

海外特別研究員最終報告書

独立行政法人 日本学術振興会 理事長 殿

採用年度 平成31年度

受付番号 201960336

氏名 永谷 敬

(氏名は必ず自署すること)

海外特別研究員としての派遣期間を終了しましたので、下記のとおり報告いたします。

なお、下記及び別紙記載の内容については相違ありません。

記

1. 用務地（派遣先国名）用務地：ロサンゼルス市（国名：米国）
2. 研究課題名（和文）※研究課題名は申請時のものと変わらないように記載すること。
岩石微細構造解析と大陸地殻強度プロファイル
3. 派遣期間：平成31年4月1日～令和元年8月28日
4. 受入機関名及び部局名
Department of Earth Sciences, University of Southern California
5. 所期の目的の遂行状況及び成果…書式任意 **書式任意(A4判相当3ページ以上、英語で記入も可)**
(研究・調査実施状況及びその成果の発表・関係学会への参加状況等)
(注)「6. 研究発表」以降については様式10-別紙1~4に記入の上、併せて提出すること。

(海外特別研究員事業)

令和元年8月28日

独立行政法人 日本学術振興会 理事長 殿

採用年度 平成31年度

受付番号 201960336

氏名 永治 方敬

所期の目的の遂行状況及び成果

【研究・調査実施状況と成果の発表・関係学会への参加状況】

・これまでにネバダ州イーストハンボルトレンジ及びルビー山地での野外地質調査から採取された岩石試料と、それらの薄片試料を用いた室内分析を実施した。室内分析は、カリフォルニア大学ロサンゼルス校(UCLA)にて電子プローブマイクロアナライザー(Electron Probe Micro Analyzer, EPMA)を用いた岩石試料中の構成鉱物の同定と、鉱物化学組成分析に用いた。また、南カリフォルニア大学(USC)にて、電子線後方散乱回折法(Electron backscatter diffraction, EBSD)による岩石試料中の構成鉱物の結晶方位測定を行った。USCでのEBSDは、チャンバー内の真空度の調整も可能な、電界放出型走査電子顕微鏡(Field Emission-Scanning Electron Microscope, FE-SEM)に検出器が備え付けられており、本研究目的に合致する装置であった。

・また本研究課題で用いたネバダ州イーストハンボルトレンジ及びルビー山地の岩石試料に対する、光学顕微鏡及び電子顕微鏡による微細組織の観察の結果から、調査地域内で試料ごとに異なる深さ領域での変形微細組織が見られた。そのため、本研究課題の遂行に重要であった、異なる深さ起源を持ち変形程度の異なる大陸花崗岩類の試料セットであることを確認した。

・特にラモイルキャニオン、シークレットパス、エンジェルレイク周辺から採取されている岩石試料の順に、地殻深部から浅部への変形微細組織が保持されていることが明らかになった。特にエンジェルレイク周辺で採取

された岩石試料中の石英及び長石の微小剪断帯内では、異なる深さで形成されたことが予想される各微細変形組織が確認され、石英及び長石類の変形組織の発展が観察できる。

・これらの大陸地殻構成岩類中の構成鉱物にたいする、UCLA での EPMA による鉱物化学組成データ、及び USC での EBSD による EBSD 測定を用いた結晶方位データに加え、アリゾナ州立大学(Arizona State University, ASU) での高空間分解能かつ高感度の二次イオン質量分析装置(NanoSIMS)を用いた石英中のチタン含有量測定を実施し、各採取地域から得られた岩石試料内で見られる、各変形微細組織中の石英に関してチタン含有量のデータを取得することができた。

本研究課題の派遣先及びその協力関係にある研究機関の研究者との研究協力関係は継続しており、今後も本課題の遂行によって得られた成果の解析作業などを行いながら、本研究課題に関連した共同研究を展開していく。

具体的には、本研究によって得られた 1) EPMA による鉱物化学組成データや NanoSIMS による石英中の Ti 量を用いた地質温度圧力計に加えて、シェードセクション法などを複合的に使用した温度・圧力見積もり、2) EBSD による石英や長石の結晶方位マップから粒子形状や粒子サイズなどの微細組織的特徴に加えて、結晶方位の配列情報や石英 c 軸のオープニングアングルから予想される変形条件と変形機構を検討する。またこれらの構造的岩石組織の弾性的挙動を計算することで大陸地殻内での地震波を含む地球物理学的な観測から大陸地殻内の鉱物分布及び配列を推定する。

このほかりソスフェアにおける岩石強度推定に関連して以下の研究を実施し成果を得た。

・天然試料を用いた蛇紋岩の高圧加熱実験試料からアンチゴライトとブルース石の分解反応によるかんらん石の生成に加え、蛇紋石鉱物とブルース石の境界に沿って多数のかんらん石の凝集体を生成することに成功した。浅部マントルウェッジのアンチゴライト蛇紋岩の副産鉱物として含まれるブルース石が不均一に分布していることで局所的な空隙の発生とこれらのネットワーク化が沈み込み帯浅部の上盤ウェッジマントルでの流路として重要である可能性がある。そのため、アンチゴライトとブルース石の脱水分解過程と岩石構造の変化は、マントルウェッジの水理地質的・機械的特

性に重要な影響を与える可能性がある。

本成果は鉍物の脱水反応過程での岩石構造の発達過程が、岩石中の局所不均質に強く影響されていることを実際の微細組織観察に基づいて確認された具体例であり、アンチゴライトとブルース石の脱水分解反応過程では初めての例である。また反応に起因した岩石試料中の微細組織の変化に加え、反応前後の鉍物化学組成や結晶方位測定にも成功しており。今後、この反応過程における物質移動や反応物—生成物間の結晶成長における結晶方位関係の議論を展開していくことが可能である。

これら蛇紋石鉍物とブルース石の脱水分解を行った実験試料の微細構造観察からこの反応に関連する沈み込み帯浅部ウェッジマントルの構造推定を日本地質学会第 126 年学術大会で発表する予定である。

・天然試料の微小剪断帯中のアンチゴライト粒子の FIB-TEM 観察から、剪断帯で結晶方位定向配列(**crystallographic preferred orientations, CPO**)を形成しているアンチゴライトが、粒界滑りでの変形時に粒界での摩擦によって形成されたことを示唆する結晶構造の乱れを観察した。この結晶構造の乱れはアンチゴライトの **b** 軸周りに回転するように屈曲しており、今後剪断帯のアンチゴライト **CPO** パターンの形成との関係を解析する予定である。この結晶構造の乱れがアンチゴライト **CPO** の形成に関係している場合、一般的にその痕跡を見つけるのが困難な **CPO** 形成メカニズムとしての粒界滑りに関して、粒界滑りが生じた証拠となる重要な観察事実として認識される可能性がある。これはアンチゴライトに限らず、岩石中の変形機構として粒界滑りが生じた可能性を議論する上で有用な観察方法となるかもしれない。

・アメリカ・カリフォルニア州ジェードコーブ周辺の野外調査から得られた滑石片岩に対して、**EBSD** による滑石及び角閃石の結晶方位測定に成功した。またこれらの結晶方位測定結果の正確性を検証するため、**EBSD** での測定粒子に対して、**FIB-TEM** 測定から結晶方位測定を行い、**EBSD** の制度と正確性を評価した。

これは滑石の **CPO** を報告した初めての研究成果である。本研究での **EBSD** による滑石の **CPO** 測定手法や、本成果をもとに予想される滑石片岩の摩擦特性及び地震波異方性などの物理的特性は今後沈み込み帯のスラブマントル境界や海嶺域を始め、滑石を多く含む変成岩や火成岩で幅広く活用が

期待される。

またこれまで SiO₂ 流体の流入による交代変成作用を被った滑石を多く含む上部マントル領域の異方性構造は滑石の CPO 測定がされていなかったことから定量的な議論が困難であった。しかし、本研究結果から今後、地震波異方性観測を含む地球物理学的な観測から、SiO₂ 流体の流路やその痕跡を探查できる可能性がある。これらの成果は今後、国内外の学会での発表や査読英文誌への投稿を行っていく予定である。