

平成 31 年 5 月 1 日現在

機関番号：35302

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K21531

研究課題名(和文)白亜紀造山帯の変遷解読：高圧型変成岩が示す構造浸食作用の実像

研究課題名(英文) Evolution of the Cretaceous Orogenic belt: high-pressure metamorphic rocks response to tectonic erosion

研究代表者

青木 一勝 (Aoki, Kazumasa)

岡山理科大学・理学部・准教授

研究者番号：70586677

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究から得られた結果から、白亜紀日本の造山帯を構成する地質体の1つである高圧型深部変成岩の表層露出に至る上昇プロセスは、これまで指摘されてきた海嶺接近に伴う沈み込むプレートの沈み込み角度の浅化の影響だけではなく、沈み込み物質からの脱水流体による深部岩石の粘性率の低下、構造浸食作用による前弧域岩石の削剥、さらには沈み込み帯上盤側で起こる反コーナー対流領域の拡大という複数の要因が重なった結果であったことを示唆した。このことは「構造浸食作用」が沈み込み帯深部岩石を上昇させるための必要条件の1つである可能性が高いことを示す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、古典的地質学・岩石学にジルコン年代学/地球化学という分析手法を組み合わせ、造山帯形成プロセスの核の1つである「高圧型変成岩上昇」に「構造浸食作用」が深く関わっていたことを示したことである。また、「日本列島を構成する基盤岩がその形成から現在に至る過程でどのように壊変・進化・成長してきたのか？」に対する新たな知見ももたらした。したがって、「火山・地震大国日本の形成・進化」に関する自然科学的教養の深化という意味でも本研究が果たした社会的意義は大きいだろう。

研究成果の概要(英文)：As a result of this research project, the exhumation mechanism of the high-pressure metamorphic rocks formed at the Cretaceous subduction zone in Japan was caused by not only shallowing subduction angle by application and subduction of ridge but also other multiple factors. They are considered to be reduction of sliding frictional force by fluid infiltration along the exhumation route, erosion in fore-arc materials by the tectonic erosion, and area expansion of back-flow in wedge mantle. This means that 'tectonic erosion' is one of the necessary conditions for the exhumation of the high-pressure-type metamorphic rocks in subduction zones.

研究分野：地質学

キーワード：ジルコン 造山帯 U-Pb年代 沈み込み帯 構造浸食

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

### 1. 研究開始当初の背景

約7億年の地史をもつ日本列島は、これまで付加体地質学の観点に基づき、断続的ではあるが時代を通して連続的に海洋側に成長してきたと考えられてきた。しかし、近年の分析技術の発展により、その成長過程で「構造浸食作用」が起きていたことが明らかになり、連続的な海洋側への成長は否定されたと言える。しかし、この「構造浸食作用」が造山帯形成プロセス対しどのような影響を与えるのか、どのような役割を持っているのかなど、その地質学的実態についてはよく分かっていない。そこで、この実態を明らかにするため、日本列島において造山帯構成地質体(付加体・高圧変成帯・弧内堆積体・バソリス体など)がすべて残存する白亜紀に形成した造山帯に注目し研究を行った。

### 2. 研究の目的

本研究は、造山帯構成要素の中で、特に構造浸食作用の影響を反映すると考えられる高圧型変成岩に注目し、年代学的・岩石学的分析手法を用いて海洋プレートの沈み込み帯で起こる構造浸食作用がいつ、どのように変成帯形成に関与しているのかを明らかにするため、高圧型変成帯の模式地の1つである白亜紀三波川変成帯の生成・発達条件の制約を行った。また、地球史における造山帯形成プロセスの時空間的変遷の比較のため、太古代地質体、特に高圧型変成岩が産出することが知られている南アフリカバーバートン緑色岩帯のInyoni shear zone (ISZ)についても年代学的・岩石学的分析手法を適用し研究を行った。

### 3. 研究の方法

本研究で用いた研究手法について以下にまとめる。

#### 露頭・岩石薄片観察

大まかな岩石生成条件の制約のため、地質学・岩石学の基本である露頭観察や岩石薄片観察から、岩石中の平衡鉱物組み合わせの特定や岩石組織の特徴化を行った。

#### EPMA 分析

鉱物の主要元素化学組成把握のため、EPMA 装置を用いて定量・マップ分析を行った。

#### 岩石熱力学計算

各種鉱物組み合わせが安定であった生成温度圧力条件制約のため、この結果を用いて、岩石熱力学計算を行った。

#### ラマン分光分析

ラマン分光分析からザクロ石鉱物中に包有されている石英鉱物の残存圧力を測定し、変成温度圧力条件の制約を行った。

#### ジルコン U-Pb 年代・微量元素分析

岩石の堆積・付加年代や変成年代の制約のため、LA-ICP-MS を用いたジルコン U-Pb 年代分析を行った。またジルコンの生成起源から原岩生成場の制約を行うため、ジルコンの微量元素組成分析を LA-ICP-MS を用いて行った。

#### K-Ar 年代分析

ジルコン U-Pb 年代分析が適用できない試料に対し、その有用性が認められている白雲母の K-Ar 年代分析を適用し、変成年代の特定を行った。

### 4. 研究成果

本研究で得られた主要な結果を以下に示す。

#### 瀬場エクロジャイトの変成年代

白亜紀高圧変成岩である三波川変成岩の最高変成度部の変成年代の特定のため、瀬場エクロジャイトのジルコンU-Pb年代および微量元素分析を行った。その結果、約90Maごろに沈み込み、その直後にエクロジャイト相変成作用を被ったことが分かった。

#### 五良津および権現エクロジャイトの変成年代

三波川変成岩の最高変成度部の変成年代の特定のため、五良津および権現エクロジャイトのジルコンU-Pb年代および微量元素分析を行った。その結果、五良津および権現エクロジャイトは、瀬場エクロジャイトよりも早い時期の約130Maごろから沈み込み、約120-90Maの間でエクロジャイト相相当の深部で停滞していたことが分かった。

#### 主要三波川変成岩沈み込み開始時期の特定

沈み込み時期の特定のため、変成岩中の碎屑性ジルコンのU-Pb年代測定を行った。その結果、一部の三波川変成岩を除き、その多くは100-90Ma以降に海溝から地球深部へ沈み込んだことが分かった。

#### 関東産地三峰地域に産する時代未詳変成岩の沈み込み・変成年代の特定

沈み込み・変成年代の特定のため、ジルコンU-Pb年代および白雲母のK-Ar分析を行った。その結果、予察的ではあるがこの地域は堆積・変成年代の全く異なる2つの変成岩が接合している可能性があることが分かった。

- の結果から、白亜紀日本の造山帯を構成する地質体の1つである三波川変成帯は、沈み込み時期の異なる3つの変成岩ユニットから成ることが示された(図1)。また、三波川変成岩の表層露出に至る上昇プロセスは、これまで指摘されてきた海嶺接近に伴う沈み込むプレートの沈み込み角度の浅化の影響だけではなく、沈み込み物質からの脱水流体による深部岩石の粘性率の低下、構造浸食作用による前弧域岩石の削剥、さらには沈み込み帯上盤側で起こる反コーナー対流領域の拡大という複数の要因が重なった結果であったことを示唆した(図2)。このことは「構造浸食作用」が沈み込み帯深部岩石を上昇させるための必要条件の1つであることを示唆している。

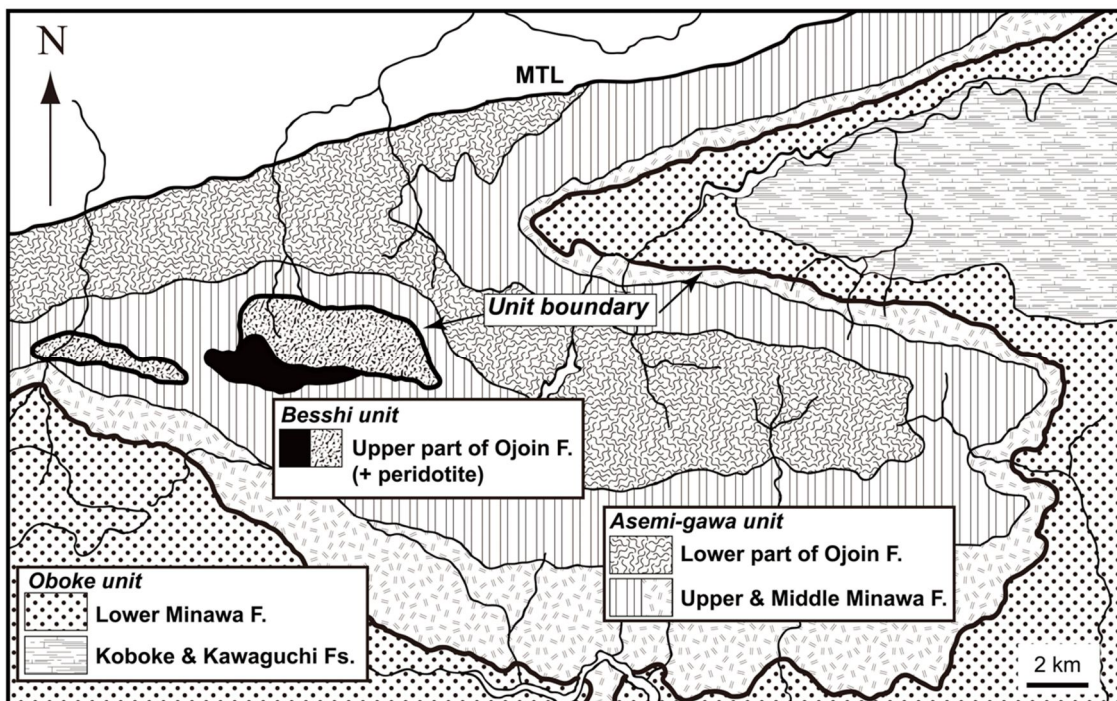


図1：四国三波川変成帯の3つの変成ユニットの分布図（論文業績 から）

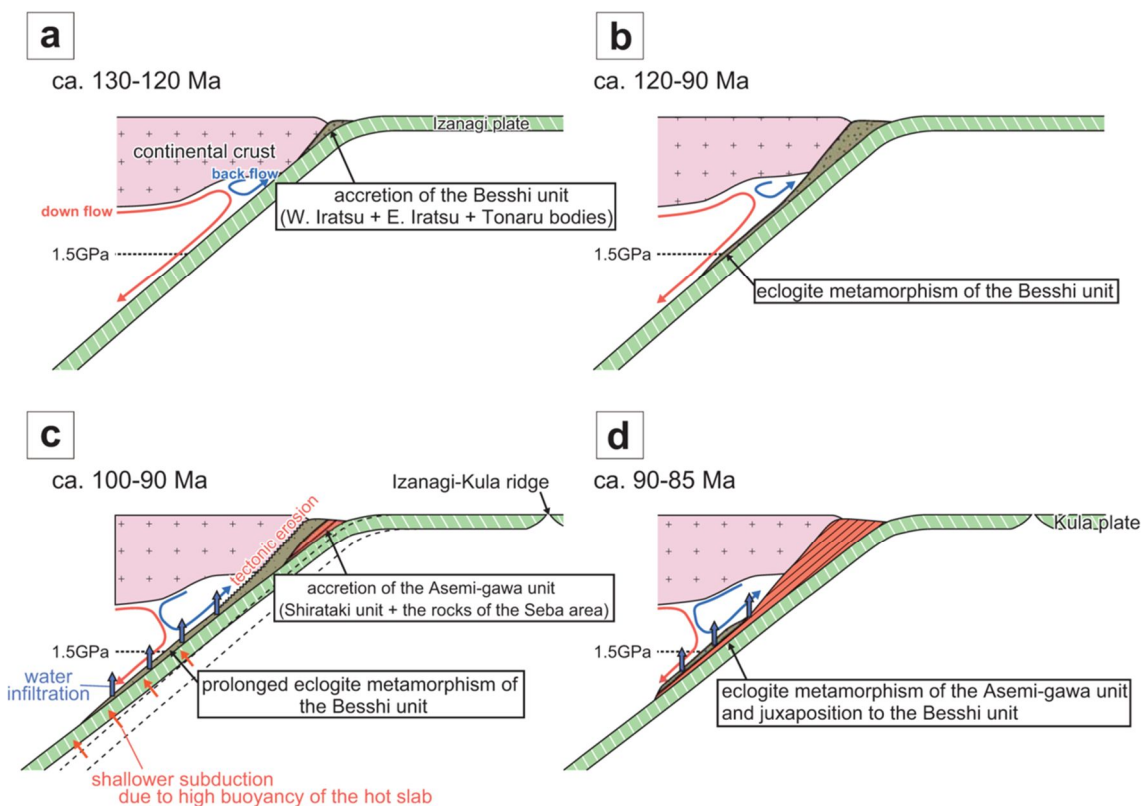


図2：四国三波川変成帯の沈み込みから上昇にいたる概念図（論文業績 から）

バーバートン緑色岩帯ISZの最高圧力変成時の温度圧力条件の推定  
 ラマン分光分析と岩石熱力学解析から  
 その条件は 圧力10 - 12.7kbar、温度600-680°Cであることが分かった (図3)。また、そのP-T経路は、最高圧力変成時から減圧昇温経路に変化し、その後、減圧減温経路へとシフトしたことを示した。また、ISZはその表層への上昇過程で加水後退変成作用を被ったと考えられる。これらの岩石学的特徴はISZが沈み込み変成作用によって生成したことを示し、太古代地球においても現在の沈み込み帯のようなテクトニクスが駆動していた可能性を示唆した。

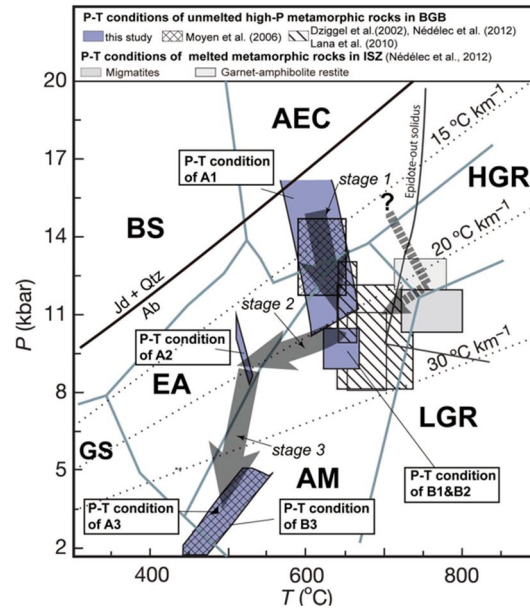


図3 ISZのP-T経路(論文業績から)

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 5 件)

Daichi Kato, Kazumasa Aoki, Tsuyoshi Komiya, Shinji Yamamoto, Yusuke Sawaki, Hisashi Asanuma, Tomohiko Sato, Yuta Tsuchiya, Katsumi Shozugawa, Motoyuki Matsuo, Brian F. Windley, Constraints on the P-T conditions of high-pressure metamorphic rocks from the Inyoni shear zone in the mid-Archean Barberton Greenstone Belt, South Africa, *Precambrian Research*, 査読有、2018, 315, 1-18. doi.org/10.1016/j.precamres.2018.06.018

Shogo Aoki, Kazumasa Aoki, Yuta Tsuchiya, Daichi Kato. Constraint on the eclogite age of the Sanbagawa metamorphic rocks in central Shikoku, Japan, *International Geology Review*, 査読有、2019, in press. doi.org/10.1080/00206814.2019.1581997

Kazumasa Aoki, Yoshiki Seo, Shuhei Sakata, Hideyuki Obayashi, Yuta, Tsuchiya, Takeshi Imayama, Shinji Yamamoto, Takafumi Hirata. U-Pb zircon dating of the Sanbagawa metamorphic rocks in the Besshi-Asemi-gawa region, central Shikoku, Japan. *Jour. Geo. Soc. Japan*, 査読有、2019, 125, 183-194. doi: 10.5575/geosoc.2018.0051

青木 翔吾・青木 一勝、年代標準試料を用いたLA-ICP-MSジルコンU-Pb年代測定. *Naturalistae*, 査読有、2019, 23, 23-29.

Shogo Aoki, Kazumasa Aoki, U-Pb age of calcite reference material, *Bull. Res. Inst. Nat. Sci., Okayama Univ. of Sci.*, 査読無、2018, 44, 47-50.

[学会発表](計 9 件)

D. Kato, K. Aoki, Y. Tsuchiya, S. Aoki, T. Komiya. Metamorphic P-T condition of the Inyoni shear zone rocks in the Barberton Greenstone Belt, South Africa and its significance. 第3回RINS国際シンポジウム「Metamorphism, deformation, and geochronology in orogeny」2019

S. Aoki, K. Aoki, Y. Tsuchiya, D. Kato, Tectonic development of eclogite-facies rocks in the Sanbagawa metamorphic belt: zircon U-Pb ages and REE compositions, 第3回RINS国際シンポジウム「Metamorphism, deformation, and geochronology in orogeny」2019

Y. Tsuchiya, K. Aoki, S. Aoki, H. Nishido, Applicability evaluation of the Sanbagawa metamorphism using a cathodoluminescence of detrital zircon, 第3回RINS国際シンポジウム「Metamorphism, deformation, and geochronology in orogeny」2019

Y. Seo, K. Aoki. Three distinct metamorphic units in the Cretaceous Sanbagawa HP belt inferred from LA-ICP-MS zircon U-Pb dating, GSA 2018 Annual Scientific Meeting, 2018

加藤大地・青木一勝・土屋裕太・小宮 剛、南アフリカ、バーバートン地域 Inyoni Shear Zone に記録された太古代の変成作用とテクトニクス、日本地質学会、2018

瀬尾好貴、青木一勝、大林秀行、坂田周平、平田岳史、丸山茂徳、四国三波川帯の変成史の再検討：ジルコン U-Pb 年代からの制約、日本地質学会、2017

D. Kato, K. Aoki, T. Komiya, Petrological study of clinopyroxene-bearing garnet amphibolite in the Barberton granite-greenstone belt, South Africa, JpGu-AGU Joint meeting, 2017

K. Aoki, S. Yamamoto, Y. Sawaki, H. Asanuma, T. Komiya, Mid-Archean low geothermal gradient metamorphism: constraints from phase relationships in metamorphosed BIF from the Inyoni shear



zone of the Barberton granite-greenstone belt, South Africa、JpGu-AGU Joint meeting、2017  
青木一勝 他、砕屑性ジルコンが示す白亜紀中—後期日本の構造浸食作用の実像、日本地質  
学会、2016

〔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

岡山理科大学 基礎理学科 地質構造史研究室

[https://www.das.ous.ac.jp/blog/aoki\\_kazumasa](https://www.das.ous.ac.jp/blog/aoki_kazumasa)

## 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：小宮 剛、青木 翔吾、土屋 裕太、澤木 佑介、平田 岳史、西戸 裕嗣、  
加藤 大地、瀬尾 好貴、山本 伸次

ローマ字氏名：Tsuyoshi Komiya, Shogo Aoki, Yuta, Tsuchiya, Yusuke Sawaki, Takafumi Hirata,  
Hirotsugu Nishido, Daichi Kato, Yoshiki Seo, Shinji Yamamoto

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。