

## 筑前海におけるフトモヅク養殖試験

福澄 賢二・岩淵 光伸・行武 敦\*  
(研究部)

The experimental culture of *Tinocladia crassa* in Chikuzen-sea

Kenji FUKUZUMI, Mitsunobu IWABUCHI and Atsushi YUKUTAKE\*  
(Research Department)

福岡県筑前海において冬季は季節風が強いため、主幹の漁船漁業は漁閑期となる。漁閑期対策として一部ではワカメ養殖、ノリ養殖、カキ養殖が営まれているが、筑前海には静穏域が少なく、これらの養殖適地はごく限られている。そのため、冬季に外海域で可能な新しい養殖種の開発が強く望まれている。

フトモヅクは褐藻ナガマツモ目ナガマツモ科に属し、北海道、太平洋北部、日本海北部を除いた広い範囲に分布している。<sup>1)</sup> 本県では筑前海沿岸の水深1-2mの転石や岩礁地帯にわずかに生育が認められており、4月下旬から5月下旬にかけて潜水作業によって採取されている。県内の生産量は年間1-2トン程度と少なく、地元での消費にとどまっており、<sup>2)</sup> 単価は養殖が盛んなオキナワモヅク *Cladosiphon okamuranus* に比べて高い。また、昨今の健康志向の高まりからモヅク類への関心が高いなか、本種はオキナワモヅクとは形態や食感が異なるため、需要が見込まれ、筑前海における新養殖種になり得ると考えられる。

フトモヅクの養殖に関する研究は四井<sup>3)</sup>をはじめとして複数報告されているものの、養殖実用化には至っていない。筆者らは筑前海に対応したフトモヅク養殖技術の確立を目的として、種苗生産試験及び海域での養殖試験を行ったので報告する。

### 方 法

#### 1. 種苗生産試験

2003年5月21日に図1に示す宗像市鐘崎地先で採取した全長194-294mmの天然藻体から単子囊を単離し、試験

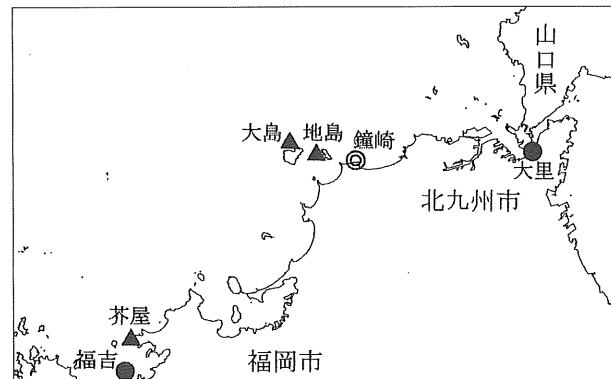


図1 養殖試験位置及び母藻採取場所  
(●はえ縄方式、▲海底張り方式、◎母藻採取)

管内で単子囊ごとに匍匐糸状体の初期培養を行った。培養条件はSWMⅢ改変培地、<sup>2)</sup> 水温20°C、照度2000lux、11時間明期：13時間暗期、静置培養とした。培地の交換は1.5ヶ月ごとに行なった。

初期培養で糸状体の生育が確認された株については、中性複子囊遊走子の放出状況を調べ、採苗に使用する株（以下優良株）を選別した。

遊走子の放出状況は次の方法により調べた。10月1日に96穴マイクロプレートへ株ごとに糸状体の一部を培養液0.1mlとともに接種し、その細胞数を計数した。遊走子の形成及び放出を促すために18°Cへの低温処理<sup>2)</sup>をしたのち、遊走子の放出数を顕微鏡を用いて計数した。計数は遊走子放出確認後は1日おきに20日後まで行った。

また、糸状体の長期保存培養による影響を調べるために、前年及び前々年に採種し選別した優良株各10株と、対照区として前年に優良株でなかった10株についても同

\* 福岡県栽培漁業公社

様に調べた。

さらに、糸状体の拡大培養及び採苗時の処理として、ミキサーによる糸状体細断の効果について検討した。'02年に採種、選別した優良株1株を用い、ミキサー処理時間を15, 30, 60, 120, 240秒として、遊走子の放出状況を前述の方法で調べた。また、糸状体株による細断結果の差を見るため、他の4種の優良株を同様に細断し、細胞個数を比較した。

採苗及び育苗は、あらかじめ平底フラスコ等で拡大培養した糸状体と径1.5mmのクレモナ糸またはノリ養殖用網を半分に切断したもの（1.8m×9m）を室内に設置した小型水槽に投入して行った。培地は滅菌海水にノリ糸状体用栄養剤を規定量加えたものとし、自然水温、止水、強通気条件とした。基質全体が茶色に色付くまで糸状体及び直立同化糸が生育した段階で屋外の大型水槽に移し、自然光、ろ過海水による流水、強通気条件でさらに育苗した。

## 2. 養殖試験

'03年1-6月にはえ縄挟み込み方式（以下はえ縄方式）及びノリ養殖網海底張り方式（以下海底張り方式）の2種の方法で養殖試験を行った。種苗は'02年に採種した優良株から生産したものを使用した。

### 1) はえ縄方式

クレモナ糸の種糸を5cmに切断し、はえ縄式のワカメ養殖と同様の施設に10cm間隔に挟み込んで試験養殖を行った。試験箇所は図1に示す福吉及び大里地先とし、福吉では開始時期別（①1月31日 ②2月21日 ③3月25日）、場所別（①ワカメ養殖場東側 ②同西側；海水の流動：東側>西側）、養殖水深別（①0m ②1.5m）の試験を行った。なお、場所別試験の試験区間の距離は約500mであった。大里では養殖水深別（①0m ②0.5m ③1.5m ④3m）の試験を行った。

### 2) 海底張り方式

海底に打ち込んだ鉄筋を支柱とし、種網をロープで水平に固定して試験養殖を行った。試験箇所は図1に示す芥屋、地島、大島地先とし、設置場所は天然藻体の生育状況を考慮して水深2-4mの砂底域とした。芥屋では開始時期別（①3月17日 ②5月21日）及び張り込み高さ別（①30cm ②0cm）の試験、地島、大島では張り込み高さ別（①30cm ②0cm）の試験を行った。

## 結 果

### 1. 種苗生産試験

母藻7個体から計60株の単子嚢を採種した。そのうち糸状体が発育しなかったものや夾雜物が発生したもの除去した44株でフリー状態の糸状体を得られた。

優良株の選別では、低温処理6日後に遊走子放出を確認した。低温処理20日後までの各株100細胞あたりの放出総量の頻度分布を図2に示した。

株によって遊走子放出量に大きな差がみられた。最大で100細胞あたり211個放出された一方、全く放出しない株も4株（9.1%）あった。

母藻单位でまとめた遊走子放出量の推移を図3に示した。

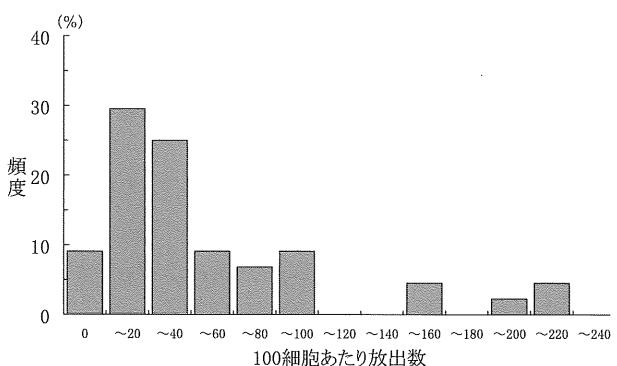


図2 100細胞あたり遊走子放出数の頻度分布

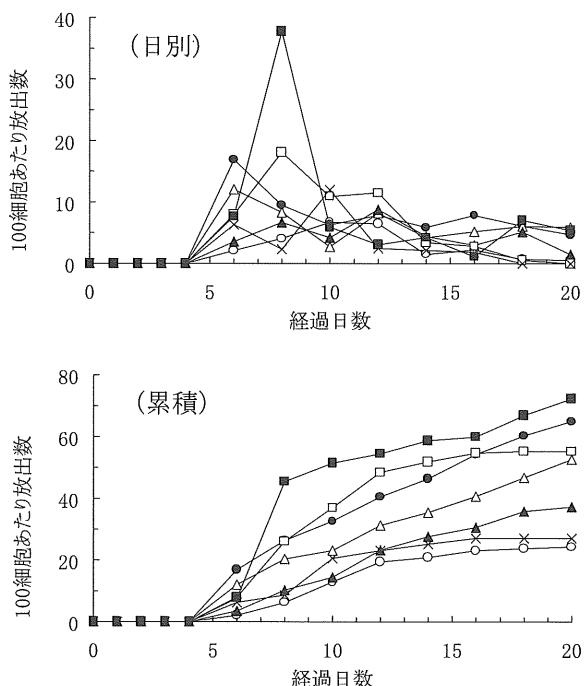


図3 母藻ごとの遊走子放出数の推移

母藻単位で総放出量を比べると、最大で3.0倍の差があった。また、期間途中での順位の入れ替わりはほとんどなかった。なお、母藻の全長及び重量と放出量との相関はみられなかった。

糸状体の長期培養による影響について、各年優良株の100細胞あたりの遊走子放出総量を図4に、採種年ごとの平均を図5に示した。

遊走子放出数は、一部に例外はあるものの、全体的に当年株、前年株、前々年株、対照株（前年非優良株）の順で多い傾向にあり、培養期間が長いほど放出数が少なかった。特に前々年株では4位以下はごく微量、あるいは全く放出がみられなかった。年ごとの平均では当年株を基準とすると順に約2分の1、3分の1、17分の1の放出数であった。

糸状体細断後の糸状体放出状況を図6に、細断後細胞個数と遊走子放出量の関係を図7に、5株のミキサー処理時間と細胞個数の関係を図8に示した。

低温処理4日後に遊走子の放出を確認した。平均2.7細胞まで細断した240秒区が最も放出量が多かった。細胞個数と遊走子放出量には相関がみられ ( $y = 1141.28 x^{-0.77}$ ,  $R^2 = 0.98$ ,  $y$  : 100細胞あたり放出量), 細胞個数が少ないほど遊走子放出量が多かった。株による細胞個数の差は30秒以上処理すればほとんどなくなつた。

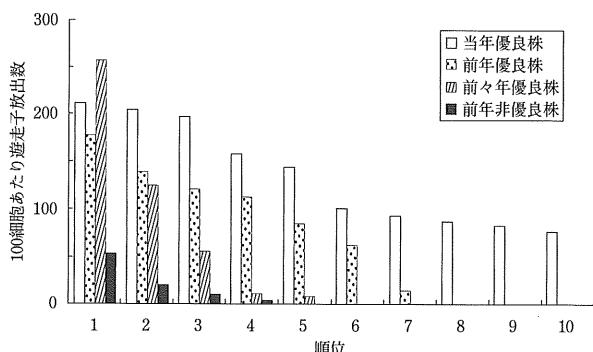


図4 各年の優良株の遊走子放出総数

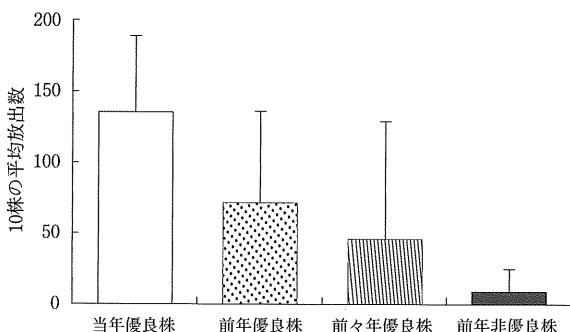


図5 各年優良株10株の平均遊走子放出総数

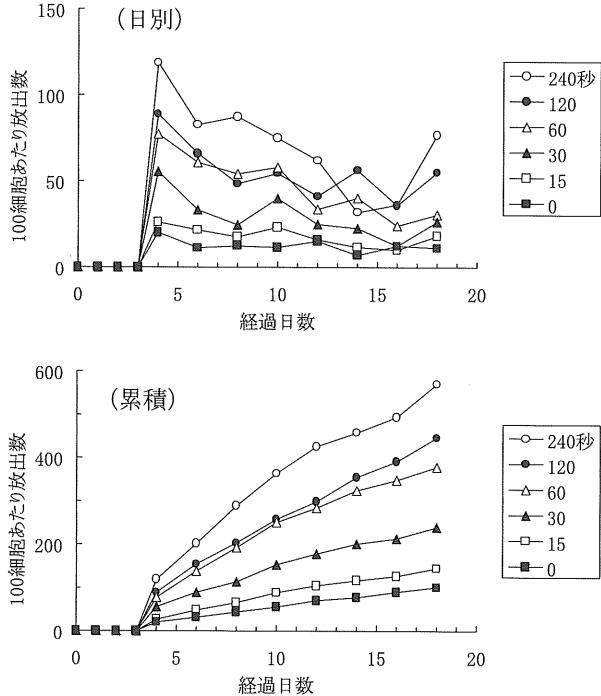


図6 ミキサー細断時間別 遊走子放出数の推移

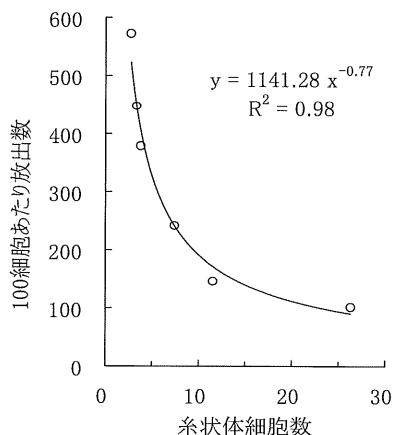


図7 ミキサー処理後の細胞個数と遊走子放出数の関係

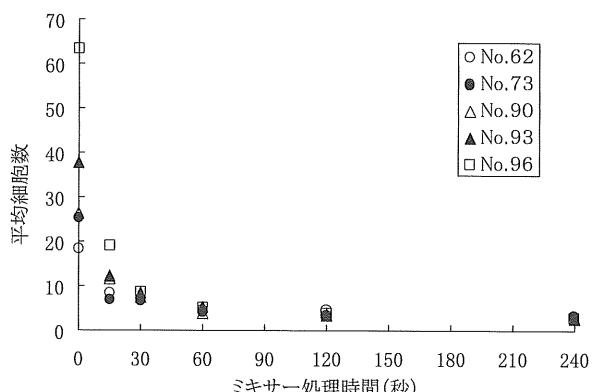


図8 糸状体5株のミキサー処理時間と細胞個数の関係

(番号は株の整理番号、遊走子放出試験にはNo. 90を使用)

## 2. 養殖試験

### 1) はえ縄方式

福吉で行った試験結果を図9～12及び表1に、大里で行った水深別の試験結果を表2に示した。また、福吉における養殖状況を図13に示した。

開始時期別試験（図9、図10、表1）では、1月下旬開始区は、2月下旬の調査時にはケイ藻や泥に巻かれて枯死していた。2月下旬開始区と3月下旬開始区を比べてみると、生長の速度はほぼ同じであった。なお、養殖開始時期にかかわらず、各養殖終期の藻体には端脚類やケイ藻、泥等、汚れの付着がみられた。

場所別試験（図11、図12、表1）では、海水の流動がより大きい東側漁場のほうが西側に比べて優れていた。

養殖水深別試験では、大里（表2）では養成ロープへの泥の付着が多く、藻体全体が覆われて枯死したため、適正な養殖水深の判断はできなかった。福吉（図11、図12、表1）では同一漁場内で水深1.5mのほうが0mよりも優れていた。

なお、試験全体を通じて同一ロープ上でも生育状況にばらつきが大きく、摘採量は最も生育が良好であった福吉の東側漁場でも養成ロープ56m分で4.3kgであった。また、養殖藻体は全体的に天然藻体に比べて全長、直徑が劣っていた。

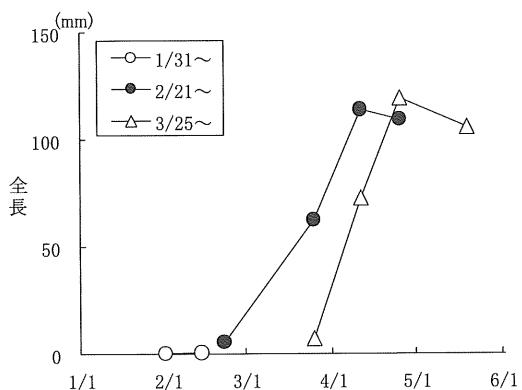


図9 養殖時間時期別 全長の推移（福吉）

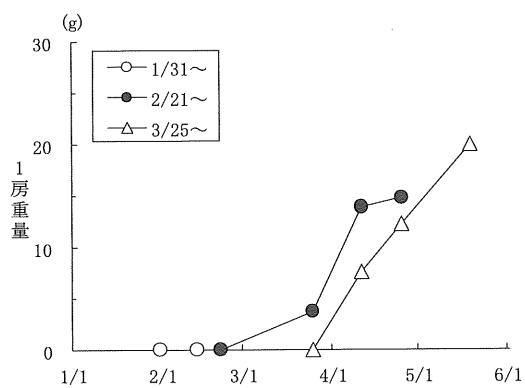


図10 養殖開始時期別 重量の推移（福吉）

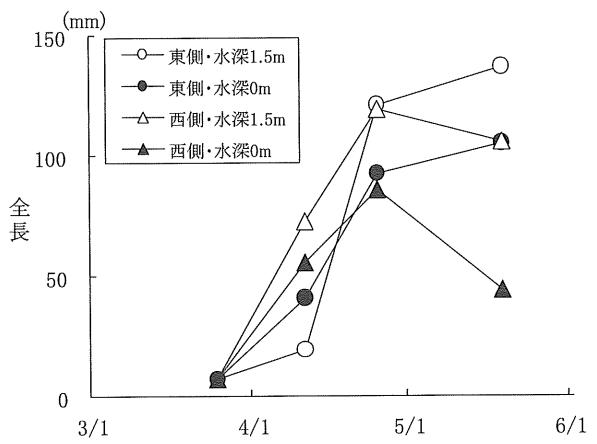


図11 場所別、水深別 全長の推移（福吉）

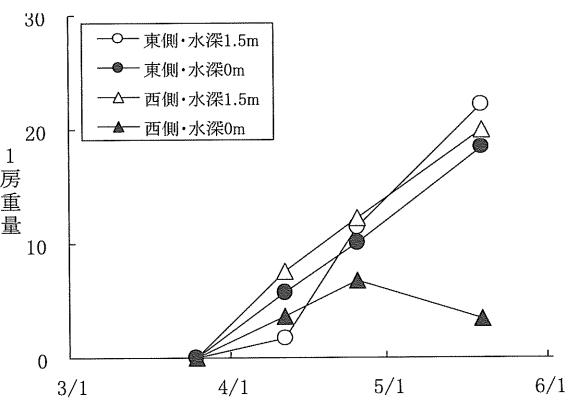


図12 場所別、水深別 重量の推移（福吉）

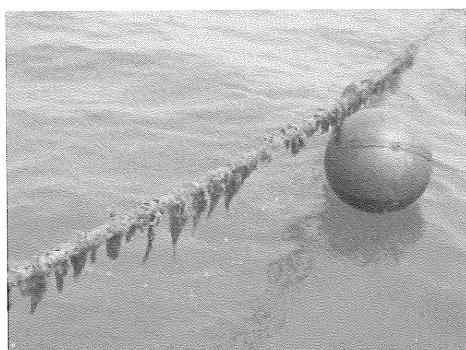


図13 はえ縄方式養殖状況 ('03.5.19 福吉)

表1 はえ縄方式試験結果1(福吉)

試験地	福吉						鐘崎天然藻体
試験区	1	2	3-1	3-2	3-3	3-4	—
開始日	1/31	2/21	3/25	3/25	3/25	3/25	—
終了日	2/21	4/25	5/19	5/19	5/19	5/19	2002/5/13
日数	21	63	55	55	55	55	—
場所	西側漁場	西	東	東	西	西	—
養殖水深	1.5m	1.5m	1.5m	0m	1.5m	0m	—
養殖ロープ長	160m	10m	160m	8m	56m	8m	—
開始時全長(mm)	0.3	5.4	7.2	7.2	7.2	7.2	—
終了時全長(mm)	—	109.1	136.7	104.9	105.7	44.1	155.5
1房重量(g)	—	14.8	22.2	18.4	20.0	3.4	—
直径(mm)	—	2.19	1.79	1.70	1.83	2.00	2.42
開始時水温(°C)	9.2	10.8	13.1				—
終了時水温(°C)	10.8	17.5	19.8				—
摘要	消失	—	流動: 東>西				漁業者摘採期

表2 はえ縄方式試験結果2(大里)

試験場所	大里				鐘崎天然藻体
試験区	1	2	3	4	—
養殖水深	0m	0.5m	1.5m	3m	—
開始日	3/11	3/11	3/11	3/11	—
終了日	4/17	4/17	4/17	4/17	2002/5/13
日数	37	37	37	37	—
ロープ長さ	25m	25m	50m	50m	—
開始時全長(mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	—
終了時全長(mm)	77.0	67.1	65.5	33.5	—
1房重量(g)	2.3	2.3	2.2	0.8	—
直径(mm)	1.66	2.17	2.23	2.01	2.42
開始時水温(°C)	10.7				—
終了時水温(°C)	16.6				—
摘要	泥の付着ひどく、ほとんどが枯死				漁業者摘採期

## 2) ノリ網海底張り方式

試験結果を表3に、養殖状況を図14、図15に示した。

芥屋で行った開始時期別及び張り込み高さ別試験のうち、3月下旬開始分ではほとんど生育が確認されなかつた。5月下旬開始分では、高さ30cmに張った網のほうが海底面に接して張った網よりも生育が良好であった。また、高さ0cmに張った網では底砂によって藻体の上

部が削られた形跡があった。両試験区とも網上の生育状態にはムラがあり、図15のように網の縁辺部ほど生育が良い傾向にあった。なお、両試験区で摘採した藻体には、はえ縄方式でみられた肉眼的な汚れはほとんど付着していなかつた。

地島と大島では波浪によって施設が損壊したため、藻体の生育はほとんど確認されなかつた。

表3 海底張り方式試験結果

試験場所	芥屋			地島		大島		鐘崎天然
試験区	1	2-1	2-2	1	2	1	2	-
開始日	3/17	5/21	5/21	5/1	5/1	5/14	5/14	-
終了日	6/12	6/24	6/24	6/4	6/4	5/28	5/28	2002/5/13
日 数	87	34	34	34	34	14	14	-
張込み高さ	30cm	30cm	0cm	30cm	0cm	30cm	0cm	-
開始時全長(mm)	0.2	6.4	5.6	1.5	1.5	5.6	6.4	-
終了時全長(mm)	42.1	72.0	45.6	×	×	×	×	155.5
網地1mあたり重量(g)	85.0	83.5	36.1	×	×	×	×	-
直徑(mm)	2.22	2.03	1.96	×	×	×	×	2.42
開始時水温(°C)	12.3	20.4		17.8		18.0		-
終了時水温(°C)	21.3	23.5		20.6		-		-
摘要	-			網が緩み、スレで藻体消失		波浪で施設破損		漁業者摘採期



図14 海底張り方式養殖状況 ('03.5.14 大島)

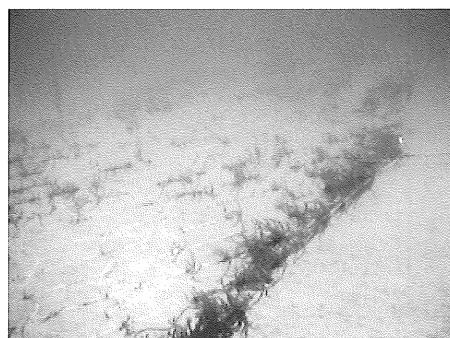


図15 海底張り方式養殖状況 ('03.6.12 芥屋)

## 考 察

### 1. 種苗生産試験

フトモズクの生活史については、異型世代交代をする群（野母崎型）と単子嚢で減数分裂が起こらず単相の配偶体世代を欠いた群（口之津型）の2タイプあることが報告されている。<sup>5)6)</sup> 今回、母藻とした鐘崎産の藻体は、佐々木<sup>2)</sup>により後者であることが確認されている。こ

のタイプは配偶子の接合を必要とせず、種苗生産過程を簡易にできるため、母藻に適していると考えられる。

採種及び糸状体の培養方法について、四井<sup>3)</sup>は母藻から遊走子を放出させ、走光性を利用して数回洗浄し基質板上に付着させるかフリーの状態で培養する方法を考案している。筆者らは単子嚢を藻体から単離し、単子嚢ごと試験管内で培養した。単子嚢は大きさ70×50 μm程度<sup>7)</sup>であり、取扱いが比較的容易である。その反面、夾雜物の混入が懸念されたが、60株中44株でフリー糸状体を得ており、この方法による採種及び培養は十分可能と考えられた。

採苗に供する糸状体株を中性複子嚢遊走子の放出状況から選別したが、株によって明らかな差がみられた。さらに、母藻単位で放出量に最大で3.0倍もの差があったことから、母藻による優劣もあることが推察された。したがって、遊走子放出量が多い株を選別する際には、複数の母藻から採種したうえに糸状体株単位で選別する必要があると考えられた。

糸状体の長期保存培養による影響について、前々年採種の1位の株は、当年及び前年の1位の株よりも遊走子放出数が多く、優良株が長年にわたって使用できる可能性を残している。しかし、全体的には培養期間が長いほど遊走子の放出状況が悪かったことから、長期培養により糸状体が劣化していると推察された。したがって、毎年新たな母藻から採種するか、もしくは保存培養条件を再検討する必要がある。

なお、今回は遊走子放出状況を優良株選別の基準とした。選別した優良株は拡大培養や採苗の際に有利なのは明らかだが、株による生長や形態などの違いについては不明である。今後はその点についても十分な検討が必要とされる。

ミキサーによる糸状体細断試験では、細胞個数が少ないほど遊走子放出量が多く、細断による効果が認められた。これは静置培養によって塊状になっていた糸状体が機械的に細断され、各細胞へ光や栄養素が十分にいきわたり、遊走子の形成、放出が促されたことによると考えられる。四井<sup>3)</sup>は、フリーの状態で培養している胞子体をミキサーで細断して採苗に使用しているが、糸状体段階でも同様の方法により効率的に培養や採苗を行えると考えられた。

## 2. 養 殖 試 験

はえ縄方式について、開始時期別試験において1月下旬開始区でケイ藻や泥に巻かれて枯死していたのは、四井<sup>3)</sup>が長崎県沿岸において12月6日及び12月24日に養殖開始で摘採サイズの藻体を得ていることから、低水温期であったことが原因とは考えにくい。養殖開始時の状況から、種苗が全長0.3mmと他の時期と比べて十分に生育していなかったことが主な原因と考えられた。3月下旬開始区は天然藻体の生育時期とほぼ同時期にあたり、2月下旬開始区と3月下旬開始区で生長の速度がほぼ同じであったことから、天然藻体よりも1ヶ月程度早い時期でも養殖が可能と考えられた。また、養殖開始時期にかかわらず、各養殖終期の藻体にはケイ藻等の汚れの付着がみられたことから、藻体の老成化によってこれらの汚れが付着していることが考えられた。ただし、砂底域で行った海底張り方式では藻体にほとんど汚れがみられなかったことから、端脚類やケイ藻、泥等の多い場所を避けることで清浄な藻体が得られることが示唆された。

場所別試験では、海水の流動がより大きい東側漁場のほうが西側に比べて優れていた。両者の漁場は約500mしか離れていないことから、光量や栄養塩のみならず、海水の流動も藻体の生育に大きく影響を及ぼすことが考えられた。

養殖水深については、水深1.5mのほうが0mよりも優れており、ごく浅い水深では波浪の作用によって藻体の一部が流失していることが考えられた。

なお、全般的に天然藻体に比べて養殖藻体は全長、直徑が劣っていたことから、本来の生長をしていたとは考えにくく、好適な養殖条件についてさらに検討していく必要がある。

次に海底張り方式について、開始時期別試験で3月下旬開始区で藻体の生育がみられなかつたのは、同時期に開始したはえ縄方式では生育を確認していることから、種苗が全長0.2mmと他の試験区に比べて十分に生育していなかつたため、ケイ藻、浮泥等に巻かれて枯死したも

のと考えられた。

海底面に接して張った網は生育が悪く、また、底砂によって藻体の一部が削り取られた形跡があつたことから、養殖網は海底面からある程度離して張る必要があると考えられた。

網の縁辺部ほど生育が良好であったのは、網が強く張られた状態ほど生育が良好であることをうかがわせる。したがって、網の張り方を工夫することで、生産効率の向上が図られることが考えられた。

摘採した藻体には、天然藻体と同等に肉眼的な汚れはほとんど付着しておらず、製品の質ははえ縄方式よりも期待できるものと考えられた。

地島と大島では波浪によって施設が損壊したことでの藻体の生育はほとんど確認されなかつたため、今後は耐波性の高い施設の開発も必要とされる。

両方式の試験結果から考えられた好適養殖条件を整理すると、①海水の流動が大きいほど生育がよい ②ケイ藻、浮泥が多い場所は適さない ③2月下旬養殖開始が可能である ④水面近くでは生育が悪い ⑤種苗は海底面から浮かせて張る必要がある の5点が挙げられる。ただし、養殖実用化に向けてはまだ不十分であり、さらに項目を増やし、また、より具体的な条件が必要である。新規養殖種の開発においては、特に環境面の好適条件を明らかにすることが重要であるため、海水の流動や光量等、環境条件に関する調査や試験を重点的に行う必要がある。

養殖方法について、はえ縄方式と海底張り方式の比較を表4に示した。

ロープまたは網の長さ単位の生産見込み量からノリ養殖網による海底張り方式のほうが生産効率が優れていることが考えられた。ただし、海底張り方式では施設の耐波性に問題があり、また、設置箇所も水深2m程度の砂底域に限定されるという問題もある。

今後は、耐久性の高い施設や、水深のある海域でも養殖可能な施設、例えばノリ浮き流し式養殖と類似の施設等の開発が必要とされる。

表4 はえ縄方式と海底張り方式の比較

試験区	はえ縄方式(福吉東)		ノリ網海底張り方式(芥屋)	
	水深0m	水深1.5m	高さ30cm	高さ0cm
摘採総重量g	357	4,314	1,409	599
養殖基質長さm	8	56	215	215
mあたり重量g	44.7	77.0	34.3	35.6
100m換算重量kg	4.5	7.7	—	—
生育挟み込み数・網地長さm	16	186	41.0	16.8
総挟み込み数・網地長さm	80	560	215	215
生育部分／基質全体	0.20	0.33	0.19	0.08
1挟みあたり重量g	22.3	23.2	—	—
基質mあたり摘採見込量g	223.4	232.0	34.3	35.6
はえ縄100m摘採見込量kg	22.3	23.2	—	—
ノリ網100m分摘採見込量kg	—	—	82.0	85.1

## 要 約

- 1) フトモズクの種苗生産試験及び海域での養殖試験を行った。
- 2) 天然藻体の単子嚢を単離して培養し、フリー状態の匍匐糸状体を得た。
- 3) 株単位及び母藻単位で中性複子嚢遊走子の放出状況に差がみられたことから、優良株選別の際は複数の母藻から採種したうえに糸状体株単位で選別する必要があると考えられた。
- 4) 糸状体の保存培養期間が長いほど遊走子放出状況が悪かったことから、長期培養により糸状体が劣化していると考えられた。
- 5) ミキサーによる糸状体細断によって遊走子放出量が増加し、細断時間が長く細胞個数が少ないほど遊走子の放出量が多かった。
- 6) はえ縄挟み込み方式及びノリ養殖網海底張り方式で養殖試験を行った結果、藻体の質及び生産効率の面ではノリ養殖網海底張り方式のほうが優れていると考えられた。
- 7) 好適養殖条件として、①海水の流動が大きいほど生育がよい ②ケイ藻、浮泥が多い場所は適さない ③2月下旬養殖開始が可能である ④水面近くでは生育が悪い ⑤種苗は海底面から浮かして張る必要がある ことが考えられた。

## 文 献

- 1) 堀輝三：藻類の生活史集成、第2巻褐藻・紅藻類、内田老鶴園、28-29 (1993)
- 2) 佐々木和之:フトモズクの養殖に関する研究 I - 温度による種の熟度及び中性複子嚢遊走子の放出の影響-, 福岡県水産海洋技術センター研究報告、11、45-49 (2001).
- 3) 四井敏雄：フトモズクの養殖、長崎県水産試験場研究報告、8、101-106 (1982).
- 4) 吉見圭一郎、團昭紀、山本浩二、岡崎孝博：徳島県南部におけるフトモズク養殖の試み、徳島県水産研究所報告、1、29- 32 (2002).
- 5) 四井敏雄：フトモズクの生活環、日本水産学会誌、44(8)、861-867 (1978)
- 6) Toshio Yotsui : The life cycle of *Tinocladia crassa* (Suringar) Kylin (Phaeophyta, Chordariales) without a haploid gametophyte from Kuchinotu, Kyushu, Japan, J. Phycol, 30, 113-118 (1982).
- 7) 吉田忠夫：新日本海藻誌、内田老鶴園、249 (1998)