

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月2日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510001

研究課題名（和文） フルボ酸鉄による沿岸性植物プランクトン鉄摂取増殖機構

研究課題名（英文） Iron uptake and growth of coastal marine phytoplankton in the presence of fulvic-iron complex

研究代表者

久万 健志（KUMA KENSHI）

北海道大学・大学院水産科学研究院・教授

研究者番号：30205158

研究成果の概要（和文）：溶存有機物が多く含む河川水中の各鉄化学種濃度は高く、特にフミン物質蛍光強度と真の溶存鉄濃度との関係が見られ、河川水中のフルボ酸が3価鉄と溶存有機錯体鉄を形成していることが明らかになった。また、河川起源溶存フルボ酸鉄錯体は海水と混合しても比較的安定に存在していることを示し、河口域から沿岸域への溶存鉄を運ぶ重要な役割を果たしている。フルボ酸鉄錯体を多く含む河川由来溶存鉄を添加した沿岸性植物プランクトン-栄養塩培地では、細胞密度及びクロロフィル *a* 濃度が急激に増加した。これは、河川水中のフルボ酸鉄錯体が海水と混合すると、フルボ酸鉄錯体から生物利用可能な溶存無機3価鉄イオンが徐々に解離し、それが植物プランクトンに摂取されたためと考えられ、河川の影響ある沿岸域の高い基礎生産を維持していると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Organic-rich river waters contribute to significantly high concentrations of iron chemical species due to the Fe(III) complexation with fulvic acid. The riverine dissolved fulvic-Fe(III) complex is relatively stable in seawater even after estuarine mixing and the Fe(III) complexation with fulvic acid is an important role in transporting iron from rivers to the coastal regions. An addition of riverine dissolved fulvic-Fe(III) complex to the phytoplankton culture media induced maximal cell yields and chlorophyll-*a* (Chl-*a*) concentrations with high growth and Chl-*a* production rates. The dissolved fulvic-Fe(III) complex in seawater supplies biologically available inorganic Fe(III) species in culture media through its dissociation under the seawater condition. Therefore, the dissolved fulvic-Fe(III) complex supplied by riverine input may play an important role in supplying bioavailable iron and inducing the high primary production in coastal regions.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

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：海洋生物地球化学、沿岸性植物プランクトン、基礎生産、フルボ酸鉄、鉄摂取

1. 研究開始当初の背景

陸域から供給される鉄として、比較的弱く結合している河川由来のフルボ酸鉄錯体が考えられ、河口から沿岸域にかけて鉄を運ぶキャリアー、並びにフルボ酸鉄錯体からの生物利用可能な溶存無機3価鉄イオンの解離により、植物プランクトンによる鉄摂取が行われていると推察され、河川の影響ある沿岸域の高い基礎生産を維持していると考えられるが、河川からの鉄と基礎生産に関わる研究がほとんどなされていないため、明らかになっていないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、沿岸域での基礎生産を支える河川由来フルボ酸鉄の挙動、並びに沿岸性植物プランクトンのフルボ酸鉄摂取増殖機構を明らかにすることである。沿岸域での河川由来フルボ酸鉄の化学変化と植物プランクトン鉄摂取増殖が密接に関わっている事が解明されれば、藻類増殖等のコントロール及び地球規模での基礎生産過程に重要な知見を与える。

3. 研究の方法

(1) 溶存有機物が含まれる河川水中の各鉄化学種濃度とフミン物質蛍光強度との関係を調べた。

(2) フルボ酸鉄錯体を含んだ河川水と海水との混合実験により、各鉄化学種(真の溶存鉄、溶存鉄、微細粒子鉄、粒状鉄)の化学変化を調べた。

(3) フルボ酸鉄錯体存在下における沿岸性植物プランクトンによる増殖速度を調べた。

(4) 沿岸調査海域として、北海道噴火湾における物理観測データ(水温、塩分)及び化学観測データ(栄養塩等)から河川流入について調べた。

4. 研究成果

(1) 溶存有機物が多く含まれる河川水中の各鉄化学種濃度[真の溶存鉄($<0.025 \mu\text{m}$ size)、溶存鉄($<0.22 \mu\text{m}$ size)、微細粒状鉄(溶存鉄-真の溶存鉄)、粒状鉄(全鉄-溶存鉄)]は高く、特にフミン物質蛍光強度と真の溶存鉄濃度及び溶存鉄濃度との関係が見られ、河川水中のフルボ酸が3価鉄と溶存有機錯体鉄を形成していることが明らかになった。また、そのことが、各鉄化学種濃度を高めていると考えられる。

(2) 溶存有機物が多く含まれる河川水と海水との混合実験の結果、溶存鉄に含まれる微細粒状鉄は海水と混合すると、その塩効果のためすみやかに凝集し河口域で除去される。しかし、海水との混合による真の溶存鉄の除去は緩やかであった。これは、河川起源フルボ酸が3価鉄と溶存有機錯体鉄を形成し、海水と混合しても比較的安定に存在していることを示し、河口域から沿岸域への溶存鉄を運ぶ重要な役割を果たしている。

(3) 真の溶存鉄(フルボ酸鉄錯体)を多く含む河川由来溶存鉄または無機3価鉄イオンどちらかを添加した沿岸性植物プランクトン-栄養塩培地では、フルボ酸鉄錯体を多く含む河川由来溶存鉄を添加した方が、より植物プランクトン細胞密度及びクロロフィル *a* 濃度が急激に増加した。これは、フルボ酸鉄錯体が、無機3価鉄の加水分解で形成される粒状無機3価水酸化鉄より、生物利用可能な鉄を多く供給できるためと考えられる。河川水中のフルボ酸鉄錯体が海水と混合すると、フルボ酸鉄錯体から生物利用可能な溶存無機3価鉄イオンが徐々に解離し、それが植物プランクトンに摂取されたためと推察される。

(4) 北海道噴火湾沿岸域表層において、4月から8月にかけて低塩分水が観測され、河川からの流入の影響によると考えられる(図1)。特に4月から6月にかけて雪解け水流入により表層塩分が低下し、表層での河川由来の栄養塩(硝酸塩及び珪酸塩)濃度の増加が観測された(図2)。河川から沿岸域への栄養塩及びフルボ酸鉄の供給が、沿岸域での基礎生産を支えていると推察される。

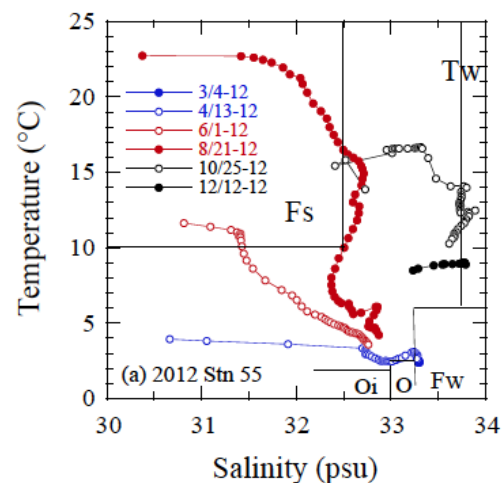


図1 北海道噴火湾沿岸観測点における水温-塩分ダイアグラム

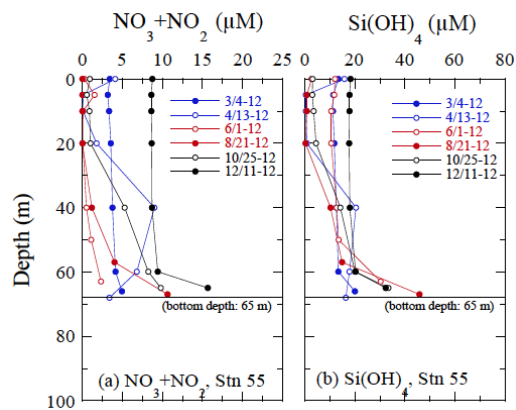


図2 噴火湾沿岸観測点における栄養塩濃度鉛直分布

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)

(1) Nishimura, S., K. Kuma, S. Ishikawa, A. Omata and S. Saitoh. Iron, nutrients and humic-type FDOM in the northern Bering Sea Shelf, Bering Strait and Chukchi Sea. J. Geophys. Res., 117: C02025, doi:10.1029/2011JC007355 (2012). 査読有

(2) 久万健志, 中山雄太, 藤田聡志, 西村将太郎, 石川聡子, 小俣紋, 島田浩二. 北東部ベーリング海大陸棚域及び西部北極海における鉄の挙動とその起源. 総特集「生物地球化学過程に果たす環オホーツク圏の海洋循環・物質循環の役割」- III: 9月号. 月刊海洋 Vol. 44, No. 9: 531-540 (2012). 査読無

(3) Ushizaka, S., K. Kuma and K. Suzuki. Effects of Mn and Fe on the growth of a coastal marine diatom *Talassiosira weissflogii* in the presence of precipitated Fe(III) hydroxide and EDTA-Fe(III) complex. Fish. Sci. 77: 411-424, doi:10.1007/s12562-011-0339-6 (2012). 査読有

(4) Sugie, K., K. Kuma, S. Fujita, S. Ushizaka, K. Suzuki and T. Ikeda. Importance of intracellular Fe pools on growth of marine diatoms by using unialgal cultures and the Oyashio Region phytoplankton community during spring. J. Oceanogr. 67: 183-196, doi:10.1007/s10872-011-0017-4 (2011). 査読有

(5) 久万健志, 磯田豊. 外洋中深層における鉄分布を決定する化学的要因: 3価鉄溶解度と海洋性フミン物質. 総特集「潮汐混合と

オホーツク海・ベーリング海の物理・化学・生物過程-白鳳丸 KH09-4 航海・おしよる丸・クロモフ 2006/2007 シンセシス-」。月刊海洋 Vol. 43, No. 11: 718-728 (2011). 査読無

[学会発表] (計8件)

(1) 三浦大地, 久万健志, 鉄の化学形態(2価、3価、河川起源)の違いによる沿岸性珪藻の増殖. 日本海洋学会春季大会, 2013年3月24日, 東京海洋大学品川キャンパス(東京)

(2) 森田雄一郎, 久万健志, 函館湾流入河川の鉄の化学形態・輸送におけるフミン物質の役割. 日本海洋学会春季大会, 2013年3月24日, 東京海洋大学品川キャンパス(東京)

(3) 日置菜々子, 久万健志, 大木淳之, 大西広二, 噴火湾海盆域底層における栄養塩と鉄の挙動とその起源. 日本海洋学会春季大会, 2013年3月24日, 東京海洋大学品川キャンパス(東京)

(4) 久万健志. 鉄・微量元素・栄養塩環境と低次生態系—シンポジウム「急激な海水減少と北極海海洋生態系の変化」平成24年度日本海洋学会春季大会講演要旨集, 2012年3月30日, 筑波大学(茨城)。

(5) Kuma, K., Y. Nakayama, S. Fujita, and K. Shimada. Iron and humic-type fluorescent dissolved organic matter in the western Arctic Ocean. Nutrients, biogeochemistry and acidification in a changing climate (S4/S9 Session). Comparative Studies of Climate Effects on Polar and Sub-Polar Ecosystems. 2nd Ecosystem Studies of Sub-Arctic Seas (ESSAS) Open Science Meeting, p. 80, May 23, 2011, Marriot waterfront Hotel, Seattle, WA, USA.

(6) 藤村謙一, 久万健志, 河川起源の鉄による沿岸性珪藻の増殖機構. 日本海洋学会春季大会, 2011年3月23日, 東京大学柏キャンパス(千葉県柏)

(7) 牛坂理美, 久万健志, マンガン存在下における植物プランクトンの鉄摂取増殖機構. 日本海洋学会春季大会, 2011年3月23日, 東京大学柏キャンパス(千葉県柏)

(8) 久万健志, 中山雄太, 藤田聡志, 島田浩二, 西部北極海(チュクチ海、カナダ海盆)における鉄の挙動. 日本海洋学会春季大会, 2011年3月23日, 東京大学柏キャンパス(千葉県柏)

[その他]

(1) 久万健志. 北極海・ベーリング海大陸棚及び海盆域における鉄の挙動とその起源—北海道大学低温科学研究所研究集会「北太平洋の生物地球化学過程に果たす環オホーツク

ク圈の海洋循環・物質循環の役割」2011年12月5日-12月7日、北海道大学低温科学研究所講堂（札幌）。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久万 健志 (KUMA KENSHI)

北海道大学・大学院水産科学研究院・教授
研究者番号：30205158