

海産魚種苗生産の夜明けと 初期餌料「ワムシ」培養研究の展開・発展

顧問 日野明徳

魚を飼育し、必要な時に取り上げて食用や観賞に供することは、中国では紀元前400年頃に書かれた「養魚経」という書物にコイの養殖法として書かれており、素掘りと思われる泥池での生産である。我が国でも佐久のコイ、弥富の金魚などで、それぞれ食品としての生産や鑑賞の対象として古くから行われてきた。一方、それらで養殖対象とされるコイや金魚は淡水魚であり、1967年に初版が上梓された「養魚学各論(恒星社厚生閣)」で養殖技術が記述されている魚類18種についても、親魚から採卵した卵から仔魚期、稚魚期を経てさらに製品サイズまでの養成が可能な海産魚は、マダイ、クロダイ、トラフグの3種にすぎない。このように我が国の魚類養殖は長年淡水魚に偏ってきたのだが、その理由としては、海水魚の場合、四方を海に囲まれた日本では殆どの都道府県が海岸線を持っており、そこから水揚げ・流通する魚類、軟体類(イカ・タコ)、甲殻類(エビ・カニ)などの海産魚介類が潤沢に供給されるため、日常の食事に養殖魚を食する必要、嗜好を感じなかったのであろう。

さらに言えば、重大な問題として海産魚のほとんどで卵が直径1~2ミリ程度と淡水魚よりはるかに小さいために、孵化した仔魚のサイズや運動能力が淡水魚に比して著しく小さく、当然ながら咀嚼・消化などに関わる諸器官の発達度合いも低く、さらに危険からの逃避能力や水質や水温など環境への耐性も乏しいなど、形態や生態が成魚とほぼ同じになる「稚魚」と言われる段階までには、成長に見合った餌料サイズや栄養面での配慮も必要となり、同時に排泄量も増えるため水質面での繊細な管理が必要である。これらには「手引書」のようなものは無く、言い換えれば海産魚の種苗生産・飼育・養成には経験から得るスキルが最も必要な

要素かもしれない。

1. 淡水魚より困難な海産魚の種苗生産研究

海水には様々な塩類が溶解しているが、なかでも硫酸マグネシウムなどの硫酸基(SO_4^{2-})を持つイオンが多いため、貧酸素状態など還元作用が強く働く環境では硫化水素(H_2S)など有毒な硫化物が生成され、仔魚、稚魚は言うまでもなく成魚でさえ生存できない状態になる。また游泳能力や防御、水質悪化への耐性がほとんど無い仔魚にとって、飼育容器の換水は言うに及ばず、仔魚を取り上げて別水槽への移動も大量斃死を招く結果となる。従って種苗生産時の餌として「水中に有機物が溶け出す」粉状のものや、死んだプランクトンなどは水質悪化をもたらすため使うことができない。そのような理由から、当時から海産魚の種苗生産には「生き餌」が必須とされていた。

2. 動物プランクトンを初期餌料とし「世界初の海産魚種苗生産」に成功

東京大学農学部(現在は農学生命科学研究科)附属水産実験所は、1970年に現在の浜名湖舞阪町(弁天島)へ移転するまで、愛知県の知多半島「新舞子」と渥美半島「伊川津」にそれぞれあったが、魚介類養殖に関する施設・研究設備は「伊川津」にあり、おもに農学部水産学科の海洋学研究室、増殖学研究室、生理学研究室の教官や大学院生、学生が実習・実験に利用していた。この頃、東京大学教授を経て後に海生研顧問となる平野礼次郎は、水産学科の学生時代と助手の時代を松江吉行先生の海洋学講座に所属し海産織毛虫などを研究対象としていたが、伊川津の水産実験所に居た水産学科同期の笠原正五郎(のち広島大学教授)か

ら、「ゴカイ等の肉汁を加えた海水を睡蓮(すいれん)鉢に満たし、自然に増えてきた植物プランクトンから成る“アオコ海水(後にgreen water と称する)”にクロダイ仔魚を收容したが、8日目に数尾のクロダイ稚魚を発見した」と電話を受け直ちに実験所に赴き、仔魚が摂餌した繊毛虫を*Stylonchia sp.*と同定した。これを英文で学会誌に投稿したことにより、国内外の研究者から、「平野が世界初の海産魚種苗生産に成功した」と言われるようになった。しかし、この頃には各地の国立あるいは県立の水産実験所でも同様の研究が行われ成果が上がっており、「新しい知見を得たならば速やかに英文で投稿するべし」と、後に平野先生に師事した私たちは先生から口酸っぱく説教されたのであるが、あまり守られていないようでもある。

3. 初期餌料の「動物プランクトン」としてシオミズツボワムシ導入

上記のように繊毛虫を最初期の餌料とした海産魚種苗生産は、画期的でかつ世界に大反響を呼んだものではあったが、繊毛虫は2分裂で増殖する原生動物であり、急激に増えるものの寿命が極めて短く培養の人為的な制御が困難で、「急激に落ちる(培養が破綻する)」という欠点があった。いっぽう三重大大学の伊藤 隆は、汽水の養魚池で“爆発的”な増殖を起し藻類を食い尽くす「厄介者」で、体長約0.3ミリのシオミズツボワムシ*Brachionus plicatilis*(袋型動物門輪虫綱)(図1)について、排除するか増殖を抑える研究に従事していたが、原生動物よりも培養のコントロールが容易なこのワムシを、繊毛虫の代わりに海産魚種苗生産初期餌料として利用することを思いついた。

多種多様の種からなるワムシ類は世界中に生息しており、また雌が、乾燥や長期の休眠にも耐える「耐久卵」を作ることでも知られており、水底に沈積するそれを集めれば数年にも亘る保存が可能で、現在は、いわゆるブラインシュリンプ*Artemia salina* 耐久卵のように海外で販売もされている。

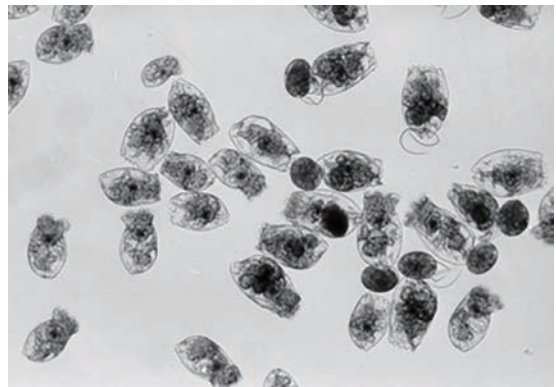


図1 シオミズツボワムシ(体後部に卵を携帯)

4. ワムシ導入後の栽培漁業の成功と研究、ワムシ培養の発展

親魚から採卵し種苗を生産、さらにそれを天然に放流する栽培漁業は1960年代の瀬戸内海で始まった。その頃の瀬戸内海ではタイやヒラメなどの高価格魚が減少しており、低価格魚が増加傾向にあった。そこで、その状況を打破する新たな試みとして1962年に香川県の屋島や愛媛県の伯方島に初めて、種苗を放流し大きくなったものを漁獲する「栽培漁業」の事業場が設置された。その後、事業を実施する機関として「社団法人瀬戸内海栽培漁業協会」が1963年に発足し瀬戸内海での栽培漁業は成功したが、これに刺激され、1977年以降、国の栽培漁業センターは全国16ヶ所に随時設置された。なお、上記「社団法人瀬戸内海栽培漁業協会」は1979年に「社団法人日本栽培漁業協会」に改められ全国的な組織となり、その後、2002年に閣議決定された「公益法人に対する行政の関与の在り方の改革実施計画」によって2003年に「社団法人日本栽培漁業協会」は解散し、当時の「独立行政法人水産総合研究センター」に統合された。なお、現在は「国立研究開発法人水産研究・教育機構」となっている。

5. 軌道に乗った海産魚種苗生産と、餌料生物生産の発展・分業化

かつて長崎県の総合水産試験場には、屋外に学校のプールかと思うほど大きなワムシ培養水槽があり、そこに施肥し植物プランクトンを培養、さらに酵母も加えて

ワムシを培養していたが、仔魚への給餌のためにワムシを集める作業は、プランクトンネット地を張った手網(たも)を持ち、“プール”サイドに添って縦列で並び、タイミングを合わせ、手網を何回も後方へ搔いてワムシを集めたそうである。長崎県の水産試験場では、これをペーロン漕ぎと称して「もう対馬か?」、「いや、まだ五島ばい!」などと軽口をたたいて楽しくやっていたと、当時の場長だった北島力さんは月刊誌「アクアネット」に寄稿しており、職員一同が肉体労働の多さにもめげず種苗生産にやりがいを感じていたことが偲ばれる。ちなみに長崎県は、種苗生産と栽培漁業に早くから取り組んだ先進県の一つである。

この時代にはワムシの培養に必要な植物プランクトンの生産を、種苗生産機関では上記のような大水槽で行うことが一般的であったが、同じ九州では、クロレラ工業(株)が工場内の装置で培養した淡水クロレラを濃縮し販売し始め、これによって栽培の現場で植物プランクトンを培養する必要がなくなり、培養水槽を仔魚飼育に振り向けることや、さらには植物プランクトン培養に専従していた職員をワムシ培養に回すなども可能になって、種苗生産が組織化、分業化し始めた。なお多くの種苗生産現場で培養され、当時「クロレラ」と呼称していた緑色の単細胞藻は、のちにクロレラ工業による研究で *Nannochloropsis oculata* (ナンノクロロプシス) と同定された(現場用語では「ナンノ」、「ナノクロ」、「ナンクロ」)。

6. 究極の培養方法「連続培養」の導入によるワムシ培養の「大改革」

ワムシ培養には、増殖率の維持は言うまでもなく、栄養価が低くなる「飢餓ワムシ」を作らないよう適正な量、頻度で給餌する必要があり、ワムシの質の維持には労働条件が大きな問題となっていた。すべての解決策として日野は、「連続培養」を「社団法人マリノフォーラム21」の研究課題に1988年「自動培養“ワムシ培養研究の発展と、種苗生産をめぐる諸技術開発への貢献”」として提案し、「社団法人日本栽培漁業協会」ほか

数社の賛同をうけ研究がスタートした。これは培養槽の一端からクロレラ工業製の濃縮淡水クロレラを薄く加えた海水をチューブポンプで連続的に流し込み、他端から培養槽の水をワムシごとオーバーフローさせ収穫するというシンプルなもの(図2)、日野が大学勤務時に出張、あるいは休暇で不在の際にもワムシが活力を維持し絶滅しないよう、小型電動ポンプを用いて作成した1Lの装置を約1000倍に拡大したものである。のちに、「社団法人日本栽培漁業協会」(当時)の桑田博氏はこの原理を30トン、あるいはそれ以上の既成コンクリート水槽に、電動ポンプを使わずにサイホンの原理だけで展開することに成功し、その方式は「粗放連続培養」として現在は各地の栽培漁業機関に普及し、改変を受けながら実用化に至っている。

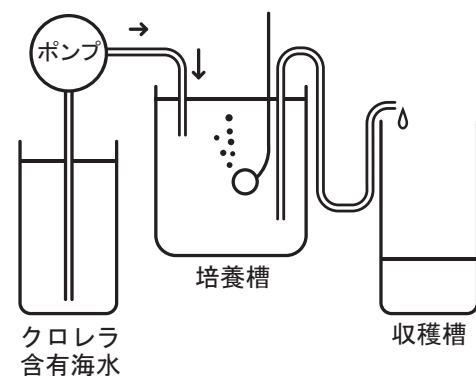


図2 連続培養装置模式図

連続培養の優れている点は、労働の軽減、良好な水質の維持は言うまでもなく培養槽に餌料が絶えず供給されている点であり、ワムシが現場で言う「飢餓ワムシ」にならず健康で餌料価値が高いことでもある。

なお桑田氏は、「粗放連続培養で生産されたワムシは活力が高く、飢餓耐性にも優れる」という点に着目し、高密度に濃縮したワムシをポリ袋に入れ、冷却材とともに宅配便で送る「宅配ワムシ」の技術も確立させた。連続培養は、餌料プランクトンの大量培養としておそろく究極の姿であろうが、その来し方、過去の苦労談を聞くことも無くなってしまった今、栽培漁業基礎研究の大きな成果として由来をここに書き留めておく。