

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24年 4月15日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2011

課題番号：20244085

研究課題名（和文） モホ形成の岩石学

研究課題名（英文） Petrological processes of Moho formation

研究代表者

荒井 章司 (ARAI SHOJI)

金沢大学・自然システム学系・教授

研究者番号：20107684

研究成果の概要（和文）：地球内部のグローバルな物質的境界のうち、最浅部のモホ（モホロビッチ不連続面の岩石学的実体とその形成過程を研究した。これらの成果は将来の海洋域でのマントル掘削（モホール）実施時の基本的指針となる。ある種の海洋リソスフェア（白亜紀）の断片であるオマーン・オフィオライトでは、10m～1kmのモホ遷移帯（MTZ）が存在する。MTZはダナイト、ウェールライトを主とするが、厚いものほどMgに富み、基本的にマントル・ハルツバーガイトとMORBの反応帯の性格を有する。島弧では、集積岩の付加および加水作用等の二次的改変が激しく、MTZの多様性と不均質性が著しい。

研究成果の概要（英文）：Petrologic nature of Moho (Mohorovicic discontinuity), the shallowest of global physical discontinuities of the Earth's interior) has been investigated. Results of this study will guide the oceanic mantle drilling (Mohole) in the future. In the Oman ophiolite, a slice of Cretaceous oceanic lithosphere, the Moho transition zone (= MTZ), from 10 m to 1 km in thickness, is found between layered gabbro and the mantle peridotite (mainly harzburgite). The MTZ, mainly composed of dunites and wehrlites, becomes Mg-rich with an increase of its thickness, showing characteristics of a MORB/harzburgite reaction product. Beneath the island arc, the MTZ varies its petrologic characteristics through accretion of cumulates and hydration, and shows intense heterogeneities and varieties.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	9,800,000	2,940,000	12,740,000
2009年度	9,700,000	2,910,000	12,610,000
2010年度	9,600,000	2,880,000	12,480,000
2011年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
年度			
総計	36,200,000	10,860,000	47,060,000

研究分野：岩石学

科研費の分科・細目：地球惑星科学：岩石学・鉱物学・鉱床学

キーワード：モホ，マントル，地殻，海洋底，オフィオライト，島弧，捕獲岩

1. 研究開始当初の背景

「モホ」は地震学的に定義された地殻とマントルの境界であり、地球内部の全地球的に

広がる物性的不連続面の中の最も浅いものである。モホの定義には何の物質的な制約がないが、当初はその用語法が極めて混乱しており、「岩石学的モホ」や「地震学的モホ」

などという表現も普通に見られた。また、折しも海洋域におけるマントル掘削（いわゆるモホール）開始の機運が高まり、モホへの関心も高まりつつあった。モホの岩石学的実体および形成過程の把握は、モホールを成功させるために必要不可欠なものである。

2. 研究の目的

主要な全地球的物質境界の1つであるモホ（地殻とマントルの境界）の岩石学的実体およびその形成過程を海洋底および島弧において解明する。

3. 研究の方法

モホ（もしくはかつてのモホ）周辺を地質調査およびサンプリングし、その岩石学的実体を明らかにする。また、モホ周辺の岩石を地質学的および岩石化学的に検討することにより、モホの形成過程を明らかにする。

(1) 海洋底のモホに関しては、海洋底から得られる岩石を検討する。ただし、それらは極めて限られた地域からしか得られないので、オフィオライトの検討に力点を置く。特に、露出に優れているオマーン・オフィオライトを検討する。ここではモホ遷移帯と呼ばれる層状ガブロとマントルかんらん岩の間に存在する中間相の理解が鍵となる。

(2) 海洋モホの経年変化の有無を見るために、原生代（主としてパンアフリカン・オフィオライト）と顕生代（主としてオマーン）のオフィオライトの比較を行う。

(3) 島弧のモホを探るために火山岩中の捕獲岩を研究する。捕獲岩が系統的かつ豊富に得られる日本列島、カムチャツカ弧などを主要ターゲットとする。

4. 研究成果

(1) 北部オマーン・オフィオライトでの観察によると、層状ガブロとその下位のダナイト／ウェールライトの境界は比較的明瞭であり、物性的なコントラストはこの境界前後で最大となる。従って、モホはこの境界である可能性が高い。層状ガブロの下位にはダナイト／ウェールライトを主とするいわゆる「モホ遷移帯」があり、ハルツバーガイトを主とするマントル部へ漸移する。モホ遷移帯の厚さは10m強から1kmと変化が大きい。

(2) 最も薄い（10m強）ワジ・フィズのモホ遷移帯では、最下部のハルツバーガイトからダナイトを経て最上部のウェールライト（主としてガブロ層間のスクリーンとして産する）まで、鉱物化学組成が連続的に変化する。すなわち、かんらん石のFo値は91～85、NiO量は0.4～0.2wt%、クロムスピネル

のCr#は0.5～0.6、TiO₂量は0～1.4wt%と変化する。これは、層状ガブロを作ったMORBメルトとマントルハルツバーガイトの反応で形成されたものである。

(2) 最も厚い（1km）ワジ・スクバのモホ遷移帯は、下部のダナイト層と上部のウェールライトよりなる。ダナイトは主として結晶集積、ウェールライトはMORBとガブロの反応により形成された。初生的なモホ遷移帯が二次的なメルト（結晶に富む）が貫入して改変された。ダナイトのかんらん石はFo₉₂までとMgに富む。ダナイトには硫化物を含み、メルト形成に揮発性成分が関与していたことを示唆する。

(3) 原生代のオフィオライトは顕生代のもものと本質的な違いはない。ただし、最上部マントルかんらん岩は比較的Mgに富む。

(4) モホ遷移帯～最上部マントルにはクロミタイトがしばしば見いだされるが、その成因を再検討し、新たな成因的分類を提案した。

(5) 島弧では、既存のモホが相次ぐマグマ活動等で改変されることが本質である。モホは結晶集積岩の付加、および加水を伴う変成作用（交代作用）により改変されており、変化および不均質性が顕著である。

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71件：すべて査読有り）

1. Akizawa, N., Arai, S. and Tamura, A. (2012) Behavior of MORB magmas at uppermost mantle beneath a fast-spreading axis: an example from Wadi Fizeh of the northern Oman ophiolite. *Contributions to Mineralogy and Petrology* (accepted)
2. Abbou-Kebir, K., Arai, S., Ahmed, A.H. and Ceuleneer, G. (2012) Spinel-free and spinel-poor dunite veins crosscutting the Wadi Rajmi ophiolite chromitite (northern Oman ophiolite). *Bulletin de la Société Géologique de France* (accepted).
3. Yang, K., Arai, S., Yu, J-E., Yun, S-H. and Hwang, J-Y. (2012) Gabbroic xenoliths and megacrysts in Pleisto-Holocene alkali basalts from Jeju Island, South Korea: implications for metasomatism of the lower continental crust. *Lithos* 142/143, 201-215.
4. Ahmed, A.H., Gharib, M.E. and Arai, S. (2012) Characterization of the thermally metamorphosed mantle-crust transition zone of the Neoproterozoic

- ophiolite at Gebel Mudarjaj, South Eastern Desert, Egypt. *Lithos* 142/143, 67–83.
5. Gahlan, H. A., Arai, S., Abu El-Ela, F. F. and Tamura, A. (2012) Origin of wehrlite cumulates in the Moho Transito Zone of the Neoproterozoic Ras Salatit Ophiolite, Central Eastern Desert, Egypt. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 163, 225–241.
 6. Khedr, M. Z. and Arai, S. (2012) Petrology and geochemistry of prograde deserpentinized peridotites from Happo-0'ne, Japan: evidence of element mobility during deserpentinization. *Journal of Asian Earth Sciences*, 43, 150–163.
 7. Abbou-Kebir, K., Arai, S., Ahmed, A. H. and Ceuleneer, G. (2011) Origin of spinel-free dunite veins from northern Oman ophiolite: Possible involvement of a komatiitic melt. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 106, 235–245.
 8. Payot, B. D., Arai, S. and Tamayo, R. A., Jr. (2011) Abyssal harzburgite veined by silica-oversaturated melt in the Sibuyan Ultramafics, Romblan, Central Philippines. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 106, 175–180.
 9. Shirdashtzadeh, N., Torabi, G. and Arai, S. (2011) Two Mesozoic oceanic phases recorded in the basic and metabasic rocks of the Nain and Ashin-Zavar ophiolitic mélanges (Isfahan Province, central Iran). *Ophioliti*, 36, 191–205.
 10. Morishita, T., Dilek, Y., Shallo, M., Tamura, A. and Arai, S. (2011) Insight into the uppermost mantle section of a maturing arc: The Eastern Mirdita ophiolite, Albania. *Lithos*, 124, 215–226.
 11. 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.
 12. Ishimaru, S. and Arai, S. (2011) Peculiar Ca-Mg-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.
 13. Python, M., Yoshikawa, M., Shibata, T. and Arai, S. (2011) Diopsidites and rodingites: serpentinization and Ca-metasomatism in the Oman ophiolite mantle. In R. K. Srivastava (ed.) *Dyke Swarms: Keys for Geodynamic Interpretation*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 401–435.
 14. Arai, S., Okamura, H., Kadoshima, K., Tanaka, C., Suzuki, K. and Ishimaru, S. (2011) Chemical characteristics of chromian spinel in plutonic rocks: implications for deep magma processes and discrimination of tectonic setting. *Island Arc*, 20, 125–137.
 15. Arai, S. (2010) Possible recycled origin for ultrahigh-pressure chromitites in ophiolites. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 105, 280–285.
 16. Akbulut, M., Pişkin, Ö., Arai, S., Özgenç, İ and Minareci, F. (2010) Base Metal (BM) and Platinum-Group Element (PGE) Mineralogy and geochemistry of Elmaslar Chromite Deposit (Denizli, SW Turkey): Implications for a local BM and PGE enrichment. *Ophioliti*, 35, 1–20.
 17. 荒井章司 (2010) クロミタイト – 不思議なマントル構成岩 – (Chromitites: An enigmatic mantle rocks type). *地学雑誌* (Journal of Geography), 119, 392–410.
 18. Pirnia, T., Arai, S. and Torabi, G. (2010) Post-deformational impregnation of depleted MORB in Nain Iherzolite (Central Iran), *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 105, 74–79.
 19. Khedr, M. Z., Arai, S., Tamura, A. and Morishita, T. (2010) Clinopyroxenes in high-P metaperidotites from Happo-0'ne, central Japan: implication for wedge-transversal chemical change of slab-derived fluids. *Lithos*, 119, 439–456.
 20. Khedr, M. Z. and Arai, S. (2010) Hydrous peridotites with Ti-rich chromian spinel as a low-temperature forearc mantle facies: evidence from the Happo-0'ne metaperidotites (Japan). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 159, 137–157.
 21. Morishita, T., Hara, K., Nakamura, K., Sawaguchi, T., Tamura, A., Arai, S., Okino, K., Takai, K. and Kuragai, H. (2009) Igneous, alteration and

- exhumation processes recorded in abyssal peridotites and related fault rocks from an oceanic core complex along the Central Indian Ridge. *Journal of Petrology*, 50, 1299–1325.
22. Akizawa, N. and Arai, S. (2009) Petrologic profile of peridotite layers under a possible Moho in the northern Oman ophiolite: an example from Wadi Fizh. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 104, 389–394
 23. Payot, B. D., Arai, S., Tamura, A., Ishimaru, S. and Tamayo, R. A., Jr. (2009) Unusual ultra-depleted dunite from Sibuyan Island (the Philippines): a residue for ultra-depleted MORB? *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 104, 383–388.
 24. Khedr, M. Z. and Arai, S. (2009) Geochemistry of metasomatized peridotites above subducting slab: a case study of hydrous metaperidotites from Happo-One, central Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 104, 313–318.
 25. Ishimaru, S., Arai, S. and Shukuno, H. (2009) 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.
 26. Yoshitake, N., Arai, S., Ishida, Y. and Tamura, A. (2009) Geochemical characteristics of chloritization of mafic crust from the northern Oman ophiolite: Implications for estimating the chemical budget of hydrothermal alteration of the oceanic lithosphere. *Journal of Mineralogical and Petrological Science*, 104, 156–163.
 27. Michibayashi, K., Oohara, T., Satsukawa, T., Ishimaru, S., Arai, S. and Okrugin, V. M. (2009) Rock seismic anisotropy of the low-velocity zone beneath the volcanic front in the mantle wedge. *Geophysical Research Letters*, 36, L12305, doi:10.1029/2009GL038527.
 28. Ahmed, A. H., Arai, S. and Ikenne, M. (2009) Mineralogy and Mineral Paragenesis of the Co-Ni Arsenide Ores of the Bou Azzer, Anti-Atlas, Morocco. *Economic Geology*, 104, 249–266.
 29. Ishimaru, S., Arai, S., Tamura, A., Takeuchi, M. and Kiji, M. (2009) Subarc magmatic and hydration processes inferred from a hornblende peridotite xenolith in spessartite from Kyoto, Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 114, 97–104.
 30. Payot, B. D., Arai, S., Tamayo, R. A., Jr. and Yumul, G. P., Jr. (2009) What underlies the Philippine Island Arc?: Clues from the Calaton Hill, Tablas Island, Romblon (central Philippines). *Jour. Asian Earth Sci.*, 36, 371–389.
 31. Python, M., Ceuleneer, G. and Arai, S. (2008) Chromian spinels in mafic-ultramafic mantle dykes: evidence for two-stage melt production during the evolution of the Oman ophiolite. *Lithos* 106, 137–154.
 32. Ishimaru, S., Arai, S. and Shukuno, H. (2009) 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.
 33. Morishita, T., Arai, S., Ishida, Y., Tamura, A. and Gervilla, F. (2009) Constraints on the evolutionary history of aluminous mafic rocks in the Ronda peridotite massif (Spain) from trace-element compositions of clinopyroxene and garnet. *Geochemical Journal* 43, 191–206.
 34. Yamamoto, J., Nakai, S., Nishimura, K., Kaneoke, I., Kagi, H., Sato, K., Okumura, T., Prikhod'ko and Arai, S. (2009) Intergranular trace elements in mantle xenoliths from Russian Far East: An example for mantle metasomatism by hydrous melt. *Island Arc*, 18, 225–241.
 35. Gahlan, H. M. and Arai, S. (2009) Carbonate-orthopyroxenite lenses from the Late Proterozoic Gerf ophiolite, South Eastern Desert, Egypt: The first record in the Arabian Nubian Shield ophiolites. *Jour. African Earth Sci.*, 53, 70–82.
 36. 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.
 37. Ismail, S. A., Arai, S., Ahmed, A. H. and Shimizu, Y. (2009) Chromitite and peridotite from Rayat, northeastern Iraq, as fragments of a Tethyan ophiolite. *Island Arc*, 18, 175–183.

38. Arai, S., Tamura, A., Ishimaru, S., Kadoshima, K., Lee, Y.-I. and Hisada, K. (2008) Petrology of the Yugu peridotites in the Gyeonggi massif, South Korea: implications for their origin and hydration process. *Island Arc*, 17, 485-501.
39. Python, M., Ceuleneer, G. and Arai, S. (2008) Chromian spinels in mafic-ultramafic mantle dykes: evidence for two-stage melt production during the evolution of the Oman ophiolite. *Lithos* 106, 137-154.
40. Ahmed, H. A., Helmy, H. M., Arai, S. and Yoshikawa, M. (2008) Magmatic unmixing in spinel from Late Precambrian concentrically-zoned mafic-ultramafic intrusions, Eastern Desert, Egypt. *Lithos*, 104, 85-98.
41. Ishimaru, S. and Arai, S. (2008) Arsenide in a metasomatized peridotite xenolith as a constraint on arsenic behavior in the mantle wedge. *Am. Mineral.*, 93, 1061-1065.
42. Shimizu, Y., Arai, S., Morishita, T. and Ishida, Y. (2008) Origin and significance of spinel-pyroxene symplectite in lherzolite xenoliths from Tallante, southeast Spain. *Mineralogy and Petrology*, 94, 27-43.
43. Hirauchi, K., Tamura, A., Arai, S., Yamaguchi, H. and Hisada, K. (2008) Fertile abyssal peridotites within the Franciscan subduction complex, central California: possible origin as detached remnants of oceanic fracture zones located close to a slow-spreading ridge. *Lithos*, 105, 319-328.
44. 森下知晃・中村謙太郎・澤口隆・原香織・荒井章司・熊谷英憲 (2008) 海洋リソスフェアの熱水変質に伴う元素移動. *地学雑誌*, 117, 220-252.
45. 荒井章司・阿部なつ江 (2008) モホの岩石学実体を探る -21世紀モホールを目指して-. *地学雑誌*, 117, 110-123.
46. Ishimaru, S. and Arai, S. (2008) Nickel enrichment in mantle olivine beneath a volcanic front. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 156, 119-131.
47. Arai, S. and Ishimaru, S. (2008) Insights into petrological characteristics of the lithosphere of mantle wedge beneath arcs through peridotite xenoliths: A review. *Journal of Petrology*, 49, 665-695.
48. Tamura, A., Arai, S., Ishimaru, S. and Andal, E. S. (2008) Petrology and geochemistry of peridotites from IODP Site U1309 at Atlantis Massif, MAR 30°N: micro- and macro-scale melt penetrations into peridotites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 155, 491-509. (doi: 10.1007/s00410-007-0254-0)
- [学会発表] (計 141 件)
1. Arai, S. What do podiform chromitites tell us? (invited), 2011年12月8日, GeoCon 2011, Crowne Plaza Hotel, Quezon City (Philippines)
 2. Arai, S. Ophiolitic chromitites: Origins and implications for mantle dynamics (#203-2) (invited), Geological Society of America Annual Meeting 2011, 2011年10月11日, Minneapolis Convention Center (USA)
 3. Arai, S. and Ahmed, A.H. Podiform chromitites as a possible mantle dynamics tracer (Keynote), 11th Biennial Meeting SGA 2011, 2011年9月29日, Enjoy Resort and Casino, Antofagasta (Chile)
 4. 荒井章司 モホの岩石学的イメージング: 海洋底そして日本列島. T8-05, 日本地質学会第118学術大会・日本鉱物科学会2011年年会合同学術大会, 2011年9月9日, 茨城大学(水戸市)
 5. Arai, S., Ahmed, A.H. and Miura, M. Ultrahigh-pressure podiform chromitites as a possible deep recycled material. 11b/09:30/Fr (keynote), Goldschmidt 2011, 2011年8月19日, Prague Congress Center, Prague (Czech)
 6. Ishimaru, S., Arai, S., Borisova, A.Y. and Tamura, A. Possible high-PGE-Au silicate melt/aqueous fluid in mantle wedge: inferred from Ni metasomatism in Avacha peridotite xenolith. 11b/12:00/Th, Goldschmidt 2011, 2011年8月18日, Prague Congress Center, Prague (Czech)
 7. Akizawa, N., Arai, S., Tamura, A. and Uesugi, J. Growth-zoned chromian spinel in rodingite: evidence for Cr mobility in hydrothermal solution. 15h/3002/We, Goldschmidt 2011, 2011年8月17日, Prague Congress Center, Prague (Czech)
 8. Arai, S. and Ahmed, A.H. Origins of ophiolitic chromitites: Magmatic accumulate and deep recycling. SE51-A001 (invited), Asia Oceania

- Geosciences Society 2011 General Assembly, 2011年8月11日, Taipei International Convention Center (Taiwan)
9. Negishi, H., Arai, S., Ishimaru, S. and Tamura, A. Sulfide-rich dunite from Wadi Thuqbah, the northern Oman ophiolite. SE-56-A008, Asia Oceania Geosciences Society 2011 General Assembly, 2011年8月11日, Taipei International Convention Center (Taiwan)
 10. Arai, S. and Ahmed, A.H. Concordant and discordant podiform chromitites: their origins revisited. SIT002-01 (invited), 地球惑星科学連合大会, 2011年5月27日, 幕張メッセ (千葉県)
 11. Negishi, H., Arai, S., Ishimaru, S. and Tamura, A. Sulfide-rich dunite from Wadi Thuqbah, the northern Oman Ophiolite. SIT002-P05, 地球惑星科学連合大会, 2011年5月27日, 幕張メッセ (千葉県)
 12. Arai, S. Chromitite as a possible tracer of mantle dynamics. SMP005-09 (invited) 地球惑星科学連合大会, 2011年5月23日, 幕張メッセ (千葉県)
 13. Arai, S. Deep carbon cycle unraveled by deep ocean drilling. MIS010-02 (invited), 地球惑星科学連合大会, 2011年5月23日, 幕張メッセ (千葉県)
 14. Arai, S. and Tanaka, C. Similarity and difference between abyssal and back-arc basin peridotites: inference from xenoliths suites from the Sea of Japan. 20th International Mineralogical Association, 2010年8月23日, Etovös University (Hungary)
 15. Yang, K., Szabó, Cs. and Arai, S. Group II ultramafic xenoliths from Jeju Island, South Korea: evidence for melt migration and secondary orthopyroxene formation. DE45_P17_N1, 20th International Mineralogical Association, 2010年8月22日, Etovös University (Hungary)
 16. 荒井章司 北部オマーン・オフィオライトにおけるモホの岩石学的実体. SIT038-07, 地球惑星科学連合大会, 2010年5月26日, 幕張メッセ (千葉県)
 17. Arai, S. Origin of Moho in the Northern Oman Ophiolite. SE60-A010, Asia Oceania Geosciences Society 2009 General Assembly 2009年8月12日, SUNTEC (Singapore)
 18. Akizawa, N., Arai, S. and Tamura, A. Petrologic profile through the uppermost mantle under the Moho from the northern Oman ophiolite: an example from Wadi Fizh. SE60-A011, Asia Oceania Geosciences Society 2009 General Assembly, 2009年8月12日, SUNTEC (Singapore)
 19. Arai, S. Diversity and origin of Moho in the northern Oman ophiolite (invited), European Geosciences Union General Assembly 2009, 2009年4月22日, Vienna Convention Centre (Austria)
 20. Arai, S. Origin of Moho from the Oman ophiolite: Foreseeing of the Mohole result? (invited). International Symposia on Geoscience Resources and Environments of Asian Terranes (GREAT 2008) (4th Conference of IGCP516), 2008年11月25日, Chaophya Hotel, Bangkok (Thailand)
 21. 荒井章司 かんらん岩とレアメタル濃集: マグマと熱水の役割 (招待講演) S-06, 日本鉱物科学会 2008年會, 2008年9月11日 秋田大学 (秋田県)
 22. Arai, S. and Ishimaru, S. The Avacha peridotite xenolith suite from Kamchatka arc as a window to sub-volcanic front mantle processes. EID05429P (EID-05 Mantle Petrology M. Coltorti, M. Wilson, M. Gregoire, and S. Arai), 33rd International Geological Congress, 2008年8月9日, Convention Centre, Oslo (Norway)
 23. Arai, S. Dunites and wehrlites from the northern Oman Ophiolite: One suite or more? (invited) SE72-A021, Asia Oceania Geosciences Society 2008 General Assembly, 2008年6月18日, BEXCO, Busan (Korea)
 24. Arai, S., Suzuki, K. and Okamura, H. (invited) Decoupled modal and mineral chemical variations of uppermost mantle peridotites beneath a spreading center: an example from Wadi Rajmi of the northern Oman ophiolite. EGU2008-A-06065, European Geosciences Union General Assembly 2008, 2008年4月14日, Vienna Convention Centre (Austria)
6. 研究組織
(1) 研究代表者
荒井 章司 (ARAI SHOJI)
金沢大学・自然システム学系・教授
研究者番号: 20107684