

27. 原 子 力

ATOMIC ENERGY

昭和32年はわが国初めての原子の火がともつた記念すべき年である。日立製作所では JRR-1 ウォータボイラ型実験炉の据付組立配管を行い、特に完成真近かに際しての困難な配管変更工事も美事な成果を収め、日立技術の名声を内外にはせ、賞讃のまとなつた。

また国産1号炉の原子炉本体の設計を担当し、日本原子力研究所と十数回にわたる設計の打合せを行い、国産化の自信をいよいよ深め、33年度より製作に当ることになつている。これに先だち国産1号炉の核特性を確かめる指数実験装置も完成して基礎実験を開始し、一方国産1号炉に使用する燃料部分の模擬実験装置や、実物大の炉心タンクの製作も開始された。

なおJRR-2 CP-5型実験炉、JRR-3国産1号炉、また指数実験炉などに必要な重水を製造する装置も、31年度の交換反応塔に引続き、32年度には、水精溜装置、10段の交換反応塔、減容電解槽などの設備を完成し、昭和電工株式会社に納入、好調な試運転を続けて、重水製造の工業化第一歩を踏み出した。

一方計測制御の部門でもあらたに新しい機器の開発研究が行われ、特に原子炉実時間シミュレータが完成し、原子炉本体の動特性や付属機器の動特性を解析するものとして、機器の試験、運転要員の訓練のために使用され始めた。また日立製作所中央研究所には、コッククロフト型高圧発生装置が設置せられ、強力な人工中性子源が持たれ、原子炉材料などの中性子に対する断面積測定、減速材、遮蔽材などの拡散常数の測定などの広範な目的に、運転使用されはじめた。最高300 kVの加速用高電圧を発生し、ターゲットに三重水素を用いるときは、加速電圧約150 kV、イオン電流約10 μ Aで、 4×10^8 n/sの中性子収量を得ている。

さらに中央研究所にては、原子炉制御盤として実用規模の制御盤の試作を完了した。これは原子炉およびその周辺における放射線計測すなわち、原子炉を正常に起動運転するための制御用計測、付属機器、配管部における放射能汚染監視や、操作員の健康管

理のための放射線モニタ、その他炉の燃料破損検出用の計測など一切を制御するような設備で中央制御室に置かれる装置である。

このほか、1.5 MeVのファンデグラフ型電子加速装置も製作せられ、主として有機材料に対する応用研究を行つており、また東京大学原子核研究所には、同位元素電磁分離装置が製作納入せられ運転を開始した。この装置はわが国はもちろん、世界でも最大級のもので、その運転成果は広くわが国の物理学研究者に利用せられるはずである。

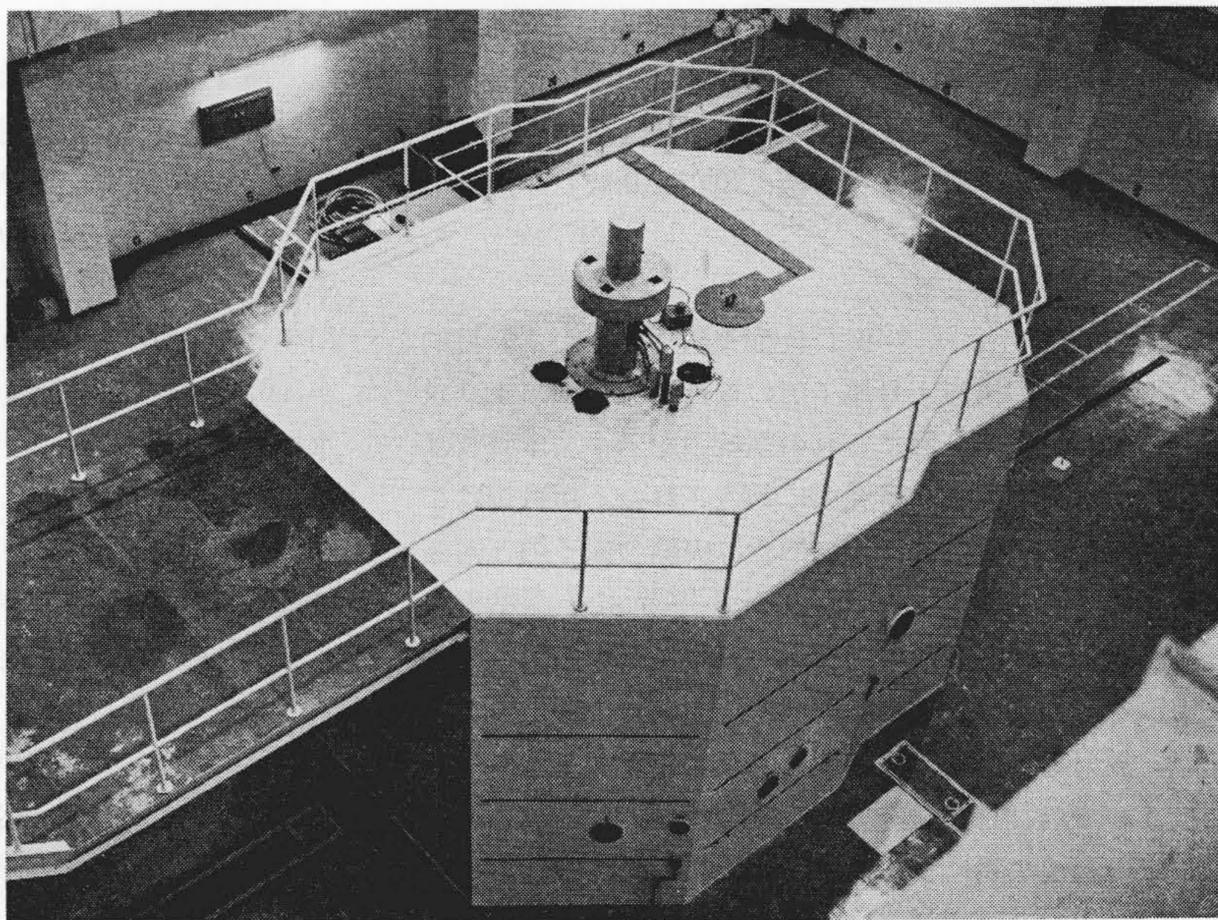
このように32年度は、原子力工業にとって、いままでの研究調査の域を脱して、いよいよ各部門にわたり、実質的に大きく動き出した年になつた感が深い。もちろん世界の動きにとり残されぬためには、いや急速に世界的な水準にまで到達するためには、あまりにもなすべきことが多いようであるが、この記念すべき年の実績を基にして、つぎつぎと確実な礎石を私共は築きあげて行くことであらう。

27.0.1 原 子 炉

(1) ウォータボイラ型原子炉

熱出力50kWのウォータボイラ型実験炉(JRR-1)が32年8月茨城県東海村日本原子力研究所で動きはじめた。

日立製作所はこの米国ノースアメリカン社より輸入



第1図 完成した JRR-1 ウォータボイラ型実験炉

された原子炉部品の据付，組立，配管工事を日本原子力研究所研究員および米人技師の指導のもとに施工した。この作業の中には今までの常識をはるかに越えた据付精度を必要としたり，米国側の厳重な熔接試験検査に完全合格を要したり幾多の困難に直面したが，いずれも克服して美事な成果をおさめた。

第1図は完成したウォータボイラ型実験炉を示す。

JRR-1の付属機器や設備のうち，日立製作所が製作納入したのものには次のようなものがある。

(a) サブパイルルームライニング

燃料タンク，熱交換器，配管，弁類を格納する鋼製気密室

(b) ウォータシャッタ

コンクリートの代りに水で遮蔽するシャッタ

(c) 放射性同位元素貯蔵設備

JRR-1で生産される放射性同位元素を処理貯蔵する設備一切

(2) 東京電力原子力発電協同研究会

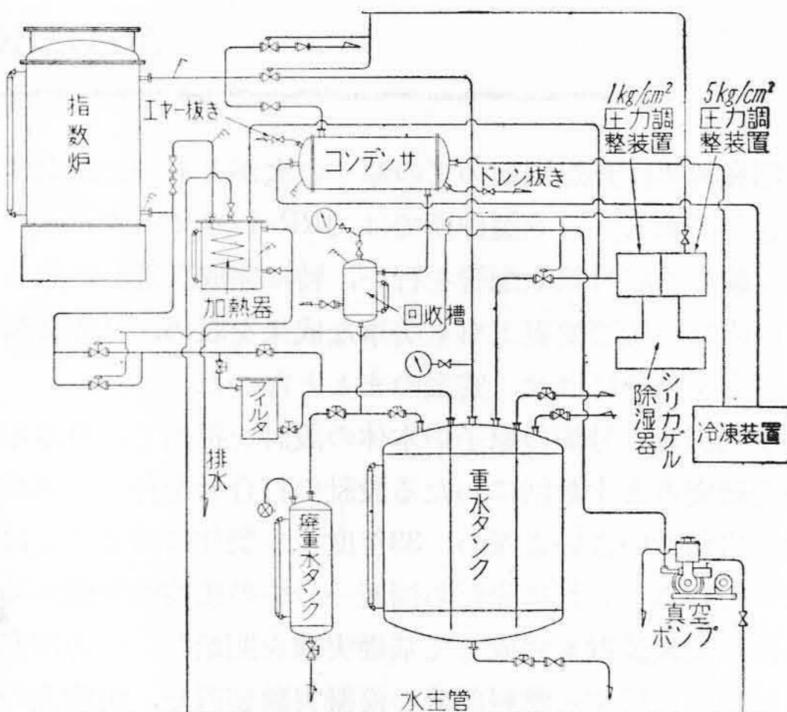
東京電力株式会社と日立製作所はきたるべき動力炉建設に対処するため，昭和31年東電原子力発電協同研究会(TAP)を設け，第1期研究として電気出力10,000kWの沸騰水型原子力発電所を計画設計し，32年1月その研究結果をまとめて発表した。引続き第2期研究として135,000kW加圧水型原子力発電所の計画設計を進め32年10月この結果を発表した。

(3) 国産1号原子炉の設計

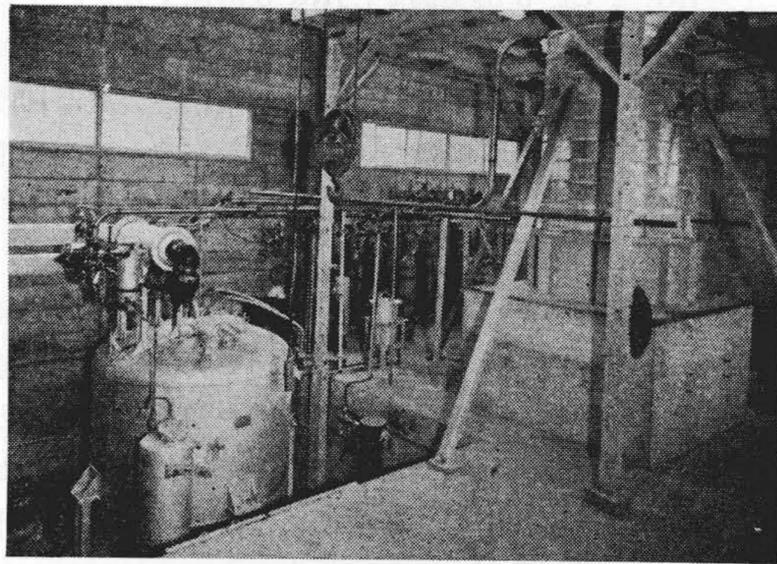
日本原子力研究所で計画を進めている熱出力10,000kWの国産1号原子炉(JRR-3)は，32年5月その計画仕様が完了すると同時に，国内主要メーカーに設計の分割依頼が行われた。日立製作所はその内原子炉本体，燃料取扱設備および重水冷却系統を分担することになり，33年3月完了を目標に現在鋭意設計を推進している。

(4) 指数実験装置

本装置はウォータボイラ型実験炉建設の主要目的の一つである国産1号原子炉の核持性を実験により求める装置で，第2図にこれの系統図を示す。本装置は32年9月日本原子力研究所に納入された。指数炉はこの装置中の主要機器で，この中に実際の原子炉と同様に天然ウランと重水をいれ，ウォータボイラ型実験炉の上におき，この炉で発生した中性子を照射させて実験を行う一種の零出力の原子炉である。零出力とはいえ放射線実験を行う装置であり，貴重な重水を取り扱うので，放射線防護に対する手段はもちろんのこと，重水の漏洩や錆による汚染を防ぐために，指数炉はアルミ，そのほかの機器，配管は不銹鋼の熔接構造とし，弁，液面計も特殊な設計として細心の注意を払つ



第2図 指数実験装置系統図



第3図 組立完了せる指数実験装置

ている。

第3図に据付完了した指数実験装置を示す。

27.0.2 重水製造装置

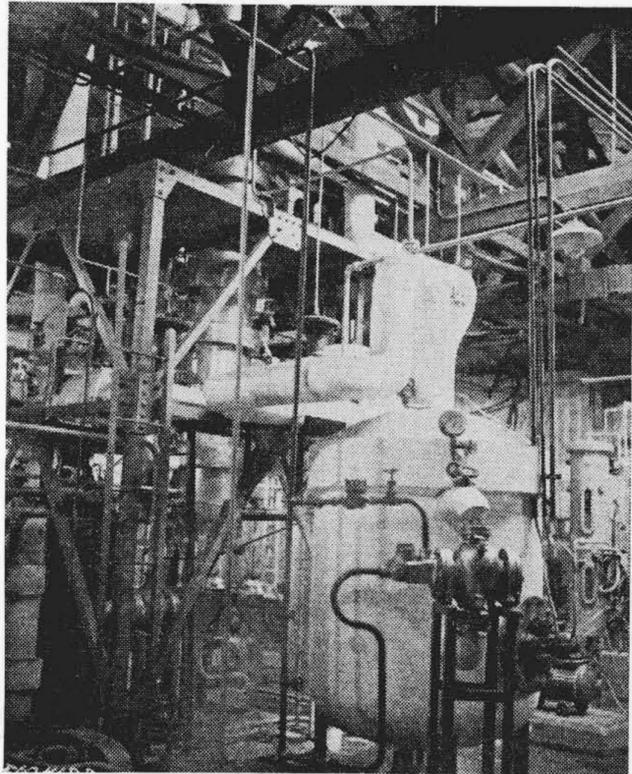
重水は到るところ均等に分布されているにもかかわらず，これを工業的に生産している国は少ない。これは原子力という新しい分野への利用が起るまでは，大量に使用するという工業的要求がなかつたということにもよるが，0.015%重水を含む原水から，高濃度(99.7%)の重水を経済的に製造するには，高度の技術と資本とを必要とするからである。

平和産業よりの需要はもちろんのこと，未知の世界への重水の用途は，今後の大きな課題となろう。各国ともまだ新しい製造研究の途上にあるため現状把握が困難である。

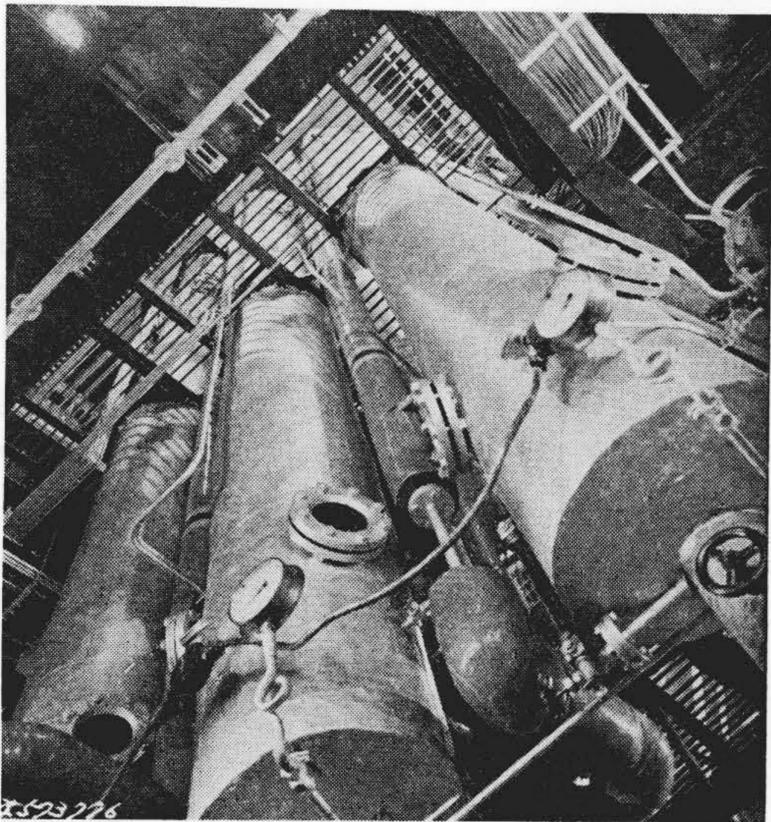
わが国においては最大の水電解槽を有する昭和電工株式会社がこれが設備を活用して重水製造の計画を建て日立製作所とともに協同研究を重ねている。

その装置の概要は，

(1) 第一次濃縮装置



第4図 交換反応装置

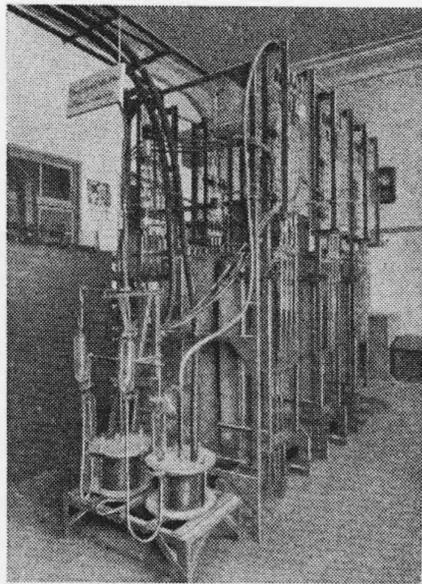


第5図 水精溜装置

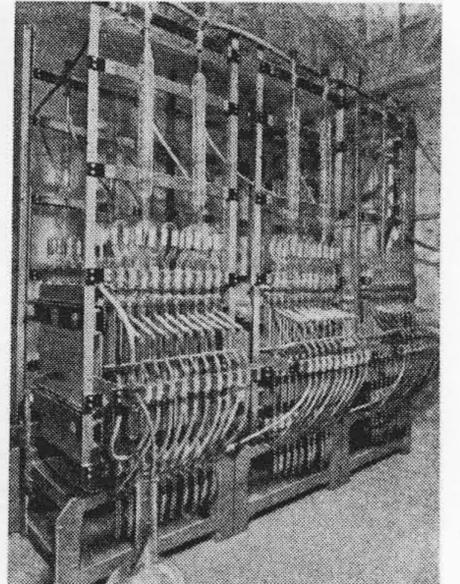
純水より 2~3% 重水まで濃縮する低濃度濃縮装置で水電解槽より発生する水素中に含まれる重水素を触媒の存在下に水蒸気と交換反応を起させ、重水として回収濃縮させる。本装置の心臓部をなすものは交換反応塔でステンレス製、飽和部、過熱部、触媒部が1組となり10段重ねて反応塔を構成している。第4図は本装置の全景を示す。

(2) 水精溜装置

中濃度濃縮装置で、第一次濃縮装置で生成された原液を数十パーセントまで精溜により濃縮する。精溜塔はマクマホンパッキングを充填した充填塔で、充填高さ延べ 60m にも及ぶものである。また自己蒸気圧縮



第6図 恒容30段電解槽



第7図 隔膜付減容電解槽

機により熱経済を計っている。第5図は水精溜装置の一部を示す。

(3) 減容電解装置

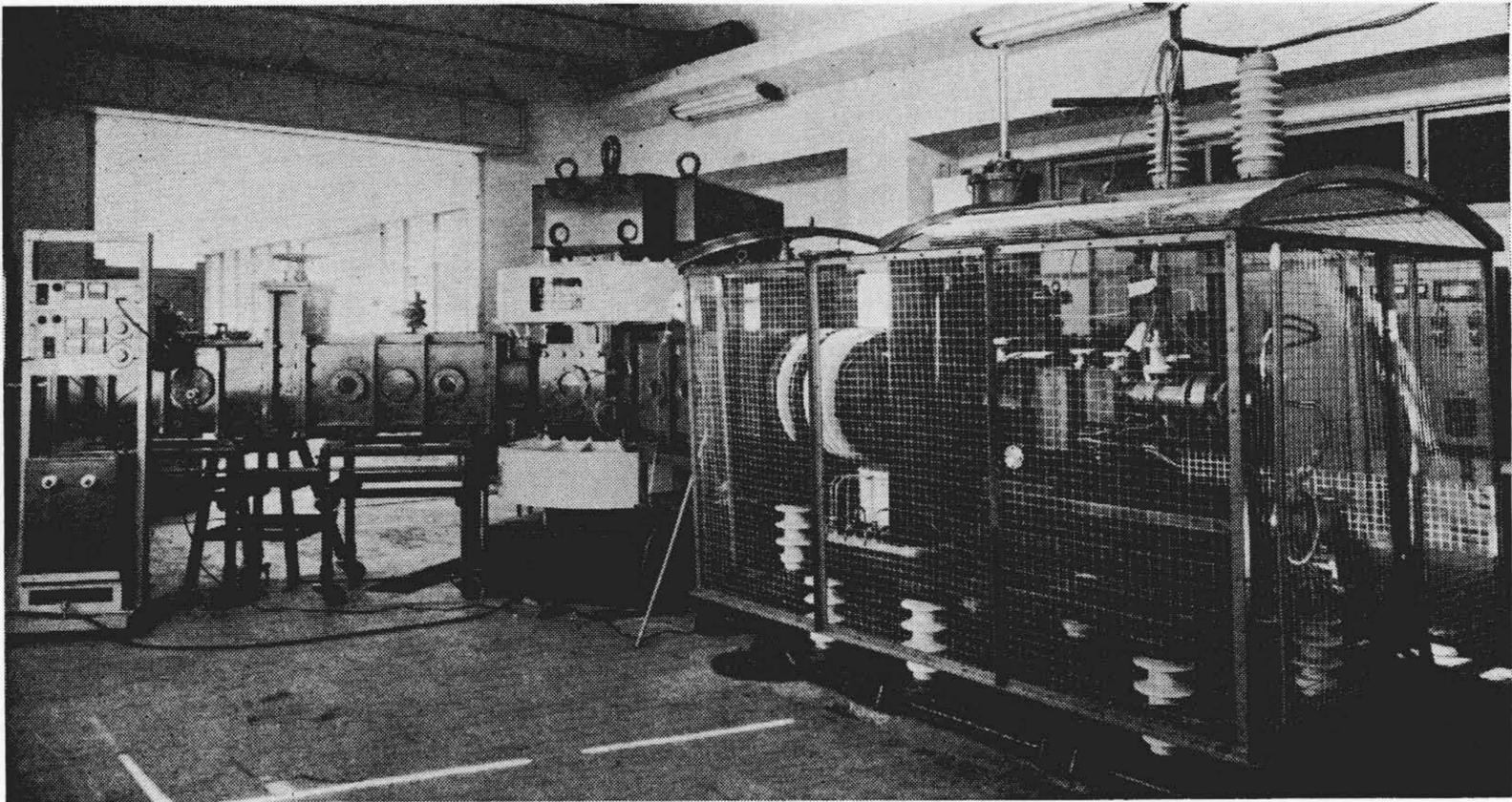
重水製造用としては重水素収率の良いことが必要で、その目的には減容電解槽が適している。しかしこれは回分操作で大量の水を処理するに適せず、また従来のものは隔膜がなく、発生ガス中の重水素を回収するための燃焼操作が煩雑である。この2点を改良するため、新形式の隔膜付恒容多段電解槽を試作し、重水素歩留および発生ガスの純度の面から、実用に適することを確認した。また少量の高濃度重水を処理する場合を考慮して、隔膜付減容電解槽を試作し、これも好結果を収めた。

27.0.3 同位元素電磁分離装置

31年度に納入した京都大学納同位元素電磁分離装置は、非常に好成績で、コレクタ電流は 10 mA に達している。今回さらに一段と大型の東京大学原子核研究所納同位元素電磁分離装置が完成し、運転に入った。

本装置の概要は集束方式としては偏向角60度の扇形磁場を持つた直角入射型で、イオン軌道半径は 90 cm である。

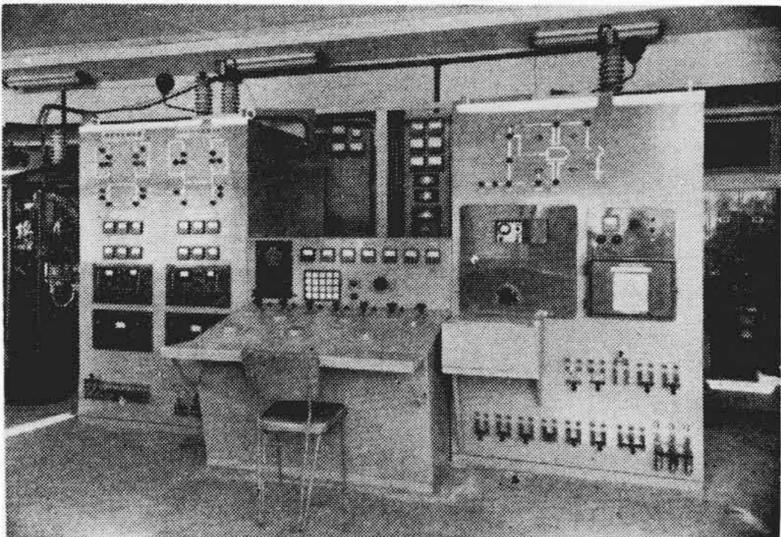
偏向用電磁石は全重量19 t で、磁極は五角形をなしその間隙は 12 cm である。電磁石ヨークの構成はC型で低炭素鋼を使用し、コイルは水冷式であり、発生しうる磁場は 5,700 ガウスである。電磁石間隙は非磁性不銹鋼の側板により偏向室真空槽を構成するが、その真空締結法としては立体的ゴムパッキン方式を採用している。そのほかの真空槽はすべて移動可搬式であり、運転による内部の汚れを除去するため容易に分解可能なるように特に考慮してある。イオン源は機能上最も重要な部分であるが、従来の研究結果に基づき、イオン化効率がきわめて高く安定であるとともに、外部より容易に調整可能な構造のものとなつている。



第8図 東大核研納同位元素電磁分離装置

安定な運転を行うには高度の真空が維持されねばならぬが、本装置の排気系としては、22 in 系、10 in 系各1組の排気装置を備え、約 10^{-6} mmHg の真空度を得ることができる。電磁石励磁電源は20kW 直流発電機で、チョッパ型増幅器を利用した電子管型電流安定装置により出力電流安定度は1/5,000 以下となっている。

イオン源より放出されるイオンを加速する電源としては50 kV、250 mA セレン整流器を使用し、その出力電圧は電子管制御により安定度1/2,500 以下である。加速用としては集束能率を高めるため、さらに中間電極を設け、 -20 kV を印加している。以上の高压電源機器は一括してキュービクル内に取りまとめ、保守上の安全を期しているが、その前方にはキュービクル型制御機を配し(第9図)、低圧電源制御装置ならびに測定装置をまとめて、運転、監視に便ならしめている。内部放電短絡、真空度低下、過熱、断水など運転中発生するおそれのある事故に対しては、すべて自動停止または警報など万全の



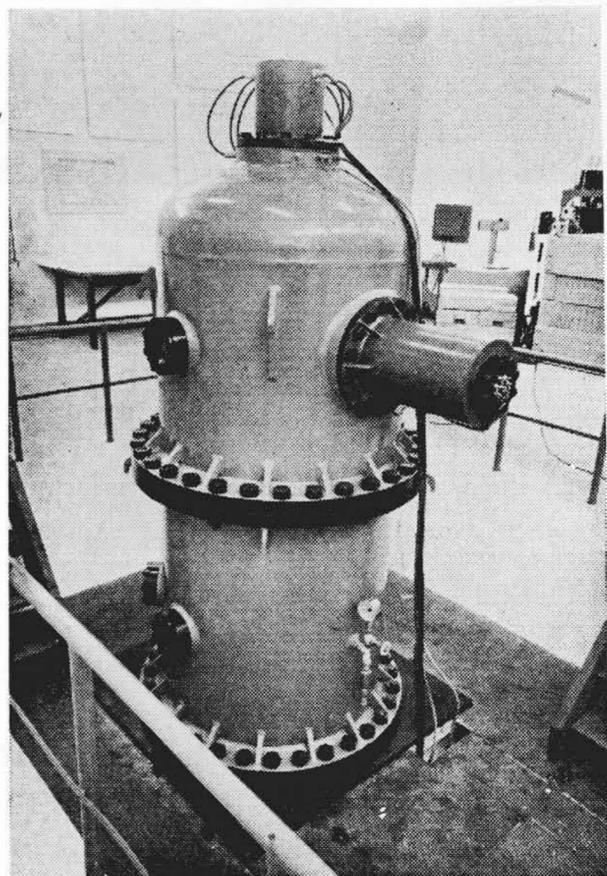
第9図 東大核研納同位元素分離装置用制御盤

保護対策が行われている。

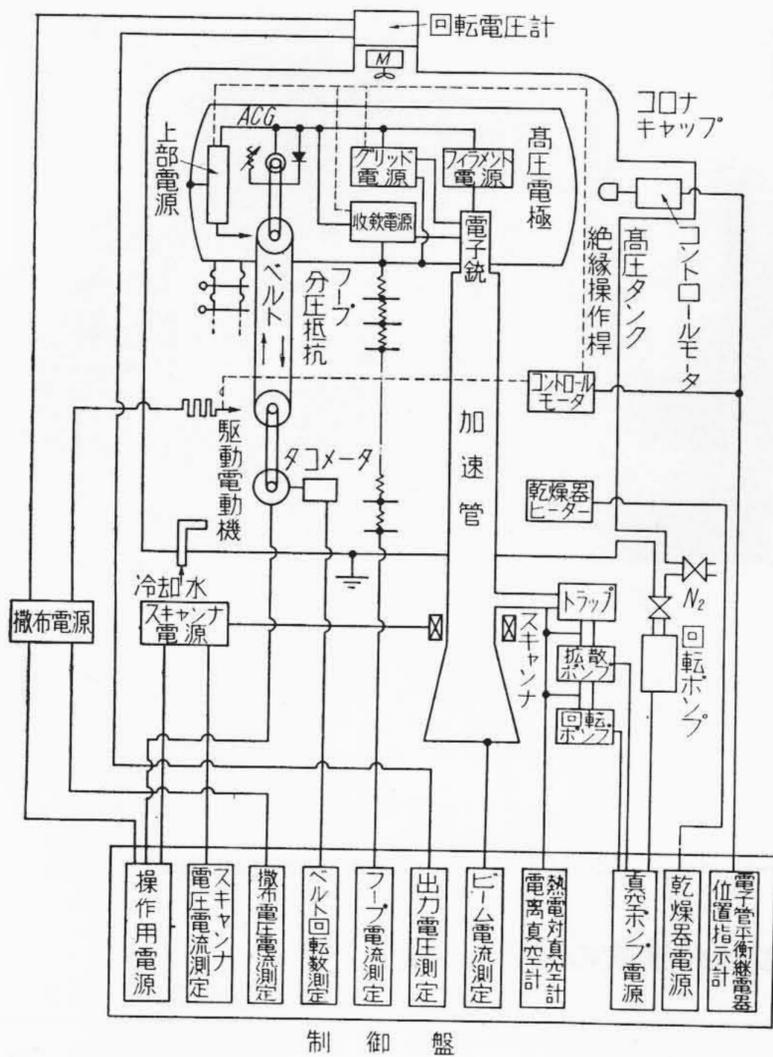
27.0.4 1.5 MeV ファンデグラフ型電子加速装置

粒子加速装置には多くの型式があり、従来主として核物理関係の研究用に使用されていたが、最近放射線の高分子化学工業、X線工業への応用研究が進むにつれ、工業的な利用が急速に実用化しつつある。

このような応用に対しては、必要な電圧、電流の程度からファンデグラフ型が最も適当している。第10図は電子線照射用の1.5 MeV の外観で主要仕様は、型式屋内堅型ベルト起電機式、封入ガス窒素 15 kg/cm²、加速電



第10図 1.5 MeV ファンデグラフ型電子加速装置外観

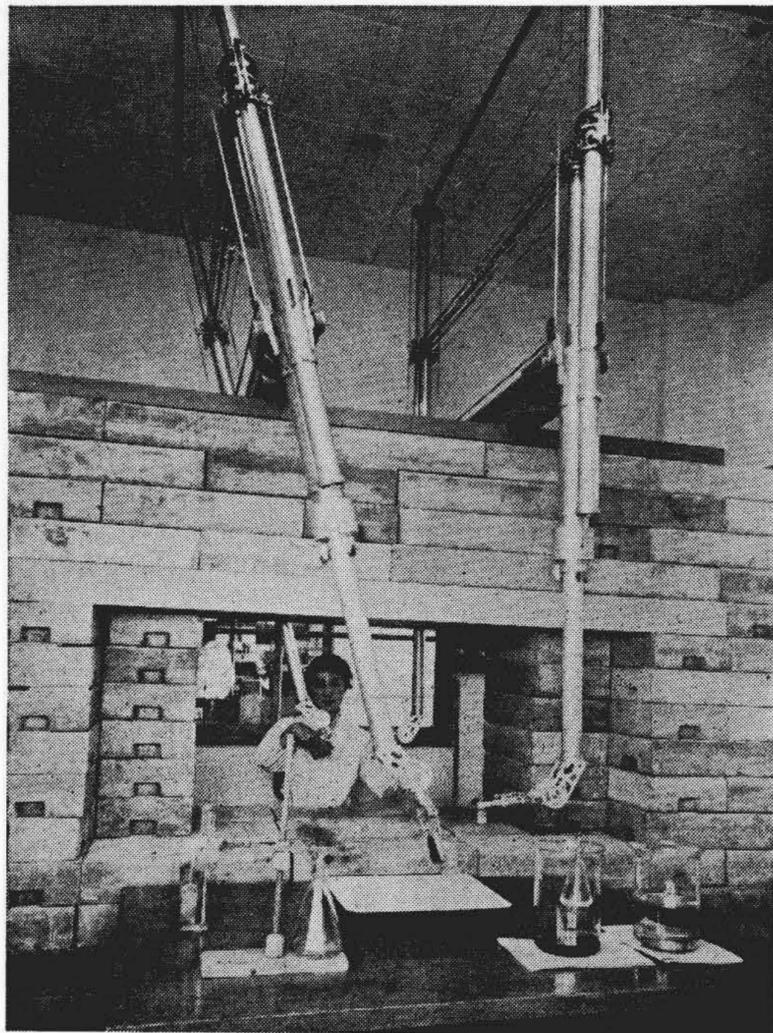


第11図 ファンデグラフ型電子加速装置
ブロック線図



第12図 ファンデグラフ加速器用制御盤

圧1.5 MV (±3%), 加速電流50 μA (±1%), 電子線走査幅, 周期30 cm, 300~である。本器の製作に当つて, 高電圧絶縁物には一切有機物の使用をさけ, 絶縁劣化のおそれをなくして信頼度を高めている。加速管および支持碍子は分割積上式とし, 分圧抵抗器によつて, 電圧分布を均等にし, さらに加速電極などの要所には適当なサージ防止装置を設けるなど十分安全かつ安定な運転ができるように考慮されている。起電機本体はすべて操作室から遠隔操作でき, また電子銃フィラメントの交換容易な構造とするなど, 保守が最も容易なように製作されている。第11図は本器のブロック線図で第12図はその制御機を示す。



第13図 日立製作所中央研究所にて展示中の
H-4型マスター・スレーブ・マニピュレータ

27.0.5 マスター・スレーブ・マニピュレータ

放射性アイソトープの応用が盛んになるにつれて, マニピュレータの要望も漸次高まりつつあるが, かねてから鋭意試作研究を進めていた H-4 型マスター・スレーブ・マニピュレータの製品化を行い, 斯界の要望にこたえられる体制を整えた。

本機は, 遮蔽室外でのマスター側ハンドルの操作が, 遮蔽室内のスレーブ側ハンドルに忠実に再現されるようになっており, 操作者が遮蔽窓を通して室内を見ながらマスター側ハンドルを操作して, 放射性アイソトープを安全確実に取扱うことができるようにしたものである。

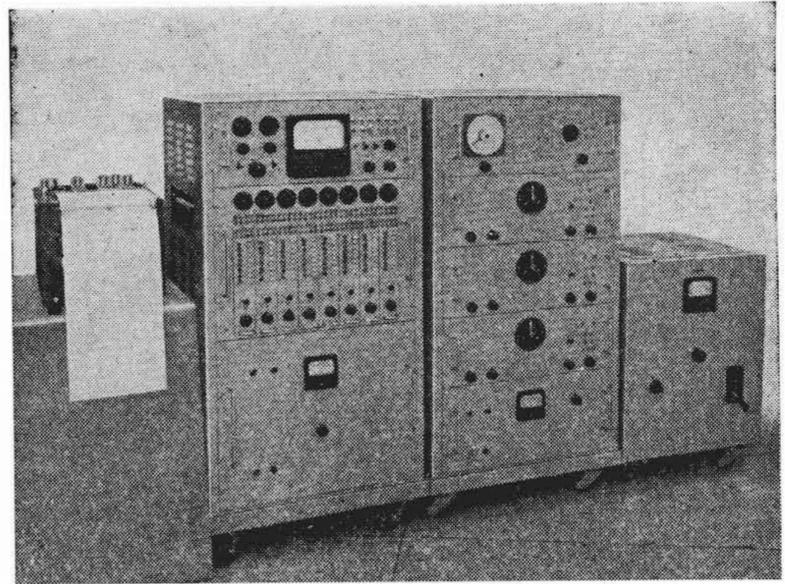
ハンドルは上下・左右・前後の直線運動と, それぞれの運動軸のまわりの回転運動(腕回転・手首振り・手首振り)と掴み運動の七つの独立した運動の自由度を有しており, 手で直接に操作するのとほとんど変わらない。

取扱荷重能力は 5 kg で各部はこれに耐えうるだけの十分な強度を有しているが, 一方こわれやすいビーカーや試験管をつかんだり, マッチをするというような繊細な操作も要求される。このような場合には必要以上の力でつかんで器物を破壊することのないよう, スレーブ側の感覚がマスター側に敏感に返つてくること, 細かい刻み運動を行うとき動かし始めおよび止り際が軽快であることが最も重要であり, このために各回転部には精密なボールベアリングを使用して摩擦を少くし, また全面的にア

ルミニウム合金を使用して重量を軽減し慣性力の軽減を計った。本機は32年5月、日米原子力産業会議に集った諸外国の要人を招いて日立製作所中央研究所で開催された原子力関係の展示会に出品し多大の反響をよんだ。

27.0.6 原子炉実時間シミュレータ完成

原子炉本体の動特性や、付属機器の動特性を解析するのに、汎用アナログ計算機が使用されていることはいうまでもないが、機器の試験、運転要員の訓練、学生の実験などには、実時間動作の、すなわち低速度型計算機が最も適当である。本機はさらに移動型として、現場、教室、設計室間に共通して使用しうることを考えており、主な構成要素は下記のとおりである。



第14図 原子炉実時間シミュレータ

- (イ) 原子炉動特性模擬部
- (ロ) 線型演算部、加算器 4、加算積分器 8
- (ハ) サーボ掛算器 2 (これをサーボ掛算機 1、特殊非線型 1 にすることもできる)

- (ニ) 電源スタビライザ、電源部、ペン書きオシロなど。

昭和32年度における日立製作所の社外講演の成果 (件数)

(昭和31年11月～昭和32年10月)

		31/11	12	32/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計
事業所別内訳	日立工場	5	2	9	4	5	1	2	2	1		3	2	36
	国分工場		3			3							4	10
	笠戸工場		1		1		2	1	3					8
	亀有工場	1	8	1	1	5		7	2	3		1	7	36
	川崎工場	2	1	2	2			2	1		1	1	3	15
	多賀工場			2	2	1	1.5	1	1	3	3		3	17.5
	亀戸工場	3		2	5	5	3		1	2	1		5	27
	栃木工場					1								1
	戸塚工場	5	1	1	2	3	1	1	2	8	5	1	5	35
	茂原工場	2		1		1					1			5
	日立絶縁物工場			4							1		6	11
	中央研究所	19	8	15	7	9	12.5	10	4	24	13	6	6	133.5
日立研究所	12	3		1	2	3		1	1	16	4	2	45	
大阪営業所													1	
札幌営業所					1								1	
本社	2	2	2	1	2	3	3	4	2	5	1	4	31	
合計		51	29	39	26	38	27	27	21	44	46	17	48	413
部門別内訳	電機関係	19	5	3	5	12	5	6	3	3	15	5	15	96
	車輛関係		1		1		2	1	3	1				9
	機械関係	3	8	2	4	8	2	4		1	2	2	11	47
	商品関係	3		1	1	3			1	2	5		3	19
	通信及電子管関係	6		1		3	2	1		4	8		2	27
	化学製品関係		3	1	1		1			1	2	1	6	16
	研究関係	18	12	28	13	9	15	12	10	30	14	9	8	178
経営管理関係	2		3	1	3		3	4	2			3	21	
合計		51	29	39	26	38	27	27	21	44	46	17	48	413
講演先内訳	学会	28	19	27	5	8	10	8	8	25	35	4	15	192
	協会の他	3	1	10	1	22	13	10	5	13	4	10	27	119
	その他	20	9	2	20	8	4	9	8	6	7	3	6	102
	合計	51	29	39	26	38	27	27	21	44	46	17	48	413