

Basic Study for a Catalogue of Upper Mantle Xenoliths in the Japan Island Arcs

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-11-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Arai, Shoji メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00052628

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



日本列島産上部マントル捕獲岩 カタログ作成のための基礎的研究

(研究課題番号 02640626)

平成2～3年度科学研究費補助金
(一般研究C) 研究成果報告書

平成4年3月

研究代表者 荒井章司

(金沢大学理学部)

KAKEN
1991
23

はしがき

本報告書は平成2、3年度科学研究費補助金（一般C）「日本列島産上部マントル捕獲岩カタログ作成のための基礎的研究」（課題番号 02640626）の研究成果をとりまとめたものである。得られた研究成果の概要、口頭・論文による成果の公表リストを掲げる。また、すでに公表された論文のリプリントを巻末に綴じてある。なお、これには本研究テーマとは異なるが、上部マントル物質に関係する他の研究成果も含めてある。なお、本研究の成果のほとんどは、現在論文投稿中もしくは投稿準備中である。

補助金は、主として、光学的観察機器およびパーソナル・コンピュータ関連機器の充実、および研究調査費にあてられた。

研究組織

研究代表者：荒井章司（金沢大学理学部・教授）

研究経費

平成2年度	2,000	千円
平成3年度	200	千円



8000-15358-0

金沢大学附属図書館

研究成果

2年間の研究を通じて以下のことが明らかになった。

1. 西南日本弧の上部マントルの岩石学的構成の不均質性について

西南日本弧の、新生代アルカリ玄武岩中の捕獲岩の種類と出現頻度の検討により、上部マントルの不均質性が吟味可能である。従来、そのような検討がなされてきたのは、唐津高島、黒瀬（以上、北九州）、野山岳（島根県）、隠岐島後、荒戸山（吉備高原）、女鹿山（世羅台地）、新宮（愛媛県）の各地である。今回、津山盆地の男山（おんやま）アルカリ玄武岩中の捕獲岩を記載して従来のデータとの比較を試みた。津山盆地は、位置的にも以前のデータの地理的カバーを補強するものである。男山の捕獲岩の全体的特徴は、まずレールゾライトが卓越すること、次に、ダナイトが極めて希である（実際には未発見）ことである。男山レールゾライトは、その岩石学的特徴が極めて均一であるのが特徴である。すなわち、かんらん石のFo値はほぼ89-90であり、クロムスピネルのCr# ($Cr/(Cr+Al)$ 原子比) は0.1-0.2である。しかも、これらの値は、日本列島の上部マントルかんらん岩としては、最も低い部類に属する。パイロライト的なレールゾライトは、かんらん石の組成がFo=88-89、クロムスピネルのCr#は0.08前後である (Arai, 1987) ので、男山のレールゾライトの枯渇度はかなり低いといえる (荒井・村岡、投稿準備中)。

日本列島下の上部マントルかんらん岩における枯渇度の多様性は、相伴う集積岩 (特に、ダナイト) の多少によるように思える。すなわち、ダナイトを初めとする集積岩捕獲岩を伴う場合、マントルかんらん岩は、高Cr#のスピネルを有するレールゾライトまたはハルツバーナイトを必ず含む (黒瀬、野山岳、荒戸山、新宮)。これは、最近の、アルプス型上部マントルかんらん岩体における観察事実と調和的である (例えば、Nicolas, 1989; Takahashi, 1991)。既知の日本列島産の一連の上部マントルかんらん岩では、男山のものが最も枯渇度が低い。

2. 下部地殻物質について

下部地殻起源の捕獲岩に関する研究は、Aoki(1971)の先駆的研究以来、驚くほど少ない (例えば、Murakami, 1975; 村上, 1978; Fukuyama, 1985; 青木・吉田, 1986)。地球物理学的地殻モデルに岩石学的実体を与えるためにも、また地殻流動を解明するためにも下部地殻起源の捕獲岩はもっと研究されなけれ

ばならない。ここでは、現在までにわれわれが得ている下部地殻起源捕獲岩関係のデータをまとめる。

(1) 下部地殻物質としての捕獲岩の限界

われわれが火山岩中の捕獲岩を見るとき様々な制約が存在する。観察できる捕獲岩の種類や量比が地下に存在する岩石の種類や量比をそのまま忠実に表しているとは限らないのである。その原因をいくつかあげて考察してみる。

a. マグマ中における捕獲岩の“分別”

中国地方荒戸山のアルカリ玄武岩溶岩には捕獲岩として種々の超マフィック岩が含まれるが、マフィック岩、フェルシク岩などの斜長石を主成分とする岩はほとんど発見されない(藤原・荒井、1982)。これは、もちろん荒戸山下に地殻が存在しないためではなく、なんらかの理由で地殻物質が捕獲岩として取り込まれなかったためであろう。平井(1983)は島根県野山岳のアルカリ玄武岩(ベイサナイト)質噴出物を詳細に検討して、捕獲岩の種類と量比が噴出物の種類(噴出順序)とともに系統的に変化することを見いだした。マントルかんらん岩捕獲岩は、溶岩では捕獲岩全体の40%以上を占めるのに対して、下位の火砕岩では最上部層(捕獲岩全体の5%以下)を除いてほとんど認められない。逆に、地殻起源の捕獲岩(結晶片岩、閃緑岩を主とする)は、溶岩中では捕獲岩全体の10%以下であるのに対して、下位の火砕岩では常に40%を越え、しかも下位ほどその比率が高くなる(最下層ではほとんど100%)(平井、1983)。この事実は次ぎのように説明される。上昇するマグマ柱の先端で岩石が捕獲されるとすると、上部の岩石ほど早期に(すなわち、地殻の岩石よりマントルの岩石のほうがより早期に)捕獲される。また、密度の高い岩石ほど(すなわち、マントルの岩石のほうが地殻の岩石より)マグマ柱の中を捕獲後沈降する距離が大きい。すなわち、噴出直前のマグマ柱のなかで既に捕獲岩の種類による上下方向の“分別”が行われていることになる。そして、マグマ柱上部のマグマに由来した、最初に噴出し火砕岩となった部分には深部起源の捕獲岩は少なく、後に噴出した、マグマ柱下部のマグマ由来の溶岩中には深部起源の捕獲岩に富むようになる(平井、1983)。すなわち、溶岩または火砕岩のみで捕獲岩を観察した場合、それぞれより深部起源、より浅部起源のものが強調されてしまう可能性が高い。すなわち、一般的に言って、アルカリ玄武岩質溶岩中には地殻物質は捕獲岩として保持されにくいのである。

b. マグマによる選択的捕獲

上部マントル～下部地殻起源の捕獲岩の主たる運び屋は新生代のアルカリ玄武岩(ベイサナイト、ネフェリナイトを含む)であるが、これらのマグマの通り道にマグマの通りやすい通路(一種の配管)がすでにできていてその部分の

岩石が捕獲されない場合がある。

アルカリ玄武岩マグマは単成火山を形成し、単成火山はしばしば火山群を形成する(鷹村、1973)。それぞれの火山群は特有の噴出年代、火山岩の記載岩石学的・化学的特徴を有しており同一のマントル・ダイアピルに由来すると思われる(例えば、Uto, 1990)。Arai et al. (1991)は、大火山群に属するアルカリ玄武岩中にはグループⅡと総称される若い集積岩の捕獲岩やメガクリスト(いずれもアルカリ玄武岩起源)が多く含まれているが、火山群を構成しない孤立した単成火山のアルカリ玄武岩はそれらに乏しいことを明らかにした。また、メガクリストやグループⅡの捕獲岩を大量に含むアルカリ玄武岩中のマントルかんらん岩捕獲岩はさまざまな程度にマントル交代作用を受けていることが明らかになった(Arai et al., 1991)。すなわち、アルカリ玄武岩火山群の下の上部マントル～下部地殻には地下に滞留した先行するアルカリ玄武岩マグマもしくはそれからの非常に若い結晶集積岩が網目状に存在するらしい(Goto & Arai, 1987; Arai et al., 1991)。同一ダイアピルからの後発のアルカリ玄武岩マグマは、既存のマグマもしくは集積岩のネットワークの部分を選択的に通り上昇しようとするであろう。その時、そのネットワーク状に配管された部分の上部マントル～下部地殻物質は捕獲されないであろう。

このような“配管”のない場所を通して上昇・噴出したものに、西南日本、黒瀬のアルカリ玄武岩と東北日本、目潟火山の島弧玄武岩～デイサイトがある。

(2) 黒瀬の下部地殻起源捕獲岩

黒瀬は博多湾口にある玄界島近くのアルカリ玄武岩溶岩よりなる岩礁である。噴出年代は西南日本の深部起源の捕獲岩を包有するアルカリ玄武岩マグマとしては最も若く約1.1Maである(宇都他, 1986)。黒瀬は単成火山群に属さず孤立している。また、アルカリ玄武岩にはメガクリスト、グループⅡの捕獲岩がほとんど全く含まれない(Arai et al., 1991)。したがって、捕獲岩に対するアルカリ玄武岩マグマの汚染や前述のメカニズムによる捕獲岩の選択的欠如も軽微であろう。このような条件を備えたアルカリ玄武岩は西南日本では極めてまれである(Arai et al., 1991)。

黒瀬のアルカリ玄武岩の捕獲岩の10%前後は下部地殻起源と思われるマフィック・グラニュライトにより占められる。これらのグラニュライトは斜長石+単斜輝石+斜方輝石±緑色スピネルの鉱物組み合わせを持つ。また捕獲岩としてMgに富むかんらん岩(ハルツバーライト、ルールライト、ダナイト)のほか斜方輝石+単斜輝石+緑色～灰色スピネル±かんらん石よりなる比較的Feに富む(Mg#87以下)岩石(単斜輝石に富むルールライト～ウェブスタライト)が存在する。黒瀬では、上部マントル～下部地殻物質を通してかんらん石

と斜長石が共存することはない。モホはウェブスタライト（マントル）とマフィック・グラニュライト（地殻）の境界に相当するだろう。スピネル・ウェブスタライトやスピネル・グラニュライトはかつてのかんらん石ガブロである可能性がある。

（3）目潟の捕獲岩

目潟火山は東北日本弧の背弧側にある第四紀の火山であり高アルミナ玄武岩（高アルカリ・ソレアイト）～デイサイトを噴出している（Katsui et al., 1971）。火口は3つあり（一の目潟、二の目潟、三の目潟）、それぞれ噴出物の性質が異なるらしい（Katsui et al., 1971）。目潟火山の噴出物は東北日本弧で上部マントル～下部地殻物質を捕獲岩としてもたらず唯一のものでありその重要性はきわめて大きい。目潟のマントルかんらん岩捕獲岩はスピネルのCr/(Cr+Al)の高さのわりにかんらん石のFo値が低いこと、単斜輝石のNa含有量が低いことなどの特異な岩石学的性質を有しており、島弧マグマの溶け残り物質である可能性が高い（荒井、1989）。すなわち、島弧マグマ活動に関連して形成されたマントルかんらん岩としても他地域では得難いものである（荒井、1990）。また先行するマグマによる汚染も軽微であり、若いマグマまたは集積岩による“配管”は大規模ではないであろう。

荒井（1990）で述べたように、モホ面はやはりウェブスタライトとマフィック・グラニュライトの間に置かれるだろう。また、一の目潟と三の目潟の捕獲岩（特にマフィック岩）には加水化の程度に差が認められる（Arai and Saeki, 1980）。一の目潟のマフィック捕獲岩の加水化の程度の異なるものを観察すると、無水マフィック・グラニュライトから角閃岩（Aoki, 1971）まで連続的に変化するように見える。Fukuyama（1985）は一の目潟のマフィック捕獲岩を島弧マグマからの集積岩（ホルンブレンド+斜長石±輝石）としたが、再検討が必要である。また、目潟の上部マントル～下部地殻起源の捕獲岩においてはかんらん石+斜長石は不安定でシンプレクタイト（単斜輝石+斜方輝石+スピネルまたは輝石+パーガス閃石+スピネル）に変化しつつある。

（4）まとめ

黒瀬、目潟とも最下部地殻は初生的には含かんらん石ガブロとして形成されたものであろう。その後の冷却に伴い、スピネル・グラニュライトやスピネル・ウェブスタライトに変化した（または変化しつつある）。それにともないモホ面はやや上昇した。目潟の下では、上記の反応に加えて下方からの流体の供給がほぼ同時期にあり、下部地殻の一部は強く加水化し角閃岩やホルンブレンド・ガブロと呼ばれているものになった。ただし、これらの結論はほとんど野外観察および偏光顕微鏡観察に基づくものであり、今後地球化学的データを加え検

討しなければならない。また、これら日本海側のものとより海洋側のものを比較検討し日本列島の下部地殻の全体像を得る必要がある。

以下に今後の下部地殻起源の捕獲岩研究においてなすべきことを列挙する。

(i) 標準的産地である目潟と黒瀬の下部地殻起源捕獲岩の記載の充実。全岩・鉱物化学組成などにより、起源、変成史を明確にする。

(ii) 目潟の捕獲岩による島弧地殻の加水化プロセスの研究。特に、含水鉱物の微量元素などを検討して関与した流体の起源を特定する。また、流体の付加に伴う物質の移動をとらえる。

(iii) 目潟、黒瀬はいずれも日本海側にあり、津山盆地、吉備高原、世羅台地など内陸のアルカリ玄武岩中の下部地殻起源捕獲岩を詳細に研究し、両者を比較する。

3. 島弧上部マントルにおける“マントル交代作用”について — 目潟火山のかんらん岩捕獲岩における加水作用について —

一の目潟のかんらん岩捕獲岩には、さまざまな量の含水鉱物（パーガス閃石およびまれにフロゴバイト）が2次的に生じている。この、加水作用の実体、加水作用の初生鉱物の化学組成に対する影響、加水作用の均質性を検討した。パーガス閃石は、ふつうはかんらん岩（およびウェブステライト）中に他形粒子として散在する（20%以下）。パーガス閃石が多い場合、フロゴバイトが出現する。また、パーガス閃石は少量のフロゴバイトとともに小脈を形成して、かんらん岩を貫いている。パーガス閃石、初生鉱物の化学組成を検討すると、含水鉱物の形成には、水のみでなく、少なくともKおよびTiが導入される必要があることがわかる。また、クロムスピネルの Fe^{3+} 比は、パーガス閃石の量が多くなると高くなる。したがって、加水作用は、酸化的雰囲気でおこなわれた。島弧マントルにおける“マントル交代作用”のシナリオは、次のようである。(i) 水に富んだ島弧マグマがかんらん岩中で固化。パーガス閃石を主とする脈（あるいはネットワーク）を形成。(ii) そのとき放出された水を主とした流体が周囲のかんらん岩中に散逸。単斜輝石、斜長石と反応してパーガス閃石を形成。クロムスピネルを酸化させる。もともと枯渇度の高かったハルツバージャイトでは、パーガス閃石は形成されず、スピネルの酸化のみがおこった。また、一の目潟火口の隣の三の目潟のかんらん岩捕獲岩には含水鉱物はまれである。したがって、東北日本弧の上部マントルには、加水化の程度において、水平方向に著しい不均質性が存在する（以上、阿部・荒井・佐伯、投稿準備中）。

4. 渡島大島安山岩中の捕獲岩について — 東北日本弧の下部地殻・上部マントル物質の研究 —

従来、東北日本弧における深部起源の捕獲岩は、ほとんど目潟のもののみが知られていた。したがって、東北日本弧のマントルの一般的な岩石学的性質を知ることは不可能であった。今回、渡島大島火山の西山安山岩中に、ハルツバージャイト捕獲岩を発見した。渡島大島の安山岩中にはガプロ、ホルンブレンダイトなどの集積岩起源の捕獲岩が多い (Yamamoto, 1984)。これらの集積岩はしばしば、超マフィック岩の岩片を含む。すなわち、これらの岩石は、しばしばいわゆる複合捕獲岩 (Irving, 1980) を形成する。超マフィック岩としては、ダナイトが卓越するが、まれにハルツバージャイトが含まれる。これらのかんらん岩片は2~3mmの鉄にとむリムを有するが、内部は元の組成を保持していると思われる。ハルツバージャイトは少量の単斜輝石を含み、クロムスピネルは他形から蠕虫状である。かんらん石の組成は $Fe_{0.1}$ 、クロムスピネルのCr#はほぼ0.5である。この岩石は、目潟のかんらん岩の最も枯渇度の高いものに相当する。したがって、東北日本弧の、少なくとも日本海側の上部マントルには、ハルツバージャイトがかなり存在するものとおもわれる (以上、二ノ宮・荒井、投稿準備中)。

研究発表

学会誌等

- (1) 荒井章司 (1990) 上部マントルかんらん岩の成因 — 地球で最も多い岩石の素性 —. 科学, 60, 103-112.
- (2) 荒井章司 (1990) 日本列島の上部マントル・下部地殻物質 — 島弧の深部を構成する物質 —. 月刊地球, 12, 587-590.
- (3) Arai, S. (1990) Chemical compositions of chromian spinel and olivine in some alkaline basalts from Japan. Sci. Rep. Kanazawa Univ., 35, 25-38.
- (4) Arai, S. (1990) What kind of magmas could be equilibrated with ophiolitic peridotites? Malpas, K. et al. (eds.) Ophiolites. Oceanic Crustal Analogue. Proc. Symp. "TROODOS 87", Geol. Surv. Dept. Minist. Agr. Nat. Res., Nicosia, Cyprus, 557-565.
- (5) Arai, S. (1990) The Circum-Izu Massif peridotite, central Japan,

- as back-arc basin mantle fragments of the Izu-Bonin arc system.
Peters, Tj. et al. (eds.) Ophiolite Genesis and Evolution of the
Oceanic Lithosphere. Kluwer, Dordrecht, 807-822.
- (6) Arai, S. and Okada, H. (1991) Petrology of serpentine sandstone
as a key to tectonic development of serpentine belts.
Tectonophysics 195, 65-81.
- (7) 荒井章司・久田健一郎 (1991) 関東山地、山中白亜系石堂層中の碎屑性
クロムスピネル. 岩鉱, 86, 540-553.
- (8) 荒井章司 (1992) 碎屑性クロムスピネルおよび碎屑性蛇紋岩の重要性.
地質学論集 (印刷中).
- (9) Arai, S. (1992) Chemistry of chromian spinel in volcanic rocks
as a potential guide to magma chemistry. Mineral. Mag. (in press)

以下は投稿中または投稿準備中

- (10) Arai, S., Olivine-spinel mantle array and characterization of
spinel peridotites. (submitted to Chem. Geol.)
- (11) Arai, S., Olivine-spinel compositional relationship and its
bearing on estimation of peridotite restites.
- (12) 荒井章司・村岡弘康、津山盆地、男山アルカリ玄武岩中のかんらん岩捕
獲岩.
- (13) Arai, S., Hirai, H. and Uto, K., Relationships between
metasomatized and unmetasomatized upper mantle beneath the
Southwest Japan arc: a petrological model beneath an active
continental margin of the Western Pacific. (submitted to Bull.
Volcanol.)
- (14) 阿部なつ江・荒井章司・佐伯泰広、一の目潟かんらん岩捕獲岩にみられ
る“マントル交代作用”について.
- (15) ニノ宮淳・荒井章司、渡島大島のハルツバーチャイトを含む複合捕獲岩
について.

口頭発表

- (1) Arai, S. and Takahashi, N. (1990) Chemical diversity of mantle
phlogopite and amphibole and its significance on magma source.

IAVCEI Conference, 1990年9月, Mainz, Germany.

- (2) Arai, S. (1990) Olivine-spinel mantle array and characterization of spinel peridotites. International Workshop on "Orogenic Lherzolites and Mantle Process", 1990年9月, Montpellier, France.
- (3) 荒井章司 (1990) マグマ組成の指示者としてのクロムスピネル. 日本地質学会. 1990年10月, 富山大学.
- (4) 荒井章司・塚本尚義 (1991) クロミタイト成因に関する一考察. 三鉱学会. 1991年9月, 仙台.
- (5) 阿部なつ江・荒井章司 (1991) 一の目潟かんらん岩捕獲岩における含水鉱物の形成. 三鉱学会, 1991年9月, 仙台.
- (6) Arai, S, Takahashi, N. and Shimizu, N. (1991) Petrological significance of spinel-pyroxene symplectite in the Horoman peridotites, Hokkaido, northern Japan. International Symposium on "Mantle Processes", 1991年11月, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA., USA.
- (7) 荒井章司 (1992) 上部マントル物質の岩石学. 岩石鉱物鉱床学会. 1992年1月, 仙台.
- (8) 荒井章司 (1992) 上部マントルにおけるメルトの存在形態について. 合同学会, 1992年4月, 京都 (予定).
- (9) 阿部なつ江・荒井章司 (1992) 島弧マントルにおける"マントル交代作用". 合同学会, 1992年4月, 京都 (予定).
- (10) ニノ宮淳・荒井章司 (1992) 渡島大島火山下に推定される2種類のマントル物質. 合同学会1992年4月, 京都 (予定).