

クロマグロ完全養殖への挑戦

近畿大学水産養殖種苗センター センター長 岡田 貴彦



要 約

近畿大学水産研究所は近畿大学初代総長世耕弘一の「海を耕す」という構想から1947年に和歌山県の白浜町に設立されました。世耕弘一の命を受け、海産魚の養殖に没頭した原田輝雄は小割式網生簀養殖法を開発すると、様々な高級魚の養殖技術を開発し、水産業界に貢献して行きました。近畿大学の建学の精神には社会に役に立ってこそ学問であるという「実学教育」が謳われているのです。そして原田の想いは受け継がれ、研究開始から32年という時間を掛けて、2002年に至難とされていたクロマグロの完全養殖を達成しました。今では、完全養殖を達成した「近大マグロ」あるいは日本の養殖魚のおいしさを発信するためにオープンした「近大卒の魚と紀州の恵み近畿大学水産研究所」がマスコミなどに取り上げられることによって注目されるようになりましたが、数多くの成果を生み出す原動力になったのは必然性と先見性から生まれた「研究費は自ら稼げ」という独立採算制だったのです。

目次

1. 近畿大学水産研究所の生い立ち
2. 研究費は自ら稼げ
3. 海を耕す人
4. 小割式網生簀養殖法
5. 完全養殖という理念
6. 18種類の魚類開発
7. 品種改良
8. なぜクロマグロを養殖しようと思ったのだろう？
9. いよいよ、クロマグロ養殖技術開発へ
10. なぜ近大だけが研究を続けられたのか？
11. 世界初！クロマグロの人工飼育に成功
12. 世界初！養成クロマグロの産卵，人工孵化に成功
13. 11年間の研究停滞
14. ホルモン剤による催熟の試み
15. パナマ運河構想
16. 完全養殖達成へ再出発
17. 完全養殖マグロの産業的量产化
18. 巨大企業とのタッグ
19. アンテナショップ出店
20. 近大水産研究所と知財
21. 今後の展望



せるためには国民の食糧を確保することが最優先の課題であると考えました。戦争で残った田舎の農地ばかりでなく、町の学校の校庭までもが畑になり農作物が作られるようになりましたが、国民に必要なたんぱく質は圧倒的に不足していました。そこで世耕弘一は日本を取り囲む海に着目し、この海から国民に必要な

タンパク質を作り出すこと、いわば「海を耕す」という発想に至りました。ここで注目したいのは海から魚を獲るではなく、魚を作る。海を畑と捉えて「海を耕す」と考えたことです。日本の近海は戦時中漁船までもが軍に徴用されたために漁獲圧^(注1)が低下しており、資源は自然に回復していました。漁獲努力を高めれば多くの漁獲が見込まれたはずですが、急激な漁獲圧による資源の枯渇を見抜いていたかのように「作る漁業」を見据えていたのだと思われます。水産庁が「栽培漁業」という言葉を作るよりずっと早くに。この世耕弘一の号令によって近畿大学水産研究所は近畿大学創立の前年1947年に和歌山県の白浜町に設立されました。(注1) 漁獲圧とは漁獲による天然水産資源への影響

1. 近畿大学水産研究所の生い立ち

まず、先に近畿大学水産研究所の生い立ちからお話しします。近畿大学は大阪専門学校と大阪理科大学を母体として1948年に創設されました。建学者であり初代総長である世耕弘一は、敗戦後の日本を復興さ

2. 研究費は自ら稼げ

しかし、当時の近畿大学に資金は乏しく、研究費を支出する余裕などありません。そこで世耕総長が執った施策は「研究費は自ら稼げ！」という独立採算性でした。しかし、当時の海水魚養殖は湾や入り江を土手や網で仕切って行う築堤式養殖法の時代で、施設の造成に莫大な費用が掛かる上に限られた場所では実施できないのでほとんど普及しませんでした。特に日々の魚の状態観察やサンプリングがままならない築堤式養殖は、研究にとって必要なデータを集めたり比較試験をすることに不向きであったため、研究は停滞していました。そのような状況を打開するために世耕総長に招聘されたのが、2代目水産研究所長 原田輝雄先生でした。



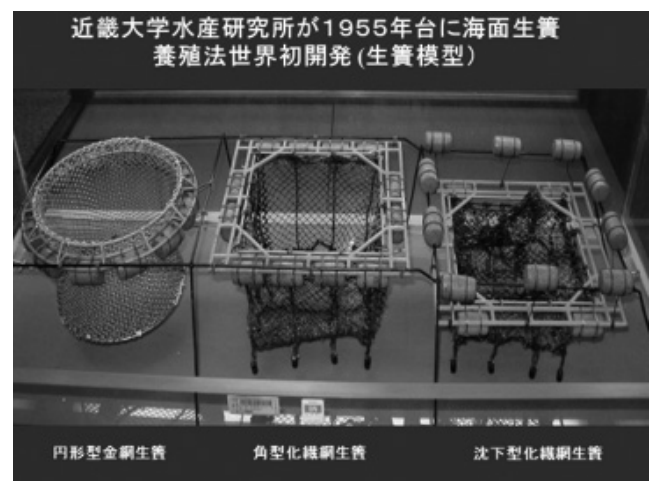
3. 海を耕す人

原田先生は、敗戦のため海軍兵学校が廃校になったことから、運命に導かれたかのように京都大学農学部水産学科に入学しました。京都大学在学中、原田先生は農林省の官僚になることを望んでおり、すでに、卒業した年の国家公務員上級職の筆記試験に合格していました。ところが、原田先生は農林省における最終の面接試験日に近大水研を視察し、就職先として選んだのです。農林省の官僚というエリートの道を捨て、どうしてわざわざ前途多難な創立間もない私立大学の水産研究所の道を選んだのでしょうか。実は、それまでに原田先生は世耕総長に近畿大学の計画を伺うために面談していました。そこで世耕総長から次のように言われたそうです。「わたしは若い者が好きで、若い者に期待する。熱心な者が責任者である。近畿大学には君の専門の指導者はいないが、専門の指導者が上にいない方が君の意図を実現するためには却って都合がよ

いことも少なくない。日本中の人々が君の先生だと思え。君はこれからよその家のひさしを借りて店を出すようなものだ。働いて、やがてより広い家を借り、遂には自分の家を建てるのだ。研究と経営を両立させ、水産学科をつくること。これは非常に困難なことであるが、これが君の使命である。わたしの名は世耕。世を耕すと書くが、海も耕したい。わたしは君に臨海研究所を任せるから、案をつくってわたしの所へ持って来なさい。」と。

1953年に近畿大学臨海研究所に着任した原田先生は総長の想いに応えるべく、養殖技術の開発に没頭しました。当時の所長邸は養殖場の畔に建つ古い木造平屋建ての監視所で、まさに養殖場の魚と寝食を共にしていたと言えます。

4. 小割式網生簀養殖法



まず、原田先生は小割式網生簀養殖法を開発します。それまでの海水魚の養殖方法は前述したように築堤式養殖法で、当時の近畿大学が白浜で行っていたのも同じものでした。広い養殖場に船を漕ぎ出して餌を撒く。どれだけの餌が魚に摂餌されているのか。餌は十分に足りているのか。調子の悪い魚はいないか。死

んだ魚はいないか。どれだけ成長しているのか。築堤式養殖法では飼育成績を判断するために必要な最低限のデータ収集すらままならない。出荷のたびに地引網を引いてたまたま網にかかった魚のデータで判断するしかない。築堤式養殖法の限界を感じた原田先生は、1954年から小割式網生簀養殖法の開発とハマチ養殖の研究に取り掛かりました。この養殖法の施設は海面に筏をアンカーなどで固定し、この筏に生簀網をぶら下げ、その中で魚を飼育するもので、次のような利点があげられます。

- ①施設の設置および撤去費用が安い。
- ②年産やロット別の比較試験や飼育が容易にできる。
- ③魚の取り上げが自在にできるので、出荷・選別・計数・測定などの飼育管理が確実にできる。
- ④魚の観察が容易である。
- ⑤生簀の場所移動が可能である。

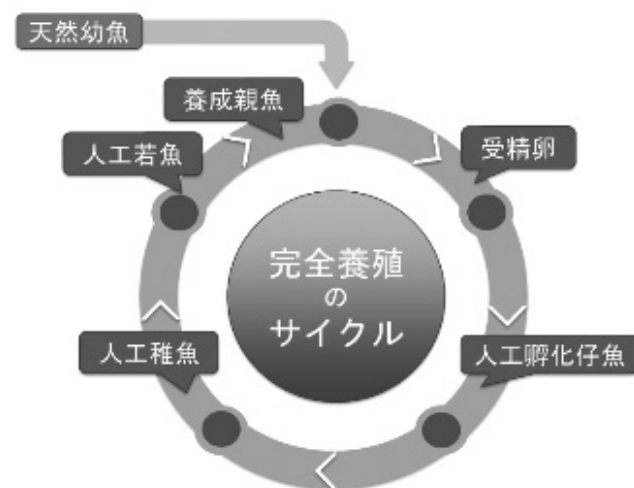
2年間ハマチの養殖で小割式網生簀養殖法の実績を積んだ後、1956年にはこの養殖法でハマチの比較試験を開始しました。研究内容は、給餌量と成長、生餌の種類別の成長と弊害、給餌回数と成長、水温と成長、溶存酸素量と成長、比重と成長、ブリハダムシ（以下ハダムシ）被害とその駆除法などでした。中でもハダムシ寄生による被害は当時のハマチ養殖で大きな問題になっていました。寄生されたハマチはハダムシを剥がそうと手当たり次第にものに体を擦り付けます。その結果、体表が傷つき、その傷口から細菌感染を受け大量斃死してしまいます。仮に生き残っても、傷ついたハマチの商品価値は著しく低下します。研究の中でハダムシがハマチより淡水に弱いことに気付き、薬を使わずに淡水浴で駆除する方法を開発しました。これも魚の取り扱いが容易にできる小割式網生簀養殖法だからこそできた技術と言えます。



この養殖法は、急速に国内ばかりでなく世界中に普及し、養殖魚の大量安定生産を実現させました。当時の近畿大学臨海研究所の研究費の収入源は養殖ハマチでした。経営者でもあった原田先生自ら天然のハマチの漁獲情報を聞き、養殖している「近大ハマチ」の出荷量を調整していたそうです。このように相場を見ながら出荷できるのも小割式網生簀養殖法の賜物なのです。

5. 完全養殖という理念

小割式網生簀養殖法の開発によって国内のブリ養殖は飛躍的に増大しました。しかし、その養殖原魚は天然のモジャコを大量に採捕してくるもので、このまま天然資源に依存しては資源を枯渇させてしまい、やがて養殖を続けられなくなってしまう。原田先生は人間が食料にする養殖魚の原魚は天然資源に手を付けず、人工的に生産した人工種苗で賄うべきであるという理念を持っていました。養殖魚の中から親魚を育て、卵を採り、人工種苗生産を行い、そこからまた親魚を育てる、つまり当初から完全養殖を目指していたのです。1960年には長崎県五島列島の男女群島に渡り、ブリの人工ふ化の研究に挑みました。男女群島は五島の南西70kmの東シナ海に浮かぶ離島で、熟した親ブリが定置網で漁獲される漁場です。当時から現在でも無人島ですが、ブリが漁獲される2月から7月にはその漁のために移住したそうです。海水魚の人工ふ化の情報など皆無に等しい時代に、電気もない、食料もままならない場所での手探りの研究は、水産増殖に40年以上携わっている私ですら想像しがたいものです。時化の日など船酔いで吐きながらも網に飛び込んで成熟したブリを取り上げ、船上で人工授精しまし



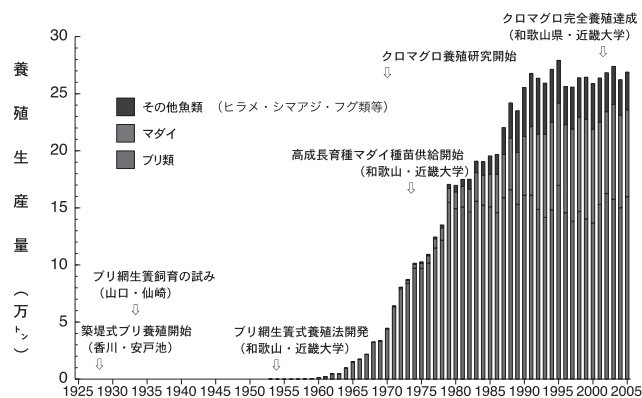
た。受精しても静止した海水中では正常に孵化しません。幾度か失敗を繰り返す中で、正常に孵化させるには波動が必要であると考え、人工的に波動を起こす装置を考案し、昼夜交代で動かしました。その結果、2,000尾が無事に孵化しました。世界で初めて人工的に大量のブリ孵化仔魚を得たのです。この手法や原理は現在の受精卵管理法の基礎となっています。

6. 18種類の魚類開発

日本における海水魚の種苗生産の試みの歴史はマダイから始まり、瀬戸内海栽培漁業協会伯方島事業場において1967年に天然親魚から採卵した受精卵を用いて量産規模での種苗生産が可能になりました。近畿大学では1955年に、古くから「明石鯛」というブランドで有名な兵庫県の明石で採捕した稚魚を白浜へ輸送し、試験養殖を開始しました。

1964年から、成長の早い色姿の美しい魚を選別して採卵用親魚とする選抜育種に取り組み、3~4世代目には明らかにその努力が実りました。

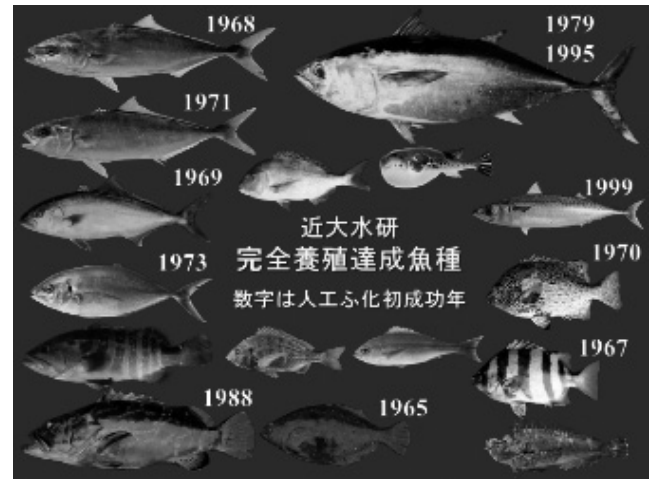
マダイの天然種苗を1kgまで育てるのに3年を必要としていたものを2年に短縮させたのです。先に開発した小割式網生簀養殖法の普及と、近畿大学が開発した、成長が早く姿の美しいマダイの人工種苗が広く供給できるようになって、国内の海水魚の養殖生産量は飛躍的に増大していきました。



網いけす (小割) 式養殖法の開発と海面魚類養殖生産量の推移
出典：水産技術，第1巻第1号，13-19 (2008)

その後、近畿大学はヒラメ、ブリ、カンパチ、シマアジなど高級魚の種苗生産技術の開発に邁進しました。独立採算制によって研究と経営を両立させるためには、儲かる養殖魚でなければならなかったのです。1979年にはクロマグロ、1988年にはクエの種苗生産にも成功し、近畿大学が初めて成功させた魚種は18種類を超え、現在でも規模の違いはあるものの20種

類以上の魚種を生産し続けています。



7. 品種改良

新たな魚種の開発ばかりでなく、それぞれの魚種についてより品質や養殖効率を高める品種改良にも努力しています。品種改良には次のような方法があります。

- ① 選抜育種；優れた形質を持つものを親魚に選び、次世代の生産を繰り返していく方法です。選抜育種で最も貢献度の高いのがマダイです。前述したようにマダイ養殖において出荷サイズまでの養殖期間を3年から2年に短縮できました。現在、国内の養殖マダイのほぼすべてが近大マダイの遺伝子を持っています。
- ② 交雑育種；交雑の目的は異なる魚種を掛け合わせることで両親の優れた形質を持つ品種を生産することです。代表的な交雑種はブリヒラで、ブリの卵にヒラマサの精子を人工授精することによって作出します。この魚の特徴はブリよりも血合い肉の変色が遅く、ヒラマサよりも脂が乗るといいうので、人気も高く、商標登録を行いました。ここに近大水研が作出した交雑種を示しました。先に書かれている魚種が母親です。

年度	魚種	実験場
1964 (昭和39年)	マダイ × クロダイ	白浜
1967 (昭和42年)	マダイ × ヘダイ	〃
1968 (昭和43年)	イシダイ × クロダイ	〃
1969 (昭和44年)	イシダイ × イシガキダイ	白浜・浦神
1970 (昭和45年)	ブリ × ヒラマサ	白浜
〃	ブリ × カンパチ	〃
〃	イシダイ × メジナ	〃
〃	クロダイ × ヘダイ	〃
1971 (昭和46年)	カンパチ × ヒラマサ	〃
1972 (昭和47年)	ヒラマサ × カンパチ	〃
1973 (昭和48年)	マダイ × チダイ	浦神
〃	イシガキダイ × イシダイ	白浜
1976 (昭和51年)	ヒラソウダ × スマ	白浜・大島
1998 (平成10年)	マツカワ × ホシガレイ, ホシガレイ × マツカワ	富山
〃	ヤイトハタ × クエ	白浜
〃	ヤイトハタ × マハタ	〃
2011 (平成23年)	クエ × タマカイ	〃

③ 染色体操作：1980年頃に盛んに研究がおこなわれました。代表的な例としてヒラメの雌性発生2倍体があります。ヒラメは雄より雌の方が成長が良いことが知られています。そこで紫外線照射によって遺伝的に不活化させた精子と健康な卵を受精させ、その後加圧することによって雌性発生2倍体が誕生します。しかし、ヒラメは成長過程で飼育環境の影響を受け性転換し、一部が雄化してしまうため実用化されていません。マダイでは人為3倍体を作成することによって不稔化させ、成熟による成長停滞を抑制することによって高成長を期待します。しかし、多くの魚種では繁殖期前後までに出荷されてしまうので、効果が得られていません。

④ 遺伝子操作：染色体操作とは異なり、遺伝子のDNA配列を人為的に改変することで優良魚を作り出そうというものです。代表的な手法として遺伝子組み換え法があります。他の生物由来の有用な形質を持った遺伝子（外来遺伝子）を対象の魚のゲノムに導入する方法で、アトランティックサーモンなどで開発されていますが、わが国では流通していません。その他、突然変異誘発法や遺伝子破壊法が研究されていますが、わが国では未だ養殖魚として社会実装される段階に達していません。対象品種の生物学的解析はもちろん、環境に対する配慮、食品としての安全性、管理に関する法的整備が今後必要になるでしょう。

8. なぜクロマグロを養殖しようと考えたのだろう

魚類養殖の目的の一つとして、嗜好性、希少性が高い高級魚を安定供給することがあります。食用として

知られるマグロは、クロマグロ・ミナミマグロ・キハダ・メバチ・ビンナガの5種ですが、なんといってもトロが多くて美味しいクロマグロは日本人の好物です。そして全マグロ漁獲量の2%しか漁獲されない希少種であるクロマグロは漁獲量もどんどん減少し、当然価格も飛びぬけて高価で養殖対象魚として非常に魅力的です。一方、生物学的に見ると、クロマグロの体形は大海を高速回遊するために進化を続けて獲得した研ぎ澄まされた流線型で、高速移動時に不必要な一部の鰭はその流線型の体の中に格納される仕組みになっています。さらにマグロ類の中で最も大きくなり、700kgを超える記録があります。海を目の前にして大海を回遊する巨大なクロマグロを想像すれば、「飼育してみたい」と飼育意欲を掻き立てられる気持ちはお分かりいただけるのではないのでしょうか。研究者とそれを支える独立採算制を貫く事業体のトップとして原田先生がクロマグロをターゲットにしたのは当然とも言えます。

そのようなクロマグロの研究に挑むきっかけとなったのは、1970年に水産庁のプロジェクト研究「マグロ類養殖技術開発企業化試験」に招聘されたことによります。では、近大水研がいつ頃からクロマグロを次なる研究対象魚種として考えていたのでしょうか。それは私の大先輩の記憶によると1963年に遡るようです。当時近大水研では小割式網生簀を活用してハマチなどの研究を進めていましたが、その遊泳力や回遊域から想像するに、マグロを飼育できそうな大きさの生簀は持ち合わせていませんでした。そこで、設立当初に築堤式養殖として使っていた大きな養殖池にヨコワ（マグロの幼魚）を泳がせられないだろうかという原田先生が他の教授と相談しているのを聞いたそうです。

9. いよいよ、クロマグロ養殖技術開発へ

1970年水産庁の委託研究「クロマグロ類養殖技術開発企業化試験」に招聘された研究機関は静岡、三重、高知、長崎、鹿児島の水産試験場と大学としては近畿大学と東海大学でした。これを機に、近畿大学水産研究所はクロマグロの幼魚が定置網で漁獲される情報をもとにその後の養殖適地として和歌山県串本町大島にクロマグロ実験用基地を設けました。この施設は日本水産（現ニッスイ）と大洋漁業（現マルハニチロ）のクジラ解体場の廃屋を利用したもので、コストを掛けずに研究に打ち込む姿勢がみられます。

当時、漁業者からは「マグロなんて飼えるわけがない」と言われ、マグロを知らない学者の戯言と思われていたようです。ところが、ある一人の定置網漁師が「定置網に入ったヨコワが船の活け間の中で泳ぐのを見た。飼えないことはない。」と言い、この一言が大きな励みになりました。

しかしながら、3年のこのプロジェクトの間にはほとんどこの研究機関もほとんど成果をあげることができず、研究費の打ち切りとともに参画していた研究機関はクロマグロの研究から撤退してしまいました。

10. なぜ近大だけが研究を続けられたのか？

取材などでもよく問われます。一般的な大学の研究室は大学あるいは外部からの研究費を受けて研究します。しかし、近大水研は違います。必然性と先見性から、自ら養殖業を運営し、その事業収益で研究費を賄うといった完全独立採算制を開設当初から貫いてきました。どの研究も従業員の生活を掛けて本気で取り組んできました。だからマグロに対しても、やると決めたら成功するまでやり続けられたのです。

マダイをはじめとする養殖用稚魚を販売して得たお金からどれほどがマグロに投入されたのでしょうか。それでも事業収支は常にプラスを維持し続けました。

11. 世界初！クロマグロの人工飼育に成功

このような背景で近大だけは自己資金で研究を続け、天然のヨコワの活け込みには定置網で漁獲されたものより引き縄釣りで捕獲したものの方が生き残りが良いことを発見しました。さらに、釣り針の返しを潰したりヨコワを手で握ると手の形のままだに皮膚が糜爛して死んでしまうので、魚に手を触れずに針から外す方法などを漁師の協力を得ながら開発しました。そして、技術開発をスタートさせて5年目、とうとう1974年の夏に串本沖で採捕した天然ヨコワを生簀のなかで餌付けすることができ、長期飼育に成功しました。その後も、生残率を向上させるための活け込み方法の改善、健康に育てるための適正給餌方法や汚れた生簀網の交換方法などの開発を続けました。

12. 世界初！養成クロマグロの産卵，人工孵化に成功

クロマグロの長期飼育に成功してからも試行錯誤しながら飼育技術の開発を続けた結果、飼育していたク

ロマグロが4歳になった1978年には雄の放精が確認され産卵に期待しましたが、雌が未成熟であったためか産卵はなく、夢は次年度に持ち越しになりました。

そして約60尾のマグロが満5歳を迎えた1979年6月20日、それは突然やってきました。夕方5時過ぎから数尾のマグロが生簀の水面でグルグルと高速で渦を巻くような行動を始めたのです。そして激しい水しぶきが上がった後に卵が確認されたのです。観察していた職員が卵が抜けないように細かいメッシュで作ったタモを水中に突っ込んで何度も曳回しました。すると小さな透明の粒が数個。指で摘んでも潰れない。間違いなく、魚の卵です。この海域でこの時期に産卵する魚はほとんどいないはず。ましてや目の前で激しい産卵行動も見ている。タモを曳くたびに直径1mm、無色透明の卵が数十から数百個入る。ついに世界で初めて養成クロマグロの自然産卵に成功したのです。そのニュースが波動のごとく伝わってきた時の興奮を今でも覚えています。



その結果、前年の卒論生であった私が卒業研究テーマの第一候補としていた「クロマグロの人工ふ化」は今でも仲良しの1年後輩の研究テーマとなり、孵化後47日間の飼育という偉業を成しえたのです。

近大水研ではこの偉業に全く満足しないばかりか、「1979年は仔稚魚育成のための準備が全くできていなかった」と大いに反省し、次期産卵までに万全の準備でもって臨んだにも関わらず、続く1980年、1982年も採卵には成功したものの稚魚の飼育日数を延ばすことはできませんでした。当時の近大水研の種苗生産技術は今に比べればまだまだ未熟ではあったものの、マダイであれば100万尾以上を生産するくらいの技術を有していたのですが、マグロの初期飼育はそれほどまでに困難だったのです。

13. 11年間の研究停滞

1982年の産卵以後、最初に産卵した7歳魚とそれ以後に育てた産卵用親魚も含めて全く産卵しない期間が11年間も続きました。水温が20℃を超えると、大島実験場のスタッフは終業のミーティングを終わらせるや否や沖の親マグロの生簀に張り付き、暗くなるまで産卵を待ちました。時化で海へ出られない日以外は一日も休むことなく。誰もが「やっぱり天然の産卵海域より緯度の高い串本は水温が低くてマグロの産卵には不向きなのか。かといって自然環境は変えようがないし。」と考えながらも、ひたすら生簀でその瞬間を待ち続けていました。その間、「人の3倍考える」を持論とする原田先生は次々とアイデアを絞り出しました。

14. ホルモン剤による催熟の試み

さすがに直径30m深さ10mもあるマグロの生簀の水温をコントロールすることはできません。そこで他の魚種でも行われているホルモン剤による催熟に挑戦し始めました。しかし、100kgを超えるようなマグロを掬い上げてホルモン注射を打つなんてことはできません。そこで考えついたのは野生動物の捕獲に使われる麻酔銃の麻酔薬の代わりにホルモン剤を打ち込むというものでした。日本では麻酔銃の使用認可を得ることは困難であるため、ボーガンで生簀の中を泳ぐマグロにホルモン剤を打ち込むことにしました。当然、われわれ素人には難しいのでプロの手を借りることにしました。しかし、ボーガンの矢は水中に入ったとたんに失速し、なかなか当たりません。そこで、次の手はいよいよ麻酔銃になりました。しかし、空気に比べて水の抵抗は想像以上に大きく、プロの猟師でも泳ぐマグロに当てることはできませんでした。

15. パナマ運河構想

生簀を泳ぐマグロにホルモン剤を打ち込むことに失敗しましたが、不屈の精神で次の手を考えました。一般的な養殖魚であれば親魚を循環濾過式の陸上水槽に収容し、人工的に水温や日長をコントロールして催熟・産卵させることができます。しかし、マグロの親魚は100kg以上あるため、養成生簀に倣えば水槽の大きさは直径20m、深さ6m以上必要です。そのうえ、循環濾過槽、温度コントロール設備などを備えなければなりません。さらに、その施設を運転するエネルギーは膨大なものになることは容易に想像がつかまし

た。また、たとえ陸上水槽が実現したとしても大きなマグロをどうやって水槽に運び込むか。誰もが「それは無理」と一蹴するでしょう。それでも、原田先生は本気で考えました。マグロの卵を得るための施策を人の3倍、いやそれ以上に考えていたのでしょうか。それを見越してか、串本大島に大きな土地を購入していました。ある日、関係者が呼ばれ、原田先生のプロジェクトを聞かされました。模造紙ほどもある青写真を広げると、それはマグロ用陸上親魚水槽の設計図でした。飼育水槽は直径30m、深さ8m、容量5,600tという巨大な水槽です。そこには、飼育水を温めるボイラーの必要燃料まで計算されていました。周りの人間は啞然として聞いていたように記憶しています。そして誰かが「でもどうやってマグロを運び込むのですか?」と聞いたところ、原田先生は間髪入れずに「パナマ運河方式ですよ」と答えました。パナマ運河方式とは、海から陸上の水槽まで魚道を作り、水槽までの高低差を何段階かの水門の潮位調整を行いながらマグロを泳がした状態で水槽まで導くというものでした。誰がそんなことを考え付くであろうか!やはり、原田先生はわれわれ凡人とは違うと実感しました。

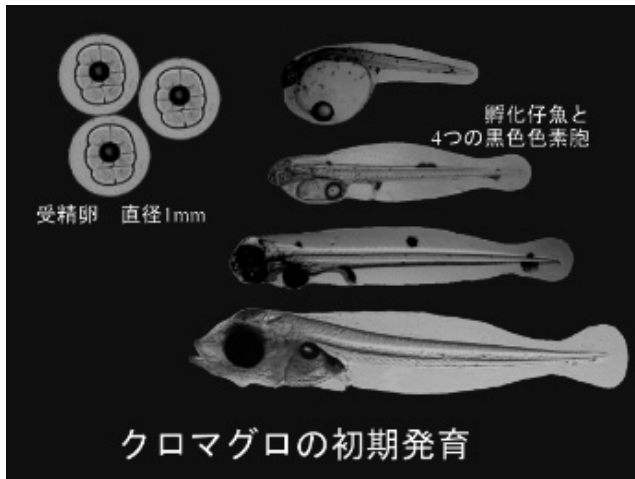
しかしながら、あまりに大きな投資が必要であったため、原田先生の存命中にそれが実現することはありませんでした。完全養殖を達成した今、量産化を進める中で未だに大きな問題として解決されていないのが、マグロ受精卵の安定確保、さらには早期採卵です。現在、原田先生が生きていたらどう舵を取っただろう。これらの問題解決は、教えを受け継いだ我々の仕事として残されているのです。

16. 完全養殖達成へ再出発

1994年は記録的猛暑の夏でした。例年より早くクロマグロの成熟水温に到達したので、早めの時期から親魚生簀に船を出し、観察することになりました。11年間も待ち惚けを経験してきたので、その日の担当者は、退屈しのぎに幼い息子をマグロの観察に同行させていました。

何の変化もなく平穏に日が暮れようとしていたとき、突然マグロが遊泳速度を増したかと思うと、水面でバシャバシャッと暴れたそうです。12年ぶりに見る追尾行動でした。担当者は息子と一緒に慌てて採卵ネットで掬ってみたそうです。そこには直径1mmの無色透明の卵が光っているではありませんか。「マグ

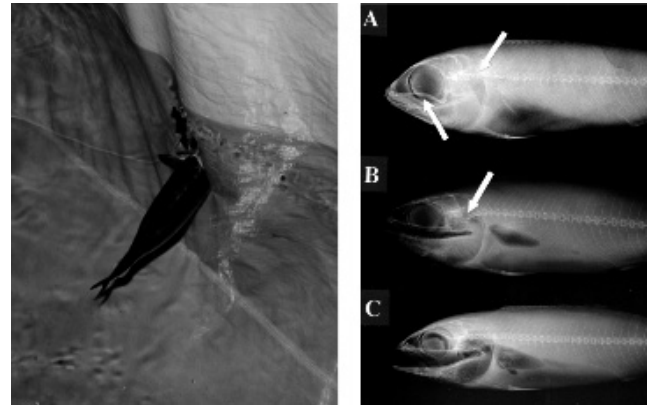
口が卵を産んだみたいです！」と私に連絡が入りました。すぐに船を迎えに行き、バケツに僅かに掻き集めた卵を顕微鏡で観察すると、直径1mmの無色透明の卵。クロマグロの卵である自信はありましたが、孵化仔魚に現れるクロマグロ独特の色素を確認するまで喜びを堪えて、上司に連絡しました。果たして、翌夕方、クロマグロ特有の4つの黒色色素胞を持った仔魚が孵化しました。みんなで「原田先生が見たら喜ぶやろなー」と言ったのを覚えています。



我々は、マグロの11年間の空白の時間を無駄に過ごしたわけではありません。その間にもマダイ以外にシマアジ、カンパチといった養殖が困難とされる魚種の大量生産に向けた技術開発を行っており、初期飼育担当者の技術はずいぶん向上していました。この年、ついに全長6~7cmの人工孵化クロマグロ稚魚2,036尾の沖出しに初めて成功したのです。

ところが、沖出した翌日にはほとんど全滅に近い状況に陥りました。沖出した夕方に、稚魚たちは刻んだイカナゴを勢いよく食べてくれて、「クロマグロの沖出しにも成功したし、もう思い残すことないな！」と話した矢先のことでした。沖出した翌日、夜明けとともに稚魚の生簀に向かい、刻んだイカナゴを生簀に撒きました。一晩お腹を空かせた稚魚たちが、「餌くれ、餌くれ！」と水面でピチャピチャ音を立てて食べに来るはずでした。しばらく待っても誰も食べに来ません。何度撒いても姿が見えないので、生簀にうつ伏せになって生簀の中を覗き込みました。すると生簀の底が死んで白くなった稚魚でいっぱいになっているではありませんか。何が起こったのだろう。同じような回遊魚の稚魚でも生簀に沖出しさえすれば一安心なのに。すぐに潜って死んだ稚魚を全部引き上げ、死亡原因を調べましたが、水質に異常はないし病気の

兆候などありませんでした。最後に死亡魚のX線撮影を行ったところ、ほとんどすべての稚魚が脊椎を骨折しており、死亡原因は生簀網への衝突であることがわかりました。1994年の稚魚は、結局246日の飼育記録に終わりました。初期飼育も困難ながら、海上飼育の困難さも思い知らされた年でした。



沖出し後の生残率を向上させるには、生簀網への衝突を防除させなければならない。1994年に使用した生簀網は、マダイやシマアジの稚魚の沖出しに使用している36㎡×深さ3mのものでした。1995年には、角を無くし、大型化を図り、120㎡×深さ3mの八角形生簀へ、1996年にはさらに深さを4mに変更し、沖出し後10日目の生残率は60%を超えるようになりました。しかし、新たな事件が起こりました。順調に成育していた稚魚がある日突然大量に死亡したのです。死亡原因はやはり衝突死でした。飼育担当者が早朝から日暮れまでしっかり管理している時間帯には異常はなかったもので、夜間に的を絞って生簀に張り付いて観察しました。すると道路を走る大型トラックのヘッドライトが防波堤を超えて生簀を照らしたのです。稚魚たちは急な明るさの変化に戸惑い、生簀網に衝突していたのです。しかし、大型トラックの通行を制限することはできない。ならば稚魚が何らかの刺激に反応して猛スピードで泳いでも衝突しないだけの大きさの生簀で飼育しようと考え、1998年からは直径30m深さ6mの生簀を使用しました。沖出し初年度の生簀に比べると面積でおよそ20倍、容積では40倍に大型化したわけです。これらの努力が実り、1995、96、98年に生産した稚魚を飼育方法の改善を行いながら飼育した結果、僅かずつではありますが、人工孵化第一世代の成魚まで育てることができるようになりました。しかし、それぞれの生まれ年のマグロだけでは尾数が少なく、性比が偏っている可能性があるため、彼らを直径

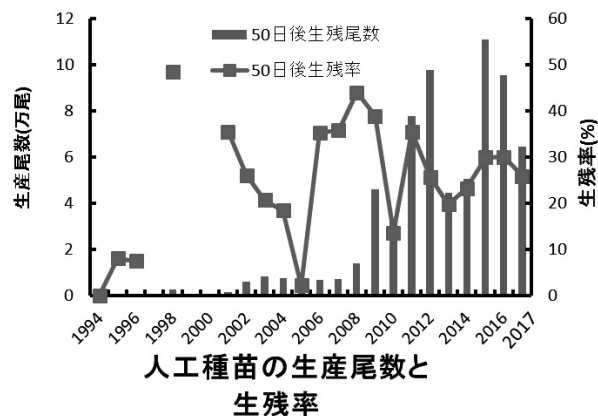
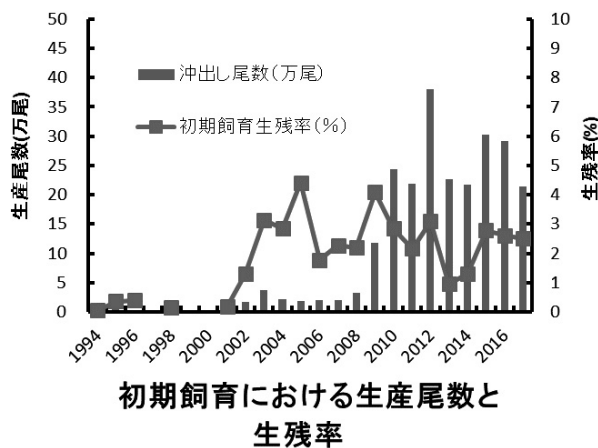
30mの生簀1基に合併して親魚として飼育することにしました。その結果、彼らが4~7歳になった2002年6月23日、見事に産卵してくれました。なんと、この産卵に立ち会えたのは8年前に12年ぶりの卵を採った親子だったのです。すぐに超ラッキーボーイから携帯電話に「卵が採れました」と妙に落ち着いた声で連絡が入り、「ほんまか!」と大興奮で答えてすぐに卵を確認しに行きました。8年前の卵とは訳が違います。あくまでも慎重に所長にだけ、産卵の連絡を行い、翌日の孵化を待ちました。もちろん4つの黒い色素胞を持つクロマグロの仔魚でした。こうして産卵に成功し、人工孵化第二世代が誕生したことによって、世界初クロマグロ完全養殖を達成させたのです。

クロマグロの研究に踏み込んで32年、原田先生がクロマグロをターゲットにしてから39年かけて制覇した完全養殖の道です。誰か一人が成し遂げたものではない。世耕弘一初代総長から「海を耕せ」と命を受けた原田輝雄船長が舵を取り、号令をかけ、近大水研・近大本部の支援を受けてみんなで漕ぎ続けました。船長が代わっても目的地に向かってブレることなく漕ぎ続けた成果です。

17. 完全養殖マグロの産業的量产化

我々はこちらで満足しているわけにはいきません。近畿大学の建学の精神の一つに「実学教育」が謳われています。学問は社会に役に立ってこそ意味を成すという考えです。完全養殖の技術をさらに発展させ、完全養殖マグロの量产化を図り、天然資源に依存せずに持続可能なクロマグロ養殖を確立させなければなりません。完全養殖を達成した年の完全養殖クロマグロ稚魚の生産尾数は4,510尾で、卵からの生残率は0.3%というものでした。当時、国内のクロマグロ養殖に必要なヨコワの量は40~50万尾と言われていました。我々の目標は「天然資源を保護しながら、養殖を持続的に行っていくために人工種苗を安定的に供給する」というものでした。そこで、まずは目標を20万尾と設定しました。それでも我々の生産能力の50倍という気の遠くなるような数字だったのですが、あるテレビ番組のインタビューでリポーターから「完全養殖を達成した次の目標は?」とマイクを向けられ、「5年以内に20万尾を生産する」と答えてしまったのです。2010年から「産業的量产化」を掲げ生産尾数の拡大を目指すことになりました。我々の種苗生産施設では周

年いろいろな魚種を生産していますので、クロマグロの生産は産卵シーズンである6~8月に限られてしまいます。1年間でたった3ヶ月の間に実生産のなかで技術開発も行いながら、2014年には11万尾のヨコワの生産、生残率は1%にまでこぎつけました。完全養殖達成時に比べて24倍の尾数を生産することができるようになりました。とはいえ、テレビ番組での約束は果たしていません。



18. 巨大企業とのタッグ

生残率向上のために技術開発を続けてきた結果、卵から5~6cmの沖出し稚魚までの生残率は平均3%、沖出し後のヨコワサイズまでの生残率は50%以上に改善できましたが、マダイやシマアジの生残率に比べるとまだまだ低く、さらに改善が必要な状況です。一方、クロマグロは最大の回遊魚であり、生簀という限られた居住スペースで飼育できる重量は養殖魚を代表するブリやマダイが10~15kg/m³であるのに比べて3kg/m³以下でしか飼育できません。このような生態的特徴から考えれば、さらなる量産には広大な漁場が必要で、近畿大学だけでこれ以上の量産化は困難な状況でした。そこへ日本を代表する大企業豊田通商から

協業の依頼が舞い降りました。豊田通商の若い経理担当社員から「完全養殖マグロの生産の中で何かお手伝いできることはありませんか。」という連絡が入ったのです。最初は「天の助け」とは全く思いませんでした。「長年種苗生産に取り組んできた近畿大学水産研究所が至難の魚種としているクロマグロの生産現場で商社マンに何ができる？」と何度も断りましたが、とうとうその熱意に根負けし、こう切り出してみました。「だったら、ボトルネックになっている沖出し後の中間育成を手伝ってくれる？」ということで、早速一緒に漁場探しを始めました。ちょうどマグロ養殖に積極的に誘致活動を行っていた長崎県五島市に飛んだのです。これまでの経験から、クロマグロの稚魚飼育環境には、海がきれいで水温が低くならない、強い潮流がない、大きな河川がない、台風の波浪の影響が少ないなどの条件があることが分かっており、完璧とまではいかないものの、それら条件をクリアする場所が見つかったのです。ところが、2010年に試験飼育を開始し、近大からベテラン技術員が駐在して中間育成に臨んだものの、まさかの大量斃死！そこで次年度に向けて同規模での飼育試験を提案したのですが、さすが大企業、1年後には、近大以上の規模の生簀を準備されてしまいました。さて我々もその規模を満たすだけの稚魚を作らなければなりません。全事業場挙げてクロマグロ稚魚の生産を行い、2011年には38万尾の稚魚を沖出しし、11万尾の人工ヨコワを生産するに至りました。大企業の規模間とスピード感を思い知らされました。

19. アンテナショップ出店

日本ではまだまだ養殖魚は養殖臭が強い、薬漬けというように認識されたままで、「魚は天然に限る」という天然魚信仰が根強く残っています。何年も経費と労力を掛けて育てた魚が天然魚より安い価格で取引されてしまっています。この状況を改善しなければ日本の養殖業は廃れてしまう。考え抜いた末に「だったら近大が日本の養殖魚ってこんなに旨いんだぞ！こんなに高品質なんだぞ！」と訴えられる飲食店を出店しようと決心しました。赤字は覚悟の上でした。2013年12月に大阪グランフロントに1号店、続いて翌4月に銀座店を出店しました。潔く、養殖魚しか提供しないお店ですから、「閑古鳥が鳴いたら、折角のマグロが余ったらどうしよう？」と心配し、まずは週に1本のマグ

ロを準備しました。ところが開店するや、連日長蛇の行列ができる人気店になり、マグロは1日1本でも足りない状況になりました。お客様の評価は上々で日本の養殖魚の品質を認識されていくのを感じることができています。



20. 近大水産研究所と知財

これまで近大水研が開発してきた技術をまとめてみました。近大水研ではこれらの技術の大半について特許を取得することは考えていませんでした。国内の水産業、特に養殖業に貢献することを実学の目的としてきたのです。しかし、様々な成功事例が公表されるにしたがって、国内ばかりでなく海外からの視察者がどんどん増える中、「この技術は特許を取っていますか。」という質問をよく受けるようになりました。当然その当時の返答は「No」でした。ところがある時、海外からの視察者から「近大の特許にせず我々が特許を取得してしまうと折角の技術が使えなくなるよ」と

年	魚類養殖に係わる主な技術開発と特許
1954	小割り式網生簀養殖法を開発
1955	ハマチに寄生するハダムシの淡水浴駆除法を開発
1964	養成マダイ親魚から人工採卵に成功
1968	ブリの人工孵化・飼育に成功
1970	水産庁委託研究「マグロ類養殖技術開発企業化試験」に参画
1972	ヒラマサ、ヒラソウダおよびマルソウダの人工孵化・飼育に成功
1973	シマアジおよびハガツオの人工孵化・飼育に成功
1974	クロマグロの生簀内飼育に成功
1975	特許登録「イシダイとイシガキダイの雑種の養殖法」
1979	世界初の養成クロマグロ自然産卵に成功
1980	特許登録「ブリとヒラマサの雑種の養殖法」
1995	人工孵化クロマグロの世界初放流(全長14cm、200尾)
2002	クロマグロの完全養殖を達成
2006	特許登録「養殖用給餌装置」
2007	特許登録「魚類養殖装置」 特許登録「魚卵捕集具」 特許登録「マグロの異常行動防止方法」
2008	特許登録「照度制御によるマグロの移動行動防止方法」

脅されたことがあります。それは困る！我々が開発した技術を我々や日本の水産関係者が利用できないなんて。

この一件以来、特許や商標登録を取得する意識が高まり、いくつかの特許や商標登録を行っていきました。しかし、これらの特許は国内の同業者や研究機関で平然と使われていますし、我々も「特許権侵害！」と訴えたことはありません。特に小割式網生簀養殖法については「これを特許取得していれば、近大は左ウチワだったのにね」とよく言われます。

でも、この養殖法が世界中に広がり、養殖業が発展したお蔭で近大水研も事業ができています。

21. 今後の展望

技術的には、クロマグロにおいても近大がマダイやシマアジの人工種苗で築き上げてきたように揺ぎないブランド力を付けなければなりません。成長や生残率の面で天然よりも優れた人工種苗を安定供給しなければなりません。マダイなどで行ってきた品種改良をクロマグロでも進めなければなりません。他の魚種と違って目視で雌雄選別したり、取り上げて大小選別することが困難ですが、そこはこれまで培ってきた技術と経験から克服できると信じています。一方、日本の養殖業を考えると今後の日本は人口が減少していくと予測され、いかに魚食文化が浸透しようとも国内販売量は減少あるいは供給過多になるでしょう。今後の養殖業発展のためには高品質な日本の養殖魚を海外に輸出していかなければなりません。近畿大学では将来の海外進出への布石として、5年以上前から米国へクロマグロ、シマアジ、カンパチなどの試験出荷を行っています。米国をターゲットにした理由は、資源保護の意識が高いこと、そしてハリウッド映画のように米国で認知され人気が高まれば世界中に拡大し、日本に逆輸入される可能性があるかと判断したからです。

登録年	商標登録
2004	アーマリン近大ロゴマーク
2006	近大 近大マダイ 近大マグロ 近大クエ
2009	KINDAJ
2010	近大ブリ 近大マグロロゴマーク 種苗センターロゴマーク
2017	近大サクラマス

2013年、国際海洋環境団体“Sailors for the Sea”（デイビット・ロックフェラー Jr 会長）の日本支部が、絶滅危惧の恐れのある海産物と持続的で安全な海産物を仕分ける「ブルー・シーフードガイド」の制作発表会を行いました。この中で、北太平洋クロマグロはレッド（危険）に、完全養殖近大マグロはブルー（安全）にリストアップされ、前述した養殖魚専門料理店「近大卒の魚と紀州の恵み 近畿大学水産研究所」がゴールド・サステイナブル・パートナーレストラン1号店として認定されました。



これから、日本の養殖魚を輸出する場面で、完全養殖魚はそのサステイナビリティと安全性から輸出振興に貢献できる強力な武器になると期待しています。

(原稿受領 2018. 4. 18)