

The Shimonaka Memorial Foundation

# 下中科学研究助成金取得者研究発表

研究発表一覧は下記からご覧いただけます。

https://www.shimonaka.or.jp/3s-grant-contest/

# 魚沼丘陵~志賀高原地域,後期中新世~前期鮮新世 TH マグマと CA マグマの成因関係

北部フォッサマグナ、中央隆起帯北東部の前期更新世火山岩類
 の研究を基に一

法政大学第二中・高等学校

### 五十嵐 聡

#### 1. はじめに

日本列島の中央部,本州弧(東北日本弧 と西南日本弧)と伊豆・小笠原弧が交差す る位置に存在する溝状の地質構造としての フォッサマグナ(第1図 a 以下、図の説 明は巻末参照)の成因については,日本海 の拡大や伊豆・小笠原弧の衝突と関連づけ られ議論される事が多い。このフォッサマ グナ地域は,諏訪湖付近において北部と南 部に区分され,北部は日本海の拡大(2000 万年前~1500万年前)とその後の伊豆・ 小笠原弧の衝突の影響,南部は伊豆・小笠 原弧の付加・衝突(丹沢地塊がおよそ 600 万年前,伊豆地塊がおよそ 100万年前に衝 突)(松田,1961,1976;藤岡・平田,2014 など)によって形成されたとの議論がある。

北部フォッサマグナ地域の火成活動は, 漸新世から中新世(2700万年前~1300万 年前)(周藤ほか(1997)により3ステー ジに細分されている),中期中新世(1200 万年前~900万年前),後期中新世~鮮新 世(700万年前~300万年前),更新世・ 完新世(300万年前以降)に区分される(竹 之内,2015)。

筆者は、長年、北部フォッサマグナ地域 (第1図 b)の、とりわけ関田山脈・魚沼 丘陵~志賀高原地域前期更新世火山岩類を 研究対象にし、さらに後期中新世から前期 鮮新世の火山岩類および深成岩類について、 それらを形成したマグマの性質、分化作用 等について検討してきた。今回は、「魚沼丘陵~志賀高原地域、後期中新世~前期鮮新世 TH マグマと CA マグマの成因関係」をテーマとして下中科学研究助成金に採択されたが、現段階で K-Ar 放射年代など測定中であり報告する事ができないので、現在もより広域を対象として検討している北部フォッサマグナの前期更新世火山岩類の研究を基に、テーマについて検討していく。

#### 2. 火山岩類研究方法

これまで行ってきた火山岩類の研究方法 について、1)地質学的検討、2)顕微鏡 観察による検討、3)全岩化学組成(主成 分元素、微量成分元素)の検討、4)鉱物 化学組成の検討、5)同位体化学組成の検 討の順に、鳥甲火山(五十嵐、1992;五十 嵐ほか、2007)、関田山脈~志久見川地域 の火山岩類(五十嵐ほか、2012)を例に概 説する。

1) 地質学的検討~鳥甲火山の例~

野外地質調査を基に層序を組み立て,岩 相変化も含め火山活動史を復元する。この ことはマグマ溜まりの状態を推測する手が かりとなる。

鳥甲火山の火山(火成)活動は、大きく 前倉ステージ,鳥甲火山ステージ1,2, 3に区分され(五十嵐ほか,2007),前倉 ステージの K-Ar 年代として 320±12 万年 前(3.2±0.12Ma),鳥甲火山ステージ2の

白くら山溶岩の K−Ar 年代として 77±7 万 年前(0.77±0.07Ma)が報告されている(金 子ほか、1989)。五十嵐ほか(2007)をま とめた地質図を第2図、地質層序を第3図 に示す。この活動は,鮮新世後期の輝石安 山岩質溶岩の噴出(前倉ステージ)に始ま り、200 万年を超える休止期間を経て玄武 岩質安山岩~デイサイト質火砕流の噴出が 起こり, 噴出中心部でカルデラが形成され た(島津ほか, 1983) (ステージ1)。その 後,ステージ1火砕流噴出域とその周辺で 安山岩質~デイサイト質溶岩の噴出がおよ そ 80 万年前まで継続し火山体を形成した (ステージ 2)。さらに休止期間を経て、鳥 甲火山西部で小規模のデイサイト質マグマ の噴火活動が起こった。(ステージ3)。

鳥甲火山ステージ1以降の噴出物には, 捕獲岩類として黒雲母花崗岩(ステージ1), 輝石ハンレイ岩~閃緑岩,玄武岩質安山岩 (ステージ2)などが認められる。また, ステージ1の火砕流堆積物の構成と形態,
 banded lavaの存在など、マグマ混合を示す
 岩相が認められる。





第1図 a(上右)フォッサマグナ地域の位置図 第1図 b(上)フォッサマグナ地域の位置図



#### Geological Map of Torikabuto Volcano 第2図 鳥甲火山の地質図



2) 顕微鏡観察による検討 地質層序に基づき,それぞれの溶岩・火

砕岩を構成する岩石について薄片を作成し, 偏光顕微鏡で観察する。斑晶鉱物の組み合 わせ,斑晶鉱物の形態,斑晶鉱物中に認め られる包有物,石基の構成鉱物と組織等の 観察をする。さらには斑晶鉱物と石基の2000 ポイントモード測定(各鉱物,石基の体積% を求める)などを行う事によって,それら 岩石がどのようにマグマから形成されたか を大まかにつかむ事ができる。

鳥甲火山のステージ1以降の岩石薄片の 顕微鏡観察から、マグマ溜まり内でのマグ マの状態について推察できる事がある。例 えば第4図はステージ2の尾根山溶岩(カ ンラン石含有複輝石安山岩)の薄片写真で あるが、カンラン石斑晶には単斜輝石の反 応縁が認められ、さらにカンラン石斑晶周 辺の石基組織とは異なる石基組織が斜長石 や輝石斑晶の周りに認められる。このよう な事から、尾根山溶岩を形成するマグマが



第4図 尾根山溶岩の顕微鏡写真

不均質であった事が推察できる。この事は 後述する EPMA による鉱物の微小部分の 化学組成の測定からも確認できる。

 3)全岩化学組成(主成分元素,微量成分 元素)の検討

火山岩類の化学組成を求める事は,その 火山岩類がどのように分化し形成されたの か,マグマ溜まりでのマグマ組成の変化や 組成構造を知る手がかりとなる。また,周 辺地域をはじめとする他の火山岩類と比較 する事で,マグマの性質や形成過程の違い などを検討できる。

主成分化学組成(SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) と一部の微量成分化学組成(Ba, Cr, Nb, Ni, Pb, Rb, Sr, Th, V, Y, Zr など)につ いては,岩石粉末試料と融剤とで作成した ガラスビートを XRF(蛍光 X 線分析装置) で測定する。希土類元素をはじめとする微 量成分元素については,岩石粉末試料を酸

(一部アルカリ)分解した溶液を ICP-MS(誘導結合プラズマ質量分析装置)で測定する。

4) 鉱物化学組成の検討

岩石薄片の顕微鏡観察を基に,斑晶鉱物, 石基鉱物,さらには斑晶に認められるガラ ス包有物など,微小部分の化学組成につい て EPMA (電子線マイクロアナライザー) を用いて測定する。

鉱物の化学組成を求める事により、鉱物 の結晶温度、鉱物化学組成と全岩化学組成 からマグマから結晶ができたときの温度・ 圧力などを求める事ができる。また、斑晶 鉱物の中心部から周辺部の組成変化を求め る事により、その斑晶鉱物の形成過程が推 察できる。第5図に関田山脈地域のカンラ ン石玄武岩中の斜長石斑晶の累帯構造の例 を示す。大きな斑晶の中心部のAn%が低く、 微細なガラス包有物からなる汚濁帯を隔て てそれが上昇する(この場合は高温になる) 事、小さな斑晶ほどAn%が高く累帯構造が 著しくない事から、安山岩質マグマに新た な玄武岩質マグマが混合した事が推察できる。

5) 同位体化学組成の検討

岩石試料を酸分解し,陽イオン交換カラ ムを通して Sr, Nd を抽出したものを質量 分析装置によって同位体比(<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr, <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd)を測定する。

放射性起源の安定同位体である<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr, <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd は、マグマの起源物質としての マントル組成の違い、地殻物質の同化・混 染作用や起源の異なったマグマによる混合 作用の影響などを検討する際に用いられる。 例えば業田ほか(2015) は、北部フォッサ マグナ火山岩類について<sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd に注目 し、Nd 同位体比の低いグループと高いグ



第5図 斜長石累帯構造

ループに区分して、それらマグマのもとと なったソースマントルの違いについて、日 本海の拡大やフォッサマグナの形成に関係 させて議論している(第6図)。

3. 安山岩の成因~ TH 系列と CA 系列~ 中央隆起帯(霧ヶ峰から志賀高原にかけ て新第三紀花崗岩類の分布する帯状の地域) 北東部前期更新世火山岩類について,前述 した火山岩類の研究方法によってソレアイ ト系列(以下, TH 系列と表記)火山岩類



とカルクアルカリ系列(以下, CA 系列と 表記)火山岩類が存在する事が明らかにな った。なかでも TH 系列火山岩類は北部フ オッサマグナ地域では稀で,前期更新世火 山岩類では本地域のほかに新潟県南魚沼市 六日町の桝形山溶岩に認められる(赤石, 1997)のみである。

ここでは、日本列島(島弧)に普通にみ られる TH 系列と CA 系列安山岩について 簡潔にまとめておく。

安山岩 (SiO<sub>2</sub> 量が 52-63wt.%) は,日 本列島のようなプレートの沈み込み帯で形 成され普通にみられる非アルカリ岩 (第8 図 a の Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub> 図で HT,LT の 領域の岩石) である。これらはマグマの分 化が進行する (例えば,SiO<sub>2</sub> 含有量が多く なる) にしたがって相対的に鉄に富むトレ ンドを示す TH 系列とそうではない CA 系 列に区分される。



第7図 島弧横断方向のマグマ系列変化

島弧横断方向でのマグマ系列の変化について,巽(2003)では第7図の様にまとめている。つまり,アルカリ( $Na_2O + K_2O$ ),カリウム( $K_2O$ )含有量は背弧側に増加するが,TH系列とCA系列のマグマは,島弧横断方向で空間的に分離して産するのではないことを示している。

また, TH 系列と CA 系列の成因, とり わけ CA 系列安山岩 (マグマ) に関しては



第8図 主成分化学組成 a左 b右

- 次のような成因説が議論されてきた。
  - (1) 玄武岩質マグマの分別結晶作用
  - (2) 地殻下部の融解
  - (3) 玄武岩質マグマによる地殻物質の混 成作用
  - (4)マントル内に沈み込んだ海洋地殻の 部分融解
  - (5)水の存在下における上部マントルの 部分融解
  - (6)マグマ混合作用

TH 系列安山岩に関しては,玄武岩質マ グマからの分別結晶作用が主な成因とされ てきたが,近年,地殻下部の溶融起源のも のについての報告もある(Tatsumi et al., 2008; Takahashi et al.,2013 など)。

第8図 a, b に中央隆起帯北東部前期更 新世火山岩類,鳥甲火山噴出物(CA系列) と関田山脈~志久見川の火山岩類(TH系 列)の例を示す。より背弧側の関田山脈~ 志久見川の火山岩類(TH系列)の方がア ルカリ含有量の高い事がわかる。

#### 4. 前期更新世火山岩類の形成過程

北部フォッサマグナ,中央隆起帯北東部 域の前期更新世火山岩類は,津南-松本線



北側の関田山脈地域,南側の志久見川地域 と毛無火山,さらに南の"中央隆起帯"上 の鳥甲火山に分布する(第1図 b)。本地域 における前期更新世の火山活動は,関田山 脈地域から始まり時間経過とともに志久見 川・毛無火山,さらに鳥甲火山へと北西か ら南東方向に移動した。関田山脈地域~志 久見川流域の火山岩類と毛無火山旧期噴出 物(柳沢ほか,2001)がTH系列に,毛無 火山新期噴出物と鳥甲火山噴出物がCA系 列に大きく区分される。これらのうち関田 山脈~志久見川流域のTH系列火山岩類につい て,五十嵐ほか(2007,2012)を基にそれ ぞれの形成過程についてまとめる。

1)関田山脈~志久見川流域地域,TH系 列火山岩類の形成過程

(1)火山活動·火山岩類

関田山脈~志久見川流域の火山(火成) 活動は、200 万年前(2Ma)前後の関田山 脈北側の貫入岩類の形成に始まり、より南 東方向の関田山脈地域の火山岩類,千曲川-信濃川周辺の火山岩類さらに志久見川流域 の火山岩類を形成する(志久見川団体研究 グループ,1991ほか)。これら火山岩類は, 輝石カンラン石玄武岩,カンラン石輝石玄 武岩質安山岩,輝石安山岩からデイサイト を主体とし、志久見川流域火山岩類の無斑 晶質安山岩・無斑晶質デイサイトには鉄輝 石・鉄カンラン石の微斑晶も認められる。 また、これら火山岩類は岩石学的に大きく 2つのステージ(関田山脈地域火山岩類と 志久見川流域火山岩類)に区分でき、後期 ステージ(主に志久見川流域火山岩類)の 初期に噴出したカンラン石玄武岩には、斜 長石斑晶に微細なガラス包有物からなる汚 |濁帯や逆累帯構造が認められ(第5図),輝 石温度計が示す温度も中心部より周辺部の 方が 30 ~ 40 ℃高く,後期ステージのはじ

めにマグマ混合のあった事を示している。 (2)TH系列火山岩類の形成過程

火山岩類の化学組成,鉱物の化学組成か ら、Putirka et al. (1996)を用いて輝石カ ンラン石玄武岩から求めた温度・圧力条件 は 1169 ℃,4.9kbar であり,Baker and Eggler (1987)を用いて推定した圧力条件は、斑 状火山岩では 5kbar (H<sub>2</sub>O=2%),無斑晶 質岩では 2kbar (H<sub>2</sub>O=2%)前後と推定で きた。それらの温度・圧力条件を参考にし て Melts プログラムを用いたシミュレーシ ョンを実施したところ、5 → 3kbar, 1250 → 950 ℃,QFM+1 バッファー、親マグマ (SiO<sub>2</sub>=53.85wt%)に H<sub>2</sub>O=0.5wt%を添加 し設定した場合、主成分元素におけるトレ ンドをほぼ再現できた(第9図)。

以上の事から,本地域 TH 系列火山岩類 は,後期ステージのはじめにマグマ混合作 用が認められるものの主には分別結晶作用 で形成された。

2)鳥甲火山, CA 系列火山岩類の形成過程 鳥甲火山の火山活動・火山岩類に関して は,2.1)地質学的検討の項で記した。こ こでは CA 系列火山岩類の形成過程につい て記す。

火山岩類の化学組成,鉱物の化学組成の 検討から次のようにまとめる事ができる。

火山岩の岩相上の不均質さ,斜長石の形 態と斜長石・輝石化学組成幅がステージ2 以降で拡大する事,ステージ2以降で輝石 斑晶化学組成から求めた温度が斑晶の周辺 部で上昇する事から,鳥甲火山ステージで はマグマ混合が作用した。一方で前倉ステ ージ火山岩類,鳥甲火山ステージ火山岩類 と捕獲岩類の Sr-, Nd-同位体比に変化がな い事(第10図)から,同源のマグマから形 成されたことがわかる。また,これらは全 岩主成分・微量成分元素のハーカー図上で のトレンドから,内部混合作用を含む主に



第9図 TH系列火山岩類のハーカ図

分別結晶作用によって形成された。それら を形成したマグマ溜まりの深さは、Putirka et al. (1996), Baker and Eggler (1987) を 基に 3kbar 以浅と推定できた。それらの温 度・圧力条件を参考にして Melts プログラ ムを用いたシミュレーションを実施したと ころ, 3000bar, 1150  $\rightarrow$  850 °C, QFM+1 バッファー,親マグマ (SiO<sub>2</sub>=55.25wt%) に H<sub>2</sub>O=1.2wt%を添加し設定した場合,主 成分元素におけるトレンドをほぼ再現でき た (第11図)。

以上の事から,鳥甲火山ステージ以降の CA 系列火山岩類は,マグマ混合作用と分 別結晶作用により形成された。

# 5. 前期更新世 TH 系列・CA 系列マグマ の成因関係

関田山脈~志久見川流域の TH 系列マグ マと鳥甲火山の CA 系列マグマの成因関係 について,同位体化学組成,微量成分化学



組成などからまとめる。

1) Sr-, Nd-同位体化学組成

第10図で示したように,両系列火山岩類 の Sr-, Nd-同位体比は,それぞれ SiO₂ 含 有量の増加に対してほとんど変化しない。



第10図<sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd<sup>87、</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr と SiO<sub>2</sub> 含有量



第11図 CA系列火山岩類のハーカー図

この事はマグマ分化の過程で同位対比の異 なるマグマとの混合,地殻物質の同化・混 染などの影響はなかったと考えられる。ま た,両岩系の Sr-, Nd- 同位体比が誤差の 範囲で一致している事は,各系列のマグマ 起源物質が同様である事を示している。つ まり,同じ親マグマから TH 系列, CA 系 列マグマが分化したと考えられる。

2) 微量元素化学組成

微量元素含有量を、横軸に液相(マグマ) 濃集度の順に並べた元素、縦軸にマントル 組成に対する相対濃度をとって線で結んだ スパイダーグラム(第12図)をTH系列,CA 系列に区分し示した。両者に大きな違いは 認められないが、CA系列ではZr-Hfのパ ターンに差の拡大が認められる。これは、 鳥甲火山噴出物で認められるマグマ混合の 影響であると考えられる。



次に, SiO<sub>2</sub> 含有量で規格化した Rb 含有 量を横軸に, 縦軸に Rb 含有量を各元素含 有量で割ったプロセス判定図(吉田ほか, 1988, 1995)にプロットした(第13図)。TH 系列(関田山脈, 志久見川の火山岩類)と CA 系列(島甲火山噴出物)が一連の傾向にの ることから, 両系列のマグマ起源物質は同 様である事がわかる。また, CA 系列に対 して TH 系列の方が原点に近い位置にプロ ットされる事から, TH 系列マグマの方が マントル物質の溶融度の大きな事が推定で きる。

3) TH系列・CA系列マグマの成因関係

同位体化学組成,微量元素化学組成から, 両系列のマグマ起源物質は同様であり,溶 融度が TH 系列の方が大きい事がわかる。 さらにアルカリ含有量から推定したマグマ 分離深度(吉田ほか,1995)は,TH 系列



9 る相刈 涙皮 スハイ ダークフム



第13図 プロセス判定図

で19.3kbar, CA 系列で17.5kbar であり, 北西から南東方向に向かって時代経過とと もに浅くなる。

一方, それぞれの系列のマグマ溜まりの 深さ(結晶分化作用の圧力条件)は, TH 系列で5~2kbar, CA系列で3~kbarで ある。また, マグマ溜まりにおける温度は CA系列の方がTH系列より低温であり, かつ全岩SiO<sub>2</sub>含有量に対する輝石温度計 から求めた温度減少傾向が大きい。さらに マグマ溜まり内での最終的な $H_2O$ 含有量は, CA系列が高く, CA系列デイサイトマグマ における $H_2O$ 含有量は, Sakuyama (1979)



が示したおよそ 5kbar における石英・角閃 石・黒雲母の晶出順序による H<sub>2</sub>O 量の推定 法に基づけば 2wt%± と考えられる。これ らを基に Melts プログラムを用いたシミュ レーション結果は,前述のとおりである。

以上をまとめると第14図のようになる。 この図については完成されたものではなく, 今後もこれをたたき台として検討していく ものである。簡単にまとめると次のように なる。

- ・マントルダイアピル内での変化:同じマントルダイアピルから、TH系列を形成するマグマは、CA系列を形成するマグマより部分溶融度の大きな段階で、より深い部分から地殻マグマ溜まりへ上昇した。(同様の同位体比と微量元素パターン、マグマ分離深度の違いなど)
- ・関田山脈~志久見川の火山岩類(TH系列)の形成過程:200万~130万年前の間,関田山脈から南東方向にマグマ活動(マグマの供給位置とマグマ溜まりの位置)が移動した。5~2kbarのマグマ溜まりで主に分別結晶作用で,一部マグマ混合作用で形成された。マグマ溜まりの形態などには,津南一松本線とそれに関連したテクトニクスの影響があるのではと考えている。

・鳥甲火山噴出物(CA 系列):3kbar 以浅



第14図 関田山脈〜鳥甲火山地域のマグマ分化モデル

のマグマ溜まり内で,前倉ステージ(320 万年前)以降分化したマグマ(液相濃 集元素と H<sub>2</sub>O の濃集したマグマ)と, 90 ~ 70 万年前の新たに供給されたマ グマとの混合作用,分別結晶作用によ り形成された。

### 6.後期中新世~前期鮮新世 TH マグマと CAマグマの成因関係~課題~

本地域には前期更新世火山岩類のほかに, 後期中新世~前期鮮新世火山岩類について も TH 系列, CA 系列火山岩類が認められ る。それらは,鳥甲火山・苗場火山の北方 に分布する西田尻層火山岩類と鳥甲火山南 方から志賀高原に分布する高井火山岩類で ある。

西田尻層火山岩類は 650 万年前前後 (6.3±0.6Ma, 6.8±0.3Ma)の K-Ar 年代 (島津・立石, 1993)を示し TH 系列であ るのに対し,高井火山岩類はより若い年代 を示し CA 系列である(第15図)。高井火山 岩類の年代に関しては前述したように,現在 K-Ar 年代を求めている段階なので,現段階までの全岩化学組成,同位体化学組成などからみた課題についてまとめる。

全岩主成分化学組成(第16図)では、いずれもLT(低アルカリソレアイト)の領域にプロットされ、前期更新世火山岩類よりアルカリ含有量が低い。一方でMgOはCA系列、Na<sub>2</sub>OはTH系列が高い傾向を示す。マグマ分離深度は前期更新世火山岩類より全般的に浅いが、TH系列がCA系列より深いという点では前期更新世火山岩類と一致している。

微量成分化学組成においても前期更新世 火山岩類と同様の傾向を示す。一方,同位 体化学組成(第17図)では,高井火山岩類 (CA系列)は前期更新世のものと同様で あるが,西田尻層火山岩類はSr同位体比 が高くNd同位体比が低い傾向が認められ る。これは,海川・荒倉山火山岩類などに 認められる下部地殻物質とされるハンレイ



第15図 後期中新世~前期鮮新世火山岩類 FeO\*/MgOとSiO2含有量

岩質捕獲岩類 (Shuto et al.,1988) の傾向 に似ている。

現在のデータからは、後期中新世〜前期 鮮新世 TH マグマと CA マグマの成因関係 が前期更新世のそれらの成因とは異なると 考えられる。高井火山岩類の K-Ar 年代, 下部地殻物質との関係,新第三紀花崗岩類 との関係など,詳細に検討していく必要が ある。また,北部フォッサマグナ地域では 特異なソレアイト系列マグマの活動とテク トニクスとの関連についても検討していか なくてはならないと考える。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり,横浜国立大学 有馬眞教授(現,名誉教授)にはご指導・ ご援助を頂いた。島根大学木村純一教授 (現,JAMSTEC),新潟大学周藤賢治教授 (現,名誉教授)には化学分析・同位体分 析などで便宜をはかって頂くとともに,研 究内容についてご意見を頂いた。国立極地 研究所白石和行教授,本吉洋一教授,新潟 大学志村俊昭助教授(現,山口大学),新潟 大学高橋俊郎准教授には,機器分析などで 便宜をはかって頂いた。また,島津光夫新 潟大学名誉教授には,長年にわたりご支援 頂いた。

今回,公益財団法人下中記念財団から科 学研究助成金,報告する機会を頂いた。

以上の方々に厚く謝意を表する次第です。



第16図 後期中新世~前期鮮新世火山岩類のハーカー図



第17図 後期中新世~前期鮮新世火山岩類の<sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd,<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr 同位体

## <図のキャプション>

#### 第1図 フォッサマグナ地域の位置図

- a:フォッサマグナ地域の概略。赤色破線 は主な構造線を表している。
- b:20万分の1地質図幅「高田」を基に作 成した地質概略図。

#### 第2図 鳥甲火山の地質図

五十嵐ほか(2007)を基に作成。鳥甲火 山の地質の概略をまとめた。

#### 第3図 鳥甲火山の層序関係図

五十嵐ほか(2007)を基に作成。→は累 重関係を示している。

#### 第4図 尾根山溶岩の顕微鏡写真

上:オープンニコル 下:クロスニコル 写真の長辺は6mm。

#### 第5図 斜長石累帯構造

五十嵐ほか(2012) Fig.9 に加筆。輝石 – カンラン石玄武岩中の斜長石斑晶のライ ン分析結果を示している。斜長石は, 灰 長石 (CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) と曹長石 (NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) で連続固溶体をつくっていて, An%は斜 長石の灰長石成分を示している。

# 第6図 北部フォッサマグナ火山岩のNd同位体比による区分

業田ほか(2015) Fig.6 を簡略化。 <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd=0.51285 を基準により同位対 比の高い火山を▲,低い火山を△で示し ている。灰色部分は<sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd が高い地 域を示している。

#### 第7図 島弧横断方向のマグマ系列変化

巽(2003)に加筆し作成。

#### 第8図 主成分化学組成

a:アルカリ(Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O)含有量と
 SiO<sub>2</sub>含有量
 鳥甲火山噴出物が低アルカリソレアイト系列,関田山脈~志久見川の火山岩
 類が低アルカリソレアイト系列と高ア

ルカリソレアイト系列の境界付近にプ れたと考えた。 ロットされる。

AL:アルカリ系列, HT:高アルカリ ソレアイト系列、LT:低アルカリソレ アイト系列,各境界線は,Kuno (1968) による。

- b: FeO\*/ MgO と SiO<sub>2</sub> 含有量 TH 系列と CA 系列の境界は Miyashiro (1974) による。
- 第9図 TH系列火山岩類のハーカー図 (各酸化物含有量とSi0,含有量)
- 第10図  ${}^{143}$ Nd/ ${}^{144}$ Nd,  ${}^{87}$ Sr/ ${}^{86}$ Sr, と SiO<sub>2</sub> 含 右量
- 第11図 CA系列火山岩類のハーカー図
- 第12図 微量成分元素の Primordial Mantle に対する相対濃度スパイダーグラム
  - a: 関田山脈~志久見川の火山岩類(TH 系列)
  - b:鳥甲火山噴出物(CA系列)
- 第13図 プロセス判定図

(吉田ほか、1988、1995)

- Rb, Sr, Y, Zr についてのみ示した。
- 第14図 関田山脈~鳥甲火山地域のマグマ 分化モデル

五十嵐ほか(2007, 2012)とその後のデ ータを含めて現在検討している段階のモ デル。北西方向から南東方向に侵入した マントルダイアピルから、マグマが分離 ・上昇して地殻内部にマグマ溜まりをつ くり、それぞれのマグマの分化が起こっ た。その際、鳥甲火山(CA 系列)は、 前の時代(前倉ステージ)のマグマ溜ま りに新たなマグマが入る事により形成さ

- 第15図 後期中新世~前期鮮新世火山岩類 FeO\*/ MgO と SiO<sub>2</sub> 含有量 西田尻層火山岩類(TH 系列)と高井火 山岩類(CA 系列)に分かれ、新第三紀 貫入岩類は高井火山岩類とともに CA 系 列の分化トレンドを示す。
- 第16図 後期中新世~前期鮮新世火山岩類 のハーカー図

西田尻層火山岩類(TH 系列)と高井火 山岩類(CA 系列)ともに低アルカリソ レアイトの領域にプロットされる。MgO, Na<sub>2</sub>O でそれぞれのトレンドに若干の違 いが認められる。

#### 第17図 後期中新世~前期鮮新世火山岩類

高井火山岩類の<sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd,<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr 同 位体比は,前期更新世のものと同様だが, 西田尻層火山岩類では前期更新世のもの と比較して<sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd で低く,<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr で高い傾向が認められる。

【参考文献】

- 赤石和幸(1997)新潟県, 桝形山の K-Ar 年代. 火山, 42, 303-306.
- Baker, D. R. and Eggler, D. H. (1987)
  Compositions of anhydrous and hydrous melts coexisting with plagioclase, augite, and olivine or low-Ca pyroxene from1atm to 8kbar; Application to the Aleutian volcanic center of Atka. American Mineralogist, 72, 12-28.
- 藤岡換太郎・平田大二編著(2014)日本海 の拡大と伊豆弧の衝突 – 神奈川の大地の 生い立ち. 有隣堂, 横浜, 208p.
- 五十嵐聡(1992)北部フォッサマグナ,志 賀高原~津南町周辺の鮮新世~更新世火 山岩類.その1;鳥甲火山の火山岩類. 地球科学,46,325-338.
- 五十嵐聡・有馬 眞・木村純一・周藤賢治 (2007) 北部フォッサマグナ,鳥甲火山 噴出物の岩石学 – カルクアルカリ系列火 山岩類の形成過程 –. 地質学雑誌, 113, 565-584.
- 五十嵐聡・有馬 眞・木村純一・周藤賢治 (2012)北部フォッサマグナ,関田山脈-志久見川流域に分布する前期更新世火山 岩類の岩石学的特徴-ソレアイト系列火 山岩類の形成過程-. 岩石鉱物科学,41, 103-121.
- 金子隆之・清水 智・板谷徹丸(1989) K-Ar 年代から見た信越高原地域の火山活動. 岩鉱, 84, 211-225.
- Kuno, H. (1968) Differentiation of basalt magmas. Basalts (H. H. Hess and A. Poldervaart eds.), 623–688, New York.
- 松田時彦(1961)富士川谷新第三系の地質. 地質学雑誌, 67, 79-96.
- 松田時彦(1976)本州弧におけるフォッサ ・マグナ地域の特異性. 海洋科学, 8,

596 - 600.

Miyashiro, A. (1974) Volcanic rock series in island arcs and active continental margins.

Amer. Jour. Sci., 274, 321-355.

- 業田顕行・山元正継・笹沼貴弘・小松宏昭 (2015)フォッサマグナに産する後期新 生代火山岩の Sr-Nd 同位体組成から見た 2 つのソースマントルの分布.岩石鉱物 科学,44,301-322.
- Putirka, K., Johnson, M., Kinzler, R., Longhi, J. and Walker, D. (1996)
  Thermobarometry of mafic igneous rocks based on clinopyroxene-liquid equilibria, 0-30 kbar. Contrib. Mineral. Petrol., 123, 92-108.
- Sakuyama, M. (1979) Lateral variations of H<sub>2</sub>O contents in quaternary magmas of northeastern Japan. Earth Planet Sci Lett. 43, 103-111.
- 志久見川団体研究グループ(1991)新潟 長野県境地域の魚沼層群の層序と火山活 動.地球科学,45,345-362.
- 島津光夫・五十嵐聡・喜多孝行・門馬直一 ・滝沢松雄(1983)千曲川および中津川 流域の鮮新 – 更新世火山岩類.地団研専 報,26,魚沼層群,47-56.
- 島津光夫・立石雅昭(1993) 苗場山地域の 地質.地域地質研究報告(5万分の1地 質図幅,地質調査所,90p.
- Shuto, K., Kagami, H., Shimazu, M. and Yano, T. (1988) Sr and Nd isotopic study of gabbroic inclusions in calc-alkaline andesites from the northern Fossa Magna region, Central Japan. J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol., 83, 77-84.
- 周藤賢治・加藤 進・大木淳一・加々美寛雄 ・荒戸裕之・アンドレイレザノフ(1997) 新潟油・ガス田地域における中新世売モ

ーダル火山活動―背弧海盆拡大との関連一.石油技術協会誌, 62, 45-58.

- Takahashi, T., Hirahara, Y., Miyazaki, T., Senda, R., Chang, Q., Kimura, J.-I. and Tatsumi, Y. (2013) Primary Magmas at theVolcanic Front of the NE Japan Arc: Coeval Eruption of Crustal Low-K Tholeiitic and Mantle-derived Medium-K Calc-Alkaline Basalts at AzumaVolcano. J. Petrology, 54, 103-148.
- 竹之内耕(2015)フォッサマグナのとらえ 方はどのように変わってきたか.地学団 体研究会第 69 回総会(糸魚川)講演要 旨集,57-60.
- 竹内圭史・加藤碩一・柳沢幸夫・広島俊男 (1994) 20 万分の1 地質図幅「高田」. 地質調査所.
- 巽好幸(2003)安山岩と大陸の起源 ロー カルからグローバルへ.東京大学出版会, 213p.
- Tatsumi, Y., Takahashi, T., Hirahara, Y., Chang, Q., Miyazaki, T., Kimura, J.-I., Ban, M. and Sakayori, A. (2008) New Insights into Andesite Genesis: the Role of Mantle-derived Calc-alkalic and Crust-derived Tholeiitic Melts in Magma Differentiation beneath ZaoVolcano, NE Japan. J. Petrology, 49, 1971-2008.
- 柳沢幸夫・金子隆之・赤羽貞幸・粟田泰夫 ・釜井俊孝・土谷信之(2001)飯山地域 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,144p.
- 吉田武義・青木謙一郎(1988)東北本州弧 第四紀火山岩類へのプロセス判定図の適 用.東北大学核理研研究報告,第21巻, 301-318.
- 吉田武義・大口健志・阿部智彦(1995)新

生代東北本州弧の地殻・マントル構造と マグマ起源物質の変遷.地質学論集,44, 263-308.



五十嵐 聡先生 (いがらし さとし)

#### <略歴>

- 1960年 新潟県上越市生まれ
- 1983年 新潟大学理学部地質鉱物学科卒業同 学校法人加茂暁星高等学校勤務(非常勤講師)
- 1986年 新潟大学大学院理学研究科修士課 程地質鉱物学専攻修了
  - 同 法政大学第二中・高等学校勤務現在に至る
- 2005年 横浜国立大学大学院環境情報学府 博士後期課程環境生命学専攻修了

#### <研究歴>

〔研究論文〕

- 五十嵐聡,1992:北部フォッサ・マグナ,
   志賀高原~津南町周辺の鮮新世~更新世
   火山岩類,その1:鳥甲火山の火山岩類.
   地球科学,46,325-338.
- 五十嵐聡・有馬 眞・木村純一・周藤賢治, 2007:北部フォッサマグナ、鳥甲火山噴 出物の岩石学-カルクアルカリ系列火山岩 類の形成過程-.地質学雑誌,113,565-584
- 五十嵐聡・有馬 眞・木村純一・周藤賢治, 2012:北部フォッサマグナ,関田山脈-志久見川流域に分布する前期更新世火山 岩類の岩石学的特徴-ソレアイト系列火 山岩類の形成過程-.岩石鉱物科学,41, 103-121.
- Shimazu,M.,Kawano,Y.,Kaji,K. and Igarashi,S. (1991),Chemical compositions and Sr, Nd isotope ratios of gabbroic xenoliths in calk-alkali andesites of Naeba and Torikabuto volcanoes, North Fossa Magna, Central Japan. J. Japan. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.,86,53-64.

#### <勤務校>

法政大学第二中・高等学校 〒211-0031 神奈川県川崎市中原区木月大 町6-1

電話 044-711-4321