

日立 55P 形分離用超遠心機

Hitachi Type 55 P Preparative Ultracentrifuge

山口 政 昭* 下 畝 地 学*
Masaaki Yamaguchi Manabu Shimosechi

内 容 梗 概

日立 55 P 形分離用超遠心機は、最高回転数 55,000 rpm、最大遠心加速度 $223,200 \times g$ の性能を持っている。そのうえロータの回転中の温度測定および制御ができること、密閉形冷凍サイクルを採用していること、各種の安全装置を備えていることなど多くの特長を持っている。本文では 55 P の仕様、構造、特性の概要を説明する。

1. 緒 言

すでに製作されている日立 40 P 形分離用超遠心機は、最高回転数 40,000 rpm、最大遠心加速度 $144,000 \times g$ の性能を有し、医学、生物学、化学などの研究分野で微小粒子の分離精製に活躍しているが、最近特に、蛋白質、酵素、核酸の研究が活発に行なわれるようになり、いっそう強力な遠心力場が要望されていた。また生物試料を遠心分離するときには、温度によって試料が変質したり、分離効率を落したりする恐れがあるので、ロータの温度を正確に測定および制御ができる超遠心機が望まれていた。このような市場の要望に答えて、われわれ独自の構想によりすぐれた性能と多くの特長を持つ 55 P 形分離用超遠心機を開発した。第 1 図には 55 P の外観を示す。

2. 仕 様

- | | |
|--------------|--|
| (1) 最高回転数 | 55,000 rpm |
| (2) 最大遠心加速度 | $223,200 \times g$ |
| (3) 回転精度 | 室温 $15 \sim 25^\circ\text{C}$ において ± 500 rpm 以内。ただし室温 $10 \sim 30^\circ\text{C}$ では ± 700 rpm 以内。 |
| (4) タ イ マ | 0~300 分 ± 5 分、300 分をこえる連続運転も可能。 |
| (5) 到達真空度 | 10^{-2} mmHg。ただし高真空装置を付加すれば 10^{-3} mmHg 以下。 |
| (6) ロータの温度測定 | 回転中において、 -10°C から室温までのロータの温度を $\pm 2^\circ\text{C}$ の精度で測定、制御ができる。また加熱装置をつけることにより、 100°C までロータを加熱することができる。 |
| (7) 冷凍機 | 125 W 密閉形冷凍機 |
| (8) 電源容量 | 3 kVA |
| (9) 外形寸法 | 幅 1,006 × 奥行 606 × 高さ 1,027 mm
(操作面までの高さ 905 mm) |
| (10) 重 量 | 425 kg |

3. 特 長

- (1) 主要機器いっさいは優美なキャビネットに納められ、据付面積が小さく、部屋の面積を有効に利用できる。
- (2) ロータの着脱が容易で、かつ自動化により運転操作が簡単である。また計器、スイッチ類は合理的に配置され使いやすい。
- (3) 防振機構によりロータの振動はほとんどないので、試料を完全に分離できる。

* 日立工機株式会社



第 1 図 55 P 形分離用超遠心機

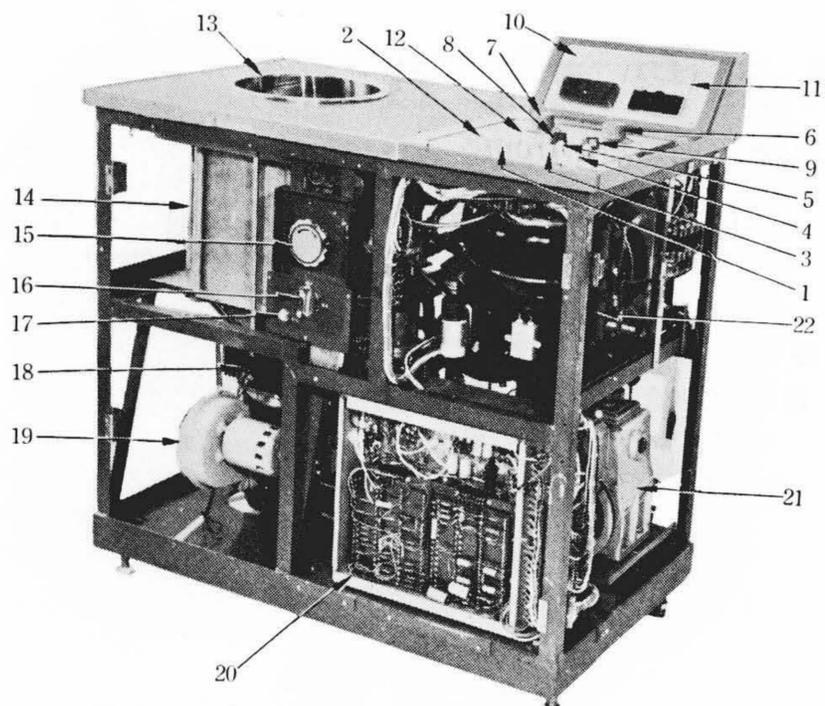
- (4) 回転中の温度が測定でき、さらに制御装置によりロータの温度を一定に保つことができる。
- (5) ロータを冷却する冷凍機には密閉形を採用しているため、冷媒ガスの漏れることはなく、運転は静かである。
- (6) 駆動部には高速回転用として特に開発された超精密級玉軸受と、特殊設計された精密歯車によって、騒音が少なく、長時間安定した運転ができる。
- (7) 電気回路には半導体を使用しているため、従来の真空管式のものに比べて寿命が長い。
- (8) 信頼性の高い自動制御装置を備えており、任意の回転数に設定してスタートボタンを押すだけで、自動的に設定回転数までロータが加速され、正確に回転数が制御される。
- (9) 3段階のブレーキ速度を適当に選ぶことにより、試料の舞い上がりを最小にするようにロータを停止することができる。
- (10) 数多くの安全装置がついているので安心して使用できる。

4. 主要な構成部分組の説明

内部構造を第 2 図に示す。ロータ室、駆動装置、冷凍機、温度測定装置、真空ポンプ、自動制御装置などはキャビネット内にコンパクトに収納できるよう設計されている。本体右上部には操作盤を、その後方には計器を配置して、操作の便を図った。以下各部について説明する。

4.1 操作盤およびキャビネット

40 P 形超遠心機に装備されていないものについてのみ説明をす



- | | |
|----------------------------|---------------------|
| 1: 電源, 真空, 加熱, 冷凍各押ボタン | 12: 積 算 計 |
| 2: 電源, 真空, 加熱, 冷凍各パイロットランプ | 13: ロータ挿入口 |
| 3: スタートボタン | 14: ロータ室 |
| 4: ストップボタン | 15: ドア開閉ハンドル |
| 5: スタート用パイロットランプ | 16: エアベルブノブ |
| 6: タイマーダイヤル | 17: 潤滑油不足指示パイロットランプ |
| 7: スピードダイヤル | 18: 駆 動 装 置 |
| 8: 温度切換スイッチ | 19: 冷却ファン |
| 9: ブレーキ切換スイッチ | 20: 自動制御部 |
| 10: 回 転 計 | 21: 真空ポンプ |
| 11: 温 度 計 | 22: 密閉形冷凍機 |

第2図 内 部 構 造

る。ロータの温度を読み取ることができる温度計はメータリレーを利用したもので、温度設定つまみを持ち、ロータの温度を制御できる。温度計は $-10\sim 50^{\circ}\text{C}$ (低温) と、 $50\sim 150^{\circ}\text{C}$ (高温) の二つの目盛が付けられ、この目盛の切換えは温度切換スイッチで行なわれる。高温の目盛は特別付属品であるロータの加熱装置を取り付けたときに使用する。ブレーキ3段切換えスイッチは RAPID, MEDIUM, SLOW の3段階のブレーキ速度に切り換えられ、ブレーキ速度を適当に選ぶことにより、分離した試料の乱れをできるだけ少なくするようにしてロータを停止できる。加熱押ボタンはロータを加熱するためのヒータのスイッチを入れるもので、加熱装置を取り付けた時のみ使用される。積算計はロータの総積算数を表示する7けたのもので、最下位は 10^3 回転であるから 100 億回までカウントできる。ストップ押ボタンはタイマーが働く前にロータの回転を止めた場合に用いる。

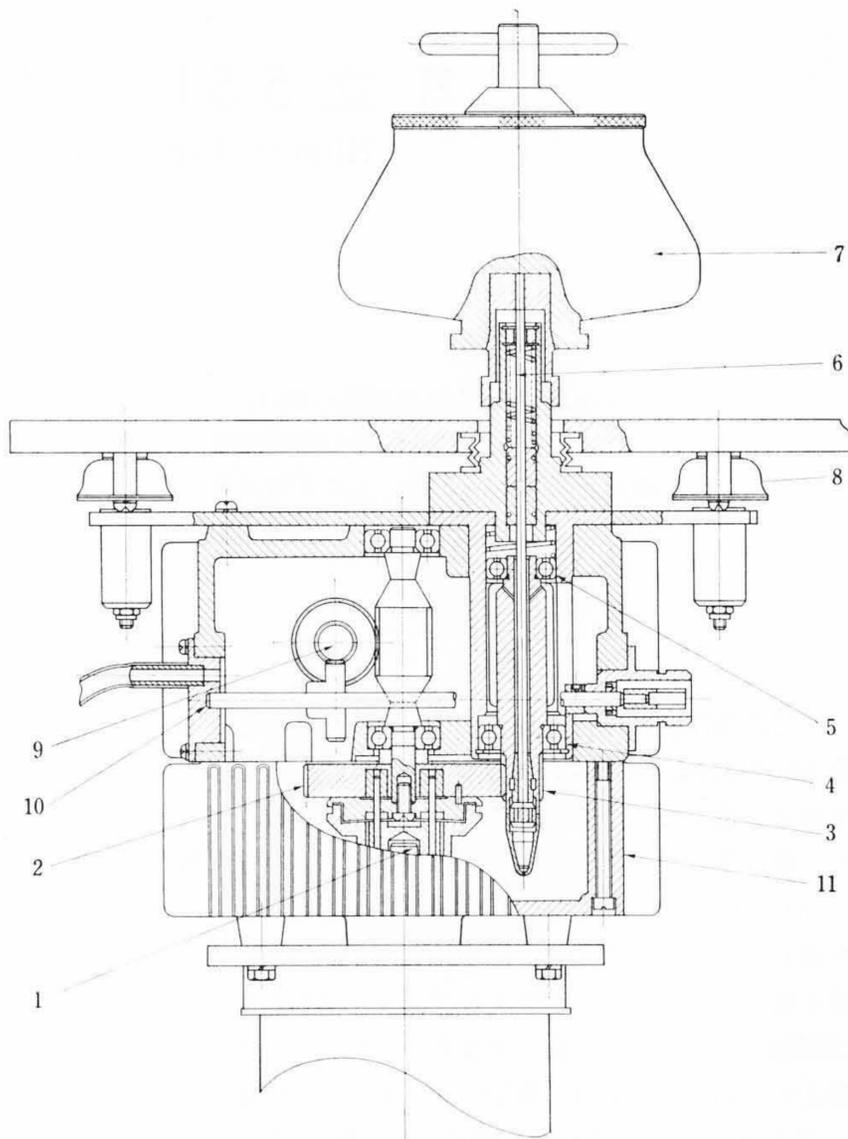
キャビネットの両側板およびテーブルは、内部の保守点検が容易にできるように、簡単に開閉できる構造を備えている。

4.2 ロータ室

ロータは空気との摩擦による発熱をできるだけ少なくするために約 10^{-2} mmHg の真空中で回転する。また高速回転しているロータが破壊したとき、機械の外部のものに障害を与えないような防護装置や、ロータを冷却する装置が必要である。このためロータ室は最外部に真空槽を、その内部にタハード鋼で製作された厚み 30 mm の防護円筒を、そのまた内部に冷凍サイクルのエバポレータを配置し、その中でロータが回転する構造になっている。ロータを駆動する回転軸はロータ室の底部より突き出ている。ロータ室の上部にあるドアは左右にスライドして開閉でき、容易にロータを回転軸に装着することができる。

4.3 駆 動 装 置

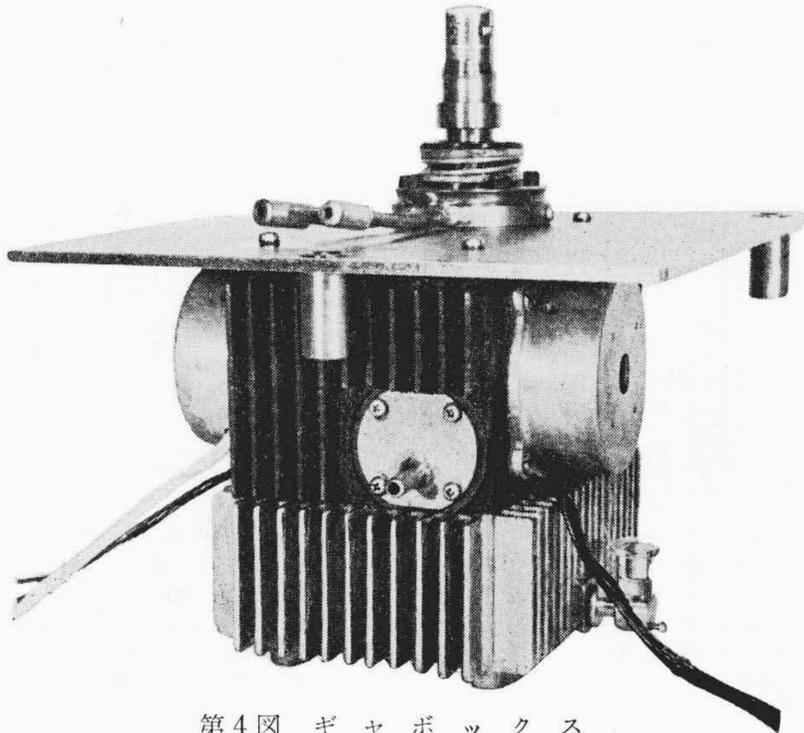
駆動装置の中で特に問題と考えられたのは高速玉軸受である。40 P 形で用いている 7203 玉軸受を 55,000 rpm で回転すると、 d_{mn}



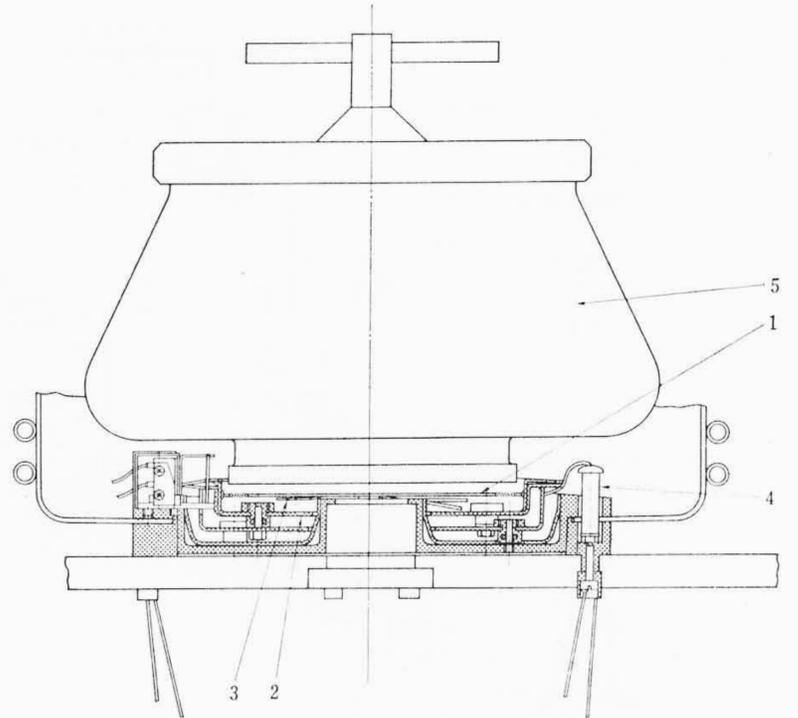
- | | |
|------------------|-----------------|
| 1: 駆 動 モ ー タ 軸 | 7: ロ ー タ |
| 2: ギ | 8: 防 振 ゴ ム |
| 3: ビ | 9: パイロットジェネレータ軸 |
| 4: 下 部 高 速 玉 軸 受 | 10: 積 算 計 軸 |
| 5: 上 部 高 速 玉 軸 受 | 11: ギヤボックス |
| 6: 回 転 軸 | |

第3図 駆 動 装 置

値が 150 万をこえる大きなものになり、玉軸受の寿命は玉自身の遠心力荷重によって、普通一般に行なわれている寿命計算の寿命と比べると、著しく短くなるといわれている⁽¹⁾⁽²⁾。また本体をコンパクトにまとめるためには、駆動装置の外部に大げさな給油装置や噴霧装置を置くことは好ましくなく、できれば自給式の潤滑方式にしたい。このようなことから日本精工株式会社と高速玉軸受とその潤滑方式についての共同研究を行ない、その成果を本駆動装置に採用した。第3図は駆動装置の断面図である。ギヤボックスに入れられた潤滑油は駆動装置が回転を始めると、吸い上げられて上部の玉軸受や歯車を潤滑するような構造とした。高速回転軸には 4.5 mm のピアノ線を用い、振動系の一次の危険速度を 1,000 rpm 以下におき、いわゆる自動調心を行なわせて、ロータにそう入される試料のバランスが少々くずれていても安定した回転が得られるようになっている。なお、駆動装置全体を防振ゴムで懸垂し、よりいっそうロータの回転を安定させ、本体に駆動装置の振動を伝えないように留意した。駆動装置にはロータの回転数に応じた信号を発生するパイロットジェネレータを2個取り付け、それらの信号を回転計および制御装置の入力として用いている。積算計軸はフレキシブルシャフトによって積算計に接続されており、積算計により駆動装置の総積算回転数を知ることができる。またストップウォッチを用いてロータの1分間の平均回転数を 0.3% の精度で測定し、回転計のチェックを行なうことができる。駆動モータには 900W のシリースモータを使用している。ロータが 55,000 rpm で回転しているときには、駆動モータは約 11,000 rpm で回転する。このような高速回転においても、カーボンブラッシの摩耗をできるだけ少なくするた

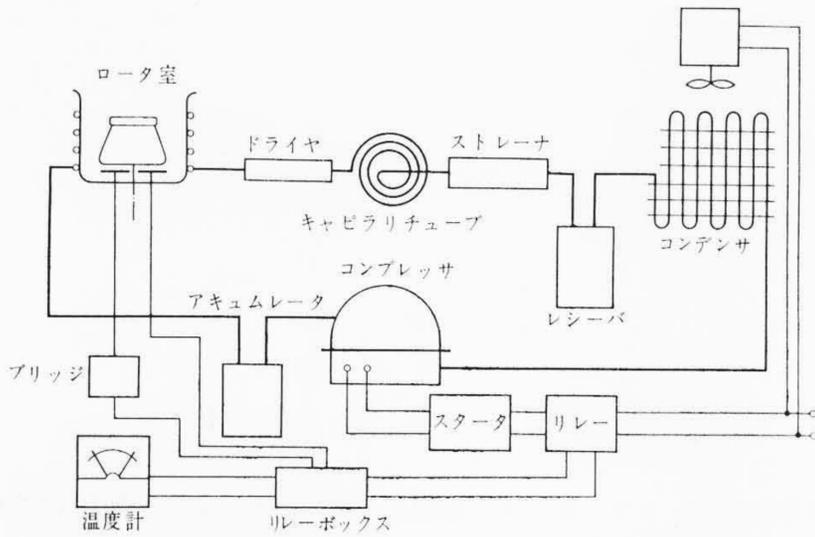


第4図 ギヤボックス

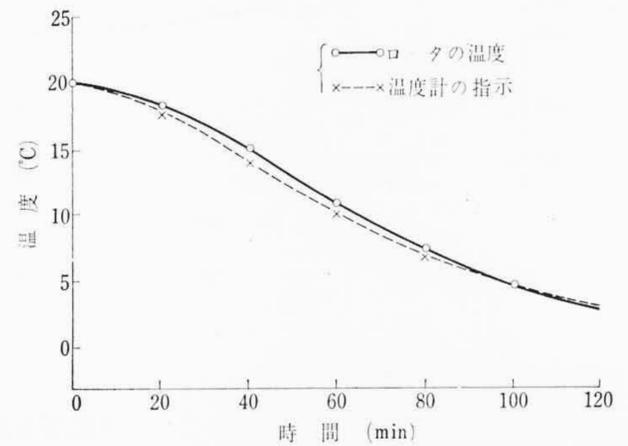


1: 感熱板 2: 反射板 3: サーミスタ
4: 端子 5: ロータ

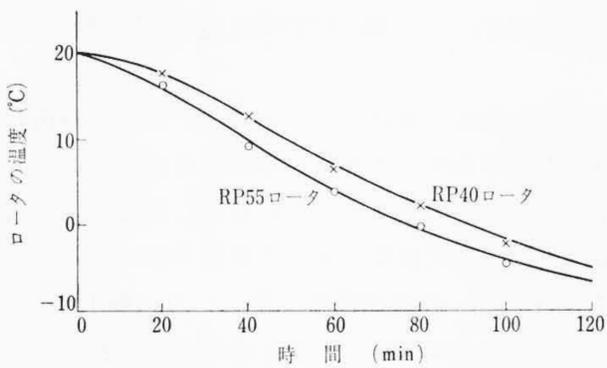
第7図 温度測定装置



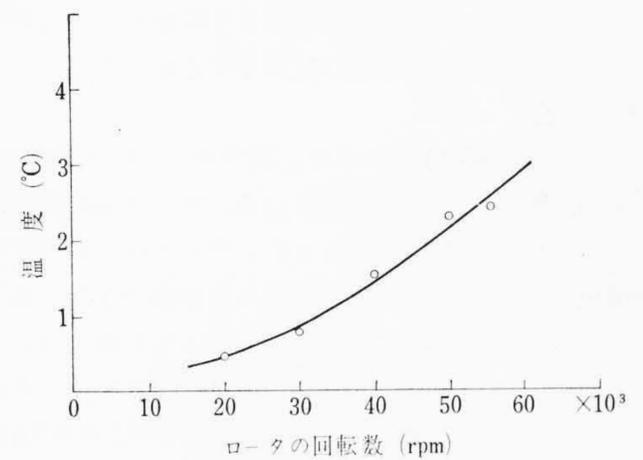
第5図 冷凍サイクル



第8図 温度計の精度



第6図 冷凍特性



第9図 温度計の指示におよぼす回転数の影響

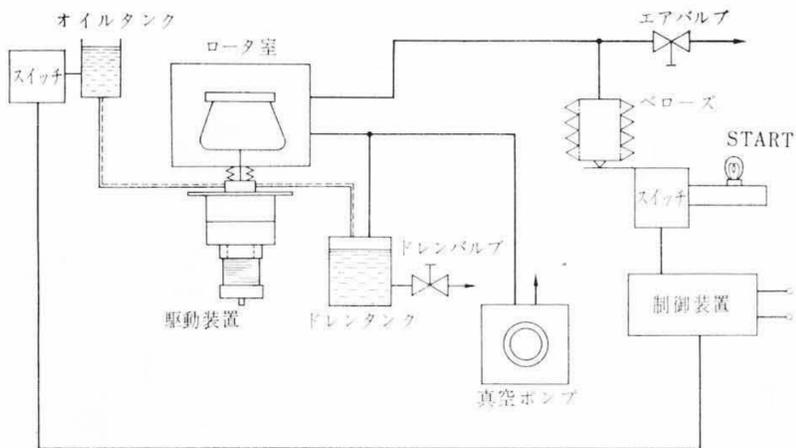
め、カーボンブラシやコンミテータの材質を吟味し、ブラシホルダの構造を工夫したので、ロータが15億回転するまではカーボンブラシを交換する必要はなくなった。第4図にはギヤボックスの外観を示す。

4.4 冷凍サイクル

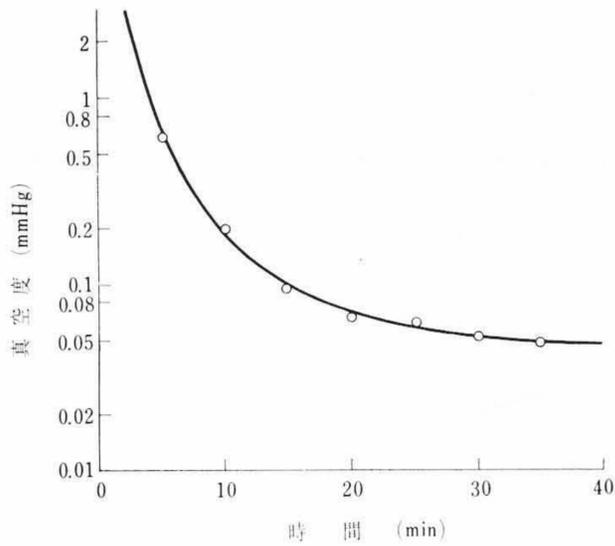
開放形の冷凍サイクルは組立てが簡単であるが、騒音や振動が大きく、また冷媒ガスが漏れやすいため保守が厄介であるという欠点がある。したがって55Pには第5図に示すような密閉形の冷凍サイクルを採用した。このサイクルは電気冷蔵庫の冷凍サイクルとほぼ同じもので、超遠心機として冷凍効率が最良になるように仕様を決めているので、振動、騒音が少なく、冷媒ガスの漏れることもなく、またロータを低温に保持できるなどの長所を持っている。第6図は、初期温度が20°CのRP55ロータおよびRP40ロータの冷却曲線を示したものである。約75分で0°Cまで冷却でき、最低温度は-10°Cに達している。

4.5 ロータの温度測定および温度制御

第7図に温度測定装置の構造を示す。ロータの温度は、ロータの底面に対向して、ロータの温度とほぼ等しい温度になるように工夫された感熱板の温度をサーミスタで検出し、操作盤後方の温度計で読むことができる。ロータの温度制御は温度計にメータリレーを用い、希望温度に設定指針を合わせ、その温度により冷凍サイクルの電源をON-OFFして行なっている。ロータ室が大気圧の場合は、過渡状態（ロータを冷却中）において温度計の指示はロータの温度より約4°C低くなるが、ロータの温度が制御されるようになると、温度計は±1°Cの精度でロータの温度を指示することができる。ロータを真空中で冷却する場合には、第8図に示すように過渡状態においても、温度計はロータの温度をほぼ正確に指示することがわかる。冷凍サイクルの電源をON-OFFする周期はロータ温度を0°C



第 10 図 真空系の原理図



第 11 図 排気特性

に設定した場合には、20~30分となる。

ロータが回転しているときにも、温度計はロータ温度をほぼ正確に指示するが、回転数が 40,000 rpm をこえると 10^{-2} mmHg 程度の真空中では残存する空気の流れの影響をうけて、第 9 図に示すようにロータ温度より少し高目を指示するようになる。したがって正確なロータの温度は温度計を校正して知ることができる。

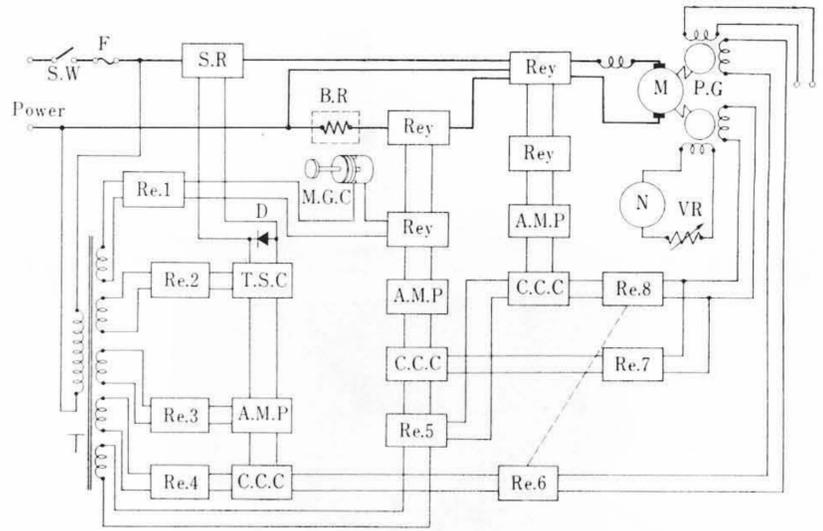
4.6 真空系

真空系の原理図を第 10 図に示す。真空ポンプには 50 l/min の 2 段センコ形油回転ポンプを使用している。ロータ室の排気特性を第 11 図に示す。真空系の中に圧力スイッチを入れ、ロータ室の真空が 30 mmHg 以下にならない限りロータを始動できないようになっている。真空が 30 mmHg に達するには約 1 分を要する。この時間を経過すればロータを始動できるが、40,000 rpm をこえる回転数で特にロータの温度上昇を嫌う場合には、真空が 0.1 mmHg 以下になってから始動することが望ましい。

高速回転軸の気密保持は高速回転軸と平軸受の間に潤滑油をオイルタンクより給油し、油の高い粘性によって行なわれている。この潤滑油の消費量はロータが 55,000 rpm で回転しているときでも約 10 cc/h である。排出された油は一たんどレンタンク内にためられ、運転を終了してからドレンバルブにより機外に排出される。オイルタンク内の潤滑油がなくなったときには、真空不良、平軸受の焼付きによって駆動装置に大きな損傷を与えることになるので、油不足を警告する安全装置が設けてある。この安全装置についてはあとで詳しく述べる。

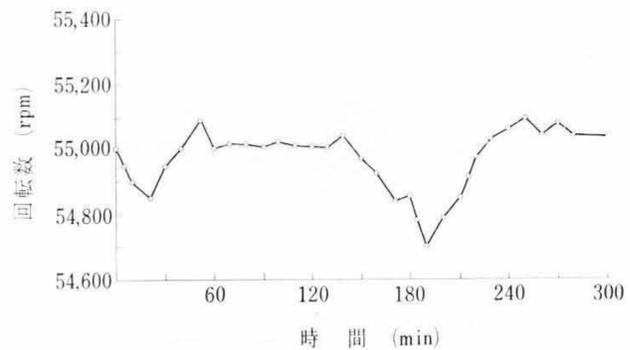
4.7 制御装置

速度制御は次のようにして行なわれる。駆動モータと直列に可飽和リアクトルを接続し、駆動モータと機械的に連結されているパイロットジェネレータにより、ロータの回転数に比例する電流と、整定回転数に対応する基準電流を直結形差動増幅回路に入れ、その



- | | |
|----------------------|------------------|
| C.C.C: 電 流 比 較 回 路 | M.G.C: マグネットクラッチ |
| A.M.P: 増 幅 回 路 | Re: 整 流 回 路 |
| T.S.C: ス イ チ ン グ 回 路 | M: 駆 動 モ ー タ |
| D: ダ イ オ ー ド | P.G: パイロットジェネレータ |
| S.R: 可 飽 和 リ ア ク ト ル | N: 回 転 計 器 |
| Rey: リ レ | VR: 可 変 抵 抗 器 |
| B.R: ブ レ ー キ 抵 抗 | S.W: ス イ ッ チ |

第 12 図 制御装置の原理図



第 13 図 回転数変動

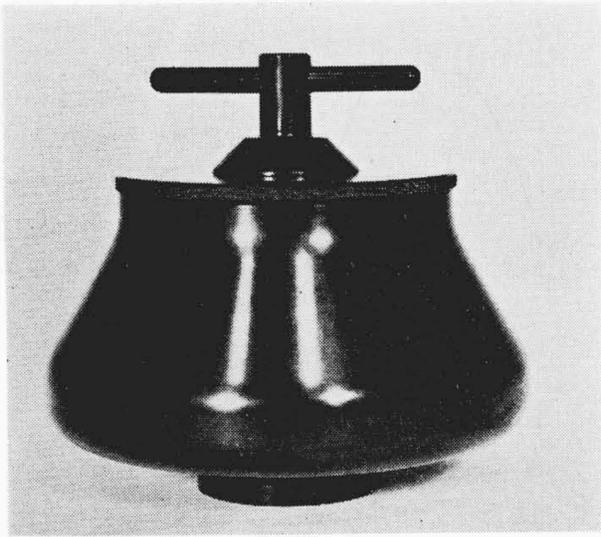
出力をパワートランジスタで増幅し、直流出力を前記可飽和リアクトルの制御入力とする。したがって希望回転数にスピードダイヤルを設定して、スタートボタンを押せばロータは自動的に加速され、設定回転数に制御される。第 12 図は速度制御回路の原理図である。

この回路には半導体を使用しているため、従来この種の装置で採用されていた真空管とサイクロトンの組み合わせに比べると、消費電力が少なく、長寿命になっている。しかし温度によって影響を受けやすいから、特に温度補償に関して注意を払い、室温が 10~30°C の範囲では ± 700 rpm の制御精度を得ている。第 13 図には定常状態になってから、経過時間に対する回転数の変動を最高回転数 55,000 rpm において測定した結果である。

本装置の中には過速度防止回路およびブレーキ遮断回路を含んでいる。過速度防止回路は速度制御回路に故障が生じ、ロータの回転数が設定回転数をこえて増した場合に、自動的にロータを停止させる安全回路である。次にブレーキ遮断回路について説明する。ロータを停止する際には、駆動モータに逆トルクを発生させてブレーキをかけているが、停止する寸前で逆トルクの回路を遮断しないと、ロータは逆転することになる。そこでブレーキ遮断回路によって、1,000~3,000 rpm の間でブレーキを断ち、そのあとは自然減速によって停止させている。

4.8 ロータとチューブ

高速で回転しているロータは強大なエネルギーを持っている。もしロータが破壊すると、機械に大きな損傷を与えることになるので、ロータの設計や使用材料の選定には特に注意した。すなわち局部応力、平均応力などを計算して細部寸法を決定し、材料には超々ジュラルミン(耐力 40 kg/mm²以上)を用い、超音波探傷試験によって素材を 1 個 1 個試験し内部に欠陥のないことを確認してから使



第14図 RP55 ロータ

第1表 ロータの一覧表

ロータの種類	角度形ロータ					水平ロータ		バッチロータ
	RP21	RP30	RP40	RP50	RP55	RPS25	RPS40	RPB16
最高回転数 (rpm)	21,000	30,000	40,000	50,000	55,000	25,000	40,000	16,000
最大遠心加速度 (XG)	59,000	107,000	144,700	199,800	223,200	90,000	175,300	27,500
チューブの数	10	12	12	10	12	3	3	—
チューブの寸法 (cm)	3.8×10.1	2.5×9.0	1.6×7.0	1.6×6.4	1.3×6.4	2.5×7.6	1.3×5.0	—
チューブの容量 (ml)	90	38	12	10	6.5	34	5	—
全容量 (ml)	900	455	144	100	78	102	15	1,600
チューブの傾斜角 (度)	18	26	26	20	26	0~90	0~90	—
ロータの重量 (kg)	14	7.4	4.7	3.6	3.1	6.8	2.7	8.8
ロータの最大直径 (cm)	26.4	22.7	17.3	15.6	14.5	26.8	20.8	22.2
加速時間 (min)	24	12	6	7	5	8	5	9

用している。

55P用として新たに設計したロータはRP55ロータおよびRP50ロータで、角度形ロータのなかで最大の遠心加速度を持ち、酵素や小蛋白質を効率よく分離できる。第14図にRP55ロータを示す。第1表は55Pで使用できるロータの一覧表である。

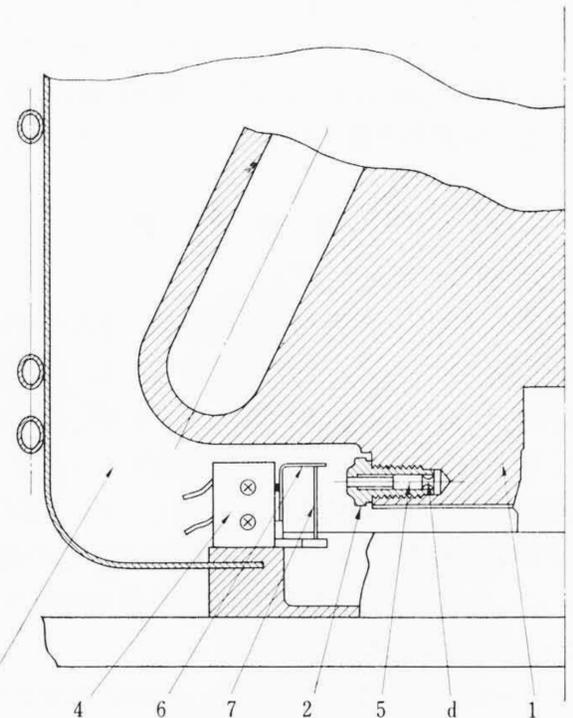
分離すべき試料を入れるチューブはハイゼックス（ポリエチレンの商品名）、ブチレート（醋酸繊維素の一種）、ステンレススチールの3種類の材料から製作されている。ハイゼックスは半透明であるが、耐薬品性にすぐれ、ブチレートは透明であるが耐薬品性に劣る。ステンレススチールのチューブは、耐薬品性が要求される試料に用いられるほかに、試料を加熱して分離したい場合に不可欠のものである。しかしこのチューブは重量が大きいので、ロータに加わる負荷が増すので、ロータの許容最高回転数を常温においても10%だけ減らす必要がある。

5. 安全装置

超遠心機において発生しうると想定される最大の事故はロータの破壊である。より高速にまわそうとする要求のために、ロータは極限設計を行なっているため、許容回転数をこえると破壊の危険が増大する。またロータが高速回転しているときに、潤滑油が切れたり、操作を誤まったりすると重大な事故が発生する。したがって55Pには次に示すような安全装置を付加している。

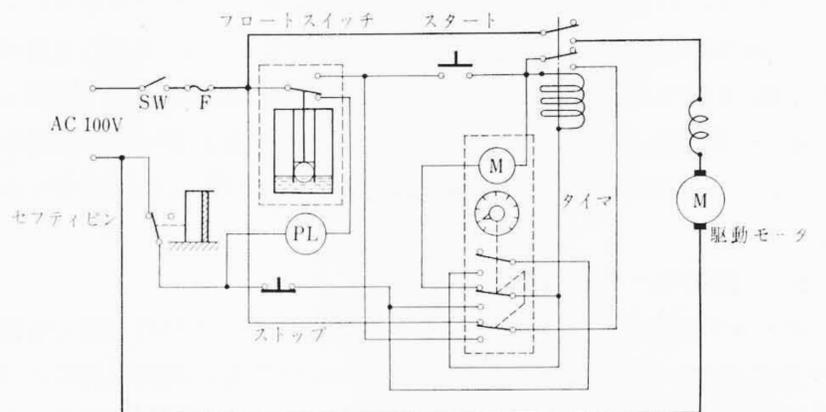
5.1 防護円筒

厚さ30mmのタハード鋼と厚さ12mmの鋼製真空槽でロータを囲み、ロータがたとえ破壊するようなことがあっても、破片が飛散して機械の外のものに危害を与えないような構造としてある。



第15図 過速度防止装置

第15図 過速度防止装置



第16図 潤滑油不足警報装置

5.2 過速度防止装置

速度制御装置の故障によってロータが設定回転数をこえた場合や、ロータの許容最高回転数をこえてスピードダイヤルが設定された場合には、電気的および機械的な二重の過速度防止装置が働いて危険に至らないうちに機械の運転を停止する。電気的な過速度防止装置についてはすでに説明したので、ここでは機械的なものについて述べる。第15図に示すようにロータの底部にはテンションピンが取り付けられている。ロータが過速度になるとd部で切断し、テンションピンは外方に飛び出し、ロッドをはねてマイクロスイッチの回路を開く。この信号が制御装置にはいり自動的にロータを停止するようになっている。

5.3 潤滑油不足警報装置

駆動装置へ給油しているオイルタンク内の潤滑油がなくなったまま運転を続行すると危険である。そこで第16図に示すような警報装置がついている。すなわち潤滑油が不足すると、フロートスイッチが働き、パイロットランプが点灯して潤滑油の不足を知らせる。しかしパイロットランプが点灯してから、5時間の運転を行なうに十分な潤滑油をオイルタンクの中に残しているから、この回の運転は続行できる。次回の運転を行なうときには、潤滑油を補充しないかぎり始動できないようになっている。

5.4 高速回転安全装置

ロータが高速回転しているときに、誤ってロータ室内に空気を入れたり、ロータ室内の真空が悪いのにロータを始動したりすると、高速回転軸を損傷したり、ロータを異常に加熱したりする。そこで

ロータが5,000 rpm以上で回転しているときは、ロータ室に空気を入れたり、ロータ室のドアを開けたりすることができず、またロータの回転数を5,000 rpm以上に設定した場合には、真空が30 mmHg以下にならないかぎり始動できないようになっている。

6. 総合特性

6.1 加減速時間

分離用超遠心機において、加減速時間をできるだけ短くすることは分離操作を能率よく行なうために必要である。第1表は各種ロータの加速時間を、第17図はRP55ロータを用いた場合の加減速特性を示したものである。ブレーキ3段切換スイッチをRAPIDにした場合の減速時間は加速時間よりやや長くなる。SLOWにした場合にはロータは自然減速となり、RAPIDの約4倍の時間を要する。MEDIUMにした場合には、RAPIDの2.5倍の時間で停止する。

6.2 ロータの温度上昇

回転中にロータの温度上昇があると、試料に温度こう配が生じ、せっかく分離できたものでも対流によって乱れが生ずるので、ロータの温度上昇をできるだけ低くすることが望ましい。55Pではロータは真空中で回転し、駆動装置からの伝熱を少なくするような構造とし、効率の良い冷凍サイクルを用いているから、40,000 rpm以下では0~5°Cの低温でロータの温度を一定に保つことができる。しかし40,000 rpmをこえると、ロータの温度はわずかながら上昇する。第18図は5°Cに冷却したRP55ロータを55,000 rpmで回転した場合の温度上昇を示している。この程度の温度上昇は、一般に用いられている試料に対して実用上ほとんどさしつかえないものである。

6.3 駆動モータの消費電力

ロータの回転が整定されているときの駆動モータの消費電力を第19図に示す。55,000 rpmという高速においても、消費電力はわずか400W程度である。50,000 rpmのところでは消費電力がすくなくなくなっているが、これはギヤボックス内部の潤滑状態がこのところに変化するものと考えられる。ロータには前述したように多くの種類があり、その重量は2.7 kgから14 kgに及んでいるが、消費電力はロータの重量にかかわらず一定であることが実験によって確かめられている。

6.4 駆動装置の振動

駆動装置の振動が少ないほど試料を分離するうえに有利である。第20図は駆動装置の振動の様子を示している。45,000 rpmで上下振動の加速度は2×gを少しこえる程度で、これを振幅に換算すると4~5 μである。この振動は防振ゴムによって本体とは絶縁されているので、操作盤のところでは振動をほとんど感じない。

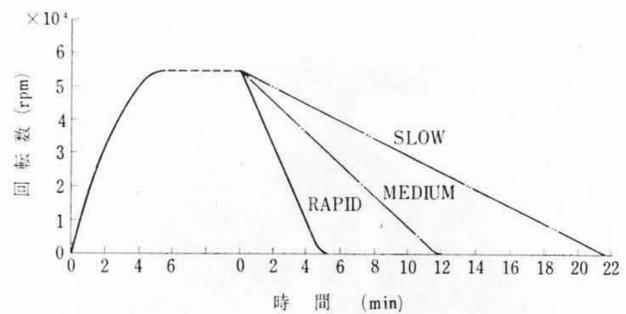
6.5 騒音

駆動装置、冷凍機、真空ポンプなどの騒音が少ないうえに、キャビネットに防音対策を施しているため、55,000 rpmという高速回転においても騒音は60 ホンをこえない。この様子を第21図に示す。したがって55Pを研究室に設置しても、日常の仕事に支障をきたすようなことはない。

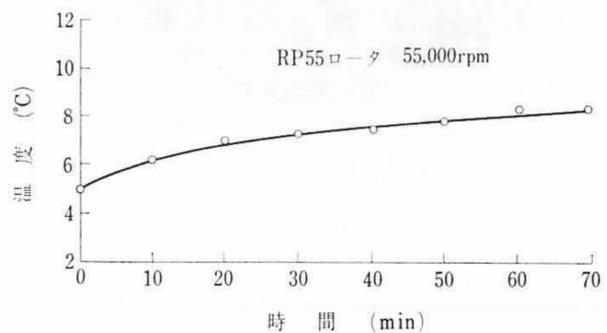
7. 特別付属品

7.1 加熱装置

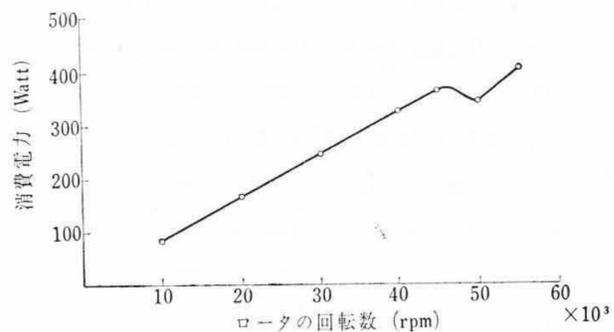
高分子関係においては、常温で試料を溶かす溶媒がえがたいので、高温にして試料を溶かし、遠心分離をしたいという要望がある。また高温にすると溶液の粘度が下がり、分離効率が良くなるという利点も生ずる。したがってロータ室内に加熱装置を設置し、ロータの温度を100°Cまで加熱できる特別付属品を開発した。もちろん100°Cまでの温度測定、温度制御は可能である。RP40ロータを



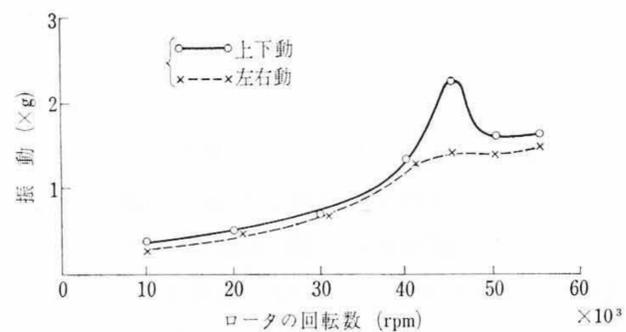
第17図 RP55ロータの加減速特性



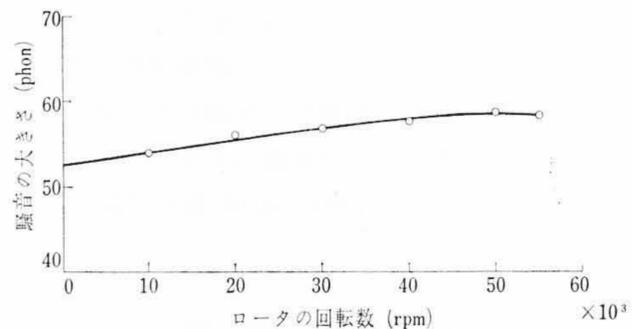
第18図 ロータの温度上昇



第19図 駆動モータの消費電力



第20図 駆動装置の振動

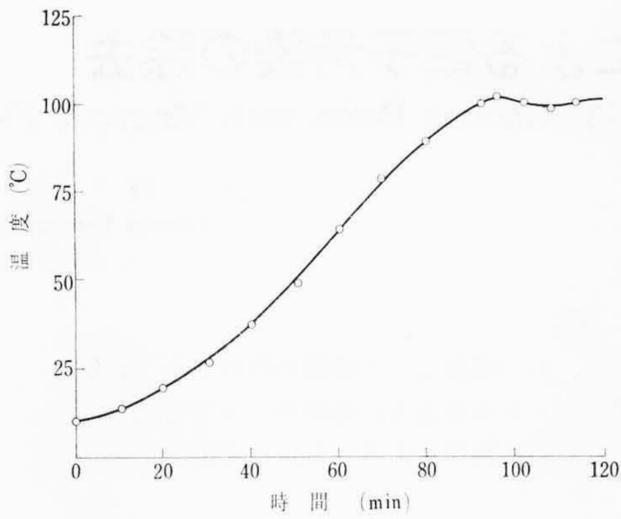


第21図 騒音

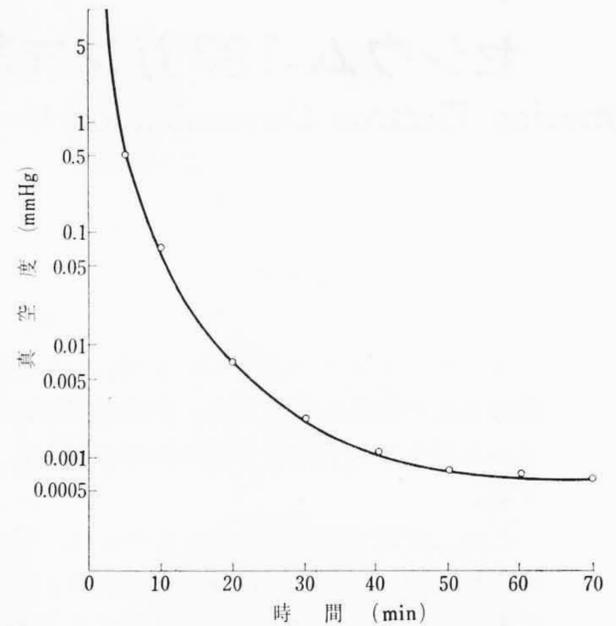
用いた場合の加熱速度を第22図に示す。ロータの材質が超々ジュラルミンであるため、高温においては強度が低下する。したがって100°Cにおいては、ロータの許容最高回転数を25%だけ減少させることにしている。

7.2 高真空装置

ロータの回転数が40,000 rpmをこえる高速になると、空気との摩擦による発熱のためにロータの温度がわずかながら上昇する。このため濃度のかなり低い試料や、溶質と溶媒との密度差の小さい



第22図 加熱速度特性



第23図 排気特性

試料においては対流による乱れを生ずる恐れがある。したがって油拡散ポンプを取り付け、ロータ室の真空を5 μ Hg以下にすることができる高真空装置を開発した。本装置を取り付けた場合の排気特性を第23図に示す。本装置によってロータの加熱を少なくし、試料の乱れをおさえることができる。

8. 応 用 例

応用の一例として、東京医科歯科大学の坂岸講師が55Pを用いて肝細胞の分画を行なわれたものを第24図に示す。さらに日立MPU-3B形電子スピン共鳴分析計を用いて、分画されたミトコンドリア、ミクロソームにおける遊離基と金属イオンの生成についての研究を行なわれた⁽³⁾。

9. 結 言

以上日立55P形分離用超遠心機の仕様、構造、特長などの概要について述べた。

本機はこの種の超遠心機としてはその性能を一段と飛躍させたものであり、数多くの新しい考案が取り入れられている。

今後もわれわれは性能のすぐれた、操作しやすい超遠心機の開発に努力を重ねて、需要家各位のご要望に答えたいと考えている。

終わりに臨み、高速玉軸受の開発にご尽力していただいた日本精工株式会社の岡部長、角田研究室長、試作機を試用していただき、有益な助言を賜った東京医科歯科大学の坂岸講師、および本機の



第24図 肝細胞の分画

開発にいろいろご指導、ご援助をいただいた関係者各位に深く感謝の意を表わす次第である。

参 考 文 献

- (1) D.F. Wilcock and E.R. Booser: Bearing Design and Application, 73~74 (McGraw-Hill, 1957)
- (2) A.B. Jones: Trans of ASME., 74, 695~699 (July, 1952)
- (3) P.Y. Sakagishi: Pittsburg Conference (1964)