

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 9 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23340163

研究課題名(和文) 気候・環境変動指標鉱物の溶解・成長機構：温度可変AFM法によるナノスケール解析

研究課題名(英文) Dissolution and growth mechanisms of minerals as an indicator of climatic and environmental changes: In situ hot/cool stage AFM study at a nano level

研究代表者

桑原 義博 (Kawahara, Yoshihiro)

九州大学・比較社会文化研究科(研究院)・准教授

研究者番号：90281196

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,100,000円、(間接経費) 4,530,000円

研究成果の概要(和文)：気候・環境変動指標鉱物の溶解・成長機構を解明するために、溶解・成長に関する天然現象を意識しつつ、冷却AFM法を確立し、加熱AFM法と併用して、硫酸塩鉱物の溶解・成長その場観察実験を試みた。本研究で確立した加熱/冷却AFM法により、5～60の温度範囲で鉱物の溶解・成長その場観察が可能となった。重晶石の溶解実験では、ステップ後退速度やピット成長速度およびそれらの温度依存性を明らかにした。成長実験では、低温条件でのステップ前進速度、二次元核成長速度、スパイラル成長速度を決定し、また、僅かな過飽和度の変化でも二次元核成長とスパイラル成長の度合いが異なる可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：We attempted developing a new cool-stage AFM, designed for AFM studies at low or reduced temperatures, and applying hot/cool-stage AFM setup to in situ observations of mineral growth and dissolution at elevated and reduced temperatures, to better understand for the microscopic growth and dissolution mechanisms and kinetics of minerals in solutions at various temperatures. Our hot/cool-stage AFM setup makes it possible to perform in situ observations of mineral growth and dissolution reactions at 40 - 60°C. In situ AFM observations of the barite dissolution in water and NaCl solutions allowed us to estimate the retreat rates of various steps and the growth rates of etch pits and to elucidate the effects of temperature on the dissolution rates. In situ cool-stage AFM observations of the growth on the barite (001) surface revealed the effects of temperature and super-saturation of the solution on the growth rates of islands and growth spirals, and the surface nucleation rate.

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：AFM 溶解機構 結晶成長 速度論 気候・環境変動

### 1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、2000年に始まった日本-ネパール国際掘削プロジェクト「Paleo-Kathmandu Lake Drilling Project (古カトマンズ湖掘削プロジェクト)」に共同研究者として参加しているが、本プロジェクトは、過去60万年間のインドモンスーン変動に関する陸上からの新しいデータを公表してきた。その中で、我々は、主としてマイクロメーターオーダーの微小な方解石結晶を含む特異なラミナイト層(年層)を発見し、この結晶層が氷期・亜氷期の冬季にのみ生成された可能性が高いという極めて重要な新事実を確認した。この炭酸塩・硫酸塩結晶の生成環境や生成条件が解れば、地球の氷期・間氷期サイクルにおけるインドモンスーン変動の詳細を理解することに繋がる。さらに、近年、硫酸塩鉱物で一般的なスケール鉱物である重晶石が、その成長時に周囲の溶液から放射性元素であるラジウムを取り込む特性を持つこと(逆に溶解時はラジウムが拡散される)が報告され、これらの鉱物が環境保全に関わる意味合いも強い。このような炭酸塩・硫酸塩結晶の生成環境や生成機構を理解するためには、より天然現象に近い温度条件での結晶の溶解・成長の挙動を正確に捉えることが不可欠となる。特に、氷期の冬季の湖環境を考える場合、室温(25℃)以下の温度条件での鉱物の溶解・成長機構に関するデータが最も重要となってくる。ところが、そのような低温条件における炭酸塩・硫酸塩鉱物の溶解・成長機構に関する研究はほとんどない。炭酸塩・硫酸塩鉱物は、僅かな温度変化で溶解・成長の速度と様式を著しく変化させることが予想されるので、これまで未知であった両鉱物の低温条件での溶解・成長機構の解明は極めて重要である。

我々の研究グループは、鉱物の溶解・成長速度の決定に加え、その機構の解明に最も威力を発揮する原子間力顕微鏡(AFM)その場観察法をいち早く導入し、さらに、昇温実験も可能な加熱AFM法の確立にも成功し、この新しい実験法を駆使して、高レベル放射性廃棄物の地層処分計画における人工バリアに用いられるスメクタイトの、温度20~80℃、中性~アルカリ性環境下での溶解速度と溶解機構のモデル化に成功している。ただし、上に述べたような室温以下の低温条件におけるAFM研究は行われていない。これは、一つには、一般のAFM装置では試料室が暖められ低温での長期その場観察が不可能なためであり、さらには、「低温条件」への関心が薄かったため、と考えられる。

そこで、我々は、加熱に加え冷却可能な温度可変AFMその場観察法を新たに導入・確立し、鉱物の低温(5℃)から高温(~60℃)までの溶解・成長現象をナノスケールあるいは原子サイトレベルで捉え、その速度や機構を解明しようと計画するに至った。

### 2. 研究の目的

本研究で、我々は、「加熱AFMその場観察法」に加え、本研究において新たに導入し確立を目指した「冷却AFMその場観察法」を併用し、特に、気候・環境変動の指標や環境保全として重要な鉱物にスポットを当て、溶液の組成や濃度に加えリアルタイムに温度を変化させることでより天然に近い条件でそれら鉱物の溶解・成長現象をナノスケールで捉え、その速度やメカニズムを解明することを目指した。以下に、本研究の3つの主要課題を記す：

(1) 室温以下の低温あるいは減温条件での鉱物の溶解・成長その場観察が可能な新しいAFMシステムを構築し、その新しいAFM法(温度可変AFM法)の確立を目指す。

(2) 主要な硫酸塩鉱物である重晶石のAFM溶解その場観察実験、および、減温条件でのAFM結晶成長その場観察実験を行い、同鉱物の溶解・成長の過程、速度、メカニズムを明らかにする。

(3) 硫酸塩・炭酸塩鉱物の低温条件での溶解・成長に関する天然現象の一例として、ネパール・カトマンズ湖堆積物にみられるラミナイト層(あるいはその構成鉱物)の生成条件を推定するとともに、インドモンスーン変動と本地域周辺的环境変化との関係解明を目指す。また、その他の地域・環境における鉱物の溶解・成長に関する天然現象の理解を深める。

### 3. 研究の方法

(1) 温度可変AFMその場観察法の導入と低温あるいは減温条件での鉱物の溶解・成長その場観察法の確立

AFMコントロールステーションを更新して冷却可能な温度可変AFM装置を導入し、その方法を確立することを試みた。冷却テストは、マルチモードSPMユニットと冷却AFMシステムを搭載したNanoscope III (Veeco, Bruker AXS社製)を用いて行った。AFM冷却システムの温度コントロールの反応性と精確性は、クール・ステージのセットポイント温度とAFM液中セルを通る水の流速を変化させることで評価した。今回の冷却テストで選択した水の流速は0.6、1.2および2.4 ml/hで、シリンジポンプで流速をコントロールした。クール・ステージとシリンジポンプ中の水の初期温度は25℃とした。冷却テストで選択したクール・ステージの目標セットポイント温度は、20.0~3.0℃である。各冷却テスト期間、クール・ステージとピエゾ・スキャナーの温度はサーマル・アプリケーション・コントローラー(TAC)で、液中セル内の水の温度は熱電対(Cole-Parmer Instrument社製)でチェックした。

(2) 重晶石のAFM溶解・結晶成長その場観察実験

溶解実験：使用した重晶石試料は、アメリカ

カ・コロラド州ストーンヘム鉱床産で、やや青みがかった透明の結晶である。AFM 観察は、Digital Instruments 社製の Multimode SPM ユニットの搭載した Nanoscope III で行った。溶解実験は Bruker AXS 社製の air/fluid heater (Bio-Heater) を搭載した液中セルを用いてフロースルー法で行い、純水あるいは電解質溶液をシリンジポンプで約 0.6 ml/h の流速で流した。実験温度は室温～55 で、温度制御は Bio-Heater と TAC で行い、また、液中セル内にセットした熱電対温度計 (Cole-Parmer Instrument 社製) で溶液温度を監視した。得られた AFM 像解析は、ソフトウェア Image SXM を用いて行った。

結晶成長実験：重晶石試料は、溶解実験と同様である。BaSO<sub>4</sub> 過飽和溶液は、AFM 観察直前に、分析用高純度 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> および Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 試薬と純水により調整した。重晶石結晶成長のその場観察は、マルチモード SPM ユニットと冷却 AFM システムを搭載した Nanoscope III (Veeco, Bruker AXS 社製) を用いて、コンタクト・モード AFM (CMAFM) 法で行った。液中セル内に流す純水および BaSO<sub>4</sub> 溶液の流速は 0.6 ml/h で、シリンジポンプで制御した。温度制御、AFM 像獲得および解析は溶解実験時と同様である。

### (3) ラミナイト層の生成条件の推定とインドモンスーンの変動

珪藻分析による湖水位・湖水温の推定、および、花粉分析による古気温推定を行う。なお、古カトマンズ湖堆積物中の珪藻化石データと花粉化石データはすでにあるので、そのデータを用いて珪藻分析及び花粉分析(多変量解析など)を行い、ラミナイト層が形成された期間及び形成されない期間の湖水温、湖水位、古気温の推定を試みた。

## 4. 研究成果

(1) 室温以下の低温あるいは減温条件下での鉱物の溶解・成長その場観察が可能な新しい AFM 法(温度可変 AFM 法)の確立

新手法における冷却過程での液中セル内の温度制御の反応性と精確性を調べた結果、以下のことが解った。液中セル内の水の流速 0.6 ml/h の場合、クール・ステージの最終実測温度は、クール・ステージのセットポイント温度と(0.2 の範囲内で)ほぼ等しいか、僅かに低かった。クール・ステージの最低冷却温度は 4.0 で、それ以下の冷却は不可能であった。液中セル内の水の最終実測温度は、クール・ステージのセットポイント温度および最終実測温度より幾分高い値を示した。さらに、その液中セル内の水とクール・ステージとの最終実測温度の差(つまり、液中セル内の試料と溶液との温度差)は、冷却温度が低いほど大きくなる傾向がある。例えば、セットポイント温度 20、10、5 におけるそれらの最終実測温度の差は、それぞれ、

0.3、1.2、1.8 であった。

クール・ステージおよび液中セル内の水の温度が 25 から目標冷却温度に到達するために掛かる時間は、より低いセットポイント温度ほど長くなる傾向がある。例えば、初期温度 25 から 20、10 および 5 まで冷却させるには、それぞれ 350 秒、500 秒および 1000 秒を要した。ただし、クール・ステージと液中セル内の水の温度を最低冷却温度(4)まで冷却させるのに必要な時間(約 1000 秒)は、一般的な AFM 走査条件である走査線 512×512、走査速度 1 Hz 時において 2 枚の連続 AFM 像を獲得するのに必要な時間とほぼ同じであり、従って、そのことが AFM その場観察に不利益を与えるまでには当たらない。

水の流速を 0.6 ml/h から 2.4 ml/h まで変化させた場合、流速 1.2 ml/h 以下では問題ないが、流速 2.4 ml/h ではそれらの温度を目標セットポイント温度まで低下させることはできなかった。つまり、液中セルを通る水あるいは溶液中での鉱物の成長と溶解の低温条件下での AFM その場観察は、1.2 ml/h 以下の流速条件で行うことが望ましい。

ピエゾ・スキャナーの冷却が不完全な場合は、クール・ステージと液中セル内の水の冷却は、最も遅い流速時(0.6 ml/h)でさえうまく進まない(図 1)。スキャナー温度は程なく 30 以上に上昇し、その熱によってクール・ステージと液中セル内の水の冷却が妨げられると考えられる。加えて、スキャナー温度の上昇を長時間続けたままにしておけば、スキャナー自身もダメージを受けるであろう。冷却(クール・ステージ)AFM その場観察を行う場合は、ピエゾ・スキャナーの冷却を第一に注意する必要がある。

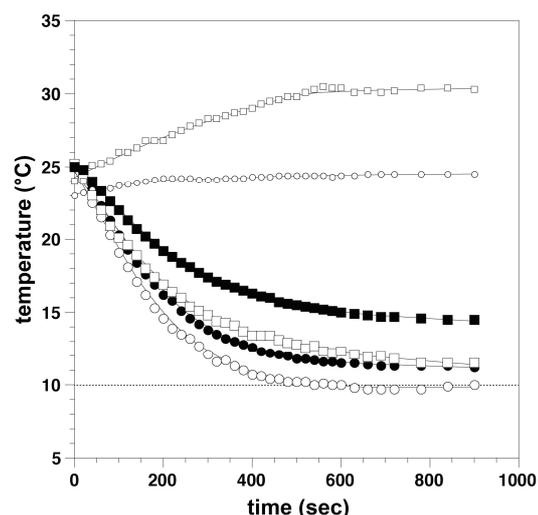


図 1. スキャナー冷却システムの使用・未使用時のクール・ステージ(白いマーク)、液中セル内(黒いマーク)、スキャナー(小さな白いマーク)の温度変化。丸はスキャナー冷却システム使用時、四角は未使用時。

なお、この課題に関係する研究成果の一部を公表した論文(雑誌論文)が、平成 25

年度日本粘土学会論文賞を受賞した。

## (2) 重晶石の AFM 溶解・結晶成長その場観察実験

純水中における重晶石の温度 55 までの AFM 溶解その場観察実験を行い、(1) 各温度でのステップ後退速度、エッチピット形成速度等を精確に決定したこと、(2) 温度 40 前後を境にステップの後退様式やエッチピットの形成様式、およびそれらのメカニズムが変化すること、(3) 本研究で得られた重晶石溶解に対する活性化エネルギーが先行研究の結果よりかなり高く、先行研究の結果の問題点を指摘した上で、温度 60 前後を境にして、低温条件では重晶石溶液の温度依存性がより強くなること(図2)(4) 電解質溶液・低温(室温程度)条件および純水・高温条件での重晶石の溶解様式の類似性が新たに浮かび上がってきたこと、などの新たな知見が得られた。

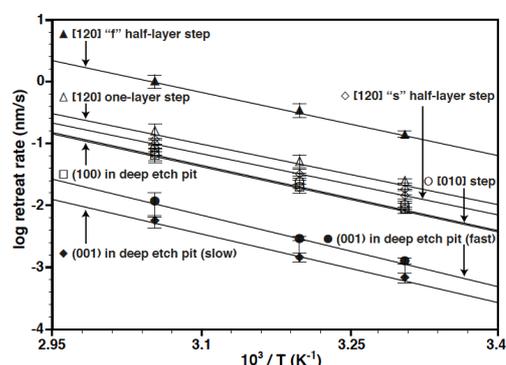


図2. ステップ後退速度およびエッチピット成長速度に対するアレニウス・プロット

一方、減温条件での AFM 結晶成長その場観察実験では、(1) 各条件におけるステップ後退・前進速度、二次元核成長速度、スパイラル成長速度等を精確に決定したこと、(2) 過飽和度によっては、二次元核成長とスパイラル成長の度合いが異なる可能性があり、またそれらの定量化が可能であること、などの新しい知見を得た。

## (3) ラミナイト層の生成条件の推定とインドモンスーンの変動

ネパール・古カトマンズ湖堆積物にみられるラミナイト層は、珪藻化石、花粉化石、粘土鉱物の分析の結果、過去 60 万年間の氷期あるいは亜氷期にのみ生成され、しかもラミナイト層を構成する白層(主に炭酸塩鉱物からなる)はそれら氷期の冬季に形成されることが確定的となった。ただし、生成時の古水温などを推定するまでには至らず、今後の課題として残った。また、その他の地域・環境における鉱物の溶解・成長に関する天然現象の理解を深めることも課題としていたが、例えば、海底熱水変質環境、あるいは、気候変動による北大西洋やカリブ海の海洋底堆積物中の炭酸塩・硫酸塩鉱物の挙動などに関す

る研究に着手しており、詳細については継続的な研究が必要である。

## 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13件)

Hasegawa, H., Kita, I., Tsukamoto, S., Chiyonobu, S. and Kuwahara, Y. (2013) Synchronous Changes of Nitrogen and Carbon Isotopic Ratios and Nannoplankton Assemblage in Marine Sediments off Peru at 250 ka: A Role of Phytoplankton in Primary Ocean Productivity. *Open Journal of Geology*, **3**, 113-120, doi:10.4236/ojg.2013.32015.

Yamanaka, T., Maeto, K., Akashi, H., Ishibashi, J., Miyoshi, Y., Okamura, K., Noguchi, T., Kuwahara, Y., Toki, T., Tsunogai, U., Ura, T., Nakatani, T., Maki, T., Kubokawa, K. and Chiba, H. (2013) Shallow submarine hydrothermal activity with significant contribution of magmatic water producing talc chimneys in the Wakamiko Crater of Kagoshima Bay, southern Kyushu, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **258**, 74-84, doi:10.1016/j.jvolgeores.2013.04.007.

Ishida, K. and Hawthorne, F.C. (2013) Far-infrared spectra of synthetic dioctahedral muscovite-obelite series micas: Characterization and assignment of the interlayer I-O inner and I-O outer stretching bands. *American Mineralogist*, **98**, 1848-1859, doi:10.2138/am.2013.4282.

Ishida, K. (2013) Mid- and far-infrared spectra of synthetic  $\text{CaMg}_2(\text{Al}_{4-x}\text{Ga}_x)(\text{Si}_{1-y}\text{Ge}_y)\text{O}_{10}(\text{OH},\text{OD})_2$ -clintonite: Characterization and assignment of the Ca-O<sub>inner</sub> and Ca-O<sub>outer</sub> stretching bands. *American Mineralogist*, **98**, 2075-2085, doi:10.2138/am.2013.4265.

Nakamuta, Y. and Toh, S. (2013) Transformation of graphite to lonsdaleite and diamond in the Goalpara ureilite directly observed by TEM. *American Mineralogist*, **98**, 574-581, doi:10.2138/am.2013.4341.

Uehara, S. and Shirose, Y. (2013) Namibite and hechtsbergite from the Nagatara mine, Fukuoka Prefecture, Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, **108**, 105-109, doi:10.2465/jmps121022d.

Kuwahara, Y. (2012) In situ hot-stage AFM study of the dissolution of the barite (001) surface in water at 30-55°C. *American Mineralogist*, **97**, 1564-1573, doi:10.2138/am.2012.4130.

Kuwahara, Y., Ishida, K., Uehara, S., Kita, I., Nakamuta, Y., Hayashi, T. and Fujii, R. (2012) Cool-stage AFM, a new AFM method for in situ observations of mineral growth and

dissolution at reduced temperature: Investigation of the responsiveness and accuracy of the cooling system and a preliminary experiment on barite growth. *Clay Science*, **16**, 111-119.

Uehara, S., Takai, Y., Shirase, Y. and Fujii, Y. (2012) TES microcalorimeter SEM-EDS system for rare-earth elements analyses. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, **107**, 105-109, doi: 10.246/jmps.111020d.

Ohno, M., Utsugi, M., Kita, I., Kagiya, T. and Tanaka, Y. (2012) Temporal variation in the chemical composition (HCl/SO<sub>2</sub>) of volcanic gas associated with the volcanic activity of ASO Volcano, Japan. *Earth Planets and Space*, **65**, e1-e4, doi:10.5047/eps.2012.11.003.

林辰弥・谷村好洋・桑原義博・牧武志・藤井理恵・萬福真美・山中寿朗・大野正夫・酒井治孝 (2012) 中-後期更新世における古カトマンズ湖珪藻の古群集生態 - 浮遊性・底生群集の生産性・種多様性変遷 - . 地学雑誌, **121**,962-985 .

Hayashi, T., Saito-Kato, H. and Tanimura, Y. (2011) *Actinocyclus nipponicus* sp. nov. and *A. bradburyii* sp. nov. (Bacillariophyta) from Miocene lacustrine sediments of the proto-Japan Sea. *Phycologia*, **51**, 98-112, doi: 10.2216/11-17.1.

Ishida, K. and Hawthorne, F.C. (2011) Far-infrared spectra of synthetic <sup>[4]</sup>[(Al<sub>2-x</sub>Ga<sub>x</sub>)(Si<sub>2-y</sub>Ge<sub>y</sub>)](OH,OD,F)-kinoshitalite: Characterization and assignment of interlayer Ba-O<sub>inner</sub> and Ba-O<sub>outer</sub> stretching bands. *American Mineralogist*, **96**, 566-576, doi:10.2138/am.2011.3626.

[学会発表] (計 27 件)

桑原義博 . ホットステージ AFM による 30 ~ 55 の純水中での barite (001) 表面の溶解その場観察 . 日本鉱物科学会 , 2013 年 9 月 11 日 ~ 13 日 , 筑波大学 .

石田清隆・森脇太郎・池本夕佳・篠田圭司 . 斜方晶 Pnma 角閃石の OH 伸縮振動バンド微細構造の圧力依存性 . 日本鉱物科学会 , 2013 年 9 月 11 日 ~ 13 日 , 筑波大学 .

上原誠一郎・延寿里美 . 福岡県糸島市御床産 “ベタフォ石 パイロクロア石” の再検討 . 日本鉱物科学会 , 2013 年 9 月 11 日 ~ 13 日 , 筑波大学 .

Fujii, R., Sugimoto, M. and Sakai, T. Stepwise lowering of water-level caused by tectonic events occurred during 50-15 ka in the Paleo-Kathmandu Lake, central Nepal Himalaya. 28th Himalayan Karakorum Tibet Workshop and 6th International Symposium on Tibetan Plateau Joint Conference, 22-24 August, 2013, Tübingen, Germany.

林辰弥 . 湖沼珪藻の古生態と古気候変動 .

日本古生物学会年会 , 2013 年 6 月 28 日 ~ 30 日 , 熊本大学 .

Nakamuta, Y. Diamond in ureilites: Formation mechanisms and roles in planetary processes. 日本地球惑星科学連合 2013 年大会 国際セッション , 2013 年 5 月 19 日 ~ 24 日 , 幕張メッセ国際会議場 (招待講演) .

Uehara, S. and Shirase, Y. Namibite and hechtsbergite from the Nagatare mine, Fukuoka Prefecture, Japan. 6th International Symposium on Granitic Pegmatites, 26 May - 2 June, 2013, New Hampshire and Maine, USA.

大野正夫・佐藤雅彦・林辰弥・宮川千鶴・桑原義博 . 低温及び高温磁気測定による北大西洋海底堆積物コア (IODP Site 1314) の磁性鉱物の分析 . 日本地球惑星科学連合 2013 年大会 , 2013 年 5 月 19 日 ~ 24 日 , 幕張メッセ国際会議場 .

林辰弥・谷村好洋 . 湖沼中心珪藻 *Cyclostephanos* 属の多形態性: 古カトマンズ湖産の新種 *C. ramosus* を例として . MRC 研究発表会 , 2012 年 11 月 17 日 ~ 18 日 , 国立科学博物館 .

中牟田義博・藤昇一 . HRTEM observations of conversion of graphite into lonsdaleite or diamond in the Goalpara ureilite. 日本鉱物科学会 2012 年 9 月 19 日 ~ 21 日 , 京都大学 .  
白勢洋平・上原誠一郎 . 福岡県長垂産 Li-tourmaline 及び mica の化学組成 . 日本鉱物科学会 , 2012 年 9 月 19 日 ~ 21 日 , 京都大学 .

上原誠一郎・白勢洋平 . 福岡県長垂 Li ペグマタイト産 namibite と hechtsbergite . 日本鉱物科学会 , 2012 年 9 月 19 日 ~ 21 日 , 京都大学 .

池田瑛・石田清隆 . 天然および合成金雲母-木下石系固溶体の中・遠赤外吸収スペクトル . 日本鉱物科学会 , 2012 年 9 月 19 日 ~ 21 日 , 京都大学 .

石田清隆 . 合成クリントナイトの中・遠赤外吸収スペクトル . 日本鉱物科学会 , 2012 年 9 月 19 日 ~ 21 日 , 京都大学 .

宮川千鶴・山下 剛史・水田麻美・北逸郎・長谷川英尚・千代延俊・佐藤時幸 . 北大西洋第四紀海洋堆積物に記録された水銀量気候変動 . 日本地球化学会 , 2012 年 9 月 11 日 ~ 13 日 , 九州大学 .

水田麻美・山下剛史・北逸郎・大野正夫・桑原義博・林辰弥・佐藤時幸 . 約 250 万年前の北大西洋堆積物に基づく大陸氷床拡大期の気候変動のミレニアム解析 . 日本地球化学会 , 2012 年 9 月 11 日 ~ 13 日 , 九州大学 .

Tanaka, K., Ino, T. and Uehara, S. Microtexture and chemical composition of serpentine minerals from Kurosegawa belt, Kyushu, Japan. *Asian Clay*, 6-8 September, 2012, Seoul.

Miyoshi, Y., Ishibashi, J. and Uehara, S. IODP

Exp. 331 Onboard Scientists, Formation process of clay minerals correlated with vertical structure of a seafloor hydrothermal system. Asian Clay, 6-8 September, 2012, Seoul.

林辰弥・大野正夫・桑原義博・山下剛史・水田麻美・北逸郎. 鮮新世北大西洋堆積物の年代決定に関わる新手法. 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 2012 年 5 月 20 日~25 日, 幕張メッセ国際会議場.

林辰弥・谷村好洋. 中-後期更新世における古カトマンズ湖珪藻群集の群集生態学的研究. MRC 研究発表会, 2012 年 3 月 2 日~4 日, 東北大学.

⑳桑原義博・増留由起子・ポーデル ムクンダ・藤井理恵・林辰弥・萬福真美・酒井治孝. 最終氷期における中央ヒマラヤ南斜面の古気候・古環境変動: カトマンズ盆地堆積物中の粘土鉱物分析から. 日本粘土学会第 55 回粘土科学討論会, 2011 年 9 月 14 日~16 日, 鹿児島大学.

㉑林辰弥・谷村好洋・藤井理恵・酒井治孝. 過去 60 万年間のにわたる古カトマンズ湖浮遊性・底生珪藻の生態記録の比較研究. 日本地質学会第 118 年学術大会, 2011 年 9 月 9 日~11 日, 茨城大学.

㉒桑原義博. AFM による純水中での barite (001) 表面の溶解その場観察. 日本鉱物科学会 2011 年年会, 2011 年 9 月 9 日~11 日, 茨城大学.

㉓石田清隆. 合成白雲母と砥部石の遠赤外吸収スペクトル. 日本鉱物科学会 2011 年年会, 2011 年 9 月 9 日~11 日, 茨城大学.

㉔杉本美沙・藤井理恵・酒井治孝. 古カトマンズ湖の微粒炭, 海綿骨針, 植物珪酸体の分析に基づく過去 70 万年のインドモンスーンと堆積環境の変遷史. 日本第四紀学会 2011 年大会, 2011 年 8 月 26 日~28 日, 鳴門教育大学.

㉕杉本美沙・藤井理恵・酒井治孝. スミアスライド観察と微粒炭分析に基づく古カトマンズ湖の過去 70 万年間の環境変遷史. 日本地球惑星連合 2011 年大会, 2011 年 5 月 22 日~27 日, 幕張メッセ国際会議場.

㉖林辰弥・谷村好洋・藤井理恵・酒井治孝. プリユンヌ期中期の古カトマンズ湖プランクトン珪藻事. 日本地球惑星連合 2011 年大会, 2011 年 5 月 22 日~27 日, 幕張メッセ国際会議場.

#### 〔図書〕(計 1 件)

林辰弥 (分担執筆). 『び』化石から何を読むか, 240-257: 谷村好洋・辻彰洋編著「微化石 顕微鏡で見るプランクトン化石の世界」国立科学博物館叢書, 396 頁, 2012 年, 東海大学出版会.

#### 〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

#### 〔その他〕

ホームページ等

<http://scs.kyushu-u.ac.jp/ykuwa/ykworld/index.html> (九州大学大学院比較社会文化研究院・桑原研究室 HP)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

桑原 義博 (YOSHIHIRO KUWAHARA)  
九州大学・大学院比較社会文化研究院・准教授

研究者番号: 90281196

##### (2) 研究分担者

上原 誠一郎 (SEIICHIRO UEHARA)  
九州大学・大学院理学研究院・助教  
研究者番号: 70158773

石田 清隆 (KIYOTAKA ISHIDA)  
九州大学・大学院比較社会文化研究院・准教授  
研究者番号: 60108602

中牟田 義博 (YOSHIHIRO NAKAMUTA)  
九州大学・大学院比較社会文化研究院・准教授  
研究者番号: 60108602

北 逸郎 (ITSURO KITA)  
九州大学・大学院比較社会文化研究院・教授  
研究者番号: 10143075

林 辰弥 (TATSUYA HAYASHI)  
独立行政法人国立科学博物館・地学研究部・非常勤研究者  
研究者番号: 80571132  
(平成 23 年度~24 年度)

##### (3) 連携研究者

藤井 理恵 (RIE FUJII)  
京都大学・大学院理学研究科・非常勤研究員  
研究者番号: 50398111