

平成 21 年 6 月 16 日現在

研究種目： 基盤研究 (C)

研究期間： 2007-2008

課題番号： 19580228

研究課題名 (和文) 珪藻鍵種の動態追跡による親潮域春季ブルーム形成機構の解明

研究課題名 (英文)

研究代表者 桑田 晃 (KUWATA AKIRA)

独立行政法人水産総合研究センター・東北区水産研究所混合域海洋環境部・主任研究員

研究者番号： 40371794

## 研究成果の概要：

親潮域における春季珪藻ブルームの形成機構について、ブルーム形成鍵種の個体群動態に着目し、細胞供給過程と増殖過程の二点について解析を進めた。その結果、春季親潮域において大規模ブルームの形成種と、小規模ブルーム形成種の間には、ブルーム形成過程に違いがあり、大規模のブルーム形成種は、春季に外部より水柱に細胞が供給され、高い増殖速度で増殖するのに対し、小規模のブルーム形成種は、冬季より水柱内で生存し、春季に高頻度に出現しながら大規模ブルーム形成種よりは低い増殖速度で増殖することが示唆された。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野： 農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：プランクトン, 珪藻, 春季ブルーム, 親潮域, 海洋生態, 個体群動態

## 1. 研究開始当初の背景

珪藻類は、珪素を含んだ細胞壁により沈降するため、表層中の二酸化炭素を光合成により吸収・固定した炭素を深層へ輸送する働きがある。この働きにより珪藻ブルームが形成

される親潮域は、全球レベルで重要な大気中二酸化炭素の吸収源ともなっている。北太平洋西部亜寒帯域の親潮域では、春季に高密度の珪藻ブルームが広域にわたり形成されて高い生物生産が維持され、世界有数の

漁場が形成されている。しかしながら、最近の長期観測データ解析の結果、近年の地球温暖化に伴い、ブルーム時の珪藻群集全体の細胞数減少等により、春季ブルームの規模が減少傾向にあることが指摘され、その原因究明のためには、ブルーム形成機構の解明が不可欠となっている。このブルーム形成機構については、近年の研究により、卓越した増殖速度を発揮する限られた種が鍵を握っていることが示唆されつつある。

## 2. 研究の目的

本研究は、ブルーム形成の鍵を握る珪藻種の個体群動態に着目することにより、親潮域春季ブルーム形成機構を解明することを目的とする。ブルーム形成機構として、次の三つの機構が想定される。

(1) 冬季混合期に水中に浮遊していた珪藻鍵種の細胞が、春季に成長に好適な環境となり増殖する。

(2) 春季に外部より珪藻鍵種の細胞が移流し、成長に好適な環境下で増殖する。

(3) 春季に外部で増殖した珪藻鍵種の細胞が移流・集積する。

本研究では、それぞれの機構について、ブルーム形成期の鍵種の細胞供給過程と増殖過程の二点をデータ解析、室内培養実験、現場実験により検証し、ブルーム形成機構を明らかにする。

## 3. 研究の方法

本研究では、これまでの知見・調査結果をふまえ、春季ブルーム形成種と考えられる珪藻種の中で春季ブルーム形成期に優占する、*Thalassiosira nordenskiöldii*、と気亜寒帯北太平洋に広域に生育する *Neodenticula seminae* の2種を代表的な鍵種として選り解析を行った。

(1)ブルーム形成期の珪藻鍵種の細胞供給過程

### ①ブルーム形成鍵種の出現環境の解析

気象庁の過去25年以上に及ぶ親潮域の珪藻群集種組成と海洋環境のデータベースを用いたデータ解析により、ブルーム形成珪藻種の年間を通じた出現環境を解析した

### ②ブルーム形成珪藻種の空間分布の季節変動の解析

東北区水産研究所が運行している親潮域の観測定線(Aライン)の年間を通じた各季節のサンプリングによりブルーム形成珪藻鍵種の個体群の空間分布の季節変動を解析した

(2)ブルーム形成期の珪藻鍵種の増殖過程

### ①ブルーム形成珪藻種の増殖特性の培養実験による解析

親潮域より単離した各種の培養株を用いて様々な温度・光環境下での増殖速度を培養実験により測定し、親潮域の春季ブルーム形成時の珪藻鍵種の光、温度環境下での増殖速度を評価する。

### ②個体群中のDNA合成期細胞の頻度の追跡による現場増殖速度の見積もり

春季ブルーム形成時の実際の現場での増殖速度を直接見積もるため、個体群中のDNA合成期細胞の頻度変化を24時間追跡する方法を用いて行った。合成期の細胞の識別には合成期に特異的に発現するタンパク質(PCNA)の免疫抗体染色法を用いた。2007年4月から5月にかけて、親潮域の春季珪藻ブルームが見られる海域を探索し、その場での珪藻個体群の増殖速度を見積もるために、漂流ブイにより同一水塊を追跡しながら、24時間にわたり、2時間毎に深度10mの試水のサンプリングを行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) ブルーム形成期の珪藻鍵種の細胞供給過程

###### ① ブルーム形成鍵種の出現環境の解析

親潮域の長期定線 PH ラインの観測データを用いて表層における珪藻鍵種の出現パターンの解析の結果、*T. nordenskioeldii* は春季に集中して、 $10^5 \text{cells l}^{-1}$  以上の高い個体群密度で高頻度で出現し、その他の季節には殆ど出現しないパターンを示した。それに対し、*N. seminae* は冬季、春季に高頻度で出現し、春季には  $10^4 \text{cells l}^{-1}$  でピークに達し、夏季、秋季も低頻度ながら出現するパターンを示すことが明らかとなった。

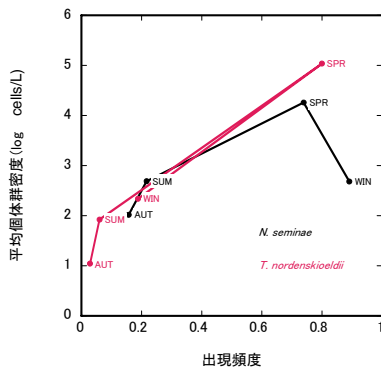


図1 PHライン親潮域における *T. nordenskioeldii*, *N. seminae* の年間出現パターン

###### ② ブルーム形成珪藻種の鉛直分布の季節変動の解析

次に、採集した現場試料の分析により珪藻鍵種の親潮定点での鉛直分布の季節変動を明らかにした。その結果、ブルーム形成種 *T. nordenskioeldii* はブルーム形成期間中の4月から7月のみ水柱に出現することが明らかとなった(図2上)。それに対し、*N. seminae* は、冬季に混合層内に分布しから春季に表層に小規模のブルームを形成し、その後も年間を通して親潮域の水柱中に存在していることが判明した(図2下)。

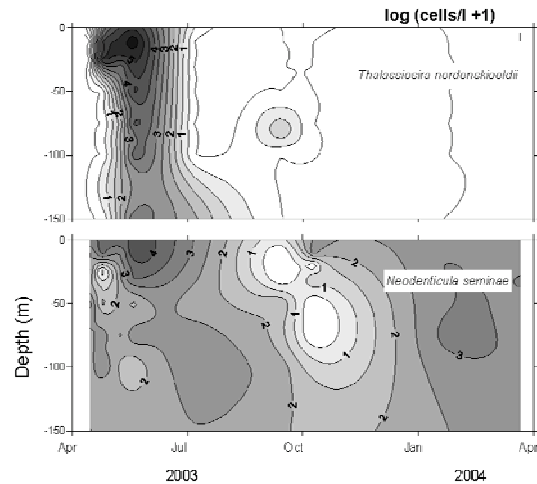


図2 親潮域における *T. nordenskioeldii*, (上) *N. seminae* (下) の鉛直分布の季節変化

##### (2) 春季ブルーム形成期の珪藻鍵種の増殖過程

###### ① ブルーム形成珪藻種の増殖特性の培養実験による解析

様々な温度環境下の増殖特性を培養実験により解析した結果 *T. nordenskioeldii*, *N. seminae* とともに低温  $0^\circ\text{C}$  においても増殖可能であるが、 $20^\circ\text{C}$  以上の高温では増殖不可能で生育できないことが判明した(図3上)。次に光環境の影響を解析した結果、両種ともに低照度でも高い増殖速度を示すことが明らかとなった(図3下)。また、種間の増殖速度を比較すると、大規模なブルームを形成する *T. nordenskioeldii* が *N. seminae* よりも高い増殖速度を示すことが明らかになった。

###### ② 個体群中のDNA合成期細胞の頻度の追跡による現場増殖速度の見積もり

2007年4月、珪藻ブルーム形成期の親潮域の表層における珪藻種 *T. nordenskioeldii* 個体群中のDNA合成期の細胞頻度は、夜間中に減少し、日出前より上昇をはじめ日没時にピークに達した(図4)。1日間のDNA合成期の細胞頻度の推移を用いて、表層におけるこの種の1日平均の増殖速度を見積もると

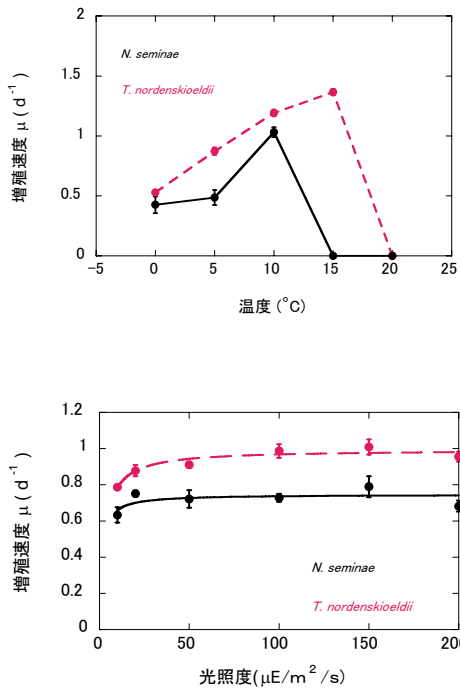


図3 *T. nordenskiöldii*, *N. seminae* の最大増殖速度の温度特性 (上: 光条件 100μE m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> 明暗周期 14hL:10hD) 光特性 (下: 温度条件 5°C 明暗周期 14hL:10hD)

1.2 d<sup>-1</sup> となった。同様に *N. seminae* の増殖速度を見積もると 0.4 d<sup>-1</sup> となった。現場の水温は 5°C であり、両種ともほぼ培養実験求めた最大増殖速度に近い値を示した。

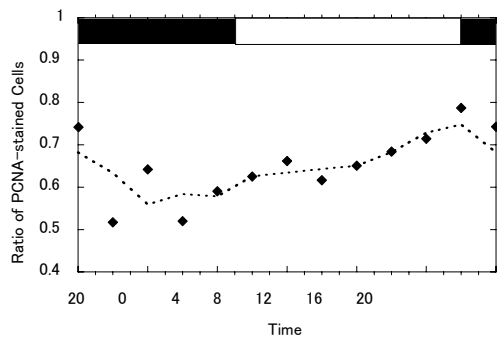


図4 *T. nordenskiöldii* 個体群中の PCNA (DNA 合成期のマーカータンパク) 抗体で染色される細胞が占める割合の日周変化 (点線は前後 2 時間の移動平均。)

これらは *T. nordenskiöldii*, *N. seminae* ともにブルーム形成期に盛んに増殖し、種により増殖速度に差があることを示唆している。

### (3) まとめ

以上より春季親潮域において大規模ブルームの形成種 *T. nordenskiöldii* と、広域に生育する小規模ブルーム形成種 *N. seminae* の間に、ブルーム形成機構に違いがあり、大規模のブルーム形成種は、春季に外部より水柱に細胞が供給され、高い増殖速度で増殖するのに対し、小規模のブルーム形成種は、冬季より水柱内で生存し、春季に高頻度に出現しながら大規模ブルーム形成種よりは低い増殖速度で増殖することが示唆された。

海洋でブルームを形成する珪藻類は、海洋中の基礎生産の約40%を担い、地球規模の炭素循環における役割は熱帯雨林に相当すると見積もられている。親潮域でブルームを形成する珪藻種は、世界の他の海域でもブルームを形成することが報告されており、本研究で得られた親潮のブルーム鍵種の知見、さらには同様のアプローチを他の鍵種に適用することにより全球レベルのブルーム形成機構の理解が大きく進むことが期待される。

### 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4件)

① Isada T, Kuwata A et al.

Photosynthetic features and primary productivity 1 of phytoplankton in the Oyashio and Kuroshio-Oyashio transition regions of the northwest Pacific. Journal of Plankton research (2009) in press.

- ② Takahashi K, Kuwata A et al. Downward carbon transport by diel vertical migration of the copepods *Metridia pacifica* and *Metridia okhotensis* in the Oyashio region of the western subarctic Pacific Ocean. Deep-Sea Research Part I (2009) in press 査読有
- ③ Takahashi K, Kuwata A et al. Grazing impact of the copepod community in the Oyashio region of the western subarctic Pacific Ocean. Progress in Oceanography. 78, 222-240 (2008). 査読有
- ④ Ide K, Takahashi K, Kuwata A, et al. A rapid analysis of copepod feeding using FlowCAM. Journal of Plankton Research 30, 275-281 (2008) 査読有

[学会発表] (計 6 件)

- ① 桑田 晃・田所和明・高野 宏之・緑川 貴 親潮・黒潮親潮移行域におけるプランクトン珪藻群集の季節変動と長期変動 2009 年度日本海洋学会春季大会 2009. 4. 6 東京大学
- ② 嶋田智恵子・桑田 晃・中町美和・田中裕一郎 培養実験下での珪藻殻珪化と栄養塩環境 日本古生物学会 第 158 回例会 2009. 1. 31 琉球大学
- ③ 桑田 晃 海洋生態系を支える小さな生産者：珪藻の生理生態学 日本植物学会第72回大会 2008. 9. 26 高知大学
- ④ 桑田 晃・谷内 由貴子・大城 香 免疫抗体染色法による親潮域珪藻類の現場増殖速度の評価 2008 年度日本海洋学会春季大会 2008. 3. 28 東京海洋大学
- ⑤ Yoshie, N, Suzuki K, Kuwata, A et al.

Temporal and spatial variations of phytoplankton photosynthetic physiology in the western subarctic Pacific in spring ASLO 2008 Ocean Science Meeting 2008. 3. 4 Orland, Florida, U.S.A

- ⑥ 田中裕一郎・桑田晃・嶋田智恵子 北西太平洋親潮・混合水域の円石藻・珪藻フラックスの季節変動 2007 年度日本海洋学会秋季大会 2007. 9. 27 琉球大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

桑田 晃 (KUWATA AKIRA)

独立行政法人水産総合研究センター

東北区水産研究所混合域海洋環境部

主任研究員

研究者番号：40371794