

機関番号：12608

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008 年度～2010 年度

課題番号：20606002

研究課題名（和文）原生代の温暖化：下部地殻岩石に見る大規模脱二酸化炭素イベントの証拠と表層環境

研究課題名（英文）Global Warming in the Proterozoic: extensive decarbonation event in the lower crust and its implications to the surface environment

研究代表者

大森 聡一 (OMORI SOICHI)

東京工業大学・大学院理工学研究科・特任准教授

研究者番号：90267469

研究成果の概要（和文）：

南インド・ケララ州と北米アディロンダック山地の下部地殻岩について、地質調査、薄片観察・記載を行なった。各試料について CO₂ 流体包有物が、ざくろ石やジルコンなどの鉱物に包有されていることが明らかになった。地球史を通じた岩石圏 CO₂ 循環と表層環境を結合した数値モデルを構築し、原生代の脱炭酸イベントが表層気温に与えた影響を議論した。沈み込み帯の CO₂ の挙動を議論するために、沈み込み帯の温度構造推定に関する新たな手法を開発した。以上の成果を、学会発表（6 件）と論文（13 件）で発表した。

研究成果の概要（英文）：

Field works in Kerala, southern India and Adirondack Mountains, NY were done. Petrographic observations of samples from these localities were done. It has been confirmed that CO₂ fluid inclusions in garnet and zircon were common in these lower-crust rocks. A numerical model of the CO₂ cycle connecting the solid Earth and the surface environment was constructed. It has been demonstrated that an expected decarbonation event in the Proterozoic had extensive effect to the Earth's surface temperature. A new method to estimate a thermal structure of the subduction zone was developed. These results were presented in 6 talks and published as 13 papers in academic journals.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：時限

科研費の分科・細目：地球システム変動

キーワード：原生代、温室効果、脱炭酸反応、下部地殻

1. 研究開始当初の背景

原生代の固体地球・下部地殻の岩石の研究は、30 年以上の歴史を持って進められてきた。原生代で最も特徴的な岩石が、グラニュライト相～超高温変成岩と呼ばれる地殻下部の岩石（生成条件 700–1100°C, 8–13 kbar）で、

CO₂ に富む流体包有物を鉱物中に大量に含むことが特徴である。これらの岩石は、原生代の大陸衝突後の伸張場および大陸内リフト環境で形成した可能性が高い。このようなテクトニックセッティングにおける CO₂ 流体の起源については、マントル起源説、有機物起源

石墨の酸化、および隣接する炭酸塩岩の分解などの説が提唱されているが、いずれにしても原生代の下部地殻には、造山運動に伴う活発な CO₂ 流体の活動が存在した証拠である。

造山帯内における変成反応で放出された CO₂ が表層の温室効果に影響を与え得ることは、白亜紀や始新世 (5500-3800 万年前) の温暖化との関連において示されている。しかしこれら顕生代の造山帯に見られる地殻深部の岩石には、原生代ほど大量の CO₂ 流体の証拠は見られない。すなわち、原生代の下部地殻における CO₂ 流体の活動は、顕生代の温暖期よりもさらに強い影響を表層環境に与え得た可能性を含意する。1つの造山運動の継続時間は数千万年程度と考えられており、この時間スケールで強度の温暖化が起きたとすると、原生代表層環境は、断続的に大きな変動幅で変化していた可能性がある。

2. 研究の目的

- (1) 南インドに分布する原生代の下部地殻岩石をケーススタディとする。南インド地域は、原生代下部地殻岩石が露出する地域の中では地理的・政治的にアクセスが容易で、これまでの研究蓄積も大きい。その分布と産状を詳細に調査し、CO₂ 流体の経路を特定するための地質学的データを取得する。具体的には、隣接する炭酸塩岩との関係およびマントル岩との関係を記載し、広域的に流体包有物分析用の試料を採取する。地質図スケールから薄片スケールにおいて、CO₂ 流体包有物の分布を明らかにし、その生成時期と空間的広がりを特定する。
- (2) CO₂ 流体包有物の CO₂ 含有量と炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) を測定し、包有物の化学的・同位体化学的特徴を明らかにする。
- (3) (1), (2) を総合して、流体包有物の起源を推定する。複数の起源がある場合には、それぞれの起源の流体の量比および空間分布を明らかにする。
- (4) (3) の結果をふまえて、南インドの例が一般性を持つと仮定して炭素循環モデルを構築し、モデル計算から、CO₂ 流体が地表に到達した場合の環境への影響を見積る。また、他の研究グループと意見を交換し、その他の原生代の事象 (全球凍結, 生命進化など) と下部地殻脱 CO₂ イベントの関連を議論する。

3. 研究の方法

(1) 原生代の下部地殻岩石の分布と産状を野外調査で明らかにし、CO₂ 流体の経路を特定するための地質学的データを取得する。具体的には、隣接する炭酸塩岩との関係およびマントル岩との関係を記載し、広域的に流体

包有物分析用の試料を採取する。地質図スケールから薄片スケールにおいて、CO₂ 流体包有物の分布を明らかにし、その生成時期と空間的広がりを特定する。

(2) このようにして観察・記載された CO₂ 流体包有物の CO₂ 含有量と炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) を測定し、包有物の化学的・同位体化学的特徴を明らかにする。

(3) 以上の結果をふまえて、南インドの例が一般性を持つと仮定して炭素循環モデルを構築し、モデル計算から、CO₂ 流体が地表に到達した場合の環境への影響を見積る。また、他の研究グループと意見を交換し、その他の原生代の事象 (全球凍結, 生命進化など) と下部地殻脱 CO₂ イベントの関連を議論する。

4. 研究成果

南インドにおける地質調査を行ない、岩石試料を採取し薄片を作成し顕微鏡観察を行なった。想定よりも露頭状況が悪かったため、地質図スケールにおける含 CO₂ 包有物岩の空間分布を明らかにするには至らなかった。当初の計画には含まれていなかったが、北米アディロンダック山地の下部地殻岩も対象に含め、薄片観察・記載を行なった。各試料について CO₂ 流体包有物が、ざくろ石やジルコンなどの鉱物に包有されていることが明らかになった。しかし、時間的な制約により、研究期間内に、方法の (2) 炭素同位体測定を行なうことは出来なかった。天然の岩石の観察とは別に、地球史を通じた CO₂ 循環とその表層環境に与える影響を議論するための数値モデルを構築し、原生代の脱炭酸イベントが表層気温に与えた影響を議論した。その他、沈み込み帯の CO₂ の挙動を議論するために、沈み込み帯の温度構造推定に関する基礎研究を行ない、学会発表 (6件) を行ない、論文 (13件) に発表した。

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 13 件)

- ① Sajeev K, Kawai T, Omori S, Windley BF, Maruyama S, 2010. P-T evolution of Glenelg eclogites, NW Scotland: Did they experience ultrahigh-pressure metamorphism?. *Lithos*, 114, 473-489. (査読有り)
- ② Maruyama S, Masago H, Katayama I, Iwase Y, Toriumi M, Omori S, Aoki K, 2010. A new perspective on metamorphism and metamorphic belts. *Gondwana Research*, 18, 106-137. (査読有り)
- ③ Masago, H., Omori, S., and Maruyama

- S., (2010) Significance of retrograde hydration in collisional metamorphism: A case study of water infiltration in the Kokchetav ultrahigh-pressure metamorphic rocks, northern Kazakhstan, *Gondwana Research*, 18, 205-212. (査読有り)
- ④ 杉田 精司, 宮本 英昭, 橘 省吾, 岡田 達明, 出村 裕英, 大森 聡一, 並木 則行, 高橋 幸弘, 三浦 弥生, 長尾 敬介, 三河内 岳, 佐藤 毅彦, 2009, *MELOSの目指す火星表層科学探査*, 日本惑星科学会誌 Vol.18, No. 2, 79-83. (査読有り)
- ⑤ Omori, S., Kita, S., Maruyama, S., and Santosh, M., (2009), Pressure-temperature conditions of ongoing regional metamorphism beneath the Japanese Islands, *Gondwana Research*, 16, 458-469. 10.1016/j.gr.2009.07.003. (査読有り)
- ⑥ Maruyama, S., Hasegawa, A., Santosh, M., Kogiso, T., Omori, S., Nakamura, H., Kawai, K., and Zhao, D. (2009) The dynamics of big mantle wedge, magma factory, and metamorphic-metasomatic factory in subduction zones, *Gondwana Research*, 16, 414-430. (査読有り)
- ⑦ Aoki, K., Kitajima, K., Masago, H., Nishizawa, M., Terabayashi, M., Omori, S., Yokoyama, T., Takahata, N., Sano, Y. and Maruyama, S., (2009) Metamorphic P-T-time history of the Sanbagawa belt in central Shikoku, Japan and implications for retrograde metamorphism during exhumation, *Lithos*, 113, 393-407. doi:10.1016/j.lithos.2009.04.033. (査読有り)
- ⑧ Kogiso, T., Omori, S., and Maruyama, S., (2009) Magma genesis beneath Northeast Japan arc: A new perspective on subduction zone magmatism, *Gondwana Research*, 16, 446-457. doi:10.1016/j.gr.2009.05.006. (査読有り)
- ⑨ Masago, H., Omori, S., and Maruyama, S. (2009) Counter-clockwise prograde P-T path in collisional orogeny and water subduction at the Precambrian-Cambrian boundary: The ultrahigh-pressure pelitic schist in the Kokchetav massif, northern Kazakhstan, *Gondwana Research*, 15(2), 137-150. (査読有り)
- ⑩ Santosh, M., Maruyama, S., and Omori, S., (2009), A fluid factory in the solid Earth, *Lithosphere*, 1, 29-33. (査読有り)
- ⑪ Omori, S. and Santosh, M., 2008, Metamorphic decarbonation in the Neoproterozoic and its environmental implication, *Gondwana Research*, 13, 97-104. (査読有り)
- ⑫ Santosh, M. Omori, S. 2008: CO₂ windows from mantle to atmosphere: Models on ultrahigh-temperature metamorphism and speculations on the link with melting of snowball Earth. *Gondwana Research*, 13, 82-96. (査読有り)
- ⑬ Santosh, M. Omori, S. 2008: CO₂ flushing: a plate tectonic perspective. *Gondwana Research*, 13, 86-102. (査読有り)
- [学会発表] (計6件)
- ① Omori, S., Kita, S., Maruyama S. Ongoing regional metamorphism in subduction zone: a case study in Japan, West. Pac. Geophys. Meet. June, 24 2010, Taipei, Taiwan.
- ② 大森聡一, 佐藤桂, 山本伸次, 宮下 敦, 林 衛, 丸山茂徳, ニューヨーク州, Adirondack, Gore Mountain 産巨晶ざくろ石角閃岩中のジルコン, 日本地質学会年会, 2009.9.14, 岡山理科大学,
- ③ Omori, S., Aoki, K., Kita, S., Nakajima, J., Hasegawa, A. and Maruyama S., Ongoing regional metamorphism beneath the Japanese Islands, 地球惑星科学関連学会合同大会, 2009.5.25 幕張
- ④ 大森聡一, 他21名, 火星で「見る」ことについて地球で考える, 地球惑星科学関連学会合同大会, 2009.5.24, 幕張
- ⑤ 大森聡一・北佐枝子・中島淳一・長谷川昭, 沈み込むスラブ内の脱水 - 地震 - 温度のリンク, および沈み込み帯の流体との関連, 地球惑星科学関連学会合同大会, 2009.5.23, 幕張
- ⑥ Omori, S. and Santosh, M., 2008, Metamorphic decarbonation in the Proterozoic ultrahigh-temperature metamorphism and its environmental implication, 地球惑星科学関連学会合同大

会, 2008. 5. 28, 幕張

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大森 聡一 (OMORI SOICHI)
東京工業大学・大学院理工学研究科・特任准教授

研究者番号 : 90267469

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

M. サントッシュ (M. SANTOSH)
高知大学・理学部・教授

研究者番号 : 20333453

上野 雄一郎 (UENO YUICHIRO)
東京工業大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号 : 90422542