

岩石の化学分析

地球の表層部を形成している地殻は そのほとんど全部が珪酸塩鉱物の集合体からなる岩石（火成岩 水成岩 変成岩）でできている。

岩石の化学分析による研究は 地殻の組成を知る上には 必要欠くべからざるもので 岩石学や地球化学の研究分野に基礎的知識を 提供するものである。

岩石の化学分析で定量される成分

一般に岩石を構成する主成分元素は 酸素(O) 珪素(Si) アルミニウム(Al) 鉄(Fe) カルシウム(Ca) マグネシウム(Mg) カリウム(K) ナトリウム(Na) の8元素で これらは多くの場合 酸化物の状態で岩石中に存在している。それゆえ岩石の化学分析で普通に分析される成分は 上記主成分のほか岩石中には必ず微量に存在する 2~3 の成分を加えた珪酸(SiO_2) 酸化チタン(TiO_2) アルミナ(Al_2O_3) 酸化第二鉄(Fe_2O_3) 酸化第一鉄(FeO) 一酸化マンガン(MnO) マグネシア(MgO) ライム(CaO) 酸化ナトリウム(Na_2O) 酸化カリウム(K_2O) 化合水($\text{H}_2\text{O}+$) 湿分($\text{H}_2\text{O}-$) 磷酸(P_2O_5) の13成分である。

さらにその他に定量される微量成分としては 岩石の種類により 又必要に応じて つぎの成分が分析されて

いる。酸化リチウム(Li_2O) 酸化ベリリウム(BeO) 酸化バリウム(BaO) 酸化ストロンチウム(SrO) 酸化硼素(B_2O_3) 稀土類[(Ce, Y) $_2\text{O}_3$] 酸化ジルコニウム(ZrO_2) 酸化バナジウム(V_2O_5) 酸化クロム(Cr_2O_3) 酸化銅(CuO) 酸化鉛(PbO) 酸化亜鉛(ZnO) 酸化ニッケル(NiO) 酸化コバルト(CoO) 硫黄(S) 塩素(Cl) 弗素(F) 硫酸(SO_3) 炭酸(CO_2) ゲルマニウム(Ge) ウラン(U) トリウム(Th) ラジウム(Ra)。

なお超微量成分まで考えると限りがなく ちょうど海水中にすべての元素が存在すると同様に 岩石中にもほとんどすべての元素が存在すると考えられている。

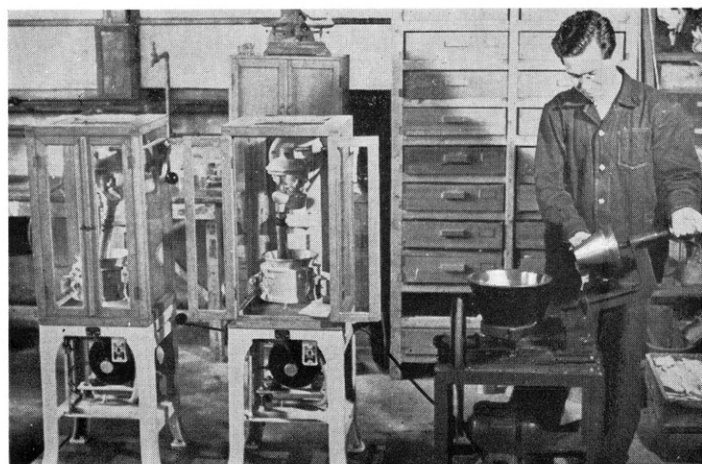
化学分析の方法の変遷

化学分析法は近年になつて急速な進歩を遂げ 各種の改良法 あるいは 新しい試薬の発見などによる迅速法 機器を用いる方法 微量分析法などが 次ぎから次ぎへと発表されている。これらを岩石分析法に応用することについても いろいろの研究がなされているが ここでは 現在一般に行われている分析方法の概略を述べることにする。

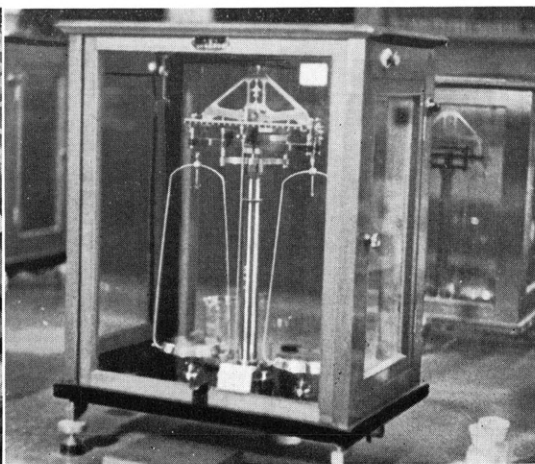
分析試料の調製法

岩石鉱物などの化学分析を行うには その物質を溶解しやすくするために 試料を粉碎して細粉にする。

岩石の場合は とくに粉碎する道具から不純物の混入(例えば鉄製乳鉢からの鉄粉など)を極力さげなければ



試料の調製



化学天秤

ならぬので 普通は鋼鉄製金床 つぎに鋼乳鉢を用い
きわめて注意して取扱い 相当細かくしてから瑪瑙乳鉢
ですつて細粉に調製する。この操作は大切な技術であつ
て 適切に行われなければ 試料採取の苦心も 化学分
析の意義も失われることになる。

湿分 (H₂O-) の定量法

これは試料の粉末が大気中で吸収した水 または岩石
中の微細な空隙の間に存在していた水なども含まれるも
ので 通例試料を空気浴中で 105°~110°C に加熱し
た際に失われた水分を吸湿水とみなし 天秤で秤つた前
後の重量差から求められる。

化合水 (H₂O+) の定量法

試料を強く熱して全水分を秤り これから湿分を差引
いて求める。全水分の測定法は装置を用いる方法もある
が 通例は硬質硝子管を用い その底球に試料を入れ中
球を湿布にて包み 底球を強熱して全水分を中球に凝
集させ 底球を融切し去り 冷後天秤で秤つて全水分を
求める。

酸化第一鉄 (FeO) の定量法

試料を白金ルツボにとり 硫酸と弗化水素酸で加熱し
て迅速に分解する。これを予め硫酸と硼酸溶液を入れた
ビーカー中に静かに入れて 直ちに過マンガン酸カリウ
ム標準液をビューレットから少しずつ反応が終るまで加
える。すなわち Fe²⁺ が全部 Fe³⁺ に酸化されると
一滴の過剰でピンク色に着色するので終点がわかる。

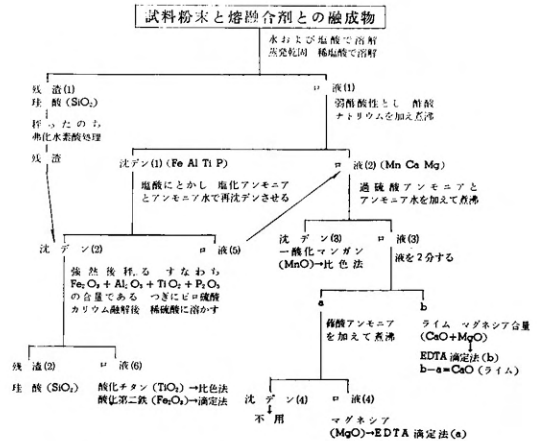
このとき使用された過マンガン酸カリウム溶液の量か
ら計算で FeO が求められる。

珪酸 (SiO₂) 酸化チタン (TiO₂) アル
ミナ (Al₂O₃) 酸化第二鉄 (Fe₂O₃) 一酸
化マンガン (MnO) マグネシア (MgO)
ライム (CaO) の定量法

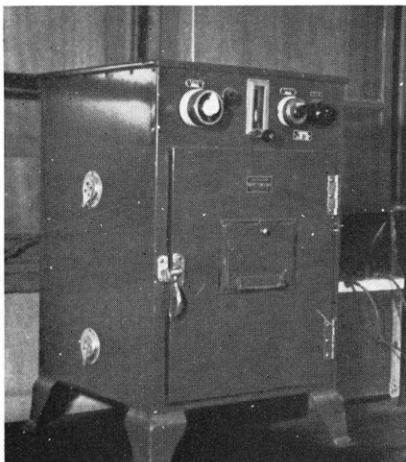
これらの7成分は1個の試料から逐次分離させながら
分析することができる。

岩石は鉱石と違って 強酸類にほとんど溶けないか
ら 珪酸を含む成分の分析では 最初に白金ルツボを用
い 熔融合剤 (炭酸カリウム1+炭酸ナトリウム1) で
融解を行つてから溶かさねばならない。

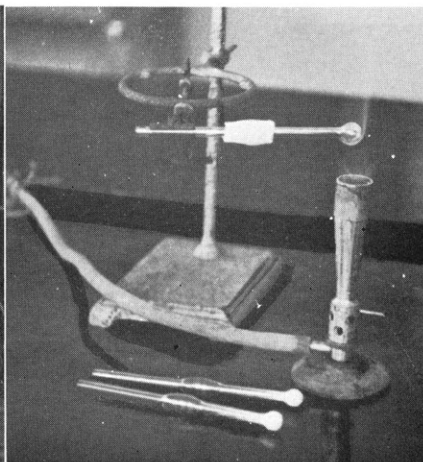
その概略を次表に示そう



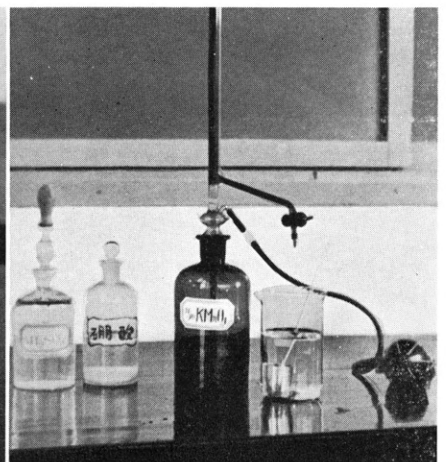
表中の 珪酸 の定量は 残渣 (1) (2) を白金ル
ツボに入れて強熱したのち秤り つぎに弗化水素



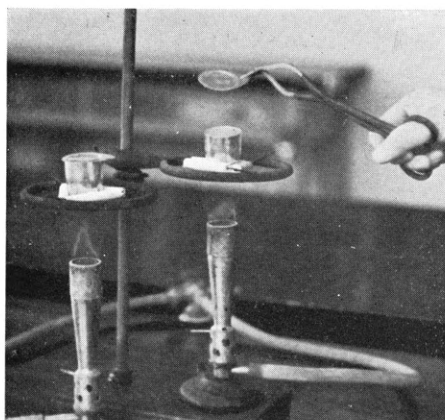
空 気 浴 (湿分定量用)



全 水 分 定 量 (硬質ガラス管による簡易法)



過マンガン酸カリウム標準液による滴定(酸化第一鉄)



試料を熔融合剤で融解

酸とわず
かの硫酸
で珪酸を
揮散させ
たのち再
び秤つて
前後の差
から珪酸
を求める。

酸化チタンの定量は 口液(6)に過酸化水
素水を加え 過チタン酸の橙色を発色させ 比色
法(標準チタン溶液の色と比較する)で求める。

酸化第二鉄の定量は 酸化チタン定量後の
溶液を煮沸して過酸化水素を追い出したのち 塩
化第一錫で鉄塩を還元し 反応以上に使われた塩
化第一錫を昇汞溶液によって酸化し つぎに硫酸
マンガン溶液を加えて 過マンガン酸カリウム標
準溶液で滴定して全鉄を定量する。全鉄量から前
項定量の酸化第一鉄を差引いて酸化第二鉄とする。

アルミナの定量は 直接定量することもある
が通例は 沈デン(2)の含量から酸化チタン 全
鉄 および磷酸(後述)を差引いた残分をアルミ
ナとする。

一酸化マンガンの定量は 沈デン(3)を硫

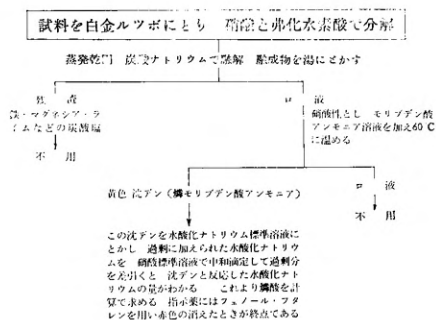
酸に溶かし 過沃素酸カリウムを加えて特有のピ
ンク色を発色させ 比色法で求める。

マグネシアの定量は 口液(4)に適量のアン
モニア水と青化カリウム溶液を加え 指示薬とし
て EBT (エリオクロムブラック T)を用い EDTA
(エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム)溶液に
よる滴定で求める。この滴定は最初マグネシアあ
るいはライムの存在で赤色を呈し 反応完結に近
づくとき徐々に紫色になり 完全に反応が終わると青
色に変わる いわゆるキレート試薬を用いた迅速
法である。

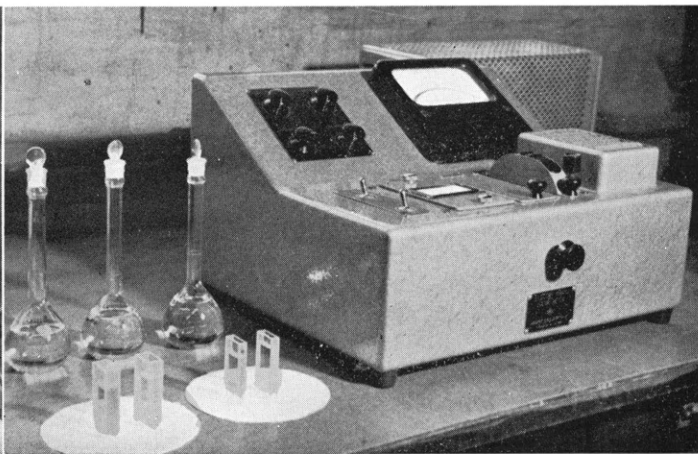
ライムの定量は 口液(3)のbから EDTA 滴定
法(色の变化上記と同じ)にてマグネシア ライ
ムの含量を求め 上記マグネシア量を差引きライ
ムとする。

磷酸の(P_2O_5)定量法

磷酸の定量法には各種があるが 下表は非化水素酸を
使つて珪酸を揮散させる方法を示す。



口過操作 (珪酸の口過)

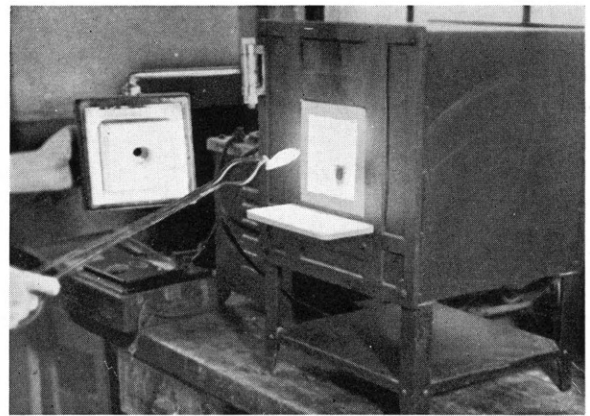


光電比色計(酸化チタン・一酸化マン ガンなどの比色定量用)

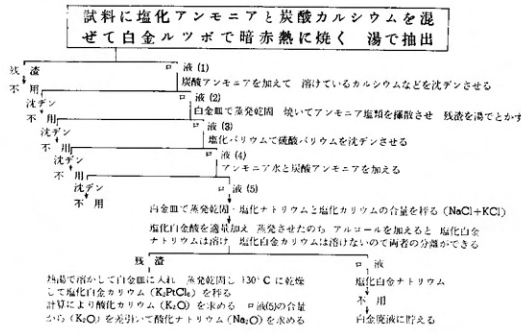
酸化ナトリウム (Na₂O) 酸化カリウム (K₂O) の定量法

アルカリの定量法にも種々の方法があつて 最近は大光分光光度計という機器で測定すれば 非常に迅速な定量ができるようになった。

ここでは従来最も多く用いられているローレンス・スマイス法を表で示す。その原理は 試料に塩化アンモニアと炭酸カルシウムを混ぜて 暗赤熱に焼くと アルカリだけが水に溶けやすい状態に分解されることである。



白金皿による液の蒸発 (酸化ナトリウム・酸化カリウムの定量)



定量成分の%の合計

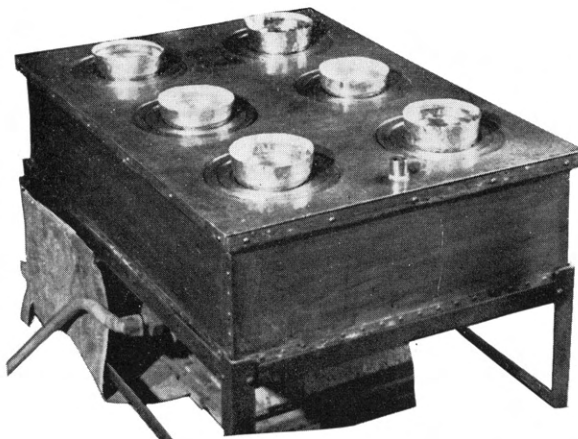
上記 13 成分の定量された%の合計は 普通 99.50~100.50%以内に納まるべきで この範囲外になつた場合は 予想外の成分が存在するか 分析に何か間違ひのあつた場合などが考えられる。それゆへ岩石を対象とする分析化学の技術は 特に高度の熟練を要するばかりでなく 研究的な操作と臨機応変の措置が必然的に伴うものである。

分析結果例

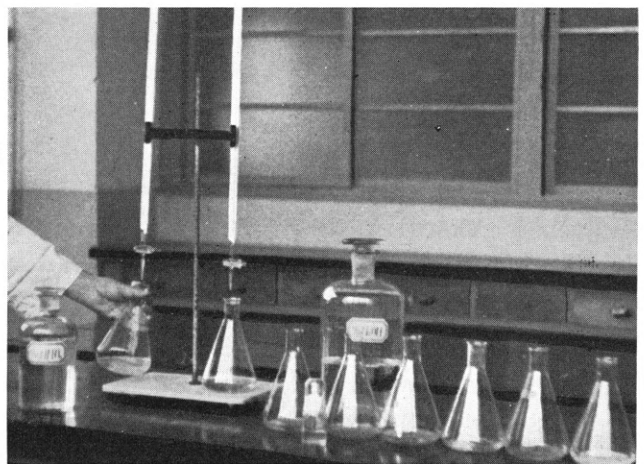
地質調査所で分析した結果の 1 例を 右表に示してみよう。

成分	A 花崗岩	B 輝緑岩	C 花崗岩	D 輝緑岩	E 安山岩	F 玄武岩	G 熔岩	H 頁岩	I 泥岩
Si O ₂	72.21	52.22	67.98	46.74	59.84	51.60	60.12	63.22	67.54
Ti O ₂	0.27	1.15	0.44	0.74	0.52	1.15	0.69	0.70	0.68
Al ₂ O ₃	14.74	15.24	15.55	20.75	18.81	16.50	16.84	18.28	15.23
Fe ₂ O ₃	0.62	1.22	1.34	1.91	6.59	6.29	2.60	1.86	0.84
Fe O	1.12	8.85	2.12	9.89	0.52	6.79	4.25	3.29	3.42
Mn O	0.03	0.16	0.07	1.73	0.14	0.17	0.12	0.09	0.02
Mg O	0.51	6.58	1.75	5.76	2.66	4.58	3.52	2.56	1.76
Ca O	1.26	11.03	3.45	2.25	7.39	10.64	7.19	0.15	0.63
Na ₂ O	3.26	1.96	3.05	3.74	2.69	1.73	2.74	2.26	1.59
K ₂ O	5.31	0.60	2.94	0.51	0.43	0.34	1.36	3.25	2.29
P ₂ O ₅	0.07	0.13	0.14	0.10	0.14	0.12	0.09	0.13	—
H ₂ O+	0.37	0.78	0.78	5.64	0.04	0.04	0.33	3.36	4.02
H ₂ O-	0.06	0.10	0.10	0.16	0.16	0.06	0.06	0.62	1.44
Cr ₂ O ₃	—	—	—	0.05	—	—	0.01	—	—
S	—	—	—	—	0.01	—	0.04	—	0.18
合計	99.83	99.97	99.71	99.97	99.94	100.01	99.96	99.77	99.64

- (注)
- A 花崗岩 アメリカ地質調査所の提供による 各国大学 研究所などで分析した資料 (1951)
 - B 輝緑岩 同上
 - C 花崗岩 岐阜県吉城郡黒部鉱山
 - D 輝緑岩 高知県安芸郡井ノ口村安芸鉱山
 - E 安山岩 群馬県群馬郡名山神社付近
 - F 玄武岩 東京都三原山 (1952年12月熔岩)
 - G 熔岩 沖縄味長郡島向江浜海岸新巻岩
 - H 頁岩 新潟県入田瀬村入田瀬鉱山
 - I 泥岩 長野県東筑摩郡本郷村浅間温泉



電気炉 (組成のきまつた酸化物にするため 珪酸鉄・アルミナなど 洗デソの強熱に使う)



磷酸の滴定 左のビュレットは硝酸の標準液 右のビュレットは水酸化ナトリウムの標準液