

[2] 岩石の分類と産状

D. 火成岩の分類と産状

(3) 岩石系列について

一定の時空分布の範囲内の火成岩は化学的・鉱物学的に共通の特徴を有し、成因的に密接に関連すると考えられる。このような時空分布のことを岩石区と呼ぶ。岩石区を広く比較検討することにより、岩石系列(rock series)という概念が生まれた。

(i) アルカリ系列(alkalic series)/ソレイト系列(tholeiitic series)

主に玄武岩中心の岩石区に基づいている。

異なる初生マグマに由来すると考えられる。

鉱物学的な区分: 前回のプリント図

・アルカリ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ )-シリカ( $\text{SiO}_2$ )図における区分。

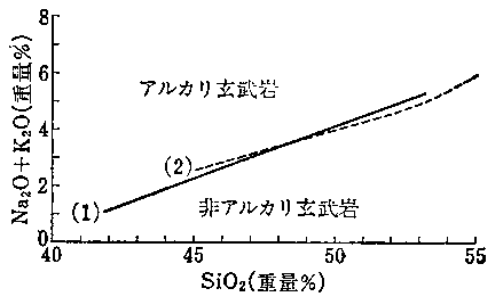
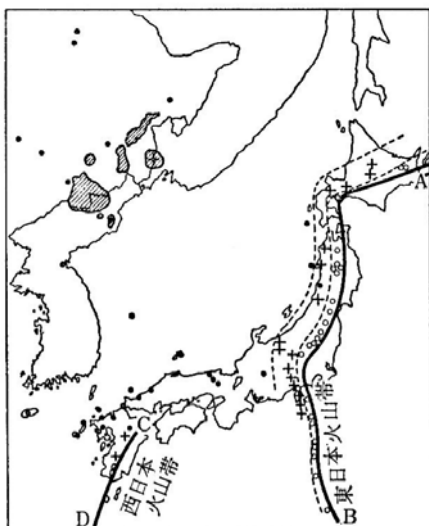


図 17.2 アルカリ玄武岩と非アルカリ玄武岩とのアルカリ含有量のちがいがい。(1)は Macdonald と桂<sup>(1)</sup>が求めたハワイのアルカリ玄武岩とソレイトの領域の境、(2)は日本の火山岩のなかのアルカリ岩と非アルカリ岩の領域の境で、久野<sup>(2)</sup>にもとづいて引いた。



日本およびアジア大陸における第四紀のアルカリの少ないソレイト(○), 高アルミナ玄武岩(+ )およびアルカリ・カンラン-石玄武岩(●)の分布(久野 久, Bull. volcanol., 29, 195~222, 1966, ほかによる)。東日本火山帯におけるそれらの分布地域の境は、破線で示してある。カルクアルカリ火山岩は、これらの三種のどれとも伴って、日本列島の大部分に出現する。線 A-B, C-D は、火山帯のフロント。大陸で影をつけた地域は、第三紀後期の台地玄武岩におおわれている。

(ii) ソレイト系列/カルクアルカリ系列

(tholeiitic series/calc-alkalic series)

非アルカリ玄武岩マグマの結晶分化作用では、鉄に富む安山岩質マグマが生成するが、島弧安山岩では鉄に富まない安山岩が多産し、それを区別するためにカルクアルカリ系列が提唱された。「カルクアルカリ」は Peacock (1931) のアルカリ・ライム指数による分類に由来する。

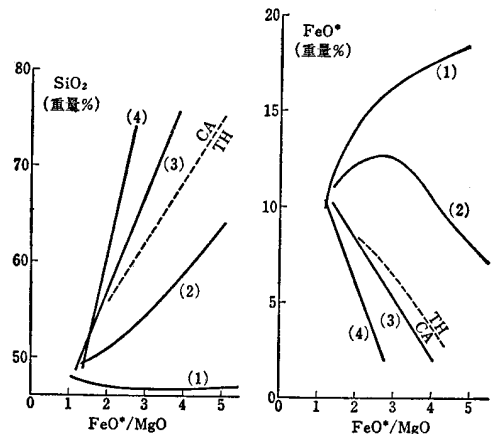


図 17.4 ソレイト系列とカルクアルカリ系列の  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  の増加ともなう組成変化 (1) Skaergaard マグマ, (2) と (3) はそれぞれ伊豆七島・伊豆半島・箱根地方の火山岩のなかの平均的ソレイト系列と平均的カルクアルカリ系列, (4) は天城山のカルクアルカリ系列。

カルクアルカリ系列の成因≒安山岩の成因≒大陸地殻の成因

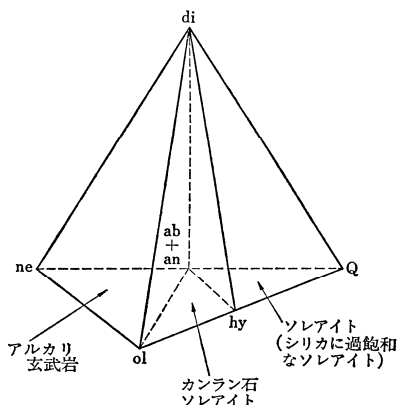
- ・結晶分化作用(磁鉄鉱を含む POAM 分別)
- ・マグマ混合(閉じた系)
- ・初生安山岩質マグマ
- ・沈み込みスラブの部分溶融(アダカイト:ザクロ石, 角閃岩)
- ・地殻下部の部分溶融とマグマ混合

(4) マグマの組成変化機構

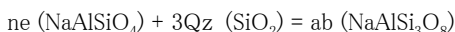
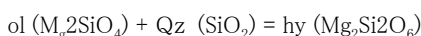
- ・マントルかんらん岩の部分溶融
- ・結晶分化作用(層状分化岩体, スケアガード等, 斑晶の分別で化学組成が説明できる)
- ・地殻物質の部分溶融(ハンレイ岩, 堆積岩, 安山岩)(同位体, 微量成分による証明)
- ・マグマの混合(一回の噴火で, 異なる組成のものが様々に混合した産状を示す. 非平衡な斑晶鉱物組み合わせ)
- ・液相不混和(実験で示される: 鉄に富む残液で顕微鏡的に観察される)
- ・ソーレー効果(熱勾配での元素拡散: 一般に熱拡散が早く元素拡散は遅いので地球上では対流が生じ効きにくい, 無重力状態では効く場合がある)

(5) C.I.P.W ノルム計算: 全岩組成から鉱物組成(一気圧, 無水)を見積もる方法

・玄武岩のノルム 4 面体での区分. (Yoder & Tilley, 1960)



シリカに飽和(アルカリ系列)/不飽和(ソレアイト系列)



通常の条件では右辺が安定なので, ol と Qz, あるいは ne と Qz は共存できない. このことから Qz が安定な場合をシリカ(SiO<sub>2</sub>)に飽和, ol, ne が安定な場合をシリカに不飽和と呼び, それぞれソレアイト岩系, アルカリ岩系に対応することが示された.

主要化学成分: SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO,

MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (11 成分)

計算の手順: 1 重量%からモル数の計算

- 2 微量成分鉱物の計算
- 3 主要成分鉱物の計算
- 4 シリカの分配
- 5 重量%の計算

**Q2** プリント末尾の分析表のうちから分析値1つ(できれば学術番号の下2桁の番号のもの)を選び, CIPW ノルムを計算しなさい. 下2桁が21以上の方は, (学番-20\*n)の番号を用いなさい.  
(注1)プリントには分子比が0.002以下は無視してよいと書いてあるが, これは無視して, 有効数字に注意して計算をおこなって下さい.

(注2)(II) (i) CO<sub>2</sub>については, CaCO<sub>3</sub>を作るように計算して下さい.

< 以下のノルム計算法は都城・久城, 共立全書による >

### 付録 7 C.I.P.W. ノルムの計算

ノルム鉱物を付表1に示してある. ノルム鉱物は, サリック(salic)な鉱物とフェミック(femic)な鉱物とに二分されている. サリックは Si や Al に富むという意味, フェミックは Fe や Mg を含むという意味からきたノルム用語である. (ただし, 付表1にみられるように, サリックな鉱物のなかには, Si や Al を含まない仮想的鉱物もいれてあり, フェミックな鉱物のなかには, リン灰石をはじめ, Fe も Mg も含まない鉱物がかなり入っている. したがって, これらは, 実際の火成岩に対

するフェルシックやマフィックの同義語ではなく, ノルムでだけ用いる語と解すべきものである.)

ノルムの計算規則は, 次の (I), (II), (III), (IV), (V) の五つの部分からなっていて, この順序で計算を進めることになっている. 実際の計算は, 付表2のような形式に書きながらやるのが普通である.

#### (I) 分子比の計算

(a) 化学分析の結果は, ほとんどいつでも, 酸化物(SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ……)の重量パーセントで与えられている. そのおのおのの値を, それぞれの酸化物の分子量で割って, 分子比を求める. (ノルム用語では, この分子比のことを molecular amount とよぶ.) この計算には, そのためにつくられた表を用いてもよい.

(b) MnO や NiO が定量されているときには, その分子比の値は, FeO の分子比の値に加えてしまう. すなわち, これらは少量成分なので, 独立した成分としては計算しない. 同様に, BaO や SrO も定量されていることと, 定量されていないこととあるが, 定量されているときには, これらの分子比の値は, CaO の分子比に加えてしまう.

(c) 一般に酸化物の分子比が 0.002 よりも小さい成分は, 無視してもよいと規約されている. ノルムの計算をあまり高い精度でやっても意

付表 1 ノルム鉱物 (normative minerals)

第1群 サリック (salic) な鉱物			
鉱物名	化学式	分子量	記号
石英 (quartz)	SiO <sub>2</sub>	60.06	Q
コランダム (corundum)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	101.94	C
ジルコン (zircon)	ZrO <sub>2</sub> ·SiO <sub>2</sub>	183.28	Z
正長石 (orthoclase)	K <sub>2</sub> O·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·6SiO <sub>2</sub>	556.50	or
アルバイト (albite)	Na <sub>2</sub> O·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·6SiO <sub>2</sub>	524.29	ab
アノサイト (anorthite)	CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2SiO <sub>2</sub>	278.14	an
リュウサイト* (leucite)	K <sub>2</sub> O·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·4SiO <sub>2</sub>	436.38	lc
ネフェリン (nepheline)	Na <sub>2</sub> O·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2SiO <sub>2</sub>	284.05	ne
カリオフィライト*(kaliophilite)	K <sub>2</sub> O·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2SiO <sub>2</sub>	316.26	kp
ハライト (halite)	Na <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	116.91	hl
テナルド石 (thenardite)	Na <sub>2</sub> O·SO <sub>3</sub>	142.05	th
炭酸ナトリウム (sodium carbonate)	Na <sub>2</sub> O·CO <sub>2</sub>	105.99	nc

第2群 フェミック (femic) な鉱物

鉱物名	化学式	分子量	記号
鈍輝石 (acmite)	Na <sub>2</sub> O·Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·4SiO <sub>2</sub>	461.91	ac
メタケイ酸ナトリウム (sodium metasilicate)	Na <sub>2</sub> O·SiO <sub>2</sub>	122.05	ns
メタケイ酸カリウム (potassium metasilicate)	K <sub>2</sub> O·SiO <sub>2</sub>	154.26	ks
ディオプサイド (diopside)	CaO·(Mg, Fe) <sub>2</sub> O·2SiO <sub>2</sub>	—	di
ハイパーシーン (hypersthene)	(Mg, Fe) <sub>2</sub> O·SiO <sub>2</sub>	—	hy
ウラストナイト (wollastonite)	CaO·SiO <sub>2</sub>	116.14	wo
エンスタタイト (enstatite)	MgO·SiO <sub>2</sub>	100.38	en
フェロシライト (ferrosilite)	FeO·SiO <sub>2</sub>	131.90	fs
カンラン石 (olivine)	2(Mg, Fe) <sub>2</sub> O·SiO <sub>2</sub>	—	ol
フォルステライト (forsterite)	2MgO·SiO <sub>2</sub>	140.70	fo
ファヤライト (fayalite)	2FeO·SiO <sub>2</sub>	203.74	fa
正ケイ酸カルシウム* (calcium orthosilicate)	2CaO·SiO <sub>2</sub>	172.22	cs
磁鉄鉱 (magnetite)	FeO·Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	231.52	mt
クロマイト (chromite)	FeO·Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	223.86	cm
赤鉄鉱 (hematite)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159.68	hm
イルメナイト (ilmenite)	FeO·TiO <sub>2</sub>	151.74	il
チタナイト (titanite)	CaO·TiO <sub>2</sub> ·SiO <sub>2</sub>	196.04	tn
ペロフスキー石 (perovskite)	CaO·TiO <sub>2</sub>	135.98	pf
ルチル (rutile)	TiO <sub>2</sub>	79.90	ru
リン灰石 (apatite)	3(3CaO·P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )CaF <sub>2</sub>	3×336.31	ap
螢石 (fluorite)	CaF <sub>2</sub>	78.08	fr
方解石 (calcite)	CaO·CO <sub>2</sub>	100.09	cc
黄鉄鉱 (pyrite)	FeS <sub>2</sub>	119.96	pr

注. \*をつけた鉱物は, 特別に強く SiO<sub>2</sub> の不足した岩石の場合にだけるので, その計算は, 本書では省略されている.

味がないので, 必要な精度に応じて, そのほかに適当な処置をとることがゆるされる.

#### (II) 副成分鉱物の計算

ノルム鉱物のなかで, 比較的少量にでてくる次のような鉱物の量の計算を, はじめに行なっておく.

(a) 上記のように計算した TiO<sub>2</sub> の分子比の値には, それと同じ量の FeO をつけ加えて, イルメナイト FeO·TiO<sub>2</sub> をつくる. そうす

付表 2 ココウ岩のノルムの計算例

	%	分子比	il	ap	or	ab	an	C	mt	hy	Q	
SiO <sub>2</sub>	71.08	1.185			258	342	88				27	470
TiO <sub>2</sub>	0.22	0.003	3									
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.90	0.156			43	57	44	12				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.62	0.004							4			
FeO	1.31	0.018	3						4		13	
MnO	0.15	0.002										
MgO	0.54	0.014										14
CaO	2.60	0.047		3			44					
Na <sub>2</sub> O	3.54	0.057				57						
K <sub>2</sub> O	4.08	0.043			43							
H <sub>2</sub> O	0.30	—										
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.10	0.001		1								
ノルム鉱物の重量 %			0.5	0.3	23.9	29.9	12.2	1.2	0.9	3.1	28.2	

注 上記の hy のなかで en 1.4%, fs 1.7%. ノルム鉱物の合計は 100.2% で、H<sub>2</sub>O を除いた酸化物の合計 100.14% とほぼ一致する。

ると、ふつうは TiO<sub>2</sub> よりも FeO のほうが多量にあって、FeO が残る。(しかし、例外的に、TiO<sub>2</sub> が残る場合が起こったら、その TiO<sub>2</sub> には、あと (III) でアノーサイトを計算した後に残った CaO を結合させて、チタナイト CaO·TiO<sub>2</sub>·SiO<sub>2</sub> をつくる。)

(b) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の分子比には、その 3.3 倍の CaO をつけ加えて、リン灰石 3(CaO·P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)·CaF<sub>2</sub> をつくる。この場合に、F は定量しなくても気にしない。

(c) Cl が定量されているときは、それに Na<sub>2</sub>O をつけ加えて、ハライト Na<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> をつくる。

(d) SO<sub>3</sub> が正しく定量されているときには、それに Na<sub>2</sub>O をつけ加えて、テナルド石 Na<sub>2</sub>O·SO<sub>3</sub> をつくる。

(e) S(SO<sub>3</sub> でない S) が定量されているときには、それに FeO をつけ加えて、黄鉄鉱 FeS<sub>2</sub> をつくる。このとき、FeO についていることになっている O は気にしない。

(f) Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が定量されているときには、それに FeO をつけ加えて、クロマイト FeO·Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> をつくる。

(g) F が定量されているときには、それに CaO をつけ加えて、螢石 CaF<sub>2</sub> をつくる。このときも、CaO の O は気にしない。

(h) ZrO<sub>2</sub> が定量されているときには、それに SiO<sub>2</sub> をつけ加えて、ジルコル ZrO<sub>2</sub>·SiO<sub>2</sub> をつくる。

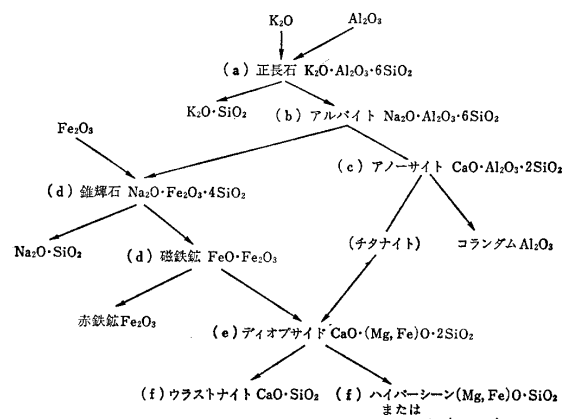
(i) CO<sub>2</sub> が定量されているときには、その岩石が方解石を含めば方解石 CaO·CO<sub>2</sub> をつくる。その岩石がカンクリナイトを含めば炭酸ナトリウム Na<sub>2</sub>O·CO<sub>2</sub> をつくる。

(III) 主成分鉱物の計算

上述の副成分鉱物の計算をした後に残った分子比をもって、主成分鉱物を計算する。計算の順序をわかりやすくするために、付表 3 に図解してあるから、これを見ながら進む。

(a) まず、正長石 K<sub>2</sub>O·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·6SiO<sub>2</sub> を計算する。K<sub>2</sub>O と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> との分子比の値の大小により、計算した後に K<sub>2</sub>O が残るときと、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が残るときとがありうる。前者の場合はごくまれで、このときは残った

付表 3 C.I.P.W. ノルムの主成分鉱物の計算



注意: この表のなかの (a),(b)… は、本文の (III) の主成分の計算のなかの対応する項目を表わす。

K<sub>2</sub>O で K<sub>2</sub>O·SiO<sub>2</sub> を計算する。ほとんどすべての場合には、後者になる。そこで次の (b) の計算に進む。

(b) 上の計算で残った Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、Na<sub>2</sub>O と結合させて、アルバイト Na<sub>2</sub>O·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·6SiO<sub>2</sub> をつくる。この場合にも、Na<sub>2</sub>O が残るときと、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が残るときとがある。Na<sub>2</sub>O が残るときとは、(d) まで放置しておき、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が残るときをほうを追かけてゆく。そうすると、次の (c) へ進む。

(c) 残っている Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に、副成分鉱物を計算した後に残っている CaO があれば、それを結合させて、アノーサイト CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub> をつくる。この計算の後には、CaO が残るときと、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> がさらに残るときとがある。CaO が残るときとは、(e) まで放置しておき、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が残ったらコランダム Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を計算する。

(d) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、もし (b) の計算をやった後に Na<sub>2</sub>O が残っているならば、それと結合させて輝輝石 Na<sub>2</sub>O·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·4SiO<sub>2</sub> をつくる。残った Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、FeO と結合させて磁鉄鉱 FeO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> をつくる。もし (b) の計算をやった後に Na<sub>2</sub>O が残っていないならば、輝輝石はつもらないで、ただちに磁鉄鉱をつくる。磁鉄鉱をつくられた後に Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のほうが残るようなことがあれば、それは赤鉄鉱 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> にする。しかし、多くの場合には FeO のほうが残る。そこで次の (e) の計算に進む。

(e) ここまでくる途中に、(c) のところで CaO が残っている場合が多い。また (d) のところで FeO が残っていることが多い。これらの CaO や FeO に、MgO をもいれて、輝石やカンラン石をつくるのである。それにはまず、ディオプサイド CaO·(Mg,Fe)O·2SiO<sub>2</sub> を計算する。この場合に、これまでの計算をやった後に残っている MgO と FeO の比と同じ割合で MgO と FeO がディオプサイドにはいるようにする。(これまでに FeO はたびたび使っているが、MgO は使っていない。)そして、CaO:(MgO+FeO)=1 である。

(f) ディオプサイドを計算した後に、まれには CaO が残ることがあるが、多くの場合は (Mg,Fe)O が残る。前者の場合には、CaO は SiO<sub>2</sub> と結合させて、ウラストナイト CaO·SiO<sub>2</sub> をつくる。後者の場合には、(Mg,Fe)O に SiO<sub>2</sub> を結合させて、ハイパーシーン (Mg,Fe)O·SiO<sub>2</sub> かまたはカンラン石 2(Mg,Fe)O·SiO<sub>2</sub> をつくるのである。し

かし、ハイパーシーンとカンラン石との、どちらになるか、あるいは両方になるかは、次ののべる SiO<sub>2</sub> の量によって決る。なお、ディオプサイド、ハイパーシーン、カンラン石などは、すべて、このときまでに残っている MgO と FeO との比と同じ割合で MgO および FeO を含むように計算する。

(IV) SiO<sub>2</sub> の分配

SiO<sub>2</sub> は、これまでに計算してきている鉱物に対して、次のように分配される:

(a) これまでに計算してきた副成分鉱物および主成分鉱物のすべてに、必要なだけの SiO<sub>2</sub> を分配する。ただし、上記の (III) の (f) の計算では、カンラン石をつくらなくて、すべての残っている (Mg,Fe)O はハイパーシーンなるように、それだけの SiO<sub>2</sub> を与える。こうしてもまだ SiO<sub>2</sub> が残ることがよくある。このときには、最後に残った SiO<sub>2</sub> は石英 SiO<sub>2</sub> とする。

(b) ところが、このようにして、すべての副成分鉱物および主成分鉱物に必要なだけの SiO<sub>2</sub> を与え、カンラン石でなくてハイパーシーンだけを計算するには、SiO<sub>2</sub> が不足する場合がある。この場合には、(III) の (f) の計算のところをやり直して、ハイパーシーンとカンラン石と両方をつくることを試みる。ハイパーシーン (Mg,Fe)O·SiO<sub>2</sub> の分子比を hy とし、カンラン石 2(Mg,Fe)O·SiO<sub>2</sub> の分子比を ol とし、どちらも分子比の値はそのなかに含まれている SiO<sub>2</sub> の分子比の値と同じに数えることにする。そうすれば、hy と ol は次の式で計算できる:

$$hy = 2 \times \text{使える SiO}_2 - \text{使える (Mg,Fe)O}$$

$$ol = \text{使える (Mg,Fe)O} - \text{使える SiO}_2$$

ここで、使える SiO<sub>2</sub> および使える (Mg,Fe)O というのは、これに先行するすべての計算で使った後に残っていて、ハイパーシーンとカンラン石を作るのに使える SiO<sub>2</sub> および (Mg,Fe)O という意味である。

(c) ここで、ハイパーシーンをやめて、すべての (Mg,Fe)O をカンラン石にしてみても、まだ SiO<sub>2</sub> が不足することがある。そのときは、もし (II) の (a) でチタナイトが計算されているならば、それをやめてペロフスキーク CaO·TiO<sub>2</sub> を計算する。しかし、チタナイトが計算

されていることはまれであるから、たいていはすぐに、次の (d) に進む。

(d) まだ SiO<sub>2</sub> が不足なときには、(III) の (b) のアルバイト Na<sub>2</sub>O·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·6SiO<sub>2</sub> を一部分あるいは全部やめてその代りにネフェリン Na<sub>2</sub>O·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub> を計算する。このときのアルバイトとネフェリンとの分子比の値をそれぞれ ab および ne とすれば、次の式で求められる。ただしここでは、ab と ne との分子比の値は、それらに含まれている Na<sub>2</sub>O の分子比と同じになるように数える：

$$ab = \frac{\text{使える SiO}_2 - 2 \times \text{使える Na}_2\text{O}}{4}$$

$$ne = \text{使える Na}_2\text{O} - ab$$

(e) これでも SiO<sub>2</sub> がまだ不足な場合には、リューサイトなどをつくる。その計算法も C. I. P. W. 規約には決めているが、そういう計算が必要なことはまれなので、ここでは解説を省略する。

(V) 重量パーセントの計算

こうして計算したノルム鉱物の量は、分子比で求められている。それを、普通は、重量パーセントに換算する。それには、いまえられている鉱物の分子比の値に、それぞれの鉱物の分子量を掛ければよい。計算の出発点になった分析表の酸化物の総和は、一般にはちょうど 100 ではない。H<sub>2</sub>O は計算で無視される。また計算の途中で四捨五入をすることになるので、こうして最後にえられる重量パーセントと H<sub>2</sub>O との総和は、正確に 100 にはならない。しかし、計算に誤りがなければ、100 に近いある値になっているはずである。

ディオプサイド、ハイパーシーン、カンラン石などの固溶体鉱物は、それを構成する Ca, Mg, Fe のケイ酸塩の成分 (wo, en, fs, fo, fa) のおのおのがいく含まれているかすぐわかるように、計算結果を表示したがよい。(なお、ディオプサイドとハイパーシーンを区別しないで、両方いっしょにして、そのなかの wo, en, fs の量を示す人があるが、このやり方は一般には好ましくない。)

注意 ノルムの計算法は、それが Cross, Iddings, Pirsson, Washington によって 1902 年に提案されて後、さらに同じ提案者によって少し変更を加えるように修正提案が行なわれている。ここに解説したの

は、H. S. Washington の "Chemical Analyses of Igneous Rocks" (*U. S. Geol. Surv., Prof. Pap.* 99 1917) や、A. Johannsen の "A Descriptive Petrography of the Igneous Rocks" の第 1 巻 (1931) にのっているものである。今日普通には、この計算法が使われている。

ノルム鉱物 or と ab の化学式は、ふつうに使われている長石の成分 Or (KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) や Ab (NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) の 2 倍になっている。ところが、ノルム鉱物 an は、ふつうに使われている長石の成分 An (CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) と同じである。ノルムの計算結果を重量パーセントで表わしている限りは、こういうことはどうでもよいが、たとえばノルムから斜長石の組成を分子比で求めようというようなときには、このことに注意する必要がある。

付録 8 造岩物質の分子量表

A. 酸化物の分子量

	分子量	分子量の逆数
SiO <sub>2</sub>	60.06	0.01665
TiO <sub>2</sub>	79.90	0.01252
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	101.94	0.00981
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	159.68	0.00626
FeO	71.84	0.01392
MnO	70.93	0.01410
MgO	40.32	0.02480
CaO	56.08	0.01783
Na <sub>2</sub> O	61.99	0.01613
K <sub>2</sub> O	94.20	0.01062
H <sub>2</sub> O	18.02	0.05549
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	142.04	0.00704
CO <sub>2</sub>	44.00	0.02273

B. 鉄・マグネシウム比に関する量の関係

分析表に与えられた FeO と MgO の比、すなわち重量比 FeO/MgO を x とすれば、

$$\text{重量比 FeO/(MgO+FeO)} = x/(1+x)$$

$$\text{原子比 Fe/(Mg+Fe)} = x/(1.782+x)$$

重量比 FeO/MgO(=x)	重量比 FeO/(MgO+FeO)	原子比 Fe/(Mg+Fe)
0.2	0.17	0.10
0.5	0.33	0.22
1.0	0.50	0.36
1.5	0.60	0.46
2.0	0.67	0.53
2.5	0.71	0.58
3.0	0.75	0.63
4.0	0.80	0.69
5.0	0.83	0.74
6.0	0.86	0.77
7.0	0.88	0.80
8.0	0.89	0.82

火成岩の分析表 <「日本の火成岩」より>

表 2.3 代表的な玄武岩類の化学組成。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO <sub>2</sub>	50.49	47.53	50.37	48.16	53.19	53.93	52.10	46.79	50.95	51.00
TiO <sub>2</sub>	0.67	0.71	0.58	0.52	1.27	1.45	0.79	1.61	0.96	1.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.78	23.73	16.24	16.50	14.52	14.38	15.70	18.03	16.76	16.91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.22	5.22	2.73	3.39	3.19	3.53	2.96	4.98	2.21	3.38
FeO	7.89	3.93	8.59	8.68	10.08	10.29	7.91	7.52	5.99	7.84
MnO	0.19	0.15	0.11	0.13	0.21	0.23	0.23	0.19	0.18	0.18
MgO	6.95	2.37	7.13	8.27	4.72	3.81	6.02	5.76	8.25	5.30
CaO	10.01	12.34	11.17	12.51	9.87	8.56	11.61	10.55	9.53	9.84
Na <sub>2</sub> O	1.98	1.89	1.46	1.37	2.06	2.78	1.77	2.67	2.58	2.76
K <sub>2</sub> O	0.23	0.13	0.21	0.14	0.44	0.53	0.35	0.79	1.31	0.76
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07	0.07	0.04	0.15	0.09	0.12	0.07	0.08	0.20	0.22
H <sub>2</sub> O	0.52	1.80	1.09	0.57	0.46	0.32	0.31	0.93	0.88	0.26
計	100.00	99.87	99.72	100.39	100.08	99.93	99.82	99.90	99.80	99.95

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO <sub>2</sub>	49.51	50.62	50.31	50.20	50.25	45.32	47.13	43.32	36.26	52.20
TiO <sub>2</sub>	0.64	0.85	0.92	1.15	1.93	3.03	2.73	1.51	2.56	1.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.19	18.68	16.47	17.25	13.90	16.78	16.79	14.82	12.92	14.40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.89	3.51	2.58	3.42	2.21	3.05	1.89	4.50	6.79	3.23
FeO	7.66	6.19	5.58	5.43	7.80	8.70	8.73	6.30	7.96	7.17
MnO	0.28	0.16	0.15	0.15	0.15	0.19	0.18	0.21	0.33	0.18
MgO	7.07	5.23	9.47	7.86	10.76	6.24	6.62	10.82	9.23	7.95
CaO	9.83	9.88	9.77	9.79	6.87	9.95	7.98	12.77	12.87	8.79
Na <sub>2</sub> O	2.49	2.72	2.52	3.37	3.43	3.75	3.30	2.70	4.28	2.71
K <sub>2</sub> O	0.48	1.33	0.70	0.87	1.54	0.88	2.29	0.55	2.17	0.58
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.23	0.21	0.32	0.45	0.62	0.61	0.55	1.05	0.21
H <sub>2</sub> O	0.72	0.43	1.50	0.13	0.60	1.56	1.37	1.40	3.22	0.81
計	99.93	99.83	100.18	99.94	99.89	100.07	99.62	99.45	99.64	99.73

1~7 ソレライト。8~13 高アルミナ玄武岩。14~19 アルカリ玄武岩。20 カルクアルカリ玄武岩。  
 1 プロンザイト含有オージャイト・かんらん石玄武岩。有珠外輪、西丸山 2 かんらん石含有プロンザイト玄武岩。荷葉岳田沢沢(河野・青木, 1960) 3 かんらん石・プロンザイト・ビジョン輝石玄武岩。船形火山群黒鼻山(河野ら, 1961) 4 オージャイト含有かんらん石玄武岩。伊豆半島畑玄武岩類(藤巻, 1975) 5 プロンザイト・オージャイト玄武岩。伊豆大島 1951 年溶岩 6 オージャイト玄武岩。三宅島 1983 年溶岩(浜田ら, 1984) 7 オージャイト含有かんらん石玄武岩。八丈島東山(一色, 1959) 8 オージャイト・かんらん石玄武岩。十勝火山群富良野岳(勝井・高橋, 1960) 9 オージャイト・かんらん石玄武岩の石基。三の目湯(青木ら, 1980) 10 プロンザイト・オージャイト・かんらん石玄武岩。富士山青木ヶ原溶岩(864 年噴火) 11 かんらん石玄武岩。新島(久野, 1960) 12 プロンザイト・オージャイト・かんらん石玄武岩。阿蘇中央火口丘中岳(藤巻, 1975) 13 オージャイト・かんらん石玄武岩。川内玄武岩類(宇都, 1982) 14 オージャイト・かんらん石玄武岩。利尻火山モトリヤウシナイ沢(松井ら, 1967) 15 チタンオージャイト・かんらん石玄武岩。隠岐島後中村(青木, 1977) 16 チタンオージャイト・かんらん石玄武岩。老岐島郷ノ浦町岳ノ辻(青木, 1970) 17 ケルスート閃石・チタンオージャイト・かんらん石玄武岩。老岐島郷ノ浦町麦谷触(青木, 1970) 18 チタンオージャイト・かんらん石・ペイサニト(ペイサニト)。伊豆半島南崎 19 ネフェリナイト。浜田市長浜(藤井, 1974) 20 プロンザイト・かんらん石玄武岩。老岐島石田村筒城。