

加治丘陵の飯能礫層中のホルンフェルスの化学組成¹⁾

加賀美英雄²⁾・谷口 英嗣³⁾

はじめに

加治丘陵に分布する飯能礫層は、福田・高野（1951）によって記載され、下部の泥層（下部泥層または矢嵐泥層）、中部の礫層（上部円礫層または飯能礫層）、ならびに上部の泥層（仏子泥層）に三分された。礫種は秩父系と四万十系起源の堆積岩に加えて石英閃緑岩類の礫を含むことが特徴であると述べている。石垣・竹越（1982）は飯能層を初めて広域に調査し、高麗丘陵の中部を境に、北側は高麗川水系に由来した礫が主体であり、南側は多摩川水系に由来したことを示した。また、含まれる石英閃緑岩質礫は奥多摩の三頭山花崗岩や甲府花崗岩体から供給されたと述べている。

甲府花崗岩体の東部の部分は、北は笠取山（1902 m）に始まり、南は桂川上流の笹子トンネル付近まで、南北に 25 Km ほど続いている。東西の幅は北部では 15 Km 程度、中部で 6 Km 程度、南部で 11 Km 程度となっている（加藤，1968）。甲府花崗岩体東部は四万十帯の堆積岩中へ貫入しており、北部では白根層群（白亜紀；東京の小河内層群）、中部では小仏・三倉層群（古第三紀）、南部では瀬戸川層群（新第三紀）に接触変成作用を与えている（山梨県地質図編集委員会，1970）。柴田ほか（1984）は岩体東部を広瀬花崗閃緑岩と呼んだ。また、Shimizu（1986）はこれらを含めてもう少し広範囲の岩体を徳和バソリスと呼んだ。広瀬花崗閃緑岩の中部域では裂石花崗岩、高芝山花崗閃緑岩、柳沢トータル岩 {トータル岩はソーダ斜長石（ An_{27-36} ）や石英の存在によって特徴付けられる} などに区別されている（角田ほか，1982）。裂石付近の山頂部では、甲府北部に比べて、全体が石英、アルカリ長石に富んでおり、有色鉱物に乏しい傾向にある（角田ほか，1982）。

本地域のホルンフェルスは白雲母を伴うのが特徴で、広瀬岩体の西側の塩山市坂脇峠付近では広瀬花崗閃緑岩と三倉層群の接触変成作用で泥質ホルンフェルスが形成されており、鏡下では黒雲母・石英・白雲母・電気石が認められた（Shimizu，1986）。また、岩体東側の藤尾山付近で

1) 日本第四紀学会 1996 年度講演会（東京大学）にて発表

2) 城西大学理学部地学研究室

3) 駒沢大学高等学校

は小仏層群の砂質ホルンフェルスが形成されているが、基質の部分に緑泥石、白雲母、石英などが認められた（松田，1992）。これに関連し、裂石花崗岩や高芝山花崗閃緑岩には副成分鉱物として、緑泥石、白雲母が認められている（角田ほか，1982）。

この坂脇峠付近のホルンフェルスの K-Ar 放射年代は 8.4 ± 0.2 (Ma) であり、付近の花崗岩中のカリ長石の年代 7.6 ± 0.3 (Ma) と極めて近い値であった（角田ほか，1992）。

広瀬花崗閃緑岩南部のフィッション・トラック年代が求められ、 10.3 ± 1.0 (Ma)、と 12.5 ± 1.4 (Ma) が与えられている（Ito, et al., 1989）。この年代値は著者らも述べているように北部の放射年代より若干古く出ており、同岩体の複雑な熱上昇史を示していると理解されている。

以上、本地域の背景について説明したが、本研究の目的は飯能礫層に到来した花崗岩質礫の起源を明らかにし、前回報告した関東山地の接峰面の浸食状況を解明することにあるが、花崗岩質礫は風化が激しくて研究試料としてその用にならない。そこで本研究では、花崗岩類の host rock である小仏層群の泥岩や砂岩のホルンフェルス化した部分を代用し、到来したホルンフェルス礫の性質を調べて、その産地の推定や浸食状況を明らかにしようと考えたのである。そこで、この石英閃緑岩やホルンフェルスの起源に関し、より厳密な岩石学的考証のために今回、同地の飯能層に含まれるホルンフェルスの黒雲母などについてエレクトロン・プローブ・マイクロアナライザー（EPMA）による分析を行い、その端緒を得たので、飯能層のホルンフェルス礫の変成鉱物の顕微鏡観察、化学分析ならびにその考察について報告する。

試料採集地点とその地質概要

飯能層の地質層序と堆積環境については、加賀美ほか（1995）によってまとめられた。また、飯能層に含まれる礫の問題については、加賀美（1996）に示されている。ここでは分析した飯能礫層中のホルンフェルス 5 個の産地に限り述べることにする。ホルンフェルス礫を含む地層の層序に従い、古い順にあげる。図 1 の中に示された採集地点番号はこの順番に従って付けられた。

(1) 青梅市小曾木町三丁目ラジコン小径の西の道路沿いの崖より採取した赤色砂岩 (KO9501294 → 以後 KO4 と記す)：見かけ上硬質のホルンフェルスとは相異し、軟岩の砂岩で薄片製作には樹脂浸透処理を行うほどであった。しかし、肉眼鑑定では赤色を呈すること、鉱物粒径が丸みをおびた等粒状であることから、容易に識別できること、後に述べるように黒雲母が形成されていることから、本論文ではこれをホルンフェルスとして扱う。

この地点の数 m 西方には基盤岩の秩父系の緑色岩類が露出していることから、本層は下部礫層でも最下部付近に属するものと考えられる。露頭では花崗岩類のくさり礫が 2 個見られた。

(2) 青梅市小曾木二丁目の自治会館裏の露頭で採取した泥質ホルンフェルス (OS95121602 → OS02)：ここでは、地層の傾斜がほぼ垂直のチャート層よりなる秩父系基盤の上に不整合に礫層

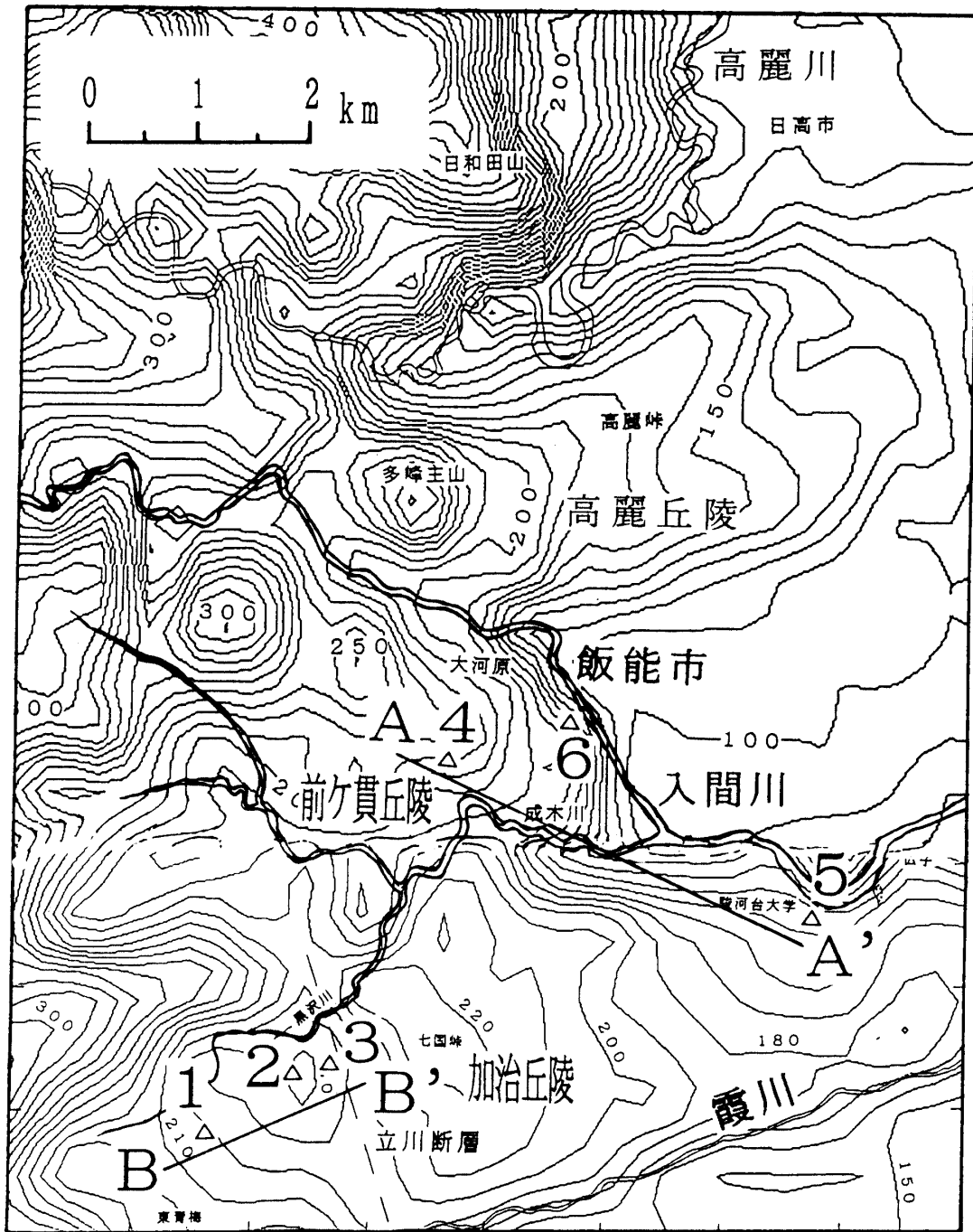


図1 加治丘陵周辺の接峰面図とサンプル地点および地質断面の位置

1. KO4, 2. OS02, 3. OS03, 4. BH, 5. SR, 6. OH

がのる。チャート礫が多いのが特徴である。この露頭では下部泥層の存在は確認されていないが、基盤岩に直接載ってくることで、分布の周辺域に相当することから、これは下部層を代表するものと判断した。

(3) 青梅市小曾木二丁目の厚沢橋から南へ入る鶏小屋の沢と県道（瑞穂—富岡線）に沿う沢の分岐点の川床の露頭で採取した粗粒砂岩よりなる砂質ホルンフェルス（OS95121603 → OS03）：ここでは最大礫 45 cm があり、花崗岩質礫や硬質なホルンフェルス礫が見られるが、この試料は

外見が硬砂岩のような見かけで、ハンマーで割ると泥質なパッチを含んでいる部分があり、そこがホルンフェルス化していた。礫の構成や見かけ上の位置から上部礫層に相当すると考えるが、その中では最下部の層準に当たると思われる。

(4) 大河原ビッグヒルズ切り通しの崖に露出する上部礫層の下部から採取した砂質ホルンフェルス (BH9305092 → BH) : この北東側の崖では、赤褐色に風化した基盤の秩父系上に谷状の窪地を作って泥層が堆積している。その泥層はわずかに有機物質を含むことで風化した基盤岩とは区別が付けられ、下部泥層と認定された (加賀美, 1996)。その上を覆って上部礫層が堆積する。基盤の秩父系は、ここだけでなく、付近の 303 m 山頂への林道や、毛呂山町の鎌北湖から西へ上がる林道沿いの広範囲にわたって風化を受けている。赤色風化面が飯能層によって直接覆われることが確認された初めての例である。

切り通し道路の南西側の崖では泥層がより厚く発達している。この泥層には細かい炭質化した木材が多く含まれ、青黒色を呈する。また、上部礫層の直下に一枚の火山灰層が認められた。この火山灰層が矢嵐凝灰岩層に対応するかどうかの鉱物学的検討は行っていない。しかし数ある露頭報告、例えば高麗丘陵のきんちゃく田や、青梅市下奥多摩橋の露頭に見られるような層位的関係 (竹越ほか, 1979)、また作成した地質断面 (図 2) の結果から判断して、この火山灰層はほぼ同層準に対応するものと考察した。従って、この部分は下部泥層の下部層準に相当する。つまり、ここでは飯能層が相当部分欠けていると判断された。

さて、この上部礫層の礫の構成は軟らかい砂岩 (露頭での見かけ) が 50%、秩父系岩石が 30%、チャート・ホルンフェルスが 10%、花崗岩が 10% であった。軟らかい砂岩としたものは鉱物学的検討はされていないが小仏層などに相当するものであった。ここには花崗岩のくさり礫もあるが、一方、秩父系の礫が花崗岩礫に対して多くないのが特徴で、これは河川の浸食を受けるほど秩父帯 (つまり関東山地の接峰面) はまだ隆起が十分進行していなかった可能性を示している。

(5) 駿河台大学の崖に露出する飯能層の上部円礫層最上部より採取した泥質ホルンフェルス (SR9403061 → SR) : ここではこの円礫層が次第に細粒になり、整合的に仏子層に変化しているのが認められる。岩相が泥質になると、白色の火山灰層を含む砂質泥層がのってくる。その上に黒色に見える有機物を含む層がくる。これらは亜炭を含む仏子層の最下部に相当する。

この飯能層最上部の円礫層の礫の構成割合は、秩父系岩石が 65%、軟らかい砂岩が 15%、チャート・ホルンフェルスが 10%、花崗岩が 10% である。このように、飯能層の堆積終了の時点では花崗岩礫に対して秩父系の割合が多いのが特徴である。これは河川の浸食が十分行われるほど関東山地の隆起が進行して、浸食がかなり進んだ結果と考えられる。

以上述べた各採集地点を地質断面図の A-A'、B-B' に投影すると図 2 のように示される。なお、地点 6 については次章で述べる。

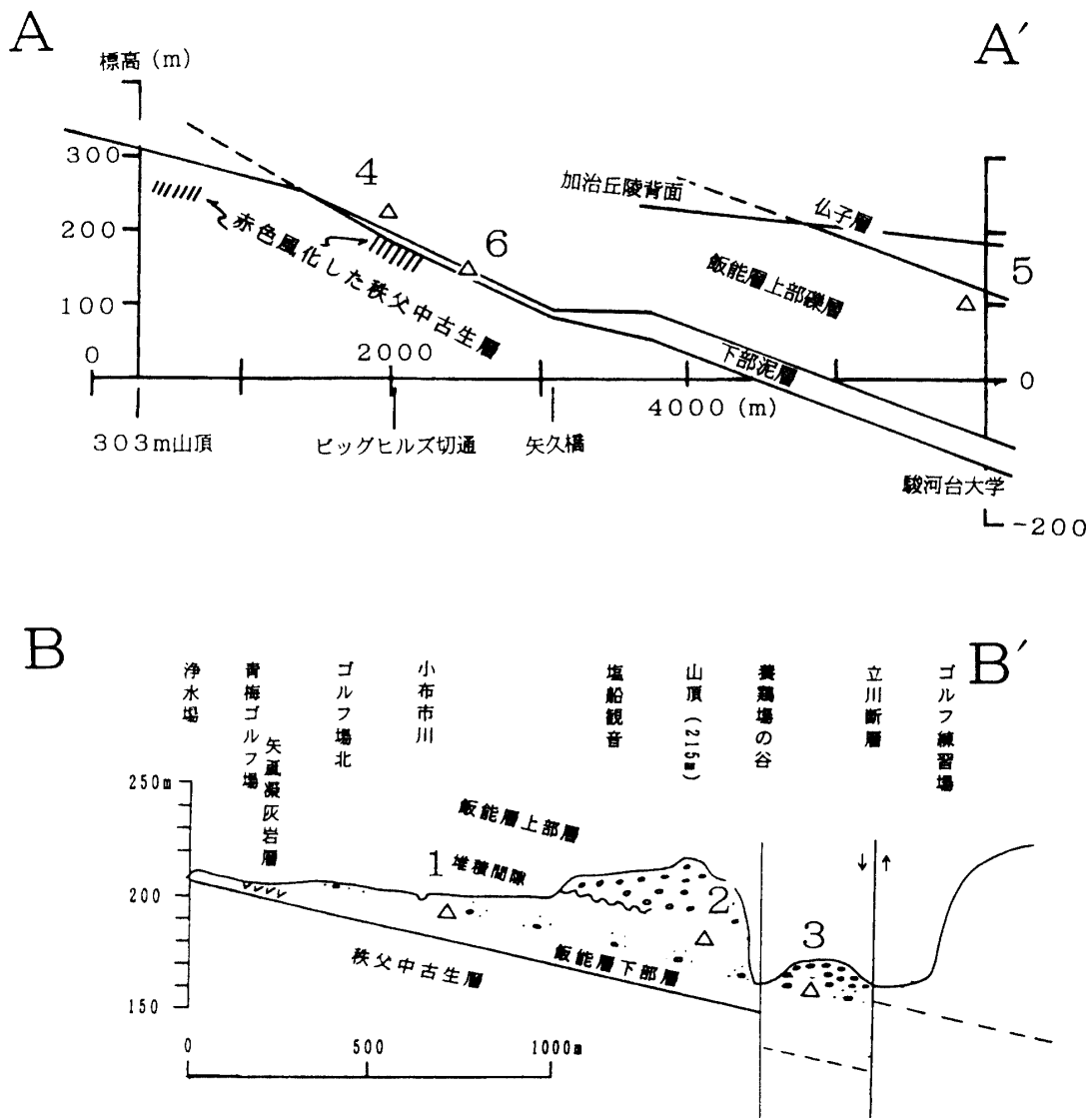


図2 地質断面図へのサンプル地点の投影

前ヶ貫丘陵—加治丘陵東部 A-A'
加治丘陵西部 B-B'

ホルンフェルス試料の顕微鏡観察

顕微鏡観察の結果、ホルンフェルス5個の試料のうち、1個(KO4)は肉眼では見かけ上、砂岩と変わらないものであるが、これを顕晶質ホルンフェルス(Phaneritic hornfels)と呼ぶ。2個(OS03, BH)は砂質ホルンフェルス(Arenitic hornfels)であり、残りの2個(OS02, SR)は泥質ホルンフェルス(Pelitic hornfels)と区別した。硬質のホルンフェルスになっているもののうち、原岩の砂粒がはっきり識別できる砂岩性のものを砂質ホルンフェルスと呼び、また原岩の泥岩の組織が認められる泥岩性のものを泥質ホルンフェルスと呼んだ。

(1) KO4 赤色顕晶質ホルンフェルス：肉眼上は砂岩と変わらないが、鏡下では全体に等粒状である。黒雲母が細かく一様に形成されて、分布している。その中にやや大型の白雲母と緑泥石の半自形結晶が散っている（図3-1）。緑泥石は放射状集合体を作ることもある。

(2) OS02 泥質ホルンフェルス：薄片の1/3は脈状になり、そこには石英・長石の大きな粒よりなる。黒雲母は基質の部分が熱変成して密集状に形成されているように見える。長石にはカールスバッド双晶が認められるほか、若干変質して粘土化しているものもある。また、自生鉍

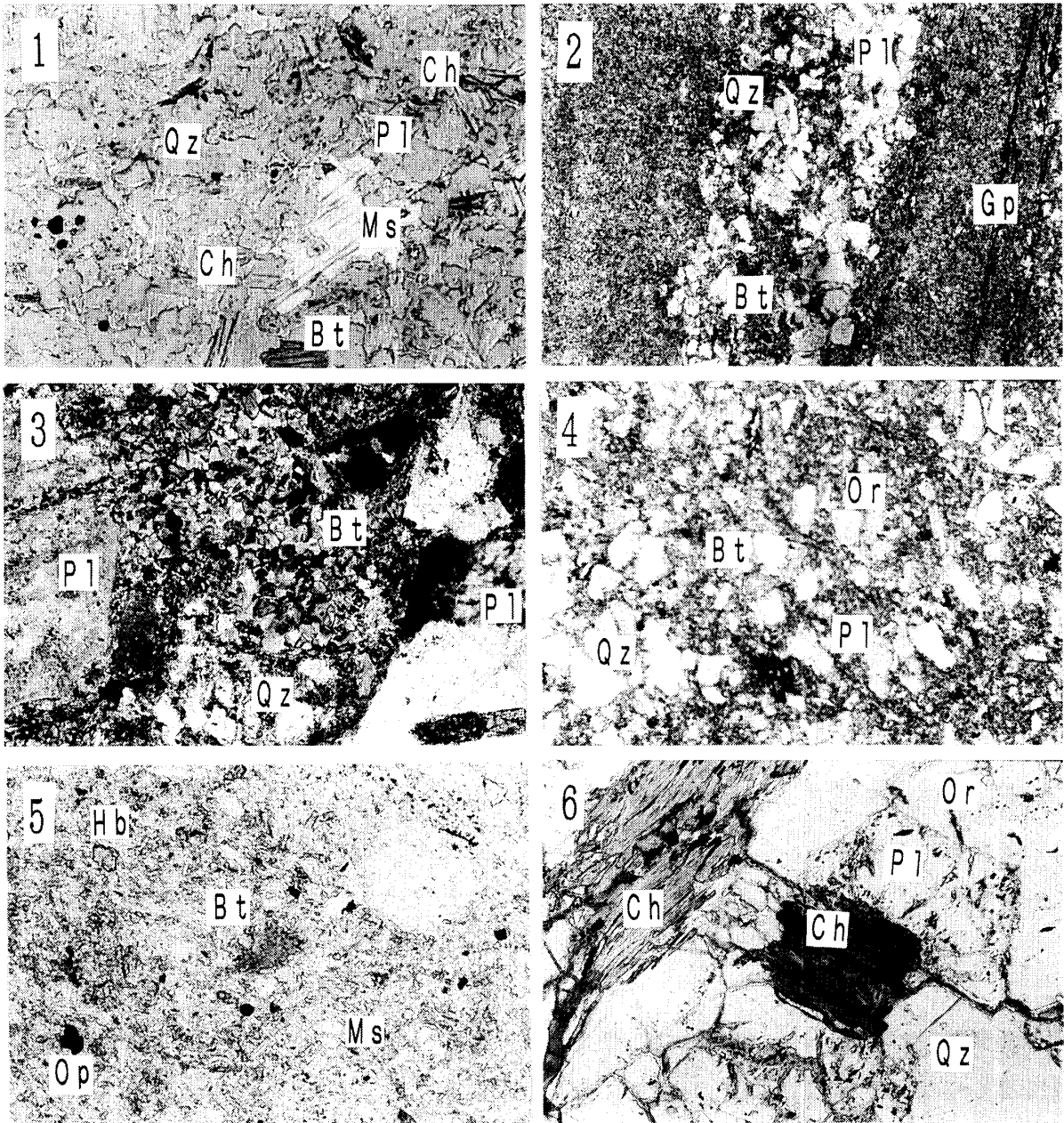


図3 岩石薄片の顕微鏡写真

1. KO4 (X20 オープンニコル) 2. OS02 (X5 オープンニコル)
 3. OS03 (X20 クロスニコル) 4. BH (X10 オープンニコル)
 5. SR (X20 オープンニコル) 6. OH (X20 オープンニコル)

Ch = Chlorite, Bt = Biotite, Ms = Muscovite, Hb = Hornblende,
 Qz = Quartz, Pl = Plagioclase, Or = Orthoclase, Gp = Graphyte, Op = Opaque mineral

物か碎屑性鉱物か区別がつかなかったが、普通角閃石が若干認められた。薄片の2/3を占める泥質部は全体に黒っぽく見えるが、特に針状の黒色パッチが無数に成長しており、石墨ではないかと思われる。泥質部に発達する細脈状の部分では長石・石英の結晶が大きく成長しているように見え、いわゆる「斑状変晶」ができています（図3-2）。

(3) OS03 砂質ホルンフェルス：薄片には大型の鉱物・岩石片が含まれており、最大径は1.8 mmであった。それらはチャート片、黒雲母が出現している大型のアルカリ長石、泥岩礫片などであった。黒雲母は鉱物・岩石片間を埋めて基質の部分に密集状に形成されているが、各結晶の径は大きく、球形状の形態を示している（図3-3）。これらは見掛け上は緑泥石様に見えるが、機器分析の結果は黒雲母であった。

(4) BH 砂質ホルンフェルス：鏡下で砂粒を構成する石英・長石の粒子が極めて鋭角の角礫状であり、一定方向に伸長・配列している特徴が見られることから、断層圧砕岩のような組織と考えた。また、基質の色が茶色であり、そこに黒雲母ができています（図3-4）。斜長石の中にはアルバイト双晶が見られた。黒雲母の大きく成長した結晶も見られた。

(5) SR 泥質ホルンフェルス：黒雲母のマット状広がりの中に長石粒に由来したと思われる黒色の粒や、円形の斑状変晶に由来したと思われる白っぽい石英の粒などが観察される。原岩は珪質泥岩であると思われる。黒雲母が全面に形成されており、緑泥石は見られない（図3-5）。

ホルンフェルス試料の化学分析

1. 試料の分析方法

全岩のX線回折分析は、城西大学機器分析センターのX線回折装置（理学電気2025型）を用いて行った。分析条件はCuK α の線源、フィルターはNiで、加速電圧25KV、電流は10mAで操作した。検波器はシンチレーションカウンターを用いた。全岩組成の検討に使われた主要鉱物と、その特徴的ピークは次の通りである。石英は 2θ で、 20.8° と 26.6° の大きさで決めた。斜長石は 22.0° 、 28.0° 、 30.4° にピークが認められる。アルカリ長石は 27.3° にピークがでて、 28.0° にある斜長石のピークと共に二股に分かれる特徴がある。黒雲母は 8.7° と 34.1° にピークが認められた。白雲母は 19.8° 、 25.8° 、 34.9° にピークが認められた。緑泥石（Diabantite）は 6.3° 、 12.5° 、 18.7° にピークがでること確認した。

ホルンフェルスの主要構成鉱物の化学分析は、東京大学海洋研究所の波長分散型EPMA（日本電子製JCXA-733）を用いて行った。分析方法は谷口・小川（1990）に従って行った。分析条件は加速電圧15KV、照射電流 1.2×10^{-8} Aおよびビーム径1~4 μ mであった。分析に際しては、主要13元素（Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Cr, V, Ni, P）の酸化物について標準試料を再測定して精度を確認した。一回の分析における測定は10秒間で、3回計測している。

2. 黒雲母の化学組成

5個のホルンフェルスから黒雲母を選んで分析した16個の分析値を付表（Appendix）1に示した。

分析した黒雲母はいずれも共生している極微小の白雲母（ $K Al_3 Si_3 O_{10} (OH)_2$ ）の混入が10～13%あったために、イオン式に合わなかった。そこで補正のため再計算をすると、いずれも代表的な黒雲母の値（ $K(Mg, Fe)_3 (Si, Al)_4 O_{12}$ ）の範囲にあることを確かめた。

黒雲母の $X_{Fe}(Fe/Fe + Mg) - Si$ 関係を考察すると3のグループに分けられる（図4）。Siが5.8をはさんで2つのグループに分けられ、さらにSiが5.8より大きいものは X_{Fe} の値が0.605をはさんで2つのグループに分けられた。Siも X_{Fe} の値も共に小さいのはKO4の赤色顕晶質ホルンフェルスである。次に、Siが5.8より大きいもので X_{Fe} の値が小さいのはOS02やSRであ

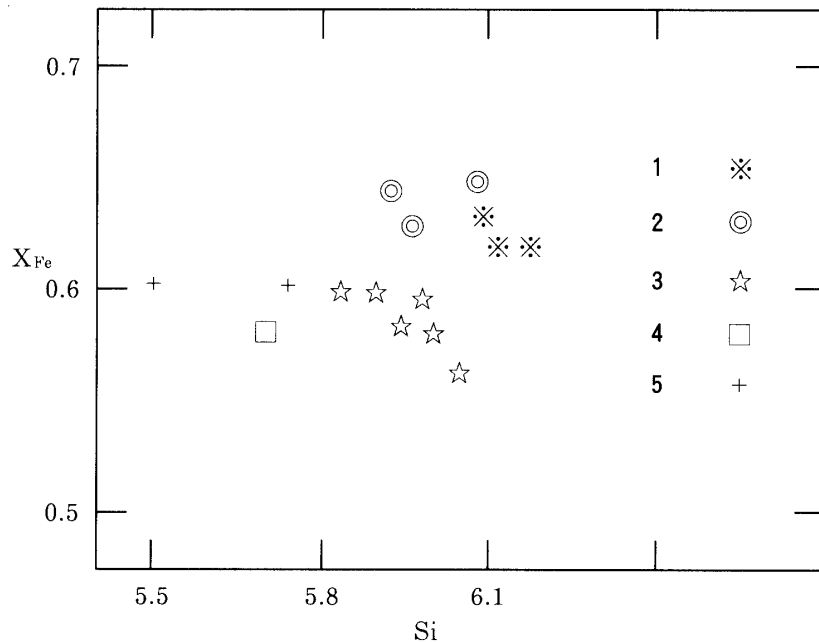


図4 黒雲母の X_{Fe} と Si の関係図

1. OS03 2. BH 3. OS02 4. SR 5. KO4

り、泥質ホルンフェルスと呼ばれるものである。相対的に Fe が少なく、Mg が多い特徴がある。これに対して Si が 5.8 より大きいもので X_{Fe} の値も大きいグループは OS03 や BH であり、砂質ホルンフェルスと呼ぶものである。これらは Fe の値が相対的に大きいことに特徴が見られる。

次に、黒雲母の Al^{IV} と X_{Fe} 値の関係を佐藤・茅原（1993）にならって示すと（図5）、 Al^{IV} が 2.0 より大きい方（Siderophyllite 側）に X_{Fe} の値の小さいグループが存在し、OS02、SR などの泥質ホルンフェルスよりなる。一方、 Al^{IV} が 2.1 より小さい方（Annite 側）に、 X_{Fe} の値の大きいグループが存在し、OS03、BH などの砂質ホルンフェルスよりなっている。なお、KO4

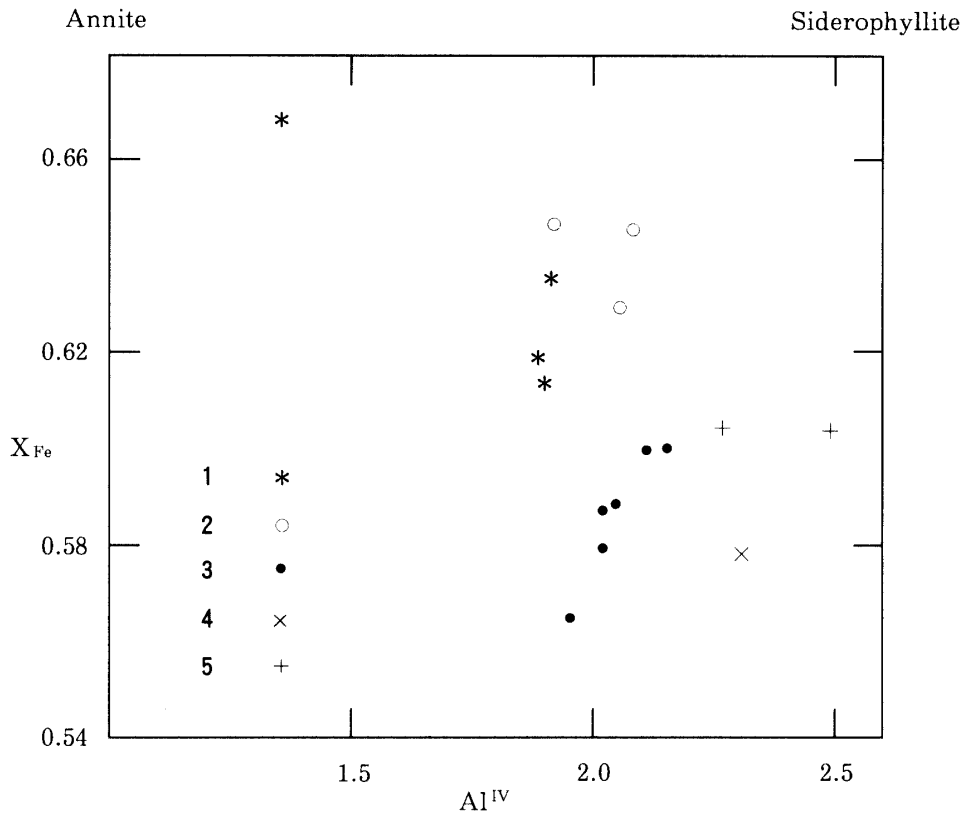


図5 黒雲母の Al^{IV} と X_{Fe} の関係図

1. OS03 2. BH 3. OS02 4. SR 5. KO4

は顕晶質ホルンフェルスで、Al^{IV}が2.25より大きい方を占めており、Siderophylliteに最も近い性質を示した。

3. 白雲母の化学組成

SR, KO4に含まれる白雲母の分析を行った。その分析値を付表2に示す。

この分析値を低変成度の白雲母と比べるとSiやKの値は変化がなかったが、Alについては1以上大きなイオン数を示した(Deer et al., 1982)。飯能層のホルンフェルスの白雲母の値はAlに富むといえる。

$X_{Na} = Na / (Ca + Na + K)$ 値は、SRの白雲母では0.049で泥質ホルンフェルスに平均的な値であった。これに対してKO4の白雲母は0.052~0.074を示し、やや高い値である。

4. 緑泥石の化学組成

KO4に含まれる緑泥石の分析値10個を付表3に示す。飯能層の緑泥石はDeer et al. (1982)の分類に従うと、Siが大きくFeが低い値を示すDiabantite (Si > 6.2)であった。X線回折による全岩分析ではDiabantiteのピークが卓越して観察された。Diabantiteは緑泥石中で最もSiに富む鉱物である。

5. 斜長石・アルカリ長石の化学組成

OS02, BH などの試料について斜長石・アルカリ長石の組成が分析された（付表 4）。OS02 の No.1 は中性長石（Andesine: An₃₄）と同定された。アルカリ長石に関しては、BH の No.19 の試料は曹長石（Albite: Ab₉₉）であることを示した。OS02 の No.3 と、BH の No.26 はいずれも正長石（Orthoclase）と同定された。

6. 変成鉱物のまとめ

ホルンフェルスとしての構成鉱物は総合的に調べると黒雲母，白雲母，緑泥石，曹長石，斜長石，アルカリ長石，石英であることが分かった。

分析した 5 個のホルンフェルスは変成鉱物の組み合わせから 3 つのグループに区分できることが明らかになった（表 1）。なお，従来の文献では，pelitic, basic のように使われてきたが，必ずしも正確に成分を示しているとは思えないので，当座新しい名前を使用した。この名称は暫定的なものであり，将来関東山地のホルンフェルスの研究が進んだ段階で再検討する。いずれも黒雲母を含むことは共通である。第一のグループは顕晶質ホルンフェルスと呼ばれるもので，白雲母と緑泥石の組み合わせで特徴づけられる。第二のグループは，泥質ホルンフェルスと呼ばれるもので，白雲母とアルカリ長石を共生することで特徴づけられる。また，第三のグループは，砂質ホルンフェルスと呼ばれるもので，白雲母と緑泥石を伴わず，曹長石やアルカリ長石などを含むものである。

これらの区分は，黒雲母の化学組成の上できれいに分類されることはすでに述べた（表 1）。

表 1 ホルンフェルスの変成鉱物の組み合わせによる 3 つのタイプ

	Phaneritic hornfels	Pelitic hornfels	Arenitic hornfels
	KO 4	OS02 SR	OS03 BH
Biotite	75, 76	2, 6, 9-11, 13, 38	15-18, 21-23
White Mica	70-73, 96-105	35, 37	
Chlorite	40-54		
Alkali Feldspar		3	26
Plagioclase	(X-ray only)	1	20
Albite			19
Quartz	77, 78	12, 34	14, 25
X _{Fe} of biotite	0.604	0.563-0.600	0.610-0.650
Si of biotite	Si<5.8	Si>5.8	Si>5.8

点線は変成鉱物の出現範囲，その下の数字は分析番号
 $X_{Fe} = Fe/(Fe + Mg)$

花崗岩質礫の化学組成

飯能層中の花崗岩類は‘くさり礫’として見事に風化しているのであるが、ここに1個だけ奇妙な礫が採集された(OH9410291 → OH)。入間川は関東山地を刻む比較的大きな川であるので、その川床には飯能層が綺麗に露出している。飯能大橋から下流の矢川橋までの間500 mには下部泥層が広く分布しており、その中には側方へ水平距離にして数10 mにわたって連続露出している矢風凝灰岩なども含まれている。下部泥層の最下部に含まれる層準は飯能大橋付近に分布し、5~10cm径の円礫を含む礫層が卓越している。礫種はこの場所の後背地を反映して秩父系が多く含まれていた。その中に径が4 cm程度の花崗岩質礫1個が風化もせずに含まれていた。河床に近く、地下水に恵まれたために風化を免れたのであろう。その産地の番号を図1で(6)とする。

薄片の顕微鏡写真をみると、等粒状の深成岩組織を示す(図3-6)。

この花崗岩質礫の構成鉱物の化学分析結果を付表5に示す。表中のNo.32は普通の正長石の成分を示す。No.31は斜長石であるが、中性長石の(An_{36})に対応する成分である。Nos.27~30は元々黒雲母であったが、現在は緑泥石に変質している。緑泥石のうちNos.27, 29, 30はSiに富むDiabantiteと、またNo.28はSiに富み、Feに乏しいPenninite($Si > 6.2$, $Fe < 2.4$)と同定された。X線回折による全岩分析ではDiabantiteのピークが卓越した。

この礫の斜長石の成分を、御岳昇仙峡花崗岩類(角田・清水, 1984)と比較すると、後者は灰曹長石(Oligoclase)を含むことから、礫の方がAn成分に富んでいるといえる。しかし、広瀬花崗閃緑岩と比較すると、後者はトータル岩が含まれ、中心部で曹灰長石(Labradolite)で周縁に向かってよりAb成分に富む斜長石であることが知られている(角田ほか, 1982)。このことから、飯能層の礫が広瀬花崗閃緑岩に由来したものであるという判断はあながち間違ったものではないだろう。しかし、三頭山にある花崗岩体のように広瀬花崗閃緑岩に達する途中に小岩体が存在する可能性は否定できない。この点は更なる検討が必要であり、今のところ、この花崗岩礫の起源は不明であるというのが事実である。

考 察

以上のような分析の結果、本地域にみられたホルンフェルスは、その変成鉱物の組み合わせから3つのグループが識別できる。1)は白雲母と緑泥石の組み合わせにみられるホルンフェルスである。これを仮に「顕晶質ホルンフェルス」と呼んだ。2)は白雲母とアルカリ長石の共生がみられるもので、これを「泥質ホルンフェルス」と呼んだ。3)は白雲母は含まず曹長石やアル

カリ長石を含むもので、これを「砂質ホルンフェルス」と呼んで区別した。

この区別を黒雲母の化学組成値で検討する。まず、 X_{Fe} 比でみると、1)と2)のグループの値は0.605より小さく、相対的にFeが少なく、Mgに富むことを示している。これに対して3)のグループの値は0.605より大きく、相対的にFeに富む傾向を示した。

次に、黒雲母のSiの値を見ると2), 3)のグループともに5.8より大きく、著しく‘酸性’であることを示した。この分析値を従来のもものと比べると、後にも述べるが四国の面河ホルンフェルスのSi値は5.2~5.8の範囲にある(磯野ほか, 1997)。一方、甲府花崗岩体の広瀬花崗閃緑岩では平均で5.5と低い値を示した(角田, 1988)。しかし、甲府岩体の中でも後期のもの、例えば小烏山花崗閃緑岩の黒雲母のSiの値は5.7~5.8を示し(角田, 1989)、飯能層に含まれる礫のホルンフェルスのそれと似ている。

黒雲母の Al^{IV} と X_{Fe} 値との関係からは、2)が Al^{IV} に富んでいる。これは砂岩より泥岩に、Alを多く含む粘土が多いことと調和的である。1)は Al^{IV} に富み、Siはそれに比較して少ないことから長石質の堆積岩を原岩としたと考えられる。

白雲母の分析値はAlに富み、御岳昇仙峡花崗岩の白雲母と比較すると、Alでは0.4~0.6も多く、Kも0.2程度多くなっているのが特徴であった(角田・清水, 1984)。また、 X_{Na} の値は泥質ホルンフェルスに平均的な値であったが、1)はやや高い値であった。御岳昇仙峡の白雲母は0.012~0.034と低い値であり、これはNaに不足していることを示している。 X_{Na} の値からみると、飯能層のものはソーダ斜長石を含むトータル岩系の影響下で変成したとすると理解できる値である。

緑泥石の分析値を面河ホルンフェルスと比べると、 SiO_2 、 Al_2O_3 は変わらないが、FeOは2%も低い値を示し、MgOは5~6%も低い、これは面河の緑泥石がより塩基性であることを示している。この値をDeer et al. (1982)の分類に従って区分すると、面河の緑泥石は2個がRipidolite ($Si < 5.6$)で、3個がPycnochlorite ($Si = 5.6\sim 6.2$)であった。

先に比較の例に用いた四国の面河ホルンフェルスについて、最近興味ある報告が出された(磯野ほか, 1997)。面河ホルンフェルスは、単純な接触変成作用ではなく、三波川変成岩の片理に沿って浸透した高温流体が熱源となって形成された。そのため同地域の結晶片岩類は斑状変晶(porphyroblast)を一般に含まないことと、ホルンフェルスの分布が通常の接触変成帯よりも極めて狭い範囲(1 Km以内)に限定されている特徴がみられる。しかし、高温流体の性質については述べられていない。一方、母岩である塩基性岩の鉱物組み合わせに基づいて、変成帯は普通角閃石帯と斜方輝石帯に分けられた。その鉱物組み合わせから見ると彼らのいう高温流体はデイサイト質、もしくはより塩基性のマグマであった可能性も指摘できる。

これに対して、関東山地の広瀬花崗閃緑岩が小仏層群などに接触変成作用を与えている丹波川の上流の藤尾山(1606 m)付近では接触部から垂直方向へ直線距離にして4 Kmにわたって斑

状変晶の含有率が90%から10%へと変化している(松田ほか, 1992; 松田, 1992)。また, 大菩薩嶺の南の小金沢山(2014 m)付近では三倉層群の泥質岩が接触変成作用で珪線石を含む堇青石-黒雲母-白雲母ホルンフェルスに熱変成しているのが観察されたが, 熱源である広瀬花崗閃緑岩から接触変成帯の端までの距離は2 Kmを越える(Shimizu, 1986)。これより, 本地域は通常の接触変成作用で大量のホルンフェルスを形成したものと判断される。

最後に, 飯能礫層のホルンフェルスの特徴を一言で述べるならば, 白雲母を含むことであろう。この様な傾向はShimizu(1986)が紹介した広瀬花崗閃緑岩のホルンフェルスに特徴的なことと思われる。白雲母の X_{Na} の値は平均よりやや高い値を示した。これがソーダ斜長石の存在するトータル岩の影響下で変成したとみるならば妥当な見方といえる。これらの事実から飯能礫層の泥質ホルンフェルスは多摩川の流域から供給されたことは, かなり確かなことといえることができる。

さらに, 泥質ホルンフェルス(OS02)の斜長石の分析で中性長石(An_{34})が確認されたことと, トータル岩質礫(OH)の斜長石が中性長石(An_{36})を示したことは, これらが広瀬岩体周辺の柳沢トータル岩に由来したとする仮説を大いに鼓舞するものである。ただし, 柳沢トータル岩の分布範囲は関東山地の分水嶺より南にあり, 範囲も限られている点を考慮する必要がある(角田, 1997)。また, 角田(1997)によると斑晶の大きさ, 有色鉱物の量などからみて, 両者は必ずしも同じものとはいえないという。

今回の分析結果だけでは礫の起源に関して確実な手掛かりが得られたとはいえないが, このようなデータを積み上げることにより, 礫層研究の幅を広げて行きたいと考えている。特に飯能層においてはホルンフェルス化した礫が多いところでは数%に達していることが知られている。このような膨大な量のホルンフェルスの形成や到来には, やはり相当な規模の大きさを持つ花崗岩体による接触変成作用に由来したものであることは否定できない。今後の研究による更なる検討が必要である。

ま と め

(1) 飯能層に含まれるホルンフェルス5個と花崗岩質礫1個についてEPMA分析119回を行い, 熱変成の結果生じた黒雲母, 白雲母, 緑泥石などの変成鉱物の化学成分を検討した。

また, 全岩についてX線回折分析を行い主要鉱物の存在量比の推定を行った。

(2) 飯能礫層には3種類のタイプのホルンフェルスが含まれていることが化学組成の上から確認された。第一のグループは白雲母と緑泥石の組み合わせで特徴づけられる「顕晶質ホルンフェルス」である。第二のグループは白雲母とアルカリ長石の共生で特徴づけられる「泥質ホルンフェルス」である。そして, 第三のグループは白雲母を伴わず曹長石やアルカリ長石で特徴づけ

られる「砂質ホルンフェルス」である。

(3) ホルンフェルス中の黒雲母は広瀬花崗閃緑岩の黒雲母に比べ FeO , MgO , TiO_2 の値が低く, Al_2O_3 が多くなる酸性化の傾向が見られた。これは堆積岩起源の黒雲母の特徴と考えられた。また, 時に白雲母が多くみられ, このような特徴はホルンフェルスが泥質岩起源であることによるためと判断した。しかし, 顕晶質ホルンフェルス (KO4) にも量は少ないが白雲母が認められたことは, 熱源としての花崗閃緑岩の性質が反映しているものと考えられる。

(4) 飯能層の泥質ホルンフェルスには白雲母を含むことから広瀬岩体から供給されたことは妥当な結論であるといえる。特に, 白雲母の X_{Na} の値は平均よりやや高い値を示したことはソーダ斜長石の存在する広瀬岩体周辺の柳沢トータル岩の影響下で変成したとみるならば妥当な見方といえる。また, 人間川に架かる飯能大橋で採集されたトータル岩質礫 (OH) の斜長石は中性長石 (An_{36}) であることから, 同礫が柳沢トータル岩から由来した可能性が推定される。

(5) 広瀬花崗閃緑岩は多摩川上流に分布する唯一の花崗岩体である。山梨県の笛吹川側の同岩体に接する三倉層群のホルンフェルスの K-Ar 年代は, 広瀬花崗閃緑岩の年代に近い 8.4 Ma を示したことが知られている (角田ほか, 1992)。

従って, 飯能層のホルンフェルスの年代測定を行うことは, 供給源を推定する一つの方法であろうと考えられる。

(6) しかしながら, 広瀬花崗閃緑岩に伴ったホルンフェルスの分析値の記載がほとんどない現状では, まず, 同岩体周辺の四万十帯のホルンフェルスの研究が必要であると考えられる。

〈謝 辞〉

本研究を行うに際して多くの方々のご援助を得た。

野外調査では, 飯能礫層研究グループ, 特に岡野裕一, 力田正一, 松本昭二, 阿比留稔の諸氏には種々教えていただいた。心からお礼を申し上げる。

X 線回折に関しては城西大学理学部の日原五郎, 宮前博の両氏に便宜をはかっていただき, 大変お世話になった。EPMA 分析に関しては, 東京大学海洋研究所の石井輝秋氏に大変お世話になった。この分析が海洋研の共同利用プログラム No.40 (1997) によったことを明記し, 感謝の意を表す。関東山地のホルンフェルス情報に関しては, 日本大学文理学部地球システム科学科の小坂和夫氏に教えていただき, 大変役に立った。早稲田大学教育学部地学教室の松田達生氏には広瀬花崗閃緑岩に伴う斑状変晶の分布に関する未公表資料を見せていただいた。厚くお礼を申し上げる。甲府花崗岩類の化学組成に関しては山梨大学教育学部地学教室の角田謙朗氏の好意で多くの文献を見せていただき, 大変役に立った。心からお礼を申し上げる。京都大学理学部地質学鉱物学教室の田上高広氏には甲府岩体の FT 年代の論文を送って頂いた。

本論文は角田謙朗氏に読んでいただき、多くの示唆に富む指摘を頂戴した。記して感謝の意を表する。

引用文献

- 福田 理・高野 貞 (1951) 東京都青梅町北方阿須山丘陵の地質. 地質学雑誌, **57**, 459-472.
- Deer, W.A., Howie, R.A. and Zussman, J. (1982) *An Introduction to The Rock-forming Minerals*. Longman, Harlow, England, 528p.
- 石垣 忍・竹越 智 (1982) 関東山地東縁の飯能礫層の上部円礫層について. 島弧変動・地団研専報, **24**, 209-214.
- 磯野陽子・榊原正幸・Ian Cartwright・高橋美千代 (1997) 四国中央部面河ホルンフェルスの変成岩岩石学的研究. 地質学雑誌, **103**, 1, 47-66.
- Ito H., R.B. Sorkhabi, T. Tagami and S. Nishimura (1989) Tectonic history of granitic bodies in the South Fossa Magna region, Central Japan: New evidence from fission-track analysis of zircon. *Tectonophysics*, **166**, 331-344.
- 加賀美英雄・岡野裕一・力田正一・松本昭二・阿比留 稔・須田邦彦・相田一郎 (1995) 飯能層研究の背景と展望. 城西大学研究年報, **19**, 9-25.
- 加賀美英雄 (1996) 加治丘陵西部の飯能層と関東山地の接峰面について. 城西大学研究年報 (自然科学編), **20**, 59-78.
- 加賀美英雄・谷口英嗣 (1996) 加治丘陵西部の飯能礫層中のホルンフェルスの化学組成. 日本第四紀学会講演要旨集, 172-173.
- 加藤祐三 (1968) 山梨県甲府盆地周縁の第三紀花崗岩類について. 岩石鉱物鉱床学会誌, **59**, 1, 21-39.
- 松田達生 (1992) 鶴川断層の熱変成分帯による構造解析. 早稲田大学教育学部理学科地学専修特別研究 (手記), 31p.
- 松田達生・田中秀実・坂 幸恭 (1992) 熱変成分帯による鶴川断層の構造解析. 日本地質学会学術講演会予稿集, 347.
- 佐藤隆春・茅原芳正 (1993) 酸化変質した黒雲母と新鮮な黒雲母を含むデイサイト溶岩一二上層群寺山デイサイトマグマの酸素フュガシティ. 岩鉱, **88**, 339-351.
- 柴田 賢・加藤祐三・三村弘二 (1984) 甲府北部の花崗岩類とその関連岩の K-Ar 年代. 地調月報, **35**, 19-24.
- Shimizu, M. (1986) The Tokuwa Batholith, Central Japan. *University Museum Bull., Tokyo University*, **28**, 146pp.
- 竹越 智・石垣 忍・足立久男・藤田至則 (1979) 関東山地東縁の鮮新-更新世の堆積盆地の発生に関する研究. 地質学雑誌, **85**, 557-569.
- 谷口英嗣・小川勇二郎 (1990) 三浦半島に分布するアルカリ玄武岩質岩類とそのテクトニクス上の意義. 地質学雑誌, **96**, 101-116.
- 角田謙朗 (1988) 甲府北部深成岩類について (その6) - 東沢溪谷周辺の地質. 山梨大学教育学部研究報告, **39**, 82-88.
- 角田謙朗 (1989) 甲府北部深成岩類について (その7) - 笛吹川上流域の小烏山花崗閃緑岩. 山梨大学教育学部研究報告, **40**, 71-76.
- 角田謙朗 (1997) 私信 (本論文の査読の中におけるコメント).
- 角田謙朗・清水正明・石田 高 (1982) 甲府東部裂石周辺地域の花崗岩類と鉍化作用. 山梨大学教育学部研究報告, **33**, 109-115.
- 角田謙朗・清水正明 (1984) 甲府北部深成岩類について (その4) - 御岳昇仙峡花崗岩中のざくろ石の化学組成. 山梨大学教育学部研究報告, **35**, 102-110.
- 角田謙朗・西戸裕嗣・清水正明 (1992) 甲府盆地周縁の花崗岩類に伴う鉍床の K-Ar 年代. 資源地質, **42**(3), 147-153.
- 山梨県地質図編集委員会 (1970) 山梨県地質図, 2 葉, 1 : 100,000.

(3月21日受付, 5月23日受理)

付表1 黒雲母の

Ana No.	2	6	9	10	11	13	15
SiO ₂	34.56	36.24	34.96	35.73	37.74	35.99	35.69
TiO ₂	2.30	2.37	2.29	2.24	1.85	2.32	0.62
Al ₂ O ₃	19.49	20.32	20.32	19.97	20.56	20.26	18.56
FeO*	19.89	19.81	20.37	19.32	19.43	18.99	22.25
MnO	0.10	0.18	0.06	0.16	0.12	0.17	0.37
MgO	7.48	7.77	7.62	7.62	8.44	7.42	7.20
CaO	0.03		0.01	0.01			0.08
Na ₂ O	0.08	0.12	0.08	0.07	0.08	0.14	0.08
K ₂ O	8.92	8.73	8.63	8.84	9.16	8.81	8.79
Cr ₂ O ₃				0.03	0.02		0.04
V ₂ O ₃	0.01	0.04	0.02			0.04	0.02
NiO			0.03	0.01	0.03	0.03	0.07
P ₂ O ₅	0.04		0.01		0.09	0.05	0.02
Total	92.89	95.57	94.39	94.01	97.51	94.23	93.79
Cations (O, OH, F)=24							
Si	5.891	5.958	5.851	5.973	6.050	5.985	6.088
Ti	0.295	0.293	0.288	0.282	0.224	0.290	0.080
Al	3.915	3.936	4.009	3.934	3.885	3.970	3.730
Fe	2.835	2.723	2.851	2.702	2.605	2.641	3.173
Mn	0.015	0.025	0.008	0.022	0.016	0.025	0.053
Mg	1.900	1.904	1.902	1.899	2.017	1.840	1.830
Ca	0.005		0.001	0.002			0.014
Na	0.027	0.038	0.025	0.023	0.023	0.046	0.026
K	1.939	1.831	1.843	1.885	1.873	1.869	1.914
Cr				0.004	0.003		0.006
V	0.002	0.005	0.003			0.006	0.003
Ni			0.004	0.001	0.003	0.004	0.010
P	0.006		0.001		0.013	0.007	0.003
Total	16.830	16.713	16.786	16.729	16.712	16.684	16.929
Fe/Fe+Mg	0.599	0.588	0.600	0.587	0.564	0.589	0.634

下の行の括弧内は分析番号 (Ana No.)

OS02 (2~13) OS03 (15~18) BH (21~23) SR (38) KO4 (75, 76)

*) Total Fe as FeO, 以後の表は全て同じである

化学組成

16	17	18	21	22	23	38	75	76
36.94	36.38	39.83	35.93	34.58	34.75	33.19	31.23	31.99
0.56	0.58	1.69	1.81	1.84	2.15	2.71	0.69	1.27
19.60	19.58	16.84	21.50	20.24	18.61	19.93	20.73	22.04
21.67	21.14	20.96	18.56	20.67	21.27	19.21	22.65	18.50
0.25	0.25	0.23	0.18	0.19	0.18	0.31	0.15	0.14
7.68	7.32	5.82	5.72	6.42	7.04	7.82	8.34	6.81
0.11	0.07	0.07	0.03	0.07	0.05	0.00	0.85	0.81
0.08	0.08	0.03	0.05	0.07	0.07	0.10	0.08	0.11
8.67	8.58	8.28	7.33	8.10	8.80	8.99	5.06	3.06
	0.01					0.07	0.09	
0.08	0.04	0.12	0.04	0.07	0.09	0.14	0.06	0.08
	0.08		0.05		0.02		0.02	0.02
0.02			0.03			0.01	0.00	0.06
95.66	94.11	93.76	91.23	92.23	93.03	92.49	89.94	84.89
6.113	6.115	6.648	6.086	5.923	5.961	5.698	5.508	5.740
0.070	0.073	0.212	0.230	0.236	0.277	0.349	0.091	0.171
3.822	3.878	3.314	4.293	4.086	3.761	4.034	4.311	4.661
3.000	2.972	2.926	2.629	2.961	3.051	2.758	3.340	2.776
0.035	0.035	0.033	0.026	0.028	0.026	0.045	0.022	0.021
1.895	1.834	1.447	1.444	1.640	1.801	2.001	2.193	1.822
0.019	0.013	0.012	0.005	0.012	0.009	0.000	0.161	0.155
0.026	0.025	0.009	0.015	0.022	0.023	0.033	0.028	0.039
1.830	1.840	1.762	1.582	1.770	1.927	1.970	1.138	0.700
	0.002					0.010	0.012	
0.011	0.005	0.003	0.006	0.009	0.012	0.020	0.008	0.012
	0.011		0.007		0.003		0.002	0.003
0.003			0.004			0.002	0.001	0.009
16.824	16.802	16.367	16.329	16.689	16.851	16.920	16.817	16.109
0.613	0.618	0.669	0.645	0.644	0.629	0.579	0.604	0.604

付表2 白雲母の

Ana No.	35	70	71	72	73	79	80	81	82
SiO ₂	44.12	43.85	44.06	44.90	45.62	43.83	44.19	44.19	44.69
TiO ₂	0.20	0.27	0.27	0.19	0.15	0.26	0.16	0.21	0.24
Al ₂ O ₃	33.67	33.59	33.61	34.21	35.06	33.45	33.68	33.46	34.22
FeO*	4.31	3.34	3.02	1.86	1.24	4.24	2.82	3.16	2.95
MnO	0.08		0.06	0.03		0.07	0.04	0.06	0.03
MgO	2.58	1.61	1.57	1.15	0.95	2.06	1.56	1.56	1.28
CaO			0.00						0.00
Na ₂ O	0.34	0.39	0.53	0.36	0.36	0.43	0.51	0.52	0.44
K ₂ O	10.03	9.47	10.03	9.75	10.01	9.69	9.72	10.07	9.20
Cr ₂ O ₃			0.02		0.00		0.01		0.02
V ₂ O ₃				0.01			0.00	0.03	
NiO	0.05	0.05					0.02		0.01
P ₂ O ₅				0.00	0.01		0.04	0.01	
Total	95.37	92.57	93.18	92.46	93.41	94.03	92.75	93.27	93.06
Cations (O, OH, F)=24									
Si	6.523	6.613	6.617	6.716	6.731	6.556	6.641	6.635	6.664
Ti	0.022	0.030	0.030	0.022	0.017	0.030	0.019	0.024	0.027
Al	5.866	5.971	5.950	6.031	6.096	5.896	5.966	5.920	6.014
Fe	0.533	0.421	0.380	0.233	0.153	0.530	0.354	0.396	0.368
Mn	0.010		0.008	0.004		0.008	0.005	0.008	0.003
Mg	0.569	0.362	0.351	0.256	0.210	0.460	0.350	0.350	0.284
Ca			0.000						0.000
Na	0.098	0.115	0.155	0.106	0.104	0.124	0.147	0.152	0.129
K	1.891	1.821	1.921	1.860	1.884	1.848	1.863	1.928	1.750
Cr			0.002		0.000		0.002		0.002
V				0.001			0.000	0.003	
Ni	0.006	0.006					0.002		0.001
P				0.000	0.001		0.005	0.001	
Total	15.517	15.340	15.414	15.229	15.196	15.453	15.354	15.418	15.241
Fe/Fe+Mg	0.483	0.538	0.520	0.476	0.421	0.535	0.503	0.531	0.564
X _{Na}	0.049	0.059	0.074	0.053	0.052	0.062	0.073	0.073	0.068

下の行の括弧内は分析番号

SR (35) KO4 (70~73, 79~82, 86, 96~105)

X_{Na} = Na/(Ca + Na + K)

化学組成

86	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
46.13	45.11	44.60	45.10	44.91	44.37	44.61	45.03	45.73	45.62	43.78
0.19	0.70	0.42	0.30	0.22	0.18	0.28	0.23	0.16	0.15	0.18
35.24	36.42	35.02	35.52	35.56	35.31	35.63	35.54	35.05	35.87	36.39
1.60	0.98	1.82	1.41	1.34	1.26	1.39	1.38	1.33	1.24	0.84
	0.03		0.00							
0.88	0.52	0.81	0.72	0.84	0.75	0.86	0.77	0.69	0.58	0.58
0.43	0.43	0.32	0.33	0.38	0.47	0.45	0.42	0.36	0.44	0.46
9.37	9.45	8.32	8.74	9.07	9.04	9.30	8.56	9.90	8.26	9.01
0.01		0.02	0.00	0.01		0.02		0.00	0.02	
							0.02			
0.01				0.02		0.05				
	0.04	0.02	0.01			0.01	0.01		0.01	0.02
93.86	93.68	91.34	92.13	92.33	91.39	92.61	91.96	93.23	92.19	91.26
6.755	6.609	6.685	6.697	6.672	6.663	6.628	6.694	6.755	6.737	6.568
0.020	0.077	0.048	0.034	0.025	0.020	0.032	0.026	0.018	0.016	0.021
6.081	6.289	6.185	6.217	6.226	6.248	6.239	6.226	6.101	6.243	6.435
0.196	0.120	0.227	0.175	0.166	0.158	0.173	0.172	0.165	0.153	0.106
	0.003		0.000							
0.193	0.115	0.180	0.159	0.185	0.169	0.191	0.171	0.151	0.127	0.129
0.122	0.123	0.092	0.094	0.109	0.137	0.130	0.122	0.104	0.126	0.133
1.750	1.767	1.591	1.656	1.718	1.731	1.762	1.623	1.866	1.556	1.724
0.001		0.002	0.000	0.001		0.002		0.000	0.002	
							0.002			
0.001				0.002		0.006				
	0.005	0.003	0.001			0.001	0.002		0.001	0.002
15.119	15.107	15.012	15.033	15.103	15.126	15.164	15.036	15.161	14.963	15.119
0.503	0.512	0.558	0.524	0.473	0.484	0.475	0.501	0.521	0.546	0.450
0.065	0.065	0.054	0.053	0.059	0.073	0.068	0.069	0.052	0.074	0.071

付表3 緑泥石の化学組成

Ana No.	40	41	43	44	46	48	51	52	53	54
SiO ₂	28.92	28.92	27.86	28.91	30.78	30.41	31.02	31.21	31.78	30.61
TiO ₂	0.18	0.13	0.23	0.20	0.20	0.10	0.12	0.11	0.08	0.09
Al ₂ O ₃	19.19	19.71	19.16	20.71	18.69	19.37	20.59	21.08	20.92	20.54
FeO*	22.82	24.56	22.34	23.94	22.87	20.87	22.20	22.59	22.33	23.13
MnO	0.12	0.12	0.20	0.09	0.12	0.15	0.15	0.11	0.16	0.16
MgO	9.40	9.51	8.44	9.71	8.37	10.13	10.34	9.87	9.97	10.12
CaO	0.69	0.61	0.90	0.95	1.03	0.89	1.09	1.08	1.03	0.99
Na ₂ O	0.05	0.04	0.08	0.09	0.15	0.20	0.16	0.13	0.15	0.11
K ₂ O	0.91	1.05	0.31	0.43	0.58	0.83	0.60	0.77	0.56	0.70
Cr ₂ O ₃	0.02	0.04	0.03	0.01	0.08	0.00	0.02	0.05	0.02	0.01
V ₂ O ₃	0.01	0.00	0.03	0.00	0.06	0.00	0.00	0.03	0.02	0.03
NiO	0.00	0.00	0.03	0.00	0.04	0.03	0.01	0.04	0.04	0.00
P ₂ O ₅	0.02	0.00	0.02	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂ O	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Total	82.32	84.70	79.62	85.07	83.01	82.99	86.30	87.06	87.06	86.49
Cations (O, OH, F)=28										
Si	6.394	6.274	6.357	6.193	6.708	6.571	6.461	6.453	6.544	6.402
Ti	0.029	0.021	0.039	0.032	0.033	0.015	0.018	0.017	0.012	0.014
Al	5.000	5.038	5.152	5.227	4.798	4.933	5.053	5.136	5.074	5.063
Fe	4.218	4.454	4.262	4.288	4.167	3.771	3.866	3.905	3.844	4.045
Mn	0.023	0.022	0.038	0.017	0.022	0.028	0.026	0.019	0.028	0.028
Mg	3.096	3.071	2.868	3.098	2.718	3.261	3.209	3.039	3.059	3.152
Ca	0.163	0.143	0.220	0.218	0.239	0.205	0.244	0.239	0.226	0.222
Na	0.019	0.016	0.037	0.035	0.062	0.085	0.065	0.050	0.059	0.043
K	0.256	0.291	0.089	0.119	0.161	0.230	0.159	0.202	0.148	0.187
Cr	0.003	0.007	0.006	0.001	0.014	0.000	0.003	0.008	0.003	0.002
V	0.002	0.000	0.005	0.000	0.010	0.000	0.000	0.005	0.004	0.005
Ni	0.000	0.000	0.005	0.000	0.006	0.005	0.001	0.007	0.006	0.000
P	0.003	0.000	0.003	0.005	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
OH	0.084	0.082	0.087	0.081	0.083	0.082	0.079	0.078	0.078	0.079
Total	19.207	19.337	19.080	19.231	18.947	19.104	19.105	19.081	19.007	19.163
Fe/Fe+Mg	0.577	0.592	0.598	0.580	0.605	0.536	0.546	0.562	0.557	0.562

分析番号のサンプルはいずれも KO4

付表 4 斜長石・アルカリ長石の化学組成

Ana No.	1	19	3	26
SiO ₂	61.07	68.57	66.32	63.71
TiO ₂	0.02	0.01	0.03	0.01
Al ₂ O ₃	25.23	19.67	18.14	18.15
FeO*	0.21	0.17	0.33	0.04
MnO	0.00	0.00	0.05	0.00
MgO	0.00	0.02	0.02	0.03
CaO	7.32	0.03	0.00	0.00
Na ₂ O	7.62	11.98	0.95	0.65
K ₂ O	0.13	0.14	15.15	15.25
Cr ₂ O ₃	0.06	0.03	0.04	0.02
V ₂ O ₃	0.01	0.00	0.00	0.00
NiO	0.05	0.02	0.04	0.00
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.11	0.07
Total	101.71	100.64	101.17	97.85
Cations O=8				
Si	2.679	2.983	3.015	2.999
Ti	0.001	0.000	0.001	0.000
Al	1.304	1.009	0.971	1.007
Fe	0.008	0.006	0.013	0.002
Mn	0.000	0.000	0.002	0.000
Mg	0.000	0.001	0.001	0.002
Ca	0.344	0.001	0.000	0.000
Na	0.647	1.010	0.084	0.059
K	0.007	0.008	0.878	0.915
Cr	0.002	0.001	0.002	0.001
V	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.002	0.001	0.001	0.000
P	0.000	0.000	0.004	0.000
Total	4.994	5.020	4.972	4.984
Mol% {				
An	34.1	0.1	0.0	0.0
Ab	64.8	99.1	8.7	6.1
Or	0.8	0.8	91.3	93.9

括弧内は分析番号

斜長石

OS02 (1)

アルカリ長石

OS02 (3) BH (19) BH (26)

付表5 花崗岩質礫 (OH) の鉱物の化学組成

Ana No.	27	28	29	30	31	32
SiO ₂	29.27	39.70	28.94	30.58	58.42	65.17
TiO ₂	0.05	0.00	0.07	0.01	0.03	0.01
Al ₂ O ₃	16.71	26.06	16.04	18.00	25.97	18.13
FeO*	27.81	14.34	29.59	27.44	0.07	0.01
MnO	0.35	0.16	0.34	0.30	0.02	0.00
MgO	9.28	3.42	8.64	7.48	0.00	0.00
CaO	0.36	0.59	0.28	0.38	7.85	0.00
Na ₂ O	0.04	0.07	0.00	0.02	7.47	1.03
K ₂ O	0.20	0.43	0.75	0.18	0.19	15.39
Cr ₂ O ₃	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.09
V ₂ O ₃	0.07	0.00	0.08	0.09	0.03	0.00
NiO	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01
P ₂ O ₅	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	84.16	84.80	84.70	84.52	100.08	99.82
Cations O=28						O=8
Si	6.496	7.735	6.475	6.689	2.615	3.008
Ti	0.009	0.001	0.012	0.001	0.001	0.000
Al	4.371	5.983	4.231	4.640	1.370	0.986
Fe	5.159	2.336	5.539	5.017	0.003	0.000
Mn	0.066	0.026	0.064	0.056	0.001	0.000
Mg	3.068	0.991	2.881	2.437	0.000	0.000
Ca	0.084	0.123	0.068	0.088	0.376	0.000
Na	0.019	0.028	0.000	0.010	0.648	0.092
K	0.057	0.106	0.218	0.051	0.011	0.906
Cr	0.000	0.002	0.000	0.003	0.000	0.003
V	0.012	0.000	0.015	0.016	0.001	0.000
Ni	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
P	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	19.342	17.334	19.497	19.010	5.027	4.996
Fe/Fe+Mg	0.627	0.702	0.658	0.673		
Mol% { An					36.3	0.0
{ Ab					62.6	9.2
{ Or					1.1	90.8

括弧内は分析番号
 緑泥石 (27~30) 斜長石 (31) アルカリ長石 (32)

Chemical Composition of Hornfels Gravels from the Hanno Formation in the Kaji Hill distributing from Ohme City to Hanno City

Hideo KAGAMI¹⁾ and Hidetsugu TANIGUCHI²⁾

Abstract

(1) Five hornfels and one tonalite gravels obtained from the Hanno Formation, the basal Pleistocene conglomerate formation of the Kanto Basin were analysed by EPMA. Chemical composition of total 119 samples of thermally metamorphosed minerals; biotite, muscovite chlorite and others were analysed. X-ray diffraction analysis of the whole rock samples is carried out to show their mineral constitutes.

(2) Three types of hornfels were classified from the chemical and mineralogical compositions. No.1 group is a phaneritic hornfels consisting of muscovite, chlorite and biotite. No.2 group is a pelitic hornfels consisting of muscovite, alkali feldspar and biotite. And, No.3 group is a arenitic hornfels consisting of albite, alkali feldspar and biotite.

(3) Chemical composition of the biotite is relatively rich in Al, and poor in Fe, Mg and Ti, indicating its sialic character and probably its sedimentary rock origin. The muscovite is formed in pelitic hornfels. This is another evidence of sialic character of the hornfels. The muscovite and chlorite in the phaneritic hornfels may indicate a secondary alteration or an influence from the granite.

(4) The X_{Na} of the muscovite is slightly higher than an average. This may reflect the existence of sodic plagioclase, which can be seen in the Yanagisawa tonalite surrounding the Hirose grano-diorite. The andesine plagioclase found in a tonalite gravel (OH) may indicate another example of the provenance from the Kanto Mountain.

(5) The Hirose grano-diorite cropping out along the Fuefuki River, Yamanashi Prefecture give the contact metamorphism on the Mikura Formation. The K-Ar age of the hornfels shows almost the same as that of the Hirose grano-diorite (Tsunoda, et al., 1992). Therefore, the K-Ar age of the gravel hornfels might prove the provenance.

(6) At the moment, we would like to know more of the precise relationship of the contact metamorphism around the Hirose grano-diorite in the Kanto Mountain.

1) Institute of Geology, Faculty of Science, Josai University

2) Komazawa University High School