

## 新しい海藻養殖

大野正夫

はじめに

ノリ、コンブ、ワカメ、ヒトエグサの養殖は、1950年代より大学や全国の水産試験場の主要なテーマとして活発な試験研究が進められ養殖技術は完成されて、現在は品質の改良や病気の研究が行われている。近年、食用海藻がインスタント食品、スナック菓子の添加材などの需要と海藻サラダの普及から、新しい海藻の養殖技術の開発が行われている。また、海藻粘質多糖類であるカラギナンの原料となる熱帯キリンサイ類、寒天の原料となるオゴノリ類、アルギン酸の原料となるコンブ類の養殖技術開発が諸外国で盛んである。日本では海洋深層水の利用開発が進められて、海藻類の陸上タンク生産の技術開発も行われている。ここでは、注目されている海藻の養殖技術について記述する。

アオノリ養殖

食用に使われているアオノリ（商品名：青海苔）の主要種は、スジアオノリ *Enteromorpha prolifera* (Mueller) J. Agardh であるが、ポウアオノリ *E. intestinalis* (Linnaeus) Nees、ヒラアオノリ *E. compressa* (Linnaeus) Nees も利用されている。青海苔は、昔から青粉として和菓子に広く使われてきたが、1970年代からお好み焼き、焼きそばや多くのスナック菓みに利用されるようになり、需要が年間200トンから2,000トンになりアオノリ養殖が行われるようになった。しかし、品不足分や代用品としてアオサが混ぜられて使われている（大野，2001）。

スジアオノリの天然採取の産地は瀬戸内海から四国沿岸であったが、青海苔の需要の増大から、徳島県の吉野川河口域でスジアオノリの養殖が1983年から始まり、その後千葉県までの各地で行われている。現在は、アオノリ供給の90%以上が養殖産のアオノリである。スジアオノリは、河口域や内湾で塩分が比較的低い汽水域に繁茂する。養殖は、藻体が秋の彼岸の頃に成熟して胞子が多くみられる種場に、ノリ養殖と同じ規格の養殖網が張られて開始される。これを天然採苗法と呼んでいる。種場に10枚重で張られた網に藻体が1~3cmほどに伸びる10月



図1 徳島県吉野川河口域で行われているスジアオノリ養殖おける採取作業

頃から、1枚ずつ浮き流し方式で養殖場に張られ、12月から1月に採取される。この季節の採取されたものは“冬ノリ”と呼ばれている（図1）。年により、また場所により、2月に種場に、再び、養殖網を張り、4月末まで採取する“春ノリ”の収穫もある。アオノリ養殖技術は、ノリ養殖と類似しているが、収穫の変動が大きいのが特徴的である（大野正夫1992）。最近では、天然採苗法ではなく、人工採苗法が行われるようになった。人工採苗法は、アオノリの藻体を、ミキサーで1~5mm程度に裁断すると、裁断された藻体は、数日間で成熟して胞子を出す。それを養殖網につけて養殖する方法である。この方法が確立して、養殖者は天然採苗と人工採苗を併用することで、安定した生産が行われるようになった。収穫された藻体は冷風で乾燥され出荷される。

イワツタ養殖

緑藻のイワツタ類は、熱帯海域のサンゴ礁内に生育しており広く食用にされている。フィリピン、ハワイ諸島や南太平洋諸島では生野菜を食べずに、イワツタを海藻サラダとして好んで食する習慣がある。沖縄諸島ではクビレツタ *Caulerpa lentilifera* J. Agardh が伝統的に海藻サラダとして食されてきた。最近、沖縄特産として、“海ブドウ”の名で、生（なま）の状態で売られるようになって、全国的に需要が広まりつつある。宮古島で、1980年代よりマングローブ林の

なかで、海面養殖が行われて収穫もされるようになったが、食害などの被害が多く中断した。最近、沖縄本島で海水を陸上に引き入れて、池養殖、水槽培養が行われるようになり、清浄で安定したイワズタの生産が行われるようになり、沖縄の特産土産としても評判がよい。

#### モズク養殖

褐藻のモズク類養殖では、オキナワモズク *Cladosiphon okamuranus* Tokida, モズク *Nemacystus decipiens* (Suringar) Kuckuck, フトモズク *Tinocladia crassa* (Suringar) Kylin が行われている。最も多く養殖されているオキナワモズクは、沖縄県と鹿児島県の奄美大島に生育しており、生育水温は19～28の亜熱帯海域の海藻である。現在、沖縄県での生産は全国生産の95%を占めており、年間約2万トン(生重量)である。オキナワモズクの養殖は1970年初頭から行われたが、サンゴ礁内の海草が繁茂している浅い砂地が適地である。養殖はつぎのようにして行われている(当真,1999)。6月頃が藻体収穫の末期であり、その頃に成熟が起るので、藻体を透明な大型プラスチック・タンクに入れて遊走子を壁面に着生させて盤状体を作る。この状態で夏を越す方法と、オキナワモズクが繁茂している海草群落の中にビニール袋に砂を詰めて沈めてビニール袋の表面に盤状体を着生させる方法がある。最近では、秋にビニール袋に出現したオキナワモズク藻体採取する方法が多く行われている。秋に採取された母藻を種苗センターのコンクリートタンクに養殖網とともに入れて数日間、通気培養を続けると、母藻から胞子が出て種付けが完了する。養殖網は5～10枚程度に重ねて、海草群落の中に接地した状態で張り中間育成を行う。養殖網はノリ養殖網と同じ規格である。20日間くらいで1mmほどの芽生えが出現し、さらに20日間ほどで数cmの藻体になった後に、沖合へ1枚毎張る。3月から5月にかけて20～30cmほどに伸びた時に、ポンプを用いて吸引して採取する(図2)。

モズクはオキナワモズクより細いので、商品名としては“いともずく”と呼ばれることが多い。モズクは生態的にはオキナワモズクと似ているが、ホンダワラ類に絡まるようにして生育する特徴がある。この種は長崎、大分、紀伊半島に広く分布しているため、最適温度はオキナワモズクより低いと推察される。沖縄では、モズクはオキナワモズクと同じように養殖されている



図2 サンゴ礁内の海草場で養殖されているオキナワモズク(沖縄水試, 諸見里聡氏提供)

が、収穫時期は3月頃であり、オキナワモズクより1ヶ月早い。

モズク類の需要が増すにつれて、岩につくフトモズクが養殖されるようになった。フトモズクは温帯海域の岩礁に繁茂しており、徳島県では天然産のものを採取していた。フトモズクの養殖法は、基本的にはオキナワモズクと同じであり、藻体の生育末期に藻体から胞子をプラスチックタンクに着生させて、盤状体で夏を越させて、秋にその盤状体を用いて養殖網に種付けをして養殖が開始される。3月から4月中旬までが収穫期であり、阿波モズクの商品名で出荷されている。

#### ヒジキ養殖

ヒジキは広く日本人に食べられているが、外国では食するところは少ない。日本で食されている半分以上のヒジキは、中国と韓国からの輸入養殖ヒジキである。ヒジキは、*Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamuraと命名されてきたが、最近のDNAによる系統進化的検討から *Sar-*



図3 徳島県水産研究所によるヒジキ養殖、座の付いたヒジキの若い葉体をロープに挿入



図4 ナミビアで行われるオゴノリ養殖 網ロープにオゴノリの藻体の挿入作業

*gassum* 属に入れられた(吉田ほか, 2000)。韓国や中国でのヒジキの養殖法はロープを海面に張り、ロープにヒジキの葉体がついた座を差し込む。周辺の磯のヒジキ場に自生している数 cm の座を付けた若い葉体を差し込む簡単な方法であるが、自生地の確保が重要である。ロープの太さは、10 mm ほどである。晩秋の 11 月頃に、養殖が開始されて、翌年の 4 月から 5 月に 1 ~ 1.5 m ほどになった葉体を採取する(大野, 1991)。

徳島県水産試験場では、座を培養して増やした藻体を差し込むことで養殖を成功させている(図3)。ヒジキの需要が伸びており、天然産の採取量が減少しつつあるので、品質と供給の安定化を考えて、徳島方式の座の培養から行う養殖が普及することが期待されている。

#### オゴノリ養殖

紅藻のオゴノリ類は、古くから刺身のツマや磯料理の添物として分枝状の海藻であり緑色あるいは白く脱色して使われている。消石灰に浸けると緑色になり、晒すと白くなる。これらのオゴノリ類は、1 m ほどの葉長になりアルカリ処理をすると寒天の原料として利用できる。現在では、食用粉末寒天のほとんどは、オゴノリを原料にしている。寒天原料となるオゴノリの生産量の世界総生産量は、年間 6 万トンあまりとされているが(Zemke-White & Ohno, 1999)、主産地は南米のチリであり、世界のオゴノリ生産の 60% 以上を占めている。東南アジアではインドネシアが良質のオゴノリを産する。1980 年初頭までは、ほとんど天然産のオゴノリが採取されていたが、1982 年に南米沿岸で「エル・ニーニョ」が発生して、水温の上昇により、天然産のオゴノリが激減した。そこで、チリの大学の海藻研究者が、拳ってオゴノリの養殖試験に加わ

り、数年でオゴノリの養殖に成功した。養殖種は、*G. Chilienis* Bird, McLachlan et Olivereira である。チリのオゴノリ養殖は簡便であり、藻体を束ねて浅い砂地に埋め込むか砂袋に藻体を巻き付けて沈める方法であり、増殖法と言った方が正しい。種苗を地中に差し込んで 1 ~ 2 ヶ月後で採取しているが、輪作の方式で数カ所の区域を順番に植え付けて、大きくなった区域から採取し、通年、種苗の差し込みと採取が行われている。養殖オゴノリは、雑草の混入が少なく品質が揃うので、現在は、寒天に使われるオゴノリの 80% 以上は養殖オゴノリになっている(大野, 2000)。

ロープによる本格的な養殖は、南アフリカの隣国のナミビアで行われており、リュウウダリツのラグーンにオゴノリ養殖場がある。寒流が流れており水温は周年 12 ~ 15 °C で、良質なオゴノリが採取されてきたが、年変動が著しいことから養殖が開始された。ドイツ人の会社が経営しており、非常に合理的な養殖法と製品加工が行われており、浮きにペットボトルを用いているのが興味深い(大野, 2000)。オゴノリを吊すロープは、網をよじったものである(図4)。藻体は、網に挟み込んで吊す工夫が取られている。養殖筏は、30 m x 5 m であり、5 m の網ロープを約 1 m 間隔で張っていた。養殖藻体は、差し込んで 2 ヶ月くらいで葉長は 1 m くらいになり採取される(図5)。ここは、水温が周年それほど差がないので、周年養殖が行われており、採取されたものは乾燥させて出荷されている。

インドネシアやベトナムでは、ラグーンやエビ養殖池を利用して、魚やエビとの混合養殖が行われて、国内で中規模の寒天工場が操業できる生産を上げている。アジア諸国は、寒天の需要が多いので、外貨削減のため政府も自国の原料の生産を推奨しており、水産養殖環境の改



図5 ナミビアのラグーンで行われるオゴノリの浮き流しロープ養殖





図6 タンザニアのザンビアで行われている麒麟サイのモノライン方式の養殖

善からオゴノリと魚、エビ、アワビの混合養殖を行う研究が盛んである。近い将来、オゴノリの生産が増大することが期待される。

#### 麒麟サイ養殖

麒麟サイ *Eucheuma* 属は、寒天に似た粘質多糖類、カラギナンを含んでいる。カラギナンはツノマタ類からの抽出物で、北ヨーロッパの伝統的食品である果汁を固めたプリンの素材であった。需要の増大からハワイ大学の Dotty 博士は、1970 年初頭に熱帯産の麒麟サイ *Eucheuma cottonii* (カッパ・カラギナンを含む) と *E. spinosum* (イオタ・カラギナンを含む) をフィリピンで養殖試験を行い養殖に成功した。その後、*E. cottonii* は、カッパ・カラギナンを含むことから *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty の学名になったが、商品取引では、“コットニー”として扱われており、*E. spinosum* は、*E. denticulatum* (Bruman) Collins et Harvey という学名になったが、商品名 “スピノースム” となっている (Trono, 1993)。カラギナンの用途は、この30年間に、寒天やアルギン酸の用途あるアイスクリームの粘性素材、ミルクコーヒーの安定剤から化粧品、ベッドフード、歯磨き粉等に拡大していった。熱帯麒麟サイを養殖している国は、東南アジアのフィリピン、インドネシア、ベトナムから、南太平洋諸国、アフリカのタンザニアなどの熱帯海域に広がり、漁民の生活向上に大いに役だっている。

養殖方法は、サンゴ礁海域の礁内の浅い海底に1mほどの杭を2本立てて、海底より30cmあまりの高さにプラスチックの糸を張り、そこに、10cmほどに裁断した藻体を細い糸で結び付けるという極めて簡単な方法である (図6)。インドネシアでは、湾内で10m x 10mの竹や木材による浮き筏に太いプラスチック糸を張り、藻体を

結びつける方法で、養殖が行われている。

#### 海洋深層水によるタンク養殖

1990年代に入り、沖縄県、高知県、富山県に海洋深層水の取水が事業化されている。海洋深層水は、清浄で低温であるとともに、富栄養(窒素分は10倍、リン酸分が4倍)であるので、藻類の培養には適しており、海洋深層水の利用の先進地であるハワイでは、ジャイアントケルプを培養してアワビの餌にしたり、海藻サラダ用にオゴノリの培養が行われている。

沖縄県の海洋深層水研究所では、オゴノリをタンク培養してウニの餌料にしているほかに、モズクやクビレズタの培養試験を行っている。高知県海洋深層水研究所では、アオサ、スジアオノリ、コンブ、カジメ、カヤモノリ、ノリ類、トサカノリ、トゲ麒麟サイ、ミリン等の各種の海藻のタンク養殖を試みているが、どの種も正常に生育して、天然産の生長速度とあまりかわらないことがわかった。培養条件を整えることにより、スジアオノリでは、2日で倍になるほどの速い生長速度を示した(大野ほか、2000)。現在、海洋深層水の価格が少し高いので、生産された海藻の価格が高くなっているが、海洋深層水の価格の低下と培養技術の進歩で、海面養殖よりも安価で、清浄な海藻が生産されることが期待される。

#### 文献

- 大野正夫 1987. イワズタ. p.285-288. 徳田広・大野正夫・小河久朗, 海藻資源養殖学. 緑書房, 東京.
- 大野正夫 1991. 海苔と海藻 37: 1-4.
- 大野正夫 1992. アオノリ. p. 61-68. 三浦昭雄, 食用藻類の栽培 (編) 恒星社厚生閣, 東京.
- 大野正夫 2000. 海藻資源 4: 1-5
- 大野正夫 2000. 藻類 48: 167-169.
- 大野正夫・鍋島浩・平岡雅規 2000. マリンバイオテクノロジー学会講演要旨: 49.
- 大野正夫 2001. 新しい食材になるアオサ. p.137-143. 能登谷正浩(編), アオサの利用と環境修復 成山堂書店, 東京.
- 当真 武 1999. 魚まち 1999: 40-45
- Trono, GC. 1993. *Eucheuma* and *Kappaphycus*: taxonomy and cultivation. p.75-88. Ohno, M. and Critchley, AT. (Eds.), *Seaweed Cultivation and Marine Ranching*. JICA, Yokosuka.
- 吉田忠生・吉永一男・中島泰 2000. 藻類 8: 113-166.
- Zemke-White, WL and Ohno, M. 1999. *J. Appl. Phycol.* 11: 369-376.

(高知大学海洋生物教育研究センター)