

1994-1995年冬季播磨灘に大量発生した *Thalassiosira* sp. について

長井 敏・宮原一隆・堀 豊

Blooming of *Thalassiosira* sp. in Harima-Nada, the Eastern Seto Inland Sea, in the Winters of 1994 and 1995.

Satoshi NAGAI*, Kazutaka MIYAHARA*, and Yutaka HORI*

A colony forming species of genus *Thalassiosira* sp. bloomed in almost all the area of Harima-Nada, the eastern Seto Inland Sea, since early November in 1994 until the middle of January 1995. Since we had no appearance records of this species in Harima-Nada, we supposed that this was the first time for this species to form a red tide in Harima-Nada. Almost all the colonies were spherical or oval, and many cells were embedded in a gelatinous substance. Short and long diameters of this species were 0.87 ± 0.39 mm, 1.31 ± 0.59 mm respectively (average \pm standard deviation, $n=100$) and ranged from 0.4 to 4.0 mm (including short and long diameters). Minimum and maximum number of vegetative cells per each colony were 89 and 10095, respectively. The number of vegetative cells per each colony was calculated at about 750 cells. The valve diameter of vegetative cells ranged from 25.0-47.5 μ m. The densities of this species were 0-98, 0-315, and 10-130 colonies/l on average in early November and December 1994, and January 1995 respectively, in three layers of surface, middle, and bottom in 19 sampling points of Harima-Nada. Centers of distribution were located from the eastern sea area near the Ieshima Islands to the central area of Harima-Nada. A significant correlation was obtained between the cell density of colonies (X; colonies/l) and that of vegetative cells (Y; cells/ml) as $Y = 0.73 X + 3.27$ ($r=0.82$).

The sudden great occurrence of this species in a large sea area is a very interesting phenomenon as follows; one question is where the seed population of this bloom originated from and the other question is what environmental factors stimulated this great growth. In order to clarify succession mechanisms of phytoplanktons we need to analyze the relationship between the great blooming of this species and environmental factors in Harima-Nada.

我国においてコロニーを形成する *Thalassiosira* 属は、*T. diporocyclus* HASLE、*T. mala* TAKANO、*T. subtilis* (OSTF.) GRAN 等多くの種が報告されている。これらの内の多くの種は粘液質を伴った球形、長楕円形、あるいはそれらが崩れた不定形の塊状群体を形成する。¹⁾ これら植物プランクトンの大量発生時には、しばしば“ヌタ”が形成され、^{2, 3)} この粘液物質が底曳網、定置網などに堅固に付着するため、網が破れるなど水産業に被害を与えている。⁴⁾ *T. mala* が1951年9月中旬に東京湾奥の千葉市地先で大增殖し、当時養殖されていたハマグリ、シオフキ、バカガイ、マテガイなどに大きな被害を与えた。致死機構は、粘質物(ヌタ)による機械的閉塞と、2次的に起こった溶存酸素欠乏と考えられる。⁵⁾ 周防灘でも1990年9月下旬~11月上旬にかけて *T. mala* が

大量発生し、*T. mala* 由来と思われるヌタが発生した。このヌタが底曳網、フグの底縄、沖建網等に大規模に付着したため、約1カ月間操業できない日が続き、漁業者は大きな被害を被った(山口内海水試 馬場俊典氏 私信)。

コロニー(群体)を形成する *Thalassiosira* sp. が1994年11月上旬頃から播磨灘の全域に大量発生し、1995年1月上旬現在でも高密度で出現している。その形態を Plate I (A-C) に示した。本種のコロニーは肉眼でも容易に確認できる巨視的なサイズのため(A-C)、関係者の関心が高まっており、水産業に及ぼす影響が懸念される。1973年に始められた当水試の定期調査による植物プランクトン種の同定・計数結果において本種の出現記録はなく、⁶⁾ 播磨灘における大量発生は初めての現

* 兵庫県立水産試験場 (Hyogo Prefectural Fisheries Experimental Station, Minami-Futami, Akashi 674)

象と考えられる。本種の大量発生は播磨灘だけの現象ではなく、東部では大阪湾、紀伊水道、西部では周防灘にまで及んでおり、ほぼ瀬戸内海全域に分布している。*これまでのところヌタの発生は確認されていないが、ノリ養殖にとって最盛期となる低水温期に入り、播磨灘では家島および鹿ノ瀬周辺海域において本種が著しい密度増加を示した。これに伴い栄養塩濃度の顕著な低下がみられ、色落ち等、海苔の品質低下といった漁業被害が広がっている。

本研究では、トピックス的な現象として本種の出現を取り上げ、光学顕微鏡観察による形態的特徴、播磨灘における水平分布等について調べたので報告する。なお、本種の電子顕微鏡による形態の観察や種の同定、大量発生の原因や増殖と環境要因の関係等については、後日、改めて詳細に報告することを付記する。

材料と方法

Thalassiosira sp. の形態 1994年12月29日に当水試地先の

海域（表層）で *Thalassiosira* sp. を採集し、光学顕微鏡を用いてコロニーや個々の栄養細胞の形態的特徴を観察した。コロニーの大きさを把握するため、実体顕微鏡を用いて各コロニーの長径と短径を測定した。光学顕微鏡を用いて1コロニー当たりの栄養細胞数を計数した。また、*Thalassiosira* sp. の蓋殻径についても測定した。

Thalassiosira sp. の水平分布 Fig. 1 に播磨灘の環境定期調査の定点を示した。1994年10月31日～11月1日、12月1～2日、および1995年1月9～10日にかけて Fig. 1 に示した定点で *Thalassiosira* sp. の分布調査を行った。採水層は表層（0.5m）、中層（10m、Sta. H27～H30は5m）、および底層（底上1m）の3層である。コロニー数の計数は試水200mlをガラス繊維濾紙GA200（A-DVANTEC TOYO 製）にてろ過し、ろ紙上に捕集されたコロニー数を肉眼計数し、1l当りのコロニー数を算出した。また、1l当りの細胞数と1コロニー当たりの平均細胞数を知るため、12月1～2日に行った調査の全調査地点の表層のサンプルを、超音波破砕機（日本

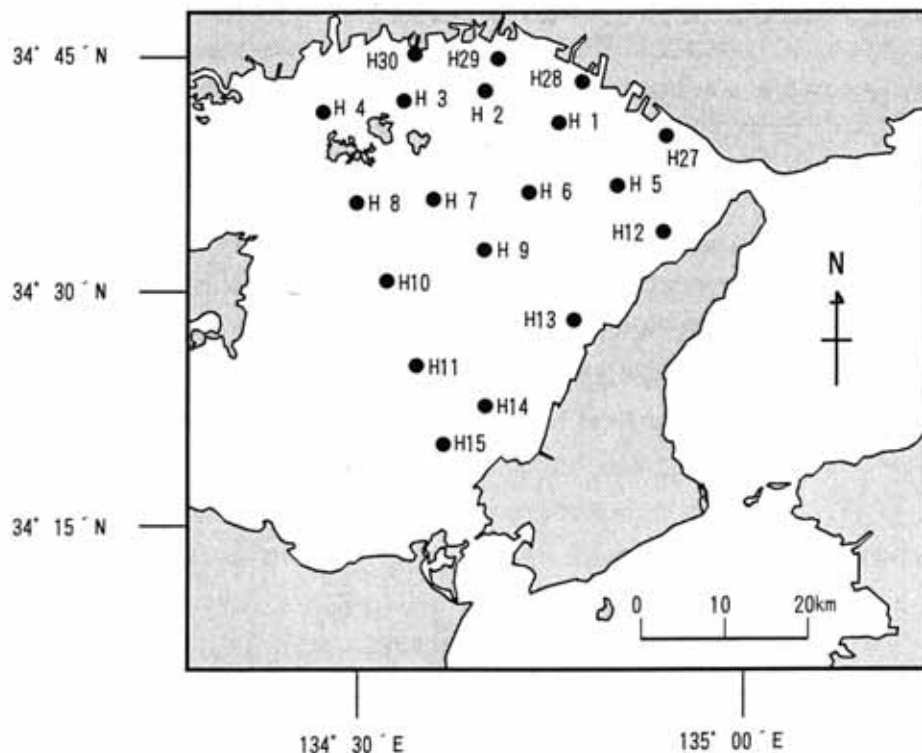


Fig. 1. Location of the sampling stations in Harima-Nada, the eastern Seto Inland Sea.

精機製作所 US-300型)で数秒間発振することによりコロニーを分解した。そして、各サンプルをよく攪拌した後、光学顕微鏡により1 ml 当りの *Thalassiosira* sp. の細胞数を計数した。

結果と考察

***Thalassiosira* sp. の形態** 高野によれば、*T. diporocyclus* のコロニー中の細胞は、相互に粘液糸でつながっているが、必ずしも中心有基突起から出た糸だけとは限らないように見える。細胞は両凸の丸箱形で、直径12~24 μm、高さや径とはあまり変わらない。一方、*T. diporocyclus* と近似する *T. subtilis* では、有基突起は縁辺に1輪あるほか蓋殻の全域に散在する。また、唇状突起は殻套部にあるが、縁辺からかなり離れており、両者の蓋殻構造は異なっている。¹²⁾ また、*T. subtilis* は、*T. diporocyclus* より少し大きめで直径15~32 μmである。⁷⁾

コロニーはほとんどが球形、楕円球形、および紡錘形をしており、その大きさは変化に富んでいる (Plate 1-C)。コロニーのサイズは0.4~4.0mmの範囲にあり、短径および長径の平均±標準偏差は、それぞれ0.87±0.

39mm、1.31±0.59mm (n=100)であり、平均的にみれば楕円球形をしているといえる。1コロニー当りの栄養細胞数は89~10095の範囲にあり、平均750細胞と算出された。

Plate II に *Thalassiosira* sp. の光学顕微鏡写真を示した。本種は、細胞が相互に多数の粘液糸でつながり (II-A)、不規則に散在していた (II-B)。しかしながら光学顕微鏡レベルでは細胞から出る粘液糸は微かにしか確認することができなかった。細胞表面には、不定形の色素粒と、それよりはかなり小さめの球形の色素粒が散在していた (II-C~D)。コロニー中央付近の粘質部分には *Nitzschia* sp. (II-E)、*Navicula* sp. および *Pleurosigma* sp. といった付着珪藻類が多数観察され、100細胞以上の付着珪藻が共存するコロニーもしばしば確認することができた。また、大きさの回復した大型の細胞も観察することができた (II-F)。

Fig. 2 に *Thalassiosira* sp. 4コロニーの蓋殻径の測定結果を示した。各コロニーにおける細胞の大きさは25.0~47.5 μmの範囲にあった。コロニー a、b、c および d の蓋殻径の平均±標準偏差は、それぞれ28.0±1.4、32.1±1.5、38.8±1.8、および42.7±1.4 μmであり、

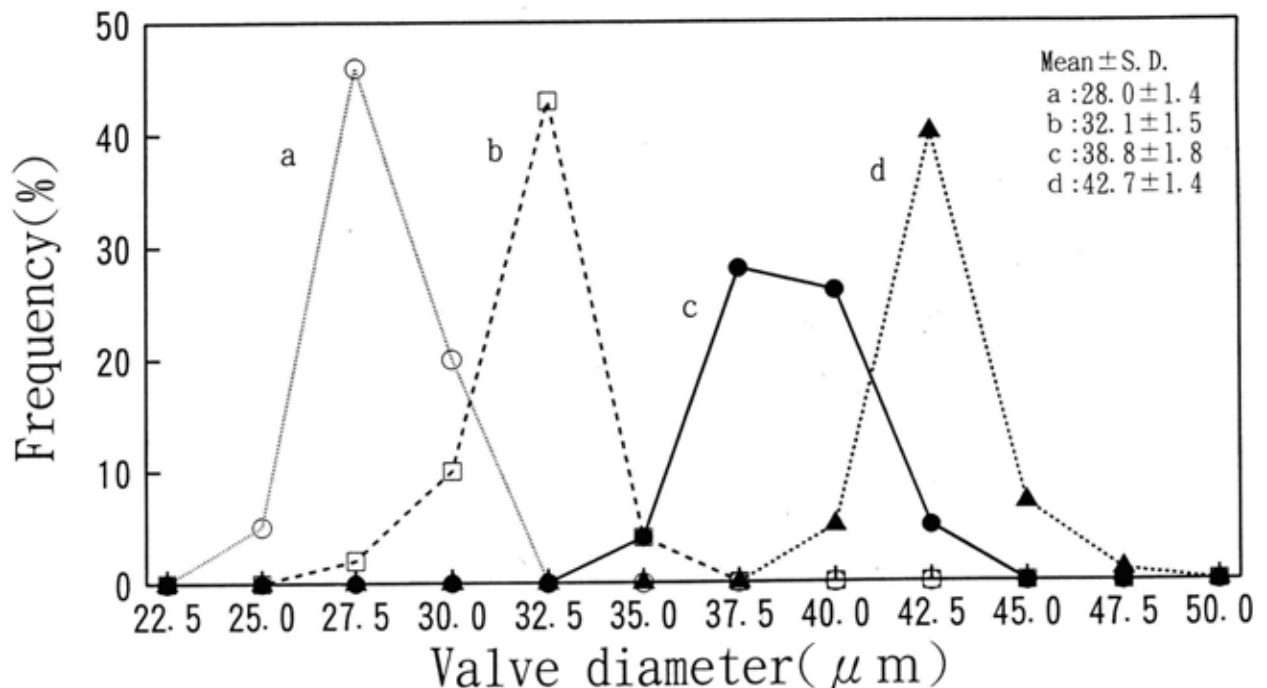


Fig. 2. Frequency distributions of valve diameters of vegetative cells for *Thalassiosira* sp. in 4 colonies. (Measured numbers: a=63; b=53; c=71; d=59)

コロニー別平均蓋殻径の各頻度分布の範囲は狭く、コロニー別の *Thalassiosira* sp. の平均蓋殻径には明らかに差が認められた。また、4つの頻度分布において、お互いの重なり合う部分の少なかったことから、本種のコロニーの増加がコロニー単位での分裂の結果起こるのではなく、むしろコロニーから脱落した1細胞が独自に分裂・増殖し、1つのコロニーを形成するようになることを示唆している。以上、光学顕微鏡観察による外観的特徴から、本種は高野¹⁾の *T. diporocyclus* の記載によく一致しているが、蓋殻径は本種の方が明らかに大きかった。種名まで明らかにするには電子顕微鏡により蓋殻構造の詳細な観察が必要であろう。

***Thalassiosira* sp. の水平分布** Fig. 3に *Thalassiosira* sp. のコロニー密度 (colonies/l ; 3層平均) の水平分布を示した。10月31日～11月1日の調査時には、*Thalassiosira* sp. は0～98 colonies/l (3層平均) の範囲にあり、分布の中心は家島群島東部にあった。12月1～2日には0～

315 colonies/l (3層平均) の範囲にあり、11月初旬の調査時に比べてコロニー密度は3倍程度増加した。コロニー密度が約250 colonies/l以上の地点では海表面が薄く褐色に着色しており、家島東部～南部といった播磨灘中央部海域の広い範囲で赤潮を形成していた。1995年1月9～10日の調査には、10～130 colonies/l (3層平均) の範囲にあり、分布の中心は播磨灘中央部にあった。1994年12月の調査時に比べて、コロニーの密度は減少した。

Fig. 4に1994年12月1～2日に行った調査時の *Thalassiosira* sp. 1 l当りのコロニー数と1 ml当りの細胞数の関係を示した。両者の間には若干ばらつきが認められたが、 $Y = 0.73X + 3.27$ ($n = 19$, $r = 0.82$) という直線関係が得られた。今回掃式によると、本種が海水中に100 colonies/lの密度にある時、約80 cells/mlの栄養細胞が存在することになり、コロニー密度からの細胞密度の換算が可能となった。250 colonies/l以上の密度で、海表面の着色が観察されたことから、本種は約200 cells/ml以上の密度で赤潮状態になることが示唆された。

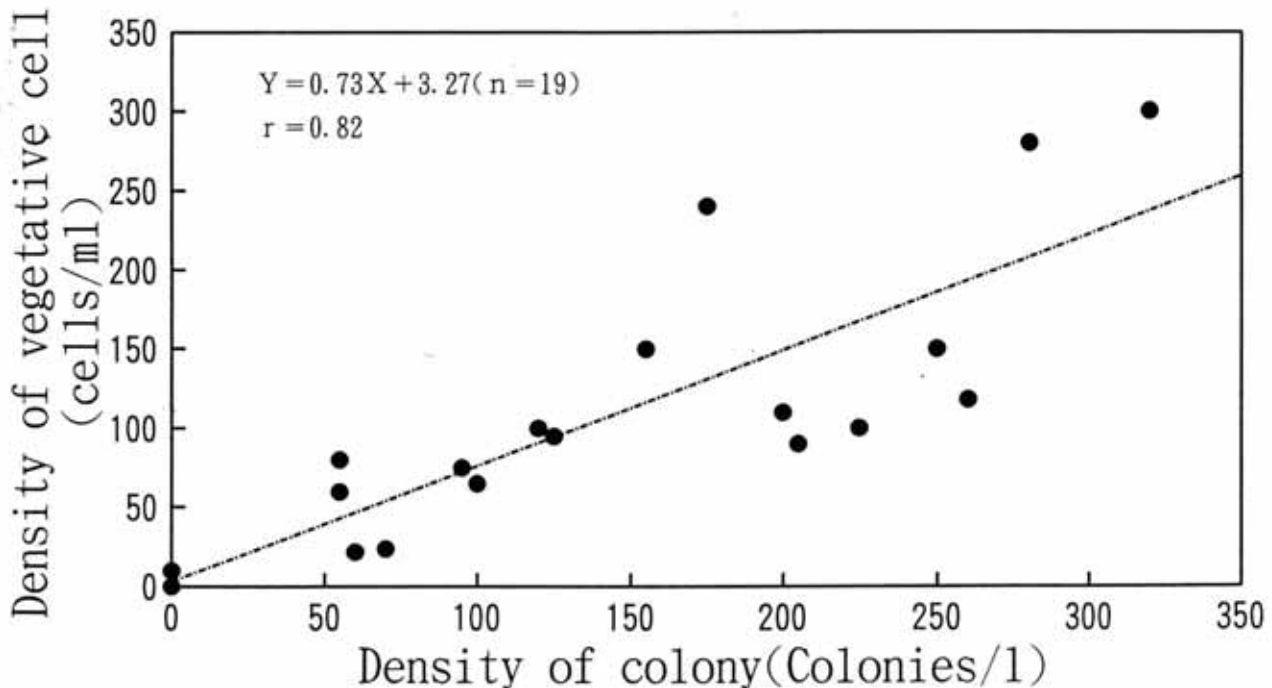


Fig. 4. Relationship between the density of colonies (colonies/l) and that of vegetative cells (cells/ml) in *Thalassiosira* sp.

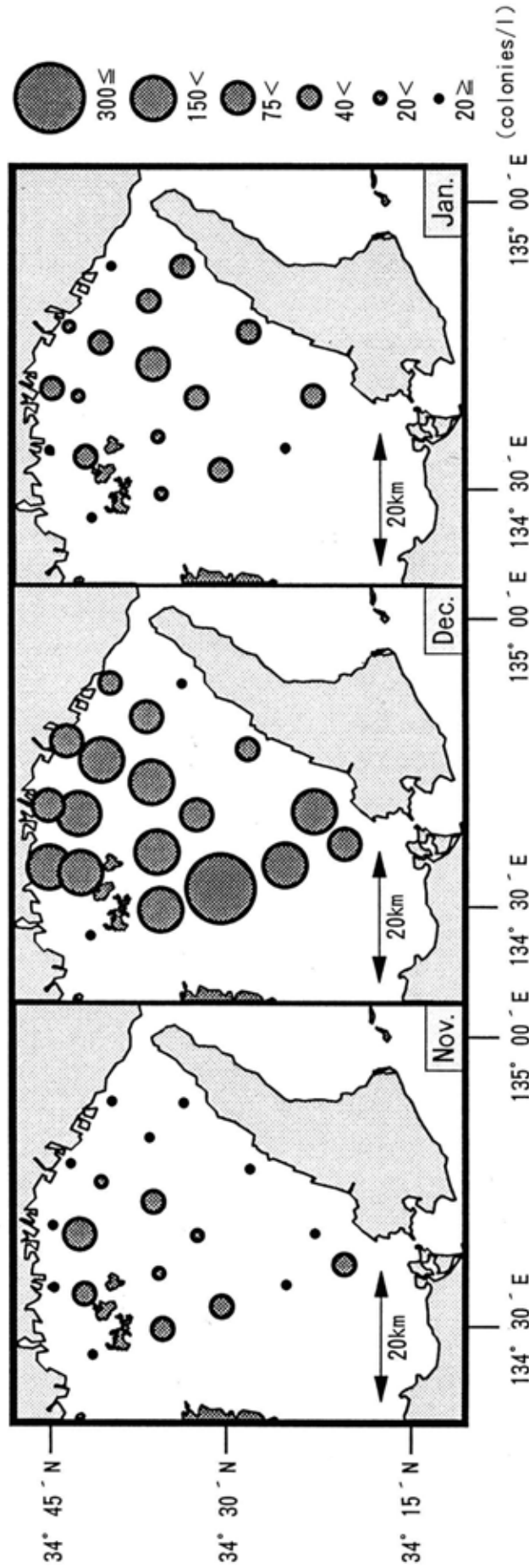


Fig. 3. Monthly horizontal distributions of colony densities of *Thalassiosira* sp. in Harima-Nada, the eastern Seto Inland Sea. Samplings were made in the early term of each month. (Average of surface, middle and bottom layer)

これまで播磨灘での出現記録のない種類が、瀬戸内海全域で突如として出現し、ほぼ同時に大発生したことは、赤潮の形成メカニズムといった観点からみて非常に興味深い現象である。また、本種の出現が長期間（2ヶ月以上）に及んでいることも特徴的な現象である。1994年夏季は記録的な猛暑であり、瀬戸内海全域が高温・高塩分になったことなど、本年夏季の瀬戸内海の異常環境が本種の大量発生を可能にした原因の一つかもしれない。異常環境の後の突然の大量発生から推察すると、*Thalassiosira* sp. の好適増殖水温・塩分や栄養塩類の要求性といった生理学的特性が *Skeletonema costatum*、*Chaetoceros* 属、および *Coscinodiscus wailesii* といった播磨灘の代表的な植物プランクトン⁸⁻¹³⁾ と異なることが予想される。また、珪藻類で知られる休眠胞子や休眠細胞といった耐久能力のある細胞¹⁴⁻¹⁸⁾ が、今後、“Seed population”として、瀬戸内海底泥中に生存するならば、来年以降も本種が大量発生する可能性は十分考えられる。今後も本種の長期間にわたる出現により、栄養塩濃度の低下や“ヌタ”の発生などにより水産業に悪影響を及ぼす可能性が懸念されることから、本年だけの突発的現象にとどめず、継続的な調査を行い、本種の大量発生の原因、特に1994年の環境要因との関係について詳細に解析し整理しておく必要がある。

謝辞

本稿をまとめるにあたり有益な御助言と御声援を戴いた、当水産試験場丹下勝義資源部長に衷心より感謝致します。また、本研究を遂行する際に試料採集等の御協力を戴いた、当水産試験場の調査船“ひょうご”の乗組員の方々に心より御礼申し上げます。

要約

- 1) 播磨灘に1994年11月上旬から、コロニーを形成する *Thalassiosira* sp. が大量発生した。本種は初めて播磨灘で赤潮を形成したと考えられる。
- 2) 本種のコロニーは球形、楕円球形、および紡錘形をしており、コロニーのサイズは0.4~4.0mmの範囲

(長径および短径を含む)にあった。コロニーの短径および長径の平均±標準偏差は、それぞれ0.87±0.39mm、1.31±0.59mmであり、平均的にみれば楕円球形をしていた。1コロニー当たりの栄養細胞数は89~10095の範囲にあり、平均750細胞と算出された。

- 3) 本種の蓋殻径は25.0~47.5μmの範囲にあり、一つのコロニー内での蓋殻径の幅は狭く、コロニー間で平均径に差が認められた。この結果は、コロニーから脱落した1細胞が独自に分裂、増殖し、一つのコロニーを形成するようになることを示唆している。
- 4) 本種の播磨灘における分布は、1994年11月、12月、1995年1月初旬の調査時にはそれぞれ0~98、0~315、10~130 colonies/l (3層平均)の範囲にあり、いずれも分布の中心は家島群島東部~灘中央部海域にかけてであった。
- 5) 本種のコロニー (colonies/l) と栄養細胞 (cells/ml) の密度の間には、 $Y = 0.73X + 3.27$ (n = 19, r = 0.82) という直線関係が得られた。

文献

- 1) 高野秀昭：IV 珪藻綱。「日本の赤潮生物」(福代康夫・千原光雄・高野秀昭・松岡藪充編)，内田老鶴圃，東京，1990，pp. 196-197。
- 2) 辻田時美：日本近海に発生する有機懸濁物に関する研究，日本海洋学会誌，8，113-126 (1952)。
- 3) 辻田時美：テトリクス-海洋水の新しい有機物像，海洋科学，14，466-471 (1982)。
- 4) G. T. Boalch and D. S. Harbour：Unusual diatom off the coast of south-west England and its effect on fishing，*Nature*，269，687-688 (1977)。
- 5) 高野秀昭：IV 珪藻綱。「日本の赤潮生物」(福代康夫・千原光雄・高野秀昭・松岡藪充編)，内田老鶴圃，東京，1990，pp. 210-211。
- 6) 中村行延・松田泰嗣・安田基・眞鍋武彦：播磨灘における植物プランクトンの出現状況，兵庫水試研報，26，11-17 (1989)。
- 7) G. R. Hasle： *Thalassiosira subtilis* (Bacillariophyceae)

- and two allied species, *Norw. J. Bot.*, 19, 113p, figs. 24-45 (1972).
- 8) 眞鍋武彦・反田 実・安田 基: 播磨灘および大阪湾の富栄養化と微細プランクトン, *海と空*, 63, 63-77 (1987).
- 9) 眞鍋武彦: 内海域の栄養塩類分布に及ぼす植物プランクトンの影響, *日本プランクトン学会報*, 35, 115-120 (1988).
- 10) T. Manabe and S. Ishio: Bloom of *Coscinodiscus wailesii* and DO deficit of bloom water in Seto Inland Sea, *Mar. Poll. Bull.*, 23, 181-184 (1991).
- 11) 長井 敏・眞鍋武彦: 培養条件下における大型の珪藻類の *Coscinodiscus wailesii* の増大胞子形成, *日本プランクトン学会報*, 40, 151-167 (1994).
- 12) 眞鍋武彦・反田 実・堀 豊・長井 敏・中村行延: 播磨灘の漁場環境と植物プランクトンの変動, 20年間のモニタリングの成果, *沿岸海洋研究ノート*, 31, 169-181 (1994).
- 13) 眞鍋武彦・長井 敏・堀 豊: 厳しさを増す沿岸漁業, 「水産と環境」(清水 誠編), 水産学会シリーズ103, 恒星社厚生閣, 東京, 1994, pp. 9-18.
- 14) L. Sicko-Goad, E. F. Stoermer and G. Fahnenstiel: Rejuvenation of *Melosira granulata* (Bacillariophyceae) resting cells from the anoxic sediments of Douglas Lake, Michigan. I. Light microscopy and ^{14}C uptake, *J. Phycol.*, 22, 22-28 (1986).
- 15) 今井一郎・板倉 茂・伊藤克彦: 播磨灘および北部広島湾の海底泥中における珪藻類の休眠細胞の分布, *沿岸海洋研究ノート*, 28, 75-84 (1990).
- 16) 板倉 茂・今井一郎・伊藤克彦: 海底泥中から見出された珪藻 *Skeletonema costatum* 休眠細胞の形態と復活過程, *日本プランクトン学会報*, 38, 135-145 (1992).
- 17) 板倉 茂・山口峰生・今井一郎: 培養条件下における浮遊性珪藻 *Chaetoceros didymus* var. *protuberans* の休眠胞子形成と発芽, *日本水産学会誌*, 59, 807-813 (1993).
- 18) 長井 敏・堀 豊・眞鍋武彦・今井一郎: 播磨灘海底泥中から見出された大型珪藻 *Coscinodiscus wailesii* GRAN 休眠細胞の形態と復活過程, *日本水産学会誌*, 61, 179-185 (1995).

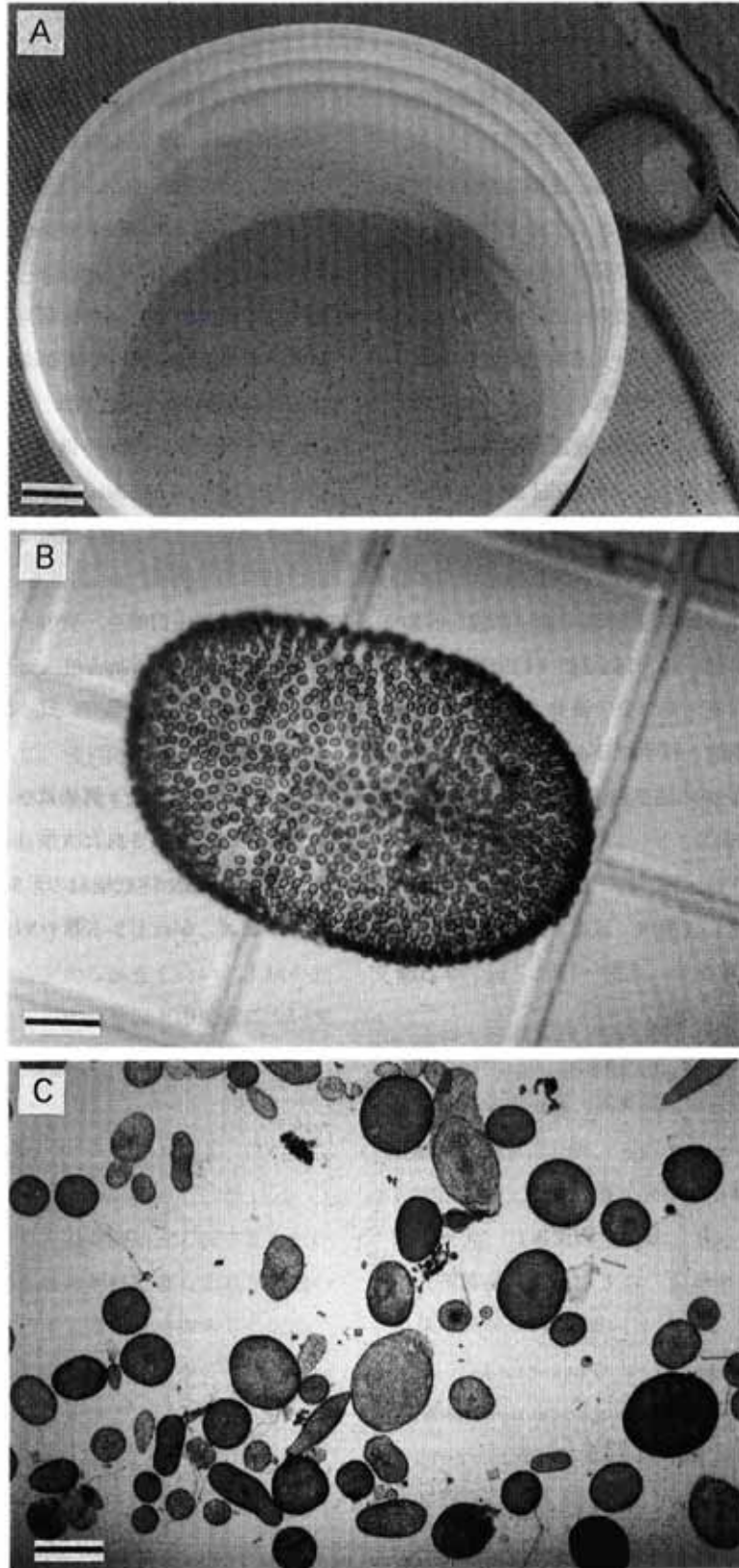


Plate I

Morphologies of colonies of *Thalassiosira* sp.

A: Macroscopic colonies of *Thalassiosira* sp.

B, C: Light photomicrograph of colonies of *Thalassiosira* sp.

B: A colony of *Thalassiosira* sp.

C: Various shaped colonies of *Thalassiosira* sp.

(Scale bar: A. 30mm; B. 100 μ m; C. 2mm)

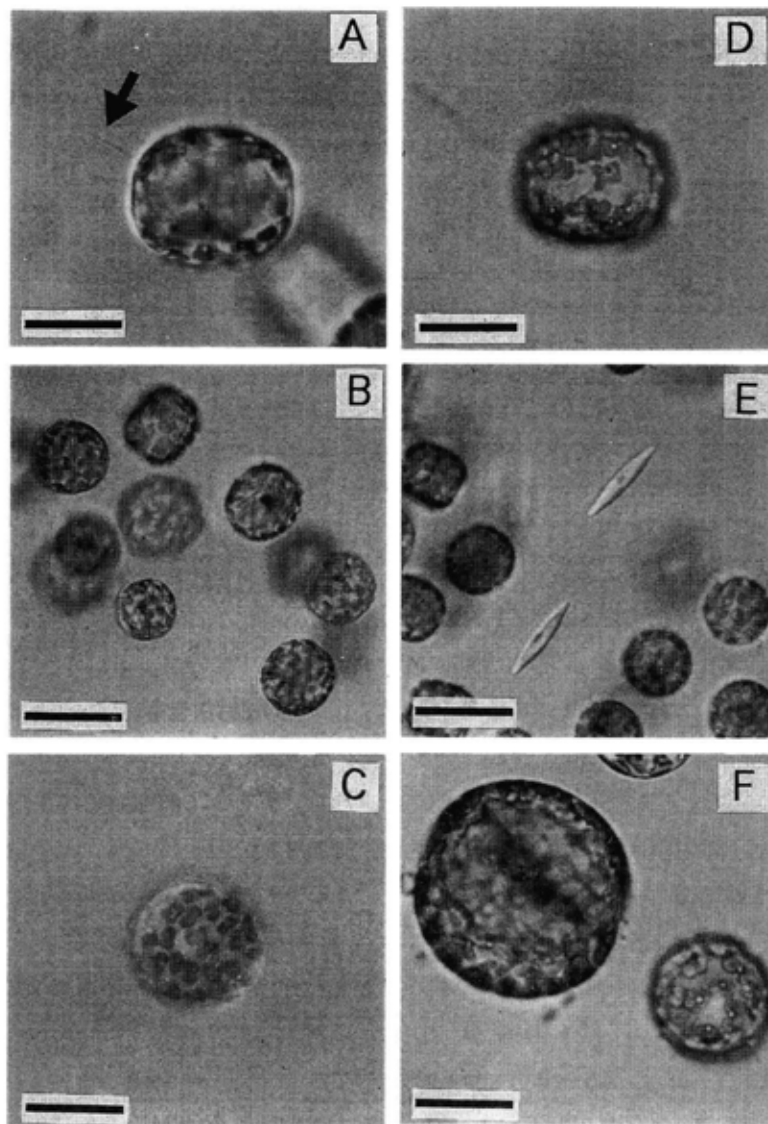


Plate II

Light photomicrograph of vegetative cells of *Thalassiosira* sp.

A: Mucilaginous threads indicated by an arrow for connection of cells in a colony.

B: Irregular distribution of cells in a colony.

C: Indefinite shaped pigments in a cell (Valve view).

D: Indefinite shaped pigments and small spherical pigments in a cell (Girdle view).

E: Embedded *Nitzschia* sp. in gelatinous substance.

F: Enlarged cell (left) by auxospore formation.

(Scale bar: A, C, D, F, 25 μ m; B, E, 50 μ m)