

経ヶ岳・法恩寺山火山噴出物の岩石学的研究

Petrological study of the volcanic products from Kyogatake and Hoonjisan volcanoes,
Katsuyama, Fukui Pref., Japan

内山田朋弥（福井大・教育地域・4 年）・三好雅也（福井大・教育）・佐野貴司（国立科学博物館）

1. はじめに

恐竜溪谷ふくい勝山ジオパークのモデルコースである「林道法恩寺ルート」には複数の火山岩露頭・火山地形のジオサイトが設けられており、これらの大部分は県内で最も新しい火山である経ヶ岳・法恩寺山火山の噴出物（1～0.7 Ma）である（棚瀬ほか，2007）．三好（2016）は，ジオサイトを中心に 8 地点の経ヶ岳・法恩寺山火山起源溶岩について調査し，それらが玄武岩質安山岩～デイサイトの組成幅を有することを明らかにした．この化学組成多様性は，マグマ溜り内における何らかの化学的進化プロセスを反映する可能性があるが，分析試料数が限られておりあまり論じられていない．本研究では，経ヶ岳・法恩寺山火山において活動した多様なマグマの成因について制約を与えるため，三好（2016）よりも広範囲において野外地質調査を行い，偏光顕微鏡を用いた岩石記載，蛍光 X 線分析装置を用いた全岩化学組成分析を行った．

2. 試料および分析手法

分析対象とした試料は，経ヶ岳火山噴出物 25 試料，法恩寺山火山噴出物 16 試料である．これら 41 試料に対し，偏光顕微鏡を用いた岩石記載および斑晶モード組成分析を行った．また，全試料に対して蛍光 X 線分析装置を用いた主成分・微量元素組成分析を行った．主成分・微量元素組成分析については，佐野ほか（2002）に基づき，国立科学博物館筑波研究施設設置の走査型蛍光 X 線分析装置（株式会社リガク製 ZSX Primus II）を用いて実施した．

3. 岩石タイプ区分および記載岩石学的特徴

経ヶ岳・法恩寺山火山噴出物は，斑晶モード組成および SiO_2 含有量（wt.%）に基づいて 6 タイプに区分される．両火山噴出物は，斑晶量が 25 vol.% 以上のものと，斑晶量が 13 vol.% 以下のものに大別される．斑晶量が 25 vol.% 以上の試料は，かんらん石を含むタイプ I と，含まないタイプ II に分けられる．斑晶量が 13 vol.% 以下の試料は，普通角閃石を含むタイプ VI と含まないタイプに分けられ，普通角閃石を含まないタイプは， SiO_2 含有量を基に，タイプ III（55～57 wt.%），IV（59～62 wt.%），V（63～65 wt.%）に分けられる．経ヶ岳火山噴出物にはタイプ I～VI，法恩寺山火山溶岩にはタイプ V，VI が存在し，経ヶ岳火山噴出物の岩質（玄武岩～デイサイト）は法恩寺山火山溶岩（デイサイト）に比べて多様である．以下に各岩石タイプの記載岩石学的特徴を述べる．

タイプ I :かんらん石玄武岩-玄武岩質安山岩 ($\text{SiO}_2=50\sim54$ wt.%)

斑晶は斜長石（21～23 vol.%，4 mm 以下），単斜輝石（1 vol.%未満，2.5 mm 以下），斜方輝石（3 vol.%以下，1 mm 以下），かんらん石（1 vol.%以下，2.5 mm 以下），不透明鉱物（0.5 mm 以下）である．斜長石斑晶は自形～半自形で存在し，蜂の巣状組織を有するものが多い．斜方輝石，単斜輝石，かんらん石は自形～半自形で存在するものが多く，大部分が変質している．単斜輝石+斜方輝石+斜長石から

なる集斑晶が存在する。石基は輝石，斜長石，不透明鉱物からなり，インターサータル組織またはハイアロオフィティック組織を示す（図 1A）。

タイプⅡ：両輝石玄武岩質安山岩-安山岩（ $\text{SiO}_2=55\sim62$ wt.%）

斑晶は斜長石（17～35 vol.%，4 mm 以下），単斜輝石（4 vol.%以下，3 mm 以下），斜方輝石（4 vol.%以下，2.5 mm 以下），不透明鉱物（1 vol.%以下，1 mm 以下）である。斜長石斑晶は自形～半自形で存在し，蜂の巣状組織を有するものが多い。単斜輝石，斜方輝石は半自形～他形で存在し，輝石の反応縁を有するものが多い。単斜輝石+斜方輝石+斜長石からなる集斑晶が存在する。石基は輝石，斜長石，不透明鉱物からなり，インターサータルまたはハイアロオフィティック組織を示す（図 1B）。

タイプⅢ：無斑晶質玄武岩質安山岩（ $\text{SiO}_2=55\sim56$ wt.%）

斑晶は斜長石（2～5 vol.%，2.5 mm 以下）である。斜長石斑晶は自形～半自形で存在し，清澄なものが多い。石基は輝石，斜長石，不透明鉱物からなり，ハイアロオフィティック組織を示す（図 1C）。

タイプⅣ：無斑晶質安山岩（ $\text{SiO}_2=59\sim62$ wt.%）

斑晶は斜長石（6～12 vol.%，3 mm），単斜輝石（1 vol.% 以下，2 mm 以下），斜方輝石（1 vol.% 以下，1.5 mm 以下），不透明鉱物（1 vol.%以下，0.5 mm 以下）である。斜長石は自形～半自形で存在し，蜂の巣状組織を有するものが多い。単斜輝石，斜方輝石は自形～半自形で存在し，単斜輝石にのみ輝石の反応縁がみられる。斜長石+単斜輝石+斜方輝石からなる集斑晶が存在する。石基は輝石，斜長石，不透明鉱物からなり，ハイアロオフィティック組織またはハイアロピリティック組織を示す（図 1D）。

タイプⅤ：無斑晶質デイサイト（ $\text{SiO}_2=63\sim64$ wt.%）

斑晶は斜長石（2～4 vol.%，3.5 mm 以下），単斜輝石（1 vol.%以下，1.5 mm 以下），斜方輝石（1 vol.%以下，1.5 mm 以下），不透明鉱物（1 vol.%未満，0.5 mm 以下）である。斜長石は自形～半自形で存在し，清澄なものが多い。単斜輝石，斜方輝石は自形～半自形で存在する。斜長石+単斜輝石+斜方輝石からなる集斑晶が存在する。石基は輝石，斜長石，不透明鉱物からなり，ハイアロオフィティック組織またはハイアロピリティック組織を示す（図 1E）。

タイプⅥ：無斑晶質普通角閃石デイサイト（ $\text{SiO}_2=63\sim65$ wt.%）

斑晶は斜長石（3～9 vol.%以下，3 mm 以下），単斜輝石（1 vol.%未満，2 mm 以下），斜方輝石（1 vol.%以下，1.5 mm 以下），普通角閃石（2 vol.%以下，3 mm 以下），不透明鉱物（1 vol.% 未満，0.5 mm 以下）である。斜長石は自形～半自形で存在し，清澄なものが多い。普通角閃石は自形～半自形で存在し，大部分が周縁部のみオパサイト化している。経ヶ岳火山噴出物のうち溶岩 1 試料のみが本タイプに含まれるが，普通角閃石斑晶は完全にオパサイト化し仮像として存在する。単斜輝石，斜方輝石は自形～半自形で存在する。石基は輝石，斜長石，不透明鉱物からなり，ハイアロオフィティック組織またはハイアロピリティック組織を示す（図 1F）。

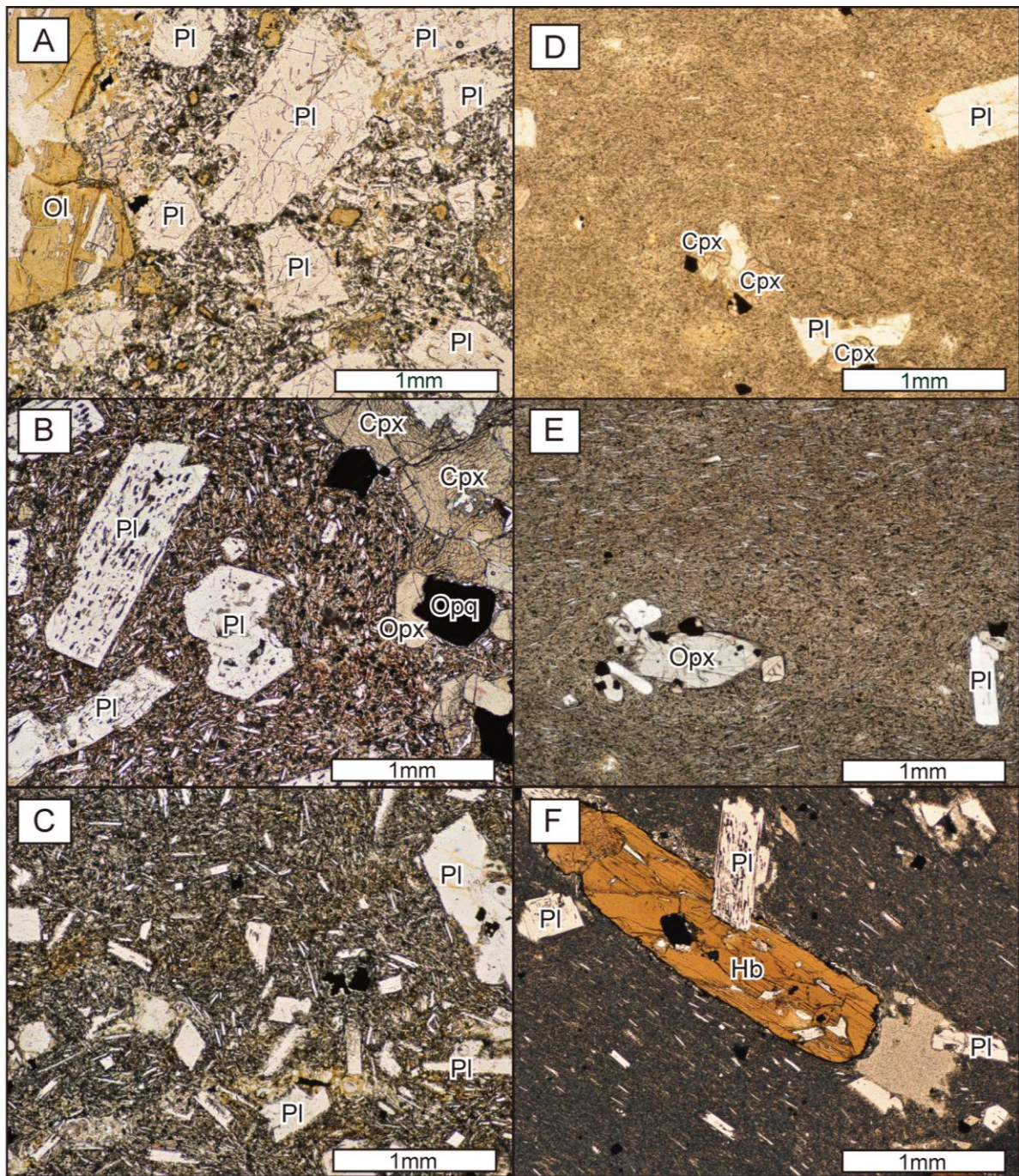


図 1 各岩石タイプの代表的な試料の偏光顕微鏡写真.

Pl = 斜長石, Cpx = 単斜輝石, Opx = 斜方輝石, Hb = 普通角閃石, Qtz = 石英, Opq = 不透明鉱物.

4. 全岩化学組成

全岩化学組成分析の結果、経ヶ岳・法恩寺山火山噴出物はそれぞれ玄武岩～デイサイト ($\text{SiO}_2=50\sim 65$ wt. %)・デイサイト ($\text{SiO}_2=63\sim 65$ wt. %) の化学組成を有することが明らかになった。これは、三好 (2016) が報告した化学組成よりも幅広い。図 2 は、経ヶ岳・法恩寺山火山噴出物の主成分元素の SiO_2 組成変化図である。図 2 において、 SiO_2 量の増加に伴い Fe_2O_3 , CaO 量は減少し、 Na_2O , K_2O 量は増加するという概ね一連のトレンドを示す。 SiO_2 vs. K_2O 図上において、タイプ I ～VI は、高～中カリウム系列に分類される (図 2)。 SiO_2 vs. FeO^*/MgO 図 (図 3) 上において、両火山噴出物の多くはソレアイト質岩系 (Miyashiro, 1974) のトレンドを示す。

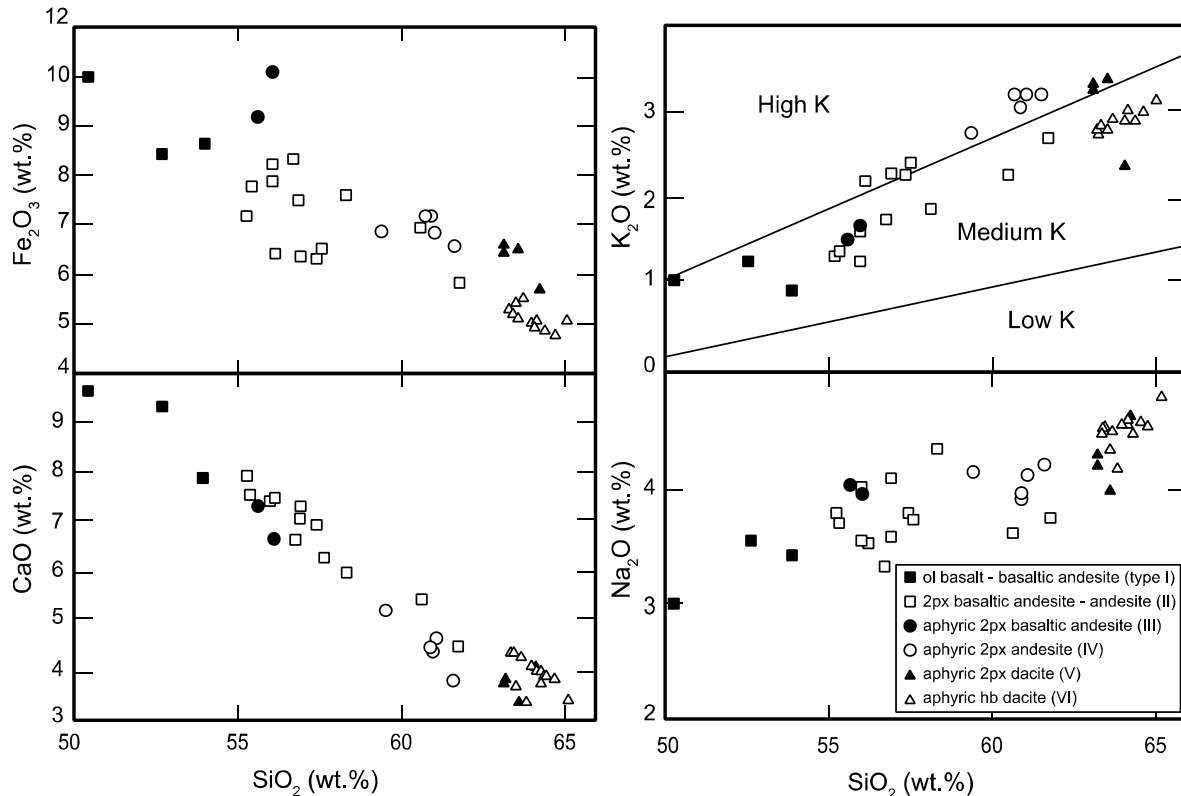


図 2 主成分元素の SiO_2 組成変化図。高・中・低カリウム系列の境界線は、Le Maitre et al. (1989) による。

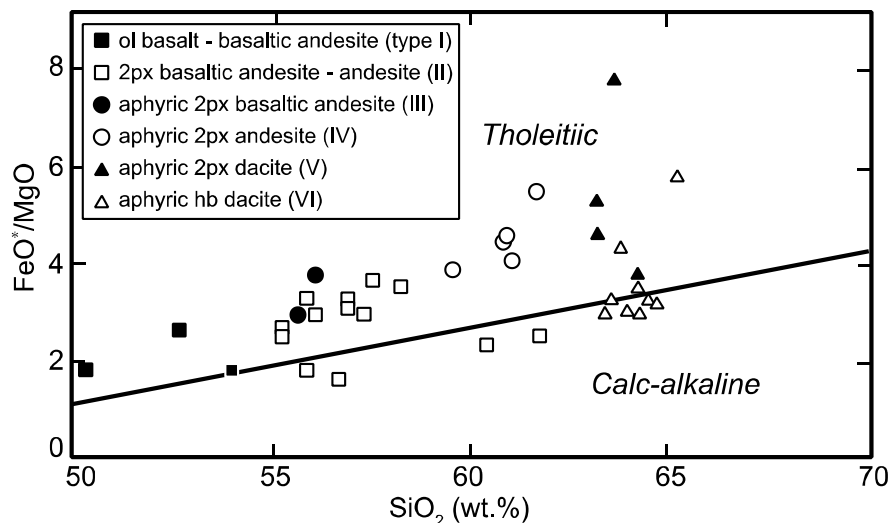


図 3 SiO_2 vs. FeO^*/MgO 図。ソレアイト-カルクアルカリ質岩系の境界は Miyashiro (1974) による。

5. 考察

経ヶ岳・法恩寺山火山噴出物の化学組成多様性（玄武岩～デイサイト）を生じたプロセスの一つとして、分別結晶作用が考えられる．このことについて、Rb vs. Rb/K 図（図 4）を用いて予察的に考察する．Rb と K は共に液相濃集元素であるため、両者の比（Rb/K）はマグマの分別結晶作用によって大きく変化しない．つまり、マグマの分別結晶作用が生じた場合、Rb vs. Rb/K 図において Rb 量が増加するのに対し Rb/K がほぼ一定となるような傾向がみられると考えられる．図 4 をみると、両火山噴出物試料の Rb/K は、Rb 量の増加に伴い一定ではなく増加する傾向があるように見える．このことは、両火山で活動した多様なマグマの成因が分別結晶作用のみでは説明できない可能性を示唆する．マグマの化学組成多様性を生じた他の要因としては、異なる Rb/K を有するマグマの混合や、地殻の同化作用などが考えられる．

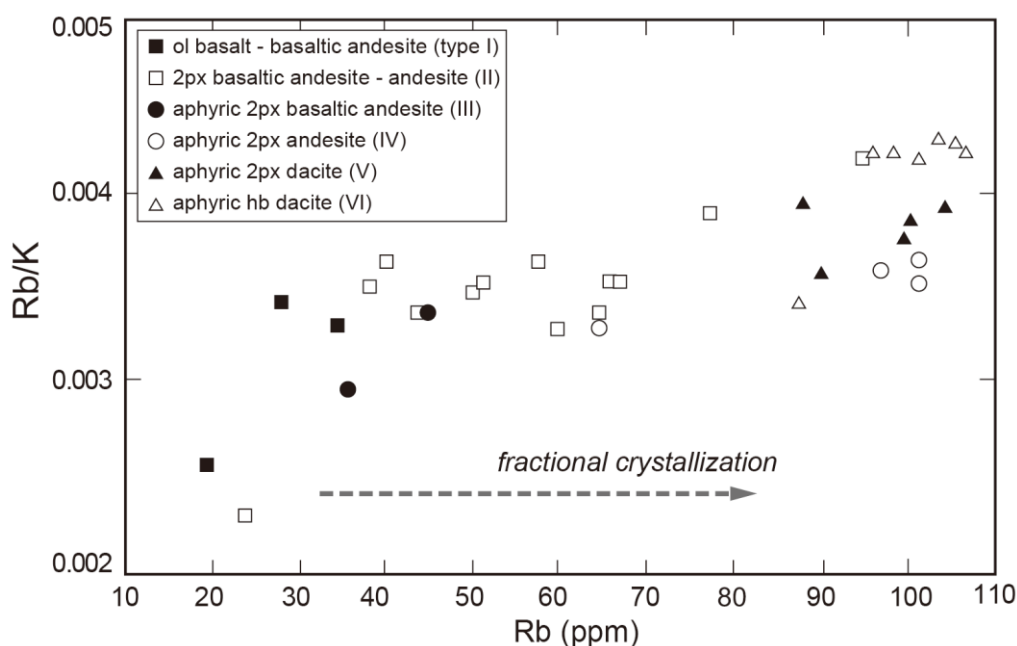


図 4 Rb vs. Rb/K 図. 破線矢印はマグマの分別結晶作用の進行を示す.

6. まとめ

経ヶ岳・法恩寺山火山において活動したマグマの化学組成多様性の成因について制約を与えるため、両火山噴出物の偏光顕微鏡岩石記載および全岩化学組成分析を行った．その結果、経ヶ岳火山噴出物は玄武岩～デイサイト（ $\text{SiO}_2=50\sim65$ wt. %）、法恩寺山火山溶岩はデイサイト（ $\text{SiO}_2=63\sim65$ wt. %）の化学組成を有することが明らかになった．また、両火山噴出物は、斑晶モード組成および SiO_2 含有量に基づき 6 つの岩石タイプに区分できる．これら 6 つの岩石タイプは、 SiO_2 組成変化図（図 2）上で概ね連続的なトレンドを描くようにみえることから、一連の火成作用によって生じた可能性がある．液相濃集元素である Rb, K を用いた考察（図 4）により、両火山において活動したマグマの多様性の成因は、分別結晶作用のみでは説明できない可能性が示唆された．今後、両火山噴出物の鉱物化学組成や Sr 同位体比等のデータを追加することにより、その他のマグマの化学的進化プロセス（マグマ混合や地殻同化作用）の可能性についても探りたいと考える．

引用文献

- LeMaitre, R.W., Bateman, P., Dudek, A., Keller, J., LameyreLeBas, M.J., Sabine, P.A., Schmid, R., Sorensen, H., St reckeisen, A., Woolley, A.R., Zanettin, B., 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Blackwell, Oxford.
- Miyashiro, A., 1974. Volcanic rock series in island arc and active continental margins. Am. J. Sci., 274, 321–355.
- 三好雅也, 2016, 経ヶ岳・法恩寺山火山噴出物の岩石学的特徴. 平成 27 年度勝山市ジオパーク学術研究等報告書.
- 佐野貴司, 2002. 蛍光 X 線分析装置を用いた火成岩中の主成分および微量成分の定量. 富士常葉大学研究紀要第 2 号, 43–59.
- 棚瀬充史・及川輝樹・二ノ宮淳・林信太郎・梅田浩司, 2007, K-Ar 年代測定に基づく両白山地の鮮新－更新世火山活動の時空分布. 火山, 52, 39–61.