研究報文

北上山地の人首花崗閃緑岩体について

On the Hitokabe granodioritic mass, Kitakami mountainland

蟹 沢 聰 史 (Satoshi Kanisawa) *

Abstract : The Hitokabe granodioritic mass intruded into Paleozoic sediments and ultrabasic rocks in the Kitakami mountainland is studied petrochemically. The results of the modal analyses show that this mass is mainly composed of the granodiorite and subordinately quartz diorite, and inner facies of the mass are more basic than the outer facies.

Chemical compositions of hornblendes and biotites are varied systematically by the difference of those of the host rocks. Especially in the hornblendes, Al^{IV} , $Na+K$, Ti , $Fe^{3+}+Fe^{2+}$ increase according to the increases of differentiation index (D.I.) of the host rocks. Fe/Mg ratios of hornblendes and biotites increase with increasing D.I., therefore oxygen partial pressure would have slightly decreased with falling temperature in the crystallization process of the Hitokabe granodioritic magma.

Finally, the petrological characteristics of the schlieren and the dark inclusion in the Hitokabe granodioritic mass are described.

1. ま え が き

北上山地には多くの花崗岩類が分布しており、河野・植田(1965)によるそれらの K-A 年代は、大部分のものが白亜紀初期のものとされている。しかしながら、それらについての岩石学的研究は充分になされてはいない。特に造岩鉱物についての詳細な岩石化学的研究は、一戸 (Onuki & Tiba, 1964) および姫神 (増田, 大貫, 千葉, 1965) のアルカリに富む特殊な岩体に関するものしかない。

筆者は、ひろく北上山地に分布する花崗閃緑岩ないし石英閃緑岩体の岩石化学的性質を明らかにするために、まず人首花崗閃緑岩体のそれについて検討した。さらに、人首花崗閃緑岩体に含まれる暗色包有物およびシュリーレンについて若干の考察を行なった。

この研究を進めるにあたり、種々の御助言を下された東北大学教養部生出慶司助教授に深く感謝する。また、東北大学および秋田大学を中心とする UMP-A ソーン研究調査のメンバーの方々には野外調査に際してお世話になった。それらの方々に厚くお礼申し上げます。

* 東北大学教養部地学教室

(昭和44年9月18日受理)

2. 地 質 の あ ら ま し

人首花崗閃緑岩体は、北上山地西南部に、ほぼ南北約 30km、東西約 4-6km の細長い形で分布し、岩手県北上市および水沢市市街地の東方約 12km に位置する。この細長い岩体のほぼ中央部に江刺市字人首^{ヒトカベ}があり、この地名から岩体の名称がとられている。

人首岩体の分布する地域は、岩体南部の阿原山 (782m) を最高点とし、ほぼ南北に延びる 500m 前後のゆるやかな山地からなり、また、東西に岩体を横断する人首川、伊手川などの谷が発達する。岩体の東北部は宮守超塩基性岩類、東部には石炭系米里層が分布する。岩体西南部には、先上部デボン系と考えられる低度変成岩からなる母体層群、デボン系薦ヶ森層および二疊系坂本沢層が発達している。そしてこれら超塩基性岩類および古生層は、人首岩体の貫入によって、約 2km にわたって接触変成作用を被っており、接触部付近では角閃石ホルンフェルス相 (Turner & Verhoogen, 1960) の変成岩になっている。人首岩体と、周囲の岩石の接触部では、著しい混成作用はみられず、シャープに接しており、場所によっては脈状に花崗閃緑岩が貫入していることもあり、多数のホルンフェルス化した捕かく岩をとり込んでいる。いっぽう、人首岩体の北西部は新第三系に覆われている。河野・植田 (1965) による人首花崗閃緑岩体の K-A 年代は 117×10^6 年および 114×10^6 年で、白亜紀初期のものである。

人首岩体は岩相変化に乏しく、塊状で、線構造や面構造などの流理構造はほとんど発達しない。しかしながら、岩体の周辺部では、細長く引延ばされたシュリーレンがみられ、やゝ流理構造が明瞭になっている。これらの構造から推定して、人首岩体はほぼ $N10^{\circ}W$ で、 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 東傾斜の方向をもった細長い岩体として貫入し、部分的に上方に弧がった扇状の形をとったと考えられる (蟹沢, 1966)。最近のくわしい調査 (加納ほか, 1968) によれば、細長くのびた人首岩体は、単調な東傾斜の平板状岩体として貫入したのではなく、3 つのドーム・ベースンに分けられるという。

3. 岩 相

先にも述べたように、人首花崗閃緑岩体は岩相変化に乏しく、モード分析の結果から、大部分はカリ長石の少ない角閃石—黒雲母花崗閃緑岩ないし石英閃緑岩で、石英・カリ長石・斜長石の比率はあまり変らない。しかしながら、岩体内での鉱物容量比の変化を地図上に示せば、明らかにほぼ岩体の形に調和しており、屑縁相はやゝ石英+カリ長石+斜長石 (=all salics) に富んでいる (Fig. 1)。岩体の一部には、斜長石が他鉱物に比してやゝ大きい斑状の岩相もみられる。人首岩体の北部には、宮守岩体に由来すると思われる超塩基性岩の捕かく岩がみられるが、岩体内部では一般に捕かく岩は非常に少ない。また、主岩相と組成鉱物の割合のみが異なる暗色包有物やシュリーレンといわれるものも一般に少ない。シュリーレンは岩体周縁部ではやゝ多い傾向がある。巾 5~10cm のベグマタイト、アブライト脈がわずかにみられ、稀に花崗斑岩々脈が岩体を貫ぬいている。

4. 鉱 物 組 成

人首岩体の鉱物組成について 47 個の試料のモード分析を行なった結果は、大部分のものがカリ長石に乏しく、Johannsen (1931) の花崗閃緑岩ないしトナル岩 (石英閃緑岩)

Fig. 1 人首花崗閃緑岩周辺の地質図

1 ; 新第三系, 2 ; 人首花崗閃緑岩体, 3 ; 塩基性および超塩基性岩類, 4 ; 古生層,
人首岩体中の数字および等高線は all salics の分布を示す。

に属する。人首岩体の暗色包有物ないしシュリーレンといわれるものは、その鉱物組成からは石英閃緑岩である。また、all salics と石英、カリ長石および斜長石の関係は Fig. 2 のようになり、all salics の増加にともない、石英とカリ長石は増加し、斜長石はやゝ減少の傾向を示す。またカリ長石の増加は石英のそれに比して、それ程著しくはない。暗色包有物およびシュリーレンの鉱物組成は、輝石類およびかんらん石を含まず、主岩体のそれと同じで、量比が異なるのみである。Fig. 2 より明らかのように、石英、カリ長石、斜長石の量比は、主岩体の変化経路の延長上にある。ここで暗色包有物としたものは灰黒色細粒の塊状ちみつな岩石で、外形は不規則ないし円形を呈し、周囲の花崗閃緑岩との接触

Fig. 2 人首花崗閃緑岩体のモード比 all salics に対する
石英, カリ長石, 斜長石の関係 大丸: 主岩相
小丸: 暗色包有物およびシュリーレン。

部はシャープなものである。シュリーレンというのは細長くレンズ状ないし楕円状にのびたもので、有色鉱物の方向性をもった配列がやや著しく、周囲の岩石とはシャープに接する場合と漸移する場合とがみられ、いずれの場合も周囲の岩石の面構造に調和的である。なお、暗色包有物およびシュリーレン中の造岩鉱物は、周囲の花崗閃緑岩類のそれと比較して、斜長石がやや An 成分に富んでいるが、黒雲母および普通角閃石の光学性にはほとんど差がなく、その量比が珪長質鉱物に比して大きい。

副成分鉱物としては、磁鉄鉱、スフェン、ジルコン、磷灰石が少量みられる。

5. 化 学 組 成

人首岩体を構成する岩石から代表的な試料 8 個、岩体中の暗色包有物およびシュリーレンについて各 1 個分析した (Table 1)。また分析値から Differentiation index (D. I.) (人首岩体の場合は $\text{NormQ} + \text{Or} + \text{Ab}$, Thronton & Tuttle, 1960) に対する主要酸化物の重量%を示した変化図を Fig. 3 に示す。この図から明らかなように、人首岩体の D. I. は 57-71 の間にあって、組成変化に乏しいが、各酸化物の変化はなめらかな曲線上にのり、かつ暗色包有物およびシュリーレンのそれも主岩相の変化曲線の延長上にのる。 SiO_2 およびアルカリをのぞいて、いずれも D. I. が高くなるにつれ酸化物%は減少していく。アルカリに関してみると、主岩相では Na_2O はほぼ一定、 K_2O は D. I. が高く

Table 1. Chemical analyses of the Hitokabe granodioritic rocks.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	55.44	55.58	60.66	62.36	62.05	63.63	66.18	65.94	66.77	67.99
TiO ₂	0.97	0.87	0.54	0.63	0.54	0.50	0.47	0.43	0.46	0.37
Al ₂ O ₃	18.05	18.69	17.63	17.28	16.52	16.53	15.85	16.69	16.16	16.10
Fe ₂ O ₃	2.34	1.79	2.49	1.84	2.58	1.67	1.55	1.72	1.59	1.66
FeO	6.18	5.86	3.87	4.28	3.40	3.75	3.13	2.73	2.69	2.08
MnO	0.33	0.27	0.14	0.18	0.15	0.16	0.13	0.14	0.13	0.10
MgO	4.06	3.95	2.51	2.64	2.70	2.20	2.08	1.98	1.67	1.37
CaO	5.84	6.03	5.56	5.29	5.35	5.20	4.46	4.45	4.46	4.12
Na ₂ O	3.71	3.56	3.81	3.25	3.32	3.18	3.09	3.01	3.23	3.36
K ₂ O	1.91	2.22	1.79	1.90	2.18	1.89	2.14	2.45	2.45	2.62
H ₂ O ⁺	1.10	1.10	0.82	0.70	0.86	0.76	0.67	0.72	0.62	0.47
H ₂ O ⁻	0.06	0.06	0.02	0.06	0.10	0.06	0.06	0.09	0.08	0.04
P ₂ O ₅	0.21	0.19	0.16	0.18	0.23	0.15	0.14	0.14	0.16	0.09
Total	100.20	100.17	100.00	100.59	99.98	99.68	99.95	100.49	100.47	100.37
D. I. *	47.58	47.57	57.42	57.58	59.21	59.71	64.77	65.47	67.39	70.77
Q	4.95	4.37	14.63	18.89	18.28	21.65	25.99	25.55	25.58	26.86
C	—	—	—	0.67	—	0.14	0.66	1.31	0.43	0.42
F {	11.29	13.12	10.56	11.23	12.90	11.18	12.68	14.51	14.51	15.51
	31.34	30.08	32.23	27.46	28.03	26.88	26.10	25.41	27.30	28.40
	26.94	28.41	25.66	25.08	23.71	24.83	21.21	21.18	21.13	19.90
Di {	0.28	0.14	0.38	—	0.57	—	—	—	—	—
	0.15	0.07	0.22	—	0.35	—	—	—	—	—
	0.12	0.07	0.15	—	0.18	—	—	—	—	—
Hy {	10.00	9.81	6.06	6.60	6.40	5.50	5.20	4.95	4.18	3.43
	8.22	8.26	4.26	5.61	3.33	4.98	3.92	3.13	3.18	2.09
Mt	3.39	2.60	3.62	2.67	3.74	2.41	2.25	2.51	2.30	2.39
Il	1.84	1.66	1.03	1.20	1.03	0.96	0.90	0.82	0.88	0.70
Ap	0.50	0.44	0.37	0.44	0.54	0.37	0.34	0.34	0.37	0.20

(Analyst: S. Kanisawa)

* Normative Q+Or+Ab.

1. Hornblende-biotite quartz diorite (Specimen No. 65081303). (schlieren)
2. Ditto. (65081204). (dark inclusion)
3. Biotite-hornblende quartz diorite (65081703),
4. Hornblende-biotite quartz diorite (65081309).
5. Ditto. (65081407).
6. Ditto. (65081704).
7. Hornblende-biotite granodiorite (65081512).
8. Ditto. (65081408).
9. Ditto. (65081406).
10. Ditto (65081405).

なるにつれて漸増の傾向があるが、暗色包有物およびシュリーレンではむしろ逆に D. I. が低いにもかかわらず、Na₂O, K₂O ともにやや多くなっていることが目につく。そして、D. I. が高くなるにつれて、K₂O/Na₂O 比が主岩相ではほぼ規則的に大きくなって

Fig. 3 D. I. に対する主要酸化物の重量パーセントの変化
大丸：主岩相，小丸：暗色包有物およびシュリーレン

ているが、暗色包有物およびシュリーレンでは、D. I. が低いにもかかわらず K_2O/Na_2O 比がやや大きい値を示している。

人首岩体の化学組成を $MgO-FeO+Fe_2O_3-Na_2O+K_2O$ 図に示すと Fig. 4 のようになり、この図から明らかなように、人首岩体の化学組成の変化経路は典型的なカルカルカリ岩系のそれであり、北上山地の千厩・遠野などのカリ長石に乏しい岩体のそれにはほぼ等しい傾向をもっている。また、主岩相の化学組成と暗色包有物およびシュリーレンのそれとは全く同一変化曲線上にある。

6. 造岩鉱物各論

a. カリ長石 人首花崗閃緑岩体中のカリ長石は、モード分析の結果、19.1～0% の範囲を占め、全て他鉱物の間隙を充填するような形で存在し、他形である。顕微鏡的には大部分のものが均質であるけれども、時にはベルト長石質であったり、波動消光を示す部分もみられる。一部のものは結晶中で部分的に格子状双晶をなしている。光軸角 $2V \times$ は、

Fig. 4 人首岩体の $\text{MgO}-\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 図
大丸：主岩相，小丸：暗色包有物およびシュリーレン，
点線は Daly によるカルクアルカリ岩の経路

$52^\circ \sim 56^\circ$ の範囲に最大値をもって集中するが，不均質な結晶では， $78^\circ \sim 82^\circ$ を示す部分がある。特に暗色包有物あるいはシュリーレンの中のカリ長石は，同一結晶内で $2Vx = 82^\circ \sim 49.5^\circ$ の広い範囲を示すのがみられる。X 線粉末回折によると，大部分のカリ長石は三斜度 $\Delta(12.5(d_{131} - d_{1\bar{3}1})) = 0$ で，単斜晶系の orthoclase であるが， $2Vx = 80^\circ$ 付近のもので格子状双晶をなすものは $\Delta = 0.25$ を示し，131, 131 のピークはかなり broad で同一岩石中で Δ の値がかなりばらついているものと思われる。

b 斜長石 斜長石は半自形卓状をなすものが多く，oscillatory zoning を示す。成分範囲は $An_{20} \sim 54$ であるが，一つの結晶中では An_{40-45} の範囲の部分をもっとも大きな比率を占めており，結晶の縁では An_{20-25} となっている場合が多い。いわゆる暗色包有物やシュリーレンの斜長石では， An_{23-58} の範囲にわたる成分をもつが，oscillatory zoning はほとんど示さず，糸帯構造の形態は単純で，2 ないし 5 の累帯をもつのみであり，1 つの結晶中では An_{50} 前後の成分のものが大部分の比率を占める。暗色包有物やシュリーレンの斜長石も主岩相のそれと同様に結晶の縁は An_{23-26} となっていることは注目すべきである。斜長石の平均 An 成分は岩石の D.I. が高くなるにつれてほぼ単調に減少していく。

c. 普通角閃石および黒雲母 普通角閃石は， $0.5 \sim 10\text{mm}$ で，自形ないし半自形をなす。光学性は $2Vx = 55.5^\circ \sim 60.5^\circ$ ， $\alpha = 1.654 \sim 1.668$ ， $\gamma = 1.682 \sim 1.691$ の範囲にあり，人首岩体全体を通じてあまり変化はない。弱い累帯構造を示すことがあり，その場合には内側は褐色普通角閃石で，外側は緑色普通角閃石である。大部分のものの多色性は $X =$ 淡黄色， $Z =$ 青緑色～褐緑色である。

黒雲母は、板状で0.5~5mm程度の大きさを持ち、やはり普通角閃石と同様、岩体内であり変化がみられない。多色性は、X=淡黄色、Z=暗褐色で、屈折率 $\gamma=1.651\sim 1.657$ の範囲にある。しばしば普通角閃石と平行連晶をなす。

以上に述べたような普通角閃石および黒雲母の性質は、暗色包有物あるいはシュリーレン中のものについても共通のもので、主岩相のものとはほとんど差が認められない。

7. 普通角閃石および黒雲母の化学的性質

人首花崗閃緑岩体から、共存する普通角閃石と黒雲母を各3個、その中の暗色包有物およびシュリーレン中から各1個ずつ分析した。なお、試料の分離に際しては、-150メッシュに砕いた岩石を、アイソダイナミックセパレーターおよびクレリチ重液を用いて行なった。分析結果はTable 2および3に示す。この結果から明らかなように、岩石の総

Table 2. Chemical analyses of hornblendes.

	1	2	3	6	9
SiO ₂	46.31	45.49	45.46	45.31	44.76
TiO ₂	1.13	1.46	1.31	1.36	1.46
Al ₂ O ₃	7.69	8.00	7.81	7.93	8.36
Fe ₂ O ₃	4.53	5.22	5.56	5.36	5.21
FeO	15.09	14.09	13.85	14.86	14.67
MnO	0.65	0.59	0.71	0.53	0.69
MgO	10.12	10.34	10.64	10.05	9.69
CaO	11.24	11.31	11.55	11.20	11.27
Na ₂ O	1.25	1.35	1.17	1.32	1.43
K ₂ O	0.63	0.70	0.52	0.66	0.84
H ₂ O ⁺	1.85	1.83	1.88	1.82	2.01
H ₂ O ⁻	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
Total	100.49	100.38	100.46	100.42	100.39
Numbers of ions on the basis of 24(O, OH)					
Si	6.898	6.786	6.770	6.782	6.696
Al ^{IV}	1.102	1.214	1.230	1.218	1.304
Al ^{VI}	0.246	0.189	0.139	0.177	0.169
Ti	0.126	0.164	0.147	0.153	0.164
Fe ³⁺	0.497	0.584	0.622	0.602	0.878
Fe ²⁺	1.873	1.752	1.719	1.853	1.830
Mn	0.082	0.074	0.089	0.067	0.087
Mg	2.261	2.314	2.377	2.257	2.176
Ca	1.794	1.808	1.843	1.796	1.808
Na	0.361	0.390	0.338	0.383	0.415
K	0.120	0.132	0.098	0.126	0.160
OH	1.838	1.820	1.866	1.816	2.006
α	1.664	1.661	1.668	1.662	1.664
γ	1.686	1.684	1.690	1.684	1.691
$2V_x$	60.5°	60.5°	60.0°	60.5°	55.5°

(Analyst: S. Kanisawa)

Hornblende numbers correspond to rock numbers in Table 1.

Table 3. Chemical analyses of biotites

	1	2	3	6	9
SiO ₂	37.07	37.61	35.97	36.01	35.81
TiO ₂	3.38	3.84	3.51	3.70	4.13
Al ₂ O ₃	14.49	14.53	15.09	14.45	14.13
Fe ₂ O ₃	3.50	2.99	3.32	3.51	3.76
FeO	18.15	17.42	17.66	19.03	18.42
MnO	0.35	0.35	0.42	0.34	0.49
MgO	9.88	9.67	11.09	9.76	9.80
CaO	1.30	1.89	0.40	0.34	0.52
Na ₂ O	0.43	0.42	0.27	0.20	0.21
K ₂ O	7.74	7.77	8.52	9.32	8.54
H ₂ O ⁺	3.28	3.17	3.39	3.18	3.49
H ₂ O ⁻	0.02	0.02	0.00	0.04	0.13
Total	99.59	99.68	99.64	99.88	99.43

Numbers of ions on the basis of 24(O, OH)

Si	5.679	5.793	5.509	5.579	5.535
Al ^{IV}	2.321	2.261	2.491	2.421	2.465
Al ^{VI}	0.292	0.348	0.227	0.213	0.104
Ti	0.389	0.439	0.403	0.430	0.479
Fe ³⁺	0.403	0.342	0.382	0.407	0.436
Fe ²⁺	2.318	2.215	2.254	2.457	2.372
Mn	0.045	0.045	0.054	0.045	0.064
Mg	2.271	2.214	2.548	2.268	2.272
Ca	0.213	0.309	0.065	0.057	0.086
Na	0.127	0.125	0.081	0.059	0.063
K	1.513	1.514	1.665	1.842	1.686
OH	3.350	3.225	3.461	3.285	3.596
γ	1.657	1.653	1.651	1.654	1.653

(Analyst: S. Kanisawa)

Biotite numbers correspond to rock numbers in Table 1.

化学成分は SiO₂ 55.44-67.99% の範囲にわたるが、普通角閃石および黒雲母の組成には大きな変化がみられない。すなわち、2 個の 8 配位の 陽イオン中の Mg は普通角閃石で、54~58%、黒雲母では 48~52% と、いずれもせまい組成範囲にとどまっている。しかしながら、Fig. 5 に示されるように花崗閃緑岩の D. I. の高いほど、それに含まれる普通角閃石においては、Na+K, Ti, Fe³⁺+Fe²⁺ および Al^{IV} は多くなり、逆に Mg は少なくなっている。また黒雲母においては、普通角閃石ほど明瞭にあらわれてはいないが、ほぼ同様の傾向をもっている。暗色包有物およびシュリーレン中の普通角閃石、黒雲母については必ずしも D. I. との間に規則的な対応関係はみられない。

角閃石の一般式 A₀₋₁X₂Y₅Z₉O₂₂ (OH)₂ において 4 配位の Si を置換する Al の増加は、A site におけるアルカリの増加、および Y site における 3~4 価イオンの置換によってバランスを保つことになり、前述の角閃石中の規則的な元素の変化はこのことを反映しているものである。また、角閃石中の Si を置換する Al^{IV} の量は結晶作用の温度に

関係しており、 Al^{IV} の増加は高温にもとづくものとされ、実験結果もこれを支持している。例えば、高温においては ferroactinolite よりも ferrohastingsite が安定であり、pargasite は tremolite よりも安定である (Boyd ; 1959, Ernst ; 1966, Gilbert ;

1966, Hellner & Schürmann ; 1966)。

けれども、この結果を直ちに、より複雑な普通角閃石にあてはめられるかどうかについてのデータは未だ得られない。また、普通角閃石中の Ti の増加は、変成度の上昇にともなうことが阿武隈 (Shido; 1958) および Adirondack (Engel & Engel ; 1962) においてみとめられている。ところが、人首岩体の普通角閃石については、岩石の D. I. が高くなるにつれて、わずかではあるが、今まで述べたデータとは逆の方向をたどり、 Al^{IV} および Ti は増加する傾向を示している。しかし、この程度の Al^{IV} および Ti の増加は温度降下とは無関係で、むしろ岩石の化学組成に支配されるのかもしれない。

人首岩体の黒雲母および普通角閃石は、岩石の D. I. が高くなる程、わずかに Fe が増加し逆に Mg は減少する。したがって $\Sigma FeO / \Sigma FeO + MgO$ は、岩石の D. I. が高くなるにつれて大きくなる傾向にある (Fig. 6)。しかしながら、暗色包有物およびシュリーレン中の黒雲母および角閃石については D. I. が低いにもかかわらず、 $\Sigma FeO / \Sigma FeO + MgO$ の値

Fig. 5 人首岩体中の岩石および普通角閃石の組成変化の関係

はさほど小さくはなく、むしろ花崗閃緑岩中の黒雲母および角閃石のトレンドの中間の値を示す。このように、花崗岩質岩石において、それに含まれる有色鉱物は岩石が珪長質になる程 Mg に対して Fe の濃集が著しくなる現象は Southern California batholith (Larsen & Draisin, 1948) およびカナダの Flora Lake stock (Heimlich, 1965) 中の黒雲母および普通角閃石について明らかにされている。これに対し、ring fracture や cauldron subsidence をともなう浅所侵入岩体であるスコットランドの Ben Nevis igneous complex では、岩石が酸性になるにつれて、その中の普通角閃石および黒雲母は、逆に FeO が減少し、 MgO に富むようになっている (Haslam, 1968)。またノルウェーの Finnmarka complex も同様な浅所侵入岩体であって、その中の黒雲母の屈折率から Ben Nevis complex と同様な関係であると考えられている (Czamanske, 1965)。そして、このような、岩石が珪長質になるにつれての有色鉱物中の $Fe/Fe + Mg$

Fig. 6 人首岩体中の岩石、黒雲母、普通角閃石の $\Sigma\text{FeO}/\Sigma\text{FeO}+\text{MgO}$ 比と岩石の D.I. との関係

プラス：岩石、白丸：黒雲母、黒丸：普通角閃石

の変化経路のちがいを、Haslam はマグマの結晶作用の際の酸素分圧の動向によるものと説明している。つまり、Wones & Eugster, (1965) の実験によれば、黒雲母+磁鉄鉱+サニデイン+melt の組合せにおいて、黒雲母がマグマから結晶する際に fo_2 が温度降下にもなって減少する場合には、黒雲母の Mg/Fe 比の値および磁鉄鉱の量は減少するか、ごくわずかしき変化しないが、 fo_2 が一定である場合には、黒雲母は Mg に富むようになり、かなりの磁鉄鉱をとまう。Ben Nevis complex のような ring fracture などをとまう浅所侵入岩体では、結晶作用の間、大気中の酸素の影響で、酸素分圧がほとんど一定であったため、角閃石や黒雲母の Mg/Fe 比が増大していったものと説明している。Wones & Eugster の実験結果および野外資料とを合わせ考えると、人首岩体では、Southern California batholith や Flora Lake stock とほぼ同様な固結条件であって、酸素分圧は温度降下にもなってわずかに減少する方向にあったため、黒雲母および角閃石の Fe/Mg 比が大きくなる方向に進んだものである。

8. 暗色包有物およびシュリーレンについて

前述のように、本論文で用いている暗色包有物という名称は、均質な花崗閃緑岩中にみられる灰黒色細粒ちみっな塊状の岩石で、外形は不規則ないし円形を呈し、大きさは 5~40cm のものであるが時には数 m にわたるものもあり、一見外来岩片状に見えるものについて記載的な意味で用いている。これは、しばしば 3~5mm 程度の斜長石の斑晶をもった斑岩状のもので、鏡下では完晶質中~細粒であり、細粒の石基の部分は 1mm 以下で自形ないし半自形の斜長石、黒雲母および普通角閃石と間填的な石英およびカリ長石とがみられ、構成鉱物は周囲の花崗閃緑岩と全く変らない。そして、はっきりと鉱物組成の異なるものは捕かく岩として区別している。捕かく岩は花崗閃緑岩体周辺にみられる堆積岩類や超塩基性岩類がとり込まれたもので、明らかに原岩の構造や組織を残している。したがって、ここで述べている暗色包有物は、Pabst (1928)* による Sierra Nevada 花崗岩中の

* Heimlich (1965) より引用

“autolith”と称するものにあたる。つまり autolith は母岩と同じ鉱物相を示し、構造および組織も同じであるが、これに対し xenolith は母岩には存在しない残存鉱物相があり、変成構造や残存構造が認められるものである。また、これは Didier & Roquest による “inclusions of microgranular rocks”^{*} に相当するもので、emplacement の際、ブルトンの深部相から上昇してきたほとんど完全に同化し、再動した岩石物質の残存物であると説明している。

これに対して、シュリーレンというのは、細長く不規則にのびたレンズ状ないし楕円状のもので、有色鉱物の配列には方向性があり、周囲の岩石構造とは調和的であるが、やや細粒であることが多く、花崗閃緑岩とはしばしば漸移する。やはり、周囲の花崗閃緑岩類と鉱物組成は同じで、その量比が変化しているのみである。シュリーレンの定義は、ほぼ Mehnert (1968) にしたがった。

従来、ここで述べているような暗色包有物については、ばく然と、同源のであるとか、捕かく岩であるとか云われており、シュリーレンについてもあまり明確にはその成因について述べられてはいない。しかしながら、これらのものは、花崗岩質岩体中にはかなり普遍的に存在しており、岩石学的にも重要なものと思われる。本章では、人首岩体中のこれらのものが、どのような岩石学的性格を備えているかを明らかにしたい。

まず、成分鉱物は暗色包有物もシュリーレンもそれらを含んでいる花崗閃緑岩類と同じであり、それらの量比が異なるのみである。モード分析の結果から明らかのように、all salics に対する各鉱物の変化は花崗閃緑岩類の変化経路のほぼ延長上にあり、斜長石および有色鉱物の量が花崗閃緑岩に比して多く、これに対して、カリ長石および石英は少なくなっている (Fig. 2)。また、暗色包有物およびシュリーレンでは、有色鉱物の量比が大きいにもかかわらず、磁鉄鉱は 0.1% 程度できわめて少ない。

化学的性質については、Fig. 3 で明らかなように、D. I. に対する酸化物の変化は花崗閃緑岩体の変化経路の延長上についている。 Na_2O および K_2O については、D. I. が低いにもかかわらず、花崗閃緑岩のそれと大差なく、むしろ $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比は大きくなっている。 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ 図 (Fig. 4) では花崗閃緑岩の変化経路の延長上にある。

造岩鉱物の光学性についてみると、まずカリ長石は同一結晶内で $2V_x$ の大きな部分と小さな部分とが共存している。斜長石は花崗閃緑岩のものよりも An 成分にとむが、結晶の最外部では、いずれも An₂₃₋₂₆ で花崗閃緑岩中のそれとほとんど差がない。普通角閃石および黒雲母の光学性にはほとんど差がみられない。

黒雲母および普通角閃石の化学組成については花崗閃緑岩中のものとの間に明瞭な差異は認められない。しかしながら、Fig. 5 および Fig. 6 から明らかなように、花崗閃緑岩中のそれらは、D. I. の変化につれてほぼ規則的に変化しているが、暗色包有物およびシュリーレンのそれらは、D. I. が低いにもかかわらず、化学組成はむしろ花崗閃緑岩中のものの中間的な性質を示している。

以上のような諸事実から、暗色包有物およびシュリーレンの間には、形態上の差異はあるが、その鉱物学的性質はほとんど同じであり、かつ周囲の花崗閃緑岩中の造岩鉱物と本

* Mehnert (1968) より引用

質的な差異はない。そして、黒雲母および普通角閃石の化学的性質は、花崗閃緑岩中のそれらとほとんど同じであるということから推定して、人首花崗閃緑岩中の暗色包有物およびシュリーレンは、人首花崗閃緑岩マグマの分化作用の過程における、より早期の晶出物ではなく、マグマが進入固結する途中の過程で結晶したものであろう。シュリーレンは岩体の周縁部に多く、かつ周囲および岩体の構造に調和的であることから、進入の途中で黒雲母および普通角閃石が濃集したものであろう。暗色包有物は、その組織が半深成岩的であり、同源的なものではないかもしれない。しかしながら、これは必ずしも岩体周縁部に多いとはかぎらず、それに含まれる有色鉱物は完全に周囲の花崗閃緑岩のそれと同一のものに再構成されている。したがって、暗色包有物およびシュリーレン中の黒雲母および普通角閃石の Fe/Mg 比は、それらが結晶した時の周囲のマグマの酸素分圧に支配されたものである。

一般に、花崗岩質岩類には、これまで述べたような暗色包有物がかなり普遍的に分布しており、その岩石学的性質は周囲の花崗岩類のそれに類似するものが多い。しかしながら、これについては従来あまり重要視されておらず、くわしい記載も少ないが、花崗岩類の emplacement の問題や花崗岩マグマの発生についての大きな手がかりが存在するものと思われ、今後の研究が望まれる。

引用文献

- Boyd, F.R. (1959), Hydrothermal investigations of amphiboles, in Abelson, P.H.ed., Research in Geochemistry, John Wiley & Sons, New York, 377~396.
- Czamanske, G.K. (1965), Petrologic aspects of the Finnmarka igneous complex, Oslo area, Norway, J. Geol., **73** 293~322.
- Duffield, W.A. (1968), The petrology and structure of the El Pinal tonalite Baja California, Mexico, Bull. Geol. Soc. Am., **79**, 1351~1374.
- Engel, A.E.J. and Engel, C.G. (1962), Hornblendes formed during progressive metamorphism of amphibolites, northwest Adirondack Mountains, New York, Bull. Geol. Soc. Am., **73**, 1499~1514.
- Ernst, W.G. (1966), Synthesis and stability relations of ferrotremolite, Am. J. Sci., **264**, 37~65.
- Gilbert, M.C. (1966), Synthesis and stability relations of the hornblende ferropargasite, Am. J. Sci., **264**, 698~742.
- Haslam, H.W. (1968), The crystallization of intermediate and acid magmas at Ben Nevis, Scotland, J. Pet., **9**, 84~104.
- Heimlich, R.A. (1965), Petrology of the Flora Lake stock, Lake of the Woods region, Ontario, Canada, Bull. Geol. Soc. Am., **76**, 1~26.
- Hellner, E. and Schürmann, K. (1966), Stability of metamorphic amphiboles, The tremolite-ferroactinolite series, J. Geol. **74**, 322~331.
- Johannsen, A. (1931), A descriptive petrography, Vol. I, The Univ. of Chicago Press, Chicago.
- 蟹沢 聡史 (1966), 人首花崗閃緑岩体について, UMP A-zone 連絡紙, No.5 17-19
- 加納博ほか (1968), 人首花崗岩体の磁気探査, UMP A-zone 連絡紙, No.9 40~43

- 河野義礼・植田良夫 (1965), 本邦産火成岩の K-A dating——北上山地の花崗岩類——岩鉱, **53**, 143-154,
- Larsen, E.S.Jr. and Draisin, W.M. (1948), Composition of the minerals in the rocks of the Southern California batholith, Rep. 18th Int. Geol. Congr. Great Britain, 1948, Pt. 2, 66~79.
- 増田絃一・大貫仁・千葉とき子 (1965), 北上山地, 姫神花崗岩質岩体について, 岩鉱, **54**, 62~75
- Mehnert, K.R. (1968), Migmatites—and the origin of granitic rocks, Elsevier Publ. Co., Amsterdam.
- Onuki, H. and Tiba, T. (1964), Petrochemistry of the Ichinohe alkali plutonic complex, Kitakami mountainland, northern Japan, Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. III, IX, 123~154.
- Pabst, A. (1928), Observations on inclusions in the granitic rocks of the Sierra Nevada, California Univ. Pub. Geol. Sci., **17**, 325~386.
- Shido F. (1958), Plutonic and metamorphic rocks of the Nakoso and Iritono districts in the central Abukuma plateau, J. Fac. Sci. Univ. of Tokyo, Sec. II, XI, 131-217.
- Thronton, C.P. and Tuttle, O.F. (1960), Chemistry of igneous rocks 1. differentiation index, Am. J. Sci., **258**, 664~684.
- Turner, F.J. and Verhoogen, J. (1960), Igneous and metamorphic petrology, McGraw Hill, New York.
- Wones, D.R., and Eugster, H.P. (1965), Stability of biotite: experiment, theory, and application. Am. Min., **50**, 1228~1272.