

第8章 総合考察

本研究はスジアオノリ養殖の生産安定化技術の確立を目的におこなった。そのために、徳島県のスジアオノリ養殖生産の現状を分析し、問題点を抽出することで、今後の取り組むべき研究方向を決定した。その中で、生産の変動が大きい最大の原因は天然採苗に依存した種網供給であることが分かった。このため、人為的に採苗をおこなう方法の開発、また作成された種網を保存する方法の開発に目標を定め、研究を進めた。

本研究において、河川におけるスジアオノリの季節的消長は河川環境、特に水温と塩分の影響を受けることが明らかとなった。夏季は、高温による藻体の成熟と流出、低塩分による遊走細胞の放出の抑制により再生産がうまくゆかないため藻体が消失し、増殖が見られないことが多い。塩分の低い年は夏季の繁茂期が短く、塩分が高い年は春から夏にかけて連続した繁茂となる傾向にある。河川の規模および構造により塩分変動の幅は異なり、安定した塩分環境である吉野川ではスジアオノリの季節消長に及ぼす影響は小さく、塩分変動の大きな日和佐川では大きく現れた。河川において、天然スジアオノリから放出される遊走細胞の量は天然藻体の現存量に比例しており、アオノリ藻体がほとんど見られない夏季には遊走細胞が放出される量は非常に少ない。10月上旬から開始される天然採苗時には、まだ肉眼視できる天然藻体が見られることはほとんどないため、この時に放出される遊走細胞の量は漁期中に比べ遙かに少ない。もし、天然採苗開始時に降雨等により漁場の塩分が5psu以下に低下した場合は、遊走細胞の放出が阻害され天然採苗がうまくゆかないことが本研究により明らかになった。

四国内の4河川でのスジアオノリの生活史型が決定されたが、吉野川は2本鞭毛または4本鞭毛の遊走細胞を作り出す無性生殖をおこなうスジアオノリ株だけが生育する河川であることが判明した。これらの遊走細胞は負の走光性を持っており、藻体から放出された遊走細胞は直ちに周辺の河床に向かって泳ぎ出し、基質に附着すると考えられる。吉野川のスジアオノリがどのような生活環境の進化をとげてきたのかは本研究では明らかとすることはできなかったが、河川環境とくに塩分環境が生活環境に影響しているのではないかと推察された。即ち、安定した塩分環境下の吉野川では負の走光性を持ったクローン個体で分布を拡げるのが最も適しており、塩分変動の大きい四万十川では環境変動に適應する形として有性生殖の生活環境を持つのが最も適していると推察された。養殖に用いる種という観点から見ると吉野川のスジアオノリは、遺伝的な変異が起こりにくいので、養殖目的に合った種として保存するためには都合のよい生活環境を持つていると考えられる。

藻体を細断することで人為的に栄養細胞を孢子囊へ分化させ、遊走細胞を放出させることは、アオサ類では海外および国内で報告があった。しかし、スジアオノリの細断により成熟誘導がおこなえることを発見し、人工採苗に応用したのは本研究が初めてである。アオノリ類は、潮汐に従った成熟周期を持っているため、その周期にあわせて採苗する方法もあるが、一度に大量の遊走細胞を得ることはできない。また、計画的に採苗を実施することができない。しかし、本研究により開発された人工採苗技術によると細断後2~3日で生殖細胞を形成し、放出させることができる。成熟誘導のための最適な細断片のサイズ、細断片の培養温度、塩分、光量が調べられ、それぞれ0.9mm、20~25℃、13.2~45.3psu、16 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 以上であることが分かった。

天然でのスジアオノリの消長や人為的成熟誘導をおこなうに当たり、スジアオノリの成熟機構を知ることは重要である。本研究では、スジアオノリの小さな細断片を利用したバイオアッセイをおこなった。この結果、アオサ類で報告されている成熟阻害物質と似た機能を持つ物質がスジアオノリ藻体にも存在することが明らかになり、さらに、管状構造をしている内側に最も多く存在することが判明した。天然での藻体は潮汐などによる波動、干出などの物理的力により藻体が影響を受けやすい大潮時に成熟個体が多いことや、アオノリ養殖において水面直下に張り込まれた藻体は成熟が起り、成長がみられない現象は、成熟阻害物質が藻体から流出する、または藻体内の濃度が低下することによって成熟が開始されるためであると説明できる。このため、人為的に藻体を細断する手法は、成熟阻害物質を効果的に流出させ、成熟を誘導するための方法であると言える。細長い紐状の形態を示すスジアオノリ藻体は、軸に沿って成熟阻害物質の濃度勾配が存在し、先端部にゆくほど濃度が薄くなっていることが本研究で示唆されており、スジアオノリ藻体の成熟が先端部から起こるのはこのためであると説明できる。また、本研究において、成熟成阻害物質は藻体の成長とともに生産蓄積されてゆくが、何らかの原因により濃度が低下した場合には成熟が起こることが明らかとなった。養殖漁場から採取してきた養殖スジアオノリ藻体の成熟成阻害物質量は、長い藻体長の群と短い藻体長の群の間に有意の差が認められた。このため、藻体に含まれる成熟阻害物質量を把握することは、藻体が流出する前に収穫することによる養殖生産の安定化技術の開発や遊走細胞放出後の白化藻体が製品に混じることによる品質の低下を防ぐための技術に繋がる。

スジアオノリ藻体には成熟阻害だけでなくスジアオノリの形態形成に影響を及ぼす物質も含まれていることが明らかとなった。このことについては、アオサ類では報告されていない。この物質は、藻体の成長を抑制し、通

常、仮根を持たない細胞まで仮根分化を誘導する。また、新しい分枝を増加させる働きも持っている。スジアオノリの遊走細胞を小さな容器内に多量に入れると、発芽後に微小な大きさのままで成長が止まっていることが観察される。この成長の抑制は、藻体相互間による光や空間または栄養の競合による相互作用とともに藻体自身が分泌する物質により成長が抑制されている可能性が高いと考えられた。仮根分化を効果的に誘導し、スジアオノリ組織片を養殖網に附着させる技術や一度収穫した養殖網に残った藻体から多くの分枝を形成させ再度種網にする技術など、今後、この物質の作用を利用した新しいスジアオノリ養殖方法の開発が期待される。

1998年冬漁期に吉野川スジアオノリ養殖漁場において人工採苗と天然採苗の比較養殖試験が実施された。この年は、採苗期に増水し漁場の塩分が非常に低下したため天然での遊走細胞の供給がほとんど無かった。このため、人工採苗と天然採苗との差が非常に大きく現れ、養殖漁業者における有効性が十分理解できた年であった。このように、人工採苗はスジアオノリ養殖生産の安定をもたらす優れた方法であるが、従来の天然採苗が完全に無くなるというものではない。天然採苗は一度に大量の採苗が可能で、漁場環境が整った場合には優れた方法である。人工採苗は、上記のように漁場環境が天然採苗に適さない時に有効である。もう一つの優れた点としては、品種が開発された場合には人工採苗でしか採苗できないという点にある。両採苗法とも優れた特徴を持っているので、今後はその時の状況、目的に応じ使い分けてゆくことが重要である。

スジアオノリの種網の冷蔵保存法は、採苗直後の生殖細胞、体長1.7mmまたは3.4mmの幼葉が着生している養殖網をビニール袋に密封し、暗黒で5℃の冷蔵温度で保存するものである。培養水に漬ける必要もなく、湿潤状態で網を束ねて保存できるため大きな保存空間も必要としないのでアマノリ類の冷蔵網保存技術に近い実用的な技術である。また、入庫に使う種網は天然採苗されたものでも可能であり、吉野川の養殖漁業者の間に種網保存用の冷蔵庫の導入が進んでいることも、この技術の有効性を示すものである。スジアオノリ種網の冷蔵保存技術は、アマノリ類の冷蔵網技術をモデルに開発をおこなったが、非常に短期間に機能的に近い技術が完成できたと考えている。

本研究において開発されたスジアオノリの生産安定化のための技術を、1999年に徳島県のスジアオノリ養殖漁業者にアンケートを実施したところ、人工採苗や冷蔵網などの新技術開発に対する期待は大きく、今後とも人工採苗を実施するという回答が55%あった。また、現在人工採苗をおこなっている人のうち86%の人が天然採苗と人工採苗を併用するか時期により使い分けると回答しており、人工採苗の使い方を正しく理解し、また彼ら自身により自分達に合った方法に改良していることが窺われた。本年は、人工採苗技術が開発、普及されてから9年目を迎えているが、徳島県のスジアオノリ養殖漁場においてはごくあたりまえの技術になったと思える。さらに、徳島以外の地域で本技術の導入の動きも見られ、筆者はこれらの技術が吉野川の漁業者だけでなく全国の養殖漁場に普及、定着してゆくものと期待している。

スジアオノリの生理生態学的研究とその養殖技術への応用*

團 昭紀

**Physiological and ecological studies on *Enteromorpha prolifera*
(Müller) J. Agardh and its applications for cultivation**

Akinori DAN

Summary The green alga *Enteromorpha prolifera* (Müller) J. Agardh is an important edible seaweed which grows in calm estuaries around western Japan. However, wild stocks of this species have recently decreased due to water pollution. Cultivated materials are now responsible for almost all of the processed *Enteromorpha*. Tokushima Prefecture forms the highest production area in Japan with an annual production of 60-70 tons (dry weight). However, there are some problems regarding the *Enteromorpha* cultivation in the Yoshino River estuary in Tokushima Prefecture and the biggest problem is the unstable natural seeding which depends on the swarms discharged from wild plants. Therefore, the annual production of *Enteromorpha* in the Yoshino River has sometimes fluctuated due to the variability in natural seeding. This research has aimed at the establishment of the technology to stabilize *Enteromorpha* production.

The distribution and growing period of *Enteromorpha prolifera* in two rivers (Yoshino River and Hiwasa River) which have different river scales (large river 193 km and small river 20 km in length, respectively) in Shikoku Island were investigated from April, 2000 to May, 2002. The biomass of *Enteromorpha prolifera* increased from winter to spring and decreased or disappeared in summer. Based on the survey results, the growing period was separated into two periods (winter and spring) depending on the survey station and year. These results indicated that the separation of growing period and the length of growing period were influenced by the salinity environment in the river. As the salinity in the river increases in years with a low amount of rainfall, the growing period continues from winter to spring and occasionally tends to extend until the summer. The growing period in the Yoshino River (Tokushima Prefecture) which has a large river scale tends to continue from winter to spring because of the stable salinity environment. The growing period in the Hiwasa River (Tokushima Prefecture) which has a small river scale, however, clearly separated into two periods. It was reported that the growing period in the Shimanto River (Kochi Prefecture) is separated clearly (Ohno and Miyanoue 1980, Ohno and Takahashi 1988). It is suggested that this phenomenon is because the Shimanto River has a large fluctuation of salinity in spite of having a large river scale.

Thalli of *E. prolifera* were collected from four rivers (Yoshino River, Hiwasa River, Niyodo River and Shimanto River) on Shikoku Island and some experiments were conducted for the determination of their life history, viz. determination of the number of flagella of swarms released from thallus, initiating cultures, crossing tests, phototaxis experiments and microspectrophotometric analysis of DNA in the nuclei of the swarmer, and vegetative cells. As a result, it was found that populations of *E. prolifera* in the four rivers had three different types of life history. One type was the typical sexual life history of *Enteromorpha*, which is isomorphic, with biflagellate gametes or quadriflagellate zoospores from the Hiwasa River and Shimanto River. The second type was an asexual life history involving biflagellate zoospores from the Yoshino River, Hiwasa River and Niyodo River. The third type was an asexual life history reproducing by quadriflagellate zoospores from the Yoshino River and Niyodo River.

To induce the reproductive cells in disks excised from the fronds of *E. prolifera* and to establish a method of artificial seeding, the optimum conditions such as the size of tissue disks, temperature, salinity and photon fluence rate were investigated under the following experimental conditions: 0.9, 2.1, 3.0, 3.6, 4.5, 9.0 mm in diameter (size of tissue disks); 5, 10, 15, 20, 25, 30 °C (temperature); 0, 1.6, 3.3, 5.0, 6.6, 13.2, 19.9, 26.3, 32.1, 39.4, 45.3, 52.0, 59.4, 66.3 psu (salinity); 0, 4, 8, 16, 24, 40, 80, 160, 320 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ (photon fluence rate). Smaller tissue disks were found to induce a higher degree of reproductive cell formation. Tissue disks of 0.9 mm in diameter gave the best performance on maturation of reproductive cells. The optimum culture conditions for maturation were at a temperature of 20 to 25 °C and a photon fluence rate higher than 16 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$. It was considered that a low photon fluence rate of 16 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ did not cause a problem for

maturation because the subsequent artificial seeding was carried out in the outdoors. The optimum salinity for maturation of reproductive cells was between 5.0 and 52.0 psu, and between 13.2 and 45.3 psu for swarmer release. The optimum conditions for swarmer release had a narrower salinity range than that for maturation. The phase of swarmer release followed that of reproductive maturation under suitable conditions. However, in extreme salinity conditions, the phase of reproductive maturation was not completed by the discharge of swarmers.

To obtain seedling production using the tissue cultured fragments, the optimum conditions of tissue disk size, temperature, salinity and photon fluence rate for the rhizoid formation of the tissue disks excised from fronds of *E. prolifera* were investigated. A high degree of rhizoid development was observed at the size of disk of more than 0.9 mm in diameter. Rhizoid production in very small disk sizes was not observed because reproductive maturation and swarmer release advanced rapidly and all of the vegetative cells become reproductive. The degree of rhizoid formation was high at temperatures equal to or less than 15°C and a salinity range of 1.6 to 52.0 psu, photon fluence rate of 8 to 160 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$.

For investigation of the fluctuation of the wild biomass and for inducing the vegetative cells to form reproductive cells, it is necessary to clarify the reproductive maturation mechanism of *E. prolifera*. The fronds of *E. prolifera* were homogenized and then dissolved in autoclaved seawater. The solution was filtered using membrane filters. The filtered solution was diluted to several concentrations with autoclaved seawater. Small tissue fragments excised from *E. prolifera* were incubated in above solutions for 3 days. Thereafter, the area of maturation in the tissue fragments was measured. It was found that the higher concentration of filtered solution made the area of maturation in the tissue fragment smaller. These results indicated the presence of a maturation inhibitor in the frond of *E. prolifera*. Furthermore, where the highest concentration of sporulation inhibitor is contained in the part of *Enteromorpha* frond, when the sporulation inhibitor is produced in the process of growth was investigated by biological assay using the small tissue fragments of *E. prolifera*. These results indicate that the main sporulation inhibitor is contained in the whole lumen of the tubular frond. It is considered when the frond is physically injured or cut into small fragments, maturation occurs because the sporulation inhibitor which is accumulated in the whole lumen of the tubular frond leaks out. The production of the sporulation inhibitor increased during the growth periods, but decreased when sporulation occurred. Judging from the above, it is considered that sporulation is caused when the concentration of the sporulation inhibitor in the lumen of frond decreases due to some reasons such as physical stimulation of wave motion, desiccation, and rapid changes of water temperature, salinity, irradiance around the frond.

The effect of the solution extracted from *Enteromorpha prolifera* on their early morphological development was investigated. Some developmental stages of *E. prolifera*, reproductive cell, germling, young plant, were incubated in the medium containing the extracted solution which was filtered from homogenized vegetative fronds of the same species. The filtered solution suppressed the growth of germlings and promoted the increase of the number of cells having rhizoids and new branches. These results can be applied to the technique to induce rhizoids effectively by incubating fragments in the extracted solution and obtain the production of seedlings of *Enteromorpha*. Moreover, if the fronds on the culture net after harvesting can be incubated in the extracted solution and induce numerous branches, it is possible to use it as a seedling culture net again.

Details of the studies which were necessary to allow the development of artificial seeding of *E. prolifera* were investigated as follows. In the optimum storage conditions, the fronds for artificial seeding of *E. prolifera* could be stored for 4 months in moist conditions at 5°C without illumination. The relationship between the frond weight for artificial seeding and the amount of discharged swarmers was investigated. More than 100 g of fronds per 100 l of medium inhibited the sporulation and the discharge of swarmers. Higher temperature and lower salinity made the swimming time of discharged swarmers shorter. The swimming time of discharged swarmers became constant at 5-6 hours at an irradiance of equal to or more than 5 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ of photon fluence rate. Adhesion of swarmers to the substratum was not observed within two hours from the start of the discharge swarmers, but the amount of adhesion increased beyond three hours. It was found that the artificial seeding needs at least equal to or more than 3 hours.

A field cultivation experiment of *E. prolifera* using two seeding techniques (artificial seeding, natural seeding) was carried out in the Yoshino *Enteromorpha* cultivation ground. When low salinities of 3.3-4.3 psu reduce the quantity of

swarmers liberated from the wild plants in the spore-collection ground, natural seeding was not able to be carried out. However, *E. prolifera* on the artificial seeding culture nets grew successfully and could be harvested. It was confirmed that the artificial seeding method is effective when the quantity of swarmers liberated from the wild plants was decreased due to some reason.

The survival conditions of young *Enteromorpha* were investigated to establish a low temperature storage method for its culture nets. In the optimum storage conditions, seeded culture nets can be stored for 6 months under the conditions of 5-10°C without illumination (dark treatment). In this case, a storage medium is not necessary when kept in moist conditions and smaller sized fronds were found to show better survival and growth after storage. To confirm these laboratory results, a field experiment was carried out using the low temperature storage culture nets in the *Enteromorpha* cultivation ground of Yoshino River. The culture nets with young *Enteromorpha* (reproductive cells after seeding and thalli of 1.7, 3.4, 15.5, 64.0 mm lengths) were put into vinyl bags, sealed up and kept for 41-49 days in a refrigerator at 5°C. As a result of the cultivation examination, reproductive cells and young thalli of 1.7, 3.4 mm length on the culture net grew successfully, but the larger sized thalli showed no growth. Based on the above results, we are able to show the optimum storage method of culture nets for *E. prolifera*.

To confirm the necessity of a desiccating operation during culture in the natural spore-collection ground, the relationship between the number of fronds of *E. prolifera* on a culture net and the standing crop was investigated. It was found that the increase of number of fronds did not influence the standing crop because the standing crop reached a maximum and remained constant when the frond numbers per 1 cm were equal to or more than 150. Based on above results, it was concluded desiccating operation which reduce the number of excessive fronds is not needed.

The suitable culture depth of water for the *Enteromorpha* cultivation was investigated in the Yoshino River. Successful growth of *E. prolifera* was observed at depths of 30-90 cm. These results indicated that the growth of *E. prolifera* declines due to the influence of muddiness at depths greater than 90 cm.

Artificial seeding technique of *E. prolifera* was created in Tokushima Prefecture Fisheries Research Institute in 1994, and this technique started to be used by the *Enteromorpha* cultivators in the Yoshino River in the same year. In 1999 after 5 years, a questionnaire was carried out to the *Enteromorpha* cultivators in Tokushima Prefecture in order to evaluate this technique and make use of further research. As a result, the rates of production by artificial seeding to the total amount of production were 17-61%. There was almost no difference in the amount of crop per culture net of artificial seeding compared with that of natural seeding. Furthermore, 55% of the respondents answered that they were going to carry out artificial seeding from now on. This result shows that the artificial seeding method has become established for many cultivators.

文 献

- 新崎盛敏. 1946. 青海苔 (水産食糧増産叢書). 東京, 霞ヶ関書房. 77 p.
- 新崎盛敏. 1953. 海藻胞子の発芽, 生育に及ぼす光の影響に関する二, 三の実験. 日水誌, **19**(4): 466-470.
- 新崎盛敏. 1957. アオノリ類駆除と病気に対する問題点. 水産増殖, **4**(4): 74-78.
- Bliding, C. 1963. A critical survey of European taxa in Ulvales. Part I. *Capsosiphon*, *Percursaria*, *Blidingia*, *Enteromorpha*. *Opera Botanica a Societate Boabuca Lundensi*, **8**: 1-160.
- Burrows, E. M. 1991. *Seaweeds of the British Isles. Vol. 2, Chlorophyta*. London, National History Museum Publications. 238 p.
- Christie, A. O. and Evans, L. V. 1962. Periodicity in the liberation of gametes and zoospores of *Enteromorpha intestinalis* Link. *Nature*, **193**: 193-194.
- 團 昭紀. 1994. 吉野川におけるスジアオノリ養殖の現状と課題について. 平成4年度徳島水試事報: 73-78.
- 團 昭紀, 大野正夫. 1997. 異なる方法で採苗したスジアオノリの成長. 水産増殖, **45**(1): 1-4.
- 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): 5-8.
- 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): 503-508.
- 團 昭紀. 2000. 徳島県吉野川漁場でのスジアオノリ養殖における人工採苗技術の評価. 瀬戸内海区ブロック藻類研究会誌, **2**: 4-12.
- 團 昭紀, 高木俊祐, 大野正夫. 2001. アオノリ養殖における2種の採苗法による成長とその利用. 水産増殖, **49**(3): 293-297.
- Dan, A., Hiraoka, M., Ohno M. and Critchley, A. T. 2002. Observations on the effect of salinity and photon fluence rate on the induction of sporulation and rhizoid formation in the green alga *Enteromorpha prolifera* (Müller) J. Agardth (Chlorophyta, Ulvales). *Fisheries Sci.*, **68**(6): 1182-1188.
- 團 昭紀, 広沢 晃, 牧野賢治, 大野正夫, 能登谷正浩. 2003. 緑藻スジアオノリの冷蔵保存. 水産増殖, **51**(1): 7-14.
- 團 昭紀, 平岡雅規, 大野正夫, 能登谷正浩. 2003. 成長の異なるスジアオノリ藻体での胞子形成阻害活性の決定. 水産増殖, **51**(2): 165-172.
- 團 昭紀, 平岡雅規, 大野正夫, 能登谷正浩. 2003. スジアオノリ藻体抽出物が初期形態形成に及ぼす影響. 水産増殖, **51**(2): 229-230.
- Dan, A., Hiraoka, M., Ohno, M. and Notoya M. 2004. Activity of a sporulation inhibitor in the green alga, *Enteromorpha prolifera*. *Jpn. J. Phycol.*, **52**: 79-82.
- Eaton, J. W., Brown, J. G. and Round, F. E. 1966. Some observations on polarity and regeneration in *Enteromorpha*. *Br. Phycol.*, **3**: 53-62.
- 愛媛県中予水試東予分場. 1999. アオノリ養殖生産管理技術に関する総括報告書. 愛媛県: 1-51.
- Fletcher, R. L. and Callow, M. E. 1992. The settlement, attachment and establishment of marine algal spores. *Br. Phycol.*, **27**: 303-329.
- 藤井義晴. 2000. アレロパシー多感物質の作用と利用. 東京, 農文協. pp. 23-27.
- Hiraoka, M. and Enomoto, S. 1998. The induction of reproductive cell formation of *Ulva perutusa* Kjellman (Ulvales, Ulvophyceae). *Phycol. Res.*, **46**: 199-203.
- 平岡雅規, 團昭紀, 萩平将, 大野正夫. 1999. 異なる温度条件下におけるスジアオノリのクローン藻体の成長と成熟. 日水誌, **65**(2): 302-303.
- 平岡雅規. 2000. 日本産アオサ属における人為的成熟誘導と系統分類に関する研究. 愛媛連合大学院学術博士論文. 113 p.
- Hiraoka, M., Dan, A., Shimada, S., Hagihira, M., Migita, M. and Ohno, M. 2003. Different life histories of *Enteromorpha prolifera* (Ulvales, Chlorophyta) from four rivers on Shikoku Island, Japan. *Phycologia*, **42**(3): 275-284.
- Hiraoka, M., Ohno, M., Dan, A. and N. Oka, N. 2004. Utilization of deep seawater for the mariculture of seaweeds in Japan. *Jpn. J. Phycol.*, **52**: 215-219.
- 平田淳一. 2000. アオノリ漁場調査. 平成12年度千葉県内水試事報: 22-23.
- Htun, U. S., Ohno, M. and Mizuta, S. 1986. Effect of salinity and temperature on the growth of green alga, *Enteromorpha prolifera*, in culture. *Rep. Usa Mar. Biol. Inst. Kochi Univ.*, **8**: 9-13.
- Kapraun, D. F. 1970. Field and cultural studies of *Ulva* and *Enteromorpha* in the vicinity of Port Aransas, Texas. *Contributions in Marine Science*, **15**: 205-285.
- 加藤 孝. 1953. 新町川漁場に於けるノリ附着層に就いて. 昭和25年徳島水試事報: 22-25.

- 河本良彦, 門永圭史. 1988. スジアオノリ養殖試験. 山口県内海水試事報, **16**: 54-58.
- 河本良彦, 門永圭史. 1990a. スジアオノリ養殖試験. 山口県内海水試事報, **18**: 23-28.
- 河本良彦, 門永圭史. 1990b. スジアオノリ養殖試験. 山口県内海水試事報, **17**: 51-56.
- Kim, K. Y., Ahn, Y. S. and Lee, I. K. 1991. Growth and morphology of *Enteromorpha linza* (L.) J. Ag. and *E. prolifera* (Müller) J. Ag. (Ulvales, Chlorophyceae). *Korean J. Phycol.*, **6**: 31-45.
- Kim, K. Y. and Lee, I. K. 1996. The germling of *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophyta) in laboratory culture under different combinations of irradiance and salinity and temperature and salinity. *Phycologia*, **35**: 327-331.
- 北角 至, 大塚弘之, 神野 剛, 勝本重雄. 1991. 吉野川河口域におけるアオノリ漁場の環境について. 平成元年度徳島水試事報: 160-167.
- Koeman, R. P. T. and van den Hoek, C. 1982a. The taxonomy of *Enteromorpha* Link, 1820, (Chlorophyceae) in the Netherlands. The section *Enteromorpha*. *Algological Studies*, **32**: 279-330.
- Koeman, R. P. T. and van den Hoek, C. 1982b. The taxonomy of *Enteromorpha* Link, 1820, (Chlorophyceae) in Netherlands. The section Proliferae. *Cryptogamie: Algologie*, **3**: 37-70.
- 小松清二, 石田 豊, 川嶋之雄, 徳田 廣. 1994. スジアオノリによる二酸化炭素固定. 水産増殖, **42**(4): 515-520.
- 倉掛武雄. 1969. 海苔網冷蔵の手引き. 東京, 全海苔漁連. 82 p.
- Lee T. F. and Wichroski, M. 1996. Polar regeneration in *Enteromorpha prolifera*. *J. Phycol.*, **32**: 27.
- Lersten N. R. and Voth, P. D. 1960. Experimental control of zooid discharge and rhizoid formation in the green alga *Enteromorpha*. *Bot. Gaz.*, **122**: 33-45.
- 松岡正義. 1980. ヒトエグサ冷蔵・冷凍保存試験 - I. 昭和55年度徳島水試事報: 126-128.
- McArthur D. M. and Moss B. 1978. Ultrastructural studies of vegetative cells, mitosis and cell division in *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. *Br. Phycol.*, **13**: 255-267.
- 右田清治. 1959. 合成繊維によるノリの採苗について. 長崎大水産学部研報, **8**: 223-228.
- 右田清治. 1964. アマノリ葉体の生体凍結保存 - I. 長崎大水産学部研報, **17**: 44-53.
- 右田清治, 潮田卓三. 1975. ヒトエグサの生体凍結冷蔵. 長崎大水産学部研報, **40**: 35-38.
- 三浦昭雄. 1992. I 異型世代交代. ノリ. 水産学シリーズ食用海藻類の栽培. 三浦昭雄(編). 東京, 恒星社厚生閣. pp. 11-24.
- Moss B. and Marsland, A. 1976. Regeneration of *Enteromorpha*. *Br. Phycol.*, **11**: 309-313.
- Motomura, T. 1995. Premature chromosome condensation of the karyogamy-blocked sperm pronucleus in the fertilization of *Fucus distichus* (Fucales, Phaeophyceae). *J. Phycol.*, **31**: 108-113.
- Nilsen G. and Nordby, Ø. 1975. A sporulation-inhibiting substance from vegetative thalli of the green alga *Ulva mutabilis*, Føyn. *Planta*, **125**: 127-139.
- 野田宏行, 岩田静昌. 1983. 新編・海苔製品向上の手引き. 東京, 全海苔漁連. 297p.
- Nordby Ø. and Hoxmark, R. C. 1972. Changes in cellular parameters during synchronous meiosis in *Ulva mutabilis* Føyn. *Exptl. Cell Res.*, **75**: 321-328.
- Nordby Ø. 1977. Optimal conditions for meiotic spore formation in *Ulva mutabilis* Føyn. *Bot. Mar.*, **20**: 19-28.
- 大野正夫, 新崎盛敏. 1969. 海藻類胞子に対する暗処理の検討. 藻類, **17**(1): 37-42.
- Ohno, M. and Miyanoue, K. 1980. The ecology of the food alga *Enteromorpha prolifera*. *Rep. Usa Mar. Biol. Inst. Kochi Univ.*, **2**: 11-17.
- 大野正夫, 高橋勇夫. 1988. 高知県下・四万十川に生育するスジアオノリの分布域について. 高知大学海洋生物研報, **10**: 45-54.
- 大野正夫, 松岡正義. 1992. II 異型世代交代. アオノリ. 水産学シリーズ食用海藻類の栽培. 三浦昭雄(編). 東京, 恒星社厚生閣. pp. 61-68.
- Ohno, M. 1993. Cultivation of the green alga, *Monostroma* and *Enteromorpha* "Aonori". In: Ohno, M. and Critchley, A. T. (ed.) Seaweed cultivation and marine ranching, Kanagawa International Fisheries Training Center, Japan International Cooperation Agency (JICA). pp. 7-15.
- 大野正夫, 水谷里香, 田井野清也, 高橋勇夫. 1999. 四万十川に生育するスジアオノリの生態. 高知大学海洋生物研報, **19**: 27-35.
- 大津 航, 安部 昇, 藤田孟男. 1959. 駆除を目的とする青ノリの生理に関する研究. 昭和34年度福岡県有明水試事報: 45-93.

- 奥田節夫, 西條 八束. 1996. 河川感潮域. —その自然と変貌—. 名古屋, (財) 名古屋大学出版会. 248 p.
- Pandy, R. S. and Ohno, M. 1985. An ecological study of cultivated *Enteromorpha*. *Rep. Usa Mar. Biol. Inst. Kochi Univ.*, 7: 21-31.
- Penfound, W. T. and Howard, J. A. 1940. A phytosociological analysis of an evergreen oak forest in the vicinity of New Orleans. *La. Amer. Midl. Nat.*, 23: 165-174.
- Pringle, J. D. 1986. Swarmer release and distribution of life-cycle phases of *Enteromorpha intestinalis* (L.) (Chlorophyta) in relation to environmental factors. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 100: 97-111.
- Provasoli, L. 1968. Media and prospects for the cultivation of marine algae. In: Watanabe, A. and Hattori, A. (ed.) Cultures and collections of algae. Proceedings of the U. S.-Japan conference, Hakone, Sept. 1966. Kyoto, Japanese Society of Plant Physiology. pp. 63-75.
- Reddy, C. R. K. and Fujita, Y. 1991. Regeneration of plantlets from *Enteromorpha* (Ulvales, Chlorophyta) protoplasts in axenic culture. *J. Applied Phycol.*, 3: 265-275.
- Reed, R. H. and Russell, G. 1979. Adaptation to salinity stress in populations of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Link. *Estuarine Coastal Mar. Sci.*, 8: 251-258.
- 瀬川宗吉. 1956. 原色日本海藻図鑑. 大阪, 保育社. 175p.
- 社) 日本資産資源保護協会. 1978. 昭和51年の台風17号に起因する吉野川の濁水が漁業に及ぼした影響調査報告書. 327 p.
- Stratmann, J., Paputsoglu, G. and Oertel, W. 1996. Differentiation of *Ulva mutabilis* (Chlorophyta) gametangia and gamete release are controlled by extracellular inhibitors. *J. Phycol.*, 32: 1009-1021.
- Tatewaki, M. 1969. Culture studies on the life history of some species of the genus *Monostroma*. *Scientific Papers of the Institute of Algological Research, Faculty of Science Hokkaido University*, 6: 1-56.
- 館脇正和. 1979. 代表的な大型藻の培養例 (I) 緑藻アオサ, ヒトエグサ. 藻類研究法. 西澤一俊, 千原光雄(編). 東京, 共立出版. pp. 99-106.
- 館脇正和. 1994. ヒラアオノリ. 藻類の生活史集成第1巻 緑藻類. 堀輝三(編), 東京, 内田老鶴圃. pp. 192-193.
- 高木俊祐, 酒井基介, 宮田 匠. 1999. アオノリ養殖漁場環境調査. 平成9年度徳島水試事報: 61-62.
- 高木俊祐, 酒井基介, 宮田 匠. 2000. アオノリ養殖漁場環境調査. 平成10年度徳島水試事報: 62-64.
- 高山繁昭, 吉岡貞範, 山本 翠. 1983. 海苔網に着生したアオノリの酸処理による駆除, スジアオノリ養殖試験. 山口県内海水試事報, 12: 58-68.
- 天真正勝, 里 圭一郎, 宮田 匠. 2001. アオノリ養殖漁場環境調査. 平成11年度徳島水試事報: 75-76.
- Togashi, T., Motomura, T., Ichimura, T. and Cox, P.A. 1999. Gametic behavior in a marine green alga, *Monostroma angicava*: an effect of phototaxis on mating efficiency. *Sexual Plant Reproduction*, 12: 158-163.
- 徳田 廣, 大野正夫, 小河久朗. 1987. アオノリ. 海藻資源養殖学. 東京, 緑書房. pp. 111-116.
- 富山 昭. 1967. ノリ網の冷蔵試験. 昭和41年度山口県内海水産試験場事報: 8-11.
- 豊田 昭. 1997. 協業化によるアオノリ養殖に取り組んで. 平成9年度岡山県青年・女性漁業者交流大会試料: 15-19.
- Townsend, C. and Rawson, G. W. 1972. Preliminary results on factors causing zonation in *Enteromorpha* using a tide simulating apparatus. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 8: 265-276.
- 八栖健朗, 富山 昭. 1955. アヲノリ類の干出駆除試験. 山口県内海水試事報: 20-23.
- 吉田忠生. 1972. 養殖アサクサノリの着生密度と収量との関係. 東北水研報, 32: 89-94.
- 吉田忠生. 1998. 新日本海藻誌. 東京, 内田老鶴圃. 1222 p.
- 湯浅明彦, 酒井基介, 宮田 匠. 1998. スジアオノリ養殖漁場環境調査. 平成8年度徳島水試事報: 138-140.
- 湯浅明彦, 酒井基介, 牧野賢治. 1997. スジアオノリ養殖漁場環境調査. 平成7年度徳島水試事報: 164-169.
- Woodhead, P. and Moss, B. 1975. The effects of light and temperature on settlement and generation of *Enteromorpha*. *Br. Phycol.*, 10: 269-272.
- 全国河川研究会. 1997. 河川総合ハンドブック. 東京, 297 p.

附表 質問票

スジアオノリ養殖についてのアンケート

徳島県水産試験場

水産試験場では、平成6年度からスジアオノリについての人工採苗、冷蔵網、養殖漁場環境調査などについての研究を行ってきました。養殖業者皆様方のご指導、ご協力を得て研究もかなり進んでまいりました。ここに、お礼申し上げます。

さて、去年の秋漁期（平成10年10月～平成11年1月）は、秋口の長雨により漁場が淡水化し、天然採苗が難しかったという特異な年でありました。そこで、生産状況を記録に残し、今後の研究に役立つ必要があると考えましたので、遅くなりましたが養殖業者の皆様へ平成10年度秋漁期と併せて平成11年度春漁期についてのアンケートを実施させていただきたいと存じますので、ご協力お願い申し上げます。

なお、このアンケートで得ました内容は研究以外には使用しません。また、数字は県全体として取り扱いますので、個人としての数字は出ることはありません。

(平成10年度秋漁期について)

1. 平成10年秋漁期で使用した全網数は、約何枚ですか。
() 枚
2. そのうち、人工採苗した網は約何割ですか。
() 割
3. 平成10年秋漁期の総収穫量は何Kgですか。また、そのうち約何割が人工ですか。
総収穫量は() Kgで、そのうち人工は() 割です。
4. 漁期中で、最初に収穫できたのはいつ頃ですか。また、網の種類は。
() 月(上旬・中旬・下旬)頃で、(天然採苗網・人工採苗網)でした。
5. 前年度秋漁期中に、最初に収穫できたのはいつ頃ですか。また、網の種類は。
() 月(上旬・中旬・下旬)頃で、(天然採苗網・人工採苗網)でした。

6. 採苗から収穫までの時期についてお聞きします。

(天然採苗)

- ・種場に網を張り込んでいた期間
月 日～ 月 日頃
- ・上記のうち、何月何日から何月何日まで種場に張込んだ網を使った時、収穫できましたか？
月 日～ 月 日頃

(人工採苗)

- ・人工採苗を行った期間
月 日～ 月 日頃
- ・人工採苗した網を種場に張りましたか、または、直接漁場に張りましたか？

(人工採苗)

- ・人工採苗を行った期間

月 日～ 月 日頃

- ・人工採苗した網を種場に張りましたか、または、直接漁場に張りましたか？

(はい・いいえ・両方やった)

その内訳をお答えください。

種場へ張込んだ () 割

直接漁場へ張込んだ () 割

- ・何月何日から何月何日まで人工採苗した網を使った時、収穫できましたか？

月 日～ 月 日頃

- 7. 平成10年秋漁期についての感想をどんなことでも結構ですからお書きください。

(平成11年度春漁期「平成11年3月～5月」について)

- 1. 平成11年春漁期で使用した全網数は、約何枚ですか。() 枚

- 2. そのうち、人工採苗した網は約何割ですか。

() 割

- 3. 平成10年春漁期の総収穫量は何Kgですか。また、そのうち約何割が人工ですか。

総収穫量は () Kgで、そのうち人工は () 割です。

- 4. 漁期中で、最初に収穫できたのはいつ頃ですか。また、網の種類は。

() 月 (上旬・中旬・下旬) 頃で、(天然採苗網・人工採苗網) でした。

- 5. 採苗から収穫までの時期についてお聞きします。

(天然採苗)

- ・種場に網を張り込んでいた期間

月 日～ 月 日

- ・上記のうち、何月何日から何月何日まで種場に張込んだ網を使った時、収穫できましたか？

月 日～ 月 日

(人工採苗)

・人工採苗を行った期間

月 日～ 月 日

・人工採苗した網を種場に張りましたか、または、直接漁場に張りましたか？

(はい・いいえ・両方やった)

その内訳をお答えください。

種場へ張込んだ () 割

直接漁場へ張込んだ () 割

・何月何日から何月何日まで人工採苗した網を使った時、収穫できましたか？

月 日～ 月 日頃

6. 平成11年春漁期についての感想をどんなことでも結構ですからお書きください。

(人工採苗についての質問)

1. 人工採苗について、お答えください。

ア. 行っている。イ. 過去に行ったことがある。ウ. 行ったことがない。

2. 1でイにお答えになった方。現在、行っていない理由をお聞かせください。

ア. 天然採苗で間に合うから。イ. めんどくさいから。エ. やって見たが、失敗したから。
オ. 母藻がないから。カ. 人工採苗を指導してくれる人がいないから。キ. (その他:
)

3. 1でウにお答えになった方。現在、行っていない理由をお聞かせください。

ア. 天然採苗で間に合うから。イ. めんどくさいから。エ. やり方が分からないから。オ.
母藻がないから。カ. 施設がないから。キ. 人工採苗を指導してくれる人がいないから。ク.
その他:)

4. 全員に、お答え願います。今後、人工採苗を行う予定について。

ア. 行うつもりである。イ. 行う予定はない。

5. 4でアにお答えになった方。人工採苗の使い方についてお答えください。

ア. 天然採苗を行わず、全て人工採苗で行う。
イ. とりあえず、人工と天然採苗を併用してゆく。
ウ. 時期によって、天然採苗と使い分ける。(例えば、春は人工で、秋は天然で)
エ. 良い種ができれば、人工採苗を行う。
オ. その他:

6. あなたが、人工採苗を始めた年は。

()年 (春漁期・秋漁期)

7. その他、人工採苗でお気づきの点、不明点等がございましたら、ご記入ください。

