

別紙 4

報告番 ー	※ ー	第
----------	--------	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Characterization of subduction zone serpentinites using attenuated total reflection infrared (ATR-IR) spectroscopy – Case studies from the Sanbagawa metamorphic belt in southwest Japan and the Yuli metamorphic belt in eastern Taiwan
(沈み込み帯における蛇紋石の減衰全反射赤外分光法による特性の評価研究-西南日本三波川変成帯及び東台湾玉里変成帯に産する蛇紋岩体の例)

氏 名 SAKAGUCHI Ilona Talvikki

論 文 内 容 の 要 旨

マントルを構成する超塩基性岩の加水によって生成された蛇紋岩は、地球内部における水循環を記録する重要な岩石である。特に、蛇紋岩を構成する主鉱物である蛇紋石は、およそ 13 wt%の結合水を含んでおり、沈み込み帯において主要な含水鉱物の一つとされている。沈み込み帯における蛇紋岩の脱水反応は、地球内部の元素サイクル、メルトの生成、地震の発生など様々な現象と関連している。近年では、蛇紋石の物性や化学組成に着目して、沈み込み帯における蛇紋岩の脱水過程やより包括的な水循環モデルを構築する研究が行われている。しかし、蛇紋岩を研究する上でいくつかの問題点があるため、蛇紋岩化プロセスに関する理解は十分に進んでいない。例えば、蛇紋岩に含まれる鉱物の種類が少ないため（ほとんどが蛇紋石）、形成条件の制約が困難な点が挙げられる。また、蛇紋石は結晶構造の違いから高温型と低温型に分けて、ある程度の温度条件を制約することは可能であるが、偏光顕微鏡下での特徴や化学組成の違いがほとんどないため、鉱物種の判別が困難である、という問題点もある。蛇紋岩化プロセスをよりよく理解するため、様々な地域において採取された蛇紋岩を詳細に記載し、その形成プロセスを読み解くことが重要である。

赤外分光法は鉱物の結晶構造の違いを検出するのに有用な手法の一つである。従来、岩石試料に対して赤外分光法を適用するためには、両面研磨薄片を作成する必要があったが、通常の片面研磨薄片と比べると試料作製が困難で時間がかかることから、汎用的に利用されてこなかった。本研究では、新しい分析手法である減衰全反

射赤外分光法(attenuated total reflection infrared spectroscopy; ATR-IR)を用いて、通常の片面研磨岩石薄片を分析し、微細組織や化学組成との相関を調べた。ATR-IR法では、屈折率の高いクリスタルをサンプル表面に接触させ、クリスタル内部を透過した赤外光を試料との界面において全反射させて、試料内部に潜り込んで反射した全反射光を検出することによって、鉱物の結晶構造中における化学結合振動を測定することができる。この手法を用いて蛇紋石鉱物の赤外吸収スペクトルの強度や波数値の変化を評価することで、結晶構造や化学組成のわずかな違いを検出することが可能である。特に、中赤外領域においてO-H結合が強く吸収されることから、含水鉱物である蛇紋石を研究するのに適した分析手法と言える。

本論文では、東アジアの代表的な高圧変成帯である西南日本三波川変成帯と東台湾玉里変成帯中に産する蛇紋岩試料について、ATR-IR法と電子プローブ分析法(EPMA)を用いた分析を行った。主な研究目的は、ATR-IR法を用いて、(1) 蛇紋石の種類を同定する指標を見出す、(2) 化学組成や微細組織との関連を調べる、(3) スペクトルマッピングの手法を確立させることである。これらの結果から、沈み込み帯における蛇紋岩化プロセスの多様性を考察した。

Part1では、ATR-IR法を用いたアンチゴライト、クリソタイル、リザダイトの3種類の蛇紋石鉱物の同定法の検証を行った。アンチゴライト、クリソタイル、リザダイトの3つの蛇紋石鉱物は、異なる変成条件下で安定であるため、それらの鉱物種を同定することは、蛇紋岩の形成条件を制約する上で重要である。しかし、3つの蛇紋石鉱物は、光学的性質や化学組成においてごくわずかな違いしかないため、岩石薄片を用いて偏光顕微鏡下で識別するのは困難であった。本研究では、西南日本三波川変成帯の四国中央部白髪地域で採取された蛇紋岩中に含まれるアンチゴライト、クリソタイル、リザダイトについてATR-IR分析を行った。その結果、それぞれの蛇紋石鉱物は異なるATR-IRスペクトルを示すことが明らかになり、ATR-IR法が蛇紋石鉱物の識別に有用であることを示した。特に、Si-O結合の吸収が見られる波数領域において最も強い強度を示すピークは、3つの蛇紋石鉱物において明瞭に異なる位置を示すことから、データ処理アルゴリズムを用いたスペクトルデータ解析に用いた。この手法を応用して、アンチゴライト、クリソタイル、リザダイトが混在する数mmスケールの領域における広域的なマップデータを解析し、3つの蛇紋石鉱物の組織関係を示す鉱物相マップを作成することに成功した。また、EPMAを用いた化学組成マップと比較した結果、同一薄片に含まれる組織の異なるアンチゴライト(基質部と脈部)は、Fe量がわずかに異なっており、ATR-IRスペクトルのO-H吸収領域におけるピーク位置のシフトと対応することも明らかになった。

Part2では、Part1で確立させたATR-IR法とEPMA分析法を組合せて、台湾東部の玉里高压変成帯における蛇紋岩中の蛇紋石を分析し、流体の関与による交代作用の検証を行った。アンチゴライトは沈み込み帯において最も普遍的な高压型蛇紋石であり、沈み込みチャンネルにおける流体移動において重要な寄与を果たしていると考えられているが、安定領域が広いことやほぼ均質な化学組成であることから、沈み込み帯において詳細な形成プロセスを解明した例はほとんどない。本研究では、玉里変成帯の異なる3地域に産する蛇紋岩体の野外調査を行い、採取した蛇紋岩試料の分析を行った結果、岩石中に含まれる蛇紋石はほとんどがアンチゴライトであり、周囲の泥質片岩の解析結果と組み合わせると、高温の変成作用を受けていることが裏付けられた。一方で、それぞれの地域における代表的な7試料を詳細に分析した結果、鉱物組合せや組織において異なる特徴を示すことが明らかになった。ATR-IR法を用いた分析の結果、Part1と同等に、ATR-IRスペクトルのOH吸収ピークとアンチゴライトのFe量との相関が確認された。Part1で分析した西南日本三波川変成帯は、アンチゴライトの化学組成バリエーションが小さいのに対し、玉里変成帯のアンチゴライトの鉄含有量には有意なばらつきが見られた。加えて、AlとSiの量にもばらつきが認められたことから、玉里変成帯の沈み込み境界では、蛇紋岩化に関与した流体組成が多様であったと考えられる。さらに、露頭スケールから薄片スケールに至る様々なサイズの脈が発達していることが明らかになった。これらの脈の組織と蛇紋石の化学組成及び赤外スペクトルデータから、玉里変成帯の蛇紋岩体は沈み込み期において活発な流体活動による交代作用を受けたことが示された。また、蛇紋岩体周辺の変質帯や脈の解析結果と組み合わせると、玉里変成帯の沈み込み境界は複数回の流体活動の影響を受けたことも示唆された。

Part3では、蛇紋岩の赤外スペクトルマップデータを解析するための新しいデータ処理アルゴリズムについて議論した。はじめに、データ処理アルゴリズムの様々な機能の概要を示したうえで、定量的データ処理方法を使用することでメリットが得られる可能性のある様々な鉱物分光法のアプリケーションを提案した。そして、定量的データ処理アルゴリズム開発の今後の展望、より複雑なフィルタリング及びフィッティング関数の適用可能性とともに、スペクトル計算のより高度なオプションを開発する計画について議論した。本研究で提案したデータ処理アルゴリズムは、赤外分光法のみならず、ラマン分光法、X線回折法、X線吸収分光法など地球科学分野において利用されているスペクトルデータ解析に応用可能であり、これまで点分析データで議論されていた現象を面分析に拡張して広域的な岩石組織と比較対応させることで、新たな研究の道を開く可能性がある。