

様式 C - 19

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009 ～ 2011

課題番号：21340158

研究課題名（和文） 上部マントルの化学進化：欧州の主要かんらん岩体の温度・圧力履歴からの制約

研究課題名（英文） Chemical evolution of the upper mantle: Constraints from pressure temperature history of the major European peridotite bodies.

研究代表者

小澤 一仁 (OZAWA KAZUHITO)

東京大学・大学院理学系研究科・教授

研究者番号：90160853

研究成果の概要（和文）：

上部マントルの化学進化過程を理解するために、マントル物質の温度・圧力経路・履歴を探ることを目的とし、フランス・ピレネー山脈のかんらん岩体、スペインの Ronda 岩体、イタリアの Lanzo 岩体において野外調査と岩石採取、EPMA、EBSD などによる分析・解析を行い、既に研究されている北海道幌満かんらん岩体と比較することで、マントルかんらん岩上昇経路や上昇前の状態等に関する多様性を把握した上で、それぞれ特徴的な温度・圧力履歴を支配しているリソスフェアとアセノスフェアの熱・力学的相互作用やそのテクトニック環境を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

In order to understand the chemical evolution of the upper mantle, we have examined ascent history of orogenic mantle bodies occurring in Europe: peridotite masses in Pyrénées, Ronda ultramafic complex, and Lanzo ultramafic complex. We conducted field survey in the three ultramafic bodies and collected many samples, on which thin section observation, EPMA analysis, and SEM/EBSD analysis were made. We estimated decompressional histories of these ultramafic bodies including the initial condition. The results were compared with our data on the Horoman ultramafic complex, Hokkaido. There is a wide variation in ascent history of lithospheric mantle, each of which corresponds to dynamics of thermal and mechanical interaction of lithospheric and asthenospheric mantle.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	6,700,000	2,010,000	8,710,000
2010年度	5,700,000	1,710,000	7,410,000
2011年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
年度			
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

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：地殻・マントル・核

1. 研究開始当初の背景

マントルは地殻を形成するマグマの生成（マントルの枯渇化）と地殻物質の消滅（マントルの再肥沃化）が行われる場として地球の進化において重要な役割を果たしてきた。高度変成岩中に産する輝石に富み始源的マントル組成に近いレルズライト（造山帯レルズライト）を主体とするマントルかんらん岩体は、出発物質を特定した上でマントルの化学進化を研究できる優れた対象であると考えられ多くの研究が行われてきた（Bodinier & Godard, 2005; Treatise on Geochemistry, Vol.2）。マントル物質としては、アルカリ玄武岩やキンバーライト等の包有物と現在および過去の中央海嶺・背弧海盆拡大軸の最上部マントル断面（オフィオライト）等がある。包有物は、数百キロメートルの深度に及ぶ幅広い条件のマントルサンプリングを可能とするが、その情報は時空的に非常に断片的である。オフィオライトは、数百キロメートルの水平スケールにもおよぶ最上部マントルの観察を可能とするが、多くは海洋地殻形成の際に大量に融解・メルト分離するために記録されていた古い過去の記録はほとんど消滅してしまう。これらに対し、造山帯レルズライトは、地殻への上昇に際してほとんど融解を経験しなかったか、あるいは経験してもメルト分離がほとんどおきなかったためマントルが経験した長い履歴を空間変化として記録しており、地球のマントルの起源とその進化を探る上で非常に重要な物質であると考えられてきたわけである。北海道日高変成帯に産する幌満かんらん岩体はその一つの例であり、約8億年まで遡るマグマ活動史を持ち（Yoshikawa & Nakamura, 2000, *J. Geophys. Res.*, 105, 2879-2901）、約2000万年前に地殻に上昇する際にその一部が加熱し融解を経験したがメルト分離等、開放的過程はほとんどおきていない（Yoshikawa et al., 1993, *Japan. J. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, 88, 121-130; Ozawa & Takahashi, 1995, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 120, 223-248; Ozawa, 1997, *Mem. Geol. Soc. Japan*, 47, 107-122; Ozawa, 2004, *J. Petrol.*, 45, 253-273）。一方、「レルズライト」のタイプロカリティでもあるピレネー山脈のレルズかんらん岩体の最近の研究によって、レルズライトは始源的マントルではなく、融解とメルト分離を経験したマントルが玄武岩質メルトの流入により再肥沃化したものであり（Le Roux et al., 2007, *EPSL*, 259, 599-612）、肥沃化は大規模なマントルの流動に伴ったアセノスフェアに由来するメルトとの相互作用による（Le Roux et al., 2008, *EPSL*, 274, 401-413）というモデルが提唱されている。Le Roux et al. (2007) は、造山帯のほとんどのレルズライトは始源的ではな

く、二次的な肥沃化を経験したマントルであると主張している。この考えの真偽は、マントル物質の起源と進化の理解において決定的に重要であり、なんらかの方法で検証されなければならない。

2. 研究の目的

上述した上部マントル再肥沃化仮説の有力な検証方法の一つは、枯渇化や再肥沃化を含め、それぞれのマグマ活動年代を放射性同位によって正確に推定することである。これは、肥沃化過程に象徴される開放系を取り扱う必要があるために非常に困難である（Le Roux et al., 2007）。もう一つの有効な方法が、かんらん岩体の温度・圧力履歴の定量的解析である。幌満かんらん岩体に関する一連の研究（Ozawa & Takahashi, 1995; Ozawa 1997; Ozawa, 2004; Odashima et al., 2008, *Japan. J. Mineral. Petrol. Sci.*, 103, 1-15; 上條他, 2008, 月刊地球, 30, 78-85）は、かんらん岩構成鉱物の化学組成・組織から、マントルの変形流動を伴った減圧やマグマの存在によるマントルの加熱を読み解くことが可能であることを示している。高温のアセノスフェア由来メルトによる再肥沃化が起きれば、それに伴う温度・圧力・変形の変遷は構成鉱物に重複記録される。その記録から変形・マグマ活動・温度・圧力履歴の重ね合わせを解きほぐすことで、再肥沃化の真偽を検証できるはずである。本研究は、この検証をヨーロッパの主要レルズライト岩体について行い、幌満岩体を加えて比較することで、始源的マントルを絞り込み、マントルの進化の理解を深めることを目的とする。研究対象は、スペインのロンダ岩体、フランスのピレネー山脈のレルズ岩体、イタリア西アルプスのランゾ岩体である。これらの岩体は、それぞれ特徴的なマグマ活動・変形史を持ち、これらに幌満かんらん岩体を加えることで、上部マントルを構成するレルズライト質かんらん岩のグローバルな多様性を網羅している。そうした多様性の一つである温度・圧力履歴を明確にして比較検討することで、本研究の目的を達成することをめざした。

3. 研究の方法

本研究では、まず、スペインのロンダかんらん岩体、フランスのレルズかんらん岩体、イタリアのランゾかんらん岩体の地質調査を行い試料採集した。この調査は、2年間かけて実施し、1年目にロンダ岩体とピレネー山脈の岩体の調査・試料採集を行い、3年目にランゾ岩体の調査・試料採集を行った。試料採集は周辺の地質構造の背景も踏まえて行い、変形と温度・圧力履歴の関係が重要なポイントとなるので、全て定方位サンプルとした。次に、薄片作成、EPMAによる鉱物の累

帯構造・組成定量分析、FE-SEM/EBSD システムによる輝石とクロムスピネルの微細構造の観察を行った。温度・圧力履歴を制約する主要な情報は、EPMA によって測定する鉱物累帯構造と化学組成であるが、輝石とスピネルについては、より低温の温度変化と変形情報を記録しているミクロンスケール以下の超微細構造を読み解くために FE-SEM/EBSD システムを用いる。こうして得られた鉱物学的情報に基づいて、温度・圧力履歴の解析と解析結果に基づく上昇メカニズムの推定、地球化学・変形情報との連結とかんらん岩の起源とその改変過程について検討を行った。

4. 研究成果

本研究では、ヨーロッパの主要な 3 つのマントルかんらん岩体を対象として、マントル物質の温度・圧力経路・履歴を探ることを第一の目的としている。当初の計画通りフランス・ピレネー山脈のかんらん岩体、スペインの Ronda 岩体、イタリアの Lanzo 岩体において調査を実施し、有用な野外情報とそれに対応する貴重な岩石試料を多く（総量 800kg）持ち帰ることができた。これらのサンプルについて EPMA や EBSD などによる解析もかなり進み、既に詳細な研究がなされている北海道幌満かんらん岩体との比較によってマントルかんらん岩上昇経路の多様性を明らかにすることができた。

平成 21 年度には、フランス・ピレネー山脈の Lherz 岩体とスペインの Ronda 岩体の調査および試料採集を 10 月 13 日～11 月 4 日にかけて研究協力者の Jean-Louis Bodinier と Carlos Garrido の協力を得て実施した。平成 23 年度には、予定より 1 年遅れであったが、研究協力者の Jean-Louis Bodinier と Carlos Garrido に Françoise Boudier の協力も得て、フランス・ピレネー山脈西部のかんらん岩体とイタリアの Lanzo かんらん岩体の調査を、2011 年 9 月 25 日から 10 月 12 日まで実施した。

Lherz 岩体の試料について薄片作成、EPMA や FE-SEM/EBSD 分析を進め、以下のような発見をしている。(1) Lherz のスピネル輝岩中にスピネルと他の鉱物との粒界に普遍的に発達する斜長石を見出し、明確な減圧の証拠を得た。(2) 輝石のサイズや岩石種にかかわらず、Al と Ca の累帯構造は一方向的な冷却を示している。(3) スピネル輝岩中の 1 センチメートル級の斜方輝石は、中心領域に厚い斜方輝石のラメラ、周辺部に薄いラメラがあり、少なくとも 2 段階の冷却ステージがあることが判明した。これらは、以下に述べるようにざくろ石輝岩中の斜方輝石に認められる W 字型の Al の累帯構造から、初期の等圧冷却と引き続いておきた等温冷却に対応すると考えられる。

ピレネー山脈東部から中部のかんらん岩体のかんらん岩と輝岩の EPMA, FE-SEM/EBSD の分析解析結果から以下の事が明らかとなった。(1) 東部に位置する Bestiac 岩体は、輝岩周辺のみにかんらん石-ざくろ石の組み合わせが存在し、かんらん石と直接接するざくろ石は全てスピネル-輝石シンプレクタイトに分解している。輝岩中のざくろ石に接する斜方輝石の巨晶は中心では Al が高く、縁に向かって一旦低下した後に、ざくろ石に向かって Al が明瞭に増加する W 字型の変化を示すが、かんらん岩中ではシンプレクタイトに向かう斜方輝石中の Al の増加は顕著でない。このことと Ca の累帯構造から、Bestiac はざくろ石-かんらん石安定領域の低圧部で等圧冷却後に、等温減圧に近い経路を辿って上昇した。(2) 斜方輝石の内部にある低角境界に Al の濃集が認められ、その微細構造から上昇に伴って輝岩が変形流動していたことがわかった。

Ronda 岩体北部に分布するざくろ石を含むかんらん岩とその中に介在している苦鉄質岩の詳細な元素マッピングと定量分析の結果、以下のような事が明らかとなった。(1) 先行研究では、野外の産状などから Ronda かんらん岩体のざくろ石かんらん岩は、もともとざくろ石輝岩とざくろ石を含まないかんらん岩で構成されていたが、ざくろ石とかんらん石が共存可能な温度圧力条件下で強い変形流動に伴う機械的混合作用を被って形成されたと考えられていた。しかし、その混合のタイミングについては、不明であった。今回、1cm 以下のざくろ石輝岩の Cr が周囲のかんらん岩との接触面から減少する傾向にあり、またその減少パターンは場合によってひどく非対称であること、輝石に取り囲まれたざくろ石の Cr 含有量が低い傾向があること、ざくろ石は周囲から輝石-スピネルの集合体に分解しつつあり、かんらん岩中に孤立しているものは Cr 濃度が高いこと、一般にざくろ石の中心から縁に向かって Cr が増加する傾向があることがわかった。これらの事実は、混合過程がざくろ石-かんらん石安定領域から上昇減圧するタイミングで輝岩の脆性破壊とざくろ石のかんらん岩への混合が起きたことを示している。(2) 輝岩中では、ざくろ石あるいはその分解生成物である輝石-スピネル集合体と接触する斜方輝石は Al 含有量がざくろ石に向かってわずかに増加するが、かんらん岩中に孤立する斜方輝石は縁に向かって一方的に Al が減少する。両者共に、Ca は中心から縁に向かって減少している。以上の事から、(1) の上昇過程は、一方的に冷却を伴っていたことが判明した。

北海道の幌満かんらん岩体、フランス・ピレネー山脈のかんらん岩体、スペイン Ronda かんらん岩体のざくろ石およびその分解生

成物を含む輝岩、かんらん岩中の輝石の累帯構造は、これまでの研究と本研究に基づいて以下のようにまとめられる。

幌満かんらん岩体では、かんらん岩にざくろ石分解物が存在し、バルク組成に依存して、輝石・スピネル集合体(枯渇岩相)または、かんらん石・斜長石集合体(肥沃岩相)に分解している。輝岩類のざくろ石は低圧鉱物(かんらん石・斜長石集合体)に完全に分解している。かんらん岩中の輝石・スピネル集合体(シンプレクタイト)は全ての相がトポタキシーを示している。斜方輝石のAlは顕著なM字形累帯構造が発達し、Caも明瞭なM字形の累帯構造を示す。

ピレネー山脈のかんらん岩体では、かんらん岩にはざくろ石やその分解物は存在せず、輝岩周辺のかんらん岩中のみ存在している(Bestia)か、ざくろ石輝岩の周縁部の粗粒なスピネル・ウェブステライトの内側に存在する(Lherz)。輝岩中のざくろ石は部分的に分解に止まっているざくろ石がかなり良く残っている。輝岩周辺のかんらん岩中では完全に輝石スピネルシンプレクタイトに分解している。ざくろ石輝岩中の斜方輝石は顕著なU-W字形のAl累帯構造を示すが、かんらん岩中の斜方輝石は、ざくろ石かんらん岩の周辺のもののみ弱いW字形のAl累帯構造を示す。Caは縁に向かって減少する。ざくろ石輝岩中の単斜輝石は斜方輝石よりもさらに顕著なW字形のAlの累帯構造を示し、Caは中心から縁に向かって一方的に増加している。

Ronda かんらん岩と輝岩中に部分的に分解したざくろ石が存在している。ざくろ石を含む輝岩はスピネル・上部ステライトを挟まずに直接かんらん岩に接している。かんらん岩中では、一部が輝石・スピネルシンプレクタイトに部分的に分解しているものの、一部のざくろ石はかんらん石に反応帯を挟まずに直接接している。一方、輝岩中では斜長石・スピネル・斜方輝石シンプレクタイトに完全～部分的に分解している。輝石・スピネルシンプレクタイトはスピネルと輝石の間にトポタキシーの関係がない。Rondaのざくろ石輝岩中の斜方輝石は縁に向かってAlが増加する弱いU-W字形の累帯構造を示す傾向があり、かんらん岩中の斜方輝石ではAlは輝岩周辺でもほとんど増加せず、Caは縁に向かって一方的に減少する。

ざくろ石の分解程度は、上昇パスの温度の違いを反映している。ざくろ石が全ての岩相においても完全に分解して低圧鉱物に変化している場合は、最も高温の上昇経路を示している。一方、ざくろ石がかんらん岩相では完全に分解しているが輝岩相中では部分的分解に留まっている場合は、中程度の温度経路を示している。また、ざくろ石がかんらん

岩中に反応帯に取り囲まれるないしは直接かんらん石と接して産し、輝岩中にもざくろ石が残っている場合には、最も低温の上昇経路を示している。このことから、幌満、ピレネー、Rondaの順に上昇経路が低温になっていることがわかる。

Obata & Ozawa (2011)が明らかにしたように高温経路を辿って上昇した場合には、輝石・スピネルシンプレクタイトは全ての集合体構成鉱物間に完全なトポタキシーが成立しているのに対し、低温で上昇した場合には、輝石間にはトポタキシーが成り立っているが、輝石とスピネルの間には不完全なトポタキシーかまったくトポタキシーの関係はない。このことから、幌満は高温の上昇経路をRondaは低温の上昇経路を辿ったことがわかり、上述のざくろ石の分解程度と調和的な結果となる。

ざくろ石輝岩が粗粒のスピネル・ウェブステライトを挟んでかんらん岩と直接接する場合には、マグマから輝岩が形成された条件がざくろ石かんらん岩相より低圧側にあり、固結冷却過程でもざくろ石安定領域を通過しなかった事を示している。一方、ざくろ石輝岩がかんらん岩とスピネル・ウェブステライトを挟まずに直接かんらん岩に接する場合には、マグマからの輝岩の形成圧力がざくろ石かんらん岩相にあったか、一旦はざくろ石かんらん岩相より低圧で形成されたものがざくろ石かんらん岩相に持ち込まれ相転移を経験したもののいずれかである事を示している。以上のことから、ピレネー山脈のかんらん岩中に発達する輝岩類は、ざくろ石かんらん岩相とスピネルかんらん岩相の境界およびそれよりも低圧側でマグマがマントルかんらん岩中の割れ目をうめて形成されその後の冷却においては、ざくろ石かんらん岩相に長期間留まらなかったものと考えられる。

かんらん岩中の斜方輝石のAlとCaの累帯構造パターンがM字形である場合には、ざくろ石かんらん岩相を断熱的に上昇し、ざくろ石かんらん岩相およびスピネルかんらん岩相で温度上昇を経験し、その後ゆっくりと冷却に向かった温度・圧力経路が示唆される。ただし、上記の累帯構造は十分に巨大な斜方輝石の場合であって、粒径が小さい斜方輝石では、中心から縁に向かって一方的にAlとCaが減少する累帯構造になる。かんらん岩中の斜方輝石のAlの累帯構造がざくろ石が共存するにもかかわらず、中心から縁に向かって一方的にAlもCaも減少する場合には、ざくろ石かんらん岩相中をAlの等温線を切るようにして冷却しながら上昇したことが示唆される。

ざくろ石かんらん岩相より低圧のスピネルかんらん岩相において、かんらん岩中の斜

方輝石の Al の含有量の圧力依存性が非常に弱いために、スピネルかんらん岩相の温度圧力経路推定をかんらん岩によって行うのは困難である。一方、ざくろ石輝岩中の輝石中の Al 組成は、この圧力範囲でも圧力依存性を持ち、さらに低圧では斜長石の形成による異なる圧力依存性を持っているため、ざくろ石輝岩は中圧領域の温度圧力経路推定するためには非常に有効な岩石である。

ざくろ石輝岩中の輝石が W 字形の Al 累帯構造を示し、斜方輝石は Ca が中心から縁に向かって減少し、単斜輝石の Ca が増加する場合には、ざくろ石かんらん岩相—スピネルかんらん岩相の高圧側において、あまり圧力が変化することなく冷却し、引き続いて冷却しつつ減圧に転じたことを示唆している。

以上の結果から、幌満かんらん岩体は、最も高温の上昇経路を取り、それは断熱—加熱上昇を経験したと結論される。また、幌満では斜方輝石の中心部に Al の高まりがないことから上昇前は十分に熱的緩和状態にあったと考えられる。冷却は斜長石かんらん岩相まで断熱上昇した後急激に起きた。ピレネーのかんらん岩体は中温の上昇経路を取り、ザクロ石・スピネルかんらん岩相境界で高温から等圧冷却後、熱的緩和する暇もなくすぐに断熱上昇し、スピネル・斜長石かんらん岩相境界近傍で冷却したと推定される。Ronda 岩体は、最も低温の上昇経路を取り、幌満と同様ザクロ石かんらん岩相領域を通るが上昇は冷却を伴い、スピネル斜長石かんらん岩相境界近傍でさらに急速に冷却したと推定される。

これらの温度圧力経路推定に基づいて、幌満岩体は、上昇前に熱的緩和し、ほぼ定常的地温勾配にあったリソスフェアマントルが、能動的なアセノスフェア上昇の熱・力学的影響をうけつつ上昇したと結論される。ピレネーは、リソスフェアが上昇することなく、輝岩類を形成する割れ目形成をするような受動的なマグマ活動に引き続き断熱に近い上昇を開始するが途中で冷却に転換したと結論される。Ronda 岩体は、初期は高温高圧であったが、3 つの中では最も冷却効果が大きく、沈み込み帯での上昇を示唆する。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 11 件)

- ① Nagahara, H. and Ozawa, K. 2012: The role of exchange reactions in oxygen isotope fractionation during CAI and chondrule formation. *Meteoritics and Planetary Science* (in press). (査読有)
- ② Ozawa, K., Nagahara, H., Morioka, M., Matsumoto, M., Hutcheon, I. D., Noguchi, T., and Kagi, H., 2012:

Kinetics of evaporation of forsterite in vacuum. *American Mineralogist*, 97, 80–99.

doi: doi.org/10.2138/am.2012.3750(査読有)

- ③ Takada, Y. and Ozawa, K., 2011: Cooperation of upper and lower boundary layer fractionations in a sheet-like intrusion: Composition and microstructure of the Aosawa dolerite sill in Yamagata prefecture, northeastern Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 106, 277–298. doi: 10.2465/jmps.100306 (査読有り)
- ④ Tachibana, S., Nagahara, H., zawa, K., Ikeda, Y., Nomura, R., Tatsumi, K., and Joh, Y., 2011: Kinetic condensation and evaporation of metallic iron and implications for metallic iron dust formation. *Astrophysical Journal*, 736, 16, doi: 10.1088/0004-637X/736/1/16. (査読有)
- ⑤ Simura, . and Ozawa, K., 2011: Magmatic fractionation by compositional convection in a sheet-like magma body: constraints from the Nosappumisaki Intrusion, northern Japan. *Journal of Petrology* 52, 1887–1925. doi:10.1093/petrology/egr034 (査読有)
- ⑥ Obata, M. and Ozawa, K., 2011: Topotaxial relationships between spinel and pyroxene in kelyphite after garnet in mantle-derived peridotites and their implications to reaction mechanism and kinetics. *Mineralogy and Petrology*, 101, 217–224, DOI 10.1007/s00710-011-0145-y. (査読有)
- ⑦ 森下知晃・小澤一仁・小畑正明 2010: マントル科学研究の最近の動向—特に再肥沃化, レオロジー, オフィオライト問題: 第 5 回国際レルゾライト会議報告, 岩石鉱物科学, 39, 85–103 (査読有り)
- ⑧ 酒井理沙・久城育夫・永原裕子・小澤一仁・橋省吾 2010: 月地殻形成条件を用いたマグマオーシャン化学組成制約への試み. *日本惑星科学会誌* 19, 82–88. (査読有)
- ⑨ Nagahara, H., Ozawa, K., Ogawa, R., Tachibana, S., and Chiba, H. 2009, Laboratory condensation and reaction of silicate dust. *ASP Conf. Ser.*, 414, 403–410. (査読有)

[学会発表] (計 20 件)

- ① 小畑正明・小澤一仁・苗村康輔 ざくろ石かんらん岩中に見いだされたざくろ石の

- 等化学組成分解によって形成したケリファイト: チェコ Moldanubia 帯からの例, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, (幕張メッセ, 2011. 5. 26)
- ② 荻野哲・小澤一仁・永原裕子幌満かんらん岩体北部の温度・圧力・変形履歴, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, (幕張メッセ, 2011. 5. 26)
- ③ 小澤一仁・ボディニエ ジャンルイ・ガリド カルロス・永原裕子 輝石内部の化学・組織パターンから読み解くマントルかんらん岩の変形史, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, (幕張メッセ, 2011. 5. 24)
- ④ 小澤一仁 幌満岩体斜長石かんらん岩に含まれる斜長石-かんらん石集合体中の Sr の 2 次元分布: 変形速度指標としての評価, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, (幕張メッセ, 2010. 5. 23)
- ⑤ 上田匡将・小畑正明・清水以知子・唐戸俊一郎・小澤一仁 超マフィック岩中の極細粒断層岩 mylonitic pseudotachylyte の変形機構, 日本地球惑星科学連合 2011 年大会, (幕張メッセ, 2011. 5. 22)
- ⑥ 高田悠志・小澤一仁 Two types of differentiation mechanisms in a sheet-like intrusion: Constraints from the Aosawa dolerite sill, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, (幕張メッセ, 2010. 5. 23)
- ⑦ Ozawa, K., Bodinier, J-L, Garrido, C, and Nagahara, H. 2010: New approach for decoding P-T-d history based on Al distribution in orthopyroxene: garnet pyroxenite/peridotite from the Bestiac mass, French Pyrenees. American Geophysical Union, 2009 Fall Meeting, 2010/12/16, San Francisco.
- ⑧ Ozawa, K., 2010: Two-dimensional distribution of trace elements in a reaction texture in plagioclase lherzolite from the Horoman complex, northern Japan, and its implication in ascent processes of the upper mantle. American Geophysical Union, 2009 Fall Meeting, 2009/12/17, San Francisco.
- ⑨ Ueda, T., Obata, M., Ozawa, K., Di Toro, G., Ductile and brittle deformation in peridotite recorded in ultramafic pseudotachylytes and associated fault rocks (Balmuccia, Italian Alps), American Geophysical Union, 2009 Fall Meeting, (San Francisco, 2009/12/17)
- ⑩ Ogitsu, I., and Ozawa, K., Global systematics of formation conditions of subduction zone magmas and their tectonic implications, American Geophysical Union, 2009 Fall Meeting, (San Francisco, 2009/12/17)
- ⑪ Sakuyama, T., Yoshikawa, M., Shibata, T., Nakai, T., Sumino, H., and Ozawa, K., Progressive melting of a hot mantle diapir with entrainment beneath southwestern Japan, American Geophysical Union, 2009 Fall Meeting, (San Francisco, 2009/12/17)
- ⑫ 高田悠志・小澤一仁, 板状貫入岩体の分化過程: 青沢ドレライトからの制約, 日本鉱物科学会 2009 年会, (北海道大学, 2009. 9. 8)
- ⑬ 小畑正明・清水以知子・小澤一仁・Spengler Dirk, ざくろ石のケリファイト化反応に伴う物質移動、体積変化、応力発生の連関について—その 2, 日本地球惑星科学連合 2009 年大会, (幕張メッセ, 2009. 5. 16)
- ⑭ 小畑正明・小澤一仁, EBSD を用いたざくろ石起源のケリファイトの微細組織の研究—その 2, 日本地球惑星科学連合 2009 年大会, (幕張メッセ, 2009. 5. 16)
- ⑮ 柵山徹也・中井俊一・角野浩史・小澤一仁, Upwelling and melting of a hot mantle diapir beneath northwestern Kyushu, Japan, 日本地球惑星科学連合 2009 年大会, (幕張メッセ, 2009. 5. 16)
- ⑯ 高田悠志・小澤一仁, Differentiation mechanisms in a sheet-like intrusion: Constraints from composition and microstructure in the Aosawa dolerite, 日本地球惑星科学連合 2009 年大会, (幕張メッセ, 2009. 5. 16)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小澤 一仁 (OZAWA KAZUHITO)
 東京大学・大学院理学系研究科・教授
 研究者番号: 9 0 1 6 0 8 5 3

(2) 研究分担者

小畑 正明 (OBATA MASA AKI)
 京都大学・大学院理学研究科・教授
 研究者番号: 2 0 1 2 6 4 8 6