

岩石の平均化学成分とその図示

1. 火成岩類

丹治 耕吉* 片田 正人** 大森 貞子*

Average Chemical Compositions of Rocks
and their Graphic Representation

1. Igneous Rocks

Kōkichi TANJI, Masato KATADA and Teiko OHMORI

Abstract

Computer programs were made calculating the C.I.P.W. Norm and its associated values of igneous rocks and plotting their calculated values on five triangular diagrams and three rectangular-coordinate graphs.

Using these programs, the average chemical compositions of various igneous rocks from DALY (1933), NOCKOLDS (1964) and ARAMAKI et al. (1972) were calculated and plotted.

要 旨

中型電子計算機 TOSBAC-3400 を利用して、火成岩類のノルム計算およびそれに伴う諸計算を行い、同時に小型のフラット・ベース型プロッターを用いて計算結果を5種の三角図と、3種の直角座標図にプロットするプログラムを作成した。

このプログラムを使って、DALY, NOCKOLDS, ARAMAKI et al. の火成岩類の平均値により、ノルムその他の計算と図の出力を行った。

1. 緒 言

岩石、とくに火成岩類の研究に際しては、化学成分の検討は欠くことのできない分野である。ただしその研究方法は、多くの場合、相互の比較検討であって、分析値の数字の絶対値の意味を論ずるケースは必ずしも多くない。その比較検討には、関係する岩石群内での相互の比較もあれば、ある特定の、基準となる分析値と比較する場合もある。後者の場合、いくつかの信用のおける平均化学成分を利用するのが普通である。

火成岩の平均化学成分にはさまざまなものがあるが、「世界の」平均値としては、DALY (1933) と NOCKOLDS (1954) のものが有名である。また ARAMAKI et al. (1972) の日本の花崗岩類の平均値もよく知られている。

以上のような諸平均値に関して、火成岩研究者の多く

は、ノルム計算値や図を、各人のノートに、自ら計算し図化して持っていて、必要に応じて論文に引用している。このような点から考えて、もし一般的に必要な計算値やそのプロットした図が簡単に入手できたり、引用することができれば、今後この方面に進む研究者にとって大変好都合であろう。

今回のわれわれの報文の目的はこの点を、ごく一部でも解決しようとするものである。そのために、上記3者の火成岩類平均値を表記し、同時に計算値や図を示すことにしたい。

そのプロセスとしては、まず、地質調査所に中型電子計算機が導入されたのを機会に、i) C. I. P. W. ノルム計算のプログラムを作成し、ii) それに伴う諸計算を行った。iii) その結果は2通りの出力フォーマットで印刷することにし、また iv) 5種の三角図と3種の直角座標図をプロッターでプロットできるようにした。そして以上の作業は丹治が行い、片田・大森は、使用した平均値の選定・検討にあった。

なお今回の報文をまとめるまでには、技術部安藤直行・物理探査部中塚正・地質部曾屋竜典・小野千恵子の各技官から、終始ご援助をうけた。ここに深く感謝の意を表する。

2. 分析値の計算および図示

分析値の C. I. P. W. ノルム計算およびその他の計算は、すでに、曾屋によって作成されていたミニ・コンピュータ用プログラム no. 101 および no. 102 (小野・曾

* 技術部
** 地質部

SAMPLE NO. 45

第1表 分析値およびその計算値の印刷例

SI02 = 65.01	TOTAL = 100.00	Q = 20.42	TOTAL(+H2O) = 100.00
TI02 = 0.57		C = 0.00	
AL203 = 15.94	TOTAL FEO = 33.52	OR = 16.25	SAL = 86.74
FE203 = 1.74	MGO = 15.19	AB = 31.31	FEM = 12.22
FEO = 2.65	NA2O+K2O = 51.29	AN = 18.76	
MNO = 0.07	FEMIC INDEX = 0.6968	LC = 0.00	Q = 30.04
MGO = 1.91		NE = 0.00	OR = 23.91
CAO = 4.42		KP = 0.00	AB = 46.06
NA2O = 3.70		AC = 0.00	
K2O = 2.75		NS = 0.00	OR = 23.81
P205 = 0.20		KS = 0.00	AB = 48.69
H2O+ = 1.04		WO = 0.00	AN = 27.50
H2O- = 0.00		WO-DI = 0.78	
CO2 = 0.00		EN-DI = 0.47	Q = 23.54
		FS-DI = 0.26	OR = 18.73
		EN-HY = 4.28	AB+AN = 57.73
		FS-HY = 2.36	
		FO-OL = 0.00	WO = 9.03
		FA-OL = 0.00	FN = 64.12
		CS = 0.00	FS = 26.85
		MT = 2.52	
		HM = 0.00	AN/PL = 37.47
		IL = 1.08	DI = 67.98
		TI = 0.00	
		RU = 0.00	
		AP = 0.46	
		CC = 0.00	

ROCK

LOC.

GEOLOG. UNIT

REFER.

DALY (1933) の平均値 no. 45, Granodiorite の例. プログラム NORM-103 による.

屋, 1947) の一部を修正し, TOSBAC-3400 用の FOR-TRAN プログラムに変換した注1).

計算結果の作図は, 小型 (25×38cm) のフラット・ベース型プロッターを用いる. 図化のプログラムのうち, 三角図については, 安藤によるサブルーチン, サブプログラム TRIPLT注2) を利用することができた. その他の図に関しては今回新たにプログラムを完成した. これらの図に関するプログラムが NORM-103-2 である.

計算されるノルム標準鉱物は以下のとおりである.

- Q = SiO₂
- C = Al₂O₃
- or = K₂O · Al₂O₃ · 6SiO₂
- ab = Na₂O · Al₂O₃ · 6SiO₂
- an = CaO · Al₂O₃ · 2SiO₂
- lc = K₂O · Al₂O₃ · 4SiO₂
- ne = Na₂O · Al₂O₃ · 2SiO₂
- kp = K₂O · Al₂O₃ · 2SiO₂
- ac = Na₂O · Fe₂O₃ · 4SiO₂
- ns = Na₂O · SiO₂
- ks = K₂O · SiO₂
- wo = CaO · SiO₂
- di = CaO · (Mg, Fe)O · SiO₂
- hy = (Mg, Fe)O · SiO₂
- ol = 2(Mg, Fe)O · SiO₂
- cs = 2CaO · SiO₂
- mt = FeO · Fe₂O₃

- hm = Fe₂O₃
- il = FeO · TiO₂
- ti = CaO · TiO₂ · SiO₂
- ru = TiO₂
- ap = 3(3CaO · P₂O₅) · CaO
- cc = CaO · CO₂

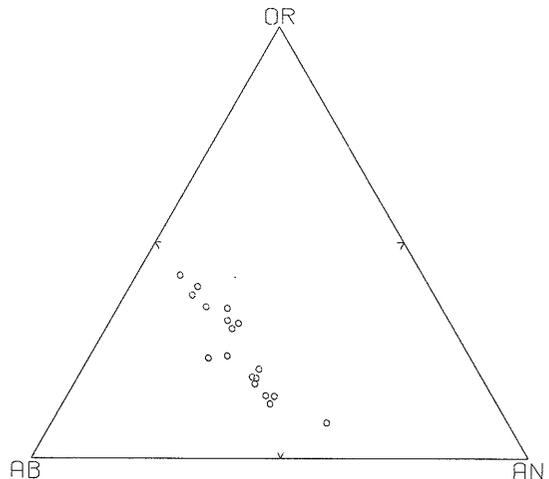
分析値およびノルム値から計算される計算値は以下のとおりである.

Total FeO-MgO-(Na₂O + K₂O) 比

Femic index

ノルム Q-or-ab 比

ノルム or-ab-an 比



第1図 プロッターによるプロットの一例

DALY (1933) の平均値をノルム or-ab-an 図にプロットした例. プログラム NORM-103-2.

注1) 現在ではこれらをさらにアセンブラ言語になおしたプログラムも組込まれている. アセンブラ言語は, 中塚正氏による.

注2) 安藤直行氏未公表資料 (投稿準備中).

ノルム Q-or-(ab + an) 比

ノルム wo-en-fs 比

An-Pl 比

DI (differentiation index)

以上の分析値・ノルム値およびそれらからの諸計算値の出力フォーマットの第1の様式は第1表のようである(プログラムNORM-103). 出力フォーマットの第2の様式は次章の第4表とほぼ同様の表である(プログラムNORM-103-3).

またプロッターによって図化される図の種類は次のと

おりである.

Q-or-ab 図

or-ab-an 図

Q-or-(ab + an) 図

wo-en-fs 図

Total FeO-MgO-(Na₂O + K₂O) 図

DI-酸化物図

Na₂O-K₂O 図

SiO₂-(Na₂O + K₂O) 図

その一例として DALY (1933) の平均値をプロットした

第2表 DALY (1914) による火成岩分類表 (部分)

Mode classification of the igneous rocks.

Controlling components		Plutonic rocks	Effusive rocks
Alkali-feldspar + quartz		Granite (4)	Rhyolite (5)
	With essential acid plagioclase, subordinate to orthoclase	Alkaline Subalkaline	Alkaline Subalkaline
Alkali-feldspar		Syenite (18)	Trachyte (19)
	With essential plagioclase	Monzonite (30) Quartz monzonite (in part) (44)	Latite (31)
		(Subalkaline)	(Subalkaline)
Acid to medium plagioclase + quartz + subordinate alkali-feldspar		Granodiorite (45) Quartz monzonite (in part) Quartz diorite (in part) (42)	Dacite (46)
Acid to medium plagioclase		Diorite (48) Quartz diorite (in part)	Andesite (49)
Basic plagioclase + subordinate alkali-feldspar		Essexite (93)	Trachydolerite (94)
Basic plagioclase		Gabbro (57) Quartz gabbro (63)	Basalt (58) Quartz basalt (69)

第3表 NOCKOLDS (1964) による火成岩分類表 (部分)

Classification of igneous rocks.

Other essential minerals	Essential alkali-feldspar (Potash feldspar, or albite, or both)	Essential potash feldspar and lime-bearing plagioclase			
		Potash feldspar > 60% of total feldspar content	Potash feldspar between 60% and 40% of total feldspar content	Potash feldspar between 40% and 10% of total feldspar content	Potash feldspar < 10% of total feldspar content
Quartz > 10% of the rock	Alkali granite (1-3) Alkali rhyolite (1-4)	Calc-alkali granite (1-1)	Adamellite (2-1)	Granodiotite (2-3)	Tonalite (2-5)
	Peralkaline granite Peralkaline rhyolite	Calc-alkali rhyolite (1-2)	Dellenite (2-2)	Rhyodacite (2-4)	Dacite (2-6)
No essential quartz or feldspathoid (i.e. < 0%)	Alkali syenite (3-4) Alkali trachyte (3-5)	Calc-alkali syenite (3-1 & 2)	Monzonite (4-1)	Mangerite (5-1)	Diorite (6-1) Andesite (6-2)
	Peralkaline syenite Peralkaline trachyte	Calc-alkali trachyte (3-3)	Latite (4-2)	Doreite (5-2)	Gabbro (7-1) Basalt (7-7, 9 & 12)

第4-a表 DALY (1933) による火成岩類平均値

	4 Granite	18 Syenite	30 Monzonite	44 Quartz. monzonite	45 Granodiorite	42 Quartz diorite	48 Diorite	93 Essxite
SiO ₂	70.18	60.19	56.12	66.64	65.01	61.59	56.77	48.64
TiO ₂	0.39	0.67	1.10	0.50	0.57	0.66	0.84	1.86
Al ₂ O ₃	14.47	16.28	16.96	15.57	15.94	16.21	16.67	17.96
Fe ₂ O ₃	1.57	2.74	2.93	1.91	1.74	2.54	3.16	4.31
FeO	1.78	3.28	4.01	1.94	2.65	3.77	4.40	5.58
MnO	0.12	0.14	0.16	0.06	0.07	0.10	0.13	0.19
MgO	0.88	2.49	3.27	1.41	1.91	2.80	4.17	4.00
CaO	1.99	4.30	6.50	3.50	4.42	5.38	6.74	8.89
Na ₂ O	3.48	3.98	3.67	3.41	3.70	3.37	3.39	4.30
K ₂ O	4.11	4.49	3.76	3.72	2.75	2.10	2.12	2.28
P ₂ O ₅	0.19	0.28	0.47	0.19	0.20	0.26	0.25	0.65
H ₂ O	0.84	1.16	1.05	1.15	1.04	1.22	1.36	1.34
Q	28.46	7.73	3.61	22.92	20.42	17.65	8.70	0.00
C	1.13	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
or	24.29	26.53	22.22	21.98	16.25	12.41	12.53	13.47
ab	29.45	33.68	31.05	28.85	31.31	28.52	28.69	26.84
an	8.63	13.30	18.70	16.12	18.76	22.90	24.01	22.97
ne	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.17
wo-di	0.00	2.59	4.37	0.00	0.78	0.87	3.26	7.05
en-di	0.00	1.65	2.86	0.00	0.47	0.53	2.14	4.68
fs-di	0.00	0.78	1.20	0.00	0.26	0.30	0.89	1.86
en-hy	2.19	4.55	5.28	3.51	4.28	6.45	8.25	0.00
fs-hy	1.55	2.14	2.22	1.27	2.36	3.62	3.43	0.00
fo-ol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.70
fa-ol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.63
mt	2.28	3.97	4.25	2.77	2.52	3.68	4.58	6.25
il	0.74	1.27	2.09	0.95	1.08	1.25	1.60	3.53
ap	0.44	0.65	1.09	0.44	0.46	0.60	0.58	1.51
Total FeO	27.38	34.39	38.32	29.99	33.52	42.27	42.80	47.20
MgO	7.55	14.91	18.85	11.56	15.19	19.55	24.64	19.96
Na ₂ O+K ₂ O	65.08	50.70	42.83	58.45	51.29	38.18	32.56	32.84
Q	34.63	11.38	6.35	31.08	30.04	30.13	17.43	0.00
or	29.55	39.05	39.06	29.80	23.91	21.19	25.10	33.42
ab	35.82	49.57	54.59	39.12	46.06	48.68	57.47	66.58
or	37.84	35.10	30.07	31.98	23.81	18.92	18.70	20.75
ab	48.70	47.30	44.61	44.56	48.69	46.15	45.45	43.87
an	13.45	17.60	25.32	23.46	27.50	34.93	35.85	35.39
Q	31.34	9.52	4.78	25.50	23.54	21.66	11.77	0.00
or	26.74	32.66	29.40	24.46	18.73	15.23	16.95	21.29
ab+an	41.92	57.82	65.83	50.04	57.73	63.11	71.28	78.71
Dl	82.20	67.94	56.88	73.76	67.98	58.57	49.91	45.48

DALY, NOKKOLDS のものの番号は、それぞれ第2、3表の番号に同じ。NOKKOLDS の no. 3-1. は leucocratic syenite, no. 3-2 は mesotype + melanocratic syenite である。また no. 7-7 が normal tholeiitic basalt, 7-9 が normal alkali basalt, no. 7-12 が "central" basalt と呼ばれる

岩石の平均化学成分とその図示 (丹治耕吉・片田正人・大森貞子)

57 Gabbro	63 Quartz gabbro	5 Rhyolite	19 Trachyte	31 Latite	46 Dacite	49 Andesite	94 Trachy- dolerite	58 Basalt	69 Quratz basalt
48.24	54.39	72.80	60.68	57.65	65.68	59.59	49.20	49.06	55.46
0.97	1.29	0.33	0.38	1.00	0.57	0.77	1.68	1.36	0.88
17.88	16.72	13.49	17.74	16.68	16.25	17.31	16.65	15.70	16.85
3.16	2.49	1.45	2.64	2.29	2.38	3.33	4.76	5.38	2.13
5.95	7.15	0.88	2.62	4.07	1.90	3.13	5.36	6.37	4.86
0.13	0.20	0.08	0.06	0.10	0.06	0.18	0.55	0.31	0.22
7.51	4.15	0.38	1.12	3.22	1.41	2.75	4.43	6.17	6.31
10.99	6.68	1.20	3.09	5.74	3.46	5.80	7.74	8.95	7.86
2.55	3.15	3.38	4.43	3.59	3.97	3.58	4.54	3.11	3.30
0.89	1.58	4.46	5.74	4.39	2.67	2.04	3.19	1.52	1.40
0.28	0.35	0.08	0.24	0.36	0.15	0.26	0.60	0.45	0.15
1.45	1.85	1.47	1.26	0.91	1.50	1.26	1.30	1.62	0.58
0.00	7.14	33.15	4.84	4.10	22.96	14.65	0.00	0.00	4.67
0.00	0.00	1.11	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
5.26	9.34	26.36	33.92	25.94	15.78	12.05	18.85	8.98	8.27
21.58	26.65	28.60	37.49	30.38	33.59	30.29	24.19	26.32	27.92
34.71	26.82	5.43	11.57	16.43	16.19	25.14	15.63	24.39	27.03
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.71	0.00	0.00
7.51	1.69	0.00	0.92	4.05	0.00	0.81	7.87	7.13	4.59
5.06	0.86	0.00	0.50	2.51	0.00	0.57	5.29	4.83	3.06
1.88	0.78	0.00	0.38	1.29	0.00	0.17	1.99	1.75	1.19
5.21	9.47	0.95	2.29	5.51	3.51	6.28	0.00	8.42	12.66
1.94	8.54	0.02	1.73	2.83	0.69	1.89	0.00	3.06	4.93
5.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.03	1.48	0.00
2.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.67	0.59	0.00
4.58	3.61	2.10	3.83	3.32	3.45	4.83	6.90	7.80	3.09
1.84	2.45	0.63	0.72	1.90	1.08	1.46	3.19	2.58	1.67
0.65	0.81	0.19	0.56	0.83	0.35	0.60	1.39	1.04	0.35
44.54	51.40	21.00	30.67	35.37	33.42	42.26	44.23	50.93	38.10
38.04	22.71	3.65	6.88	18.58	11.66	18.97	20.32	28.03	35.48
17.42	25.89	75.35	62.45	46.05	54.91	38.77	35.45	21.03	26.42
0.00	16.55	37.62	6.35	6.79	31.74	25.70	0.00	0.00	11.42
19.60	21.65	29.91	44.49	42.93	21.81	21.15	43.80	25.45	20.25
80.40	61.80	32.46	49.16	50.28	46.44	53.15	56.20	74.55	68.34
8.36	14.49	42.41	39.77	34.76	23.33	17.38	31.33	14.65	12.74
36.42	43.89	48.85	46.66	43.21	52.73	64.36	42.67	45.56	45.63
55.22	41.62	8.74	13.57	22.03	23.94	36.26	25.99	39.80	41.63
0.00	10.20	35.44	5.51	5.34	25.94	17.83	0.00	0.00	6.87
8.54	13.35	28.18	38.63	33.75	17.82	14.68	32.13	15.05	12.19
91.46	76.45	36.38	55.86	60.91	56.24	67.49	67.87	84.95	80.94
26.84	43.13	88.11	76.25	60.42	72.33	56.99	50.75	35.30	40.86

ものである。“Central” basalt とは、calc-alkali andesite, dacite, rhyodacite に伴う basalt をいう。また Nockolds の no. 3-5 は、 $ノルム\ w_o = 0.16$, $hm = 0.14$ を含んでいる。ARAMAKI et al. の no. 1 は $hm = 0.18$ を含んでいる。

第4-b表 NOCKOLDS (1954) による火成岩類平均値

	1-3 Alkali granite	1-1 Granite	2-1 Adamel- lite	2-3 Grano- diorite	2-5 Tonalite	3-4 Alkali syenite	3-1 Syenite	3-2 Syenite	4-1 Monzo- nite	5-1 Mange- rite	6-1 Diorite	7-1 Gabbro
SiO ₂	73.86	72.08	69.15	66.88	66.15	61.86	59.41	52.16	55.36	54.66	51.86	48.36
TiO ₂	0.20	0.37	0.56	0.57	0.62	0.58	0.83	1.61	1.12	1.09	1.50	1.32
Al ₂ O ₃	13.75	13.86	14.63	15.66	15.56	16.91	17.12	12.82	16.58	16.98	16.40	16.84
Fe ₂ O ₃	0.78	0.86	1.22	1.33	1.36	2.32	2.19	2.63	2.57	3.26	2.73	2.55
FeO	1.13	1.67	2.27	2.59	3.42	2.63	2.83	6.90	4.58	5.38	6.97	7.92
MnO	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.11	0.08	0.19	0.13	0.14	0.18	0.18
MgO	0.26	0.52	0.99	1.57	1.94	0.96	2.02	7.20	3.67	3.95	6.12	8.06
CaO	0.72	1.33	2.45	3.56	4.65	2.54	4.06	8.21	6.76	6.99	8.40	11.07
Na ₂ O	3.51	3.08	3.35	3.84	3.90	5.46	3.92	2.61	3.51	3.76	3.36	2.26
K ₂ O	5.13	5.46	4.58	3.07	1.42	5.91	6.53	4.39	4.68	2.76	1.33	0.56
P ₂ O ₅	0.14	0.18	0.20	0.21	0.21	0.19	0.38	0.70	0.44	0.43	0.35	0.24
H ₂ O	0.47	0.53	0.54	0.65	0.69	0.53	0.63	0.58	0.60	0.60	0.80	0.64
Q	31.73	29.31	24.91	22.12	24.02	1.71	1.68	0.00	0.00	2.28	0.21	0.00
C	1.45	0.90	0.19	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
or	30.31	32.26	27.06	18.14	8.39	34.92	38.59	25.94	27.66	16.31	7.86	3.31
ab	29.70	26.06	28.35	32.49	33.00	46.20	33.17	22.09	29.70	31.82	28.43	19.12
an	2.66	5.42	10.85	16.29	20.76	4.18	9.83	10.30	15.66	21.30	25.74	34.15
ne	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
wo-di	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	3.00	3.27	10.80	6.26	4.41	5.70	8.02
en-di	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	1.54	2.13	6.92	3.89	2.65	3.47	4.94
fs-di	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	1.39	0.92	3.16	1.99	1.52	1.91	2.61
en-hy	0.65	1.30	2.47	3.91	4.63	0.86	2.90	0.30	3.87	7.18	11.77	8.78
fs-hy	1.19	1.86	2.35	2.85	4.10	0.77	1.25	0.14	1.98	4.12	6.49	4.63
fo-ol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.51	0.97	0.00	0.00	4.45
fa-ol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.78	0.55	0.00	0.00	2.59
mt	1.13	1.25	1.77	1.93	1.97	3.36	3.18	3.81	3.73	4.73	3.96	3.70
il	0.38	0.70	1.06	1.08	1.18	1.10	1.58	3.06	2.13	2.07	2.85	2.51
ap	0.32	0.42	0.46	0.49	0.49	0.44	0.88	1.62	1.02	1.00	0.81	0.56
Total FeO	17.07	21.24	27.41	30.87	39.01	27.67	27.80	39.49	36.76	44.26	46.58	48.42
MgO	2.42	4.52	8.06	12.80	16.30	5.63	11.70	30.68	19.57	21.03	30.24	38.21
Na ₂ O + K ₂ O	80.51	74.24	64.54	56.33	44.69	66.70	60.51	29.83	43.67	34.71	23.18	13.37
Q	34.59	33.44	31.01	30.41	36.72	2.07	2.29	0.00	0.00	4.53	0.58	0.00
or	33.04	36.82	33.70	24.93	12.83	42.16	52.54	54.02	48.22	32.35	21.53	14.75
ab	32.37	29.74	35.29	44.66	50.45	55.77	45.17	45.98	51.78	63.12	77.89	85.25
or	47.00	49.37	39.80	26.32	13.07	39.62	46.14	43.46	36.95	22.84	12.32	5.73
ab	48.88	42.33	44.24	50.04	54.57	55.64	42.10	39.27	42.12	47.30	47.31	35.13
an	4.12	8.30	15.96	23.64	32.35	4.74	11.76	17.26	20.94	29.85	40.37	59.14
Q	33.61	31.49	27.32	24.84	27.88	1.97	2.02	0.00	0.00	3.18	0.34	0.00
or	32.11	34.67	29.69	20.37	9.74	40.13	46.34	44.48	37.87	22.74	12.63	5.85
ab + an	34.28	33.83	42.99	54.78	62.39	57.90	51.64	55.52	62.13	74.07	87.03	94.15
DI	91.75	87.63	80.32	72.76	65.41	82.84	73.44	48.03	57.36	50.41	36.50	22.43

or-ab-an 図を第1図にあげる。

3. 平均化学成分

ここに集録する平均化学成分は、前記の DALY(1933), NOCKOLDS (1954) および ARAMAKI et al. (1972) のものからである。前2者からは、代表的火成岩で、準長石類

を含まない諸岩石を選んだ。ARAMAKI et al. のものは全部をあげた。まず3者の平均値の特徴を簡単に説明し、つぎに分析値・ノルム値・計算値および図を列挙することにする。

3.1 DALY, NOCKOLDS および ARAMAKI et al. の平均化学成分の説明

岩石の平均化学成分とその図示 (丹治耕吉・片田正人・大森貞子)

1—4 Alkali rhyolite	1—2 Rhyolite	2—2 Dellenite	2—4 Rhyoda- cite	2—6 Dacite	3—5 Alkali trachyte	3—3 Trac- hyte	4—2 Latite	5—2 Doretite	6—2 Andesite	7—7 Basalt	7—9 Basalt	7—12 Basalt
74.57	73.66	70.15	66.27	63.58	61.95	58.31	54.02	56.00	54.20	50.83	45.78	51.33
0.17	0.22	0.42	0.66	0.64	0.73	0.66	1.18	1.29	1.31	2.03	2.63	1.10
12.58	13.45	14.41	15.39	16.67	18.03	18.05	17.22	16.81	17.17	14.07	14.64	18.04
1.30	1.25	1.68	2.14	2.24	2.33	2.54	3.83	3.74	3.48	2.88	3.16	3.40
1.02	0.75	1.55	2.23	3.00	1.51	2.02	3.98	4.36	5.49	9.06	8.73	5.70
0.05	0.03	0.06	0.07	0.11	0.13	0.14	0.12	0.13	0.15	0.18	0.20	0.16
0.11	0.32	0.63	1.57	2.12	0.63	2.07	3.87	3.39	4.36	6.34	9.39	6.01
0.61	1.13	2.15	3.68	5.53	1.89	4.25	6.76	6.87	7.92	10.42	10.74	10.07
4.13	2.99	3.65	4.13	3.98	6.55	3.85	3.32	3.56	3.67	2.23	2.63	2.76
4.73	5.35	4.50	3.01	1.40	5.53	7.38	4.43	2.60	1.11	0.82	0.95	0.82
0.07	0.07	0.12	0.17	0.17	0.18	0.20	0.49	0.33	0.28	0.23	0.39	0.16
0.66	0.78	0.68	0.68	0.56	0.54	0.53	0.78	0.92	0.86	0.91	0.76	0.45
31.06	33.08	26.14	20.92	19.88	0.00	0.00	0.23	7.22	5.74	3.70	0.00	2.39
0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27.95	31.61	26.59	17.79	8.27	32.68	43.61	26.18	15.36	6.56	4.85	5.61	4.85
34.95	25.30	30.89	34.95	33.68	53.74	29.19	28.09	30.12	31.05	18.87	19.04	23.35
1.82	5.15	9.65	14.56	23.49	3.46	10.17	19.00	22.21	27.10	25.96	25.34	34.41
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	1.84	0.00	0.00	0.00	0.00	1.74	0.00
0.31	0.00	0.10	1.08	1.19	1.82	4.01	4.73	4.06	4.33	10.12	10.60	6.05
0.10	0.00	0.06	0.74	0.73	1.57	3.11	3.43	2.75	2.72	5.67	7.01	3.99
0.22	0.00	0.03	0.26	0.39	0.00	0.47	0.86	0.99	1.33	4.04	2.83	1.64
0.17	0.80	1.51	3.17	4.55	0.00	0.00	6.21	5.69	8.14	10.12	0.00	10.98
0.39	0.04	0.84	1.11	2.42	0.00	0.00	1.56	2.04	3.99	7.20	0.00	4.50
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44	0.00	0.00	0.00	0.00	11.48	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	5.11	0.00
1.88	1.81	2.44	3.10	3.25	3.18	3.68	5.55	5.42	5.05	4.18	4.58	4.93
0.32	0.42	0.80	1.25	1.22	1.39	1.25	2.24	2.45	2.49	3.86	4.99	2.09
0.16	0.16	0.28	0.39	0.39	0.42	0.46	1.14	0.76	0.65	0.53	0.90	0.37
19.62	17.80	25.86	32.30	40.07	22.10	24.46	38.99	44.72	48.54	55.37	47.15	47.74
0.00	3.04	5.32	12.20	16.94	3.86	11.76	20.32	19.62	24.55	30.13	38.26	32.75
79.39	79.17	68.82	55.50	42.99	74.04	63.79	40.69	35.66	26.91	14.50	14.59	19.51
33.05	36.76	31.26	28.40	32.15	0.00	0.00	0.42	13.70	13.24	13.51	0.00	7.80
29.75	35.13	31.80	24.15	13.38	37.81	59.91	48.03	29.15	15.13	17.67	22.78	15.84
37.20	28.11	36.94	47.45	54.47	62.19	40.09	51.55	57.15	71.63	68.82	77.22	76.35
41.80	49.69	38.53	25.61	12.25	35.07	51.45	34.90	22.09	9.84	9.53	10.97	7.56
55.48	42.21	47.49	53.41	52.95	61.22	36.55	39.76	45.97	49.47	39.39	39.49	38.69
2.72	8.10	13.98	20.98	34.80	3.72	12.01	25.34	31.94	40.69	51.08	49.54	53.74
32.43	34.77	28.03	23.71	23.30	0.00	0.00	0.31	9.64	8.15	6.94	0.00	3.67
29.18	33.23	28.51	20.16	9.70	36.36	52.56	35.62	20.51	9.31	9.08	11.23	7.45
38.39	32.00	43.46	56.13	67.00	63.64	47.44	64.07	69.86	82.54	83.98	88.77	88.87
93.95	89.99	83.62	73.65	61.83	87.33	74.63	54.50	52.71	43.35	27.42	26.39	30.59

DALY の平均値は、古典的名著 *Igneous rocks and the depths of the earth* (1933, 1972 復刻) に135個の平均成分が集録されている。これは、それより以前に出版されていた *Igneous rocks and their origin*(1914) にあげてあったものを補充したものである。この平均値はもちろん岩種別になっているが、岩石分類の根拠は先著 (DALY

1914) に記載されている (第2表)。鉱物組成比による厳密な定義がしてないから、物足りない点があるのは仕方ない。しかしながら、この平均値は古くから利用されているため、それだけに権威があり、単純な基準として現在も利用価値が高い。

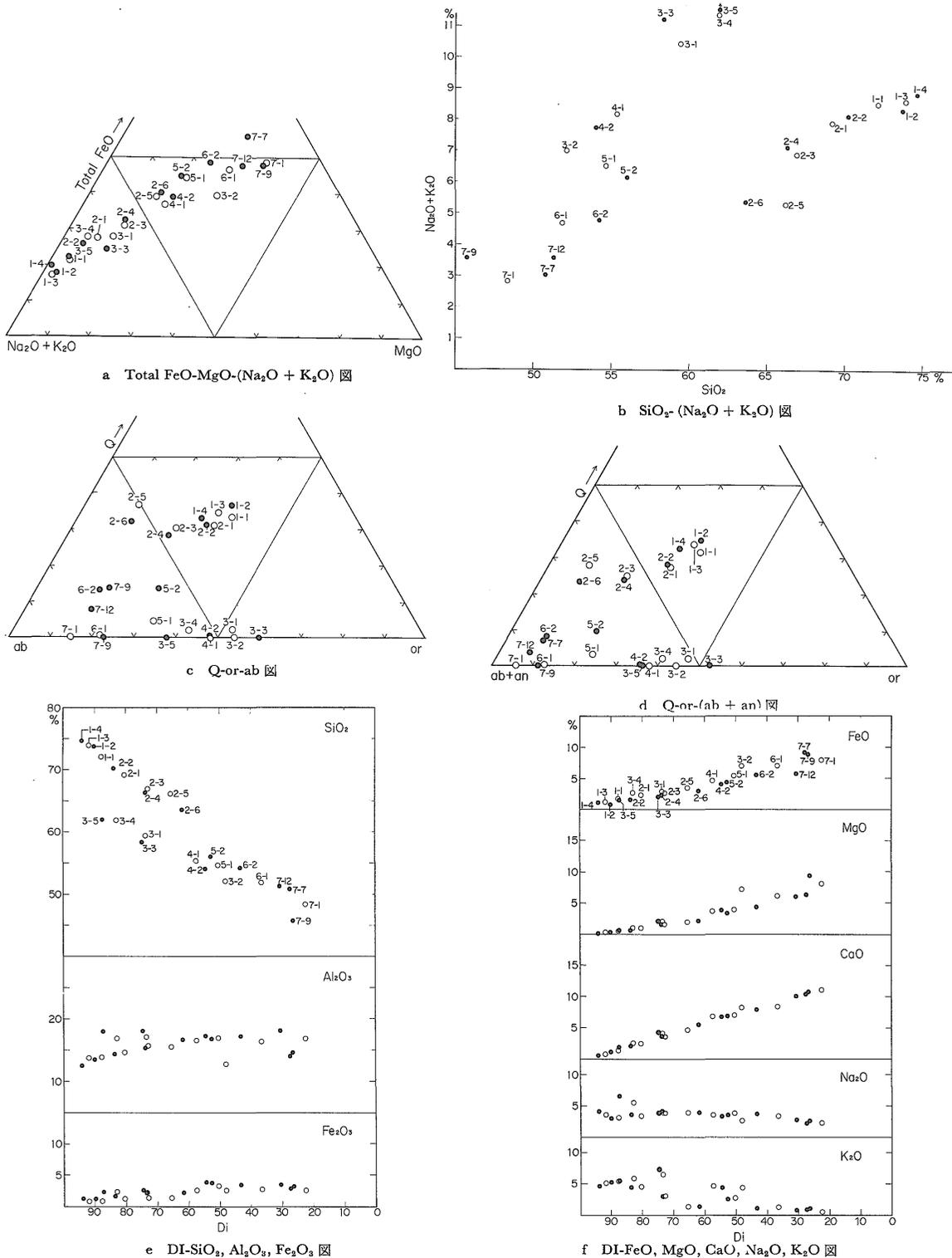
NOCKOLDS の平均値は、岩石の分類根拠を鉱物学的に

第4-c表 ARAMAKI et al. (1972) による花崗岩類平均値

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	78.75	76.76	74.77	72.78	70.78	68.79	66.80	64.81	62.82	60.83	58.83
TiO ₂	0.00	0.06	0.14	0.23	0.31	0.39	0.47	0.56	0.64	0.72	0.80
Al ₂ O ₃	12.50	13.02	13.53	14.05	14.57	15.09	15.61	16.12	16.64	17.16	17.68
Fe ₂ O ₃	0.25	0.42	0.59	0.76	0.93	1.10	1.27	1.44	1.61	1.78	1.95
FeO	0.00	0.44	0.92	1.41	1.89	2.38	2.86	3.35	3.83	4.32	4.80
MnO	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11
MgO	0.00	0.00	0.20	0.54	0.89	1.23	1.57	1.91	2.26	2.60	2.94
CaO	0.00	0.51	1.17	1.82	2.47	3.13	3.78	4.43	5.09	5.74	6.39
Na ₂ O	4.07	3.97	3.87	3.78	3.68	3.58	3.49	3.39	3.29	3.19	3.10
K ₂ O	4.50	4.18	3.87	3.55	3.24	2.92	2.61	2.29	1.98	1.66	1.35
P ₂ O ₅											
H ₂ O											
Q	37.86	36.39	34.17	31.74	29.31	26.91	24.45	22.08	19.74	17.45	15.08
C	0.93	1.04	0.85	0.68	0.52	0.35	0.17	0.01	0.00	0.00	0.00
or	26.59	24.70	22.87	20.98	19.15	17.26	15.42	13.53	11.70	9.81	7.98
ab	34.44	33.59	32.75	31.99	31.14	30.29	29.53	28.69	27.84	26.99	26.23
an	0.00	2.53	5.80	9.03	12.25	15.53	18.75	21.98	24.79	27.60	30.34
ne	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
wo-di	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.37	0.57
en-di	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.19	0.30
fs-di	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.16	0.25
en-hy	0.00	0.00	0.50	1.35	2.22	3.06	3.91	4.76	5.53	6.28	7.02
fs-hy	0.00	0.42	1.05	1.67	2.30	2.95	3.56	4.19	4.73	5.30	5.84
fo-ol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
fa-ol	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
mt	0.10	0.61	0.86	1.10	1.35	1.59	1.84	2.09	2.33	2.58	2.83
il	0.00	0.11	0.27	0.44	0.59	0.74	0.89	1.06	1.22	1.37	1.52
ap	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total FeO	2.56	9.12	15.45	21.01	25.88	30.36	34.29	37.97	41.21	44.29	47.00
Mg	0.00	0.00	2.13	5.42	8.45	11.08	13.45	15.61	17.64	19.44	21.08
Na ₂ O + K ₂ O	97.44	90.88	82.42	73.57	65.67	58.56	52.26	46.42	41.14	36.27	31.91
Q	38.28	38.43	38.06	37.47	36.82	36.14	35.23	34.34	33.30	32.16	30.59
or	26.89	26.09	25.47	24.77	24.05	23.17	22.22	21.05	19.74	18.08	16.19
ab	34.83	35.48	36.47	37.76	39.12	40.69	42.55	44.61	46.96	49.76	53.22
or	42.11	39.28	36.05	32.80	29.70	26.57	23.54	20.51	17.71	14.85	12.06
ab	57.89	56.70	54.79	53.08	51.28	49.51	47.83	46.16	44.74	43.36	42.08
an	0.00	4.02	9.15	14.12	19.02	23.92	28.63	33.33	37.55	41.79	45.87
Q	38.28	37.43	35.75	33.86	31.91	29.90	27.74	25.59	23.48	21.32	18.94
or	26.89	25.41	23.92	22.38	20.85	19.18	17.49	15.68	13.92	11.98	10.02
ab+an	34.83	37.16	40.33	43.76	47.24	50.92	54.77	58.72	62.60	66.70	71.04
DI	98.89	94.68	89.78	84.70	79.59	74.46	69.41	64.30	59.28	54.25	49.29

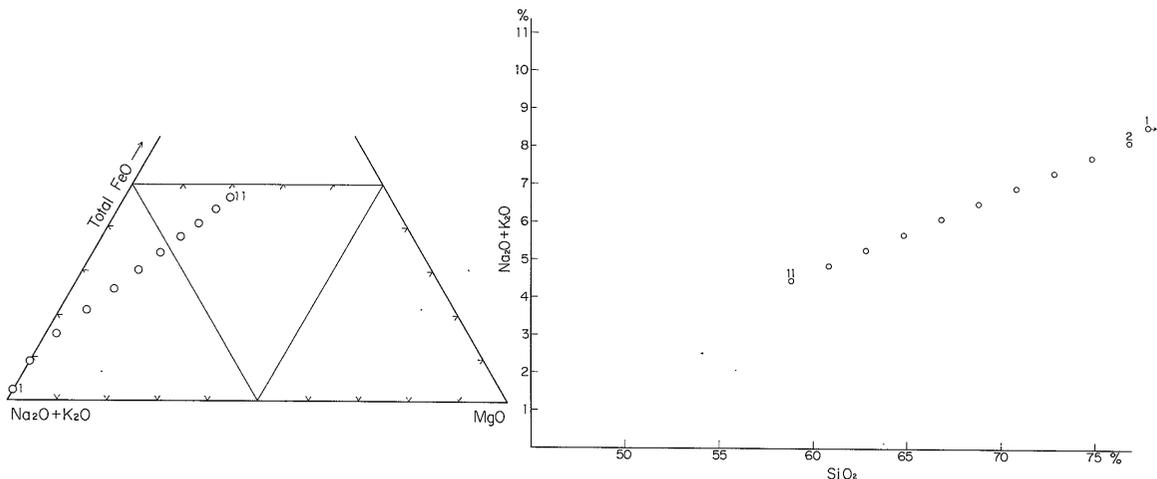
はっきりさせた上で平均している (第3表). 全部で177個の平均値があげられている. ただし難をいえば, 彼の岩石分類が最近提案され, おそらく今後踏襲されるであ

ろう新しい分類法 (STRECKEISEN, 1973) とわずかくいちがっていることである. なお, NOCKOLDS はノルム値も表記しているが, 今回新たに計算しなおした.



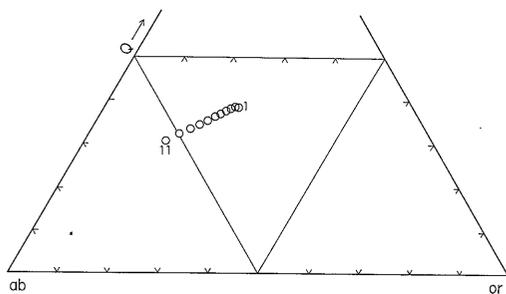
第 3 図 Nockolds (1954) の平均値に関する図
番号は第 3, 4 b 表の番号と同じ

岩石の平均化学成分とその図示 (丹治耕吉・片田正人・大森貞子)

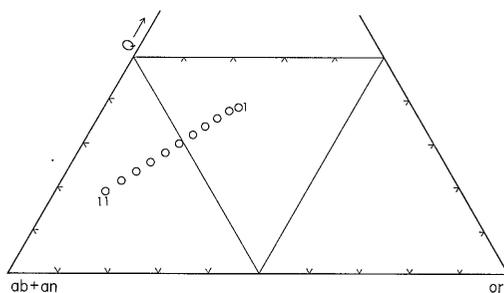


a Total FeO-MgO-($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) 図

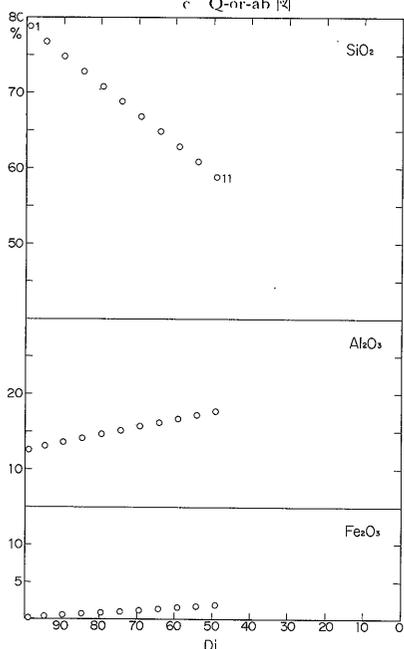
b SiO_2 -($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) 図



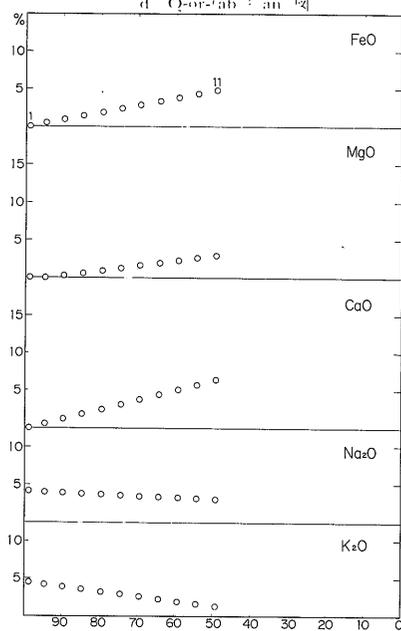
c Q-or-ab 図



d Q-or-(ab+an) 図



e Di - SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 図



f Di -FeO, MgO, CaO, Na_2O , K_2O 図

第4図 ARAMAKI et al. (1972) の平均値に関する図
番号は第4c表の no. 1, 11 だけを示す

ARAMAKI et al. の平均値は、日本の花崗岩類を、岩種にこだわらずにDIで分類して平均している。われわれが花崗岩を論ずる場合にはきわめて利用価値の高いものである。しかし残念なことに、DI=50以下の閃緑岩質ないし斑岩質の岩石をあつかっていない。なお、ARAMAKI et al. があげているノルム値は、分析値から直接計算されたものと、ごくわずかではあるが値が異なる。われわれの報文では、都合上分析値から直接計算したものを利用した。

3.2 各平均値の表示

第4-a, b, c表が前項でのべた各著者の平均値である。DALYとNOCKOLDSの平均値の番号は、第2, 3表の番号と同様である。Totalは第4表からはぶいてあるが、DALYとNOCKOLDSのものはすべて100であり、ARAMAKI et al. のものは100に換算しなおしてない。

3.3 各平均値の図示

プロッターでプロットした図のうち、比較的使用頻度の高いtotal FeO-MgO-(Na₂O + K₂O)図、SiO₂-(Na₂O + K₂O)図、Q-or-ab図、Q-or-(ab + an)図およびDI-酸化物図を整図しなおして第2~4図にあげる。

Total FeO-MgO-(Na₂O + K₂O)図とSiO₂-(Na₂O + K₂O)図は、火山岩の研究などでよく利用されているものである。Q-or-ab図はTuttle-Bowenの実験で有名な図である。Q-or-(ab + an)図は、深成岩類の分類に使用されるモード石英-斜長石-カリ長石図のノルム値によ

る表現である。DI-酸化物図は、Thornton-Tuttleの図として知られるものである。

文 献

- ARAMAKI, S., HIRAYAMA, K. and NOZAWA, T. (1972): Chemical composition of Japanese granites, part 2. Variation trends and average composition of 1200 analyses. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 78, p. 39-49.
- DALY, R. A. (1914): *Igneous rocks and their origin*. 563 p., McGraw-Hill, New York.
- (1933): *Igneous rocks and the depths of the earth*. 598 p., McGraw-Hill, New York (1972, Hafner, New York).
- NOCKOLDS, S. R. (1954): Average chemical compositions of some igneous rocks. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 65, p. 1007-1032.
- 小野千恵子・曾屋竜典 (1974): 北上山地の白亜紀花崗岩類, 第四章, 化学組成, 地質調報, no. 251, p. 43-90.
- STRECKEISEN, A. L. (Chairman) (1973): Plutonic rocks—classification and nomenclature recommended by the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks. *Geotimes*, vol. 18, no. 10, p. 26-30.