

別紙4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Prograde evolution of subduction metamorphism at convergent plate boundaries
 deciphered by petrologic and Raman spectroscopic approaches
(岩石学およびラマン分光学的アプローチから読み解くプレート収束域における沈み込み変成作用の累進進化)
氏 名 田口 知樹

論 文 内 容 の 要 旨

沈み込み帯や大陸衝突帯に代表されるプレート収束域は、火山活動や地震活動が頻繁に起こる地球上で最も活発な地域の1つであり、深部まで運びこまれ変成作用を被った高圧-超高压変成岩が地表に露出している場所でもある。高圧型変成岩の存在は、地殻物質がかつて 80 km以上の深さまで沈み込み、そして現在地表へ戻ってきたことを示唆する。地表に露出した岩石の経験した圧力-温度 ($P-T$) 履歴を定量的に評価することは、温度構造やダイナミクスなどの地球内部の物理化学的な情報を理解する上で不可欠である。

変成岩は、様々な形成ステージの圧力温度値を経験し、その情報を鉱物組合せ、組織及び化学組成として記録する。一般的に、岩石の圧力温度状態を見積もる手法として、鉱物ごとの様々な変数から構築される熱力学モデルが用いられてきた。しかし、累進変成作用初期の平衡状態は、最高圧力およびその温度を示すピーク変成作用または岩石上昇時に被る後退変成作用の影響によって、容易に改変されてしまう。それゆえ、熱力学的アプローチのみでは、ある特定の条件下の偏った情報のみを取得する可能性がある。

信頼度の高い $P-T$ 履歴を導出する上で、変成岩を構成する頑強な鉱物内に含まれる包有物が注目される。その中でも、ザクロ石はオンファス輝石やコース石といった高圧-超高压変成作用の指標鉱物を包有物として内包することが多い。包有物に着目した研究は、低圧の鉱物共生へ再結晶化が進行した変成岩でさえも、過去に被った変成作用初期の特徴を明らかに出来る可能性がある。また近年では、地球科学分野において、ラマン分光分析が盛んに用いられるようになってきた。岩石を構成している鉱物種から得られる分光学的情報は、岩石の形成環境場を理解する上で様々なデータを提供する。特に、ホスト鉱物とその包有物間の物性の違いに着目し、ザクロ石中の石英が保持する残留圧力をラマン分光分析から測定する手法(石英ラマン圧力計)は、不確定要素が少なく、より精確に累進期の岩石 $P-T$ 履歴の復元を可能とすることが期待される。

そこで本研究では、ラマン分光学的アプローチから、プレート収束域に産する高圧型変成岩の累進変成進化の解読を目指した。

第1章及び2章では、四国中央部に分布する三波川帯におけるエクロジャイト相変成作用の痕跡を残存する変泥質岩の地理的拡がり、その P - T 履歴について議論する。

西南日本に広く分布する三波川帯は、典型的な沈み込み型変成帯である。特に四国の別子地域には、地下 50 km 以深の高圧条件下で形成されるザクロ石 + オンファス輝石 + 石英の鉱物共生を保持するエクロジャイトが点在する。これらの産出は主に塩基性岩体中に限られるため、深部まで沈み込んだ岩石は、海洋プレート由来の塩基性岩体のみと長年考えられていた。しかし、近年その岩体周囲に広く分布する堆積物起源の変泥質岩からも、オンファス輝石が報告され始めている。この事実は、エクロジャイト相にまで達した岩石が変塩基性岩に留まらず、変泥質岩も含む地質体(エクロジャイトユニット)を構成している可能性を示唆する。ただし、変泥質岩は後天的な加水作用の影響を受けやすく、深部まで沈み込んでいたとしても、現在は高圧の証拠が消失している可能性が高い。そこで、エクロジャイトユニットの拡がりを明確にする目的で、別子地域から南東約 15 km に位置する従来エクロジャイトユニットが分布しないと見なされてきた汗見川地域を対象に、変泥質岩に含まれるザクロ石とその包有物に着目し、高圧相の痕跡を探索した。

本研究では、汗見川地域でサンプリングした変泥質岩とザクロ石中の包有物について、電子顕微鏡による同定・組成分析、石英包有物に関してはラマン分光分析装置を用いて残留圧力測定を行った。その結果、多くの変泥質岩は、別子地域のエクロジャイトと同程度の高い残留圧力を保持することが確認された。また、包有物として高圧指標となるヒスイ輝石と石英の共存を当地域で初めて発見した。これらの結果は、従来の定説と異なりエクロジャイトユニットが分布することを裏付ける結果である。また、ラマン分光法に基づく地質温度圧力計と熱力学計算を組み合わせることにより、変泥質岩の形成条件の推定を行った。石英が保持する残留圧力を母岩が被った変成圧力に換算すると、約 1.6–2.2 GPa の圧力条件が見積もられた。この結果は、ザクロ石に包有されている鉱物共生に対し、熱力学計算を適用して見積もられた変成条件 1.7–2.1 GPa, 460–550 °C と整合的であるとともに、基質の鉱物共生を用いて見積もられた変成条件(緑簾石-角閃岩相程度)よりも有意に高い圧力条件である。以上の結果は、汗見川地域の変泥質岩中のザクロ石は、エクロジャイト相程度の高圧条件下で成長した後地表に上昇する際、その時沈み込んでいたスラブとカップリングし、緑簾石-角閃岩相条件下で再結晶したとされている別子地域のエクロジャイトユニット内のザクロ石と同様の変成履歴を記録していることを示唆する。

第3章では、ザクロ石中の SiO_2 相などの包有物共生に基づく超高压変成岩の累進 P - T 履歴の制約について議論する。

近年、ラマン分光法に基づく地質温度圧力計の開発と校正が進み、石英ラマン圧力計は

国内外から注目され始めている。この手法は、上記第1章及び2章で述べた三波川帯で頻繁に適用されており、従来の解析では検出が困難な情報、特に変成作用の初期段階を解読する上で有効である。しかし、 SiO_2 相は圧力温度に応じて様々な結晶系に変化する。 SiO_2 相の中でも、石英ラマン圧力計は原理的に α 石英安定下で形成された岩石が適用対象である。それゆえ、コース石安定下で形成される深部物質である超高压変成岩への適用は難しいとされてきた。しかし、この岩石に対しても石英ラマン圧力計を適用できれば、地球深部の進化を探る上で、有用な情報を得られる可能性は高い。本研究では、超高压条件へ至る以前の α 石英安定下に包有された石英は、変成作用初期の P - T 情報を残留圧力として保存している可能性があると考え、ケーススタディとして中国東部の大陸衝突帯に産する蘇魯超高压エクロジャイトを対象に、ラマン分光光学および岩石学的手法を用いて解析を行った。

本研究により、ザクロ中心部に包有された石英は、総じて高い残留圧力を現在も保持していることが判明した。また、得られた残留圧力値を変成圧力へ換算すると、ザクロ石の中心部は 1.3-2.3 GPa の変成圧力下で結晶成長していることが分かった。これは、ザクロ石に含まれる鉱物との接点平衡及び共生関係を利用した熱力学的解析結果と調和的である。一方、ザクロ石縁辺部では残留圧力を保持する石英は認められず、コース石またはその仮像のみ分布していた。以上から、(i) 累進変成作用初期の高压変成条件、(ii) 変成作用末期の超高压変成条件、という2段階の変成イベントを定量的に導出することに成功した。すなわち、石英ラマン圧力計は、累進変成作用期の α 石英安定条件下で包有された石英であれば、超高压変成作用に先立つ累進変成作用初期の P - T 条件を導出できることを示した。