

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2009 ~ 2012

課題番号：21244083

研究課題名（和文）

ラマン分光岩石学：含マイクロ・ダイヤモンド捕獲岩に記録されたブルーム活動の解読

研究課題名（英文）

研究代表者

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

研究成果の概要（和文）：

- (1) 短時間で岩石・鉱物試料のラマンスペクトル・2次元画像を撮影するためのイメージングラマン分光装置を研究開発した。
- (2) 西南日本に分布する、アルカリ火山岩とそれらに包有されているマントル捕獲岩の鉱物学的地球化学的特徴と成因について論じた。

研究成果の概要（英文）：

- (1) A new conceptual imaging Raman spectroscopy system (STR Raman IMG) was developed. This system is planned to take a snapshot of two-dimensional image map of sample within a relatively short time (ten to several tens of seconds).
- (2) Mineralogical and geochemical characteristics and petrogenesis of alkaline volcanic rocks and mantle xenoliths in the southwest Japan were discussed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	23,100,000	6,930,000	30,030,000
2010年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2011年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2012年度	2,200,000	660,000	2,860,000
総計	33,100,000	9,930,000	43,030,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学 岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：地殻・マントル・核 ラマン分光学

1. 研究開始当初の背景

ダイヤモンドは、高い圧力/温度条件下で安定であるため、隕石や隕石孔などを除くと、長い間その産出は、地温勾配が低い安定大陸に噴出したキンバレー岩やランプロアイトなど一部の火山岩中に限るとされていた。しかし、1990年以降 Kazakhstan をはじめとするいくつかの地域の超高压変成岩から、マイクロ・ダイヤモンドが報告され (例えば, Sobolev and Shatsky 1990, Nature, 343, 742-746), それらは大陸衝突帯深部における

炭素や変成流体の挙動についての情報をもたらすものとして、多くの研究がなされている。また、2003年にはハワイ火山群中の捕獲岩からナノ・ダイヤモンドが報告され、海洋プレート下のブルーム活動とマントルの交代作用が議論されている (Wirth and Rocholl, 2003, EPSL, 211, 357-369)。このような発見を受けて、分析機器の開発・改良に伴ってこれまでは検出できなかった微細なダイヤモンドが、今後も様々な地質体やテクニク場から確認される可能性が指摘され

ていた。

しかしながら、日本列島を始めとするプレート収束域においては、ダイヤモンドは産出しないであろうと考えられていた。それは、

(I) プレート収束域直下においては、マンテル物質を地表にもたらずマグマの生成深度が、ダイヤモンドの安定な深度よりも一般に浅いことや、(II) 沈み込むプレートから放出される変成流体の影響を受けたマンテルでは、炭素の多くがダイヤモンドではなくCO₂や炭酸塩鉱物の状態で存在しているであろうという共通認識があったからである。この一般常識は、島弧—海溝系から世界で初めてのマイクロ・ダイヤモンドを発見したことによって覆された (Mizukami et al., 2008, *Geology*, 36, 219-222)。同報告は、日本列島からの最初の発見という一般的な興味のみならず、ダイヤモンドの新たな産状や島弧・大陸縁辺部におけるプルーム活動という観点からも大きな意味を持つためでもあった。

2. 研究の目的

(1) マイクロ～サブマイクロ・ダイヤモンド(以下、ダイヤモンド)を検知するためには、光学顕微鏡の空間分解能の限界となる、1 μm以下の粒子を識別する手段が必要となる。そのための有効な手段のひとつは、ダイヤモンドが包有されている可能性のある領域の2次元もしくは3次元ラマン・ピングである。しかし従来の顕微レーザーラマン分光装置は、1点の測定に約1分間を要し、例えば10 μm×10 μmの範囲を0.5 μm間隔で2次元マッピングするためには、測定だけで約7時間、ピーク位置の計算を含めるとさらに膨大な時間を必要とする。図1に示したラマン・マッピングの結果は、そのような長時間の分析によって、はじめて得られたものである。すなわち、現在製品化されているラマン分光装置では、微細なダイヤモンドの広域的探索には、ほとんど対応できない。この問題点を解決し、ダイヤモンドを効率よく検出するためには、高速のラマン・マッピング装置の利用が不可欠であり、本プロジェクトでは、その開発と実用化を試みる。

(2) 日本列島からダイヤモンドの産出が確認されているのは、愛媛県新宮地域の一カ所のみである。このダイヤモンドは約1800万年前に貫入したペイサニトイド岩脈に産するマンテル捕獲岩(以下、新宮捕獲岩)中に包有されている。西南日本弧には新生代に活動し、ダイヤモンドが産出する可能性の高いマンテル捕獲岩を含む火山岩が広範囲に分布する。本プロジェクトにおいては、それらを対象として系統的な探索を行い、ダイヤモンドを含む捕獲岩の新たな発見とそれらの分布を明らかにする。また、ダイヤモンド以外の包有結晶の詳細な検討を行うと同時に、捕獲岩を岩

石学的・鉱物学的・熱力学的に解析し、捕獲岩の形成深度の検討を行う。そして、これらの情報を総合的に検討し、中新世におこったマンテル・プルームの実体を描き出す。また、中国東北部・中新世火山岩中の捕獲岩や新宮捕獲岩と同じくCO₂に富む酸化流に富む流体に伴って産するダイヤモンドを産するハワイ火山群中の捕獲岩についても同様な検討を行う。

3. 研究の方法

- (1) 微小結晶を効率的に検出する高速ラマン・マッピング装置の開発・実用化
- (2) マンテル捕獲岩の系統的な採取
- (3) マンテル捕獲岩中のマイクロ・ダイヤモンドの探索
- (4) マイクロ・ダイヤモンドを含む捕獲岩のキャラクタリゼーション
- (5) アジア大陸東縁部における中新世プルーム活動の実体の解明

4. 研究成果

【イメージング・ラマン分光装置の試作と実用化】

ラマン分光分析法は、共焦点光学系と組み合わせることにより、可視光に対して透明である対象に対して、深さ方向の状態分析が可能であるという大きな特徴を持つ。したがって、顕微ラマン分析装置を用いると、例えば、ダイヤモンド中の包有物などの3次元イメージを取得することが原理的には可能である。しかし、従来の方法では、グリッド分析を行うために多大な測定時間を要するとともに、グリッド間隔以下のサイズの相の検出は困難である点が問題であった。そこで、ビームを広げて試料に照射し、ラマン・イメージのスナップショットを撮ることを目的としたイメージング・ラマン分析装置の開発を行った。本装置は、バンドパスフィルター(AOTF)を組み込んでおり、任意の波数に対するラマン・イメージの取得が可能である(図1)。一方、共焦点光学系でないために深さ方向の分解能が低いことが弱点で

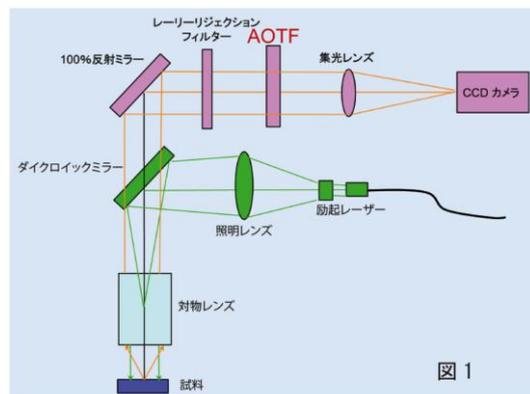
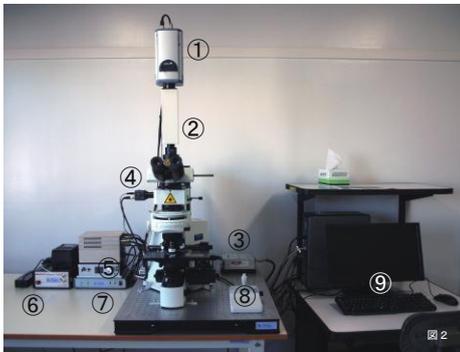


図1

あり、これは数値演算 (deconvolution)処理で補う。

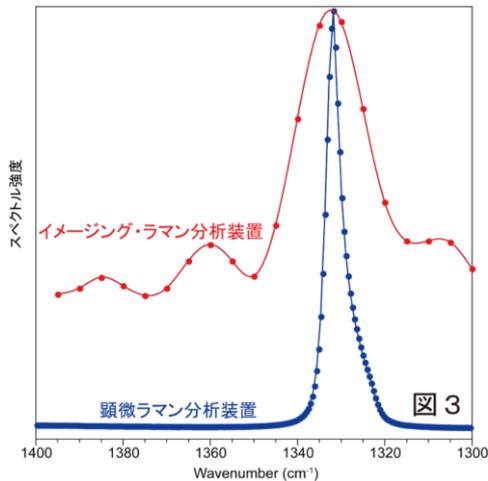
<イメージング・ラマン分析装置の構成と概要>

試作した同装置を図2に示す。主な仕様は、以下の様である:① 冷却 CCD カメラ (Andor Co.; DU9347-BV; ピクセル・サイズ, 13 μm^2 ; ピクセル数, 1024 \times 1024), ②音響光学的可変フィルター (AOTF: Brimrose Co.; CVA200-0.53-0.65-H; 波長領域, 530-650 nm; 空間分解能, 1280 \times 960 ピクセル, ③ 半導体励起固体レーザー (Laser Quantum Co.; Ventus HP532; 波長, 532 nm; 最大出力, 1.5 W), ④ Video カメラ, ⑤ レーザー制御部, ⑥ AOTF制御部, ⑦ シャッター制御部, ⑧ ステージ制御 (ステッピングモーター駆動 XYZ stage: Ludl Co.; Mac6000), ⑨測定制御用パソコン。なお、偏光顕微鏡は Olympus Co.; BX-51 である。



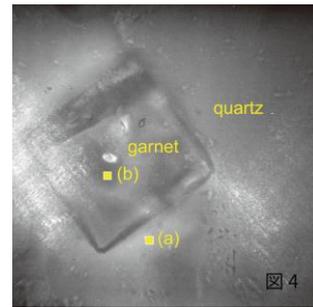
<波長 (波数) 分解能>

イメージング・ラマン分析装置と顕微ラマン分析装置のスペクトルを比較した結果を図3に示す。ダイヤモンドの 1332 cm^{-1} スペクトルに対する半値幅は、約 16 cm^{-1} である。この値は、通常の顕微ラマン分析装置 (4 cm^{-1}) と比べると大きい。相の識別・同定に利用するには問題ない波数分解能を有している。



<イメージングの例>

ザクロ石-石英片岩の 300-500 cm^{-1} ラマン・スペクトルの積分強度イメージを図4に示す。強い蛍光の妨害のため画像のコントラストは弱い。スペクトルは得られている。



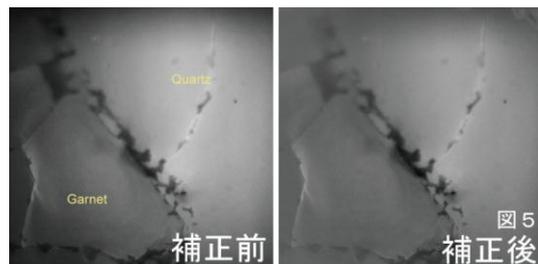
<諸問題の解決>

ラマン・イメージング装置の実用化において、解決すべき問題として、(1) 蛍光の影響によりバックグラウンドが高く S/N 値が低くなること、(2) 光学的な制約により周辺減光が起こる点がある。

(1) については、薄片を作成する際に使用する樹脂からの蛍光が無視できないことが明らかとなったため、計9種類の樹脂について、固化速度を様々に変えて、最適な樹脂の種類と固化速度の組合せを求めた。また、樹脂の選択や固化条件の調整によっても取り除けない蛍光 (バックグラウンド) を、任意のスペクトルのピーク位置と任意の波数だけでなく離れた位置で測定したバックグラウンド、それぞれの強度から補正するプログラムを作成した。(2) に対しては、周辺光量の低下が同心円状であれば、周辺光量の補正は光軸あるいは画像の重心からの距離を用いて行うことが可能である。しかし、イメージング・ラマン装置により取得した均質な標準物質の像を解析したところ、光量の低下は同心円状ではなく歪んだ形状になっていた。そこで、画像の座標ごとに周辺光量の補正に必要な係数を求め、

$$I_{\text{cor}}(x, y) = f(x, y) \cdot I_{\text{raw}}(x, y)$$

として周辺光量補正を行った。 $f(x, y)$ は、対物レンズの倍率、レーザー出力や測定時間を未知試料の測定と同じ条件にして、均質な標準物質の画像から求めた。そして、明度情報のばらつきの影響を小さくするため、標準物質の像にガウスぼかしを施したものを用いた。開発したアルゴリズムを岩石試料に適用したところ、有意な画質の改善が認められ、



異なる鉱物を区別することが可能になった。

【マントル捕獲岩の記載岩石学】

含マイクロ・ダイヤモンド捕獲岩とともに産するスピネルかんらん岩，斜長石かんらん岩，斑れい岩の岩石学的の平衡温度，形成圧力，単斜輝石などに包有されている CO₂ 流体包有物の密度，および希土類元素を含む微量元素組成について研究をした。その結果，中新世の北部四国下には，斑れい岩質の地殻，かんらん石集積岩の下位に高枯渇度のマントルが位置するリソスフェア層構造が存在し，その中位に斑れい岩-ノーライト質のマグマが貫入したことが明らかとなった。そして，このマグマを熱源として地下 30 km が 1000 °C 近くに達する高い地温勾配が形成された可能性が高い。

また，上記の捕獲岩のうち斑れい岩質岩に注目すると，含角閃岩斑れい岩，含斜方輝石斑れい岩-輝岩と斑れい岩ノーライトに区分される。このうち，斑れい岩は新宮直下の下部地殻に由来し，斑れい岩-輝岩は-host であるアルカリ玄武岩からの集積岩，斑れい岩ノーライトはアルカリ玄武岩による交代作用を被った斑れい岩質岩であると考えられる。斑れい岩ノーライトは，Cr₂O₃ に富むにもかかわらずアルカリ元素に富むという特徴を持つ。これは，アルカリ玄武岩質マグマの上昇によるリソスフェアマントル中の斜方輝石の同化作用の可能性がある。また，著しく HFS 元素に富む特徴は，マグマ進化の過程カーボナタイトメルトの分離があったことを示唆する。アルカリマグマ活動の初期に低い部分融解度によって形成されたアルカリマグマが，大陸リソスフェアを改変した可能性がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 89 件)

1. Arai, S., Ishimaru, S. and Mizukami, T. (2012) Methane and propane micro-inclusions in olivine in titanoclinohumite-bearing dunites from the Sanbagawa high-P metamorphic belt, Japan: Hydrocarbon activity in a subduction zone and Ti mobility. *Earth and Planetary Science Letters*, 353, 1-11 (reviewed paper).
2. Enami, M. (2012) Influence of garnet hosts on the Raman spectra of quartz inclusions. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 107, 173-180 (reviewed paper).
3. Enami, M., Zaw Win Ko, Aung Win and Tsuboi, M. (2012) Eclogite from the Kumon range, Myanmar: Petrology and tectonic implications. *Gondwana Research*, 21, 548-558 (reviewed paper).
4. Endo, S., Wallis, S.R., Tsuboi, M., Aoya, M. and Uehara, S. (2012a) Slow subduction and buoyant exhumation of the Sanbagawa eclogite. *Lithos*, 146, 183-201 (reviewed paper).
5. Endo, S., Wallis, S.R., Tsuboi, M., De Leon, R.T. and Solari, L.A. (2012b) Metamorphic evolution of lawsonite eclogites from the southern Motagua fault zone, Guatemala: insights from phase equilibria and Raman spectroscopy. *Journal of Metamorphic Geology*, 30, 143-164 (reviewed paper).
6. Miura, M., Arai, S., Ahmed, A.H., Mizukami, T., Okuno, M. and Yamamoto, S. (2012) Podiform chromitite classification revisited: A comparison of discordant and concordant chromitite pods from Wadi Hilti, northern Oman ophiolite. *Journal of Asian Earth Sciences*, 59, 52-61 (reviewed paper).
7. Miyazoe, T., Enami, M., Nishiyama, T. and Mori, Y. (2012) Retrograde strontium metasomatism in serpentinite melange of the Kurosegawa Zone in central Kyushu, Japan. *Mineralogical Magazine*, 76, 635-647 (reviewed paper).
8. Shigematsu, N., Fujimoto, K., Tanaka, N., Furuya, N., Mori, H. and Wallis, S.R. (2012) Internal structure of the Median Tectonic Line fault zone, SW Japan, revealed by borehole analysis. *Tectonophysics*, 532, 103-118 (reviewed paper).
9. Yamamoto, J., Nishimura, K., Ishibashi, H., Kagi, H., Arai, S. and Prikhod'ko, V.S. (2012) Thermal structure beneath Far Eastern Russia inferred from geothermobarometric analyses of mantle xenoliths: Direct evidence for high geothermal gradient in backarc lithosphere. *Tectonophysics*, 554, 74-82 (reviewed paper).
10. Yang, K., Arai, S., Yu, J.E., Yun, S.H., Kim, J.S. and Hwang, J.Y. (2012a) Gabbroic xenoliths and megacrysts in the Pleisto-Holocene alkali basalts from Jeju Island, South Korea: The implications for metasomatism of the lower continental crust. *Lithos*, 142, 201-215 (reviewed paper).
11. Yang, K., Szabo, C., Arai, S., Yu, J.E. and Jung, H. (2012b) Silica enrichment of Group II xenoliths by evolved alkali basalt from Jeju Island, South Korea: implication for modification of intraplate deep-seated rocks. *Mineralogy and Petrology*, 106, 107-130 (reviewed paper).
12. Enami, M., Ueno, T. and Maekawa, H. (2011) Cr-rich allanite-(Ce) in the serpentinite-metapelite reaction layer in the Sanbagawa belt of Nushima, Hyogo Prefecture, Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 106, 103-108 (reviewed paper).
13. Fukunari, T., Wallis, S.R. and Tsunogae, T.

- (2011) Fluid inclusion microthermometry for P-T constraints on normal displacement along the Median Tectonic Line in Northern Besshi area, Southwest Japan. *Island Arc*, 20, 426-438 (reviewed paper).
14. Harigane, Y., Mizukami, T., Morishita, T., Michibayashi, K., Abe, N. and Hirano, N. (2011) Direct evidence for upper mantle structure in the NW Pacific Plate: Microstructural analysis of a petit-spot peridotite xenolith. *Earth and Planetary Science Letters*, 302, 194-202 (reviewed paper).
 15. Ishimaru, S. and Arai, S. (2011) Peculiar Mg-Ca-Si metasomatism along a shear zone within the mantle wedge: inference from fine-grained xenoliths from Avacha volcano, Kamchatka. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 161, 703-720 (reviewed paper).
 16. Kouketsu, Y. and Enami, M. (2011) Calculated stabilities of sodic phases in the Sambagawa metapelites and their implications. *Journal of Metamorphic Geology*, 29, 301-316 (reviewed paper).
 17. Masuda, T., Miyake, T. and Enami, M. (2011) Ultra-high residual compressive stress (> 2 GPa) in a very small volume ($< 1 \mu\text{m}^3$) of indented quartz. *American Mineralogist*, 96, 283-287 (reviewed paper).
 18. Miura, M., Arai, S. and Mizukami, T. (2011) Raman spectroscopy of hydrous inclusions in olivine and orthopyroxene in ophiolitic harzburgite: Implications for elementary processes in serpentinization. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 106, 91-96 (reviewed paper).
 19. Nishii, A., Wallis, S.R., Mizukami, T. and Michibayashi, K. (2011) Subduction related antigorite CPO patterns from forearc mantle in the Sanbagawa belt, southwest Japan. *Journal of Structural Geology*, 33, 1436-1445 (reviewed paper).
 20. Tetsopgang, S., Enami, M. and Njonfang, E. (2011) Emplacement P-T conditions of Pan-African biotite-amphibole granitoids in the Nkambe area, Cameroon. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 106, 306-319 (reviewed paper).
 21. Aoya, M., Kouketsu, Y., Endo, S., Shimizu, H., Mizukami, T., Nakamura, D. and Wallis, S.R. (2010) Extending the applicability of the Raman carbonaceous-material geothermometer using data from contact metamorphic rocks. *Journal of Metamorphic Geology*, 28, 895-914 (reviewed paper).
 22. Hattori, K., Wallis, S.R., Enami, M. and Mizukami, T. (2010) Subduction of mantle wedge peridotites: Evidence from the Higashi-akaishi ultramafic body in the Sanbagawa metamorphic belt. *Island Arc*, 19, 192-207 (reviewed paper).
 23. Kouketsu, Y. and Enami, M. (2010) Aragonite and omphacite-bearing metapelite from Besshi region, Sambagawa belt in central Shikoku, Japan and its implication. *Island Arc*, 19, 165-176 (reviewed paper).
 24. Kouketsu, Y., Enami, M. and Mizukami, T. (2010) Omphacite-bearing metapelite from the Besshi region, Sambagawa metamorphic belt, Japan: Prograde eclogite facies metamorphism recorded in metasediment. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 105, 9-19 (reviewed paper).
 25. Mori, H. and Wallis, S.R. (2010) Large-scale folding in the Asemi-gawa region of the Sanbagawa Belt, southwest Japan. *Island Arc*, 19, 357-370 (reviewed paper).
 26. Sumino, H., Burgess, R., Mizukami, T., Wallis, S.R., Holland, G. and Ballentine, C.J. (2010) Seawater-derived noble gases and halogens preserved in exhumed mantle wedge peridotite. *Earth and Planetary Science Letters*, 294, 163-172 (reviewed paper).
 27. Tanaka, H., Endo, S., Minakawa, T., Enami, M., Nishio-Hamane, D., Miura, H. and Hagiwara, A. (2010) Momoiite, $(\text{Mn}^{2+}, \text{Ca})_3(\text{V}^{3+}, \text{Al})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$, a new manganese vanadium garnet from Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 105, 92-96 (reviewed paper).
 28. Wallis, S.R. and Endo, S. (2010) Comment on 'Metamorphic P-T-time history of the Sanbagawa belt in central Shikoku, Japan and implications for retrograde metamorphism during exhumation' by K. Aoki, K. Kitajima, H. Masago, M. Nishizawa, M. Terabayashi, S. Omori, T. Yokoyama, N. Takahata, Y. Sano, S. Maruyama [*Lithos* 113 (2009) 393-407]. *Lithos*, 116, 195-196 (reviewed paper).
 29. Wallis, S.R., Mori, H., Ozawa, K., Mitsuishi, M. and Shirakawa, C. (2010) Lake shoreline deformation in Tibet and mid-crustal flow. *Island Arc*, 19, 209-211 (reviewed paper).
 30. Yoshikawa, M., Arai, S., Ishida, Y., Tamura, A. and Shimizu, Y. (2010) Trace element and Sr-Nd isotopic features of ultramafic xenoliths from Kurose, Southwest Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 105, 346-351 (reviewed paper).
 31. Aitchison, J. and Wallis, S.R. (2009) Thematic Section: Papers arising out of 22nd Himalaya-Karakoram-Tibet workshop (HKT 22). *Island Arc*, 18, 403-403 (reviewed paper).

32. Aoya, M., Mizukami, T., Uehara, S. and Wallis, S.R. (2009) High-P metamorphism, pattern of induced flow in the mantle wedge, and the link with plutonism in paired metamorphic belts. *Terra Nova*, 21, 67-73 (reviwd paper).
33. Endo, S., Wallis, S.R., Hirata, T., Anczkiewicz, R., Platt, J., Thirlwall, M. and Asahara, Y. (2009) Age and early metamorphic history of the Sanbagawa belt: Lu-Hf and P-T constraints from the Western Iratsu eclogite. *Journal of Metamorphic Geology*, 27, 371-384 (reviwd paper).
34. Hacker, B.R., Wallis, S.R., McWilliams, M.O. and Gans, P.B. (2009) $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Constraints on the tectonic history and architecture of the ultrahigh-pressure Sulu orogen. *Journal of Metamorphic Geology*, 27, 827-844 (reviwd paper).
35. Ishimaru, S. and Arai, S. (2009) Highly silicic glasses in peridotite xenoliths from Avacha volcano, Kamchatka arc; implications for melting and metasomatism within the sub-arc mantle. *Lithos*, 107, 93-106 (reviwd paper).
36. Ishimaru, S., Arai, S. and Shukuno, H. (2009a) Metal-saturated peridotite in the mantle wedge inferred from metal-bearing peridotite xenoliths from Avacha volcano, Kamchatka. *Earth and Planetary Science Letters*, 284, 352-360 (reviwd paper).
37. Ishimaru, S., Arai, S., Tamura, A., Takeuchi, M. and Kiji, M. (2009b) Subarc magmatic and hydration processes inferred from a hornblende peridotite xenolith in spessartite from Kyoto, Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 104, 97-104 (reviwd paper).
38. Itaya, T., Hyodo, H., Tsujimori, T., Wallis, S.R., Aoya, M., Kawakami, T. and Gouzu, C. (2009) Regional-Scale Excess Ar wave in a Barrovian type metamorphic belt, eastern Tibetan Plateau. *Island Arc*, 18, 293-305 (reviwd paper).
39. Wallis, S.R., Anczkiewicz, R., Endo, S., Aoya, M., Platt, J.P., Thirlwall, M. and Hirata, T. (2009) Plate movements, ductile deformation and geochronology of the Sanbagawa belt, SW Japan: tectonic significance of 89-88 Ma Lu-Hf eclogite ages. *Journal of Metamorphic Geology*, 27, 93-105 (reviwd paper).

[学会発表] (計5件)

1. 水上知行・岡崎 友・荒井章司・針金由美子・道林克禎・榎並正樹・Wallis, S.R. (2012) スラブ物質とマントル物質の物理化学相互作用の痕跡: 三波川帯泥質片岩へ多角的なアプローチ. 日本地質学会第119年学術大

会(大阪).

2. 野口 渉・水上 知行・荒井 章司・田村 明弘 (2012) 中新世アルカリ玄武岩活動による大陸リソスフェアの改変. 日本惑星地球科学連合 2012 年会(千葉幕張)
3. 榎並正樹・加藤丈典・秋元克美 (2011) 音響光学的可変フィルター (AOTF) を利用した イメージング・ラマン分析装置の改良. 日本地質学会・日本鉱物科学会合同学術大会 2011 年度年会 (水戸)
4. 野口 渉・水上 知行 (2011) 西南日本、新宮アルカリ玄武岩岩脈に含まれる超マフィック、マフィック岩における多様なマグマ活動の記録. 日本地球惑星科学連合 2011 年連合大会 (千葉幕張)
5. 野口 渉・水上 知行・荒井 章司・田村 明弘 (2011) 新宮マフィック-超マフィック捕獲岩から推定される四国北部の深部リソスフェアの構成. 日本地質学会・日本鉱物科学会合同学術大会 2011(水戸).
6. 榎並正樹・鍵裕之・須納瀬正範・水上知行 (2010) 音響光学的可変フィルター (AOTF) を利用したイメージング・ラマン分析装置の開発. 日本地球惑星科学連合 2010 年大会 (千葉幕張)

6. 研究組織

(1)研究代表者

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

(2)研究分担者

水上知行 (MIZUKAMI Tomoyuki)

金沢大学・自然システム学系・助教

研究者番号: 80396811

ウォリス サイモン (WALLIS Simon R.)

名古屋大学・大学院環境学研究科・教授

研究者番号: 30263065

荒井章司 (ARAI Syoji)

金沢大学・自然システム学系・教授

研究者番号: 20107684

加藤丈典 (KATO Takenori)

名古屋大学・年代測定総合研究センター・准教授

研究者番号: 90293688

(3)連携研究者

鍵 裕之 (KAGI Hiroyuki)

東京大学・理学系研究科・教授

研究者番号: 70233666

横山一己 (YOKOYAMA Kazumi)

国立科学博物館・地学研究部. グループ長

研究者番号: 40126628