

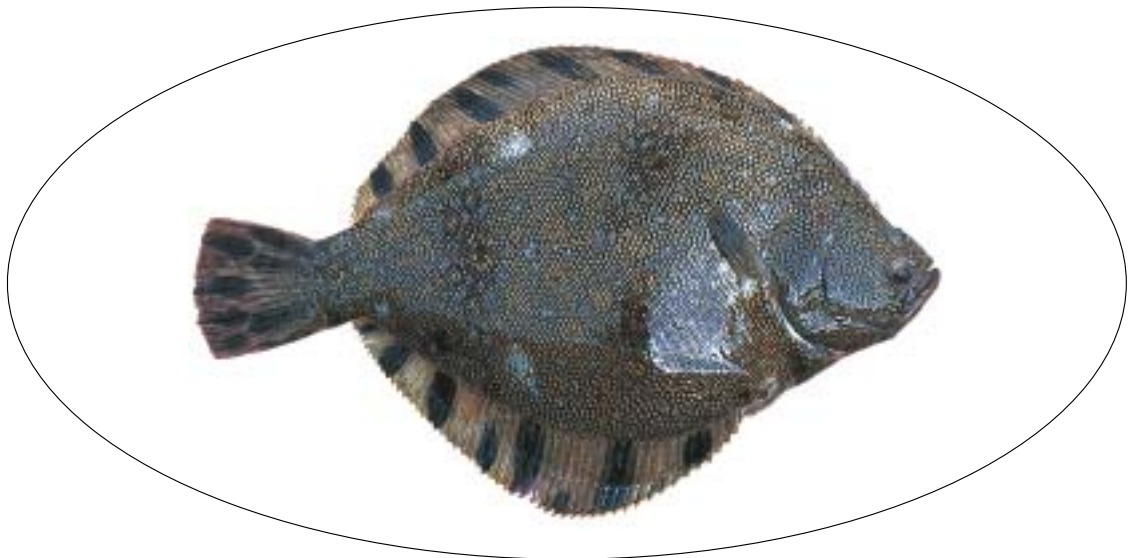
技術資料 No. 5

Technical Report No. 5

## 北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状

The recent studies on the stock enhancement of the barfin flounder

*Verasper moseri* in Hokkaido



北海道立水産試験場

Hokkaido Fisheries Experimental Station

2005年3月

March, 2005

# 北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状

## 目 次

北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状	1
北海道におけるマツカワの栽培漁業、技術開発フロー図	3
北海道におけるマツカワ種苗生産研究	4
北海道におけるマツカワ養殖研究	36
北海道におけるマツカワ病理研究	40
北海道におけるマツカワ種苗放流研究	43
北海道におけるマツカワ漁業資源研究	50
マツカワの種苗生産計画	64
マツカワ参考文献リスト	72

# 北海道におけるマツカワ栽培漁業研究の現状

北海道立中央水産試験場 高 丸 禮 好

## はじめに

冷水性の大型カレイであるマツカワは、その形態の優雅さと上品な味わいにふさわしい「王鰈」というブランド名を頂くとともに、北海道における新しい栽培漁業の対象種として、種苗生産、中間育成、種苗放流に関する技術開発が精力的に進められてきた。平成18年度には「えりも以西海域拠点センター」が開業し、100万尾の種苗生産と放流事業が開始されようとしている。本稿は、平成15年度に「マツカワランチング」として、北海道のマツカワ栽培漁業研究に関するレビューと技術開発上の問題点の整理を行うとともに、「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」へ応募するための資料として用いた内容について、「技術資料」として再整理したものである。「マツカワランチング」の当初の目的に沿って他機関との連携による大規模な予算化は不調に終わったが、現時点での北海道水試におけるマツカワ栽培漁業研究の現状と問題点について整理をしたこの「技術資料」が今後の技術開発のための跳躍台となるよう期待したい。

## 北海道水産試験場におけるマツカワ栽培漁業研究の経緯

北海道水産試験場におけるマツカワ栽培漁業関連の技術開発は、3頁の「北海道におけるマツカワの栽培漁業、技術開発フロー図」に示すとおり、昭和63年度から養殖技術開発試験、平成2年から国費補助事業による種苗生産及び種苗放流技術開発試験が行われている(平成2～6年 特定海域新魚種量産技術開発事業、平成7～11年 特定海域新魚種定着促進技術開発事業、平成12～19年 放流基礎調査事業)。当初、道栽培センターにおける種苗生産技術開発は順調に進行したが、平成6～8年にウイルス性神経壊死症(VNN)が発生し、技術開発が停滞した。親魚のELISA法、種苗のPCR法によるウイルスチェック等によりVNNから脱却した。平成9年から種苗生産数がほぼ予定どおり確保できるようになり、現在、道栽培センターでは10万尾規模の種苗生産が可能となり、種苗放流試験用に各地の中間育成施設に配布されている。これらの技術開発により種苗生産については、ほぼ安定した技術として確立され、大量生産施設への技術移転を待つばかりである。現状の問題点としては形態・体色異常防除、大規模施設における作業工程の確認(移送、選別、網生け簀飼育等)と採卵、仔稚魚期生残率の安定化等であるが、現状の種苗生産技術とその改良で技術移転が可能と考えられる。ただ、事業規模で低コスト化を図るためには形態・体色異常防除技術を根本的に解決する必要がある。このためには、変態期の環境条件、栄養条件、内分泌条件等の基礎的な解明が必要である。

放流技術に関しては日本海を除く各地で種苗放流試験が実施され、10%以上の回収率も認められているが、種苗性の付与や評価など回収率向上のための検討がさらに必要である。また、放流効果の確認、放流魚の再生産機構の解明、遺伝的多様性の課題等について遺伝解析の手法等を用いたより高度な試験研究の推進が必要である。

資源管理に関しては、天然魚がほとんど存在しない現状から、漁獲の大部分を放流魚と

見なして評価・管理することができる。資源実態の解析と放流魚の動態調査を併行して実施していく必要がある。

マツカワの防疫対策に関しては、これまでの VNN 防除対策の経緯から、多くの知見が得られている。今後も、防疫対策をとりながら種苗生産・中間育成を進めていくことになる。

マツカワ養殖技術に関しては、全雌化、三倍体、純系魚作出等の基礎的な試験が行われているが、養殖用種苗の生産技術と安定した養殖技術の確立が必要である。

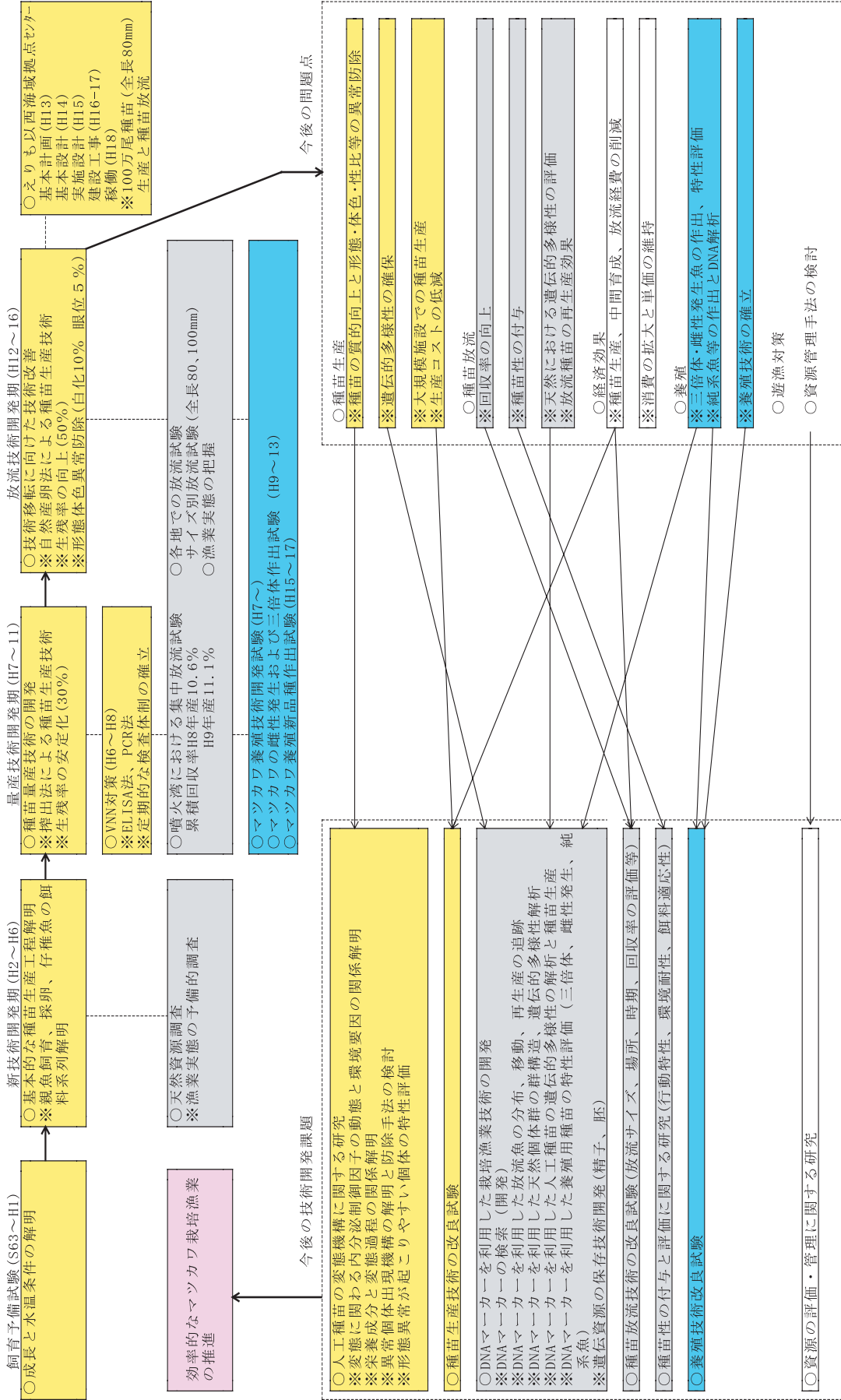
### 本道におけるマツカワ栽培漁業の産業展開

マツカワは第2次北海道栽培漁業基本計画(昭和63～平成5年)で初めて技術開発魚種として位置づけられた。第3次計画(平成6～11年)及び第4次計画(平成12～16年)では栽培漁業推進魚種に指定され、平成16年度までにDレベル(事業化検討期)に到達することとされている。

道は、平成10年度に「栽培漁業海域拠点センター構想」を策定し、全道5か所に拠点センターを建設し、広域魚種の種苗放流を展開することとした(既に稼働していた羽幌、瀬棚センターは、日本海南・北海域拠点センターと位置づけられた)。これらの検討の中で、平成12年度にマツカワ種苗100万尾放流のための「えりも以西海域拠点センター(えりも町～南茅部町(現函館市))」の設立基本構想が立てられた。この構想は、平成13年度に基本計画、平成14年度に基本設計、平成15年度に実施設計へと進み、平成16～17年度に建設工事が行われ、平成18年度には開業の予定である。第5次北海道栽培漁業基本計画(平成17～21年)では、Eレベル(事業化実証期)としての事業展開が予定されている。北海道水産試験場としてもこれまでの技術的成果に新たな技術開発を加えてこの産業展開を支援していきたい。

(平成17年3月)

# 北海道におけるマツカワの栽培漁業、技術開発フロー図



# 北海道におけるマツカワ種苗生産研究

北海道立栽培漁業総合センター 萱場 隆 昭

## はじめに

マツカワは北日本の太平洋およびオホーツク海域に生息する冷水性の大型カレイである。低水温でも成長がよく、商業的価値も優れていることから北海道における重要な栽培漁業対象種として有望視されている。

マツカワの種苗生産に関する研究開発は、1981年に（社）日本栽培漁業協会厚岸事業場（現独立行政法人水産総合研究センター厚岸栽培センター）で行われたのを始めに、北海道立栽培漁業総合センター（以下、道栽培センター）および岩手県水産技術センター（以下、岩手水技センター）においても国費補助事業として取り組まれてきた（平成2～6年特定海域新魚種量産技術開発事業、平成7～11年特定海域新魚種定着促進技術開発事業、平成12～17年放流技術基礎調査事業）。道栽培センターにおける種苗生産研究は、1989年に初めてマツカワ成魚の飼育試験を実施したことに始まる。1991年には日本栽培漁業協会から受精卵を導入して卵管理およびふ化試験を行った。また、1992年には天然由来の親魚から採卵し人工受精によって受精卵を得ることに成功した。さらにヒラメの仔稚魚飼育技術を模して種苗生産技術の開発に取り組んだ結果、生産数は最大数万尾程度まで増加をみせた。しかし、技術開発を進める中で、親魚の成熟不良、採卵の不調、仔魚の初期大量へい死、ウイルス性神経壊死症（VNN）の発症など、様々な問題に直面し、生産数や生産効率が不安定である時期もあった。その後、北海道区水産研究所（現独立行政法人水産総合研究センター北海道区水産研究所）や北海道大学の協力を得ながら問題解決に取り組み、現在では人工受精や自然産卵誘導によって受精卵を確保できるようになり、また、初期減耗防除技術やVNN防疫対策が確立してほぼ安定的に種苗を生産することが可能となった。近年、北海道水産林務部では、マツカワの資源増大を目指して百万尾規模での種苗放流事業を計画しており、海域拠点センターの施設整備や民間への技術移転が準備されている。

本稿では、これまでの種苗生産研究で得られた成果や技術到達度を生産工程（「親魚養成」「採卵」「仔稚魚飼育」「中間育成」）ごとに整理した。さらに、現段階で残された問題点を明らかにし、今後、取り組むべき研究課題について考察した。執筆にあたり、種苗生産研究にたずさわった全機関の成果を列挙し、現在の技術レベルをできるだけ正確に要約するよう努力した。なお、種苗生産において防疫対策は不可欠であり、中でもVNN防除に関しては非常に多くの知見が得られている。しかし、これらは後稿で詳述されるため、本稿では省略したい。

## 1. 親魚養成技術

### 1. 1. 親魚の確保と養成技術

#### 親魚の確保

魚類の種苗生産において、成熟した親魚を安定確保できるかどうかは種苗生産の可否を決定する。しかし、天然資源量が極めて少なく成魚の漁獲自体がまれであるマツカワにとって、成熟した親魚を十分量、計画的に確保することはほぼ期待できない。そのため、水揚げされた成魚を活魚輸送し人工環境下で確実に成熟させる、または種苗生産した稚魚を成魚となるまで養成し（これらを人工養成魚と称す）成熟を促す必要がある。道栽培センターでは、必要量の受精卵を毎年計画的に確保できるという利点から主に人工養成魚群を親魚として使用している。一方、近親交配により遺伝特性が均一化する恐れもある。そのため、各海域協議会や水産技術普及指導所の協力のもとに、道内各地で漁獲された天然個体を積極的に入手し、それらから得た卵および精子も種苗生産に使用している。

#### 養成水槽・飼育密度

現在、親魚養成に用いられている水槽は、容量が8～50 t、材質はコンクリート製、FRP製、キャンバス型であり、飼育機関によって多様である。親魚に与えるストレスを軽減するため、水深が浅く、底面積が広い水槽が適すると考えられている<sup>1)</sup>。養成密度は、全長30mm（満2か月）で2,000～3,000尾/m<sup>2</sup>、全長150mm（満8か月）で50～70尾/m<sup>2</sup>、1歳以上で5～10尾/m<sup>2</sup>、2歳以上では1.2～2.0尾/m<sup>2</sup>程度である<sup>2,3)</sup>。過密による成長不良や疾病の発症を防ぐため、成長に併せて、適宜分槽する必要がある<sup>4,5)</sup>。

#### 餌料

本種は魚類・甲殻類食性であるため<sup>6-8)</sup>、餌料として、イカナゴ、サンマ、チカ、エビジャコ等の生餌、または生餌とオキアミミールマッシュから作成したモイストペレットが用いられている。また、配合飼料による給餌も可能である。親魚の餌料別飼育実験を行った結果、配合飼料のみで養成した親魚からも良質卵が得られることが明らかとなり<sup>5,9,10)</sup>、現在、道栽培センターでは養成経費の低減、作業の効率化を目的として、配合飼料のみによる養成が試されている。

#### 養成水温

水温はマツカワの成長や成熟を制御する重要な環境因子である。道南太平洋の飼育施設の場合、地先汲み上げ海水の水温変動で養成することが可能である。しかし、夏季、水温が22℃以上になった場合、また秋から冬にかけて6℃以下に低下した場合、摂餌が停止し成長が停滞する。さらに水温が2℃以下となると、低水温によってへい死する個体が認められる。そのため、道栽培センターでは、0歳および1歳時の冬季間は10℃程度までに加温して養成しており、成長遅滞やへい死がおこらない様に留意している。併せて、水温は雌雄の性成熟過程に大きく影響するため、次年度に採卵・採精を予定している親魚群においては、水温設定に注意が必要である。水温と性成熟との関連については後段で詳述する。

## 成長

図1に道栽培センターで養成したマツカワ親魚の全長および体重を示した。ふ化後わずか18か月で全長30cm、体重500gをこえ、雌においては48か月で全長60cm、体重3～4kgに達する。他のカレイと比較してもその成長速度は群を抜いている。冬期間やや加温して養成した場合、その成長は、雄で  $L_t$  (t日齢における全長) =  $486.4 (1 - \exp(-0.0022(t - 49.7)))$ 、 $W_t$  (t日齢における体重) =  $641.2 (1 - \exp(-0.0015(t - 45.6)))$ 、雌で  $L_t$  =  $1574.1 (1 - \exp(-0.0034(t - 133.4)))$ 、 $W_t$  =  $2949.1 (1 - \exp(-0.0026(t - 148.0)))$  の関係が認められている<sup>2)</sup>。水温や飼育密度が成長に影響することは既に述べたが、それ以外にも近年、山野目ら<sup>11)</sup>によって飼育水槽の色がマツカワの成長に影響すると報告されている。それによると白色水槽で飼育した群は黒色水槽飼育群に比べて増重率が高い。これに関する生理的機序の解明が待たれる。また、本種では成長を制御する内分泌因子インシュリンの測定系が開発されている<sup>12-14)</sup>。養成魚の栄養状態を管理するうえでの重要な一指標として生産現場での実用が期待されている。

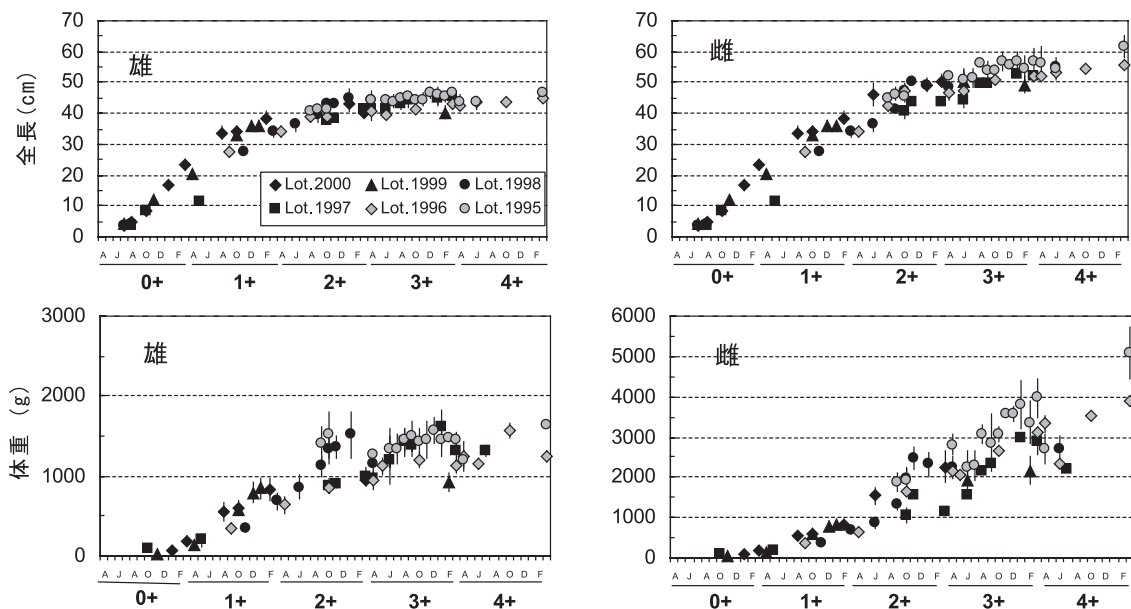


図1 道栽培センターで養成したマツカワ親魚の成長

## 雌雄の判別

0～2歳まではその外観から雌雄を見分けることは困難である。3歳になると、雌雄間の成長差が顕著となり（雌は雄に比べサイズが大きく、体厚も高い）、肉眼観察でも雌雄の判別が可能となる。また、近年、Matsubara et al.<sup>15)</sup>は、超音波断層撮影装置を用いることにより、全長200mmの個体でも生殖腺の形状から雌雄判別が可能であることを報告している。



## 1. 2. 雄の性成熟

天然海域でのマツカワ雄の性成熟に関する情報はほとんどない。従って、人工飼育を通して得られた知見が中心である。また、本稿で人工養成魚の年齢を論ずる際、混乱をさけるため、便宜上、すべて4月1日を受精日とした。そのため、毎年4月1日を経過すると年齢が1歳増すことになる。

### 成熟年齢および時期

飼育環境下において、本種の雄は満2歳の3月上旬～中旬に初めて採精が可能となる（受精能をもった機能的な精子が得られる）。一部、1歳の3月から採精できる個体もあるが、採精量は少ないため、通常人工授精には使用しない。また、加齢するに従い採精できる時期が早くなる傾向がみられ、3歳魚は2月中旬～下旬、4歳魚では2月上旬～中旬である。採精できる期間は20日～30日間程度であるが、飼育水温や親魚の年齢によって変動し、また個体間でも幅がある。

### 精子形成・成熟過程

生殖腺体指数（GSI）の周年変化および組織学的観察から、精子形成が進行し成熟するまでの過程が明らかとなっている<sup>5,16-19</sup>（図2，3）。自然海水温で飼育した雄の場合、GSIは10月まで0.5以下と低いままである。5～7月、精巣内にはA型精原細胞のみが観察されるが（前精子形成期）、8月以降はB型精原細胞および精母細胞を含む包囊が主として認められる（精子形成初期）。

11月～12月になるとGSIは急激に増加する。精巣内には精細胞を含む包囊が大部分を占める（精子形成中期）。1月になるとGSIは緩やかに低下し始めるが、精巣内には精子が充満している（精子形成後期）。2月以降は輸精管内に精子が排精されて機能的成熟期となり、その後、4月までは搾出によって採精が可能である。

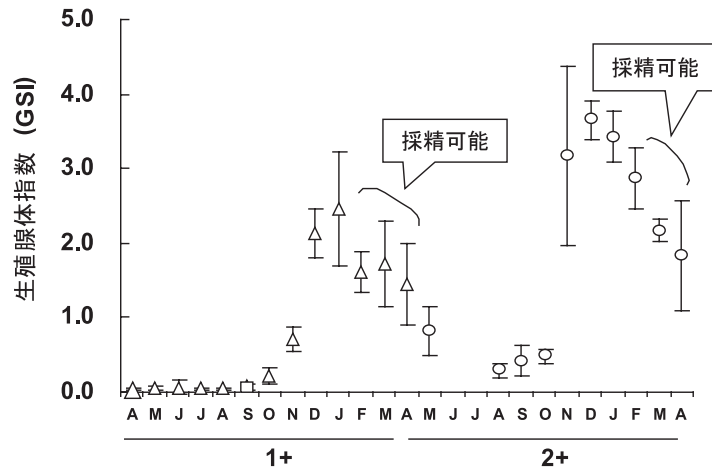


図2 飼育したマツカワ1歳魚（△）雄および2歳魚（○）雄の生殖腺体指数の変化

### 雄の性成熟制御

マツカワ雄の性成熟過程は水温によって強く制御されていることが明らかとなっている<sup>20</sup>。精子形成が進行するには秋季から冬季にかけての水温低下が絶対条件であり、高水温のまま飼育すると減数分裂が停止し（精母細胞のままの状態）、また、それが長期にわたると生殖細胞が退行する。この性質を利用し、水温が低下する時期をコントロールすることによって採精可能時期（成熟時期）をある程度の範囲で前後させることが可能であり、雌雄の性成熟のピークを同期化させることができる（図4）。また、親魚にLHRHa（合成黄

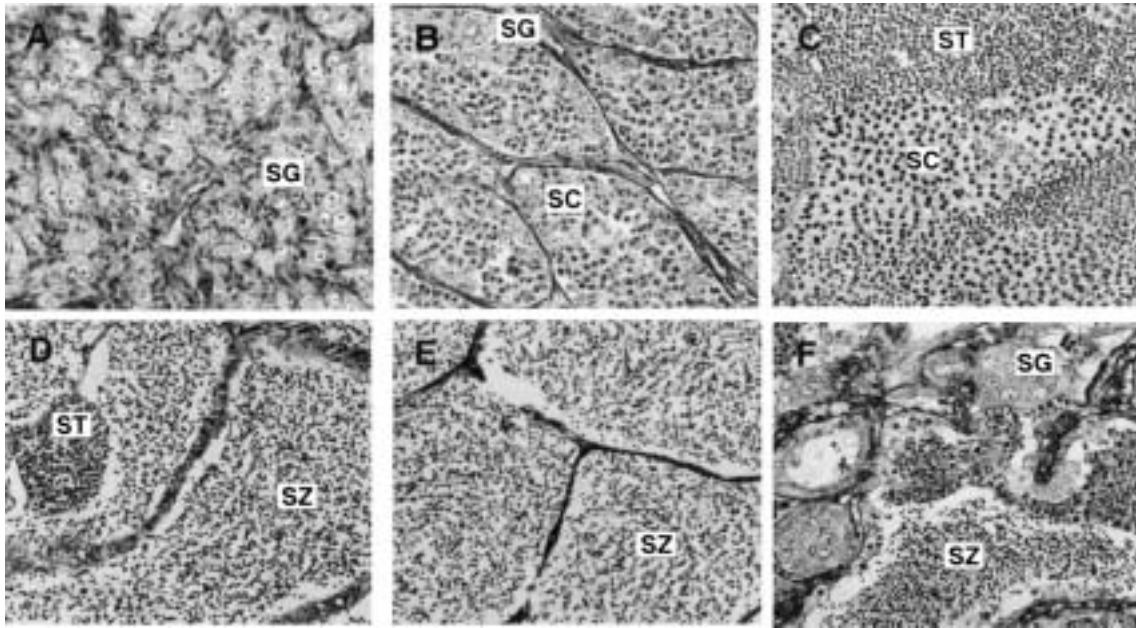


図3 自然海水温で飼育したマツカワ2歳魚の精巣の組織変化  
 A前精子形成期；B精子形成初期；C精子形成中期；D精子形成後期；E機能的成熟期；  
 F退行期. SG 精原細胞；SC 精母細胞；ST 精細胞；SZ 精子

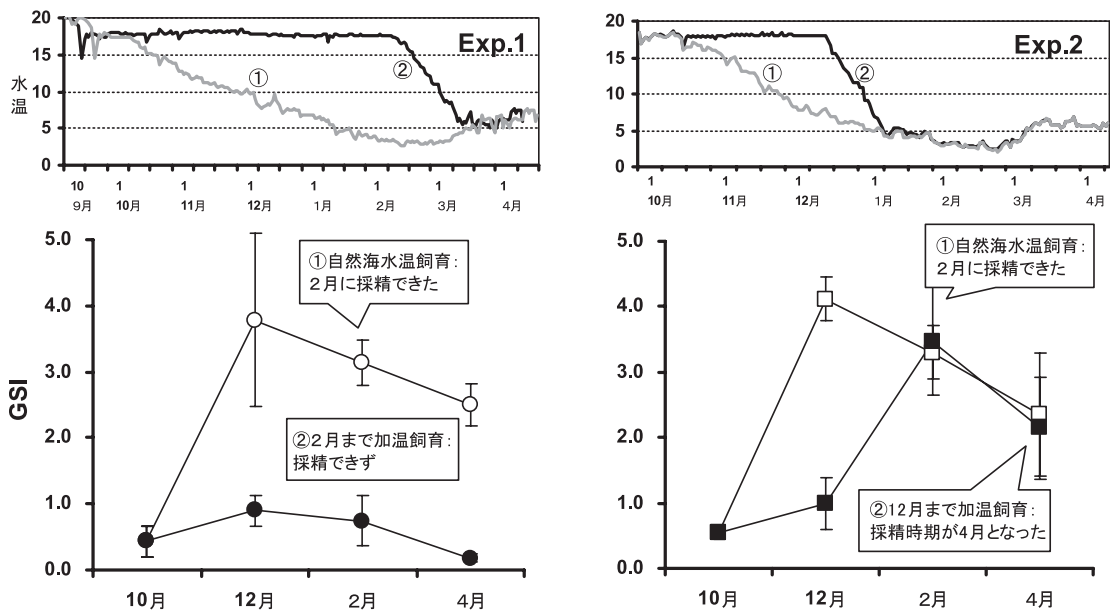


図4 異なる水温で飼育したマツカワ雄のGSI変化  
 秋から冬にかけての水温低下時期を遅らせることにより、雄の成熟時期を人為的に遅らせることができる

体形成ホルモン放出ホルモン) コレステロールペレットを埋め込むことによって人為的に成熟を早めることができ、さらに採精可能期間も長くなることが報告されている<sup>17)</sup>。光周期など水温以外の外的要因と精子形成との関連性についてはまだ知見がない。

## 採精量、精子の質

産卵盛期である3月～4月、人工搾出によって一度に採取できる精液量は3～20ml程度である<sup>17,21)</sup>。親魚が加齢するほど採精できる量が多くなる傾向がみられる。技術開発の開始当初、精液を得ることができたとしてもその運動活性が低く受精には適さない事例が多かった。精液産生の過程（最終成熟）に何らかの問題があると推測し、飼育水温の制御や採精適期の検討、さらにホルモン投与<sup>17,20,22,23)</sup>を試した。それらの成果により、現在では質のよい精子を確実に採取できるようになっている。また、持田ら<sup>24)</sup>はマツカワ精子の保存技術や運動活性変化に関して詳細な研究を行い、本種の精子は搾出後も数日間は受精能を保持すること、人工精しょう中で長期間保存が可能であること、また、雌の卵に精子運動を活性化させる因子があることを明らかにしている。

### 1. 3. 雌の性成熟

#### 成熟年齢

自然海水温で養成した場合、雌では満4歳の4月から採卵可能となる。一方、養成期間中、冬期に加温飼育し成長を促進した親魚群においては、満3歳の4月で全個体が成熟し排卵に至る<sup>4,5)</sup>。従って、マツカワ雌の初回成熟（産卵）年齢は産卵を迎える春までの成長レベルで決まる可能性が高い。このことは養成水温別の飼育実験においても実証されており、それによると雌が成熟可能となる推定最小サイズはおよそ全長45cmである<sup>5,25,26)</sup>。

#### 成熟・排卵時期

本種の天然環境下における産卵期は、北海道で11～1月、岩手県で11～4月といわれている<sup>27)</sup>。一方、胆振・日高海域<sup>28)</sup>および道東海域<sup>29)</sup>における漁獲調査によると、排卵した卵を持った雌親魚は主に4月～6月にかけて漁獲された事例が多く、本道近海でのマツカワ産卵盛期は冬季というよりも春から初夏ではないかと考えられる。飼育環境下では、2月下旬（飼育水温約2℃）から3月上旬にかけて徐々に昇温し、水温を6℃程度に保つことにより3月中旬以降排卵を誘起できる<sup>20,30)</sup>。このことは水温上昇が雌の最終成熟および排卵を誘起する刺激となっていることを示唆し、同時に先の仮説を支持する。また、成熟・排卵時期は親魚が加齢することによりやや早期化する傾向がある。

#### 卵形成・成熟・排卵過程

これまで多くの研究者によってマツカワ雌の性成熟機構に関する研究が取り組まれている。GSIおよび卵濾胞径の周年変化、卵巢の組織学的観察から卵形成過程が明らかとなった<sup>5,20,31)</sup>。初回成熟雌の場合、卵母細胞の発達状況は、4～8月は周辺仁期（GSI 1.0以下）、9～10月は

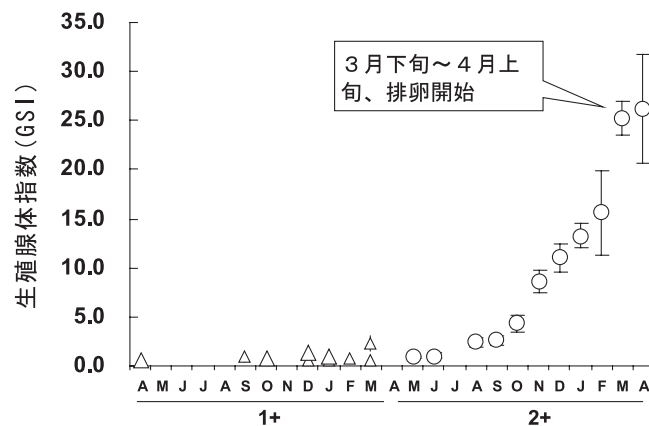


図5 飼育したマツカワ1歳魚雌 (△) および2歳魚雌 (○) の生殖腺体指数の変化

第一次卵黄球期 (GSI 3.0~6.0)、11月は第二次卵黄球期 (GSI 約10.0)、12月~2月は第三次卵黄球期 (GSI 15.0~20.0)、3~4月にかけて核移動期および最終成熟期 (GSI 25.0~30.0) となる (図5, 6)。排卵は3月下旬~4月上旬からスタートする。卵母細胞の最終成熟には7日を要し、その間、卵母細胞は約0.7mgから2.9mgへと顕著に増重して、形態的にも透明化が進む<sup>32, 33)</sup>。排卵は一産卵期に間隔をあけて繰り返され、水温6℃の条件下では排卵周期が平均3.5日である<sup>34)</sup>。また、飼育環境下において、雌一個体の放卵周期を調べたところ、受精行動を伴い産卵行動が正常に誘起された場合、放卵周期は2~4日間隔であった<sup>35)</sup>。従って、本種の雌は通常、排卵に併せて周期的に卵放出も繰り返すと推測される。

これ以外にも卵形成・成熟機構を制御するステロイドホルモンの血中量の変化<sup>5)</sup>、生殖腺刺激ホルモン放出ホルモンの分子構造と脳内での発現<sup>36, 37)</sup>、初期卵形成過程に関する研究<sup>38)</sup>など雌の性成熟メカニズムを理解する上で基礎となる知見が数多く得られている。

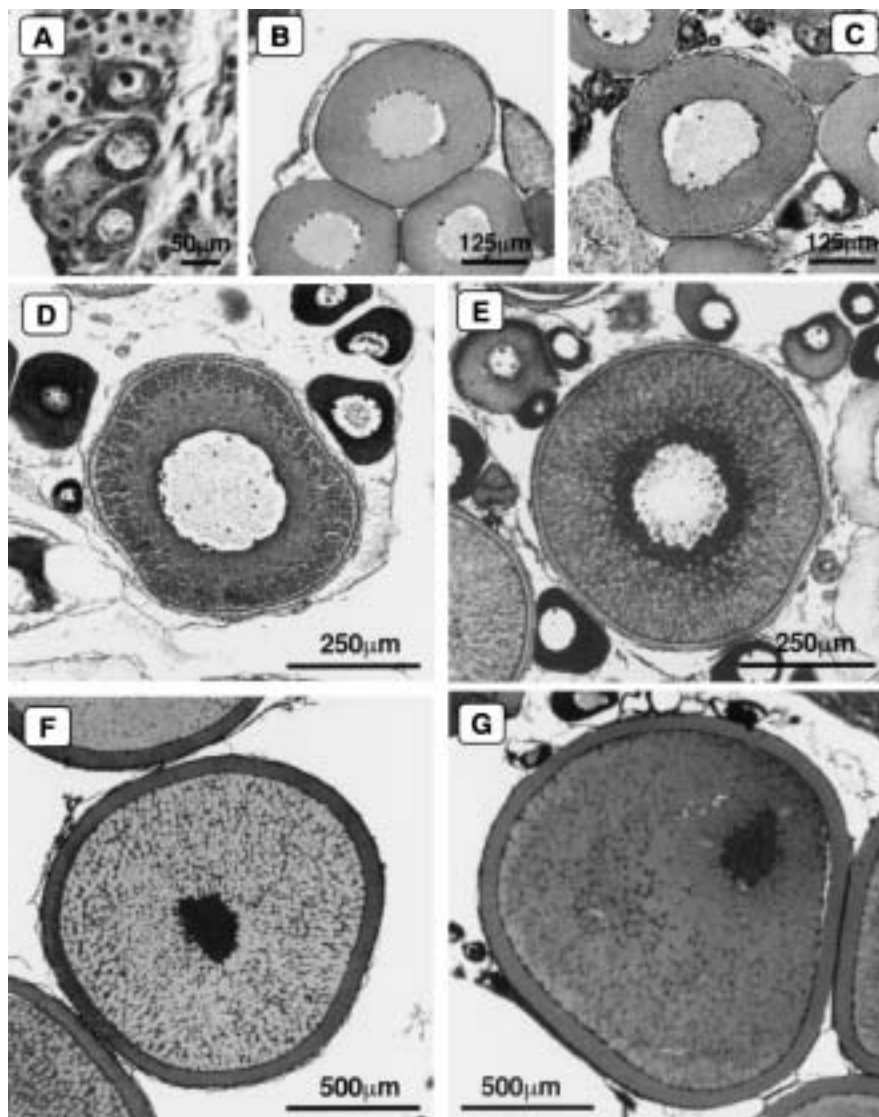


図6 飼育したマツカワ2歳魚の卵巣の組織変化  
A 染色仁期；B 周辺仁期 (5~7月)；C 第一次卵黄球期 (8月)；D 第一次卵黄球期 (9月)；E 第二次卵黄球期 (10月)；F 第三次卵黄球期 (11~2月)；G 核移動期 (3月)

#### 雌の性成熟に影響を及ぼす環境要因と人為的成熟誘導

雄の場合と同様に、雌においても水温は性成熟を制御する最も重要な環境因子である。3歳の人工養成魚を用い水温別の飼育実験を行った結果、高水温 (18℃) のままで飼育し



でも卵黄形成までは進行し、第三次卵黄球期まで卵母細胞は成長した(図7)<sup>20)</sup>。しかし、最終成熟および排卵を誘起するためには、低水温(2~4℃)の状態から徐々に水温が上昇する(6℃程度まで)という刺激が必要であった。このことはマツカワ雌の場合、卵巢の発達段階によって水温に対する感受性に違いがあり、卵黄形成過程は環境水温の影響を受けないが、最終成熟および排卵は水温により強く制御されていることを示している。従って、こうした知見に基づき親魚の養成水温を管理することにより、毎年、安定的に成熟親魚を養成できるとともに、ある程度の範囲であれば意図的に成熟時期を変動させることも可能である。

光条件が雌の性成熟に及ぼす影響については未確認であるが、他魚種で報告されているように光周期を調節することにより卵黄形成の進行速度を変動できるのではないかと推測している。

また、岩手県では、ホルモン投与による早期成熟誘導技術の開発に取り組んでいる。11~12月にLHRHa コレステロールペレットを体内に埋め込むことによって通常よりも約1~2か月早く成熟・排卵を誘起できると報告している<sup>17, 31, 39-43)</sup>。また、同県では採卵作業の効率化を目指し、DHP(最終成熟誘起ステロイドの一種)やHCG(ヒト胎盤性ゴナドトロピン)投与によって親魚群内の排卵時期を同一化できるかどうかについても検討中である<sup>40, 43-45)</sup>。

一方、性成熟を妨げる因子として、極度のストレス状態が影響した飼育例もみられる。平成14年に当センターで飼育していた4歳魚群の水槽で原因不明の水質変化(おそらく急性の酸素欠乏と考えられる)が発生し、収容していた親魚の約20%が死亡した。これらは3歳時の春および4歳時の春には正常に成熟できた。しかし、水質変化を受けた後、生き残った個体では卵成長が停止し、5歳の春に採卵することができなかった。へい死に至った直接的な要因は不明だが、極度のストレスは性成熟機構に障害を及ぼすことも予想され、養成環境の水質(DO、pH、塩分、アンモニア態窒素など)には注意が必要と思われる。

#### 1. 4. 卵質に関して

一般に、魚類の種苗生産現場では、受精率・ふ化率の低下、ふ化仔魚の活力不良、初期大量減耗など安定生産を脅かす重大な問題が多々生じるが、これらのいずれにおいても由来となった卵質の影響が懸念される。そのため、対象種の卵質について詳細な知見を得ることは有意義であり、卵質劣化がおこらない採卵技術や卵質を向上できる親魚養成条件の確立が望まれる。以下にマツカワの卵質研究を通して得られた知見を整理する。

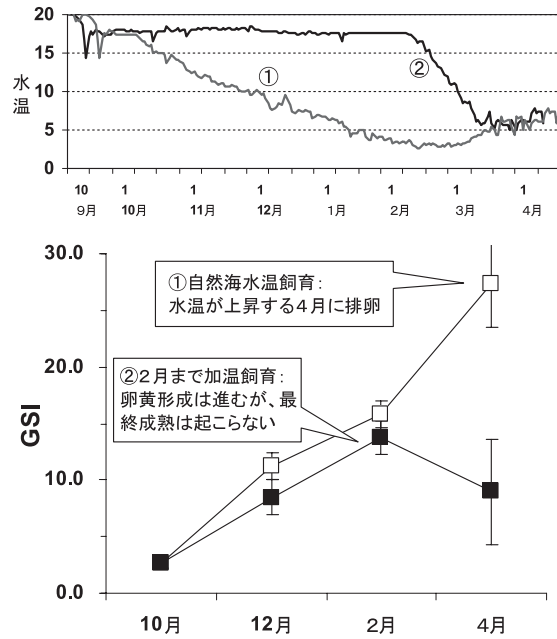


図7 異なる水温で飼育したマツカワ雌のGSI変化  
最終成熟および排卵を誘起するには春季の水温上昇が必要。

## よう卵数、排卵卵の外部性状

本種の雌は一産卵期に平均3.5日という間隔で排卵を繰り返す<sup>34)</sup>。一回の排卵量は、3.8～10.8万粒と排卵時期や個体によって幅があり、体重1kgあたりおよそ1.6万粒と推定されている。また、渡辺・南<sup>46)</sup>は人工養成魚のよう卵数を推定しており、それによると4歳魚の場合、平均57.8万粒の卵をもつ。排卵卵は無色透明であり、内部に油球は観察されない。卵径および卵重量は親魚の年齢によって若干差があり、初回産卵の3歳魚の場合、それぞれ1.6～1.7mmおよび $2.9 \times 10^{-3}$ g/粒であるのに対し、経産魚である4、5歳魚の卵では、1.7～1.9mmおよび $4.0 \times 10^{-3}$ g/粒と比較的大きい<sup>5, 9, 47)</sup>。

## 排卵卵の内部性状

マツカワ卵の主成分である卵黄蛋白に関しては松原らによって詳細な研究が進められている。彼らは、卵黄蛋白前駆物質の生化学的構造（2タイプ存在）と蓄積過程、卵内での成熟に伴う構造変化（リポビテリン・ホスビチン・ $\beta$ コンポーネントからリポビテリン単量体へ、遊離アミノ酸の増加）を解明し、さらにそれぞれの内容成分の機能について考察している<sup>32, 33, 48, 49)</sup>。また、卵内の脂質成分も卵黄形成の進行に伴いその含有量が増加する<sup>9, 47)</sup>。脂質成分の大部分はリン脂質であり<sup>33)</sup>、脂肪酸組成を調べた結果、ドコサヘキサエン酸（DHA）の含有比が他魚種と比較して高いことが示されている<sup>5)</sup>。

## 卵質（受精、ふ化に関わる要因）

飼育環境下においてもマツカワは雌雄ともに成熟するため、人工受精によって受精卵を得ることができる。しかし、技術開発を始めた当初、卵を搾出し人工受精を行っても受精率が低い事例が多く、十分な量の受精卵を安定確保するには至らなかった<sup>23, 50-54)</sup>。その後、Koya et al.<sup>34)</sup>が排卵の周期性の存在を解明し、受精率低下は排卵後の時間経過による卵質低下に起因することを指摘した。この知見に従い、排卵周期を考慮して人工受精を行ったところ、受精率が70～90%まで向上し、良質卵を確保できるようになった。また、近年、マツカワ卵の簡易培養実験から、排卵直後の正常な卵は受精まで96時間経過しても受精率が高いままであるが、卵巣腔内で過熟化した残留卵に接触した場合、その影響で受精能が急速に低下することがわかった<sup>55)</sup>。さらに、受精率は高くても、正常発生率は排卵後の時間経過に伴って急速に低下することも明らかとなった。従って、本種の卵質が劣化する機構は、過熟化した残留卵の接触による正常卵の受精能の低下と、排卵後の時間経過に伴う胚発生機能の劣化に大別できる（図8）。その

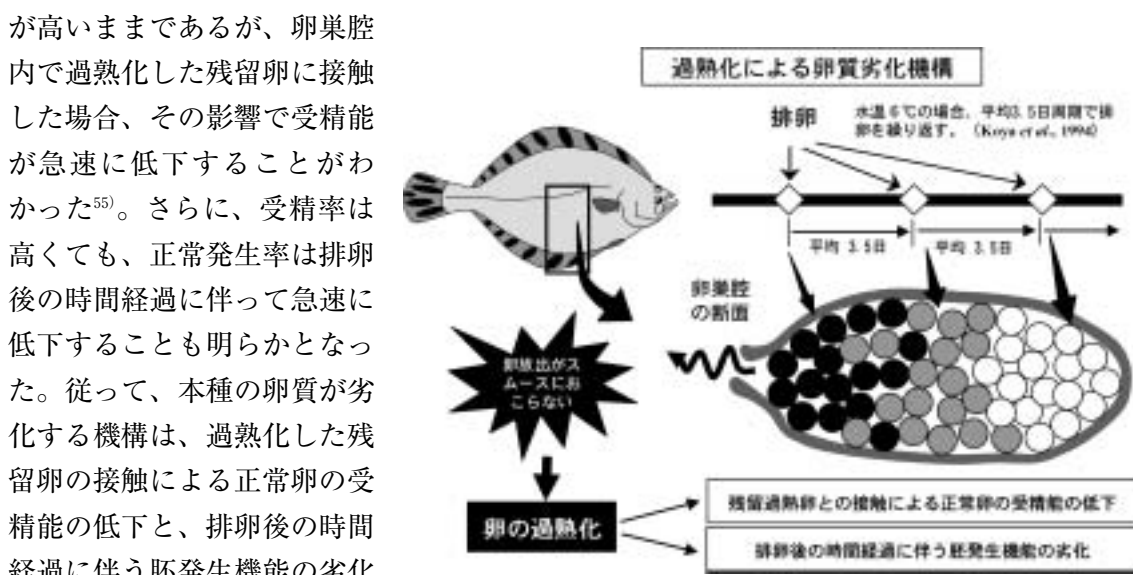


図8 過熟によるマツカワ卵の卵質劣化

ため、受精率、ふ化率が高い良質卵を継続的に確保するには、できる限り排卵周期にあわせて卵を搾出する、または自発的な産卵を誘導する等、卵が残留しない（過熟とならない）措置が重要である。

### 初期生残を早期に反映する卵質評価指標

仔魚の初期減耗が生じる原因の一つとして卵質の影響が懸念されている。卵、またはふ化直後の段階で、初期生残能力の優劣を反映する評価指標があるならばより効率よく種苗生産を行うことができる。そこで、仔魚の無給餌生残指数（SAI）を活力基準とし、それと由来となった親魚の性状（全長、年齢、肥満度など）、卵の性状（卵体積、受精率、ふ化率など）およびふ化直後の形態特性（ふ化直後の全長、卵黄嚢体積など）との関連性を調べた<sup>5,10)</sup>。その結果、SAIは唯一ふ化直後の仔魚サイズと正の相関を示し、ふ化時、大型の仔魚ほど活力が高く生残に優れていると推察された（図9）。このことから種苗生産を行う際、ふ化仔魚サイズを指標とし、平均全長が大きいロットを選択して飼育すると初期減耗が少なく生産効率が向上すると考えられる。

また、ふ化時の仔魚サイズを決定する要因について調べた結果、仔魚サイズは親魚の肥満度および卵体積と正比例関係にあり、同時にふ化時の卵黄嚢体積と反比例した<sup>5)</sup>。従って、大きいふ化仔魚が産まれるためには、胚発生に必要とされる栄養源の量や質が優れていること、さらにその栄養源を効率よく利用してスムーズに発育へ反映できることが重要と考えられる。マツカワ卵の主な栄養成分は遊離アミノ酸、卵黄タンパク質、脂質である。本種の場合、受精後、遊離アミノ酸が先立って消費され、ふ化時には受精時の13%まで減少する<sup>56,57)</sup>。一方、卵黄タンパク質およびリン脂質は、ふ化後6～11日にかけて利用が急速に高まる。このことからふ化仔魚サイズの決定には遊離アミノ酸量が特に重要だと想像できる。また卵内の遊離アミノ酸は卵母細胞の最終成熟過程において卵黄蛋白が低分子化される際に発生する<sup>48,49)</sup>。以上のことから、良好な親魚の養成環境を整え、正常な成育および性成熟を促すことは卵質を高め、産出されるふ化仔魚の大型化および活力向上に繋がるかもしれない。

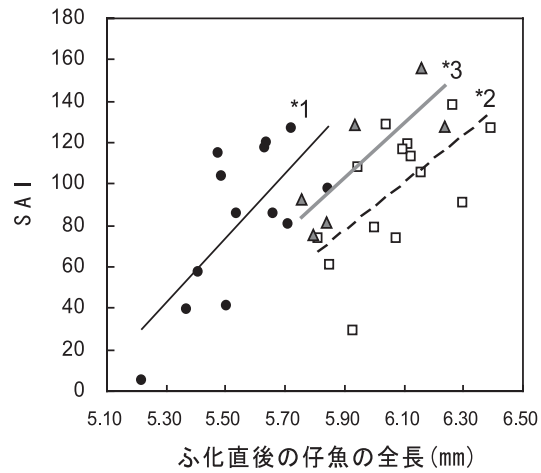


図9 ふ化直後の仔魚の全長と無給餌生残指数 (SAI) との関係  
 \*1: 3歳魚  $y = 155.77x - 782.53$ ,  $r$  (相関係数) = 0.71 ( $P < 0.01$ ).  
 \*2: 4歳魚  $y = 115.03x - 601.85$ ,  $r = 0.62$  ( $P < 0.01$ ).  
 \*3: 5歳魚  $y = 132.37x - 677.84$ ,  $r = 0.83$  ( $P < 0.01$ ).

### 親魚の成育条件と卵質

先述のように、親魚の養成環境は卵質に影響する可能性がある。3～5歳の人工養成魚雌から得た卵およびふ化仔魚の性状を比較したところ、初回産卵である3歳魚由来の卵は卵体積が小さく、また、ふ化時の仔魚サイズおよびSAI値も4歳魚、5歳魚由来のそれに比べて劣った<sup>5,47)</sup>。しかし、3歳魚でも、冬期間加温飼育し成長を促進させると、4歳

および5歳魚とほぼ同サイズの卵が得られるようになり、またSAI値も向上した<sup>25,26)</sup>。飼育水温は親魚の成育を強く制御する要因であるが、間接的に卵質にも影響したと考えられる。

また、給餌する餌料の質も卵質に影響する。異なる餌料で養成した3歳魚群（生餌区、モイスト区、配合区）から得た卵およびふ化仔魚の性状を比較したところ、卵、ふ化仔魚サイズともに差はみられなかった。一方、配合養成群から得た卵は高度不飽和脂肪酸（HUFA）含有比が高く、且つ、SAI値も他群より高い傾向がみられた<sup>5,9,10)</sup>。これらの結果は、親の栄養状態の良否が卵およびふ化仔魚の質に反映する可能性を示唆しており、良質卵を確保するためには餌料や給餌方法の検討も必要と思われる。併せて、人工養成魚と天然成育魚との卵およびふ化仔魚の性状を比較した。その結果、天然成育魚の卵は人工養成魚よりもHUFA含有比、特にDHA含有比が高い特徴がみられ、さらにふ化仔魚のSAI値も上回った<sup>5,9)</sup>。卵中のどの成分がふ化仔魚の活力強化に寄与するかは明らかではないが、このデータは親魚の養成餌料を改良する上で重要な指標となるだろう。また、山野目ら<sup>58,59)</sup>は、卵内の甲状腺ホルモンが仔魚の初期生残に及ぼす影響を調べるため、卵のホルモン浸漬試験を行った。その結果、浸漬量に比例して卵内甲状腺ホルモンレベルは増加したが、仔魚のSAI値に明確な差はみられず、卵質との関連性は明らかにできなかった。

以上のように、マツカワ仔魚の初期生残と卵質との関連性が明らかになりつつあり、これらの成果は適正な親魚養成技術を検討するうえでの基礎となっている（図10）。一方、これまで他魚種での研究に習い、仔魚の活力指標としてSAIを用いてきた。しかし、冷水性であり、尚かつ、卵体積も大きいマツカワの場合、卵内の栄養成分を消費しきるには多くの時間を要するため、活力評価としてSAIでは精度が低いことも懸念される。今後、マツカワ仔魚の特性をより反映できる新たな指標をみつける必要がある。

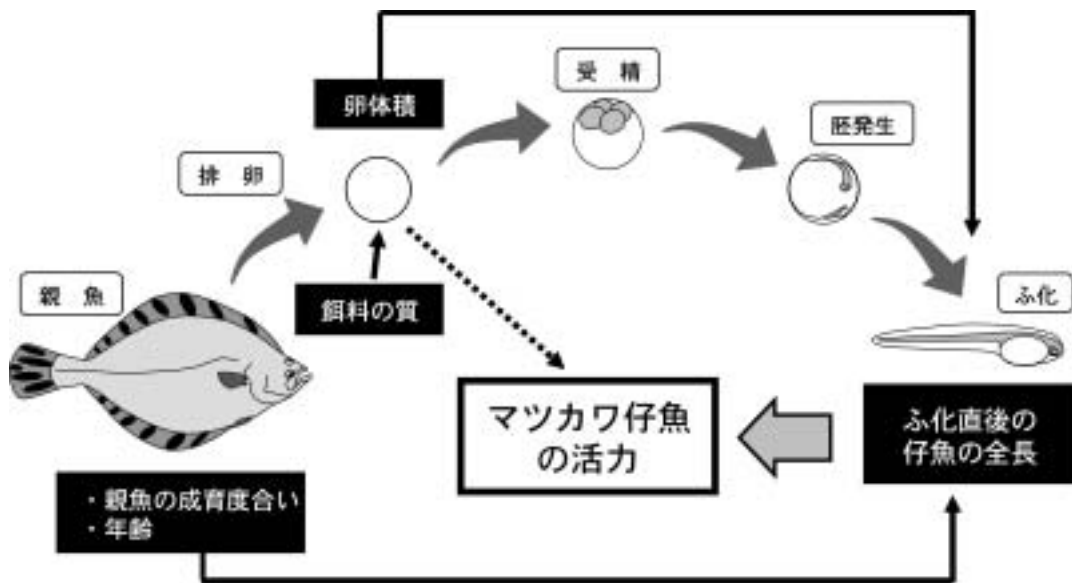


図10 マツカワ仔魚の活力に影響する諸要因



## 親魚養成技術における今後の課題

以上のようにマツカワ雌雄の成長、性成熟機構について数多くの有用な知見が得られた。その成果によってマツカワに適した親魚養成環境が整えられ、毎年安定的に成熟親魚を養成することが可能となった（図11）。今後は種苗生産の事業化（民間への技術移転）に向け、養成コストの低減が課題となろう。また、近年、環境を重視した社会への移行によって、人工種苗が天然海域に及ぼす影響も懸念されている。一方、依然としてマツカワ天然魚の漁獲（確保）は少ないままであり、限られた親魚群同志の交配による種苗の遺伝的多様度の低下や繁殖能力の低下も無視できない。天然魚を収集する体制を充実させるとともに、遺伝子マーカーを利用した個体判別と管理システムの開発が必要である。

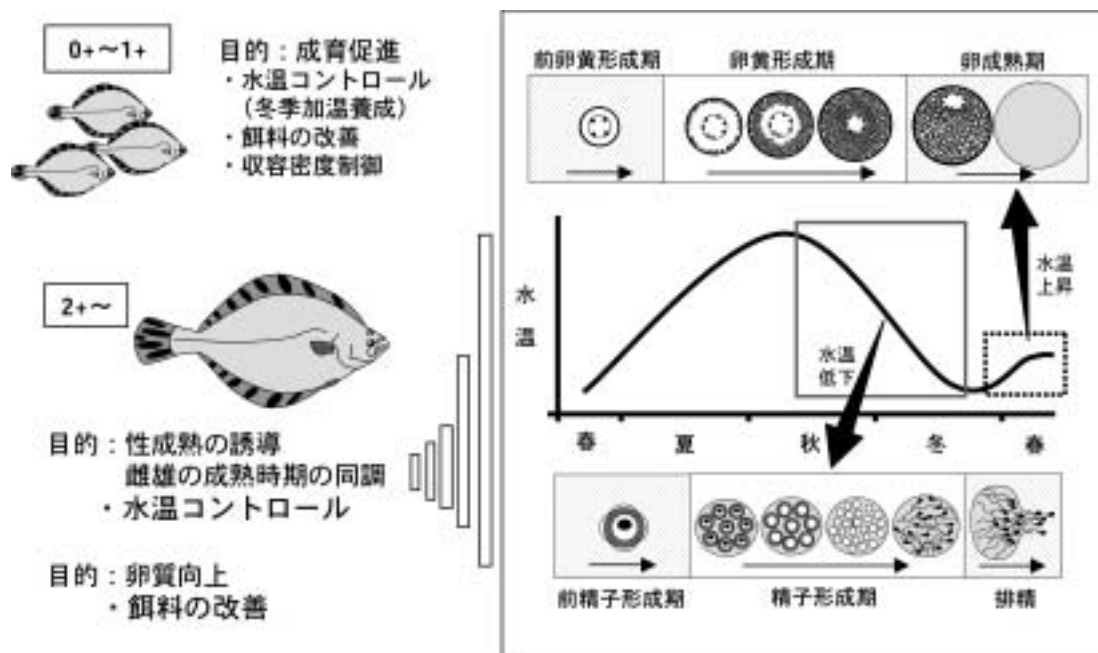


図11 マツカワ親魚養成の留意点

## 2. 採卵技術

### 2. 1. 人工受精法

人工受精法によって受精卵を確保する技術はほぼ確立したといえる。技術開発の開始当初、受精率が低いなどの問題もあったが、排卵周期に基づいた採卵システムの開発<sup>34)</sup>や親魚養成技術の向上により、受精率が高い良質卵の確保が可能となった。

道栽培センターで実施している人工受精手法の概要は以下のとおりである。2月下旬から3月上旬にかけて飼育水温を6℃まで徐々に昇温する。これが刺激となり、雌の排卵が始まって採卵可能となる。雄は冬季の水温低下によってすでに採精できる状態になっている。腹部が膨満し排卵したと思われる雌個体を取り上げて腹部を圧搾し、卵を採取する。同様の方法で雄から精液を採取し、乾導法により人工授精を行う。

## 効率的な人工授精

先に述べたように、人工受精における受精率およびふ化率は採取した時点の卵の熟度でその良否が決まる。本種は一産卵期に3～4日間隔で排卵を繰り返すが、飼育環境下では卵放出がスムーズに誘起されないため、卵が卵巣腔内で滞留して過熟化し受精能が著しく低下する<sup>34,55)</sup>。従って、できる限り排卵周期に併せて卵搾出を繰り返すことが理想的である。また、搾出した卵には（熟度が違う）いろいろな外観の卵が混在していることが多い。図12 aのような透明卵は受精率が高いが、卵膜の破損や白濁部がみられる卵（図12 b, c）は既に受精能を失っていることが実験的に証明されている<sup>55)</sup>。そのため、採卵後すぐに透明卵が占める比率を概算することにより受精率を推定することができる。これを指標として種苗生産に用いるロットを選択すると効率的である。精子の質的良否はその粘性により簡易的に判別できる。多量に採取できても粘性が高い精液は精子の運動能がなく、人工受精には適さない<sup>23)</sup>。

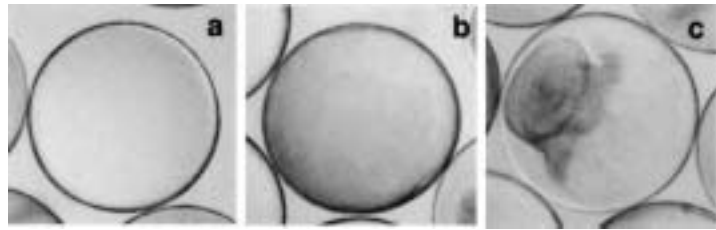


図12 搾出した卵のタイプ分け  
a；透明卵（受精能有り）、b；不透明卵（受精能無し）、  
c；白濁卵（受精能無し）

## 2. 2. 自然産卵誘導技術

自然産卵誘導による受精卵確保の試みは、技術開発の開始当初から取り組まれていた。しかし、本種は、飼育環境下では自発的な放卵、放精（受精行動）が誘起されにくく、ほとんど受精卵を得ることはできなかった<sup>23), 30), 50-54), 60-62)</sup>。各研究機関で適正な産卵環境について検討を続けた。その結果、厚岸栽培センターで天然親魚を低密度（0.3尾/m<sup>2</sup>）で養成したところ、産卵が起こり初めて大量の受精卵を確保することができた<sup>1)</sup>。さらに、道栽培センターでは産卵期に昇温刺激（飼育水温を6℃から8℃へ急上昇させ、翌日、6℃に戻す操作）を行うことによって雌雄の受精行動を効果的に誘起できることを明らかにし、また、この手法により人工養成魚からも受精卵を得ることが可能となった<sup>35, 63)</sup>。こうした知見によってマツカワの自然産卵による採卵技術開発は大きく前進し、事業規模での実用化が期待されている。

一方、先述したように、本種の雌は少量の卵を約1か月間、数日間隔で排卵する。そのため、より多くの卵を短期間で確保するためには、水槽内に多くの雌親魚を収容し集中的に産卵を誘起する必要がある。現在、道栽培センターでは、雌を多数収容した環境下でも効果的に自然産卵を誘起できるように技術改良を行っている。以下に、これまでの研究から得られた自然産卵に関する知見を示す。

### 道栽培センターにおける自然産卵誘導法

産卵の2～4か月前に、産卵水槽内に親魚雌雄（雌雄比は♀：♂=1：2～1：4）を収容する。2月までは自然海水温で飼育し、3月以降、水温を徐々に6℃まで上昇させ、排卵が開始するまで6℃のまま飼育する。排卵が始まったと判断した後（魚体から判断）、初回の昇温刺激を行う。通常、翌日から3日以内に雌の放卵、または受精が誘起される

(図13)。次回の昇温刺激は4～8日後が適当である。昇温刺激は不可欠ではないため、一度、受精が誘起されると、その後は刺激をしなくても連続的に放卵、受精が続く場合もある<sup>9, 18, 19, 25, 26, 47, 57)</sup>。また、全く刺激をしなくても6℃に昇温した段階で、受精が誘起された事例もある<sup>30, 35, 64)</sup>。しかし、昇温刺激には、放卵量の増加、受精誘起頻度の増加、受精率の向上などの効果があることが示されており<sup>35)</sup>、定期的の実施した方が採卵成績は向上すると思われる。水槽上部および下部の排水口に集卵ネットを設置する。受精卵および未受精卵は排水口から流出して、ネット内に集まる。翌朝、卵を回収し、総産卵量、受精卵量などを解析する。

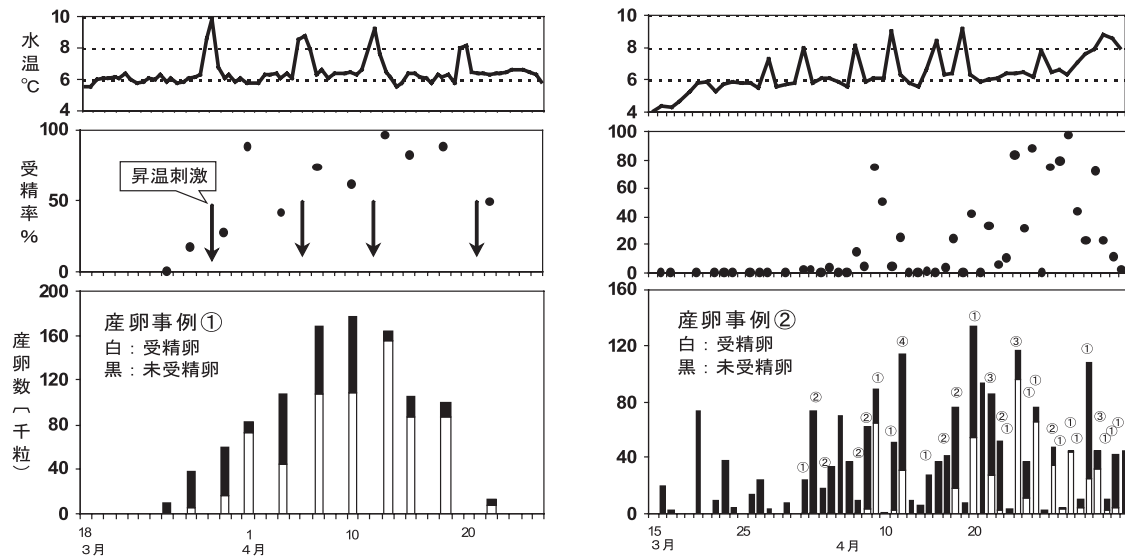


図13 昇温刺激によるマツカワ人工養成魚の自然産卵誘導  
産卵事例①；8 t水槽に雌1尾雄5尾収容した場合。2～4日間隔で放卵、受精が連続的に続く。  
産卵事例②；30 t水槽に雌5尾雄20尾収容した場合。4月以後受精が連続的に誘起された（○内の数字は推定受精誘起数）。

### 産卵・受精時刻

卵回収時における受精卵の発生段階から推定した受精時刻は、22：00～4：00時である<sup>1), 19)</sup>。深夜から早朝に頻度が高く、日中に受精が起きた事例は少ない。

### 受精行動

現在のところ、水槽内で受精が誘起される際、どのような行動変化が起こるのかは明らかでない。鈴木（厚岸栽培センター）は、受精には雌の周囲を雄が回転する行動が伴うと推察している<sup>65)</sup>。また、著者も昇温刺激を行った日に雄が水槽内を活発に旋回する行動を観察した。マツカワ雄の場合、放精の際、雄は特徴的な行動をとるのかもしれない。さらに道栽培センターにおいて、マツカワの受精行動を類推するため、搾出した卵および精子を様々な状況下（時間、距離）で水槽内に人為的に滴下し、その受精率を調べた<sup>5, 66)</sup>

(図14)。その結果、卵を投入してから30分後に精液を滴下しても受精率は高値を示した。一方、精液滴下まで1時間以上経過すると、受精率は急速に低下した。従って、卵は環境水中に放出されても最低30分までは受精能を保持していると考えられる。また、卵・精液の滴下距離別の受精実験を行った結果、卵、精子の滴下距離が1 m以内である場合、受精

率は極めて高かった。しかし、滴下地点が2 m以上離れると受精率は大幅に低下した。このことからマツカワの水槽内受精が成功するためには、雄が放出された卵の1 m以内に接近して受精しなければいけない。従って、自然産卵における受精率を向上するためには雌雄のペアリングに適した環境を整えることが重要であろう。

## 産卵に影響する（水温以外の）諸要因

### ①親魚の由来

天然魚や人工養成魚のいずれにおいても自然産卵誘導が可能である。天然魚の方が採卵成績がよい傾向もある<sup>19, 67-77</sup>が、入手が困難であり、意図する収容数や雌雄比に設定するのは難しい。人工養成魚を用いる場合、昇温刺激を行う方が効果的に産卵を誘起できる<sup>35, 78, 79</sup>。

### ②産卵水槽・収容密度

渡辺ら<sup>1, 67, 72-76</sup>は、産卵水槽には大きく浅い水槽が必要であり、また、収容密度は0.3尾/m<sup>2</sup>といった低密度が適切であると報告している。

### ③雌雄比

雌雄比と産卵成績との間に明確な関連性は認められないが、♀：♂ = 1：2～1：4を基準とする場合が多い。また、雌雄比が同じであっても、雌個体の収容数を多くすると、受精誘起頻度および受精卵回収率は著しく低下することが明らかにされている<sup>5, 25, 26</sup>。今のところ、この現象を説明できないが、雌数が多い場合、雄の性行動を誘起するフェロモン物質が常に放出された状態になり、雄の反応性が鈍化してしまうのではないかと推測している。

### ④換水率

産卵に及ぼす換水率の影響を調べるため、雌親魚を複数収容した条件下で換水率別の産卵誘導実験を行った。その結果、高換水率群では低換水率群よりも多くの受精卵が得られ、受精率も高い傾向がみられた<sup>5, 80-83</sup>。そのため、通水量が少なく飼育水が滞留した環境下では産卵不調が起りやすく、飼育水の換水性を高く保つことは自然産卵を安定的に誘起するうえで必要と考えられる。

### ⑤排卵時の過熟化

排卵後、すぐに放卵できずに卵が過熟化した場合、たとえ放出されても受精には至らない<sup>34</sup>。また、一度体内で過熟化が進むと、その後、排卵される良質卵の卵質も加速的に悪化することが培養実験から明らかとなっている<sup>55</sup>。従って、昇温刺激などの手法により、放卵を促し卵の体内残留を防ぐ必要がある。

### ⑥個体差

自然産卵の可否には、親魚個体レベルの生殖能力の違いが影響する可能性がある（特定

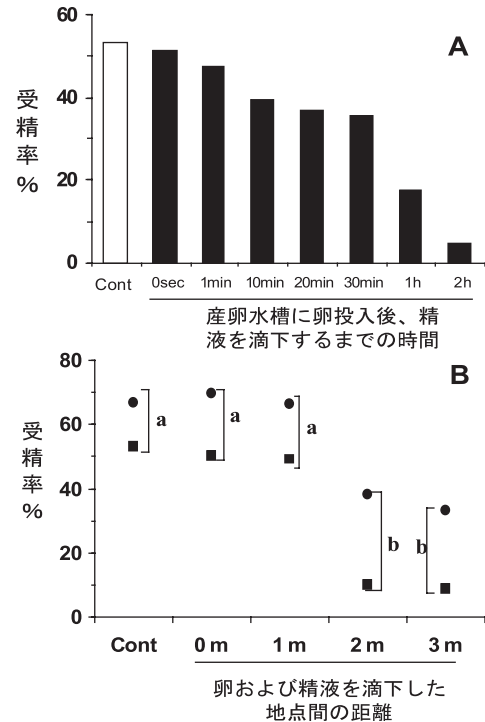


図14 マツカワの受精行動の推定（排出卵および精液の水槽内滴下実験）  
A：卵・精液の滴下時間間隔と受精率  
B：卵・精液の滴下距離と受精率  
(a, bは統計学的有意差があることを示す p<0.05)

の個体、同一ペアの産卵)<sup>77)</sup>。近年、DNA マーカーによる親子判別手法の開発が進められており、自然産卵水槽内での交雑状況の把握や優れた産卵能力を持った親魚の選抜などが可能となるであろう。

### 採卵技術における今後の課題

今後、マツカワ種苗生産の事業化を進める上で、大量の受精卵をより効率よく確保することが必要とされる。人工受精技術はほぼ完成し、実用化上の問題はない。また、自然産卵法による採卵は親魚にストレスを与えず、且つ、人的労力も少ないという面から理想的である。これまでの研究成果によってマツカワでも自然産卵誘導が可能となり、大量採卵技術を確立するうえでの基礎を築くことができた(図15)。一方、同時に一連の研究から、本種の雌は産卵期、少量の卵を数日間隔で放出すること、また過密飼育は産卵を強く阻害し、かえって採卵効率が低下することも明らかとなった。短期間で受精卵の一括確保が必要である種苗量産現場においてこれらの産卵特性は不利である。そのため、今後は人工受精法を併用した新しい採卵システムを考案し、採卵効率を向上することが課題となろう。

さらに人工種苗の遺伝的多様度の低下についてはすでに述べた。保有親魚の遺伝特性を把握するとともに、計画的交配の可能性についても検討する必要がある。

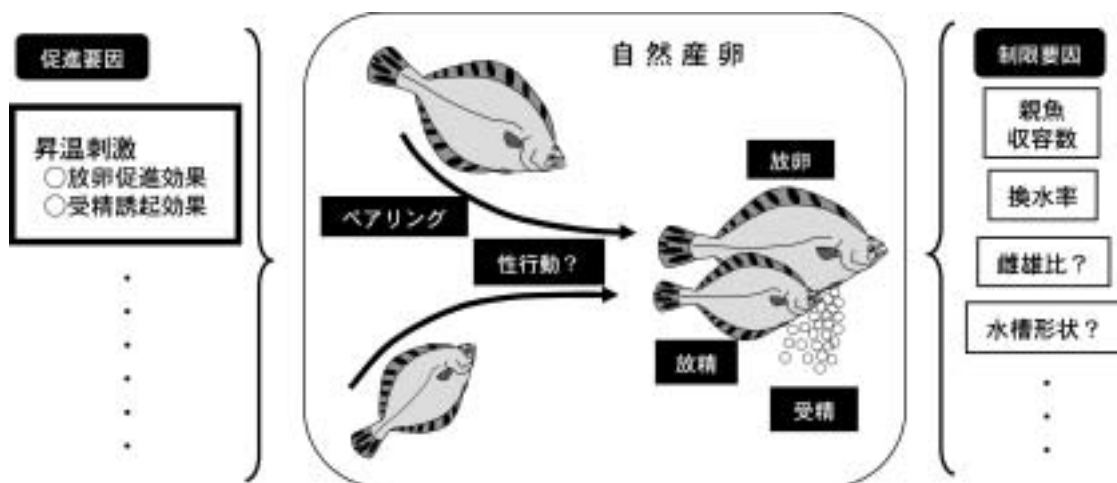


図15 飼育環境下におけるマツカワの自然産卵メカニズム

## 3. 仔稚魚飼育技術

### 3. 1. 卵管理

本種の受精卵は分離浮性卵であるが、浮力が弱く、海水の塩分濃度や卵サイズによっては受精していても沈下することもある。厚岸栽培センターでは、地先海水の塩分濃度が32 psu 以下と低いため、沈下卵と浮上卵を分離する際、高塩分海水を添加している<sup>30)</sup>。卵管理水槽には、アルテミアふ化槽、パンライトふ化槽を用い、連続的に通気および通水を行

う。水温5～10℃で管理した場合、ふ化までに要する日数 =  $-1.98 \times (\text{平均水温}) + 25.4$  ( $r = 0.92$ ) という関係が認められる。すなわち、水温8℃の場合、9～10日でふ化する。また、卵発生過程に関しては、渡辺・鈴木<sup>1)</sup>によって整理されている。

### 3. 2. 仔稚魚の発育過程

マツカワ仔稚魚の発育過程は、ヒラメの発育ステージ分けに準じて有瀧ら<sup>84)</sup>により整理されている。Aステージ：TL5mmふ化直後、未開口・胸鰭なし、Bステージ：TL5.5mm、5日齢、胸鰭出現、Cステージ：TL6.5mm、12日齢、開口しワムシ摂餌開始、眼に色素沈着、Dステージ：TL7.3mm、20日齢、尾鰭元基出現、Eステージ：TL8.2mm、25日齢、脊索末端屈曲、尾鰭鰭条出現、アルテミア摂餌開始、Fステージ：TL10.9mm、30日齢、背鰭・尾鰭鰭条形成、変態初期、Gステージ：TL13.6mm、40日齢、眼の移動開始、変態中期、Hステージ：TL18.2mm、50日齢、眼の位置が正中線上、胸鰭退縮、変態後期、Iステージ：TL25.3mm、60日齢、眼の移動完了。

(ただし日齢、ステージおよび全長は、飼育環境によって変動する)(図16) 通常、約70日齢でTL30～35mmとなり、配布サイズになる。

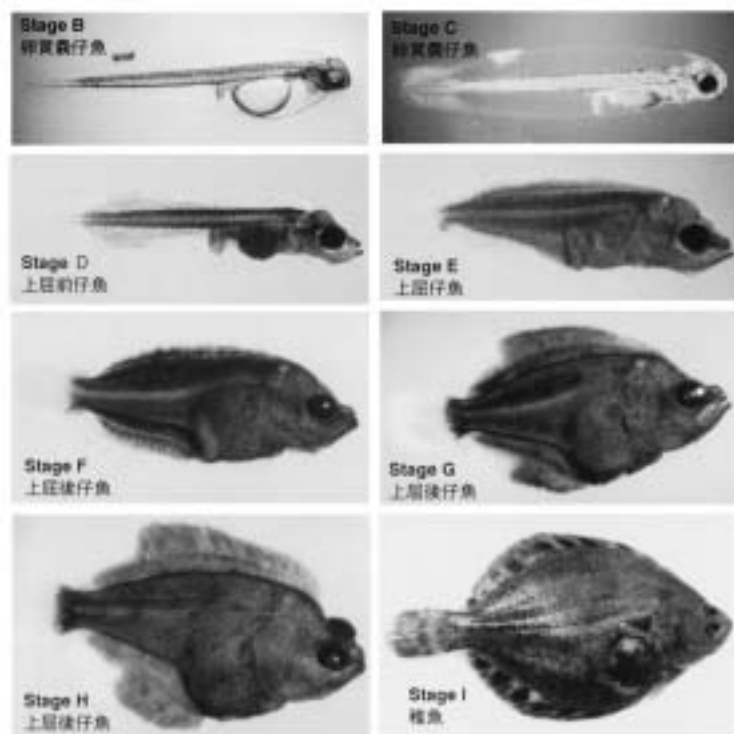


図16 飼育環境下におけるマツカワ仔魚の発育過程

### 3. 3. 道栽培センターにおける仔稚魚飼育管理法

#### 飼育水温

飼育水温はふ化水温である8℃から1℃/3日の割合で徐々に加温する。本種は冷水性魚類であるが、比較的高い水温(20℃)でも飼育することができ、技術開発当初は生残や成長が良いという理由から18℃で飼育していた<sup>16,30)</sup>。しかし、近年の研究で、仔魚期に高温条件下(16～18℃)に曝されると、変態機構に異常が生じ両面有色魚の出現率が高くなること<sup>5,25,26,85)</sup>、また性比が雄に偏ること<sup>5,86,87)</sup>が明らかとなった。一方、13℃以下の低水温条件下では、種苗の成長が悪く、且つ、白化の出現率が高まる<sup>5,25,26,85)</sup>。そのため、健苗育成の観点から、飼育水温は正常魚の出現率が最も高くなる14℃程度に設定することが適切である。また、後述するが、現在では形態異常の出現や生理的性が決定する発育段

階がそれぞれ明らかになりつつある。従って、これらの発育段階をこえた後は自然海水温で飼育しても支障はない。

### 飼育密度

ふ化仔魚収容時の飼育密度は、飼育機関によって幅がみられ、道栽培センターでは1～2万尾/t、日裁協では1万尾/t、岩手県では2千尾/tに設定している。高密度で飼育する場合、餌料不足による成長遅滞や個体間距離の減少によるストレスなどが生じるため、仔魚の成長にあわせて投餌量や通水量を制御し、また、適宜、分槽する必要がある。飼育密度を低下させることによって、形態異常の出現率を低減できた事例も報告されている<sup>30, 68, 88)</sup>。生産終了時（全長30mm）の最大収容密度は2千～3千尾/tである。

### 飼育海水および換水率

通常、地先くみ上げ海水をろ過して使用しているが、VNN防除の観念からオゾン殺菌海水を用いている機関もある。また、飼育水の水質変化が種苗生産に悪影響をもたらした事例がある。平成16年度、3ロット分の種苗生産において原因不明の仔魚の大量へい死が生じた。大量死の発生が一時期のみであったこと、またへい死増加に先立って飼育水の水質急変（水温の急激な変動、細菌叢の変化）が観測されたことから、地先汲み上げ海水の一時的な水質悪変が原因と推測された。

換水率は0.5回転/日から成長にあわせて徐々に増加させ、生産終了時は最大8回転/日としている。

### 餌料系列および給餌

仔稚魚飼育の餌料系列については、中川<sup>30, 67)</sup>によって詳細に検討されたのを始めに、以後それを基本として各飼育機関で改良している。

以下に道栽培センターの餌料系列および給餌法の概要を示す。ふ化10日後から給餌を開始する。餌料は、10～35日齢（全長12mm）までワムシ、23（全長8mm）～65日齢（全長20mm）までアルテミア、45日齢（全長15mm）～は配合飼料である。生物餌料の給餌期間は、給餌後、一定時間（4～6時間程度）通水を停止する。また、ワムシ給餌期間においては、飼育水にナンノクロロプシスを100～160万細胞/mlの濃度になるように添加する。ワムシおよびアルテミア給餌量はそれぞれ8～15個体/mlおよび0.5～5個体/mlであり、仔稚魚の成長にあわせて増加させる。また、ワムシおよびアルテミアは給餌前に栄養強化を行う。従来、栄養強化剤として、ワムシにはアクアラン、アルテミアにはDH Ace・メガビットを使用していた。しかし、品質や供給量に年格差がなく、強化後の餌料中DHA含有量が高い等の理由から、現在では両方マリングロスによって栄養強化を行っている。配合飼料には、日清製おとひめシリーズ、または協和発酵製初期餌料協和を使用し、摂食量、残餌量をみながら投餌量を調節している。生物餌料の給餌期間は2日に一度、配合飼料給餌期間は毎日、サイフォンによって底掃除を行い、残餌、排泄物、死亡個体を除去する。



### 取り上げおよび選別作業

種苗の平均全長が30mmをこえると、配布サイズになったと判断し、仔稚魚飼育終了となる。このサイズになると網によるハンドリングに対して強くなる。現在は、配布前に形態異常魚（白化、両面有色個体、眼位逆位個体）を手選別によって除去しており、放流された形態異常魚が漁獲されることによる風評被害を防いでいる。選別の際に配布する種苗の数を計数するが、重量法による種苗数の推定も可能である。

### 3. 4. 仔魚期における発育特性と飼育管理

マツカワの発育過程の中で、仔魚期には内部栄養から外部栄養へのエネルギー転換、変態による形態構造の変化、遊泳生活から底生生活への移行など様々な変化が生じる。種苗生産の出来、不出来を決定づける大量減耗はこの時期に発生しやすく、さらに形態異常の出現原因は主として仔魚期の飼育環境に起因する。従って、仔魚の発育特性や適正な飼育環境について把握することは、マツカワ種苗生産の最大のポイントといえる。以下、仔魚飼育過程に関して得られた成果をあげる。

#### 仔魚の栄養摂取（卵黄吸収）

卵由来の栄養吸収機構に関しては、Ohkubo *et al.*<sup>56,57)</sup> によって明らかにされている。それによると、卵由来の主な栄養成分はふ化後12日齢でほぼ消失している。そのため、開口後、できるだけすみやかに外部栄養摂取へと切り替わる必要がある。

#### 仔魚の栄養摂取（摂餌）

14℃で飼育した場合、仔魚の摂餌は12日齢から観察され、16日齢時には水槽内の全仔魚がワムシを摂食している<sup>5,89)</sup>。ワムシ摂食数は、成長に伴って増加し、給餌8時間後の消化管内ワムシ数を調べたところ、25日齢時で平均150個体/尾であった<sup>5)</sup>。なお、この値は、摂餌中に排泄して減じた量を考慮していないため、一日あたりのワムシ摂食数はこれをさらに上回るものと考えられる。また、消化管内ワムシ数は、アルテミアの給餌開始とともに減少することから、大型の餌を摂食するという選択性がはたらいっているものと考えられる<sup>30)</sup>。消化管内のアルテミア数は、成長に伴って直線的に増加し、28日齢時で平均75個体/尾、36日齢時で平均110個体/尾となる。全長15mm以上の仔魚において、日間アルテミア摂餌量と全長との関係は、 $Y=14.120X1.849$  ( $r=0.885$ ) の式で表わされる<sup>68)</sup>。また、ふ化後の成長に伴う消化酵素活性の変化も解析されており、本種の場合、トリプシンおよびリパーゼのいずれも35日齢から活性が高まる<sup>90)</sup>。

#### 摂餌に及ぼす環境要因

初期発育過程における栄養状態の良否はその後の生き残りや成長に直接的に影響する。そのため、仔魚が十分摂餌できる環境条件を整えることは重要である。以下に、仔魚の摂餌と飼育環境要因との関連性について示す（図17）。

- ① 水温：ステージD～Gの仔魚について、12～18℃下での単位時間あたりのワムシ、アルテミア摂食量を調べた。その結果、この水温範囲内では、仔魚は高水温条件下ほ



ど活発に摂餌することができ、また、この傾向は発育ステージが進むほど明確となった<sup>5, 25, 26)</sup>。

- ② **照度**：ステージDおよびGの仔魚において、異なる照度条件下(0~1600Lux)での摂餌状況を調べた。その結果、いずれのステージも高照度条件下ほど摂餌量が多くなった。また、ステージGの仔魚は、ステージDの仔魚に比べてより暗い条件下でも摂餌できるようになった。従って、底生生活へ移行するに伴い、視覚が強化されたこと、または視覚以外の餌感知能力が高まったことが示唆された<sup>5, 80, 81)</sup>。
- ③ **ナンノクロロプシスの添加濃度**：摂餌開始からステージEまでの仔魚を用い、飼育水中に添加するナンノクロロプシスが摂餌に及ぼす影響を調べた。その結果、ナンノ濃度0~320万細胞/mlの範囲において、添加濃度が高い条件下ほど群摂餌個体率および消化管内ワムシ数が有意に高くなった。また、この傾向は、摂餌を開始したばかりの発育段階において特に顕著であった。このことから、ナンノクロロプシスには、仔魚の初期摂餌を活性化させる生理効果があると考えられる<sup>9, 47, 63, 89)</sup>。
- ④ **飼育水中の餌の残存量(給餌量)**：仔魚の摂餌に及ぼす餌料の残存量の影響を確かめるため、給餌量別の飼育実験を行った<sup>5, 82, 83)</sup>。その結果、水槽中のワムシ量と仔魚の摂餌パターンは同調的関係にあることが示され、マツカワ仔魚が摂餌できる期間お

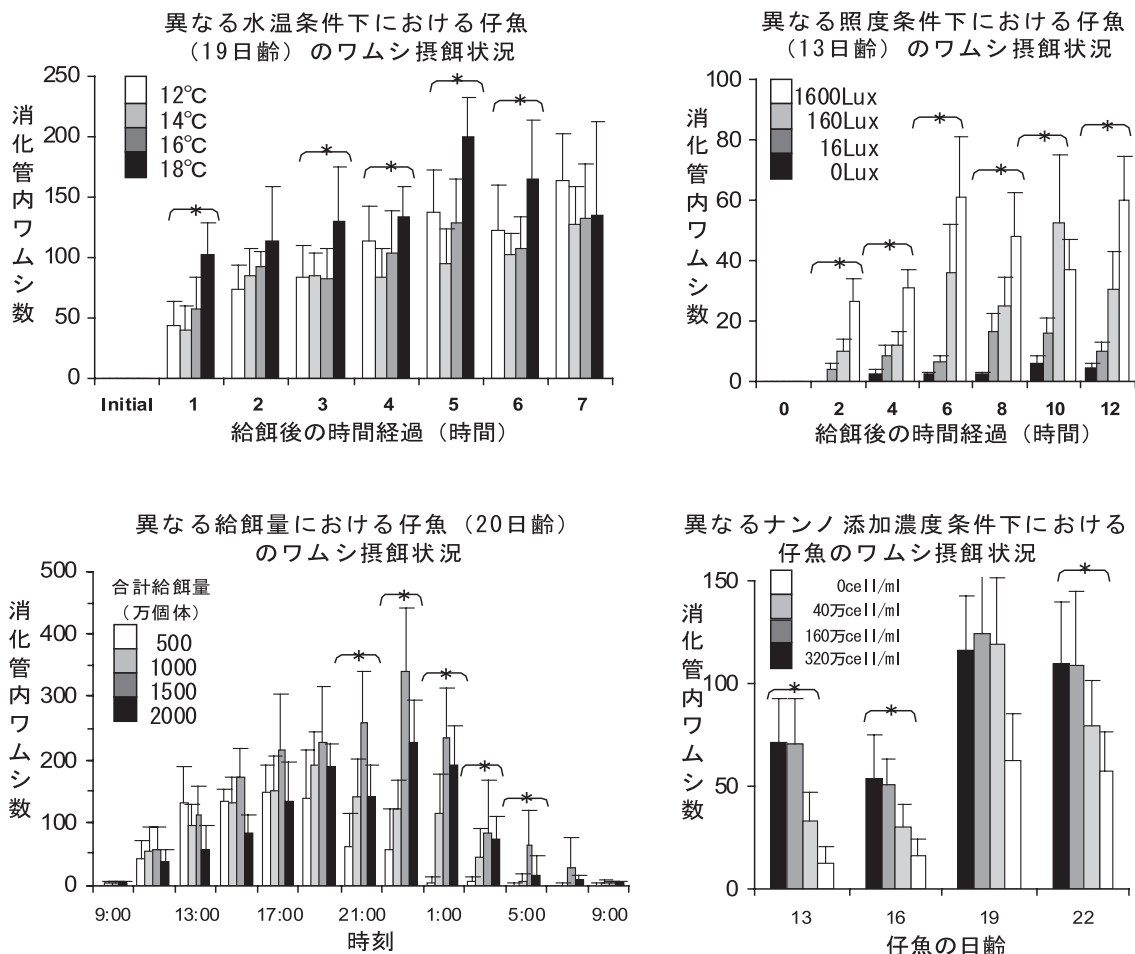


図17 マツカワ仔魚のワムシ摂餌に及ぼす飼育環境要因の影響  
\*は実験区間で有意な差があることを示す (p<0.05)

よび量は飼育水中に存在している餌の絶対量によっても決定されていると考えられた。

⑤ **通気（流れ）**：通気によって発生した流れと仔魚の摂餌との関連について調べたところ、摂餌を開始したばかりのステージDの仔魚の場合、強通気条件下では全く摂餌できず、やや弱めの通気条件下（150～250ml/分）の方が適していた。一方、ステージEになると、流れの強い環境下でも摂餌可能となった。餌の拡散や遭遇率を考慮すると成長に併せて徐々に通気を強める方（500～1000ml/分）がよいと考えられる。

⑥ **注水量**：給餌後、止水時間を変えた実験区（0、2、4、7時間）を設け、ステージC～Dの仔魚の摂餌量を比較した。その結果、7時間止水した区において仔魚の摂餌量が最も優れた。止水時間が短い実験区では、ナンノクロロプシス濃度が顕著に低下しており、このことが摂餌不良に繋がったと思われる<sup>89)</sup>。

以上のことから、マツカワ仔魚は高水温、高照度、飼育水中のナンノおよび餌料の添加濃度が高い環境下において摂餌活性が特にならると考えられる。しかし、高水温飼育は形態異常や性比の偏りの直接的な原因であるため避けるべきである。従って、摂餌の面から考えた適正な初期飼育環境（ワムシ給餌時期）は、水温14℃、水面照度約800lux以上、ナンノ濃度100～160万細胞/ml、給餌2回/日と考えられる。

### 成長・行動と飼育環境因子

仔魚期における成長速度、変態期の開始および終了時期、着底時期、行動特性は飼育環境条件によって変動する。水温は最も強く影響する要因であり、高水温条件下ほど変態が早い時期から始まり、また、早い時期に完了する<sup>5, 25, 26, 85)</sup>。12℃飼育区と18℃飼育区を比較した場合、変態完了時期の差は約30日である（図18）。

飼育密度も仔魚の発育過程に影響する重要な因子であり、低密度条件の方が成長がよく形態異常の発生も少ないことが報告されている<sup>68)</sup>。餌料不足が生じにくく、個体間距離も大きいためストレスが少ないことが良好な発育に繋がっているかもしれない。

また、栄養条件が発育過程に及ぼす影響を調べるため、HUFAレベル（主にDHA）が異なるアルテミアを給餌する飼育実験を行った。その結果、実験区間で明確な成長差はみられなかったが、一方、高HUFA含有アルテミアを与えた仔魚は、低HUFA給餌区よりも空中間出耐性試験の成績が優れた。また、高HUFA給餌区は早い時期から着底する傾向がみられ、併せて着底時の行動様式にも違いが認められた（高HUFA区は凝集、低HUFA区は散在）。このことから餌料中のHUFA含有量は仔魚の活力、行動特性に何らかの意味を持つと推測される<sup>80, 81)</sup>。

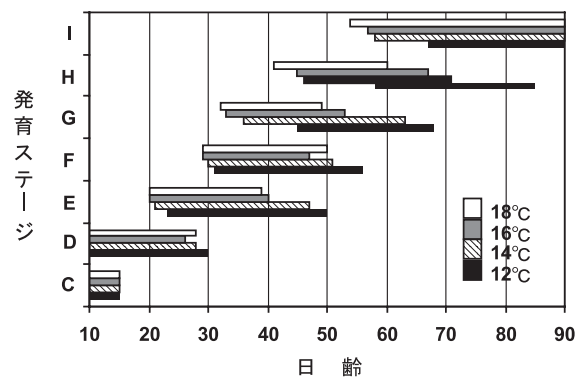


図18 異なる水温（12℃～18℃）で飼育したマツカワ仔魚の発育ステージの変化

### 3. 5. 仔稚魚の生残

過去の仔稚魚飼育結果を調べたところ、着底する前までの発育段階（ステージD～F）に大量減耗が発生する傾向がみられる<sup>17, 41, 50-54, 61, 69, 91, 92</sup>。この初期減耗の影響で、以前はふ化から取り上げまでの生残率が30%に満たない事例も多かった。また、平成5年以降、本種においてもVNNが発生したため、初期減耗防除の研究に並行してVNNの防疫対策も取り組まれることとなった。その後、親魚・仔稚魚の保菌検査、ウイルスキャリアー魚の廃棄などの防疫対策が確立するとともに、初期減耗要因が徐々に解明され、適正な飼育条件が整えられた。その結果、現在では平均生残率が30～50%まで向上し、安定的な種苗生産が可能となった。

#### 仔魚飼育における死亡要因と対策

道栽培センターで、数年にわたり日間死亡数の変化を調べたところ、18～20日齢時（ステージD）と25～28日齢時（ステージE）の発育段階において特に明瞭な減耗のピークが認められた<sup>93</sup>。以下、これまでに発生した減耗状況と推測される要因、さらに対処法について示す。

- ① **給餌前の沈下へい死**：ふ化から給餌開始前に底層へ沈下する個体がみられる。多くの場合、外部形態に奇形が認められる。卵径が極端に小さかったロットで観察される傾向があり、卵質不良が原因と考えられる。
- ② **18～20日齢時（ステージD）の死亡例**：この時期の死亡個体と生存個体を比較したところ、へい死個体は全て空胃であった。本種の場合、卵黄からの栄養供給は12日齢時でほぼ断たれることが示されている<sup>57</sup>。従って、これらの死亡個体は摂餌開始期から初期にかけて十分餌料を摂食できず、内在エネルギーが完全に枯渇するこの日齢においてへい死に至ったものと推測される。そのため、前述のような初期摂餌を活発化させる飼育環境（ナンノの添加<sup>9, 47, 89</sup>、仔魚のパッチ形成抑制<sup>88</sup>など）を整え、内部栄養から外部栄養への切り替えをスムーズに行わせることによりへい死を低減できる。
- ③ **気泡飲みこみ**：ワムシ摂餌開始期（12～14日齢）に多く認められ、消化管内にエアが入り、摂餌障害や浮上死に繋がる。厚岸栽培センターで発生防除試験を行った結果、飼育水へナンノクロロプシスを添加することによって気泡飲みこみ魚を低減できたことを報告している<sup>69, 91, 92, 94, 95</sup>。また、曝気によってガス圧を低下させることにより（104%以下）、発生を防除できることも報告されている。
- ④ **25～28日齢時（ステージE）の死亡例**：大量へい死が発生するまでの仔魚の遊泳行動を観察したところ、24日齢まで仔魚は水槽表層部を遊泳していたが、25日齢以降、急激に低層へ沈降した。沈んだ仔魚は表層へ向けて突発的な浮上遊泳を繰り返すが、浮上できずにへい死に至った<sup>47, 64, 93</sup>

（図19）。この行動は全飼育ロット共通して観察されており、大量減耗の引き金となっていると考えられる。また、仔魚の成長に伴う体密度の変化を調べた結果、

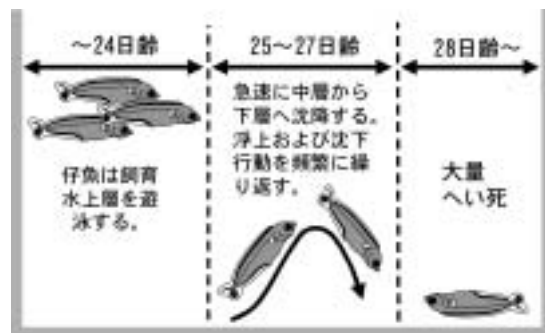


図19 25～28日齢時に発生する大量減耗（へい死に至るまでの仔魚の行動）

沈降が生じる25～28日齢の間、体密度が特に急激に増加していた<sup>9, 47, 93)</sup> (図20)。従って、発育過程における仔魚の体密度の急増が突発的な沈降の原因であり、沈んだ仔魚は表層へ向けて浮上行動を連続的に繰り返すため、エネルギー消費が過剰となって衰弱死すると推測される。さらに、この仮説を検証するため、体密度の増加期に通常よりも、通気を強めて水槽内に上昇流をつくり、仔魚の沈降を物理的に妨げたところ、体密度増加期になっても仔魚は遊泳し続け、また、大量へい死も発生しなかった (図21)。このことから、仔魚の成長に伴う体密度変化にあわせて、通気を制御し水槽内の流れ場をコントロールすることにより25～28日齢時における大量沈下および減耗を防除できると考えられる。

- ⑤ 腹部膨張によるへい死：主にステージD～Fの発育段階で観察される。消化管が膨潤し摂餌障害や浮上死が起こる。他魚種ではビブリオ菌による疾病と報告されているが本種のそれと同一かどうかは不明である。アルテミアを早期に給餌すると発生しやすいことが観察されている。
- ⑥ 粘液状物質（バクテリオフロック）の発生：主に配合飼料を給餌開始した段階において発生する。粘性の強い糸状物質が飼育水中に蔓延し、それらが鰓につまって呼吸障害を起こすと考えられる。この物質の由来は今のところ不明であり（配合飼料の消化不良？ 体表からの粘液過剰放出？ 微生物による感染？）、通常の薬浴（ニフルスチレン酸ナトリウム、安定化二酸化塩素）では完治しない。発生した場合の対策として、貝化石粉末の投入によって粘液物質を吸着および沈降させ、サイフォンで除去する方法（道栽培センター）や通水量を10換水/日までに高め、粘液物質を完全に流しきる方法（厚岸栽培センター）がとられている。

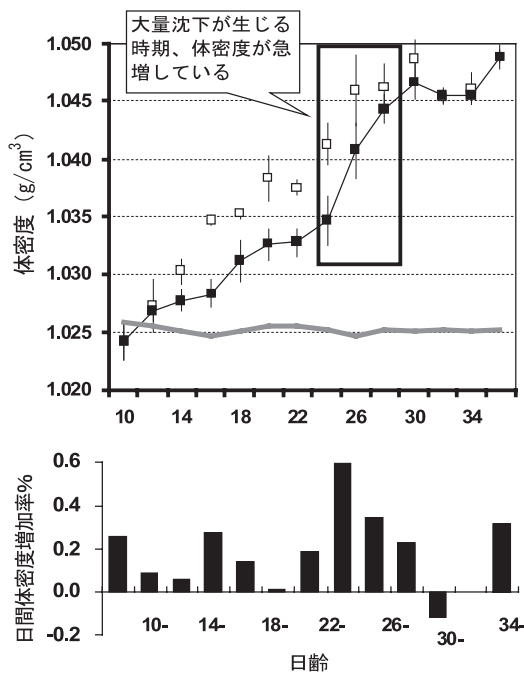


図20 初期発育におけるマツカワ仔魚の体密度の変化  
大量沈下が発生する25～28日齢時、体密度が急激に増加している。■；空胃時に測定，□；飽食時に測定  
実線は海水の密度

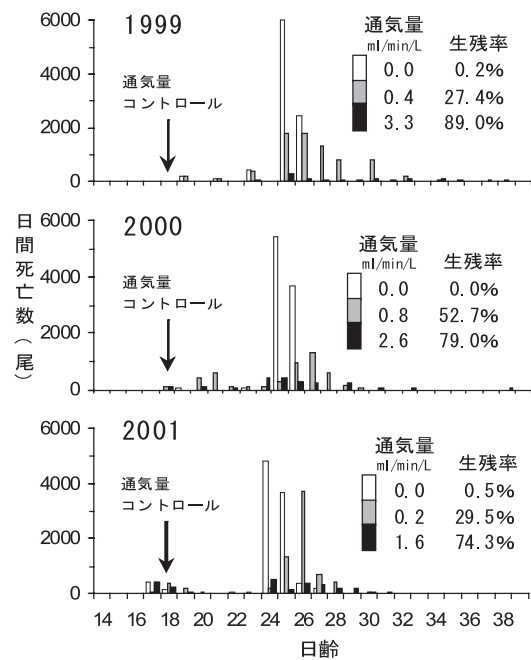


図21 通気量操作による大量沈下減耗の防除  
18日齢時、無通気、微通気、強通気に設定し、生残状況を調べた。無通気および微通気区は大量沈下減耗が生じたが、強通気区は生残率が高い。

### 3. 6. 形態異常の出現と防除対策

マツカワ人工種苗の中には、白化や両面有色などの変態異常個体、眼位逆位個体、着色型の無眼側黒化個体、脊椎骨や担鰭骨の異常個体が認められる。こうした形態異常魚は放流後生き残りが悪いと予想されるとともに、水揚げされた場合、その外観から価格を低下させてしまう恐れがある。従って、形態的にも生理的にも天然魚と隔たりがない健康な種苗を生産できる技術が求められている。上記のような形態異常は天然カレイでも認められる。しかし、その発生頻度は人工種苗の方が圧倒的に高いことから、飼育環境が形態異常の発生に強く関与していると推測される。以下にこれまでの研究で得られた知見をあげる。

#### 白化、両面有色化（変態異常）

マツカワの変態異常については有瀧<sup>96)</sup>によって整理されており、大きく白化（図22B）と両面有色（図22C）にタイプ分けされる。これらの有眼側および無眼側の形態（体色、眼の移動方向、鱗の形状）を観察したところ、白化個体は両体側ともに正常魚の無眼側形質が発現しており、一方、両面有色個体は両面とも有眼側化していることがわかった<sup>97)</sup>。すなわち、マツカワの白化および両面有色化は何らかの要因で変態過程が正常に進まず、本来あるべき左右不相称の形態に分化できなかった結果と考えられる。

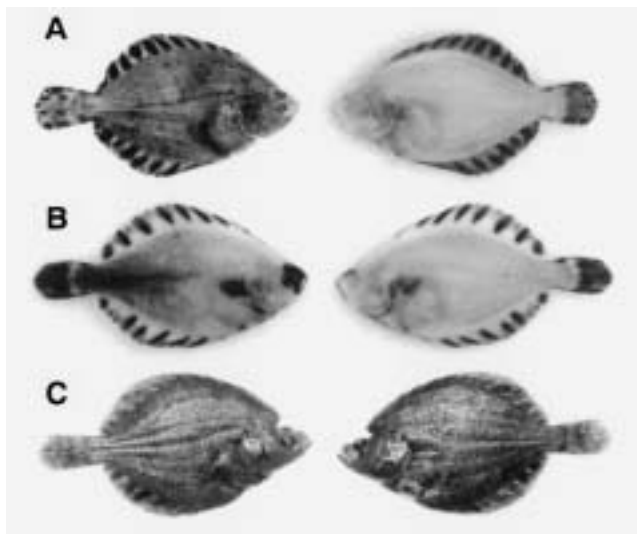


図22 マツカワ人工種苗の形態異常  
A；正常魚，B；白化個体，C；両面有色

白化および両面有色化の発生には仔魚期の飼育水温が最も強く影響する。水温別飼育実験の結果、本種の場合、14℃で飼育すると最も正常個体の出現率が高くなることが明らかとなった（図23）<sup>5, 25, 26, 85)</sup>。また飼育水温によって変態異常の出現傾向も変化し、低水温で飼育するほど白化出現率が高くなり、反対に高水温条件下では両面有色の出現率が極めて高くなることがわかった。さらに降温時期別飼育実験の結果から、変態異常が発生するかどうかはステージEまでの発育段階で決定し、この期間は適正な水温条件で飼育する必要があることも示された<sup>5, 25, 26, 80, 81)</sup>。

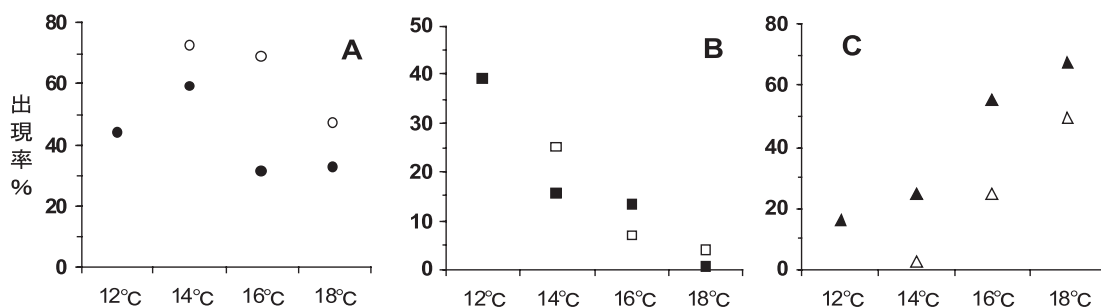


図23 異なる飼育水温で飼育したマツカワ人工種苗の形態異常の出現率  
A；正常個体率，B；白化率，C；両面有色率



水温がどのような機構を経て白化や両面有色化を引き起こすのかは明らかではないが、高水温または低水温飼育条件下では変態を制御する甲状腺ホルモンの分泌パターンと標的器官の発達度合いとの間にずれが生じるためではないかと推測している。今後の詳細な解析が待たれる。

また、ワムシおよびアルテミア栄養強化条件別の餌料試験の結果<sup>80-83,88)</sup>、栄養強化剤や餌料中のHUFAレベルの違いによっても白化出現率に差がみられ、DHA含量が高い餌料を与えた群は白化率が低い傾向がみられている。

現在、種苗生産過程における白化・両面有色の出現率は、道立栽培センターで15～25%程度、厚岸栽培センターで30～40%であるが、岩手県では5%程度と極めて低く、低密度飼育の効果が示唆される。

### 無眼側着色型黒化の出現要因

無眼側の着色度合いは年々縮小傾向にあるが、その防除技術はいまだ開発途上である。他の異体類と同様に、底層へ砂を敷くなど、接触刺激を与えることが黒化防除に効果があると報告されている<sup>17,88)</sup>。また、山野目らは、継続的に砂を敷かなくても、白色水槽で飼育すると黒化が出現しにくいことを示しており、これは白色水槽内では脳下垂体における黒色素胞凝集ホルモン(MCH)の合成が高まるためだと考察している<sup>45)</sup>。今後、更なる研究の進歩が期待される。また、飼育水温や配合飼料の種類によって黒化の進行に違いが出ること<sup>19)</sup>、アルテミア中のHUFAレベルは黒化と明確な関連性が認められなかったこと<sup>81)</sup>も報告されている。

### 脊椎骨異常

道栽培センターでは毎年生産した種苗の脊椎骨癒合状況を継続的に調査している。通常、脊椎骨癒合個体の出現率は20%以下であり、癒合箇所は1～3ヵ所といった軽度の異常がほとんどである。飼育水温が高い条件下で育った種苗ほど、脊椎骨癒合の出現率が有意に高いことが明らかになっている。併せて、ユーグレナで栄養強化したワムシを給餌した群において、脊椎骨異常が高頻度で出現したという飼育例も報告されている<sup>70)</sup>

### 3. 7. 仔稚魚の性比の偏りと防除対策

種苗生産の開始当初、生産した種苗にはほとんど雌が認められず、性比は著しく雄に偏っていた。性比の偏りは放流種苗としての適正が損なうとともに、養成親魚を用いて種苗生産せざる得ない本種の場合、雌の確保が極めて困難となる。そこで、北海道大学と連携し、マツカワの性分化機構や性比の偏りの出現要因について研究を行った。その結果、本種の性決定には飼育水温など仔稚魚期の様々な飼育環境条件が影響していることがわかってきた。また、これらの知見に基づき、飼育条件を改良した結果、種苗生産における雌の比率は35～50%にまで向上し、雌雄比はほぼ1：1に近づいている。しかし、いまだ飼育ロットの中には雌率が20%程度と低い事例も認められ、今後、研究開発を続ける必要がある。

### 生殖腺の形態的性分化期

Gotoh et al.<sup>86)</sup>は、マツカワ仔稚魚の成長に伴う生殖腺の組織変化を調べ、未分化な生

殖腺が精巣または卵巢に分化する時期を特定した。その結果、全長35mmになると雌では生殖腺に卵巢腔が形成され、卵巢に分化することが分かった。

#### 性決定に及ぼす環境要因の影響

- ① **水温の影響**：水温別の飼育実験から本種の性決定には水温が強く影響し、形態的性分化が完了するまでに高水温条件下で飼育すると、正常な性分化機構が阻害されて遺伝的雌個体が雄化することが明らかとなっている<sup>86,87)</sup>。また、12~18℃の範囲で仔稚魚を飼育した結果、雌の出現率が約50%となるためには、14℃以下の水温で飼育する必要があることが分かった<sup>25,26)</sup>。さらに、性決定の温度感受期を特定するため、各発育段階ごとに水温を高温（18℃）から低温（14℃）へと変化させる降温時期別飼育実験を行った。その結果、本種の温度感受性は全長10mmから発現し始めることがわかった。従って、既往の知見と併せると、マツカワの性決定に対する温度感受期は全長10~35mmまでであり、この発育期間は適正な水温管理が不可欠であると考えられた<sup>5, 25,26)</sup>。
- ② **pHの影響**：pHを7.0、8.0および9.0に調整した飼育海水でマツカワ仔魚を飼育した。その結果、pH7.0区において雌出現率は約40%であったのに対し、pH9.0区においては雌は10%以下しか出現しなかった。従って、飼育水のpHもマツカワ仔魚の性決定機構に影響する一因子であると考えられた<sup>98)</sup>。
- ③ **飼育水槽の色の影響**：岩手県水技センターにおいて、白色水槽で飼育した群は、黒色水槽飼育群に比べて、雌の出現率が低いという実験データが報告されている<sup>43)</sup>。視覚的な作用が性分化機構に影響しているのか、またはストレスによるものかについては現在検討中である。
- ④ **ストレス因子の影響**：仔魚期に高密度のまま飼育を続けると雌の出現率が低下するという実験結果が報告されている<sup>80,81)</sup>。また、着底を開始した時期に砂が敷かれていた実験区では、砂を敷かなかった実験区、または砂を敷く時期が遅かった実験区に比べて雌の出現率が高かった。従って、着底期における砂の有無も性比に影響することが示唆される<sup>5, 80,81)</sup>。これらの結果は、仔魚期（特に前述した温度感受期）におけるストレス圧が正常な性分化の進行を妨げうる可能性を示唆するものであり、今後、ストレスとの関連性について詳細な検討が必要である。

### 3. 8. 仔稚魚飼育技術における今後の課題

マツカワ仔稚魚の発育に関して数多くの詳細な知見が得られ、また、それに基づいて適正な飼育システムが整えられた（図24）。そのため、飼育過程における大量減耗はほとんど発生しなくなり、数十万尾単位で種苗を安定生産することが可能となっている。今後は民間への技術移転に向け、現技術の有効性を実証するとともに、仔魚の分槽法や網生簀の利用など、大型施設での種苗生産を想定した技術改良が重要な課題である。また、事業規模で種苗量産を行う場合、白化魚や両面有色魚を細やかに選別廃棄することは難しい。そのため、形態異常の発生をできる限り低減する生産技術を確立しなければいけない。形態異常の発生に最も重要である変態期前後に研究の焦点を絞り、生理学および生態学的な変化について解明する必要がある。

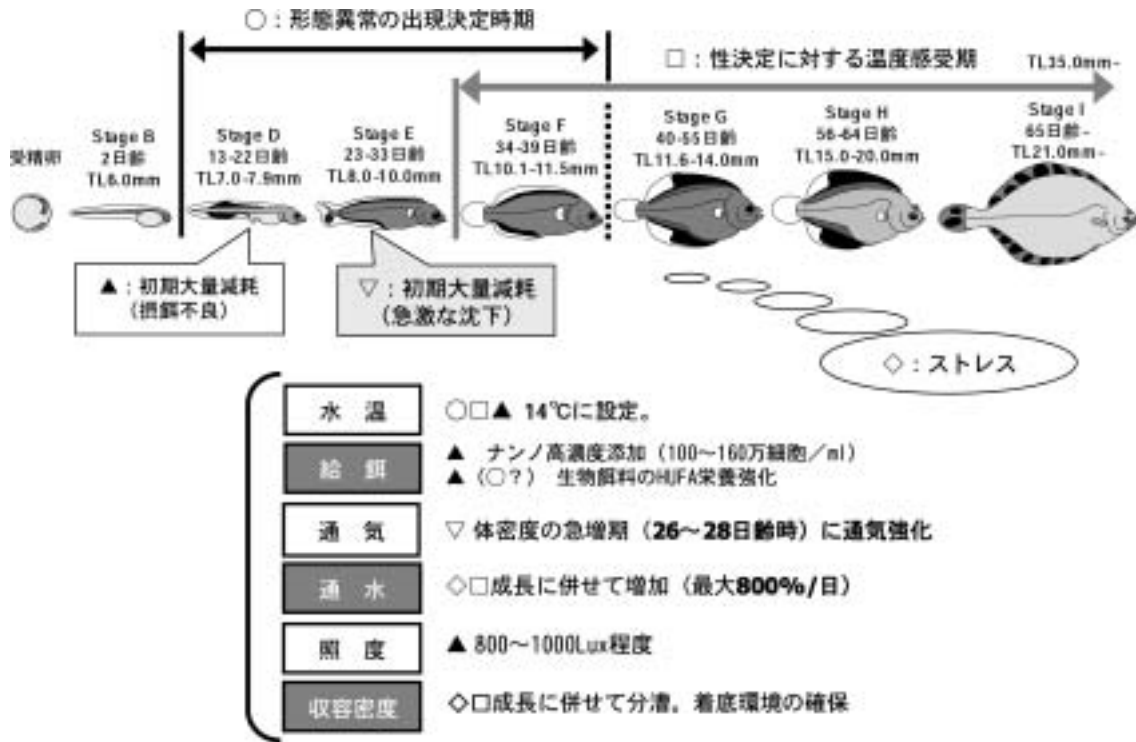


図24 マツカワ仔稚魚飼育の主な留意点

#### 4. 中間育成

道栽培センターおよび厚岸栽培センターで生産された全長30~40mmの種苗を道内12ヵ所  
の中間育成機関 (海域協議会、漁協などの魚類飼育施設) に配布し、放流サイズ (80~120  
mm) になるまで中間育成を行っている。中間育成を始めた当初、飼育管理の不備や疾病の  
発症等によって種苗がへい死し、生残率が低くなった飼育機関もあった。その後、中間育  
成マニュアルを作成し、飼育技術の改良や防疫対策に努めた結果、中間育成時の大量へい  
死は発生なくなり、現在では、ほぼ全ての飼育機関で約80~90%と高い生残率で放流種  
苗を育成することが可能となった (図25)。

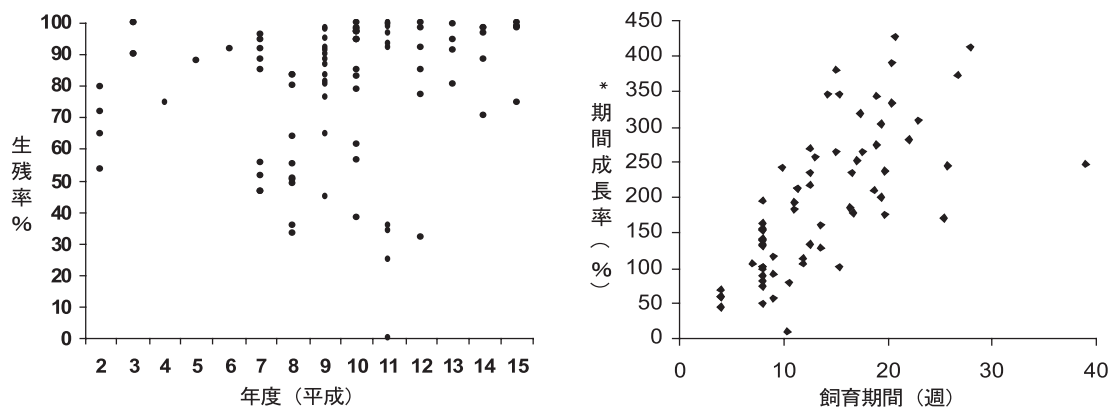


図25 マツカワ中間育成における生残率と期間成長率。  
\* (測定時の全長 - 飼育開始時全長) × 100 / 飼育開始時全長



放流種苗としての種苗性の評価および付与技術に関しては研究例が少なく、今後の大きな課題である。高谷・川真田<sup>100)</sup>は全長50~100mmのマツカワ人工種苗を用い、成長に伴う飢餓耐性力の変化と、飢餓状態がもたらす生理変化について解析した。その結果、サイズが大きくなるに従い飢餓耐性力が高くなること、大きいサイズの稚魚は小型の稚魚に比べ飢餓時、比肝重量や肝臓中のグリコーゲン量が減少しにくい、タンパク合成能は両者に差がないこと等が示されている。これらの知見は放流適期や場所を決定する上での重要な判別基準となり、この分野で更なる研究の進歩が期待される。

## 5. 文 献

- 1) 渡辺研一, 鈴木重則: 水槽内におけるマツカワの自然産卵と卵の発生状況から推定した産卵時刻. 日水誌. 65(3), 408-413 (1999)
- 2) 森立成, 斎藤節雄, 杉本卓, 萱場隆昭: マツカワ人工魚の成長の雌雄差. 北海道水試研報. 56, 137-141 (1999)
- 3) 村上直人: マツカワの種苗生産. さいばい. 48, 32-36 (1988)
- 4) 渡辺研一: マツカワに発生したウイルス性神経壊死症の防除対策に関する研究. 北海道大学博士論文. (1999)
- 5) 萱場隆昭: マツカワの種苗生産技術に関する研究. 北海道大学博士論文. (2004)
- 6) 坂本一男: “マツカワ”. 日本魚類大図鑑 (益田一, 尼岡邦夫, 荒賀忠一, 上野輝弥, 吉野哲夫編). 東京, 東海大学出版, 337, (1984)
- 7) 尼岡邦夫, 仲谷一宏, 矢部衛. “マツカワ”. 北日本魚類大図鑑. 札幌, 北日本海洋センター, 306, (1995)
- 8) 渡辺研一, 南卓志: 北海道厚岸湾に放流されたマツカワ人工生産魚の食性. 日水誌. 69(1), 3-9, (2003)
- 9) 北海道: マツカワ種苗生産. 平成12年度資源増大技術開発事業報告書. (2001)
- 10) 萱場隆昭, 杉本卓, 佐藤敦一: 特定海域新魚種定着促進事業マツカワ. 平成11年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告. 70-83, (2000)
- 11) 山野目健, 田中一志: マツカワ種苗安定技術開発 4) 無眼側黒化防除. 平成14年度岩手県水産技術センター年報. 14-21, (2003)
- 12) Andoh T. and Nagasawa H.: Homologous enzyme immunoassay for insulin and stimulation of insulin secretion by amino acids and glucose in the barfin flounder, *Verasper moseri*. In “Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Congress of Comparative Endocrinology”. 1149-1153 (1997)
- 13) Andoh T. and Nagasawa H.: Two molecular forms of insulin from barfin flounder *Verasper moseri*, are derived from a single gene. *Zool. Sci.* 15, 931-937, (1998)
- 14) Andoh T. and Nagasawa H.: Development of a time-resolved fluoroimmunoassay for insulins and its application to monitoring of insulin secretion induced by feeding in the barfin flounder *Verasper moseri*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 125, 365-374, (2002)
- 15) Matsubara T., Watanabe K., Yamanome T. and Kayaba T.: Application of ultrasonography to non-invasive sexing based on the sexual dimorphism in gonads of immature barfin flounder *Verasper moseri*. *Fish. Sci.* 65(2), 244-247, (1999)

- 16) 北海道：マツカワ種苗生産. 平成3年度特定海域新魚種量産技術開発事業報告書. (1992)
- 17) 太田克彦, 山野目健, 大森正明：マツカワ人工種苗生産技術の開発. 平成8年度岩手県水産技術センター事業年報. 182-192, (1996)
- 18) 北海道：マツカワ種苗生産. 平成10年度特定海域新魚種定着技術開発事業報告書. (1998)
- 19) 萱場隆昭, 杉本卓, 佐藤敦一：特定海域新魚種定着促進事業マツカワ. 平成10年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告. 94-109, (1999)
- 20) 萱場隆昭, 杉本卓, 佐藤敦一, 尾崎雄一, 足立伸次, 高丸禮好, 山内皓平：水温操作によるマツカワ雌雄の性成熟の同調. 北水試研報. 58, 9-16, (2000)
- 21) 萱場隆昭, 杉本卓, 川真田憲治：特定海域新魚種定着促進事業マツカワ. 平成9年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告. 76-88 (1998)
- 22) 北海道：マツカワ種苗生産. 平成4年度特定海域新魚種量産技術開発事業報告書 (1993)
- 23) 高丸禮好, 斎藤節雄, 森立成：特定海域新魚種量産技術開発事業マツカワ. 平成4年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告. 72-78, (1993)
- 24) 持田和彦, 有瀧真人, 太田健吾, 渡辺研一, 大久保信幸, 松原孝博：マツカワ及びホシガレイ精子の短期保存. 北水研研報. 64, 25-34, (2000)
- 25) 北海道：マツカワ種苗生産. 平成13年度資源増大技術開発事業報告書. (2002)
- 26) 萱場隆昭, 杉本卓, 松田泰平：放流技術基礎調査事業マツカワ. 平成13年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告. 55-65, (2002)
- 27) 社団法人瀬戸内海栽培漁業協会：525マツカワ. 日本産魚類産卵期記録集. 24, (1975)
- 28) 佐々木正義：日高及び胆振太平洋海域におけるマツカワの漁業実態と生態について. 北水試だより. 38, 7-12, (1997)
- 29) 渡辺研一：北海道太平洋沿岸で漁獲されたマツカワの排卵状況から推定した産卵期. 水産増殖. 46(4), 589-590, (1998)
- 30) 中川亨：栽培漁業と新養成技術 マツカワ種苗生産. 水産の研究. 8, 71-77. (1989)
- 31) 山野目健, 大森正明, 金辻宏明, 河原栄二郎：マツカワにおける雌特異血清蛋白の周年変化とLHRHa コレステロールペレットの産卵促進効果. 岩手県水技七研報. 1, 13-19, (1997)
- 32) 松原孝博：卵黄形成機構と卵黄の機能. 月刊海洋. 32(2), 107-112, (2000)
- 33) Matsubara T. and Koya Y.: Course of proteolytic cleavage in three classes yolk proteins during oocyte maturation in barfin flounder *Verasper moseri*, a marine teleost spawning pelagic eggs. *J. Exp. Zool.* 278, 189-200, (1997)
- 34) Koya Y., Matsubara T. and Nakagawa T.: Efficient artificial fertilization method based on the ovulation cycle in barfin flounder *Verasper moseri*. *Fish. Sci.* 60(5), 537-540, (1994)
- 35) Kayaba T., Sugimoto T., Mori T., Satoh N., Adachi S. and Yamauchi K. Induced spontaneous spawning using an increased temperature stimulus in the cultured barfin flounder *Verasper moseri*. *Fish. Sci.* 69, 663-669, (2003)
- 36) Amano M., Takahashi A., Yamanome T., Okubo K., Aida K. and Yamamori K.: Molecular cloning of three cDNAs encoding different GnRHs in the barfin flounder. *Gen. Comp. Endocrinol.* 126, 325-333, (2002)

- 37) Amano M., Oka Y., Yamanome T., Okuzawa K. and Yamamori K.: Three GnRH systems in the brain and pituitary of a pleuronectiform fish, the barfin flounder *Verasper moseri*. *Cell Tissue Res.* 309, 323-329, (2002)
- 38) Higashino T., Miura T., Miura C. and Yamauchi K.: Histological studies on early oogenesis in barfin flounder *Verasper moseri*. *Zool. Sci.* 19, 557-563, (2002)
- 39) 岩手県：マツカワ種苗生産。平成9年度特定海域新魚種定着技術開発事業報告書。(1998).
- 40) 岩手県：マツカワ種苗生産。平成12年度資源増大技術開発事業報告書。(2001)
- 41) 太田克彦, 山野目健, 平嶋正則：マツカワの自然産卵に関する研究。平成9年度岩手県水産技術センター事業年報。172-177, (1998)
- 42) 山野目健, 平嶋正則, 田中一志：マツカワ人工種苗生産技術開発。平成11年度岩手県水産技術センター事業年報。24-30, (1999)
- 43) 山野目健, 平嶋正則, 田中一志：マツカワ人工種苗生産技術開発。平成12年度岩手県水産技術センター事業年報。5-12, (2001)
- 44) 山野目健, 平嶋正則, 田中一志：マツカワ種苗安定量産技術開発。平成13年度岩手県水産技術センター事業年報。5-16, (2002)
- 45) 山野目健, 平嶋正則, 田中一志：マツカワ種苗安定量産技術開発。平成14年度岩手県水産技術センター事業年報。10-21, (2003)
- 46) 渡辺研一, 南卓志：人工生産したマツカワのよう卵数。日水誌。66(6), 1068-1069, (2000)
- 47) 萱場隆昭, 杉本卓, 佐藤敦一：放流技術基礎調査事業マツカワ。平成12年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告。56-65, (2001)
- 48) Matsubara T. and Sawano K.: Proteolytic cleavage of vitellogenin and yolk proteins during vitellogenin uptake and oocyte maturation in barfin flounder *Verasper moseri*. *J. Exp. Zool.* 272, 34-45, (1995)
- 49) Matsubara T., Ohkubo N., Andoh T., Sullivan C.V. and Hara A.: Two forms of vitellogenin, yielding two distinct lipovitellins, play different role during oocyte maturation and early development of barfin flounder *Verasper moseri*, a marine teleost that spawns pelagic eggs. *Dev. Biol.* 213, 18-32. (1999)
- 50) 高丸禮好, 斎藤節雄, 森立成：特定海域新魚種量産技術開発事業マツカワ。平成3年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告。90-96, (1992)
- 51) 川真田憲治, 杉本卓, 森立成：特定海域新魚種量産技術開発事業マツカワ。平成6年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告。94-98, (1995)
- 52) 川真田憲治, 杉本卓, 森立成：特定海域新魚種定着促進技術開発事業マツカワ。平成7年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告。68-74, (1996)
- 53) 川真田憲治, 杉本卓, 森立成：特定海域新魚種量産技術開発事業マツカワ。平成8年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告。54-59. (1997)
- 54) 太田克彦, 山野目健：マツカワ種苗安定量産技術開発。平成6年度岩手県水産技術センター事業年報, 178-183, (1994)
- 55) 萱場隆昭, 杉本卓, 足立伸次, 山内皓平：マツカワの卵質劣化に及ぼす残留過熟卵の

- 影響. 日水誌. 69(3), 414-416, (2003)
- 56) Ohkubo N. and Matsubara T.: Sequential utilization of free amino acids, yolk protein, and lipids by developing embryos and larvae in barfin flounder *Verasper moseri*. *UJNR Technical Report*. 26, 61-66, (1999)
- 57) Ohkubo N. and Matsubara T.: Sequential utilization of free amino acids, yolk protein, and lipids by developing embryos and larvae in barfin flounder *Verasper moseri*. *Mar. Biol.* 140, 187-196, (2002)
- 58) 山野目健, 田川正朋: 多回産卵魚マツカワにおける卵中甲状腺ホルモンの人為的操作の試みおよび初期減耗に及ぼす効果の検討. 岩手水技セ研報. 2, 21-27, (2000)
- 59) 岩手県: マツカワ種苗生産. 平成10年度特定海域新魚種定着技術開発事業報告書. (1998)
- 60) 川真田憲治, 杉本卓, 森立成: 特定海域新魚種量産技術開発事業マツカワ. 平成5年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告. 104-107, (1994)
- 61) 太田克彦, 山野目健: マツカワ種苗生産技術の開発. 平成7年度岩手県水産技術センター事業年報. 184-188, (1995)
- 62) 中川亨: マツカワ. 平成元年日本栽培漁業協会事業年報. (1989)
- 63) 萱場隆昭: マツカワ種苗生産技術開発の現状. 育てる漁業, 344, 3-7, (2002)
- 64) 渡辺研一: マツカワ. 平成11年日本栽培漁業協会事業年報. 95-96, (2000)
- 65) 鈴木重則: 冷水性異体類の自然産卵技術の開発マツカワ. 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報. 13-14, (2003)
- 66) 萱場隆昭, 松田泰平, 杉本卓: 放流技術基礎調査事業マツカワ. 平成15年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告. 80-90, (2004)
- 67) 中川亨: マツカワ. 平成2年日本栽培漁業協会事業年報. 77・226-228, (1992)
- 68) 中川亨: マツカワ. 平成3年日本栽培漁業協会事業年報. 54-56・188-194, (1993)
- 69) 中川亨: マツカワ. 平成4年日本栽培漁業協会事業年報. (1994)
- 70) 中川亨: マツカワ. 平成5年日本栽培漁業協会事業年報. 58-64・197-199, (1995)
- 71) 渡辺研一: マツカワ. 平成6年日本栽培漁業協会事業年報. 55-56・172-173, (1996)
- 72) 渡辺研一: マツカワ. 平成7年日本栽培漁業協会事業年報. 73・285-286, (1997)
- 73) 渡辺研一, 鈴木重則: マツカワ. 平成8年日本栽培漁業協会事業年報. 72-73・203-204, (1998)
- 74) 渡辺研一, 鈴木重則: マツカワ. 平成9年日本栽培漁業協会事業年報. 81-82・213-215, (1999)
- 75) 渡辺研一, 鈴木重則: マツカワ. 平成10年日本栽培漁業協会事業年報. 94-95・224-226, (2000)
- 76) 渡辺研一: 冷水性異体類の自然産卵技術の開発. 平成12年日本栽培漁業協会事業年報. 11-13, (2002)
- 77) 鈴木重則: 冷水性異体類の自然産卵技術の開発マツカワ. 平成13年度日本栽培漁業協会事業年報. 11-12, (2003)
- 78) 萱場隆昭, 杉本卓, 川真田憲治: 共同研究 (マツカワの産卵メカニズムに関する基礎研究). 平成9年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告. 53-60, (1998)
- 79) 萱場隆昭, 杉本卓, 佐藤敦一: 共同研究 (マツカワの産卵メカニズムに関する基礎研

- 究). 平成10年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告. 63-71, (1999)
- 80) 北海道. マツカワ種苗生産. 平成14年度資源増大技術開発事業報告書. (2002)
- 81) 萱場隆昭, 松田泰平, 杉本卓: 放流技術基礎調査事業マツカワ. 平成14年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告. 55-65, (2003)
- 82) 北海道. マツカワ種苗生産. 平成15年度資源増大技術開発事業報告書. (2003)
- 83) 萱場隆昭, 松田泰平, 杉本卓: 放流技術基礎調査事業マツカワ. 平成15年度北海道立栽培漁業総合センター事業報告. 80-90, (2004)
- 84) 有瀧真人, 鈴木重則, 渡辺研一: 飼育したマツカワ仔稚魚の形態発育と成長. 日水誌. 66(3), 446-453, (2000)
- 85) 萱場隆昭: マツカワ人工種苗の形態異常を防ぐ. 試験研究は今. 510, (2003)
- 86) Gotoh R., Mori T., Kawamata K., Matsubara T., Mizuno S., Adachi S., Yamauchi K.: Effects of temperature on gonadal sex determination in barfin flounder *Verasper moseri*. *Fish. Sci.* 65(6), 884-887, (1999)
- 87) 森立成: 飼育水温で性比が変わるマツカワ人工種苗. 北水試だより. 37, 12-14, (1997).
- 88) 山本義久: 冷水性異体類の種苗生産技術開発マツカワ. 平成13年度日本栽培漁業協会事業年報, 16-20, (2002)
- 89) 萱場隆昭, 杉本卓, 佐藤敦一: マツカワ仔魚の初期摂餌及び生残に及ぼすナンノクロロプシス *Nannochloropsis oculata* 添加飼育の影響. 北海道水試研報. 63, 55-63, (2002)
- 90) 川合真一郎: 体色異常と消化生理の関係解析. 健苗育成技術開発成果, 143-164. (2000)
- 91) 中川亨: マツカワ. 平成4年度日本栽培漁業協会事業年報. 177-178, (1993)
- 92) 鈴木重則: マツカワ. 平成9年度日本栽培漁業協会事業年報. 213-215, (2000)
- 93) 鈴木重則: マツカワ. 平成10年度日本栽培漁業協会事業年報. 224-226, (2000)
- 94) 萱場隆昭, 杉本卓, 松田泰平: マツカワ種苗生産における仔魚の大量沈下減耗. 水産増殖. 51(4), 443-450, (2003)
- 95) 鈴木重則: マツカワ. 平成11年度日本栽培漁業協会事業年報. 198-200, (2000)
- 96) 鈴木重則: 冷水性異体類の種苗生産技術開発マツカワ. 平成12年度日本栽培漁業協会事業年報. 15-19, (2002)
- 97) 有瀧真人: カレイ類の変態と形態異常. 月刊海洋. 27, 732-739. (1995)
- 98) 有瀧真人: 飼育したカレイ科魚類の変態期に発現する形態異常とその防除に関する研究. 京都大学博士論文, (2004)
- 99) Gotoh R.: Studies on environmental factors influencing sex differentiation in pleuronectid, cyprinid, salmonid fishes. Doctor thesis of Hokkaido University. (2000)
- 100) 高谷義幸, 川真田憲治: マツカワ人工種苗の飢餓耐性. 水産増殖. 48(3), 517-522, (2000)

# 北海道におけるマツカワ養殖研究

北海道立中央水産試験場 森 立 成

## 1. マツカワ養殖技術開発の経緯

マツカワの養殖技術開発は平成7年度から11年度まで、古平町において浮き生け簀養殖技術開発試験として取り組まれてきた<sup>1-5)</sup>。これまでに、浮き生け簀の安定性、移動性、作業性等の養殖施設の改良や養殖魚の成長、収容密度、給餌方法等の飼育管理方法、海面移行時期や沖だしサイズ等の養殖サイクルについての検討を行ってきた。平成11年度からは中央水試の委託試験として試験を継続している。マツカワは平成14年にブランドネーム（王鰈）が決定し、今後は、王鰈ブランドを定着、促進させるため、さらにマツカワ養殖を推進する必要がある。現在、日本海海域の古平町、太平洋海域の浦河町およびオホーツク海域の羅臼町において、海域別の養殖飼育試験や経済性の検討を行い、マツカワ養殖の定着化と養殖のモデル地域化を目指し試験を行っている<sup>6-7)</sup>。以下に古平町において実施した海面浮き生け簀養殖の技術開発の現状と問題点および養殖マツカワの新品種開発試験の概略を示す。

## 2. 古平町におけるマツカワ養殖技術開発試験

### 2. 1. 養殖用浮き生簀

試験には養殖用浮き生け簀（縦7 m×横7 m×深さ5.7 m）を用いた。底網はシート構造で残餌が抜け落ちるように所々網目になっており、生け簀上部には海鳥よけの網が張られている。魚の取り上げが容易となるように、筏上部の四隅には手巻きウインチが装着され、底面シートを水面近くまで揚げるができる。また、枠体上部には空気圧により浮力を調節できるフロートが設置されている。生け簀は、古平港内と港外に設置した。魚を収容後、最初の年（1年目）は、波浪の影響の少ない港内の生け簀で飼育し、その後は波浪の影響を考慮しながら、港内外の生け簀に移動して管理した。

### 2. 2. 飼育管理

港内生け簀においても、波浪や潮流の影響は多少あるため、全長3～4 cmサイズのマツカワを直接、生簀に収容（沖出し）すると成長や生残が良くない。そのため、当初は、全長10 cm位まで陸上で中間育成してから沖出ししていた。しかし、陸上の中間育成は、底掃除等の手間がかかるため、中間育成期間の短縮化と、より小さいサイズでの沖出しが課題となった。現在では、7 m生け簀の中に2 m×2 mの小割り生け簀を設置して一時的に魚の密度を高めて餌食いを良くしたり、給餌回数を増やすなどの工夫をし、全長5～6 cmサイズでの沖出しが可能となった。また、このサイズで沖出した場合、陸上飼育による中間育成よりも海面飼育の方が成長が良いことも分かった。

沖出ししたマツカワは、最初の1年～1年半（体重400 g～500 g程度まで）は配合飼料を給餌し、その後はイカナゴに切り替える。配合飼料は1日に数回給餌し、特に初期の配合飼料では潮流の影響で餌が生け簀外に流される場合もあるので丁寧に給餌する。生餌の

場合は1日～数日置きに給餌する。魚体重当たりの日間給餌率は、500g以下で3～5%、500g以上で2%を目安にする。給餌量は水温によって調節するが、特に水温が8℃以下になると摂餌が低下するので、給餌回数や給餌量を減らす。生産コストの中に占める餌代の割合は約5割と高く、経費節減が望まれている。従って、地元で多く入手できる雑魚等、単価の低い魚の利用や、モイストペレットの開発が今後の課題の一つである。

収容密度は10～20kg/m<sup>2</sup>とし、順次密度調整をする。高密度で飼育すると病気の蔓延や魚体のスレによる商品価値の低下が起これると考えられるので十分な注意が必要である。夏～秋にかけて藻や貝類が網に付着し、海水交換が悪くなるため、年に数回、多いときには1ヶ月に1回程度、網を交換し、付着物がついた網は陸上に揚げて洗浄機で洗浄する。これにかかる労力を軽減するため、より効率的な洗浄機や洗浄方法の開発も今後の課題である。

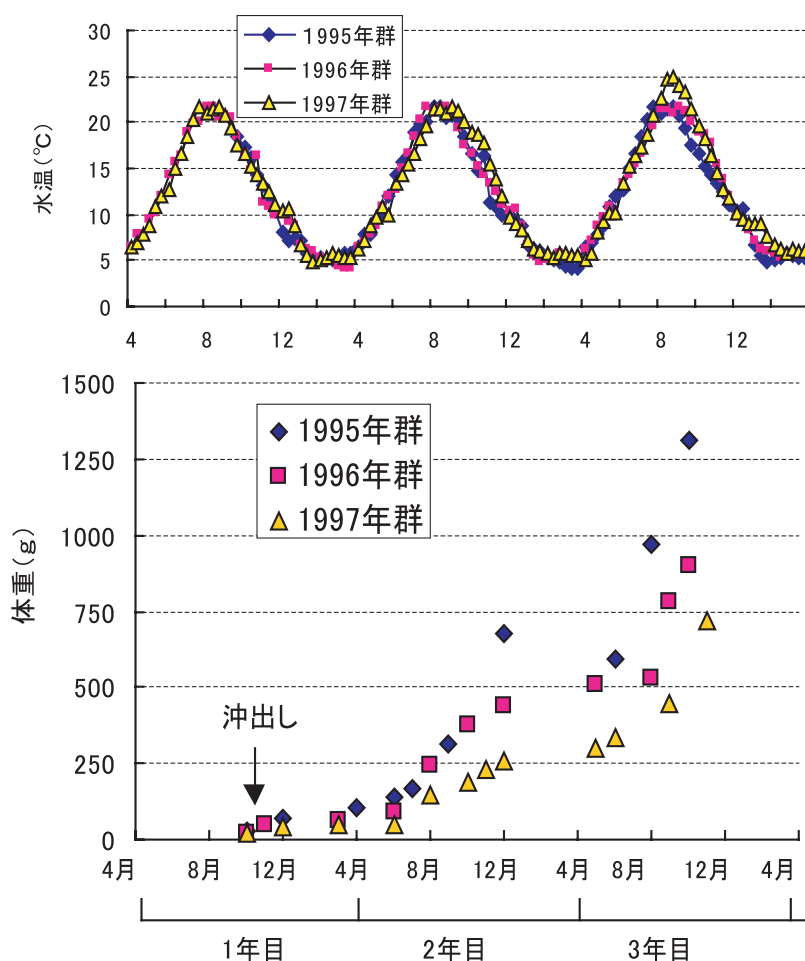


図1 古平町海面養殖施設におけるマツカワ養殖魚の成長と水温変化

### 2. 3. 海面生け簀における成長と生残

図1に1995、1996および1997年産養殖試験種苗の海面生け簀における成長と旬別平均水温の変化を示した。成長は年級群によって違いがみられたが、平均すると、1年目の秋に沖出ししてから1年後には400g、2年後にはほぼ1kgに達した。年級による成長の変動要因の一つとして雌比率が考えられるが、各年級群の雌比率は1995年群(42.9%)、1996

年群（16.9%）、1997年群（4.0%）であった。マツカワでは、雌雄の成長差が生じ、雌の成長は雄より良好であるため、これらの雌比率の違いが全体の成長の違いに影響したと考えられる。また、年級群別の水温経過をみると、95年および96年種苗は3年間ともに最高水温で22℃前後で推移した。しかし、97年群は、3年目の夏に25℃前後の高水温となった。陸上水槽におけるマツカワ飼育試験では、22～23℃を越えると餌食いが低下することが分かっており、97年種苗では、この高水温が成長低下にさらに影響を及ぼした可能性がある。

沖出し約2年後の生残率は年級群による変動があるものの50～70%となっている。古平町における試験において、大きな減耗要因は冬期間の時化および夏期の高水温による影響であった。試験期間中、冬期間の時化が生残率に深刻な影響を及ぼす例がしばしばあり、波浪の影響を最小限にするための生け簀の構造、設置場所および配置等について再検討が求められた。そこで現在、冬期間は魚を港内生け簀に移動するなどの対策を施している。

太平洋およびオホーツク海域では、冬期の最低水温が氷点下まで下がり、飼育魚の活力低下や斃死に至る例もみられる。一方、日本海側の冬期の最低水温は4～5℃であるため、マツカワが斃死することはない。しかし、夏場には表面水温で24～25℃となり、活力低下や疾病の発生により生残率の低下を招いている。この対策としては、飼育密度の低下、ビタミン剤の投与、海水交換を良くするための生け簀交換が現在のところ最良の方法と考えられる。しかしながら、養殖生産において、生残率は損益を決定する重要なファクターであるため、当面は、実績としてある生残率70%程度を安定して達成することを目標とすべきである。

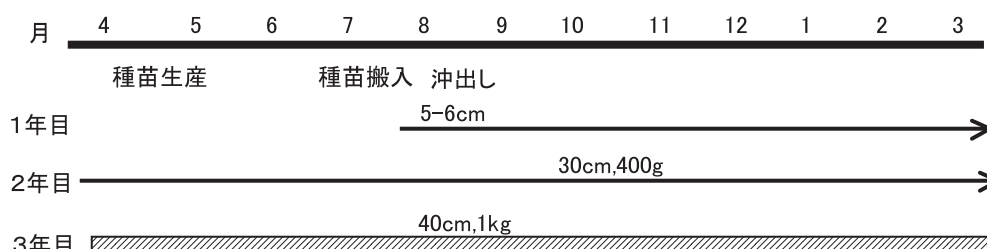


図2 古平町におけるマツカワ海面養殖の養殖サイクル。斜線部分は出荷時期を示す。

## 2. 4. 養殖サイクルと出荷試験

古平町における養殖サイクルを図2に示した。出荷は、3年目の概ね1kgサイズに達した魚から行った。従って、沖出しから出荷まで2年～2年半のサイクルとなっている。試験出荷は、2002年度には9月～1月、2003年度は10月～3月、2004年度は4月～12月にかけて行われ、このときの平均単価は2002年度および2003年度が2,300円/kg、2004年度が2,100円/kgであった。販売先は札幌市が全体の60%程度を占め、その他では函館市、釧路市、地元の水産会社および寿司屋となっている。将来的に、出荷時期およびサイズについては、需要側のニーズを考慮に入れながら十分な検討が必要である。

今後、マツカワ養殖を進展させるには、それぞれの地域に適合した養殖サイクルを確立するとともに、イベントやホームページによるマツカワのPR、消費流通調査および販路の開拓、加工、調理法の開発等も同時に行っていくべきであろう。



### 3. マツカワの雌性発生魚および三倍体作出試験

ヒラメカレイ類のバイテク研究は平成9年～13年度にヒラメカレイ類の性統御及びクローン魚作出試験として取り組まれた<sup>8)</sup>。マツカワについては、雄より雌の方が成長が著しく良好であるため<sup>9)</sup>、全雌種苗の利用は養殖にとって有利であり、不妊の3倍体として養殖に用いれば養殖生産の向上が期待できる。さらに、第1卵割阻止技術を用いて純系魚の作出技術を確立できれば、様々な遺伝的特性を持った品種の作成が可能となり<sup>10)</sup>、地域特産種として利用できる可能性がある。そこで現在、平成15～17年のマツカワ養殖新品種作出試験として研究を継続している<sup>11)</sup>。

この試験の中では、マツカワ三倍体、第二極体放出阻止型雌性発生魚(G1)、第一卵割阻止型雌性発生魚の作出条件が明らかにされた<sup>12)</sup>。これらの処理によって作出したマツカワ三倍体は雌雄ともに不妊であることが判明した。また、数系統ではあるが90%以上の雌比率を示すG1群が得られ、これらの群はコントロール二倍体群よりも優れた成長を示し、養殖種苗としての有効性が明らかとなった。今後も養殖特性における通常二倍体との比較試験を行う必要がある。

### 4. 文 献

- 1) 斉藤節雄, 三浦宏紀, 西原 豊: マツカワ浮き生け簀養殖技術開発試験. 平成7年度北海道立中央水試事業報. 261-267 (1995)
- 2) 斉藤節雄, 三浦宏紀, 西原 豊, 伊藤慎吾: マツカワ浮き生け簀養殖技術開発試験. 平成8年度北海道立中央水試事業報. 245-255 (1996)
- 3) 斉藤節雄, 森 立成: マツカワ浮き生け簀養殖技術開発試験. 平成9年度北海道立中央水試事業報. 222-228 (1997)
- 4) 斉藤節雄, 森 立成: マツカワ浮き生け簀養殖技術開発試験. 平成10年度北海道立中央水試事業報. 219-221 (1998)
- 5) 斉藤節雄, 森 立成: マツカワ浮き生け簀養殖技術開発試験. 平成11年度北海道立中央水試事業報. 243-245 (1999)
- 6) 森 立成, 斉藤節雄: 養殖技術開発推進事業. 平成14年度北海道立中央水試事業報. 89 (2003)
- 7) 森 立成: 養殖技術開発推進事業. 平成15年度北海道立中央水試事業報. 103 (2004)
- 8) 斉藤 節雄, 森 立成: ヒラメ・カレイ類の性統御及びクローン魚の作出試験, 平成13年度北海道立中央水試事業報, 157-162, (2001)
- 9) 森 立成, 斉藤 節雄, 杉本 卓, 萱場 隆昭: マツカワの成長の雌雄差. 北水試研報, 56, 137-141 (1999)
- 10) 荒井克俊: 水産増養殖における染色体操作の現状. 水産増殖, 45(3), 411-416 (1997)
- 11) 森 立成, 干川 裕, 木村 稔, 三上加奈子: 養殖マツカワの新品種作出試験. 平成15年度中央水試事業報. 89 (2004)
- 12) 森 立成, 斉藤節雄, 岸岡稚青, 荒井克俊: マツカワ *Verasper moseri* における三倍体および雌性発生二倍体の誘起. 日水誌, 70(2), (2004)

# 北海道におけるマツカワ病理研究

北海道立中央水産試験場 三浦 宏紀

## 1. マツカワ病理研究の経過

北海道立水産試験場が把握しているマツカワで最初に発生した感染症は、1991年に海面養殖魚で発生したエドワジェラ症で、隣接する施設で飼育していたヒラメよりも斃死率が高く、全滅した。このときの水温が20℃を越えており、マツカワにとって不利な水温だったことが影響したと考えられた。

また、1993年には道内の中間育成施設で発生していた頭部の発赤を伴う原因不明の病気が北大による RT-PCR 検査でウイルス性神経壊死症 (VNN) であることが明らかにされた<sup>1,2)</sup>。マツカワでの VNN 研究に関しては渡辺 (1999) により詳細に述べられているので<sup>3,4)</sup>、以下主に道水試関係分について記載する。

1993年の道栽培センター産種苗は RT-PCR 検査で陰性だったが、翌1994年には卵または体腔液が RT-PCR 検査で陽性だった親魚由来の受精卵の生産回次で陽性魚が検出された。

その後、道栽培センターでは生産中の仔稚魚の RT-PCR 検査、親魚候補魚の抗体検出 ELISA 検査が実施され、陽性魚、疑陽性魚は処分されている。また、親魚、仔稚魚の飼育管理方法も改良され、1995年以降道栽培センターで生産された種苗で VNN の発症は確認されていない<sup>5-13)</sup>。

一方、天然魚が VNN ウイルスを保有している可能性を検討するため、マツカワ、ヒラメ、クロソイ、マダラ、スケトウダラ、クロガシラガレイ、マガレイ、ソウハチ、アサバガレイの天然魚について、ウイルスが増加し検出される可能性が高くなると思われる産卵期<sup>13-15)</sup>に RT-PCR 検査を実施しているが、これまで陽性魚は検出されていない<sup>2,7,8)</sup>。

防疫対策に関する研究として、稚魚の浸漬、注射による攻撃試験を行い、マダラ由来の VNN ウイルスがマツカワ、ヒラメにも感染し、ヒラメでは全長30mm以上の個体でも水平感染する可能性があることが分かった<sup>7)</sup>。

また、不顕感染魚が VNN ウイルスを放出する可能性を検討するため、RT-PCR 陽性稚魚並びに様々な ELISA 抗体価の親魚について追跡調査を行った結果、稚魚期に RT-PCR 検査で不顕感染が確認された群の魚であっても、全長80mmを越えると絶食、温度急変等のストレスを与えても発症せず、その後成熟するまで ELISA 抗体は陰性で、眼あるいは脳の RT-PCR 検査も陰性だった<sup>7,8)</sup>。低抗体価、中抗体価、高抗体価、人為免疫魚の抗体価の周年変化と各抗体価親魚由来仔稚魚の調査では、抗体価が産卵期に低下し水温が高い時期に高くなる傾向がみられた。また、人為免疫魚では抗体価が高いまま推移したが、その他では群による抗体価の変動に明確な傾向がみられなかった<sup>8,9)</sup>。抗体価の異なる親魚由来仔稚魚の飼育試験では、6か月間の飼育期間中、何れも RT-PCR 検査が陰性となり、その後も発症は起こらなかった<sup>9)</sup>。

なお、当初原因ウイルス NNV の細胞培養による分離が不可能だったが、近年 NNV の培養が可能な SSN-1 細胞が確立されている<sup>17)</sup>。

## 2. マツカワ病理研究の問題点

北海道では平成4年にウイルス性神経壊死症（VNN）の発生が確認され、マツカワ栽培漁業の技術開発が停滞したが、親魚のELISA検査、種苗のPCR検査によるウイルス感染魚の排除、飼育施設での衛生管理の徹底等によりVNNの発症は見られなくなっている。しかし、その後も仔稚魚のRT-PCR検査で陽性魚、擬陽性魚が検出されることがあり、親魚中に不顕感染魚が存在すると考えられていた。ところが人為感染させた発症魚では感染粒子、外被蛋白、ウイルスRNAが検出されるのに対し、非感染魚ではこれらは検出されず、RNAase処理後のPCRで陽性となる場合があることから、マツカワDNAにNNVのRNA型が存在する可能性が示唆されている<sup>10-12)</sup>。

また、マツカワを養殖する場合、エドワジェラ症等の細菌性感染症対策も必要となるが、現在カレイ目の連鎖球菌症の治療薬として認可されている塩酸オキシテトラサイクリンを試験的に経口投与してもマツカワでは体内濃度が殆ど上がらず、治療効果は期待できない。そこで、高い治療効果が期待できる腹腔内投与や、マツカワでも経口投与による吸収・体内移行が良い治療薬の承認が必要と思われる。

さらに、平成15年に行われた薬事法の改正で、規制対象が稚魚や卵にまで拡大され、それまで多くの魚種で感染症予防の卵消毒に使用されてきたポビドンヨードは、罰則規定こそ無いものの、ニシン目魚類以外での使用が認められていない。他の魚種への早期の効用拡大が望まれる。

## 3. マツカワ病理研究の今後の課題

VNN検査法の改良

### ・検査法の検討

放流して良い種苗かどうかを判定するために必要な検査と、判定法について検討する。

### ・DNA型の有無の確認とDNA型による影響の検討

親魚中DNA型の存在をRNAase処理後nested PCR等で確認する<sup>16)</sup>。また、遺伝子型から感染粒子を形成する可能性を検討する。

## 4. 文献

- 1) 石間正浩：マツカワ *Verasper moseri* に発生したウイルス性神経壊死症に関する研究。北海道大学修士論文，(1994)
- 2) Huu Nguyen, Takayuki Mecuchi, Kikuko Imura, Toshihiro Nakai, Toyohiko Nishizawa and Kiyokuni Muroga : Occurrence of Viral Nervous Necrosis (VNN) in Hatchery -Reared Juvenile Japanese Founder *Paralichthys olivaceus*. Fisheries Science, 60, (5) 551-554 (1994)
- 3) 渡辺研一・吉水守・石間正浩・川真田健二・絵面良男：マツカワにおけるウイルス性神経壊死症の発生。北大水産彙報。50(2), 101-113 (1999)
- 4) 渡辺研一：マツカワに発生したウイルス性神経壊死症の防除対策に関する研究。北海道大学博士論文，(1999)
- 5) 三浦宏紀・西原豊・大崎正二：海産魚介類の原因不明疾病の解析と防除に関する研究。平成6年度北海道立中央水産試験場事業報告書，171-174, (1995)

- 6) 西原豊・三浦宏紀：マツカワのウイルス性神経壊死症対策事業。平成7年度北海道立中央水産試験場事業報告書, 169, (1996)
- 7) 三浦宏紀・西原豊・伊藤慎悟：マツカワのウイルス性神経壊死症対策事業。平成8年度北海道立中央水産試験場事業報告書, 143-145, (1997)
- 8) 西原豊・三浦宏紀・伊藤慎悟：マツカワのウイルス性神経壊死症対策事業。平成9年度北海道立中央水産試験場事業報告書, 119-121, (1998)
- 9) 西原豊・三浦宏紀・伊藤慎悟：マツカワのウイルス性神経壊死症対策事業。平成10年度北海道立中央水産試験場事業報告書, 130-133, (1999)
- 10) 鈴木邦夫・伊藤慎悟・西原豊：マツカワ神経壊死症 (VNN) 対策事業。平成11年度北海道立中央水産試験場事業報告書, 11-7-120, (2000)
- 11) 鈴木邦夫・伊藤慎悟・西原豊：マツカワ神経壊死症 (VNN) 対策事業。平成12年度北海道立中央水産試験場事業報告書, 204-204 (2001)
- 12) 鈴木邦夫・伊藤慎悟・西原豊：マツカワ神経壊死症 (VNN) 対策事業。平成13年度北海道立中央水産試験場事業報告書, 221-223, (2002)
- 13) 水産庁栽培振興課・日本栽培漁業協会：種苗生産期におけるウイルス性神経壊死症 (VNN) の防疫対策に関する担当者会議資料, (1997)
- 14) 虫明敬一・有本操：総説シマアジのウイルス性神経壊死症 (VNN) に関する防疫対策。栽培技研, 28(1), 47-55, (2000)
- 15) ウイルス性神経壊死症 (VNN) 防除技術開発 (クエ, ヒラメ), 平成12年度日本栽培技術協会事業年報, 278-280, (2001)
- 16) L. Dalla Valle, L. Zenella, P. Patanello, P. Belvedere and L. Colombo : ウイルス性神経壊死症 (VNN) 診断法としての nested PCR. *Journal of Fish Disease*, 23, 321-327 (2000)
- 17) T. Iwamoto, K. Mori, M. Arimoto, T. Nakai : High permissivity of fish cell lone SSN-1 for piscine nodavirus. *DISEASE OF AQUATIC ORGANISM*, 39, 37-47 (1999)

# 北海道におけるマツカワ種苗放流研究

北海道立函館水産試験場室蘭支場 高谷 義幸

## 1. これまでの種苗放流の概要

マツカワ人工種苗は、1987年に厚岸湾で初めて放流された。これ以降、日本栽培漁業協会厚岸事業場（現 水産総合研究センター厚岸栽培センター）では厚岸海域を主なフィールドとして、放流を行っている。一方、北海道水産試験場では放流技術の開発を目的に、噴火湾をモデル海域として放流実験が進められた。近年、種苗生産技術の安定に伴い、生産種苗数が増加傾向にあることから、放流場所も日本海を除く全道に拡大しつつある。現在、道水試がモデル海域として取り組んでいるのは、えりも以西太平洋海域である。当海域におけるマツカワの放流は1991年から始められ、当初は数千尾程度であったが1998年には10万尾を超える数が放流された。その後2002年までは毎年10万尾前後の種苗が放流されている。しかし、2003年には種苗生産が不調に終わったため、放流数も25,000尾程度に減少した（図1）。なお、2006年からは栽培漁業拠点センターが稼働し、毎年100万尾の種苗を放流する予定となっている。

えりも以西海域では、1999年までは放流魚の一部（または全部）にスパゲッティ型やダート型の外部標識が装着されていたが、2000年からは適正放流サイズを決定するための小型魚の放流が始まり、標識装着が困難であることから、放流サイズを統一したうえで無標識放流としている。

現在は、過去に行われた標識放流の結果等から成長、移動、食性などのデータを取りまとめているほか、回収率を出すための市場調査などを行っている。ここでは、これまでにまとめられた放流技術に関連する知見の概略を紹介するとともに、残された問題点について述べる。なお、マツカワ栽培漁業の概要および総括的な報告については、すでに安藤ら<sup>1)</sup>、日本水産資源保護協会<sup>2)</sup>によりまとめられているので参照されたい。

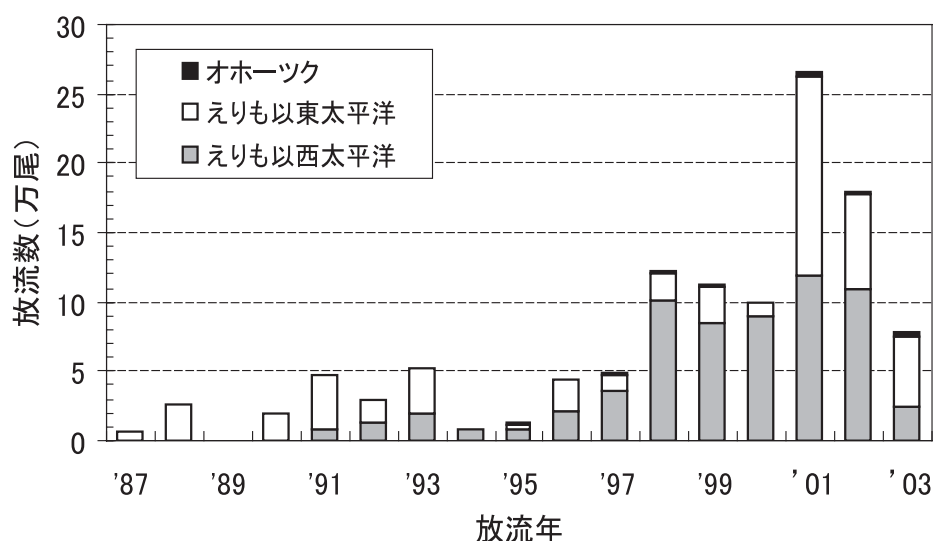


図1 北海道におけるマツカワ人工種苗放流数

## 2. 放流技術開発

### 2. 1. 放流適地

#### 2. 1. 1. 天然仔稚魚の分布

一般に天然仔稚魚が多く分布する場所が適地であると考えられるが、本種の稚仔魚分布については情報が少ない。浮遊仔魚が三陸沖<sup>3)</sup>で、手のひら大の魚が胆振太平洋から日高にかけてのシシャモ桁網漁業で採集されるという情報<sup>4)</sup>、全長100mmの個体が厚岸で4月に採集された事例<sup>2)</sup>のほか、全長15.7cm（1尾：様似町エンルム岬）、全長15.5～16.3cm（2尾：西様似）、全長13.8～32.3cm（8尾：えりも）が1970年8月に地曳網で採集された例<sup>5)</sup>があるが、着底直後の稚魚の採集例は報告されていない。

#### 2. 1. 2. 底質

人工種苗を用いた実験では、底質選択性や潜砂の様子から、粒径0.125～0.25mmにモードを持つ砂泥域がよいとされている<sup>6)</sup>。

#### 2. 1. 3. 放流後の餌料と摂餌状況

全長200mm以下ではアミ類や小型甲殻類を摂餌している事例が多い<sup>7-9)</sup>。また、成長に伴って魚食性が強くなることが示唆されている<sup>10)</sup>。一方で、全長100mmの小型魚でも魚類稚魚（カタクチイワシ、セトヌメリ）が摂餌されている例<sup>8)</sup>や1歳魚でもヨコエビ類やヘラムシ類などの甲殻類を摂餌していた例<sup>11)</sup>がある。

選択性については、厚岸で小型個体がアミ類を選択的に摂餌している<sup>10)</sup>一方で、噴火湾<sup>7-9)</sup>やオホーツク<sup>12)</sup>で選択性が認められないなど、地域によって異なっている。このことは、アミ類を始めとした主要餌生物の豊度によるのではないかとの考えもある<sup>10)</sup>。

全長57～116mmの種苗が捕食可能な餌料生物の大きさは、おおむね30mmより小さな生物であり<sup>9)</sup>、種類だけでなく餌料のサイズも重要である。

放流後の摂餌個体率は、放流翌日では低く、放流後2～3日以降は45%～100%に上昇する<sup>7-9)</sup>。したがって、天然への馴致は速やかに行われるものと思われる。

#### 2. 1. 4. 捕食者

水槽実験で全長110mmの種苗が、シモフリカジカ、エゾアイナメ、スジアイナメに捕食された<sup>13)</sup>。また、全長6～10cmの種苗を使った捕食実験では種苗サイズの増大により捕食されにくくなったが、全長10cm種苗であっても全長30cm程度のアイナメに捕食された<sup>14)</sup>。

天然海域では、厚岸湾においてエゾアイナメ、シモフリカジカによる捕食が確認されている<sup>15)</sup>。岩手県ではアイナメ、エゾイソアイナメ、ムシガレイ、コモンカスベが捕食者となった<sup>11,14)</sup>。噴火湾においては放流魚が捕食された事例は確認されていない。

#### 2. 1. 5. 問題点

1カ所に43,000尾を集中放流した場合、9日後の摂餌個体率が46%に低下した事例<sup>11)</sup>もあり、適正な放流数については未解明の部分が多い。また、餌料選択性については、場所や時期で調査結果が異なるなど不明の点も多い。

ソリネットによる餌料生物相の調査は定量性が低く、また餌料生物の分布がパッチ状の

場合や潜砂性を持つ場合、昼夜行動が違う場合などもあり、この方法での調査と種苗の胃内容物調査からの結果を直接比較するには注意が必要である。

捕食者については、魚類による捕食が指摘されているが、ヒラメで注目されている甲殻類による捕食については不明である。

## 2. 2. 放流適期

### 2. 2. 1. 水温

マツカワ稚魚期（中間育成期間）の適水温は、14～20℃であり、5℃未満や25℃以上では摂餌を停止する<sup>16)</sup>。また、9℃未満では成長が停止する<sup>17)</sup>ことから、摂餌により体維持以上のエネルギーを保てるのは9℃以上である。一方、飢餓に対する耐性は低水温期には極めて高く、全長80mmの種苗では100日以上絶食に耐えることができる<sup>18)</sup>。オホーツク海域では、放流時の表面水温が高い方が再捕率も高くなる傾向が見られ、特に水温が2℃以下の時の放流群では極端に再捕率が低かった（北海道 未発表）。また、厚岸湖では高水温期に放流した方が摂餌率が高く、成長、回収とも良好であった<sup>19)</sup>。

### 2. 2. 2. 餌料生物

厚岸湖ではアミ類への依存性が高く、アミが多い時期に放流することで成長、生残ともに良化する<sup>19)</sup>。一方、噴火湾やオホーツクのように選択性を示さず、小型甲殻類や魚類などを捕食している海域もある<sup>7-9,12)</sup>。いずれにせよ、摂餌可能な小動物が多い時期に放流するのが良いと思われる。

### 2. 2. 3. 放流サイズ

同時期に同一場所で放流した場合、全長の大きい群が再捕率が高くなる傾向にある<sup>14)</sup>。また、オホーツクでは全長13cm以上で再捕率が高い<sup>20)</sup>。厚岸では8cm以上で再捕率が高い<sup>21)</sup>。

全長50～120mmの小型種苗を含む群を放流して短期間の追跡調査を行った結果、全長80mm未満の個体では再捕率が低かった<sup>8,9)</sup>。

えりも以西海域では、1999年まで全長10cm以上で放流してきた。2000年以降は10cm以下の種苗を放流しており、これらの回収率が算定されれば放流全長と回収の関係が推測できるかも知れない。

### 2. 2. 4. 問題点

現状では種苗生産工程を変更することはできないので、放流サイズにより放流時期が限定される。

放流サイズが大きい方が生き残りが良いという事例が多いが、どのサイズから生き残りが良くなるかは餌料選択性や餌料生物の多寡などとの関係が示唆されているものの、不明な点が多い。また、絶対的なサイズが生き残りを決めるのか、群の中の相対的なサイズが問題となるのかは不明である。

放流後に小型魚類を捕獲するような漁業（たとえばシシャモ桁網等）が行われる場合は混獲を防止する必要がある。



### 3. 放流後の生態

#### 3. 1. 移動、分散

##### 3. 1. 1. 放流直後

放流海域で行った再捕調査では、ソリネットによって再捕されるのは放流後2週間程度までである<sup>8)</sup>。したがって、放流後、数週間程度で放流場所から周辺海域へ分散していくものと考えられる。

##### 3. 1. 2. 0～1歳

各海域とも放流場所周辺で漁獲される場合が多く、いずれの海域で放流した場合も、70～90%前後が放流海域周辺で再捕された<sup>9, 20-22)</sup>。

##### 3. 1. 3. 2歳以降

2歳以降は移動範囲が大きくなり、噴火湾においては2歳までは湾内での再捕が多いが、3歳以降は湾外での再捕割合が次第に高くなる<sup>9)</sup>。また、1歳～3歳魚を噴火湾内で放流したところ、ほとんどが湾外で再捕され、本州太平洋岸での再捕も多かった(北海道 未発表)。他の海域でも同様に加齢とともに再捕範囲が広がり、日本海から本州太平洋岸にわたる広い範囲で再捕される<sup>9, 20, 22)</sup>。

##### 3. 1. 4. 深浅移動

漁業からの情報では、1歳までは30m以浅。2歳では、4月～11月は30m以浅、11月～3月は200m以深で漁獲されることが多い<sup>4)</sup>。

##### 3. 1. 5. 問題点

放流直後の密度低下が移動によるものか、減耗によるものかが不明である。

外部標識は3年程度で脱落するため、高齢魚、特に3歳以上の移動や成長などの情報が少ない。

#### 3. 2. 食性

全長200mm以下はアミ類や小型甲殻類、1歳魚はエビジャコ類や等脚類、2歳以降は魚類の割合が高い<sup>10)</sup>。漁獲物(おおむね30cm以上)の胃内容物からも加齢につれて魚食性が強くなる傾向が見られる(北海道 未発表)。

##### 3. 3. 1. 成長と成熟

1歳冬で全長30cm・体重400g、2歳冬で40cm、1,000gとなる<sup>7)</sup>。3歳頃より全長に雌雄差が生じ、雌の方が成長がよい(北海道 未発表)。えりも以西海域においては、漁獲日と全長をもとに年齢を推定するプログラムが作成されている(馬場 未発表)。耳石輪紋数により年齢の判別が可能である<sup>23)</sup>。

漁獲物調査で得られた標本のうち、生殖腺の発達が認められたのは雌の場合4歳(一部3歳、北海道 未発表)以上、雄で2歳以上であり、繁殖に加わる年齢は雌で5歳(一部4歳、北海道 未発表)、雄で3歳と推定された。また、その際の体サイズは、雌で全長50

cm以上、雄では36cm以上の個体で生殖腺の発達が認められた<sup>11)</sup>。ただし、雌は標本数が少なく、修正の可能性がある。

### 3. 3. 2. 問題点

成熟年齢、成熟全長については、3歳魚以上の標本が少なく、今後の資料蓄積による修正が必要である。

## 4. 回収

### 4. 1. 1. 再捕状況

噴火湾では自主規制により小型魚の漁獲を禁止していることもあり、0歳魚の再捕は少なく、再捕の中心は1～2歳魚である<sup>7)</sup>。厚岸では1歳魚<sup>21)</sup>、その他の地域では2歳魚が再捕の中心となる<sup>7, 8)</sup>。3歳魚以上の再捕は少なくなる傾向があり、各海域とも共通の現象である<sup>7, 8, 20, 22)</sup>。

### 4. 1. 2. 問題点

再捕年齢を標識報告から推定する場合、標識脱落が年齢経過とともに多くなることから、高齢魚を過小評価することになる。したがって、市場調査による全長測定など、標識情報以外の調査結果との併用が必要である。

### 4. 2. 1. 回収率の推定方法

標識再捕情報や市場調査から漁獲物年齢組成を推定し、これを漁獲量で引き延ばすことで回収率の算定ができる。漁獲物は現在のところほぼ100%が人工種苗であり、天然魚と放流魚を区別する必要はない。

### 4. 2. 2. 問題点

市場調査による全長組成把握、耳石輪紋による年齢査定などを実施し、年齢推定の精度を向上させることが必要。このためには、海域別、漁業種別にデータをとるなど詳細な調査が必要となるため、調査体制作りが必要。

### 4. 3. 1. 回収率

噴火湾において、漁獲物の年齢査定や漁獲量など、必要なデータがほぼ揃っている2000年放流群の3歳までの累積回収率は6.0%と計算されている（北海道 未発表）。回収は1歳魚の後半から始まるが、主体となるのは2歳になってからであり、2歳前期（4～8月）の回収で3.8%を占めていた。この時の漁獲物の全長はおおむね350mm以下であった（北海道 未発表）。

### 4. 3. 2. 問題点

1999年以前の放流群の回収率は暫定値として計算されている<sup>14)</sup>が、市場調査の体制が整っていかなかったことや一部の地域で漁獲量が集計されていないことから、推定の精度が低い。また、2000年以降の放流群については比較的精度の高い推定が可能と思われるが、

現段階では海域間の移出入などを考慮しておらず、今後さらに精度を上げていく必要がある。

## 5. 放流効果

### 5. 1. 漁獲量

噴火湾での漁獲量は1994年の325kgから2000年には3,689kgへ増加した。えりも以西海域合計では2001年度で7.5トンであった（図2）。漁獲物の主体が2歳魚であることから、放流数が多い年の2年後には漁獲量が多くなる傾向が見られる（図3）。

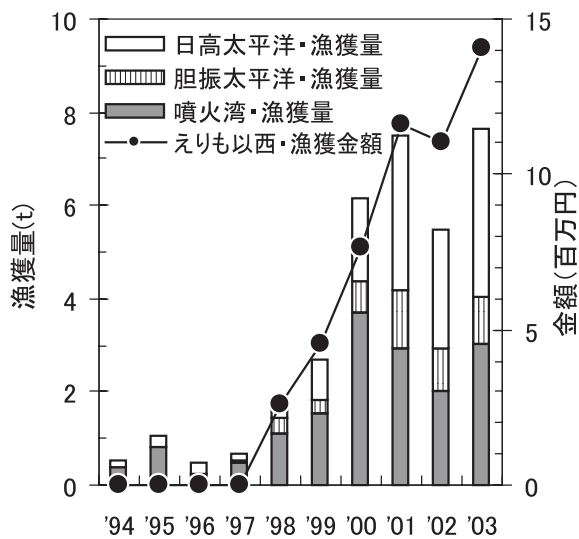


図2 漁獲量と金額

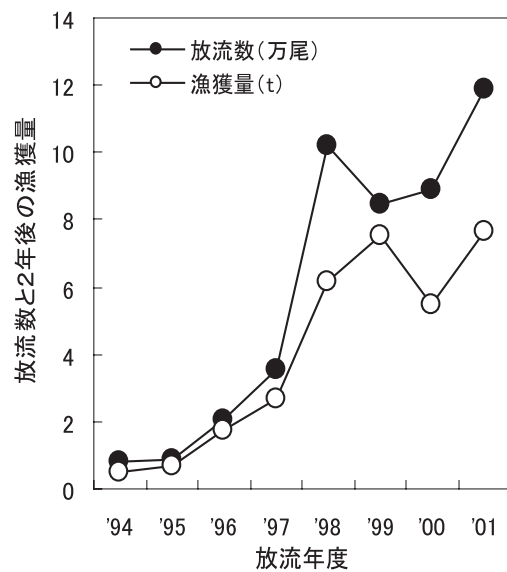


図3 放流数と2年後の漁獲量

### 5. 2. 単価

単価は近年の漁獲量増大につれて安くなる傾向にある。漁獲金額を漁獲量で除した単純平均単価は、1999～2003年度の噴火湾で800～1,600円/kg、日高で1,500～2,000円/kgであった（図4）。

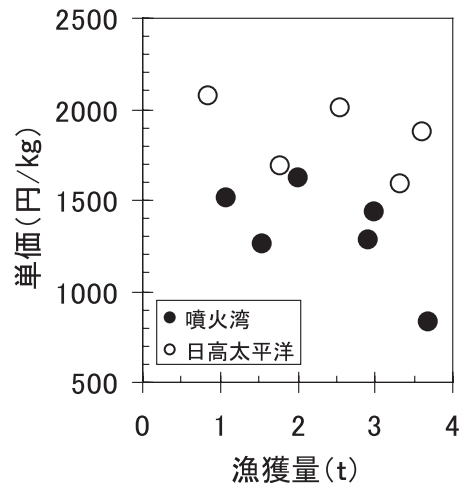


図4 '99～'03年のマツカワ単価

## 6. 文 献

- 1) 安藤 忠, 渡邊研一, 松原孝博: マツカワの栽培漁業における問題点と将来展望 (総説). 北水研報. 63, 19-33(1999)
- 2) 日本水産資源保護協会: “マツカワ”. 平成12年度希少水生生物保存対策推進事業報告書. 33-46(2001)
- 3) 沖山宗雄, 高橋伊武: 日本海産カレイ亜科魚類の幼期. 日水研報. 27, 11-34(1976)
- 4) 佐々木正義: 日高及び胆振太平洋海域のマツカワの漁業実態と生態について. 北水試だより. 38, 7-12(1997)
- 5) 新井良一, 阿部宗明: 日高沿岸の海産魚類. 国立科博専報. 6, 207-214(1973)
- 6) 南 卓志, 澤野敬一, 中川 亨, 渡邊研一: マツカワ稚魚の底質選択性について. 北水研報. 58, 53-60(1994)
- 7) 北海道ほか: 放流技術開発総括報告書 異体類 (平成7~11年度). 2000.
- 8) 北海道ほか: 平成12年度 資源増大技術開発事業報告書. 2001.
- 9) 北海道ほか: 平成13年度 資源増大技術開発事業報告書. 2002.
- 10) 渡邊研一, 南 卓志: 北海道厚岸湾に放流されたマツカワ人工生産魚の食性. 日水誌. 69, 3-9(2003)
- 11) 北海道ほか: 平成14年度 資源増大技術開発事業報告書. 2003.
- 12) 門間春博: 能取湖に放流したマツカワから得られた2, 3の情報. 北水試だより. 33, 1-3(1996)
- 13) 渡邊研一, 中川亨, 今村茂生: 水槽におけるマツカワ人工種苗の被捕食. 栽培技研. 24, 27-33(1994)
- 14) 北海道ほか: 平成15年度 資源増大技術開発事業報告書. 2004.
- 15) 渡邊研一, 南 卓志: 厚岸湾に放流されたマツカワ人工種苗の魚類による被食 (短報). 日水誌. 68, 214-216(2002)
- 16) 高丸禮好: マツカワ栽培漁業の展望. 北水試だより. 13, 1-5(1991)
- 17) 高丸禮好, 三浦宏紀: “ヒラメ・カレイ類の養殖技術開発試験”. 昭和63年度北海道立中央水産試験場事業報告書. 103-108(1989)
- 18) 高谷義幸, 川真田憲治: マツカワ人工種苗の飢餓耐性. 水産増殖. 48, 517-522(2000)
- 19) 森岡泰三, 山本義久, 福永恭平, 鈴木重則, 神保忠雄, 錦昭夫: 放流時期がマツカワ放流魚の成長と生残に与える影響. 栽培漁業センター技法. 2, 13-16(2004)
- 20) 蔵田 護, 門間春博, 川真田憲治: オホーツク海におけるマツカワ放流効果. 北水試だより. 51, 6-13(2001)
- 21) 渡邊研一, 鈴木重則・錦 昭夫: 厚岸湾に放流されたマツカワ人工種苗の移動・成長と放流効果. 栽培技研. 28, 93-99(2001)
- 22) 佐々木正義: 道東海域のマツカワ人工種苗の放流状況及び再捕結果. 北水試だより. 60, 1-7(2003)
- 23) 高谷義幸, 松田泰平, 吉田秀嗣: マツカワ若齢魚の耳石輪紋の年齢形質としての有効性 (短報). 北水試研報. 66, 11-13(2004)

# 北海道におけるマツカワ漁業資源研究

北海道立釧路水産試験場 佐々木 正義

## はじめに

北海道におけるマツカワ人工種苗の放流は、1987年に日本栽培漁業協会厚岸事業場によって厚岸で実施され、現在、日本海を除く海域で実施されている。

放流の目的として、資源の安定や増大、資源の造成などいろいろとあるが、これらの目標値を設定する際、過去の漁獲量や漁獲金額の最大値や最小値もしくは平均値が重要な指標となる。また、現在漁獲量が極めて少なくなったマツカワにおいては、好漁期の主要漁業やこの主要漁業の漁期や漁場、漁獲物の大きさ、努力量の経年変化を把握することにより、年齢毎の季節的な分布・移動や漁獲量変動の要因をそれぞれ解明出来る可能性がある。さらに過去の好漁期の単価や漁獲量と単価の関係を把握することにより、今後マツカワが大量に放流され、漁獲量が大幅に増加した場合の単価も予測できると考えられる。

また、現在の各漁協の漁業実態たとえば月や漁法毎の漁獲物および漁獲量を明らかにすれば、これらを基にした市場調査により、効率的かつ高精度で回収率等の放流効果を把握できる。さらに、大きさ(年齢)、時期、出荷形態別の1尾当たりの単価を得ることにより、経済効果や経済的に効率的な漁獲方法を検討できる。

すなわち、マツカワの年間の漁獲量や漁獲金額、月別漁法別漁獲量、単価、主要漁業の漁獲物、漁期、漁場などを把握することは、放流効果やマツカワ資源の増大や資源の有効な利用方法を検討する上で重要なことである。

ここでは、このようなことを踏まえ、これまでに公表された資料や各地の漁協や市町村、水試や水産技術普及指導所に蓄積されていた資料も用いて、過去および現在の漁業実態に関する知見をとりまとめた。

## 1. 過去の漁業実態

マツカワの漁獲量は「北海道水産現勢」などの漁獲統計で“その他のかれい類”にまとめて集計されていたため、過去の漁獲量は日高海域の浦河漁協と三石漁協だけからしか得

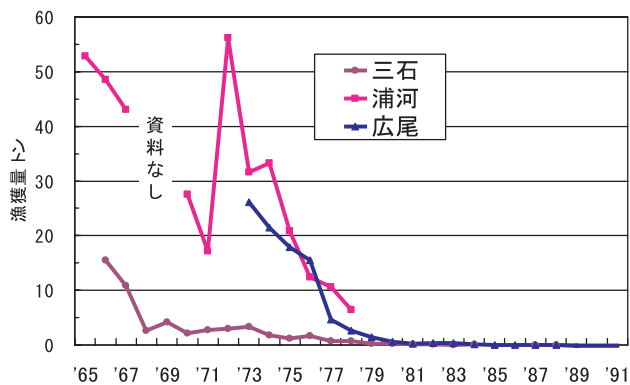


図1 三石、浦河、広尾漁協におけるマツカワ漁獲量の経年変化 (1965~1991)

られていない。しかし、今回、広尾漁協の1973年(昭和48年)からの年間漁獲量及び1978年8月からの漁法別月別漁獲量の資料、根室湾中部漁協の1980年(昭和55年)からの年間漁獲量及び月別漁獲量の資料を得た。本とりまとめでは、新たに得られた広尾漁協、根室湾中部漁協の結果を報告するとともに、浦河漁協や三石漁協の資料も用い、過去の漁業実態を検討した。

### 1. 1. 経年漁獲量

これまで浦河漁協や三石漁協では1975（昭和50年）、1976（昭和51年）年頃に急激に漁獲量が減少したことが明らかにされている<sup>1)</sup>。今回1973年からの漁獲量が得られた広尾漁協をみると、浦河漁協の漁獲量の変動傾向はほぼ一致しており、1973（昭和48）年の26トンが、1980年にかけて急減しており（図1）、両漁協とも1970（昭和45）年代後半に急激に漁獲量が減少している。さらに、根室湾中部漁協の漁獲量は1981年（昭和56年）に約250kgあったが、その後1986年（昭和61年）まで減少し、その後は10kg以下で推移している。この根室湾中部漁協における1981年（昭和56年）～1986年（昭和61年）の漁獲量の変化は広尾漁協、三石漁協と同様な傾向となっている（図2）。

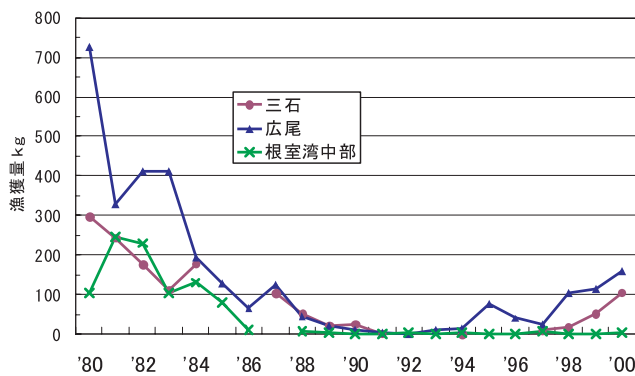


図2 1980年以降の三石、広尾、根室湾中部各漁協のマツカワ漁獲量の経年変化  
注) 三石漁協：'85、'86年資料なし、根室湾中部漁協：'87年資料なし

根室海峽でも太平洋側のような漁獲量減少の可能性が示唆される。太平洋海域では釧路管内でも1965年（昭和40年）まで好漁時代が続いたとされているが<sup>2)</sup>、詳しくは明らかにされておらず、胆振噴火湾～渡島海域でも過去の漁獲実態は明らかにされていない。また、漁獲量の減少要因は十分に検討されていない。

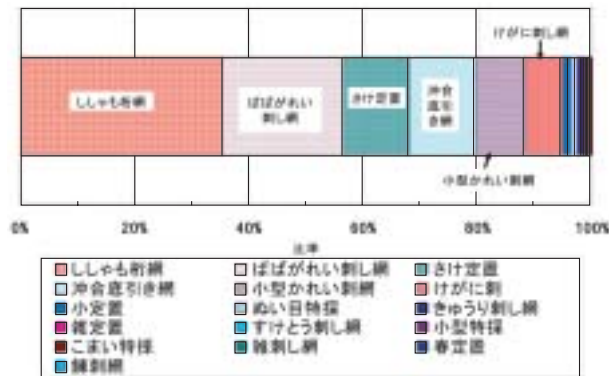


図3 広尾漁協におけるマツカワの漁法別漁獲量（1984. 1～1999. 12）

### 現状および問題点

これまで日高海域の聞き取り調査や漁獲量及び胆振太平洋海域の聞き取り調査からえりも以西太平洋海域では1970年代（昭和40年代後半から50年代前半）にマツカワ漁獲量が急激に減少したと考えられていたが<sup>1)</sup>、今回の資料から、えりも以東海域の十勝海域でも同様な漁獲量減少が起こっていたことが明らかになった。また、1980年（昭和55年）以降の漁獲量が得られた根室湾中部漁協は、広尾漁協、三石漁協と同様な傾向になっていたことから、根室海峽でも太平洋側のような漁獲量減少の可能性が示唆される。

### 今後の対応

胆振噴火湾～渡島海域において聞き取り調査を行い、全道的な過去の漁業実態を明らかにする。また、主要漁業の努力量の経年変化や聞き取り調査により漁獲物を把握し、漁獲量減少の要因を検討する必要がある。

### 1. 2. 漁法別漁獲量

マツカワの主要漁業や漁期を検討するために、広尾漁協では1979年（昭和54年）1月～1999年（平成11年）12月まで、浦河漁協では1970年（昭和45年）

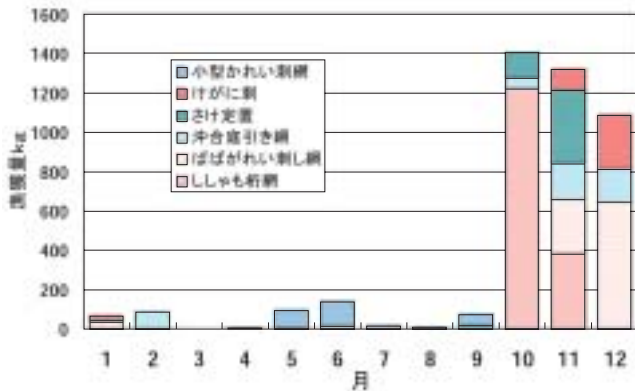


図4 広尾漁協におけるマツカワの月別漁法別漁獲量 (1984. 1～1999. 12)

ので、これらの主要漁業の漁期を検討するため、1979年（昭和54年）から1999年（平成11年）までの各月の漁獲量を足し合わせた月別漁獲量を示した（図4）。これによると、ししゃも桁網では10月を主体に10～11月、

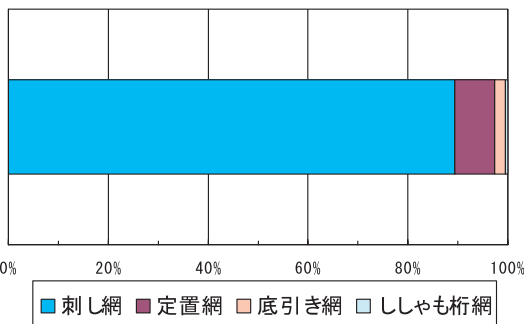


図5 浦河漁協におけるマツカワの漁法別漁獲量 (1984. 1～1999. 12)

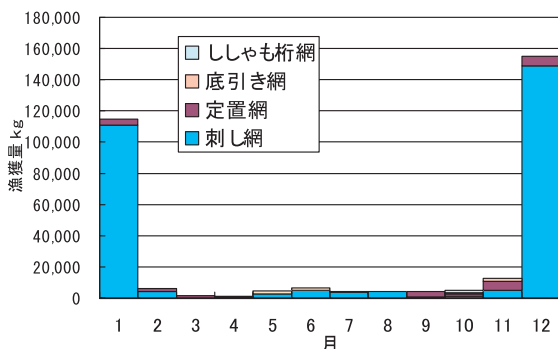


図6 浦河漁協におけるマツカワの漁法別漁獲量 (1984. 1～1999. 12)

1月～1977年（昭和52年）12月の資料を用いた。

### 1. 2. 1. 広尾漁協

広尾漁協、三石漁協漁法別漁獲量ではししゃも桁網が30数%、次いでばばがれい刺し網が22～23%、さけ定置および沖合底引き網が10%強、小型かれい刺し網やけがに刺し網が数%となっており、これらの漁業が95%以上を占めている（図3）。各年の月別漁法別漁獲量を検討したところ、毎年同様な傾向が見られた

ので、これらの主要漁業の漁期を検討するため、1979年（昭和54年）から1999年（平成11年）までの各月の漁獲量を足し合わせた月別漁獲量を示した（図4）。これによると、ししゃも桁網では10月を主体に10～11月、ばばがれい刺し網では12月を主体に11～1月、さけ定置網では11月を主体に9～11月、沖合底引き網では11、12月を主体に10～6月、けがに刺し網では12月を主体に11～1月、小型かれい刺し網では5、6月を主体に5～9月に漁獲されている。

### 1. 2. 2. 浦河漁協

漁法別漁獲量では約90%を刺し網が占め、次いで底引き網、定置網、ししゃも桁網の順となっている（図5）。1970年（昭和45年）～1978年（昭和53年）までの月別漁法別漁獲量を検討したところ、毎年同様な傾向が見られたので、これらの主要漁業の漁期を検討するため、上記期間の各月の漁獲量を足し合わせた月別漁獲量を示した（図6）。これによると、ほとんどが12、1月に刺し網による漁獲となっており、その他刺し網では2月、5～8月、11月に漁獲がおおい。底引き網では11月が最も多く、9～3月に漁獲されている。定置網では5、6月および11月、ししゃも桁網では11月にマツカワが漁獲されている。



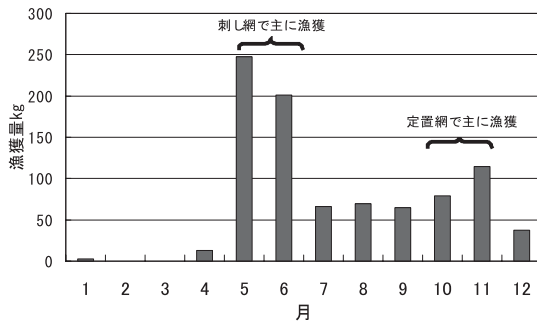


図7 根室湾中部漁協におけるマツカワの月別漁獲量 (1984. 1～1999. 12)

### 1. 2. 3. 根室湾中部漁協

2、3月を除いて漁獲がみられるが、5月が最も多く、次いで6月、11月、10月の順となり、7～9月までの漁獲量も比較的多い(図7)。漁法別漁獲量に関する資料はなく、漁獲統計資料から主要漁業は明らかにはできないが、聞き取り調査によると、マツカワは春季には沿岸で刺し網、秋季に定置網で漁獲されていたとの情報が得られた。

#### 現状および問題点

漁獲量が多かった時期の漁獲状況は地域によって差がみられた。すなわち、十勝海域の広尾漁協では10～12月に漁獲量が多くなり、この間10、11月にはししゃも桁曳網やさけ定置網で、12月にはばばがれい刺し網、沖合底引き網、けがに刺し網で主にマツカワは漁獲されていたが、日高海域浦河漁協では12～1月に刺し網で、根室海峡内の根室湾中部漁協では5、6月に沿岸で刺し網によって主に漁獲されていた。その他、聞き取り調査から胆振太平洋及び日高様似以東海域一帯では春季～夏季には刺し網、秋季にししゃも桁曳網、冬季に沖合域で刺し網、また根室海域では春季には刺し網、秋季には定置網で、さらに歯舞漁協では9～12月に日高・胆振太平洋海域同様、水深100～500mで刺し網によって、オホーツク海では春季～夏季に沿岸で定置網によって漁獲されていたという情報が得られた。

しかし、釧路海域では1965年(昭和40年)以前に年間数十トンの漁獲量が続いたとされている<sup>2)</sup>が情報は少なく、胆振噴火湾～渡島海域では過去の漁獲実態はほとんど明らかにされていない。

#### 今後の対応

聞き取り調査で胆振噴火湾～渡島海域、釧路海域の過去の主要漁業やその漁期、漁獲物の大きさを把握し、全道的に過去の漁業実態を明らかにする。

### 1. 3. 漁獲金額

広尾漁協では1973年(昭和48)～1976年(昭和51年)まで1,000万円以上の漁獲金額が見られたが、それ以降急激に減少し、1980年(昭和55年)以降200万円以下となり、1985年(昭和60年)以降は50万円以下で推移している(図8)。また、根室湾中部漁協では1981年(昭和56年)に約35万円であっ

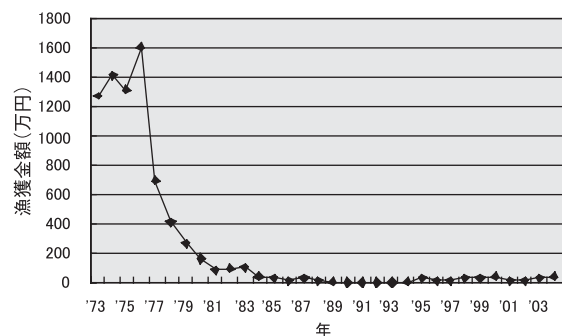


図8 広尾漁協におけるマツカワの漁獲金額の経年変化

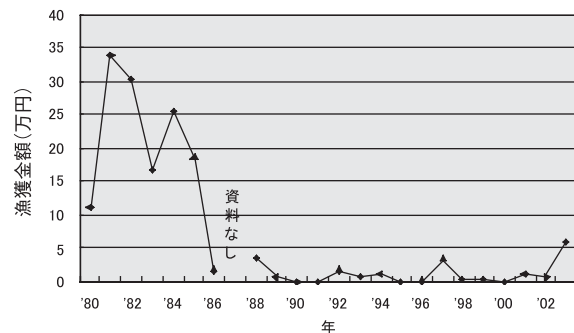


図9 根室湾中部漁協のマツカワ漁獲金額の経年変化

たが、その後1986年（昭和61年）までに急激に減少し、現在は5万円以下で推移している（図9）。

現状および問題点  
特になし

#### 1. 4. 単価

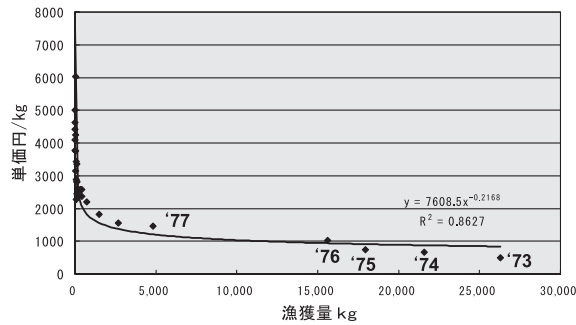


図10 広尾漁協におけるマツカワの漁獲量と単価の関係 図中数字は西暦年を示す。

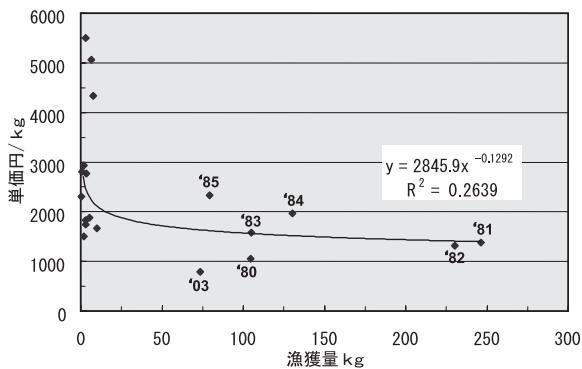


図11 根室湾中部漁協における漁獲量と単価の関係 図中数字は西暦年を示す。

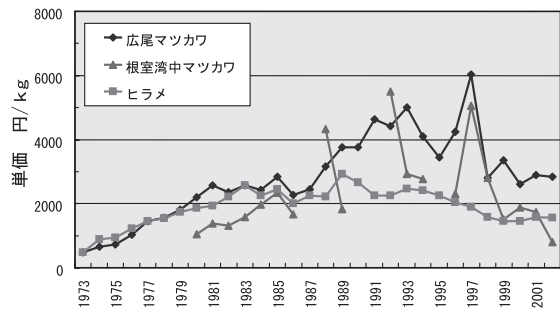


図12 マツカワとヒラメの単価の推移

##### 1. 4. 1. 広尾漁協

マツカワの単価（円/kg）は漁獲量の多寡によって影響され、漁獲量の増加とともに低下し、15,000kg以上の漁獲がある1973（昭和48年）～1976年（昭和51年）には500～1,000円/kg、5,000kg程度あった1977年（昭和52年）には1,500円/kgとなっている。（図10）

##### 1. 4. 2. 根室湾中部漁協

漁獲量と単価（円/kg）の関係は広尾漁協のような関係が得られなかった。これは近年の漁獲尾数が1～2尾程度と極めて少なく、単価は漁獲物の大きさによって決定されているためと考えられる。しかし、漁獲量100～150kgでは1,000～2,000円/kg、漁獲量200kg台では1,200～1,300円/kg位となっている（図11）。

##### 1. 4. 3. ヒラメとの比較

図12に広尾漁協、根室湾中部漁協、全道におけるヒラメの単価の経年変化を示した。ヒラメおよび広尾漁協のマツカワとも1973年（昭和48年）から1988年（昭和63年）頃までは同じ様な単価となっており、1973年（昭和48年）には500円だったものが、漸増し、1976年（昭和51年）には1,000円/kg、1981年（昭和56年）には広尾漁協のマツカワ、1983年（昭和58年）にはヒラメが2,000円/kgを超えている。その後広尾のマツカワは1988年（昭和63年）まで2,000円/kg台となっているが、1989年（平成元年）からはおおよそ3,000円/kgから6,000円/kgの間で推移している。一方、ヒラメは1997年（平成9年）まで2,000円/kg台を保っていたが、1998年（平成10年）以降は1500円/kg台となっている。また、根室湾中部漁協のマツカワの単価は、1981年（昭和56年）には1,000円/kgだったものが次第に高くなり、1986年（昭和61年）には2,000円/kgを超えた。

その後は1,000円/kg台から5,000円/kg台で変化しているが、広尾のマツカワやヒラメの半分程度となっている(図12)。

#### 現状および問題点

今回、広尾漁協や根室湾中部漁協の好漁期の単価は500~1,500円/kgにあったこと、1988年(昭和63年)頃まで広尾漁協のマツカワと全道のヒラメの単価およびその経年変化が同じであったこと、地域によって単価に2倍くらいの差があったことが明らかになった。噴火湾では近年の漁獲量増大により、単価の減少が危惧されている<sup>3)</sup>。また、マツカワと同様の推移をしていたヒラメの単価は、本州からの移入等により変動する可能性があり、マツカワの単価も漁獲量増大のほか、これによって影響される可能性がある。

#### 今後の対応

今後盛漁期の漁獲物の大きさや出荷形態、価格形成について、聞き取り調査等により詳細に検討し、今後の単価の推移について、詳細に予測していく必要がある。

## 2 聞き取り調査結果

### 2. 1. 噴火湾渡島海域

なし

### 2. 2. 噴火湾胆振海域

なし

### 2. 3. 胆振太平洋海域・日高海域

1975(昭和50年)~1976年(昭和51年)まで冬季には日高~胆振東部沖合い約300~600mの水深で体重5kg位からそれ以上の個体が刺し網によって、春季には沿岸域で大きささまざまな個体が定置網や刺し網によって、さらに夏季には一部の地域で(冬島、荻伏、静内、虎杖浜)体重1~2kgもしくは手の平大から全長35cmの個体が刺し網等により、秋季には主に様似以西水域において手の平大から全長30cm位の個体がししゃも桁網によってそれぞれ漁獲されていた<sup>1)</sup>。

### 2. 4. 十勝海域

- ・手のひら大のマツカワが河口域(遠浅だった頃)たくさん生息していた(広尾漁協)。
- ・春季または6~7月頃に水深8~9m以浅で30~40cm(体重0.8kg前後)を主体に、刺し網で漁獲されていた(大津漁協、大樹漁協、広尾漁協)。
- ・夏季にはそれより浅い波打ち際で刺し網の漁獲物と同様のサイズが釣獲された(大津漁協)。
- ・7~8月には水深7~8mで30~40cmのマツカワが漁獲された(大樹漁協)。
- ・9~10月には30~40cm、体重0.8~1.0kgのものがししゃも桁網(水深30m以深では入らない:広尾漁協)、さけ定置網で漁獲された(広尾漁協、大樹漁協)。特にししゃも桁網では河口域周辺の水深6~6mでの漁獲が多かった(広尾漁協)。
- ・沖底では1964年(昭和39年)~1966、67年(昭和41、2年)頃、11月末~12月初めにかけて、広尾から美幌沖(その海域だけ)水深120~130m位で(急傾斜になるところ)、大きさ40~45cm(それほど大きくない)のものが、50トン(210馬力)の船で、4升位漁獲された(1曳網20~30kg)(広尾漁協)。

- ・11月末～5月中、下旬に水深80～100mでたこ空釣り縄によってマツカワが漁獲された（大津漁協）

## 2. 5. 釧路海域

- ・トロール船では試験操業時期（昭和47年）からマツカワはほとんど漁獲されず、年間4～5枚水深350～400m位で小型のもの（30～40cm）が漁獲されたにすぎない。底引き網における漁獲のピークは1955～1956年（昭和30年代前半）に迎え、1965年頃（昭和40年代初め頃）までまとまった漁獲量があった（一航海一升くらい）。このときは40～50cmのものが、10月～11月末に大黒島～釧路先の水深70～80～120～130mにかけて、密度が高かった。また、この水深帯での漁獲は庶野まであったが、東側では極めてすくなかった。正月明けにはマツカワは見られなかった。また、北方4島でもマツカワは見られなかった（釧路機船）。

## 2. 6. 根室海域

### ・根室海峡南部・根室海峡北部

- ・根室海峡では昭和30年代まで比較的まとまった漁獲があった（1漁家当たり羅臼で通常1日3～4箱位、標津では年2～3枚、別海では全体で1日数枚程度）（羅臼漁協、標津漁協、別海漁協）。
- ・1972年（昭和47年）～1975年（昭和50年）頃までに1～2kgからそれ以下のものが、春季（6～7月）水深2～3mの瀬で刺し網、秋に定置網によって漁獲されていた。7月頃50cmを超えるようなものがバラサンの瀬で漁獲されていた（根室湾中部漁協）。
- ・夏季に1kgのものをヤスでついた（羅臼漁協）。
- ・春季（6～7月）に水深2～3m位で1～2kgが刺し網によって（根室湾中部漁協）、水深3～4mで25cmくらいのものがエビ引き網によって漁獲された（根室漁協）。
- ・秋には定置網で2～3kg（根室漁協、標津漁協）、3～4kg（羅臼漁協）のものが漁獲されていた。
- ・根室太平洋
- ・夏季に1kg位のものをヤスでついた（落石漁協）。
- ・夏場（根室漁協）、9～10月（落石漁協）に30～40cmのものが釣獲された。
- ・10～11月に定置網によって2～3kgのものが年間10枚位漁獲された（根室漁協）。
- ・秋季に定置網で数kgのものもわずかに漁獲された。
- ・1975年（昭和50年）前後に秋季～冬季（9～11月）には歯舞沖で刺し網によって、体重数kgから10kgを超えるようなマツカワ（7～8kgを超えるようなものが多かった）が1漁家1航海1トン位を漁獲していた。漁場は時期の経過とともに深みに移動し、9月頃は水深100mだったが、時期の経過とともに深みに移動し、盛漁期の11月には水深400～500mであった（歯舞漁協）。

## 2. 7. オホーツク海域

### ・網走海域

- ・1950（昭和25年）～1970年（昭和45年）にマツカワ天然成魚（2～4歳魚）が管内の10

m以浅で、マス定置網によってしばしば漁獲されていたものと推察されている<sup>7)</sup>。

- ・聞き取り調査一覧表<sup>7)</sup>をみると、夏季（6～8月頃）、水深15m以浅で30～40cmの未成魚がマス定置網やコウナゴ網によって、多い海域で年間数十枚（1漁家?）、秋季にさけ定置網でそれより深いところ（水深30m以深）で漁獲されていたと考えられる。

### 現状および問題点

胆振太平洋以東の海域については釧路海域を除けば、聞き取り調査はほぼ終了している。しかし、噴火湾や渡島海域はまだ実施されていない。また、これまで聞き取り調査を行なった地域でも、不足の資料がある。

### 今後の対応

噴火湾や渡島海域及び釧路海域の主体とした聞き取り調査を実施し、北海道全域にわたる主要漁業や漁期、漁獲物等を取りまとめ、各海域の漁業実態やマツカワの分布特性、回遊、幼魚、未成魚、成魚の成育場や産卵場について検討する。

## 3 現在の漁業実態

### 3. 1. 漁獲量

1993年（平成5年）以降の漁獲量をみると、2001年（平成13年）に渡島噴火湾で1,000kg以下に低下しているが、渡島噴火湾～日高海域では1997年（平成9年）以降急増し、2002年（平成12年）ないし2001年（平成13年）に1,000kgを超え、特に日高海域では3,000kg以上となっている（図13）。釧路海域では2001年までは400～800kgの範囲で変動していたが、2002年には1,000kgを超え、2003年には約2,400kgになった。十勝、根室海域の漁獲量も、釧路海域と同様、2002年以降増加し、2003年にはそれぞれ約500kg、700kgとなっている。しかし、オホーツク海域では大きな変動はみられない（図14）。

### 現状と問題点

近年の漁獲量の増大は各地域で実施した放流の効果によるものと考えられる。しかし、詳細は不明である。

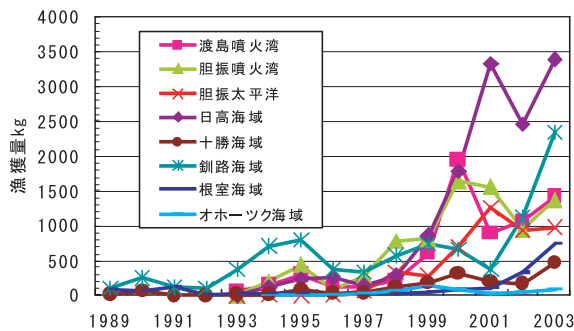


図13 北海道におけるマツカワの漁獲量の経年変化

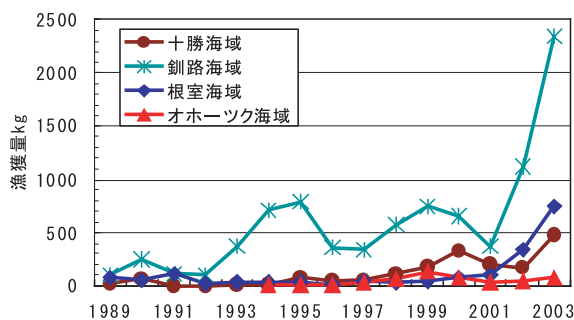


図14 マツカワの漁獲量の経年変化 (十勝～オホーツク海)

### 今後の対応

各海域の年齢別漁獲尾数、再捕資料により海域間の移動等も把握し、近年の漁獲量の増加の要因を検討する。

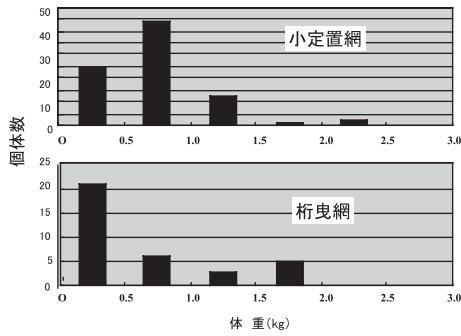


図15 十勝海域におけるシシモ桁網によるマツカワの体重組成 (2002年)

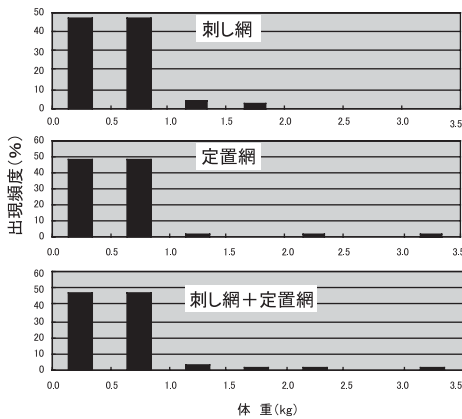


図16 釧路市漁協の春季の漁獲物 (2001年)

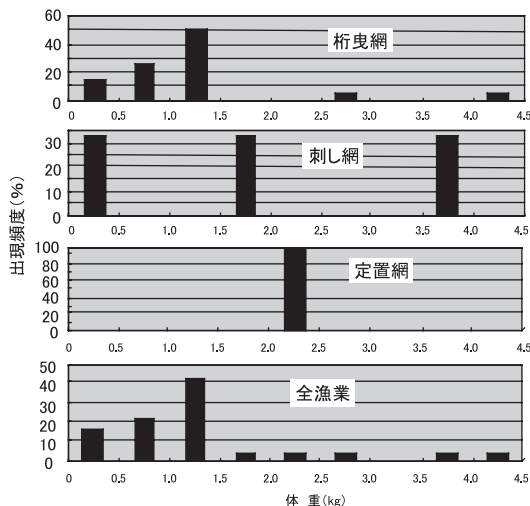


図17 釧路市漁協の秋季の漁獲物 (2001年)

### 3. 2. 漁獲物

#### 3. 2. 1. 噴火湾渡島海域

森漁協の資料あり：整理中

#### 3. 2. 2. 噴火湾胆振海域

豊浦漁協の資料あり：整理中

#### 3. 2. 3. 胆振太平洋海域

資料なし

#### 3. 2. 4. 日高西部海域

静内漁協、三石漁協資料あり：整理中

#### 3. 2. 5. 日高東部海域

荻伏漁協 (本所、支所)、浦河漁協資料あり：整理中

#### 3. 2. 6. 十勝海域

2002年 (平成14年) 4～6月に大樹漁協で小定置網によって漁獲されたマツカワは0.5～1.0kgが最も多く、次いで0.5kg未満、1.0～1.5kgの順となっているが、1kgまでのものが大部分を占めている (図15上段)。

2002年 (平成14年) 秋季にししやも桁網で漁獲されたものは0.5kg未満のものが最も多く、次いで0.5～1.0kg、1.5～2.0kg、1.0～1.5kgの順となっている (図15下段)。また、1990年 (平成2年) の大津、大樹漁協のさけ定置網で漁獲されたマツカワ15尾の体長は24.3～63.0cmの範囲 (体重範囲400g～7300g) にあったが、60cmのものが2尾、50cm以上のものは8尾みられた<sup>4)</sup>。

#### 3. 2. 7. 釧路海域

2001年 (平成13年) 春季には定置網、刺し網とも1kg以下のものが主体となっている (図16)。秋季のししやも桁網では1.0～1.5kg台のものが主に漁獲されており、ほとんどが1.5kg以下となっている (図17上段)。2002年 (平成14年) 秋季におけるししやも桁網の漁獲物は2001年 (平成13年) と異なり、0.5～1.0kgのものが約85%となっている (図18)。この違いは、2001年 (平

成13年) は活魚であり、2002年 (平成14年) は漁獲の際の圧迫等に弱いために鮮魚として



出荷された小型魚を測定したこともあるが、厚岸や釧路で2001年（平成13年）に大量放流されたものが漁獲されたことによって生じたものと考えられる。また、1991年（平成3年）釧路根拠のししゃも桁網で漁獲された5尾は体長範囲25.2～32.4cm、体重範囲433g～881gに<sup>5)</sup>、1992年（平成4年）に釧路市漁協に水揚げされたマツカワは1kg未満が9割を占め、なかでも0.5kg未満の個体が多く<sup>5)</sup>、1993年（平成5年）に釧路市漁協に水揚げされたマツカワは体長範囲260～340mm、モード290mmにあり、ほとんどに体色異常がみられた<sup>6)</sup>。

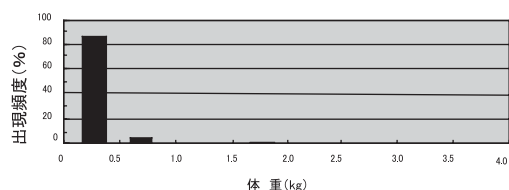


図18 釧路市漁協における桁網の漁獲物（鮮魚）（2002年）

### 3. 2. 8. 根室海域

- ・根室太平洋：資料整理中
- ・根室海峡南部：資料整理中
- ・根室海峡北部：資料整理中

### 3. 2. 9. オホーツク海域

資料整理中

#### 現状と問題点

漁獲物は多くの海域で1kg以下が主体となっていた。このことは、各地域とも漁獲物の主対象が2歳以下であり、3歳魚以上の漁獲は極めて少ないと考えられる。また、海域や漁期、漁法、年度間で漁獲物に相違がみられたが、これは各海域のマツカワを漁獲する漁具・漁法や漁期の相違のほか、現在各海域とも2歳までの放流魚が漁獲物の主体となっていることから、年々の放流数によって漁獲対象となる年齢群が異なる可能性が考えられるが詳細は不明である。

また、これまでのところ、根室海域や胆振太平洋の漁獲物に関する資料は未整理である。また、資源管理や漁業管理を検討する際、最も重要な知見となる年齢別漁獲尾数も各海域とも不明である。

#### 今後の対応

各地域で市場調査を継続して実施し、各地域の漁獲物の特性（漁法別、時期別の全長組成、年齢別漁獲尾数等）を把握していく必要がある。また、3歳以上の漁獲が極めて少ない原因や海域間における漁獲物の相違の要因を明らかにしていく必要がある。

### 3. 3. 魚体重と単価の関係

#### 3. 3. 1. 噴火湾渡島海域

資料あり：未整理

#### 3. 3. 2. 噴火湾胆振海域

2000年には0.5kg未満は1,000円/kg、0.5-1.0kgは1,500円/kg、1.0-2.0kgは2,000円/kgである<sup>3)</sup>。

#### 3. 3. 3. 胆振太平洋海域

資料なし



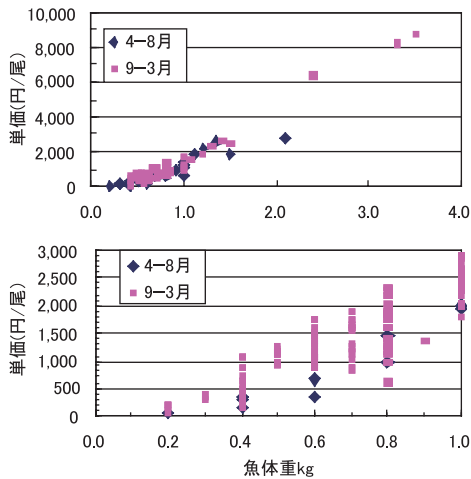


図19 荻伏漁協のマツカワの体重と単価の関係 (2002年)

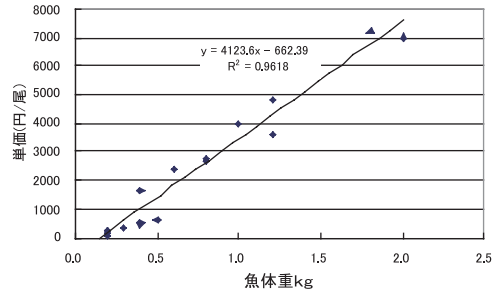


図20 広尾漁協のマツカワの1尾当たりの単価 (桁曳網) (2002年)

### 3. 3. 4. 日高西部海域

資料なし

### 3. 3. 5. 日高東部海域 (荻伏漁協)

時期によって相違がみられるが、9～3月には0.2kg位では200円以下であるが、0.5kgで約1,000円、1.0kgで2,500円、2.0kgで5,000円程度となっている(図19)。

### 3. 3. 6. 十勝海域

#### ・広尾漁協

0.2kg位では500円以下、0.5kgで約1,000円、1.0kgで3,000円、2.0kgで7,000円程度となっている(図20)。

#### ・大樹漁協

マツカワの単価は活魚・鮮魚という出荷形態によって異なっている。鮮魚は0.5kgで500円弱、1kgで1,500円前後、2kgで4,000円台になっており、広尾漁協の約半分程度となっ

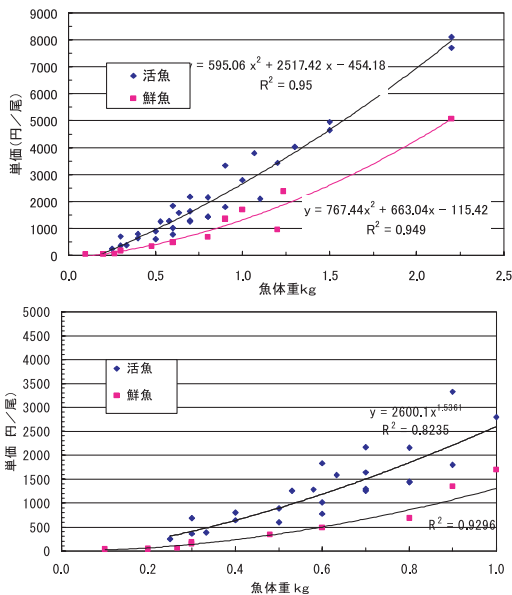


図21 大樹漁協のマツカワの体重と単価の関係 (2002年)

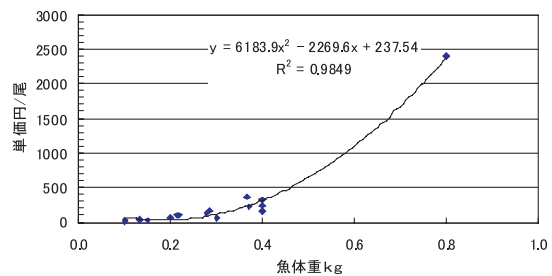
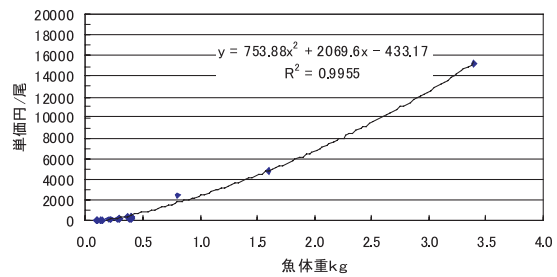


図22 釧路市漁協におけるマツカワの体重と単価の関係 (2002年秋季)

ている。一方、活魚は0.5kgで1,000円前後、1kgで3,000円前後、2kgで約7,000円となっており、0.3kg位でも約500円となっており、活魚はどの魚体重でも鮮魚と比較しておおよそ2倍となっている(図21)。

### 3. 3. 7. 釧路海域

#### ・釧路市漁協：2002年(平成14年)秋季桁網(鮮魚)

1kgで約2,000円、1.8kgで約5,000円、3.5kgで15,000円となっている(図22)。しかし、0.4kgでは100円から400円の間にあるが、0.2kg以下のものは100円以下となっている(図23)。

#### ・釧路市漁協：2001年(平成13年)(活魚)

1kgまでは時期による差はあまりみられず、0.2~0.3kgでも500円以上であり、0.5kgで1,000~2,000円、1kgで5,000~6,000円となっている。それ以上の体重では9~12月のほうが高い(図24)。

### 3. 3. 8. 根室海域

野付漁協および根室漁協の単価を図27、28にそれぞれ示した。野付漁協では1kgで約1,000円、2kgで約3,000円、3.5kgで約7,000円となっているが、0.6kg以下では500円を切り、0.4kg以下では200円以下となっている。根室漁協では1kgで1,500~3,000円、2.7kgで8,000円程度となっており、野付漁協より若干高い傾向にある。しかし、0.5kg以下は野付漁協同様、おおよそ200円以下となっており、両海域とも0.6kgを超えると、500円となっている。

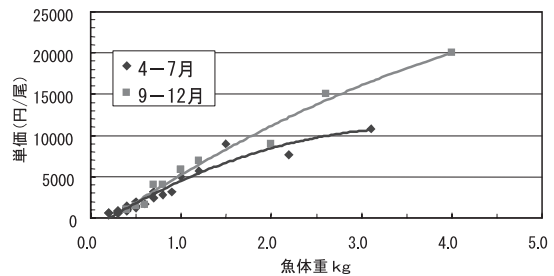


図23 釧路市漁協の時期別・大きさ別のマツカワの1尾当たり単価(2002年活魚)

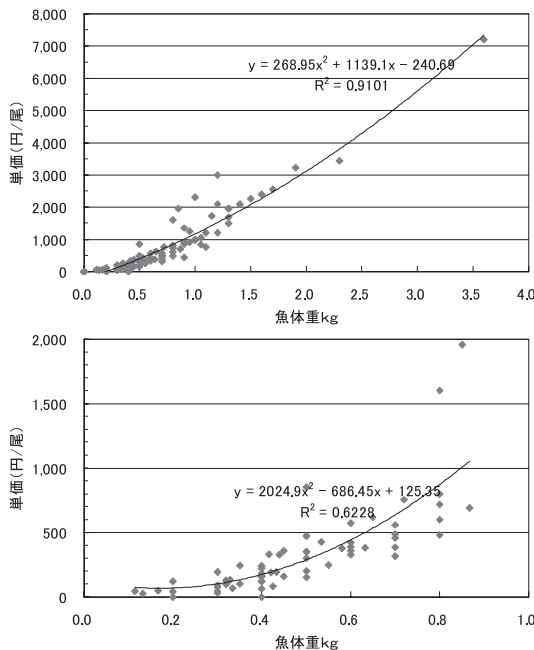


図24 野付漁協のマツカワの体重と単価の関係(2003年)

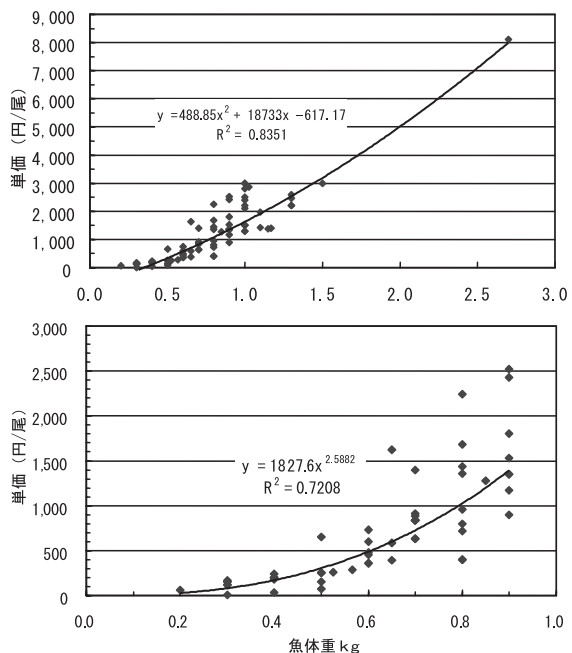


図25 根室漁協のマツカワの体重と単価の関係(2003年)

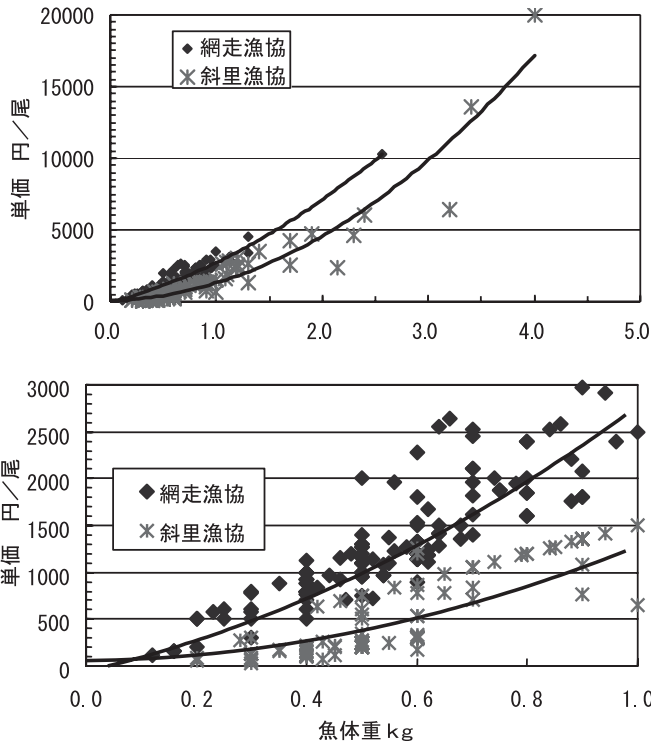


図26 網走海域におけるマツカワの体重と単価の関係（2002年）

### 3. 3. 9. オホーツク海域

網走漁協では0.2kg以下では200円以下だが、それ以上の重量では500円を超え、0.5kgで1,000円、1kgで2,500円となっている。斜里漁協では0.4kg以下のものは400円以下であるが、0.5kgで500円、1.0kgで1200～1300円、2kgで約5,000円となっている（図26）。

#### 現状と問題点

単価は漁協ごとに異なり、0.5kgで400～1,000円、1.0kgで1200～3,000円、2kgで4,000～6,000円、3kgで10,000円を超え、4kgで20,000円前後となっている。しかし、各漁協とも0.5～0.6kg前後で価格が急激に変化する傾向にあり、0.2～0.3kgのものは100円以下の地域が多い。また、活魚は鮮魚と比較しておおよそ2倍となっている。

しかし、日高西部海域における資料はほとんどない。また、時期別の単価に関する資料が少ない。

#### 今後の対応

日高西部～渡島北部海域の単価に関わる資料の収集や時期別の単価を検討し、海域間の単価の相違や価格形成の機構、経済的な漁獲のサイズや時期などを検討する。

## 4. 今後の方向性

これまで実施されていない地域を主体にした聞き取り調査や各海域での市場調査により全道の過去や現在の漁業実態を把握するとともに、主要漁業の努力量調査や標識放流の再捕結果の結果等も用いてマツカワの生態を明らかにし、漁獲量減少要因や経済性のある漁獲方法さらに資源増大方策を検討する。

## 5. 文献

- 1) 佐々木正義：日高及び胆振太平洋海域のマツカワの漁業実態と生態について．北水試だより，38，7-12（1997）
- 2) 「釧路の魚」研究会：釧路の魚．釧路新書，21，267pp（1993）
- 3) 高谷義幸：マツカワをめぐる最近の事情．北水試だより，54，1-5（2001）
- 4) 依田 孝：本道太平洋沿岸のマツカワについて．釧路水試だより，65，6-9（1991）
- 5) 三宅博哉他2名：特定海域新魚種量産技術開発事業（マツカワ）．平成4年度事業報告書，北海道立釧路水産試験場，216-218（1993）

- 6) 三宅博哉他 3 名：特定海域新魚種量産技術開発事業（マツカワ），平成 5 年度事業報告書，北海道立釧路水産試験場，195-197（1994）
- 7) 門間春博：マツカワ種苗放流技術開発試験，平成 8 年度事業報告書，北海道立網走水産試験場，168-173（1997）

# マツカワの種苗生産計画

北海道立栽培漁業総合センター 魚類部

## 1. 種苗生産目標

道では「栽培漁業拠点センター構想（平成10年度）」に基づき、マツカワ種苗100万尾放流のための「えりも以西海域拠点センター」を建設することとし、平成13年度にその基本計画を策定した。この種苗生産計画は、その基礎資料として作成されたものを「マツカワランシング」のレビューのために修正を加えたものである。また、水槽の形状等については、基本設計、実施設計の段階で修正が加えられている。

マツカワ全長30mm種苗を4月上旬から7月上旬までに125万尾生産する。7月中旬から9月上旬まで、81万尾を中間育成し、65万尾の全長80mm種苗を生産する。残りの44万尾はえりも中間育成施設に搬送し、35万尾の全長80mm種苗を生産する。放流数は、えりも以西太平洋海域で100万尾とする。

種苗生産スケジュール（4月1日に採卵したロットの生産工程）

	日齢（月日）	全長mm	工 程		
4月 上旬 中旬 下旬	0 (4.10) 10 (4.20) 20 (4.30)	5	種苗生産（4月1日～7月9日） 採卵（4.1） 卵管理（10日間） 孵化（4.10） ワムシ給餌（10-35日齢） アルテミア給餌（20-65日齢）		
5月 上旬 中旬 下旬	30 (5.10) 40 (5.20) 50 (5.30)	10	分槽	5.15	配合飼料給餌（35日齢以降）
6月 上旬 中旬 下旬	60 (6.9) 70 (6.19) 80 (6.29)	20			
7月 上旬 中旬 下旬	90 (7.9) 100 (7.19) 110 (7.29)	30	中間育成（7月10日～9月7日）		
8月 上旬 中旬 下旬	120 (8.8) 130 (8.18) 140 (8.28)				
9月 上旬 中旬 下旬	150 (9.7) 160 170	80	出荷（9月中旬～下旬）、放流		

## 2. 親魚及び親魚養成

### (1) 親魚の確保

親魚は、人工養成3～5歳魚を用いる。また、遺伝的多様性の確保のため、天然魚も用いる。天然魚は、馴化に時間を要するほか、人工飼育に適応していない場合が多く、採卵に用いる主群は人工3～5歳魚とする。

### (2) 親魚数及び飼育水槽

親魚養成群の飼育にはRC製楕円形50t水槽1基、親魚群の飼育には、RC製楕円形30

t 水槽 6 基を使用する。親魚群は、温度刺激を効果的に行うため、また、ウイルス検査等の作業性のため 30 t 水槽を用いる。このほか、親魚養成群用に 50 t 水槽 1 基、天然魚の同時収容及び測定用に 30 t 水槽 1 基、人工魚の測定、ウイルス検査用に 30 t 水槽 1 基の予備水槽を用いる。

(3) 餌料

親魚群及び親魚養成群の餌料には、生餌（イカナゴ等）及び配合飼料を使用する。

(4) 使用海水

親魚水槽の換水率は、1 日 6 換水とする（0.25 換水/h）。

親魚群<sup>※</sup>は、5 月～翌年 2 月までは天然水温、3～4 月は 6℃で飼育する。3～4 月には産卵刺激のため適宜 8℃に加温する。親魚養成群は年間を通して 10℃を下回らない水温で飼育する。<sup>※</sup>親魚群：人工 2 歳魚の夏期以降及び天然魚

使用水量積算

算出条件	算出基礎
換水率 0.25 換水/h 収容水槽 50 t 水槽 1 基 30 t 水槽 7 基 (予備水槽 1 基を含む)	30 t (水槽容積) × 0.25 換水/h × 7 基 + 50 t (水槽容積) × 0.25 換水/h × 1 基 = 65 t/h  親魚水槽の使用水量 65 t/h (1 次濾過海水) <sup>※</sup> ウイルス検査時(10, 11月)には予備水槽すべてに給水する。

3. 採卵

種苗生産には、4 月上旬の自然産卵法により得られた受精卵を使用する。必要卵数は、850.3 万粒。受精卵は、0.05%ヨード剤 50PPM 液で 20 分間消毒をする。100 リットルアルテミア孵化槽 8 基により、分離を行う。

採卵量積算

算出条件	算出基礎
種苗生産数 全長 30mm 125 万尾 受精率 70% 孵化率 70% 生残率 30% 排卵周期 4 日	125 万尾 (全長 30mm 生産尾数) ÷ 0.3 (生残率) ÷ 0.7 (孵化率) ÷ 0.7 (受精率) = 850.3 万粒 <sup>※</sup> <sup>※</sup> 850.3 万粒を、4 日に分けて採卵する。 分離槽 850.3 万粒 ÷ 4 日 (排卵周期) ÷ 30 万粒 (100 ℓ アルテミア孵化槽収容数) ≒ 8 基

4. 卵管理

(1) 卵管理水槽

卵管理期間は、採卵から孵化までの 10 日間である。

受精卵は、自然産卵により、親魚水槽に付設した集卵槽から採取する。受精卵は、孵化まで 1 t アルテミア孵化槽に収容して管理する。卵管理水温は 8℃、4 換水/日、強通気とする。

## (2) 水槽規模

卵管理には、1 t アルテミア孵化槽12基を使用する。これらの水槽は、ワムシの栄養強化にも使用する。予備水槽を2基用意する。

### 卵管理水槽積算

算出条件	算出基礎
収容密度 50 万粒／t 採卵量 850.3万粒 受精率 70% 受精卵量 595.2万粒	595.2万粒 ÷ 50万粒／t ÷ 1 t (収容水槽容積) ≒ 12基 予備水槽 2 基  必要水槽数 1 t アルテミア孵化槽12基 + (予備 2 基)

## 5. 仔稚魚飼育 (孵化～全長30mm)

### (1) 種苗生産数

自然産卵法により採卵し、1 t アルテミア孵化槽で卵管理された後、孵化した416.6万尾を用いて、全長30mm種苗125万尾を生産する。

種苗生産開始時	孵化仔魚	416.6万尾
終了時	全長30mm種苗	125 万尾 (生残率30%)

### (2) 水槽規模

種苗生産期間は、孵化から90日齢までである。

孵化仔魚期から35日齢までは、減耗防止のため給水量、通気量の制御が必要であり、20 t 水槽 6 基を使用する。35日齢以降、40 t 規模の大型水槽10基に分槽する。予備水槽をそれぞれ2基用意する。なお、20 t 水槽 6 基も共通使用する。

### 種苗生産水槽積算

算出条件	算出基礎
孵化～35日齢 孵化仔魚収容数 416.6万尾 収容密度 5 万尾／t 生残率 50% 35日齢の収容数 208.3万尾 収容密度 2 万尾／t	<35日齢> 208.3万尾 ÷ 2 万尾／t ÷ 20 t (水槽容積) ≒ 6 基  20 t 角形 RC 水槽 6 基 + (予備 2 基) (有効水深0.75m、底面積26.66㎡)
35日齢～90日齢 90日齢収容数 125万尾 収容密度 2,000尾／㎡ 生残率 60%	<90日齢> (125万尾 ÷ 0.2万尾／㎡ - 160㎡ (20 t 水槽の総底面積)) ÷ 50㎡ (40 t 水槽の底面積) ≒ 10基  40 t 角形 RC 水槽10基 + (予備 2 基) (有効水深0.8m、底面積50㎡)



### (3) 使用海水

水温は14℃、換水率は1～6換水/日

卵期から35日齢までは VNN 防除のため UV 滅菌海水を使用する。水温は、孵化管理水温から徐々に昇温し、10日齢には14℃とする。

10日齢から35日齢までは、2,000万細胞/cc のナンノクロロプシス（ナンノ）海水を、飼育水の5%添加する。

日 齢	使 用 水 槽	水温℃	換 水 率	備 考
孵化 ～10日齢	20 t× 6 基	8～14℃	1 / 日	ワムシ給餌後 5 時間停止10～35 日齢に飼育水にナンノ海水添加
10日齢～20日齢	20 t× 6 基	14℃	2 / 日	
20日齢～35日齢	20 t× 6 基	14℃	2～ 4 / 日	
35日齢～45日齢	20 t× 6 基、40 t×10基	14℃	4～ 6 / 日	
45日齢～65日齢	20 t× 6 基、40 t×10基	14℃	6 / 日	
65日齢～90日齢	20 t× 6 基、40 t×10基	14℃	6 / 日	

### (4) 餌料

種苗生産期間の餌料は、シオミズツボワムシ、アルテミア幼生、配合飼料を用いる。

種苗生産期間の餌料系列

日 齢	全 長	ワムシ給餌	アルテミア給餌	配合飼料給餌	備 考
孵化	5mm				開口10日齢
10日齢	6.5mm	10日齢	20日齢	35日齢	網掛け部分 飼育水にナンノ 海水添加
20日齢		15個体/cc			
35日齢		35日齢			
45日齢	20mm		4 個体/cc		
65日齢			65日齢		
90日齢		30mm		90日齢	

### (5) 飼育管理

- ・ 網イケースによる飼育は行わない。種苗生産期間には選別は実施しない。
- ・ ナンノ海水は配管されたパイプを通し水中ポンプにより移送する。
- ・ 10日齢から90日齢までの飼育水温は性比の偏りを防ぐため14℃とする。
- ・ ワムシ給餌後、5時間は通水を止める。
- ・ 10～20日齢は弱通気、21～35日齢は強通気。
- ・ 給餌は可能な限り自動給餌機を使用し省力化を図る。
- ・ 底掃除は10～35日齢には1日おき、35日齢（配合給餌開始）以降は毎日実施。可能な限り自動底掃除機を使用し、省力化を図る。
- ・ 全長25mm以前の移槽は飼育海水ごと行う。全長25mm以降は網または稚魚移送ポンプで移槽する。計数には、自動計数装置を用いる。

## 6. 中間育成（全長30mm～80mm）

### (1) 中間育成数

開始時 全長30mm種苗 拠点センター	81万尾	収容密度2,000尾/m <sup>2</sup>
えりも中間育成施設	44万尾	収容密度2,000尾/m <sup>2</sup>
終了時 全長80mm種苗 拠点センター	65万尾	収容密度 800尾/m <sup>2</sup> (生残率80%)
えりも中間育成施設	35万尾	収容密度 800尾/m <sup>2</sup> (生残率80%)

### (2) 水槽規模（拠点センター）

全長30mm種苗81万尾を91日齢から150日齢まで中間育成する。種苗生産期間に引き続き、40 t 水槽で飼育する。中間育成のために40 t 水槽17基必要であるが、種苗生産に用いた40 t 水槽12基も共用する。また、出荷用に3基の5 tFRP 水槽を用意する。

#### 中間育成水槽積算

算出条件	算出基礎
150日齢の飼育規模 飼育数 65万尾 収容密度 800尾/m <sup>2</sup> 水槽底面積 50m <sup>2</sup>	飼育数65万尾 ÷ 0.08万尾/m <sup>2</sup> (収容密度) ÷ 50m <sup>2</sup> (水槽底面積) ≒ 17基
出荷用水槽 3基	仔稚魚育成水槽12基を共通使用する。 予備水槽 2基 40 t 角形 RC 水槽(有効水深0.8m) 5基 + (予備 2基) 5 tFRP 水槽 3基

### (3) 水槽規模（えりも中間育成施設）

拠点センターから全長30mm種苗44万尾を輸送し、91日齢から150日齢まで中間育成を実施する。種苗生産期間と同規模の40 t 水槽で飼育する。中間育成のために40 t 水槽9基必要である。また、出荷用に3基の5 tFRP 水槽を用意する。

#### 中間育成水槽積算

算出条件	算出基礎
150日齢の飼育規模 飼育数 35万尾 収容密度 800尾/m <sup>2</sup> 水槽底面積 50m <sup>2</sup>	飼育数35万尾 ÷ 0.08万尾/m <sup>2</sup> (収容密度) ÷ 50m <sup>2</sup> (水槽底面積) ≒ 9基
出荷用水槽 3基	予備水槽 2基 40 t 角形 RC 水槽(有効水深0.8m) 9基 + (予備 2基) 5 tFRP 水槽 3基

#### (4) 餌料

中間育成期間の餌料は、配合飼料を使用する。

#### (5) 使用海水

12換水/日 (0.5換水/h) とする。

中間育成期間の使用水量積算

拠点センター	$40 \text{ t 水槽} \times 17 \text{ 基} \times 0.5 \text{ t/h (換水率)} = 340 \text{ t/h}$
えりも中間育成施設	$40 \text{ t 水槽} \times 9 \text{ 基} \times 0.5 \text{ t/h (換水率)} = 180 \text{ t/h}$

#### (6) 飼育管理

- ・成長差が生じたことによる攻撃や成長遅滞を防ぐため、中間育成開始後20日後及び40日後に選別を行う。
- ・飼育は網イケスを用いる。
- ・出荷前の計数後は、出荷先別に網イケスに収容する。
- ・底掃除は毎日実施する。
- ・出荷は、9月中旬から下旬まで実施する。
- ・給餌、底掃除、計数、移槽は自動化して省力化を図る。

### 7. 生物餌料培養

#### (1) 生物餌料の種類

- ・ナンノクロロプシス(ナンノ) 用途 マツカワ仔魚の10日齢～35日齢まで飼育水に添加  
ワムシ栄養強化の飼育水に使用
- ・シオミズツボワムシ(ワムシ) 用途 マツカワ仔魚の10日齢～35日齢までの餌料
- ・アルテミア 用途 マツカワ仔稚魚20日齢から65日齢までの餌料

#### (2) 培養規模と水槽規模

##### 1) ナンノクロロプシス

マツカワ仔魚のワムシ給餌期における飼育水添加及びワムシの栄養強化用にナンノクロロプシスを培養する。飼育水温は18℃。

飼育水添加用－マツカワ仔魚水槽に飼育水の5%を添加する。 ナンノクロロプシス水槽から、毎日15%を収穫(収穫率)。 培養水槽 $160 \text{ t (仔魚水槽)} \times 0.05 \text{ (添加の割合)} = 8 \text{ t (飼育水添加用ナンノ海水量)}$ $8 \text{ t (ナンノ海水添加量)} \div 0.15 \text{ (収穫率)} = 53.3 \text{ t}$
ワムシ栄養強化用－ワムシ栄養強化水槽に供給する ナンノクロロプシス水槽から、毎日15%を収穫(収穫率)。 培養水槽 $1 \text{ t 水槽 (ワムシ栄養強化水槽)} \times 24 \text{ 基} = 24 \text{ t (ワムシ栄養強化用ナンノ海水量)}$ $24 \text{ t (ナンノ海水使用量)} \div 0.15 \text{ (収穫率)} = 160 \text{ t}$
水槽規模 (53.3 t (飼育水用) + 160 t (ワムシ栄養強化用)) $\div 50 \text{ t (ナンノ培養水槽容積)} \approx 5 \text{ 基}$ 必要水槽 50 t 角形 RC 水槽 5 基 + (予備1基)

## 2) シオミズツボワムシ

### ○培養水槽

間引き及び植継法によりシオミズツボワムシ（ワムシ）を培養する。ワムシの餌料には市販の濃縮クロレラを使用する。飼育水温は24℃。

培養密度	5 億個体/ t (500個体/cc)
収穫率	1 日15%
必要数 (最大時)	15個体/cc(給餌濃度) × 20 t (飼育水槽) × 8 基 = $24 \times 10^8$ 個体
必要ワムシ海水量	24億個体(1日のワムシ必要数) ÷ 5 億個体/ t (培養密度) = 4.8 t
水槽規模	4.8 t (1日のワムシ海水必要量) ÷ 0.15(収穫率) = 32 t (総培養水量) 32 t (総培養水量) ÷ 5 t (培養水槽規模) ≒ 7 基(必要水槽数) 5 t 水槽 7 基(+予備 2 基)
必要水槽	5 t 角形 FRP 水槽 7 基+ (予備 2 基)

### ○ワムシ栄養強化用水槽

1 t アルテミア孵化槽を用い、給餌前日から栄養強化剤（アクアラン等）による栄養強化を行う。栄養強化用アルテミア孵化槽は受精卵孵化用水槽（12基+予備 2 基）と共用する。孵化槽は共用するが、栄養強化用スペースは確保する。飼育水温は24℃。

収容密度	1 億個体/ t (100個体/cc)
培養水槽	24億個体 ÷ 1 億個体/ t = 24 t (栄養強化用ワムシ飼育水量)
水槽数	24 t (栄養強化用飼育水量) ÷ 1 t (栄養強化用水槽容積) = 24基 + (予備 2 基) (受精卵孵化用水槽14基と共用)
必要水槽	1 t アルテミア孵化槽 10基+ (予備 2 基)

## 3) アルテミア

### ○孵化用水槽

1 t アルテミア孵化水槽に乾燥卵を収容して孵化させ、ノープリウス幼生をマツカワ仔稚魚に給餌する。飼育水温は28℃。

培養密度	培養水(28℃) 1 t に1,500 g の乾燥卵を収容。1 g あたり25万粒
収穫率	孵化率、分離ロスを含めた回収率は70%
給餌量	マツカワ仔稚魚水槽に、1日あたり 4 個体/cc の濃度で給餌
必要数 (最大時)	(20 t (飼育水槽) × 6 基 + 40 t (飼育水槽) × 10基) × 4 個体/cc/日 = $20.8 \times 10^8$ 個体(必要アルテミア数)
水槽規模	20.8 億個体(必要アルテミア数) ÷ (25万粒/g × 1,500 g/ t × 0.7) = 7.9 t 7.9 t (培養容積) ÷ 1 t (アルテミア孵化槽容積) ≒ 8 基 1日の給餌のためには1 t アルテミア孵化槽 8 基必要。1日 2 回に分けて給餌するので、次の培養準備のため、さらに 8 基必要。
必要水槽	1 t アルテミア孵化槽 16基+ (予備 2 基)

○アルテミア栄養強化用水槽

5 t 角形 FRP 水槽を用い、給餌前日から栄養強化剤（DHace、メガビット等）による栄養強化を行う。飼育水温は20℃。

収容密度	1 億個体/ t (100個体/cc)
培養水槽	20.8億個体 (必要アルテミア数) ÷ 1 億個体/ t = 20.8 t (栄養強化用飼育水量)
水槽数	20.8 t (栄養強化用飼育水量) ÷ 5 t (栄養強化用水槽容積) = 4.16基 5 t 水槽 4 基の他、端数分を収容するため 1 t アルテミア孵化槽を 2 基用意する 翌日の培養準備のため、2 倍の水槽が必要。
必要水槽	5 t 角形 FRP 水槽 8 基 + (予備 2 基) 1 t アルテミア孵化槽 4 基

4) 使用海水

生物餌料の培養に使用する海水は、加温海水を用い、UV により滅菌する。すべて止水とし、チタンヒーターにより保温する。ナンノの培養に用いる海水は精密濾過器により濾過する。

## マツカワ参考文献リスト

北海道立中央水産試験場 森 立 成

この参考文献リストは、本技術資料で引用された文献の他に国費事業等の報告書や各水試の事業報告書等も加えて、広くマツカワの試験研究等に関する関連文献をリストアップしたものである。

Amano M, A. Takahashi, T. Yamanome, K. Okubo, K. Aida and K. Yamamori : Molecular cloning of three cDNAs encoding different GnRHs in the barfin flounder. *Gen. Comp. Endocrinol.* 126, 325-333, (2002).

Amano M., Y. Oka, T. Yamanome, K. Okuzawa and K. Yamamori : Three GnRH systems in the brain and pituitary of a pleuronectiform fish, the barfin flounder *Verasper moseri*. *Cell Tissue Res.* 309, 323-329, (2002).

Amano M., A. Takahashi, Y. Oka, T. Yamanome, K. Okuzawa, H. Kawauchi and K. Yamamori : Immunocytochemical localization and ontogenic development of melanin-concentrating hormone in the brain of a pleuronectiform fish, the barfin flounder. *Cell Tissue Res.* 311, 71-77, (2003).

Andoh T. and H. Nagasawa : Homologous enzyme immunoassay for insulin and stimulation of insulin secretion by amino acids and glucose in the barfin flounder, *Verasper moseri* (Pleuronectidae). Proc. XIII International Congress of Comparative Endocrinology. Yokohama, Japan, 16-21, November, 1149-1153 (1997)

Andoh, T. and H. Nagasawa : Two molecular forms of insulin from barfin flounder, *Verasper moseri*, derived from a single gene. *Zool. Sci.* 15, 901-907 (1998)

Andoh T. and H. Nagasawa : Development of a time-resolved fluoroimmunoassay for insulins and its application to monitoring of insulin secretion induced by feeding in the barfin flounder *Verasper moseri*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 125, 365-374, (2002).

安藤 忠, 渡邊研一, 松原孝博 : マツカワの栽培漁業における問題点と将来展望 (総説). 北水研報. 63, 19-33 (1999)

新井良一, 阿部宗明 : 日高沿岸の海産魚類. 国立科博専報. 6, 207-214 (1973)

有瀧真人 : カレイ類の変態と形態異常. 月刊海洋. 27, 732-739. (1995).

有瀧真人, 鈴木重則, 渡辺研一 : 飼育したマツカワ仔稚魚の形態発育と成長. 日水誌. 66(3), 446-453, (2000).

有瀧真人 : 飼育したカレイ科魚類の変態期に発現する形態異常とその防除に関する研究. 京都大学博士論文, (2004).

Goto R., T. Mori, K. Kawamata, T. Matsubara, S. Mizuno, S. Adachi and K. Yamauchi : Effects of temperature on gonadal sex determination in barfin flounder *Verasper moseri*. *Fish. Sci.* 65(6), 884-887 (1999)

Goto R. : Studies on environmental factors influencing sex differentiation in

pleuronectid, cyprinid, salmonid fishes. *Doctor thesis of Hokkaido University*. (2000).

Higashino T., T. Miura, C. Miura and K. Yamauchi. Histological studies on early oogenesis in barfin flounder *Verasper moseri*. *Zool. Sci.* 19, 557-563, (2002).

北海道ほか：平成2年度 特定海域新魚種量産技術開発事業報. 水産庁(1991)

北海道ほか：平成3年度 特定海域新魚種量産技術開発事業報. 水産庁(1992)

北海道ほか：平成4年度 特定海域新魚種量産技術開発事業報. 水産庁(1993)

北海道ほか：平成5年度 特定海域新魚種量産技術開発事業報. 水産庁(1994)

北海道ほか：平成6年度 特定海域新魚種量産技術開発事業報. 水産庁(1995)

北海道ほか：平成2～6年度 特定海域新魚種量産技術開発事業総括報. 水産庁(1996)

北海道ほか：平成7年度 特定海域新魚種定着促進技術開発事業報. 水産庁(1996)

北海道ほか：平成8年度 特定海域新魚種定着促進技術開発事業報. 水産庁(1997)

北海道ほか：平成9年度 放流技術開発事業報. 水産庁(1998)

北海道ほか：平成10年度 放流技術開発事業報. 水産庁(1999)

北海道ほか：平成7～11年度 放流技術開発事業総括報. 異体類. 水産庁(2000)

北海道ほか：平成12年度 資源増大技術開発事業報. 水産庁(2001)

北海道ほか：平成13年度 資源増大技術開発事業報. 水産庁(2002)

北海道ほか：平成14年度 資源増大技術開発事業報. 水産庁(2003)

北海道ほか：平成15年度 資源増大技術開発事業報. 水産庁(2004)

今井義弘：噴火湾で漁獲された大物マツカワ. 北水試だより. 64, 28(2004)

石間正浩(1994)：マツカワ *Verasper moseri* に発生したウイルス性神経壊死症に関する研究. 北海道大学修士論文.

角田富男, 酒井勇一：マツカワ種苗放流技術基礎調査. 平成6年度北海道立釧路水試事業報. 169-171(1995)

角田富男, 酒井勇一：マツカワ種苗放流技術基礎調査. 平成7年度北海道立釧路水試事業報. 180-183(1996)

角田富男, 酒井勇一：マツカワ種苗放流技術基礎調査. 平成8年度北海道立釧路水試事業報. 185-188(1998)

川真田憲治：ヒラメとマツカワの相違点. 北水試だより. 26, 14-18 (1994)

川真田憲治, 杉本卓, 森立成：特定海域新魚種量産技術開発事業マツカワ. 平成5年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 104-107, (1994)

川真田憲治, 杉本卓, 森立成：特定海域新魚種量産技術開発事業マツカワ. 平成6年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 94-98, (1995)

川真田憲治, 杉本卓, 森立成：特定海域新魚種定着促進技術開発事業マツカワ. 平成7年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 68-74, (1996)

川真田憲治, 杉本卓, 森立成：特定海域新魚種量産技術開発事業マツカワ. 平成8年度北海道立栽培漁業総合センター事業報, 54-59, (1997)

川真田憲治：マツカワの種苗生産と養殖の現状と将来「水産業の再生戦略－冷水域からの発信」. 恒星社厚生閣, 東京, 111-120(2000)

川真田憲治：マツカワ種苗放流技術開発試験. 平成10年度北海道立網走水試事業報. 187-189(2000)



萱場隆昭, 杉本卓, 川真田憲治: 特定海域新魚種定着促進事業マツカワ. 平成9年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 76-88 (1998).

萱場隆昭, 杉本卓, 川真田憲治: 共同研究 (マツカワの産卵メカニズムに関する基礎研究). 平成9年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 53-60 (1998).

萱場隆昭, 杉本卓, : 特定海域新魚種定着促進事業マツカワ. 平成10年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 94-109 (1999).

萱場隆昭, 杉本卓, 佐藤敦一: 共同研究 (マツカワの産卵メカニズムに関する基礎研究). 平成10年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 63-71 (1999).

萱場隆昭, 杉本卓, 佐藤敦一: 特定海域新魚種定着促進事業マツカワ. 平成11年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 70-83 (2000)

萱場隆昭, 杉本卓, 佐藤敦一, 尾崎雄一, 足立伸次, 高丸禮好, 山内皓平: 水温操作によるマツカワ雌雄の性成熟の同調. 北海道水試研報. 58, 9-16 (2000).

萱場隆昭, 杉本卓, 佐藤敦一: 放流技術基礎調査事業マツカワ. 平成12年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 56-65 (2001).

萱場隆昭, 杉本卓, 佐藤敦一: マツカワ仔魚の初期摂餌及び生残に及ぼすナンノクロロプシス *Nannochloropsis oculata* 添加飼育の影響. 北海道水試研報. 63, 55-63 (2002).

萱場隆昭, 杉本卓, 松田泰平: 放流技術基礎調査事業マツカワ. 平成13年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 55-65 (2002).

萱場隆昭: マツカワ種苗生産技術開発の現状. 育てる漁業, 344, 3-7 (2002).

萱場隆昭: マツカワ種苗生産技術開発の現状. 平成13年度「育てる漁業研究会」講演要旨集, 1-8 (2002).

Kayaba T., T. Sugimoto, T. Mori, N. Satoh, S. Adachi and K. Yamauchi: Induced spontaneous spawning using an increased temperature stimulus in the cultured barfin flounder *Verasper moseri*. *Fish. Sci.* 69, 663-669 (2003).

萱場隆昭, 杉本卓, 足立伸次, 山内皓平: マツカワの卵質劣化に及ぼす残留過熟卵の影響. 日水誌. 69(3), 414-416 (2003).

萱場隆昭, 杉本卓, 松田泰平: マツカワ種苗生産における仔魚の大量沈下減耗. 水産増殖. 51 (4), 443-450, (2003).

萱場隆昭: マツカワ人工種苗の形態異常を防ぐ. 試験研究は今. 510 (2003).

萱場隆昭, 松田泰平, 杉本卓: 放流技術基礎調査事業マツカワ. 平成14年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 55-65 (2004).

萱場隆昭, 松田泰平, 杉本卓: 放流技術基礎調査事業マツカワ. 平成15年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 80-90 (2004).

萱場隆昭: マツカワの種苗生産技術に関する研究. 北海道大学博士論文. (2004).

蔵田 護, 川真田憲治: マツカワ種苗放流技術開発試験. 平成11年度北海道立網走水試事業報. 164-170 (2000)

蔵田 護: マツカワ種苗放流技術開発試験. 平成12年度北海道立網走水試事業報. 114-116 (2001)

蔵田 護: オホーツク海におけるマツカワ放流効果. 北水試だより. 51.6-14 (2001)

蔵田 護: マツカワ種苗放流技術開発試験. 平成13年度北海道立網走水試事業報. 139-143

- (2002)  
藏田 護：マツカワ種苗放流技術開発試験. 平成14年度北海道立網走水試事業報. 126-130
- (2003)  
Koya Y., T. Matsubara and T. Nakagawa : Efficient artificial fertilization method based on the ovulation cycle in barfin flounder *Verasper moseri*. *Fish. Sci.* 60(5), 537-540, (1994)  
松原孝博：卵黄形成機構と卵黄の機能. 月刊海洋. 32(2), 107-112, (2000)  
Matsubara T. and K. Sawano : Proteolytic cleavage of vitellogenin and yolk proteins during vitellogenin uptake and oocyte maturation in barfin flounder *Verasper moseri*. *J. Exp. Zool.* 272, 34-45, (1995).  
Matsubara T. and Y. Koya : Course of proteolytic cleavage in three classes yolk proteins during oocyte maturation in barfin flounder *Verasper moseri*, a marine teleost spawning pelagic eggs. *J. Exp. Zool.* 278, 189-200, (1997).  
Matsubara T., N. Ohkubo, T. Andoh, C.V. Sullivan and A. Hara : Two forms of vitellogenin, yielding two distinct lipovitellins, play different role during oocyte maturation and early development of barfin flounder *Verasper moseri*, a marine teleost that spawns pelagic eggs. *Dev. Biol.* 213, 18-32. (1999).  
Matsubara T., K. Watababe, T. Yamanome and T. Kayaba : Application of ultrasonography to non-invasive sexing based on the sexual dimorphism in gonads of immature barfin flounder *Verasper moseri*. *Fish. Sci.* 65(2), 244-247, (1999).  
松田泰平：種苗放流技術基礎調査研究 2) マツカワ放流試験. 平成6年度北海道立函館水産試験場事業報. 172-175(1995)  
松田泰平, 宮本建樹：種苗放流技術基礎調査研究 1) マツカワ放流試験. 平成7年度北海道立函館水産試験場事業報. 207-213(1996)  
松田泰平, 佐藤 充：特定海域新魚種定着促進技術開発事業 1) マツカワ放流技術開発. 平成8年度北海道立函館水産試験場事業報. 188-193(1997)  
松田泰平, 元谷 怜, 高橋正士：特定海域新魚種定着促進技術開発事業 1) マツカワ放流技術開発. 平成9年度北海道立函館水産試験場事業報. 183-190(1999)  
松田泰平, 高谷義幸, 高橋正士：特定海域新魚種定着促進技術開発事業 1) マツカワ放流技術開発. 平成10年度北海道立函館水産試験場事業報. 156-164(2000)  
松田泰平, 高谷義幸, 高橋正士：特定海域新魚種定着促進技術開発事業 1) マツカワ放流技術開発. 平成11年度北海道立函館水産試験場事業報. 142-146(2001)  
松田泰平, 高谷義幸：放流基礎調査事業 4.1 マツカワ. 平成12年度北海道立函館水産試験場事業報. 152-158(2002)  
松田泰平：Ⅲえりも以西太平洋海域におけるマツカワ放流技術開発の現状. 平成13年度「育てる漁業研究会」講演要旨集. 北海道栽培漁業振興公社. 25-32(2002)  
三上加奈子, 北川雅彦：マツカワの原料特性に関する試験. 平成13年度中央水試事業報. 122-127 (2002)  
南 卓志, 澤野敬一, 中川 亨, 渡辺研一：マツカワ稚魚の底質選択性について. 北水研報. 58, 53-60(1994)

南 卓志：19. マツカワ. 日本の希少な野生生物に関する基礎資料（I）II. 海産魚類. 水産庁. 284-288(1994)

南 卓志, 渡辺研一, 中川 亨：マツカワ種苗のサイズと飢餓が被食に与える影響について. 平成6年度日本水産学会春季大会講演要旨集. (1994)

南 卓志：北海道沿岸におけるカレイ亜科魚類の産卵期について（総説）. 北水研報告. 59, 69-80(1995)

南 卓志：21. マツカワ. 日本の希少な野生水生生物に関するデータブック（水産庁編）. 日本水産資源保護協会. 102-103(1998)

三浦宏紀・西原 豊・大崎正二：海産魚介類の原因不明疾病の解析と防除に関する研究. 平成6年度北海道立中央水産試験場事業報. 171-174 (1995)

三浦宏紀・西原 豊・伊藤慎悟：マツカワのウイルス性神経壊死症対策事業. 平成8年度北海道立中央水産試験場事業報. 143-145 (1997)

三宅博哉, 森泰雄, 佐々木潤：特定海域新魚種量産技術開発事業（マツカワ）. 平成3年度事業報. 222-223(1992)

三宅博哉, 森泰雄, 佐々木潤：特定海域新魚種量産技術開発事業（マツカワ）. 平成4年度事業報. 216-218(1993)

三宅博哉, 森泰雄, 武藤卓志, 山口宏史：特定海域新魚種量産技術開発事業（マツカワ）. 平成5年度事業報. 195-197(1994)

村上直人：さいばい. 48, 32-36(1988)

村上直人：マツカワ. 昭和60年度日本栽培漁業協会事業年報. 95・248, (1986)

村上直人：マツカワ. 昭和61年度日本栽培漁業協会事業年報. 93-94・276, (1988)

村上直人：マツカワ. 昭和62年度日本栽培漁業協会事業年報. 76-77・233-235, (1989)

村上直人：マツカワ. 昭和63年度日本栽培漁業協会事業年報. 67・224-227, (1992)

持田和彦, 有瀧真人, 太田健吾, 渡辺研一, 大久保信幸, 松原孝博：マツカワ及びホシガレイ精子の短期保存. 北水研研報. 64, 25-34, (2000)

門間春博：マツカワ種苗放流技術開発試験. 平成6年度北海道立網走水試事業報. 167-175 (1996)

門間春博：能取湖に放流したマツカワから得られた2、3の情報. 北水試だより. 33.1-3 (1996)

門間春博：マツカワ種苗放流技術開発試験. 平成7年度北海道立網走水試事業報. 173-180 (1997)

門間春博：マツカワ種苗放流技術開発試験. 平成8年度北海道立網走水試事業報. 168-173 (1998)

門間春博：マツカワ種苗放流技術開発試験. 平成9年度北海道立網走水試事業報. 237-250 (1998)

森 立成, 川真田憲治, 水野伸也, 足立伸次, 山内皓平：エストラジオール17 $\beta$ 投与によるマツカワ種苗の雌化. 北水試研報. 46, 1-6(1995)

森 立成, 川真田憲治：性比コントロールと人工催熟によるマツカワ種苗安定化試験. 平成5年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 77-82 (1994)

森 立成, 杉本 卓, 川真田憲治：性比コントロールと人工催熟によるマツカワ種苗

安定化試験. 平成6年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 71-76 (1995)

森 立成, 杉本卓, 川真田憲治: 共同研究 (性比コントロールと人工催熟によるマツカワ種苗安定化試験). 平成7年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 59-61, (1996).

森 立成, 萱場 隆昭, 杉本 卓, 川真田憲治: 共同研究 (マツカワの産卵メカニズムに関する研究). 平成8年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 43-50(1997)

森 立成: 飼育水温で性比が変わるマツカワ人工種苗. 北水試だより. 37, 12-14(1997)

森 立成: マツカワの性統御法の現状と展望. 月刊海洋. 31(5), 285-289(1999)

森 立成, 齋藤節雄, 杉本 卓, 萱場隆昭: マツカワ人工魚の成長の雌雄差. 北水試研報. 56, 137-141(1999)

森 立成: クローンマツカワの作出に大きな一歩. 北水試だより. 51, 15-17(2001)

森 立成, 齋藤節雄: 養殖技術開発推進事業. 平成14年度北海道立中央水試事業報. 89(2003)

森 立成: 養殖技術開発推進事業. 平成15年度北海道立中央水試事業報. 103(2004)

森 立成, 干川 裕, 木村 稔, 三上加奈子: 養殖マツカワの新品種作出試験. 平成15年度北海道立中央水試事業報. 89(2004)

森 立成: 古平地区におけるマツカワ海面養殖の現状と課題. 北水試だより. 65, 13-16(2004)

森 立成, 齋藤節雄, 岸岡稚青, 荒井克俊: マツカワ *Verasper moseri* における三倍体および雌性発生二倍体の誘起. 日水誌. 70(2), (2004)

森 立成: マツカワの染色体操作と性統御に関する研究. 北海道大学博士論文. (2005)

森岡泰三: 冷水性異体類の種苗生技術の開発 (マツカワ). 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報. 17-18(2003)

森岡泰三: 冷水性異体類の形態及び体色異常防除技術の開発 (マツカワ). 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報. 18-19(2003)

森岡泰三: 厚岸湾をモデル海域とした放流技術の開発 (マツカワ). 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報. 24-26(2003)

森岡泰三: 冷水性異体類の種苗生産技術の開発 (マツカワ). 平成15年度日本栽培漁業協会事業年報. 15-16(2003)

森岡泰三: 冷水性異体類の形態及び体色異常防除技術の開発 (マツカワ). 平成15年度日本栽培漁業協会事業年報. 17-18(2003)

森岡泰三: 厚岸湾をモデル海域とした放流技術の開発 (マツカワ). 平成15年度日本栽培漁業協会事業年報. 18-19(2003)

森岡泰三, 山本義久, 福永恭平, 鈴木重則, 神保忠雄, 錦昭夫 (厚岸栽培漁業センター): 放流時期がマツカワ放流魚の成長と生残に与える影響, 栽培漁業センター技報. 2. 66-71 (2004)

中川 亮: マツカワ種苗の標識放流・再捕について. 北水研技報. 2, 31-32(1991)

中川 亨: マツカワ. 平成元年度日本栽培漁業協会事業年報. 57(1991)

中川 亨: マツカワ. 平成元年度日本栽培漁業協会事業年報. 170-173(1991)

中川 亨: マツカワ. 平成元年度日本栽培漁業協会事業年報. 307-308(1991)

中川 亨: マツカワ. 平成2年度日本栽培漁業協会事業年報. 77(1992)

中川 亨: マツカワ. 平成2年度日本栽培漁業協会事業年報. 226-228(1992)

中川 亨: マツカワ. 平成2年度日本栽培漁業協会事業年報. 348-351(1992)

- 中川 亨：マツカワ．平成3年度日本栽培漁業協会事業年報．54-56(1993)
- 中川 亨：マツカワ．平成3年度日本栽培漁業協会事業年報．188-194(1993)
- 中川 亨：マツカワ．平成3年度日本栽培漁業協会事業年報．321-325(1993)
- 中川 亨：マツカワ．平成4年度日本栽培漁業協会事業年報．57-58(1994)
- 中川 亨：マツカワ．平成4年度日本栽培漁業協会事業年報．177-178(1994)
- 成生正彦：マツカワ．平成4年度日本栽培漁業協会事業年報．277-279(1994)
- 中川 亨：マツカワ．平成5年度日本栽培漁業協会事業年報．58-64(1995)
- 日本水産資源保護協会：平成12年度希少水生生物保存対策推進事業報．マツカワ．33-46(2001)
- 錦昭夫：II厚岸湾におけるマツカワの放流試験．平成13年度「育てる漁業研究会」講演要旨集．北海道栽培漁業振興公社．9-24(2002)
- 西原 豊・三浦宏紀：マツカワのウイルス性神経壊死症対策事業．平成7年度北海道立中央水産試験場事業報．169(1996)
- 西原 豊・三浦宏紀・伊藤慎悟：マツカワのウイルス性神経壊死症対策事業．平成9年度北海道立中央水産試験場事業報．119-121(1998)
- 西原 豊・三浦宏紀・伊藤慎悟：マツカワのウイルス性神経壊死症対策事業．平成10年度北海道立中央水産試験場事業報．130-133(1999)
- Ohkubo N. and T. Matsubara : Sequential utilization of free amino acids, yolk protein, and lipids by developing embryos and jarvae in barfin flounder *Verasper moseri*. UJNR *Tegchnical Report*. 26, 61-66, (1999).
- Ohkubo N. and T. Matsubara : Sequential utilization of free amino acids, yolk protein, and lipids by developing embryos and jarvae in barfin flounder *Verasper moseri*. *Mar. Biol.* 140, 187-196, (2002).
- 沖山宗雄, 高橋伊武：日本海産カレイ亜科魚類の幼期．日水研報, 27, 11-34(1976)
- Ortega-Villaizan, R. M., Nakajima, M. and N. Taniguchi. 2003. Isolation and characterization of microsatellite DNA markers in the rare species barfin flounder (*Verasper moseri*) and its closely related species spotted halibut (*V. variegatus*). *Mol. Ecol. Notes*, 3, 629-631.
- 齊藤節雄, 三浦宏紀, 西原 豊：マツカワ浮き生け簀養殖技術開発試験．平成7年度北海道立中央水試事業報．261-267 (1995)
- 齊藤節雄, 三浦宏紀, 西原 豊, 伊藤慎吾：マツカワ浮き生け簀養殖技術開発試験．平成8年度北海道立中央水試事業報．245-255(1996)
- 齊藤節雄, 森 立成：マツカワ浮き生け簀養殖技術開発試験．平成9年度北海道立中央水試事業報．222-228(1997)
- 齊藤節雄, 森 立成：マツカワ浮き生け簀養殖技術開発試験．平成10年度北海道立中央水試事業報．219-221(1998)
- 齊藤節雄, 森 立成：マツカワ浮き生け簀養殖技術開発試験．平成11年度北海道立中央水試事業報．241-243(1999)
- 齊藤節雄, 森 立成：ヒラメ・カレイ類の性統御及びクローン魚の作出試験．平成12年度北海道立中央水試事業報．91-95, (2000)
- 齊藤節雄, 森 立成：ヒラメ・カレイ類の性統御及びクローン魚の作出試験．平成13年度

北海道立中央水試事業報. 157-162, (2001)

佐々木正義, 田中伸幸: 特定海域新魚種量産技術開発事業 (マツカワ). 平成2年度北海道立函館水試事業報. 198-202 (1991)

佐々木正義: 特定海域新魚種量産技術開発事業 (マツカワ). 平成3年度北海道立函館水試事業報. 330-333 (1993)

佐々木正義: 特定海域新魚種量産技術開発事業 (マツカワ). 平成4年度北海道立函館水試事業報. 258-262 (1994)

佐々木正義, 角田富男: 日高及び胆振太平洋海域のマツカワの漁業実態と生態について. 北水試だより. 38, 7-12 (1997)

佐々木正義, 角田富男: 道東海域のマツカワ人工種苗の放流状況および再捕結果. 北水試だより, 60, 1-8 (2003)

佐々木正義: 道東海域におけるマツカワ漁業 過去-現在-未来. 育てる漁業. 376, 3-7 (2004)

佐々木正義, 角田富男: マツカワ放流技術開発試験. 平成14年度北海道立釧路水試験事業報. 165-166 (2004)

佐々木正義: マツカワ. 平成15年度北海道立釧路水産試験場事業報. 124-125 (2005)

鈴木邦夫・伊藤慎悟・西原 豊: マツカワ神経壊死症 (VNN) 対策事業. 平成11年度北海道立中央水産試験場事業報. 11-7-120 (2000)

鈴木邦夫・伊藤慎悟・西原 豊: マツカワ神経壊死症 (VNN) 対策事業. 平成12年度北海道立中央水産試験場事業報. 204-204 (2001)

鈴木邦夫・伊藤慎悟・西原 豊: マツカワ神経壊死症 (VNN) 対策事業. 平成13年度北海道立中央水産試験場事業報. 221-223 (2002)

鈴木重則: マツカワ. 平成8年度日本栽培漁業協会事業年報. 203-204 (1998)

鈴木重則: マツカワ. 平成9年度日本栽培漁業協会事業年報. 213-215 (1999)

鈴木重則: マツカワ. 平成10年度日本栽培漁業協会事業年報. 224-226 (2000)

鈴木重則: マツカワ. 平成11年度日本栽培漁業協会事業年報. 198-200 (2001)

鈴木重則: マツカワ種苗生産でみられたガス病とその防除対策. さいばい. 31-35

鈴木重則: 冷水性異体類の自然産卵技術の開発 (マツカワ). 平成13年度日本栽培漁業協会事業年報. 11-13 (2003)

鈴木重則: 冷水性異体類の自然産卵技術の開発 (マツカワ). 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報. 13-14 (2003)

鈴木重則: 冷水性異体類の自然産卵技術の開発 (マツカワ). 平成15年度日本栽培漁業協会事業年報. 13 (2003)

高丸禮好, 三浦宏紀: ヒラメ・カレイ類の養殖技術開発試験. 昭和63年度年度北海道立中央水試事業報. 103-108 (1989)

高丸禮好, 斎藤節雄, 森立成: 特定海域新魚種量産技術開発事業マツカワ. 平成2年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 84-88, (1991)

高丸禮好, 斎藤節雄, 森立成: 特定海域新魚種量産技術開発事業マツカワ. 平成3年度北海道立栽培漁業総合センター事業報. 90-96, (1992)

高丸禮好, 斎藤節雄, 森立成: 特定海域新魚種量産技術開発事業マツカワ. 平成4年度北

海道立栽培漁業総合センター事業報. 72-78, (1993)  
 高丸禮好：マツカワ栽培漁業の展望. 北水試だより. 13, 1-5 (1991)  
 高丸禮好：マツカワ種苗生産について. 育てる漁業. 245, 2-8 (1993)  
 高谷義幸, 川真田憲治：マツカワ人工種苗の飢餓耐性. 水産増殖. 48, 517-522 (2000)  
 高谷義幸：マツカワをめぐる最近の事情. 北水試だより. 54, 1-5 (2001)  
 高谷義幸, 松田泰平, 吉田秀嗣：マツカワ若齢魚の耳石輪紋の年齢形質としての有効性  
 (短報). 北水試研報. 66, 11-13 (2004)  
 富永修, 三浦宏紀：石狩湾で漁獲されたマツカワ. 北水試だより. 14, 21-22 (1991)  
 上田吉幸：特定海域新魚種量産技術開発事業 (マツカワ). 平成5年度北海道立函館水産  
 試験場事業報. 242-244 (1995)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成5年度日本栽培漁業協会事業年報. 197-199 (1995)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成5年度日本栽培漁業協会事業年報. 314-316 (1995)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成6年度日本栽培漁業協会事業年報. 55-56 (1996)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成6年度日本栽培漁業協会事業年報. 172-173 (1996)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成6年度日本栽培漁業協会事業年報. 275-277 (1996)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成7年度日本栽培漁業協会事業年報. 73 (1997)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成7年度日本栽培漁業協会事業年報. 194-195 (1997)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成7年度日本栽培漁業協会事業年報. 285 (1997)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成8年度日本栽培漁業協会事業年報. 72-73 (1998)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成8年度日本栽培漁業協会事業年報. 286-287 (1998)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成9年度日本栽培漁業協会事業年報. 81-82 (1999)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成9年度日本栽培漁業協会事業年報. 314-315 (1999)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成10年度日本栽培漁業協会事業年報. 94-95 (2000)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成10年度日本栽培漁業協会事業年報. 344-346 (2000)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成11年度日本栽培漁業協会事業年報. 95-96 (2001)  
 渡辺研一：マツカワ. 平成11年度日本栽培漁業協会事業年報. 308-310 (2001)  
 渡辺研一, 中川亨, 今村茂生：水槽におけるマツカワ人工種苗の被捕食. 栽培技研. 24, 27-  
 33 (1994)  
 渡辺研一, 中川亨, 今村茂生：水槽におけるマツカワ人工種苗の被捕食. 栽培技研, 24 (1)  
 27-33 (1995)  
 渡辺研一, 南卓志, 飯泉仁, 今村茂生：北海道厚岸湖における魚類の胃内容物から見た種  
 間関係. 北海道区水産研究所研究報告, 60, 239-276 (1996)  
 渡辺研一：北海道太平洋沿岸で漁獲されたマツカワの排卵状況から推定した産卵期. 水産  
 増殖. 46, 589-590 (1998)  
 渡辺研一：水槽内におけるマツカワの自然産卵と卵の発生状況から推定した産卵時刻. *Nippon*  
*Suisan Gakkaishi*. 65 (3), 408-413 (1999)  
 渡辺研一, 吉水 守, 石間正浩, 川真田憲治, 絵面良男：マツカワにおけるウイルス性神  
 経壊死症の発生. 北大水産彙報. 50 (2), 101-113 (1999)  
 渡辺研一：マツカワに発生したウイルス性神経壊死症の防除対策に関する研究. 北海道大  
 学博士論文. (1999).



- 渡辺研一，鈴木重則，錦 昭夫：厚岸湾に放流されたマツカワ人工種苗の移動，成長と放流効果．栽培技研．28, 93-99(2001)
- 渡辺研一，鈴木重則，錦昭夫：厚岸湾に放流されたマツカワ人工種苗の移動・成長と放流効果．栽培技研，28(2)，93-99(2001)
- 渡辺研一：冷水性異体類の自然産卵技術の開発（マツカワ）．平成12年度日本栽培漁業協会事業年報．11-13(2002)
- 渡辺研一：冷水性魚類の疾病防除技術の開発（マツカワ）．平成12年度日本栽培漁業協会事業年報．27-28(2002)
- 渡辺研一：希少水生生物保存対策推進事業（厚岸事業場）．平成12年度日本栽培漁業協会事業報．419(2002)
- 渡辺研一，南 卓志：人工生産したマツカワのよう卵数：日水誌．66, 1068-1069(2000)
- 渡辺研一，南 卓志：厚岸湾に放流されたマツカワ人工種苗の魚類による被食（短報）．日水誌．68, 214-216(2002)
- 渡辺研一，南 卓志：北海道厚岸湾に放流されたマツカワ人工生産魚の食性．日水誌．69, 3-9(2003)
- 渡辺安廣：IVオホーツク海におけるマツカワ放流効果．平成13年度「育てる漁業研究会」講演要旨集．北海道栽培漁業振興公社．33-41(2002)
- 山本義久：冷水性異体類の形態、体色異常防除技術の開発（マツカワ）．平成13年度日本栽培漁業協会事業年報．19-20(2003)
- 山野目健，田川正朋：多回産卵魚マツカワにおける卵中甲状腺ホルモンの人為的操作の試みおよび初期減耗に及ぼす効果の検討．岩手水技セ研報．2, 21-27, (2000)
- 山野目健，大森正明，金辻宏明，河原栄二郎：マツカワにおける雌特異血清蛋白の周年変化と LHRHa コレステロールペレットの産卵促進効果．岩手県水技セ研報．1, 13-19, (1997)
- 吉水 守：マツカワの神経壊死症．養殖．緑書房．39, 32(1995)
- 依田 孝：本道太平洋岸のマツカワについて．釧路水試だより．65, 6-9(1991)
- 吉田秀嗣，高谷義幸：放流基礎調査事業（1）マツカワ．平成13年度北海道立函館水産試験場事業報．123-18(2003)
- 吉田秀嗣，高谷義幸：放流基礎調査事業（1）マツカワ．平成14年度北海道立函館水産試験場事業報．153-158(2004)