

東アジアにおける古生代地殻変動の新たな痕跡を発見

～東アジア変動史空白時代のテクトニクス像描写や古地理復元に貢献～

ポイント

- ・ベトナム中部高度変成岩から古生代前期デボン紀の変成作用の痕跡を東アジアで初めて発見。
- ・「熱く」活動的な島弧の「冷たく」非活動的な大陸縁への接合―衝突過程を示唆。
- ・東アジア変動史空白時代のテクトニクス像描写や古地理復元に貢献。

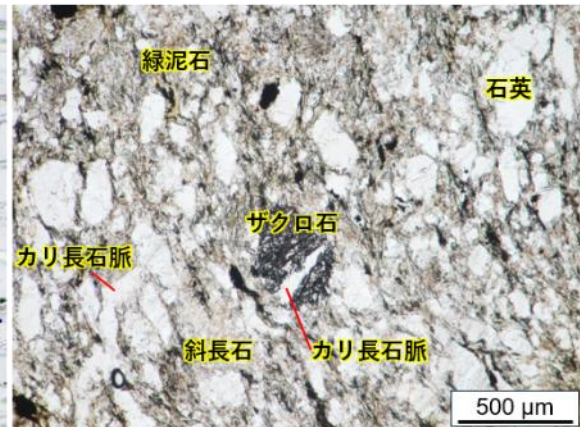
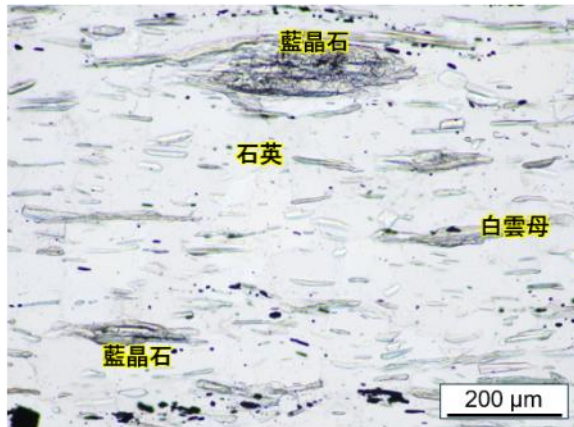
概要

北海道大学総合博物館のブイティシンブオン資料部研究員及び北野一平助教らの研究グループは、ベトナム中部ア・ブオン層から見出された変成岩^{*1}について、岩石学的・年代学的解析を体系的に実施しました。その結果、東アジアでは報告例のない古生代^{*2}前期デボン紀の変成作用を記録しており、島弧の接合―衝突過程により形成されたことが明らかになりました。

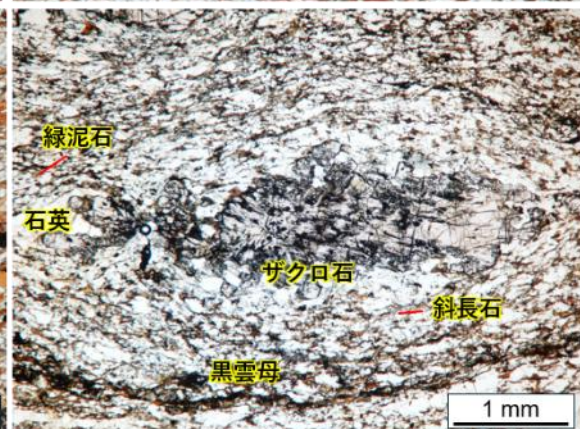
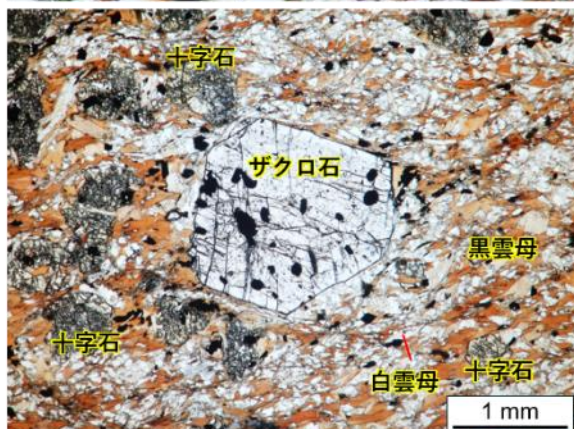
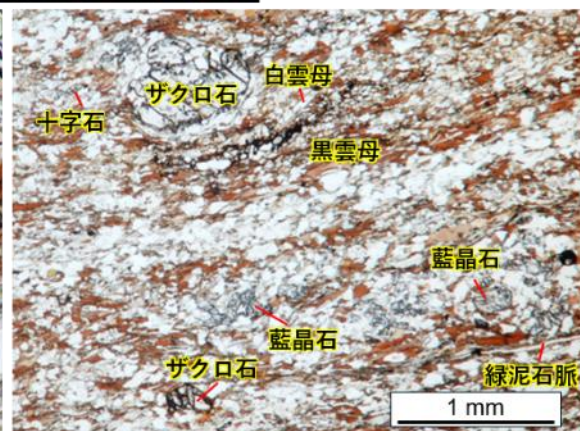
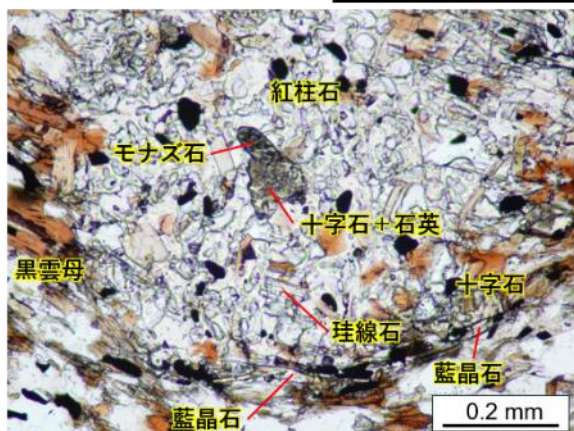
ベトナムには、アジア大陸形成に関連する古生代後期～中生代前期の大陸集合過程で形成された変成岩が断層帯または剪断帯に沿って分布していますが、ベトナム中部ではより古い古生代前期の地殻変動を記録する変成岩及び深成岩が産出しています。その古生代前期の形成テクトニクス場として大陸衝突場または沈み込み帯島弧火成活動場の二つの説が提唱されていますが、見解の一致に至っておらず、アジア大陸形成以前の古地理・テクトニクス復元の障壁となっています。研究グループは、その間接的な制約を与えるために、古生代前期の深成岩及び付随する変成岩からなるダイ・ロック岩体の周囲にあるア・ブオン層に着目しました。最近、同グループにより、ア・ブオン層から低度～高度変成岩が見出され、ベトナムでは初めての報告となる、地温勾配の降下をしめす反時計回りの変成経路^{*3}を有することが判明しています。今回、詳細な岩石学的・年代学的解析を実施した結果、次のことが明らかになりました。①ア・ブオン層の原岩^{*4}は、南中国地塊のカティシア岩体のようなカンブリア紀頃の非活動大陸縁辺域の堆積岩類でした。②前期デボン紀に、ダイ・ロック岩体からなる「熱い」活動的島弧が局所的に「冷たい」非活動的なア・ブオン層に接合―衝突しました。③ア・ブオン層では、地温勾配の降下をしめす反時計回りの変成経路をもつ特異な高度変成岩が形成されました。④高温のダイ・ロック岩体では、低温のア・ブオン層との衝突により等圧冷却が生じて、ア・ブオン層高度変成岩形成条件にあたる角閃岩相条件に至りました。⑤その後、両者は地表に向けて上昇し、中生代前期に低温条件下で熱水変質を被りました。本研究の成果は、古生代前期の沈み込み帯島弧火成活動場を支持しますが、一部の島弧は大陸縁衝突していた履歴を明らかにし、広域的なテクトニクス場や古地理復元に貢献すると考えられます。

なお、本研究成果は、2026年9月7日（月）公開の Journal of Asian Earth Sciences 誌にオンライン掲載されました。

低度変成岩（黒雲母－緑泥石帯）



高度変成岩（十字石帯）



(上) 細粒～中粒の低度変成岩 2 分析試料の顕微鏡写真

(下) 中粒～粗粒の高度変成岩 4 分析試料の顕微鏡写真

【背景】

アジア大陸形成過程において、古生代後期～中生代前期にかけてインドシナ岩体と南中国地塊という二つの小大陸が衝突し、その大陸衝突により形成された変成岩が大規模な断層帯または剪断帯に沿ってベトナムに分布しています。ベトナム中部には、インドシナ岩体の一部をなし、それ以前の古生代前期の地殻変動で生じた変成岩類及び深成岩類が産出することが報告されてきました。多くの研究により、その形成テクトニクスとして大陸衝突説と島弧火成活動説が提唱されていますが、未だに議論が続いています。そのため、アジア大陸形成以前のインドシナ岩体の成り立ちや古地理、周囲のテクトニクス復元の障壁となっています。最近、古生代前期の多量の花崗岩と少量の高度変成岩からなるダイ・ロック岩体に隣接しているア・ブオン層には、地温勾配の降下をしめす反時計回りの変成経路を記録するというベトナムでは異質な高度変成岩が発見され、ダイ・ロック岩体と成因的な関連性を有することが研究グループにより明らかにされていました。しかし、ア・ブオン層の変成岩に対して予察的な岩石学的解析にとどまっていた。ア・ブオン層の変成岩の起源・成因及びダイ・ロック岩体との成因的関係性を明らかにするために、詳細な岩石学的・年代学的解析を実施しました。

【研究手法】

ベトナム中部に分布するア・ブオン層で見出された低度変成岩（黒雲母－緑泥石帯）2 試料と高度変成岩（十字石帯）4 試料について、電子プローブマイクロアナライザーを用いた鉱物化学組成分析、顕微ラマン分光装置を用いたラマンスペクトル測定、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析計を用いたジルコン U-Pb 同位体年代測定、及びフィールドエミッション電子プローブマイクロアナライザーを用いたモナズ石 U-Th-Pb 化学年代測定をそれぞれ試料選定した上で実施しました。

【研究成果】

測定した鉱物化学組成及び鉱物ラマンスペクトルから鉱物の産状・組織を考慮した上で地質温度圧力計に適用することで、低度～高度変成岩の温度上昇期・最高温度期・温度下降期の温度圧力条件を見積もり、変成経路を推定しました（図 1）。低度変成岩は地温勾配 30–40°C/km 下で最高温度に達した後、冷却した変成経路が推定された一方、高度変成岩は地温勾配 30–40°C/km 下で温度上昇した後、地温勾配 20–25°C/km 下で最高温度に達して冷却したという反時計回りの変成経路が推定されました。また、低度変成岩の最高温度条件は高度変成岩の温度上昇期の条件に相当しました。さらに、高度変成岩の最高温度条件はダイ・ロック岩体の上昇時（温度下降期）のそれと類似し、先行研究の結果を支持しました。

ジルコン年代測定の結果（図 2）、低度～高度変成岩中に含まれる原岩由来の碎屑性ジルコンは共通して約 25 億年前、15 億年前、10 億年前、7 億年前に年代ピークをもちました。そして、その年代分布及び Th/U 比の特徴は、南中国地塊のカティシア岩体のカンブリア紀堆積岩のそれと類似します。さらに、両者の碎屑性ジルコン年代の特徴は、非活動的大陸縁での堆積という先行研究の考えと調和的となりました。一方、ダイ・ロック岩体変成岩から報告されている碎屑性ジルコンの特徴とは全く異なることが明らかになりました。

モナズ石年代測定の結果（図 3）、低度～高度変成岩中のモナズ石にはともに上述の碎屑性ジルコン年代と調和的な 5 億年前より古い原岩由来の碎屑性ドメインが含まれ、その周囲に約 4 億 1 千万年前～約 4 億年前の前期デボン紀の年代が優勢な変成ドメインがみとめられました。ただし、変成ドメインには年代幅があり、最も若くて中生代前期トリアス紀の年代が検出されました。低度変成岩のモナズ石には低温下での別の鉱物への置換反応の痕跡があり、低度～高度変成岩中には鉱物脈が複数みと

められることから、前期デボン紀の変成作用で形成していたモナズ石がトリアス紀に低温条件下で熱水と反応して部分的に若返ったことが示唆されました。

以上の結果から、①ア・ブオン層変成岩の原岩は、南中国地塊カテシヤ岩体のカンブリア紀堆積岩のように、ゴンドワナ超大陸の非活動大陸縁辺域で堆積した堆積岩類でした。②約4億1千万年前～4億年前の前期デボン紀に、活動的で「熱い」島弧をなすダイ・ロック岩体が局所的に非活動的で「冷たい」大陸縁で堆積していたア・ブオン層に接合―衝突することで高度変成作用を引き起こしました。③ア・ブオン層では、接合時に地温勾配30–40°C/kmを獲得して低度変成岩が形成され、衝突過程でその一部がより深部へもたらされて、地温勾配20–25°C/km下で反時計回りの変成経路をもつ特異な高度変成岩が形成されました。④一方、ダイ・ロック岩体では「冷たい」ア・ブオン層との衝突過程を経て、高温のグラニュライト相条件から等圧冷却が生じて、ア・ブオン層高度変成岩の最高温度条件にあたるより低温の角閃岩相条件に至りました。⑤その後、両者は一体となって地表に向けて上昇し、中生代前期トリアス紀に低温条件下で小規模な熱水変質を受けたことが考えられました。本研究の成果は、古生代前期の沈み込み帯島弧火成活動場を支持しますが、東アジアで初めて前期デボン紀に一部の島弧は大陸縁に衝突していた履歴を明らかにしました。古生代前期において、東アジア基盤岩の一部であるインドシナ岩体の広域的なテクトニクス場や古地理復元に制約を与えることが期待されます。

【今後への期待】

ア・ブオン層で見出された低度～高度変成岩は、ベトナムで初めての報告となる前期デボン紀の変成年代及び反時計回りの変成経路を有することが本研究により明らかにされました。そして、前期デボン紀以前では、ダイ・ロック岩体が沈み込み帯島弧火成活動場で形成していたことが推察されました。しかし、ダイ・ロック岩体の大量の花崗岩類及び付随するグラニュライト相の高度変成岩が島弧火成活動場でどのような過程を経て生じたのか、特に、グラニュライト相高度変成岩を生成した高温熱源の正体・発生メカニズム及びその高度変成岩の原案の起源は不明なままです。そのため、ダイ・ロック岩体の更なる地質調査や観察・解析を経て、総合的に考察する必要があります。ベトナム中部地域に記録された古生代前期のテクトニクス場を復元し、インドシナ岩体ひいては東アジアの形成史を解読する上で重要な制約をもたらす可能性があります。

論文情報

論文名	Metamorphic evolution and detrital provenance of the A Vuong Formation, Southern Truong Son Belt, Vietnam: implications for the tectonic affinity of the Cathaysia Block and Early Devonian metamorphism (ベトナムチョン・ソン帯南部ア・ブオン層の変成進化と碎屑物供給源：カテシヤ岩体とのテクトニックな関連性と前期デボン紀変成作用の示唆)
著者名	T.S.Vuong BUI ^{1,2} 、北野一平 ² 、T.Anh Tran ¹ (¹ ベトナム科学技術アカデミー地球科学部門、 ² 北海道大学総合博物館)
雑誌名	Journal of Asian Earth Sciences (主にアジア・太平洋圏を対象とした固体地球科学の専門誌)
D O I	10.1016/j.jseaes.2026.107290
公表日	2026年9月7日(月)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学総合博物館 助教 北野一平（きたのいっぺい）

T E L 011-706-4733 メール kitano@museum.hokudai.ac.jp

配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目）

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

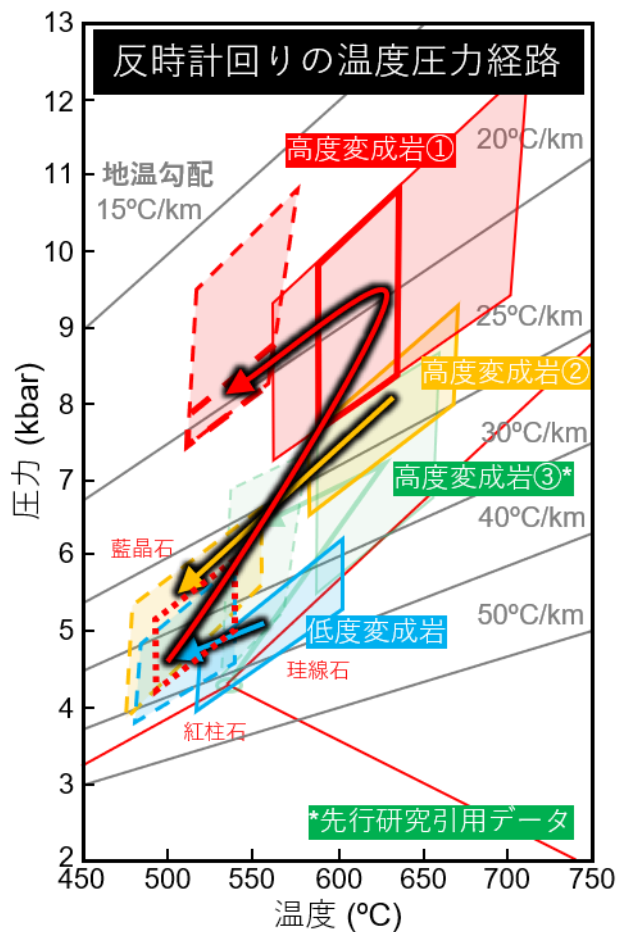


図 1. ア・ブオン層低度～高度変成岩の変成経路。縦軸は圧力 (kbar)、横軸は温度 (°C) で、矢印が温度圧力変化（変成経路）をしめし、すべて反時計回りの経路となっている。

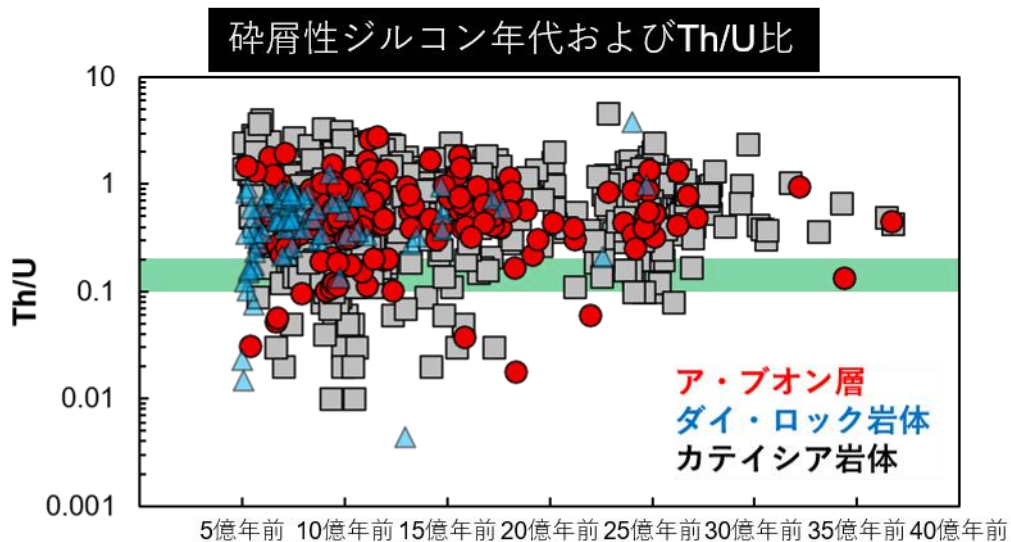


図 2. ア・ブオン層低度～高度変成岩中に含まれる原岩由来の碎屑性ジルコン年代と Th/U 比の関係。
赤丸でしめされるア・ブオン層の碎屑性ジルコンは、灰色四角でしめされるカテイシア岩体のカンブリア紀堆積岩中の碎屑性ジルコンと類似する特徴をもち、青三角でしめされるダイ・ロック岩体のそれとは区別される。

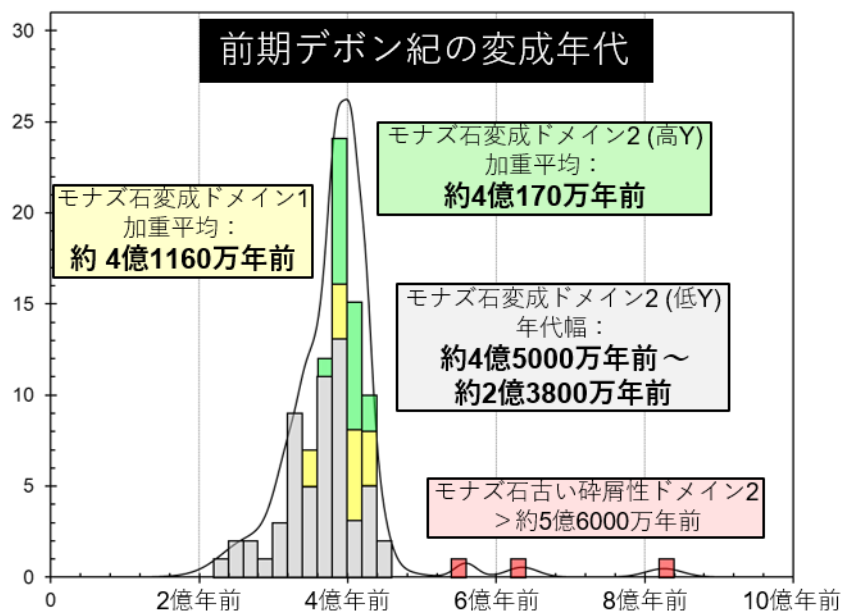


図 3. ア・ブオン層高度変成岩のモナズ石年代測定結果の一例。モナズ石は、5 億年前より古い碎屑性ドメインと、古生代前期の前期デボン紀が優勢で、最も若くて中生代前期のトリアス紀をしめす変成ドメインからなる。

【用語解説】

- *1 変成岩 … 地表の岩石（堆積岩または火成岩）が地下へもたらされて化学変化した岩石のこと。
- *2 古生代 … 地球史の中で、約 5 億 4 千万年前～2 億 5 千万年前の期間のこと。
- *3 変成経路 … 変成岩に記録されている温度圧力条件の時間的变化のこと。
- *4 原岩 … 変成岩となる前の元々の岩石。