

日本原子力研究所 納

研究用原子炉 (JRR-4) の概要

Outline of Research Reactor "JRR-4"

米 納 惇* 長 谷 川 徹*
Atsushi Komeno Tôru Hasegawa

内 容 梗 概

JRR-4 (Japan Research Reactor No. 4) は原子力船開発研究の一環として実施される遮蔽に関する実験研究用原子炉で、国産一号実験用原子炉 (JRR-3) に引き続き日本原子力研究所 (東海村) に建設されるものである。

JRR-4はスイミングプール形、高濃縮軽水減速、熱出力 1,000 kW (最高 3,000 kW) の原子炉で、昭和 39 年後半に臨界試験が開始される予定である。

原子炉の計画は各関係方面の調査研究や意見をもとに日本原子力研究所にて行なわれ、昭和 36 年 11 月に日立製作所が燃料要素も含めて原子炉設備 1 式を受注して核設計から現地建設まで行なう。

すでに設計も完了し、一部機器据付も開始されているので、ここに JRR-4 原子炉の全般にわたり紹介する。

1. 緒 言

わが国における原子力船開発の一環として、遮蔽 (しゃへい) 実験用原子炉の設置が早くから運輸省や同省研究所で唱えられ、また日本原子力船研究協会 (原船協) では分科会が設けられ原子炉設置の検討が積極的に行なわれて JRR-4 が建設されるに至った。

JRR-4 原子炉の計画は、日本原子力研究所が各関係方面の調査研

究や意見を取り入れて行なったもので、燃料要素も含めた原子炉設備 1 式を日立製作所が受注した。建屋の建設は大成建設が担当している。

昭和 36 年度中に具体的な設計がほぼ完了し、昭和 37 年 4 月安全審査を通過、同年 11 月工事認可があり、昭和 38 年 2 月下旬より原子炉機器の一部の据付が開始されている。

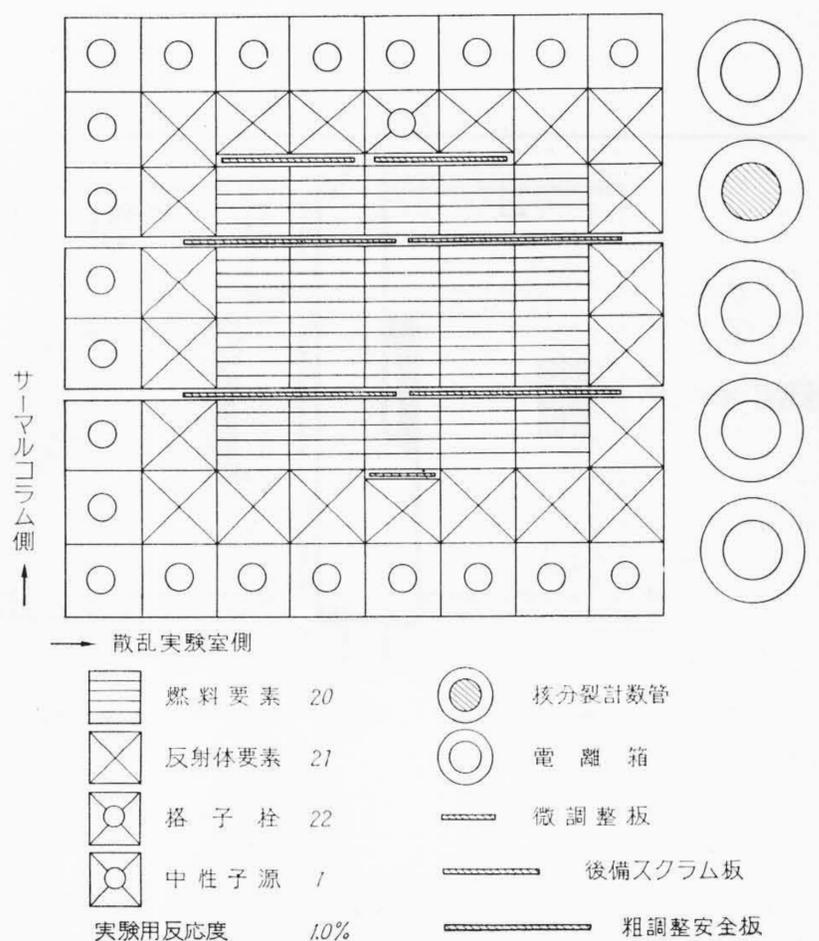
2. 原子炉設備

JRR-4 は常用熱出力 1,000 kW (最大 3,000 kW)、平均熱中性子束約 1×10^{13} n/cm²・s のスイミングプール形原子炉で、その仕様は第 1 表に示すとおりである。

JRR-4 炉心部は通常のスイミングプール形原子炉に見られるものとはほぼ同じような構造である。燃料は 90% 濃縮 U-Al 合金で、平板状 MTR 形燃料要素を使用している。炉心部は燃料要素のほか反射体要素、格子柱など (これらを総称して炉心要素と呼んでいる) を格子板に自立させて形成される。

第 1 表 JRR-4 原子炉仕様

(1) 炉の形式	濃縮ウラン軽水減速冷却	スイミングプール形	
(2) 熱出力	連続最大熱出力	1,000 kW	
	短時間最大熱出力	3,000 kW (2 次冷却水温 20℃ 以下)	
(3) 中性子束 (炉出力 1,000 kW)	平均熱中性子束	1×10^{13} n/cm ² ・s 程度	
	濃縮度	約 90% 濃縮ウラン	
(4) 燃料	燃料要素	MTR 型 (標準装てん量 20 本)	
	臨界量 (黒鉛反射体 1 列)	約 2.5 kg U ²³⁵	
	標準炉心装てん量	約 3.3 kg U ²³⁵	
(5) 減速材, 冷却材	水		
(6) 反射材	黒鉛および水		
(7) 炉心寸法 (標準炉心)	405×336×600 mm		
(8) 生体遮蔽	水, 普通コンクリート, 重コンクリート (地階測定室, 散乱実験孔付近), 鉛		
(9) 反応度 (標準炉心)	燃焼	5.9% ΔK/K	
	Xe, Sm	1.5% ΔK/K	
		2.9% ΔK/K	
	実験	1.0% ΔK/K	
	制御	0.2% ΔK/K	
Xe オーバライド	0.3% ΔK/K		
(10) 制御装置	粗調整安全板	吸収材 ポロン入りステンレス鋼	
	微調整板	個数	4
		等価反応度	約 19% ΔK/K
	後備スクラム装置	吸収材	ポロン入りステンレス鋼
個数		1	
(11) 冷却系統	冷却方法	個数	2
		等価反応度	約 1.8% ΔK/K
	強制冷却特性	水冷強制循環	熱出力 200 kW 以下の時水冷自然循環も可能
		流量約 288,000 kg/h	炉心入口温度 30℃
(熱出力 1,000 kW)		炉心出口温度 約 33℃ (平均)	
(熱出力 3,000 kW)		炉心入口温度 30℃	
		炉心出口温度 約 39℃ (平均)	



第 1 図 JRR-4 標準炉心配置図

* 日立製作所日立工場

制御棒は平板状のもの(以下制御棒と言う)で、炉心要素間の水ギャップ部分に配置される。制御棒には微調整用1枚、粗調整安全板4枚、粗調整安全板が万一落下しなかった場合のバックアップをする後備スクラム板2枚とがある。一例として標準の炉心配置を第1図に示す。炉心要素はほぼ同一外形寸法 80 mm 角×1,000mm (全長)を有し、要素間隔81 mm, 要素間の水ギャップ1 mm, 炉心高さ600 mm となっている。

第2,3図は原子炉の平面図, 立断面図を示すものである。炉心部はアルミ製円筒状タンクによってプール上の炉心ブリッジよりつり下げられている。この炉心タンクは地震や炉心の移動に対して十分な強度を有しているとともに、放射能の強い一次冷却水をプール水より分離し、タンク上部に汚染されない温水層を設けることによって炉室内および炉心ブリッジ上での放射能レベルを低くする役目をしている。この炉心タンク構造は JRR-4 の大きな特長ともなっている。炉心ブリッジは容量約 1,000m³ もある大きなプール上を移動する。プールは中央のゲートにより2分されていて、両プールの各1個所で高出力運転ができるよう冷却配管が備えられている。一次冷却水は炉心タンク中ほどの炉心入口管より炉心タンク内に入り、炉心を下降し、格子板下の集水筒から炉心出口管、一次冷却系統を経てふたたび炉心タンクへ戻る。

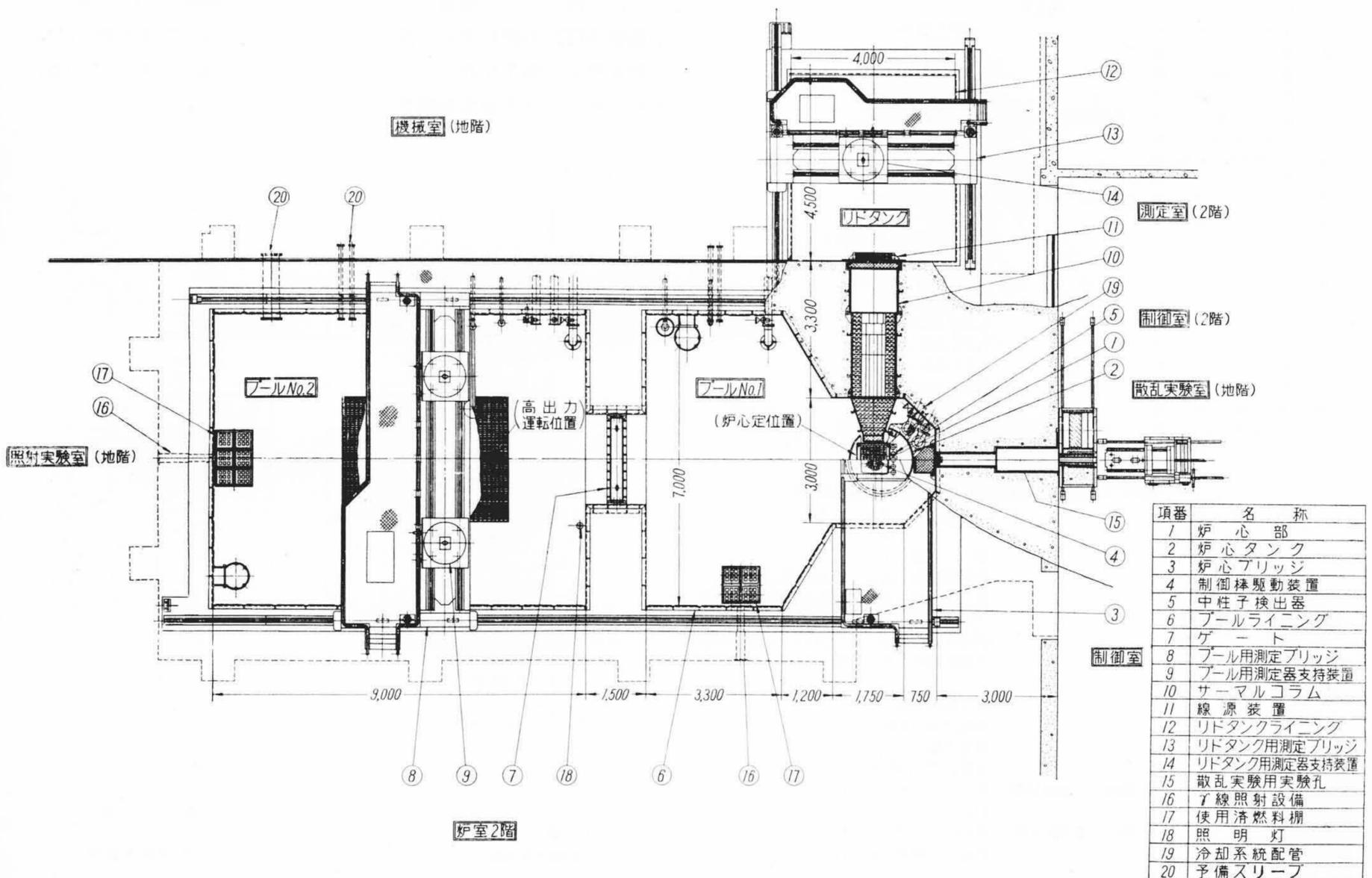
プールはアルミニウム板によって内張りされていて、冷却配管やそのほかいろいろの配管、スリーブ類は炉停止後の炉心の遮蔽と冷却に必要な液面より上方でプール外にとりだし、しかもサイフォン作用により炉心タンク水、プール水の流出するおそれのある配管にはすべてサイフォンブレーカを設けて炉心タンク水、プール水の漏えい防止を図っている。

冷却系統は一次冷却系, 精製系, 給水系, 排水系, 二次冷却系, それに炉心タンクの遮蔽用温水層に温水を供給する温水系より成っ

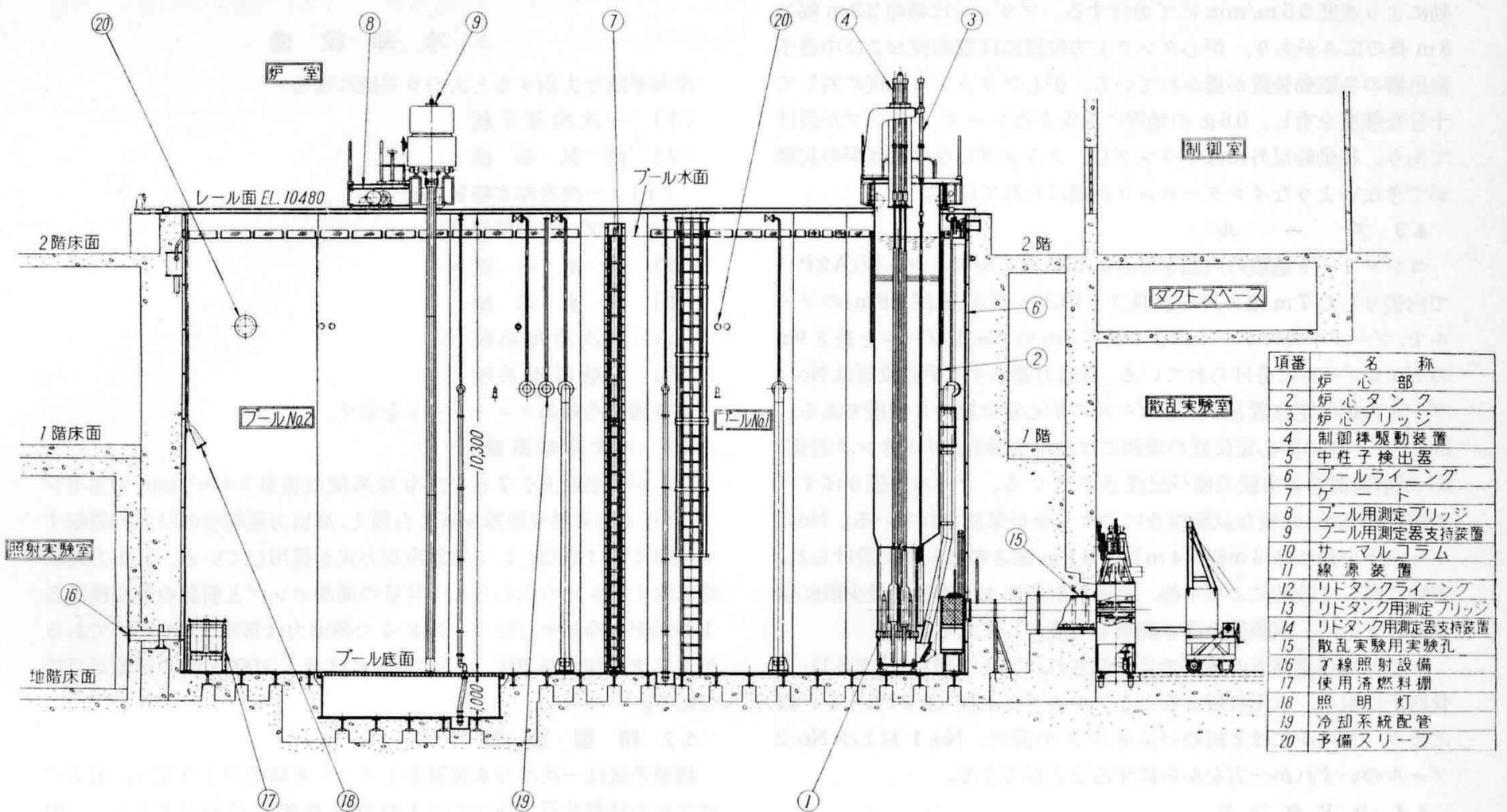
ている。とくに精製系は一次冷却水とプール水をおのおの独立に精製するようそれぞれ精製装置を設けている。

第2表 JRR-4 原子炉設備一覧表

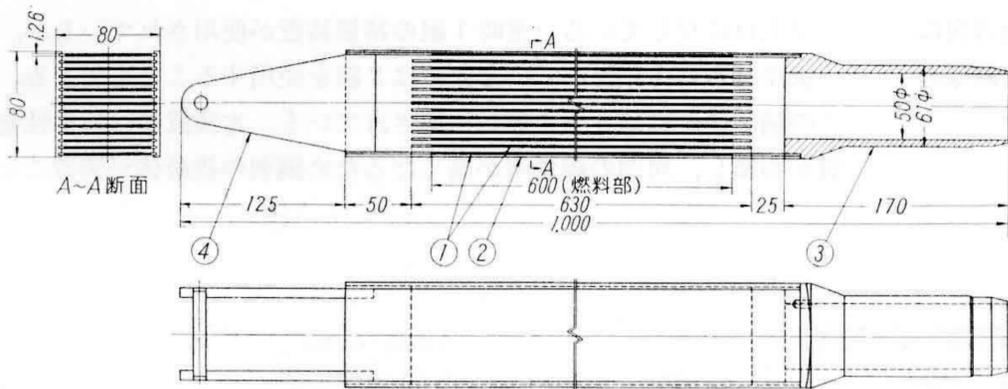
〔I〕 原子炉本体	
(1) 炉心要素.....	1 式
(a) 燃料要素.....	26 本
(b) 反射体要素.....	42 本
(c) 格子栓.....	32 本
(d) ダミー燃料要素.....	26 本
(2) 炉心タンク(タンク, 格子板, 集水筒).....	1 基
(3) 炉心ブリッジ.....	1 台
(4) プールライニング.....	1 基
(5) リドタンクライニング.....	1 基
(6) ゲート.....	1 組
(7) 付属設備.....	1 式
(a) 使用済燃料貯蔵棚.....	2 基
(b) 炉心要素取扱工具.....	1 式
(c) 水中照明灯.....	1 式
〔II〕 冷却設備	
(1) 一次冷却系統設備.....	1 式
(2) 精製系統設備.....	1 式
(3) 給水系設備.....	1 式
(4) 排水系設備.....	1 式
(5) 二次冷却系統設備.....	1 式
(6) 遮蔽温水系統設備.....	1 式
〔III〕 制御計測系統設備	
(1) 中性子計測制御設備.....	1 式
(2) 制御棒装置.....	1 式
(a) 微調整板および駆動装置.....	1 組
(b) 粗調整安全板および駆動装置.....	4 組
(3) 後備スクラム装置.....	2 組
(4) 冷却系統計測制御設備.....	1 式
(5) 破損燃料検出装置.....	1 組
〔IV〕 実験設備	
(1) リドタンク設備.....	1 組
(2) 散乱実験孔.....	1 組
(3) プール用測定ブリッジ.....	1 台
(4) リドタンク用測定ブリッジ.....	1 台
(5) 散乱実験用測定ブリッジ.....	1 台
(6) RI 照射装置.....	1 式
(7) ガンマ線照射設備.....	2 組
(8) 予備スリーブ.....	5 組



第2図 JRR-4 原子炉の平面図



第3図 JRR-4 原子炉の立断面図



員数	項番	名称	員数	項番	名称
1式	1	燃料板	1	3	下部プラグ
2	2	側板	1	4	つり手

第4図 JRR-4 燃料要素

中性子計測系統は起動系(1), ペリオド系(1), 線形出力系(2), ガルバノメータ系(1)の5系統より成り, 必要量の指示記録を行なうとともに定出力運転のための自動制御も行なう。

制御装置には1枚の微調整板と4枚の粗調整安全板, さらに2枚の後備スクラム板が備えられ, これらの駆動装置は中性子検出器用駆動装置とともに炉心ブリッジ上に置かれている。

実験設備は主として実物大の遮蔽実験を行なうプール, 遮蔽設計に必要な基礎物理量, 常数の測定に用いるリドタンクならびにその設備, 空気中の二次遮蔽効果, 散乱線の影響などを測定する散乱実験孔, そのほか使用済燃料を利用して照射実験するγ線照射設備, 放射性同位元素を製造し, かつγ線の透過, 散乱の実験を行なうRI照射装置などが設備されている。さらにプール, リドタンク, 散乱実験室には測定ブリッジがそれぞれ用意されている。

JRR-4 原子炉設備をまとめてみると第2表のようになる。

3. 炉心要素

燃料要素は15枚の燃料板, 2枚の側板, つり手, 下部プラグよ

り構成され, 燃料板の厚みは0.5 mmのU-Al (1,050相当)合金で, これに0.38 mm Al (1,100相当)の被覆がしてある。外形寸法80角×1,000 mm (全長), 有効長(炉心高さ)600 mm, 要素当たりのU²³⁵量は166 gとなっている。第4図は燃料要素の縦断面図を示すものである。

炉心要素には燃料要素のほか黒鉛ブロックをアルミにて被覆した反射体要素, 微調整板, 後備スクラム板のガイドを有する特殊反射体要素, 炉心要素のそう入されない格子板の穴を通して一次冷却水のバイパスを防ぐ格子栓, さらに燃料要素の代用として流動試験などに使用するダミー燃料要素がある。炉心要素は, 外形寸法が概略燃料要素と同じで, 8行8列の要素そう入穴を持つ格子板に自立させる。炉心要素はお互いにロックする機構を持っており, 外部からの力により格子板から抜け出ないように安全処置がなされている。

4. 原子炉本体

4.1 炉心タンク

炉心ブリッジより炉心をつり下げている炉心タンクはアルミ(A2P1)製タンク, 格子板, 集水筒より構成され, 地震に対しても十分な強度を有するよう設計してある。上部は内径1,500 mmの円筒, 下部は800×750 mmの角筒, 全長10 mほどある。炉心タンクの付属部品として, タンクには炉心要素をプールへ取り出すシュート, 炉心要素を一時貯蔵する棚(たな), 炉心タンクの水位が規定以上に低下した場合にプール水位との圧力差によりプール水を炉心タンクに入れる安全弁, ループ実験用のノズル, 遮蔽用温水層を形成するための加熱ヒータなどが設けられ, 集水筒には炉心ブリッジからの遠隔操作により開閉する自然循環用弁があって自然循環による低出力運転が可能となっている。

4.2 炉心ブリッジ

プールの長手方向に沿って敷設された軌間7.7 mのレール上を電

動により速度 0.5 m/min にて走行する。ブリッジは概略 2.3 m 幅 × 8 m 長の広さがあり、炉心タンク上方位置には制御板および中性子検出器の各駆動装置が置かれている。炉心ブリッジも地震に対して十分な強度を有し、0.6 g の地震にも安全なレールクランプが設けてあり、移動時以外にはクランプし、クランプしなければ炉の起動ができないようなインターロックが設けられている。

4.3 プール

コンクリート遮蔽の内面を厚さ 10mm のアルミニウム板 (A2P1) で内張りした 7 m 幅 × 17.5 m 長さ × 10.3 m 深さ (水深 9.8m) のプールで、プール中央のゲートにより長さ 7m の No.1 プールと長さ 9m の No.2 プールに分けられている。高出力運転する炉心位置は No.1 プールの炉心定位置と No.2 プールの炉心定位置の 2 個所である。No.1 プールの炉心定位置の周囲には散乱実験孔、リドタンク設備、RI 照射装置の各実験設備が配置されている。プール内張りはすべて溶接構造で、厳重な試験検査により安全が保証されている。No.2 プール中央部には 3 m 幅 × 4 m 長さ × 1 m 深さのピットが設けられ、実験に際して散乱による干渉、誘導放射能による影響を最少限に留めるとともに、試験体の高さ調整も可能にしてある。

ゲートは建屋高さの関係で 2 分割され、アルミ形材 (A2S1) を骨格子に組み、水圧に耐えるようアルミニウム板 (A2P1) を一面に張り、シールには 2 組のパッキングを設け、No.1 および No.2 プールのいずれか一方をからにすることができる。

4.4 リドタンク

リドタンク設備を使用する実験の際試験体を配置するプールで、4 m 幅 × 4.5 m 長 × 6.5 m 深 (水深 6m) の大きさを有し、リドタンク設備のサーマルコラムを介して炉心定位置よりプールと直角方向に設けられている。リドタンクもアルミ内張りされ、プールと同様の構造をもっている。

5. 冷却設備

冷却システムを大別すると次の 6 系統になる。

- (1) 一次冷却系統
- (2) 精製系統
 - (i) 一次冷却水精製系統
 - (ii) プール水精製系統
- (3) 給水系統
- (4) 排水系統
- (5) 二次冷却系統
- (6) 遮蔽温水系統

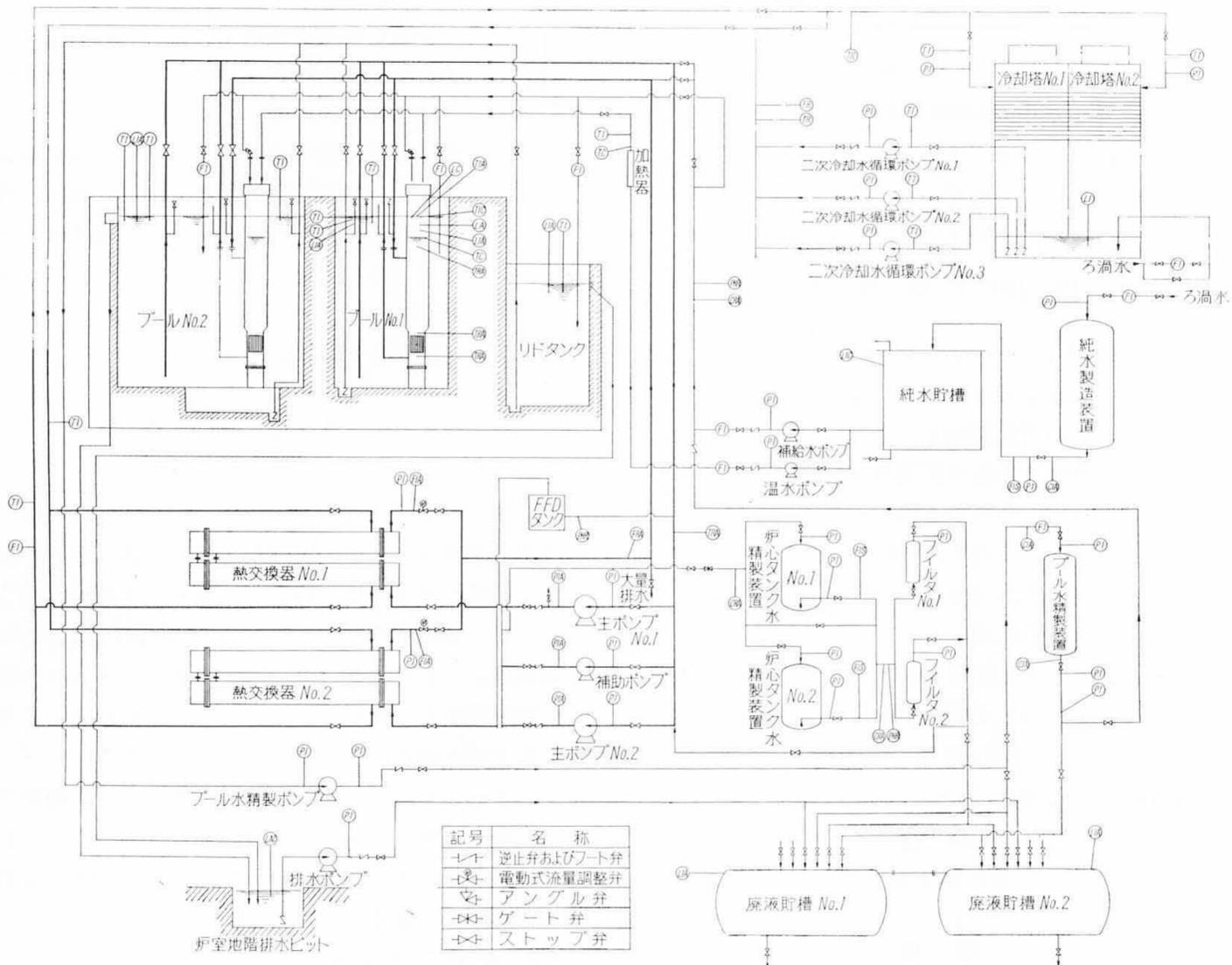
第 5 図に冷却系フローシートを示す。

5.1 一次冷却系統

原子炉の熱除去をする一次冷却系統は流量 5.4 m³/min で主ポンプ、直管 2 胴式熱交換器を各 2 台備え、高出力運転時には並列運転する。JRR-4 は原則として強制冷却方式を採用している。低出力運転時には主ポンプの代わりに小容量の補助ポンプと前記の熱交換器各 1 台が炉の冷却を行なう。JRR-4 の熱出力は常時 1,000 kW であるが、二次冷却水が 20°C 以下の場合には最大 3,000 kW の運転が可能である。

5.2 精製系統

精製系統は一次冷却水精製系とプール水精製系より成り、前者には 2 組の精製装置、後者には 1 組の精製装置が設けてあり、PH 5.5~7.0 におさえている。一次冷却水精製系は一次冷却系主ポンプ出口のヘッダーより約 10 m³/h の冷却水をバイパスさせて主ポンプ入口に戻している。常時 1 組の精製装置が使用されているが、一次冷却水の汚染がひどいときには 2 組を使用することもできる。この精製装置には非再生形が採用されている。本装置には放射性物質が蓄積し、周囲の線量率が高くなるため鋼製の遮蔽体が装置ごと



第 5 図 JRR-4 冷却系フローシート

に設けられている。

プール水精製系はプールまたはリドタンクより直接精製系ポンプにより精製装置へ送水し浄化して元へ戻している。精製装置は給水系の純水製造装置と一緒に原子炉建屋とは別の専用の建屋内に設置され、再生装置の一部を兼用している。

5.3 給水系統

給水系統は自動再生形純水製造装置と純水貯槽 (10 m³) 各 1 基を有し、流量 10 m³/h、電気伝導度 1 μS/cm 以下の純水を炉心タンク、プール、リドタンクへ炉の運転、休止に関係なく供給できるものである。

5.4 排水系統

排水系統は

- (1) プールおよびリドタンクのオーバーフロー系
- (2) 炉心タンク、プール、リドタンクの排水系
- (3) 炉室地階 (機械室) ピットの排水系

などより成る。

プールまたはリドタンクよりオーバーフローした排水は炉室地階ピット (5 m³) に落とされ、機械室内の各排水みぞよりピットに集められた排水とともに排水ポンプにより廃液貯槽 (20 m³) 2 基へ送られる。炉心タンク、プール、リドタンクの排水は精製系ポンプより前記の廃液貯槽へ送られるが、排水の汚染がひどいときにはプール水精製装置を通してから廃液貯槽へ捨てられる。プール、リドタンクの排水の汚染が少なく直接排水可能な場合には一次冷却系の主ポンプ 2 台を使用して大量排水することができる。

5.5 遮蔽温水系統

炉心タンクの上部に設けた遮蔽用の温水層は炉心タンク内に設けられたヒータによって加熱され温度制御されるが、温水層内に一次冷却水を混ぜないようにするために、さらに温水を炉心タンク上部から供給している。この系統は前記の純水貯槽より温水系ポンプにより途中のヒータを通して炉心タンクに導びかれている。炉心タンク水位を一定に保つため、常に温水層の下部より炉室地階ピットにオーバーフローさせている。

6. 計測制御設備

炉を安全かつ効率よく運転するために炉出力を測定し制御する中性子計測制御設備を、また炉冷却水系の正常運転を確保するために冷却系計測制御設備を備えている。炉の運転の安全を期するための安全装置は両設備に含まれている。

6.1 中性子計測制御設備

中性子計測設備、制御装置からなり、これらはすべて制御室におかれた計測制御盤により監視制御される。

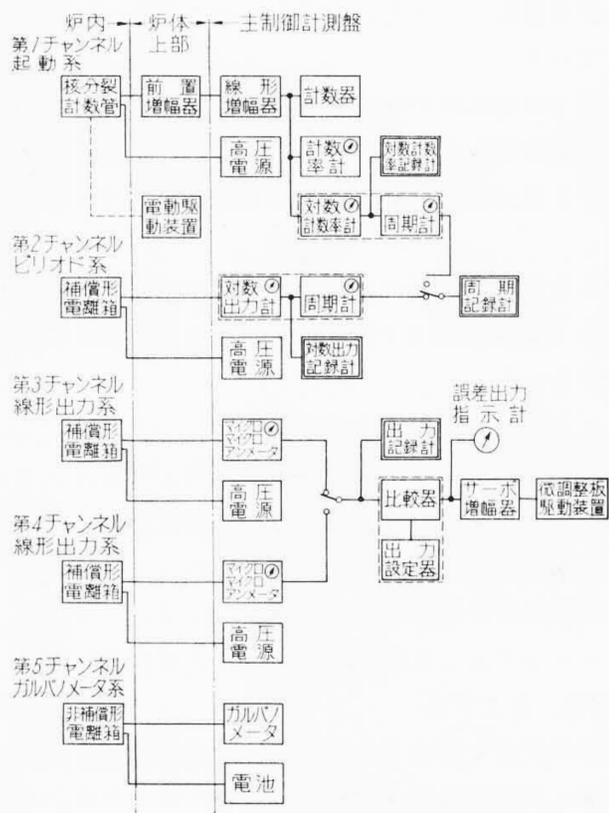
6.1.1 中性子計測設備

本設備は炉の起動、定常運転、停止に必要な炉内の中性子束、ピリオドの指示記録を行なうとともに、定常運転中は微調整板駆動装置と組み合わされて炉内の中性子束を一定に保つように自動制御信号を発する。また中性子束が異常上昇した場合は安全装置を動作させるための信号も発する。

本設備は、起動系 (1 組)、ピリオド系 (1 組)、線形出力系 (2 組)、ガルバノメータ系 (1 組) の 4 系からなり、その構成は第 6 図に示すとおりである。これらの計測系はそれ自体で Fail-Safe な設計となっているが、なお安全装置を動作させる信号は中性子計測設備、冷却系計測設備、放射線モニタ設備より独立に発するようになっており、中性子計測設備の万一の故障に対しても炉の安全性が十分に考慮されている。

6.1.2 制御装置

炉の制御は 4 枚の粗調整安全板と 1 枚の微調整板によって行な



第 6 図 計測制御系統図

われ、駆動装置は炉心ブリッジ上に設けられる。制御板はいずれもボロン入のステンレス鋼で作られている。粗調整安全板の有する等価反応度は約 19% ΔK/K であり、炉運転時、炉が実際にもっている超過反応度は 6% ΔK/K 以下であるので、十分な負の反応度を与えて炉を停止することができる。また微調整板は約 0.5% ΔK/K の等価反応度を有し、連続的に引き抜かれても炉は即発臨界にならないように考慮してある。

駆動装置はボールナット・スクリュー方式を採用している。粗調整安全板および微調整板は保持電磁石を介して駆動装置に結合されており、スクラム信号により電磁石の励磁電流が遮断されると重力により炉心内に落下する。制御板の位置は数字放電管による 3 けたのデジタル指示とサーボシンクロ式の立形位置指示計で指示される。

なお約 1.8% ΔK/K の負の反応度をそう入し得るよう 2 台の後備スクラム装置が設けられている。

6.2 冷却系制御計測設備

冷却設備には原子炉の正常な運転を確保するため各種の計器が取り付けられ必要な指示記録が行なわれており、そのうち必要なものについては警報またはスクラム信号を発するようになっている。計器の種類、取付位置は第 5 図に示すとおりである。

冷却設備の各機器の操作盤は一部を除き制御室におかれ、定常運転の起動停止に必要な操作が行なわれる。なお一次冷却系には燃料の破損を早期に発見するための破損燃料検出装置 (FFD) が接続されている。

6.3 安全装置

安全装置には炉を停止する制御板および保持電磁石回路、後備スクラム装置などのいわゆる安全装置と炉の起動、運転の安全性を確保するためのインターロック、警報信号、スクラム信号源が含まれている。

6.3.1 インターロック

一般の炉ととくに違っている所はなく、起動条件としては次の三つの条件、すなわち

- (1) スクラム信号がすべて正常 (微調整板下限を除く)
- (2) すべての制御板が下限
- (3) 起動系の計数率が設置値以上

が満足されなければならないが、本炉では温水層を形成させた後

でないといふと炉の運転ができないのでとくにこの点が炉起動条件(1)に含まれている。

また本炉では起動時の粗調整安全板の操作シーケンスは最初3枚の粗調整安全板を同時にあらかじめ定められた位置まで引き抜き、残りの1枚で臨界近接および出力粗調整をするようになっているので

「少なくとも1枚以上の粗調整安全板が下限までそう入されていなければ2枚または3枚の粗調整安全板を同時に引き抜くことはできない」

というインターロックが含まれている。

本炉は自動制御により出力を一定に保つようになっているが、手動による出力粗調整の後、自動制御に移す際の条件として

- (1) 微調整板が上下限10%以内でない。
- (2) 誤差信号が警報レベル以下。

がインターロックとして制御回路に組み込まれている。

6.3.2 警報, スクラム

炉の運転の安全を期するため、中性子計測制御設備、冷却系計測制御設備、放射線モニタ設備より警報、スクラム信号を発生し、故障箇所を表示するようになっている。

7. 実験設備

7.1 リドタンク設備

リドタンク設備は実験に必要な核分裂放射線を供給するための線源装置とこの線源装置に熱中性子を供給する黒鉛のサーマルコラムとより構成されている。

サーマルコラムはプール内のコラムと遮蔽コンクリート内のコラムとより成っていて、約 10^8 n/cm²s 以上の熱中性子束が直径約 600 mm の円内で均一になるようにするためにプール内のコラムはアルミ (A2P1) ケースに黒鉛ブロックをすき間なく充てんしたものであり、コンクリート内のコラムはボラル板にて内張りした軟鋼のスリーブに適当な空間を設けて黒鉛ブロックを積んだものとなっている。炉心からの γ 線の遮蔽をするためにサーマルコラムの炉心側にアルミケースに鉛を充てんした遮蔽体がある。サーマルコラム全体の寸法は全長約 4.3 m、炉心側断面 500 mm 角、リドタンク側 1,200 mm 角である。サーマルコラムには線源装置にはいる熱中性子を制御するためのボラルシャッタ、 γ 線を減少させる鉛シャッタが付属していて、これらはリドタンク上部に置かれた駆動装置、操作盤により遠隔操作される。

線源装置はリドタンク内面に取り付けられ、コンバータ、熱中性子絞り板、熱中性子シャッタおよびガンマ線シャッタより構成されている。コンバータは高濃縮ウランの金属板をアルミニウムで被覆した直径約 650 mm の円板で、コンバータにはその出力を測定する部品が取り付けられる。熱中性子絞り板はコンバータの炉心側に置かれ、線源装置より取り出すビームを直径 0~600 mm の範囲内で数種類に変えるもので材質はボラル板である。コンバータのリドタンク側にはおのおの独立してそう入、取り出しのできるボラル製の熱中性子シャッタと鉛製のガンマ線シャッタがある。

7.2 散乱実験孔

散乱実験孔は No. 1 プールと散乱実験室の間に設けられ、遮蔽コンクリート内に埋め込まれたスリーブ、プール内に置かれる遮蔽シャッタ、実験孔に近接して置かれる遮蔽ドア、スリーブ内にそう入されるフィルタおよびフィルタを格納する台車付の遮蔽容器より成っている。フィルタは実験に供する放射線の強度、線質の調整を遮蔽シャッタと組み合わせて行なうものである。

遮蔽シャッタはヘリウムを封入したヘリウムタンクとアルミケースに充てんされた鉛遮蔽体とを一体にしたもので電動により駆動さ

れる。スリーブは軟鋼製でボラル板を内張りし、全長約 3 m、プール側 300 mm 角、実験室側 600×680 mm の断面寸法を有している。

遮蔽ドアは重コンクリートの遮蔽を有し実験孔と直角に敷設されたレール上を電動にて駆動される。ドアには実験孔の遮蔽とフィルタを取り出すための遮蔽シャッタ部分とビームを取り出す実験孔部分とがある。ドア内の実験孔には各種太さの放射線が取り出せるよう中央の穴のあいたプラグがそう入される。

7.3 測定ブリッジ

遮蔽実験あるいは中性子常数の測定時、測定器を必要個所に移動させる実験設備としてプール用測定ブリッジ、リドタンク用測定ブリッジ、散乱実験用測定ブリッジの3種類のブリッジが用意されている。

7.3.1 プール用測定ブリッジ

遮蔽実験時、測定器をプール水中につり下げ、任意の位置に移動させるためのブリッジで、炉心ブリッジと共用のレール上を炉心との最近接距離の 1.2 m から最大 13.6 m の範囲に走行できる。

測定ブリッジには走行レールと直角に敷設された軌間 0.8 m のレール上に2台の測定器をつり下げた測定器支持台車がおかれており、この2台の台車は互いに独立に動かすことができる。

台車に取り付けられたステンレス鋼製の測定器支持棒およびその駆動装置により測定器を実験に必要な範囲に上下移動または回転することができる。

ブリッジの概略寸法は長さ約 8 m、幅約 3.5 m である。

7.3.2 リドタンク用測定ブリッジ

リドタンク内で中性子の諸常数を測定する際に、測定器を水中につり下げて任意の位置に移動する装置であって、プール用測定ブリッジとほぼ同一構造である。測定器支持台車は1台あり、走行レール軌間 4.7 m、走行範囲 3.5 m、台車横行範囲 3 m である。

ブリッジは長さ約 5.5 m、幅約 2.8 m である。

7.3.3 散乱実験用測定ブリッジ

空気中における放射線の透過散乱を測定するために、測定器を遮蔽体のまわりの任意の位置に移動させる装置である。本ブリッジは軌間 12 m で、前述のブリッジと同様に測定器支持台車を1台搭載しており、台車による測定器の横行、上下、回転の駆動は前述のブリッジと同様である。測定器の移動範囲は、走行 8 m、横行 8 m である。

実験中は作業員も散乱実験室内に立ち入りできないので所要操作はすべて隣りの地階測定室から遠隔でなされる。

7.4 RI 照射装置

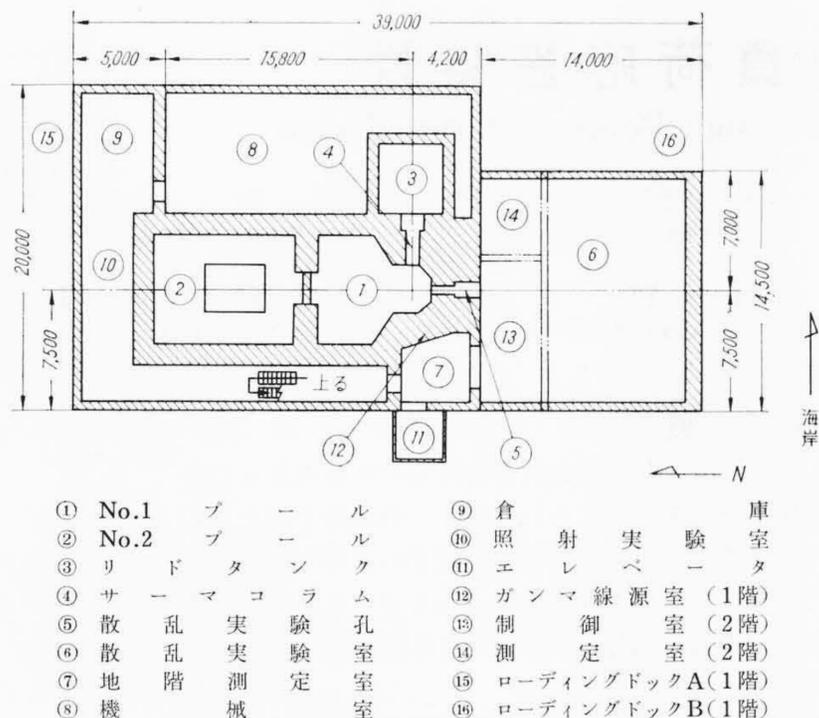
RI 照射装置は RI の製造から RI を使用する実験まで行なう設備で、RI カプセルのそう入、取り出しのできる貯蔵庫、RI を製造するために炉心近くに置かれる放射化装置、照射実験する照射装置、カプセルの送りさきを変える通路変換装置などより成っている。このほか、カプセルを気送管により各装置へ送り出す送気用の空気源装置が備えられている。照射装置は散乱実験室に置かれ、貯蔵庫、通路変換装置、空気源装置は操作盤とともに炉室1階に設けられたガンマ線源室に設置される。

7.5 そのほか実験設備

照射実験用 γ 線照射設備としては No. 1 と No. 2 プールの使用済燃料架台の置かれた位置に各1個ずつ設けられた直径約 150 mm の実験孔がある。さらに実験に必要な諸配管をプール内・外間に配管するためプール壁に埋め込まれた予備スリーブ5組がある。

8. 原子炉建屋

原子炉を設置する炉室は概略 20 m 幅×25 m 長さ×20 m 高さの



第7図 炉室地階平面図

建物で、地下1階、地上2階の鉄筋コンクリート造りである。プールは炉室の中央より西側、リドタンクは東側の散乱実験室寄りに位置している。散乱実験室は概略14.5m幅×14m長さ×12m高さの建物で半地下式の鉄筋コンクリート造りで、上部にはダクトスペース、さらにその上が制御室および測定室になっており、それが炉室の2階に通じている。

炉室地階は東側が冷却系統設備の一部を設置する機械室、地階西側の散乱実験室隣りに地階測定室があり、散乱実験孔および散乱実験用測定ブリッジの操作盤が置かれている。

炉室1階は散乱実験室寄りの西側がガンマ線源室、東側がリドタンクの上面になっていて、東側の2階吹き抜けの場所は試験体の組立、解体などの作業スペースとなっている。

炉室2階はプールの上面となり、プールの2階吹き抜け側にはキャットウォークがある。制御室および測定室は炉室2階にあり、プール上部を見ながら運転、実験ができる。

炉室には主巻15t、補巻5tの天井クレーンが、散乱実験室には5tのクレーンが設備されている。

炉室への出入口は2箇所あり、付属建屋に通ずる出入口と、機器搬出入するローディングドックAとである。散乱実験室には地階測定室よりの出入口と建屋上部より機器を搬出入するローディングドックBとがある。機械室への機器搬入は一階床面に設けられたハッチにより行なわれる。第7図は炉室内配置を示す。

9. 安全対策

炉の危険状態の生ずる大きな原因として

- (1) 炉の運転中の誤操作
- (2) 反応度外乱
- (3) 制御装置の事故
- (4) 冷却系統の事故
- (5) 地震

などがあり、これらについて万全の安全処置がなされている。

炉の運転中の誤操作によって事故が起こらないよう操作シーケンスを決め、スクラム、警報、インタロック回路を完備し、なお事故が生じた場合には炉を安全に停止させる各種の保護安全設備を設けている。

炉に反応度外乱が加わり、炉出力が上昇すると、燃料棒、冷却水の温度が高くなり、外乱の度合によりボイドを発生する。これらは炉の負の反応度を与えることになり、制御系が働かなくても自動的に炉出力は自己制御されるという固有の安全性を有している。

万一駆動装置が故障した場合には2組の後備スクラム装置によって負の反応度をそう入することができる。

炉心は炉心タンクの水の中に浸っており、炉心タンクとプールは分離されているけれども第4.1項で述べたとおり炉心タンクはプールと通ずる構造になっているので、炉心タンク、プール水とも規定水位以下に絶対漏出しない構造になっていればよく、これについて第2項中で述べたとおりサイフォンブレーカを設けるなどして漏出対策が完全にされている。

地震についてはすでに述べたとおり十分安全な設計がなされている。

10. 結 言

以上 JRR-4 の概要を紹介したが、昭和39年後半に臨界実験開始を目標に、現在機器製作および現地建設を推進しており、原子炉完成のあかつきには遮蔽設計の資料取得に大きな役割を果たすことが期待される。

最後に JRR-4 の設計製作に懇切な指導を賜わっている日本原子力研究所 JRR-4 建設室木場室長をはじめ建設室のかたがたに対しつつしんで感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 日本原子力船研究会 SPR グループ：船用遮蔽研究用スイミングプール形原子炉設置規模に対する調査報告 (昭35-10)
- (2) 日本原子力研究所：JRR-4 設置に関する書類
- (3) 日本原子力研究所：原子炉施設 (JRR-4) の設計および工事方法、その2 (昭37-9)