

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：12614

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23681002

研究課題名(和文) マルチトレーサーによる北極海の酸性化に関する定量的研究

研究課題名(英文) Multi-tracer study on Arctic Ocean Acidification

研究代表者

川合 美千代 (Yamamoto-Kawai, Michiyo)

東京海洋大学・学内共同利用施設等・准教授

研究者番号：50601382

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,300,000円、(間接経費) 5,490,000円

研究成果の概要(和文)：海洋酸性化が他の海域に先んじて進行している北極海カナダ海盆で、夏季の広域船舶観測を実施した。その結果、表層と中層に炭酸カルシウムに対して未飽和な海水が観測された。表層の分布は年によって異なり、塩分、水温、光合成の影響によることが分かった。中層の未飽和水については、SF₆濃度を測定した結果、比較的新しい未飽和水が3つのルートで中層に入り込んでいる様子が明らかになった。また、塩分・水温・溶存酸素データから炭酸カルシウム飽和度を推定する方法を開発し北極海における炭酸カルシウム飽和度の全体マップを作成することができた。さらに、時系列採水器を設置し、北極海上層部の通年観測に初めて成功した。

研究成果の概要(英文)：We have observed distribution of calcium carbonate saturation state in the Canada Basin. Undersaturated waters were found at the surface and subsurface layers. The distributions of surface undersaturated water were mainly determined by dilution, warming/cooling and photosynthesis. For the subsurface undersaturated water (Pacific Winter Water), we have measured SF₆ concentrations in order to estimate water mass ages. Results revealed that mean age of PWW in the Canada Basin is ~10 years and newer PWW is transported in to the basin by 3 pathways. We also developed a method to reconstruct calcium carbonate saturation state from salinity, temperature and oxygen data. Reconstructed values well agreed with observed values. By applying this method to historical observations, we could make a map of calcium carbonate saturation state for the entire Arctic Ocean. Furthermore, we have successfully collected seawater samples throughout the year, by using moored water samplers.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境動態解析

キーワード：海洋酸性化 北極海 SF₆ トレーサー 時系列採水

1. 研究開始当初の背景

大気中に放出された人為起源二酸化炭素が海洋へ溶け込むことよっておこる海洋酸性化は、地球上の全海洋で徐々に進んでおり、サンゴや貝類などの骨格を形成する炭酸カルシウムが溶けやすくなることが予測されている。北極海ではこれが急速に進み、2008年には世界の海に先駆けてすでに表層海水がアラゴナイトタイプの炭酸カルシウムに対して未飽和(溶けやすい状況)に達していることが観測から明らかになった。また、北極海の中でもカナダ海盆域では、中層に未飽和海水が貫入していることも知られている。未飽和海水は、アラゴナイトの殻を持つ多くの貝類やプランクトンにとって負の影響を与えることが室内実験から明らかになっており、北極海の生態系への酸性化の影響が懸念されている。

北極海のアラゴナイト未飽和水の形成には、人為起源二酸化炭素の増加以外にも、近年の海水融解や温暖化などの物理要因、有機物の生成・分解などの生物要因も関連している。そのため、北極海における酸性化の状況把握と将来予測のためには、アラゴナイト飽和度の変動要因を定量的に解明することが必要である。しかし、アラゴナイト飽和度を調べるために必要な全炭酸濃度とアルカリ度の測定は簡単ではないため、北極海での測定例は限られており、未飽和水の分布およびその形成についての定量的解明にはほど遠い状況にある。北極海内部にはアラゴナイト飽和度の観測空白域も多く存在しており、特に、夏以外のデータはほぼ皆無というのが現状である。

2. 研究の目的

本研究は、以下を目的として行った。

(1) 北極海カナダ海盆域においてアラゴナイト飽和度と各種化学トレーサーの分布を同時に観測することで、未飽和水の形成と分布に関する定量的情報を得ること。

(2) 過去の観測データが夏季のみに限られていることから、時系列採水によりアラゴナイト飽和度の季節変化を明らかにすること。

(3) アラゴナイト飽和度を求めるために必要な全炭酸濃度とアルカリ度の観測データ数は限られているため、水温・塩分・溶存酸素といったルーチンデータからアラゴナイト飽和度を見積もる方法を北極海に適用し、過去のデータを用いて北極海全域におけるアラゴナイト飽和度のマッピングを行うこと。

3. 研究の方法

船舶による毎夏の広域観測と、自動採水器による通年観測を行い、アラゴナイト飽和度の分布とその変動要因を調べた。また、過去のデータの解析も行った。

(1) 広域観測については、カナダ船によ

る夏季北極海広域調査に参加し、カナダの研究機関による物理観測にあわせて、アラゴナイト飽和度の計算に必要な全炭酸・アルカリ度や、水塊トレーサーとなる酸素同位体比とSF₆などの化学成分の観測を行った。また、同海域における過去の観測例と比較することで、アラゴナイト未飽和水の分布の経年変動を調べた。

(2) 通年観測については、アメリカの研究機関が行っている係留観測システムに、新たに時系列採水器を設置することで、毎週1回程度の採水を1年間行った。得られた海水について、栄養塩、塩分、アルカリ度、酸素同位体比の測定を行った(一部は現在も測定中)。

(3) 広域船舶観測で得られたデータを用いて、アラゴナイト飽和度と、水温・塩分・溶存酸素の関係式を作成した。この関係式の有用性を調べた後、北極海全体におけるアラゴナイト飽和度の推定を行った。

4. 研究成果

(1) 2011-2013年の広域観測および過去のデータとの比較の結果、カナダ海盆の夏季表層には2008年以降2013年まで毎年アラゴナイト未飽和水が広く分布していることが明らかになった。しかし、その分布は年によって大きく異なり、経年的な低下傾向はみられなかった。解析の結果、河川水と海水融解水による海水の希釈が未飽和の主な要因であること、未飽和水の分布の経年変化は海水の収束・発散や移流などの物理要因の影響を大きく受けていることが分かった。しかし、希釈の影響を受けているにも関わらずアラゴナイト過飽和な水も観測された。これらについては、水温や溶存酸素濃度、二酸化炭素濃度の分布から、高水温や光合成の影響により飽和度が上昇していることが分かった。つまり、海水融解は淡水を供給して飽和度を下げると同時に、水温上昇や活発な光合成を促進することにより、飽和度を上げる働きもすると考えられる。これらの結果から、2000年代後半に大量の多年氷が融解し、表層海水を希釈して飽和度を急速に低下させたが、氷が薄くなった現在および将来は、淡水供給の影響が減少し、水温上昇や活発な光合成の影響が増加することにより、飽和度が上昇すると考えられる。しかし、人為起源二酸化炭素増加が継続的に続くため、より長期的には飽和度の減少が続くと予想される。

また、中層の未飽和水の起源と貫入経路を調べるため、2013年の観測において、中層水のSF₆濃度を測定した。SF₆は水塊が表層を離れてからの年代を調べることができるトレーサーである。測定の結果、北極海中層に分布するアラゴナイト未飽和水は大陸棚域から主に3つの経路によりカナダ海盆に流入していること、またカナダ海盆における未飽和水の滞留時間はおよそ10年程度であることが明らかになった。

(2) 自動採水器をカナダ海盆の上層2点に設置し、初めての通年採水観測に成功した。水温・塩分・アルカリ度の測定値から、アラゴナイト飽和度は1年を通して1.0付近であり、変動幅は一般の外洋域に比べて小さいことが推測された。現在測定中である酸素同位体比や栄養塩の結果と合わせて、今後、季節変動の要因を明らかにする予定である。

(3) カナダ海盆における広域観測で実測したアラゴナイト飽和度が、塩分・水温・溶存酸素濃度と相関関係にあることが分かった。そこで、塩分・水温・溶存酸素濃度からアラゴナイト飽和度を推定する式を作成した。次に、過去に北極海の様々な海域で測定されたアラゴナイト飽和度と、そのときの塩分・水温・溶存酸素データと作成した推定値を用いて推定した飽和度をの比較を行った。その結果、両者が比較的良好一致することが確認できた。塩分・水温・溶存酸素についてはセンサーを用いて比較的容易に観測できるため、北極海全域において測定データが存在し、データベースとしてまとめられている。これらのデータベースに本研究で作成した推定式を適用することで、北極海全域におけるアラゴナイト飽和度の分布を推定することができた。その結果、河川水の流入域の表層、チャクチ海、東シベリア海、カナダ多島海の低層で、アラゴナイト未飽和であると推定された。得られた北極海全体のアラゴナイト飽和度マップは、酸性化の進行に対して脆弱な海域の識別や、モデルシミュレーションに必要な検証データとして今後の北極海における酸性化とその影響予想に役立つものと考えられる。

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 5件)

Miller, L. A., R. W. Macdonald, A. Mucci, M. Yamamoto-Kawai, K. E. Giesbrecht, F. McLaughlin, and W. J. Williams, Decadal changes in the marine carbonate system of western Canadian Arctic, Polar Research, in press, 査読有

Steiner, N. S., J. R. Christian, K. D. Six, A. Yamamoto and M. Yamamoto-Kawai, Future ocean acidification in the Canada Basin and surrounding Arctic Ocean from CMIP5 earth system models, Journal of Geophysical Research, 119, 2014, doi:10.1002/2013JC009069, 査読有

Giesbrecht, K. E., L. A. Miller, M. Davelaar, S. Zimmermann, E. Carmack, W. K. Johnson, R. W. Macdonald, F. McLaughlin, A. Mucci, W. J. Williams, C. S. Wong, and M.

Yamamoto-Kawai, Measurements of the dissolved inorganic carbon system and associated biogeochemical parameters in the Canadian Arctic, 1974-2009, Earth Syst. Sci. Data, 6, 91-104, 2014, 査読有

Yamamoto-Kawai, M., F. A. McLaughlin and E. C. Carmack, Ocean acidification in the three oceans surrounding northern North America, Journal of Geophysical Research, 118, 1-11, 2013, doi:10.1002/2013JC009157, 査読有

川合美千代, 北極海における生物化学的变化, 月刊海洋, 44, 541-547, 2012, 査読無

[学会発表](計 6件)

荻原佑介, 川合美千代, カナダ海盆における太平洋冬季水の流入経路と水塊年代の推定, 日本海洋学会春季大会, 東京, 2014年3月26~30日.

Ogiwara, Y. and Yamamoto-Kawai, Age of the Pacific Winter Water in the Canada Basin estimated from SF6, JpGU annual meeting, Kanagawa, Japan, 28 April-02 May, 2014.

Yamamoto-Kawai, M., W. Williams, F. McLaughlin, E. Carmack, S. Nishino and T. Mifune, Distribution of CaCO₃ undersaturated waters in the Arctic Ocean, from observation and reconstruction, Arctic Ocean Acidification International Conference, Bergen, Norway, May 6-8, 2013.

Yamamoto-Kawai, M., T. Mifune, S. Nishino, A. Murata, M. Aoyama and T. Kikuchi, Ocean acidification in the Chukchi Sea and Canada Basin, ESSAS, Hahodate, Japan, 7-11 January, 2013.

Yamamoto-Kawai, M., Distribution of CaCO₃ undersaturated waters in the Arctic Ocean, reconstructed from historical data, ISAR-3, Tokyo, 14-17 January, 2013.

Yamamoto-Kawai, M., Arctic Ocean acidification and its ecological and physiological consequences, 3rd Pan-Arctic Symposium, Motovun, Croatia, 18-23 October, 2012.

[図書](計 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

川合 美千代（東京海洋大学）

研究者番号：50601382

(2) 研究分担者

（ ）

研究者番号：

(3) 連携研究者

（ ）

研究者番号：