

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 15 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23740391

研究課題名(和文) 高度変成岩から読みとる地殻内流体活動のタイミングと空間分布

研究課題名(英文) Constraining the timing and areal distribution of geofluid activities in the crust using high-grade metamorphic rocks

研究代表者

河上 哲生 (Kawakami, Tetsuo)

京都大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：70415777

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：約6億年前の大陸衝突帯深部(800℃、0.8GPa)の岩石が地表に上昇する初期過程で複数段階の濃い塩水活動があり、その痕跡が約200 kmにわたりほぼ直線状に分布していることが、南極セル・ロンダーネ山地の研究からわかった。これほど広域的な濃い塩水活動の検知は世界初である。南極リュツォ・ホルム岩体(850℃、1.2 GPa)では、濃い塩水活動に伴い、岩石の部分溶融も起きていたことがナノ花崗岩包有物の発見から明らかとなった。一方、ネパールヒマラヤの高温変成岩には濃い塩水活動は見られず、含ホウ素流体活動が検知できた。この相違はヒマラヤと南極における大陸衝突帯の露出深度の違いによる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：The brine activity during the early stage of exhumation of the high-grade metamorphic rocks formed at the continental collision zone (ca. 600 Ma, 800°C, 0.8GPa) is detected from the Selkirk-Rondane Mountains (SRM), East Antarctica. The brine activity can be traced somewhat linearly for about 200 km long, and this is the first report of such a large scale brine activity. In the Lützow-Holm Complex (LHC), East Antarctica (850°C, 1.2GPa), brine activity was detected to have accompanied by the partial melting as suggested by the presence of nanogranite inclusions in garnet. On the other hand, brine activity was not detected from the Nepal Himalayas and instead, boron-bearing fluid activity was detected. This difference can be the result of the difference in the depth level of the continental collision zones presently exposed in the SRM or LHC and in Himalayas.

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：地殻内流体 大陸衝突帯 塩水 物質循環 大陸地殻 南極 ヒマラヤ 変成岩

1. 研究開始当初の背景

プレートの収束境界では、変成岩が大陸衝突・沈み込みイベントを記録している。その解析によって明らかにされた温度・圧力・時間履歴は、収束境界でのテクトニクス解明に貢献してきた。しかし、超高压変成岩や超高温変成岩の例に見られるように、かつて超高压・超高温に達した変成岩も、後の流体活動により激しく後退変成を受け、ごく一部の幸運な岩石のみが超高压・超高温の痕跡をとどめるにすぎない。換言すれば、加水後退変成を受けた変成岩こそは、収束境界における大規模な水・物質循環を記録している重要なメディアである。にもかかわらず、広域変成岩中の加水後退変成作用に関しては、温度・圧力・履歴解析にあまり役立たないことからこれまで詳細に研究されてこなかった。世界的に広く注目され始めたのはつい最近のことであり、時を同じくして国内でも新学術領域研究「地殻流体」が走りはじめ、地殻内流体活動を理解しようとする機運は非常に高まってきている。

報告者は以前より、綿密な副成分鉱物の岩石学的挙動解析をもとに、メルトや流体の挙動について岩石学的・地球化学的に明らかにする研究を行ってきた。その延長で、第51次日本南極地域観測隊地学調査隊に参加し、東南極セール・ロンダーネ山地を地殻流体の観点から地質調査した。その試料から、岩石の年代測定に最も良く用いられるジルコンと、Clに富む流体活動を示唆する黒雲母が、同時に形成されたことを示唆する組織を見いだした。

世界ではいま、ジルコンの形成タイミングや形成反応を決める研究が大変注目されはじめている。なぜなら、ジルコンは最も重要な年代測定可能鉱物であり、結晶内拡散も遅いことから、形成時の年代を保持していると考えられているにもかかわらず、温度ピークだけでなく、あらゆるタイミングで成長できることが分かってきたからである。上述のセール・ロンダーネ山地の試料は、まさに流体活動に伴うジルコン形成を示唆しており、そのタイミングを年代測定できることを意味する。また、このジルコンはザクロ石に包有されることから、ジルコン中のチタン量を用いた温度計を適用するなどして、岩石の温度・圧力履歴と関連させることもできる。このような恵まれた試料を手にしたこと、試行的な研究を通し、こうした現象は普遍性を有していそうだとの感触を得たため、本研究の計画に至った。

2. 研究の目的

加水後退変成作用を被った高度変成岩はプレート収束境界における流体活動とそれを介した物質移動を記録している。本研究ではリンによるザクロ石の組成累帯構造を等時面として利用し、

ザクロ石中のジルコンやルチル(U-Pb年

代測定と形成温度推定が可能)の消長

流体活動の痕跡である塩素に富む黒雲母・角閃石・燐灰石の消長

流体流入を敏感に記録するジルコンやルチル以外の副成分鉱物の挙動・組成

などを総合的に解析し、収束境界で生じた流体活動の温度・深さ条件と年代、流体によって移動した元素の種と量比、流体活動の空間的広がりや継続時間を明らかにする。これにより、ジルコン年代学と岩石学、および地球化学を有機的に結合させ、プレート収束境界における流体活動のタイミングや規模の制約を試みる。

3. 研究の方法

岩石組織解析に依拠した流体流入現象の検出と解析を行う。具体的には、流体流入とジルコン形成が同時に起きたことを示す試料(ザクロ石のある等時面から外側にのみジルコンとClに富む黒雲母が包有される)を用い、

WDS、LA-ICPMS、ラマン分光を用いた高度変成岩の温度・圧力経路推定

WDSを用いたマイナー元素マッピング

岩石組織解析によるジルコンとClに富む黒雲母の成因関係追究

Clに富む黒雲母・燐灰石・角閃石入り試料の産状を用いた流体の起源の絞り込み

LA-ICPMSによるジルコン年代測定

などを通して、岩石の温度・圧力・時間・流体流入履歴を構築し、その時にZrやClと一緒に移動した元素を明らかにする。そのためにアルカリ元素やC, B, S, F, P, Tiなどに注目する。

東南極セール・ロンダーネ山地やタイの変成岩地帯などの広範囲にわたり、上述の解析を行い、流体流入現象の空間的広がりや継続時間について制約する。

4. 研究成果

(1) 東南極セール・ロンダーネ山地の泥質変成岩類およびマフィック変成岩類について、黒雲母・角閃石・燐灰石に含まれる塩素濃度を決定した結果、濃い塩水活動の痕跡が、同山地の東西約200kmにわたりほぼ直線状に記録されていることがわかった。セール・ロンダーネ山地東部バルヒエン山の試料については、その温度・圧力・時間条件は約800、8kbar、約600Maであった。この濃い塩水活動の分布を、ドイツの研究者らによる空中磁気探査の結果と比較したところ、セール・ロンダーネ縫合線やバルヒエン・デタッチメント付近などの、低磁気異常と高磁気異常域の境界とほぼ一致した。このことから、濃い塩水活動が大陸衝突帯における大構造に深く関係していることが示された。このような大規模な濃い塩水活動が検知されたのは、世界で初めてである。

(2) 中央セール・ロンダーネ山地ブラットニーパネの試料から、複数段階の濃い塩水活

動が見いだされ、その温度圧力条件を 800 , 0.96 GPa ~ 700 , 0.70 GPa の間、および 700 , 0.70 GPa 程度と見積もった。この脈は母岩から脈の中心に向かって塩素、ナトリウム、カリウム濃度が上昇する傾向があり、塩素と共に動いた陽イオンは主としてナトリウムやカリウムであること、塩素濃度の上昇はその場で起きたのではなく、系外からの高塩素濃度流体の流入によること、が明らかとなった。今後、このような濃い塩水の起源について、さらに追究する。

(3) 東南極リュツォ・ホルム岩体スカレビックハルセンのザクロ石珪線石片麻岩から、濃い塩水活動が見いだされた。濃い塩水活動の温度圧力条件は 850 , 1.2 GPa であった。濃い塩水活動に伴い、部分溶融現象も起きていたことがナノ花崗岩包有物の存在から明らかとなった。これは、部分溶融が流体中の塩濃度を上昇させる役割を担ったか、あるいは濃い塩水の流入が部分溶融を促進したかのいずれかを示す。この活動の年代はモナズ石の U-Th-Pb 年代から 550-500 Ma であると推定される。リュツォ・ホルム岩体における濃い塩水活動の空間的広がり、今後の検討課題である。

(4) タイヤネパールヒマラヤの高温変成岩類についても黒雲母や燐灰石の組成分析を行ったが、南極試料から見つかったような濃い塩水活動の痕跡は見つからなかった。従って部分溶融に伴い、必ず黒雲母中の塩素濃度が上昇するわけではないことがわかった。一方、含ホウ素流体活動の痕跡はいずれの地域の試料からも見出された。濃い塩水活動と含ホウ素流体活動との関係解明は今後の課題である。

(5) 領家変成帯青山高原地域の片岩 - ミグマタイト境界付近でジルコンの年代測定と包有物測定を進め、ミグマタイト中のジルコンの、約 93Ma を示すリム直近からガラス包有物やナノ花崗岩包有物を発見した。これはジルコンリム成長時にメルトが共存した証拠であり、高温変成作用時のジルコン形成過程を明らかにする上で重要な発見である。メルト包有物と同時に成長した部分には黒雲母も包有されるが、非常に細粒なため塩素濃度の分析はできなかった。他にも、積極的に濃い塩水活動の存在を示唆する証拠は見つからなかった。領家変成作用の角閃岩相以上の高温継続時間は約 6 Myr 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 7件)

Kawakami, T., Nakano, N., Higashino, F., Hokada, T., Osanai, Y., Yuhara, M., Charusiri, P., Yonemura, K., Kamikubo,

H. & Hirata, T. 2014, U-Pb zircon and CHIME monazite dating of granitoids and high-grade metamorphic rocks from the Eastern and Peninsular Thailand - A new report of Early Paleozoic granite. *Lithos*, in press.

Ishikawa, M., Kawakami, T., Satish-Kumar, M., Grantham, G. H. & Tsuchiya, N. 2013, Late Neoproterozoic extensional detachment in eastern Sør Rondane Mountains, East Antarctica: implications for the collapse of the East African Antarctic Orogen. *Precambrian Research*, 234, 247-256.

Grantham, G. H., Maceyb, P. H., Horie, K., Kawakami, T., Ishikawa, M., Satish-Kumar, M., Tsuchiya, N., Graserh, P. & Azevedo, S. 2013, Comparison of the metamorphic history of the Monaro Complex, Northern Mozambique and Balchenfjella and Austhameren areas, Sør Rondane, Antarctica: Implications for the Kuunga Orogeny and the amalgamation of N. and S. Gondwana. *Precambrian Research*, 234, 85-135.

Otsuji, N., Satish-Kumar, M., Kamei, A., Tsuchiya, N., Kawakami, T., Ishikawa, M. & Grantham, G. H. 2013, Late-Tonian to early-Cryogenian apparent depositional ages for metacarbonate rocks from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *Precambrian Research*, 234, 257-278.

Kawakami, T., Yamaguchi, I., Miyake, A., Shibata, T., Maki, K., Yokoyama, T. D. & Hirata, T. 2013, Behavior of zircon in the upper-amphibolite to granulite facies schist/migmatite transition, Ryoke metamorphic belt, SW Japan: constraints from the melt inclusions in zircon. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 165, 575-591.

Higashino, F., Kawakami, T., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Maki, K., Tsuchiya, N., Grantham, G. & Hirata, T. 2013, Chlorine-rich fluid or melt activity during granulite facies metamorphism in the Late Proterozoic to Cambrian continental collision zone - an example from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *Precambrian Research*, 234, 229-246.

河上哲生 & 西岡芳晴, 2012, 領家帯青山高原地域の変成岩類および花崗岩類. *地質学雑誌*, 118, 補遺, 79-89.

[学会発表](計 45件)

Kawakami, T., Higashino, F.,

- Tsuchiya, N., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Grantham, G.H., Sakai, H., Sato, K. 2014, Syn-metamorphic boron-bearing aqueous fluid and chloride brine activities in continental collision zones. *Water Dynamics-11 (Sendai)*. 0-3. Invited. 2014.3.12.
- Higashino, F., Kawakami, T., Tsuchiya, N., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Grantham, G.H., 2014, Multi-stage brine activity in the granulite terrane- New findings from the mafic gneisses from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *Water Dynamics-11 (Sendai)*. 0-10, Invited. 2014.3.12.
- Kawakami, T., Higashino, F., Sakai, H., Sato, K., Tsuchiya, N., Ishikawa, M., Satish-Kumar, M., Grantham, G.H., 2014, Syn-metamorphic boron-bearing and chlorine-bearing fluid activities in continental collision settings. *Geofluid3 (Tokyo)*. 03-05. 2014.3.2.
- Higashino, F., Kawakami, T., Tsuchiya, N., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Grantham, G.H., 2014, Significance of multi-stage chloride brine activity in granulite terrane - An example from Brattnipene, Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *Geofluid3 (Tokyo)*. PC-32. 2014.3.2.
- Amano, S., Kawakami, T., 2014, Fluid related origin of sillimanite veins in polymetamorphic rocks from the Ryoke belt, Japan. *Geofluid3 (Tokyo)*. PC-33. 2014.3.2.
- Kawakami, T. 2013, Contrasting behaviour of monazite and zircon during partial melting and fluid infiltration: An example from the Ryoke metamorphic belt, Japan. *Goldschmidt 2013, Florence, 2013.8.25 -30. Mineralogical Magazine, 77(5) 1439.*
- Higashino, F., Kawakami, T., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Tsuchiya, N., Grantham, G.H. 2013, Multi-stage Cl-rich fluid activity and behavior of REE-bearing minerals in a Neoproterozoic granulite terrane. *Goldschmidt 2013, Florence, 2013.8.25 -30. Mineralogical Magazine, 77(5) 1298.*
- Higashino, F., Kawakami, T., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Maki, K., Tsuchiya, N., Grantham, G.H. & Hirata, T., 2012, Chlorine-rich fluid in granulite facies continental collision zone. *Goldschmidt 2012 (Montreal), 2012.6.24-29. poster #21. Mineralogical Magazine, 76(6) 1842.*
- Kawakami, T., Yamaguchi, I., Miyake, A., Maki, K., Shibata, T., Yokoyama, T. D. & Hirata, T., 2012, Melt inclusions in zircon from migmatite zone, Ryoke belt, Japan. *Goldschmidt 2012 (Montreal), 2012.6.24-29. poster #47. Mineralogical Magazine, 76(6) 1924.*
- Higashino, F., Kawakami, T., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Maki, K., Tsuchiya, N., Grantham, G.H. & Hirata, T., 2012, Chlorine-rich fluid activity in granulite facies continental collision zone -An example from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *Joint Symposium of Misasa-2012 and Geofluid-2 Dynamics and Evolution of the Earth's Interior: special emphasis on the role of fluids. March 19, 2012 (Misasa).*
- Kawakami, T., Yamaguchi, I., Yokoyama, T.D., Maki, K., Hirata, T. & Shibata, T., 2011, Zircon behavior in the upper amphibolite facies polymetamorphic terrane, Ryoke belt, Japan. *Goldschmidt 2011, August 17, 2011 (Prague). Mineralogical Magazine, 75(3) 1159.*
- Satish-Kumar, M., Otsuji, N., Tsuchiya, N., Kawakami, T., Ishikawa, M. & Grantham, G.H., 2011, Carbon isotope thermometry of marbles from Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *11th International Symposium on Antarctic Earth Sciences (Edinburgh), 10-16, July, 2011.*
- Otsuji, N., Satish-Kumar, M., Kamei, A., Kawakami, T., Ishikawa, M., Tsuchiya, N. and Grantham G.H. 2011, Apparent age of deposition of metacarbonate rocks from Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *11th International Symposium on Antarctic Earth Sciences (Edinburgh), 10-16, July, 2011.*
- Grantham G.H., Ishikawa, M., Tsuchiya, N., Kawakami, T. & Satish-Kumar, M., 2011, Aspects of the structural evolution of Balchenfjella, East Sør-Rondane, Antarctica and its Gondwana context. *11th International Symposium on Antarctic Earth Sciences (Edinburgh), 10-16, July, 2011.*
- Grantham G.H., Kawakami, T., Macey P.H., Ishikawa, M., Satish-Kumar, M., Tsuchiya, N. & Graser, P., 2011, Comparative Metamorphic P-T studies of rocks from Balchanfjella, E. Sør Rondane, Antarctica and the Monapo

- Complex, N. Mozambique. 11th International Symposium on Antarctic Earth Sciences (Edinburgh), 10-16, July, 2011.
- Otsuji, N., Satish-Kumar, M., Kamei, A., Tsuchiya, N., Grantham, G. H., Kawakami, T., Ishikawa, M. 2014, 変成炭酸塩岩中のストロンチウム、ネオジウム同位体を用いた古海洋の復元 - 東西ゴンドワナ間のモザンビーク海 -. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, S-GL42, 幕張, 2014.4.29.
- 河上哲生, 酒井治孝, 佐藤活志. 2014, 東ネパール MCT ゾーンにおける変成同時の流体流入と優白質花崗岩の成因論. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, S-MP46, 幕張, 2014.4.28.
- 天野早織, 河上哲生, 2014, 領家変成岩中に見られる流体起源の珪線石脈について. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, S-MP46, 幕張, 2014.4.28.
- 東野文子, 河上哲生, 土屋範芳, サティシュ・クマール, 石川正弘, ジェフ・グランサム. 2014, 複数段階の塩素に富む流体活動の意義 東南極セール・ロンダーネ山地の例. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, S-MP46, 幕張, 2014.4.28.
- Otsuji, N., Satish-Kumar, M., Kamei, A., Tsuchiya, N., Grantham, G. H., Kawakami, T., Ishikawa, M. 2013, Palecontinent-oceanic interaction from Sr and Nd isotope systematics in the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. 第 33 回極域地学シンポジウム(東京), 第 33 回極域地学シンポジウム講演要旨. 2013.11.12-15.
- 21 東野文子, 河上哲生, サティシュ・クマール, 土屋範芳, 石川正弘, ジェフ・グランサム. 2013, 東南極セール・ロンダーネ山地プラットニーパネに見られる複数段階における塩素に富む流体活動の意義, 第 33 回極域地学シンポジウム(東京), 第 33 回極域地学シンポジウム講演要旨. 2013.11.12-15.
- 22 河上哲生, 2013, 部分溶融および高温流体活動に対するジルコンとモナズ石の応答の違い. 日本地質学会第 120 年学術大会, 仙台, 日本地質学会第 120 年学術大会講演要旨集. 2013.9.14-16.
- 23 河上哲生, 酒井治孝, 佐藤活志. 2013, ネパールヒマラヤ・ダンクッタ地域の MCT ゾーンの変成分帯と電気石から見る変成流体の挙動. 日本鉱物科学会 2013 年年会, つくば. 2013.9.11-13.
- 24 東野文子, 河上哲生, サティシュ・クマール, 土屋範芳, 石川正弘, ジェフ・グランサム. 2013, 大陸衝突帯で見られる複数段階の塩素に富む流体活動と希土類元素に富む鉱物の挙動. 日本鉱物科学会 2013 年年会, つくば. 2013.9.11-13.
- 25 大辻 奈穂, Satish-Kumar, M., 外田智千, 堀江憲路, 亀井淳志, Grantham, G.H., 土屋範芳, 河上哲生, 石川 正弘. 2013, 東南極セールロンダーネ山地に産出する変成炭酸塩岩における化学層序学的堆積年代とジルコン年代を用いた堆積年代. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, SGL40-P16, 幕張, 2013.05.24.
- 26 東野文子, 河上哲生, サティシュ・クマール, 石川正弘, 土屋範芳, ジェフ・グランサム, 2013, Behaviour of REE-rich minerals during Cl-rich fluid activity under granulite facies metamorphism. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, SMP43-02, 幕張, 2013.05.24.
- 27 河上哲生, 2013, 領家変成帯青山高原地域ミグマタイト帯に産するジルコン中のナノ花崗岩およびガラス包有物. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会, SMP43-01, 幕張, 2013.05.24.
- 28 東野文子, 河上哲生, サティシュ・クマール, 石川正弘, 土屋範芳, ジェフ・グランサム, 2013, 大陸衝突帯で見られる塩素に富む流体の流入時期と希土類元素に富む鉱物の挙動 - 東南極セールロンダーネ山地の例. 地殻流体研究会 2013, P2_17, 修善寺, 2013.03.01-03.04.
- 29 河上哲生, 2013, 高温流体に対するジルコンとモナズ石の応答の違い - 高温変成岩からの制約. 地殻流体研究会 2013, P3_6, 修善寺, 2013.03.01-03.04.
- 30 Otsuji, N., Satish-Kumar, M., Hokada, T., Horie, K., Kamei, A., Grantham, G.H., Tsuchiya, N., Kawakami, T. and Ishikawa, M., 2012, Comparison of chemically estimated depositional ages with zircon SHRIMP ages from metacarbonate rocks in the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. 第 32 回極域地学シンポジウム(東京), 第 32 回極域地学シンポジウム講演要旨. 2012.11.26-30.
- 31 河上哲生, 東野文子, 土屋範芳, サティシュ・クマール, 石川正弘, ジェフ・グランサム, 2012, 後退変成期の塩素に富む流体活動 東南極セールロンダーネ山地プラットニーパネの例. 第 32 回極域地学シンポジウム(東京), 第 32 回極域地学シンポジウム講演要旨. 2012.11.26-30.
- 32 東野文子, 河上哲生, サティシュ・クマール, 土屋範芳, 石川正弘, ジェフ・グランサム, 2012, 東南極セールロンダーネ山地バルヒエン山における塩素に富む流体の流入時期と希土類元素に富む鉱物の挙動. 第 32 回極域地学シンポジウム(東京), 第 32 回極域地学シンポジウム講演要旨. 2012.11.26-30.
- 33 Otsuji, N., Satish-Kumar, M., Kamei, A., Tsuchiya, N., Kawakami, T.,

- Ishikawa, M., Grantham, G.H., 2012, Late-Tonian to early-Cryogenian apparent depositional ages for metacarbonate rocks from the Sør Rondane Mountains, East Antarctica. 日本地質学会第 119 年学術大会(大阪). 日本地質学会第 119 年学術大会講演要旨集. 2012.9.15-17.
- 34 河上哲生, 東野文子, 柚原雅樹, 小山内康人, 中野伸彦, 米村和紘, Punya Charusiri, 上久保寛, 牧賢志, 平田岳史. 2012, タイ中・南部の花崗岩類および変成岩類の LA-ICP-MS U-Pb ジルコン年代. 日本地質学会第 119 年学術大会(大阪). 日本地質学会第 119 年学術大会講演要旨集. 2012.9.15-17.
- 35 東野文子, 河上哲生, サティシュ・クマール, 土屋範芳, 石川正弘, ジェフ・グランサム. 2012, 高温変成地域における塩素に富む流体の流入時期と希土類元素に富む鉱物の挙動. 日本鉱物科学会 2012 年度年会(京都). 日本鉱物科学会 2012 年度年会講演要旨集.(本発表で東野文子が日本鉱物科学会ポスター研究発表最優秀賞を受賞), 2012.9.19-21.
- 36 東野文子, 河上哲生, サティシュ・クマール, 石川正弘, 牧賢志, 土屋範芳, ジェフ・グランサム, 平田岳史. 2012, 大陸衝突帯で見られるグラニュライト相における塩素に富む流体活動. 日本地球惑星科学連合 2012 年大会. 幕張, 2012.5.20-25.
- 37 河上哲生, 山口勇央, 三宅亮, 牧賢志, 柴田知之, 横山隆臣 & 平田岳史. 2012, 高温変成作用継続時間の推定におけるジルコン中のメルト包有物の意義 - 領家変成帯の例. 日本地球惑星科学連合 2012 年大会. 幕張, 2012.5.20-25.
- 38 外園雄一, 石川正弘, 河上哲生, サティシュ・クマール, 土屋範芳, ジェフ・グランサム. 2011, セールロンダーネ山地東部, バルヒエン山, ベルヘイアの地質構造. 第 31 回極域地学シンポジウム(東京), 第 31 回極域地学シンポジウム講演要旨. 2011.11.17.
- 39 砂生恵美, 石川正弘, 河上哲生, サティシュ・クマール, 土屋範芳, ジェフ・グランサム. 2011, セールロンダーネ山地東部, バルヒエン山, グローペヘイアの地質構造. 第 31 回極域地学シンポジウム(東京), 第 31 回極域地学シンポジウム講演要旨. 2011.11.17.
- 40 大辻奈穂, Satish-Kumar, M., 亀井淳志, 河上哲生, 石川正弘, 土屋範芳, Grantham, G. H., 2011, Apparent age of deposition of meta-carbonate rocks from Sør Rondane Mountains, East Antarctica. 第 31 回極域地学シンポジウム(東京), 第 31 回極域地学シンポジウム講演要旨. 2011.11.17.
- 41 石川正弘, 河上哲生, サティシュ・クマール, ジェフ・グランサム, 土屋範芳. 2011, 東南極セールロンダーネ山地バルヒエン山の地質構造: デタッチメント断層と高速度高密度地殻. 第 31 回極域地学シンポジウム(東京), 第 31 回極域地学シンポジウム講演要旨. 2011.11.17.
- 42 東野文子, 河上哲生, サティシュ・クマール, 土屋範芳, 石川正弘, 牧賢志, ジェフ・グランサム, 平田岳史. 2011, 黒雲母および燐灰石の塩素濃度から制約する地殻内部流体活動 東南極セールロンダーネ山地バルヒエン山の例. 第 31 回極域地学シンポジウム(東京), 第 31 回極域地学シンポジウム講演要旨. 17-K-09. 2011.11.17.
- 43 東野文子, 河上哲生, サティシュ・クマール, 土屋範芳, 石川正弘, ジェフ・グランサム. 2011, 高度変成岩中に残された流体活動の痕跡 黒雲母の塩素濃度とジルコンの産状からの制約. 日本地質学会第 118 年学術大会・日本鉱物科学会 2011 年年会合同学術大会(水戸)講演要旨集(セクション C). p.14. 2011.9.9.
- 44 Kawakami, T., Yuhara, M., Yokoyama, T. D., Maki, K., Osanai, Y., Hirata, T., Kamikubo, H., Charusiri, P. 2011, Mode of occurrence of zircon in metagranites from the Pranburi - Hub Kapong area, Thailand. 日本地球惑星科学連合 2011 年大会(千葉), SCG008-P05. 2011.5.22-27.
- 45 東野文子, 河上哲生, サティシュ・クマール, 土屋範芳, 石川正弘 & ジェフ・グランサム, 2011, 東南極セールロンダーネ山地バルヒエン山に産する泥質片麻岩中の塩素に富む黒雲母とジルコンの産状. 日本地球惑星科学連合 2011 年大会(千葉), 日本地球惑星科学連合 2011 年大会. 2011.5.27.

〔図書〕(計 1 件)

河上哲生, 東野文子, 2013, 希少鉱物に残された海の痕跡, 京都大学総合博物館企画展「海」実行委員会編. 「海は百面相」, 京都通信社, p.30-31. (分担執筆)

〔その他〕

ホームページ等

http://www.kueps.kyoto-u.ac.jp/~web-pet/kawakami_j.htm

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河上 哲生 (KAWAKAMI, Tetsuo)

京都大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号: 70415777