

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24244079

研究課題名(和文)沈み込み境界の構造岩石学的研究：西南日本(三波川帯)の例

研究課題名(英文)A structural petrological study of the subduction boundary: the example of the Sanbagawa belt in SW Japan

研究代表者

WALLIS R・Simon (Wallis, Simon)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：30263065

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,100,000円

研究成果の概要(和文)：沈み込んだスラブがマントルと接するようになる数十キロの深さでの岩石変形が巨視的なマントル対流を誘発すると考えられる。直接調べることができないが、かつて沈み込み境界の一部であり、その後の地殻変動により地表に上昇した岩体を調査することで沈み込み境界に関する情報を入手できる。その優れた例は四国の白髪山岩体である。構造岩石学的な研究により、bruciteが広く分布していたことが明らかになった。Bruciteの存在はマントルの強度を著しく低下させ、沈み込むスラブとマントルの結合に大きな影響を与えると考える。また、bruciteが関係する鉱物反応は見ずの収支と流体圧を支配する。

研究成果の概要(英文)：Deformation of mantle rocks at depths of several 10s km in subduction zones is thought to be responsible for inducing large scale mantle convection. It is not possible to study such regions directly. However, it is possible to gather valuable information on these domains by studying geological units that were once part of the subduction boundary region and have since been brought to the earth's surface by tectonic movements. Particularly clear examples of this are the mantle units of the Sanbagawa belt. Structural petrological studies reveal the former widespread presence of brucite. The presence of brucite in the mantle i) causes a drastic weakening and will likely strongly affect the depth of coupling between the mantle and slab; and ii) controls the hydration dehydration reactions and hence fluid pressure.

研究分野：Structural geology and petrology

キーワード：Sanbagawa Mantle wedge Subduction boundary brucite

1. 研究開始当初の背景

沈み込むスラブとその上方に分布するウェッジマントルの結合強度は、火山弧の位置、地震発生領域など沈み込み帯の活構造を規定する主要因である。しかし、深さに対する結合強度の変化はよくわかっておらず、沈み込み帯のモデリングを行う上で大きな障害となっている。本研究では、30km から 100 km までの深さを経験したウェッジマントル起源及び沈み込み面近傍で変成作用を被ったスラブ起原の岩石を採取し、構成鉱物の種類と結晶選択配向、変形組織などを調べることで、深さに対する結合強度の変化とその変化の要因を直接的に明らかにする。さらに、ウェッジマントル内でのカンラン石結晶選択配向(CPO)の形成を考える上で、蛇紋岩の脱水に伴うカンラン石の topotaxial 成長が重要な過程であるという仮説をたてた。提案されたプロセスを確認できれば、カンラン石 CPO の原因がマントルの流動にあるという従来の考え方を見直さないといけない。また、地震波速度異方性から推定されたマントルのカンラン石 CPO は必ずしもマントル流動の証拠にならないということになる。

2. 研究の目的

沈み込み帯の次世代モデリングが必要とするウェッジマントル流動の深さ情報を導出するため、本研究は次のことを目的とする。(1)スラブ—マントル境界岩石の構成鉱物・組織が深さとともにどのように変化するか、またその変化がスラブ—マントル結合強度にどのような影響を与えるかを明らかにする。(2) OI の CPO がマントル固体流動に伴う変形によって生じたのではなく、蛇紋岩の脱水に伴う topotaxial 成長によって形成したという仮説を検証し、沈み込み帯における地震波速度異方性の解釈への影響を検討する。

3. 研究の方法

本研究で中心的な役割を果たし、CPO 測定に必要不可欠である電子線後方散乱回折システムを導入し最適化する必要がある。また三波川変成帯に点在するマントル由来の岩体とその周辺に分布するスラブ由来の岩石の詳細な野外調査と試料採取を行う。まず、マントル岩体の由来を特定する必要がある。ウェッジマントルと特定された岩体について詳細な岩石学的な解析を行い、構成鉱物とそれらの変化を明らかにする。また、岩石の変形組織を定量的に扱うために CPO を含む組織を系統的に記載する。さらに、かんらん石の CPO がアンチゴライト(Atg)の分解をともなった topotaxial 成長に起因するという仮説を検証する。そのために、両鉱物(アンチゴライトとカンラン石)が存在する試料で両者の方位関係と変

成履歴を明らかにする。

4. 研究成果

本研究期間内 EBSD 装置の導入と最適化が終了し、数多くの試料の CPO 測定に成功した。特に測定が難しい Atg 試料について試行錯誤を重ねて測定に最も適した試料研磨と測定条件を見出した。導入した EBSD 装置と既存の分析器の測定結果、また野外調査の成果に合わせて次の主要な研究成果をあげた。

1)本研究遂行上、必要不可欠であるウェッジマントル岩石が三波川変成帯に幅広く点在し、その分布を数ヶ月の野外調査と既存の調査結果で見出した。三波川変成帯は主としてスラブ起源の変成岩類からなっているが、マントル起源の岩体はそのスラブ由来のものと一緒に沈み込んできたのか、それともマントルウェッジに由来するのかについて共通見解は得られていなかった。今回の研究では、四国中央部に分布する三波川変成帯 23×30 km² の綿密な調査の結果、低変成部からマントル由来の岩石やそれに関係する変成岩類は全く観察されない。一方、泥質片岩中にザクロ石が出現する変成度以上の高変成部から同様なマントル岩体は数多く観察された。つまり、この観察はスラブ由来の岩石がある程度深いところまで沈み込まないとマントル起源の岩石と接しなかったことを意味する。そのために三波川帯に点在するマントル由来の岩体はほぼ全てウェッジマントル由来であると結論づけられる。これらのウェッジマントル由来の岩体と周囲のスラブ起源の変成岩類の境界はかつて存在していた沈み込み境界そのものであり、沈み込んだ物質と上方に分布するマントルとの相互作用を研究する上で優れたフィールドであると言える。

2) 三波川変成帯のウェッジマントルの沈み込み時の構成鉱物を推定するために高・低変成領域境界付近、つまりかつて存在していたウェッジマントルの最浅部として露出する白髪山岩体に焦点を当てた。現在この岩体は主として蛇紋石の高温型であるアンチゴライトとカンラン石からなっているが、カンラン石の化学的組成(Mg に富む)や局所的にブルース石(Mg(OH)₂)も存在することから、そのカンラン石がブルース石とアンチゴライトの反応生成物であり、変成作用の前にウェッジマントルにブルース石が幅広く存在していた可能性が示されていた。ウェッジマントルにおけるブルース石の重要性がマリアナ海溝域の蛇紋岩海山調査からも指摘されているが、その具体的な量と分布については不明であった。ブルース石含有量が数パーセントだけでもアンチゴライトのみの蛇紋岩に比べて強度は著しく低下する。また、地震の誘発に密接に関わると考えられる岩石中の流体圧変化にもブルース石の存在とブルース石に絡む鉱物反応が強い影響を受ける。

よってウェッジマントルの変形を理解し、力学的な仕組みを理解するために、ブルース石がどの程度存在するか、またその分布に関する情報が必要不可欠である。

ブルース石の化学組成の壘帯構造や微細組織を用いて2種類の存在が明らかになった。(i)ウェッジマントルにあった初生的なブルーサイトと(ii)後退変成作用時に形成したものである。熱力学的なモデリングと全岩組成そして推定された鉱物反応と現在存在する鉱物の量比から元の構成鉱物とそれらの含有量を2つの異なる手法で見積もった。両者はよい整合性を示し、初生的なブルース石の含有量が10-15%であったことが明らかになった。

ブルース石がウェッジマントルの蛇紋岩化する際に形成するためにSiO₂の活動度が低いといけなない。そうでない場合、ブルース石の代わりにアンチゴライトが形成される。一方、沈み込むスラブからウェッジマントルへ流入する流体がSiO₂に富むと考えられる。そのSiO₂流体がどの程度ウェッジマントルに浸透できるかについてブルース石の分布が良い指標になる可能性がある。本研究の結果、白髪山岩体中にブルース石が幅広く分布していたことが明らかになったが、その分布は様ではない。沈み込んだスラブ由来の岩石との境界、つまりかつて沈み込み面であった境界付近ではブルース石を含まない、主としてアンチゴライトで構成される岩層が存在することが明らかになった。その層の厚さが約100mであり、スラブからのSiO₂流体が限定的であったことを示す。沈み込み帯の前弧域における沈み込み境界での流体水路形態を明らかにする上で重要な発見である。

3) スロースリップ・深部低周波微動(Episodic Tremor and Slip)は近年数多くの収束プレート境界の前弧域で観測される。であるが、ウェッジマントルと沈み込むスラブが接する領域がETSの集中的に発生する。ETSは沈み込み型大地震の前兆として注目されるが、その力学的なメカニズムは究明されていない。四国下方に沈み込むフィリピン海プレートとマントルが接するところでETSが発生するが、ところによってそのETSの繰り返す時間スケールが異なる。多くのETSは数日間で繰り返すShort-term ETSであるが、四国の東部では数月-数年のLong-term slow slipも認められる。本研究では、ETSの時間スケールを支配するプロセスは岩石の構成鉱物と組織に関係する可能性に着目した。四国の東部と中部におけるウェッジマントルの深さは地震学的なデータから推定し、両地域の熱構造を既存のモデリングから参照した。得られた圧力・温度条件で安定な鉱物組み合わせを熱力学的モデリングから推定した。その結果、Short-term ETSsが起こる領域ではアンチゴライトとカンラン石が安定である。一方、long-term slow slip events

はアンチゴライトとブルース石の安定領域で起こると推定した。Short term ETS発生を考えると流体圧が発生後一旦下がったとしても、すぐ回復する必要があるとされている。アンチロライトとカンラン石が安定な領域では、H₂Oが鉱物と反応し吸収されるためにカンラン石と反応できるSiO₂も必要であり、SiO₂が消費されるとH₂O吸収力がなくなり、流体圧が上昇できる。一方、アンチゴライトとブルース石が安定な領域では、カンラン石が残る限りH₂Oは全て吸収される可能性がある。このとおりで、沈み込み帯の深度・温度構造によって蛇紋岩の形成プロセスが異なり、ブルース石の存在領域では、流体圧は上昇しにくいというモデルを提案した。

ブルース石の存在はウェッジマントルの蛇紋岩変形様式にも強い影響を与える。ブルース石が変形しやすいので、その鉱物が存在する領域では剪断帯が発生し、シアバンドが主要な面構造に対して斜めに発生することが予想される。このように形成された網状の岩石構造は流体が流れやすく水路となり、滑り面における流体圧上昇を抑制する効果があると考えられる。

4) 蛇紋岩が沈み込んで約600°Cに達するとアンチゴライトが脱水反応を起こし、カンラン石が形成される。新しく形成したカンラン岩の構造岩石学特徴を調べるために、八方尾根地域に露出する接触変成作用によって形成したカンラン岩の構造解析を行った。カンラン石は強い結晶選択配向(CPO)を示す。であるが、変成作用に伴う地質構造は観察されないこと、またカンラン石の塑性変形を示す微細組織も観察されないことから、カンラン石のCPOは非変形の条件で形成したと結論した。すると結晶選択配向の原因は成長プロセスにあると推定される。より具体的にいうとアンチゴライトの分解によって生じたカンラン石の成長方向はランダムではなく、元々のアンチゴライト結晶方位に影響を受け、特定な方向に優先的に成長した可能性がある。同様なカンラン石成長とカンラン石結晶選択配向形成は蛇紋岩体の沈み込みでも予想される。八方地域のカンラン石は強い<a>軸集中を示し、その集中が線構造に対して垂直であり、面構造に平衡である。このようなCPOはb-タイプカンラン石CPOと呼ばれており、沈み込み帯において観察される地震波速度異方性構造を解釈する上で重要視される。従来の考え方では、地震波速度異方性から推定されたb-タイプCPOの存在がプレート沈み込む方向に平衡にマントルの個体流動もあったとされるが、八方尾根地域と同様に非変形状態で形成するならば、今までの沈み込み域における地震波速度構造とマントル流動の関係を見直す必要が浮上してくる。

5) 沈み込み境界における温度構造をより正確に見積もるための沈み込み型変成岩の熱力学的解析にも成功した。沈み込み帯深部の

温度構造解明にはエクロジイトなど沈み込み型変成帯に分布する高圧変成岩類の P - T 経路導出が重要である。西南日本の三波川変成帯は高圧沈み込み型変成作用の典型的な地域の一つであるが、報告された P - T 経路について形や最高到達条件について統一された意見はない。その背景には塩基性片岩の鉱物組み合わせの多様性がある。この多様性原因を明らかにするために、3種類の代表的な岩類（藍閃石エクロジイト、バロ閃石、ザクロ石青色片岩）を対象とした最新の鉱物固有体熱力学的モデルを組み入れた相平衡モデリングを行った。また、形成条件として通常の P - T のみならず、全岩組成と鉄の酸化状態も変数とした。解析の結果、全ての試料は同様な立った (P/T の比が大きい) P - T 経路を示し、ピークの P, T は ~ 16 – 20 kbar, 560 – 610°C であると推定した。角閃石の組成の違いは主として全岩組成や酸化状態ではなく P - T 経路の違いに起因することも明らかになった。さらに、青色片岩あるいはエクロジイト変成相の岩石が同じ圧力温度条件で形成されることは全岩組成に起因することを明らかにした。三波川変成履歴が海嶺接近を伴う温度構造とその変化を表すと考える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 14 件)

- 1) Miyazoe, T., Enami, M., Nishiyama, T. & Mori, Y. 2012. Retrograde Sr metasomatism in serpentinite mélange of the Kurosegawa Zone in central Kyushu, Japan. *Mineralogical Magazine*, 76, 635-647 (有り)
- 2) Aoya, M., Endo, S., Mizukami, T. & Wallis, S. R. 2013. Paleo-mantle wedge preserved in the Sambagawa high-pressure metamorphic belt and the thickness of forearc continental crust. *Geology* 41 (Apr), 451-454. (有り)
- 3) Endo, S., Nowak, I. & Wallis, S. R. 2013. High-pressure garnet amphibolite from the Funaokayama unit, western Kii Peninsula and the extent of eclogite facies metamorphism in the Sanbagawa belt. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 108 (Aug), 189-200. (有り)
- 4) Nagaya, T., Wallis, S. R., Kobayashi, H., Michibayashi, K., Mizukami, T., Seto, Y., Miyake, A. & Matsumoto, M. 2014 Dehydration breakdown of antigorite and the formation of B-type olivine CPO. *Earth and Planetary Science Letters* 387 (Feb), 67-76. (有り)
- 5) Kouketsu, Y., Mizukami, T., Mori, H., Endo, S., Aoya, M., Hara, H., Nakamura, D. & Wallis, S. 2014. A new approach to develop the Raman carbonaceous material geothermometer for low-grade metamorphism using peak width. *Island Arc* 23 (Mar), 33-50. (有り)
- 6) Mizukami, T., Yokoyama, H., Hiramatsu, Y., Arai, S., Kawahara, H., Nagaya, T. & Wallis, S. 2014. Two types of antigorite serpentinite controlling heterogeneous slow-slip behaviour of slab-mantle interface. *Earth and Planetary Science Letters* 401 (Sept), 148-158. (有り)
- 7) Nagaya, T., Wallis, S. R., Kobayashi, H., Michibayashi, K., Mizukami, T., Seto, Y., Miyake, A. & Matsumoto, M. 2014 Reply to comment by Nozaka on Dehydration breakdown of antigorite and the formation of B-type olivine CPO. *Earth and Planetary Science Letters* 408 (Dec), 406-407. (有り)
- 8) Kim, D., Katayama, I., Wallis, S., Michibayashi, K., Miyake, A., Seto, Y. & Azuma, S. 2015 (Feb) Deformation microstructures of glaucophane and lawsonite in experimentally deformed blueschists: implications for intermediate-depth intraplate earthquakes. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 120, 1229-1242. (有り)
- 9) Mori, N., Wallis, S. & Mori, H. 2015 (Jun) Graphitization of carbonaceous material in sedimentary rocks on short geologic time-scales: An example from the Kinsho-zan area, central Japan. *Island Arc*, 24, 119-130. (有り)
- 10) Weller, O. M., Wallis, S. R., Aoya, M. & Nagaya, T. 2015 (Aug) Phase equilibria modelling of blueschist and eclogite from the Sanbagawa metamorphic belt of southwest Japan reveals along-strike consistency in tectonothermal architecture. *Journal of Metamorphic Geology* 33, 579-596. (有り)
- 11) Furuichi, H., Ujiie, K., Kouketsu, Y., Saito, T., Tsutsumi, A. & Wallis, S. 2015 (Aug) Vitrinite reflectance and Raman spectra of carbonaceous material as indicators of frictional heating on faults: Constraints from friction experiments. *Earth and Planetary Science Letters*, 424, 191-200. (有り)
- 12) Endo, S., Mizukami, T., Wallis, S. R., Tamura, A. & Arai, S. 2015 (Jun) Orthopyroxene-rich rocks from the Sanbagawa belt (SW Japan); Fluid-rock interaction in the forearc slab-mantle

wedge interface. Journal of Petrology 56, 1113-1136. (有り)

13) Wallis, S. R. & Okudaira, T. 2016 (Mar) Paired metamorphic belts of SW Japan: the geology of the Sanbagawa and Ryoke metamorphic belts and the Median Tectonic Line. In: The geology of Japan, edited by Moreno, T., Wallis, S. R., Kojima, T. & Gibbons, W. Geological Society, London, 101-124. (有り)

14) Kawahara, H., Endo, S., Wallis, S. R., Nagaya, T., Mori, H. & Asahara, Y. 2016. Brucite as an important phase of the shallow mantle wedge: Evidence from the Shiraga unit of the Sanbagawa subduction zone, SW Japan. Lithos 254-255, 53-66. (有り)

〔学会発表〕(計 30 件)

1) 三波川沈み込み帯浅部マントルウェッジ中のブルース石の重要性を示す岩石学的・野外地質学的証拠，河原弘和・遠藤俊祐・Wallis, Simon・永治方敬・森宏・山本鋼志・浅原良浩，日本地質学会第 122 年学術大会，2015 年，ポスター

2) 三波川沈み込み帯浅部マントルウェッジのブルース石の重要性を示す岩石学的・野外地質学的証拠，河原弘和・遠藤俊祐・Wallis, Simon・永治方敬・森宏・山本鋼志・浅原良浩，日本地質学会第 122 年学術大会，2015 年，ポスター

3) 炭質物ラマンスペクトルに対する被熱時間スケールと変形の影響 炭質物ラマン温度計の応用，森宏・ウォリス サイモン・纈纈佑衣・永治方敬・森なつみ・重松紀生・藤本光一郎，日本地質学会第 122 年学術大会，2015 年，口頭

4) 秩父帯北帯の地質構造と変成作用，遠藤俊祐・ウォリス サイモン，日本地質学会第 122 年学術大会，2015 年，口頭

5) 蛇紋岩化したウェッジマントルにおける固体流動と流体浸透，ウォリス サイモン・水上知行・遠藤俊祐・永治方敬・青矢睦月・河原弘和，日本地質学会第 122 年学術大会，2015 年，口頭(招待)

6) 地震波経路を利用した S 波偏向異方性モデリングによるウェッジマントル内の antigorite の分布範囲と含有率の推定法の開発，永治方敬・ウォーカー アンドリュー・ウッキー ジェームズ・ケンダル マイケル・ウォリス サイモン，日本地震学会，2014 年，ポスター

7) エクロジャイト相変成岩中の非平衡成長ざくろ石：グアテマラ・南部モタグア断層帯の例，遠藤俊祐 ウォリス サイモン，日本鉱物学会 2014 年年大会，2014 年，ポスター

8) スラブマントル境界の不均質なスロースリップ挙動を支配する 2 種類のアンチゴライト蛇紋岩，水上知行 横山寛紀 平

松良浩 荒井章司 河原弘和 永治方敬 S. Wallis，日本地質学会大 121 年学術大会，2014 年，口頭

9) ラマンスペクトルを用いた炭質物断層摩擦発熱温度計の構築，古市裕之 纈纈佑衣 氏原恒太郎 斎藤 翼 堤 昭人 ウォリス サイモン，日本地質学会大 121 年学術大会，2014 年，口頭

10) 地震波異方性モデリングが示す含水前弧マントルの大規模対流—琉球弧の例，永治方敬 A. Walker, J. Wookey, M. Kendall, S. Wallis，日本地質学会大 121 年学術大会，2014 年，口頭

11) 浅部ウェッジマントルスラブ間の相互作用の解明にむけて～高知県白髪山岩体を例に，河原弘和 永治方敬 森宏 Simon Wallis，日本地質学会大 121 年学術大会，2014 年，口頭

12) 炭質物の石墨化における被熱時間スケールの制約，森宏 森なつみ Simon Wallis, Catherine Annen, Rob Westaway, Luca Caricchi 纈纈結衣 永治方敬，日本地質学会大 121 年学術大会，2014 年，ポスター

13) Slab-wedge mantle boundary preserved in the Sanbagawa belt, SW Japan, WALLIS, Simon, MORI, Hiroshi, NAGAYA, Takayoshi, JpGU 2014, 2014 年，口頭(一般)

14) Olivine CPO in non-deformed peridotite due to topotactic replacement of antigorite, NAGAYA, Takayoshi, KOBAYASHI, Hiroaki, MICHIBAYASHI, Katsuyoshi, MIZUKAMI Tomoyuki, SETO, Yusuke, MIYAKE, Akira, MATSUMOTO, Megumi, JpGU 2014, 2014 年，口頭(一般)

15) Olivine CPO in non-deformed peridotite due to topotactic replacement of antigorite, Takayoshi Nagaya, Simon Wallis, Hiroaki Kobayashi, Katsuyoshi Michibayashi, Tomoyuki Mizukami, Yusuke Seto, Akira Miyake, and Megumi Matsumoto, European Geosciences Union General Assembly 2014, 2014 年，ポスター(一般)

16) Topotaxy and the development of olivine CPO, 永治方敬 ウォリス・サイモン，変成岩などシンポジウム，2014 年，ポスター

17) The effect of time on crystallization of graphite—a natural study using contact metamorphism, 森なつみ ウォリス・サイモン 森宏，変成岩などシンポジウム，2014 年，ポスター

18) 四国中央部に分布する白髪山超塩基性岩体の岩石学特徴，河原弘和 ウォリス サイモン 永治方敬 森宏，変成岩などシンポジウム，2014 年，ポスター

19) 炭質物の石墨化における時間スケールの制約，森宏 森なつみ 纈纈結衣

ウォリス サイモン , 変成岩などシンポジウム , 2014年 , 口頭 (招待)

20) E-W extension in southern Tibet , Simon Wallis , 2013 Fall Meeting of the Geological Society of Korea , 2013年 , 口頭 (招待)

21) ウェッジマントル内のマントル流動-地震波異方性モデリングが示すアンチグライトの分布 , 永治方敬 ウォーカー・アンドリュウ ウッキー・ジェームズ ケンダル・マイケル ウォリス・サイモン , 日本地質学会第120年学術大会 , 2013年 , 口頭

22) 中央構造線(MTL)の剪断熱による熱異常:熱モデリングによる断層強度制約 , 森宏 ウォリス・サイモン 藤本光一郎 重松紀生 , 日本地質学会第120年学術大会 , 2013年 , ポスター

23) 半値幅を用いた炭質物ラマン地質温度計の開発と先行研究との性能比較 , 縹結衣 水上知行 森宏 遠藤俊祐 青矢睦月 原英俊 中村大輔 ウォリス・サイモン , 日本地質学会第120年学術大会 , 2013年 , 口頭

24) 堆積岩中の炭質物の石墨化におけるタイムスケール-接触変成作用と熱モデリングによる証拠 , 森なつみ ウォリス・サイモン 森宏 , 日本地質学会第120年学術大会 , 2013年 , 口頭

25) 炭質物結晶化度が安定状態に達するタイムスケールと温度の検証:広域変成作用、接触変成作用、断層帯の例 , 縹結衣 森宏 森なつみ 梅田隼人 ウォリス・サイモン 榎並正樹 , 日本地質学会第120年学術大会 , 2013年 , ポスター

26) 沈み込み帯の深さ80kmにおけるスラブ-マントル結合の重要性 , Wallis, S. , Japanese Geoscience Union annual meeting , 2013年 , 口頭

27) スラブ-マントルウェッジ境界における二段階の斜方輝岩形成 , 遠藤俊祐 水上知行 ウォリス・サイモン 田村明弘 荒井章司 , Japan Geoscience Union 2013 Meeting , 2013年 , 口頭

28) Oriented growth due to topotactic replacement of antigorite by olivine as a mechanism for the formation of B-type olivine CPO in convergent margins , Nagaya, T. , Wallis, S. , Kobayashi, H. , Michibayashi, K. , Mizukami, T. , American Geophysical Union Fall Meeting , 2012年 , ポスター

29) Internal structure of the Median Tectonic Line fault zone, SW Japan, revealed by borehole analysis , Shigematsu, N. , Fujimoto, K. , Tanaka, N. , Mori, H. , Okudaira, T. , Wallis, S. R. , American Geophysical Union Fall Meeting , 2012年 , 口頭

30) Paired metamorphism in SW Japan: tectonic models for the Sanbagawa and Ryoke Belts , S. Wallis, T. Okudaira , 日本地質学会2012年会 , 2012年 , 口頭

〔図書〕(計2件)

The Geology of Japan, Edited by T. Moreno. S. R. Wallis, T. Kojima, W. Gibbons. Geological Society of London, pp. 536.

日本の地質構造 100選 朝倉書店 (Wallisが一部執筆)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

ウォリス・サイモン (WALLIS, Simon)
名古屋大学、環境学研究科、教授
研究者番号: 30263065

(2) 研究分担者

i) 榎並 正樹 (ENAMI, Masaki)

名古屋大学、年代測定総合研究センター、
教授 研究者番号: 20168793

ii) 水上 知行 (MIZUKAMI, Tomoyuki)

金沢大学、自然システム系、助教
研究者番号: 80396811

iii) 青矢 睦月 (AOYA, Mutsuki)

徳島大学、大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部、准教授
研究者番号: 90415638