

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 3 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26400513

研究課題名(和文)大陸衝突帯における地殻内流体活動・部分溶融とそれに伴う物質移動の理解

研究課題名(英文) Geofluid activities and partial melting accompanied by mass transfer in continent collision zones

研究代表者

河上 哲生 (Kawakami, Tetsuo)

京都大学・理学研究科・准教授

研究者番号：70415777

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：大陸衝突帯であるヒマラヤの部分溶融していない中～下部地殻では含ホウ素流体活動が広くみとめられ、鉱物化学組成から推定された流体の塩濃度は海水程度であった。一方、約6億年前の衝突帯下部地殻が露出する南極のリュツォ・ホルム湾とセール・ロンダーネ山地では、後退変成期のみならず昇温変成期にも中部～下部地殻で塩素に富む流体活動が起きていたこと、および外部からの含塩素流体の流入に加え、岩石が部分溶融を経験することにより、流体中の塩素濃度が上昇した可能性が高いことがわかった。ヒマラヤと南極にみられた流体組成の違いは部分溶融の有無や程度の違いに起因するかもしれない。

研究成果の概要(英文)：Boron-bearing aqueous fluid activities were commonly recorded in the unmelted metamorphic rocks formed at lower crustal depths in the Himalayas. Salinity estimate of such fluids using mineral compositions such as tourmaline yielded almost equivalent value to sea water. On the other hand, in the Lützow-Holm Bay and Sor Rondane Mountains in Antarctica where lower crustal rocks of ca. 600 Ma collision zone is exposed, Cl-rich fluid activities were detected not during the retrograde metamorphic stage but also during prograde metamorphism at the depth of middle to lower crust. It became clear that in addition to Cl-bearing external fluid infiltration, partial melting played an important role in elevating the Cl concentration in the coexisting fluid. Partial melting can be a potentially important factor controlling the difference of fluid compositions observed in the Himalayas and Antarctica.

研究分野：岩石学

キーワード：地質学 地球化学 地殻流体 大陸地殻 部分溶融 花崗岩形成論 物質循環

1. 研究開始当初の背景

地殻内流体に関する研究は国内では 2013 年度まで新学術領域研究「地殻流体：その実態と沈み込み変動への役割」が実施されており、地球物理学分野との共同でプレート沈み込み帯における地殻内流体活動およびマグマ形成過程・地震発生過程との関係の解明が進んでいる。国外ではそれに先駆けて *Geofluids* 誌が 2001 年に創刊され、各種国際学会でも、物質移動や鉱物の溶解・再沈殿による消長に対し、地殻内流体が果たす物質科学的な役割が重要視され、活発な議論が行われている。しかし、こうした研究は沈み込み帯におけるものが主流であり、大陸衝突帯環境下でのマグマ形成過程や物質循環に対する地殻内流体の役割については解明がはじまったばかりである。そこで本研究では、大陸衝突帯中～下部地殻における物質循環やマグマ形成過程における地殻内流体の役割を理解するため、岩石組織や鉱物化学組成として流体活動の証拠を残しやすい「塩素(Cl)に富む流体」と「ホウ素(B)を含む流体」に注目して研究を進める。

まず、「Cl に富む流体」について述べる。本研究がターゲットとする中～下部地殻の温度圧力条件下(10 kbar, 800 程度)では、CO₂ 流体と(Na,K)Cl-H₂O 流体が不混和領域を持ち、2 相の流体が平衡共存できることが指摘されている(Heinrich et al., 2004)。(Na,K)Cl-H₂O 流体は、様々な鉱物を溶かす強力な能力を持つ(Newton & Manning, 2010)。従ってその活動は、モナズ石やジルコンといった年代測定可能な重要副成分鉱物を含む多くの鉱物の、溶解・再沈殿による消長を引き起こし(Putnis & Austrheim, 2010; Harlov et al. 2011)、結果として、部分熔融なしに多量の物質移動を実現しうる(Aranovich et al. 2013)。しかるに、地殻下部のグラニュライト中で支配的と考えられてきた CO₂ と共存可能なこの種の「Cl に富む流体」は、濡れ角が大きい流体包有物として残りにくい(Watson & Brenan, 1987; Holness, 1997)、水を用いて薄片等の研究試料を加工することが多いため、「Cl に富む流体」の証拠の 1 つであるハライト結晶が存在していても、水に溶出して認識できない(Markl & Bucher, 1998)、などの理由のため、これまで報告例自体が少なく、いつ、どの程度の規模で、どのような場で存在できていたのかさえもわかっていない(Whitney et al. 1996; Van den Berg & Huizenga, 2001)。以上の認識のもと、報告者らは H25 年度までの若手研究(B)により、黒雲母や角閃石、燐灰石といった、共存流体の化学組成を記録する性質を持つ鉱物(Kullerud, 1995)を用い、約 6 億年前の大陸衝突帯の中～下部地殻に相当する、南極セール・ロンダーネ山地(SRM)のグラニュライト地域における Cl に富む流体活動のタイミング(温度-圧力-時間条件; *P-T-t* 条件)と空間的広がりを明らかにした(Higashino et al. 2013)。従来考えら

れていた規模(~4 km; Harlov & Foster, 2002)を上回る、約 200 km に及ぶ空間的広がりを持つことが明らかになったほか、複数段階の Cl に富む流体活動が見つかり、実験的研究では予測できなかった REE 元素の移動が起きている可能性を指摘できたことなど、他地域での一般性を示せば、さらにインパクトのある研究に発展できる見込みを得た。

次に、「B を含む流体」について述べる。B は一般に液相濃集元素として知られ、その挙動を追うことで流体やメルトの挙動を追うことができる(Kawakami, 2001; 2004)。報告者は部分熔融を経た高度泥質変成岩が B に枯渇するプロセスが、全岩 B の大部分を保持する電気石の分解により含 B メルトが形成され、それが上位の岩相に抜け出るためであると論じた(Kawakami, 2001a, b, 2004)。この機構は、高度変成岩中に B 鉱物を欠き、全岩 B に枯渇したリュツォ・ホルム岩体(LHC)や SRM など世界のグラニュライト・ミグマタイト地域に適用可能である。一方、ヒマラヤ山脈のミグマタイト帯やレッサーヒマラヤ(LH)の変成岩は、本研究で取り扱う他の大陸衝突帯と同一深度で形成されたにもかかわらず、最高到達温度が低く、電気石が安定な *P-T* 条件に相当するため、試料中に電気石が安定相として含まれる(Rai & Le Fort, 2002)。特に LH では、電気石のモードが通常の泥質岩の B 含有量では説明困難なほど大きい場合があり、外部からの B 流入を示唆する(河上ほか, 2013)。そのような濃集は、ヒマラヤで最も重要なナップ境界の 1 つである Main Central Thrust (MCT) 上盤側の Higher Himalayan Crystalline (HHC) には見られない。これは、LH と HHC では B を含む流体活動について大きな差異があったことを示唆する。従って、ヒマラヤのような大陸衝突帯では、含 B 流体の活動は重要な現象の 1 つであり、MCT における shear heating が逆転変成作用の熱源である可能性も考え合わせると、ヒマラヤに多産する、B に富む含電気石優白質花崗岩類(Inger & Harris, 1993; Visona & Lombardo, 2002)の形成過程にも、密接に関連している可能性が高い。

2. 研究の目的

大陸衝突帯の露出深度が異なる、複数の変成岩地域における流体活動を比較することで、大陸衝突帯深部から表層付近にかけて、大陸衝突プロセスの中で、どのような組成の流体活動がどのようなタイミングで起きているのか、大陸衝突帯の鉛直方向で、どのような流体活動の組成バリエーションが存在しうるのか、部分熔融と流体活動・組成の関係などを明らかにする。特に、大陸衝突過程の記録媒体である「低度～高度変成岩」の構成鉱物のうち、地殻内流体に濃集する Cl や、部分熔融メルト・流体に濃集する B を含む鉱物に注目し、岩石学・鉱物学・地球化学・年代学など総合的手法を用いて上記～を明らかにする。

3. 研究の方法

大陸衝突帯における含 B 流体の活動は、Cl に富む流体の活動よりも浅所・低変成度側で期待できる。従って、Cl と B の両方に注目して流体活動を追うことで、大陸衝突帯の深部から表層にかけての流体活動の組成変化や時空間的タイミングの変化、珪長質マグマ活動への寄与の有無を制約する。Cl に富む流体に関しては若手(B)の研究を更に発展させ、SRM 以外の大陸衝突帯における Cl に富む流体活動と REE 元素の挙動について調べ、作業仮説「Cl に富む流体活動は、大陸衝突帯の深部(5 kbar 以深)で、変成ピーク後の上昇期に起き、REE を含む物質移動を引き起こしている」の一般性を検証する。

ターゲットとする変成帯は、報告者が既に Cl に富む黒雲母を発見している南極 LHC、含 B 流体の活動が顕著なネパール・ヒマラヤの MCT ゾーンの岩石などとする。これらの地域について、Cl に富む流体活動の P - T - t 条件を決定し、SRM と比較することで、大陸衝突帯における現象の普遍性を検証する。さらに LHC やネパール・ヒマラヤの MCT ゾーンにおける含 B 流体活動の P - T - t 条件を決定することで、部分熔融と含 B 流体活動の前後関係を詳細に制約し、大陸衝突帯における含電気石優白質花崗岩形成機構を提案する。沈み込み帯との比較により、大陸衝突帯の特徴が際立つと考えられるため、三波川帯や領家帯の試料でも、流体の挙動やマグマ形成過程に関連したプロセスを調べる。以上を統合し、Cl・B に注目することによって制約できる大陸衝突帯深部から浅部にかけての流体活動のモデル化を行う。

4. 研究成果

含 B 流体活動： ネパールヒマラヤ・ダンクッタ地域の主中央衝上断層(MCT)下盤側の泥質片岩中に非調和に貫入する、電気石 - 石英脈について詳細に検討した。脈からの距離に応じて変化する壁岩中の鉱物組み合わせと電気石の組成変化を実験的研究と比較し、流入した流体は NaCl に換算すると 1.8-4.7 wt% 相当であったと推定した。さらに、脈とは無関係に電気石が異常に濃集する泥質岩が MCT 下盤側には多産するが、その電気石の組成的特徴が、脈を形成する流体活動起源の電気石に類似していることを見だし、MCT 下盤側の電気石濃集が流体活動起源であることを示した。こうした含 B 流体が、含水ソリダス以上の P - T 条件の MCT 上盤側に流入して部分熔融を引き起こし、含電気石優白質花崗岩類を形成した可能性が高い。

沈み込み帯での含 B 流体活動の例として、三波川変成帯国領川地域の端出場メランジュに産する電気石濃集層を調査した。電気石濃集層は主として変成岩体上昇時に形成されていることが判明した。さらにその電気石を分解するような、カリ長石脈を作るアルカ

リ性の流体の活動が岩体上昇末期にあったことがわかった。

以上の含 B 流体活動に伴ってできる黒雲母には Cl 濃度が高いものはなく、推定される塩濃度も海水程度である。

Cl に富む流体活動： 南極 LHC スカレビックハルセンから採取された Cl に富む黒雲母を含むザクロ石-珪線石片麻岩の起源について、ザクロ石の REE パターン測定やザクロ石の同位体マッピング、およびジルコンの U-Pb 年代測定を行った。その結果、藍晶石グレードの変成作用を 2 回経験した複変成岩であることを明らかにし、2 つの年代ピークを示すモナズ石の再結晶化には、約 580Ma 頃に 11 kbar 以深・850 程度で起きた変成作用のピーク条件下での塩水活動と部分熔融が関与していた可能性を指摘した。そのときの塩水活動によるモナズ石分解に伴い、LREE 元素が移動しやすい環境が生じた可能性が高い。さらに同地域から、NaCl に富むスカポライト脈を見だし、後退変成期にも塩濃度が高い流体の流入があった可能性を示した。

南極 SRM パーレバンデの Cl に富む流体の流入時期について分析と考察を深めた。泥質片麻岩の P - T 履歴と微細組織形成過程の詳細な検討に基づき、昇温変成期に Cl に富む流体の流入があり、部分熔融の進行に伴い共存流体中の Cl 濃度が上昇した可能性が高いことがわかった。また、同山地における他の Cl 流体活動も考慮し、数千万年にわたる大陸衝突によって起きた複数の変成作用の様々な段階で、Cl に富む流体の流入が繰り返し起きたことや、その活動が大規模なテクトニック境界の下盤側に集中していたことを明らかにした。南極の上記 2 箇所における結果の類似性から、中部～下部地殻における Cl に富む流体活動は、後退変成期だけではなく、昇温変成期にも起きており、外部からの Cl に富む流体流入に加え、部分熔融の寄与により、共存流体中の Cl 濃度が上昇した可能性が高いことがわかった。Cl に富む流体活動は衝突帯深部 5-11 kbar 相当の比較的広い深度にわたってみられた。

ヒマラヤの含 B 流体活動が認められた深度は南極 LHC や SRM と大きく異なることから、当初予想とは異なり、ヒマラヤと南極の間でみられる流体組成の違いは変成温度や深度による違いではなさそうである。ヒマラヤの含 B 流体活動が活発な地域では部分熔融が起きておらず、南極の 2 地域では部分熔融が起きていることから、母岩および周囲の岩石中での部分熔融の有無や程度の違いが、ヒマラヤと南極 2 地域間の流体組成の違いをもたらしたファクターであるかもしれない。

ジルコンおよびモナズ石年代の意味： 領家帯における花崗岩類・変成岩類ジルコン年代測定を系統的に実施し、既存の CHIME モナズ石年代測定と比較した。領家帯三河高原地域に露出する、片麻状構造をもつ花崗岩類の

U-Pb ジルコン年代測定を行い、片麻状花崗岩が必ずしも広域変成岩と近い年代を持つわけではないことがわかった。また花崗岩から放出される流体の影響でモナズ石が溶解 - 再沈殿により再結晶し年代が若返るなどしたため、従来の CHIME モナズ石年代測定では、正しい花崗岩の貫入年代が得られていなかったことが明らかとなった。従って、流体活動の年代を決定するにはモナズ石とジルコンの流体に対する挙動の違いを慎重に考慮する必要があることがわかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 7 件)

1. Tsubokawa, Y., Ishikawa, M., Kawakami, T., Hokada, T., Satish-Kumar, M., Tsuchiya, N., Grantham, G.H., 2017, Prograde garnet zoning in a metapelite from Meffjell, Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *JMPS*, 112, 77-87. <http://doi.org/10.2465/jmps.160919>
2. Kawakami, T., Higashino, F., Skrzypek, E., Grantham, G.H., Satish-Kumar, M., Tsuchiya, N., Ishikawa, M., Sakata, S., Hirata, T. 2017, Prograde infiltration of Cl-rich fluid into the granulitic continental crust from a collision zone in East Antarctica (Perlebandet, Sør Rondane Mountains). *Lithos*, 274-275, 73-92. <http://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.12.028>
3. Skrzypek, E., Bosse, V., Kawakami, T., Martelat, J.-E., Štípská, P. 2017, Transient allanite replacement and prograde to retrograde monazite (re)crystallization in medium-grade metasedimentary rocks from the Orlica-Śnieżnik Dome (Czech Republic/Poland): textural and geochronological arguments. *Chemical Geology*, 449, 41-57. <http://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2016.11.033>
4. Skrzypek, E., Kawakami, T., Hirajima, T., Sakata, S., Hirata, T., Ikeda, T. 2016, Revisiting the high temperature metamorphic field gradient of the Ryoke Belt (SW Japan): new constraints from the Iwakuni-Yanai area. *Lithos*, 260, 9-27. <http://doi.org/10.1016/j.lithos.2016.04.025>
5. Kawakami, T., Hokada, T., Sakata, S. & Hirata, T. 2016, Possible polymetamorphism and brine infiltration recorded in the garnet-sillimanite gneiss, Skallevikshalsen, Lützow-Holm Complex, East Antarctica. *JMPS*, 111,130-144. <http://doi.org/10.2465/jmps.150812>
6. Otsuji, N., Satish-Kumar, M., Kamei, A., Takazawa, E., Tsuchiya, N., Grantham, G. H., Kawakami, T., Ishikawa, M., Osanai, Y., 2016, Sr and Nd Isotopic evidence in metacarbonate rocks for an extinct Island arc - ocean system in East Antarctica. *JMPS*, 111, 170-180. <http://doi.org/10.2465/jmps.151029a>
7. Higashino, F., Kawakami, T., Tsuchiya, N., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Grantham, G., Sakata, S., Hattori, K., Hirata, T. 2015,

Geochemical behavior of zirconium during Cl-rich fluid or melt infiltration under upper amphibolite facies metamorphism – A case study from Brattnipene, Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *JMPS*, 110, 166-178. <http://doi.org/10.2465/jmps.150220>

〔学会発表〕(計 42 件)

1. Higashino, F., Kawakami, T., Tsuchiya, N., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Grantham, G.H., Sakata, S., Hirata, T. 2017, Short-lived brine infiltration during upper amphibolite facies metamorphism in the continental collision zone. EGU2017-3741, Vienna, 2017.4.25.
2. Kawakami, T., Higashino, F., Skrzypek, E., Grantham, G.H., Satish-Kumar, M., Tsuchiya, N., Ishikawa, M., Sakata, S., Hirata, T. 2016, Pressure-temperature-time path and timing of Cl-bearing fluid infiltration to the upper -amphibolite to granulite facies metamorphic rocks at Perlebandet, Sør Rondane Mountains, East Antarctica. IGC2016, Capetown, 2016.8.27-9.4.
3. Higashino, F., Kawakami, T., Tsuchiya, N., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Grantham, G.H., Sakata, S., Hattori, K., Hirata, T. 2016, Geochemical behaviour of Zr around a metasomatic vein and possible brine infiltration under upper amphibolite facies conditions. IGC2016, Capetown, 2016.8.27-9.4.
4. Kawakami, T., Hokada, T., Sakata, S., Hirata, T. 2016, Possible polymetamorphism and brine infiltration recorded in the garnet-sillimanite gneiss, Skallevikshalsen, East Antarctica. Goldschmidt 2016, Yokohama. 2016.6.28.
5. Higashino, F., Kawakami, T., Tsuchiya, N., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Grantham, G.H., Sakata, S., Hattori, K., Hirata, T. 2016, Geochemical Zr Behaviour in the Deep Crust Around Metasomatic Vein Composed of Cl-Rich Hbl and Grt, Goldschmidt 2016, Yokohama. 2016.6.27.
6. Skrzypek, E., Kawakami, T., Kato, T. 2016, Monazite Ages in the HT Ryoke Belt (SW Japan): Cooling Ages? Goldschmidt 2016, Yokohama. 2016.6.28.
7. Kawakami, T., Horie, K., Hokada, T., Hattori, K., Hirata, T., 2015, Duration of low-*P/T* type metamorphism and zircon/garnet REE partitioning in migmatites from the Ryoke metamorphic belt, Japan. Goldschmidt 2015, 1536. Prague, 16-21 August, 2015.
8. Higashino, F., Kawakami, T., Tsuchiya, N., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Grantham, G.H., 2015, Mass transfer by brine infiltration under upper amphibolite facies conditions. Goldschmidt 2015, Prague, 16-21 August, 2015.
9. Kawakami, T., Horie, K., Hokada, T., Hattori, K., Hirata, T., 2015, Estimating the

- duration of low-*P/T* type metamorphism by SHIRMP zircon dating, Aoyama area, Ryoke metamorphic belt, Japan. International Colloquium on Metamorphic Evolution and Asian Continental Growth, Fukuoka, 2015.2.14.
10. Higashino, F., Kawakami, T., Tsuchiya, N., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Grantham, G.H., 2015, Garnet-hornblende vein formation and mass transfer by brine infiltration during upper amphibolite facies metamorphism: A case study from Brattnipene, Sør Rondane Mountains, East Antarctica. International Colloquium on Metamorphic Evolution and Asian Continental Growth, Fukuoka, 2015.2.14.
11. Kawakami, T., Higashino, F., Skrzypek, E., Satish-Kumar, M., Grantham, G., Tsuchiya, N., Ishikawa, M., Sakata, S., Hirata, T. 2016, Prograde Cl-rich fluid infiltration to the middle crust of the continental collision setting - An example from Perlebandet, Sør Rondane Mountains, East Antarctica. 第7回極域科学シンポジウム, 2016.11.29. 立川.
12. Higashino, F., Kawakami, T., Tsuchiya, N., Satish-Kumar, M., Ishikawa, M., Grantham, G.H., Sakata, S., Hirata, T. 2016, High-temperature metamorphism and fluid behavior in the Sor Rondane Mountains, East Antarctica -constraints from trace element compositions of garnet and zircon, 第7回極域科学シンポジウム, 2016.11.29. 立川.
13. Takatsuka, K., Kawakami, T., Skrzypek, E., Sakata, S. 2016, U-Pb zircon ages obtained from the Kiyosaki granodiorite and the Mitsuhashi granodiorite in the Mikawa area, Ryoke belt, SW Japan. 第7回極域科学シンポジウム, 2016.11.29. 立川.
14. 石山悠和, 河上哲生, 平島崇男. 2016. 三波川変成帯別子地域「端出場メランジュ帯」に記録された高圧変成岩上昇時の岩石-水相互作用. 日本鉱物科学会 2016 年年会, 金沢. 2016.9.23-25.
15. 高塚紘太, 河上哲生, スクリペク エティエン, 坂田周平, 大林秀行, 平田岳史. 2016, 領家帯三河地域に産する新期領家花崗岩に見られる U-Pb ギルコン年代と CHIME モナズ石年代の不一致. 日本地質学会第 123 年学術大会, 東京, 2016.9.10-12.
16. 河上哲生, 東野文子, エティエン スクリペク, サティシュ・クマール, ジェフリー・グランサム, 土屋範芳, 石川正弘, 坂田周平, 平田岳史. 2016, 東南極セール・ロンダーネ山地パーレバンデにおける大陸衝突帯中～下部地殻への塩素に富む流体流入のタイミング. 日本地質学会第 123 年学術大会, 東京, 2016.9.10-12.
17. Skrzypek, E., Kawakami, T., Sakata, S., Hattori, K., Hirata, T. 2016, Discrepancy between U-Pb zircon and monazite dates in granitoids from the Ryoke Belt (Iwakuni-Yanai area, SW Japan). 日本地質学会第 123 年学術大会, 東京, 2016.9.10-12.
18. 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, グランサム・ジェフ, 坂田周平, 平田岳史. 2016, ザクロ石とジルコンの微量元素組成から制約する高温変成作用と流体の挙動: 東南極セール・ロンダーネ山地の例. 日本地質学会第 123 年学術大会, 東京, 2016.9.10-12.
19. 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, ジェフリー・グランサム, 坂田周平, 平田岳史. 2016, 角閃岩相高温部における塩素に富む鉱物を含む脈周辺の組織形成過程の検討. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会. 幕張, SMP43. 2016.5.25.
20. 高塚紘太, 河上哲生, Skrzypek Etienne, 坂田周平, 平田岳史. 2016, 領家帯三河地域の片麻状花崗岩類から得られた広域変成作用よりも若い U-Pb ギルコン年代. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会. 幕張, SMP43. 2016.5.25.
21. Kawakami, T., Hokada, T., Sakata, S., Hirata, T. 2016, Possible polymetamorphism and brine infiltration recorded in the garnet-sillimanite gneiss, Skallevikshalsen, East Antarctica. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会. 幕張, SMP43. 2016.5.25.
22. 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, ジェフリー・グランサム, 坂田周平, 平田岳史. 2015, 角閃岩相高温部で見られる塩水活動に伴う鉱物組成変化プロセス. 日本鉱物科学会 2015 年年会, 東京. 2015.9.25-27.
23. 高塚紘太, 河上哲生, Skrzypek Etienne, 坂田周平, 平田岳史. 2015, 愛知県御油地域に産する領家花崗岩類の U-Pb ギルコン年代. 日本鉱物科学会 2015 年年会, 東京. 2015.9.25-27.
24. 河上哲生, 酒井治孝, 佐藤活志, 2015, ネパールヒマラヤ、ダククタ地域 MCT 下盤側における変成同時の流体活動に伴って形成された電気石の組成的特徴. 日本鉱物科学会 2015 年年会, 東京. 2015.9.25-27.
25. Skrzypek, E., Kawakami, T., Hirata, T., Sakata, S., Ikeda, T., Kato, T., 2015, New constraints on the tectono-thermal history of the Ryoke Belt (Iwakuni-Yanai area, Yamaguchi Prefecture). 日本地質学会第 122 年学術大会, 長野, 2015.9.11-13.
26. 河上哲生, 外田智千, 坂田周平, 2015, 東南極スカレビックハルセン産ザクロ石-珪線石片麻岩の複変成の可能性と塩素に富む黒雲母の意義. 日本地質学会第 122 年学術大会, 長野, 2015.9.11-13.
27. 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, ジェフリー・グランサム, 2015, 東南極セール・ロンダーネ山地プラットニーパネで見られるザクロ石 角閃石脈の形成と物質移動. 日本地質学会第 122 年学術大会, 長野, 2015.9.11-9.13.

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, ジェフリー・グランサム, 2015, 角閃岩相高温部における塩水流入に伴うザクロ石-角閃石脈の形成と物質移動. 日本地球惑星科学連合 2015 年大会. 幕張, SMP43-09. 2015.5.24.
29. 河上哲生, 酒井治孝, 佐藤活志, 2015, ネパール東部ダンクッタ地域 MCT ゾーンにおける H₂O 流体活動とヒマラヤ優白質花崗岩形成に対する役割. 日本地球惑星科学連合 2015 年大会. 幕張, 2015.5.24.
30. Kawakami, T., Horie, K., Hokada, T., Hattori, K., Hirata, T., 2015, Duration of low-P/T type metamorphism and zircon/garnet REE partitioning in migmatites, Ryoke metamorphic belt, Japan. 日本地球惑星科学連合 2015 年大会. 幕張, 2015.5.27.
31. 河上哲生, 東野文子, ジェフリー・グランサム, 石川正弘, 土屋範芳, サティシュ・クマール, 坂田周平, エティエン・スクリペク, 平田岳史, 高塚紘太, 2014, 東南極セール・ロンダーネ山地パーレバンデにおける塩素に富む H₂O 流体活動のタイミング. 第 5 回極域科学シンポジウム, 2014.12.2. 立川.
32. 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, ジェフリー・グランサム, 坂田周平, 平田岳史, 2014, 角閃岩相高温部における高濃度塩水流入に伴う物質移動. 第 5 回極域科学シンポジウム, 2014.12.2. 立川.
33. Skrzypek Etienne, 河上哲生, 天野早織. 2014, Role of granitoids in the metamorphic evolution of the Ryoke Belt (Iwakuni-Yanai area, SW Japan). 日本鉱物科学会 2014 年年会, 熊本. R6-P03, 2014.9.17-19.
34. 河上哲生, 堀江憲路, 外田智千, 谷健一郎. 2014, 領家変成帯青山高原地域ミグマタイト帯のジルコンの SHRIMP U-Pb 年代. 日本鉱物科学会 2014 年年会, 熊本. R8-09, 2014.9.17-19.
35. 天野早織, 河上哲生, 2014, 領家変成岩中の広域変成および接触変成起源の紅柱石と珪線石の識別. 日本鉱物科学会 2014 年年会, 熊本. R8-P15, 2014.9.17-19.
36. 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, ジェフリー・グランサム. 2014, 大陸衝突帯で見られる高濃度塩水活動に伴う物質移動. 日本鉱物科学会 2014 年年会, 熊本. S2-P01, 2014.9.17-19.
37. 河上哲生, 酒井治孝, 佐藤活志. 2014, ネパールヒマラヤ、ダンクッタ地域 MCT ゾーンにおける変成同時の H₂O 流体流入と含電気石優白質花崗岩の成因論. 日本地質学会第 121 年学術大会, 鹿児島, 2014.9.13-9.15.
38. 天野早織, 河上哲生, 2014, 領家変成岩中に存在する流体起源の珪線石の多様な産状. 日本地質学会第 121 年学術大会, 鹿児島, 2014.9.13-9.15.
39. 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, ジェフリー・グランサム. 2014, 複数段階の濃い塩水活動の意義 - 東南極セール・ロンダーネ山地プラットフォームの例. 日本地質学会第 121 年学術大会, 鹿児島, 2014.9.13-9.15.

40. 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.

41. 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, 横浜, 2014.4.28.

42. 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, ジェフリー・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, 横浜, 2014.4.28.

〔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

(3) 連携研究者

三宅 亮 (MIYAKE, Akira)
京都大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号: 10324609

(4) 研究協力者

東野 文子 (HIGASHINO, Fumiko)
東北大学・大学院環境科学研究科・学振 PD
研究者番号: なし

平田 岳史 (HIRATA, Takafumi)
東京大学・大学院理学系研究科・教授
研究者番号: 10251612

平島 崇男 (HIRAJIMA, Takao)
京都大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 90181156

伊藤 正一 (ITO, Shoichi)
京都大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号: 60397023