

## 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 5月18日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21340148

研究課題名（和文） 太古代安定地塊の根の進化：下部地殻－マントル捕獲岩と地塊内高圧  
変成帯の総合研究研究課題名（英文） The evolution of Archean continental roots: An integrated study of  
crustal and mantle xenoliths and intracontinental high-pressure  
metamorphic belts of Tanzania

研究代表者

辻森 樹 (TSUJIMORI TATSUKI)

岡山大学・地球物質科学研究センター・准教授

研究者番号：00436833

研究成果の概要（和文）：太古代タンザニア地塊から採取した下部地殻－マントル捕獲岩を対象に、古典的岩石学と先端的地球化学の手法を応用し、下部地殻－リソスフェアマントル断面の多角的復元を行った。特に、安定地塊の「根」（深さ約135～145 km）を構成していたざくろ石かんらん岩には成因の異なるいくつかの岩相が存在し、太古代のメルト成分に枯渇したリソスフェアマントルの肥沃化を示す地球化学証拠及び、古原生代の沈み込み帯からの流体が原因と考えられるマントル交代作用を示す地球化学的証拠が見出された。さらに、下部地殻－リソスフェアマントル断面においてのマントル物質の不均一性と、地殻薄化によると考えられるマントル物質の減圧再結晶・部分溶融など、複数回の地質学的イベントが読み解かれた。

研究成果の概要（英文）：The lower crustal and lithospheric mantle xenolith suites of the Archean Tanzanian craton show lithological variation from kyanite-bearing high-pressure granulite (rare eclogite) to garnet-bearing peridotites. An integrated study of garnet peridotite xenoliths indicates strongly depleted zone in the lithosphere root at depths of ~130 - 145 km; a few samples suggest an initial stabilization at depths of ~160 km. Moreover, the study revealed that the cratonic root is pervaded by episodic metasomatic melts, which have interacted with lithospheric mantle beneath the Archean Tanzanian craton. This indicates a physicochemical stratification of the lithospheric mantle beneath the Tanzanian craton.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
2010年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2011年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
総計	13,700,000	4,110,000	17,810,000

研究分野：変成岩岩石学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：タンザニア地塊，下部地殻，リソスフェアマントル，ざくろ石かんらん岩，グラニュライト，エクロジャイト

## 1. 研究開始当初の背景

45.5億年の地球史において太古代のプレートテクトニクスの起動は海洋プレートの沈み込み開始により地球表層の原始地殻を花崗岩質の大陸地殻と玄武岩質の海洋地殻に分別させた。とりわけ大陸塊は太古代～初期原生代に形成した地殻を現在まで保持し、2億年より若い海洋地殻とは化学組成と形成年代に関して極めて対照的な存在である。この地殻の二極性は地球と他の固体天体との決定的相違点であり、固体地球内部の進化とダイナミクス及び、表層環境に複雑性をもたらす要因の一つである。特に、形成年代の古い安定地塊は、冷たく（極めて地殻熱流量が小さく）厚い大陸リソスフェアの存在で特徴付けられ、そのマントル対流への熱的影響は原生代以降の超大陸の離合集散のサイクルと安定地塊を核とした造山帯発達（陸塊の成長）に深く関与してきた。それ故、太古代安定地塊の「根」を直接解析し、その実像を探ることは陸塊の成長プロセスを解明する上で極めて重要な課題である。本研究は太古代安定地塊の下部地殻ーリソスフェアマントル物質に着目し、古典的岩石学に先進的地球化学の分析技術を応用することで安定地塊の「根」の進化の解明を目指した。

## 2. 研究の目的

「太古代安定地塊の「根」がどのように進化し、それが他の固体地球プロセスにどのように影響しているのか？」。本研究は、この問題に対し、東アフリカ・タンザニア地塊から採集した捕獲岩による太古代地塊の下部地殻ーリソスフェアマントル断面の多角的復元を行う。そして、地塊内高圧変成帯の情報を相補的に加えることで安定地塊の「根」の実像を解釈する。特に、(1)エクロジャイト相に達する下部地殻起源の捕獲岩が沈み込み付加と

底付けによって下部地殻に同化したものかどうか？もし、そうならそれは陸塊成長の本質かどうか？(2)リソスフェアマントルの不均一性が沈み込み付加と底付けによって説明できるかどうか？(3)地殻の薄化による影響が下部地殻ーリソスフェアマントル物質にどのような影響を与え、どのように記録されているか？についてそれぞれ検証する。

## 3. 研究の方法

タンザニア地塊の下部地殻ーリソスフェアマントル断面の多角的復元のため、捕獲岩試料（含藍晶石グラニュライト・エクロジャイト、スピネルかんらん岩、ざくろ石かんらん岩；主としてざくろ石かんらん岩）の徹底した岩石学的・地球化学的記載を行った。特に、下部地殻からほぼ連続的に約150kmの深さまでの岩相、鉱物組成共生関係、温度・圧力条件を、光学顕微鏡、フィールドエミッション型走査電子顕微鏡、電子線プローブ局所領域分析装置、二次イオン質量分析装置、顕微ラマン分光装置などを用いて総合的に記載した。また、古原生代以降の大陸塊縁の造山帯発達様式パターンを理解を目指し、顕生代の沈み込み変成帯や付加型造山帯に併置した島弧下部地殻について文献調査に基づいた対比・比較を実施した。

## 4. 研究成果

東アフリカ・タンザニア地塊から採集した下部地殻ーリソスフェアマントル捕獲岩試料の岩石学的な解析によって地殻からほぼ連続的に約150kmの深さまでの岩相、鉱物組成共生関係、温度・圧力条件を、上述の研究手法を用いて読み出した。下部地殻捕獲岩について、含藍晶石グラニュライト（藍晶石-ざくろ石-単斜輝石グラニュライト）及び、エクロジャイト（ざくろ石-Ca-Na単斜輝石岩）を対象に、

それぞれの岩相が記録する地質学的イベントの抽出と捕獲岩が記録した地温勾配の推定を行った結果、含藍晶石グラニュライト・エクロジャイトは、タンザニア地塊外縁に同化した古原生代変成帯のそれに相当する公算が高いことが明らかとなった。また、タンザニア地塊の最も深部（「根」）の情報を保持していると考えられるざくろ石かんらん岩捕獲岩について、二次イオン質量分析装置を用いた局所微量元素濃度分析を徹底して行い、成因の異なるいくつかのタイプのざくろ石かんらん岩が記録するマントルプロセスの実態の把握を行った。その結果、安定地塊の「根」を構成していたマントル物質が記録する太古代のメルト成分に枯渇したリソスフェアマントルの肥沃化を示す証拠及び、古原生代の沈み込み帯からの流体が原因と考えられるマントル交代作用を示す地球化学的な証拠が見出された。さらに、下部地殻-リソスフェアマントル断面においてのマントル物質の不均一性と、地殻の薄化によると考えられるマントル物質の減圧再結晶・部分熔融など、複数回の地質学的イベントが読み解かれた。これらの成果によって、太古代地塊直下の下部地殻-リソスフェアマントルにおける岩石学的な多様性をもたらした固体地球プロセスの実態が把握されつつある。結果的に太古代地塊直下の下部地殻-リソスフェアマントルにおける岩石学的・地球化学的な多様性をもたらした固体地球プロセスについて解釈可能になり、現在、本研究課題の主成果を学術論文として纏めつつある。

さらに、古原生代以降の大陸塊縁の造山帯発達様式パターンを理解を目指し、顕生代の沈み込み変成帯や付加型造山帯に併置した島弧下部地殻について文献調査による対比とs比較研究を進め、そのいくつかは論文として発表された。

安定地塊の「根」を探るための年代学としては、下部地殻物質中に含まれるジルコンのウラン-鉛年代測定がもっとも重要であると判断し、国内で唯一の193nm波長固体レーザー照射システムと四重極型誘導結合プラズマ質量分析装置を用いたジルコン粒子の局所領域ウラン-鉛年代測定法の開発にも取り組み、地質試料の大量・迅速ジルコン年代測定ルーチンがほぼ確立された。本研究で得られた一連の研究成果と分析技術は平成24年度採択科学研究基盤B「大陸地殻の改変と構造侵食の実像：タンザニア地塊外縁造山帯約15億年間の変遷解読（代表：辻森 樹；課題番号24403010）」においてさらなる発展と新展開が期待される。

#### 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 Tsujimori T., Harlow G. E.,  
Petrogenetic relationships between  
jadeitite and associated  
high-pressure and low-temperature  
metamorphic rocks in worldwide  
jadeitite localities: A review:  
European Journal of Mineralogy, v. 24,  
p. 371-390, 2012. [査読有]
- ② Harlow G. E., Tsujimori T., Sorensen  
S. S., Introduction - Jadeitite: new  
occurrences, new data, new  
interpretations -: European Journal  
of Mineralogy, v. 24, p. 197-198, 2012.  
[査読有]
- ③ Tikhomirov, P. L., Kalinina, E. A.,  
Moriguti, T., Makishima, A.,  
Kobayashi, K., Cherepanova, I. Yu.,  
Nakamura, E., The Cretaceous Okhotsk-  
Chukotka Volcanic Belt (NE Russia):

- Geology, geochronology, magma output rates, and implications on the genesis of silicic LIPs. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 221-222, p. 14-32, 2011. [査読有]
- ④ Brophy J. G., Ota T., Kunihiro T., Tsujimori T., Nakamura E., In situ ion-microbe determination of trace element partition coefficients for hornblende, plagioclase, orthopyroxene and apatite in equilibrium with natural rhyolitic glass, Little Glass Mountain Rhyolite, California: *American Mineralogist*, v. 92, p. 1838-1850, 2011. [査読有]
- ⑤ Itaya T., Tsujimori T., Liou J. G., Evolution of the Sanbagawa and Shimanto high-pressure belts in SW Japan: Insights from K-Ar (Ar-Ar) geochronology: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 42, p. 1075-1090, 2011. [査読有]
- ⑥ Fourie, P. H., Zimmermann, U., Beukes, N. J., Naidoo, T., Kobayashi, K., Kosler, J., Nakamura, E., Tait, J., Theron, J. N., Provenance and reconnaissance study of detrital zircons of the Palaeozoic Cape Supergroup in South Africa: revealing the interaction of the Kalahari and Río de la Plata cratons. *International Journal of Earth Sciences*, v. 100, p. 527-541, 2011. [査読有]
- ⑦ 辻森 樹, 日本列島に記録された古生代高圧変成作用—新知見とこれから解決すべき問題点—: *地学雑誌*, v. 119, p. 294-312, 2010. [査読有]
- ⑧ 辻森 樹, 造山帯中の高圧低温変成岩を伴う蛇紋岩メランジユ: *月刊地球*, v. 32, no. 3, p. 189-195, 2010. [査読無]
- ⑨ Fu B., Valley J. W., Kita N. T., Spicuzza M. J., Paton C., Tsujimori T., Bröcker M., Harlow G. E., Multiple origins of zircons in jadeitite: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 159, p. 769-780, 2010. [査読有]
- ⑩ Zhang H.-F., Nakamura E., Kobayashi K., Ying J.-F., Tnag Y.-J., Recycled crustal melt injection into lithospheric mantle: implication from cumulative composite and pyroxenite xenoliths. *International Journal of Earth Sciences*, v. 99, p. 1167-1186, 2010. [査読有]
- ⑪ Zhang R. Y., Iizuka Y., Ernst W. G., Liou J. G., Xu Z. Q., Tsujimori T., Lo C. H., Jahn B. M., Metamorphic P-T conditions and thermal structure of Chinese Continental Scientific Drilling main hole eclogites: Fe-Mg partitioning thermometer vs Zr-in-rutile thermometer: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 29, p. 757-772, 2009. [査読有]
- ⑫ Brueckner H. K., Avé Lallemant H. G., Sisson V. B., Harlow G. E., Hemming S. R., Martens U., Tsujimori T., Sorensen S. S., Metamorphic reworking of a high pressure-low temperature mélange along the Motagua fault, Guatemala: A record of Neocomian and Maastrichtian transpressional tectonics: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 284, p. 228-235, 2009. [査読有]
- ⑬ Liou J. G., Ernst W. G., Zhang R. Y.,

Tsujimori T., Jahn B. M.,  
Ultrahigh-pressure minerals and  
metamorphic terranes - The view from  
China: Journal of Asian Earth Sciences,  
v. 35, p. 199-231, 2009. [査読有]

- ⑭ Cheng H., King R. L., Nakamura E.,  
Vervoort J. D., Zheng Y.-F., Ota T.,  
Wu Y.-B., Kobayashi K., Zhou Z.-Y.,  
Transitional time of oceanic to  
continental subduction in the Dabie  
orogen: Constraints from U-Pb, Lu-Hf,  
Sm-Nd and Ar-Ar multichronometric  
dating. Lithos, v. 110, p. 327-342,  
2009. [査読有]

[学会発表] (計9件)

- ① Tsujimori T., Harlow G.E.,  
Petrogenetic relationships between  
jadeitite and associated  
high-pressure and low-temperature  
metamorphic rocks in worldwide  
jadeitite localities, 2011年12月7日,  
San Francisco (U.S.A.).
- ② Kim D., Katayama I., Michibayashi K.,  
Tsujimori T., 2012, Relative strength  
between glaucophane and lawsonite in  
naturally deformed blueschist from  
Daiblo Range, California, 2011年12月  
7日, San Francisco (U.S.A.).
- ③ Pu X. F., Brophy J. G., Tsujimori T.,  
2011, Rare Earth Element - SiO<sub>2</sub>  
systematics of island arc lower crust  
amphibolite migmatite from Yakuno  
Ophiolite, SW Japan: a field  
evaluation of some model predictions.  
AGU Fall Meeting, 2011年12月7日, San  
Francisco (U.S.A.).
- ④ Rehman H. U., Kobayashi K., Tsujimori  
T., Ota T., Nakamura E., Hirajima T.,

Yoshida K., Terabayashi M., Zircon  
chronology and inclusions study: a  
case study from the Himalayan UHP  
eclogites, Kaghan Valley. 9th  
International Eclogite Conference,  
2011年8月7日, Marianske Lazne (Czech  
Republic).

- ⑤ Sarbadhikari A.B., Tsujimori T.,  
Moriguti T., Kunihiro T., Nakamura E.,  
In-situ geochemistry of garnet  
peridotites of Lashaine, Tanzania  
craton: Re-fertilization in  
sub-cratonic lithospheric mantle,  
Goldschmidt Conference, 2010年6月15  
日, Tennessee, (U.S.A.).
- ⑥ Kaneko Y., Maruyama S., Kadarusman A.,  
Ota T., Ishikawa M., Tsujimori T.,  
Ishikawa A., Okamoto K., Ongoing  
collision-type orogeny in  
Timor-Tanimbar island chain, eastern  
Indonesia. AGU Western Pacific  
Geophysics Meeting, 2010年6月23日,  
Taipei (Taiwan)
- ⑦ Rehman H. U., Kobayashi K., Tsujimori  
T., Nakamura E., Yamamoto H., Khan T.,  
Ion microprobe U-Pb geochronology and  
trace element geochemistry of the  
zircon from the Himalayan high- and  
ultrahigh-pressure eclogites, Kaghan  
Valley of Pakistan. AGU Western  
Pacific Geophysics Meeting, 2010年6  
月23日, Taipei (Taiwan).
- ⑧ Tsujimori T., Hernandez-Pineda G. A.,  
Eclogites and related metamorphism in  
the North America-Caribbean plate  
boundary: An example from the Motagua  
fault zone, Guatemala. AGU Fall  
Meeting, 2010年12月18日, San

Francisco (U. S. A.).

- ⑨ 辻森 樹, Paleozoic subduction metamorphism in Japan: A review and more. 日本地球惑星科学連合大会, 2010年5月23日, 幕張メッセ (千葉県).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

辻森 樹 (TSUJIMORI TATSUKI)  
岡山大学・地球物質科学研究センター・准教授  
研究者番号 : 00436833

### (2) 研究分担者

小林 桂 (KOBAYASHI KATSURA)  
岡山大学・地球物質科学研究センター・准教授  
研究者番号 : 20325129