

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SVC052-01

会場:302

時間:5月26日 14:15-14:30

## セッション趣旨説明 Scope of the session

藤井 敏嗣<sup>1\*</sup>

Toshitsugu Fujii<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>NPO 法人環境防災総合政策研究機構

<sup>1</sup>NPO CeMI

久野久氏は箱根火山発達史の研究を通じて世界の火山および火山岩の研究に多大な影響を与え、超塩基性捕獲岩の研究を通じてマントル岩石学の成立に貢献した。また、プレートテクトニクス確立前夜に、日本周辺の火山岩の研究に基づいて、沈みこみ帯のマグマ生成に関して革新的なモデルを提出し、後の実験岩石学進展のきっかけをつくった。彼はアポロ 11 号により採取された月試料を自ら分析することを切望しながら、1969 年 8 月 6 日に逝去された。彼の生誕 100 年を機に、その後の箱根火山形成史、火山岩岩石学、マントル岩石学、マグマ成因論、月の成因論の進展をレビューし、これからの展望を議論する。

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SVC052-02

会場:302

時間:5月26日 14:30-14:45

## 久野久先生：古地磁気学、学園紛争、アポロ月探査，の頃 Professor Kuno in the age of paleomagnetism, university unrest, and Apollo project

小嶋 稔<sup>1\*</sup>

Minoru Ozima<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学 地球惑星科学

<sup>1</sup> University of Tokyo, Earth and Planetary

伊豆・箱根火山の古地磁気研究における岩石学の面からの久野先生の貢献、学園騒動の折の教育者としての献身、アポロ月探査計画への情熱を中心に、久野先生の想いを語りたい。

キーワード: 古地磁気, 学園紛争, アポロ計画

Keywords: paleomagnetism, university unrest, Apollo project

# Japan Geoscience Union Meeting 2011

(May 22-27 2011 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2011. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SVC052-03

会場:302

時間:5月26日 14:45-15:00

## Hisashi Kuno - Triumph of the Spirit Hisashi Kuno - Triumph of the Spirit

James Natland<sup>1\*</sup>

James Natland<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>RSMAS/MGG U of Miami Miami FL USA

<sup>1</sup>RSMAS/MGG U of Miami Miami FL USA

As a young American boy living in Japan from 1955-1960, I was well aware of Japan's path toward recovery from the devastation of the Pacific War. Whole sections of Yokohama, where I lived, remained in impoverished condition, and many parts of the city were still being rebuilt. In the late 1960s, while first studying petrology, I became aware of the work of Hisashi Kuno, and of his role in the United States as an ambassador for Japanese science and especially petrology. Following the war, Kuno was one of the first Japanese scientists to travel to the United States, where he worked on pyroxenes with Harry Hess at Princeton University. His paper about Hakone volcano, and later papers about pyroxenes, rock series, magmatic differentiation and parental magmas in Japan and elsewhere became standard fare for American petrologists wishing to understand island arcs and igneous petrogenesis. Reading about his life, I discovered how seriously the war years delayed his scientific work, and came to appreciate the obstacles he overcame in order, finally, to finish his dissertation in 1948, 17 years after he began, and while Japan itself was still in very dire straits. Then he went on to an exemplary career - helping to carry Japanese science to a level of international awareness and acceptance it had never had before. His secrets seemed to be great perseverance, assiduous attention both to detail and to all aspects of a particular problem ? especially pyroxenes, diligence and great skill with the microscope, publication in English and a level of serene authority that worked well with students and colleagues. He obtained mastery in his craft during a period of great adversity, in a way that is to me particularly Japanese in mind and spirit.

キーワード: history of geology, igneous petrology, island arcs, pyroxenes, differentiation

Keywords: history of geology, igneous petrology, island arcs, pyroxenes, differentiation

SVC052-04

会場:302

時間:5月26日 15:00-15:15

## 伊豆半島・伊豆小笠原弧における基盤岩類の本質：ジルコン U-Pb 年代測定法による再検討

### The nature of basement rocks in the Izu Peninsula and Izu-Bonin arc: constraint from zircon geochronology

谷 健一郎<sup>1\*</sup>, フィスケ リチャード<sup>2</sup>, Dunkley Daniel Joseph<sup>3</sup>, 石塚 治<sup>4</sup>, 及川 輝樹<sup>4</sup>, 磯部 一洋<sup>5</sup>, 巽 好幸<sup>1</sup>

Kenichiro Tani<sup>1\*</sup>, Richard S. Fiske<sup>2</sup>, Daniel Joseph Dunkley<sup>3</sup>, Osamu Ishizuka<sup>4</sup>, Teruki Oikawa<sup>4</sup>, Ichiyo Isobe<sup>5</sup>, Yoshiyuki Tatsumi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域, <sup>2</sup> スミソニアン協会, <sup>3</sup> 国立極地研究所, <sup>4</sup> 産業技術総合研究所 地質情報研究部門, <sup>5</sup> 新島村博物館

<sup>1</sup>IFREE, JAMSTEC, <sup>2</sup>Smithsonian Institution, <sup>3</sup>NIPR, <sup>4</sup>GSJ, AIST, <sup>5</sup>Nijjimamura Museum

The Izu Peninsula, central Japan, is situated in a zone where the active intra-oceanic Izu-Bonin arc has been colliding with the Honshu arc for the past 15 million years. As a result of this arc-arc collision, parts of the Izu-Bonin upper crustal sequences have been accreted and uplifted to form the Izu Peninsula, exposing seafloor volcanoclastic deposits, associated lava flows, and coeval intrusive bodies. Parts of this sequence, the Yugashima Group, have been subjected to extensive hydrothermal alteration, and these altered rocks have previously been interpreted as representative of hypothetical widespread Middle Miocene basement that presumably underlay northern Izu-Bonin arc volcanoes. New zircon U-Pb ages presented here, however, show that both fresh and altered volcanic sequences exposed in Izu Peninsula are broadly contemporaneous and were products of the same Late Miocene to Pleistocene magmatism. Geochemical characteristics of these sequences show them to have formed in the Izu-Bonin rear-arc environment, providing an unusual opportunity to investigate in detail the growth and architecture of a rear-arc region in an active intra-oceanic arc. Moreover, zircon ages from altered basal units of Kozushima and Nijima, Quaternary volcanic islands in the northern Izu-Bonin rear-arc, show that these islands rest on units only slightly older (<1 Ma) than the main body of these subaerial edifices, not, as previously believed, part of a regional older Miocene basement, suggesting the near-continuum growth of these arc volcanoes and their underlying successions. The newly obtained ages and reinterpretation of the geochemical characteristic of the volcanic rocks revealed the nature of the upper crustal sequences that underlie the Izu-Bonin arc volcanoes, as well as providing key insights on the tectonic interpretation of the Quaternary volcanism in the Izu collision zone.

SVC052-05

会場:302

時間:5月26日 15:15-15:30

## 箱根群発地震の発生に関する地学的考察 - 丹那・平山断層との関係について - Geological meaning of the swarm earthquake occurrence in Hakone Volcano -Relation for Tanna and Hirayama Faults-

行竹 洋平<sup>1\*</sup>, 伊東博<sup>1</sup>, 本多 亮<sup>1</sup>, 原田 昌武<sup>1</sup>, 棚田 俊收<sup>2</sup>, 吉田 明夫<sup>1</sup>

Yohei Yukutake<sup>1\*</sup>, Ito Hiroshi<sup>1</sup>, Ryou Honda<sup>1</sup>, Masatake Harada<sup>1</sup>, Toshikazu Tanada<sup>2</sup>, Akio Yoshida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 神奈川県温泉地学研究所, <sup>2</sup> 防災科学技術研究所

<sup>1</sup> Hot Springs Research Institute of Kanaga, <sup>2</sup> NIED

### 1. はじめに

丹那断層は伊豆半島を南北に縦断する活動度の高い活断層である。丹那断層の運動様式については、Kuno (1936) によって詳細に調べられ、水平方向の変位が卓越する横ずれ断層型であることが明らかにされた。顕著な横ずれ断層の発見は、当時としては革新的な知見であった。

一方、箱根火山は、丹那断層の北側延長に位置する第四紀火山であり、現在でも大涌谷周辺などで活発な噴気活動が見られる。箱根火山のさらに北側には、北北東 - 南南西走向の平山断層が存在する。高橋ほか (1999) は、これら二つの活断層の活動により箱根火山ではプリアパート構造が形成され、それが箱根火山におけるカルデラ構造の形成に深く関与している可能性を指摘した。

本発表では、箱根火山と丹那断層との関係に関するこれまでの研究をレビューし、さらに箱根火山で発生する群発地震活動と丹那・平山断層の活動との関係を示唆する研究結果について紹介する。

### 2. 箱根火山における群発地震活動

箱根火山カルデラ内では、これまで活発な群発地震活動が頻繁に発生している (平賀, 1987; 萬年, 2003)。最近では、2001年、2006年、2008年~2009年に地殻変動を伴った顕著な地震活動が発生した。1900年代初めからの中期中かけての群発地震の活動履歴については、萬年 (2003) による文献調査がある。それによると、1930年北伊豆地震の後、1933~35年にかけて、箱根カルデラ内で噴気異常と地震活動の活発化した記載が存在し、萬年 (2003) は北伊豆地震が箱根火山の地熱および地震活動に何らかの影響を与えた可能性を指摘している。

一方、横ずれ断層系がマグマ起源の熱水などの地殻流体が上昇する経路となることについて、これまで多くの議論がなされてきた。Sibson (1987) は、二つの横ずれ断層に挟まれた領域では、両断層の相互作用によって局所的な応力擾乱が生じ、高い透水性をもつ微小な断層系が発達することを示した。さらに、Sibson (1996) はその断層系が深部からの熱水が移動する経路となり、熱水が断層内を移動する過程で地震がトリガーされるモデルを提案した。Curewitz and Karson (1997) は、横ずれ断層の活動により発達した断層構造が、地表での温泉や噴気などの地熱活動に寄与している可能性を提示した。

### 3. 高精度震源分布から考察される群発地震の発生モデル

筆者らは、箱根で発生する群発地震活動と、周辺のテクトニクスとの関係について議論するため、温泉地学研究所の定常観測点により記録された地震波形データを用いて、群発地震震源位置の高精度決定を行った。その結果、箱根で発生する群発地震の震源は、ほぼ鉛直な複数の微小な面上に集中して発生していることが明らかになった (Yukutake et al., 2010)。これらの面状の震源分布は、走向が東西から南北の範囲でばらつき、その長さは数100mから1km程度であることも分かった。Yukutake et al., (2010) は、この面状の震源分布は丹那・平山断層の相互作用 (プリアパート場における応力擾乱) により形成された高い透水性を持つ微細な断層系を反映しているとし、地下深部に存在するマグマ溜まりから供給された熱水が、微細断層を移動する過程で群発地震が発生しているモデルを提案した。さらに、Yukutake et al., (2011) では、観測点間隔2から3kmの高密度地震観測を箱根とその周辺域で展開したデータを基に、2009年に箱根湖尻周辺で発生した活発な群発地震活動について、更に高精度で震源およびメカニズム解を決定した。その結果、群発地震の震源域が拡散的な移動をしていることが示され、この結果により群発地震が断層帯内を熱水が拡散する過程で発生しているという上記の解釈が裏付けられた。

箱根で発生する群発地震について、高い透水性を持つ微細な断層系が大きな役割を果たしており、その断層の発達には丹那断層および平山断層の相互作用が密接に関係していることが考えられる。

キーワード: 丹那断層, 箱根火山, 群発地震, 震源分布

Keywords: Tanna Fault, Hakone volcano, Swarm earthquake, Hypocenter distribution

SVC052-06

会場:302

時間:5月26日 15:30-15:45

## 久野の古典的箱根火山像と新しい箱根火山像

### Geological evolution of the Hakone volcano: Kuno's classical model vs. recent model

高橋 正樹<sup>1\*</sup>

Masaki Takahashi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 日本大学文理学部

<sup>1</sup> Nihon University

すべての学説は歴史的制約を受けている。久野が箱根火山の古典的な形成史像を完成させたのは1950年代であり、久野自身はプレートテクトニクス全盛の時代をみることなくこの世を去っている。新しい箱根火山像の最大の特徴は、箱根火山が日本列島の中でも最もテクトニクス場の影響を受けている火山であるという点にあり、こうした視点はプレートテクトニクスの登場なくしてはあり得なかった。箱根火山はきわめて複雑な地質と形成史を有しているが、それは箱根火山がきわめて変形速度の大きな島弧・島弧衝突境界に位置していることと無関係ではない。久野は当時の先端的な知識に基づいて箱根火山の形成史をまとめ上げ、それは日本列島第四紀火山形成史の模式的タイプとして受け入れられた。箱根火山は日本列島第四紀火山を代表する典型例とされたのである。しかし、実際には箱根火山は日本列島でも最も特殊な火山のひとつであったことになる。久野の形成史モデルは以下のようなものであった。(1) 富士山型の巨大な玄武岩～安山岩質円錐型成層火山と金時幕山構造線に沿った安山岩質の金時火山や幕山デイサイト質溶岩ドームなどの寄生火山の形成、(2) 大量のマグマ噴出を伴わないグレンコー型の陥没カルデラの形成とその侵食による拡大、(3) 古期外輪山を埋めた粘性の低い安山岩～デイサイト質溶岩からなる楕状火山の形成、(4) 爆発的な噴火による大量のデイサイト質降下火砕物および火砕流堆積物の噴出とクラカトア型陥没カルデラの形成、(5) カルデラ内における安山岩質中央火口丘の形成。また、(1)～(3)はソレアイト(ピジョン輝石)系列の、(4)はカルクアルカリ(ハイパーシム)系列の火山岩からなる。これに対して、新しい箱根火山像は以下のようなものである。

(1) Stage1 (0.65～0.35Ma): 初期の陸上火山活動による主として玄武岩質の小型～中型成層火山群(湯河原火山を含む)の形成、(2) Stage2 (0.35～0.27Ma): 少なくとも8つの安山岩～玄武岩質小型～中型成層火山からなる火山群の形成、(3) Stage3 (0.27～0.23Ma): 少なくとも4つの安山岩質小型～中型成層火山と安山岩質の単成火山群の形成、(4) Stage5 (0.23～0.13Ma): 安山岩質単成火山群と11回にわたる規模の大きな珪長質火砕堆積物の噴出および小型(濁川型)カルデラ群の形成。この時期には、北東-南西方向の引張テクトニクス場の下、北西-南東方向に伸長した単成火山群と平行岩脈群が発達した、(5) Stage6 (0.13～0.08Ma): 珪長質火砕堆積物の噴出と前期中央火口丘溶岩群の形成、(6) Stage7 (0.08～0.04Ma): 規模の大きな珪長質火砕堆積物の噴出。特に東京軽石の噴出と強羅カルデラの形成、(7) Stage8 (0.04Ma以降): 後期中央火口丘の形成。0.13Ma以降火山活動はカルデラ内に限定されるようになるが、これは火山体の中央部を縦断する丹那・平山左横ずれ断層系の活動が開始されたことにより、カルデラ中央部に pull-apart 開口割れ目系が発達するようになったためであると考えられる。Stage1～4の安山岩はK2Oに富むlow-K系列、Stage5～7の安山岩～デイサイトはK2Oに乏しいlow-K系列、Stage8の安山岩は再びK2Oに富むlow-K系列からなる。Stage1～6はソレアイト系列を主としカルクアルカリ系列を伴う。Stage7～8はカルクアルカリ系列からなる。

キーワード: 箱根火山, 火山形成史, カルデラ, 成層火山, 単成火山, テクトニクス

Keywords: Hakone volcano, volcanic history, caldera, stratovolcano, monogenetic volcano, tectonics

SVC052-07

会場:302

時間:5月26日 15:45-16:00

## 箱根火山の新しいカルデラモデル A new model of the Hakone Caldera

萬年 一剛<sup>1\*</sup>

Kazutaka Mannen<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 神奈川県温泉地学研究所

<sup>1</sup> Hot Springs Research Institute

箱根カルデラは久野久によりクラカタウ型カルデラとされたが、著者の研究により、これまでイメージを一新する複雑なカルデラ構造が明らかになりつつある。著者は久野が解析したものを含む箱根カルデラ内で掘削された24の温泉井戸のボーリング試料を解析し、比較的新しい火山礫凝灰岩(層相V)と、それを覆う湖成堆積物(層相S)のセットが広い範囲で認められることを明らかにした。Kuno et al. (1970) はこれらについて多くの場合、前者を基盤岩である湯ヶ島層群、後者を火砕流堆積物としてきたが、この認定は、前者が変質の度合いが湯ヶ島層群より新しいこと、後者が変質していない珪藻や花粉化石を含むことから誤りである。この解釈の変更により、箱根カルデラの中に濁川型カルデラと称されるような、小規模なカルデラ複数存在する可能性が出てきた。これらの小規模カルデラのうち、強羅付近の強羅潜在カルデラ構造、および湖尻付近の湖尻潜在カルデラ構造は、湖成堆積物中のテフラや化石、山体の崩落ブロックの給源などから、形成年代がほとんどがMIS4、一部はMIS7に絞り込まれることがわかった。

一方、箱根カルデラの規模はこれらの潜在カルデラ構造よりも大きく、潜在カルデラ構造の複合体が地形的な箱根カルデラを規制しているわけではない。箱根カルデラの輪郭は直線的であり、構造的な規制を考える必要がある。

キーワード: 箱根火山, カルデラ, 濁川型カルデラ

Keywords: Hakone Volcano, caldera, Nigorigawa type caldera

SVC052-08

会場:302

時間:5月26日 16:00-16:15

## 箱根火山の岩石学 構成鉱物の解析から Petrology of the Hakone volcano ; on the bases of rock forming minerals

石井 輝秋<sup>1\*</sup>  
Teruaki Ishii<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 財団法人 深田地質研究所

<sup>1</sup>Fukada Geological Institute

故久野久先生は箱根火山の野外地質調査および岩石学的研究(輝石を主とする構成鉱物の研究及び全岩化学組成分析)により、その発達史を以下の三期に区分された。つまり第一期:古期外輪山溶岩(ソレライト質)、第二期:新期外輪山溶岩(ソレライト質)、第三期:中央火口丘溶岩(カルクアルカリ質)である。

筆者は久野先生が研究に用いた、東京大学総合研究博物館保存岩石試料から、上記モデルに基づき選別した代表的箱根産岩石に、他の岩石試料を加え、造岩鉱物特に輝石の研究に基づき、詳細な輝石晶出温度を求め、以下の知見を得た。

(A) 所謂ソレライト質マグマ中の揮発成分(主に水)量は大洋中央海嶺玄武岩(MORB)、背弧海盆玄武岩(BABB)、島弧玄武岩(IAB)等の地質帯により、差異が認められる。

(B) 島弧ソレライト中にも差異が認められ、箱根火山のマグマは比較的水に富むソレライトである。

(C) 水に富む箱根のソレライト質マグマの結晶分化作用では、以下の点が認められる。

(C1) 個々の溶岩中の輝石晶出経路(= lava flow trend)はMgに富むOpx + Aug(斑晶)から鉄に富むPig + Aug(石基)となる。これはマグマからの脱ガス時の輝石ソリダスの急激な上昇に伴う、等温的晶出(=isothermal crystallization)経路(=degassing trend)と解釈できる。

(C2) 箱根火山全体を通じての主マグマ溜まり中での輝石晶出経路(= subvolcanic reservoir trend)は個々の溶岩中の輝石斑晶で追跡可能で、玄武岩質溶岩中のMgに富むOpx + Aug(斑晶)から、分化の進んだ溶岩中のあまり鉄に富まないOpx + Aug(斑晶)となる。これはマグマ溜まり中の鉱物結晶作用による、水濃集時の比較的緩やかな輝石ソリダス下降に伴う、晶出経路(=hydrating trend)と解釈できる。

(D) 箱根峠の三輝石岩中のピジオン輝石は、副マグマ溜まり中で晶出したと考えられる。

(E) 箱根火山の研究から、水に富む島弧ソレライトマグマの分化に関して、次のように一般化出来るであろう。即ち、

(E1) 水に関してある程度開いた系で結晶分化すると箱根の第一、二期にみられるように、島弧ソレライト質岩系を形成し、

(E2) 水に関して閉じた系で分化すると、箱根の第三期にみられるように中央火口丘溶岩タイプのカルクアルカリ質岩系を形成する。

(F) 他の造岩鉱物(長石や磁鉄鉱)解析からも物理化学的制約条件を得ている。

全岩化学組成分析(粉末岩石学?)が著しい発展をみせている今日においても、造岩鉱物研究を通して、岩石学の飛躍を図りたい。

キーワード: 久野久, 箱根火山, 輝石, 結晶分化, ソレライト, カルクアルカリ

Keywords: Hisashi KUNO, Hakone volcano, pyroxene, fractional crystallization, tholeiite, calc-alkali

SVC052-09

会場:302

時間:5月26日 16:30-16:45

## pigeonitic rock series vs. hypersthentic rock series pigeonitic rock series vs. hypersthentic rock series

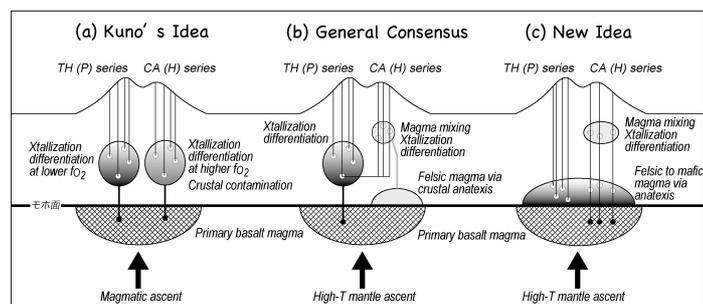
巽 好幸<sup>1\*</sup>

Yoshiyuki Tatsumi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

<sup>1</sup>IFREE, JAMSTEC

Two distinctive differentiation trends, pigeonitic and hypersthentic (P and H, hereafter), are recognized in the sub-alkalic volcanic rocks, denoting the absence or presence of orthopyroxene in a groundmass (Kuno, 1950) and correspond broadly to tholeiitic and calc-alkalic rock series (Kuno, 1960), respectively. Kuno (1959) favored a model in which P- and H-series magmas are produced from a single basaltic primary magma via crystallization differentiation under lower and higher  $fO_2$  conditions. Disequilibrium petrographic features observed characteristically in H-series rocks (e.g., Sakuyama, 1981) have led to a general consensus that these magmas form via mixing between basaltic and felsic magmas. It is generally accepted that H-series magmas may contain more crustal flavors than P-series magmas as suggested by the following observations: (1) P-series rocks are dominant in juvenile oceanic arcs, whereas H-series rocks are the major magmatic products in mature continental arcs with thicker crust and (2) H-series rocks are more enriched in 'incompatible' elements than P-series rocks. Detailed petrographic and geochemical re-examination of Quaternary volcanoes of NE Japan arc, including micro-analyses of isotopic ratios of phenocrysts, on the other hand, provides a new insight into genesis of these two magma series; the P-series magmas are produced via anatexis of lower crust caused by underplating and/or intrusion of mantle-derived basalt magmas into the sub-arc crust. The mantle-derived basalt magma mixes with crust-derived P-series melts to form H-series magmas. If this is the case, then analysis and examination of the compositions of minerals that crystallize from the primitive H-series basalt magma could provide the only chance to fully understand the geochemical characteristics of a mantle-derived magma, and hence the source mantle and slab-derived components.



キーワード: pigeonitic rock series, hypersthentic rock series, tholeiitic rock series, calc-alkalic rock series, primary magma, magmatic differentiation

SVC052-10

会場:302

時間:5月26日 16:45-17:00

## スラブ由来超臨界流体が水流体とマグマに分離し2つのマグマ系列を作る Two magmatic series through separation of slab-derived supercritical fluid into aqueous fluid and melt

川本 竜彦<sup>1</sup>, 三部 賢治<sup>2\*</sup>

Tatsuhiko Kawamoto<sup>1</sup>, Kenji Mibe<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> 京都大学理学研究科地球熱学, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>Inst. Geothermal Sci., Kyoto Univ., <sup>2</sup>ERI, Univ. Tokyo

久野が残した大きな仕事の一つに、2つのマグマ系列（シソ輝石系列とピジュン輝石系列）が1つの火山に共存するという発見がある（Kuno, 1950, Geological Society of America Bulletin）。両系列の違いは、全岩化学組成と石基の輝石の種類である。その分類は、Miyashiro（1974, American Journal of Science）によって、それぞれカルクアルカリ岩系列とソレイト系列という2つの異なる化学的分化するマグマ系列に読み替えられた。両者は酸素雰囲気異なる全岩化学組成の変化の違いに反映されている。その後、Sakuyama（1981, Journal of Petrology）によって、この両系列の違いが、結晶分化しつつあるマグマ溜まりから噴火する際に、マグマ混合を起こすか（Rタイプ）・起こさないか（Nタイプ）にあると説明された。

2種類のマグマ系列は、Tatsumi and Ishizaka（1982, Lithos）によって、玄武岩と高Mg安山岩が、水の少ない状況と多い状況でマンツルの部分融解によって生成されることが提案された。その後も、Defant and Drummond（1990, Nature）がアダカイトというガーネットを残査鉱物として残して生成すると考えるマグマを提案した。アダカイトは主要成分化学組成は高Mg安山岩に分類され、アダカイトが存在する地域には、非アダカイトも共存する場合がある（Ujike et al., 1999, Journal of Mineralogy, Petrology, and Economic Geology）ので、これも2系列マグマ問題である。さらに、沈み込み帯の火山岩の微量成分元素解析は、2種類のスラブ物質の影響を見つけている：ひとつは海洋玄武岩からの水流体によって運ばれた成分、もうひとつは海洋堆積物の部分融解液である（Elliot et al., 1997, Journal of Geophysical Research）。つまり、沈み込み帯には2つのスラブ由来の成分がある。

私たちは多くの共同研究者とともに、岩石-水流体の間の臨界終端点の圧力を決定してきた。その結果、臨界終端点は堆積岩-水では75kmで、高Mg安山岩-水では90kmである。これらの深さは火山フロント直下のプレートの深度よりも浅い。つまり、沈み込むプレートの最上部にある堆積岩から放出される水にとむと考えられる流体は超臨界流体になっている。そのような超臨界流体はマンツルと反応して高Mg安山岩質のケイ酸塩を溶け込ませる超臨界流体になる（Ayers, et al., 1997, Earth and Planetary Science Letter）。そのようなスラブ由来のケイ酸塩成分を溶かした超臨界流体は、マンツルウェッジを上昇する際に臨界終端点を越え、再び水流体とマグマに分離する。私たちは、この分離によってできた2種類の流体が2種類のマグマ系列になりうるとの仮説を持っている。この仮説を立証するために、SPRING-8（兵庫県）とSOLEIL（フランス）で放射光X線を用いて、それぞれマルチンビル型高圧発生装置と高温型ダイヤモンドアンビル装置を用いて、高温高圧条件でのマグマと水流体の間の元素分配を決定する実験を行っている。講演ではそれらの実験の最新結果を紹介し、私たちの仮説がどの程度イケテイルカ、イナイカ、お話しする。

キーワード: 水, マグマ, 高温高圧, 化学組成, 放射光 X 線, 沈み込み帯

Keywords: water, magma, high-pressure and high-temperature, chemical composition, synchrotron X-ray, subduction zone

SVC052-11

会場:302

時間:5月26日 17:00-17:15

## 硫黄同位体からみた沈み込み帯でのフルイドの移動 A sulfur isotope perspective of fluid transport across subduction zones

清水 ノブミチ<sup>1\*</sup>

Nobumichi Shimizu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 清水ノブミチ, <sup>2</sup> チャールス マンデヴィル

<sup>1</sup>Woods Hole Oceanographic Institution, <sup>2</sup>Charles Mandeville

沈み込み帯でのマグマの生成がスラブからのフルイドの移動によるもだと言う事は広く認められている。しかし、フルイドの移動がどこでどう起きるのかは未解決の問題の一つである。ここでは、ノルウェイのエクロジヤイト中のパイライトと、三カ所の火山のオリピン中の液体包有物中で得られたイオンプローブによる硫黄同位体の組成を報告する。観察された同位体組成とマスバランスの観点から、エクロジヤイトに由来するフルイドは、マントルウェッジの硫黄同位体組成を十分変化させる事は出来ないと結論される。したがって、フルイドの移動は普通考えられているよりもっと低温低圧の条件で起きると考えられる。一つの可能性は既に加水されたマントルウェッジの沈み込みが、マグマ生成に必要な水のもとになっているのではないだろうか。

キーワード: 沈み込み帯, マグマ生成, フルイドの移動, 硫黄同位体

Keywords: subduction zones, magma genesis, fluid transport, sulfur isotopes

SVC052-12

会場:302

時間:5月26日 17:15-17:30

## マントルの熱い指と島弧地殻の進化 Hot fingers and arc crust evolution

田村 芳彦<sup>1\*</sup>

Yoshihiko Tamura<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

<sup>1</sup>IFREE, JAMSTEC

Subduction and arc magmatism are fundamental processes in the evolution of the Earth, because they play crucial roles in the present-day differentiation of earth's materials and are believed to be major sites of continental crust generation that have operated throughout geologic time. Processes of mantle melting and volcanic eruptions along subduction zones are often illustrated by the use of two-dimensional cross-section models of convergent margins. Initially, aqueous fluids released from the subducted oceanic sediments and crust rise into the mantle wedge, lowering the mantle solidus and stimulating magma generation and, ultimately, volcanism at the surface. In addition, the descent of the plate stirs the mantle, bringing a flux of warmer mantle material from greater depth, thermally reinforcing the melt generation process. I review here the structure of the mantle wedge and arc crust beneath the northeast (NE) Japan arc and the Izu-Bonin arc, respectively, and suggest that the third dimension, lying along the strike of the arc, is necessary to understand the actual production of magmas in subduction zones. These arcs are two of the best places in the world to understand the 3-D structure of the mantle wedge and arc crust. In this context, this 3-D structure indicates that magma productivity is not uniform along a volcanic arc. Information about 3D structures have come from independent studies of the mantle wedge and arc crust in the NE Japan and Izu-Bonin arcs, respectively, and common periodic structural variations, having wavelengths of 80-100 km, can be observed in both areas. Thus we suggest here that the 3D thermal structure of mantle wedge has a direct link to the 3D structure of arc crust via production of arc magma within the mantle wedge. The hot fingers models may play an important role in linking the 3D structures within the mantle wedge and overlying arc crust to volcanic eruptions at the surface.

キーワード: 熱い指, 島弧マグマ, マントルウエッジ, 地殻構造, 初生マグマ, 流紋岩

Keywords: hot fingers, arc magmas, mantle wedge, crustal structure, primary magmas, rhyolite

SVC052-13

会場:302

時間:5月26日 17:30-17:45

## 島弧下マントルかんらん岩の岩石学的性質 Petrological characteristics of subarc mantle peridotites

荒井 章司<sup>1\*</sup>, 石丸 聡子<sup>1</sup>, 阿部 なつ江<sup>2</sup>  
Shoji Arai<sup>1\*</sup>, Satoko Ishimaru<sup>1</sup>, Natsue Abe<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 金沢大学自然システム学系, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>Dept. Earth Sci., Kanazawa Univ., <sup>2</sup>JAMSTEC

We would like to make a review of petrological works on the subarc mantle, which were pioneered by Kuno (1967) on peridotite xenoliths from the Megata volcano (Ichinomegata crater). After the works of Kuno, peridotite xenoliths from the Japanese island arcs, including those from the Megata volcano, have been extensively studied mainly by Japanese scientists. Petrological data on subarc xenoliths from the Philippines, Papua and Kamchatka have been accumulated to enable us to build a petrologic model of subarc mantle. Peridotite xenoliths from the SW Japan arc are representative of subarc mantle impacted by plume-related magmas. The Megata peridotite xenoliths, which are varied in degree of melting, may represent the backarc-side upper mantle of an arc, whereas the xenoliths from Avacha (Kamchatka) and Iraya (Philippines), which show high degree of melting and metasomatism, were from the upper mantle beneath a volcanic front. The degree of partial melting and metasomatic modification of peridotite is highest beneath the volcanic front, and decreases continent-ward. Backarc basin opening, if any, produced a series of depleted peridotite.

キーワード: かんらん岩捕獲岩, 島弧下マントル, 岩石学的性質, 久野久, 一の目潟, 日本列島

Keywords: peridotite xenoliths, subarc mantle, petrological characteristics, Hisashi Kuno, Ichinomegata, Japan arcs

SVC052-14

会場:302

時間:5月26日 17:45-18:00

## マグマ源と同位体 Magma sources and isotopes

兼岡 一郎<sup>1\*</sup>

Ichiro Kaneoka<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>ERI, University of Tokyo

火山は、マグマが地表に噴出して生成されたものと考えられる。しかしマグマそのものは必ずしも地表に噴出するとは限らず、地下で冷却して岩脈や貫入岩体などを形成している。マグマは一般的にはマントルにおけるかんらん岩などの部分熔融などから生成されると考えられているが、マグマはその生成場における物理・化学的環境などを反映しているはずである。高圧・高温実験では、源物質を仮定して温度・圧力などの物理的条件を変化させて、実際に観察されるマグマや鉱物組成などを再現する試みである。その源物質としては、1970年頃より前においてはマントル捕獲岩の中からその場所におけるマントル組成をほぼ代表していると推定されたものが用いられていた。しかし火山岩などに見られる化学組成は、その後のマグマ分化作用のみでなく二次的な地殻物質の混染作用などを含むさまざまな影響を反映している可能性がある。それらについて、高圧・高温実験の結果や火山岩の化学組成だけから明確に識別することは困難である。

一方、放射性起源同位体を含んだ Sr, Nd, Pb, Hf, Os や希ガスなどの同位体比は、それらの親核種との存在比および地質年代などの関数であるが、化学的過程などによってはほとんど変化しない。そのため、これらの同位体比を利用することにより化学組成だけでは区別できないマグマ源物質の差を識別することが可能である。現在ではそれらを考慮することなしにマグマ源に関する議論を行うことは考えにくい、数十年前にはまだそのことはあまり重視されていなかった。

例えば Hawaii におけるマグマ源物質については、その地で得られたマントル捕獲岩中のうちでザクロ石を含むある種のかんらん岩・輝石岩などを源岩と見なして、高圧・高温実験などによってマグマ生成過程などを推定することが岩石学としての常道であった。講演者は、Hawaii の新しい火山岩中の斑晶鉱物とマントル捕獲岩の希ガス同位体比には系統的に差があることを明らかにして、それまで岩石学で用いられてきた源物質に関する前提に疑問を呈した (Kaneoka and Takaoka, 1980)。その後、各種同位体比の比較などからも Hawaii におけるマグマはマントルブルームが関与するマントル深部の源物質と考えられるようになったが、これらは同位体比のデータなしには論じることはできない。

また日本列島における火山岩には、同一地域における火山岩でも SiO<sub>2</sub> の増加と共に 87Sr/86Sr

比などが不変の場合と増加する場合が認められるが、後者の場合にはマグマ分化過程の際に高い 87Sr/86Sr 比をもった地殻物質などの関与があることを示唆している。

現在では、同位体比はマグマ源物質やマグマがおかれた化学的環境の推定のためには不可欠の要素であるが、その意味することをきちんと把握することは必ずしも容易ではない。それらをきちんと理解し、いかに活用していくかが今後の大きな課題である。

キーワード: マグマ源, 同位体, 火山岩, 化学的環境

Keywords: magma source, isotope, volcanic rock, chemical circumstance

SVC052-15

会場:302

時間:5月26日 18:00-18:15

## 中朝国境に位置する蓋馬溶岩台地 - その広がりと構成 Extension and surface structure of Gaima lava plateau on the borderland between China and DPR Korea

谷口 宏充<sup>1\*</sup>, 金 正<sup>2</sup>, 前野 深<sup>3</sup>

Hiromitsu Taniguchi<sup>1\*</sup>, Jong Kim<sup>2</sup>, Fukashi Maeno<sup>3</sup>

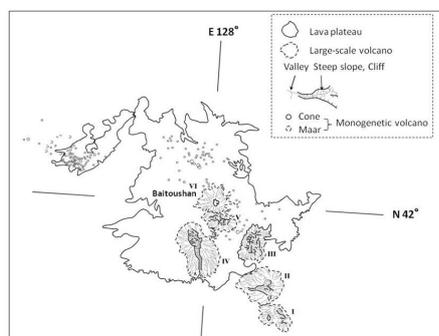
<sup>1</sup> 東北大学東北アジア研究センター, <sup>2</sup> 朝鮮大学校, <sup>3</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>CNEAS Tohoku University, <sup>2</sup>Korea University, <sup>3</sup>ERI The University of Tokyo

1960年代に火山岩石学を専攻する学生にとって、久野久氏による名著「火山及び火山岩」は、ほとんど唯一と言ってよい教科書であった。本のなかの第三章「火山の形成と構造」にでてくる「蓋馬溶岩台地」は、その後、白頭山にかかわるようになって再読することになった。しかしページ数や時代的制約のためもあり、十分な記述がない。最近になって中国や北朝鮮の文献を探したが、中朝国境地帯にあり、広大なこともあってか、この溶岩台地についてまとめて記述した文献は見いだしていない。さらに、現地に行ってもこれらの二つの理由により、台地そのものを認識することすら困難であった。

「蓋馬溶岩台地はどこにあって、どのように広がり、どのような火山と火山岩で構成されているのか、そしてその起源は」、が最近の興味対象である。しかし、依然として中国や北朝鮮の地形図さえ入手できない現状とその広大さから、理解は衛星からの情報にたよることになった。とりわけアジア航測株式会社に作成を依頼した赤色立体地図と、ソフト Google Earth は理解に大いに役立った。今回の講演では、これらによって把握された蓋馬溶岩台地の位置、広がり、火山体の構成と、火山体分布の特長について概観し、その起源についての簡単な考察を行う。主たる結論は以下のとおりである。

蓋馬溶岩台地は中国吉林省から北朝鮮両江道にかけて N30W 走向で約 190km にわたって分布し、それに直交する方向に最大約 100km の幅を有する。面積は 13,000 ~ 15,000km<sup>2</sup> の溶岩台地であり、中央部を中朝国境の鴨緑江と豆満江とが横断している。白頭山は区域内では唯一の大型活火山であり、台地のほぼ中心部に位置する。台地内には他に Hawaii の Mauna Loa 火山に類似した、山頂に長大な割れ目噴火の痕跡を残す底部面積約 1480 km<sup>2</sup> の巨大な Wangtiane 楯状火山など、鮮新世から更新世にかけての古い大型火山体が 5 体以上存在する。これらの火山には、共通して山体をほぼ東西に二分する NS ~ NW 走向の大きな谷が存在している。この台地内には、他に 520 体以上の噴石丘やマールなどの小規模な単成火山が分布しており、大型火山体を含めて全体の配列はほぼ N30W 走向である。このような火山体の配列や大型山体に見られる谷地形は、地下におけるマグマ供給に関係し、フィリピン海プレートのユーラシアプレートへの沈み込みによって生まれたほぼ NW 走向の水平最大圧縮応力に起因すると考えられる。



Distribution of lava plateaus and volcanoes in the study region

キーワード: 蓋馬溶岩台地, 白頭山, 火山地質, 衛星画像

Keywords: Gaima lava plateau, Baitoushan volcano, volcanic geology, satellite image

SVC052-16

会場:302

時間:5月26日 18:15-18:30

## 最新の月の描像：アポロからかぐやまで New views of the Moon: From Apollo to Kaguya

荒井 朋子<sup>1\*</sup>

Tomoko Arai<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 千葉工業大学

<sup>1</sup>Chiba Institute of Technology

1970年代のアポロ探査以降、月科学は探査機及び望遠鏡による遠隔観測と試料研究の両輪により着実に発展してきた。これまでの月科学研究の歴史には、4つの大きな転機があった。一つ目はアポロによるサンプルリターンである。アポロ試料の分析結果に基づき、月の起源と進化に係る二つの仮説が提唱された。月高地から発見された斜長石に著しく富む岩石の起源を説明するために提唱された「マグマオーシャン説」と初期地球に火星サイズの天体が衝突して月が形成したとする「ジャイアントインパクト説」である。月試料が地球試料と同等の酸素同位体比を持つこと、及び、推定される月のバルク（全体）組成が地球と比較して揮発性元素（ナトリウムやカリウム）が乏しく、難揮発性元素（カルシウム、アルミニウム、トリウムなど）に富むことが主な根拠である。両説ともに現在の月科学の通説となっている。

二つ目の転機は、1990年代のクレメンタイン及びルナプロスペクタ衛星の観測により、ほぼ全球表層の組成分布が得られたことである。観測元素は、鉄、チタン、カリウム、トリウムなどに限られるが、アポロの着陸地点の組成特異性や表裏の表層組成の二分性や不均質性が示された。これにより、アポロ試料が月全球表層地質を代表していないという知見が得られた。

アポロ着陸地点を含む月表側西半球はトリウムなどの微量元素に富むが、この微量元素に富む物質（カリウム、希土類元素、リンなどにも富むことからKREEPと呼ぶ）はマグマオーシャンの最終残渣に由来すると考えられている。KREEP物質が月表側西半球に濃集することは、マグマオーシャンが全球均質に結晶化しなかった可能性を示唆している。

三つ目は、裏側高地起源の月隕石が発見されたことである。裏側高地起源の月隕石は、アポロ16号が表側高地から採集した岩石と鉱物分布と組成が異なることがわかり、高地を構成する月地殻組成は全球均質でない可能性がでてきた。月地殻組成の表裏二分性の起源については、マグマオーシャンから結晶化した地殻岩石組成が表と裏で異なるためなのか、表側と裏側で熱的条件が異なったためなのか、あるいは表裏の地殻が同一のマグマオーシャン起源でないためなのか、様々な仮説が立てられている。

そして四つ目となる最新の転機は、「かぐや」探査である。「かぐや」は2007年9月に打ち上げられ、高度100kmの月周回軌道から15種類の観測機器の同時観測を行った後、2009年6月にミッション期間を十二分に全うし、その役目を終えた。その結果、全球規模において、世界最高のエネルギー分解能、空間分解能、高精度の主要・微量元素分布、鉱物分布・組成、重力場、磁場、地形画像を取得することに成功した。「かぐや」の成功により、人類はようやく月の全体像を正しく理解し、月全球の物理化学データに基づき起源と進化を議論できる時代に入った。

リモートセンシングによる観測データとサンプル分析による物質科学データは相補的な関係にあり、これまでも多くの融合研究がなされてきた。しかし、空間分解能とデータの質において、両者の間には大きな隔たりがあり、相補的效果は不十分であった。ここにきて、「かぐや」により数メートル空間分解能の地形画像や数10メートルオーダーの反射スペクトルデータが入手可能となり、リモートセンシングデータとサンプルの空間解像度のギャップは格段に縮まってきた。また、「かぐや」の良質なスペクトルデータにより、実験室で測定されるサンプルの反射スペクトルデータと直接比較・照合することが可能になり、地殻組成の決定精度は飛躍的に向上している。「かぐや」データを手にした今、ようやくサンプル研究とリモートセンシング研究の融合が有機的に機能する 때가来たと言える。これまでに各観測機器の初期成果が発表され注目を集めてきたが、今後引き続き、「かぐや」で得られた月の物理・化学データとサンプル分析研究との融合により、月の起源と進化への更なる制約条件が得られることが期待される。本講演では、アポロからかぐやまでの月科学の理解の発展と、最新の月の描像を紹介する。

キーワード: 月, アポロ探査, かぐや探査, 月の科学

Keywords: Moon, Apollo missions, Kaguya mission, Lunar science

SVC052-P01

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 10:30-13:00

## 箱根火山南縁，熱海周辺地域の火山活動史 Volcanic history of Atami district in and around the southern part of Hakone Volcano

及川輝樹<sup>1\*</sup>, 石塚治<sup>1</sup>

Teruki Oikawa<sup>1\*</sup>, Osamu Ishizuka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所地質情報研究部門

<sup>1</sup>GSJ, AIST

久野 久が行なった火山層序についての研究は，箱根火山のものが有名だが，箱根火山の南に隣接する熱海周辺地域についても精力的に行なっている．その成果は，1/7.5 万地質図「熱海」地域の地質としてまとめられた（久野，1952）．その研究において，熱海地域の新第三系は湯ヶ島層群，熱海凝灰岩，稲村安山岩，相ノ原安山岩類，阿原田安山岩類，天昭山玄武岩類，初島玄武岩類，網代玄武岩類，畑玄武岩類，第四系は下丹那頁岩，宇佐美火山噴出物，多賀火山噴出物，輝石石英安山岩小噴出岩体，湯河原火山噴出物，巢雲山火山噴出物などに区分された．この層序は，長く本地域の標準層序として採用されてきた．しかし，近年の放射性年代値の蓄積によってそれぞれのユニットの年代観が大きく変わりつつある．我々は産総研陸域地質図プロジェクトの一環として1/5 万地質図幅「熱海」の作成のため，新たに地質調査と年代測定を行ない本地域の火山層序を編みなおした．

本地域の地表に露出する火山岩類はすべて第四系で，北部の箱根火山群と南部の宇佐美 多賀火山群の噴出物に大別される．両火山群はそれぞれ複数の噴出中心を持った成層火山の集合体である．これらの火山岩はすべて第四紀後半（約1Ma以降）のものであることが明らかとなった．

箱根火山群は久野（1952，1972）定義の箱根火山噴出物と湯河原火山噴出物にさらに細分される．湯河原火山は湯河原周辺において0.4～0.2Maに活動し，箱根火山は箱根山周辺において0.4Ma以降，現在まで活動中の火山である．本図幅地域に分布するこれらの火山噴出物は，主にかんらん石普通輝石及びかんらん石単斜輝石斜方輝石玄武岩から安山岩，単斜輝石斜方輝石安山岩，単斜輝石斜方輝石デイサイト，角閃石斜方輝石デイサイト，石英単斜輝石斜方輝石流紋岩の溶岩と火砕岩からなる．

宇佐美 多賀火山群は，1.2～0.45 Maに活動し．さらに7つの火山に細分され，それは下位から下多賀火山（1.2～0.8 Ma），宇佐美火山（0.8～0.75 Ma），大崎火山（0.75～0.65 Ma），熱海火山（0.7～0.45 Ma），魚見崎火山（0.6～0.5 Ma），初島火山（0.7～0.6 Ma 及び0.3 Maより若い）である．これら火山群を構成する火山噴出物は，主にかんらん石単斜輝石及びかんらん石単斜輝石斜方輝石玄武岩から安山岩，単斜輝石斜方輝石安山岩，単斜輝石斜方輝石デイサイトからなる．大部分はソレライト系列の玄武岩から安山岩で構成される．

これら両火山群噴出物の大部分には水冷構造は認められない．そのため，第四紀後半（約100万年前）以降には，この地域は陸化していたと判断される．しかし，海岸部には水冷構造が認められることがある．特に，魚見崎火山はその活動のほとんどが水底で起きたと判断される．このことは，最近数十万年間の伊豆半島北部は隆起傾向であったことを示唆する．

これらの火山を覆って流紋岩単成火山や東伊豆単成火山群の巢雲山火山や長者原マールなどの噴出物も小規模に分布する．本地域は，東伊豆単成火山群の北端にあたる．流紋岩単成火山の活動年代は約0.45～0.15 Maである．巢雲山火山及び長者原マールはテフラ層序及びK-Ar年代値から約15～30万年前の間のいずれかに活動したと考えられる．

キーワード: 熱海, 宇佐美 多賀火山群, 箱根火山群, 火山層序, 放射年代測定

Keywords: Atami, Usami-Taga Volcanic Group, Hakone Volcanic Group, Volcanic stratigraphy, Radiometric dating

SVC052-P02

会場:コンベンションホール

時間:5月26日10:30-13:00

## ナローマルチビーム測深システムによる箱根火山芦ノ湖湖底の断層地形調査 Topographic survey of lake-bottom of Ashi-no-ko in the Hakone Volcano using the narrow multi-beam sonar system

山下 浩之<sup>1\*</sup>, 平田 大二<sup>1</sup>, 坂本 泉<sup>2</sup>, 小田原 啓<sup>3</sup>, 滝野 義幸<sup>2</sup>, 鬼頭 毅<sup>4</sup>, 藤巻 三樹雄<sup>5</sup>, 萬年 一剛<sup>3</sup>, 新井田 秀一<sup>1</sup>, 笠間 友博<sup>1</sup>, 齋藤 靖二<sup>1</sup>

Hiroyuki Yamashita<sup>1\*</sup>, Daiji Hirata<sup>1</sup>, Izumi Sakamoto<sup>2</sup>, Kei Odawara<sup>3</sup>, Yoshiyuki Takino<sup>2</sup>, Takeshi Kitoh<sup>4</sup>, Mikio Fujimaki<sup>5</sup>, Kazutaka Mannen<sup>3</sup>, Shuichi NIIDA<sup>1</sup>, Tomohiro Kasama<sup>1</sup>, Yasuji Saito<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 神奈川県立生命の星・地球博物館, <sup>2</sup> 東海大学海洋学部海洋資源学科, <sup>3</sup> 神奈川県温泉地学研究所, <sup>4</sup> 芙蓉海洋開発株式会社, <sup>5</sup> 沿岸海洋調査株式会社

<sup>1</sup>Kanagawa Prefectural Museum (NH), <sup>2</sup>Tokai University, <sup>3</sup>HSRI, Kanagawa Pref., <sup>4</sup>Fuyo Ocean Development Co., Ltd, <sup>5</sup>Coastal Ocean Research Co., Ltd

丹那断層および平山断層は、真鶴マイクロプレート(小山, 1993)の西縁断層にあたり、箱根火山の中央火口丘の成因に関与したと考えられている(高橋・長井, 2007)。箱根火山形成史を解明する上で、その変位が重要と考えられる箱根町断層は丹那断層の北端に相当する断層で、1930年11月26日の北伊豆地震で陸上での変位が観測されている(例えば、松田, 1972など)。そのときの観測点周辺では、断層によって形成されたと考えられる階段状の地形が見られ、その一部は芦ノ湖の湖底に続くことが地形図から読み取ることができる。著者らは、箱根町断層の延長部にあたる芦ノ湖の湖底にて、ナローマルチビーム測深システム(SeaBat8101型)を用いた微地形調査を行った。

箱根町断層の位置は、東側の屏風山と西側の恩賜箱根公園のある堂ヶ島との境界付近とされ(松田, 1972)、東側の屏風山(標高937m)と西側の堂ヶ島(標高約760m)の標高差が約180m近くあって、この落差が箱根町断層によるものと考えられる。さらに、堂ヶ島の西約500mの芦ノ湖の湖底には、水深約30mの湖底から最浅部では水深数メートル程度の急峻な高まりが存在しており、西に向かって階段状の地形が発達している。この階段状の地形も過去に起きた箱根町断層の運動によって形成された可能性が高い。湖底の高まりの詳細な地形を調査することと、可能であれば高まりを構成する岩石の種類を調べることで、断層の位置や運動の履歴を知る手掛かりと成りうる。屏風山の地質は、新期外輪山溶岩(YS5)(Kuno, 1938a)あるいは屏風山溶岩(日本地質学会国立公園地質リーフレット編集委員会, 2007)のデイサイト溶岩である。堂ヶ島については、Kuno(1938b)は古期外輪山溶岩(安山岩溶岩(OS2))に、日本地質学会国立公園地質リーフレット編集委員会(2007)はカルデラ内の未区分外輪山噴出物と区分している。

湖底の微地形測量には、(株)芙蓉海洋開発所有のナローマルチビーム測深システム(SeaBat8101型)が使用された。今回の調査で得られたデータは、観測時のノイズ除去、音速補正(観測時に音速度計にて取得)、および水位補正がなされ、計算機処理により約1mの格子状の水深データが作成された。調査は、堂ヶ島の西沖、北緯35°11'37.14" ~ 35°12'02.40"、東経139°01'02.61" ~ 139°01'43.97"の東西約1000m、南北約700mの範囲で行われた。

観測の結果、以下のようなことが判明した。

1. 堂ヶ島の南西から北北西-南南東方向に約500mにわたって、連続的に続く馬の背状の湖底の高まりが観測された。湖底の高まりは最大で24m程度で、かなりの高低差がある。

2. 馬の背状の湖底の高まりより約100m南西の湖底には、上記の高まりと平行して連続した凸状の地形が発達していた。

3. 馬の背状の湖底の高まりの北東側に沿って、北西-南東方向の段状の地形が確認された。

4. 馬の背状湖底の高まりの西側には盆地状の湖底地形が認められた。

5. 馬の背状湖底の高まりの中間には北東-南西方向の急峻な崖がある。

6. 堂ヶ島の沖全域にわたり流れ山らしきものが確認されている。しかし、盆地状の湖底地形には流れ山は見られない。

7. 湖底の高まりから500mほど北東方にも北東-南西方向の線状の構造が見られた。この構造は上述の急峻な崖の延長に相当する。これらの地形は箱根町断層と平行する構造であり、断層運動にともなって生じた可能性がある。

なお、本発表の成果の一部は、平田ほか(2010)にて報告している。

キーワード: 箱根火山, 箱根町断層, ナローマルチビーム測深システム, 芦ノ湖

Keywords: Hakone volcano, Hakonemachi fault, SeaBat 8101 narrow multi-beam sonar system, lake Ashi-no-ko

SVC052-P03

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 10:30-13:00

## 箱根町の火山教育についての実践報告 ~ 博物館、教育委員会、中学校の連携授業 ~ Practical report of the education of volcano at Hakone, Japan

笠間 友博<sup>1\*</sup>, 山下 浩之<sup>1</sup>, 平田 大二<sup>1</sup>

Tomohiro Kasama<sup>1\*</sup>, Hiroyuki Yamashita<sup>1</sup>, Daiji Hirata<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 神奈川県立生命の星・地球博物館

<sup>1</sup> Kanagawa prefectural museum

本発表では、久野 久がかつて精力的に研究した箱根火山の地元箱根町での火山教育実践について報告する。この教育は、箱根町教育委員会が2007年度から実施している「箱根教育」という、幼稚園から中学校までを対象とする地域教育カリキュラムの一環として行われているものである。箱根教育は箱根の自然、歴史から現在の産業、観光にいたる多様な地域の資源を各教科の教材として活用するものである。子ども達の地域への理解を深めるねらいがある。中学校理科第2分野火山の学習では、著者らの所属である神奈川県立生命の星・地球博物館との連携によって箱根火山を取り上げて箱根教育が行われている。箱根火山に関しては、久野 久による先行研究(久野,1952など)の成果が、さまざまな普及書に取り上げられてきた。その結果、教育委員会など指導的立場にある教員の箱根火山に対する理解・関心も深く、この火山教育も教育委員会と中学校(箱根中学校:統合により町で唯一の中学校となった)の教員がこれまでの授業経験を生かしてカリキュラムを作成し、博物館は写真や標本に対する助言と実験・観察授業の支援という範囲で関わっている。日本地質学会国立公園リーフレット編集委員会(2007)などによって箱根火山像は変化しており、これについてはカリキュラムの中でもふれているが、箱根火山に関しては久野 久の成果によって教員の知識レベルの大きな底上げがなされている。中学校理科での火山の扱いはマグマの性質と噴火活動・火山の形との関係、火成岩の組織と成因について学習する。この単元を7時間で扱ったが、各時に箱根火山が教材として組み入れられている。博物館との連携授業は3、4校時目と6校時目である。すなわち1校時目の火山噴出物については、箱根の火山弾標本観察し、中央火口丘の写真で溶岩の重なり方を学習する。2校時目は、箱根火山の特徴的な火山体の写真から、マグマの粘性と火山の形の関係を想像させる。3、4校時目は食用廃油火山実験(笠間ほか,2010)でマグマの粘性と火山の形について学び、箱根火山を構成する火山体の写真との比較を行う。5校時目は箱根火山の成り立ちを学習する。日本地質学会国立公園リーフレット編集委員会(2007)などの新しい箱根火山像を簡単にふれる。6校時目は箱根火山起源の火山灰等から鉱物を洗い出し、観察を行い、合わせて観察しやすい当博物館所蔵の大型造岩鉱物標本の観察をする。7校時目は箱根の火山岩を含めた火成岩の特徴について学習する。生徒たちは、熱心に火山学習に取り組んでおり、ジオパーク認定を目指している箱根にとっても、有意義な取り組みであると考えられる。また、現在は団塊の世代の引退とともに、教員の大きな世代交代が起きている時期でもある。この時期に箱根教育が継続して行われていることは、教育財産の継承という意味でも重要な役割を果たしていると考えられる。

キーワード: 中学校理科, 火山教育, 箱根火山, 箱根町教育委員会, 食用廃油火山実験, 鉱物観察

Keywords: science of junior high school, education of volcano, Hakone volcano, board of education of Hakone-machi, experiment of volcano using waste food oils, observation of minerals

## 結晶作用に伴うマグマの粘性係数変化 Viscosity change of magmas during crystallization: a summary

佐藤 博明<sup>1\*</sup>, 石橋 秀巳<sup>2</sup>, ヴェーテレ, フランチェスコ<sup>3</sup>, 中村 秀明<sup>4</sup>, 斉藤 将孝<sup>4</sup>  
Hiroaki Sato<sup>1\*</sup>, Hidemi Ishibashi<sup>2</sup>, Francesco Vetere<sup>3</sup>, Hideaki Nakamura<sup>4</sup>, Masataka Saito<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学防災総合センター, <sup>2</sup> 東京大学地殻化学実験施設, <sup>3</sup> イタリア, カラブリア大, <sup>4</sup> 神戸大学地球惑星科学  
<sup>1</sup>CIREN, Shizuoka Univ, <sup>2</sup>Geochem Res Centr, Univ Tokyo, <sup>3</sup>Univ. Calabria, Italy, <sup>4</sup>Dept Earth Plan Sci., Kobe Univ

この発表では結晶を含む系の粘性係数に関する研究を振り返り、近年著者らが行ってきた1気圧下のサブリキダスでの粘性測定実験の結果と問題点をまとめる。久野先生は、ご自分では粘性係数に直接関係する仕事はされなかったが、野外での火山岩の産状やマグマの生成過程を理解する上で粘性係数の重要性を強く認識しておられたと思われる。

結晶を含む系の粘性について、Einstein(1906)により導かれた式： $u=(1+2.5p)u_0$  ( $u$  はバルク粘性係数,  $u_0$  は液の粘性係数,  $p$  は結晶分率) は球について  $p$  が十分小さい場合について求められたもので、Roscoe は固体どうしの干渉がないとして  $u=u_0*(1-p/pm)^{-2.5}$  ( $pm$  は最大充填結晶分率) という Einstein-Roscoe の式を導いた。Marsh(1981) は天然の火山岩の斑晶量から  $pm$  が 0.6 であることを提唱し、 $u=(1-p/0.6)^{-2.5}$  (以下 ERM 式と呼ぶ) を得た。この式は Lejuene & Richet(1995) 等によって実験的にも裏付けられた。化学工学の分野で行われた実験や経験式については、Pinkerton & Stevenson(1992) によりレビューされている。一方、結晶度の大きい条件での粘性については部分溶融系のバルク粘性として検討が行われてきた (例えば、Vigneresse et al. 1996)。2005 年頃から急速に結晶を含む系の粘性係数に関する実験的論文が発表されるようになり (例えば、Sato, 2005; Carrichi et al., 2007; Ishibashi & Sato, 2007; Arbaret et al, 2007) 半経験的な理論的検討も行われている (例えば、Costa, 2005; Mueller et al. 2010)。これらの結果によると、従来の ERM 式が基本的な式として使用されているが、結晶の形態が球から外れる場合や結晶量が多くなった場合相対粘性係数が ERM 式より 5 倍以上の大きなずれが生じたり、また非ニュートンの応力依存性が出る場合があり、また異なる形態を持つ結晶の存在や結晶サイズ分布が広がった場合の理論的予測については桁ではともかく精度がまだ不十分であると思われる。

従来、粘性係数に関する実験的検討は主に地球物理学分野で行われてきたが、天然の溶岩のように結晶を含む場合については岩石学的な知識が必要となるためか、結晶を含む系での粘性測定は殆ど行われて来なかった。我々は岩石学をベースにしたサブリキダスでの粘性係数測定実験を行うために雰囲気制御炉を製作し、それをういて幾つかの結果を得てきた。これまでに用いた試料は、富士火山高アルミナ玄武岩、北西九州アルカリ玄武岩、ブルカノ島シヨシヨナイト、海嶺玄武岩、ハワイソレアイト、伊豆大島島弧ソレアイトである。実験の雰囲気は海嶺玄武岩とハワイソレアイトについては FMQ、そのほかは NNO の条件で行い、リキダスより 50 度程度高温からステップ状に温度を下げながら粘性係数測定とサンプリングを行った。リキダス相は、富士玄武岩、伊豆大島玄武岩、海嶺玄武岩は斜長石、北西九州アルカリ玄武岩とハワイソレアイトはかんらん石、ブルカノ火山シヨシヨナイトは単斜輝石であった。結晶量が 14-30% に達すると現在の実験装置では粘性測定・試料採取が困難になり実験を打ち切った。大半の試料について複数回の実験を行ったが、粘性係数の誤差としては 20 - 30% 程度と判断される。今回得られた実験結果から見ると、液に対する相対粘度は球状に近いカンラン石がリキダスの系ではほぼ ERM 式に近い値が得られたのに対し、平板状の斜長石と長柱状の単斜輝石がリキダスの系では ERM 式よりも 3-8 倍大きな値が得られた。ただ、多くの実験で得られた斜長石や単斜輝石のアスペクト比は 10 以上のものが多く、天然のそれらの相のアスペクト比よりも大きい。Mueller et al.(2010) でも指摘されているように、アスペクト比が大きくなるとその相互作用により相対粘度が大きくなるため、今回の実験結果はそのまま天然へ適用するにはまだ問題がある。また今回の実験でリキダスよりも高温での測定結果を従来のモデルと比較したところ非アレニアンモデルの Giordano et al.(2008) よりもアレニアンモデルの Shaw(1972) の方に近い結果になった。Giordano et al.(2008) のデータベースはソレアイト質マグマのデータが欠けており、また測定方法の制約から中間温度での実験が殆ど行われていないので、メルトの粘性係数モデルもさらに検討が必要と考えられる。

キーワード: マグマ, 粘性係数, 結晶作用, アインシュタイン-ロスコ-式, 結晶形態, 非ニュートン流体

Keywords: magma, viscosity, crystallization, Einstein-Roscoe equation, crystal morphology, non-Newtonian fluid

SVC052-P05

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 10:30-13:00

## 実験岩石学的研究とメルト包有物の分析に基づく島弧初生マグマの含水量の推定 H<sub>2</sub>O concentration in primary arc magmas estimated by experimental petrological studies and analyses of melt inclusions

浜田 盛久<sup>1\*</sup>, 東宮 昭彦<sup>2</sup>

Morihisa Hamada<sup>1\*</sup>, Akihiko Tomiya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所地質調査総合センター

<sup>1</sup>Earth & Planetary Sciences, Tokyo Tech., <sup>2</sup>Geological Survey of Japan, AIST

一般に、島弧のマグマは含水マグマであり、ほぼ無水から最大で6 wt. %程度までの幅広い含水量をもつ。この含水量は、中央海嶺やホットスポット、島弧の背弧海盆といったテクトニックセッティングのマグマの含水量 (< 1 wt. %) と比較して高い。島弧のマグマが水に富むのは、沈み込むスラブから H<sub>2</sub>O を主成分とするフルイド、または H<sub>2</sub>O を含むスラブメルトが付加されたマントルが部分融解して初生マグマを生じるためである。H<sub>2</sub>O は、かんらん岩のソリダスの温度を低下させるなど、マグマの発生に重要な役割を果たしている。また、生じたマグマ中の H<sub>2</sub>O は、その後のマグマの分化や噴火の過程に大きな影響を与え、地球表層へと輸送され、脱ガスする。このため、島弧初生マグマの含水量は、島弧における火成活動全般を理解する上で重要なパラメーターであるが、その定量化は容易ではない。なぜなら、噴出する島弧マグマは、結晶分別作用や地殻物質との同化による分化、あるいは噴火の過程で、初生マグマの組成や揮発性成分に関する情報を失ってしまう場合がほとんどだからである。このような状況を克服して島弧初生マグマの含水量を制約する牽引力となったのは、実験岩石学的な研究やメルト包有物の含水量の分析であり、最近 30 年間に格段に研究が進んだ。本講演では、これらの研究の現状と課題をレビューする。

実験岩石学的研究によって、少なくとも 3 wt. % の H<sub>2</sub>O が初生マグマ中に溶存しても相関係には変化がないことと、水に富むほど複数相飽和点 (マグマ生成条件) が低温・高圧側にシフトすること、島弧初生マグマは、含水量の増加に伴って低温・高圧の条件下で生成されること (Tatsumi *et al.*, 1983) が明らかとなった。また、生じた初生マグマが著しい結晶化を経ずに地表まで噴出できる初生マグマの含水量には上限があり約 2 wt. % であることも明らかになった (Pichavant *et al.*, 2002 GCA) が、それは、より高含水量の初生メルトが存在する可能性を否定するものではない。実際、メルト包有物の分析によって、カムチャツカ孤で約 2 wt. %, 中米孤で約 4 wt. % の含水量をもつ初生的なマグマが存在する直接的な証拠が得られており、初生マグマの含水量にはバリエーションがあることが推察される。含水量の高い初生マグマは、分化してから噴出するか、浅部のマグマに揮発性成分を供給して「過剰脱ガス」の原因となっている可能性がある。

島弧発生マグマの含水量は、島弧ごとに、あるいは火山ごとにバリエーションがあるばかりでなく、それぞれの火山の内部でもバリエーションがあると考えられる。すなわち、一つの火山において、水に富む初生マグマと水に乏しい初生マグマが共存する可能性がある。このような考えは、例えば、ソレアイト系列の火山岩とカルクアルカリ系列の火山岩が一つの火山に共存することの説明として多くの火山学者 (古くは Kuno, 1950) が唱えた。今後、島弧初生マグマの成因を議論する際には、島弧初生マグマのバリエーションも考慮することが必要であろう。そのような目的のためには、実験岩石学的な研究のほかに、近年、数値シミュレーションや、火山岩の微量元素組成や同位体組成を用いる地球化学的研究も威力を発揮している。さまざまな研究手法の融合により、島弧初生マグマの生成条件、とりわけ初生マグマの含水量のバリエーションについてさらに理解が深まることが期待される。

キーワード: 島弧発生マグマの含水量, 実験岩石学, メルト包有物, 島弧マグマ活動, 沈み込み帯

Keywords: H<sub>2</sub>O concentration in primary arc magma, Experimental petrology, Melt inclusion, Island arc magmatism, Subduction zone

SVC052-P06

会場:コンベンションホール

時間:5月26日 10:30-13:00

## エネルギー最小化を用いた複数圧力でのマントル溶融の熱力学計算 Multi pressure thermodynamic calculation of partial melting of peridotite by system energy minimization

上木 賢太<sup>1\*</sup>, 岩森 光<sup>1</sup>  
Kenta Ueki<sup>1\*</sup>, Hikaru Iwamori<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学地球惑星科学専攻

<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology

Throughout the Earth's history from early Earth when a dense melt could have accumulated at the bottom of the mantle to present day setting where melting at ridges, subduction zones and hotspots drives material differentiation, partial melting of the mantle is an essential process for its material and thermal evolution. Thermodynamic modeling is a general approach suitable for describing such material and thermal evolution during melting. It can provide an internally consistent model in terms of phase assemblage, mass- and energy-balance. We have been developing a general energy minimization algorithm for describing such mantle melting. The algorithm calculates gradient of total Gibbs free energy of the system with respect to any tiny mass of melting or solidification of melt and solid end-components under the constraint of closed system at constant pressure and temperature. Molar contents of solid and melt end-components are recalculated along the steepest gradient of total Gibbs free energy of the system at each calculation step. Equilibrium state of the system is found where the gradient becomes zero with respect to any tiny mass perturbation. Thermodynamic model had constructed with the algorithm, thermodynamic formulation of silicate melt and calibrated thermodynamic parameters for silicate melt successfully reproduced melting phase relations of mantle peridotite at 1GPa.

Here we present a new multi pressure thermodynamic calculation with newly calibrated thermodynamic parameters for silicate melt. Calibration data source is expanded to include higher-pressure experiment, up to 2 GPa. The thermodynamic model describes melting of spinel lherzolite at 1-2GPa. The calculation is carried out in a system SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-MgO-CaO with olivine, clinopyroxene, orthopyroxene, spinel and silicate melt. The dC<sub>p</sub> values, which are a difference of specific heat between solid and melt end-component, and dV, which is a difference of volume between solid and melt end-component have been calibrated utilizing previously reported results of high-pressure melting experiments of mantle peridotite and thermodynamic properties of rock forming minerals. Simple ideal solution is employed for the activity model of silicate melt in this study.

Thermodynamic calculation with newly calibrated parameters successfully predicted multi pressure melting relation of mantle peridotite, including elevated solidus temperature at higher pressure. At 1.5 or 2 GPa calculation, temperatures 50-100 degrees higher than that of 1GPa are required to derive a certain degree of melting, which coincides well with experimentally predicted effect of pressure on melting degree (e.g.; Falloon et al., 1999; Hirose and Kushiro, 1993). Effects of pressure on partial melt compositions are well reproduced, though FeO/MgO partition between melt and solid are not well reproduced with the ideal solution activity model. Decrease of SiO<sub>2</sub> content and increase of FeO in a partial melt with increasing pressure and increase of MgO content with increasing temperature, as shown in Hirose and Kushiro (1993), are well reproduced. In addition to the effects of temperature and bulk composition, effect of pressure on melting relation is successfully introduced to our thermodynamic calculation with relatively simple thermodynamic formulation for silicate melt.

キーワード: 熱力学, 溶融, マントル, マグマ

Keywords: thermodynamics, melting, mantle, magma