

原子吸光分析による地質試料中のクロムの定量法の改善

山重 隆* 寺島 滋**

YAMASHIGE, T. and TERASHIMA, S. (1986) An improved method for the determination of chromium in geological materials by atomic absorption spectrometry. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 37 (7), p. 373-380.

Abstract : A rapid and precise method for the determination of chromium in geological materials by atomic absorption spectrometry using an air-acetylene flame is presented.

The sample (0.1-0.2 g, containing more than 50 ppm of chromium) was fused with 1 g of sodium carbonate and 0.3 g of boric acid at about 1000°C for 1-20 min. After cooling, the fusion product was dissolved by heating with 10 ml of 6 M hydrochloric acid, then transferred to a 100 ml volumetric flask. Chromium in the sample solution was determined with a fuel-rich air-acetylene flame by an addition of 4000 ppm of lanthanum as an interference suppressor. If the sample contains less than 50 ppm of chromium, the sample (0.3-1.0 g) was digested with 0.5 ml of 9 M sulfuric acid and 5 ml of hydrofluoric acid, then evaporated to dryness. The sample was fused with sodium carbonate and boric acid, and the chromium was determined by the same procedure as described above.

The limit of detection was 1 ppm for 1 g of a given sample. The method recommended here was successfully applied to the analysis of a variety of geological reference samples from the National Bureau of Standards, the National Institute for Metallurgy, South Africa, the Canadian Certified Reference Materials Project, and the Geological Survey of Japan.

1. 緒 言

原子吸光法によるクロムの分析感度は比較的高く、一般岩石中のクロムは特別な濃縮操作を行うことなく定量可能である。しかしながら、岩石標準試料 JG-1 及び JB-1 についてこれまでに報告された値は必ずしも良好な一致を示していない(ANDO *et al.*, 1974; 安藤, 私信)。これは岩石中のクロムが、主としてクロム鉄鉱(クロマイト, FeCr_2O_4)やピコタイト [(Mg, Fe) (Al, Fe, Cr) $_2\text{O}_4$] 等の酸によって分解しにくい鉱物として含有されること及びクロムの原子吸光分析においては多くの成分が負又は正の誤差を与えることが原因と思われる。

鎌田ら(1984)は、石炭灰中のクロムの定量でふっ化水素酸、硝酸、過塩素酸を使用し、PRUSZKOWSKA and BARRETT (1984)は堆積物や土じょう試料をふっ化水素酸と過塩素酸で処理しているが、これらの方法で超塩基性岩等に含有される含クロム鉱物の全量を分解させるこ

とは困難な場合が多い。寺島(1971)による炭酸アルカリ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3$)を用いる方法や、中西ほか(1980)の過酸化ナトリウムによる融解法は上記の酸分解法よりも多くの試料に適用できるが、融成物の溶解時にけい酸の沈殿が析出する欠点がある。メタホウ酸リチウム(SALLES and CURTIUS, 1983)や四ホウ酸リチウム(BETTINELLI, 1983)による融解も行われているが、これらの方法は融成物の溶解に長時間を要し、操作も煩雑である。

本実験では、融解、溶解時間が短かく、かつけい酸の沈殿が生成しない炭酸ナトリウムとホウ酸による融解を検討し、他成分の干渉抑制についてはこれまで適用例の知られていないランタンを添加する方法を研究し、良好な結果を得た。

本研究を行うに当たり、地質調査所安藤厚化学課長からは貴重な岩石標準試料と未公表資料を提供していただいた。厚く御礼申し上げる。

* 広島県環境センター

** 技術部

2. 試薬及び装置と測定条件

2.1 試薬

クロム標準溶液：原子吸光用クロム標準原液(1000 $\mu\text{g/ml}$, 和光純薬工業製)を必要に応じて約0.1 Mの塩酸で希釈して使用した。

ランタン溶液(40 mg/ml)：酸化ランタン(99.99%) 46.9 gを6M塩酸200 mlで溶解後、水で1000 mlに希釈した。

炭酸ナトリウム, ホウ酸, その他の試薬は市販特級品をそのまま使用した。

2.2 装置と測定条件

装置：日本ジャーレル・アッシュ社製のAA-781型原子吸光光度計, 空気-アセチレンフレーム用10 cm スロットパーナーあるいは亜酸化窒素-アセチレンフレーム用5 cm スロットパーナーを使用した。光源は浜松ホトニクス社製のクロム中空陰極ランプである。

測定条件：分析波長は357.9 nm, ランプ電流値は15 mA, 空気-アセチレンフレームの空気流量は12 l/min, アセチレン流量は3.5 l/minであり, パーナー上の光束高さは10 mmとした。亜酸化窒素-アセチレンフレームを使用する際の亜酸化窒素流量は6 l/min, アセチレン流量は4.4 l/minであり, パーナー上の光束高さは8 mmとした。

3. 実験及び結果と考察

3.1 フレームの選定

原子吸光法によるクロムの測定では, 空気-アセチレンフレームと亜酸化窒素-アセチレンフレームの使用が可能であり, 分析感度は前者が高く, 他成分の干渉は後者の方が少ないとされている(鎌田ほか, 1984)。2.2で述べた測定条件であるやや多燃料の空気-アセチレンフレームで測定する場合の感度(1%吸収)は0.048 $\mu\text{g/ml}$ であり, 亜酸化窒素-アセチレンフレームでは0.095 $\mu\text{g/ml}$ で, 前者の方が約2倍の高感度を示した。他成分の干渉に関しては, ランタンを添加して測定する場合にはいずれのフレームを使用しても有意差は認められなかった。また, 亜酸化窒素-アセチレンフレームによる測定では, 長時間使用するとパーナーヘッドにカーボンが付着し, 感度が低下した。このため特にことわらない実験はすべて空気-アセチレンフレームで行うことにした。

3.2 共存成分の影響と干渉の抑制

クロムの定量においては多くの成分が正又は負の干渉を示すことが知られており, これらの干渉をさけるため塩化アンモニウム(BARNES, 1966; 鎌田ほか, 1982),

硫酸ナトリウム(HURLBUT and CHRISWELL, 1971, 鎌田ほか, 1984), ピロ硫酸カリウム(JIS M8204), シアン化カリウム, ホウ酸, スルホサリチル酸(ABDALLAH *et al.*, 1984)などを添加する方法や標準添加法(中西ら, 1980)が行われている。一方, 原子吸光法において同一試料溶液からマグネシウム, カルシウム, ストロニウムを定量する場合の干渉抑制試薬としてはランタンの添加が最も一般的である。ランタンの添加によりクロムの定量が可能となれば, 上記成分を定量するための溶液がそのまま使用できる利点がある。

本研究ではランタンによる干渉の抑制を検討することにし, クロム0.5 ppm, 塩酸0.5 Mの溶液にアルミニウム, ヒ素, バリウム等23元素の一定量を個別に添加した溶液及びこれらのいずれにもランタン4000 ppmを添加した溶液を作り, 測定した。その結果, ランタンの添加により鉛を除く各種の元素はクロム量の400倍に当たる200 ppmが共存しても $\pm 1\%$ 以内の誤差で事実上全く干渉しないことがわかった(第1表)。また比較のために干渉抑制試薬として塩化アンモニウム, 塩化アルミニウム, ピロ硫酸カリウム, 塩化ナトリウムを添加した場合についても検討したが, いずれもランタン添加の効果に比べて劣ることが判明した(第1表)。

試料の前処理に炭酸ナトリウムを使用すると多量のナトリウムが試料溶液中に存在する。多量のナトリウムが存在する条件でのランタンの最適添加量を求める目的でクロム0.5 ppm, ナトリウム5000 ppm, 塩酸0.5 Mの溶液と, これに鉄200 ppm, チタン200 ppm, けい素400 ppmを個別に添加した溶液を作り, さらにこれら溶液中のランタン量が100~10000 ppmとなるようにして測定した。その結果, ランタン1000 ppmの添加によりいずれの元素の干渉も完全に抑制できた(第1図)。実試料の分析では安全を見て4000 ppmのランタンを添加することにした。ナトリウム5000 ppm, ランタン4000 ppmが共存する場合の他成分の影響についても検討したが, 鉛は100 ppm, けい素, 鉄は400 ppm, その他の元素は200 ppmが共存しても $\pm 1\%$ 以内の誤差で測定できた(第1表)。なお, 共存成分の影響に関する実験はCr(VI)について行ったが, Cr(III)を用いた場合もほぼ同様な結果であった。

3.3 バックグラウンド吸収

ランタンの添加量が2000 ppmを越えるとなぜかではあるがバックグラウンド吸収が観測された。第1図の実験におけるランタンのバックグラウンド吸収はネオン357.5 nmを用いて測定し, 補正したが実試料の分析では試料溶液と標準溶液の両者に等量のランタンが添加さ

第1表 共存成分の影響と干渉の抑制

Interference of various elements on the determination of 0.5 ppm chromium and the effect of different releasing agent.

Element	Amount (ppm)	Chromium found (ppm)						
		No releasing agent	La 4000 ppm	NH ₄ Cl 2000 ppm	Al 1000 ppm	K ₂ S ₂ O ₇ 10000 ppm	Na 5000 ppm	Na 5000 ppm La 4000 ppm
Al(III)	200	0.432	0.500	0.485	0.500	0.491	0.472	0.495
As(III)	200	0.307	0.503	0.545	0.479	0.508	0.500	0.500
Ba(II)	200	0.500	0.503	0.510	0.495	0.491	0.505	0.500
Ca(II)	200	0.471	0.500	0.510	0.495	0.500	0.485	0.500
Cd(II)	200	0.505	0.500	0.500	0.448	0.491	0.500	0.505
Co(II)	200	0.231	0.500	0.409	0.475	0.482	0.271	0.495
Cu(II)	200	0.500	0.505	0.505	0.465	0.508	0.505	0.505
Fe(III)	400	0.192	0.500	0.509	0.336	0.535	0.314	0.500
Hg(II)	200	0.500	0.500	0.495	0.479	0.508	0.503	0.500
K(I)	200	0.538	0.503	0.495	0.548	0.500	0.508	0.500
Li(I)	200	0.528	0.503	0.525	0.479	0.500	0.495	0.495
Mg(II)	200	0.298	0.500	0.473	0.530	0.464	0.428	0.500
Mn(II)	200	0.500	0.505	0.520	0.430	0.485	0.500	0.505
Mo(VI)	200	0.500	0.500	0.495	0.510	0.480	0.500	0.500
Na(I)	200	0.528	0.505	0.530	0.530	0.491	0.502	0.500
Ni(II)	200	0.221	0.500	0.482	0.490	0.410	0.242	0.500
Pb(II)	200	0.500	0.423	0.520	0.336	0.473	0.505	0.457
Pb(II)	100	0.503	0.495	0.510	0.485	0.495	0.500	0.495
Sb(III)	200	0.505	0.505	0.490	0.430	0.473	0.505	0.505
Se(IV)	200	0.505	0.505	0.500	0.475	0.500	0.500	0.500
Si(IV)	400	—	—	0.495	0.510	0.500	0.488	0.503
Sn(II)	200	0.490	0.495	0.466	0.410	0.454	0.495	0.495
Ti(IV)	200	0.231	0.500	0.241	0.336	0.491	0.271	0.505
V(V)	200	0.327	0.500	0.416	0.439	0.481	0.400	0.495
Zn(II)	200	0.394	0.500	0.500	0.408	0.491	0.505	0.500

れるため問題はない。その他の元素のうちでは鉄によるバックグラウンド吸収が大きく、試料中の鉄含有量が Fe₂O₃ として 20% を越える試料中の 10 ppm 程度以下の微量クロムを定量する場合はバックグラウンド吸収の補正が必要と思われる。

3.4 試料の前処理方法

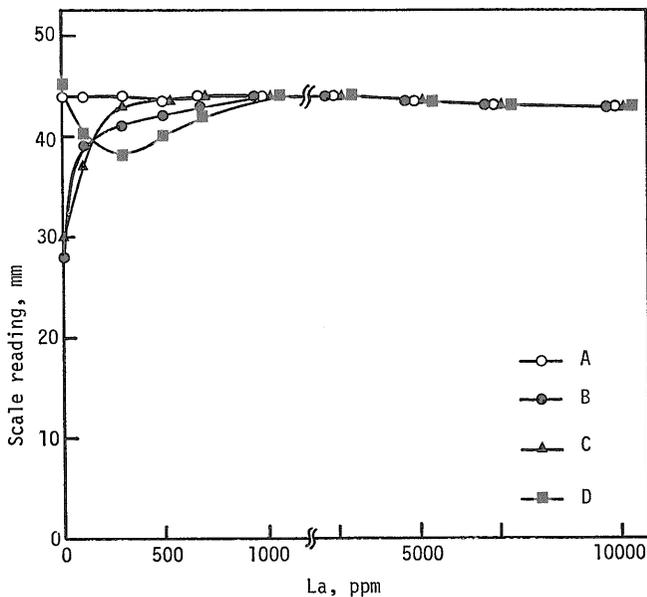
3.4.1 過塩素酸, 硝酸, ふっ化水素酸分解

鎌田ほか(1984)は石炭灰中のクロムの定量で過塩素酸, 硝酸, ふっ化水素酸による前処理を検討し, PRUSZKOWSKA and BARRETT(1984)は堆積物や土じょうを過塩素酸とふっ化水素酸で分解している。そこで, 6種の岩石と各1種の土じょう, ボーキサイト, 河川堆積物標

準試料を対象として下記の酸分解法を検討した。

試料 0.2 g を白金ざら(90 ml)にはかり採り, 過塩素酸 2 ml, 硝酸 3 ml, ふっ化水素酸 5 ml を加え, 約 20 分間静置した。約 250°C の砂浴上に移して加熱し, 蒸発乾固した。塩酸(1+1) 5 ml を加えて加熱溶解し, メスフラスコ(50 ml)に移し入れ, ランタン溶液 5 ml を加え, 以下 4.1 の方法でクロムを定量し, 結果を保証値又はアルカリ融解法によって得られた値と比較して第 2 表に示した。

第 2 表からわかるように, JG-1a(花崗閃緑岩), JB-3(玄武岩), SO-4(土じょう), NBS-69a(ボーキサイト), NBS-1645(河川堆積物)についての分析値は保証値等に



第1図 鉄, チタン, けい素の干渉とランタンによる干渉の抑制

Interferences of iron, titanium and silicon for chromium absorbance and their elimination by the addition of lanthanum.

A : Cr 0.5 ppm + Na 5000 ppm

B : Cr 0.5 ppm + Na 5000 ppm + Fe 200 ppm

C : Cr 0.5 ppm + Na 5000 ppm + Ti 200 ppm

D : Cr 0.5 ppm + Na 5000 ppm + Si 400 ppm

第2表 過塩素酸, 硝酸, ふっ化水素酸分解による分析結果

Application of decomposition with perchloric, nitric and hydrofluoric acids to the determination of chromium (ppm) in selected reference samples.

Sample	Certificated or proposed value*	1.	2.	Av.	% deviation from certificated or proposed value
JG-1 Granodiorite	64.6	33.3	35.0	34.2	-47
JG-1a Granodiorite	18.6	19.1	18.5	18.8	+1
JB-1 Basalt	469	268	262	265	-43
JB-3 Basalt	60.4	59.8	60.6	60.2	0
JP-1 Peridotite	2970	960	890	925	-69
NIM-P Pyroxenite	24000	7030	6600	6815	-72
SO-4 Soil	62	58.7	57.3	58.0	-6
NBS-69b Bauxite	75	72.0	70.7	71.4	-5
NBS-1645 River sediment	29600	29000	27800	28400	-4

* Data were taken from Table 3.

比較して最大 -6% の誤差でほぼ良好な一致と言える。しかし JG-1(花崗閃緑岩), JB-1(玄武岩), JP-1(かんらん岩), NIM-P(パイロキシナイト)については -43% 以上の誤差を示した。この原因は、分解及び溶解操作を

行った後の溶液中に極く少量の黒色物質が認められることから試料の分解不完全が主な原因と思われる。鎌田ら(1984)が行っているように、さらに多量の酸を使用し、分解容器にふたをして長時間反応させれば未分解試料は

減少すると思われるが、所要時間が長くなるため融解法を用いることにした。

3.4.2 炭酸ナトリウムとホウ酸による融解法

クロム鉄鉱等の難溶性鉱物の融剤としては過酸化ナトリウムが適しており、クロム鉱石 (JIS M 8262) や岩石試料 (中西ほか, 1980) の前処理に用いられている。しかし、この方法では融成物の溶液化の際に多量のけい酸が沈殿するため、これを分離する操作を必要とする。メタホウ酸リチウム (SALLES and CURTIUS, 1983) や四ホウ酸リチウム (BETTINELLI, 1983) で融解するとけい酸は沈殿しないが、融成物が溶解しにくい欠点がある。本研究では、難溶性鉱物中のベリリウム (寺島, 1982) やスズ (TERASHIMA, 1985) の定量に用いられて良好な結果が得られている。炭酸ナトリウムとホウ酸による融解法を検討した。

炭酸ナトリウムとホウ酸の混合比について上記の報告では 10:1 又は 10:2 が用いられている。岩石中のクロム鉄鉱の融解では、これらよりホウ酸量を多くして酸化力を強めた方が融解しやすい傾向があった。しかし、ホウ酸量が多過ぎると融成物が溶解しにくくなったので、10:3 の混合比とし、4.1 の操作を定めた。1000°C での融解時間は、一般の岩石や堆積物では 1-3 分間で充分であり、最も融解しにくい超塩基性岩も約 20 分で融解できた。クロム含有量が低い試料の場合は、充分な分析感度を得るためには多量の試料を処理する必要がある。しかし、試料の採取量が 0.3 g 以上になると融成物の溶解に長時間を必要とし、また試料によっては融解不充分となるためあらかじめ硫酸とふっ化水素酸で処理した後に融解することにした。

なお、用いた試薬からのクロムの汚染は全操作を通じて最大 0.2 μg 程度であり、又器具類からの汚染は全く認められず、特に考慮を必要としなかった。

4. 定量方法と定量結果

4.1 定量方法

試料溶液の調製: クロム含有量 50 ppm 以上の試料は、150 メッシュ (105 μm) 以下の粉末 0.1~0.2 g を正しく白金るつぼ (30 ml) にはかり採り、炭酸ナトリウム 1 g とホウ酸 0.3 g を加えて混合する。バーナーを用いてはじめて低温で加熱した後、温度を上昇させ、一般試料は約 1000°C で 1-3 分間、多量のクロム鉄鉱を含む試料はるつぼにふたをして約 20 分間強熱する。放冷後、るつぼをふたでおおい 6M 塩酸 10 ml を加えて溶解する。約 5 分後に熱板 (約 200°C) 上に移し、5-10 分間加熱する (この操作によっても融成物の溶解が終了しない場合はさら

に加熱を続ける)。冷却した後メスフラスコ (100 ml) に移し入れ、ランタン溶液 (40 mg/ml) 10 ml を加え、水で定容とし、試料溶液とする。

クロム含有量が 50 ppm 以下の場合は、粉末試料 0.3~1.0 g を白金るつぼ (30 ml) に採り、硫酸 (1+1) 0.5 ml とふっ化水素酸 5 ml を加え、約 250°C の砂浴上で加熱分解し、蒸発濃縮した後約 360°C で蒸発乾固する。炭酸ナトリウム 1 g とホウ酸 0.3 g を加えて混合し、以下上記と同様に操作して試料溶液を調製する。

標準溶液系列: 炭酸ナトリウム 1 g とホウ酸 0.3 g を必要数のビーカー (100 ml) に採り、水約 10 ml を加えた後ガラス皿でおおって 6M 塩酸 10 ml を加えて溶解する。メスフラスコ (100 ml) に移し入れ、これにクロム 0~3000 μg を分取して加えた後、ランタン溶液 (40 mg/ml) 10 ml を加え水で定容とする。

定量操作: 空気-アセチレンフレームを使用し、2.2 で述べた測定条件により試料溶液及び標準溶液中のクロムの原子吸光を測定し、検量線より含有量を求める。

4.2 定量結果

米国 (NBS), 南アフリカ (NIM), カナダ (CCRMP), 日本 (GSJ) から発行されている 24 種の標準試料 (各種岩石, ポークサイト, 河川堆積物, 土じょう等) についてクロムを定量した結果を保証値又は文献値と比較して第 3 表に示した。NBS-SRM-688, NIM-D, NIM-P, MRG-1, SO-1, SO-4, JB-1, JB-1a, JP-1 については、亜酸化窒素-アセチレンフレームによる測定も行ったが、空気-アセチレンフレームの結果 (第 3 表) と比べて有意差はなかった。本法の値と保証値等は、全体としてほぼ良好な一致を示しており、特に NBS の試料についての結果は最大でも 2% 以下の誤差である。本法により、試料 1 g を処理した場合は 1 ppm 以上のクロムが定量可能である。

日本地質調査所の岩石標準試料 JB-1 について本法で得られた値は 469 ppm (467, 476, 465 ppm) であり、寺島 (1971) の結果 (433 \pm 12 ppm) よりやや高く、ばらつきが小さい。これは定量法を改良した結果と思われる。JB-1 中クロムについての安藤 (1984) の推せん値は 405 ppm であり、この値は本法の結果に比べて 10% 以上低い。第 2 図は、JB-1 中のクロムに関してこれまでに報告された全分析値 (安藤, 私信) を示したものである。最小値は 265 ppm, 最大値は 615 ppm でかなりのばらつきが認められる。分析方法別の結果においても原子吸光法 (394 \pm 64 ppm, n=12), ケイ光 X 線法 (414 \pm 40 ppm, n=6) に比べて放射化分析法 (452 \pm 76 ppm, n=5) はやや高く、発光分光分析法 (526 \pm 62 ppm, n=4) ではさら

第3表 各種標準試料中クロムの分析結果

Analytical results of chromium in twenty-four geological reference samples.

	Sample	Chromium found (ppm)	Certificated or reference value
NBS	SRM-69b	74.6 (74.9, 74.3)	75±13[1]
	SRM-688	328 (330, 326, 328)	332±9[1]
	SRM-1645	29500 (29800, 29200)	29600±2800[1]
NIM	NIM-D Dunite	2900 (2850, 2950)	2900[2]
	NIM-P Pyroxenite	24600 (24600, 24500)	24000[2]
CCRMP	MRG-1 Gabbro	483 (485, 480)	450[3]
	SO-1 Soil	172 (174, 170)	167[4]
	SO-2 Soil	13.4 (13.2, 13.6)	14[4]
	SO-3 Soil	27.4 (27.6, 27.1)	26[4]
	SO-4 Soil	65.1 (65.1, 65.1)	62[4]
GSJ	JA-1 Andesite	7.3 (6.94, 7.50, 7.30)	6[5]
	JA-2 Andesite	467 (467, 465, 470)	
	JB-1 Basalt	469 (467, 476, 465)	405[5]
	JB-1a Basalt	415 (410, 416, 420)	
	JB-2 Basalt	27.4 (27.1, 27.1, 27.9)	28[5]
	JB-3 Basalt	60.4 (60.3, 60.3, 60.7)	
	JF-1 Feldspar	5.3 (5.52, 5.26, 5.10)	
	JG-1 Granodiorite	64.6 (64.8, 63.7, 63.3, 66.7)	53[5]
	JG-1a Granodiorite	18.6 (18.6, 18.3, 18.8)	
	JG-2 Granite	7.6 (7.57, 7.57)	
	JGb-1 Gabbro	59.3 (60.0, 58.6, 59.3)	
	JP-1 Peridotite	2970 (2990, 2980, 2950)	
	JR-1 Rhyolite	2.3 (2.32, 2.29, 2.15)	2[5]
	JR-2 Rhyolite	2.6 (2.57, 2.64, 2.57)	

[1] Certificate value by NBS. [2] STEELE *et al.* (1978). [3] ABBEY (1980). [4] GLADNEY *et al.* (1985). [5] ANDO (1984).

に高い傾向がある。これらのことは、報告された分析値を単純に平均しても必ずしも正しい値とはならない事を暗示しているが、これに関しては今後の研究が必要である。

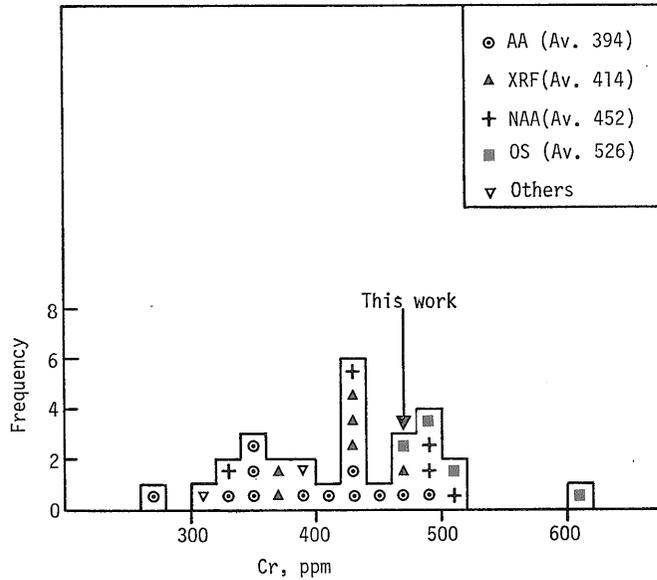
岩石標準試料 JB-1 と JB-1a は同一地点から採取した岩石から調製されたものであり、また JG-1 と JG-1a は同一岩体ではあるが、異なった位置から採取されたものである。これら二対の試料中の主成分及びいくつかの微量成分の分析値はすでに公表した(山重ほか, 1985)。

その結果によれば、JB-1 と JB-1a 中の各種成分の含有量は良く一致しており、最も差の大きいマンガンの場合でも約 4.5% であった。これに対して JB-1a 中のクロム量は JB-1 のそれに比べて 10% 以上低い。JG-1 中の

クロムについては分析値が大きくばらついたためのもう粉砕機を用いて 150 メッシュ程度以下になるよう再粉砕を行って分析し、平均値として 64.6 ppm を得た。JG-1a については再粉砕は必要としなかったが、クロム含有量は 18.6 ppm で JG-1 の 1/3 程度である。これらのことは、岩石中のクロムの分布は他成分よりも不均質であることを示すと思われる。

5. 結 言

原子吸光法による地質試料中クロムの定量法の改良について研究した。多燃料空気-アセチレンフレームを用いることにより、亜酸化窒素-アセチレンフレームに比べて約 2 倍の高感度が得られた。試料中の含クロム鉱物



第2図 岩石標準試料 JB-1 中クロムの分析値

Reported values of chromium in a reference rock sample JB-1 basalt.

AA : Atomic absorption spectrometry
 XRF : X-ray fluorescence spectrometry
 NAA : Neutron activation analysis
 OS : Optical emission spectrometry

を完全に分解させるためには炭酸ナトリウムとホウ酸による融解を行う必要があり、共存成分の干渉はランタンの添加により抑制できた。確立した方法により各種岩石、土じょう、堆積物標準試料中のクロムを定量し、良好な結果を得た。

文 献

ABBEY, S. (1980) Studies in "standard samples" for use in the general analysis of silicate rocks and minerals, part 6:1979 edition of "usable" values. *Geol. Surv. Canada Paper* 80-14, 30 p.
 ABDALLAH, A. M., EL-DEFRAWY, M. M. and MOSTAFA, M. A. (1984) Characterization and elimination of the interfering effects of foreign species in the atomic absorption spectrometry of chromium. *Anal. Chim. Acta*, vol. 165, p. 105-111.
 ANDO, A., KURASAWA, H., OHMORI, T. and TAKEDA, E. (1974) 1974 compilation of data on the GSJ geochemical reference samples JG-1 granodiorite and JB-1 basalt. *Geochem. J.*

vol. 8, p. 175-192.
 安藤 厚(1984) 岩石標準試料の作製, *ぶんせき*, vol. 1984, p. 597-602.
 BARNES, L. JR. (1966) Determination of Chromium in low alloy steels by atomic absorption spectrometry. *Anal. Chem.*, vol. 38, p. 1083-1085.
 BETTINELLI, M. (1983) Determination of trace metals in siliceous standard reference materials by electrothermal atomic absorption spectrometry after lithium tetraborate fusion. *Anal. Chim. Acta*, vol. 148, p. 193-201.
 GLADNEY, E. S., BURNS, C. E. and ROELANDTS, I. (1985) 1983 compilation of elemental concentration data for samples SO-1 to SO-4. *Geostandards Newsletter*, vol. 9, p. 35-68.
 HURLBUT, J. A. and CHRISWELL, C. D. (1971) Suppression of interferences by sodium sulfate in trace chromium analyses by atomic absorption spectrometry. *Anal. Chem.*, vol. 43, p. 465-466.

- JIS M 8204 (1971) 鉄鉱石の原子吸光分析方法. 日本規格協会, 24 p.
- JIS M 8262 (1982) クロム鉱石中の酸化クロム定量方法. 日本規格協会, 5 p.
- 鎌田栄二郎・中島良三・後藤一男・柴田正三(1982) 原子吸光分析法による石炭中の主要及び微量元素を含む12元素の定量. 分析化学, vol. 31, p. 551-556.
- ・—————・柴田正三(1984) 湿式分解—原子吸光法による石炭灰中のクロムの定量. 分析化学, vol. 33, p. 173-178.
- 中西成子・日野隆信・海保新太郎(1980) アルカリ融解—原子吸光分析による岩石中のクロムの測定. 千葉県衛生研究所報告, no. 4, p. 35-41.
- PRUSZKOWSKA, E. and BARRETT, P. (1984) Determination of As, Se, Cr, Co and Ni in geochemical samples using the stabilized temperature platform furnace and Zeeman background correction. *Spectrochim. Acta*, vol. 39B, p. 485-491.
- SALLES, L. C. and CURTIUS, A. J. (1983) Atomic absorption determination of minor elements in rocks and soils from lithium metaborate flux-fusion dissolution. *Mikrochim. Acta*, vol. 1983 II, p. 125-130.
- STEELE, T. W., WILSON, A., GOUDVIS, R., ELLIS, P. J. and RADFORD, A. J. (1978) Trace element data (1966~1977) for the Six "NIMROC" reference samples. *Geostandards Newsletter*, vol. 2, p. 71-106.
- 寺島 滋(1971) 原子吸光分析法によるけい酸塩中のコバルト, クロム, 銅, リチウム, ニッケル, 鉛, ストロニウム, 亜鉛の定量. 地調月報, vol. 22, p. 245-259.
- (1982) 抽出分離—原子吸光法による地質試料中微量ベリリウムの定量. 分析化学, vol. 31, p. 727-729.
- TERASHIMA, S. (1985) Determination of tin in geological materials by atomic absorption spectrometry. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 36, p. 375-383.
- 山重 隆・山本 学・寺島 滋・重富康正・安藤 厚・山本勇麓(1985) 岩石標準試料(JB-1a, JG-1a)中の主成分及び微量元素の定量. 分析化学, vol. 34, p. T104-T107.

(受付: 1986年2月27日; 受理: 1986年5月2日)