

岩石の平均化学成分とその図示

3. 地 殻

小野千恵子* 丹治 耕吉** 安藤 直行** 片田 正人*

Average Chemical Compositions of Rocks
and their Graphic Representation

3. Earth's Crust

Chieko ONO, Kokichi TANJI, Naoyuki ANDO and Masato KATADA

Abstract

Average chemical compositions of several types of igneous and sedimentary rocks were discussed in previous two reports (TANJI et al., 1974, 1975). In the present report, average chemical compositions of overall igneous rocks, sedimentary rocks and the earth's crust which are recommended by several authors are reviewed and the CIPW normative mineral compositions are calculated after the same computer programs previously reported. The chemical and normative mineral compositions of the upper mantle are also estimated. These values are shown on the $Q-(ab+an)-or$, ACF, Na_2O-K_2O and $SiO_2-(Na_2O+K_2O)$ diagrams as the curve plotter output of the programs.

Some modifications are given to the computer programs after publishment of the former reports. Relationships among those programs are summarized briefly.

要 旨

すでに報告した2報文(丹治ほか, 1974, 1975)では, 火成岩・堆積岩の個々の岩石種の平均値を検討した。この報文では, より大きな視野にたつて, 全火成岩・全堆積岩および全地殻の平均化学成分をあげ, 若干の議論をした。

計算および図示は, TOSBAC-3400を利用した。最後にプログラムおよびその使用法についてふれた。

1. 緒 言

前2回の報文(丹治ほか, 1974, 1975)で, 個々の岩石の成分をみてきたが, 今回はそれをまとめる意味で, 地殻の平均化学成分を検討する。そのためには, 最初に全火成岩・全堆積岩の成分をあげ, 最後に比較対象として上部マントルの推定成分にふれる。また, コンピューター・プログラムに関しても補足する。

火成岩・堆積岩・地殻およびマントルにおける化学成

分の存在度は, 地球化学の基本的命題の一つであり, これまでに多数の研究者によって算定され, 議論されてきた。ここでは, CLARKE and WASHINGTON (1924), POLDERVAART (1955), RINGWOOD (1964), TAYLOR (1964), MASON (1966), PARKER (1967), RONOV and YAROSHEVSKY (1969)などの議論を参考にしながら記述をすすめることにする。

この報文をまとめるにあたり, 東京教育大学牛来正夫助教授および東北大学青木謙一郎教授からは, 貴重な御教示をいただいた。また, 本所大森貞子技官からは, 多くの御援助をうけた。ここに深く謝意を表する。

2. 火成岩・堆積岩・地殻の平均化学成分

2.1 火成岩の平均化学成分

火成岩平均成分の有名なものとしては, CLARKE and WASHINGTON (1924)によるものがある(第1表, no. 1, 2¹⁾)。これは世界各地の分析値5159個の算術平均値であり, 地殻の16 km (10マイル)の厚さの部分, つまり彼

1) no. 2は再計算値。この報文では再計算して Total = 100にする場合, 最後の桁の次の桁で4捨5入した。その際 Total が100にならない場合は, SiO_2 を増減して100になるように全体を丸めた。

* 地 質 部

** 技 術 部

第1表 火成岩の平均化学成分

SAMPLE NO.	1	2
SI02	59.12	60.11
TI02	1.05	1.07
AL203	15.34	15.60
FE203	3.08	3.13
FE0	3.80	3.86
MNO	0.12	0.12
MGO	3.49	3.55
CAO	5.08	5.17
NA2O	3.84	3.90
K2O	3.13	3.18
P2O5	0.30	0.31
H2O+	1.15	-
H2O-	-	-
CO2	0.10	-
TOTAL	99.60	100.00
Q		10.13
C		0.
OR		18.79
AB		33.00
AN		15.67
NE		0.
WO		0.
WO-DI		3.32
EN-DI		2.29
FS-DI		0.77
EN-HY		6.55
FS-HY		2.19
FO-OL		0.
FA-OL		0.
MT		4.54
HM		0.
IL		2.03
AP		0.72
OTHERS		0.

1: 全火成岩, Clarke and Washington (1924); 微量成分は除く, 以下同様.
2: No. 1 の再計算値.

らが仮定した地殻上半部を構成する火成岩の平均値である。ただしこれは、大洋地域の試料は少数例しか含まれていないから²⁾、大陸性地殻の平均値とみなされるものである。しかし単純な算術平均であるため、もともと分布が不均質な火成岩平均値として採用することに不安がないわけではない。CLARKE and WASHINGTON 自身がすでに言及しているように、1)各岩体の実際の体積の大きさを考慮していない、2)分析値のない地域を考慮していない、3)興味のある岩石に分析数が片寄っている——という疑問が生ずるであろう。しかしその後別の方法で計算された平均値と比較してみても、実際には不都合はないように思われる。ランダム・サンプリングによる多数試料を扱ったために、適正と思われる平均値が得られたのであろう。

2.2 堆積岩の平均化学成分

CLARKE and WASHINGTON (1924) は、前回の報文(丹治ほか, 1975)で紹介した頁岩・砂岩・石灰岩の各 composite analysis を利用して堆積岩の平均成分を計算した。これは全堆積岩が、頁岩80%, 砂岩15%, 石灰岩5%で構成

2) 南大西洋諸島の56分析値と、ハワイを含むポリネシア諸島の72分析値を含んでいる。

第2表 堆積岩の平均化学成分

SAMPLE NO.	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SI02	57.95	58.53	60.65	61.95	28.50	60.60	51.90	43.20	44.50
TI02	0.57	0.56	0.60	0.59	0.40	0.40	0.50	0.70	0.60
AL203	13.40	13.07	14.02	13.83	8.10	8.90	11.40	11.60	10.90
FE203	3.47	3.37	3.63	3.57	5.00	2.40	2.60	4.60	4.00
FE0	2.08	2.00	2.18	2.12	-	1.20	2.00	0.60	0.90
MNO	-	0.	-	0.	0.60	-	-	0.30	0.30
MGO	2.66	2.51	2.78	2.66	1.80	2.90	3.80	2.40	2.60
CAO	5.90	5.44	6.17	5.76	30.50	10.60	12.60	21.10	19.70
NA2O	1.14	1.10	1.19	1.16	0.80	0.80	1.30	1.10	1.10
K2O	2.86	2.81	2.99	2.97	1.20	2.10	2.40	1.80	1.90
P2O5	0.14	0.15	0.15	0.16	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10
H2O+	3.23	3.16	-	-	-	-	-	-	-
H2O-	-	1.12	-	-	-	-	-	-	-
CO2	5.39	4.94	5.64	5.23	22.90	10.00	11.40	12.50	13.40
TOTAL	98.79	98.76	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Q			38.13	39.87	14.31	43.59	29.17	16.31	21.61
C			8.83	8.71	3.56	5.31	6.66	0.	2.50
OR			17.67	17.55	7.09	12.41	14.18	10.64	11.23
AB			10.07	9.82	6.77	6.77	11.00	9.31	9.31
AN			0.	0.	5.24	0.	0.	21.40	12.37
NE			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
WO			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
WO-DI			0.	0.	0.	0.	0.	1.51	0.
EN-DI			0.	0.	0.	0.	0.	1.30	0.
FS-DI			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
EN-HY			6.92	6.63	4.48	7.22	9.47	4.68	6.48
FS-HY			0.01	0.	0.	0.	0.70	0.	0.
FO-OL			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
FA-OL			0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
MT			5.26	5.12	0.80	2.71	3.77	0.88	2.14
HM			0.	0.04	4.45	0.53	0.	3.99	2.52
IL			1.14	1.12	0.76	0.76	0.95	1.33	1.14
AP			-	-	0.46	-	-	0.23	0.23
OTHERS			12.83	11.89	52.08	22.74	25.93	28.43	30.48

3: 全堆積岩, Leith and Mead (1915); 原著の Total 107.34 を 100.00 になるよう再計算.
4: 全堆積岩, Clarke and Washington (1924). 5: No. 3 の再計算値. 6: No. 4 の再計算値.
7: Deep oceanic 地域, No. 7-11 は Poldervaart (1955); 原著では小数以下1桁しか示されていない. No. 14-22 も同様.
8: Continental shield 地域. 9: Young folded belts 地域. 10: Suboceanic 地域. 11: 全堆積岩.

第3表 No. 3, 4, 8, 9の堆積岩平均化学成分の再計算値

SAMPLE NO.	3	4	8	9
SiO ₂	69.11	69.87	77.66	69.32
TiO ₂	0.68	0.67	0.51	0.67
Al ₂ O ₃	15.98	15.60	11.41	15.23
Fe ₂ O ₃ *	6.89	6.68	4.78	6.44
MnO	-	0.	-	-
MgO*	2.18	2.09	1.62	3.10
CaO*	0.22	0.24	0.17	0.18
Na ₂ O	1.36	1.31	1.03	1.74
K ₂ O	3.41	3.35	2.69	3.21
P ₂ O ₅	0.17	0.18	0.13	0.13

CaCO₃, MgCO₃, H₂O+, H₂O-, C およびその他の微量成分を除外し、全鉄を Fe₂O₃ に換算したもの。プログラム NORM-104 (丹治ほか, 1975) による。

されるところとして計算したものである(第2表, no. 4)。これより先, LEITH and MEAD (1915) は, 同じ分析値を利用し, 頁岩82%, 砂岩12%, 石灰岩6%という比率で堆積岩の平均値を計算した(第2表, no. 3)。

上記の2平均値はもちろん大陸地域の場合であるが, POLDERVAART (1955) は広く海洋地域の堆積岩まで考慮して全地球上の堆積岩の平均値を計算した。つまり, 全地球を deep oceanic, continental shield, young folded belts, suboceanic の各地域に分け, 各地域の堆積岩の種類・成分・量を推定し, 重みをつけた平均値を計算した(第2表, no. 7-11)。この計算値は H₂O および微量成分を除外してあるので LEITH and MEAD, CLARKE and WASHINGTON のものも同様に計算しなおし, 一緒に同表にあげた。

POLDERVAART のものが SiO₂ が少なく, CaO が多いのは, もちろん海底下の堆積岩を加えたからである。しかし MASON(1966) によれば, LEITH and MEAD, CLARKE and WASHINGTON のもの, とくに後者は石灰岩の量を少なく見つりすぎているという。もしその点を考慮して補正すると, LEITH and MEAD, CLARKE and WASHINGTON のものは, POLDERVAART の大陸性地殻のもの (no. 8, 9, とくに no. 9) に値が近づく。たとえば, 前回の報文で示したプログラム NORM-104 により, 炭酸塩鉱物や灼熱減量を取りのぞく計算をしてみると(第3表) no. 3, 4 の LEITH and MEAD, CLARKE and WASHINGTON のものは, no. 9 の POLDERVAART の young folded belts 地域のものによく類似する。

2.3 地殻の平均化学成分

大陸性地殻上部 (16km) の平均値として有名なものはやはり CLARKE and WASHINGTON (1924) のものである。火成岩95%³⁾, 頁岩4%, 砂岩0.75%, 石灰岩0.25%分

3) 結晶片岩や片麻岩のような変成岩の分布地域は, この95%の地域のなかに含めてある。

布するとして計算したものである(第4表, no. 12)。

POLDERVAART (1955) は, 堆積岩の場合とほぼ同様の地域区分 (oceanic, suboceanic, young folded belts, continental shield の各地域) をし, 海洋地域をも含めたモホ面より上位の地殻全体の断面の層状構造を推定し, それによって地殻全体の成分を求めている。

最近になって RONOV and YAROSHEVSKY (1969) も, モホ面上位の地殻全体の平均値を POLDERVAART と似た方法で計算した。

まったく別の独想的な方法で地殻の成分を推定したのは GOLDSCHMIDT (1954) と TAYLOR (1964) である。

GOLDSCHMIDT の例はこの報文には引用しないけれども, 彼は, スカンジナビア半島で氷河にけずられて堆積した粘土層成分の平均値が, 地殻成分の平均値に近い値を示すであろうと考えた。この値が CLARKE and WASHINGTON の値に非常によく一致していることは有名である。

TAYLOR は, 種々の堆積岩に含まれる希土類元素の相対的濃度の分布が, 常に似た一定のパターンを示し, しかもそれがコンドライト・苦鉄質岩・珪長質岩中の希土類元素の分布パターンに似ていることに注目した。そして, 苦鉄質岩と珪長質岩を 1:1 に混合すると, 希土類成分値が堆積岩のそれにほぼ一致することに気がついた。このことから TAYLOR は, 代表的な花崗岩と玄武岩の成分の 1:1 の混合成分を地殻の平均成分と推定した。

以上の, CLARKE and WASHINGTON, POLDERVAART, TAYLOR, RONOV and YAROSHEVSKY の平均値を (一部再計算して) まとめたのが第4表 no. 13-22 である。

これをみると, まず no. 13 の CLARKE and WASHINGTON の値と no. 20 の TAYLOR の値は, アルカリには若干のちがいがあられるけれども (次項参照), 全体的にはよく一致している。両者とも地表の岩石からの情報によるもので, 大陸性地殻上部の成分を示す値として妥当なものと考えられよう。また no. 18 の POLDERVAART の大陸性地殻の成分⁴⁾は, 地殻下部のいわゆる玄武岩質層も考慮に入れたものである。CLARKE and WASHINGTON, TAYLOR の成分と比較して, MgO と CaO が多く, この点は合理的である。

POLDERVAART (no. 18) と RONOV and YAROSHEVSKY (no. 21, 22) の大陸性地殻・全地殻の成分を比較すると, RONOV and YAROSHEVSKY のものは, POLDERVAART のものより SiO₂ が多く, FeO, MgO, CaO が少ない。す

4) $\frac{(no. 16) \times 42 + (no. 18) \times 105}{42 + 105}$ として計算したものの。42, 105は

young folded belts 地域, continental shield 地域のそれぞれの面積 ($\times 10^4 \text{km}^2$) である。

第4表 地殻の平均化学成分

SAMPLE NO.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
SI02	59.07	60.33	46.60	49.50	58.40	59.80	59.50	55.20	60.50	61.90	59.30
TI02	1.03	1.05	2.90	1.90	1.10	1.20	1.20	1.60	1.00	0.80	0.90
AL203	15.22	15.54	15.00	15.10	15.60	15.50	15.30	15.60	15.60	15.60	15.90
FE203	3.10	3.17	3.80	3.40	2.80	2.10	2.30	2.80	-	2.60	2.50
FeO	3.71	3.79	8.00	6.40	4.80	5.10	5.00	5.80	7.20	3.90	4.50
MNO	0.11	0.11	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10
MGO	3.45	3.52	7.80	6.20	4.30	4.10	4.20	5.20	3.90	3.10	4.00
CAO	5.10	5.21	11.90	13.20	7.20	6.40	6.60	8.80	5.80	5.70	7.20
NA2O	3.71	3.79	2.50	2.50	3.10	3.10	3.10	2.90	3.20	3.10	3.00
K2O	3.11	3.18	1.00	1.30	2.20	2.40	2.30	1.90	2.50	2.90	2.40
P2O5	0.30	0.31	0.30	0.30	0.30	0.20	0.20	0.30	0.20	0.30	0.20
H2O+	1.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H2O-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO2	0.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	99.56	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Q		10.99	0.	0.	11.16	12.64	12.46	6.55	10.72	16.36	12.11
C		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
OR		18.79	5.91	7.68	13.00	14.18	13.59	11.23	14.77	17.14	14.18
AH		32.07	19.87	21.15	26.23	26.23	26.23	24.54	27.08	26.23	25.39
AN		16.00	26.75	26.14	22.15	21.29	21.58	23.12	20.82	20.09	22.83
NE		0.	0.69	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
WO		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
WO-DI		3.27	12.66	15.61	4.85	3.82	4.11	7.76	2.78	2.60	4.84
EN-DI		2.27	8.55	10.34	3.08	2.30	2.54	4.94	1.25	1.63	3.04
FS-DI		0.73	3.14	4.14	1.45	1.32	1.33	2.32	1.51	0.82	1.50
EN-HY		6.50	0.	1.42	7.63	7.91	7.92	8.01	8.47	6.09	6.92
FS-HY		2.08	0.	0.57	3.60	4.52	4.15	3.75	10.24	3.06	3.40
FO-OL		0.	7.62	2.58	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
FA-OL		0.	3.08	1.14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
MT		4.60	5.51	4.93	4.06	3.04	3.33	4.06	0.	3.77	3.62
HM		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
IL		1.99	5.51	3.61	2.09	2.28	2.28	3.04	1.90	1.52	1.71
AP		0.72	0.70	0.70	0.70	0.46	0.46	0.70	0.46	0.70	0.46
OTHERS		0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

12: 全地殻, Clarke and Washington (1924).

13: No. 12 の再計算値.

14: Oceanic 地域, No. 14-19 は Poldervaart (1955).

15: Suboceanic 地域.

16: Young folded belts 地域.

17: Continental shield 地域.

18: 大陸地殻 (No. 16 + 17).

19: 全地殻.

20: 全地殻, (Taylor, 1964).

21: 大陸地殻, No. 21, 22 は Ronov and Yaroshevsky (1969).

22: 全地殻.

第5表 上部マントルおよび超苦鉄質岩の化学成分

SAMPLE NO.	23	24	25	26
SI02	45.16	40.35	43.87	44.63
TI02	0.71	0.20	0.82	0.28
AL203	3.54	0.84	4.02	2.65
FE203	0.46	1.89	2.53	2.12
FeO	8.04	11.92	9.92	8.84
MNO	0.14	0.21	0.21	0.15
MGO	37.47	43.35	34.28	37.55
CAO	3.08	0.75	3.49	2.94
NA2O	0.57	0.31	0.56	0.38
K2O	0.13	0.14	0.25	0.10
P2O5	0.06	0.04	0.05	-
H2O+	-	-	-	-
H2O-	-	-	-	-
CO2	-	-	-	-
TOTAL	99.36	100.00	100.00	99.64
Q	0.	0.	0.	0.
C	0.	0.	0.	0.
OR	0.77	0.83	1.48	0.59
AB	4.82	2.37	4.74	3.22
AN	6.72	0.49	7.72	5.23
NE	0.	0.14	0.	0.
WO	0.	0.	0.	0.
WO-DI	3.41	1.24	3.87	3.91
EN-DI	2.66	0.94	2.95	3.02
FS-DI	0.38	0.18	0.52	0.46
EN-HY	14.45	0.	12.70	16.47
FS-HY	2.09	0.	2.26	2.52
FO-OL	53.41	75.01	48.87	51.88
FA-OL	8.50	15.61	9.56	8.74
MT	0.67	2.74	3.67	3.07
HM	0.	0.	0.	0.
IL	1.35	0.38	1.56	0.53
AP	0.14	0.09	0.12	0.
OTHERS	0.	0.	0.	0.

23: パイロライト (Ringwood, 1964); これ以外に Cr₂O₃ = 0.43, CoO = 0.01, NiO = 0.20 を含む。ただしノルム計算には加えてない。

24: ダナイト (Nockolds, 1954).

25: ペリドタイト (Nockolds, 1954).

26: レルゾライト (青木謙一郎, 1972).

なわち, より花崗岩的である。その主な理由は, RONOV and YAROSHEVSKY が地殻の主要構成岩である花崗岩質岩・玄武岩質岩の平均値を, POLDERVAART の推定値より珪長質なものと考えているからである。

(付) 上部マントルの化学成分

以上述べてきた地殻の化学成分と比較するために, 地殻下位 (モホ面の下位) の上部マントルの推定化学成分をあげる。

上部マントルの成分は, キンバレー岩やアルカリ火山岩中の捕獲岩の成分, コンドライトの成分, 岩石・鉱物の高温高压実験結果, 地震波速度の測定から推定されている。

推定値の中でよく知られているものに, RINGWOOD ほかがか主張しているパイロライト (pyrolite) のモデルがある。これは, 上記の事実には, マントルが部分熔融して玄武岩マグマが生ずる過程を考慮して推定したもので, ダナイトなどと玄武岩を 3 : 1 の割合に混じたモデルである。若干異なったいくつかのモデルが考えられたが, ここでは RINGWOOD が1964年に提唱した成分を第5表 no. 23 にあげる。これはアルプス型ペリドタイトとハワイのかんらん石玄武岩を 3 : 1 の比に混ぜたものである。

no. 24, 25 に Nockolds (1954) によるダナイトとペリドタイトの平均成分も参考までにあげてある。

また、アルカリ火山岩中の捕獲岩には、マントルから直接もたらされたと考えられるレルゾライト (主にかんらん石・単斜輝石・斜方輝石からなる) が多くみられる。青木 (1972) は、これらのレルゾライトのうちで、最上部マントルからもたらされたと考えられるもので、普遍的に認められるものを選んで平均値を求めた。これが第 5 表 no. 26 である。

3. 平均化学成分の表と図

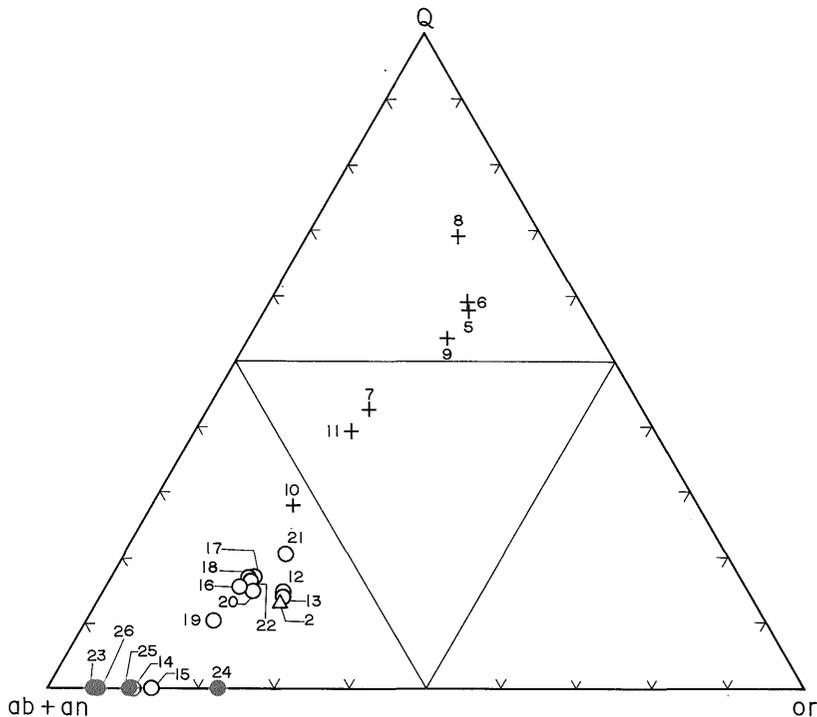
すでにみえてきたように、第 1—5 表が今回検討した化学成分値である。地質学的議論の際に、ノルム値を論ずることが多いので、堆積岩も加えた全分析値をプログラム NORM 103-3 で出力した (欠測データのハイフンを加筆)。またプログラム NORM 103-2 および NORM-104 による図のうち、ノルム $Q-(ab+an)-or$ 図、ACF 図、 Na_2O-K_2O 図、 $SiO_2-(Na_2O+K_2O)$ 図を、製図しなおして第 1—4 図に示す。

第 1 図の $Q-(ab+an)-or$ 図によれば、全平均値が or

成分がほぼ一定 (10—30%) の所に直線状に並んでいる。火成岩や地殻の各平均値のプロットされるフィールドは、DALY (1933) の火成岩類平均値の、花崗閃緑岩・石英閃緑岩・閃緑岩・安山岩がプロットされるフィールドにほぼ一致している。これは日本の岩石の平均値よりは or 成分に富むフィールドである (丹治ほか, 1974)。堆積岩の各平均値は、もっと長石 (ab, an, or) 成分が少なく、石英 (Q) 成分の多いフィールドに位置している。

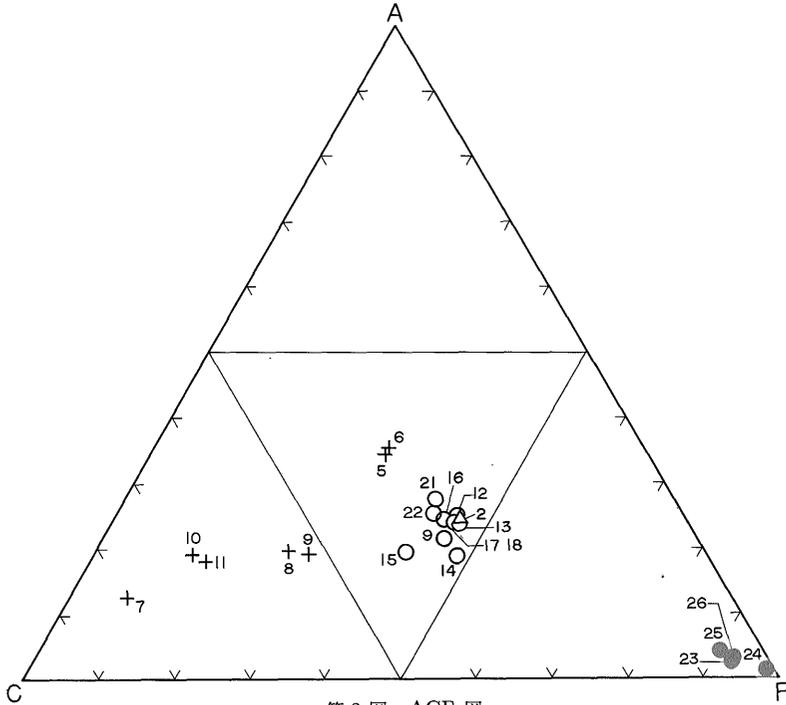
第 2 図の ACF 図によると、地殻の各平均値・火成岩平均値や、LEITH and MEAD, CLARKE and WASHINGTON の堆積岩平均値の化学成分の岩石が変成作用、たとえば熱変成作用をうけると、黒雲母や角閃石を含む変成岩を生ずる。しかし POLDERVAART の堆積岩平均値の岩石が変成作用をうけると、常に Ca に富む鉱物が含まれた変成岩が生ずることになる。とくに深海堆積物 (no. 7) がそうである。

第 3 図の Na_2O-K_2O 図によると、火成岩および地殻の各平均値はすべて $Na_2O > K_2O$ のフィールドに、堆積岩の各平均値はすべて $Na_2O < K_2O$ のフィールドにプロットされる。また Na_2O と K_2O だけに関していうと、

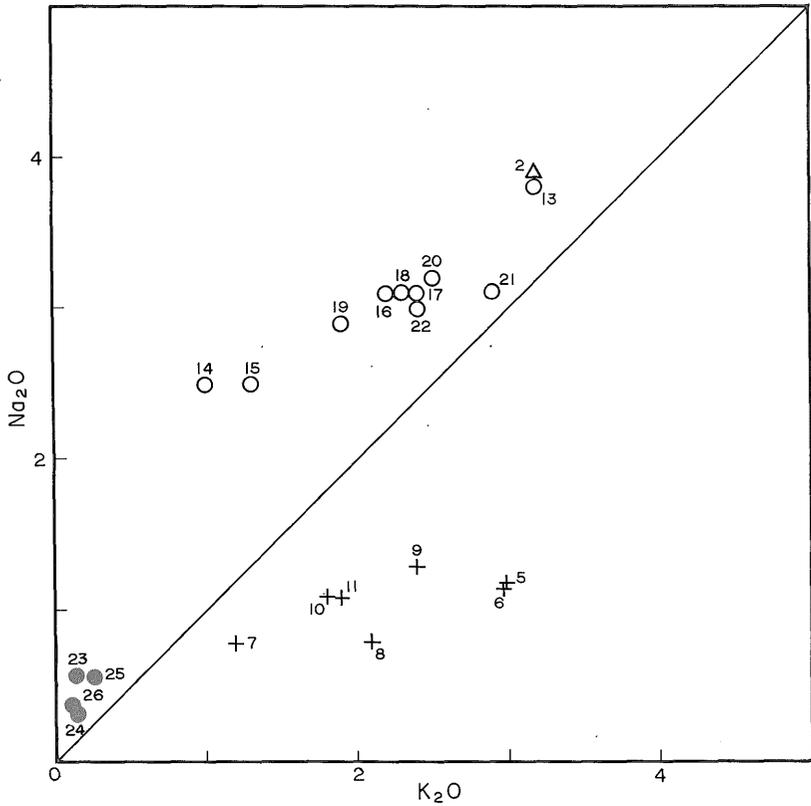


第 1 図 $Q-(ab+an)-or$ 図

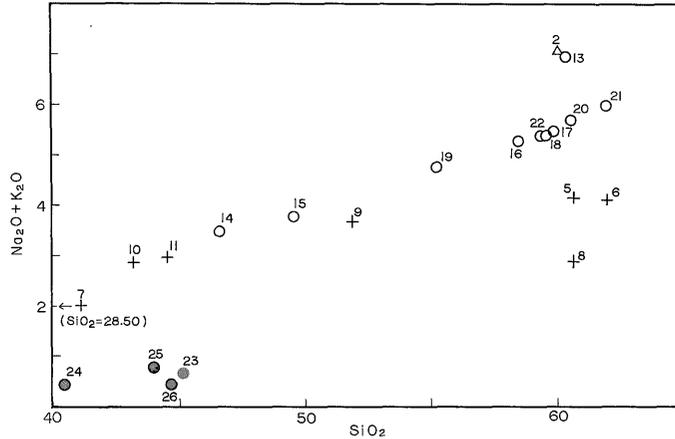
番号は第 1—5 表の番号に同じ。△印：全火成岩、+印：堆積岩、○印：地殻、●印：上部マントルなど。第 2—4 図でも同様。



第2図 ACF 図



第3図 Na₂O-K₂O 図



第4図 SiO₂-(Na₂O+K₂O) 図

CLARKE and WASHINGTON の火成岩・地殻の平均値は、他の著者の地殻の諸平均値より、Na₂O、K₂O とも若干多く計算されている。

第4図の SiO₂-(Na₂O+K₂O) 図によると、堆積岩の各平均値 (Na₂O < K₂O) は、火成岩・地殻の各平均値 (Na₂O > K₂O) に比較して Na₂O+K₂O の値が低いフィールドにプロットされる。火成岩・地殻の Na₂O が、堆積岩の場合より多いためである。

4. コンピュータープログラムについて

4.1 プログラムその後の変更

前報文(丹治ほか, 1974, 1975)のように, NORM-104 では, すべての入力値に対して, 欠測データがあってもよいプログラムを作ったので, 最初に目論んだノルム関

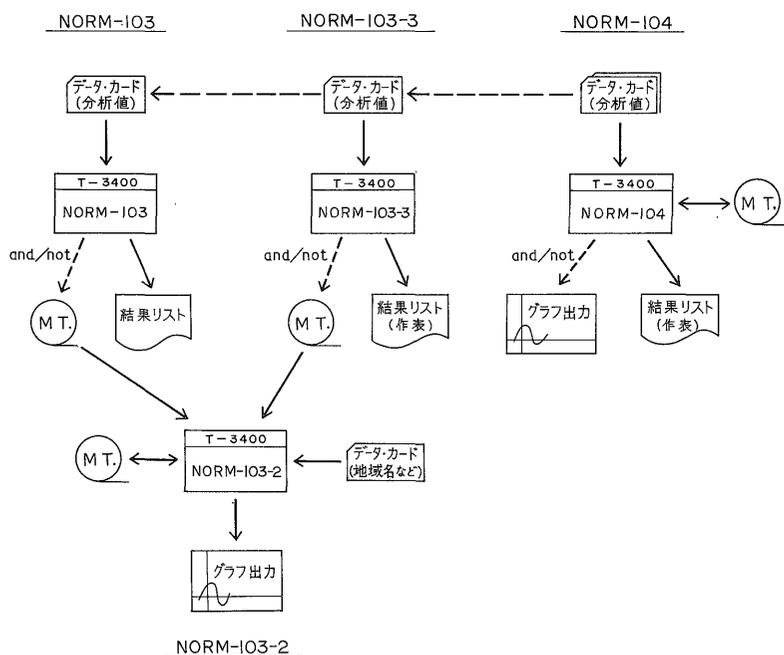
係のプログラム相互の入力の互換性を保つことが完全にはできなくなった。

そこで, NORM-103-3 を一部修正して, 入力データのうち H₂O+, H₂O-, CO₂ については, 欠測データでもよいようにした。その他の成分に欠測のある場合は, たとえ残りの成分でノルムの計算をしても, ノルム本来の意味がなくなるおそれがあるので, 許容範囲を上を範囲にとどめた。したがって, NORM-104 の入力カードの一枚目に欠測データがまったくなければ (または欠測データの代わりに 0.0 がパンチされていれば), そのまま NORM-103 か NORM-103-3 の入力カードとして使用することができる。また一枚目のカードのデータのうち, H₂O+, H₂O-, CO₂ の項目だけが欠測データである場合も, NORM-103-3 の入力カードとして使用できる。

第6表 ノルム関連プログラム総括表

Program Name	Content	Subject	Input	Output	Language
NORM-103	CIPW Norm	Igneous rocks	Cards	LP ¹⁾ : Normative minerals and/not MT. ²⁾ : for input to NORM-103-2	TOPS-14 TMAP (Assembler)
NORM-103-2	Drawing figures	Igneous rocks	MT.	CV ³⁾ : Figures LP: Information and message	TOPS-14 FORTRAN
NORM-103-3	CIPW Norm	Igneous rocks	Cards	LP: Normative minerals (tabulated) and/not MT.: for input to NORM-103-2	TOPS-14 FORTRAN
NORM-104	Percentage recalculation	Sedimentary rocks	Cards	LP: Recalculated percentage, Mole fraction (ACF, AKF) and/not CV: Figures	TOPS-14 FORTRAN

1 LP: Line printer 2 MT.: Magnetic tape 3 CV: Curve plotter



第5図 ノルム関連プログラム相互の関係

4プログラムを実行するときの機器構成も同時に示してある。矢印はデータの流れを示す。点線で示される出力を実行するかしないかは、実行時の1枚のカードによって指示する。

4.2 プログラム相互の関係

この報告までに述べた岩石の化学分析値に対するデータ処理のプログラムをまとめて第6表に示した。

NORM-103 と NORM-103-3 は、計算する内容はいずれも CIPW ノルムで、まったく同様である。出力も、磁気テープに出力する内容はまったく同じである。そのちがいは、NORM-103 が、ラインプリンターの1ページに2試料分の結果だけを出力するが、NORM-103-3 は1ページに最大10試料分の作表をして出力する。ただし、NORM-103-3 ではすべてのノルム鉱物を出力せず lc, kp, ac, ns, ks, cs, ti, ru, cc の9鉱物はその和を一括し、OTHERS として出力する。また NORM-104 は堆積岩を対象とするものである。

これらのプログラム相互の関係を模式的に示したのが第5図である。もう一度この図によって説明すると、NORM-103 と NORM-103-3 は岩石の化学分析値をカードリーダーから入力し、CIPW ノルムの計算をし、その結果を印刷する。このとき必要ならば、磁気テープの出力をさせることができる。NORM-103-2 は、NORM-103, NORM-103-3 で出力された磁気テープを入力し、種々のグラフをカーブプロッターに出力する。NORM-

104 は化学分析値をカードで入力し、その結果を印刷する。また必要ならば、グラフも出力する。

文 献

- 青木謙一郎 (1972) マントルからきた物質——の目瀉火山の噴出物——。科学, vol. 42, p. 615-621.
- CLARKE, F. W. and WASHINGTON, H. S. (1924) The composition of the earth's crust. 117p., U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 127.
- DALY, R. A. (1933) *Igneous rocks and the depths of the earth*. 589p., McGraw-Hill, New York (1972, Hafner, New York).
- GOLDSCHMIDT, V. M. (1954) *Geochemistry*. 730p., Oxford University Press, London.
- LEITH, C. K. and MEAD, W. J. (1915) *Metamorphic geology: A text-book*. 337p., Henry Holt and Company, New York.
- MASON, B. (1966) *Principle of geochemistry* (3rd ed.). 329p., John Wiley & Sons, Inc., New York. (邦訳 松井義人・一国雅己訳 (1970) 一般地球化学。岩波書店)

- NOCKOLDS, S. R. (1954) Average chemical compositions of some igneous rocks. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 65, p. 1007-1032.
- PARKER, R. L. (1967) Composition of the earth's crust, in Fleischer, M., ed., *Data of geochemistry* (6th ed.). *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 440-D, 19p.
- POLDERVAART, A. (1955) Chemistry of the earth's crust, in Poldervaart, ed., *Crust of the earth (a symposium)*. *Geol. Soc. America Spec. Paper*, 62, p. 119-144.
- RINGWOOD, A. E. (1964) The chemical composition and origin of the earth, in Hurly, P. M. ed., *Advances in earth science*, M. I. T. Press, Cambridge, p. 287-356.
- RONOV, A. B. and YAROSHEVSKY, A. A. (1969) Chemical composition of the earth's crust, in Hart, P. J. (ed.), *The earth's crust and upper mantle*, Am. Geophys. Union, Geophys. Mon., 13, p. 37-57.
- 丹治耕吉・片田正人・大森貞子 (1974) 岩石の平均化学成分とその図示 1. 火成岩類. 地質調月, vol. 25, p. 581-592.
- ・小野千恵子・安藤直行・片田正人 (1975) 岩石の平均化学成分とその図示 2. 堆積岩類. 地質調月. vol. 26, p. 177 ~ 183.
- TAYLOR, S. R. (1964) Abundance of chemical elements in the continental crust: A new table. *Geoch. Cosmoch. Acta*, vol. 28, p. 1273-1285.

(受付: 1975年5月29日; 受理: 1975年7月21日)