

EPI-2型日立赤外分光光度計

Type EPI-2 Hitachi Infra-red Spectrophotometer

吉田 霞* 鏑木 猛* 角野 正夫** 阿部善右衛門**
 Kasumi Yoshida Takeshi Kaburagi Masao Sumino Zen-emon Abe

内 容 梗 概

赤外分光光度計は、検出すべきエネルギーがきわめて小さくて検知器に感度の良いものがなく、またプリズムに岩塩を用いなければならないなどその製作には高度の技術が必要である。このたびわれわれは複光束、単分光式の赤外分光光度計 EPI-2 型を完成し、広く斯界の要望にこたえている。

本器の設計と製作にあたっては内外各社製品の長短を検討し、また社内の技術を生かして装置に特長をもたせるように努力した。本稿はその概要について述べるものである。

〔I〕 緒 言

赤外線にたいする物質の吸収特性については古くから注目されていたが、その測定がむづかしいため、一般に測定器として使用されるまでには至らなかった。最近になつて放射線化学の発達、複雑な有機物合成の研究に刺激され、またエレクトロニクスや自動制御技術の発達によつて自動記録式の赤外分光光度計が作られるようになり、さらにその結果として赤外吸収特性の研究のますます重要なことが判明した。

赤外分光器が可視の分光器と異なる点をあげると

- (1) 検出すべきエネルギーの絶対量が非常に少ない
- (2) 検知器として光電管のような高能率のものが無い。
- (3) 分散プリズムおよびセル板にガラスや水晶が使用できず、岩塩、臭化カリなどの結晶を使用しなければならない。
- (4) 分光器を恒湿に保たなければならない。
- (5) 一般に吸収特性が複雑なため、自動記録式にしないと価値がない。

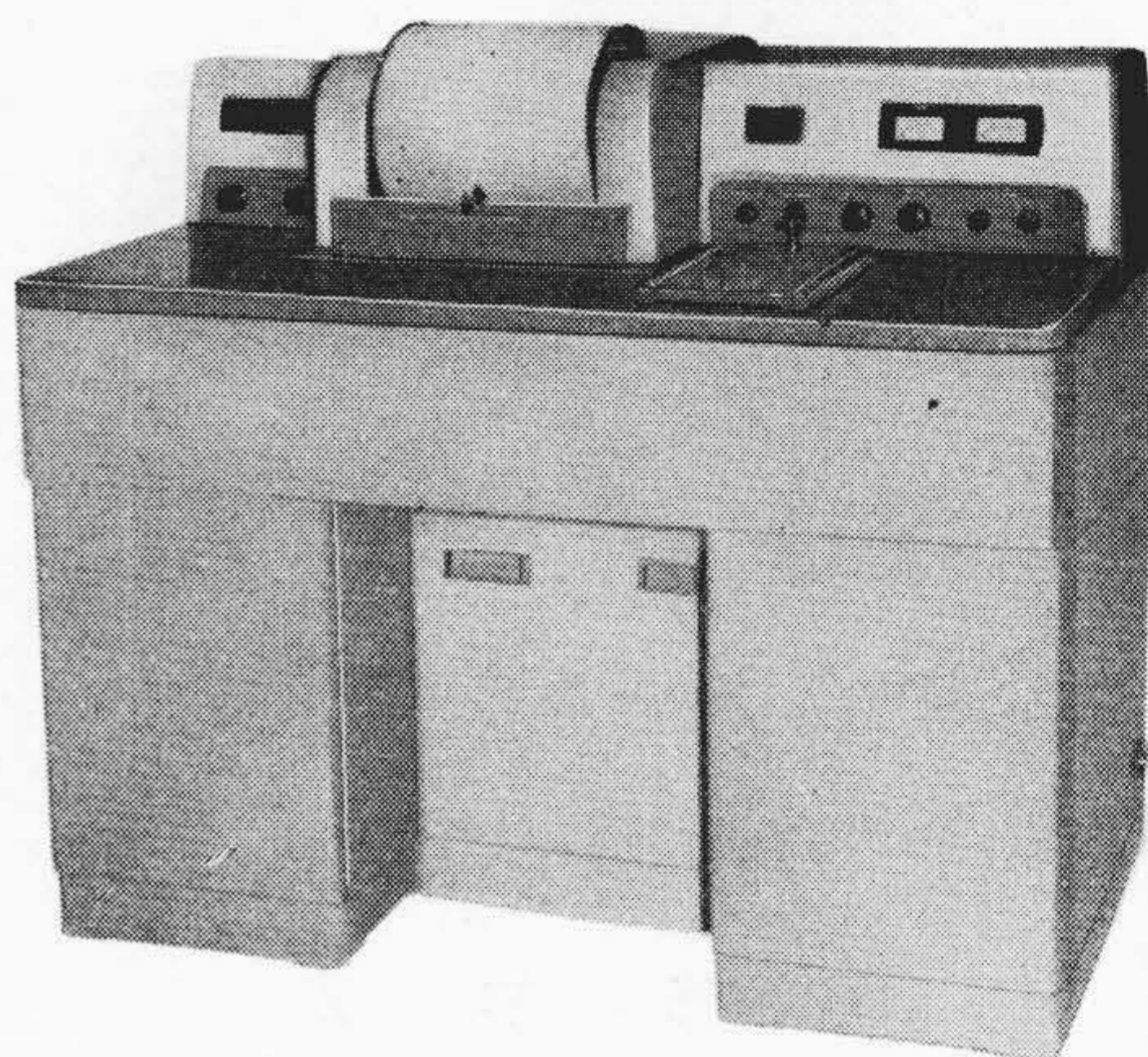
などやつかいな条件が多い。このため光学系と増幅器に高い性能が要求され、非球面鏡や岩塩の製作などの特殊技術を必要とし、また装置が複雑高価なものとなる。

以下このような本質的な問題を中心とし、日立赤外分光光度計 EPI-2 型の設計上、技術上の諸問題および装置の特長、性能などについて述べる。

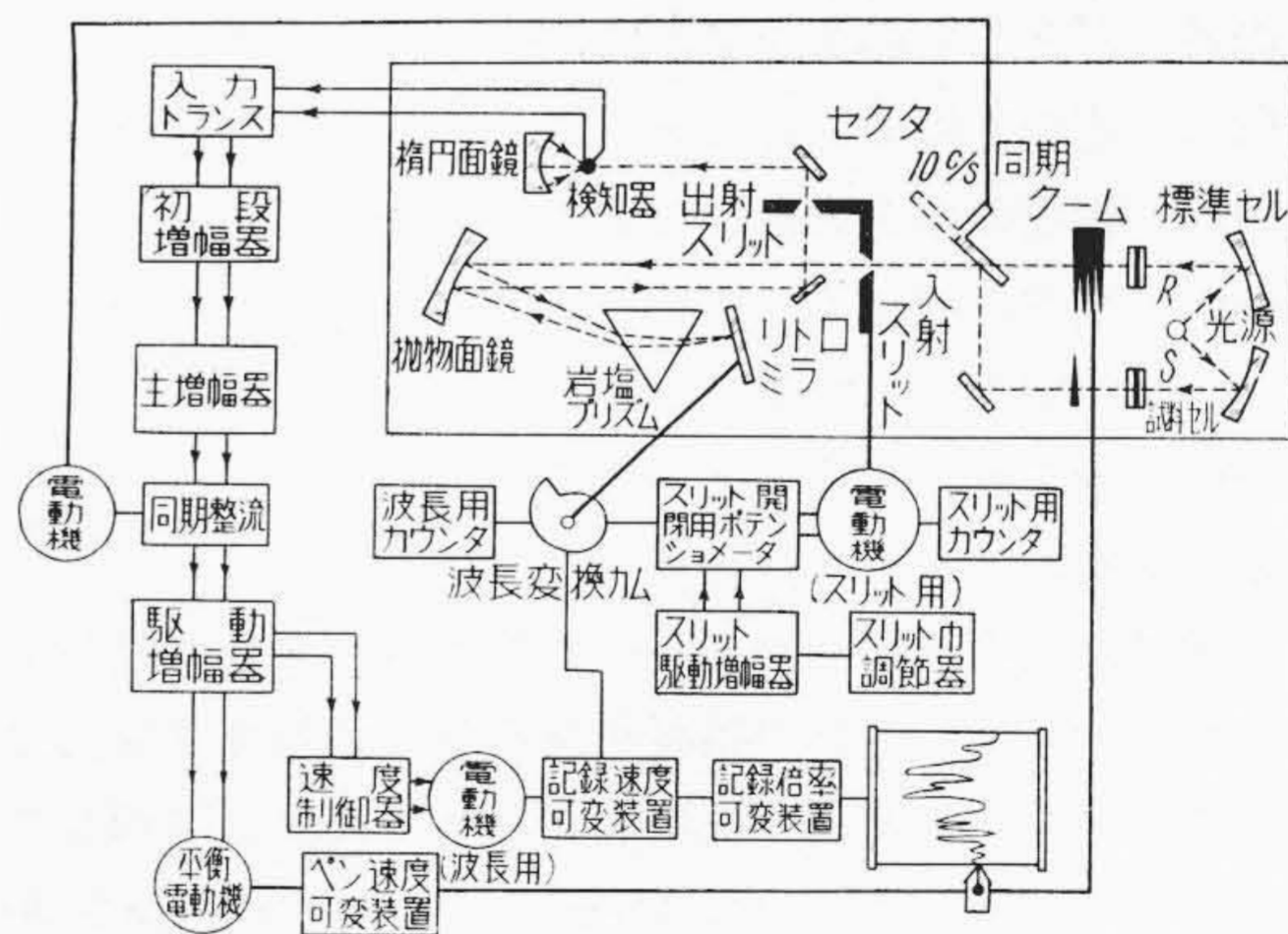
〔II〕 動作原理

まず順序として動作原理を簡単に説明しておく。

第2図において光源を出た光は R, S 二つの光束に分かれる。R 側には測光絞り、S 側には試料を置き、おのおのを通過した光をセクタによつて交互に分散系に送り、単色光にして検知器に入射させる。この場合、試料の吸収が絞りによる遮蔽の程度に等しくなければ検知器



第1図 EPI-2 型の外観



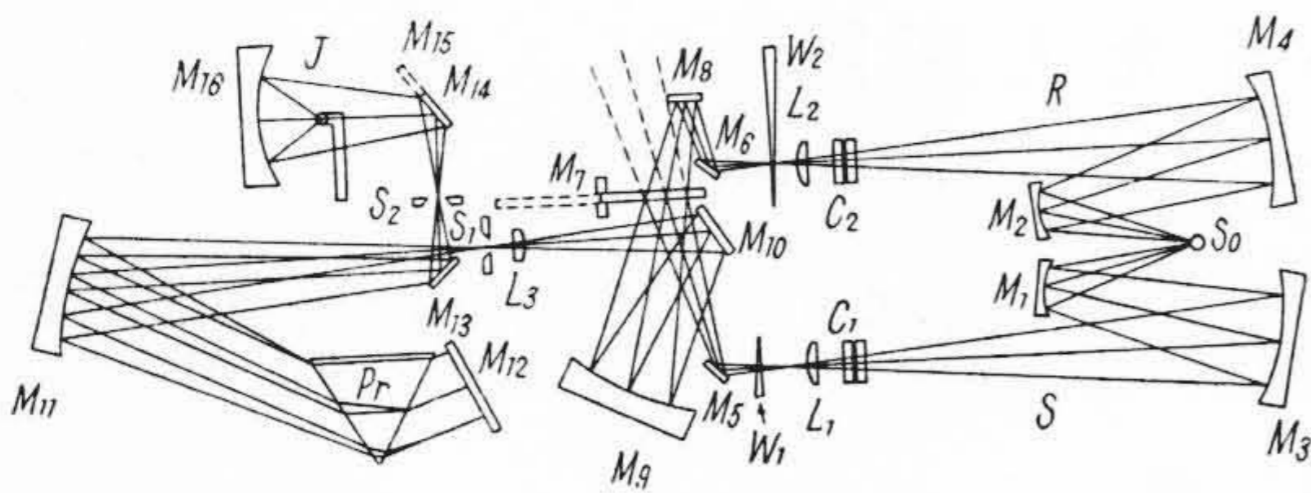
第2図 EPI-2 型の機構系統図

に交流電圧が発生するから、これを増幅して得られる出力によつて平衡電動機を働かせ両光束の強さが等しくなるところまで絞りを移動させる。したがつて絞りの位置によつて試料の透過率を表示することができる。

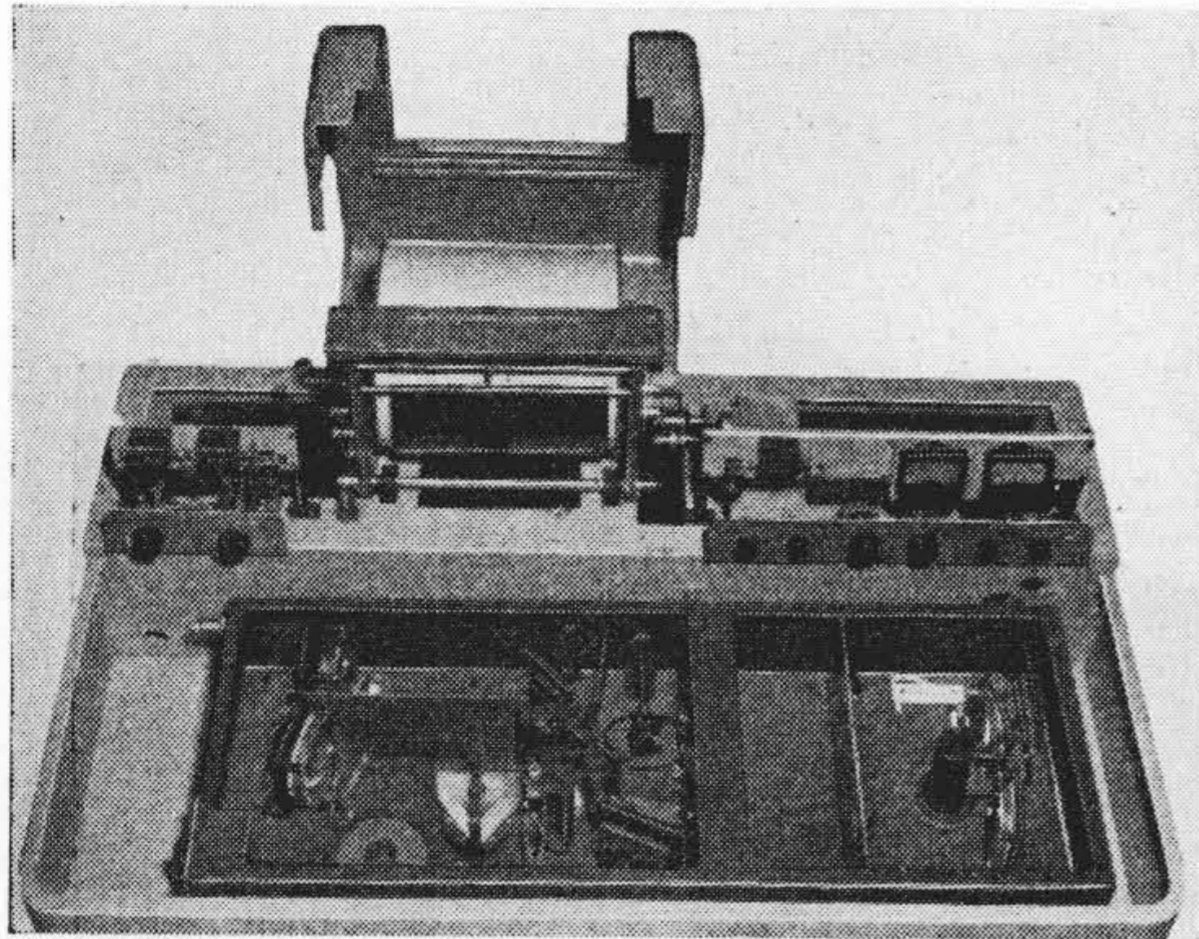
リトロミラーは波長変換カムによつて回転させられ、プリズムによつて分散したスペクトルを順次出射スリットに送り込む。記録計のドラムの回転が波長変換カムと、またペンが絞りと連動しているので、記録計を回転させて各波長に対する透過率を記録させることにより、赤外

* 日立製作所多賀工場

** 日立製作所中央研究所



第 3 図 EPI-2 型 光学系統図



第 4 図 俯 瞰 図

線の波長域における物質の吸収特性が測定できる。

〔III〕 光 学 系

本器の光学系統図を第 3 図，部品配置を第 4 図に示す。

(1) 光 源

赤外光源として必要な条件は、

- (a) 連続光源であること
- (b) 輻射効率が大きいこと
- (c) 高熱に耐えること
- (d) 加熱が簡単であること
- (e) 耐久性があること

などである。

一般には炭化硅素グローバーまたはネルンスト燈が用いられており、おのおの特長があるがわれわれは国内で簡単に入手できる前者を使用した。その大きさは両端の直径 10mmφ 全長 100mm，発熱部は直径 4mmφ 長さ 30mm，消費電力は約 200W，使用温度は 1400°K である。

(2) 測 光 系

測光系の方式としては単光束，複光束の二種があるが，溶媒や空気中の炭酸ガス，水蒸気などの影響を受けずに透過率を直読できる後の方が一般に便利とされ，最近の赤外分光器はほとんど複光束方式で，応用的に単光束測定も可能なようになってきている。

複光束測光系について設計上必要な条件をあげると

- (a) 試料側と基準側の両光路の，長さとお光学系効率がまったく同一であること
- (b) 試料の大きさを小さくできるようにすること

(c) 試料室は各種セル，特殊アタッチメントを使用するために十分な余裕を有すること

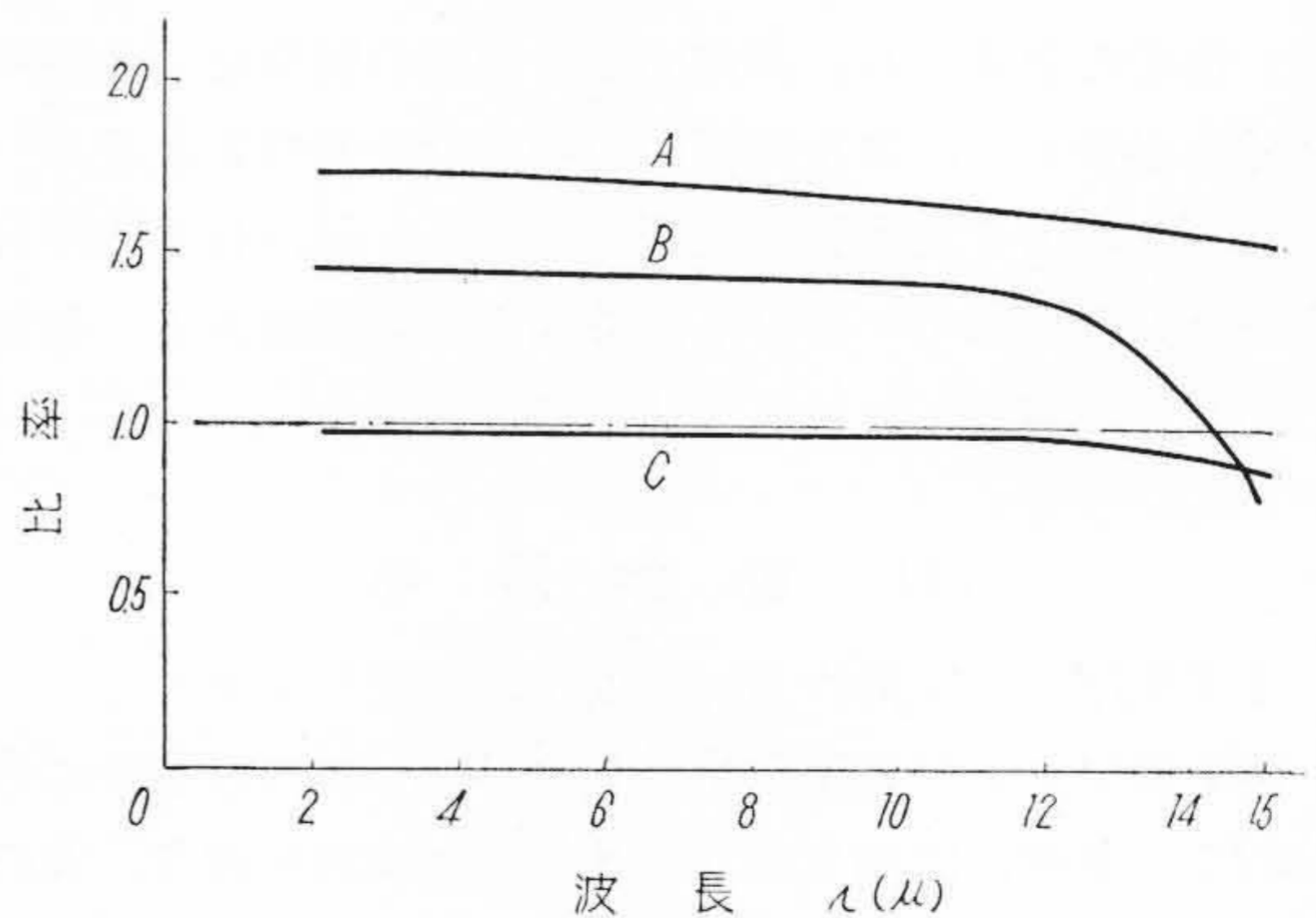
などである。EPI-2 型の測光系は以上の点を考慮して決定したもので，光源ミラー M₁~M₄ による光源 S₀ の第 1 次の結像は，基準側は測光絞 W₂ の上に一致させ，試料側は 100% 調節用の絞り W₁ の位置を結像点より少し内側にずらせ，マイクロセルを使用する場合は岩塩レンズ L₁ をはずして試料 C₁ を結像点の位置まで挿入できる構造になっている。なお試料室の長さは 130mm である。

測光絞り W₂ は一定面積の光束を一様に正確な直線性をもつて絞ることが必要である。EPI-2 型では楕形絞り(クーム)を使用し，特殊ジグを用いた精密グラインド加工により，直線性は全域 0.5% 以内の精度を得た。

(3) 分 散 系

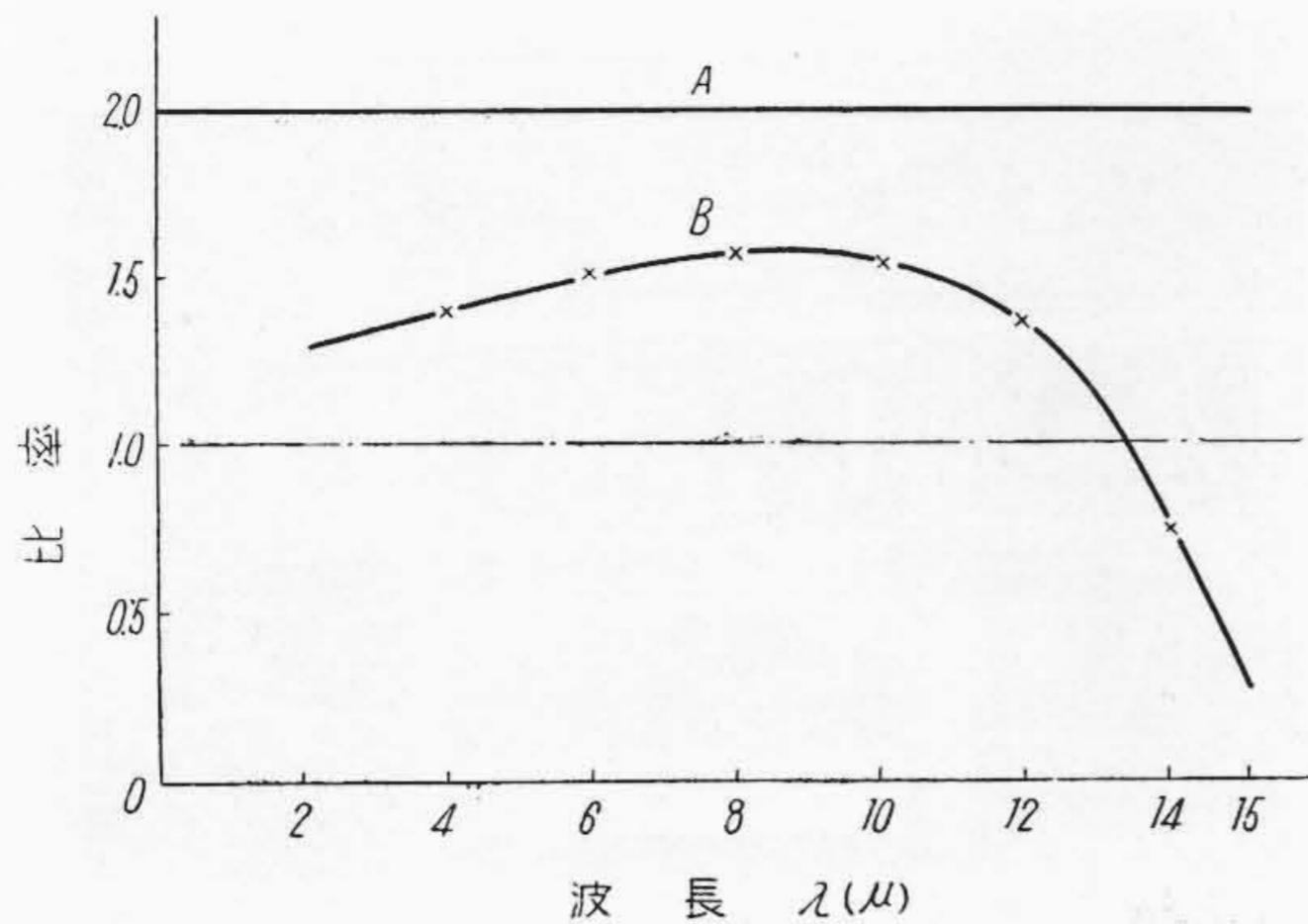
分散系は分光器中の最も重要な部分で，入射スリット S₁ の像をコリメーティングミラー M₁₁ により平行光線にしてプリズムに送り，分光された単色光を出射スリット S₂ から取り出している。

分散系の方式としては Littrow 型，Ebert 型，Pfund 型などが知られているが，Littrow 型 が最も多く使用されている。またプリズムを透過させる回数により単分光式 (Single pass)，複分光式 (Double pass)，三重分光式 (Triple pass) などがある。EPI-2 型では Littrow 型の単分光式を採用し，コリメーティングミラーには直径 100mmφ，焦点距離 300mm，軸はずし角度 24 度の抛物面鏡を使用しており，プリズムには標準品として頂角 72 度，対辺 94mm，高さ 60mm の岩塩プリズムを使用している。72 度プリズムは 60 度プリズムに比較して分散が約 1.65 倍広く，したがって同じ波長幅の単色光を取り出すのにスリット幅をそれだけ広くすることができ



第 5 図 72 度プリズムと 60 度プリズムの比較

- A: 分散比
- B: 同一波数幅の単色光を取り出した場合の明るさ比 (光束断面積が等しい場合)
- C: 同一波数幅の単色光を取り出した場合の明るさ比 (プリズム体積が等しい場合)



第 6 図 複分光器と単分光器との比較

A: 分散比
B: 同一波数幅の単色光を取り出した場合の明るさ比

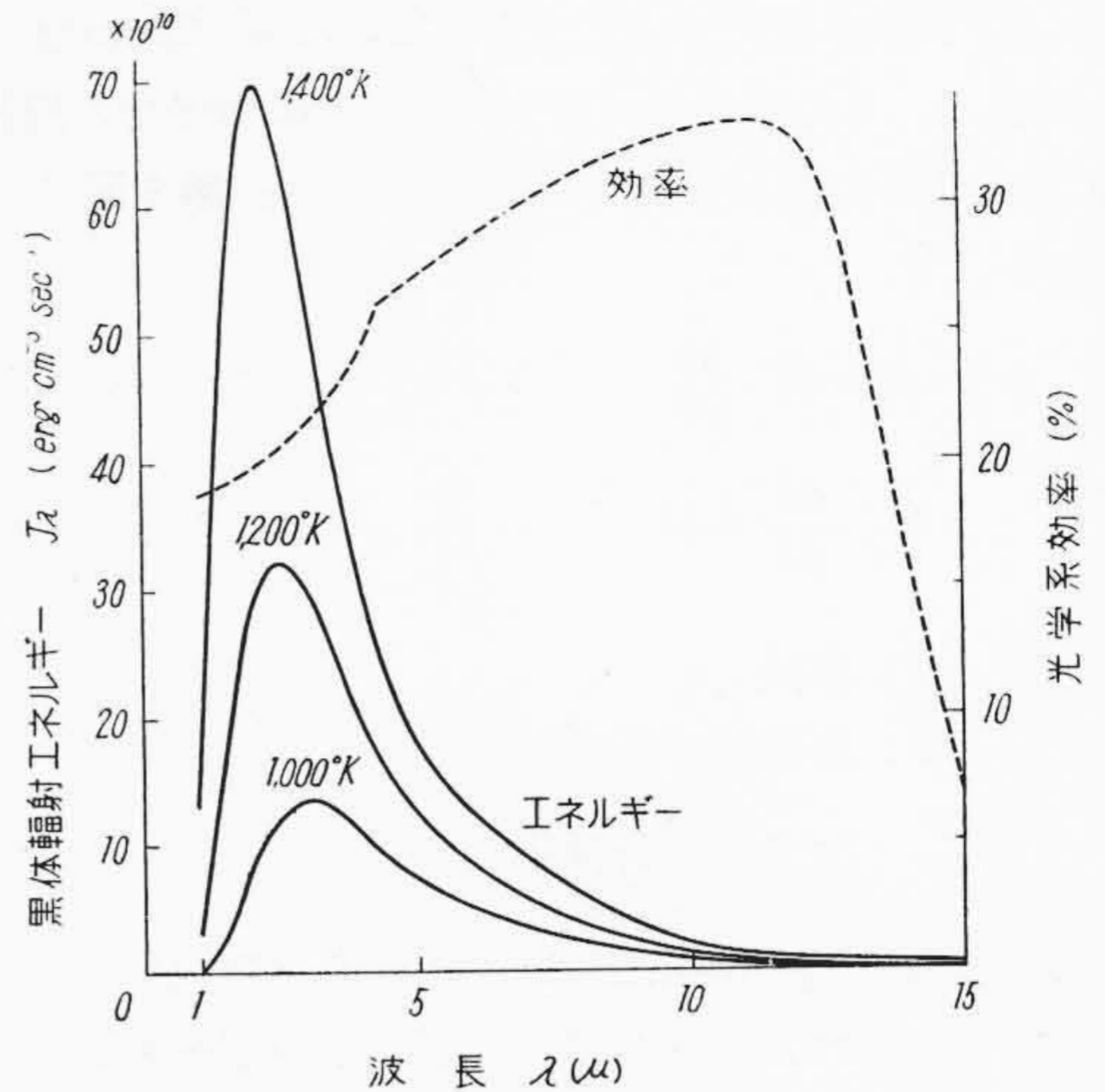
る。しかし一方屈折面における反射損や透過部分の吸収損が大きくなり、またプリズムの大きさや通過する光束断面積によつても条件が変つてくる。この関係を一辺が 60mm の 60 度プリズムを基準として第 5 図に示した。すなわち、入射する有効光束断面積を等しくすると 72 度プリズムの方が明るく、この場合プリズムの大きさは 60 度プリズムの約 2 倍になる。またプリズムの体積を等しくすると光束断面積が約 $1/\sqrt{2}$ となるため、60 度プリズムの方が幾分有利である。一般に 60 度プリズムが使用されているのは後者の理由による。しかし、光束断面積は光学系全体の大きさ、コリメーティングミラーの精度との関係から制約を受けるので、これを一定にして明るさを増しうる点は 72 度プリズムの利点であろう。第 6 図は参考までに複分光器と単分光器の比較を同様の方法で示したものである。

第 5 図と第 6 図の比較から、光束断面積を等しくした場合の 72 度プリズムの明るさは複分光器とほぼ同等で、14~15 μ 付近ではむしろすぐれている。しかし散乱光を少なくする点では複分光器の方がはるかにすぐれており明るさだけで両者の優劣を決定できないことはいうまでもない。

コリメーティングミラーの製作にあつては、これによるスリットの結像が鮮鋭であるか否かによつて分解能が決定されるため、その工作精度を厳重におさえている。

(4) 受光系

直径 90mm ϕ 、焦点距離 $f_1=352$ mm、 $f_2=44$ mm、縮小比 8:1 の楕円面鏡 M_{16} を使用し、出射スリット S_2 の像を検知器 J に収斂させている。検知器の受光面積がきわめて小さく (0.2mm \times 2mm)、これに全光量を絞り込むことは非常に困難なため精度の高い楕円面鏡が必要とされるわけである。光束の中央部は検知器によつて一部遮蔽されるが、検知器の頭部および支柱が非常に小さく作られ



第 7 図 黒体輻射エネルギーと光学系の効率

ているため、これによる損失は数パーセントに過ぎない。

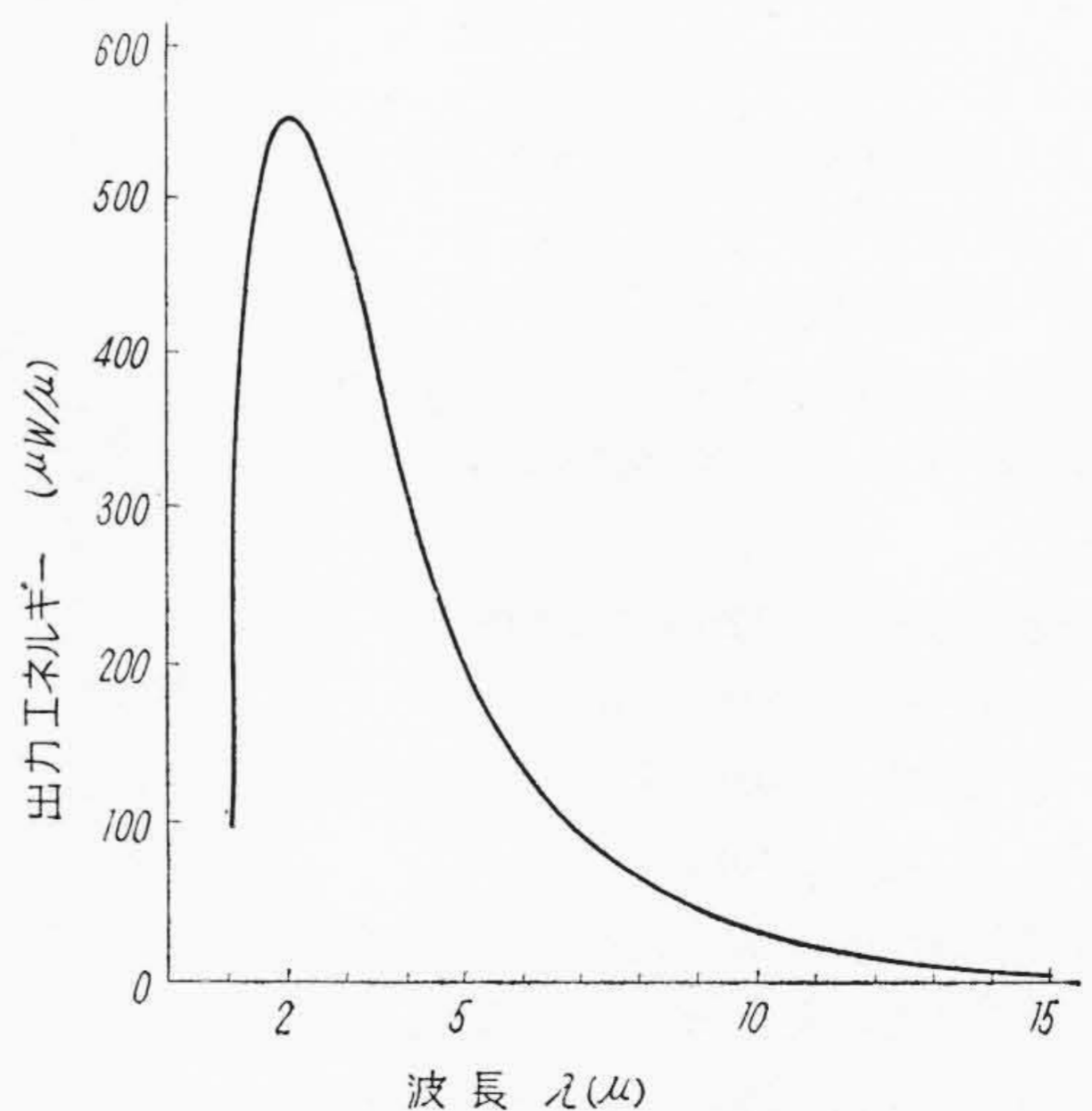
(5) 光学系の明るさ

以上説明した全光学系の出力エネルギーは次式：

$$W_{\lambda} = \frac{J_{\lambda} E_{\lambda} M_{\lambda} s l a}{2\pi f^2} \Delta\lambda \dots \dots \dots (1)$$

によつて与えられる。ここに

- J_{λ} : 使用温度における黒体輻射エネルギー (第 7 図)
- E_{λ} : 光源の光束発散率 (グローバーでは全域約 80%)
- M_{λ} : 全光学系の効率 (第 7 図破線)
- s : スリット幅
- l : スリットの長さ
- a : 有効光束断面積
- f : コリメーティングミラーの焦点距離
- $\Delta\lambda$: 波長幅



第 8 図 光学系の出力エネルギー
スリット幅 1mm, 光源温度 1400°K

であり、EPI-2型においては $l = 1.2\text{cm}$, $a = 23\text{cm}^2 f = 30\text{cm}$ である。この式からスリット幅 1mm の場合の波長幅 1μ あたりの出力エネルギーを計算すると第8図のようになる。

$$\text{また } \Delta\lambda = \Delta\nu \frac{\lambda^2}{10^4} \dots\dots\dots (2)$$

$$S = \frac{d\theta}{d\lambda} f \Delta\lambda \dots\dots\dots (3)$$

λ : 波長

$\Delta\nu$: 波数幅

$\frac{d\theta}{d\lambda}$: プリズム分散率

であるから、波長 10μ において所要の波数幅の単色光を取り出す場合のスリット幅およびエネルギー W_{10} を(1)(2)(3)式から計算すると次のようになる。

波数 3cm^{-1} では

$$s = 0.288\text{mm } W_{10} = 0.226\mu\text{W} \dots\dots\dots (4)$$

波数 1.5cm^{-1} では

$$s = 0.144\text{mm } W_{10} = 0.056\mu\text{W} \dots\dots\dots (5)$$

[IV] 検知器

赤外線検知器としては光電導セル、熱電対、ボロメータ、ニューマティックなどが知られており、熱電対が最も多く使用されている。検知器として必要な条件は

- (1) 熱容量が小さいこと
- (2) 感度が良いこと
- (3) 雑音が少ないこと

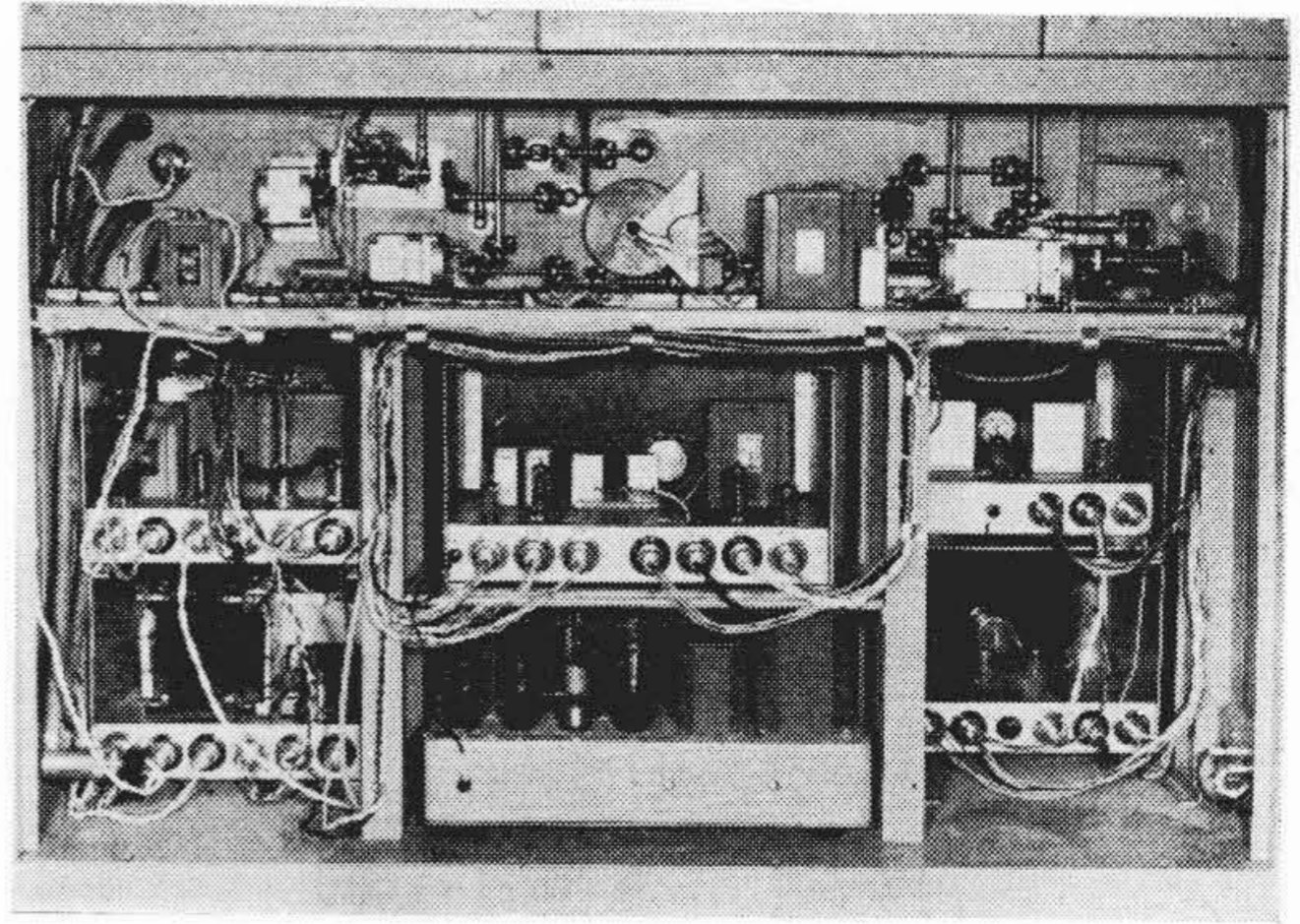
である。このためには

- (1) 受光面積をできるだけ小さくしかつ極力小型に作ること
- (2) 熱起電力が大きくなるように金属の組合せを選びかつ真空中に保持すること
- (3) Johnson 雑音は \sqrt{R} できくので抵抗を小さくすること

などの技術的対策が考えられる。EPI-2型で用いた熱電体は Charles M. Reeder 社製のもので、その特性は次のとおりである。

受光面積	0.2mm × 2mm
直流感度	8 $\mu\text{V}/\mu\text{W}$
時定数	0.013秒
抵抗	10 Ω

熱電対を直流的に用いるとドリフトで悩まされるので、光をセクタで断続してその交流起電力を増幅する方式を採用した。この場合断続周波数と実効値交流出力の関係は次式で与えられる。



第9図 背面図

$$E_{ac} = 0.45E_o / (1 + 4\pi^2 f^2 \tau)^{1/2} \dots\dots\dots (6)$$

E_o : 直流感度

f : 断続周波数

τ : 時定数

いま $\tau = 0.013$ 秒, $f = 10\text{c/s}$ とすれば(6)式から

$$E_{ac} / 0.45E_o = 0.77\% \dots\dots\dots (7)$$

次にこの検知器により検出しようとするエネルギーの最小値を計算してみよう。最少検出量を限定する条件としては

- (1) 導体内電子の熱的攪乱による Johnson 雑音
- (2) 熱電対と外界の温度差の動揺による雑音

の二種類があり、ともに理論的にさけることはできないが、(2)に比して(1)の方がはるかに大きく、その値は

$$E_{nj} = 2(kTR \Delta f)^{1/2} \dots\dots\dots (8)$$

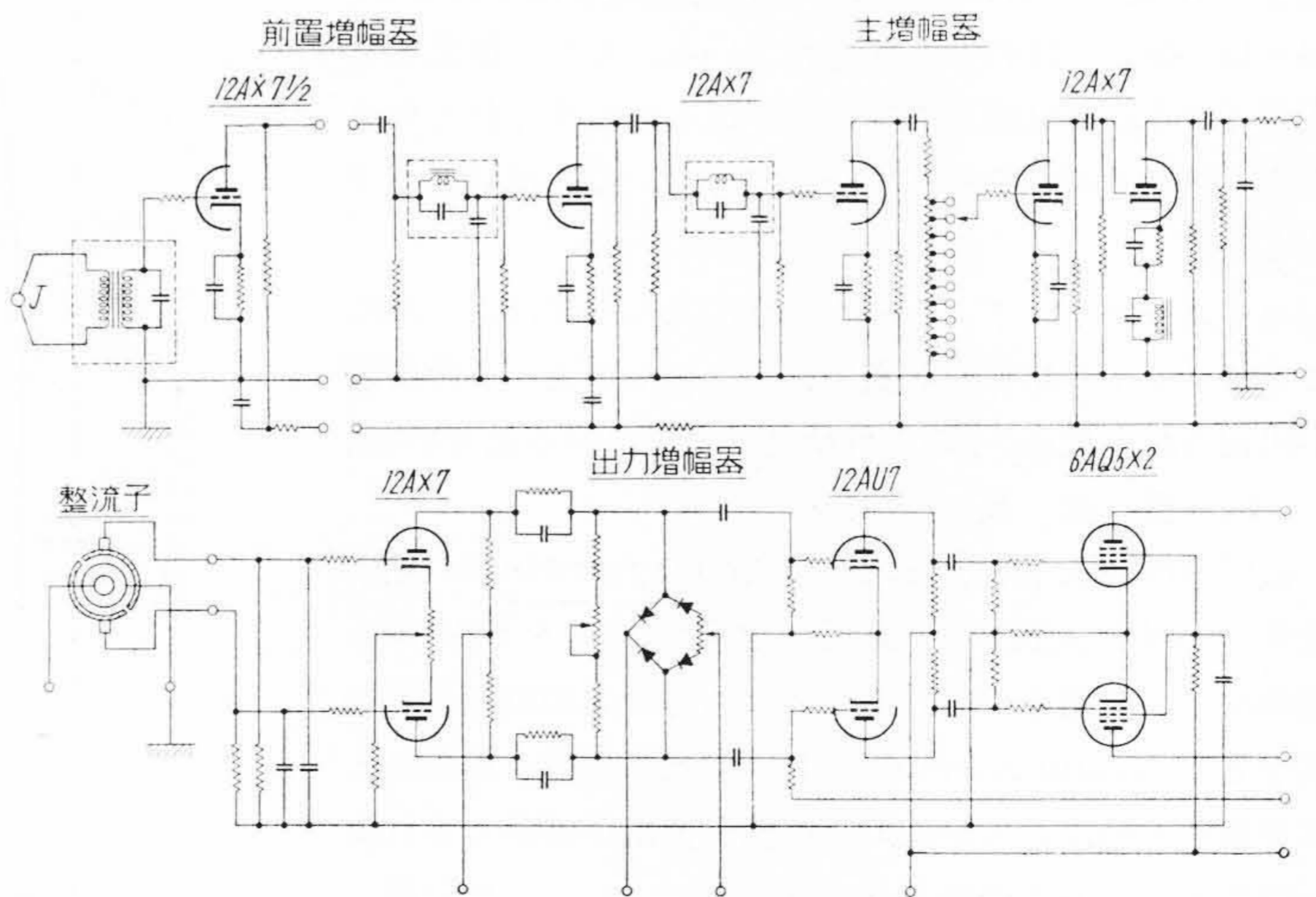
によつて与えられる。ここに

k : ボルツマン常数

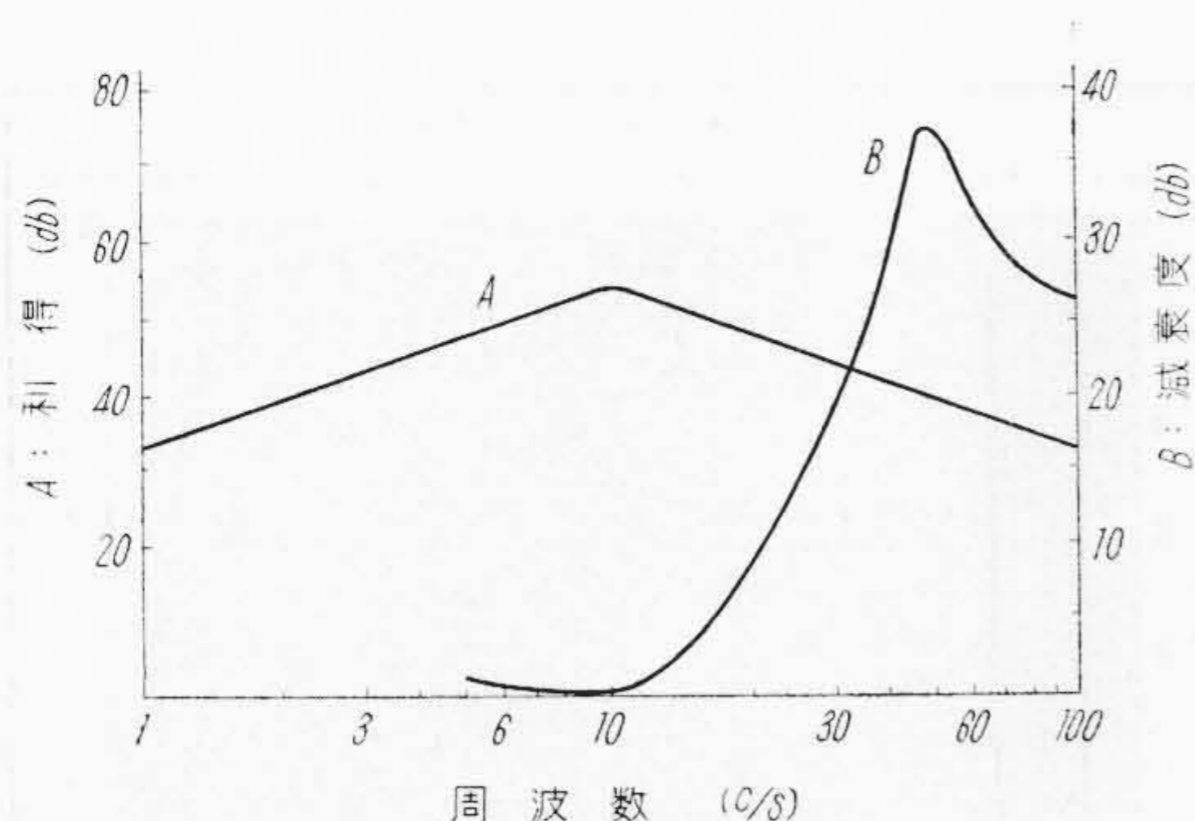
T : 絶対温度

R : 検知器の抵抗

Δf : 増幅器の周波数帯域幅



第10図 増幅回路図



第 11 図 入力トランスと共振コイルの周波数特性

A: 入力トランス
B: 共振コイル

であり、 $T=300^{\circ}K$, $\Delta f=1c/s$, $R=10\Omega$ とすれば次の値を得る。

$$E_{nj}=4 \times 10^{-10} V \dots\dots\dots (9)$$

これは(5)(7)から波長 10μ で波数幅 $1.5cm^{-1}$ の単色光を取り出した場合の透過率 $0.2 \sim 0.3\%$ あたりの起電力に相当する。

[V] 電 気 系

第 9 図は後扉を開いて電気系の収納状況を示す。

(1) 増 幅 器

本器の増幅回路を第 10 図に示す。前置増幅器としては入力トランスと 12A X 7 MT 管 1 本をシールドケースに納め、その合計の利得は約 75 db である。入力トランスの仕様は下記のとおりでその特性を第 10 図 A に示す。

増幅周波数 : 10 c/s
 選択度 Q : 3 db down で 1~2
 シールド : - 70 db
 利 得 : 10 c/s にて 53 db

主増幅器の前段には 50 c/s の雑音を阻止するため直列共振回路を用いた。その特性を第 11 図 B に示す。主増幅回路は 12A X 7 MT 管を 2 本使用して 4 段増幅させるもので、出力における利得は全体で 140~160 db になる。この出力をさらに出力増幅器で同期整流し、50c/s に変調して出力トランスに送っている。

前章で述べたように、赤外分光器においては光学系の出力が小さく、また検知器に感度の良いものがないので、Johnson 雑音程度の信号を増幅しなければならない。このため増幅器の雑音はできるかぎり小さくする必要がある。増幅器から発生する雑音の種類をあげると、

- (a) 電源による雑音
- (b) 増幅器自身から発する雑音
- (c) 外部から入る電磁攪乱による雑音
- (d) 機械的振動による雑音

などである。これらの対策としては、

- (i) 増幅器の電源には定電圧回路による安定な直流電源を用い、電圧を定格より低くして使用する。
- (ii) 直空管、抵抗器、コンデンサなどの部品には良質のものを選択し、その配置および配線、接地の方法を十分吟味する。
- (iii) 入力トランスと初段管の位置の選定、およびシールドを厳重にする。
- (iv) 入力トランスと初段管の防振を完全にする。

などあげられる。

(2) 自 動 制 御 部

記録計を働かせて測光記録する場合に必要な各種の制御装置の回路が組み立てられており、パネルにはこれら操作するためのダイヤルが配置されている。

(a) ペン駆動系

増幅器からの出力により、タコゼネレータ付の平衡電動機を働かせてペンとクームを駆動させるとともに、ゼネレータの出力によつてペン速度を制御している。

(b) 波長送り速度制御系

波長送りにはできるだけ迅速で、かつ吸収カーブの正確なことが要求される。このため増幅器からの出力に応じ信号が小さく吸収カーブが平坦なときは記録を早くし、信号が大きく吸収の変化の大きいところは遅くして、記録おくれのないように速度制御を行つている。

(c) スリット制御系

波長カムに非直線抵抗を、スリットに直線抵抗を連動させた自動平衡装置により、分光器の出力エネルギーが常時一定になるようにスリットを開閉させている。

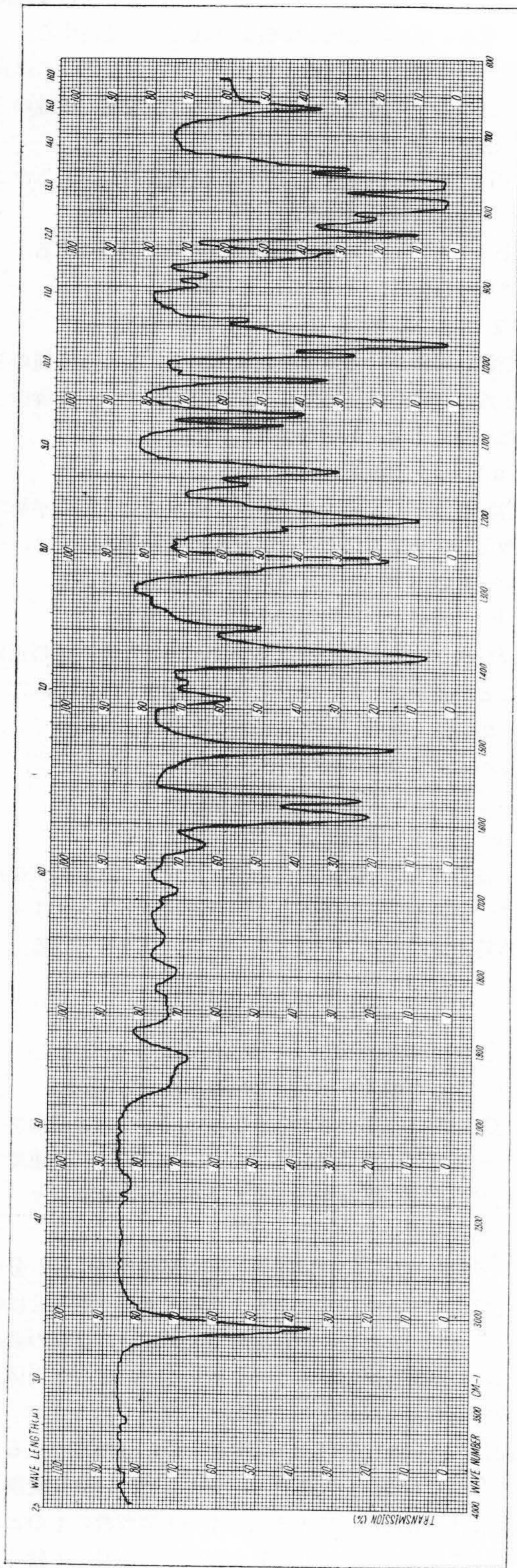
[VI] 記 録 計

記録計には直径 10in の円筒型記録計を使用しており、チャートの有効スケールは $20cm \times 76cm$ である。

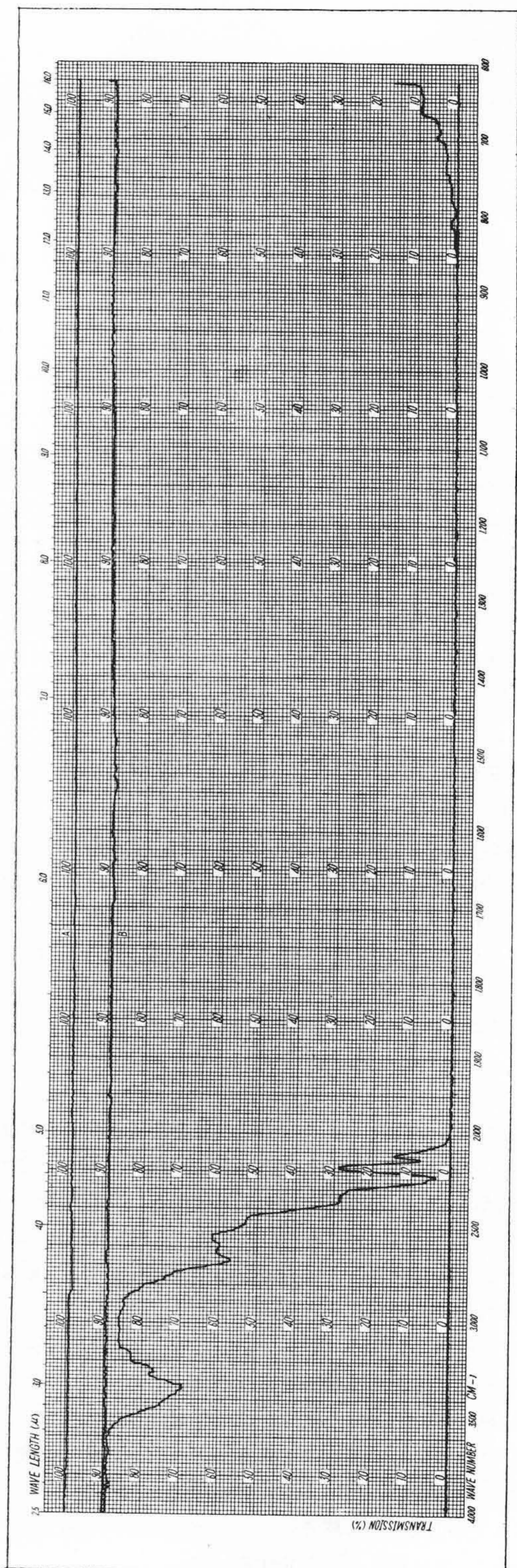
記録速度は標準として全波長域 10 分、ペン速度はフルスケール 3 秒になつており、ともに前章で述べた速度制御装置によつて駆動され、またクラッチと交換ギヤによつて速度を変えることも可能である。

測光記録しない場合は正逆ともに全波長域 1~2 分の速度でチャートを送ることができるので送りもどしに時間を要せず、また途中から記録させる場合、試料の濃度やセルの厚さを決定するためにあらかじめ吸収の大体の傾向をみておく場合などにきわめて便利である。

記録スケールは $\times 1, \times 2, \times 4$ と 3 段に切換えできるようになつている。一般にチャートの目盛には波長変換カムの設計にしたがつて等波長のものと等波数のものがあり等波長チャートでは吸収の記録が短波長測で狭く長波長測で広くなり、等波数チャートでは逆に短波長測で広く長波長測で狭くなるのが両者の得失である。本器ではスケールを 2 段にし、波長 $2.5 \sim 5 \mu$ までを $100cm^{-1}$



第12図 クロルナフタリンによる再現性
スリット $3\text{cm}^{-1}/10\mu$ 記録時間 10分
液体セル (0.05mm) 使用



第13図 水晶の吸収と 100% ライン
スリット $3\text{cm}^{-1}/10\mu$ 記録時間 10分

あたり1cm, 5μ 以上を 100cm^{-1} あたり4cmにして全体の記録のバランスをとったチャートを使用した。

〔VII〕 付 属 品

赤外分光器はその応用範囲が広いので、各種のセルや付属品の数がきわめて多い。ここでは紙数もないのでその種類だけをあげておく。

(1) 交換プリズム

KBr ($11\sim 25\mu$) LiF ($1\sim 6\mu$) CaF ($3\sim 9\mu$)

(2) 各種セル

液体セル ($0.025\sim 1\text{mm}$), 固定セル (揮発性液体用)

気体セル ($50, 100\text{mm}$), 1m 気体セル, 可変セル,

マイクロセル, 加熱水平セル, 高圧セル, 反射用セル

(3) KBr 錠剤成型器

(4) 赤外顕微鏡

(5) 赤外偏光装置

(6) 補助記録計

〔VIII〕 性 能

EPI-2型の性能は〔IX〕にかかげる仕様のとおりで、その測定例の一部を第12~15図に示した。次に測定性能として具備すべき条件をあげておく。

(1) 再現性

実用上まず必要なのは再現性で、たとえいかに分解能の良い分光器でも再現性のない場合は測定結果が信頼しがたいものとなる。

再現性が完全であるための条件としては

(a) 増幅器が安定しており、雑音、ハンチングなどがないこと

(b) 記録の追尾おくれがないこと

(c) 駆動機構系にガタがないこと

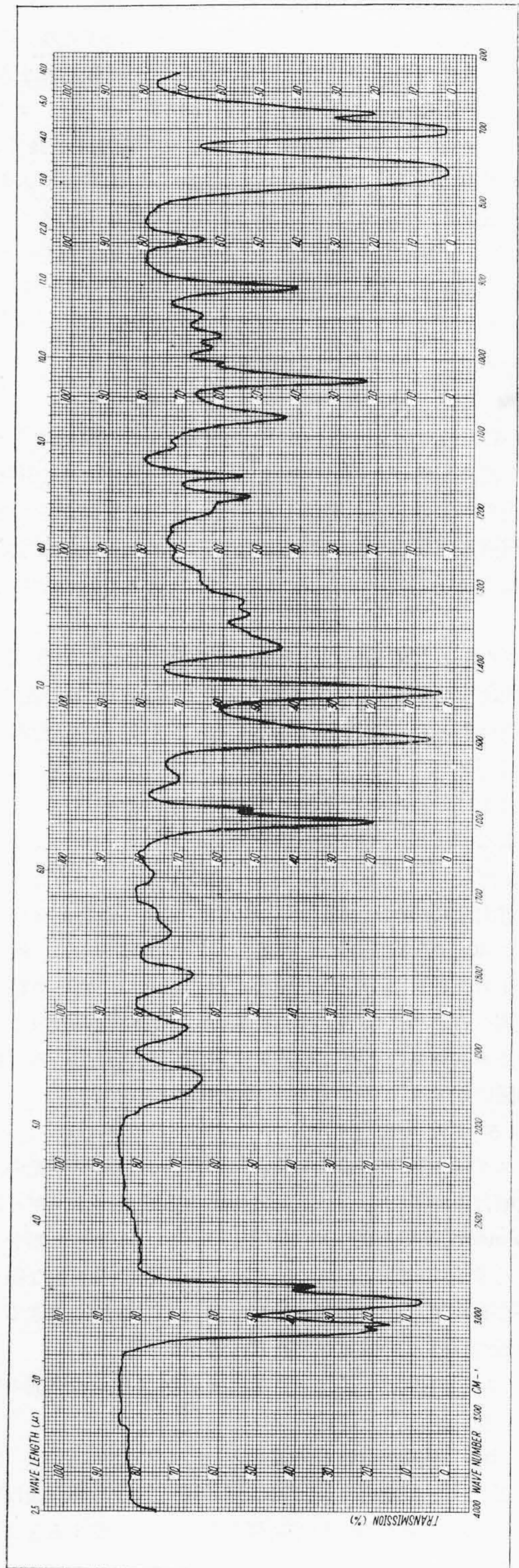
などがあげられる。第12図は再現性を示す測定例で2回記録させた吸収曲線がほとんど完全に一致している。

(2) 100%ライン

複光束分光器では基準側と試料側の両光路の長さおよび光学系効率が同一であるべきで、特にセクター以後においては両者の有効光束が完全に一致するように調整されるべきである。これが完全でないと両光束の不平衡のために波長が変るにつれて100%ラインが蛇行したり、空気中の炭酸ガスや水蒸気の吸収による影響が出たりする。

100%ラインの完全な調整は、定量的に吸光度を測定する場合絶対必要である。第13図は100%ライン測定例として一般測定条件におけるもの(A)と、増幅率を一段上げて感度を高くした状態のもの(B)とを示した。

(3) 散乱光



第14図 ポリスチレンフィルムの吸収
スリット $3\text{cm}^{-1}/10\mu$ 記録時間 10分

赤外光源は第7図に示したように、短波長域のエネルギーが長波長域のエネルギーに比してきわめて大きいので、長波長域の測定の際短波長の散乱光が検知器にまぎれ込み、このために零ラインが上にあがってくる。コリメーティングミラーの精度とプリズムの研磨面が良く、分光器内の散乱光対策が完全であれば、岩塩プリズムの波長域ではかなりのところまで散乱光を少なくすることができる。第13図には水晶による散乱光の測定例をいつしよに記録してある。散乱光をさらに少なくするため、および 15μ 以上の KBr プリズムの波長域においては散乱光防止フィルタを使用できるようになっている。

(4) 波長精度

一般には 0.015μ 程度が要求される。この精度は主として波長変換カムの工作によつて決るので、カムの精度を厳重におさえる必要がある。またカムと記録計をつなぐ機構系の誤差も相当問題になるので、この系統は設計的にも十分精度を出しうるように考慮されねばならない。

さらにまた波長精度に重要な関係があるのは温度制御の問題で、分光器の温度が変わるとプリズムの分散が変わり、その結果として波長が狂ってくる。したがつて分光器の温度制御が必要となり、 0.015μ の波長精度を得るためには $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内に押えなければならない。

本器ではヒータによつて分光器を加熱し、サーミスタを使用してプリズムの温度を一定に調整している。ヒータ電力は150Wで、温度は外部の温度変化が影響しないように $40\pm 0.5^\circ\text{C}$ とした。波長精度を検出するには一般にポリスチレンフィルムが使用されているが、さらに精密に調べるためには空気中の炭酸ガス、水蒸気の吸収やアンモニアガスなど多くの基準試料が発表されている。第14図にポリスチレンフィルムの吸収の測定例を示した。

(5) 分解能

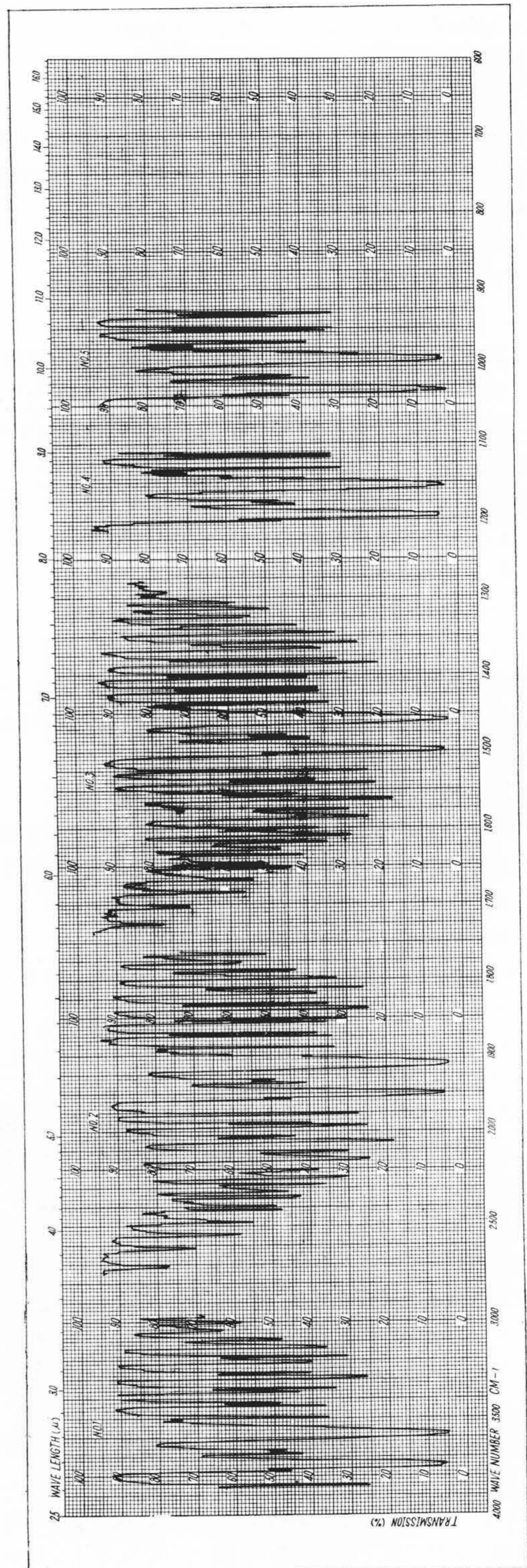
スリット幅を小さくするとこれに比例して単色光の波数幅は小さくなる。しかし検知しうる最低エネルギーは Johnson 雑音によつて決定されるから、スリット幅を小さくするには限度があり、ここに分解能の理論的な限界が存在する。また実際の測定分解能を理論値にできるだけ近づけるために重視すべき技術的な問題は、

(a) コリメーティングミラーとプリズム研磨面の精度

(b) 増幅器の雑音対策

などで、その良否は装置の性能に決定的な影響を及ぼすため、赤外分光器の製作技術上最も苦心を要するところである。

分解能は通常波長 10μ において分解しうる波数幅で表わされ、その値は通常単分光式のものでは $3\sim 1.5\text{cm}^{-1}$ 複分光式のものでは $2\sim 1\text{cm}^{-1}$ である。分解能の比較に



第15図 アンモニアガスによる分解能測定
記録時間 3分 / 100cm^{-1}

第15図中 No.	1	2	3	4	5
スリット巾 (μ)	150	140	130	130	130
利 得*	60	70	70	80	90

* 利得調整のダイヤルオーダー

はアンモニアガスの 10.5μ 前後の吸収, およびポリスチレンフィルムの 3μ 付近の吸収が基準にされている。第15図はアンモニアガスの測定例で, スリット幅を変えることにより分解能が高くなつてゆく状態を示した。

(6) 透過率精度

透過率精度にはまずクームの直線性が直接関係するので, その工作精度を厳重に押えておかねばならない。透過率精度の検定にはフィルムの厚さや溶液の濃度を変えて測定を行うが, 分解能による影響をうけないように適度に幅の広い吸収を使用し, また長波長域においてはフレヤーの影響を考慮に入れる必要がある。本器は定量にも十分使用できるようにその透過率精度を1%以内に押える。

[IX] 標準仕様

型式	EPI-2 型	
構造	測光方式	複光束, 光学的零位法
	分光方式	単分光式
記録計	円筒型記録計, 透過率直読式	
光源	炭化珪素棒	
検知器	熱電対	
プリズム	岩塩, 頂角72度, 対辺 94mm, 高さ 60mm	
性能	波長領域	2.5~15 μ (可動範囲2.5~16 μ)
	波長精度	$\pm 0.015 \mu$
	分解能	1.5cm ⁻¹ /10 μ
記録速度		10分~6時間
	速度制御	移動式自動停止装置付
記録計最高駆動速度	1~2分	
ペン応答速度	3~27秒	
記録スケール	2.5~5 μ 1cm/100cm ⁻¹	

5 μ 以上 4cm/100cm⁻¹

1, 2, 4, 倍 3段切換式

スリット幅 0~2mm波長カム連動倍率可変

透過率精度 $\pm 1\%$

大きさ 幅770mm, 長さ1,260mm, 高さ1,080mm

重量 500kg

所要電力 A.C.100V, 1 ϕ 50 または 60~600W

[X] 結 言

今後赤外分光器が広く普及されるために望まれることは

- (1) 製品としての安定性を良くすること。
- (2) ペンのレスポンスを早くして記録を迅速に行うこと。
- (3) 特殊セル, アタッチメント製作による応用面開拓などであろう。また最近の傾向として在来の標準型のほかに構造を簡易にして価格を下げた実用的なものと, 複分光器や, グレーティングを使用した高性能のものとの二つの方向の発展する傾向を示している。

われわれもかかる趨勢におくれぬように研究を進めているが, 特に今後の方針として斬新な構想と社内の独自の技術をもとにした新しい分野を開拓して行きたいと思つている。

最後に, 本装置の製作に関し有益な御指導をいただいた大阪大学吉永教授, R.A. Oetjen 氏に感謝の意を表す次第である。

参 考 文 献

- (1) International Critical Table V 239, 270
- (2) A. Walsh: Multiple Monochrometers, J. O. S. A., 42, (1952)
- (3) S. Broadersen: Resolving Power and Noise in Infrared Spectroscopes, J. O. S. A., 43, 877 (1952)
- (4) 工藤: 赤外線吸収スペクトル, 増刊南江堂 (昭31-1)
- (5) 尾中: 赤外ラマンスペクトル, 日本分析化学会 (1954)
- (6) 山田: 赤外線研究3 (昭 27-10)
- (7) 阿部, 菅原: 電学誌75 (昭 30)
- (8) 阿部, 菅原: 信学誌34 (昭 26)