

金属鉱床の地化学探査の手引

東野徳夫

はじめに

最近 金属鉱床の探査の一手段として 地化学探査が広く利用されるようになってきている。筆者も地質調査所で金属鉱床の地化学探査を担当している関係上 鉱山に出張する機会が多いが そこで話としてでてくるとは地化学探査とはどのようなことをやるのか 実施に際して必要な器材類 あるいはそれらの費用はどれ位かかるのかというような質問をよく受ける。

そこで今回は 地化学探査のねらいの概要と 探査に必要なおもな機器 器具 試薬類ならびにそれらのおおよその価格(40年12月現在)等について述べることにするが 今後の地化学探査に少しでも参考となれば幸いである。なお探査の一部門である試料の分析操作は別の機会にゆずり 今回は省略するので 後記の文献等を参照して頂きたい。

金属鉱床の地化学探査の基本的な考え方としては 鉱床地帯の自然水(沢水 湧水) 土壌 岩石および植物等のなかには 非鉱床地帯のそれらに比べて 鉱床に関連ある成分が より著しく濃縮されているという経験的な事実に基づいている。これは鉱床が生成される時 鉱床成分の分散が行なわれることによるもので この分散現象は 次の二通りが考えられる。

1つは 鉱床生成の際鉱液の作用により直接鉱体周辺の岩石に鉱体成分が供給される(1次分散)。他の1つは 時の経過とともに鉱床および鉱体周辺の岩石等が風化帯にはいり 2次的に鉱体成分が岩石 土壌 植物等

に供給される(2次分散)。それ故 探鉱の対象となる試料としては当然のことながら自然水 土壌 岩石および植物等が注目されることになり それらのなかに含まれている成分のうち適切に鉱床を示す元素(指示元素という)を数種選んで分析を行ない その結果から鉱床賦存地帯の推定が可能である。なお結果の解析に際しては 地質 鉱床 物理探査等のデータと総合的に考察することが望ましい。各種鉱床に利用される指示元素を第1表に示す。

地化学探査は

- ① 試料の採取
- ② 試料の調製
- ③ 試料の分析
- ④ 結果の解析

の順で実施されるが ここでは①~③の過程に必要なものについて述べることにする。

1. 試料の採取

自然水の採取

自然水による地化学探査はおもに硫化鉱床に適用され 調査範囲も広い場合が多いので 測定機器類を積載することのできる実験車(ジープ)があると能率的である。

沢水の採取には試料ビン(ポリエチレン製 容量 100 ml~1 l) ポリエチレン袋 間縄 高度計 クリノメーター リュックサック 地形図 地質図 野帳および文具類などが必要である。

土壌 岩石 植物の採取

土壌 岩石 植物による地化学探査はおもに硫化鉱物 酸化鉱物を対象とすることが多い。土壌試料は 設定された測点でハンドオーガー スコップ レパーブロックなどを用いて地表下の土壌を採取する。岩石試料はハンマー タガネなどで採取する。植物試料は 葉の部分の採取することが多いのでとくに器具は必要でない。

2. 試料の調製

自然水の調製

自然水は通常調製の必要はないが 検出元素がきわめて微量の場合は濃縮操作を行なったり ウランの場合のようにイオン交換樹脂に吸着させる操作を行なうことも

第1表 指示元素表

地帯	試料	Zn	SO ₄	Cu	Fe	Mn	Pb	Au	Ag	Ni	Co	Hg	Mo	備考
金銅	岩石	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
銅	岩石	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
鉛	岩石	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
銀	岩石	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
鉄	岩石	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
錳	岩石	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ウラン	岩石	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
コバルト	岩石	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ニッケル	岩石	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
銅	土壌	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
鉄	土壌	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
錳	土壌	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ウラン	土壌	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
コバルト	土壌	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ニッケル	土壌	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
銅	植物	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
鉄	植物	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
錳	植物	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ウラン	植物	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
コバルト	植物	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ニッケル	植物	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● 指示元素 〇 参考元素

第 2 表 主要元素に用いられる分析法

	Sb	Ba	Be	Bi	Cd	Cr	Co	Cu	Au	Fe	Pb	Mn	⁵⁴ Mg	Mo	Ni	Rb	Ag	Sr	Th	²³² U	V	Zn	
重量法																							
比色法	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ペーパークロマト法																							
焰光分光法																							
発光分光法																							
ポーロ法																							
蛍光X線法																							

a) 原子吸光法も用いられる
 b) 蛍光光度法も用いられる
 * H.E.Hawkes, J.S.Webb: geochemistry in mineral exploration
 による一部加筆

ある。

土壌 岩石 植物の調製

土壌試料は風乾するか 電気乾燥器を用いて乾燥後荒砕きを行ないステンレス製フルイ (30メッシュ) を通したのち 必要量をメノウ乳鉢で磨砕 (100メッシュ以下) して分析試料とする。岩石試料は超硬乳鉢あるいは超硬エリスモーターで粗砕後 必要量を四分法で分けさらに粉砕し 100メッシュのステンレスのフルイを通しながらメノウ乳鉢で磨砕し分析試料とする。植物試料は電気炉で450~550°Cで灰化して分析試料とする。

発光分光分析法あるいは蛍光X線分析法を用いる場合には 粉末試料をあらかじめ融解剤と共に溶解し 試料調製を行なう場合もある。

3. 試料の分析

地化学探査に用いられる分析法は

- ① 有機試薬による比色分析
- ② 発光分光分析
- ③ 蛍光X線分析
- ④ 蛍光分析
- ⑤ クロマトグラフ分析 (ペーパークロマトグラフ
アルミナクロマトグラフ)
- ⑥ 焰光分光分析
- ⑦ 原子吸光分析
- ⑧ 容量分析
- ⑨ 重量分析

などがある。これらのうち 通常よく用いられる方法は 自然水の場合には有機試薬による比色分析 土壌 岩石 植物等の場合には有機試薬による比色分析 発光分光分析 蛍光X線分析 蛍光分析などである。また今後利用が一般化するであろうと思われる方法としては原子吸光分析法があげられる。主要元素に用いられる分析法を一覧表として第2表に示す。

本項では 比色分析 発光分光分析 蛍光X線分析 蛍光分析 原子吸光分析について述べる。

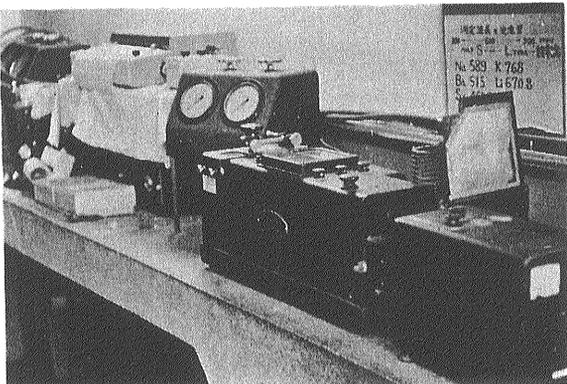
比色分析

比色分析は 試料中の目的成分に関連した色調の濃淡を比較測定して定量を行なう分析法で 一般には元素と試薬と反応した溶液の呈色が利用される。呈色の測定には光電比色計あるいは分光光度計が用いられる。

比色分析に必要な機器および試薬類は 化学天秤 上皿天秤 試料分解用ビーカー (容量50~100ml 硬質のもの) 試料分解用試験管 (容量30ml 硬質のもの) ニッケルルツボ (容量30ml 融分解用) 白金ルツボ (容量30ml 融分解用) 分解用熱源 (砂皿 パーナー) 電気炉 抽出分液ロート (容量250ml ナス型) 抽出管 (容量30ml) 試験管立 自動ビューレット (白と褐色) ロート ロ紙 ホールピペット (容量5~10ml) ガラス製蒸留器 湯煎 メスピペット (容量1~5ml) メスフラスコ (容量100~1l) メスシリンダー (容量200~500ml) ビーカー (容量500ml) 試薬ビン (容量250~1l) 元素標準溶液 一般試薬 (酸アルカリなど) 有機試薬 (元素によって選定 おもなるものは後記 4. 試薬を参照) 振盪器 光電比色計 (分光光度計) pHメータ 純水製造装置 (蒸溜式 イオン交換式) 純水などがある。

発光分光分析

発光分光分析は 試料を励起発光 (アーク法 火花法などがある) させ その光を分光器によって分光写真乾板に撮影し その陰画を拡大投影器などを用いて拡大し鉄のスペクトル標準表と比較して感光した輝線の波長数



分光光度計 (炎光装置を含む)

元素	検出限度 (ppm)	元素	検出限度 (ppm)
Na	0.3	Cr	1
K	2	Sc	2
Li	0.3	Y	10
Rb	1	Nd	10
Cs	2	La	10
-----	-----	Sr	3
Ga	2	Ba	3
Pb	5	Mo	3
Ag	0.5	Ti	10
Cu	1	-----	-----
Tl	1	F	50
In	1	-----	-----
Sn	10	Al	2
Zn	100	Ca	2
Ge	5	Mg	2
-----	-----	Fe	5
V	3	Mn	3
Ni	3	-----	-----
Co	3	Si	20
Zr	10		

第 3 表
 珪酸試料中の各元素の検出限度
 安藤厚: 発光分光分析の応用 (分析機器 Vol. 2 No. 4 による)

値を読みとり元素名を確認する方法で 本法では定性定量が行なえる。珪酸塩試料中の各元素の検出限度を第3表に示す。

発光分光分析に必要な機器および試薬類は 分光写真器(水晶と回折格子がある) 発光装置(高性能 万能型がある) 測微光度計 拡大投影器 黒鉛電極 電極成型器 分光用鉄電極 プロセス分光用乾板 乾板現像用器具および薬品 乾板乾燥器 化学天秤 上皿天秤 試料混合粉碎器 元素標準試薬(内部標準 合成試料) 標準試料 基体物質(塩化ナトリウム 炭素末) 白金ルツボ グラファイトルツボ 融解剤(硼酸リチウム) 電気炉 超硬粉碎器 乳鉢(メノウ 超硬)などである。本法の利点は 迅速性 経済性 検出感度が高いことなどがあげられ また写真法は分析結果の記録を保存することができる。

螢光 X 線 分析

螢光X線分析は X線管球からの一次X線を試料にあて そこに発する二次X線(螢光X線)を分光結晶で分光し 検出管 電子管方式の計数回路でその強度を測定し元素の定性 定量を行なう。

螢光X線分析に必要な機器および試薬類は 螢光X線分析装置(X線電源部も含む) 元素標準試薬 標準試料 基体物質(澱粉 シリカ 炭素末) 融解剤(硼酸リチウム 硼砂 炭酸ナトリウムなど) 化学天秤 上皿天秤 白金ルツボ グラファイトルツボ 電気炉 超硬粉碎器 試料混合粉碎器 試料成形器などである。

本法の利点は 迅速性 試料の形状や性質によらず分析が可能 測定は非破壊的に行なえることなどがあげられる。難点としては 検出感度が発光分光分析に比較してやや劣る。原子番号10以下の元素の分析が今のところ不可能である。

第4表 原子吸光分析による各元素の検出限界

検出限界(ug/ml)	元 素	検出限界(ug/ml)	元 素
0.5	アルミニウム*	0.01	マンガン
0.2	アンチモン	0.5	水 銀
1.0	砒 素	0.2	モリブデン
1.0	バリウム	0.05	ニッケル
0.05	ベリリウム*	1.0	パラジウム
0.2	ビスマス	0.5	白 金
0.01	カドミウム	0.005	カリウム
0.01	カルシウム	0.3	ロジウム
0.05	セシウム	0.02	ルビジウム
0.01	クロミウム	1.0	セ レ ン
0.15	コバルト	0.02	銀
0.005	銅	0.005	ナトリウム
1.0	ガリウム	0.02	ストロチウム
0.1	金	0.5	テ ル ル
0.5	インジウム	1.0	チ タ ン*
0.05	鉄	0.2	タリウム
0.15	鉛	2.0	ス ズ
0.005	リチウム	0.5	バナニウム*
0.003	マグネシウム	0.005	亜 鉛

* 有機溶媒と 酸素・アセチレンバーナを要するもの [Perkin Elmerの資料による]

螢 光 分 析

螢光分析は 水銀灯から発する紫外線を試料に照射すると励起されて螢光物質固有の螢光を発する。その強度を測定して定量を行なう。測定器には反射型と透過型があるが 微量のウラン等の場合には透過がよい。本法は種々の元素に適用されるが 地化学探査面ではウランに用いられている。

ウランの螢光分析に必要な機器および試薬は 白金皿(容量100ml) 試薬(フッ酸 硫酸 過酸化水素水 アスコルビン酸 アンモニア 塩酸) 融解剤(炭酸カリウム 炭酸ナトリウム フッ化ナトリウム) 化学天秤 上皿天秤 ビーカー(容量300ml) ピペット(容量1~5ml) イオン交換樹脂(陰イオン交換樹脂アンパーライト G-400-1型)およびカラム バーナー デシケーター pHメータ 透過型螢光光度計などである。

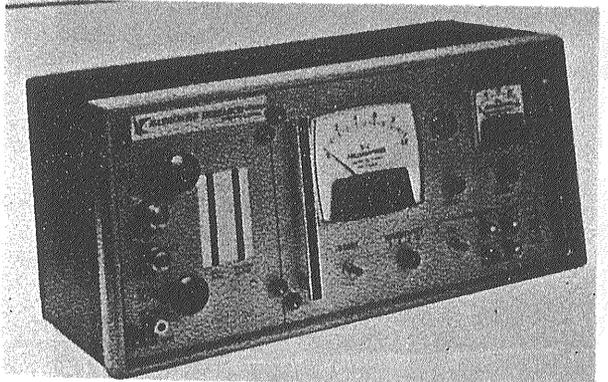
原 子 吸 光 分 析

原子吸光法は 元素の原子蒸気を光が通過するとその元素の共鳴発光線に相当する特別な波長に吸収が起こるが その吸収は蒸気中に存在する原子の濃度に比例する。したがって吸収を測定すれば元素の定量が可能である。本法による元素の検出限界を第4表に示す。

発光光源としては 陰極を分析すべき元素で作ったホロカソードランプ ディスチャージランプが使われる。元素の蒸気は通常 試料溶液を炎の中に噴霧して得られるが 水銀の場合には固体試料をバーナーで加熱して水銀蒸気を得る方法(検出限界 5ppb)も行なわれ地化学探査の面に利用されている。

原子吸光分析に必要な機器類は 分光光度計 原子吸光付属装置 光源点灯用電源装置 試料噴霧用小型コンプレッサー アセチレンガス ホロカソードランプ ディスチャージランプ(目的元素による個々のランプが必要) 固体試料を溶液にする器具および試薬 元素標準溶液などである。

本法の利点は 迅速 簡便 高精度 検出感度が高いことなどである。また有機溶媒に抽出したものを試料



Hg 専用原子吸光分析装置

とすることができるということも加えて 元素の微量を取り扱う地化学探査にはまことに好都合な方法の一つである。今後 大いに利用される方法であろう。

4. 主要器材 機器 試薬類の概要

ハンドオーガー

ハンドオーガーは 深度別に試料採取を行なう場合に必要であり オーガービット ドリリングロッド ハンドルの3部分からなる。採取の際はオーガービットを手で回しながら 0~5m 位の下部の土壌を採取するドリリングロッドの長さは1本1mで 深くなるにしたがって継足していく。通常はビット1本 ロッド5本 ハンドル1本 レンチ2本(ロッドの解体に使用)を1式としておけばじゅうぶんである。

レバーブロック

レバーブロックは ハンドオーガーを引上げるときに用いる。ハンドオーガーで土壌試料採取を行なう場合深度が3m以上になると人力で引上げるのが容易でない。このようなときにレバーブロックを使用すると簡単に引上げることができる。規格としては揚量 $\frac{3}{4}t$ 標準揚程 1.5m 自重 8kg 程度のものが手ごろである。

pH 試験器および pH メータ

pH 値の測定には 指示薬によって標準系列と比較する比色法と 電極を用いて電氣的に測定する方法とがある。

る。

pH試験器は前者に属するもので 地化学探査には標準系列として B.P.B B.C.G B.T.B P.R. T.B. をそろえ 携帯用箱につめこんで用いるとよい。通常の沢水の場合は目的がじゅうぶん達せられる。ただし着色水の場合は測定できないので pHメータを用いる。

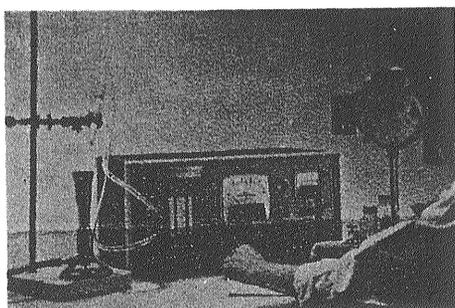
pHメータは後者に属するもので 地化学探査には携帯用が便利である。本器は電源として乾電池を使用し電気回路にはトランジスターを組込み 軽量化をはかっている。測定範囲は0~14 精度は ± 0.05 自動温度補償を組みこんだものもある。

純水製造装置

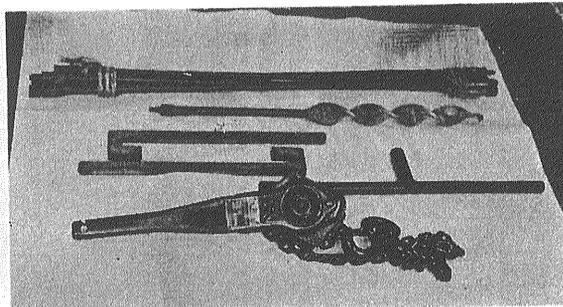
本装置は 分析用の純水を得る装置でイオン交換樹脂を使用している。1本のカラムに陽 陰イオンの混合体を入れ 上から水を通すと下から純水が得られる。地化学探査の野外用としてはカラム(合成樹脂製)の大きさが直径 6cm 長さ 22cm 位のものが適当である。実験室用としては 25/hr 程度の能力のものがよい。

ガラス製蒸留器

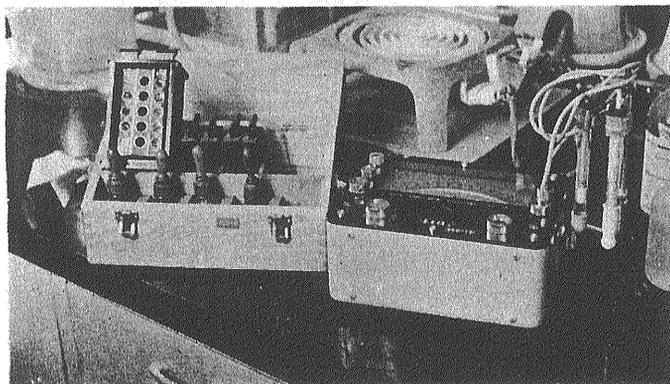
本器は 試薬の精製に使用する。接合部はすべてスリ合せとなっている。使用に際しては酸でよく洗滌を行なわないと重金属が溶出するので注意を要する。地化学探査では四塩化炭素の精製によく使用する。蒸留の熱源としては電気式湯煎が適当である。



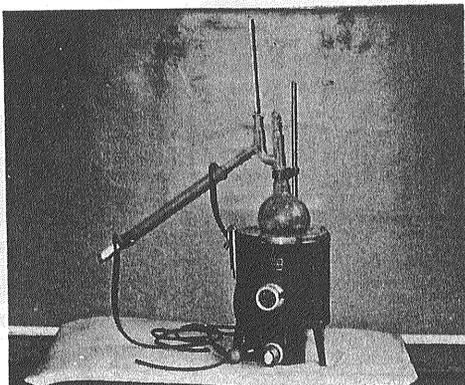
Hg 専用原子吸光装置の操作



ハンドオーガー 一式と レバーブロック(下)



PH 試験器(左)と PHメータ(右)



ガラス製蒸留器と湯せん

自動ビュレット

本器は 抽出溶媒を一定量づつ加えるのに使用する。ビュレット容量は 5ml 貯蔵ビン容量 250ml 位が適当で白色 褐色の2種類を用意する。褐色は光線によって変化するもの たとえば ジチゾン溶液に使用する。

抽出管および抽出用分液ロート

抽出管 分液ロートとも有機試薬による比色の際に元素の抽出に用いるもので 抽出管は 容量 30ml 内径 14mm 長さ 300mm ポリエチレンのせん付 分液ロートは容量 100~250 ml ナス型がよい。

振盪器

本器は 抽出操作のときに使用する。元素の溶媒抽出の際には激しく振盪する必要があるが 本器の使用により抽出条件の一定化ができるとともに 労力がはぶける。両面10ヶ掛が能率的である。

光電比色計

本器は 安定な人工光源からの光線を色フィルターで分光し 単色光を用いて試料溶液による光線の吸収を光電管に受け電圧電流として測定される。光電管は Sb Cs と Ag Cs の2種類があり Sb Cs は 372~655m μ Ag Cs は 750m μ 以上に用いる。最近は野外用として交直両用のものも市販されるようになってきているが これなどは 地化学探査の分析方法として比色法が用いられ

ることが多いことなどからして不可欠の器材である。

透過型蛍光光度計 (U専用)

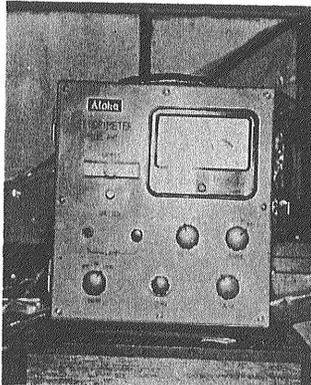
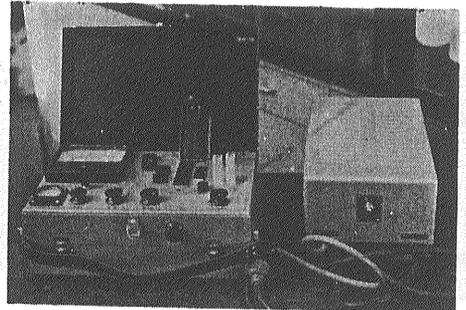
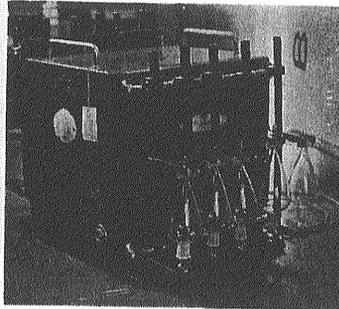
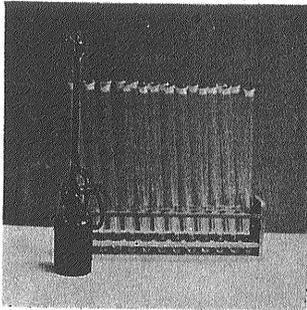
本器は 光源に水銀灯を用い一次フィルターによって紫外線だけを取り出し試料 (あらかじめ化学処理を行ないフッ化ナトリウムと融成物としたもの) の表面にあてる。試料を通過した蛍光と紫外線は二次フィルターを通過して蛍光のみが電子増倍管に入り光の強度が測定されU量がきめられる。本器は感度がよいので微量のUの定量に適し Uの地化学探査に利用されている。

発光分光分析装置

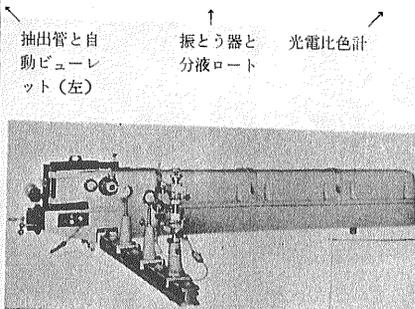
本装置は化学的方法では検出困難な成分の分析や 金属元素の迅速分析におもに用いられているが 地化学探査の分析面においても 一度に多元素の分析が可能なことからして利用度の高い機器である。

本装置は2本の炭素電極を使用し うち1本には試料をつめ極間に電弧を作り発生したスペクトルを分光器により分光し 写真乾板上に撮影を行なって元素の定性定量ができる。

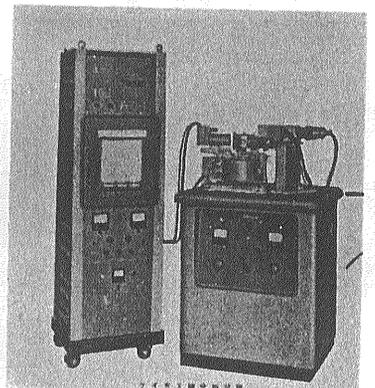
分光分析装置は分散度によって種々の型があるので分析試料の主成分あるいは定量目的元素によって選ぶ必要がある。すなわち 水晶プリズム分光器の場合は中型と大型があり 中型は主成分の判定および主成分の発するスペクトルが他の元素に余り影響を及ぼさない微量成分の分析に使用される。大型は分散度が高いので大部



U専用蛍光光度計



大型発光分光分析装置



蛍光X線分析装置

抽出管と自動ビュレット (左) 振とう器と分液ロート 光電比色計

第 6 表 地化学探査用機器・試薬類価格一覧

品 名		価 格 (円)	品 名		価 格 (円)	
試料採取	ジープ (ワゴン)	1,250,000	試料分析用	電気式砂皿	20,000	
	間縄 (ガラスセインにビニール加工したもの) 100m	1,200		電熱器	1,000	
	精密高度計	55,000		放射能測定器 (シンチレーション)	220,000	
	採水ビン (ポリエチレン 100ml)	45		光電比色計 (ポータブル)	180,000	
	クリノコンパス	4,500		振温器 (10本掛)	100,000	
	ハンマー	2,500		蛍光X線分析装置 (真空通路 シンチレーション カウンター)	4,000,000	
	ハンドオーガー 一式	20,000		発光分光分析装置 (大型水晶プリズム)	3,500,000	
	レバーブロック (8/4t)	12,000		原子吸光分析装置	1,100,000	
	リユックサック	2,000		Hg 専用原子吸光分析装置 (カナダ製)	7,000ドル	
	地形図 (1/5万)	60		U 専用蛍光分析装置	400,000	
	試料袋 (紙製 20cm×17cm) 100枚	150				
	試料袋 (ポリエチレン製 20cm×30cm) 100枚	600				
試料調製	メノウ乳鉢 (内径 10cm)	28,000	試 薬 (有機試薬) (特 級)	ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウム (25g)	810	
	超硬乳鉢	16,000		ジチゾン (25g)	1,170	
	超硬エリスモータ	38,000		2,2'ジキノリン (1g)	8,800	
	ステンレス篩 (30メッシュ 100メッシュ)	3,500		ルベアン酸 (1g)	1,050	
	上皿天秤 (オイルダンパー式)	7,000		αニトロソ βナフトール (25g)	750	
	電気乾燥器 (45×40×40cm) 100V-200°C	16,000		βニトロソ αナフトール (1g)	500	
	試料粉碎混合器	40,000		ジメチルグルオキシム (25g)	340	
	試料成形器 (手動)	200,000		αフリルジオキシム (1g)	8,000	
				ローダミン B (25g)	570	
				0-フエアントロリン (1g)	690	
試料分析用	化学天秤 (直示)	180,000	α,α'ジピリジール (1g)	690		
	pH メータ (ポータブル)	60,000	フェニルフルオロン (1g)	1,000		
	pH 試験器 (B.E.B., B.C.G., B.T.B., P.R., T.B)	40,000	ジフエニルカルバジド (25g)	880		
	上記 pH 指示薬各 500ml	B.C.G 2,500 他は 2,000	ネオトロン (1g)	1,290		
	抽出管 (硬質 内径 14mm×長さ 300mm ポリ栓付)	250	エチレンジアミン四酢酸ニナトリウム (25g)	430		
	試験管 (硬質 内径 17mm×長さ 160mm)	240	塩酸ヒドロキシルアミン (500g)	1,550		
	試験管立 (24本立)	250	四塩化炭素 (500g)	370		
	試薬ビン (ガラス 500ml スポイト付)	200	チモールブルー (25g)	2,630		
	自動ビュレット (ビュレット部 5ml 貯蔵タンク 250ml) 白・褐	7,000	エチルアルコール (500g)	720		
	分液ロート (1l)	1,300	ベンゼン (500g)	260		
	〃 (500ml)	900	イソプロピルエーテル (500g)	750		
	〃 (250ml ナス型)	450	エーテル (500g)	900		
	ガラス製蒸留器	6,500	グリセリン (500g)	620		
	電気式湯煎	12,000	元素標準試薬			
	ポリエチレンビン (3l)	250	硫酸銅 (25g)	120		
	〃 (1l)	200	硝酸鉛 (25g)	120		
	〃 (500ml)	90	金属亜鉛 (100g)	2,500		
	〃 (250ml)	70	硝酸銀 (25g)	690		
	ピーカー (50ml)	45	塩化第 2 水銀 (25g)	430		
	〃 (500ml)	80	塩化コバルト (25g)	310		
	メスフラスコ (1l)	950	塩化ニッケル (25g)	180		
	〃 (500ml)	700	酒石酸アンチモニルカリウム (25g)	100		
	〃 (100ml)	400	金属ビスマス (100g)	3,130		
	メスシリンダー (500ml)	680	金属カドミウム (100g)	3,380		
	〃 (200ml)	400	酸化ゲルマニウム (25g)	3,500		
	メスピペット (5ml 2ml 1ml)	180	重クロム酸カリウム (500g)	1,330		
	ホールピペット (10ml 5ml)	160	硝酸トリウム (25g)	940		
	洗ビン (ポリ製 250ml)	90	塩化バリウム (25g)	120		
	ロート (内径 4cm)	120	硫酸カリウム (25g)	120		
	ロート台 (2コ掛)	300	硝酸ウラニル (25g)	1,330		
	口紙 (9cm) 100枚	230	金属鉄 (50g)	5,500		
	純水製造装置 (イオン交換 25l/hr)	50,000	一般試薬			
	〃 (卓上用 5l/hr)	16,000	酸 アルカリ 塩素などがあるが省略する (特 級) 500g で300円前後である			
	〃 (野外用)	6,000				
	白金ルツボ (30g)	66,000				
白金皿 (35g)	77,000					
白金ルツボハサミ	5,000					

表に示す。なお元素の標準溶液については次項5を参照して頂きたい。

5. 元素標準溶液の調製法 (比色分析用)

地化学探査に際して指示元素として利用される元素を比色分析で定量するときに必要な標準溶液の調製法について述べる。なお調製に際しては化学天秤 メスフラスコ 純水を使用する。

- ・銅…硫酸銅($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 0.200gをはかりとり 0.1Mの塩酸 500 ml に溶解する 本溶液 1 ml = 100 μg Cu
- ・鉛…硝酸鉛($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$)を110°Cで1時間乾燥後 0.160gをはかりとり 濃硝酸 1 ml を含む 100 ml の水に溶解する 本溶液 1 ml = 1000 μg Pb
- ・亜鉛…金属亜鉛(Zn)0.100gをはかりとり 10 ml の濃塩酸に溶解したのち水で 100 ml とする 本溶液 1 ml = 1000 μg Zn
- ・銀…硝酸銀(AgNO_3) 0.1659gをはかりとり 100 ml の水に溶解する 本溶液 1 ml = 1000 μg Ag
- ・水銀…塩化第2水銀(HgCl_2) 0.1354gをはかりとり 100 ml の水に溶解する 本溶液 1 ml = 1000 μg Hg
- ・コバルト…塩化コバルト($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.040gをはかりとり 1 ml の濃塩酸を含む 100 ml の水に溶解する 本溶液 1 ml = 100 μg Co
- ・ウラン…硝酸ウラニル6水塩 9gを少量の水に溶解し 硝酸 5 ml を加えて加熱し 硫酸の白煙をたてたのち水で 500 ml とする 本溶液 1 ml = 約 1000 μg U_3O_8 濃度は硫酸第2セリウム滴定法で決定する
- ・ニッケル…塩化ニッケル($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 0.200gをはかりとり 0.1Mの塩酸 500 ml に溶解する 本溶液 1 ml = 100 μg Ni
- ・アンチモン…酒石酸アンチモンカリウム($\text{KSbO} \cdot \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$) 0.274gをはかりとり 6Mの塩酸 100 ml に溶解する 本溶液 1 ml = 1000 μg Sb
- ・ビスマス…金属ビスマス(Bi)0.100gをはかりとり 硝酸 10 ml に溶解し水で 100 ml とする 本溶液 1 ml = 1000 μg Bi
- ・鉄…電解鉄(Fe)0.010gをはかりとり 4Mの硝酸 10 ml に溶解し水で 100 ml とする 本溶液 1 ml = 100 μg Fe
- ・カドミウム…金属カドミウム(Cd)0.100gをはかりとり 塩酸 10 ml に溶解し水で 100 ml とする 本溶液 1 ml = 1000 μg Cd
- ・ゲルマニウム…酸化ゲルマニウム(GeO_2) 0.144gをはかりとり 0.1M NaOH 20~25 ml に溶解し水で 100 ml とする 本溶液 1 ml = 1000 μg Ge
- ・クロム…重クロム酸カリウム($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0.283gをはかりとり 100 ml の水に溶解する 本溶液 1 ml = 1000 μg Cr
- ・トリウム…硝酸トリウム($\text{Th}(\text{NO}_3)_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 1gを水に溶解し 硝酸 5 ml を加えたのち水で 500 ml とする 本溶液 1 ml = 約 1000 μg ThO_2 正確には容量法または重量法で標定する
- ・バリウム…塩化バリウム($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0.178gをはかりとり 100 ml の水に溶解する 本溶液 1 ml = 1000 μg Ba
- ・硫酸根…硫酸カリウム(K_2SO_4) 0.181gをはかりとり 100 ml の水に溶解する 本溶液 1 ml = 1000 μg SO_4

6. 地化学探査に必要な機器 器具 試薬類の価格一覧表

地化学探査を行なう場合 探査に要する経費は試料の分析方法によって左右される。すなわち一般によく使われている比色分析を主体に行なうならば 50万円前後でできるが 発光分光分析とか 蛍光X線分析等のいわゆる機器分析を導入すると 500万円前後の費用が必要となる。したがって探査経費にみあった方法を選定する必要がある。価格一覧を第6表に示す。なお価格は変動があるので 一応の目やすとしてお考えいただきたい。(筆者は技術部化学課)

文 献

地 化 学 探 査 関 係

島 誠：地球化学探査法

浅野五郎編：鉱山地質ハンドブック

資源新報社編：鉱業機械総覧

H.E. Hawkes, J.S. Webb: Geochemistry in mineral exploration

I.I. Ginzburg: Principles of geochemical prospecting

H.E. Hawkes: Principles of geochemical prospecting (geological survey Bulletin 1000-F)

分 析 関 係

高津寿雄：有機分析試剤

武藤義一：比色分析法

日本分析化学会編：有機試薬による分離分析法 上・下

日本化学会編：化学便覧(新版)

テラヘイ 神原富民訳：機器分析

日本分析化学会訳編：化学分析 機器の活用・IV

応用物理学会編：分光分析

機器分析ハンドブック編集委員会編：機器分析ハンドブック

日本分析化学会近畿支部編：機器分析実験法(上・下) 第4改稿

関根節郎：ウランの蛍光光度計(分析機器 Vol. 2 No. 5)

安藤厚：岩石 鉱物 土壌試料研究における発光分析の応用(分析機器 Vol. 2 No. 4)

貴志晴雄：蛍光X線分析法(定性編)(地質調査所化学課資料 031)

関根節郎・望月常一・阿部智彦：岩石中のウラン分析法(地質調査所化学課資料 151 (3))

加藤甲王：鉱石中の水銀分析法(地質調査所化学課資料 105)

E.B. Sandell: Colorimetric determination of trace of metals

H.W. Lakin, Hy Almond, F.N. Ward: Compilation of field methods used in geochemical prospecting by the U.S.G.S (geological survey circular 161)

Ward, Lakin, Canney Others: Analytical methods used in geochemical exploration by the U.S. G.S (geological survey Bulletin 1152)

G.R. Harrison: M.I.T Wavelength tables

L.H. Ahrens, S.R. Taylor: Spectrochemical Analysis