

関東平野西縁部, 飯能層上部層に含まれるアルカリ玄武岩礫

関根 栄一* 川野 良信**

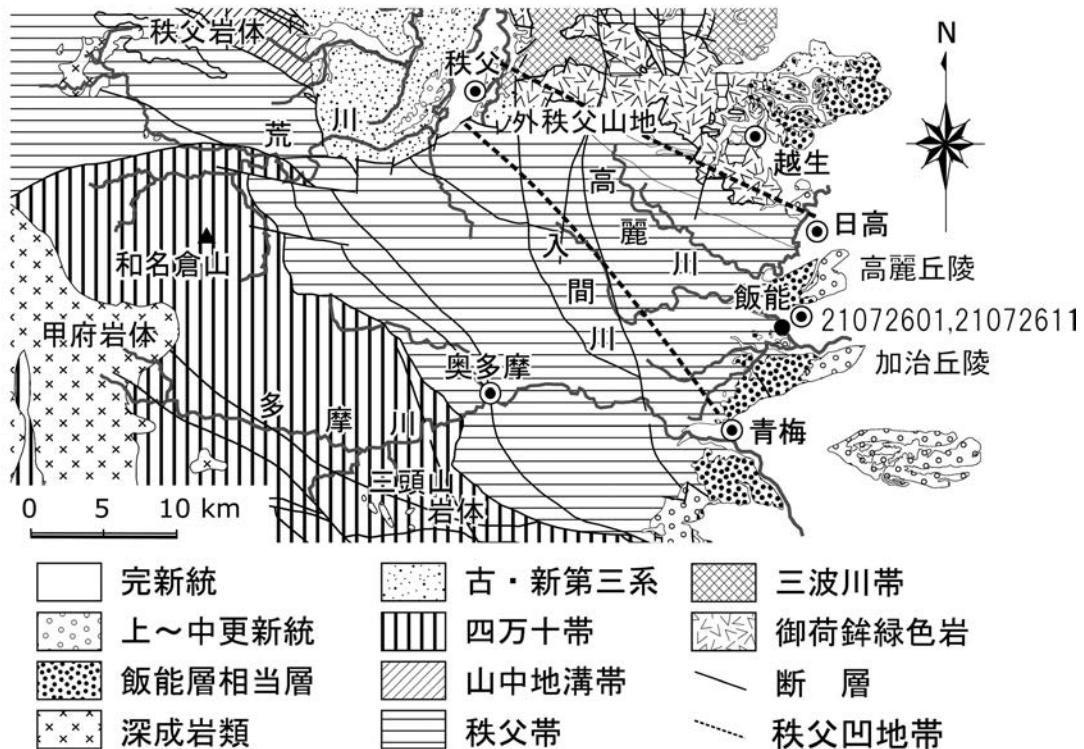
キーワード：関東平野, 飯能層, 礫, アルカリ玄武岩

I. はじめに

関東平野西縁に分布する鮮新-更新統の飯能層上部層は、飯能層下部層をオーバーラップして重なり、上位の仏子層とは整合関係にある(正田・関東平野西縁丘陵団体研究グループ 2018)。本層は、礫支持の中礫~巨礫サイズの円礫~亜円礫層であり、含まれる礫種は砂岩、泥岩、チャート、石英閃緑岩、ホルンフェルス、玄武岩などであり(植木・酒井 2007)、淘汰は悪い(石垣・竹越 1982)。これら礫の供給経路については、多摩川説と秩父凹地帯説の2つが提案されている(第1図)。多摩川説は、礫の種類、形状、堆積構造(石垣・竹越 1982)、

ホルンフェルス礫の化学組成(加賀美・谷口 1997)、赤色頁岩礫から産出する放射虫化石(松岡 1998)、関東山地東縁の接峰面(加賀美ほか 1996)から支持されている。これに対し、秩父凹地帯説では、凹地帯(堀口 1973)を流れてきた河川を供給経路とし(清水 1987; 角田 1991)、現在荒川上流部に分布する秩父岩体または甲府岩体から深成岩礫が供給されたと想定されている(清水 1987)。近年、関根(2023)は、飯能層上部層礫の供給経路を明らかにすることを目的に、飯能層上部層中の深成岩礫の地球化学的研究を行い、甲府岩体徳和型がその供給源であると結論づけた。

その一方で、筆者らは比較的新鮮な礫として飯能層上



第1図 関東山地の地質概略図(埼玉県地質図編纂委員会, 1998を一部改変)。

秩父凹地帯は山中地溝帯、秩父盆地を経て、高麗川流域に続いているが、秩父盆地以東の部分のみ示している。
●は試料採取地点。

* 立正大学大学院地球環境科学研究科

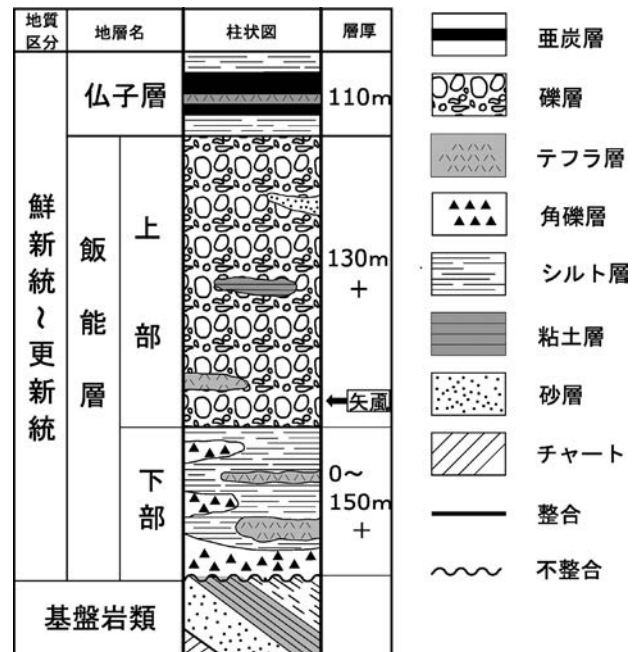
** 立正大学地球環境科学部

部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と岩石化学的特徴を比較し、飯能層礫の供給源について検討を行った（川野・関根 2022）。今回、その試料の一部である飯能層礫の鏡下観察を行ったところ、川野・関根（2022）でホルンフェルスとした2試料が玄武岩であることが新たに明らかになった。そこで、岩石化学的特徴が類似する房総半島と三浦半島に分布するアルカリ玄武岩（平野・奥澤 2002；谷口・小川 1990）と比較し、飯能層上部層のアルカリ玄武岩礫から推定される礫の供給経路について検討する。

II. 地質概略

1. 基盤岩類

調査地域の周辺には、基盤岩類として、秩父帯、御荷鉾緑色岩、三波川帯、山中地溝帯、四万十帯、古・新第三系および深成岩が分布している（第1図）。秩父帯は、砂岩、チャート、緑色岩、頁岩、砂岩泥岩互層からなり（竹越ほか 1979）、産出する放散虫化石より前期ジュラ紀に堆積したと推定されている（指田 1992）。御荷鉾緑色岩は、変成作用を被った苦鉄質火山岩類およびハンレイ岩を主体とし（牧本・竹内 1992）、その変成年代として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）。三波川帯は、主として泥質および苦鉄質の結晶片岩から構成され、変成年代は60～84 Maと推定されている（植田ほか 1977；平島ほか 1992；宮下・板谷 1997）。山中地溝帯は、秩父盆地（秩父の北西域の盆地）の西端から秩父帯中に北西-南東方向に幅2～4 km、総延長40 kmにわたってのびる地溝状の白亜系で、泥岩、砂岩、礫岩から構成され石灰岩を挟む場合もある（武井 1963；1964）。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）。また、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）。古・新第三系は秩父盆地を中心に東西13～15 km、南北10～13 kmの範囲に分布し、およそ5000 mの層厚を有する礫岩、砂岩、泥岩、砂岩泥岩互層からなる（牧本・竹内 1992）。関東山地には、甲府岩体、三頭山岩体、秩父岩体などの中新世の深成岩体が露出しており、いずれも中粒から粗粒の花崗閃緑岩～トータル岩から構成されている（角田・清水 2010；佐藤 2011；高橋ほか 2023）。



第2図 飯能層の模式柱状図。

竹越ほか（1979）を一部改変。仏子層は下部のみ示している。四角で囲んだ矢風が試料採取層準である。

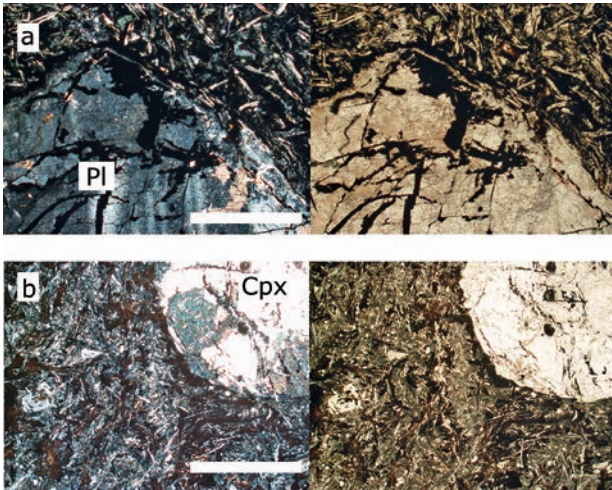
2. 飯能層

飯能層は、関東山地を構成する基盤岩にアバットして堆積しており、加治丘陵では、仏子層に整合に覆われている（正田・関東平野西縁丘陵団体研究グループ 2018）（第2図）。飯能層下部層は、最下部に角礫層、その上にテフラを挟んだシルト層が分布しており、これらは関東平野発生初期に基盤の陥没によって堆積したとされている（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、飯能層下部層をオーバーラップして堆積する円礫層を主体とし、砂層、粘土層、テフラ層を挟み、130 m以上の層厚をもつと推定されている（竹越ほか 1979）。

III. 産状および鏡下観察

本論で議論する飯能層上部層礫は、埼玉県飯能市矢風に位置する飯能大橋下流約100 mの入間川左岸の露頭から採取された（川野・関根 2022）。この地点の川岸は河床礫の下に厚さ約30 cmの矢風テフラ層が堆積し、その下にシルト層を挟み、礫層が堆積した高さ3 mほどの崖になっている。採取した礫は2試料で、いずれも拳大の円礫であり、表面が灰色を呈する場合もあるが、内部は黒色緻密で比較的新鮮である。

試料21072601は、斑状組織を呈する半晶質の玄武岩で、斑晶として斜長石、単斜輝石を含み、斜長石、不透明鉍



第3図 飯能層上部層礫の岩石薄片写真.

a. 21072601, b. 21072611. 左: cross nicols, 右: open nicol. スケールは1 mm. Pl: 斜長石, Cpx: 単斜輝石.

物, メソスタシスからなる石基から構成される. 斑晶の斜長石は, 長辺が最大6.3 mm, 短辺が最大4 mmの自形~半自形, 卓状を呈している. アルバイト式双晶が発達するが, 中央部ではソーシライト化が進んでいる. 単斜輝石は長辺が最大5.4 mm, 短辺が1.8 mmの自形~半自形を呈しており, 変質が進んでいる. 多色性はほとんどみられず, 裂罅が発達している. 斑晶は薄片の面積 10 cm^2 に4個程度みられる. 石基には幅0.02~0.04 mm, 長さ0.3~0.8 mm程度の拍子木状の斜長石が含まれる. 不透明鉱物は長辺0.1 mm, 短辺0.05 mm程度の四角形もしくは不規則な形状を示す. 火山ガラスは濃褐色で粒子間を埋めている (第3図a).

試料21072611は, 斑状組織を呈する半晶質の玄武岩で, 斑晶としてかんらん石もしくは単斜輝石を含み, 斜長石, 不透明鉱物, メソスタシスからなる石基から構成される. 斑晶のかんらん石もしくは単斜輝石は丸みをおびていて, そのほとんどが方解石により置換されており, もとの鉱物を同定するのは困難である. 斑晶は, 長径が最大3.9 mm, 短径が最大2.5 mmの楕円形を呈している. 多くの結晶に裂罅がみられる. 多色性はほとんどみられない. 長径が2 mm程度のものが多い. 斑晶は薄片の面積 4 cm^2 に2個程度の割合でみられる. 石基は主に幅0.02 mm, 長さ0.3~0.8 mm程度の拍子木状の斜長石からなるが, 長さ1 mm程度のやや大きなものもみられる. 不透明鉱物は不規則な形状を示し, 0.1~0.2 mm程度の大きさである. 褐色の火山ガラスが粒子間を埋めている (第3図b).

IV. 全岩化学分析

1. 分析方法

川野・関根 (2022) で報告された飯能層上部層 (矢風) 2試料について, 新たに粉碎作業からやり直し, 全岩化学主成分・微量成分元素および希土類元素分析を行った. 分析は川野・関根 (2022) と同一の条件で行った. 岩石は, 岩石カッターで新鮮部を切り出した後, 鉄乳鉢で粗く粉碎し, メノウ製のボールミルで細粉化を行い, 最終的にメノウ乳鉢で極粉化した. その後, 粉末試料は 900°C で12時間以上の強熱処理を行い, 融剤 (四ホウ酸リチウム) と希釈率1:2で混合し, ガラスビードを作成した. 主成分・微量成分元素分析は, 川野 (2010) に基づき立正大学地球環境科学部環境システム学科設置の波長分散型蛍光X線分析装置 (リガク社製ZSX Primus II) を用いて行った. ただし, 川野 (2010) から分析条件を改善し, 理論マトリックス補正計算はde Jonghモデルを用い, Loss on ignition (L.O.I.) を含む補正計算 (山田 2010) を施した. 測定した元素は, Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Pの主成分と, Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Nb, Ni, Pb, Rb, Sr, Th, V, Y, Zn, Zrの微量成分元素の合計25元素である. 飯能層上部層玄武岩礫2試料は, 川野・関根 (2022) の試料と合わせ, 分析値の精度を見積もるためにいずれも5回測定を行い, それらの平均値, 標準偏差 (2σ) を以下の考察に用いた. 希土類元素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レーザーアブレーション誘導結合質量分析装置 (New Wave Research社製UP-213Ndおよびパーキンエルマー社製NexION2000) を用いて行った. 分析手法は川野・清水 (2017) に準じ, XRFで今回求めたYの平均値を内標準元素として測定元素の補正を行った. 測定した希土類元素はLaからLuまでのランタノイド14元素である.

2. 主成分および微量元素組成

川野・関根 (2022) の公表値と今回同一のビードの再測定結果の平均値をTotal 100%にノーマライズして比較すると21072601では SiO_2 と Fe_2O_3 が $0.14\text{ wt}\%$, 21072611では SiO_2 と Fe_2O_3 が $0.06\text{ wt}\%$ の差がみられたのが最大であり, その他の主成分元素の差は $0.05\text{ wt}\%$ 以下であった. そこで以下の検討では今回の測定結果を用いることとする.

以前のビードと今回作成したビードの主成分元素については, ほとんどの元素において 2σ が $0.1\text{ wt}\%$ を下回

第1表 飯能層上部層玄武岩礫の全岩化学組成

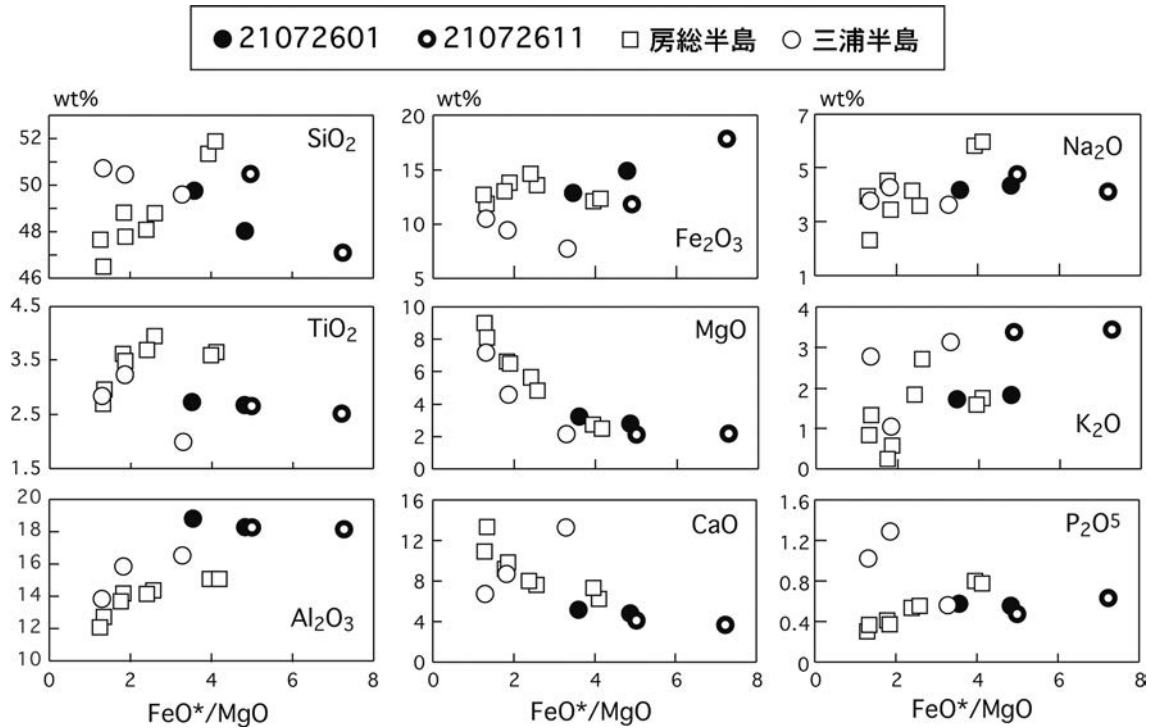
Sample No.	21072601				21072611			
	2021/9作成	2 σ	2023/11作成	2 σ	2021/9作成	2 σ	2023/11作成	2 σ
SiO ₂ (wt%)	49.83	0.15	48.15	0.16	50.57	0.07	47.15	0.06
TiO ₂	2.75	0.01	2.70	0.01	2.68	0.01	2.55	0.01
Al ₂ O ₃	18.91	0.05	18.38	0.04	18.42	0.08	18.22	0.03
Fe ₂ O ₃	12.74	0.02	14.97	0.06	11.75	0.02	17.72	0.07
MnO	0.11	0.00	0.10	0.00	0.07	0.00	0.07	0.00
MgO	3.24	0.01	2.80	0.02	2.12	0.02	2.21	0.02
CaO	5.28	0.01	4.96	0.02	4.24	0.01	3.80	0.01
Na ₂ O	4.25	0.04	4.39	0.02	4.79	0.02	4.18	0.02
K ₂ O	1.70	0.01	1.86	0.01	3.36	0.01	3.47	0.01
P ₂ O ₅	0.58	0.01	0.57	0.01	0.48	0.00	0.63	0.00
Total	99.39		98.88		98.48		100.00	
FeO*/MgO	3.54		4.81		4.99		7.22	
Na ₂ O+K ₂ O	5.95		6.25		8.15		7.65	
Ba (ppm)	242	12.15	245	3.69	323	4.28	348	6.08
Co	69.9	1.68	56.6	1.94	41.1	1.10	45.7	1.44
Cr	184	3.37	169	6.21	121	3.12	137	5.66
Cu	73.4	3.25	89.8	2.35	83.0	1.82	16.9	3.27
Ga	24.0	0.57	24.1	0.39	20.4	0.36	22.6	0.36
Nb	29.1	1.19	29.7	0.47	28.9	0.92	28.2	0.79
Ni	115	1.54	105	2.30	73.6	0.72	70.9	2.71
Pb	2.73	1.81	2.69	1.34	3.37	0.99	2.87	0.59
Rb	33.5	1.12	39.0	0.97	66.8	0.64	66.1	1.15
Sr	458	2.09	444	1.82	722	1.57	850	4.01
Th	1.47	0.96	1.48	0.84	1.99	1.65	1.09	1.31
V	239	3.48	236	2.23	234	6.05	278	5.09
Y	38.8	0.96	41.9	1.01	66.5	0.81	89.5	1.11
Zn	302	0.92	269	2.54	185	0.77	192	0.97
Zr	231	1.04	238	1.01	226	0.82	224	0.74
Zr/Y	5.95		5.68		3.40		2.50	

全鉄を Fe₂O₃として表示している. FeO* = 0.9 Fe₂O₃

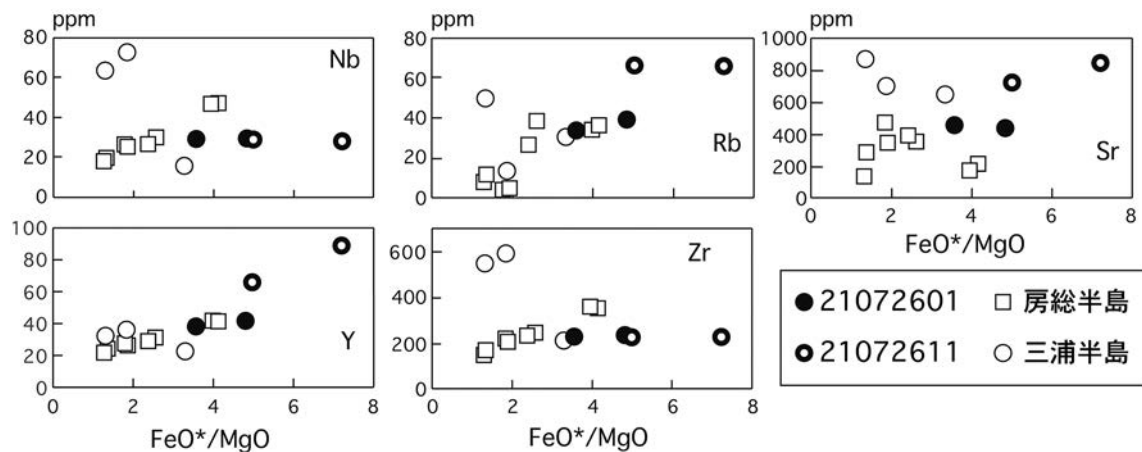
る。2 σ が0.1 wt%を上回るものは、21072601のSiO₂ (0.15 wt%, 0.16 wt%)である。次に微量元素では2 σ が10 ppmを上回るものは、21072601のBaのみである。以前のビードと今回作成したビードの測定結果を第1表に示した。今回作成した2試料のSiO₂は48.15 wt% (以前のビードは49.83 wt%)と47.15 wt% (以前のビードは50.57 wt%), Fe₂O₃は14.97 wt% (以前のビードは12.74 wt%)と17.72 wt% (以前のビードは11.75 wt%), MgOは2.80 wt% (以前のビードは3.24 wt%)と2.21 wt% (以前のビードは2.12 wt%)であり、以前のビードと今回作成したビードの測定結果に有意の差がみられた。第4図aに主成分元素の分布図を示す。比較のために、房総半島葉

山-嶺岡帯に分布するアルカリ玄武岩 (平野・奥澤2002), 三浦半島葉山-嶺岡帯のアルカリ玄武岩 (谷口・小川1990)のデータも示した。

飯能層上部層玄武岩礫は房総半島や三浦半島のアルカリ玄武岩に比して、高いFeO*/MgOを示している。飯能層上部層玄武岩礫の2試料はFeO*/MgOの違いにかかわらず、TiO₂は2.5~2.8 wt%程度であるが、房総半島のアルカリ玄武岩と比較するとTiO₂含有率は低く、三浦半島のアルカリ玄武岩と同程度のTiO₂含有率を示す。Al₂O₃は18 wt%程度で、ほぼ一定の値を示し、房総半島、三浦半島のアルカリ玄武岩と比較し高い値を示す。Fe₂O₃は12~18 wt%程度で、房総半島のアルカリ玄武岩



第4図a 飯能層上部層玄武岩礫の全岩主成分化学組成変化図



第4図b 飯能層上部層玄武岩礫の全岩微量元素化学組成変化図

と同様の値を示し、三浦半島のアルカリ玄武岩より高い値を示す。MgOは2～3 wt%程度、CaOは4～5 wt%程度で、それぞれほぼ一定の値を示し、房総半島、三浦半島のアルカリ玄武岩より低い値を示す。Na₂Oは4～5 wt%程度で三浦半島のアルカリ玄武岩と同様に、ほぼ一定の値を示す。K₂Oは1.7～3.5 wt%程度と、房総半島や三浦半島のアルカリ玄武岩とともに高い値を示す。P₂O₅は0.6 wt%程度で、房総半島のアルカリ玄武岩と同程度の値を示し、三浦半島のアルカリ玄武岩より低い。

第4図bに微量元素元素の分布図を示す。Nb、ZrはFeO*/MgOの違いにかかわらず、房総半島のアルカリ玄武岩と同様にほぼ一定の値を示し、三浦半島のアルカ

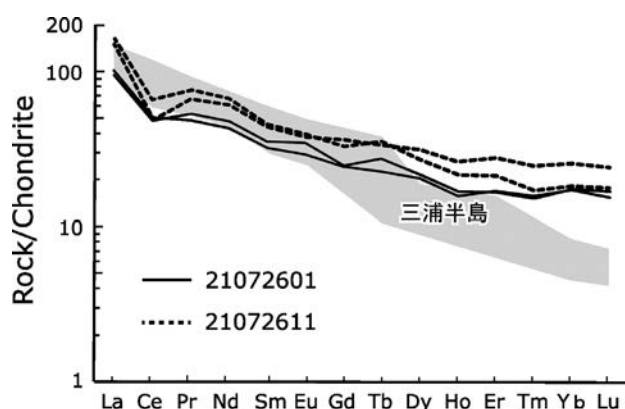
リ玄武岩より低い値を示す。Y、Rbでは21072601は、ほかの2地域と同程度の値だが、21072611はほかの2地域より高い値を示す。Srは21072601が房総半島のアルカリ玄武岩と同程度の値を示すのに対し、21072611は三浦半島のアルカリ玄武岩と同様にやや高い値を示す。

3. 希土類元素組成

希土類元素の分析結果を第2表に示す。以前のビードと今回作成したビードの希土類元素については、ほとんどの元素において2σが1 ppmを下回る。2σが1 ppmを上回るものは、21072601のCe（以前のビード、今回作成のビードとも1.18 ppm）である。Schmitt et al. (1964)

第2表 飯能層上部層玄武岩礫の希土類元素組成

Sample No.	21072601				21072611			
	2021/9作成	2 σ	2023/11作成	2 σ	2021/9作成	2 σ	2023/11作成	2 σ
La (ppm)	22.4	0.56	23.4	0.56	39.1	0.48	35.4	0.44
Ce	47.6	1.18	48.8	1.18	63.5	0.78	47.5	0.59
Pr	7.72	0.19	6.87	0.17	10.8	0.13	9.67	0.12
Nd	33.0	0.82	29.4	0.71	45.9	0.56	42.0	0.52
Sm	8.16	0.20	7.30	0.18	10.7	0.13	10.2	0.13
Eu	2.93	0.07	2.42	0.06	3.31	0.04	3.16	0.04
Gd	7.88	0.20	7.64	0.18	10.4	0.13	11.6	0.14
Tb	1.45	0.04	1.18	0.03	1.86	0.02	1.78	0.02
Dy	7.47	0.19	6.93	0.17	9.34	0.11	10.9	0.13
Ho	1.32	0.03	1.21	0.03	1.66	0.02	2.02	0.03
Er	3.76	0.09	3.76	0.09	4.78	0.06	6.28	0.08
Tm	0.54	0.01	0.54	0.01	0.59	0.01	0.87	0.01
Yb	3.51	0.09	3.41	0.08	3.65	0.04	5.15	0.06
Lu	0.55	0.01	0.50	0.01	0.58	0.01	0.80	0.01



第5図 飯能層上部層玄武岩礫の希土類元素パターン図. 規格化に用いたのは, Schmitt et al. (1964) と Anders and Ebihara (1982) の平均値.

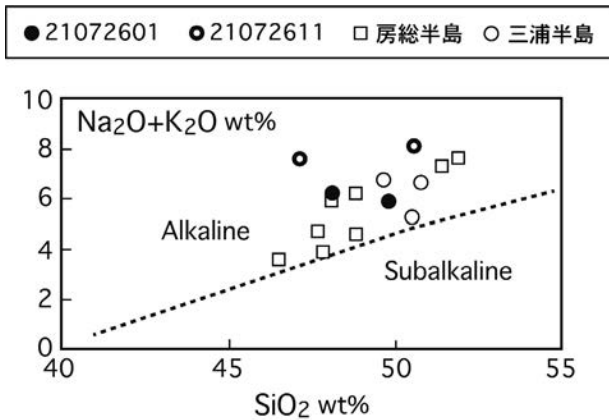
および Anders and Ebihara (1982) の平均値によるコンドライト平均値で規格化した飯能層上部層玄武岩礫の希土類元素パターンを第5図に示す. この図において21072601, 21072611とも軽希土類元素に富み, 重希土類元素に乏しい右下がりのパターンを示すが, その変化は三浦半島のアルカリ玄武岩と比較して, 軽希土類ではほぼ同じパターンを示すが, 重希土類では富んだパターンとなっている. また, 飯能層上部層玄武岩礫の2試料を比較すると21072611が21072601に比して, ほぼすべての希土類元素で富んでおり, Ceの負異常を有している.

V. 考察

前述したように, 飯能層上部層中の玄武岩礫から新たに作成したビードの測定結果は, 川野・関根 (2022) ビードの再測定結果と比較した場合, SiO₂の含有量をはじめ, 多くの元素に組成差が認められる. 同じ礫から粉末試料を作成してはいるが, 試料の不均質性, たとえば斑晶含有量が局部的に異なっていたことなどが原因と考えられる. そこで以下の検討では, 21072601, 21072611の2試料の川野・関根 (2022) ビードの再測定結果と今回作成したビードの測定結果をあわせて検討することとした.

比較に用いたアルカリ玄武岩は, 三浦半島中軸部と房総半島南部に露出している先中部中新統の葉山-嶺岡隆起帯 (高橋・高橋, 2008) に含まれているものである. この先中部中新統は, 四万十帯小仏層群~瀬戸川層群に相当し, プレートの沈み込みに伴い形成された付加体であると考えられており, 著しく変形し複雑な地質構造を有している (高橋・高橋, 2008). 葉山-嶺岡隆起帯には, 超苦鉄質岩類, 玄武岩, ドレライト, ハンレイ岩等の苦鉄質岩類やチャート, 石灰岩等が含まれ, 玄武岩質岩類は断層帯中に産したテクトニックなブロックに由来するものと考えられている (谷口・小川, 1990).

一方, アルカリ玄武岩の産出は, 秩父帯北帯柏木ユニット, 上吉田ユニットからも報告されている (Tominaga and Hara, 2021). しかし, 秩父帯の玄武岩は緑色岩に変成している場合が多く, 黒色を呈し変成作用を被った



第6図 飯能層上部層玄武岩礫のSiO₂-Na₂O+K₂O図.

Alkaline-Subalkalineの境界はMacDonald and Katsura (1964) による.

形跡が認められない飯能層上部層玄武岩礫とは特徴が異なることから、秩父帯の玄武岩 (Tominaga and Hara, 2021) である可能性は低いと判断し、比較対象から除外した.

飯能層上部層玄武岩礫の岩石学的性質を把握する目的で、SiO₂-Na₂O+K₂O図 (第6図) にプロットした. 図にはMacDonald and Katsura (1964) によるアルカリ岩、サブアルカリ岩の境界と、比較のため房総半島と三浦半島のアルカリ玄武岩も示している. 房総半島と三浦半島のアルカリ玄武岩はともにアルカリ岩の領域にプロットされ、飯能層上部層玄武岩礫の21072601は両地域のアルカリ玄武岩の領域に含まれる. 一方、21072611は、両地域のアルカリ玄武岩よりもさらにNa₂O+K₂O含有量が多い範囲にプロットされるが、これは両地域のアルカリ玄武岩に比して主にK₂O含有量が多いためである. K₂O含有量の差は部分溶融の程度の差によるため、房総半島、三浦半島のアルカリ玄武岩よりも飯能層上部層玄武岩礫の方が部分溶融の程度が小さかったと考えられる.

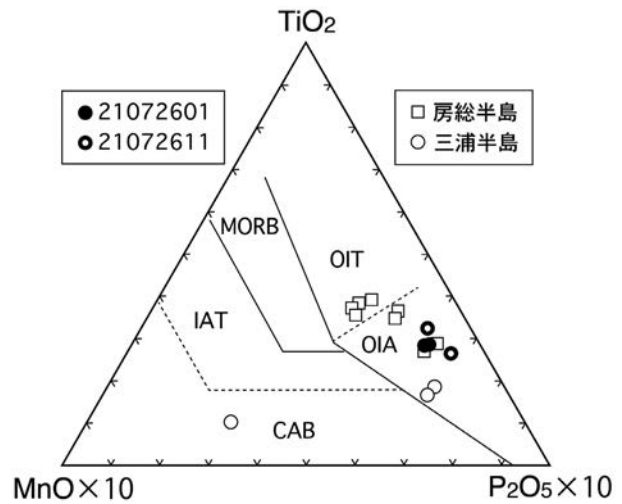
同様に飯能層上部層玄武岩礫の岩石学的性質を把握するため、AFM図 (第7図) にプロットした. 図にはIrvine and Baragar (1971) によるソレイト岩系、カルクアルカリ岩系の境界と、比較のため房総半島と三浦半島のアルカリ玄武岩も示している. 三浦半島の2試料はカルクアルカリ岩の領域にプロットされ、飯能層上部層玄武岩礫2試料は房総半島、三浦半島の両地域のアルカリ玄武岩よりもMgO含有量が少ない範囲にプロットされ、ソレイト岩系の領域に含まれる. 房総半島の全ての試料と三浦半島の1試料はソレイト岩系-カルクアルカリ岩系の境界近傍にプロットされる.

Mullen (1983) によるTiO₂-10MnO-10P₂O₅の三角図



第7図 飯能層上部層玄武岩礫のAFM図.

ソレイト岩系とカルクアルカリ岩系の境界はIrvine and Baragar (1971) による.

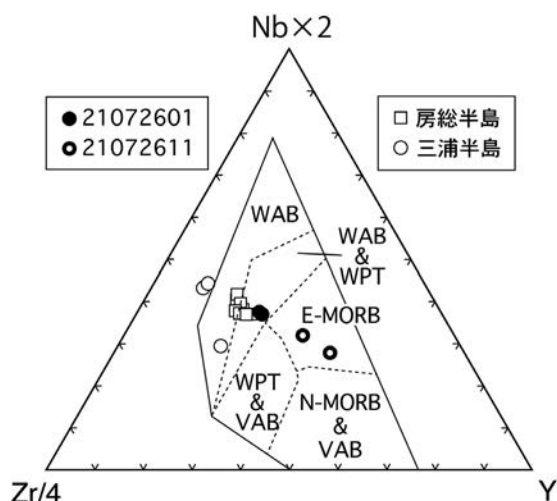


第8図 飯能層上部層玄武岩礫のTiO₂-10MnO-10P₂O₅図.

境界はMullen (1983) による. IAT: 島弧型ソレイト, MORB: 中央海嶺玄武岩, CAB: カルクアルカリ玄武岩, OIT: 海洋島ソレイト, OIA: 海洋島アルカリ玄武岩.

(第8図) によりIAT: 島弧型ソレイト, MORB: 中央海嶺玄武岩, CAB: カルクアルカリ玄武岩, OIT: 海洋島ソレイト, OIA: 海洋島アルカリ玄武岩の区分ができ、これを用いて飯能層上部層玄武岩礫のテクトニクス場の把握を試みた. 飯能層上部層玄武岩礫の2試料と三浦半島の2試料、房総半島のアルカリ玄武岩の半分はOIAの領域に、房総半島の残り半分はOITに、三浦半島の1試料はCABの領域にプロットされる. 飯能層上部層玄武岩礫は両地域と共通に海洋プレートでの火山活動を起源にもつと考えられる.

Meschede (1986) による2Nb-Zr/4-Yの三角図 (第9図) を用いて試料を WAB: プレート内アルカリ玄武岩,



第9図 飯能層上部層玄武岩礫の2Nb-Zr/4-Y図.

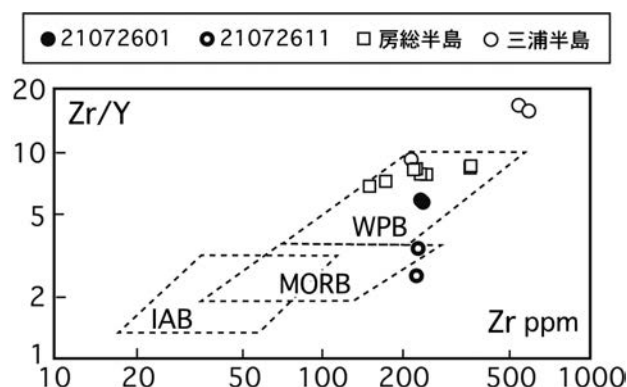
境界はMeschede (1986) による。WAB：プレート内アルカリ玄武岩，WPT：プレート内ソレイト，VAB：島弧玄武岩，E-MORB：富化中央海嶺玄武岩，N-MORB：正常中央海嶺玄武岩。

WPT：プレート内ソレイト，VAB：島弧玄武岩，E-MORB：富化中央海嶺玄武岩，N-MORB：正常中央海嶺玄武岩のいずれかに区分し，飯能層上部層玄武岩礫のテクトニクス場を把握した。房総半島と三浦半島のアルカリ玄武岩はともにWABもしくはWAB & WPTの領域にプロットされ，プレート内の海洋島が起源と考えられる。21072601は両地域と同じくWAB & WPTの領域にプロットされ，プレート内の海洋島が起源と考えられる。21072611は他の地域に比べYの含有量が高いため，E-MORBの領域にプロットされ中央海嶺とホットスポットが重なる場所に起源をもつと考えられる。

同様に飯能層上部層玄武岩礫のテクトニクス場を把握するため，Pearce and Norry (1979) によるZr-Zr/Yの分布図（第10図）を用い，試料がIAB：島弧型玄武岩，MORB：中央海嶺玄武岩，WPB：プレート内アルカリ玄武岩のいずれに属するか区分を行った。房総半島のすべてと三浦半島の1試料，21072601はWPBの領域にプロットされプレート内の海洋島を起源とする共通の性質を示す。21072611はY含有量がほかの試料と比べて高いため，MORB領域内とその近傍にプロットされ，中央海嶺を起源とすると考えられる。

上記の結果をまとめると，飯能層上部層玄武岩礫21072601はプレート内アルカリ玄武岩，21072611は中央海嶺玄武岩またはプレート内アルカリ玄武岩であると考えられ，葉山-嶺岡隆起帯のアルカリ玄武岩と共通する特徴もっていることから，四万十帯に含まれていた海洋プレート起源のアルカリ玄武岩である可能性が高い。

次に飯能層上部層玄武岩礫の供給経路について考察す



第10図 飯能層上部層玄武岩礫のZr-Zr/Y図.

境界はPearce and Norry (1979) による。IAB：島弧型玄武岩，MORB：中央海嶺玄武岩，WPB：プレート内アルカリ玄武岩。

る。飯能層上部層玄武岩礫は，房総半島，三浦半島の葉山-嶺岡隆起帯のアルカリ玄武岩と同様に四万十帯中にブロックとして存在したと考えられ，そのアルカリ玄武岩ブロックから河川によって侵食された礫が運搬され，飯能層上部層にもたらされたと推定される。その河川は前述した多摩川水系もしくは秩父凹地帯を流れていた河川のいずれかである。多摩川水系は，飯能層上部層玄武岩礫の供給源と推定される四万十帯を上流域としており，飯能層上部層堆積時に四万十帯内のアルカリ玄武岩を供給した可能性がある。次に秩父凹地帯を流れていた河川について検討する。現在の荒川流域は四万十帯内にあり飯能層上部層玄武岩礫が荒川を經由して秩父凹地帯に供給された可能性がある。加賀美ほか（1996）は関東山地東縁の接峰面の検討から，飯能層上部層堆積時に現在の外秩父山地の地域を越えて関東平野に流れ込んでいた河川が存在した可能性は低いとしているが，前述のように秩父凹地帯を流れていた河川が飯能層上部層礫の供給源である可能性は残されており，供給経路の決定には検討が必要である。

VI. まとめ

今回の飯能層上部層から発見されたアルカリ玄武岩礫は，四万十帯の葉山-峰岡隆起帯のアルカリ玄武岩といくつかの元素では差がみられるが，共通する化学的性質も示す。したがって飯能層上部層アルカリ玄武岩礫は四万十帯に含まれていた岩体と同様に海洋プレート起源であり，岩体が侵食され礫となり河川によって運搬され飯能層上部層内に堆積したと推定される。また，その供給経路は四万十帯を上流域にもつ多摩川水系または秩父凹地帯内を流れていたとされる河川のいずれかであると

考えられる。一方で飯能層上部層アルカリ玄武岩礫は、三浦半島の葉山-嶺岡帯のアルカリ玄武岩とは異なる重希土類側のREEパターンを示す。そのため今後は飯能層上部層アルカリ玄武岩礫の試料の充実とともに、四万十帯に含まれる玄武岩についての情報収集・比較検討が重要であろう。

謝辞

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。また匿名の査読者には、原稿の改善に関する多くのご教示をいただいた。以上の方々に心から感謝いたします。

引用文献

Anders E. and Ebihara M. (1982) Solar-system abundances of the elements. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46 : 2363-2380.

平野直人・奥澤康一 (2002) 房総半島嶺岡帯西部のアルカリ玄武岩に取り込まれた砂岩の産状とそのテクトニクス上の意義. *地質雑*, 108 : 691-700.

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. *地質雑*, 98 : 445-455.

堀口萬吉 (1973) 関東山地北東部の地形について. *埼玉大学教養部紀要*, 自然科学, 8 : 83-89.

Irvine T.N. and Baragar W.R. (1971) A Guide to the Chemical Classification of Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8 : 523-54.

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.

加賀美英雄・岡野裕一・力田正一・松本昭二・阿比留 稔・相田一郎 (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 (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・関根栄一 (2022) 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. *地球環境研究*, 24 : 1-11.

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.

MacDonald G.A. and Katsura T. (1964) Chemical composition of Hawaiian lavas. *Jour. Petrol.*, 5 : 82-133.

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*, 136p.

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射虫化石を含む赤色頁岩礫の意義. *地球科学*, 52 : 324-328.

Meschede M. (1986) A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb 1bZr 1bY diagram. *Chemical Geology*, 56 : 207-218.

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.

Mullen E.D. (1983) MnO/TiO₂/P₂O₅: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 62 : 53-62.

Pearce J.A. and Norry M.J. (1979) Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 69 : 33-47.

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.

指田勝男 (1992) 埼玉県飯能市正丸峠-東吾野地域より産する前期ジュラ紀放射虫. *大阪微化石研究会誌, 特別号* : 35-46.

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.

Schmitt R.A., Smith R.H. and Olehy D.A. (1964) Rare-earth, yttrium and scandium abundances in meteoritic and terrestrial matter - II. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 28 : 67-86.

関根栄一 (2023) 関東平野西縁部, 飯能層上部層に含まれる深成岩礫の供給源. *地球科学*, 77 : 65-81.

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.

高橋美織・関根栄一・川野良信 (2023) 埼玉県北西部, 秩父トータル岩体の地球化学的研究. *埼玉県立自然の博物館研究報告*, 17 : 29-44.

高橋直樹・高橋雅紀 (2008) 日本地方地質誌3 関東地方. 朝倉書店: 130-132.

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射虫化石の産出. *地質雑*, 95 : 483-485.

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*

- 雑, 85 : 557-569.
- 武井暁朔 (1963) 山中地溝帯東部白亜系の層序と構造. 地質雑, 69 : 130-146.
- 武井暁朔 (1964) 山中地溝帯東部白亜系の地史. 秩父科博研報, 12 : 17-27.
- 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. 地質雑, 96 : 101-116.
- Tominaga K. and Hara H. (2021) Paleogeography of Late Jurassic large-igneous-province activity in the Paleo-Pacific Ocean: Constraints from the Mikabu greenstones and Chichibu accretionary complex, Kanto Mountains, Central Japan. *Gondwana Research*, 89 : 177-192.
- 角田史雄 (1991) 奥武蔵振動地塊の提唱. 埼玉大学紀要自然科学篇, 27 : 57-77.
- 角田謙朗・清水正明 (2010) 三峯地域の地質, 第8章 新第三紀深成岩類及び岩脈. 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 : 62-83.
- 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.
- 山田康治郎 (2010) 鉍石・岩石分析等で有効なガラスピ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.

Alkaline basalt gravels in the upper part of the Hanno Formation, western part of the Kanto Plain

SEKINE Eiichi*, KAWANO Yoshinobu**

* Graduate School of Geo-environmental Science, Risscho University

** Faculty of Geo-environmental Science, Risscho University

Abstract :

The authors have been working on the constraints of the supply route of gravels in the upper part of the Hanno Formation, and as part of this research, we have focused on the hornfels contained in the upper part of the Hanno Formation. In this study, it is clarified that two samples named Hornfels by Kawano and Sekine (2022) are alkaline basalts. The discovery of alkaline basalts from the upper part of the Hanno Formation suggests that alkali basalts originated in the oceanic plate were added to the Japan archipelago like the Hayama-Mineoka uplift zone in the Shimanto belt, and supplied gravels to the upper part of the Hanno Formation.

Key words : Kanto Plain, Hanno Formation, Gravel, Alkaline Basalt