

有明海におけるノリ生産の安定化に関する研究

切 田 正 憲

1993年3月

目 次

緒 言	1
謝 辞	3
I. 有明海の地形と海況の概要	4
1. 水温の季節変動	5
2. 塩分の季節変動	5
3. 溶存態無機窒素 (D I N) の季節変動	6
4. 溶存態無機リン酸塩 (PO ₄ -P) の季節変動	6
5. 筑後川の流量とD I Nの供給量	6
6. 筑後川からのPO ₄ -Pの供給量	9
7. 有明海の海況特性	10
II. 福岡県地先ノリ漁場の海況	11
1. 水 温	11
(1) 季節変動	11
(2) ノリ漁期の水温	11
2. 比 重	12
(1) 季節変動	12
(2) ノリ漁期の海水比重	14
III. ノリの生産枚数と環境との関係	17
1. ノリ生産枚数の推移と病気	17
2. 水温とノリ生産枚数との関係	18
3. 比重とノリ生産枚数との関係	19
4. 水温, 比重とノリの生産枚数との関係	21
5. 日射量とノリの生産枚数との関係	22
IV. ノリ漁期の海況予測	23
1. 水 温	23

2. 比 重	23
3. ノリの生産枚数の予測	23
4. ノリ網の管理対策	24
V. ノリの生育におよぼす比重, 干出の影響	25
1. 比 重	25
(1) 殻胞子の放出・着生と比重	25
(2) 淡水によるノリ幼芽の障害	26
2. 干 出	27
(1) 干出時間と幼芽の生育	27
(2) 干出中の温度, 湿度と幼芽の生育	27
(3) 干出前後に浸る海水比重と幼芽の生育	31
(4) 干出前後に浸る海水比重と成葉の生育	33
3. 干出がノリ葉体に付着・寄生する微生物に与える効果	34
(1) 干出による葉体付着細菌の駆除	34
(2) 干出による壺状菌病の駆除	34
VI. 有明海福岡県地先の環境に適した品種	36
1. 各養殖品種の殻胞子の大きさ	36
2. 各養殖品種の殻胞子の放出特性	37
3. 着生殻胞子および発芽体の耐干性	40
4. 水温, 比重が養殖ノリ品種の幼芽の生育におよぼす影響	42
VII. ノリ養殖におけるフリー糸状体の活用	45
1. 果胞子の採集	45
2. 糸状体の光合成	45
3. 薬剤による培養液中の微細生物の駆除	49
(1) 珪藻 <i>Navicula</i> sp.	49
(2) 緑藻 <i>Stichococcus bacillaris</i>	50
(3) 藍藻 <i>Ocellularia</i> sp.	51

(4) 壺状菌	52
(5) 培養液を汚染するその他の細菌駆除	53
4. フリー糸状体の大量培養	54
(1) 培養液	54
(2) 培養開始時のフリー糸状体の接種量	56
(3) 通気方法	56
5. フリー糸状体の貝殻への移殖	57
6. フリー糸状体からの直接採苗	59
VIII. 今後のノリ養殖技術高度化への展望	62
IX. 要 約	64
X. 文 献	66

緒 言

わが国のノリの生産量は全国では1986～'98年度の5年間をみると、約90～108億枚、金額にして約1,011～1,300億円で、わが国の水産業の中でもノリ養殖は極めて重要な位置をしめている。その中でノリの主産地の一つである有明海では約31～33億枚、373～488億円である。また、そのうち福岡県の生産は10～15億枚、150～200億円である。この金額は有明海福岡県地先における全漁業生産金額の70～90%を占める。このようにノリ養殖業はこの海域の最も重要な漁業種となっていることを示している。

有明海は内湾性浅海で干満の潮位差が大きいいため、ノリ養殖の大部分はノリ網が自然干出す支柱式養殖法で行われている。潮位差が大きいので潮汐流は速い。そのためにノリ葉体周囲の海水の交換がよく、ノリの生育を促進させている。また筑後川をはじめとする河川から流出される河川水は大量の栄養塩を供給して豊富な栄養塩濃度水準を維持し、さらにノリの生育に適した塩分濃度になっている。このように有明海はノリ漁場としての好適な環境条件を備えているので上質ノリの生産地となっている。その福岡県のノリ漁場面積は39,340㎡である。有明海において最初にノリ養殖に着手したのは熊本県で、明治12年(1879年)にノリのタネ場(採苗漁場)のある川尻に漁場が開かれた。福岡県においては明治30年(1897年)頃に福岡水産試験場が羽瀬竹にノリが附着していることを確認してから色々とノリ養殖の技術開発が試みられ、大正11年(1921年)から事業として発展したといわれている。昭和28年(1953年)に西日本一帯を襲った大洪水による塩分の低下と、それに加えて河川水とともに流入した農薬ホリドールによってアサリを主体とする貝類の大量へい死が起り、貝類は全滅状態になった。このため、それまでの主要漁業である採貝漁業から他の漁業へ転換せざるえなくなり、その対策として県当局

がノリ養殖への積極的な転換策を実施したことにより有明海福岡県地先のノリ養殖が本格的に行われるようになった。また同時期にDrew(1949)によって*Porphyra umbilicalis*の生活環が明らかにされ、その成果にもとづいて糸状体を利用したノリの人工採苗に関する研究が多くの研究機関によって行われた。やがて昭和29年(1954年)には人工採苗技術が確立されるにいたった。その結果天然のタネ場(採苗漁場)をもたない地域でも人工採苗によってタネ網(採苗網)が確保できるようになり、わが国のノリ生産は飛躍的に発展した。有明海福岡県地先でも人工採苗技術が確立されてタネ網の確保が容易になると、漁場が急速に拡張された。さらに養殖技術では倉掛(1966)によって病気でノリに被害がでた場合の替え網用に、ノリ葉体の着生したノリ網を-20℃で冷凍するノリ網の冷凍保存技術が開発された。また、ノリの摘採や乾燥方法が機械化されていき、昭和50年(1975年)にはノリの加工の全工程を自動化した全自動乾海苔製造機械が導入された。それらの技術開発にともなって漁場の拡張、密殖が進み、昭和48年(1973年)には約225,000棚の施設を数えるにいたった。しかし養殖施設の増大にともなって毎年種々の病気が発生するようになり、被害は大きくなり、ノリの生産は不安定になってきた。この結果各要素における技術の高度化が必要になった。それにはノリ漁期の海況変動予察法の構築と、それによってノリ養殖の生産計画をたてるとともに、各環境要因とノリの生育との関係を明らかにし、的確な管理方式を確立することが必要である。また海域の環境特性に適したノリ品種を選抜、保存し、さらに品種特性を把握して養殖管理を行うことも重要である。筆者はノリ生産を安定させるために有明海福岡県地先の環境特性を明らかにするとともに、これまで海況変動とノリの作柄との関係について検討し、また的確な養

殖管理方式を確立するための環境条件とノリの生育との関係について詳細な室内実験を行った。さらに有明海福岡県地先で養殖されているノリ品種の特性と養殖ノリの原種(モトダネ)となるフリー糸状体の大量培養および保存法についてもこれまで長い間研究してきた。これらの結果を総括して述べて、今後のノリの生産をさらに安定させるための参考に供したい。

環境要因とノリの生育との関係については多くの研究があり、ノリの生育に対する好適環境条件はほぼ明らかにされている。これらの研究は室内実験で行われたものが多く、漁場での変動する環境要因とノリの生育との関係についての野外試験での研究は少ない。これは漁場では種々の要因が変化しながら相互に関与してノリの生育に影響していること、さらに環境の常時観測が不可能であったことによりノリの生育に対する環境要因の影響を解析することが難しいためである。しかし漁場における環境要因とノリの生育との関係を明らかにすることはノリ網の管理にとって極めて重要である。漁場環境とノリの生育との関係については富士川(1932, '36, '37)が韓国の漁場においてノリの生育と水温、塩分、流速、海水の栄養塩との関係について、松本(1959)が瀬戸内海と韓国の漁場においてノリ生育におよぼす流速と比重、栄養塩との複合影響について行った研究がある。岩崎(1965)は松島湾および松川浦において養殖場の環境要因、とくに栄養塩とノリの生産、品質の関係について研究を行った。また、尾形・松井(1967)は下関市地先においてノリの生長と塩分濃度との関係について、片田(1968)は千葉県千葉市地先の水温変動とノリの作柄との関係につい

て、渡辺ら(1973)は松島湾で養殖ノリの生産と環境要因との関係について、切田(1979, '91)は有明海福岡県地先の環境変動とノリの生産との関係についてそれぞれ研究している。室内実験での主なものとしては山内(1973, '74, '75)のノリ幼芽の生長と温度、塩分との関係、尾形・松井(1967)のノリの生長と塩分濃度との関係、Ogata and Schramm(1971)の塩分がノリの生長、光合成におよぼす影響、喜田ら(1970)のタンク培養において環境要因と干出がノリの生育におよぼす影響、切田(1983)の低比重下での干出(乾燥)がノリ幼芽の生育におよぼす影響についての研究等がある。有明海の環境に関する研究も多い。しかし内容は概要的なものであって、詳細に研究されたものとしては限られた海域に関するものが多い。海況については磯崎・北原(1977)、宮地・永田(1979)、井上(1980a, '80b)の研究がある。湾内水の流動については青山(1977)、井上・宮地(1977)、宮崎・青山(1977)の研究がある。栄養塩類については代田(1980)、近藤・代田(1980)の研究がある。海底地形・底質については鎌田(1979, '80)の報告がみられる。

ノリは生活環の中の胞子体期をフリー糸状体の形態でも過ごすことがIwasaki(1961)、Iwasaki and Matsudaira(1963)、岩崎(1965, '72)によって明らかにされ、さらにノリ品種の保存用としての利用が実用化されるにいたった。フリー糸状体の実用化に際し、フリー糸状体の培養条件と穿孔活力、胞子嚢の形成活力、ノリ葉状体の生長活力との関係についての研究も行われた(切田・背尾・尾形*, 1972, 切田, 1973**, 1974***)。

ノリの育種は昭和40年代初期に熱心な養殖業

*, 切田正憲・背尾忠憲・尾形英二(1972) ノリの free-living 糸状体の大量培養および free-living 糸状体による人工採苗について. 昭和47年度日本水産学会春季大会講演要旨集, P. 96.

**, 切田正憲(1973) ノリのフリー糸状体の大量培養およびフリー糸状体による人工採苗について. 昭和48年度日本水産学会春季大会講演要旨集, P. 47.

***, 切田正憲(1974) 培養年数の異なるフリー糸状体からの採苗, ノリの生育. 昭和49年度日本水産学会春季大会講演要旨集, P. 93.

者によって行われ、その結果オオバアサクサノリ、ナラワスサビノリが選抜された。Miura (1984) はこれらを新変種、新品種として報告している。このほか各地でも生産性の高い多収穫性で、かつ品質面ですぐれた品種が選抜された。それに伴って遺伝的な固定の判定について、養殖管理面で必要な性質についての研究がすすめられた(杉山ら, 1972, '75, 藤田ら, 1976, 切田, 1984a, '84b, '85)。

謝 辞

この論文をまとめるにあたり、原稿の校閲を戴

き、終始ご指導とご鞭達を賜った九州大学農学部教授、奥田武男先生に深甚なる謝意を表する次第である。またこの研究の当初から終始著者を指導して下さった水産大学校増殖学科教授松井敏夫先生に心から感謝の意を表する。本研究を進めるにあたり、有益なご助言を賜った九州大学農学部教授北島 力先生、助教授中園明信先生に厚くお礼申し上げます。本研究を遂行するに際し、研究上の便宜を与えられた福岡県水産海洋技術センター有明海研究所寿崎洋一所長、有明水産試験場安部昇元場長、藤田孟男前場長にお礼申し上げます。

I. 有明海の地形と海況の概要

有明海は九州北西部に位置し、海岸線の延長が334 km、湾軸長 96 km、幅約 18 km、面積が約 1,700 km² の胃袋型に湾曲した浅海性の内湾である。有明海福岡県地先のノリ漁場は、湾奥部東側の沿岸域に位置し、その大部分は 10 m 以浅である。そこには筑後川をはじめとする大小の河川が流入している。これらの河川水が豊富な栄養塩を供給し、ノリ漁場の栄養塩濃度の水準を富栄養状態に維持してノリの生産を著しく高めている。また、河川から搬入された砂泥が有明海湾奥部の沿岸域に堆積し、南北に列状にのびた広大な干潟を形成して、支柱式ノリ養殖に好適な漁場になっている。引き潮時には大量の河川水が流出する滞りが干潟域に形成されて沖の水道に通じている。沖合には峯ノ州や野崎ノ州に代表される大きな砂州が発達し、砂州間には溝状の海底水道がつくられて、東より筑後川沖水道、住之江川沖水道および塩田川沖水道となっている。この水道をとる潮流によって有明海湾奥部は3海域に区分され、それぞれ異なった水質をもっている。有明海湾中部では西側の長崎県地先に水深約 30 ~ 40 m の平坦面が広く分布しているが、東側の熊本県地先には干潟が発達している。湾口部は幅約 5 km の早崎瀬戸を通じて橘湾に接し、また三角、柳、本渡を通じて八代海ともわずかに交流している。有明海の潮汐は全国で最も大きく、潮差が湾口部では 3 m であるが、湾奥部では 6 m にも達し、それともなると湾奥部では潮流が速く、最大約 9 cm・sec⁻¹ に達する。有明海の海況は大きな潮汐、大量に流出する河川水、気象等の変動要因が相互に関係しあい、時間的にも空間的にも複雑な変動を示している。福岡県地先のノリ養殖は 39,340 m² にもおよぶ広大な干潟とその周辺で、大きな干満差を利用して干出のとれる支柱式で行っている。

有明海の海況については、福岡県、佐賀県および熊本県の各試験場が毎月 1 回大潮期に行う海洋

観測結果をまとめた西海区ブロック漁海況予報事業・浅海定線調査昭和 47 ~ 57 年度集約データ集 (1984) によって解析した。また、調査項目として水温、塩分、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素、溶存態無機リン酸塩をとりあげた。

それらの分析方法は塩分を電気伝導計、NO₂-N、NO₃-N を STRICKLAND and PARSONS 法、NH₃-N を水質汚濁調査指針、PO₄-P は STRICKLAND and PARSONS 法によってそれぞれ行った。

浅海定線観測の調査定点を図 1 に示した。有明海の海域区分は代田 (1980) が行った方法にしたがい、湾奥部を A 海域 (福岡県地先)、A' 海域 (佐賀県地先)、湾中部を C 海域、D 海域 (熊本県地先)、E 海域 (長崎県地先) 湾口部を F 海域とし、さらに、C、D および E 海域を沿岸域と沖合域に分けて解析した。

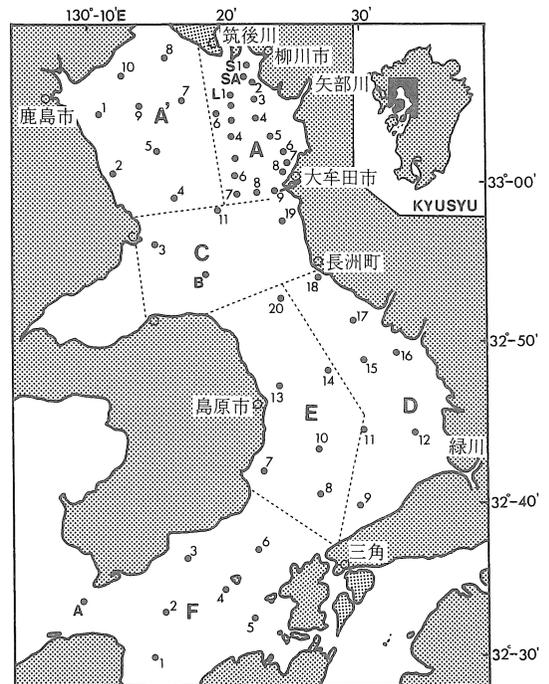


図 1 浅海定線観測の調査定点

なお、各定点の栄養塩濃度は表層から底層までの水深別積算平均で示し各海域の値は海域内の全定点の平均値であらわした。

筑後川からの栄養塩類の供給については福岡県有明水試が1987年度から月1回行っている筑後川河川調査の資料を用いた。また、筑後川の流量は、建設省筑後川工事事務所が河口標準点から上流26km遡った久留米市瀬の下で、1954年から'84年まで観測した資料と、筑後大堰直下で観測した'85年から'91年までの資料をそれぞれ用いた。

1. 水温の季節変動

湾奥部福岡県地先のA海域と湾口部のF海域における各月の10カ年平均の季節変動を図2に示した。福岡県地先の水温は9.3～27.0℃の範囲

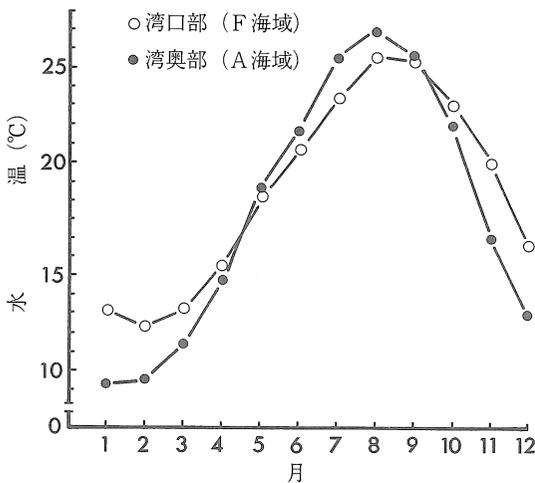


図2 湾奥部福岡県地先と湾口部の10カ年平均水温の季節変動 (1972年～1982年)

で変動し、1月に最も低く、8月に最も高くなる。また、湾口部では12.3～25.5℃の範囲で、2月に最も低く、8月に最も高い変動を示す。福岡県地先と湾口部との水温を比べると、福岡県地先の方が10月から4月まで低く、5月から9月まで高い。両海域の温度較差は夏季よりも冬季に大き

くあらわれる。河川水の水温は気温の影響を受けやすく、海水より夏季には高くなり、冬季には低くなる。したがって、湾奥部の海水温は筑後川等の河川水の影響によって、湾口部より夏季から秋季にかけて高くなり、冬季から春季に低くなる。

2. 塩分の季節変動

A海域とF海域における10カ年平均の季節変動を図3に示した。

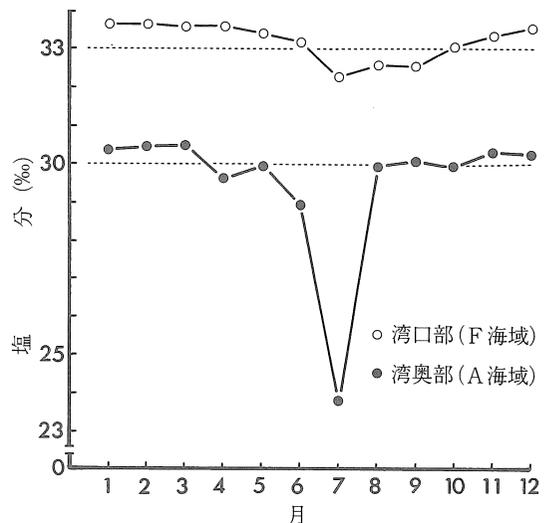


図3 湾奥部福岡県地先と湾口部の10カ年平均塩分の季節変動 (1972年～1982年)

福岡県地先の塩分は9月から3月までは30‰台で推移するが、4月から6月にかけて僅かに低下し、7月には著しく低下する。湾口部では10月から6月まではほぼ33‰台で安定して推移し、7月から9月にやや低下して32‰台になる。このように湾奥部の塩分は筑後川などの河川水の影響で湾口部よりも2.4～4.5‰程度低めに推移し、とくに降水量の増える梅雨時期には8.5‰も低くなる。これに対して湾口部の塩分は外洋水の影響をうけて高めで安定している。

3. 溶存態無機窒素 (D I N) の季節変動

各海域の月平均D I N濃度の季節変動を図4に示した。

D I N濃度は海域別では湾奥部から湾口部に近づくにしたがって少なくなり、また湾奥部内でも福岡県側の方が佐賀県側より高い値を示す傾向がみられる。湾中央部では熊本県地先の方が長崎県側

より高い値を示し、沖合域より沿岸域で僅かに高い傾向がみられる。季節的変動はA海域では7月における $22.5 \mu\text{g at/l}$ の極めて高い山と、10月から2月にかけての $16 \sim 17 \mu\text{g at/l}$ 台の山の2峯型を示し、2月に $7.1 \mu\text{g at/l}$ で最低となる。また、C海域の沖合域から湾口にかけての海域では7月の山と10月～12月の山とがほぼ同じ値を示した。さらに、C海域の沿岸域は湾奥部と同様に7月と10月から12月にかけて山がみられる。

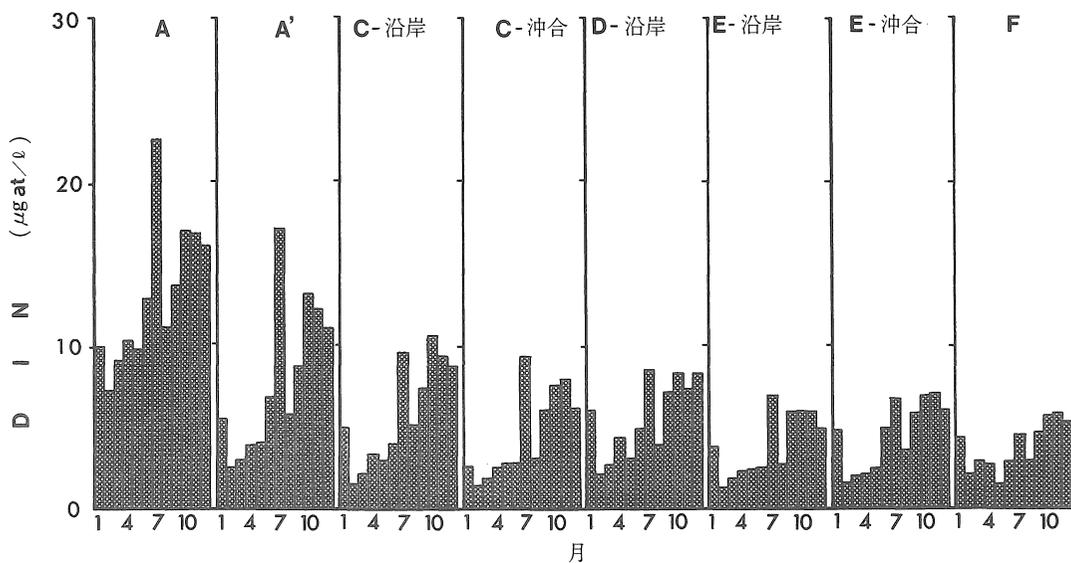


図4 各海域の10カ年平均D I N濃度の季節変動 (1972年～1982年)

4. 溶存態無機リン酸塩 (PO₄-P) の季節変動

各海域の月平均PO₄-P濃度の季節変動を図5に示した。

PO₄-P濃度も湾奥部から湾口に近づくにしたがって低下する傾向がみられる。湾奥部では福岡県側 (A海域) の方が佐賀県側 (A' 海域) より高い値を示し、湾中央部では熊本県側 (D海域) の方が長崎県側 (E海域) より高い値を示す。PO₄-P濃度が最も高い月は海域によって異なり、A海

域では9月で $1.23 \mu\text{g at/l}$ 、A' 海域では10月で $1.05 \mu\text{g at/l}$ 、C海域の沿岸域と沖合域では11月でそれぞれ 0.70 、 $0.67 \mu\text{g at/l}$ である。最も低くなる月も海域で異なり、時期は2月から4月の間で、その濃度は $0.11 \sim 0.23 \mu\text{g at/l}$ の範囲にある。なお、これらの季節変動は9～10月を中心にしたほぼ正規分布型を示す。

5. 筑後川の流量とD I Nの供給量

筑後川の月平均流量の季節変動を図6に、月平均D I N供給量の季節変動を図7にそれぞれ示した。

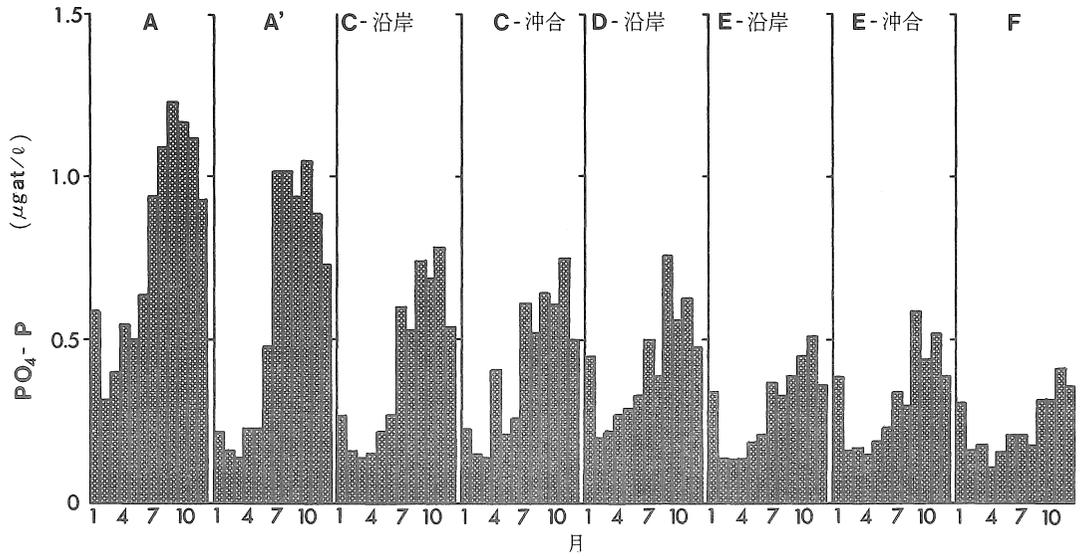


図5 各海域の10カ年平均 PO_4 -P 濃度の季節変動 (1972年~1982年)

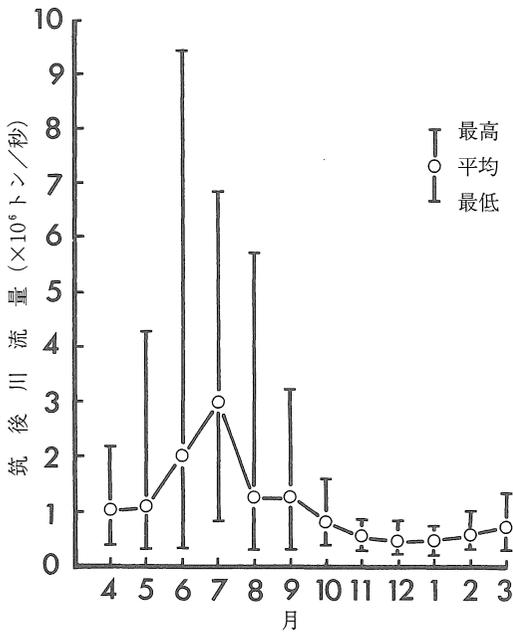


図6 筑後川の月30カ年平均流量の季節変動 (1956年~1986年)

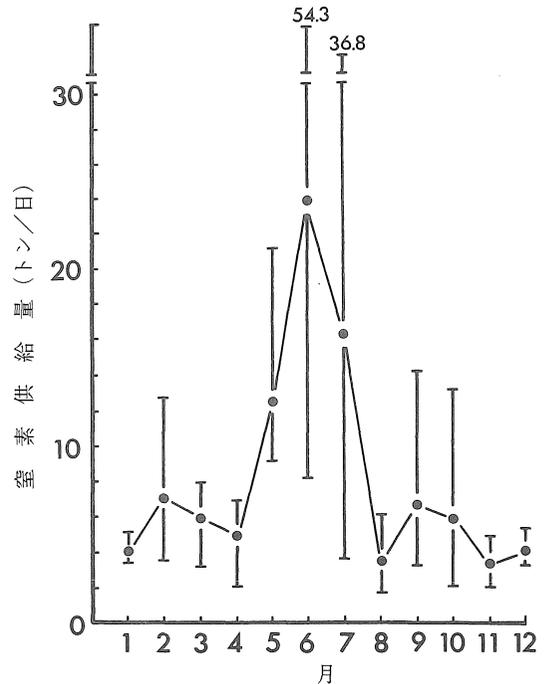


図7 筑後川からの3カ年平均DIN供給量の季節変動 (1989年~1991年)

河川流量は主に降水量によって変動するため、降水量の多い7月には筑後川の河川流量が増し(図6)、それとともなってDIN供給量も増加し、海域のDIN濃度は最高となる(図7)。筑後川河川水のDIN濃度の年による変動は極めて大き

く、較差が最も大きかった1988年では43.3~336.3 $\mu\text{g at/l}$ であった。DINの供給量と河川流量との間には1988~1991年の各年とも有意な

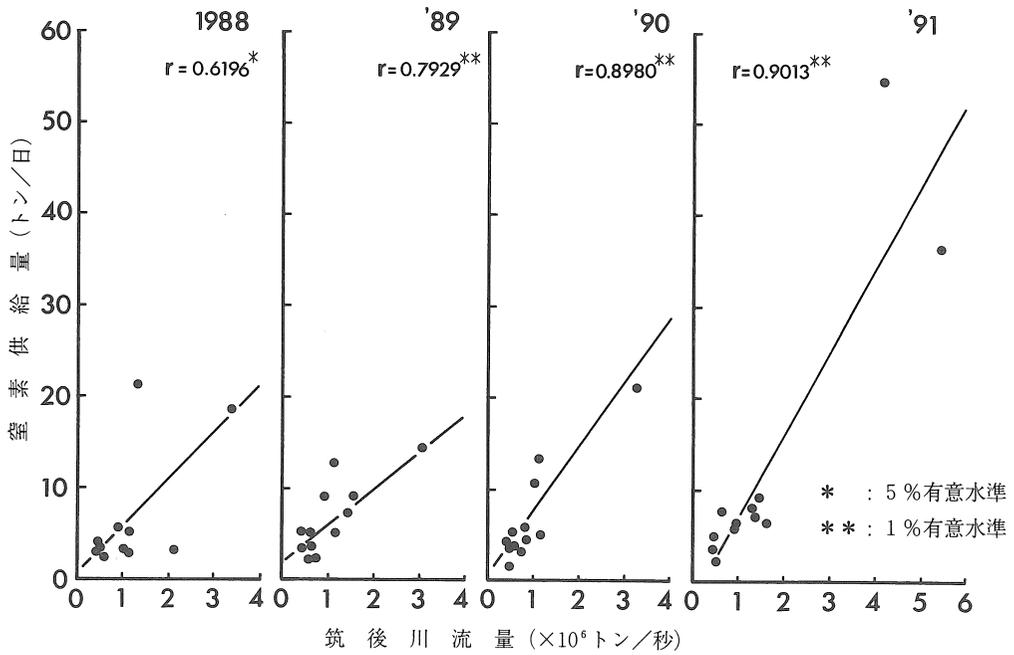


図8 河川流量とD I Nの供給量との関係

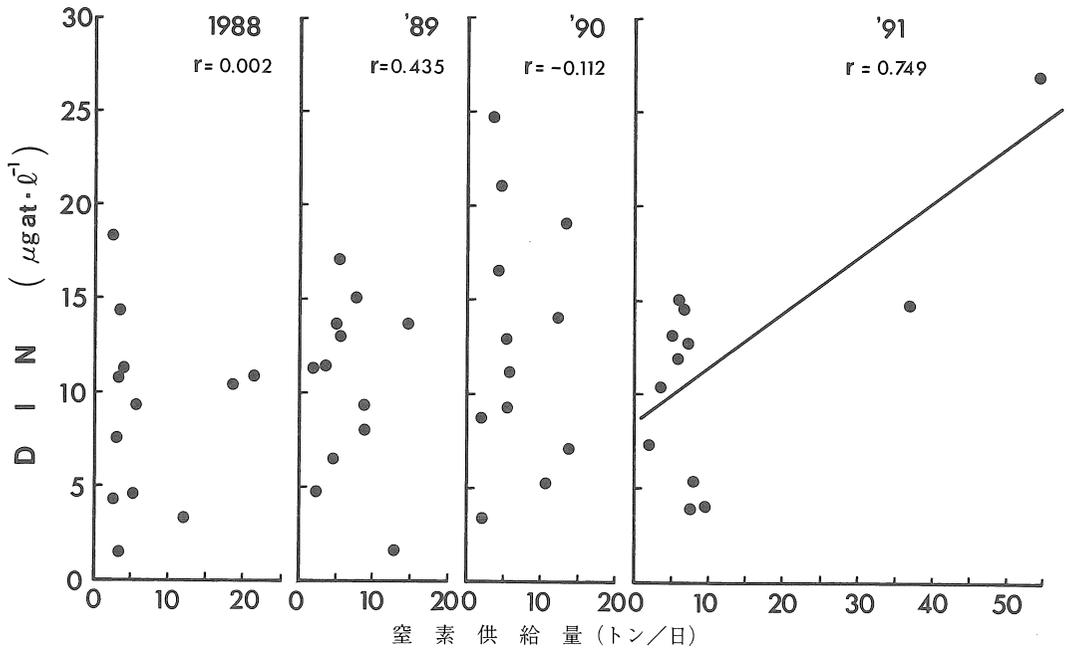


図9 筑後川からのD I Nの供給量と海域のD I N濃度との関係

正の相関関係にある(図8)。しかし、1988年～1991年における河川からのD I Nの供給量と海域のD I N濃度との関係は図9のとおりで、'91

年には両者間に有意な正の相関が認められたが、その他の年には有意な関係は認められなかった(図9)。しかし、4カ年間の総合では有意な正の

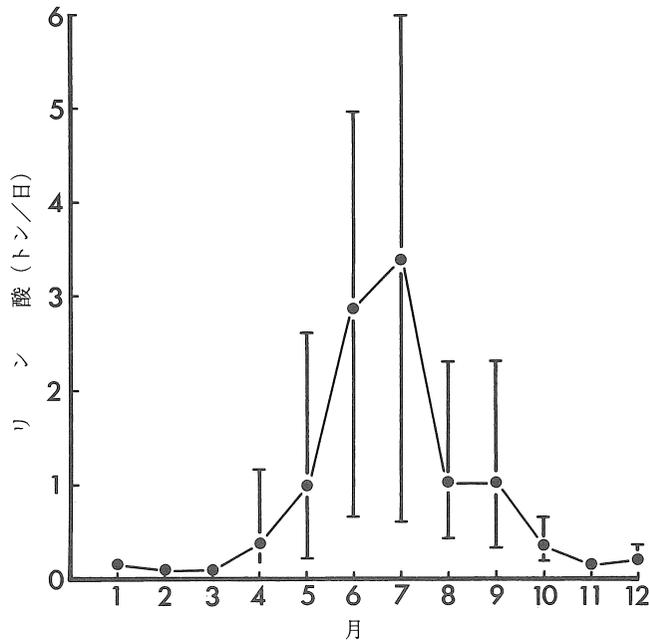


図10 筑後川からの3カ年平均 $\text{PO}_4\text{-P}$ 供給量の季節変動 (1989年～1991年)

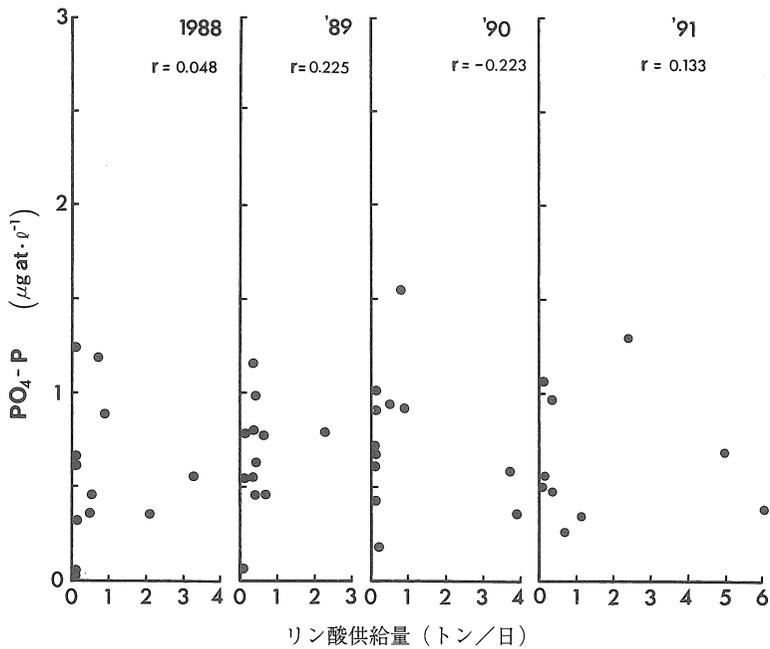


図11 筑後川からの $\text{PO}_4\text{-P}$ の供給量と海域の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度との関係

相関関係が認められる。海域のDIN濃度は珪藻の増殖による消費が著しく多くない場合には、河川からの供給量によって決まるものと考えられる。

6. 筑後川からの $\text{PO}_4\text{-P}$ の供給量

筑後川からの $\text{PO}_4\text{-P}$ の供給量の季節変動は図10に示すように筑後川流量とほぼ同様な傾向を

示した。しかし、筑後川からの $\text{PO}_4\text{-P}$ の供給量と海域の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度との関係について、4 年間を総合してみても、また各年ごとにみて両者の間には相関関係が認められなかった (図 11)。このことは海域の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度と河川からの供給量との関係が DIN よりもさらに複雑であることを示唆している。栄養塩の収支は河川からの供給量だけできまるものではなく、海域に供給されたものが、気象、潮汐による混合、拡散、低次生物による消費、浮泥、底泥への吸着、底泥からの溶出、外海への流出等の要因が絡みあってくるものと思われる。田中・浜田 (1987) は河川から搬入された $\text{PO}_4\text{-P}$ は海水にあうと浮泥に吸着して沈降するとしている、したがって河川から多量に供給されても海域の $\text{PO}_4\text{-P}$ の濃度が直ちに高くないものと考えられる。

7. 有明海の海況特性

有明海湾奥部の海況は筑後川等の河川水の強い影響をうけて変動する。水温は春季から夏季にかけて高くなり、秋季から冬季にかけて低くなる。また、塩分は周年低く、栄養塩類の濃度は高くなっている。湾口域では外海水の影響をうけて水温の変動幅が小さく、高塩分で、栄養塩類の濃度が低くなっている。有明海珪藻赤潮広域調査 (1990) によると湾奥部の海水と外海の海水とは大きな潮

汐流によって除々に混合、拡散される状況がみられる。

湾奥部においては福岡県側と佐賀県側の両海域の海況に明らかな違いがみられるが、これは筑後川の河川水の影響度合いと筑後川沖水道によって水塊が区分されているためと考えられる。栄養塩類は河川から供給されるので湾奥部から湾口部に近づくにしたがって低くなり、また沿岸域から沖合いにいくほど低い。その供給量は河川水の流量によってきまる。河川流量は降水量が多い梅雨時期に増加し、それに伴って栄養塩の濃度も高くなる。しかし、降水量が少ない 10 月から 12 月にかけても海域の DIN 濃度が高くなるが、これは 10 月に行う水田やクリークからの水落とし (放水) に起因しているものと考えられる。また、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の変動は DIN と異なり、9 月に最も高くなり、2 月に最も低くなる正規分布型を示す。 $\text{PO}_4\text{-P}$ については筑後川流量との間に明確な関係はみられない。これは $\text{PO}_4\text{-P}$ が浮泥に吸着されて沈降することに関係があるものと思われる。

有明海の 7 海域の特性をみると、A 海域 (福岡県地先) は低塩分・富栄養の海域である。A' 海域 (佐賀県地先) は A 海域より塩分、栄養塩類の濃度がともに低いが、湾央・湾口部に比べると、いずれも高いので、A' 海域も低塩分・富栄養の海域であるといえる。これに対して D 海域 (熊本県地先) は高塩分・低栄養の海域、湾口部は極めて高塩分・低栄養の海域である。

Ⅱ. 福岡県地先ノリ漁場の海況

福岡県地先のノリ漁場の水温，比重の観測資料を解析し，水温，比重の変動特性を明らかにした。

福岡県地先の水温，比重については1956年から福岡県大牟田市地先定点で毎日昼間の満潮時に観測した表面海水の資料を用いた。また，福岡県地先にノリ漁期に設置された5基の自動観測装置によって得られた資料の一部も用いた。さらに降水量については農林水産省九州農業試験場（福岡県筑後市）の観測資料を，全天日射量は佐賀気象台の観測資料を使用した。観測定点および自動観測装置の設置場所を図12に示した。

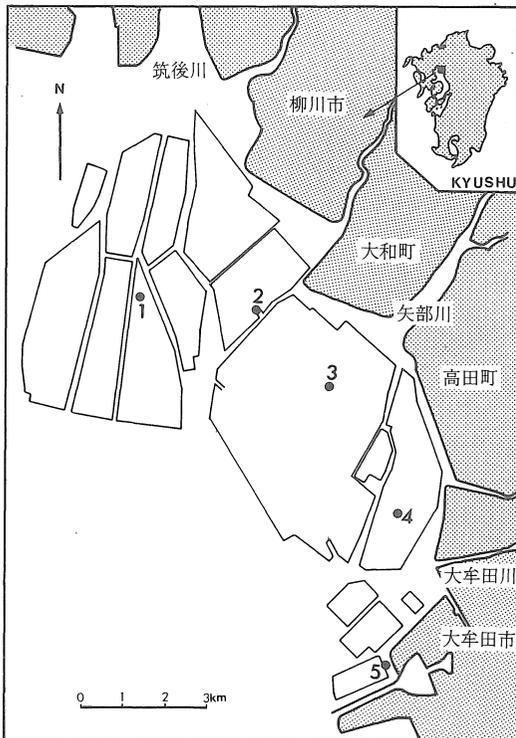


図12 観測定点と自動観測装置の設置場所

1. 水 温

(1) 季節変動

1956年から1986年までの30カ年の平均水温

を図13に示した。

平均水温の年変動は昇温期，高温安定期，降温期および低温変動期に分けられる。昇温期は3月2日の10.0℃から始まり，7月20日の27.0℃まで続き，この間1日0.12℃の割合ではほぼ直線的に上昇する。その後7月21日から9月6日まで水温27℃台で推移し，高温安定期となる。また9月7日からは降温が始まり，1月4日の9℃台になるまで昇温よりも急速な1日0.15℃の割合で降下する。1月4日から3月1日までの低温期には8.5～9.9℃の範囲で変動する。最低水温は1月19日の8.5℃，最高水温は8月14日の27.8℃である。なお，30年間における実測値の最低は1959年1月17日の4.2℃で，最高は1983年8月4日の34.0℃であった。

30年間の昼間満潮時の水温の標準偏差を図14に示した。

水温の季節変動幅は4月20日から8月5日まで極めて大きい，その後次第に小さくなり，とくに10月中旬から12月下旬までは，変動が最も小さい安定期である。このように水温の年変動は低温期の冬季よりも高温期の夏季の方が大きい。

(2) ノリ漁期の水温

有明海福岡県地先のノリ漁期は水温が23℃台になる10月1日頃から始まるが，ノリの生長適温は発育が進むにしたがって低くなり，成葉では14～16℃である。水温変化は葉休の生長のみならず病害の発生・蔓延にも関係が深いので，ここではノリ漁期中の水温の高低を標準化データ $[(X_i - \bar{X}) / \sigma]$ を用いて解析した。但し， X_i は水温， \bar{X} は平均水温， σ は標準偏差である。

ノリ漁期を9月28日の採苗開始から冷凍網を入庫する10月31日までの育苗期，主に秋芽網から収穫する11月1日から12月31日までの収穫前期，冷凍網から収穫する1月1日から2月28

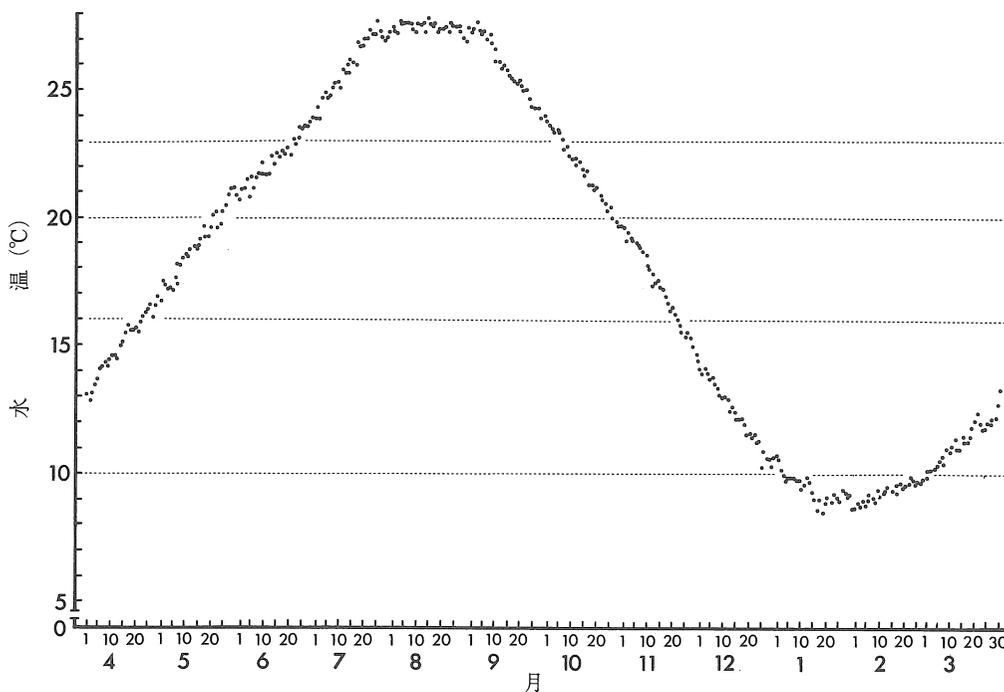


図13 福岡県大牟田市地先定点における30カ年平均水温の季節変動（1956年～1986年）

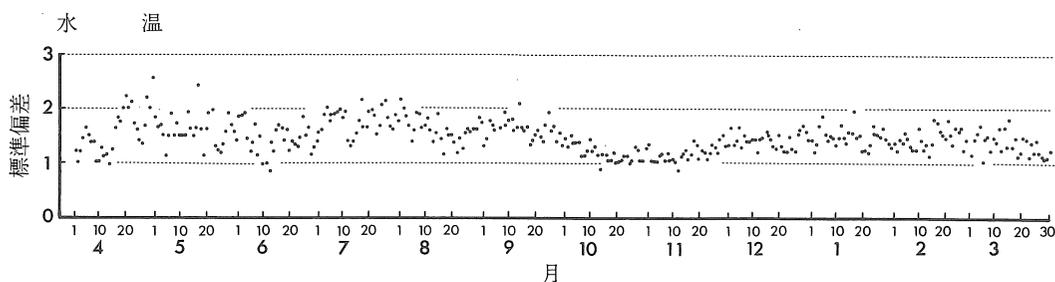


図14 福岡県大牟田市地先定点の水温の標準偏差（1956年～1986年）

日までの収穫後期の3期に分け、ノリの生産に最も影響する収穫前期の水温の標準化データを図15に、各漁期における水温の高低とノリの作柄を表1にそれぞれ示した。

各月日の水温の程度の基準値を標準化データでいくらしるかに問題があるが、確率6.7%の標準化データ1.5にとった場合の高め、低めの出現日数を調べて比較検討し、標準化データ1.5以上を高め、-1.5以下を低めとし、+1.5未満から-1.5未満を平年並みとした（表1）。育苗期では'75年度のみが高めで、その他の年度は平年並み

であり、収穫前期では'77, '79, '82, '84, '87, '90年度が高めで、'73, '76年度が低めであった。また、収穫後期に'78, '87, '88, '89, '90年度が高めで、'83年度が低めであった。

2. 比 重

(1) 季節変動

有明海湾奥部では筑後川をはじめとする大小河川の流入と、有明海特有の大きな干満差が絡み合わさって潮汐にともなう大きな比重の変動がみら

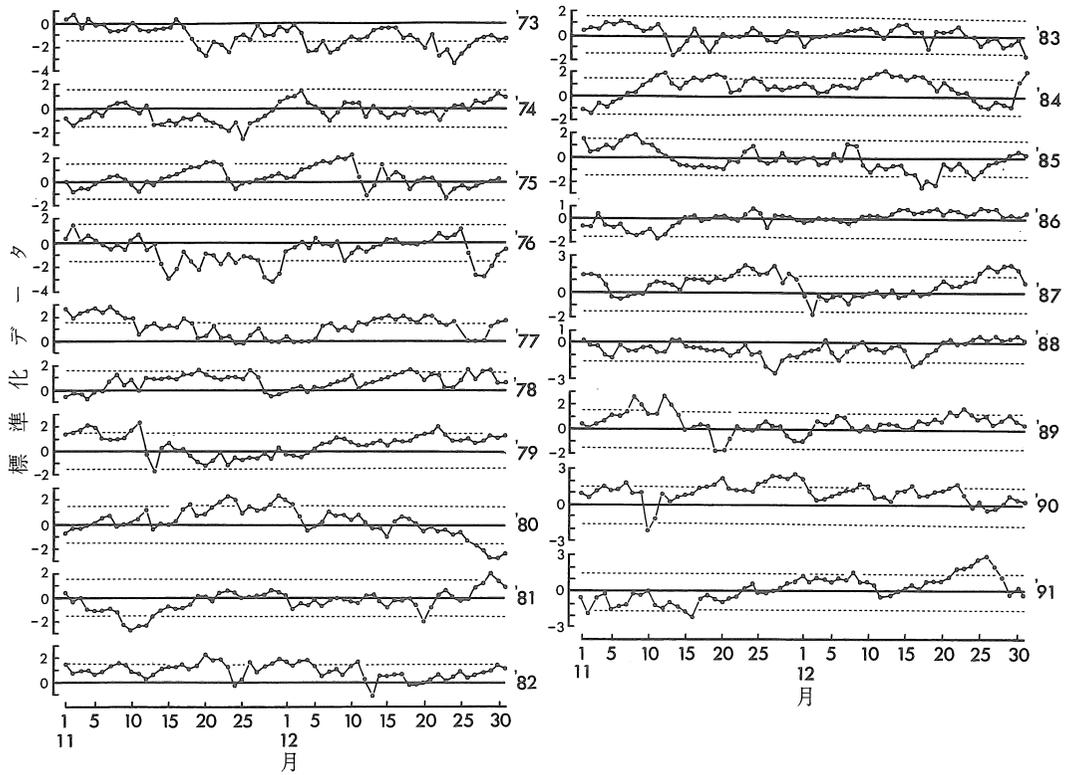


図15 収穫前期の水温の標準化データ

表1 各漁期における水温の高低とノリの作柄

年度	育苗期		収穫前期		収穫後期		ノリ作柄
	+	-	+	-	+	-	
1973	0	3	0	15	0	4	豊作
'74	0	0	0	2	0	2	平年作
'75	16	0	7	0	8	3	不作
'76	0	1	1	11	1	8	不作
'77	3	0	29	0	7	1	豊作
'78	0	1	8	0	20	0	豊作
'79	3	0	10	0	6	1	不作
'80	0	3	8	5	9	7	不作
'81	2	4	2	6	4	1	平年作
'82	0	0	11	0	2	1	不作
'83	6	0	0	2	0	14	不作
'84	1	0	13	0	0	2	豊作
'85	3	0	2	4	0	1	不作
'86	0	0	0	1	7	0	豊作
'87	1	1	13	1	13	0	平年作
'88	0	0	0	5	23	0	豊作
'89	0	0	6	2	11	0	豊作
'90	0	0	13	1	13	0	豊作
'91	1	1	7	3	6	1	豊作

+, 標準化データ+1.5以上の出現日数; -, -1.5以下の出現日数

れる。すなわち、一般に比重は大潮期に高く、小潮期に低い傾向にある。3カ年間の昼間の満潮時における比重を潮汐（月令）を考慮せずに平均すると図16のようになった。4月下旬から5月下旬までは1.023台（以降23とする）であるが、6月下旬からは23を下回り、9月下旬まで低比重期となる。10月上旬に23に回復し、4月中旬まで23台で推移する。また、30カ年の昼間満潮

時の比重の標準偏差を図17に示した。

入梅の6月中旬から梅雨明けの8月上旬までは年による変動が極めて大きく、また秋雨前線が発生する9月上、中旬にもやや大きい変動がみられるが、その他の時期の変動は比較的小さい。このように有明海湾奥部の比重変動は降水量の多い季節に大きくなる傾向にある。

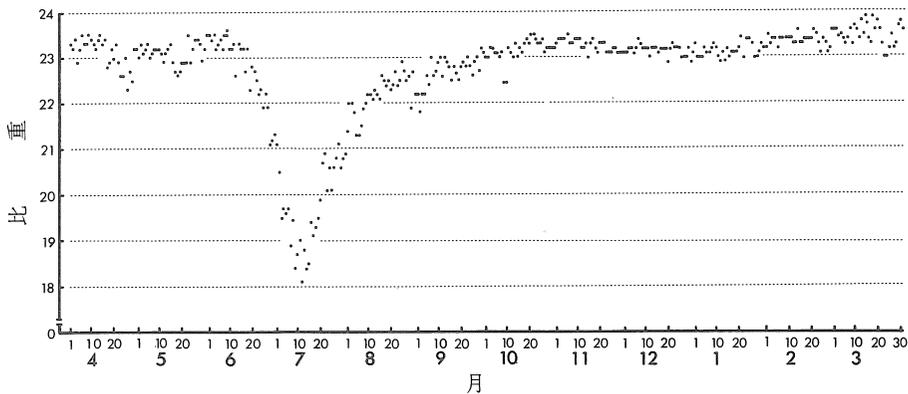


図16 福岡県大牟田市地先定点における30カ年平均比重の季節変動（1956年～1986年）

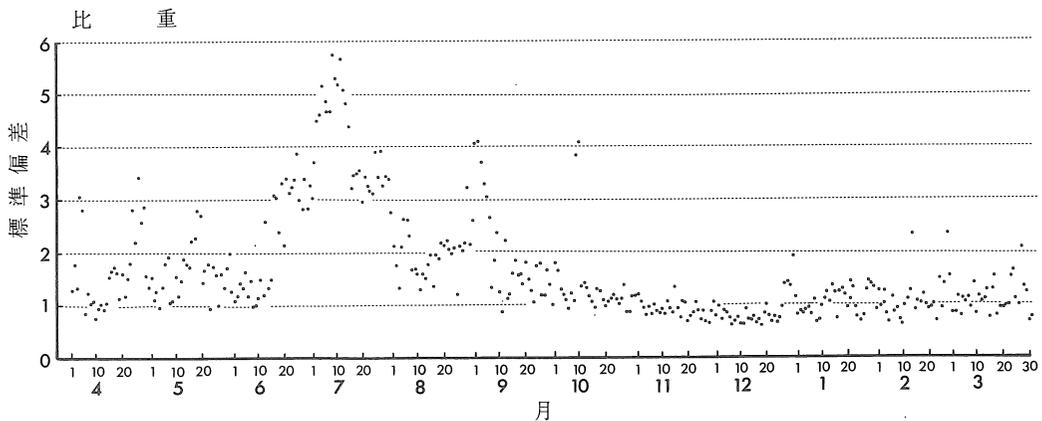


図17 福岡県大牟田市地先定点の比重の標準偏差（1956年～1986年）

(2) ノリ漁期の海水比重

ノリ漁期における海水比重の変動を標準偏差で見ると、この時期は一年のうちでも年変動の小さい安定した時期といえる。ノリ漁期の大牟田市地先定点における育苗期の昼間の満潮時の比重変動を図18に示した。

ノリ漁期の海水比重は大潮期に24台で、小潮期に23台でそれぞれ変動する高比重型変動、大潮期、小潮期とも23台で変動する平均比重型変動、23を中心にして、または主に23以下で変動する低比重型変動の3型に分けることができる。この基準で各年の比重を分類すると、高比重年は

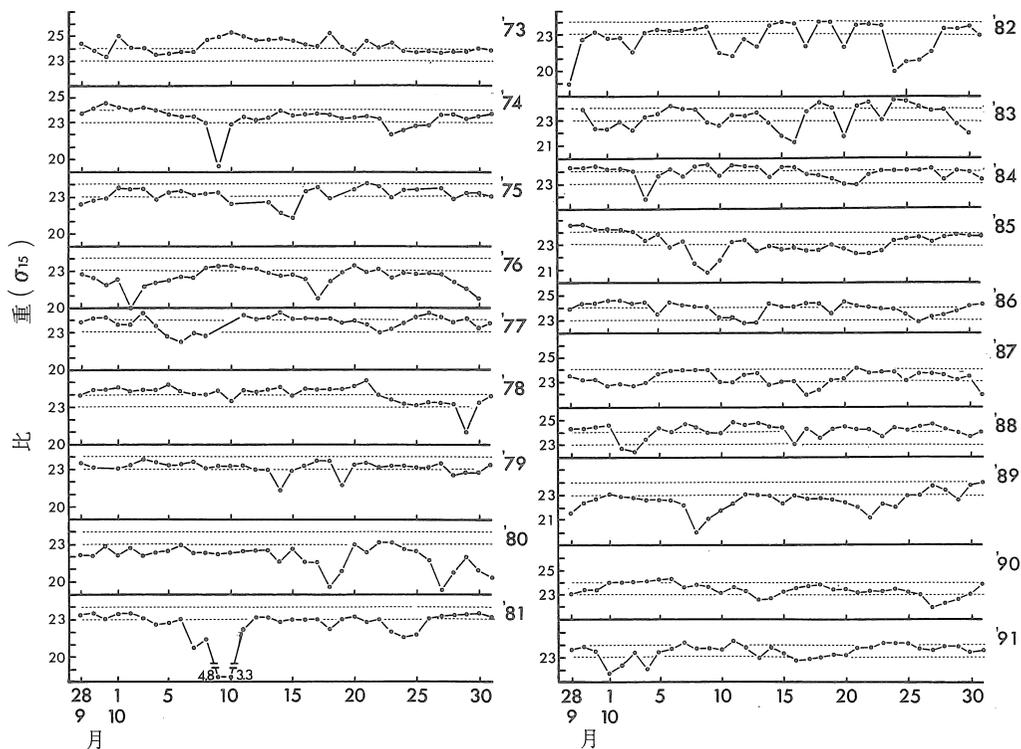


図18 育苗期の比重変動

'73, '77, '78, '84, '86, '88, '91年度, 低比重年は'76, '80, '81, '82, '85, '89年度で, 平均比重年は'74, '75, '79, '83, '87, '90年度であった。

つぎにノリ漁期に5基の自動観測装置でえられた水温, 比重の観測資料を用いて有明海福岡県地先における各海域の比重変動特性を解析した。その育苗期の比重変動を図19に示した。

福岡県地先のノリ漁場における比重は筑後川河口に近いほど低い値で変動し, 河口から遠くなるほど高い値で変動する。降水量にも関係するが, 降水後には筑後川沖のStn. 1から矢部川沖のStn. 3までの海域では比重が急激に低下する。しかし, 比重の回復は筑後川沖のStn. 1から柳川市沖のStn. 2で早く, 矢部川沖のStn. 3および大牟田市沖のStn. 4では遅れる。筑後川河口域には河川水が流れる大きな滞り, それに連なる筑後川沖水道が形成されているため, この付近の潮流は他の

表2 有明海福岡県海域における各観測定点の小潮期の最大流速

定 点	最大流速 (cm/sec)
筑後川沖 (Stn. 1)	70
柳川市沖 (Stn. 2)	43
矢部川沖 (Stn. 3)	20
大牟田市沖-1 (Stn. 4)	17
大牟田市沖-2 (Stn. 5)	29

1985年11月23日調査

海域に比べて最も速い(表2)。したがって, 河川水は滞り水道を通して遠く沖合まで流出して比重の高い沖合水と強制混合され, 沖合水の流入量も多いため比重の回復は早くなる。矢部川沖から大牟田市沖にかけては潮流も遅く, 地形的にも湾曲しており, 河川水が沖合に流出しにくく沿岸水としてこの海域に滞留するために比重の回復が遅れる傾向にある。

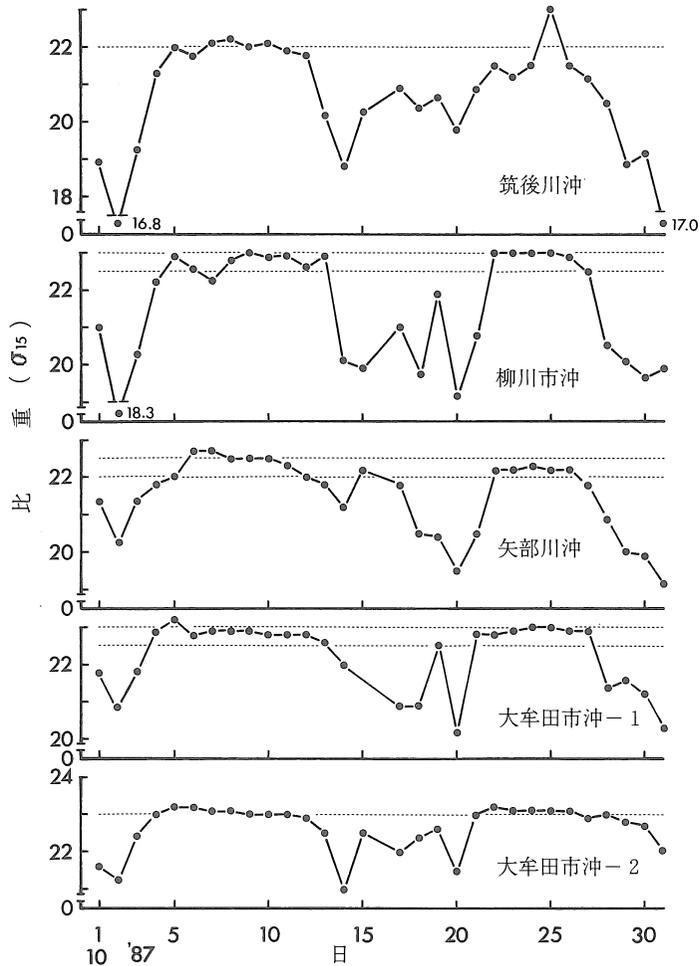


図19 有明海福岡県地先の各海域の育苗期の比重変動

小潮時における比重の日変動をみると(表3)、筑後川沖のStn.1および柳川市沖のStn.2では極めて大きく、満潮時と干潮時の差はそれぞれ1.4, 0.9である。とくに大潮期には河川水の影響を受けやすいStn.1~Stn.4では干潮時に比重が大きく低下する。河川水の影響の少ないStn.5では比重は変動幅が小さく、高めで安定している。小潮期の比重変動は各地点とも緩やかである。大潮期では満潮前後3時間の比重は安定しているが、干潮前後3時間には急激に変動する。大牟田市沖のStn.5では小潮、大潮期とも河川水の直接な影響を受けないので比重の日変動は小さい。

表3 有明海福岡県海域の小潮期の比重の日変動

定 点	満潮時 (σ_{15})	満潮時 (σ_{15})
筑後川沖 (Stn.1)	19.6	14.3
柳川市沖 (Stn.2)	21.5	16.6
矢部川沖 (Stn.3)	20.5	17.6
大牟田市沖-1 (Stn.4)	21.1	19.7
大牟田市沖-2 (Stn.5)	22.2	21.3

1985年11月19日調査

Ⅲ. ノリの生産枚数と環境との関係

ノリ漁場では種々の環境要因が変化しながら相互に関与してノリの生育に影響しているので単一の環境要因についてノリの生育に対する影響を解析することは難しい。ここでは環境要因として水温、比重をとりあげ、まずこれらの要因とノリ生産枚数との関係を調べ、つぎにノリ漁期の予察とノリの生産予測、管理法について検討した。

ノリの生産枚数は'53～'91年度の柳川・大川共販漁連、大和・高田共販漁連および大牟田共販漁連の共販実績を用いたが、ノリの生産枚数と水温、比重との関係については養殖面積がほぼ一定になった'73年度以降の共販実績を使用した。ノリの生産と環境要因との関係を検討するために、ノリ漁期を前述の育苗期、収穫前期および収穫後期に分け、それぞれの平均水温、平均比重と生産枚数との間の相関関係を最小2乗法で検討した。なお、育苗期については健苗育成の成否をみるために全生産枚数を対応させた。

1. ノリ生産枚数の推移と病気

福岡県地先のノリの生産枚数の推移を図20に、主な病気の発生状況を表4に示した。

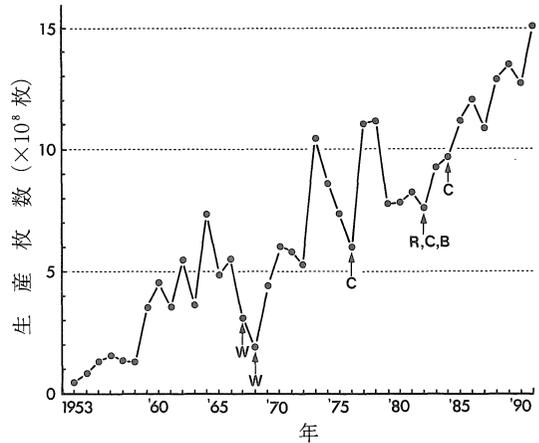


図20 有明海福岡県地先のノリの生産枚数

W, しろぐされ症: C, 壺状菌病: R, あかぐされ病: B, 付着細菌症

福岡県地先における本格的なノリ養殖は1954年から始まった。その年に人工採苗技術が開発されたことによつて、天然の採苗漁場(タネ場)のなかった福岡県地先でも採苗ができるようになり、ノリ漁場が拡張し、それに伴ってノリの生産枚数も増加した。しかし、'62年からはノリの病気、とくにあかぐされ病が毎年慢性的に発生するようになり、ノリ生産が伸びなやんだ。また、1967、'68年度には育苗期に疑似しろぐされ症が発生して、ノリ生育を阻害し、生産枚数が著しく

表4 ノリの作柄と病害

病名	年 度																		
	1973	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91
あかぐされ病		●	●		○	○		○	●	●			●	●	●	○	●		○
壺状菌病		○	○	●		○	●	●	○	●	○	●					○		
低比重障害 (育苗期)				●				●	●	●	●								
付着細菌症			●	○		○		●		●									●
色落ち	●	●					●	●	○	○	●		●		●	●		●	○
作柄比	豊高	平高	不低	不低	豊高	豊高	不低	不低	平低	不低	不平	豊高	不低	豊高	平高	豊高	豊低	豊平	豊高

○, 軽症: ●, 重症: 育, 育苗期: 前, 収穫前期: その他は収穫後期
あかぐされ病は主に収穫前期
比重, 高, 高比重: 平, 平均比重: 低, 低比重

減少した。このようなことが契機になって計画生産の下での集団管理養殖が進められるとともに、また技術開発の面でも'65年以降病害対策としてノリ網の冷凍保存技術の開発やオオバアサクサノリ、ナラウスサビノリ等の多収性品種の導入がすすめられた。

一方、ノリの病気も多様化し、'76、'84年には育苗期に壺状菌病が発生したため健全な種網を育成することができず生産が著しく低下した。さらに、'81年からノリ葉体に着生する付着細菌によってスミノリ現象が発生するようになった。その対策としては'84年度からクエン酸、リンゴ酸等の有機酸でpHを約2.0に調整した海水にノリ養殖網を5分間程度浸漬して細菌を駆除する酸処理技術が開発された。この技術はスミノリのみならずあかぐされ病駆除にも有効であり、ノリの安定生産に貢献した。このように種々の養殖技術の開発によって生産枚数の増加が可能になったが、一方育苗期における病害の程度によってはノリの生育が阻害され、生産枚数が減少する場合もあった。

2. 水温とノリ生産枚数との関係

水温はノリの生育に極めて強く影響する要因の一つである。各ノリ漁期の水温は大牟田市地先の定点で昼間満潮時に毎日観測された表層水温の平均したものを用い、また、海域を低比重で潮流の最も速い筑後川河口海域の柳川・大川市地区、福岡県地先のほぼ中央に位置して平均的比重で潮流のやや速い大和・高田町地区および高比重で潮流の最も遅い大牟田市地区の3つに分けた。さらに、年度についても、環境要因とノリ作柄との関係を解析し、その結果による低比重対策（干出時間を短くする）を'79年度にとりいれる前年までの'73～'78年度と、病害防除のための酸処理技術を導入した前年までの'73～'83年度およびその後の'73～'91年度に分けて検討した。

各漁期の平均水温とノリの生産枚数との相関係

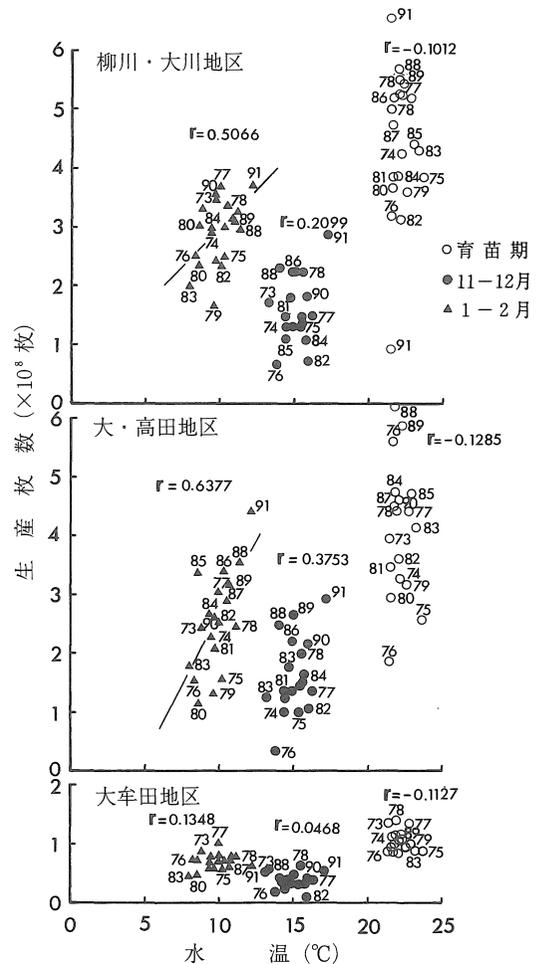


図21 各生育期の平均水温とノリの生産枚数との分散図 (1973～1991年度)

数を表5に、分散図を図21に示した。

平均水温とノリの生産枚数との間には、'73～'78年度、'73～'83年度および'73～'91年度の3期とも、また3海域とも育苗期、収穫前期で有意な相関関係は認められなかった。しかし、柳川・大川地先では'91年度の収穫後期に、大和・高田地先では'89～'91年度の収穫後期にいずれも有意な正の相関関係が認められた。また、育苗期については柳川・大川地区の'78～'79年度と'88～'91年度に、大和・高田地区の'78～'82年度および大牟田地区の'78～'91年度

表5 各漁期の平均水温とノリ生産枚数との相関係数

年 度	柳川・大川			大和・高田			大牟田		
	育苗期	収穫前期	収穫後期	育苗期	収穫前期	収穫後期	育苗期	収穫前期	収穫後期
1973 '78	-0.054	0.335	0.333	-0.044	0.385	0.302	-0.293	0.144	-0.025
'79	-0.108	0.325	0.225	-0.058	0.415	0.260	-0.323	0.108	-0.012
'80	0.001	0.319	0.314	0.004	0.416	0.417	-0.141	0.110	0.238
'81	0.053	0.321	0.292	-0.011	0.395	0.419	-0.050	0.112	0.197
'82	0.601	0.068	0.241	-0.014	0.305	0.447	-0.040	-0.133	0.389
'83	0.084	0.046	0.372	0.120	0.262	0.444	-0.141	-0.134	-0.086
'84	0.100	-0.014	0.361	0.041	0.308	0.408	-0.133	-0.142	0.389
'85	0.121	0.020	0.291	0.147	0.310	0.182	-0.131	-0.107	0.339
'86	0.028	-0.000	0.318	0.047	0.251	0.286	-0.170	-0.111	0.340
'87	0.006	-0.010	0.386	-0.018	0.263	0.340	-0.081	-0.132	0.285
'88	-0.035	-0.165	0.385	-0.077	0.077	0.461	-0.090	-0.187	0.201
'89	-0.036	-0.132	0.412	-0.057	0.099	0.498*	-0.086	-0.169	0.181
'90	-0.027	-0.088	0.404	-0.053	0.133	0.499*	-0.187	-0.449	0.179
'91	-0.101	0.210	0.506*	-0.121	0.375	0.638**	-0.113	0.047	0.135

** : 1%有意水準, * : 5%有意水準

に有意でないが、いずれも負の相関がみられた。これは育苗期の水温が低いほどノリ生産が多いという傾向を示唆している。片田(1968)は神奈川県長井地先では9月中、下旬の水温が作柄と高度の負の相関を示すことおよびノリ採苗後40～70日の間の水温は作柄と極めて高い負の相関を示すことを報告し、その原因を早冷による早期育成と生育適温のずれによる生理障害にあるとしている。有明海福岡県地先において各漁期の水温とノリ生産枚数の間に有意な相関関係が認められなかったのは、福岡県地先では、水温対策を主体にしたノリ養殖管理計画の下で養殖が行われているため、水温がノリの作柄に影響する最も大きな要因としてでてこなかったものと考えられる。しかし、収穫後期の10℃を割る低温期には病原菌の生育が抑制されており、さらに酸処理によって付着細菌、あかぐざれ病等が防除されているためこの期間では高水温ほど生産が上がることになる。

3. 比重とノリの生産枚数との関係

各漁期の平均比重とノリの生産枚数との関係を

図22に、相関係数を表6にそれぞれ示した。

比重と生産枚数については、各地区とも'73～'78年度の育苗期および収穫前期において有意な正の相関関係が認められた。すなわち有明海福岡県地先では比重がノリの生産に大きく影響しており、比重が高いほどノリの生産枚数が多い顕著な傾向がみられた。ノリ漁期中の比重の変動には3型あり、その変動型でその年のノリ作柄を判定すると、高比重型変動の年は豊作、平均比重型変動の年は平年作、低比重型変動の年は不作の場合が多い傾向にある。

育苗期が低比重であると、ノリ幼芽は障害をうけて正常に生長しなくなる。さらに、ノリ網から脱落して着生密度が大幅に低くなることを切田ら(1979)は報告している。その状態から二次芽によって適正着生密度に増芽するには時間がかかるので、収穫が遅れてノリの生産枚数は減少する。また、温度がまだ高い収穫前期に低比重であると、あかぐざれ病の蔓延が極めて速く、発病後2、3日で全漁場に被害がおよび、生産枚数が減少する。有明海福岡県地先のノリ作柄は比重によって制限されていることが明らかにされているので(切田、

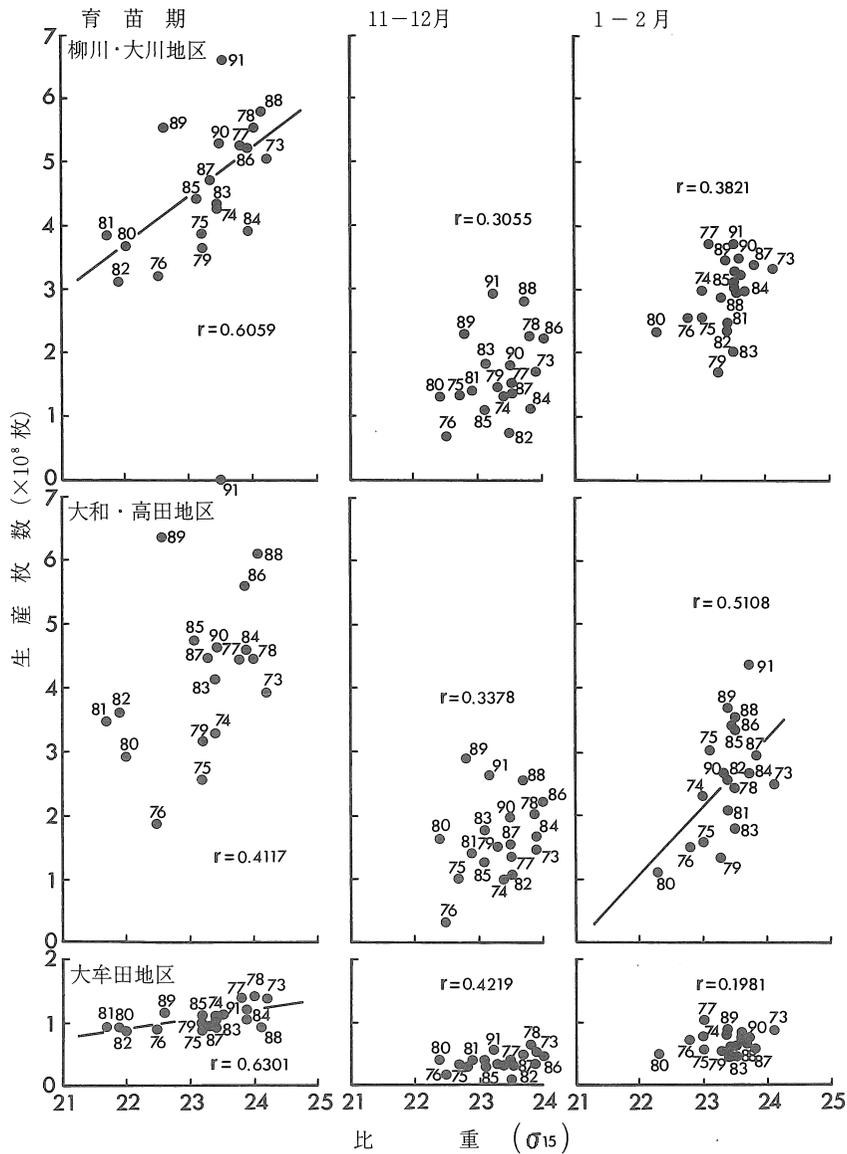


図22 各生育期の平均比重とノリの生産枚数との分散図 (1973 ~ 1991 年度)

1991), 育苗期における低比重対策として, 低比重と干出との相乗被害を避けるため '79 年度から干出時間を短くする養殖管理を行っている。しかし, 柳川・大川地区, 大牟田地区では育苗期についてのみ比重と生産枚数の間に有意な正の相関関係がみられている。これは柳川・大川地区の漁場は主に筑後川河口にあって, 河川水の影響が強いので, ノリ網の管理だけで育苗期の低比重障害を完全にさげることができないほど比重が低い

めと考えられる。また, 大牟田地区では適当な採苗漁場がないために柳川・大川地区や大和・高田地区の採苗漁場をかりて採苗を行っている。これらのうち柳川・大川地区で採苗したものは採苗中に低比重の障害を受けているために, 高比重漁場である大牟田地区で育成しても育苗期の比重とノリの生産枚数との間に相関がみられたものと考えられる。一方, 酸処理技術の導入後においては柳川・大川地区, 大牟田地区で育苗期に, さらに大

表6 各漁期の平均比重とノリ生産枚数の相関係数

年 度	柳川・大川			大和・高田			大牟田		
	育苗期	収穫前期	収穫後期	育苗期	収穫前期	収穫後期	育苗期	収穫前期	収穫後期
1973 '78	0.943**	0.839*	0.519	0.925**	0.861*	0.443	0.912*	0.870*	0.327
'79	0.931**	0.839*	0.300	0.921**	0.843*	0.348	0.913**	0.863*	0.755
'80	0.843**	0.758*	0.400	0.773*	0.649	0.554	0.883**	0.678	0.553
'81	0.773**	0.752*	0.354	0.582	0.619	0.555	0.845**	0.671*	0.426
'82	0.813**	0.531	0.308	0.482	0.5668	0.570	0.853**	0.415	0.442
'83	0.812**	0.490	0.212	0.498	0.511	0.530	0.788**	0.413	0.307
'84	0.746**	0.373	0.249	0.556	0.548	0.575	0.741**	0.369	0.288
'85	0.743**	0.380	0.268	0.515	0.548	0.562*	0.741**	0.376	0.300
'86	0.762**	0.499	0.283	0.559*	0.636*	0.559*	0.753**	0.439	0.304
'87	0.759**	0.490	0.346	0.557*	0.640*	0.588*	0.734**	0.422	0.259
'88	0.778**	0.504*	0.353	0.606**	0.639**	0.576*	0.661**	0.451	0.208
'89	0.660**	0.371	0.353	0.428	0.404	0.543*	0.632**	0.450	0.211
'90	0.654**	0.378	0.201	0.431	0.413	0.378*	0.627**	0.448	0.544*
'91	0.606**	0.306	0.382	0.412	0.338	0.512*	0.682**	0.406	0.198

** : 1%有意水準, * : 5%有意水準

和・高田地区では収穫後期に有意な正の相関関係が認められた。大和・高田地区で有意な相関が認められるようになったのは、酸処理によって病気をある程度抑制できるようになったためであろう。すなわち、病気による被害よりも低比重による被害の方がノリの作柄に大きく影響するようになったためと考えられる。とくに、育苗期の低比重はノリに大きな生理障害を起こさせて、その年の生産を制限することになる。

4. 水温、比重とノリの生産枚数との関係

比重と水温の変動が複合した場合のノリ作柄に及ぼす影響をみると、ノリの生長に好適な水温、一般に発芽初期に高く、生長するにつれて低くなる（富士川、1936）。したがって、ノリの生育には水温が徐々に低下する変動型が最も適している。水温の横這いまたは上昇は発育段階にともなって低くなる生育適温との間にずれが生じ、ノリを脆弱にし、生理障害を起こさせる。また、ノリの病気が、とくにあかぐされ病、壺状菌病の病原菌は高

温または横這い状態の時に生長、増殖が活発になる傾向にある（片田、1968）。ノリ漁期の水温が徐々に低下する年は極めて少なく、多くはある程度低下してのち横這いまたは僅かな昇温、降温を繰り返しながら段階的に低下する。

標準化データでの各漁期における水温の高低とノリの作柄との関係を検討した（表1）。

高比重年の '73, '77, '78, '84, '86, '88, '91 年度における各収穫期の作柄と水温について検討するために水温が平年並みかやや低めであった '73, '86, '91 年度の生産割合を基準にとった。収穫前期が高めであった '77, '84 年度では生産の主力が収穫後期となり、また収穫後期が高めであった '77, '84 年度では収穫前期の生産割合が高い傾向にある（表7）。高比重年では水温が高いと、その収穫の作柄は不良になり、水温が低い

表7 高比重型変動年における水温と各漁期ごとの生産比（%）

水 温	収穫前期生産	収穫後期生産
平年並または低温	36 ~ 41	59 ~ 64
前 期 高 温	29 ~ 35	65 ~ 71
後 期 高 温	43	57

と、良くなる。有明海福岡県地先のような淡水の影響を受けやすい漁場におけるノリの作柄には、一般に比重が第一の制限要因であり、ついで水温が影響する。しかし、高比重型変動の年は水温が第一制限要因となり、低温ほど作柄がよい傾向がみられる。福岡県地先のノリ漁場は比重依存型漁場といえる。

5. 日射量とノリの生産枚数との関係

ノリの生長は光合成に依存している。この光合成は光、温度をはじめとする環境要因に影響されるが、主に光度による影響が大きい。したがって、全天日射量とノリの生産枚数との関係を巨視的に検討した。

全天日射量とノリの生産枚数との相関係数を表8に示した。

光量とノリ生産枚数との間には有意な正の相関関係が収穫前期に柳川・大川地区で1973年度から'83, '84, '85, '89年度の間で、大牟田地区では'82, '83, '84, '85, '88, '89, '90年度の間で認められた。1973～'91年度の収穫前期の平均全天日射量は6.9～9.1 Mj/m²でノリ漁期中で最も低い時期である。柳川・大川地区の漁場は筑後川の河口域にあり、濁度が高いため光量の減衰率が高く、透明度は低い。したがって、日射量の低くなる収穫前期には光がノリ生産の制限要因になるものと考えられる。また、大牟田地区の漁場の比重は柳川・大川地区、大和・高田地区の漁場に比べ高く、高比重漁場ではノリの生長は低比重漁場より優るとされている。したがって、収穫前期には比重より光量が制限要因になるものと考えられる。

表8 全天日射量とノリ生産枚数との相関関係

年 度	柳川・大川			大和・高田			大牟田		
	育苗期	収穫前期	収穫後期	育苗期	収穫前期	収穫後期	育苗期	収穫前期	収穫後期
1973 '78	0.270	0.504	0.079	0.338	0.510	-0.371	0.403	0.656	-0.144
'79	-0.059	0.484	-0.176	0.192	0.537	-0.253	0.094	0.589	-0.054
'80	0.062	0.441	-0.143	0.242	0.542	-0.173	0.237	0.589	0.009
'81	0.075	0.367	0.021	0.237	0.362	-0.163	0.249	0.471	0.244
'82	0.023	0.595	0.003	0.245	0.335	-0.114	0.208	0.696*	0.263
'83	0.027	0.641*	-0.044	0.254	0.451	-0.123	0.186	0.612*	0.200
'84	0.027	0.601*	-0.072	0.228	0.481	-0.199	0.186	0.604*	0.196
'85	-0.002	0.591*	0.007	0.096	0.459	0.065	0.183	0.594*	0.224
'86	-0.004	0.345	0.010	0.079	0.210	0.069	0.178	0.463	0.225
'87	-0.014	0.348	-0.075	0.067	0.203	0.118	0.185	0.472	0.242
'88	0.102	0.414	-0.111	0.183	0.296	-0.196	0.195	0.503*	0.265
'89	0.144	0.503*	-0.147	0.230	0.304	-0.266	0.206	0.510*	0.268
'90	0.057	0.389	-0.160	0.188	0.261	-0.269	0.215	0.502*	0.271
'91	0.046	0.421	-0.142	0.156	0.313	-0.221	0.210	0.525*	0.270

*: 5%有意水準

Ⅳ. ノリ漁期の海況予測

ノリの計画生産を行うためには、ノリ漁期の海況を予測して海況に合致させて管理することが必要である。そこで適切なノリ網の管理を行うためにノリ漁期の海況の予測法を検討した。

1. 水 温

ノリ漁期前の各月の平均水温と育苗期の平均水温との相関関係を検討したが、有意な相関関係は認められなかったため、ノリ漁期前に漁期中の水温の長期予測をすることは現在の時点では不可能である。しかし、水温の降温期には1日0.15℃の割合で降下する係数を用いて、数日単位で水温予測が可能である。

2. 比 重

育苗期の比重の予測は次の2通りの方法で行うことができる。第一の方法は漁期前の各月の平均比重から育苗期の比重を予測するもので、1983年では7月の平均比重と育苗期の平均比重との間にのみ有意な正の相関関係がみられた。また、'84年、'85年では7～9月の各月の平均比重との間に有意な正の相関関係がみられたが、'86年には

8、9月の各月の平均比重との間に限られて相関関係がみられるようになった。しかし、'87年以降からは9月の平均比重にのみ有意な正の相関関係がみられるようになった(表9)。

このことは、'86年以降の降水量の多い時期(月)が変動したことに起因しているものと考えられる。このことから9月の平均比重をX、育苗期の平均比重をYとすると、 $Y = 15.94 + 0.32X$ の式によって、その年の育苗期の比重が推定できる。第二の方法は育苗期の比重が7月の降水量との間に有意な負の相関関係にあることによるもので、育苗期の平均比重をY、7月の降水量をXとすると、 $Y = 23.74 - 0.0017X$ の式によって、7月の降水量からその年の育苗期の比重が推定できる。

3. ノリの生産枚数の予測

柳川・大川市地区および大牟田市地区のノリの生産枚数は育苗期の平均比重と有意水準1%で正の相関関係にある。大和・高田町地区では育苗期では1986年～'88年までは有意な正の相関関係にあったが、'89年～'91年では有意な相関関係は認められなくなった。このことから、その年の

表9 ノリ漁期前の各月の平均比重と育苗期の平均比重との相関係数

年 度	ノ リ 漁 期 前 (月)					
	4	5	6	7	8	9
1973～'82	-0.560	-0.002	-0.033	0.657*	0.548	0.548
'83	-0.538	0.104	-0.001	0.672*	0.560	0.570
'84	-0.390	0.145	0.047	0.683*	0.588*	0.583
'85	-0.381	0.141	0.047	0.619*	0.605*	0.578*
'86	-0.245	0.145	0.048	0.471	0.583*	0.587*
'87	-0.223	0.149	0.053	0.435	0.350	0.580*
'88	-0.166	0.168	-0.105	0.477	0.399	0.598*
'89	-0.192	0.173	-0.122	0.413	0.345	0.608**
'90	-0.195	0.168	-0.134	0.388	0.347	0.610**
'91	-0.178	0.160	-0.161	0.313	0.309	0.611**

** : 1%有意水準, * : 5%有意水準

育苗期における比重が推定できれば、その推定比重でノリの生産枚数を予測することができる。その関係式を表10に示した。

表10 各地区のノリ生産推定式

地 区	推 定 式
柳川・大川	$Y = 7.580 X - 130.380$
大和・高田	$Y = 7.380 X - 128.352$
大牟田	$Y = 1.486 X - 23.960$

Y：推定生産枚数（千万枚），X：育苗期の推定比重

なお、ノリ養殖技術の改善や病気の防除技術が開発されれば、環境による影響が小さくなって、生産がより安定してくるので、そのときには生産枚数の推定式は見直す必要がある。

4. ノリ網の管理対策

ノリ漁期前に海況の観測情報を用いてノリ漁期の海況を予測し、その予測海況に対応したノリ網の管理計画を立てておく必要がある。とくにノリ生産に大きな影響を及ぼす比重については重要である。

高比重型変動年（大牟田市地先の昼間満潮時の観測値で、小潮期に比重1.023台、大潮期に比重

1.024台で変動）には殻胞子の発芽や幼芽の生長が順調である。このため最初の採苗で殻胞子の着生数を多くすると、ノリ網上の葉体は濃密になりすぎて生長が遅れる。したがって、最初の着生数を15～30個体/cmと少なくして二次芽を多く着生させ、摘採回数が進んでも二次芽による芽代りで品質を保つようにするのが望ましい。

低比重型変動の年（比重1.023を中心にして、また1.023以下で変動）には育苗期にノリ幼芽、幼葉の脱落が起こりやすい。したがって、このような脱落があっても、生産に支障をおよぼさない程度の35～50個体/cmのやや濃密な採苗を行うような配慮が必要である。また、低比重条件はあかぐされ病原菌の発育に好適であるので、低比重型変動年の収穫前期、とくに11月上旬にあかぐされ病が発生すると、その病勢の進行が早い。その対策としては網を大潮期に3時間干出になる3m線に高く張って干出時間を長くする必要がある。さらに低比重型変動年には育苗期に壺状菌病も発生する傾向にある。育苗期に発生すると、予備網である健全な冷凍網の確保ができず、ノリの生産は大きな被害を受ける。したがって、採苗期日をやや早めて健全な冷凍網を確保することが重要である。

V. ノリの生育におよぼす比重、干出の影響

1. 比 重

有明海福岡県地先においては、育苗期および収穫前期の比重の値がノリの生産を制約し、比重が高いほど生産枚数は多くなることが明らかにされた(切田, 1979, '91)。しかし、ノリの生産を安定させるためには、低比重状態にあっても適正な採苗と適切な網管理操作によって健全なノリ芽を育成することが重要である。このため、低比重での採苗、淡水に対するノリ幼芽の抵抗性について検討した。

(1) 殻胞子の放出・着生と比重

殻胞子の放出・着生と比重との関係を明らかにするために、ナラワスサビノリ (*Porphyra yezoensis* f. *narawaensis*) の貝殻糸状体を材料として種々の比重の海水中での採苗実験を行った。実験は普通海水を蒸留水で希釈して作製した 1.012, 1.015, 1.0175, 1.020 および 1.024 の普通海水の 5 比重段階を設定し、それぞれの海水を 1 l のビーカーに 750 ml 入れ、貝殻糸状体とともに長さ 10 cm のクレモナ 5 号網糸 5 本を入れて、水温 23℃、照度 5,000 lx の条件下で通気攪拌法によって行った。殻胞子の着生数は採苗を始めてから 1 時間ごとにノリ網を取り出して顕微鏡の下で計数し、網糸 1 cm あたりの数で表した。

つぎに、ナラワスサビノリの貝殻糸状体から放出された放出後の 1 時間の殻胞子をカキ殻表面から洗い落として収集し、比重 1.008 から 1.020 に調整した海水および 1.024 の普通海水 100 ml にほぼ一定量ずつ殻胞子と網糸を入れて、通気攪拌法によって着生状況を調べた。なお、着生数は上述と同じ方法で計数した。

貝殻糸状体からの殻胞子の放出、着生の結果を図 23 に示した。

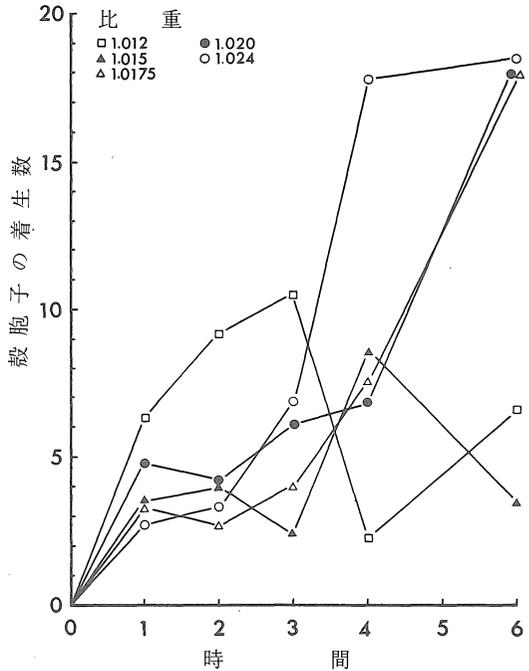


図23 各海水比重の下での殻胞子の放出、着生の経時変化

貝殻糸状体から放出された殻胞子の着生は、比重 1.012 では採苗してから 3 時間後まで、1.015 では 4 時間後までそれぞれ増加したが、その後は急速に減少した。これは一旦着生した胞子が脱落したことを示している。しかし、1.0175 ~ 1.024 の範囲では時間の経過とともに着生数が増加していき、減少することはなかった。

採苗 1 時間後の着生数を図 24 に示した。

着生数に非常に大きなばらつきがみられたが、殻胞子の着生に適した比重は 1.015 以上であった。このばらつきがあるのは、殻胞子を大量に収集すると、殻胞子がお互いの粘液でくっつくためと考えられる。着生した殻胞子の発芽体はいずれの比重においても正常な形態であった。なお、比重 1.015 以上では採苗後 3 時間まで時間の経過に伴っ

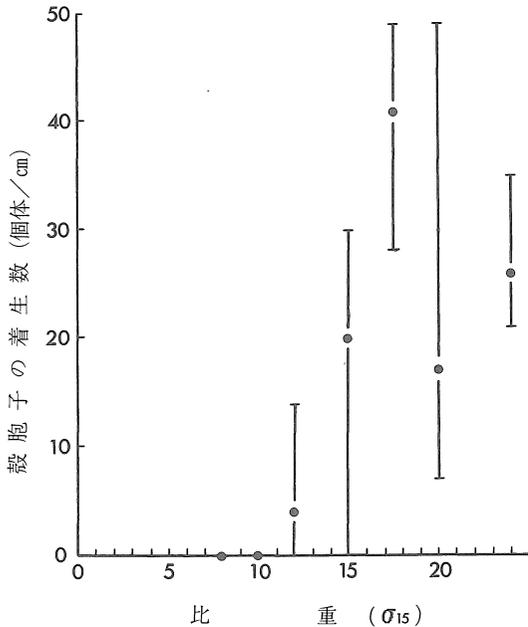


図24 各海水比重の下で採苗開始1時間後の殻胞子の着生数

て着生，発芽体数の増加がみられたが，比重1.012では3時間以後に着生数の急激な減少がみられた。

貝殻系状体からの殻胞子の放出について，本田(1965)は比重1.0159ではほぼ正常に行われるが，1.012では初期に僅かな放出がみられるのみで，その後の放出は阻害されると報告している。安部(1972)はCI 7.8～22.3% (比重1.010～1.030)の範囲では殻胞子の放出に異常はみられないが，CI 7.8%未満とCI 22.4% (比重1.0302)以上では放出が抑制されるとしている。殻胞子の着生については右田(1972)がCI 4.3% (比重1.0052)でみているが，本実験では比重1.012以上で殻胞子の放出・着生は認められ，1.010以下では殻胞子の着生はみられなかった。また，比重1.012～1.015の範囲では3，4時間経過すると，一度着生した胞子が脱落するという現象がみられた。このように殻胞子の放出，着生の下限塩分濃度については報告によって違いがみられるが，これらを総合すると，殻胞子の放出，着生の下限比重は1.012，好適比重は1.016～1.024であると考えられる。なお，ノリ漁期間始の10月1日頃の比重

は1年中で比較的安定した時期であるが，低比重型変動年では日最低比重は1.016以下になることがある。採苗は比重が次第に高くなっていく満ち潮時に行われるので，殻胞子の放出，着生が阻害されることはないが，比重が1.016以下になれば，ノリ芽の着生が少なく，採苗成績が不良になると思われる。したがって，適切な着生数に採苗するためには最干潮線で比重が1.016以上になるような漁場を選定する必要がある。

(2) 淡水によるノリ幼芽の障害

1981年度の幼芽期に集中豪雨があつて，有明海福岡県地先の全漁場で淡水化が起こり，被害がみられた。そのためノリ幼芽が淡水に浸った場合の影響について検討した。

網糸に着生している採苗後7日目の葉長約80μmの幼芽を蒸留水を満たした試験管に入れて培養し，所定の時間ごとに取り出して障害状況を観察した。観察後，網糸を普通海水に戻し，4日後に再度幼芽の障害状況を観察した。なお，幼芽の培養は温度23℃，照度5,000 lx，1日10時間明期の恒温で静置して行った。

ノリ幼芽の蒸留水浸漬時間と健全度は図25のとおりである。

蒸留水処理した直後の観察では，36時間浸漬で障害個体は5%以内で極めて少ないが，42時間後から障害が多くなり，72時間処理では全ての個体が死滅した。また，処理後に正常な補強海水(SWM-Ⅲ)に戻して4日後に観察すると，24時間浸漬までは障害も比較的少なく，幼芽の形態も正常であった。しかし，淡水に30時間以上浸すと障害を起こした幼芽が多くなり，形態も異常になった。この形態異常は淡水へ長時間浸った後遺症と考えられる。

淡水に対するノリ幼芽の耐性については，山内(1973)，尾形・松井(1960)が3日後に全ての幼芽が死滅することをみている。淡水浸漬後に多くの個体が正常な形態を保っているのは24時間浸

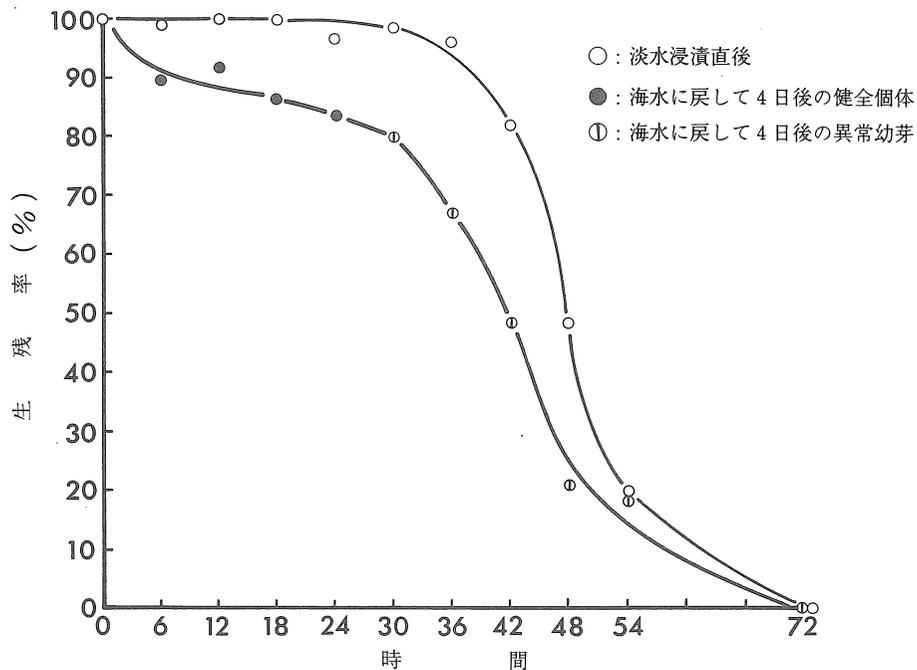


図25 ノリ幼芽の淡水の影響

漬までであるが、ノリ幼芽が淡水中で54時間までは約20%生存でき、淡水に対して強い耐性をもっているといえる。しかし、漁場が低比重になると淡水による生理障害と干出、温度などの他の要因や管理条件などの影響が複合するため、幼芽の脱落現象がみられるものと考えられる。

2. 干 出

干出はノリ養殖における健苗育成、雑藻・病害駆除、品質向上などに関して重要な意義をもっている。富士川(1933)は毎日2時間ノリを露出させることによって収穫がおおくなるとしている。また、ノリを毎日一定時間空中に干出させると生長は少し遅れるが、健全に生育するといわれている。しかし、環境条件によっては干出することによってノリは障害を受けることがある。本研究ではノリを健全に育てるための干出管理法を明らかにするために、干出時間、干出中の温度、湿度、干出前後に浸る海水の比重などの影響について実

験した。

(1) 乾燥時間と幼芽の生育

材料としてはノリ網糸(約10cm)に採苗し、20℃恒温室で1週間通気攪拌法で培養した葉長約90 μ mのナラワスサビノリ幼芽を用いた。実験は幼芽の着生したノリ網を1日1回1, 2, 3および4時間それぞれ室外で乾燥させた後、海水に戻して培養し、これを6日間連続して行った。なお、乾燥中の温度は実験によって異なるが、10~20℃の間にあり、また幼芽の培養はすべて試験管内に静置して、温度20℃、照度5,000 lx、1日10時間明期の恒温室で行った。ノリの乾燥度を示す参考資料とするために、幼芽が着生している網と、していない網を海水浸漬後、幼芽と同様に室外で乾燥させ、30分ごとにそれぞれの網を秤量して乾燥の経時変化を調べた。幼芽に対する影響については、乾燥させた幼芽を海水に戻して約1時間後に顕微鏡観察を行い、全細胞が健全なものを健全個体とし、死細胞、異常細胞、色素体

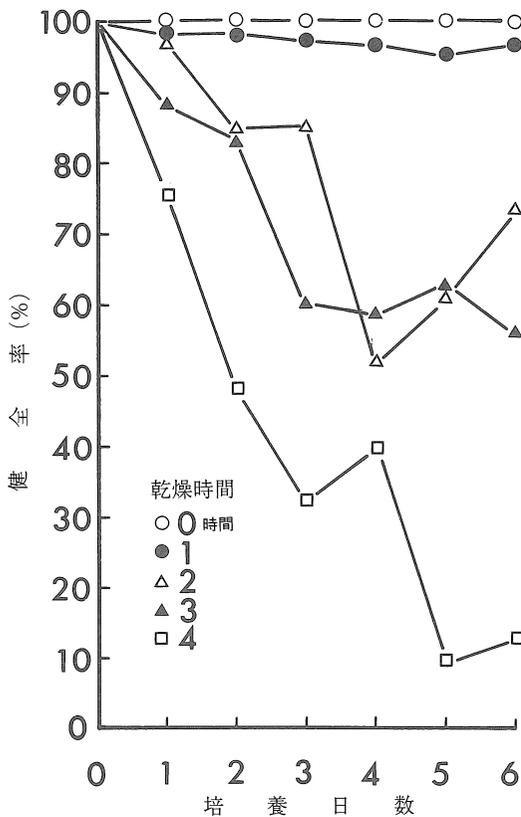


図26 乾燥時間とノリ幼芽の健全率

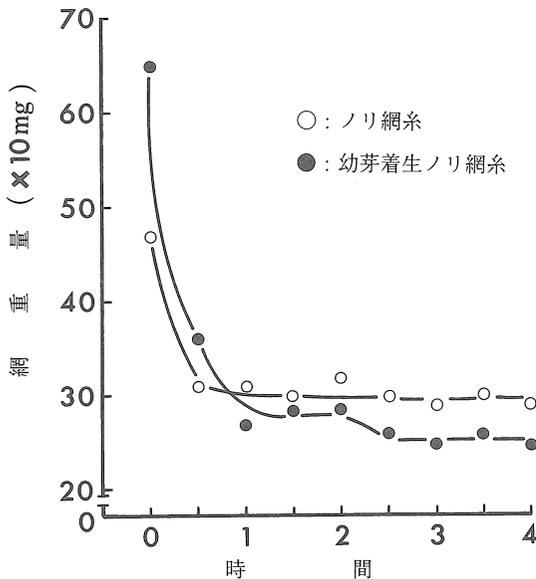


図27 ノリ網の乾燥中の乾燥状況

の崩壊したものを障害個体として計数した。健全個体の割合を健全率として表した。

実験日数の経過に伴う各乾燥時間における幼芽の健全率の変化を図26に示した。また、乾燥中における幼芽の乾燥度は網糸の重量変化からみると(図27)、網糸のみの場合には30分の乾燥で水分がほぼ除去されるが、幼芽の着生した場合には網および幼芽の表面の水分の除去にほぼ1時間を要し、2時間後から幼芽内部の水分の減少が始まり、2.5時間後にはほぼ完全に脱水されるものと考えられる。乾燥によってノリ幼芽が受ける障害は1時間では極めて少なく5%以内にすぎないが、乾燥がより長くなると、また実験日数が経過するとともに健全率の低下が顕著であった。幼芽の健全率と網糸の乾燥状況からみると、幼芽期の室内実験では表面水分が除去される1時間乾燥が適度であって、2時間以上の乾燥は乾燥過多のため健全率が低下するものと思われる。

(2) 乾燥中の温度、湿度と幼芽の生育

干出がノリ幼芽におよぼす影響は乾燥によるほかに干出中の温度および湿度が考えられる。とくに幼芽期の気温は水温に比べて高く、またこの時期のノリ網は30枚重ねて張り込まれているので、干出すると高温によってノリ網から水分が蒸発して網の周囲は高温多湿状態になり、ノリ芽が蒸される状態になることが考えられる。このためノリ幼芽の生育におよぼす高温多湿の影響を検討した。

材料は室内で網糸に採苗したナラワスサビノリの幼芽で、採苗後3, 7, 14日目の葉長約30, 80~90, 300~400 μ mのものを用いた。温度については5~25 $^{\circ}$ Cの間に5 $^{\circ}$ Cごとの5恒温段階を設けた。また乾燥方法は、乾燥度合いを同一にするために乾燥剤として濃硫酸を入れたデシケーター中で行ったもの、大型シャーレー中に海水で湿らした濾紙を置き、その上で行ったものの2通りとした。さらに、乾燥時間としては1, 2, 3, 4時間の4段階を設けた。このような温度、方法、

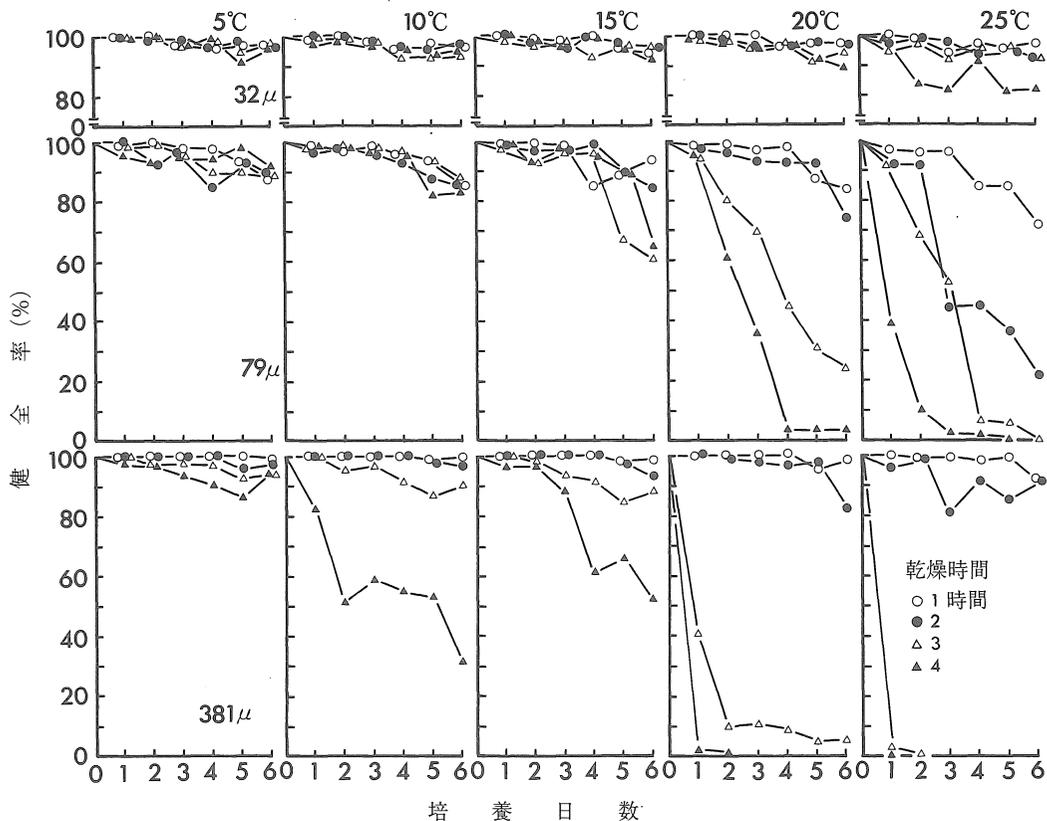


図28 乾燥中の温度のノリ幼芽の生育への影響 (デシケーター中)

時間で毎日1回乾燥させ、これを6日間連続して実施し、全幼芽中の健全幼芽の割合で健全率を表した。また実験開始時と終了時に幼芽の葉長を測定し、生長につて検討した。

デシケーター中に置いて乾燥させた場合の結果を図28、湿した濾紙の上で乾燥させた場合の結果を図29にそれぞれ示した。

デシケーター中で乾燥させた場合、採苗後3日目の葉長約30 μmの幼芽については、25℃の4時間乾燥でやや健全率の低下がみられたが、そのほかの乾燥ではほとんど影響が認められなかった。採苗後7日目の葉長約80 μmの幼芽では5～10℃で高い健全率を示し、15℃では乾燥が3～4時間と長くなると、5～6日目に健全率がやや低下した。さらに20℃区では3～4時間乾燥すると、障害をうける幼芽がさらに多くなった。また

25℃区では1時間乾燥でも6日目には健全率は70%にまで低下した。採苗14日目の葉長約380 μmの幼芽では5℃区で、いずれも健全であったが、10、15℃区では、4時間乾燥で、また20℃区では、3時間乾燥で健全率は著しく低下した。

湿した濾紙の上での乾燥では、採苗後3日目と14日目の幼芽については、4時間乾燥でも6日後まで乾燥の影響はみられなかったが、採苗7日目の葉長約90 μmの幼芽では各温度とも乾燥時間が長くなるにつれて健全率がやや低下した。このようにノリ幼芽の生育におよぼす乾燥の影響は幼芽の大きさ、乾燥時間、乾燥状況によって異なり、25℃では毎日2時間程度の干出でも、幼芽の健全率がかなり低下する場合もあることが観察された。

各試験区におけるノリ幼芽の生長を表11、12

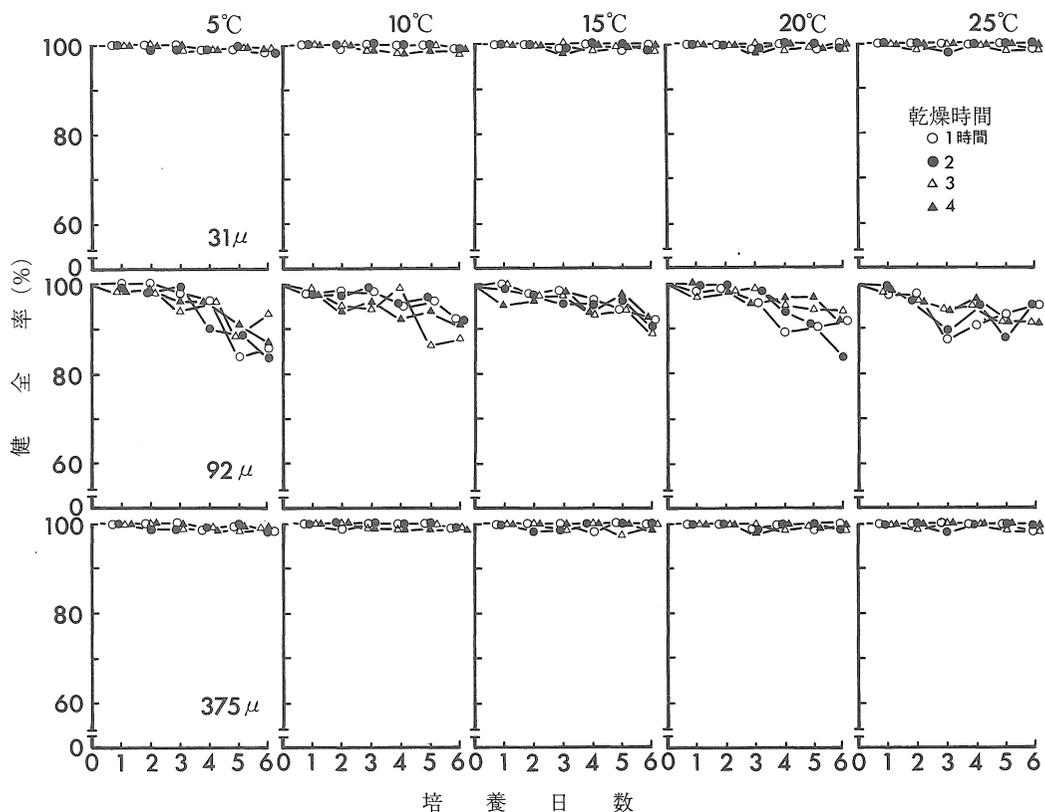


図29 乾燥中の温度のノリ幼芽の生育への影響（湿した濾紙上）

表11 乾燥中の温度がノリ幼芽の生長におよぼす影響（デシケーター内）

幼芽葉長	生長倍率											
	32 μm				79 μm				381 μm			
	乾		燥		時		間		時		間	
温度℃	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5	4.2	3.2	2.9	2.4	2.2	2.3	1.8	1.4	0.8	0.8	0.9	0.8
10	4.4	3.4	2.6	2.3	2.3	2.3	1.7	1.5	0.9	0.9	1.0	0.9
15	4.3	3.6	2.7	2.4	2.3	1.6	1.3	1.6	1.0	1.0	1.0	0.8
20	3.7	3.1	2.5	2.0	2.3	1.7	1.4	1.3	1.0	0.8	0.9	—
25	2.9	2.4	2.2	1.5	2.0	1.5	—	—	1.1	1.0	—	—

— : 幼芽枯死

表12 乾燥中の温度がノリ幼芽の生長におよぼす影響（湿した濾紙上）

幼芽葉長	生長倍率											
	31 μm				92 μm				375 μm			
	乾		燥		時		間		時		間	
温度℃	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
5	3.7	3.3	2.8	2.0	1.5	1.4	1.4	1.3	1.0	1.2	1.2	1.1
10	3.4	3.1	2.4	2.1	1.4	1.5	1.5	1.4	1.1	1.3	1.1	1.1
15	4.2	3.9	3.2	3.7	1.6	1.5	1.7	1.6	1.3	1.2	1.3	1.3
20	3.7	3.6	3.9	3.6	1.7	1.9	2.3	2.6	1.4	1.2	1.2	1.2
25	2.5	2.2	2.2	1.9	1.4	1.2	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0

にそれぞれ示した。

各試験区における6日後の幼芽の生長におよぼす影響をみると、デシケーター中で乾燥させた場合、採苗後3日目および7日目の幼芽では25℃区でやや遅れたが、その他の温度では大きな違いはなかった。また、乾燥時間と生長との関係では、乾燥時間が長くなるほど生長が遅れる傾向がみられた。採苗14日目の幼芽では実験中に単胞子の放出があったために葉長が実験開始時より短くなった。また、湿った濾紙の上での乾燥では、採苗後3日目の幼芽の生長が25℃区、また10℃以下の温度区で長時間乾燥した場合にやや遅れた。それ以外では各葉令の幼芽とも乾燥時の温度による違いはあまりみられなかった。すなわち、ノリ芽がほとんど乾燥しない空中露出では幼芽の生長にほとんど影響しなかった。このように、干出時の温度および乾燥に対して日令3日の幼芽は極めて強い耐乾性をもっているが、日令7日の幼芽は干出中の温度20、25℃の3時間以上の干出で障害を受けやすくなる。また、日令14日の幼芽ではさらに低温での干出で障害を受けるようになることがわかった。

(3) 乾燥前後に浸る海水比重と幼芽の生育

低比重型変動年の育苗期にノリ網を2時間干出させると、幼芽が健全に育つより、逆に幼芽の脱落がみられる。これは低比重と乾燥が重なった場合、幼芽は障害を受けることが考えられる。そこで低比重と干出が重なった場合の幼芽におよぼす影響について検討した。

材料として上述の干出時間と幼芽の生育についての実験と同じナラワスサビノリ幼芽を用いた。実験はノリ幼芽を毎日1回乾燥前に所定の比重海水に1時間浸漬し、1時間室外で乾燥させ、また種々の比重海水に1時間浸漬してのち障害状況を観察し、その後正常な海水で培養するという処理を6日間連続して行った。なお、比重区としては1.000～1.010の範囲について4段階を、1.012～

1.024の範囲について5段階をそれぞれ設けた。幼芽の培養は補強海水SWM-Ⅲ改変液を試験管に入れて20℃の恒温室内で照度5,000 lx、1日10時間明期の条件下で静置して行った。また障害状況については毎日各試験区100個体について顕微鏡観察を行い、死細胞のない健全個体の割合を算出し、6日間の平均値で示した。さらに、幼芽の生長は実験開始時と終了時にそれぞれ30個体の葉長を計測し、その生長倍率を生長度とした。

乾燥前後にノリ幼芽が浸る海水の比重と幼芽の健全度の関係は図30のとおりである。

乾燥前に浸る海水比重が1.015～1.024の範囲で、乾燥後に比重が1.0175～1.024の海水に浸る場合には、幼芽の障害率は10%以下と極めて低かった。しかし乾燥前に浸る海水の比重が1.012になると障害を受ける幼芽が多くなり、とくに乾燥後に比重1.012または比重差が大きい1.024の海水に浸ると障害率は高くなる。乾燥前に浸る海水の比重が1.010以下である場合には障害率が高くなり、しかも乾燥後に淡水に浸ったときには障害率が極めて高くなった。このように乾燥前に浸る海水の比重が1.005～1.010の場合に、すなわち低比重と乾燥条件が複合すると幼芽の障害は極めて多くなった。

このように乾燥前に浸る海水の比重が1.015以上であれば、ノリ幼芽が受ける障害は小さいが、比重1.012では乾燥後に浸る海水の比重によっては幼芽の健全率が低くなり、また1.010以下では健全率が80%以下の極めて低い値になる。これに対して乾燥前に普通海水に浸り、乾燥後に種々の比重の海水に浸ったときの幼芽の健全率は、いずれも高い値を示した。このように乾燥前後に浸る比重がノリ幼芽の健全度におよぼす影響は、乾燥前に浸る海水の比重のほうが極めて大きいことがわかった。

乾燥前後に浸る海水の比重とノリ幼芽の生長との関係を表13に示した。

良好な生長がみられたのは、乾燥前に比重

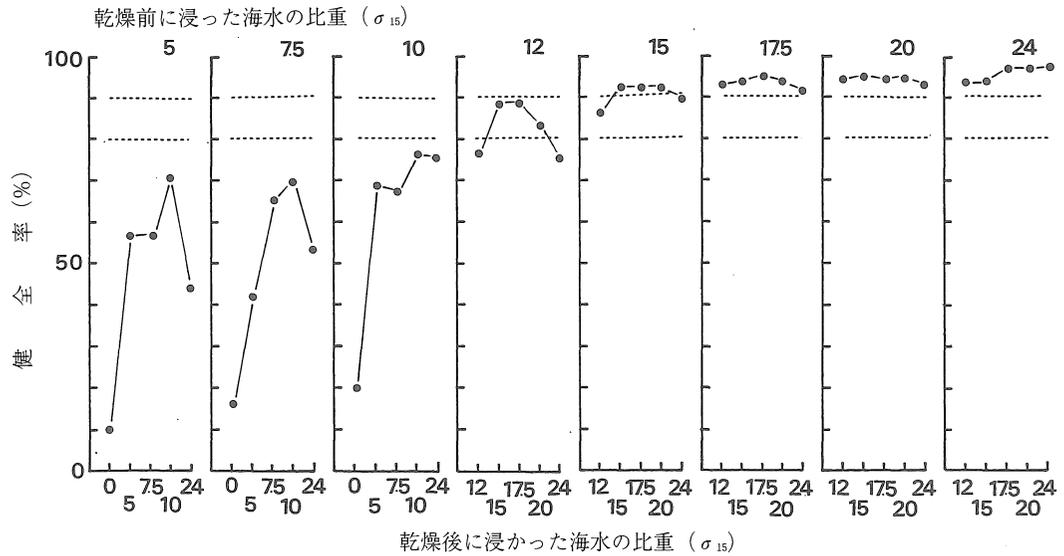


図30 乾燥前後に浸る海水比重と乾燥のノリ幼芽の生育への影響

表13 乾燥前後に浸る海水比重とノリ幼芽の生長

乾燥前に浸る 海水比重	生長度				乾燥前に浸る 海水比重	生長度				
	乾燥後に浸る海水比重					乾燥後に浸る海水比重				
	1.005	1.0075	1.010	1.024	1.012	1.015	1.0175	1.020	1.024	
1.005	1.9	2.2	2.2	1.6	1.012	1.9	1.8	1.9	1.7	1.7
1.0075	1.5	2.0	1.7	1.4	1.015	1.9	1.9	2.2	1.9	1.8
1.010	2.1	1.8	2.1	2.1	1.0175	1.9	2.0	2.1	1.7	2.9
1.024	2.1	2.3	2.2	1.8	1.020	1.8	2.2	2.8	2.5	1.9
— : 死滅					1.024	2.3	2.0	2.1	3.0	2.1

1.0175以上の海水に浸り、乾燥後も1.0175以上の海水に浸った場合であった。しかし乾燥前に比重1.010以下の海水に浸り、乾燥後に1.005以下または1.024の海水に浸ると、生長が劣る場合がみられた。このように乾燥前に浸る海水の比重が低い場合や乾燥前に低比重海水に浸り、乾燥後に普通海(比重1.024)に浸ると、生長が劣ることが認められた。

ノリの生育における干出の意義については不明な点も少なくないが、一つは干出に伴う浸透圧変化の影響でノリを強くし、さらにノリの耐乾性を利用して他の有害競争生物を除去することによる生産量増加と品質向上にあるといわれている(松本, 1959)。しかし、低比重の時の干出は健苗育

成の点で好結果を得ていない。本実験で、ノリ幼芽が低比重海水に浸ってから乾燥すると、低比重海水に浸る時間が1時間でも多くの幼芽が障害を受けることから、低比重と乾燥が重なることによってノリ幼芽を弱めることが明らかになった。また、低比重の程度が大きい場合には、低比重と乾燥との影響が幼芽の枯死となってあらわれるものと考えられる。ノリ養殖における低比重対策はノリ網の干出時間の調節である。従来幼芽期における適正干出時間は毎日2時間程度であるといわれている(金子, 1925)。しかし、現在ノリ網が、ヤシ網やスグレびびなどのような保水性のあるものから室内に吊るしておく、短時間で乾燥する保水性のないクレモナやサランのような合成繊維

を材料とした網に変わっている。したがって、幼芽期に毎日2時間干出させると、気温の高い日や風の強い日には乾燥過多になり、「乾燥いたみ」でかえって幼芽を弱める傾向にある。その対策としては、比重の値によって干出時間を調節することが重要である。低比重と乾燥が重なったときの障害は主に乾燥前に浸る海水の比重によって起こる。海水の比重と障害との関係から漁場における干出時間を割り出すと、干出前の比重が1.016以上の場合には幼芽はほとんど障害を受けないので、干出時間を1.5時間とすることができる。また干出前の海水比重が1.012～1.016の範囲では1時間干出、1.012未満では30～40分干出することが効果的である。

ノリ幼芽の生長におよぼす低比重と乾燥の影響については、幼芽に障害を与えない比重の範囲では良好に生長するが、幼芽に障害がみられる比重では生長も阻害される(表13)。そのうち実際にノリ漁場で起こり得る好生長の事例は、干出前の比重1.020と干出後の1.0175または1.020のみである。すなわち、普通海水よりやや低い比重が効果的であり、また干出前後に浸る海水比重の差が小さいことも重要である。したがって、有明海福岡県地先においてノリ幼芽の生長に好適な比重の日変化は、高比重型変動(大潮期 1.024台、小潮期 1.023台)をしている時である。すなわち、海水が高比重型変動をしていると、ノリ幼芽にも障害がなく、生長にも効果的である。

(4) 乾燥前後に浸る海水比重と成葉の生育

ノリも成葉になると、低比重および干出に対する抵抗性が強くなる。しかし、低比重の下では幼芽の場合と同様ノリは脆弱になって障害を起こし、生産量の減少、品質の低下がみられる。ここでは低比重と干出との複合作用が成葉の生育におよぼす影響について検討した。

材料としては、葉長3～5cmに生長したナラワサビノリが着生している網糸を約10cmに切っ

て採集し、 -20°C で冷凍保存していたものを適宜取り出して用いた。

実験の手順は幼芽についてと同様にし、成葉の健全度を短時間に定量的に測定できる光合成速度で判定した。光合成速度は乾燥後に種々の海水比重に1時間浸した後に測定した。光合成速度の測定にはワールブルグ検圧計を用い、湿重量で約200mgの葉体を20ml容の反応容器に、 NaHCO_3 を15mMになるように添加した滅菌海水を5ml入れて、温度 20°C 、照度5,000lxの下で測定した。この光合成速度はみかけ上のものでノリ乾燥重量1mgあたりの酸素放出量をもとめ、干出前後に海水比重1.024に浸る試験区を基準とした相対値で示した。

各試験区における光合成活性度の6日間平均値と乾燥後に浸る海水比重との関係を図31、32に

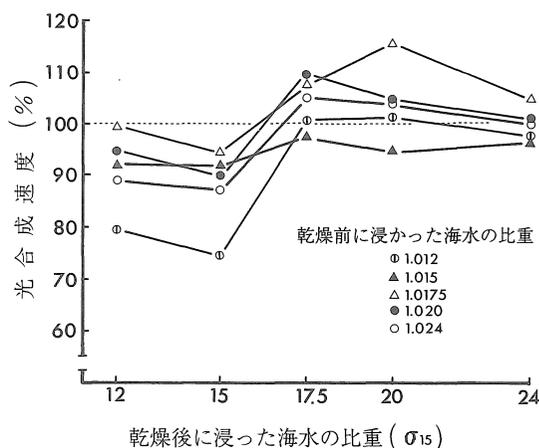


図31 成葉期のノリ葉体の低比重の下での乾燥の影響

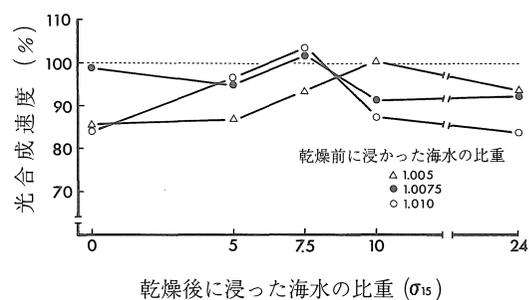


図32 成葉期のノリ葉体の低比重の下での乾燥の影響

示した。

これからわかるように、乾燥後に浸る海水比重の明瞭な影響が認められる。すなわち、乾燥後に比重 1.015 以下の海水に浸ると、光合成活性がやや劣り、比重 1.0175 以上の海水に浸ると、活発な光合成を行う傾向がみられる。なお、乾燥前に淡水に浸った場合には、どの海水に浸っても全て死滅した。このようにノリ成葉では、乾燥前に浸る海水の比重よりも乾燥後に浸る海水により大きな影響を受けることが推察された。

ノリ成葉期における塩分濃度の変化と干出の関係で、喜田ら (1970) はノリの生長は干出時に低塩分で、浸水時高塩分のときによく、逆に干出時高塩分で浸水時に低塩分である場合に劣る傾向がみられると述べている。またノリの生長、色沢の悪くなるのはノリが浸っているときの最低塩分が Cl 5.0% (比重 1.006) 付近の濃度であろうと推定している。本実験においても、成葉期では幼芽期とは逆に干出前に浸る海水よりも干出後に浸る海水の比重に大きく影響され、干出後に浸る海水の比重が 1.015 以下ではノリの光合成速度が劣る傾向がみられた。ノリは低比重および干出に対して強い抵抗性をもっているが、これらの要因が複合すると、障害をうけやすくなる。尾形・松井 (1967) は、塩分の低い場所におけるノリ網の張り込み水位はせまく好適な生育帯に合致させないと生長が止まったり、すぐくさったりして極めて危険であるが、外海性のところでは、生長がやや劣るが、張り込み水位の許容範囲が広く危険度も少ないと述べている。このことから、干出管理としては低比重条件の下での対策が重要である。また、ノリの発育段階によって低比重と干出の影響が異なるので、幼芽期と成葉期に分けて対応する必要がある。

3. 干出が葉体に付着、寄生する微生物に与える効果

(1) 干出による葉体付着細菌の駆除

干出の必要性の一つは葉体に付着、寄生している有害な微生物を干出によって除去することである。とくに、あかぐされ病の防除には顕著な効果がみられる。ここでは、スミノリの原因菌である *Flvobacterium* sp. を含めた付着細菌について、干出による殺菌効果を検討した。

付着細菌と乾燥との関係についてはスミノリが発生している漁場からノリ網の一節 (約 10 cm) ほどを切りとって直ちに持ち帰り材料とした。実験は、この網糸を室外に吊り下げて 8 時間乾燥 (干出) させ、1 時間ごとに網糸から少量のノリを採取して滅菌海水に戻し、濾紙で水分を吸収した後に 1 g 秤量し、葉体を乳鉢で磨砕し、ZoBell 2166 培地を用いて常法にしたがって付着細菌数を平板混和法で計数した。なお、ノリの取り扱いは外部から細菌の混入を避けるために無菌操作に準じて行った。

ノリ葉体には通常湿重量 1 g あたり $10^6 \sim 10^7$ 個の細菌が付着している。ノリの着生した網糸を室外に吊りさげると、3~4 時間でノリ葉体群は乾燥したが、ノリに付着している細菌は 8 時間以内の乾燥では殺菌効果は認められなかった。このようにノリに付着している細菌は極めて強い耐乾性をもっていて、乾燥によってノリ葉体に付着している細菌の駆除はできないことが明らかになった。

(2) 乾燥による壺状菌病の駆除

育苗期に発生するとノリの生産に大被害をおよぼし、また収穫期に発生すると、品質を低下させる壺状菌の遊走子および菌体の乾燥による駆除について検討した。

遊走子については壺状菌病に罹病した葉体を磨砕し、滅菌海水で稀釈して遊走子液をつくった。つぎにこの液に健全なノリ葉体を浸漬し、20 分後に取り上げて、室外に吊り下げて乾燥させた。接種用のノリは室内で採苗、培養して葉長 4.5~6.0 cm に生長したものをを用いた。なお、乾燥時間は 30 分、1、2、3、5、6 時間とした。葉

体の乾燥程度は天候状態によって異なるが、1～4時間ではほぼ乾燥した。

つぎに菌体については、壺状菌がほぼ同数寄生しているノリ葉体を2, 4, 6, 8時間乾燥させた後、滅菌海水に戻し健全なノリ葉体を入れて、それに寄生した壺状菌を生存菌体数とした。また、壺状菌がほぼ同数寄生しているノリ葉体を濾紙で水分を吸収した後、直ちに温度10, 15, 20℃の恒温室中に設置したデシケーター（乾燥剤として硫酸を用いたもの）の中に入れた。所定の時間経過後にノリ葉体を滅菌海水に戻し、この海水に健全な葉体を入れて、健全葉体に寄生した壺状菌数を生存菌体数とした。

壺状菌遊走子の乾燥による駆除結果を表14に、壺状菌の寄生したノリ葉体の乾燥による壺状菌の駆除効果を表15に、乾燥時間と乾燥中の温度とが菌体におよぼす影響を表16にそれぞれ示した。

遊走子を接種したノリ葉体を直ちに乾燥させて乾燥による遊走子の殺菌効果では、乾燥時間0～1時間、2～3時間、4時間、5時間、6時間の順で壺状菌の寄生数は少なくなることがみられた。とくに5～6時間乾燥では壺状菌の寄生数は顕著に少なくなった。しかし、それでもまだ生き残る遊走子もみられたので、遊走子は相当な耐乾性もっているものと思われる。

壺状菌寄生細胞数は、培養4日目まで乾燥時間が長いほど少なくなることがみられた。とくに6, 8時間乾燥では壺状菌の寄生数は顕著に少なくなった。ノリ葉体群の乾燥程度は天候状況によるが、ノリ葉体群は1～4時間で乾燥する。6, 8時間乾燥では多数の菌体が殺菌されるが、まだ生き残る菌体もみられた。菌体も相当な耐乾性もっていることが認められた。

乾燥中の温度が15～20℃では菌体の生存は24時間であったが、10℃では菌体の生存時間は48～72時間の間で死滅する。乾燥中の温度が低いほど壺状菌の菌体の生存時間は長くなる傾向がみられた。

表14 壺状菌の遊走子の乾燥による駆除

乾燥時間 (時間)	培 養 日 数					
	1	2	3	4	5	6
0	0	8.3	11.9	63.4	161.4	189.7
0.5	0	2.3	26.0	132.6	166.2	216.2
1	0	1.4	1.4	22.6	36.7	263.0
2	0	+	+	8.4	24.4	25.5
3	0	+	+	7.5	13.9	15.3
4	0	+	+	+	1.3	7.9
5	0	0	0	+	+	+
6	0	0	0	0	0	+

300倍1視野中の菌体寄生細胞数、+：寄生は探して1細胞

表15 乾燥による壺状菌の駆除効果

乾燥時間 (時間)	培 養 日 数					
	1	2	3	4	5	6
0	0	3.2	25.2	53.2	55.3	
2	0	16.6	90.3	157.4	89.4	118.4
4	0	3.7	38.9	85.6	79.7	121.4
6	0	0	1.9	12.2	45.8	51.3
8	0	0.9	2.3	10.3	59.6	110.2

300倍1視野中の菌体寄生細胞数

表16 乾燥中の温度と壺状菌の駆除効果

乾燥中の 温度℃	乾 燥 時 間 (時間)		
	24	48	72
10	+	+	-
15	+	-	-
20	+	-	-

+：生、-：死

このようにノリ葉体の付着細菌については乾燥時間を長くしても、駆除効果が少なく、干出によって付着細菌を防除することはできないと考えられる。また、壺状菌病の遊走子の耐乾性は弱いノリ葉体が乾燥するまでに遊走子は細胞に寄生してしまうし、菌体にも耐乾性があるので、壺状菌についても干出によってこれを完全に防除することはできない。したがって、現在までのところ微生物による病気のうち干出によって防除できるのは、あかぐされ病だけで、その他の病害を干出によって防除することは困難である。

Ⅵ. 有明海福岡県地先の環境に適した品種

福岡県においては1967年に発生したしろぐされ症対策の一環として生長の速いノリの選抜育種が行われるようになった。そのためにノリ産地の各地から種採りのための母藻が導入されるようになった。1969年には千葉県奈良輪地先から母藻を導入した。その外に愛媛県西条市禎瑞地先、熊本県八代市地先で養殖されていたノリを、また徳島県鳴門市地先から野生種を母藻として導入した。さらに徳島県鳴門市地先のノリからは糸状体期に緑色の色調を呈する色素変異体が選抜されて養殖に用いられている。これらの養殖品種の特性を把握し、有明海福岡県地先の各海域の海況特性に適合した品種を選出し、ノリ生産を安定させることについて検討した。

1. 各養殖ノリの殻胞子の大きさ

殻胞子の形には大小がみられ、それが殻胞子の放出が始まってからの日数によって異なること、さらに殻胞子の大きさが発芽後の藻体の生長に関係があると考えられている。また、採苗の前に胞子嚢の成熟を促進させる場合に低温処理を行うが、その際低温が殻胞子の形へ影響することも考えられている。殻胞子の放出開始からの日数と大きさとの関係、低温処理と大きさとの関係、さらに発芽後の生長についても検討した。

試験に用いたノリ品種を表17に示した。

殻胞子の放出は海水を満たしたガラス管瓶（高

さ約9 cm、直径約3 cm）の底にガラス板を敷き、それに4～6 cm²角に切った貝殻糸状体を1個ずつ吊るして、温度15、20℃、照度800 lx。明期10時間の恒温室中で行った。光照射開始後10分ごとに新しい管瓶に順次移していった。なお、カキ殻を移す際にはカキ殻の表面にまだ付着している殻胞子を離脱させるために管瓶の中でよくゆすってから移した。殻胞子の放出数はガラス板に沈着した殻胞子を顕微鏡下で計数し、カキ殻1 cm²あたりの放出数に換算して示した。また、アサクサノリおよびナラワスサビノリについては毎日放出された殻胞子の30個体の直径を測定した。

アサクサノリ、ナラワスサビノリの殻胞子の大きさの違いと経日変化を図33、34に示した。

アサクサノリ、ナラワスサビノリとも直径10.0～11.5 μm未満の小型群、10.0～11.5 μm、の普通群、11.6～13.5 μmの大型群、13.6～15.5 μmの極大型群の4型に分けられた。アサクサノリとナラワスサビノリとて殻胞子の大きさに差異は認められなかった。また、殻胞子の放出が終期になると、極大型の殻胞子はみられなくなった。胞子嚢の成熟を促進させる温度によって殻胞子の大きさに差異は認められなかった。

また、殻胞子の放出開始から終期までの放出日の違いおよび殻胞子の大きさの違いによって発芽してからの生長には多少のバラツキはみられたが、顕著な差は認められなかった。

表17 試験に用いたノリ品種

原 産 地	ノ リ 品 種 名
千葉県奈良輪地先	ナラワスサビノリ (<i>Porphyra yezoensis</i> f. <i>narawaensis</i>)
愛媛県西条市禎瑞地先	オオバアサクサノリ (<i>Porphyra tenera</i> var. <i>tamatsuensis</i>)
熊本県八代市地先	佐敷産アサクサノリ (<i>Porphyra tenera</i>)
徳島県鳴門市地先	徳島産アサクサノリ (<i>Porphyra tenera</i>)
徳島県鳴門市地先	徳島産アサクサノリの糸状体期の色素変異体 (<i>Porphyra tenera</i>)

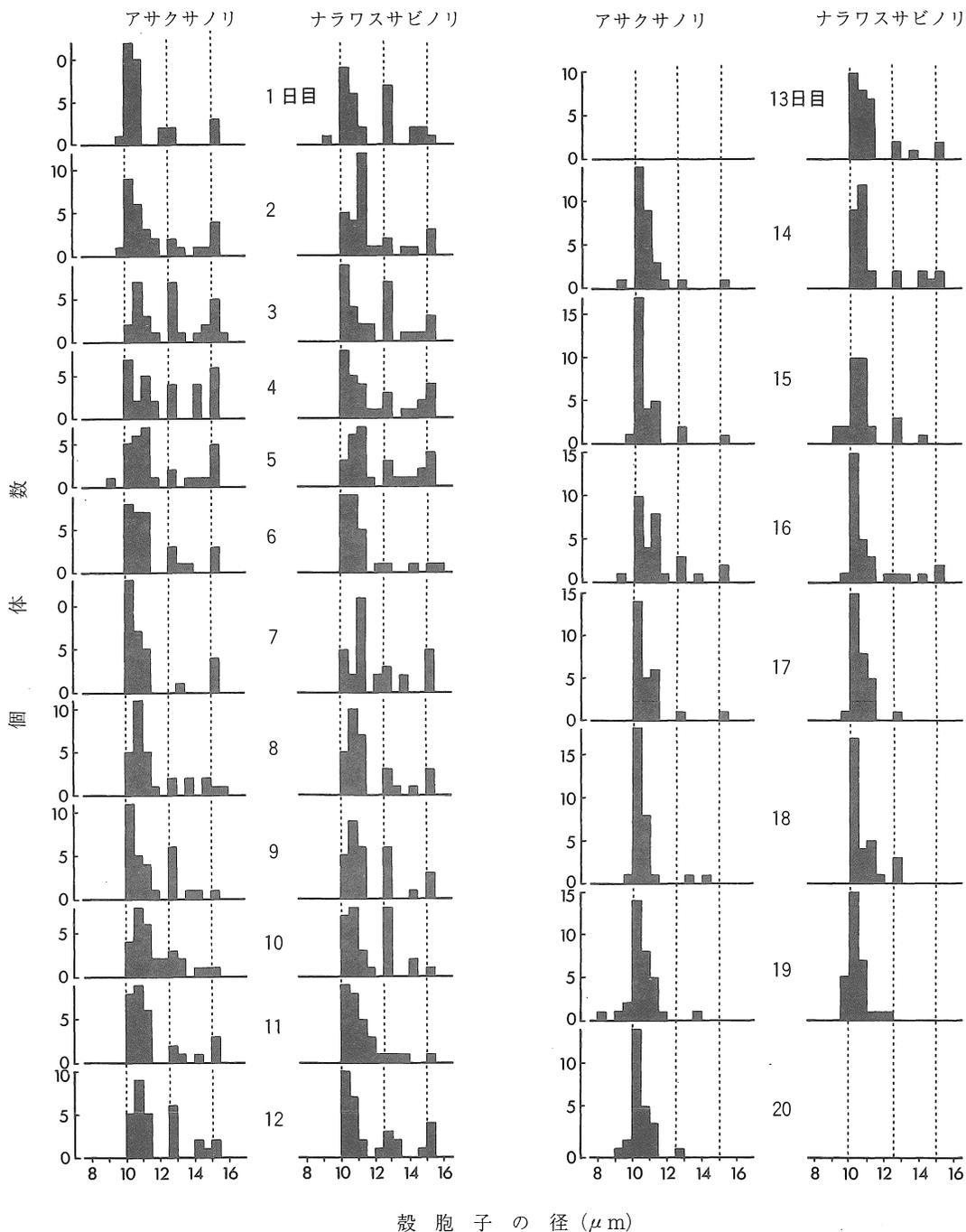


図33 各品種の殻胞子の大きさの経日変化 (15°C)

2. 各養殖ノリ品種の殻胞子の放出特性

殻胞子の放出の日周期は品種によって異なるこ

とが、実際の採苗において知られている。採苗を合理的に行うために、代表的な品種の殻胞子の放出特性について検討した。

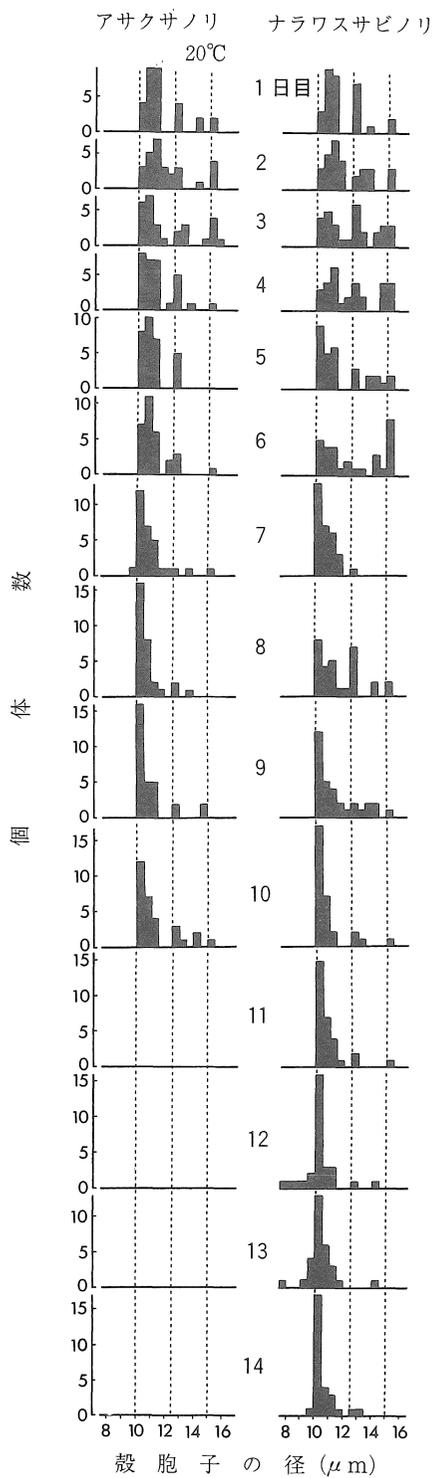


図34 各品種の殻胞子の大きさの経日変化 (20°C)

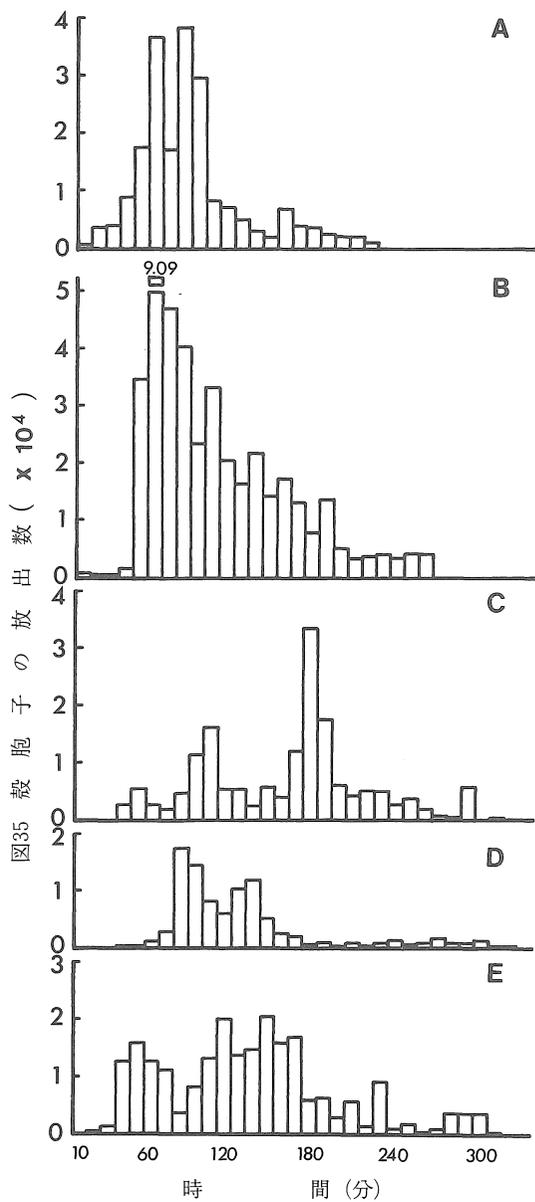


図35 各養殖品種の殻胞子の放出の経時変化

A, ナラワスサビノリ B, アサクサノリ C, オオバアサクサノリ
D, 徳島産オオバアサクサノリ E, 色素変異体

各養殖ノリ品種の殻胞子の放出の経時変化を図35に示した。

ナラワスサビノリでは光があたり始めた直後から殻胞子の放出が始まり、時間の経過にしたがって放出数は増加し、60分から90分にかけて放出

数は山になり 100 分以後は急速に減少していった。殻胞子の放出が始まってから終息するまで放出の日周期に著しい違いは認められなかった。しかし殻胞子の放出最盛期では放出の山は光があたり始めて 50 分から 120 分まで 70 分間も長時間続いた。

アサクサノリでは光があたってから 40 分間は極少数の殻胞子が放出された。40 分後から放出数は急速に増加し、60 分後に最高になった。その後放出数は次第に減少し、90 分から 260 分後までは極めて少数で推移した。殻胞子の放出の最盛期には 1 日における殻胞子の放出の山は光があたってから 50 分後にあらわれるが、殻胞子の放出の最盛期以前では放出の山は光があたって 60 分から 100 分にかけてあらわれた。

オオバアサクサノリでは光があたり始めてから 30 分後から殻胞子の放出が始まり 100 分から 110 分後に放出数の山になり、その後減少し、170 分から 190 分に再び山になり、その後減少していき極く少数の放出が 310 分まで続いた。オオバアサクサノリの殻胞子の放出には 1 日に二つの山が認められた。放出の最盛期と減退期とで日周期の放出の時間帯に違いが認められた。殻胞子の放出の最盛期には放出の山が三つみられるが、減退期には一つしかみられなかった。

徳島産オオバアサクサノリでは光があたり始めて 30 分後から殻胞子の放出が始まり 90 分後と 140 分後とに二つの放出数の山がみられた。140 分後から放出数は急速に減少し、極く少数の放出が 170 分後から 320 分まで続いた。徳島産オオバアサクサノリでも殻胞子の放出に二つの山が認められた。また、徳島産オオバアサクサノリでは殻胞子の放出日周期は放出開始から終期まで二つの山がみられた。

色素変異体では光があたって 10 分後から殻胞子の放出が始まり、50 分後に一つの放出の山がみられ、120 分から 150 分にかけてもう一つの山がみられた。色素変異体の殻胞子の放出日周期は放出開始から終期まで二つの山がみられ、徳島産

オオバアサクサノリの殻胞子の放出傾向とほぼ一致している。このようにいずれの品種とも殻胞子の放出に日周期特性があることが認められた。

各ノリ養殖品種における照明後の殻胞子の放出数が山になる時間を表 18 に示した。

表 18 ノリ養殖品種における照明後の殻胞子放出数の山になる時間

品 種	殻胞子の放出数が最大になる時間 (分)	
ナラワスサビノリ	60 ~ 90	
ア サ ク サ ノ リ	60	
オオバアサクサノリ	100	170 ~ 190
徳島産アサクサノリ	90	140
色 素 変 異 体	50	120 ~ 150

殻胞子の大きな放出の主な山は、ナラワスサビノリ、アサクサノリ、徳島産オオバアサクサノリ、色素変異体、オオバアサクサノリの順に早くあらわれた。また殻胞子の放出はナラワスサビノリとアサクサノリで早く、光があたり始めると、直ちに殻胞子の放出が始まった。オオバアサクサノリ、徳島産オオバアサクサノリ、色素変異体は光があたって直ちに殻胞子を放出する場合もみられたが、一般には 20 分から 50 分で放出が始まった。

アマノリ類の殻胞子の大きさについて須藤 (1954) は数品種のアサクサノリとコスジノリの殻胞子を室内で放出させたものとノリ漁場の海水中のものを調べ殻胞子の大きさは 8 ~ 13 μm の範囲にあり、平均直径 10.7 μm とした。また品種による殻胞子の大きさに違いはみられないとしている。山崎 (1954) はアサクサノリの殻胞子の大きさは 8.7 ~ 13.7 μm で 10.0 ~ 11.5 μm のものが非常に多く、平均 10.7 μm であったとしている。本実験では殻胞子の大きさは 7.5 ~ 15.5 μm と両者に比べ小さい側ではより小さく、大きい側ではより大きいものが出現したが、最も多く出現したものは 10.0 ~ 11.5 μm で両者の観察と一致した。品種によって殻胞子の大きさに違い

は認められなかったが、放出が始まってからの日数によって幾分異なり、放出の終期には極大型群の殻胞子はみられなくなった。

実際の採苗に殻胞子の放出が開始してからの日数の違いによる殻胞子を着生させた場合の生長について観察したが、本実験では放出開始から終期までの放出日の異なる殻胞子の発芽後の生長に差は認められなかった。殻胞子の大きさや放出開始からの放出日の違いで生長に差がみられることが考えられるが、これは殻胞子放出が始まってからの放出日の違いや殻胞子の大きさによるものでなく、多くの場合殻胞子の着生数の差によるものと考えられる。すなわち、放出初期には殻胞子の放出数はあまり多くないので、放出された殻胞子の多くが着生しても、ノリ網への着生数は適正となって生長は良好となる。放出盛期には着生数は過多となりがちとなり、生長は劣ることになる。放出終期には着生数は過少となって収穫はおくれることになるためと考えられる。

本田（1962）はアサクサノリの殻胞子の放出は明るくなった直後に山があるとし、安部（1972）もアサクサノリでは光の刺激があれば、直ちに殻胞子は放出され最初の1時間以内に集中するとしている。しかし、杉山ら（1972）はオオバアサクサノリでは採苗の際に従来の養殖品種に比べ3時間遅れ、これは品種特性であると報告している。藤田ら（1976）はナラワササビノリ、玄海ササビノリ、オオバアサクサノリの殻胞子の放出日周期はササビノリ系では光刺激をうけてから30～50分で最高の放出量を示すが、オオバアサクサノリでは70～90分に放出の山があらわれとしている。本実験ではオオバアサクサノリの殻胞子の放出の日周期は放出開始からの日数によって異なり、放出盛期以前では光があたってから100～110分と170～190分の二つの放出の山があらわれた。放出盛期では光があたってから60～70分と150分と210分に山になり、三つの山があらわれた。減退期には光があたってから130～160分または

180分を中心にした一つの放出の山がみられた。オオバアサクサノリおよび色素変異体の殻胞子の放出日周期も放出時期によって異なる。杉山ら（1972）や藤田ら（1976）のオオバアサクサノリの殻胞子の放出日周期と本実験の結果とで多少異なるのは、実験に用いた糸状体の殻胞子の放出時期に違いがあったためと考えられる。杉山ら（1972）はオオバアサクサノリのタンク採苗の際に午前6時から採苗を始め午前7～8時に一つの山を、9～11時にもう一つの山をみている。殻胞子が放出されてから着生までの時間を考慮すれば、放出盛期の放出日周期と一致する。室内での採苗実験では、採苗開始後30分間に大きな着生の山がみられ、その後着生数は当初の1/4程度に減少するものの12時頃まではほぼ同程度の着生数がみとめられたとしている。採苗直後に多数着生する原因を糸状体貝殻の培養前歴、採苗時の取り扱いの差によるものでないかと推論している。光のあたった直後の一時的な殻胞子の多数放出は前日に放出すべき殻胞子の残留したものが放出されたと考えるのが妥当であろう。殻胞子の放出の日周期ではアサクサノリとナラワササビノリは類似している。オオバアサクサノリ、徳島産オオバアサクサノリおよび色素変異体とは類似している。

採苗に際しては各品種の殻胞子の放出特性を考慮してオオバアサクサノリ、徳島産オオバアサクサノリおよび色素変異体については殻胞子の放出開始からの日数によって放出日周期が異なるため放出が始まってからの日数、すなわち放出初期、盛期および終期かの確認が必要である。

3. 着生殻胞子および発芽体の耐乾性

ノリを健全に育てるためにはノリ葉体に適正に干出させることが重要である。しかし、ノリの発芽体は乾燥に弱く、干出時間が長すぎると乾燥過多になり発芽体は枯死することがある。また品種

によって耐乾性に違いがあることが考えられるので各品種の発芽体の耐乾性について検討した。

材料には各ノリ養殖品種を室内で通気攪拌法で網糸に採苗した着生胞子および発芽体を用いた。

採苗後直ちに網糸を試験管に一本づつ入れて恒温室内に静置して培養し、所定の時間後に室外で所定の時間乾燥させた後、再び海水に戻し24時間後に着生数を計数した。

乾燥中の気温は20.1～24.4℃であった。なお、培養は温度23℃、照度5,000 lx 10時間明期の恒温室内で静置で行った。

幼芽の耐乾性については、室内で採苗し7日後の葉長70～140 μmに生長した幼芽を用いた。

乾燥は室外に網糸を吊るして行い、所定の時間後に海水に戻し健全な幼芽と障害芽とを計数した。

各品種の耐乾性について表19～21に示した。

各品種とも採苗後海水に浸した時間が長くなるにしたがって長時間の乾燥にも耐える傾向にあった。また採苗直後の殻胞子および発芽体の耐乾性は極めて弱く、アサクサノリでは2～4時間の乾燥に耐えるようになるには採苗後2時間の海水浸漬が、6時間の乾燥に耐えるには6時間の海水浸漬が必要である。オオバアサクサノリでは2時間の乾燥に耐えるには2時間の海水浸漬が、4時間

表19 採苗後の海水浸漬時間と耐乾時間
(アサクサノリ) 網糸1 cmあたりの幼芽数

浸漬時間	乾 燥 時 間						
	0	2	4	6	12	18	24
0	15	0	0	0	0		
2		9*	7	0	0	0	
4		11	18*	0	0	0	0
6		16	7	11*	1	1	0
12		4	11	12	1	0	1
18		20	21	2	1	2	0
24		1	1	0	1	2	0
36		9	2	10	3	2	6
48		2	2	3	3	2	1

*: 耐乾時間

表20 採苗後の海水浸漬時間と耐乾時間
(オオバアサクサノリ) 網糸1 cmあたりの幼芽数

浸漬時間	乾 燥 時 間						
	0	2	4	6	12	18	24
0	31.2	2.0	0.9	0			
2		17.7*	6.8	3.1	0	0	
4		12.5	11.3*	7.1	1.5	0	0
6		7.9	7.0	15.5*	1.0	8.4	0
12		30.6	7.5	18.4*	8.6	10.5	6.0
18		12.9	17.8	30.4	18.9*	3.3	7.0
24		58.4	31.4	15.6	34.1	11.4*	6.2
36		33.8	19.1	36.4	10.3	17.4	6.9
48		33.8	31.0	38.0	29.2	25.0	9.0

*: 耐乾時間

表21 採苗後の海水浸漬時間と耐乾時間
(ナラワスサビノリ) 網糸1 cmあたりの幼芽数

浸漬時間	乾 燥 時 間						
	0	2	4	6	12	18	24
0	40.4	9.1	0.7	0	0		
2		16.1*	0.8	0.6	0.8	0	
4		17.5*	22.2	17.7	18.2	11.1	0.5
6		32.4	29.4	7.5	26.4*	2.8	0.4
12		18.1	32.3	35.1	26.3*	2.1	4.2
18		35.5	33.0	23.3	11.3	29.0*	1.9
24		31.5	10.1	12.5	15.0	3.2	3.3
36		29.7	21.7	15.9	17.4	21.0	2.6
48		34.2	17.4	15.4	23.1	28.5	8.9

*: 耐乾時間

の乾燥に耐えるには4時間の海水浸漬が、6時間の乾燥に耐えるには6時間の海水浸漬が必要である。ナラワスサビノリでは2時間の乾燥に耐えるには2時間の海水浸漬が必要であるが、4時間から12時間の乾燥に耐えるためには4時間の海水浸漬でよい。着生した殻胞子および発芽体の海水浸漬時間と耐乾性は2～4時間乾燥では各品種で大きな差は認められなかった。しかし、6時間以上の乾燥に対する耐乾性と海水浸漬時間との関係から耐乾性はナラワスサビノリ、アサクサノリ、オオバアサクサノリの順に強いといえる。

各品種の幼芽の耐乾性を図36に示した。

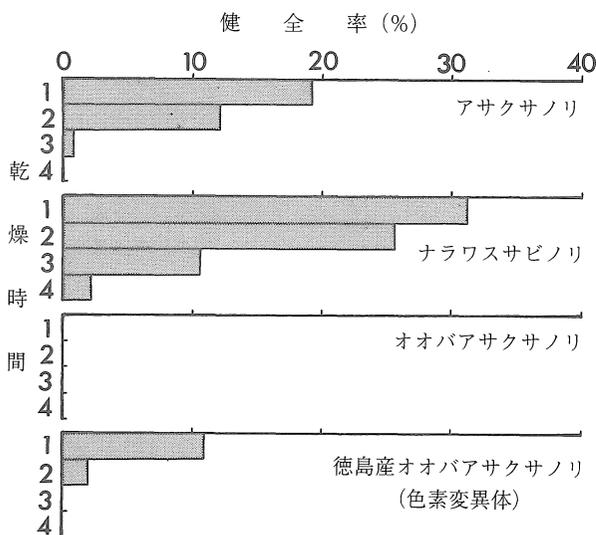


図36 各品種の幼芽の耐乾性

幼芽の耐乾性の実験では乾燥時に天候がよく風が強かったために網糸は急速に乾燥し、乾燥過多の状態になった。幼芽期の各品種の耐乾性はアサクサノリ、ナラワスサビノリ、色素変異体の順に健全な幼芽の生存が認められた。オオバアサクサノリは1時間乾燥で全ての個体が枯死した。

アサクサノリの着生殻胞子、発芽体の耐乾性について、本田(1962)はタンク採苗の幼芽は採苗後6~24時間程度の海水浸漬を与えた後に移植あるいは張り込みを行うよう考慮すべきであろうと述べている。従来ノリ幼芽の適正な干出時間は2時間とされている(富士川, 1933)。したがって、各品種とも採苗後2時間経過してから、すなわち殻胞子の放出の山になる時間から2時間経過後に干出するような潮汐を選んで採苗期日を決める必要がある。

品種によって耐乾性が異なるため育苗期の干出は品種によって干出時間を調節することが重要である。特に耐乾性の弱い色素変異体およびオオバアサクサノリでは低張りをして干出時間を短くして乾燥程度を低くする必要がある。

4. 水温、比重が養殖ノリ品種の幼芽の生育におよぼす影響

単一の環境要因とノリ幼芽の生育との関係についての研究は多いが、複合しての影響については少ない。ノリの生育に最も影響する水温、比重が複合した場合の幼芽への影響について検討した。なお、ナラワスサビノリについてはVで比重の影響を検討したが、ここでは各品種の比較のために再録する。

各品種を網糸に採苗した直後の着生殻胞子、発芽体を用いた。

温度15、20℃の下で比重1.012、1.015、1.0175、1.020および1.023の海水で培養し、24時間後から幼芽を毎日観察する実験を10日間行い、健全個体と障害体とを計数して健全率であらわした。

幼芽の培養は幼芽の着生した網糸を試験管に入れて照度2,000 lx 10時間明期の恒温室内で行った。

温度15℃では4品種とも比重が低くなるにしたがって障害個体が多くなる傾向がみられた。比重1.023では採苗後4日目から障害をうけた幼芽があらわれはじめたのに対し、比重1.020以下では採苗後2日目から障害芽があらわれた。また4品種とも比重1.015以下で障害がとくに多くみられた。

温度20℃では各品種とも比重が低くなるほど障害芽は多くあらわれたが、とくに比重1.015以下で障害芽は顕著に多くあらわれた。

低比重条件における水温の影響についてみると、15℃の低温では4品種とも比重1.0175~1.023の範囲で幼芽の健全率は高いが、比重1.015になると4品種とも健全率の低下がみられ、特に色素変異体の健全率は50%以下と低くなった。比重1.012では4品種とも極めて多くの幼芽が障害をうけた。20℃の高温では比重1.020~1.023の範囲で4品種とも高い健全率を示したが、比重1.012~1.0175の範囲で色素変異体が極めて多くの幼

表22 健全率が50%以下に低下するまでの培養日数

水温	品 種	比			重	
		1.012	1.015	1.0175	1.020	1.023
15℃	ナラワスサビノリ	5	10<	10<	10<	10<
	オオバアサクサノリ	2	10<	10<	10<	10<
	徳島産オオバアサクサノリ	2	7	10<	10<	10<
	色素変異体	2	10<	10<	10<	10<
20℃	ナラワスサビノリ	2	10	10<	10<	10<
	オオバアサクサノリ	2	2	10	10<	10<
	徳島産オオバアサクサノリ	3	10	7	10	10<
	色素変異体	2	5	7	10<	10<

芽に障害をうけた。そのほかの3品種は比重1.012～1.015の範囲で健全率の低下がみられた。このように15℃の低温より20℃の高温の方が低比重の影響をうけやすい傾向にあった。また比重についてみると、15℃および20℃のいずれの温度においても比重1.015以下で幼芽の障害が多くみられた。

各品種の健全個体が50%に低下するまでの培養日数を表22に示した。

15℃では徳島産オオバアサクサノリは比重1.015で7日目、またナラワスサビノリは比重1.012で5日目、そのほかの品種では2日目に健全率50%に低下した。すなわち、15℃では徳島産オオバアサクサノリが低比重に対して最も弱く、またナラワスサビノリがほかの品種よりやや強い傾向がみられた。

20℃では色素変異体およびオオバアサクサノリがほかの2品種より低比重に弱い傾向がみられた。

ノリ幼芽の耐塩分性ではノリの生育している天然環境の塩分濃度から判断してアサクサノリは内湾域や河口域に生育しているため低塩分に対する抵抗性は強く、スサビノリは外海に面した潮間帯に生育していることから低塩分抵抗性は弱いとされていた。本実験ではノリ幼芽は水温15℃および20℃ともスサビノリ系品種のナラワスサビノ

リの方がアサクサノリ系品種のオオバアサクサノリ、徳島産オオバアサクサノリ、色素変異体より低比重に対する抵抗性は強い傾向がみられた。片山ら(1975)は塩分濃度の異なる二つの漁場での養殖実験でアサクサノリ系品種では葉長0.2～0.3mmの頃から幼葉期にかけては、低塩分(CI 12～14%程度を指す)では生長は遅れ、逆にスサビノリは幼芽期の生長は早く、したがってアサクサノリ系品種は育苗に時間を要し、その期間に環境の変化が起き、障害をうけ、低塩分域での育苗はスサビノリ系品種に比べ難しいとしている。

いずれの品種とも水温15℃および20℃で比重1.015以下で健全率の顕著な低下がみられ、低比重と高温が重なると幼芽は障害をうけやすくなった。特にオオバアサクサノリおよび色素変異体は育苗期の高温期では低比重に対する抵抗性は著しく弱い。片山ら(1975)はオオバアサクサノリは高水温期には葉体は流失しやすく、漁期後半に収量がふえる傾向にあり、ナラワスサビノリは漁期当初から最終までかわらないとしている。オオバアサクサノリおよび色素変異体はともに15℃の低温期になると低比重に対する抵抗性は強くなり、生長もナラワスサビノリに比べよくなるとともに摘採回数がすすんでもノリ葉体は堅くならないという特性があつて冷凍網期の養殖に用いられている。このように選抜された養殖ノリ品種にはそれ

ぞれ特性があり，その特性にもとずいて管理，使い分けをする必要がある。オオバアサクサノリ，徳島産オオバアサクサノリおよび色素変異体は耐乾性が弱く，高温時には低比重に弱いため育苗期には網を低張りにして干出時間を短くする必要がある。

ある。またこれらの品種は水温 15℃以下になると耐乾性は強くなり，生長も優れてくるので冷凍網期の養殖に用いると効果的である。アサクサノリ，ナラワスサビノリはいずれの水温でも低比重抵抗性，耐乾性は強いいため秋芽網期の養殖に用いるのが有効的である。

Ⅶ. ノリ養殖におけるフリー糸状体の活用

ノリの胞子体の生活形態は自然等でカキ殻等貝殻に穿孔して生育する貝殻糸状体型 (Drew, 1949) とカキ殻を用いずに培養されるフリー糸状体型 (岩崎, 1965) の二型がある。貝殻糸状体は主としてノリ養殖業における採苗用として培養されている。フリー糸状体は生理実験に用いられてきたほか、最近ではその継代培養が容易なことから育種上の品種の保存用として、また細断してカキ殻に播種するモトダネとして利用されるなど応用範囲の広い重要形態となっている。しかし、フリー糸状体の培養中に微細藻類が混入した場合には駆除が難しいので、これまでフリー糸状体の大量培養はなされていない。このため、ここではまずフリー糸状体の作出法、光合成活性、雑藻の駆除法、貝殻への移植法について検討し、さらに大量培養に必要な基礎的課題について実験した。

1. 果胞子の採取

ノリ葉体の表面には細菌、珪藻、緑藻、藍藻および原生動物等の微細生物が多数付着している。したがって、天然または養殖ノリを母藻として果胞子を採取する時にこれらが混入することが多い。とくに微細藻類が培養液に混入すると、フリー糸状体はこれら微細藻類の生長より遅く、フリー糸状体が微細藻類にとりまかれて生育を損なう。したがって、果胞子採取にあたっては、まず次のような手順でノリ葉体に付着している微細生物を可能なかぎり除去することが必要である。

①ノリ葉体を現場海水でよく洗浄する②ノリ葉体をのり簀の上にのせて日陰で3～4時間乾燥させる③ノリ葉体に付着していた海水の塩分が結晶化するのでそれを落とし、滅菌海水に戻す④ノリ葉体をガーゼにつつんで水道水で十分に洗浄する⑤再び滅菌海水に戻す⑥ノリ葉体表面の水分を濾紙で吸収する。つぎに、1 l容ビーカーの底に1×

2.5 cm²のガラス板を敷いて滅菌海水を満たし、ノリ葉体の先端が1～2 mm程度浸るようにしてノリ葉体を吊り下げる。約24時間後に顕微鏡でガラス板上の果胞子を調べ、顕微鏡150倍1視野(1.5mm²)に10個体程度の果胞子の着生がみられたらノリ葉体を取り除く。

培養容器がなるべく密閉になるような蓋をして、室内で培養すると糸状体が生長してガラス板上に黒褐色のビロウド状マットになる。これをガラス板から剥ぐと1×2.5 cm²のマット状のフリー糸状体ができる。

2. 糸状体の光合成

糸状体培養の適正な管理方式を確立するために、フリー糸状体と貝殻糸状体について、種々の環境要因と光合成との関係について比較した。

材料として、フリー糸状体についてはマット状(1×2.5 cm², 湿重量30～40 mg, 乾燥重量3.0～7.5 mg)に生長したものを、貝殻糸状体はカキ殻中で黒紫色に生長したものを6.1～8.3 cmの円形に切り、裏側をできるだけ薄く削ったものをそれぞれ用いた。光合成はワールブルグ検圧計を用い、容量20 mlの反応容器に海水5 mlと検体を入れて、温度20, 23, 25, 30℃, 照度500, 1,000, 2,000, 3,000, 5,000, 10,000 lxで測定した。なお、貝殻糸状体については、このほかに7,000 lxについても行った。また、培養温度が糸状体の光合成におよぼす影響をみるために、糸状体を水温20, 23, 25, 30℃で500 lx, 1日の明期10時間の条件下で培養し、培養を始めてから1日1回温度25℃, 照度5,000 lxの下で光合成速度を測定した。さらに、炭酸濃度が光合成におよぼす影響については、NaHCO₃を1, 2, 5, 7.5, 10, 15 mMになるように添加した海水で光合成速度を測定した。そのときの光、温度は、フ

リー糸状体については温度 20℃, 照度 500, 1,000, 2,000, 5,000 lx, 貝殻糸状体については同じ温度で, 照度 2,000, 5,000 lx とした。このほか, 塩分濃度の光合成速度への影響については自然海水を蒸留水で稀釈または濃縮して 1/4, 1/2, 3/4, 1, 3/2, 2 倍海水を調製した。光合成速度はフリー糸状体では $\mu\text{l}/\text{mg (d.w.)}/\text{h}$ で, 貝殻糸状体では $\mu\text{l}/\text{cm}^2/\text{h}$ であらわした。なお, 貝殻糸状体での反応容器はカキ殻を入れやすくするために反応容器の中央部を上下に切り離しできるように改良した。下の部分に海水 5 ml と表面が下になるようにして糸状体を入れ, 上部を装着して検圧計に取り付けた。このようにすると, 検圧計を振盪させてもカキ殻が裏返しになるようなことはなかった。

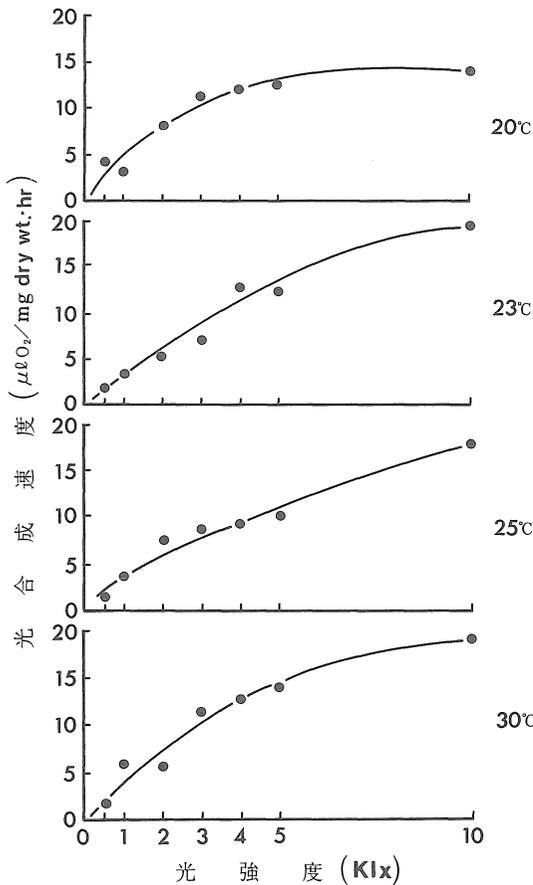


図37 フリー糸状体の光合成—光曲線

光の強さと光合成：フリー糸状体の光合成—光曲線を図37に示した。フリー糸状体の光合成速度は各温度とも照度が増すにしたがって増加する傾向がみられた。

貝殻糸状体についての結果を図38に示した。貝殻糸状体の光飽和は 20℃では 7,000 lx, 23℃と 25℃では 5,000 lx, 30℃では 3,000 lx と温度の上昇にしたがって低下する傾向がみられた。これは高温では低照度でも光合成が活発であることを示している。

温度と光合成：光合成—温度曲線を図39に示した。

フリー糸状体の 5,000 lx での光合成は 20 ~ 30

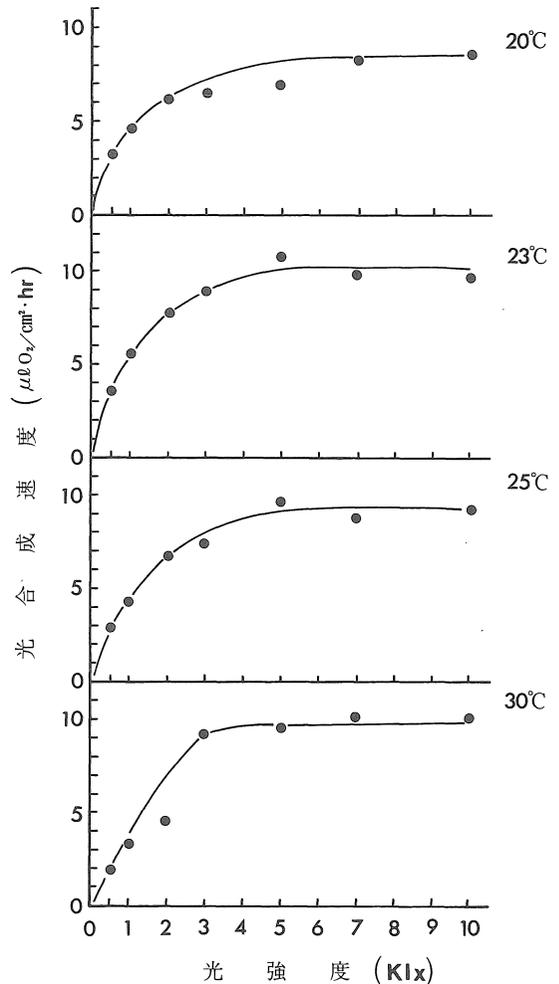


図38 貝殻糸状体の光合成—光曲線

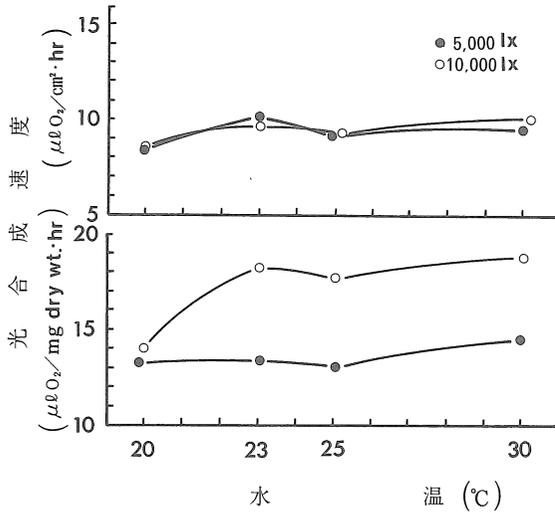


図39 光合成-温度曲線

上段、貝殻糸状体：下段、フリー糸状体

℃でほぼ同じであるが、10,000 lxでは23℃以上でとくに活発であった。一方、貝殻糸状体では20～30℃で5,000, 10,000 lxともほぼ同程度の光合成がみられた。

フリー糸状体の培養温度と光合成との関係を図40に、貝殻糸状体についての結果を図41にそれぞれ示した。

フリー糸状体の20～25℃での培養では、日数が経過しても光合成速度はほぼ一定した値で推移した。しかし、培養温度30℃では培養を開始して1日後に光合成速度は培養開始前の約77%に、7日目には9%に低下した。

貝殻糸状体の20～25℃での培養では、3～5日目から光合成速度が高くなり、その後その高い値で推移した。30℃での培養では1日目に光合成速度が培養前の値の84%に低下した。このように30℃で糸状体を培養した場合には培養日数の経過とともに光合成速度が低下していく傾向がみられた。これはフリー糸状体では顕著で、早いもので培養3日目から、遅いもので6、7日目から枯死するものがみられた。しかし貝殻糸状体では30℃で培養しても枯死するものはなかった。

NaHCO₃の濃度と光合成：光合成速度とNaH

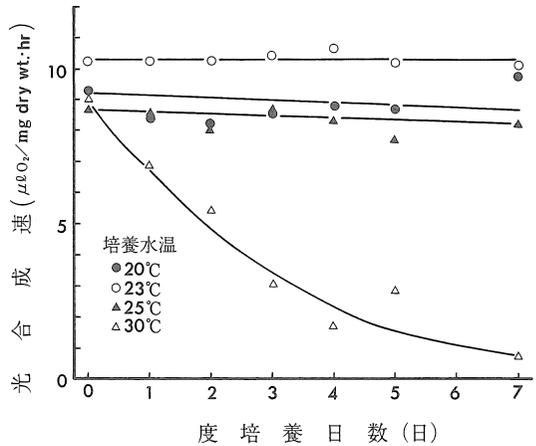


図40 フリー糸状体の異なる培養温度における光合成速度の経時変化

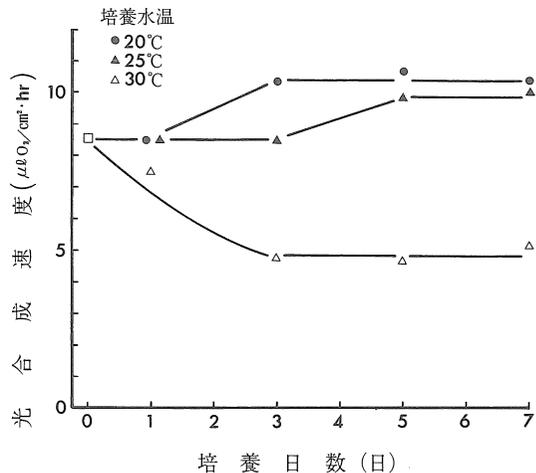


図41 貝殻糸状体の異なる培養温度における光合成速度の経時変化

CO₂濃度との関係を図42, 43に示した。

フリー糸状体のNaHCO₃の飽和濃度は500 lxで2.5 mM, 1,000 lxでは5 mM, 2,000 lxでは7.5 mM, 5,000 lxでは10 mMで、高照度ほど飽和濃度が高くなる傾向がみられた。また、貝殻糸状体でのNaHCO₃の飽和濃度は2,000 lxでは2.5 mM, 5,000 lxでは10 mMであった。

塩分濃度と光合成：塩分濃度と糸状体の光合成速度との関係を図44に示した。

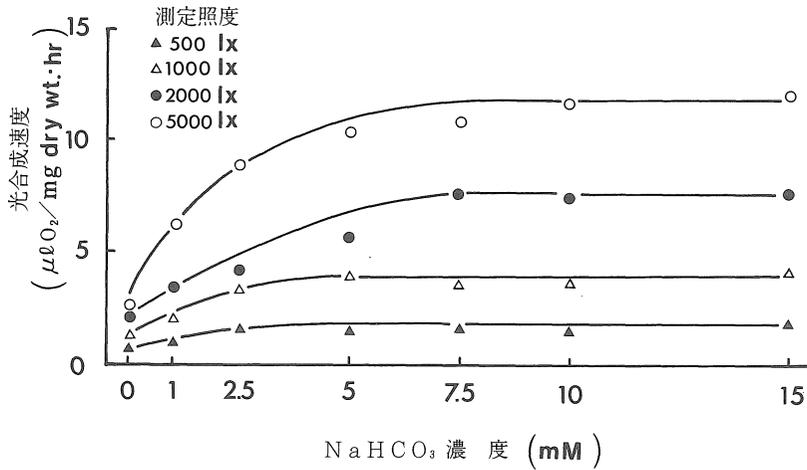


図42 フリー糸状体の光合成速度とNaHCO₃濃度との関係

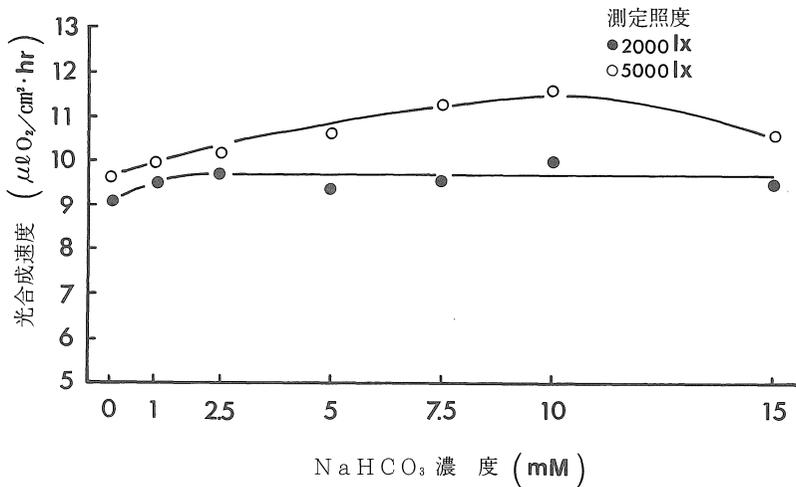


図43 貝殻糸状体の光合成速度とNaHCO₃濃度との関係

フリー糸状体では3/4倍海水で最も高い光合成速度を示し、それより低塩分、高塩分になるにつれて光合成が低下した。とくに2倍に濃縮した海水では光合成はみられなかった。貝殻糸状体については、2倍海水中でもかなりの光合成活性がみられたほかは、フリー糸状体と同じ傾向であった。

フリー糸状体の光飽和点は温度が高いほど高い照度であるが、貝殻糸状体では高温ほど低照度で光飽和になる。フリー糸状体はカキ殻に囲まれ

ていないために周囲の海水とのガス交換が行えやすく、照度が高くなるほど光合成は促進されるものと考えられる。岩崎(1965)はフリー糸状体の生長は3,500 lxまでは明るいほど速いとしている。寺本・木下(1960)は貝殻糸状体については光飽和を4,000 lxとし、本田(1960)は生長の最高照度を2,000~3,000 lxとしている。このようにフリー糸状体および貝殻糸状体とも光合成速度と生長の好適照度とて違いがみられ、光合成の光飽和の照度より生長最適照度のほうが低い傾向にある。

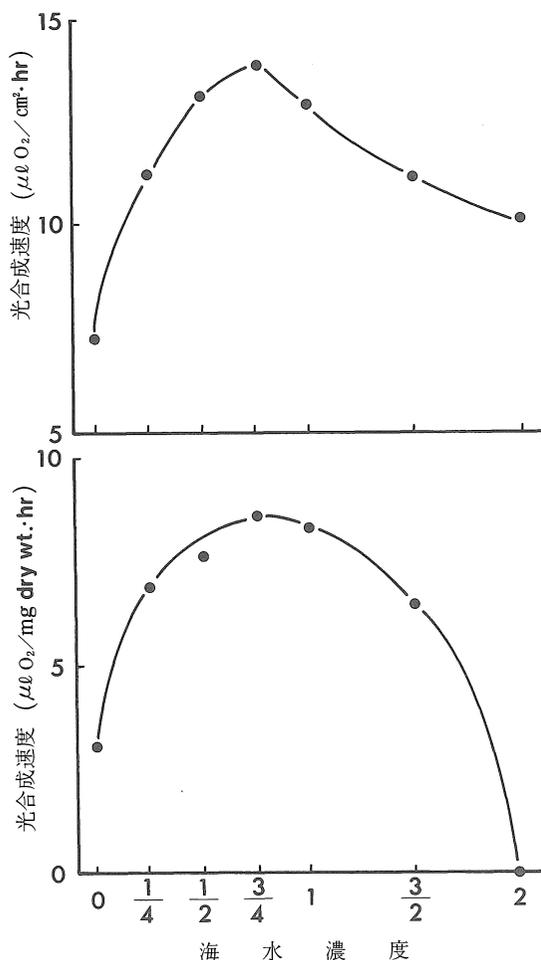


図44 塩分濃度と糸状体の光合成速度との関係

上段、貝殻糸状体；下段、フリー糸状体

光合成の測定が短時間に行われるため一時的に光合成は促進される。しかし、高照度が長期間続くと強光阻害によって糸状体が生理障害を起こすことが考えられる。貝殻糸状体での寺本・木下(1961)の光飽和の値と比べ本実験の値は低かったが、これは測定方法が静置法と振盪法の違いによるものと考えられる。

光合成の最適温度はフリー糸状体、貝殻糸状体とも23℃といえる。30℃で高い光合成速度を示すが、水温30℃で糸状体を長時間培養して光合成を測定すると、培養日数の経過とともに低下した。温度の場合も高温で光合成は一時的に活発に

なるが、長時では光合成活性が衰退していく。とくにフリー糸状体では顕著であり、貝殻糸状体ではかなりの活性がみられたことから、貝殻糸状体はカキ殻によって外圍の環境から保護されていることが示唆される。

フリー糸状体と貝殻糸状体とのNaHCO₃の飽和濃度を比べるし、フリー糸状体のほうが高い値を示した。フリー糸状体は外圍の海水とのガス交換が容易に行える形態にある。したがって、条件が満たされれば光合成は活発になり、炭酸塩の要求量が多くなるためNaHCO₃の飽和濃度は高くなるものと考えられる。貝殻糸状体はカキ殻の中で生育しているためにガス交換が制限され、したがって光合成も抑制され、NaHCO₃の飽和濃度が低めになるものと考えられる。

塩分濃度と光合成速度との関係では両糸状体とも普通海水よりやや稀釈された3/4倍海水での光合成が最も旺盛である。これは尾形・松井(1967)がノリ葉状体について報告している結果と同じである。

3. 薬剤による培養液中の微細藻類および微生物の駆除

ノリ葉体を洗浄、乾燥させて果胞子を採取しても微細藻類を完全に除去することはできない。培養液によく混入してくる微細藻類は珪藻の*Navicula* sp.、緑藻の*Stichococcus bacillaris*および藍藻の*Oscillatoria* sp.である。これらの微細藻類については薬剤を用いての駆除が適切と思われるので、種々の薬剤の有効性を検討した。

(1) *Navicula* sp.

材料としてマット状(1×2.5 cm²)に繁茂して*Navicula* sp. が付着したフリー糸状体を、薬剤としては二酸化ゲルマニウム(GeO₂)を用いた。また培養液はLyman et Fleiming液を使用した。

珪藻 *Navicula* sp. の生死判定は顕微鏡で観察して、その形態が変形し、色素が脱色したものを死と判定した。なお、これらの実験は室内で行い、その時の温度は 25 ~ 28 °C、照度は 500 lx であった。

GeO₂ の *Navicula* sp. におよぼす影響を 表23、フリー糸状体の生育におよぼす影響を 表24 にそれぞれ示した。

Navicula sp. に対して GeO₂ の影響があらわれてくるのは高濃度 (20 ~ 50 mg/l) ほど早い、*Navicula* sp. を完全に駆除してしまうにはかなりの時間を要し、30 mg/l および 50 mg/l では 20 日後、1 ~ 20 mg/l では 30 日後であった。

一方、フリー糸状体は 5 日目に 30 mg/l で一部に、30 日目に 30 mg/l および 50 mg/l で全て死

表24 スナビノリのフリー糸状体生育におよぼす GeO₂ の影響

日 数	濃 度 (mg/l)			
	0	1~20	30	50
1	+	+	+	+
2	+	+	+	+
3	+	+	+	+
5	+	+	+	+
7	+	+	+	+
10	+	+	+	+
15	+	+	±	±
20	+	+	-	±
30	+	+	-	-

+ : 生, ± : 一部死, - : 死

滅した。しかし、1 ~ 20 mg/l の濃度範囲ではフリー糸状体は異常なく健全であった。

このように GeO₂ に対するフリー糸状体の抵抗性は *Navicula* sp. に比べて強い。GeO₂ による珪藻の生育阻害とフリー糸状体の生理に対する阻害濃度との差はかなりあるといえる。この差を利用してフリー糸状体に付着または混在する珪藻を駆除することができる。フリー糸状体に葉害のない 1 ~ 20 mg/l の濃度範囲においては、いずれの濃度でも同様な効果があるので、フリー糸状体に混在している珪藻を駆除する場合には、培養海水中に低濃度 (1 ~ 5 mg/l) の GeO₂ を添加する方が経済的である。果胞子の播種からフリー糸状体の単一種培養 (unialgal culture) を行う場合は、母藻の洗浄および乾燥によって藻体に付着しているゴミ、原生動物および珪藻を除去し、それでもなお混入してくる珪藻については培養海水に GeO₂ を 1 ~ 5 mg/l の濃度になるように添加して駆除するのがよい。

なお、GeO₂ では *Stichococcus bacillaris* および *Oscillatoria* sp. の駆除効果は認められなかった。

(2) 緑藻 *Stichococcus bacillaris*

材料として、SWM-III 改変液を満たした 100 ml 容三角フラスコ内で培養して肉眼視できるまで増殖した *S. bacillaris* を用いた。

表23 GeO₂ による *Navicula* sp. の駆除効果

日 数	濃 度 (mg/l)							
	0	1	2	5	10	20	30	50
1	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
2	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
3	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
4	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++
5	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+
10	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+
15	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	+
20	+++	+	+	+	+	+	-	-
30	+++	-	-	-	-	-	-	-

+++ : 極めて多い, ++ : 多い, + : 少ない, - : 無し

S. bacillaris を培養している三角フラスコにまず予備実験として7種類の殺藻作用物質、8種類の光合成阻害剤について、各薬剤が100 mg/lの濃度になるように添加して駆除効果のスクリーニングを行った。つぎに、このスクリーニングで殺藻効果が認められたN-フォスホノメチルグリシン塩について25~100 mg/lの範囲に4濃度段階を設けて実験した。さらにフリー糸状体の生育への影響については25~200 mg/lの範囲に6濃度段階を設けた。

フリー糸状体の培養は温度20℃、照度1,000 lxの光を毎日10時間照射する条件の下で、30日間静置して行った。N-フォスホノメチルグリシン塩の*S. bacillaris*に対する駆除効果を表25に、フリー糸状体への影響を表26に示した。

表25 N-フォスホノメチルグリシン塩による *Stichococcus bacillaris* の駆除効果

濃度 (mg/l)	培 養 日 数								
	1	2	3	5	7	10	14	21	30
0(対照)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
25	+	+	+	±	-	±	+	+	+
50	+	±	±	-	-	±	±	+	+
75	+	±	-	-	-	±	±	+	+
100~150	-	-	-	-	-	-	-	-	-

+: 正常, ±: 傷害, -: 死

表26 フリー糸状体の生育におよぼすN-フォスホノメチルグリシン塩の影響

濃度 (mg/l)	培 養 日 数								
	1	2	3	5	7	10	14	21	30
0(対照)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
1~100	+	+	+	+	+	+	+	+	+
150	+	+	+	+	+	+	+	+	+
200	±	±	±	-	-	-	-	-	-

+: 正常, ±: 傷害, -: 死

S. bacillaris の駆除効果は14日までに25~75 mg/lの範囲で一時的にみられたが、より長期間培養を続けると、21日目には生き残った*S. bacillaris*が再び増殖していった。しかし、100 mg/lでは1日後に殺藻効果がみられ、3日目に

すべてを死滅させた。フリー糸状体については30日間の培養で100 mg/lまで影響が認められなかった。しかし、150 mg/lの濃度では30日後にフリー糸状体の一部に褪色がみられ、壊死が認められた。さらに200 mg/lになると、1日後に一部に影響があらわれ、5日後にはすべて死滅した。なお、N-フォスホノメチルグリシン塩の100 mg/l濃度で*Navicula* sp. の駆除効果が認められた。

このように、*S. bacillaris* の駆除には培養液にN-フォスホノメチルグリシン塩を100 mg/lの濃度に添加すれば有効であることが明らかになった。しかし、フリー糸状体も150 mg/lで長期間培養すると障害をうけるので、N-フォスホノメチルグリシン塩は駆除効果のある濃度とフリー糸状体に影響を及ぼす濃度の差が小さいという使用上の注意が必要である。なお、N-フォスホノメチルグリシン塩は*Navicula* sp. に対しても、駆除効果がみられたが、*Navicula* sp. の駆除にはフリー糸状体の生育に対して影響のすくないGeO₂のほうが適している。

安部(1976)は農薬除草剤のセレクト水和剤(5-chloro-4 methyl 2 prooion amide thizole)を用いて緑藻(*S. bacillaris*)の駆除を試み、セレクト100 mg/l以上の濃度で効果を認めている。また、フリー糸状体にも薬害がみられているが、全体が完全に死滅することはないので少し薬害の起きる程度の濃度で*S. bacillaris*を完全に死滅させるほうが結果的に良好であると述べている。しかし、N-フォスホノメチルグリシン塩はセレクトに比べフリー糸状体に対する薬害も少なく、*S. bacillaris*の駆除効果も大きいので実用的である。

(3) 藍藻 *Oscillatoria* sp.

Oscillatoria sp. の駆除については、前述の*S. bacillaris*の場合と同様な光、温度条件で、抗生物質のペニシリンG、ストレプトマイシンを単独に、また両者を組合わせて試みた。設定濃度はペ

ニシリGについては100～1,000 mg/lの範囲の4段階、ストレプトマイシンについては100～2,000 mg/lの5段階、両者を組合わせた場合には上記の濃度範囲で5段階とした。なお、*Oscillatoria* sp. の生死については色素の褪色したものを死滅したものとした。

ペニシリンGおよびストレプトマイシンによる駆除効果を表27, 28に、両薬剤の組合せによる結果を表29にそれぞれ示した。

表27 *Oscillatoria* sp. の生育におよぼすペニシリンGの影響

濃度 (mg/l)	培養日数					
	1~5	7	10	15	20	30
0(対照)	+	+	+	+	+	+
100	+	+	+	+	+	+
200	+	+	±	±	±	-
500	+	+	±	-	-	-
1,000	+	±	-	-	-	-

+: 正常, ±: 傷害, -: 死

表28 *Oscillatoria* sp. の生育におよぼすストレプトマイシンの影響

濃度 (mg/l)	培養日数							
	1~3	4	5	7	10	15	20	30
0(対照)	+	+	+	+	+	+	+	+
100	+	+	+	±	±	±	±	-
200	+	+	+	±	±	±	±	-
500	+	+	+	±	±	±	-	-
1,000	+	+	+	±	±	-	-	-
2,000	+	±	±	±	±	-	-	-

+: 正常, ±: 傷害, -: 死

ペニシリンGの駆除効果は濃度1,000 mg/lで10日目、500 mg/lで15日目、200 mg/lで30日目にそれぞれみられた。またストレプトマイシンでは1,000～2,000 mg/lで15日目に、500 mg/lで20日目に、100～200 mg/lで30日目に駆除効果があった。両薬剤の組合せでは、ペニシリンGの1,000 mg/lとストレプトマイシンの2,000 mg/lで10日目に、その他の濃度では20～30日目にそれぞれ効果がみられた。なお、フリー糸状体

表29 *Oscillatoria* sp. の生育におよぼすペニシリンG, ストレプトマイシンの影響

抗生物質	濃度 (mg/l)	培養日数							
		1~4	5	7	10	15	20	30	
対照	0	+	+	+	+	+	+	+	
ペニシリンG	100	+	+	±	±	±	-	-	
ストレプトマイシン	100	+	+	±	±	±	-	-	
ペニシリンG	100	+	±	±	±	±	±	-	
ストレプトマイシン	200	+	±	±	±	±	±	-	
ペニシリンG	250	+	+	±	±	±	-	-	
ストレプトマイシン	500	+	+	±	±	±	-	-	
ペニシリンG	500	±	±	±	±	±	-	-	
ストレプトマイシン	1,000	±	±	±	±	±	-	-	
ペニシリンG	1,000	±	±	±	-	-	-	-	
ストレプトマイシン	2,000	±	±	±	-	-	-	-	

+: 正常, ±: 傷害, -: 死

の生育への影響はペニシリンG 1,000 mg/lとストレプトマイシン 2,000 mg/lの組合せで認められなかった。なお、抗生物質では *Navicula* sp. および *Stichococcus bacillaris* の駆除効果は認められなかった。

藍藻の駆除について今田・安部(1982)は光合成阻害剤ジピリジニウム第4級塩(パラコート) 50 mg/lで *Brachytrichia* sp. の生育を完全に阻害したと報告している。しかしパラコートは毒性が強く適当でないので、*Oscillatoria* sp. の駆除には抗生物質の方が容易であると思われる。また抗生物質でもストレプトマイシンよりペニシリンGの方が *Oscillatoria* sp. の駆除効果が高いことがわかった。両抗生物質を組合わせた場合では、高濃度区で *Oscillatoria* sp. に対する生育阻害が早期にあらわれるが、完全に殺藻する時間はペニシリンG単独の場合とほぼ同じである。しかし、*Oscillatoria* sp. の駆除には培養液にペニシリンGを単独に500～1,000 mg/l添加するのが最も有効であると思われる。

(4) 壺状菌の防除

壺状菌が寄生している母藻から果胞子を採取す

る場合に、培養液に混入した壺状菌の遊走子は果胞子に寄生して果胞子を死滅させたり、フリー糸状体に形成された胞子嚢にも寄生することがある。このため果胞子を採取する際に壺状菌の寄生を防止し、健全なフリー糸状体を得る方法について検討した。

材料としては、健全なナラウスサビノリから放出され、底のガラス板に付着した果胞子を用い、それに壺状菌の寄生した果胞子を加えて培養した。薬剤として抗生物質のペニシリンG、ストレプトマイシン、カナマイシン、クロラルテトラマイシンおよびクロラムフェニコールを用いた。抗生物質の濃度はペニシリンGでは25～200単位の範囲に4濃度段階、ストレプトマイシンでは25～200mg/lの範囲に4濃度段階、カナマイシンでは25～400mg/lの範囲に6濃度段階、クロラルテトラマイシンでは2.5～30mg/lの範囲に5濃度段階、クロラムフェニコールでは0.05～0.5mg/lの範囲に5濃度段階をそれぞれ設けて行った。壺状菌の寄生観察は果胞子採取の翌日から行い、さらに遊走子の殺菌効果は果胞子採取して3カ月後に、胞子嚢に壺状菌が寄生しているかどうかを観察して判定した。

壺状菌の遊走子の抗生物質による殺菌効果を表30に示した。

各抗生物質の遊走子に対する有効最低濃度はペ

ニシリンGで50単位/ml、ストレプトマイシンおよびカナマイシンで50mg/l、クロラムフェニコールでは0.1mg/l、クロラルテトラマイシンで10mg/lであった。

抗生物質無添加区では採取後5日目に全ての果胞子に壺状菌の寄生が認められ、果胞子は死滅した。しかし低濃度の抗生物質試験区では少数の果胞子にのみ壺状菌の感染がみられたので、濃度が低いと壺状菌の遊走子に対する殺菌効果も低下するものと考えられる。また抗生物質はノリの細胞に寄生した壺状菌に対しては殺菌効果を示さないが(切田, 1981)、本研究では培養海水にペニシリンGを50単位/ml、またはストレプトマイシン、カナマイシンを50mg/l添加すれば、壺状菌寄生の母藻から採取された果胞子も健全なフリー糸状体に生育させることができた。これはノリ葉体では菌体から放出された遊走子は短時間でノリ細胞に付着できるが、ガラス板に採取された果胞子については、離れていて遊走子が果胞子に付着するまでに時間がかかるので、その間に抗生物質によって殺菌されるものと考えられる。

(5) 培養液を汚染するその他の細菌の防除

フリー糸状体の培養中に培養液を白濁させ、フリー糸状体を死滅させる細菌がある。これはおそらく有機物を添加した滅菌培養液で増殖する従属

表30 壺状菌の遊走子の抗生物質による駆除効果

抗生物質	濃度および駆除効果					
ペニシリンG (単位/ml)	25	50	100	200		
	-	+	+	+		
ストレプトマイシン (mg/l)	25	50	100	200		
	-	+	+	+		
クロラムフェニコール (mg/l)	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	
	-	+	+	+	+	
クロラルテトラマイシン (mg/l)	2.5	5	10	15	30	
	-	-	+	+	+	
カナマイシン (mg/l)	25	50	100	200	300	400
	-	+	+	+	+	+

+ : 有効, - : 無効

細菌であると思われるが、その防除方法について検討した。

培養液が白濁するまで増殖した細菌を、まず ZoBell 2216 培地による混和平板法によって培養し、つぎに発育した単一集落から釣菌して分離した。この細菌を SWM-III 改変液に接種し、培養液がわずかに肉眼視できる程度の濃度にして材料とした。

抗生物質としてはペニシリン G、ストレプトマイシン、カナマイシンおよびクロロマイセチンの 4 種を用い、設定濃度はペニシリン G では 1 ~ 500 単位/ml の範囲に 6 段階、ストレプトマイシンでは 1 ~ 500 mg/l の範囲に 6 段階、カナマイシンでは 5 ~ 500 mg/l の範囲に 11 段階、クロロマイセチンでは 10 ~ 1,000 mg/l の範囲に 7 段階をそれぞれ設けた。このほか細菌の増殖に関係があると思われる培養液成分の一つであるトリスアミノメタンについて、5 ~ 500 mg/l の範囲に 7 濃度段階を設けて細菌の増殖状況を調べた。また細菌に汚染された培養液で培養していたフリー糸状体をトリスアミノメタン無添加の培養液に移したり、細菌の増殖が肉眼視できない培養液のフリー糸状体をトリスアミノメタンを 100 mg/l 添加した培養液に移したりして、その後の細菌の増殖状況も調べた。

その結果、抗生物質については 4 種とも殺菌効果が認められなかった。したがって、抗生物質によってこの細菌を防除することはできないと思われる。トリスアミノメタンを加えていない培養液では細菌の増殖は認められなかった。しかし 5 mg/l 以上添加すると、細菌は肉眼視できるまで増殖した。また、一度細菌で汚染されたフリー糸状体をトリスアミノメタンの無添加の培養液で培養すると、細菌の旺盛な増殖はみられないが、トリスアミノメタンを添加した培養液に移すと、細菌は再び活発な増殖を示した。これらのことからこの細菌の増殖にはトリスアミノメタンが極めて大きく関与していると考えられる。したがって、

この細菌の防除にはトリスアミノメタンを除いた滅菌海水でフリー糸状体を培養するのが最も有効であると思われる。

4. フリー糸状体の大量培養

(1) 培養液

フリー糸状体を培養する際には、培養液の選択と培養中の液の交換が必要であるが、換水の際に微細藻類や細菌が混入して糸状体の生育を阻害したり、死滅させたりすることがある。そのため液を換えずに糸状体を長期間培養できる培養液について検討した。

マット状に生長したフリー糸状体を家庭用ミキサーで 100 ~ 200 μ m 程度に細断し、1 l の培養液に 3 mg (乾燥重量) を接種して 5 カ月間室内で温度 20 ~ 29 $^{\circ}$ C、照度 500 ~ 2,000 lx で培養した。また、培養液として補強海水 SWM-III (尾形, 1970)、人工海水 A S P - 6 須藤処方液 (須藤, 1959)、Lyman et Fleming 液の改変液 (切田, 1973: 海水 1 l に P1 sol. を 2 ml 添加した) の 3 種類を用い、各液の窒素塩およびリン酸塩の添加量を等量にした。その結果は表 31 のとおりで、

表31 培養4カ月後の各培養液におけるフリー糸状体の生長量

培 養 液	フリー糸状体生長量 (mg(d.w.)/l)
SWM-III	183.2
Lyman et Fleming改変液	122.6
A S P 6 須藤処方	72.0

開始時の糸状体量 0.3 mg(d.w.)/l

糸状体の生長は SWM-III で最もよく、ついで Lyman et Fleming 改変液、A S P - 6 須藤処方液の順であった。これらの培養液には糸状体の要求量が最も多い窒素塩は長期間培養でも不足しないように添加されている。したがって SWM-III で生長のよいのは、SWM-III に有機物であるり

パーエキスエクトやビタミン類が添加されているためであると考えられる。フリー糸状体の培養には人工海水よりも補強海水のほうが適している。しかし、窒素 (NaNO_3 として) を 200 mg/l 添加すると、いずれの培養液でも長期間の培養が可能である。

次に大量培養を目的として、 200 l 容プラスチック製の容器を用い、SWM-Ⅲの改変液にミキサーで細断したフリー糸状体を 5 mg dry wt./l 接種し、通気攪拌法 $5\% \text{ V/V CO}_2$ の供給を行った。なお、温度は $18^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、光は白色蛍光灯を連続照射して培養液の表面で $4,000 \text{ lx}$ とするほか水中にも 20 W 蛍光灯1基を点灯した。また、培養中に液中の溶存無機態窒素と無機態リン酸の濃度を測定して糸状体による消費量を調べた。30日間における糸状体の生長状況は接種後15日目まではやや緩やかであったが、その後活発であり、30日後には 60 mg dry wt./l に増加し (表32)。

表32 大量培養におけるフリー糸状体の生長量

培養日数	0	5	10	15	20	25	30
生長量 (mg dry wt.)	5	9.2	17.2	23.2	41.6	53.6	60.0

培養液 200 l で 12 g (乾燥重量) のフリー糸状体が得られた。

培養液中の窒素とリン酸濃度の変化は 図45 のとおりで、 $\text{NO}_3\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ は糸状体が生長するにつれて減少し、とくに $\text{NO}_3\text{-N}$ で明瞭な関係が

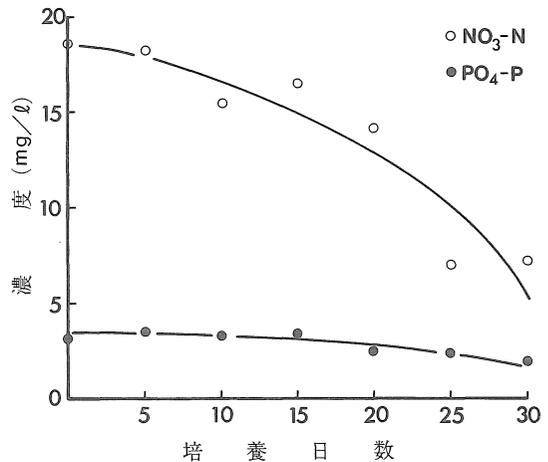


図45 培養液中の窒素塩およびリン酸塩の消費量

認められた。この減少量が糸状体によって消費されたものとする、フリー糸状体 1 mg dry wt. 生長するのに $\text{NO}_3\text{-N}$ を 0.19 mg 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ を 0.02 mg 消費することになり、窒素とリンの消費量の比は一般の植物でみられると同様に $10:1$ であった。

窒素源の種類と糸状体の初期生長と胞子嚢形成の関係については、ガラス板に播種したナラワスサビノリ果胞子を Lyman et Fleming 液に P1 sol. を 2 ml 添加したものを基本液として、これに NaNO_3 、 KNO_3 、 NH_4Cl 、 NH_4NO_3 、 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ を 0.5 、 1 、 2 、 3 および 4 mM になるように添加し、実験室において自然条件の水温 $13 \sim 30^\circ\text{C}$ 、照度 $500 \sim 3,500 \text{ lx}$ で培養した。その結果、糸状体は $\text{NO}_3\text{-N}$ の各濃度でよい生長を示すが (表33)、 $\text{NH}_4\text{-N}$ では高濃度で生長阻害があり、特に NH_4Cl

表33 窒素源の種類別のフリー糸状体の初期生長 [糸状体の主枝長 ($\times 10 \mu\text{m}$)]

窒素源	濃度 (mM)									
	5 日 目					10 日 目				
	0.5	1	2	3	4	0.5	1	2	3	4
KNO_3	14.8	16.0	14.8	15.5	16.9	34.8	34.4	34.2	28.3	40.5
NaNO_3	18.2	15.7	16.4	16.7	16.6	35.4	36.4	39.2	35.4	39.0
NH_4Cl	14.9	12.3	9.9	15.5	12.1	32.3	31.2	26.7	23.3	15.4
NH_4NO_3	9.9	8.3	7.0	12.1	8.7	29.8	33.6	25.2	32.6	19.5
$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	9.0	9.1	13.3	13.1	12.5	25.9	29.3	36.7	34.8	35.0

表34 窒素源の種類とフリー糸状体の孢子囊の形成

窒素源の 種類	濃 度 (mM)				
	0.5	1	2	3	4
KNO ₃	+++ +	+++ ++	+++ ++	+++ +	+++
NaNO ₃	+++	+++ +	+++ +	+++ ++	+++
NH ₄ Cl	+++ ++	+++ ++	+++ ++	+++ ++	-
NH ₄ NO ₃	+++ ++	+++ ++	+++ ++	++	-
(NH ₂) ₂ CO	+++ ++	+++ ++	+++ ++	++	-

+++ ++: 極めて多い, +++ +: 多い, +++: やや多い, ++: やや少ない, -: 無し

ではその明瞭な傾向がみられ、また、孢子囊形成についても 4 mM の NH₄Cl, NH₄NO₃, (NH₂)₂CO では認められなかった (表34)。

尾形 (1961) も貝殻糸状体の生長について、N H₄は高濃度で有害であり、1 mM でも生長は劣るとしている。また岩崎 (1965) は KNO₃, NH₄Cl などはいずれも窒素源として有用であるが、NH₄はNとして 1 mg/l 以下の低濃度で優れており、高濃度で害作用がある様であるとしている。これらのことから糸状体培養の窒素源としては、生長や孢子囊形成を促進し、また薬害も少ないN O₃-Nが最も適当といえる。

(2) 培養開始時のフリー糸状体の接種量

細断したフリー糸状体を乾燥重量に換算して 2.5, 5.0, 10.0, 15.0 および 20.0 mg/l になるように接種し、実験室内の自然条件下で 5 月から 9 月まで 4 カ月間、静置して培養した。その間の水温 20 ~ 30 °C、照度は 500 ~ 1,500 lx であった。

接種量と 4 カ月後における生育量の関係は表 35 のとおりである。生長率は接種量が少ないほど高いが、単位容積当たりの藻体量は接種量が多いほど多い傾向であった。経済的な好適接種量は 5 ~ 10 mg/l であると考えられる。

表35 フリー糸状体の接種量と生長量

接種量 (mg)	5	10	20	30	40	50
生長量 (mg)	19.1	40.8	42.5	52.9	56.9	63.5

(3) 通気方法

通気量と糸状体の生長の関係について調べた。SWM-III 改変液を入れた容量 3 l の平底フラスコに、内径 6 mm のガラス管を通して通気する装置にし、通気量を 5, 10, 13 および 25 ml/min. にした実験区を設けた。それぞれにフリー糸状体を乾燥重量に換算して 5.2 mg 接種して直射日光の当たらない実験室の自然条件の下で 1 カ月間培養した。なお、培養中の水温は 20.0 ~ 24.5 °C、照度は 800 ~ 1,000 lx であった。

その結果は表 36 のとおりで、毎分 10 ml/l の通気量で生長が最もよかった。1 カ月後の生育量は静置培養で開始時の僅か 3 倍であるのに対し、毎分 10 ml/l 通気した場合には約 36 倍にも増殖した。

表36 通気量とフリー糸状体生長との関係

通気量 (毎分 ml/l)	フリー糸状体量 (mg dry wt.)
対照 (0)	15.2
5	117.2
10	187.5
13	92.5
25	111.9

培養 1 カ月後

次に、通気時間について検討した。実験区としては、1 日 1 時間通気を、毎日、1 週間、2 週間、1 カ月に 1 回行う各区、1 日 8 時間通気を、毎日、1 週間、2 週間、1 カ月に 1 回行う各区および連続通気区と静置培養区を設けた。各試験区にフリー

糸状体を乾燥重量換算で4.3 mg ずつ接種して1 l 平底フラスコで、温度 15 ~ 29 °C、照度 500 ~ 3,500 lx の室内条件下で5 カ月間培養した。

糸状体の量は乾燥重量換算であらわし、孢子嚢の計数は糸状体の湿重量を測定した後、ミキサーで細断して顕微鏡下で行い、孢子嚢枝の1細胞を1孢子嚢として数え、単位重量当たりの孢子嚢形成数を調べた。その結果を表37に示す。

表37 通気時間と培養5カ月後のフリー糸状体量、孢子嚢の形成数との関係

通気時間	生長量(mg/l)	孢子嚢の形成数 (10 ² /dry wt. mg)
時間/日		
1	199.7	45
8	294.2	39
24	238.3	27
時間/週		
1	146.5	12
8	178.7	27
時間/2週		
1	117.3	18
8	147.5	45
時間/月		
1	130.8	21
8	130.3	24
静置培養	112.4	483
開始時の接種量	4.2mg (d.w.)	

フリー糸状体の生長は、毎日8時間通気する区が最もよく、ついで毎日連続通気する区であり、傾向としては通気時間が長くなるほど糸状体の生長がよかった。これに対して孢子嚢形成は、静置培養で最も多く、通気培養では通気時間に関係なくいずれも少なく、静置培養の約1/10 ~ 1/40であった。

フリー糸状体は通気攪拌培養では放射状に生長するが、その大量培養法としては上述の結果からわかるように生長が速く、高密度に培養できる通気培養が適している。しかし通気培養では培養液

の循環がよくて糸状体の生長に適した条件が続くためか成熟、すなわち孢子嚢の形成が少ない。したがって、成熟したフリー糸状体を大量に得るためには、まず通気培養で糸状体量を増加させ、その後適当な時期から静置培養に切り換え、水温・日長などの他の条件との組み合わせを行って、孢子嚢形成を促進することが必要である。

一般に藻類の通気培養には、1分間に培地の量の0.5 ~ 1.5倍の空気を送ることが多いが、フリー糸状体の場合は培養液1 l 当たり10 ml/min. の極めて少ない通気でよく、また通気時間は毎日8時間または昼夜連続して行うと効果的であることが明らかになった。

5. フリー糸状体の貝殻への移植

フリー糸状体の重要な利用法の一つは、貝殻に移植して貝殻糸状体を育成し、採苗に使用することである。そのためフリー糸状体のカキ殻への穿孔生理について検討した。

穿孔温度：海水を満した容器の底に裏側を削って薄くしたカキ殻を敷き、その上にミキサーで細断したフリー糸状体を散布した。これを5 ~ 25 °Cの間に5 °C間隔で設けた5恒温段階で培養した。なお、照度は800 lxで、毎日10時間照明し、糸状体の穿孔状況は糸状体片を散布してから3日後から顕微鏡の下で計数し、散布した片数と穿孔した片数の比で穿孔率をあらわした。

その結果を図46に示す。

水温15, 20, 25 °Cでは糸状体散布後3日目から穿孔がみられ始め、7日目には穿孔率が100%を越えた。これら3温度区での穿孔状況は10日目までほぼ同様に推移したが、14日目から20, 25 °Cでの穿孔が鈍ってきた。しかし15 °Cでは穿孔率がさらに上昇し、21日後には380%までになった。これに対して10 °Cでは7日目に穿孔が確認され、14日目に100%を越え、21日目に380%まで上昇した。

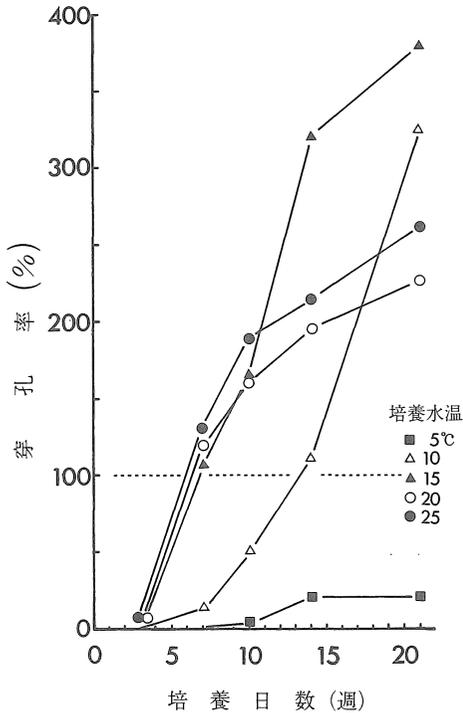


図46 フリー糸状体のカキ殻穿孔におよぼす水温の影響

また5℃では10日目に穿孔が確認されたが、21日目でも穿孔率は10%にすぎなかった。

フリー糸状体のカキ殻への穿孔は、糸状部に生じる副枝によって行われる。したがって、各水温における穿孔率は糸状体の生長状況と関係している傾向がみられる。水温15～25℃では糸状体の生長が速いため初期の穿孔率は高くなるが、20℃では時間の経過に伴って新しく生じる副枝が穿孔せずにフリー糸状体に生長しているのが観察された。また25℃では孢子嚢形成が活発になるため副枝の伸長が鈍ることによって穿孔率が下がるのではないかと考えられる。なお、1糸状体片から数個の副枝が発芽してカキ殻に穿孔するのが観察されたので、フリー糸状体の生育条件が適当ならば、穿孔率が100%を越えることになる。これらのことから、フリー糸状体片のカキ殻への移植は水温が10～15℃の時期に行うことが必要である。

長期間培養したフリー糸状体の貝殻への移植：
まず、異なる水温条件で1年間培養したナラワスサビノリのフリー糸状体の穿孔状況について検討した。材料としては、1l容三角フラスコに乾燥重量として5mg接種し、10、15、20、25℃の各温度（照度800lx、明期12時間）で培養した糸状体を用い、これらを細断してカキ殻上に散布した。その培養条件は水温15℃、照度2,000lx、明期10時間とした。培養温度と穿孔率の関係は図47のとおりで、15℃で培養されたフリー糸状体は1週間目に、20、25℃のものは2週間目にそれぞれ穿孔が確認され、3～4週間目にはいずれも高い穿孔率を示した。しかし10℃で培養したものは3週間目に穿孔が認められたが、その後も極めて低い穿孔率であった。

次に、ナラワスサビノリ果孢子からフリー糸状体として1年、2年、3年間培養したもの、各培養年数のフリー糸状体を毎年継代培養を行ったもの、散布前3カ月に継代培養を行った材料について穿孔能力を比較した。その結果、培養中換水し

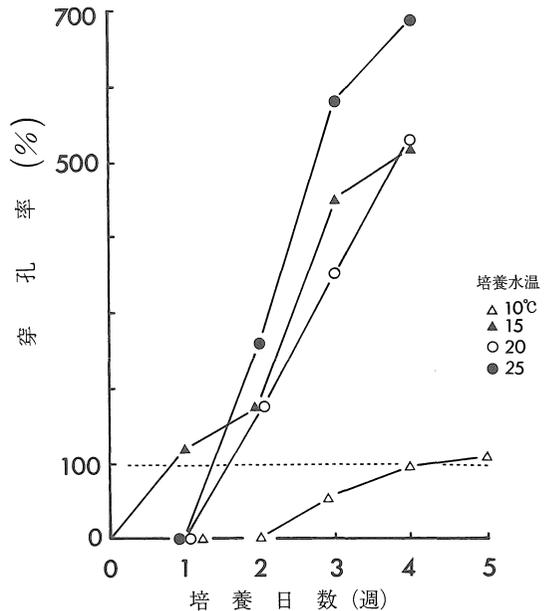


図47 1年間培養したフリー糸状体の培養温度とカキ殻穿孔率との関係

なかった場合には1年培養のものが最もよく穿孔し、2年以上のものは穿孔活力が劣ってくる傾向がみられた(図48)。しかし毎年植継いでいく場合、散布3カ月前に植継いだ場合には2~3カ年培養のものでも高い穿孔率を示した。なお、これらの糸状体からの殻胞子の放出、着生、発芽および生長についても検討したが、いずれも培養年数

による顕著な違いは認められなかった。このように、フリー糸状体の生長とカキ殻への穿孔の適温は15~25℃であること、培養液を換えずに長期間培養すると穿孔能力は劣ってくるが、継代培養して糸状体の活力を回復させれば穿孔力も回復することが明らかになった。

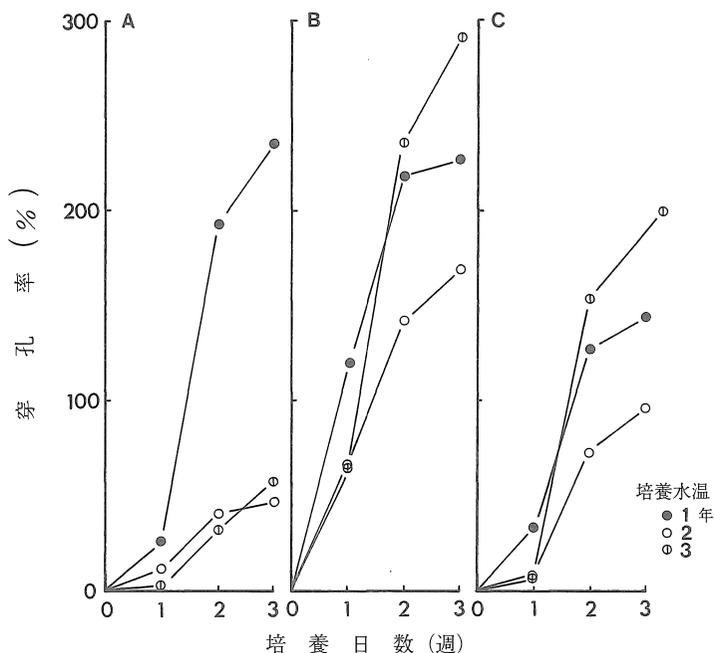


図48 培養年数の異なるフリー糸状体のカキ殻穿孔率

6. フリー糸状体からの直接採苗

フリー糸状体は貝殻糸状体に比べ胞子嚢の形成、成熟および殻胞子の放出が短期間の培養でみられることが経験的に知られている。筆者は果胞子を採取してから14日目に殻胞子の放出を確認した。フリー糸状体は普通浮遊状態にあつて海水中では流失してしまうので、貝殻糸状体による採苗法と同じ方法では採苗に利用できない。しかし閉鎖した海水中での採苗にはフリー糸状体も利用できると考えられる。このため採苗の基礎となるフリー糸状体からの殻胞子放出状況を調べ、続いてフリー糸状体による袋式(ズボ式)採苗とタンク採苗を

試みた。

まず、殻胞子放出時刻をしるために、ナラワササビノリのフリー糸状体をナイロン繊維とともに300ml容の枝付きフラスコに入れて通気し、光の照射が始まってから10分ごとにフリー糸状体を新しいフラスコに移した。放出状況はナイロン繊維1cmあたりに着生した発芽体数で示した。その結果、殻胞子の放出は光があたってから30分後に最高になり、60分後にその日の放出をほぼ終了することが明らかになった(図49)。

次に、温度28℃、照度800lx、明期10時間の培養条件から温度20℃、照度1,000lx、明期10時間の恒温室にフリー糸状体に移して後の殻胞子

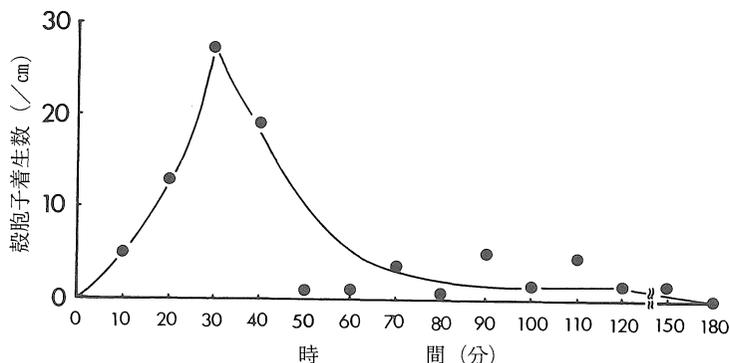


図49 光照射直後におけるフリー糸状体からの殻胞子の放出状況

放出状況を、通気法によってナイロン繊維に着生した発芽体数でみると、図50に示したように、殻胞子の放出は低温に移して3日目から始まり、7日目に最高に達した。これらの放出日周期と低温処理後の放出状況はいずれも貝殻糸状体の場合と同一であった。鬼頭(1978)はフリー糸状体を用いて実験的な採苗を行い、本実験結果とほぼ同様に、アサクサノリ、スサビノリではともに実験開始後6~10日目頃に一時多量の殻胞子の放出がみられることを観察している。

袋式採苗については、マット状(1枚2.5cm²)に生長して多数の殻胞子嚢を形成したフリー糸状体50枚を、海水約20lと化繊ノリ網2枚とともに1×0.5m²のビニール袋に入れ、竹枠に固定して海面を浮遊させる方法で2試験区を設けて行った。その結果を表38に示した。

ビニール袋の中の海水は波の衝撃で攪拌され、その動揺によって放出された胞子がノリ網に着生する。ノリ芽の着生状況は一般の漁場で行われている採苗法に比べてむらづきがみられた。フリー糸状体を353mg(乾燥重量換算)入れた試験区の着生数は採苗開始後1~2日目に多いが3日目から減少がみられた。4日目のノリ芽は大部分が2~3細胞で、日数の経過に伴う細胞数の増加はみられなかった。ノリ芽の細胞は通常1日に数回分裂するにもかかわらず細胞数の増加がみられないのは、先に着生・発芽したものが昼間の水温上

昇などによって脱落したためと考えられる。フリー糸状体を121.4mg入れた試験区では採苗開始後3日目までノリ芽の数が次第に増えていったが、4日目の芽数は3日目とほぼ同じであった。このことから、ビニール袋内のノリ芽は殻胞子が放出されている間は増加するが、放出が止まると脱落して減少していくものと考えられる。

タンク式採苗は1×0.5×0.6m³の水槽に海水を満たし、水面にノリ網を張り、マット状(1×

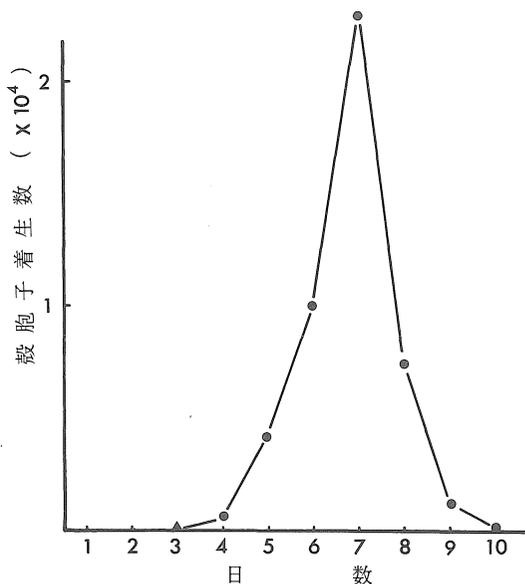


図50 低温処理後の日数とフリー糸状体からの殻胞子放出状況との関係

表38 フリー糸状体を用いてのズボ式採苗による殻孢子着生数

試験区	フリー糸状体の量 (mg dry wt.) 孢子囊数(10 ⁶ /mg dry wt.)	採 苗 日 数			
		1	2	3	4
		着 生 数 (網糸 1 cmあたり)			
I	353.0	34.5	35.9	24.8	7.6
	2,824				
II	121.4	6.0	11.7	66.9	67.4
	1,055				

2.5 cm²) のフリー糸状体を 25 枚、9 mg (乾燥重量換算) 入れてスクリーンで海水を流速 20 cm/s ec. で循環させて行った。その時の水温は約 20 °C、照度 5,000 lx であった。

その結果は図51 のとおりで、殻孢子着生数は採苗開始後 30 ~ 60 分で最高に達し、その後ほとんど増加しなかった。着生数は貝殻糸状体による採苗よりもむらづきの傾向がみられた。なお、フリー糸状体の塊は採苗を始めて 30 分後には細断されて肉眼で認められなくなった。このように、フリー糸状体を用いての袋式採苗およびタンク式採苗が可能であることがわかった。しかし、フリー糸状体の大量培養には手数がかかること、フリー糸状体は高温に弱いので夏季には恒温室で培養しなければならないこと、有明海福岡県地先にはた

くさんの採苗漁場があることなどのため、フリー糸状体による採苗は実用化されるまでに至らなかった。またフリー糸状体の欠点はタンク採苗の途中で細断されるので、同一の糸状体を繰り返し使用することができないことである。さらに、袋式採苗では採苗を 1 日で済ませないと、着生・発芽した幼芽が 2 日目以降網から脱落していく。フリー糸状体からの直接採苗について筆者が行った結果 (1972, '73, '74) と陳 (1980) によっても同様な結果を得ているが、まだ改良の余地を残している実用化に至っていない。これらのことから現在のところ、フリー糸状体は産業的には養殖ノリの品種保存の方法として利用するのが最も適していると思われる。

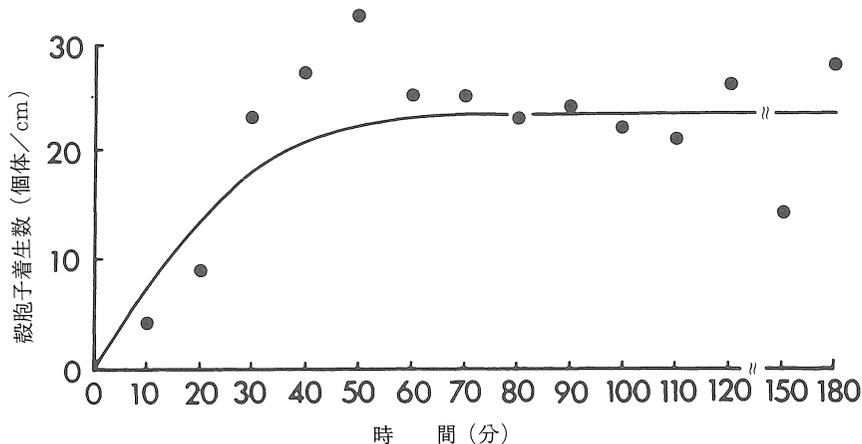


図51 フリー糸状体を用いてのタンク採苗における採苗時間と殻孢子着生数

Ⅷ. 今後のノリの安定生産への展望

ノリ養殖を合理的に行うためには、環境要因とノリの生産との関係を解析し、ノリの生産を制約している環境要因を抽出して、その環境要因とノリの生理との係わりを究明し、その環境条件に適合したノリ網の管理操作を行うことによってノリ生産を安定させるとともに製品の品質を向上させることが必要である。このような観点から本研究では有明海福岡県地先における環境とノリの生産との関係、主要環境要因の変動予測手法の開発、環境条件に適合したノリ網の干出管理について検討し、またその環境に適合したノリの品種について考察するとともに品種の保存株として用いるフリー糸状体の生理についても実験した。

有明海福岡県地先の環境要因とノリの生産枚数との解析からノリ生産を制約している環境要因は海水比重（塩分）であることを明らかにした。したがって、海水比重を指標とし採苗、ノリ網の管理方式をまとめるとつぎのとおりである。

採苗：高比重型変動（比重が大潮期に1.024台、小潮期に1.023台）の年の採苗では低比重障害による幼芽の脱落が少ないので殻胞子の着生数を少なくし、二次芽を多く着生させて摘採回数が進んでも、つぎに二次芽によって若芽に代わらせて、製品を高品質に保つようにする。採苗後の網の展開は高比重の場合には早く行って網の重ね枚数を30枚から6～10枚にして、乾燥しやすくするとともに網の周囲の流れをよくしてノリ芽を健全に育成させる。低比重型変動（比重1.023を中心にしてまたは1.023以下で変動）の年では低比重障害を起こしたり、ノリ芽が脱落して芽減りする。さらに付着珪藻が網に多く付着する傾向にあるために網の洗浄を頻繁に行う必要があり、その際にノリ芽も流失する。したがって、殻胞子の着生数は多くしておく必要がある。また、低比重と乾燥が重なると、ノリ芽は障害を受けるので、乾燥過多にならないように、網の30枚重ねを長くして、

展開を遅らせることが望ましい。

ノリ網の干出管理：環境条件に対応したノリ網の干出管理はやはり比重を指標にして検討する必要がある。ノリ幼芽は低比重に浸ってから干出すると障害を起こし脆弱になり脱落する。また成葉では干出後に低比重海水に浸ると生理活力は低下して障害をうけることを明らかにした。したがって、低比重状態にあるときには育苗期にはノリ網を低めに張り込み干出による障害を防ぐ必要がある。秋芽網期には低比重障害を防ぐために、あかぐされ病が発生するまでは、ノリ網を低めに張り込む必要がある。冷凍網期に低比重状態にあるときはノリの病気は早期に発生し、蔓延も早く、重症になる傾向にあり、そのうえ病気の種類も多いのでノリ網を高めに張り込んで被害を防止する。

環境が高比重状態にあるときには育苗期には幼芽の低比重障害が避けられるのでノリ網は低めからやや高めに張り込み健全なタネ網を育成する。さらにノリの病気の発生も遅れ、発生しても軽微な症状であることが多いので秋芽網期のノリ網の管理は低めに張り込んで生産を上げる。高比重状態と高光量状態が加わると珪藻赤潮が発生する傾向にある。したがって、冷凍網期も低めに張り込んで早い時期に生産を上げる必要がある。

環境特性と養殖ノリ品種：有明海福岡県地先内を比重の程度で区分すると、柳川・大川市地先の筑後川沖の低比重海域、大和・高田町地先の矢部川沖の平均比重海域、大牟田市地先の高比重海域に分けられる。この海域の海況特性に適合したノリ品種の使い分けが必要である。

スサビノリ系統は低比重、乾燥に対する耐性は高い。しかし、摘採回数が進んでくるとノリ質が堅くなる欠点をもっている。オオバアサクサノリ系統は低比重、乾燥に対する耐性は低いが、摘採回数が進んでもノリ質は堅くならない。したがって、低比重海域である柳川・大川市地先ではスサ

ビノリ系統を主体に用い、高比重海域の大牟田市地先ではオオバアサクサノリ系統を主体に用い、その中間比重海域である大和・高田町地先ではスサビノリ、オオバアサクサノリ系統を併用し、とくに秋芽網期にはスサビノリ系統を、冷凍網期にはオオバアサクサノリ系統を用いるのが望ましい。

これらの養殖ノリの品種保存にはフリー糸状体を用いて継代培養を行う。品種の原種（モトダネ）としてフリー糸状体をカキ殻への穿孔に使用するときには播種3カ月前に新しい培養液にミキサーで細断して継代培養を行って、糸状体の活性を高めて用いるのが効果的である。

このようにノリの生産を安定させるための最もよい方法はノリ漁期の海況を予察し、それに対応した養殖管理計画を立て、さらに急激な環境の変動に対してもノリの生育に適した的確な管理を行なうことである。また、比重変動をもとにした漁場特性から各漁場に適した品種を使い分けることである。さらに品種の原種の保存および採苗への利用にはフリー糸状体を用いることである。これらの技術をノリ養殖に採り入れることによって、高品質のノリの安定生産が可能になる。有明海福岡県地先においては、近年このような技術を取り入れた結果、全国的に比較して高品質のノリが安定して生産されるようになった。

Ⅸ. 要 約

本研究は有明海福岡県地先のノリ生産を安定させることを目的に環境特性を明らかにし、さらに環境要因とノリ生育と干出との関係について検討して、環境要因に合った的確な採苗、健苗育成のための管理方式を確立した。さらにノリ品種の生育特性を調べ、環境特性に合わせて、またノリ漁期別すなわち秋芽網期、冷凍網期に合わせたノリ品種の使い分けについて明らかにした。さらにそのノリ品種の株の保存にフリー糸状体を用いた場合に効率的に活用できる培養法についての研究を行った。これらの成果を要約した。

有明海福岡県地先の環境

1. 福岡県地先の環境特性は低塩分、富栄養である。有明海福岡県地先のノリ漁期の比重変動を大牟田市地先での満潮時の観測値でみると、小潮期に1.023台、大潮期に1.024台で変動する高比重型変動、小潮期、大潮期とも1.023台で変動する平均比重型変動および潮汐にかかわらず、主に1.023を中心にして、また1.023以下で変動する低比重型変動がある。

環境とノリの生産との関係

2. 有明海福岡県地先の環境とノリ生産の間には柳川・大川市地先、大牟田市地先では育苗期の平均比重とノリの生産枚数との間に有意な正の相関関係がみられた。大和・高田町地先においても1978～'80年度また'86～'88年度で育苗期の平均比重および'85～'91年度で収穫後期の平均比重とノリ生産枚数との間に有意な正の相関関係がみられた。比重が高い程ノリの生産枚数は多くなる。

3. 高比重型変動年ではノリ生産は豊作で、平均比重型変動年では平年作で、低比重型変動年では不作になる傾向がみられる。

4. ノリ漁期の比重の予測は漁期前の大牟田市

地先で毎日観測される昼間満潮時の9月の平均比重、7月の降水量によって予測できる。予測された比重の変動型によって生産計画を立てて、ノリ網を管理することが生産安定に重要である。

環境と採苗およびノリ網管理

5. 低比重型変動では育苗期に幼芽、幼葉の脱落が起こりやすい、芽の脱落があっても、生産に支障をおよぼさないよう殻胞子の着生数を多く採苗する。また高比重型変動年には殻胞子の着生数を少なくして、二次芽によって増芽させ、摘採回数が進んでも、二次芽によって芽代わりで品質を保つようにする。

6. ノリは低比重に対して耐性をもっているが、干出が加わると障害をうける。ノリ幼芽では干出前、ノリ成葉では干出後に浸る海水の比重が1.016以下であると障害をうける。したがって、海況が低比重である場合にはノリ網の干出時間を短くする管理法によって低比重障害を防止することが必要である。

養殖ノリ品種特性

7. 殻胞子の大きさには10 μm 以下の小型群、10～15 μm の普通群、11.5～13.5 μm の中型群、13.5～14.5 μm の大型群および14.5～15.5 μm の超大型群の5型に分けられる。また、放出時期、その時の水温による殻胞子の大きさに差異は認められなかった。

8. 殻胞子の放出時刻は養殖ノリの品種によって差異が認められた。アサクサノリ、ナラワスサビノリでは光が当たると、直ちに殻胞子放出が始め、60分後に最高になり、90分から260分以後終了する。オオバアサクサノリ、徳島産オオバアサクサノリ、色素変異体は光が当たってから20分から50分後殻胞子の放出が始まり、放出の山は2峰型になる。

9. 有明海福岡県地先のノリ漁場を海水比重分布で見ると、低比重の柳川・大川市沖の漁場、高比重の大牟田市沖の漁場、平均比重の大和・高田町沖の漁場に区分される。この環境に合致したノリ品種を使い分ける必要がある。低比重漁場では低比重耐性をもつナラワスサビノリ等のスサビノリ系を、高比重漁場ではノリ質の柔らかいアサクサノリ系を主体にして養殖する。平均比重漁場ではスサビノリ系、アサクサノリ系とを組み合わせで用いる。

10. ノリ耐乾性はナラワスサビノリが強く、オオバアサクサノリは弱い傾向がみられた。

11. 低比重耐性はナラワスサビノリでは低温(15℃)、高温(20℃)とも強く、低温では徳島産オオバアサクサノリが弱い傾向にあった。

12. フリー糸状体の光合成速度は各温度とも照度が増加するにしたがって増加する傾向がみられた。貝殻糸状体では温度の上昇にしたがって光飽和が低下する傾向がみられた。糸状体の光合成の適温は23℃である。フリー糸状体の培養の光合成の影響は30℃で大きく阻害される。塩分濃度の影響は普通海水から3/4倍稀釈海水で最も高い光合成速度を示した。

13. フリー糸状体の培養液に混入する微細藻類の駆除には *Navicula* では GeO_2 を 1 mg/l 濃度、*Stichococcus bacillaris* では N-フォスホノメチルグリシン塩を 100 mg/l、*Oscillatoria* sp. にはペニシリン G を 500 ~ 1,000 mg/l 添加するのが効果的である。壺状菌の駆除にはペニシリン G を 50 単位/ml、ストレプトマイシンを 50 mg/ml 添加すると効果がある。また、培養液を汚染する細菌の繁殖を予防するには培養液に緩衝剤のトリスアミノメタンを添加しないことがよい。

14. ノリ品種の保存法にはフリー糸状体を用いて、継代培養を続けたのち得られたノリ藻体の生長に異常は認められない。フリー糸状体の細断片のカキ殻に穿孔、生長、胞子嚢の形成、殻胞子の放出をよくするためにはフリー糸状体を活力ある状態に培養することが必要である。それには毎年1回継代培養を行い、フリー糸状体片の接種量は培養液 1 l あたり乾燥重量で 5 mg が適当である。

15. フリー糸状体は 15℃ で最もよくカキ殻に穿孔し、次いで 10℃ が適していた。

16. フリー糸状体の胞子嚢の成熟、放出は貝殻糸状体と同じ傾向であった。

X. 文 献

- 安部 昇 (1972) ノリ人工採苗の技術. 福岡県有明水試, 1 - 93.
- 安部 昇 (1976) 農薬セレクト水和剤の緑藻駆除効果について. 昭和49年度福岡県有明水試事業報告, 5 - 11.
- 安部 昇 (1986) ノリの種苗生産及び育苗管理に関する研究. 福岡県有明水試臨時研究報告, 1 - 78.
- 青山恒夫 (1977) 漁業振興の立場からみた湾内水の流動と問題点. 沿岸海洋ノート, 14, 41 - 42.
- Drew, K. M. (1949) *Conchocelis*-phase in the life-history of *Porphyra umbilicalis* (L.) Kütz. *Nature*, 164, 748 - 749.
- 富士川 滲 (1932) 朝鮮海苔の生理に関する研究 (第3報). 朝鮮総督府水試昭和5年度報告, 32 - 125.
- 富士川 滲 (1936) 朝鮮海苔の生理に関する研究 (第4報). 朝鮮総督府水試昭和7年度事業報告, 1 - 135.
- 富士川 滲 (1937) 朝鮮海苔の生理に関する研究 (第5報). 朝鮮総督府水試昭和8年度事業報告, 1 - 131.
- 藤森三郎 (1929) 有明海干潟利用研究報告. 1 - 751.
- 藤田孟男, 安部 昇, 山下輝昌 (1976) ノリ品種特性について. 昭和49年度福岡県有明水試事業報告書, 17 - 19.
- 福岡県有明水試, 熊本県のり研, 佐賀県有明水試, 長崎県水試, 新日本気象海洋株式会社 (1990) 珪藻赤潮被害防止開発試験. 赤潮対策技術開発試験報告書, 37 - 56.
- 古川春寿, 小倉安之, 関根隆光, 森田茂広, 高橋甫編 (1957) ワールブルグ検圧計. 江南堂, 東京, pp. 1 - 180.
- 林 俊郎 (1972) 継代培養. 「植物組織培養」(竹内 正幸・石原 愛也・古谷 力編), 朝倉書店, 東京, pp. 113 - 125.
- 本田信夫 (1962) アサクサノリ類の養殖における人工採苗に関する研究. 岡山県水試臨時報告, 1 - 67.
- 今田 克, 安部敏夫 (1982) のりの培養における雑藻防除剤の研究. 日水誌. 42, 1507 - 1516.
- 井上尚文, 宮地邦明 (1977) 漁業振興の立場からみた湾内水の流動と問題点. 沿岸海洋ノート, 14, 42 - 52.
- 井上尚文 (1980) 有明海の物理環境. 沿岸海洋ノート. 17, 151 - 165.
- 井上尚文 (1980) 有明海の物理環境. 海洋科学, 12, 116 - 126.
- 磯崎一郎, 北原栄子 (1977) 有明海の海況の特徴. 沿岸海洋ノート, 14, 25 - 35.
- Iwasaki, H. and C. Matsudaira (1956) Studies on the physiology of a laver, *Porphyra tenera* Kjellm. *Tohoku J. Arg. Res.*, 7, 65 - 83.
- Iwasaki H. (1961) The life-cycle of *Porphyra tenera* *in vitro*. *Biological Bulletin*, 121, 173 - 187.
- Iwasaki, H. and C. Matsudaira (1963) Observation on the ecological and reproduction of free-living *Conchocelis* of *Porphyra tenera*. *Biological Bulletin*, 123, 268 - 276.
- 岩崎英雄 (1965) アサクサノリの生理・生態に関する研究. 広島大学水畜産学部紀要, 6, 133 - 211.
- Iwasaki, H. (1965) Nutritional studies of the edible seaweed *Porphyra tenera* I. The influence of different B₁₂ analogues, plant hormones, purines and pyrimidines on growth of *Conchocelis*. *Plant & Cell Physiol*, 6, 325 - 336.

- 岩崎英雄 (1972) フリー糸状体培養と採苗の手引き. 全国海苔貝類漁業協同組合, 東京, pp 1 - 26.
- 片田 実 (1968) ノリ漁場の生産管理. 水産土木, 5, 19 - 25.
- 鎌田泰彦 (1979) 有明海の地形・地質. 沿岸海洋ノート, 17, 72 - 85.
- 鎌田泰彦 (1980) 有明海の沿岸地質・海底地形と底質. 海洋科学, 12, 88 - 96
- 金子政之助 (1935) 海苔浮きひびに関する研究 (第5報). 全羅南道水試報告, 8, 1 - 29.
- 片山勝介, 杉山英之, 篠原基之, 三宅与志雄 (1972) ノリ養殖品種の特性と適正管理技術に関する研究. 昭和49年度指定調査総合助成事業報告書, 岡山水試, 1 - 29.
- 喜田和四郎, 朝倉彰夫, 深津 功, 須藤俊造 (1970) タンク培養によるノリ生育条件の実験的検討. 伊勢湾奥部漁業開発調査報告資料集I, 53 - 63.
- 鬼頭 鈞 (1978) アマノリ属植物の細胞学的研究. 東北水産研究所研究報告, 39, 29 - 84.
- 切田正憲 (1970) 除珪藻剤二酸化ゲルマニウムガスサビノリ Free-living 糸状体の生育におよぼす影響. 藻類, 18, 167 - 170.
- 切田正憲 (1973) スサビノリ (*Porphyra yezoensis*) のフリー糸状体の栄養要求について-I. とくに窒素源の種類と量について. 昭和46年度福岡県有明水試事業報告書, 17 - 22.
- 切田正憲 (1977) ノリのフリー糸状体の大量培養について. 昭和50年度福岡県有明水試事業報告書, 14 - 17.
- 切田正憲 (1978) フリー糸状体の培養液をcontaminateする微生物の除去に関する研究 (予報). 昭和51年度福岡県有明水試事業報告書, 1 - 11.
- 切田正憲, 安部 昇, 大津 航 (1979) 有明海福岡県地先における育苗期の環境とノリの生育に関する研究. 昭和52年度福岡県有明水試研究業務報告, 34 - 41.
- 切田正憲 (1983) 低比重下で干出 (乾燥) がノリ幼芽の生育におよぼす影響について. 昭和58年度西海区ブロック浅海開発関係会議録, 西海区水産研究所, 1 - 10.
- 切田正憲 (1984) 養殖ノリの品種特性に関する研究-I. 昭和57年度福岡県有明水試研究業務報告, 1 - 4.
- 切田正憲 (1984) 養殖ノリの品種特性に関する研究-II. 昭和57年度福岡県有明水試研究業務報告, 5 - 9.
- 切田正憲 (1985) 養殖ノリの品種特性に関する研究-III. 昭和58年度福岡県有明水試研究業務報告, 1 - 9.
- 切田正憲, 背尾忠憲 (1986) ナラワスサビノリのフリー糸状体の栄養要求について. 昭和59年度福岡県有明水試研究業務報告, 255 - 258.
- 切田正憲 (1990) 環境情報とノリ漁場管理. 水産工学, 27, 19 - 29.
- 切田正憲, 松井敏夫 (1992) アマノリ類フリー糸状体の培養液に混入する微細藻類の除藻剤. 水産増殖, 40, 399 - 402.
- 倉掛武雄 (1966) ノリ網冷蔵の手引き. 全国海苔貝類漁業協同組合連合会, 東京, 1 - 72.
- Lewin, J. (1966) Silicon Metabolism in Diatoms. V. Germanium Dioxide, a Specific Inhibitor of Diatom Growth. Phycologia, 6, 1 - 12.
- 松本文夫 (1959) ノリ生育に対する環境, 特に水流の影響に関する研究. 広島大学水畜産学部紀要, 2, 249 - 333.
- 右田清治 (1972) ノリ殻胞子と単胞子の着生. 長崎大学水産学部研究報告, 33, 39 - 48.
- 宮地邦明, 永田 豊 (1979) 有明海表面水温の季節変化について. 沿岸海洋ノート, 17, 61 - 67.
- 宮崎征男, 青山恒夫 (1977) 漁業振興の立場からみた湾内水の流動と問題点. 沿岸海洋ノート, 14, 53 - 62.

- Miura, A. (1984) A NEW VARIETY AND A FORM *PORPHYRA* (BANGIALES, RHODOPHYTA) FROM JAPAN: *PORPHYRA TENERA* KJELLMAN VAR. *TAMATSUENSIS* MIURA, VAR. NOV. AND *P. YEZOENSIS* UEDA FORM. *NARAWAENSIS* MIURA, FORM. NOV. Journal of Tokyo University of Fisheries, 71, 1-37.
- 尾形英二, 松井敏夫 (1960) ノリの芽いたみ対策に関する研究. 大分県水試高田分場事業報告, 1-25.
- 尾形英二 (1961) ノリ糸状体の生長に関する研究. 水産講習所研究報告, 10, 423-500.
- 尾形英二 (1964) アサクサノリの生理と病理. 植物生理, 3, 71-182.
- 尾形英二, 松井敏夫 (1967) ノリの生長と塩分濃度との関係. 木曾三川河口資源調査報告, No 4, 1457-1474.
- 尾形英二 (1970) 新しい海藻培養液 SWM-III について. 藻類 18, 171-173.
- Ogata, E. and W. Schramm (1971) Some observations on the influence of salinity on growth and photosynthesis in *Porphyra umbilicalis*. Marine Biology, 10, 70-76.
- 須藤俊造 (1954) アサクサノリの生活史に就いて, 特に秋に立て込んだヒビに最初に着く胞子の性質-III. 日水誌, 20, 447-450.
- 須藤俊造, 丸山武雄, 喜田和四郎, 牧戸二彦, 中西捨吉, 朝倉彰夫, 深津 功 (1970) 伊勢湾奥部ノリ漁場開発調査. 伊勢湾奥部漁業開発調査報告資料集 I, 41-51.
- 須藤俊造 (1959) アサクサノリの室内培養方法について. 水産増殖, 7, 7-11.
- 代田昭彦 (1980) 有明海の栄養塩類とニゴリの特性. 海洋科学, 12, 127-137.
- 杉山英之, 片山勝介, 篠原基之, 三宅与志雄 (1980) タンク採苗におけるオオバアサクサノリとナラワスサビノリの殻胞子の着生時刻について. 水産増殖, 20, 37-43.
- 水産庁・西海区水研, 福岡県福岡水試, 福岡県有明水試, 佐賀県有明水試, 熊本県熊本水試, 熊本県のり研, 鹿児島県鹿児島水試 (1984) 西海ブロック漁海況予報事業・浅海定線調査 昭和 47-57 年度集約データ集. 1-142.
- 高山治夫 (1927) 浅草ノリの生長におよぼす塩分並び品質に及ぼす比重の範囲について. 水研誌, 32, 66-69.
- 田中勝久, 浜田七郎 (1987) 高濁度河口域における栄養塩の調査. 沿岸海洋ノート, 24, 125-133.
- 寺本賢一郎, 木下祝郎 (1961) “アサクサノリ” 糸状体の光合成に関する二, 三の知見. 藻類, 9, 1-6.
- 陳 国宣 (1980) 關於壇紫菜自由糸状体の培養和直接採苗的研究. 水産学報, 4, 19-29.
- 山崎 浩 (1954) アサクサノリ (*Porphyra tenera* Kjellm.) 糸状体の生態-III. 特に糸状体より放出された胞子について. 日水誌, 20, 447-450.
- 山下輝昌, 切田正憲, 小河淳一, 安部 昇, 藤田孟男, 本田一三, 曾根元徳, 本田清一郎 (1982) 壺状菌病の防除技術に関する研究. 昭和 55 度福岡県有明水産試験場研究事業報告, 1-83.
- 山内幸児 (1973) ノリ幼芽の生長におよぼす塩分濃度の影響. 日水誌, 39, 488-489.
- 山内幸児 (1974) ノリ幼芽の生長におよぼす温度の影響-I. 日水誌, 40, 439-446.
- 山内幸児 (1975) ノリ幼芽の生長におよぼす温度の影響-II. 日水誌, 42, 387-394.
- 渡辺競, 佐藤孝三, 早坂正典, 阿部和夫, 佐藤陽一, 鈴木健三 (1973) 海水交流改善による松島湾漁場の改良に関する研究. VIII 松島湾における養殖ノリの生産とその環境要因について. 宮城県水試研究報告, 7号.