

珪藻 *Melosira nummuloides* (DILLWYN) AGARDH,
Achnanthes longipes AGARDH の
増殖に及ぼす環境諸要因の影響*¹

大貝政治・松井敏夫・石田祐幸*²

The Effect of the Environmental Factors on the Growth of Two Attached
Diatoms, *Melosira nummuloides* (DILLWYN) AGARDH and *Achnanthes longipes*
AGARDH, *in vitro*

By

Masaharu OHGAI, Toshio MATSUI
and Yasuyoshi ISHIDA

The study deals with the influence of temperature, pH, light intensity, chlorinity and nutrients in the growth of two attached diatoms, *Melosira nummuloides* and *Achnanthes longipes* in the laboratory culture. The results are as follows: The range of temperature for optimal growth was 15-25°C in *M. nummuloides* and 20-30°C in *A. longipes*. The optimal chlorinity was 11-13‰ in *M. nummuloides* and 13-18‰ in *A. longipes*. The optimal pH was 7.5-9.0 in *M. nummuloides* and 6.5-8.0 in *A. longipes*. The relationship between light intensity and growth was found to vary with two temperature conditions. At 15°C the optimal growth was from 8,000 to 20,000 lx in *M. nummuloides* and from 8,000 to 10,000 lx in *A. longipes*, while at 20°C both species showed the optimal growth in the interval from 5,000 to 10,000 lx. The cultures in the standard artificial medium (ASP₁₂) and its varieties without each nutrient element showed that the growth of both species decreased with lack of NaNO₃, K₃PO₄, H₃BO₃, Na₂SiO₃ and Na₂glycerophosphate. Especially lack of NaNO₃, H₃BO₃ and Na₂SiO₃ in *M. nummuloides* and NaNO₃ and H₃BO₃ in *A. longipes* caused serious damages on the growth of each species.

*1 水産大学校研究業績 第1018号, 1984年1月19日受理.

Contribution from Shimonoseki University of Fisheries, No. 1018. Received Jan. 19, 1984.

*2 福岡県漁業調整委員会

Adjustment Committee of Fisheries of Fukuoka Pref., Higashi-koyen, Hakata-ku, Fukuoka, 810, Japan.

1. ま え が き

のり漁場に出現する着生珪藻としては、*Licmophora*, *Synedra*, *Melosira*, *Achnanthes*, *Navicula*, *Nitzschia* などが多く観察される。前報¹⁾では、これらのうち、おもにのり葉体に着生する *Licmophora* 2種の増殖に及ぼす環境諸要因の影響を報告した。今回は、のり網に着いて単胞子の着生や幼芽の生育を阻害する *Melosira nummuloides* (DILLWYN) AGARDH, *Achnanthes longipes* AGARDH の増殖に及ぼす温度、塩素量、pH、照度、栄養塩の影響を室内培養実験から調べたので、その結果を報告する。

2. 材料及び方法

実験に用いた材料は、1981年11月に下関市王司地先ののり養殖場で採集した *Melosira nummuloides*, *Achnanthes longipes* である。採集後直ちに実験室に持ち帰り、ピペット法で洗滌したあと PESSi¹⁾ で培養した。実験は径18mm、長さ150mmのネジ口試験管に10mlの培養液を入れ、この中に細胞数が *M. nummuloides* については100 cells/ml, *A. longipes* については10 cells/mlになるように材料を接種して、一定期間後に細胞数を調べた。培養液は栄養塩の実験に ASP₁₂²⁾ を用いたほかは、いずれも PESSi を使用した。培養は無菌条件で行ない、細菌検査は STP 培地³⁾ を用いて行なった。

温度の実験は、5～30℃の間に5℃ごとの6区を設け、照度4,500～5,000 lx (光源は白色蛍光灯)、1日12時間照明の条件下で行なった。

塩素量の実験は、海水と蒸留水を混合して普通海水の0.1～1.0倍の濃度区及び70～80℃に加熱して濃縮した1.2倍までの濃度区を設けて行なった。

pHの実験は、HCl およびNaOHを用いて6.0～9.0の間に8pH区を設けた。なお塩素量とpHについては、15、20℃の2恒温区で、光条件を温度の項と同じにした。

照度の実験は、15、20℃区の各恒温室で、光源に300Wのフォトリフレクターランプを用い、光源からの距離をかえることによって0～20,000 lxの間に8～9照度区を作り、12時間ごとの明暗周期で行なった。

栄養塩の実験は、人工海水 ASP₁₂ から主要要素を一つずつ除いた培養液を作成し、塩素量やpHの項と同じ光、温度条件で培養し、増殖量の変化を観察した。

培養期間は温度の項では定常期に達するまでであったが、

ほかの実験では10日間であった。

3. 結果及び考察

3・1 温 度

M. nummuloides の増殖と温度の関係を、Fig. 1,Aに示した。本種の増殖は温度の上昇につれて活発になる傾向にあり、5℃で20日以上、10℃で15日、15℃で11日、20℃で10日、25℃で8日、30℃で8～9日間でそれぞれの温度での定常期に達した。その時の細胞数は、5℃で約600 cells/ml、10～25℃で20,000～22,000 cells/ml、30℃で約16,000 cells/mlであった。

A. longipes についての結果を、Fig. 1,Bに示した。本種も高温ほど増殖が速く、定常期に達する日数は、5、10℃で24～25日、15℃で20日、20℃で13日、25℃で11日、30℃で10日間であった。定常期における細胞数は、5℃で約500 cells/ml、10℃で約8,000 cells/ml、15～30℃で16,000～18,000 cells/mlであった。これら2種を比較すると20℃以上での増殖状況は両種ともほぼ同じであるが、15℃以下の低温における増殖速度は *A. longipes* の方が遅い傾向がみられた。

下関市地先ののり養殖場での観察によれば、*M. nummuloides* は10～11月にかけて着生量が多く、12月から次第に減少し、また *A. longipes* は10月に最も多く、11月から次第に少なくなる。これは温度の低下にしたがって増殖量が減少していくことを示していると思われる。本実験結果とほぼ一致した。また両種出現状況の違いもそれぞれの増殖に好適な温度の違いによるもので、のり漁場の水温の低下とともに、低温に弱い *A. longipes* がより早期に減少するものと思われる。

3・2 塩 素 量

M. nummuloides の15、20℃における増殖と塩素量の関係を、Fig. 2,Aに示した。両温度区とも塩素量9～18%、とくに11～13%での増殖量が多かった。しかし塩素量9%以下および18%以上では増殖が急激に低下した。

A. longipes について同様に行なった結果を、Fig. 2,Bに示した。両温度区とも塩素量13～18%で増殖量が多かった。また前種と違って13～18%の間に増殖量の大きな変化はみられなかった。

塩素量については両種とも普通海水より低い濃度が増殖に適していると考えられるが、このなかでも *M. nummuloides* の方がやや低塩分に強い傾向にあった。

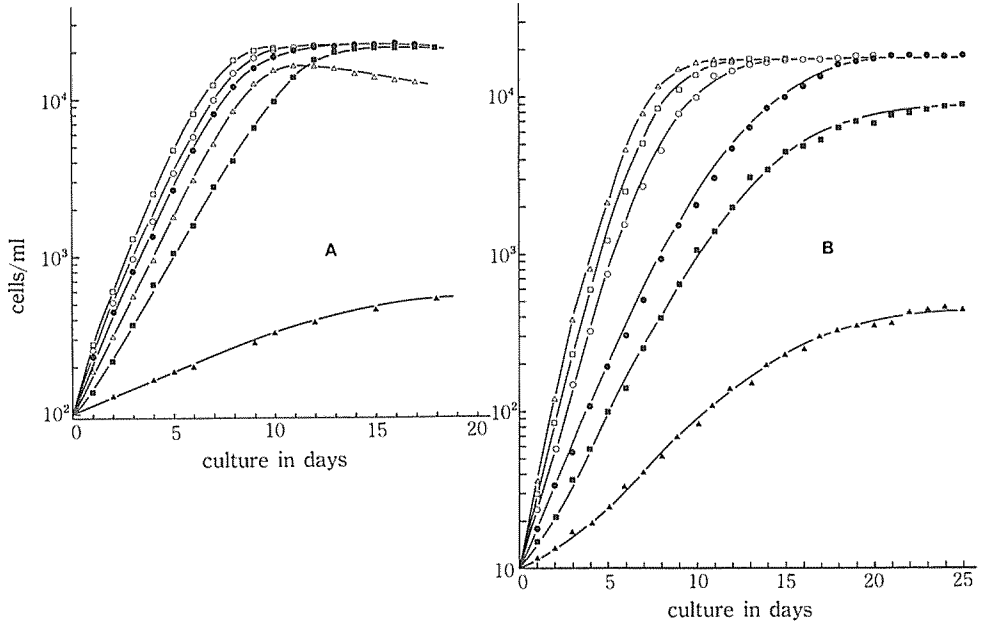


Fig. 1. Growth curves of *Melosira nummuloides* (A) and *Achnanthes longipes* (B) at different temperature conditions, 5°C (▲), 10°C (■), 15°C (●), 20°C (○), 25°C (□) and 30°C (△), respectively.

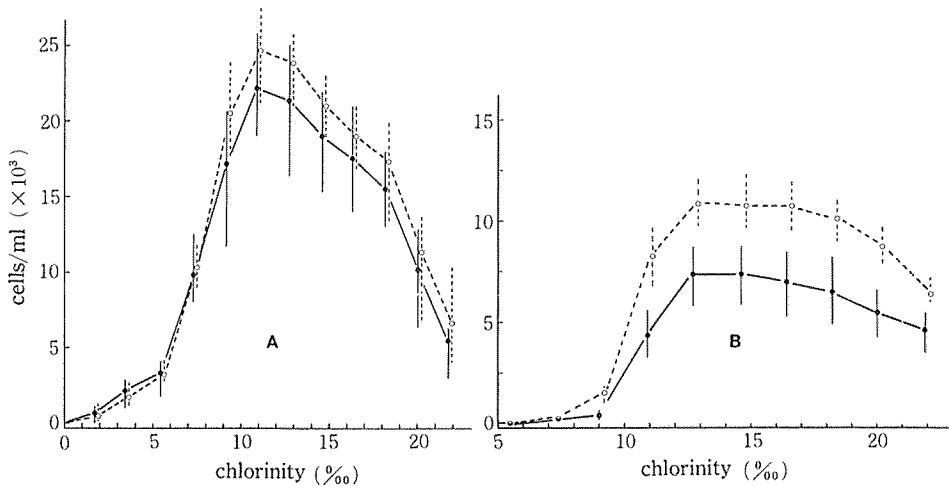


Fig. 2. Growth of *Melosira nummuloides* (A) and *Achnanthes longipes* (B) at various chlorinities after 10-day cultivation at 15°C (●) and 20°C (○).

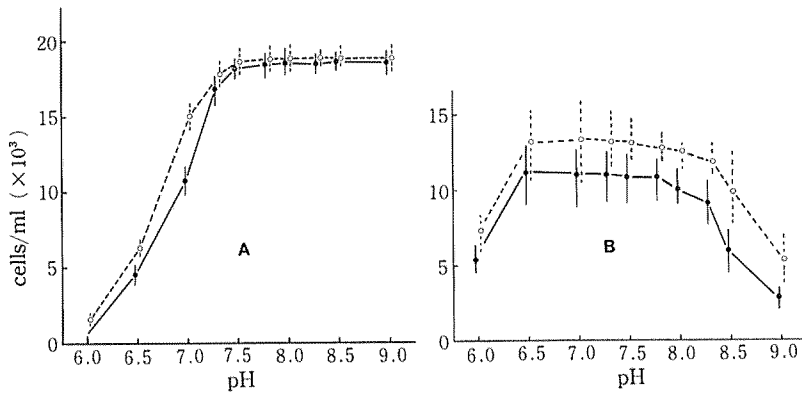


Fig. 3. Effect of pH on the growth of *Melosira nummuloides* (A) and *Achnanthes longipes* (B) after 10-day cultivation at 15°C (●) and 20°C (○).

3.3 pH

M. nummuloides の増殖と pH の関係を、Fig. 3, A に示した。本種は 15, 20°C 区とも pH 7.5~9.0 で活発な増殖がみられたが、pH 7.3 以下では増殖量が急激に少なくなった。

A. longipes について同様に行なった結果を、Fig. 3, B に示した。本種の増殖も両温度区ではほぼ同じ傾向を示し、pH 6.5~8.0 で増殖量が多かった。しかし pH 8.3 以上になると増殖量が次第に減少した。

M. nummuloides の好適 pH は、*Licmophora* spp.¹⁾ のそれとほとんど同じであるが、*A. longipes* ではこれらよりやや低い値であった。

岩崎⁴⁾ は、プランクトンの増殖に及ぼす pH と塩素量の関係を調べているが、それによると一般に最適塩素量が低い種類は高い pH を好み、最適塩素量が高くなると好適な pH が低くなる傾向にあると報告している。*M. nummuloides* と *A. longipes* の両種の好適な塩素量や pH を比較してみると岩崎の報告とはほぼ一致した傾向がみられた。

のり漁場では、pH は年間を通じてほぼ pH 8.0~8.3 の範囲内であるが、のり漁期になると pH 8.3 以上になる場合もあると報告されている⁵⁾。とくに 11 月以降になるとのりの生長が盛んで同化作用も活発となり、その結果水中の溶存炭酸ガスが減少して pH が次第に上昇すると思われるが、その際には、*A. longipes* の増殖も少しずつ抑制されてくるものと考えられる。

3.4 照 度

M. nummuloides の増殖と温度の関係は、Fig. 4, A に示した。本種の増殖は、15°C では照度が高くなるにつれて増加し、8,000 lx 以上で最も増殖量が多くなり、20,000 lx までほぼ同じであった。一方、20°C 区では 5,000~10,000 lx での増殖量が最大であったが、20,000 lx になると若干減少した。

A. longipes については、Fig. 4, B に示すように 15°C では 8,000~10,000 lx、20°C では 5,000~10,000 lx での増殖量が最も多く、これら以上及び以下の照度では減少した。

照度の影響については、*Licmophora* の 2 種類で行なった実験があるが、それによると 15°C では 8,000 lx 以上、20°C では 5,000 lx 以上になると増殖量が最大になるとされている¹⁾。この結果は、本実験結果ともほぼ同じである。また、これらの結果から増殖に好適な照度は、高温の方が低い傾向にあることが伺える。

3.5 栄 養 塩

M. nummuloides の増殖と栄養塩の関係を、Fig. 5, A に示した。本種の増殖量は 20°C 区の方が多いが、栄養塩と増殖との関係については、両温度区ともほぼ同じ傾向であった。基本培養液 (APP₁₂) から NaNO₃、P II metals, Na₂SiO₃, Na₂glycerophosphate を除いた各液では増殖量が少なくなり、とくに NaNO₃、P II metals, Na₂SiO₃ を除去し

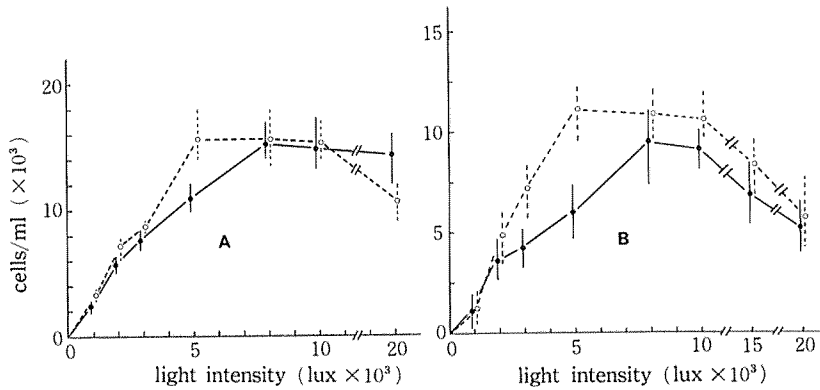


Fig. 4. Growth of *Melosira nummuloides* (A) and *Achmanthes longipes* (B) under different light intensity after 10-day cultivation at 15°C (●) and 20°C (○).

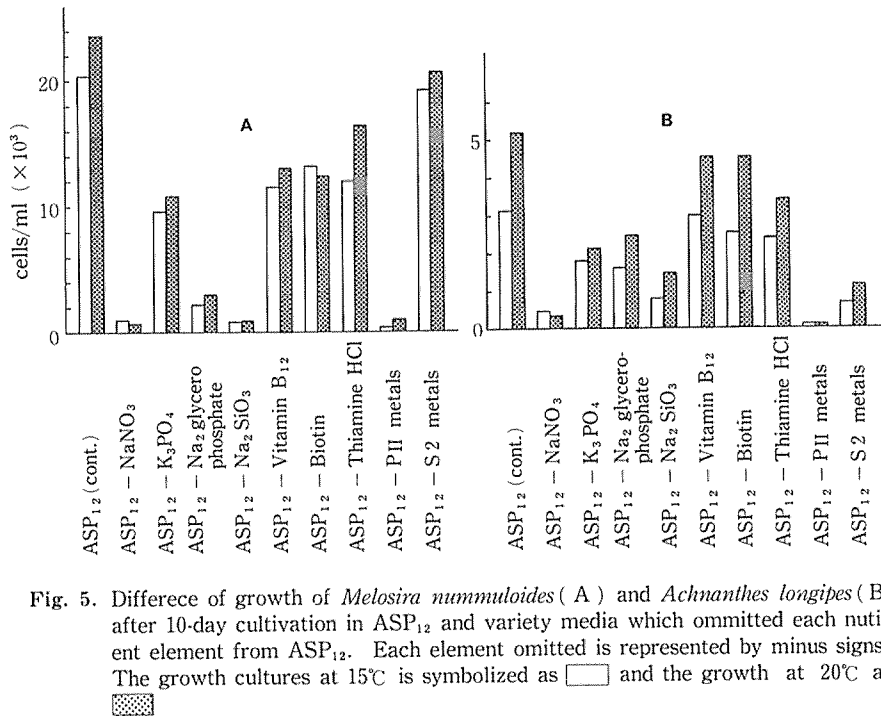


Fig. 5. Difference of growth of *Melosira nummuloides* (A) and *Achmanthes longipes* (B) after 10-day cultivation in ASP₁₂ and variety media which omitted each nutrient element from ASP₁₂. Each element omitted is represented by minus signs. The growth cultures at 15°C is symbolized as and the growth at 20°C as

たものでは増殖が極端に低下した。このほかのS2 metals, ビタミン類を除いても増殖量にはあまり大きな影響がなかった。また K₃PO₄を除いた場合には基本培養液のほぼ半分の増殖量で, NaNO₃除去よりも影響が小さかった。

A. longipes の増殖と栄養塩の関係は, Fig. 5,B に示し

た。本種も両温度区でほぼ同様な傾向がみられたが, ASP₁₂からNaNO₃, PII metals を除くと増殖量が極端に少なくなったほか, S2 metals, Na₂SiO₃を除いても増殖が抑制された。また K₃PO₄, Na₂ glycerophosphate を除くと対照のほぼ半分の増殖量となったが, ビタミン類につい

ては影響があまりみられなかった。

このように両種の増殖にはPII metalsが、また *A. longipes* に対して S2 metals も影響を及ぼすので、つぎに

PII metals, S2 metals について個々の微量元素の影響を調べた。その結果を PII metals については Fig. 6, S2 metals については Fig. 7 に示した。

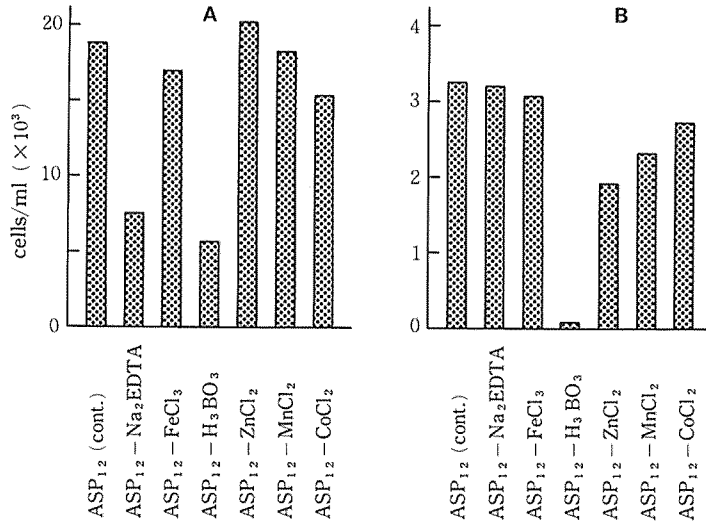


Fig. 6. Difference of growth of *Melosira nummuloides* (A) and *Achnanthes longipes* (B) after 10-day cultivation at 20°C in ASP₁₂ and variety media which omitted each metal from PII metals of ASP₁₂.

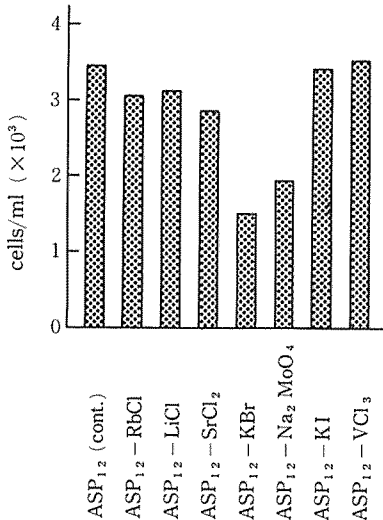


Fig. 7. Difference of growth of *Achnanthes longipes* after 10-day cultivation at 20°C in ASP₁₂ and variety media which omitted each metal from S2 metals of ASP₁₂.

M. nummuloides は H₃BO₃ が欠除すれば増殖量が少なくなり、Na₂-EDTA を除いても増殖が抑制された (Fig. 6, A)。 *A. longipes* は PII metals から H₃BO₃ を除くとほとんど増殖しなかったが、その他の微量元素ではあまり影響がみられなかった (Fig. 6, B)。 S2 metals については KBr, Na₂MoO₄ の欠除で増殖が抑制されたが、その影響は H₃BO₃ ほど顕著でなかった (Fig. 7)。

今回の栄養塩の実験結果から *M. nummuloides*, *A. longipes* の増殖には、NaNO₃, H₃BO₃, Na₂SiO₃, Na₂-glycerophosphate, K₃PO₄ などが必要な要素で、そのうち *M. nummuloides* には NaNO₃, Na₂SiO₃, H₃BO₃ が、 *A. longipes* には NaNO₃, H₃BO₃ がとくに必要な要素であることがわかった。

のり漁場では、一般に漁期中期から末期にかけて栄養塩、とくに無機の窒素、磷が減少してくる。下関市地先ののり漁場でもほぼ同様な傾向を示す。 *M. nummuloides*, *A. longipes* の消長は、水温、pH、塩素量など種々の要因も関係していると思われるが、栄養塩では培養結果からわかるように、無機窒素の減少の影響も大きいと思われる。

は、両種とも無機燐を添加しなくても無機窒素ほど増殖を抑制しなかったが、これは KUENZLER⁶⁾, MACKERETH⁷⁾ が報告しているように両種に燐貯蔵能力があって、環境水に燐がなくなると貯蔵燐酸を利用して細胞分裂を続けているものと思われる。このことは天然でも同じことが行なわれていると推察され、無機燐の減少は無機窒素の減少より両種の増殖に及ぼす影響が少ないと思われる。硼酸については HERZINGER⁸⁾ が珪藻の増殖を刺激すると報告しているが、*Licmophora* では硼酸を除くと増殖しなかった¹⁾。これらと同様に *M. nummuloides*, *A. longipes* についても同じような作用を認めた。珪酸は、珪藻にとっては重要な要素であるが、*Bacillaria paradoxa* では濃度が $1 \mu\text{g-at/l}$ あれば影響を受けないとされている⁹⁾。普通のり漁場における珪酸の濃度はこれ以上であるので、珪酸が *M. nummuloides* などの増殖に大きな影響を及ぼすことはないと考えられる。

以上の実験結果から、*M. nummuloides*, *A. longipes* の増殖に及ぼす環境諸要因の影響をほぼ明らかにすることができた。下関地先ののり漁場での両種の消長をみると、*M. nummuloides* はのり網の張り込み時から11月まで着生量が多く、12月になると次第に減少して1~3月に最も少なくなる。*A. longipes* は前種と同じように張り込み時期から多くみられるが、11月になると着生量がすでに減少していく傾向がみられ、1~3月にはわずかに観察されるだけである。このような状況は、今回の実験結果から推測すると *M. nummuloides* については、11月までは水温、栄養塩、pH などの諸条件が本種の増殖にはほぼ適していると思われ、増殖が盛んに行なわれて着生量も多くなるものと考えられる。しかし、12月以降になると水温の低下、栄養塩の減少および濁水期における塩素量の上昇などから増殖が抑制され、着生量も次第に減少していくものと思われる。一方、*A. longipes* については、11月には水温が徐々に低下し、またのりの生育期となって pH が上昇していくため、本種の増殖が抑制されはじめ、12月から翌年の1~3月には水温が最も低い時期となり栄養塩も減少するなど、増殖がさらに抑制されるため、着生量も急激に少なくなるものと推察される。

4. 摘 要

のり網に着生する *Melosira nummuloides*, *Achnanthes longipes* の増殖に及ぼす温度、塩素量、pH、照度、栄養塩

の影響について室内培養実験を行ない、以下の結果を得た。

1. *M. nummuloides* の増殖適温は 15~25℃, *A. longipes* は 20~30℃であった。
2. 塩素量は、*M. nummuloides* が 11~13‰, *A. longipes* が 13~18‰で最も増殖がよかった。
3. pH は、*M. nummuloides* が 7.5~9.0, *A. longipes* が 6.5~8.0で増殖量が多かった。
4. 照度は、15℃では *M. nummuloides* が 8,000~20,000 lx, *A. longipes* が 8,000~10,000 lx, 20℃では両種とも 5,000~10,000 lx で増殖量が多かった。
5. 栄養塩は両種とも無機窒素、珪酸、硼酸、 $\text{Na}_2\text{-glycero-phosphate}$ が必要であったが、そのうち *M. nummuloides* では無機窒素、珪酸、硼酸が、*A. longipes* では無機窒素、硼酸がとくに必要な要素であった。

終りに本報告に対し有益な御助言をいただいた九州大学塚原 博教授、奥田武男助教授、水産大学校鶴田新生教授、広島大学名誉教授藤山虎也先生に心より感謝申し上げる。

文 献

- 1) 大貝政治・塚原 博・松井敏夫・中島和広：日水誌投稿中。
- 2) L. PROVASOLI, J.J.A. MC LAUGHLIN and M.R. DROOP: *Arch. für Mikrobiol.*, **25**, 392~428 (1957).
- 3) H. IWASAKI: *Plant and Cell Physiol.*, **6**, 325~336 (1965).
- 4) 岩崎英雄：海洋プランクトン(丸茂隆三編), 海洋学講座, 10, 第1版, 東京大学出版会, 東京, 1974, pp. 41~63.
- 5) 今田 克・安藤 真・前木 樹：日水誌, **35**, 362~378 (1969).
- 6) E.J. KUENZLER and B.H. KETCHUM: *Biol. Bull.*, **123**, 134~145 (1952).
- 7) F.J. MACKERETH: *J. Exptl. Botany*, **4**, 296~313 (1953).
- 8) F. HERZINGER: *Pflanzenernährung*, **16**, 141~168 (1952).
- 9) E.G. JØRDENSEN: *Dansk. Botan. Arkiv.*, **18**, 6~54 (1957).