

令和 2 年 6 月 25 日現在

機関番号：13201

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18785

研究課題名(和文)バリウム同位体を使った氷河・氷床の融解イベントの検出

研究課題名(英文) Detection of meltwater events of glaciers and ice sheets using analysis of Ba stable isotopes

研究代表者

堀川 恵司 (Horikawa, Keiji)

富山大学・学術研究部理学系・准教授

研究者番号：40467858

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：2カ年の研究を通して以下の成果を得た。1) 海水試料・炭酸塩試料に対して、Sr樹脂カラムを用いたバリウム単離法を構築した。2)  $^{134}\text{Ba}$ - $^{136}\text{Ba}$ ダブルスパイクTIMSバリウム同位体比分析を構築し、 $\pm 0.02\text{permil}$ 以下(2SD)の精度で $^{138}/^{134}\text{Ba}$ 安定同位体比の測定を行えるようになった。3) 東シナ海、アラスカ湾、西太平洋、南極海アムンゼン湾沖などで採取された海水試料(約150試料)のバリウム安定同位体比の分析を行なった。4) 東シナ海でBa安定同位体-塩分換算式を初めて構築し、貝骨格のBa安定同位体比分析から、過去の「海洋表層塩分の推定」が行えることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国内では初めて東シナ海、アラスカ湾、西太平洋、南極海アムンゼン湾沖などの海水試料のバリウム安定同位体比の分析を網羅的に行った(約150試料)。特に、東シナ海で高い相関を持つBa安定同位体-塩分換算式を初めて構築し、東シナ海陸棚堆積物中の貝骨格のBa安定同位体比分析から、過去の「海洋表層塩分の推定」が行えることが分かった。アラスカ湾・アムンゼン湾でも同様に塩分推定の可能性を評価した。

研究成果の概要(英文)：During 2-year study period, we obtained the following results. 1) for seawater and calcite samples, we developed a Ba separation column chemistry of Sr resin, 2) we developed a highly precise Ba stable isotope measurement (2SD, less than 0.02permil) using  $^{134}\text{Ba}$ - $^{136}\text{Ba}$  double-spike TIMS, 3) we conducted Ba isotope measurements of more than 150 seawater samples collected from the East China Sea, the Gulf of Alaska, the western North Pacific, and the Amundsen Sea in the Antarctica, and 4) we developed for the first time a Ba isotope-salinity relationship in the East China Sea, and showed that it allows us to estimate paleo-salinity from Ba isotopes of calcite shells.

研究分野：地球化学

キーワード：バリウム同位体 海水 氷床融解 炭酸塩 アラスカ湾 南極アムンゼン湾

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

一般に、表層海水中のバリウム濃度は、沿岸～外洋域にかけて塩分と負の相関関係を示し、単一河川の影響を受ける沿岸域の場合、Ba/Ca 比と塩分間に特に高い相関が見られる。このような Ba/Ca 比と塩分の関係に着目し、いくつかの沿岸域で表層海水の Ba/Ca 比-塩分関係式が構築されている。さらに、そのような沿岸域の堆積物中の有孔虫骨格の Ba/Ca 比を分析し、現世の表層海水で構築された Ba/Ca 比-塩分関係式を用いることで、過去の表層塩分の復元も半定量的にされている (Gebregiorgis et al., 2016 QSR; Leduc et al., 2013 EPSL; Weldeab et al., 2007 Science)。一方、河川から供給されるバリウムの安定同位体比も海水の値と大きく異なるため、淡水と海水が混合する沿岸域では、Ba/Ca 比と同様に、バリウム安定同位体と塩分間に 2 成分混合曲線が描けると予想される。実際、東シナ海陸棚の表層水のバリウム同位体比と塩分は (河川水 + 沿岸水 2 点のみ)、長江河川水と黒潮水を結ぶ混合曲線上にプロットされる (Cao et al., 2016 EPSL)。つまり、海水のバリウム安定同位体比も塩分指標になり得る可能性がある。したがって、対象とする海域で、Ba/Ca 比-塩分関係式とバリウム安定同位体-塩分関係式をそれぞれ構築し、堆積物中の有孔虫や貝のバリウム安定同位体比・Ba/Ca 比を分析することによって、Ba/Ca 比のみに基づく半定量的な塩分推定よりも、より高い精度で当時の海洋表層塩分を推定できるのではないかと考えられる。

### 2. 研究の目的

IPCC の報告書によれば、このまま温暖化が進行した場合、21 世紀末の海面上昇は 1m 近くになると予測されているが (IPCC AR5, 2013)、将来の温暖化した気候条件下での氷床の融解 (特に西南極氷床の融解) に起因する海面上昇規模の推定については依然として不確かさが大きい。しかし、過去に氷河や氷床が融解した海域で、当時の海洋表層塩分を復元できれば、「過去のどのような気候条件下で、氷河・氷床の融解があったのか」という氷河・氷床の融解応答を評価することができる。これによって得られた知見は、将来の氷床融解の評価と海面上昇予測の高精度化に貢献すると考えられる。本研究では、高精度のバリウム安定同位体比の分析手法を構築し、過去に大規模な融解が起こっていて、かつ近い将来大規模融解が懸念されるアラスカ湾と西南極アムンゼン湾において (Arendt et al., 2002 Science; Joughin and Alley, 2011 Nature Geo), Ba 安定同位体-塩分計を初めて構築し、これらの海域で採取された堆積物試料中の有孔虫殻や貝骨格の Ba 安定同位体比分析から、過去の「海洋表層塩分の推定」・「融氷イベントの特定」・「融氷規模の推定」を試みる。

### 3. 研究の方法

海洋表層塩分は、気候や水文循環の解析において、最も重要な環境情報であるにもかかわらず、過去の塩分を地球化学的に復元できるプロキシは未だ確立されていない。現在、有望なプロキシとして、「海洋の植物プランクトンが生合成する化合物の水素同位体比」や「Ba/Ca 比・Ba 安定同位体」があり、いずれも活発に研究され始めている。本研究では、「Ba/Ca 比・Ba 安定同位体」に着目しているが、これまでの研究から、河川から供給される溶存態バリウムの安定同位体比は、海水の値よりも低い事がわかっている。しかし、バリウム同位体比の報告例は世界的に見ても少なく、Ba 安定同位体比を塩分指標として利用できるかどうかという以前に、海洋でのバリウム同位体比の分布や挙動自体もまだ十分にわかっていない。そこで、申請研究では、対象とするアラスカ湾や南極域の沿岸表層水だけではなく、より広範囲に海水試料の分析を進めた。これまで分析した試料は、東シナ海、アラスカ湾、西太平洋、南極海アムンゼン湾沖などで採取された海水試料 (約 150 試料, 0-5000m) になる。

分析方法については詳細を記述しないが、 $0.45\mu\text{m}$  もしくは  $0.22\mu\text{m}$  で濾過した海水試料約 20mL (100 ng [Ba]) を使用した。試料水には  $^{134}\text{Ba}$ - $^{136}\text{Ba}$  ダブルスパイクを約 1mL 添加し、アンモニア水を加えアルカリ性にし、1M 炭酸ナトリウムを 1.25mL 加え、バリウムを含む炭酸塩の沈殿を生成した。生成した沈殿はテフロンバイアルに移し、3M 硝酸で溶解し、Sr 樹脂で Ba を単離し、ダブルスパイク TIMS 法で  $^{138}/^{134}\text{Ba}$  同位体比を分析した。標準試料には NIST3104a を使用した。測定誤差は  $\pm 0.02\%$  (2SD) で、先行研究と比較しても高精度となる分析法を構築した。

### 4. 研究成果

構築したバリウム単離法を用い、東シナ海、アラスカ湾、西太平洋、南極海アムンゼン湾沖の海水試料 (約 150 試料) のバリウム安定同位体比を分析した。ほぼ単一の淡水供給源を持つ東シナ海においては、高い相関を持つ Ba 安定同位体-塩分換算式が構築できた (図 1)。また、東シナ海陸棚で採取された堆積物試料中の貝骨格の Ba 安定同位体比分析も行い、現世表層水で構築した Ba 安定同位体-塩分換算式を適用することで、貝が生育していた当時の「海洋表層塩分」を推定できることを明らかにした。アラスカ湾においては、低塩分の沿岸水のデータが少なかったため、Ba 安定同位体-塩分換算式の評価が十分に行えなかったが (図 2)、堆積物中の有孔虫殻の Ba 同位体比の測定も行い、塩分換算式が構築できれば、塩分推定が行える可能性があることが明らかになった。

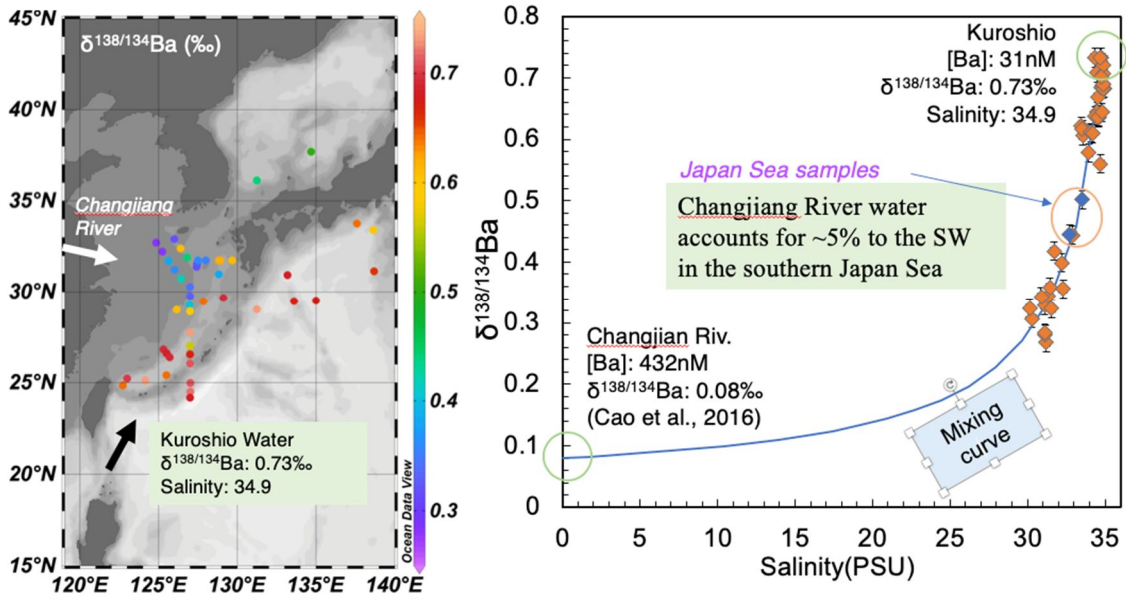


図1 東シナ海における表層水のバリウム安定同位体比と塩分の関係

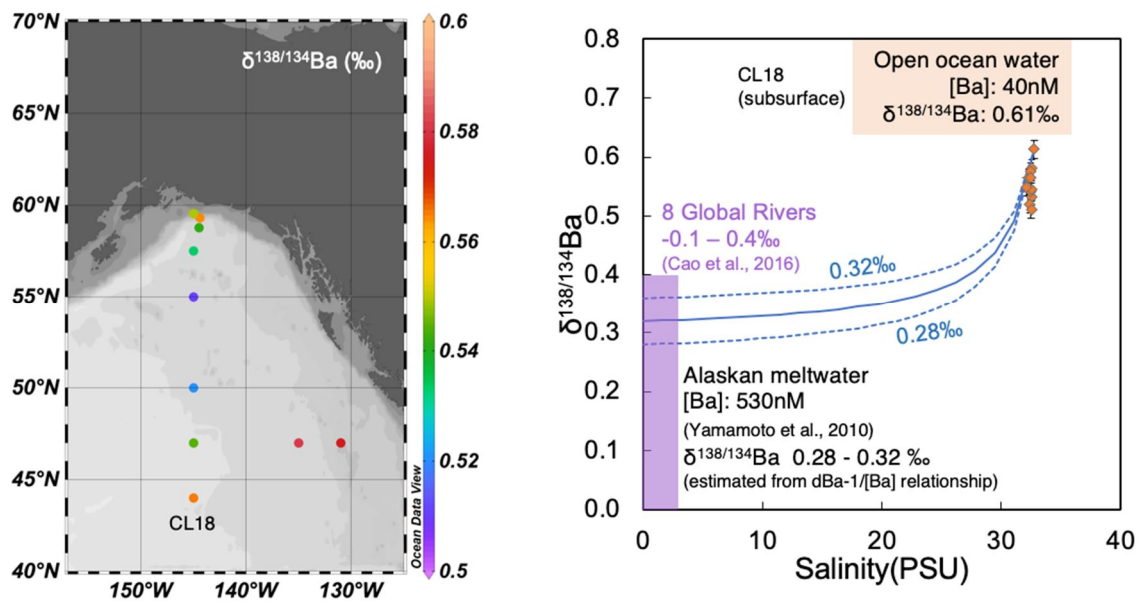


図2 アラスカ湾における表層水のバリウム安定同位体比と塩分の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 手塚勇輝、若木重行、堀川恵司
2. 発表標題 海水・炭酸塩のBa同位体比分析に向けたBa単離法の検討
3. 学会等名 日本地球化学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keiji Horikawa, Yuki Tezuka, Takashi Miyazaki, and Shigeyuki Wakaki
2. 発表標題 Ba Stable Isotopes and their Relationship with Salinity in the East China Sea
3. 学会等名 Goldschmidt Hawaii 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keiji Horikawa, Yuki Tezuka, Takashi Miyazaki, and Shigeyuki Wakaki
2. 発表標題 Ba stable isotopes in the East China Sea, Japan Sea, Gulf of Alaska, and the South Pacific
3. 学会等名 JPGU 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 若木重行、手塚勇輝、宮崎隆、堀川恵司
2. 発表標題 ダブルスパイク-TIMS法を用いた海水の高精度Ba安定同位体分析法開発
3. 学会等名 JPGU 2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	若木 重行  (Wakaki Shigeyuki)  (50548188)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・超先鋭研究開発部門(高知コア研究所)・技術研究員   (82706)	
研究 分担者	宮崎 隆  (Miyazaki Takashi)  (80371722)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・海域地震火山部門(火山・地球内部研究センター)・主任技術研究員   (82706)	