

JAERI-Tech

94-030



群分離法の開発：NUCEF内に建設した
群分離試験施設

1994年11月

山口五十夫・龍ヶ江良三・森田泰治・近藤康雄・白橋浩一
山岸 功・藤原 武・藤本啓一*・谷津 修・藤田民義
黒羽根史朗・青山三郎・久保田益充

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の問合せは、日本原子力研究所技術情報部情報資料課（〒319-11 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-11 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Information Division, Department of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokaimura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-11, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1994

編集兼発行 日本原子力研究所
印 刷 H立高速印刷株式会社

群分離法の開発：NUCEF 内に建設した群分離試験施設

日本原子力研究所東海研究所燃料研究部

山口五十夫・龍ヶ江良三・森田 泰治・近藤 康雄

白橋 浩一・山岸 功・藤原 武・藤本 啓一*

谷津 修⁺・藤田 民義⁺・黒羽根史朗⁺・青山 三郎⁺

久保田益充

(1994年10月20日受理)

群分離処理法の開発研究を行うため、年間 1.85×10^{14} Bq の高レベル廃液を取り扱うことのできる研究施設を燃料サイクル安全工学研究施設-NUCEF(Nuclear Fuel Cycle Safety Engineering Research Facility) - に完成した。

高レベル廃液を取り扱う研究施設（プロセスセル）は遮へい：重コンクリート 1050mm, ライニング：ステンレス鋼板 4mm を施し、 α 放射体を含む放射性溶液の化学処理に適した気密構造の α - γ 型セルである。セル周辺には操作室、試薬供給室、トランスマッタ室及びセル内作業を支援するアイソレーションルームを、また、地下室には廃液貯槽を設置した。

プロセスセル内には群分離試験装置を設置した。同装置は脱硝・濃縮装置、シュウ酸塩沈殿ろ過装置、ろ過器、ミニミキサセトラ、イオン交換カラム、カラム乾燥器、一時貯留タンク（10基）、液送用ポンプ等から構成されており、ミニミキサセトラを除いてほとんどがステンレス鋼製である。弁は原則的に手動遠隔操作弁としたが、マニプレータの届かない場所の弁は空気作動式遠隔操作弁とした。主要機器の使用目的変更又は故障等による交換作業を考慮し、脱硝・濃縮装置、シュウ酸塩沈殿ろ過装置、ミニミキサセトラ及びポンプ類は遠隔着脱コネクタを用い遠隔交換を可能とした。また、狭いセル内で群分離の全工程を試験しなければならないので、遠隔着脱コネクタを用い配管ルートを自由に選定することにより、セル内に設置した装置（脱硝・濃縮装置、ポンプ等）は多目的に繰り返し使用できるようにした。

これらの群分離試験施設により、高レベル廃液中に含まれる元素を超ウラン元素群、Tc-白金族元素群、Sr-Cs 群及びその他の元素群の 4 群に分離する群分離プロセスについて試験する。

東海研究所：〒319-11 茨城県那珂郡東海村白方字白根 2-4

* NUCEF 試験室

* 石川島播磨重工業株式会社

Development of Partitioning Method :
Partitioning Test Facility Constructed in NUCEF

Isoo YAMAGUCHI, Ryozo TATSUGAE, Yasuji MORITA, Yasuo KONDO
Koichi SHIRAHASHI, Isao YAMAGISHI, Takeshi FUJIWARA, Keiichi FUJIMOTO*
Osamu YATSU†, Tamayoshi FUJITA†, Shiro KUROBANE†, Saburo AOYAMA†
and Masumitsu KUBOTA

Department of Chemistry and Fuel Research
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received October 20, 1994)

A partitioning test facility has been completed in NUCEF(Nuclear Fuel Cycle Safety Engineering Research Facility), in which about 1.85×10^{14} Bq/year of high-level liquid waste can be treated for the R&D of partitioning process.

An air-tight α - γ cell(process cell) was constructed, in order to treat the high-level liquid waste containing α -emitters. The process cell was shielded with 1050mm-thickness heavy concrete and 4mm-thickness stainless steel lining. An operation room, a reagent providing room, a transmitter room and an isolation room were stationed around the process cell. Waste storage tanks were equipped under the process cell.

A partitioning test apparatus for the R&D of partitioning process was placed inside the process cell. The partitioning test apparatus consists of a denitration-concentration vessel, an oxalate precipitation, filtration and dissolution vessel, a filter case, mixer-settlers, inorganic ion-exchanger columns, a dryer for columns, 10 interim storage tanks and pumps for liquid transportation. These equipments were made of stainless steel except the mixer-settlers. Most of valves are manually operated valves, but some are remote

+ Department of NUCEF Project

* Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

control pneumatic valves since they are placed in the position where the manipulator is unable to have direct access. The major equipments, such as the denitration-concentration vessel, the oxalate precipitation, filtration and dissolution vessel, the mixer-settlers and the pumps, can be replaced to new ones by detaching and attaching one-touch connectors installed in pipelines. Because of the space limitation in the process cell, most of the equipments, denitration-concentration vessel, pumps and others were designed so as to be able to use in multipurpose.

In this facility the partitioning process should be demonstrated for separating elements in high level waste into four groups; transuranium elements, Tc-platinum group elements, Sr-Cs and others.

Keywords : High-level Liquid Waste, Partitioning, Cell, Equipment, Extraction, Filtration, Ion-exchange, Sr-90, Cs-137, Transuranium Elements

目 次

1. 序論	1
2. 群分離試験装置	2
2.1 設計条件	2
2.1.1 取扱試料	2
2.1.2 群分離工程	2
2.2 プロセスセル内装置	3
2.2.1 一時貯留槽	3
2.2.2 エアチャンバ	4
2.2.3 脱硝・濃縮沈殿槽	4
2.2.4 ろ過装置	5
2.2.5 沈殿ろ過溶解槽	5
2.2.6 抽出装置	5
2.2.7 酸濃度調整装置	6
2.2.8 無機イオン交換体カラム装置	6
2.2.9 乾燥器	7
2.2.10 真空ポンプ及び液送用ポンプ	7
2.2.11 遠隔着脱コネクタ	7
3. 群分離試験装置の検査	9
3.1 工場検査	9
3.1.1 貯槽類検査	9
3.1.2 機器類検査	9
3.1.3 組立検査	9
3.2 完成検査	9
3.2.1 現地組立検査	9
3.2.2 遠隔操作性検査	9
3.2.3 単体作動検査	9
3.2.4 総合運転検査	10
4. 設備の構成と機能	12
4.1 研究施設の概要	12
4.2 プロセスセルの概要	14
5. 結言	17
謝辞	17
引用文献	18

Contents

1. Introduction	1
2. Partitioning Test Apparatus	2
2.1 Design Principles	2
2.1.1 Samples to be Treated	2
2.1.2 Flow Scheme of Partitioning Process	2
2.2 Apparatus in the Process Cell	3
2.2.1 Interim Storage Tanks	3
2.2.2 Air-chamber	4
2.2.3 Dinitration-concentration Vessel	4
2.2.4 Filter Case	5
2.2.5 Precipitation, Filtration and Dissolution Vessel	5
2.2.6 Extractor	5
2.2.7 Apparatus for Acidity Adjustment	6
2.2.8 Inorganic Ion-exchanger Columns	6
2.2.9 Drying Equipment	7
2.2.10 Vacuum Pump and Liquid Feed Pump	7
2.2.11 Remote One-touch Connector	7
3. Inspection of the Partitioning Test Apparatus	9
3.1 Inspection in the Factory	9
3.1.1 Inspection of Vessels	9
3.1.2 Inspection of Apparatus	9
3.1.3 Inspection after Set-up	9
3.2 Inspection after Installation	9
3.2.1 On-site Set-up Inspection	9
3.2.2 Inspection of Remote Handling	9
3.2.3 Inspection of Individual Operation	9
3.2.4 Inspection of Synthetic Operation	10
4. Composition and Function of Facility	12
4.1 Outline of the Research Facility	12
4.2 Outline of the Process Cell	14
5. Conclusion	17
Acknowledgment.....	17
References	18

1. 序論

使用済み核燃料の再処理により発生する高レベル廃液中に含まれる放射性核種を、半減期や放射能毒性に応じて分離し、より安全な形で処分する、さらには資源として貴重な元素を有効に利用することを目的に、群分離プロセスの開発を進めてきた。1973年頃から1984年までは高レベル廃液中の元素を超ウラン元素群、Sr-Cs群、その他の元素群の3群に分離するプロセス¹⁾を開発し、実廃液試験^{2, 3, 4)}によりその有効性を実証した。1985年以降はネプツニウム及びテクネチウムの分離をも重点とした4群群分離プロセス（3群+Tc-白金族元素群）を開発しており、これまで主に模擬高レベル廃液を用いた試験を通して分離プロセスを構築してきた⁵⁾。このプロセスの有効性を実際の高レベル廃液を用いて確認するとともにプロセスの最適化を計ることを目的として、燃料サイクル安全工学研究施設（以下NUCEFと記す）に群分離試験装置を設置することとした。本目的を達成するため1986年に建家及び装置の設計を開始し、以来1992年には建家及びセルの完成、1994年には装置の組立を完了した。本報告書はNUCEF内に完成した群分離試験施設の概要についてまとめたものである。

本施設は同じNUCEF内の再処理プロセス試験設備において発生する高レベル廃液及び実際の再処理試験施設で発生する高レベル廃液を用いた群分離プロセスの試験ができるよう設計、製作した。施設は3群群分離プロセスについての実廃液試験の結果を踏まえ、操作性及び安全性等を配慮し、1バッチ当たり2Lの高レベル廃液の処理ができる規模とした。高レベル廃液2Lには約 5.55×10^{13} Bqの放射能が含まれ、 α 放射体である超ウラン元素が約 1.4×10^{11} Bq、許容濃度の低い β 核種⁹⁰Sr-⁹⁰Yが約 1.7×10^{13} Bq含まれているので、群分離試験装置を設置するプロセスセルについては $\alpha-\beta$ 放射性核種の漏洩を防止するためステンレス鋼板4mmのライニングを施し、また、¹³⁷Cs等の $\beta-\gamma$ 放射性核種の放射線を遮へいするため重コンクリート1050mmの遮へいを設けた。セル内に設置した群分離試験装置についてはあらかじめ定められた群分離フローシートに従い、機器の選定や設計を行なった。また、群分離プロセスの全工程が試験できるようマニプレータの操作性との関連で配置などを工夫した。さらに、セル内は極めて狭いため、遠隔着脱コネクタを用い、配管ルートを自由に選定することにより、セル内に設置した一部の装置は多目的に繰り返し使用できるようにした。また、主要機器の使用目的変更又は故障等による交換作業を考慮し、脱硝・濃縮装置、シュウ酸塩沈殿ろ過装置、ミニミキサセトラ及びポンプ類は遠隔着脱コネクタを用いることにより遠隔交換を可能とした。

更に各装置の小型化に努め、かつプラント規模まで拡大できる様な方法及び機種を選定した。

2. 群分離試験装置

2. 1 設計条件

2. 1. 1 取扱試料

(1) 高レベル廃液条件

取扱量

最大 $1.85 \times 10^{14} \text{Bq}$ (5,000Ci)/年

$5.55 \times 10^{13} \text{Bq}$ (1,500Ci)/実験 : 2~20L/実験

種類

炉型 LWR : 燃焼度 最大28,000MWd/tU : 比出力 35MW/tU : U濃縮度 4%

冷却期間 炉取出後5.5年（再処理後5年）

再処理での回収率

希ガス 100% : トリチウム 96% : ヨウ素 99.5% : U, Pu 99.5%

その他 0%

受取方法

液体輸送容器（サンドリヨン）により搬入する。

(2) 再処理プロセス試験設備廃液条件

取扱量

最大 2L/実験 : $1.85 \times 10^{14} \text{Bq}$ (5,000Ci)/年

種類

炉型 LWR : 燃焼度 最大45,000MWd/tU : 比出力 35MW/tU

初期濃縮度 4.5% (U) : 冷却期間 炉取出後1年

再処理での回収率

再処理プロセス試験設備での回収率による。

受取方法

配管移送による。

2. 1. 2 群分離工程

高レベル廃液の組成を第2-1表に示す。5年経過後の放射能の大部分は⁹⁰Srと¹³⁷Csである。また金属元素の量についてみると希土類元素の量が最も多く、0.12mol/Lである。

著者等の提案する群分離法においては第2-1図に示す群分離フローシートにより、超ウラン元素群をD I D P Aによる抽出法あるいはショウ酸塩沈殿法で、Tc-白金族元素群及びSr-Cs群をイオン交換法で高レベル廃液から分離することにしている。その他の元素にはZr, Mo, Fe及び希土類元素等が含まれる。

第2-2図に示す群分離試験装置系統図は第2-1図に示す群分離フローシートの化学分離工程の試験をするものである。

硝酸系溶液を取り扱うため、材質はミニミキサセトラ及びフレキシブルチューブを除きステンレス鋼とした。

主要な装置、機器類は遠隔交換可能とし、また、弁及び遠隔着脱コネクタを用い、配管ルートを自由に選定することにより、セル内に設置した一部の装置は多目的に繰り返し使用できるようにした。

主な分離工程を以下に示す。なお、主要機器をカッコ内に示す。

最初に高レベル廃液の硝酸濃度を超ウラン元素の分離に先立って脱硝により調整する⁶⁾（脱硝・濃縮沈殿槽）。このとき、Mo, Zr, Te等が沈殿するためろ過を行う⁷⁾（ろ過装置）。ろ液からD I D P A 抽出法⁸⁾（ミニミキサセトラ）又はシュウ酸塩沈殿法⁹⁾（沈殿ろ過溶解槽）により超ウラン元素を分離する。超ウラン元素分離後の廃液の酸濃度を調整した後（p H調整槽）、無機イオン交換体カラム法によりTcとCs, Srを吸着分離する^{10, 11)}（無機イオン交換体カラム分離装置）。なお、無機イオン交換体カラムはカセット型カラムで交換可能である。

無機イオン交換体カラムは内部の交換体を乾燥空気で予備乾燥した後、800°Cに加熱し（乾燥器）水分を完全に除去し保管する。

2. 2 プロセスセル内装置

2. 2. 1 一時貯留槽

高レベル廃液や分離フラクションを一時的に貯蔵するため、プロセスセル床面に容積20Lの槽7基、容積40Lの槽3基を設置した。各貯槽は弁及び遠隔着脱コネクタ等を介して各分離装置に3/8及び1/2インチステンレス鋼管でそれぞれ配管した。

各貯槽からの液のサンプリングのため、貯槽より1/8インチステンレス鋼管を導き、先端には針を取り付けた。頭部にゴム栓をした減圧試料瓶を針に差し込むことにより貯槽内の液をサンプリングする。なお、1/8インチステンレス鋼管及び針は遠隔により交換可能である。

各貯槽の液温度を測定するため、貯槽に先の閉じた温度計ウェルを取り付け、ウェル内部にシース式温度センサーを挿入した。温度センサーからの電気信号は群分離試験装置監視制御システム—DDCS（Direct Digital Control System）—（以下DDCSと記す）で受信し、DDCSで液温度の表示をする。なお、シース式温度センサーには2組の温度センサーを組み込み、断線等の故障時のバックアップを容易にした。また、シース式温度センサーは遠隔により交換可能である。

液位、液容量、液密度及び貯槽内圧力測定は空気パージ式とし、操作室に設けたDDCSで測定できるようにした。液密度測定は貯槽の内でも、受入貯留槽のみが可能であり、その測定は液位測定用パージ管と液密度測定用パージ管の二本を液中に差し込み、先端部の上下位置関係を固定（100mm）しておき空気をパージする。二本のパージ管圧の圧力差（g/cm²）をDDCSで受信し、10cmで除して液密度(g/cm³)とする。液位の測定は液位測定用パージ管と貯槽圧力測定管に空気をパージし、相互の圧力差(g/cm²)をDDCSで受信

し、先に算出した液密度(g/cm^3)で除して液位(mm)とする。液容量は3. 2. 3章で述べる単体作動検査の槽検量時に求めた液位(mm)と液容量(L)の関係から計算する。なお、液密度計のない他の貯槽9基の液位の測定は、液位測定用パージ管と貯槽圧力測定管相互の圧力差をDDCSで受信し、DDCSに液密度をインプットした値で除して液位(mm)とする。貯槽内圧力の測定は貯槽圧力測定管に空気をパージし、貯槽内の圧力とトランスマッタ室(サービスエリア)との圧力差をDDCSで受信し、貯槽内圧力とする。

貯槽内の液を攪拌するため攪拌空気を各貯槽に供給する配管を設けた。攪拌空気流量の調整はアイソレーションルーム上面に設置したバルブヤードで行い、弁の開閉はDDCSより遠隔で操作する。

貯槽の冷却は受入貯留槽のみ可能である。冷却水流量の調整はアイソレーションルーム上面に設置したバルブヤードで行い、弁の開閉はDDCSより遠隔で操作する。

貯槽内で発生する水素などの分解ガスを取り除くため、貯槽上部より換気系に配管を施し常時換気できるようにした。なお、換気系に導いた分解ガスは洗浄塔に導き洗浄後、高性能フィルタを経て排気筒より大気に放出する。

第2-2表に各貯槽の貯槽名、貯槽記号、容量及び貯槽の特徴として備考欄に貯槽の冷却機能、貯槽の直接真空引き機能、密度測定機能、圧力測定機能(トランスマッタ室-貯槽内)、貯槽の直接薬液注入機能(試薬室-貯槽内)の有無を示した。

2. 2. 2 エアチャンバ(第2-3図参照)

セル内中段に液移送時の一時貯留容器として容積6Lのエアチャンバ1基を設置した。チャンバ上部より空気作動弁を介して真空系及び換気系にステンレス鋼管を配管した。また、チャンバの内部を洗浄するため、チャンバ内上部にスプレイノズルを上向きに取り付け、試薬供給室より給水できるようにした。

チャンバ下部には手動弁及び遠隔着脱コネクタを介して各装置に3/8及び1/2インチステンレス鋼管を配管した。満水到達は、電極式液面計にて検出し、DDCSに表示される。

2. 2. 3 脱硝・濃縮沈殿槽(第2-4図参照)

高レベル廃液の液性調整を行うため全容積6Lの脱硝・濃縮沈殿槽1基を設置した。

脱硝にはギ酸による硝酸分解法を用いる。試薬(ギ酸)は試薬供給室より定量ポンプで供給する。

脱硝の処理能力は1バッチ当たり2Lである。本槽の圧力、溶液の密度、液位及び容量の測定は2. 2. 1章一時貯留槽の測定と同じであり、測定値はDDCSに表示できる。

加熱はアイソレーションルーム(I)に設置した熱媒加熱循環装置で加熱したオイルをジャケット部に循環することで行う。オイル温度は操作室に設けたDDCSで監視制御する。

脱硝時に発生する蒸気は冷却器に導き凝縮させた後、脱硝装置に還流する。分解ガスである窒素酸化物は冷却器を通過するので排気系に導き洗浄塔で硝酸として回収する。

濃縮操作は発生する蒸気を冷却器に導き凝縮させた後、弁操作により還流を停止するこ

とにより行う。なお、濃縮時に発生する気体は排気系に導き洗浄塔で洗浄した後、高性能フィルタを経て排気筒より大気に放出する。

2. 2. 4 ろ過装置（第2-5図参照）

脱硝すると溶液の酸濃度が下がり、沈殿物が生成するので、ろ過装置で沈殿物を吸引ろ過する。ろ材はステンレス鋼製円筒形焼結金属フィルタである。細孔径は各々2, 4, 6, 8, 10 μm の5種類を用意した。

これらのフィルタはマニプレータで着脱可能なカートリッジ式であるので、沈殿物の粒径により細孔径を選定してろ過装置に遠隔で装着する。

脱硝・濃縮沈殿槽及び沈殿ろ過溶解槽からろ過装置を経て減圧吸引できる貯槽は、ろ液受槽(1)及び(2)の2槽である。

ろ過後の沈殿物については、蓋部に穴をあけたフィルタ収納缶に焼結金属フィルタごと入れ乾燥器で水分を除去する。水分除去後、フィルタ収納缶の蓋を、蓋部に穴の無い蓋と交換し、保管あるいは廃棄する。

2. 2. 5 沈殿ろ過溶解槽（第2-6図参照）

シュウ酸塩沈殿法により高レベル廃液から超ウラン元素を分離する実験を行うため、全容積4Lの沈殿ろ過溶解槽1基を設置した。高レベル廃液へのシュウ酸の添加は、シュウ酸水溶液を試薬供給室より定量ポンプで供給するか、あるいは、沈殿ろ過溶解槽に直接結晶状のシュウ酸を投入することにより行う。

シュウ酸塩の沈殿物を含む廃液は沈殿ろ過溶解槽に取り付けたろ過棒をスラリー中に下げ、減圧吸引できる貯槽（沈殿溶解液受槽又はろ液受槽(1)）と配管で直列に結び、貯槽を減圧吸引することによりろ過する。沈殿物を再溶解するため硝酸を試薬供給室より定量ポンプで供給し、その後、加熱溶解する。沈殿物の溶解後、再びろ過棒を液中に下げ、沈殿溶解液受槽又はろ液受槽(1)に吸引ろ過する。

処理能力は1バッチ当たり2Lである。本槽の圧力、溶液の密度、液位及び容量の測定は2. 2. 1章 一時貯留槽の測定と同じであるが、液位測定用パージ管と液密度測定用パージ管の先端部の上下位置関係は50mmであるので、2本のパージ管の圧力差(g/cm^2)を5cmで除して液密度とする。測定値はDDCSに表示できる。

加熱は脱硝・濃縮沈殿槽の加熱に用いた熱媒加熱循環装置を用い、弁を切り替えることにより沈殿ろ過溶解槽のジャケット部に加熱オイルを循環することにより行う。オイル温度は操作室に設けたDDCSで監視制御する。

加熱時に発生する気体は排気系に導き洗浄塔で洗浄した後、高性能フィルタを経て排気筒より大気に放出する。

2. 2. 6 抽出装置（第2-7図参照）

群分離試験装置の中央にミキサセトラ式抽出器2台を設置した。これらの抽出器はアクリル製16段のミニミキサセトラで最大流量 $600\text{ml}\cdot\text{h}^{-1}$ で流すことができる。

試薬類は試薬供給室より定量ポンプで供給し、被抽出液はセル内の定量ポンプで供給する。なお、セル内のポンプは故障等を考慮して遠隔着脱コネクタを用いて交換可能とした。

各段のセトラ部より水相、有機相をそれぞれサンプリングするため、ミキサセトラ上面にサンプリング用針板及びサンプリング瓶保持盤を設け、頭部にゴム栓をした減圧試料瓶を針に差し込むことにより、吸引サンプリングするようにした。

1台目の抽出器は、D I D P Aを抽出剤として超ウラン元素及び希土類元素を共抽出した後、硝酸でAm, Cm及び希土類元素を逆抽出するために使用する。

2台目の抽出器はシュウ酸を逆抽出剤として有機相に残るU, Pu, NpよりPu, Npを逆抽出するために使用する。なお、2台目の抽出器は、供給する試薬を変更し、D T P A逆抽出法により希土類元素と超プルトニウム元素を相互に分離する研究にも使用できる。

ミキサセトラからの流出液はフレキシブルパイプによってミキサセトラの下部に取り付けたロートに流し込み、弁を介して所定の貯槽に流し込む。なお、ロート下部には弁開放時に貯槽内空気がプロセスセル内に解放されないよう水封式トラップを設けた。

2. 2. 7 酸濃度調整装置

溶媒抽出法あるいはシュウ酸塩沈殿法で超ウラン元素を分離した後の廃液からTc, Cs及びSrを無機イオン交換体カラム法で分離する前処理として酸濃度調整を行う。

被調整液を流出液調整槽に入れ、試薬(NaOHあるいはHNO₃)を試薬供給室より定量ポンプで添加する。流出液調整槽の液をポンプでp H測定装置に汲み上げ、p Hを測定する。p H測定後の溶液はオーバーフローして流出液調整槽に戻るように配管を設けた。したがって、流出液調整槽とp H測定装置に被測定液を循環することにより連続的にp Hを測定しながら、貯槽内溶液の酸濃度調整ができる。

2. 2. 8 無機イオン交換体カラム装置(第2-8図参照)

無機イオン交換体カラム法により、超ウラン元素分離後の廃液からTc, Cs及びSrを分離する実験を行うため、3個のカラムをセットできる無機イオン交換体カラム装置1基を設置した。配管は1/8インチステンレス鋼管を用い、弁操作によって流路が自由に選べるようにした。

吸着、脱着時のブレークスルー及び溶離状態監視のため、それぞれのカラムの溶出液はセル裏面遮へい体内に設置したNa I(Tl)シンチレーション検出器3基(第4-2図参照)に導き、再度無機イオン交換体カラム装置に戻すようにした。

各カラムからの流出液はフレキシブルパイプによって無機イオン交換体カラム装置近傍に取り付けたロートに流し込み、弁を介して所定の貯槽に流し込む。

無機イオン交換体カラムは外形50mm(角)×290mm(高さ)であるが内部は縦方向に4部屋に分割しており、溶液は1部屋ずつ直列に通過するよう工夫した。すなわち、実カラム体積は22mm(角)×1000mm(高さ)である。なお、カラムは遠隔操作による取り外しが可能であり、乾燥空気による予備乾燥の後、乾燥器によって800°Cに昇温し乾燥する。

超ウラン元素分離後の廃液に含まれるTc及び白金族元素は廃液の酸濃度調整後、活性炭

を充填したカラムに通液することにより吸着分離する。Cs及びSrは活性炭カラム通過液を酸濃度調整後、ゼオライトとチタン酸を1対4の割合で充填したカラムに通液し、吸着分離する。なお、吸着後の各カラムに対し、元素の溶離操作を行うことも可能である。

2. 2. 9 乾燥器（第2-9図参照）

沈殿分離後のフィルタ及び吸着処理後の無機イオン交換体カラムの乾燥を行うため乾燥器1基を設置した。乾燥器へのフィルタ及びカラムの出し入れはバケットを用いて行う。

加熱はカントリ線に最大200V-3kW交流電源を印加することで行い、乾燥器内部温度は操作室に設けたDDCSで監視制御する。主な仕様は下記のとおりである。

外形寸法：本体 直径 480mm 高さ550mm 重量 98kg
蓋部 直径 400mm 高さ150mm 重量 18kg

最高使用温度：800°C

内部寸法：直径 190mm 高さ375mm

バケット寸法：直径 140mm 高さ320mm（バケット内寸法）重量 4.6kg

2. 2. 10 真空ポンプ及び液送用ポンプ（第2-10図参照）

真空ポンプをプロセスセル内に1基設置した。本ポンプは群分離試験装置、再処理試験装置共通の真空ラインに接続されており、群分離試験装置ではサンドリヨン、受入貯留槽、エアチャンバ、沈殿溶解液受槽、ろ液受槽（1）及びろ液受槽（2）が真空引きできる。

サンドリヨン又は受入貯留槽を減圧にして、サンドリヨンと受入貯留槽の相互の液移送を行う。エアチャンバを減圧にして、エアチャンバを介して各貯槽の相互の液移送を行う。

また、沈殿溶解液受槽、ろ液受槽（1）及びろ液受槽（2）を減圧にすることにより、ろ過操作を行う。

液送用ポンプはプロセスセル内に定量ポンプを2基、通常型ポンプ3基を設置した。定量ポンプはミニミキサセトラへの無機、有機溶液（被分離液）の供給及び無機イオン交換体カラムへの溶液（被分離液）供給に用いる。通常型ポンプは廃液貯槽室（VI）への無機、有機廃液の移送及び酸濃度調整槽の液循環に用いる。なお、これらのポンプ類は遠隔着脱コネクタにより配管ラインより取り外しができるよう設計した。

2. 2. 11 遠隔着脱コネクタ（第2-11図参照）

主要機器の使用目的変更又は故障等による機器の交換作業を考慮し、脱硝・濃縮装置、シュウ酸塩沈殿ろ過装置、ミキサセトラ、空気作動式遠隔操作弁及びポンプ類は遠隔着脱コネクタを用い遠隔交換を可能とした。

群分離試験の配管ルートを自由に選定し、限られた試験装置を多機能に活用するため、貯槽類には全て遠隔着脱コネクタを取り付け、配管ルートを自由に選定できるようにした。

なお、本着脱コネクタは雄雌相互に内弁を設けてあり、コネクタの脱離時に相互の内弁が閉じる構造とし、脱離時の液だれを防止した。ただし、スラリーが通過すると考えられ

るコネクタは閉塞を考慮し、また、気体のみ通過するコネクタは液だれの配慮が不需要であるので内弁は設けていない。

これらの着脱ポートはマニプレータ操作性の極めて良いセルの中央に設置した。

3. 群分離試験装置の検査

3. 1 工場検査

3. 1. 1 貯槽類検査

- (1) ミルシートによる材料検査、溶接前寸法検査、開先寸法検査
- (2) 上部鏡板にノズルを取付後、内部挿入管の寸法検査（ヒール高さ）
- (3) 溶接検査 全溶接線の液体浸透探傷試験
- (4) 圧空による耐圧漏えい検査

を実施した。

3. 1. 2 機器類検査

- (1) ミルシートによる材料検査、寸法検査、外観検査
- (2) 仮組立による機能検査
- (3) 制御盤については通電、耐電圧、外観検査
- (4) DDCSについては模擬信号を投入し、CRTによる表示、インターロック検査

を実施した。

3. 1. 3 組立検査

貯槽及び機器類の単品検査終了後、架台に貯槽及び機器類を配置し、また、配管を施した時点での機器の配置、配管勾配等総合的な検査を実施した。

3. 2 完成検査

3. 2. 1 現地組立検査

現地組立後溶接を施し、気密を要する場所の全溶接線の液体浸透探傷試験及び一部溶接線の放射線透過試験並びに圧空耐圧漏えい検査を実施した。

3. 2. 2 遠隔操作性検査

マスタスレーブマニプレータ、パワーマニプレータ及びインセルクレーンによる遠隔操作性検査を実施した。

3. 2. 3 単体作動検査

貯槽及び機器類の単体について装置に規定量の水を投入し、DDCSに出力される液位、密度及び貯槽圧力等を測定した。液位と液容量の関係は各貯槽に固有の特性があるため、貯槽1基毎に少量の水を細かく投入し槽検量を実施した。各貯槽の液位(mm)と液容量(L)の関係を第3-1図～第3-4図に示す。また、DDCSにその補正値を入力した。

規定のルートで規定液量が移送されることを確認した。

故意に異常状態を作り警報発報－他部署への伝達及びインターロック作動が論理的に正常であるか確認した。

3. 2. 4 総合運転検査

工程に従い装置に試薬を流し、以下に示す一連の試験を実施した。

(1) 脱硝試験

熱媒加熱循環装置のオイルを脱硝・濃縮沈殿槽のジャケットに循環し、脱硝装置内の硝酸を90°Cに加熱した。その後、試薬供給室よりギ酸を定量ポンプで一定量添加した。

DDCSによる温度コントロールの可否、脱硝・濃縮沈殿槽の液位変化を観察した。また、冷却器の温度上昇を観察した。

熱媒加熱循環装置のオイルの温度は本装置運転後、約40分で設定温度に到達し、その後は一定となった。脱硝装置内の硝酸の温度は約3時間で設定温度(90°C)に到達する。また、設定温度を90°Cから5°C上下に変化させると、それぞれ約2時間で新規の設定温度に追従することを確認した。

還流操作時に蒸気が通過する遠隔着脱コネクタ及びフレキシブルチューブの内部に蒸気が凝縮し、蒸気通路を閉塞することから、脱硝・濃縮沈殿槽の圧力が上昇し、熱媒加熱循環装置の運転を自動停止するインターロックが作動したが、遠隔着脱コネクタ及び配管ルートを改良し、本不具合を解決した。その後は分解ガスが発生する脱硝操作時でも槽の圧力は上昇せず一定(-100mmH₂O以下)となった。

脱硝・濃縮沈殿槽の液位は脱硝操作時に変化はなく、また、冷却器の温度は20.5°Cから32.5°Cに上昇したもの、十分蒸気が凝縮する温度(警報設定値60°C)であることを確認した。

(2) 濃縮試験

脱硝後、還流操作を停止し(蒸留液をβγ廃液槽に導く)脱硝・濃縮沈殿槽内の液を濃縮した。脱硝・濃縮沈殿槽の液位低下及びβγ廃液槽の液位上昇率を観察した。

濃縮速度は約0.3L/hである。

(3) ろ過試験

脱硝・濃縮沈殿槽でシュウ酸ネオジムの沈殿物を作り、フィルタで吸引ろ過した。

その後、ろ過装置を開放し沈殿の吸着状態及びバイパス等の無いことを確認した。

(4) シュウ酸塩沈殿ろ過試験

沈殿ろ過溶解槽でシュウ酸ネオジムの沈殿物を作り、ろ過棒を液中に押し下げ、吸引ろ過した。その後、沈殿ろ過溶解槽を開放し沈殿の吸着状態を観察した。

(5) 抽出及び逆抽出試験

抽出器に硝酸ニッケル溶液をプロセスセル内定量ポンプで供給した。抽出剤、逆抽出剤等の試薬は試薬供給室より定量ポンプでそれぞれ添加した。

ミキサーの回転数を計測し操作室の群分離試験設備監視制御盤の目盛りとの関係を調べた。また、ミキサセトラの定常状態を待ち、界面の高さを測定し相分離の安定性を観察した。その後、減圧にしたサンプリング瓶をサンプリング用針に刺すことによって有

機相、水相の全てがサンプリングできることを確認した。逆抽出用のミキサセトラについても同様の試験を実施した。

(6) 酸濃度調整試験

流出液調整槽に液張りし、pH測定装置に液循環できることを確認した。

pH電極をpH標準溶液に浸し操作室のpHメータに正しく表示することを確認した。

(7) イオン交換試験

無機イオン交換体カラムに規定粒径のゼオライトを充填し、無機イオン交換体カラム装置に装填した。

通水液は水とし、プロセスセル内定量ポンプで供給した。弁操作により流路を切り替え設計どおりのルートが確保できることを確認した。

γ線検出器はセル遮へい体より引き抜き、照準線源を用いて放射能を計測した。

放射能の計測は仕様どおりの性能であることを確認した。

(8) 乾燥試験

無機イオン交換体カラム試験で用いたカラムを乾燥器に装填し 800°Cまでの昇温試験を実施した。また、DDCSによる温度コントロールの可否、カラムの重量変化を測定し、乾燥状態を観察した。

乾燥器内の温度は約 1時間で設定温度 (800°C) に到達する。また、設定温度を 800°C から 20°C上下に変化させると、それぞれ約 1時間で新規の設定温度に追従することを確認した。800°Cで5時間乾燥した結果、約 370gの重量減少 (カラム体積 484cm³) があり、乾燥状態は良好であった。

4. 設備の構成と機能

4. 1 研究施設の概要

NUCEFにはプロセスセル内に設置した群分離試験装置のほかに、試薬調製準備、プロセスセルにおける試験条件選定のための予備試験、プロセスセル内群分離試験で発生する試料の分析処理等を行うグローブボックス、フード等を備えた実験室IV及び群分離試験を支援するための施設、すなわち、セル付属設備（アイソレーションルーム、フロッグマン準備室、メンテナンスボックス、サンプリングボックス）、試薬供給室、トランスマッタ室、廃液貯槽室VI、操作室等をプロセスセル周辺に配置した。NUCEFの平面及び断面図を第4-1図に示す。主な施設の構成は次に示すとおりである。

(1) 実験室IV

実験室IVは、プロセスセル北側に位置し、試薬調製準備、プロセスセルにおける群分離試験の予備試験、及び群分離試験で発生する試料の分析処理等を行うためのものである。設備の構成及び使用目的を第4-1表に示す。

(2) セル付属設備

(a) アイソレーションルーム(I) (第4-2図参照)

本施設は受入セル及びプロセスセルの背面に配置した。受入セル内の機器を直接点検・保守するための前室として使用するほか、プロセスセルに高レベル廃液を受け入れる室として使用するため、高レベル廃液輸送容器取り扱い設備を設置した。また、装置の配置及び安全上本施設に配置すべきと考えられる熱媒加熱循環装置及び γ 線検出器(NaI(Tl)シンチレーション検出器)を設置した。

(b) アイソレーションルーム(II) (第4-3図参照)

本施設はプロセスセルの背面に配置した。エアラインスーツを着用した作業者がプロセスセル内の群分離試験機器を直接点検・保守するための前室であり、プロセスセルの背面に配置した。

(c) フロッグマン準備室

本施設はプロセスセルにおいて作業者が直接点検・保守を行うため、エアラインスーツを着脱する設備(第4-4図参照)を設置した室で、アイソレーションルーム(II)及びプロセスセルに接して配置した。アイソレーションルームとフロッグマン準備室の設備の構成を第4-2表に示す。

(d) メンテナンスボックス(第4-5図参照)

本施設はプロセスセルから天井ハッチを経て持ち込んだ機器をグローブ操作又はエアラインスーツを着用した作業者が直接点検・保守するためのグローブボックスであり、プロセスセルの上部に設置した。設備の構成を第4-3表に示す。

(e) サンプリングボックス(第4-6図参照)

本施設はプロセスセルで採取した試料を化学セルのサンプリングポートを通してセル

外に搬出するためのグローブボックスで、化学セルの側壁に接して設置した。設備の構成を第4-4表に示す。

(3) 試薬供給室（第4-7図参照）

本施設は操作室上面に位置し、プロセスセルにおける群分離試験の試薬供給を行う。薬液供給定量ポンプの制御装置、試薬ホルダー、定量ポンプ及び圧空源を設置した。設備の構成を第4-5表に示す。

このほか、アイソレーションルーム上面（バルブヤード）にはプロセスセル内各貯槽の攪拌空気供給及び冷却水供給のための制御弁ならびに流量計（第4-8図参照）を設置した。規定の流量をあらかじめ手動でセットした後、DDCSによる電磁弁の遠隔操作により各貯槽の空気攪拌等が遠隔で作動及び停止できる。

(4) トランスマッタ室（第4-9図参照）

本施設は試薬供給室上面に位置し、プロセスセル内各貯槽の圧力、液位及び液密度を遠隔測定するためのものである。測定値を電気信号に変換し、操作室のDDCSに伝送する。バージ空気供給制御用の弁と流量計及び差圧伝送器を設置した。設備の構成を第4-6表に示す。

(5) 廃液貯槽室VI（第4-10図参照）

本施設はプロセスセル下面に位置し、プロセスセル内の群分離試験で発生する試験廃液を貯蔵するための施設である。設備の構成を第4-7表に示す。

(6) 操作室（第4-11図参照）

本操作室はプロセスセル前面に位置し、プロセスセル内に組み込んだ群分離試験装置をマニピレータ等を用い遠隔運転するための施設である。設備の構成は以下のとおりである。

(a) 群分離試験装置監視制御システム（DDCS(Direct Digital Control System)）

本監視制御システムは群分離試験施設と再処理プロセス試験施設の内装設備の運転のために設置したCRT主体の操作監視システム（第4-12図参照）であり、操作性、監視性の向上、操作員の負担軽減等を目指したシステムとして選定した。なお、NUCEFの監視制御体系として取り込まれているため、他施設、たとえば核燃料調整設備等との警報等の信号伝送、表示が可能である。

監視制御システムは以下の機能を有する。

- (I) プロセス監視機能
- (II) トレンド表示・記録機能
- (III) 警報時系列表示機能
- (IV) オペレーターズガイド機能
- (V) グラフィック機能
- (VI) シーケンス制御機能
- (VII) ループ制御機能

(b) 群分離試験設備監視制御盤（第4-13図参照）

本装置はプロセスセル内群分離試験装置のポンプ、ミキサセトラ、熱媒加熱循環装置等に定格の電圧、電流等を与えるための装置でDDCSと連結した制御装置が組み込まれ

れている。

(c) セル監視盤及びインセルモニタ（第4-14図参照）

セル監視盤はプロセスセル内の負圧、温度、セル間ポートの開閉状態及びインセルテレビジョンによるセル内状況表示ならびに集音マイクによるプロセスセル内の異常音感知を行う監視制御盤である。

インセルモニタはプロセスセル内の線量率の測定ならびに表示を行う計測及び表示盤である。

(d) γ 線検出器（NaI(Tl)シンチレーション検出器）データ解析装置（第4-14図参照）

本データ解析装置は群分離試験装置の内、無機イオン交換カラムの流出液に含まれる放射能濃度を連続的に測定し、その変化をモニタする装置である。グロスマ線あるいはネットカウント計数を常時監視し、定常状態の統計誤差以上の増加があった場合に警報を発する。3台のNaI(Tl)シンチレーション検出器はアイソレーションルーム（I）とプロセスセル間の遮へい体中にセットし、1/8インチステンレス鋼製配管で導いた溶液の放射能濃度を測定する。3台の検出器に対し、本データ解析装置は1台のため常時1系統の測定となるが、ケーブル結線を切り替えることにより3台の検出器に対応できるようにした。

4. 2 プロセスセルの概要

セルの鳥瞰図を第4-15図に示す。プロセスセルの右側には使用済燃料等の受け入れ、一時保管、廃棄物の封缶及び搬出等を行う受入セル、左側には化学セルを、化学セルの左側側面には分析試料を搬出するサンプリングボックスを配置した。なお、これらのセル及びサンプリングボックス（グローブボックス）は相互に物品の移動がセル間ポートを介して可能である。ただし、受入セルは $\beta-\gamma$ セルのため、 $\alpha-\gamma$ セルであるプロセスセルより受入セルに物品の移動は出来ない構造とした。

プロセスセル、化学セル、アイソレーションルーム（II）及びグローブボックス型であるサンプリングボックス、メンテナンスボックスは放射性物質の閉じ込め確保から、負圧管理（通常、-15~-30mmAq）を行い、空気漏えい率を 0.1 vol%/時 (-30mmAq時) 以下とした。受入セルは $\beta-\gamma$ セルのため、負圧管理（通常、-15~-30mmAq）のみを行い、アイソレーションルーム（I）及びフロッギマン準備室はサービスエリアより負圧に保つこととした。

なお、群分離試験装置を設置したプロセスセルについて施設の構成を以下に詳述する。

(1) 規模（第4-16図参照）

内寸法：巾 12000mm × 奥行 3000mm × 高さ 5500mm

ただし、群分離試験装置は右約1/4のスペースに設置

遮へい：前面 重コンクリート 1050mm 後面 普通コンクリート 1350mm

ライニング：ステンレス鋼板 4mm

マニプレータ：三分割型 8本 ただし、群分離試験装置は2本使用

用途： $\alpha-\gamma$ 用化学セル

(2) 背面扉 (第4-17図参照)

プロセスセル背面に扉 (高さ2000mm×巾900mm) を設けた。本扉は天井ポート及び天井ハッチより搬出入出来ない比較的大きな物品の出し入れ、あるいはエアラインスーツを着用した作業者がプロセスセルの機器を直接点検・保守するために使用する。

(3) 天井ハッチ及びポート (第4-18図参照)

プロセスセル上面に2個の天井ハッチを設けた。1個の天井ハッチ (開口部内径1000mm) の上面にはメンテナンスボックスを設置し、機器の修理等を行うために使用する。

もう1個の天井ハッチ (開口部巾1500mm×奥行3000mm) は直接サービスエリアに開放する構造であるが、開放時にはグリーンハウス等を用い、汚染拡大防止等の処置をした後、大型機器の搬出入に使用する。更に、本天井ハッチには内部に天井ポート (開口部内径400mm) を取り付け、固体廃棄物移送装置を用いて廃棄物の搬出等に使用出来るようにした。

(4) セル間ポート及びサンプリングポート (第4-19図参照)

受入セル、プロセスセル、化学セル及びサンプリングボックス間の物品移動用ポートであり、次のような仕様になっている。

受入セルからプロセスセルの物品移動：高さ400mm×巾400mm 投げ込み式

プロセスセル、化学セル相互の物品移動：高さ700mm×巾600mm 移動台車 手動式

化学セル、サンプリングボックス相互の物品移動：200mm円筒型 移動台車 電動式

(5) インセルクレーン (第4-20図参照)

プロセスセル内重量物移動用である。操作はセル前面ペンダントスイッチで行う。

吊り上げ荷重最大 1000kg、吊り揚げ速度 2.3m/min

移動範囲 X方向 (横行) 2500mm Y方向 (走行) 10000mm Z方向 (揚程) 4500mm

(6) パワーマニプレータ (第4-20図参照)

インセルクレーンに次ぐプロセスセル内重量物の移動に用いる。移動範囲 X方向 (横行) 及びY方向 (走行) はインセルクレーンと同じである。操作はセル前面コントローラで行う。性能を第4-8表に示す。

(7) マスタースレーブマニプレータ (第4-11図参照)

プロセスセル内群分離試験装置の弁開閉、試料瓶移動操作等諸々の軽作業をセル前面から手動遠隔で操作するための機器である。性能を第4-9表に示す。

(8) ハロン消火設備 (第4-21図参照)

プロセスセル内の火災はハロゲン化物を噴射し消火する。操作はセル前面の作動ボタンで行う。

(9) 遮へい窓及び照明

遮へい窓はライニングに開口を儲け、耐放射線性強化ガラスを取り付けて α シールとした。また、 β - γ 遮へいとして巾 1100mm × 高さ 900mm × 遮へい厚 1050mmの鉛ガラスを重コンクリート遮へい体に取り付けた。

照明はナトリウムランプ2本（各々400W）を1組としたボックス2個を、また、水銀ランプ1本（400W）、ハロゲンランプ（250W）1本を1組としたボックス1個を遮へい窓上部に取り付けた。

(10) 電源供給プラグ及び電気配線用シールボックス

本装置はプロセスセル内にテンポラリーに設置された装置及び機器に電源を供給するためのボックスである。操作室の電源供給プラグより給電し、プロセスセル内の電気配線用シールボックスで受電する。従って、制御装置等はプロセスセル内に投入する機器にあわせて製作する。

(11) 小物投入口（第4-22図参照）

本装置はプロセスセル内に放射能で汚染されていない小物（試料瓶等）を投入する装置である。プロセスセル前面に気密構造の箱を設け、2重構造の蓋を介して試料瓶等を箱に投入する。気密構造の箱は有効内径 70mmのステンレス鋼製配管でプロセスセル内に連結されており、試料瓶等は自由落下によりセル内に搬入できる。

(12) pH測定装置

本pH測定装置は群分離試験装置の内、貯槽内溶液のpHを連続的に測定し、その変化をモニタする装置である。セル内の装置にpH電極を設置し、これより信号をセル外に取り出し、操作室にあるpHメーターでpHを表示させる。また、pH電極をセル内の装置から遠隔操作で引き抜くことにより、試料瓶等に分取した溶液のpHも測定できる。

(13) 分注器

本装置は群分離試験で発生する放射性核種を含んだ試料溶液から一定量（体積）を分取し、一定量の非放射性溶液で希釈する装置である。これらの操作で得られた試料はセル外に取り出し、主に放射能濃度の測定に供される。

5. 結言

群分離法の開発研究を行うため年間 1.85×10^{14} Bqの高レベル廃液を取り扱うことのできるセル及び装置の設計、製作及び検査の状況を記載した。

群分離試験装置は、セル内設置の後の総合運転検査により、設計に従って製作され、所定の機能を有することを確認した。また、セル、装置ともに官庁立会による施設検査を実施し良好な結果を得た。これにより、現在開発中の4群群分離プロセスの実高レベル廃液による試験を実施することができる。

ただ、群分離試験装置は群分離工程の全試験を狭いセル内で実施するため、極めて高密度に配置されており、ポンプや弁の故障が発生した場合、修理や交換作業に多くの時間と困難を伴う事は避けられない。実高レベル廃液の取り扱いに当たっては事前に十分な試運転を行い、段階的に放射能の增量をしながら運転訓練を重ねる必要がある。

本群分離試験装置を用いての研究の今後のスケジュールとしては、1994年度にコールド試験、1995年度にセミホット試験、1996年度に実高レベル廃液搬入、当年度後半より実廃液試験という計画になっている¹²⁾。同じセル内に設置されている再処理試験設備の使用計画と整合を取りつつ、順次実廃液試験に向けステップアップしていく予定である。

謝辞

最後に群分離試験装置の製作・検査について御協力いただいたN U C E F 試験室 技術試験課の石戸 健氏及び内田敏嗣氏に、また、群分離試験装置の設計・製作にあたった、三菱重工業株式会社殿及び石川島播磨重工業株式会社殿に厚く謝意を表します。

5. 結言

群分離法の開発研究を行うため年間 1.85×10^{14} Bqの高レベル廃液を取り扱うことのできるセル及び装置の設計、製作及び検査の状況を記載した。

群分離試験装置は、セル内設置の後の総合運転検査により、設計に従って製作され、所定の機能を有することを確認した。また、セル、装置ともに官庁立会による施設検査を実施し良好な結果を得た。これにより、現在開発中の4群群分離プロセスの実高レベル廃液による試験を実施することができる。

ただ、群分離試験装置は群分離工程の全試験を狭いセル内で実施するため、極めて高密度に配置されており、ポンプや弁の故障が発生した場合、修理や交換作業に多くの時間と困難を伴う事は避けられない。実高レベル廃液の取り扱いに当たっては事前に十分な試運転を行い、段階的に放射能の增量をしながら運転訓練を重ねる必要がある。

本群分離試験装置を用いての研究の今後のスケジュールとしては、1994年度にコールド試験、1995年度にセミホット試験、1996年度に実高レベル廃液搬入、当年度後半より実廃液試験という計画になっている¹²⁾。同じセル内に設置されている再処理試験設備の使用計画と整合を取りつつ、順次実廃液試験に向けステップアップしていく予定である。

謝辞

最後に群分離試験装置の製作・検査について御協力いただいたNUCEF試験室 技術試験課の石戸 健氏及び内田敏嗣氏に、また、群分離試験装置の設計・製作にあたった、三菱重工業株式会社殿及び石川島播磨重工業株式会社殿に厚く謝意を表します。

引用文献

- (1) M. Kubota, H. Nakamura, S. Tachimori, T. Abe, H. Amano; "Removal of Transplutonium Elements from High-Level Waste", IAEA-SM-246/24(1981)
- (2) 山口、中村、久保田、館盛、佐藤; "群分離法の開発- 群分離試験用ケーブと装置の製作"、JAERI-M 9049(1980)
- (3) 久保田、山口、岡田、森田、中村; "群分離法の開発- 動燃再処理廃液による群分離試験- その1"、JAERI-M 83-011(1983)
- (4) 山口、久保田、岡田、森田、中村; "群分離法の開発- 動燃再処理廃液による群分離試験- その2"、JAERI-M 84-070(1984)
- (5) M. Kubota, I. Yamaguchi, Y. Morita, Y. Kondou, K. Shirahashi, I. Yamagishi, T. Fujiwara; "Development of a Partitioning Process for the Management of High-Level Waste", Proceedings of GLOBAL'93, Vol. 1, 588-594, International Conference and Technology Exhibition, Future Nuclear Systems: Emerging Fuel Cycles and Waste Disposal Options, September 12-17, 1993, Seattle, USA(1993)
- (6) M. Kubota, T. Fukase; "Formation of Precipitate in High-Level Liquid Waste from Nuclear Fuel Reprocessing", J. Nucl. Sci. Tec., 17, 783-790(1980)
- (7) 松村、近藤、山口、久保田; "群分離法の開発: 模擬高レベル廃液の脱硝により生成するスラリーの工学的規模でのろ過試験"、JAERI-M 93-010(1993)
- (8) 谷、森田、久保田; "群分離法の開発: D I D P A によるネプツニウムの連続抽出及びシュウ酸による連続逆抽出"、JAERI-M 90-023(1990)
- (9) 小林、森田、久保田; "群分離法の開発: シュウ酸による超ウラン元素の沈殿分離法"、JAERI-M 88-026(1988)
- (10) 森、山口、久保田; "群分離法の開発: チタン酸、ゼオライトと混合交換体カラムのSr, Csイオンに対する動的吸着特性"、JAERI-M 86-013(1986)
- (11) I. Yamagishi, M. Kubota; "Separation of Technetium with Active Carbon", J. Nucl. Sci. Tech., 26, 1038-1044(1989)
- (12) NUCEF実験計画検討グループ; "燃料サイクル安全工学研究施設(NUCEF)における研究計画" JAERI-M 94-066(1994)

第2-1表 高レベル廃液の組成

元素	重量(g)	放射能(Bq)
Rb	0.78	
Sr	1.77	^{90}Sr 5.7×10^{12} (^{90}Y 5.7×10^{12})
Y	1.06	
Zr	8.56	
Mo	7.88	
Tc	1.90	
Ru	4.86	^{106}Ru 1.18×10^{12} (^{106}Rh 1.18×10^{12})
Rh	0.89	
Pd	3.20	
Te	1.30	
Cs	5.27	^{134}Cs 2.81×10^{12} ^{137}Cs 7.22×10^{12} (^{137m}Ba 6.73×10^{12})
Ba	4.07	
La	2.89	
Ce	6.00	^{144}Ce 1.30×10^{12} (^{144}Pr 1.30×10^{12})
Pr	2.73	
Nd	9.43	
Pm	0.02	^{147}Pm 3.00×10^{12}
Sm	2.05	
Eu	0.37	^{154}Eu 2.96×10^{11} ^{155}Eu 6.66×10^{10}
Gd	0.28	
U	10.88	
Np	1.73	
Pu	1.03	^{238}Pu 2.78×10^{10} ^{239}Pu 1.48×10^8 ^{241}Pu 2.48×10^{10}
Am	0.94	^{241}Am 4.81×10^{10}
Cm	0.14	^{242}Cm 7.4×10^8 ^{244}Cm 4.07×10^{10}
LWR, Power;35MW/tU Burnup;28,000MWd/tU Decay time;5years 全放射能 3.7×10^{13} Bq として計算		

第2-2表 貯槽の種類と性能

貯槽名	貯槽記号	容積 (L)	備考				
			槽冷却	真空引	密度測	圧力測	薬液注入
受入貯留槽	G-VE-23102	40	○	○	○	○	-
沈殿溶解液受槽	G-VE-23202	20	-	○	-	○	-
ろ液受槽(1)	G-VE-23203	20	-	○	-	○	○
ろ液受槽(2)	G-VE-23204	20	-	○	-	○	○
Tc溶出液槽	G-VE-23301	20	-	-	-	-	-
流出液調整槽	G-VE-23302	20	-	-	-	-	○
$\beta\gamma$ 廃液槽	G-VE-23303	40	-	-	-	-	-
DIDPA フラクション 一時貯槽	G-VE-23403	20	-	-	-	-	-
U, Pu, Np フラクシ ョン 一時貯槽	G-VE-23401	20	-	-	-	-	-
使用済 DIDPA 一時貯槽	G-VE-23402	40	-	-	-	-	-
廃液貯槽室(VI)の有機廃液貯槽と連結							

注記：○印は測定あるいは操作可能

第4-1表 実験室IVの設備の構成及び使用目的

名称	数	呼称	フード開口寸法 及び風速	使用目的及び 最大取扱量	備考
オークリッジ型 フード	1	H-3	開口寸法 1.3m(W) 0.6m(H) 窓半開時風速 0.5m/秒以上	Puを含む群分離試験用 試料の調製等を行う (Pu取扱用) プルトニウム 0.0016g 天然ウラン 100g 濃縮ウラン (5%以下) 10g HLLW 7.4×10^7 Bq	ローカルフィルタ付き 必要に応じて 窓にグローブ取付可能
オークリッジ型 フード	1	H-4	開口寸法 1.3m(W) 0.6m(H) 窓半開時風速 0.5m/秒以上	Uを含む群分離試験用 試料の調製等を行う (RI取扱用) 天然ウラン 100g 濃縮ウラン (5%以下) 10g HLLW 7.4×10^7 Bq	ローカルフィルタ無し 必要に応じて 窓にグローブ取付可能
名称	数	呼称	寸法及び性能	使用目的及び 最大取扱量	備考
グローブ ボックス	1	C-4	寸法 3.0m(W) 1.0m(D) 1.5m(H) 性能 空気漏えい率 0.1vol/時以下 (-30mmAq時) 負圧維持通常 -20mm~-30mm	群分離試験からの試料 の調製等を行う プロセスセルで行う群 分離試験の予備試験を行 う プルトニウム 1g 天然ウラン 200g 濃縮ウラン (5%以下) 20g HLLW 1.85×10^8 Bq	負圧警報の設 定値は -5mm及 び -50mmとし 設定範囲以外 になった時に 警報を発する

第4-2表 アイソレーションルーム及びフロッグマン準備室の設備の構成

設備名	付属設備	備考
アイソレーションルーム（I）	高レベル廃液輸送容器 (HLW-79Y-4T型)	容量 20L 以下 密度 1.4g/cm ³ 以下 硝酸濃度 5 規定以下 放射能量合計 2.22×10^{14} Bq 以下で 4×10^{13} Bq/L 以下 別称 サンドリヨン
	熱媒加熱循環装置	ヒータ 容量 5kW 最高使用温度 135°C 吐出量 最大 50L/min 吐出圧 最大3kg/cm ² G タンク容量 43L
	γ線検出器	NaI (Tl) シンチレーション検出器 3器
フロッグマン準備室	フロッグマン設備	最大2人まで同時着脱可能 グローブボックスの外部より支援する
アイソレーションルーム（II）	モノレール、 チェンブロック	プロセスセル及び化学セルの出入り中継点 及びフロッグマン設備との連絡口に面する

第4-3表 メンテナンスボックスの設備の構成

構造	数	寸法及び性能	備考
グローブボックス	1	寸法 8.0m(W) × 2.0m(D) × 4.0m(H) 性能 空気漏えい率 0.1vol/時以下 (-30mmAq時) 負圧通常-20mm~-30mmに保つ	負圧警報の設定値は -5mm 及び -50mm とし、設定範囲以外になっ た時に警報を発する 付属設備： クレーン、フロッグマンポート、 マニプレータ用ポートグローブポ ート、バッグポート等

第4-4表 サンプリングボックスの設備の構成

構造	数	寸法及び性能	備考
グローブボックス	1	寸法 1.5m(W) × 1.0m(D) × 1.0m(H) 性能 空気漏えい率 0.1vol/時以下 (-30mmAq時) 負圧通常-20mm~-30mmに保つ	負圧警報の設定値は -5mm 及び -50mm とし、設定範囲以外になっ た時に警報を発する 付属設備： ダブルカバーポート、グローブポ ート、バッグポート等

第4-5表 試薬供給室の設備の構成

名称	基数	備考
試薬ホルダー	10	目盛り付きガラス瓶 容量 2.0 L
定量ポンプ	6	流量 ~90mL / min 耐圧 100psi
圧空源	1	流量 ~90mL / min 最高吐出圧3kg/cm ² G

第4-6表 トランスマッタ室の設備の構成

名称	基数	備考
ページ空気供給装置	1	圧力及び各差圧伝送器に供給する空気流量を制御する
差圧伝送器	21	ページ圧力を電気信号に変換し監視制御システムに伝送する。プロセスセル内貯槽 12 基の圧力、液位及び液密度測定

第4-7表 廃液貯槽室VIの設備の構成

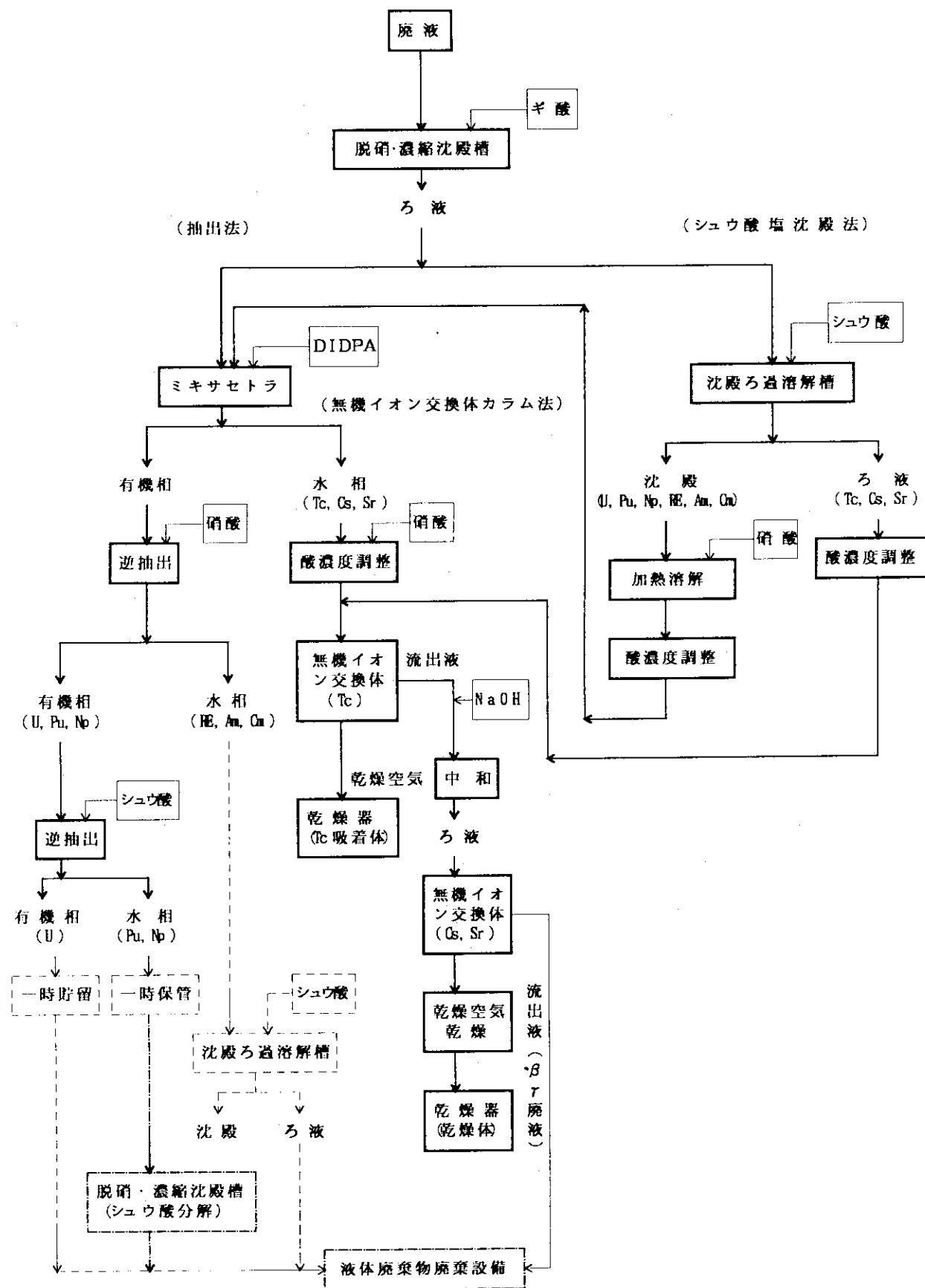
名称	基数	容量	汲み上げ方式	備考
高レベル廃液貯槽A	1	1m ³	セル内エアー チャンバ真空引き	群分離、再処理試験共用貯槽 (G-VE-15601A)
高レベル廃液貯槽B	1	1m ³	同上	群分離、再処理試験共用貯槽 (G-VE-15601B)
有機廃液貯槽 (I) B	1	1m ³	廃液貯槽室VIの ポンプ	群分離、再処理試験共用貯槽 (G-VE-15611B)
有機廃液貯槽 (II)	1	1m ³	同上	群分離試験専用貯槽 (G-VE-15612)

第4-8表 パワーマニピレータの性能

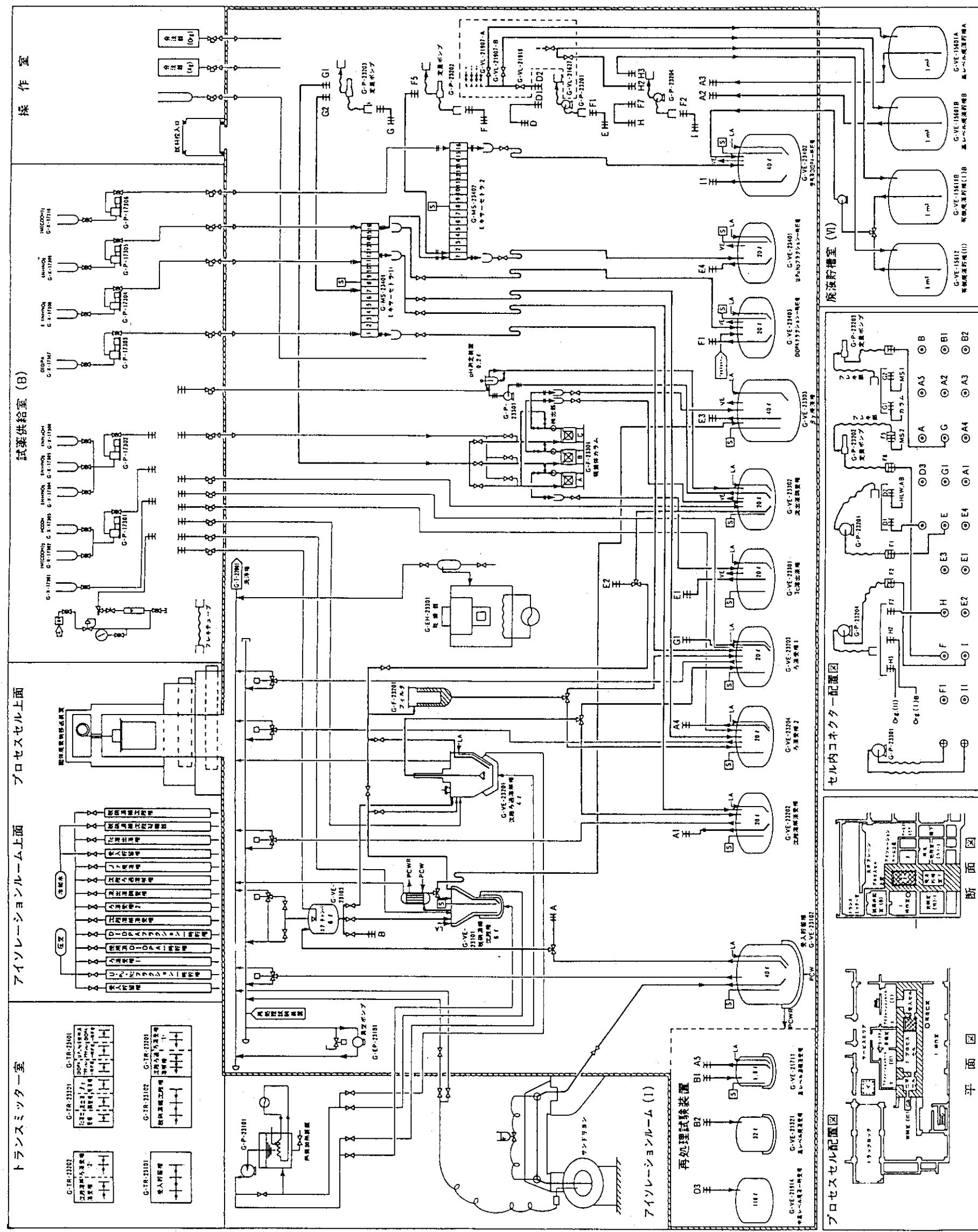
項目		機能
ハンド部	指先開閉距離	127 mm
	指先つかみ力	0~90.8 kg
	指先開閉速度	2.1 mm/秒
手首部	回転トルク	364 kg·cm
	回転速度	7 rpm
肘部	屈曲角度	260度
	屈曲速度	1 rpm
肩部	回転トルク	1734 kg·cm
	回転速度	3.5 rpm
テレスコピング チューブ	伸縮速度	40 cm~409 cm/分
	伸縮距離	2743 mm
	吊り上げ容量	454 kg

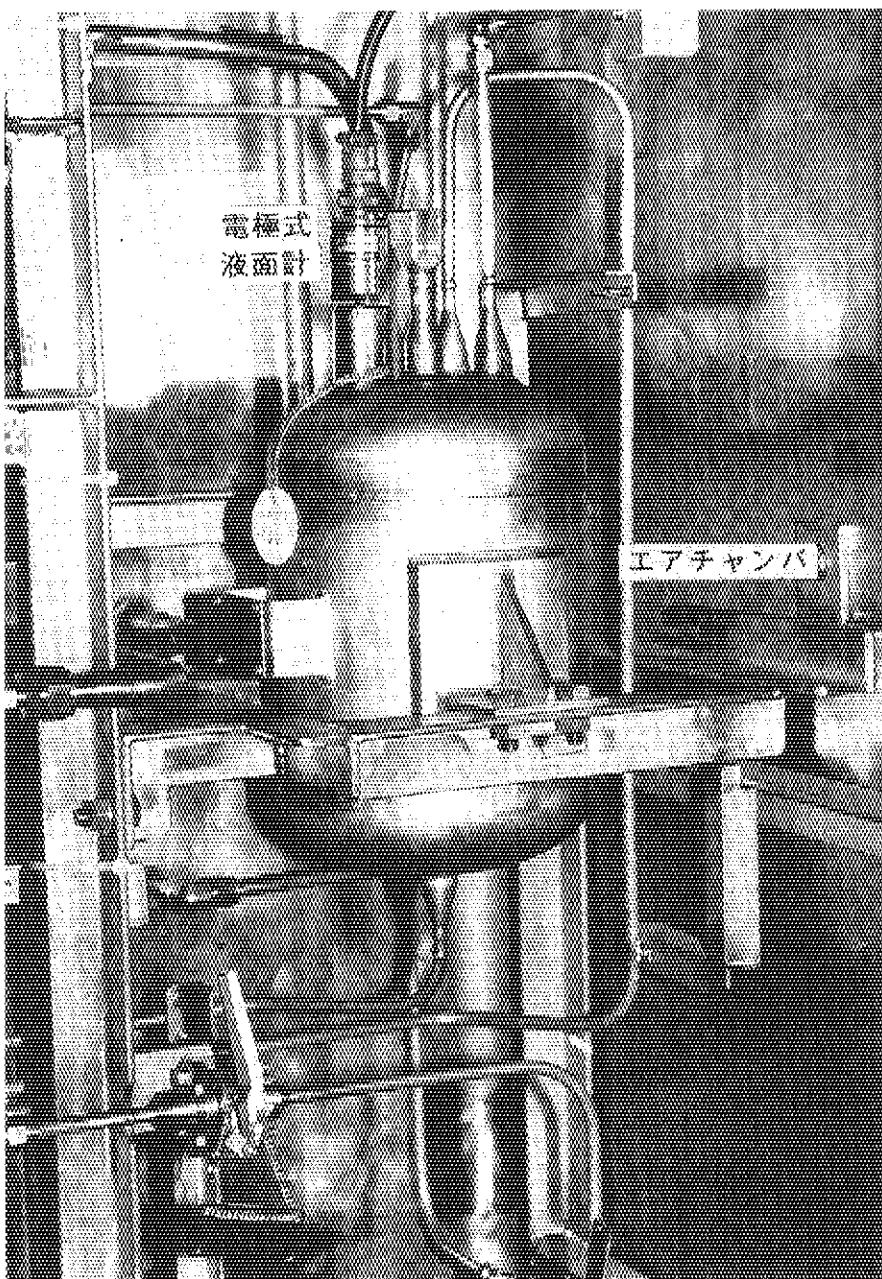
第4-9表 マスタースレーブマニピレータの性能

項目		内容
エクステンディドリーチ		有
気密方式		シールチューブ
マスターhandle形式		ピストルグリップ
負荷加重X, Y, Zモーション		22 kg
トング握力容量		12 kg
吊り上げ重量		41 kg
指先開度		82 mm
Xモーション角度	手動	左右 45度
	電動	左右 30度
Yモーション角度	手動	前方 30度 後方 25度
	電動	前方 90度 後方 15度
Zモーション上下	手動	951 mm
	電動	906 mm
形式		三分割型 (CRL社製 MODEL REFB)

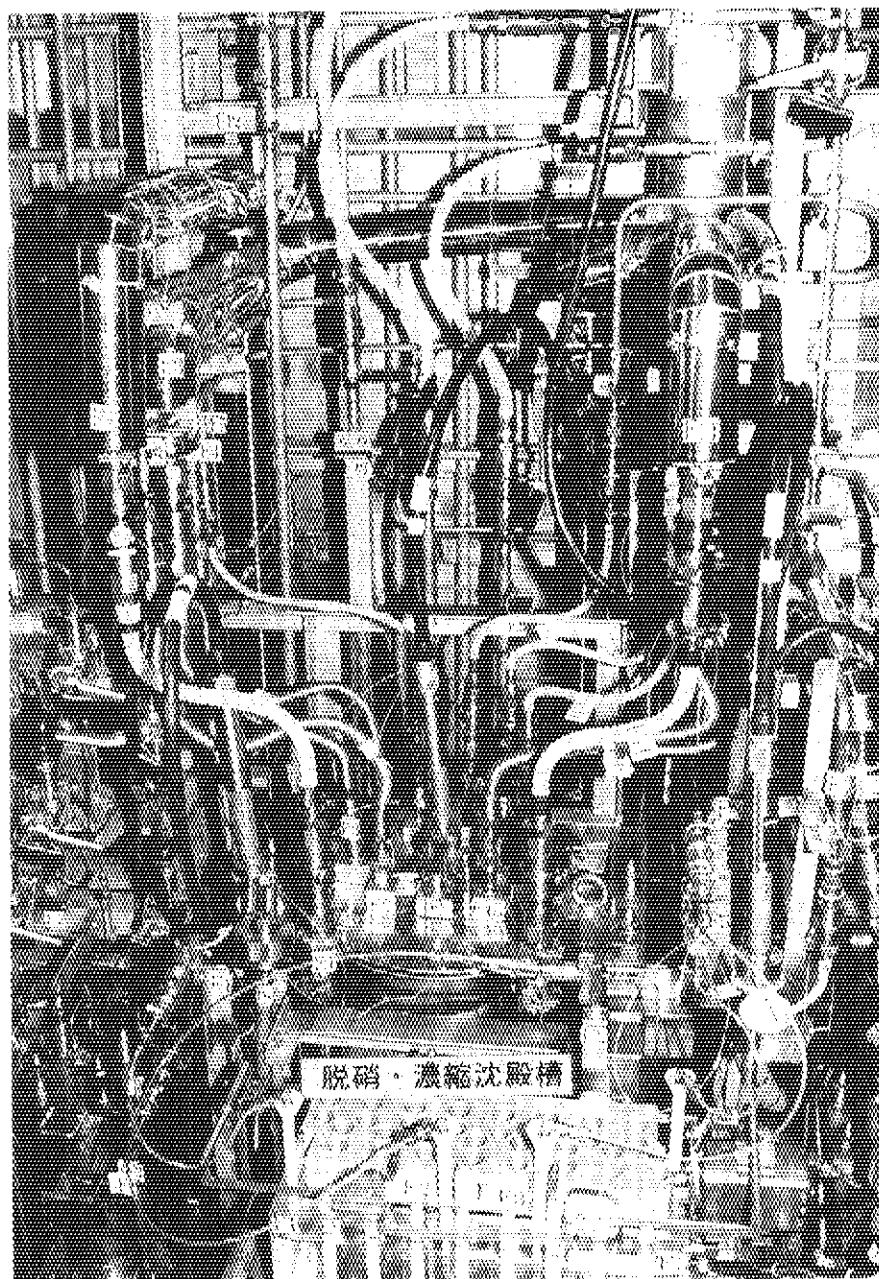


第2-1図 群分離フローシート

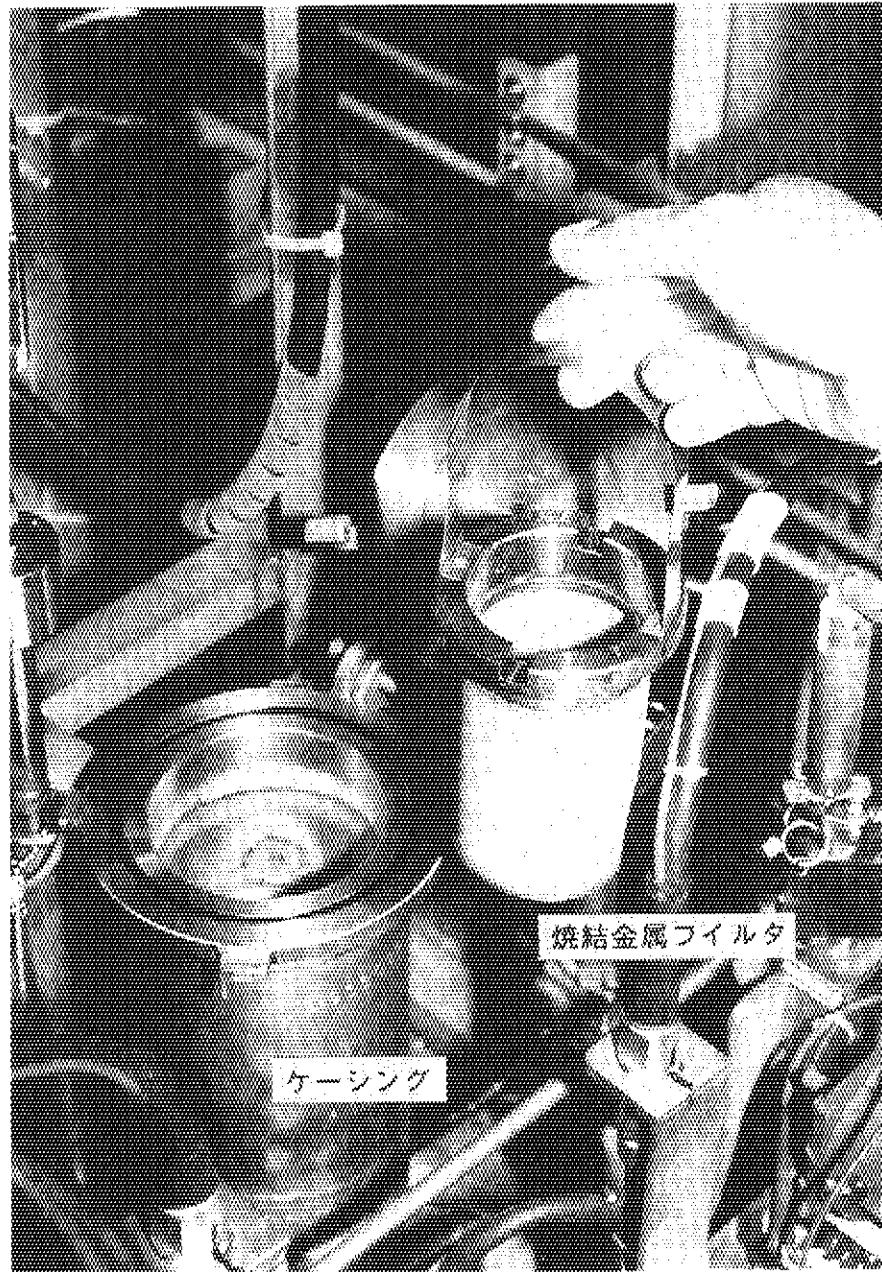




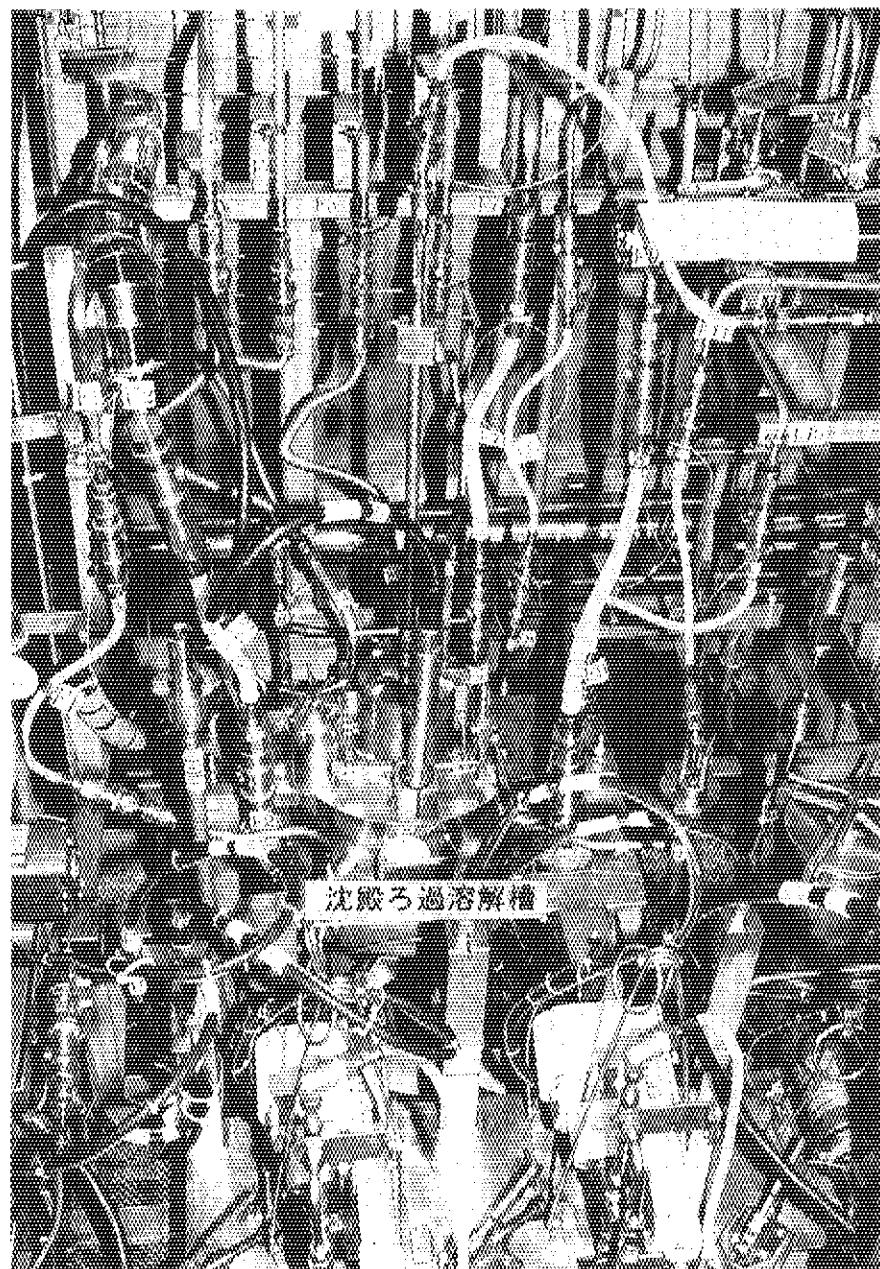
第2-3図 エアチャンバ



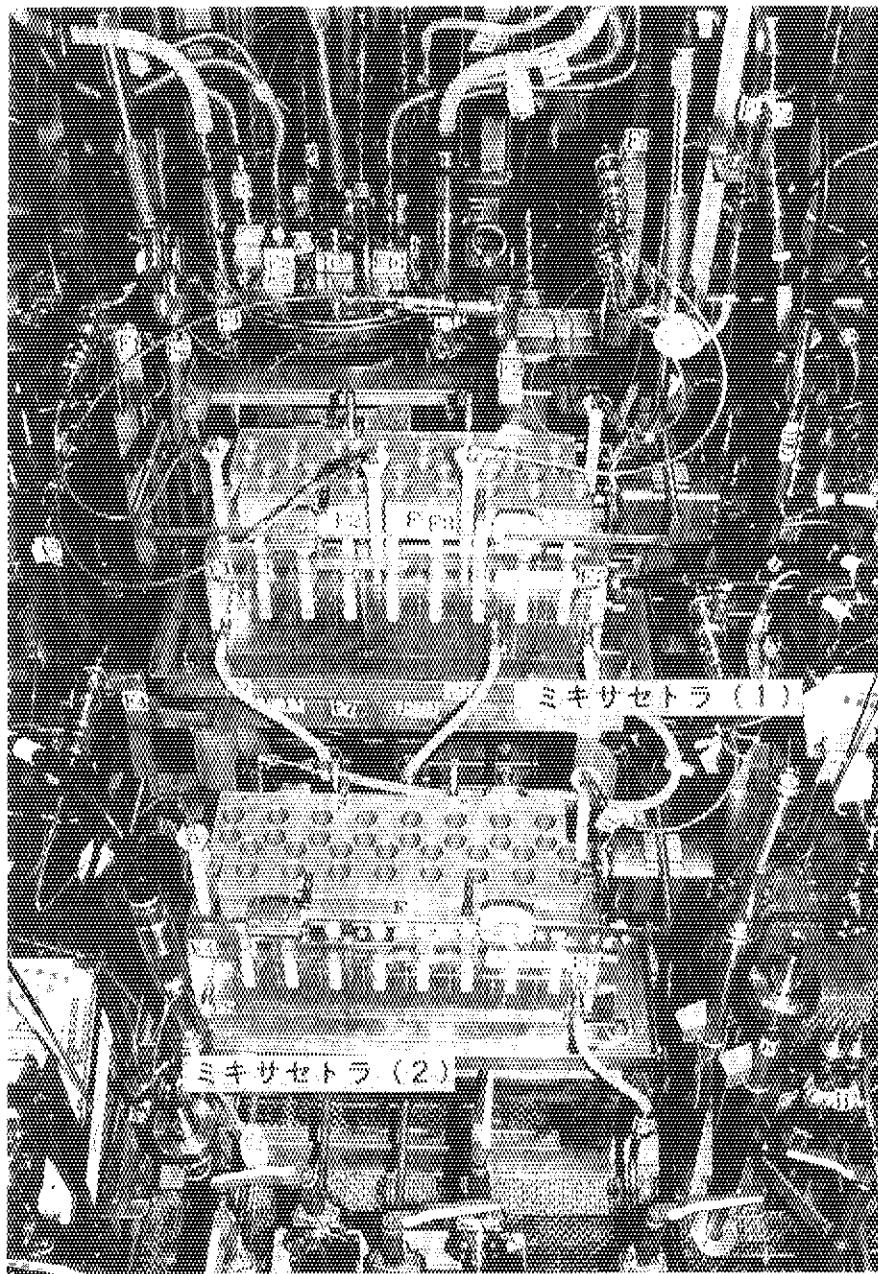
第2-4図 脱硝・濃縮沈殿槽



第2-5図 ろ過装置

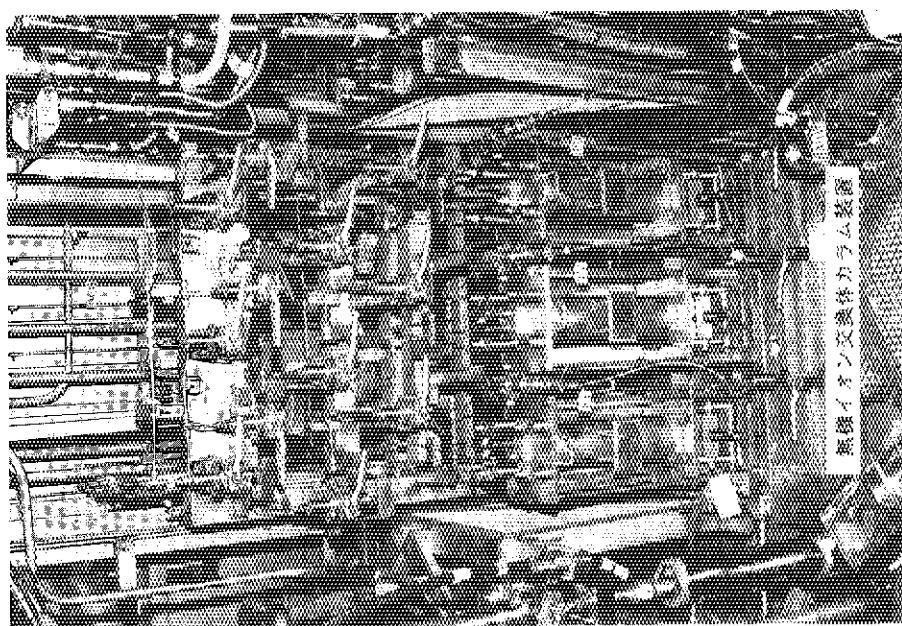
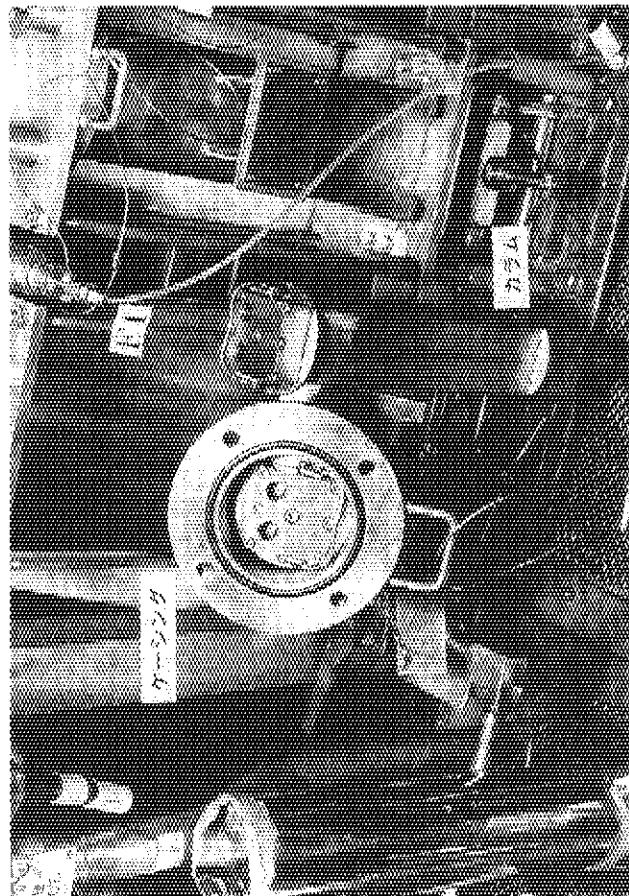


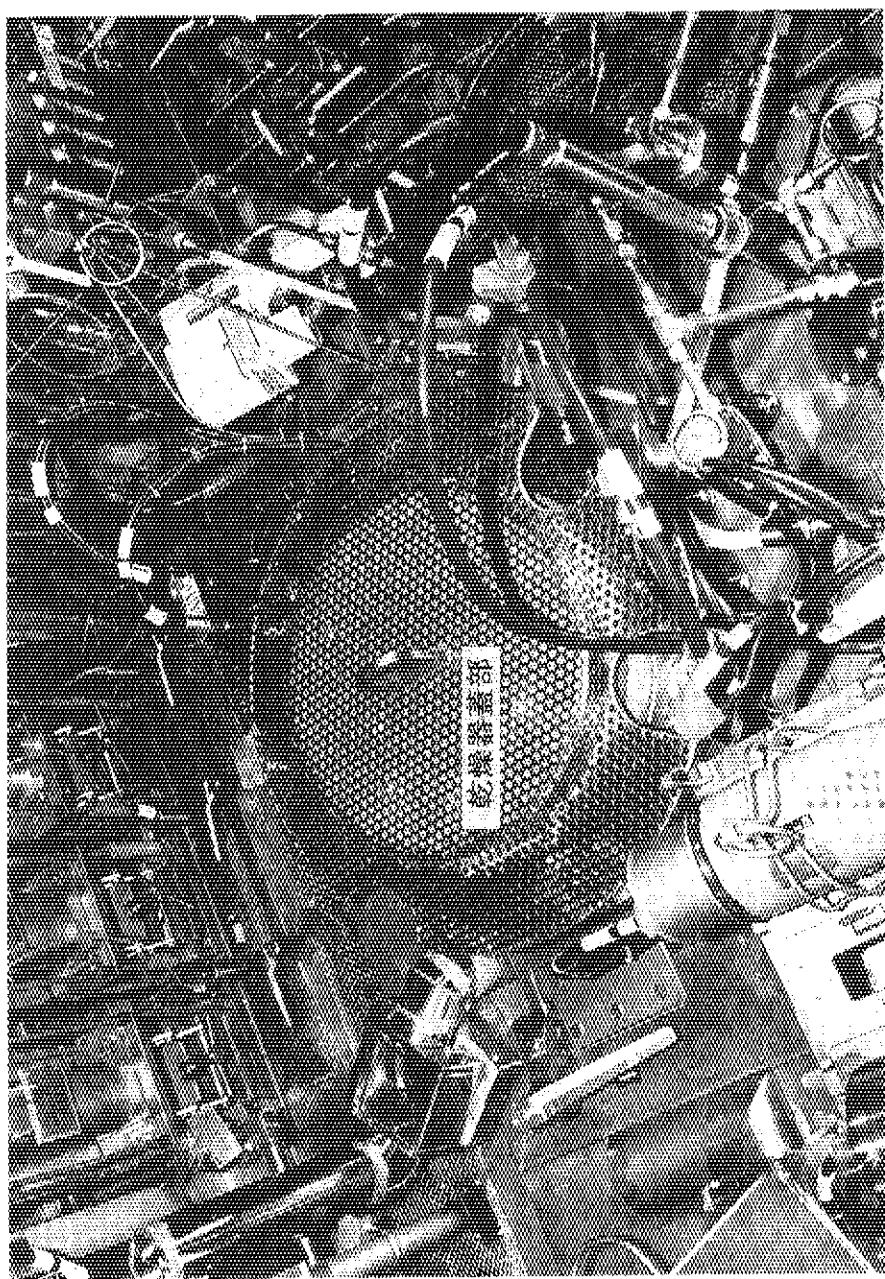
第2-6図 沈殿ろ過溶解槽



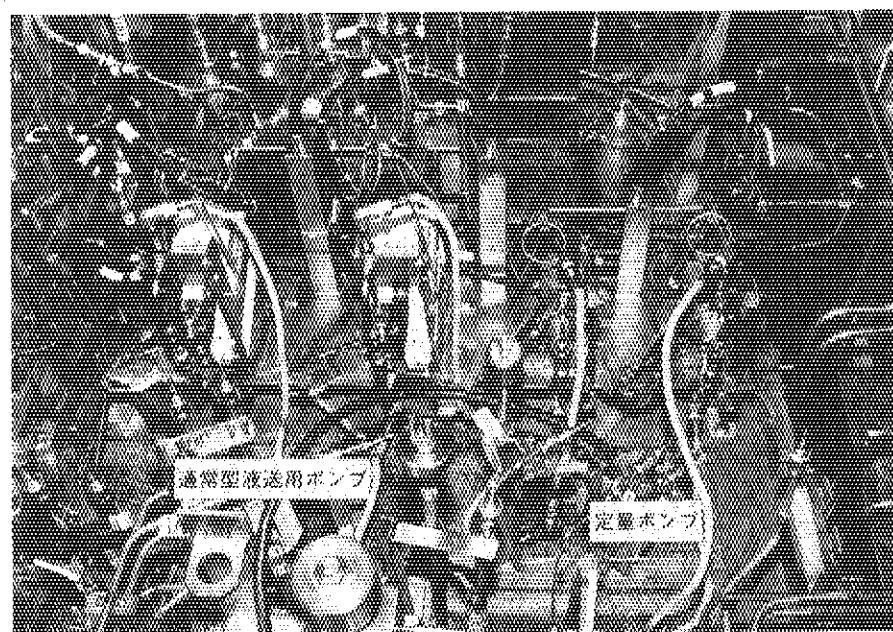
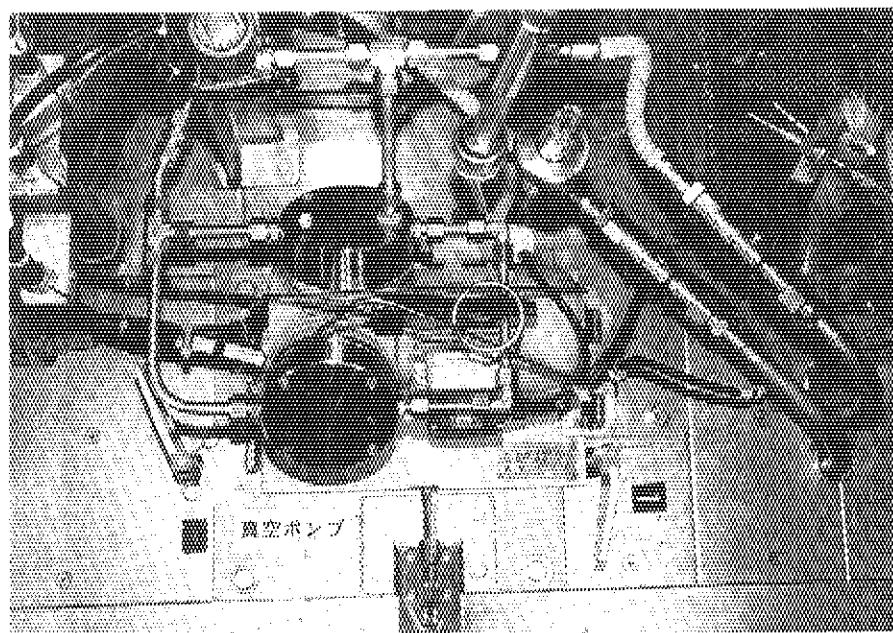
第2-7図 抽出装置

第2-8図 無機イオン交換体カラム装置

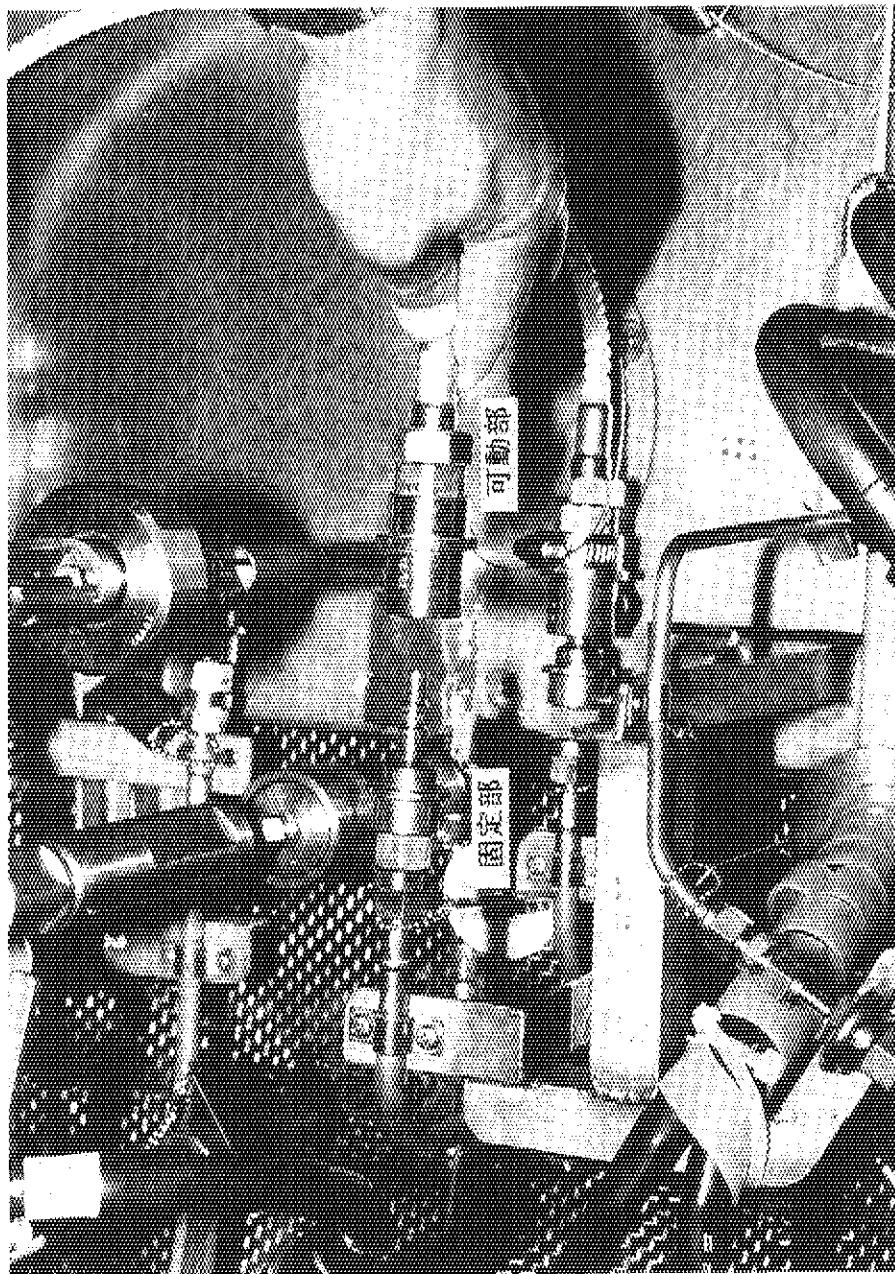




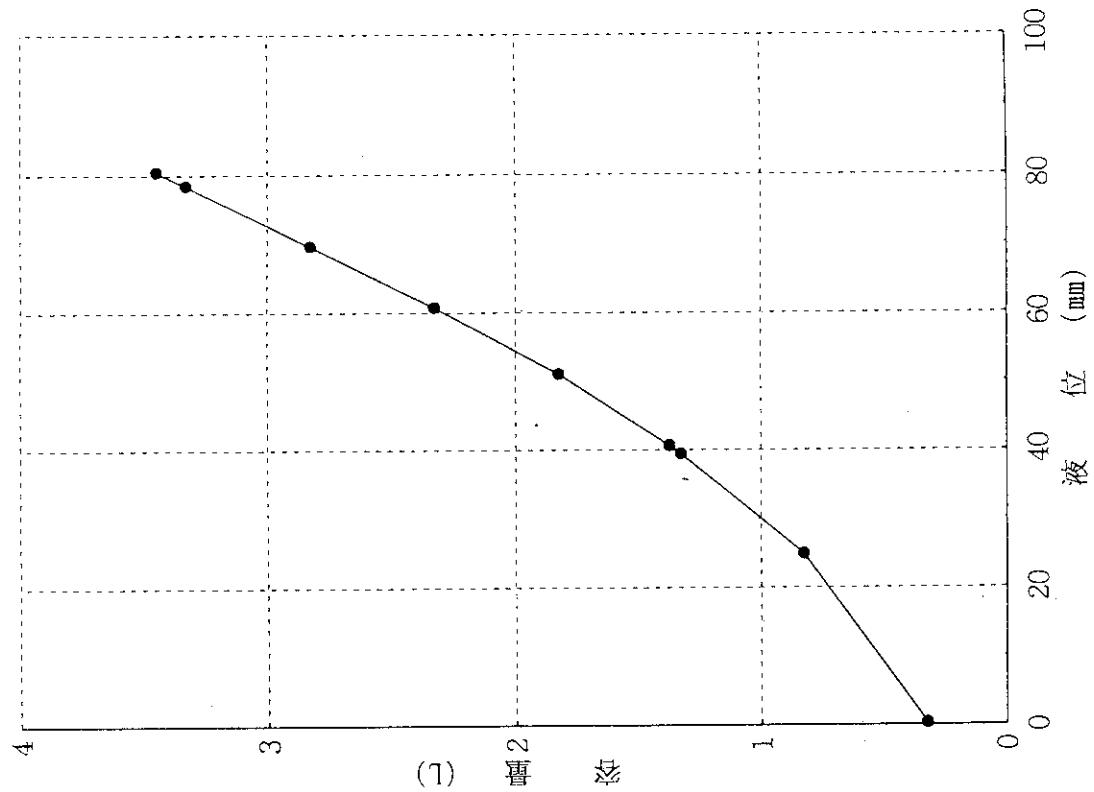
第2-9図 乾燥器



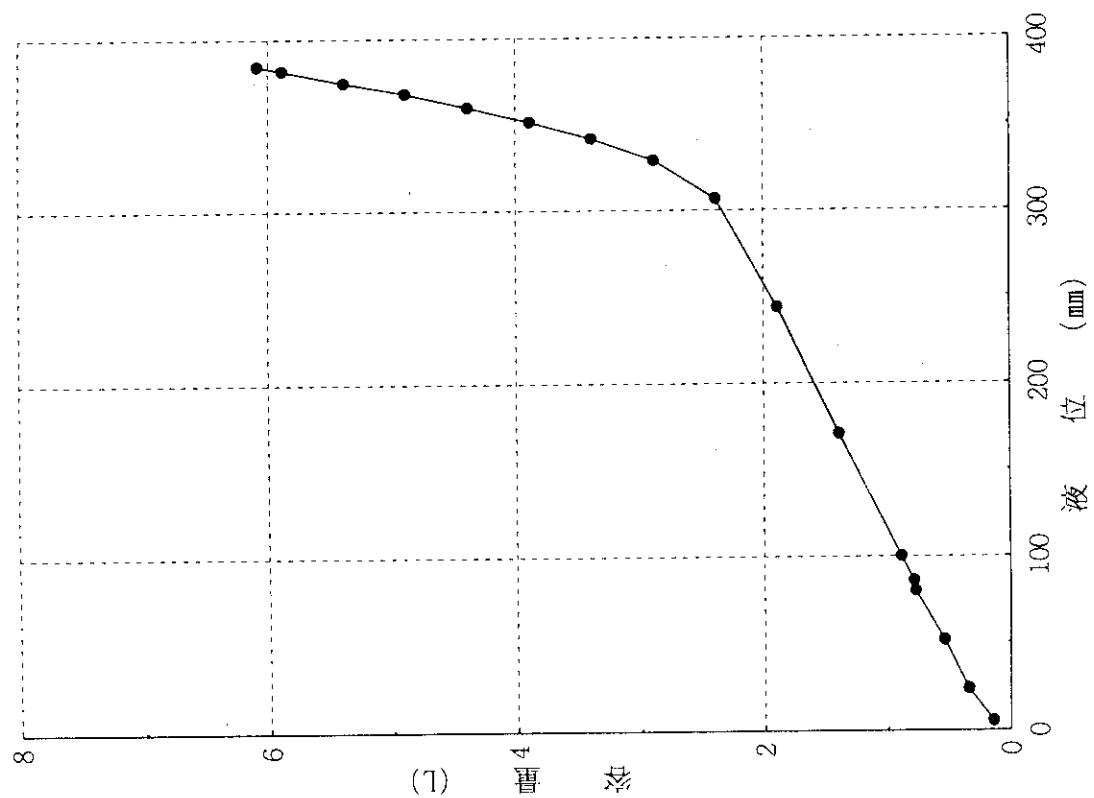
第2-10図 真空ポンプ及び液送用ポンプ



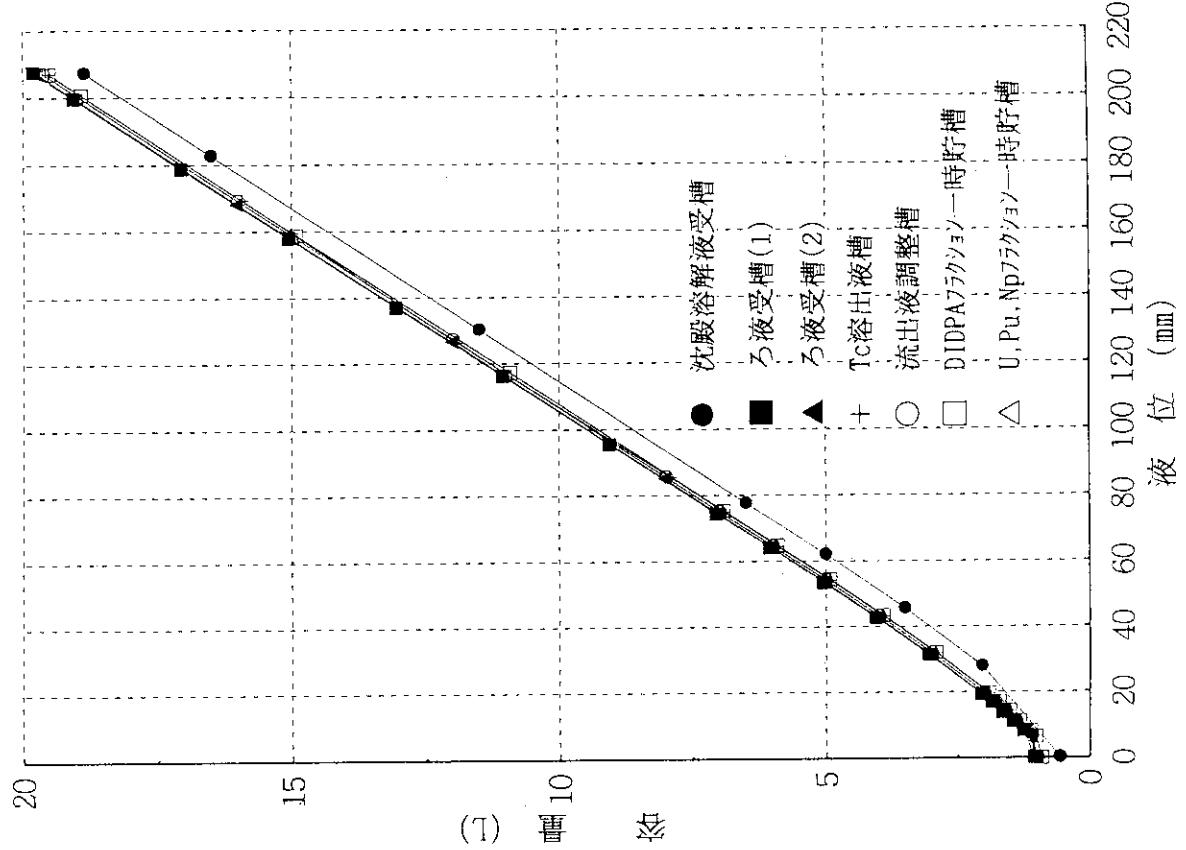
第2-11図 遠隔着脱コネクタ



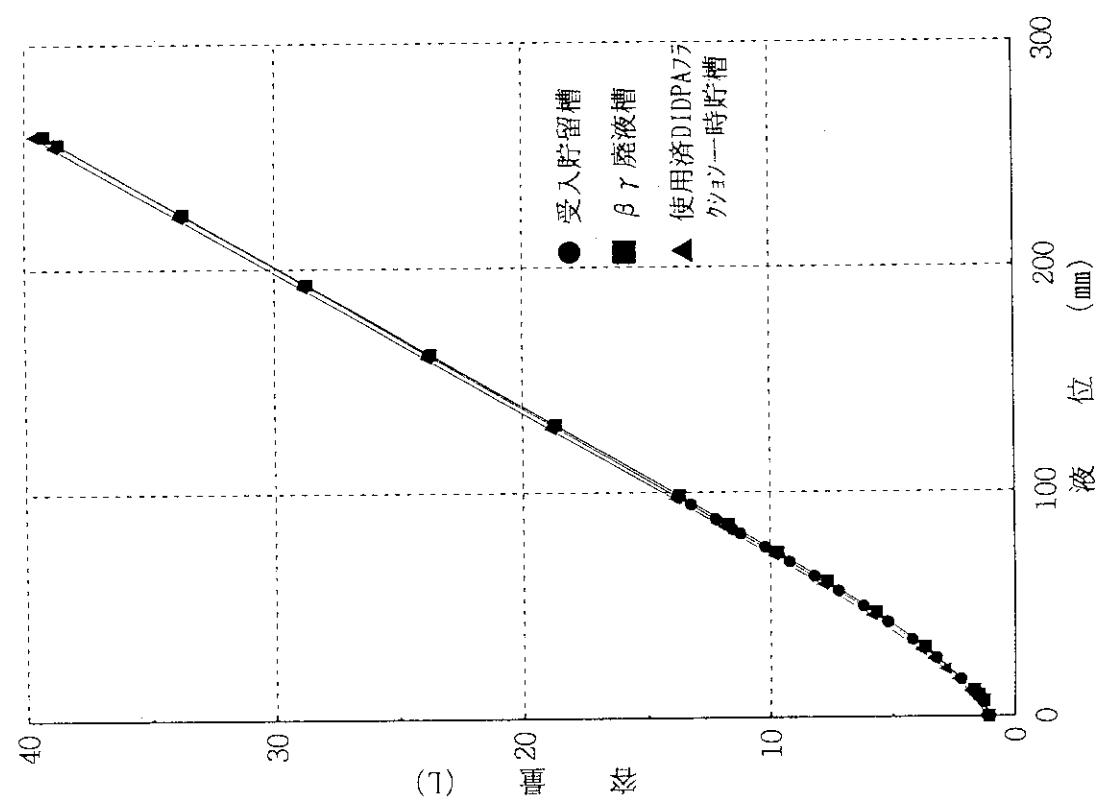
第3-2図 沈殿ろ過溶解槽の槽検量



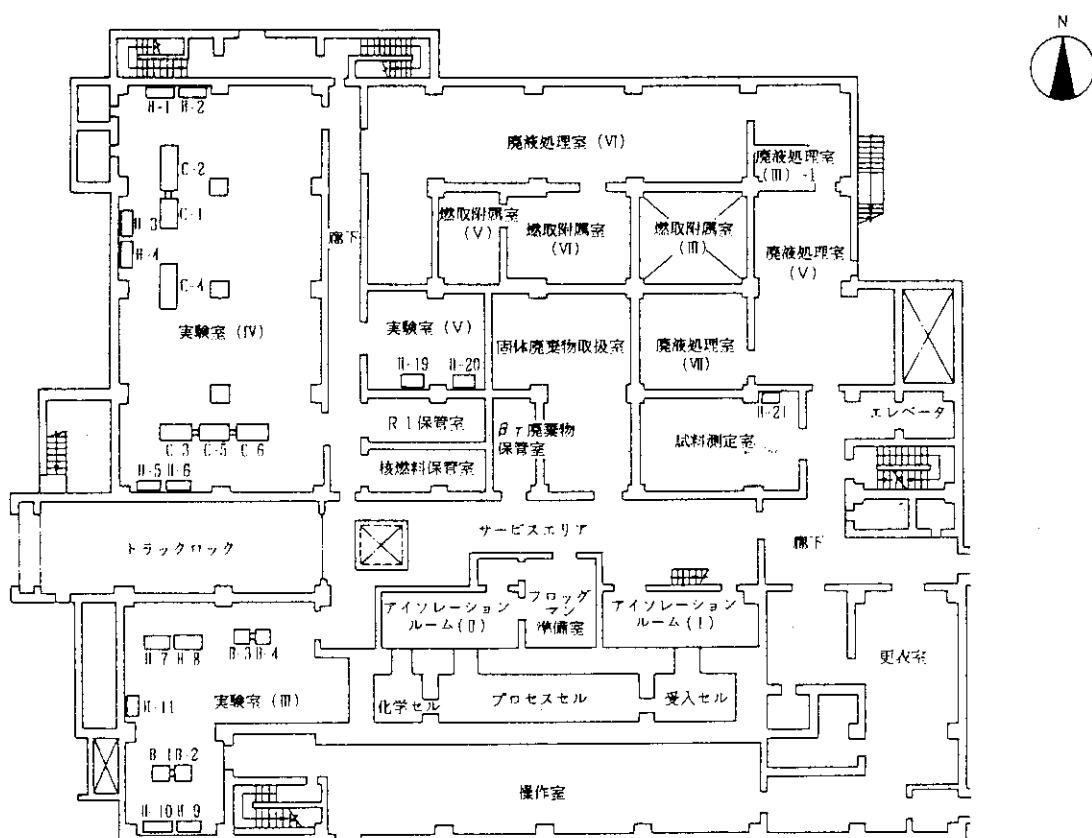
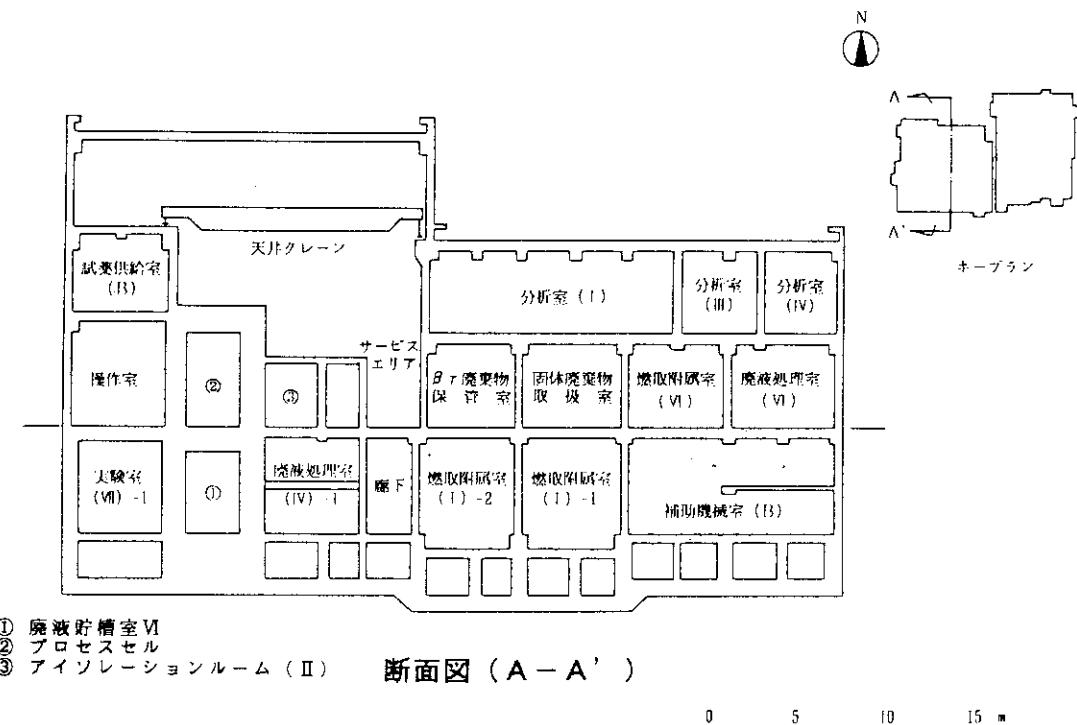
第3-1図 脱硝・濃縮沈殿槽の槽検量



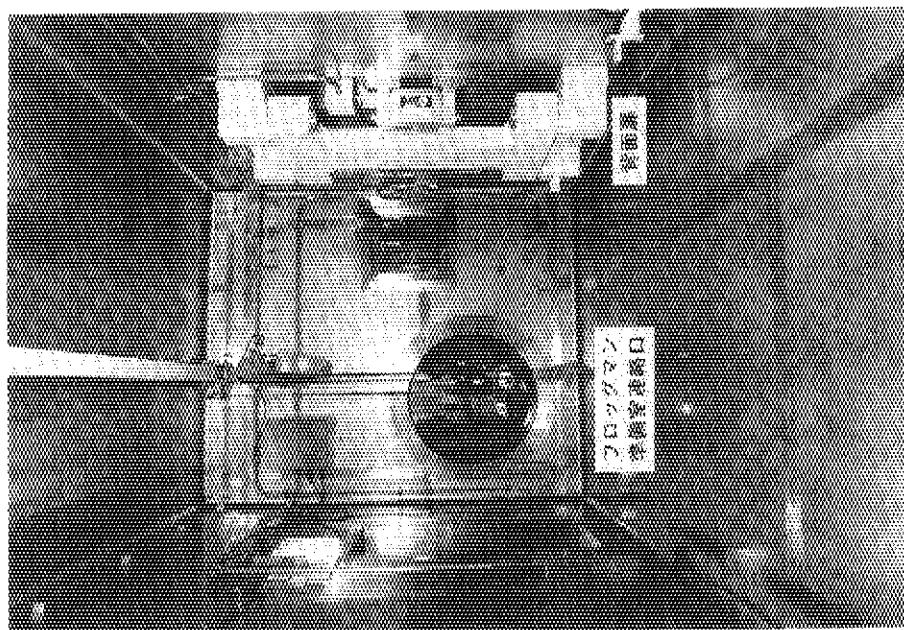
第3-4図 20L貯槽の槽検量



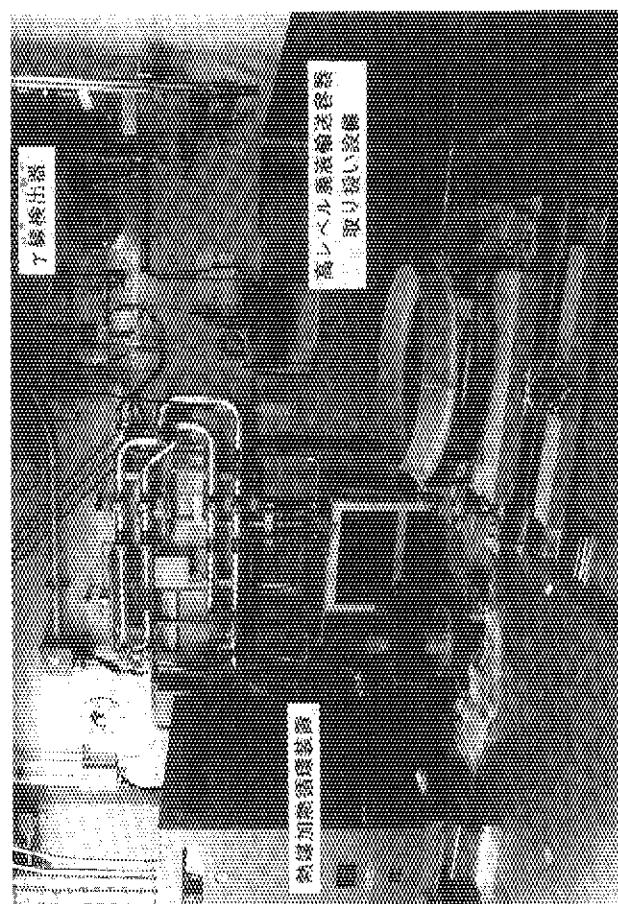
第3-3図 40L貯槽の槽検量



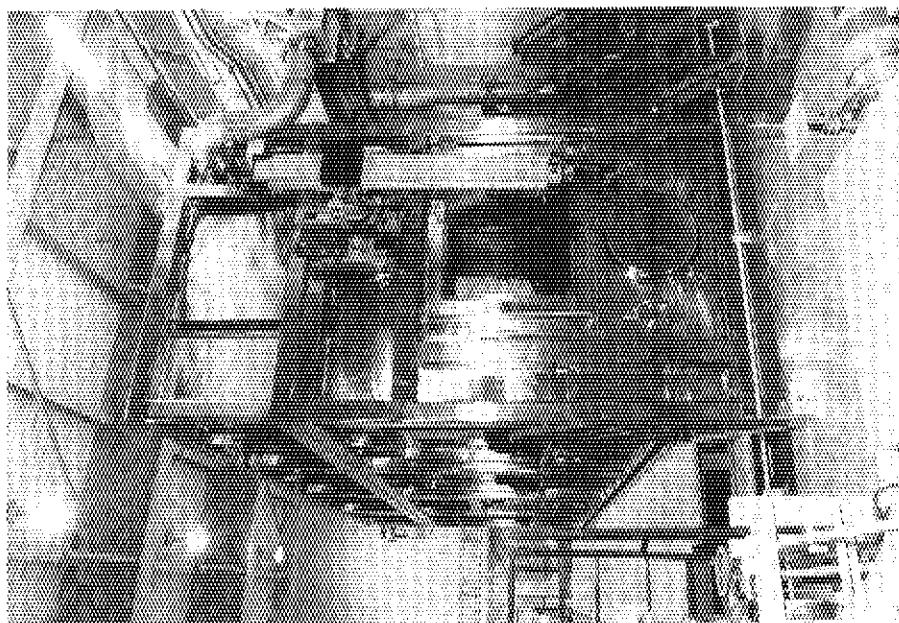
第4-1図 NUCCEF 建家平面及び断面図



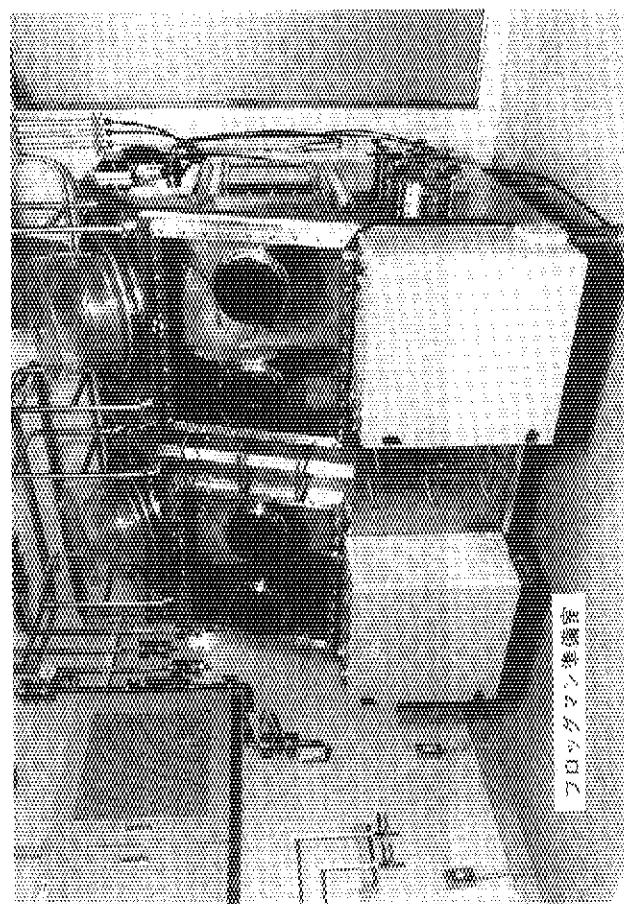
第4-3図 アイソレーションルーム(II)



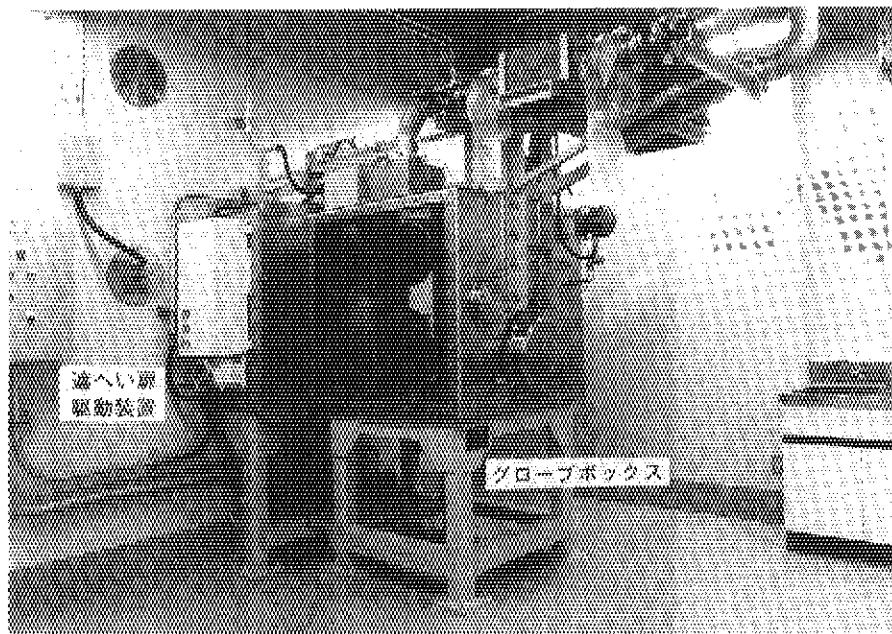
第4-2図 アイソレーションルーム(I)



第4-5図 メンテナンスボックス



第4-4図 エアライン着脱設備



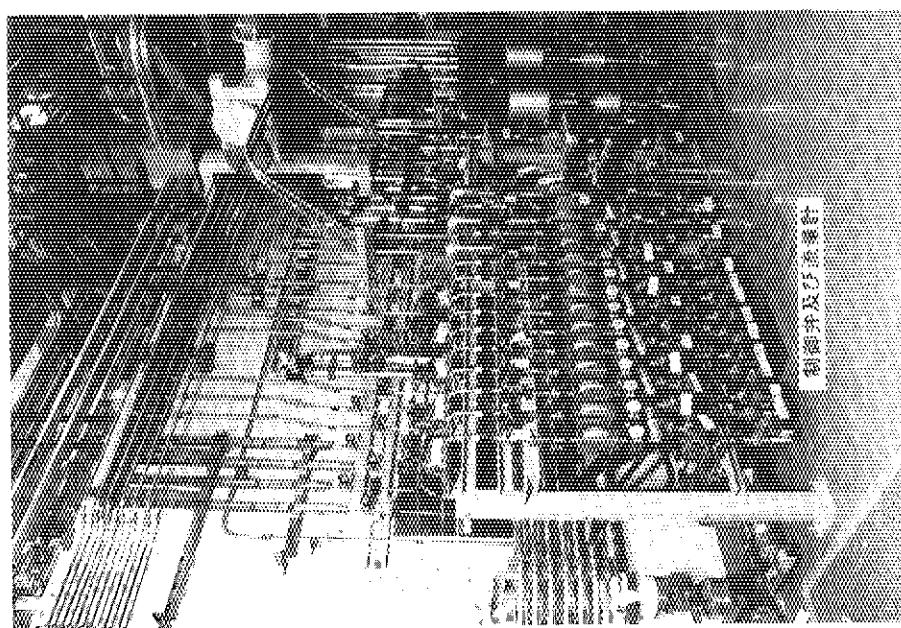
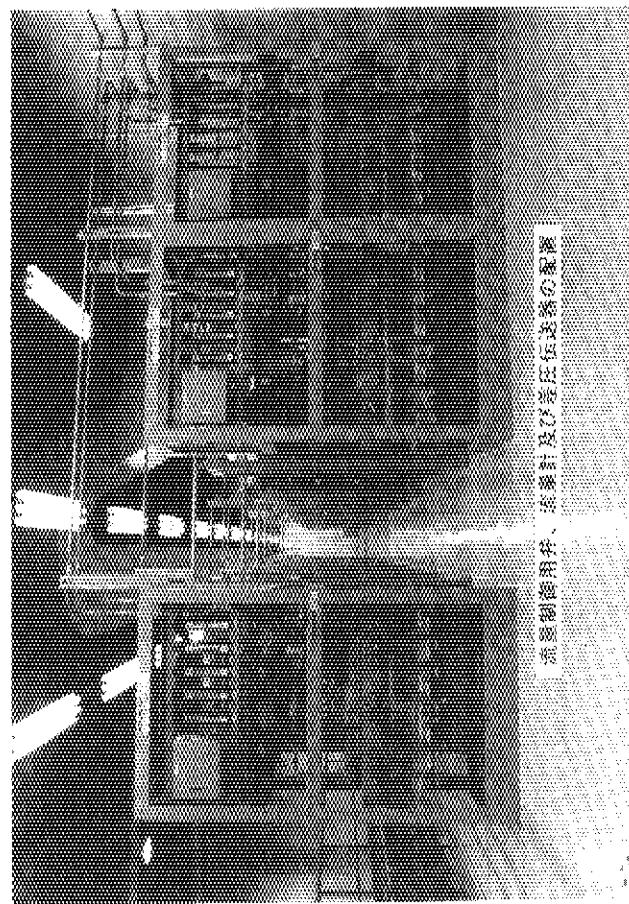
第4-6図 サンプリングボックス

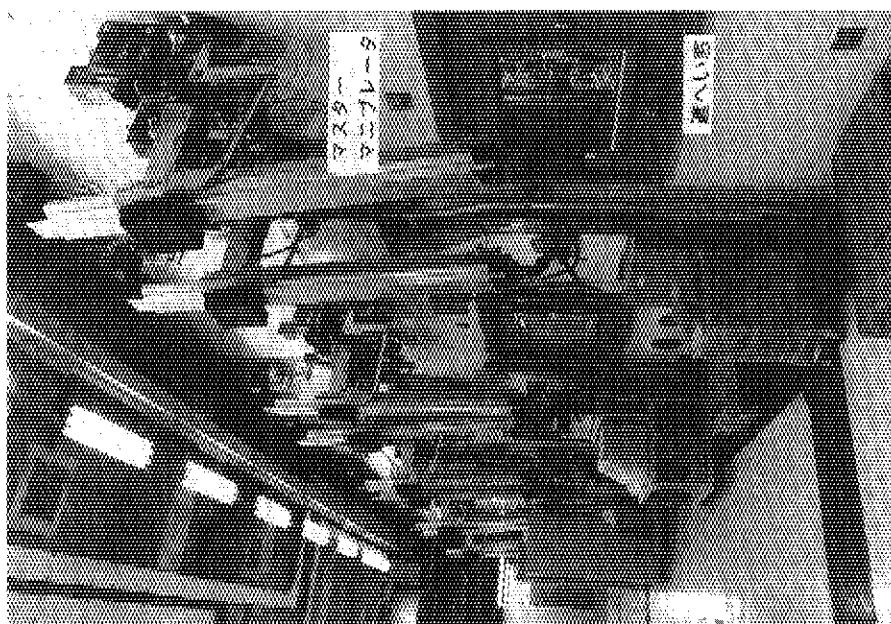


第4-7図 試薬供給室

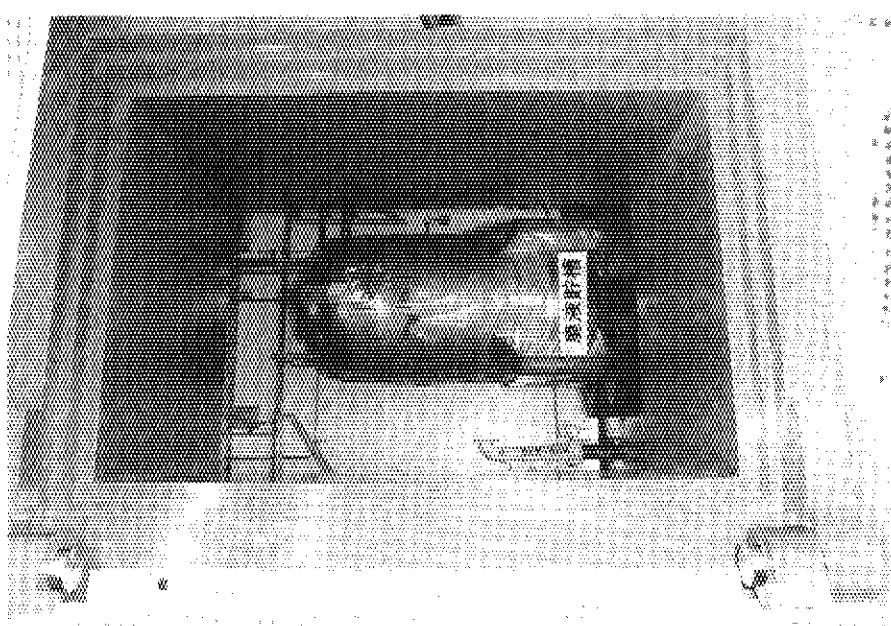
第4-8図 アイソレーショナルーム上面(ハイブヤード)

第4-9図 トランスマッタ室

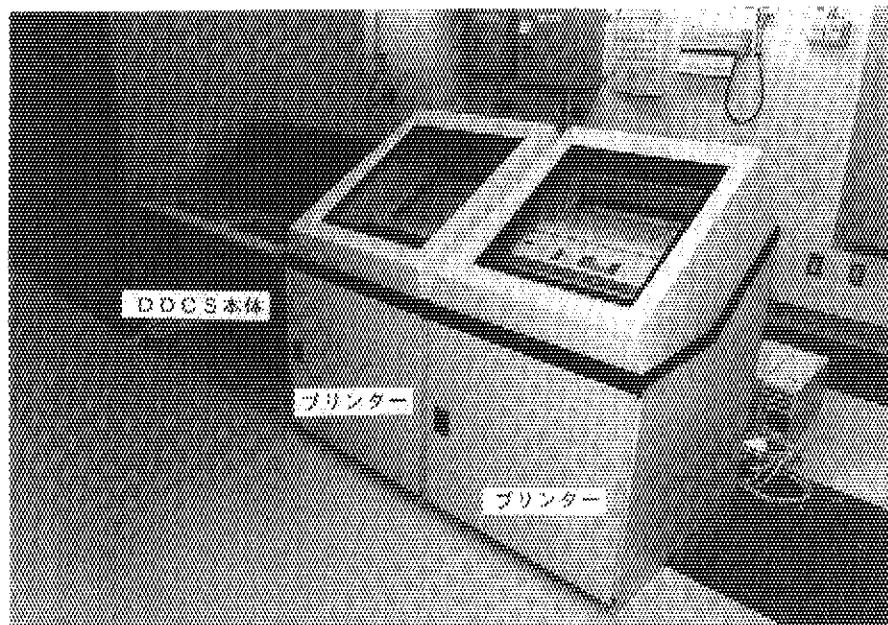




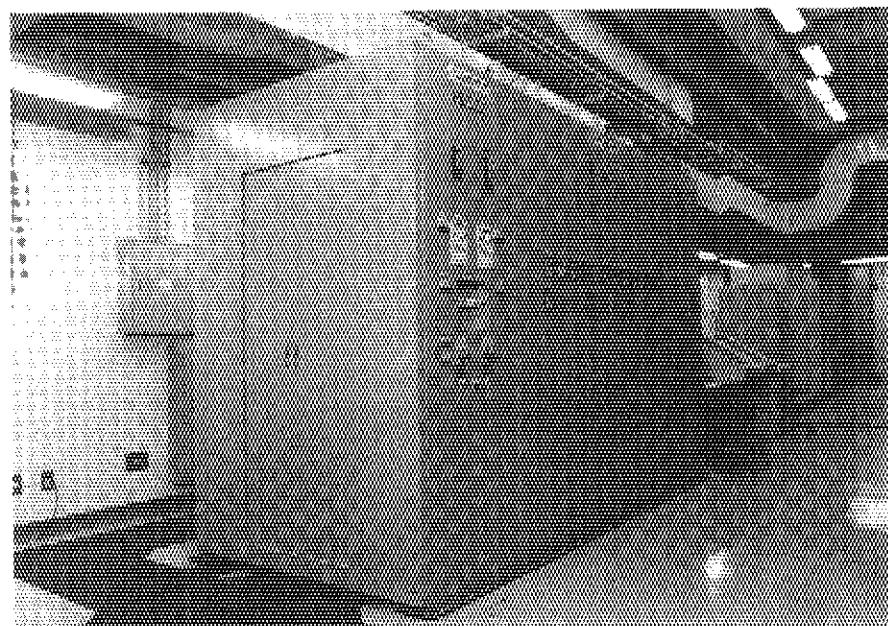
第4-11図 操作室



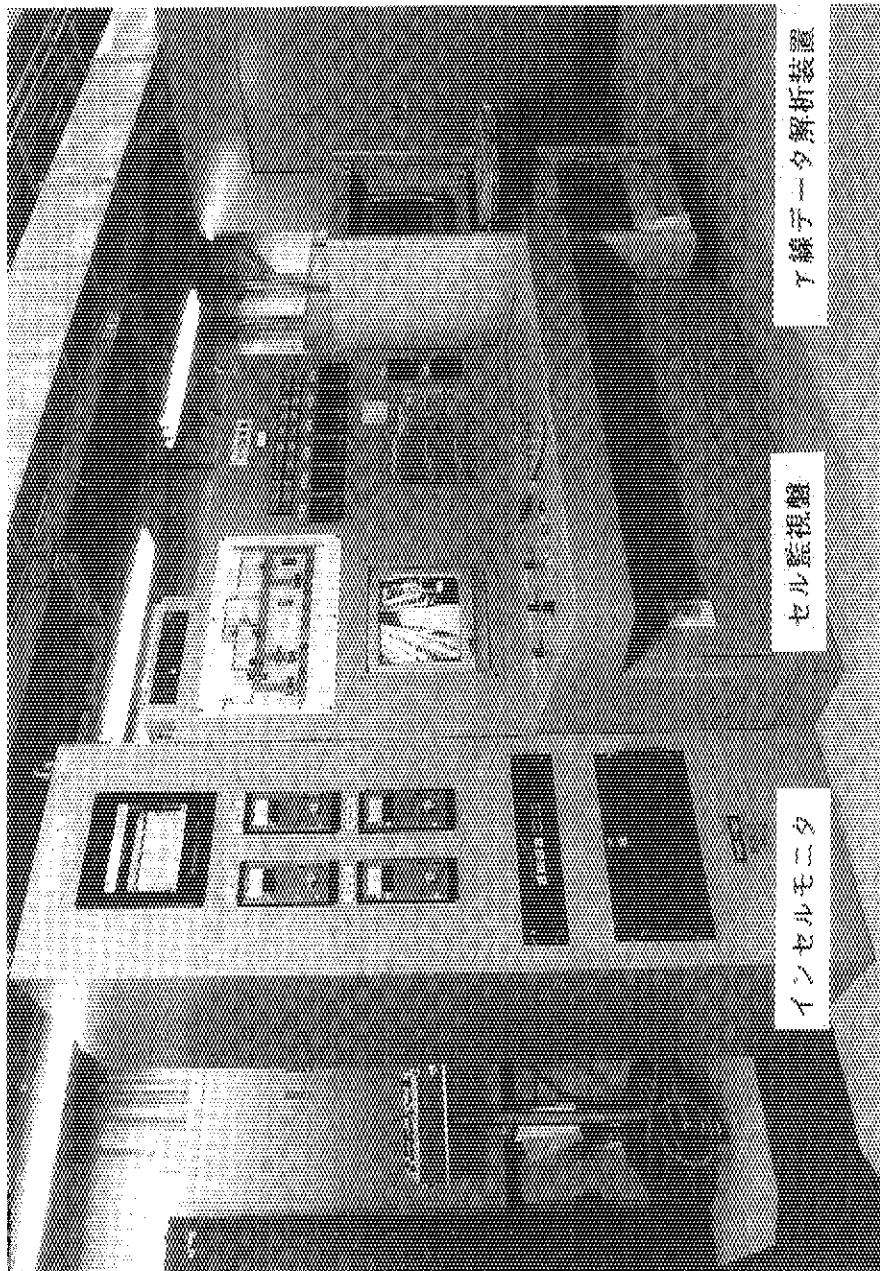
第4-10図 廃液貯槽室VI-3



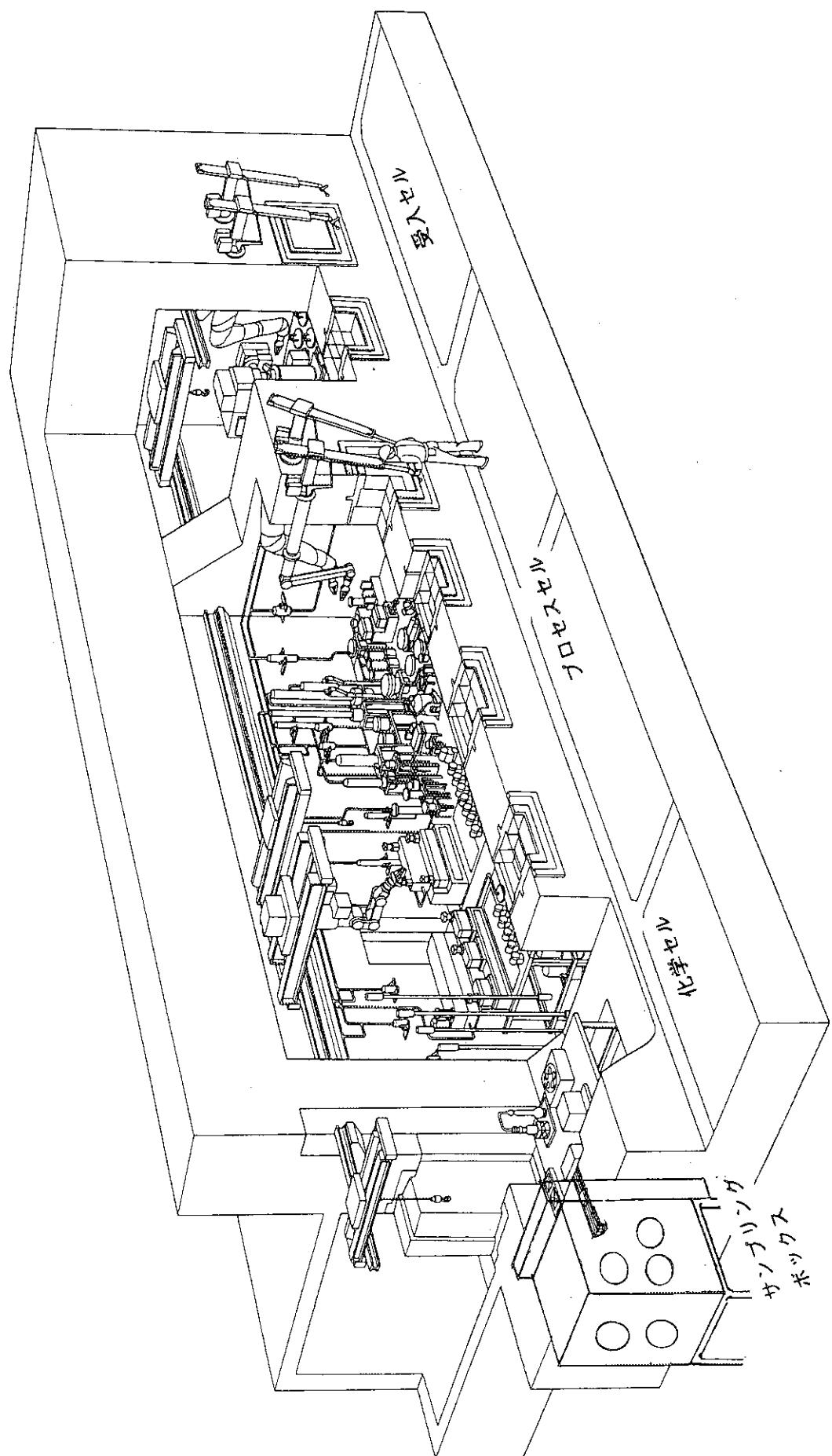
第4-12図 群分離試験装置監視制御システム（DDCS）



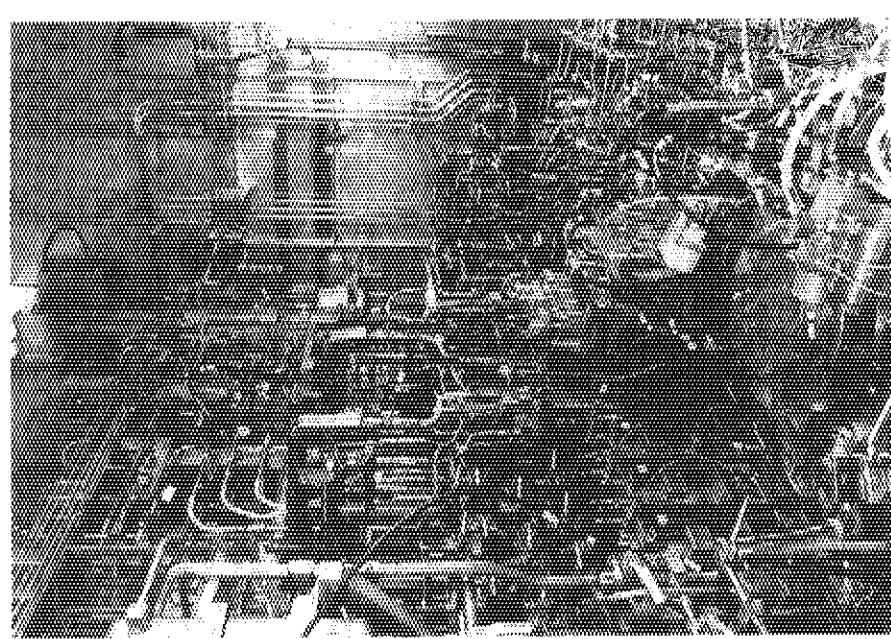
第4-13図 群分離試験設備監視制御盤



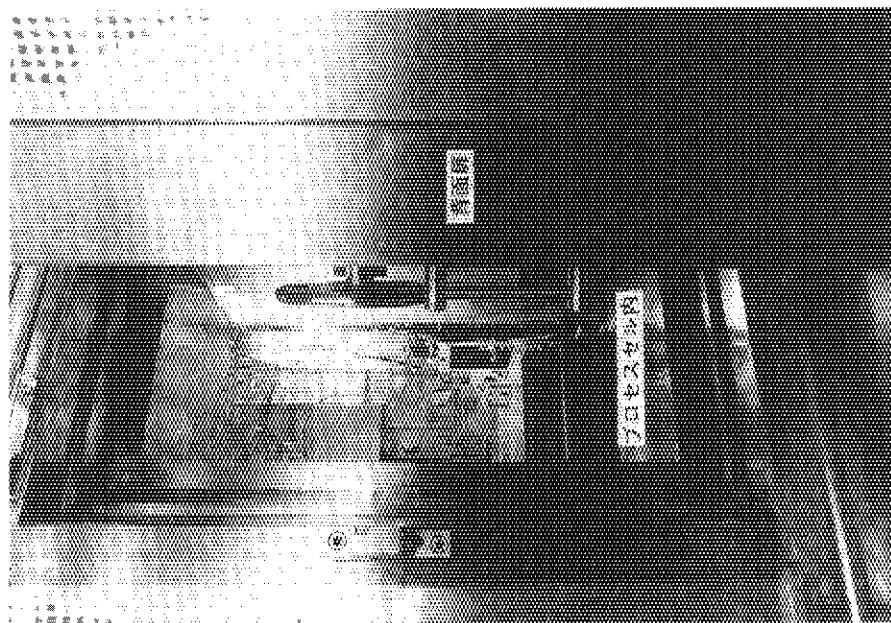
第4-14図 インセルモニタ、セル監視盤及び γ 線データ解析装置



第4-15図 セル構造図

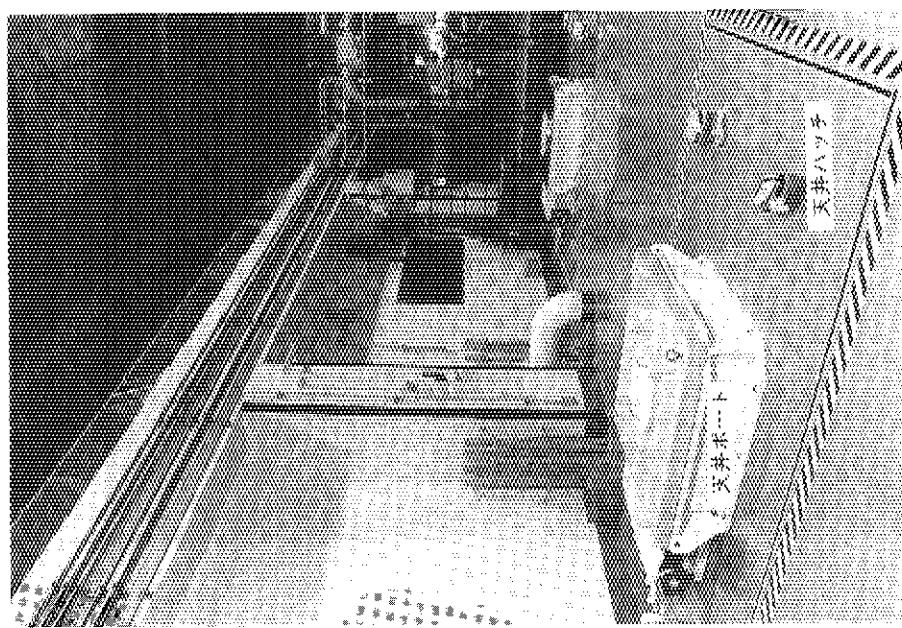
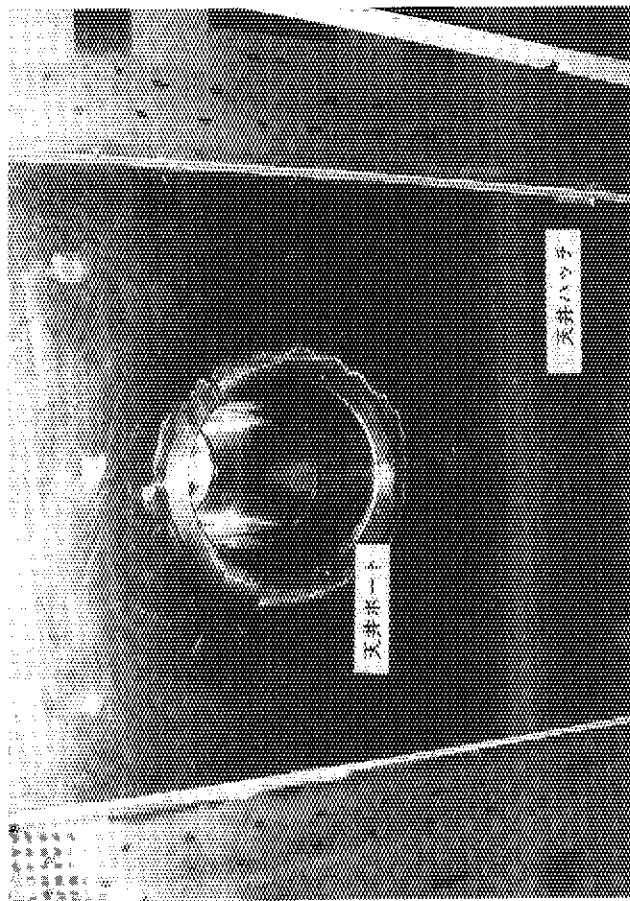


第4-16図 プロセスセル内装置（群分離試験装置）

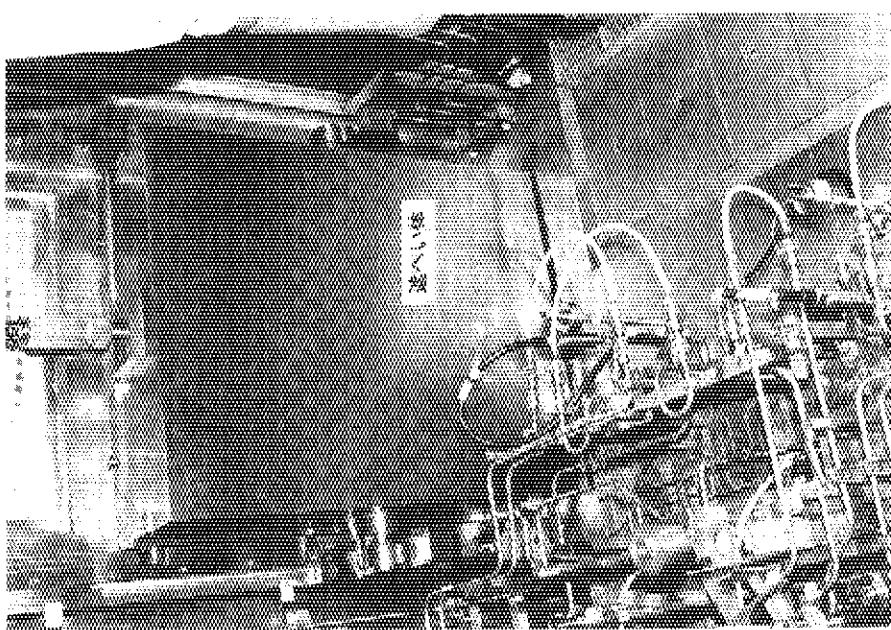
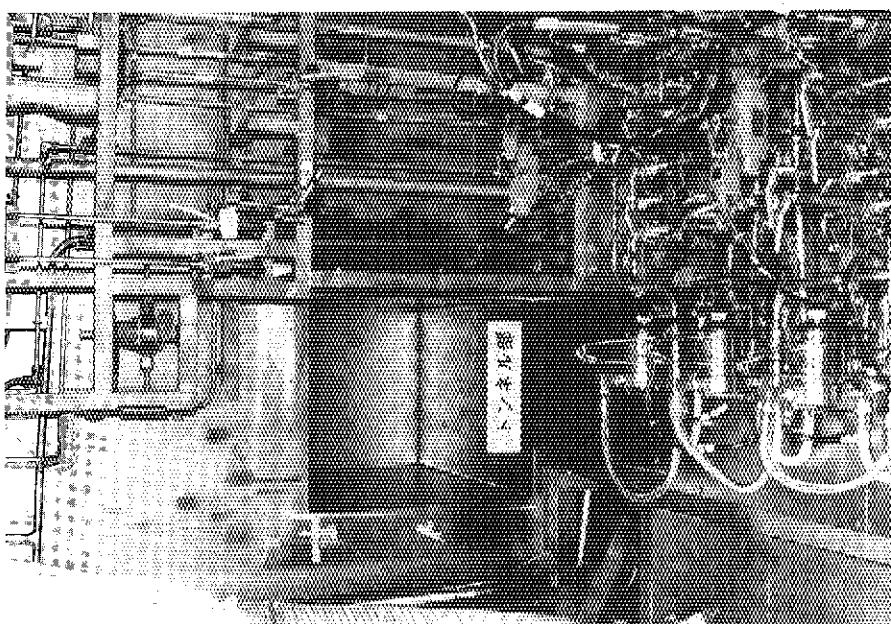


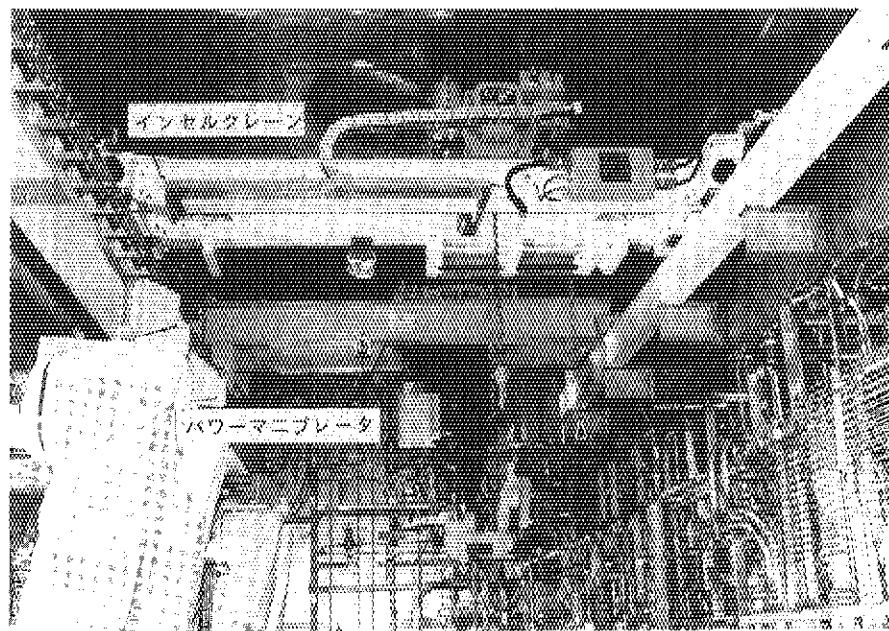
第4-17図 背面扉

第4-18図 天井ハッチ及びボート

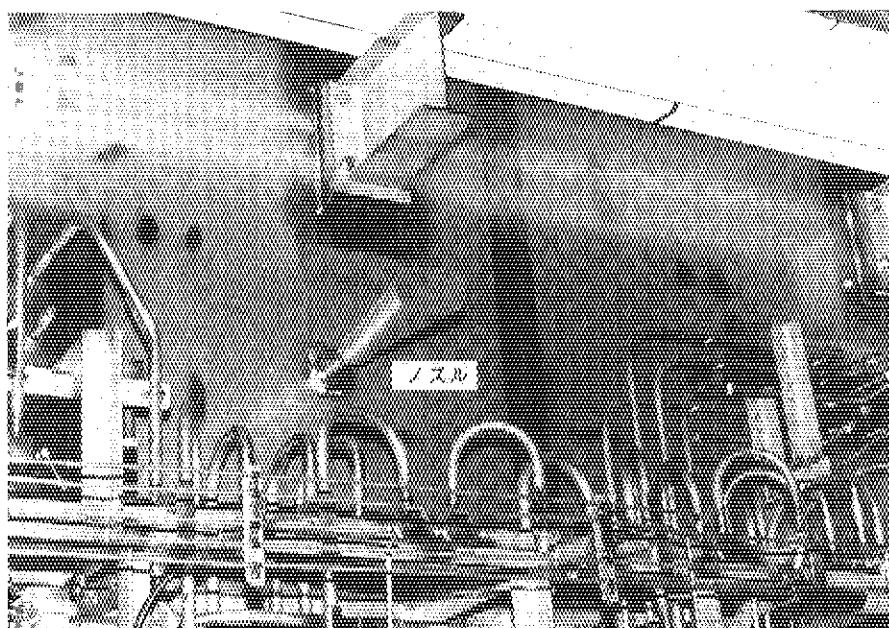


第4-19図 セル間示下

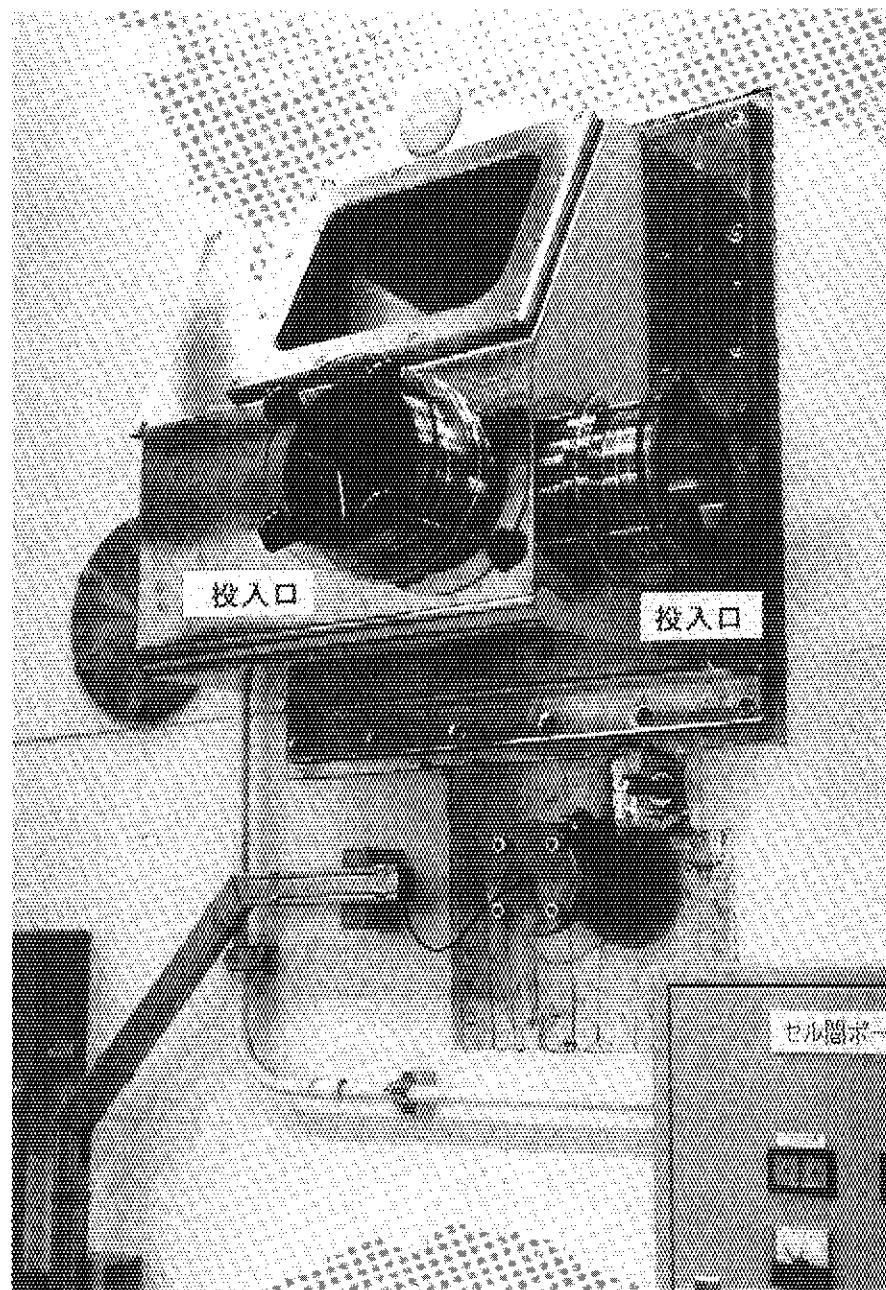




第4-20図 インセルクレーン及びパワーマニプレータ



第4-21図 ハロン消火設備



第4-22図 小物投入口