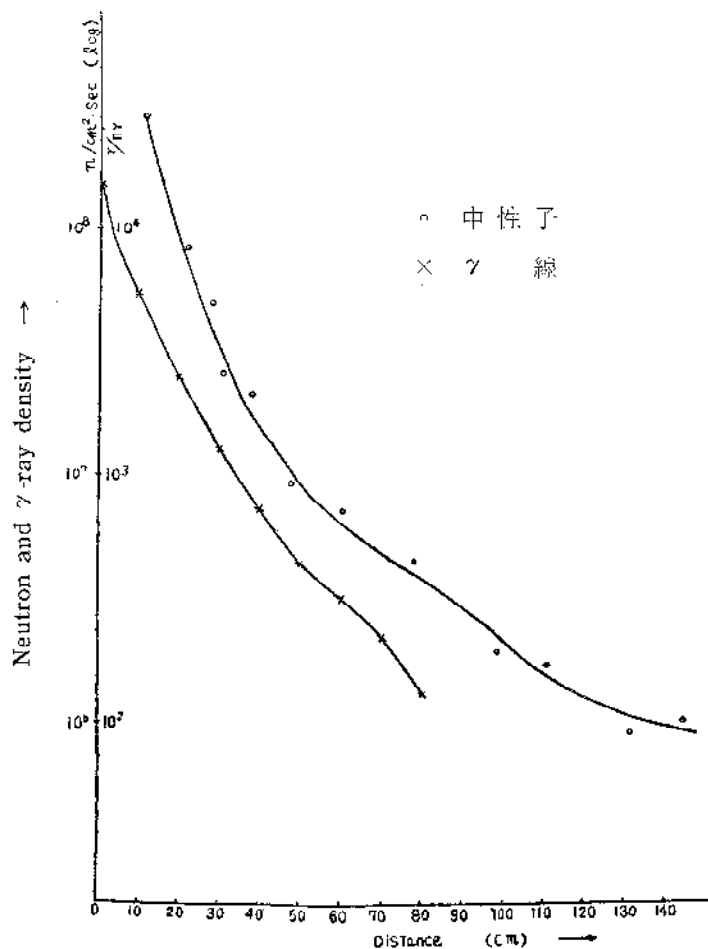


東海村をたずねて

(2)

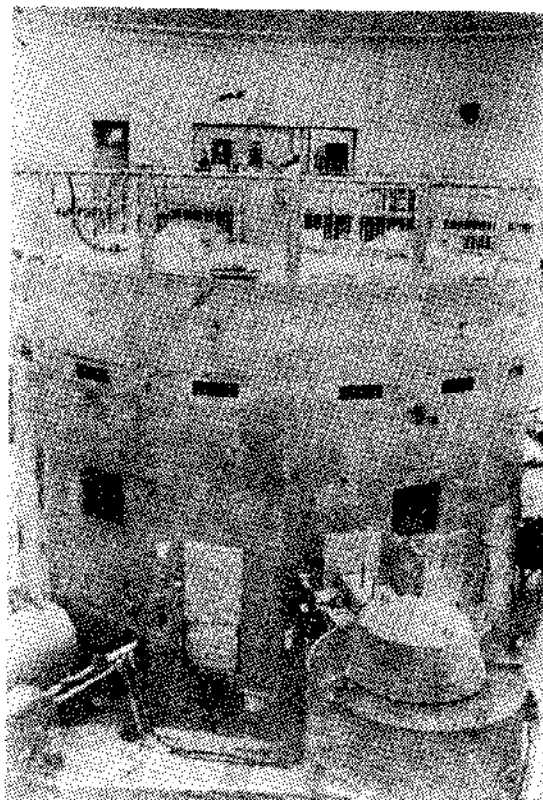
大阪大学工学部・工博 木 村 博



第13図 JRR-1 原子炉の実験孔内の中性子とγ線の分布 (熱出力 40,000W の時)

4. JRR-2

日本研究用原子炉 第2号 (Japan Research Reactor No. 2) は昭和32年11月に着工され、昭和34年12月に完成し、昭和35年10月1日に臨界に



第14図 原子炉本体

第7表 JRR-1 原子炉の標準照射条件

	H	2 H	D	W	4 W
使用する 実験孔	気送管 (2Sまたは16)	気送管 (2Sまたは16)	水平実験孔 または 気送管 (2S)	水平実験孔 または 垂直実験孔	垂直実験孔
試料を実験孔 内におく時間	1 時間	2 時間	24 時間	7 日	4 週間
このうち実際 の照射時間	1 時間	2 時間	5~6時間	約15時間	約60時間
照射中性子数 (標準) n/cm^2	1×10^{15}	2×10^{15}	5×10^{15}	1.5×10^{16}	6×10^{16}
試料の出し入れ 操作(標準)	運転中	運転中	朝10時頃実験 孔に挿入し翌 朝取出す	月曜朝挿入し 翌週月曜朝取 出す	月曜朝挿入し 4週目の月曜 朝取出す

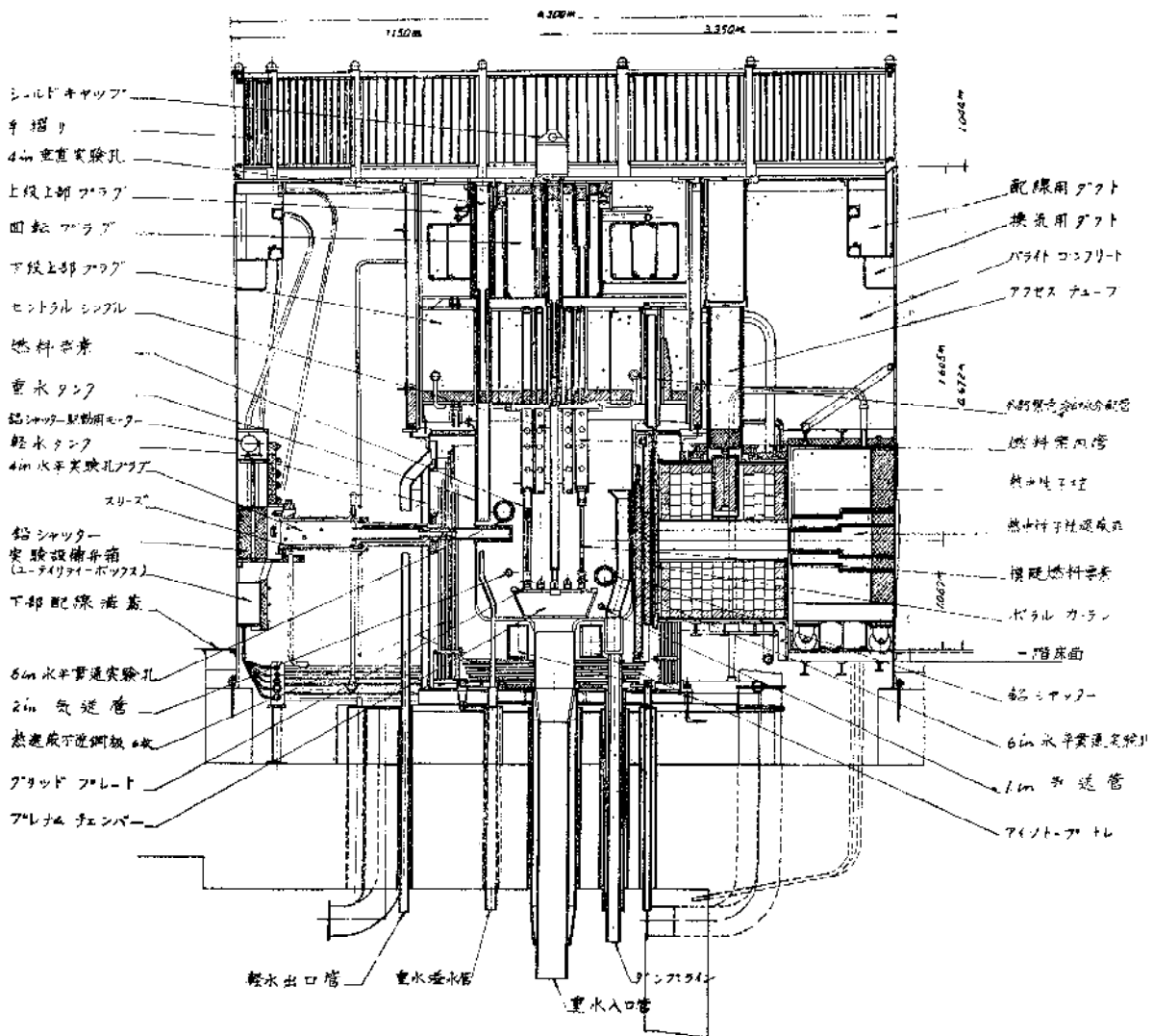
達した。その後、原子炉の特性の測定や調整がなされ、燃料の入換えなどによつて出力上昇が予定されている。すなわち現在の20%濃縮ウランを90%濃縮ウランに取り換えることにより、昭和37

第 8 表 原子炉利用料金

(a) 取扱手数電 (照射・実験ともに)	て					
1 件につき	1,500円	1 時間につき	1,000円			
(b) 照射料 (一般試料)		1 日 (5 時間)	4,000円			
試料 1 個につき		(d) 液体照射				
H	2 H	D	W	4 W	液体専用容器に収容した試料 1 個につき	
200円	400	200	600	1,500	1 日	1,000円
標準照射以外の場合も近似する標準条件のものとして取扱う。					1 週	2,500円
1 時間以内の照射はすべて H とする。					4 週	8,000円
(c) 小動物照射		(e) 炉室および附属実験室使用料			実験者 1 名, 1 週間につき	1,000円
No. 7 実験孔に設置した専用照射装置を使用し						

年 2 月 4 日より 3 月 10 日まで 2 M・W, 7 月より 3 M・W 以上の熱出力の運転が計画されている。第 14 図は JRR-2 の本体を示す写真で、現在 20% の濃縮ウランとアルミニウムの板状合金で U-235 の 4 kg の燃料を用いた重水減速冷却の熱中性子炉である。JRR-2 の設計の最大

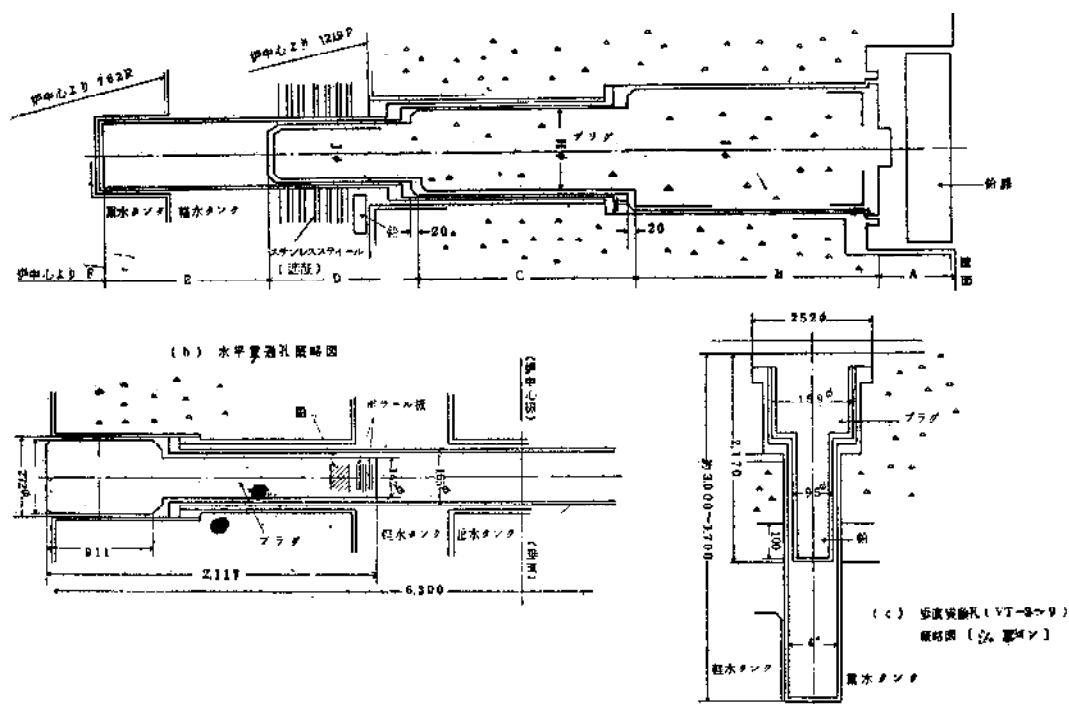
熱出力は 10 M・W (現在は 1 M・W で運転), 最大熱中性子束 $1.2 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$, 平均熱中性子束 $1 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ である。JRR-2 は普通 CP-5 と呼ばれている。JRR-2 は JRR-1 からホットラボラトリーをへだてた南側にあつて、東海研究所の中央より



第 15 図 JRR-2 原子炉垂直断面図

やや南側にある。原子炉を入れてある炉室は直径25m、地上より屋根の中央までの高さ 18.2m、周囲の壁の高さ 11m、鉄筋コンクリートで、一部は鉄骨コンクリート造りである。炉室内はエアー・コンディショニングがおこなわれるようになった気密室で 3 回/時間の割合で換気され、その排気はフィルターを、通じて高さ40mの煙突より放出されている。JRR-1 の効率と同様、室内は大気圧よりも低く、常に水柱約 5 cmの負圧にして、室内の空気が直接外にもれるのを防いでいる。したがって、人の出入りは全てエアー・ロック室を經過おこなわれている。JRR-2 の附属のものとして、事務室、保健物理室、実験準備室（工作室を含めて 100m²）、地下機械室（変電室、換気室等）、煙突（40m 汚染空気排気用）、冷却塔、非常用室などがある。JRR-2 の運営は JRR-1 と同様、JRR-2 管理課が直接の管理にあたり、その基本方針は東海研究所長が、運営委員会の線によつて決定する。次に JRR-2 の構造について簡単に説明する。炉心の大きさは直径 81.3cm、高さ 61.0cm の円筒状であつて、24本の燃料の入る燃料格子をもっている。その格子は直径26.7cmの円周上に6本、53.3cmの円周上に6本、70.6cmの円周上に12本の燃料が入るようになつた同心円状になつている。燃料は7.6cm角、長さ 91.4cm の棒状の箱型で、両側がアルミニウム板の中間に17枚の燃料板がはめ込まれている。燃料板は0.0762cm 厚の U-Al-Si 合金 U 45%, Al55% に少量の Si を加えたもの) の燃料に、0.0381cm厚の Al をかぶせてある。ウランは現在のところ20%濃縮ウランが用いられ

ている。燃料板 1 本当りの U²³⁵ の量は、約180grである。重水がこれらの燃料板の間を流れ冷却するようになつている。6本の制御棒でコントロールされ、最も効率よく作用するように炉心の燃料格子の中に配置してある。制御棒は外径 7.62 cm、長さ 66.0cm の筒で、厚さ 0.0508cm のカドミウムに不銹鋼をかぶせたものである。内径 152.4cm、深さ1,918cmのアルミニウム製の重水タンクは炉心冷却用に使われている。必要な重水の総量は約 8.2tonで、純度99.75mol%で、赤外線分光計および質量分析で絶えず検査される。第15図は JRR-2 の垂直断面図と水平断面図である。熱遮蔽のために重水の炉心タンクのまわりと底部に軽水の中に厚さ 2.54cm のステンレス・スチール板 6 枚を入れた厚さ 45.7cm の軽水層のタンクがある。熱遮蔽の軽水はγ線の吸収によりステンレス・スチール内に生じた熱を吸収する。更に熱遮蔽の外側にはヘビー・コンクリートによつて放射線を遮蔽している。このヘビー・コンクリートは厚さ 190.5cm、高さ 1 階の床面より約 457.2cm で、比重が 3.52 である。種々な設備の都合でコンクリートの厚さを薄くしなくてはならない部分には、鉛板を挿入して遮蔽効果を均一にしている。炉体の上部の遮蔽の 1 部は燃料要素の取り扱いのために回転プラグになつている。原子炉の冷却は重水系、熱遮蔽冷却系、ヘリウム系、冷却塔系よりとなつている。また、計測制御は原子炉の出力の制御系出力計測系よりなつている。JRR-2 原子炉の実験設備としては水平実験孔、水平貫通実験孔、垂直実験孔、熱中性子柱、気送管およびアイソトープ・トレンよりなつ



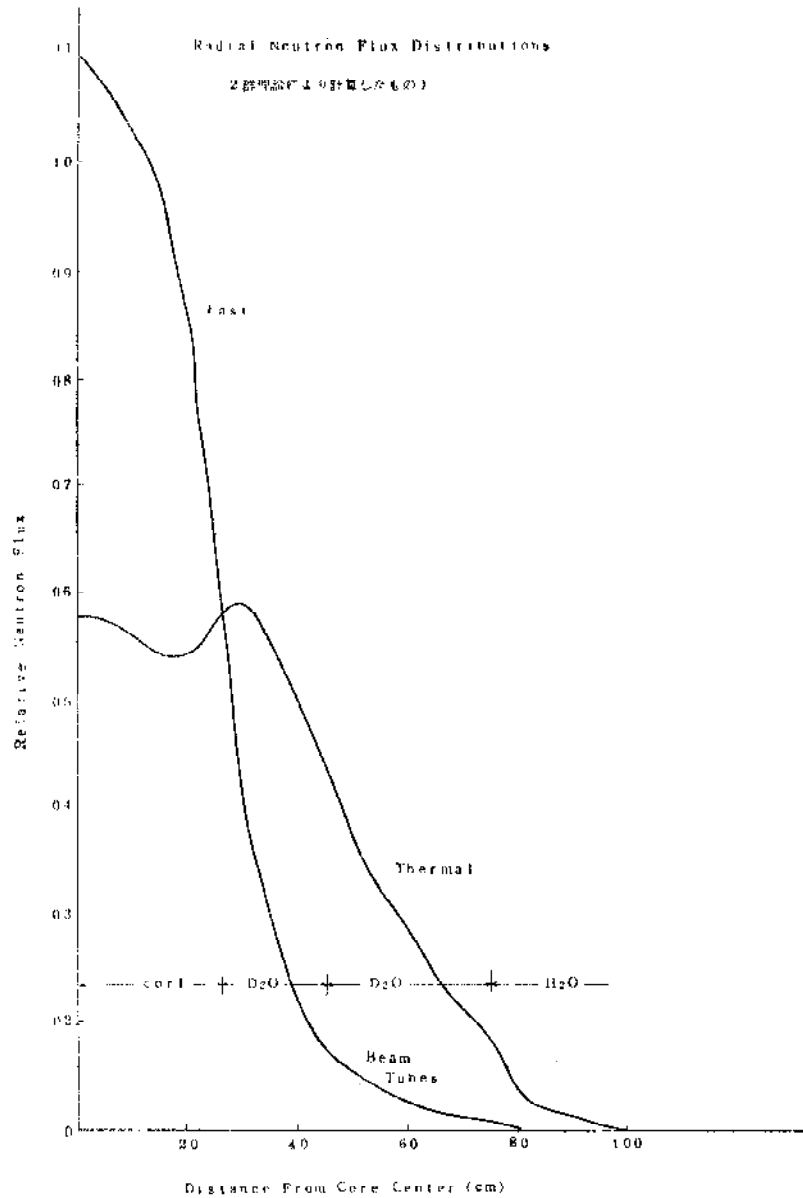
第 16 図 JRR-2 原子炉の実験孔概略図

ている。水平実験孔は床面より約1mの高さのところにあつて、生体遮蔽、熱遮蔽および重水タンクを貫通して炉心附近まで達している。第16図は実験孔の概略を示しており、アルミニウム製で、出口の炉面には遮蔽用の鉛製のドアがついており、出口附近には電気コンセント(A.C 3φ 200V, A.C 100V)、給排水バルブおよび給排ガス、バルブの設備がある。水平実験孔は直径10.2cmのものが4本で、15.2cmのものが3本、19.1cmのものが2本、29.9cmのものが2本、計11本ある。水平貫通実験孔は、直径15.2cmのものが2本あつて、炉心の中心から上方27.9cmおよび下方35.6cmのところにも重水タンクを貫通しさらに炉体を貫通している。垂直実験孔は、直径10.2cmのものが重水タンク中央部に1本、70.1cmの円周上に8本の計9本が設備されている。熱中性子柱は、熱中性子束を得るために生体遮蔽の一部分をグラファイトで置換したものである。グラファイトは152.4cm角、奥行132.1cmで、中央部のφ40.6cm角は取りはずし可能になつている。熱中性子柱前面の熱遮蔽の中には鉛シャッター2枚とポラル・カーテンが挿入されており、上下に可動出来る。外側の遮蔽屏は183cm角、104.1cm厚でヘビイ・コンクリート、鉛および鋼板から出来ており、中央部に45.7cm角の段状プラグ1本と10.2cm角のプラグ2本を備えている。気管直送は径5.08cmおよび2.54cmの2本が炉心を水平に貫通している。アイソトープ・トレンは、重水タンクの下の方に20.3×30.5cmの矩形のスリーブが炉を貫通して備けられている。JRR-2の附属設備として、地下に約2m²のホットケープがあつて、原子炉により照射された試料はこのホットケープ内で容器に入れて外部に持出すようになつている。なお、このホット・ケープは2,000 CurieのCo⁶⁰γ線源が取り扱ひ出来るようになつており、放射線遮蔽窓、0.5tonの小型クレーン、ペリスコープ、マニプレーターなどがあり、自走型の扉で出入りが出来る。気送管も1部ここに導入されている。その他、ループ・テストのための広さ約15m²の部屋がホット・ケープの横にあつて、1階の実験場所と天井のプラグによつて通じるようになつている。共用の機器としては、水平プラグ・ハンドラー1、垂直プラグ・ハンドラー1、ビーム

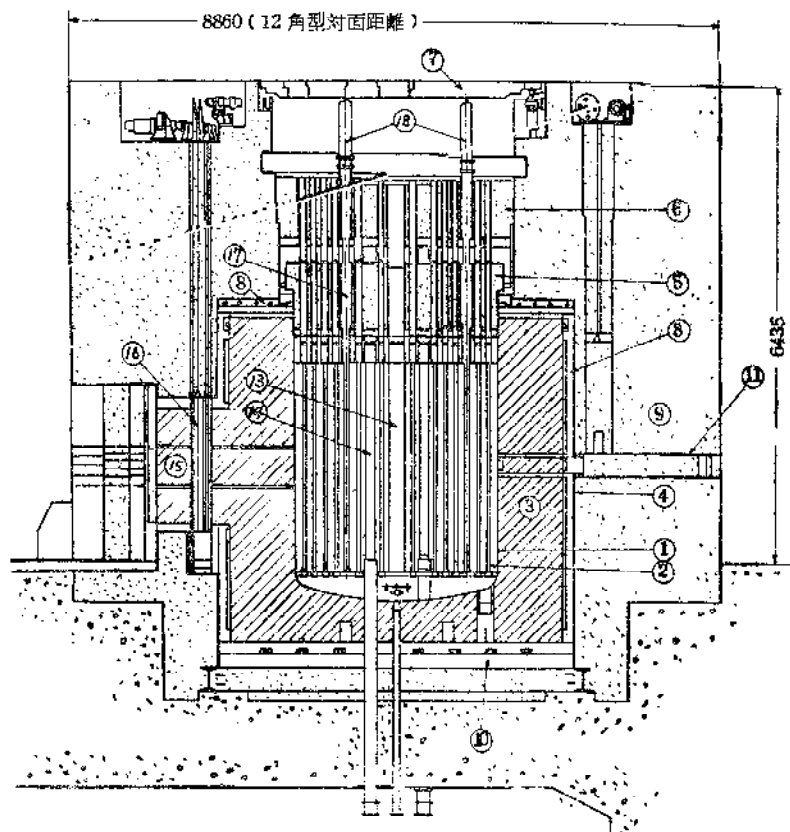
・キャッチャー各種、アイソトープ・トレンの1階床におけるR・I取り出しキャスク1、純水製造装置1、1ton積電池車1、15ton種トラック1、鉛ブロックとコンクリートブロック多数、各種の放射線計測装置、各種の鉛容器、30ton 炉室内クレーン1などがある。第17図はJRR-2の中性子の分布図である。

5. JRR-3

JRR-3 (Japan Research Reactor No.3)は、現在建設中の国産第1号研究用原子炉で、JRR-2に隣接した南側にある。最大熱出力は10M.W、最大熱中性子束は $2 \times 10^{13} \text{n/cm}^2 \cdot \text{sec}$ で、燃料としては金属ウラン棒アルミニウム被覆を用いている。12本のシム棒(粗調整安全棒)と1本の微調整棒の計13本によつてコントロー



第17図 JRR-2 原子炉の中性子分布



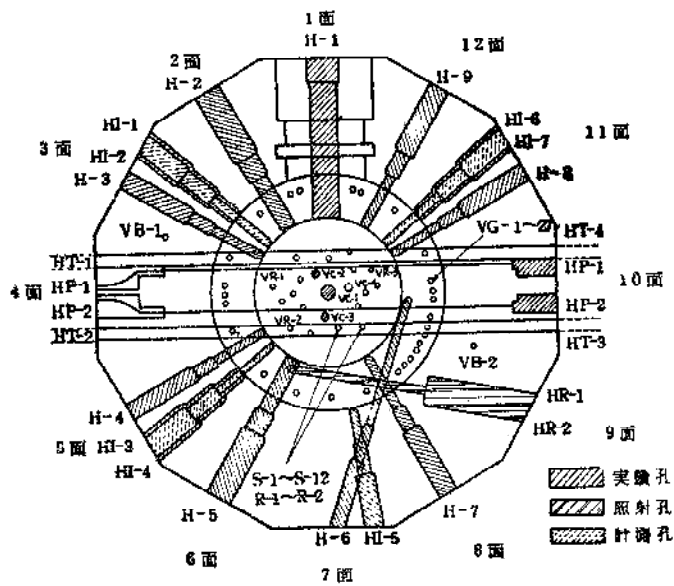
第18図 JRR-3 原子炉垂直断面図

- | | |
|-------------------|------------------------------|
| ① 炉心タンク | ⑭ 水平実験孔 |
| ② 燃料棒 | ⑮ 水平実験孔シャッター |
| ③ 黒鉛反射体 | ⑯ 中央実験孔 |
| ④ 熱しやへいタンク | ⑰ 垂直実験孔 |
| ⑤ 下段しやへい体 | ⑱ サーマルコラム |
| ⑥ 上段しやへい体 | ⑳ サーマルコラム・シャッター
(鉛およびボラル) |
| ⑦ 回転しやへい体 | ㉑ 微調整棒および粗調整棒 |
| ⑧ 熱しやへい用鉛 | ㉒ 微調整棒および粗調整棒の駆動装置 |
| ⑨ 生体しやへい(重コンクリート) | |
| ⑩ 下部しやへい板 | |

ルされるようになっている。昭和34年1月に着工されて、昭和36年5月に完成の予定であつたが、工事には非常に遅れており、現在なお建設中である。第18図はJRR-3の炉心の断面図である。この原子炉は設計製作、建設の研究と実際の経験のためと、完成後は基礎研究、アンソトープの生産、工学および材料試験を主目的としたものである。JRR-3 原子炉に附属している実験設備はサーマルコラム、小平実験孔、気送管、垂直実験孔、垂直照射孔、水平照射孔、アイソトープトレイン用孔、計測孔および制御棒孔よりなつている。サーマルコラム(H-1)は生体遮蔽の中に、1.5m×1.5mの黒鉛反射体を延長したものであつて、その中央部500mm×500mmを実験に用いる。第18図からも観察せられるように、前面に自走扉があつて、放射線の漏洩を防いでおり、第18図の⑩に鉛製のシャッターとボラルがある。水平実験孔(H-2~9)は生体遮蔽からグラファイト反射体を貫通して炉心タンクに達している。中間に熱遮蔽用鉛シャッター

があり、利用しないときはグラファイトのプラグが入っている。実験孔の大きさと数は、内径100mmのもの1、150mmのもの3、200mmのもの2、300mmのもの2の合計8である。この内、内径100mmのH-6が炉心タンクに接続状になつている以外は、全て炉の中心に向つており、その先端が炉心タンクに接している。気送管(HP-1、HP-2)は2本あつて、いずれも炉心タンクを水平に貫通している。この気送管は内径30mmのアルミ管が炉外まで延長され、炉の運転中でも自由に試料の出し入れが出来る。垂直実験孔(VC-1~4、VB-1~2)は炉心タンク中央部に垂直に挿入されている内径200mmの中央実験孔(VC-1)と、その周囲に内径130mmの実験孔3本(VC-2~4)、生体遮蔽内に内径100mmの実験孔2本(VB-1~2)の合計6本が設備してある。VC-1~4は主として照射実験、VB-1~2は放射化された試料の一時的な貯蔵に用いられる。垂直照射孔(VR-1~3、VG-1~27)はトレイロッドを挿入してR・Iを作るための孔で、炉心タンク内に3本、グラファイト内に27本の合計30本設備されている。炉心タンク内の3本とグラファイト内の5本はCO₂ガスで冷却出来るようになつている。水平照射孔(HR-1~2)

はR・1をつくる水平照射設備を挿入するためのもので、炉心タンクに接するように水平にグラファイト反射体内にまで入りこんで、上下2本ある。アイソトープトレイン用の孔(HT-1~4)は炉心タンクの下、熱遮蔽タンクの底部を貫通している4角(200mm×300mm)の孔2本で、アイソトープトレイン4台を両端から挿入して、大型あるいは大量の試料を照射するために用いられる。計測孔(HI-1~7)は炉の正しい運転制御をおこなうために、中性子束を測定する計測管を挿入する孔で、炉心中央面よりもやや低めのところにある4本と、予備として炉心中央より高いところにある3本とがある。予備の3本は実験にも使えるようにグラファイト反射体を貫通して炉心タンクの外周にまで達しているが、それ以外のものはグラファイト反射体を貫通しておらない。制御棒孔(S-1~12、R-1~2)は、原子炉の正常な運転をおこなうための制御棒の挿入される孔で、シム棒12本と微調整棒2本の計14本の孔からなつて



第19図 JRR-3 原子炉平面断面図

おり、これらの駆動は上部でおこなう。第19図は JRR-3 の実験孔などの配置を示した原子炉本体の水平断面図である。JRR-3 の最大の目的は R・I の生産にあつて、全力運転の場合、日本を含めた東南アジアの現在の需要を十分満たすだけの R・I を生産することが出来ると云われており、R・I の製造のために、炉内設備として、トレイロッド、水平照射設備、アイソトープトレインを有し、炉外設備として、R・I キャスク、ホット・ケープを有している。トレイロッドは比較的半減期の長い放射性物質をつくるものであつて、長い竹の棒の節の間に窓をあけ、そこに照射する試料を収めるアルミニウム製のカプセルをとりつけておき、上端は放射線を遮蔽するプラグを取り付けたものである。炉心タンク内の3本とグラファイト反射体内の27本の垂直照射孔に挿入して使う。水平照射設備は、照射する試料をカプセルに入れ、さらにこれをアルミニウムボールの中に収めたものを水平照射孔の中に入れて R・I を生産する。内側にスパイラルの切つてある内筒の中にアルミニウム製の試料の入ったボールを入れるので、内筒を回転させることによつてボールの出し入れが自由に出来る。この設備は比較的短時間照射で半減期の短い R・I をつくるのに使用される。アイソトープトレインは、炉心タンクの下を通つてアイソトープトレイン孔に挿入して、大畧または大型のものを照射するためのもので、グラファイトの台車を連結したものをチェーンで押し込んだり引き出したりする。炉室1階の床のみぞの中に設けられ、2本の孔に両側から1台ずつ計4台挿入することが出来る。R・I キャスクは垂直照射孔に挿入したトレイロッドで R・I をつくつた時、照射後相当の放射能を帯びるので、取り出すのに R・I キャスクを用いる。これは炉の

上面に敷設されたレールの上を走行し、トレイロッドを炉からホット・ケープに運搬する。そのほか制御棒や実験孔の内管など、放射能を帯びた長い垂直の部品を炉から取りだすときにも使用する。ホット・ケープは炉室の片すみにあつて、トレイロッドから製造した R・I の入つたカプセルをとり出して、移送容器に移したりするのに用いられている。10,000 Curie の Co⁶⁰ γ 線源を安全に取り扱えるように、放射線の遮蔽がおこなわれている。附属設備としてはマニプレーター、カプセル抜き取り装置、カプセルの貯蔵だなどがある。

6. ホットラボ

JRR-1~3, JPDR などの原子炉における高放射性物質を取り扱うための設備として、JRR-1 と JRR-2 の間にもうけられた施設である。このホットラボ（高放射性物質取扱研究室）は冶金化学的な研究を主とする冶金用ホットラボと化学的な研究を主とする化学用ホットラボからなつている。このホットラボは昭和34年4月に着工された冶金ケープ関係、化学ケープ、ジュニアケープの大半とセミホットセルなどの工事は昭和35年末に一応完成を見た。その後、内装機器類の装着整備がおこなわれ、昭和36年末に本格的な使用が開始出来るようになった。冶金関係の A ケープは 10,000, B と C ケープはともに 5,000, D ケープは 2,000 Curie まで使用出来るように放射線遮蔽がおこなわれている。化学関係は A, B ケープとも 10,000 Curie である。その他、ジュニアケープの 7 基はそれぞれ 3 Curie, セミホットセルの 3 基はそれぞれ 250 Curie まで使用出来る。したがつて、6 基のコンクリート・ケープと 10 基の鉛ケープを有することになる。このホット・ラボは次の事に留意して設計されたものである。冶金部門と化学部門は隔離されており、両者の間に出入口と更衣室などを設備してあり、相互の安全を考慮してある。また、Hot area と Cold area は完全に隔離してあり、ケープ室内の様子が外から監視出来るように制御室がつくられ、ここよりクレーンおよび遮蔽扉の遠隔操作が出来るようになつている。ケープ室の出入口は事故の時の大気汚染を考慮して気密扉とし、Cold area より Hot area へ、さらに Hot cave へと次第に減圧している。冶金用ケープの大きさは 2.4m×2.4m の広さの A, B, C ケープの 3 基と 4 m×2.4m の D ケープ 1 基とからなり、放射線の遮蔽は 1 m の厚さのマグネタイトコンクリートを使用している。A, B, C のケープはそれぞれ 1 組、D ケープには 2 組のマニプレーターが設備してある。それぞれのケ

ープの操作は、各ケーブルの前面に鉛ガラスを5～6枚で1組とした厚さ1mのガラス窓を通しておこなうようになっている。原子炉で照射された放射能を有する試料はキャスクに収納されて、ケーブルの裏側のローディングドックより搬入される。またケーブル間の試料や実験装置の移動はホットセルの中に設備された容量1.5tonのホイストと能力340kgのパワー・マニプレーターを使用出来る。このパワー・マニプレーターは英国G・E製の電動遠隔操作式のもので、普通の手動式マニプレーターでは動かすことが出来ない重量物に対しても能力を発揮する。以上、冶金用ホットケーブルは4個のコンクリートケーブル、ープ内で実験操作をおこなう操作室と、各種の試料や器機の搬出入や実験準備をおこなうサービスルームとからなり、その他、放射能汚染をした器機の簡単な除染室や実験者用のシャワールームがある。化学用ケーブル関係は2個のコンクリートケーブルとジュニアケーブル室セミホットセル室の3つに分かれている。コンクリートケーブルは背面と間仕切のドアが厚さ50cm、高さ約2m、重量5tonの総鋼鉄製で、大歯車装置により片側に開くようになっている。ジュニアケーブルは厚さ15cmの鉛のブロックを積んでセルとしたものが7基あつて、ケーブル全体は厚さ60cmの普通のコンクリートで遮蔽してある。1つのセルの大きさは約1m²で、前面に厚さ約30cmの鉛ガラスをとおして見ながら操作出来る。セミホットセルは、現在3基あつて、鉛10cmの厚さの遮蔽用のブロックを積んだものである。それぞれのセルの広さは、内面縦120cm、横80cmでトランスファトレー装置により放射能を有する試料の出し入れが出来るようになっている。また、冶金用ケーブル内には次のような内装器機を有している。Aケーブルには、放電切断機、Bケーブルには遠隔操作比熱測定装置、遠隔操作引張試験機、遠隔操作比重測定装置、遠隔操作ガス分析装置、遠隔操作オートクレイブ、遠隔操作シャルピー衝撃試験装置、

Cケーブルには、遠隔操作マイクロメーター、遠隔操作メトラー天秤、金属顕微鏡、遠隔操作硬度試験機、Dケーブルには、遠隔操作研磨装置、遠隔操作マウントプレス遠隔操作カノーディックエッチャ、遠隔操作電解研磨装置、遠隔操作メタログラフ装置などを有している。

7. 結 言

原子力の平和的利用は20世紀後半に人間に与えられた最大の課題の1つである。これにはエネルギーとしての原子力の開発と放射性同位元素の利用の問題がある。これらは原子力によつて初めて、我々のものとなり、将来ますます発展していくものと思われる。ここでは私がプラスチックの溶接性を改善する目的をもつて東海村の原子力研究所を利用させて戴いた機会に、我国の代表的な原子力の総合研究所の概要をとりまとめて御伝えした次第である。東海村の原子炉JRR-1, 2, 3, JPDRに次いで立大、近大と開発され、更に関西にも大阪府の熊取町に総合的な関西原子力研究所が設立されることに決つている。この意味からも原子力に直接関係のない方々の御参考にもなれば幸甚に存じます。

参考文献

- 日本原子力研究所、共同利用説明書
- 日本原子力研究所、資料 No. 1 JRR-1 の概要と安全対策
- 日本原子力研究所、研究報告 No. 3-C, No. 3-D, No. 3-E, No. 3-F, No. 3-G
- 日本原子力研究所、JRR-2 の概要
- 日本原子力研究所、JRR-3 の概要
- 日本原子力研究所、ホットラボの概要
- 杉本朝雄、原子炉工学 (1956)
- 山崎文男、放射線測定装置 (1956)
- 杉本朝雄、原子力の応用、放射性同位元素の工業への応用 (1957)
- 木村健二郎、ウランおよび原子炉材料ならびに放射化学 (1956)