

第5章 国行政と中国電力の基本構想と経過概要

島根原子力発電所の建設に当っては、国の政策に基づき経済産業省並びに科学技術庁の方針に従い、中国電力が事業を行うものである。受け入れ側の島根県では、県議会の同意、地元鹿島町では議会の同意のほか、住民の大方の同意が必要である。

また、地元で生計を立てている、農民や漁業者の協力、さらに、原発に反対する立場の団体のことも配慮しなければならない。

松江市では、市主催の原発広聴会が開催され、322人分の一般傍聴人に対して傍聴希望者が2,481人に達した。鹿島町では、(S56.1.28) 2号炉を進めるための公開ヒアリングが開催された。このように賛成、反対の立場で開催されるのはよいが、事業者の立場である中国電力(株)ではどのような考え方で、島根原子力発電所を建設しようとしているのか、民主・自主・公開の原則に沿い中国電力側の「基本構想」を掲載することとした。

急増する電力需要に対応するため、火力発電を主体とする大規模な電源開発を進めてきたが、燃料の多様化、分散化によって経済的かつ安定なエネルギー源を確保するため、かねてから原子力発電開発について、各方面にわたり調査研究を進めるとともに、社内における開発準備体制を固めてきた。一方、国内外で原子力発電開発が急速に進められており、新技術の開発、安全設備の改善などにより信頼度がいちじるしく向上して、経済的にも火力発電に匹敵するような情勢になってきた。



島根原子力発電所1号機（右手前）

このような情勢の中で、当社は地元の深い理解を得て、島根県八束郡鹿島町に第1号原子力発電所を設置することを決定し、以来順調な建設工事を進めてきた。現在の総合進捗率は、約98パーセントに達しており、昭和48年11月の完成を目標としてあとひと息というところまできている。

以下、当社の原子力発電に対する開発準備から島根原子力発電所建設の概要までを述べることにする。

1. 基本計画構想とその変遷

① 炉型および出力の決定

昭和41年10月、当社は、原子力発電所建設を決意し島根半島に350MWe程度の原子力発電所を、昭和49から50年頃に完成させたい旨発表した。さらに、同年11月建設候補地点を島根半島の八束郡鹿島町輪谷を選定し、地元の協力を要請した、翌42年3月には、炉型を沸騰水型炉(BWR)とし、日立製作所との間で共同研究を進めることを明らかにした、さらに8月には、当時の国内情勢や、完成時の当社の発電設備容量等

を考慮して再検討した結果、出力を460MWeに増大することを決定した。

② 島根地点選定の理由

当社は、昭和35年以来、昭和41年秋までに中国地方全域の海岸線にわたって立地検討を行い、約30地点を選出したが、これらの地点について図上調査および現地踏査を行なった結果、つぎの理由により1号建設地点として島根地点を選定した。

- 1) 電力需要動向からいると、山陽側は急速に伸びており、電源を建設するにはきわめて好ましいが、人口密度が高く、社会環境の面から必要な面積を有する用地を取得し難い。これに対し、山陰側は相対的に人口密度が低く、とくに当地点は人口面から見て必要な用地面積が得られる。
- 2) 当地点は、岩盤が強固で、しかも路頭しているので、原子炉基礎として良好である、さらに海岸線が湾曲して水深も深く、港湾造成に適している。
- 3) 付近の松江、安来および米子市等を含む中海地域は、昭和41年に新産業都市に指定され、発電所完成時点頃には約300MWe以上の電力需要が見込まれ、既設の松江変電所および送配電線から山陰側電力需要中心部へ電力を供給できる。

③ 国産技術による開発

島根原子力発電所の特徴の一つに、動力炉として初めての国産技術による開発をあげることができる。これは主契約者として国内メーカーを選び、特殊なものを除いては国内の技術、機器を採用することにより、国内産業の育成強化と自主技術の確立に寄与できることを期待するものである。

しかし、島根原子力発電所は、国産1号炉の動力炉であると同時に、当社にとっても最初の原子炉であることから、炉心設計の余裕度と機器類の信頼性を重視して、建設、運転の実績が早く確実に得られるようにするため、東京電力の福島

1号炉と同様な設計とする方針をとる一方、日立製作所と米国GE社との技術提携による導入技術を活用することにした。

2. 敷地の各種調査

発電所建設地点は島根半島のほぼ中央に位置し、松江市、北方約10キロメートルの地点（北緯35度30分・東経133度00分）で島根県八束郡鹿島町に属し、総面積は約170万平方メートル（約52万坪）である。

中国電力では、昭和42年3月に原子力推進部松江原子力調査所、ついで昭和43年2月に島根原子力建設準備本部を開設して、敷地とその周辺の自然条件および社会環境について、調査・観測を各分野の専門家の指導のもとに行なった、これらの調査の概要は次のとおりである。

① 地形測量および深淺調査

敷地予定地を中心として広範囲の航空写真測量を実施した。陸上地形測量は敷地予定地および周辺山間部約70万平方メートルの測量を行なった。深淺測量については輪谷湾・宇中湾およびその周辺について行なった。

② 地質調査

発電所敷地全般の地質状況を把握する目的で地表踏査による地質調査およびボーリングを実施した。

この結果当敷地の地質は黒色真岩、砂岩、礫岩、凝灰岩などの整然とした互層から構成されており、*1第3紀中新世に属する宍道層群古江累層のなかの成相寺頁岩層に属するものであることが判明した。また、岩盤を覆っている表土、崖錐は一般に薄く、海に注いでいる谷の下流部にある砂礫層の厚さは、5～8メートルであった。

さらに、原子炉建物の予定地点に試掘横坑を掘削して詳細な調査を行なった。その結果、この付近には破碎帯は認められなかった。岩盤のボーリングコアによる一軸圧縮強さは750キログラム/

*1 約2,303万年前から約258万年前の地層時代の区分のひとつ。

センチ以上であり、地耐力は十分あった。

また、試掘横坑内で行なった弾性波試験から求めた岩盤の動弾性係数は約20万キログラム/センチである。

これらのことから、当地点の基盤は良好なものであると判断した。

③ 地震調査

過去の地震歴調査、敷地付近における地震被害歴の調査、敷地内における地震観測など耐震設系計に必要な諸調査を行なった。過去の地震歴によると、島根県周辺は日本列島でもきわめて地震歴の少ない地域で、強震以上のものは300～400年に1回、裂震以上のものは600～700年に1回程度の割合でしか起こっていない。

また、島根県およびその周辺において過去に地震によって被害を受けたのは、浜田市、鳥取市周辺および出雲市付近であり、これらの地震によっても当敷地付近はほとんど被害をうけていない。

④ 気象調査

敷地およびその周辺において、昭和42年から1年間にわたり、風速、風向および気温などの観測を行なった。その結果、年間の拡散有効風速は、最低の方位でも28メートル/秒であり、拡散条件は非常によいといえる。

また、拡散条件として比較的条件の悪い大気安定度F型の発生ひん度は8パーセントである。大気安定度F型でしかも陸に向かって風の吹くケースは年間3.7パーセントであり非常に少ない。また、標高90メートル以上のところに逆転層がありしかもそれ以下が逆減の状態（いわゆるフェミゲーション）になるのは、年間を通じてわずかに1パーセントにすぎない。

⑤ 海象調査

水温、潮位および波高などについて調査・観測を行なった。この結果、水温については表面水温の夏季最高は約28℃、冬季最低は約12℃であり、垂直分布には顕著な躍層は認められず上層、下層の水温はほぼ一致していた。

潮位については、東京湾中等潮位との差はほとんどないので、当発電所で用いるすべての基準面は、東京湾中等潮位を採用することにした。

また、輪谷湾口水深12メートル地点での波高観測結果によると、最大の有義波高は4.8メートルであり、このときの最大波高は6.2メートルであった。

⑥ 原水調査

淡水源は、敷地内の溪流と上水道の2つがある。敷地内の溪流の水量は、過去20年間の降水量調査および約1年間の流水実測結果によると、25,000Tの貯水をするにより、渇水時期でも約600T/日の給水が可能であり、当発電所の淡水所要量500T/日を十分まかなうことができる。溪流の水質は、分析の結果四季を通じておおむね良好であり、発電所用水として適当である。

⑦ 社会環境調査

当発電所設置地点の周辺半径約900メートル以内は大部分が山林であって人家は存在しない。半径5キロメートル以内の人口は約11,000人、10キロメートル以内は約69,000人で人口密度は比較的小さい。地点に近いおもな都市には松江市（南約10キロメートル）、出雲市（南西約30キロメートル）および米子市（南東約33キロメートル）がある。

その他環境調査としては、産業活動、交通運輸等について調査を行なった。

⑧ その他の調査

その他発電所の建設に必要な測量、塩害調査および潜水調査を実施した。

潜水調査は、海底の状況を冷却水取水設備計画にともなう基礎資料とする目的で行われ、側点は埋め立護岸および防波堤予定線を中心に輪谷湾内50側点を設定、さらに湾内から湾外にかけて6側点を追加した。

その結果、湾内の海底は岩盤を基礎としており、岩盤上に転隻、貝殻混じりの砂が堆積している状況であった。

湾外の測点については湾内に比べ大きな差異は認められなかった。

3. 国産技術の採用

① 国産化に対する考え方

島根原子力発電所の建設にあたり、昭和42年3月、当社はわが国で初めて国産メーカーを主契約者とする方針を決定し、同時に機械諸装置は特殊なものを除いて大幅に国産品を採用することにした。

このような大幅な国産化を決定した目的はつぎのとおりである。まず、国内メーカーは米国の原子炉メーカーとの技術提携による技術導入と下請けとしての一部機械装置の設計、製作、据付等の実務経験とを基にして、プラント建設技術の確立に鋭意努力しているが、これらの技術を積極的に活用してプラント建設の主契約者とし、設計、製作、建設を一貫して実施させることにより国内技術の早期確立を図ることが第一の目標であった。

つぎに、国内メーカーを主契約者とし、機械装置を大幅に国内製作とすることにより、メーカーとの対応が緊密かつ迅速となり、製作や建設の工程管理が容易となることも狙いの一つであった。また、国産品を極力採用することにより、外貨の使用を節減するとともに価格の有利性をも追求することも目標の一つであった。このような考え方に基づき、沸騰水型炉の国内メーカーである(株)日立製作所を主契約者に定め、昭和42年5月から同社と協同研究に入り、約2年間にわたって島根原子力発電所の計画を具体化していった。この間、(株)日立製作所ではGE社と技術提携を結び、原子炉の核燃設計、安全設計、機器の仕様、製作、試験を含むプラント全般にわたっての設計、製作、建設に関する技術を導入していった。

一方、先行^{*2}BWRである敦賀発電所、福島原子力発電所でGE社の下請けとして、圧力容器、格納容器、廃棄物処理設備の設計、製作、据付を行い、原子炉およびタービンまわりについては配管類の製作、据付を、計装関係については据付、調整を行なって着々と原子力発電所の製作ならびに建設技術の習得を進めていった。

これらの習得技術は、前述の共同研究会の場面に反映され、最終的には昭和44年6月から半年間にわたった、原子炉設置許可のいわゆる安全審査のために、また昭和45年2月からの建設工事のための貴重な基礎技術として生かされていった。

② メーカーとの協同研究

当社は、わが国で初の国産原子力発電所を建設するにあたり、その建設および運転に必要な知識、技術を習得し原子力発電所の計画、建設、運転を円滑に遂行すること目的として主契約者である(株)日立製作所と昭和42年5月から2年間余りプラント全般にわたって協同研究を実施した。協同研究は2つのステップに分けて行なった。

第1段階は、BWRの概念設計とBWRの安全性に関する調査研究を実施した。協同研究会…10分科会と項目…〈以下省略〉

第2段階は、島根原子力発電所の設計と原子炉設置許可申請に伴う安全審査資料の作成等具体的な工事計画と、そのために必要な事項について検討を行なった。協同研究は研究の効率的な運用を図るため、先に示した、10種の分科会を設けて各項目について詳細に検討するとともに、それらの成果や問題点は協同研究の総括機関である研究委員会において総合的に評価検討し、適切な研究運営を行なった。

③ 国産化機器とその背景

1) 原子炉

原子炉は、安全性、信頼性の高い原子力発電所を建設するという観点からはもっとも重要な部分でありながら在来の技術経験をほとんど適用し難い未知の領域である。

それ故、当社が国産化を検討した際、もっとも重点を置いたのがこの原子炉である。

ア、燃料

原子炉に装荷する燃料は、ウラン鉱石を精練し、弗化および濃縮加工をした後、これを^{*3}二酸化ウラン(VO₂)に変え、この粉末を^{*4}ペレット化したうえ原子炉で取扱う燃

*2 沸騰水型原子炉を指す。

*3 ウラン酸化物の一種。

*4 燃料ペレットは、原子炉で使う核燃料を磁器の様に成形し焼き固めたセラミックのこと。

料パンドルに組み上げた（整形加工という）ものである。

この燃料サイクルのうち UO_2 粉末に変えるまでの工程は、未だ国内では確立されていないので、当社では精錬されたウラン精鉱をカナダで購入し、弗化および濃縮加工、 UO_2 への再転換加工を米国で行なった後、 UO_2 粉末を日本へ輸入した。

成型加工は、日立、東芝、GEの三社が合弁で設立した燃料成型加工会社である、日本ニュークリア・フュエル社（JNF）で行ない国産加工とした。

イ、制御棒、制御棒駆動機構

制御棒、制御駆動機構は原子炉を安全に制御する上でもっとも重要なものであり、性能や耐久性について信頼度の高いものを採用する必要があるが、未だ国産品の使用実績が無いため、慎重を期して原則として輸入品を採用することとした。

ただし、将来の国産化については、実際に運転している原子炉へ一部装荷して相当期間使用し、その信頼度が十分あることを確認した上で本格的に採用する方針であり、現に*5制御棒については、その10パーセント程度に国産品を試験的に採用することにした。

ウ、炉内構造物

炉内構造物の主なものは、*6炉心支持構造物、*7ジェットポンプ、*8汽水分離器、*9蒸気乾燥器である。これらはすべて静的機器であり、寸法、仕上げ精度あるいは材質上の問題だけで試作品により十分その性能が確認できる。また、国内メーカーの溶接技術や加工技術は国外のメーカーにすぐれるとも劣らない高度のものである上、メーカーも技術導入により得た知識により試作、試験を繰返し実施し、その性能を確認している。

以上のような背景で、上記の炉内主要構造物を国産とすることに決定した。また、原

子炉に設備される*10再循環ポンプについては、原子炉を制御する重要な動的機器であり、国産品では未だ実証性が得られていないので輸入品にすることにした。

エ、圧力容器

原子炉圧力容器は、高温高压の*11原子炉炉心を収納する容器で、安全上極めて重要な機器である。さらに、遷移温度の上昇、靱性の低下等を考慮した材料選択、不銹鋼の溶接内張りといったむずかしさがある。しかしながら、日立製作所では、先に敦賀発電所の圧力容器を製作し、なんらの故障をも引起していないという実績にかんがみて、これを国産とすることにした。

2) 原子炉格納設備

原子炉格納設備の主なものは、*12原子炉格納容器と隔離弁である。原子炉格納容器は原子炉圧力容器ならびに一次冷却系を格納し、万一の一次冷却系の破断事故時等に放射性物質が周辺に飛散し放射線災害を引起こすことが無いよう封じ込めるものであり、高度な機密性が要求される。ところで、日立製作所では、先に福島原子力発電所第1号機の格納容器を製作し、これを順調に働かせて、その信頼性を実証しており、当社でもこれを国産化することにした。

隔離弁については、その機能は放射性物質の放出を防ぐものであり、確実に閉鎖することが要求されるので、特に重要な主蒸気隔離弁については、材料を輸入品とし、米国アトウッド・アンド・モリル社と技術提携している日本シールオール社でノックダウン方式により組立てることにした。

3) 原子炉補助設備

原子炉補助設備のうち安全上とくに重要なものは、炉心スプレー系、高压注水系、原子炉隔離時冷却系、残留熱除去系である。これらに使用する配管、弁、ポンプ類はほとんどが国

*5 原子炉の出力を制御するための棒または板状の物体。核分裂を進める中性子を吸収する素材で作られ、緊急時に原子炉を止める役割をする。

*6 炉心シュラウド、上部格子板、炉心支持板、燃料支持金具、制御棒案内管、内部構造物に汽水分離器、蒸気乾燥器、原子炉冷却材再循環ポンプ、給水スパーチャ、高压炉心注水管系配管、高压炉心注水スパーチャ、圧力容器頂部果ブレイノズル、差圧検出管などがある。

*7 沸騰水型の原子炉で冷却水の循環流量を調整し、原子炉の出力を調整するポンプ。 *8 水蒸気中の水滴を除去するための装置。

産可能である。高圧注水系と原子炉隔離時冷却系に使用するポンプ駆動用タービンは、駆動蒸気の湿分が多く、その上、冷温状態からの急速起動など過酷な条件が要求されるが国産の実証性が得られないので輸入品とすることにした。

4) タービン、発電機設備

タービン、発電機設備の主なものはタービン、発電機復水器、給水加熱器、給水ポンプなどである。これらは、温度条件、圧力条件の差異があるにしても、火力発電の経験が生かされているので国産品を用いることにした。

5) 廃棄物処理設備

廃棄物処理設備は、気体、液体および固体の3種類の系統に分けられる。気体廃棄物処理系では、機器の信頼度、寿命の点から廃ガス圧縮機を輸入品にした以外は、チャーコール・ベッドをはじめ大幅に国産品を採用した。液体廃棄物処理系ではその殆どが、また、固体廃棄物処理系では、ホッパー、油圧プレス以外の大部分は国産品で性能が十分満足されることが確認されたので国産にした。

6) 計装

計装は、原子炉関係、タービン、発電機、放射線関係に大別される。原子炉関係の計装装置の内では、中性子計装が特殊なものであ

り、原子炉内の燃料の燃焼状況を監視する重要なものである。これについては国産品が未だ試作の段階であり、輸入品に仰がざるを得ない現状である。タービン・発電機関係については、火力発電の経験を十分適用することができるので、その殆どを国産品とすることにした。放射線関係については、日本原子力研究所をはじめ、多くの研究所、実験室で使用され、その信頼度も十分把握されており、全面的に国産品を採用することとした。

④ 国産化率

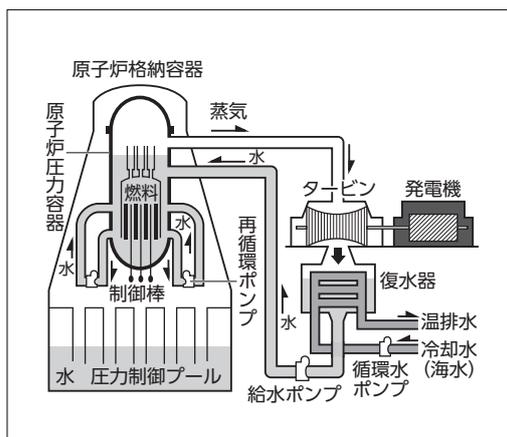
以上、主な機器について国産化することとした、いきさつについて具体的に述べてきたが、輸入、国産の決定の要となったものを纏めれば次のとおりである。

国産品については、従来からの使用実績に主眼をおいて採用することとし、とくに、原子炉内主要機器については、GE社との技術提携による資料にもとづき、試作と十分な性能および耐久試験を行うことで実証性が確認し得るものとした。

一方、輸入品については、安全上、運転上、機能が重要でかつ国産品では信頼性について実証が得られないものとした。

このような考え方で国産化を推し進めた結果、島根原子力発電所の国産化率は90パーセント以上となった。

なお、ちなみに、他の原子力発電所の国産化状況を概観してみると50万、80万、110万キロワット級の各1号炉は主に外国メーカーにより建設され、国産化率も炉型により若干の差異はあるものの、60パーセント程度であるが、2号炉以降は国内メーカーが建設して国産化に努めており、90パーセント前後のかなり高い国産化率を示している。



沸騰型軽水炉概要図

4. 用地の取得と補償

公共、公益事業の成否を決するのは、用地補

*9 炉心を取り囲む構造物がシュラウド。その蓋がシュラウド・ヘッドその上に独立に蒸気乾燥機は設置されている。
 *10 ジェットポンプを介して冷却水を炉心へ強制循環させ、炉心の熱を除去する機能と、ポンプの速度を制御し炉心への冷却水供給量を変化させ、原子炉熱出力を制御する二つの機能がある。
 *11 核分裂炉のウラン、プルトニウムなどの核燃料があり、核分裂の連鎖が起こる区域。または制御核融合を起す高温プラズマのある区域。
 *12 冷却材喪失時に圧力障壁となり、放射性物質の拡散に対する障壁を形成する。

償問題であると指摘されてからすでに久しい、当発電所の建設においても、昭和41年11月に発電所立地を公表して以来、翌年3月には土地の立入調査について関係者の同意が得られたものの、163.7万平方メートルにおよぶ発電所用地の取得や漁業補償の交渉が難航、遅延したため、一時は立地を断念せざるを得ない局面もあった、さいわい関係者ならびに島根県、鹿島町当局の理解と協力により、昭和43年3月に取付け道路用地の取得が解決し同年6月には、発電所敷地の造成工事着手について片句、御津両部落の承諾が得られたため、計画どおり準備工事を進めながら用地補償問題の解決をはかることができた。主なものは次のとおりである。

① 発電所用地の取得

発電所用地は、鹿島町大字片句の輪谷に設置する発電所を中心におよそ900メートルの範囲と定め、面積163.7万平方メートル、地権者140名、関係部落8部落に達した。発電所用地の買収については、昭和42年3月に調査、測量を開始して以来、関係部落ごとに幾多の協議をかさねた結果、昭和43年7月に至り島根県知事のあっ旋により解決をみた。10アールあたり補償額は、田60万円、畑39万円、山林8.4万円で、協力料および立木補償等を含めた総額は、39,600万円である。

② 漁業補償

発電所敷地の造成のための海面埋立て（7.9万平方メートル）温排水排出（毎秒、夏季30トン、冬季22トン）ならびに各種の海面工事に伴う漁業補償については、関係漁業協同組合である片句、御津、手結、恵曇および古浦の5組合と協議をかさね、昭和43年12月から昭和45年6月までの間にそれぞれ次のとおり解決した。

1) 片句漁協関係

片句漁協（組合員100名）に対ししては、発電所敷地、仮設ヤード造成のための海面埋立てや港湾の築造等に伴う19.9万平方メートルの漁業権消滅と、11万平方メートルの漁業操業の一

時制限および温排水の排出による漁業損失について総額22,800万円を補償した。補償対象の漁業権益は、第1種協同漁業権（岩のり、わかめ、あわび、サザエ等の採貝採草漁業）、第1種区画漁業権（わかめ養殖業）、定置漁業権（ぶり大敷網）にもとづく免許漁業のほか、ぶり刺網、一本釣、はえなわなどの許可、自由漁業である。

2) 御津漁協関係

御津漁協（組合員250名）に対しては、主として温排水の排出による漁業損失について、総額15,800万円を補償した。

補償対象の漁業権益は、片句漁協の場合とほぼ同様である。

3) 手結、恵曇、古浦漁協関係

手結、恵曇、古浦の3組合（組合員1,000名）は、漁業権の消滅海域において第2種および第3種共同漁業権を片句漁協とともに共有していたため、これらの漁業権の消滅手続きのための組合総会に要した費用等として総額690万円を保証した。

③ その他用地の取得と補償

社宅用地等の付属土地の取得状況および各種補償の概要は、次のとおりである。

- 1) 社宅用地・面積1.48万平方メートル・補償金3,140万円
- 2) 取り付道路用地・面積4.18万平方メートル・補償金1,540万円
- 3) 仮事務所用地・面積0.44万平方メートル・補償金1,210万円
- 4) 鉱業権補償・発電所用地内の鉱業権および鉱業出願に係る補償300万円
- 5) 行政需要の増大に対する費用の負担・島根県および鹿島町当局による用地補償交渉のあっ旋や、安全性のPRに要した行政部費の一部負担2,360万円

5. 準備工事

① 準備工事工程

準備工事は、昭和43年7月に着工し、昭和45年2月の本工事着工までに完了した。ただし、海岸工事は、昭和45年9月までひき続き工事が行われた。

② 道路工事

取り付道路は、*13サイトと県道(松江恵曇港線)を結び、総延長は2,119メートル、このうち1,290メートルは、既設町道の拡幅改良を行い残り829メートルは新たに設けたものである。工程的に取り付道路と仮設土地造成がクリティカルパスとなるので、短期間に工事を完了する必要があったため、特に扱いが困難な第2号トンネルでは重機、資材を海上から運搬するとともに、専用索道(延長2,350メートル・能力25トン)を設けて、コンクリート用資材を運搬した。

③ 仮設土地造成工事

コンクリートプラント、ブロックヤードおよび建設機材用機器、機材置場などいわゆる工事前進基地として、仮設土地約3万平方メートルを宇中湾に造成した。この地点は、水深が比較的浅く、湾内も奥まっているので大波浪をうけない利点はあったが、連絡道路がなかったうえ、地元との交渉の遅れもあって、昭和43年7月着工、年内完成という海岸工事としては、常識外の工事であったが、予想以上の好天と、コルゲートセル提形式の護岸を採用した結果、悪条件下にもかかわらず、短期間に完成することができた。

④ 敷地造成工事

1) 敷地造成工事

当地点は波の荒い日本海に北面し、三方を山に囲まれた陸の孤島で、平坦地が少なく、湾内水深がかなり深い。したがって敷地として必要な面積12万平方メートルを確保するため、これを陸地に求めようとするれば、膨大な切り取り量となり、またこれを埋立地に求めようとするれば、巨大な防波堤、護岸を必要とするので、海陸

両面よりかなり厳しい制約をうけている。護岸線の決定は、護岸費と裏山切り取り費との見合で最も経済的であることが必要条件であり、加えて、護岸の施工性、構造の安定性より平均水深約6メートル付近に選定することが望まれた。またこの位置に護岸を設ければ、原子炉建物基礎に人工岩を必要とせず、強固な基礎が得られる海岸への限界でもあったので、その位置に護岸を選定した。

地山切り取りは約110万平方メートルに達し、このうち約30万平方メートルで湾内を埋め立て、残りは2箇所の土捨場に収容した。切り取り計画に際しては、岩質そのものはかなり堅硬であるが、層理沿いに粘土が介在している所があり、また法高が約100メートルにもおよぶので、安全をみて勾配を地層の傾斜とほぼ等しい1:1.5とした。なお重要性にかんがみて*14有限要素法により山地内部応力を解析し、これをもとに滑動の安全度をチェックした。

2) 法面保護工事

法面保護工事は、本館背面山地のEL74メートル以上がかなり風化していたので、経済性、施工性および自然景観保護の面で優れている種子吹付工を行なった。それより下部のEL44メートルから74メートル間は、法枠工とし枠間に現地採取の割石を張り、客土して種子を手蒔きした。また、EL44メートル以下は、法枠工とし枠間に洗出しブロックを張り日光を乱反射させ、景観保護ならびに近海漁業に悪い影響を与えないようにすると同時に、発電所建物との調和も取れるよう配慮した。

⑤ 海岸工事

1) 設計

護岸線の決定経緯は、敷地造成工事で述べたとおりであるが、設計条件は従来の海岸工事の常識を越えるものであり、工期的にもきびしい制約をうけるので、その設計に際しては安全の確実性および工事の迅速性が要求された、

*13 用地、敷地

*14 数値解析の手法のひとつ。難しい微分方程式の近似解を得る方法。

港内静穏度、護岸前面の高波について模型実験を行なった。この結果防波堤延長が90メートル内外であれば、正面護岸での波高は沖波7メートルの時でも5メートルとなり、夏季波高に対しても荷揚場付近で十分静穏度が保てることが判明した。また当初海上作業日数を約100日／年と推定し、約3年の工期と想定したが、実績は天候に恵まれ順調に進捗し約2.5年で完了した。

2) 護岸工事

護岸の形式は、地山切取りによって得られる捨石材料を利用し荷揚場以外は混成堤とし、水中直立部は施行の容易、迅速さを考え*15セルラブロック式とし、中詰めは栗石およびコンクリートを填充した。護岸の前面は、0.5~1.5トン石で被覆し、さらにその上に12.5トン型消波ブロック（総重量約6万トン）で保護し、設計波高5メートルに耐え、護岸に作用する力を減勢するとともに波の反射を防いで港内の静穏度を高める効果を期待した。

3) 防波堤工事

護岸と同じくセルラブロック式混成堤とし、設計波高7メートルに耐えうるよう堤外25トン型、堤内5.12トン型、堤頭部32トン型消波ブロックを使用した。なお湾東側断崖部を走る沿波対策として、12.5トンおよび25トン型消波ブロックによる沿波防止工事を施工した。

6. 官庁許認可関係

原子力発電所の着工には、原子炉設置許可申請、電気工作物変更許可申請がそれぞれ許可され、さらに、工事計画認可申請が認可されていなければならないので、予定した昭和45年2月着工に備えて、これらの許認可を申請し、許可された。

① 原子炉設置許可

この申請書は昭和44年5月26日提出し、同年11

月13日をもって許可された。

申請に係る許可基準の適合については、昭和44年5月26日をもって、内閣総理大臣から原子力委員会に諮問され、同年10月23日、同委員会委員長の答申を得たものであるが、とくに安全審査は、原子力委員会の原子炉安全専門審査会が設置した、第52部会において行われた。

同部会の審査は、炉グループ、環境グループを設置して周到に進められ、その審査期間は約5ヵ月であった。

② 電気工作物変更許可

この申請書も昭和44年5月26日提出し、同年11月13日をもって許可された。

この申請にあたって想定した島根原子力発電所1号機の建設工事工程は、着工から運転開始まで52ヵ月とし、建設工事費は、次のとおりである。

・建設工事費 (単位：百万円)

項目	金額
土地	1,535
建物	3,196
構築物	3,921
原子力施設&電気発生装置	18,187
諸装置	159
備品	136
予備費総係費等	7,146
小計	35,000
燃料費(予備燃料含む)	7,581
合計	42,681

③ 工事計画認可

従来、着工とは本館建物基礎工事の開始または、主要機器の発注をもってすると解釈されていることになり、昭和45年2月には、原子炉建物等の基礎工事が開始できるよう、格納容器、格納施設の基礎および原子炉建物の設計が固まるのをまって、昭和44年12月11日工事計画認可申請第1回分の申請書を提出し、翌45年2月10日をもって認可された。

*15 無底函とも呼ぶ。鉄筋コンクリート造の壁で四面を作り底のないもの。内部に割石を詰めて防波堤、岸壁壁体とする。

現在、分割申請第12回分まで全部認可されている。

7. 設備の概要及び特徴

当発電所は、強制循環方式の沸騰水形原子力発電所（BWR）である。

① 配置

発電所の主要構造物の基礎は、ほとんど岩盤上に直接支持され、一部が岩盤上に打設したマンメイドロックで支持されている。

敷地の高さは、正面護岸を海岸岩盤上に構築する施行、掘削と埋め立量のバランス、波高に対する考慮等から、山側をEL+15メートル、海側をEL+8.5メートルの2段とした。タービン建物は、復水器冷却水のサイフォン効果を十分利用し、かつマンメイドロックを最小にするため、EL+8.5メートル磐上に設置し、その北側同一レベルに取水槽、主変圧器および主排気塔などを設置した。

南側EL+15メートル磐の上には原子炉建物、廃棄物処理物を配置した。^{*16}超高压開閉所および管理事務所はタービン建物の東側に設置した。

② 耐震設計

1) 諸施設の耐震設計の概要

原子力発電所の建物、構築物、機器、配管については、安全性についての重要度に応じて耐震設計上A（As）、B、Cに分類し、それぞれの分分類に応じた適切な設計を行なっている。Aクラスのものうち原子炉格納容器や原子炉緊急停止系のような安全上特に重要なものに対しては、設計地震加速度（200gal）の1.5倍の地震に対しても機能を維持できるよう設計されている。

一方、次のものは、特に耐震性を考慮して支持構造などを設計した。

ア、炉内構造物の炉心部を構成するシュラウドの支持構造は、ブラケット式として炉心全体を鋼構造とし、耐震性を強化した。

イ、原子炉格納容器のサプレッションチェンバーの支持構造は、フレーム構造として全体を鋼構造とし、耐震性を強化した。

ウ、ヤード配管については、すべてコンクリートダクト内に配管し、地盤の変形などの影響を直接受けまいよう考慮した。異なった建物、構築物間にまたがる配管に対しては、建物間の地震時等の相対変位を考慮して、フレキシブルジョイントを設けるなど、十分な設計を行なった。

2) 振動実験などの実施

耐震設計を進めるにあたり、振動実験等を実施し、地震時における機能の確認、地震応答解析条件の妥当性に関する確認を行なった。なお、実験は日立製作所にて行なわれ、つぎのとおりである。

ア、炉内構造物の振動実験

^{*17}炉心シュラウド、^{*18}燃料集合体などについてモデルにより、水中における振動実験を行い、解析上必要な諸条件を得た。

イ、制御棒挿入実験

燃料集合体の地震時の変形を模擬し、地震時でも制御棒挿入が可能であることを確認した。

ウ、電気盤類の振動実験

電気盤類および継電器等の耐震性について検討するために振動実験を行い、地震時に誤動作を生じないことを確認した、この実験から、電気盤類自体の設計コードを新たに開発し、解析結果にもとづいて製作をした。

③ 主要建物

発電所本館は、原子炉建物、タービン建物、制御建物および廃棄物処理建物の4つの建物よりなり、各建物は50ミリメートルのギャップによってそれぞれ独立した構造になっている。基礎岩盤は第3紀の頁岩または凝灰岩で、弾性波速度（S波）が2,000メートル程度の堅固な岩質であり、各建物のベースマットは直接この岩盤上に設けら

*16 発電所から送電と変電を繰り返して、電力を安定供給するための装置。

*17 炉心支持構造物のひとつ。炉心部の燃料集合体、制御棒を内部に収容するステンレス鋼製の円筒。

*18 原子炉で使われる核燃料の最少単位。

れている。また、各建物は厚さ数10センチから2メートルのコンクリート壁が耐震上有効に配置され、剛な構造である。各建物の構造は鉄筋コンクリートが主体であり、原子炉建物の5階以上は鉄骨造メタルサイディング張り、タービン建物の*19クレーンガーターより上部は柱が鉄骨鉄筋コンクリート造り、屋根トラスは鉄骨造りである。また、原子炉建物の1階床と廃棄物処理建物の廃棄物貯蔵タンク上部床は鉄骨梁にデッキプレーを張り、その上にコンクリートを打設する工法を用いて、トラスタンク類の据付を容易にするとともに、事後のコンクリート工事の迅速化をはかった。建物内部の床、壁のコンクリート面は除染を容易にするため、必要に応じて合成樹脂ないしは塩ビ系塗料で仕上げを行なっている。

以下、各建物の概要を述べる。

1) 原子炉建物

地下1階、地上5階で、1階における平面は42メートル×42メートルである。建物中央部には、圧力容器、再循環系などを格納する鋼製*20ドライウエルがあり、地下部分には、円環形の鋼製サプレッションチェンバーを収容している。ドライウエルの周囲は、厚さ2.3メートルの鉄筋コンクリート造りの1次遮へい壁で囲まれており、1次遮へい壁と外壁の間は1階から5階までの床で結ばれているので、きわめて剛性が高い。各階には、原子炉補機系が収容されており、5階は燃料取替床となっている。ドライウエル頂部の両側に*21使用済燃料貯蔵プール、*22気水分離器プールがある。本建物は、2次格納施設としての機能を合わせもっているため、建物は気密になっており、機器の搬出入、所員の出入りのためのエアロックドアが装備されている。

2) タービン建物

3階のタービン室は、スパン32メートル、長さ96メートルであり1階、2階部分は、スパン46メートル、長さ103メートルである。本建物は、

タービン発電機、復水器のほか、給水加熱器、復水脱塩装置、原子炉給水ポンプなどを収容し、それらの周囲には厚さ1メートル内外の遮へい壁が設けられており、剛性はきわめて高いものになっている。

3) 制御建物

平面が36メートル×21メートルの4階建てである。4階に中央制御室があり、3階と1階は、計算機、メタクラその他の電気設備が収容しており、2階の放射線管理関係の各室がある。

4) 廃棄物処理建物

平面が32メートル×34メートルの地下1階、地上1階、一部3階建である。気体、液体および固体の放射性廃棄物の貯蔵と処理のための設備が収容されている。

④ 原子炉設備

1) 原子炉

原子炉は、原子炉圧力容器およびその中に含まれているゼットポンプ、気水分離器、蒸気乾燥器、炉心、制御棒ならびに圧力容器下部についている制御棒駆動機構からなる。

圧力容器の母材は、約120ミリメートル厚の低合金鋼で、内面はステンレス鋼で内張りされている。上蓋はフランジ接続され、フランジ部は2重のOリングシール構造の採用により漏洩を防止する。

炉心上部の汽水分離器は、炉心内部で発生した気水混合物を遠心分離効果により、水と蒸気にわける軸流方式をとり、さらに上部の蒸気乾燥器は、蒸気中の湿分を取り除くため波板方式を採用した。

制御棒は、中性子を吸収するボロンカーバイド(BC₄)粉末を充填した、外径約5ミリメートルの多数のステンレス鋼管をステンレスシースで十字形に配列したもので、全数は97本ある、制御棒はラッチ式水圧駆動ピストン形の駆動機構により、炉心下方から燃料集合体の間に出し入れする。

*19 トロリ等を支持する構造物で桁のこと。

*20 原子炉格納容器の圧力抑制プール以外の部分。

*21 使用済燃料を貯蔵、保管するための水槽。

*22 燃料取替えなどの作業にプールに水を張り、蒸気乾燥機、汽水分離機を取り出し保管する。

2) 原子炉冷却系

原子炉冷却系は、次の3つの系統から構成される。ア、原子炉給水系 イ、原子炉再循環系 ウ、主蒸気系給水系は、2系列の給水管を経て3台の給水ポンプ（内1台は予備器）により、復水器の水を圧力容器内にある環状のスパージャーから炉心に供給する。気水分離器で分離された水は給水と混合し、その約半分の水は2系統の再循環回路に導かれる。

そして再循環ポンプで加圧され、20基のゼットポンプのノズルから高速噴出し、残り半分の炉水を吸引混合して炉心に送る。

主蒸気系は、原子炉で発生した蒸気をタービンへ送る系統である。主蒸気管4本の格納容器貫通部の前後には主蒸気隔離弁がそれぞれ1個、合計8個設けられている。この弁は空気作動の球形弁で、常時開いており原子炉を隔離しなければならない事態が発生すると、自動で閉まり、全閉に要する時間は数秒である。またタービンバイパス系は定格蒸気流量の105パーセントの容量を持っており送電線事故が起こって主遮断器がトリップしても、発電所は所内負荷を持って単独で運転を継続し得るようにし送電線事故がプラントに大きな影響を与えないようにした。

3) 安全設備

原子炉の運転および安全を保持するため、次のような設備を採用している。

- ア、格納施設 イ、安全弁および逃し弁
- ウ、原子炉隔離時冷却系 エ、高圧注水系
- オ、炉心スプレイ系 カ、残留熱除去系
- キ、液体ボイズン系

ア、格納施設・格納施設は原子炉で生じる放射性物質を外部へ放出させないよう、これを閉じこめるための施設で、第1次格納施設は圧力抑制型格納容器であり、第2次格納施設は原子炉建物である。格納容器はフラスコ型のドライウエルと円環形のサブプレッショ

スチャンバーからなり、チャンバー内には常時、約1,800立方メートルの水が貯えられている。ドライウエルの内部は常に²³窒素ガスを充満させ、圧力を一定に保つよう制御している。圧力が高くなるような場合が生ずると、原子炉を止めるようになっている。

イ、安全弁および逃し弁・安全弁および逃し弁は、ドライウエル内の主蒸気管に取り付けられ、炉圧が異常に上昇すると、安全弁はドライウエルに、逃し弁はサブプレッショスチャンバーに蒸気を逃すようになっている。また、逃し弁はとくにオートブローダウンの機能もっている。すなわち、原子炉まわりの配管破断事故を示すような状態が発生すると、圧力が高くなるのを待たず、電氣的に自動で逃し弁が作動し、積極的に原子炉圧力を下げる。このようにして、他の安全設備を、より早く作動させようとするものである。

ウ、原子炉隔離時冷却系・原子炉隔離時冷却系は、原子炉隔離時に崩壊熱を除去するための系統である。原子炉が隔離されると原子炉はとまるが、破壊熱が続いて発生するので、この崩壊熱による蒸気を利用してタービンを廻し、復水貯蔵タンクあるいはサブプレッショスチャンバーの水をタービン駆動ポンプで炉心に注水し、崩壊熱を除去すると同時に、蒸気発生による水位低下を補う、この系統は外部電源を必要としない構成になっており、電動弁類は全て直流駆動である。

エ、高圧注水系・高圧注水系は、原子炉まわりの小配管が破れ、水位は下がるが崩壊熱による蒸気発生のため、圧力はまったく低下しないといった場合に、燃料が炉水から露出しないよう蒸気駆動タービンを使って復水貯蔵タンク、あるいはサブプレッショスチャンバーの水を炉心に注水する、この系統は原子炉隔離時冷却系と同じように外部電源を必要としない構成になっている。

*23 アミノ酸をはじめとする多くの生体物質中に含まれている。生物にとって必須の元素。液化した窒素分子(液体窒素)は冷却剤として使われる。

オ、炉心スプレイ系・炉心スプレイ系は、原子炉まわりの配管が破れ、炉水がなくなるといった場合に、燃料の加熱による燃料および被覆材の溶融を防ぐため、サブプレシヨスチェンバー内の水を炉心上に取り付けられたスパージャー・ヘッダーのノズルから燃料集合体の上部へ、電動ポンプでスプレイするものである。この系統は完全に独立な2系統からなり、それぞれ定格の容量をもっているため、十分な多重性を備えている。また、配管破断事故時に所内電源も同時になくなるとを想定し、この電動ポンプは、非常用ディーゼル発電機によって起動できるようになっている。

カ、残留熱除去系・残留熱除去系は、通常および事故停止時に原子炉残留熱を除去するためのもので、独立2系統からなり、各系統はポンプ2台、熱交換器1基から構成され、このポンプは炉心スプレイ系と同じように、常用所内電源のほか非常用ディーゼル発電機からも起動できるようになっている。この系の用途として次の4つの運転モードがある。

イ 低圧注水系 ロ 停止時冷却系
ハ 格納容器冷却系 ニ 炉頂部冷却系

キ、液体ポインズ系・液体ポインズ系は、なんらかの原因で制御棒が挿入できなくなり、制御棒では原子炉を停止することができなくなった場合、炉心へ中性子を吸収する液体ポインズ（*24五ホウ酸ナトリウム液）を注入して原子炉を冷温停止するもので、制御棒のバックアップ機能をもたせたものである。ポンプは電動駆動プランジャー型2台を使っている。

以上、原子炉まわりの安全設備について説明したが、幾重にも防護されており、ポンプの駆動源は異種のもを採用し、単一故障で原子炉の安全がおびやかされることのないように設計し、運用にあたっては短い周期で定期的に試

験を行い、安全設備自体の健全性を常に確保することになっている。

4) 原子炉補助設備

原子炉浄化系は、炉水の純度を高く保つために設置されたもので、再循環回路から炉水の一部を抽出し、わずかの熱損失で連続的に炉水を浄化する。抽出された炉水は再生熱交換器、非再生熱交換器で冷却され減圧された後に、フィルターを通して浄化され、さらに脱塩装置によって脱塩される。その後再び炉浄化系循環ポンプによって加圧され、再生熱交換器で加熱されて原子炉にもどる。

原子炉補助冷却系は、原子炉関係の機器および残留熱除去系の熱交換器を冷却する閉回路になっており、この水はさらに海水によって冷却される。このように炉水と海水は、原子炉補助冷却系によって隔離されており、この系統に万一圧力の高い原子炉水が漏れ込むようなことがあっても、この系統の閉回路中に閉じ込められ、直接プラントの外に流れ出ることがないよう配慮されている。

⑤ タービン設備

原子力タービンでは、タービン入口蒸気条件が最近の火力と比べ低圧、低温（66.8キログラム/立方センチメートル、282℃、湿度0.4パーセント）で、蒸気の比体積が大きく、かつ*25熱落差が少ないため、同一出力を出すためには、より多くの蒸気量を必要とし、蒸気の通気面積が大きくなり、翼長も長くなるという特色を持っている。また飽和蒸気を用いるため蒸気中の水分によって*26動翼が侵食されることが考えられる。

採用したタービンは、串型3車室4流排気（TC4F-38）で、高圧6段、低圧8段で、最終翼長38吋（965ミリメートル）1,800rpmである。最終段の湿度を少なくするために、高圧タービンと低圧タービンの中間には波形板を用いた*27湿分分離器を、低圧タービンには溝付き*28気水分離翼を設けている。侵食防止のため、動翼は*2912

*24 ウランの核分裂の制御、化合物の合成に使われる弱酸の無機化合物。 *25 動作流体サイクルの始めと終わりの間のエンタルピー差。
*26 流体の圧縮や、流体のエネルギーを回転運動に変換するためにタービンで使われる羽根。
*27 PWRにおいてタービンへの蒸気湿分を除去するための機器。
*28 BWR、PER内にある水滴を取り除く装置。
*29 ステンレスのこと。

G不銹鋼を使用し、最終段動翼には*₃₀ステライ
ト保護板をはっている。

タービンの復水系には、従来の火力とは異なり、
フィルター式脱塩装置と混床式脱塩装置とを
組合せた*₃₁復水脱塩装置を採用した。

ここで、フィルター式脱塩装置を設備した理由
は、次のとおりである。

- 1) プラントの初起動時、鉄分、とくにコロイド
状鉄分を有効に除去する。
- 2) 廃棄物を減少させる。
- 3) 運転・保守費を含む全体の経済性を向上さ
せる。廃棄物処理設備で処理する廃液中、従
来最大の発生源となっているのは、復水系混
床式脱塩装置の薬品再生にともなって発生する
再生廃液であるが、フィルター式脱塩装置は再
生使用せず使い捨てのため、再生廃液は発生
しないので、その結果ドラム缶にセメント固化
する量をいちじるしく減少させることが可能に
なる。

両脱塩装置とも100パーセント容量をもってお
り、それぞれ単独でも、また直列にも通水運
転することができる。

⑥ 電気設備

発電機は、4極機を用い、定格容量520MVA、
力率0.9、電圧18KV、固定子水冷、回転子水素
冷却方式である。

発生電力は、主変圧器で220KVに昇圧して松
江変電所に送電される。本発電所は日本海に直
面しており、とくに冬季の季節風を防ぐため変
圧器高圧側ブッシングは*₃₂エレファント式とし、開
閉所は全屋内式を採用し開閉所と高圧側ブッシ
ングの間は220KV.OFケーブルで連絡している。

島根原子力発電所の電気設備は、従来の火力
発電所の設計を基本として、さらに原子力発電
所としての特殊性を盛り込んだ設計を採用して
いる。すなわち、どのような単一故障を想定し
ても、原子炉の安全性が脅かされることのない
よう原子炉の安全停止に必要な機器を運転す
るための電源、

および万一の原子炉事故時に安全設備を運
転するための電源は、その多重性と独立性に
十分な考慮を払い、電気設備についてはその
重要性に応じて耐震設計を行なっている。

当発電所の外部電源系統は、220KV島根
原子力幹線1回線のほか、多重性を確保する
ため予備送電線として、送電線ルート
の異なる66KV鹿島線1回線の合計2回
線から構成されている。さらに外部電源
系統が全停電した場合にそなえて非常用
ディーゼル発電機2台設置している。この
ディーゼル発電機は1台で原子炉の安全
停止に必要な容量をもっているが、電源
の信頼性をより一層高めるため、2台
設置した。

所内回路の構成にあたっては、単一機
器の故障のために所内全停事故が起
こることのないよう、所内回路の分割
をはかるとともに、電源の多重性を
生かし相互の切り替を容易にするよう
配慮した。

6.9KV高圧母線は、常用、非常用各2
母線で構成し、常用母線は所内変
圧器、起動変圧器あるいは予備変
圧器のいずれからでも受電できる
よう遮断機を設けた。

一方、非常用母線は、常用母線から
母線連絡遮断器を介して、あるいは
非常用ディーゼル発電機から受電
する。460V低圧母線も、常用、
非常用各母線で構性し、6.9KV
母線から動力変圧器で降圧し、
き電される。所内補機は、一般補
機とプラントの安全保護に関係
するものと区分し、それぞれ常用
母線、非常用母線からき電される。

所内電源切り替の基本的な考え方は、
通常時の電源切り替は手動、電源
事故時の切り替は自動とし、自動
切り替の順序はつぎのとおりである。

1) 所内変から起動変受電

所内変から起動変への切り替は、
所内変と起動変の間には位相差が
ないので、所内変遮断器がトリ
ップすると、起動変低圧側遮断
器は瞬時に投入され、瞬時停電
切り替を行う。

2) 所内変から予備変受電

*30 高硬度合金でコバルトが主成分、クロム・タングステンを含む。

*31 一次冷却水を全量処理し、水中の塩素、硫酸、ナトリウム等の不純物やプラント構成材量が出す金属酸化物(クラウド)を同時に吸着除去、原子炉の水質を高純度維持するための装置。

*32 変圧器側面にゾウのように設けられたダクトのこと。

所内変から予備変への切り替は、所内変と予備変の間には相差があり、瞬時切り替えは行えないので母線電圧が十分低下したあと、常用母線につながる大容量負荷を切り離して、所内変および起動変の低圧側遮断器が開いていることを条件に、予備変低圧側遮断器を投入する限時切り替方式（この時間約4秒である）をとった。大容量の負荷を切り離すのは、所内変あるいは起動変と予備変の容量の違いによる。

3) 所内変から非常用ディーゼル発電機受電

3番目に非常用ディーゼル発電機をもってきた理由は、予備変受電は数秒の間遅れであるのに比べ、ディーゼル発電機受電は約10秒を要することによっている。

所内変から非常用ディーゼル発電機受電への切り替は、所内電源が全停電するか、あるいは送電線事故が起きた場合、ディーゼル発電機は自動起動し、電圧確立後、常用と非常用母線間の母線連絡遮断器が開いていることを条件に、ディーゼル発電機遮断器が投入される。母線連絡遮断器を開くのは、ディーゼル発電機の容量が1台あたり3,000キロワットと小さいので、*33電区域を非常用母線に限定するためである。

⑦ 計装および制御設備

1) 安全保護回路

島根原子力発電所では、プラントの状態監視および制御を1箇所ですべて集中的に行うことを目的として、主要な計器および制御機器を中央制御室に配置している。とくに安全および重要な機能に関する装置は、すべて多重設備とし「*34フェイルセーフ」の機能を持たせ、さらに、可能な限り機能試験を運転中に実施できるようにしている。

原子炉の保護回路には、

ア、原子炉の安全性をそこなうおそれのある過渡状態や異常状態が生ずるとか、原子炉を監視している計測系が故障した場合に、原

子炉を緊急停止（スクラムと呼んでいる）する原子炉保護系

イ、原子炉自体に事故が起こった場合に、燃料の熔融を防止するため安全設備を作動させるための系統の2つがある。

原子炉保護系は、信頼度を高いものにするため、特徴のある回路設計にしている。2つのロジックチャンネルから構成され、各ロジックチャンネルは、2つのサブチャンネル有している。2つのサブチャンネルのうち、どの1つでもトリップするとロジックチャンネルがトリップし、原子炉スクラムは、両ロジックチャンネルのトリップによって行われる。このような構成を1-OUTOF-2TWICEと呼び、単一の信号あるいは機器の誤動作による不要なスクラムを避け、2つ以上の確実な信号によってのみ、スクラムさせることが大きな利点である。1-OUTOF-2TWICE回路のもう1つの利点は、原子炉をスクラムさせることなく、1つのサブチャンネルあるいはロジックチャンネルの機能試験をいつでも行えるところにある。

また、サブチャンネルを構成する接点および補助リレーは、常時閉、常時励磁方式にして、たとえば電源喪失の場合に原子炉の危険の有無にかかわらず、スクラムさせる「フェイルセーフ」機能も盛り込んでいる。

原子炉保護系は、選択制御棒挿入の機能も有している。これは、発電機がトリップすると当発電所では、タービン発電機は所内負荷をもって単独運転に移行し、あまった蒸気は、タービンバイパス系を通じて復水器へ流れるので、原子炉の状態は事故前と同じでよいのだが、給水加熱器への抽気蒸気が減少するため、冷たい給水が原子炉に注入され、正の反応度を追加したことと同じになり、原子炉出力は上昇しようとし、過出力になる恐れが生ずるので、これを避けるため一部の選択した制御棒だけをスクラムするものである。

*33 架線に電力を供給するために、架線に平行して設けられる電力線のこと。

*34 装置やシステムは必ず故障するという前提に、誤操作・誤作動で障害が起きた場合、常に安全側に制御すること。

2) プラント制御の概要と特徴

原子炉の出力制御は、手動による制御棒の位置調整および原子炉再循環流量の制御の2種類の方法によって行われる。再循環流量制御系による制御方式によれば、中性子束分布およびボイド分布は、出力にあまり影響されない、したがって、この制御系で出力を変化させた場合に比べ、好ましい出力分布を維持することが可能であり、炉内の局所的な過大出力を抑える面からもすぐれた方式である。

一般的には、負荷変動に対する出力の追従は、再循環流量制御によって行ない、制御棒は、原子炉の起動・停止等の大幅な出力レベルの変更、長期の反応度変化および出力分布の調整のために用いる。

原子炉圧力は、出力運転中、常に一定に保たれるよう初圧調整装置がタービン蒸気加減弁およびタービンバイパス弁を開閉する。すなわち、タービン出力は、原子炉圧力が一定になるように原子炉の状態に追従する。一般に、これを「タービン・スレープ」と呼んでいる。

*³⁵タービン調速機の形式は、従来の火力と同じであるが通常運転中は、たんに過速度保護装置としての機能しかない、すなわち、通常の電力系統の周波数変動範囲内では、周波数の変動に対して発電所の出力は変動しないが、系統周波数が非常に高くなった場合は、タービン保護のために、周波数の増加に応じたタービン負荷が適当に減少しこの減少分は、タービンバイパス系を経て復水器に放出される。

⑧ 放射性廃棄物処理設備

1) 気体廃棄物

ア、復水器空気抽出器排ガス

ガス減衰タンクを通し、ついで活性炭式希ガスホールドアップ装置によってXeの放射能を30日間、Krの放射能を約40時間減衰させた後、排気筒から放出する。

イ、タービングラウンド蒸気イグズスタ排ガス

ガス減衰管で放射能を減衰させた後、排気筒から放出する。なお、低圧タービンのグラウンドシールには、エバポレーターからの二次蒸気を使用することが計画されており、これが完成すると本系統からの放出放射能はさらに減少することになる。

ウ、原子炉建物などの換気用空気

換気用空気は、普通、放射能がほとんどないか、あってもごく微量であると考えられるので、直接または、高性能フィルターを通した後、排気筒から放出する。また配管破断事故などにより原子炉建物内の空気中の放射能が高くなった場合は、通常換気系が自動的に閉鎖し、非常用ガス処理系が作動を開始して、格納容器から漏えいする放射性物質をチャコール・フィルターなどにより除去した後、排気筒から放出する。なお、排気筒では放射能の濃度を連続監視する。

2) 液体廃棄物

ア、機器ドレン

廃液収集タンクに集め、フィルターおよび脱塩器で浄化した後、サンプルタンクに貯留し水質を測定する。この結果、再使用可能なものは復水貯蔵タンクに回収し、水質の悪い場合は、廃液収集タンクに返し、再処理する。

イ、床ドレン

床ドレン収集タンクに集め、これを廃液中和タンクに移送し、蒸発濃縮処理する。蒸発液は、機器ドレン系にまわし、処理した後回収する。濃縮廃液は、ドラム缶にコンクリートで固化し、固体廃棄物として固体廃棄物貯蔵所に保管する。

ウ、再生廃液

廃液中和タンクで中和した後、床ドレンと同様に蒸発濃縮処理する。

エ、洗濯廃液

*³⁵ ガバナーともいう。機械の回転運動速度を自律的に調整する仕組み。

放射能濃度が極めて低いと考えられるので、放射能濃度を確認した後、フィルターで処理し、復水器冷却水で希釈して海洋へ放出する。

3) 固体廃棄物

ア、使用済樹種

使用済樹種貯蔵タンクに貯留保管する。

イ、*₃₆フィルタースラッジ

フィルタースラッジ貯蔵タンクに貯留保管する。

ウ、雑固体廃棄物

ドラム缶に圧縮して詰め、固体廃棄物貯蔵所に保管する。

⑨ 取排水設備

1) 取水設備

取水位置は、外海の波浪をかなりまともに受けるので取水方式について、種々検討を行なった。護岸に開口部を設ける方式では、安全性確保の上から問題があるので、輪谷湾の16メートルの水深を利用し、深層水を取水するとともに、波力をまともに受けないようにするため、海底敷設管による深層取水方式を採用した。なお、この形式は取水槽の水位変動抑制にきわめて効果があった。

取水管の径は、海棲動物の付着傷害対策の面からの適正流速、および経済性などを勘案して、3,350ミリメートル、2条とした。

また、取水管は近くの置砂の洗掘状況、取水管および取水先端に加わる波力、取水管の振動特性については、模型実験を行い、設計に反映させた。

2) 排水設備

排水路に塑上する波は、ポンプ運転に支障をきたさないよう排水槽において、0.5メートル以下とするため、排水口部には越流堤、消波堤を設けるなどの配慮をした。

8. 建設工事

着工から営業運転開始まで45ヶ月としている。

① 主要建物

本館建設工事は、主要機器と切り離して建設業者に別途発注された。このため、建築サイドと機器サイドの受渡しのポイントとなる*₃₇キーデートを定め、厳重な工程管理が行なわれた。

発電所建設工程のクリティカルパスである原子炉建物は、昭和45年6月EL±0.0メートルの岩盤上に基礎マットのコンクリート工事に着手、同年9月末にEL+15.3メートルまでの地下壁とドライウエル基礎部のコンクリート工事を終了し、格納容器の据付工事に引き渡した。

昭和46年4月、格納容器の耐圧試験の終了をまって建築工事が再開され、1階以上の遮へい壁、外壁および床コンクリートを順次打設した。昭和47年2月、5階床までコンクリート工事を終了し、引続き圧力容器の吊り込み準備が行われた。

昭和47年3月末、圧力容器の吊り込み終了後、5階上部の鉄骨建方、屋根コンクリート工事、外壁工事を施工し現在原子炉建物主体工事はほぼ終了している。

タービン建設は、昭和45年6月、EL-9.2メートル復水ポンプ基礎部のマット工事に着手、同年11月に基礎工事を終了、引続き、床のコンクリート工事を施行し、昭和46年8月、クレンガーターレベルまでコンクリートを打設し、鉄骨の建方を行なった。

昭和46年12月には、クレンガーター上部の壁および屋根のコンクリート工事を終え、昭和47年2月の稼動開始を目標に、天井クレンの据付が行われた。

制御建物は、昭和45年12月基礎工事に着手、昭和46年7月までに躯体コンクリート工事を終了した。内装仕上げは中央制御室を先行して昭和46年10月に終了し、現在、残る放射線管理関係各室の仕上げをほぼ終了している。

廃棄物処理建物は、昭和45年11月基礎工事に

*36 原子炉の冷却材の一部をフィルターなどで浄化するため、浄化設備から使用済みのフィルター助材（セルロースなど）やスラッジ等の放射性廃棄物を貯蔵する。

*37 鍵となる日にち

着手、昭和46年4月、1階壁のコンクリート打設を終了し、その状態で約2ヶ月間タンク類の据付工事が行われた。昭和46年7月コンクリート工事を再開し、昭和47年6月に躯体工事を終了した。

② 主要機器

大物製品の輸送は、海上輸送によった。なお、12月中旬から2月下旬までは、海上輸送が不可能であると考えて工程が組まれた。

格納容器の現地据付は、昭和45年11月より開始され、昭和46年4月の耐圧試験および漏洩率試験完了まで5ヶ月間で完了し、最短記録を樹立した。全体工程を左右する現地据付期間を短縮するため、各部材は大部分工場で組み立てられ、また現地溶接作業には大幅な自動溶接を取り入れ、工程短縮と品質の安定化を図った。

トラスは、ベントノズル、ベント管ヘッダー、ダウンカマを内臓した状態で16分割され、工場で製作された。また円筒部輪切り、フランジ上鏡も工場で一体製作された。球形部は2～6個の部品で現地に持ち込まれ、現地地上組立で球形輪切りに組み立てられた。輸送は海上輸送を利用したが、日本海が荒れ始める前に、昭和45年11月始めから12月中旬まで延べ10船で行なった。現地据付作業は、11月から3月までの鹿島地点としてはもっとも気象の悪い時期の屋外作業となり、昭和46年2月には松江气象台開設以来、初めての豪雪に見舞われたが、二重の風雪よけ対策等を実施し、据付期間中55パーセントの天候稼働率をもって、昭和46年3月末に完了した。続いて4月上旬に耐圧試験・漏洩試験を行い、優秀な成績で試験を完了した。なお、昭和47年3月には、原子炉圧力容器の搬入据付が行われた。

昭和47年4月には、発電機が据付けられた。また、復水器の据付工事は、昭和46年10月より開始され、昭和47年5月、据付けを完了した。昭和46年末には、主要な制御盤が搬入、据付けられた。続いて、昭和47年7月にはタービンの据付工事が開始され、同年11月据付を完了した。

昭和47年8月には、原子炉圧力容器の耐圧試験が実施され、これに合格した。

なお、昭和48年5月からはいよいよ燃料装荷が開始される予定である。

9. 核燃料

① 核燃料の調達

1) 所要ウランの確保

当社の原子炉発電用燃料を長期的に確保するため、カナダ国デニソン社およびリオ・アルゴム社と、昭和44年から昭和53年の10年間にわたって、それぞれ800St. U_3O_8 、320St. U_3O_8 を、それ以降についてもフランス国ユラネックス社、南アフリカ国ナフコール社およびRTZミンサーブ社と昭和51年から昭和60年の10年間にわたって、2,000St. U_3O_8 、1,500St. U_3O_8 および3,000St. U_3O_8 の長期購入契約を結んでいる。

島根1号炉用初装荷燃料404体(含予備4体)のウラン精鉱所要量は、402St. U_3O_8 で、このうちカナダ国デニソン社から昭和44年、45と46年分の一部215St. U_3O_8 を引当て、不足分については、カナダ国エルドラード社と契約を結び、46年に^{*38}天然六弗化ウラン(107St. U_3O_8 相当)の形態でスポット購入した。

2) 燃料の加工

燃料の加工契約は、先発他社1号炉のターン・キー契約方式と異なり、ウラン精鉱の購入、転換、濃縮、再転換成型加工について、それぞれ当社が直接契約を結んでいる。

ア、転換

初装荷燃料のうち、デニソン社、リオ・アルゴム社分のウラン精鉱の転換については、米国アライドケミカル社と昭和45年8月に^{*39}スポット契約を結び、昭和46年1月から5月までに226MTUの転換契約を行なった。

イ、濃縮

^{*40}日米原子力協定にもとづき、^{*41}米国原

*38 ウラン235の濃縮過程で、ウランをガス状の分子状態にするために使う。

*39 長期契約に拘束されず、必要に応じてその都度手当される現物契約をいう。

*40 アメリカから日本への核燃料の調達や再処理、質機材・技術の導入などについての取り決め(1988年7月発効)。

*41 かつて存在したアメリカの独立行政機関。原子力の使用を推進する一方で原子力の安全面を考慮した規制を行うこととなった。促進と規制の相反する目的の達成は困難を極めた。1946年発足、1974年廃止。略称はAEC。

子力委員会と昭和45年7月に賃濃縮契約を結び、昭和46年4月から8月までに濃縮度1.27パーセント .5,060kgU、1.73パーセント .27,049kgU、2.37パーセント .50,880kgUの賃濃縮役務を受けた。

ウ、再転換、成型加工

濃縮UF₆から濃縮UO₂粉末への再転換を米国GE社へ、また濃縮UO₂粉末からペレットへの加工および燃料バンドルへの組立を日本ニュークリア・フュエル社(JNF)で行うよう日立製作所を通じて昭和46年12月の契約を結んだ。

米国GE社での再転換は、昭和46年11月から47年4月まで行い、サンフランシスコから空輸でJNFへ運んだ。JNFでの成型加工は、昭和47年3月から11月までの9ヶ月間で行なった。

3) 完成燃料輸送

燃料バンドルの輸送は、輸送容器へ2体ずつ燃料バンドルを装填して行なった。輸送容器の構造は、鋼製の内部容器と木製の外部容器の二重構造になっている。通常運行時の振動および事故時の衝撃を緩和するために、内部容器は燃料バンドルを緩衝体で収納し、さらに外部容器は内部容器を緩衝体で収納するよう設計製作されている。

4箱の輸送容器を、1台のトラックに2列2段に積載しトラック4台の前後に先導者および後備車をつけた計6台の輸送キャラバン隊とした。燃料バンドル404体は、横須賀市のJNFから島根原子力発電所までの約890キロメートルを輸送キャラバン隊により昭和47年10月上旬から11月末までに13回に分けて輸送された。

② 燃料設計

島根原子力発電所の炉心には、400体の燃料集合体が装荷される。燃料集合体は49本の燃料棒を7×7の正方格子に配列し、これを上下*42タイププレートおよび7個のスペーサで支持し、燃料

棒が自由に膨張できるような構造となっている。そうしてその周囲をジルカロイ4製のチャンネルボックスが囲んでいる。燃料棒は、*43二酸化ウランペレットをジルカロイ2製被覆管の中に封入し、その両端には、ジルカロイ2製端栓が溶接されている。二酸化ウランペレットと被覆管の間には、ペレットと被覆管の熱膨張差および照射に伴うペレットの*44スエリングにより被覆管に過度の歪みがかからないような適当なギャップが設けられており、また各燃料棒上部には、核分裂生成ガスによる過大な内圧が生じないよう、十分なプレナムが設けられている。

燃料バンドル内の燃料棒には、3種類の異なった濃縮度のものを用い、バンドル内の分布の均一化を図っている。

③ 成型加工に伴う品質管理

島根原子力発電所初装荷燃料404体を昭和47年3月から同年11月にかけて日本ニュークリア・フュエル社(JNF)久里浜工場で作成した。燃料は原子力発電所を構成する設備の一つであり、しかも高温、高圧状態で高放射能下にさらされるといふ、厳しい条件であるため、使用する材料の選択には特に慎重に行い、燃料被覆管は米国ウォルバリン社から、ジルカロイ棒を米国ウァーチャン社から輸入して万全を期した。

JNFにおける工程管理は、材料の入荷段階から完成品の出荷に至るまで厳重に実施されているが、当社としても、日立から月1回提出される燃料バンドル製作進捗表による工程の把握、またJNFに派遣した検査員による工程管理を十分に行い、初期のマスタースケジュールどおりに燃料体を完成させ、現地へ輸送を行なった。製作中の品質管理についても、検査員3~4名を常駐させ、それぞれが被覆管、部品全部、UO₂粉末からペレットまでを担当し、燃料バンドルについては全員が検査を行い、検査もれ、製作中の異物付着、品質管理基準と製造法の齟齬がないよう、十分な注意を払って検査を行なった。

*42 レールベースを固定するショルダーを有する鉄板で、レールと枕木の間に入れる。

*43 核燃料を磁器のように焼き固めたセラミックで、原子炉の五重の壁のひとつ目の要素。

*44 燃料ペレットから発生したキセノンやクリプトンなどの気体性放射物質のガス圧、中性子照射により燃料ペレットや燃料被覆管などの構造材が膨張・変形を引き起こす現象をいう。

④ 燃焼管理

1) 燃料管理の必要性

火力発電の場合には、ボイラーで消費した燃料に相当したエネルギーだけ*45MWhが出るが、原子力発電の場合は、同じ量の核燃料を装荷しても、制御棒計画等の良し悪しによって、取り出せるMWhが異なってくる。このため原子力発電では、次のような目的のため従来の発電方式では見られなかった燃料管理が必要となってくる。

ア、安全運転を行なうために

- イ、原子炉の停止余裕がサイクルを通じて十分であることを検討しておく。
- ロ、原子炉起動時の制御棒引抜事故を防ぐために、制御棒引抜シーケンスを計異する。
- ハ、原子炉運転制限条件を守って運転するために、目標出力分布、制御棒パターンを計画する。
- ニ、出力変動に伴うXeトランジェントの検討を行う。

イ、経済的な運転を行なうために

- イ、ウラン鉱石、濃縮量等を確保するために、長期的な燃料購入計画を検討する。
- ロ、燃料成形加工は発注して約2年かかるので、2年間の運転をシミュレートして必要取替本数を計画する。
- ハ、次回の燃料取替本数と配置を、運転実績を入れて検討し計画する。
- ニ、燃料取替後の運転計画を作成する。
- ホ、サイクル末、反応度不足などのために、コストダウン運転を行なわざるを得ないような時、次回の燃料取替計画等と合わせて、*46コストダウン運転の計画を行なう。

2) 当社の燃料管理解析システム

ア、燃焼管理に関する作業

1) の燃料管理の必要性のところで述べ

たが、作業を行うため、次のような作業が考えられる。これらの作業を行なうには非常に大きな記憶容量の計算機と手間を要するが、原子炉を安全でかつ経済的に運転するためには不可欠の作業である。

これらの作業は燃料メーカーに任せれば、現段階では行なってくれるが、きめ細かい運用が難しくなる。また、燃料コストを安くするためにも、これらの作業は電力会社で行なうことが望ましい。このシステムを開発するために、当社においては昭和44年頃から、NEAプログラムライブラリー協議会（日本原子力研究所内）より基本的なプログラムの導入を進め、昭和45年4月から先発会社と協同研究を行い、さらに、昭和46年4月から原子燃料鉱業株（当時住友電工株）と協同研究を行い、中電方式を開発した。

当社燃料管理システムは、社内においては管理室総合機械化班と昭和46年10月からプロジェクトチームを編成し、NEAより入れたプログラムをもとに、協同研究の成果および当社での研究をもち込んで開発を進めてきたが、そのほとんどの開発が済んでいる。

イ、当社燃焼管理システムの開発

当社では、予測解析を行なうための核燃料管理システムと、実績分析を行なうための運転記録統計システムとを開発している。

前者については、そのシステムの90パーセント以上をすでに開発済みであるが、後者についても現在運開を目途に開発を急いでいる。

当社で開発している核燃料管理システムは、今後島根原子力発電所の運転実績により改良され、実際の運用を正確にシミュレートできるものになるはずである。

*45 ミリワットアワーと読む。1 Whの1/1000で、1mWが1時間続くと1mWhとなる。

*46 燃料の核分裂が進んで制御棒パターン調整を行っても、原子力の出力を一定に維持できなくなる運転状態のこと。

10. 環境問題対策

環境への影響では、主に放射能と温排水を考慮しなければならない。これらによる発電所運転開始後の影響を評価するためには、運転開始前のデータが必要である。

放射能に関しては、運転開始前に周辺環境のバック・グラウンドを測定しておいて、運転開始後のバック・グラウンドと比較して安全を確認するためのデータとする。

温排水についても同様の考えで、自然の状態での海水を測定しておいて、発電所の運転開始後に温排水を放出した時の状況と比較するためのデータとする。

これらの目的のため、昭和47年3月、島根県、鹿島町および中国電力が締結した「島根原子力発電所周辺地域住民の安全確保に関する協定書」に基づき、3者の専門技術者により「島根原子力発電所環境放射能等測定技術会」を構成し、環境放射能および温排水に関する調査計画の策定、測定結果の評価を行なっている。

なお、環境放射能は、空間線量の測定および環境試料採取を行なっている。また、海水温度は、放水口から約沖までの範囲を測定している。

以上、当社の原子力発電に関する調査、研究から西地域初の動力炉、島根原子力発電所の建設に関する経緯およびその概要を述べてきた。今後、島根原子力発電所では、5月1日燃料装荷を迎え、その後、10月31日まで起動試験が行われる。

これに携わるわれわれもすべて初めての経験であるので、先行プラントの運転実績を取りいれ、より一層の調査・検討を加えて、国産第1号炉の名にふさわしい、発電所をつくりあげたいと考えている。



旧PR館内部