

学 位 論 文 題 名

マツカワの種苗生産技術に関する研究

学位論文内容の要旨

国際的な 200 海里体制が定着する中、沿岸、沖合資源の重要性が認識され、栽培漁業への関心が高まっている。マツカワは北日本の太平洋、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、商業的需要も大きいことから、北海道における栽培漁業対象種として有望視され、現在、人工種苗放流による資源増大事業が計画されている。北海道では、平成 2 年から本種の種苗生産技術開発に取り組んでいるが、その生産数や生産効率は年変動が大きく、未だ種苗を安定供給できる技術レベルには至っていない。その原因として、雌雄親魚の成熟時期の不一致、採卵不調、卵質不良、仔魚飼育における初期大量減耗の発生、稚魚の形態異常や性比の偏り等、多くの問題があげられる。従って、これら諸問題を解決し、健康な種苗の大量、且つ、安定的生産技術の確立が囑望されている。そこで、本研究では、飼育環境下におけるマツカワ親魚の性成熟および産卵機構、さらに仔稚魚の発育機構について詳細に調べることにより、種苗生産過程で生じる諸問題の原因を解明し、最適な飼育システムを確立することを目的とした。

マツカワは飼育環境下でも雌雄ともに性成熟は進行するが、成熟進度が雌雄間で異なり、採卵および採精時期がずれることが問題であった。一般に、飼育水温は魚類の性成熟を制御する重要な因子と考えられている。そこで、水温別の飼育実験を行い、水温操作により成熟期の同期化を試みた。その結果、従来通り自然海水温で飼育した場合、採精および採卵開始時期はそれぞれ 2 月および 4 月であり、約 2 ヶ月の差がみられた。これに対し、12 月まで加温飼育を行うと、雄では高水温期間、精子形成が停止したため成熟期が遅れて 4 月となった。一方、雌の場合、高水温条件下でも卵黄形成は進行し、排卵時期は 4 月のままととなった。このことから、精子形成には秋季以降の水

温低下が不可欠であることが明らかになり、降温時期の操作により雌雄の成熟期を同期化することに成功した。

本種の種苗生産では、人工授精を行っても受精率が低い、あるいは、ふ化仔魚の活力が弱く生残率が低いことが多く、いずれも卵質の良否が関与していると考えられた。そこで次に、マツカワの卵質に影響する諸要因について調べた。マツカワは産卵期間中3-4日間隔で排卵を繰り返すが、体外へ放出されない卵は過熟卵となる。受精率が低い原因として、この過熟卵の影響があるか否かを調べるため、熟度が異なる搾出卵を培養し、受精までの時間経過に伴う受精率の変化を調べた。その結果、排卵直後の正常卵は培養72時間後でも高い受精能を保持するが、過熟卵と共に培養すると受精能が著しく劣化することが判明した。従って、受精率を向上するには、残留卵の過熟開始を防ぐことが重要であり、連続的な卵搾出の実施、または自発的産卵誘導法の開発が必要と考えられた。さらに、ふ化仔魚の活力に影響する要因を調べるため、仔魚33 Lotについて無給餌生残指数(SAI)を求め、由来となった親魚、卵およびふ化仔魚の性状を比較した。その結果、SAIはふ化仔魚全長と高い正の相関を示した。従って、今後、ふ化仔魚全長を指標とし生き残りがよい良質 Lot を早期に判別できると考えられた。また、親魚の水温別および餌料別飼育実験を行った結果、低水温期に加温養成し雌の成育を促進することによって活力が高い仔魚が得られること、餌料中の脂質成分は卵内脂質に強く反映すること、卵中の高度不飽和脂肪酸含有量を高めることにより仔魚の活力を向上できることが示唆された。

自発的産卵による採卵は、受精卵を大量、且つ、簡便に確保できる理想的な手法である。マツカワ雌は水槽内でも放卵するが、雌雄の受精行動は極めて起こりにくい。人工養成魚ではこの傾向が特に強く、自発的産卵によって受精卵が得られた例はほとんどない。そこで、本研究ではマツカワ人工養成魚における産卵誘導法の開発を試みた。まず産卵に及ぼす水温の影響を調べるため、産卵期、人工3歳魚の雌雄を6℃、または8-9℃のまま飼育した。しかし、放卵は認められたが、受精が確認されたのはわずかに2例のみであった。この中で受精が起った両日の水温を調べたところ、いずれも産卵の前日に水温が偶発的に急上昇していた。この水温上昇が受精に関わったことが予想され、次に昇温刺激(6℃から8-9℃へ急上昇させ、翌日6℃へ降

温する操作) の効果について検討した。産卵期，人工3歳魚に昇温刺激を繰り返した結果，雌の放卵量が著しく増加した。さらに受精が頻繁に誘起され，自発的産卵によって初めて大量の受精卵を得ることに成功した。その後の反復実験によって，昇温刺激は排卵周期に併せた卵放出を促進すること，雌雄の受精行動を誘起し受精頻度を増加させること，受精率の向上効果があることが明らかとなった。以上の結果，これまで困難とされてきたマツカワの自発的産卵が環境制御によって効果的に誘導できることを初めて証明した。併せて，本研究では，親魚の過剰収容および低換水率は産卵不調の原因となることも実験的に証明した。従って，より効果的に受精卵を得るには，親魚にストレスを与えない産卵環境の整備も重要と考えられた。

仔稚魚飼育において，浮遊仔魚期に大量へい死が発生することが問題となっている。そこで，初期減耗の発生要因を解明し，その防除対策について検討した。減耗の発生状況を詳しく観察した結果，本種の初期減耗は18～20日齢時と26～28日齢時において2度生じることがわかった。18～20日齢時に死亡した仔魚はいずれも摂餌不良の状態であったことから，まず仔魚の摂餌に影響する環境要因について解析した。その結果，摂餌には，飼育水中の *Nannochloropsis oculata* (以下，ナンノ)濃度，照度，給餌量および水温が影響し，いずれの因子も高レベルであるほど摂餌が活発になることが示された。特にナンノ濃度は摂餌開始期の摂餌量を決定する要因であり，高濃度で添加し初期摂餌を活性化することによって18～20日齢時の減耗が防除可能となった。次に，26～28日齢時に発生する減耗の原因を調べるため，仔魚の行動および発育特性について詳細に調べた。その結果，この時期の減耗は仔魚の体密度の急増によって生じる急激な沈下現象が引き金となっていること，また通気量操作により水槽内に流れをつくり，遊泳を擁護する(沈下を妨げる)ことによって減耗を防除できることを解明した。

形態異常(白化および両面有色化)および性比の偏りの発生機構を調べるため，水温等，環境要因別の飼育実験を行った。その結果，変態開始の直前(ステージE)は形態異常の出現を決める特に重要な発育期であり，高水温条件下では両面有色へと変態し，反対に低水温で飼育すると白化となること，仔魚期，適水温(14℃)で飼育することにより形態異常を低減できること，性決定(温度感受)期は全長10～35mmであり，性比の偏りを防ぐにはこ

の期間の水温管理（14℃以下）が不可欠であること、水槽底面に砂を敷く等ストレスの軽減により遺伝的雌の雄化を抑制できることがわかった。

以上本研究において、飼育環境下におけるマツカワ親魚の性成熟および産卵機構、および仔稚魚の発育機構について詳細に調べ、種苗生産過程で生じる諸問題の原因を解明し、親魚養成、採卵および仔稚魚育成条件を改善した。その結果、良質卵の安定確保が可能となり、さらに仔稚魚飼育における生産効率も飛躍的に向上し、種苗の安定供給が実現した。

学位論文審査の要旨

主査	教授	山内	皓平
副査	教授	原	彰彦
副査	教授	荒井	克俊
副査	助教授	足立	伸次
副査	助教授	東藤	孝

学位論文題名

マツカワの種苗生産技術に関する研究

マツカワは北部太平洋，オホーツク海域に生息する大型カレイである。低水温でも成長がよく，商業的需要も大きいことから，北海道における栽培漁業対象種として有望視されている。本道では，平成2年から種苗生産技術開発に取り組んでいるが，その生産数や生産効率は年変動が大きく，未だ種苗を安定供給できる技術レベルには至っていない。その原因として，雌雄親魚の成熟時期の不一致，採卵不調，卵質不良，仔魚飼育における大量減耗の発生，稚魚の形態異常や性比の偏り等，多くの問題があげられる。そこで，本研究では，飼育環境下におけるマツカワの性成熟および産卵機構，さらに仔稚魚の発育機構について詳細に調べることにより，種苗生産過程で生じる諸問題の原因を解明し，最適な飼育システムを確立することを目的とした。

本種は飼育環境下でも雌雄ともに性成熟が進むが，成熟進度が雌雄間で異なることが問題であった。そこで，水温操作により採卵および採精時期の同期化を試みた。その結果，従来通り自然海水温で飼育した場合，採精および採卵開始時期はそれぞれ2月および4月であり，約2ヵ月の差がみられた。これに対し，12月まで加温飼育を行うと，雄では高水温期間，精子形成が停止したため成熟期が遅れて4月となった。一方，雌の場合，高水温条件下でも卵黄形成は進行し，排卵時期は4月のままであった。このことから，精子形成には秋季以降の水温低下が不可欠であることが明らかになり，降温時期の操作により雌雄の成熟期を同期化することに成功した。

本種の種苗生産では，人工授精を行っても受精率が低い，あるいは，ふ化仔魚の活力が弱く生残率が低いことが多い。そこで次に，マツカワの卵質に影響する諸要因について調べた。まず受精率が低い原因として，体内残留による卵の過熟化の影響が推測された。そこで，熟度が異なる搾出卵を培養し，受精までの時間経過に伴

う受精率の変化を調べた。その結果、排卵直後の正常卵は培養 72 時間後でも高い受精能を保持するが、過熟卵と共に培養すると受精能が著しく劣化することが判明した。従って、受精率を向上するには、残留卵の過熟開始を防ぐことが重要であり、連続的な卵搾出、または自発的産卵誘導法の開発が必要と考えられた。さらに、ふ化仔魚の活力に影響する要因を調べるため、仔魚 33 Lot について無給餌生残指数 (SAI) を求めた。その結果、SAI はふ化仔魚全長と高い正の相関を示し、ふ化仔魚全長を指標に良質 Lot を判別できると考えられた。また、水温や餌料等の親魚養成条件の改良によって仔魚の活力を向上できることも示された。

自発的産卵誘導は良質卵を簡便に確保できる理想的方法である。しかし、本種は水槽内で受精行動が極めて起こりにくく、特に人工養成魚では受精卵が得られた例がほとんどない。そこで、マツカワ人工養成魚における産卵誘導法の開発を試みた。まず産卵に及ぼす水温の影響を調べるため、産卵期、人工 3 歳魚の雌雄を 6℃、または 8-9℃のままで飼育した。しかし、放卵は認められたが、受精が確認されたのはわずかに 2 例のみであった。この中で受精が起った両日の水温を調べたところ、いずれも産卵の前日に水温が偶発的に急上昇していた。この水温上昇が受精に関わったことが予想され、次に昇温刺激 (6℃から 8-9℃へ昇温し、翌日 6℃へ降温する操作) の効果について検討した。産卵期、人工 3 歳魚に昇温刺激を繰り返した結果、放卵量が著しく増加したとともに、受精が頻繁に誘起され、自発的産卵によって初めて大量の受精卵を得ることに成功した。その後の反復実験によって、昇温刺激は放卵促進効果および受精行動の誘起効果を有することが明らかとなり、これまで困難であったマツカワの自発的産卵誘導が可能となった。

仔稚魚飼育において、浮遊仔魚期に大量へい死が生じることが問題となっている。そこで、初期減耗の発生要因を解明し、その防除対策について検討した。その結果、本種の初期減耗は 18~20 日齢時と 26~28 日齢時において 2 度生じること、前者の発生要因は摂餌不良にあり、ナンノクロプシス添加濃度や照度を調節し初期摂餌を高めることにより減耗を防除できること、さらに後者には仔魚の体密度の急増によって生じる沈下現象が引き金となっており、通気量操作によって遊泳を擁護すると減耗は生じないことを解明した。

形態異常および性比の偏りの発生機構を調べるため、水温等、環境要因別の飼育実験を行った。その結果、形態異常の出現決定期 (変態開始直前) および性決定 (温度感受) 期 (全長 10~35mm) が明らかになり、健苗育成にはこの期間の適水温管理 (14℃) とストレス軽減が重要と考えられた。

以上のように、本研究では、マツカワ種苗生産における障害を解決し、最適な親魚養成、採卵および仔稚魚育成技術を確立した。この成果はマツカワ栽培漁業を推進するうえで極めて重要な知見を提供したのものとして高く評価され、本論文が博士 (水産科学) の学位を授与される資格のあるものと判定した。