

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 22 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：23310008

研究課題名(和文) ケイ藻生物ポンプのデジタルアクションが切り開く新しい海洋化学像

研究課題名(英文) Sedimentation switch of diatoms for new understandings in ocean chemistry

研究代表者

赤木 右 (Akagi, Tasuku)

九州大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：80184076

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,300,000円、(間接経費) 2,190,000円

研究成果の概要(和文)：ケイ酸珪酸殻は生産量が高い時に凝集により化学的変質から免れ、もともとの特徴を備えていることを利用し、以下を明らかにした。

1. ケイ酸珪酸殻の個体差の問題から化学変化とケイ藻の凝集との関係を整理することは困難であった。2. ケイ酸珪酸殻は、希土類元素等陸起源元素を陸物質と比較して約1/100から1/10程度の濃度で含む。3. 海水中の希土類元素はケイ酸錯体として存在し、この形態の錯体はケイ藻が吸収することができる。4. ケイ藻は陸起源物質を直接吸収することができる。5. ケイ藻の有機炭素は沈降中速やかに分解し、極めて生産性が高い時でさえも残存率は2%以下である。成果を論文にまとめ公表した。

研究成果の概要(英文)：Diatom frustules tend to retain their chemical information when they form mega-aggregates. Using this property the chemical entity of diatom frustule and chemical species of dissolved rare earth elements (REEs) in seawater are identified.

1. Difference in individual frustule specimens was too great to allow clear discussion on dissolution kinetics. 2. Diatom frustules contain terrigenous elements at concentrations of 1/100-1/10 that of terrigenous matter. 3. A majority of REEs dissolve as silicic acid complexes in seawater and diatoms can absorb them to incorporate into frustules. 4. Diatoms digest terrigenous silicates to incorporate into frustules. 5. Most of organic matter in diatom frustules is readily decomposed during settlement and only less than 2% of it remains even when diatomaceous productivity is extremely high.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：ケイ藻 珪酸殻 デジタルアクション 希土類元素 炭素同位体比 生物ポンプ

1. 研究開始当初の背景

ケイ藻は、地球上の第一次生産の4分の1、全海洋中では2分の1を占める生物である。地球上で森林に匹敵する第一次生産を持ち、明らかに重要な生物群である。しかし、その役割について科学者の共通理解は低調であり、海洋化学の教科書にもほとんど取りあげられていない。

この科学研究費の課題研究『ケイ藻生物ポンプのデジタルアクションが切り開く新しい海洋化学像』では、ケイ藻を見る新しい道具として、溶解速度論を提案し、その有効性を探ることが目的である。ケイ藻ケイ酸殻の溶解はケイ藻の凝集作用によって影響され、ケイ藻ケイ酸殻の溶解はほぼ全て溶解する(0)か、ほとんど溶解しないか(1)のどちらかになるという考え方をデジタルアクションと表現した。

2. 研究の目的

ケイ藻とその凝集体がその変質によって、どのような物質を輸送する担体となり得るかを明らかにする。

ケイ藻の凝集体のケイ酸殻内部と外部とを区別する方法を開発し、その挙動の差異を明らかにする。

デジタルアクションの証拠を過去の堆積物からも発見する。

3. 研究の方法

当初は、デジタルアクションの証拠を広く集める計画であったが、個体差が予想以上に大きく、統計的な考察に耐えるためには、膨大な数の試料を必要とすることが分かった。そこで、計画を軌道修正し、デジタルアクシ

ョンから捉えることができる真のケイ藻ケイ酸殻の姿を実験および理論から捉え、その海洋化学的意味を探ることにした。実験では、共同研究者の高橋孝三氏の協力で貴重なベリング海のセディメントトラップ試料を使わせて頂き、組成分析、同位体分析、分光分析など色々な機器分析を行うことができた。ケイ藻珪酸殻内外を区別する方法として、超音波処理と湿式分解法を併用し、検討した。また、共同研究者の佐野弘好氏の協力で過去の堆積物のフィールド調査を行った。

4. 研究の成果

3年間の研究において得られた、発展性のある新事実を紹介する。

先ず、理論では、頭をフル回転しながら、興奮の連続を経験することができた。当初の方針通り進んだとは、決して言えないものの、それを補って余りあるほどの成果が得られたと自負している。溶解速度論を応用して浮かんできたケイ藻の姿は次に示す様に実に驚くものであった。

海洋の化学種として考えられていなかった、ケイ酸金属錯体が存在している。

ケイ藻がケイ酸金属錯体を吸収し、ケイ酸殻に取り入れられる。

これらはセディメントトラップの沈降粒子についての観測結果と整合的で、次の結果が導かれた。

ケイ藻は表面のケイ酸塩の微粒子をも溶解・吸収している。

ケイ藻の有機炭素は速やかに分解され、生物ポンプとしての役割は深層に溶存無

機炭素として隔離することに限定されると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 7 件)

- 1) Akagi, T., Yasuda, S., Asahara, Y., Emoto, M. & Takahashi, K. Diatoms spread a high ϵ Nd-signature in the North Pacific Ocean. *Geochemical Journal* **48**, 121-131, doi:10.2343/geochemj.2.0292 (2014). 査読有り
- 2) Iwasaki, S., K. Takahashi and Y. Kanematsu. Alkaline leaching characteristics of biogenic opal in Eocene sediments from the central Arctic Ocean: a case study in the ACEX cores. *Jour. Oceanogr.* DOI 10.1007/s10872-014-0227-7 (2014). 査読有り
- 3) Akagi, T. Erratum to. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **123**, 459-459 (2013). <http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2013.06.030> 査読無し
- 4) Akagi, T. Revision of the dissolution kinetics of aggregated settling particles. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. D Earth & Planet. Sci.* **33**, 1-5 (2013). <http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/handle/2324/1397628/p001.pdf> 査読有り
- 5) Akagi, T. Rare earth element (REE)-silicic acid complexes in seawater to explain the incorporation of REEs in opal and the “leftover” REEs in surface water: New interpretation of dissolved REE distribution

profiles. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **113**, 174-192, (2013).

doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2013.03.0>

14. 査読有り

- 6) Akagi, T. *et al.* Dissolved ion analyses of stream water from bamboo forests: Implication for enhancement of chemical weathering by bamboo. *Geochemical Journal* **46**, 505-515 (2012). <http://svr4.terrapub.co.jp/journals/GJ/pdf/4606/46060505.pdf> 査読有り
- 7) Akagi, T., Fu, F.-f., Hongo, Y. & Takahashi, K. Composition of rare earth elements in settling particles collected in the highly productive North Pacific Ocean and Bering Sea: Implications for siliceous-matter dissolution kinetics and formation of two REE-enriched phases. *Geochimica et Cosmochimica Acta* **75**, 4857-4876, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2011.06.001> (2011). 査読有り

[学会発表] (計 12 件)

- 1) 安田 早希, 原 由利子, 高橋 孝三, 赤木 右 第3回 同位体環境学シンポジウム 京都海洋における有機炭素輸送 珪藻と炭酸殻プランクトンの役割 2013年12月17日
- 2) 江本真理子, 赤木 右, 高橋 孝三 2013年度 日本地球化学会年会 つくば ケイ藻のデジタルアクション□: ケイ藻オパール中元素濃度のボックスモデルによる解析 2013年9月13日
- 3) 赤木 右, 安田早希, 浅原良浩, 江本真理子, 高

- 橋孝三 2013 年度 日本地球化学会年会 つくば 珪藻のデジタルアクション V 太平洋の高い ϵNd は珪藻に由来する 2013 年 9 月 13 日
- 4) S. Yasuda, Y. Hara, K. Takahashi, T. Akagi Goldschmidt2013 Florence, Italy, 100% decomposition of diatomous organic carbon during settlement 2013 年 8 月 28 日
- 5) 江本真理子, 赤木 右, 高橋 孝三 日本地球惑星科学連合 2013 年大会 幕張 未変質ケイ藻オパール¹の化学組成の決定と海洋元素循環への影響 2013 年 5 月 24 日
- 6) Tasuku Akagi Seminar on Frontiers of REE geochemistry 東京 田町 Intake of REE-silicic acid complexes by diatoms changes the REE geochemical cycle 2013 年 3 月 16 日
- 7) Tasuku Akagi Department Symposium, Earth Sciences, Gothenberg University, Sweden, Diatoms as an important carrier of trace elements in the oceans 2012 年 5 月 24 日
- 8) 江本真理子, 赤木右, 高橋孝三 2012 年度日本地球化学会第 59 回年会 福岡 ケイ藻生物ポンプのデジタルアクション IV 溶解速度論を応用した未変質ケイ藻オパール¹の化学組成 2012 年 9 月 13 日
- 9) 赤木右 2012 年度日本地球化学会第 59 回年会 福岡 ケイ藻生物ポンプのデジタルアクション II ケイ酸塩錯体のケイ藻による選択的取り込みが海洋表層の希土類元素濃度を定める 2012 年 9 月 13 日
- 10) 安田早希, 原由利子, 赤木右, 高橋孝三 2012 年度日本地球化学会第 59 回年会 福
- 岡 ケイ藻生物ポンプのデジタルアクション III 珪藻殻包有有機炭素量の測定および沈降有機炭素の同位体的特徴 2012 年 9 月 11 日
- 11) 江本真理子・赤木右・高橋孝三 2011 年度日本地球化学会 札幌 電子顕微鏡観察による珪藻オパール¹の変質の速度論 2011 年 9 月 16 日
- 12) 赤木右 2011 年度日本地球化学会 札幌 珪藻生物ポンプのデジタルアクション I 珪藻オパール中の元素濃度の求め方 2011 年 9 月 15 日
- [図書] (計 2 件)
- 1) Akagi, T., Emoto, M., Tadkada, R. & Takahashi, K. in *DIATOMS DIVERSITY AND DISTRIBUTION, ROLE IN BIOTECHNOLOGY AND ENVIRONMENTAL IMPACTS* 127 (Nova Science Publishers, Inc., New York, USA 2013). pp. 127.
- 2) 赤木 右 (分担) 古米, 弘., 山本, 晃. & 佐藤, 和 (編) *ケイ酸: その由来と行方*. (技報堂出版, 2012). pp. 181.
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
赤木 右 (AKAGI, Tasuku)
九州大学・大学院理学研究院・教授
研究者番号: 80184076
- (2) 研究分担者:

高橋孝三 (TAKAHASHI, Kozo)
北星学園大学・社会福祉学部・教授
研究者番号：30244875

研究分担者：
佐野弘好 (SANO, Hiroyoshi)
九州大学・大学院理学研究院・教授
研究者番号：80136423