

共同利用実施報告書(研究実績報告書)  
(特定共同研究(B))

1. 課題番号            2014-B- 14

2. 研究課題名 (和文、英文の両方をご記入ください)

和文: 顕微 FTIR 反射分光法の応用と高度化:含水量データ 10 倍増計画

英文: Application of FT-IR micro-reflectance spectroscopy to volcanic products

3. 研究代表者所属・氏名 東京大学地震研究所・安田 敦  
(地震研究所担当教員名) 同上

4. 参加者の詳細 (研究代表者を含む。必要に応じ行を追加すること)

氏名	所属・職名	参加内容
安田敦	東京大学地震研究所・准教授	代表, 全般
佐野貴司	国立科学博物館・研究主幹	装置操作・分析
海野進	金沢大学・教授	装置操作・分析
梅澤優美	金沢大学・大学院生	装置操作・分析
北村啓太郎	金沢大学・大学院生	装置操作・分析
長谷中利昭	熊本大学・教授	装置操作・分析
山崎秀人	熊本大学・大学院生	装置操作・分析
杉山芙美子	熊本大学・大学院生	装置操作・分析
椎原航介	熊本大学・学部学生	装置操作・分析
嶋野岳人	富士大学・准教授	装置操作・分析
大島千草	富士大学・学部学生	装置操作・分析
後藤章夫	東北大学・助教	装置操作・分析
石橋秀巳	静岡大学・講師	装置操作・分析
高島惇	静岡大学・大学院生	装置操作・分析
池端慶	筑波大学・助教	装置操作・分析
中村美千彦	東北大学・教授	装置操作・分析
奥村聡	東北大学・助教	装置操作・分析
柳田泰宏	東北大学・大学院生	装置操作・分析
新谷直己	東北大学・学部学生	装置操作・分析
佐藤智紀	海洋研究開発機構・研究技術専任スタッフ	装置操作・分析
三輪学央	防災科技研・研究員	装置操作・分析
長井雅史	防災科技研・研究員	装置操作・分析
小木曾哲	京都大学・准教授	装置操作・分析
道久真理絵	京都大学・大学院生	装置操作・分析
山下茂	岡山大学・准教授	装置操作・分析
Nadezda Chertkova	岡山大学・大学院生	装置操作・分析

5. 研究計画の概要（800字以内でご記入ください。計画調書に記載した「研究計画」から変更がある場合、変更内容が分かるように記載してください。）

最近、火山ガラス中の含水量定量を容易に行える新技術「顕微 FTIR 反射法」が地震研究所で開発された。この方法は、火山ガラスの含水量定量に従来用いられていた顕微 FTIR 透過法と比較して、圧倒的に試料準備が容易である。透過法では両面研磨片を作成しなくてはならなかったのに対して、反射法では片面研磨で良いため、割れやすい微小な試料を扱う火山噴出物の研究においては、反射法は非常に威力を発揮する。

本研究は、この新技術の火山学および物質科学コミュニティへの普及をはかるとともに、共同研究者が持ち寄った様々な測定対象に対して顕微 FTIR 反射法を試すことによって、分析経験を積み上げてこの技術自体の高度化をめざす。具体的には、顕微 FTIR 反射法分析が実施できる装置環境が現在のところ唯一存在する東京大学地震研究所に多数の研究者を招き、2泊3日程度のマシンタイムの中で実際に顕微 FTIR 反射法分析実習を行う。自分たちの手によって試料分析を行い必要なデータ生産するとともに、分析技術自体を習得してそれぞれの所属する研究機関に持ち帰ってもらうことを計画している。同時に、持ち寄られた様々な試料の分析を通じて、顕微 FTIR 反射法分析の適用範囲の拡大や分析技術の向上を狙う。

## 6. 研究成果の概要 (図を含めて1~2頁で記入してください。)

キーワード (3-5程度) : 顕微 FT-IR, 反射分光法, メルト包有物, 含水量

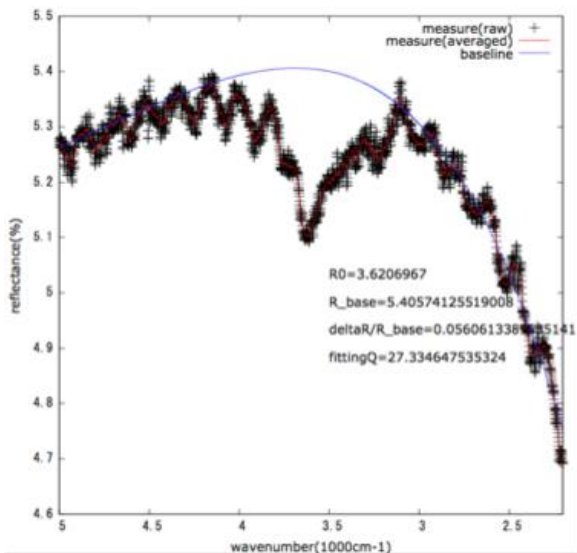
顕微 FT-IR 反射分光法の実習のために, 12 の研究機関の 11 の研究グループ, 25 人が来所した。来所直後に 30 分から 1 時間程度の顕微 FT-IR 反射法の概要と機器の取り扱い講習を受けた後, 受講者それぞれが持参した試料の反射スペクトルを採取するという形式で分析実習は行われた。共同研究者が持参しスペクトル採取を行った試料は, 採取地が諏訪之瀬島, 桜島, 阿蘇, 雲仙, 伊豆, 目黒, 神津島, 小笠原海底など各地の火山噴出物, 水冷破碎岩, ゼノリス等の天然試料に加えて, Albite ガラス等の実験生成物もあり非常に多岐にわたる。期間内に 819 個の含水量測定用のスペクトル採取とホスト鉱物の 15 個のスペクトル採取が行われた。成果は次の 2 項目に大別され, 分析方法の普及に向けたスタートをきることが出来た: (1) 研究者層の拡大, (2) 分析技術の向上への課題。以下にそれぞれの項目について述べる。

< 1. 研究者層の拡大 > 斑晶ガラス包有物などの微小な天然試料の含水量分析の方法としては, これまで顕微 FT-IR 透過法と二次イオン質量分析器 (SIMS) による 2 つの方法が主要な方法であり, 前者は 1980 年代に, 後者は 1990 年代に実用化されている。しかしながら, SIMS は機器が高価であることと機器操作に熟練技術が必要であることが欠点であり, もう一方の顕微 FT-IR 透過法は試料の分析前処理が難しいため, いずれも広く普及した分析手法とはなっていないのが我が国の現状である。実際, 火山噴火物の含水量の報告値は非常に限られており, これまでの二十数年間に日本国内の 10 程度の火山について 300 未満の定量値が報告されているに過ぎず, データ生産率は非常に低い。例えば, 修士課程や博士課程の学生が研究期間内に 1 つの火山噴火について 10-20 程度の含水量データを得るのがやっとであった。マグマの含水量は火山噴火の爆発性を支配するだけではなくマグマの粘性や密度変化を通じて噴火の様々な現象をコントロールすると考えられている。それにもかかわらず含水量データの生産率が低いのは, 分析の困難さが, 多くの研究者や研究者を志す学生層が含水量分析から足を遠ざける要因になり, それゆえ含水量を用いた火山現象の理解に対する科学的議論を活性化することができないという悪循環につながっていたためではなかろうか。

反射分光法の測定自体は非常に容易で, 機器の操作についての特別な技術の習得は必要としない。いずれのグループも短時間の講習後は, 実習者単独の機器操作でスペクトル採取を行えた。今回の顕微 FT-IR 反射分光法の実習参加者は含水量測定を行った経験が無い者が半分以上で, また, 学部学生や大学院生が 11 名含まれていた。これらの共同研究者が, 研究の基礎データである含水量測定が容易に行えることを体験出来たことは, 今後の研究にも生かされて行くのではないだろうか。試料準備の程度や試料自体の大きさにもよるが, これまでまったく含水量測定の経験のない者の手で, 1 日あたり 10 から 40 個のスペクトル採取が実現できた。後述するように分析試料自体に起因する問題から, 採取したスペクトルの一つ一つがそのまま含水量データとして利用できない場合も多々あったが, 3~4 割程度のスペクトルは含水量定量値として使える質を持っていた。すなわち 1 カ年という短い研究期間であるにもかかわらず, 300 個程度の含水量値が本研究から新たに生まれたことになる。このデータがどのように研究に生かされて発表されて行くかは現時点ではわからないが, 2015 年の連合大会で幾つかの発表が予定されている。加えて, 1 年間の短い研究期間であったが 3 つの研究グループが分析に複数回来所し, また次年度以降にも顕微 FT-IR 反射分光装置を利用したいという希望がすでに 5 件も寄せられているなど, 簡便に含水量測定が行える顕微 FT-IR 反射分光法の特徴が認知され, 含水量測定に対する敷居の高さをかなり低減できたことは本研究の大きな成果である。

< 2. 分析技術の向上への課題 > 本研究を開始する以前には、FT-IR 反射分光法は主にかんらん石、斜方輝石、石英斑晶に含まれるガラス包有物の分析に適用されており、単斜輝石と斜長石のガラス包有物の分析経験は乏しかった。今回様々な分析試料が持ち込まれたことによって、これまで収集されていないようなスペクトルを数多く集めることができた。これらのスペクトルによって、データの解析方法や試料準備方法についての課題が浮き彫りになるとともに、反射分光法をさらに発展させる手がかりが得られた。それらの幾つかを以下で紹介する。

(a) 干渉縞

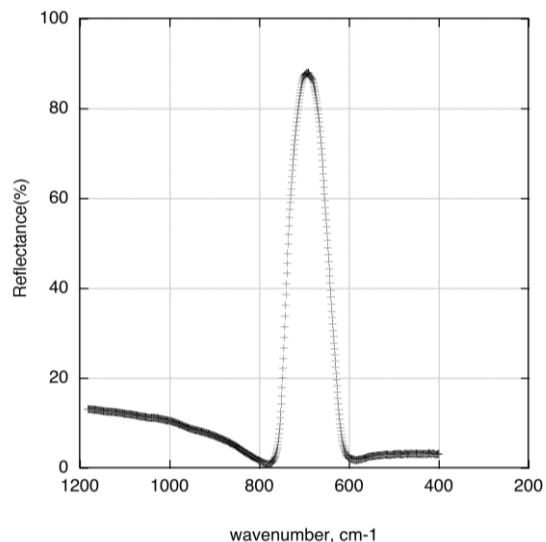


共同研究者の持ち込む試料からは、斜長石や単斜輝石中のガラス包有物分析の要望が高いことが明らかになった。これまで地震研で分析されてきた多くの試料は、かんらん石や石英等に包有されるある程度の厚みのある試料だったが、斜長石や単斜輝石中のガラス包有物は薄いものが多い。このため、ガラス包有物下面の斑晶との境界面からの反射光が表面反射光に重畳して干渉縞が現れる例が多く見られた。干渉縞の振幅は小さい場合には、含水量定量値に大きな影響は与えないが、低含水量試料の分析の場合には、適切に干渉縞の影響を除去してやる必要がある。現時点ではまだ干渉縞の影響を除去する方法はできていないが、データ

処理についての基本的枠組みについては共同研究者との議論の中で明らかになっており、今後、開発をすすめる予定である。

(b) 低波数側への拡張

かんらん石や石英などシリケート鉱物の場合、800-1200 cm<sup>-1</sup> の波数範囲に特徴的なピークが出現しており、ホスト斑晶のオーバーラップの影響を評価するためには、この波数のデータを解析すれば良かった。しかしながら、分析対象によってはより低角側についてもきちんとスペクトルを収集して解析を行う必要があることが明らかになった。右図はスピネルの反射スペクトルで、600-800 cm<sup>-1</sup> に反射強度の強い部分がある。



(c) 検量線の拡張

含水量が既知の合成 Albite ガラスと合成 Sodium disilicate ガラスを共同研究者が持参し、これらについてスペクトル収集が行えた。このデータは検量線の組成依存性を検討する上で貴重なデータであり、現在解析を進めている。

7. 研究実績（論文タイトル、雑誌・学会・セミナー等の名称、謝辞への記載の有無）