

珪藻4種の着生部の微細構造と 着生構造について*1

大貝政治・松井敏夫・奥田武男*2・塚原 博*2

Fine Structure of Adhesive Parts of Diatoms (Bacillariaceae)
and Their Adhesive Mechanism.

By

Masaharu OHGAI, Toshio MATSUI, Takeo OKUDA
and Hiroshi TSUKAHARA

This study dealt with the forms, fine structure of adhesive parts, adhesive process and adhesive ability of epiphytic and attached diatoms such as *Licmophora abbreviata* AGARDH, *Synedra gracilis* KÜTZING, *Melosira nummuloides* (DILLWYN)AGARDH and *Achnanthes longipes* AGARDH. The results obtained were as follows:

The mucilage pores of the epiphytic and attached diatoms were located in their valve sides and the form of mucilage pores was different in each species. The attachment of diatoms was mediated by means of the mucus secreted from mucilage pores. After the attachment, the diatoms secreted continually the mucus. *L. abbreviata* and *A. longipes* adhered closely to substratum forming mucilage stalks, *S. gracilis* did to substratum forming mucilage pad and *M. nummuloides* did to substratum forming mucilage filaments. The adhesive ability of diatoms increased with the lapse of time and varied with the species of the four diatoms: *L. abbreviata* was the strongest in the adhesive ability, which became weaker in the order of *S. gracilis*, *A. longipes* and *M. nummuloides*. *L. abbreviata* and *S. gracilis* attaching to the laver fronds were stronger in the ability than *A. longipes* and *M. nummuloides* attaching to the laver nets.

* 1 水産大学校研究業績 第1031号, 1984年7月27日受理.

Contribution from Shimonoseki University of Fisheries, No.1031.Received July 27, 1984.

* 2 九州大学農学部水産学科

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Hakozaki, Higashi, Fukuoka 812, Japan.

1. まえがき

着生珪藻は、のり網やのり葉体に着生して2次芽の増加や生長を妨げたり、製品の品質低下などをもたらすのり養殖の害藻である。この着生珪藻の種類、季節的消長、着生水位及び増殖生態などについては、これまで岡村¹⁾、殖田²⁾、加藤³⁾、加藤⁴⁾、佐野⁵⁾、大貝ら^{6,7)}の報告がみられる。しかし、着生珪藻の形態や着生構造などについてはほとんど研究されていない。このため本研究ではのり漁場に多く出現する4種類の着生珪藻について、それらの一般形態、着生部の微細構造、着生過程及び粘着力などについて調べた。

その結果、着生珪藻はそれぞれ特徴的な粘液孔をもち、それから分泌する粘液で着生し、その粘着力は種によって異なることなどの知見が得られたので、ここに報告する。

2. 材料及び方法

実験に用いた着生珪藻は、1980年と1982年の11月に下関市王司地先ののり養殖場で採集した *Licmophora abbreviata* AGARDH, *Synedra gracilis* KÜTZING, *Melosira nummuloides* (DILLWYN) AGARDH, *Achnanthes longipes* AGARDH の4種である。これらの珪藻は、のり網の一部を切り取って実験室に持ち帰った後、のり葉体やのり網からとりはずしてピペット法で洗滌し、Si添加のES enrichment⁸⁾ (Table 1)を海水100ml中に2ml加えたPESSiで培養して実験に供した。

Table 1. Composition of ES enrichment

Distilled water	100ml
NaNO ₃	350mg
Na ₂ glycerophosphate	50mg
Fe-EDTA	2.5mg
PII metals*	25ml
Vitamin B ₁₂	10 µg
Thiamine HCl	0.5mg
Biotin	5 µg
Na ₂ SiO ₃ · 9H ₂ O	500mg
TRIS	500mg
pH	7.8

* One ml of PII metals contains: ethylenediamine tetracetic acid, 1mg; Fe (as Cl), 0.01mg; B (as H₃BO₃), 0.2mg; Mn (as Cl), 0.04mg; Zn (as Cl), 0.005mg; Co (as Cl), 0.001mg.

着生珪藻の形態ならびに着生部の微細構造については、各珪藻を2%のグルタルアルデヒド(緩衝液は海水)で1時間固定し、海水で洗滌後アセトン系列で脱水し、金蒸着をほどこしたものを走査型電子顕微鏡(日本電子, JSM-200)で観察した。

着生過程については、海水を入れた小型水槽内に45°の傾斜でガラス板を入れ、予め培養した着生珪藻5~10細胞をピペットにとり、上から静かに落下させ、その落下状態と着生過程を、鏡筒を水平に装着させた実体顕微鏡で観察した。

粘着力については、海水を満したシャーレ底に区画されたガラス板を置き、各珪藻約100細胞をそれぞれピペットで滴下し、ガラス板の一定区画内の着生数を調べた。さらにこれらのガラス板を10, 30分, 1, 1.5, 2, 6, 12, 24時間海水中にそれぞれ静置後、逐次取り出して30°の傾斜になるように実験台上に架設し、このガラス板に海水5mlをピペットで10cmの高さから流下させて脱落せずに残ったものを計数して着生率を求め、それから各着生珪藻の粘着力を比較した。

3. 結果及び考察

3・1 粘液孔の微細構造

Licmophora abbreviata: 本種の細胞は長さ30~100 µm, 幅4~8 µmである。殻環面は楔形で上縁部の隅角が丸い(Fig. 1, A, a)。蓋殻は棍棒状で、上縁部が大きく下縁部が細くなっている(Fig. 1, A, b)。着生部は蓋殻面の下端にあり、長円形の小孔が12-14個並んで粘液孔を形成している(Fig. 1, B~D)。また、本種は群体を作り、その際には粘液柄をもつ。

Synedra gracilis: 本種の細胞は長さ50~150 µm, 幅4~8 µmである。蓋殻は中央部がやや幅広くふくらみ、細長い形をしている(Fig. 2, A, B)。着生部は蓋殻面の片端に半月形の粘液孔があり、内殻と外殻にそれぞれ1個認められた(Fig. 2, C, D)。

Melosira nummuloides: 本種の細胞は直径10~40 µm, 高さ10~14 µmの球形または繭形で(Fig. 3, A), 分裂直前には円筒形になる。細胞は寒天質の座で連絡し(Fig. 3, B), 長い鎖状群体をつくる。本種の蓋殻面は凸出し、その頂部付近に環状に並んだ粘液孔がみられる(Fig. 3, D)。また、蓋殻には薄膜状の襟があり、殻面全体には微細な点紋がみられる(Fig. 3, C)。

Achnanthes longipes: 本種の細胞は長さ50~200 µm, 幅10~40 µmである。環殻面は「く」の字形の長四角形で、

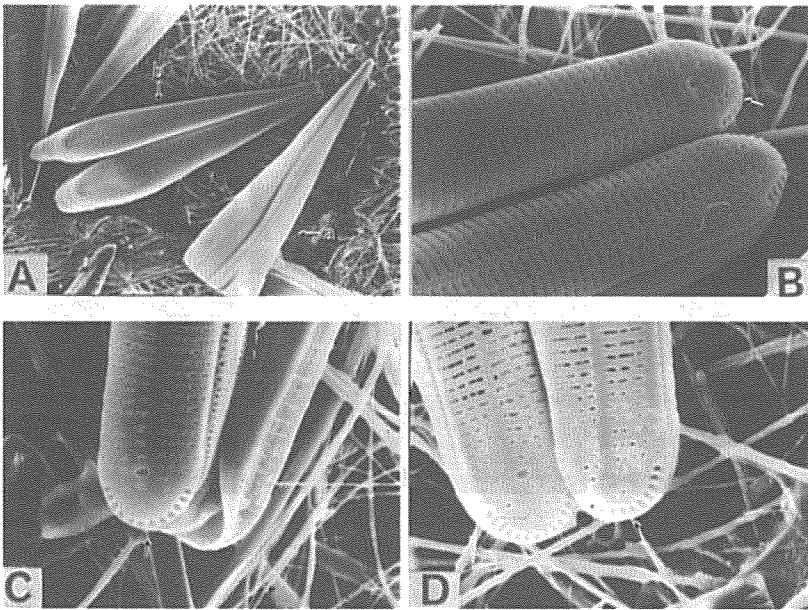


Fig. 1. Scanning electron micrographs of *Licmophora abbreviata*. A, valve (a) and girdle (b) view; B,C,D, end parts of valve side, arrows indicate mucilage pores.
(A, X820; B-D, X4,100)

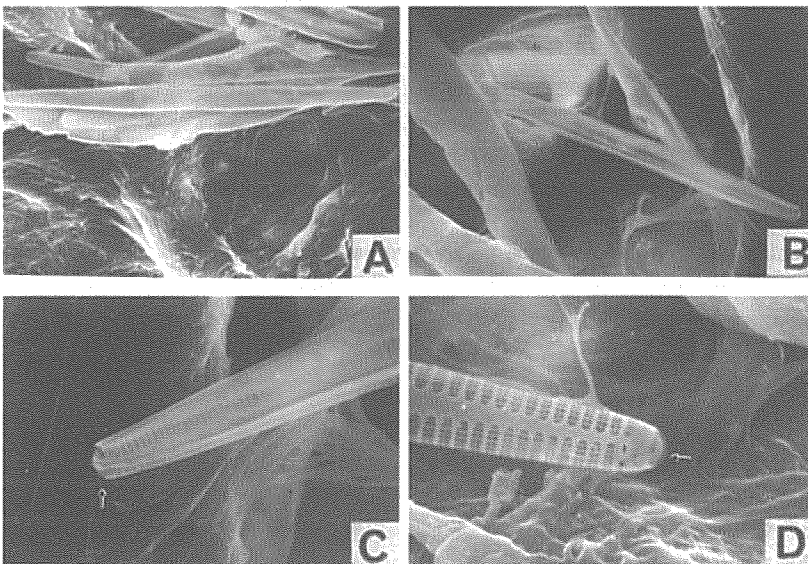


Fig. 2. Scanning electron micrographs of *Synedra gracilis*. A, valve view; B, girdle view; C,D, end parts of valve side, arrows indicate mucilage pores.
(A,B, X860; C, X2,100; D, X4,300)

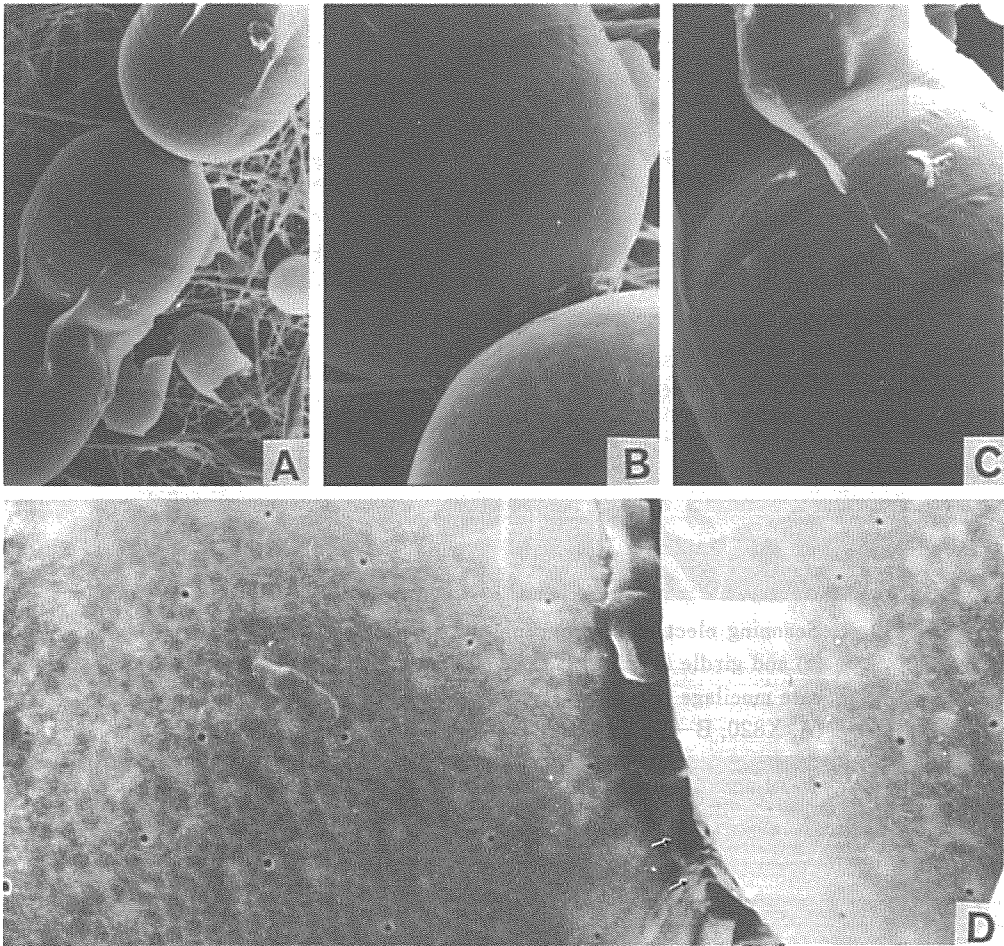


Fig. 3. Scanning electron micrographs of *Melosira nummuloides*.

A, girdle and valve view; B, valve view; C, girdle view; D, valve side, arrows indicate mucilage pores.

(A, X2,000; B,C, X5,000; D, X30,000)

蓋殻はやや細長く中央部がくびれる (Fig. 4, A, B)。着生部は蓋殻面の片端または両端にあり、内殻か外殻の片方あるいは両方に円形のやや大きい粘液孔がある (Fig. 4, C, D)。着生後は粘液柄を伸長させ、細胞は粘液で1列に連絡する群体をつくる。

このように4種の着生珪藻には、いずれも蓋殻面に粘液孔があり、基物にはこの粘液孔の部分で着生することが認められた。また、粘液孔の形状は種によって異なり、*L.*

abbreviata, *M. nummuloides* のように円形の小孔が集まって粘液孔を形成する種類、*A. longipes*, *S. gracilis* のように円形または半月形の大きな粘液孔をもつ種類がみられた。

3・2 着生過程

着生珪藻4種の着生過程を Fig. 5 に示した。*L. abbreviata* は水中では緩やかに散らばりながら落下した。その際、下縁部の粘液孔付近がガラス板に接した時にはその場

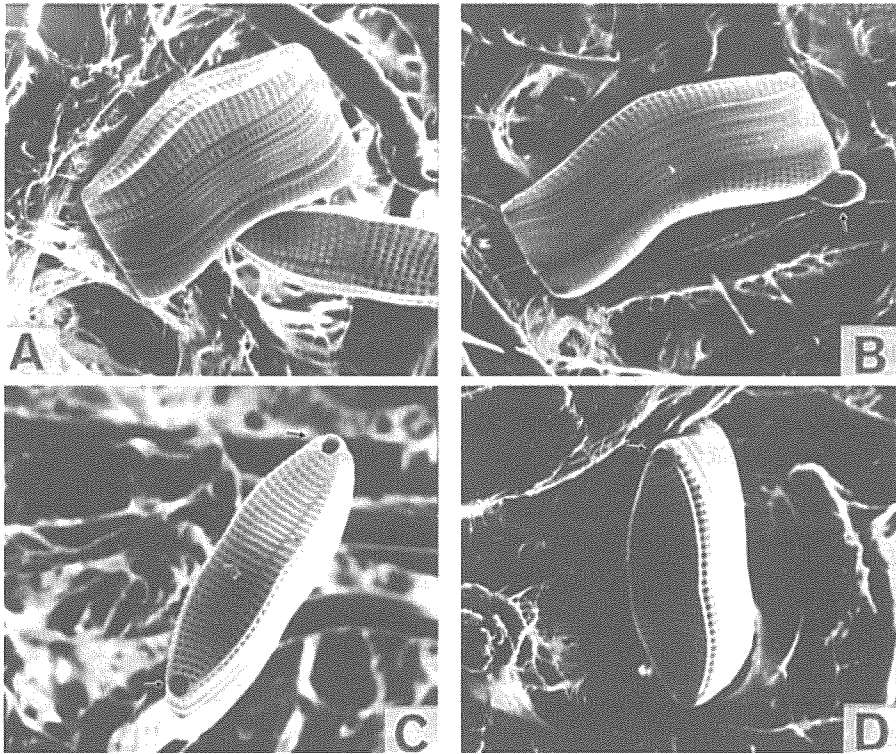


Fig. 4. Scanning electron micrographs of *Achnanthes longipes*.
 A, girdle view; B, girdle view, arrow indicates secretion of mucus from mucilage pore;
 C,D, valve view, arrows indicate mucilage pores.
 (A—D, X1,000)

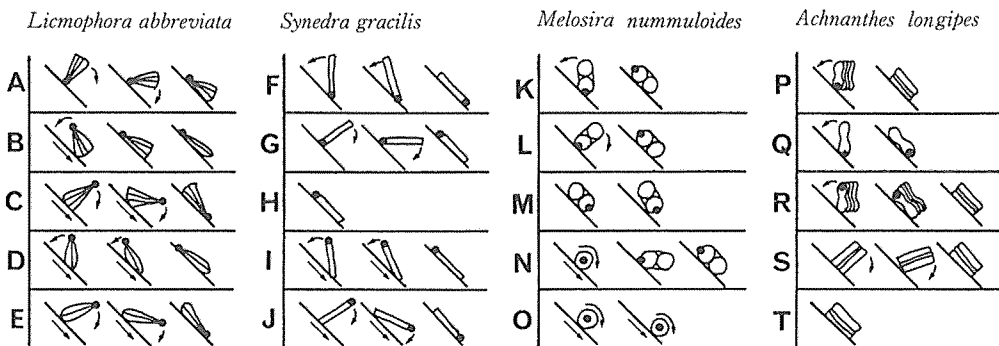


Fig. 5. Adhesive process of diatoms to slide glass. Dots indicate parts of mucilage pores.
 A,F-H,K,L,P,Q and T show the case of precipitation from parts of mucilage pores;
 B-E,I,J,M-O,R and S show the case of precipitation from parts with the exception of
 mucilage pores.

で着生し (Fig. 5, A), 上縁部からガラス面に接した場合にはガラス面を滑べり転がって, 最終的に前と同様に下縁部で着生した (Fig. 5, B~E)。

その他の3種の着生過程の観察結果は, *S. gracilis* を Fig. 5, F~J に, *M. nummuloides* を Fig. 5, K~O に, *A. longipes* を Fig. 5, P~T に示した。いずれも *L. abbreviata* とほぼ同様の過程であった。すなわち各珪藻は, 水中では緩やかに散らばりながら落下し, 下縁部の粘液孔の部分がガラス板に触れた時に着生した。

次に4種の珪藻の着生後における粘液の分泌及び粘液柄などの形成状態について観察した。各珪藻の粘液は, *S. gracilis* ではムチカルミン, その他の珪藻ではメチレンブルーで比較的良く染まった。*L. abbreviata* は粘液柄から離脱すると, 直ちに粘液孔から粘液が分泌され始め (Fig. 6,

A), 1日後には粘液が下縁部の粘液孔のまわりに円状に広がり (Fig. 6, B), 3日後には粘液柄が形成されるものもあり (Fig. 6, C, D), さらに5~7日後になると粘液柄の分枝がみられて (Fig. 6, E), 基物に強く固着した。

S. gracilis は蓋殻面の上殻, 下殻の片端から粘液が分泌され (Fig. 7, A), 1日経過すると着生部のガラス面には粘液が長円形に広がり (Fig. 7, B), 3~4日後には粘液が盤状になって強く固着した (Fig. 7, C, D)。

M. nummuloides は蓋殻面の凸出した頂部のまわりの小孔から粘液が分泌され (Fig. 8, A), 2日後には分泌された粘液は粘液糸となって放射状に広がり (Fig. 8, B, C), 3~5日後には粘液糸がさらに広がり強く固着した (Fig. 8, D, E)。

A. longipes は蓋殻面の片端に粘液の分泌がみられ (Fig.

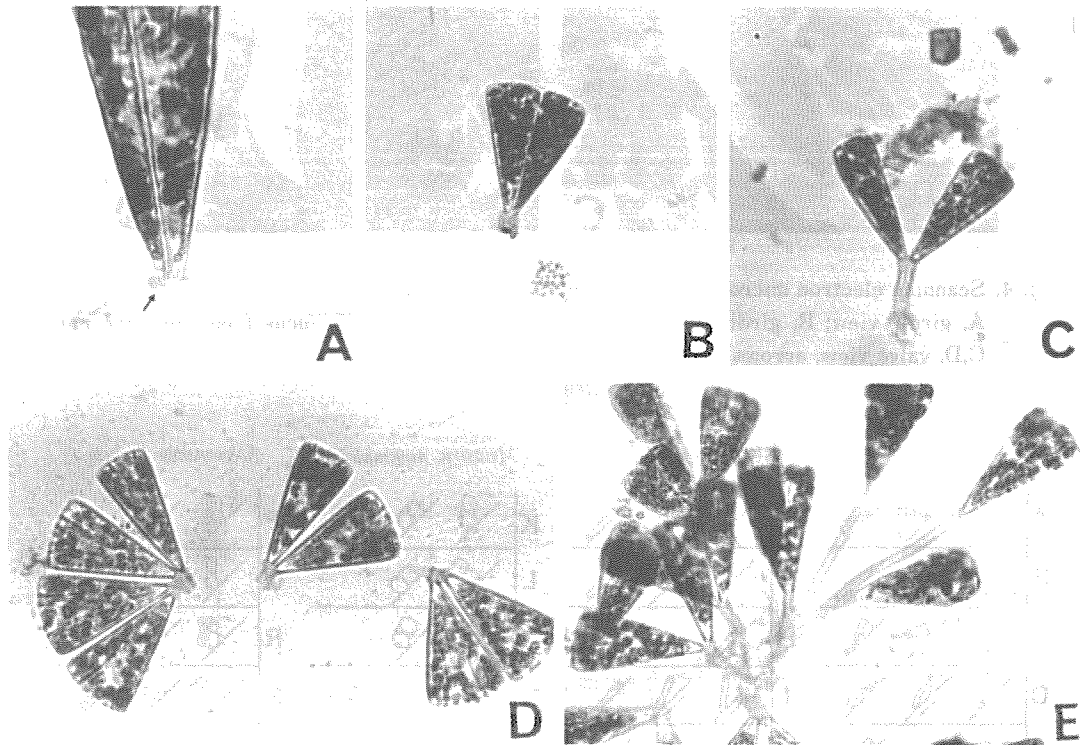


Fig. 6. Successive stages of the secretion of mucus from mucilage pores in *Licmophora abbreviata*.

A, secretion of mucus from pores of specimen attached to substratum after 1 hour; B, after 1 day; C, D, after 2 to 3 days, formatin of mucilage stalk; E, after 6 days. (A, X1,200; B-E, X450)

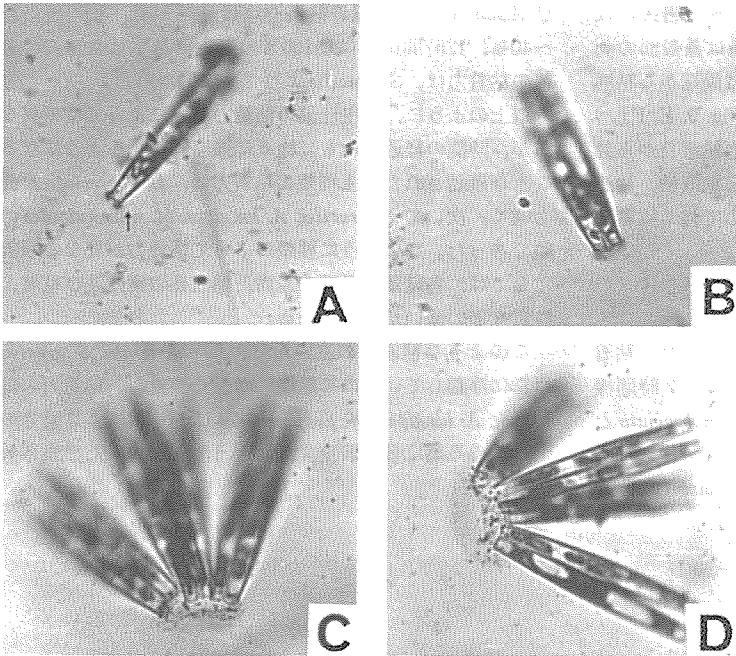


Fig. 7. Successive stages of the secretion of mucus from mucilage pores in *Synechra gracilis*. A, secretion of mucus from pores of specimen attached to substratum after 3 hours; B, after 1 day, formation of mucilage pad; C,D, after 3 days. (A-D, X450)

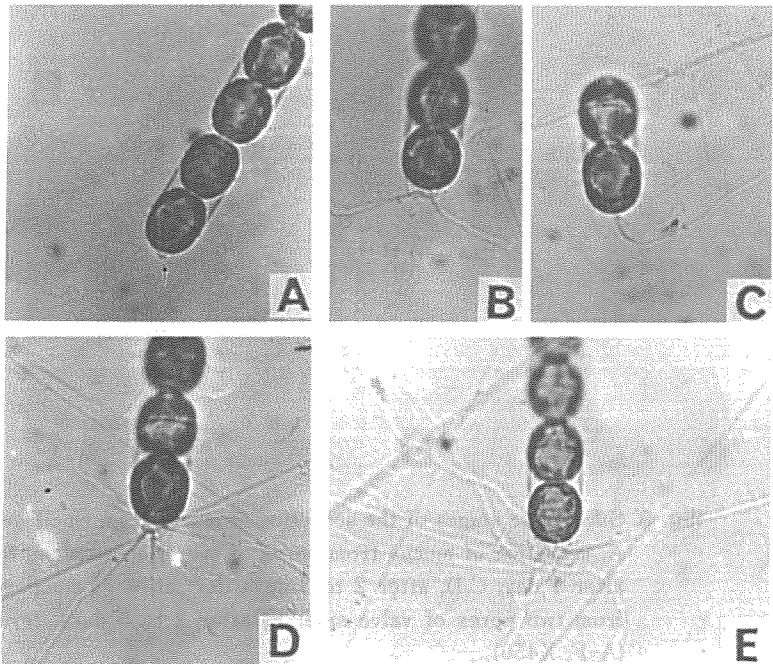


Fig. 8. Successive stages of the secretion of mucus from mucilage pores in *Melosira nummuloides*. A, secretion of mucus from pores of specimen attached to substratum after 3 hours; B,C, after 2 days, formation of mucilage filaments; D, after 3 to 4 days; E, after 7 days. (A-E, X400)

9, A), その部分が基物に触れて着生し, 1~3日後には粘液柄が形成された (Fig. 9, B~D)。本種は蓋殻面の両端に粘液孔がある場合もあり, その場合には両端から粘液が分泌され, 2本の粘液柄が形成された (Fig. 9, E, F)。

このように着生珪藻は, 初期にはいずれも粘液孔から分泌される粘液で着生し, 日数の経過とともに粘液柄, 粘液盤, 粘液糸などの種特有の着生器官を形成して強く固着することが認められた。

3・3 粘着力

珪藻4種の粘着力の実験結果を Fig. 10 に示した。粘着力は *L. abbreviata* が最も強く, 10分後に50%, 2時間後にはほぼ100%が着生した。*S. gracilis* は *L. abbreviata* と比較すると着生初期に脱落するものが多く, 30分後に50%, 6時間後には100%が着生した。また, *M. nummuloides* 及

び *A. longipes* の両種の粘着力はほぼ同じで, 30分後に35~40%, 12時間後には約100%の着生率を示した。この2種の粘着力は, *S. gracilis* よりさらに弱かった。

以上のように, 着生珪藻の粘着力は種によってやや異なるが, 時間の経過とともに徐々に強く固着するようになることが確認された。4種類の粘着力は, *L. abbreviata* が最も強く, 次いで *S. gracilis*, *A. longipes*, *M. nummuloides* の順であった。このように種類によって粘着力が異なる原因としては, 各珪藻の形態の差異, 粘液孔の構造及び粘液の性質などの違いが考えられる。

このような粘着力の違いから, *L. abbreviata*, *S. gracilis* は常に浮動しているのり葉体にも良く着生し, 粘着力の弱かった *A. longipes*, *M. nummuloides* はのり葉体より動きの少ないのり網に多く着生することと関係があると推察される。

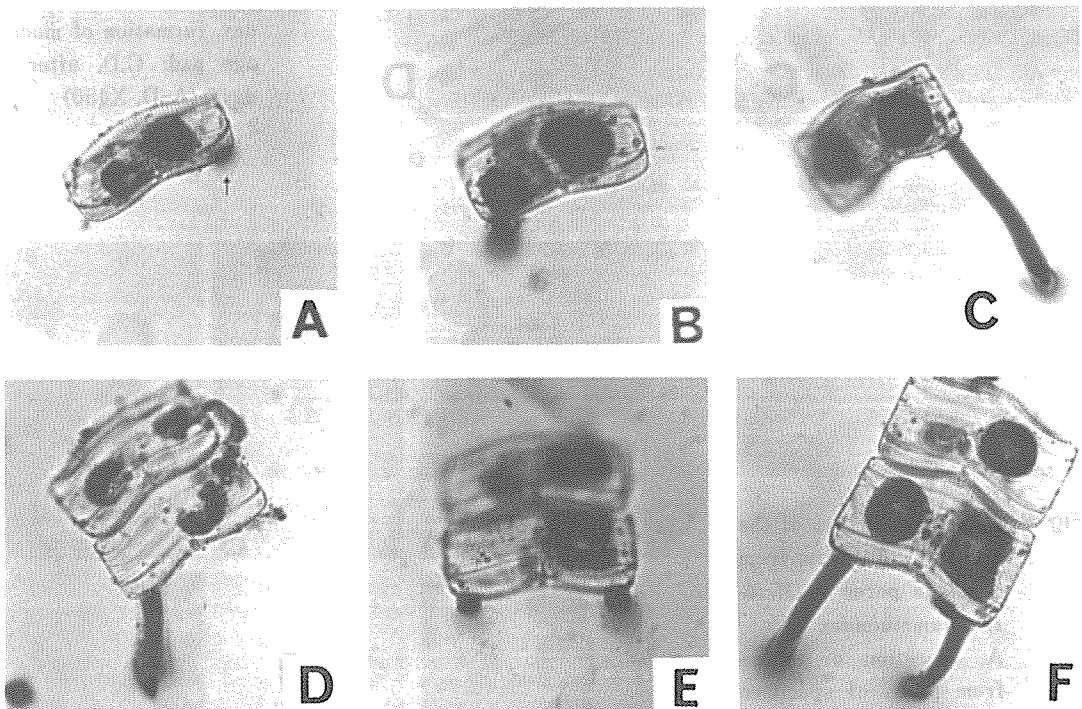


Fig. 9. Successive stages of the secretion of mucus from mucilage pores in *Achnanthes longipes*. A, secretion of mucus from pores of specimen attached to substratum after 3 hours; B, after 1 day; C, D, after 2 to 3 days, formation of mucilage stalk; E, secretion of mucus from two pores of valve side; F, after 2 to 3 days, formation of two mucilage stalks. (A-F, X450)

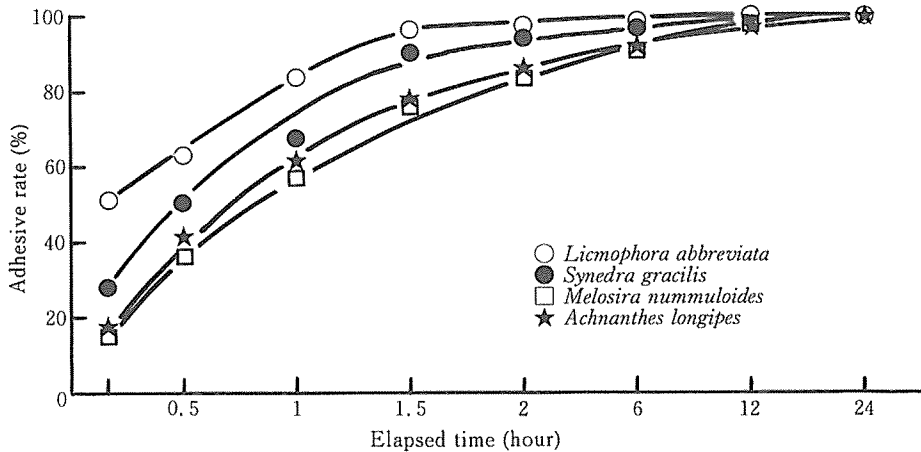


Fig. 10. Adhesive ability of four diatoms and change in the elapsed time on substratum. The ability was expressed as the percentage of cells which remained on plate of common slide glass declined with 30° after the impact test by dropping seawater from a height of 10 cm.

4. 摘 要

のり養殖の害藻である着生珪藻 *Licmophora abbreviata* AGARDH, *Synedra gracilis* KÜTZING, *Melosira nummuloides* (DILLWYN) AGARDH, *Achnanthes longipes* AGARDH について、一般形態、着生部の微細構造、着生過程及び粘着力などを調べた。結果は以下のとおりである。

1. 着生珪藻の粘液孔はそれぞれ蓋殻面にあり、その形は種によって異なっていた。すなわち *L. abbreviata*, *M. nummuloides* のように円形の孔が集まって粘液孔を形成する種類、*A. longipes*, *S. gracilis* のように円形または半月形の大きな粘液孔をもつ種類がみられた。

2. 着生珪藻は粘液孔から分泌される粘液で基物に着生する。着生後はさらに粘液を分泌して、*L. abbreviata*, *A. longipes* は粘液柄、*S. gracilis* は粘液盤、*M. nummuloides* は粘液糸をそれぞれ形成して強く固着した。

3. 着生珪藻の粘着力は時間の経過とともに高まり、その粘着力は種によって異なっていた。4種のうちでは *L. abbreviata* の粘着力が最も強く、次いで *S. gracilis*, *A. longipes*, *M. nummuloides* の順であった。

終わりに本研究に対し有益な御助言をいただいた水産大

学校鶴田新生教授、広島大学名誉教授藤山虎也先生、三重大学岩崎英雄教授に心より感謝申し上げます。

文 献

- 1) 岡村金太郎：浅草海苔，第1版，博文館，東京，1909，pp. 105-112.
- 2) 殖田三郎：海苔養殖読本，全国海苔貝類漁業協同組合連合会，改訂版，東京，1973，pp. 128-138.
- 3) 加藤 孝：日本生態学誌，5，35-37 (1955).
- 4) 加藤 孝・河村光保：日本生態学誌，6，6-7 (1956).
- 5) 佐野 孝・佐藤重勝：東北水研報，16，127-134 (1960).
- 6) 大貝政治・塚原 博・松井敏夫・中島和広：日水誌，1157-1163 (1984)
- 7) 大貝政治・松井敏夫・石田博幸：水大校研報，32，83-89 (1984) .
- 8) L. PROVASOLI: in "Cultures and collections of algae", (ed. by WATANABE and A. HATTORI), Proc. U.S.-Japan Conf. Hakone, Sept, 1966, Japan Soc. Plant Physiol., 1968 pp. 63-75.