

(1) 実施機関名：

北海道大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

活動的火山の噴火履歴と噴出物の物質科学的解析による噴火準備過程の解明

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-2) 火山噴火準備過程

イ．噴火履歴とマグマの発達過程

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-2) 火山噴火準備過程

ア．マグマ上昇・蓄積過程

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

噴火予測に関する研究は活動中の火山に地球物理学・地球化学的観測網を整備して、マグマとその移動の検出に主眼がおかれてきた。これらの研究は直前噴火予測においては大きな成果をあげてきたが、近代的な観測が始められてからまだ 100 年余りしか経過しておらず、過去に起こった大規模噴火、多様な噴火様式に対する経験が絶対的に不足している。また国内の活火山の全てに観測網を整備することは現実的ではないが、個々の活火山の将来の噴火ポテンシャルを何らかの方法で評価しておくことは不可欠である。社会的要請の大きい中長期噴火予測及び噴火推移予測のためには、地質学的手法による噴火履歴の解明や過去の噴火推移の理解が不可欠であり、それに加えて噴出物の物質科学的解析によるマグマ発達過程を明らかにすることも必要である。

本課題ではまず活動が特に活発で近い将来に噴火すると考えられ、また噴火シナリオ作成予定であり長期集中観測実施予定の他の研究課題でも対象とする、伊豆大島、桜島及び有珠山を集中的な研究対象とする。これらの火山では、まず地質学的手法により噴火履歴の高精度の解明を目指す。桜島では噴火履歴解明の精度を上げるために、特にトレンチ調査もあわせて実施する予定である。またこれらをもとに噴火履歴及び噴火推移に沿った組織的な試料採取を行い、物質学的手法によって、地球物理学的観測では追跡不可能な長期にわたる、マグマ系の発達過程及び個々の噴火プロセスの変化を明らかにして、マグマ系の現状を推定する。そして、これらのマグマ系の発達に関するデータを、地球物理学的観測データと融合することによって、噴火準備過程の高精度なモデルを構築し、解明することを目指す。このために他の計画との連携を重視し、特に噴火シナリオ作成に貢献することを目指す。

それ以外の活火山についても、できるだけ多くの火山での基礎的データの蓄積に努める。噴火様式や噴火間隔が様々な活火山で、低い噴出率の火山として蔵王山と十勝岳、歴史時代において噴火頻度は高いが最近の噴火頻度が低下している火山として樽前山、そして表面現象はなく長い休止期にある火山の摩周において、主として研究を実施する。これらの火山について噴火履歴を高精度に求め、噴

出物の岩石学的解析を行うことによってマグマ発達過程も長期にわたり明らかにする。一方、日本と比べて噴火頻度の高い海外の火山、特にカムチャッカの火山についてもロシアとの共同研究でマグマ発達過程を検討し、国内の火山との比較を行う。それらを用いてそれぞれの火山の噴火ポテンシャルを評価し、中長期の噴火予測を行うことを目的とする。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

5か年の計画は以下のとおりである。

平成21年度においては、桜島ではこれまでの研究を総括するとともに、地表踏査を実施し、トレンチ地点の選定を行うことを主目的とする。有珠山においては、長期のマグマ進化を解明するための試料採取に重点を置く。伊豆大島では文献による噴火記録と地表踏査による噴火推移の対比を試みる。それ以外の火山でもこれまでの研究の総括を行い、それを踏まえた地表踏査を行うことに重点がおかれる。

平成22年度においては、桜島でトレンチ調査を実施する。さらに、その結果を踏まえて、次年度のトレンチ地点の選定を行う。有珠山では試料の岩石学的検討を行う。伊豆大島では地表踏査を継続する。それ以外の火山でも地表踏査を継続する。またカムチャッカのクリチェフスコヤ火山において試料採取を行う。

平成23年度においては、桜島でトレンチ調査を実施するとともに試料の岩石学的検討を行う。さらに採取試料の岩石学的検討を行う。有珠山においては岩石学的検討を継続するとともに、関連するボーリング探査にも参画する。伊豆大島では岩石学的検討に重点をおく。それ以外の火山でも岩石学的検討を行う。カムチャッカのクリチェフスコヤ火山において試料採取を行うとともに、物質科学的解析をおこなう。

平成24年度においては、桜島では試料の岩石学的検討を行うとともに地表踏査も行う。有珠山ではボーリング探査の資料も加え岩石学的検討を行う。伊豆大島及びその他の火山では岩石学的検討を行うとともに、追加の地表踏査を行う。カムチャッカのクリチェフスコヤ火山において物質科学的解析を行い、マグマ系の検討と日本の活火山との比較を行う。

平成25年度においては、研究の取りまとめを行い、投稿論文作成を重視する。特に桜島、有珠山及び伊豆大島では噴火シナリオ作成にも協力する。また、複数の火山で中長期噴火予測を試みる。

(7) 平成24年度成果の概要：

1) 桜島の精密噴火履歴

・先歴史時代テフラ：桜島の東約15km(高野)、南東約10km(高峠)の2地点でボーリング調査を行い、桜島火山の活動最初期の約23000年前から現在までの噴出物を確認でき、それらを体系的に採取することに成功した。

・安永噴火の再検討：桜島北東部のボーリングのコアを記載し、安永溶岩の直下に非溶結の火砕流堆積物が存在することを見出した。安永噴火では南側山腹の割れ目火口から火砕流の噴出があったことが判明しているが、北東側の火口からも同様の火砕流噴火があり、海岸付近まで到達したことが明らかになった。

2) 桜島噴出物の物質科学

・先歴史時代テフラの物質科学：約23000年前(P17)から3500年前(P5)の降下火砕物について、物質科学的解析を行った。その結果、先歴史時代のマグマもマグマ混合の産物であるが、約21000年前から約11000年前までの長い休止期間中に端成分マグマ、特に珪長質マグマの性質が大きく変化したことが明らかになった(図1)。さらに、最近までの約1万年間の変化も認められ、その詳細は検討中である。

・噴火モニタリング：継続中の噴火活動において、2009年から確認されている本質マグマの時間変化を、火山灰の物質科学的解析から検討している。その結果、ガラスのSiO₂量は2009年末から2010年前半に最も低下し、その後は増減を繰り返しながら、2012年夏にかけて次第に増加している傾向が明

瞭となった(図2)。ガラスの化学組成の変化からは、現在も玄武岩質マグマの貫入が継続していると考えられるが、その頻度と貫入量の顕著な増加は確認されていない。

3) その他の活火山の噴火履歴・物質科学

・クリチェフスコイ火山：現地調査を実施した。山頂火口周辺の堆積物を除いて、噴火年代が明確である試料の採取はほぼ終了した。それら約200試料について物質科学的解析が進行中である。

・北海道駒ヶ岳：5000年の休止期の後、1640年から現在まで続く歴史時代活動期のマグマ変遷を検討するために、物質科学的解析を行った。その結果、歴史時代活動は珪長質マグマだまりに高温の苦鉄質マグマが貫入したが、苦鉄質マグマが珪長質マグマの上位に位置する、通常とは異なる構造の成層マグマ溜りを形成したことが明らかになった。そして現在の状況は、苦鉄質マグマがほぼ消費され、主要なマグマタイプである珪長質マグマの温度低下が進行していることが明らかとなった(図3)。

・蔵王火山：過去千~2千年間の噴出物、熊野岳火砕岩(約3万年前)、刈田岳火砕岩(約2万~1万年前)及び馬の背アグルチネート(約7千~3千年前)について調査・試料採取・分析を完了させ、マグマ発達過程の検討を行っている(図4)。

・伊豆大島：主に1986年の噴出物を対象に岩石学的な解析を行った。1986年の噴出物は、無斑晶質であるB・C火口からの噴出物と、やや斑晶に富む(約10%)A火口からの噴出物に分けることができるが、B・C火口の噴出物が形成する組成トレンド(SiO_2 53.5-57.0 wt.%)は結晶分化作用で説明できる。一方、A火口からの噴出物の石基ガラス組成は安永噴火の無斑晶質溶岩の全岩組成と一致することが明らかになった(図5)。A火口の石基ガラスに相当するメルトと斜長石斑晶(An_{85-93})とは、いかなる条件下でも平衡に共存できないことから、A火口の噴出物は、斜長石を主とする斑晶と安永溶岩に相当するメルトとの機械的混合物であるといえる。また伊豆大島のマグマ系は水に富んでいるという最近の研究成果を考慮すると、メルトの密度よりも斜長石の密度の方が有意に大きくなることが分かった。このため、A火口の噴出物の斜長石斑晶に富む特徴は、従来提唱されていたようなマグマだまり内での斑晶の浮上・集積では説明できないことになる。

4) 史料・噴出物調査による噴火履歴の高分解能化

・有珠山：有史時代の噴火の中で寛文三年(1663)に次ぐ規模であり、火砕流・火砕サージにより80名以上の犠牲者をだした文政噴火(1822)について、文書記録、絵図を再検討した。その結果、文政五年閏正月十六日夜(3月10日02時)に始まる群発地震、同十九日(3月12日14時)の最初の噴火から、五月十五日(7月3日)まで4か月間の活動推移、火砕流・火砕サージの発生時期、降灰分布(図6)、役人の防災対応を、従来の同様の研究よりも詳細に明らかにした。この結果、文書記録の解析が活動推移の高精度化と、当時の防災対応を知るうえで重要であることを明らかにした。

(8) 平成24年度の成果に関連の深いもので、平成24年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：

Ban, M., Hirotsu, S., Ishizuka, O. and Iwata, N. (2012) Petrologic study of explosive pyroclastic eruption stage in Shirataka volcano, NE Japan: Synchronized eruption of multiple magma chambers. In: Al-Juboury A.I. (ed.) *Petrology - New Perspectives and Applications: In Tech - Open Access Publisher*, 57-72.

Hasegawa, T., Nakagawa, M., Kishimoto, H. (2012) The eruption history and silicic magma systems of caldera-forming eruptions in eastern Hokkaido, Japan. *Jour. Mineral. Petrol. Sci.*, 107, 39-43.

Kuritani, T., Kimura, J.-I., Ohtani, E., Miyamoto, H. and Furuyama, K. (2013) Transition zone origin of potassic basalts from Wudalianchi volcano, northeast China. *Lithos* 156-159: 1-12.

Kuritani, T., Yoshida, T., Kimura, J.-I., Hirahara, Y., and Takahashi, T. (2013) Water content of primitive low-K tholeiitic basalt magma from Iwate Volcano, NE Japan Arc: implications for differentiation mechanism of frontal-arc basalt magmas. *Mineralogy and Petrology*, in press.

Matsumoto, A., Nakagawa, M., Miyasaka, M., Iguchi, M. (2013) Temporal variations of the petrological features of the juvenile materials since 2006 from Showa crater, Sakurajima volcano, Kyushu, Japan, *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, 58 (in press).

- Miura, K., Ban, M., Ohba, T., Fujinawa, A. (2012) Sequence of the 1895 eruption of the Zao volcano, Tohoku Japan. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, 247-248, 139-157.
- 大場司・林信太郎・伴雅雄・近藤梓・葛巻貴大・鈴木真悟・古木久美子 (2012) 最近 4500 年間の鳥海火山の噴火活動 湿原堆積物に保存された火山灰層の解析 . *火山*, 57,65-76.
- Okuno, M., Nakamura, T., Geshi, N., Kimura, K., Kokubu, Y., and Kobayashi, T. (2013) AMS radiocarbon dating of wood trunks in the pumiceous deposits of the Kikai-Akahoya eruption in Yakushima Island, SW Japan. *Nucl. Instr. Meth. Phys.*, B, 294, 602-605.
- Okuno, M., Torii, M., Naruo, H., Saito-Kokubu, Y., Kobayashi, T. (2012) AMS radiocarbon dates and major element composition of glass shards for Late Pleistocene tephra on Tanegashima Island, Southern Japan. *Radiocarbon*, 42 (2), 825-832.
- Takahashi, R. and Nakagawa, M. (2013) Formation of a compositionally reverse zoned magma chamber; Petrology of the AD 1640 and 1694 eruptions of Hokkaido-Komagatake Volcano, Japan. *Jour. Petrol.*, 54, (in press)
- Umeda, K. and Ban, M. (2012) Quaternary Volcanism Along the Volcanic Front in Northeast Japan. In: Stoppa, F. (ed.) *Updates in Volcanology - A Comprehensive Approach to Volcanological Problems: InTech - Open Access Publisher*, 53-70.
- (報告書等)
- 小林哲夫 (2012) 水蒸気マグマ噴火のデータベース作成上の問題点. *月刊地球*, 第 34 号, 299-304.
- 小林哲夫 (2012) 南九州における最近の火山活動. *鹿児島県地学会誌*, No. 100, 55-64.
- 松本亜希子・中川光弘・宮坂瑞穂・井口正人 (2012) 岩石学的特徴からみる , 桜島火山の活動とその評価 - 2006 年 6 月 ~ 2012 年 4 月の昭和火口の活動について - 「 桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究 」平成 23 年度分報告書 (印刷中)
- 奥野 充・鳥井真之・西園幸久・稲倉寛仁・小林哲夫 (2012) 九州の活火山データベースで何を狙うか? *月刊地球*, 第 34 号, 273-276.
- 奥野 充・鳥井真之・成尾英仁・小林哲夫 (2012) 種子島・屋久島のテフロクロノロジーの最近の進展. *鹿児島県地学会誌*, No. 100, 79-86.
- 津久井雅志 (2013) 青ヶ島噴火史料集. 114p.
- 山下貴範・奥野 充・小林哲夫 (2012) 霧島火山 , 牛のすね火山灰 - 野外調査と室内分析結果のデータベース化 - . *月刊地球*, 第 34 号, 287-292.

(9) 平成 25 年度実施計画の概要 :

1) 桜島噴火履歴の高精度復元

・大正噴火と安永噴火について , 地表踏査を行い噴火推移・火口に注目した試料の系統的採取を行う . またこれまでに実施したボーリング試料及びトレンチ試料の解析を進め , これまでの地質調査結果とあわせて , 始良カルデラ形成後の , 桜島の噴火史と噴火様式の変遷を総括する .

2) 桜島噴出物の物質科学

・1955 ~ 2000 年までの噴石と , 2006 年からの火山灰の物質科学的検討を継続して行い , 更に行う . 特に , 玄武岩質マグマの貫入と噴火までの時間スケールの検討に重点をおく .

・水中噴火を含めた安永噴火と大正噴火について , 物質科学的解析を進め , 両噴火のマグマ系の比較検討を行う .

・約 23000 年間の桜島火山のマグマ系の変遷について , 特にテフラ試料の解析から検討する . 特にマグマ混合端成分の岩石学的特徴を , ここの噴火で明瞭にし , その変化を明確にする .

3) その他の活火山の噴火履歴・物質科学

・クリチェフスコイ火山 : 特に山頂周辺の噴出物に焦点を絞り , 試料採取を行う . これまで採取した試料の物質科学的解析を行い , 特に全岩化学組成と鉱物化学組成の時間変化をまず明らかにする . それらの物質科学的特徴と , 年代及び火口位置 (山頂あるいは山腹) との関連について検討を行う

- ・雌阿寒岳：テフラによる噴火史の再検討を行うとともに、主要な噴火について物質科学的解析を行う。
- ・大雪山：火山体の地質調査を継続し、更に組織的な K-Ar 年代測定と物質科学的解析を行う。
- ・蔵王火山：熊野岳火砕岩（約 3 万年前）、刈田岳火砕岩（約 2 万～1 万年前）及び馬の背アグルチネート（約 7 千～3 千年前）について、マグマ発達過程の解析を行う。
- ・伊豆大島：特に 1986 年噴火と安永噴火の物質科学的解析を引き続き行い、両者のマグマ供給系の構造とプロセスの比較研究を行う。

4) 史料・噴出物調査による噴火履歴の高分解能化

北海道駒ヶ岳及び樽前山の噴火史料と同時期の地震史料の解析を行い、成果の取りまとめを行う。

5) 研究成果の取りまとめ

・研究分担者・協力者による研究成果検討会を開催し、各課題の取りまとめを目指して議論を行い、将来の研究課題に関して明確にする。

・各研究課題については引き続き、成果の公表を行う。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

北海道大学大学院理学研究院 中川光弘・吉本充宏・松本亜希子・長谷川 健・宮坂瑞穂

他機関との共同研究の有無：有

山形大学理学部 伴雅雄(代表者)

東北大学大学院理学研究科 栗谷豪(")

千葉大学大学院理学研究科 津久井雅志(")

九州大学大学院理学研究院 寅丸敦志(")

鹿児島大学理学部 小林哲夫(")

北海道教育大旭川校地学 和田恵治(")

研究協力機関

産業技術総合研究所 古川竜太(")

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名：北海道大学大学院理学研究院地球惑星システム科学分野

電話：011-716-2111(代表)

e-mail：

URL：<http://www.sci.hokudai.ac.jp/faculty/section/nature/index.html>

(12) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：中川光弘

所属：北海道大学大学院理学研究院地球惑星システム科学分野

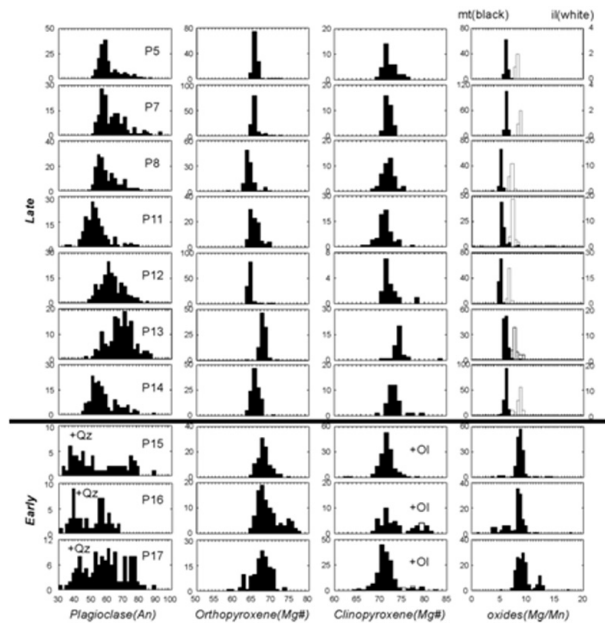


図1．桜島の約2.3万年～3500年前までの軽石中の鉱物組成変化．
 P15とP14の間(2.1～1.1万年前)にマグマ組成が大きく変化している．P17～15は石英とかんらん石斑晶も含む．

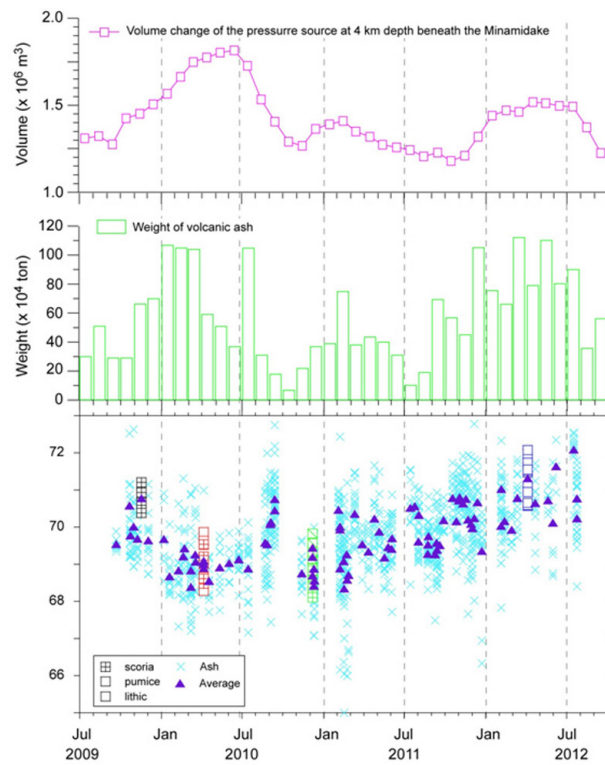


図2．桜島の2009年からの傾斜変化から見積った圧力源体積変化(上図),火山灰放出量(中図)と火山灰中の本質噴出物のガラス組成変化(下図)．

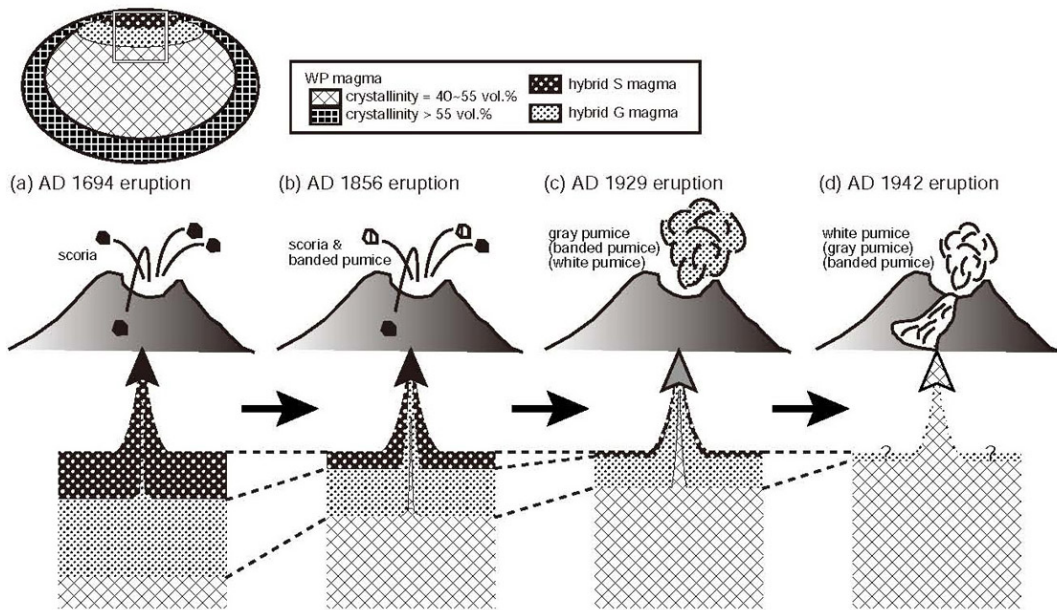


図3．北海道駒ヶ岳の歴史時代噴火活動期の成層マグマ溜りの構造と，1694年から1942年噴火までのマグマだまりの進化モデル．

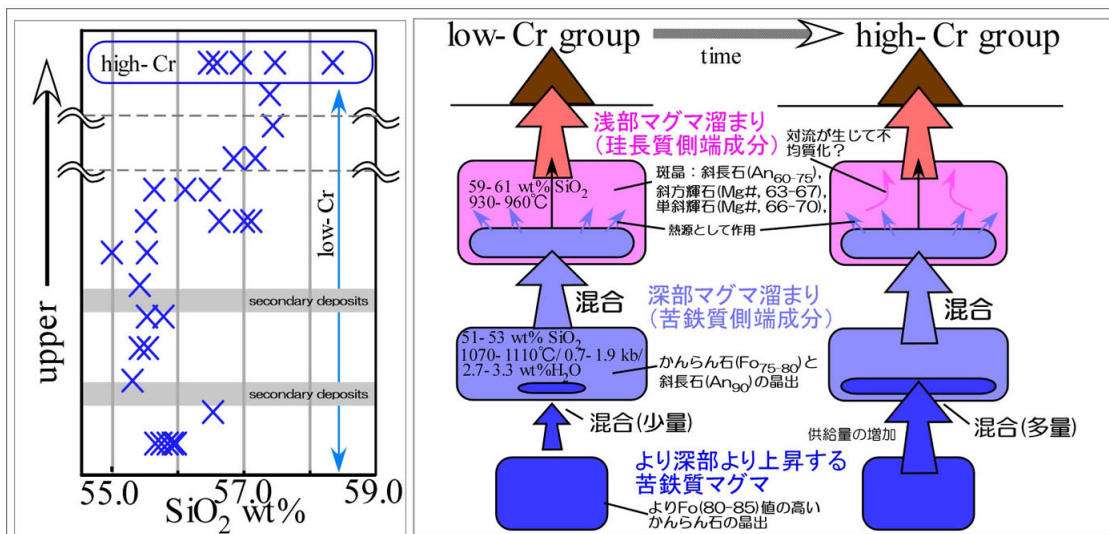


図4．蔵王山，刈田岳火砕岩噴出期のマグマ組成時間変化（左図）とマグマ供給系モデル（右図）．

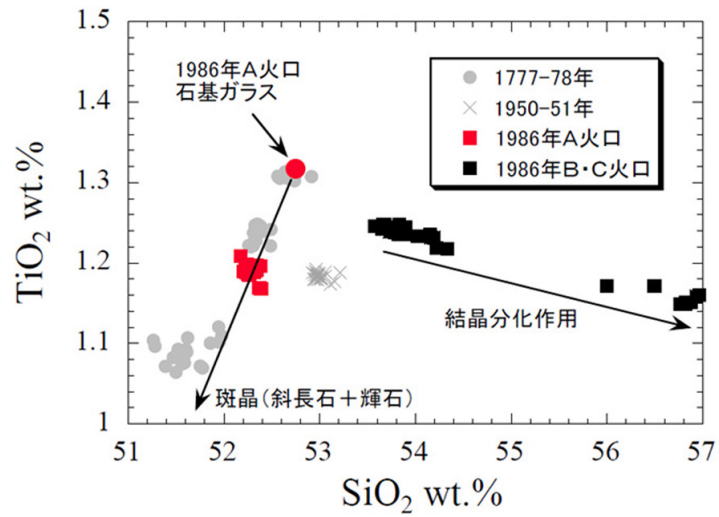


図5．伊豆大島の代表的な歴史時代噴出物の全岩化学組成．

1986年A火口噴出物の石基ガラス組成は、安永噴火の無斑晶質溶岩の全岩化学組成と一致する．また1986年B・C火口の噴出物の組成トレンドは、結晶分化作用で説明可能である．

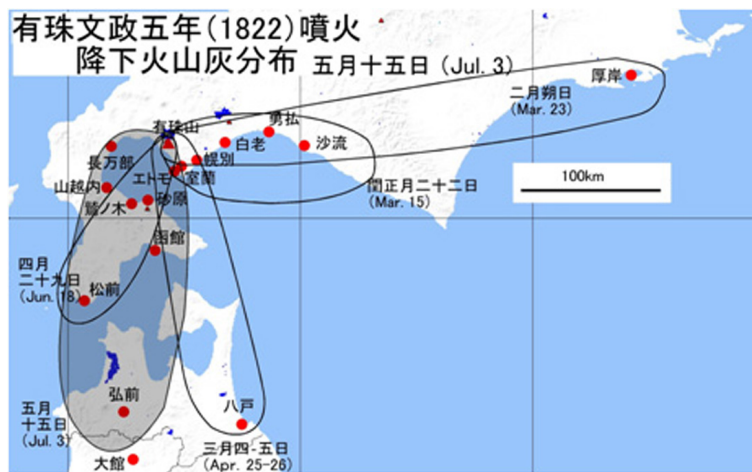


図6．古記録から解析した有珠山の1822年噴火の降灰分布．

少なくとも5回の噴火によって降灰があったことが明らかになった．