八代海における浮遊珪藻 *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve の分布^{*1}

鶴田 新生, 上野俊士郎, 大貝 政治, 山田真知子

(1986 年 6 月 5 日受理)

Seasonal and Horizontal Distributions of Phytoplanktonic Diatom
Skeletonema costatum (Grev.) Cleve in Yatsushiro SeaArao Tsuruta,^{*2} Syunshiroh Ueno,^{*2} Masaharu Ohgai,^{*2}
and Machiko Yamada^{*3}

The seasonal and horizontal distributions of *Skeletonema costatum* (GREV.) CLEVE were observed five times in the surface water of Yatsushiro Sea, Kumamoto and Kagoshima Prefectures, from October 1983 to November 1984. Numerically, *S. costatum* was by far the most important phytoplankton, with two maxima in February and in August. In terms of cell number, this species amounts to more than 50% of the total phytoplankton whenever the community density is more than 10^5 cells/l. The first maximum in February seems to be triggered by the release from zooplankton grazing pressure, since the high cell density of *S. costatum* and the high concentration of DIP were observed widely in Yatsushiro Sea. The second maximum in August seems to be attributed to the nutrients supplied through R. Kuma, since a marked horizontal gradient of *S. costatum* strongly related to those of salinity and DIP.

Skeletonema costatum は珪藻綱, 中心目に属する浮遊性の珪藻で, 北極や南極の寒海を除く世界中の沿岸海域に分布することから Cosmopolitan species と言われている。¹⁾ また, 本種は近年では富栄養化した沿岸や内湾海域に頻繁にかつ優占的に出現して, しばしば赤潮を形成するプランクトンでもある。^{1,2)} これまで筆者ら²⁻⁸⁾ は, *S. costatum* の生理特性に興味をもち, 増殖に及ぼす工場都市排水や塩素量等の影響を調べ, 本種を環境汚染の指標種として, 水域の環境診断に用いる試みを行なっている。

今回は内湾の環境傾度と生物適応に関する研究の一環として, 八代海における本種の分布生態について調査検討し, 季節的および水平的分布の傾向について若干の知見を得たので報告する。

材料および方法

試料採集の時期, 場所, 方法および細胞計数までの試料処理については前報⁹⁾ と同じなので, 省略する。

S. costatum の分布と環境との関連については, プランクトンの採集と同時に行った観測値ならびに採水した海水の分析値である水深, 内湾度¹⁰⁾, 水温, 塩分濃度,

溶性性無機態窒素 (以下 DIN と略す), 溶性性無機態リン (以下 DIP と略す), COD および富栄養度¹¹⁾ との相関関係について検討した。

結 果

細胞密度と分布 全調査点の植物プランクトンと *S. costatum* の細胞密度との関係を Fig. 1 に示した。*S. costatum* は各時期とも出現し, 本海域の植物プランクトンの優占種となる場合が多かった。なお, 植物プランクトンの細胞密度が 10^5 cells/l 以上の高密度となると, *S. costatum* はその細胞数の 50% 以上の高い割合を占めた。

八代海における *S. costatum* の水平分布を各調査期別に Fig. 2 に示した。本種は八代海に周年出現するが, とくに '84 年 2 月では南北の海峡部を除く全海域に, 8 月には北部海域に, 10^5 cells/l 以上の高密度でそれぞれ分布した。本種の分布状況は, 巨視的には北部海域に多く南部海域に少ない傾向が認められる。しかし 2 月には南部海域にも多かった。なお, 外洋水が流入する長島海峡寄りの地点では本種の細胞密度は急激に低くなった。

^{*1} 本報の概要は 1985 年 10 月, 日本水産学会秋季大会 (鹿児島) で発表した。

^{*2} 水産大学校 (Shimonoseki University of Fisheries, Yoshimi, Shimonoseki 759-65, Japan).

^{*3} 北九州市環境衛生研究所 (Kitakyushu Municipal Institute of Environmental Health Sciences, Kitakyushu 804, Japan).

Fig. 1. The relation of the cell density of *Skeletonema costatum* to that of total phytoplankton in Yatsushiro Sea in October, 1983 and February, May, August and November, 1984. Lines show the proportions of the cell number of *S. costatum* in percentages.

環境との関連 *S. costatum* の分布と環境要因との関連性の有無を求める一つの手法として、本種の出現量と環境諸要因および内湾度や富栄養度等の中で相関係数を計算し Table 1 に示した。*S. costatum* の出現量と水深、透明度および塩分等との間にはほぼ常に大きな負の

相関係数が得られた。他の要因との間では、調査時期により係数が大きく変化した。すなわち、2月には DIN, DIP および富栄養度等の方に大きな負の係数が得られ、8月には DIP, COD および富栄養度等の方に大きな正の係数が得られた。

環境要因のなかで植物プランクトンの分布と関連性が深い水温、塩分、DIN および DIP と *S. costatum* の細胞密度との関係を Fig. 3~6 に示した。以下、それぞれの関係について詳述する。

1. 水温 (Fig. 3): 2月の低水温期 (5.4~12.1°C) に *S. costatum* は高密度 (最多地点 7.5×10^5 cells/l) に、また8月の高水温期 (24.6~30.2°C) にも高密度 (最多地点 5.4×10^5 cells/l) に出現した。5月、10月、11月の中間水温期 (17.4~23.3°C) では低密度 (最多地点 1.6×10^4 cells/l) であった。すなわち、夏・冬2山の 10^5 cells/l 以上の *S. costatum* のブルームが出現した。

2. 塩分 (Fig. 4): 2月を除くと、巨視的に *S. costatum* は低塩分域に高密度に出現した。とくに、8月には *S. costatum* の出現量と塩分との間に大きな負の相関係数 ($r = -0.892$) が得られた。2月では高塩分域 (31.00

Fig. 2. Distributions of *Skeletonema costatum* in Yatsushiro Sea in October, 1983 and February, May, August and November, 1984.

Table 1. Correlation coefficients between abundance ($\sqrt[3]{\text{cell density}}$) of *Skeletonema costatum* and environmental factors and indices in Yatsushiro Sea

Factors & indices	Oct. '83	Feb. '84	May '84	Aug. '84	Nov. '84	All Data
Depth	-0.646* ²	-0.270	-0.497* ¹	-0.689* ²	-0.786* ²	-0.278* ²
Transparency	-0.475* ¹	-0.555* ²	-0.579* ²	-0.755* ²	-0.745* ²	-0.167
Degree of inshoreness* ³	0.482* ¹	0.319	0.212	0.772* ²	0.672* ²	0.090
Temperature	-0.554* ²	-0.439* ¹	-0.027	0.443* ¹	-0.834* ²	-0.526* ²
Salinity	-0.583* ²	-0.281	-0.539* ²	-0.892* ²	-0.817* ²	-0.139
DIN* ⁴	—	-0.691* ²	0.570* ²	-0.225	0.095	-0.393* ²
DIP* ⁵	—	-0.753* ²	-0.082	0.861* ²	0.073	0.126
COD	—	-0.124	-0.112	0.602* ²	-0.393	0.162
DOC	—	-0.049	0.220	0.154	—	-0.155
Eutrophication index* ⁶	—	-0.719* ²	0.417* ²	0.822* ²	-0.508* ¹	-0.010

*¹ $p < 0.05$.*² $p < 0.01$.*³ see Tataru.¹⁰⁾*⁴ Dissolved inorganic nitrogen.*⁵ Dissolved inorganic phosphorus.*⁶ see Ohaichi.¹¹⁾ **Fig. 3.** Occurrences of *Skeletonema costatum* for various water temperatures in Yatsushiro Sea in October, 1983 and February, May, August and November, 1984. **Fig. 4.** Occurrences of *Skeletonema costatum* for various salinities in Yatsushiro Sea in October, 1983 and February, May, August and November, 1984. Line shows the regression line with the correlation coefficient in August, 1984.

~34.00) でも *S. costatum* は高密度 (10^5 cells/l 以上) に出現した。

3. DIP (Fig. 5): 2 月には DIP の高濃度域 (0.19~

Fig. 5. Occurrences of *Skeletonema costatum* for various concentrations of DIP in Yatsushiro Sea in February, May, August and November, 1984. Lines show the regression lines with the correlation coefficients in February and August, 1984. **Fig. 6.** Occurrences of *Skeletonema costatum* for various concentrations of DIN in Yatsushiro Sea in February, May, August and November, 1984. Line shows the regression line with the correlation coefficient in August, 1984.

0.37 $\mu\text{g-at/l}$) に *S. costatum* は高密度に出現したが、大きな負の相関係数 ($r = -0.753$) を示した。8 月には

S. costatum の出現量と DIP の間に大きな正の相関係数 ($r=0.861$) が得られた。

4. DIN (Fig. 6): 2月には DIN $3.0 \mu\text{g}\cdot\text{at/l}$ 以下の低濃度域に *S. costatum* は高密度 (10^5 cells/l 以上) に出現し, 出現量との間に負の相関関係 ($r=-0.691$) が得られた。

考 察

2月の *S. costatum* の分布域は, 外海との海峡部を除き, ほぼ八代海全域に高密度に広がった。この高密度分布の原因については, その起源は明瞭ではないが DIP, DIN などの栄養塩類が豊富であったこと, Martin¹²⁾ がいう低水温期で動物プランクトンによる植物プランクトン捕食が低下したことも一因と推察される。なお, *S. costatum* 密度と DIP および DIN との間のそれぞれの負の相関関係は, *S. costatum* による取り込みで減少した各塩類の濃度との間に得られたみかけの関係と解釈される。

一方, 8月では北部海域のみに *S. costatum* の高密度分布域が存在した。この海域は球磨川等の河川水の影響を強く受ける浅海であり, *S. costatum* の密度と塩分との間に負の相関関係, また DIP との間に正の相関関係が得られた。このことから, 8月の *S. costatum* の高密度分布は2月と違って, 陸地起源の豊富な栄養塩類の影響によるものと推察される。

S. costatum の冬・夏2山の高密度出現については, 本邦沿岸域では Nakahara¹³⁾ の舞鶴湾や丸茂¹⁴⁾ の東京湾にその傾向を見出すことができる。外国ではノルウェー西岸のフィヨルドや北アメリカ東岸のナラガンセット湾などで多くの報告¹⁵⁻¹⁹⁾ がある。

丸茂¹⁴⁾ は, 東京湾の富栄養化の進行は *S. costatum* の出現量を増大させ, 出現時期に変化をもたらしたことを報告した。すなわち, *S. costatum* の出現量は 1927~'29 年には冬に極大, 夏に極小, 1953 年には夏に極大, 冬に極小となった。また, 1954~'55 月の湾奥部では9月と 12~1 月に極大となり,²⁰⁾ 1971~'72 年になると夏を中心に年中高密度に出現するようにブルームの時期が変化した。

八代海で今後さらに富栄養化が進行すると仮定すれば, 東京湾での事例から *S. costatum* はより一層高密度に分布するようになり, 現在の冬・夏2山の出現から夏を中心とした年中高密度出現型への遷移が推察される。

本研究は文部省科学研究費環境科学特別研究 (1), 内

湾 (八代海) の環境傾度と生物適応 (代表者熊本大学理学部弘田禮一郎教授) によった。代表者はじめ関係者各位のご協力に感謝の意を表する。とくに水質環境の資料をご提供下さった長崎大学水産学部平山和次教授ならびに北村等講師に厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) G. R. Hasle: *Nor. J. Bot.*, **20**, 109-137 (1973).
- 2) 山田真知子, 鶴田新生, 吉田陽一: 日水誌, **48**, 1129-1132 (1982).
- 3) 山田真知子, 鶴田新生, 吉田陽一: 日水誌, **46**, 1435-1438 (1980).
- 4) 山田真知子, 鶴田新生, 吉田陽一: 日水誌, **46**, 1439-1444 (1980).
- 5) 山田真知子, 武居 薫, 鶴田新生: 日水誌, **48**, 1453-1456 (1982).
- 6) 山田真知子, 武居 薫, 鶴田新生: 日水誌, **48**, 1457-1461 (1982).
- 7) 山田真知子, 新井義昭, 鶴田新生, 吉田陽一: 日水誌, **49**, 1445-1448 (1983).
- 8) 鶴田新生, 大貝政治, 上野俊士郎, 山田真知子: 日水誌, **51**, 1883-1886 (1985).
- 9) 鶴田新生, 上野俊士郎, 大貝政治, 山田真知子: 日水誌, **52**, 1947-1955 (1986).
- 10) 多々良 薫: 南西水研報, **13**, 135-169 (1981).
- 11) T. Okaichi: in "Science for Better Environment, Proceeding on the International Congress on the Human Environment (HESC) (Kyoto, 1975)" (ed. by Secretariat, HESC Organizing Committee Science Council of Japan), The Asahi Evening News, Tokyo, 1976, pp. 455-460.
- 12) J. H. Martin: *Limnol. Oceanogr.*, **10**, 185-191 (1965).
- 13) H. Nakahara: *Mem. College Agricul. Kyoto Univ.*, **112**, 49-82 (1978).
- 14) 丸茂隆三, 佐野 昭, 村野正昭: うみ, **12**, 145-156 (1974).
- 15) K. R. Gaarder: *Tromsø Mus. Årsh. Nat. hist. avd.* **11**, **55**, 1-159 (1938).
- 16) D. M. Pratt: *Limnol. Oceanogr.*, **4**, 425-440 (1959).
- 17) T. Braarud: *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **20th Ann. Vol.** 628-649 (1962).
- 18) R. D. Staker and S. F. Bruno: *Bot. Mar.*, **21**, 439-449 (1978).
- 19) T. J. Smayda: in "The Physiological Ecology of Phytoplankton" (ed. by I. Morris), Blackwell, Oxford, 1980, pp. 493-570.
- 20) 千葉県: 昭和 29 年度国土総合開発調査東京湾海況調査報告, pp. 1-76 (1955).