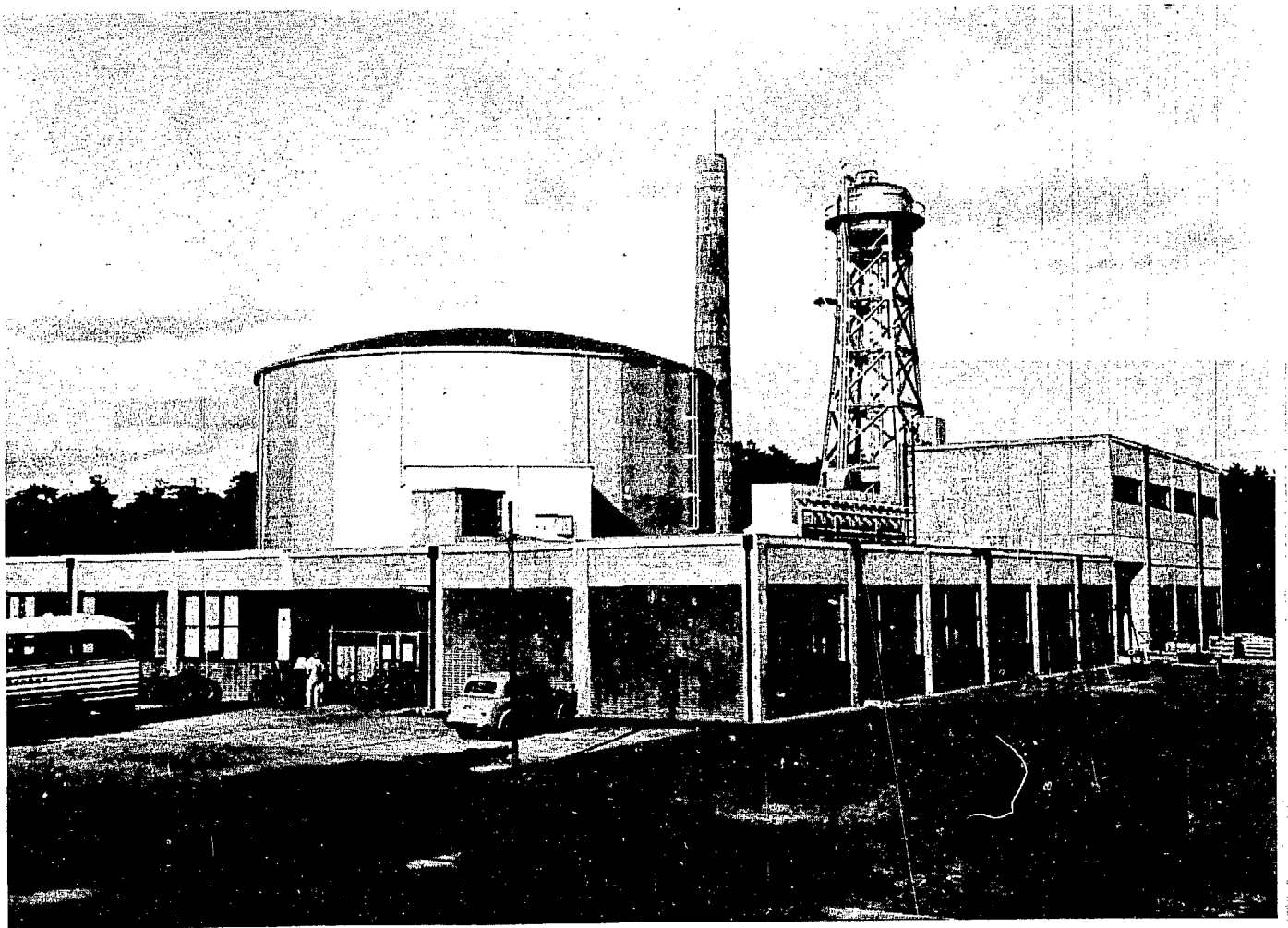


JRR-2 の 建 設

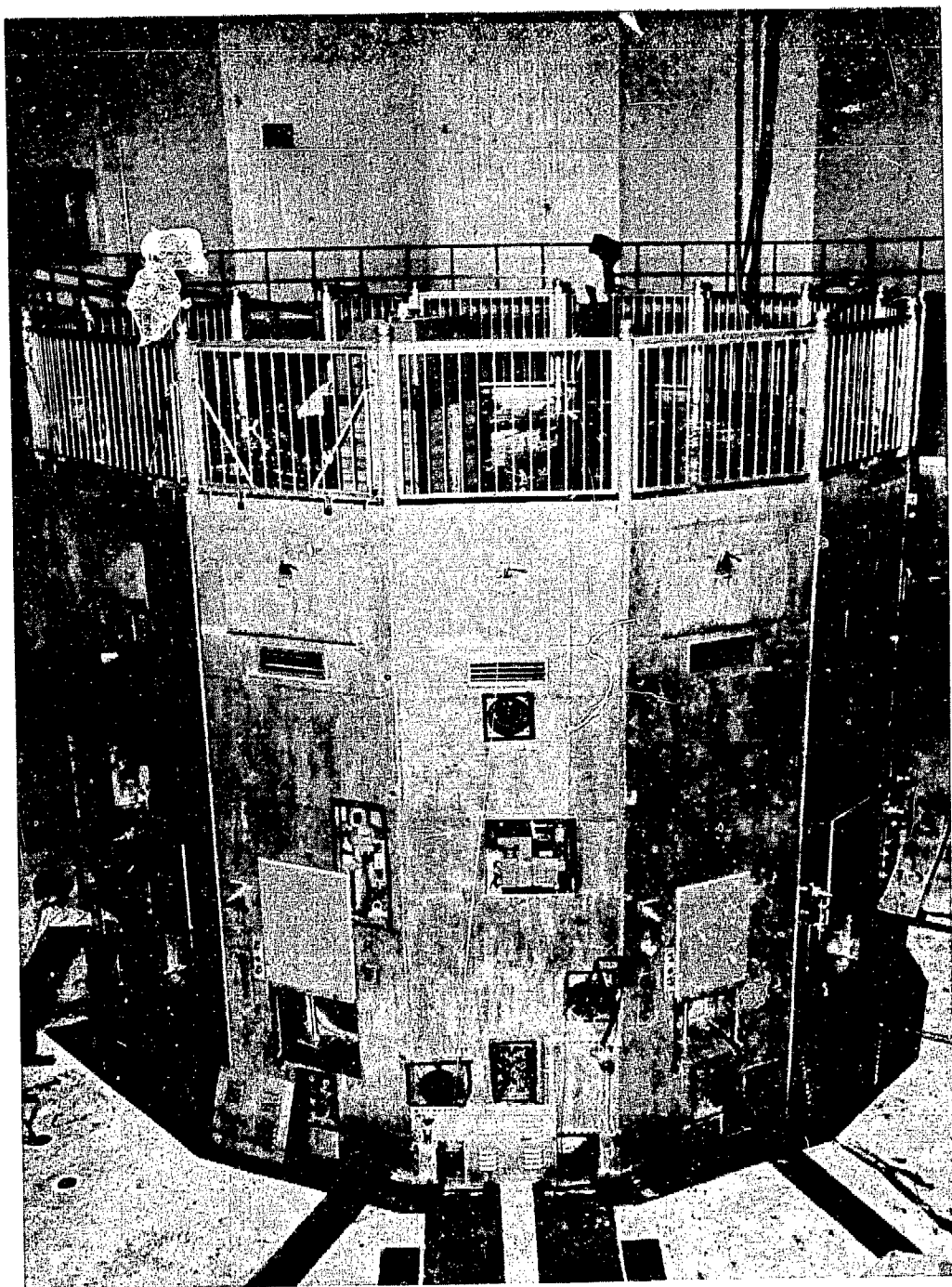
1962 年 3 月

日 本 原 子 力 研 究 所

JRR-2 の 建 設



JRR-2 原子炉建家の全景



JRR-2 原子炉本体の全景

JRR-2 の 建 設

要 旨

この資料は、茨城県東海村の日本原子力研究所に設置された第2番目の研究用原子炉(JRR-2)の建設についてまとめたものである。

JRR-2 は濃縮ウラン MTR 型燃料要素を用いた重水減速冷却の研究炉で、熱出力は 10 MW、中性子束密度 10^{14} n/cm² sec を目標とし、昭和 31 年 11 月 15 日に米国 AMF 社と発注契約が取りかわされた。AMF 社はこの契約にもとづいて基本設計をおこなうとともに、原子炉部品については三菱原子力工業(株)を下請けとして製作設計および製作をおこなわせ、これの指導監督にあたった。作業の内容は、土木建築工事から機械装置や制御関係の弱電部分にいたるまでいろいろと異なった数多くの仕事の組み合わせであり、とくに原子炉部品の製作およびすえつけ組み立ては、実施者にとってまったく新しい分野の仕事であった。そのための大小各種の手直し、工程の繰り返し等があり、全体としては予定よりほぼ2カ年以上の歳月を要した。

しかし、建設完了後の運転実績からみて建設工事の質としては十分満足すべきものであり、その過程を整理しまとめた本報告は、原子炉の建設というわが国にとって新しい分野の仕事の記録として十分な意味をもつものと考えられる。

Report on the Proceeding of Construction of JRR-2

Summary

This report gives an outline of the construction of JRR-2, the second reactor installed in the Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Ibaraki-ken.

The JRR-2 is a research reactor moderated by heavy water with MTR-type enriched uranium fuel elements; it was designed for a thermal output of 10 MW and a neutron flux of 10^{14} n/cm² sec. On November 15, 1956, the purchase contract was signed between the Institute and the American Machine & Foundry Inc. the U. S. A., immediately following which basic design was started. As for the components of the reactor, Mitsubishi Atomic Power Industries Inc., designed and constructed them as the sub-contractor under the supervision of the AMF Inc. What were included in the overall construction were really the combination of a number of various phases of construction, from the excavation to the mechanical engineering and instrumentation and controls. In particular, the making of reactor components and their assembly were totally new fields of work to the sub-contractor in which many enterprises are included. Consequently, a number of changes and repeats of processes were made during the course of construction, and as a whole, the completion was delayed by about more than two years.

When considering the operation after completion, however, the quality of the construction work may be said to be quite satisfactory. The present report, in which works to the completion are described, may be valuable as a record of reactor construction, a new field to this country.

序 文

日本原子力研究所における第2号研究用原子炉 JRR-2 は熱出力 10 MW, 平均熱中性子束密度 2×10^{14} n/cm² sec に設計された本格的な研究用原子炉である。日本原子力研究所は AMF 社との契約によりこの建設に着手したのであるが、この規模の炉は、当時わが国ではもちろんのこと世界的にも第1級の研究用原子炉であった。1958年4月この原子炉の建設に着手して以来、幾多の困難な問題がおり、かつその大部分が未知の分野であり未経験の問題であったため、これを解決するため担当者のなみなみならぬ努力がはらわれたのである。1959年12月末原子炉の組立を完了、ひきつづき機能試験を開始したが、その後に第1次装荷燃料である 20% 濃縮ウラン燃料に問題が起り、この解決のためにも多くの努力がなされた。1960年10月1日 JRR-2 原子炉は臨界に達し翌年3月には第1次出力上昇目標である 1000 kW 運転に成功した。その後約半年間 1000 kW で 370,000 kWh 運転をおこなったが、さしたる問題も起らず良好な結果が得られている。

この報告は建設の当初から 1000 kW 運転にいたる間の技術的報告をまとめたものである。

なお、1961年11月には 20% 濃縮ウラン燃料を用い第2次出力上昇試験で 3000 kW 運転に成功したことを付記する。(神原記)

1962年1月

本報告集は下記の諸編からなり、順次刊行の予定である。(太字は既刊)

- | | |
|--|--|
| No. 1 JRR-2 の建設 (JAERI 6020) | No. 5 JRR-2 の臨界実験と特性測定 (JAERI 1025) |
| No. 2 JRR-2 Cooling tower test (JAERI 1022) | No. 6 JRR-2 第1次燃料の熱的検討 (JAERI 1026) |
| No. 3 JRR-2 の機能試験 (JAERI 1023) | No. 7 JRR-2 第1次燃料と出力上昇 (JAERI 1027) |
| No. 4 JRR-2 における水、ガスの
処理および分析 (JAERI 1024) | No. 8 放射線モニタリング (JAERI 1028) |

本編の関係者はつぎのとおりである。

川畑整理, 神原豊三, 平田 穰, 小川雄一, 沢井 定, 江頭忠彦, 島宗弘治, 佐藤雅幸
遠藤雄三, 駒田正興, 木場規矩雄, 岩下 昶, 山上 章, 小松正宏, 関野秀輔, 金子稔
大池 勲, 半田宗平, 平松一郎, 坂田 肇, 牛尾正二, 北原種道, 八巻治恵, 高村三郎
石川勉夫, 横田光雄, 庄司 務, 富井格三, 笠原佑倅, 八劍達雄, 遠藤和枝, 小早川透
森田守人, 小山田六郎, 横尾 宏, 堀木欧一郎, 小金沢卓, 菊地 雄, 折田良生, 谷口
薫, 林 昭夫 (外来研究員)

目 次

建設に着手するまで

1. 購入に至る経過	1
2. AMF 社との契約	1
3. 設計打ち合わせと追加契約	1
3.1 AMF 社との初期の設計打ち合わせ	1
3.2 AMF 社から設計変更の申し入れ	1
3.3 AMF 社からの追加装置の提案	2
4. AMF 社出図の遅れとスケジュール変更	3
4.1 AMF 社のスケジュール案	3
4.2 AMF 社案に従う三菱のスケジュール案	3
4.3 AMF 社案による炉の組み立て遅延	3
4.4 AMF 社設計の遅れに伴う建家工事の遅延	3
5. 原子炉建家の設計打ち合わせ	3

建設の工程

6. 原子炉の組み立て準備	6
6.1 原子炉建家のコンクリート工事	6
6.2 起重機の据え付け	6
6.3 炉部品の製作と炉の組み立て作業の分担	7
6.4 AMF 社製品のおもな目録	7
6.5 三菱製作部品目録	7
7. 炉組み立ての進行状況	9
7.1 組み立てスケジュール	9
7.2 33 年 4 月の工程	9
7.2.1 ベンチ・マーク	9
7.2.2 軽水タンク	9
7.3 33 年 5～6 月の工程	9
7.3.1 熱遮蔽不銹鋼板および軽水タンク底鉛遮蔽の取り付け	9
7.3.2 熱中性子柱と炉外板の組み立て	9
7.3.3 上部プラグ・コンティンメントの取り付け方法の改善	10
7.3.4 配管	10
7.4 33 年 7～8 月の工程	10
7.4.1 上部プラグ・コンティンメントと軽水タンクとの溶接	10
7.4.2 重水タンク	10
7.4.3 熱遮蔽不銹鋼板の仮合わせ	11
7.4.4 実験孔ライナーおよび気送管の仮合わせと取り付け	11
7.4.5 熱中性子柱鉛シールドおよび同上冷却管の取り付け	11
7.4.6 ユーティリティ系配管	11
7.4.7 実験孔換気系	11
7.4.8 電気配管、配線	11
7.4.9 重水熱交換器	11
7.5 33 年 9～10 月の工程	12
7.5.1 実験設備ライナー等の取り付け	12
7.5.2 重水タンク据え付け試験の準備等	12
7.5.3 重水タンクの仮合わせ	12
7.5.4 軽水タンク内の組み立て作業	12
7.5.5 軽水タンク関係の漏洩試験	13
7.5.6 炉体生体遮蔽内の各種配管作業	13
7.5.7 炉体内生体遮蔽重コンクリート打ち準備	13
7.5.8 9 月はじめにおける重水ポンプ室炉冷却系の組み立て状況	13
7.5.9 重水系	14

7.5.10	熱遮蔽系	14
7.5.11	実験孔換気系	14
7.5.12	He 系	14
7.5.13	非常用高架水槽の軽水による非常冷却系	14
7.5.14	2 次冷却系	14
7.6	33 年 11~12 月の工程	14
7.6.1	炉体内生体遮蔽用重コンクリートの打設	14
7.6.2	上部プラグの芯合わせと重コンクリート打ち	15
7.6.3	コンクリート埋め込み配管テストピースの製作	15
7.6.4	重コンクリート内への温度計の埋め込み	15
7.6.5	水平貫通実験孔のライナーの芯合わせ	15
7.6.6	炉冷却系の機器の据え付けおよび配管	15
7.6.7	重水精製系の位置変更	16
7.7	34 年 1~3 月の工程	17
7.7.1	重コンクリート打設後の作業	17
7.7.2	鉛カラーの取り付けと水平実験孔の手直し	17
7.7.3	鉛シャッターとボラル・カーテンの組み立て	17
7.7.4	重水タンクの据え付け	17
7.7.5	水平実験孔および実験孔扉の取り付け	18
7.7.6	1 インチ気送管ライナーの改修	18
7.7.7	プレナム室の排水用孔あけ	18
7.7.8	グリッド板の取り付け	19
7.7.9	制御棒の芯合わせ	19
7.7.10	垂直実験孔の仮合わせ	19
7.7.11	上部プラグの据え付け	19
7.7.12	回転プラグの改修	19
7.7.13	炉冷却系の据え付け組み立て	20
7.7.14	炉制御系の組み立て	20
7.8	34 年 4 月の工程	20
7.8.1	概 況	20
7.8.2	軽水タンク内の鉛の腐食対策の検討	20
7.8.3	ボラル・カーテンの補修	21
7.8.4	回転プラグ改修	21
7.8.5	気送管プラグの挿入	21
7.8.6	炉冷却系機器据え付けおよび配管組み立て	21
7.8.7	炉 制 御 系	21
7.9	34 年 5~7 月の工程	21
7.9.1	軽水タンク底鉛腐食対策工事	21
7.9.2	重水熱交換器据え付けのための準備	22
7.9.3	重水熱交換器の据え付け	22
7.9.4	重水熱交換器据え付け後の重水ポンプ室内の据え付け組み立て作業	23
7.9.5	冷却塔の性能試験	23
7.10	34 年 8~10 月の工程	23
7.10.1	気送管ライナーおよびプラグの漏洩試験	23
7.10.2	熱中性子柱のグラフィイト詰め込みおよび扉の改造	23
7.10.3	制御棒などの取り付け合わせと調整	23
7.10.4	ボラル・カーテン	23
7.10.5	下段上部プラグの冷却水配管取り出し口の漏れ止め作業	24
7.10.6	炉本体頂部の組み立てと漏洩試験	24
7.10.7	重水ポンプ	24
7.10.8	軽水タンク内の水張りとの漏れ止め補修	24
7.10.9	冷却系配管の洗浄と漏洩試験	25
7.10.10	制御系機器の取り付けおよび調整ならびに補修	25
7.10.11	重 水	25
7.11	34 年 11~12 月の工程	25

7.11.1	回転プラグ	52
7.11.2	燃料交換キャスクによる燃料の挿入試験	26
7.11.3	ボラル・カーテンの補修	26
7.11.4	炉冷却系の漏洩試験, インベントリー・メジャーメント等	26
7.11.5	冷却塔の性能検査と2次冷却系のつなぎ込み	26
7.11.6	主重水ポンプの性能試験	26
7.11.7	制御系の性能試験	27
7.11.8	炉頂部の組み立て完了	27
7.12	35 年 1~5 月の工程	28
7.12.1	燃料要素到着の見通しと概況	28
7.12.2	制御棒の修理	28
7.12.3	制御棒微位置指示計, 自動制御装置などの補修	28
7.12.4	主重水ポンプの修理	28
7.12.5	補助重水ポンプ	29
7.12.6	模擬燃料の改修	29
7.12.7	炉体および冷却系の漏洩試験およびインベントリー・メジャーメント	29
7.12.8	炉心の流量分布の測定等	29
7.12.9	汚染度の点検	29
7.12.10	安全装置の性能試験	29
7.12.11	制御棒落下時間測定試験	30
7.12.12	臨界実験の準備	30
7.13	35 年 6~9 月の工程	30
7.13.1	概 況	30
7.13.2	グリッド板の取り付け方法の改善	30
7.13.3	炉心の流量分布の再計測	31
7.13.4	燃料要素保持装置の寸法検査	31
7.13.5	主重水ポンプ1台で運転するための冷却系の調整	31
7.13.6	制御系の調整と補修	31
7.13.7	燃料要素の到着と燃料要素の挿入試験	31
7.13.8	炉内の乾燥	32
7.13.9	重水注入	32
7.13.10	制御関係機器の最終調整	32
7.13.11	臨界実験用計測器類の整備	33
8.	臨 界 実 験	33

JRR-2 図面集

第 1 図	JRR-2 建家を中心とした敷地の航空写真 (昭和 35 年)	35
第 2 図	JRR-2 建家地階平面図	36
第 3 図	JRR-2 建家 1 階平面図	37
第 4 図	JRR-2 建家 2 階平面図	38
第 5 図	JRR-2 建家断面図 (炉室断面)	39
第 6 図	JRR-2 建家断面図 (東西棟断面)	40
第 7 図	JRR-2 建家正面および側面図	41
第 8 図	JRR-2 見取り図	42
第 9 図	JRR-2 垂直断面図 (A-A 断面)	43
第 10 図	JRR-2 垂直断面図 (B-B 断面)	44
第 11 図	JRR-2 水平断面図	45
第 12 図	JRR-2 炉心部水平断面図	46
第 13 図	重水タンク, 支持リング, 軽水タンク略図	46
第 14 図	冷却系統図	47
第 15 図	非常用冷却系統図	48
第 16 図	炉室換気系統図	48
第 17 図	制御室内炉制御台および制御盤概略図	49
第 18 図	制御室内ポンプ制御盤および警報盤	49
第 19 図	計測制御系統ブロック・ダイアグラム	50

第 20 図	実験孔配置図	51
第 21 図	燃料要素断面図	52

建設に着手するまで

1. 購入にいたる経過

昭和 29 年 5 月、関係閣僚および民間学識経験者をもって構成される原子力利用準備調査会が組織され、ここで原子力開発の体制とその促進の方法とが討議された。

昭和 29 年 12 月から 3 カ月間、欧米諸国の原子力開発状況を調査して帰国した調査団の報告の結果、濃縮ウランを用いた研究用原子炉の建設を JRR-1 と並行して考えるべきであるとの結論に達し、米国から濃縮ウラン提供の申し出とともに研究用原子炉の輸入という問題が大きく浮び上がってきた。

米国政府と日米原子力研究協定の仮調印がおこなわれ、濃縮ウランの貸与と研究用原子炉輸入の可能性が生じたので、原子力利用準備調査会は、前記調査団の報告およびジュネーブ原子力平和利用国際会議出席者の報告等を参考にして原子炉建設計画を検討した結果、30 年 11 月「原子力研究開発計画」を決定した。

この「原子力研究開発計画」は、31 年度には WB 型原子炉 1 基（熱出力 50 kW）、32 年度には CP-5 型原子炉 1 基を米国から購入し日本原子力研究所に設置する方針を示している。

2. AMF 社との契約

日本原子力研究所は、上記「原子力研究開発計画」に基づいて JRR-1 発注後、ただちに JRR-2 の検討をはじめた。最初の見積りを AMF、ACF、GE、NAA の 4 社から取り寄せて、炉の性能、価格、納期

等を比較検討した結果、AMF 社 (American Machine & Foundry Inc.) に発注することに決定し、政府の承認をへて 31 年 11 月 15 日契約書に調印した。その理由は、熱出力が 10 MW で材料試験に相当であることと、三菱グループが下請をすることになっているのでアフターサービスや将来わが国の原子炉製造技術の向上にも役立つことなどである。

3. 設計打ち合わせと追加契約

3.1 AMF 社との初期の設計打ち合わせ

契約が締結されたので原研および三菱の担当者が米国の AMF におもむいて、炉の設計スケジュールや炉の仕様の細部についての打ち合わせ、原子炉建家および付属設備などについての打ち合わせがおこなわれ、AMF にたいする質問事項の確認、解答、新しい問題の討論が続けられた。32 年 1 月 23 日おこなわれた耐震性についての打ち合わせでは、つぎのことが確認された。

- (1) AMF は地震計をとりつけてスクラム (scram) させる方法がよいのではないかといったが、具体的でなかった。
- (2) D_2O 液面のディスターバンス (disturbance) によるトラブルやクラックの発生による D_2O と H_2O との混合による危険は心配ないとおもわれるが AMF で検討する。

32 年 2 月 18 日の打ち合せでは AMF は、

- (1) 0.2 g の地震に対処するためには燃料要素保持装置が必要である。
- (2) 燃料要素保持装置を取りつけるときは炉心タンクに入る重水の流れは down flow の意味がなくなるので up flow の方が望ましい。
- (3) 最終製作図の引き渡しは 32 年 4 月 15 日までは完了する。

3.2 AMF 社から設計変更の申し入れ

32 年 4 月 23 日 AMF は突然原研にたいして設計変

	AMF	ACF	GE	NAA
最大熱出力 (MW)	10	5	5	5
最大中性子束 (n/cm ² ・sec)	1.2×10^{14}	8×10^{13}	8×10^{13}	9×10^{13}
価格 (単位 1,000\$)	1,495	2,140	2,790	2,340

更の申し入れをおこなってきた。5月、原研担当者の帰国に引き続き AMF から Mr. Boutelle, Dr. Holzer, Mr. Shoenbrun の3名が来日し、AMF の今回提案した設計変更についての打ち合わせがおこなわれた。AMF は、燃料要素保持装置は米国の原子炉にはほとんど装備されておらず、契約交渉のときには地震の話は取り上げられなかったため契約には含まれていないが、32年2月27日原研から示された地震の data をみると耐震性について特別の考慮させざるを得ないと主張した。

今回の設計変更の主な点は、

- (1) 燃料要素保持装置を追加し、炉心に入る重水は up flow とする。
- (2) 軽水層よりなる熱遮蔽を改めて、炉心タンクの径を大きくし冷却管を埋込んだ鉛の熱遮蔽を採用する。
- (3) 原研の指定する地震強度に合致するように炉の耐震構造に特別な補強を追加する。
- (4) 重水系統が破損したとき燃料が溶融する危険を除去するため非常冷却装置を追加する。

原研でこれを検討した結果、

- (1) AMF が地震に関心をもちすでにいくらかのデータをもっていたことは31年10月17日付 Mr. Boutelle の書簡の Attachment C にのべられていることからしてあきらかであり、また32年2月18日原研担当者との米国 AMF での打ち合わせの際には AMF は設計にあたっては地震荷重として 0.2g を考慮すべきことを述べており、炉の設計に耐震性を考慮すべきことは米国の工業規格をみてもあきらかである。
- (2) 技術的にみた場合、耐震性の点では今回の設計変更は必ずしも満足すべきものでなく、また予算的にも全部について国の承認が得られる見通しも得られない。

というわけで今回の AMF の設計変更の提案は採用しないことに決定し AMF にこの旨を通告した(32年5月30日)。

今回の AMF が提案した設計変更問題のために、炉の製作図は32年4月15日完了のはずであったのが32年7月15日に延期され約3ヵ月工程が遅れることになった。そして今回の3ヵ月の遅れは AMF の責に帰すべきものであるため、契約上の保証期間などを3ヵ月延長する第1回契約改訂(supplementary agreement)が32年8月1日調印された。

かくて、AMF は最初の契約仕様にしがたって炉の

設計をいそいだので、原研にも三菱にも必要な図面や技術的情報の一部が送付されるようになった。

3.3 AMF 社からの追加装置の提案

32年8月になって AMF は、原研にたいし炉の耐震および非常用設備としてつぎのような追加装置を組み込むことを提案してきた。

- (1) 重水補助循環装置 (Heavy water emergency and shut-down circulating system)
- (2) 炉心タンク内自然対流による冷却装置 (Heavy water natural recirculation system)
- (3) 非常用高架水槽の軽水による非常冷却装置 (Emergency cooling system from outside storage tank)
- (4) 燃料要素保持装置 (Fuel hold-down mechanism)
- (5) 地震計連動スクラム装置 (Seismic detector for scram in the event of earthquake)

原研でこれを検討した結果、炉の安全のためにはこれらはすべて望ましいものであり、かつ予算的にも国の承認を得ることができたので、42,345ドルで追加発注することに決定した。契約が正式締結されたのは33年1月31日である。

これらの5つの安全装置の概略は、つぎのとおりである。

- (1) 重水補助循環装置 (Heavy water emergency and shut-down circulating system)
主重水ポンプ (DP-1, DP-2) が停電その他の原因で停止したとき、自動的に重水補助ポンプ (DP-4) が動き出して炉心タンク内を冷却する後備安全装置である。
- (2) 炉心タンク内自然対流による冷却装置 (Heavy water natural recirculation system)
重水系配管などの一部にもれを生じ、主重水ポンプおよび補助重水ポンプにより重水を循環させることによって炉心の必要な冷却が不可能になったとき等の場合、制御室にあるボタンを操作することによりただちに必要なバルブが開閉して炉心タンクとその下部の配管で重水系の閉鎖回路を作り、自然対流により炉心タンク内を冷却する後備安全装置である。
- (3) 非常用高架水槽の軽水による非常冷却装置 (Emergency cooling system from outside storage tank)

この装置は燃料の溶融をふせぐための最終的安全装置である。事故のため各種の後備安全装置によ

ってもなおかつ燃料溶融の危険のある場合、制御室の床にもうけた非常弁を手動で開くことにより、炉室外の高架水槽内の軽水をその落差を利用して直接重水タンク内に注入し熱除去をおこなって燃料の溶融を防止することを目的とする。

(4) 燃料要素保持装置(Fuel hold-down mechanism)

炉心に挿入された燃料要素が地震などによりグリッド板(grid plate)からはずれることを防止するための燃料要素の保持装置である。

(5) 地震計運動スクラム装置(Seismic detector in the event of earthquake)

あらかじめ定めた設定値以上の地震が起こったとき、自動的に原子炉を緊急停止(scram)させる緊急停止回路である。この回路は2つの地震計からなり、その1つは警報装置と連動し、他の1つは緊急停止装置と連動することになっている。

4. AMF 社出図の遅れとスケジュール変更

4.1 AMF 社のスケジュール案

契約締結当時の AMF のスケジュールは、つぎのとおりであった。

- 32 年 4 月 15 日 最終製作図面完成
- 32 年 10 月 15 日 原子炉組み立て開始
- 33 年 4 月 15 日 原子炉組み立て完了
- 33 年 8 月 15 日 全出力到達

しかしながら、前述した AMF の設計変更提案の問題のために約3ヵ月工程が遅れたので、原研はスケジュールを改訂するよう AMF に要求したところ、AMF は 32 年 9 月 19 日原研にたいし、つぎのようなスケジュールを申し入れてきた。

- 32 年 7 月 15 日 最終製作図面完成
- 33 年 1 月 15 日 原子炉組み立て開始
- 33 年 7 月 15 日 原子炉組み立て完了
- 33 年 9 月 15 日 臨 界
- 33 年 11 月 15 日 全出力到達

4.2 AMF 社案に従う三菱のスケジュール案

これに対し、AMF の下請業者である三菱は AMF のスケジュールは実行不可能であると主張した。

- (1) 三菱は 32 年 9 月 30 日付で AMF に対し、つぎのとおり連絡した。31 年 11 月 20 日付の AMF の出図予定によれば、製作図の完成予定は 32 年 1 月 15 日から同年 4 月 15 日までとなっていたが、同年 4 月 15 日までは引き渡せないとし、それが同年 7 月 8 日になると製作図の完成予

定が同年 7 月 15 日から 9 月 15 日までと変更され、さらにこの 9 月 15 日は 32 年 10 月 15 日となり、最初の予定の 4 月 15 日から 6 ヶ月もおくれている。したがって三菱としては炉の組み立て完了を 33 年 7 月 15 日とする AMF の主張は承服できないものであって、33 年 9 月 15 日を組み立て完了の日として努力している。

- (2) 三菱は 32 年 12 月 27 日付で AMF に対し、つぎのとおり連絡した。AMF の三菱にたいする製作図の出図の遅れ、受取った製作図のたび重なる変更、さらに米国に発注した部品の到着の遅れなどのためにスケジュールの変更をよぎなくされることになった。たとえば、軽水タンクは 33 年 2 月 28 日に完成を予定していたが、ALCOA 社からの材料の到着がおくれたので完成は 33 年 4 月 15 日になる予定である。このためつぎの工程を希望する。

33 年 4 月 1 日 原子炉の組み立て開始

33 年 11 月 15 日 原子炉の組み立て完了

4.3 AMF 社案による炉の組み立て遅延

このような三菱の工程延期の主張にたいして、AMF は 33 年 2 月 13 日付で三菱のスケジュール案を否認するむね通告してきた。そしてあくまで炉の組み立て完了の目標は 33 年 7 月 15 日であって、このためには炉の組み立てを同年 1 月 15 日に開始しなければならないが、原研側の炉建家工事が約 2 ヶ月半遅れていてクレーンが使用可能となり炉の組み立てが開始されるのは同年 4 月ごろになるものとおもわれるけれども、原研からの炉の組み立て開始の通知を得るまでは現行の AMF のスケジュールは変更しないと主張した。

4.4 AMF 社設計の遅れに伴う建家工事の遅延

原研もまた 32 年 11 月 28 日付で AMF 社に対し、原子炉建家の設計に必要な AMF 社の図面の出図が 32 年 7 月 15 日から同年 9 月末に延期されたので、原子炉建家の建設がそれだけ遅れることになり、炉の組み立てが可能な状態に原子炉建家が整備されるのは 33 年 4 月 1 日ごろであると通告した。

5. 原子炉建家の設計打ち合わせ

JRR-2 原子炉建家の設計に関する作業は 31 年 10 月末から開始された。31 年 10 月 31 日 AMF は原研にたいし、原子炉建家設計についての要望事項を連絡してきた。原研では 31 年末、当時としては事情がよくわかっていた ANL の CP-5 型を基本とした第 1

次案を作成するとともに、さきに AMF が連絡してきた要望事項についての質問書を AMF に提示した。その後、AMF と情報の交換を重ねるとともに独自の立場で種々検討した結果、むしろ英国の DIDO 型のほうが望ましいことがわかり 32 年 3 月 4 日 AMF にたいし原研第 2 次案を作成して AMF の意見を求めたところ、AMF としては制御室を地下室におくのは望ましくないとしこれに反対した。原研ではさらに検討を重ねた結果、わが国の原子力災害にたいする評価の特異性などを考慮して MIT 型を基本とした第 3 次案を 32 年 3 月 19 日 AMF に提示した。32 年 4 月 10 日 AMF から原研第 3 次案にたいする回答があり、原研でこれを検討し、AMF の意見をきり込んで手直しをした第 3 次案を来日した AMF の代表に提示した。そして炉室地下の配置について AMF と交渉が続けられた。

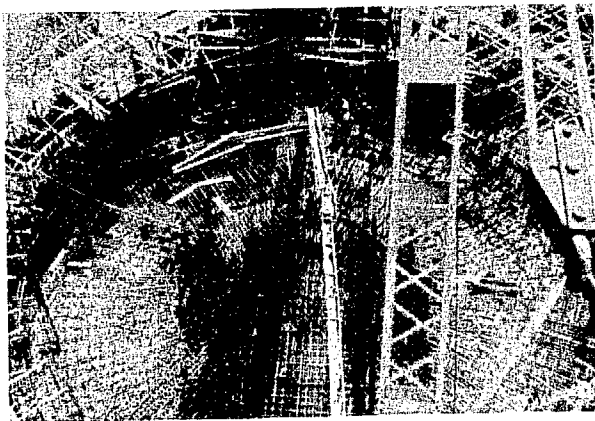


Photo 1. 炉室地下床基礎の配筋(32 年 10 月中旬)

原研は AMF からデータをもらわなければ図面を完成することができないし、AMF も同様に原研から図面やデータを手に入れなければ重水ポンプ室の図面を完成できないというわけで海をへだてての交渉には長い日数が必要とされた。32 年 5 月 1 日 AMF から原研は配管の位置などを示す図面を要求しているが、それには原研で地下室の設計を決定することが前提条件であるとの連絡があり、32 年 5 月 22 日付で参考図 # 3507 (Shielding configuration pump room) を送ってきた。さらに 32 年 5 月 31 日付で参考図 # 5580 (Sleeves, piping and ducts in reactor pedestal) を送ってきて、原研はこれにより原子炉建家の最終図面を完成するよう連絡してきた。32 年 6 月 8 日原研から「重水ポンプ室は熱中性子柱の下に設置したい」との要望を示し、AMF は 32 年 6 月 22 日これを了承した。そして 32 年 7 月 10 日原研は炉室地

下の配置図を AMF におくるとともに原子炉建家の設計は完了したと通知し、これにたいする AMF の意見を求めた。そして 32 年 7 月 29 日原研は AMF が冷却系を設計するのに必要な建家のデータを AMF におくった。

32 年 8 月 8 日、原子炉建家工事の契約手続もおわり、請負業者は清水建設(株)と鹿島建設(株)とに決定し、32 年 8 月 19 日から工事を開始した。しかし AMF から原研の原子炉建家設計の最終案にたいする回答がなく、重水ポンプ室内の機器の配置や、炉から地下の重水ポンプ室にぬけるパイプやコンジット等の位置も未定のため、鉄筋の立ち上がりがきまらず手まちという状態であった。当時、原研の原子炉建家の設計に必要な AMF の図面で原研におくられてきているのは、すべて参考図であって、製作図は 1 枚もなく、参考図をもとにして工事を進めることは困難で



Photo 2. 炉室地下床のコンクリート打設終了(32 年 10 月中旬)

あった。また電気工事についても、AMF との工事限界がはっきりせず、配電盤やプル・ボックスのとりつけ場所も明確でなく、AMF の参考図をみて考えられる一番遠い場所を想定して契約しなければならなかった。さきに AMF に送付した原研の原子炉建家最終案にたいする AMF の回答があったので、これにしたがって一部設計の修正をしたのち 32 年 8 月 20 日原子炉建家の最終図面を AMF に送付した。

また 32 年 8 月 20 日、原研は AMF にたいし原子炉建家工事を進めるため “Trenches, pits, pipe and sleeves running through the pump room wall” の位置を示す図面を 8 月末までにおくよう要求したところ、32 年 8 月 27 日 AMF から、すでに送付してある参考図 # 3507 と # 5580 に示す位置と寸法が最終的であり、原子炉建家工事を遅らせる理由がないと通

知してきた。一方、原研の建築担当者は、32年8月16日付 AMF の図面 #5580 によれば1階床スラブを幾多の配管が貫通するため、炉の荷重に耐えられるかどうかの耐荷重強度が問題であるとしてこの部分の工事を進めることができないと主張したので、AMF にたいし 32年8月27日、荷重分布のデータを示すよう要求した。これにたいし AMF は 32年9月9日、耐荷重強度についての計算書をおくってきた。

32年9月22日、原研、AMF、三菱の担当者が会合して、

- (1) 9月22日現在では炉室基礎の基礎コンクリート打ちが終り、炉室地下室の床のコンクリート打ちが始まっている。
- (2) プル・ボックスの位置や原研とAMFとの工事限界を示す電気関係の図面は三菱にも原研に

もとどいていない。9月17日 AMF から到着した図面 #9500, #9501, #9504 は参考図である。

- (3) 床に埋め込む原子炉換気系ダクトは 10月末までに三菱が用意する。
 - (4) 2次冷却系と He 系の図面は三菱にも原研にも一部しか到着していない。
- ことを確認した。

以上のようなわけで、最初のスケジュールによれば 32年2月15日に終了予定であった建家の設計完了が 32年8月20日となり約6ヵ月おくれてしまったのである。したがって炉の組み立て開始に必要な建家の工事が終了するのも 32年10月15日であったのが 33年4月7日となった。

建設の工程

6. 原子炉の組み立て準備

6.1 原子炉建家のコンクリート工事

原子炉建家工事も進捗し、32年11月上旬から中旬にかけて、炉室地下重水ポンプ室の天井壁を貫いて炉本体と連なる配管用の埋め込みスリーブ、原子炉換気

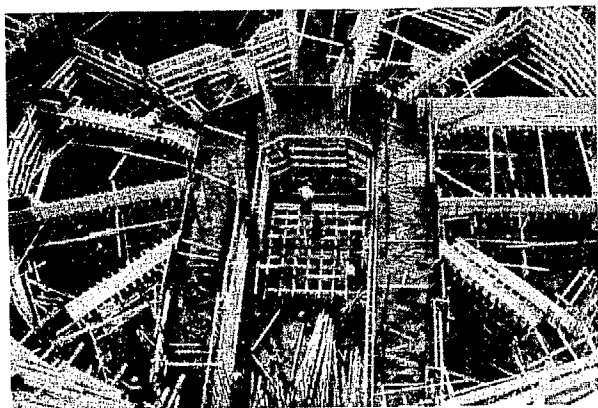


Photo 3. 炉室地下重水ポンプ室遮蔽壁のコンクリート打設および炉室1階床梁の配筋と型枠取り付け (32年12月上旬)

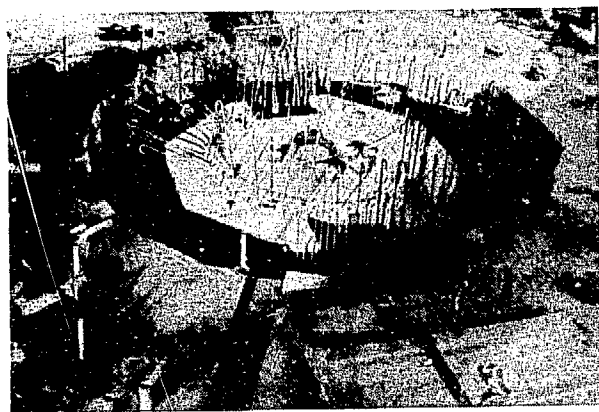


Photo 5. 炉本体下部の埋め込みスリーブ

系用の埋め込みダクト、炉室地下重水ポンプ室の天井裏に取りつける I ビーム、埋め込み電気配管などが現場に到着したのでこれらを埋め込んで、12月末には炉室1階床のコンクリート打ちを完了した。

6.2 起重機の据え付け

炉室床のコンクリート打ちに続いて炉室壁のコンクリート打ちを急いだので、32年2月中旬からわが国で最初の30トン旋回型クレーンの据え付け工事が開始された。レール芯出し、据え付け(2/15~21)クレーン・ガーダー吊り込み、組み立て(3/3~3/12)と並

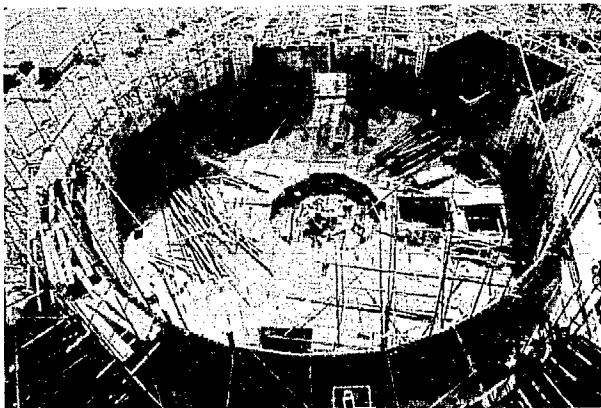


Photo 4. 炉室1階床スラブのコンクリート打設完了 (32年12月末)

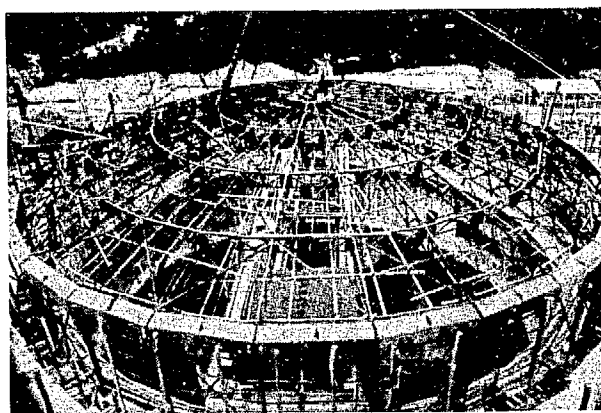


Photo 6. 30トン旋回型クレーンの組み立てと炉室屋根の鉄骨組み立て

行して炉室屋根トラス鉄板張り天井内部工事がおこなわれ、天井内部工事が終わったのは4月6日である。続いてさきに据え付けたクレーンの調整(4/5~4/15)がおこなわれた。

6.3 炉部品の製作と炉の組み立て作業の分担

原子炉の部品はすべて AMF が主契約者として原研に納入し、かつその部品で組み立てをおこなうことになっているが、AMF は三菱を下請業者として部品の製作の一部および原子炉組み立て工事のいっさいを AMF の現地駐在員 (supervisor) の監督のもとに三菱におこなわせたのである。ただし AMF およびその下請である三菱の原子炉組み立て作業の範囲は、原子炉の組み立て終了後の性能検査 (functional test) までである。したがってその後の重水注入から臨界実験にいたる過程はすべて原研の手で実施された。

6.4 AMF 社製品のおもな目録

AMF が直接原研に納入する部品の種類とその到着予定日は、32 年 10 月 2 日現在での三菱商事からの連絡では、つぎのとおりであった。

(1) Boral	32 年 12 月 1 日
(2) Purification system heat exchanger	33 年 2 月 15 日
(3) D ₂ O system valves	33 年 2 月 20 日
(4) D ₂ O main circulating pump	33 年 3 月 1 日
(5) D ₂ O heat exchanger	
(6) Regulating rod drive and accessories	33 年 3 月 10 日
(7) Shim safety rod drive and accessories	
(8) Thermal column graphite	33 年 5 月 24 日
(9) Control console	33 年 4 月 15 日
(10) Control system accessories	
(11) Flow meter	33 年 6 月 15 日
(12) Fuel handling cask	
(13) Ionization chamber	
(14) Junction boxes	

6.5 三菱製作部品目録

三菱は AMF の下請として、AMF の指示と監督のもとに、つぎのような原子炉部品を加工製作し、AMF を通じて原研に納入することになっているが、その大部分は国内で加工製作された。

1. Shield

- ① Bulk shield
 - Barytes concrete
 - Steel shell
 - Al lining

Structural re-enforcing and supports as required

Top plug and accessories

Rotary plug assembly

② Major internal structures

Al core tank, grid plate, plenum and support

Thermal shield

Vents, ducts, piping

Instrument liners and plugs

2. Experimental facilities

① Thermal column

Lead

Al shell

Lead shutters & drive unit

Thermal column shield door

Concrete

Lead

Shell

Door frame

Plugs

② Vertical access plug assembly

③ Horizontal beam tube assemblies

4-4" dia with shutters

3-6" dia with shutters

2-7 1/2" dia with shutters

2-11" dia with shutters

④ Horizontal through tube assembly

4 Liners and plugs

2 Through tubes

⑤ Pneumatic tubes

2-2" Pneumatic tube assemblies

2-1" Pneumatic tube assemblies

⑥ 2 Isotope hole liners and plugs

⑦ 9 Vertical thimbles and plugs

3. Cooling system

① Air blower system

Blower

Valves

Filter

Piping and fittings as required

② Helvim circulating system

Valves

Gasometer

D₂O drain tank

Recombiner chamber

Instruments	Demineralizer
Helium	Storage tank
Blower	Filter
Piping and fittings as required	Piping and fittings, supports as required
③ D ₂ O cooling loop	Valves
Storage tank	Thermal shield
Instrument	Flowmeter
Filters	⑤ Secondary cooling loop
Aspirator	Circulating pumps
Demineralizer	Cooling tower, including basin
Piping and fittings as required	Flowmeter
④ H ₂ O cooling loop	Valves
Purification heat exchanger	Instrument
Instruments	Piping and fittings as required

昭和 33 年
(1958 年)

7. 炉組み立ての進行状況

7.1 組み立てスケジュール

原子炉の組み立ては AMF 案では 33 年 1 月 15 日を予定していたが、原子炉建家の建設が遅れたので原子炉の組み立ては実際には約 3 ヶ月遅れて 33 年 4 月 7 日から開始された。原子炉の組み立てが始まると AMF は正式にスケジュールの改訂を提案してきたので、これを検討した結果、原研としては、

組み立て開始	33 年 4 月 7 日
組み立て完了	33 年 10 月 10 日
臨 界	33 年 12 月 5 日

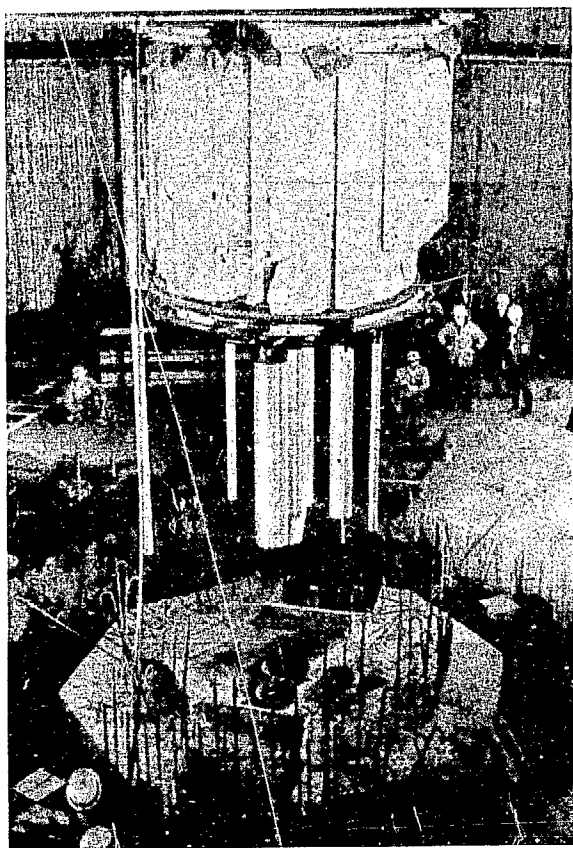


Photo 7. 軽水タンクの据え付け

全出力 34 年 2 月 6 日
とすることに決定し、そのむねを AMF に通告した。

7.2 33 年 4 月の工程

7.2.1 ベンチ・マーク 4 月 7 日いまだ仕上げコンクリートの打っていない粗面の炉室床に炉の中心点から 45° に 8 分割した位置に 8 箇のベンチマーク (bench mark) を取りつけ、ついで水平実験孔、制御棒駆動軸、熱中性子柱の中心線を示す芯出し板 (centering plate) を取りつけた。

7.2.2 軽水タンク 4 月中旬にはいよいよ原子炉部品の第 1 便が現地に到着した。すなわち三菱造船 (株) 長崎造船所で製作された軽水タンクは汽車のトンネルを通過できないほど大きいので、横浜まで船ではこび、横浜からトレーラーで現地に搬入した。軽水タンクを据え付けるためのアンカー・ボルトの埋め込みと基礎部の重コンクリート打ちをおこなってから 4 月 23 日軽水タンクを所定の位置に据え付けて芯出しをし、コンクリートをその下部に注入して固定した。ついで軽水タンクからすでに取り付けてある芯出し板への芯移しと炉外板のアンカー・ボルトの位置ぎめをおこなった。

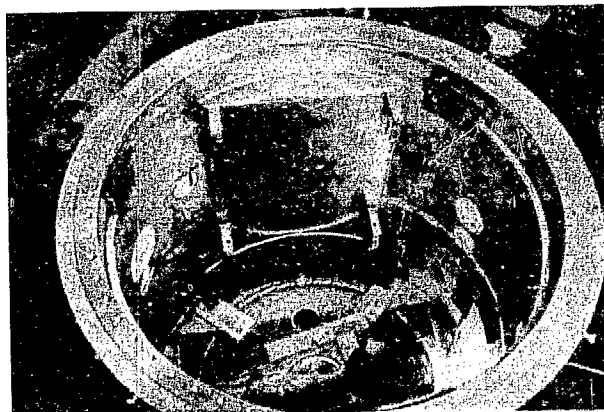


Photo 8. 軽水タンク内部

7.3 33 年 5~6 月の工程

7.3.1 熱遮蔽不銹鋼板および軽水タンク底鉛遮蔽の取り付け 軽水タンクの据え付けが終わったので 5 月上旬、軽水タンク底鉛シールドおよび熱遮蔽不銹鋼板 (thermal shield plate) の仮合わせをおこなった。熱遮蔽不銹鋼板は熱中性子柱の下部と干渉して取り付けられないことが判明し、再加工することになった。

7.3.2 熱中性子柱と炉外板の組み立て 5 月中旬から熱中性子柱 (thermal column) と炉外板の組み立てを始めた。熱中性子柱は、本体とすでに軽水タンクに工場で溶接された部分とを現地で溶接したのち、He

漏洩試験をおこなったが熱中性子柱の扉側のエアタイトフランジのボルトのピッチが大きすぎるので漏れが多く、このため AMF に改善を要求しボルトのピッチをつめるとともにガスケットを改善した。そして熱中性子柱の外側の冷却管の埋め込まれた鉛遮蔽の取り付けをおこなった。外板の組み立ては5月中旬から開始され5月下旬には仮組み立ても終り溶接をおこなって6月中旬には組み立てを完了した。こうして6月中旬には一応原子炉の外形ができあがってきた。

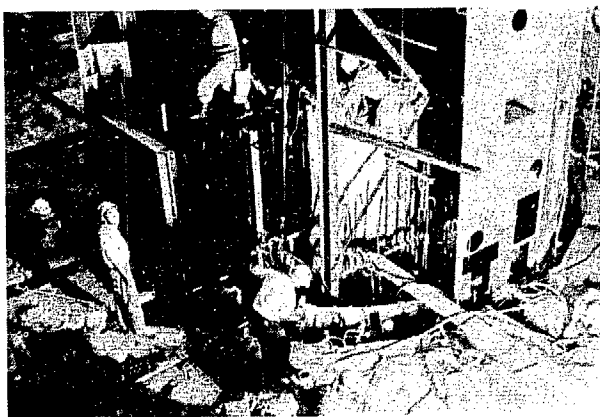


Photo 9. 熱中性子柱の組み立て

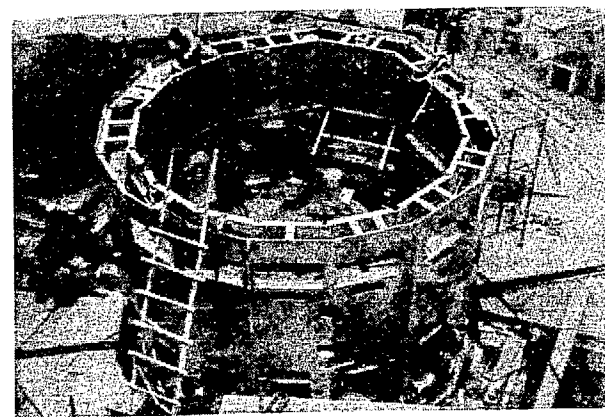


Photo 10. 炉外板 (Reactor outer shell) の組み立て終了

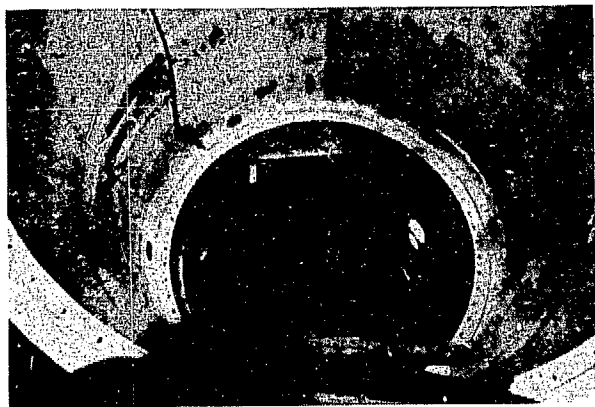


Photo 11. 上部プラグ・コンティンメントの据え付け

7.3.3 上部プラグ・コンティンメントの取り付け方法の改善 6月23日から上部プラグ・コンティンメント (top plug containment) の仮組み立てをおこなった。AMF の設計では上部プラグ・コンティンメントは軽水タンクの上にボルト締めしてあり、パッキングを使用していないのでこれでは気密 (He tight) にならないため AMF に改善を要求した。AMF は溶接づけするよう指示してきたのに対し、三菱は溶接による変形を心配してボルトの数を増し接着剤で漏れ止めをすることを主張したが、結局原研の主張どおり溶接づけすることに決定した。

7.3.4 配管 炉本体から炉室地下重水ポンプ室に通じる原子炉換気系ダクト、ユーティリティ系 (utility system) の配管、実験孔換気系 (irradiated air exhaust system) の配管作業が一部おこなわれた。なお、6月現在では炉室地下重水ポンプ室関係の作業は全く未着手の状態にあった。

7.4 33年7～8月の工程

7.4.1 上部プラグ・コンティンメントと軽水タンクとの溶接 前述のとおり6月末問題となった上部プ

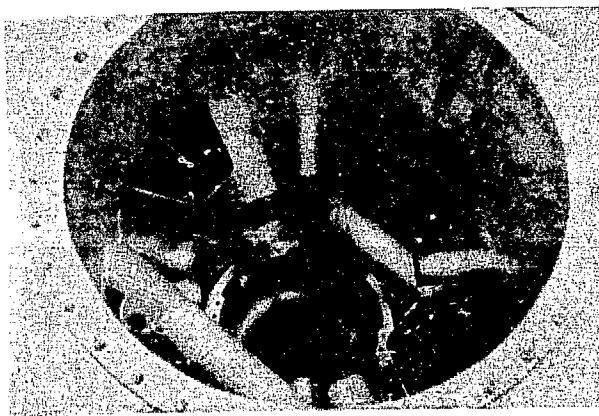


Photo 12. 重水タンク内部

ラグ・コンティンメントの軽水タンクへの溶接作業は7月11日溶接時の歪をさけるため溶接用治具を取りつけボルトで締め付けて慎重におこなわれた。溶接終了後、染色探傷剤による漏洩試験および He 漏洩試験を実施したが、結果は良好で溶接による歪も認められなかった。

7.4.2 重水タンク 重水タンクは三菱造船(株)長崎造船所で製作されたが、5月上旬、原研の担当者の立ち会いのうえで He 漏洩試験をおこなったところ溶接部分からの漏れがはなはだしかったので、補修するよう要求した。補修作業の終わった6月上旬、工場に

てふたたび漏洩試験をおこなった結果は良好であった。この重水タンクは7月上旬現地に到着したので3日間にわたる炉室内の大掃除をおこなって開梱し、7月下旬軽水タンク内に据え付けて芯合せなどをおこなったところ、一部の水平実験孔のシンブル (thimble) が曲がっていて、そのままでは実験孔のライナーを取り付けることは困難であることが判明した。そこでAMFと三菱とで協議した結果、三菱はAMFの指示にしたがって重水タンクの補修をおこなうことになり、8月上旬ついに三菱日本重工(株)横浜造船所に回送した。そして重水タンクの溶接部に力がかからないように各シンブルの内部に特別の治具を入れ、さらに全体の変形をさけるためにこれらの治具を溶接してつなぎ、シンブルの部分を熱してジャッキでシンブルと実験孔との間隔を正規寸法1/8インチにまで修正をおこなった。このため現地ではこの重水タンクの補修により炉の組み立て作業に空白の生ずるのを防ぐため、重水タンクなしでも進められる作業はこれを促進することになった。

7.4.3 熱遮蔽不銹鋼板の仮合わせ 重水タンクを補修のため送り出したのち、6月上旬熱遮蔽不銹鋼板を挿入して仮合わせをおこなった。その結果熱遮蔽不銹鋼板のうちの2枚が軽水タンク底の鉛遮蔽の枠に干渉するなどの事実が判明した。このため一部は現地で補修をおこなうとともに熱遮蔽不銹鋼板2枚は手直し修理のため三菱日本重工(株)横浜造船所に回送した。

7.4.4 実験孔ライナーおよび気送管の仮合わせと取り付け 実験孔ライナーおよび気送管は重水タンクを据え付けてから取り付けることになっていたが、前述のようなわけで重水タンクは手直し修理のため三菱日本重工(株)横浜造船所に回送したので、すでに重水タンク仮合わせのとき計測したシンブルの位置を基準にして実験孔ライナーの仮合せを7月末から8月

にかけて実施した。気送管は取り付けのため20mm外板をけずった。そして重水タンクなしで実験孔を溶接取り付けすることになり、8月下旬からこの作業を開始した。あらかじめ計測しておいたシンブルの位置と手直し修理をおこなっている重水タンクの工場検査記録をもとにして重水タンクを後日据え付けた場合でもシンブルと実験孔との間隔が正規の値を保つことができるように慎重におこなわれ8月末に完了した。

7.4.5 熱中性子柱鉛遮蔽および同上冷却管の取り付け 6月から始めていた熱中性子柱の鉛遮蔽の取り付けは、7月末になって終了した。また、熱中性子柱鉛遮蔽冷却用の配管の取り付けは7月上旬に終了し、水圧試験も完了した。

7.4.6 ユーティリティ (utility) 系配管 7月に引き続いて作業をおこない外板のバルブボックスから炉室地階重水ポンプ室にいたるまでの生体遮蔽内の部分の配管の溶接と水圧試験を終了した。

7.4.7 実験孔換気系 (irradiated air exhaust system) 6月に軽水タンク上部につながる部分だけ溶接したが三菱で製作したエルボウ (elbow) はパイプのベンドがコルゲート (corrugate) しており、これは流体の抵抗を増すことになり規格に適合しないとしてAMF駐在員が異議をのべたので、規格の統一や手直し作業などのために現地での作業は中断状態であった。

7.4.8 電気配管、配線 7月末から、炉外板への配管やスイッチ・ボックスの取り付けなどがおこなわれた。

7.4.9 重水熱交換器 AMFが直接納入する原子炉部品の第1便であり、しかも原子炉冷却系のうちで最も重要部品である重水熱交換器 (DE-1, 2, 3) が7月9日横浜に到着した。DE-1と2は横浜での通関立ち会い検査の際、内部につめてある窒素ガスの圧力を示す圧力計の指示が6箇のうち2箇は零となっていた。これは漏洩のあることを示すものとして三菱で試験したところ漏れがはなはだしく使用できないものであることが判明したのでAMFおよび製作者に試験結果を連絡した。これに対しAMFから米国で修理するか日本で修理するかを決めるため、重水側のチューブシート (tube sheet) をスニファー法 (sniffer method) で改めてHe漏洩試験するよう申し入れてきたので今度は原研が直接に試験した結果、かなり多くのチューブの溶接点からの漏洩があり、全体の漏洩量は 10^{-2} cc atm/sec程度であることが判明した。この結果をAMFに通告したところ米国で修理をおこなうことに決定した。DE-3は 5×10^{-6} cc atm/secの漏れが認めら

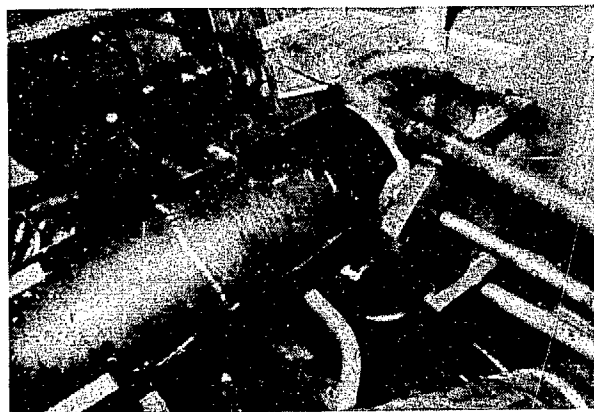


Photo 13. 水平実験孔ライナーの取り付け終了

れ、返送するか否かが問題となった。AMF の重水系の仕様スレスレのところであるが原研において AMF が製作者に示した仕様を入手して調べたところ不合格とすることができるので原研は DE-3 も米国に返送することに決定した。そして通関手続きをおえて DE-1, 2, 3 が米国向け横浜港を出帆したのは横浜に到着してから約 3 ヶ月後の、つぎの日付であった。

DE-1, 2 10 月 7 日

DE-3 10 月 10 日

この重水熱交換器の修理により炉組み立てのスケジュールが大幅におくれるのを防ぐため実物の重水熱交換器と同形同寸法のものかわりに据え付けて、炉室



Photo 14. 主重水熱交換器

地下重水ポンプ室の作業は予定どおり進めることになった。

7.5 33 年 6~10 月の工程

7.5.1 実験設備ライナー等の取り付け 9 月中に気送管、水平貫通実験孔、計測孔、アクセスチューブ (access tube) などのライナーおよび制御棒駆動軸用ライナーの溶接取り付けをおこなってから、これらにつらなる実験孔換気系の配管を終了した。そのほか炉まわりの He 系および熱遮蔽系の配管作業をおこなった。

7.5.2 重水タンク据え付け試験の準備等 8 月以来、三菱日本重工 (株) 横浜造船所で手直し補修をおこなっていた重水タンクは 10 月中旬には手直し補修作業を終了して、現地に帰着する見通しがついたので、現地ではすぐに重水タンク仮合わせの準備を開始した。10 月 10 日から 5 日間をついやして軽水タンク内部および熱遮蔽不銹鋼板の洗浄をおこなったが、これは中性洗剤で洗ったのち 80°C の熱湯で洗浄する方法をとった。ついでボラルカーテンおよび鉛シャッターは現物合わせをするため炉体内に仮取り付けして寸

法合わせをおこなってから工場での仕上げ作業のため三菱電機 (株) 伊丹工場に返送した。

7.5.3 重水タンクの仮合わせ 手直し補修を終えた重水タンクが 10 月 14 日現地に到着したので、ただちに開梱し 10 月 15 日から仮合わせをおこなって実験孔と重水タンクのシンブル (thimble) 入口ならびに実験孔ライナーと実験孔の軽水タンク壁におけるそれぞれの間隔は、細部については問題はあるが、だいたい良好であることを確認した。そして水平実験孔とシンブルの接触するものは水平実験孔のフランジ部の加工により調整し、水平貫通実験孔および気送管はライナーと接触するがいずれもライナーまたは水平貫

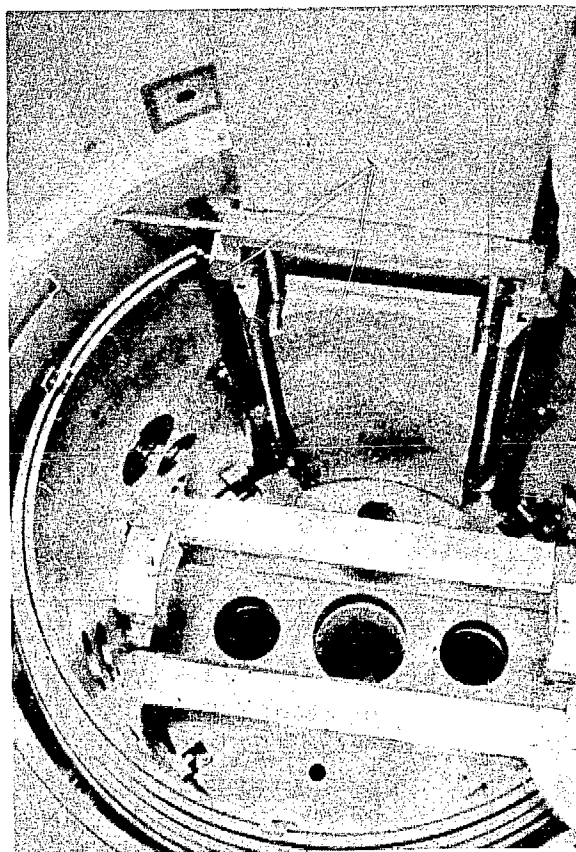


Photo 15. 軽水タンク内の組み立て終了
(重水タンクを据え付ける前の状態)

通実験孔ないし気送管に手を加えることにより是正することになった。

以上の事項を確認したので重水タンクは炉外に取り出して炉の組み立て作業をいそいだ。今回の重水タンクの補修問題のために、かなり予定よりも遅れているので、原研は AMF および三菱に対し組み立て作業を促進するよう要求し、三菱は 34 年 3 月には炉の組み立てを完了することを目標に徹夜作業を開始した。

7.5.4 軽水タンク内の組み立て作業 重水タン

クの仮合わせが終わるとただちに熱遮蔽不銹鋼板のうち底部円板および熱中性子柱下の側板の最終的洗浄をおこなってから軽水タンク内に取り付けた。ついでアイソトープトレンのライナーを軽水タンク側板に溶接し、設計強度の関係上、水圧テストが不能のため He 漏洩試験をおこなって 10 月 25 日終了した。

7.5.5 軽水タンク関係の漏洩試験 (10/24~10/25)

水平実験孔、水平貫通実験孔、気送管、アイソトープトレンなど軽水タンクの側板につらなる溶接部分の漏洩試験を 0.1 kg/cm^2 の窒素圧によるソーブ・バブル法 (soap bubble method) により実施した。この圧力ではやや低すぎるが、この圧力ですでに熱中性子柱側の軽水タンク側板に 2 mm の変位があり、これ以上圧力をあげることができなかった。この漏洩試験の結果はだいたい良好で数ヶ所の漏洩点が発見されたがこれはただちに補修した。

7.5.6 炉体生体遮蔽内の各種配管作業 上記軽水タンク内の作業と並行して炉体内に埋め込まれる部分の実験孔換気系、He 系、重水系、熱遮蔽系、ユーティリティ (utility) 系配管の残工事を急いだので 10 月中旬までには各系統とも配管溶接を終了し、つぎのとおり漏洩試験をおこなった。

- (1) 熱遮蔽系の軽水タンクをのぞく炉体内配管は 10 kg/cm^2 の水圧による漏洩試験をおこなった。
- (2) 重水タンクおよび軽水タンクの水位計関係配管は X 線試験の後 5 kg/cm^2 の窒素ガス圧による漏洩試験をおこなった。
- (3) ユーティリティ (utility) 系のうち軽水用配管については水圧試験をおこなった。
- (4) He 系は X 線試験と He 漏洩試験をおこなった。
- (5) 非常用高架水槽の軽水による非常冷却系は水圧試験をおこなった。

7.5.7 炉体内生体遮蔽重コンクリート打ち準備

10 月末から重コンクリート打ちが始まるので、つぎのような準備作業がおこなわれた。

- (1) 生体遮蔽内の重コンクリートに埋め込まれる各種パイプの配管漏れおよび検査漏れを防ぐため全配管についての点検と検査をおこなった。
- (2) 実験孔、ならびに重水系、熱遮蔽系、He 系、実験孔換気系はアルミパイプを使用しているが、コンクリート内で Al が腐食することは米国でも問題となっている。しかるに AMF の設計では防食をおこなうものとおこなわないものがあるので、原研は全部については防食処置をするよう要求した。その結果、防食塗料 (Barrets 34 YB) を塗り、その上にポリケン保護テープ (Polyken protective tape) を巻いた。
- (3) 電気配管には防食塗料を塗りその上にゴムテープを巻いた。
- (4) 各実験孔、熱中性子柱、アイソトープ・トレンなどに、モルタル注入による変形を防ぐための木製プラグを挿入し、軽水タンク内にも変形を防ぐための補強枠組が取り付けられ、数ヶ所に歪計を取りつけた。

かくして重コンクリート用骨材の搬入をまづばかりの状態となった。2 インチ気送管のところだけこの木製柱を入れるのを忘れ、あとでプラグ (plug) を入れるときに最大約 2 cm の変型が発見され非常な手数をかけて修整をおこなった。多数の人間がコンクリート打設前に注意して検査したにもかかわらず見落したことはまことに残念な出来事であった。(7.6 参照)

7.5.8 9 月はじめにおける重水ポンプ室炉冷却系の組み立て状況 前述のような重水熱交換器の米国への返送問題のために、約 40 日作業がおくれ、重水熱交換器の模型を据え付けて炉冷却系の組み立て作業を進めることになっていたが、一部の部品の到着が遅れたために全体としては組み立て作業は進捗せず、停滞状態にあった。

9 月はじめにおける機器の到着状況および現状は、下表のとおりであった。

そして 7 月末にキャット・ウォーク (cat walk) が

品 名	数量	現地到着月日	現 況
重水主熱交換器 (模型)	2	8 月 26 日	8 月 30 日仮据え付け
実験孔換気系空気ブロー	1		8 月末据え付け完了
軽水フィルター	2	8 月 28 日	梱包のまま倉庫に保管中
軽水貯槽	1	8 月 28 日	梱包のまま倉庫に保管中
重水貯槽	1	8 月 28 日	梱包のまま倉庫に保管中
軽水補助熱交換器	1	8 月 28 日	梱包のまま倉庫に保管中
軽水樹脂塔	1	8 月 28 日	梱包のまま倉庫に保管中
重水主ポンプ	2	8 月 28 日	ネオプレン・パッキンに漏洩があり対策を検討中
重水補助ポンプ		8 月 28 日	梱包のまま炉室に保管中

取り付けられ、8月末電気配管の配管作業および配線作業の一部ならびに配線用ボックス基礎部分に取りつけられただけで放置されていた。

7.5.9 重水系 重水熱交換器模型の据え付けは8月末からはじめられたがハンガーと干渉するなどの問題のために据え付けがおわったのは9月末であった。主重水ポンプ (DP-1, 2) は9月21日据え付けを終わったが、一部配管部品の到着がおくれたため主要機器の据え付けおよび主要配管の組み立てはほとんどおこなわれなかった。10月になると遅れていた配管部品が順次到着するようになったので、重水貯槽や重水補助ポンプの据え付けならびに主重水ポンプ関係と重水熱交換器関係の主要配管の組み立てがおこなわれた。

7.5.10 熱遮蔽系 9月には主として炉体内の重コンクリートに埋め込まれる部分およびこれと重水ポンプ室の部分との接続部の配管組み立てがおこなわれただけであったが10月末には軽水貯槽、軽水補助熱交換器、軽水フィルター、軽水ポンプ (PP-1) の据え付けを終了した。

7.5.11 実験孔換気系 9月上旬ブローの据え付けと主要配管の組み立てをおこない、10月末には主要配管の組み立てがほぼ終了した。

7.5.12 He系 6インチのHe補給配管のスリーブの取り付けと一部支管の配管組み立てがおこなわれたにとどまり作業は進捗しなかった。

7.5.13 非常用高架水槽の軽水による非常冷却系 9月中旬から主要配管の組み立てを開始したが、部品の到着がおくれたので10月上旬になって重水ポンプ室天井部の配管をおわった。

7.5.14 2次冷却系 9月末から冷却塔の組み立て作業が開始された。10月中旬から主重水熱交換器 (DE-1, 2) の2次冷却系の配管の組み立てを開始し、10月末には重水熱交換器 (DE-1, 2, 3) 関係以外の支管の仮溶接をおわった。

7.6 33年11月～12月の工程

7.6.1 炉体内生体遮蔽用重コンクリートの打設

(1) JRR-2の重コンクリート打ちはJRR-1の場合と異なりプレパクト法 (prepacked method) を採用した。プレパクト法は骨材を所定の場所にあらかじめ充填しておきこれにグラウト注入用グラウトパイプ、空気抜きパイプ、およびグラウトの注入状況を監視する監視用パイプを骨材間に挿入し、グラウトが平均に注入されていることを調べながらポンプでモルタルを圧入する方法であ

て、非常に慎重な作業が要求された。骨材の充填は非常に困難な作業であって炉体内の網の目のように組み立てられたAl製のライナーや配管類はすでにHe漏洩試験をおえているのでこれらを損傷しないよう、しかも骨材が均一で空隙が最小となるように細心の注意をはらいながらキャンパス製のシュートを使用して数箇所ずつ順次充填する必要があった。またモルタルの注入の際やコンクリートの硬化時の膨張による炉体の変形が起らないよう補強型枠をとりつけ歪の有無を注意ぶかく観察しなければならなかった。

重コンクリートの明細はつぎのとおりである。

種 類	合 計
コンクリート容積	120.9 m ³
バライトの重量	267.7 ton
セメント	831 B
グラウト容積	55.1 m ³

(2) 重コンクリート打ちは4回に分けて実施した。第1回は11月1日～11月6日にわたっておこなわれ、ユーティリティ系パイプのヘッダー上部まで終了した。

第1回のモルタル注入の際あやまってモルタルを多く注入しすぎたので骨材が浮かび上がってしまった。これは遮蔽効果を低下せしめるので、この部分を除去し、遮蔽効果をよくするため打ち継ぎ部分には鉄パンチを混入する等の措置をとった。この経験によりコンクリートの打ち継ぎ部分は骨材が浮き上がって密度が粗になりがちであり、これは軽水タンク側面での遮蔽効果を低下することになるので最初の計画を変更し、軽水タンク上部まで3回に分けてコンクリートを打つことになっていたのを改めて1回で軽水タンク上部までコンクリート打ちをすることになった。このため炉外板および炉体内部の変形を防止するための補強を強化する必要がおこった。

かくて軽水タンクなど炉体内部の補強を強化するために重水タンクの据え付けはあと回しとなり、炉外板には保護ペイントを塗って補強用型枠を取りつけ、また軽水タンク内には3段の鉄製枠とクサビによる補強をおこなったのち11月12日から11月26日にわたり計163 tonの骨材を充填し、11月28日モルタルの注入をおこなって制御棒駆動軸用水平スリーブ直上まで終了した。

しかし11月28日のモルタル注入の際、制御棒駆動軸スリーブと上部プラグ・コンティンメントとの溶接部にクラックがあり、モルタル上澄み液が内部に流

入した。コンクリート打設後ただちにこのアルカリ分を含んだ水を除去し洗浄のち乾燥して手直し溶接をおこなった。しかしこのため、炉体内をふたたび洗浄する必要があった。

第3回目の重コンクリート打ちはトップ・プレート (top plate) から 20 cm 下のところまでおこなったが、上部プラグ・コンティメント内に補強棒を取りつけ 12 月 16 日から始めて 12 月 20 日に終了した。

第4回目の重コンクリート打ちは 12 月 21 日から



Photo 16. 炉体内生体遮蔽用重コンクリートの打設

開始した。トップ・プレート下、約 20 cm のところまで骨材を充填し、その上に楔と押え板を取り付けてモルタル注入をおこなった。ついで 12 月 23 日押え板を取りはずし、打ち継ぎ部の清掃をおこなって骨材を炉頂部まで充填し、トップ・プレートの仮合わせのち溶接してからモルタルを注入し 12 月 28 日終了した。その後コンクリートの養生期間を経たのち補強棒を取りはずせば重コンクリート打ち作業は完了するのである。

7.6.2 上部プラグの芯合わせと重コンクリート打ち 12月に上段および下段上部プラグ (lower top plug) が回転プラグ (rotary plug) とともに現地に

到着した。ただちに開梱して炉体内に仮セットして上段上部プラグ (upper top plug) と下段上部プラグのはまり合いをきめるキー (key) の取り付けと軽水タンク、上部プラグ・コンティメント、制御棒、制御棒プラグ着脱装置および制御棒駆動軸に対する芯合わせと間隔の測定などおこなった。上部プラグと上部プラグ・コンティメントとの間隔が 13 mm ないし 22 mm あることが判明し、放射線の漏洩に対する対策が必要となった。そして炉体外に取り出して 12 月 23 日、熱中性子柱の扉とともに重コンクリート打ちをはじめ 12 月 27 日終了した。

7.6.3 コンクリート埋め込み配管テストピースの製作 裸の Al 管、防食塗料を塗った Al 管、防食塗料とともにテープを巻いた Al 管などの Al 試片を埋め込んだコンクリート・ブロックを製作した。これは 2 年ないし 3 年後に Al 試片を取り出して腐食を調査することになる。

7.6.4 重コンクリート内への温度計の埋め込み 重コンクリートの γ 線による温度上昇は後日問題となるおそれもあると考えられるので軽水タンク側面の部分に温度計を埋め込んだ。

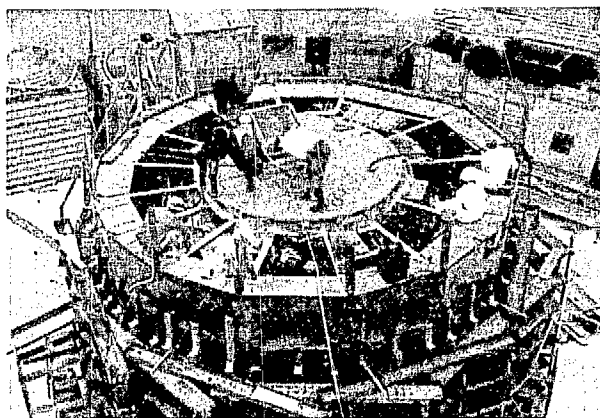


Photo 17. 炉体内生体遮蔽用重コンクリート打設

7.6.5 水平貫通実験孔のライナーの芯合わせ 水平貫通実験孔のうち上方のものは、重水タンクと軽水タンク間の中心のくるいが大きく、現在のままでは AMF の仕様に合わないので三菱は 11 月 20 日、重コンクリート打ちの作業を一時中断し、重水タンクを軽水タンク内に仮据え付けして精密測定をおこなった結果 AMF の仕様の範囲内にとどめうることを確認した。

7.6.6 炉冷却系の機器の据え付けおよび配管 10 月に引き続いて炉冷却系機器の据え付け組み立てを急いだったので作業はかなり進捗した。その結果、

(1) 重水系は、重水精製系をのぞく他の機器の据

え付けをおわり、配管作業は配管相互間の干渉とそれにもなう設計手直しなどのために難航したが、重水熱交換器まわりを除き、ほぼ終了に近い状態となった。

- (2) 熱遮蔽系は機器の据え付けもおわり、配管もほぼおわりに近づいてきた。
- (3) He 系はヘリウム・ガスホルダー(He gas holder)の到着がおくれしかも配管は現場での干渉が多く難航したが大半を終了した。
- (4) 2次冷却系の配管もほぼ終了した。
- (5) 実験孔換気系の配管組み立てを終了した。
そして配管のおわった部分から順次 X 線試験、He 漏洩試験、水圧試験などをおこなった。

また冷却塔は完成しポンプの据え付けと配管もおわり、冷却用送風機や流量計の取り付けも終了した。下部水槽(basin)には防水モルタルを

塗った。

7.6.7 重水精製系の位置変更 重水フィルターと重水樹脂塔は AMF の図面では重水ポンプ室の重水貯槽のおくに据え付けるようになっていたが、これでは放射能をおびたフィルターや樹脂の定期的な取り換えが非常に困難であるので原研は AMF に対しこれらを炉室床のハッチの下に位置を変更するよう要求し、その承認を得た。このため重水の使用量 (Inventory) は若干増加するが、これはほとんど問題にならない。しかし炉室地下重水ポンプ室の入口に近いところに放射能の高いものがおかれるため、これらの鉛シールドの厚さを壁と反対の入口側だけ 2 インチから 4 インチに増加し遮蔽中にシンチレーション・カウンター (scintillation counter) をとりつけることになった。

昭和 34 年 (1959 年)

7.7 34 年 1~3 月の工程

7.7.1 重コンクリート打設後の作業 1 月はじめから炉体内外のグラウト用補強棒の取りはずしをおこなった。ついで軽水タンクおよび上部プラグ・コンティンメント内部を洗浄のち染色探傷剤による漏洩試験をおこなった。また洗浄に使った水を洗浄作業のち分析して問題のないことを確認した。

7.7.2 鉛カラーの取り付けと水平実験孔の手直し 軽水タンクおよび上部プラグ・コンティンメント内の洗浄のち、鉛カラー (lead collar) を取りつけたが、水平実験孔のフランジの部分と鉛カラーが干渉するこ

とが判明した。このため水平実験孔のフランジ部を削ることになり、三菱日本重工 (株) 横浜造船所に 11 本中の 9 本を返送し各 9.5 mm~1.0 mm 削って 1 月 24 日現地に到着した。現地に到着した実験孔は、染色探傷剤による漏洩試験と He 漏洩試験とを実施し異常のないことを確認した。

7.7.3 鉛シャッターとボラル・カーテンの組み立て 工場製作をおわった鉛シャッターとボラル・カーテンは 1 月中旬、炉内への仮据え付けをおこなったが、鉛シャッターを挿入し、これにボラル・カーテンを組み込もうとした際、鉛シャッターのベアリングがボラル・カーテンのハウジングに干渉して挿入できないことが判明したので、ただちにシャフトの補強方法を変更し改修することになり、現物を工場に返送して補修ののち再組み立てして炉内に取りつけた。また鉛シャッター、およびボラル・カーテンの周囲に取りつける鉛シールドは付近のブラケット類に干渉して取り付けが不能であったので現場で補修した。

7.7.4 重水タンクの据え付け 重水タンクの軽水タンク内への最終的据え付けは、前記の鉛シャッターなどの改造工事のために遅れていたが、鉛シャッターの補修も終わったので軽水タンク内に鉛シャッター

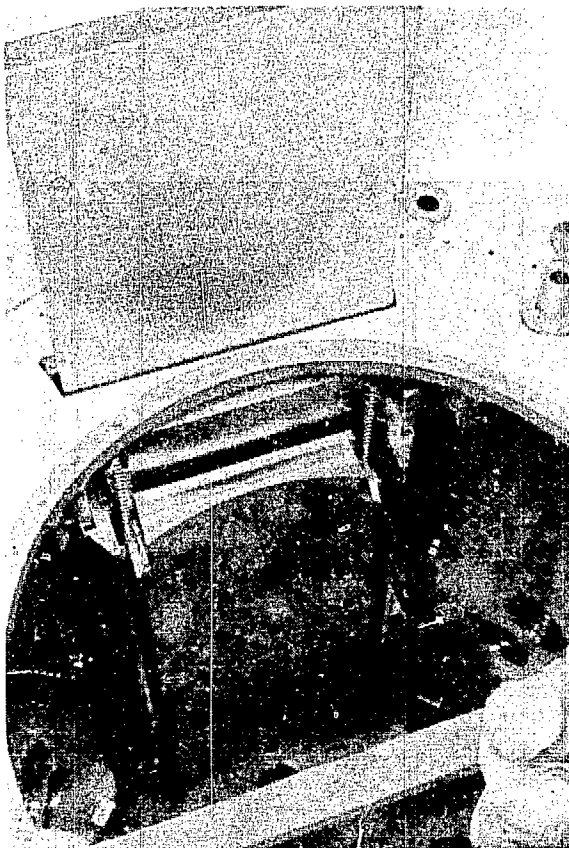


Photo 18. 鉛シャッター



Photo 19. ボラル・カーテン

とボラル・カーテンを取りつけたのち、2月10日洗浄をおわった重水タンクを重水タンク支持環とともに軽水タンク内に据え付けた。そして He 漏洩試験をおこなったが漏れがはなはだしくて取り付け方法を改善する必要がおこった。AMF は Al 板 ($t=1.6\text{ mm}$) を指示していたが、接着面が広くてほとんど変形なくパッキングの用をなしていないので、三菱の提案により $2\text{ mm}\phi$ の Al ワイヤを締めつけ、ボルトの間を蛇行させて取り付けることになった。このため重水と重水タンク支持環のフランジ面のパッキングとしてワイヤ

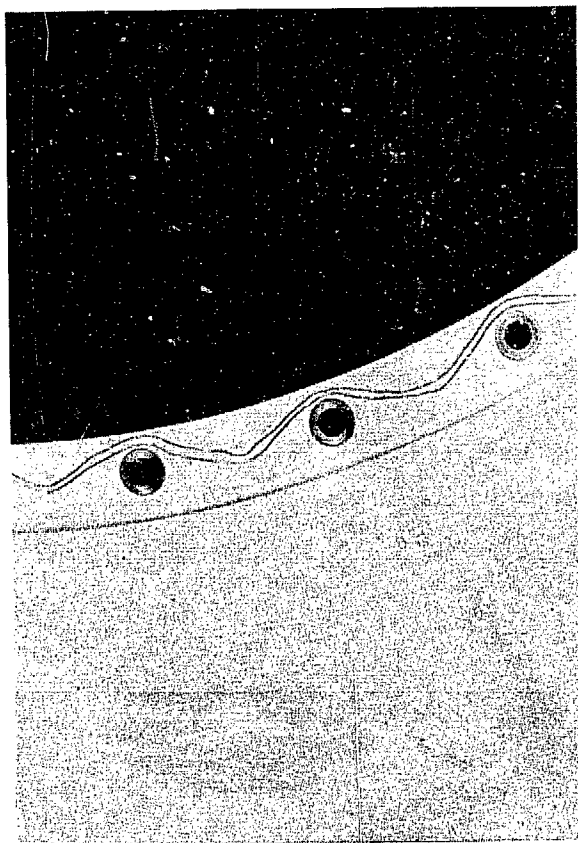


Photo 20. 重水タンク支持環パッキングの改善

止めの接着剤 (DIA BOND 1620) を塗った Al および鉛のワイヤを使用したところ良好な結果が得られたが接着剤 (DIA BOND 1620) のアルミニウムに対する腐食性が問題となり、ふたたび重水タンクを取りはずし別の接着剤 (イソブチレン+トルオール) を使用して2月20日第3回目の据え付けをおこなった。He 漏洩試験の結果は良好であった。

7.7.5 水平実験孔および実験孔扉の取り付け 重水タンクの据え付けが無事終了したので、He 漏洩試験で漏れないことが確認された水平実験孔は2月末最終的芯合わせののち取り付けられた。そして、He 漏洩試験をおこない漏れのあるものはフランジ面の仕

上げ補修などにより、漏れ止めがなされた。上記作業と並行して1月末から水平実験孔の炉外板の入口にある鉛扉およびその駆動装置の取り付けがおこなわれ、幾多の手直しののち3月末にはこれを終了した。

7.7.6 1インチ気送管ライナーの改修 1インチ気送管のライナーは炉体内生体遮蔽重コンクリート打設の際に変型し、1月末からこの切開修理が開始されたが修理方法が変更されて、三菱で新たにライナーを作りかえることになったので、まもなくこの作業を中止した。そして3月はじめ三菱で新たに製作した気

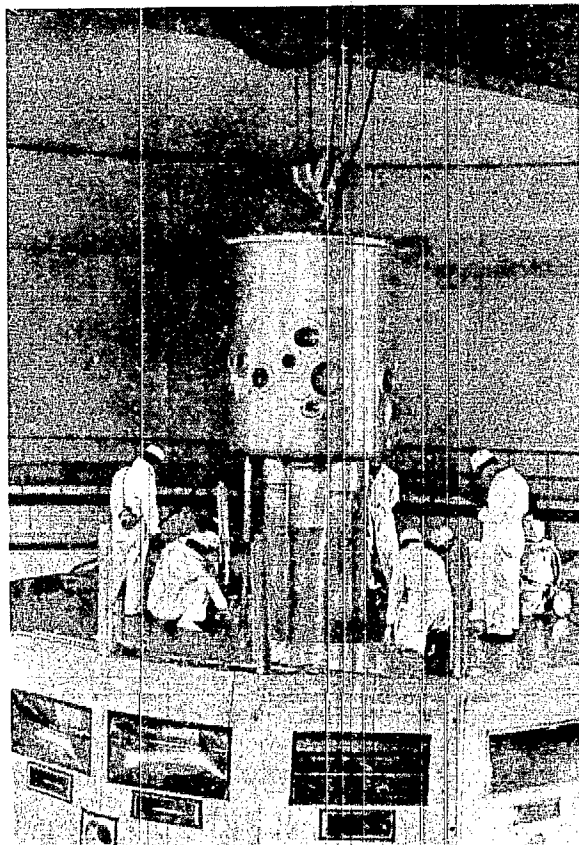


Photo 21. 重水タンクの炉体内据え付け

送管ライナーが到着したので、重コンクリートの切削作業がおこなわれた。破損したライナーを除去して新しいライナーの挿入と溶接ののち、He 漏洩試験をおこなってから切削部重コンクリートの埋めもどしがおわったのは3月末であった。

7.7.7 プレナム室の排水用孔あけ 原研は AMF および三菱に対しプレナム室 (plenum chamber) の側面にあるデッド・ウォーター (dead water) をなくするためプレナム室に排水用の孔を取りつけるよう提案し、主重水ポンプが停止したとき、この排水用の孔を通じて重水の水位が低下する危険性を検討したが、 $3\text{ mm}\phi$ の排水用の孔を3箇設けても問題のない

ことが確認され2月中旬実施した。

7.7.8 グリッド板の取り付け 2月下旬、グリッド板(grid plate)と上部プラグを炉体内に仮付けして燃料挿入孔および制御棒挿入孔とグリッド板上の燃料要素のストッパーおよび制御棒の中心点との芯合わせをおこなった。また制御棒駆動装置の中心線からグリッド板面までの高さを測定した結果、グリッド板面が高かったのでグリッド板取り付け面を研削加工し、洗浄して最終的な取り付けをおこなった。

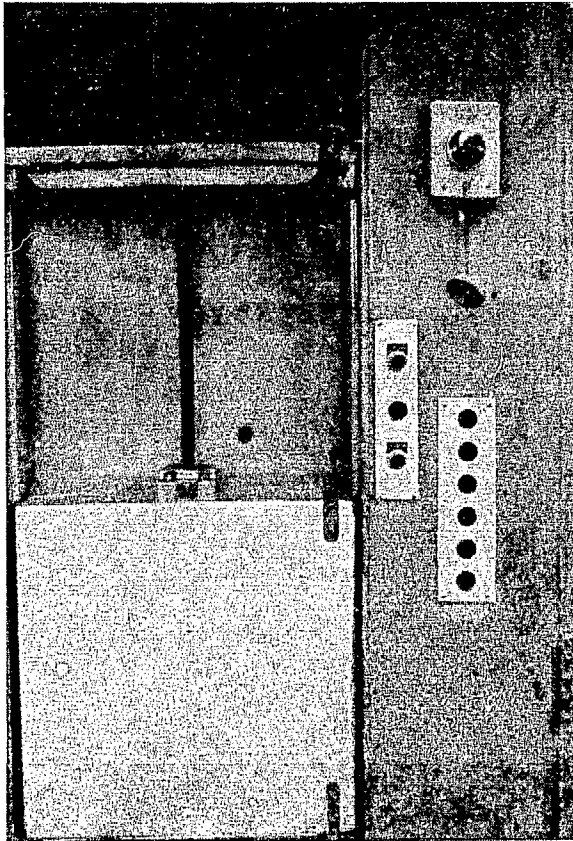


Photo 22. 水平実験孔扉と駆動装置

7.7.9 制御棒の芯合わせ 3月はじめから燃料要素支持棒(fuel guide tube array)を取りつけた下段上部プラグを炉内に仮据え付けして制御棒駆動軸中心線の芯出し、制御棒フランジとガイド・ピンとの芯合わせならびに制御棒用プラグ着脱装置の仮合わせなどをおこなった結果、多くの問題点が判明したので必要な対策がとられた。

7.7.10 垂直実験孔の仮合わせ 3月はじめ垂直実験孔の仮合わせをおこなった結果、9本のうち4本は干渉して取り付けが不能であることが判明し、つぎの対策をとることになった。

VT-3 重水出口孔漏斗に干渉 実験孔を 360mm

切断

VT-8 11" 水平実験孔と干渉 実験孔を 25mm 切断

VT-4 重水溢水孔漏斗に干渉 重水溢水口漏斗を手直し

VT-6 重水溢水孔漏斗に干渉 重水溢水口漏斗を手直し

7.7.11 上部プラグの据え付け さきに問題となった上部プラグ・コンティンメントと上部プラグとの間隙が大きいのを小さくするため上段上部プラグの外周に幅 445 mm 厚さ 8 mm の不銹鋼板を取りつけて3月中旬炉内に挿入したが、部分的に 1 mm 程度干渉するので不銹鋼板の研磨仕上げが必要となった。また上記垂直実験孔の干渉にともなう重水タンク内部の改修のため、すでに据え付けていた下段上部プラグを燃料要素支持棒とともに炉外に取り出さざるをえなくなった。

7.7.12 回転プラグの改修 回転プラグ(rotary plug)の受ける荷重は、それについている支持環でうけこれをスラスト・ベアリング(thrust bearing)を

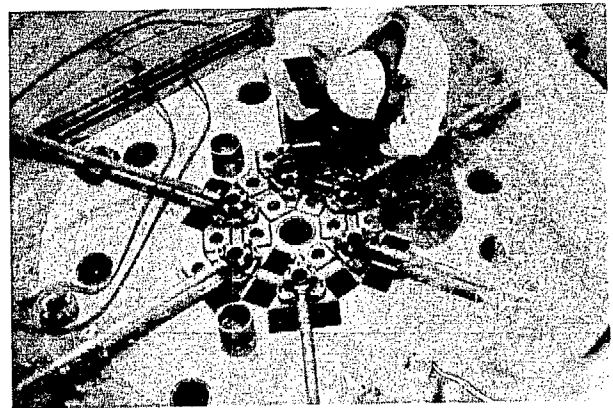


Photo 23. 制御棒駆動軸と挿入取り付けを終わった制御棒

介して上部プラグに伝える設計となっている。しかし支持環の嵌合する回転プラグの切欠が 1.5 mm しかなく、その溶接部分が少なく強度的に十分な設計でないで原研は改造を要求した。そして3月上旬燃料交換キャスクの荷重を回転プラグにかけてその変形量を測定したところ、16.5 トンの荷重に対し最大たわみは 0.16 mm で十分弾性限界内に納まることが判明した。しかし AMF は三菱に対し支持環を Al から 304 の焼ばめに改造し回転プラグの切込みステップを上記の 1.5 mm から 4 mm にするよう指示してきたが結局、焼ばめによる補強はとりやめて Al 製リングの上下面の溶接による補強をすることになった。また

原研は最悪の事態を考慮して回転プラグが下段上部プラグの上に落ちて制御棒駆動装置を破損しないようにストッパーを下段上部プラグの上に取りつけるよう要求した。

7.7.13 炉冷却系の据え付け組み立て この期間においては重水ポンプ室では大きな進展はみられなかったが、炉内外での冷却塔および非常用高架水槽関係作業が進捗した。

- (1) 重水系は重水ポンプのメカニカル・シール (mechanical seal) の検討をのぞいては、2月末伸縮継手が現地に到着するまで中断状態にあっ

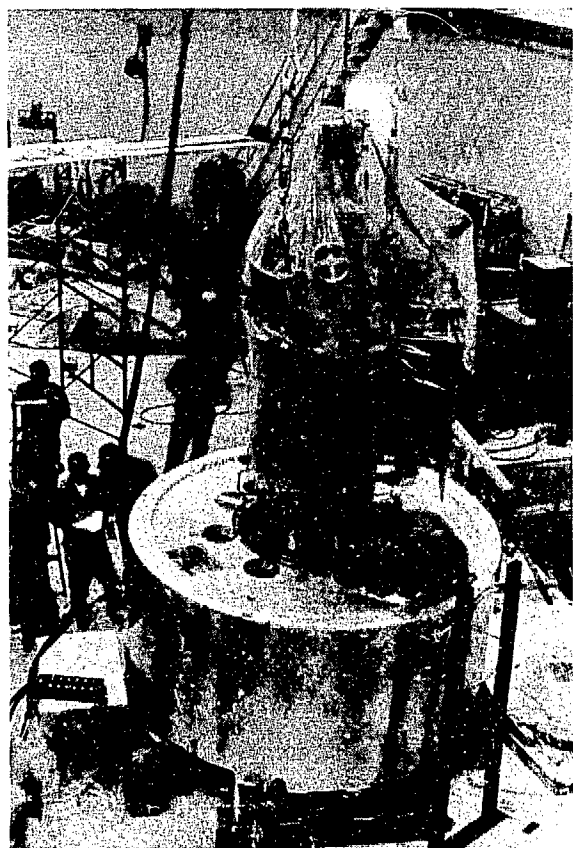


Photo 24. 回転プラグの耐荷重試験

た。伸縮継手は重水タンク下部の配管部で重水と熱遮蔽冷却系とが混合するのを防ぐため3枚のフランジからなるが、重水および軽水の温度上昇による熱膨張をさけるためベローが使用されている。重水タンクはすでに据え付けをおわり、伸縮継手も取り付けられたので、3月上旬からそれまで中断状態となっていた重水系の配管が可能となった。重水タンクとつらなる重水の加心への出口管、入口管、溢水管、ダンプ管関係の配管がおこなわれた。また重水精製系の重水フィルターと重

水樹脂塔の据え付けとこれに関連する配管が3月中旬に終了した。

- (2) He 系は1月中旬にヘリウム・ガソメーター (He gasometer) と重水再結合器 (D_2O recombiner) の据え付けをおこない、それまで中断状態となっていた He 系配管の残工事がおこなわれ、これと並行して配管検査を実施した。
- (3) 冷却塔および付属ポンプ室の据え付け組み立て作業が進捗し、ポンプ据え付けと配管も完了して3月末には通水試験とフラッシング (flushing) おこなわれた。
- (4) 非常用高架水槽にタンクの据え付けと関係接続配管もおわり2月末から通水テストをおこなって、不良箇所の手直しが続けられた。

7.7.14 炉制御系の組み立て AMF から発送されたコントロール・コンソール (control console) とコントロール・パネル (control panel) が1月18日現地に到着したので、1月下旬制御室内に据え付けた。そして炉体まわりおよび重水ポンプ室内の配線や計器類の取り付け作業を急いだ。2月中旬より炉室内各部からコントロール・コンソールおよびコントロール・パネルに至る配線のつなぎこみが開始され、またコン

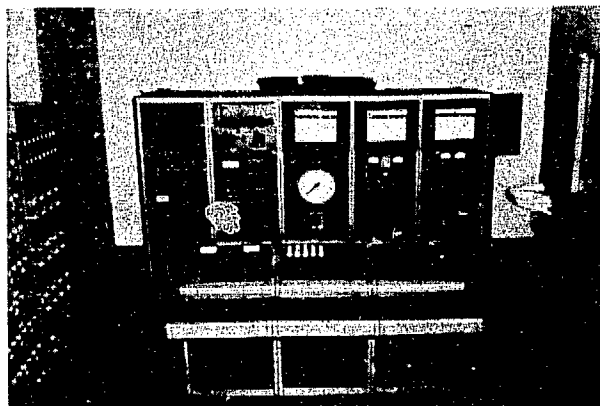


Photo 25. 制御室内に据え付けられたコントロール・コンソールとコントロール・パネル

ロール・コンソールとコントロール・パネルの回路の点検が続けられた。

7.8 34 年 4 月の工程

7.8.1 概況 34 年 4 月には、大きな作業はおこなわれなかった。重水熱交換器の修理は、最初 2 ヶ月で終了するものと考えられていたが、ADSCO 社での修理が難航し修理の手直しが繰り返されたために予想外の日数が費やされ、修理を終えて現地に到着するのは6月ごろになる見通しがついた。

7.8.2 軽水タンク内の鉛の腐食対策の検討 軽

水タンク底にある鉛遮蔽は純水中に露出しているが、この設計に関しては電解腐食の問題があり 32 年夏ごろ原研から AMF に対し注意をうながしていたのであるが AMF は問題なしとして、その設計を三菱に実施させた。しかし原研では独自に純水中の鉛とアルミの腐食実験をおこなった結果、鉛の減量は予想外に大きいことが判明した。このため鉛の腐食は熱遮蔽系の精製装置のフィルターで除去することはできるが、年月とともに同時に組み合わせられたアルミニウムの軽水タンクの腐食が進んで軽水タンクに穴があくのは致命的であるので、AMF に対して再三再四改修を要求した。しかし AMF はスウィミング・プール型 (swimming pool type) 原子炉の例をあげて問題のないことを主張し、すでに炉体の組み立てをおわった部分をふたたび分解することを承知せず交渉がさらに続けられた。そして現在原研は熱交換器が帰着するまでの手持ちの期間を利用してぜひとも改良工事をおこなう意向であるとして最終案を AMF に提示し、その回答をまっていた。

この作業はすでに組み立てのおわった実験孔、重水タンク、熱遮蔽不銹鋼板を炉外に取り出し、軽水タンク内でアイトソープ・トレンを切断し、底部の鉛ブロックを Al 板でカバーして、ふたたびアイトソープ・トレンを溶接し He 漏洩試験をしながら組み立て復元してゆくものであって約 2 ヶ月の日数が必要とされる予定であった。

7.8.3 ボラル・カーテンの補修 ボラル・カーテンは炉室で仮組みして駆動試験をおこなったが、その動きがスムーズでなく、ガタガタするだけでなく空気シリンダーの駆動空気圧力が 8 kg/cm^2 でないと駆動せず、AMF が示しているよりもはるかに大きな力がチェンにかかっていることが判明した。これはガイドの設計の問題であるので AMF と協議しガイド・ローラーをカーテンに追加することになった。またカーテンが下端で止まるときの衝撃が大きいので緩衝装置をつけるなどの補修をおこなうことになった。そして 4 月下旬三菱電機 (株) 伊丹工場に発送した。

7.8.4 回転プラグの改修 前述したごとく、回転プラグ (rotary plug) の支持環の溶接補強をするため上記ボラル・カーテンとともに三菱の工場に発送した。

7.8.5 気送管プラグの挿入 3 月以来、引き続いて 2 インチ気送管プラグの仮合わせののち、4 月中旬取り付けを終了し、4 月末には 1 インチ気送管ライナーおよびプラグの取り付けも終了した。

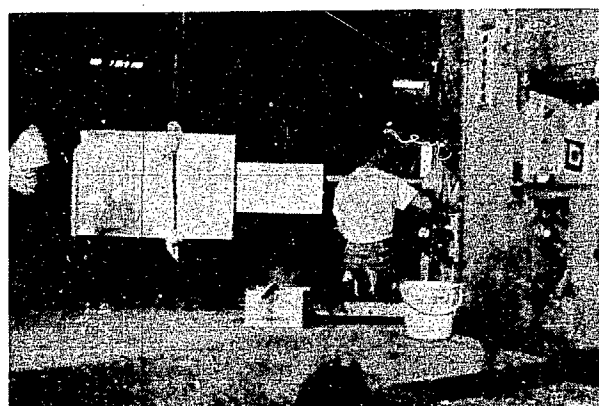


Photo 26. 気送管の炉内への挿入取り付け

7.8.6 炉冷却系機器据え付けおよび配管組み立て

(1) 重水系配管は X 線、水圧、気圧、He などによる漏洩試験が休日返上で実施され、必要な手直しがおこなわれた。

(2) He 系は主管の X 線試験ならびに空気抜き関係の配管をおこなったのち水圧試験および He 漏洩試験をおこなった。

(3) 軽水系については水圧および気圧試験をおこなった。

7.8.7 炉制御系 コントロール・コンソールおよびコントロール・パネルと炉体および炉室地下重水ポンプ室との間の配線検査と同路の検査をおこなった。

7.9 34 年 5~7 月の工程

7.9.1 軽水タンク底鉛腐食対策工事 前述のように AMF と再三交渉したのち、AMF は原研の責任においてこの工事をおこなうのであれば反対しないという回答をよせてきたので、原研としては三菱に対し、ただちにこの作業を開始し重水熱交換器が帰着するまでに工事をおわるように指示した。かくて 5 月はじめからこの作業が開始された。炉本体の組み立てはほぼ終了に近づいていたが、これを解体して軽水タンク底の鉛を除去し、Al で被覆した鉛ブロックを取りつけ、ふたたび復元据え付け作業をおこなった。そして 6 月末には Al で被覆した鉛ブロックを取りつけたのちの復元作業はほぼ終了に近づいていた。しかし重水タンクを据え付ける前にボラル・カーテンの取り付けを終了していなければならないが、工場に補修のため返送したボラル・カーテンの補強改修工事が進捗しないので、炉の組み立てを遅らせないため、ボラル・カーテンのハウジングのみを 7 月上旬に取りつけたのち、垂直実験孔と干渉するため一部手直し補修の終わった重水タンクを軽水タンク内に据え付けてから水平

実験孔および気送管を取りつけた。そして7月中旬重水タンク支持環下の熱遮蔽系側に He を充填し、重水タンク支持環の上側への漏れを測定したが、結果は良好であった。ついでグリッド板取り付けも終了した。

7月下旬には重水タンク下部の伸縮継手の溶接と漏洩試験などがおこなわれて今回の軽水タンク底鉛の腐食対策工事を開始する前の状態に復元された。

7.9.2 重水熱交換器据え付けのための準備 重

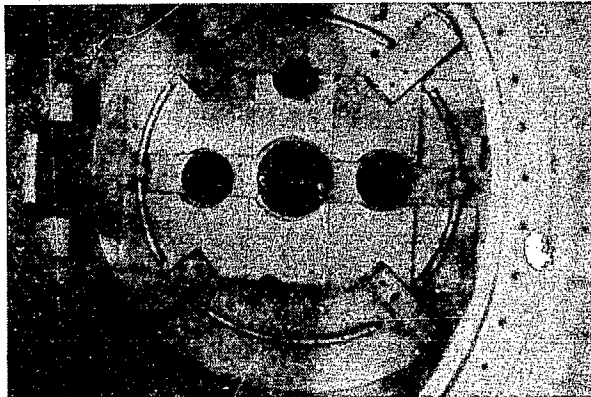


Photo 27. 腐食防止のためアルミ製のカバーが取り付けられた軽水タンク底鉛の据え付け終了

水ポンプ室内の配管は4月末には一応完了していたが、重水熱交換器の到着とその据え付けにそなえて重水貯槽、軽水貯槽、ヘリウムガスホルダー、ならびに天井および床ピットの配管を除き、他の機器および配管類はすべて解体撤去し、配管やバルブ類は He 漏洩試験、溶接部の手直し補修、洗浄などをおこなった。

7.9.3 重水熱交換器の据え付け 6月27日には主重水熱交換器が、また7月28日には重水補助熱交換器が現地に到着した。これは補修返送のため現地を出発してから約1年後である。すぐに He 漏洩試験をおこなったところ結果はつぎのとおりであった。

	ADSCO 社での試験結果	現地での試験結果
DE-1		
軽水側から 重水側へ	$<1.7 \times 10^{-5} \text{ cc atm/sec}$	$<2.3 \times 10^{-5} \text{ cc atm/sec}$
軽水側から Tube sheet へ		$5.5 \times 10^{-6} \text{ cc}$
重水側から Tube sheet へ		$1 \times 10^{-5} \text{ cc}$
DE-2		
軽水側から 重水側へ	$<2.9 \times 10^{-6} \text{ cc}$	$<2.3 \times 10^{-5} \text{ cc}$

軽水側から
Tube sheet へ $3.5 \times 10^{-7} \text{ cc}$

重水側から
Tube sheet へ $4.5 \times 10^{-6} \text{ cc}$

DE-3

Shell から Tube へ $5.5 \times 10^{-8} \text{ cc}$

Tube から Tube sheet へ $3.7 \times 10^{-7} \text{ cc}$

Tube から shell へ $1.06 \times 10^{-7} \text{ cc}$

そして7月上旬、重水熱交換器は炉室地下の重水ポ

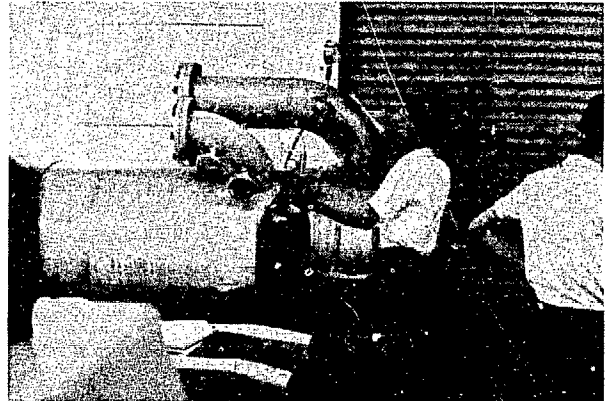


Photo 28. 主重水熱交換器のヘリウム漏洩試験

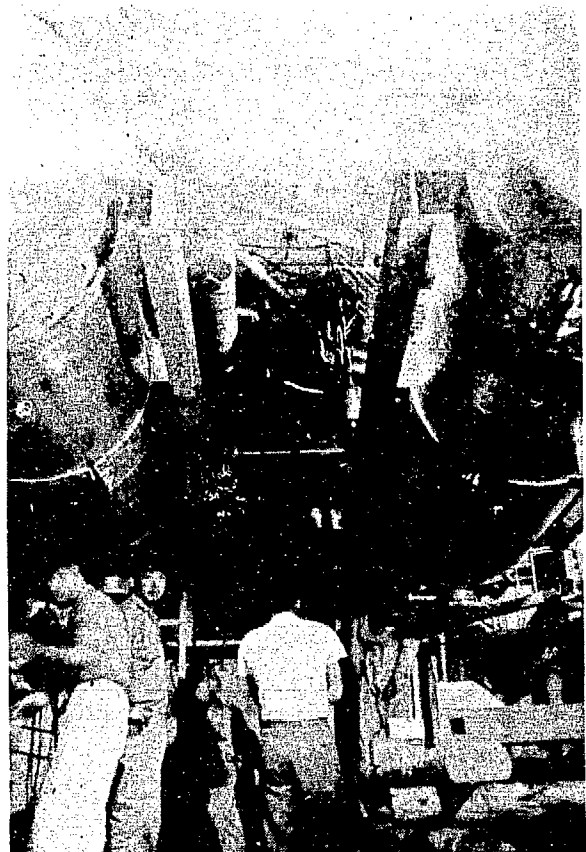


Photo 29. 重水ポンプ室内の据え付けを終わった主重水熱交換器

ンプ室に据え付けを完了した。

7.9.4 重水熱交換器据え付け後の重水ポンプ室内の据え付け組み立て作業 主重水熱交換器の据え付けがおわったので、重水ポンプ室での据え付け組み立て作業は最終的段階となった。7月中旬から水圧試験のおわった主重水ポンプや重水フィルター、重水樹脂塔を据え付けて配管の再組み立てを急いだ。

7.9.5 冷却塔の性能試験 冷却塔の性能試験を7月中旬に実施した。これは冷却塔下部水槽 (basin) に水蒸気を注入し、水温をあげて除熱能力を試験する方法でおこなった。その結果、容量不足であることが判明し、塔を6インチ高くして除熱性能を向上させることになった。工事は10月ごろになっておこなわれる予定であった。

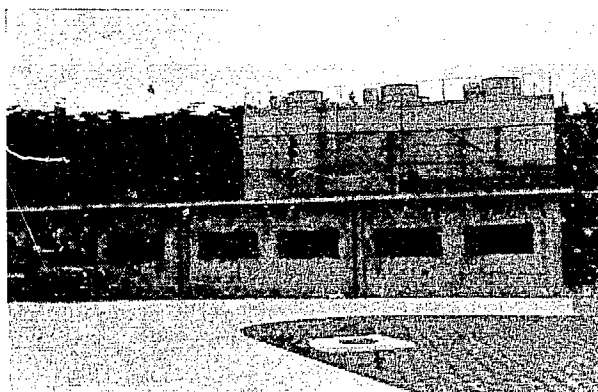


Photo 30. 冷却塔

7.10 34年8~10月の工程

7.10.1 気送管ライナーおよびプラグの漏洩試験

5面側の1インチ気送管ライナーおよびプラグは、7月末、漏れがあるので溶接手直しをおこなったのち8月のはじめ炉内に窒素ガスを充填して加圧し漏洩試験をおこなったところ、ふたたび外板との溶接部に漏れがみられた。これは2インチ気送管ライナーからもれているものと思われたので2インチ気送管プラグを取り出して漏洩試験をおこなった結果、1インチ気送管の場合と同様に外板との溶接部からの漏れが見られた。このため外板との溶接部の手直し補修をおこなった結果、8月中旬ごろになって 10^{-4} cc atm/sec 程度までおさえることができたので一応手直しを終えることとした。ついで11面側の1インチおよび2インチの気送管についても漏洩試験をおこなった結果、5面側におけると同様な漏れのあることが判明したので種々手直しのうえ漏れ止めに成功した。

7.10.2 熱中性子柱のグラファイト詰め込みおよび扉の改造 8月中旬から洗浄したグラファイト・ブ

ロックの詰め込み作業をはじめたが、グラファイト・ブロック16本を入れた中央のAl製カン (can) が約5mm中心線から下がっており、Al製カン (can) の上に5mmのギャップのあることが判明した。炉の半径方向のギャップなので、炉内の中性子のを防止するためAl製カン (can) を5mm全体的に持ち上げて、この下に4.5mm厚のグラファイト・ストリップを挿入した。なおグラファイト・ストリップと下部グラファイトの間には0.8mm厚のAl製のシュー (shoe) を入れてストリップの挿入を容易にした。そして10月末、熱中性子柱の扉のプラグをはずしたとき、熱中性子柱のプレート・ドア (plate door) とAl製カン (can) の中のグラファイト・ブロックを炉外から取り出せることを確認した。また熱



Photo 31. 熱中性子柱の内部

中性子柱の扉はモーター駆動になっていないので原研はAMFに対し、これを取りつけるよう要求したが、AMFは契約にふくまれていないとして反対してきたので、ストッパーは三菱が提供し駆動装置は原研が独自に取りつけた。

7.10.3 制御棒などの取り付け合わせと調整 8月末、燃料要素支持棒と下段上部プラグを炉体内に据え付けたとき、制御棒および制御棒駆動軸の取り付け合わせをおこなったのち、制御棒駆動装置を取り付けて8月上旬に終了した。

7.10.4 ボラル・カーテン 工場での修理が難航しておくれたので、ハウジングだけ受け取って炉本体の組み立てを進めていたが、8月末には修理をおわった。ボラル・カーテン (boral curtain) が現地に到着したので、ただちに炉内に取りつけて作動試験をおこなった。これで上部プラグを炉内に最終的に取りつければ炉本体の組み立てはほぼ終了するものと期待されていた。しかし、つぎにのべる下段上部プラグに漏れが発見されたので、炉の組み立て完了が遅れること

になった。そしてこの下段上部プラグの補修期間中に、さらにボラル・カーテンの作動試験を続けたが、なお幾多の問題が残されていた。

7.10.5 下段上部プラグの冷却水配管取り出し口の漏れ止め作業 修理をおえたボラルカーテンの炉内への取り付けがおわったので、9月はじめ下段上部プラグを炉内に据え付けた。そして下段上部プラグ冷却管内に He を充填して加圧し、圧力降下を調べるとともに、スニファー法 (sniffer method) で漏洩試験をおこなったところ、配管接続部、実験孔の溶接部などからの漏れが発見された。これは冷却用配管からの漏れが原因であること判明したが、漏れ場所の発見が困難で、漏れ止め作業と漏洩試験を繰り返した結果、漏れ箇所は冷却管の取り付け口付近であることを確認



Photo 32. 下段上部プラグ冷却水配管のヘリウム漏洩試験

した。そこで接着剤 (ALARDITE #101) を用いて薄肉スリーブを挿入することにより、9月末に無事解決した。最終の漏洩試験の結果は 2.6×10^{-4} cc atm/sec であった。

7.10.6 炉本体頂部の組み立てと漏洩試験 前述のように下段上部プラグ冷却用配管取り付け部の補修をおわり、He 漏洩試験の結果も良好であったので、10月はじめ炉体内にこれを据え付け冷却用配管の接続もおわった。ついで上段上部プラグならびに回転プラグと回転プラグ駆動装置を炉体内に据え付けてから垂直実験孔の取り付けをおこなうとともに、つぎの取り付け調整をおこなった。

- (1) 制御棒プラグ着脱装置と燃料挿入孔用プラグのフランジとの干渉。
- (2) 燃料挿入孔用プラグ、制御棒挿入孔用プラグ、中央垂直実験孔プラグ。

そして炉体上部の He シール部の漏洩試験をおこなったが結果は非常に悪く、燃料挿入孔プラグ・

シールおよび回転プラグ駆動軸シール部、制御棒プラグ着脱装置用配線などからの漏れがはなはだしく、漏洩検出器で測定しえないほどであった。

7.10.7 重水ポンプ 7月末、重水ポンプを洗浄のため、取りはずして分解したところ、不銹鋼製インペラーにサビが生じていたので、現地で洗浄してふたたび据え付けて試運転をおこなった。その結果メカニカル・シール (mechanical seal) からの漏れが多く、8月下旬三菱日本重工 (株) 横浜造船所に返送してシールのすり合せ、インペラーのダイナミック・バランス (dynamic balance) をとり直し、さらに空気抜き管 (vent pipe) の取り付け方法を改善して9月はじめ現地に到着した。メカニカル・シールからの水漏れ量は7月はじめには DP-1 が 47.3 cc/2hr, DP-2 と

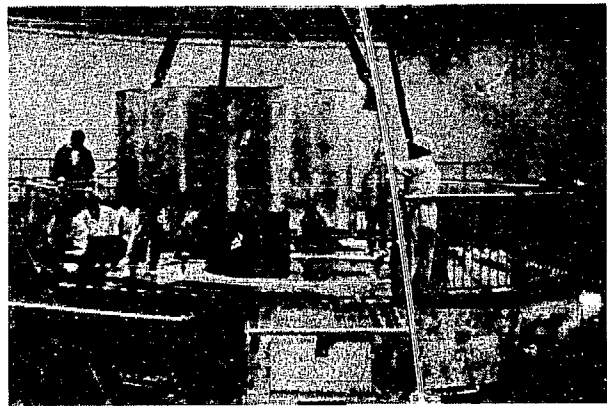


Photo 33. 下段上部プラグの炉体内への据え付け

DP-4 は数 cc/hr であったが、今回の修理によりかなり漏れ量を減少することができた。しかし NRX (AECL) は 2 g/d の漏れとなっているので、原研としてはポンプ全部で 20 cc/d 以下にとどめる必要がある。さらに対策を検討することになった。9月中旬重水ポンプを据え付けて今回修理のために中断されていた重水系配管をおこない、9月中旬には重水系の配管をすべて終了した。そして重水系洗浄のため軽水を注入したので重水ポンプのならし運転をおこなって漏れ量の測定をおこなった。10月下旬には重水ポンプの試運転中にインサート・リング (insert ring) が焼けつき、ポンプを分解して修理をおこなわなければならなかった。そして重水の漏れ量は容易に減少する方向には向かわなかった。

7.10.8 軽水タンク内の水張りと漏れ止め補修 10月はじめから熱遮蔽系の洗浄のため軽水タンクに水張りをおこなった。その結果、

- (1) 軽水タンク水位計下部の取り付け配管

- (2) 第5面の気送管プラグのフランジ・ガスケット
- (3) 第11面の気送管プラグのフランジ・ガスケット
- (4) その他

からの水漏れが認められた。フランジ・ガスケット類からの漏れは増し締めにより漏れをとめることができたが、軽水タンク水位計下部の取り付け配管からの漏れをとめるための補修作業は溶接が困難なため非常に難航し、9月下旬になってようやく無事終了した。

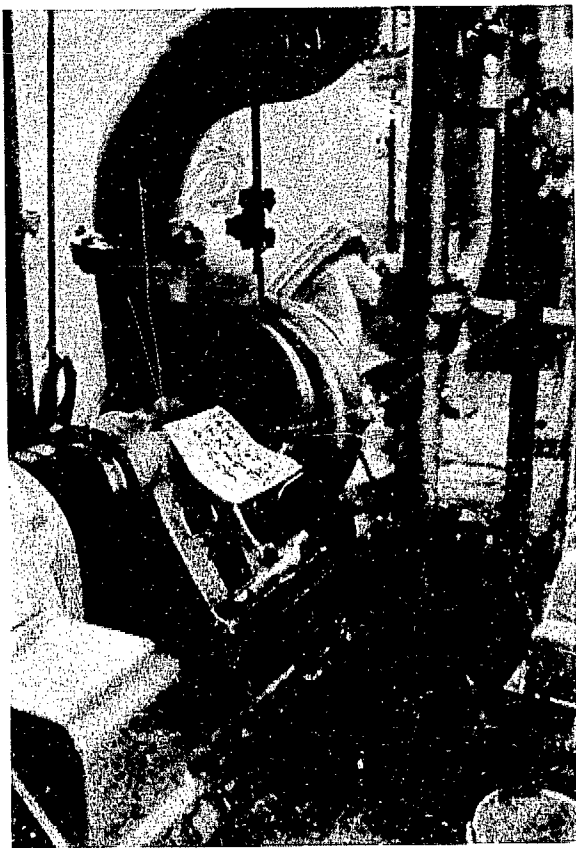


Photo 34. 主重水ポンプ

7.10.9 冷却系配管の洗浄と漏洩試験 前述のように9月中旬補修をおえた重水ポンプの据え付けとこれに関連する配管をおこなって重水系の配管組み立てが終了したので、重水ポンプ室内の炉冷却系の機器の据え付けおよび配管の組み立てはすべて完了した。そこですぐに各系統別の洗浄作業を開始した。

- (1) 熱遮蔽系は9月中旬から開始し10月上旬終了した。そして10月下旬からこの系のインベントリー・メジャーメント (inventory measurement) をはじめた。
- (2) 重水系は9月下旬に開始し10月下旬に終了した。そしてHe圧による加圧漏洩試験をはじめ

た。

- (3) He系は9月中旬から窒素ガスによる洗浄をおこない9月末終了した。

7.10.10 制御系機器の取り付けおよび調整ならびに補修 8月においては、重水ポンプ室内測定器類の取り付けや配線のうち未了となっていたものを実施して、これを終了した。9月はじめから、コントロール・コンソールとコントロール・パネルの通電試験をおこなった。そして温度差記録計 (4T recorder), 炉内中性子束対数記録計 (log N recorder), 安全回路増

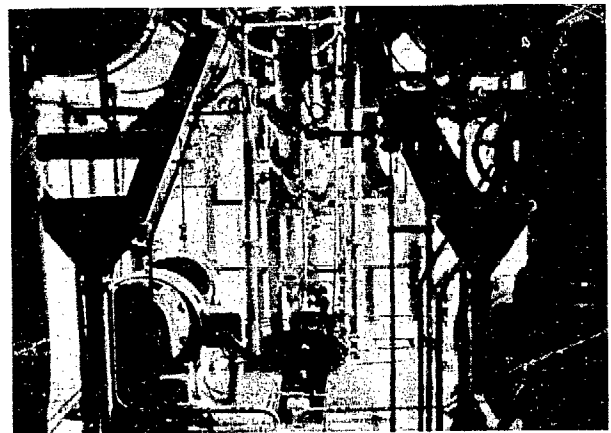


Photo 35. 機器の据え付けおよび配管組み立ての完了した重水ポンプ室内部

幅器 (safety amp.), 対数原子力周期増幅器 (log N amp.), 制御棒微位置指示計 (digital ratio meter), 炉内中性子束線型記録計 (linear N recorder), 自動制御装置 (automatic controller), 制御棒用マグネットなどの作動テスト、調整、補修などをおこなった。また、温度計、流量計、圧力計、電気伝導度計の作動テストと校正などをおこなった。

7.10.11 重水 8月28日には40本の不銹鋼製缶に封入された20,000 lb (9,071.8 kg) の重水が現地に到着したので、そのうちの1缶から試料を取り質量分析計で分析して、納入者であるUS.AECの分析結果と比較し、良好な結果が得られた。この重水は臨界直前の炉内への重水注入まで付属実験室に保管したが、いまだJRR-2建家には暖房設備がととのえられていなかったため、冬期はその凍結防止対策に特別の配慮が要求された。

7.11 34年11~12月の工程

7.11.1 回転プラグ 10月末の炉頂部のHe漏洩試験の結果、多くの漏洩場所が発見され、漏れ止めのための手直しをおこなったが、回転プラグ (rotary plug) は燃料挿入孔の角などに亀裂があり、漏れ止め

のための手直し補修をおこなっても好ましい結果は得られなかった。そこで、徹底的な修理をおこなうため、三菱電機（株）伊丹工場に返送した。そして工場では燃料棒と制御棒ライナーの溶接部の大修理をおわって、ふたたび現地に帰着したのは 12 月末となった。かくて炉の組み立ては、この回転プラグの補修に要する期間だけさらに遅れることになったのである。



Photo 36. 回転プラグのヘリウム漏洩試験

7.11.2 燃料交換キャスクによる燃料の挿入試験

回転プラグを工場に返送する前に上段上部プラグと回転プラグを炉体内に据え付け、燃料交換用キャスクによる模擬燃料の炉心への挿入試験を実施したが、燃料要素が重水タンク内の燃料要素支持棒に干渉することが判明した。このため下段上部プラグと燃料要素支持棒を取り出し、燃料要素支持棒の干渉する部分の手直し補修をおこなった。

7.11.3 ボラル・カーテンの補修 ボラル・カーテンは前々から作動状態が不良のため、たびたび補修をおこなったが、作動状態はさほどよくならなかった。10 月末、機能試験をおこなったところ炉内で正常な作動がおこなわれないことが判明したので 11 月はじめ修理のため炉外に取り出して調査した結果、軽水タンクに水が入ったとき水圧によりボラル・カーテンのハウジングが変形し、ボラル・カーテンと干渉することが判明した。その歪量は最大 3.5 mm にも達した。そこでハウジングを取り出すのは大工事となるのでカーテンのフレームを改造し、11 月上旬炉内に入れてテストしたが、カーテンはふたたび干渉してうまく作動しなかった。このためフレームを補強し、さらにカーテンがスムーズに作動するよう AMF の設計を改良して四方コックをつけて逃し弁の緩衝効果を改善することにより、問題点は一応解決したので修理を終了した。

7.11.4 炉冷却系の漏洩試験、インベントリー・メジャーメント等

(1) 重水系は 10 月末から引き続き He ガスによる加圧漏洩試験をおこない上旬にこれを終了した。そしてすぐに重水系のインベントリー・メジャーメント (inventory measurement) をおこなったが、重水ポンプの吸い込み側のフランジおよびメカニカル・シール、バルブのフランジの部分、水位計、電気伝導度計の取り付け口などから漏れが発見され、ただちに補修をおこなってふたたびインベントリー・メジャーメントを続行し 11 月末終了した。続いて系内の水を分析して系内の汚染度の点検 (contamination check) をおこない、問題のないことを確認した。そのほかエダクター (eductor) の調整、重水精製装置のチェック弁の補修、チェック弁 DV-32 の補修、温度計の校正などがおこなわれた。

(2) 熱遮蔽系

① 軽水タンク水位計は、軽水ポンプ DP-1 を運転したとき水位計の指示が急激に下がるのでこの補修改良作業が続けられ、水位計の取り出し口が軽水タンク底になっているのを改めて重水出口管の伸縮継手の軽水ドレン孔から取るなどの作業をおこなった。

② 軽水貯槽の水位計の指示と流量計の指示とを対比して流量計が不良であることが判明した。また改めて軽水ポンプの性能試験をおこなった。

そして 11 月下旬、系の中の水を分析して系内の汚染度の点検をおこない異常のないことを確認した。

(3) He 系：11 月中旬、He 系全体についての He 漏洩試験をおこなった。

(4) その他：非常冷却系の性能検査、空気作動弁の作動試験などがおこなわれた。

7.11.5 冷却塔の性能検査と 2 次冷却系のつなぎ込み 冷却塔の改造は 11 月中旬に終了し、連続運転冷却効果の測定をおこない、規定の容量があることを確認した。また 2 次冷却系はサビ落しの酸洗いと洗剤 (Res-cor) による洗浄をおこなったのち、11 月下旬重水熱交換器の 2 次側に接続した。

7.11.6 主重水ポンプの性能試験 11 月末から重水ポンプの性能試験を開始した。12 月はじめから長時間連続運転をおこなってシールからの漏れや軸受けとシールの温度上昇を測定した。そしてその結果、

主重水ポンプの軸受け箱の温度が上昇するので安全をとって冷却用の配管作業をおこない、12月これを完了した。また主重水ポンプ DP-2 のシールからの漏れが不規則であるので分解して検査し、シールの取り換えをおこなった。そして主重水ポンプの連続ならし運転をおこなったがシールからの漏れはあまり改善されなかった。

7.11.7 制御系の性能試験 この期間においては制御用機器や測定器の回路部品の補修調整がおこなわれた。おもなものは、つぎのとおりである。

- (1) 制御棒位置指示計への電源供給用トランジスタの不良による取り換え
- (2) 制御棒微位置指示計 (digital ratio meter) の接点不良に対する対策検討

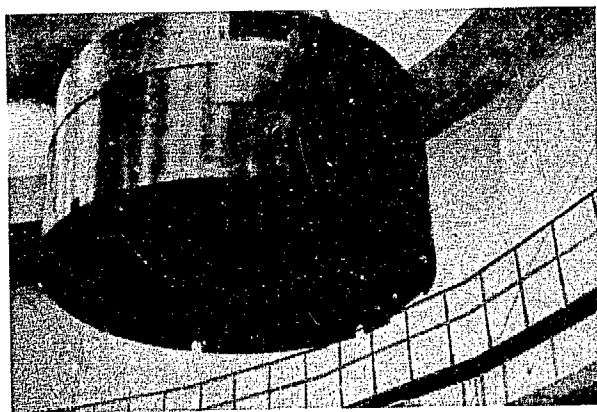


Photo 37. 下段上部プラグの炉体内への据え付け

- (3) 制御棒用マグネットのアースとショートに対する対策検討
- (4) 制御棒駆動用トランスの不良に対する対策検討
- (5) 自動制御装置のリセット回路不良に対する対策の検討
- (6) 炉室内放射線量測定器(γ 線 area monitor)の指示不良に対する対策検討
- (7) 回転プラグのリレーの調整
- (8) 電気伝導度計, 温度計, 圧力計, 水位計, 流量計, 地震計の配線の修正, 不良部品の取り換え, 補修校正など。

制御棒微位置指示計 (digital ratio meter) は AMF および米国製造業者と交渉の結果, 米国に

返送して修理することになった。

7.11.8 炉頂部の組み立て完了 11月下旬, 漏れ止めの補修のため三菱電機(株)伊丹工場に回送して修理をおこなっていた回転プラグは, 12月末になって修理を終わり現地に到着した。回転プラグそのものは He 漏洩試験をおこなわなかったで、この外側の溶接部に漏洩があり、このため全体として組み立てたところ、この箇所をとって重水タンクの上部から炉体の外部への漏洩という結果になった。

また上段上部プラグの遮蔽用板の取り付けボルトからの漏れも現地の補修で終了した。これも回転プラグの場合と同じ現象である。

そこで上段上部プラグおよび回転プラグを最終的に炉体内に据え付けた。ついで上段上部プラグ冷却管を

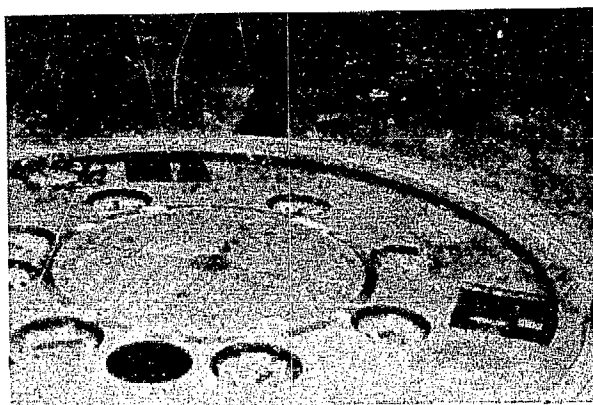


Photo 38. 炉頂部の最終組み立て終了

続きこんだのち、He 漏洩試験をおこなうとともに垂直実験プラグ冷却管の漏れ止めのための補修をおこなった。こうして、さきにボラル・カーテンの補修や下段下部プラグの補修、ついで今回の回転プラグの補修問題のために遅れに遅れた炉頂部の組み立て作業はついに終了することになった。そして炉頂部の He シール部および炉本体全般にわたる総合加圧漏洩試験をおこなった。これは窒素ガスおよび He ガスで加圧し圧力低下をマンオメーターで読む方法と He ガソメーター (gasometer) の圧力低下を読む方法の両者を採用して実施したが漏れ量は双方ともに 14 l/hr 以下で規定値の範囲内であることが確認された。かくして炉の組み立ては一部の補修を要する残工事を除き、ほぼ終了したことになる。

昭和 35 年
(1960 年)

7.12 35 年 1~5 月の工程

7.12.1 燃料要素到着の見通しと概況 JRR-2

用燃料要素は、日本政府と加工業者であるアメリカ合衆国 M&C 社 (Metal & Control Nuclear Inc.) との正式契約の締結が国会の承認問題のためにおくれたので、その製作がおくれてしまった。このため、おそくとも 3 月末には到着する見込みであったにもかかわらず、その後において製作を終わった燃料要素の工場での試験のやり直しなどのために、さらに遅れて到着予定は 4 月末となり、それがさらに大幅に遅れることになった。燃料要素問題についての経過は別にのべる。

他方、現地では炉の組み立てはほぼ終了したが、それに引き続いておこなわれた原子炉制御系の性能試験の結果、重水ポンプならびに原子炉制御系のうちの主要部品である制御棒、制御棒用マグネット、制御棒微位置指示計 (digital ratio meter) 自動制御装置、炉室内放射線量測定器 (γ 線 area monitor) などについては、このままでは使用することができず、工場で修理をおこなう必要があることが判明した。こうして、これらの補修が終了するまで炉の組み立て完了は、さらに延期されることになった。

7.12.2 制御棒の修理 1 月はじめ、制御棒の駆動試験をおこなったところ、ピニオン軸受部のアルミ溶接部にビード割れなどのあることが判明したので AMF と交渉した結果、三菱で補修をおこなうことになり、ただちに三菱電機 (株) 伊丹工場に回送した。工場で検査した結果、

- (1) コイル・ケーブルに、はなはだしく短いものがある
- (2) コイル内の鉄線やターミナルのネジがサビている
- (3) 不銹鋼のブッシュはほとんどすべてにヒビ割れやクラックが発生していて長期使用に耐えられるか否か疑問である

ことが判明し修理がおこなわれた。4 月末 AMF 技師が米国から持参した新しい取り換え部品を取りつけてから工場で立ち会い試験ののち 5 月はじめ現地に搬入した。そして、すでに 3 月末 AMF から到着していた新しいマグネットを取りつけて炉内に挿入し、性能試験をおこなったが、結果は良好であった。5 月下旬には制御棒 No. 4 用のモーターが不良となったので予備品との取り換えや、制御棒 No. 2 の分解修理をおこなった。

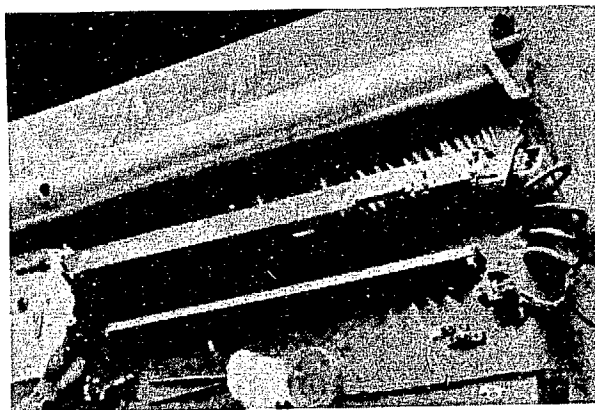


Photo 39. 制 御 棒

7.12.3 制御棒微位置指示計、自動制御装置などの補修

- (1) 調整棒 (regulating rod) の微位置指示計 (digital ratio meter) は接点不良であることがすでに前年末から判明し、AMF に交渉したが、製造業者において米国で修理するか日本で修理するかについての連絡などに多くの日数が必要とされ、さらに米国に返送することが決定してからわが国の通関手続きなどのために手間がかかり、羽田を出発したのは 3 月 10 日であった。米国での修理をおえて現地に帰着したのは 5 月はじめとなった。ただちに性能試験をおこなったが、良好な結果が得られた。
 - (2) 炉室内放射線量測定器 (γ 線 area monitor) は指示不良のため AMF と交渉した結果、結局 2 月末、米国製造業者が修理をおこなうことになったが羽田を出発したのは 3 月末であり、修理を終えて現地に帰着するのは 6 月の予定であった。
 - (3) 自動制御装置は、リセット回路不良のため米国製造業者の日本代理店の手で 3 月はじめ修理を完了した。
 - (4) そのほか温度計、流量計、電気伝導度計、圧力計、水位計などの補修調整がおこなわれた。
- 7.12.4 主重水ポンプの修理** 主重水ポンプ (D

P-1, 2) は、前年三菱で補修をおこなったのち重水ポンプ室内に据え付けて前述のように漏洩試験を続けてきたが、漏れ量が規定値内にならないので、AMF と交渉の結果、AMF も製造業者に対する発注仕様に適合しないことを認め、米国製造業者がその日本代理店を通じて修理をおこなうことになった。1月中旬修理のため工場に発送した。そして3月はじめ修理をおえて現地に帰着したのでスタティック・プレッシャー・テスト (static pressure test)、ならし運転、長時間連続運転をおこない、漏洩試験をおこなって、漏れ量は一応許容しうる範囲内であることが判明した。

7.12.5 補助重水ポンプ 補助重水ポンプ DP-3 の性能が定格値に達しないのでインペラーの検査をおこなった結果、インペラーが規格よりも小さいものであることが判明し、AMF に連絡したところ AMF は規格どおりの代替品を追送することになり、5月はじめ現地に到着したのでただちに切り換えののち性能試験をおこなったが、結果は良好であった。

7.12.6 模擬燃料の改修 2月下旬、燃料交換キャスクを使用して模擬燃料の炉心への挿入試験をおこなったが、模擬燃料のノズルの部分の形状および寸法が不良であることが判明し、AMF に連絡した。このため、AMF は一部設計変更を申し入れてきたので、これにしたがって模擬燃料のノズルの改造をおこなった。3月下旬には改造のおわった模擬燃料が現地に到着したので、これを炉心部に挿入した。

7.12.7 炉体および冷却系の漏洩試験およびインベントリー・メジャーメント 1月はじめから重水系は純水で充満していたが、前述のように重水ポンプを修理するため取りはずす必要が生じたので排水した。そして1月下旬、炉内ならびに重水系および He 系の乾燥の予備試験をおこなった。ついで2月はじめから炉本体ならびに重水系および He 系全般にわたる乾燥した状態での加圧漏洩試験を実施した。漏れ量は He ガソメーター (gasometer) の圧力指示計により測定した結果 17 l/hr であった。そして2月下旬、重水系についての第2回目のインベントリー・メジャーメント (inventory measurement) を実施した。その後、炉心の流量分布の測定などをおこなう予定であったが、上記のような模擬燃料の改造問題が起こったので保留となった。

7.12.8 炉心の流量分布の測定等 3月末改造をおわった模擬燃料を炉内に挿入したので、4月はじめから、つぎのような測定をおこなった。

(1) AMF の仕様により炉心部流量分布の測定を

おこなった。これは、まず模擬燃料 24 本を挿入し、プラグ無し、20 mmφ プラグ、30 mmφ プラグの状態での流量分布を測定し、さらに挿入した模擬燃料が 12 本と 18 本の双方の場合について 36 mmφ プラグ、33 mmφ プラグ、30 mmφ プラグ、27 mmφ プラグの状態でのそれぞれの流量分布を測定した。これと並行して試験用回路を使用して各サイズのプラグでの流れの状態、および圧力降下の状態を測定した。また2月下旬には電気的方法を用いて炉心部流量分布の測定をおこなった。3月上旬には AMF の指示する方法ならびに原研で独自に研究して製作した水位記録計により、燃料中の流量分布の測定をおこなった。

(2) 重水系については

- 4月下旬 重水精製系の流量の測定
- 5月上旬 主系統、重水試料の採出系統、非常用冷却系統などの各系への流量分布の測定
- 5月上旬 重水分析計の調整
- 5月上旬 樹脂重水化の実験
- 5月下旬 試験回路による重水系の流量測定 (補正)
- 5月下旬 重水流量試験回路による波高の測定
- 5月下旬 重水用フィルターのキャンドルの取りつけ

(3) 熱遮蔽系については

- 5月上旬 主系統、上部プラグ等の冷却系統、冷却水試料の採出系統等の各系への流量分布の測定
- 5月上旬 チェック弁 (PV-5) の取り換え
- 5月下旬 精製系の圧力降下測定とフィルターの取り換え

などをおこなった。

7.12.9 汚染度の点検 5月末、重水系および軽水系の、汚染度の点検 (contamination check) をおこなうため、各系内の純水を採出して分析した。その結果、水の電気伝導度は 380,000 μ /cm 以上で濁度は 1 ppm であった。

7.12.10 安全装置の性能試験 つぎの安全装置の性能試験をおこない、異常のないことを確認した。

- (1) 非常用高架水槽内の軽水による非常用冷却装置
- (2) 2次冷却系の配管に漏れが生じたりして重水熱交換器内の冷却が不可能になった場合、緊急冷却ポンプ EP-1 によりサンプ・ピット内の水を冷却塔下部の水槽にもどし落差によって水を流し

て冷却する 2 次冷却系の非常用冷却装置

- (3) 炉心タンク重水ダンプ (D_2O dump) 装置
- (4) 炉心タンク内自然対流による冷却装置
- (5) He 系安全弁

7.12.11 制御棒落下時間測定試験 安全回路増幅器 (safety amp.) の緊急停止回路のテスト・ボタンを押してそのパルスでオシログラフをとり、制御棒の落下音を制御棒上部においたマイクロフォンで採ってその画像をカメラで撮影した。その結果、ポンプの運転中で約 0.45 sec が得られた。

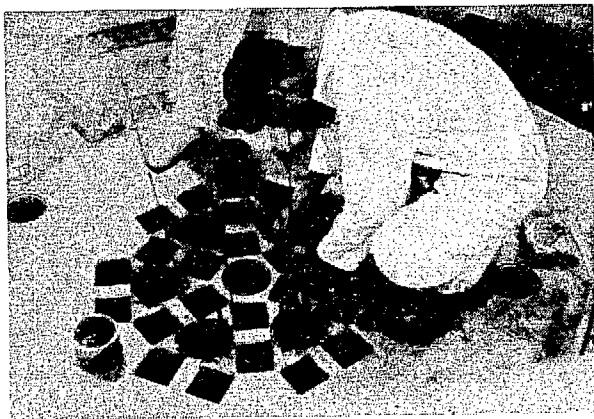


Photo 40. 炉心部流量分布の測定

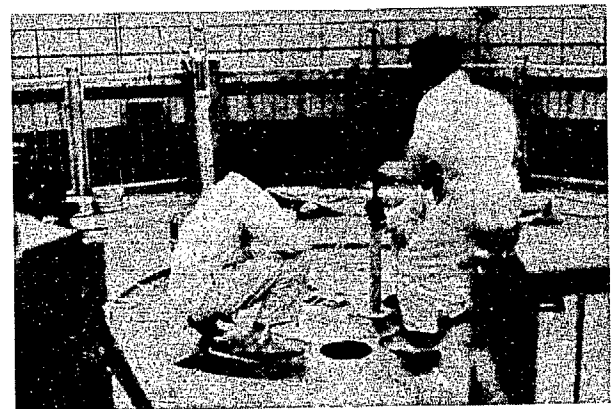


Photo 41. 炉心部流量分布の測定

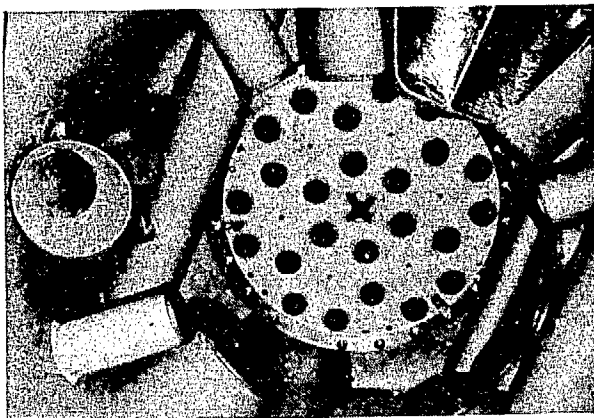


Photo 42. グリッド板の取り付け方法の改善



Photo 43. 燃料要素保持装置

7.12.12 臨界実験の準備 4 月下旬にはただちに臨界実験をおこなうことができるように準備を進めた。そして臨界実験のマニュアルの作成や臨界実験用測定器類の整備などをおわった。

7.13 35 年 6~9 月の工程

7.13.1 概況 燃料要素は、最初の予定よりも大幅におくれて、3 月になってようやく加工製作を終了し、3 月 30 日最終の工場立ち会い試験がおこなわれたが、その後、機械的強度の問題やクラディング・フェイリヤー (cladding failure) に関する問題などのために、さらに遅れて現地に到着したのは 8 月中旬

となった。現地では 5 月末には燃料要素が到着するものとして臨界実験の準備を進めていたが、燃料到着が遅れることが明らかになったので、燃料到着までの期間に各機器の調整や補修をおこなった。

7.13.2 グリッド板の取り付け方法 5 月末、電気伝導度計 CX-1 の先端のベークライト製のカバーが破損してベークライト製のカバーと電極の 1 つが重水系に入れてある軽水中に混入した。このため、ボロスコープで重水タンク底とグリッド板 (grid plate) の上や熱交換器などを検査してこれらの破損片を取り

出した。この検査の際、はからずもグリッド板がはずれていることが判明したので、その原因を検討した結果、グリッド板の取り付け方法を改善することになった。すなわち、プレナム室 (plenum chamber) 上面フランジの外周に新たに 24 本の孔をあけ、グリッド板に不銹鋼製の環 (ring) を追加し、5/8 インチの不銹鋼製ボルトで締めつける。この作業は 6 月はじめ開始され 9 月末終了した。さらに 7 月になって、さきに取り付けた不銹鋼製の環は AMF と交渉の結果 Al 製に取り換えることになり、7 月下旬 AMF から Al 製の材料が到着したので、これを加工し 8 月上旬さきに

取りつけた不銹鋼製の環と取り替えた。

7.13.3 炉心部の流量分布の再計測 プレナム室の補修をおこなったため流量分布が変化することもあると考えられるので、4月初旬におこなった炉心部の流量分布を再検討するため、7月はじめから炉心部の流量分布の測定をおこなった。これは、模擬燃料 12 本、18 本、24 本のそれぞれの場合について 20 mmφ プラグ、30 mmφ プラグおよび 38 mmφ プラグを取りつけて測定した。

7.13.4 燃料要素保持装置の寸法検査 前述グリッド板取り付け方法改善作業のため、下段上部プラグを炉外に取り出したので、燃料要素の水圧などによる変形の許容範囲を確認するため、燃料要素保持装置の寸法を再検討した結果、片側での燃料要素との間隔は 0.4 mm あることが確認された。

7.13.5 主重水ポンプ 1 台で運転するための冷却系の調整 臨界後、当分の間の最大使用熱出力は 1 MW と決定したので、炉の運転は主重水ポンプ 1 台で流量 3,000 gpm 以下でおこなうことに決定し、この対策を検討した。そして 7 月下旬、主重水ポンプ DP-1 のインペラーの直径を $14\frac{5}{8}$ インチから $13\frac{1}{4}$ インチに改造してポンプの性能試験をおこなった。その結果、バルブ DV-1 を全開にして DV-8 バルブを調節すると流量 2,800~2,900 gpm 以下では DV-8 を出たジェットが電気伝導度計 CX-1 付近に激突して打撃音が生ずるので、これを解消するための調整をおこなった。そして 8 月中旬には、流量を 2700 gpm に調整して重水ポンプ DP-1 と DP-3 を運転し、模擬燃料 24 本を挿入して炉心の流量分布をあらためて測定した。

7.13.6 制御系の調整と補修

- (1) 6 月には炉内中性子束線型記録計 (linear Λ

recorder) および電離箱 (ionization chamber) の調整ならびに安全回路増幅器 (safety amp.) および自動制御装置の補修と制御棒駆動用モーターの誤配線の訂正をおこなった。また 3 月末補修のため米国に返送していた炉室内放射線量測定器 (γ 線 area monitor) が 6 月上旬現地に到着したので、コントロール・パネルに取りつけて検査した。No. 1, No. 2, No. 5 は良好であり、No. 4 はおおむね良好であるが No. 3 は不良で、試験した結果、チェンバー (chamber) の不良であることが判明した。

- (2) 7 月には炉内中性子束線型記録計や電離箱などの調整と流量計 FX-1, 圧力計 PX-1, 温度計 TX-1 および主重水ポンプ DP-2 用電源回路の補修をおこなった。また制御棒駆動装置関係では駆動用モーターの分解点検と補修ならびに駆動モーター用トランスの補修をおこなった。
- (3) 8 月には温度計 CX-1, 2, 流量計 FX-1, 2, 3, 5, 温度計, 地震計などの補修調整をおこなった。
- (4) 8 月下旬制御棒を炉内に取り付け “up & down” “MG” のリミットスイッチの調整, 制御棒用マグネットの電流の測定 (pick up は 32~47 mA の範囲, drop は 25~40 mA の範囲) および制御棒のストロークの測定 (697~701 mm の範囲) をおこなった。また制御棒の位置指示計の調整がおこなわれた。

7.13.7 燃料要素の到着と燃料要素の挿入試験 8 月 15 日、ついに燃料要素 19 本は現地に到着した。ただちに現地では寸法検査などの必要な引き取り検査をおこない、異常のないことを確認して日本政府から受け取った。ついでこの燃料要素を使用して燃料取り替え試験をおこない良好な結果を得た。

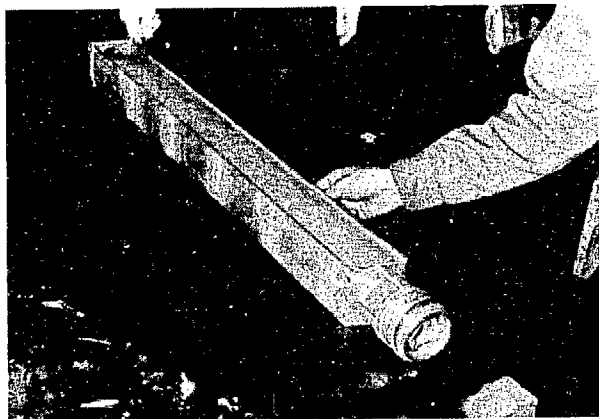


Photo 44. 燃料要素

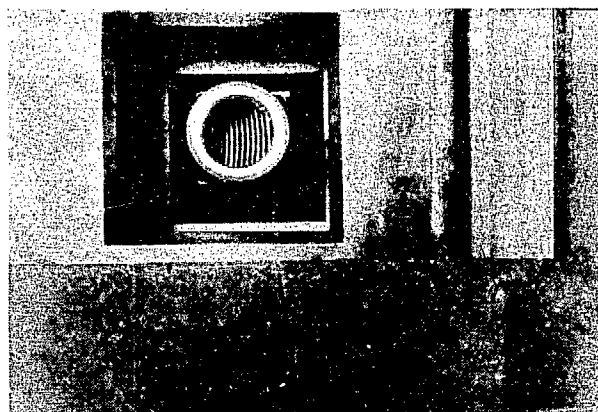


Photo 45. Refueling cask 内の燃料要素
(下方から撮影したもの)

7.13.8 炉内の乾燥 8月27日、これまで炉体内および冷却系に充満していた純水を分析して良好な結果が得られたので、重水注入のためこの純水を排水し、ただちに炉体内および冷却系内の乾燥準備を開始し、8月28日終了した。そして8月28日夜から昼夜連続2週間にわたる炉内の乾燥作業を開始した。8月29日から9月6日までは高温乾燥で露点 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ の空気を 100°C に加熱して重水系に送りこみ、主としてウォーター・ポケット (water pocket) の残留水および炉内の壁面についている水分の除去に重点をおいておこなわれた。9月6日から9月11日にかけて、露点 -45°C の乾燥した空気を重水系および He 系に送りこんで乾燥器を通して系内を循環させ、系内の空気中の湿分を取り除いた。なおこの間、炉室地下重水ポンプ室の温度は $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ に保った。9月13日これまでの乾燥結果を検討した結果、重水熱交換器 (DE-1, 2) のウォーター・ポケットに残留水が残されていることが懸念されたので、9月14日窒素ガスで吹き出した結果 DE-1 は約 1.5%, DE-2 は約 1% の残留水がでてきた。こうして炉内の乾燥作業が終了した。ついで乾燥した状態でふたたび炉本体および冷却系全般にわたる最終的な He 漏洩試験をおこなった結

果、漏れ量は 10 l/hr であった。

7.13.9 重水注入

- (1) ドラム缶の重水を採取し、赤外分光器および質量分析器で分析して濃度低下のないことを確かめた。
- (2) 重水樹脂の活性度を測定し 80% 以上であることを確認したのち、重水樹脂塔2基について重水化をおこなった。予備実験の予想重水量 90% よりも少ない 70% で終わることができた。
- (3) 9月23日から重水注入を開始し、9月26日無事終了したので炉全体としての重水の漏れ量を検査して良好な結果を得た。
- (4) 9月27日、重水による炉心の流量分布を測定し、問題のないことを確認した。

7.13.10 制御関係機器の最終調整 制御関係機器の最終調整をおこなったが、その主要なものは、つぎのとおりである。

- (1) 制御系の真空管を真空管試験器で検査した。
- (2) ペリود計用増幅器の接点の設定、安全回路増幅器の接点の設定、そのほか電圧測定などをおこなった。
- (3) 自動制御装置の調整と電圧測定をおこなった。



Photo 46. 重水注入

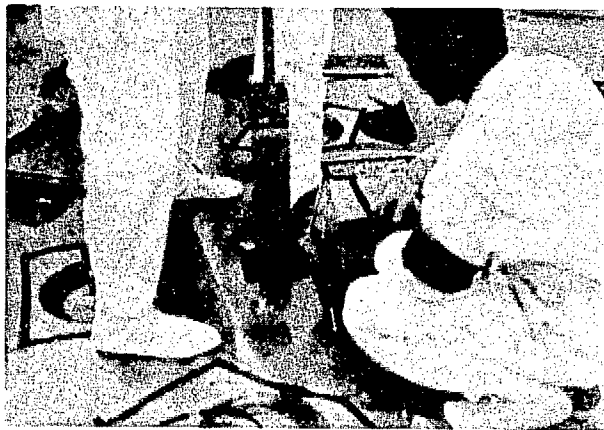


Photo 47. 臨界実験 (燃料要素の炉心への挿入)



Photo 48. 臨界実験 (制御室)

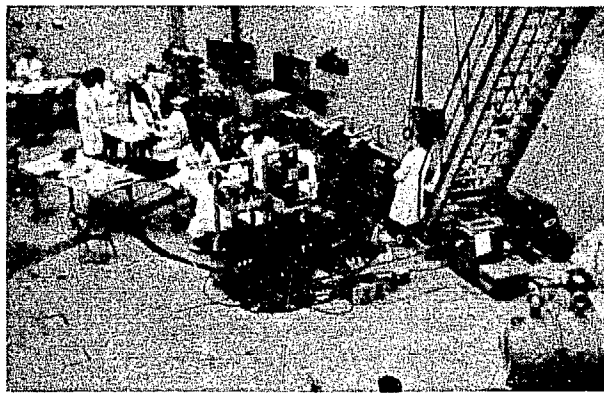


Photo 49. 臨界実験 (臨界実験用計測器)

- (4) 制御棒駆動モーターへの注油をおこなった。
- (5) 温度差記録計に零点調整装置を追加して取りつけた。
- (6) 炉心タンク内自然対流による冷却装置を作動させる弁、および重水タンクの重水をダンプさせる弁の動作結果の指示が制御室でも確認できるようにするため、リミット・スイッチを追加して取りつけた。
- (7) 圧縮空気供給系の漏洩試験をおこなって異常のないことを確認した。

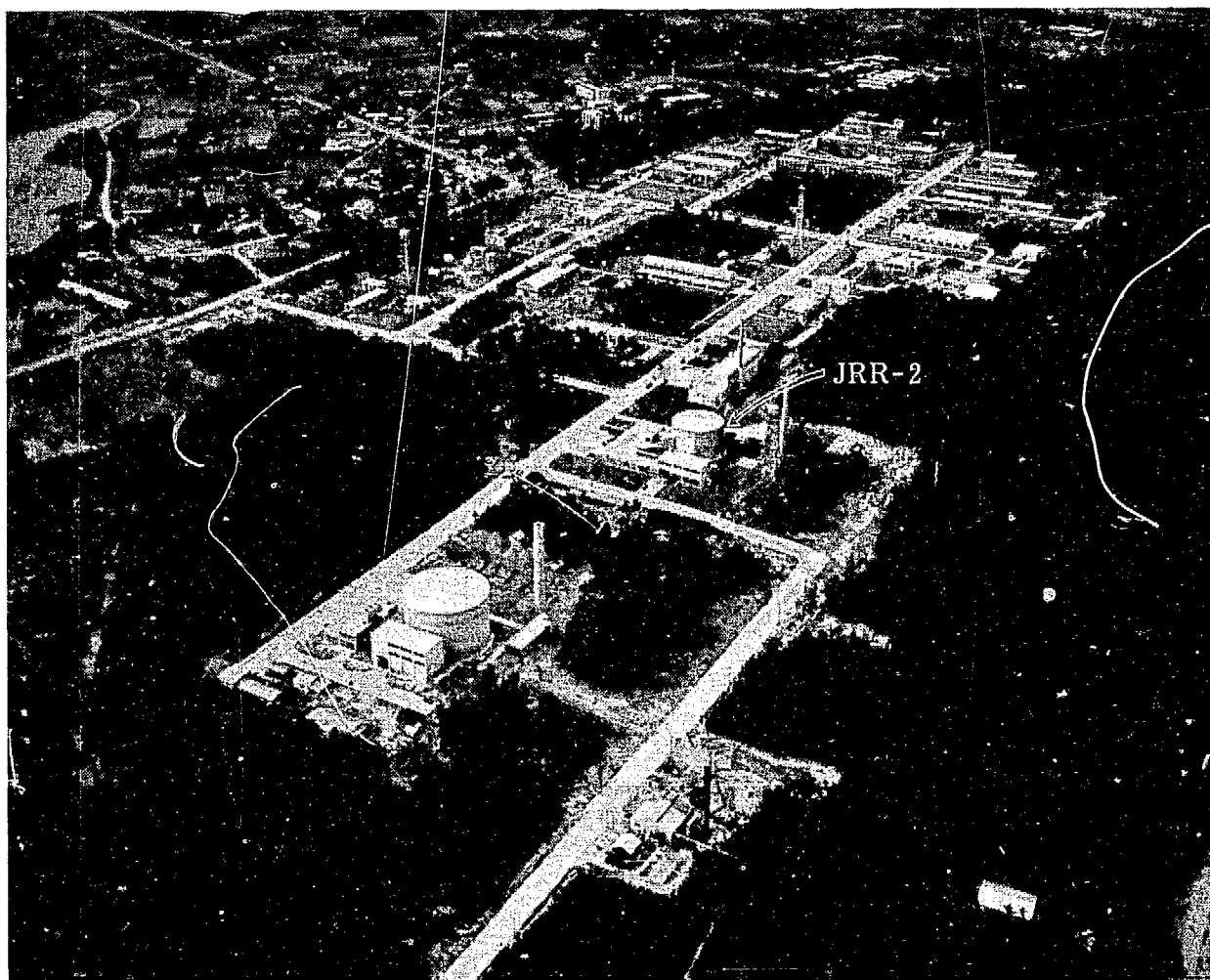
7.13.11 臨界実験用計測器類の整備 9月はじめまでには臨界実験用計測器類の組み立てと整備を終了していたが、9月下旬にはこれらを所定の場所に配置して配線するとともに、中性子源による各計測器の

特性測定と使用条件の決定をおわった。またその他臨界実験に必要な計器類の炉内への挿入取り付けならびに実験孔へのグラフィット・ブロックおよびアルミ製容器に封入した重水の挿入も終了した。

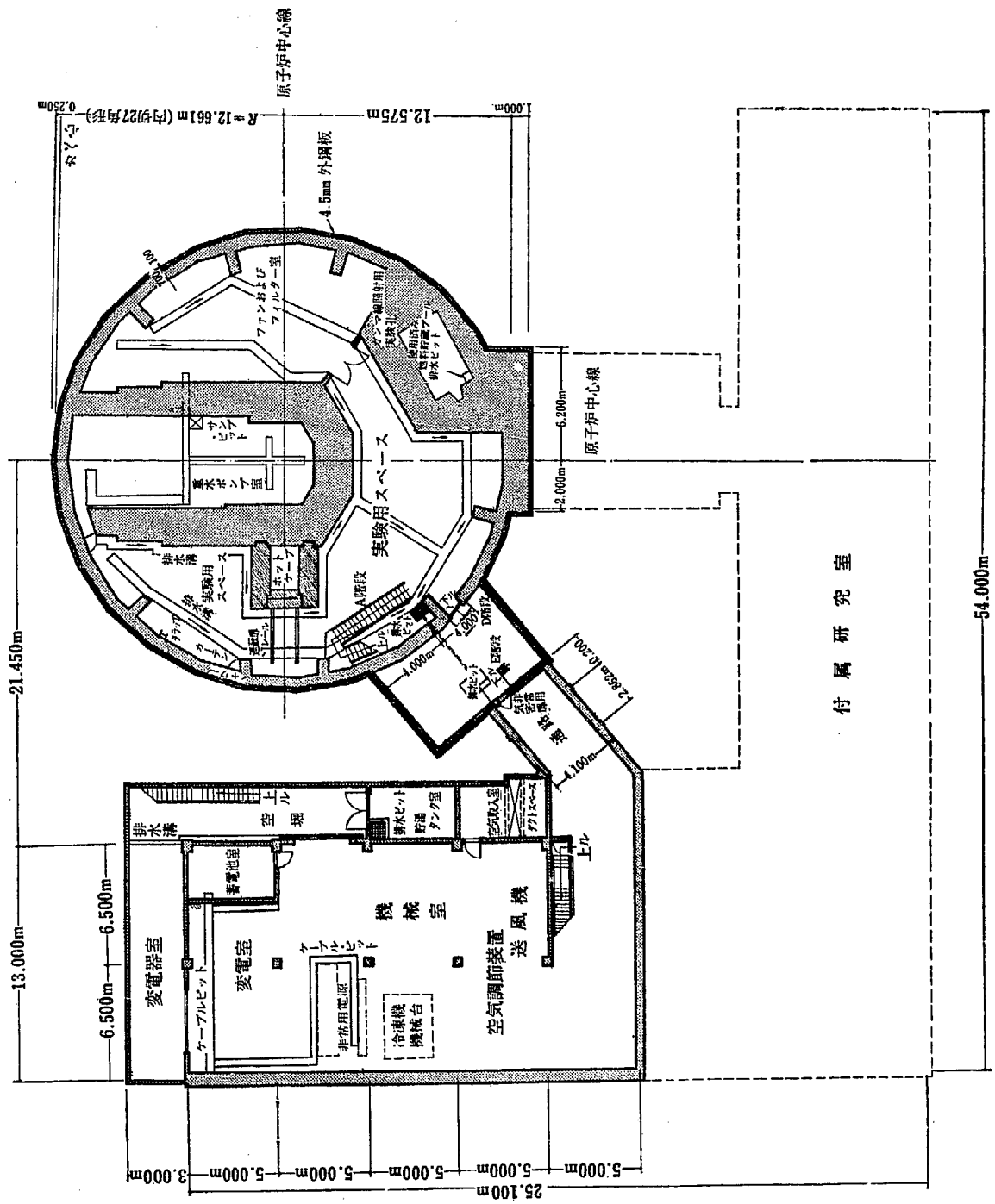
8. 臨界実験

9月29日には臨界実験に必要な準備をすべて完了した。そして9月30日から臨界実験を開始した。9月30日午前中には必要な点検などを終了し、午後から燃料要素の挿入をはじめた。14時15分、最初の燃料要素を挿入し、順次測定と燃料要素の挿入とをくりかえして、10月1日午前3時51分、15本目の燃料要素を挿入し、同日午前4時49分 JRR-2 が臨界に到達したことを確認した。

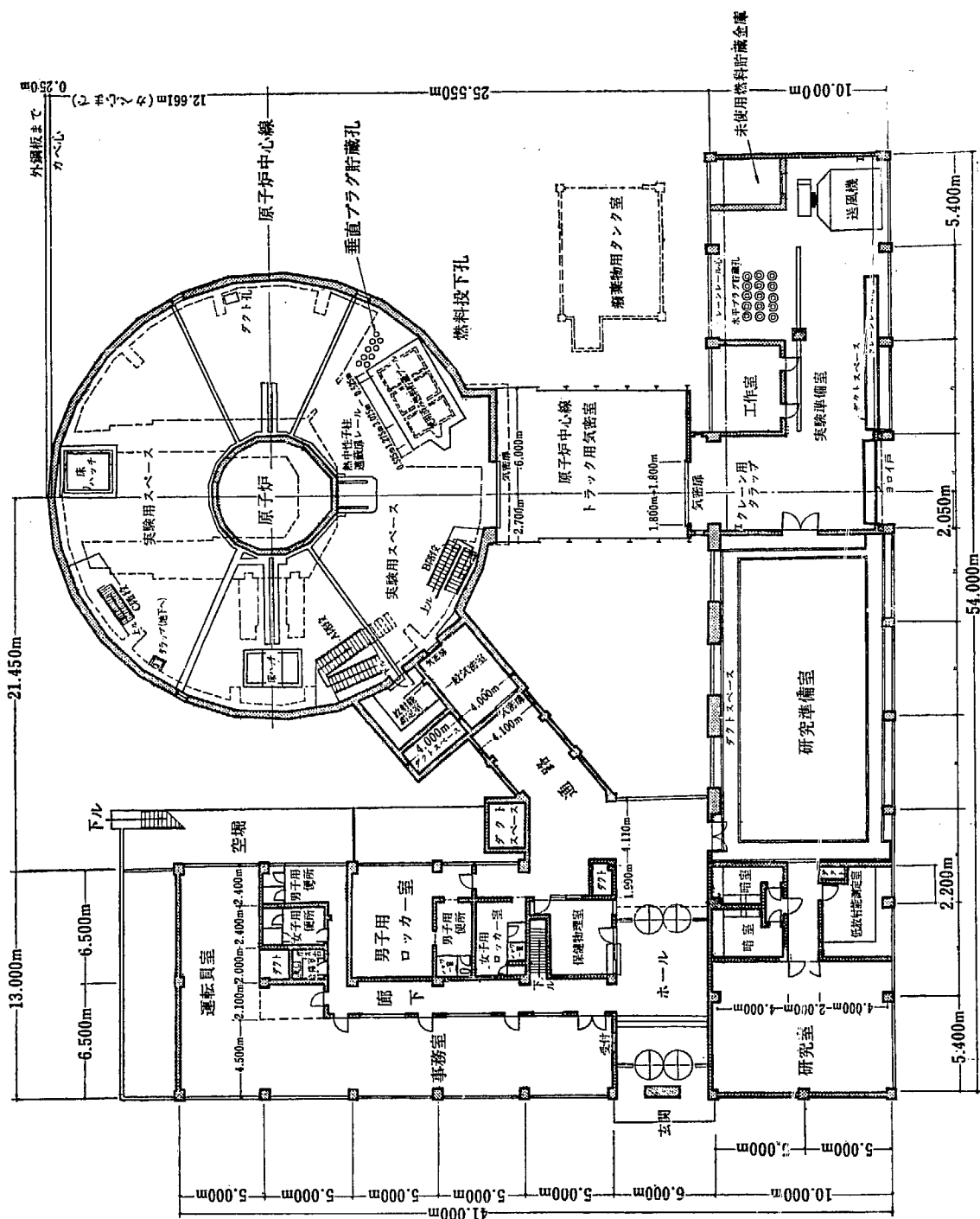
JRR-2 図面集



第 1 図 JRR-2 建家を中心とした敷地航空写真（昭和 35 年）

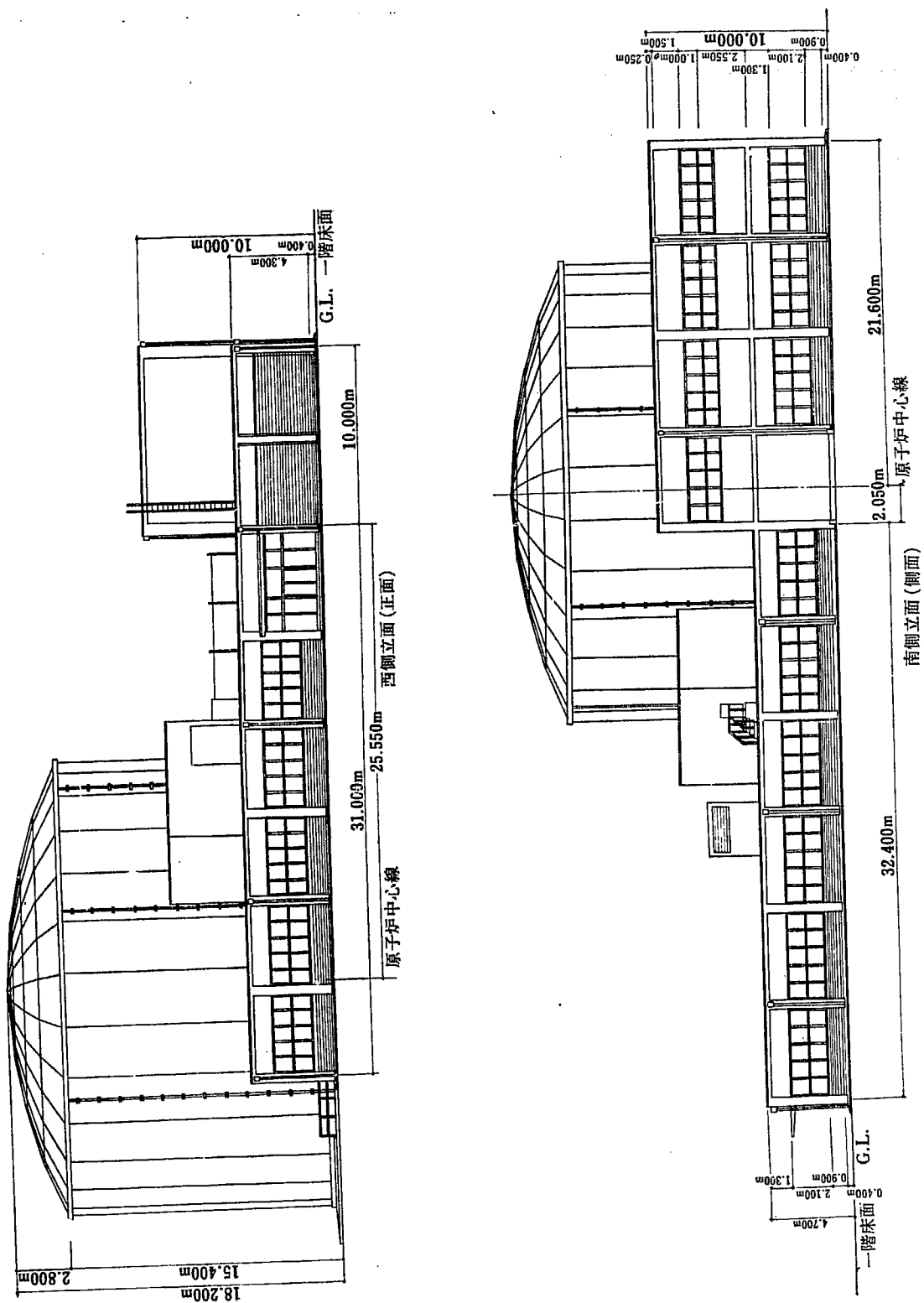


第 2 図 JRR-2 建家地階平面図

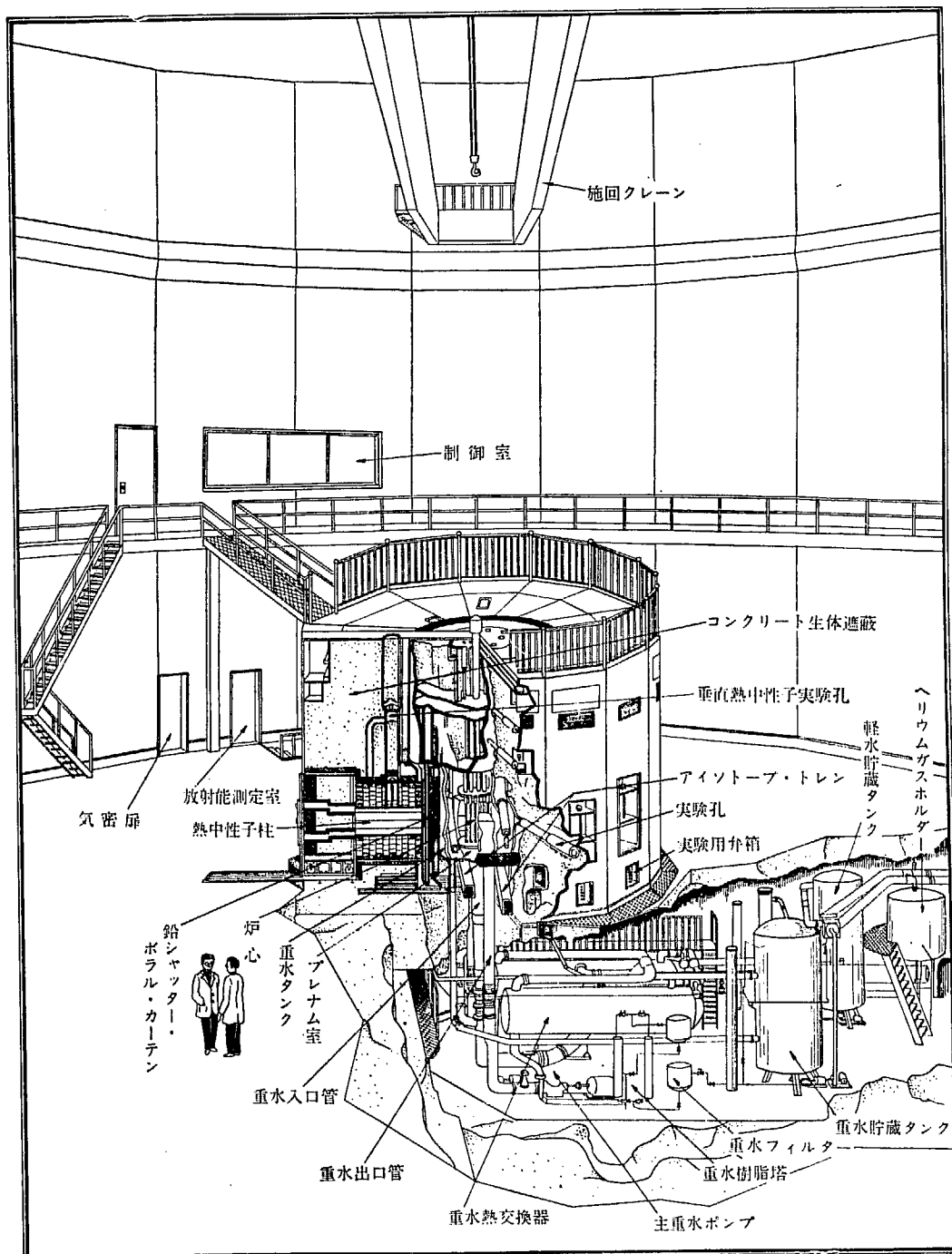


第3図 JRR-2 建家1階平面図

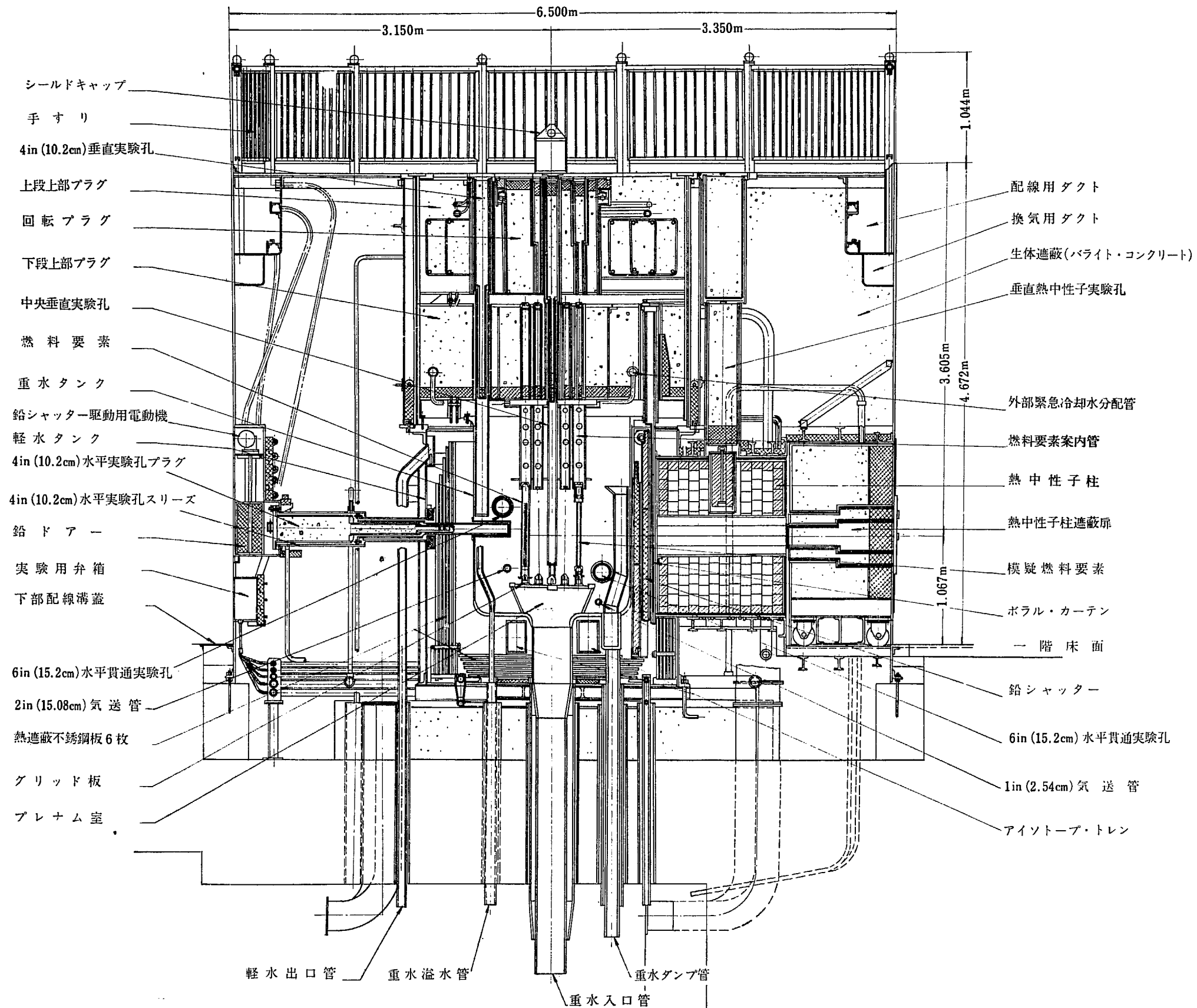




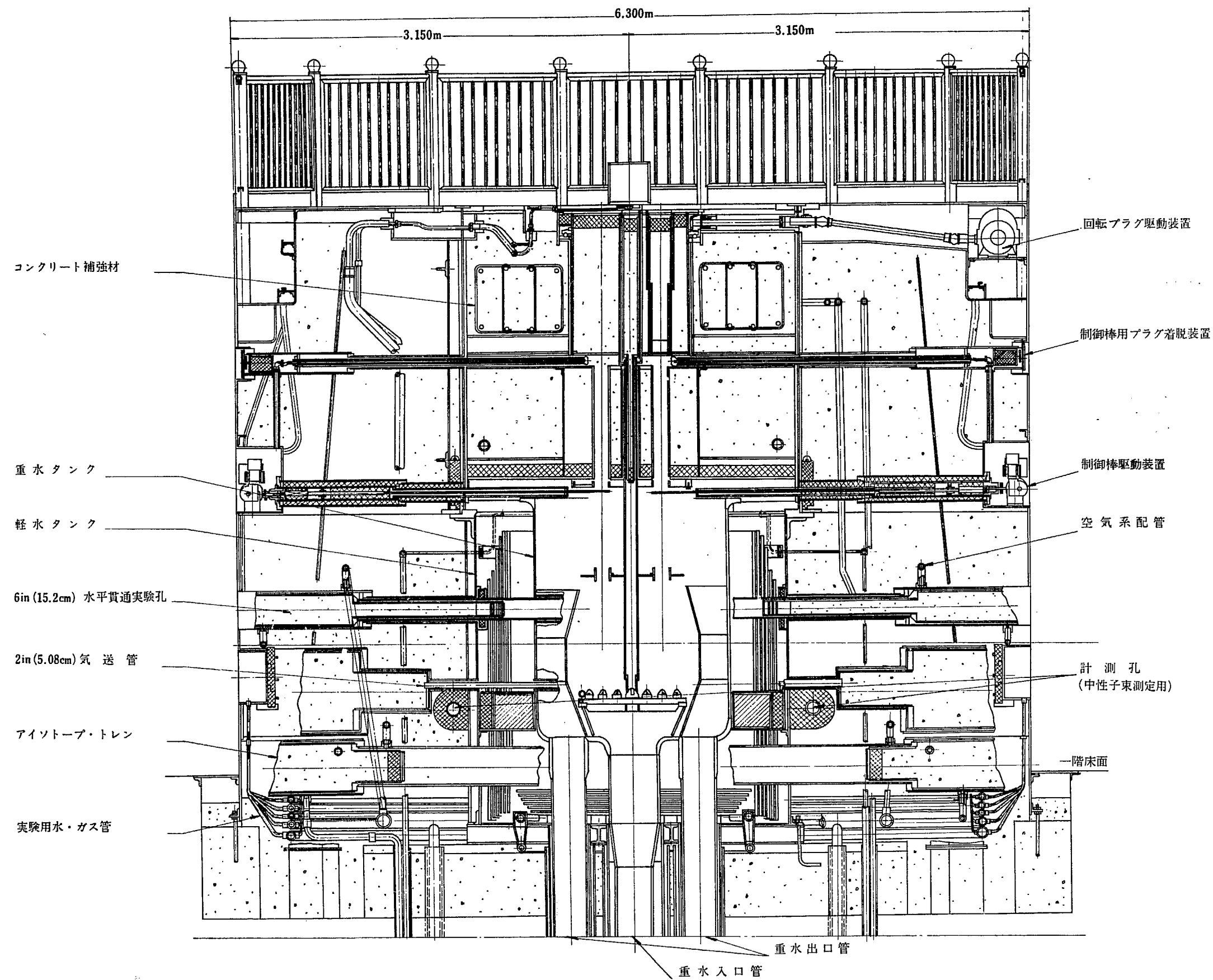
第 7 図 JRR-2 建家正面および側面図



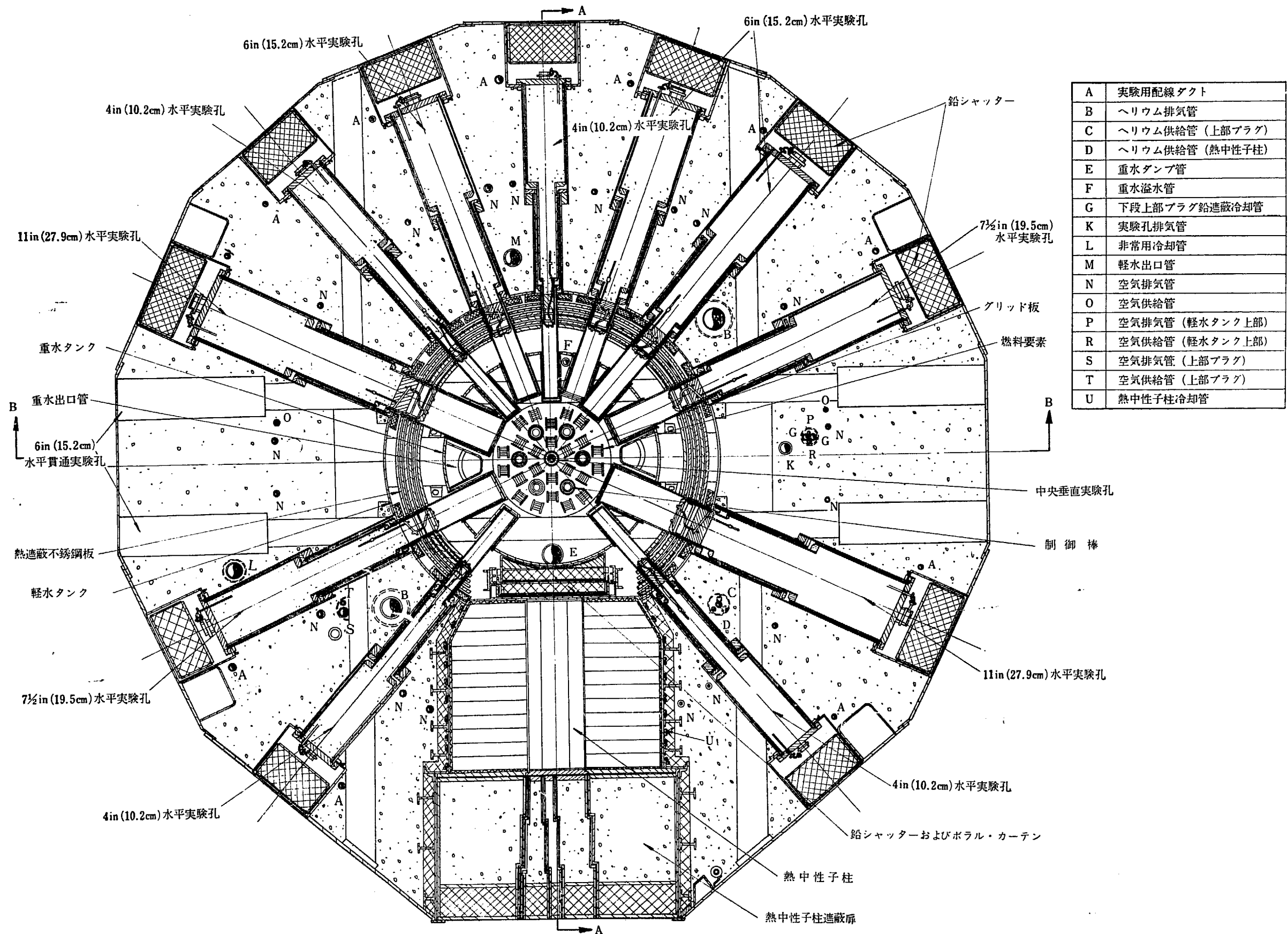
第 8 図 JRR-2 見取り図



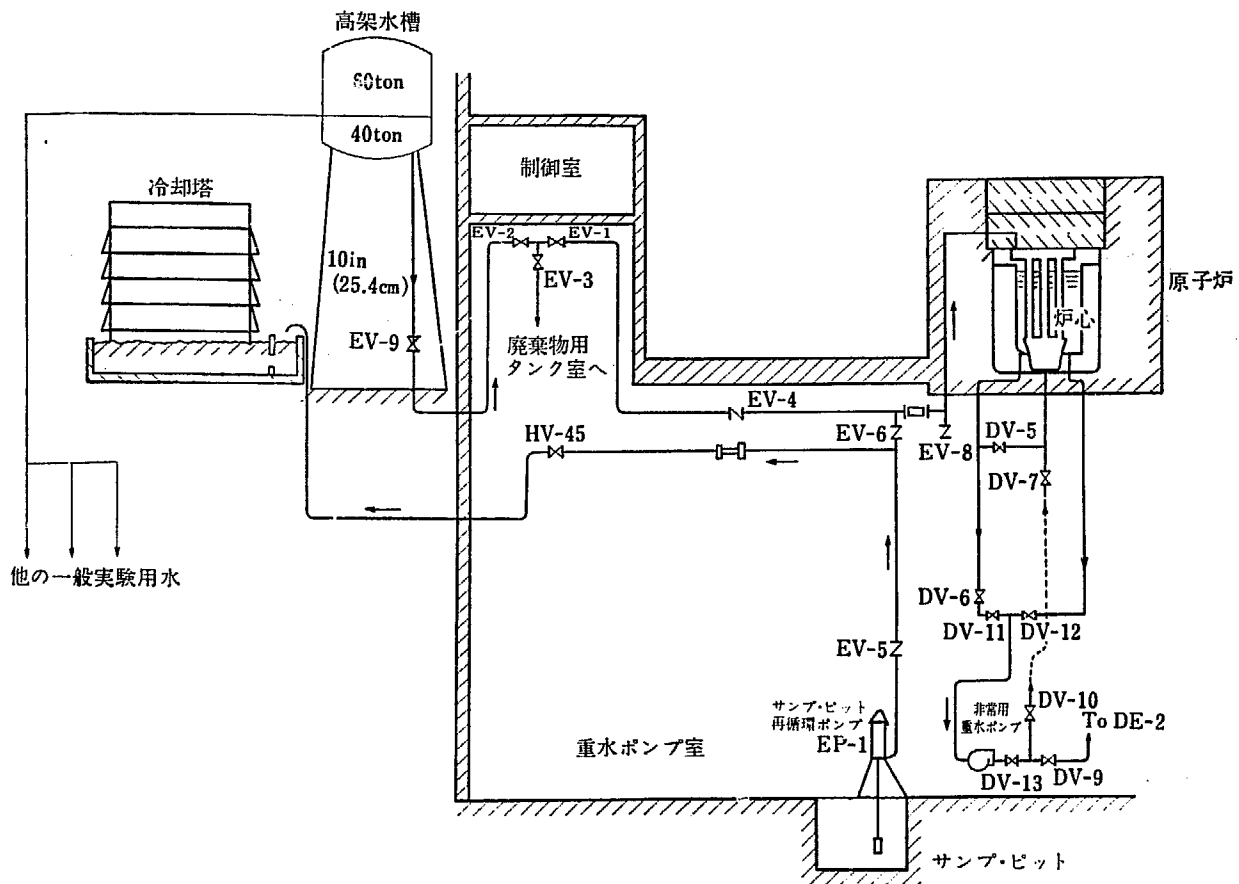
第 9 図 JRR-2 垂直断面図 (A-A 断面)



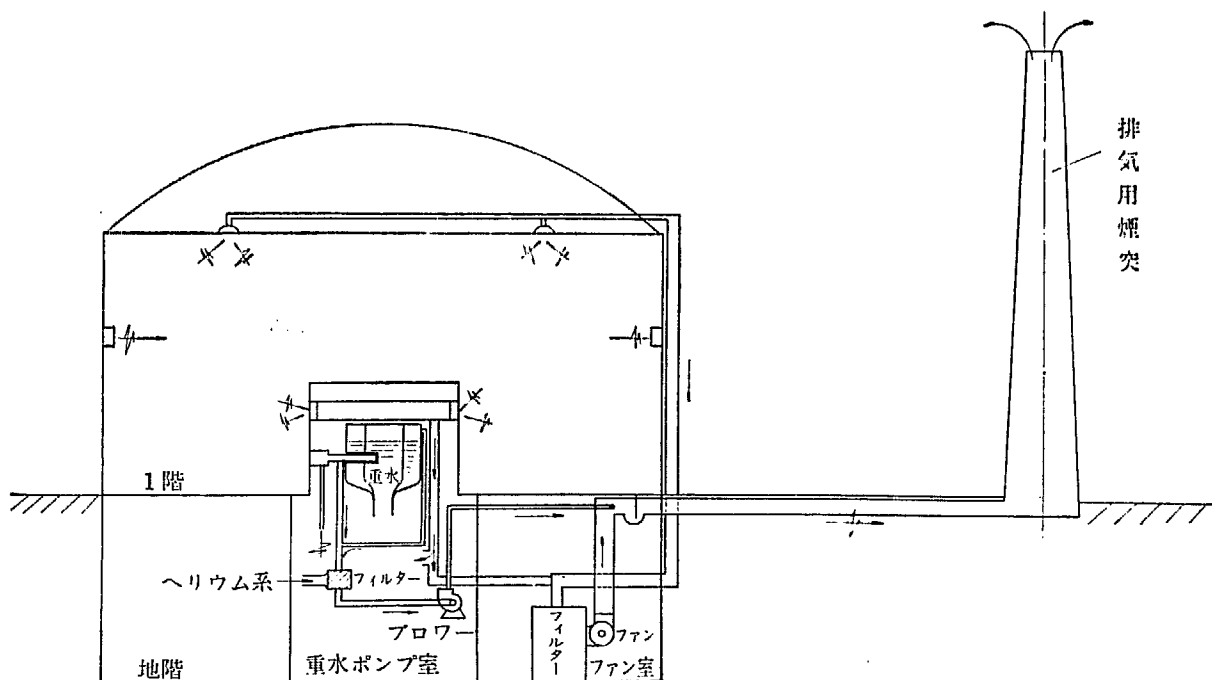
第 10 図 JRR-2 垂直断面図 (B-B 断面)



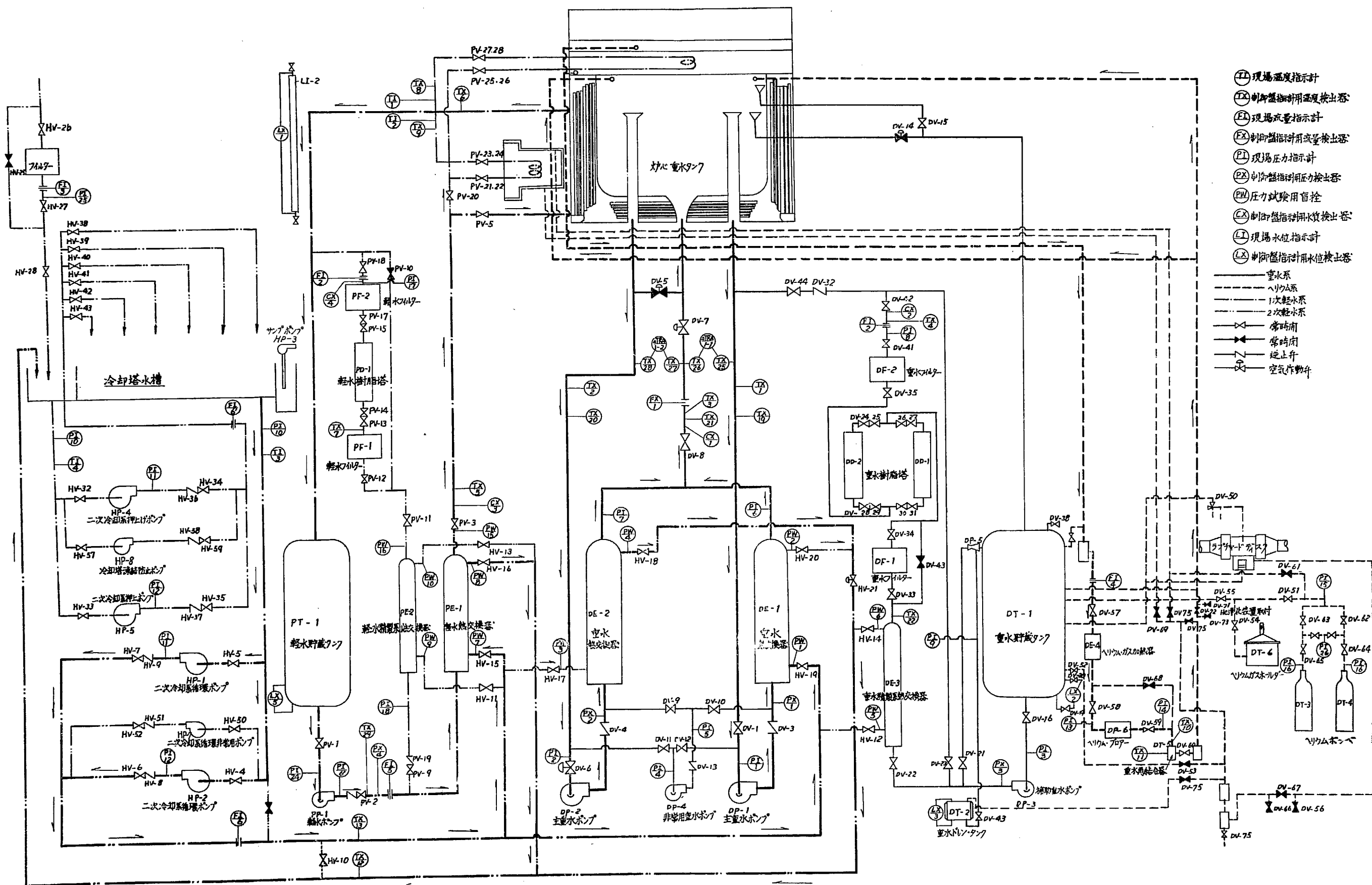
第 11 図 JRR-2 水平断面図



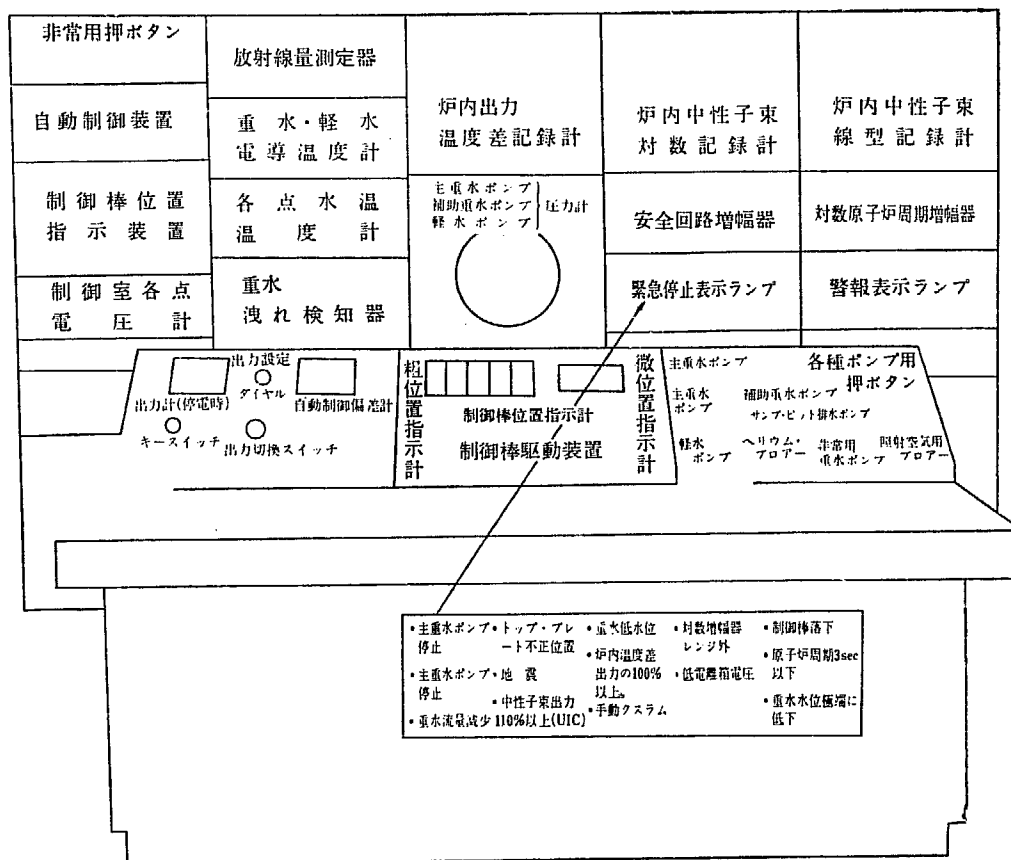
第 15 図 非常用冷却系統図



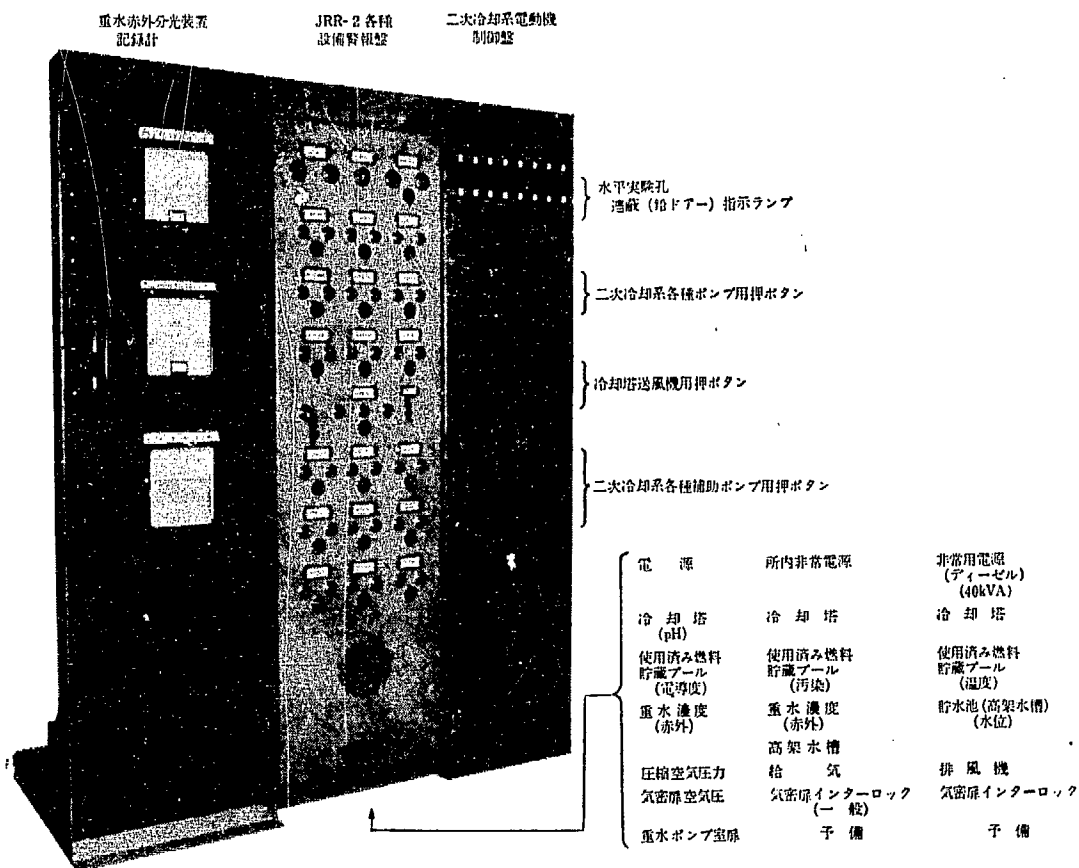
第 16 図 炉室換気系統



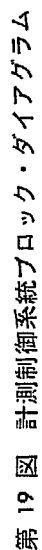
第14図 冷却系統図



第 17 図 制御室内炉制御台および制御盤既略図



第 18 図 制御室内ポンプ操作盤および警報盤



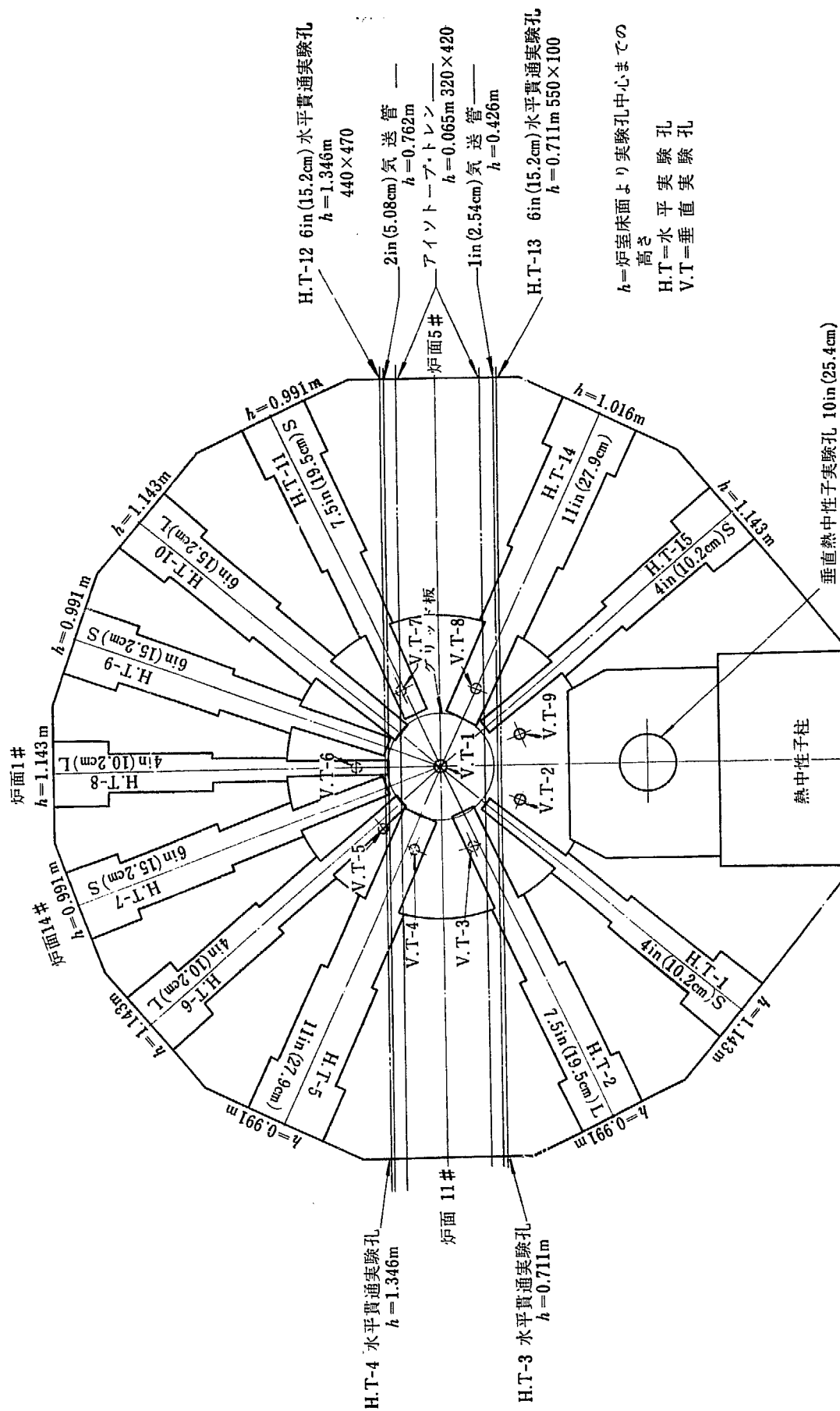
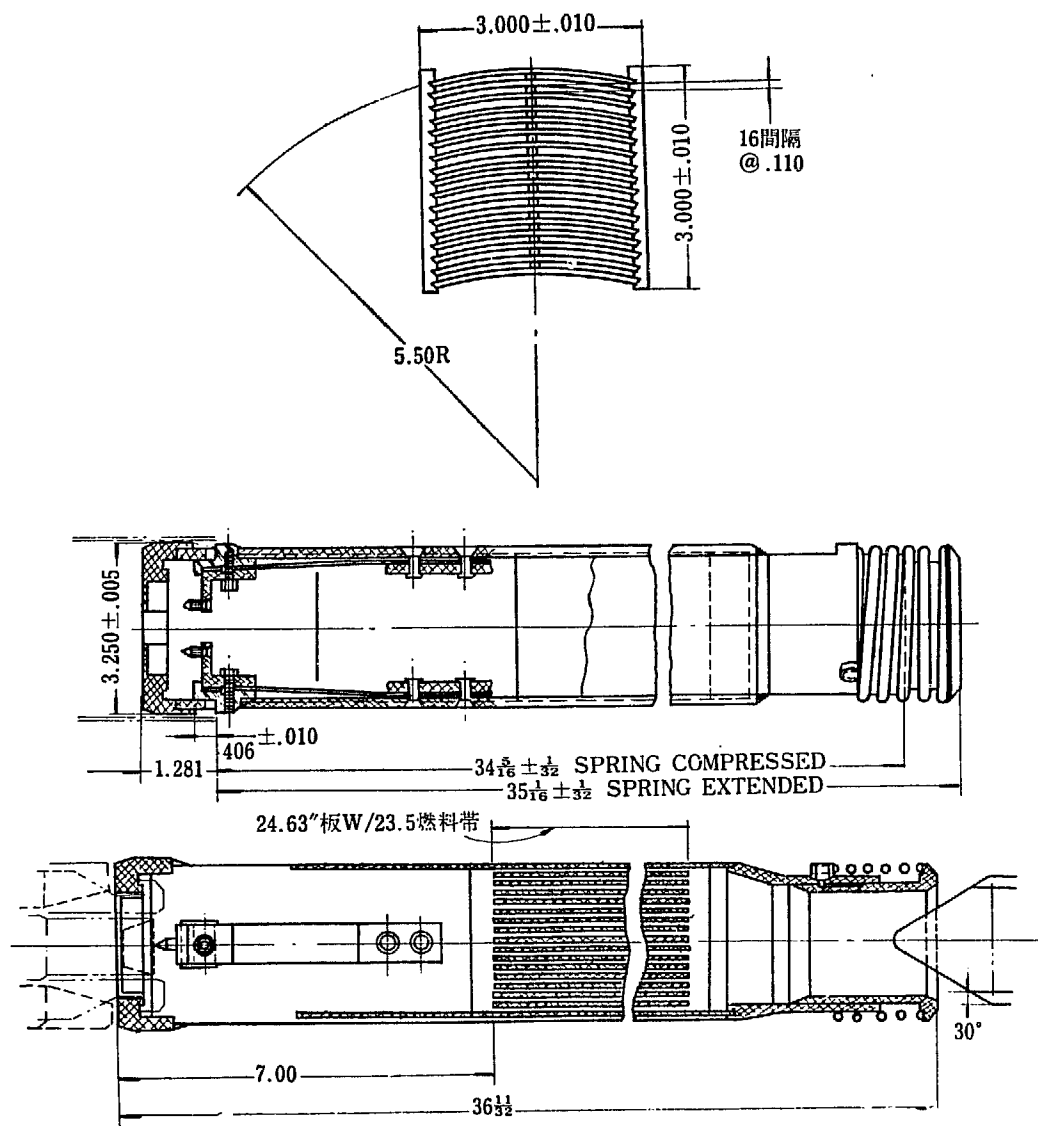


图 20 实际配孔位置图



第 21 図 燃料要素断面