

分光光電光度計による発光分析

Emission Spectral Analysis Using Modified Hitachi Photoelectric Spectrophotometer EPU-2A

菅 原 寧* 佐 藤 繁** 栗 原 誠**
Yasushi Sugawara Sigeru Satō Makoto Kurihara

内 容 梗 概

分光光電光度計は当初溶液の吸光分析を行うことを目的に製作されたが、各種付属装置の出現により医学、化学などにおける研究室や分析室には不可欠の分析機器として重用されている。さらに応用分野を拡大するため E-1 形発光付属装置を完成したので、構造、測定操作などについて詳述し、一例として低合金鋼中の Ni, Cr, Mn, Cu の分析結果を紹介する。

1. 緒 言

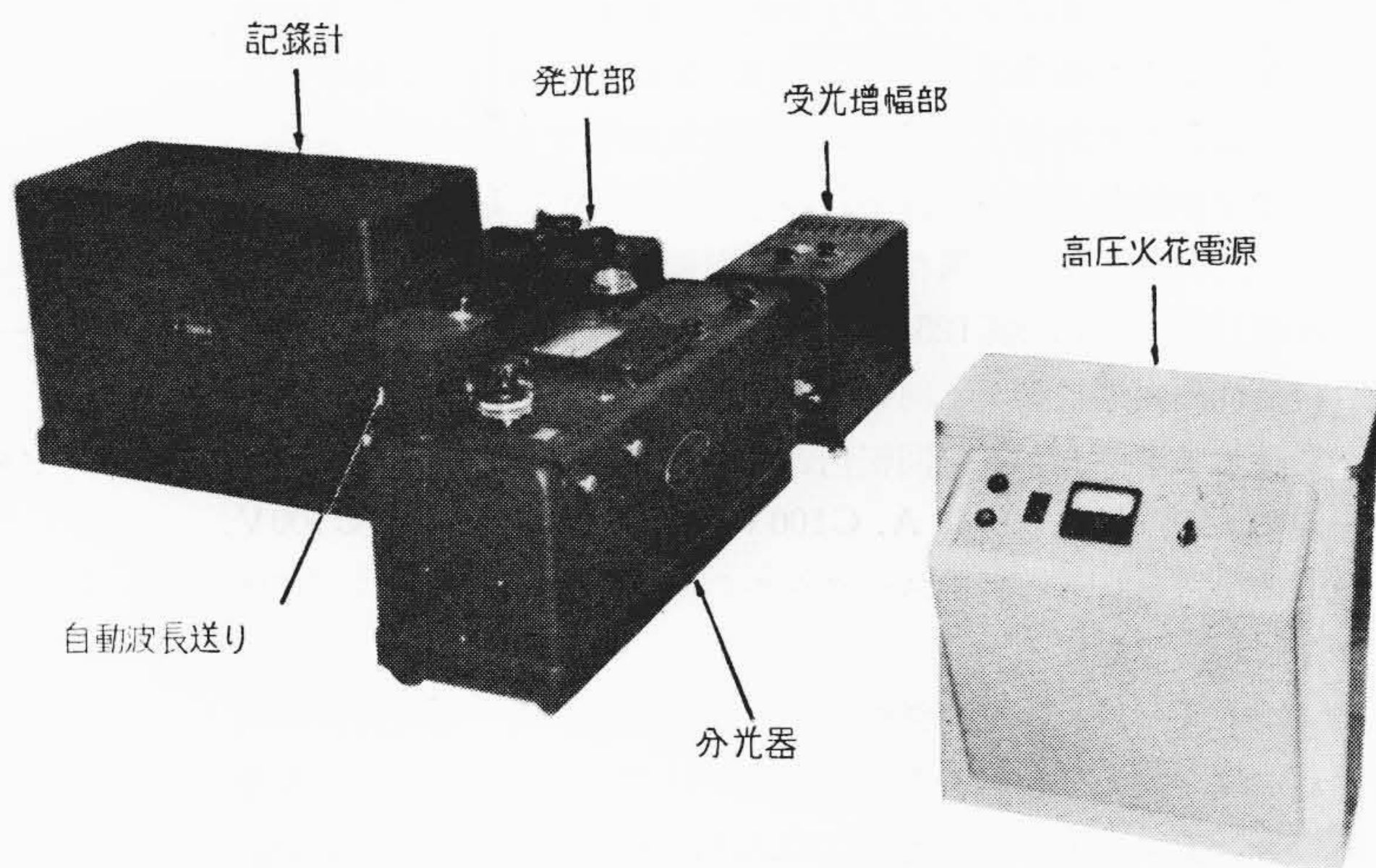
分光光電光度計は溶液の吸光分析を主眼として製作されたものであるが、分光光電光度計の Optical Part を単色光器として使用すれば紙、織物などの分光反射率の測定、光学活性物質の旋光度測定、滴定終点よりの濃度測定などが可能であり、分光器として使用すればアルカリ金属やアルカリ土類金属の炎色反応を利用した炎光分析、ビタミン、ホルモンなどの蛍光物質の濃度測定、懸濁液の濁度測定などが可能なので、各種の付属装置が製作され、あらゆる分析部門に重用されている。

さらに分光器を利用した分析法の一つに発光分光分析があるが、これは試料の励起手段としてアークやスパークを用いるため、光源としては炎光の場合のように安定でないので、一定時間の積分値から測定する分光写真器やカントメータに依存していた。しかし励起手段として高圧濃縮火花を採用した E-1 形発光付属装置と、炎光輻射特性や蛍光スペクトルを自記するために製作された S-2 形記録装置を併用することにより、分光光電光度計で発光分析を可能ならしめることができた。この基礎的検討結果についてはさきに報告したが⁽¹⁾、その続報としてさらに詳述する。

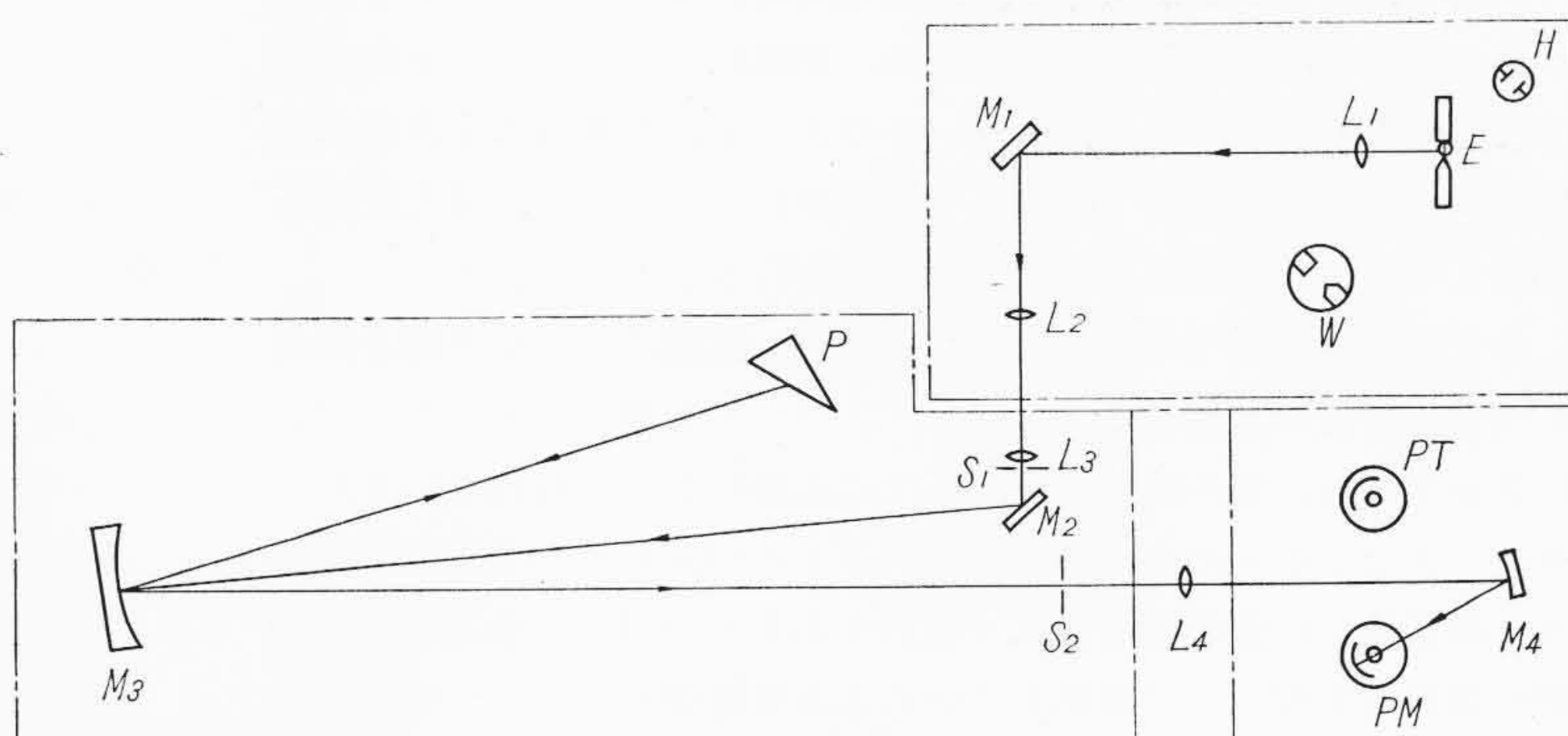
2. 構 造

分光光電光度計の受光器として光電子増倍管 (RCA-1P28) と光電管 (Ag-Cs) を併装した EPU-2A の光源部に E-1 形発光付属装置の発光部を取付け、分光器の波長ダイヤルに S-2 形記録装置の自動波長送り機構部を取付け、波長を自動的に送りながらスペクトル強度を記録して発光分析を行うもので、第1図に外観を、第2図に光学系統図を示す。

発光部の電極から分光器の入射スリットに至る光学系の方式にはスリット結像法と中間結像法とがある。前者は後者に比較して感度が数倍よいけれども、発光源のちらつきがそのままスリット上に現われて不安定なため、E-1 形の光学系には中間結像法を採用した。すなわち発光源の像をレンズ L_1 によりレンズ L_2 上に集光し、 L_1 の像を L_2 により入射スリット S_1 上に結像させている。さらにレンズ L_3 により L_2 の像が主反射鏡 M_3 上に結像され、平行光束となって分散プリズム P に導かれ、分光されたのちふたたび M_3 にも



第1図 発光分析用分光光電光度計



E: 電極, H: 水素放電管, W: のぞき窓,
L₁~L₄: レンズ, M₁~M₄: ミラー,
S₁, S₂: スリット, P: プリズム, PM, PT: 受光器

第2図 発光分析用分光光電光度計光学系統

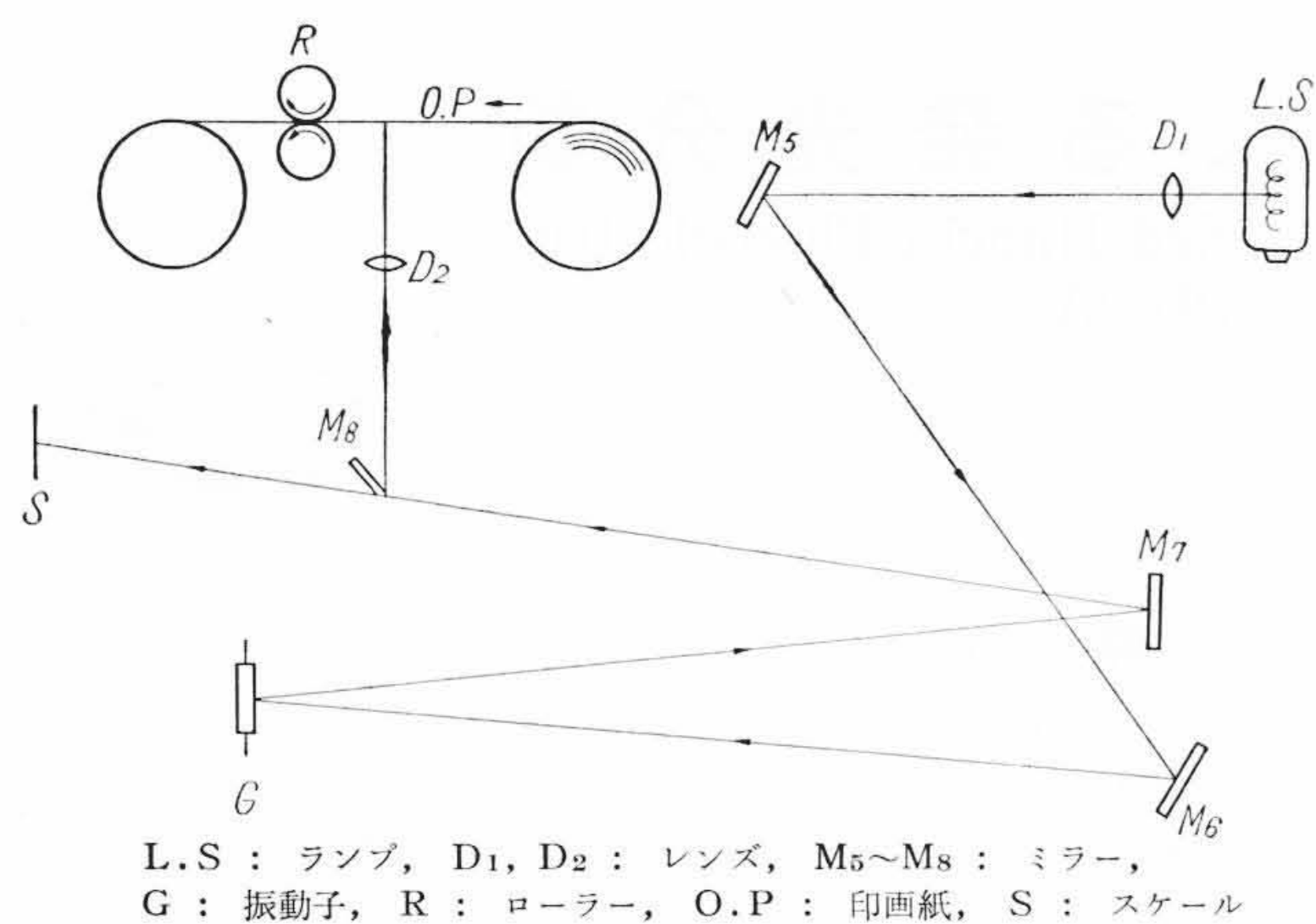
どおり、射出スリット S_2 上にスペクトル像を結ぶ。このスペクトラムは P を回転することにより S_2 上を移動するので、同期電動機を内蔵した自動波長送り機構部によって P を回転させれば、試料固有の輝線スペクトルを S_2 より取り出すことができる。

射出スリットを出た輝線スペクトルは受光器により光電流に変えられ、記録計の振動子に取付けられたミラーを光電流に比例して回転させる。

記録計内の光学系統図を第3図に示す。ランプ L から光はレンズ D_1 およびミラー M_5 , M_6 を経て振動子 G にはいり、さらに

* 日立製作所日立研究所

** 日立製作所多賀工場



第3図 記録計光学系統

M₇, M₈ により一部はレンズ D₂ を経て印画紙に、一部はスケール S に結像するように製作されているので、振動子の振れを記録すると同時に記録計の手前側より像の動きを直接観察することができる。振動子は 2 個装着され、それぞれの感度比が 10 : 1 に調整されているので、同時に感度の異なる 2 線を記録することができる。

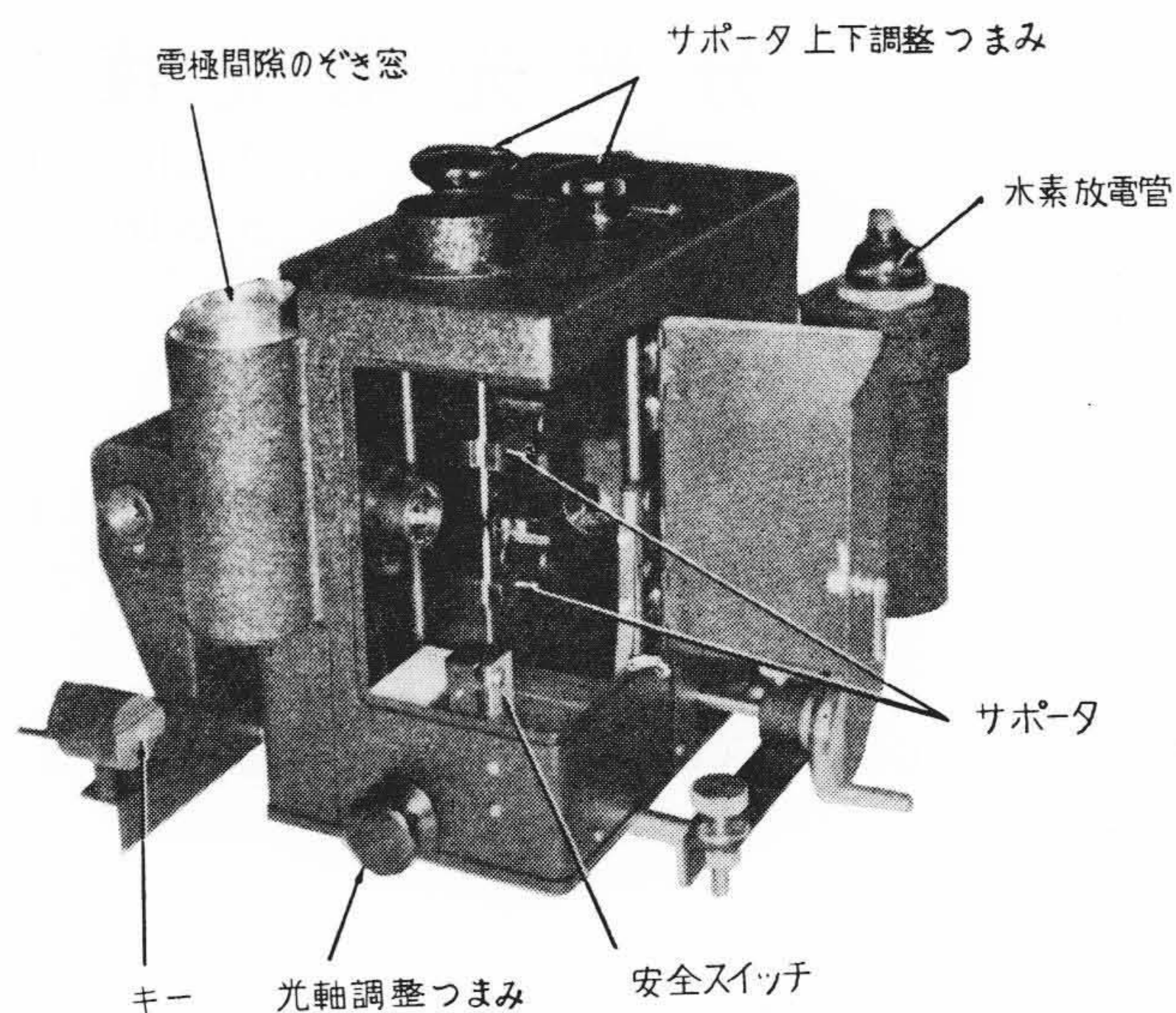
印画紙(長さ 25m, 幅 125mm)送りの動力源としては、自動波長送り機構部の同期電動機と同じものが用いられているので、電源電圧が変動してもプリズムの回転角と印画紙の送られる長さの比は常に一定で、印画紙は 60~, A. C100V で 80mm, 50~, A. C100V で 66.7mm 送られる。輝線スペクトルの記録された印画紙は測定後切断し暗室で現像する。

第4図に E-1 形の発光部を示す。発光部を分光光電光度計に取付けるには、吸光分析用の光源部を取りはずし、発光部のキーを分光器のエンドプレートのみぞにはめ込み、ネジで緊定すればよい。

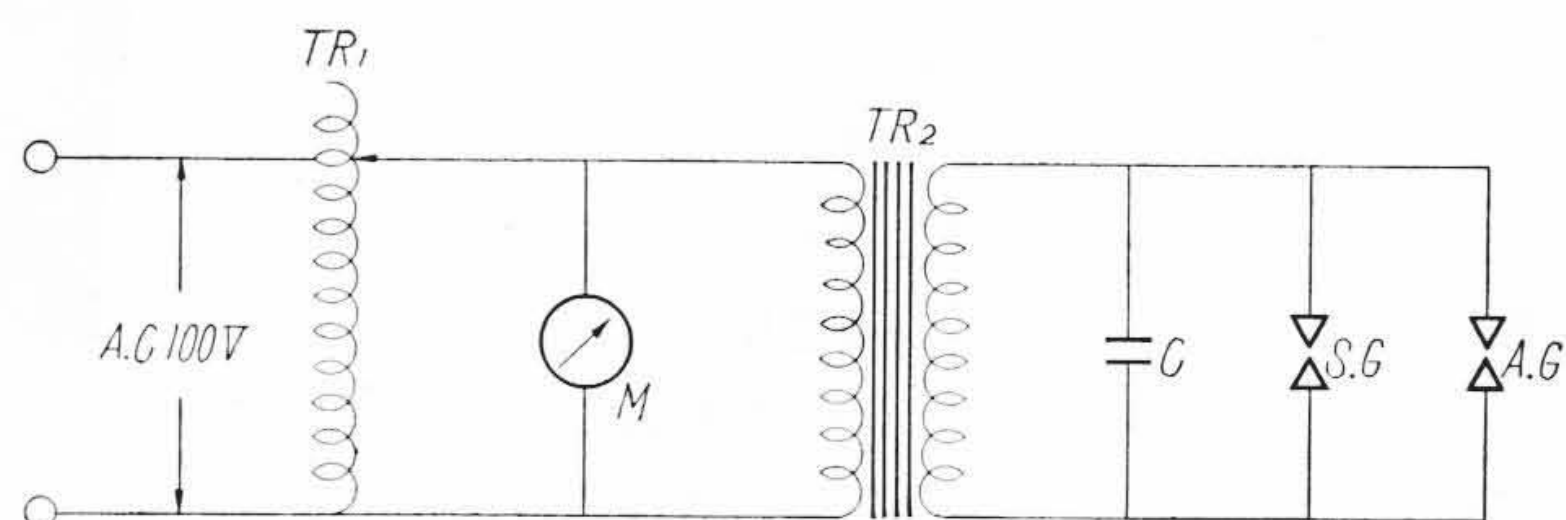
試料サポータはケース上部のレバーを右へ回せば上のサポータが、左へ回せば下のサポータが開き、直径 15mm までの丸棒あるいは板材をはさむことができる。電極の間隙調整はサポータ上下調整つまみによりそれぞれ別個に行われ、光軸に対する調整は光軸調整つまみにより行われるが、スケールのきざまれた電極のぞき窓に電極部が 2 倍に拡大されて映るよう製作されているから、発光状態を観察しながら電極間隙および光軸調整を行うことができる。

分光写真法などでも用いられているが、電極部には紫外線を照射して電極付近の空気をイオン化し、スパークを飛びやすくかつ安定化させている。紫外線の光源としては水銀灯が用いられているが、サポータなどからの水銀の輝線スペクトルの反射光が分光器にはいり、測定結果に悪影響を及ぼす場合もあるので、E-1 形では吸光分析の紫外域光源として使用している水素放電管を取付け、電源は分光光電光度計付属の放電管用電源を共用できるようにした。なお水素放電管は前述の電極間隙のぞき窓の光源としても兼用されている。

発光分析における試料の励起方法には大別してアーク法とスパーク法とがある。さらにこれを細分すればアーク法には直流アーク、交流アークおよび断続アークなどがあり、スパーク法には高压スパークと低压スパークとがある。分光光電光度計で発光分析を行う場合に、一番問題となるのは発光用電源からの高周波が受光増幅器に妨害を与えることである。したがって E-1 形には第5図に示すような安定で再現性のよい高压濃縮火花が採用されている。発光用電源の電圧調整器は被検試料に応じて電極への電圧を最高 12kV まで任意に変えることができる。発光部には安全スイッチが設けられ、発光部のカバーを閉めてからでないと電源のスイッチを入れても電極に電圧がかからないようになっている。また発光用電源には安全



第4図 発 光 部



TR₁ : 電圧調整器, TR₂ : 高压トランス, M : 電圧計,
C : コンデンサー, S.G. : 安全間隙, A.G. : 分析間隙

第5図 発光用電源回路

間隙が設けられ、発光部の試料サポータに試料をはさまないまま発光用電源のスイッチを入れても発光部に支障をきたさないようになっている。

3. 特 長

分光光電光度計による発光分析法を分光写真法と比較した場合の利点としては次のようなことがあげられる。

- (1) 2,300 Å 以下の波長域は分光写真法では乾板に使用している感光乳剤の吸収によって感度が悪くなり、撮影が困難であるが、分光光電光度計を使用した場合には 2,000~2,300 Å 間のスペクトル線を利用して分析することができる。
- (2) 分光写真法では露出時間の差異が直接分析精度に影響するが、分光光電光度計を使用した場合はスペクトル線の瞬間強度を記録するだけであるから、分析精度を左右する要素が減る。
- (3) 定量の場合はスペクトル線の強度すなわち基線からの山の高さをスケールで測定するだけで、分光写真法のようにマイクロフォトメータによる黒化度測定などの操作を必要としないから、個人誤差ははらわずに分析できる。
- (4) 分析条件や分析線対の性格を検討することが容易である。
- (5) 分析所要時間が分光写真法に比して短く、迅速分析に適する。
- (6) 分光写真器に比して価格が低廉で、発光分析以外の分析に活用できる。

4. 測 定 法

分光光電光度計により発光分析を行う場合には、分光写真法の場合と同様、事前に分析条件を検討せねばならない。分析条件には被

検試料の組成により左右される発光条件と、被検試料の濃度に左右される測光条件とがあるが、さらにこれらを細分すれば次のようになる。

- 発光条件 (1) 電極の形状
(2) 対電極
(3) 電極の間隙
(4) 発光用電源の電氣的条件
(5) 予備放電時間
(6) 分析線対
- 測光条件 (1) 分光器のスリット幅
(2) 受光器の感度
(3) 記録計の感度

未知濃度の被検試料について発光条件を求めるには次のような順序で行う。

(1) 分光光電光度計を作動状態として試料を発光させ、適当な測光条件に器械を整定した後受光増幅部のシャッタを開き、波長ダイヤルを回して任意の輝線スペクトルを見出し、そのスペクトル位置に波長ダイヤルを固定したまま指示計器（または振動子）の振れを観察（または記録）してふらつきの最小となるような電極の形状、対電極、電極間隙、発光用電源の電氣的条件を求める。

(2) 試料を発光させ、波長ダイヤルを固定したまま任意の輝線スペクトル強度を連続的に記録する。放電開始当初は放電が不安定のためにふらつきが大きい、ある時間経過すると安定する。したがって安定するまでの時間すなわち予備放電時間を印画紙の送られた量から求める。

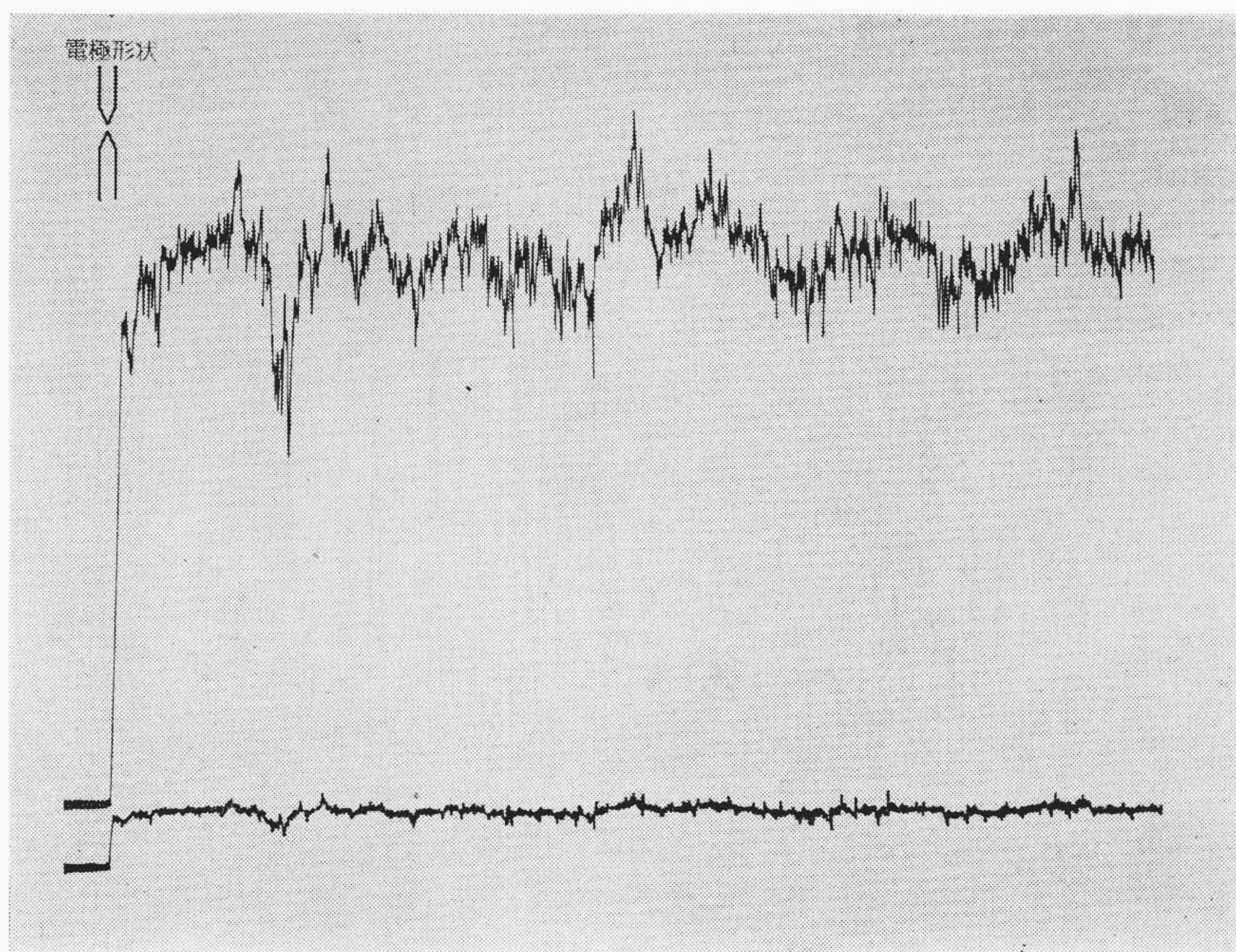
(3) 適当な測光条件で波長を自動的に送り、波長をマークしながらスペクトル強度を記録して分析線対を求める。ただし分析線対の選定にあたっては次のような考慮を払わねばならない。

- (i) 線対の各線はほかのスペクトル線と重ならないこと。
- (ii) 線対の波長差が少ないこと。
- (iii) 線対相互の発生の基礎が同一なこと。
- (iv) 線対相互の強度差が少ないこと。

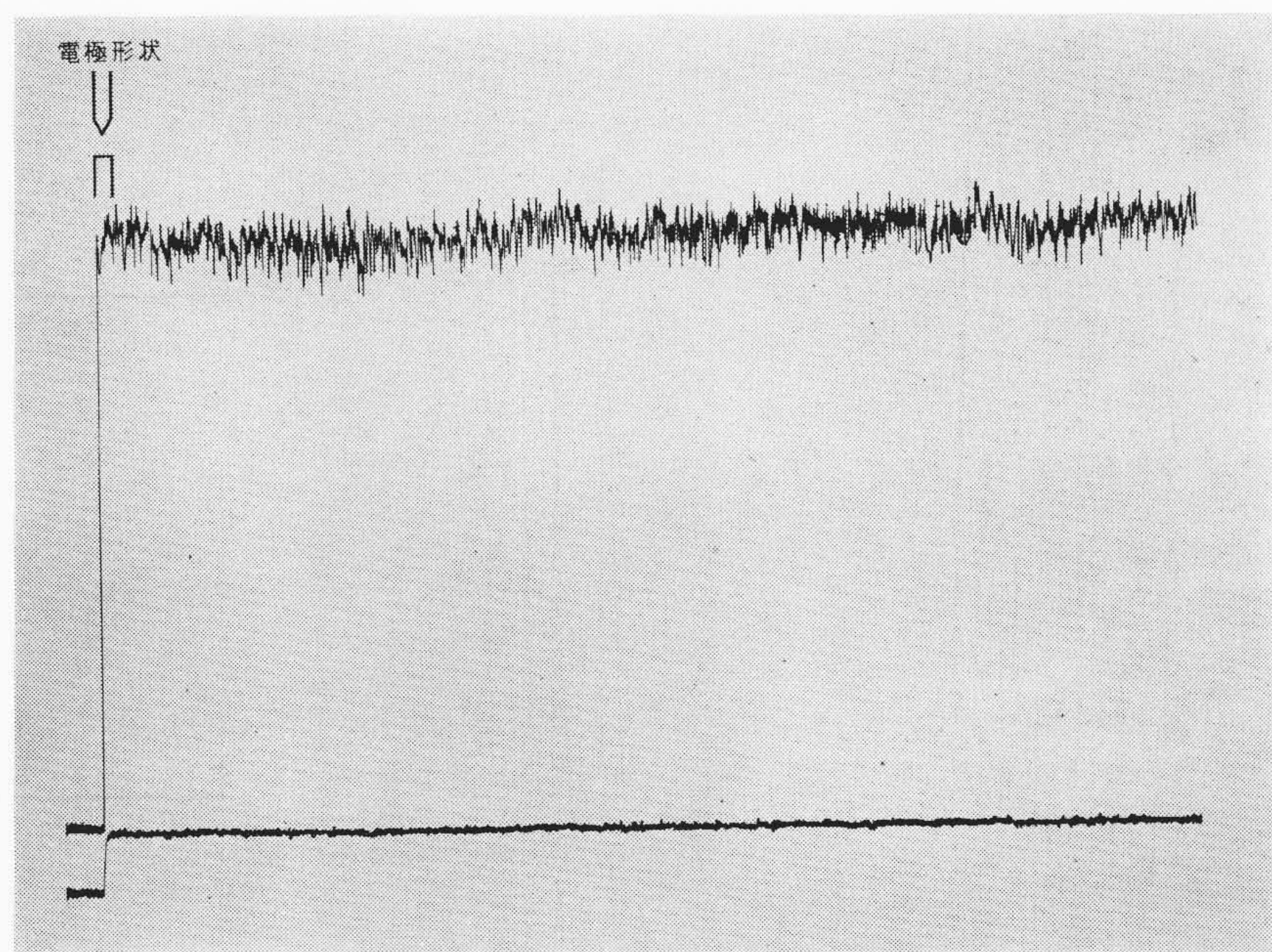
被検試料について発光条件を求めたならば標準試料を発光させ、記録計の振れを観察して測光条件を決定し、標準試料および被検試料に対して同一の分析条件で次の操作を行う。

- (1) 標準試料を発光させ、同一試料について分析線対付近を数回繰返し記録し、基元素と被検元素のスペクトル強度すなわち基線から山の高さをスケールで測定して線対の強度比の平均値を求める。
- (2) 方眼紙の縦軸に強度比を、横軸に濃度をとって検量線を作成する。
- (3) 被検試料に対し(1)と同様の測定を行って強度比を求め、検量線に内挿して濃度を求める。

以上が分光光電光度計で発光分析を行う場合の測定順序であるが、分析条件さえ決定すれば、ある波長域を記録して基元素と被検元素のスペクトルの強度比を求めるだけで、簡単に定量分析を行うことができる。



第6図 Fe 2664.66 の強度曲線



第7図 Fe 2664.66 の強度曲線

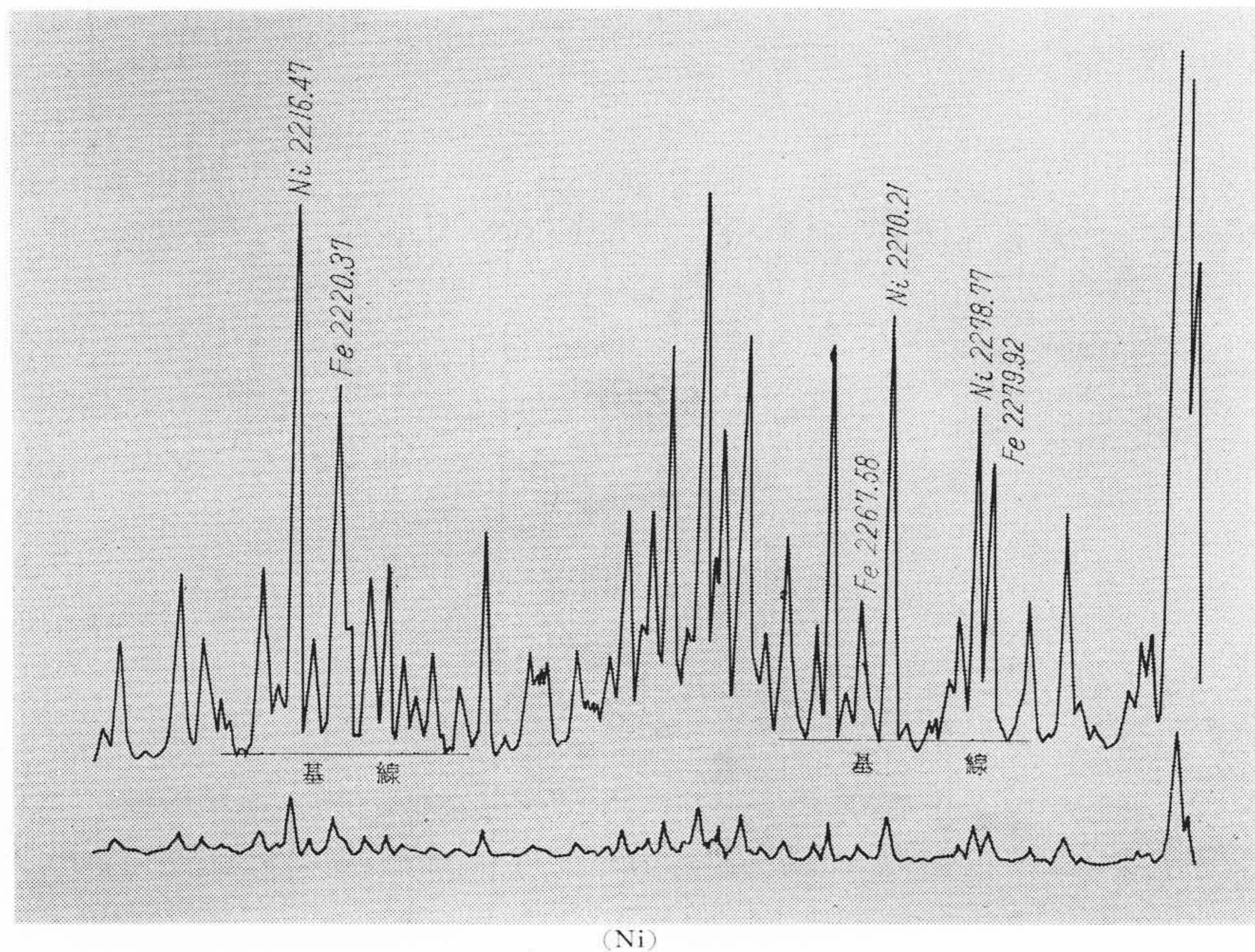
5. 測 定 例

低合金鋼中の Ni, Cr, Mn, Cu を分光光電光度計で発光分析した結果について記す。

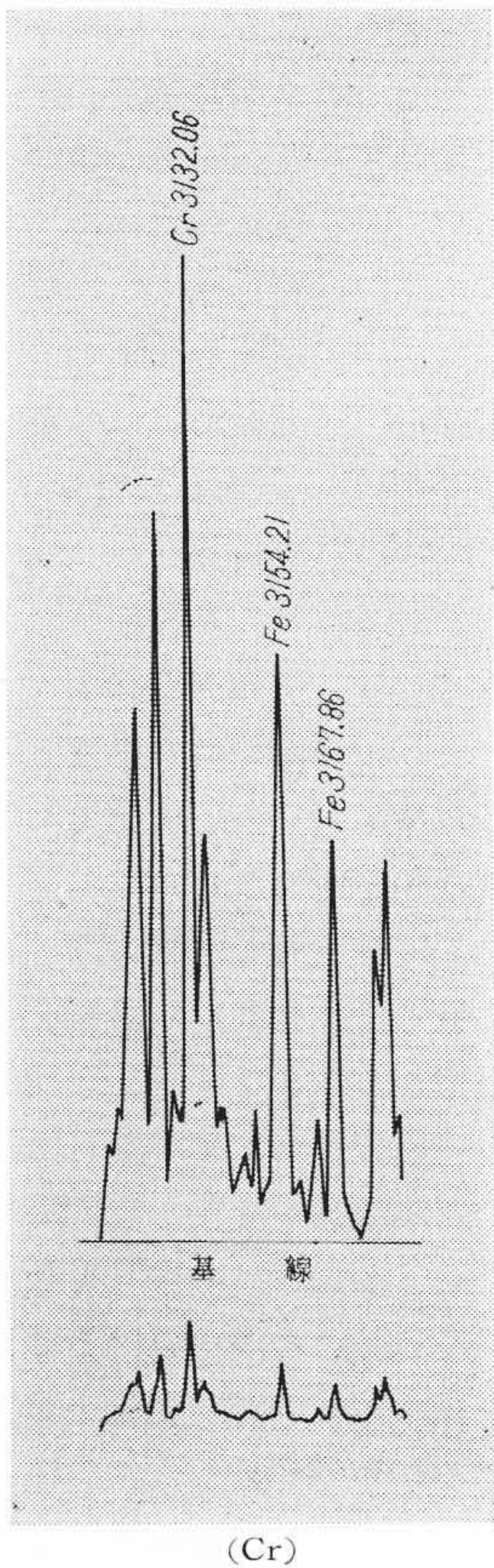
5.1 発 光 条 件

5.1.1 電 極 の 形 状

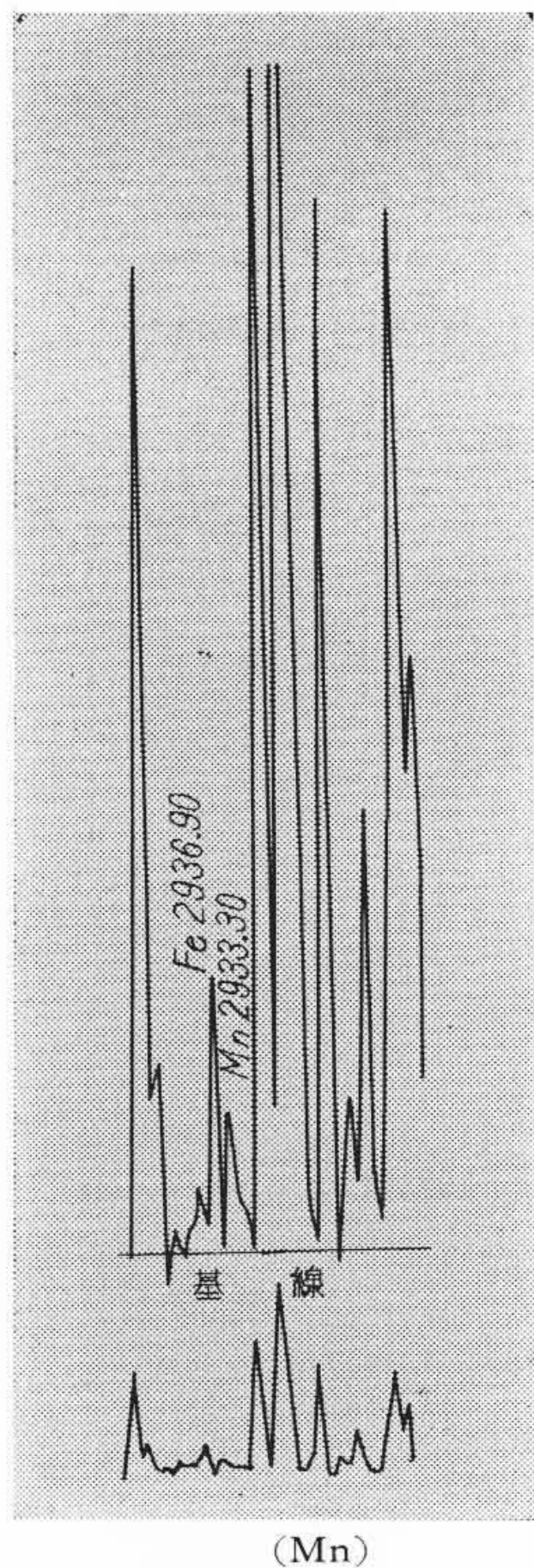
電極の形状を銅合金中の亜鉛の分析⁽¹⁾で好結果の得られた針状にし、波長ダイヤルを固定したままあるスペクトル強度を記録したところ、第6図に示すようにきわめて不安定な結果が得られた。これはスパークにより鉄鋼の表面が酸化されて絶縁被膜が生じたり、電極形状の変化によって放電電圧が変化するためと考えられる。したがって電極形状を変化しにくい平面とし、対電極として先端を円錐状に加工した黒鉛電極を使用してスペクトル強度を記録したところ、第7図に示すような安定な結果が得られた。



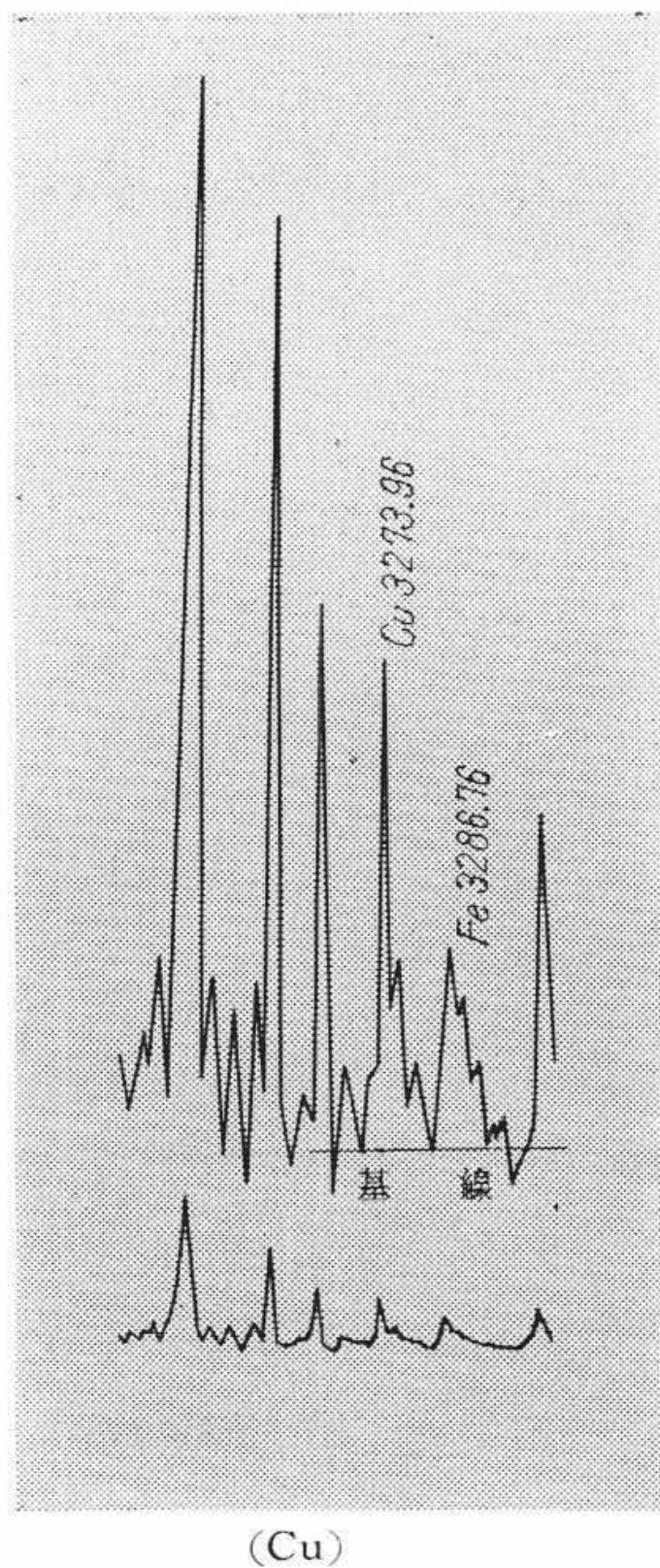
第 8 図 220~230 mμ のスペクトル



第 9 図 311~318 mμ のスペクトル



第 10 図 291~296 mμ の
スペクトル



第 11 図 324~330 mμ の
スペクトル

5.1.2 分析線対

通常分光写真法により鉄鋼中の Ni または Cu を定量する場合
には 330 mμ 付近, Cr または Mn を定量する場合には 290 mμ 付
近のスペクトル線が利用される。しかし分光光電光度計で発光分
析を行う場合は, 分光器の分解能や測光方式の相違などから, 分
光写真法で利用されている分析線対をそのまま利用することがで
きない場合がある。したがって最も適切なスペクトル線を見出し
て分析線対を決定せねばならない。

波長ダイヤルを自動的に回しながら試料をある測光条件にて記
録した結果, Ni は 220 mμ, Cr は 310 mμ 付近に Fe と重複しな
い高感度のスペクトル線が現われ, Mn と Cu については分光写
真法で利用されているスペクトル線を利用しうることがわかっ

第 1 表 分 析 線 対

定 量 元 素	定 量 線	基元素 Fe 線	妨 害 線
Ni	2215.47	2220.37	Ni 2220.40
	2270.21	2267.58	
	2278.77	2279.92	
Cr	3132.06	3154.21 3167.86	Mo 3132.59
Mn	2939.30	2936.90	
Cu	3273.96	3286.76	V 3276.12 Ti 3287.66

第 2 表 標準試料の化学分析値 (%)

試 料 番 号	Si	Mn	Cu	Ni	Cr
1	0.02	0.02	0.09	3.01	0.12
2	0.05	0.05	0.04	0.14	3.01
3	0.12	0.12	0.38	0.97	1.02
4	1.52	0.43	0.18	0.38	0.45
5	0.48	1.09	1.02	0.02	0.12

第 3 表 分 析 条 件

電 極 の 形 状	円 壺 形
対 電 極	黒鉛 (円錐形, 尖端角60°)
電 極 間 隙	2 mm
発光用電源の一次電圧	60 V
予 備 放 電 時 間	30 秒
分 光 器 スリット 幅	0.04 mm
光電子増倍管の印加電圧	Ni: 858 V, Cr, Mn, Cu: 736 V

た。第 1 表に分析線対を, 第 8 ~ 11 図に分析線対付近のスペク
トルの記録結果を示す。

5.2 標 準 試 料
第 2 表に標準試料の化学分析値を示す。

5.3 測 光 条 件
第 3 表に測光条件を示す。

5.4 検 量 線
第 3 表に示す分析条件で, それぞれの標準試料について第 1 表に

第4表 Ni 2216.47/Fe 2220.37 の測定結果

試料番号	Ni 2216.47	Fe 2220.37	Ni/Fe	平均値	Ni %
1	66	41	1.61	1.56	3.01
	62	41	1.52		
	60	39	1.54		
2	4	32	0.13	0.13	0.14
	4	33	0.12		
	4	30	0.13		
3	20	31.5	0.64	0.65	0.97
	23	35.5	0.65		
	26	39.5	0.66		
4	9	31	0.29	0.30	0.38
	10.5	37	0.28		
	13	41	0.32		

第5表 Ni 2270.21/Fe 2267.58 の測定結果

試料番号	Ni 2270.21	Fe 2267.58	Ni/Fe	平均値	Ni %
1	51	18.5	2.76	2.97	3.01
	50	16.5	3.01		
	50	16	3.12		
2	5	18	0.28	0.28	0.14
	5	18	0.28		
	5	18	0.28		
3	11	11	1.0	0.97	0.97
	12	12	1.0		
	18	20	0.9		
4	9	18.5	0.49	0.43	0.38
	9.5	19	0.50		
	10.5	23	0.46		

第6表 Ni 2278.77/Fe 2279.92 の測定結果

試料番号	Ni 2278.77	Fe 2279.92	Ni/Fe	平均値	Ni %
1	39.5	32	1.23	1.23	3.01
	40	33	1.21		
	41	33	1.24		
2	2	31	0.07	0.07	0.14
	2.2	30	0.07		
	2	31	0.07		
3	11	26	0.42	0.41	0.97
	13	31	0.42		
	13	32	0.41		
4	7	36	0.20	0.20	0.38
	7	34	0.21		
	7.5	38	0.20		

第7表 Cr 3132.06/Fe 3154.21 の測定結果

試料番号	Cr 3132.06	Fe 3154.21	Cr/Fe	平均値	Cr %
2	95	57	1.67	1.66	3.01
	91	53.5	1.70		
	91	56.5	1.61		
3	35.5	53	0.67	0.65	1.02
	34	54	0.63		
	35	54	0.65		
4	16	50	0.32	0.33	0.39
	17	50	0.34		
	16.5	52	0.32		
5	8.5	41	0.21	0.20	0.12
	8	40	0.20		
	8.5	43	0.20		

第8表 Cr 3132.06/Fe 3167.86 の測定結果

試料番号	Cr 3132.06	Fe 3167.86	Cr/Fe	平均値	Cr %
2	95	37	2.57	2.50	3.01
	91	37	2.46		
	91	37	2.46		
3	35.5	36	0.98	0.96	1.02
	34	37	0.92		
	34	36	0.97		
4	16	33	0.49	0.47	0.39
	17	36	0.47		
	16.5	36	0.46		
5	8.5	28	0.30	0.29	0.12
	8	28	0.29		
	8.5	29	0.29		

第9表 Mn 2939.30/Fe 2936.90 の測定結果

試料番号	Mn 2939.30	Fe 2936.90	Mn/Fe	平均値	Mn %
2	5	17	0.29	0.30	0.05
	6	17.5	0.34		
	5	18	0.28		
3	9.5	18	0.53	0.52	0.12
	9.5	19	0.50		
	9.5	18	0.53		
4	24	19.5	1.23	1.37	0.43
	27	18.5	1.46		
	25.5	18	1.42		
5	56	17.5	3.20	3.22	1.09
	60.5	18	3.36		
	56	18	3.11		

第10表 Cu 3273.96/Fe 3286.76 の測定結果

試料番号	Cu 3273.96	Fe 3286.76	Cu/Fe	平均値	Cu %
2	6	11.5	0.52	0.56	0.04
	7	11.5	0.61		
	7	13	0.52		
3	17	14	1.21	1.27	0.38
	18.5	14	1.32		
	18	14	1.28		
4	14	15	0.93	0.86	0.18
	13	16	0.81		
	13.5	16	0.84		
5	36	13.5	2.67	2.59	1.02
	35.5	14	2.54		
	36	14	2.57		

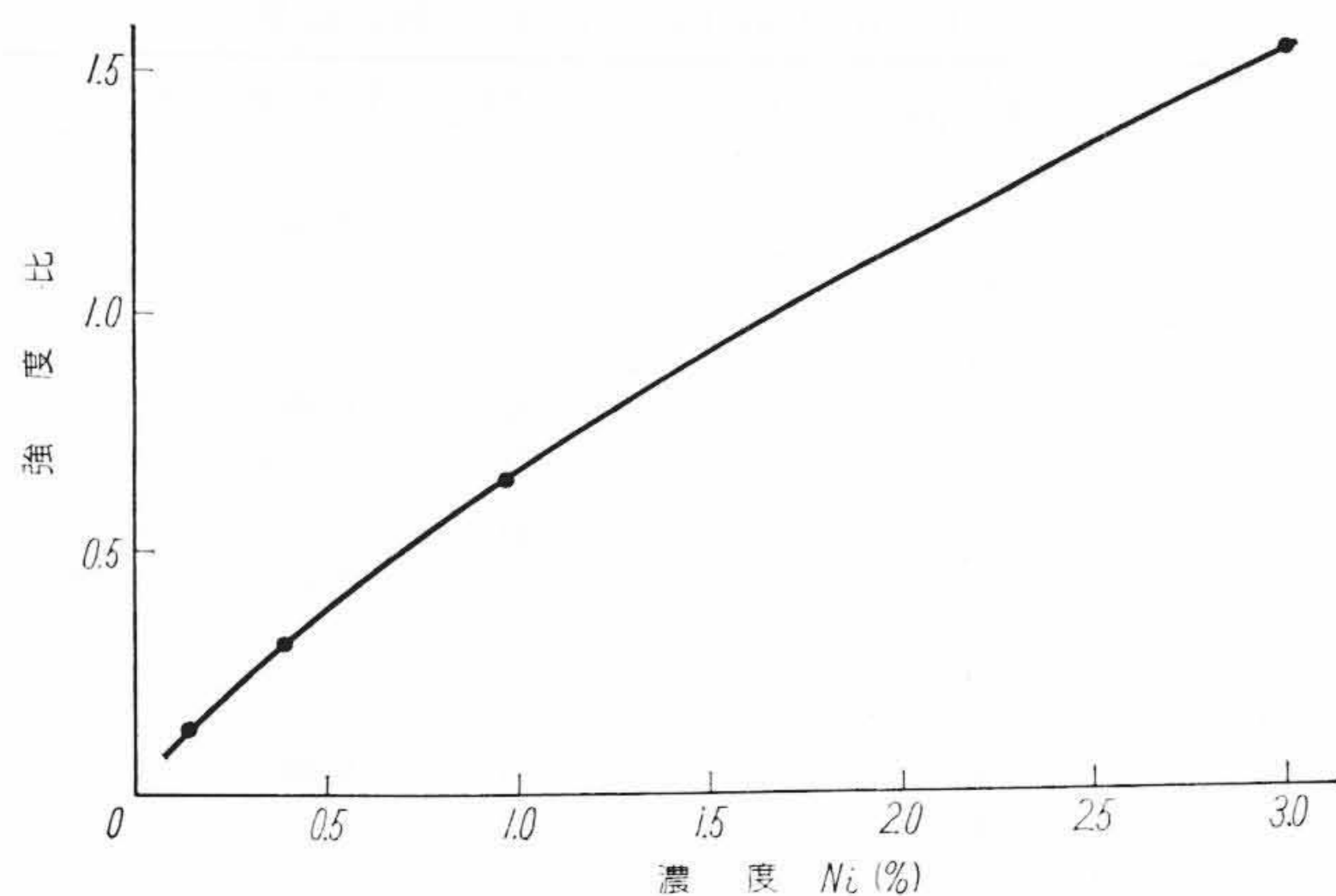
5.4.1 Ni

Ni 2216.47/Fe 2220.37 の検量線が弯曲するのは Fe 2220.37 のスペクトル線に Ni 2220.40 が重複し、Ni の量が少ないときはその影響を無視しうるが、多くなると強度比 Ni/Fe の値が小さくなるためと考えられる。Ni 2270.21/Fe 2267.58 および Ni 2278.77/Fe 2279.92 の検量線は直線となるが、分析線対としては波長差の少ないという点で Ni 2278.72/Fe 2279.92 のほうが望ましいのでこの分析線対を利用した。

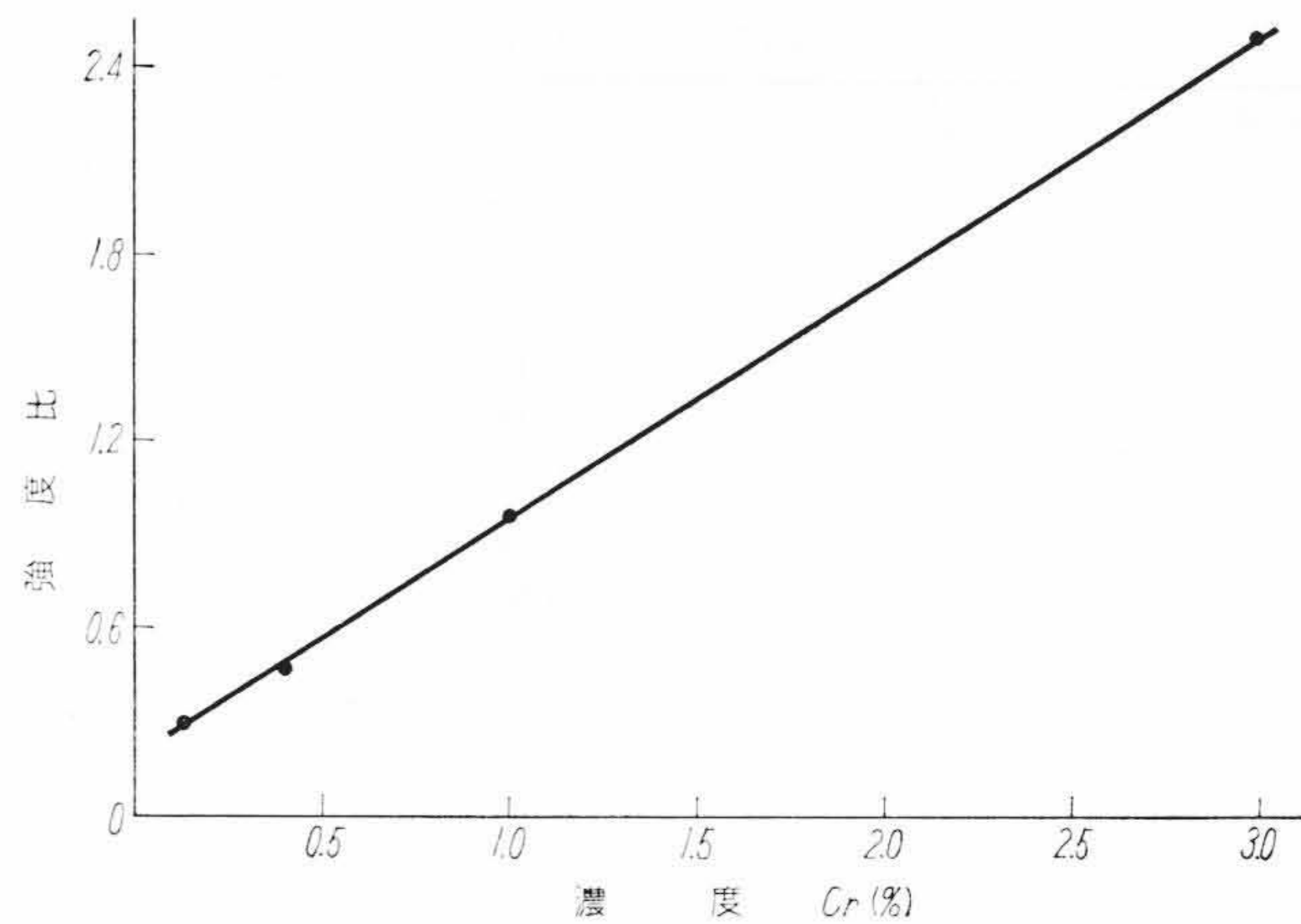
5.4.2 Cr

Cr 3132.06/Fe 3154.21 および Cr 3132.06/Fe 3167.86 の検量線はいずれも直線となるが、波長差が少ないという点で Cr 3132.06/Fe 3154.21 の分析線対を利用した。試料に Mo を含む場合には Cr 3132.06 のスペクトル線に Mo 3132.59 のスペクトル線が重複する。しかし高圧濃縮火花で発光させた場合には Mo 3132.59 のスペクトル強度が弱いので、Mo 含有量が 0.2 % 程度までは妨害されない。

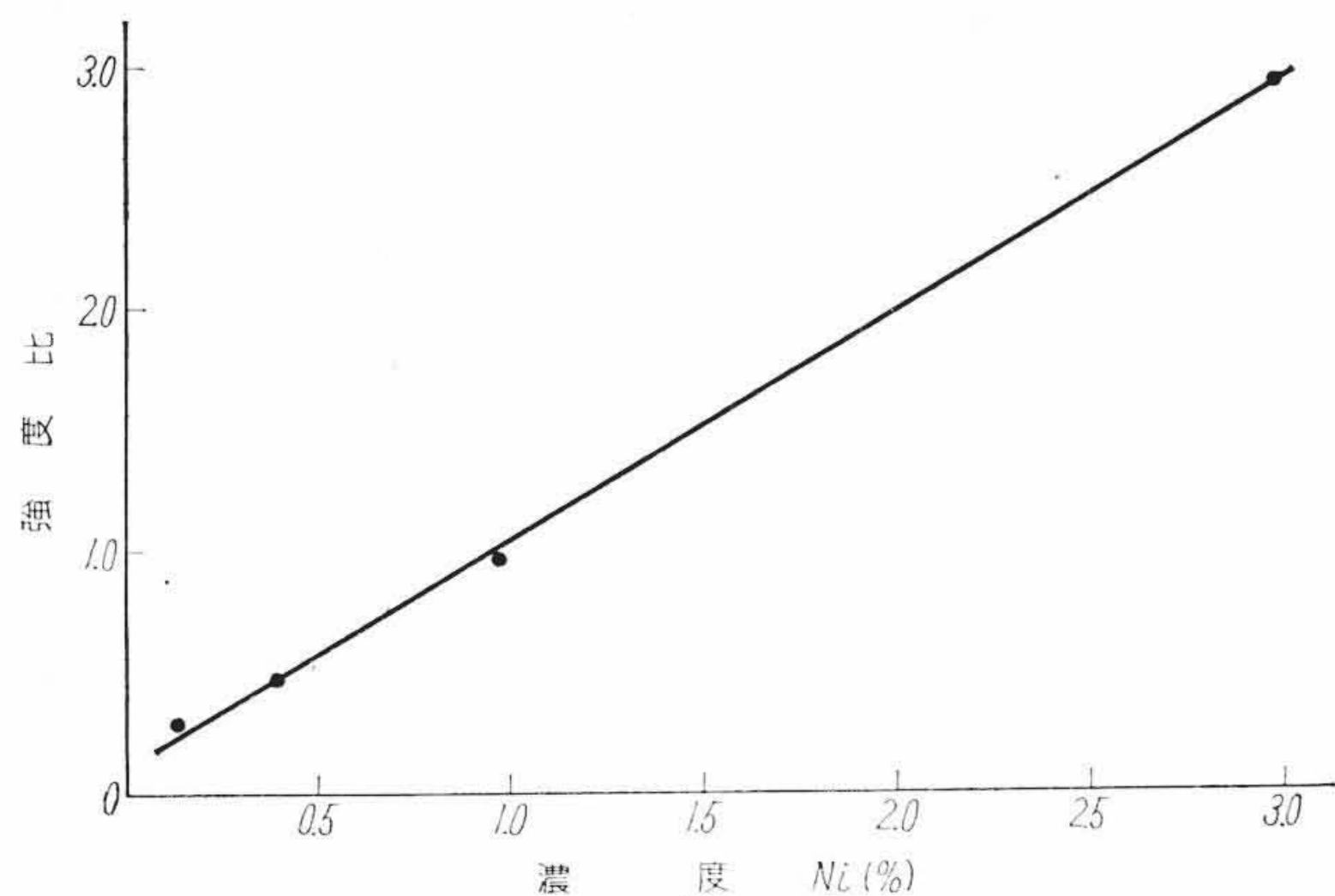
示す分析線対付近の波長域のスペクトル強度を3回繰返し記録し、基線からの山の高さをスケールで測り、線対の強度比の平均値を求めた結果を第4～10表に、縦軸に線対の強度比を、横軸に濃度をとってかいた検量線を第12～18図に示す。



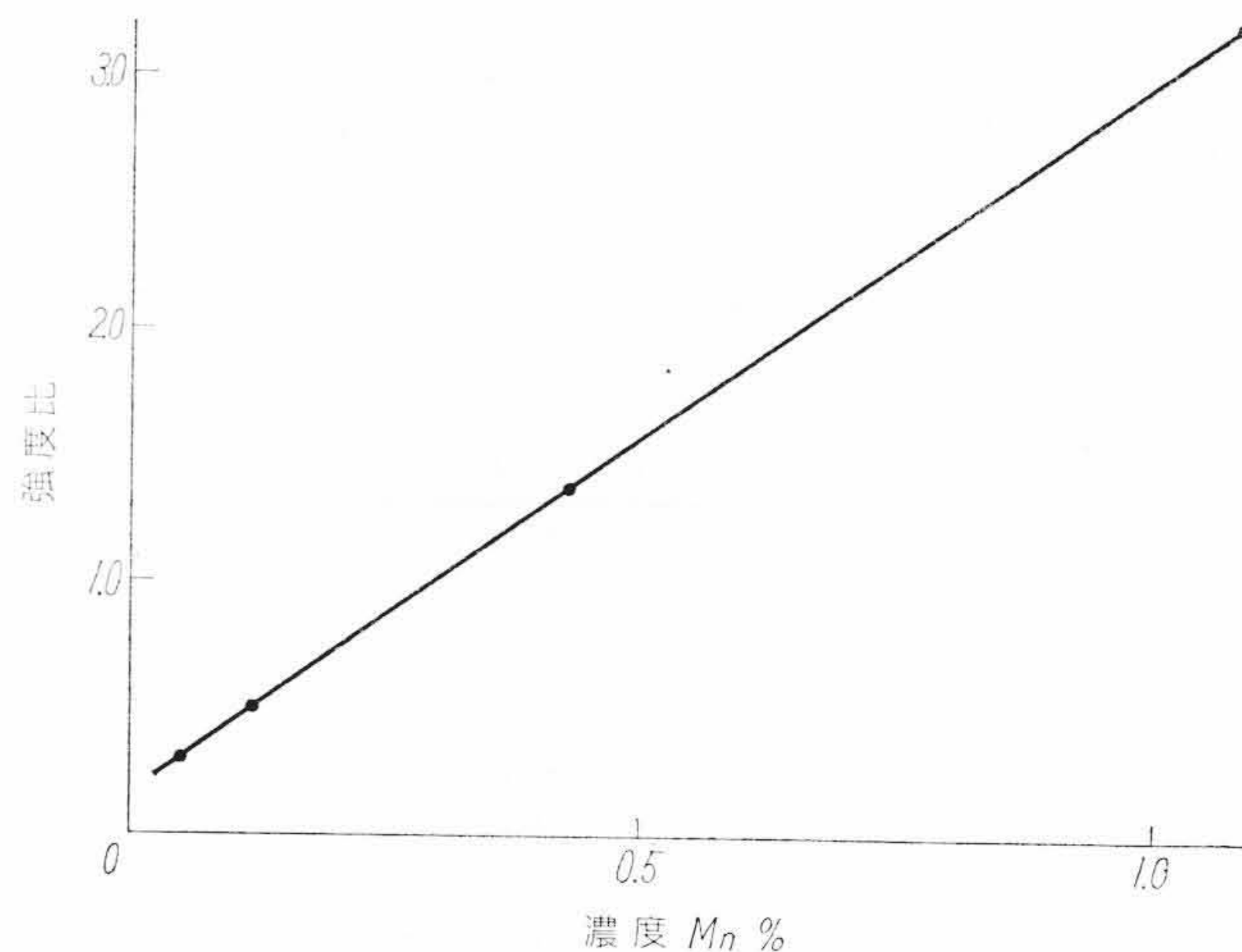
第 12 図 Ni 2216.47/Fe 2220.37 の検量線



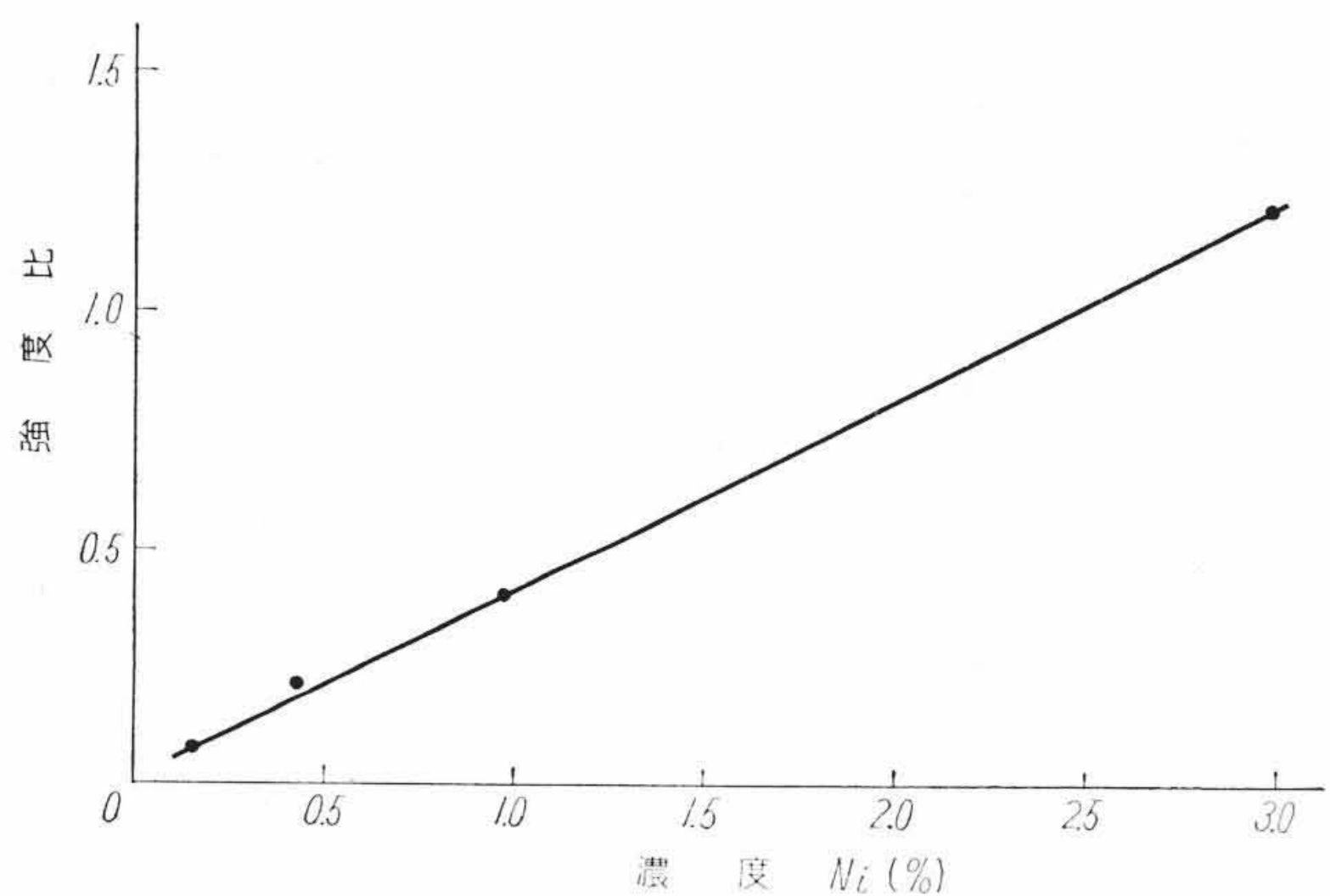
第 16 図 Cr 3132.06/Fe 3167.86 の検量線



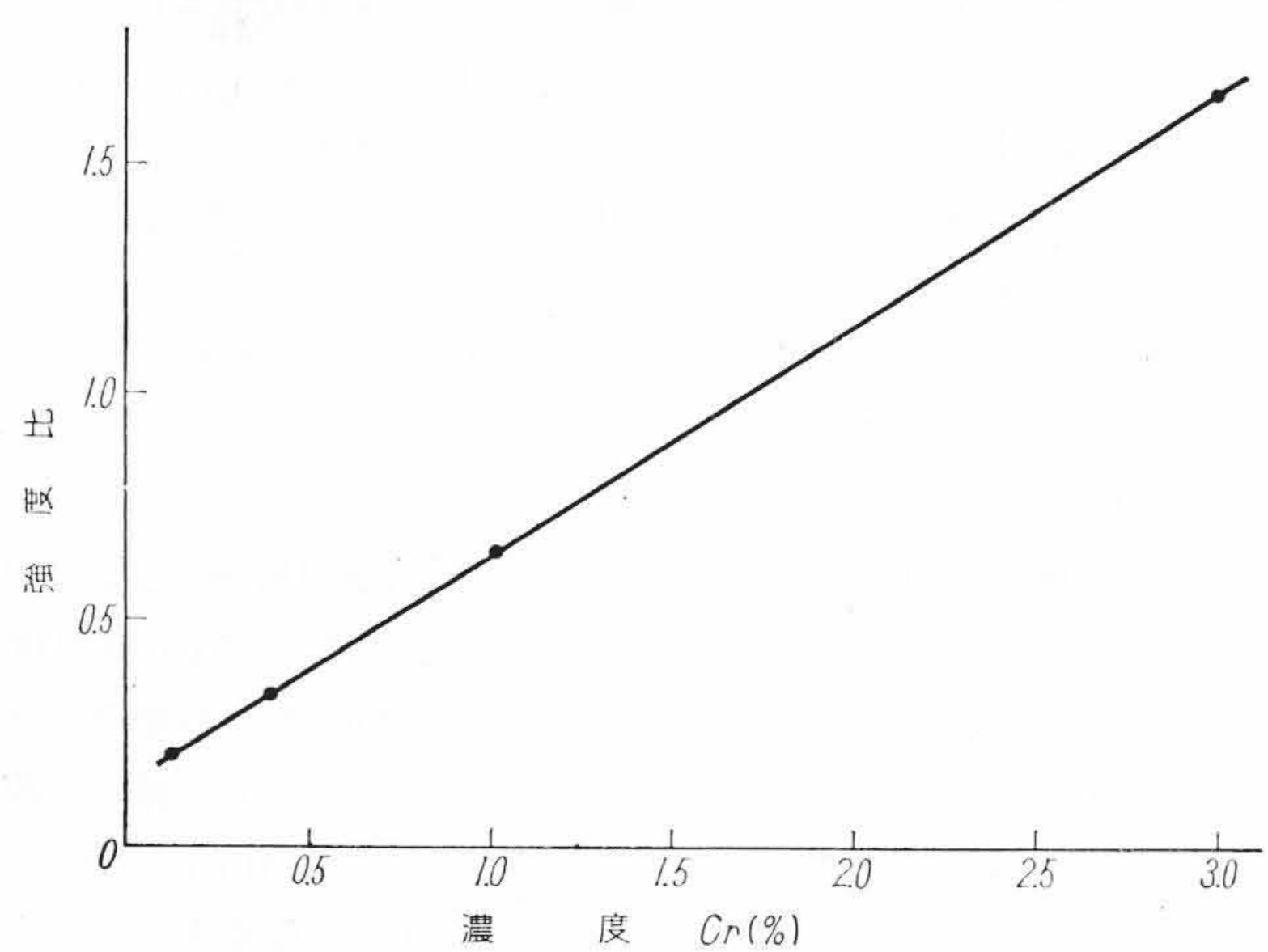
第 13 図 Ni 2270.21/Fe 2267.58 の検量線



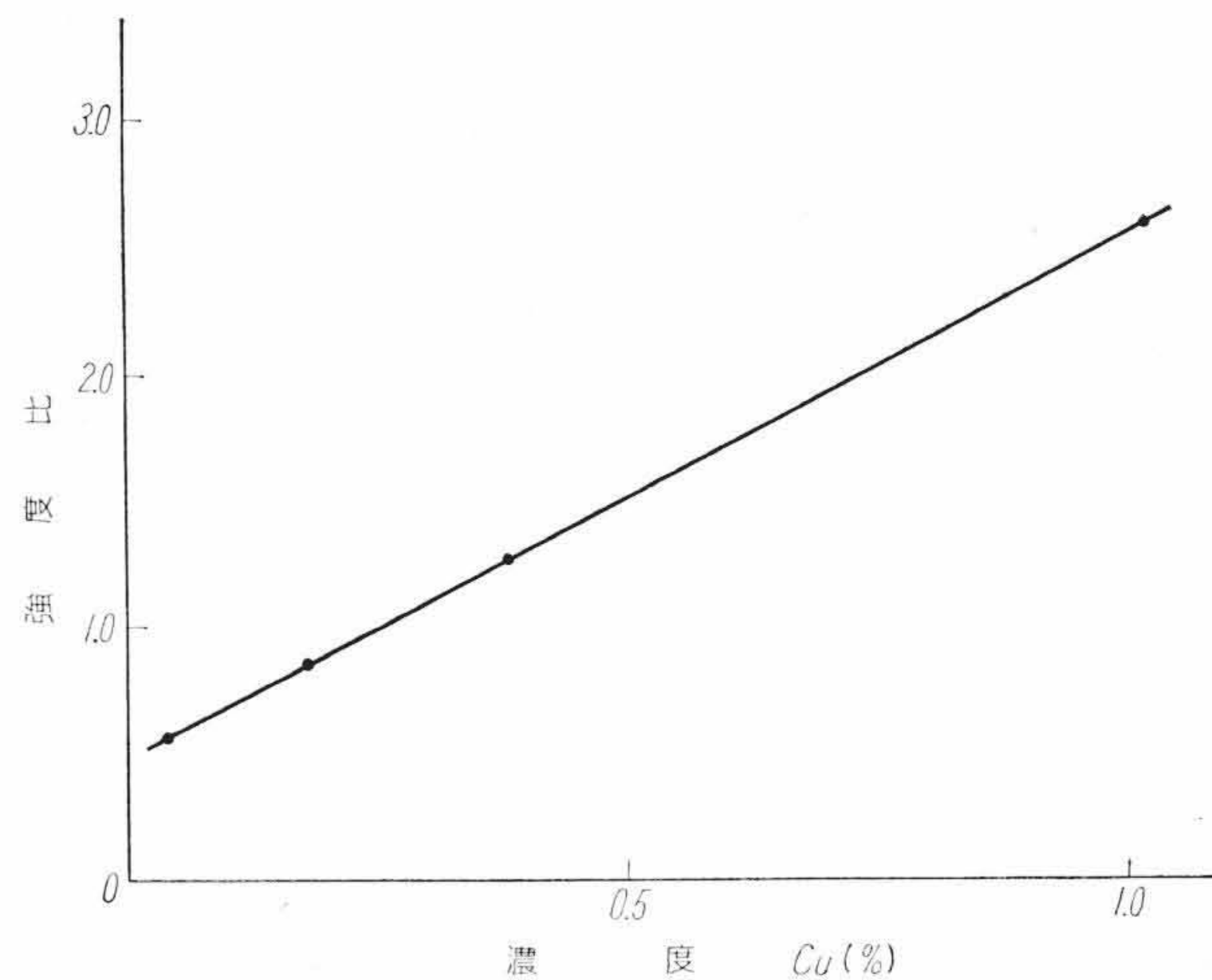
第 17 図 Mn 2939.30/Fe 2936.90 の検量線



第 14 図 Ni 2278.77/Fe 2279.92 の検量線



第 15 図 Cr 3132.06/Fe 3154.21 の検量線



第 18 図 Cr 3273.96/Fe 3286.76 の検量線

第 11 表 被検試料の化学分析値 (%)

試料番号	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	V	Mo	Al	Sn
1	0.29	0.76	0.132	0.169	0.92	0.146	—	—	—
2	0.28	0.76	0.10	1.20	0.655	0.002	0.065	—	—
3	0.27	0.46	0.104	3.29	0.072	0.002	0.009	—	0.012
4	0.30	0.87	0.090	0.56	0.55	—	0.18	—	—
5	0.22	0.67	0.25	0.18	0.055	0.007	0.006	—	—
6	0.25	0.54	0.15	0.28	1.14	—	0.20	1.08	0.011
7	—	1.24	0.080	0.10	0.49	0.012	0.040	—	—
8	0.13	0.22	0.34	—	—	—	—	—	—
9	—	0.98	0.40	—	—	—	—	—	—

注： 試料番号 1～7 低合金鋼 試料番号 8～9 炭素鋼

第 12 表 Ni の 分 析 結 果

試料番号	Ni 2278.72	Fe 2279.92	Ni/Fe	平 均 値	発光分析値	化学分析値	差
1	4	43	0.10	0.10	0.18	0.17	+0.01
	5	52	0.10				
	5.5	52	0.11				
2	23.5	46	0.51	0.47	1.12	1.20	-0.08
	24	53	0.45				
	26.5	58	0.46				
3	68	51.5	1.34	1.34	3.24	3.29	-0.05
	73.5	55	1.33				
	72.5	54	1.34				
4	11	43	0.26	0.25	0.56	0.56	0
	13	48	0.27				
	10.5	47	0.22				

第 13 表 Cr の 分 析 結 果

試料番号	Cr 3132.06	Fe 3154.21	Cr/Fe	平 均 値	発光分析値	化学分析値	差
1	30	48.5	0.63	0.60	0.93	0.92	+0.01
	32	54	0.59				
	33	57.5	0.57				
2	34.5	54	0.45	0.47	0.67	0.67	0
	27	55	0.49				
	25.5	55	0.46				
6	41	55	0.75	0.75	1.22	1.14	+0.08
	43	57	0.76				
	41	55.5	0.74				
7	18.5	49	0.38	0.37	0.48	0.49	-0.01
	20	52	0.38				
	19	54.5	0.35				

5. 4. 3 Mn

Mn 2939.30/Fe 2936.90 を分析線対として利用した。

5. 4. 4 Cu

Cu 3273.96/Fe 3286.76 を分析線対として利用した。

5. 5 分 析 結 果

第 11 表に示すような化学成分の試料を分析した結果を第 12～15 表に示す。分光写真法に比しそん色なき結果が得られた。

第 14 表 Mn の 分 析 結 果

試料番号	Mn 2939.30	Fe 2936.90	Mn/Fe	平 均 値	発光分析値	化学分析値	差
1	50.5	20.5	2.46	2.33	0.77	0.76	+0.01
	43.5	18.5	2.36				
	42	19	2.21				
5	42	18	2.33	2.06	0.68	0.67	+0.01
	41.5	20	2.08				
	39	22	1.78				
8	16	19	0.84	0.83	0.24	0.22	+0.02
	17	20	0.85				
	16.5	20.5	0.80				
9	63	20.5	3.08	3.04	1.02	0.98	+0.04
	60	19.5	3.08				
	62	21	2.95				

第 15 表 Cu の 分 析 結 果

試料番号	Cu 3273.96	Fe 3286.76	Cu/Fe	平 均 値	発光分析値	化学分析値	差
1	12	17.5	0.69	0.65	0.09	0.13	-0.04
	11	18	0.58				
	12	18	0.68				
5	17	17.5	0.97	0.95	0.23	0.25	-0.02
	18.5	19.5	0.95				
	18	19.5	0.93				
8	24.5	20	1.22	1.20	0.35	0.34	+0.01
	24	20.5	1.17				
	24.5	20.5	1.19				
9	24	19	1.26	1.29	0.39	0.40	-0.01
	25	19.5	1.28				
	25.5	19	1.34				

6. 結 言

分光光電光度計の応用分野を拡大するため E-1 形付属装置を完成し、従来分光光電光度計で不可能視されていた発光分光分析を可能ならしめることができた。増幅器への高周波の妨害や発光源の安定性から、励起手段として高圧濃縮火花を採用しているために定量可能な元素や検出感度に限界があるが、スペクトル強度を記録することによって分析条件の検討が容易なことは、一定時間の平均値しか得られない分光写真法の及ばない長所で、分光分析の基本的問題の追求や現場の迅速分析に対する本装置の活用が期待される。

終りに臨み東京教育大学大八木義彦先生、日立製作所日立研究所および多賀工場関係者各位のご援助に対し深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 菅原, 酒井, 佐藤: 日立評論 41, 550 (1956)

Vol. 42 日 立 評 論 No. 12

目 次

- ◎インド、ヒラグット第 1 発電所納 52,000 PS カプラン水車および 41,600 kVA 交流発電機について
- ◎距離継電器からみた送電線のインピーダンス
- ◎がい子汚損検出装置
- ◎超高圧負荷時電圧および位相調整器
- ◎デジタル水位テレメータ
- ◎シリコン整流式直流アーク溶接機
- ◎高速車両におけるバネ下の振動の影響について
- ◎高周波焼入歯車の残留応力について
- ◎ドラムカッターローダについて

- ◎日立 130mm フロア形横フライス中ぐり盤
- ◎デジタル形電子計算機 HITAC-102・B について
- ◎アイデンティファイートランスの特性
- ◎かご形誘導同期電動機の脱出トルクに及ぼす極形状の影響
- ◎日立 F 種絶縁材料の二、三の特性
- ◎ケーブル使用温度範囲における各種鉛被用合金のクリープ特性
- ◎γ線液面計の使用法

発行所 日立評論社
取次店 株式会社オーム社書店