

平成 23 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2007～2010
 課題番号：19540484
 研究課題名（和文） 初期日本列島構成岩類の同位体組成：古太平洋とユーラシア大陸の間で何が起こったか？
 研究課題名（英文） Chemical and isotopic compositions of ancient basement in Japan.

研究代表者
 宮本 知治 (MIYAMOTO TOMOHARU)
 九州大学・大学院理学研究院・助教
 研究者番号：30281190

研究成果の概要（和文）：

日本列島の骨格をなす年代学的に古い岩体について、その起源を明らかにすべく野外調査および採取試料の解析を行った。特に、熊本県山鹿地域の苦鉄質・超苦鉄質岩体について、明確な原岩推定を行うために記載岩石学的観察と主要元素・微量元素組成解析を重点的に行った。その結果、主要元素組成の特徴から、同地域の苦鉄質岩体は主として沈積岩から成り、若干の火成岩が付随する、いわば下部地殻的特徴を有することが明確になった。

研究成果の概要（英文）：

I surveyed some geologically ancient complexes forming the frame of the Japanese Islands in order to clarify the origin, and got many rock samples. Particularly, I worked much on the mafic-ultramafic complex on the Yamaga district in central Kyushu for this research. For the rock samples, I observed petrography and then analyzed major and trace element compositions for considering about source materials. As a result, it was found that the mafic-ultramafic rocks of the area were composed mainly from cumulate and cumulous igneous rocks based on the characteristic in the major element compositions, and basaltic rocks accompanies it; it became clear to, so to speak, have a characteristic of the lower crust.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：岩石学・鉱物学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：変成苦鉄質・超苦鉄質岩、年代測定、主要・微量元素組成、地質学、地球化学

1. 研究開始当初の背景

三郡変成帯は日本列島に存在する変成帯の一つで、日本列島草創期の岩石を伴う地質

帯である。同変成帯には変成苦鉄質～超苦鉄質岩が点在する。この変成苦鉄質～超苦鉄質岩については、他の構成岩類（砂質・泥質片

岩、塩基性片岩、変成石灰岩など)に比べて、主たる研究対象とされた研究報告例が乏しい。それは三郡変成帯の変成苦鉄質～超苦鉄質岩の原岩の組織・構造が変成反応などにより改変されており、原岩の産状を把握することが難しいことに原因がある。ゆえにその起源についても不明な点が多く、露岩毎のみならず研究者間でもその見解はまちまちである。石渡・齋藤(1997)の研究例はその中でも解析が系統的に行われた成果であるが、年代学的解析が行われて居らず、昨今の地質学的解析で要求される、対象の四次元的解析に関して情報の欠如した、やや不満の残る結果となっていることは残念である。一方、本研究代表者が予察的に局所的な予備調査を行いその産状と化学分析を行った結果において、そのいくつかの岩体では海洋地殻的産状を示した。しかし、前述のように、別の地域に産する変成苦鉄質～超苦鉄質岩を海山起源とする報告もある。あるいは、三郡変成帯にはその両者が混在するのかもしれない。両者が混在する様子は、日本列島形成初期の構成岩の多様性とその後集積過程につながる大きな変動に由来することを示すに他ならない。それらの解析とその結果の評価が、日本列島初期の姿を再現する結果に帰結することは言うまでもない。

2. 研究の目的

三郡変成帯に点在する変成苦鉄質～超苦鉄質岩の起源を組織・構造から解明することが困難である以上、その化学組成から起源を探ることが次なる手法として考えられる。従来より、起源の異なる岩石が同じ岩種に分類されてもその主要・微量元素組成には起源に応じた差異が存在することが認識されているからである。一方で、対象となる岩石は変成作用を被っており、その結果、元素が移動し組成的特徴が改変している事が考えられるが、変成作用の影響の多寡を評価することにより、変成作用時の元素移動の可能性を評価することは可能である。また元素移動の程度は元素毎によって異なり、変成作用以前の原岩の特徴を保存している元素も有る。希土類元素もその一つで、その含有量と希土類元素同士の相対量の多寡は、起源を探る上で重要である。また、その岩石試料について年代測定を行うことで、起源に対する時間軸の構築を行うことも、地球史的解析を行う上で重要である。本研究では、これらの化学組成の特徴を解析することで、三郡変成帯の変成苦鉄質～超苦鉄質岩が海洋地殻もしくは海山のいずれを起源とするか、もしくはその他の可能性の有無を解明し、現在に至る形成発達史に時間軸を入れることを目的とした。その結果、何時、何処で形成された海洋地殻が、途中いかなる位置に存在したホットスポッ

トの海山を付加して成長したか、或いは他の成長過程を経たかを解明することが期待できたからである。そして、プレートの移動についてその相対的・定性的傾向のみならず、定量的な解析、具体的には時間と移動距離を求めることでその移動速度の平均値・変化量を求めることをも想定した。それはすなわち、地球内部の活動と表層における運動量を定量的に明らかにするに他ならない。

3. 研究の方法

研究は、野外調査・試料採取と、採取された試料の記載岩石学的観察および化学分析(一部年代測定を含む)とその結果を考察することで進めた。

初年度(平成19年度)は主に三郡変成帯の野外調査を行い、解析の主対象である変成苦鉄質岩～超苦鉄質岩および砂質・泥質変成岩を採取した。主な調査地域は過去に研究代表者、もしくは他の研究者が調査し岩石分布が把握できる地域を対象とした。その結果、重点調査地域として九州中央部の熊本県山鹿地域に産する「山鹿変はんれい岩岩体(榊・山本、1967)」を選定して同地域を重点的に調査し、他の地域も調査を行う機会を設け、その都度岩石試料の採取を図った。

なお、山鹿地域の苦鉄質岩・超苦鉄質岩について、西村・柴田(1989)は岩石の組成が海洋地殻的であると述べているが、具体的な分析結果は報告されていない。一方、石渡・齋藤(1997)は詳細な岩石記載と主要元素組成解析を行い、この岩体が火成沈積岩体であることを示唆している。

野外調査時に採取した変成苦鉄質～超苦鉄質岩試料は薄片を作成して鏡下観察した。岩石の産状、構成鉱物の組み合わせおよび産状から原岩組織と変成作用由来の組織とを判別して、原岩の特徴を残している岩石試料と変成作用の影響が大きな試料とに大別した。その区別は、平成20年度以降に重点的に行った岩石試料を化学分析するか否かを評価する基準とした。また、構成鉱物の化学組成を局所的に分析して岩石形成時・変成作用時の状況をより詳細に考察した。記載を行った岩石試料で、原岩組織の残る岩石はその起源を探るために希土類元素組成も含めたその主要元素・微量元素の化学組成分析を行った。また一部岩石試料については、変成作用の時期を特定するために鉱物分離を行い、それらの鉱物年代測定を行った。

4. 研究成果

「山鹿変はんれい岩岩体」は九州中部の山鹿地域に南北4km・東西16km規模で産する弱変成苦鉄質岩体である。松本(1958)はこの岩体を筑肥山地変成岩地域(榊・山本(1967)の「筑後変成岩体」)の最南部に産する弱変成

火成岩体とみなした。榑・山本(1967)は、岩体の内部では、北部において西から東に変成度がわずかに上昇し、南部は白亜紀花崗岩の貫入により弱い接触変成作用を被っていること、岩体の北部の見かけ上上位の結晶片岩との関係については、南から北にかけて変成度が上昇することを明らかにした。今回の野外調査および鏡下観察においても同様の産状が確認された。その上で、岩石試料の化学組成からその起源を探るには、変成作用後の変質作用のみならず風化・浸食作用による岩石試料の組成変化もまた十分に考慮しなければならないことも明らかになった。その傾向は、岩体の数カ所で確認できる断層・破碎帯周辺に産する岩石試料で顕著である。学術的報告には通常述べられないこの事実は、おそらく過去の研究においても明確であったと思われ、それ故に研究例が増加しないことも容易に想像された。

そのほか産状的特徴として、山鹿地域の苦鉄質岩の中で、風化の影響が認められない幅数 10 メートルの露頭において、ブロック化した苦鉄質岩・蛇紋岩・珪長質岩が混在することがある。この産状は構成岩類の組み合わせを考慮すると、一部破碎・メランジュ化した ophiolite 下部である可能性を示す。この特徴は、西村・柴田(1989)が、苦鉄質岩体における随伴岩石類の種類と、周囲の変成堆積岩に変成作用を与えていないことを考慮して、一連の岩石を ophiolite の一部とみなした結論と調和的である。

産する苦鉄質岩の中で、単斜輝石岩とはんれい岩は概ね単斜輝石・角閃石・斜長石・不透明鉱物からなり、角閃岩は角閃石と斜長石からなる。粒間には若干量のパンペリー石・緑泥石・アクチノ閃石が産する。蛇紋岩は大半を蛇紋石が占め、残留結晶として少量の単斜輝石が産する。珪長質岩は斜長花崗岩的で、少量の黒雲母と緑泥石を伴う。石英と曹長石は時に文象組織を呈する。

採取された岩石試料の内、その化学組成から原岩推定の可能性を認めたものはわずかに 30 試料程にとどまった。その大きな理由はこれまでも述べてきたように、現在までの風化作用による岩石試料の変質の影響で新鮮な岩石試料を得ることが難しかったこと、および先述した変成作用時の元素移動の可能性が鏡下観察により認知されたこと、である。

原岩の特徴を残すと思われる岩石試料に関してはその主要元素・微量元素組成を化学分析した。その結果、より低度の変成作用を被っている北部にて採取された岩石試料は、岩相と主要元素組成の特徴 (e. g., ノルム鉱物計算値) が調和的で、後述するアルカリ・アルカリ土類元素の一部を除き、概ね全岩組成を保存しているとの予想が覆されること

はなかった。微量元素についてはおしなべて乏しく、特に Nb や Zr が少ない特徴を有する。主要元素組成が玄武岩的な試料の Incompatible 元素の存在度について、アルカリ・アルカリ土類元素の存在度は Primitive mantle で規格化した Spidergram において試料毎に大きく異なる。その一方で、変成作用により移動しにくい元素については類似した傾向を示し、その値は Primitive mantle と N-MORB の範囲内に収まるか、もしくはそれ以下である。

年代学的解析の一環として、苦鉄質岩に伴って産する珪長質岩より自形ジルコンを選別し、その U・Pb 同位体組成を求めた。その結果より定義された年代は 489Ma を示した (図 1)。この年代は珪長質岩を伴う苦鉄質岩体の源岩年代を示すと考えられる。山鹿はんれい岩体については、西村・柴田(1989)が岩体中の角閃岩・変はんれい岩より 477Ma・306Ma の K-Ar 角閃石年代を求め、海洋底変成作用 (Miyashiro, 1973) の時期を示すと考察しており、この海洋底変成作用が原岩形成直後およびその後の何らかの熱水活動による者と考えるとその結果とも調和的である。また、今回の年代学的結果 (489Ma) は西南日本内帯に産する一連の苦鉄質・超苦鉄質岩体がおおよそ西から東に若くなる報告 (例えば、西村・柴田, 1989)) を支持する。

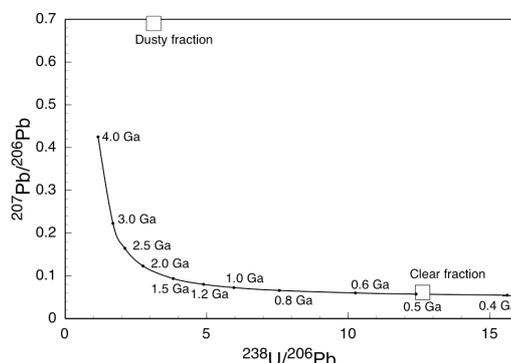


図 1. 山鹿苦鉄質岩体中に存在する珪長質岩から選別した自形ジルコンの U-Pb 同位体組成を投影した Tera-Wasserburg 図。Clear Fraction は、489Ma の年代値を示す。一方、Dusty Fraction は、残念ながら Common Pb のコンタミネーションを示す (原因は究明済み)。

また、これまで報告されてきた苦鉄質岩の原岩形成時期を示すと思われる年代とその変成作用の時期を示すと思われる年代値の相関を見ると、原岩年代が若くなるにつれて変成年代との時間差が短くなり、その外挿線は 200~180Ma で原岩年代と変成年代との差が無くなることを示す (図 2)。組成的特徴に基づき、苦鉄質岩が海嶺で形成されそれらが沈み込み帯で変成作用を受けたと考えると、200~180Ma に海嶺が沈み込んだことを暗示する。

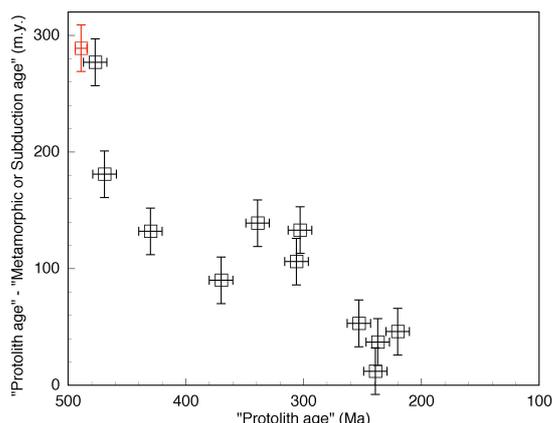


図2. 源岩年代と変成年代との相関(朱書きの一点が今回の山鹿苦鉄質岩体の珪長質岩から得られたジルコンのU-Pb年代に基づく。他は引用データによる)。源岩年代と変成年代との時間差(縦軸)は、200~180Maで無くなることを示し、海嶺の沈み込みを暗示する。

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4件)

- ① Miyamoto, T., Hamamoto, R., and Yanagi, T. (2010): Sr and Nd isotope compositions of atmospheric mineral dust at the summit of Mt. Sefuri, north Kyushu, southwest Japan: a marker of the dust provenance and seasonal variability. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **74**, 1471-1484. 査読有
- ② Satish-Kumar, M., Hermann, J., Miyamoto, T., and Osanai, Y. (2010): Fingerprinting a multistage metamorphic fluid-rock history: Evidence from grain scale Sr, O and C isotopic and trace element variations in high-grade marbles from East Antarctica. *Lithos*, **114**, 217-228. 査読有
- ③ Miyamoto, T., Satish-Kumar, M., Dunkley, D. J., Osanai, Y., Yoshimura, Y., Motoyoshi, Y., and Carson, C. J. (2008): Post-peak (<530 Ma) thermal history of Lützow-Holm Complex, East Antarctica, based on Rb-Sr and Sm-Nd mineral chronology. *In*: M. Satish-Kumar, Y. Motoyoshi, Y. Osanai, Y.

Hiroi & K. Shiraishi (eds), *Geodynamic evolution of East Antarctica: A key to the East-West Gondwana connection*. Geological Society, London, Special Publications. SP308, 165-181. 査読有

- ④ Satish-Kumar, M., Miyamoto, T., Hermann, J., Kagami, H., Osanai, Y. and Motoyoshi, Y. (2008): Pre-metamorphic carbon, oxygen and strontium isotope signature of high-grade marbles from the Lützow-Holm Complex, East Antarctica: apparent age constraints of carbonate deposition. *In*: M. Satish-Kumar, Y. Motoyoshi, Y. Osanai, Y. Hiroi & K. Shiraishi (eds), *Geodynamic evolution of East Antarctica: A key to the East-West Gondwana connection*. Geological Society, London, Special Publications. SP308, 147-164. 査読有

[学会発表] (計13件(研究代表者が演者(筆頭発表者)の発表のみ))

- ① 宮本知治・榎原 彩(2010): 山鹿変はんれい岩体の構成岩類の主要・微量元素組成. 日本鉱物科学会 2010 年年会(島根県松江).
- ② 宮本知治・榎原 彩(2010): 山鹿はんれい岩体の構成岩類とその起源について. 日本地質学会第117年学術大会(富山市).
- ③ 宮本知治・浜本礼子・柳 哮(2010): 西南日本北部九州脊振山頂にて採取された風送塵(黄砂)のSr・Nd同位体組成: 起源と季節変化の指標として. 2010年度日本地球化学会第57回年会講演.(熊谷市)
- ④ 宮本知治・浜本礼子・柳 哮(2010): 西南日本北部九州脊振山頂にて採取された風送塵(黄砂)のSr・Nd同位体組成: 起源と季節変化の指標として. 日本地球惑星科学連合 2010年大会要旨(AAS001-19).

(幕張市)

- ⑤宮本知治・榎原 彩(2010): 山鹿斑れい岩体の化学組成とその起源について. 変成岩などシンポジウム (広島県宮島)
- ⑥宮本知治・榎原 彩(2009): 山鹿はんれい岩体の産状と U-Pb zircon 年代. 日本鉱物科学会 2009 年年会 (札幌市).
- ⑦宮本知治・榎原 彩(2009): 山鹿はんれい岩体の構成岩類とその化学組成. 日本地球惑星科学連合 2009 年大会 (岡山市).
- ⑧宮本知治・小山内康人・Nguyen Thi Minh・中野伸彦・大和田正明・ Tran Ngoc Nam (2009): Strontium and neodymium isotopic compositional characters of amphibolite from Song Ma suture zone in Northern Vietnam. (ソン・マ縫合帯に産する角閃岩の Sr・Nd 同位体組成). 日本地球惑星科学連合 2009 年大会 (K133-P003). (幕張市)
- ⑨宮本知治・小山内康人・Nguyen Thi Minh・中野伸彦・大和田正明・ Tran Ngoc Nam (2008): Minor elements and isotopic compositional characters of amphibolite from Song Ma suture zone in Northern Vietnam. (ソン・マ縫合帯に産する角閃岩類の微量元素組成). 日本鉱物科学会 2008 年年会 (秋田市).
- ⑩宮本知治・小山内康人・Nguyen Thi Minh・中野伸彦・大和田正明・ Tran Ngoc Nam (2008): Compositional characters of amphibolite from Song Ma suture zone in Northern Vietnam. (ベトナム北部、Song-Ma 縫合帯に産する角閃岩類の化学組成). 日本地球惑星科学連合 2008 年大会要旨. (幕張市)
- ⑪Miyamoto, T., Yoshimura, Y., Dunkley, D. J., Motoyoshi, Y. and Carson, C. J. (2007): Geothermal history of Napier

Complex from Latest Archean peak metamorphism to the Paleozoic igneous activity. Abstract of 4th International Symposium on Gondwana to Asia and 2007 IAGR annual convention, 107-108. (Fukuoka City)

- ⑫Miyamoto, T., Osanai, Y., Nguyen, Thi, Minh, Nakano, N., Owada, M. and Tran, Ngoc, Nam (2007): Isotope compositions of whole-rocks and mineral fractions in metamorphic rocks from Po Ko and Dien Bien Phu regions in middle and northern Vietnam. Abstract of 4th International Symposium on Gondwana to Asia and 2007 IAGR annual convention, 105-106. (Fukuoka City)
- ⑬宮本知治(2007): 雨水中の風送塵の Sr・Nd 同位体組成に関する季節変化と年変化 (Sr and Nd isotope compositions of the aeolian dust in rainwater fallen on the summit of Mt. Sefuri, north Kyushu, southwest Japan). 日本地球惑星科学連合 2007 年大会. F118-P034. (幕張市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者:

宮本 知治 (MIYAMOTO TOMOHARU)
九州大学・大学院理学研究院・助教
研究者番号: 30281190