

珪藻 *Skeletonema costatum* と *Melosira moniliformis* の大きさの季節的变化

右 田 清 治

Seasonal Variation of Cell Size in *Skeletonema costatum*
and *Melosira moniliformis*

Seiji MIGITA

Many diatoms decrease their cell size in the vegetative reproduction as a result of their interpolatory mechanism of wall formation. When the cells are reduced to a certain size, they become sexual and generally return to a larger size by auxospore formation. Consequently, even in the same species, there is a great difference in cell size as well as seasonal variation.

The author studied on the seasonal variation of cell size in *Skeletonema costatum* and *Melosira moniliformis* occurring at the coast of Nagasaki. The seasonal occurrence of various cell size in these species is shown in Figs. 1 and 2. In *S. costatum*, planktonic species, and *M. moniliformis*, epiphytic species, small cells increase in winter, whilst large cells increase in spring and autumn. The mean cell diameters of both species decrease in winter and increase in summer and autumn (Figs. 3 and 4). In the natural habitats, the optimum temperature for auxospore formation, *i. e.*, about 20°C as indicated by experimental data, is seen during the period from May to June, and from September to October. It is believed that the favourable temperature in these seasons is advantageous to the enlargement of cells.

珪藻は栄養体の2分裂にあたり、被殻の特殊な内生的形成機構のため、娘細胞の大きさは母細胞より縮小することが一般に是認されている。したがって分裂が繰返されるにつれて小さくなり、同一種でも形態とくにその大きさは甚だしく変化する。このことは、珪藻が地域的に大きさを異にしたり、季節的に大きさが変化するといった現象を派生的にもたらしている。

このような珪藻の大きさに関連した研究は、外国では古くから行なわれているが、わが国では比較的少なく、松江¹⁾の *Skeletonema costatum* についての調査や江草²⁾の同種と *Biddulphia sinensis* についての考察などがあるに過ぎない。

ところで、海における珪藻の大きさの季節的变化は、古くは海水の比重や水温による粘

性と関係した浮遊適応性などより検討されたが、生活環の過程での増大胞子形成という珪藻独自の形態変化をより重視して考える必要がある。

著者は最近 *S. costatum* と *M. moniliformis* の有性生殖による増大胞子形成およびその生態について報じたが、同時に天然の海における両種の大きさの季節的变化についても 1966年4月以後2年間にわたり調査してきた。ここではその結果を報告し、併せて前報³⁻⁵⁾の増大胞子形成の環境条件と関連して考察してみた。

実 験 方 法

S. costatum は長崎港内の女神でプランクトンネットを使用して採集した。また *M. moniliformis* は長崎市東長崎の八郎川汽水域で一定の場所に生育するアナアオサ、オゴノリなどの海藻に付着しているものを採集し、前記海藻をシャーレ中でもみ洗いして2、3時間放置し、底に設置したガラス板上に着生したものを調べた。なお両種共に採集は1966年4月から1968年3月まで毎月1回なるべく中旬に近い大潮前後の日に行なった。

このような珪藻の大きさの季節的变化を調査する際、とくに重要なことは対象の珪藻が周年連続して出現していることであり、前記採集地は従来の調査時もこの実験期間中もそれぞれの種が優占的に生育しており、この種の調査にはきわめて好都合な場所であった。

両種珪藻の大きさは、各個体の老若により細胞の長さには相違があるため、細胞の太さすなわち直径について測定した。採集した材料のうち200~400連鎖体につき細胞の直径と細胞数を測定し、その結果は 2μ 毎に区分した各大きさの細胞の全細胞数に対する出現率で表わし、さらに各月の平均直径などで比較した。

なお、細胞直径の測定にあたり、顕微鏡は高倍率の対物、接眼レンズを適当に組合わせ、さらに顕微鏡の鏡筒を伸ばして、接眼マイクロメーターの1目盛が μ の絶対値と一致するようにして、視覚の誤差を少なくするように留意した。

結 果

Skeletonema costatum 長崎港内の女神で採集した浮遊性珪藻 *S. costatum* の大きさの組成を、 2μ 毎の大きさに集計し百分率で表わしたのが Fig. 1 である。*S. costatum* の直径は、1966年4月から1968年3月までの調査では 3μ より 26μ の範囲で変化している。また各月の採集材料の最小と最大の差は1966年4月、1967年1、4月などの 10μ が小さく、1967年9月の 20μ が大きい値で、大きさの変化の中にもかなりの相違がみられる。さらに周年にわたり各月の最小細胞の直径の変化は約 5μ と小さいのに、最大細胞の直径は 12μ と広範囲の変化を示している。

各月の大きさの組成をみると、最も出現率の高いのは、その月に出現した最大と最小の平均的な大きさではなく、一般にそれより小さい細胞群である。しかし、1966年6、11、12月と1967年5、6月ではその逆の現象がみられる。また或る月の大きさの組成の様子は、全体的には翌月のそれと類似した傾向がみられる場合が多い。例えば1966年12月から1967年4月に至る間の変化では、細胞の大きさが連続して縮小していく過程が明らかに認められる。さらにまた、中間の大きさの細胞群がなくて不連続にやゝ大きい細胞群が出現す

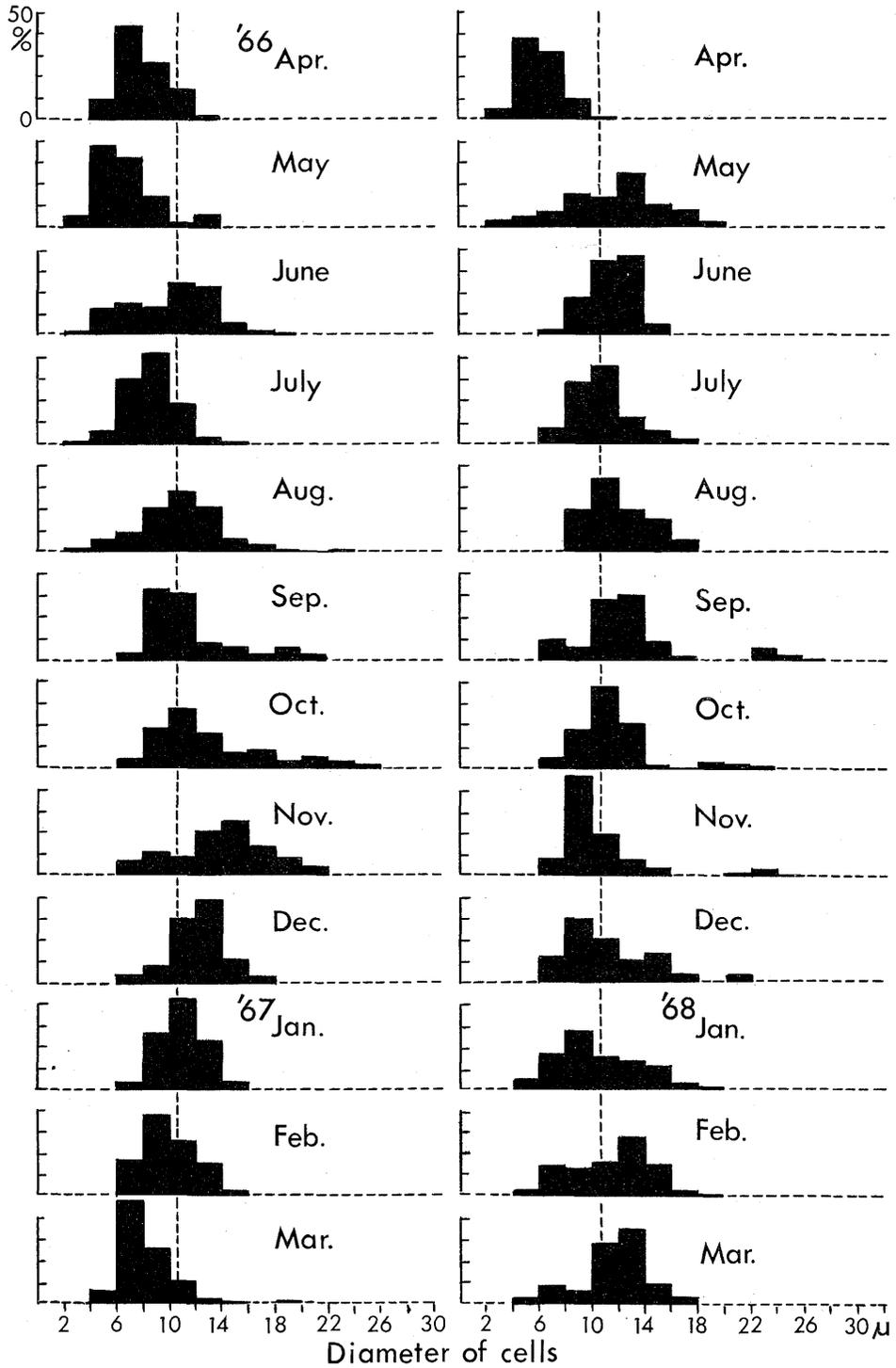


Fig. 1. Seasonal occurrence of various cell sizes in *Skeletonema costatum*.

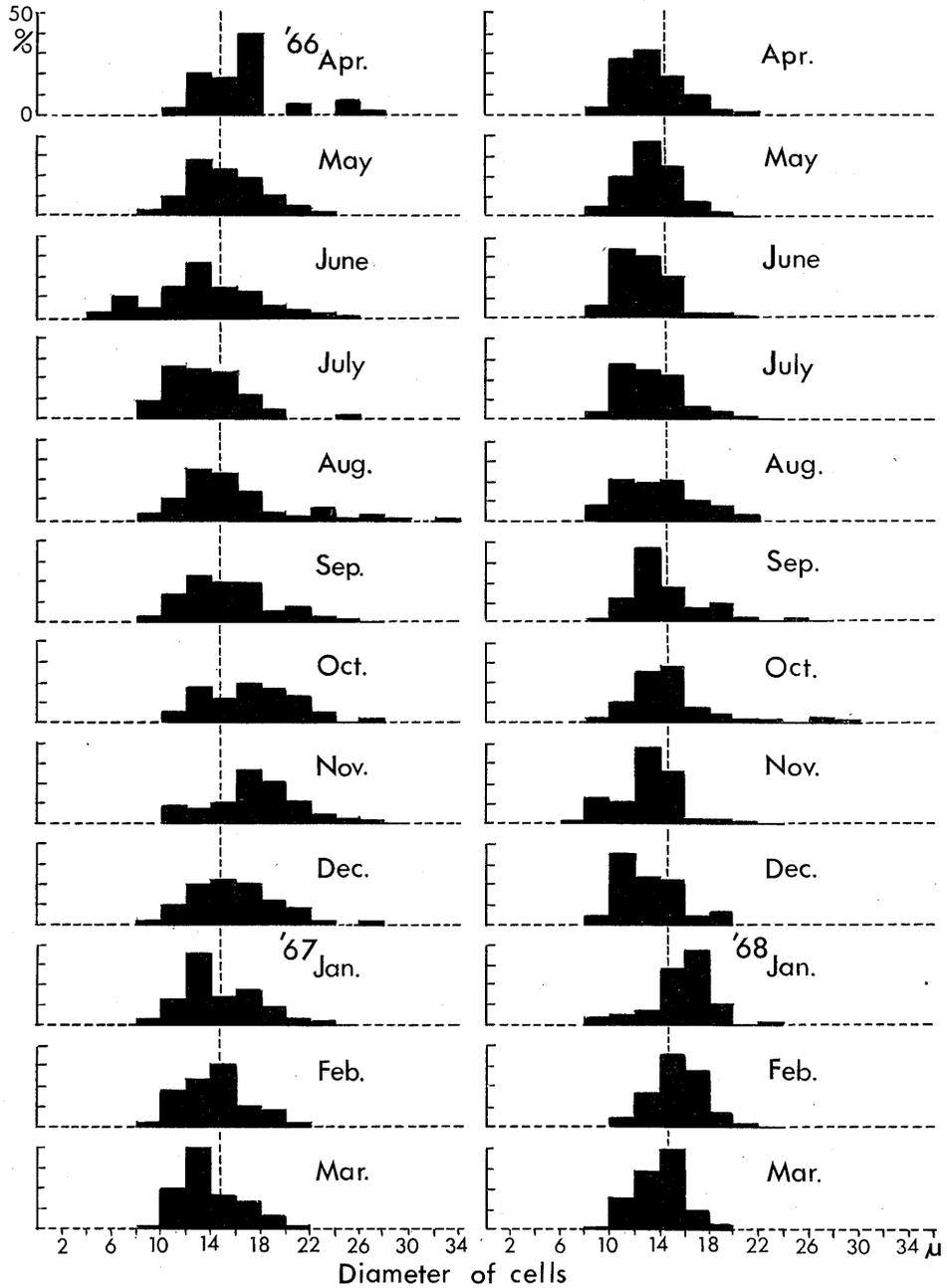


Fig. 2. Seasonal occurrence of various cell sizes in *Melosira moniliformis*.

ることがあり、1966年9、10月と1967年9、10、11月そのような傾向がみられ、これは増大胞子に由来する群のようにも観察された。

S. costatum の大きさの季節的变化は、Fig. 1 の大きさの百分率組成でもうかがわれるように、1、2月から3、4月にかけて小さくなり、5、6月から10、11月にかけて大きくなっている。一方、各月の平均細胞直径の変化は、調査期間中のものを Fig. 3 に、2年間の平均値を Fig. 4 に示したが、年により幾らか相違はあるが冬に縮小し、春から徐々に増大し秋に最大の大きさになっている。

Melosira moniliformis 東長崎八郎川の汽水域で採集した付着性珪藻 *M. moniliformis* の大きさの組成を、前種と同様に 2μ 毎に集計し百分率で表わすと Fig. 3 のようになる。

M. moniliformis の細胞の直径は、約 5μ から 34μ の範囲で変化し、各月の最大と最小の直径の差は $12\sim 26\mu$ で、一般に冬期にその差が小さい傾向がみられた。また各月の最小細胞群の直径の年間変化は 5μ で最大細胞群の変化は 14μ であり、前種と同様に大きい細胞の出現が季節的には大きく変化している。

各月の大きさの組成をみると、出現率の高い大きさが前種より広範囲であるが、出現率の最高の大きさは出現した最大と最小直径の平均より一般には小さい値であった。また本種では連続した2月間の組成に前種程はっきりした類似型を見出すことは困難である。

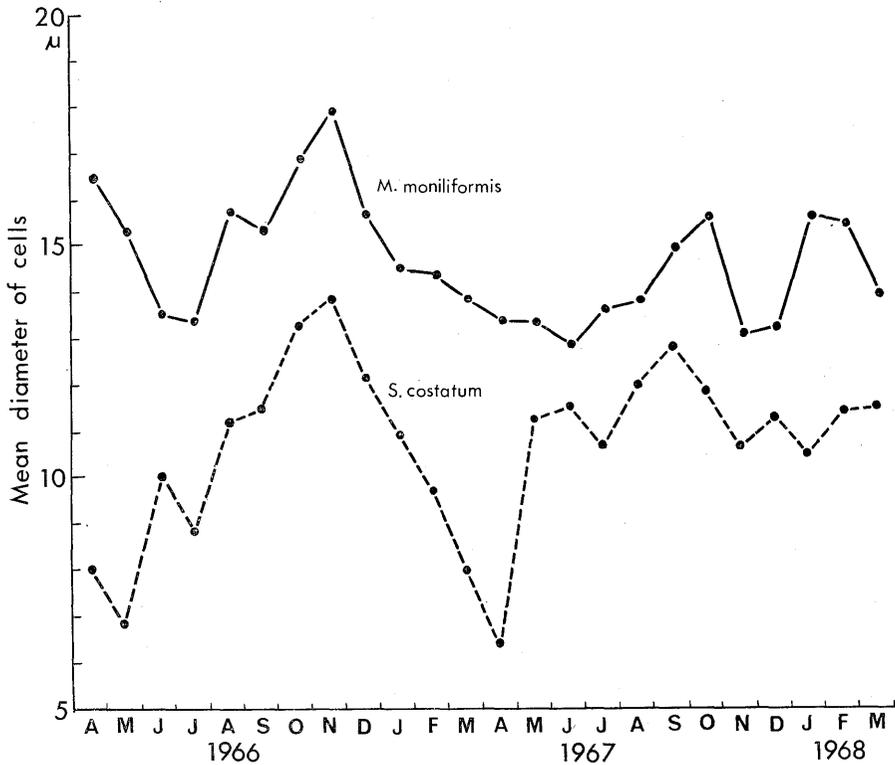


Fig. 3. Seasonal variation of mean cell diameter of *Skeletonema costatum* and *Melosira moniliformis* from April 1966 to March 1968.

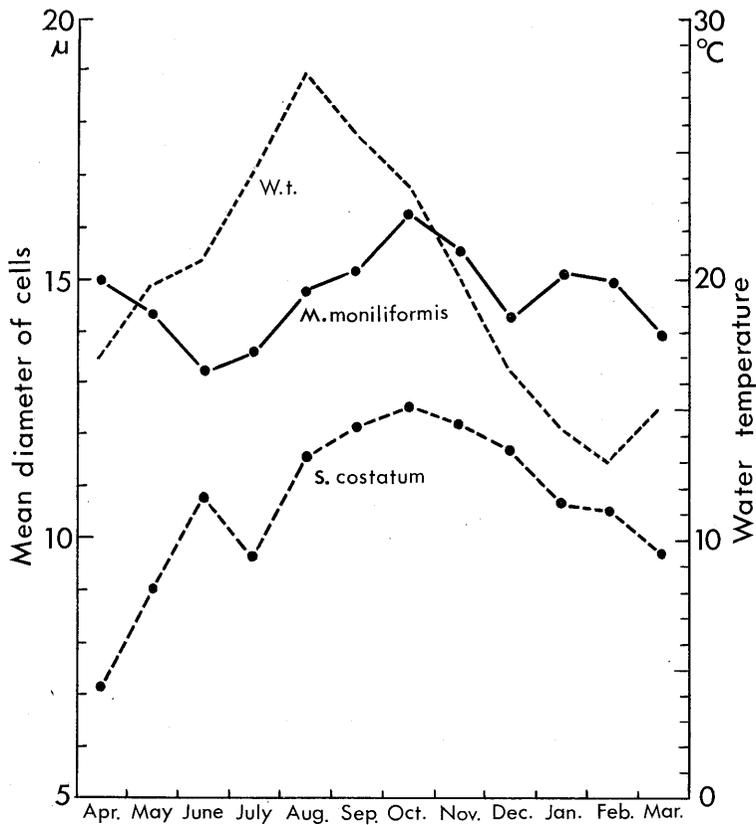


Fig. 4. Seasonal variation of mean cell diameter of *Skeletonema costatum* and *Melosira moniliformis* and water temperature in Nagasaki Bay during two years (from April 1966 to March 1968).

大きさの季節的变化を Fig. 2 の百分率組成でみると、点線で示した総平均直径 (14.6μ) に比べて 1966年7月, 1967年1~6月, 1968年11, 12月にやゝ小型群の出現率が高く, 1966年8~12月, 1967年8~10月に大型群の出現が多い。また各月の平均直径の季節的变化は Fig. 3 に示したようになり, 1966年6, 7月, 1967年4~6月に最も小さく, 1966年10, 11月および 1967年10月に最も大きくなっており, 初夏から秋にかけて増大していくような現象がみられる。*M. moniliformis* のこのような季節的变化は, *S. costatum* と比較し1966年4~7月, 1967年5~7月の幾らかの相違を除けば, 全般的にはきわめてよく一致している。さらに調査した2年間の両種の平均直径の年変化を Fig. 4 に示したが, この図では *M. moniliformis* で3, 4月が縮小しているのに反し *S. costatum* では縮小より増大に向っている点で相違するほかは, 両種の直径の変化は大変よく類似している。

考 察

珪藻では同一種においてもその形態がかなり広範囲に変異することが知られており、その形態変異には他の一般生物にもみられる環境条件に適応するための外部形態の変化もあるが、珪藻ではとくにその大きさの変化が顕著である。従来このような形態変異は地理的变化と季節的变化の両面より研究されてきた。

珪藻の大きさの季節的变化について、赤塚⁶⁾は *Rhizosolenia hebetata* で冬期出現するものが夏期のものより直径が大きいことを報じ、松江¹⁾は品川湾の *S. costatum* について同様に冬期に太く夏期に細くなり、この変化は海水の比重や粘性と関係があると推論している。さらに江草²⁾は渥美湾で *Biddulphia sinensis* および *S. costatum* の形態の季節的变化を調べ、*B. sinensis* では冬期に大型、夏期に小型の個体が多いが、*S. costatum* では松江の結果と違って冬期に小型、夏期に大型群が多い傾向がみられたとしている。

この研究で *S. costatum* においては、冬期の1～3月に小型群の個体数が増加しているが、5、6月から次第に細胞は増大し秋に最も大きくなっており、その間9、10月には大小二型の細胞群の出現が認められた。この結果は江草²⁾の *S. costatum* の場合とよく一致している。また *M. moniliformis* でも冬から早春にかけて小型細胞が増加し、夏から秋にかけて大型群が出現しており、浮遊性の *S. costatum* と付着性の *M. moniliformis* とで同じ傾向がみられるのは注目すべきことである。

珪藻の大きさが季節的に変る理由として、古くは海水の比重および粘性などの変化に応じた浮遊適応のための形態変化であるとする説もあった。このような考えは、すでに江草²⁾が指摘しているように、分裂により新生される細胞の大きさが環境条件で左右されることはないのだから合理性に乏しい。もし浮遊適応ということがあるとすれば、浮遊に適しない大きさの個体群が衰微すると考えるべきであろう。しかし珪藻の大きさの季節的变化は浮遊性の種類でのみみられる現象ではなく、とくにこの研究では付着性の *M. moniliformis* でも浮遊性の *S. costatum* とほとんど同じ変化が確認されることを考えると、浮遊適応と大きさの季節变化とを関係づけて考察するのは妥当でないように思う。

ところで、珪藻では被殻の内生的形成機構のため増殖を繰返すにつれて細胞の大きさが縮小することは周知のことであり、天然の海でも当然そのような現象がおきていると容認されている。一方、大きさが或る程度縮小した細胞は一般に有性生殖を経て増大胞子を作りその大きさを回復する。このため同一種の珪藻の大きさに広範囲な変化がみられるのであり、本来大きさの季節的变化もこの単純な観点から考えるべきであろう。

海における同一直径群の一定期間の縮小率はよくわからないが、室内培養における縮小率は ERBEN⁷⁾ の *Melosira nummuloides* についての研究では1ヶ月に2～2.5 μ で、また著者の *S. costatum* の培養では平均2 μ となっており、おそらく海においてもその程度の細胞の縮小が行なわれていると推測される。また海では一般に違った大きさの細胞群がみられるので、それらの増殖に由来する小さい群が各時期を通じて存在することになる。実際にこの調査結果でも周年にわたり小さい細胞群が出現している。

一方、珪藻が大きくなる増大胞子形成の条件、すなわち一般には栄養細胞が有性化する条件は、細胞の縮小という内部的な要因と有性生殖に適した環境要因とが考えられる。内部的な要因としては、著者のこれまでの研究で *S. costatum* では細胞の直径が8 μ 以下と

くに 6μ 以下で、*M moniliformis* では 20μ 以下とくに 15μ 以下で増大胞子が形成されることか判明している⁴⁾⁵⁾ 毎においてそのような小型細胞群は量の多少はあるか周年存在するようである また外部的な要因としては、温度、光、塩分などのうちとくに温度の影響が大きく、増大胞子は *S costatum* では $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ で *M moniliformis* では $10\sim 25^{\circ}\text{C}$ で形成され、適水温は両種で 20°C 前後のようである⁴⁾⁵⁾ 長崎付近の水温は真冬と真夏を除けば一応増大胞子を形成し得る温度範囲であるか、適水温の時期は5～6月と10～11月にあたる 実際にこの調査結果でも冬に縮小した細胞は5、6月頃より増大し、夏にはそれに由来する大型群の繁殖により細胞の平均直径が大きくなり、秋の10月頃にはさらに増大胞子形成により最大群の出現が多いような傾向からかわれる すなわち、増大胞子を形成し得る小型細胞群の量と増大胞子形成の適水温とは珪藻の大きさの季節的变化と深い関係があると考えられる

しかし、毎における珪藻の大きさの変化には、他の複雑な要因が関与する場合もあり得る 増大胞子形成の適水温期でも、梅雨時の低比重などの気象条件や他の動植物プランクトンの異常増殖などによる毎況の不良は、細胞の増大を抑制することか考えられるし、逆にそのような不良環境は生活能力が乏しいとされている小型群の死滅⁸⁾ をもたらし見かけ上は大型群に変るといった結果を招来しているかもしれない このような特殊な環境要因の影響については今後の詳しい調査が必要であろう また珪藻が細胞分裂を繰返すことによって縮小するなら、当然その季節的な増殖率も大きさの変化と関係し、同一種でも大型細胞と小型細胞では増殖にどの程度の差があるかも確かめねばなるまい さらにまた、珪藻の種類によっては、分裂による細胞の縮小が顕著でなかったり⁹⁾、有性生殖によらない栄養的増大を行なうものもある¹⁰⁾¹¹⁾ 栄養的増大の現象については未だわれらの知見は乏しいので、実際に毎てどの程度の頻度で発現するものか、またその環境条件はどのようなものかなと今後検討しなければならぬ問題である

摘 要

長崎湾内の浮遊性珪藻 *S costatum* と東長崎八郎川汽水域の付着性珪藻 *M moniliformis* を1966年4月から1968年3月まで毎月採集して、両種の大きさの季節的变化を調べた

- 1 *S costatum*, *M moniliformis* とともに冬に小型群が増加し、春と秋に大型群が出現する
- 2 各月の最小細胞群の直径の変異は最大群の変異に比べて少ない
- 3 両種の平均細胞直径は、冬に縮小し、春から増大し、夏から秋に最大の大きさになる変化を示した
- 4 毎における大きさの季節的变化は増大胞子形成の要因、とくに毎水温との関係が深いようである

文 献

- 1) 松江吉行：浮遊珪藻 *Skeletonema costatum* (GREV.) GRUM. の季節に依る形態変化. 海と空, 16, 225-230 (1936)
- 2) 江草周三：浮遊珪藻の大きさの変化と其の生態学的意義に関する若干の考察. 日本水誌, 15, 332-336 (1949)
- 3) 右田清治：*Skeletonema costatum* の有性生殖について. 日本水誌, 33, 392-398 (1967)
- 4) "：中心珪藻目 2 種の有性生殖とその生態. 日本プランクトン研究会報, (14), 13-22 (1967)
- 5) "：*Melosira moniliformis* の有性生殖. 本誌, (23), 123-133 (1967)
- 6) 赤塚孝三：高嶋近海に於ける浮遊珪藻. 北海道水試調査報文, 8, 1-106 (1914)
- 7) ERBEN, K. : Untersuchungen über Auxosporenentwicklung und Meioseauslösung an *Melosira nummuloides* (DILLW.) C. A. AGARDH. Arch. Protistenk., 104, 165-210 (1959)
- 8) GEITLER, L. : Der Formwechsel der pennaten Diatomeen (Kieselalgen). Arch. Protistenk., 78, 1-226 (1932)
- 9) WIEDLING, S. : Beiträge zur Kenntnis der vegetativen Vermehrung der Diatomeen. Bot. Notiser, (Lund) 3, 322-354 (1948)
- 10) STOSCH, H. A. v. : Manipulierung der zellgrösse von Diatomeen im Experiment. Phycologia, 5, 21-44 (1965)
- 11) 高野秀昭：珪藻類の生殖. 日本プランクトン研究会報, (14) 1-12 (1967)