

北上山地の古生層泥質岩変成相の化学成分に関する 2, 3 の事実

小野 千恵子* 片田 正人*

Some Considerations on the Metamorphosed, Paleozoic Pelitic Rocks of the Kitakami Mountains

By

Chieko ONO & Masato KATADA

Abstract

Concerning the published chemical data on the contact metamorphic rocks of the Kitakami mountains, the following facts were disclosed. 1) The metamorphic grade was shown by the mineral assemblage of the analysed rocks. 2) The obvious correlation of the rate of dehydration and reduction of iron with the metamorphic grade was shown by the table and diagram of the chemical composition. 3) Some chemical characteristics of the rocks containing andalusite, cordierite, chloritoid, pyralospite or cummingtonite, etc. were represented in the AKF and other diagrams.

まえがき

さきに私たちは、母体層群をのぞく北上山地の古生層およびその変成相の化学分析値を集録した(片田・小野, 1968, 1969)。その際は、変成相も非変成岩に含めて、分析値から知ることができた北上山地古生層の特徴を予察的に列挙した。

今回は、その変成相(接触変成岩類)に注目し、化学成分をいくつかの図表に正確にプロットして、そこから読みとれる若干の特徴を探ってみた。分析値の計算と図表の処理は主として小野が、それに対する地質学的付言は主として片田が付け加えた。

なお、この報文を完成するに際して、化学課大森えい・大森貞子および地質部磯見博・朝倉栄子の諸氏の援助をうけた。深く感謝します。

1. 変成岩の種類と、変成度による分類

従来の文献に、分析値とともに記載してある変成岩の種類を、鉱物の組合せで示すと以下ようになる。最初の人名と数字は、先の報文で集録した際の分析試料整理番号である注1)。最後のカッコ内の0~IIIの番号は変成度による分類を示すもので、各文献から私たちが推定したものである。すなわち、0:非接触変成帯。I:黒雲母

が少量生じている程度の低変成度の帯で、黒雲母帯と仮称する。II:紅柱石・堇青石・ざくろ石(パイラルスパイト。以下同様)を多く生じている中変成度の帯で、紅柱石帯と仮称する。III:珪線石を生じている高変成度の帯で珪線石帯と仮称する。

なお、文献には英文のものが多いため、鉱物は英名で示した。しかし quartz, plagioclase, carbonaceous matter または graphite は、著者によって記述のある場合とない場合があるため、すべて省いてある。これらの鉱物はほとんどの変成岩中に含まれるであろう。ただし例外的に、加藤1,2には plagioclase が、長谷川1,2には quartz がそれぞれ存在しないらしい。また山田25-34は、石灰質の泥質岩であるため、この報文の考察からは除外してある。

山田	1~7	Non-metamorphosed (0)
	8,9	Andalusite-biotite (II)
	10	Andalusite-cordierite-biotite (II)
	11	Andalusite-biotite (II)
	12,13	Andalusite-cordierite-biotite (II)
	14	Andalusite-cordierite-muscovite-

注1) 片田・小野(1968, 1969)では、従来報告されている分析値を、報告者別に、報告者の姓と各報告者ごとの通し番号で網羅整理した。たとえば、YAMADA, H. の報告による非変成古生層およびその熱変成岩を、印刷されている順序で、山田1, 山田2……と番号をつけた。

* 地質部

	biotite (II)	2	Cordierite-biotite-muscovite (II)
	15 Biotite (I)	3~6	Biotite-muscovite-cordierite (II)
	16,17 Cordierite-muscovite-biotite (II)	7,8	Sillimanite-andalusite-cordierite-biotite-muscovite-potassium feldspar (III)
	18~20 Cordierite-biotite (II)	9	Biotite-muscovite-cordierite (III)
	21~23 Cordierite-biotite-rhombic amphibole (II)	10	Andalusite-sillimanite-muscovite (III)
加藤	24 Biotite-rhombic amphibole (II)	11~13	Biotite-muscovite-cordierite-potassium feldspar (III)
	1 Garnet-magnetite-tremolite (II)	14	Biotite-sillimanite-potassium feldspar (III)
長谷川	2 Andalusite-muscovite (II)	15	Biotite-muscovite-cordierite-sillimanite-potassium feldspar (III)
	1 Corundum-sillimanite-orthoclase-cordierite-magnetite-spinel-andalusite-biotite (III)	16	Biotite-cordierite-potassium feldspar (III)
	2 Andalusite-biotite-cordierite-pyrite (II)	17	Biotite-muscovite-cordierite-potassium feldspar (III)
岡田	1 Biotite (I)	18	Biotite-muscovite (III)
	2 Cordierite-biotite-chlorite (II)	19	Non-metamorphosed (0)
	3 Cordierite-biotite-muscovite-chlorite (II)	20	Chlorite-sericite (I)
	4 Garnet-biotite (II)	21	Andalusite-sericite (I)
	5 Cordierite-biotite-muscovite (II)	22	Chloritoid-sericite (I)
関	1~4 Non-metamorphosed (0)	23	Andalusite-biotite-muscovite (II)
	5 Chlorite-sericite (I)	24	Andalusite-biotite (II)
	6 Andalusite-sericite (I)	25	Anthophyllite-biotite-cordierite-muscovite (II)
	7,8 Chloritoid-sericite (I)	26	(Andalusite)-biotite-muscovite-cordierite (II)
	9 Andalusite-biotite-muscovite (II)	27	Andalusite-biotite-muscovite-cordierite (II)
	10 Andalusite-biotite (II)	28	Andalusite-biotite-anthophyllite-garnet-cordierite (II)
	11 Anthophyllite-biotite-cordierite-muscovite (II)	29	Andalusite-biotite-anthophyllite-cordierite (II)
	12 (Andalusite)-biotite-muscovite-cordierite (II)	30	Cordierite-biotite-muscovite-sillimanite (III)
	13 Andalusite-biotite-muscovite-cordierite (II)	31	Cordierite-sillimanite-biotite (III)
	14 Andalusite-biotite-anthophyllite-garnet-cordierite (II)	32	Biotite-muscovite-sillimanite (III)
15,16	Andalusite-biotite-anthophyllite-cordierite (II)	33	Chloritoid-andalusite-biotite (I)
	17 Cordierite-biotite-muscovite-sillimanite (III)	34	Chloritoid-? (I)
	18 Cordierite-sillimanite-biotite (III)	35	Biotite-muscovite (I)
	19 Biotite-muscovite-sillimanite (III)		
	20 Chloritoid-andalusite-biotite (I)		
	21 Chloritoid-? (I)		
島津	1 Biotite-muscovite (I)		
		近藤	1,2 Non-metamorphosed (0)
		大貫	1 Garnet-cordierite-cummingtonite-biotite (II)
			2 Garnet-biotite-cordierite-cummingtonite-magnetite (II)
			3 Biotite-muscovite-cordierite-garnet-potassium feldspar-andalusite (II)
			4 Cordierite-potassium feldspar-biotite-muscovite-garnet (II)
		神戸	1~4 Non-metamorphosed (0)
			5 Biotite (I)
			6~8 Non-metamorphosed (0)
		片田	1 Garnet-cordierite-biotite (II)
			2 Cordierite-muscovite-biotite (II)
			3 Non-metamorphosed (0)
			4 Biotite (I)
			5~7 Non-metamorphosed (0)
		小貫	1 Non-metamorphosed (0)
		本間	1 Muscovite-chlorite (I)
			2 Biotite-cordierite-potassium feldspar (II)
			3,4 Sillimanite-muscovite-biotite-cordierite-potassium feldspar

(III)

植田 1,2 Non-metamorphosed (0)

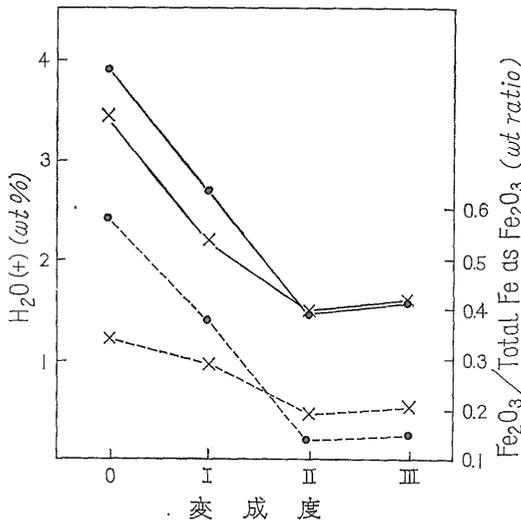
2. 変成度の上昇に伴う $H_2O(+)$ の減少
および鉄の還元

よく知られているように、岩石は、変成作用をうけて変成度が上るほど、脱水されて $H_2O(+)$ が減少し、鉄が還元されるために Fe_2O_3 が減少して FeO が増加していく。その変化の状態をしらべるために、前項で分帯した各帯における、 $H_2O(+)$ と Fe_2O_3 /全鉄量 (Fe_2O_3) 比 (重量比) の値の平均値を示すと第1表の通りである (全鉄量 (Fe_2O_3) = $Fe_2O_3 + FeO \times 1.1113$)。またこの表の

第1表 非変成帯および接触変成帯の、 $H_2O(+)$ の量と Fe_2O_3 /全鉄量比 (Fe_2O_3) の平均値

	$H_2O(+)$	$\frac{Fe_2O_3}{\text{全鉄量}(Fe_2O_3)}$
0 : 非変成帯	3.44 (13)	0.34 (24)
I : 黒雲母帯	2.21 (5)	0.29 (12)
II : 紅柱石帯	1.48 (28)	0.19 (51)
III : 珪線石帯	1.59 (19)	0.21 (18)

表のカッコ内の数字は分析値の数



$H_2O(+)$ { ○ : 木曾地方
 × : 北上山地

Fe_2O_3 /全鉄量 Fe_2O_3 { --- : 木曾地方
 - - - : 北上山地

第1図 非変成帯および接触変成帯の、 $H_2O(+)$ の量と Fe_2O_3 /全鉄量 (Fe_2O_3) 比
第1表に木曾地方の領家帯の資料 (Katada et al. 1964) を加えてプロットしたもの。

値を図示すると第1図のようになる。この図には、長野県木曾地方の古生層ないし領家帯の資料も同じように分帯してプロットしてある。この図によってみると、両者とも全体の傾向が非常によく似ている。すなわち、脱水も還元も、非変成帯→黒雲母帯→紅柱石帯と目立って進むが、紅柱石帯→珪線石帯では両地方ともまったく進んでいない。

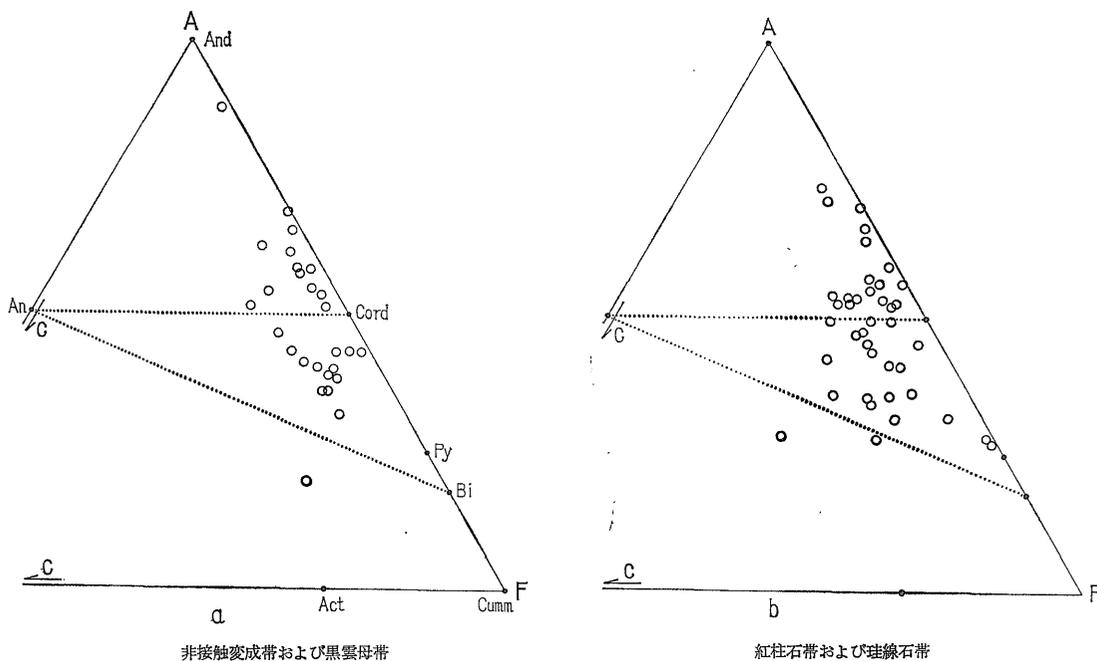
また北上山地古生層は“非”変成岩であっても、脱水・還元とも、木曾のものより進んでいる。この最も大きな理由は、北上山地の古生層は全般的に、広域的なスレート化を木曾のものより強く受けているためと考えられる。また、北上山地には深成岩体が全域的に点在するため、接触変成帯が予想外に幅広く分布する。そのため、一見非接触変成帯とされている地区の岩石であっても、ごくわずかに熱変成作用を受けているものがまぎっており、それが影響しているのかも知れない。

3. ACF 図・AKF 図

ACF 図は、第2図 a,b; 第3図 a,b に示す。これらの図は、本来ならば、いくつかの補正を加えなければならないが、ここでの図は、分析値だけから計算してプロットしたものである。ただし、 $A=Al_2O_3+Fe_2O_3-(Na_2O+K_2O)$, $C=CaO$, $F=FeO+MgO+MnO$ である。南部北上古生層 (早池峯構造帯内のもを含む) と北部北上古生層にわけたのは、前の報文で示したように、両古生層の化学成分がかなり異なるからである。しかし ACF 図には、両古生層の差はほとんど現われていない。また変成度で2つに分けたのは、前項で述べたように FeO /全鉄量 (Fe_2O_3) の値が異なるからである。鉄の還元の影響は、わずかではあるが図上に現われており、高変成度の場合 (b 図) の方が Fe_2O_3 を含んだ A 隅からはなれた所にプロットされている。

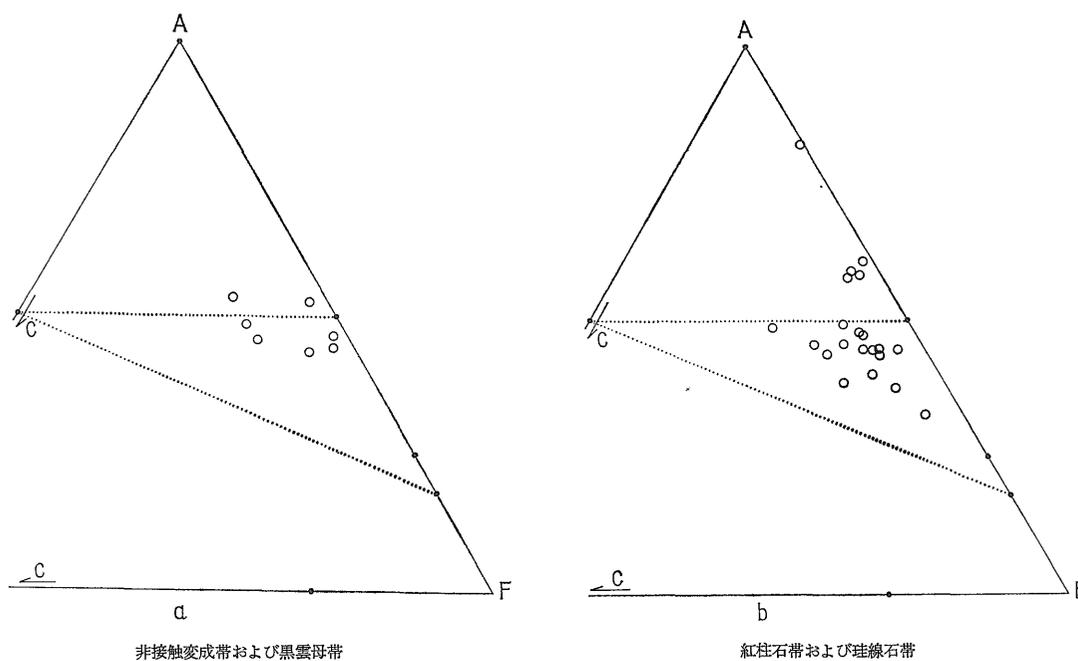
AKF 図は、ACF 図と同様の区分方法によって第4図 a,b と第5図 a,b に示した。 $A=Al_2O_3+Fe_2O_3-(Na_2O+K_2O+CaO)$, $K=K_2O$, $F=FeO+MgO+MnO$ である。

私たちの経験による限り、南北北上山地の ACF 図は、日本各地の古生層またはその変成相の ACF 図の例に較べてあまり異っていない。しかし、AKF 図のうち南部北上古生層の図 (第4図) では、過半の岩石の K 成分が少なく A-黒雲母 (Bi) 線の右側に位置するのが大きな特徴になっている。北部北上古生層と較べてみても差が明瞭であり、またたとえば、中部地方領家帯の泥質岩起源変成岩の AKF 図 (第6図) と較べるといっそうはっきりする。すなわち北部北上でも領家帯でも、A-

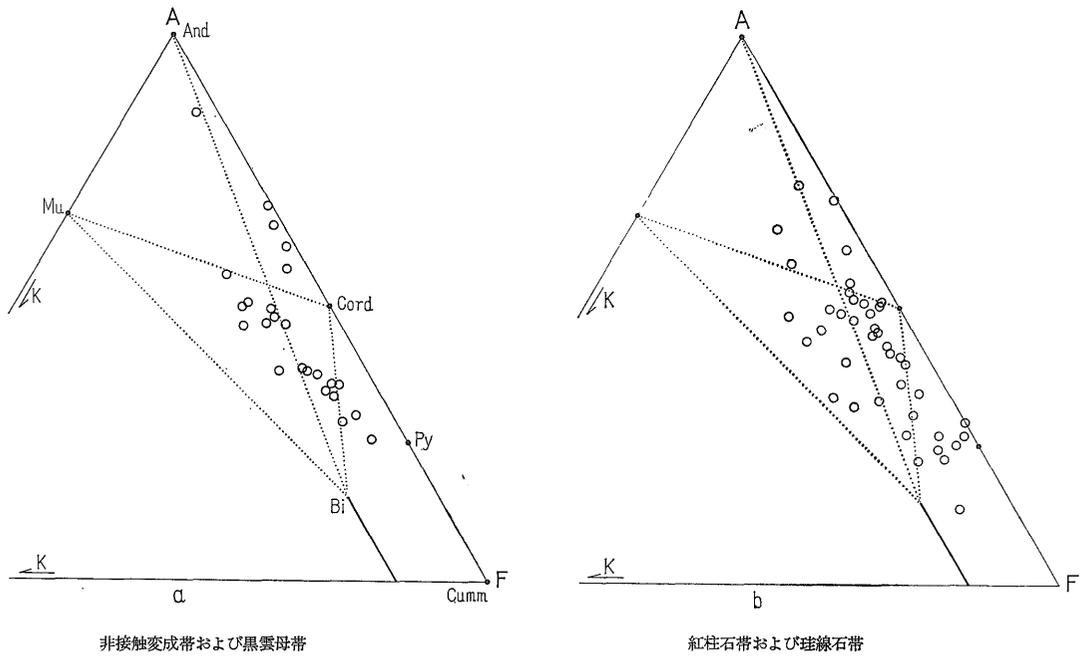


第 2 図 南部北上古生層およびその変成相の ACF 図

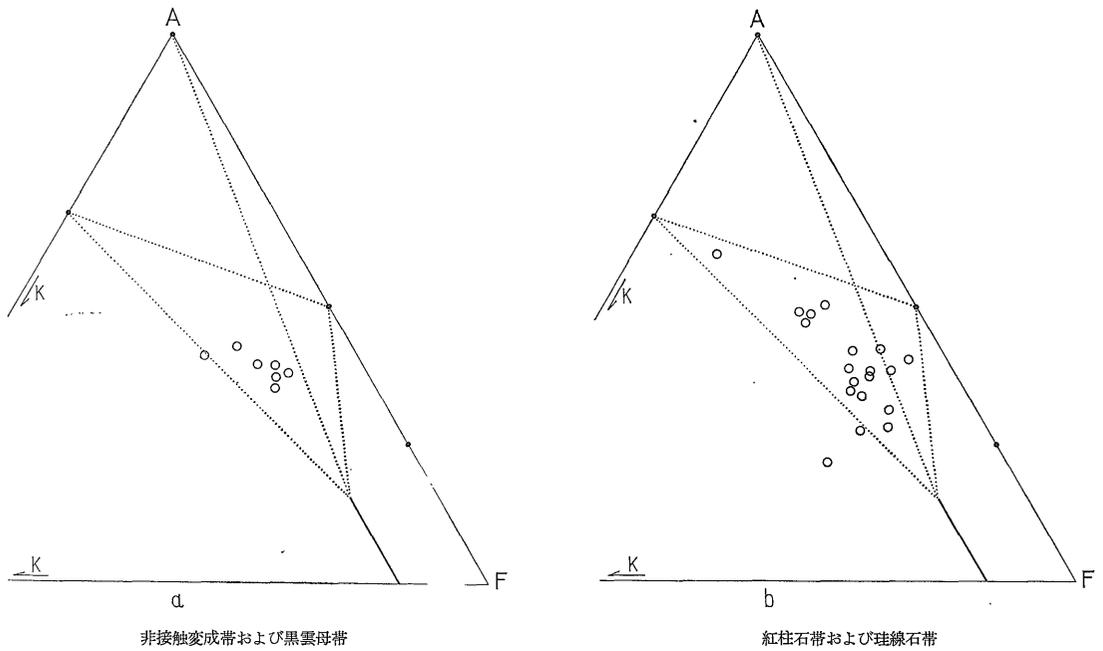
And, An, Cord, Py, Bi, Cum, Act の点はそれぞれ、紅柱石 (白雲母・珪線石)・灰長石・藍青石 (クロロイト)・ざくろ石・黒雲母・カミング角閃石 (直閃石・斜方角閃石)・アクチノライトの位置を示す。



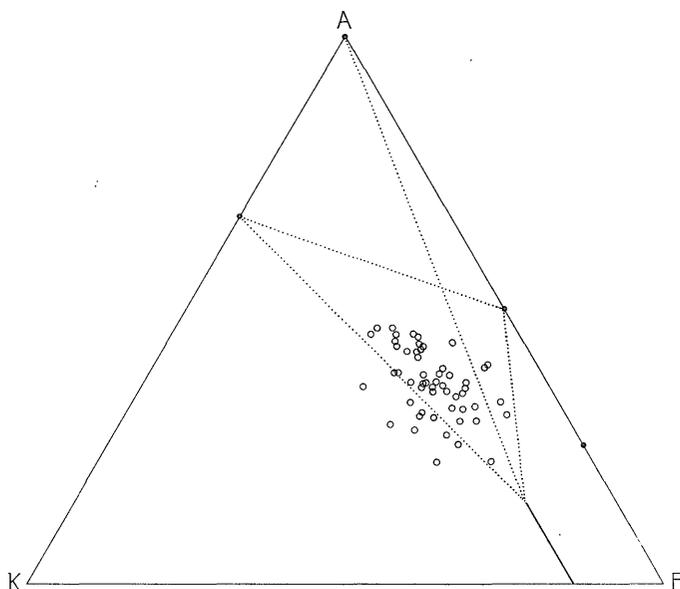
第 3 図 北部北上古生層およびその変成相の ACF 図



第4図 南部北上古生層およびその変成相の AKF 図
Muは白雲母の位置を示す。他の記号は第2図を参照。

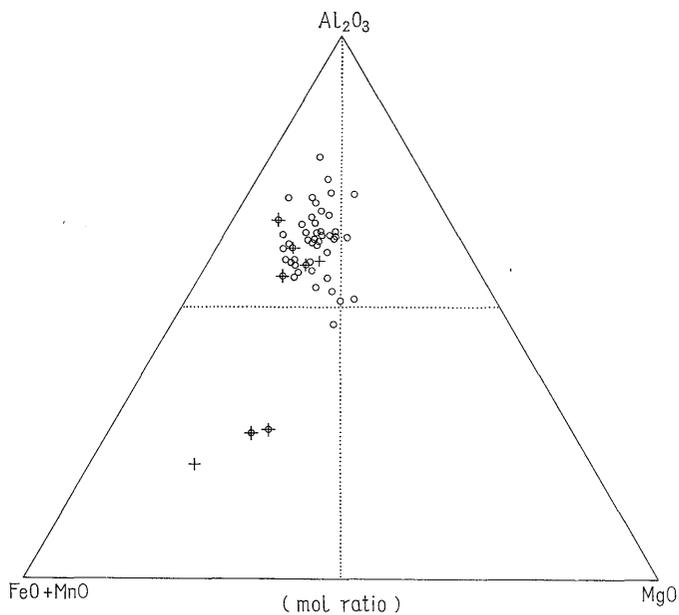


第5図 北部北上古生層およびその変成相の AKF 図



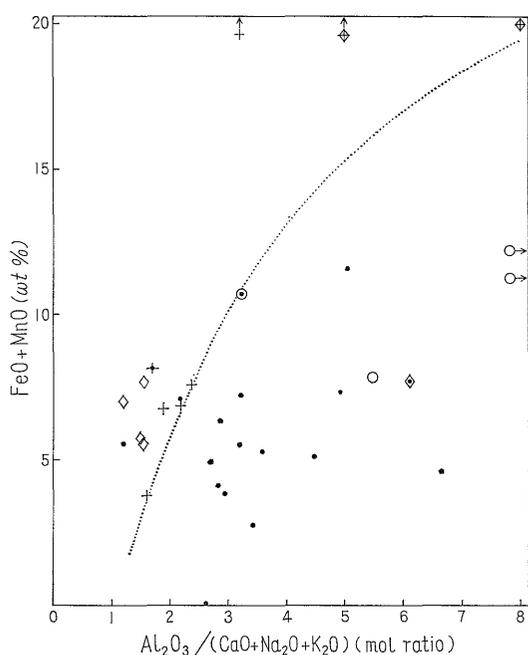
第 6 図 中部地方領家帯の泥質岩起源変成岩の AKF 図

Koide (1958), Oki(1961), Hayama (1964), 片田 (1967) による。



第 7 図 薑青石およびざくろ石を含む変成岩の Al_2O_3 -(FeO+MnO)-MgO 図

○ 薑青石 + ざくろ石 ⊕ 薑青石ざくろ石岩



- 紅柱石岩
- クロリトイド岩
- ◎ クロリトイド紅柱石岩
- 十 ざくろ石岩
- ◆ ざくろ石紅柱石岩
- ◇ 角閃石岩
- ◇ 角閃石ざくろ石岩
- ◇ 角閃石紅柱石岩

角閃石は、直閃石・カミング角閃石または斜方角閃石と記述されているものを指す。MnO = n.d. の分析値でも、FeO > 7% のときは、FeO ≫ MnO と見なして、縦軸に FeO だけの値をとって、プロットしてある。

第 8 図 紅柱石・クロリトイド・ざくろ石・角閃石を含む変成岩の $Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O) - (FeO + MnO)$ 図

黒雲母線の右側には、ごく一部の少数例しかプロットされていない。南部北上に、紅柱石・クロリトイド・堇青石・ざくろ石・直閃石(斜方角閃石)・カミング角閃石の産出例が多く、北部北上や傾家帯にこれらの鉱物が少ないのは、上記のような化学的特徴が 1 つの原因となっている注2)。

4. $Al_2O_3 - (FeO + MnO) + MgO$ 図

ACF 図・AKF 図では、FeO, MnO, MgO の区別がしてない。一般に、堇青石は MgO の多い岩石に、あまり変成度の高くない所におけるざくろ石は FeO, MnO の多い岩石に生じやすいといわれている。またざくろ石

注1) もし A-黒雲母線が実在するならば、この線より右側の岩石には上記の諸鉱物が晶出する機会が明らかに多いはずである。実際に千蔵・遠野の接触変成帯では、紅柱石帯に A-黒雲母線が実在する。これに関しては別の報文で記述したい。

は、FeO + MnO + MgO に比較して Al_2O_3 の少ない岩石に生じやすいという議論もある (CHINNER, 1962)。これらの理由で、標題のような三角図(モル比)を作った(第 7 図)。つまりこの図(および次の第 8 図)は、ACF・AKF 図を補うものである。そして、堇青石とざくろ石を含む岩石を別々の記号でプロットした。予想に反して、この図からは、FeO + MnO と MgO に関する明瞭な結果は出なかった。しかし Al_2O_3 が少ない岩石にざくろ石が生じやすい傾向はあるらしい。この点は第 8 図にも表現されている。

5. $(FeO + MnO) - Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O)$

この第 8 図は原村 (1961) の作った図とほとんど似ている。FeO または FeO + MnO (重量%) は、角閃石・ざくろ石を生ずる際に必要な成分である。 $Al_2O_3 / (CaO + Na_2O + K_2O)$ 比(モル比)は、長石を形成する以外の過剰な Al_2O_3 の量を示し、紅柱石・クロリトイド・堇青石のような Al を含む鉱物の晶出を左右する値である。この図では、紅柱石・クロリトイド・ざくろ石・直閃石(斜方角閃石)・カミング角閃石を含む岩石を別々の記号でプロットしてある。これによってみると、予想通り、大ざっぱではあるが点線を境として、紅柱石・クロリトイドを含む岩石はその右下に、角閃石類・ざくろ石を含む岩石は左上にプロットされている。堇青石を含む岩石は例外的で、この図にプロットはしてないが、点線の両側に位置している。

以上のように、北上山地、とくに南部北上山地の接触変成岩類の特徴は、岩石の化学成分を、いくつかの図表にプロットすることによってかなり合理的に説明することができる。そしてこの化学的な特徴は、すでに報告したように(片田・小野, 1968, 1969), 原岩である古生層の、供給源と堆積環境の性質から解釈できるであろう。

(昭和44年11月稿)

文 献

- CHINNER, G. A. (1962): Almandine in thermal aureoles. *Journal of Petrology*, vol. 2, pt. 2, p. 316~340.
- 原村寛 (1961): 古生層の粘板岩の化学組成 I, 三波川変成帯より太平洋側の地域, 地質学雑誌, vol. 67, no. 794, p. 618~622
- HAYAMA, Y. (1964): Progressive metamorphism of pelitic and psammitic rocks in the Komagane district, Nagano pref., central

- Japan. *Tokyo Univ. Fac. Sci. Jour.*, sec. 2, vol. 15, no. 3, p. 321~369.
- KATADA, M. et al. (1964): Chemical composition of Paleozoic rocks from northern Kiso district and of Toyoma clayslates in Kitakami mountainland: Supplement. Carbon and carbon dioxide. *Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol. Jour.*, vol. 52, no. 6, p. 217~221.
- KATADA, M. (1965): Petrography of Ryōke metamorphic rocks in northern Kiso district, central Japan (I). *Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol. Jour.*, vol. 53, no. 3, p. 77~90.
- 片田正人・小野千恵子 (1968) : 北上山地の古生層泥質岩の化学成分, 岩石鉱物鉱床学会誌, vol. 60, no. 2, p. 75~92
- 片田正人・小野千恵子 (1969) : 北上山地の古生層泥質岩の化学成分 (補遺および考察), 地質調査所月報, vol. 20, no. 1, p. 79~81
- KOIDE, H. (1958): Dando granodioritic intrusives and their associated metamorphic complex. *Japan. Soc. for the promotion of Sci.*, p. 308.
- OKI, Y. (1961): Metamorphism in the northern Kiso range, Nagano prefecture, Japan. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, vol. 32, no. 3-4, p. 479~496.