埼玉県,飯能層中の礫および中津川流域に分布する チャートとホルンフェルスの岩石学的研究

川野良信*関根栄一**

キーワード:埼玉県,飯能層,中津川,礫,チャート,ホルンフェルス

I. はじめに

関東平野西縁部に分布する加治丘陵や高麗丘陵など多 くの丘陵は,主として河成堆積物である飯能層およびそ の相当層から構成されている(福田・高野,1951).飯 能層は鮮新統の下部層と鮮新統〜更新統の上部層に分け られ,前者は角礫とシルト層から(正田・関東平野西 縁丘陵団体研究グループ,2018),後者は淘汰の良い円 礫〜亜円礫の砂岩,泥岩,チャート,ホルンフェルス および閃緑岩礫からそれぞれ構成される(石垣・竹越, 1982).

飯能層については、関東山地の構造発達史解明を目 的として、多くの研究が行われてきた(福田・高野、 1951;竹越ほか、1979;石垣·竹越、1982;新井、1995 など).特に礫の供給源については精力的に検討が進め られ,礫の種類,形状,組織,化学組成,放散虫化石 などに基づいた多摩川説(石垣・竹越, 1982; 加賀美ほ か、1994;加賀美、1995;加賀美・谷口、1997;松岡、 1998),山中地溝帯の南東延長に沿った凹地を流下して いた河川によって供給されたとする秩父凹地帯説(清水. 1987; 角田, 1991) が提案されている. このうち, 加賀 美・谷口(1997)は飯能層に閃緑岩礫が含まれているこ とに着目し、多摩川源流域に広く分布する甲府閃緑岩体 (以下, 甲府岩体とよぶ) にその起源を求め, 甲府岩体 および周囲に分布するホルンフェルスと飯能層に含まれ る閃緑岩質礫およびホルンフェルス礫の化学組成の比較 から、甲府岩体を含む多摩川上流域を供給源と推定した.

一方,飯能層中に閃緑岩礫が含まれることは,甲府岩 体のみならず,秩父閃緑岩体(以下,秩父岩体とよぶ) が露出する荒川上流域も供給源であることを示唆してい る(清水,1987).筆者の一人である関根はすでに閃緑 岩礫の分析作業を始めているが,飯能層の礫は風化して いるものが多く,その可能性を詳細に検討には十分な時 間を要する.そこで,本研究では比較的新鮮な礫として 飯能層に含まれているチャートとホルンフェルスに着目 し,秩父岩体周辺に産する同種の岩石もあわせて採取し, 全岩主成分・微量成分分析,希土類元素分析を通して両 者の比較を行い,飯能層礫の供給源について検討を行う.

Ⅱ. 地質概略

本地域の山岳部には、北部から南部に向かって、三波 川帯、秩父帯、四万十帯が北西 – 南東の方向をもって並 列している(埼玉県地質図編纂委員会、1999).秩父帯 の中には西北西〜東南東に山中地溝帯が伸びており、そ の南東端には秩父盆地の新第三系が分布している(坂本 ほか、1987;中野ほか、1998)(第1図).また、秩父帯 と四万十帯には閃緑岩質岩が貫入しており、前者は秩父 岩体、後者は甲府岩体および三頭山岩体と呼ばれている (大久保・堀口、1969;原ほか、2010;佐藤、2011).さ らに、山岳部の東縁には飯能層や更新統が分布し、秩父 周辺域や河川流域および関東平野には完新統が拡がって いる(坂本ほか、1986).

三波川帯は、結晶片岩と御荷鉾緑色岩類に区分され、 前者は泥質片岩および苦鉄質片岩から、後者は苦鉄質火 山岩類およびはんれい岩からそれぞれ構成されている (牧本・竹内,1992).三波川帯泥質片岩の原岩年代は後 期古生代からジュラ紀におよぶと推定され、変成年代は 60~84 Maと考えられている(植田ほか、1977;平島ほ か、1992;宮下・板谷、1997).一方、御荷鉾緑色岩の 変成年代としては135±7 Maの角閃石K-Ar年代が報告 されている(埼玉県地質図編纂委員会、1999).

ジュラ紀付加体である秩父帯は,砂岩泥岩互層を主体とし,砂岩,泥岩,チャート,石灰岩,苦鉄質岩から構成される(松岡ほか,1998;Kojima et al., 2016). 一般にWNW ~ ESEの走向で,50~60°Nの傾斜を示

* 立正大学地球環境科学部

^{**} 立正大学地球環境科学研究科



第1図 調査地域の地質概略図(埼玉県地質図編纂委員会, 1998を一部改変)

しており(埼玉県地質図編纂委員会,1999),南に行 くほど若くなる覆瓦構造をもっている(日本地質学会, 2008).後述の秩父岩体周辺部をはじめとして高麗川北 東部,入間川上流域にも比較的広い範囲にチャートの分 布が認められる(坂本ほか,1986).

四万十帯は主に泥岩からなり, 苦鉄質岩, 砂岩, チャートを含む(埼玉県地質図編纂委員会, 1999). 一 般にN50°W~EWの走向で, 30~60°Nの傾斜を示す (堀口・松岡, 1994). 和名倉山付近より白亜紀後期の放 散虫化石が報告されている(高橋ほか, 1989).

山中地溝帯は、2~4kmの幅で秩父盆地北西縁から 北西に細長く伸びており、その白亜系は主に砂岩、泥岩 およびそれらの互層から形成され、石灰岩や凝灰岩を挟 んでいる(武井, 1963; 1964)

古・新第三系は秩父盆地,越生北東部の比企丘陵,青 梅南西部に分布が認められる(第1図).これらは主と して砂岩,泥岩,礫岩およびそれらの互層から構成され ている(坂本ほか,1986).

甲府岩体は四万十帯に接触変成作用を与えて分布し, 斜長石,石英,カリ長石,黒雲母,角閃石,不透明鉱物 を含む閃緑岩質岩から構成される(原ほか,2010).本 岩体から報告されている放射年代は15~8 Maの幅を有 し、中新世に活動したものと考えられている(原ほか、 2010).

三頭山岩体は四万十帯に接触変成作用を与えて小規模 に露出し,主として斜長石,石英,角閃石,黒雲母を含 む閃緑岩質岩から構成される(佐藤,2011).本岩体か らは7.5 Maの黒雲母K-Ar年代が報告されており,後期 中新世に貫入してきたと考えられている(佐藤,2011).

秩父岩体は秩父帯に接触変成作用を与えて北部,南 部の2つの岩体として貫入し,周辺に小規模な衛星岩 体を伴っている(大久保・堀口,1969;原ほか,2010). 岩体は主として斜長石,石英,黒雲母,角閃石を含む 完晶質で等粒状の閃緑岩質岩から構成され,中新世 末期から鮮新世初期に活動したものと推定されている (Ueno and Shibata, 1986; Saito et al., 1996;松本ほか, 2007;原ほか,2010).

飯能層は,竹越ほか(1979)によって山地から供給さ れた角礫やシルト層を主体とする飯能礫層下部層と,そ れを覆う砂層,泥層や河川成の円礫層である飯能礫層上 部層に区分された.その後,正田・関東平野西縁丘陵団 体研究グループ(2018)では,前者を飯能層下部層,後 者を飯能層上部層と命名した.本研究では,正田・関東 平野西縁丘陵団体研究グループ(2018)の地層区分を踏 襲する.

飯能層下部層は飯能市矢颪の不動の沢を模式地とし (現在は崖錐堆積物に覆われている),基盤岩にアバット した最下部の角礫層,その上のシルト層から構成される (正田・関東平野西縁丘陵団体研究グループ,2018).正 田ほか(2005)は、本層中のテフラ層の詳細な検討か ら、千ヶ瀬1(CGS1)を大阪層群の土生滝Iテフラ層 (2.9 Ma)に、また、千ヶ瀬2(CGS2)を氷見層群の UN-MD2テフラ層(2.65 Ma)にそれぞれ対比した.なお、 本層の走向、傾斜はテフラ層直下の層理面からNS、4.6° Eが得られている(正田・関東平野西縁丘陵団体研究グ ループ,2018).

飯能層上部層は、砂層、泥層を伴う扇状地性の堆積 物で、下部層をオーバーラップしている(竹越ほか、 1979).また、飯能付近では風化した閃緑岩類の円礫が 含まれるが、高麗丘陵より北ではほとんど認められない (竹越ほか、1979).植木・酒井(2007)により本層中の 矢颪テフラ層から2.5±0.1 Maのフィッション・トラッ ク(FT)年代が報告されている.なお、層厚は約100 mで(植木・酒井、2007)、本層中の泥層からNS、2.5° Eの走向、傾斜が得られている(正田ほか、2005).

これらの中・新生界および閃緑岩質岩体を覆って,秩 父周辺域や河川流域および関東平野に完新統が広がって いる(坂本ほか,1987).

Ⅲ. 産状および試料観察

1. 中津川流域

飯能層上部層に閃緑岩質の礫が特徴的に含まれている ことから,秩父岩体周辺域に露出するチャートやホルン フェルスを研究対象とした.同地域の秩父帯のチャー トは厚さ数mから数十mの層状で,泥質岩に挟まれて いる.チャート層の走向は全体的に北西-南東である が,局所的に激しく変形し,褶曲も観察される(第2 図A).黒色を呈する大変新鮮な岩石で,部分的に裂 罅(れっか)がみられるが全体的には極めて堅牢である. なお,本地域には赤色を呈するチャートの産出は認めら れなかった.秩父帯の泥質岩は秩父岩体の貫入を受けて 幅数百メートルにわたってホルンフェルスに変化してい る.岩体南方の中津川流域にもホルンフェルスの露出が 認められる.岩石は濃紫色を呈する細粒・緻密な岩石で, 裂罅の発達がみられるものの極めて堅牢である(第2図



第2図 採取試料の産状

A:中津川流域におけるチャートの産状, B:中津川流 域におけるホルンフェルスの産状, C:飯能層の赤色 チャート礫の産状, D:飯能層の黒色チャート礫の産状.

B). 接触変成作用が強い部分では,部分的に黄鉄鉱が 生じている. 岩体から離れるにつれ変成作用は弱まり, 主岩体の南東に露出する衛星岩体周辺ではホルンフェル スの露出は限られている.

2. 飯能層上部層

飯能層上部層にはチャートやホルンフェルスの円礫が 多く含まれている.今回,これらの円礫の産出が観察で きる飯能市矢颪と阿須の河岸にある露頭から、飯能層上 部層に含有されることが明らかな試料を複数個採取した. チャートは黒色あるいは赤色を呈する直径10~15 cm ほ どの円礫で、飯能層上部層に含まれていた(第2図C, D). 裂罅が発達するものが多いが、岩石は極めて新鮮 である. 礫の大きさとチャートの色には相関は見られず, 同じ色であっても礫の大きさには幅が見られる.赤色 チャートには局所的に幅数mm. 長さ数cmの黒色の脈 の発達が認められる。ホルンフェルスの円礫は泥質岩起 源で、チャートに比べて含有率が少ない、長径が10 cm 程の楕円を呈するものが多いが、稀に長さ15 cm以上の ブロック状のものも認められる. 岩石は暗黒色や暗紫色 を呈するものが多いが、部分的に暗灰色を呈するものも あり、片理構造を有する試料も認められる。先に述べた 中津川流域に産するホルンフェルスに比して, 脆くやや 風化が進行し、褐色に変質している部分も認められた.

Ⅳ. 全岩化学分析

1. 分析方法

各試料の化学的性質を明らかにするために、全岩主成

分・微量成分元素の分析を行った.鉄乳鉢およびメノ ウ乳鉢で極粉化した試料を、磁製ルツボに約1.5g入れ、 110℃で24時間以上乾燥させた後,900℃で加熱した.加 熱した試料(1.3 g)と、110℃で24時間以上乾燥させた 四ホウ酸リチウム(2.6 g)を混合させ、東京科学社製 ビードサンプラー(TK-4100)を用いてガラスビードを 作成した. 蛍光X線(XRF)分析は, 立正大学地球環 境科学部環境システム学科設置のRigaku社製蛍光X線 装置(ZSX Primus II)を用いて行った.分析方法は基 本的に川野(2010)に基づいているが、分析条件を改善 し、理論マトリックス補正はde Jonghモデルを使用し、 L.O.I. (loss on ignition) を含む補正計算(山田, 2010) を施している.分析にはRh管球を使用し,管電圧50 kV, 管電流60 mAで測定した. 定量した元素は, 主成 分であるSi, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Pと, 微量元素であるBa, Co, Cr, Cu, Ga, Nb, Ni, Pb,

Rb, Sc, Sr, Th, V, Y, Zn, Zrの26元素である. さらに、同じガラスビードを用いて本学科所有のLA-ICP-MSを用いて希土類元素を分析した. 本手法ではレー ザーアブレーション効率による試料導入量の差を補正するためにYを用いた内標準補正を行っており, XRFで 測定されたYの値を用いた(新藤ほか, 2009;川野・清水, 2017).分析した試料は中津川流域からチャート6 試料,ホルンフェルス4試料,飯能層からチャート7試料,ホルンフェルス3試料の計20試料である. 主成分・ 微量成分の分析結果を第1表および第2表に、希土類元 素分析結果を第3表および第4表にそれぞれ示した.

2. 分析結果

中津川流域および飯能層上部層から採取されたチャー トの化学組成を比較するため、Al₂O₃に対する代表的な 主成分・微量成分の変化傾向を第3図に示した. 横軸

Area			中津川	流域			飯能層礫						
Cample No	黒2106	黒2106	黒2106	黒2106	黒2106	黒2106	黒2107	黒2107	赤2107	黒2107	黒2107	赤2107	赤2107
Sample No.	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2608	2610	2614	2617	2618	2619	2620
$SiO_2 (wt\%)$	98.51	95.67	95.35	95.65	96.42	97.70	95.32	97.61	94.12	95.64	97.70	93.19	96.44
TiO_2	0.04	0.05	0.15	0.02	0.04	0.05	0.10	0.03	0.10	0.08	0.02	0.10	0.04
Al_2O_3	1.18	1.72	2.90	1.53	1.22	1.44	2.19	0.64	2.53	1.95	0.62	2.53	1.29
$\mathrm{Fe}_2\mathrm{O}_3$	0.44	0.75	0.92	0.86	0.83	0.59	1.17	0.65	1.26	1.06	0.91	1.80	0.95
MnO	0.00	1.86	0.01	0.37	0.04	0.00	0.03	0.09	0.02	0.01	0.04	0.33	0.11
MgO	0.17	0.30	0.32	0.53	0.28	0.16	0.47	0.19	0.49	0.34	0.11	0.62	0.41
CaO	0.05	0.13	0.13	0.07	0.62	0.05	0.06	0.07	0.12	0.12	0.06	0.09	0.10
Na ₂ O	n.d.	0.02	0.02	0.03	0.02	0.00	0.04	n.d.	0.08	0.05	0.01	0.01	n.d.
K_2O	0.33	0.44	0.70	0.32	0.25	0.43	0.54	0.09	0.79	0.61	0.11	0.78	0.37
P_2O_5	0.03	0.05	0.05	0.01	0.02	0.01	0.03	0.03	0.06	0.07	0.02	0.02	0.05
Total	100.75	100.99	100.54	99.39	99.73	100.41	99.95	99.41	99.57	99.92	99.61	99.48	99.75
Ba (ppm)	38.5	56.9	163.5	54.8	48.2	86.4	374	20.1	222	145	73.1	309	87.7
Co	3.61	10.4	3.17	7.12	2.90	6.72	5.93	3.37	4.15	3.11	2.80	10.3	7.77
Cr	7.74	4.66	15.2	4.72	8.56	7.53	13.9	3.9	9.67	9.43	9.19	14.7	4.94
Cu	5.25	50.3	4.38	6.07	6.04	3.31	10.6	29.8	11.2	21.2	11.2	17.8	113
Ga	2.88	2.99	4.95	2.14	2.10	3.06	5.51	1.69	4.46	3.84	1.78	4.49	3.16
Nb	1.46	1.45	3.07	0.34	1.09	1.02	2.18	0.61	2.35	1.89	0.34	2.54	0.81
Ni	6.86	31.7	6.28	31.5	5.27	26.2	12.5	5.47	14.3	7.96	7.71	39.2	29.8
Pb	24.8	3.15	9.49	6.65	2.67	2.63	3.71	2.00	6.76	2.84	2.73	7.71	5.38
Rb	14.9	17.7	25.9	13.2	12.2	16.1	25.7	6.55	32.5	27.2	8.45	31.8	14.4
Sr	8.41	47.1	14.7	20.3	33.5	22.9	9.77	8.20	53.8	22.7	6.92	15.4	13.8
Th	2.48	2.51	2.89	0.82	1.86	0.86	3.42	1.00	2.71	1.90	0.97	2.93	1.48
V	4.90	4.47	27.8	0.73	3.88	10.2	13.6	8.14	6.19	9.30	n.d.	12.4	16.1
Y	4.99	7.63	7.38	3.39	2.82	1.90	4.04	4.53	10.3	5.79	1.49	5.10	4.97
Zn	23.1	41.6	18.5	39.1	14.6	46.6	17.2	9.77	35.5	17.6	1.47	38.2	28.0
Zr	13.0	19.7	32.2	10.8	12.0	15.7	22.9	8.13	23.1	18.4	6.44	25.3	19.1

第1表 チャートの主成分および微量成分組成

Sample No. に付している「黒」は黒色チャート,「赤」は赤色チャートを意味する.

全鉄をFe₂O₃として表示している. n.d.; not determined.

Area		中津川	流域	飯能層礫			
Sample No.	21062102	21062103	21062104	21062112	21072601	21072611	21072616
SiO ₂ (wt%)	51.62	45.44	47.36	80.43	50.66	51.81	74.52
TiO_2	3.72	4.83	4.42	0.57	2.79	2.74	0.42
Al_2O_3	16.93	19.70	18.80	11.81	19.15	18.81	12.94
$\mathrm{Fe}_{2}\mathrm{O}_{3}$	11.13	13.15	8.63	1.47	12.78	11.96	3.60
MnO	0.16	0.20	0.13	0.02	0.12	0.08	0.03
MgO	3.41	4.12	4.01	0.86	3.32	2.21	1.21
CaO	6.54	6.17	8.46	0.13	5.35	4.32	1.87
Na ₂ O	2.44	2.28	2.10	1.41	4.30	4.95	3.33
K_2O	2.70	3.56	5.53	3.03	1.72	3.41	2.22
P_2O_5	1.44	0.41	0.25	0.04	0.58	0.49	0.07
Total	100.10	99.85	99.69	99.77	100.78	100.76	100.21
Ba (ppm)	265	672	1396	428	257	340	305
Co	30.4	49.0	20.0	2.55	60.3	36.0	12.5
Cr	117	155	137.7	48.3	188	121	42.8
Cu	557	n.d.	n.d.	0.74	45.0	54.5	n.d.
Ga	22.5	24.9	24.6	17.2	24.2	19.6	13.0
Nb	70.8	86.2	78.7	10.3	29.3	30.3	6.78
Ni	85.2	149	141	3.20	112	74.5	16.7
Pb	2.62	3.21	6.50	18.7	0.33	2.56	9.93
Rb	142	144	276	124	34.6	68.7	96.0
Sr	259	475	473	77.0	463	741	264
Th	10.5	10.7	10.2	11.3	4.21	4.35	7.94
V	208	261	279	79.6	280	275	63.0
Y	81.1	53.4	50.0	21.5	39.2	67.7	17.1
Zn	51.0	190	88.5	10.6	326	202	42.5
Zr	438	562	514	127	243	250	106

第2表 ホルンフェルスの主成分および微量成分組成

全鉄を Fe_2O_3 として表示している. n.d.; not determined.

第3表 チャートの希土類元素組成

Area	中津川流域					飯能層礫							
Sample No	黒2106	黒2106	黒2106	黒2106	黒2106	黒2106	黒2107	黒2107	赤2107	黒2107	黒2107	赤2107	赤2107
Sample No.	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2608	2610	2614	2617	2618	2619	2620
La (ppm)	3.58	3.39	6.39	1.85	1.99	2.58	4.81	1.66	8.82	3.56	1.40	7.60	5.39
Ce	7.18	16.66	18.11	9.01	4.55	8.23	9.60	2.11	16.16	12.22	2.34	12.20	6.63
Pr	1.03	1.16	1.92	0.53	0.53	0.72	1.28	0.47	1.94	1.01	0.30	1.78	1.43
Nd	3.77	4.58	7.04	2.06	1.85	2.52	4.58	1.86	7.31	3.81	1.04	6.50	5.26
Sm	0.77	1.11	1.35	0.49	0.37	0.44	0.89	0.41	1.57	0.84	0.19	1.22	1.06
Eu	0.19	0.29	0.31	0.15	0.11	0.15	0.20	0.13	0.36	0.19	0.05	0.25	0.27
Gd	0.72	1.13	1.12	0.53	0.35	0.36	0.72	0.38	1.41	0.71	0.17	0.95	0.89
Tb	0.13	0.20	0.20	0.09	0.06	0.05	0.12	0.07	0.26	0.14	0.03	0.16	0.17
Dy	0.64	0.99	1.05	0.46	0.35	0.27	0.58	0.40	1.26	0.69	0.14	0.78	0.80
Но	0.12	0.17	0.18	0.08	0.06	0.05	0.10	0.09	0.23	0.13	0.03	0.14	0.14
Er	0.35	0.50	0.56	0.20	0.19	0.15	0.33	0.28	0.63	0.38	0.07	0.38	0.40
Tm	0.05	0.07	0.08	0.02	0.03	0.02	0.04	0.04	0.08	0.05	0.01	0.05	0.05
Yb	0.31	0.42	0.53	0.14	0.18	0.17	0.32	0.27	0.52	0.35	0.06	0.34	0.32
Lu	0.05	0.07	0.08	0.02	0.03	0.03	0.05	0.05	0.09	0.06	0.01	0.06	0.06

Sample No. に付している「黒」は黒色チャート、「赤」は赤色チャートを意味する.

Area		中津川注	流域		飯能層礫				
Sample No.	21062102	21062103	21062104	21062112	21072601	21072611	21072616		
La (ppm)	51.6	76.9	101.1	27.3	22.7	39.8	28.2		
Ce	132	163	225	62.6	48.1	64.6	50.9		
Pr	19.9	25.1	30.1	6.96	7.80	11.0	6.61		
Nd	89.0	101.8	117	24.5	33.3	46.7	23.4		
Sm	21.9	22.3	23.8	4.51	8.25	10.8	4.28		
Eu	4.10	5.94	8.07	0.90	2.96	3.36	1.41		
Gd	17.0	18.4	20.5	3.46	7.96	10.5	3.63		
Tb	3.12	2.87	2.98	0.60	1.47	1.89	0.59		
Dy	14.3	13.2	12.9	3.32	7.55	9.51	2.93		
Но	2.20	1.95	1.91	0.62	1.34	1.69	0.52		
Er	5.48	5.31	4.85	1.98	3.80	4.86	1.59		
Tm	0.65	0.67	0.61	0.29	0.54	0.60	0.24		
Yb	3.70	4.07	3.84	2.00	3.54	3.71	1.63		
Lu	0.53	0.57	0.54	0.34	0.56	0.59	0.26		

第4表 ホルンフェルスの希土類元素組成



第3図 チャートの全岩化学組成変化図

にAl₂O₃をとったのは、海水中に含まれるアルミニウム の含有率が少なく、海水からの付加が比較的少ないため である.なお、飯能層上部層に含まれるチャートは色 調の違いから、黒色と赤色に分けて表示している.SiO₂ はAl₂O₃の増加に伴い、減少する変化傾向がみられ、中 津川流域のチャートが飯能層礫よりもややSiO₂に富む特 徴が認められる.中津川流域のチャートの中でもっと もAl₂O₃に富み、SiO₂に乏しい試料は62108で、この試料 を除けばAl₂O₃の増加に伴うSiO₂の減少は中津川流域の チャートの方が飯能層礫よりも急である.一方、Fe₂O₃ はAl₂O₃の増加に伴い、増加する傾向があり、中津川流 域のチャートが飯能層礫よりもややFe₂O₃に乏しくなっ ている. P₂O₅は両地域の組成範囲が重複し, 明瞭な差 は認められない. なお, 飯能層の黒色チャートは赤色 チャートに比してAl₂O₃に乏しく, SiO₂に富み, Fe₂O₃ に乏しい傾向がみられる. 微量元素であるBa, V, Zr はいずれもAl₂O₃の増加に伴い, 増加する傾向が認めら れ, 特にZrは直線的な増加が顕著である. 中津川流域 のチャートは飯能層礫よりもBaに富んでおり, VやZr は62108を除けば飯能層礫よりも乏しい特徴がみられる. 飯能層の黒色チャートは赤色チャートに比してBaやZr に乏しく, Vでは明瞭な差は認められない.

第4図に両地域から採取されたホルンフェルスの Al₂O₃に対する代表的な主成分・微量成分の変化傾向を



示す. Al₂O₃の増加に伴い, TiO₂は増加し, Na₂OやK₂O では明瞭な増減は認められない. 中津川流域のホルン フェルスは飯能層礫よりもTiO₂, K₂Oに富み, Na₂Oに 乏しい明瞭な傾向が認められる. 微量元素の変化に注目 すると, Al₂O₃が増加するのにつれ, NbやZrは明瞭な 増加傾向を示すが, Thは中津川流域のホルンフェルス で変化が認められないものの, 飯能層礫は明瞭な減少傾 向を示している. Nb, Th, Zr はいずれも中津川流域の ホルンフェルスの方が, 飯能層礫よりも明瞭に富む傾向 がみられる.

両地域のチャートとホルンフェルスの希土類元素 組成を比較するため、Clコンドライト(Anders and Grevesse, 1989)で規格化した希土類元素パターンを 第5図に示した.両地域のチャートを比較すると、飯能

層礫の組成幅は広く、中津川流域のチャートはその変化 幅の中に含まれてしまう. 中津川流域のチャートでは. 62108で最も高いパターンを示し、62110あるいは62111 のパターンがもっとも低くなっている. また, Ceの正 異常をもつ試料(62107と62109)が2つ認められ、全体 的にはLaからEuまでの軽希土類元素では右下がりのパ ターンを示し、GdからLuまでの重希土類ではパターン が徐々になだらかになる傾向がある. 飯能層礫のチャー トでは、黒色チャートのパターンが低く、赤色チャート のそれが高くなる特徴が認められる.また.黒色チャー トには正のCe異常(72620),負のCe異常(72610)を もつ試料がそれぞれ認められ、赤色チャートでは正の Ce異常(72617)を示す試料がひとつ含まれる.全体的 にLaからEuまでの軽希土類は右下がりのパターンを示 し、EuからLuまでは傾斜が緩やかになっていく、La からLuまでの減少は、72610で極めて緩やかなのに対 して、72618は傾斜が急になっている. 両地域のホルン フェルスを比較すると、62112を除く中津川流域のホル ンフェルスは飯能層礫に比して、La、Ceなどの軽希土 類に富み、EuからLuまでの重希土類の下がり方が急で ある. また. 両地域のホルンフェルスには1つずつパ ターンが下方にはずれる試料があり、中津川流域では 62112, 飯能層礫では72616である. 62112は秩父岩体主 岩体から最も離れており、衛星岩体の近くから採取され た試料である.一方,72616はLaやCeなどの軽希土類 は他のホルンフェルスと同程度ではあるが、NdからHo までの減少が著しく, HoからLuまではごく僅かに右上 がりの傾向がみられる.

V. 考察

1. チャートからみた秩父凹地帯説

調査範囲の地質図(第1図)をみると,秩父帯は北 西-南東方向の構造を有しており,中津川流域に分布す るチャートも飯能周辺への断続的な広がりが認められる. このことは,中津川流域と飯能周辺のチャートが同じ層 準のチャート層である可能性を示唆しており,両者の岩 石学的特徴に差が生じないようにも思われる.しかしな がら,中津川流域には黒色を呈するチャートしか露出し ていないのに対して,飯能層礫には赤色を呈するチャー トも含まれており,チャートの特徴に違いが認められる. 無論,赤色チャートは中津川下流域のいずれかの場所か ら混入してきた場合も考えられ,チャートの色調の違い だけで,秩父凹地帯説を否定することはできないものの, 飯能層チャート礫が中津川流域からもたらされた可能性 は低いと考えられる.

チャートの化学組成(第3図)に関しては,SiO₂や Fe₂O₃で若干の組成差は認められるものの明瞭ではな い.そこで,さらにこれらの元素の違いを検討するため, SiO₂-100 Al₂O₃-100 Fe₂O₃三角図(第6図a)にプロッ トした.本図ではSiO₂に対して含有量の少ないAl₂O₃や Fe₂O₃を100倍して示した.この図をみるとSiO₂やAl₂O₃ では明瞭な組成差はみられないが,Fe₂O₃に組成差が認 められ,飯能層チャート礫と中津川流域のチャートはそ れぞれ異なる領域を占める.このことは,飯能層チャー ト礫が中津川流域からもたらされたものではないこと を示唆している.なお,飯能層礫の黒色チャートと赤色



チャートの領域は重複し、組成差は認められない.

さらに、微量成分元素での組成差を検討するために、 Ba/2-Rb-Sr三角図(第6図b)を作成した.この図で は重複する部分はあるものの、飯能層チャート礫は中 津川流域のチャートよりもBaに富む傾向が認められる. また、1試料を除き、前者は後者に比してRbに乏しい 特徴を示している.このような微量成分元素の組成差も 飯能層チャート礫の起源が中津川流域でないことを暗示 している.

前述のように,チャートの色調,主成分元素組成,微 量成分元素組成からは,飯能層チャート礫が,中津川流 域から秩父凹地帯を通って,飯能層に供給された可能性 は低いと考えられる.

2. ホルンフェルスからみた秩父凹地帯説

ホルンフェルスの化学組成に着目した場合,前述のようにチャートよりも明瞭な組成差が認められる(第4 図). そこで,この違いをさらに検討するために,チャートと同様に三角図を用いて検討を行った.まず,主成分 元素であるTiO₂, Na₂O, K₂Oを頂点に取った三角図で 検討してみる.ホルンフェルスの場合は,チャートとは 異なり,SiO₂に極端に富むという偏りはないので,濃度 の調整は行っていない.この図をみると,飯能層ホルン フェルス礫はNa₂Oに富み,ややTiO₂に乏しい傾向があ る.また,両者の組成領域は重複することもなく,明瞭 な組成ギャップが認められる.すなわち,この図は飯能 層ホルンフェルス礫が中津川流域から運ばれてきたもの ではないことを意味している. さらに、チャートと同様にBa-Rb-Sr三角図を作成し た.ただし、頂点の3元素の含有量には極端な偏りが見 られなかったため、Baの濃度調整は施していない.こ の図では、部分的に組成領域が重複するものの、飯能層 ホルンフェルス礫はSrに富み、Rbにやや乏しい傾向を 示し、対して中津川流域のホルンフェルスはSrに乏し くBaに富む特徴を有する.この事実もまた、飯能層ホ ルンフェルス礫が中津川流域由来のものでないことを意 味している.

このようにホルンフェルスの化学組成からも,飯能層 礫は中津川流域からもたらされたものではないことが示 唆される.

VI. まとめ

本論では、飯能市矢颪および阿須に分布する飯能層上 部層中に含まれるチャートとホルンフェルスの礫につい て、奥秩父の中津川流域に産する同種の岩石との比較検 討を行った.飯能層チャート礫は、中津川流域に産する チャートとは異なる色調、主成分元素組成、微量元素組 成をもっている.また、飯能層ホルンフェルス礫は中津 川流域に産するホルンフェルスとは明らかに異なった特 徴を示した.これらの岩石学的特徴は、飯能層礫の供給 源が中津川流域でないことを示唆しており、2つある仮 説のうち秩父凹地帯説(清水、1987:角田、1991)を否 定する.ただし、飯能層礫が中津川流域とは別の奥秩父 に分布するチャートやホルンフェルスからもたらされた 可能性も残されており、さらなる検討が必要であろう.



謝 辞

立正大学地球環境科学部の宮島桐也氏にはチャートの 化学分析にご協力いただいた.本研究を進めるに当たり, 化学分析において立正大学地球環境科学部環境システム 学科の蛍光X線分析装置(XRF)およびレーザーアブ レーション誘導結合質量分析装置(LA-ICP-MS)を用 いた.これらの機器の導入および保守・管理に関しては 環境システム学科関係者各位に日頃よりご協力いただい ている.この場をお借りして以上の方々に厚くお礼申し 上げる.

引用文献

- Anders, E. and Grevesse, N. (1989) Abundances of the elements: Meteoritic and solar. Geochim Cosmochim Acta, 53, 197-214.
- 新井健司(1995)埼玉県日高市に分布する矢颪凝灰岩層およ び飯能礫層の堆積環境.地学雑誌,104,267-283.
- 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.地団研専報, 24, 209-214.
- 福田 理・高野 貞(1951)東京都青海町東北方阿須山丘陵 の地質.地質学雑誌, 57, 459-472.
- 原 英俊・上野 光・角田謙朗・久田健一郎・清水正明・竹 内圭史・尾崎正紀 (2010) 三峰地域の地質.地域地質研究 報告 (5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 110p.
- 平島崇男・磯野玄伯・板谷徹丸(1992)関東山地三波川変 成岩の白雲母の化学組成とK-Ar年代.地質学雑誌,98, 445-455.
- 堀口萬吉・松岡喜久次(1994)第一編 地形・地質編. 秩父 滝沢ダム水没地域総合調査報告書,上巻自然編,滝沢ダム 水没地域総合調査会編, 27-54.
- 加賀美英雄(1995)加治丘陵西部の飯能層と関東山地の接峰 面について.日本第四紀学会講演要旨集,25,124-125.
- 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(1994)関東山地に続く加治丘陵・前ヶ貫丘陵の 飯能層について.日本第四紀学会講演要旨集,24,166-167.
- 加賀美英雄・谷口英嗣(1997)加治丘陵の飯能礫層中のホル ンフェルスの化学組成.城西大学研究年報(自然科学編), 21, 11-33.
- 川野良信(2010) 蛍光X線装置による珪酸塩岩石および堆積 物の定量化学分析. 地球環境研究, 12, 85-97.
- 川野良信・清水隆一(2017)レーザーアブレーションICP-MS分析法によるガラスビード試料定量分析条件の再検討. 地球環境研究, 19, 11-19.
- Kojima, S., Hayasaka, Y., Hiroi, Y., Matsuoka, A., Sano, H., Sugamori, Y.,Suzuki, N.,Takemura, S.,Suzuki, N. and Tsujimori, T. (2016) Pre-Cretaceous accretionary complexes. *The Geology of Japan*, 61-100.

- 牧本 博・竹内圭史(1992)寄居地域の地質.地域地質研究 報告(5万分の1地質図幅),地質調査所,137p.
- 松本哲一・太田 靖・星住英夫・高橋 浩・西岡芳晴・三宅 康幸・角田謙朗・清水正明(2007)日本列島における年 代未詳岩石のK-Ar年代測定.地質調査所研究報告,58, 33-43.
- 松岡喜久次(1998)関東山地東縁部,飯能礫層から産出した 白亜紀放散虫化石を含む赤色頁岩礫の意義.地球科学,52, 324-328.
- 松岡 篤・山北 聡・榊原正幸・久田健一郎(1998)付加体 地質の観点に立った秩父ユニット区分と四国西部の地質. 地質学雑誌, 104, 634-653.
- 宮下 敦・板谷 徹丸(1997)関東山地三波川変成岩類のK-Ar 年代. 日本地質学会第104年学術大会講演要旨, 208-208.
- 中野 後・竹内圭史・加藤碩一・酒井 彰・濱崎聡志・広島 俊男・駒澤正夫(1998)20万分の1地質図幅「長野」.地 質調査所.
- 日本地質学会(2008)日本地方地質誌3 関東地方. 朝倉書店, 570p.
- 大久保雅弘・堀口萬吉(1969)万場地域の地質.5万分の1 地質図幅.地質調査所,66p.
- 埼玉県地質図編纂委員会(1998)埼玉県地質図(山地・丘陵 地).埼玉県農林部林務課.
- 埼玉県地質図編纂委員会(1999)埼玉県地質図(山地・丘陵 地)解説書. 埼玉県農林部林務課, 242p.
- 坂本 亨・酒井 彰・秦 光男・宇野沢 昭・岡 重文・広 島俊男・駒沢正夫・村田泰章(1986)20万分の1 地質図 幅「東京」. 地質調査所.
- Saito, K., Takahashi, M. and Onozuka, N. (1996) A K-Ar investigation of the Chichibu quartz diorite and some discussions on its cooling history. Jour. Geomag. Geoelectr., 48, 1103-1109.
- 佐藤興平(2011)関東山地中央部の三頭山岩体:化学組成と 年代の予察的検討.群馬県立自然史博物館研究報告, 15, 93-100.
- 新藤智子・杉内由佳・嶋田有里奈・福岡孝昭(2009)レー ザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析(LA-ICP-MS)法によるガラスビード試料の定量分析.地球環境研 究, 11, 103-119.
- 清水康守(1987)荒川の河道と地形の変遷. 埼玉県編「荒川 自然1」, 180-184.
- 正田浩司・関東平野西縁丘陵団体研究グループ(2018)関東 平野西縁地域のテフラ層序と後期鮮新世以降の変動.地球 科学, 72, 59-72.
- 正田浩司・菊地隆男・鈴木毅彦・竹越 智・関東平野西縁丘 陵団体研究グループ(2005)関東平野西縁に分布する飯能 礫層下部層のテフラ層序と広域対比.地球科学, 59, 339-356.
- 高橋 修・今井秀男・石井 醇(1989)関東山地大滝層群か ら白亜紀放散虫化石の産出.地質学雑誌,95,483-485.

- 武井晛朔(1963)山中地溝帯東部白亜系の層序と構造.地質 学雑誌, 69, 130-146.
- 武井晛朔(1964)山中地溝帯東半部白亜系の地史. 秩父科博 研報, 12, 17-27.
- 竹越 智・石垣 忍・足立久男・藤田至則(1979)関東山地 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.
- 角田史雄(1991)奥武蔵震動地塊の提唱. 埼玉大学紀要(自 然科学篇), 27, 57-77.
- 植田良夫・野沢 保・大貫 仁・河内洋佑(1977)三波川変

成岩のK-Ar年令. 岩鉱, 72 361-365.

- 植木岳雪・酒井 彰 (2007) 青梅地域の地質.地域地質研 究報告 (5万分の1地質図幅),産総研地質調査総合セン ター,189p.
- Ueno, H. and Shibata, K. (1986) Radiometric ages of quartz diorite bodies related to the Chichibu pyrometasomatic deposits and their relevance to the metallogenetic epoch. Jour. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol., 81, 77-82.
- 山田康治郎(2010) 鉱石・岩石分析等で有効なガラスビード 法を用いた蛍光X線分析法. リガクジャーナル, 41, 24-32.

Petrological study of chert and hornfels distributed in Nakatsugawa area and gravels of the Hanno Formation, Saitama Prefecture

KAWANO Yoshinobu* and SEKINE Eiichi**

* Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University ** Graduate School of Geo-Environmental Science, Rissho University

Abstract :

Chert and hornfels gravels contained in the upper Hanno Formation distributed in Yaoroshi and Azu, Hanno City were compared with those rocks in the Nakatsugawa area of the Okuchichibu. The Hanno chert gravel has a different color tone, major and trace element compositions from those rocks occurred in the Nakatsugawa area. The Hanno hornfels gravel also showed distinctly different characteristics from those rocks in the area. These petrological features suggest that the source of Hanno gravel is not in the Nakatsugawa area.

Key words : Saitama Prefecture, Hanno Formation, Nakatsugawa, Gravel, Chert, Hornfels