

平成 29 年 5 月 17 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26610163

研究課題名(和文) キンバレー岩産E型ダイヤモンド巨晶の超高压包有物とジルコンから再生地殻物質を読む

研究課題名(英文) Exploration of recycled crustal materials in kimberlites: An integrated study of eclogitic diamonds and zircons

研究代表者

辻森 樹 (Tsuji Mori, Tatsuki)

東北大学・東北アジア研究センター・教授

研究者番号：00436833

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：シベリア産キンバレー岩に産するE型ダイヤモンド(マントル深部の地殻起源エクロジャイト中で形成したダイヤモンド)巨晶とジルコンに関して、ダイヤモンドに閉じ込められた超高压「再生地殻物質」を探した。ダイヤモンドに包有されたざくろ石は、捕獲岩を構成するマントル物質のざくろ石と同様にメジャーライト成分を含まず、シベリア地塊ではダイヤモンドの形成がマントル遷移層に達するようなものではないことが明らかとなった。また、ジルコンはキンバレー岩の火成活動に関係する。世界のキンバレー岩の噴出年代をまとめ、キンバレー岩の噴出数の急増とプレートテクトニクスの関係について新しい解釈を提唱した。

研究成果の概要(英文)：E-type diamonds (eclogitic diamonds) from Siberian kimberlites were investigated. Rare garnet inclusions do not contain major-like component, suggesting that the diamond-formation in lithospheric mantle was not in 'super deep' environment. Zircons from the kimberlites were also not recycled crustal material; they essentially formed during kimberlitic igneous activity. Age distribution of world-wide kimberlites, combined with other large-scale petrotextonic indicators suggest that plate underflow since the onset of modern-style plate tectonics about 1 Ga has massively increased mantle CO₂ and H₂O contents, leading to the rapid and explosive ascent of diamond-bearing kimberlite magmas.

研究分野：地質学

キーワード：キンバレー岩 地塊 ロシア ダイヤモンド E型ダイヤモンド ざくろ石 超高压変成作用 超高压鉱物 シベリア

1. 研究開始当初の背景

近年、大陸衝突帯の変成ダイヤモンド(ダイヤモンドと略す)を含む広域超高压変成岩の相次ぐ新産地発見に加えて、オフィオライトに伴う超高压鉍物クロム鉄鉍岩の発見(チベット、北極圏ウラルなど)さらに、キンバレー岩に産する「軽い」炭素同位体組成(有機物由来)をもった地殻物質起源のE型ダイヤモンドの発見は、超高压鉍物科学と地震波トモグラフィが予測してきた地殻物質の地球規模の移動・再生ダイナミクスを裏付け、地質物質科学が直接解析可能な領域をマントル遷移層の深さまで拡大した(Liou and Tsujimori, 2013 [doi:10.2113/gselements.9.4.248])。特に、超高压鉍物クロム鉄鉍岩とキンバレー岩中のE型ダイヤモンドに潜在する地質学的情報はこれまでに広域超高压変成岩研究が到達した深さを大きく上回る。それらはマントル深部における地殻物質の移動・再生(リサイクル)機構の実像を直接解析可能な類い稀な研究対象であって、「再生地殻物質の探求」は固体地球科学・造山帯地質学の最重要課題の1つといえる。『上部マントル深部～マントル遷移層はどの程度沈み込んだ地殻物質に汚染されているのか?地殻起源物質はどのように地球内部を循環・再生するのか?地殻物質によるマントルの汚染は地球史を通してどのように進行するのか?』ヤルンツァンポオフィオライトのクロム鉄鉍岩鉍床から発見された超高压鉍物及び再生地殻物質(例えば、Yang *et al.*, 2007 [doi:10.1130/G23766A.1])は、これまでの地質学の常識を大きく覆した。今後、世界各地のクロム鉄鉍岩鉍床を再訪し、同様の超高压再生地殻物質を見出す必要がある。しかしながら、クロム鉄鉍岩からマイクロメートルサイズの再生地殻物質を系統的に探査することは手探りの状況にあって、投機的な問題を克服できない。一方、もし、キンバレー岩に伴う地殻物質起源のE型ダイヤモンドを大

量に入手できれば、包有物として閉じ込められた再生地殻物質を確実に記載可能であって、その包括的情報は地球深部ダイナミクスに地質学から窓を開く。

2. 研究の目的

『上部マントル深部～マントル遷移層はどの程度沈み込んだ地殻物質に汚染されているのか?地殻起源物質はどのように地球内部を循環・再生するのか?地殻物質によるマントルの汚染は地球史を通してどのように進行するのか?』キンバレー岩に産するダイヤモンドに閉じ込められた再生地殻物質を系統的に記載することは、地質学的正攻法かつ大胆な手法であり、地殻の二極性で特徴付けられた惑星「地球」特有の物質収支バランスの理解と未来予想という視点において地球惑星科学の挑戦である。本申請は、シベリア地塊のキンバレー岩パイプから収集されたE型ダイヤモンド巨晶(数ミリ径)約120個(標本の帰属は、ロシア科学アカデミー・シベリア支部ソボレフ地質学鉍物学研究所)について、それに含まれる地殻起源物質の包有物鉍物学を展開する。ホストダイヤモンドの結晶内部組織と安定同位体組成の特徴付けをすることで包有物をカタログ化し、再生地殻物質のダイナミクスを解釈する。さらにキンバレー岩に含まれるジルコンに再生地殻物質の証拠を探し出す。キンバレー岩の研究は太古代・原生代前期の沈み込みと陸塊成長の理解を促進し、超高压科学や地震学に成果を直接還元可能なだけでなく、比較惑星地質学などへのグローバルな学術的波及が期待される。

3. 研究の方法

本研究は、シベリア産キンバレー岩に産するE型ダイヤモンド(マントル深部の地殻起源エクロジャイト中で形成したダイヤモンド)巨晶とキンバレー岩に含まれるジルコンに関して、(1)E型ダイヤモンドが閉じ込

めた超高压「再生地殻物質」を高分解能分析電子顕微鏡、顕微ラマン・赤外線分光装置を用いて記載・カタログ化し、(2) キンバレー岩に含まれるジルコンの地質学的意義を検討する、さらに(3) 世界のキンバレー岩の噴出した時代を調べて地球史と紐付けることを目的とした。そのなかでも、とりわけ、E型ダイヤモンド中の超高压鉱物の化学組成・共生関係の多様性と規則性からマントル深部に達した地殻物質の性格を明らかにし(未知鉱物の探査も含む)、ダイヤモンド結晶内部の顕微分光マッピングと安定同位体組成を加えることによって、マントル深部に混入した過去の地殻物質の移動と再生地殻物質がダイヤモンドに取り込ままでの固体地球プロセスの解読を試みた。

4. 研究成果

本研究では、ロシア科学アカデミー・シベリア支部ソボレフ地質学鉱物学研究所(ロシア、ノボシビルスク)に所属のシベリア産キンバレー岩パイプから採取されたダイヤモンド、ざくろ石捕獲結晶、ジルコン捕獲結晶を主に解析した。解析に用いたダイヤモンド巨晶はノボシビルスクにおいて(001)面を摩滅研磨したものをを用いた。

シベリア産キンバレー岩に伴うE型ダイヤモンド(及び、比較対象のためP型ダイヤモンド)が閉じ込めた超高压「再生地殻物質」を探查した結果、得意な超高压珪酸塩鉱物の発見には至らなかった。これはざくろ石かんらん岩及びエクロジャイト捕獲岩との岩石学的情報(既存の論文及び、自前のデータを含む)と矛盾しない。ダイヤモンドに包有されたざくろ石は、捕獲岩を構成するマントル物質のざくろ石と同様にメジャーライト成分を含まず、シベリアのキンバレー岩ではダイヤモンドの形成がマントル遷移層に達するようなものではないことを示唆する。

過去約20年の間に、変成岩中のジルコン

やざくろ石など剛性の高い造岩鉱物中に包有された超高压指標鉱物を探查する手法は広域変成岩地質学に革命をもたらした。包有物記載鉱物学手法の登場で原生代後期以降の大陸衝突型の広域変成帯30産地から残存コーズ石やダイヤモンドが発見された。しかし、超高压鉱物包有物の多くは細粒(10マイクロメートル以下)であって、超高压認定から一歩踏み込んだ地質情報を得ることは難しかった。本研究はキンバレー岩に伴うダイヤモンド巨晶に包有された数ミリメートルの結晶中の包有物を集中解析し、通常とは逆の包有物超高压記載鉱物学の可能性と有用性を示した。

キンバレー岩に含まれるジルコンは、4.1、3.6、2.35、1.5億年前のU-Pb年代を示した。何れもキンバレー岩の活動に伴う結晶であることが示唆された(詳細は現在検討中、今後の課題の一つである)。ジルコンに関して、今回はキンバレー岩中のジルコンに再生起源を示唆するような証拠を見出すことができなかったが、その一方で、キンバレー岩マグマの活動年代に着目するきっかけを得た。本研究で世界のキンバレー岩の噴出年代に関する文献調査を行い、その結果、天然ダイヤモンドの母岩として知られるキンバレー岩の噴出数の急増とプレートテクトニクスとの関係について新しい解釈を提唱した。

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3件)

(1) Stern R.J., Leybourne M.I., Tsujimori T., Kimberlites and the start of plate tectonics: Reply: *Geology*, v. 45, no. 1, p. e406, doi:10.1130/G38725Y.1, 2017. [査読有]

(2) Stern R.J., Leybourne M.I., Tsujimori

T., Kimberlites and the start of plate tectonics: *Geology*, v. 44, no. 10, p. 799-802, doi:10.1130/G38024.1, 2016. [査読有]

(3) Liou J.G., Tsujimori T., Yang J.S., Zhang R.Y., Ernst W.G., Recycling of crustal materials through study of ultrahigh-pressure minerals in collisional orogens, ophiolites, and mantle xenoliths: A Review: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 96, p. 386-420, doi:10.1016/j.jseas.2014.09.011, 2014. [査読有]

[学会発表](計6件)

(1) Tsujimori T., Recycling of crustal materials through study of ultrahigh-pressure minerals in collisional orogens, ophiolites, and xenoliths. International Symposium "Advances in High-pressure Research III: Towards Geodynamic Implications", Novosibirsk (Russia), 2016年8月29-30日.

(2) Tsujimori T., Stern R.J., Petrotectonic indicators for distinctive modern-style subduction zone. International Workshop on the Origin and Evolution of Plate Tectonics, Monte Verita (Switzerland), Switzerland, 2016年7月17-22日.

(3) Gibsher A., Malkovets V., Tretiakova I., Belousova E., Rudnev S., Gibsher A., Tsujimori T., Shelepaev R. U-Pb Dating of Zircons from Paleozoic Lamprophyric Dykes of Western Sangilen (CAOB). Goldschmidt Conference, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市), 2016年6月26日-7月1日.

(4) Malkovets V., Yudin D., Rezvukhin D., Gibsher A., Tretiakova I., Tsujimori T. Ar-Ar Dating of K-Richterite from the Bab'e Leto (An-134) Kimberlite Pipe, East

Ukukit Field, Siberian Craton. Goldschmidt Conference, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市), 2016年6月26日-7月1日.

(5) Tsujimori T., Stern R.J., Petrotectonic indicators for distinctive modern-style subduction zone. Japan Geoscience Union Meeting, 幕張メッセ(千葉県・千葉市), 2016年5月22-25日.

(6) Liou J.G., Tsujimori T., Yang J.S., Zhang R.Y., Ernst W.G. Deep upper mantle recycling of crustal materials: Evidence from UHP minerals in collisional orogens, ophiolites, and xenoliths", Geological Society of America Annual Meeting, Baltimore (USA), 2015年11月1-4日.

[その他]

ホームページ等

http://www.tohoku.ac.jp/en/press/new_timeline_proposed_for_plate_tectonics.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

辻森 樹 (Tsujimori, Tatsuki)

東北大学・東北アジア研究センター・教授
研究者番号: 00436833

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

マリコベッツ, ウラジミール

(Malkovets, Vladimir)

スターン, ロバート (Stern, Robert)

劉 忠光 (Liou, John G.)