

平成 22 年 6 月 1 日現在

研究種目： 基盤研究 (B)
 研究期間： 2006～2009
 課題番号： 18340169
 研究課題名 (和文) 西南日本-韓半島の白亜紀-第三紀花崗岩類の成因と大陸成長機構の解明
 研究課題名 (英文) Cretaceous to Paleogene Granitic rocks in southwest Japan and Korean peninsula and their implications for continental growth

研究代表者

岩森 光 (IWAMORI HIKARU)
 東京工業大学・大学院理工学研究科・教授
 研究者番号： 80221795

研究成果の概要 (和文)：西南日本の白亜紀以降の火成活動は、南限の中央構造線付近で約 9.5 Ma に始まり、系統的に北に移動して少なくとも約 33Ma まで続いたことが分かった。全岩化学組成も系統的に変化し、これらの情報を合わせると、海嶺沈み込みによって開始した火成活動が、熱の伝播、脱水反応位置の移動、スラブ沈み込み角度の変化などによって北に移動した可能性が判明した。同時期に活動した韓半島の花崗岩類の成因解析とあわせて、大陸地殻成長には、マントルが海嶺沈み込みとデラミネーションを通して熱源として働いていることがわかった。

研究成果の概要 (英文)：Cretaceous to Paleogene magmatism in southwest Japan started near the present-day Median Tectonic Line at approximately 95 Ma, and had migrated northward to continue until at least 33Ma. Bulk rock compositions of the rocks have changed systematically with time. Combining these data, it is suggested that ridge subduction induced the magmatism, and then the thermal propagation, migration of dehydration loci, and change in subduction angle may have caused the northward migration. Integrating these results with the analyses for the origin of simultaneous granitic magmatism in Korean peninsula indicates that the mantle has acted as the heat source through ridge subduction and delamination.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2007 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2008 年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2009 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
総計	14,800,000	4,440,000	19,240,000

研究分野：岩石・鉱物・地球内部ダイナミクス

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：年代、成因、花崗岩、西南日本、韓半島

1. 研究開始当初の背景

西南日本-韓半島の中生代～新生代花崗岩の成因、特にその基礎的データである年代については、広域的なカバレッジが十分でなく、

かつ全岩のアイソクロン年代や鉱物の Rb-Sr、K-Ar 年代など、様々な手法で制約が試みられてきたがばらつきが大きく、詳細な活動史ならびに全体の活動史が解読できてい

なかった。このことも要因となつて、これらの花崗岩の成因、ひいては大陸縁辺部の進化過程の解明が遅れていた。

2. 研究の目的

本研究の大きな目的は、地球の進化に重要な役割を果たしているにもかかわらず、未解決問題が多く残されている花崗岩類の成因について、詳細なデータが蓄積されつつある西南日本-韓半島を対象とし、年代学、岩石学、および地球内部ダイナミクスの手法を統合して、その物質源、熱源、およびそれらをもたらした場を明らかにすることである。

3. 研究の方法

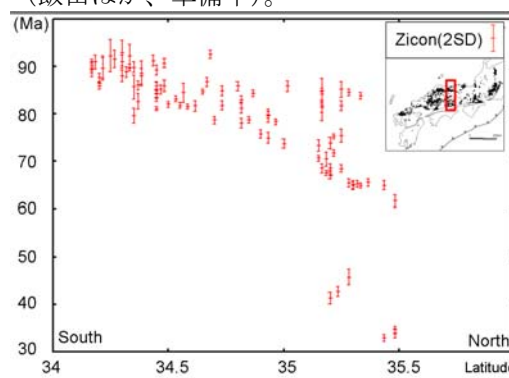
年代を精度良く、かつ同じ測定方法で統一するために、ジルコンのU-Pb年代をLA-ICP-MS分析法によって測定した。韓半島約30試料、西南日本約100試料について年代分析を行った。また、これらから代表的試料約70個を選び、全岩化学組成をXRF分析装置により測定して物質源と熔融条件の特定を行った。さらに、海嶺の沈み込みの熱的影響を含むマントル対流の数値シミュレーションを行い、火成活動をもたらしたダイナミクスの場の推定を行った。数値シミュレーションは、現在はスタグナントスラブが存在することを考慮して、上部マントルに限定する領域で、沈み込み角度、速度を一定にした条件で計算を行った。また、周期的に海嶺が沈み込んでいたというテクトニックな推定に基づき、温度境界条件をこれに合わせて周期的に変化させ、その熱的影響を評価した。最終的に、既に公表されている研究結果（年代、化学・同位体組成、マントルおよび地殻物質の部分熔融実験と生成されるメルト組成の情報、世界のほかの花崗岩帯におけるモデル）と対比させ、西南日本-韓半島の花崗岩生成場、ダイナミクス場の推定を行った。

4. 研究成果

(1) 西南日本中央部に位置し、白亜紀以降の花崗岩が中央構造線以北に広く分布する香川県から岡山県、鳥取県にかけての東西幅約40km x 南北距離200kmの地域から、約100試料の花崗岩を採取し、全岩化学分析および年代測定を行った。香川県の調査では、3つの岩質に対応する岩体が認められ、約95-80Maまでの年代幅を示す。香川県北方、瀬戸内海の豊島、小豆島、岡山県南部、中部、兵庫県南西部に分布する白亜紀の花崗岩地域には、大きく分けて2種類の花崗岩（一部は花崗閃緑岩）があることがわかり、香川県の花崗岩と年代が重なるものの、全体として

より若い傾向を見出した。さらに、津山、鳥取の脊梁から山陰地域にかけては、組成上も岩石組織上もより多様な花崗岩（一部は花崗閃緑岩）が存在することがわかり、生成条件が山陽や四国の花崗岩類とはやや異なる岩石を含むことをうかがわせる。以上の結果を総合した緯度-年代の関係を図1に示す。この図から、①全体として活動が北（当時の海溝から遠い側、すなわち大陸側）へ移動、②90-80Maは活動の南北方向の幅が広いこと、③山陰地域では約85Maから33Maまでの活動が間歇的ではあるが長い期間に渡って起こったことなどが分かった。

図1：西南日本中国地方中央部（インデックスマップ赤囲みのエリア）のCretaceous-Paleogeneの花崗岩類の年代図（飯田ほか、準備中）。



(2) (1)の西南日本の花崗岩類は、全岩化学組成の点では同時代の韓国の花崗岩類を大まかには類似している。より細かくみると、全岩化学組成は時間とともに系統的に変化し、例えば、一定のSiO₂で比較した場合、古い花崗岩類の方がMgOが低く、Pbが高いことが分かった。(1)の関係を使って言い換えるなら、北の岩帯の方がよりMgOが低いことになる。また、これまでの公表データをコンパイルすると、まだデータ数は限られるものの、Sr同位体初生比も時代、空間とともに変化し、古く南に存在するものの方が、同位体比が高い傾向があることが分かった。

(3) ほぼ同時期に活動した韓半島の花崗岩類の年代および鉱物・全岩組成解析からは、①当時の海溝側に向かって花崗岩の活動が移動し（西南日本とは逆向きである）、韓半島の南東部で山陰の活動と重なること、②下部地殻の角閃岩の部分熔融液 (felsic melt) と、マントルの部分熔融液 (basaltic melt) の混合により、比較的幅広いSiO₂を示す花崗岩類が生成されたこと、③数値計算より、こ

れらはリソスフェアのデラミネーションに伴う下部地殻の溶融が原因である可能性が高いことが分かった (Park ほか, 準備中)。

(4) (1) - (3) を総合して考えると、日本側では海嶺沈み込みによって開始した火成活動が、熱の伝播、脱水反応位置の移動、スラブ沈み込み角度の変化などによって北に移動した可能性が判明した。また、韓半島の花崗岩活動は、一世代前の海嶺沈み込みによる弱いプルームの発生によって開始されたことが数値計算から示唆され、この点でも海嶺沈み込みとマントルからの熱・物質供給が重要であることがわかった。

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 41 件) ※全て査読有

1. Richard, G.C., and Iwamori, H. (2010). Stagnant slab, wet plumes and Cenozoic volcanism in East Asia. *Phys. Earth Planet. Inter.*, in press.

2. Lee, Y.-I., T. Choi, H.-S. Lim and Y. Orihashi, Detrital zircon geochronology of the Cretaceous Sindong Group, SE Korea: Implications for depositional age and Early Cretaceous Igneous activity, Island Arc, in press, 2010.

3. Tokunaga, S., S. Nakai and Y. Orihashi, Two types of adakites revealed by 238U-230Th disequilibrium from Daisen volcano, southwestern Japan, *Geochem. J.*, in press, 2010.

4. Kobayashi, C., Y. Orihashi, D. Hirata, J.A. Naranjo and R. Anma, Spaceborne ASTER image analyses revealed compositional variation of the Viedma volcano in Andean Austral Volcanic Zone, *Andean Geol.*, in press, 2010.

5. Shinjoe, H., Y. Orihashi and T. Sumii, U-Pb zircon ages of syenitic and granitic rocks in the Ashizuri igneous complex, southwestern Shikoku: Constraint for the origin of forearc alkaline magmatism, *Geochem. J.*, in press, 2010.

6. Acharyya, S.K., A. Gupta and Y. Orihashi, New U-Pb ages from Paleo-Mesoarchean TTG gneisses of the Singhbhum Craton, eastern India, *Geochem. J.*, 44, 2, 81-88, 2010.

7. Lee, Y.-I., H.-S. Lim, T. Choi and Y. Orihashi, Paleozoic Sadong formation in the Pyeongchang coalfield, Gangweon-do province, Korea: implications for depositional age and province, *J. Geol. Soc. Korea*, 46, 1, 73-81, 2010 (in Korean).

8. Nakamura, H., and Iwamori, H. (2009) Contribution of slab-fluid in arc magmas beneath the Japan arcs, *Gondwana Res.*, 16, 431-445.

9. Nakamura, H., and Iwamori, H. (2009) Contribution of slab-fluid in arc magmas beneath adjacent Japan arcs. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol.73, A930.

10. Kusuda, C., Iwamori, H., Kazahaya, K., Morikawa, N., Takahashi, M., Takahashi, H.A., Ohwada, M., Ishikawa, T., Tanimizu, M., and Nagaishi, K. (2009) Geochemical modeling of slab-derived fluids. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol.73, A550.

11. Jwa, Y.-J., Y.-I. Lee and Y. Orihashi, Eruption age of the Kusandong Tuff in the Cretaceous Gyeongsang Basin, Korea, *Geosci. J.*, 13, 3, 265-273, 2009.

12. Anma, R., R. Armstrong, Y. Orihashi, S. Ike, K.-C. Shin, Y. Kon, T. Komiyama, T. Ota, S. Kagashima, T. Shibuya, S. Yamamoto, E.E. Veloso, M. Fanning and F. Herve, Are the Taitao granites formed due to subduction of the Chile ridge?, *Lithos*, 113, 246-258, 2009.

13. Afanasiev V.P., A.M. Agashev, Y. Orihashi, N.P. Pokhilenko and N.Y. Sobolev, Paleozoic U-Pb age of rutile inclusions in diamonds of V-VII variety from Placers of Northeast Siberian Platform, *Doklady Earth Sci.*, 428, 7, 1151-1155, 2009.

14. Folguera, A., J.A. Naranjo, Y. Orihashi, H. Sumino, K. Nagao, E. Polanco and V.A. Ramos, Retroarc volcanism in the northern San Rafael block (34-35° 30' S), southern central Andes: occurrence, age and tectonic setting, *J. Volcan. Geotherm. Res.*, 186, 169-185, 2009.

15. Lan, C.Y., T. Usuki, K.L. Wang, T.F. Yui, K. Okamoto, Y.H. Lee, T. Hirata, Y. Kon, Y. Orihashi, J.G. Liou and C.S. Lee,

Detrital zircon evidence for the antiquity of Taiwan, *Geosci. J.*, 13, 3, 233-243, 2009.

16. Nakajima, J., Iwamori, H., and Hasegawa, A. (2008) Reply to the comment on "Tomographic evidence for the mantle upwelling beneath southwestern Japan and its implications for arc magmatism" by H. Mashima, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 265, 322-323.

17. 岩森 光 (2008) 海嶺の沈み込みと三波川—領家変成岩および花崗岩の成因—広域ダイナミクス, 物質循環との関連性—, 地学雑誌, 117, 292-298.

18. Iwamori, H., and Albarède, F. (2008) The decoupled isotopic record of ridge and subduction zone processes in oceanic basalts by Independent Component Analysis, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 9, Q04033, doi:10.1029/2007GC001753.

19. Nakamura, H., Iwamori, H., and Kimura, J.-I. (2008) Geochemical evidence for enhanced fluid flux due to overlapping subducting plates, *Nature Geoscience*, 1, doi:10.1038/ngeo200.

20. Iwamori, H. (2008) Thermal and flow structure of subduction zones and water transportation into the deep mantle, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 72, A416.

21. Tonegawa, T., Hirahara, K., Shibutani, T., Iwamori, H., Kanamori, H., and Shiomi, K. (2008) Water flow to the mantle transition zone inferred from a receiver function image of the Pacific slab, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 274, 346-354.

22. Orihashi, Y., S. Nakai and T. Hirata, U-Pb age determinations for seven standard zircons by ICP-Mass Spectrometry coupled with frequency quintupled Nd-YAG ($\lambda = 213$ nm) laser ablation system: Comparison with LA-ICP-MS zircon analyses with a NIST glass reference material, *Resource Geol.*, 58, 2, 101-123, 2008.

23. Matsumoto, T., Y. Orihashi, J. Matsuda and K. Yamamoto, Argon isotope ratio of the plume-source deduced from high-resolution stepwise crushing extraction, *Geochem. J.*, 42, 39-49, 2008.

24. Shibata, T., Y. Orihashi, G. Kimura and Y. Hashimoto, Underplating of mélangé evidenced by the depositional ages: U-Pb dating of zircons from the Shimanto accretionary complex, SW Japan, *Island Arc*, 17, 3, 376-393, 2008.

25. Agashev, A.M., S.S. Kuligin, Y. Orihashi, N.P. Pokhilenko, M.A. Vavilov and D. Clarke, The ages of zircons from the Jurassic sediments of Bluefish River slope, NWT Canada and the possible age of kimberlite activity on the Lena West property, *Doklady Earth Sci.*, 421, 1, 751-754, 2008.

26. Jalowitzk, T.L.R., R. V. Conceicao, G.W. Bertotto and Y. Orihashi, Fluid contributions from the Nasca plate in the source of the OIB-like alkaline magma associated with a mantle plume in the North of Patagonia, Argentina, *Geochimica Brasiliensis*, 22, 2, 73-90, 2008 (in Portuguese with English abstract).

27. 新正裕尚・折橋裕二・和田穰隆・角井朝昭・中井俊一, 瀬戸内火山岩の流紋岩質岩の起源について—「紀伊半島中新世珪長質火成岩類の全岩組成の広域的变化」への討論に対する回答—, 地質学雑誌, 114, 7, 384-386, 2008.

28. Iwamori, H., and Albarede, F. (2007) Independent component analysis of isotopic compositions of oceanic basalts, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 71, A433.

29. Ueki, K., and Iwamori, H. (2007) Melting condition and origin of arc magmas beneath the Sengan region, Northeastern Japan, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 71, A1045.

30. Iwamori, H., Richardson, C., and Maruyama, S. (2007) Numerical modeling of thermal structure, circulation of H₂O, and magmatism-metamorphism in subduction zones: implications for evolution of arcs, *Gondwana Research*, 11, 109-119.

31. Iwamori, H. (2007) Transportation of H₂O beneath the Japan arcs and its implications for global water circulation, *Chemical Geology*, 239, 182-198.

32. 岩森 光 (2007) 沈み込み帯とマント

ルでの水循環, 地学雑誌, 116, 174-187.

33. Tang, H.-F., C.-Q. Liu, S. Nakai and Y. Orihashi, Geochemistry of eclogites from the Dabie-Sulu terrane, eastern China: new insights into protoliths and trace element behaviour during UHP metamorphism, *Lithos*, 95, 441-457, 2007.

34. 折橋裕二・岩野英樹・平田岳史・檀原徹・新正裕尚, 西南日本外帯, 熊野酸性岩類に含まれる赤色・無色・灰濁色ジルコンのU-Pb年代および微量元素組成と珪長質マagma成因, 地質学雑誌, 113, 7, 366-383, 2007.

35. 新正裕尚・折橋裕二・和田穰隆・角井朝昭・中井俊一, 紀伊半島中新世珪長質火成岩類の全岩組成の広域的变化, 地質学雑誌, 113, 7, 308-323, 2007.

36. Honda, S., M. Morishige and Y. Orihashi, Sinking hot anomaly trapped at the 410 km discontinuity near the Honshu subduction zone, Japan, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 261, 565-577, 2007.

37. Magnani, M., Fujii, T., Orihashi, Y., Yasuda, A. and T. Hirata, A. Santo and G. Vaggrilli, Evidences of primitive melt heterogeneities preserved in plagioclase-hosted melt inclusions of South Atlantic MORB, *Geochem. J.*, 40, 3, 277-290, 2006.

38. Honda, S., Y. Orihashi, K. Mibe, A. Motoki, H. Sumino and M. J. Haller, Mantle wedge deformation by subducting and rotating slab and its possible implication, *Earth Planets Space*, 58, 8, 1087-1092, 2006.

39. Motoki, A., Y. Orihashi, J. A. Naranjo, D. Hirata, P. Skvarca and R. Anma, Geologic reconnaissance of Lautaro volcano, Chilean Patagonia, *Rev. Geol. Chile*, 33, 1, 177-188, 2006.

40. Anma, R., R. Armstrong, T. Danhara, Y. Orihashi and H. Iwano, Zircon sensitive high mass-resolution ion microprobe U-Pb and fission-track ages for gabbros and sheeted dikes of the Taitao ophiolite, southern Chile and their tectonic implications, *Island Arc*, 15, 130-142, 2006.

41. Mibe, K., Y. Orihashi, S. Nakai and T. Fujii, Element partitioning between transition-zone minerals and ultramafic melt under hydrous conditions, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L16307, doi:10.1029/2006GL026999, 2006.

[学会発表] (計 13 件)

1. Orihashi, Y., M. Magnani, S. Machida, N. Neo, A. Yasuda and K. Tamaki, Geochemical variation of fresh quenched glass in axial MORB along 15-18° S, Central Indian Ridge, 19th Goldschmidt Conference, Davos, Switzerland, June 19-26, *Geochim. Cosmochim. Acta Spec. Suppl.*, A975, 2009.

2. Jalowitzki, T. L. R., R. V. Conceicao and Y. Orihashi, G. W. Bertotto and F. Gervasoni, Phlogopite-bearing fossil plume and EM II component evidences in Patagonia, registered in alkaline basalts from Southern Argentina (36° S-44° S), 19th Goldschmidt Conference, Davos, Switzerland, June 19-26, *Geochim. Cosmochim. Acta Spec. Suppl.*, A583, 2009.

5. Taeho Park, Hikaru Iwamori, Yuji Orihashi, Yong-Joo Jwa, Sung-Tack Kwon, The origin and temporal-spatial evolution of Cretaceous to Paleogene granitic magmatism, South Korea, 日本地質学会、2008年9月21日、秋田大学.

4. Taeho Park, Hikaru Iwamori, Yuji Orihashi, Yong-Joo Jwa, Sung-Tack Kwon, Zircon U-Pb ages from Cretaceous to Paleogene granitic rocks, South Korea—SW Japan: Constraints on the spatiotemporal evolution of the granitic magmatism, 日本地球化学会、2008年9月19日、東京大学.

6. Nakajima, T., Y. Orihashi, K. Miyazaki and T. Danhara, From migmatites to plutons: The origin of granitic magma, U-Pb zirconological approach, 33rd International Geological Congress, Oslo, Norway, Aug. 6-14, vol. 33, A, 2008.

7. Choi, T, Y.-I. Lee and Y. Orihashi, Detrital zircon U-Pb age constraints on the provenance of the southeastern Yellow Sea

sediments, 33rd International Geological Congress, Oslo, Norway, Aug. 6-14, vol. 33, A, 2008.

8. Orihashi, Y., S. Nakai, H. Shinjoe, J. A. Naranjo, A. Motoki and CHRISTMASSY Group, Magmatic evolution of the Quaternary volcanics from Hudson and Lautaro volcanoes, Austral Andean Cordillera, 18th Goldschmidt Conference, Vancouver, Canada, July 13-18, Geochim. Cosmochim. Acta Spec. Suppl., A709, 2008.

9. Conceicao, R. V., H. Sumino, Y. Orihashi, M. Schilling and T. Jalowitzki, Mantle heterogeneity from South Patagonia, Argentina: Evidence of depletion and metasomatism from slab derived and OIB-like fluid, 18th Goldschmidt Conference, Vancouver, Canada, July 13-18, Geochim. Cosmochim. Acta Spec. Suppl., A174, 2008.

3. Taeho Park, Hikaru Iwamori, Yuji Orihashi, Yong-Joo Jwa, Sung-Tack Kwon, Zircon U-Pb ages from Cretaceous to Paleogene granitic rocks, South Korea-SW Japan: Constranits on the spatiotemporal evolution of the granitic magmatism、韓国岩石学会、2008年5月29日、Pukyong National University.

10. Jalowitzki, T. L. R., R. V. Conceicao and Y. Orihashi, The influence of metasomatized mantle wedge related to flat-subduction processes in extra back-arc basalts in Patagonia, Argentine, 17th Goldschmidt Conference, Cologne, Germany, Aug. 19-24, Geochim. Cosmochim. Acta Spec. Suppl., A439, 2007.

11. Conceicao, R. V., H. Sumino, Y. Orihashi and K. Nagao, Mantle heterogeneity from South Patagonia, Argentine indicated by noble gas analysis on montle xenolith, 17th Goldschmidt Conference, Cologne, Germany, Aug. 19-24, Geochim. Cosmochim. Acta Spec. Suppl., A185, 2007.

12. Ura, T., K. Tamaki, A. Asada, K. Okamoto, K. Nagahashi, T. Sakamaki, T. Gamo, K. Okino, T. Obara, K. Nakane, T. Obata, Y. Ooyabu, N. Yamaoka, Y. Orihashi, J. Han, H.

Koyama and H. Sugimatsu, Daives of AUV "r2D4" to rift valley of Central Indian Mid-Ocean ridge system, OCEAN's 07, Aberdeen, UK, Jan. 23, Proc. 004, 1-6, 2007.

13. Orihashi, Y., A. Motoki, M. J. Haller, H. Sumino and CHRISTMASSY Group, Petrogenesis of Somuncura plateau basalt in an extra-back arc province: melting of hydrous wadsleyite beneath northern Patagonia, The 16th Goldschmidt Conference, Melbourne, Australia, Aug. 27-Sept. 1, Geochim. Cosmochim. Acta Spec. Suppl., A463, 2006

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩森 光 (IWAMORI HIKARU)
東京工業大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号：80221795

(2) 研究分担者

折橋 裕二 (ORIHASHI YUJI)
東京大学・地震研究所・助教
研究者番号：70313046

(3) 連携研究者

なし