

機関番号：62611

研究種目：基盤研究(C)(一般)

研究期間：2008～2010

課題番号：20540471

研究課題名(和文) 超高温変成岩体の形成過程の解明 ー東南極ナピア岩体を例にー

研究課題名(英文) Evolutional process of ultra-high temperature metamorphic terrane - a case study of the Napier Complex, East Antarctica

研究代表者

本吉 洋一 (MOTOYOSHI YOICHI)

国立極地研究所・研究教育系・教授

研究者番号：90211606

研究成果の概要(和文)：地球上の変成岩類として最も高温条件下で形成された超高温変成岩について、東南極ナピア岩体を対象にその成因と形成プロセスを岩石学・鉱物学的手法を用いて明らかにすることを試みた。その結果、鉱物反応の生成物の違いによる岩体内の圧力勾配の存在、含水条件の違いによる鉱物の安定条件の違い、などが明らかになった。また、岩石に含まれるモナザイト、ジルコンを対象にした年代測定によって、超高温変成作用以後の変形作用およびそれに伴う加水作用の影響が明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Origin and evolutionary process of ultra-high temperature metamorphic terrane were investigated petrologically and mineralogically on the Napier Complex, East Antarctica, as a case study. We examined petrographical features of those rocks and clarified possible existence of metamorphic pressure gradient within the complex based on the difference in reaction products, and mineral stability highly depends on the water activity. Geochronological investigations revealed post-UHT events due to deformation and hydration processes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

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：超高温変成作用、ナピア岩体、東南極、変成履歴、年代測定

1. 研究開始当初の背景

東南極ナピア岩体は、世界で最も高温条件下で形成された岩石が広域的に分布する、いわゆる超高温変成岩体である。非常にユニークな鉱物共生に加えて、それらが含まれる反応組織を用いて変成履歴を明らかにしようとする研究も少なからずあるが、断片的な情報が

多く、岩体全体の進化過程は不明な部分が多い。そこで本研究では、これまで南極観測隊によって収集されたナピア岩体各地の岩石試料を解析し、岩体全体の変成履歴を明らかにし、そのテクトニックな背景を探ることを目指した。

2. 研究の目的

高温変成作用のうち、温度条件が概ね950°Cを超えるものは、1990年以降超高温変成作用と定義され、その成因と形成プロセスが地質学のテーマとして注目を集めるようになった。超高温変成作用を受けた岩石は主に大陸地域に分布し、中でも東南極大陸エンダビーランドに分布するナピア岩体は、超高温変成岩体の典型とされてきた。本研究では、ナピア岩体について、より精密な記載岩石学的研究、とくに鉱物反応組織の解析および反応組織と対比させた年代学的研究を行い、ナピア岩体の形成プロセスを通じて地殻の進化過程にアプローチすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 分析対象試料：東南極ナピア岩体のうち、リーセル・ラルセン山、トナー島、マッキンタイヤー島、ラガット山脈、ファイフ・ヒルズから採集された岩石試料を用いるこれらの地域は、研究代表者・分担者によって現地調査が行われており、岩石の産状等、地質学的情報も整っている。岩石試料は国立極地研究所に保管されている。

(2) 岩石記載：岩石薄片を作成し、記載岩石学的研究を行う。記載にあたっては、鉱物間の反応組織や離溶組織に注意し、共生関係、さらにそれらの鉱物に包有される鉱物にも注意を払う。反応組織の記載には、偏光顕微鏡に加え走査型電子顕微鏡（いずれも国立極地研究所保有）を駆使して微細な鉱物についてももれなく同定する。ジルコンやモナザイトなどに包有される微小鉱物については、レーザーラマン分光光度計（国立極地研究所保有）を用いて同定する。

(3) 鉱物分析：一般の定量分析に加え、ザクロ石の組成累帯構造に着目した微量元素マッピングを精力的に行う。これまでの予察的研究によると、一般に鉱物中では超高温変成作用のために元素の拡散が有効に進み、他の変動帯に見られるような組成累帯構造は顕著ではないが、一部の微量元素（Y, Yb, Er, P等）については累帯構造を残している場合もある。機器はEPMA（国立極地研究所保有）を使用する。

(4) 年代測定：ジルコン、モナザイトの産状を、反応組織と対比させながら記載するとともに、EPMAを用いて年代測定を行う。分析方法は、Hokada and Motoyoshi (2006)に従い、基本的に1枚の薄片中のジルコン、モナザイトをすべて分析する。累帯構造の顕著な粒子については、各部分の測定を行い、結晶成長と年代との関連を把

握する。

4. 研究成果

(1) 記載岩石学的研究

変成岩体の履歴を探る上で重要な証拠は、鉱物間の反応組織である。ナピア岩体の特徴づける鉱物共生であるサフィリンと石英は、しばしば反応組織を形成している。今回、ナピア岩体では最大の露岩であるリーセル・ラルセン山の試料について反応組織を解析した。その結果、中央部においてはサフィリンと石英が反応して堇青石もしくはザクロ石が形成されているのに対し、西部では斜方輝石+珪線石が形成されていることがわかった。この違いは、地域による圧力条件の違いを反映しており、ナピア岩体内の圧力勾配の存在を予見させるものである。

(2) 相平衡プログラムによる解析

相平衡解析プログラム THERMOCALC によって、サフィリン、石英、堇青石、ザクロ石、斜方輝石、珪線石の鉱物共生を解析した。その結果、とくに堇青石について、含水条件下では堇青石の安定条件がより高压側にシフトすることがわかった。また、先行研究で示されてきた等圧冷却過程がほぼ妥当であることも確認した。

(3) 年代測定

本研究では以下の方法によりナピア岩体の年代論にアプローチした。

① X線マイクロアナライザによるモナザイトの年代測定

サフィリン+石英の共生をもつ岩石に含まれるモナザイトについて、X線マイクロアナライザを用いて年代測定を行なった。その結果、ほとんど変形を受けていない試料については2400Ma、また変形を強く受けている試料については2300~800Maという結果が得られた。モナザイトの年代値は、変形および加水作用の影響を強く受けることを確認した。

② SHRIMPによるジルコンの年代測定

とくに、東南極ナピア岩体のうち西部地域に相当するファイフ・ヒルズ、マウント・クロナスのサンプル合計5点（長石質~石英長石質片麻岩3点、珪岩2点）について、国立極地研究所の二次イオン質量分析計（SHRIMP II）を用いてジルコンのU-Pb年代測定を行なった。その結果、以下の新発見が得られた。

- 本地域からのU-Pbジルコン年代として3128Ma~1824Maという年代値が得られた。
- ナピア岩体でこれまで報告されている

3800Ma～3600Ma という古い年代は見いだされなかった。

- 今回得られた年代のうち、3128Ma～2580Ma というプロトリス年代は、ナピア岩体の他地域で報告されている年代と調和的であるが、ファイフ・ヒルズの長石質片麻岩から、2741Ma という火成作用の年代が新たに見いだされた。

これまでの研究で、ナピア岩体の超高温変成作用の年代は約 2500Ma とされていることから、それより若い年代値については、局所的な流体の関与、あるいは変形作用の影響が考えられる。

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 12 件)

- ① Horie, K., Hokada, T., Hiroi, Y., Motoyoshi, Y. & Shiraishi, K. (in press), Contrasting Arcaean crustal records in western part of the Napier Complex, East Antarctica: New constraints from SHRIMP geochronology. *Precambrian Research*. (査読あり)
- ② 隅田祥光・本吉洋一 (印刷中) : 蛍光X線分析装置を用いた低希釈ガラスビード法による珪酸塩岩石中の主要・微量・希土類元素の定量分析. 南極資料 (査読あり)
- ③ Baba, S., Hokada, T., Kaiden, H., Dunkley, D.J., Owada, M., Shiraishi, K. (2010), SHRIMP zircon U-Pb dating of sapphirine-bearing granulite and biotite-hornblende gneiss in the Schirmacher Hills, East Antarctica: Implications for Neoproterozoic ultrahigh-temperature metamorphism predating the assembly of Gondwana, *Journal of Geology*, 118, 621-639 (査読あり)
- ④ Mizuochi, H., Satish-Kumar, M., Motoyoshi, Y. and Michibayashi, K. (2010), Exsolution of dolomite and application of calcite-dolomite solvus geothermometry in high-grade marbles: an example from Skallevikhalsen, East Antarctica. *Journal of Metamorphic Geology*, 28, 509-526, (査読あり)
- ⑤ Shiraishi, K., Dunkley, D.J., Hokada, T., 他3名 (2008) Geochronological constraints on the Late Proterozoic to Cambrian crustal evolution of eastern Dronning Maud Land, East Antarctica: a synthesis of SHRIMP U-Pb age and Nd model age data. In: *Geodynamic evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection*, eds. by Satish-Kumar, M., Motoyoshi, Y., Osanai, Y., Hiroi, Y. and Shiraishi, K., Geological Society of London Special Publications, 308, 21-67 (査読あり).
- ⑥ Satish-Kumar, M., Hokada, T., 他2名 (2008) Geosciences research in East Antarctica (0°E-60°E): present status and future perspectives. In: *Geodynamic evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection*, eds. by Satish-Kumar, M., Motoyoshi, Y., Osanai, Y., Hiroi, Y. and Shiraishi, K., Geological Society of London Special Publications, 308, 1-20. (査読有り)
- ⑦ Satish-Kumar, M., Miyamoto, T., Hermann, J., Kagamai, H., Osanai, Y. and Motoyoshi, Y. (2008) Pre-metamorphic carbon, oxygen and strontium isotope signature of high-grade marbles from the Lützow-Holm Complex, East Antarctica: Apparent age constraints of carbonate deposition. In: *Geodynamic evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection*, eds. by Satish-Kumar, M., Motoyoshi, Y., Osanai, Y., Hiroi, Y. and Shiraishi, K., Geological Society of London Special Publications, 308, 147-164 (査読有り)
- ⑧ Hokada, T., Motoyoshi, Y., 他3名, (2008) Geodynamic evolution of Mt. Riiser-Larsen, Napier Complex, East Antarctica, with reference to the UHT mineral associations and their reaction relations. In: *Geodynamic evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection*, eds. by Satish-Kumar, M., Motoyoshi, Y., Osanai, Y., Hiroi, Y. and Shiraishi, K., Geological Society of London Special Publications, 308, 255-284. (査読有り)
- ⑨ Yoshimura, Y., Motoyoshi, Y. and Miyamoto, T. (2008), Sapphirine + quartz association in garnet: Implication for ultrahigh-temperature metamorphism in Rundvågshetta, Lützow-Holm Complex, East Antarctica. In: *Geodynamic evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection*, eds. by Satish-Kumar, M., Motoyoshi, Y., Osanai, Y., Hiroi, Y. and Shiraishi, K., Geological Society of London Special Publications, 308, 377-390. (査読有り)
- ⑩ Miyamoto, T., Satish-Kumar, M., Dunkley, D.J., Osanai, Y., Yoshimura, Y., Motoyoshi, Y. and Carson, C.J. (2008) Post-peak (<530 Ma) thermal history of Lützow-Holm Complex, East Antarctica, based on Rb-Sr and Sm-Nd mineral chronology. In: *Geodynamic evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection*, eds. by Satish-Kumar, M., Motoyoshi, Y., Osanai, Y., Hiroi, Y. and Shiraishi, K., Geological Society of London Special Publications, 308, 165-181. (査読有り)
- ⑪ Hiroi, Y., Motoyoshi, Y., Ishikawa, N., Hokada, T. and Shiraishi, K. (2008) Origin of xenocrystic garnet and kyanite in clinopyroxene-hornblende-bearing adakitic

meta-tonalites from Cape Hinode, Prince Olav Coast, East Antarctica. *In: Geodynamic evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection*, eds. by Satish-Kumar, M., Motoyoshi, Y., Osanai, Y., Hiroi, Y. and Shiraishi, K., Geological Society of London Special Publications, **308**, 333-350. (査読有り)

- ⑫ Kawakami, T., Grew, E.S., Motoyoshi, Y., Shearer, C.K., Ikeda, T., Burger, P.V. and Kusachi, I. (2008) Kornerupine sensu stricto associated with mafic and ultramafic rocks in the Lützow-Holm Complex at Akarui Point, East Antarctica: What is the source of boron? *In: Geodynamic evolution of East Antarctica: a Key to the East-West Gondwana Connection*, eds. by Satish-Kumar, M., Motoyoshi, Y., Osanai, Y., Hiroi, Y. and Shiraishi, K., Geological Society of London Special Publications, **308**, 351-375. (査読有り)

[学会発表] (計 7 件)

- ①堀江憲路・外田智千・本吉洋一・白石和行・廣井美邦 (2011) U-Pb geochronology in western part of the Rayner Complex, East Antarctica. 日本地球惑星科学連合大会、2011年5月、幕張。
- ②Hokada, T., Horie, K., Hiroi, Y., Motoyoshi, Y. & Shiraishi, K. (2011) Crustal evolution of Archaean Napier Complex, East Antarctica: linkage between Antarctica and India. International Symposium on Precambrian Accretionary Orogens, 2011年2月、デリー(インド)
- ③堀江憲路・外田智千・廣井美邦・本吉洋一・白石和行 (2010) 東南極ナピア岩体西部における始生代大陸地殻の痕跡の対比. 第30回極域地学シンポジウム、2010年12月3日、東京。
- ④Horie, K., Hokada, T., Hiroi, Y., Motoyoshi, Y. & Shiraishi, K. (2010) Zircon geochronology of Archean crust in western part of the Napier Complex, East Antarctica. 第5回SHRIMPワークショップ、2010年10月、北京(中国)
- ⑤Horie, K., Hokada, T., Hiroi, Y., Motoyoshi, Y. & Shiraishi, K. (2010) Contrasting Archaean crustal records in western part of the Napier Complex, East Antarctica. 5th International Archaean Synposium. 2010年9月、パース(豪)
- ⑥堀江憲路・外田智千・廣井美邦・本吉洋一・白石和行 (2010) Contrasting Archaean crustal records in western part of the Napier Complex, East Antarctica. 日本地球惑星科学連合大会、2010年5月、幕張。
- ⑦Satish-Kumar, M., Hermann, J., Miyamoto, T., Osanai, Y. and Motoyoshi, Y. (2009) Fingerprinting multistage fluid-rock history during metamorphism: evidence from grain

scale Sr, O and C isotope and trace element variations in high-grade marbles from East Antarctica. 日本鉱物科学会、2009年9月8日、札幌

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本吉 洋一 (MOTOYOSHI YOICHI)
国立極地研究所・研究教育系・教授
研究者番号：90211606

(2) 研究分担者

白石 和行 (SHIRAISHI KAZUYUKI)
国立極地研究所・研究教育系・教授
研究者番号：90132711
外田 智千 (HOKADA TOMOKAZU)
国立極地研究所・研究教育系・准教授
研究者番号：60370095

(3) 連携研究者

()

研究者番号：