

## 山中地溝帯中の閃緑岩と秩父トータル岩の化学組成

杉内由佳 (川の博物館)

### 1. はじめに

関東山地北東部の秩父盆地には、砂岩・泥岩・礫岩やそれらの互層などからなる新第三紀中新統が分布している。中新統は、下位より牛首層・富田層・子ノ神層・宮戸層などに区分される(秩父盆地団体研究グループ, 1999)。

このうち子ノ神層は、主に淡緑～緑灰色の細粒凝灰岩～凝灰質細粒砂岩からなる。層厚は場所によって異なり、数m～最大260mである。とくに北西部で厚く、東部に向かって徐々に薄く、南部に向かっては急激に薄くなる(秩父盆地団体研究グループ, 1999, 2004, 2009)。子ノ神層の凝灰岩中のジルコンのFT年代は  $16.0 \pm 0.7\text{Ma}$  である(大平・秩父盆地団体研究グループ, 2006)。

この凝灰質岩の給源は不明であるが、足立(1991)は、子ノ神層中の凝灰岩について、噴出源は堆積盆地内かあるいはそこにきわめて近い場所であるとしている。当時の後背地であった盆地の西側地域には、黒川地域、茂来山付近、大日向地域などで基盤の中・古生界に貫入する深成岩類が知られており、これらの中には前～中期中新世に活動した(藤本,

1958)とされるものもある。後背地の隆起にともなって火山活動の際は剝削を受け、地下で形成された深成岩が、現在地表に露出している可能性が考えられる。

秩父盆地の北西方向、埼玉県秩父郡小鹿野町から長野県佐久郡佐久町まで約40km、幅約2～4kmの帯状に続く山中地溝帯の西域にも白亜系を貫く閃緑岩が分布し、群馬県上野村黒川地域では閃緑岩の貫入によって周囲の岩石が熱変成を受け、ホルンフェルス化している(武井ほか, 1977, 図1)。この貫入岩体の化学組成や年代は知られていないが、子ノ神層の凝灰質岩の給源候補の一つではないかと考えられる。

今回、子ノ神層の凝灰質岩の給源候補をさぐるために、山中地溝帯の上野村の貫入岩体の石英閃緑岩と、参考として秩父トータル岩について、岩石の薄片観察と主成分および微

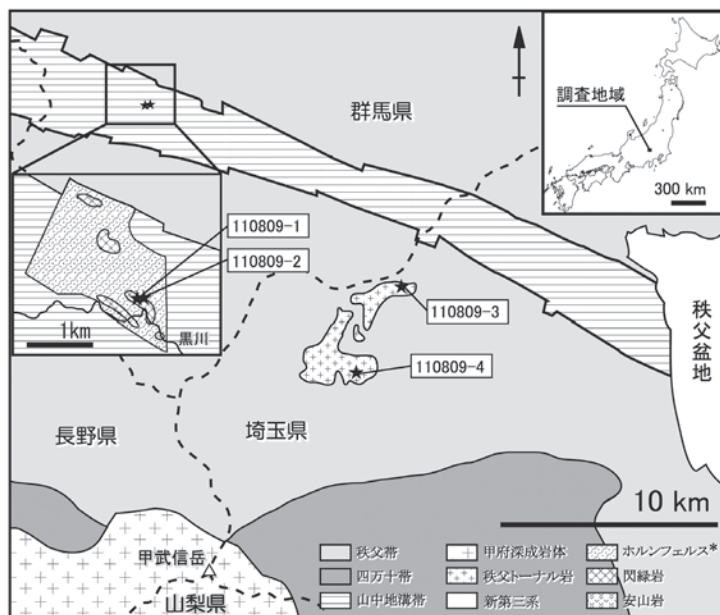


図1 調査地域および地質概略図

日本の地質「関東地方」編集委員会, 1986; 武井ほか, 1977を一部改変  
\*山中地溝帯白亜系がホルンフェルス化している地域

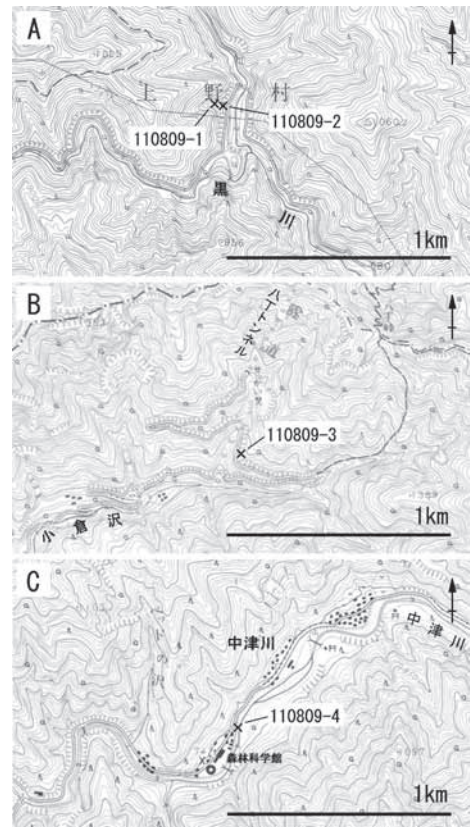


図2 試料採取地点

国土地理院2万5千分の1地形図、  
A: 十石峠, B: 両神山, C: 中津峡図幅を一部改変

量元素組成を求めたので結果を報告する。

秩父トータル岩は、ジュラ紀付加体とされる秩父帯中に貫入した 6.8 ~ 5.3Ma の岩体で、北部岩体と南部岩体に細分される（原ほか, 2010, 図 1）。

## 2. 試料採取地

本研究では、山中地溝帯の群馬県上野村黒川地域の沢で閃緑岩を 2 カ所（110809-1, 110809-2）から（図 1, 図 2-A）、秩父トータル岩の北部岩体にあたる八丁トンネル下で 1 カ所（110809-3）から（図 1, 図 2-B）、南部岩体にあたる森林科学館付近の中津川沿いで 1 カ所（110809-4）から（図 1, 図 2-C）採取し試料とした。

## 3. 実験方法

4 つの試料について、岩石の一部からプレパラート薄片を作成し鏡下での観察を行った。

全岩化学分析用の試料は、ハンマーで岩石を数 cm の大きさに砕き、風化している部分やゼノリスが含まれないよう取捨選択したものを、ジョークラッシャーで  $\phi$  2 ~ 3cm 大に砕いた。さらに、ブラウクラッシャーで粉状にした。この試料を四分法により 5g 程度分け取り、アルミナ乳鉢で粉末化した。試料は石英ルツボに入れて電気炉で 900°C で恒量させた。恒量した試料と、融剤（四ホウ酸リチウム）を 1:2 で溶融させ、ガラスビード（ガラス円盤）を作製した。

主成分化学組成（10 元素）および Ba 等の微量元素組成を、ガラスビードを用いて XRF（蛍光 X 線分析, リガク社製 ZSX Primus II）で川野（2010）に従い分析した。同じビードを用いて LA-ICP-MS（レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析装置, セイコー社製 SPQ9010 と SETAC 社製 LSX-200）で希土類元素を中心に 18 元素を新藤ほか（2009）に従い分析した。

LA-ICP-MS の測定値を定量化するために、XRF で分析した Y の値を用いて規格化を行った。また、分析値の信頼性を確かめるために、XRF と LA-ICP-MS では未知試料とともに、（独）産業技術総合研究所の岩石標準試料（Imai *et al.*, 1995）JB-1a, JA-3, JG-1a の 3 試料を分析した。

## 4. 結果

### 4-1. 岩石記載

今回採取した試料の肉眼および顕微鏡下での観察結果は以下の通りである（図 3 参照）。

#### 1. 上野村 A [110809-1]: 閃緑岩 (図 3-1)

肉眼的には変質した閃緑岩とみられるような岩石であるが、顕微鏡下では再結晶化作用が進み、斜長石はセリサイト化作用を受け、マフィック鉱物が緑泥石に交代している。再結晶化が進んでいるために一見斑状組織を示しているが、基質様にみえるところがより再結晶化が進んだ部分である。

主成分鉱物：斜長石、他は変質が進んでいるため、はっきりしない。

副成分鉱物：磁鉄鉱

二次鉱物：緑泥石、緑簾石、セリサイト、イライト、方解石、黄鉄鉱

#### 2. 上野村 B [110809-2]: 閃緑岩 (図 3-2)

完晶質組織を示す。数 100  $\mu$ m 程度のやや大きな結晶をさらに中粒の結晶が埋めている。普通輝石が変質作用を受け、緑泥石に交代している。また、方解石も晶出している。斜長石は累帯構造を示すものが多い。

主成分鉱物：斜長石、普通角閃石、普通輝石

副成分鉱物：磁鉄鉱

二次鉱物：緑泥石、緑簾石、方解石

#### 3. 秩父北部岩体 [110809-3]: 石英閃緑岩 (図 3-3)

完晶質等粒状組織で、結晶は中粒。斜長石は累帯構造を示すものが多い。

主成分鉱物：斜長石、普通角閃石、黒雲母、普通輝石、石英

副成分鉱物：磁鉄鉱

#### 4. 秩父南部岩体 [110809-4]: 石英閃緑岩 (図 3-4)

完晶質等粒状組織で、結晶は中粒。斜長石は累帯構造を示すものが多い。

主成分鉱物：斜長石、普通角閃石、黒雲母、普通輝石、石英

副成分鉱物：磁鉄鉱

### 4-2. 化学組成

XRF による分析結果を表 1 に、LA-ICP-MS による分析結果を表 2 に示した。表 1 および表 2 の試料番号はそれぞれ、1: 上野村 A, 2: 上野村 B, 3: 秩父北部岩体, 4: 秩父南部岩体, 5: JB-1a, 6: JA-3, 7: JG-1a である。LA-ICP-MS による分析結果の誤差は、計数誤

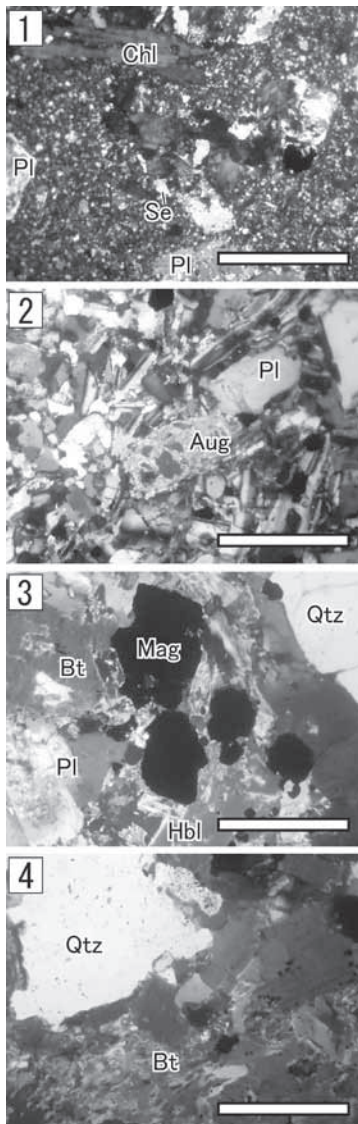


図3 岩石の薄片写真(クロスニコル)  
 1: 1 上野村 A[110809-1], 2: 上野村 B[110809-2], 3: 秩父北部岩体 [110809-3], 4: 秩父南部岩体 [110809-4]、図中のスケールは0.5mm、Pl: 斜長石, Hbl: 普通角閃石, Aug: 普通輝石, Bt: 黒雲母, Qtz: 石英, Mag: 磁鉄鉱, Chl: 緑泥石, Se: セリサイト

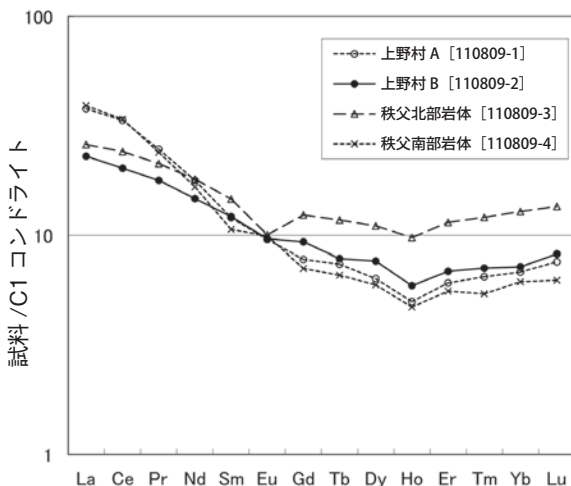


図4 REE パターン

表1 XRF の分析結果

試料	1	2	3	4	5	6	7
主成分化学組成 (%)							
SiO <sub>2</sub>	63.59	58.88	61.71	65.17	51.69	61.49	71.91
TiO <sub>2</sub>	0.49	0.63	0.58	0.46	1.3	0.70	0.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.36	17.36	15.45	16.22	14.81	15.60	13.35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.49	8.12	6.85	5.51	9.00	6.59	2.29
MnO	0.27	0.22	0.12	0.082	0.15	0.10	0.057
MgO	2.38	3.30	3.12	2.32	7.75	3.65	0.63
CaO	5.31	7.39	6.13	5.29	9.33	6.35	2.14
Na <sub>2</sub> O	2.77	2.87	2.88	2.99	2.82	3.21	3.35
K <sub>2</sub> O	1.75	0.45	1.43	1.37	1.40	1.41	4.05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.10	0.08	0.08	0.25	0.11	0.083
total	97.50	99.32	98.35	99.49	98.50	99.21	98.11
微量元素組成 (ppm)							
Ba	574	252	332	314	494	320	480
Co	13	20	17	9	40	21	6
Cr	167	141	78	67	425	61	11
Cu	66	82	6	104	56	49	4
Ga	16	17	15	15	18	16	15
Nb	3	2	3	3	26	3	10
Ni	26	22	18	14	113	29	9
Pb	8	9	6	6	7	8	27
Rb	52	9	42	45	40	35	177
Sr	258	293	179	238	439	270	164
Th	6	4	4	4	11	4	14
V	117	171	169	115	208	161	25
Y	15	16	25	13	22	22	32
Zn	90	128	35	36	79	65	37

1: 上野村 A[110809-1], 2: 上野村 B[110809-2], 3: 秩父北部岩体 [110809-3],  
 4: 秩父南部岩体 [110809-4], 5: JB-1a, 6: JA-3, 7: JG-1a,  
 \* 全鉄を Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> として示した

表2 LA-ICP-MS の分析結果

試料	1	2	3	4	5	6	7	誤差(%)*
微量元素組成 (ppm)								
La	12.0	7.31	8.29	12.5	37.6	9.62	24.5	2-5
Ce	27.5	16.6	19.8	27.8	65.9	23.9	65.0	2-4
Pr	2.99	2.16	2.57	2.89	7.31	3.11	6.14	3-7
Nd	10.9	9.04	11.1	10.2	26.0	12.9	21.6	4-6
Sm	2.4	2.4	2.9	2.1	5.07	3.12	5.1	7-16
Eu	0.73	0.73	0.76	0.75	1.46	0.82	0.73	5-14
Gd	2.1	2.49	3.29	1.9	4.67	3.2	4.2	7-17
Tb	0.37	0.39	0.58	0.33	0.69	0.51	0.80	6-10
Dy	2.1	2.52	3.64	1.97	4.00	3.22	4.70	6-10
Ho	0.38	0.45	0.74	0.36	0.71	0.60	0.85	6-11
Er	1.3	1.5	2.47	1.2	2.19	1.93	2.9	7-13
Tm	0.21	0.23	0.40	0.18	0.33	0.31	0.47	11-23
Yb	1.5	1.59	2.83	1.4	2.11	1.92	3.1	8-13
Lu	0.25	0.27	0.45	0.21	0.33	0.29	0.47	8-21
U	1.96	0.72	1.23	1.62	1.59	1.09	9.2	5-10
Th	5.81	2.61	3.91	4.91	9.08	3.27	14.4	3-6
Zr	91.9	63.4	136	95.6	144	124	135	2-4
Nb	4.20	2.51	2.55	3.56	26.9	3.39	18.7	3-6

1: 上野村 A[110809-1], 2: 上野村 B[110809-2], 3: 秩父北部岩体 [110809-3],  
 4: 秩父南部岩体 [110809-4], 5: JB-1a, 6: JA-3, 7: JG-1a,  
 \* 誤差は計数誤差を%で表示



差を%で表示した。

図4には、今回採取した4試料の希土類元素の分析値をC1コンドライトの値で規格化したREE(希土類元素)パターンを示した。

## 5. 考察

XRFの主成分分析値の誤差は、ほとんどの元素について1%以下であった。XRFの微量元素分析値の誤差は、10%以下であった。

LA-ICP-MSの分析誤差は、表2に示した通りである。岩石標準試料(JB-1a, JA-3, JG-1a)の分析結果は公表値(Imai *et al.*, 1995)と誤差の範囲内で一致している。

上野村AとB(110809-1, 110809-2)は武井ほか(1977)の地質図では同一岩体とされる50m程度しか離れていない場所から採取した試料だが、化学組成を比較すると、上野村Aに比べて上野村BのSi, K, Ba, Rbの含有量は低く、Fe, Caの含有量はやや高い。風化で移動しにくいとされるSm, YbやNb/Zr比は近い値である。REEパターンでは上野村Aと上野村Bは、La側で傾きが異なっている。

上野村Aは薄片観察結果から変質が認められた。そのため風化している可能性は否めないが、化学組成からは、上野村Bが風化して上野村Aの組成になったというよりも、両者は元々違う組成の岩体(岩体が異なっているか、マグマゾーニング)であった可能性が考えられる。

秩父トータル岩体2試料(110809-3, 110809-4)の化学組成は原ほか(2010)の値の範囲内であり、Mタイプ花崗岩である。

## 6. 今後の課題

山中地溝帯の同一地周辺で試料を追加採取し分析を行い、この閃緑岩の化学組成についてさらに検討を加えたい。

秩父盆地内の凝灰質岩の化学分析を行い、その結果と、山中地溝帯中の閃緑岩、その他関東山地に分布する新第三紀の深成岩類との化学組成の比較を、今後行うことにする。

## 謝辞

本論文をまとめるにあたり、立正大学地球環境科学部福岡孝昭教授には貴重な助言を頂いた。分析には立正大学地球環境科学部のビードサンプラー、XRF、LA-ICP-MS等の装

置を使用させて頂いた。薄片の作成は、埼玉県立自然の博物館の小林まさ代氏に指導頂いた。試料の採取、ならびに薄片の観察には秩父盆地団体研究グループの皆さんにご協力頂いた。あわせて感謝申し上げる。

## 引用文献

- 足立久男(1991) 関東山地における新生代火山活動の場の変遷. 地団研専報, 38, 85-93.
- 秩父盆地団体研究グループ(1999) 秩父盆地に分布する新第三系最下部の層序と構造. 地球科学, 53, 175-189.
- 秩父盆地団体研究グループ(2004) 堆積盆地の発生・発達過程の研究—秩父盆地西縁における解析—. 地球科学, 58, 279-294.
- 秩父盆地団体研究グループ(2009) 秩父堆積盆地の発生過程の研究—盆地北～北東縁における解析—. 地球科学, 63, 151-166.
- 藤本治義(1958) 南佐久郡地質誌. 長野県南佐久教育会, 314 p.
- 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), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 103 p.
- Imai, N., Terashima, S., Itoh, S. and Ando, A. (1995) 1994 compilation values for GSJ reference samples, 'Igneous rock series'. *Geochemical Journal*, 29, 91-95.
- 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.
- 日本の地質「関東地方」編集委員会(1986) 日本の地質3 関東地方. 共立出版, 335 p.
- 大平寛人・秩父盆地団体研究グループ(2006) 秩父堆積盆地北縁における新第三系下部層のFT年代. 地球科学, 60, 325-331.
- 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.
- 武井暁朔・滝沢文教・竹内敏晴・藤原肇(1977) 山中地溝帯西域の白亜系. 地質学雑誌, 83, 95-113.