

7. 理化学器械および放射線装置

PRECISE SCIENTIFIC INSTRUMENTS AND RADIANT-RAY APPARATUS

37年度は理化学器械の輸出向けに重点をおいた。特に電子顕微鏡の輸出は予想を上回る実績を示し、機種も HU-11A 高性能形、HS-7 普及形と性能の一大飛躍があった。また日立-パーキンを通じての技術交流が本格的に進展して、回折格子を用いた分光光電光度計や新形ガスクロマトグラフの試作が完成した。また質量分析計、アミノ酸分析計も輸出可能品として期待がもてるまでに成長した。さらに放射線測定器としては各種モニター数が整備され 400 ch γ 線スペクトロメータの試作が完成した。

医療用放射線装置では、ガン、消化器などの検診治療が重要になってきたので、それに即応して、X線テレビを整備した全遠隔操作X線装置、胃集団検診用装置、深部治療用 300 kV 形X線装置などの新機種を製品化した。一方工業用の放射線装置では高電圧、小形軽量化を行ない、また生産の流れにのる検査用としてX線テレビを用いた連続透過検査装置を完成した。

7.1 電子装置

電子顕微鏡の生産は国内外の需要にささえられて順調な伸びを見せたが、特に性能向上を図って HU-11A 形、HS-7 形の両機種を意欲的に開発した。微小部X線分析装置は従来のシングルチャンネルを足場にマルチ方式の XMA-M1 形を開発した。

質量分析計にあっては高性能の RMU-6 形が完成し、高沸点試料用のエバポレータの完成とあいまって著しく応用範囲が広がった。磁気共鳴分析計では高周波変調による高感度化、UV 照射、温度可変などによる応用分野の拡大を図った。

7.1.1 HU-11A 形電子顕微鏡完成

HU-11A 形電子顕微鏡は従来の HU-11 形の電源装置を根本的に改良し、特に高圧安定回路および各部レンズ励磁電流回路に負帰環形制御回路方式を採用し各部電源の安定度を飛躍的に向上させ、またきわめて安定な高性能（分解能 $7 \text{ \AA}$ 保証）と簡易な操作を実現した。さらに各種付属装置も装着可能で広範囲の応用研究にも用いられる画期的な多性能を備えている。

7.1.2 HS-7 形電子顕微鏡完成

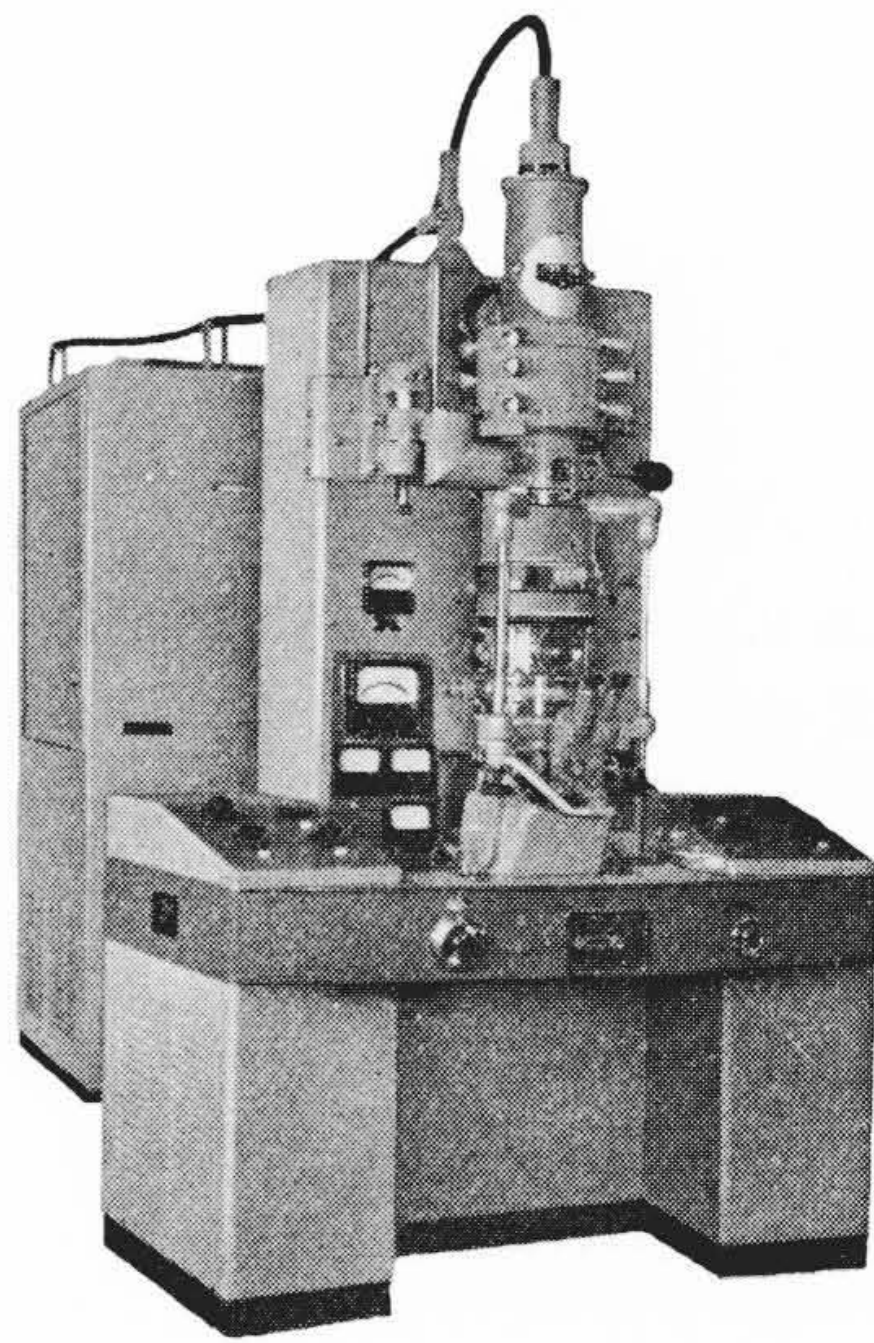
HS-7 形電子顕微鏡は電子レンズ励磁に永久磁石と電磁石を併用し、広範囲の倍率変換と焦点合わせを容易にして分解能 $15 \text{ \AA}$ を保証し、また真空計の統一化、自動化を行ない、プッシュボタンによる電磁方式を採用することにより全操作を簡単にした。なお HU-11A 形電子顕微鏡と共通の付属装置を取り付け可能とし、標準形電子顕微鏡として画期的な多性能を持つことになった。

7.1.3 XMA-M1 形微小部X線分析装置完成

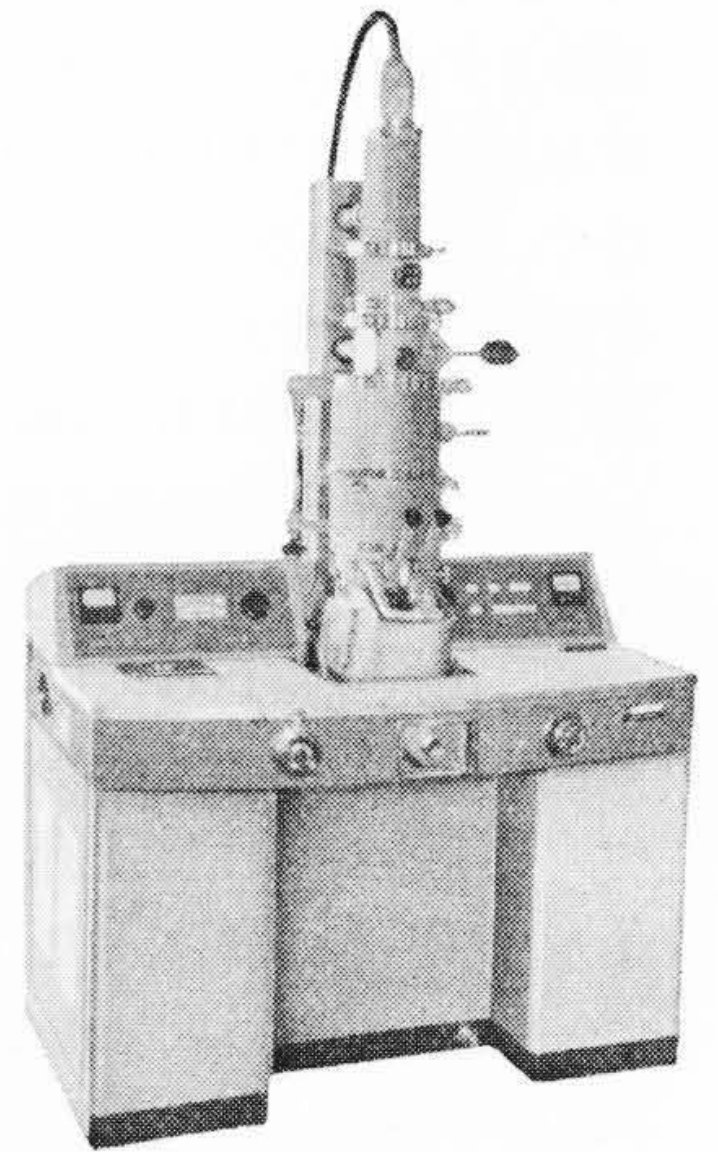
XMA-4（シングルチャンネル）の製作経験を生かし、XMA-M1 を製作した。これはX線分光器を5台まで取り付け可能で、短時間に多数の元素を同時分析できるところに大きな特長がある。また本器はX線取出角度が最大 57° 、光学顕微鏡対物レンズが真空中で高低倍切替可能とした。

7.1.4 RMU-6 形質量分析計完成

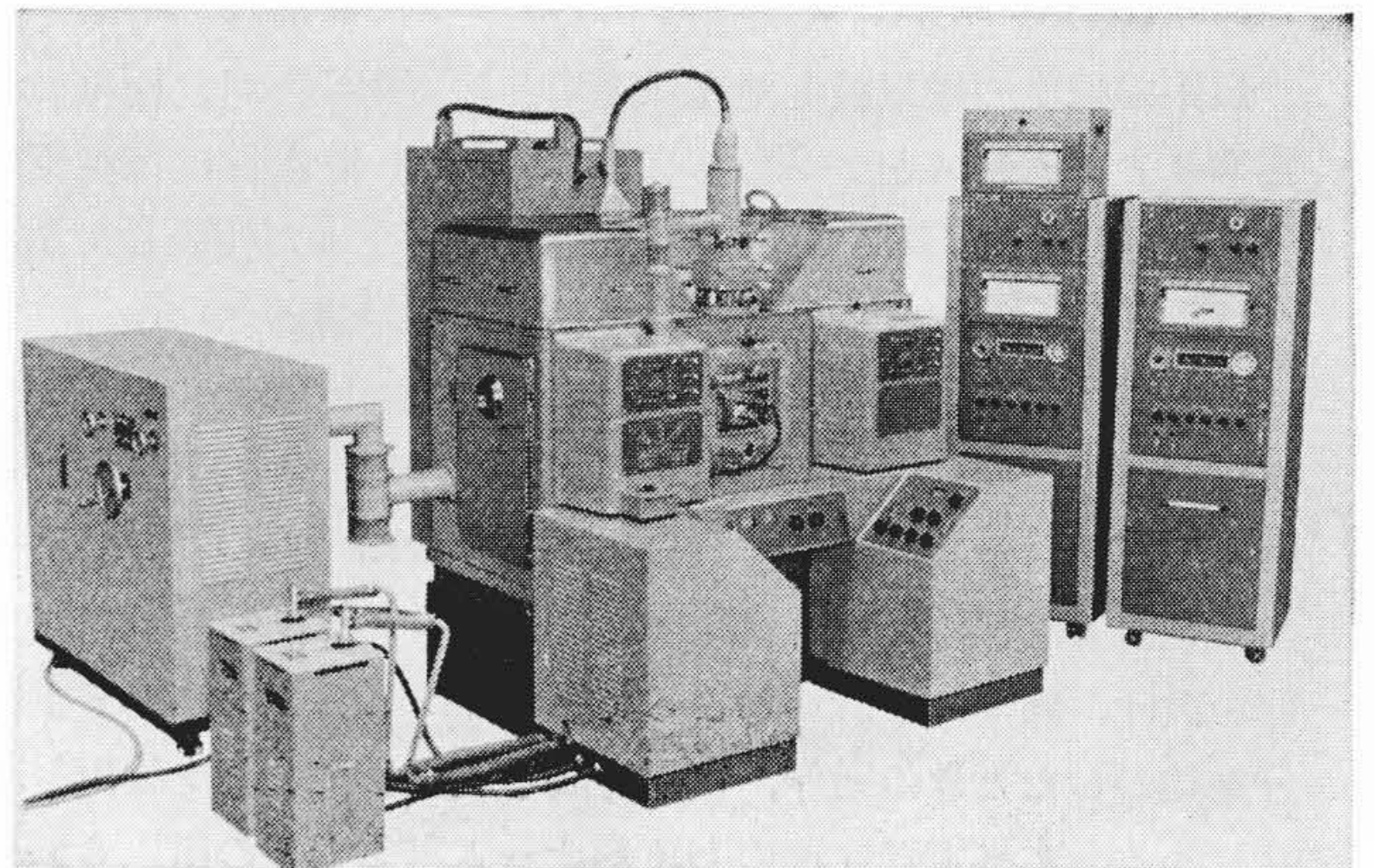
従来の RMU-5B 形に改良を加え RMU-6 形を完成した。本装置は排気系を合理化し、分析管部を全メタルガasket化することによりバックグラウンドを従来の $1/5$ に低下させることができ、しかも操作が簡易化された。また強励磁用電源および高温エバポレータを付属することにより加速電圧約 $2,000 \text{ V}$ で $M/e 500$ までの物質が測定できるようになった。



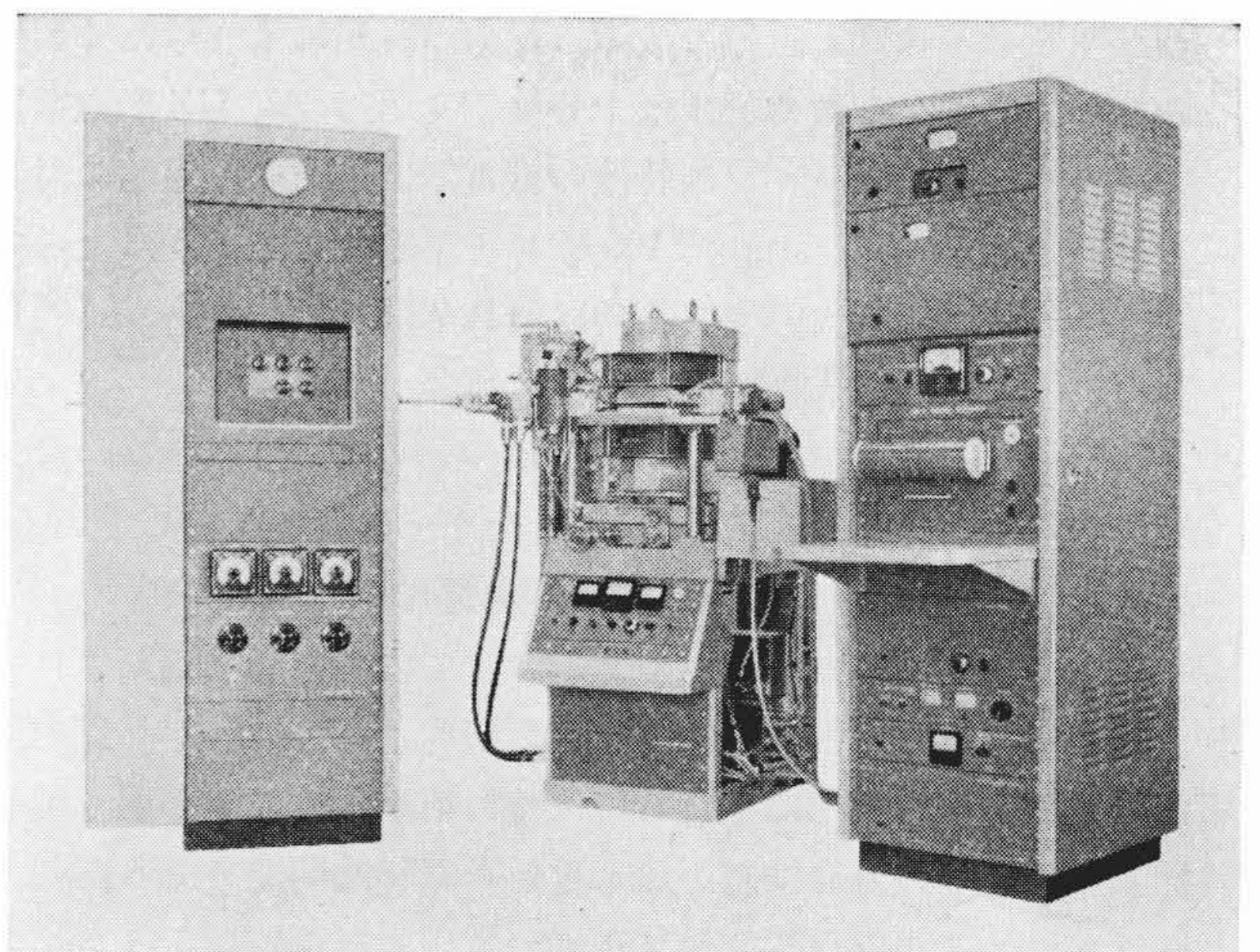
第1図 HU-11A 形電子顕微鏡



第2図 HS-7 形電子顕微鏡



第3図 XMA-M1 形微小部X線分析装置



第4図 RMU-6 形質量分析計の外観

7.1.5 磁気共鳴分析計の付属装置開発

MPU-3B 形電子スピン共鳴分析計の高感度化を図り、多目的空洞、100 kc 磁場変調装置(第5図)の完成によって従来の50倍、 $1 \times$



第5図 SM-201形100kc変調ユニット

10^{11} spins/gauss に向上した。多目的空洞は100 kc 磁場変調、試料の加熱、冷却、紫外線照射が同時に可能で、物質の超微細構造、光化学反応などについて興味あるデータを提供している。紫外線照射装置もすでに完成し、一連の付属装置の開発により ESR の応用分野の拡大が期待される。

7.2 光 学 装 置

赤外分光光度計の飛躍的需要増加に呼応し、EPI-S₂形の性能の安定化を図るとともに付属装置の開発に意を注ぎ各種のセルおよびIM-K形赤外顕微鏡を完成、また分解能を向上させるためプリズムの代わりに回折格子を用いたEPI-2G形を完成した。

なお従来輸入に依存していた赤外検知器の国産化にも成功した。

遠赤外分光光度計 FIS-1 形は試作も終わり、さらに引き続き波長域 $1,000\mu$ まで延ばした広波長域遠赤外分光光度計を開発中である。

7.2.1 IM-K形赤外顕微鏡

本装置の測光系の有効光束は F 1:7.0 に設計され、かつ対物鏡、集光鏡とも軸はずし角 0 度であるためコマ収差は視野中心においてまったくなく、試料は 50 倍に拡大されて観測することができる。

試料は金属製ミラー中央部のホルダに入れて測定され、有効照射面積は 0.4×2 mm であるが絞りによりさらに小さな試料を効率よく測定することができる。したがって 0.1×1 mm 以上の単結晶やフィルム、1~20 γ 程度の微量試料の KBr 錠剤による測定が可能であり、さらに偏光器を併用し赤外二色性も測定可能である。

7.2.2 EPI-2G形回折格子赤外分光光度計

赤外領域での振動回転体の微細構造や同位体の吸収を分離したり、スペクトル幅が吸収帯の幅に比し無視できない場合、精度の高い波長決定を行なう場合などは高分解能の分光光度計を必要とする。この目的のために本器は分散体として回折格子を採用した。分散はプリズムに比し 10μ 付近で 10 倍である。回折格子には 150 本/mm, 75 本/mm, 40 本/mm の 3 枚を使用し、次数分離として KBr 前置プリズムを採用し 2~25 μ の波長範囲をカバーしている。波長駆動はサインバー方式によるネジ送り、回折格子の交換を始めすべて自動化されているので操作が簡単である。

7.2.3 光学部品の進歩

紫外用単色光フィルタとして、波長 200~380 m μ で最大透過率 15~40%, 半値幅 10~20 m μ をもつフィルタができた。

これは Al+MgF₂+Al+MgF₂ の構成よりなる紫外用高次干渉フィルタで、不用透過帯を帯域フィルタ、または低次の干渉フィルタ

で除去し単色光用としたものである。

次にトロイドミラーが完成し、エネルギー不足が問題となる赤外分光光度計の光源部ミラーに採用して効果的である。従来は球面鏡を軸はずし角で使用していたが、非点収差が多くなり、縦および横の結像位置が異なってくる。このような欠点はトロイドミラーを採用することにより解決される。第7図はこのトロイドミラーを用いて軸はずし角 12 度 30 分で格子チャートを結像させた一例である。

赤外線検知器は今まで輸入品を使用していたが、自家試作品が完成した。熱電材料としては熱起電力が高く比抵抗の低い Bi₂Te₃ 系金属間化合物半導体の P, N 形を直列結合にして用い、材料加工法、受光箔 (2×0.2 mm) および黒化法、溶接法などに特殊のくふうを加え真空容器に封入して高感度で時定数小なる検知器である。

7.2.4 16M形日立高速度カメラ

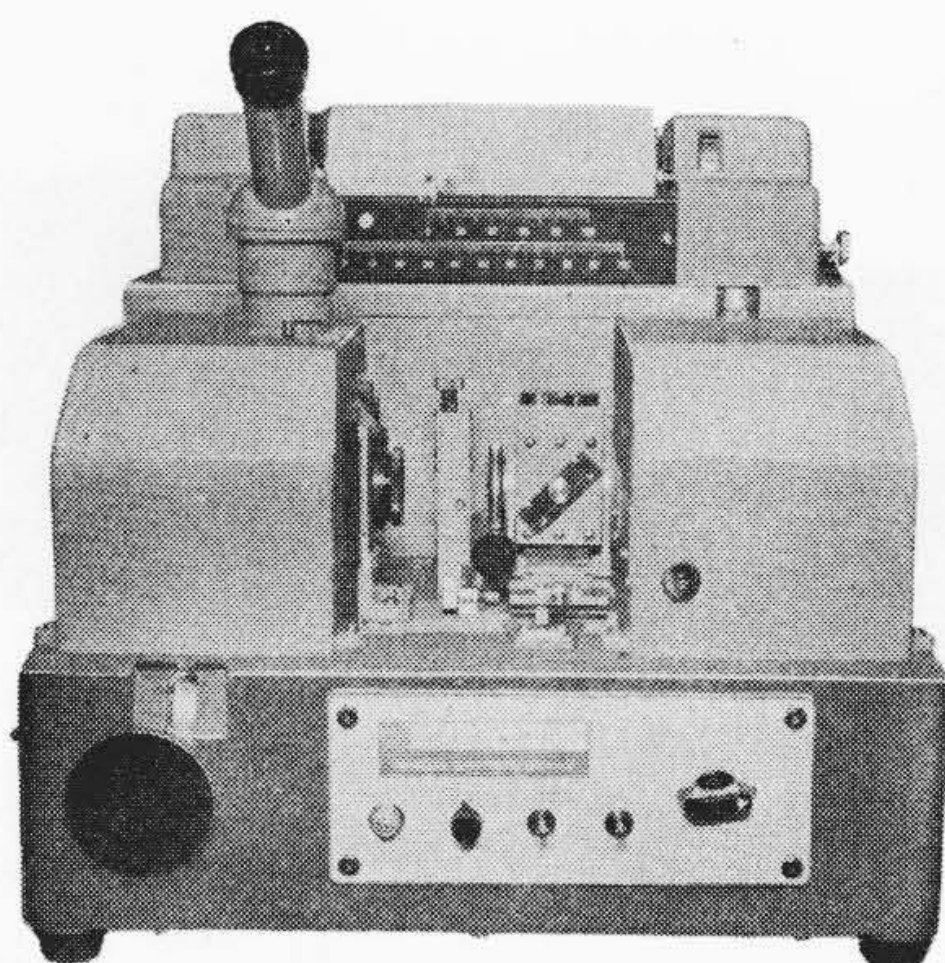
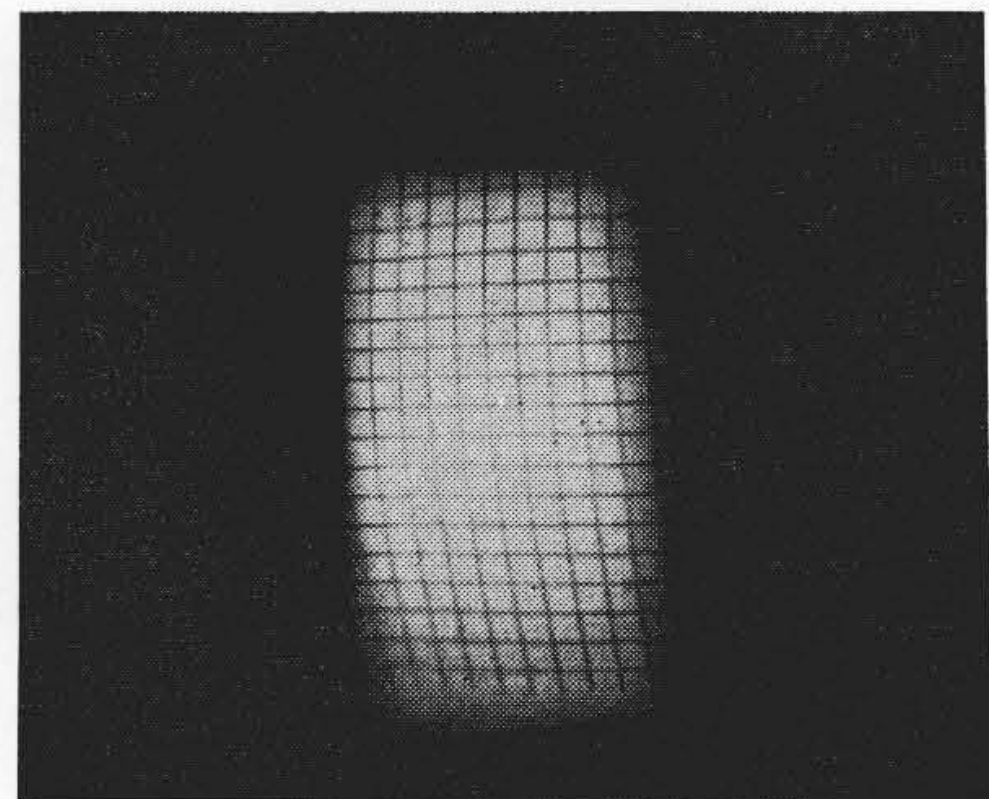
陸上競技、野球、競馬、柔道、剣道、バレーボール、体操、ゴルフなど各種スポーツを始め、魚や鳥の動作あるいは一般理工学の研究で高速運動の瞬間を長い時間に引き伸ばして観察するのに適した高速度カメラとして、回転プリズム式の 16M を完成した。16M は野外的手持撮影をねらったもので撮影速度 100~1,000 pps, 使用フィルム 16 mm $\times$ 30.5 m (100 ft) の小形軽量に設計してある。

7.2.5 16H-400形日立高速度カメラ

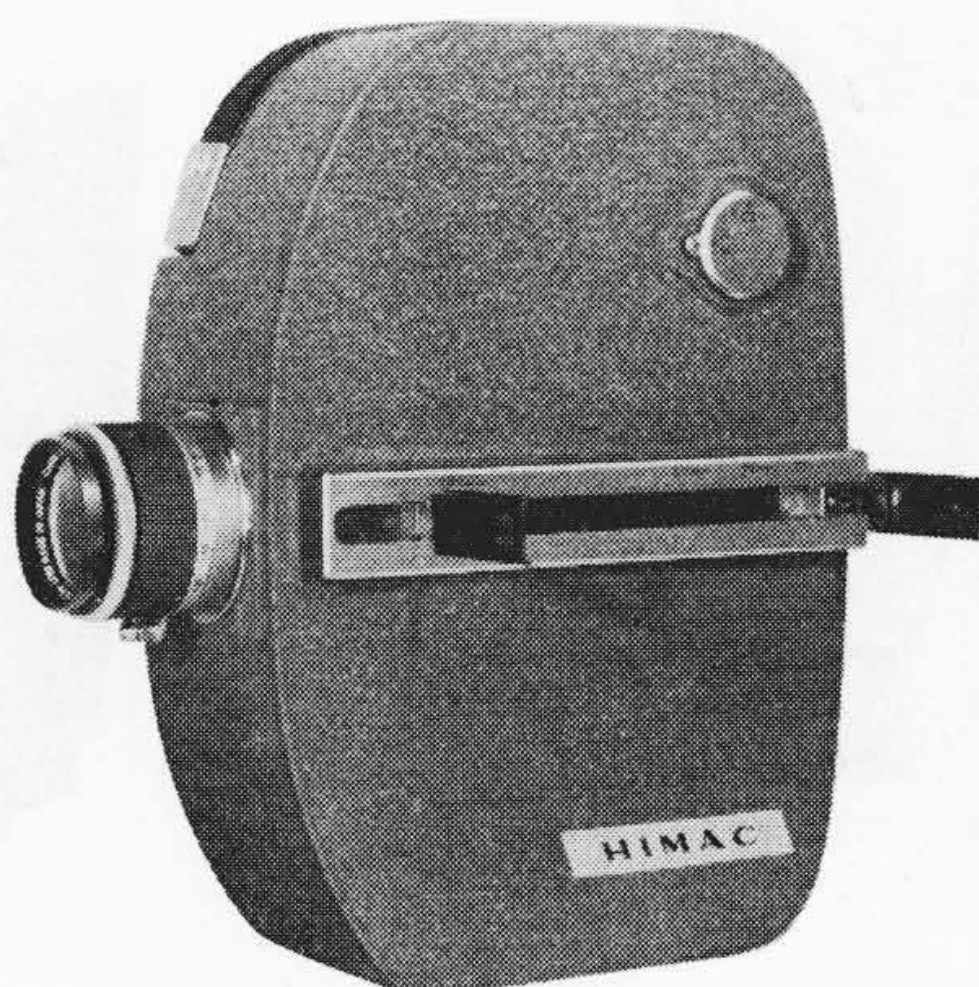
高速度写真の応用はきわめて広く、高速運動体の設計上の問題を調べたり、生産工程の加工法を研究したり、その他物理、化学、医学方面の研究に大きな効果を発揮する。現在発売中の 16H 形高速度カメラの経験を生かし、さらに長い現象を撮影しようという要求にこたえて、撮影速度 500~10,000 pps, 使用フィルム 16 mm $\times$ 122 m (400 ft) の回転プリズム式の 16H-400 形を完成した。

7.3 分離分析装置

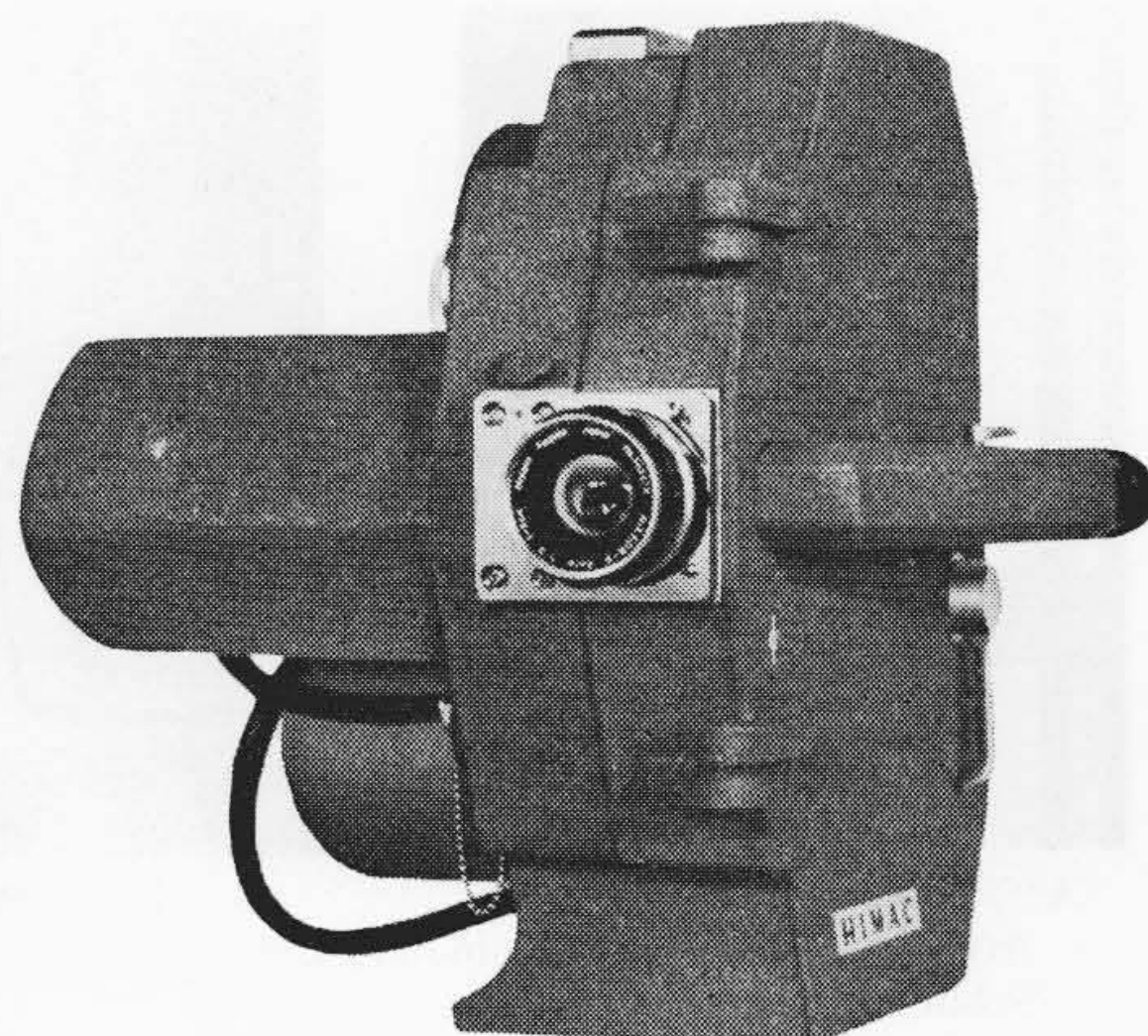
分離分析装置は固有の分離機構によって、混合物を分離してから

第6図 IM-K形を装着したEPI-S₂形

第7図 トロイドミラーの結像写真



第8図 16M 高 速 度 カ メ ラ



第9図 16H-400 形高速度カメラ

検出記録するもので、他の分析装置に比べ正確で、しかも迅速、容易に分析できる特徴を有し、近時ますます需要が伸びつつある。

まずガスクロマトグラフィでは Perkin Elmer 社との技術提携に基づき、同社の主要製品の一つであるフレイムイオン化検知器と Golay カラムを移管し、KGL-2 形を改良した KGL-2 A 形に付属できるようにした。アミノ酸分析計では KLA-2 形を完成した。KLA-2 形はその生命である定量ポンプの試作に成功し、飛躍的性能の向上を期することを得た。UCA 形分析用超遠機ではロータ加熱装置、粒度分布測定装置、自動撮影装置、フェーズプレート、可変セル、耐酸耐アルカリセル、フィクス形セパレーションセルなどを完成した。

7.3.1 ガスクロマトグラフィの進歩

ガスクロマトグラフィは PPM 以下の微量不純物の検出と高分離、短時間分析の方向に指向されている。前者の焦点は放射線イオン化検知器とフレイムイオン化検知器であり、後者はキャピラリーチューブ使用の Golay カラムの出現である。

放射線イオン化検知器の完成に続き、37 年度は Perkin Elmer 社との技術提携に基づき、同社の主要製品である Model 154 付属のフレイムイオン化検知器と Golay カラムを完成し、KGL-2 A 形に付属できるようにした。KGL-2 A 形はこれで、名実ともに高性能万能形としての地歩を確立し、今後の進出が期待されている。

なお普及形として小形低廉、取扱い容易な KGL-S 形ガスクロマトグラフを完成した。

7.3.2 超遠心機応用測定の進歩

超遠心機分析装置では試料の沈降を測定するのにシュリーレン円

筒レンズ法を用い写真測定を行なっている。このたび位相板（フェイズ・プレート）を開発し第 11 図に示すように鮮明な像を得ている。

次に近年粉体測定が重要な化学工業の問題となっている。そこで超遠心機を用いて液体中にある多分散系粒子を強制沈降させ、粒子濃度の時間的変化を光電管にて受光し自記させ、その曲線を解析することにより粒度分布を求めることができるようになった。超遠心機の応用範囲を広げるに不可欠な各種分析用セルも開発した。すなわちセパレーション・セル、耐酸耐アルカリ性用セルはその一例である（第 12 図）。

7.3.3 24 P 形分離用高速遠心機

20 P 形を改良して最高回転数 24,000 rpm、最大遠心加速度 60,000 Xg とし、利用範囲を拡大した 24 P 形高速遠心機を完成した。従来の 20P には冷凍サイクルは内蔵していなかったが、24P では密封形冷凍サイクルを内蔵してロータの温度制御ができるようにした。またバイメタル式温度指示調節計を設け、回転中のロータの温度測定もできる。

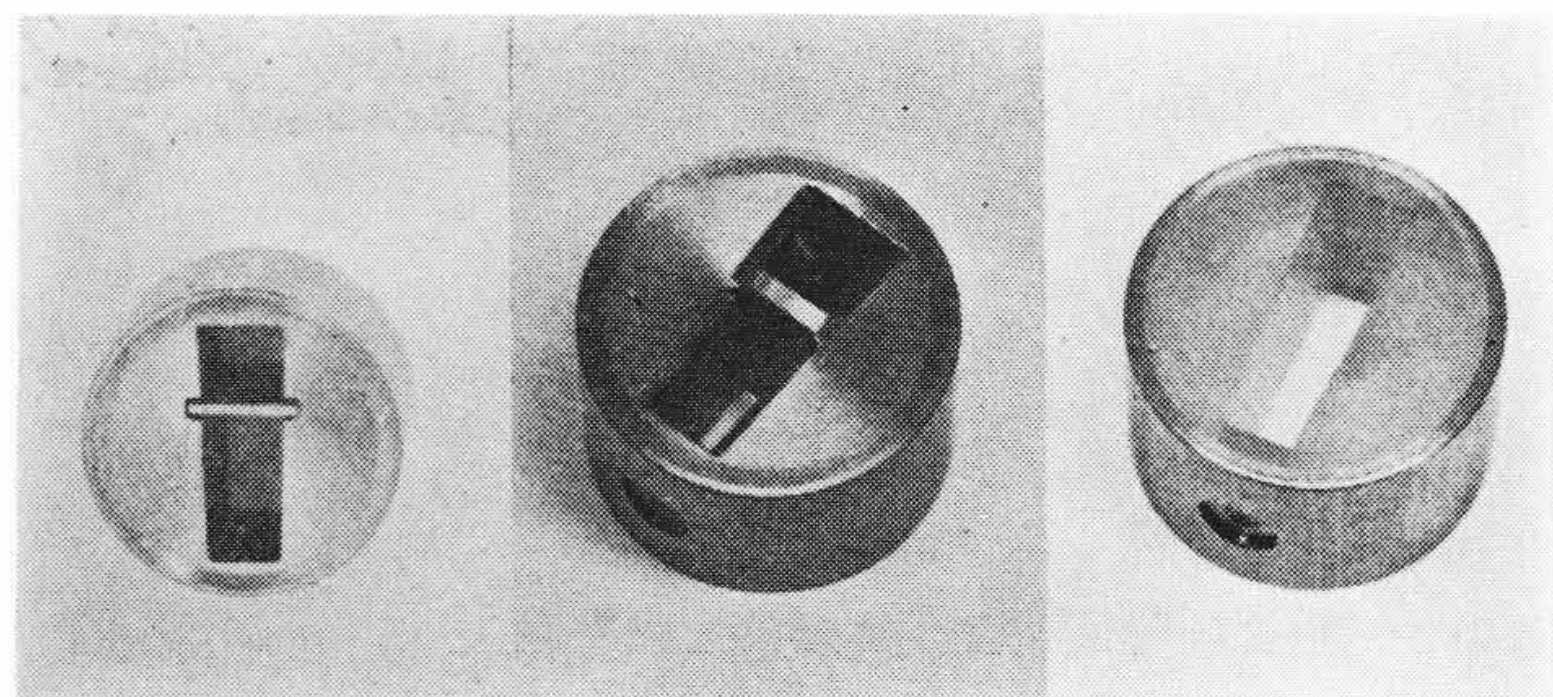
7.4 放射線測定器

ユニバーサルサーベイメータ、サンプルチェンジャ、 α 線フロアモニタ、原子炉燃料棒表面汚染測定装置、微量放射能測定装置など数多くの製品を開発した。それと並行してウエストモニタ、エアモニタなどの改良を行ない、より安定な取扱い容易なものとした。

原子炉計測装置関係では東京原子力産業研究所の 100 kW 原子炉計測装置について日立製作所中央研究所の臨界未満実験装置の計測装置を完成した。また現在日本原子力研究所 4 号原子炉 (JRR-4) の計測装置一式を製作中である。



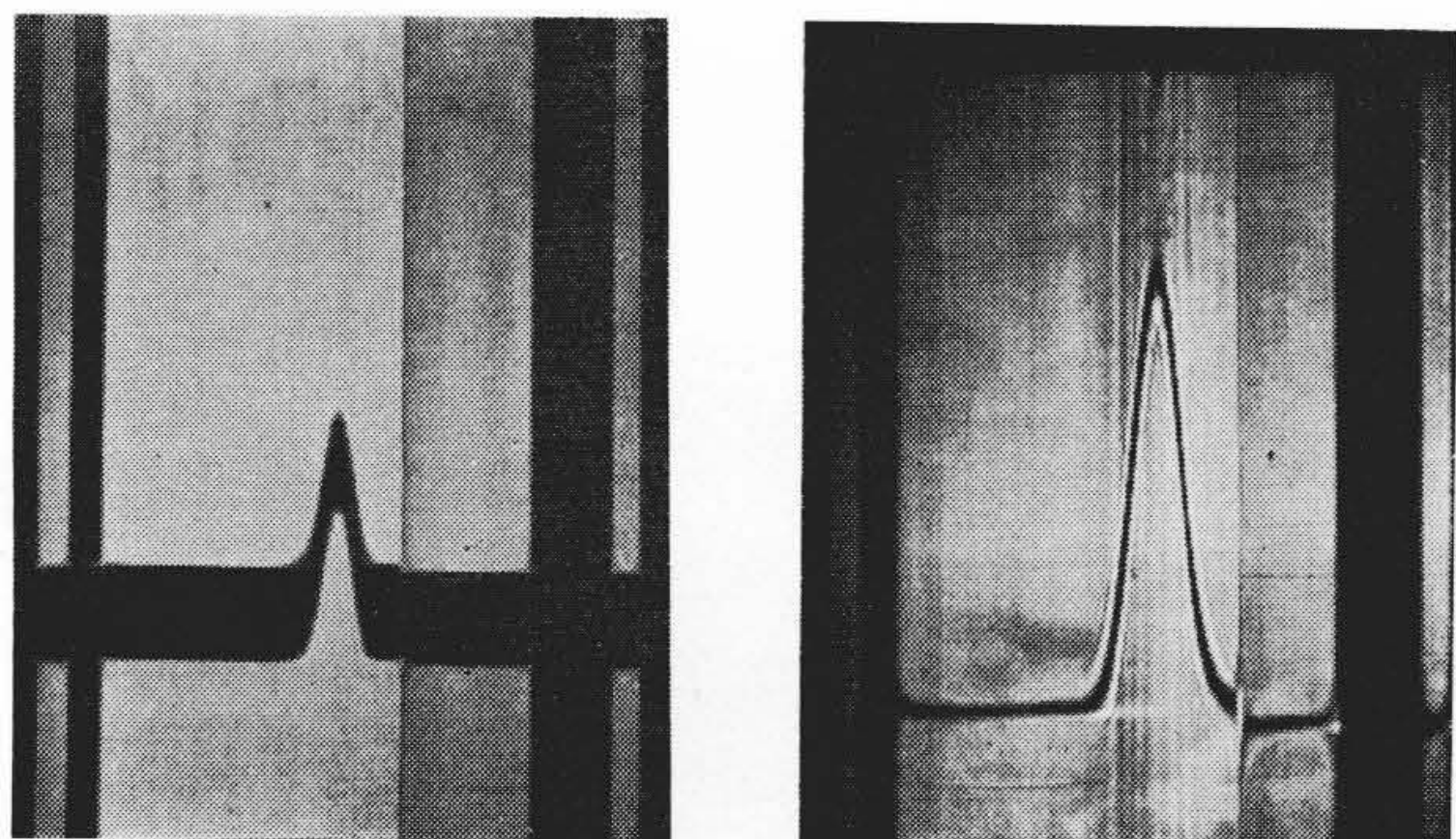
第 10 図 KGL-2 A 形ガスクロマトグラフ



(A) フィックス形
(B) ムービング形
(C) 耐酸耐アルカリ性用セル*

* リング（超々ジュラルミン）のなかには三フッ化エチレン

第 12 図 セパレーション・セル (A, B)

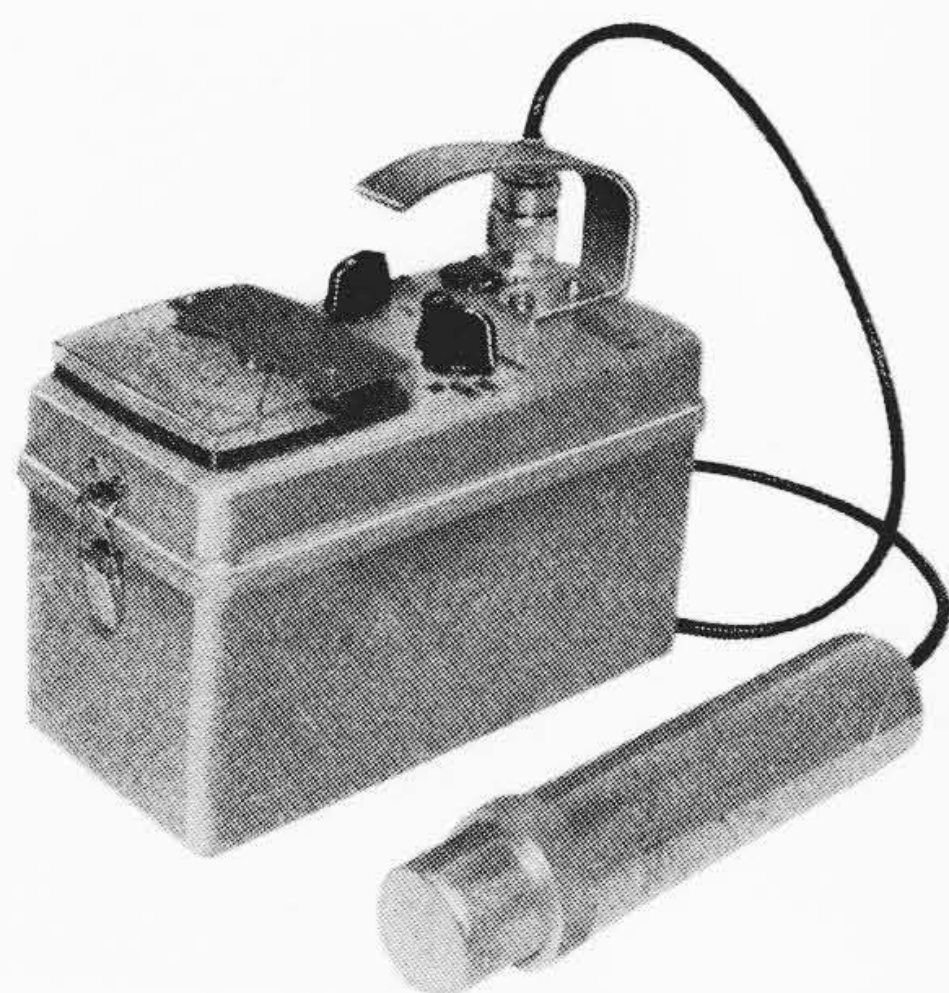


(A) Diagonal-Bar 角度 70 度
合成界面セル (Synthetic Bounolary-Cell) による砂糖水 (濃度 1%) の Schlieren-Pattern
(B) Phase-Plate 角度 55 度

第 11 図 従来の Diagonal-Bar と開発した Phase-Plate を使用した時の比較写真



第 13 図 24 P 形分離用高速遠心機



第 14 図 RDU-2 形ユニバーサルサーベイメータ

7.4.1 RDU-2 形ユニバーサルサーベイメータ完成

ユニバーサルサーベイメータは従来の各種サーベイメータを統合し、性能をさらに向上させたもので、検知器を交換するだけであらゆる放射線を測定することが可能であり、回路はすべてトランジスタ化され、電池寿命は連続 100 時間を越す。また記録計用端子が付属しているので、モニタとしても使用できる。

7.4.2 オートマチックサンプルチェンジャ完成

本器は試料交換機構部で試料を順次検知器下部へ送り込み、計数部で放射能を計数し、記録部でデジタル記録を行なうもので、50 個の放射能試料が連続測定できる。検知器には GM、シンチレーション、ガスフロー式の任意の 2 個が取り付けられ、計数部はプリセットタイム可能である。測定プログラムが多彩で、繰返し測定、任意の試料からのスタート、また任意の試料で測定が終了できるなど、各種の測定実験に便利である。

7.4.3 β 線スペクトロメータ

本器については 28.3.1 を参照されたい。

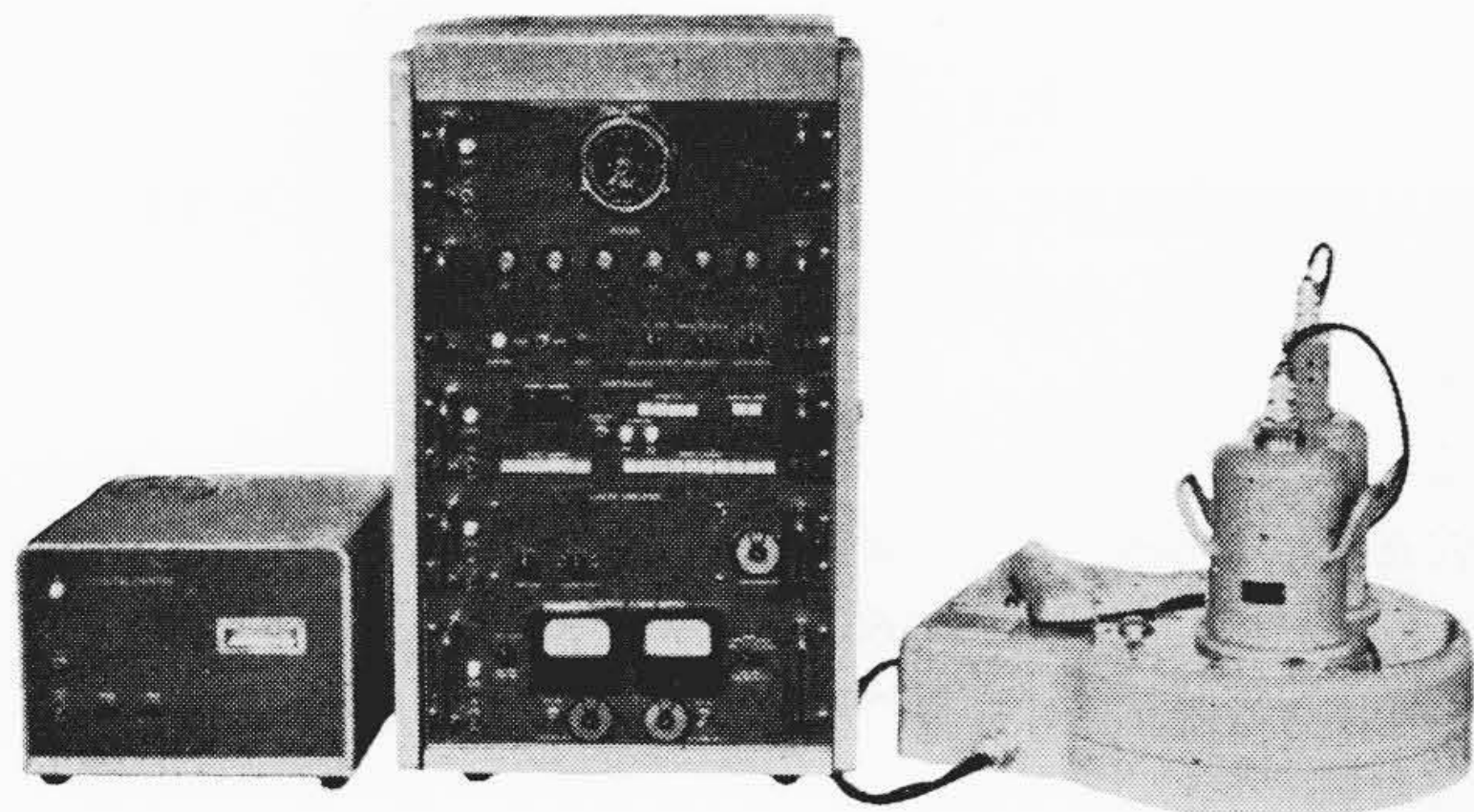
7.5 医療用放射線装置

最近、対ガン施策が急速に進められ、国立ガンセンターが東京に設けられたのを始め、各都市にも次々とガンセンターが設立されている。そのためこれらに対応する対ガン放射線装置の開発改良が進められている。

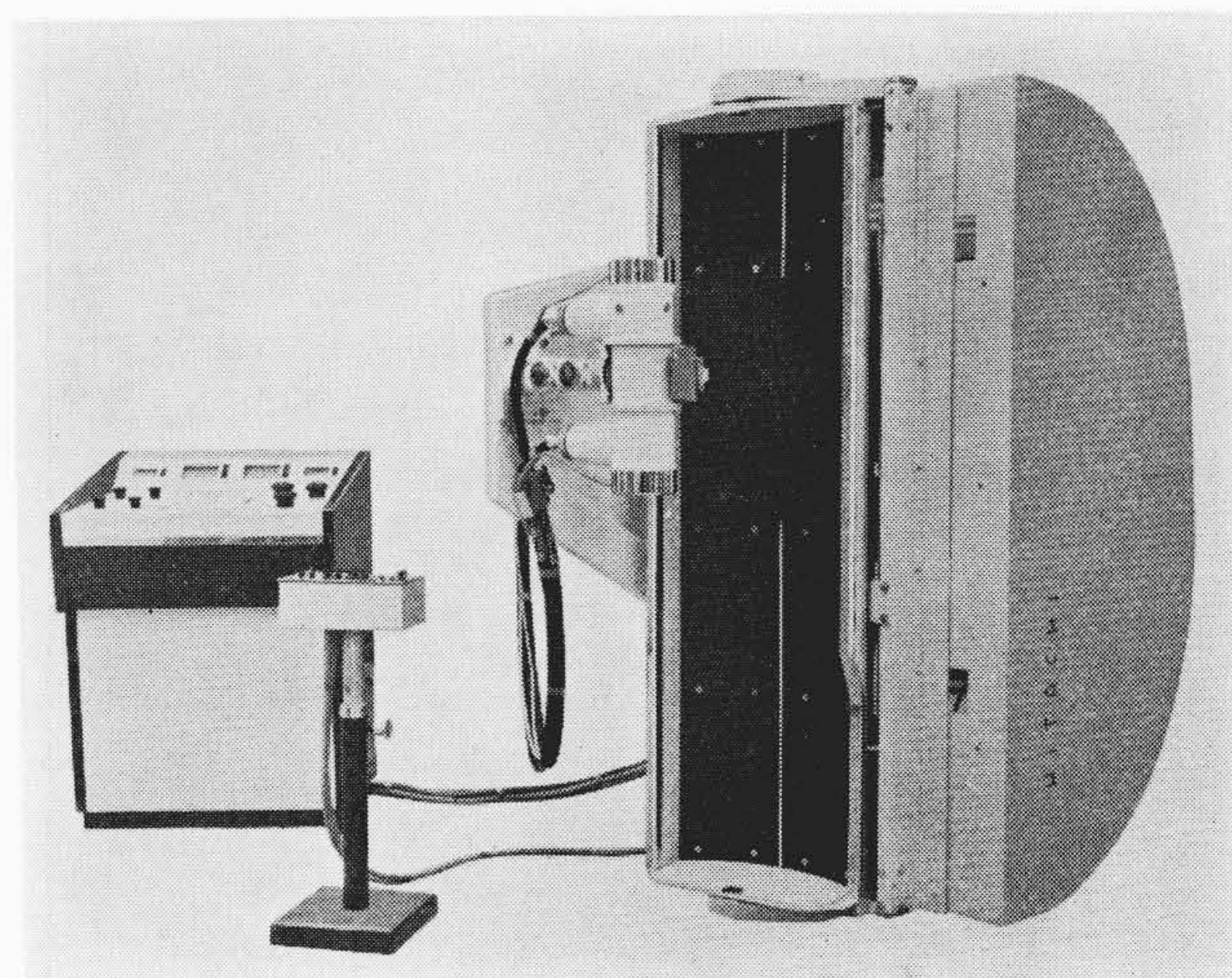
大形診察用 X 線装置の透視台はけい光板部の電動速写方式のほか透視板の上下および左右のスライド、踏台の回転を電動化した。もちろん X 線テレビの併設ができ遠隔操作が可能になっている。

X 線発生装置は 150 kVp の高電圧撮影が一般化し、管電圧前示回路、mAs 制御回路、X 線管過負荷防止回路が設けられ技術者の操作は容易になった。一般診察用装置もほとんどすべてけい光板部は速写方式を設け 4 分割撮影が可能である。

胃用集団検診装置は検診対象の成人数がきわめて多く、高性能高



第 15 図 オートマチックサンプルチェンジャ



第 16 図 胃腸間接撮影用 DC-125 B

能率化が重要問題点である。もちろん検診従事者の X 線防護は完全を期さねばならない。これらの点を検討し製品化を行なった。

深部治療用 X 線装置は治療効果を高めるためますます高電圧化の要望が高まり、出力 300 kVp, 10 mA の X 線装置を製作した。

治療用コバルト装置はしゃ蔽能力の向上と半影の減少を図り、各部電動機構の改良により治療照準の正確と操作の容易化を図った。

7.5.1 胃腸間接撮影用 DC-125 B

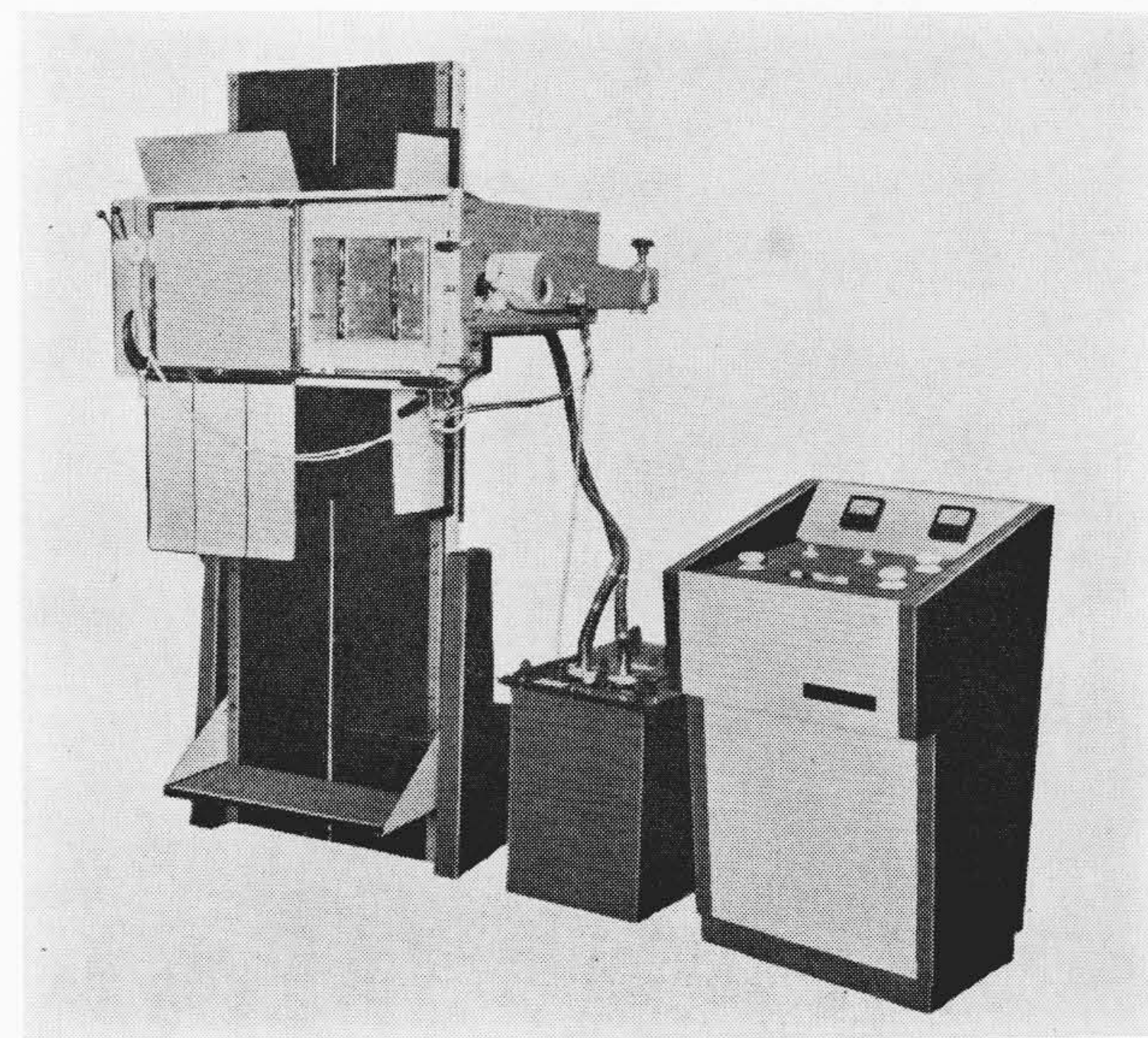
近来、成人病対策、特に胃ガン対策が推進され、それに伴い胃疾患の早期発見を目的とした胃部集団検診用 X 線装置の要求が高まってきた。胃部検診においては透視および速写、検診能率、検診従事者の放射能障害防止、機動性などが必順条件と考えられる。これらの目的に合致した装置を製作完成した。

mAs 制御波尾切断形、自動充電電圧維持装置組込み、コンデンサ式 X 線装置の使用、多元的な体位変換を行なう寝台ミラー反転式速写機構、長尺カメラを使用し、別室からの操作による完全 X 線防護、自動車積載、室内据置きの両用性など胃集団検診装置として最高の機能を有している。

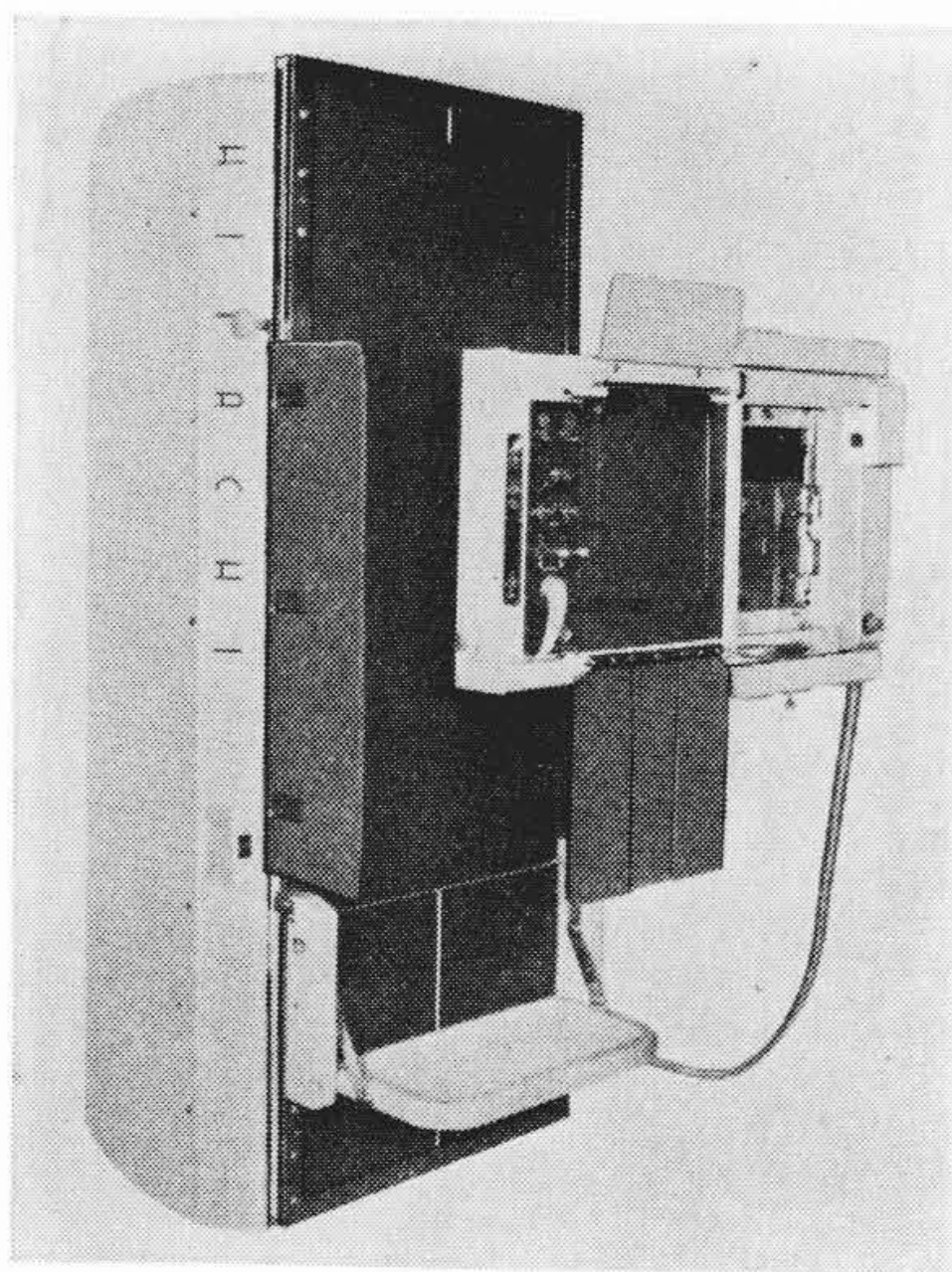
本装置は対ガン協会、その他に納入し、その機能を十分発揮して、胃ガンの早期発見のための検診に従事している。

7.5.2 診療用 DCR-80 A 形 X 線装置

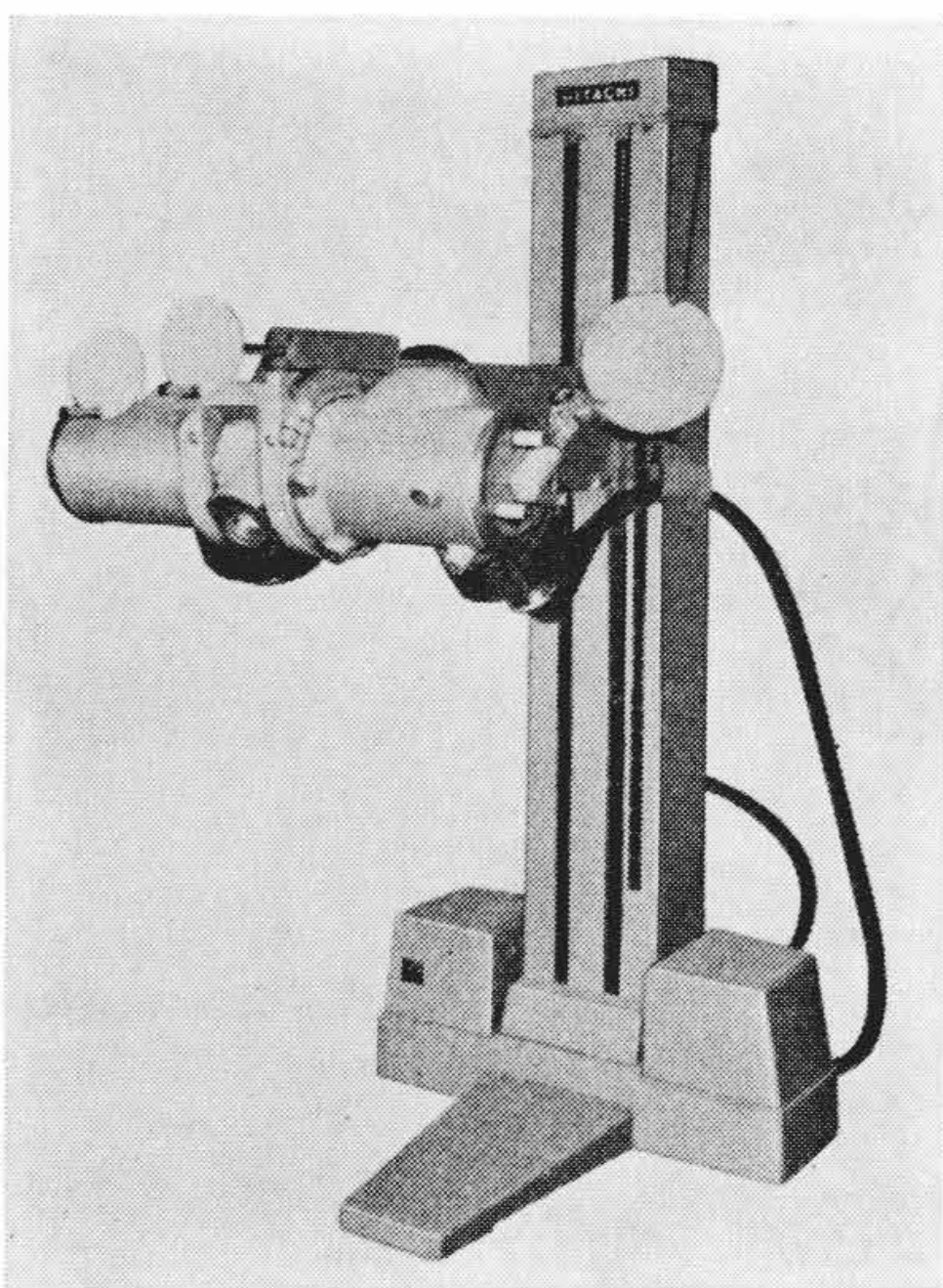
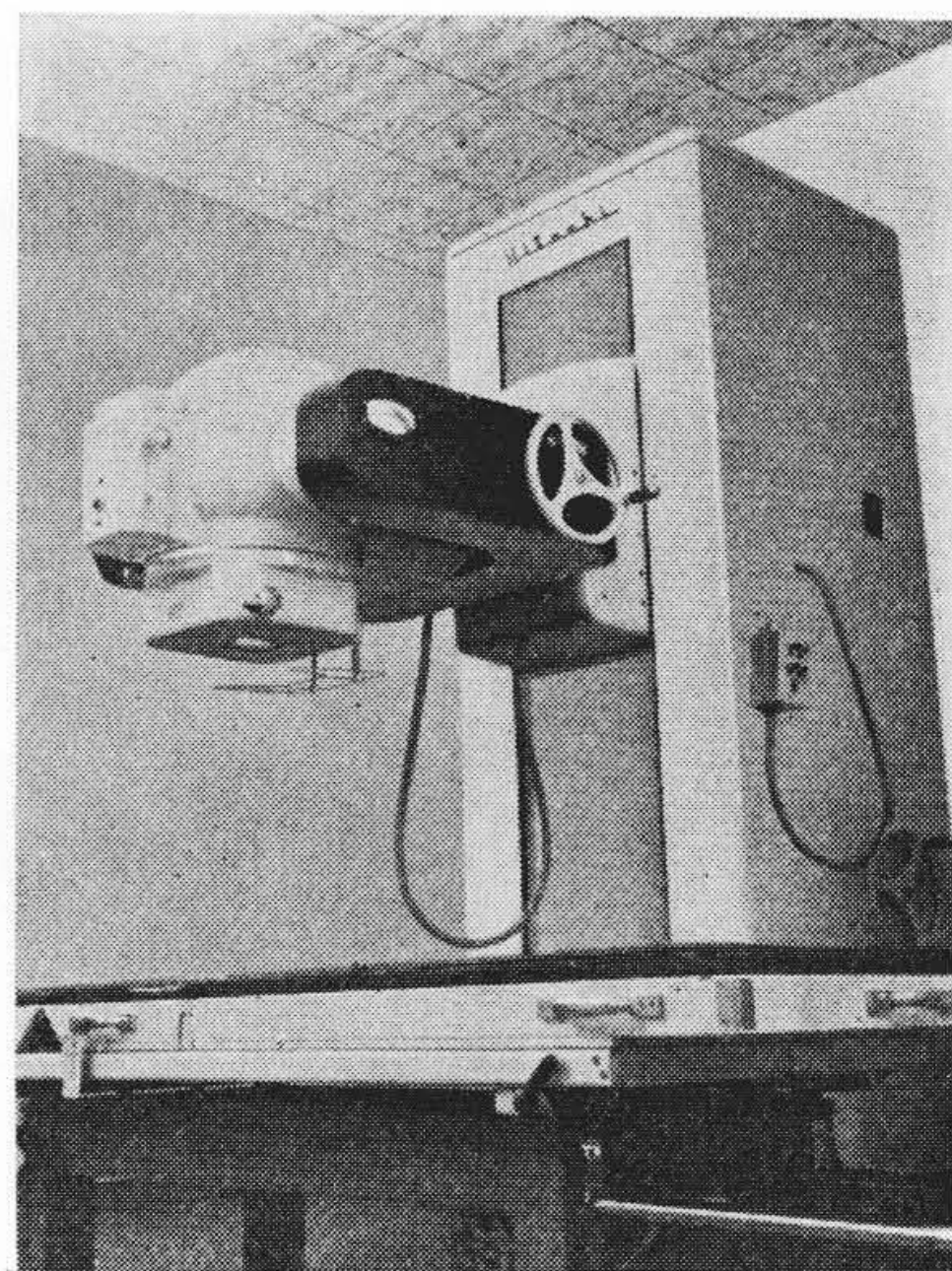
4 分割 4 枚撮り速写撮影装置を備え、コンデンサによる 3 極管波尾切断撮影と変圧器式による透視、撮影が併用できる。したがって



第 17 図 DCR-80 A 形 外 観



第 18 図 透視撮影台 TH-11 A

第 20 図 深部治療装置
TR-25 SA第 21 図 コバルト 60 治療装置
TC-60 SA

一般胸部、外科などの各種診察はもちろん消化器系統の診察用としてもたいへん便利である。

7.5.3 透視撮影台 TH-11 A

胃腸の精密診断を主目的とした遠隔操作形透視撮影台で、X線テレビと結合して別室よりの透視観察および速写撮影を行なえる。

テーブル起倒、上下、左右動、踏台回転および速写はすべて電動で行ない、医師の思う部位の透視撮影が遠隔操作できる装置であり、踏台の回転とテーブルの左右移動との関連により患部が常にけい光板部中心に位置する機構、踏台回転角度による透視X線管電圧の自動切替機構など高度な機能を有している。

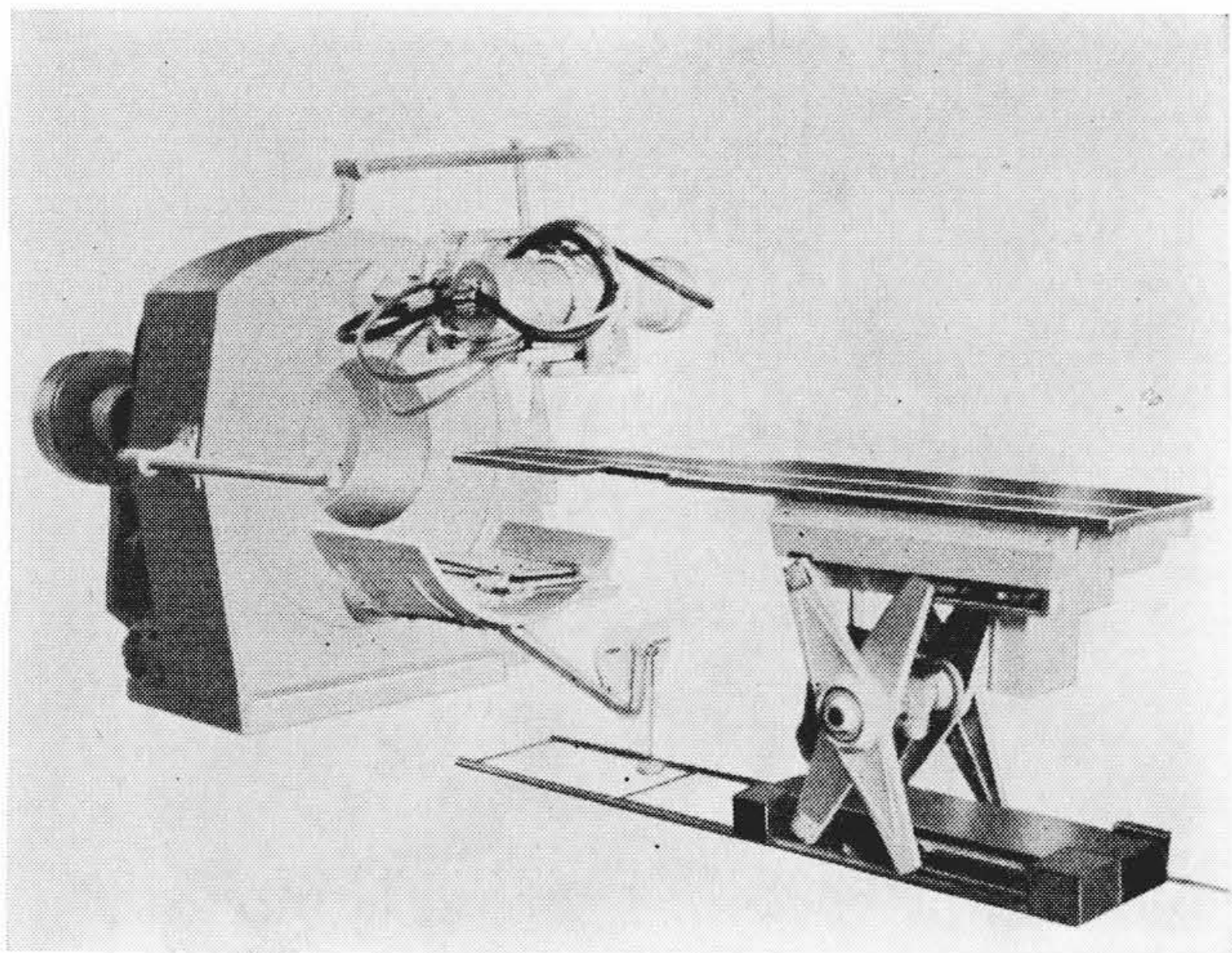
7.5.4 深部治療装置 TR-30 RA

ガン治療用の回転集光式X線装置であり、従来の同目的の機種に比して小形軽量化にして、かつ性能を向上させ、より多くの機能を有する装置として製作した。

治療効果を高めるためにX線管の最大定格を 300 kV, 10 mA, 二重焦点X線管を使用した。小焦点使用により治療位置を決定するための回転横断層撮影の鮮鋭度を向上せしめた。

治療X線量の安定化を図るために高圧側からフィードバックする自動管電圧調整機構を付し、積算線量計による放射線量限定装置と時計式タイマー装置を装備した。

深部治療以外に表在治療にも使用しうるよう切線照射を行なう機構とした。



第 19 図 深部治療装置 TR-30 RA

治療台は上下移動を電動とし、治療位置の決定を容易にした。

以上の機能を有する装置を製作し千葉大学放射線科に納入した。

7.5.5 深部治療用装置 TR-25 SA

ガン治療用の固定式X線装置であり、従来の同目的の機種に比して小形軽量化、かつ性能向上を図ったもので、X線管支持装置は電動で上下に移動し、また手動により微細調整が可能な機構にしてある。X線管装置の回転、旋回は手動式であり、操作はすべて装置全面のX線管近辺で行なうことにより操作を容易にした。

X線管装置の最大定格は 250 kVp, 15 mA とし、さらに 300 kV, 10 mA 定格のX線管との結合も可能な支持装置として製作した。

7.5.6 コバルト 60 治療装置 TC-60 SA

本装置はコバルト 60 のガンマ線を利用して悪性腫瘍などに対する深部治療を行なうもので、在来この種装置に比して次のような著しい特徴を有している。

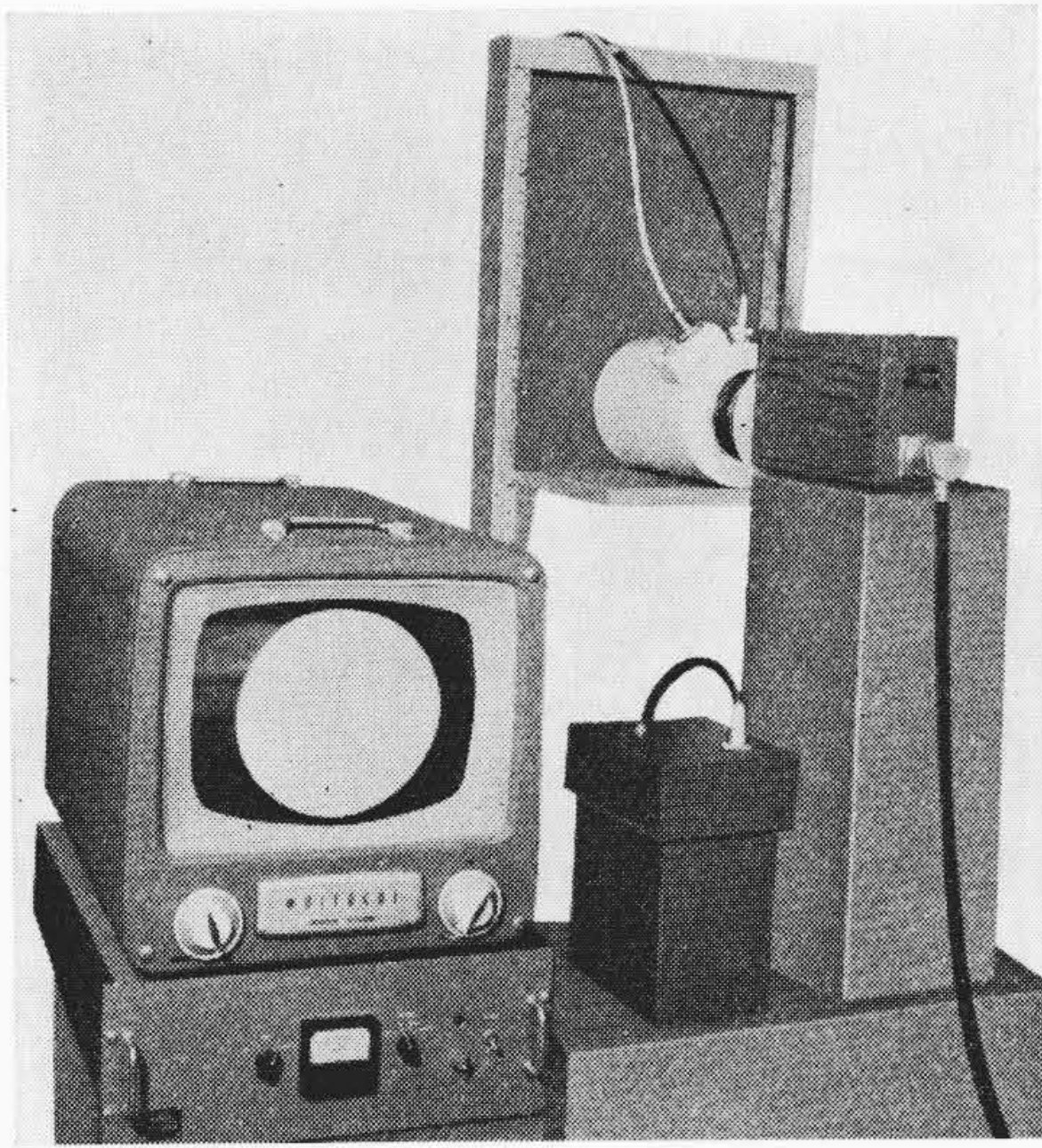
- (1) 照射容器にはしゃ蔽材として W-合金を用いて小形軽量化を図り、治療操作が容易に行なうことができる。
- (2) 線源は比放射能の高いペレット形線源を用いるようになっている。これは線源の形状が小さくなるので半影が非常に小さくなり、合理的な可変絞り機構の配置とともに良好な治療効果をもたらすことになる。ちなみに本装置の最大収納量 600 キュリーの線源寸法は $10\phi \times 8 \sim 10$ となり、収納時の漏れ線量率は 1 m の距離で 8 mr/h 以下である。
- (3) 照射容器はスライド・シャッタを内蔵し、線源の露出、格納は遠隔操作によって行ない、停電時には付属の蓄電池で自動的に格納されて警報を発する独特の電気回路をもっており、接触防止機構、その他の安全装置とともに装置使用に対する安全性を高めている。

7.6 工業用放射線装置

放射線透過検査法による非破壊検査は最近ますますその重要性が認識され、製品の品質管理および品質改善にきわめて重要な役割りを果たしている。

船舶、橋梁、ボイラ、プラントの高圧配管など高所における溶接部検査のため可搬形X線装置の小形軽量化および高電圧化が望まれていたが、X線出力 130, 160, 200 kVp 3 機種の小形軽量化形を完成した。本装置の重量は在来の機種の 65% である。

製かん品、モールド品などにおける検査を生産の流れに乗せるため連続透過検査が必要となり、被爆線量が少なく、しかも明確に能



第 22 図 工 業 用 X 線 テ レ ビ 装 置

率よく検査する装置として、イメージインテンシファイアを用いた工業用 X 線テレビ装置を完成した。本装置は X 線装置として据置形、可搬形のどちらでも組み合わせ可能で非常に便利である。

厚物検査、バルブ検査用として線源を被検査物にそう入してパノラマ撮影するコバルト装置を完成、現在活躍中である。

7.6.1 工業用 X 線テレビ装置

X 線透過検査法による非破壊検査は生産の流れに乗せることが必要となり、溶接、または鋳造工業製品、その他の製品検査をコンベヤ化して製品の品質向上、コストの低減を図ることが望まれてきた。本装置は X 線テレビを用い大量の製品を連続的に能率良く透視検査できるようにしたものである。

装置は工業用 X 線装置、イメージインテンシファイア、工業用テレビ装置から構成されている。X 線出力は 100 kV から 300 kV まで変化でき、使用している X 線管は二重焦点で鮮鋭な像が得られるとともにイメージインテンシファイアは輝度増倍が高く、ビデオコンカメラを用いた X 線テレビ装置との結合で非常に明るい、解像力の良好な透視像が得られる。本装置の特長は、

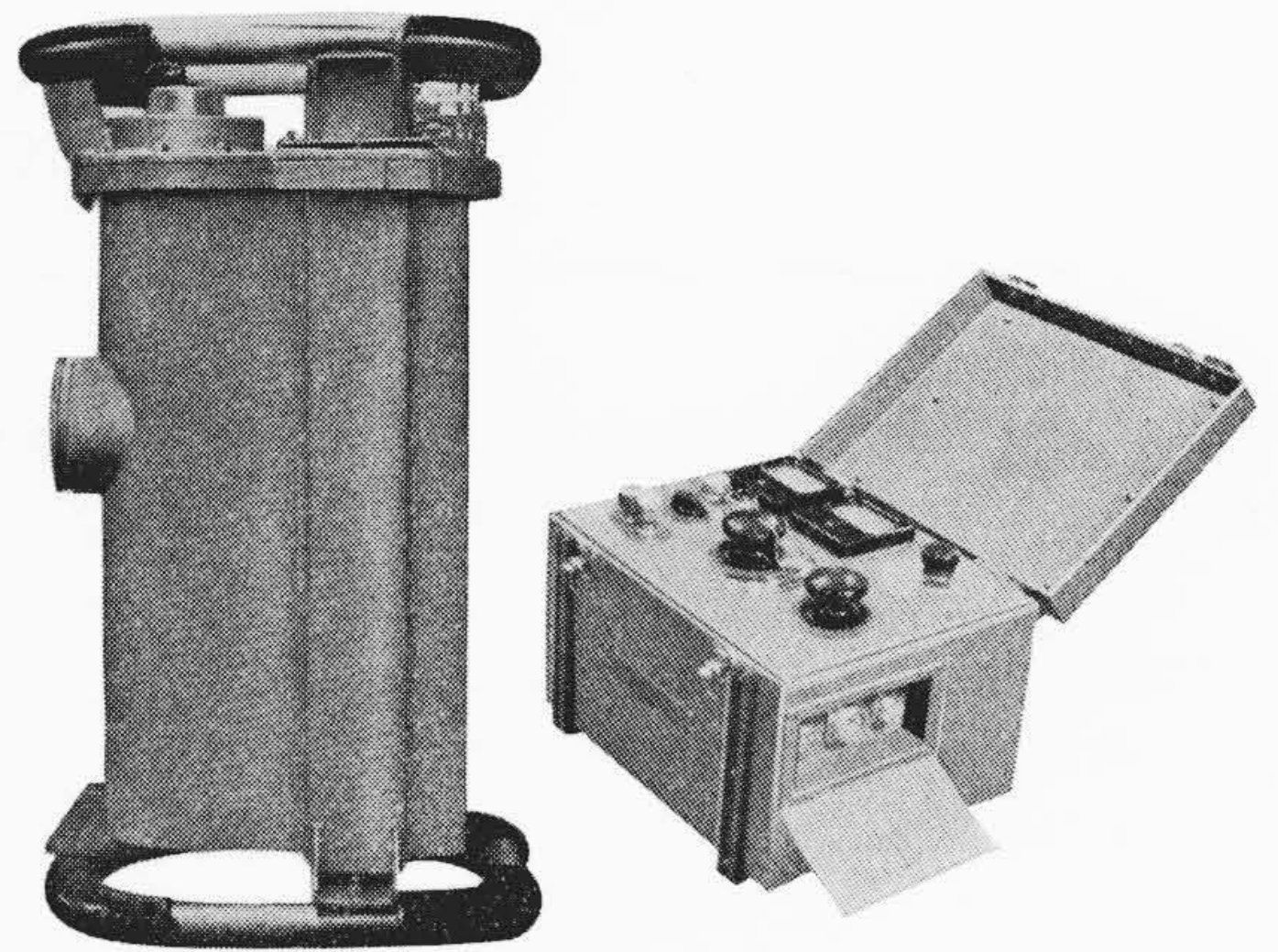
- (1) 明るい場所で被検査物の像を多人数で同時に観察可能で製品の良否を即決でき、試料送り装置と組み合わせ、連続透視検査が可能である。
- (2) X 線源より遠く離れた X 線防護の完全な場所で観察できるので X 線障害の心配が皆無である。
- (3) 画面の明るさ、画質など検査の目的に応じて任意に調整できる。また記録撮影を行なうなど繰返し観察も可能である。

7.6.2 可搬形工業用 X 線装置

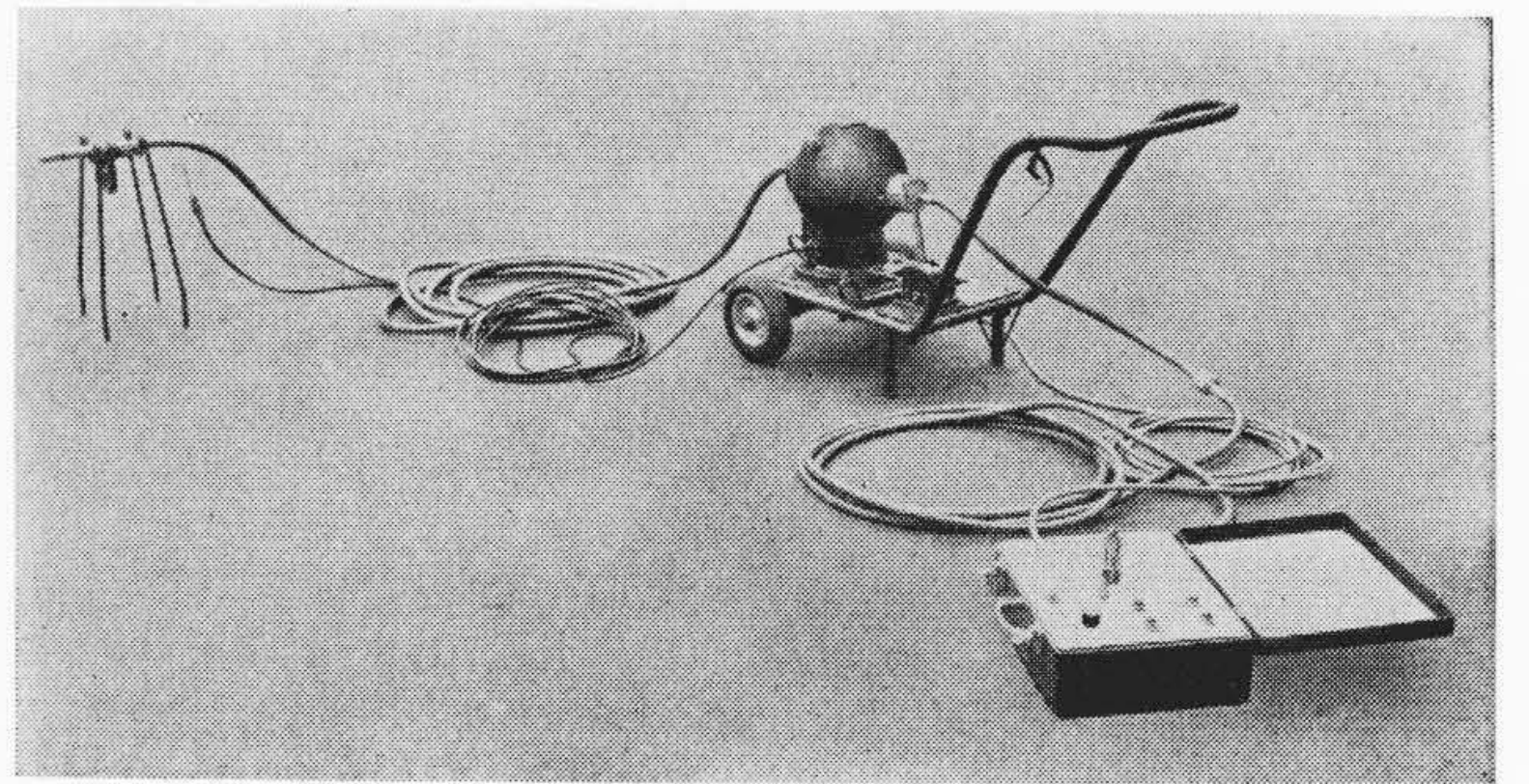
X 線を利用した非破壊検査法の発達は最近特に著しく、装置の需要もいよいよ活発になってきた。

この種の装置は現場作業にもっぱら用いられることから運搬の容易な小形軽量化が強く望まれているが、今回その要望にこたえて MN-13 PA, MN-16 PA, MN-20 PA 3 機種の、画期的な小形軽量可搬形装置を完成した。

本装置は在来の装置に比較して X 線発生器の重量が 65%、制御器重量は 50% で、堅固な足場の設けられない船舶、橋梁、大形ボイラ、高圧ガスタンク、山岳地帯の水力発電所での非破壊検査はもちろんその他各種重工業、軽工業を通じて広範囲の分野で使用できる。



第 23 図 可 搬 工 業 用 X 線 装 置



第 24 図 ワイヤ式コバルト 60 非破壊検査器 MC-01 WA

X 線管電圧は MN-13 P で 40~130 kVp, MN-16 P で 50~160 kVp, MN-20P で 60~200 kVp となっており、薄物から厚物に至る広範囲の透過検査が可能である。

本装置の特長は使用 X 線管の焦点が MN-13 P 1.5 mm, MN-16 P 1.8 mm, MN-20 P 2.0 mm で、この種装置では最小のものであり鮮鋭な解像力の良い写真が得られる。また防電撃、防 X 線および耐振構造が完全で堅固なこと、操作が簡単で合理的なこと、長時間の連続使用可能、発生回路も過負荷自動防止装置、逆電圧低減装置を備えているなどその信頼度は非常に高いものである。

7.6.3 ワイヤ式コバルト 60 非破壊検査器 MC-01 WA

放射線透過検査は従来 X 線による方法が広く用いられてきたが、コバルト 60 を用いた非常に可搬性のよい小形非破壊検査器 MC-01 WA を完成し、この分野における装置群に威力を添えることになった。

本器はコバルト 60 1 キュリーの γ 線を利用して非破壊検査するもので、鋳鉄鋼品、溶接部などの複雑な形状のものの内部にも線源を送り込むことができる。線源の移動は可撓性のパイプの中を特殊な構造をもったワイヤによって行なうので、きわめて安全確実である。

線源容器にはスライド・シャッタが内蔵されており、容器後方のレバーを引いて開放した後、容器から離れた位置にある操作ボックスから遠隔操作によって線源を搬送する。操作は手動で行なうが、線源およびシャッタの位置を確認する表示ランプは内蔵する蓄電池で点灯する。

容器は台車に乗っているのもので移動は容易で、操作もきわめて簡単である。このほかコバルト 60 4 キュリーを収納する MC-04 WA も完成した。