

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 26 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25400520

研究課題名(和文)プレート沈み込み帯における蛇紋岩化作用の物理化学的条件の解明

研究課題名(英文)Elucidation of physicochemical conditions of serpentinization in subduction zone

研究代表者

前川 寛和 (MAEKAWA, Hirokazu)

大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：50173696

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)：マリアナ前弧域には、マントル由来の蛇紋岩化したかんらん岩からなる蛇紋岩海山が数多く分布する。構成する蛇紋岩類は、蛇紋石鉱物の低温相(リザダイト/クリソタイル)が形成された後で高温相(アンティゴライト)がかんらん石およびディオプサイドと共に形成され、さらにその後、再び蛇紋石鉱物の低温相が安定になるという温度履歴を持つ。一方、海山に捕獲岩として含まれる苦鉄質岩類は、その変成鉱物の共生関係と鉱物組織から、地下深部にもちこまれエクロジャイト相程度の変成作用を受けた後に藍閃石片岩相の低温部に相当する変成作用を受けている。両者の熱履歴は調和的で、沈み込み帯内部での岩石類の移動を反映したものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In the Mariana forearc, there are many serpentinite seamounts composed of serpentinized peridotites derived from the wedge mantle. The serpentine mineral was initially the low-temperature phase, i.e., lizardite / chrysotile. It secondarily changed into the high-temperature phase, i.e., antigorite, which commonly coexists with Fe-rich olivine and diopside, and finally, it again changed into the low-temperature phase. On the other hand, the mafic rocks which occur as xenoliths in the seamounts were metamorphosed under the eclogite facies condition, and thereafter, they were retrogressively metamorphosed under the low temperature glaucophane schist facies condition. The thermal histories of both rock types are thought to be consistent. It probably reflects the flow of rocks within the subduction zone.

研究分野：変成岩岩石学

キーワード：蛇紋岩 蛇紋岩化作用 変成岩 藍閃石片岩相 エクロジャイト相 マリアナ

## 1. 研究開始当初の背景

マリアナ海溝西側に位置する前弧域には、マントル由来の蛇紋岩化したかんらん岩からなる海山（以下、蛇紋岩海山と呼ぶ）が、巨大な海山群をなすことが知られていた（Fryer et al., 1985）。1989年に実施されたODP Leg 125において、マリアナ海域中央部のコニカル海山が掘削され、多量の蛇紋岩化したかんらん岩類、沈み込み帯変成作用を証明する低温高压型変成岩類が回収され、海山内部の間隙水の研究が格段に進んだ。この掘削を皮切りに、以後、日米を中心に精力的に調査航海が実施されてきたが、それらの多くは生物学、地球化学的研究のために行われ、岩石学的研究は比較的少なかった。そのような状況の中で、20年来の岩石学的な研究成果を総括し、沈み込み帯における地学現象、物質循環の全貌を解明する必要性が高まってきた。

マリアナ前弧直下、沈み込み帯境界面で生じている蛇紋岩化作用については、D'Antonio and Kristensen (2004) と Kahl et al. (2015) は、低温条件化（200 以下）での蛇紋岩化作用を重要視し、蛇紋石鉱物の低温相であるクリソタイル/リザダイトの共生関係を詳細に検討した。一方、われわれの研究グループは、マリアナ前弧蛇紋岩海山を構成する蛇紋岩類から、特異な変形を受け劈開の発達したカンラン石 (cleavable olivine) を含む蛇紋岩の存在を明らかにした (Murata et al., 2009a, b)。Cleavable olivine は常に高温条件（350~600 °C）で形成される蛇紋石鉱物であるアンティゴライトと密接に関係して産出する。このことから、われわれは、高温環境から低温環境に至る蛇紋岩化作用の重要性に注目するようになった。

マリアナ前弧域に発達する蛇紋岩海山には、境界域周辺で形成された変成岩類がしばしば含まれている。ODP Leg 125 では、泥質岩が蛇紋岩との交代作用によってできたと考えられる雲母-角閃岩が (Maekawa et al., 2004) また、ODP Leg 195 ではトレラ閃石岩や青色角閃岩などの交代変成岩が報告された。過去の沈み込み帯である三波川変成帯や神居古潭帯などの高压変成帯にはマントルかんらん岩起源の蛇紋岩類が散在している。特に三波川変成帯では、蛇紋岩類は泥質片岩中に集中して出現し、両者の境界部に発達した反応帯には、蛇紋岩海山の深海掘削で得られた岩石類と同様のトレモラ閃石岩がしばしば認められる。これらは、沈み込み境界域での、マントルウェッジのかんらん岩や蛇紋岩と沈み込むスラブ上の堆積物との機械的・化学的プロセスを経て形成されたと考えられ (Maekawa et al., 2004) その比較研究が必要となっていた。

## 2. 研究の目的

マリアナ海溝域は活発なプレート沈み込み帯であると同時に、蛇紋岩化したウエッジ

マントルかんらん岩のダイアピルによる上昇で形成された蛇紋岩海山群をもつ特異な沈み込み帯でもある。2003年以降、マリアナ前弧において蛇紋岩海山群の集中的な海底調査を実施し、マリアナ弧全域における蛇紋岩、変成岩試料を保有する世界で唯一の拠点を築くことができた。これら岩石試料の鉱物共生・鉱物組成を解析し、温度圧力履歴を読み取り、岩石学的な立場から、プレート沈み込み境界域の岩石学的、地球化学的現象の理解を深める。

## 3. 研究の方法

本研究は、マリアナ前弧の航海調査 (ODP Leg 125、Leg 195、海洋研究開発機構、よこすか航海 YK03-07、YK08-08、YK09-06、YK09-06、かいれい航海 KR06-15) により蛇紋岩海山から得られた岩石試料を対象に、偏光顕微鏡、X線マイクロアナライザー (JEOL JSM-840A + Oxford ISIS、JXA-8530F)、X線回折装置 (リガク Rint Rapid) を用いて構成鉱物の化学組成、鉱物共生の解析を行い、それらの特徴、形成条件を見積るとともに、得られた情報を元に、沈み込み帯境界部での物質異動について考察する。

## 4. 研究成果

マリアナ海溝西側に広がる前弧域、特に前弧外縁部、海溝寄りの地域 (海溝から 60~80 km) では、展張応力場によって形成されたホルスト-グラベン構造が発達している。この地域の基盤は、島弧性と海洋性の地殻-マントル物質、すなわち、蛇紋岩化したかんらん岩類、はんれい岩類、火山岩類とそれらに由来する緑色片岩相、角閃岩相の変成岩類、チャートなどで構成されている。なめらかな側面をもつドーム状の蛇紋岩海山は、前弧外縁部に分布し、海溝に沿って延びる巨大な海山群を形成している。個々の海山は、底面径 15~30 km、比高 1~2 km の規模をもち、その中には、コニカル海山のように見事な同心円状の等深線をもつものが認められる。蛇紋岩海山は、主に蛇紋岩化したかんらん岩からなり、火山岩や深成岩類、および変成岩類を伴う。蛇紋岩海山と基盤の断層崖から採取された岩石種の量比には顕著な違いが認められ、蛇紋岩海山から採取された岩石の 60% (個数比) 以上が蛇紋岩化したかんらん岩であるのに対し、断層崖からのそれは 40% 以下である。

### (1) 蛇紋岩・かんらん岩

Ishii et al. (1992) は、コニカル海山と鳥島前弧海山から回収されたかんらん岩類を解析し、鳥島の火成活動に関係して 30% 程度部分熔融した溶け残りかんらん岩であるとした。一方、Parkinson and Pearce (1998) は、かんらん岩類の地球化学的特徴から、前弧に取り込まれた海洋性プレート起源のものと鳥島の火成活動に関係して部分熔融を引き起こしたマントルウェッジ起源のもの

の2種があるとした。かんらん岩類は主にハルツバージャイト、ダナイト、希にレルゾライトを原岩とする。蛇紋石鉱物としてクリソタイルあるいはリザダイト(クリソタイル/リザダイト)を含むものが多いが、コニカル海山、セレスチャル海山、ビッグブルー海山、南チャモロ海山、雷神海山、ツインピークス海山では、アンチゴライトをもつ蛇紋岩塊と、アンチゴライトを欠き、クリソタイルとリザダイトを主とする蛇紋岩塊の2種が認められた。前者には、二次的にクリソタイルやリザダイトが脈状ないしは基質に生じている一方で、稀にクリソタイルやリザダイト脈を切って成長するアンチゴライト結晶も見受けられる。これらのことは、比較的低温下(浅部)で蛇紋岩化作用が開始された後、アンチゴライトを含む鉱物組み合わせが高温下(深部)で生じ、上昇して浅部にいたるプロセスでクリソタイルやリザダイトが形成された可能性を示唆している(Murata et al., 2009b)。アンチゴライトを含むかんらん岩類は、コニカル海山、ビッグブルー海山、南チャモロ海山、ツインピークス海山、雷神海山で認められ、常に cleavable olivine (Kuroda and Shimoda, 1967)を含むことで特徴づけられる(Murata et al., 2009b)。アンチゴライトを含むかんらん岩の多くは、針状あるいは葉片状の変成単斜輝石、トレモラ閃石を伴う。Cleavable olivineを含むかんらん岩には、しばしば初生かんらん石の周縁部や劈開に沿ってFeに富む二次かんらん石が見出される。コニカル海山、南チャモロ海山、ツインピークス海山、雷神海山のかんらん岩のFeに富むかんらん石には、幅0.5 - 2.0  $\mu\text{m}$ のFeに富む特異なストライプ(Fo86-89)が認められる(Murata et al., 2009a)。Feに富むかんらん石は、流体の通路に沿って分布するようにみえることから、Feに富む流体によって形成された可能性が考えられる。流体のFeに富む成分は、かんらん石のアンチゴライト化、あるいは、アンチゴライト形成に先立つ、より高温のステージに外部から供給された可能性がある。マリアナ前弧北部の雷神海山から新たにFeに富む変成かんらん石が見いだされたことにより、Feに富むかんらん石を含むかんらん岩が、マリアナ前弧に広範に分布することが明らかになった。その産状から、Feに富むかんらん石は、マントルウェッジが蛇紋岩化作用を受けた際に、アンチゴライトの形成に関係して、普遍的に形成されたと考えられる。

Murata et al. (2009b)では、アンチゴライト+ディオプサイドの組合せの形成時の蛇紋岩化作用の温度を450~550 と推定したが、鉄に富むかんらん石が密接に産することを考えると、より高温の条件で形成された可能性もある。これらの鉱物組合せを含むかんらん岩には、後生的な低温の熱履歴を示唆するクリソタイル/リザダイトの脈がしばしば認められる。一方、D'Antonio and

Kristensen (2004)は、ODP Leg 195において南チャモロ海山から回収された蛇紋岩類を解析し、クリソタイル/リザダイト+Feに富むブルーサイトを特徴的な鉱物共生とし、その形成温度の上限を200~300 とし、Kahl et al. (2015)は、低温下での蛇紋岩化の際、磁鉄鉱は生成されず余分なFe成分が蛇紋石やブルーサイトに格納され、結果としてFeに富むブルーサイトが形成されることから(Klein et al., 2009, 2014)、蛇紋岩化作用の温度を磁鉄鉱が晶出するより低いとみなし200 以下とした。南チャモロ海山、コニカル海山の直下、沈み込むスラブから海底までの深さは25~30 kmと推定されるので、これら海山直下の沈み込み境界面付近の温度は200 程度と考えることができる(Hyndman and Peacock, 2003)。アンチゴライトを含む鉱物共生は、クリソタイル/リザダイトを含む鉱物共生より高温下、すなわちより深部で形成されたと考えられるので、蛇紋岩海山においてこれらが混在するのは、Cloos and Shreve (1988a, b)のサブダクションチャンネル内での流動のような混合過程を経た可能性が考えられる。

## (2) 低温高压型変成岩類

1989年に実施されたODP Leg 125では、マリアナ海域中部のコニカル海山の頂部において掘削孔#780、中腹部において#778、#779の計3地点の掘削が行われた。このうち掘削孔778Aから十数個の低温高压型変成岩(以下、高压変成岩と記す)が発見され(Maekawa et al., 1992, 1993)掘削孔779Bから1個の特異な鉱物組合せをもつ高压変成岩(125-799B-01R-06, 19-22 cm)が回収された(Maekawa et al., 2001)。これらの岩片は、共通して径2~3 cmの岩片として圧砕を受けた蛇紋岩基質中に認められる。また、玄武岩、ドレライト、はんれい岩を原岩とし、初生単斜輝石、ホルンブレンドが残存しており、片理を欠くのが大きな特徴である。玄武岩を原岩とするものは、希土類元素の解析から海洋性地殻起源である可能性が高い(Yamamoto et al., 1995)。変成鉱物として、青色角閃石、あられ石、アルカリ輝石、ローソン石、パンペリー石などが生じている(Maekawa et al., 1992, 1993)。青色角閃石はアクチノ閃石とマグネシウムオリーブク閃石の中間の組成をもつウィンチ閃石(Leake et al., 1997)で、角閃岩の緑色ホルンブレンドの周囲や割れ目に生じている。これらの変成岩類は、ローソン石+パンペリー石+赤鉄鉱の共生から、藍閃石片岩相の低温部、およそ5-6 kb(海底からの深さ16-20 km)、150-250 で形成されたと推定される(Maekawa et al., 1995)。コニカル海山直下の蛇紋岩化作用の場と考えられる沈み込むスラブとの境界面の深さは30 kmと推定されるので(Mottl, 1992)、蛇紋岩が上昇する際に、その上昇経路にあった変成岩類を捕獲

して海底まで運び込んだと考えられる。

掘削孔 779B の変成岩については、主にフェンジャイト、角閃石、緑泥石、蛇紋石(クリソタイル)からなり、パンペリー石、アルカリ輝石、緑簾石、チタナイト、ルチル、アパタイト、ジルコンを伴う(Maekawa et al., 2001)。角閃石は Leake et al. (1997) の分類でパーガス閃石~マグネシオヘスティング閃石に該当し、Ernst and Liu (1998) の地質温度圧力計によると緑色ホルンブレンドの組成はエクロジャイト相(550-650、1.9~2.2 GPa) の変成作用を受けたことを示唆している。(アルカリ輝石は 19-23 モル% のヒスイ輝石成分をもつ。この変成岩は、地殻とマンツルの双方の物質が混ざり合ったような特徴をもっているが、Cr、Ni などがかんらん岩に多い適合元素にきわめて乏しいことから、沈み込み境界付近で特定の元素移動により形成された交代変成岩であると考えられる(Maekawa et al., 2001)。

2001 年に実施された ODP Leg 195 では、マリアナ前弧域南部に位置する南チャモロ海山が掘削され、径 0.5 cm 以下の青色角閃石岩や砂粒~シルト大のトレモラ閃石-緑泥石片岩、フェンジャイト片岩等の岩片が多数発見された(Shipboard Scientific Party, 2002; Fryer et al., 2006; Pabst et al., 2012)。著者らは、ODP Leg 195 で掘削・回収された岩石試料に加え、YK03-08 次航海で『しんかい 6500』が南チャモロ海山の掘削孔周縁部の掘削屑から採取した碎屑物試料を用いて解析を行った。主に単一の鉱物(トレモラ閃石~アルカリ角閃石)で構成され、緑泥石、チタナイトを微量伴う変成岩が圧倒的に多く、そのほかに、次のような鉱物組合せをもつ変成岩片が見いだされた。(1)トレモラ閃石~アルカリ角閃石-緑泥石-チタナイト±アルカリ輝石±緑簾石、(2)緑泥石-パンペリー石-チタナイト、(3)アルカリ角閃石-ザクロ石-フェンジャイト-石英。これら変成岩類は、概して片理が良く発達しており、時にアラナイトやジルコン、ルチルを含むことがある。(1)に含まれるアルカリ角閃石はマグネシオリーベック閃石に分類され(Leake et al., 1997)、アルカリ輝石は、15 モル%程度ヒスイ輝石成分を含むエジリンオージャイトである。(3)のざくろ石はスペッサルティン成分に富み、角閃石は藍閃石~マグネシオリーベック閃石に分類される(Leake et al., 1997)。主に単一の角閃石(トレモラ閃石~アルカリ角閃石)で構成されている岩片は、陸上の高圧変成帯において、蛇紋岩と周囲の岩石との境界部で交代作用によって形成された反応帯の岩石に対比させることができる(Maekawa et al., 2004; Ukar and Cloos, 2013)。

2006 年に海洋研究開発機構の研究航海 KR06-15 において潜航調査されたツインピークス海山は、山の中央部を南北に走る高角の断層により、東側半分が取り去られ断層崖と

なっている特異な形状をもつ海山である。その結果、蛇紋岩化したかんらん岩類に加え、著しく青色角閃石化したホルンブレンドを主とする角閃岩塊(#371-R8)を回収することができた(前川ほか, 2007a, b)。角閃岩塊は、一次変成鉱物として緑色ホルンブレンド、フェンジャイト、ルチル、緑簾石が認められ、Ernst and Liu (1998) の地質温度圧力計によると緑色ホルンブレンドの組成はエクロジャイト相(630-730、1.6~1.8 GPa) の変成作用を受けたことを示唆している。二次変成作用として青色角閃石のほか、パンペリー石、フェンジャイト、アルパイトが生じている。青色角閃石は、Leake et al. (1997) の分類でマグネシオリーベック閃石~ウインチャイトに相当し、藍閃石片岩相の低温側の交代作用を二次的に受けたことを示唆している。さらにわれわれは、研究航海 YK08-08 において、この断層崖の再調査を行い、アルカリ輝石、ローソナイト、青色角閃石を含む玄武岩(#1087-R7)、パンペリー石を含む火山岩類等を回収した(前川ほか, 2008)。アルカリ輝石は Morimoto et al. (1988) に従ってエジリンオージャイトに分類され、組成的に不均質で、ヒスイ輝石成分は 3-18 モル% とばらつきが大きい。ローソナイトは特徴的に Fe に富む。YK08-08 で採取した変成岩類の鉱物共生から読み取れる交代作用は、YK06-15 で採取した角閃岩の二次的な交代作用と対比でき、沈み込み帯境界面において深度 50~60 km でエクロジャイト相の変成作用を受けた後、境界面にそって深さ 25-30 km まで上昇し、二次的に藍閃石片岩相の変成作用を受けたと考えられる。

### (3) 結論

蛇紋岩化作用については、蛇紋岩化したかんらん岩が低温 高温 低温の温度履歴を経ていることが明らかとなり、一方、交代作用に関しては、苦鉄質岩はエクロジャイト相 藍閃石片岩相の交代履歴を経ていることが明らかとなった。両作用は、密接に関係しており、例えば、これら岩石類が、共にサブダクションチャンネル内での下降 上昇過程を経験したという可能性を強く支持している。

### <引用文献>

- Cloos, M. and Shreve, R. L., 1988a, PAGEOPH, 128, 455-500.  
Cloos, M. and Shreve, R. L., 1988b, PAGEOPH, 128, 501-545.  
D'Antonio, M. and Kristensen, M.B., 2004, Mineral. Mag., 68, 887-904.  
Ernst, W. G. and Liu, J. 1998, Am. Mineral., 83, 952-69.  
Fryer, P., Ambos, E.L. and Hussong, D.M., 1985, Geology, 13, 774-777.  
Fryer, P., Gharib, J., Ross, K., Savov, I. and Mottl, M.J., 2006, Geochem.

- Geophys. Geosyst., 7, Q08014, doi:10.1029/2005GC001201.
- Hyndman, R. D. and Peacock, S. M., 2003, Earth Planet. Sci. Lett., 212, 417-432.
- Ishii, T., Robinson, P.T., Maekawa, H., and Fiske, R., 1992, In Fryer, P., Pearce, J. A., Stokking, L. B., et al., Proc. ODP, Sci. Results, 125: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 445-485.
- Kahl, W.-A., Jöns, N., Bach, W., Kline, F. and Alt, J. C., 2015, Lithos, 227, 1-20.
- Klein, F., Bach, W., Humphris, S.E., Kahl, W.-A., Jöns, N., Moskowicz, B. and Berquó, T., 2014, Geology, 42, 135-138.
- Klein, F., Bach, W., Jöns, N., McCollom, T., Moskowicz, B. and Berquó, T., 2009, Geochim. Cosmochim. Acta, 73, 6868-6893.
- Kuroda, Y. and Shimoda, S., 1967, 地質雑 (Jour. Geol. Soc. Japan.), 73, 377-388.
- Leake, B.E., Wolley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Charles Gilbert, M., Grice, J.D., Hawthorne, F.C., Kato, A., Kisch, H.J., Krivovichev, V.G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J.A., Maresch, W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti, L., Whittaker, E.J.W. and Youzhi, G., 1997, Am. Mineral., 82, 295-321.
- Maekawa, H., Fryer, P. and Ozaki, A., 1995, AGU, Geophys. Monog. Ser., 88, 281-289.
- 前川寛和, 2003, 地震発生と水, 東京大学出版会 (Univ. Tokyo Press), 240-251.
- 前川寛和・長田幸久・藤岡換太郎・千葉仁・前田七生・横瀬久芳・藤本悠太・佐藤創・山本綱志・和田穰隆・平内健一・高江洲盛史 (Maekawa, H., Osada, Y., Fujioka, K., Chiba, H., Maeda, N., Yokose, H., Fujimoto, Y., Sato, H., Yamamoto, K., Wada, Y., Hirauchi, K. and Takaesu, M.), 2007a, 日本地質学会第 114 年学術大会講演要旨 (114th Ann. Meet. Geol. Soc. Japan, Abstr.), 173.
- 前川寛和・長田幸久・藤岡換太郎・千葉仁・前田七生・横瀬久芳・藤本悠太・佐藤創・山本綱志・和田穰隆・平内健一・村田恵子・高江洲盛史 (Maekawa, H., Osada, Y., Fujioka, K., Chiba, H., Maeda, N., Yokose, H., Fujimoto, Y., Sato, H., Yamamoto, K., Wada, Y., Hirauchi, K., Murata, K., and Takaesu, M.), 2007b, 月刊地球 (Chikyu Monthly), 29, 599-605.
- Maekawa, H., Shozui, M., Ishii, T., Fryer, P. and Pearce, J., 1993, Nature, 364, 520-523.
- Maekawa, H., Shozui, M., Ishii, T., Saboda, K.L. and Ogawa, Y., 1992, In Fryer, P., Pearce, J. A., Stokking, L. B., et al., Proc. ODP, Sci. Results, 125: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 415-430.
- Maekawa, H., Yamamoto, K., Ishii, T., Ueno, T. and Osada, Y., 2001, Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo, 76, 355-366.
- Maekawa, H., Yamamoto, K., Ueno, T., Osada, Y. and Nogami, N., 2004, Int. Geol. Rev., 46, 426-444.
- 前川寛和・吉田尚悟・横瀬久芳・佐藤創・Patricia Fryer (Maekawa, H., Yoshida, S., Yokose, H. and Sato, H.), 2008, 日本地質学会第 115 年学術大会講演要旨 (115th Ann. Meet. Geol. Soc. Japan, Abstr.), 140.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I. V., Ross, M., Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K. and Gottardi, G., 1988, Am. Mineral., 73, 1123-1133.
- Mottl, M., 1992, In Fryer, P., Pearce, J. A., Stokking, L. B., et al., Proc. ODP, Sci. Results, 125: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 373-385.
- Murata, K., Maekawa, H., Mohammad, Y. O. and Yokose, H., 2009a, Jour. Mineral. Petrol. Sci., 104, 199-203.
- Murata, K., Maekawa, H., Yokose, H., Yamamoto, K., Fujioka, K., Ishii, T., Chiba, H. and Wada, Y., 2009b, Geosphere, 5, 90-104.
- Pabst, S., Zack, T., Savov, I.P., Ludwig, T., Rost, D., Tonarini, S. and Vicenzi, E.P., 2012, Lithos, 132-133, 162-179.
- Parkinson, I.J. and Pearce J.A., 1998, Journal of Petrology, 39, 1577-1618.
- Shipboard Scientific Party, 2002, In Salisbury, M. H., Shinohara, M., Richter, C., et al., Proc. ODP. Initial Reports, 195: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1-63.
- Ukar, E. and Cloos, M., 2013, Earth Planet. Sci. Lett., 377-378, 155-168.
- Yamamoto, K., Asahara, Y., Maekawa, H. and Sugitani, K., 1995, Geochem. Jour., 29, 259-275.

##### 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 2 件)

Ozawa K., Maekawa, H., Shibata, K., Asahara, Y., Yoshikawa, M., 2015,

Evolution processes of Ordovician-Devonian arc system in the South-Kitakami Massif and its relevance to the Ordovician ophiolite pulse. *Island Arc*, 査読有, 24,73-88.  
小澤一仁・前川寛和・石渡明, 2013, オルドビス紀-デボン紀島弧系の復元と発達過程:岩手県早池峰宮守オフィオライトと母体高压变成岩.地質学雑誌, 査読有, 119, 134-153.

〔学会発表〕(計 7 件)

Harigane, Y., Ishizuka, O., Maekawa, H., Ghosh, T. and Snow, J. E., Petrogenesis of serpentinitized peridotites from the northern Mariana forearc area. American Geophysical Union Fall Meeting. Session ID#: 13473, December 12, 2016(Moscone Center, San Francisco, USA).  
針金由美子・石塚治・前川寛和, 2016, 北部マリアナ前弧域から採取されたかんらん岩の微細構造解析.日本地質学会第 123 年学術大会, 2016 年 9 月 11 日(東京).  
前川寛和・大塚和義・山本鋼志・合地信生, 三内丸山遺跡出土の緑色磨製石斧の岩石学的特徴とその原産地. 日本地質学会第 122 回学術大会, 2015 年 9 月 13 日(長野).  
村田明広・前川寛和, 四国西部～中西部, 西予-梶原地域の秩父帯の地質構造.日本地質学会第 122 回学術大会, 2015 年 9 月 11 日(長野).  
安東淳一・山本貴史・大藤弘明・前川寛和・村田恵子, 蛇紋石化したオリピン中に発達する縞状ゾーニングの形成過程.日本地質学会第 121 回学術大会, 2014 年 9 月 13 日(鹿児島).  
近藤洋裕・藤井彩乃・道林克禎・石井輝秋・Fryer, P.・前川寛和, マリアナ海溝南チャモロ蛇紋岩海山かんらん岩のファブリックと化学組成の特徴.日本地質学会第 120 回学術大会, 2013 年 9 月 14 日(仙台)  
Maekawa, H., 2013, Serpentinite diapir and blueschist metamorphism in the Mariana forearc, Western Pacific. Geological Society of America, Cordilleran Section 109th Annual Meeting, May 22, 2013 (Radisson Hoel & Conference Center Fresno, USA).

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:  
発明者:

権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前川 寛和 (MAEKAWA Hirokazu)  
大阪府立大学・理学系研究科・教授  
研究者番号: 50173696

(2) 研究分担者

( )

研究者番号:

(3) 連携研究者

( )

研究者番号:

(4) 研究協力者

( )