

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K17831

研究課題名(和文)太平洋LIPの成因と変遷の解明：ブルーム型オフィオライトからのアプローチ

研究課題名(英文)Genesis and secular changes of Pacific LIPs: Approach from plume-type ophiolites in Japan

研究代表者

市山 祐司 (Ichiyama, Yuji)

千葉大学・大学院理学研究院・助教

研究者番号：90625469

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：日本列島に分布する付加体やオフィオライトを構成する火成岩類の岩石学的・地球年代学的研究によって次の成果が得られた。(1) 嶺岡・瀬戸川帯火成岩類は、伊豆・ボニン弧の断片であることが明らかとなり、伊豆・ボニン弧の深部地殻岩類の成因モデルを構築した。(2) みかぶ帯と空知・エゾ帯火成岩類の詳細な火成年代の決定に成功し、ジュラ紀末太平洋マントルブルーム活動の解明への糸口を捉えた。(3) ペルム紀虫川コンプレックスからは、2つの異なる時代に形成された苦鉄質岩ブロックの存在が明らかとなり、古生代の東アジア大陸縁辺部におけるテクトニック環境が明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本列島に分布する付加体やオフィオライトは、過去の太平洋で形成された海洋性地殻～上部マントルの断片である。様々な年代の付加体やオフィオライトを構成する岩石の化学組成や年代を研究することによって、顕生代以降6億年の間、太平洋で起きた火成活動の変遷を理解することができる。また、地表では見られない深部火成プロセスを観察することも可能である。本研究では、ジュラ紀末に巨大なマントルブルームが活動していたこと、古生代後期の大陸縁辺部での地質学的環境が明らかとなった。そして伊豆・ボニン弧のような海洋性島弧の中部～下部地殻の形成過程が解明された。

研究成果の概要(英文)：The investigations of igneous rocks in Japanese accretionary complexes and ophiolites provided the following results. (1) Igneous rocks in the Mineoka-Setogawa belt are fragments of the Izu-Bonin arc, and the model for the formation mechanisms of deep-seated crustal rocks beneath the Izu-Bonin arc was established. (2) Detailed radiogenic ages for the protoliths in the Mikabu and Sorachi-Yezo belts were determined, and the clue to understanding Pacific mantle plume in Late Jurassic was found out. (3) Two different radiometric ages were obtained from the Permian Mushikawa complex, and tectonics in Paleozoic east Asian continental margins was revealed.

研究分野：岩石学

キーワード：オフィオライト 付加体 ウラン鉛年代 マントルブルーム 海洋性島弧

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

地球上には、比較的短期間(100万年程度)に膨大な量の溶岩の噴出によって形成された巨大な台地地形が点在する。これらは巨大火成岩区(LIP: Large Igneous Provinces)と呼ばれ、マントル深部からの高温で巨大なマントルの上昇流(マントルブルーム)によって生じた大規模火成活動の痕跡であると考えられている。このような火成活動は、地球表層環境にも影響を与え、生命の大量絶滅や化石燃料の形成などにも密接に関係していると考えられている。

マントルブルームの温度・組成などの物理化学特性を理解するため、LIP溶岩の岩石学的研究が試みられてきた。特に大陸域のLIPはその良好な露出とアクセスのため、多くの研究が行われてきたが、噴出したマグマは厚い大陸地殻を通過する過程で、二次的な改変を受けていることが明らかとなり、大陸LIPの溶岩からは正確なソースマントル情報を解読することは困難である。一方で、薄い海洋地殻の上に形成された海洋域のLIPは、二次改変を考慮することなくLIP形成プロセスの解明を可能にする格好の研究対象である。しかしながら、いくつかの海洋LIPが海洋掘削科学のターゲットとして研究されてきたにも拘らず、その形成プロセスの全容については未だ十分に理解できていない。

日本列島の基盤地質は海洋プレートの沈み込みに伴い、海洋性岩石が陸側に付加することによって形成と成長を続けている。その結果、オルドビス紀から古第三紀にわたる多様な年代の海洋プレートが付加体やオフィオライトとして日本列島に存在する。これまでの研究によって、日本列島の付加体やオフィオライトから太平洋マントルブルームで形成された火成岩の存在が明らかにされている。しかしながら、これらの研究では海洋LIPという視点からの着想はなく、LIPの成因に貢献するまでに至っていない。また、放射年代データに乏しく、正確なブルーム活動年代については不明のままであり、地球表層環境への影響についても分かっていない。

申請者は、太平洋で形成された海洋LIPが衝突・付加によって日本列島の付加体やオフィオライトとして保存されているという仮説を立て、西南日本に分布する美濃・丹波帯とみかぶ帯を対象に火成岩の岩石学的特徴を検討した結果、それぞれがペルム紀とジュラ紀に太平洋で形成された海洋LIPであることを明らかにした(Ichiyama et al., 2008, Lithos; Ichiyama et al., 2014, Contrib. Min. Petrol.)。さらに、海洋LIPを構成する火成岩には、成因的に異なる3つのタイプがあり、時間とともに不適合元素(NbやLa)に富み、ソースマントル内の苦鉄質成分が増加する傾向を明らかにした。また、みかぶ帯と空知・エゾ帯のピクライトからマグマの初生MgO量を推測し、そこから1600に達する異常に高温のマントルポテンシャル温度を見積もることに成功した。

### 2. 研究の目的

本研究では、Dilek and Furnace (2011, G.S.A. Bull.)の提案に従い、ブルームによって形成された海洋起源の異地性苦鉄質～超苦鉄質岩体を「ブルーム型オフィオライト」と呼ぶ。上記の研究背景と申請者のこれまでの研究経過に基づき、下記の3項目をターゲットに研究を推進する。

(1)日本列島に分布するオルドビス紀から古第三紀の付加体・オフィオライト中の火成岩について、現在の海洋底に存在する海洋LIPの全岩・鉱物化学組成との対比を行い、日本の付加体・オフィオライトのうち海洋LIP起源がどれだけあるかを明らかにする。

(2)海洋LIP起源のブルーム型オフィオライトにはどのような火成岩タイプが存在するのか、顕微鏡下の特徴や全岩・鉱物化学組成に基づき明らかにする。そして、それぞれの火成岩タイプの形成順序を精査して、各々のマントル組成や溶融温度・圧力条件を決定し、形成条件がどのように遷移したのかを明らかにする。それに従い、海洋LIPの形成プロセスモデルを構築する。

(3)日本列島を構成する付加体・オフィオライトの火成岩に含有されるジルコン( $ZrSiO_4$ )を分離・抽出し、微量に含まれるUとPbによる放射性年代測定によって、ブルーム型オフィオライトの高精度な形成年代を決定する。これによって、顕生代における太平洋マントルブルームの物質科学的な変遷を解明するとともに、地球表層環境変動との対応関係を明らかにする。

### 3. 研究の方法

本研究は、日本の様々な年代の付加体・オフィオライトがブルーム型オフィオライトであることを検証し、海洋LIPの成因モデルの構築と、太平洋マントルブルームの高精度活動年代の解明へと発展させようとするものであり、下記の項目について3ヵ年の実施計画を進める。

(1)オルドビス紀から古第三紀の付加体・オフィオライトの地質調査と火成岩の試料採取、(2)

岩石記載と含有鉱物組成や全岩主要元素組成に基づく火成岩のタイプ分けと形成順序の解明、(3) 全岩の主要・微量元素に基づくブルーム型オフィオライトの検証と海洋 LIP 形成モデルの構築、(4) ジルコン U-Pb 年代を決定し、顕生代太平洋ブルーム活動の時間的・物質的変遷と地球表層変動の対応関係の評価。

#### 4. 研究成果

関東から中部にかけて分布する古第三紀付加体の嶺岡帯・瀬戸川帯のオフィオライト質火成岩類のうち、深成岩・火山岩類について、地球化学的特徴とジルコン U-Pb 年代の解析によって、これらの成因についての検討を行った。斑れい岩、閃緑岩、トータル岩といった苦鉄質～珪長質深成岩類の全岩化学組成は、いずれも島弧マグマから形成されたことを示している。ジルコン U-Pb 年代は、岩相に関係なく嶺岡帯で 35-38 Ma、瀬戸川帯で 32-35 Ma と、およそ 35 Ma 前後の年代が得られた。これらの年代は、始新世～漸新世にかけて形成された伊豆・ボニン弧の深部地殻の年代と一致する。また、全岩化学組成の特徴も伊豆・ボニン弧の深部地殻起源とされる丹沢深成岩類や九州・パラオ海嶺から採取されている深成岩類とよく類似することが分かった。このことは、嶺岡帯・瀬戸川帯の深成岩類が、伊豆・ボニン弧の中部～下部地殻の断片であることを示している。

これらの深成岩類の岩石学的成因を明らかにし、伊豆・ボニン弧の深部地殻成因モデルの構築を試みた。斑れい岩類の岩石学的性質は、始新世に伊豆・ボニン弧で形成されたソレアイト質玄武岩に類似し、下部地殻に相当する温度圧力条件を示す。トータル岩はそれより浅いところで形成され、全岩化学組成の特徴は斑れい岩の部分溶融によって生じたメルトに相当する。閃緑岩の全岩化学組成や鉱物組織・化学組成はマグマ混合の証拠を示す。伊豆・ボニン弧の中部地殻を形成するような閃緑岩は、斑れい岩を形成した苦鉄質マグマとトータル岩を形成した珪長質マグマの混合によって形成されたことが明らかとなった。

火山岩については、全岩化学組成で島弧的な特徴を示す玄武岩質安山岩試料から約 19 Ma のジルコン U-Pb 年代を得た。これらは、四国海盆形成後の伊豆・ボニン・マリアナ弧火成活動最初期に形成された岩石であることが明らかとなった。

白亜紀付加体として関東から四国にかけて分布するみかぶ帯と北海道中軸部に分布する空知・エゾ帯の火成岩類の地球化学的組成とジルコン U-Pb 年代の検討を行った。斑れい岩の微量元素組成は、既に報告のある火山岩類の特徴に類似しており、火山岩を形成したマグマから結晶化した深成岩相であることが分かった。ジルコンの U-Pb 年代は、およそジュラ紀末期の年代を示し、以前に報告のあった角閃石の K-Ar 年代から得られていた放射年代とほぼ一致することが明らかとなった。北海道中軸部からは、空知層群および神居古潭帯の斑れい岩について検討を行った。斑れい岩の全岩化学組成に関しては、みかぶ帯と同様に火山岩類と同様の特徴が得られた。ジルコン U-Pb 年代は、空知層群でジュラ紀最末期、神居古潭帯で白亜紀最初期の異なる年代を得た。この結果は、空知層群が神居古潭帯に衝上しているという地質構造関係と整合する。これらは既に沈み込んだイザナギプレートの断片であると考えられ、太平洋プレート上に存在する同時期に形成されたにシャツキー海台との比較検討を進めている。

新潟県青海地域には、西南日本内帯の舞鶴帯の東方延長とされる虫川コンプレックスが分布し、その中の変成火山岩・深成岩類について地球化学的組成とジルコン U-Pb 年代の検討を行った。火山岩・深成岩類は、化学組成的に島弧ソレアイトもしくは背弧海盆玄武岩に類似した全岩組成を示す。ジルコン U-Pb 年代は 2 つの異なる値を示し、ペルム紀前期とデボン紀前期を示す。ペルム紀前期のものは、舞鶴帯夜久野オフィオライトに対応する苦鉄質断片と考えられる。デボン紀前期のものは、舞鶴帯の構造的上位にある大江山オフィオライトに由来している可能性が高い。このように虫川コンプレックスは、2 種類の異なる年代の古生代オフィオライトの断片が混在していると考えられ、これらの岩石学的・放射年代学的データに基づいた古生代テクトニック環境を検討中である。

青海地域に分布する蓮華帯蛇紋岩メランジ中の変斑れい岩ブロックからは、中央海嶺玄武岩または背弧海盆玄武岩の特徴を示す全岩化学組成が得られた。2 試料から抽出されたジルコンの U-Pb 年代は、カンブリア紀を示す。これらの年代は、同地域からのヒスイ輝石岩から報告されている熱水起源ジルコンの U-Pb 年代とほぼ同時期であることが分かった。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

Enomoto, H., Ichiyama, Y., and Ito, H. (2018) Early Miocene island arc tholeiite in the Mineoka Belt: Implications for genetic relationship with Izu–Bonin–Mariana (IBM) Arc. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 113, 190-197. [査読有]

Ichiyama, Y., Ito, H., Hokanishi, N., Tamura, A. and Arai, S. (2017) Plutonic rocks in the Mineoka–Setogawa ophiolitic mélange, central Japan: Fragments of middle to lower crust of the Izu–Bonin–Mariana Arc? *Lithos*, 282–283, 420–430[査読有]

Ichiyama, Y., Morishita, T., Tamura, A. and Arai, S. (2017) Adakite metasomatism in a back-arc mantle peridotite xenolith from the Japan Sea. *American Mineralogist*, 102, 341–346. [査読有]

Ichiyama, Y., Morishita, T., Tamura, A. and Arai, S. (2016) Peridotite xenoliths from the Shiribeshi Seamount, Japan Sea: insights into mantle processes in a back-arc basin. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 171, DOI 10.1007/s00410-016-1300-6[査読有]

[学会発表](計 11件)

Ichiyama, Y., Michibayashi, K., and Fryer, P. (2018) High-pressure metamorphism and mantle metasomatism in the Mariana convergent margin: Petrology of mafic and ultramafic clasts recovered from IODP Exp. 366. JpGU, Makuhari Messe, Chiba.

Ichiyama, Y., Michibayashi, K., and Fryer, P. (2018) Various metamorphism and serpentinization of mafic and ultramafic clasts from the Mariana serpentinite seamounts. AGU Fall Meeting, Walter E. Washington Convention Center, Washington DC.

Ichiyama, Y., Takahashi, S., and Ito, H. (2018) Zircon U-Pb ages of the Mikabu ophiolitic belt, Southwest Japan: Implications for the origin of the Shatsky Rise. EGU General Assembly, Austria Center Vienna, Vienna.

Ichiyama, Y., Enomoto, H., Ito, H., Tamura, A. and Arai, S. (2017) Reconstruction of the Mineoka-Setogawa ophiolitic mélange: deciphering evolution of the Izu-Bonin-Mariana Arc. Goldschmidt Conference, Le Palais des Congrès de Paris, Paris, France.

Ichiyama, Y. (2017) Arc magma-induced mantle refertilization: a case study of plagioclase peridotite in the Mineoka-Setogawa Belt, central Japan. JpGU, Makuhari Messe, Chiba City.

市山祐司・田村明弘・荒井章司(2017) 嶺岡帯マントルかんらん岩中の 斑れい岩・斜方輝岩岩脈. 日本鉱物科学会, 愛媛大学, 愛媛県松山市.

市山祐司(2017) IODP 第 366 航海概報: マリアナ前弧蛇紋岩海山から得られた岩石. InterRidge-Japan 研究集会「海洋リソスフェアの蛇紋岩化作用と物理・化学・生物プロセス」, 東京大学大気海洋研究所, 千葉県柏市.

Ichiyama, Y., Ito, H., Hokanishi, N., Tamura, A. and Arai, S., (2016) Zircon U-Pb age and geochemistry of plutonic rocks in the Mineoka-Setogawa Belts: Fragments of middle to lower crust of the IBM Arc? JpGU, May, Makuhari Messe, Chiba City.

Ichiyama, Y., Ito, H., Hokanishi, N., Tamura, A. and Arai, S., (2016) Petrogenesis of plutonic rocks in the Mineoka-Setogawa Belts: Toward understanding of deep crustal rocks in the IBM Arc. Goldschmidt Conference, June, Pacifico Yokohama, Yokohama City.

市山祐司(2016) 嶺岡・瀬戸川帯かんらん岩類の再検討: IBM 前弧玄武岩の溶け残りマントルか? 日本地質学会, 日本大学, 東京都世田谷区.

市山祐司・伊藤久敏・外西奈津美・田村明弘・荒井章司(2016) 嶺岡・瀬戸川帯苦鉄質～珪長質深成岩類の岩石学: 伊豆・ボニン・マリアナ弧中部地殻の成因. 日本鉱物科学会, 金沢大学, 石川県金沢市.

[図書](計 0件)

[産業財産権]

出願状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。