

THE HITACHI Scientific Instrument NEWS

April 1960 Vol. 3 No. 2

質量分析計による同位体存在比 の測定（その1）

岡 本 潤 一*

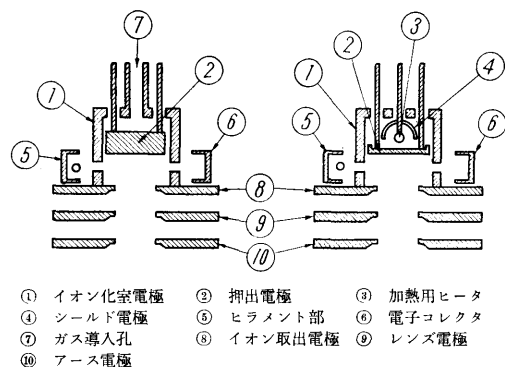
質量分析法を用いて固体の分析を行った事例は古く、Dempster⁽¹⁾ が質量分析器に火花放電形イオン源を使用して写真乾板上に質量スペクトルを撮ったのが最初であった。質量分析装置で固体分析を行うことのむずかしさは、いかにして固体を安定に気化し、イオン化するかの問題である。今日までに固体の分析のために行われてきたイオン化の方法は、電弧法、表面電離法、電子衝撃法とほぼ3つに分類されるがいずれもそれぞれ一長一短があって、いずれの方法によっても固体試料についてガス分析における程度の精度および簡易さで定量分析が行なえる段階にいたっていない。

最近わが国において原子力平和利用および同位元素電磁分離装置の発達にともない、分裂生成物、また分離した同位元素の同位体存在比および純度の測定が要求されるようになった。そこでわれわれはガス分析用イオン源の一部を簡単に改造して、きわめて簡単な電子衝撃法による固体分析用イオン源を試作し、2、3の実験を行った。

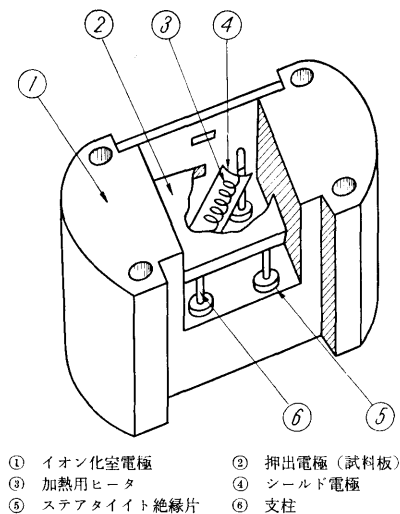
電子衝撃法を用いる固体用イオン源においては、一般にイオン化室のごく近くに炉を直結して、炉を加熱して出てくる蒸気をイオン化室に導入し、ガス分析におけると全く同様に電子衝撃によってイオン化する。

第1図はガス分析用イオン源と試作固体用イオン源の構造を比較して模式的に示したものの、第2図は固体用イオン源のイオン化室の内部を示すものである。ガス分析用イオン源には一對の押出電極があるが固体用イオン源では対角線に相対する2本の支柱で押出電極（試料電極）をステアタイトスペーサで絶縁して取付け、他の2本の支柱に加熱用ヒータを取付けた。またガス導入穴を利用してかまぼこ形のシールド電極を取付け、ヒータよりも負の電

* 日立製作所中央研究所



第1図 ガス分析用イオン源（左）と固体用イオン源（右）の比較



第2図 固体イオン源イオン化室

位に保持してヒータからの熱電子がイオン化室に入るのを防いだ。押出電極は加熱に際して短時間に熱平衡に達し、試料の蒸発速度がすぐ一定になるように熱容量を小さくし、また化学的に安定であることを考慮して、厚さ 0.2mm、14×13mm² の白金板を用いた。また温度上昇による変形を防ぐために4辺を折り曲げて縁どりした。温度は最高1,000°Cまで加熱することができる。

このイオン源において、固体試料を押出電極上に付着させてイオン源を組立てるのであるが、その付着法として、真空蒸着、金属塩塗布、試料板貼布または試料板を直接押出電極とする方法が用いられる。

本実験に使用した質量分析計は日立 RMU-5 形質量分析計である^(2,3)。

イオン源の測定条件を第 1 表に示す。

比較的低融点金属であり、同位元素電磁分離器によってしばしば分離されているマグネシウムの天然同位体存在比の測定を行った結果が第 2 表である⁽⁴⁾。試料板へは真空蒸着法により金属マグネシウムとして付着させた。

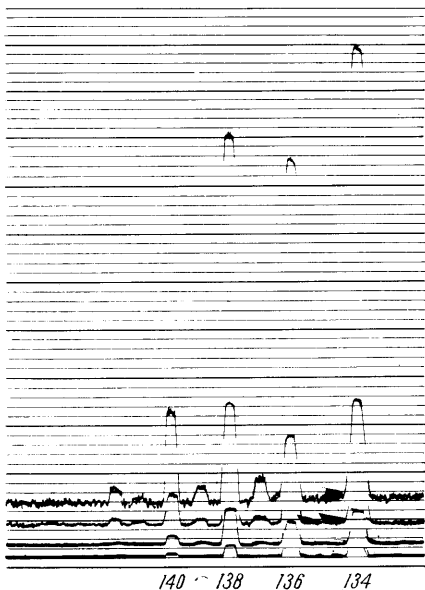
鉛の同位体存在比の測定は地質年代推定に有力な方法であるので天然鉛および鉱石中の鉛の同位体存在比を測定した。⁽⁵⁾第 3 表に測定結果を示す。試料は塩化鉛として水溶液を試料電極板上に塗布し、大気中で蒸発乾固してからイオン源を組立てた。

東大核研の同位体電磁分離によって分離した亜鉛と天然亜鉛を鉛と同様に塩化物として塗布し測定した結果が第 4.5 表であり、第 3 図に ZnCl_2^{++} のスペクトルを示す⁽⁶⁾。

このようにガス分析用イオン源の押出電極に炉の役目を兼用させた固体用イオン源を試作し日立 RMU-5 形質量分析計に取付けて、同位体存在比の測定を行うことができる。この実験では天然同位体存在比について文献値とほぼ一致した結果が得られ、分析値の平均偏差も平均値に対し 1 % 以内で再現性よく分析することができた。

文 献

- 1) A. J. Dempster: Proc. Am. Phil. Soc, **75**, 755 (1935)
- 2) 肥後八郎ほか: 質量分析, **8**, 2 (1957)
- 3) 野田 保: 日立評論, **39**, 985 (昭32)
- 4) 岡本潤一ほか: 分析化学, **8**, 171 (1959)
- 5) 岡本潤一ほか: 質量分析, **12**, 56 (1959)
- 6) 岡本潤一ほか: 質量分析, **8**, 445 (1957)



第 3 図 塩化亜鉛のスペクトル

第 1 表 分析計測定条件

イオン加速電圧	1900V
電子加速電圧	80V
押出電圧	8V
イオン化フィラメント電流	4.0A
全電子電流	250 μ A
加熱用ヒータ電流	1.82A
加熱用電子電流	500 μ A
分析管真空度	1×10^{-6} mmHg

第 2 表 天然マグネシウムの同位体存在比

	²⁴ Mg	²⁵ Mg	²⁶ Mg
測定値平均	78.17	10.30	11.51
平均偏差 (%)	0.07	0.30	0.34
文献値	78.60	10.11	11.29
測定回数	25 回		

第 3 表 鉛の同位体存在比

	²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb	²⁰⁸ Pb
文献値	1.5	23.59	22.64	52.29
天然鉛	1.41	24.59	21.93	52.06
Enalite	0.96	24.98	21.28	52.77
Monazite	1.34	25.22	21.25	52.27

第 4 表 濃縮亜鉛の同位元素存在比

同位元素	⁶⁴ Zn	⁶⁶ Zn	⁶⁷ Zn	⁶⁸ Zn	⁷⁰ Zn
平均値	82.12	9.14	1.49	7.18	0.07
平均偏差 (%)	—	1.6	3.3	1.2	—

第 5 表 天然亜鉛の同位元素存在比

	⁶⁴ Zn	⁶⁶ Zn	⁶⁷ Zn	⁶⁸ Zn	⁷⁰ Zn	M/e134 のピーク (div)
1	100	53.63	7.70	37.29	0.63	74.0
2	100	55.16	8.35	37.13	0.93	75.4
3	100	53.99	7.95	37.29	0.52	76.7
4	100	54.70	8.39	37.28	0.90	77.5
5	100	54.74	8.22	36.66	1.14	79.1
6	100	54.95	8.25	37.58	0.62	81.2
7	100	54.39	8.54	37.58	0.85	82.0
8	100	54.62	8.42	36.93	1.32	83.0
9	100	54.72	8.40	37.44	0.72	83.3
10	100	54.40	7.99	37.46	0.60	83.9
平均値†	100	54.53	8.22	37.26	0.83	—
平均偏差 (%)	—	±0.38	±0.20	±0.22	—	—
平均値††	49.77	27.19	4.09	18.54	0.41	—

† ⁶⁴Zn を 100 としたときの存在比、

†† 同位体全部を 100 としたときの存在比、

日立 KGL-1 形ガスクロマトグラフ によるキシレン異性体の分離定量

酒井 馨*, 秋森 伯美*, 山西 敬士**

芳香族炭化水素のガスクロマトグラフィーで、*m*-キシレン (*b p* = 139.1°C) と *p*-キシレン (*b p* = 138.5°C) との分離はもっとも困難なものの一つとされ、最近漸く数種の分離例が報告^{(1)~(6)}されるようになってきた。しかし、それらの方法は第 1 表で知られるように、特殊なキャリアーガスやかなりのガス圧を要する (No. 1)⁽¹⁾ とか、定量分析に適用するには理論段数が低い (No. 2~4)^{(2),(4)} とか、特殊な検知方式 (No. 4~7)^{(4)~(6)} や特殊なカラム (No. 5~7)^{(4)~(6)} を採用しなければならないので、我々は熱伝導検知方式の製品による、より一般的な分析法の開発を試みた。

まず、入手可能な化合物中、本目的に最も適する固定液相を選ぶために、次の 11 種類について検討した。すなわちそれを分類してみると下記ようになる。

- (A) オルト置換基を有する化合物……………DOP, DBP, DLP, 1,2-ジフェニルベンゼン
- (B) メタ置換基を有する化合物………1,3-ジフェニルベンゼン
- (C) パラ置換基を有する化合物……………ベンジルジフェニル
- (D) 上記の分類に属せずよく用いられる化合物……………TCP, DOS, スクアラン
- (E) 最近用いられはじめた化合物……………5,6-ベンゾキノリン、7,8-ベンゾキノリン

となる。これら固定液相を用い次の分析条件で行った。

(1) 装置 日立 KGL-1 形ガスクロマトグラフ

(2) 操作条件

カラム剤 : Johns-Manville 社製 C-22 耐火レンガ粉末 (30~40 メッシュ) + 固定液相 15~30%

カラム : 5m × 4mm、ステンレス製、80°C

試料量 : 3~5 μ l

キャリアーガス : H₂, 50ml/min., 0.5 kg/cm²

ブリッジ電流 : 180mA

チャートスピード : 5mm/min

(3) 調合試料 下記の組成試料を作成使用した。

ベンゼン (21.2 容量%), トルエン (18.3), エチルベンゼン (11.0), *p*-キシレン (16.6), *m*-キシレン (16.6), *o*-キシレン (16.3)

(4) 固定液相性能比較結果

各種固定液相の性能比較法は、各成分の保持時間、ベンゼン = 1.00 とした場合の比較保持時間、*o*-キシレンの理論段数の 3 者をもってした。

実験結果は第 2 表の如くであり、最も良好な固定液相は 7,8-ベンゾキノリンで第 1 図に示す如く、エチルベンゼンは勿論、*p*-キシレンや *m*-キシレンもよく分離している。その次に良好であっ

* 日立研究所第 41 研究室 ** 日立研究所第 43 研究室

たのはベンジルジフェニルであるが第 2 図のように、*p*-キシレンと *m*-キシレンとの分離は不十分であることが知られる。

荒木氏⁽³⁾によれば、メタ位置に置換基を有する固定液相は *m*-キシレンに親和力を有し、オルトやパラの場合にも、それぞれ *o*-キシレン、*p*-キシレンに親和力を示すとされている。その考えを本実験に適用させることが可能であれば 1,3-ジフェニルベンゼンが最もよく分離し、ベンジルジフェニルは最もわるい筈であるのに、結果は逆となった。しかもこの考えからはあまり期待されない 7,8-ベンゾキノリンが最良の結果となった。荒木氏らの実験は窒素をキャリアーガスとしているので、その条件の差によるのかも知れないが、何れにしてもガスクロマトグラフに用いる固定液相の作用は簡単に解明するまでに到っていないことが知られる。

次に、7,8-ベンゾキノリンを用いて分離の最適条件を検討した結果は次の如くである。

(1) 担体の処理

C-22 耐火レンガ粉末 (30~40 メッシュ) を王水処理した場合と、塩酸処理品と未処理品とで性能比較すると、王水処理品使用の場合は他の場合よりもキャリアーガス圧力降下を著しく防止できるが、塩酸処理品と比べて解像力では差がなく、未処理品は著しく解像力がわるかったので、以後王水処理品を使用した。

(2) カラム長さ、温度、ガス流速、圧力、試料注入量

上記につき種々分離条件を検討した結果、カラムの長さは第 1 図 (5 m) と比較して第 3 図 (8 m) は分離能がかなりよくなっているが、分析所要時間は前者が 54 min. に対し、後者は 88 min. となる。定量分析の目的には前者でも十分であるので、以後 5 m カラムを使用した。その他は前述のような操作条件が最良であった。その際の理論段数は *o*-キシレンまでで 3,600、分離定数 (*m*-, *p*-間) は 1,068 であった。

上記の条件で Internal Normalization 法および内部標準法による定量分析を行った結果、誤差は前者で 5% 以内、後者で 2.2% 以内であり、かなりよい再現性を得た。いずれも面積比が最も良好となった。尚、本法の適用範囲は *p*- (または *m*-) キシレン中の *m*- (または *p*-) キシレンが 3% 以上、キシレン中のエチルベンゼンが 2% 以上含有する場合に定量可能である。

文 献

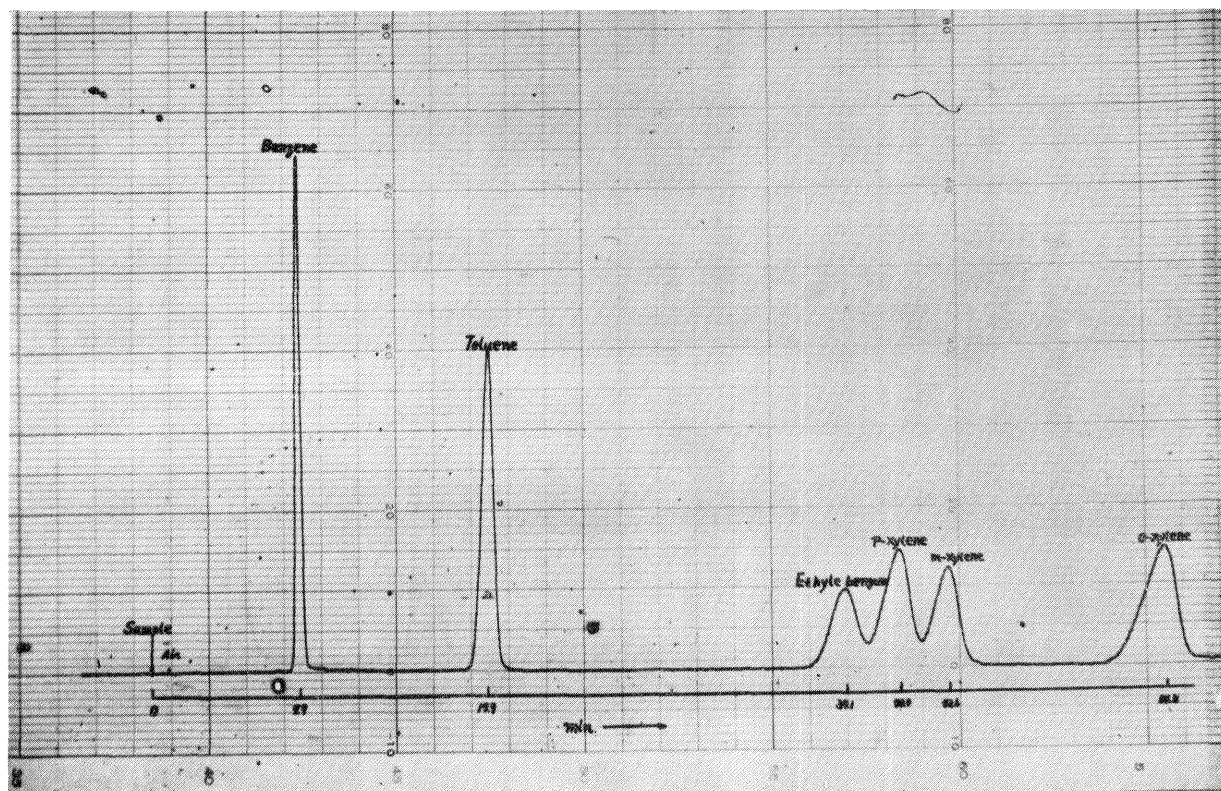
- (1) A. Zlatkis, L.O' Brien, P.R. Scholly; Nature. **181**, 1794 (1958)
- (2) A. Zlatkis, H.R. Kaufman; Anal. Chem. **31**, 945 (1959)
- (3) 荒木, 後藤, 宗宮; 日本化学会第 12 年会講演 (昭 34-4)
- (4) D.H. Desty, A. Goldup, W.T. Swanton; Nature **138**, 103 (1959)
- (5) Perkin-Elmer Co. カタログ
- (6) Wheelco Instruments Division, Berber-Colman Co; Anal. Chem, **31**, 62A (1959)

第1表 キシレン異性体の分離に関する従来のデータ

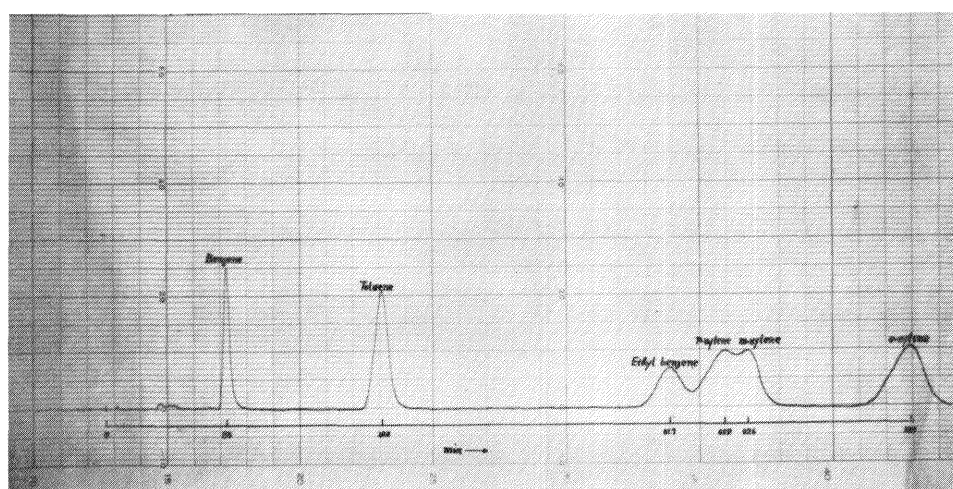
No.	1	2	3	4	5	6	7
発 表 者 方 法	Zlatkis, O'Brien, Scholly ⁽¹⁾	Zlatkis, Ling, Kaufman ⁽²⁾	左 同 ⁽²⁾	Desty, Goldup, Swanton ⁽⁴⁾	左 同 ⁽⁴⁾	Perkin-Elmer Co. ⁽⁵⁾	Barber-Colman Co. ⁽⁶⁾
検 知 方 式	熱伝導率	左 同	左 同	蒸気密度	左 同	水素炎温度	トリチウムによ るイオン化
カ ラ ム 長×径	5m×5mm	8 ft	8 ft	1.2m×4mm	毛管カラム(Cu) 12m×0.25mm	毛管カラム(Cu) 不 明	毛管カラム (ス テンレス) 60 ft
カ ラ ム 温 度	100°C	50°C	50°C	78.5°C	78.5°C	90°C	67°C
固 定 液 相	15wt% ベンジルジフェ ニル	15wt% クロロナフタレ ン	15wt% ジメチルスルホ ラン	20wt% 7,8-ベンゾキノ リン	12 mg 7,8-ベンゾキノ リン	175 ポリプロピ レングリコール	不 明
担 体	60~80メッシュ クロモソープ	40~60メッシュ 王水処理クロモ ソープ	40~60メッシュ 王水処理 C-22レンガ	72~100メッシュ セライト545	な し	な し	な し
キャリヤーガス	He	H ₂	H ₂	N ₂	N ₂	H ₂	A
ガ ス 流 速	100 ml/min	220 ml/min	150 ml/min	42 ml/min	0.7 ml/min	不 明	0.7 ml/min
ガ ス 圧	59 psi	30 psi	30 psi	111 cm Hg	3 psi	12 psi	不 明
試 薬 注 入 量	5 μ l	5 μ l	5 μ l	1 μ l	1 μ g	0.1 μ l	不 明
理 論 段 数 (o-キシレン)	9,500	1,500	2,500	1,600	14,600	8,180	1,350
分 離 定 数 (m-, p-間)	1.022	1.062	1.054	1.080	1.051	1.017	1.062
所 要 時 間	88 min	95 min	90 min	230 min	21 min	Ca. 30min	16 min

第2表 各種固定液相と比保持時間（ベンゼン=1.00）との関係

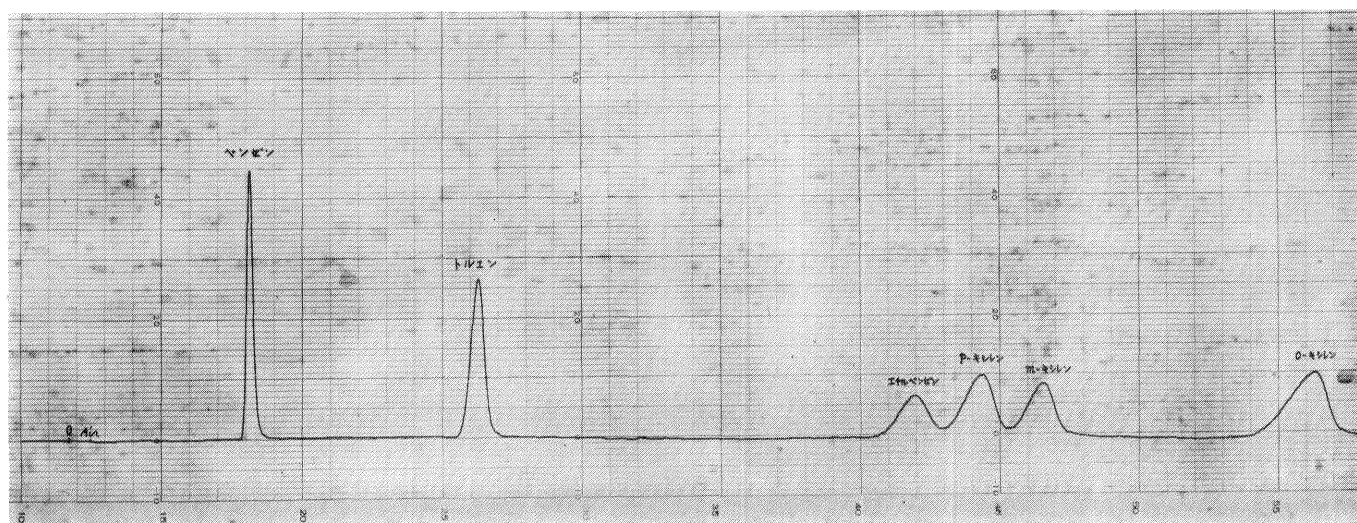
成 分 液 相	DOP	TCP	DOS	DBP	DLP	スクアラ ン	1,2-ジフェ ニルベンゼン	1,3-ジフェ ニルベンゼン	ベンジル ジフェニル	5,6-ベンゾ キノリン	7,8-ベンゾ キノリン
ト ル エ ン	2.31	2.25	2.36	2.25	2.43	2.28	2.35	2.39	2.41	2.66	2.49
エチルベンゼン	4.71	4.52	4.82	4.54	4.94	4.48	4.98	5.00	5.02	5.68	5.22
p- キシレン	5.27	4.89	5.53	4.96	5.70	5.00	5.43	5.67	5.52	7.1	5.62
m- キシレン	"	(5.03)	"	"	"	"	"	"	5.74	"	6.00
o- キシレン	6.53	6.38	6.74	6.23	7.07	6.17	6.32	7.21	7.22	9.37	7.45
理 論 段 数 (o-キシレン迄)	3230	2460	2540	3180	3760	972	2000	1940	2540	505	3600



第1図 7.8-ベンゾキノリンによるクロマトグラム (カラム 5 m)



第2図 ベンジルジフェニルによるクロマトグラム (カラム 5 m)



第3図 7.8-ベンゾキノリンによるクロマトグラム (カラム 8 m)

分光光電光度計による発光分析例（第1報）

佐藤 繁^{*}、栗原 誠^{*}、菅原 寧^{**}

溶液の吸光分析を主眼として製作された分光光電光度計に、分光写真器やカントメータの試料励起法として用いられている高圧火花を組合せることにより発光分析が可能となった。ただ炎光法に比し発光源が不安定なことで、時間的に発光条件が変化するため炎光法のように、光度計の波長ダイヤルを測定せんとする元素の波長に固定して行ったのでは再現性および正確度が悪いので、記録装置を併用し、ある波長域を測定するようにせねばならない。

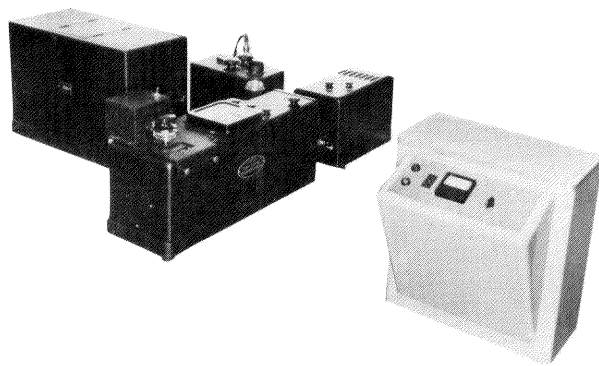
分光光電光度計により発光分析を行う場合は、分光写真法の場合と同様事前に発光条件および測光条件を検討してから測定するわけであるが、下記の順序で行う。

1. 光度計を作動状態とし、試料を発光させ、ある測光条件にて受光増幅部のシャッタを開き、波長ダイヤルを廻して試料の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を固定したまま指示計器又は振動子の振れを観察若しく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決定する。
2. 試料を発光し、あるスペクトル強度を連続的に記録し、その強度変化の一定となるまでの時間を記録結果から求め、予備放電時間を決定する。
3. ある測光条件にて波長を自動的に送りながらスペクトル強度を記録し、分析線対を選定する。
4. 標準試料を発光させ、記録計の振れを観察して測光条件すなわちスリット巾、光電子増倍管への印加電圧、記録計の感度を決定する。
5. 標準試料を発光させ、同一試料について分析線対附近を3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の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。
6. 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。
7. 標準試料測定時と同じ分析条件で被検試料に対する強度比を求め、検量線に内挿して濃度を求める。

以上の操作で発光分析を行うことができるが、つぎに本装置の実測例を紹介する。

第1図は第1表に示すような分析条件で、Ni を含む鉄鋼について 2,200 Å より 2,300 Å の波長域を記録した結果である。この波長域で Ni を定量する場合には、分析線対として Ni 2,216.47/Fe 2,220.34、Ni 2,270.21/Fe 2,267.58、Ni 2,278.77/Fe 2,279.92 などがあるが、Ni 2,278.77/Fe 2,279.92 の分析線対を使用して定量した結果はつぎの通りである。

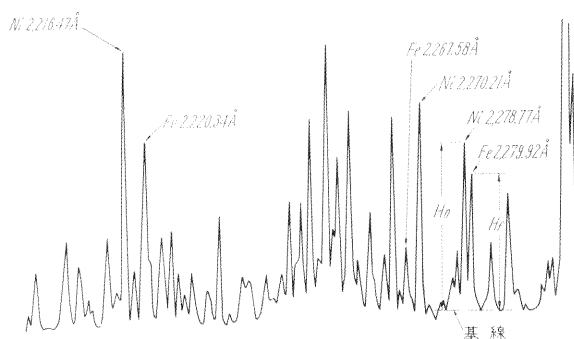
第2表に標準試料の化学分析値を示し、第2表に発光分析の測定結果を示すが、表中 Ni 2,278.77 および Fe 2,279.92 に対する



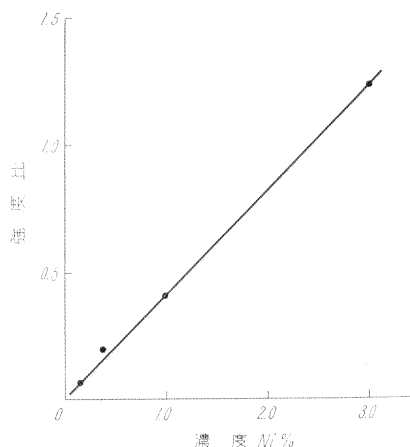
発光分析用分光光電光度計

値は、第2図のスペクトル強度すなわち基線からの山の高さ H_n 、 H_f をスケールで測定したものである。第2図は第3表の結果を基にして作成した検量線である。

第4表に被検試料の化学分析値を、第5表に発光分析による分析結果を示すが、化学分析値に対する正確度は分光写真法に比し優るとも劣らない。なお分析所要時間は化学分析法はもちろん分光写真法と比較しきわめて短時間であり、黒化度測定などの煩雑な操作を必要としないから、迅速分析法として十分その偉力を発揮するものと確信する。



第1図 2,200 Å～2,300 Å のスペクトル



第2図 Ni 2,278.77/Fe 2,279.92 の検量線

^{*} 日立製作所多賀工場 ^{**} 日立製作所日立研究所

第1表 分 析 条 件

電極の形状	円錐形
対 電 極	黒鉛（尖頭形、尖端角60°）
電極の間隙	2 mm
発光用電源の一次電圧	60V
予備放電時間	30秒
スリット幅	0.04 mm
光電子増倍管への印加電圧	859V

第2表 標準試料の化学分析値（％）

試料番号	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Fe
1	0.02	0.02	0.09	3.01	0.12	残
2	0.12	0.12	0.38	0.97	1.02	残
3	0.52	0.43	0.18	0.38	0.39	残
4	0.05	0.05	0.02	0.14	3.01	残

第3表 標準試料の発光分析結果

試料番号	Ni 2,278.77	Fe 2,279.92	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	11	26	0.42	0.41	0.97
	13	31	0.42		
	13	32	0.41		
3	7	36	0.20	0.20	0.38
	7	34	0.21		
	7.5	38	0.20		
4	2	31	0.07	0.07	0.14
	2.2	30	0.07		
	2	31	0.07		

第4表 被検試料の化学分析値（％）

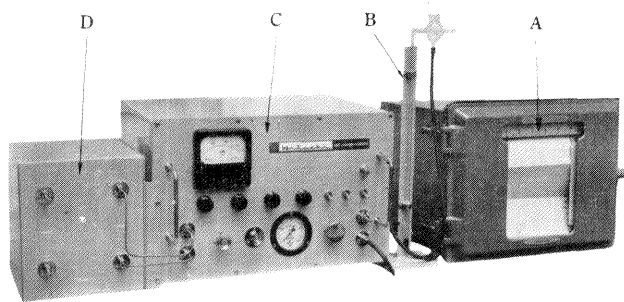
試料番号	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	V	Mo	Fe
A	0.29	0.76	0.132	0.169	0.92	0.146	—	残
B	0.30	0.87	0.090	0.56	0.55	—	0.18	残
C	0.28	0.76	0.10	1.20	0.655	0.002	0.065	残

第5表 被検試料の発光分析結果

試料番号	Ni 2,278.77	Fe 2,279.92	Ni/Fe	平均値	発光分 析値	化学分析 値との差
A	4	43	0.10	0.10	0.18	+0.011
	5	52	0.10			
	5.5	52	0.11			
B	11	43	0.26	0.25	0.56	0
	13	48	0.27			
	10.5	47	0.22			
C	23.5	43	0.51	0.47	1.12	-0.08
	24	53	0.45			
	26.5	58	0.46			

ガスクロマトグラフの 自動サンプリングについて

中 村 亨*、尾 内 昌 栄*



A: 記 録 計 C: 分 析 部
B: ソーブメータ D: 自動ガス採取装置

日立 ガ ス ク ロ マ ト グ ラ フ

ガス体の分析は、オルザット法が広く用いられている。この方法は分析に人手を要し、且測定者の個人差が生ずる等の難点がある。このような観点から、ガス体分析にガスクロマトグラフを使用する例が増大し、性能の信頼性が確認されると共に、実験室に於ける測定器より、工業計器として無人連続分析を望む声が大きくなって来た。この目的に沿う装置として、試料ガスを一定量だけガスクロマトグラフ分析部に送り込む、自動ガス採取装置を完成した。写真は KGF-2 形日立ガスクロマトグラフと組合せたものを示す。

自動ガス採取装置として、次の条件を備えていなければならない。

- (1) サンプリング時、ガスクロマトグラフの性能がそこなはれないこと。
- (2) 試料ガスは常に流動し、サンプリングのためのおくれが生じないこと。
- (3) カラム分析時間より、適当な間隙でサンプリング出来ること。
- (4) 機構が簡単なこと。

以上の観点より、試料導入バルブとして、Oリングを使用したピストンを用い、このピストンを押引することによって、サンプリングする構造を取った。ピストンの動作は、カムを用い、この時間設定はカムの回転のギヤの組合せによって行はれる。この系統図を第1図に示す。この機能は次の通り。

試料流動時

本体内のキャリアーガスを一旦このバルブを通しカラムに導く。試料ガスはキャリアーガスと独立に秤量管を通して流す。

* 日立製作所多賀工場

試料採取時

ピストンが動作し、キャリアガスの流れが秤量管を通るよう切換られる。そこで秤量管に入っている試料ガスのみ、キャリアガスに押出されカラムに至る。

試料ガスはこの際別の系路より常に流動している。

以上の如く、一定間隔で周期的に自動的に試料ガスを採取することが出来る。第2図にその内部を示す。

第3図は市販プロパンガスの分析例である。プロパンガスの分析時間が18分であるので、採取間隔は20分に選んである。

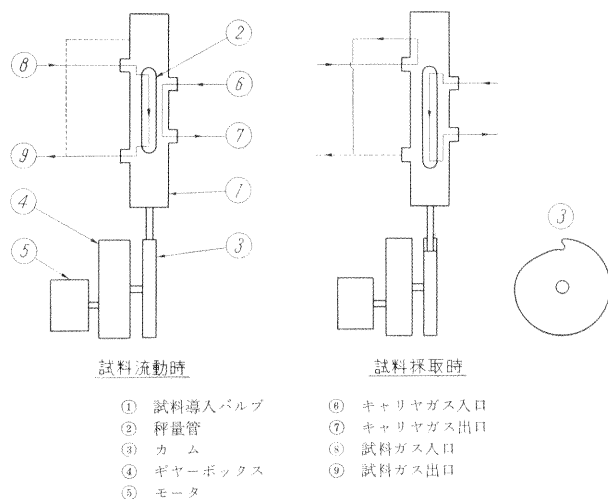
連続分析に於ける使用上の注意は次の通りである。

(1) カラム剤の保守。キャリアガスの純度の高いものの使用が望ましい。特に水蒸気による劣化がいちじるしいので、脱湿を行うと良い。

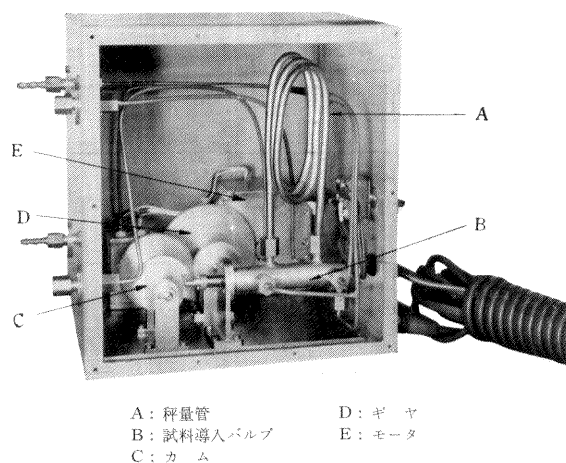
(2) 試料ガスの処理方法

試料ガス中のダスト、ミストの除去は特に嚴重な考慮を要する。シリカゲル等は、これに試料ガスが吸着或いは逸脱し意味がなく、フェルト、ガラスウール等のフィルターが適当であろう。又試料導入に際し常に同一圧力で試料を流すことは、この出力が試料の絶対量に比例することから、特に注意が肝要である。

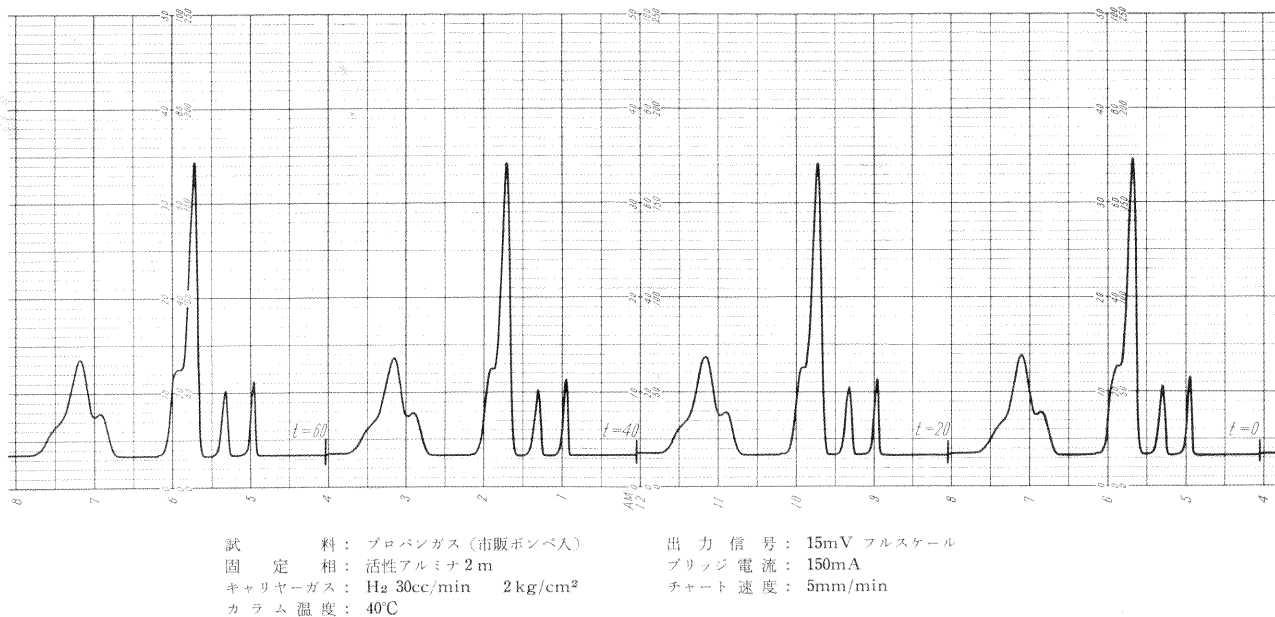
(3) キャリヤガスポンプ、フィラメント用バッテリーの保守は週二回程度必要である。



第1図 自動ガス採取装置系統図



第2図 自動ガス採取装置内部



第3図 自動ガス採取装置を用いた KGF-2 によるクロマトグラム