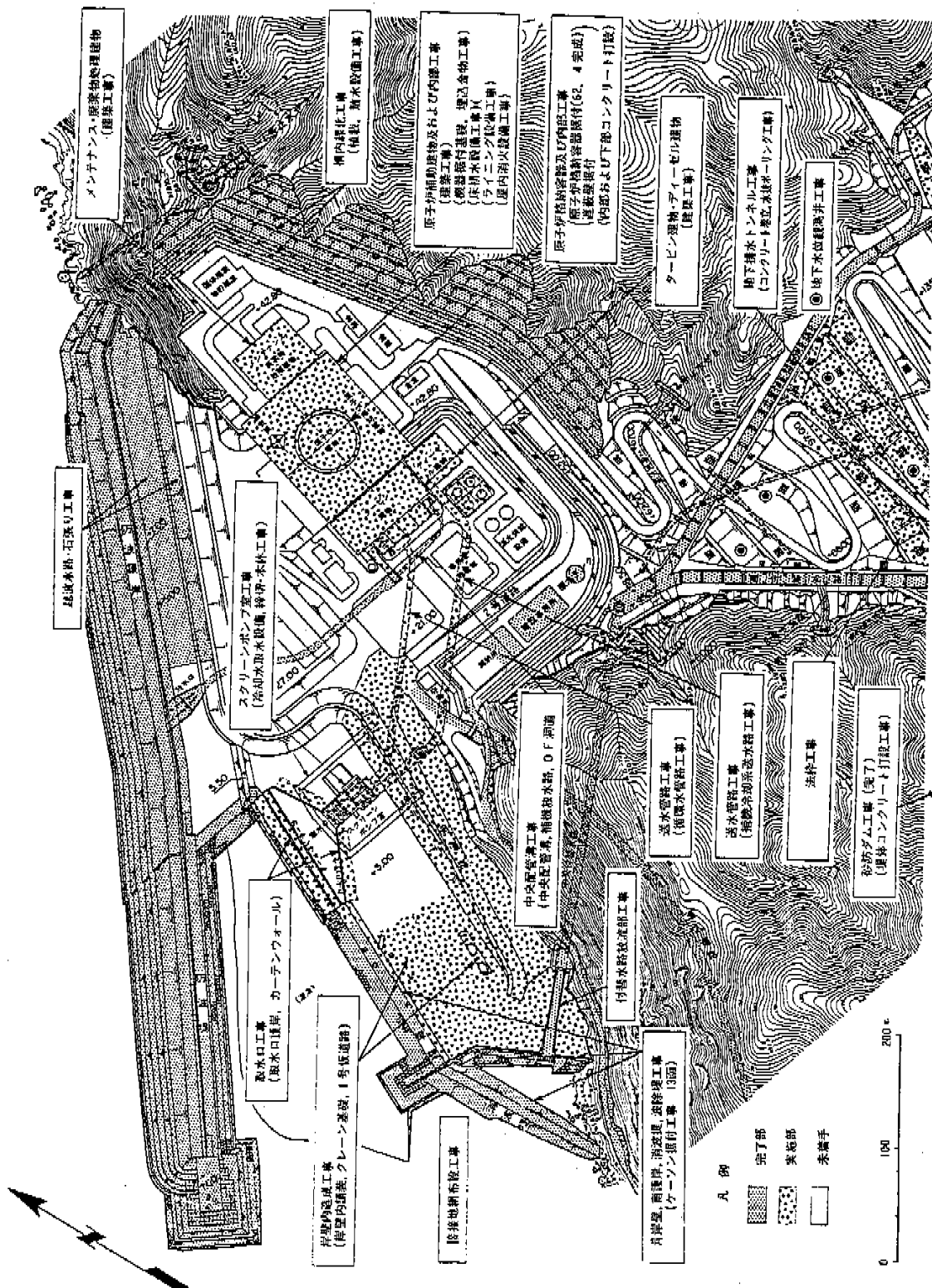


図 6 建設工事現況図 (昭和 63. 6 末現在)

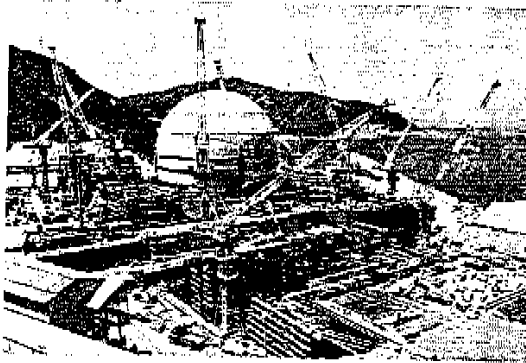


写真1 もんじゅ建設工事状況

中心に、原子炉補助建物内では、建築側より引き継いだエリア内における換気空調設備、補機冷却水設備、ライニング設備、ケーブルトレイ等の工事を進めている。また、建築工事に合わせて先入タンク類の据付けも行っている。63年4、5月には1次系ダンプタンク(200m³・2基、100m³・1基)およびオーバーフロータンク(100m³・1基)の据付けを行った。屋外では、スクリーンポンプ室側の循環水配管の据付け工事を進めている。

鋭意進めている現地工事と並行して、工場においては機器、設備の製作が進められているが、それらの進捗状況は表7のとおりである。すでに原子炉格納容器、先入れタンク、生体遮蔽壁、原子炉容器ガードベッセル、原子炉補機冷却系機器、圧縮空気設備、1次ナトリウム純化系のガス系機器、1次アルゴンガス系圧縮機などの機器、設備の工場製作、現地への搬入、据付けを終了している。昭和63年6月現在、原子炉容器、炉内構造物、遮蔽プラグ、中間熱交換器、1次・2次主循環ポンプ、蒸気発生器など大型機器の工場製作進捗率は60～90%に達している。

4.2 試験・検査実施状況

もんじゅは研究開発段階にある原子炉として原子炉等規制法、家用電気工作物として電気事業法の両方の法律に規制され、両法律下での試験・検査を実施している。

使用前検査要領書は、約100編程度と予想され((イ)項検査のみ)、現在までに約35%が了承されている。使用前検査要領書の冊数が軽水炉より多い理由は、系統設備が多いことから、系統設備検査を分冊にして承認を受けていくものも少ないことによる。

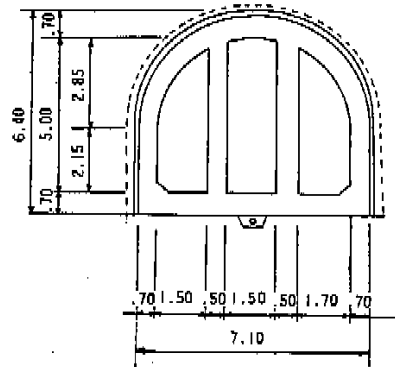


図7 補機冷却系送水管路トンネル部断面

また検査は、先行炉を参照して実施しており、立会検査数は約350件((イ)項検査のみ)と予想され、現在までに約12%が終了している。立会検査数が多い理由は、構造上、ナトリウム機器は溶接構造で内部に組み込まれるために、製作途上での検査が必要となるものが少ないことによる。

一方、サイトおよび工場の両場所、指定検査機関による溶接検査等を受検している。多くの機器・設備が工場製作段階にあることと、先のナトリウム機器の特殊性から先行検査の必要性があり、量的にサイト分に比し工場での受検分が多い。

4.3 サイト建設状況

以下に土木、建築、機電各工事の状況を述べる。土木工事については全体概要を、建築工事については最近の進捗状況を、機電工事については原子炉格納容器建方完了(昭和62年4月)以降の進捗をそれぞれ述べる。

4.3.1 土木工事

4.3.1.1 陸工事

昭和58年1月より開始した土木工事は、63年6月

表6 建物コンクリート工事進捗率 (昭和63年6月末現在)

区分	設計数量	累計出来高	進捗率(%)
原子炉建物	60,000m ³	35,800m ³	59
原子炉補助建物	188,000m ³	141,100m ³	75
タービン建物	22,000m ³	14,500m ³	65
ディーゼル建物	11,800m ³	7,000m ³	59
メンテナンス・原簿物処理建物	53,500m ³	21,600m ³	40

末で85%を終了し、これからの主要陸工事としては、スクリーンポンプ室構築、建屋周辺部の配管溝、盛土法面の修景緑化、さらに各建物まわりの埋戻し整地等である。

現在サイト内で実施している主な工事は、補機冷却系送水管路工事である。補機冷却系送水管路は耐震面から岩盤支持とし、ポンプ室や機器室に近い所ではカルバート方式で、他の部分はトンネルとし、いずれも内部を3系列に分離して配管する構造としている(図7)。

これまでの主要陸工事は以下のとおりである(図3、図6参照)。

- (1) 工事に必要な仮設用地はサイト内が狭く確保が困難なため、敷地外となる白木南側および白木峠南側の丹生地区に造成し、平地約7.5万 m^2 (28区画)を確保した。
- (2) 発電所敷地約362万 m^2 (うち海城埋立約8.2万 m^2)は準備工事の段階でEL+21mまで造成し、本格工事で建物基礎のEL+5mまで掘削した。掘削により生じた約230万 m^3 の掘削土は、約100万 m^3 を山側部に盛土処理し、約100万 m^3 を海城部埋立に、残り20万 m^3 を丹生仮設地に、10万 m^3 を建物の埋戻しに利用することで全体の土量バランスを図っている。その他
- (3) 200年確率洪水をも安全に流下させる段差式溪流付排水路工事。
- (4) 盛土斜面の安定性向上のための地下水集水孔地下排水トンネル工事。
- (5) 敷地上流側に土砂流出防止のための砂防ダムの設置工事、修景緑化工事、等である。

4.3.1.2 海工事

海城工事は防波護岸、荷揚岸壁、そして、これらの構築物と陸地で囲まれた海城の埋立および防波堤、さらに取水口まわり工事等がある(図3、図6参照)。

これらの工事は、58年4月から進めているが、冬期を中心とした半年間は海が荒れ、工事を実施できないことから、全長810mの防波護岸と防波堤の築造には5年の歳月を費やし、62年8月に完成するに至っている。当初の3年間(各年とも4~9月の間)は防波護岸工事が主となり、この工事の進捗に伴って、敷地造成の掘削土を用いた海城埋立も同時に進められた。防波堤等のケーソンや消波ブロックは、サイトより約60km離れた福井臨海工業地帯で製作され、台船やクレーン船を使って現地への輸送、据付を実施してきた。

荷揚岸壁は入港船舶3,000トン級を考慮して、天端

標高5m、水深6.5m、バースの長さ約160mとし、消波ケーソン式を採用して62年度に築造した。

61年~62年にメーカーの工場から海上輸送されてきた機器の水切作業は、構内護岸と防波堤を使って行われてきたが、63年8月からは本岸壁での水切りが行われる。

今後の工事は、63年度に取水口護岸ケーソンおよびカーテンウォールケーソンを製作し、64年度に現地据付を行い、背面の埋戻し、港内浚渫を実施し海工事すべてを完了する予定である。

4.3.2 建物工事

(1) 原子炉建物および原子炉補助建物工事

原子炉建物工事は昭和61年3月に基礎版工事に着手し、計画通り進捗しており、現在内部コンクリート工事が最盛期で、1次主冷却系室の床下端(EL+23.5m)までコンクリートの打設を完了している。内部鉄骨工事(炉上部ピット側壁および炉上部ピット蓋まわりの運転床本体鉄骨工事)については工場製作中で、63年12月より現地の組立を開始して、64年3月に完了する予定である。

原子炉補助建物工事の躯体コンクリート工事は、現在地下1階部分(EL+36.0m~+43.0m)を施工中であり、63年7月末には運転床(EL43.0m)を打設する予定で進んでいる。また、SG関連室まわり本体鉄骨(鉄骨鉄筋コンクリート造となる)は1ブロック(山側)のみ建方を完了しており、63年8月にはすべての建方が完了する予定である。仕上げ工事については、最下階の地下4階(EL+14.5m)から地下2階(EL+29.0m)の壁まで完了しており、それに伴う機電側へのエリア引き継ぎは地下4階、地下3階、地下2階の一部となるが、63年8月末には地下2階のすべてが引き継がれる予定であり、工程通り進捗している。

(2) メンテナンス・廃棄物処理建物

建物工事は62年9月に着手し、9カ月経過したところであるが、躯体コンクリートは最下階の地下4階(EL+22.0m)および地下3階(EL+26~+29m)が完了しており、現在地下2階を打設している。上部鉄骨工事については鉄骨を工場において製作中であり、63年9月より順次現場に搬入して建方を開始する予定である。また機電側へのエリア引き継ぎは、63年8月に第1回目として地下4階を予定している。

(3) タービン建物およびディーゼル建物

タービン建物工事は62年9月基礎工事に着手し、本体鉄骨工事は63年7月に完了する予定である。躯体コンクリートは地下1階(EL+14.7m)から打設を開始している。また、地下外壁の防水工事は第1