

地球化学的標準試料 ④

G S J J G-1 J B-1 の化学成分 ～その2

安藤 厚・倉沢 一・大森 貞子・寺島 滋(技術部)・井波 和夫(燃料部)

はじめに

地質調査所発行の地球化学的標準岩石試料 JG-1 (沢入花崗閃緑岩 JB-1 (北松浦玄武岩) については 既に地質ニュース no. 212 (1972-4) で その採取地 岩石の記載 粉体試料の作成方法 化学成分 (1971-12までの報告値のまとめ) などについて その概要を報告した。その他 地球化学的標準試料の歴史 発行リスト 入手方法などについては 地質ニュース no. 158 (1967-10) no. 232 (1973-12) で紹介した。

G S J J G-1 J B-1 の化学分析用の粉体試料は 1967 1968年にそれぞれ調製発行された。その後 国際的な共同分析計画が続けられ 今年でほぼ10年となる。研究に参加した研究機関は国内のみならず 広く海外の18ヶ国に及んでいる。現在までに 報告の受けた分析値(測定値)は約1,500 その内容は 65元素5成分の分析値 ストロンチウム同位体比 酸素同位体組成 K-Ar法による地質年代などである。また JG-1 JB-1 の岩片試料についての物性常数の測定値も報告された。ここでは前回報告後の分析(測定)値の集計結果について そのあらましを報告する。

1. JG-1 JB-1 について

JG-1 (沢入花崗閃緑岩 Sōri granodiorite) 群馬県伊勢郡沢入町 足尾線沢入駅の南方約1km 渡良瀬川の東傾斜面桑原石材店の採石場において採取 (1965-3)。岩石名は はん状黒雲母花崗閃緑岩 (Porphyritic biotite granodiorite) である。沢入花崗閃緑岩は古生層中に貫入した露出面積 6×12 km の小岩体である。沢入は岩体のほぼ中心部にあたる。K-Ar法による年代測定結果は 85 ± 4 m.y. (SHIBATA, 1968)。河田・大沢 (1955) 5万分の1・地質図幅「足尾」および同説明書がある。

JB-1 (北松浦玄武岩 Kita-matsuura basalt) 長崎県佐世保市小川内町妙観寺峠 山頂より南側の斜面 (1974-12 採取)。岩石名は チタン輝石かんらん石粗面玄武岩 (Titanaugite-olivine basalt) 北西九州・北松浦玄武岩の一部で アルカリ岩系に属す。K-Ar法による年代測定結果は 該当岩について 8m.y. (OZIMA et al., 1968) と報告されている。この地域については 今井

・沢村・吉田 (1958) 5万分の1・地質図幅「伊万里」および同説明書 古川編 (1970) 2万5千分の1「佐世保北部地域地質図」が地質調査所より発行されている。また 北松浦玄武岩については KURASAWA (1967) の研究がある。

粉体試料 (-100 メッシュ) の作成量は それぞれ約 100kg 約 75g 入りびんとしてそれぞれ 約1200-1300本を調製した。その他 物性常数の測定 岩石・鉱物の研究用 および補備として原岩片 約400kgを保存してをり 研究者の求めにより供給できるようになっている。

2. 分析結果

主成分

岩石主成分の分析結果のまとめを 第1表に示した。全く独自に分析されたにもかかわらず JG-1 の SiO_2 Al_2O_3 Na_2O K_2O JB-1 の SiO_2 Al_2O_3 MgO CaO Na_2O は変動係数 (CV) で 3%以内と云う良い精度で一致している。この CV 値 3%と云う値は通常の岩石分析における個人の繰り返し精度に匹敵する。特に SiO_2 は CV 値 1%以内と云う非常に高い精度で一致してをり 現在主として用いられている重量分析法の優れていることを示している。

一方 分析値の一致の良くないものは $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ である。水分 ($\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O} +$) については分析者による加熱温度や加熱時間の不一致が考えられるが 今後の検討事項のひとつである。 CO_2 はその含量が低い 現在用いられている分析技術の限界を示している。また JG-1 の Fe_2O_3 の CV 値は33%に達している。この理由は JG-1 の総鉄含量が低い上 さらに FeO に比し Fe_2O_3 含量が低い 間接的に定量する Fe_2O_3 (Fe_2O_3 含量 = 総鉄含量 - FeO 含量の Fe_2O_3 換算値) に誤差が集中するためであり JB-1 の場合には総鉄含量が高く かつ Fe_2O_3 含量も高いので CV 値はかなり良くなっている。

全体的にみて JG-1 は SiO_2 K_2O の再現性に優れているが その他の元素については JB-1 が再現性に優れている。

第1表

主 成 分

J G-1						
	n	\bar{X}	σ	CV %	$\bar{X} (2\sigma)$	$\bar{X} (1\sigma)$
SiO ₂	35	72.28	0.46	0.64	72.28	72.30
TiO ₂	40	0.26	0.042	16.2	0.27	0.26
Al ₂ O ₃	35	14.23	0.21	1.49	14.23	14.20
Fe ₂ O ₃	27	0.38	0.13	32.9	0.38	0.39
FeO	27	1.63	0.13	7.74	1.64	1.63
MnO	40	0.062	0.0086	13.9	0.061	0.063
MgO	39	0.74	0.082	11.1	0.73	0.74
CaO	42	2.20	0.11	5.05	2.17	2.18
Na ₂ O	36	3.38	0.091	2.69	3.38	3.39
K ₂ O	44	3.96	0.094	2.36	3.96	3.95
P ₂ O ₅	31	0.10	0.022	21.4	0.098	0.097
H ₂ O ⁺	24	0.53	0.14	25.4	0.52	0.48
H ₂ O ⁻	25	0.10	0.075	73.3	0.084	0.072
CO ₂	8	0.089	0.044	49.9	0.074	0.074
Sum		99.94			99.88	99.83
Total Fe as Fe ₂ O ₃	38	2.19	0.15	6.90	2.17	2.14
Total H ₂ O	26	0.64	0.15	23.8	0.64	0.62

J B-1

	n	\bar{X}	σ	CV %	$\bar{X} (2\sigma)$	$\bar{X} (1\sigma)$
SiO ₂	27	52.23	0.44	0.85	52.18	52.17
TiO ₂	31	1.35	0.10	7.53	1.34	1.34
Al ₂ O ₃	27	14.51	0.20	1.36	14.53	14.53
Fe ₂ O ₃	20	2.35	0.22	9.47	2.31	2.28
FeO	20	5.99	0.18	2.92	6.02	6.00
MnO	30	0.15	0.011	7.18	0.15	0.16
MgO	32	7.72	0.14	1.81	7.74	7.73
CaO	30	9.27	0.18	1.99	9.24	9.29
Na ₂ O	29	2.80	0.069	2.45	2.80	2.79
K ₂ O	32	1.43	0.092	6.73	1.42	1.42
P ₂ O ₅	23	0.26	0.017	6.73	0.26	0.26
H ₂ O ⁺	17	0.97	0.25	25.3	0.97	1.02
H ₂ O ⁻	18	0.97	0.14	14.77	0.97	0.95
CO ₂	6	0.19	0.048	25.1	0.19	0.18
Sum		100.19			100.14	100.12
Total Fe as Fe ₂ O ₃	30	8.97	0.20	2.25	8.96	8.97
Total H ₂ O	19	1.92	0.26	13.7	1.96	1.94

n : 分析数

\bar{X} : 幾何平均値

σ : 標準偏差

$\bar{X} (2\sigma)$: $\pm 2\sigma$ 以内の分析値の平均値

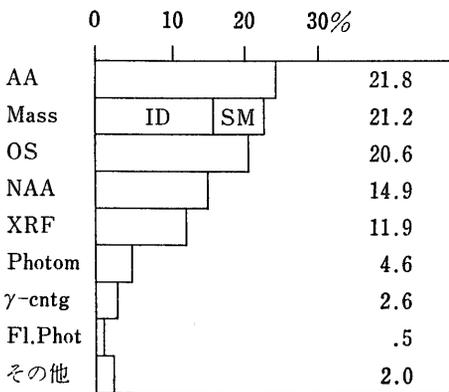
$\bar{X} (1\sigma)$: $\pm 1\sigma$ 以内の分析値の平均値

CV : 変動係数 (σ/\bar{X})・100%

第2表

微 量 元 素

元 素	JG-1		JB-1		主 な 分 析 方 法
	ppm	n	ppm	n	
Ag	0.05	(5)	0.055	(5)	AA, OS
As	0.27	(3)	2	(3)	NAA, AA
B	6	(6)	12	(4)	ID, Photom., OS
Ba	462	(13)	490	(12)	ID, AA, XRF, NAA, OS
Be	3	(3)	1.6	(2)	AA, OS
Bi	<0.5	(4)	<0.5	(2)	OS, AA
Br	0.068	(1)	0.60	(1)	NAA
Cd	0.05	(4)	0.11	(3)	AA
Ce	43	(5)	67	(6)	ID, NAA, PAA
Cl	59	(5)	175	(4)	NAA, Photom.
Co	6.4	(16)	39	(16)	AA, NAA, XRF, OS
Cr	53	(18)	405	(20)	AA, XRF, NAA, Photom, OS
Cs	10	(4)	1	(3)	NAA, Fl, Phot, SM
Cu	4	(17)	56	(16)	AA, XRF, OS
Dy	3.2	(3)	4.1	(3)	ID, NAA, SM
Er	1.6	(2)	2.3	(3)	ID, SM
Eu	0.69	(4)	1.5	(5)	ID, NAA, SM
F	489	(8)	390	(6)	Pyrohy. ion meter, Photom.
Ga	15	(6)	17	(5)	OS
Ge	1.2	(2)	<0.7	(1)	OS
Gd	3.9	(1)	4.8	(2)	ID, SM
Hg	0.014	(4)	0.03	(4)	AA
Hf	3.5	(2)	3.4	(2)	NAA, SM
Ho	0.57	(1)	0.7	(1)	SM
I	0.015	(1)	0.029	(1)	Kinetic
La	22	(4)	36	(5)	ID, NAA, SM
Li	94	(6)	11	(8)	AA, OS
Lu	0.23	(4)	0.3	(5)	ID, NAA
Mo	2	(5)	20	(5)	OS, NAA
Nb	15	(1)	31	(1)	SM
Nd	12	(2)	21	(3)	PAA, XRF, OS, SM
Ni	8.2	(16)	135	(16)	AA, XRF, OS, PAA
Os	0.0027	(1)	0.0019	(1)	NAA
Pb	25.9	(18)	11.5	(15)	AA, XRF, OS, SM
Pr	2.3	(1)	8.7	(1)	SM
Ra($\mu\text{g/g}$)	1.24	(1)	0.72	(1)	Rn
Rb	181	(31)	41.6	(27)	ID, NAA, AA, XRF, Fl. Phot., OS
S	18.5	(2)	50	(2)	XRF, Com. Vol., Photom.
Sb	0.1	(3)	0.23	(2)	NAA, AA
Sc	6.5	(3)	27	(3)	NAA, OS
Se	0.0027	(1)	0.026	(1)	NAA
Sm	4.6	(4)	4.8	(5)	ID, NAA, SM
Sn	4	(4)	2	(4)	AA, OS, SM
Sr	184	(28)	435	(25)	ID, PAA, NAA, XRF, AA, OS, SM
Ta	2.9	(1)	4.4	(1)	NAA
Tb	0.63	(1)	0.47	(1)	NAA, SM
Th	13.5	(11)	9.0	(8)	Photom., γ cntg., NAA, XRF, SM
Tl	2	(3)	—	—	OS
U	3.3	(14)	1.8	(10)	Photom., Fluo., γ cntg., XRF, NAA, Chromatg., SM, FT
V	24	(12)	211	(12)	Photom., AA, XRF
Y	30.8	(4)	25.5	(4)	PAA, XRF, OS
Yb	1.5	(4)	2.1	(5)	ID, NAA, SM
Zn	40	(15)	84	(15)	AA, XRF, OS
Zr	111	(9)	153	(10)	XRF, NAA, PAA, Photom., OS, SM



第1図 微量元素の分析に用いられた分析方法的百分率 (JG-1・JB-1)

主成分分析に用いられた分析方法是 約90%が U. S. Geological Survey の Lee C. PEEK の化学的手法による珪酸塩分析法を基本とし Na K の分析に原子吸光またはフレーム分光分析法 Ca Mg の分析に EDTA 法を適用している例も多い。残りの約10%が X線けい光分析法 原子吸光分析法 発光分光分析法などの機器分析法を主体として分析されているが 今後 特にX線けい光分析法の適用は増加することが予測される。

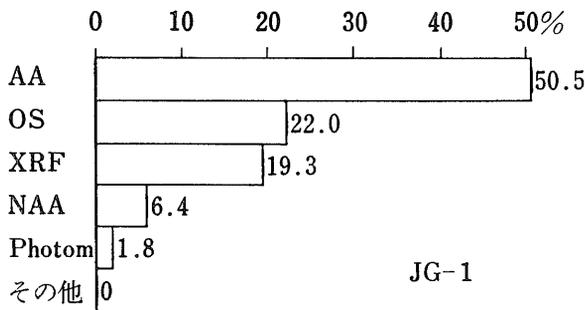
微量元素

微量元素の報告値は約700であり 54元素にわたる。第2表に 微量元素の含量推定値と主に用いられた分析法を例示した。含量の推定値は幾何平均を基本とし 定量数が10を越える場合には $\pm 2\sigma$ を越える分析値を除外して求めた平均値を採った。

現在分析値の未報告の元素は Au Bi In Ir Pd

第3表 ストロンチウム同位体比

	JG-1	JB-1	測定法
$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	0.7115 (2)	0.7047	Mass
norm.	0.7116 (2)	0.7047	Mass
	0.7117 (3)	0.7053 (2)	Mass
	0.7117 (2)	—	Mass
	0.7113 (2)	0.7043	Mass
	0.7118	—	Mass
	0.7115	—	Mass
	0.7114 (2)	0.7043	Mass
	0.7108	0.7043 (2)	Mass
	0.7111 (2)	—	Mass
	—	0.7046	Mass
	—	0.7044	Mass
	0.7114 (av.)	0.7046 (av.)	



第2図 Cu Pb Zn Ni Co Cr As Cd Hg の分析に用いられた分析方法的百分率 (JG-1)

Pm Ru Te Tm W であり これらの元素の中には現在の分析技術で定量可能な元素も含まれているが 低含量のため分析困難な元素も少なくない。その他 報告値はあっても分析値の確立していない元素(成分)もかなりある。

つぎに 微量元素の全報告値について 実際にどのような分析方法が適用されたかを調べてみた。第1図に示すごとく 原子吸光分析法 質量分析法 X線けい光分析法 放射化分析法 などの機器分析法が主体を占め (93.4%) ていることが分る。つぎに 最近 環境問題などで比較的良く分析されている元素 Cu Pb Zn Ni Co Cr As Cd Hg について分析に適用された方法を調べてみると 第2図に示すごとく 原子吸光分

第2 第3表および第1 第2図の凡例

AA:	原子吸光分析法
Chromatg.:	ガスクロマトグラフ法
Comb.:	燃焼法
Fl. Phot.:	フレーム分光分析法
Fluo.:	ケイ光分析法
FT:	フイッショントラック法
ID:	同位体希釈質量分析法
Kinetic:	反応速度法
Mass:	質量分析法
n:	分析数
NAA:	中性子放射化分析法
OS:	発光分光分析法
PAA:	光子放射化分析法
Photom.:	分光光度法
Pyrohyd.:	パイロハイドロリシス法
Rn:	ラドン法
SM:	スパーク質量分析法
XRF:	X線ケイ光分析法
Vol.:	容量分析法
γ entg.:	γ線エネルギー分析法

第4表 酸素同位体組成 (JG-1)

	¹⁸ Osmow (%)
Whole-rock	11.50 ± 0.09
Minerals	
Quartz	12.71 ± 0.07
K-feldspar	11.31 ± 0.09
Plagioclase	10.86 ± 0.01
Biotite	7.31 ± 0.12

岡山大温研 酒井らの測定値 (1971)

析法がトップを占め その殆んどが機器分析法である。以上の結果はどのような分析方法が実際に活用されているかを知る上で興味のある事実であろう。

同位体

非放射性同位体比 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr と酸素同位体組成が測定されている (第3・4表)。Sr 同位体比は 測定値の3桁目までほぼ一致しており 質量分析計による同位体比測定値の精度の高さを示している。

物性常数

JG-1 JB-1 の固体岩片について物性常数が測定され (飯塚・井波 1976) 次のような結果を得た。

弾性波 (P波) 速度 JG-1 について 4.73—5.35km/sec P波に異方性があり最大12%に達する。

破壊強度 JG-1 : 1,560—6,760kg/cm² (封圧1—1,200kg/cm²) JB-1 : 3,060—6,510kg/cm² (封圧1—1,500kg/cm²) 破壊様式は双方とも ぜい性破壊である。Ductility は JG-1 1.2—3.5% JB-1 1.5—4.3%。

超音波速度 JG-1 : V_p=3.48km/sec V_s=2.49km/sec JB-1 : V_p=5.68km/sec V_s=4.02km/sec

密度 自然乾燥密度 JG-1 : 2.64g/cm³ JB-1 : 2.76g/cm³

体積弾性率 JG-1 : 2.14×10⁴—9.26×10⁴kg/cm² JB-1 : 2.65×10⁴—6.02×10⁴kg/cm²

磁化の強さ JG-1 : J_n≒0.1×10⁻⁶emu/ccで自然残留磁気の Q 値は Q_n≒0.01 となり NRM は非常に弱い。JB-1 : J_n≒10⁻³—10⁻⁴emu/cc 程度で玄武岩としてはあまり強くない。Q 値は Q_n≒27±1 お

よび 1.4±0.1 となる。

帯磁率 JG-1 : 平均 (19±4)×10⁻⁶emu/cc JB-1 : No. 1 岩塊で (195±3)×10⁻⁶emu/cc No. 3 で (618±9)×10⁻⁶emu/cc

むすび

JG-1 JB-1 とその化学組成 同位体組成 物性常数などについてそのあらましを紹介した。主成分の分析結果は一部の元素 (成分) を除いては現在の分析技術のレベルではかなり良い一致をしているものと思われる。微量元素については未定量元素の分析 分析結果のばらつきの大きい元素の検討など今後の研究に期待するところ大である。紙面の都合で分析データの全体を紹介できなかったが それらの詳細については既に公表されている総括報告 著者ら (1971 1974 1975) を御参照いただきたい。さらに諸学兄の御賢察をいただき 御検討をお願い申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 安藤 厚 (1967) : 地球化学的標準試料について 地質ニュース no. 158.
- 2) 安藤 厚・倉沢 一・大森貞子・竹田栄蔵 (1972) : 地球化学的標準試料 JG-1 JB-1 とその化学成分 地質ニュース no. 212.
- 3) 安藤 厚 (1973) : 地球化学的標準試料③ ~1973~ 地質ニュース no. 232.
- 4) ANDO, A., KURASAWA, H., OHMORI, T. and TAKEDA, E. (1971) : 1971 compilation of data on rock standards JG-1 and JB-1 issued from the Geological Survey of Japan. *Geochem. J.* vol. 5, p. 151-164.
- 5) 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.
- 6) ANDO, A., KURASAWA, H. and UCHIMI, S. (1975) : Evaluation of Rb, Sr, K and Na contents of the GSJ JG-1 granodiorite and JB-1 basalt. *Bull. Geol. Surv. Japan* vol. 26, p. 335-348.
- 7) 飯塚 進・井波和夫 (1976) : 地球化学的標準試料 JG-1 および JB-1 の物理的性質 地調月報 vol. 27, P 155-165
- 8) KURASAWA, H. (1967) : Petrology of the Kita-mutsuura basalt in the northwest Kyushu, southwest Japan. *Geol. Surv. Japan Report* no. 217, 1-108.
- 9) OZIMA, M. et al. (1968) : Paleomagnetism and K-Ar ages of successive lava flows (2) Kita-matsuura basalt, Kyushu, Japan. *J. Geomag. Geoelect.* vol. 20, p. 85-92.
- 10) SHIBATA, K. (1968) : K-Ar age determination on granitic and metamorphic rocks in Japan. *Geol. Surv. Japan Report* no. 227, p. 1-71.