

地温勾配の降下を記録した変成岩をベトナムで初めて発見

～太古に生じた特異な地殻内物質循環のテクトニクス解明に貢献～

ポイント

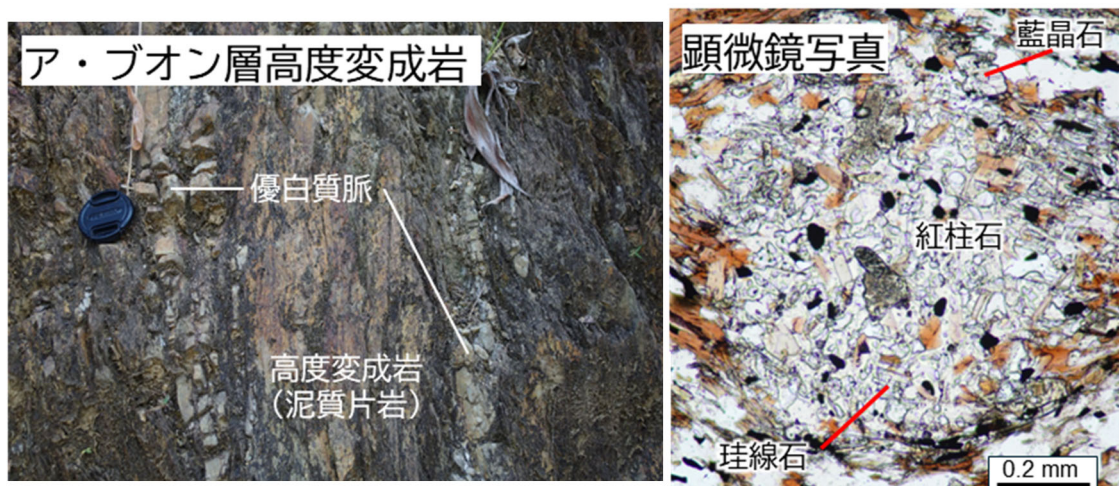
- ・ベトナム中部において広域的な地質調査により高度変成岩を発見。
- ・地温勾配の降下を示す反時計回りの変成経路を持つ変成岩をベトナムで初めて報告。
- ・ベトナムの地史解明のみならず特異な物質循環をもたらしたテクトニクス像の描写に貢献。

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、ベトナム中部に分布するア・ブオン層において広域的な地質調査を行い、高度変成岩^{*1}の局所的な産出を見出しました。予察的な岩石学的解析を経て、ベトナムでこれまで報告例のない地温勾配^{*2}の降下（反時計回りの変成経路^{*3}）を示す特異な変成岩であることを明らかにしました。

ベトナムの変成岩は主に古生代^{*4}後期の大陸衝突により形成され、共通して断層帯または剪断帯^{*5}に沿って分布し、当時の地温勾配上昇（時計回りの変成経路）を記録しています。ベトナム中部には、ダイ・ロック岩体という古生代前期のマグマ活動で形成した花崗岩体に伴い高温の熱変成を受けた高度変成岩が剪断帯沿いに産していますが、それらがいつどのような地殻変動（テクトニクス）で生じたのかは議論が続いています。そこで、研究グループは、ダイ・ロック岩体の周囲にあるア・ブオン層に着目して、広域的な地質調査を行いました。その結果、従来、弱く変成した堆積岩とみなされていたア・ブオン層から、低度～高度変成岩が産することが判明しました。高度変成岩の形成温度圧力（変成）条件を推定すると、ダイ・ロック岩体の高度変成岩上昇時の条件と一致し、両者の成因的関連性が明確になりました。さらに、ア・ブオン層の変成岩は反時計回りの変成経路を有し、ベトナムでは報告例のない地温勾配の降下を記録した特異な形成過程を持つことが見出されました。今後、詳細な岩石学的・年代学的解析を行い具体的なテクトニクス像を明らかにします。

なお、本研究結果は、2025年8月13日（水）公開の Vietnam Journal of Earth Sciences 誌にオンライン掲載されました。



（左）ア・ブオン層から発見された高度変成岩の野外での産状

（右）高度変成岩に含まれるアルミノケイ酸塩鉱物3種（紅柱石・珪線石・藍晶石）の顕微鏡写真

【背景】

ベトナムはアジア大陸を形作った古生代後期の造山帯に位置していたため、その当時の大陸衝突によって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分布しています。これらの変成岩は、共通して地温勾配の上昇を表す時計回りの温度圧力変化（変成経路）を記録しています。ベトナム中部には、より古い古生代前期の地殻変動で生じた高度変成岩が産出することが報告されてきましたが、その形成テクトニクスは未だ意見の一致をみていません。その一例が、多量の花崗岩と少量の高度変成岩からなるダイ・ロック岩体です（図 1）。花崗岩と高度変成岩の解析結果から、ダイ・ロック岩体の成因論として、大陸衝突説と沈み込み帯島弧火成活動説の二つのモデルが提唱されています。これらのモデルを検証するためには、これまでの研究とは独立した新たなアプローチが必要でした。

そこで、本研究では、ダイ・ロック岩体の周囲に分布するア・ブオン層の弱い変成作用を受けたとされる堆積岩類に着目しました（図 1）。先行研究の報告では、ア・ブオン層の構成岩石（弱変成堆積岩類）の詳しい地質調査及び岩石学的解析がなされていませんでしたが、ダイ・ロック岩体高度変成岩中に上昇時の二次的鉱物として認められる藍晶石という鉱物を含む変成岩の存在が、ア・ブオン層から指摘されていました。そのため、ア・ブオン層にはダイ・ロック岩体の高度変成岩と成因的な関連性を持つ変成岩が産出し、ダイ・ロック岩体の形成モデルに制約を与えられる可能性を予想し、広域的な調査と予察的な岩石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・ブオン層で地質調査を広域的に行い、56 地点の露頭から 78 試料の変成岩を採取しました（図 1）。採取試料から薄片を作製し、偏光顕微鏡下で組織観察・鉱物組合せ同定などの岩石記載を行いました。選定した高度変成岩 1 試料について、北海道大学の電子プローブマイクロアナライザー（EPMA）を用いて構成鉱物の化学組成を測定し、温度圧力条件を見積もりました（図 2）。

【研究成果】

従来、弱変成堆積岩類が占めていると考えられていたア・ブオン層から低度～高度変成岩が産出し、主に泥岩または砂岩を起源（原岩）とする変成岩から構成されていることが明らかになりました。それらの変成岩の分布域及び構成鉱物組合せの傾向から、この地域のア・ブオン層は、低度変成岩が占める黒雲母－緑泥石帯と高度変成岩が占める十字石帯に分帯され、中心部のダイ・ロック岩体に向かって黒雲母－緑泥石帯から十字石帯へと変遷し、温度（変成度）上昇していることが示唆されました。

さらに、高度変成岩には優白質脈の貫入が認められ、温度圧力条件に応じて相転移するため有用な指標となるアルミノケイ酸塩鉱物（紅柱石、珪線石、藍晶石）が確認されました。1 試料にのみ低圧高温で安定な紅柱石の斑状変晶が含まれ、紅柱石の内部にはより高温で安定な珪線石とより高圧で安定な藍晶石が包有され、紅柱石の周囲は藍晶石に相転移している組織が観察されました。この組織は、紅柱石、珪線石、藍晶石のすべてのアルミノケイ酸塩鉱物が安定な限定された温度圧力条件から、さらに圧力と温度が上昇して藍晶石が安定な条件に移行したという温度圧力の変化を示唆します。

この試料と同じ露頭に産出する別の高度変成岩について鉱物化学組成を分析し、地質温度圧力計に適用して温度圧力条件を計算した結果、最高変成条件は約 6–9 kbar・600–650 °C で、冷却時の条件は約 4–7 kbar・500–550 °C となりました。これらの結果を統合すると、ア・ブオン層の高度変成岩は、地表で堆積した砂岩または泥岩が地下へ埋没し、低圧（地下浅所）でやや高温条件にもたらされたといえます。そして、温度と圧力が上昇して（より深所で）最高温度条件に到達し、その後、圧力（深

度) がほぼ下がらずに冷却したという、いわゆる地温勾配の降下を示す反時計回りの変成経路を記録していることが明らかとなりました(図 2)。この変成経路を示す変成岩はベトナムでは初めての発見・報告となり、他のベトナムの変成岩とは異なるテクトニクスを経験している可能性が推察されました。さらに、ア・ブオン層の最高変成条件は、隣接するダイ・ロック岩体の上昇時の温度圧力条件と一致することが判明し(図 2)、両者の成因的な関連性が明確となりました。

【今後への期待】

本研究によりア・ブオン層は、ダイ・ロック岩体の形成プロセスに関連し、ベトナムでは異質な変成経路を持つことが明らかになりました。そのため、今後、詳細な岩石学的・年代学的解析を展開していくことで、ア・ブオン層の特異な形成テクトニクスを考察します。この成果は、ベトナム中部地域のみならず、ベトナムの地史を復元するうえで新たな知見を生み出す可能性があります。さらに、古生代前期において、どのようにして大規模な剪断帯が生じてダイ・ロック岩体やア・ブオン層の変成岩類が形成されて地表まで上昇してきたのか、その具体像の描写に貢献し、現在の断層帯・剪断帯で地下深部の地殻内でどのようなことが生じているのか、地殻物質の挙動を理解する一助となることも期待されます。

論文情報

論文名	Metamorphism in the A Vuong Formation, southern Truong Son Belt, Vietnam (ベトナム チョン・ソン帯南部ア・ブオン層の変成作用)
著者名	T.S.Vuong BUI ^{1,2} 、北野一平 ² 、T.Anh Tran ¹ 、N.Can Pham ¹ 、H.Ly Vu ¹ 、T.P.Lien Pham ¹ 、 T.Huong Ngo ¹ 、Q.Cong 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	Vietnam Journal of 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	10.15625/2615-9783/23301
公表日	2025 年 8 月 13 日 (水) (オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学博物館 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】

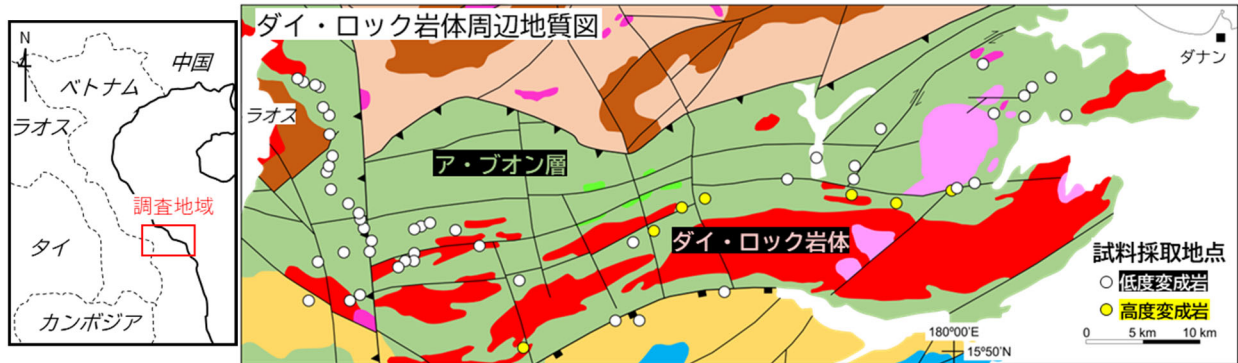


図 1. 調査地域の位置（左）と地質図（右）。地質図中で赤色部のダイ・ロック岩体の周囲に分布する緑色部のア・ブオン層を広域的に調査した。丸は試料採取地点を示し、白丸は低度変成岩、黄色丸は高度変成岩が産出した地点を表す。

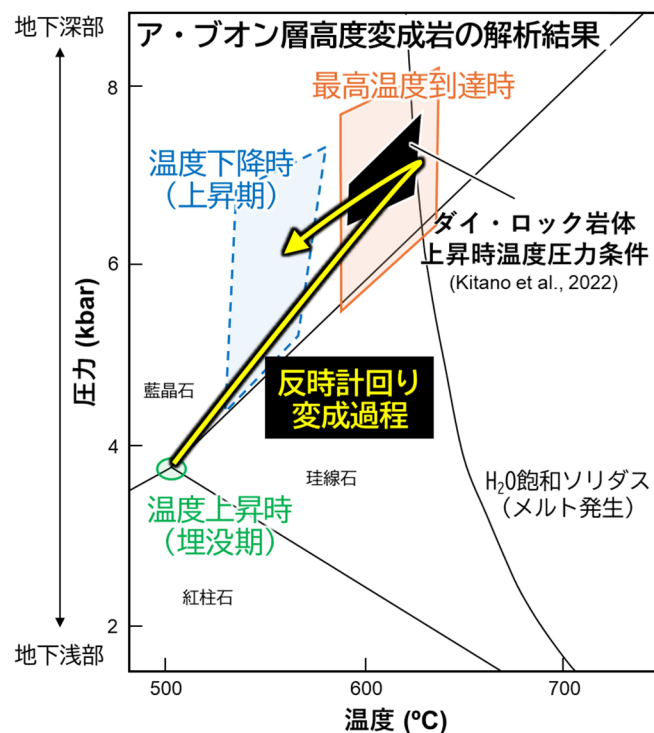


図 2. ア・ブオン層高度変成岩の変成経路。縦軸は圧力 (kbar)、横軸は温度 (°C) の圧力—温度図において、ア・ブオン層高度変成岩の温度上昇時（埋没期）、最高温度到達時、温度下降期（上昇期）の温度圧力条件は緑色、橙色、青色の領域で表されている。最高温度到達時の条件は、隣接するダイ・ロック岩体上昇時の温度圧力条件（黒色領域）と一致している。黄色矢印はア・ブオン層高度変成岩の温度圧力変化を示し、図中で反時計回りの経路となっている。

【用語解説】

- *1 高度変成岩 … 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変成岩のうち、高温または高圧条件で化学反応がより進行した変成岩のこと。
- *2 地温勾配 … 地下深度に対する温度上昇率のこと。
- *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変化のことで、通常、縦軸に圧力、横軸に温度をとった図の中で図示される。
- *4 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。
- *5 剪断帯 … 破壊せずに対称的にずれて歪む変形が著しく集中している帯状の領域のこと。