

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K12579

研究課題名(和文) 海洋における生物起源ケイ素と有機物の新規相互作用の解明

研究課題名(英文) Elucidation of novel interaction mechanism between biogenic silica and organic matter in the ocean

研究代表者

小川 浩史 (OGAWA, Hiroshi)

東京大学・大気海洋研究所・准教授

研究者番号：50260518

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：西経170度線上赤道～チャクチ海間を縦断する中部北太平洋の広範な海域において、懸濁粒子態生物起源ケイ素(PBSi)と共に、コロイド態生物起源ケイ素(CBSi)の測定を初めて行い、その鉛直分布、南北分布の特徴を解析した。CBSiは概ねnMオーダーの濃度レベルで、PBSiに比べて海域による違いも鉛直的な変化も少ない特徴を示した。海洋にはこれまで存在が明らかでなかったCBSiが、赤道から北極にかけての広い海域、また表層から深層まで安定して存在していることが示唆された。

研究成果の概要(英文)： Measurement of colloidal biogenic silica (CBSi) was carried out for the first time with suspended particulate biogenic silica (PBSi) in a wide area of the central North Pacific that traverses the equator to the Chakchi Sea along the meridian section of western longitude 170 degrees, and the characteristics of its vertical and the north-south distributions were investigated. CBSi is a concentration level of approximately nM order, showing a feature that there are few differences by sea area and no vertical change compared to PBSi. It was suggested that CBSi, which had not been clear in the ocean, exists stably from the equator to the Arctic and from the surface to the deep layers.

研究分野：海洋生物地球化学

キーワード：生元素動態 海洋物質循環 生物地球化学

1. 研究開始当初の背景

一般に海水中に存在する炭素・窒素・リンといった生元素は、懸濁粒子態、溶存態に分けてその動態が研究されており、さらに溶存態に関しては、挙動が全く異なる溶存無機態と溶存有機態の二つに分けることができる。また、溶存有機態の画分の中にはコロイド態と真の溶存態（低分子）が含まれることも広く知られている。ところがケイ素に関しては、このようなコロイドを含む溶存有機態という存在はこれまで全く認識されてこなかった。これは、海洋におけるケイ素の循環が、ケイ藻が溶存無機態ケイ素（Dissolved Silica:DSi）を粒子態の生物起源ケイ素（Particulate Biogenic Silica:PBSi）に変換し、BSiは物理化学的に溶解しDSiに戻るといった比較的単純な過程がベースとなって成り立っているため、溶存有機態（コロイドを含む）の存在を考慮する必要がなかったことにある。また、生物ポンプにおけるバラスト効果や有機物被膜によるケイ藻殻の溶解制御で知られるように、海洋における生物起源ケイ素と有機物は、その溶解と分解を互いに制御し合い、その相互作用が海洋全体の物質循環に大きな影響を与えているメカニズムがこれまで明らかにされてきた。しかし、このような機構がコロイド粒子の中にも存在しているか否かは全く未知の状況である。

2. 研究の目的

本申請課題では、これまで見落とされてきた、コロイド粒子中の有機物と生物起源ケイ素の相互作用に着目し、海洋におけるコロイド態の生物起源ケイ素の存在の実証とその分布の特徴を明らかにし、その生成過程と分解過程について考察することを目的とした。

3. 研究の方法

平成26年度6-8月に実施された学術研究船白鳳丸によるKH-14-3次航海において採取されたものを利用した（図1）。本航海の中部北太平洋南北断面観測（西経170度線上、赤道～北緯68度）において、赤道～北極海にわたる広範な海域から表層～深層までの鉛直採水が行われ、船上にて大型懸濁粒子（ $>10\ \mu\text{m}$ ）、小型懸濁粒子（ $1-10\ \mu\text{m}$ ）、コロイド粒子（ $0.1-1\ \mu\text{m}$ ）の濃縮試料が作成された。本研究では各サイズ画分の試料に対しBSiを測定し、それぞれ、L-PBSi（ $>10\ \mu\text{m}$ ）、S-PBSi（ $1-10\ \mu\text{m}$ ）、CBSi（ $0.1-1\ \mu\text{m}$ ）とした。懸濁粒子は、海水20-40Lを孔径 $10\ \mu\text{m}$ 、続いて $1\ \mu\text{m}$ のヌクレポアフィルターでろ過し、同フィルター上に捕集した。コロイド粒子は、上記、孔径 $1\ \mu\text{m}$ のフィルターを通過したろ液を、孔径 $0.1\ \mu\text{m}$ の中空糸膜カートリッジを使って循環ろ過しながら40-80倍の濃縮液として回収し、最終的に孔径 $0.05\ \mu\text{m}$ のポリリカーボネートフィルター上に捕集した。それぞれの画分の試料に対して、アルカリ分解法および比色分析を用いてBSiを測定し、濃

縮倍率による補正を行った後に現場海水中のL,S-PBSiとCBSiの濃度を求めた。

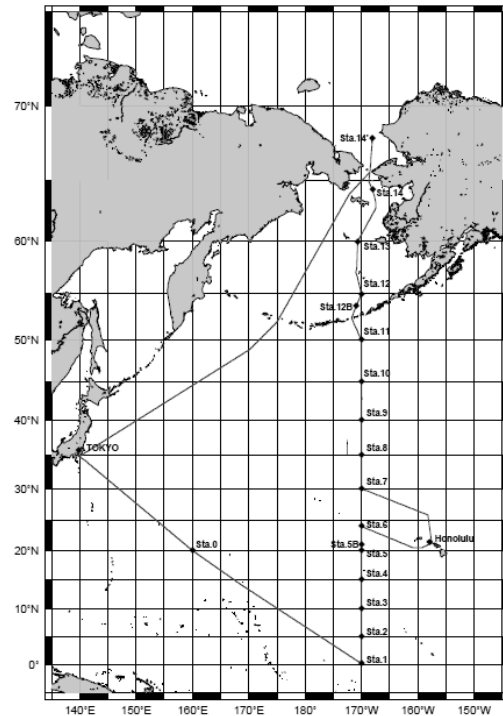


図1 白鳳丸KH-14-3次航海における調査海域

4. 研究成果

白鳳丸KH-14-3次航海（2014年6-8月、主席：小川浩史）において行われた、西経170度線上赤道～チャクチ海間を縦断する中部北太平洋の南北断面観測において採取された大型懸濁粒子（ $>10\ \mu\text{m}$ ）、小型懸濁粒子（ $1-10\ \mu\text{m}$ ）およびコロイド粒子（ $0.1-1\ \mu\text{m}$ ）のサイズ画分試料（計65個）に対し、生物起源ケイ素の測定を行った（それぞれ、L-PBSi、S-PBSi、CBSi）。そして、CBSiの存在濃度、鉛直・南北分布の特徴を明らかにし、L,S-PBSiの分布との関係を調べた。

L-PBSiの濃度は、深層（ $>500\text{m}$: $4.7 \pm 4.9\ \text{nM}$ ）と表層（ $100-300\text{m}$: $24 \pm 39\ \text{nM}$ ）に比べ、表層（ $<50\text{m}$: $912 \pm 1666\ \text{nM}$ ）で明らかに高く、また海域の違いによる大きな変動が示された。S-PBSiの濃度は、表層（ $199 \pm 391\ \text{nM}$ ）と表層（ $16 \pm 27\ \text{nM}$ ）ではL-PBSiより低く、その分布は概ね類似していたが、深層（ $12 \pm 15\ \text{nM}$ ）では最大5倍程度L-PBSiより高い濃度を示した。一方、CBSiの濃度は、表層（ $8.9 \pm 7.7\ \text{nM}$ ）と表層（ $5.5 \pm 3.2\ \text{nM}$ ）では、概ねPBSiよりも低く、海域による違いも相対的に小さかった。また深層（ $7.5 \pm 4.9\ \text{nM}$ ）でも同程度の濃度が維持されており、鉛直的な変化も少ない特徴を示した。全BSiに占めるCBSiの割合は、表層（ $14 \pm 17\%$ ）と表層（ $26 \pm 17\%$ ）に比べ、深層（ $39 \pm 24\%$ ）で高く、深層ではCBSiの相対的な寄与が高まること が示された。図2に、各サイズ画分の生物起源

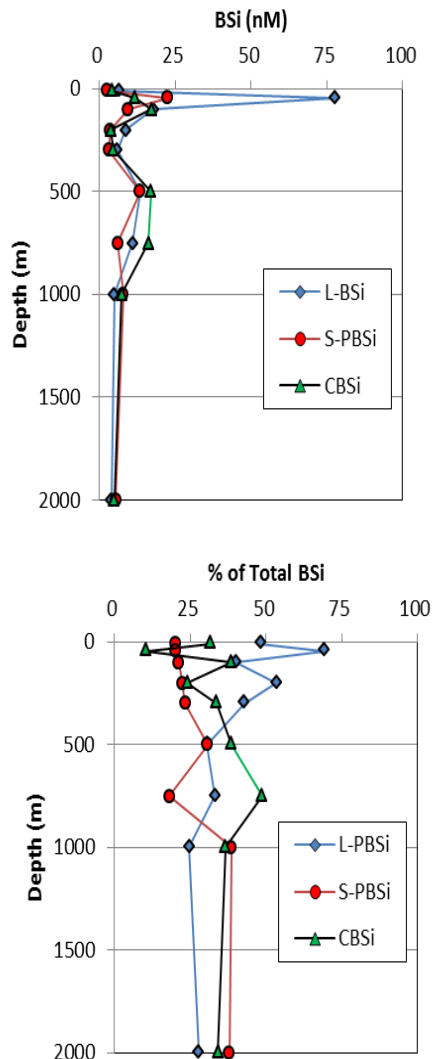


図2. 各サイズ画分の生物起源シリカの鉛直分布の一例。上図は濃度下図は全生物起源シリカに対する割合を示す(北緯 35 度、西経 170 度)。

ケイ素の鉛直分布の一例として、北緯 35 度西経 170 度の地点で得られた結果を示した。実際には、海域によって鉛直分布のパターンは大きく異なっているが、ここに示されているように、表層では、L-PBSi の寄与が高く、中深層に向けて CBSi の相対的な寄与が高まる傾向が普遍的に認められた。以上の事から、海洋には、これまで存在が明らかでなかった CBSi が、赤道から北極にかけての広い海域、また表層から深層まで、概ね nM ~ 数十 nM オーダーの濃度レベルで安定して存在していることが明らかとなった。

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 6 件)

1. Yoshimura, T., J. Nishioka, H. Ogawa, A. Tsuda (2018) Dynamics of particulate

and dissolved organic and inorganic phosphorus during the peak and declining phase of an iron-induced phytoplankton bloom in the eastern subarctic Pacific. *Journal of Marine Systems*, 177, 1-7 doi.org/10.1016/j.jmarsys.2017.09.004

2. Yamashita, Y., F. Hashihama, H. Saito, H. Fukuda, H. Ogawa (2017) Factors controlling the geographical distribution of fluorescent dissolved organic matter in the surface waters of the Pacific Ocean. *Limnology & Oceanography*, 62, 2360-2374. doi: 10.1002/lno.10570

3. Yamada, Y., T. Yokokawa, M. Uchimiya, S. Nishino, H. Fukuda, H. Ogawa, T. Nagata (2017) Transparent exopolymer particles in the deep ocean: Full-depth distribution patterns and contribution to the organic carbon pool. *Marine Ecology Progress Series*, 583, 81-93. doi.org/10.3354/meps12339

4. Kuwae, T., J. Kanda, A. Kubo, F. Nakajima, H. Ogawa, A. Sohma, M. Suzumura (2016) Blue carbon in human-dominated estuarine and shallow coastal systems. *AMBIO*, 45, 290-301. doi: 10.1007/s13280-015-0725-x

5. Yasui, S., J. Kanda, T. Usui, H. Ogawa (2016) Seasonal variations of dissolved organic matter and nutrients in sediment pore water in the inner part of Tokyo Bay. *Journal of Oceanography*, 72, 851-866. doi 10.1007/s10872-016-0382-0

6. Lu, C.-J., R. Benner, C. G. Ficht, H. Fukuda¹, Y. Yamashita, H. Ogawa (2016) Sources and transformations of dissolved lignin phenols and chromophoric dissolved organic matter in Otsuchi Bay, Japan. *Frontiers Marine Science*, 3:85. doi: 10.3389/fmars.2016.00085

[学会発表](計 5 件)

1. Lu C.-J., M. Ueno, H. Fukuda and H. Ogawa (2018) Optical properties of dissolved organic matter and humic substances in a river-influenced coastal environment, 2018 Ocean Science Meeting

2. Yamashita, Y., J. Nishioka, H. Obata, H. Ogawa (2018) Distribution of allochthonous humic-like fluorescent dissolved organic matter in the western North Pacific Ocean, 2018 Ocean Science Meeting

3. Saito, H., Y. Umezawa, R. Nozaki, F. Hashihama, H. Fukuda, H. Ogawa (2017) Geography of biogenic elements in the North Pacific Ocean., The 3rd Xiamen Symposium on Marine Environmental Sciences

4. Saito, H., F. Hashihama, H. Fukuda and H. Ogawa (2017) Geographical variation in the concentration and form of biogenic elements in the North Pacific Ocean, PICES 2017 Annual Meeting

5. Ogawa, H. and M. Tomita (2017) The characteristics of degradation dissolved organic matter released by seagrass and macroalgae, ASLO 2017 Aquatic Science Meeting

6. 研究組織

(1)研究代表者

小川 浩史 (OGAWA, Hiroshi)
東京大学・大気海洋研究所・准教授
研究者番号：5 0 2 6 0 5 1 8

(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

木山 孔司 (KIYAMA, Kouji)