

東北地方の深成岩類の化学成分

— 2 金華山の花崗岩類と変成岩類 —

阿部 智彦* 片田 正人**

Chemical Compositions of Plutonic Rocks
in Northeast Japan

2. Kinkasan Granites and Metamorphic Rocks

Tomohiko ABE and Masato KATADA

Seven samples of the Cretaceous granites and three ones of the associated metamorphic rocks from Kinkasan in the southern Kitakami mountains are chemically analysed and compared with the similar rocks in the Kitakami mountains.

Most of these granites are slightly different in the contents of Al_2O_3 and FeO and the ratio of Na_2O/K_2O from the other granites, i.e., the value of Al_2O_3 is larger, that of FeO smaller, and the mentioned ratio is higher.

The original facies of the metamorphic rocks is unique in the southern Kitakami mountains and some of biotite schists are peculiar in the contents of MgO, CaO, Na_2O and K_2O for pelitic rocks, i.e., MgO, CaO and Na_2O are of large amounts and K_2O is of a small amount.

要 旨

北上山地南端、金華山の白亜紀花崗岩類と変成岩類の化学分析をし、分析値から派生する2、3の議論をした。

花崗岩類は、日本の花崗岩類の平均的組成と比較すると、 Al_2O_3 が多く、FeOが少なく、 Na_2O/K_2O 比が大きい。北上山地の他の白亜紀花崗岩類と比較しても同様の傾向がある。

変成岩類のうち、黒雲母片岩は泥質岩起源と思われるが、その化学組成は変化に富んでいる。そして中には、泥質岩として異常な組成のものも認められる。たとえばMgO, CaO, Na_2O が目立って多く、 K_2O が少ない組成などである。

また上記の事実を根拠の一つとして、変成岩類の原岩の所属を推定した。今のところ最も可能性の大きな推定として、その原岩は、綾里付近に露出する大船渡層群の延長ではないかと考えられる。

1. 緒 言

北上山地南端の太平洋上に浮かぶ金華山は、花崗岩類と変成岩類から構成されるが(第1図)、それらの岩石に

関しては SENDO et al. (1963), 猪木ほか (1972), 加藤ほか (1973), 滝沢ほか (1974) などの研究があり、地質と岩石に関してはほぼその全ぼうが明らかにされている。また花崗岩の化学組成に関しては、上記の加藤ほかが議論している。

今回筆者らは、再度金華山の岩石をとりあげるが、花崗岩類に関する資料と議論は、従来の研究を補足するものであり、変成岩類に関するものは、従来知られていなかったものである。

この報告に際し、終始御指導をいただいた、地質調査所東北出張所長谷正巳技官に謝意を表したい。

2. 金華山花崗岩類

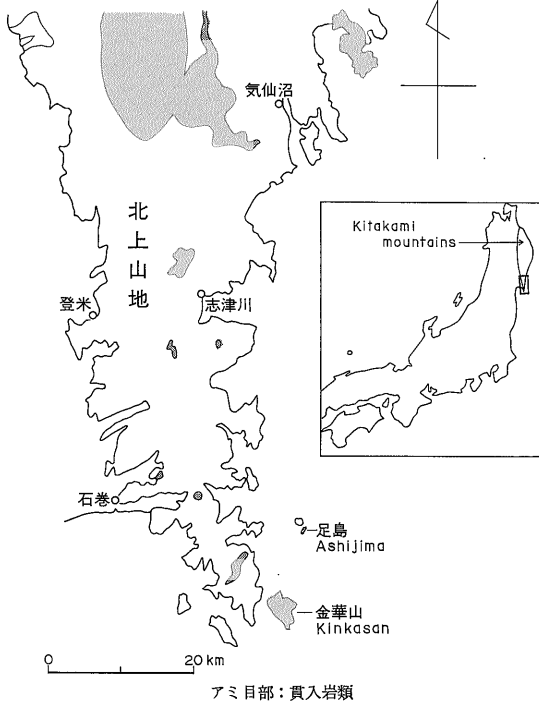
2.1 岩 石

金華山花崗岩類は島の大半を構成しており、西側の石英閃緑岩類(加藤ほか (1973) は、黒雲母普通角閃石花崗閃緑岩+普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩+普通角閃石含有黒雲母花崗閃緑岩と呼んでいる)および東側の花崗閃緑岩類からなっている。そして花崗閃緑岩類には角閃石を含むもの(西部)とほとんど含まないもの(東部)とがある。

これら花崗岩類のうち、石英閃緑岩類は、北上山地の各地に類似岩がみいだされる。しかし花崗閃緑岩類は、

*東北出張所

**地質部



第 1 図 金華山および足島の位置

北上山地のこの付近には類似岩はみいだせない。また随伴して露出する金華山変成岩類は、片理が強くて高変成度の片岩類であるが、この種の変成岩類もこの付近にはみいだせない。これらの点が、金華山の岩石が北上山地の岩石としてはやや異質の印象を与える原因になっている。しかしながら最近の研究によると(片田, 1974), 金華山の花崗閃緑岩類とかなり類似する岩体が大船渡北方から釜石付近にかけて 3 岩体みいだされている。また北上山地の比較的大型の花崗岩体は、一般に、局所的にはあるが片岩類を伴うし、変成度も金華山変成岩類と同程度(sillimanite grade)まで上っている例がある。

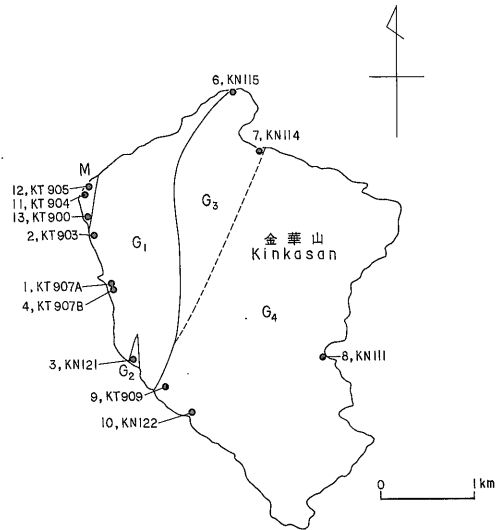
上記のように金華山花崗岩類は、石英閃緑岩類と花崗閃緑岩類の 2 種に区分できるが、両者は外見が異なっているから異種のマグマから生じたようにも解することも可能である。しかし加藤ほか(1973)は、岩石と鉱物の化学成分の検討から、両者が本来は同一マグマから派生したものである可能性が強いことを論じている。この加藤の説を間接的に支持する下記のような他の事実がある。

西側の石英閃緑岩類は、片理が強くて鏡下で軽度のプロトクラスティック組織を普遍的に認めることができるが、東側の花崗閃緑岩類も局所的にプロトクラスティック組織をもっている。それは例えば舟着場南南東 1 km

付近のもので、肉眼的にはわからないが、鏡下で見ると、石英が著しく伸長し、縫合状外形と波動消光を認めることができる。つまり石英閃緑岩類と花崗閃緑岩類の貫入時期は連続したものであった可能性がある。

2.2 化学成分

金華山花崗岩類の代表的な試料 10 個の分析値を第 1 表に、試料採取位置を第 2 図に示す。そのうち No. 5 は、金華山の石英閃緑岩類を北方へ延長した位置にある足島の岩石である。この岩石は、黒雲母 \geq 角閃石であり、やはりプロトクラスティック組織をもっている。No. 3, 4 は加藤ほか(1973)が D 型とした岩石であり、No. 4 は加藤ほかの Table 2 の K3A と同一露頭の試料である。全体の貫入順序は、No. 1, 2, 5 \rightarrow No. 3, 4 (以上石英閃緑岩類) \rightarrow No. 6~10 (花崗閃緑岩類)であろう。



- G₁: 黒雲母角閃石石英閃緑岩
- G₂: 細粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩~アダメライト
- G₃: 角閃石黒雲母花崗閃緑岩
- G₄: 黒雲母花崗閃緑岩
- M: 変成岩類

第 2 図 分析試料採取位置

第 3 図が化学成分と D 1 との関係図である。日本の平均的な花崗岩と比較すると、Al₂O₃ が若干多く、FeO(または Fe₂O₃+FeO) が若干少ない。また Na₂O/K₂O 比が大きい。

前項で、花崗閃緑岩類の類似岩が大船渡一釜石地域に露出すると述べた。それらは鬼が沢・黒岩・立根岩体である。そのさらに北方では、北部北上山地の田老帯の花崗岩類がやはり金華山花崗岩類にかなり類似している。しかしながらそれらの化学的資料(KANISAWA, 1974; 小野ほか, 1974)と比較してもやはり Al₂O₃, FeO, Na₂O,

東北地方の深成岩類の化学成分 (阿部・片田)

第1表 金華山花崗岩類の化学成分

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	K T 907 A	K T 903	K N 121	K T 907 B	A S 25	K N 115	K N 114	K N 111	K T 909	K N 122
SiO ₂	64.56	65.73	75.11	71.44	66.62	65.34	70.82	71.22	72.37	73.36
TiO ₂	0.47	0.44	0.11	0.24	0.54	0.54	0.21	0.22	0.19	0.18
Al ₂ O ₃	16.83	16.33	14.16	15.25	14.38	17.78	16.32	16.03	15.73	14.39
Fe ₂ O ₃	1.73	1.50	0.68	1.01	1.65	1.20	0.84	1.03	0.78	0.87
FeO	2.45	2.20	0.17	0.69	2.12	1.42	0.61	0.64	0.48	0.43
MnO	0.03	0.09	0.02	0.10	0.08	0.08	0.04	0.06	0.04	0.04
MgO	2.44	2.18	0.24	0.62	2.38	1.63	0.69	0.67	0.46	0.48
CaO	4.85	4.38	1.64	2.69	4.47	4.89	3.34	2.64	2.91	2.83
Na ₂ O	3.71	3.58	3.58	3.45	3.39	4.39	4.48	4.37	4.28	4.61
K ₂ O	2.04	2.50	3.74	3.83	3.04	1.60	2.06	2.36	1.97	2.11
P ₂ O ₅	0.13	0.15	0.03	0.07	0.08	0.07	0.05	0.05	0.07	0.03
H ₂ O ⁺	0.64	0.62	0.39	0.44	0.74	0.64	0.43	0.53	0.47	0.38
H ₂ O ⁻	0.04	0.09	0.06	0.06	0.05	0.05	0.08	0.09	0.10	0.04
Total	99.92	99.79	99.93	99.89	99.54	99.63	99.97	99.91	99.85	99.75
Q	20.44	22.11	36.19	30.12	22.98	20.57	28.76	30.22	33.21	32.10
Or	12.05	14.77	22.10	22.63	17.96	9.45	12.17	13.95	11.64	12.47
Ab	31.39	30.29	30.29	29.19	28.69	37.15	37.91	36.98	36.22	39.01
An	23.21	20.75	7.94	12.89	15.04	23.80	16.24	12.77	13.98	12.34
C	0.01	0.13	1.31	0.71		0.10	0.77	1.61	1.43	
Di	Wo				2.76					0.63
	En				1.94					0.54
	Fs				0.58					
Hy	En	6.08	5.43	0.60	1.54	3.99	4.06	1.72	1.67	1.15
	Fs	2.35	2.24		0.22	1.20	0.87	0.15	0.07	
Hm			0.48							0.18
Mt	2.51	2.17	0.29	1.46	2.39	1.74	1.22	1.49	1.13	0.99
Il	0.89	0.84	0.21	0.46	1.03	1.03	0.40	0.42	0.36	0.34
Ap	0.30	0.35	0.07	0.16	0.19	0.16	0.12	0.12	0.16	0.07
Total	99.23	99.07	99.47	99.38	98.75	98.94	99.45	99.28	99.27	99.31
D1	63.88	67.17	88.58	81.94	69.63	67.17	78.84	81.14	81.06	83.57

1~5: 石英閃緑岩類
6~10: 花崗閃緑岩類
分析者: 阿部智彦

K₂O に関して、わずかではあるが上記と同様の差が見られる。つまり、金華山花崗岩類のうち花崗閃緑岩類は、北上山地の花崗岩類中に、野外・鏡下の性質と同時に化学的な性質まで、“非常に”類似した岩石はみいだされないようである。

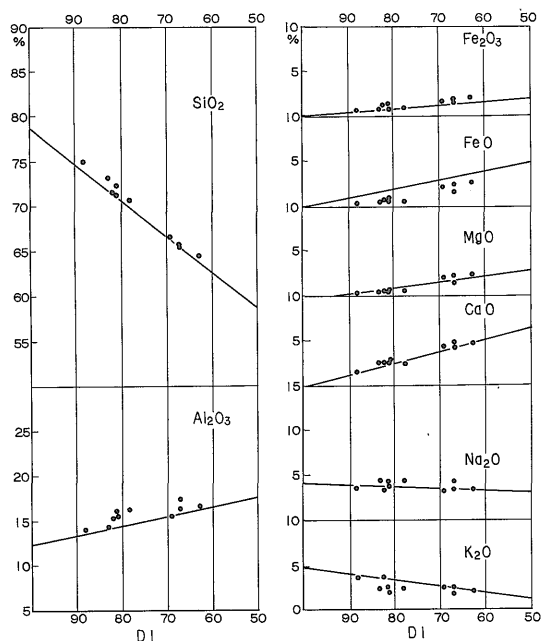
3. 金華山変成岩類

3.1 岩石

金華山変成岩類は島の西端部に幅約200m, 走向方向約

1 km の範囲に分布している。珪線石を伴う高変成度の片岩類で、ダナイトを伴っている。

これらの岩石に関しては滝沢ほか (1974) にかなり詳細な記載がある。それによると、主として角閃石片岩 (ざくろ石片岩を伴う)・黒雲母片岩・単斜輝石片岩・石英片岩・透角閃石片岩などの細かい互層である。その推定される原岩は、角閃石片岩は凝灰岩、黒雲母片岩は泥質岩、単斜輝石片岩は砂岩、石英片岩はチャート、透角閃石片岩は苦鉄質~超苦鉄質岩脈である。



実線：日本の花崗岩類の平均成分の変化曲線 (ARAMAKI et al., 1972)

第3図 主要酸化物とDIとの関係図

このうち、黒雲母片岩と角閃石片岩は頻りに互層した漸移する。角閃石を交えない黒雲母片岩の主な構成鉱物は、石英・斜長石・カリ長石・黒雲母・白雲母・堇青石・ざくろ石・珪線石・石墨・鉄鉱物のうちいくつかの鉱物である。それらの組合せを全般的にしらべてみると、サンプルごとの変化に富むのが特徴である。たとえば、カリ長石・白雲母は（一般的には熱変成泥質岩にありふれた鉱物であるにもかかわらず）金華山の場合は、両者または一方を欠く場合が多い。また石墨に乏しいものもある。おそらく、各試料ごとの化学成分のばらつきが大きいであろう。

金華山変成岩類として注目すべきものに単斜輝石片岩がある。この変成岩は、石英・斜長石・単斜輝石と、微量のざくろ石・エビドート・角閃石・チタン石などからなる淡緑色の変成岩である。本来の組織は完全に消滅しているために、原岩の種類がどのようなものであったか推定することは困難である。しかし泥質岩や凝灰岩に対してシャープな境界で接するところを見ると、産状は砂岩に似ている。実際にこの付近、たとえば女川西方や女川江の島で、熱変成作用をうけた三疊紀層砂岩について、上記と同一の変成鉱物組合せ（低変成部では、緑泥石・方解石がみられ、エビドート・角閃石が量的に多い）がごく普通に認められる。

3.2 化学成分

分析値は第2表11~13にあげる。分析した試料は、黒雲母片岩2個 (No. 11, 12) と単斜輝石片岩1個 (No. 13) である。黒雲母片岩の No. 11は、石英・斜長石・黒雲母のほか、カリ長石・堇青石・ざくろ石・珪線石を含むものであり、No. 12はざくろ石を含むものである。また第2表14~18には、参考資料として、世界の泥質岩・粘板岩の平均値 (No. 14, 15)、北部北上市地古・中生層粘板岩の平均値 (No. 16, 17) および長野県木曾地方古生層粘板岩の平均値 (No. 18) を並記している。

まず変成岩類の原岩としての全般的な性質を、各平均値と比較してしらべてみると、No. 11は、一般的な粘板岩（泥質岩）の成分、たとえば No. 16によく似ている。ただし Na_2O 、 K_2O 、 CaO が若干多い。成熟度が比較的低いものと解すべきであろう。

試料 No. 12 は、No. 11 と近接した場所で採取した試料であるが、それとは異なった成分を示す。 MgO 、 CaO 、 Na_2O が多く、 K_2O が少なく、 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ である。泥質岩としてはきわめて異常な成分を示している。金華山変成岩類中には、凝灰岩起源の変成岩が存在するから、この泥質岩の後背地には火山岩類が多く、火山活動も盛んであったことが予想される。そこでこの泥質岩の化学成分を、火山岩の成分と比較してみることにする。第3表に、TANEDA (1962) の計算した日本の火山岩の平均値の一部 ($60\% \leq \text{SiO}_2 < 65\%$) を示す。これは、ほぼ石英安山岩に相当する火山岩の平均成分であるが、 MgO 、 CaO に若干の差はあるにしても、かなりよく類似している。

いま以上の分析値に関する $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 図 (第4図) を作ってみると、これらの事実がよくわかる。一般的に泥質岩は $\text{Na}_2\text{O} < \text{K}_2\text{O}$ であるけれども、No. 12は No. 19の火山岩平均値と同じく $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ である。このように No. 12の試料は、肉眼的には No. 11の泥質岩（起源の片岩）に似ているように見えても、異常な成分をもっている。この成因に関して、次の3つの仮説が可能である。第1は No. 11 および No. 12の泥質岩の後背地の分布岩石がそれぞれ異なっていた。第2の仮説は両者の後背地の岩石は似たようなもの、たとえば火山岩類を主とするものであったが、成熟度が異なり、No. 12は極端に低いものである。第3の仮説は No. 12の成熟度は必ずしも低くなかったが（低くてもよいが）、火山活動によって降下した火山灰が、泥質岩に混じて堆積した。残念ながら今のところ、この3つの考えのうち、いずれが正しいのかよくわからない。

試料 No. 13 は、前述の砂岩起源ではないかと察せら

東北地方の深成岩類の化学成分 (阿部・片田)

第2表 金華山変成岩類および泥質岩類の化学成分

	11	12	13	14	15	16	17	18
	K T 904	K T 905	K T 900	世界の 泥質岩	世界の 粘板岩	北部北上帯 の粘板岩	岩泉帯の 粘板岩	木曾地方 の粘板岩
SiO ₂	62.87	61.40	60.46	61.54	62.25	62.06	65.98	62.67
TiO ₂	0.65	0.74	0.61	0.82	0.75	0.71	0.60	0.73
Al ₂ O ₃	17.79	17.14	13.18	16.95	16.92	17.90	17.51	17.21
Fe ₂ O ₃	0.12	1.51	0.41	2.56	1.80	1.47	1.31	2.36
FeO	5.28	4.94	4.46	3.90	4.09	3.40	3.00	3.11
MnO	0.15	0.15	0.11		0.08	0.07	0.04	0.05
MgO	1.86	3.35	2.42	2.52	2.25	1.85	1.28	2.18
CaO	1.67	3.23	15.91	1.76	0.69	1.28	0.53	0.66
Na ₂ O	2.95	3.51	0.82	1.84	1.99	2.66	2.36	2.03
K ₂ O	4.57	2.59	0.43	3.45	3.51	3.85	3.65	4.04
P ₂ O ₅	0.16	0.13	0.12		0.12	0.15	0.11	0.18
H ₂ O ⁺	1.41	1.01	0.82					
H ₂ O ⁻	0.18	0.10	0.12					
Total	99.66	99.80	99.87	95.34	94.45	95.40	96.37	95.22

11~13: 金華山変成岩類, 分析者: 阿部智彦

14: SHAW (1956)

15: 岩崎ほか (1965)

16: 片田ほか (1971) および未公表資料6個平均, チャート質のものを含まない

17: 片田ほかの未公表資料8個平均, チャート質のものを含まない

18: KATADA et al. (1963), Table 1 のチャート質のもの (no.7, 11, 13) をのぞく14個の平均値

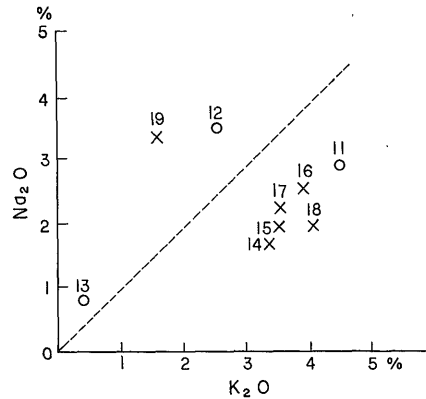
第3表 日本の60% ≤ SiO₂ < 65%
の火山岩の平均値

	19
SiO ₂	62.15
TiO ₂	0.67
Al ₂ O ₃	16.24
Fe ₂ O ₃	2.83
FeO	3.63
MnO	0.13
MgO	2.45
CaO	5.72
Na ₂ O	3.35
K ₂ O	1.59
P ₂ O ₅	0.21
H ₂ O ⁺	0.73
H ₂ O ⁻	0.43

Total 100.13

TANEDA (1962) による熔岩
141個の平均値

れる試料の分析値である。砂岩としては SiO₂ が少なく、CaO が多い。また Na₂O と K₂O が少ない。ただし、この岩石は、変成鉱物の量が部分により若干異なる。たとえば斜長石も部分により多少があり、この試料はそれの



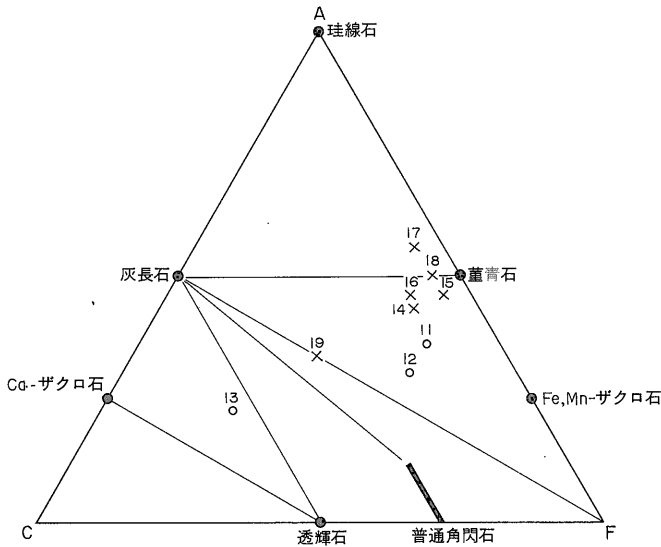
番号は第2, 3表の番号と同じ

第4図 Na₂O-K₂O 図

比較的少ない部分である。多い部分では Na₂O はもっと多くなるであろう。

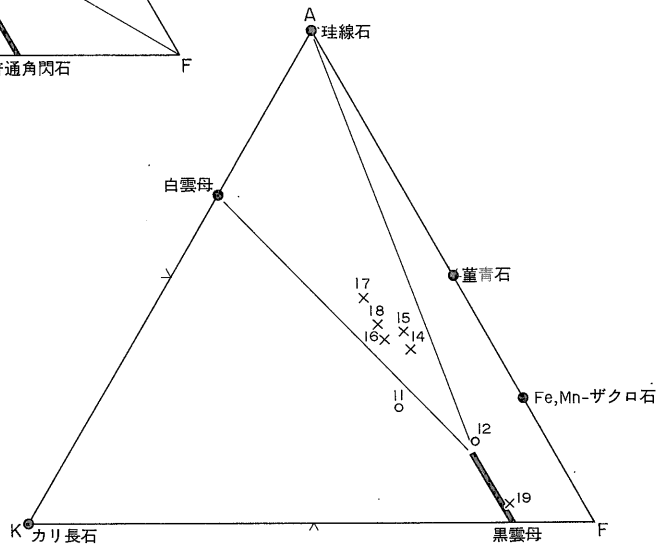
以上の点を考慮してこの砂岩の本来の岩質を考えるならば、碎屑粒と同時に、生物の遺骸、たとえば貝殻などが相当量混じたものであったとすれば、化学成分上の解釈がなり立つ。

おわりに、変成岩として検討するために、参考までに ACF 図と AKF 図を作成した (第5図)。この図によって変成鉱物の組成の概略が説明できる。



番号は第 2, 3 表の番号に同じ

第 5 図 ACF および AKF 図



3.3 地質学的検討

金華山変成岩類を考える場合に、地質学的に最も知りたいのは、その原岩(堆積岩)が、北上山地のどの地層の延長なのかということである。もう一度原岩の特徴をくりかえしてみると、その原岩は、1)種類は、泥質岩・凝灰岩・砂岩・チャートである。2)泥質岩の成分変化がはげしい。それは碎屑岩としての成分変化であるか、凝灰岩の混ざりかたの程度によるものかいずれかである。もし碎屑岩としての成分変化ならば、後背地の岩石種類の差または成熟度の差である。凝灰岩の混ざりぐあいならば、変成岩類原岩の多くの碎屑岩類は多少なりとも、凝灰岩質であるということが出来る(砂岩も凝灰岩質であつてもかまわない)。従来の筆者らの経験からいうと、この泥質岩の成分変化は非常に顕著であるから、複数の

要因が重なっているように思われる。そのうえ、可能性としては、あまり大規模な堆積盆の堆積層でない方がよいようにも思われる。

以上の諸事実をふまえて、変成岩類の原岩の所属を推定するならば、1)南部北上山地の古生層には、チャートが存在しない点からみて所属しないであろう。2)南部北上山地の三疊紀層・ジュラ紀層には、はっきりしたチャート・凝灰岩が存在しない点からみておそらく属さないであろう。3)白亜紀層の碎屑岩類の卓越した地層にも同様の理由で所属しないであろうが、白亜紀層には、火山岩類(火山碎屑岩類)を主とした地層があり、これは検討を要する。

4)たとえば、すでに古く稲井ほか(1940)も述べているように、綾里東方の地層、つまり現在の知識でいえば

白亜紀の大船渡層群は、この変成岩類の原岩によく適合している。従来はチャートの存在は記述されていないけれども筆者の一人片田は、綾里付近で、ほとんど石英からなり長石を含まない、チャートと見なされる地層をみいだしている。

したがって、この変成岩類の原岩は、大船渡層群の一部と考えても不自然ではないと思われる。

5) 壺の沢変成岩または、早池峯構造帯および北部北上山地の古・中生層を原岩とする可能性もないでもないが、上記の4の場合よりは可能性は低いのではないかと考えられる。

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.
- 猪木幸男・滝沢文教・片田正人 (1972): 金華山の地質構造にまつわる若干の問題. *地球科学*, vol. 26, p. 139-148.
- 稲井 豊・高橋年次 (1940): 北上山地南端部の地質に就いて (北上山地南部の層位学的研究 V). *東北大地質古生物研邦報*, no. 34, p. 1-40.
- 岩崎文嗣・桂 敬 (1965): 粘板岩の化学組成. *日本地球化学会ニュース*, no. 30, p. 6-8.
- KANISAWA, S. (1974): Granitic rocks closely associated with the Lower Cretaceous volcanic rocks, Kitakami Mountains, Northeast Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*
- KATADA, M., ISOMI, H., OMORI, E. and YAMADA, T. (1963): Chemical composition of Paleozoic (in press).
- rocks from northern Kiso district and of Toyoma clayslates in the Kitakami Mountainland: I. Chemical composition of pelitic rocks. *Jour. Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol.*, vol. 49, p. 85-100.
- 片田正人・磯見 博・大森えい (1971): 北部北上帯古生層の砂岩とスレート (予報). *岩鉱*, vol. 65, p. 129-143.
- 片田正人 (1974): 南部北上山地の花崗岩類, および全北上山地花崗岩類の分帯区分 (北上山地の白亜紀花崗岩類, 第Ⅶ章). *地質調報*, no. 251, p. 121-133.
- 加藤祐三・田中久雄 (1973): 北上山地, 金華山花崗岩質岩体の岩石学. *岩鉱*, vol. 68, p. 395-403.
- 小野千恵子・曾屋竜典 (1974): 化学組成 (北上山地の白亜紀花崗岩類, 第Ⅳ章). *地質調報*, no. 251, p. 43-90.
- SENDO, T. and UEDA, Y. (1963): Petrology of the Kinkasan Islet, Miyagi Prefecture, Northeastern Japan. *Sci. Rept. Tohoku Univ.*, ser. 3, vol. 8, p. 297-315.
- SHAW, D. M. (1956): Geochemistry of pelitic rocks. Part III: Major elements and general geochemistry. *Bull. Geol. Soc. America*, vol. 67, p. 919-934.
- 滝沢文教・一色直記・片田正人 (1974): 金華山地域の地質. 62p., 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所.
- TANEDA, S. (1962): Frequency distribution and average chemical composition of the volcanic rocks in Japan. *Memoir Fac. Sci. Kyushu Univ.*, ser. D, vol. 12, p. 237-255.