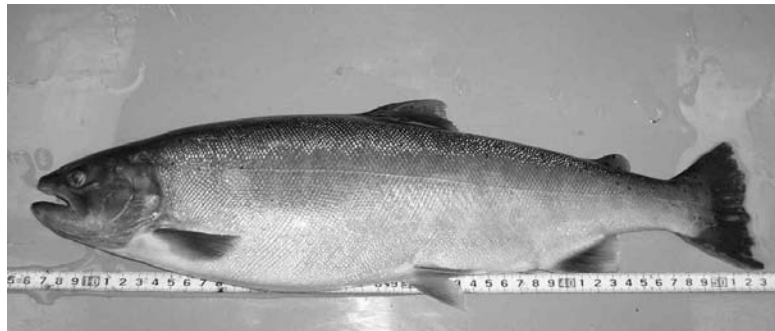


4. 飼育技術に関する研究

1) 池中飼育

(1) ビワマス

ビワマスの池中飼育の試みは、1908（明治41）年4月に現在の大津市志賀町北小松にあった県営小松養魚場の溜め池と、現在の醒井養鱒場の醒井川を仕切った区画に、体長約4cmの稚魚をそれぞれ約3万尾放養して開始されたものが最初の記録である¹⁾。餌は乾燥させた蚕蛹と蝦の粉を小麦粉と混合して団子にし、それを蒸したものを金網を利用して細長く押し出してペレット状にしたものを乾燥させて与えている¹⁾。溜め池で人工飼育されたビワマス稚魚は、翌年6月には最大で約29cmに成長したとされている。翌1909（明治42）年からは養殖用の人工池を利用した養殖試験が開始され²⁾、昭和4年まで「鱒池中養殖試験」が継続して実施されている³⁾。この間、餌は生の蝦などが試されている。その後ニジマスを用いた飼育技術の研究が主流となり、ビワマスの飼育研究は実施されなくなっている。飼育研究が再開されるのは醒井養鱒場において昭和41年11月からで⁴⁾、餌付け後3ヶ月はニジマスと同様な成長が見られるが、それ以降の成長率の低下が問題とされている。その後も池中飼育ではサクラマスやニジマスに比較して成長が悪く、せっそう病などにも弱いなど池中飼育には向かない魚種としての特徴が明らかになっていた。しかし、田中（2006）⁵⁾は、醒井養鱒場で継代された5代目の個体群を用いて、集団選抜によりふ化後22ヶ月で体長45cm（体重1600g）となるビワマス飼育群を作出した。これはビワマスが養殖品種となる可能性を初めて示したもので、今後、その普及が期待される（図IV-71）。



図IV-71 高成長ビワマス（田中秀具氏提供）

(文献)

- 1) 滋賀県水産試験場：鱒養殖試験，1908，明治40年度滋賀県水産試験場報告，30-34.
- 2) 滋賀県水産試験場：鱒養殖試験，1910，明治42年度滋賀県水産試験場報告，33-35.
- 3) 滋賀県水産試験場：鱒池中養殖試験，1931，昭和4年度滋賀県水産試験場報告，30-34.
- 4) 田沢茂：ビワマス池中養殖試験，1968，昭和41年度滋賀県醒井養鱒試験場事業報告，10-12.
- 5) 田中秀具：ビワマスの成長に関する選抜育種の研究，2006，滋賀県水産試験場研究報告，51，25-41.

2) 海中飼育

(1) サクラマス

わが国における本格的な魚類海中養殖は、流れ藻とともに移動するモジャコを捕らえて網生け簀や仕切った湾で出荷サイズに育てるブリ（ハマチ）*Seriola quinqueradiata* 養殖がその先駆けである。遡河回遊魚のサケマス類は陸上の淡水で一定サイズまで育てた後、海面生け簀に移行させその後の高成長が期待されることから、わが国では 1960 年代後半（昭和 40 年代）にニジマス *Oncorhynchus mykiss* を用いた海中飼育が試験的に取り組まれている。寒冷的な親潮が南下する宮城県沿岸では、1970 年代後半（昭和 50 年代初め）にニジマスの海中養殖企業化事業に取り組む成果を得ている¹⁾。さらに、宮城県はニジマスに比べて高成長でより大型に育つギンザケ *O. kisutch* を用いた海中養殖企業化試験にも取り組み、大きな成功を収めるに至った¹⁾。この時代は国外でもすでに、大西洋サケ *Salmo salar* およびニジマス、マスノスケ *O. tshawytscha* の海中養殖が盛んに行われており、国内においてもサケマス類の旺盛な消費動向に刺激された海中養殖技術の発展が期待されていた。

この中でサクラマス *O. masou masou* は北日本海域の特産魚種であり、すでに池中完全養殖技術が開発されていたことから、北海道および岩手県などで本種の海中飼育試験が取り組まれることになった。ここでは、北海道で行われたサクラマスの海中飼育（養殖）技術の開発と成果について取りまとめる。

① なぜサクラマスなのか

サケマス類を海中養殖に用いる場合、養殖対象種に関わる次の諸性状が重要となる。その諸性状とは、需要があること、成長が良いこと、美味であること、価格が高いこと、種苗が入手できること、そして養殖技術が成立していることである。ここではこれらの諸性状を検討して、なぜサクラマスが養殖対象種に選ばれたかを考えてみた。

1980 年代（昭和 50 年代後半）のわが国経済は好調を維持しており、サケマス類の需要もその食味の良さおよび伝統的高級感から上昇傾向にあり、より一層の消費拡大が期待されていた。他方、1970 年代（昭和 40 年代後半）から、わが国沿岸で漁獲される秋サケ（サケ）*Oncorhynchus keta* の漁獲量は明らかな増加傾向に転じ、国外から輸入されるサケマス類（ベニザケ *O. nerka nerka*、太西洋サケ、ギンザケなど）の輸入量も増加した。その結果、一部在庫が生じる状況も生まれたが、サケマスの国内消費が増大し、特に肉質が紅く脂肪が多く含まれるサケマス類の需要は依然として高いものがあつた。

サケマス類の海中養殖対象種のなかでギンザケは、太平洋サケ（*Oncorhynchus*）属のなかで海洋生活期の成長が良く、養殖魚種として優れているが、その反面、種苗供給は北米の種卵にたよっていた¹⁾。一方、サクラマスは海洋生活 1 年で平均体重 1~2kg 強に成長することが知られており、その海洋生活期の魚体には脂肪が蓄積して食味が良く、しかも高価であることから、ギンザケに続く海中養殖対象種として期待が高まっていた。さらに、サクラマスの池中完全養殖技術は、1960 年代後半（昭和 40 年代）にはすでに確立しており、国内で安定的に種卵供給できる体制が整っていた。

こうして北海道および岩手県では、サクラマスを用いた海中飼育が試験的に取り組まれる

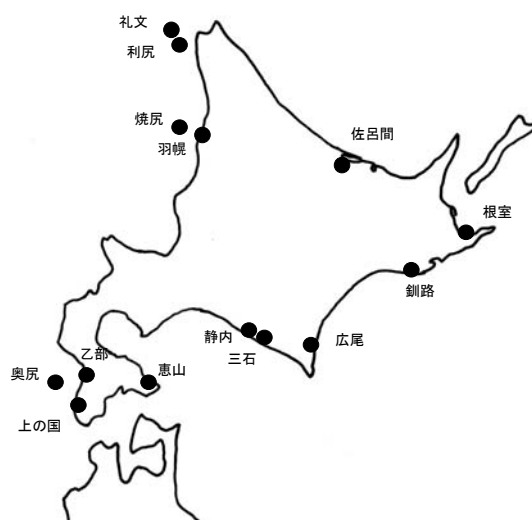
ことになった。1980年代（昭和50年代後半から昭和60年代前半）にかけて北海道のサケマス類海中飼育に用いられた魚種は、サクラマスのほか、ギンザケ、マスノスケ、ニジマス（ドナルドソンニジマス）があげられる。また、大西洋サケも一時、海中飼育対象種として飼育されたことがある²⁾。この中で安定的に種苗の供給が見込めて北日本沿岸の在来種に当たるサクラマスが、ギンザケに続く養殖対象種に選ばれることになったのである。

しかし、北海道の魚類海面養殖の歴史の中で、サケマス類の養殖に本格的に取り組んだ経験は乏しく、筆者の知る限り1970年代（昭和40年代前半）に日本海沿岸の忍路湾で行われたカラフトマス *O. gorbuscha* およびマスノスケの網生け簀養殖試験が最初と考えられる^{3),4)}。従って、北海道のサクラマス海中飼育技術の開発は、すでに先行していた宮城県のギンザケ養殖技術をベースにして行われた。ただし、北海道と宮城県では海洋環境が異なり魚種も異なることから、北海道独自のサクラマス海中飼育技術の開発が望まれていた。

この点に注意しながら、次に北海道で取り組まれたサクラマス海中飼育技術の開発について紹介する。

② サクラマス海中飼育技術の開発とその成果

北海道のサクラマス海中飼育発祥の地は、道南地方の日本海沿岸に位置する乙部町といえる。ここでは町営施設ですでにサクラマスのスマルト生産が行われており、海中飼育用種苗を安定的に供給できる体制が整備されていた。乙部町では1982年（昭和57年）に初めてサクラマスの海中飼育試験に取り組み、その後その成果を引き継いだ乙部町漁協が1985年（昭和60年）から事業化に着手し、1987年（昭和62年）春に10トン強の生産をあげるまでに至った⁵⁾。こうした乙部町の成果を受けて北海道では、サクラマスを含むサケマス類の海中養殖が各地で取り組まれるようになった。例えば、道南地方の恵山（サクラマス、ギンザケ、マスノスケ）、上の国、奥尻（サクラマス）、道北地方の羽幌、焼尻、利尻、礼文（サクラマス）、道東地方の佐呂間（ニジマス）、根室（ギンザケ、ニジマス）、釧路（ニジマス）、広尾（サクラマス）そして日高地方の静内、三石（サクラマス）があげられる（図IV-72）。

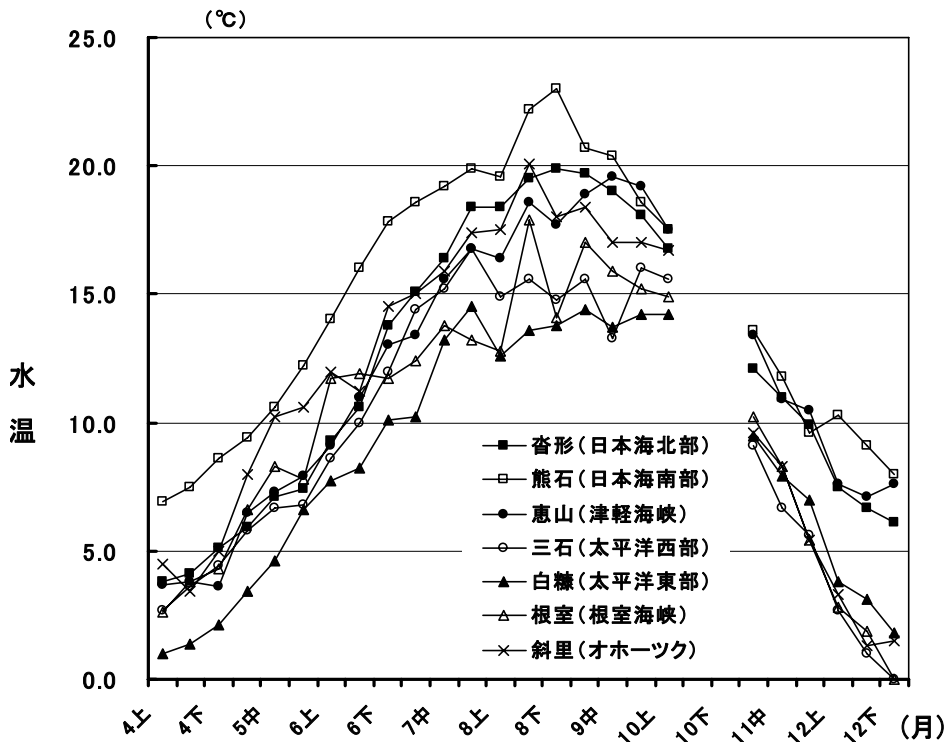


図IV-72 北海道沿岸のサケマス類海中養殖実施場所

これらの事業を通じて得られた養殖技術および課題を整理した。

ア. 海洋環境

サケマス類は冷水性魚類であることから、20℃を越える水温は成育に不適とされている。従って、わが国の東北地方および北海道道南地方のサクラマス養殖適期は、黒潮あるいは対馬海流が卓越する夏季を避けて、秋から翌年の初夏までの期間が適当とされた。他方、北海道道北および道東地方の夏季平均表面水温は20℃を越えることは希れであることから、これらの地方では周年養殖の期待が高まった（図IV-73）。事実、冬季流水接岸の影響が及ばない日本海の道北地方（利尻、礼文）では、サクラマス海中飼育の周年飼育試験が取り組まれている。



図IV-73 北海道沿岸域の海水温の周年変化

注：1987年（昭和62年）の「養殖漁場海況速報」による。

注：ただし10月中旬および10月下旬のデータが欠落。

イ. 海水馴致

川と海を回遊するサケマス類は、異なる浸透圧濃度の淡水および海水中で生活している。川から海に下る幼魚（スマルト）は、鰓の塩類分泌細胞を増殖し機能を強化して海水適応能を発達させることが知られている⁶⁾。海水適応能には季節性が認められ、スマルト化する春季に最も高まる。ただし、海中飼育用の種苗は春ではなく秋に海水の網生け簀に移行させることから、これらの種苗が円滑に海水適応するよう海水に馴致させる技術の開発が求められる。

た。

その方法は、濃度の薄い海水から濃い海水へ順を追って移行させ、外部環境水の浸透圧を段階的に上昇させる手法である。すでに先行していたギンザケの海水馴致手法に基づき、全海水（約 33psu）の 40%濃度海水に 1 日間、次いで 60%濃度海水に 1 日間、80%濃度海水に 1 日間、最後に 100%濃度海水に 1 日間（合計 4 日間）かけて海水に移行する海水馴致手法が開発された⁵⁾。これらの海水馴致用施設は、網生け簀が設置される海域に近い場所に置かれた。

海水適応能が劣る小型の種苗を用いた初期の試験では、海水馴致処理の過程で死亡する個体が多く見られたが、大型種苗が生産されるようになり、それ以降そのような減耗はほとんど見られなくなった。

ウ. 飼育環境と施設

北海道沿岸はリアス式海岸が発達する三陸沿岸とは異なり単調な海岸線が続くことから、海中飼育用網生け簀を設置する場所として港湾および島堤の裏あるいは海跡湖が選ばれた。これらの設置場所は、潮通しが良くしかも時化の時に波浪から守られる場所でもある。

海面に浮かせた網生け簀の大きさは、飼育尾数あるいは経営資金さらに港湾等の地形的条件などによりさまざまであるが、おおよそ 10m 四方または 13m 四方の生け簀が一般的である⁵⁾。その最大飼育（収容）密度は、生け簀の水容積 1m³ 当たり魚体重 10kg を基準としている。例えば、10m 四方で深さが 5m の生け簀（500m³）の最大飼育密度は、5 トン（5,000kg）になる。取り上げ時の平均体重が 1kg のサクラマスはこの生け簀で生産するときの取り上げ期待尾数は、5,000 尾になる。このとき始めに収容する種苗の尾数は、最終的な歩留まり（生産率）を考慮して計算するが、歩留まり 85% の場合の収容種苗尾数はおよそ 5,900 尾となる。

また、網生け簀の深さはサクラマスの成長などにより変わり、網の目合いは 10 節（33mm）が広く用いられるが、成長に合わせて大きなものに換えていく。網生け簀の上面は、種苗の飛び出しあるいは海鳥による捕食を防ぐ目的で上網を張る。

このころの利用海域はごく沿岸部の港湾が選ばれたが、その後沖合域の網生け簀養殖試験がマリノフォーラム 21 で取り組まれている。

エ. 餌料と成長および減耗

餌料はモイストペレットが用いられた。冷凍魚を粉砕して粉末配合飼料を混合（10～20%）粒状にしたものであり、原魚としてイワシ類、サバ類、イカナゴ *Ammodytes personatus* が用いられたが、このころ多量に漁獲されたウマヅラハギ（別名チュンチュン）*Thamnaconus modestus* も利用された⁵⁾。モイストペレットには、ビタミン剤および肉質の色揚げのために着色剤が添加された。一方、保管と取り扱い性に優れた乾燥配合飼料の利用も検討され、配合飼料に水分を含ませ（20%以上）油脂を添加する（10%以上）方法も試みられている⁵⁾。他方、漁場汚染を防ぐために、給餌は残餌が出ないように注意して行われた。

サクラマス海中飼育で目標とされた出荷サイズは、平均体重 1kg を越えることであった。しかし、この目標値は 1990 年（平成 1 年）までの間達成することができなかったのである。

ここで、1987 年（昭和 62 年）に全国で行われたサケマス類海中養殖資料から飼育魚の成

長式 ($Y=Ae^{\alpha t}$ 、ここで Y は t 日後の魚体重、 A は始期体重、 α は成長速度係数、 t は日数を示す。) を求め、それらの成長速度係数 α を比較した結果を示すことにしよう (表IV-39)。これによると最も成長速度が高い例は、宮城県志津川湾のギンザケ養殖であり、その α は 0.97% から 1.15% であった。これに対してサクラマス例では、岩手県広田湾の α が 0.86%、乙部町乙部港のそれが 0.83% であった。周年飼育を行った利尻町沓形港のそれは 0.66% であった。また、比較的小型サイズで秋に網生け簀に收容した上ノ国町の α は 0.91% であった。飼育された海洋環境および飼育条件等が異なることから単純な比較はできないが、ギンザケに比べてサクラマスの成長速度の低いことが明らかになった。さらに、サクラマスでは海中飼育の終期 (6 月ごろ) に成熟による成長阻害が示唆された⁷⁾。このほかに海中飼育サクラマスの取り上げサイズに影響する要因として、種苗の系群⁸⁾ および種苗の海水適応発達⁹⁾ の影響が報告されている。

表IV-39 海中養殖サケマス類の成長式に関わる比較

設置場所	魚種	A : 初期魚体重 (g)	α : 成長速度 係数	r : 相関 係数	飼育期間
乙部港 (北海道)	サクラマス	100.6	0.0083	0.99	10月中旬から6月下旬
上ノ国港 (北海道)	サクラマス	74.4	0.0091	0.96	11月下旬から7月上旬
沓形港 (北海道)	サクラマス	48.4	0.0066	0.98	5月下旬から7月上旬
広田湾 (岩手県)	サクラマス	122.8	0.0086	0.99	10月下旬から7月上旬
志津川湾 (宮城県)	ギンザケ	223.0	0.0097	1.00	11月から7月
志津川湾 (宮城県)	ギンザケ	166.0	0.0115	1.00	10月から7月
志津川湾 (宮城県)	ギンザケ	138.0	0.0113	1.00	10月から7月

注：成長式は本文を参照のこと。

注：1988年 (昭和62年) 度の資料に基づき作成。

養殖サクラマスの成長式および養成実績から、サクラマスの取り上げサイズは、秋に海水移行する種苗サイズと成長速度に起因することが強く示唆されたのである。海中飼育試験当初は平均体重 100 g 前後の種苗が用いられたが、その後飼育技術が改善され海中飼育の成長速度もギンザケのそれに近似するようになったことから、より大型の種苗 (平均体重 150~200 g) を陸上生産してその種苗を用いることにより、さらに大型の取り上げサイズが期待できるようになったのである。

ところで、海中飼育の歩留まり (生産率) を高く保つために、魚病のコントロールが最も重要と考えられたが、北海道のサクラマス海中養殖において、これまで深刻な魚病の発生を見ることはなかった。ただし、利尻例では春季の降雨後にビブリオ病が発生したが、当時、抗菌性物質 (スルファモノメトキシン) の投与により容易に制御することができた。このほかに北米のギンザケでは海水移行後の海水適応能不調による成長阻害 (いわゆるスタント (stunt)) が報告されているが¹⁰⁾、サクラマスではスタントによる影響はほとんど無視でき

るものであった。

③ 海中飼育の事例（乙部町）

ここで北海道のサクラマス海中飼育を事業規模で発展させた乙部町の事例を紹介する。資料の収集には乙部町役場松原敏幸栽培漁業係長の協力をいただいた。なお、本文ではこれまで「海中飼育」と「海中養殖」を述語として使用してきたが、このふたつは同義である。ただし、このうち「海中養殖」がより一般的であり、「海中飼育」は当初飼育試験的な意味合いが強いことから、関係者の中で広く使用されることになったと考えられる。さらに、後述する「海面養殖」と「海中養殖」についても同義である。世界的に見れば「海面養殖」がより一般的であるが、わが国ではサクラマスの養殖に関して「海中養殖」が使われることも多い。従って、本文では初期の取組には「海中飼育」を、事業規模の取組には「海中養殖」を、そして世界的規模のサケマス養殖には「海面養殖」を用いる。

すでに触れたとおり乙部町のサクラマス海中飼育は1982年（昭和57年）に始まり、3年間の試験飼育を経て、乙部町漁協が1985年（昭和60年）から、本格的な海中養殖に取り組んだ。その事業規模は、当初1万尾の飼育で、4.5トンの水揚げ量であったが、その後規模は9万尾の飼育（1991年（平成3年））および61.7トンの水揚げ量（1989年（平成1年））までに拡大している。

他方、地元関係者の先進地視察や指導機関などとの連携により、開始当初低いレベルであった種苗および取上時の平均体重（92g～149gおよび796g）そして生残率（56%）は、12年間の事業化の中で、それぞれ最大で種苗平均体重275g、取上時平均体重1,553gそして生残率95.6%まで、その養殖技術が向上した（図IV-74）。その事業規模は、1万尾の養成から9万尾規模に拡大し（1991年（平成3年））、その水揚げ量および生産額は、それぞれおよそ62トンおよび3.5千万円に達した（図IV-74）。しかし、海中養殖サクラマスの平均魚価は、当初1kgあたり700円台であったものが、1988年（昭和63年）以降には、下落傾向が認められるようになり、事業最終年度（1996年（平成8年））のそれは、417円まで下落した（図IV-74）。

海中養殖サクラマスの利用形態は、生鮮出荷がその主体を成し、地元漁協を通じて、隣接する町村の加工業者に引き取られた。魚価低迷の状況下で地元漁協の加工場では、新製品の開発にも取り組んでおり、「刺身用真空パック」、「ソーセージ」、「フレーク」などを売り出したが、いずれも期待された成果は得られなかった。

1992年（平成4年）関係者の中で、海中養殖事業の見直しが行われ、事業規模の縮小が図られることになった。その結果、その事業規模は初年度と同じ1万尾規模に抑えられた。この年の事業成績は、同規模の事業に取り組んだ初年度のそれと比べて、水揚げ量が約3.3倍、生産額は3.2倍の好成績を示した。それまでの関係者の技術研鑽が窺われる事業成績であった。しかし、これ以降、事業規模の再拡大は果たされず、1996年度（平成8年度）を最後として、乙部港で取り組まれたサクラマス海中養殖事業は、幕を閉じることになったのである。

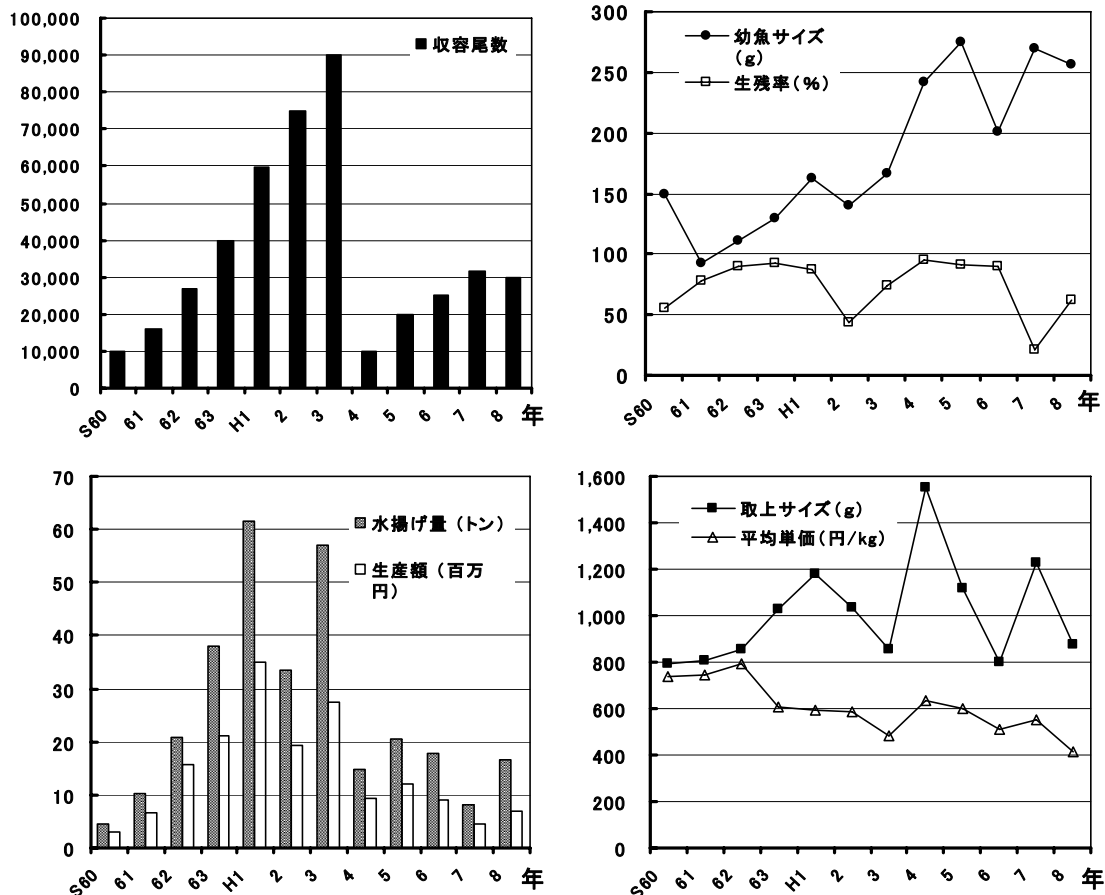


図 IV-74 乙部町におけるサクラマス海中養殖の実績

④ 流出した養殖技術と養殖サケマスの輸入

ところで、ギンザケを始めとする、わが国のサケマス類の海中養殖が発展を迎えた時期、水産関係の企業のなかには、労働コストが低く、漁場汚染が発生しにくい養殖環境条件を求めて、国外に目を向ける動きが模索され始めていた。すでに英国、ノルウェー、ニュージーランド、カナダ等では、大西洋サケ、マスノスケ、ニジマスなどの海面養殖が取り組まれていたが、特に、ノルウェーは養殖サケマス類の輸出先を日本に定め、周到なマーケティング調査を通じてわが国の消費者が好む味覚と肉質に焦点を絞った、養殖技術の開発研究に国家プロジェクトで着手していた。その結果、ノルウェー産養殖サケ（大西洋サケ）はブランド化に成功し、わが国に向けた輸出量が飛躍的に増大していくことになったのである。

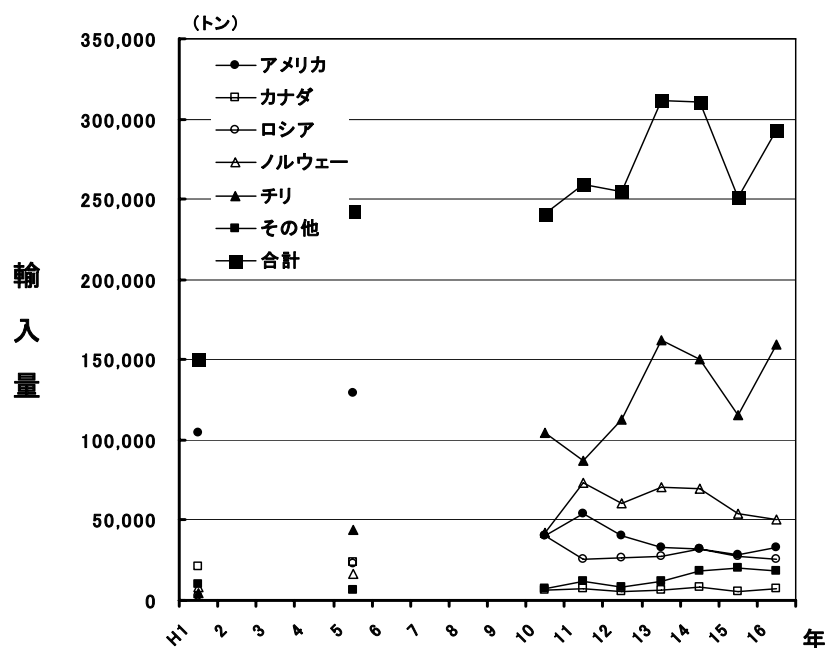
このような世界情勢のなかで、新たな国外のサケマス類養殖場として注目されたのがチリである。チリの海岸線は、リアス式の複雑な深い入り江が発達し、フンボルト寒流がその沿岸域を洗っており、冷涼な水域を好むサケマス類の養殖に適していたのである。さらに、わが国は国際援助機関の JICA を通じて、すでにチリでサケ移殖試験事業に取り組んでおり、チリには国外からの技術提供の下に、サケマス類の養殖事業を受け入れる下地が整っていたと考えられる。こうしてチリ沿岸の入り江を養殖場とする、サケマス類の海面養殖業が開始され、低い生産コストとわが国の消費者が好む肉色と脂肪の蓄積を果たした、チリ産養殖サ

ケ類（ギンザケ、ニジマス）が、ノルウェー産サケ類とともに、わが国に多量に輸入される時代を迎えることになったのである。

⑤ わが国のサケマス類海中養殖の衰退と展望

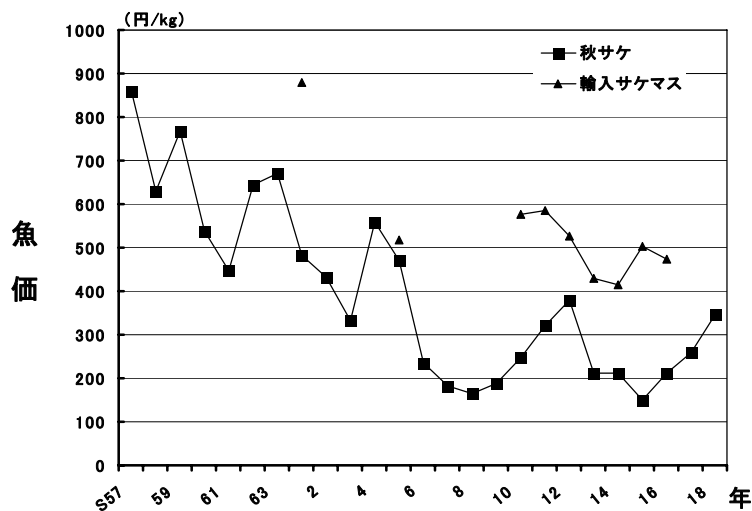
すでに触れたとおり、北海道のサクラマス海中養殖は、1990年代中頃（平成8年）に、主産地である乙部町地区の事業休止によりその幕を閉じた。さらに、ギンザケ海中養殖の主産地である宮城県でも、その当時同様に事業縮小が迫られていた。

一方、国外に目を向けるとわが国では、外国産サケマス類の輸入量が急増しつつあった。サケマスの輸入量は、サクラマス海中養殖がピークを迎えた、1989年（平成1年）に15万トン、養殖事業の見直しが行われた頃の1993年（平成5年）には、25万トンに急増し（1.7倍）、さらに2001年（平成13年）では、30万トンまで達している（2倍）。特に、1993年を境に、輸入サケマスの国別構成が変化し、それ以前はアラスカ（アメリカ）のベニザケが主体であったが、1993年以降には、チリおよびノルウェー産の養殖サケマスが、その大部分を占めるようになっていた。チリ産養殖サケマスの輸入量は、その後も目を見張る増加である（図IV-75）。



図IV-75 サケマスの輸入量の変動

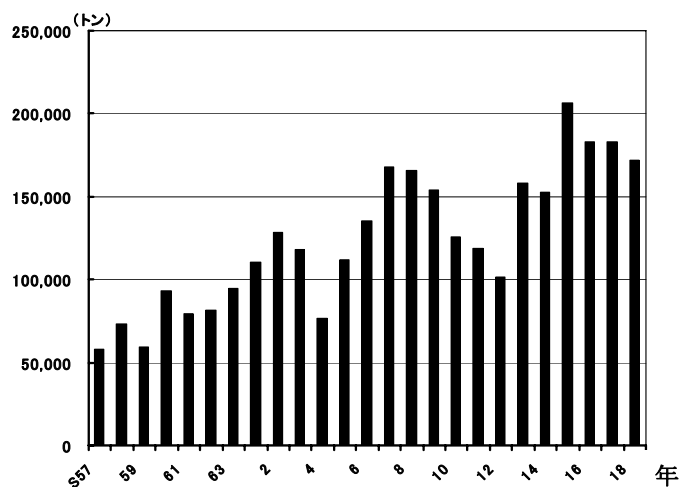
ところで輸入サケマスの魚価は、当初高値を維持していたものの、輸入量の増大に加えて、わが国の秋サケ漁獲量増大による市場供給過剰の影響を受け、その平均魚価は、1kgあたり900円弱から400円強まで下落した。秋サケのそれは、200円を下回る年さえ見られるようになった¹¹⁾。本文の始めの章で述べたとおり魚価は、養殖対象種にとって必要な諸性状の中で重要な項目の1つである。チリなどに比べて労働単価が高く、集約的な事業経営が難しいわが国のサケマス類海中養殖は、怒濤のように輸入される外国産養殖サケマスに飲み込まれ、撤退を余儀なくされたのである（図IV-76）。



図IV-76 北海道産秋サケと輸入サケマスの魚価の推移

ただし、サクラマス海中飼育から海中養殖の流れの中で培われた養殖技術とそのシステム開発、例えば、大型魚養成技術、バイテク魚（不妊化三倍体魚）の利用、異なる海域環境の活用、淡水養殖業者と海面養殖業者の協同システムなどは、わが国で新たなサケマス養殖業が萌芽するとき、基盤的情報を提供するものと考えられる。

なお、ここでは詳しく触れることができなかったが、1988年（昭和63年）から1997年（平成9年）にかけて、魚類の沖合養殖に関わるプロジェクト計画が2期に分けて全国規模で実施されている（沖合養殖パイロットファームプロジェクト（1988年～1993年）および沖合養殖高度化システムの開発プロジェクト（1994年～1997年））。いわゆるマリノフォーラム21である。北海道では道南地方の奥尻島沖で、3倍体魚を含むサクラマスの沖合養殖プロジェクトが実施された（1991年（平成3年）～1997年（平成9年））。このプロジェクトでは、国際競争力を視野に入れた海面養殖の技術開発に取り組み、ハイテク技術による機械化と省力化などが試みられたが、採算性の面で課題が残された¹²⁾。



参考図 北海道産秋サケの漁獲量の変動

(文献)

- 1) 吉田文一. 1986. ギンザケ. 浅海養殖. 大成出版社. 東京. p.310-334.
- 2) 新谷康二. 1988. 大西洋サケ(アトランティックサーモン)の養殖について. 育てる漁業. 北海道栽培漁業振興公社. No176:2-6.
- 3) 寺尾俊郎・岡田鳳二. 1971. カラフトマスの海水飼育試験(1) 淡水・海水両飼育による成長と減耗について. 北海道立水産孵化場試験報告, 26:47-62.
- 4) 寺尾俊郎・松本春義・岡田鳳二・斉藤清造. 1973. マスノスケの淡水及び海水飼育試験. 北海道立水産孵化場研究報告, 28:23-43.
- 5) 田中寿雄. 1987. サクラマスの海中養殖技術について. 育てる漁業. 北海道栽培漁業振興公社. No173:2-8.
- 6) Yamauch, K., Ban, M., Kasahara, N., Izumi, T., Kojima, H. and Harako, T. 1985. Physiological and behavioral changes occurring during smoltification in the masu salmon, *Oncorhynchus masou*. *Aquaculture*, 45:227-235.
- 7) 加藤禎一. 1989. 北海道におけるサケ・マス類海中養殖の可能性と問題点. 北海道栽培漁業振興公社. No197:2-8.
- 8) 太田博巳・西村 明・佐々木義隆・民谷嘉治・北村隆也・今田和史. 1988. 海中で飼育したサクラマスの成長について. 北海道立水産孵化場研究報告,43:77-80.
- 9) 笠原 昇・伴 真俊・渡辺 寛・山内皓平. 1988. 海水飼育された池産および天然サクラマスの海水適応能と成長. 北海道立水産孵化場研究報告,43:81-84.
- 10) Mahnken, C., Prentice, E., Waknitz, W., Monan, G., Sims, C. and Williams, J. 1982. The application of recent smoltification research to public hatchery releases: An assessment of size/time requirements for Columbia River hatchery coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Aquaculture*, 28:251-268.
- 11) 北海道定置協会. 2005. 平成 16 年度サケマス流通状況調査報告書. pp.102.
- 12) (社)マリノフォーラム 21. 1996. 沖合養殖高度化システムの開発 北海道グループ. 養殖システム開発研究会. 平成 7 年度マリノフォーラム 21 報告. p.366-379.

3) 魚病

サケマス類の病気に関する研究分野は魚病学として近年発展を遂げているが、サクラマスは北日本の主たる増殖対象魚種であるシロサケに比べると種々の病原体に対する感受性が高く、病気の被害を受けやすい魚種とされている。過去の北海道でのサクラマスの増養殖において発生した病気の種類としては、卵期では水カビ病、稚魚では伝染性造血器壊死症(IHN)や細菌性鰓病、幼成魚ではせつそう病、細菌性腎臓病(BKD)、水カビ病、内臓真菌症、原虫性鰓病、白点病、へキサミタ症、微孢子虫症、卵のう水腫症(さいのう水腫症)、白内障があげられている¹⁾。養鱒技術協議会が2002年に、サクラマス、アマゴおよびヤマメを含む在来マス類の地方水産試験場における診断件数をまとめた結果では、全国的には稚

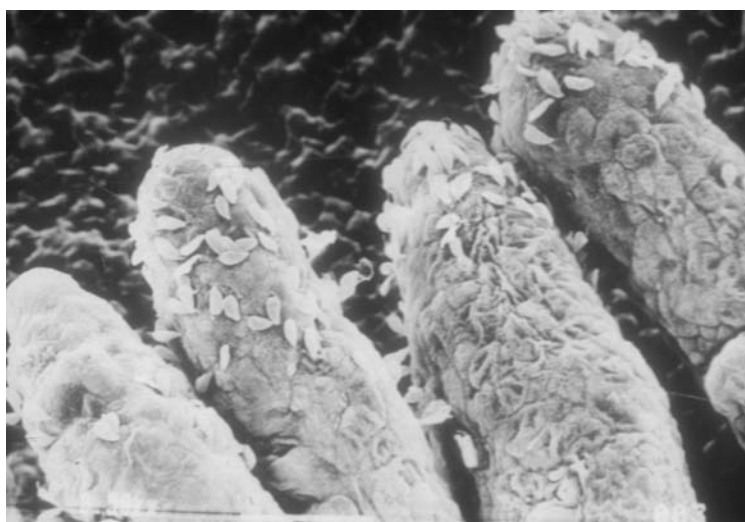
魚ではせつそう病、IHN、細菌性鰓病が、成魚ではせつそう病、BKD、冷水病、寄生虫感染症が多いとされている²⁾。1987年から2007年までの水産試験場等の診断記録を整理した青島(2007)³⁾の報告では、診断件数から見た養殖サケ科魚類の疾病には大きな変化はなく、近年むしろ沈静化の傾向が見られるとしている。また、青島(2007)は調査期間中に大型魚に被害を示したり、混合感染として問題化した疾病として、IHN、ヘルペスウイルス症(OMVD)、せつそう病、レンサ球菌症をあげている。過去に大きな被害を与えた水カビ病の診断件数や被害は減少しているものと思われる。増殖用種苗のシロサケ、サクラマス、カラフトマスの生産時に発生する魚病の種類も青島(2007)の報告とほぼ同様である⁴⁾。

サクラマスは他の増殖対象魚種であるシロサケ、カラフトマスとは異なり、淡水生活期が長期に及ぶため放流用種苗となるまでに1年半以上の池内での飼育を実施しなければならない。また、降海する個体を増やすためスモルト化幼魚の出現率の向上を図らなければならない。スモルト化に伴い種々の病気に対する感受性も増加する。病害防除はサクラマスの放流用種苗の生産や資源維持のためには重要な課題である。

本稿では、サクラマス、アマゴおよびヤマメの寄生虫症、せつそう病、細菌性腎臓病、伝染性造血器壊死症、ヘルペスウイルス症、水カビ病について記載する。

(1) 寄生虫症

サクラマスには他のサケ科魚類と同様に各種の寄生虫が見出される。全ての寄生虫がサクラマスに対して病害を示すわけではなく、サクラマスの増養殖において問題となる寄生虫は限られた種類のものである。病害を示す寄生虫として代表的なものは原虫類の *Ichthyobodo necator* (図IV-77) の寄生によるイクチオボド症、*Chilodonella piscicola* の寄生によるキロドネラ症、*Trichodina truttae* (図IV-78) の寄生によるトリコジナ症などである。



図IV-77 鰓に寄生した *Ichthyobodo necator*
木の葉状の寄生虫が *Ichthyobodo necator*

イクチオボド症は鞭毛虫類の一種である *Ichthyobodo necator* の寄生により起こる。本症は全国的に発生がみられ、サケ科魚類ばかりではなく温水魚にも発症する。サケ科魚類では主として種苗生産時にその寄生が観察され、北日本のふ化場の 40% で発生し、シロサケ、カラフトマス稚魚においても発生が見られている。*Ichthyobodo necator* は体長が 8-13 μm であり、2 本または稀に 4 本の鞭毛を有する。魚体への寄生時には細胞口突起を宿主（魚）の体表細胞中に伸ばし、虫体保持と栄養成分の摂取を行う。寄生により、稚魚の皮膚や鰓が損傷を受け、海水適応の低下などの大きな被害をサクラマス稚魚や幼魚に与えるとされている。サケ科魚類に寄生する *Ichthyobodo necator* は海水中でも増殖可能とされているが、駆虫のために 5% 食塩液に 10 分間稚魚を浸漬すると、100% 駆虫できるとされている。

キロドネラ症は繊毛虫の一種 *Chilodonella piscicola* の寄生により起こり、サクラマスやニジマスの稚魚期に発症が見られる。本虫の病原性には疑問を呈する報告も見られるが、鰓に寄生することにより、鰓上皮細胞の肥厚や鰓弁の癒着が起こり、成長の低下や慢性的な死亡を起こすことも報告されている。虫体の体長は 50~80 μm であり長円形の大核が中央に存在する。本虫は鰓の肥厚した部分にのみ分布する傾向があることから、鰓弁の癒着や鰓上皮細胞の肥厚を防止することが予防上有効とされている。



図IV-78 走査電子顕微鏡により観察した *Tricodina truttae*
この図では二つの虫体が観察されている。

トリコジナ症は繊毛虫 *Trichodina truttae* が体表や鰭に寄生することにより起こる。本繊毛虫は鰓にも出現する。虫体は直径 115~145 μm の円形であり、トリコジナ類の中では大型である。腹面には 22-26 個の歯状体を持っている。駆虫は食塩や食酢で可能であるが、河川水を使用のふ化場では繰り返し発生が見られることがある。

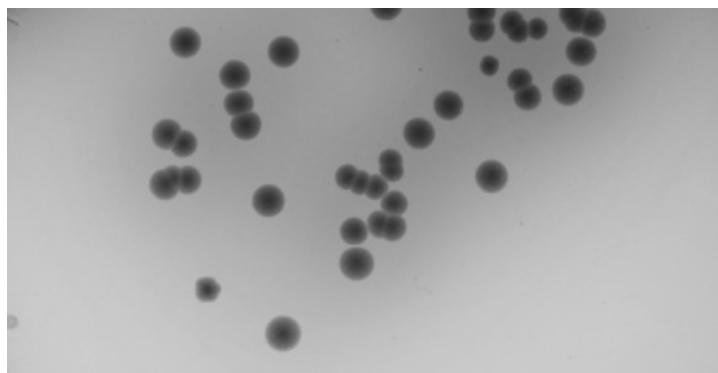
他には *Kabatana takedai* による武田微胞子虫症の限定された地域における発生や *Spironucleus salmonis* による腸管鞭毛虫症などが報告されている。従来、*Hexamita salmonis* として報告された鞭毛虫は、この *S. salmonis* のシノニムとされている。

これらの、原虫類の駆虫には、従来はホルマリンが高い駆虫効果を示したが、薬事法における水産用医薬品ではないため、平成 17 年以後使用が禁止されている。食酢や食塩、茶カテキンなど食品として一般に摂取されている物質の駆虫効果について、実験的に検討されているが、水産用医薬品としての認可を受けたものはない。

イクチオボド症の原因となる *I. necator* の駆虫には、緑茶抽出物のカテキン類を 0.6% の濃度で、2.5 分間病魚に作用させる処理が有効であることも報告されている。前記した寄生虫に対する有効な駆虫方法を開発するため、安全性、効果および費用等に関する検討が継続されている。

(2) せっそう病

せっそう病は古くから主としてサケ科魚類に被害を与える病気として知られており、1800 年代にドイツでの発生に関する報告が最も古い報告とされている。せっそう病は細菌により起こる病気であり、*Aeromonas* 属に属するグラム陰性桿菌の *Aeromonas salmonicida* とその亜種がせっそう病の病原体とされている。*A. salmonicida* には、subsp. *salmonicid*、*masoucida*、*achromogenese*、*smithia* の 4 亜種が報告されている。わが国においてサケマス類に被害を与えた例は *A. salmonicida* subsp. *salmonicida* と *A. salmonicida* subsp. *masoucida* である。代表的な亜種である *A. salmonicida* subsp. *salmonicida* はわが国でも多くの検出例があるが、本亜種は特徴的な水溶性の褐色々素を産生するため培養すると培地を褐色に染める (図IV-79)。



図IV-79 普通寒天培地で 15°C、5 日間培養した *Aeromonas salmonicida* のコロニー菌が産生した特徴ある褐色の水溶性色素により培地が褐色に染まる。

病原体である *A. salmonicida* の各亜種は寒天に肉エキスとペプトンを加えただけの一般的な培地でも容易に培養、継代ができることから、水産に関する主要な病原体としてばかりではなく、医学、微生物学などの多くの分野で研究対象となっている。せっそう病に関しては現在まで優れた総説、成書が刊行されているが、Bernoth *et al.* (1997)⁵⁾ はそれまでのせっそう病に関する研究をまとめ *Furunculosis, Multidisciplinary fish disease research* (せっそう病—多方面からの魚病の研究) を刊行している。

ドイツでの報告の後 1894 年にアメリカ合衆国、1910 年にはフランス、1911 年にはスイスと世界各地で発生が報告されている。日本と異なり当時のアメリカ合衆国やヨーロッパにお

ける養殖対象魚種がせつそう病に感受性の高いカワマスであったことも、本病発生頻度の増加とそれによる産業的な被害の拡大に結びついた理由とされている。

英国スコットランドでは1930年頃に天然河川のカワマスがせつそう病で大きな被害を受けた。これに対して *Furunculosis committee* (せつそう病委員会) が組織され系統的な検討がなされた。本委員会は中間、最終報告として3冊の報告書を作成しているが⁶⁾、80年を経過した現在でも、特にせつそう病の疫学調査に携わる魚病研究者が必ず目を通すべき貴重な報告となった。

わが国におけるせつそう病の最初の報告については諸説がある。前記したように、アメリカ合衆国やヨーロッパと異なり、わが国の養殖対象サケ科魚類がせつそう病に強いニジマスであったこともあり、せつそう病の存在は古くから知られていたものの、せつそう病はそれほど研究者の興味を引かなかったのであろう。1960年代の保科や小林らの報告が最初であろうと推察される。ニジマスを主体とする養殖からヤマメ、アマゴなどのわが国固有の在来マス類に養殖が拡大するに従い、わが国でもせつそう病の被害が大きくなった。これらの魚種はせつそう病に対する感受性が高いことから、せつそう病の発生頻度が増加したのであろう。内水面に関する研究の情報交換や連携の強化のため、地方自治体の水産関係試験研究機関を中心として組織されていた全国湖沼河川養殖研究会の養鱒部会内に、せつそう病の対策を確立するため「せつそう病研究会」が組織され、治療、予防に関する研究や情報の交換が活発に行われた。

北海道においては、オホーツク海沿岸の渚滑川のサクラマス、カラフトマスにせつそう病に類似した症状を呈する死亡が観察され、大きな被害を及ぼした。木村(1970)⁷⁾はこの病気について詳細に検討し、*A. salmonicida*の一亜種である *A. salmonicida* subsp. *masoucida* が原因菌であることを明らかにした。この菌は *A. salmonicida* の特徴とされる水溶性の褐色色素を産生せず自発凝集性も示さないが、他の性状は subsp. *salmonicida* ときわめて類似していた。木村(1970)の報告により、本菌は細菌分類の国際的な基準とされる *Bergey's Manual* に *A. salmonicida* の一亜種として早くから収載されている。

在来マス類のせつそう病被害を軽減するため、治療にサルファ剤や抗生物質などの抗菌剤が用いられるようになり、顕著な治療効果を示し生産性の向上に大きな効果を示した。わが国の魚類養殖における化学療法剤の使用は、ウナギについてサクラマス、ヤマメ、アマゴにおいて実用化されたと考えられる。しかし、化学療法の拡大に伴い、薬剤耐性菌の出現も顕在化した。Aoki *et al.* (1983)⁸⁾ は養殖魚や河川に遡上したサケマス類の成熟親魚から分離した *A. salmonicida* の薬剤感受性を比較し、河川に遡上したサケマス類の成熟親魚から分離した株は、養殖魚由来の株より薬剤感受性が高いことを報告している。増殖用の種苗では養殖魚と比較すると飼育期間が短く、化学療法剤の投与を受ける回数も少ない。また、放流後は一切の化学療法剤に接することがないことから、病原体の薬剤感受性にも差が生じていると推察される。

魚類に関して最も早くからワクチンの応用が検討された病気もせつそう病であろう。初期においては注射による、いわゆる経皮ワクチンによる抗体価の上昇、抗体の持続、ワクチン

の製法やアジュバンドの検討が行われ、わが国でも試験された⁹⁾。

ワクチンの投与方法については、餌に混ぜて口からワクチンを投与する経口ワクチンが注射によりワクチンを接種する経皮ワクチンより実用的であることから、ワクチン開発の初期から検討が続けられてきた。しかし、経口ワクチンの有効性を否定する報告もあり、実用化に至っていない。特に、アメリカの研究者においては、経口ワクチンの有効性には否定的な意見が多かった。しかし、わが国では Hara *et al.* (1976)⁹⁾ が報告しているように養鱒部会を中心とする組織だった検討が行われた。ヤマメ、アマゴにおいて自然感染による死亡率を比較した結果、経口ワクチンを投与された魚ではワクチンを投与しなかった対照区に比べて常に低い結果が得られた。

注射によるワクチンを投与する経皮ワクチンはワクチンとしての有効性が確認され、諸外国では積極的な利用が図られている。

野村らは一連の研究で、前項に記したようにせつそう病の原因菌である *A. salmonicida* の河川遡上親魚における動態を長期にわたって、サクラマス、シロサケ、カラフトマスについて検討し報告している¹⁰⁾。

従来は病魚においては大きな患部が形成されたが(図IV-80)、現在はこのような症状を呈する個体は稀れである。特に、サクラマスやベニザケのように感受性の高い魚種においては顕著な症状を呈さず死亡する個体が多い。



図IV-80 せつそう病病魚

体側中央部に膨留患部が形成されている。
このような症状を呈さない個体も多い。

せつそう病原菌の代表的亜種である *subsp. salmonicida* はその分離株の性状が世界中で均一であるとされているが、最も興味ある点は糖の分解性におけるシュクロース(サッカロース)の分解性の差である。諸外国で分離された株ではすべて分解性は陰性(シュクロースを分解しない)であるが、わが国における分離株はすべてシュクロースの分解性が陽性である。ロシアのカムチャッカ半島で分離した株にはシュクロース陽性株と陰性株が混在していることも報告されている¹¹⁾。シュクロース陽性株がアジア地域に限定されることから、オリエント株の呼称もある。前記したようにせつそう病はヨーロッパからアメリカへ拡大し、その後わが国へ伝播したとされているが、このようなシュクロースの分解性の異なる株のみ

がわが国に広く分布したことは病原体の動態を考える上で興味ある点である。

せっそう病原因菌の中で出現頻度の多い *subsp. salmonicida* は、分離当初は菌体同士が相互に付着し、塊を作る自発凝集性と呼ばれる性質を強く示す。自発凝集性の発現には菌体表面に存在する 59Kda の分子量を持つタンパク質からなる A-layer が大きな役割をなしていることや、培養温度によりその発現に差が見られることが明らかにされている。この自発凝集性は病原性やワクチンとしての抗原性にも大きな役割を果している。また、この A-layer を構成するタンパク質がクーマーシ・ブリリアントブルー (Coomassie Brilliant Blue ; CBB) と強い親和性がある性質は、普通寒天培地に CBB を一定量添加した培地によるせっそう病原因菌の検出の効率化にも応用されている¹²⁾。

河川への放流後、速やかに海への移動を促進するため、スマルト化を促進することがサクラマスの種苗生産、特に、増殖用の種苗生産においては不可欠である。スマルト化により幼魚の生理状況や形態に大きな変化が生じる。サクラマスおよびアマゴのスマルトとパーにおけるせっそう病とビブリオ病に対する感受性の違いを検討した結果では、せっそう病では菌浴接種法による攻撃ではスマルトのほうがパーに比較して高く、筋肉内接種法では両相に違いは見られなかったこと、ビブリオ病では二つの攻撃法ともスマルト魚において感受性が高かったことが報告されている¹³⁾。この理由としてスマルトにおける皮膚構造の変化が大きな影響を与えている可能性が示唆されている。

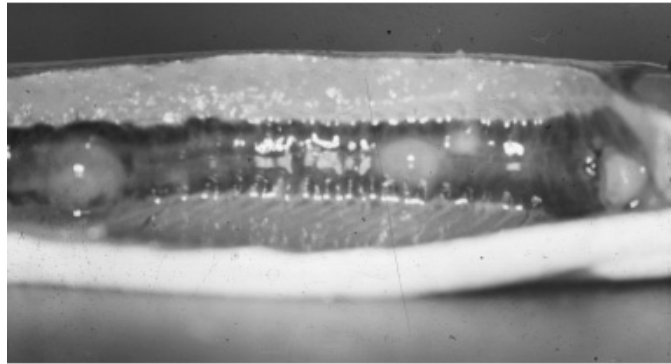
同様に、志村ら (1983)¹⁴⁾ はヤマメのせっそう病に対するチョウモドキの寄生の影響の検討を行い、死亡魚 1 尾あたりのせっそう病患部の面積は寄生区の死亡魚の方が著しく大きいことを報告している。チョウモドキの寄生時にはいわゆる穴あき症状が出現し、皮膚の機械的損傷が起こることから、これらの部位がせっそう病原因菌の侵入門戸となっているとも考えられる。前記したスマルト化魚の皮膚構造の変化時にも皮膚は薄くなり損傷を受けやすくなっている。寄生虫による皮膚の損傷もスマルト化による皮膚の脆弱化も、せっそう病原因菌の感染の危険性を増加させる点では同様であろう。

放流用の種苗生産において不可欠であるスマルト化の時期は、病害対策上最も困難な時期でもある。

(3) 細菌性腎臓病

細菌性腎臓病 (BKD) は海外ではサケ科魚類に発生する慢性的な病気として古くから知られている。最初の 1930 年代における発生が、英国スコットランドの Dee 川の大西洋サケのふ化場であったことから Dee Disease の病名で報告されていたが、現在は細菌性腎臓病 (Bacterial Kidney Disease; BKD) の名称が一般的である (図IV-81)。スコットランドでの発生の後、短期間でアメリカ合衆国でのニジマス、カワマスでの発生が見られている。

BKD の病原体は *Renibacterium salmoninarum* であり、本菌は魚類の病原微生物としてはめずらしいグラム陽性の細菌である。微小な非運動性の桿菌であり、多くの場合双桿状を呈する。この菌の培養には牛胎児血清や L-シスチンなどを含む特殊な培地が必要である。当初は培養が難しいことからリケッチアではないかとされていたが、*Corynebacterium* 属の細菌とされた後、種々の変遷を経て現在は *Renibacterium* 属の細菌とされている。



図IV-81 細菌性腎臓病（BKD）病魚の腎臓患部
白色の盛り上がった患部が形成される。

本病のわが国への侵入に関してはアメリカから輸入したギンザケ卵が汚染されていたためとされているが詳細は不明な点が多い。わが国でのBKDの発生は木村・栗倉（1977）¹⁵⁾により1973年にヤマベ、マスノスケに発症したことが最初に報告され、ヤマベでは2月から翌年2月までの月間死亡率は1.1%から6.0%であったことが報告されている。木村（1978）¹⁶⁾は最初の発生から1978年までに10例の発生が北海道で観察され、1976年ごろからは本州の一部にも発生したことを報告している。栗倉（1978）¹⁷⁾は北海道におけるBKDの発生と産卵親魚の保菌について報告し、サクラマスでは1977年に6箇所合計600尾について調査し1尾が保菌していたとしている。また、同様に調査したギンザケ親魚においても1尾が保菌していることが確認されている。この時期にすでにBKD原因菌は広く北海道内に分布していたと考えられる。

細菌性腎臓病が発見された当初は、前記したように淡水魚の病気として報告されたが、現在は沿岸における海中飼育の魚にも発生し、慢性的に被害を与える病気となっている。腎臓、脾臓、腹膜に白色またはクリーム色の粟粒状の患部が形成されることを特徴としているが、他に筋肉内の点状や線状の出血が観察されることもある。病魚は強度の貧血を呈し、尾部を切断しても出血が認められない。

本病は世界中に広く分布していると考えられており、本病が慢性的に経過する病気であることから、発生の報告のない地域についても十分な調査が行われていないためであろうと推察されている¹⁸⁾。

本病の対策を難しくしている大きな要因は、本病病原体が卵内を経由して感染することと、本病病原体がグラム陽性菌であるため、有効な治療用の水産用医薬品が開発されていない点である。本病病原体が卵内に侵入するか否かについては多くの報告において議論されてきたが、現在は卵内に侵入し、親魚から卵を経由して稚魚に感染するいわゆる垂直感染を起こす病原体であるとする意見が大勢を占めている。サケ科魚類の卵は卵膜と呼ばれる強固な膜で覆われているため、受精後は外部から卵内へウイルスや細菌が侵入することはない。しかし、受精以前に卵内に病原細菌が存在している場合には、卵内から排除する有効な手段はなく、発病に結びつく危険が高くなる。卵表面の消毒に効果を有する有機ヨード剤（PVP-I）によ

る卵消毒を実施しても、卵内の毒素濃度は有効な殺菌効果を示す濃度までは上昇しない。このため、病原体が卵内に侵入する病気においては、卵外部を消毒剤で消毒しても親魚一卵一稚魚への感染経路を遮断することができないことになり、卵消毒による防疫効果の向上が困難となっている。垂直感染を防止する対策として、採卵前に親魚のBKD原因菌の保有状況を酵素抗体反応（ELISA）、ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）法や間接蛍光抗体法（FAT）で検討し、保有を疑われる親魚由来の卵を廃棄することが行われている。このためには、検査結果が判明するまでは卵を個別に管理する必要がある。原因菌を保有していない親魚由来の卵はPVP-Iにより卵表面を消毒し、ふ化まで病原体フリーの用水を用いて外部からの病原体の侵入を厳重に防止して管理する。実験的には親魚へのエリスロマイシン投与を注射により行い、親魚体内の病原体の保有状況を低減する試みもなされている。ふ化後の稚魚も病原体フリーの地下水を用いて管理することが求められている。これらは手数のかかる作業となるが、BKD病原体を保有しない種苗生産には不可欠の手法であり、わが国やアメリカ合衆国の一部の種苗生産施設で取り組まれている。

原因病原体の検出法に関しては、本病原菌は普通寒天培地やトリプトソイ寒天培地などの通常用いられる培地に発育せず、血清を10%添加したKDM-2培地を用いる必要がある。KDM-2培地を用いても発育は遅く、コロニーが肉眼で観察できるようになるには2-3週間を要する。病魚の場合は特徴的な患部が形成されることや、患部を供試材料とするなら前記したいずれの方法でも精度よく信頼性の高い診断ができるが、症状を呈さない不顕性感染魚や魚体以外の自然界からの本菌検出は容易ではない。前記したように培養による方法では本菌検出に長期間を要することや、他の細菌の混在する試料からの培養が困難であることなどからPCR法、FAT法やELISA法が診断に用いられるようになり、これらの新たな検出法により疫学的な情報の蓄積が進んでいる。

（4）伝染性造血器壊死症

伝染性造血器壊死症（IHN）はラブドウイルスに属するウイルスにより起こる病気であり、サクラマスはサケ科魚類の中でも本病に感受性の高い魚種である。分子生物学的な検討から、本病のわが国への侵入はアメリカ合衆国から輸入したベニザケ卵に付着してきたものとされているが、その後急速に分布を拡大し現在ではわが国に広く発生している病気である（図IV-82）。

1950年ごろからアメリカ合衆国太平洋岸のふ化場で発生の見られたSSVD、CRSD、OSD、SRCDと呼ばれていた病気が、IHNウイルス（IHNV）で引き起こされるものであることが分かり病名の統一がなされた。わが国では1970年にアメリカ合衆国アラスカ州から輸入したベニザケ仔魚に発生し、さらに、翌年も輸入したベニザケ由来の稚魚に発生しヒメマスも被害を受けている。

長野県では1974年1月からニジマス、ヤマメにIHN症の発生が最初に起こり、ニジマス、ヤマメあわせて98万尾に発症し、その後アマゴでも発症が見られている。本病はウイルスにより起こる病気であるため、発病後の有効な治療法は現状では存在しない。



図IV-82 サクラマスに発生した伝染性造血器壊死症病魚
皮膚を除去すると典型的な線状の出血が観察される。

本病の拡大に伴ない魚病研究者は早急な対応を求められた。せつそう病の項で記した全国湖沼河川養殖研究会の養鱒部会は、アメリカにおいて報告されていた PVP-I による卵表面の消毒に着目し、水産用医薬品としての認可承認のための試験を実施した¹⁹⁾。試験に協力した水産試験場の努力により、短期間に水産薬の承認を得ることができ、サケマス類の防疫対策の発展に大きく寄与した。PVP-I による卵消毒に関する試験や普及の取り組みにより、ニジマスや在来マスの養殖現場では卵消毒などの「防疫対策」の重要性が広く認識され、種苗生産や稚魚の育成において、防疫対策の充実を図る事業が開始される契機ともなった。

本病の原因ウイルス (IHNV) は砲弾型の比較的大型のウイルスであり、卵膜表面を通過することはない。親魚が IHNV を保有していたとしても、受精後は IHNV が卵内に侵入することはない。有効沃素量として 50ppm の PVP-I 溶液に 15 分間浸漬することにより、親魚から仔魚への伝染を防止することができる。PVP-I は安全性が高く、消毒に使用する濃度では卵に悪影響を与えることはない。

サクラマスにおいて本病の発生後の死亡率は発症時の体重に大きく影響される。1g 以下の稚魚においてはほぼ 100%の死亡率となり大きな被害を与える。

サクラマスの種苗生産時における IHN の発生は、死亡率の増加と感染魚を放流する危険性を招くことになる。人工増殖種苗と天然魚の IHN ウイルスの伝播については、放流魚から天然魚への病原体の伝播は少ないとしている報告もある²⁰⁾。前記したように、親魚の病原体保有状況を十分把握し、卵に対する PVP-I による消毒を実施し、飼育用水に湧水を使用するか紫外線殺菌装置等を用いて殺菌をおこなった用水を使用して種苗生産を行うなら、病原体の伝播の危険性を実用上無視できるまで低減した種苗を生産することが可能となる。

(5) ヘルペスウイルス症

本病はヘルペスウイルスによる感染症で、稚魚から成魚まで感染発症する。1951 年頃からアメリカ合衆国ワシントン州のふ化場でニジマス親魚に 30-50%にも達する死亡が発生した。病魚から原因病原体として、ウイルス様の微生物が分離され、その後 1975 年にその病原微

生物がヘルペスウイルスに属するウイルスであることが明らかにされ、*Herpesvirus salmonis* と命名された。これと前後して、わが国でも、ヘルペスウイルスに属すると推定される魚類病原ウイルスが分離され、北海道のふ化場のサクラマスから分離されたウイルスは OMV (*Oncorhynchus masou virus*)、十和田湖のヒメマスの死亡魚から分離されたウイルスは NeVTA(Nerka Virus in Towada Lake)と仮称されるようになった。

わが国で観察された病魚には、肝炎を伴う体表の潰瘍形成や一端感染した魚が治った場合にも主として口部周辺に腫瘍が形成されることが特徴的に観察された。潰瘍と腫瘍の形成は魚種により異なり、ギンザケは潰瘍と腫瘍の両方が形成される傾向が強いが、ニジマスでは潰瘍が形成されることが多く、サクラマスでは腫瘍が形成されることが多い。成魚でも発症することが多いことから産業的被害は大きい。病原体である *Oncorhynchus masou virus* は核酸として DNA を持つウイルスであり、ヘルペスウイルス科に属する。ウイルス粒子の直径は約 220-240nm であり、エンベロープを有している。サケ科魚類に由来する細胞を用いてこのウイルスを培養すると、ウイルスに感染した細胞は 10-15°C で 5-7 日後に多角巨細胞(合胞体)を特徴とする細胞病変効果を示す。現在は、アメリカで最初にニジマスから分離された *H. salmonis* を SaHV-1、わが国でサクラマス、ヒメマス、ギンザケ、ニジマスから分離された NeVTA、OMV、YAV、CHV、RKV を SaHV-2 と区分している。本ウイルスも IHNV と同様にエンベロープを持つ大型のウイルスであり、卵内には卵膜を通過して侵入しないことから、IHN と同様に PVP-I による卵表面の消毒が防疫上効果的である。診断にはサケ科魚類細胞を用いたウイルスの分離や蛍光抗体法、酵素抗体法などの免疫学的手法や PCR や DNA プローブを用いた分子生物学的な手法が使用される。

(6) 水カビ病

主としてミズカビ科 (*Saprolegniaceae*) のミズカビが卵や魚に付着することにより発生する。わが国の養殖魚および魚卵の水カビ病からは、ミズカビ科以外の科のものは見出されていないとされている。ミズカビ科の諸属のうち最も重要なものは *Saprolegnia* 属のものである²¹⁾。*Saprolegnia* 属のミズカビは有性生殖世代と無性生殖世代を持つ複雑な生活史を有している。魚体や卵表面において肉眼で観察されるのは菌糸の段階である (図IV-83)。



図IV-83 尾部にミズカビの付着した稚魚

ミズカビの死亡した卵への付着は種苗生産の歴史の初期の時点から認められていたと考えられる。卵へのミズカビの付着、増殖は肉眼により白色の菌糸の出現から容易に観察できることから、診断も容易であった。ミズカビの培養は比較的簡便であることから分離も行われていたが、*Saprolegnia* 属には同定の指標となる有性生殖器官を作らない不稔性のものはなほ多いため、卵に付着したミズカビの種名については未解明の点が多い。

卵および魚の水カビ病の疫学調査においては、病原体の同定ができない事は大きな障害となる。形態学的な観察ばかりではなく分子生物学的な手法がミズカビの疫学調査へも応用されている。

水カビ病のサクラマスとの関連ではアマゴ、ヤマメ成熟親魚における発生である。1972年の春から晩秋にかけてアマゴ、ヤマメ、イワナ、ヒメマス、ニジマスにミズカビが付着し死亡する個体が多数出現した。同様の水カビ病は中禅寺湖から産卵のため川に遡上したビワマスとヒメマスでも観察されている。森川 (1971)²²⁾ は岐阜県水産試験場におけるアマゴ、ヤマメ雄魚の成熟期における死亡率を比較し、1969年にはアマゴで81%、ヤマメで57%であった死亡率が1970年にはアマゴで13%、ヤマメで6%と大きな違いがあったことを報告している。死亡魚はいずれも重篤な水生菌の着生が認められ、体表の粘液分泌が異常に少なかったことを報告している。付着していたミズカビには種々の種類が含まれているようである。ミズカビの寄生は前駆的に他の病原体の感染が起きていると考えられ、水カビ病の病魚からウイルスや種々の病原体の検索が行われたが、現在までその関連は明らかにされていない。成熟ともない親魚にミズカビが寄生することは古くから報告されており、下山 (1955)²³⁾ は北海道の徳志別川採卵場においてはシロサケ親魚にミズカビが寄生し、採卵以前に死亡することを報告している。

魚体と同様に卵においてもミズカビの感染は大きな被害を与えている。過去にはホルマリンの薬浴により卵のミズカビ防止を行った。ホルマリンの薬浴は作業者に多大の負担を掛けていたが、アリルメタン系の色素であるマラカイトグリーンを使用するようになり、ミズカビの防止効果は著しく向上した。

2003年7月に薬事法の一部が改正され、これにより2005年7月までの、2年間の暫定期間を経て未承認医薬品の食用となる魚類への使用が全面的に禁止された。マラカイトグリーンを主成分とする承認された水産用医薬品はなく、前述した薬事法の改正後新たな水カビ病対策の早急な確立が求められた。多くの薬剤について検討され、プロノポールの有効性が確認された。所定の試験の結果を受け、プロノポールを主成分とする卵のミズカビ防止薬がわが国でも水産用医薬品として認可された。その後も、食品添加物等の抗ミズカビ効果についての検討が継続されている^{24),25)}。

(文献)

- 1) 栗倉輝彦. 1984. 魚病対策と寄生虫. サクラマスの増養殖. 北海道立水産ふ化場(恵庭市), 81-104.
- 2) 小川 滋. 2004. 魚種別にみる病気への対策. マス類. 水産用医薬品ガイドブック、

- 知っておきたい薬の基礎知識. 養殖臨時増刊号. 緑書房, 東京. 41: 12-13.
- 3) 青島秀治. 2007. 水産試験場等の診断記録からみた我が国における養殖サケ科魚類の疾病問題 (1978~2002年). 魚病研究, 42: 119-122.
 - 4) 小林哲夫. 1980. 増殖事業におけるサケ・マスの疾病. 魚病研究, 14: 151-157.
 - 5) Bernoth, E.-M., A. E. Ellis, P. J. Midtlyng, G. Olivier and P. Smith. 1997. Furunculosis: Multidisciplinary Fish Disease Research. Academic Press USA.
 - 6) Mackie, T. J., J. A. Arkwright, T. E. P-tannatt, J. C. Mottram, W. D. Johnstone and W. J. Menzies. 1930. Interim Report of the Furunculosis Committee. Edinburgh, HMSO.
 - 7) 木村喬久. 1970. 催熟蓄養中のサクラマスならびにカラフトマスに発生した細菌性疾病に関する研究. 北海道さけますふ化場研究報告, 24: 9-100.
 - 8) Aoki, T., T. Kitao, N. Iemura, Y. Mitoma and T. Nomura. 1983. The susceptibility of *Aeromonas salmonicida* strains isolated in cultured and wild salmonids to various chemotherapeutics. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 49: 17-22.
 - 9) Hara, T., K. Inoue, S. Morikawa and F. Tashiro. 1976. Vaccination trials for control of furunculosis of salmonids in Japan. Fish Pathol., 10 : 227-235.
 - 10) 野村哲一. 1993. サケマス増殖事業におけるせつそう病の疫学的研究. 北海道さけ・ますふ化場研報, 47: 1-99.
 - 11) Wiklund, T., A. Sazonov, G. P. Liniova, V. P. Pugaewa, S. V. Zoobaha, and G. Bylund. 1992. Characteristics of *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* isolated from wild Pacific salmonids in Kamchatka, Russia. Bull. Eur. Ass. Fish Pathol., 12: 76-79.
 - 12) Nomura, T., M. Yoshimizu, M. Moki and Y. Ezura. 1994. Existence of non-agglutinating *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* in strains isolated from salmonids in Yamagata prefecture, Japan. Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatch., 48: 23-29.
 - 13) 森川 進. 1989. せつそう病に関する研究-XVII サクラマスおよびアマゴのスマルトおよびパーの細菌性疾病に対する感受性の差異. 岐阜水試研報, 34: 9-15.
 - 14) 志村 茂・井上 潔・工藤真弘・江草周三. 1983. ヤマメのせつそう病に対するチョウモモドキの寄生の影響の検討. 魚病研究, 18: 37-40.
 - 15) 木村喬久・栗倉輝彦. 1977. わが国で初めて見出された養殖サケ科魚類の細菌性腎臓病 (Bacterial Kidney Disease) について. 日水誌, 43: 143-150.
 - 16) 木村喬久. 1978. サケ科魚類の細菌性腎臓病. 魚病研究, 13: 43-52.
 - 17) 栗倉輝彦. 1978. 北海道における細菌性腎臓病の発生と産卵親魚の保菌について. 魚病研究, 13: 53-54.
 - 18) Elliott, D. G., R. J. Pascho and G. L. Bullock. 1989. Developments in the control of bacterial kidney disease of salmonid fishes. Diseases of Aquatic Organisms, 6: 201-215.
 - 19) Amend, D. F. and J. P. Pietsch. 1972. Virucidal activity of two iodophors to salmonid viruses. J. Fish. Res. Bd. Canada, 29: 61-65.
 - 20) LaPatra, S. E. and J. S. Foott. 2006. Disease transmission from aquaculture to wild stocks: A

case study in risk evaluation. *World Aquaculture*, 2006: 53-55.

- 21) 江草周三. 1978. 真菌症. 魚の感染症, 恒星社厚生閣, 東京. 292-303.
- 22) 森川 進. 1971. アマゴ満 1 年雄魚の成熟期における死亡. 魚病研究, 5: 154.
- 23) 下山卯之松. 1955. 蓄養親魚のマラカイトグリーン消毒について. 魚と卵, 1995 年 9 月号: 26-27.
- 24) 小島 博. 1978. タンニン酸のミズカビ防除効果. 孵化場研報, 33: 45-53.
- 25) 坂井勝信・小林美樹. 1997. さけます授精卵の防黴とマラカイトグリーン代替品. 魚と水, 34: 130-131.

サクラマスの子生虫

栗倉 輝彦

自然界の動物たちはさまざまな寄生虫にとりつかれる。サクラマスも例外ではなく、河川生活期には淡水産の、また海水生活期には海産の寄生虫の寄生を受ける。これらの寄生虫には直接人体にも感染して医学上問題となるものや、養殖場の魚病の原因として問題になる種類もある。しかし、大部分の寄生虫は、一見我々の生活とは殆ど無関係と考えられるものであり、また、宿主のサケマスに対してさえ顕著な影響を与えないものが多いのである。

サクラマスは我々の生活と密接な関係があり、また経済的にも重要な魚類であるため、その寄生虫に関する研究の歴史も古く、まもなく 120 年を迎えようとしている。

サクラマスの内部寄生虫に関する研究では、Ijima (1889) によるサクラマスの広節裂頭条虫プレロセルコイドについての研究があり、世界的にも、最も初期の研究として知られている。

著者は主にサケ科魚類の魚病として問題となる寄生虫の調査研究に従事してきたが、ここでは北海道におけるサクラマスの寄生虫相の変化、食品衛生上問題となる日本海裂頭条虫およびサクラマスが絶滅危惧種のカワシンジュガイの世代交代になくなくてはならない宿主となっている興味深い知見の一部を紹介したい。

寄生虫相の変化

サクラマスは淡水で生まれ、少なくとも 1 年間は淡水で過ごし、翌春には成長の良いものが海に下り、海洋生活に入るが、成長の悪いものはもう 1 年淡水で生活をし、満 2 年で海に下る。また、雄の一部は海に下らずに淡水だけで成長するものがあるが、海に下ったものは 1 年間海洋生活した後、再生産のため、生まれた河川に戻る。このため、サクラマスの寄生虫には淡水産のものと海産のものがある。

サクラマスが降海する時、淡水産の体表などに寄生する外部寄生虫の大部分は高塩分に耐えられず脱落するが、淡水産でも体内寄生虫は降海後も寄生を継続できるものがある。これらの内部寄生虫は次のような三つのグループに分けられる。第一のグループは宿主が淡水生活中に再生産サイクルを終了してしまうため、降海する時にはすでに脱落しているもので、原虫類の *Eimeria truttae* などが入る。第二のグループは消化管などの内腔に寄生するもので、寄生によって海にも運ばれるが、産卵のため淡水に戻る前に体外へ排泄されるもので、線虫類の *Salvelinema salmonicola* などが含まれる。第三のグループはサクラマスの海洋における生活期間を生き残り、再び淡水に回帰するまで寄生の認められるものである。これらの寄生虫はほとんど組織寄生であるが、以前は原生動物とされ、最近になって後生動物に変更になったミクソゾア門の粘液胞子虫がこのグループに入る。これらには、脳や脊髄に寄生する *Myxobolus neurobius* や *M. arcticus* (この 2 種は最近の遺伝子分析で同一種であるという情報もある) がある。この最後のグループに入る寄生虫は海洋生活中でも寄生が確認されるので、寄生虫を標識として利用する有用な種類が含まれる。

サクラマスは河川から降海することによって、淡水性の寄生虫を失い、急速に海産の寄生虫を獲得する。天然サクラマスの各成長過程における寄生虫相の変化を示したが、最初に加わるのは吸虫類の *Tubulovesicula lindbergi*、*Brachyphallus orenatus* や体表寄生の甲殻類 *Lepeophleirus salmonis* などである。しかし、沖合水域への移動につれてこのような沿岸種のあるものは消失するか減少し、沖合性の海産種が寄生種に加わるが、あるものはサクラマスの一生を通して残る。沖合回遊の後、沿岸域に戻ってきたサクラマスはまだ活発に餌をとっているため、再び沿岸性の吸虫類などの寄生虫を獲得する。産卵のため河川に遡上するサクラマスの生活史の最後の時期には、さらに寄生虫相が変化する。この時期にはサクラマスは摂餌を停止しているのが特徴であり、まず体表寄生の海産甲殻類 *L. salmonis* のような外部寄生虫を失い、内部寄生虫でも消化管寄生種は徐々に減少するが、サクラマスが産卵し、最終的に宿主が死亡するまで多くの海産寄生虫が残っている。この間、ある程度の淡水産の寄生虫、特に原虫類や単生類が出現する場合もある。

降海する前の幼魚時代に寄生し、海洋生活時代にも寄生し続けてきた淡水産の寄生虫にとって、宿主の産卵とそれに続く死は、彼らの生活史を完成あるいは続行する上で重要である。サクラマスの死体の腐敗は組織寄生の粘液胞子虫類などの生活史の続行を可能にする。

日本海裂頭条虫

サクラマスの寄生虫で、人体にも感染して最も有名なものは日本海裂頭条虫 *Diphyllobothrium nihonkaiense* であろう。

この寄生虫はサケマスに第二中間宿主とするが、我が国では主にサクラマスに寄生し、カラフトマスおよびサケ（トキシラズ）にも寄生が認められ、これを生食すると人間に感染する。サクラマスに寄生している時は体長 1cm 程度の幼虫で、主に筋肉に寄生しており、この幼虫時代を特にプレロセルコイドと呼んでいる（図 1）。人間の消化管に入ると体長が 10cm 以上にも達し、成虫となり、大量の卵を産出する。この寄生虫については、Ijima (1889) がサクラマスから得られたプレロセルコイドを自ら食し、成虫を排泄してサクラマスから感染することを明らかにしたことは有名である。本寄生虫の第一中間宿主は淡水産のケンミジンコであり、サクラマスが淡水生活している時期に感染するとされていたため、淡水で養殖されているニジマスなども感染源として疑われたことがあった。しかし、著者らの調査により、淡水域ではなく、海洋に出てから感染することが明らかになっている。また、わが国では古くから、本種がヨーロッパから報告されている 広節裂頭条虫 *Diphyllobothrium latum* と同一種とされてきたが、Yamane et al. (1986) によって *D. nihonkaiense* として新種記載された。

日本海はニジマス属に似た祖先種からサケ属に進化した場所といわれているが (Neave 1958)、広節裂頭条虫も日本海の隔離期に別種に進化したのであろうか。著者らが調査した結果でも、本寄生虫のプレロセルコイドがサクラマスに寄生するのは、日本海の南下回遊期であることが知られており (表 1 参照)、極めて興味深い (栗倉ら 1985)。残念ながら、この寄生虫がサクラマスに寄生する前の生態は明らかにされておらず、その解明が残されている。

表1 天然サクラマス各成長過程における寄生虫出現の変化

種 類	河 川		海 洋				河 川	
	淡水生活期		降 海	秋 期	沿 岸	産 卵	河 川	産卵期
	0 ⁺	1 ⁺ 2 ⁺	直 後	接岸期	回遊期	接岸期	遡上期	産卵期
			5月	11月	1-2月	4-5月	6月	9月
原虫類								
<i>Ichthyobodo necator</i> *	(FW)	+ ?	? ?	? ?	? ?	? ?	? ?	? ?
<i>Loma</i> sp.*	(FW)	+ +	? ?	? ?	? ?	? ?	? ?	? ?
<i>Kabatana takedai</i> *	(FW)	+ +	? ?	? ?	? ?	? ?	? ?	? ?
• <i>Eimeria truttae</i>	(FW)	+ +	- -	- -	- -	- -	- -	- -
ミクソゾア類								
• <i>Chloromyxum</i> sp.	(FW)	- -	- -	- -	- -	- -	- -	+ +
• <i>Myxidium oncorhynchi</i>	(FW)	+ +	- -	- -	- -	- -	+ +	+ +
• <i>Myxidium</i> sp.	(FW)	+ +	- -	- -	- -	- -	- -	+ +
• <i>Myxobolus neurobius</i>	(FW)	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
• <i>Myxobolus arcticus</i>	(FW)	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
単生類								
• <i>Tetraonchus awakurai</i>	(FW)	+ +	- -	- -	- -	- -	- -	- -
二生類								
<i>Tubulovesicula lindbergi</i>	(M)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
• <i>Brachyphalus crenatus</i>	(M)	- -	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
• <i>Parahemiurus merus</i>	(M)	- -	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
<i>Genarchopsis muleri</i>	(M)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	- -	- -
<i>Lcithaster gibbosus</i>	(M)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	- -	- -
<i>Dimerosaccus oncorhynchi</i>	(FW)	? ?	- +	+ +	+ +	+ +	- -	- -
条虫類								
• <i>Phyllobothrium caudatum</i>	(M)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
• <i>Niberlia surmenicola</i>	(M)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
• <i>Diphylobothrium nihonkaiense</i>	(M)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
• <i>Eubothrium</i> sp.	(M)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
線虫類								
• <i>Sterliadochona ephemeridarum</i>	(FW)	+ +	- -	- -	- -	- -	- -	- -
<i>Salvelinema salmonicola</i>	(FW)	+ +	+ +	+ +	- -	- -	- -	- -
• <i>Anisakis</i> sp larva	(M)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
• <i>Contraecaecum</i> sp.	(M)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	+ +	- -
• <i>Cucullanus</i> sp	(M)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	+ +	- -
<i>Rhabdchona</i> sp.	(?)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	- -	- -
• <i>Capillaria</i> sp.	(FW)	+ +	- -	- -	- -	- -	- -	+ +
鉤頭虫類								
<i>Echinorhynchus gagi</i>	(M)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
<i>Acanthocephalus minor</i>	(FW)	- -	- -	- -	- -	- -	- -	+ +
<i>Acanthocephalus</i> sp.	(FW)	+ +	+ +	- -	- -	- -	- -	- -
<i>Bolbosoma caenoforme</i>	(M)	- -	- +	+ +	+ +	- -	- -	- -
淡水二枚貝類								
<i>Margaritifera laevis</i> **	(FW)	+ +	- -	- -	- -	- -	- -	- -
橈脚類								
<i>Lepeophtheirus salmonis</i>	(M)	- -	- +	+ +	+ +	+ +	- -	- -
<i>Salmincola californiensis</i>	(FW)	+ +	+ +	+ +	+ +	- -	- -	- -

∴ 寄生率の高いもの、FW: 淡水産、M: 海産、*: 千歳川のみ、** : カワシンジュガイの棲息する河川
栗倉(1984)を改変

*表中の0⁺、1⁺、2⁺はそれぞれ0年魚、1年魚、2年魚を示す。

著者も Ijima (1889) に習って、海産サクラマスから得られたプレロセルコイド3虫体を食し、22日後に駆虫し、成虫3虫体を排泄したことがある(栗倉 1983)。人間の腸内での成長は驚異的であり、22日後には体長が96.6~181.4cm(体節数957~1,585)に達しており、1日に4.3~8.3cm成長し、体節数で44~72増加したことになる(図2)。しかし、自覚症状は非常に軽微であり、寄生による大きな影響を与えないのではないかとさえ思われた。成虫

の各体節の子宮には多くの虫卵を持ち、連日、莫大な数の虫卵を産出する（図3）。
サクラマスに寄生しているプレロセルコイドは冷凍することによって感染能力を失うため、
一度冷凍したものを食すれば、刺身で食べてもまったく問題はない。

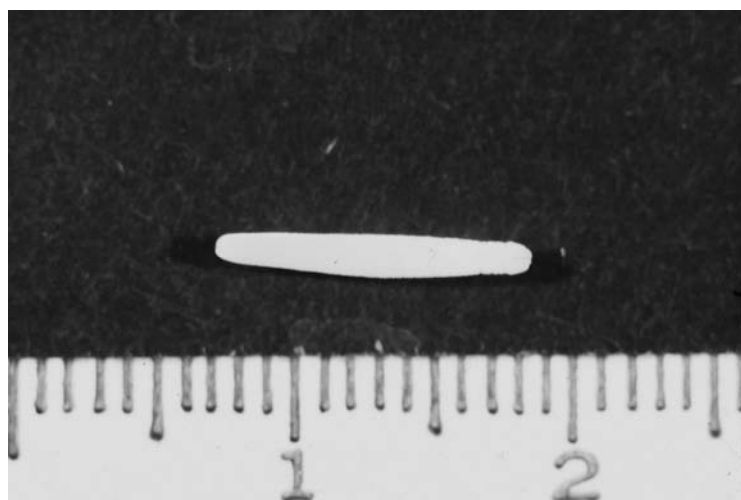


図1 日本海裂頭条虫のプレロセルコイド

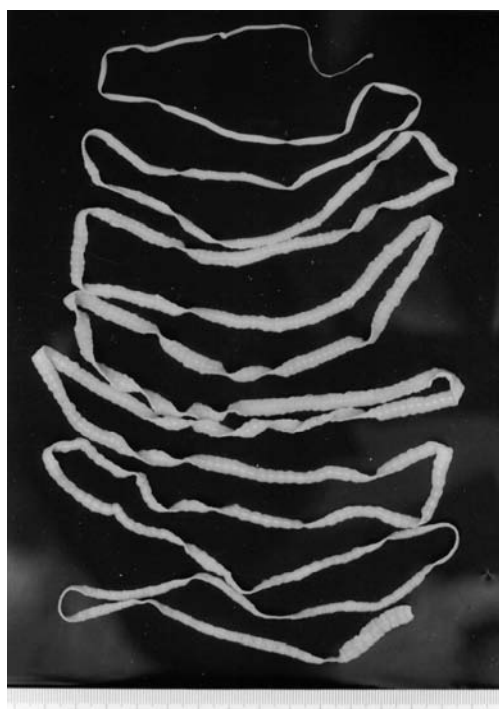


図2 自体実験で得られた日本海裂頭条虫の成虫
(体長：181.4cm、 体節数：1,438)

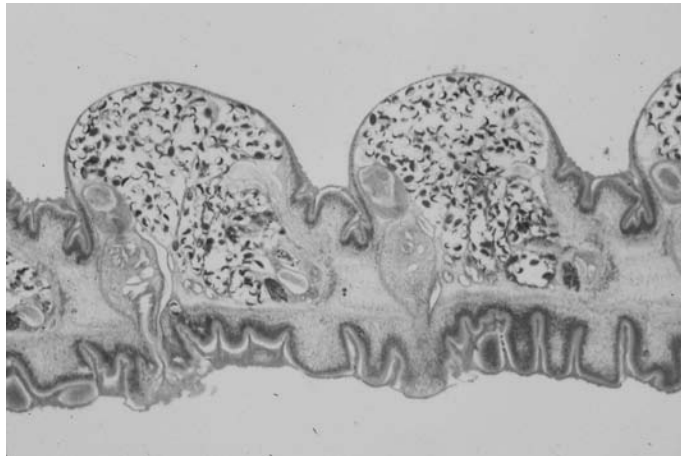


図3 各体節の子宮に充満する虫卵

カワシンジュガイのグロキディウム

北海道の河川には多数のカワシンジュガイが群生している河川がある（図4）。1965年までは、ヨーロッパに棲息するホンカワシンジュガイ *Margaritifera margaritifera* と同じ種とされていたが、Taylor & 上野（1965）の提案により、*M. laevis* となり別種として扱われるようになった。なお、環境省のレッドデータブック（2005）の絶滅危惧種Ⅱ類（VU）に指定されている。

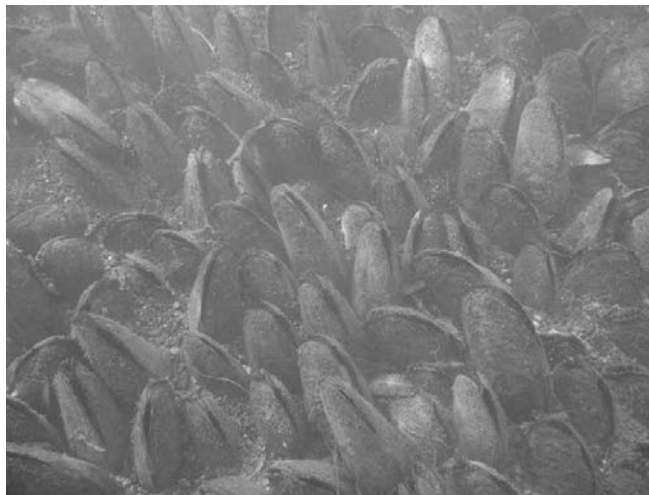


図4 河床に群生するカワシンジュガイ（天塩川本流にて）

イシガイ目の淡水二枚貝類は幼生の時、魚類に寄生しないと生残れない運命にある。アメリカおよびカナダの西海岸に注ぐ河川に生息するウチムラサキカワシンジュガイ *M. falcata* のグロキディウムは、ニジマスに寄生し（Davis 1934, Murphy 1942）、サハリン、千島列島、北海道および本州に生息するカワシンジュガイ *M. laevis* のグロキディウムはサクラマスおよびアマゴに寄生する（栗倉 1964、栗倉 1968、Taylor・上野 1965）。また、ヨーロッパとアメリカ東海岸に広く分布するホンカワシンジュガイ *M. margaritifera* のグロキディウムの

宿主は、しばらく不明のままであったが、Young & Williams (1984a,b) によって大西洋サケおよびブラウントラウトに寄生することが明らかにされた。世界の北半球に広く分布するカワシンジュガイ科3種はサケ科魚類を選択的にグロキディウムの宿主としている。この3種のグロキディウムは他のイシガイ目のグロキディウムと比較すると非常に小さく、サケ科魚類の鰓にだけ寄生する (Bauer 1997) (図5)。

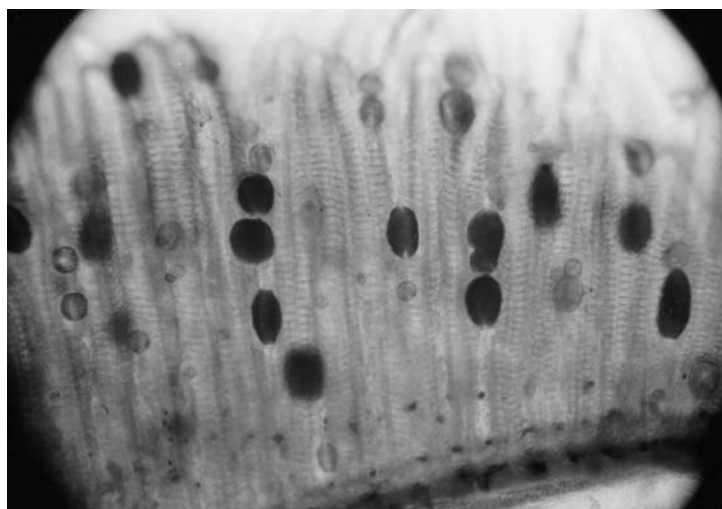


図5 サケ幼魚の鰓に多数寄生したカワシンジュガイのグロキディウム

ヨーロッパでは、以前ホンカワシンジュガイから天然真珠を採取するための漁業が盛んに行われた。この漁業は記録によるとローマ帝国時代にさかのぼり、ローマ軍が紀元前55年にブリテンへの侵行の重要な要因になっていたそうである (Cosgrove et al. 2000)。このため、生息数は著しく減少したが、近年はその保全のための施策が進められている。スコットランドでは、大西洋サケの資源減少がホンカワシンジュガイの絶滅に関与していると云われている (Hastei & Young 2003)。

わが国に棲息するカワシンジュガイも南限の広島県、岡山県などでは既に絶滅した個体群が報告されており (内藤・斉藤 1994)、北海道でも世代交代が行われていない個体群も知られている (Akiyama 2007)。その絶滅要因は色々あるが、グロキディウムの宿主となるサクラマス (ヤマメ) の減少あるいはダムなどによる遡上阻害なども原因している (粟倉 1969、Akiyama 2007)。

カワシンジュガイは河川によって違いがあるが、石狩川水系千歳川では、6月中旬～8月初旬に雌の鰓にある保育囊に産卵し、受精した後、6月中旬～8月中旬まで保育囊で育てられ、7月下旬～8月中旬に河川水中にグロキディウムを放出する (粟倉 1968)。これらのグロキディウムは莫大な数に及ぶが、宿主に出会い、鰓に寄生できるものは極めて少ない。ヨーロッパのホンカワシンジュガイでは、宿主に遭遇できるのは250万の1であると報告されている (Bauer 2001)。北海道の自然河川の場合、主に棲息密度の最も多いヤマメ0年魚に寄生するが、寄生期間は30～45日間に及ぶため、宿主の免疫抵抗に合い、一部は死に至る

(Akiyama 2007)。

カワシンジュガイを保全するにはサクラマス資源の保全が欠かせない。

近年になって、長野県の信濃川水系逆さ川から、ヤマメには寄生せず、イワナに寄生するコガタカワシンジュガイ *Margaritifera togakushiensis* が新種記載された (Kondo & Kobayashi 2005、Kobayashi & Kondo 2005)。これらは遺伝学的にも別種であることが確認されている (Kurihara et al. 2005)。すなわち、長い間、わが国に生息するカワシンジュガイは1種とされてきたが、近年になってもう一種が加わったことになる。調べてみると、北海道の道東の河川にもカワシンジュガイに混じってコガタカワシンジュガイが棲息していることが分かっている (近藤 2007、栗倉未発表) (図 6)。

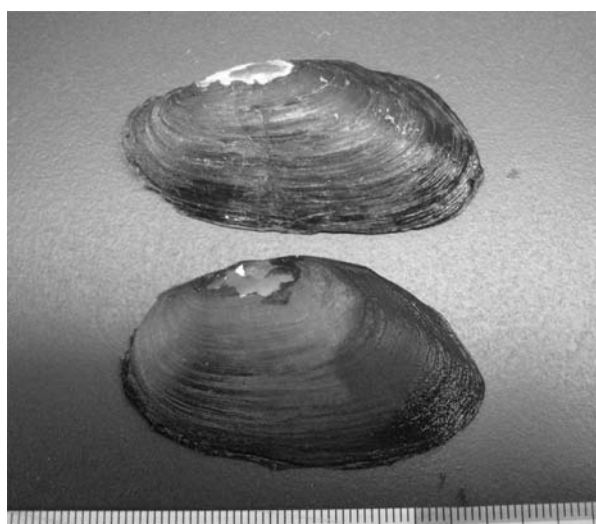


図 6 上：カワシンジュガイ 下：コガタカワシンジュガイ

西村 (1990) は「日本海の成立」の中で、サケ属の起源とカワシンジュガイの宿主特異性を取上げている。カワシンジュガイは氷期依存種といわれ、その起源は非常に古い。コガタカワシンジュガイの分布を見ると、標高の高い本州の河川と道東の河川である。宿主がイワナであることからコガタカワシンジュガイはカワシンジュガイの祖先種と近いものと考えられ、カワシンジュガイは宿主の進化とともに別種に進化したのではないかと思う。こんなことを考えると、カワシンジュガイとコガタカワシンジュガイはきわめて興味深い生物である。なお、最近、コガタカワシンジュガイは環境省レッドデータブックで絶滅危惧種 I 類 (CR+EN) に指定された (近藤 2007)。

カワシンジュガイ科の3種は非常に長命である。ヨーロッパのホンカワシンジュガイでは190才という記録があり、著者も阿寒川で79才の貝を採集している (Ziuganov et al. 2001、栗倉 1969)。カワシンジュガイは宿主よりもはるかに長生きして、効率の悪い世代交代を続けており、宿主のサクラマスの資源変化や河川環境変化などにより、世代交代ができなくなり、絶滅の危機にさらされている個体群が多いのである。

あとがき

日本海裂頭条虫については、Ijima (1889) に習って著者も自体実験 (栗倉:1983) を行ったことを書いたが、近年、おかしな現象が起きている。医学系のある先生が一般の書籍に、日本海裂頭条虫などの寄生虫がアレルギー反応を抑制する成分を分泌し、アレルギー症状の特効薬として期待されるとか、ダイエットにも効果があり、有名なオペラ歌手のマリア・カラスが広節裂頭条虫でダイエットし、105kg から 55kg になったとか、まことしやかに書かれていたため、インターネットのサイトにも日本海裂頭条虫プレロセルコイドの入手を希望する書込みがなされている。著者が以前所属していた道立水産孵化場にも一時、本州からの問合せがあったそうだ。なお、マリア・カラスのお話は伝記作家の創作であつたらしいし、一般に日本海裂頭条虫のプレロセルコイドは病原体であるので、これを他人に与えることは刑事罰の対象となる。

著者は貝類の専門家ではないが、たまたま、約 40 年前にカワシンジュガイのグロキディウムがサケ科魚類に寄生して魚病の原因になる経験をして、その寄生生態を報告した。アメリカ西海岸のウチムラサキカワシンジュガイのグロキディウムがニジマスに寄生することを報告した Davis (1934) および Murphy (1942) も著者と同様で、貝類の専門家ではなく、魚病対策の必要性から調査し報告している。なお、Dr. Davis は米国の国立孵化場の場長をした人で、英語で書かれた最初の魚病の本である「釣魚の養殖と魚病」を 1956 年に刊行している。

著者はカワシンジュガイがサクラマス (ヤマメ) に寄生できないと世代交代ができないとか、人間と変わらない程長命であるなど、その生態に興味を持った懐かしい思い出がある。近年、カワシンジュガイが絶滅危惧種に指定されたことで、現在の仕事に関係ができた。このため、現在の研究者との出会いがあり、また、近年の多くの報告を読む機会があつた。約 40 年前の著者の報告は、現在の貝類の研究者にも引用されており、ヨーロッパのホンカワシンジュガイの研究者にも広く引用されていることを知ることができた。また、ホンカワシンジュガイ研究の権威であるドイツの Dr. Bauer とも交流ができた。イーメールによると、彼は 20 年ほど前に日本に来て日本のカワシンジュガイを研究したいと考えたことがあつたそうである。もし、彼の来日が実現していたら、わが国におけるカワシンジュガイの研究も大きな進歩があつたのではないかと思う。人と仕事との出会いは本当に不思議なものである。

(文献)

- 1) Akiyama Y. (2007) : Factors causing extinction of a freshwater pearl mussel, *Margaritifera laevis* in Japan (Bivalvia: Unionoida) . Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers. [博士. (地球環境科学) 学位論文].
- 2) 栗倉輝彦 1964: サケ科魚類に寄生したカワシンジュガイ幼生について, 水産孵化場研究報告, No.19.
- 3) 栗倉輝彦 1968: カワシンジュガイ有鉤子幼虫の寄生生態について, 同上, No.23.
- 4) 栗倉輝彦 1969: カワシンジュガイの年令組成とサケ科魚類の資源変動との相関性について

- て, 同上, No.24.
- 5) 栗倉輝彦 1983: 広節裂虫条虫と自体実験, 魚と水, No.21.
 - 6) Awakura T. 1989 : Parasitology of masu salmon, *Oncorhynchus masou* , Physiol. Ecol. Japan, Spec. Vo.1.
 - 7) 栗倉輝彦・小島博・杉若圭一 1981: サクラマスに寄生する研究-I . 淡水生活期における *Tetraonchus* (単生類) の鰓寄生, 水産孵化場研究報告, No.36.
 - 8) 栗倉輝彦・小島博・杉若圭一 1981: サクラマスの寄生に関する研究-2. 腎臓に寄生する胞子虫について, 同上, No.36, 65-73.
 - 9) 栗倉輝彦・小島博・杉若圭一・小川俊文 1982: サクラマスの寄生に関する研究-III 脊髄に寄生する粘液胞子虫 *Myxobolus* について, 同上, No.37.
 - 10) 栗倉輝彦・小島博・杉若圭一・野村哲一 (1983) : サクラマスの寄生に関する研究-V 幽門垂に寄生する球胞子虫 *Eimeria truttae* について, 同上, No.38.
 - 11) 栗倉輝彦・野村哲一 1983: サクラマスの寄生に関する研究-VI 消化管に寄生するヘミウルス類について, 同上, No.38.
 - 12) 栗倉輝彦・田中寿雄・坂井勝信・小出展久 (1984) : サクラマスの感染症の診断と病害防除, 1. 北海道のサクラマス, 昭和 55-57 年, 近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究, (マリーナランディング計画) プログレス・レポート, 水産庁養殖研究所.
 - 13) 栗倉輝彦・阪口清次・原武史 (1985) : サクラマスの寄生に関する研究- VIII 広節裂頭条虫プレロセルコイドの寄生状況, 同上, No.40.
 - 14) 栗倉輝彦・杉若圭一 (1988) : カワシンジュガイの年令と成長について, 魚と水 No. 25.
 - 15) Awakura T., Nagasawa K. & Urawa S. (1995) : Occurrence of *Myxolus arcticus* and *M. neurobius* (Myxosporae) in musu salmon *Oncorhynchus masou* from northern Japan. Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery. No.49.
 - 16) Bauer G. (1997) : Host relationships at reversed generation times: *Margaritifera* (Bivalvia) and Salmonids. Ecological Studies 130. Dettner et al.(eds.) Vertical Food Web Interactions. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
 - 17) Bauer G. (2001) : Factors affecting naiad occurrence and abundance, Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida. Ecological Studies 145. Bauer and Wachtler(eds.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg..
 - 18) Cosgrove P. Hastie L. C. & Young, H. R. 2000: Freshwater pearl mussels in peril. British Wildlife 1 I.
 - 19) Davis H. S. (1934) : Care and diseases of trout. p.:1-69. Aquicultural Investigation, U.S. Bureau of Fisheries.
 - 20) Hastie I. C. & Young M. R. (2003) : Conservation of the freshwater pearl mussel. 2. Relationship with salmonids. Coserving Natura 2000 Rivers Conservation Techniques Series No.2.
 - 21) 波部忠重 (1988) : 氷期遺存種カワシンジュガイ, 日本の生物, 2 (9).

- 22) Ijima I. (1889) : The source *Bothriocephalus latus* in Japan, Jour. Coll. Sci. Tokyo. Imp. Univ. 2 (1).
- 23) 近藤高貴 (2007) : 日本産イシガイ類図鑑,
<http://www.osakakyoiku.ac.jp/~kondo/unio/unio.html>.
- 24) Kondo T. & Kobayashi O. (2005) : Revision of the genus *Margaritifera* (Bivalvia: Margaritiferidae) of Japan, with description of a new species. *Venus* 64.
- 25) Kobayashi O. & Kondo T. (2005) : Difference in host preference between two populations of freshwater pearl mussel *Margaritifera laevis* (Bivalvia: Margaritiferidae) in Shinano river system, Japan. *Venus* 64.
- 26) Kurihara Y., Sakai H., Kitano S., Kobayashi O. & Goto A. (2005) : Genetic and morphological divergence in the freshwater pearl mussel, *Margaritifera laevis* (Bivalvia: Margaritiferidae), with reference to the existence of two distinct species. *Venus* 64.
- 27) Mayama H. (1989) : Seasonal changes in the infection of *Acanthocephalus* sp. (Acanthocephala) in juvenile masu salmon *Oncorhynchus masou*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55 (9).
- 28) Murphy G. (1942) : Relationship of the freshwater mussel to trout in the Truckee River. Calif. Fish and Game 28.
- 29) 内藤順一・斉藤邦男 (1994) : 南限域におけるカワシンジュガイの概要. カワシンジュガイ保護増殖検証事業報告書, 環境庁.
- 30) Nagasawa K., Urawa S. & Awakura T. 1987: A checklist and bibliograpy of parasites of salmonids of Japan. *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery*. 41.
- 31) Neave F. (1958) : The origin and speciation of *Oncorhynchus*. *Trans. R. Soc. Can.* 52.
- 32) 西村三朗 (1990) : 日本海の成立, 1-230, 築地書館.
- 33) 島津武・栗倉輝彦 (1993) : 海洋生活期のサクラマスから見出された淡水産二生吸 *Dimerosaccus oncorhynchi* について, 水産孵化場研究報告, No.47.
- 34) 高松賢二郎・長澤和也・栗倉輝彦 (1990) : 魚病病原体の起病性に関する研究 (サクラマスにおける広節裂頭条虫の寄生実態調査), 平成元年度魚病対策技術開発研究成果報告, 水産庁.
- 35) Taylor D. W.・上野輝弥 (1965) : 北太平洋周辺地域におけるカワシンジュガイとサケ科魚類の宿主特異性及びその進化, *Venus* 24.
- 36) Urawa S. & Awakura T. (1994) : Protozoan diseases of freshwater fishes in Hokkaido. *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery*, 48.
- 37) Yamane Y., Mamo H., Bylund G. and Wikgren B. (1986) : *Diphyllobothrium nihonkaiense* sp. nov. (Cetoda: Diphyllobothriidae) revised identification of Japanese broad tapeworm. *Shimane J. Med. Sci.* 10.
- 38) Young M. & Williams J. (1984a) The reproductive biology of the pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Scotland. I. Field studies. *Arch Hydrobiol* 99.

- 39) Young M. & Williams J. (1984b) The reproductive biology of the pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Scotland. II. Laboratory studies. Arch. Hydrobiol 100.
- 40) Ziuganov et al. (2001) : The pearl mussel-salmon community in the Varzuga River, northwest Russia: Problems of environmental impacts. Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida. Ecology Studies 145. Bauer and Wachtler(eds.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg.