

JRR-3 (国産一号実験用原子炉) の建設

Construction of Japan Research Reactor No. 3

江 頭 一 晃*
Kazuaki Etō

内 容 梗 概

JRR-3 の建設工事は昭和 36 年末無事完了し、その後日本原子力研究所の手で機能試験および臨界前試験が行われ、昭和 37 年夏待望の原子の火がともることになる。

日立製作所はこの原子炉のうち原子炉本体、実験装置、燃料取扱装置および主重水ポンプなどの設計製作ならびに据え付けを担当し、好成績を収めることができた。本文は主として原子炉建設の順序およびその工程について述べている。

1. 緒 言

わが国の原子力長期開発計画において、政府は熱出力 10 MW の天然ウラン—重水形実験用原子炉の国産を原子力開発の当初より計画していた。この計画が、日本原子力研究所東海研究所（以下原研と略す）に現在建設完了した JRR-3 (Japan Research Reactor No.3) 実験用原子炉として実現された。

本原子炉は計画、設計、製作、組み立て、据え付け、燃料棒の製作、原子炉材料などすべて国産にてまかない、国産技術の開発向上を図ることが、一つの大きな目的になっていた。

JRR-3 は完成後、次の用途に使用される。

- (1) 放射性同位元素の生産
- (2) 各種原子炉の工学的試験
- (3) プルトニウムの生産
- (4) 原子炉運転技術の習得および運転者の養成
- (5) 核物理実験
- (6) 燃料再処理試験

2. JRR-3 の計画および設計の経過

JRR-3 の建設は前章に述べた目的および用途に供するためのもので、この計画は昭和 29 年に日本学術振興会に“原子炉設計基礎研究委員会”が設けられ、ここで各種原子炉の概略設計に着手したのが最初である。上記委員会は昭和 30 年度の主要研究目標を天然ウラン—重水形におき、この形の原子炉の計画設計を同委員会に属する日立、東芝、電気試験所、科研、三菱、東大工学部などの各グループでそれぞれ行ない、昭和 31 年 3 月末に完成した。

このころ日本原子力研究所が設立され、JRR-3 の設計検討の仕事を学振委員会より引きつがれた。

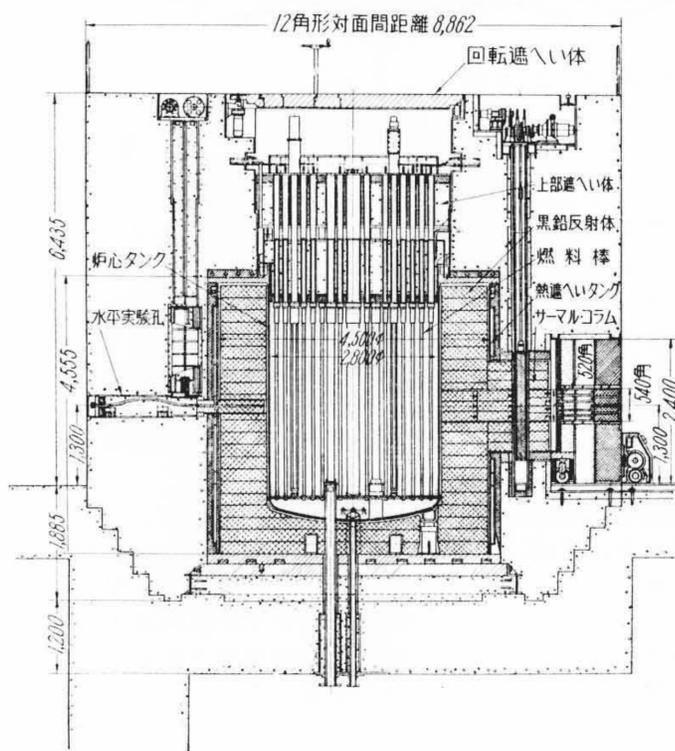
昭和 31 年 5 月、原研に“国産一号炉研究委員会”が設けられ、学界、民間業界よりも参加して設計、材料、計測制御、建設、化学処理の 5 分科会が設けられ、それぞれ慎重な検討を重ね、昭和 31 年 10 月“国産一号炉設計仕様書(案)”がまとまった。そこで新たに“国産一号炉仕様検討委員会”が昭和 31 年 11 月に発足し、原研、学界および民間より日立、三菱、東芝、富士、住友の各会社がこれに参加した。この委員会において原案の検討を行ない、昭和 32 年 3 月“国産一号炉設計仕様書”を完成した。

これと平行して昭和 31 年度より JRR-3 に使用する燃料要素の開発研究を促進するため、“燃料要素委員会”が別個に設けられた。

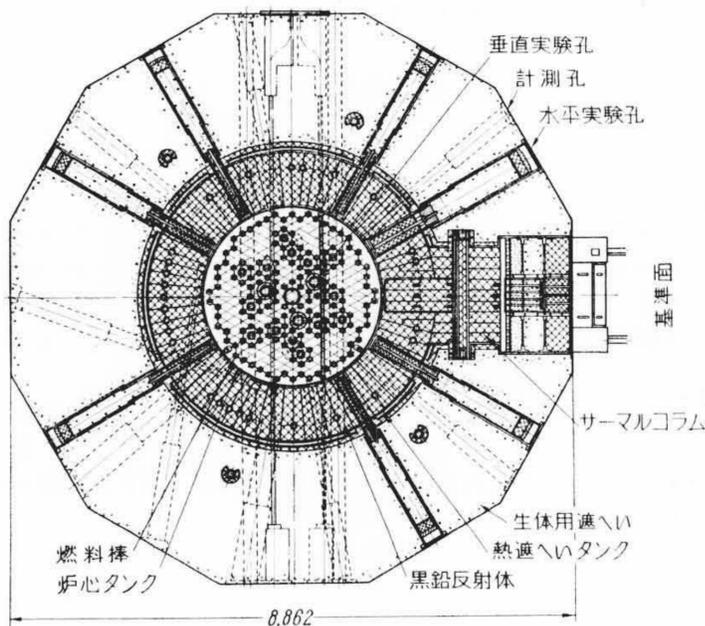
昭和 32 年度には上記設計仕様書に基づき詳細設計を進めるため、第 1 表に示すように設計を担当する会社および設計分担が決まった。

第 1 表 設計幹事会社および設計分担

原子炉本体	日立製作所 石川島重工	炉本体、実験装置、燃料取扱装置 RI 取扱装置
水ガス系	三日立製作所 日立製作所	重水、軽水、He、CO ₂ 系統 主重水系統
制御計測系	東京芝浦電気 富士電機	炉制御系統 計測系統



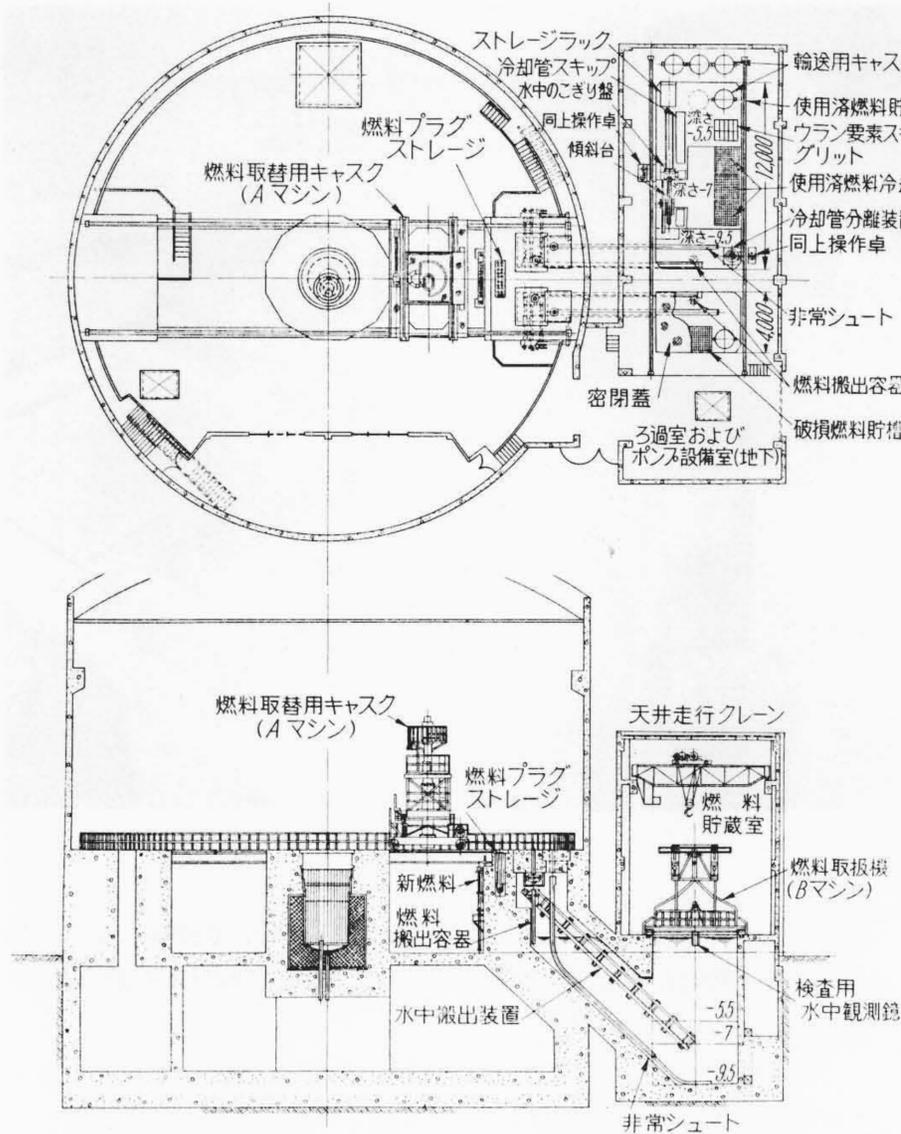
第 1 図 原子炉本体縦断面図



第 2 図 原子炉本体平断面図

昭和 32 年 10 月、1 次詳細設計が終了した。この結果さらに検討が加えられ二次設計が昭和 33 年末に完了した。

* 日立製作所日立工場



第3図 燃料取扱設備配置図

昭和34年3月、原研よりJRR-3の製作が発注された。
 昭和34年12月建屋関係主要部分の完成をみたので、昭和35年1月より原子炉本体関係の現地工事を開始し、昭和36年末完成した。その後総合試験、臨界前試験が実施されて、昭和37年半ばには臨界試験に移る。

3. 原子炉本体の建設

日立製作所は第1表に示すように、炉本体、実験装置、燃料取扱装置およびキャンド・モータ・ポンプである主重水ポンプの設計、製作を担当した。

第1図に原子炉本体の縦断面図、第2図に平断面図を示す。

原子炉本体は次のものより成る。

- | | |
|-----------------------|------|
| (1) 燃料棒 | 270本 |
| (2) 炉心タンク | 1基 |
| (3) 熱遮へいタンク | 1基 |
| (4) 上段および下段遮へい体 | 各1基 |
| (5) 回転遮へい体 | 1式 |
| (6) 生体遮へい内配管類 (含遮へい鉛) | 1式 |
| (7) 下部基礎 | 1式 |

実験装置は次のものより成る。

- | | |
|-----------------|----|
| (1) 中央実験孔 | 1組 |
| (2) 炉心タンク内垂直実験孔 | 3組 |
| (3) 生体遮へい内垂直実験孔 | 2組 |
| (4) 水平実験孔 | 8組 |
| (5) 気送管 | 2組 |
| (6) サーマルコラム | 1式 |

第3図に燃料取扱設備の配置を示す。これは次のものより成る。

- | | |
|---------------|----|
| (1) 燃料取替用キャスク | 1式 |
| (2) 使用済燃料取扱装置 | 1式 |

- | | |
|-------------|----|
| (3) 新燃料架台 | 1式 |
| (4) 模擬装てん装置 | 1式 |
| (5) 流量調整装置 | 1式 |

3.1 下部基礎

昭和34年6月、炉室一階の原子炉本体と地下室の水ガス系統をつなぐ、ヘリウム、炭酸ガス、軽水、空気系統の配管および破損燃料検出 (FFD) 管用スリーブなど約90本の埋込工事を行なった。

特に心出し精度の要求される部分は箱抜きをしてコンクリートを打設せずに残した。

建屋工事がほぼ完了した昭和35年1月より本格的な原子炉本体の建設工事を始めた。まず炉室の心出しより始め、工事の基準となる方向、高さなど基準点を設定した。

重水系主管の貫通スリーブは炉心タンク、熱遮へいタンクと合わせ作業で寸法を決め、コンクリート工事によって偏心したり、垂直度が狂ったりしないように鋼わくで補強してコンクリートを打設した。

3.2 熱遮へいタンク

熱遮へいタンクは内径4,500mmφ、高さ4,710mm、ステンレス鋼のタンクで、上部と下部に二分割して現地に搬入された。

熱遮へいタンク下部は下部遮へい板の上に固定し、ロックピンで位置決めされた。熱遮へいタンクの底板は、水平度のうるさいものであるが、最大0.05mm/1,000mmで特に問題はなかった。

熱遮へいタンク下部に現地熔接部調整治具を取り付け、その上に熱遮へいタンク上部をのせ、調整治具を用いて慎重に熔接を行なった。次いで水ジャケット、サーマルコラムわく、反射体用垂直照射孔スリーブ27本、水平照射孔用管などを取り付けた。

水ジャケット部の外側には、厚さ6.4mmのボラル板を取り付けた。

3.3 生体遮へい内遮へいおよび配管類

熱遮へいタンク外周のボラル板の外側面に厚さ100mmの鉛ブロックを積み上げた。熱遮へいタンクには水平実験孔、水平照射孔などのスリーブ配管類が相当多数取り付いていることと、鉛ブロックの端面は放射線のストリーミングを防ぐため、特別な構造をしているため、据え付けには慎重を期した。

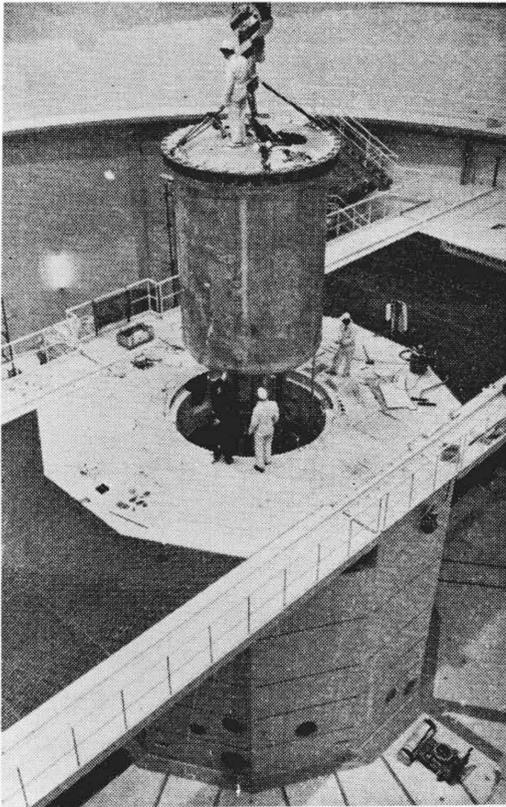
側面遮へい鉛とボラル板の間には、熱伝達をよくするため、熔融鉛を流し込んだ。また鉛ブロック間のすき間には鉛毛を充てんした。積み上げられた鉛ブロックはくずれないように鋼帯で締めつけた。

生体遮へい内に埋め込まれる水平実験孔、計測孔、水平照射孔、気送管、サーマルコラム、垂直実験孔などのスリーブは形鋼で造った架台の上に取り付け、正しい位置に調整され、重コンクリート打設時変位しないようにした。

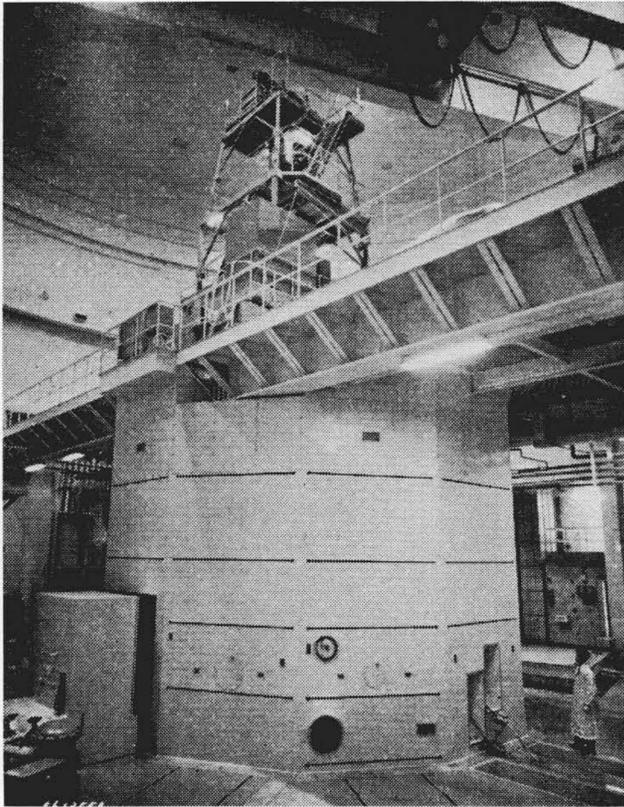
生体遮へい内に埋め込まれる配管には、重水系、ヘリウム系、FFD系、熱遮へい冷却系、反射体用炭酸ガス冷却系、RI炭酸ガス冷却系、実験用配管、給排気や圧縮空気などの空気系、電線管、ドレン抜き管などがあり、最大10Bより最小7mmφまでのステンレス鋼管、銅管、ガス管、電線管など約500本の配管が交錯している。

生体遮へい内に埋め込まれるスリーブや配管類はコンクリートを打設してしまうと補修や追加が不可能となるので、配管忘れや誤配管がないよう何回も入念な検査を行なった。

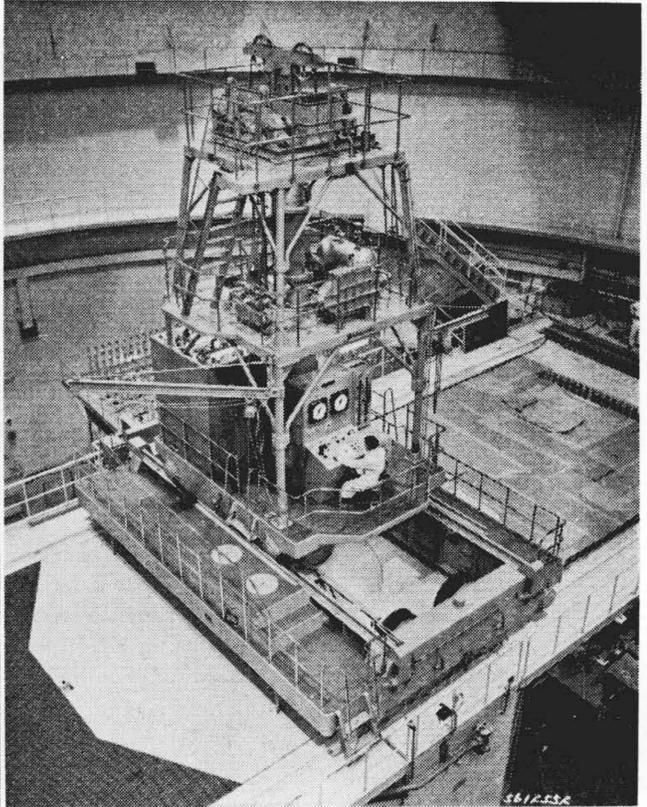
この作業完了後、炉心タンクを熱遮へいタンクにそう入し、異常のないことを確認した。



第4図 原子炉にそう入中の炉心タンク



第5図 原子炉本体



第6図 燃料取替キャスク

3.4 生体遮へい用重コンクリート工事

生体遮へいは正12角形で相対する面間距離は8,860 mm、高さは床上より6,435 mmである。

重コンクリートの厚さは約2 mあるので、外側面と内側面とに配筋密度を高くして放射線による熱応力でコンクリートが割れないようにしてある。

打設した重コンクリートは総量約350 m³、打設時比重3.9であった。

炉上面には燃料取替用キャスクおよびRIキャスクが動くためのスパン7,000 mmの75 kg レールが敷設された。

3.5 黒鉛の積み上げ

炉心タンクと熱遮へいタンクとの間に黒鉛ブロックの積み上げ作業が行なわれた。これ以後の作業はほこりをきらうため、作業員の入室管理、服装、清掃など厳重注意し、絶えず掃除して清浄を保つようにした。

3.6 炉心タンク

炉心タンクは耐食アルミニウム製で直径2,800 mmφ 高さ4,200 mmである。上部遮へい体の穴を通して燃料棒が炉心タンクにそう入されるため、正確な寸法が要求される。さらにX線試験、染色探傷試験、水圧試験、ヘリウム漏えい試験なども実施された。

炉心タンクにはいる燃料、重水、上段および下段遮へい体の合計荷重は約100 トンで、この荷重は炉心タンクを介し、熱遮へいタンクで受けている。

第4図は原子炉にそう入中の炉心タンクを示す。

3.7 上部遮へい体

上部遮へい体は下段遮へい体、上段遮へい体および回転遮へい体より成っている。下段遮へい体は直径3,000 mmφ 高さ1,000 mm ステンレス鋼製で、炉心タンク上部フランジを介して熱遮へいタンク上ふたにボルトで締め付けられている。上段遮へい体は直径3,240 mmφ、高さ890 mm ステンレス鋼製で、下段遮へい体との間に200 mmのスペーサを介してのっており、両遮へい体の位置決めにはノックピンを使用している。両遮へい体には燃料棒246本、中央実験孔1本、垂直実験孔3本、制御棒12本、垂直照射孔3本などが貫通する案内管がある。この位置と炉心タンクとの相対位置は高度の正確さを必要とするので、工場では仮組み立てを行ない、組み立てとその検査には特別な考慮が払われた。

上段遮へい体上面にはFFDサンプリング管、制御棒、垂直実験孔、垂直照射孔の冷却管、燃料棒温度計配線、制御棒電気配線などが取り付けられている。

燃料棒そう入後、炉心タンクを含む重水、ヘリウム系にヘリウムガスを充てんし、炉上部のヘリウム漏えい試験を行なった。

最後に上部鋼わくに取り付けられた支持ローラの上に回転遮へい体（直径3,650 mm 厚さ200 mm 鋳鋼製）をのせ、原子炉本体の組み立ては完了した。

第5図は完成した原子炉本体の外観を示す。

3.8 燃料棒

燃料棒本体はカナダAMF社より輸入した。この燃料棒は直径25 mmφ 長さ883 mmの天然ウラン棒の回りに3枚フィン付アルミニウム管を被覆したもので、3本をピンで結合して一本の燃料棒としている。

輸入されたものの組み立てを行ない、遮へいプラグをつけた。

3.9 燃料取扱設備

燃料取替キャスクは新旧燃料の取替作業をするためのもので、使用済燃料は原子炉停止後も強いγ線と崩壊熱を放射しているため、遮へい冷却を行ないつつ、遠隔操作により作業をする必要がある。

燃料交換の際の位置決めは、自動的にかつ高精度で行なわれねばならない。さらにキャスクの誤操作や故障のために、燃料棒を破損すると放射能汚染による大事故をひき起こすおそれがあるので誤動作が絶対あってはならない。

第6図は現地で組立調整した燃料取替キャスクを示す。

4. 結 言

以上述べた据付工事は、昭和36年末にはすべて完了し、昭和37年初めより各部機能試験が行なわれている。引き続き臨界前試験および臨界試験が行なわれる。

計画当初より終始適切な指導を賜った原子力研究所杉本理事をはじめJRR-3建設室の皆様には厚くお礼申しあげる。

参 考 文 献

- (1) 柴田、松本、平山：機学誌 59, 500 (昭31)
- (2) 松本：原子力工業 2, 7 (昭31-8)
- (3) 島井ほか：日立評論 40, 1273 (昭33)
- (4) 杉本ほか：原子力工業 4, 4 (昭33-5)
- (5) 杉本ほか：原子力工業 8, 4 (昭37-4)