

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H01727

研究課題名(和文) 海洋環境・生態系を理解するための重金属安定同位体海洋化学の育成

研究課題名(英文) Development of heavy metal stable isotope marine chemistry to understand marine environment and ecosystems

研究代表者

宗林 由樹 (Sohrin, Yoshiki)

京都大学・化学研究所・教授

研究者番号：50197000

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,300,000円

研究成果の概要(和文)：海水中Ni, Cu, Zn安定同位体比の測定法を確立した。岩石中Ni同位体比の精密測定のため、新しい化学分離法を開発した。国際共同研究により亜鉛の同位体比の新しい標準物質を確立した。白鳳丸KH-15-3航海(東シナ海)とKH-17-3航海(亜寒帯北太平洋)で海水試料を採取した。KH-14-6航海(南極海・南太平洋)の海水試料を用いて、溶存態Ni, Cu, Znの濃度と安定同位体比の鉛直断面分布を明らかにした。堆積物中Mo, Wの濃度と安定同位体比の分析法をほぼ確立した。日本海中層堆積物コア試料および岩石、堆積物の標準物質の分析を進め、古海洋プロクシとしてのMoとWの可能性を検討した。

研究成果の概要(英文)：We have developed an analytical method for the stable isotope ratio of Ni, Cu, and Zn in seawater and developed a new chemical separation method for the precise isotope ratio analysis of Ni in rocks. We have established a new reference material for the Zn isotope ratio analysis through international collaboration. We have collected seawater samples during R/V Hakuho Maru cruises of KH-15-3 (the East China Sea) and KH-17-3 (the subarctic North Pacific). Using seawater samples collected during KH-14-6 (the Southern Ocean and the South Pacific), we have revealed sectional distributions of the concentration and stable isotope ratio for Ni, Cu, and Zn. We have mostly developed an analytical method for the concentration and stable isotope ratio of Mo and W in sediments. We have analyzed a sediment core collected from the middle depth bottom in the Japan Sea and several standard materials of rocks and sediments, pursuing the possibility of Mo and W as proxies for paleoceanography.

研究分野：水圏化学, 分析化学

キーワード：海洋科学 地球化学 環境分析 生物圏現象 環境変動 化学海洋 重金属 安定同位体比

1. 研究開始当初の背景

海洋の重金属は、生物必須元素として生態系と生物多様性に深く関わっている。近年、海洋の重金属、特に鉄は、現代の海洋で光合成や窒素固定を制限する主な因子であることが明らかになった。また、地質時代に海水の重金属濃度は大きく変動し、生物進化に影響をおよぼしたという仮説が注目されている。さらに、重金属は、現代海洋の物質循環のトレーサーまた古海洋研究のプロクシ(手掛かり)として大きな可能性を秘めている。

従来、重金属の海洋化学は濃度に基づいていた。しかし、濃度のみでは、過程の詳細な考察は難しかった。重金属は、河川水、風塵、熱水活動などによる海洋への供給、生物による取り込みと代謝、粒子への吸着と堆積、その後の続成過程において、同位体分別を起こす。安定同位体比は、これらの過程を理解する上で有力な「指紋」となる。さらに、Pbにおいてすでに実証されているように、重金属安定同位体比は人為起源汚染の有力なトレーサーとなる。

重金属安定同位体比を海洋化学に活用するためには、同位体比を 0.01%以下の精度で測定しなければならない。しかし、これには多くの問題がある。特に海水は、重金属濃度が nmol/kg レベルまたはそれ以下ときわめて低いため、分析が困難である。多重検出器型 ICP 質量分析装置 (MC-ICP-MS) で同位体比を精密に測定するには、数 10~100 倍以上の濃縮が必要である。同重体イオンの干渉やマトリックス効果を除くために、共存元素をきわめて高い分離係数で分離しなければならない。試料の採取と分析の操作を通して、雰囲気、試薬、器具などから目的元素が混入汚染すること(コンタミネーション)を防ぐクリーン技術が必要である。さらに、化学分離において同位体分別を起こさないために回収率は定量的でなければならない。これらすべての要求を満たす前処理は、容易でない。現在、世界の先端研究室がこの分野に注目し、熾烈な開発競争を繰り広げている(Boyle et al., 2012; Tanimizu et al., 2013)。

我々は、国内でいち早く重金属安定同位体比を用いる海洋化学に注目し、2005年から共同研究を進めてきた(平成21~23年度基盤研究(B)など)。これまでに、海水中 Mo 同位体比、Cu 同位体比の精密分析法を開発した(Nakagawa et al., 2008; Takano et al., 2013)。Mo 同位体比が世界海洋で一定であることを実証し、海水が Mo 同位体比測定の標準物質として有用であることを示した(Nakagawa et al., 2012; The Geochemical Journal Award of 2013 受賞)。Cu 同位体比の精密な鉛直分布を明らかにし、Cu 同位体比が海洋深層水の年齢とともにスキャベンジによって増加することを初めて見いだした(Takano et al., Nature Comm., 2014)。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの共同研究の成果をふまえて、重金属安定同位体海洋化学を一層発展させる。(1) 重金属(Ni, Cu, Zn, W, Feなど)の同位体比精密分析法を開発する。(2) 海水、陸水、雨水の試料を分析し、濃度と同位体比を組み合わせた、新しい物質循環研究を進める。(3) 生物の取り込み、代謝、有機物の分解にともなう重金属安定同位体分別の素過程を明らかにする。(4) 堆積物コア試料の重金属安定同位体比を分析し、続成過程における同位体分別を明らかにする。さらに、古海洋の環境変動復元への応用を検討する。本研究は、海洋学、地球科学、環境学の新しい領域を切り拓く端緒になると期待される。

3. 研究の方法

(1) 重金属同位体比精密分析法の開発(宗林, 高野, 平田)

Ni, Cu, Zn は、いずれも生物に必須の元素であるが、海洋での分布と挙動は微妙に異なる。これら3元素を同時に調査すれば、海洋生物地球化学サイクルの理解を一層深めることができる。溶存態 Ni, Cu, Zn 同位体比精密分析法を開発する。この方法は先に開発した Cu 同位体の分析法を改良して、3元素の一括分析を可能にするものである。エチレンジアミン三酢酸基を有するキレート樹脂を用いて目的元素を海水から一括濃縮分離した後、陰イオン交換法により精密分離する。開発は順調に進んでいるので、平成27年度初めに方法を完成し、論文発表できる見込みである。

エチレンジアミン三酢酸基は EDTA の類縁体で、ひとつの金属イオンに対して最大5配位するため、きわめて強力な配位子である。我々は、この樹脂を用いて、世界で初めて海水中9元素(Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb)の一括定量に成功した(Sohrin et al., 2008)。この方法はすでに107回引用され、世界標準となりつつある。

(2) 海洋物質循環研究への応用(宗林, 高野, 谷水)

海洋における Ni, Cu, Zn の濃度と同位体比の分布を同時に明らかにする。これまでに太平洋および周辺海域などにおいて、GEOTRACES Japan 白鳳丸航海でクリーン採取した海水試料を活用する。まず平成26年12月~27年2月 KH-14-6航海で採取した南太平洋 170°W 南北測線の試料を分析する。また、平成27年には東シナ海の白鳳丸航海で海水試料を採取する。あわせて、陸水、雨水の試料を分析し、濃度と同位体比に基づく Ni, Zn の新しい海洋ボックスモデルを構築する。さらに、並行して Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb 9元素の溶存態、全可溶態、置換活性粒子態の海洋断面分布を調べて、重金属の海洋循環の全体像の解明をめざす。

(3) 生物過程による同位体分別、海洋微生物-重金属相互作用研究への応用(宗林, 宗林留,

平田)

生物は、代謝過程において元素同位体比に特徴的な影響をおよぼす。しかし、重金属同位体分別の素過程はまだよくわかっていない。海洋微生物による有機物の分解過程において、Ni, Cu, Zn の濃度と同位体比がどのように変化するかを調べる。植物プランクトンの微量元素分析とクリーン培養において世界トップレベルの実績を持つ台湾中央研究院 Tung-Yuan Ho 博士と協力して、植物プランクトンによる Ni, Cu, Zn の取り込みにとまなう同位体比分別の研究を進める。また、魚までの栄養段階に従って、Fe の同位体比がどのように変化するかを調べる。

(4) 堆積物中での同位体分別, および古海洋の環境変動復元への応用 (宗林, 村山)

Mo 同位体比は、古海洋の酸化還元プロクシとしてさかんに研究されている。我々は、W 同位体比が熱水活動のプロクシとして可能性が高いことを提案した。堆積物中 Mo と W の濃度、同位体比の同時定量法を開発する。また、Cu 同位体比が古海洋の生物地球化学サイクルのプロクシとなる可能性を追求する。実試料として日本海堆積物コア試料(岩内沖, 水深 900 m, コア長 7 m, 堆積年代 4.6 万年前から)を用いて、堆積物中 Mo, W, Cu 同位体比の変動を調べる。

4. 研究成果

(1) 重金属同位体比精密分析法の開発

エチレンジアミン三酢酸基をもつキレート樹脂 NOBIAS Chelate PA-1 を用いて海水数 100 mL~2 L から Ni, Cu, Zn を濃縮し、陰イオン交換樹脂 AG MP-1M を用いて 3 元素を相互分離する方法を開発した。ブランク値を十分に低く抑え、共存元素を効果的に除去し、3 元素を定量的に濃縮分離することに成功した。MC-ICP-MS の測定条件を最適化した。この方法を分析化学のトップジャーナルである *Analytic Chimica Acta* 誌に論文発表した (Takano et al., 2017)。本論文は Featured Article に選定され表紙を飾った。

岩石試料中の Ni 安定同位体比を精密に測定するため、陽イオン交換樹脂、キレート樹脂、陰イオン交換樹脂を用いる新しい化学分離法を開発した。

亜鉛の安定同位体比の新しい標準物質を確立する国際共同研究に参加し、論文を共同執筆した (Archer et al., 2016)。

自動濃縮装置の改良。海水中微量元素の濃度測定のために開発した自動濃縮装置を改良し、同位体比測定のための前処理にも適用できるようにした (Minami et al., 2015)。大量の海水試料を処理できるようにペリスタルティックポンプを搭載し、共存元素の除去のため流路とプログラムを改良した。また、海水中強配位子場元素 (Zr, Hf, Nb, Ta) の定量的ための新しい分析法の開発を進めた。

(2) 海洋物質循環研究への応用

同位体比データとあわせて議論するために、太平洋における海水中 Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb の濃度分布の測定を進めた。

白鳳丸 KH-15-3 航海 (東シナ海) と KH-17-3 航海 (北太平洋亜寒帯域) に参加し、表層から底層までの海水試料をクリーン採取した。

白鳳丸 KH-14-6 航海で南極海から太平洋において採取した海水試料を用いて、溶存態 Ni, Cu, Zn の濃度と安定同位体比の測定を進めた。西経 170 度における 3 元素の濃度と同位体比の鉛直断面分布を明らかにした。Ni, Cu, Zn はいずれも表層で低濃度、深層で高濃度である栄養塩型に分類されるが、同位体比の分布は大きく異なった。3 元素とも表層での植物プランクトンによる取りこみでは軽い同位体が優先的に取りこまれるが、Cu と Zn は人為起源の軽い同位体が表層へ供給されていること、Cu はスキヤベンジによって時間とともに同位体比が重くなることがわかった。

(3) 生物過程による同位体分別, 海洋微生物-重金属相互作用研究への応用

Ho 博士と協力して、粒子試料中 Ni, Cu, Zn の濃度と安定同位体比の測定法を確立し、東シナ海の沈降粒子試料の分析を行った。

海洋生物の食物連鎖が Fe 安定同位体比におよぼす影響を調べた。

(4) 堆積物中での同位体分別, および古海洋の環境変動復元への応用

堆積物中 Mo と W の濃度と安定同位体比の分析法をほぼ確立した。この方法を用いて、日本海中層堆積物コア試料、および各種岩石、堆積物の標準物質の分析を進めた。Mo/W 濃度比および Mo と W の同位体比の古海洋プロクシとしての可能性を検討した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 9 件)

- ① Zheng, L., Minami, T., Takano, S., Minami, H. & Sohrin, Y. Distribution and stoichiometry of Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in seawater around the Juan de Fuca Ridge. *Journal of Oceanography* 73, 669-685, doi: 10.1007/s10872-017-0424-2 (2017).
- ② Takano, S., Tanimizu, M., Hirata, T., Shin, K.-C., Fukami, Y., Suzuki, K. & Sohrin, Y. A simple and rapid method for isotopic analysis of nickel, copper, and zinc in seawater using chelating extraction and anion exchange. *Analytica Chimica Acta* 967, 1-11, doi: 10.1016/j.aca.2017.03.010 (2017).
- ③ Kashiwabara, T., Kubo, S., Tanaka, M., Senda, R., Iizuka, T., Tanimizu, M. & Takahashi, Y. Stable isotope fractionation of tungsten during adsorption on Fe and Mn

(oxyhydr)oxides. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 204, 52-67, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2017.01.031> (2017).

- ④ Archer, C., Andersen, M. B., Cloquet, C., Conway, T. M., Dong, S., Ellwood, M., Moore, R., Nelson, J., Rehkamper, M., Rouxel, O., Samanta, M., Shin, K.-C., Sohrin, Y., Takano, S. & Wasylenki, L. Inter-calibration of a proposed new primary reference standard AA-ETH Zn for zinc isotopic analysis. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 32, 415-419, doi: 10.1039/C6JA00282J (2017).
 - ⑤ 宗林由樹. 微量元素の高精度分析法の開発と海洋化学への応用 (2016年度日本海洋学会賞受賞記念論文). *海の研究* 25, 145-155, doi: (2016).
 - ⑥ Sohrin, Y., Nakashima, Y. & Maruo, M. Trace elements influenced by environmental changes in Lake Biwa: (II) Chemical variations in the hypolimnion over the last half-century. *Limnology* 17, 163-173, doi: 10.1007/s10201-015-0477-0 (2016).
 - ⑦ Nakashima, Y., Shimizu, A., Maruo, M. & Sohrin, Y. Trace elements influenced by environmental changes in Lake Biwa: (I) Seasonal variations under suboxic hypolimnion conditions during 2007 and 2009. *Limnology* 17, 151-162, doi: 10.1007/s10201-015-0474-3 (2016).
 - ⑧ Nakada, R., Takahashi, Y. & Tanimizu, M. Cerium stable isotope ratios in ferromanganese deposits and their potential as a paleo-redox proxy. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 181, 89-100, doi: 10.1016/j.gca.2016.02.025 (2016).
 - ⑨ Minami, T., Konagaya, W., Zheng, L., Takano, S., Sasaki, M., Murata, R., Nakaguchi, Y. & Sohrin, Y. An off-line automated preconcentration system with ethylenediaminetriacetate chelating resin for the determination of trace metals in seawater by high-resolution inductively coupled plasma mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 854, 183-190, doi: 10.1016/j.aca.2014.11.016 (2015).
- [学会発表] (計 49 件)
- ① 宗林留美. 駿河湾の生元素循環. 水産海洋学会地域研究集会. 2018, 3. 9. 東海大学海洋学部.
 - ② 宗林由樹. 多元素分析と同位体比分析が切り開く重金属の海洋化学. 第 129 回分析技術研究会 (特別講演). 2018, 3. 12. パナソニックリゾート大阪.
 - ③ Sohrin, Y. Multielemental analysis of concentrations and stable isotope ratios for trace metal oceanography (Keynote). APWC2017. 2017, 11. 16. Kunibiki Messe.
 - ④ 小林裕基, 高野祥太郎, 谷水雅治. 地球化学標準物質からの Ni 単離手法の確立と高精度同位体分析: Ni 同位体組成のずれの原因解明. (ポスター) 2017 年度日本質量分析学会同位体比部会. 2017, 11. 9. 熱川ハイツ.
 - ⑤ 宗林留美, 長倉千紘, 西川淳, 松浦弘行, 吉川尚, 大林由美子. 駿河湾における小型遊泳性エビ類のアスタキサンチン. (ポスター) 2017 年度日本海洋学会秋季大会. 2017, 10. 17. 仙台国際センター.
 - ⑥ 宗林由樹, 南知晴, 鄭臨潔, 高野祥太郎. 多元素濃度分析と同位体比分析に基づく太平洋の微量金属の研究. 日本海洋学会 2017 年度秋季大会. 2017, 10. 14. 仙台国際センター.
 - ⑦ 鄭臨潔, 南知晴, 高野祥太郎, 宗林由樹. 中央北太平洋における溶存態および置換活性粒子態栄養塩型微量金属の南北断面分布. 2017 年度日本地球化学会第 64 回年会. 2017, 9. 13. 東京工業大学.
 - ⑧ 辻阪誠, 高野祥太郎, 平田岳史, 申基澈, 村山雅史, 宗林由樹. 堆積物中モリブデン, タングステンに基づく日本海中層古海洋環境の推定. 2017 年度日本地球化学会第 64 回年会. 2017, 9. 13. 東京工業大学.
 - ⑨ 宗林由樹. 多元素分析に基づく微量元素海洋学の新展開. 2017 年度日本地球化学会第 64 回年会 (基調講演). 2017, 9. 13. 東京工業大学.
 - ⑩ 南知晴, 鄭臨潔, 高野祥太郎, 宗林由樹. 自動固相抽出装置を用いる南極海及び南太平洋における溶存態・全可溶態生物活性微量金属の鉛直断面分布の観測. 日本分析化学会第 66 年会. 2017, 9. 11. 東京理科大学.
 - ⑪ Tsujisaka, M., S. Takano, T. Hirata, M. Murayama, and Y. Sohrin. Estimation of the Paleoenvironment Based on the Concentration and Isotope Ratio of Molybdenum and Tungsten in the Japan Sea Sediment. (poster) Goldschmidt2017. 2017, 8. 17. Paris.
 - ⑫ Zheng, L., T. Minami, S. Takano, and Y. Sohrin. Dissolved and Labile Particulate Trace Metal (Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Cd, and Pb) Distributions in Seawater along 160°W in the North Pacific. (poster) Goldschmidt2017. 2017, 8. 14. Paris.
 - ⑬ Sieber, M., T.M. Conway, S. Takano, Y. Sohrin, and D. Vance. The Role of Southern Ocean Processes in Controlling the Distribution of Cd Isotopes at Lower Latitudes in the South West Pacific. Goldschmidt2017. 2017, 8. 14. Paris.
 - ⑭ Nakaguchi, Y., Y. Ikeda, N. Oku, R. Taniura, M. Tsujisaka, L. Zheng, T. Minami, and Y. Sohrin. Distributions and Atmospheric Input of Bioactive Trace Metals in the East China Sea. (poster) Goldschmidt2017. 2017, 8. 14.

- Paris.
- ⑮ 鄭臨潔, 南知晴, 高野祥太朗, 宗林由樹. 海水中溶存態および置換活性粒子態生物活性微量元素(Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Cd, Pb)の北太平洋西経 160 度における南北分布. 日本分析化学会第 77 回分析化学討論会. 2017, 5. 27. 龍谷大学.
 - ⑯ 辻阪誠, 高野祥太朗, 平田岳史, 申基澈, 宗林由樹. 堆積物中モリブデン, タングステン安定同位体比分析法の開発および日本海中層海底における酸化還元史の推定. 日本分析化学会第 77 回分析化学討論会. 2017, 5. 27. 龍谷大学.
 - ⑰ 高野祥太朗, 谷水雅治, 平田岳史, 申基澈, T.-Y. Ho, W.-H. Liao, 鈴木勝彦, 深海雄介, 宗林由樹. 海水, エアロゾル, 沈降粒子試料中ニッケル, 銅, 亜鉛同位体比分析法の開発. 日本分析化学会第 77 回分析化学討論会. 2017, 5. 27. 龍谷大学.
 - ⑱ Sohrin, Y., L. Zheng, T. Minami, and S. Takano. Lead spreading through sub-surface water over the North Pacific. JpGU-AGU Joint Meeting 2017. 2017, 5. 20. Makuhari Messe.
 - ⑲ 高野祥太朗. 海洋における銅の高精度安定同位体比分析法の開発 (第 1 回海洋化学奨励賞 (30 歳未満) 受賞記念講演). 第 37 回石橋雅義先生記念講演会. 2017, 4. 22. 京都大学百周年時計台記念館.
 - ⑳ Takano, S., M. Tanimizu, T. Hirata, K.-C. Shin, Y. Fukami, K. Suzuki, and Y. Sohrin. NICKEL, COPPER AND ZINC ISOTOPES IN THE PACIFIC OCEAN. ASLO 2017 AQUATIC SCIENCES MEETING. 2017, 2. 27. Honolulu.
 - 21 Kobayashi, Y., S. Takano, and M. Tanimizu. Development of a rapid and quantitative nickel purification technique for accurate nickel isotopic analysis in geochemical reference materials. (poster) EWCP2017. 2017, 2. 23. Sankt Anton am Arlberg.
 - 22 Takano, S. A new method for determination of nickel, copper and zinc isotope ratios in seawater, phytoplankton, and sediments. East Asia GEOTRACES Workshop: Trace Element and Isotope (TEI) study in the Northwestern Pacific and its marginal seas. 2017, 1. 17. Sapporo.
 - 23 小林裕基, 高野祥太朗, 谷水雅治. 高分解能・高回収率の新たな Ni 単離法の確立と地球化学標準物質の Ni 高精度同位体分析. (ポスター) 2016 年度日本質量分析学会同位体比部会. 2016, 11. 17. 秋田.
 - 24 Sohrin, Y. Marine Geochemistry of Molybdenum and Tungsten. Invited Lecture at The Institute of Oceanography, National Taiwan University. 2016, 11. 17. The Institute of Oceanography, National Taiwan University.
 - 25 Sohrin, Y. Distribution and stoichiometry of bioactive trace metals (Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb) in seawater. Invited Lecture at Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica. 2016, 11. 16. Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica.
 - 26 宗林由樹. 微量元素の高精度分析法の開発と海洋化学への応用. 公益財団法人海洋化学研究所 70 周年秋季講演会 (招待講演). 2016, 11. 12. 京都大学楽友会館.
 - 27 南知晴, 鄭臨潔, 高野祥太朗, 宗林由樹. 自動固相抽出装置を用いる溶存態生物活性微量元素の定量: 標準海水の分析と南極海-南太平洋鉛直断面分布の観測. 日本分析化学会第 65 年会. 2016, 9. 16. 北海道大学工学部.
 - 28 鄭臨潔, 南知晴, 高野祥太朗, 宗林由樹. 中央北太平洋における生物活性微量元素の南北鉛直断面分布. 日本地球化学会第 63 回年会. 2016, 9. 16. 大阪市立大学.
 - 29 辻阪誠, 高野祥太朗, 平田岳史, 申基澈, 宗林由樹. 堆積物中モリブデン, タングステン安定同位体比分析法の開発ならびに日本海堆積物試料への応用. 日本地球化学会第 63 回年会. 2016, 9. 16. 大阪市立大学.
 - 30 谷水雅治. プラズマイオン源質量分析法を用いた 元素同位体分析の海洋分野への応用展開. 2016 年度日本地球化学会年会 (基調講演). 2016, 9. 16. 大阪市立大学.
 - 31 鄭臨潔, 南知晴, 高野祥太朗, 宗林由樹. 北太平洋における海水中生物活性微量元素(Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb)の分布. 日本海洋学会 2016 年度秋季大会. 2016, 9. 13. 鹿児島大学.
 - 32 高野祥太朗, 上原渉, 谷水雅治, 平田岳史, 申基澈, 宗林由樹. 北太平洋における海水中 Ni, Cu, Zn 濃度および同位体比分布の解明. 日本海洋学会 2016 年度秋季大会. 2016, 9. 13. 鹿児島大学.
 - 33 Tsujisaka, M., S. Takano, and Y. Sohrin. Determination of the Stable Isotope Ratio of Molybdenum and Tungsten in Marine Sediments. (poster) Goldschmidt 2016. 2016, 6. 30. Pacifico Yokohama.
 - 34 Takano, S., W. Uehara, K.-C. Shin, T. Hirata, M. Tanimizu, and Y. Sohrin. Distributions of Nickel, Copper and Zinc Isotopes in the North Pacific Ocean. Goldschmidt 2016. 2016, 6. 29. Pacifico Yokohama.
 - 35 Zheng, L., T. Minami, S. Takano, and Y. Sohrin. Distributions of Dissolved Trace Metals (Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb) along 160°W in the Pacific Ocean. (poster) Goldschmidt 2016. 2016, 6. 28. Pacifico Yokohama.
 - 36 Sieber, M., T.M. Conway, S. Takano, Y. Sohrin, and D. Vance. The Role of the Polar Oceans in Controlling the Distribution of Cd Isotopes at Lower Latitudes in the South West

- Pacific. (poster) Goldschmidt 2016. 2016, 6. 28. Pacifico Yokohama.
- 37 Sohrin, Y. New analytical methods for GEOTRACES. Exploring GEOTRACES data with Ocean Data View, Workshop of the Goldschmidt 2016 Conference (Invited). 2016, 6. 26. Training Center, Nippon Maru Memorial Park.
- 38 宗林由樹. 微量元素の高精度分析法の開発と海洋化学への応用. 2016 年度日本海洋学会春季大会 (2016 年度日本海洋学会賞受賞記念講演). 2016, 3. 16. 東京大学.
- 39 宗林由樹. 海水中微量元素に基づく地球規模のモニタリング. 平成 27 年度化学物質環境実態調査環境科学セミナー (招待講演). 2016, 1. 18. ヒューリックホール.
- 40 宗林由樹. 生命の惑星を支える海の微量元素. 平成 27 年度高知地区分析技術懇談会講演会 (招待講演). 2015, 12. 12. 高知大学.
- 41 辻阪誠, 高野祥太朗, 村田レナ, 平田岳史, 宗林由樹. 古海洋プロクシとしての海底堆積物中モリブデン、タングステン安定同位体比分析法の開発. 2015 年度日本地球化学会. 2015, 9. 17. 横浜国立大学.
- 42 村田レナ, 高野祥太朗, 宗林由樹, 平田岳史. 海水中タングステン安定同位体比分析法の開発. 2015 年度日本地球化学会. 2015, 9. 16. 横浜国立大学.
- 43 高野祥太朗, 宗林由樹, 上原渉, 申基澈, 谷水雅治, 平田岳史. 海水中ニッケル、銅、亜鉛同位体比の迅速・精密分析法の開発. 2015 年度日本地球化学会. 2015, 9. 16. 横浜国立大学.
- 44 鄭臨潔, 南知晴, 高野祥太朗, 宗林由樹. ファンデフカ海嶺における生物活性微量元素の断面分布. 日本分析化学会第 64 年会. 2015, 9. 11. 九州大学.
- 45 宗林由樹, 高野祥太朗. 重元素安定同位体海洋化学. 日本分析化学会第 64 年会 (依頼講演). 2015, 9. 11. 九州大学.
- 46 Zheng, L., T. Minami, S. Takano, and Y. Sohrin. The Distribution of Bioactive Trace Elements (Al, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb) over the Juan de Fuca Ridge. (poster) Goldschmidt2015. 2015, 8. 17. Prague.
- 47 Takano, S., M. Tanimizu, T. Hirata, Y. Sohrin, S. Little, and C. Archer. Determination of Isotopic Ratio of Nickel, Copper, and Zinc in Seawater Using an Ethylenediaminetriacetic Acid Chelating Resin. (poster) Goldschmidt2015. 2015, 8. 17. Prague.
- 48 平田岳史, 山方優子, 田中佑樹, 坂田周平, 服部健太郎, 宗林由樹. ICP 質量分析法を用いた安定同位体地球化学の現状と将来. 日本地球惑星科学連合 2015 年大会. 2015, 5. 27. 幕張メッセ.
- 49 高野祥太朗. キレート樹脂固相抽出法を用いた海水中微量金属安定同位体比分析法の開発と海洋学への応用. プラズマ分

光分析研究会第 94 回講演会 (招待講演). 2015, 5. 15. 京都大学楽友会館.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宗林 由樹 (SOHRIN, Yoshiki)
京都大学・化学研究所・教授
研究者番号: 50197000

(2) 研究分担者

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

谷水 雅治 (TNIMIZU, Masaharu)
関西学院大学・理工学部・教授
研究者番号: 20373459

村山 雅史 (MURAYAMA, Masafumi)
高知大学・教育研究部自然科学系理学部門・教授
研究者番号: 50261350

宗林 留美 (SOHRIN, Rumi)
静岡大学・理学部・准教授
研究者番号: 00343195

申 基 Chol (SHIN, Kicheol)
総合地球環境学研究所・研究基盤国際センター・准教授
研究者番号: 50569283

(3) 連携研究者

高野 祥太朗 (TAKANO, Shotaro)
京都大学・化学研究所・助教
研究者番号: 40758439

南 知晴 (MINAMI, Tomoharu)
京都大学・化学研究所・技術職員
研究者番号: 90444471

(4) 研究協力者

HO, Tung-Yuan
Research Fellow, Research Center for Environmental Changes (RCEC), Academia Sinica

鄭 臨潔 (ZHENG, Linjie)
京都大学・大学院理学研究科・大学院生

辻阪 誠 (TSUJISAKA, Makoto)
京都大学・大学院理学研究科・大学院生