

藻類学最前線



水産としての海藻

阿部真比古

我々、日本人にとって海苔、昆布、鹿尾菜、若布などはとても馴染みのある海藻である。何故、馴染みがあるのか？それは「食べる」からである。海藻は、我々日本人の食文化を支える食品のひとつであり、海藻養殖は魚介類を含めた海面養殖産業の中でも重要な位置を占めている。特に、海苔は日本の海面養殖産業において収穫量が最大の品目となっている。1600年代後半から始まったとされる海苔養殖や、古くから食用とされていたものの1950年代から養殖事業が本格化したワカメ養殖などの海藻養殖においては、複雑な生活史を含む生態的特性の解明、採苗や育苗の技術開発、養殖品種の探索と改良など、生産性を上げるために様々な研究が行われ、発展してきた。しかし、時代の変遷とともに我々の食生活が魚食から肉食へと変化し、追い打ちをかけるように地球温暖化や貧栄養化などの海洋環境の変化が日本の海藻養殖を取り巻く環境を厳しいものにしていく。このような状況のもとで、新しい養殖対象種の探索や増養殖技術の開発をスピード感を持って進めていくことが海藻養殖産業において課題となっている。

本稿では、筆者がこれまで行ってきたアマノリ類を中心とした増養殖候補種の探索および養殖技術開発について述べるとともに、海藻商品に対する消費者の意識アンケートの結果について書いていく。

海藻資源研究は現場調査と室内実験の両面から

日本の海面養殖産業において最大の収穫量を誇る海苔は、糸状体の管理・育成から採苗、摘採、加工まで養殖システムとしてかなり強固に確立されたものといえる。海苔養殖の簡単な流れを図1に示す。3月頃から保存管理しているフリー糸状体あるいは漁場で採集した状態の良い葉状体を用いて、細断した糸状体や果胞子を貝殻に撒き付け、日射や水温を制御しながら糸状体を生長させる。そして、夏の終わり頃には糸状体上に殻胞子嚢を形成させていく。9～10月頃から始まる海苔網に殻胞子（タネと呼ばれることが多い）を付ける作業（採苗）に合わせて殻胞子嚢が形成された糸状体を低温の海水に曝すと、数日後には殻胞子が放出される。採苗時に重要となるのは、海苔網につく殻胞子の密度である。関係者らは顕微鏡を使用して適正な密度の海苔網を作っていく。育苗期では数cmになるまで生長させ、一部の海苔網は乾燥させ冷凍保存させる。網の冷凍保存技術により漁期を長くできるようになったり、生産調整が可能となった。冷凍しない網は秋芽網として海域に展開され、12月頃からは機械を使って摘み取られていく（摘採）。摘み取られた海苔はその日のうちに機械で成型・乾燥され、乾海苔が完成する（加工）。摘採や加工には、それに特化した機械が製造されていて、作業の効率化が図られている。

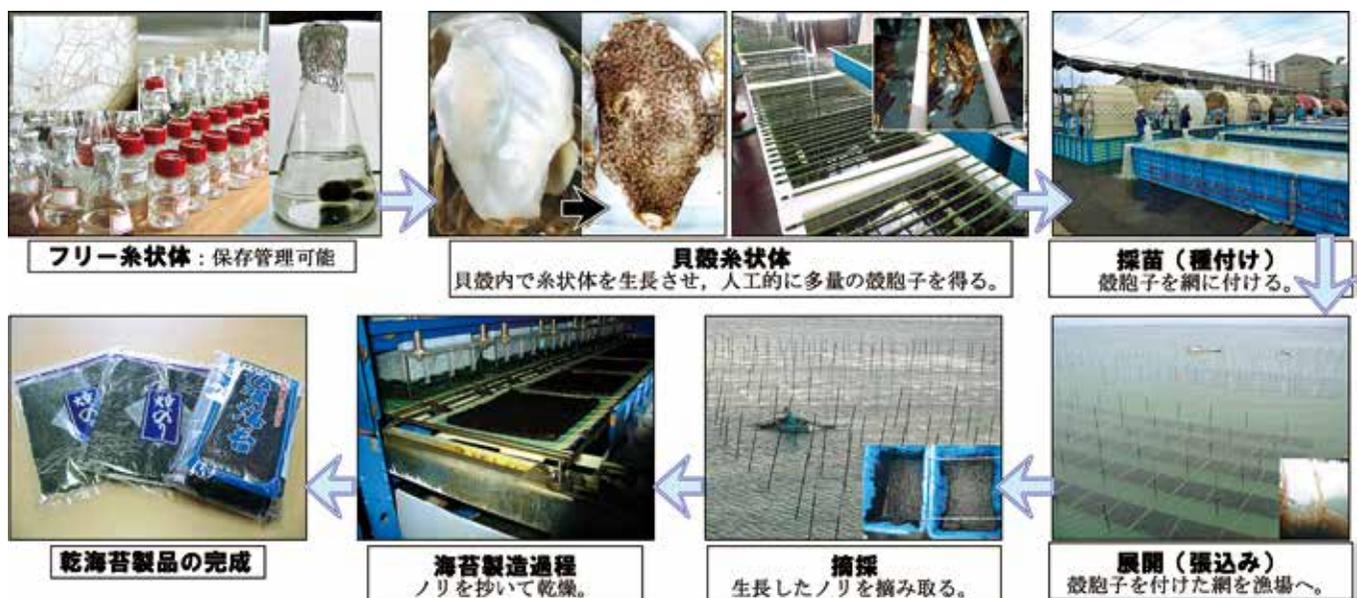


図1. 海苔養殖の流れ。

技術の発展とともに漁場で使用されている養殖株には、稔性が低く大型化するスサビノリ *Pyropia yezoensis* (Ueda) M. S. Hwang et H. G. Choi の一品種ナラワスサビノリが導入され、産業の発展に大きく貢献してきた。一方で、遺伝的画一化が進んでいる (二羽 2014) ための問題も出てきた。一般的には遺伝的な多様性が乏しい場合、環境変動などに対して適応できない可能性を内包している。事実、海苔養殖を開始する秋口の水温降下の鈍化や海域の貧栄養化などの環境変化に伴い、近年の海苔生産量は減少傾向である。このため、環境変動に対応できる新規養殖種の探索や選抜が強く求められているが、遺伝的画一化が進んでいるナラワスサビノリの中から優良な特性をもつ新たな品種を見出すことは非常に難しく、育種としては効率的ではない。そこで、近年では野生のアマノリ類が新たな養殖種の候補として注目されている (島田 2010)。

また、近年では地域の漁獲物を活用し、地域振興を図ることが多くなっている。このため、養殖種の探索・開発においても、全国的に活用できるような汎用性の高い養殖種を開発する必要性はほとんどない。むしろ、地域ごとに特産品となるような有用資源を探索していくことが求められているのである。

海藻植生の調査は、その海域の環境を知るための基礎調査として多くの海域で実施されており、その過程で同種内における地域間での形態変異も多く確認されている (小河 2004)。各地域の環境に適応した養殖対象種の候補となるような海藻類を探索する手段として、海藻植生の調査は非常に有益である。また、地域の食文化を知ること、加工、流通など養殖種の消費拡大に向けた大切な情報となる。

山口県では、昔から「アカノリ」と呼ばれているアマノリ類が、漁業者によって採集され、自家消費されてきた。このアマノリ類は、調査の結果、カイガラアマノリ *Py.*



図2. 山口県山口湾で採集されたカイガラアマノリ。

tenuipedalis (A. Miura) N. Kikuchi et M. Miyata (図2) と同定された (宮後 2001)。カイガラアマノリは、東京湾や伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海沿岸などの限られた地域にしか分布が確認されておらず、環境省 (2015) により絶滅危惧I類に指定されている全国的にも希少な種である。カイガラアマノリは、葉状体が鮮やかな紅色をした笹の葉状で、短い柄をもつなどの特徴はあるが、なにより生活史が一般的な養殖ノリ (ナラワスサビノリ) とは異なる (図3)。ナラワスサビノリでは、葉状体が成熟し、放出された果胞子は糸状体へと生長する。糸状体には殻胞子嚢が形成され、殻胞子が放出される。放出された殻胞子は、分裂を繰り返し、幼葉状体となる。このとき幼葉状体の先端部から単胞子が多数放出される。単胞子からは新たな葉状体が形成されるため、一つの殻胞子から多数の大型の葉状体が形成されることになる。一方、カイガラアマノリは、葉状体が成熟し、糸状体を形成するまでは同じであるが、殻胞子の代わりに糸状体の先端に球形細胞が形成され、その球形細胞が分裂を繰り返すことで大型の葉状体に生長する。また、カイガラアマノリは生長の過程で単胞子が形成・放出されることはない。つまり、ナラワスサビノリでは、一つの殻胞子から多数の葉状体を得られるのに対し、カイガラアマノリは一つの球形細胞から一つの葉状体しか得られないのである。

山口県は、地域性が強く、生でも加工製品でも甘みが強いカイガラアマノリに地域特産としての可能性を見出し、平成9年から増養殖技術の開発に取り組んでいる。カイガラアマノリは特異な生活史をもつため、その生活史に合わせた養殖技術が開発されてきた。当初は糸状体を穿孔させた貝殻を天然海域に撒いていた。労力の割に生産量は低かったが、海域で撒かれた貝殻の埋没や流失の状況、カイガラアマノリが貝殻上のどの部分で生長するかなど、地道な観察が続けられた。多くの増養殖基盤が開発・試験された結果、徐々に生産は増加し、平成19年には商品化に成功した。その後、現在使用されているプレート型の養殖基盤が開発され、急激に養殖生産を増加させた。しかし、ここ数年は不安定な生産量が続き、その原因が解明できていない。魚介類の増養殖において生産性を向上させるためには「卵(親)」、「水」、「餌」の状態をしっかりと把握することが非常に重要と言われる。海藻類の増養殖も同様で、カイガラアマノリの特異な生活史を人為的に制御し、生産性を向上させるためには、自生するカイガラアマノリの生態特性を十分に把握することが重要である。そのためには季節的消長を調査するだけでなく、生育地における水温、塩分や光量などの無機環境や栄養塩の挙動を継続的に測定する必要がある。我々は山口県と連携し、平成22年からカイガラアマノリ自生地に各種データロガーを設置し、藻体の目視調査だけでなく、無機環境や栄養塩環境の長期モニタリングを行い、カイガラアマノリの豊凶に係る環境要因を捉えつつある。

現場における季節的消長の観察や環境データを基礎資料

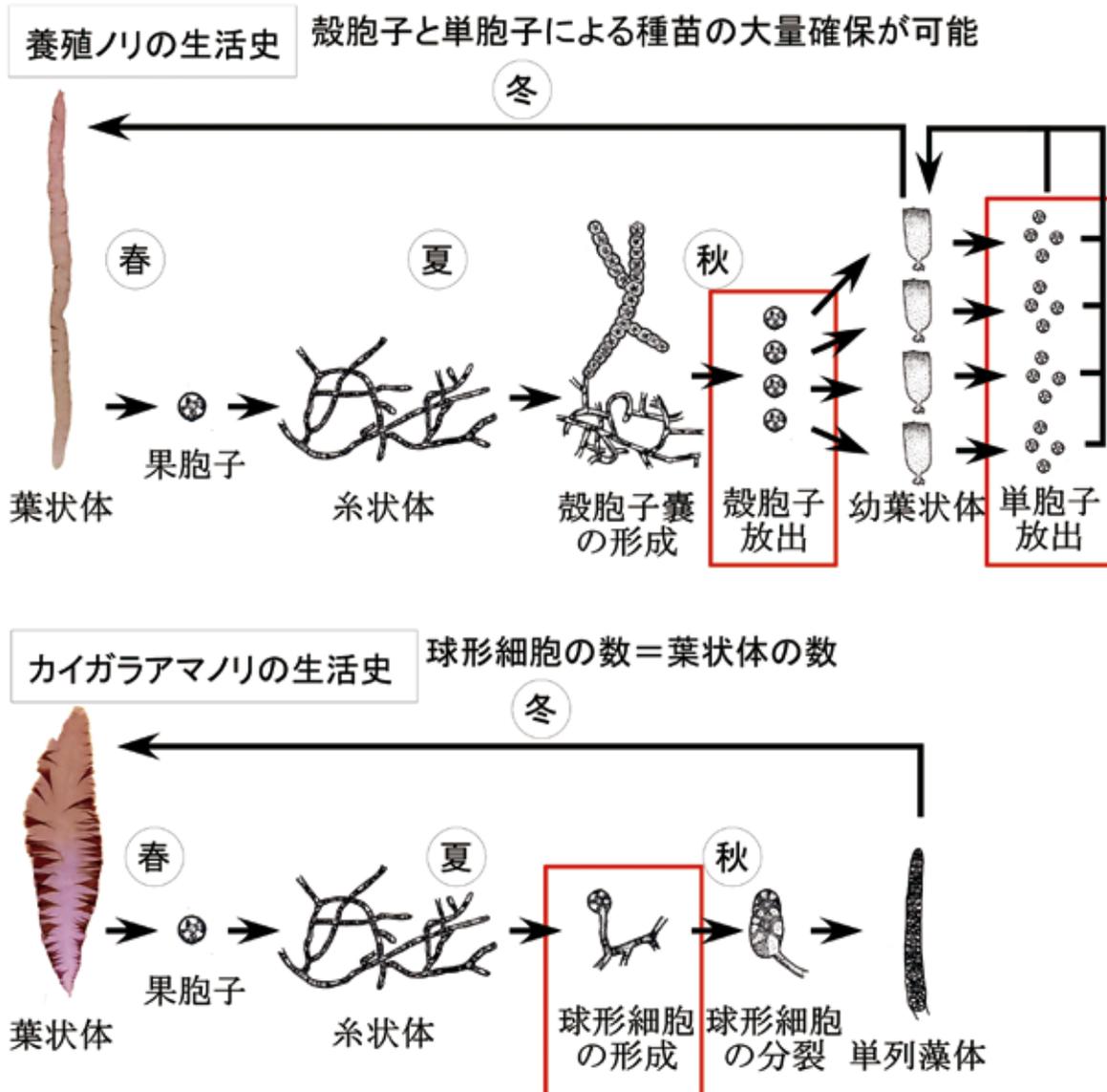


図3. 一般的な養殖ノリ（上）およびカイガラアマノリ（下）の生活史. 能登谷・菊地（1993）および吉田（1993）を基に作成。

として、日長や水温などを組み合わせた実験系を構築し、室内実験により糸状体や葉状体などの生活史の各段階での好適な条件を探っていくことも増養殖には欠かせないステップである。海藻の増養殖において、保存株の培養・管理や採苗など養殖の初期の作業のほとんどは陸上で人為的に行われることが多い。これは陸上や室内培養試験を行い、殻孢子などを同時に、大量に、そして安定的に放出させ、漁期に使用するすべての網を短期間で確実に作り上げることができるようになったからである。その作業が複雑であったり、孢子の確保が不安定では、増養殖そのものが普及しない。新しく「食べる」物を提供することは、増養殖技術の開発がスタートとなり、食の安全性確保、商品開発、消費拡大や流通など水産のあらゆる分野を巻き込むイベントであり、一過性ではなく安定的に持続したものにすることが必要である。

現在、カイガラアマノリにおいて、我々の研究室では様々な温度や日長の培養庫が稼働している。今後少しずつ生態的特性が明らかにされ、養殖種として安定的な生産を行うことが可能になっていくと期待している。

産業は生産者と消費者の両面から

「美味しいものをみんなに食べてもらいたい。」生産者からよく聞く言葉であり、非常に理解できる言葉である。一方で、「生産者は食品を扱っているという認識がどれくらいあるのか。」と食品加工の専門家からは問われる。この問いは理解するまでに少し時間がかかる。食品業界において消費者を獲得するためには商品開発が非常に重要であり、生産者や加工業者は消費者のニーズに対して様々なアイデアを持つ必要がある。つまり、食品加工の観点から見たとき、海藻商品において消費者獲得へのアイデアが少ないと感じ

表 1. 海藻商品 82 品に使用されていた原材料とその頻度。

原材料 (原料表示のまま)	頻度 (%)
ワカメ	21.1
アマノリ, ノリ	21.1
コンブ	17.1
ヒトエグサ	10.5
モズク	6.6
アカモク	6.6
アオノリ	5.3
アオサ	3.9
ヒジキ	3.9
ガゴメ	2.6
ハバノリ	2.6
クロメ	2.6
イギス	2.6
アラメ	2.6
エゴノリ	2.6
ホンダワラ	1.3
カジメ	1.3
イバラノリ	1.3
クビレズタ	1.3
テングサ	1.3
コトジツノマタ	1.3
トサカノリ	1.3

られることが、この問いに繋がっている。実際の店頭の実海藻商品に関する例をひとつ挙げる。ある道の駅に陳列されていた乾物の海藻商品のパッケージはいずれも透明で、四角い白いシールが貼られ黒字で海藻名が書かれている。目を通すと料理の使用例がいくつか紹介されている。ある商品には、「お吸い物、サラダ、三杯酢でどうぞ」。別の商品にも、「お吸い物、サラダ、三杯酢でどうぞ」。また別の商品でも、「お吸い物・・・(以下略)・・・」。日本では、海藻など水産物は長い間に築かれてきた食文化があるが故に、生産者も加工業者も消費者も海藻を使う料理に対して固定概念があり、消費者を惹きつけるような新しいアイデアが生まれにくい状況になっていると考えられる。

それでは、消費者の海藻商品への意識はどのようなものなのか。著者らは、2013年から20代～70代の消費者を対象に様々な聞き取り調査を行っている(阿部 2014)。詳しくは、阿部(2014)を読んでいただくとして、消費者が考える地域食材について「地元」という観点から質問をし、その結果について新しいデータを加えて以下に紹介する。ひとつめは、著者が勤務している水産大学の学生を対象とした3つの課題である。

課題1: 「地元」を意識できる海藻商品を1品以上調べる。

課題2: 原材料として使用されている海藻種を調べる。

課題3: その商品はどのような調理方法があるか調べる。

これらの課題の目的は、海藻を使った商品の多さを実感してもらうことであるが、もうひとつ、大事なポイントは、ネーミングを含めて地元や地域の海藻を意識してもらうことである。平成24年度および25年度の学生67名がレポート

として提出してくれた海藻商品は82品、原材料として使用されている海藻は22種であった(表1)。コトジツノマタやイギスなどを使用した海藻商品は、地域食材の代表格といえるが、一方で、ワカメ、アマノリ類およびコンブといった所謂メジャーな海藻を使用した商品が59.2%を占めた。では、なぜワカメ、アマノリ類あるいはコンブのような良く知られた海藻が「地元の海藻商品」として認識されるのか?これにはふたつの工夫が見られた。ひとつめは、地元の名前を明記することである。例えば、コンブが採れない大阪で「大阪こんぶ」と名付けるのである。このような地名の付いたネーミングの商品は全体の14%であった。ふたつめは、その地域にある別の特産品とコラボレーションすることである。例えば、下関の名産「ふく」とメジャーな海藻の「海苔」をコラボレーションして「ふく海苔」という商品が作られている。このような商品は全体の14%であった。この課題は複数年行っているが、沖縄県は他県に比べて海藻商品が多く、また食のアレンジが豊富なように感じる。

ふたつめの調査は、海藻商品開発に関する聞き取り調査で、商品選択の動機について尋ねたものである。

前提: 名前の知らない海藻を使用した商品があります。

(他地域では食材利用されている)

質問1: どのような商品ならば買おうと思いますか。

質問2: 買おうと思う理由はなぜですか。

約3割の回答は、『地域限定』あるいは『期間限定』などの表示について言及していた。これは、製品に使用されている原料や味よりも、表現に惹きつけられるということを示す。上述の3課題の結果とあわせると、地域性の強い新しい海藻食品を開発するときには、どのような商品であるかとともにネーミングが消費拡大につながるかのヒントを与えてくれる。この調査では他にも約2割の回答が、『聞き慣れた文言がある』という点を挙げており、また特に40代以上の年齢層では、『懐かしい味』ならば買おうと思う傾向があった。これは商品にワカメや昆布のような身近な名前があれば、商品に対する安心感が生まれること、商品選択の際に、味などを比較する対照が必要であることを示しており、詳しく知らない商品には試食が必要であることを示している。また、レシピや成分表が付いていれば購入意欲があがることもわかった。さらに付け加えると、すべての年代においてお手軽に使える、コストパフォーマンスが高いなど忙しい日常生活の中で余計な手間とお金を掛けたくないという回答も多い事実を知っておかなくてはならない。このような調査結果から、新しい海藻食品を開発するためには、海藻資源の探索に注力するばかりでなく、いかにして消費者のハートを捕まえるか、商品開発はもちろん、パッケージや販売方法についても戦略を練る必要があることがわかる。また、阿部ら(2012)がアカモクで行った適正価格の推定なども実施しなくてはならないだろう。

一方、消費者側からだけでなく、生産者側(海苔)から

消費者にどのように海藻を食べてもらいたいかという点についても、予備的な聞き取り調査を行っている。生産者が望む消費形態としては、「生海苔」という回答が比較的多いように感じられた。生海苔は、市場に出回っても、調理法を知らない消費者にとって距離のある商品と思われる。ただ、三杯酢や天ぷらなどで食すると絶品という。

生産者側としては、美味しいものを届けるために日々苦労しており、消費者側としては、手間を掛けずにあまり冒険はしたくない。地域の海藻資源を活用するためには、単品で販売するのか、あるいは他の商品とコラボレーションして販売するのか。カイガラアマノリのように地方海藻資源は大きな可能性を秘めているが、生産者の意欲と消費者の感性をマッチングさせていく多くの知恵が必要である。

水産における海藻は、海藻そのものの生態や生理などを明らかにするだけでなく、加工や流通など消費まで考慮する必要がある。また、安定生産という観点からは、選抜育種や細胞育種なども求められる。水産という分野において海藻の利用にはまだまだ発展の余地があり、同時に多くの分野によるネットワークの構築が必要不可欠である。

引用文献

- 阿部真比古 2014. 地域海藻資源の有効活用—地域特産の作り方—. 海洋水産エンジニアリング, 115: 64-69.
- 阿部信一郎・坂西芳彦・高田宜武・梶原直人 2012. 新潟県産食用褐藻アカモク (*Sargassum horneri*) に対する消費者の購入意向. 藻類, 60: 15-20.
- 環境省 2015. 植物II (藻類) 環境省レッドリスト 2015 (<http://www.env.go.jp/press/files/jp/28077.pdf>)
- 宮後富博 2001. 藻類優良品種養殖振興試験事業 山口湾自生のカイガラアマノリについて—I. 平成13年度山口県水産研究センター事業報告. p276.
- 二羽恭介 2014. 養殖ノリの培養・交雑と分子マーカー解析による遺伝育種学的研究. 日本水産学会誌, 80: 331-334.
- 能登谷正浩・菊地則雄 1993. カイガラアマノリ. 堀 輝三 (編) 藻類の生活史集成 第2巻 褐藻・紅藻, 内田老鶴圃, 東京, 214-215.
- 小河久朗 2004. 有用海藻の生物学 5. ワカメ. 大野正夫 (編著) 有用海藻誌, 内田老鶴圃, 東京, 42-57.
- 島田裕至 2010. 北海道から採取した野生スサビノリの生理形態特性. 水産増殖, 58: 473-479.
- 吉田忠生 1993. スサビノリ. 堀 輝三 (編) 藻類の生活史集成 第2巻 褐藻・紅藻, 内田老鶴圃, 東京, 216-217.

(水産大学校)



石川依久子先生の藻類グッズ

石川依久子先生 (1933—2015) の一周忌にあたる5月29日 (日), 「石川依久子先生を偲ぶ会」(幹事: 杉山孝一・真山茂樹) が学士会館 (千代田区神田錦町) にて開かれました。会場には展示スペースが設けられ, 1990年代に石川先生が発起人となって組織・運営された「藻類絵はがきの会」(のちに「企画委員会」に改称) が制作・販売した絵はがき全種が並べられました。また, 企画委員会が企画・出版した「スライドシリーズ “藻類の多様性”」も展示されました。真山先生のスピーチによれば, 石川先生が晩年とりわけ力を注がれたのは, 藻類の研究, 藻類の教育普及, 戦争体験の伝承の三本柱であったそうです。石川先生の深い藻類愛を思い出させる, 感銘深い会でした。先生のご冥福をお祈り申し上げます。(北山)



「石川依久子先生を偲ぶ会」会場に設置された展示スペース。