

スジアオノリ養殖技術の開発について -

團 昭紀・荒木 茂

1. スジアオノリの母藻細断法について

スジアオノリ藻体を数ミリの大きさに細断すると、2~7日のうちに細胞が成熟(胞子が形成される)し、その後多くの胞子が放出される現象が観察される。これを利用したものがスジアオノリの母藻細断法による人工採苗である^{1,2)}。

スジアオノリ藻体は薄い膜状の2層構造となっており、細胞内および2層構造の内側に成熟阻害物質を分泌していると考えられる³⁾。このため、スジアオノリ藻体を直径0.9mm程度の円形に切断し、海水でよく洗浄することによって成熟阻害物質の流出が起こり、成熟が進む(図1)。

細断後の藻体片の変化は、藻体基部方向の藻体片に仮根を形成し、先端部方向の藻体片から成熟(胞子形成)するパターンが最も多い。成熟部位は数日のうちに胞子を放出し、細胞は抜け殻となるため外観的に白くなる(図2-B)。しかし、藻体片が仮根を形成し、成熟、白化部位を持ちながらも成長するパターンもある(図2-C)。また、仮根を形成せず短期間のうちに成熟し、胞子を放出する場合もあり、これは細断サイズが非常に小さい場合(直径0.9mm程度)に多い(図2-E)。細断後の藻体片が成熟に向かうか、成長に向かうかは藻体片に残っている成熟阻害物質の量とその流出の速度により決定されると推察される。

培養液の塩分濃度が3.3(%)以下では仮根を形成し、成熟部位を持つが胞子は放出されない。この藻体片を塩分濃度20の培養液に入れてやると未成熟部分が成熟し、胞子が放出される。このように、スジアオノリ藻体片を非常に低い塩分、高水温、低光量などの条件下に置くと成熟は進むが、胞子放出まで至らない場合がある。

2. 母藻細断法における成熟促進条件

スジアオノリの人工採苗の研究は1996年から徳島水試で着手され、現在、徳島県、岡山県下で母藻細断法を使った人工採苗によるスジアオノリ養殖が普及しつつある。しかし、これまでの母藻細断法による人工採苗では、成熟を促進させるための最適な細断片のサイズ、培養温度、塩分濃度、光量の条件が明らかになっていなかった。このため、これらの条件を明らかにするための実験を実施した。

材料と方法

スジアオノリ、藻体(藻体長90cm、藻体幅3~4mm)を端から円形に切り出し(以下、本文中では

「ディスク」とする), 塩分濃度 20 の海水でよく洗い, マイクロプレートに 1 枚ずつ入れ 6~8 日間静置培養し, ディスクの成熟, 孢子放出を観察した。顕微鏡による観察は毎日定時に行い, PES 培地を交換した。基本的に培養条件は, ディスクのサイズは直径 0.9mm, 培養液の塩分濃度は 20, 培養温度は 20, 光量は $9.2 \sim 19 \mu\text{mol/s/m}^2$ (12 時間明期) としたが, 実験項目によって該当条件を変えた。

実験項目は, 次のとおりとした。

ディスクのサイズと成熟度の関係: 直径 0.9mm, 2.1mm, 3.0mm, 3.6mm, 4.5mm, 9.0mm の 6 実験区
塩分濃度と成熟度の関係: 滅菌海水を蒸留水で希釈した海水の割合 (サリノメーター測定値) 0% (0.05), 1% (0.34), 3% (1), 5% (1.66), 10% (3.31), 20% (6.6), 40% (19.85), 70% (23.05), 80% (26.31), 90% (29.5), 100% (32.76) の 11 実験区

温度と成熟度の関係: 5, 10, 15, 20, 25, 30 の 6 実験区

光量と成熟度の関係: 0 (暗黒), 1.4, 2.8, $5.6 \mu\text{mol/s/m}^2$ の 4 実験区

成熟及び孢子放出の確認は, ディスクの細胞が 50% 以上成熟している (ディスク細胞の色調, 孢子形成の確認) ものを「成熟」, ディスクの細胞の 50% 以上が孢子を放出した後の細胞壁だけが残っている状態 (白化している) のものを「孢子放出」とした。

結果及び考察

ディスクのサイズと成熟度の関係: 図 3 に「孢子放出」個体の割合を示した。細断サイズが小さいほど短期間に成熟し, 孢子を放出した。0.9mm サイズまで細断できれば, 細断後 4 日目に大量の孢子が放出された。

塩分濃度と成熟度の関係: 図 4 に「孢子放出」個体の割合を示した。塩分濃度 13~23 (40~70% 海水) で短期間に成熟し孢子を放出した。また, 塩分濃度 3.3 以下の低塩分では成熟するが, 孢子が放出されなかった。

温度と成熟度の関係: 図 5 に「孢子放出」個体の割合を示した。20, 25, 15 の順に短期間に成熟し, 孢子を放出した。10, 30 では孢子放出まで長い時間が必要であった。5 では, 成熟が起らなかった。

光量と成熟度の関係: 図 6 に「成熟」個体の割合を示した。 $5.6 \mu\text{mol/s/m}^2$ が成熟, 孢子放出のための限界光量であると推定された。

3. スジアオノリの母藻細断法による人工採苗の手順

人工採苗の手順を示したが, これは現時点までの知見を基に考案したものであり, これが完成された姿ではない。今後, スジアオノリについての研究が進むにつれ改善されて行くものと思われる。

この手順は, 秋漁期について考えられたものであり, 成熟誘導するための水温が 20~25 の範囲, つまり, 屋外に設置された水槽は外気温に影響されるので徳島県では 9 月中旬から 10 月中旬までの時期に採苗することを想定したものである。このため, 気温が 20 を下回る時期には成熟誘導のための水槽に加温等が必要となってくるであろう。

- 1) 母藻の準備
0.5 トンの水槽で採苗する場合には，スジアオノリ藻体を約 50～100g（湿重量）用意する。
- 2) 母藻細断
ミキサーで 5mm 以下の藻体片になるまで細断する。家庭用のミキサーであれば 90 秒間以上回す。細断片のサイズが小さくなるほど，孢子放出までの期間が短くなる。
- 3) 成熟阻害物質の除去
20 μ m 程度のネットで細断後のスジアオノリを受け，海水で洗浄する。約 10 分程度流水の海水をかけ流す。目安としては，泡が消えるまで行えばよい。スジアオノリ藻体の 2 層構造の内側に成熟阻害物質が蓄積されていると考えられるので，この洗浄作業が人工採苗の工程上重要である。
- 4) 成熟促進（成熟誘導水槽・図 7）
50～100L 程度の透明な水槽に，塩分濃度 20 の海水を満たし通気する。これに，洗浄後の藻体片を入れ成熟促進を行う。成熟誘導水槽は，図 7 に示したように午前中は直射日光が当たらない場所に設置する。
- 5) 成熟促進中の処理
成熟促進のため，成熟誘導水槽で 2，3 日間培養する。20 μ m 程度のネットで培養水を受け，藻体を洗浄し，培養水を毎日朝（9:00 頃）に交換する。細断後，2 日目からは換水の前に培養水をシャーレに入れ，片側から強光を当て実体顕微鏡下で孢子放出を確認する。放出された孢子の量が多い場合は，淡緑色の孢子液を肉眼視することができる。孢子放出がない場合は，洗浄，換水を行う。
- 6) 採苗作業準備（図 7）
孢子の大量放出が確認されれば採苗作業の準備を行う。0.5 トンの透明な水槽（採苗槽）に塩分濃度 20 の海水を満たし強い通気を行う。採苗槽の設置場所は日光の直射がある場所とする。
- 7) 孢子放出（放出同調）と採苗
成熟槽培養液を採苗槽に入れ，孢子を放出させる。成熟した藻体片は，光の刺激と培養液が希釈されることにより大量の孢子が同時に放出される。約 10～30 分間程度待つ間に孢子の放出が完了するので，その後，養殖網を 5 枚入れる。網数は 5 枚以上入れることも可能であるが，その場合，網返しを多く行う必要がある。
- 8) 採苗（孢子の付着）
孢子の付着は，網を入れてから 4，5 時間で完了する。孢子の遊泳時間は，水温が高いと短時間となるので，採苗時期により採苗時間は異なる。いずれにしても 5 時間程度孢子液中に網を入れておけば十分な付着量が得られる。
- 9) 採苗後の処理
採苗の終わった網は育苗槽に入れ，翌日以降に養殖場に張り込む。育苗槽で発芽させて養殖場へ張り込めば，より確実性が高まる。育苗槽の塩分濃度は 20 であり，発芽するまで育苗するの

であれば、適当な培地を添加することが薦められる。

4. スジアオノリ天然採苗場調査

スジアオノリの天然採苗は、採苗場に設置した竹杭に養殖網を張り自生している藻体から放出された胞子を付着させている。網の張り込みの高さは、漁業者の経験に基づき決められているが、個人によってバラツキがある。本調査は、月齢別に採苗場にある竹杭に垂直に糸を設置し、スジアオノリの付着層、付着量を調査した。

材料および方法

糸を設置した場所は、図 8 にある天然採苗場の最上流部である。1997 年 11 月 1 日～11 月 4 日（大潮・新月）、11 月 8 日～11 月 11 日（小潮）、11 月 14 日～11 月 18 日（大潮・満月）に天然採苗場にある竹杭を使って、河床から上に 2m のクレモナ糸を設置した。回収した糸は、5 日間培養し 5cm ごとに 1cm 当たりの発芽体の数を計数し、付着胞子量を推定した。河床からの高さ別の干出時間を求めるため、竹杭にメモリー水温計を河床から 38, 52, 66, 87cm の高さに取り付け、温度差を指標にして干出した時間を推定した。

結果および考察

天然での、スジアオノリの胞子放出は大潮時が小潮時に比べて多く、また、大潮時でも満月より新月の場合が多かった(図 9)。干出時間と芽数との関係では、干出時間が短くなるほど芽数は増加した。発芽体の生存限界の干出時間は、大潮時で 14 時間（昼潮干出時間 + 夜潮干出時間）、小潮時で 11 時間であった（図 10）。養殖業者の網の張り込み層は河床から 40～50cm で、大潮時で 7.8 時間、小潮時は 4.9～7.5 時間干出する。高い層に張り込めば、芽数が減少し強い芽ができると言われている。逆に、低い層では芽数が多く、養殖場へ移植してからは成長阻害要因となることがある。このように、天然採苗場は流れてくる胞子を養殖網に付着させるだけでなく、干出により適度な芽数まで落とす間引き効果という重要な役割を果たしている。

参考文献

- 1) 團 昭紀・大野 正夫・松岡 正義(1997) : スジアオノリの母藻細断法による人工採苗.水産増殖, 45(1), 9-15.
- 2) 團 昭紀・平岡 雅規・大野 正夫(1998) : スジアオノリの成熟促進に及ぼす細断片のサイズ, 温度の関係.水産増殖, 46(4), 印刷中
- 3) Stratmann, J., G. Paputsoglu, and W. Oertel (1996) : Differentiation of *Ulva mutabilis* gametangia and gamete release are controlled by extracellular inhibitors. J. Phycol.,32,1009-1021.

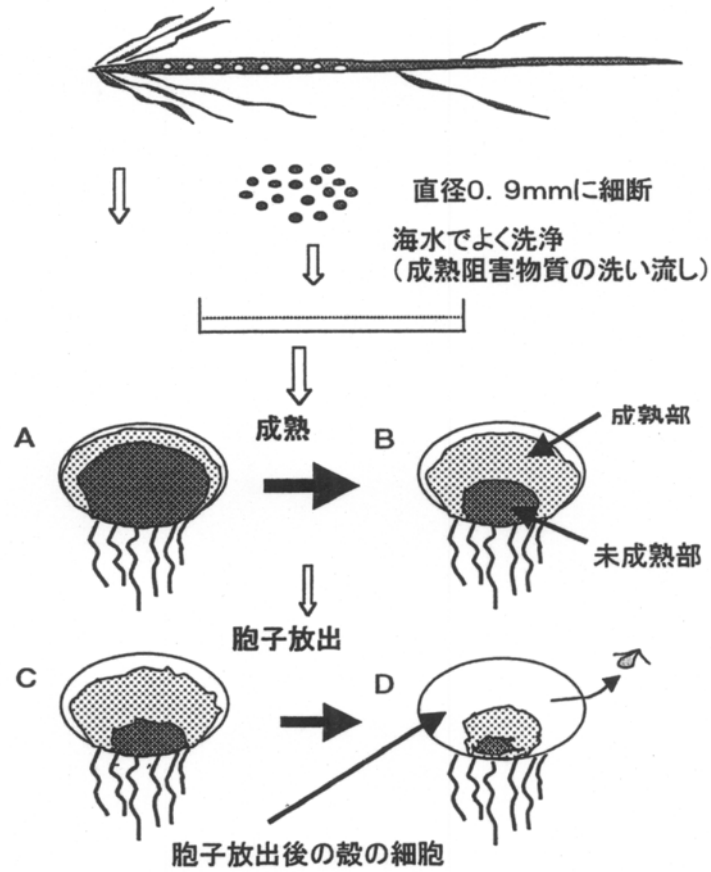


図1 スジアオノリの母藻細断による成熟について

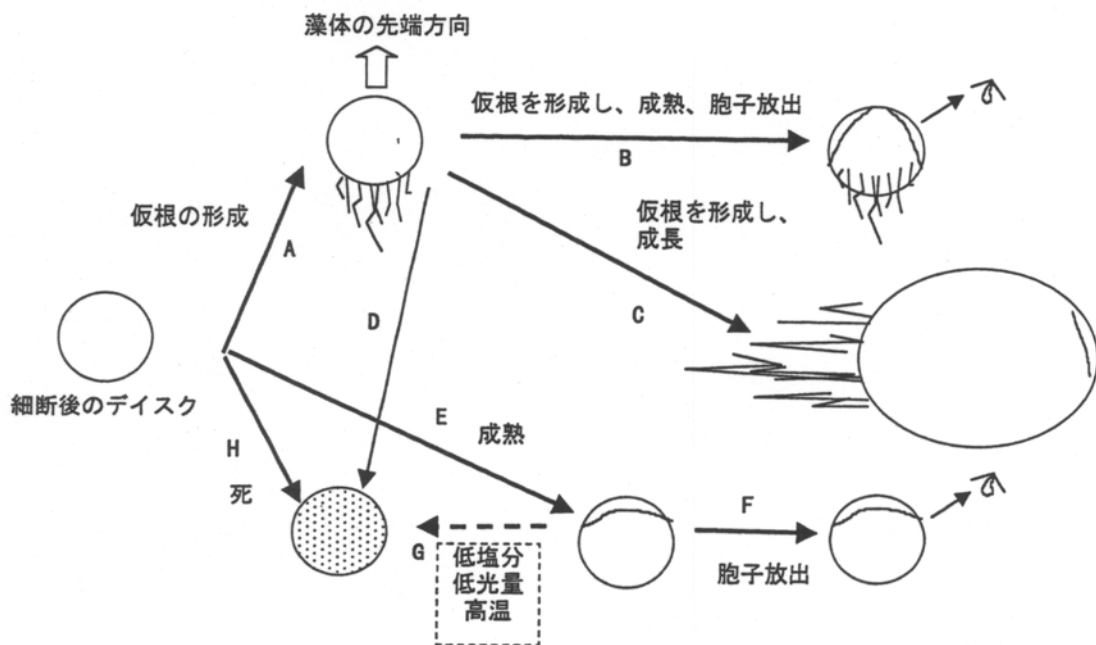


図2 細断後のスジアオノリ藻体ディスクの変化

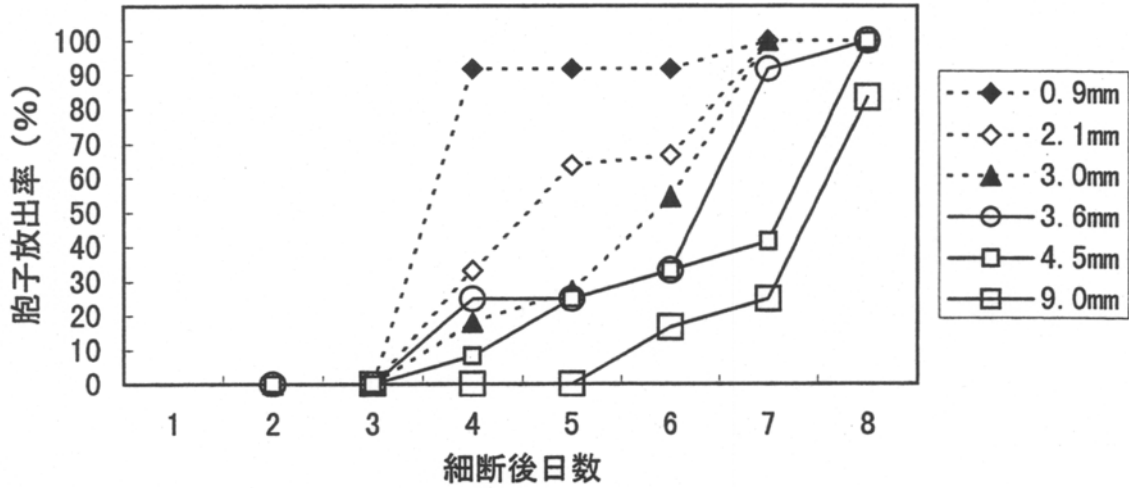


図3 ディスクのサイズと成熟度の関係

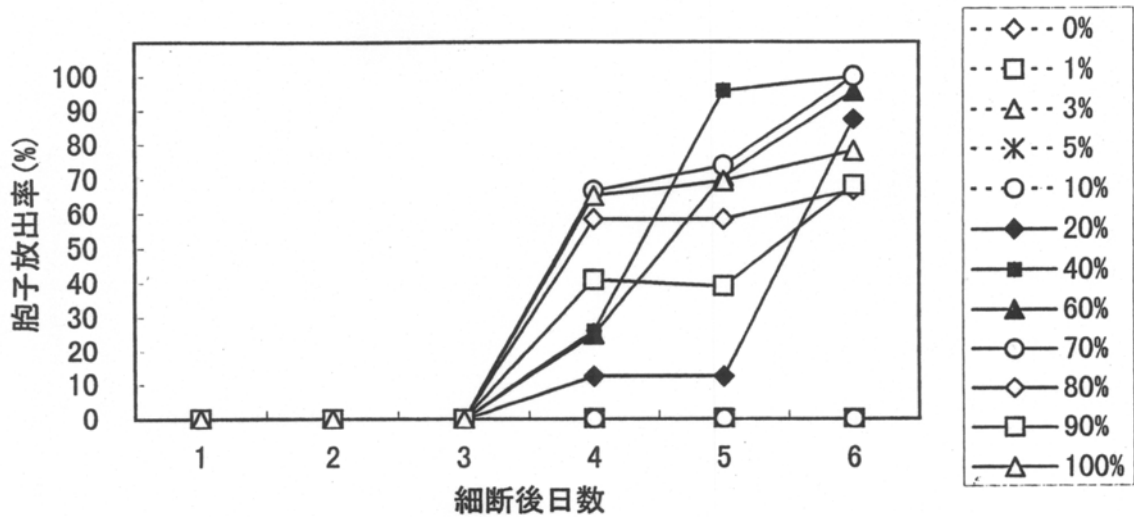


図4 塩分濃度と成熟度の関係

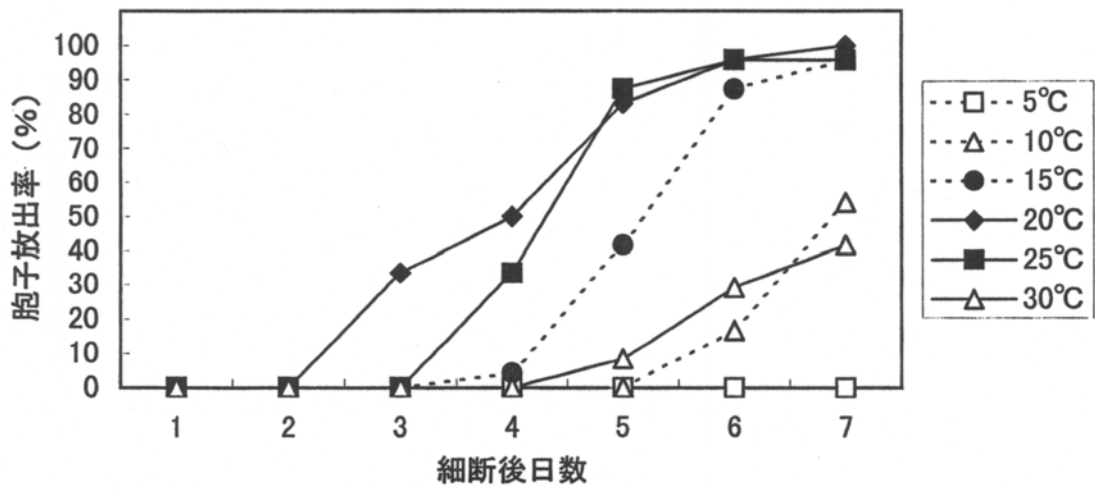


図5 温度と成熟度の関係

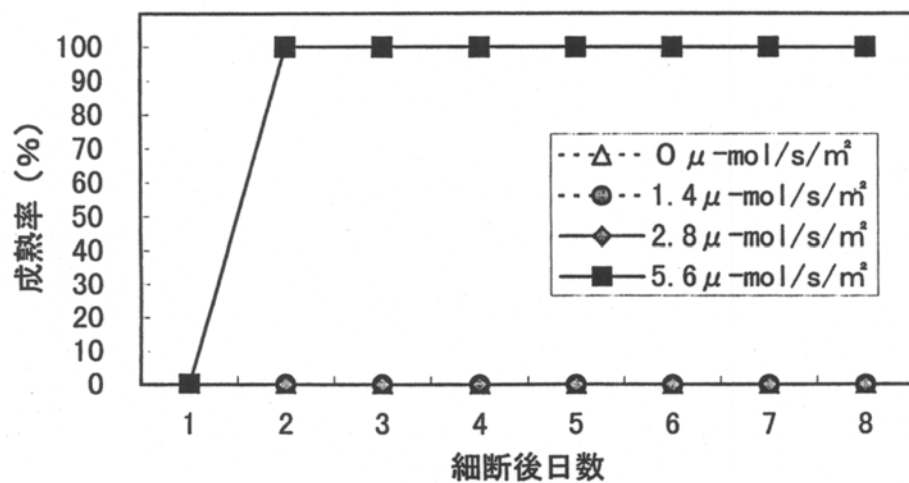


図6 光量と成熟度の関係

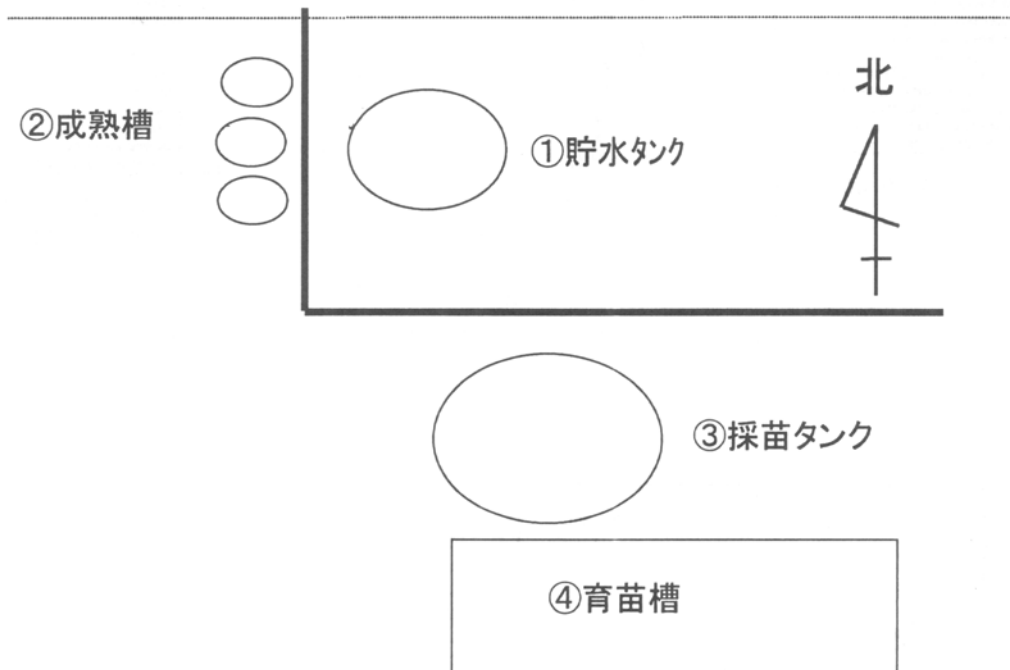
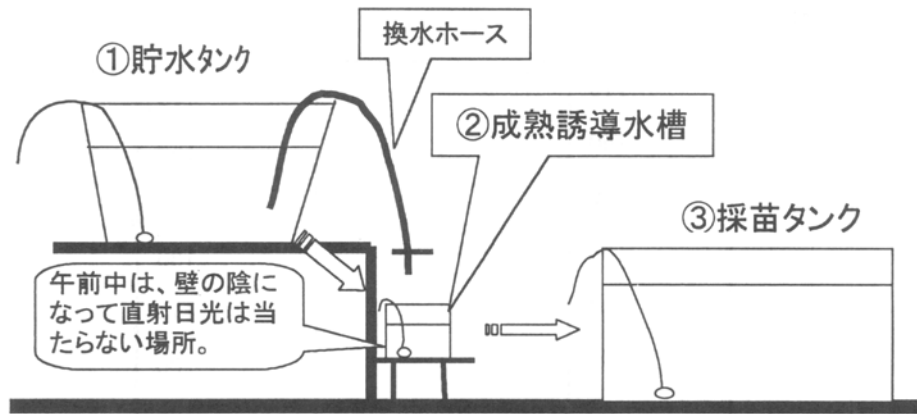


図7 採苗のための水槽の配置図

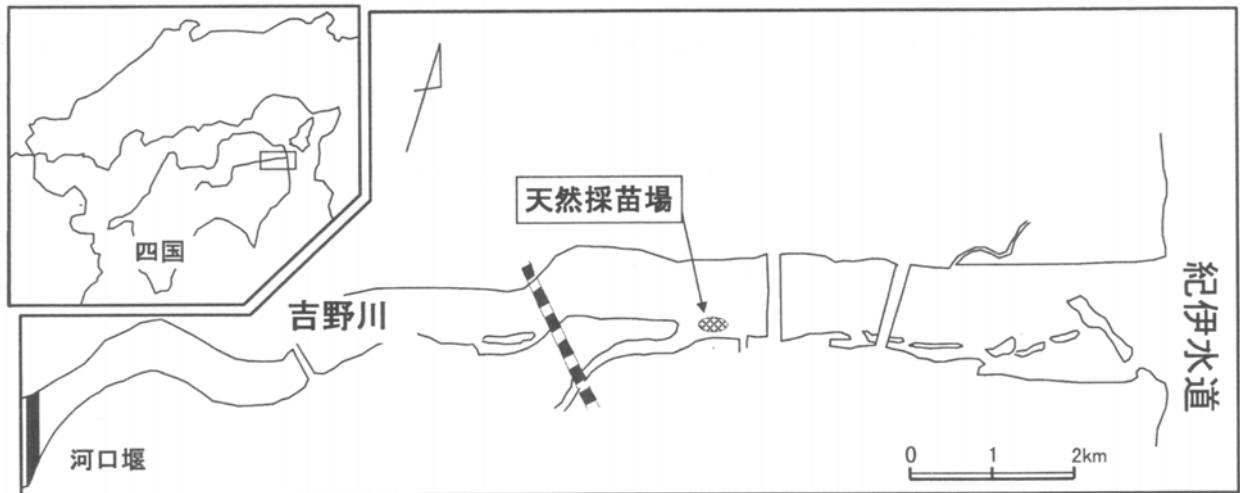


図8 吉野川スジアオノリ漁場図

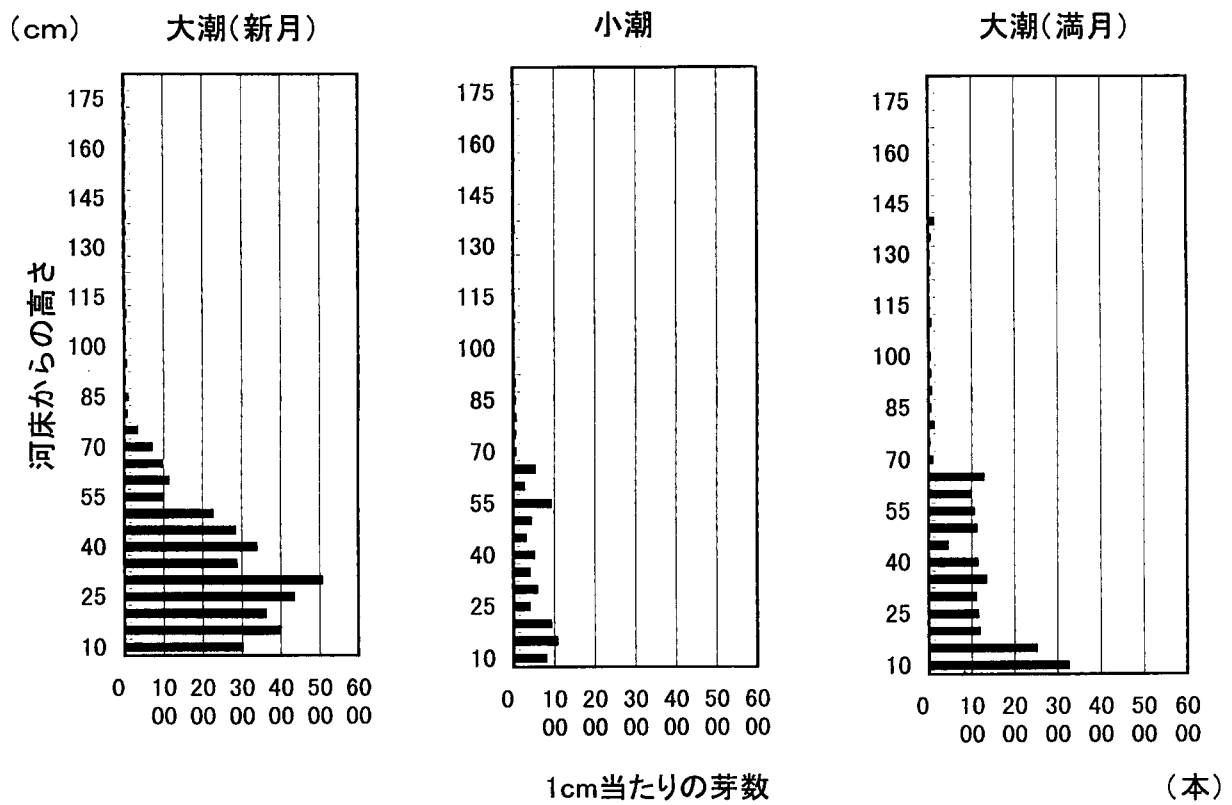


図9 天然採苗場での時期別スジアオノリ胞子の付着層および付着量

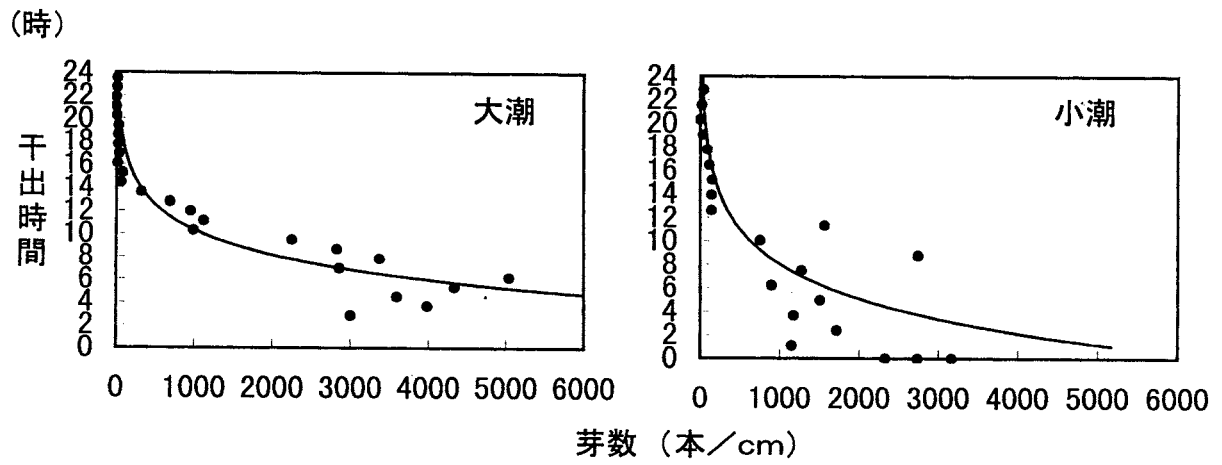


図 10 大潮時，小潮時における，干出時期と芽数との関係