

## 資源増殖・水産工学シリーズ

# マツカワ種苗生産の現状と今後の課題

キーワード：マツカワ、親魚養成、種苗生産、形態異常、雌雄比

### はじめに

2006年から北海道栽培漁業伊達センター（以下、伊達センター）でマツカワ100万尾の種苗生産が開始され、18年目をむかえました。この種苗を放流し続けることにより、マツカワの漁獲量は全道で150 t以上となり、栽培漁業の成功例として、高く評価されています。この成功の根幹は、言うまでもなく伊達センターにおける大量種苗生産であり、これ無くしてマツカワ栽培漁業は成り立ちません。伊達センターの今所長をはじめとする飼育スタッフの土日を返上しての飼育作業、仔稚魚が不調な時の対応など涙ぐましい努力の賜物であり、この紙面を借りて、最大限の敬意を表します。

この伊達センターにおけるマツカワ種苗生産に転機が訪れています。それは、マツカワ栽培漁業を持続可能とするために、生産や放流にかかる経費を削減することが求められていることです。その一つの方策として、放流サイズを現状の全長80 mmから50mmへと小型化するという提案がなされており、これにより生産にかかる光熱費や餌代の削減が期待されます。しかしながら、放流サイズの変更により、後述する形態異常魚の選別作業などで工程の見直しが必要となってきます。

今回は、伊達センターにおける種苗生産の技術的課題を克服してきた過程を工程ごとに振り返るとともに、今後の展望（課題）についてまとめました。

### 親魚養成と人工受精

伊達センターで種苗生産が開始された当初は、北海道立栽培漁業総合センター（2006年3月に閉所、以下、道栽培センター）で継代飼育されていた人工養成魚約400尾（3～6歳）と7尾の天然魚（雌6尾、雄1尾）、旧日本栽培漁業協会厚岸事業場から導入された人工養成魚（3～4歳）10尾と天然魚2尾（雌）を用いて採卵を行っていました。その後、天然魚の確保ができなくなりましたので、現在は伊達センター産の人工養成魚に、えりも周辺海域で漁獲されたマツカワ（再捕魚）を適宜導入し、約600尾を親魚としています。

人工受精は、2月中旬という早い時期から始まる場合もありますが、たいていは3月上旬から約1か月の間に行われます。マツカワは多回産卵魚であり、3～4日間隔で排卵を繰り返すので、これに合わせて4日間隔で採卵を実施します。始めは、受精卵を確保する手法として、親魚へのストレスが少ない自然産卵法も検討されましたが、計画どおりの卵数確保には現実的ではないと判断され、搾出法が採用されています。1日の採卵にはピーク時で約100尾の雌と、約30尾の雄を用います。当初は卵、精子とも1尾ずつ個別に管理して、1対1の交配により受精させていましたが、2006年に平均で45%あった受精率がその後24～36%と低下してしまいました。これを改善するため、現在では雄親魚の年齢や由来（人工養成魚or再捕魚）別に採取した精液を5～10尾分混合して、人工受

精に用いています。この方法に変えたことで受精率が回復しました。

遺伝的多様度に配慮した放流を続けることは大事であるため、過去には、全ての親魚の遺伝情報を解析しつつ、種苗の遺伝的多様度についても低下していないことを確認しました。現在は、近親交配を避けるため、兄弟姉妹ではないと想定される異なる年齢間でのランダム交配により受精を行っています。しかしながら、当時から相当の時間が経過し、新たな天然魚の導入がほぼなく、再捕魚を親魚に活用するなど状況に変化があることから、現在における種苗の遺伝的多様度を確認することは必要と考えられます。

採卵が終わった後の親魚群は、そのまま伊達センターで翌春まで養成されます。雌親魚にとって搾出による採卵作業は負担が大きいため、所謂、産後の肥立ちが悪くなり、4～6月にへい死が数十尾単位でおきていました。これに加えて、2012年頃から夏季の高水温によるへい死が目立つようになりました。マツカワにとって適温とされるのは22℃までで、それを超える水温が7日以上続くとへい死が起こります。

これに対応するため、北海道栽培漁業えりもセンター（以下、えりもセンター）へ親魚を移送し、夏場をえりもで「避暑」させる方法を考えました。2016年から移送試験を始め、伊達センターで越夏させた群（越夏群）とえりもセンターへ移送して避暑させた群（移送群）で、へい死を比較したところ、越夏群では102尾中半数以上が斃死したのに対し、えりも移送群のへい死が130尾中24尾に留まりました。このことから、親魚の養成に関してえりもセンターへの移送は極めて有効であると考えられました。さらに、翌春の採卵時の成熟個体率と受精率を調べたところ、成熟率、受精率ともえりも移送群で高いことがわかりました

表1 雌親魚の移送試験における翌春の成熟率および平均受精率の比較

単位: %			
親魚群	年齢	成熟率 (産卵個体率)	平均受精率
'16伊達センター越夏群	5歳	68.7	13.4
'16えりもセンター移送群	5歳	89.1	22.7
'17伊達センター越夏群	5歳	45.0	26.4
'17えりもセンター移送群	5歳	66.3	32.7
'17伊達センター越夏群	6歳	45.0	19.1
'17えりもセンター移送群	6歳	93.0	30.6

(表1)。2016年以降、継続してこの方法で養成していますが、2020年にはえりもセンターでも「避暑」には適さない水温まで上昇し、移送された親魚の35%がへい死する事態がおきました。1例とはいえ、今後も同様な事が起きる可能性を否定できません。そのため、採卵に必要な最少尾数の養成親魚だけを冷却機が付属された閉鎖循環水槽で養成し、予備の親魚として、えりも周辺海域で漁獲された再捕魚で補うという方法を検討する必要があるかもしれません。

### 仔稚魚飼育

受精卵は8℃で管理され、10日で孵化します(0日齢)。孵化後、10日齢になると仔魚は開口するので、ワムシやアルテミアといった生物餌料を給餌します。40日齢になると配合飼料を給餌します。図1に伊達センターにおける80-85日齢、全長30

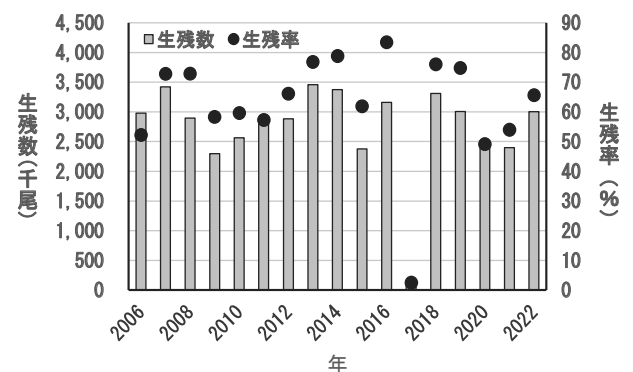


図1 伊達センターにおける生残数と生残率（全長30mm）の推移



mm時点での生残数と生残率を示しました。原因不明の大量へい死により生残数が極端に低くなった2017年以外は、生残率が49～83%（平均66%）となりました。道栽培センター時代の生残率は最高でも50%を少し超える程度でしたので、伊達センターでの種苗生産成績は非常に優秀であることがわかります。このように、種苗の生残に関しては魚病の対策を除いて技術的な課題はないと思われます。

### 形態異常と選別作業

80-85日齢になると、平均全長は約30mmとなり、大半の個体は変態を完了します。伊達センターの生産工程では、この時点での生残数の確認を兼ねて、8.6mm角のナイロンモジ網で作製された生簀をふるいとして、大型個体と小型個体の選別を行います。ここで「大」とされた種苗が形態異常の選別（図2）を経て出荷されます。



図2 伊達センターにおける選別作業風景

形態異常の出現は、異体類（カレイ類）の種苗生産では避けては通れない現象です。逆位、白化、両面有色といった形態異常魚（図3）を放流しないために、正常魚と形態異常魚（平均で18%の出現）が混じった中から、形態異常魚を取り除く作業が約2か月続きます。現在は80mm種苗での放流で



図3 マツカワの正常魚と代表的な形態異常（変態異常）

すが、今後、50mm種苗への変更が計画されており、その際は、より短い期間（1か月）で作業を完了しなければなりません。より効率よく形態異常魚を選別、除去する作業工程の検討が必要です。

担鰭骨異常（臀鰭第1担鰭骨の変形）は形態異常の中で最も多い異常です（図4）。先に述べた逆位・白化・両面有色といった変態の異常とは異なり、何らかの発育異常と考えられ、臀鰭第1担鰭骨がS字状に変形しているのが特徴です（図5）。

当初はこの異常個体も選別廃棄対象でしたが、

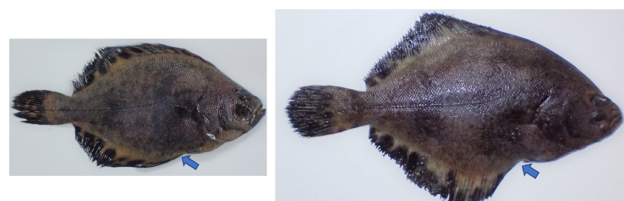


図4 担鰭骨異常個体写真（左：30mmの軽度異常魚、右：80mmの重度異常魚）



図5 臀鰭第1担鰭骨の写真（左：正常魚、右：異常魚）

漁業者からは、逆に網がかりが良いという情報もあり、現在では選別廃棄とせず、選別の歩留りに含まれています(図6)。一方、担鰭骨に異常があると輸卵管が圧迫されて放卵が阻害され、放流後の繁殖行動に影響する可能性が示唆されます。そのため、担鰭骨異常の発生要因の解明と防除策の検討も今後の課題の一つとして考えられます。

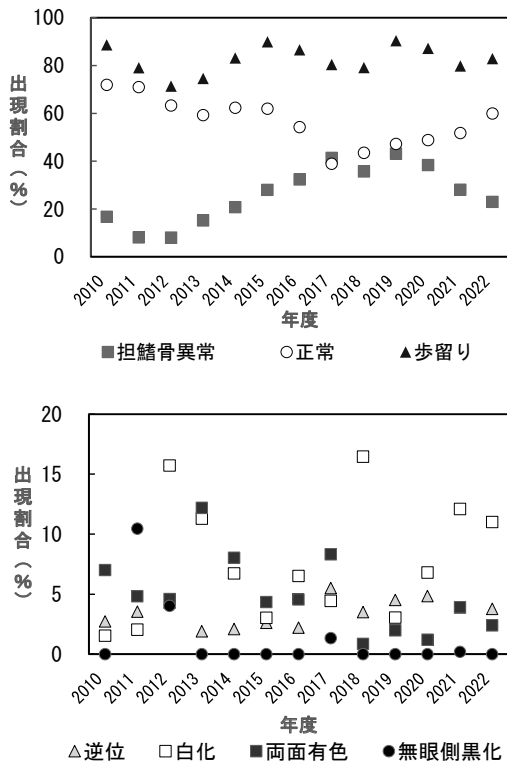


図6 伊達センター種苗における形態異常出現率と選別歩留り率の推移  
(白化と両面有色には正位と逆位があり、それぞれ合計の数値で示す)

これ以外の形態異常として2012年には無眼側黒化が出現しました(図7)。正常魚でも変態直後には着色のない無眼側が徐々に着色していく「着色型黒化」という現象を生じることがありますが、これとは異なり、変態完了時には既に無眼側が黒い色に覆われている状態になります。眼は完全に有眼側に移動していますが、両眼間隔(眼と眼の間の距離)が正常魚より短く、無眼側が有眼側と同じ「櫛鱗」に覆われているのが特徴です。かれ

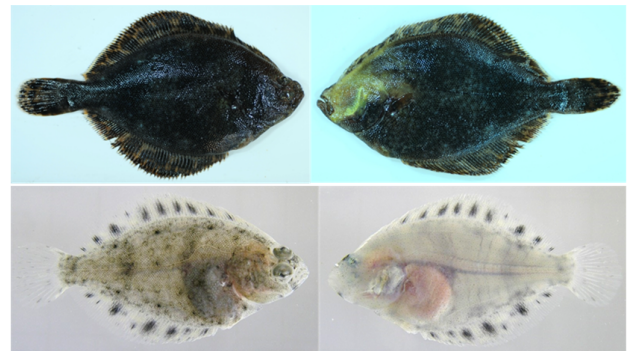


図7 無眼側黒化個体の写真  
(上:無眼側黒化魚、下:正常魚)  
(左:有眼側 右:無眼側)

い類を販売する時には、無眼側を表にして店頭に並べられますので、この異常魚の放流を避けるべきです。現在使用しているのとは異なる栄養強化剤を生物餌料に使用した2011年と2012年に頻発(2011年:10%、2012年:4%)して問題となりました。この現象は栽培水試で行った再現実験でも確認ができました。そこで、栄養強化剤を変更し、この問題は解決しました。さらに、高密度飼育を14℃で行うと、低率ながら無眼側黒化個体が出現することが実験的にわかっています。

2016年から突然出現したのが脊椎彎曲(図8)で、栽培水試では一度も出現したことの<sup>わん</sup>ない異常です。有眼側からの外観では単なる短軀症に見え

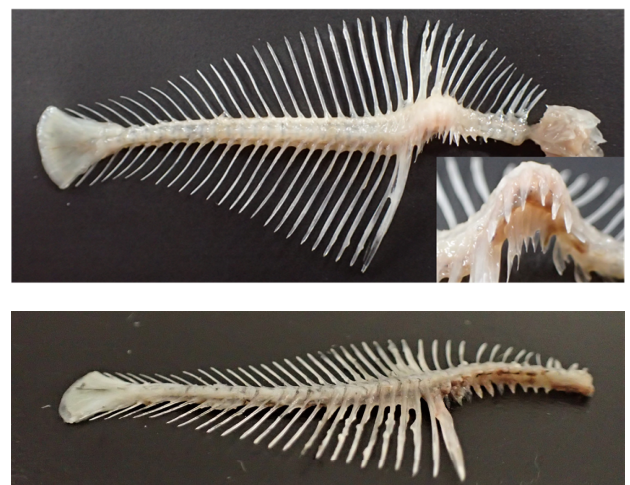


図8 脊椎彎曲(側彎)個体の骨格標本  
(上:脊椎彎曲個体、下:正常個体)

ますが、骨格標本にすると、脊柱が腹椎部分で上方に彎曲しているのがわかります。一般的な魚類では、背側に曲がっているのを「前彎症」と言いますが、このマツカワの症状は左右方向に曲がっているのが「側彎症」となります。少なくとも国内の異体類ではこのような側彎症の報告はありません。この側彎症個体は全長30mmで行う形態異常選別では、非常に判別しにくく、2016年の生産ロットでは、放流直前の調査により、最高で12%の割合で出現していることがわかりました。2016年から継続して出現していますが、全長30mmより大きなサイズになると、判別しやすくなるため、その時点で選別廃棄されています。今のところ、発生の要因については全くわかりません。現在、栽培水試では、発生したロットについて飼育履歴との関係や彎曲が開始する時期を調べています。

### 種苗の雌雄比

道栽培センターから伊達センターに仔稚魚飼育について技術移転した内容は「14℃で35mmまで飼育すれば、種苗の性比は雌雄の割合がほぼ1:1になる」というものでした。2012年までは、それに近い雌雄比となっていました。2013年から急に雌雄比が雄に偏りだし、ロットによっては雌率が10%を下回ることもしばしばありました

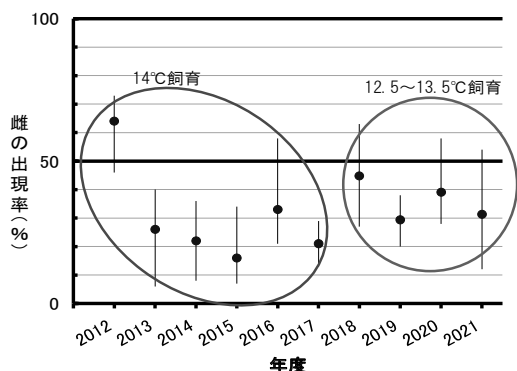


図9 伊達センターにおけるマツカワ放流種苗の雌雄比の推移 (バーは範囲、点はロット間平均を示す)

(図9)。マツカワは高水温 (15℃以上) で飼育すると遺伝的な雌が雄に性転換することが知られていますが、伊達センターでは14℃で飼育していますので、水温以外の飼育条件で雌の雄化が起きていることが示唆されます。そこで注目したのが、飼育密度です。前述したとおり、伊達センターにおける生残率は非常に高い値であり、飼育密度が道栽培センターより高くなっていることが容易に想像できます。これを実験的に確認すると、やはり飼育密度が高いほど雌の出現率が低下することがわかりました (図10)。ただ、この結果を基に現場での飼育密度を下げることは、生産効率を敢えて低下させることとなりますので、現実的ではありません。そこで、伊達センターでは飼育密度を変えないで、14℃より低い水温 (12.5~13.5℃) で試験的に飼育を実施したところ、雌雄1:1のレベルには達していませんが、放流種苗の雌出現率が改善されました。

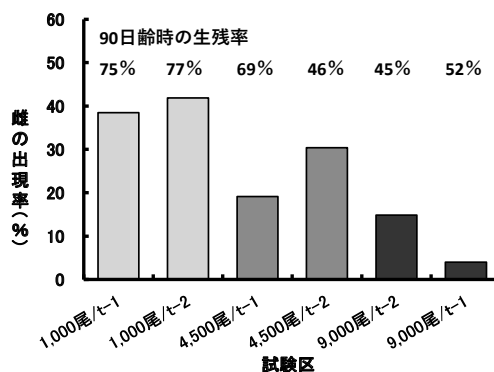


図10 飼育密度を変えた飼育試験における雌雄比

雌雄比を改善できるもう一つの方法として考えられるのが、全長30mmで実施される大小選別の効果です。2016年に伊達センターの生産ロットの一つを大型群と小型群に分けて雌雄比を追跡してみました (図11-左)。そうすると、雌の出現率が大型群では58%だったのに対し、小型群では18%と低くなっていることがわかりました。そこで2018



年に栽培水試で飼育しているロット（14℃飼育、図11-右）や伊達センターのより低い水温で飼育したロット（図12）で追試をすると、2016年と同様な結果が得られました。これらのことは、80-85日齢で大小選別し、大型群を選べば雌雄比がおおよそ1:1になることを示しています。伊達センターでは例年6回程度の採卵に由来する生産ロット毎に飼育しますが、前半のロットでの小型群は再飼育して放流種苗とし、生産数の見通しがたった後、後半のロットでは小型群を放流種苗とせず処分する場合があります。生産が不調なシーズンであれば、全ての小型群を放流種苗とせざるを得ませんが、前半のロットから処分することができれば、放流種苗の雌雄比はかなり改善されと考えられます。現在、栽培水試では14℃より低い水温下での飼育密度と雌雄比の関係を検証しているところです。14℃より低い水温の

飼育と30mmの大小選別の組合せにより雌雄比が1:1の種苗を放流することが可能になると考えられます。

## おわり

伊達センターでは、マツカワ種苗生産を行ってきた18年間で、受精率の低下や親魚のへい死、雌雄比の偏りや新たな形態異常の出現など多くの困難に遭遇し、その都度、技術的な課題を克服してきました。これからの新たなステージでも、放流種苗の小型化により生産工程の見直しなどさらなる課題が生じることが予想されますが、今後も引き続き100万尾生産が達成されることを信じてやみません。栽培水試としても、新たに発生しうる技術的な課題に伊達センターと一緒に取り組んでいこうと考えています。

(松田泰平 栽培水誌栽培技術部

報文番号B2479)

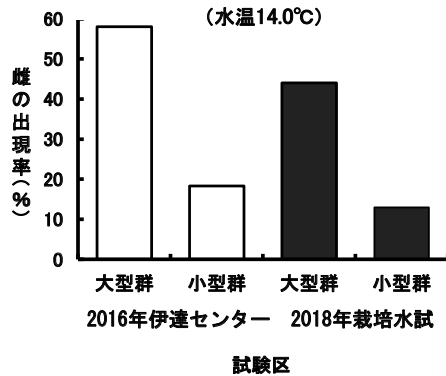


図11 大小選別された群におけるその後の雌雄比 (14℃飼育)

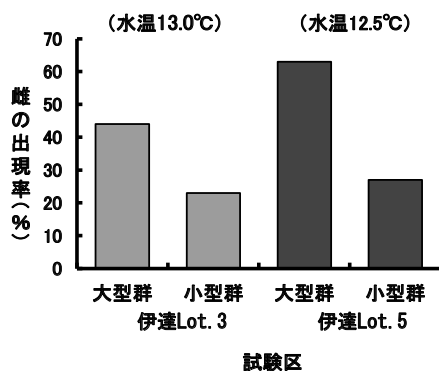


図12 大小選別された群におけるその後の雌雄比 (12.5～13.0℃飼育)