

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24540511

研究課題名(和文)スラブ由来流体による上部マントルの組成変化：ピナツボかんらん岩捕獲岩からの制約

研究課題名(英文)Geochemical compositional changes of the upper mantle by subducting slab-derived aqueous fluid: Constraints from the Pinatubo peridotite xenoliths

研究代表者

芳川 雅子 (Yoshikawa, Masako)

京都大学・理学(系)研究科(研究院)・その他

研究者番号：00378605

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：ピナツボかんらん岩捕獲岩4試料のかんらん岩内部の角閃石および母岩とかんらん岩の間に観察される角閃岩selvageの角閃石の微量元素・Sr-Nd同位体組成を求めた。角閃岩selvage中の角閃石のこれらの特徴から、selvageはかんらん岩が母岩に取り込まれた際に、かんらん岩表面に母岩デイスaitから角閃石が晶出して生じた事がわかった。一方かんらん岩中の角閃石の微量元素とSr-Nd同位体比の特徴は、ピナツボ火山下のマントルウェッジに沈み込んだ海洋地殻・かんらん岩由来の流体が付加したと考えることで説明可能である事がわかった。

研究成果の概要(英文)：Mantle xenoliths brought by subduction-zone magmas can record metasomatism in the mantle wedge (e.g. Arai and Ishimaru, 2008). Pinatubo volcano is located at the volcanic front of the Luzon arc of the Philippines. We present mineral major element compositions, and trace element and Nd-Sr isotopic compositions of amphibole in the Pinatubo peridotite xenoliths, which were observed in the dacite of the 1991 Pinatubo pyroclastic flow deposit. The amphibole exhibits enrichment of fluid-mobile elements such as Rb, Ba, U, Pb, and Sr, and Nd-Sr isotopic features reflecting mixing between asthenospheric mantle and subducting oceanic crusts. These petrological and geochemical characteristics of these mantle xenoliths suggest that mantle wedge beneath the Pinatubo volcano was metasomatized by aqueous fluids derived from subducted oceanic crust.

研究分野：同位体岩石学

キーワード：かんらん岩捕獲岩 沈み込み帯 交代作用 ピナツボ火山 微量元素組成 Sr-Nd同位体比

1. 研究開始当初の背景

沈み込み帯は地殻物質が連続的にマントルに運び込まれる地球上で唯一の場である。このため沈み込み帯域の上部マントル(マントルウェッジ)は、沈み込むスラブ由来物質によって様々な汚染を受け、マントルウェッジの一部が部分熔融することで火山弧が形成されると考えられている。沈み込み帯域の火山岩や上部マントル物質は、沈み込み帯からどのように物質が放出され、マントルを通過し、マグマを形成するかという機構解明の鍵となる物質である。なかでも、沈み込み帯域の火山岩中に含まれるマントルかんらん岩捕獲岩は、マグマに取り込まれたマントルウェッジの断片であり、沈み込むスラブ由来物質の組成などの情報を直接的に与える(例えば)。しかし、沈み込み帯域ではマントル捕獲岩の産出が他のテクトニックセッティングと比べて少なく、特にスラブ由来物質の影響が大きい火山フロントでの産出はまれである(たとえば、)。

2. 研究の目的

火山フロントで活動するピナツボ火山で発見されたかんらん岩捕獲岩について岩石学的記載を行い、構成鉱物の化学・同位体組成を求め、火山フロント下のマントルウェッジかんらん岩と沈み込んだスラブ由来の流体やメルトとの反応の実態解明を目的とする。

3. 研究の方法

採取した約 200 個のマントルかんらん岩捕獲岩から約 50 試料の薄片を作成した。捕獲岩は、1mm 以下の鉱物で構成される細粒部分を 10% 以下含む粗粒タイプとそれ以上含む細粒タイプ()に分類した。鉱物の主成分元素組成を走査型電子顕微鏡 エネルギー分散型 X 線分光法で得た。粗粒タイプ・細粒タイプ捕獲岩中の粗粒な角閃石の微量元素

組成をレーザー誘導結合プラズマ質量分析計で、スロンチウム(Sr)-ネオジウム(Nd)同位体比を表面電離型質量分析計で求めた。また、流体包有物を含むかんらん石を取り出し、それらの微量元素組成を誘導結合プラズマ質量分析計を用いて決定した。

4. 研究成果

採取された試料は、ほとんどがかんらん石・斜方輝石・スピネル・角閃石から構成されるハルツバーサイトで、単斜輝石は 3 試料のみで確認された。鉱物組成は斜方輝石に限って粗粒なものと同粒なものとの組成差が観察された。すなわち細粒な斜方輝石はより低い Al_2O_3 と Cr_2O_3 量を示し、他のマントルウェッジかんらん岩捕獲岩()と同様に、かんらん石や斜方輝石に流体が付加し再結晶化する事で生じた事が示唆される。

角閃石の微量元素組成は、重希土類元素に対して軽希土類元素が枯渇した始源マントル規格化パターンを示す。さらに、いわゆる流体とともに移動しやすいと考えられている元素(Pb・Rb・Ba・U・Sr)に富み、堆積物由来のメルトの付加があった場合に富むとされる Th(例えば、)は乏しいという特徴が観察された。これらの微量元素の特徴から、ピナツボマントル捕獲岩中の角閃石は沈み込んだ海洋地殻由来の流体が輝石に付加するような交代作用を受けて生じたと考えられる。同様の微量元素パターンは、マリアナで採取されたかんらん岩中の角閃石でも観察され、沈み込みに関係した含水流体による交代作用によると推測されており()、我々の推測を支持する。

角閃石の Sr-Nd 同位体比は、母岩のデイサイトより枯渇した値(低い Sr、高い Nd 同位体比)を示す。また、Sr-Nd 同位体比図上で枯渇したマントル成分と南シナ海の海洋玄武岩の間に位置し、両成分の混合線上にプロットされる。角閃石の微量元素と Sr-Nd 同位

体比の特徴は、ピナツボ火山下のマントルウェッジに沈み込んだ海洋玄武岩由来の流体が付加したと考えることで説明可能である。ピナツボ捕獲岩の構成鉱物中には流体包有物が確認され、その包有物中には最大 5wt% NaCl の塩水が含まれるとされる()。また流体包有物のハロゲン元素組成は、堆積物中の間隙水や蛇紋岩と類似する事が報告されている()。これらの特徴も、沈み込んだ海洋プレートや堆積物から脱水した流体がピナツボ火山下のマントルウェッジに付加した事を支持する。

引用文献

Yoshikawa, M., Arai, S. Ishida, Y. Tamura, A. and Shimizu, Y. (2010) Trace element and Sr-Nd isotopic features of ultramafic xenoliths from Kurose, the Southwest Japan arc. *JMPS*, 105, 346-351.

Arai, S. & Ishimaru, S. (2008) Insights into Petrological Characteristics of the lithosphere of mantle wedge beneath arcs through peridotite xenoliths: a review. *J. Petrol.*, 49, 665-695.

Ionov, D. A. (2010) Petrology of mantle wedge lithosphere: New data on supra-subduction zone peridotite xenoliths from the andesitic Avacha volcano, Kamchatka, *J. Petrol.*, 51, 327-361

Arai, S., Kida, M. Abe, N., Ninomiya, A., Yumul, Jr G P. (1996) Classification of peridotite xenoliths in calc-alkaline andesite from Iraya volcano, Batan Island, the Philippines, and its genetical implications. *Sci. Rep. Kanazawa Univ.*, 41, 25-45.

McCulloch, M. T., Gamble, J. A. (1991) Geochemical and geodynamical constraints on subduction zone magmatism. *EPSL*, 102, 358-374.

Elliott, T. Plank, T. Zindler, A. White, W. Bourdon, B. (1997) Element transport from

slab to volcanic front at the Mariana arc. *JGR*, 102, 14991-15019.

Chen, J. B., Zheng, Z. G. (2007) Metasomatism of the peridotites from southern Mariana fore-arc: Trace element characteristics of clinopyroxene and amphibole. *Sci. China Ser. D: Earth Sci.*, 50, 1005-1012.

Kawamoto, T., Yoshikawa, M., Kumagai, Y., Mirabueno, M. H. T., Okuno, M., Kobayashi, T. (2013) Mantle wedge infiltrated with saline fluids from dehydration and decarbonation of subducting slab. *PNAS*, 110, 9663-9668

Kobayashi M, Sumino H, Nagao K, Ishimaru S, Arai S, Yoshikawa, M., Kawamoto T, Kumagai Y, Kobayashi T, Burgess R & Ballentine CJ. (2013) Subducted Halogens and Noble Gases in the Mantle Wedge Peridotites *Mineral. Mag.*, 77, 1484.

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 7 件)

Yoshikawa, M., Python, M., Tamura, A., Arai, S., Takazawa, E., Shibata, T., Ueda, A., Sato, A. (in press) Melt extraction and metasomatism recorded in basal peridotites above the metamorphic sole of the northern Fizh massif, Oman ophiolite, *Tectonophysics* (査読有) doi:10.1016/j.tecto.2014.12. 004

Kawamoto, T., Yoshikawa, M., Kumagai, Y., Mirabueno, Ma. H. T., Okuno, M., Kobayashi, T. (2013) Mantle wedge infiltrated with saline fluids from dehydration and decarbonation of subducting slab. *PNAS*, 110, 9663-9668. (査読有) doi:10.1073/pnas.1302040110/-/DCSupplemental.

芳川雅子 (2013) 海洋マントルの Sr-Nd

同位体組成, 岩石鉱物科学, 42, 247-257.
(査読有) doi:10.2465/gkk.120608a

Yoshikawa, M., Kawamoto T, Kumagai Y, Arai S., Tamura A, Kobayashi T & Okuno M (2013) Mantle wedge metasomatism recorded in LREE-depleted calcic amphibole in the Pinatubo harzburgite xenoliths. Mineralogical Magazine, 77, 2566. (査読無) doi:10.1180/minmag.2013.077.5.25

Kobayashi M, Sumino H, Nagao K, Ishimaru S, Arai S., Yoshikawa, M., Kawamoto T, Kumagai Y, Kobayashi T, Burgess R & Ballentine CJ. (2013) Subducted Halogens and Noble Gases in the Mantle Wedge Peridotites Mineralogical Magazine, 77, 1484. (査読無) doi:10.1180/minmag.2013.077.5.11

Yoshikawa, M., Arai, S., Tamura, A., Kawamoto, T., Kobayashi, T., Okuno, M., Rivera, D. J., Bariso E. B., (2013) Amphibole compositions of the Pinatubo harzburgite xenoliths and host dacite, Annual report of IGS, Kyoto University, FY2013, 15-16. (査読無)

Yoshikawa, M., Okuno, M., Kobayashi, T., Shibata, T., Torii, T., Rivera, D. J., Bariso, E. B. (2013) Sr isotopic ratios of the Puning hot spring water and the crater lake water of Mt. Pinatubo, Philippine, Annual report of IGS, Kyoto University, FY2013, 31-32. (査読無)

[学会発表] (計 13 件)

芳川雅子・荒井章司・田村明弘・川本竜彦・小林哲夫・奥野充・Rivera, D. J.・Bariso, E. B., ピナツボハルツパージャイト捕獲岩と母岩デイサイト中の角閃石の化学組成と Sr-Nd 同位体組成, 鉱物科学会 (熊本市 2014 年 9 月 19 日)

小林真大, 角野浩史, 長尾敬介, 石丸聡子, 荒井章司, 芳川雅子, 川本竜彦, 熊谷

仁孝, 小林哲夫, ハロゲンと希ガスをトレーザーとした水の沈み込み過程の解明, 地球化学会年会, 2014 年 9 月 18 日 富山
Yoshikawa, M., Tamura, A., Arai, S., Kobayashi, T., Kawamoto, T., Okuno, M., Payot, B.D., Rivera, D.J., Bariso, E.B., Mirabueno, Ma. Hannah T., Mantle metasomatism by subducted oceanic crust recorded in the peridotite xenoliths in the 1991 Pinatubo dacite, Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting, 2014 年 8 月 1 日 Sapporo, Japan

Payot, B., Arai, S., Yoshikawa, M., Rivera, D.J., Okuno, M., Petrologic Nature of the Uppermost Mantle Beneath Mt. Pinatubo, Philippines: Constraints from a Rare Spinel Lherzolite Xenolith, Asia Oceania Geosciences Society 11th Annual Meeting, 2014 年 7 月 28 日

芳川雅子, 奥野充, 小林哲夫, 柴田知之, 鳥井真, Rivera, D.J., Bariso, E. B., ピナツボ火山火口湖水と Puning 温泉水の Sr 同位体組成, 国際火山噴火史情報研究所研究集会, 2014 年 6 月 21 日 福岡

芳川雅子, 田村明弘, 荒井章司, 小林哲夫, 川本竜彦, 奥野充, Payot Betchaida, Rivera J., Danikko, Bariso B. Ericson, Mirabueno Ma. Hannah T. ピナツボ火山かんらん岩捕獲岩の岩石学的特徴と沈み込む海洋地殻による交代作用, 地球惑星連合, 2014 年 4 月 28 日 横浜神奈川

小林真大, 角野浩史, 長尾敬介, 石丸聡子, 荒井章司, 芳川雅子, 川本竜彦, 熊谷仁孝, 小林哲夫, ハロゲンと希ガスから明らかになった堆積物中間隙水起源のマントルウェッジ中流体, 地球惑星連合, 2014 年 4 月 28 日, 横浜神奈川

小林真大, 角野浩史, 齋藤健彦, 長尾敬介, 石丸聡子, 荒井章司, 芳川雅子, 川本竜彦, 熊谷仁孝, 小林哲夫, Ray Burgess,

Chris J. Ballentine , アジア東縁の沈み込み帯に産するマントルかんらん岩中の間隙水起源ハロゲンと希ガス, 日本地球惑星科学連合 2013 年大会 (千葉市, 2013 年 5 月 23 日

芳川雅子・川本竜彦・荒井章司・田村明弘・小林哲夫, ピナツボマントルかんらん岩中の角閃石の微量元素組成に記録された火山フロント下マントルウェッジでの交代作用(R14 O 1), 日本地質学会第 120 年学術大会 (仙台市, 2013 年 9 月 15 日)

Yoshikawa M, Kawamoto T, Kumagai Y, Arai S, Tamura A, Kobayashi T & Okuno M (2013) Mantle wedge metasomatism recorded in LREE-depleted calcic amphibole in the Pinatubo harzburgite xenoliths. Goldschmidt Conference (Florence, Italy, 2013 年 8 月 29 日)

Kobayashi M, Sumino H, Nagao K, Ishimaru S, Arai S, Yoshikawa M, Kawamoto T, Kumagai Y, Kobayashi T, Burgess R & Ballentine CJ Subducted Halogens and Noble Gases in the Mantle Wedge Peridotite. Goldschmidt Conference (Florence, Italy, 2013 年 8 月 26 日)

Kobayashi M, Sumino H,, Saito, T., Nagao K, Ishimaru S, Arai S, Yoshikawa, M., Kawamoto T, Kumagai Y, Kobayashi T, Burgess R & Ballentine CJ, Slab-derived halogens and noble gases in mantle peridotites from subduction zones IAVCEI 2013 Scientific Assembly – 2013 年 7 月 21 日, Kagoshima, Japan

Kawamoto, T., Yoshikawa, M., Kumagai, Y., Mirabueno, Ma. H. T., Okuno, M., Kobayashi, T., Mantle wedge infiltrated with saline fluids from dehydration and decarbonation of subducting slab. IAVCEI 2013 Scientific Assembly 2013 年 7 月 21 日,

Kagoshima, Japan

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

芳川 雅子 (YOSHIKAWA, Masako)
京都大学・大学院理学研究科・教務補佐員
研究者番号 : 00378605

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

荒井章司 (ARAI, Shoji)
金沢大学・大学院自然システム学系・教授
研究者番号 : 20107684

小林哲夫 (KOBAYASHI, Tetsuo)
鹿児島大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号 : 70112430