

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23540537

研究課題名(和文) 高压変成岩の上昇プロセスの解明：中新統礫岩中のジルコン年代測定による検討

研究課題名(英文) Exhumation processes of the high-P metamorphic rocks constrained by integrated radiogenic ages of zircon in the clasts of the Miocene conglomerates

研究代表者

高木 秀雄 (Takagi, Hideo)

早稲田大学・教育・総合科学学術院・教授

研究者番号：60154754

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000 円、(間接経費) 1,020,000 円

研究成果の概要(和文)：沈み込むプレートの上面で形成された高压低温型変成岩が、いつ、どのような過程を経て地表に表れたかという課題に取り組むため、筆者らは複数の異なる年代測定法を用いて、三波川変成岩の上昇時期を特定した。特に始新世の地層と、中新世の地層中の三波川変成岩礫を対象とした年代測定を実施することにより、古い時代の侵食レベルに達するまでの過程を知ることができた。その結果、三波川変成岩の上昇の時期は、従来考えられていた時間よりも長い時間(約6千万年)かかっていたことが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Exhumation processes of high pressure type metamorphic rocks (Sanbagawa metamorphics) was examined using various radiogenic dating method (phengite K-Ar, zircon fission-track and zircon U-Pb) for the schist samples from exposures and from the clasts of Miocene and Eocene conglomerates in Shikoku and Kanto. Our results are as follows; (1) The exhumation age of the clasts in the older (Eocene) conglomerate is older than those in the Miocene conglomerate and even than schists from current exposures, except the case of Eocene conglomerate in the Shimanto Belt in Shikoku. (2) Protolith of the Sanbagawa metamorphics dated is early Late Cretaceous, therefore is correlative with the accretionary complex of the Shimanoto belt. (3) Duration time of the exhumation of the Sanbagawa metamorphics is estimated about 60 m.y., longer than previously estimated.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：地質時代 テクトニクス 層序 放射年代 変成岩

1. 研究開始当初の背景

日本列島の地体構造発達史を復元する上で、沈み込むプレートの上面で形成された高圧低温変成岩の代表例である三波川帯の上昇過程を解明することは、西南日本の地質の帯状配列を復元する上でもきわめて重要である。

近年三波川帯の原岩の少なくとも一部が、ジルコンの U-Pb 年代により従来考えられてきたジュラ紀ではなく白亜紀であることが四国で明確にされた (Aoki et al. 2007)。さらに関東山地三波川帯においては、下部 (中央部) ユニットから上部 (南部) ユニットに向かうにつれて、ジルコン SHRIMP 年代の若い値が 79Ma から 91Ma に、フェンジャイト (白雲母) K-Ar 年代も 66Ma から 82Ma に、系統的に古くなるとともに、そのジルコンによる堆積年代はすべて白亜紀であることが明らかにされた (Tsutsumi et al., 2009)。天竜地域でも同様な値が得られている (堤ほか, 2010)。また、これらの研究では、付加体として堆積してから変成のピークを経てフェンジャイトの閉鎖温度条件まで上昇するまでの間にかかった時間がおおよそ 1,000~2,000 万年であることを示している。

これらの研究の現状をふまえて、さらに三波川変成帯の原岩堆積年代からプレートの潜り込みに伴う変成のピークを経て上昇するまでのプロセスをより明確にするためには、現在の削剥レベルだけに着目するだけではなく、過去に削剥されてしまって礫岩の礫として存在する、より構造的上位に位置していたと想定される変成岩もあわせて考察する必要がある。言い換えれば、三波川変成岩の形成~上昇プロセスについて、まず年代の古い方の下限をおさえつつ、時間空間軸においてより立体的に検討することが、本研究の動機である。

2. 研究の目的

三波川帯のさらに構造的上位にかつて存在しており、中新世 (約 15-17Ma) に削剥レベルに達して、大きく運搬されずにほとんどその場で堆積したと考えられる荒川沿いの青岩礫岩と、四国西部の久万層群の礫岩中の結晶片岩礫に着目し、フェンジャイトの K-Ar 年代、ジルコンのフィッシュトラック年代 (以下、FT 年代) および U-Pb 年代など、異なる閉鎖温度をもつ年代測定法を併用することにより、上昇プロセスを明らかにすることを目的とする。

なお、当初は中新統の礫を主体としていたが、久万層群とされていた地層の一部 (ひわだ峠層) が今回の検討結果からも始新統である可能性が大きいことと、さらに四国四万十帯南帯 (始新統) 中の礫も検討対象

としたことから、当初のタイトルは、「始新統および中新統礫岩のジルコンの年代測定の検討」という形に変更することになる。

3. 研究の方法

(1) 地質調査と試料採取

四国久万高原町に狭い地域に分布する始新統とされているひわだ峠層の地質調査と試料採取を、6 回にわたって実施した。ひわだ峠層中の礫岩には比較的細粒なものが多く、大きな試料を見つけるために調査の回数が多くなった。その中で 40 試料から 2 試料のみ年代測定可能なジルコンを分離した。一方、中新統の久万層群については、その最下位の地層として位置づけられている古岩屋層中の砂質片岩の巨礫~大礫を採取することができ、9 試料中 2 試料からジルコンを分離した。また、従来唯一礫の年代が報告されている瓶ヶ森地域の変成度の高い結晶片岩礫についても、12 試料を採取し、そのうちの 1 試料からジルコンを見出した。ただし、瓶ヶ森地域のものは久万層群の中の層序的位置づけが不明瞭なため、現時点では後回しとなっている。

一方、高知県安芸市大山岬南方の四万十帯南帯に、局所的に結晶片岩礫を含む礫岩が知られており、その地点のルートマップの作成と礫の採取を実施した。

関東山地で当初予定していた荒川沿いの青岩礫岩については、筆者らのグループにより礫の詳細な白雲母年代が報告されている。今回 9 試料について見直した所、年代測定可能なジルコンは 1 試料のみ見出しているため、その後採取した追加試料も合わせて検討中である。

(2) 鉱物分離と年代測定

採取した礫について、フェンジャイトとジルコン・アパタイトの分離を、(株) 京都フィッシュトラックに委託した。

フェンジャイトについては、K-Ar 年代測定を (株) 蒜山地質年代学研究所に、またジルコンの FT 年代測定は、(株) 京都フィッシュトラックに委託した。ただし、当初予定していたアパタイトについては包有物などの影響でどの試料のものも FT 年代測定ができないことが明らかとなり、残念ながら断念した。

一方、同じ試料から分離したジルコンの一部については、樹脂に埋め込んで研磨を行い、東京大学大気海洋研究所の佐野有司研究室の協力のもと、ナノシムスを利用して、微小領域の U-Pb 年代測定を実施した。測定は、研究代表者の大学院生 飯塚亮太が一貫して行った。

4. 研究成果

(1) 結果

年代測定結果を、下にまとめる。なお、U-Pb 年代(最小値)とは、U-Pb コンコードント年代(最小値)のことである。

関東

・関東山地三波川帯ユニット境界断層上下の砂質片岩の年代測定結果(長瀬町本野上露頭:ライン下り船着き場)

断層下盤側(点紋片岩 2 試料)

フェンジャイト K-Ar 年代: 70.8Ma, 71.7Ma
ジルコン U-Pb 年代(最小値): 86.4Ma, 76.0Ma

断層上盤側(無点紋片岩 2 試料)

フェンジャイト K-Ar 年代: 65.4Ma, 63.2Ma
ジルコン U-Pb 年代(最小値): 87.6Ma, 85.5Ma

・関東山地中新世青岩礫岩中の泥質片岩礫

フェンジャイト K-Ar 年代: 82.6~124.1Ma*
ジルコン FT 年代: 検討中
ジルコン U-Pb 年代: 検討中

四国

・中新世久万層群古岩屋層中の砂質片岩礫(2 試料)

ジルコン FT 年代: 68.7Ma, 64.9Ma
フェンジャイト K-Ar 年代: 81.5Ma, 83.5Ma
ジルコン U-Pb 年代(2 試料の最小年代): 91.2Ma, 95.4Ma

・始新世ひわだ峠層中の砂質・泥質片岩礫(2 試料)

ジルコン FT 年代: 85.2Ma, 90.0Ma
フェンジャイト K-Ar 年代: 86.8Ma, 86.6Ma
ジルコン U-Pb 年代(1 試料の最小年代): 94.3Ma

・四万十帯始新世大山岬層中の砂質片岩礫(2 試料)

ジルコン FT 年代: 67.3Ma, 68.4Ma
フェンジャイト K-Ar 年代: 78.2~71.4 Ma**
ジルコン U-Pb 年代: 現在検討中

*: 新井ほか(2009) 6 試料の結果

** : 吉倉ほか(1991) 4 試料の結果

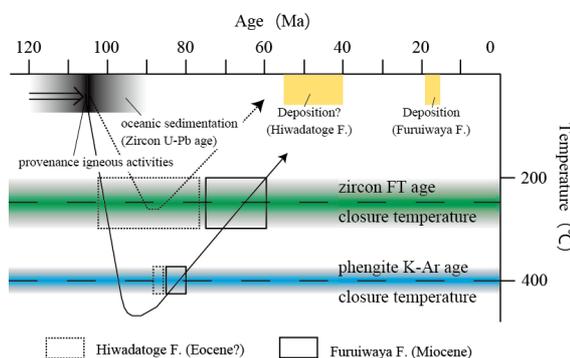
(2) 考察

上記の年代測定結果から、次の結論が導かれる。

1) フェンジャイト K-Ar 年代について、結晶片岩礫と現在露出している露頭の年代を比べた場合、関東の青岩礫岩(新井ほか, 2009)では礫の方が有意に古く、四国では久万層群やひわだ峠層中の礫については汗見川地域などで知られている露頭の年代(Itaya and Takasugi, 1988)に比べて古い方の年代グループに含まれる。これらの結果は、瓶が森地域の久万層群中の結晶片岩礫の K-Ar, Ar-Ar 年代(Yokoyama and Itaya, 1990; Takasu and Dallmeyer, 1992; Nuong et al., 2009)とも調和

的である。

2) 中新統の久万層群古岩屋層と、始新統とされているひわだ峠層中の礫のフェンジャイト K-Ar 年代とジルコンの FT 年代を比較すると、K-Ar 年代ではひわだ峠層のものが誤差範囲を少し超えて古く、ジルコン FT 年代については 20 m.y. 前後もひわだ峠層の方が古い。したがって、両者の閉鎖温度から冷却曲線を引いた場合(下図)、ひわだ峠層の速い上昇速度が想定され、削剥レベルに達した時代として、ひわだ峠層が始新世、古岩屋層が中新世であるということと矛盾はない。高橋(2009)によると、三波川変成岩の上昇は中新世に一気に起こって削剥レベルに達した可能性が指摘されているが、今回の検討結果は、ひわだ峠層の化石年代(始新世:成田ほか, 1999)を支持することになった。



3) 四国四万十帯大山岬層中の結晶片岩礫のフェンジャイト K-Ar 年代とジルコン FT 年代は調和的であり、それらは四国三波川帯大歩危ユニットの年代(K-Ar 年代: 61.4~65.0Ma; FT 年代: 56.7~68.6Ma)に近いことから(Aoki et al., 2008; Shinjoe and Tagami, 1994),礫の供給源における変成岩体と大歩危ユニットとの関連性が示唆される。

4) 久万層群とひわだ峠層中の結晶片岩礫のジルコン U-Pb 年代の最小値に違いは無く、91-95 Ma の範囲に収まっている。このことは、Aoki et al.(2007)や Tsutsumi et al.(2009)に示されているように、これらの礫の供給源であった三波川変成岩体の原岩の堆積年代が白亜紀であることを示しており、それらの原岩は四万十帯北帯に対比される地質体であったと考えられる。

5) 以上の結果より、三波川変成岩の上昇はおよそ 6 千万年間という、従来の予想よりも長い時間かかっていたことが想定される。

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 7 件)

2011～2013 年度の研究期間の間に今回の研究課題に関する成果の論文は現在準備中であるが、過去の研究課題に関する成果は下の7編。

Takagi, H., Takahashi, K., Shimada, K., Tsutsui, K., Miura, R., Kato, N. and Takizawa, S., 2012, Integrated estimates of the thickness of the fault damage zone in granitic terrain based on penetrative mesocracks and XRD analyses of quartz. *Journal of Structural Geology*, 35, 64-77.

Yamada, K., Hanamuro, T., Tagami, T., Shimada, K., Takagi, H., Yamada, R. and Umeda, K., 2012, The first (U-Th)/He thermochronology of pseudotachylyte from the Median Tectonic Line, southwest Japan. *Journal of Asian Earth Sciences*, 45, 17-23.

高木秀雄・三輪成徳・山田哲史・西嶋 圭・山崎 聡・円城寺守, 2012, 淡路島北部に分布する白亜紀花崗岩類中の石英に発達するマイクロクラックの三次元方位分布による古応力場の復元と生成環境. *地質学雑誌*, 118, 571-581.

高木秀雄, 2013, ジオパークを活用した地学教育の実践(報告). 早稲田大学教育総合研究所早稲田教育評論, no. 27, 165-182.

Takagi, H., Tsutsui, K., Arai, H., Iwano, H. and Danhara, T., 2013, Geological framework and fission track dating of pseudotachylyte of the Atotsugawa Fault, Magawa area, central Japan. *Island Arc*, 22, 318-337.

加納大道・高木秀雄, 2013, 淡路島の領家帯古期岩脈のマイロナイト化作用. *地質学雑誌*. 119, 776-793.

金井拓人・山路 敦・高木秀雄, 2014, 混合ビンガム分布を適用したヒールドマイクロクラックによる古応力解析: 中部地方領家花崗岩類における例. *地質学雑誌* 120,

〔学会発表〕(計5件)

今回の研究課題に関する学会発表は下の通りである。

高木秀雄・向坂陽二郎, 2012, 久万高原地域, ひわだ峠層中の結晶片岩礫の K-Ar 年代. 日本地質学会第 119 年学術大会講演要旨 p.93

新井宏嘉・宮下 敦・高木秀雄・八木公史・板谷徹丸, 2012, 関東山地三波川帯のユニット境界構造と年代値-埼玉県長瀬町本野上露頭の解析. 日本地質学会第 119 年学術大会講演要旨 p.227.

高木秀雄・飯塚亮太・岩野英樹・檀原 徹, 2013, 四国久万層群およびひわだ峠層中の結晶片岩礫の放射年代. 日本地質学会第 120 年学術大会講演要旨, p. 49.

飯塚亮太・高木秀雄・宮下 敦・石田章純・高畑直人・佐野有司, 2013, 関東山地三波川帯のユニット境界におけるジルコンの U-Pb 年代測定. 日本地質学会第 120 年学術大会講演要旨 p. 234.

飯塚亮太・高木秀雄・本田恵美・岩野秀樹・石田章純・佐野有司, 2014, 四国における始新統および中新統中の結晶片岩礫の統合的な放射年代測定. 日本地球惑星科学連合大会講演要旨 SMP-46-P08.

〔図書〕(計2件)

高木秀雄, 2012, 「三陸にジオパークを-未来のいのちを守るために」早稲田大学出版部. DOI 978-4-657-12303-9.

日本地質学会構造地質部会(編集委員長: 高木秀雄), 2012, 「日本の地質構造百選」朝倉書店, DOI 978-4-254-16273-8 C3.

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

高木秀雄 構造地質学研究

http://www.dept.edu.waseda.ac.jp/htakagi/index_j.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高木秀雄 (TAKAGI, Hideo)

早稲田大学・教育・総合科学学術院・教授
研究者番号: 60154754

(2) 研究分担者: なし

(3) 連携研究者

佐野有司 (SANO Yuji)

東京大学大気海洋研究所 教授

研究者番号: 50162524