

# マダイ種苗生産におけるほっとけ飼育技術の有効性の検討

—島根県水産技術センター栽培漁業部での事例—

栗田守人<sup>1</sup>・近藤徹郎<sup>2</sup>

Study for availability of Hottoke breeding system to seed production of red sea bream *Pagrus major*  
—a case of sea farming division on Shimane prefectural fisheries technology center—

Morihito KURITA and Tetsuro KONDO

キーワード：マダイ種苗生産，ほっとけ飼育，健苗性，省力化

## はじめに

マダイ *Pagrus major* の種苗生産は秋田県から鹿児島県までの21府県で行われ，そのうち，9県では1施設当たり年間100万尾以上の種苗が生産される主要な栽培漁業対象種である<sup>1)</sup>。しかし，近年は生産数量のみでなく，より効率的な種苗生産技術が求められている。種苗生産の効率性を目的に開発された種苗生産技術に「ほっとけ飼育」がある。当初は，ヒラメの種苗生産技術として報告され<sup>2)</sup>，それ以降はマダイを含むいくつかの魚種についても飼育作業の軽減化に有効であることや初期の生残率の向上に効果があること等が報告<sup>3)</sup>されている。

今回，筆者らは島根県水産技術センター栽培漁業部（現（社）島根県水産振興協会栽培漁業センター）において，従来行ってきた生産方法<sup>4)</sup>（以下従来式）と併用してほっとけ飼育<sup>5)</sup>に準じた生産方式（以下ほっとけ式）の両方で種苗生産を行い，その有効性を比較検討したので報告する。

## 実験方法

**飼育に用いた卵及び水槽** 2008年5月27日に当部で採卵したマダイ受精卵を用いた。親魚水槽からサイフォン方式により回収した受精卵を200lパンライト水槽に收容し，浮上卵と沈下卵を分離

させた。その後，浮上卵のみを必要量計量し，各試験水槽に收容した。このときの卵の単位重量当たり個数は1,500粒/gであった。收容した受精卵はふ化が始まるまで止水・微通気とし，ふ化を開始した時点から微流水・微通気とした。ふ化率は概ね100%であった。

試験区はほっとけ式飼育区と従来式飼育区を設けた。使用した水槽は両試験区とも110t水槽（実水量100t，八角形，水深1.6m）を各1水槽ずつ用いた。飼育水は飼育開始時のみ砂濾過海水を用い，その後は全て生海水を用いた。飼育水温は無加温（17.4～17.8℃）でふ化させた後に徐々に加温し，日齢8からは22℃を維持した。通気には直径50mmの球形エアストーン12個を使用した。

**餌料と給餌期間** 餌料として使用したシオミズツボワムシ *Brachionus rotundiformis*（以下ワムシ）はS型ワムシである。ワムシの培養は粗放連続培養法<sup>6)</sup>で行った。その培養には30t水槽（水量27t）2基を培養槽，1基を回収槽とする3水槽を用いた。ワムシの培養条件は，飼育水は70%に希釈した海水を24℃に保ち，かん水率は35%/日とした。ワムシの餌料は淡水濃縮クロレラ（生クロレラV12，クロレラ工業株式会社製）を用い，給餌量は10l/日とした。回収槽の水温は22℃とした。

与えた餌料系列は原則として日齢5～23まではワムシ，日齢21～33まではアルテミアふ化幼

<sup>1</sup>現所属：島根県松江水産事務所 Matsue Regional Office of Fisheries Affairs, 1741-1 Tsuda, Matsue 690-0011, Japan

<sup>2</sup>総合調整部 General Coordination Division

生、日齢23から取り上げ時までを配合飼料とし、当部規定の投餌量<sup>4)</sup>をそれぞれ給餌した。アルテミア・配合給餌期間以降は稚魚の成長や飼育水の汚れ具合に応じ注水量を増やし、取り上げ直前には最大6回転/日とした。なお、飼育期間中は選別・分槽は行わなかった。

## 2つの試験区とそれぞれの飼育方法

**1. ほっとけ式飼育区** 日齢1にナンノクロロプシス *Nannochloropsis oculata* (以下ナンノ)を80万細胞/mlになるように添加した。日齢7からはDHA含有淡水濃縮クロレラ(スーパー生クロレラV12, クロレラ工業株式会社製, 以下DHAクロレラ)を飼育水槽中に10~50万細胞/ml程度になるように添加した。ワムシは栄養強化を行わずに、日齢5に5億個体, 日齢6に10億個体を給餌した。日齢8に20%の換水を行った以外は日齢21までを止水とし、それ以降は徐々に換水率を高め日齢29に100%換水を行った。水槽の底掃除はワムシの給餌期間中は一切行わず、日齢29から開始した。エアストーンを水槽底面から約10cmつり上げて設置し、飼育水全体に回転流を起こすために水槽壁面に設置した4基のエアリフトを併用した。通気量は、飼育初期は微通気とし、仔稚魚の成長に従って漸次強めた。

**2. 従来式飼育区** ワムシ給餌期間中はワムシの飢餓防止と制菌作用を期待してナンノを30~60万細胞/ml程度になるように飼育水中に適宜添加した。日齢5から栄養強化したワムシをほぼ毎日必要量給餌した。なお、栄養強化方法は、1tアルテミアふ化水槽にワムシを収容し、ワムシ10億個体当たりDHAクロレラを1l添加し、6時間後に回収し給餌した。飼育水の換水は、日齢5に換水率5%から開始し、日齢29には換水率が100%に達した。飼育水の底掃除は日齢16から開始し、以後汚れ具合に応じて適宜行った。

**水質環境の測定** 毎朝9時に各水槽の水温、pH、溶存酸素量を測定した。飼育水槽中のナンノおよびDHAクロレラ密度はトーマ氏血球計算盤を用い、ワムシ密度および携卵率は時計皿に飼育水1mlを入れ、ルゴール液で固定後に検鏡した。

**ワムシの脂肪酸分析** 両試験区のワムシ栄養価を比較するため、ワムシ中に含まれる高度不飽和脂肪酸組成を分析した。ほっとけ式飼育区は日齢6および日齢22のマダイ飼育水中のワムシを、従来式飼育区は6時間DHAクロレラで栄養強化したワムシをそれぞれ試料として分析した。また、

両試験区の比較対照のため、粗放連続培養法により培養したワムシも併せて分析した。各サンプルとも水道水で1分間程度洗浄した後、水分を十分切り湿重量100g程度をフリーザーバックに入れて-40℃凍結保存した。ワムシの脂肪酸分析は、試料を凍結乾燥した後、内部標準法により、総脂質含量と脂肪酸組成を分析し、ワムシ乾燥重量当たりのDHAおよびEPA含量の割合を求めた。なお、これらの分析は、クロレラ工業株式会社に依頼した。

## 健苗性の検討

**1. 干出耐性試験** 両試験区のマダイ種苗の健苗性を比較するため、干出耐性試験<sup>7)</sup>を実施した。両試験区の取り上げ時に全長20~30mmのマダイ種苗をそれぞれ70尾程度手網に収容し、手網の外側から吸水紙で水分を適宜吸収後、手網のなかでマダイ種苗を90秒から30秒間隔で210秒まで空气中に晒した。その後、各供試魚を干出時間別に水槽に収容し、24時間後の生残率を調べた。各供試魚を収容した水槽は流水式とし、水温は23.1~23.5℃、溶存酸素量は6.6~7.3mg/lとした。なお、供試魚数は干出時間別にほっとけ式飼育区では18~60尾、従来式飼育区では11~39尾であった。

**2. 形態異常の検討** 両試験区のマダイ種苗の鼻孔隔皮の形態異常について調査した。サンプルは両試験区からそれぞれ200尾程度を取り上げ70%アルコールで固定した。後日、100尾程度を抽出し、マダイ種苗の鼻孔隔皮連結の有無について観察した。

表1. 飼育期間中における作業内容の分類

期間	作業名	作業内容
ワムシ給餌	回収	粗放連続培養ワムシの管理, ワムシ回収
	栄養強化	強化水槽に収容, 栄養強化剤の添加
	給餌	強化水槽から回収, 仔稚魚への給餌, 後片付け
	DHAクロレラ添加	添加作業, 水槽洗浄等
	底掃除	飼育水槽の底掃除
	飼育水管理	注水・排水作業
アルテミア・配合給餌	アルテミア培養	ふ化水槽貯水, 卵洗浄・消毒, 卵殻分離等
	アルテミア給餌	ふ化幼生収容, 栄養強化・回収, 仔稚魚への給餌
	配合給餌	配合飼料の給餌
	底掃除	飼育水槽の底掃除
	飼育水管理	注水・排水作業

表2. 飼育方法の違いによるマダイ種苗生産結果

試験区	収容時		取り上げ時			
	水槽容量 (t)	尾数 (万尾)	日齢	尾数 (万尾)	平均全長 (mm)	生残率 (%)
ほっとけ式飼育	100	170	43	52.3	24.7	31
従来式飼育	100	168	50	35.0	32.1	21

**延べ作業時間の算出** 飼育期間のうち、便宜上、日齢1から20までのワムシ単独給餌期間をワムシ給餌期間、日齢21から日齢43までをアルテミア・配合給餌期間とした。その上で、ワムシ給餌期間およびアルテミア・配合給餌期間の作業内容を表1のとおり分類した。これをもとに、それぞれの作業時間および人数で延べ作業時間（作業時間×人数）を算出した。なお、従来式飼育区はほっとけ式飼育区に比べ、アルテミア・配合給餌期間をさらに7日間要した。そこで、従来式飼育区のアテミア・配合給餌期間をほっとけ式飼育区のアテミア・配合給餌期間と同様に日齢43までと仮定し、同一の期間に補正した上で両試験区の延べ作業時間を比較検討した。

**全長測定および生残尾数の推定** 全長測定は取り上げ時までおよそ6日間隔で計6回、両試験区で仔稚魚を無作為に30尾抽出して行った。一方、生残尾数の推定は日齢1からほぼ6日間隔で日齢20までと、取り上げ時の計4回実施した。夜間に塩ビ管を用いて柱状サンプリングを行い、1水槽当たり5定点から合計10 l採水し、計数値から生残尾数を推定した。

## 結果

**飼育結果及び水質環境の変化** 両試験区の飼育結果の概要を表2に示した。ほっとけ式飼育区は、ふ化仔魚の収容尾数が170万尾、日齢43で平均全長24.7mmの稚魚52.3万尾（生残率31%）を取り上げた。一方、従来式飼育区は、ふ化仔魚の収容尾数が168万尾、日齢50で平均全長32.1mmの稚魚35万尾（生残率21%）を取り上げた。図1に示した日齢26までのマダイ仔稚魚の成長をみると、日齢12ではほっとけ式飼育区は4.7mm、従来式飼育区は5.0mm、日齢19ではほっとけ式飼育区は7.2mm、従来式飼育区は6.0mm、日齢26ではほっとけ式飼育区は9.0mm、従来式飼育区は8.2mmとなり、仔稚魚の成長はほっとけ式飼育区の方が従来式飼育区より優れていた。また、図2に示した生残率をみると、日齢20ではほっとけ式飼育区は59%（100万尾）、従来式飼育区で64%（107万尾）であった。両試験区が生残率は、日齢12ではほっとけ式飼育区は84%（142万尾）、従来式飼育区は65%（110万尾）と差が見られたが、それ以外の調査した日齢では、生残率に大きな差は見られな

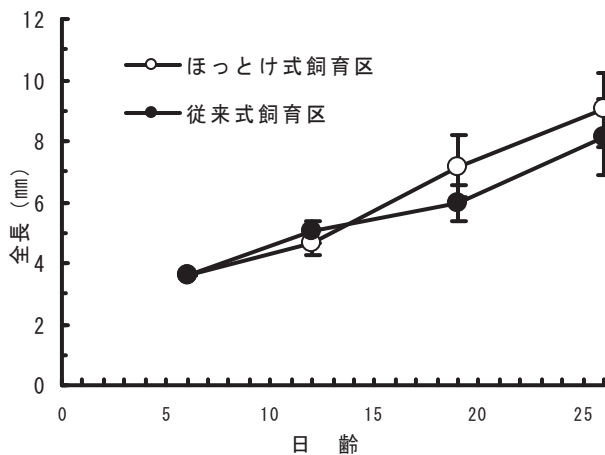


図1. マダイ仔稚魚の成長の比較（平均全長±標準偏差）

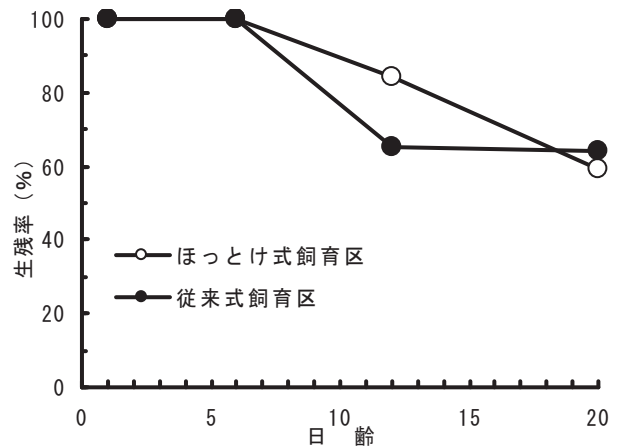


図2. マダイ仔稚魚の生残率の比較

表3. 飼育期間における飼餌料の種類と各給餌量

試験区	DHA クロレラ (L)	ワムシ (億個体)	アルテミア (億個体)	配合飼料 (kg)	飼育期間 (日)
ほっとけ式飼育	99	145	25	47.5	43
従来式飼育	38	228	19	82.8	50

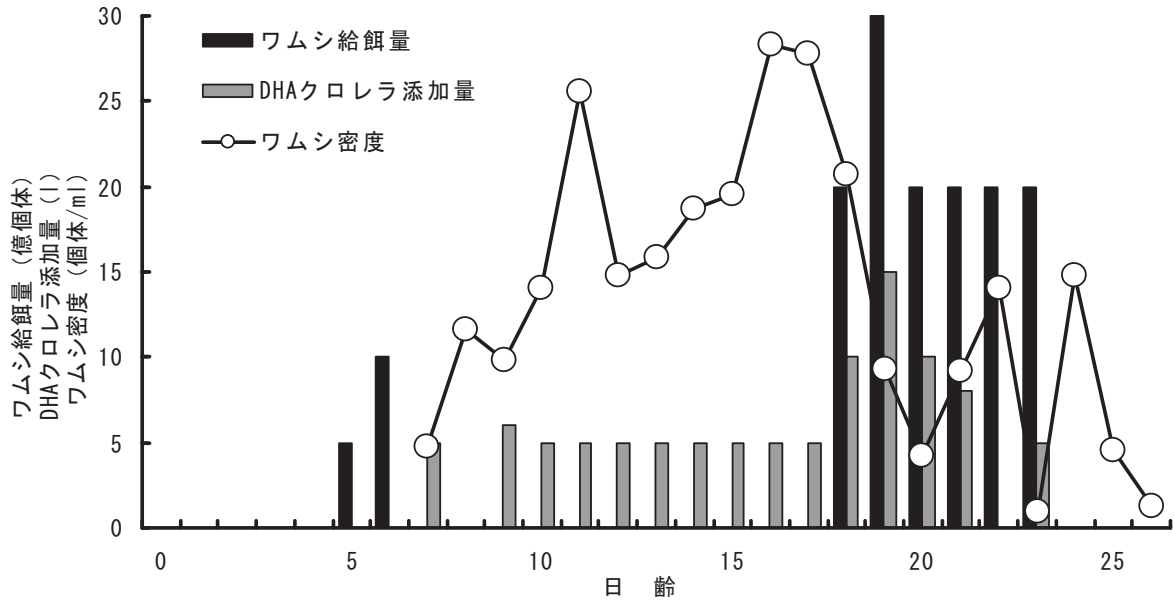


図3. ほっとけ式飼育区におけるワムシ給餌量とワムシ密度およびDHAクロレラ添加量の推移

かった。

表3に両試験区における、飼餌料の種類と各給餌量を示した。ほっとけ式飼育区のワムシ給餌量は、従来式飼育区の約半分であった。これは日齢5および6に給餌したワムシがその後順調に水槽中で増殖し、日齢18まで十分なワムシ密度を維持し、追加給餌する必要がなかったことが要因であった。また、従来式飼育区はほっとけ式飼育区に比べて配合給餌量が約2倍となった。これは取り上げ時までの飼育期間が長引き、マダイ種苗の摂餌量が急増したことが要因であった。

図3にほっとけ式飼育区におけるワムシ給餌量、飼育水中のワムシ密度およびDHAクロレラの添加量の推移を示した。日齢5および6にワムシを計15億個体給餌した後は日齢17まで無給餌とした。日齢16には飼育水中のワムシ密度が28.3個体/mlに達した後急減し、日齢19にはワムシ密度が9.3個体/mlとなった。このため、仔稚魚の摂餌がワムシの増殖を上回り餌不足になると判断し、日齢18～23に20～30億個体/日のワムシを追加給餌した。

図4に飼育水のpHの推移を示した。ほっとけ式飼育区は日齢19で7.54まで低下したが、その後止水飼育から流水飼育に変更したため徐々に回復し、8.2～7.6の範囲を推移した。一方、従来式飼育区は日齢19に7.5まで低下したが、その後適宜かん水を行った結果、徐々に回復し7.5～8.2の間を推移した。両試験区とも、pHが低下した場合、飼育水のかん水によりpHの改善が図られた。

図5に溶存酸素量の推移を示した。ほっとけ式飼育区では日齢22に4.0mg/lに低下したが、流水飼育に変更後徐々に回復し4.0～6.7mg/lの範囲を推移した。一方、従来式飼育区では5.3～6.5mg/lの間を推移し、ほっとけ式飼育区の溶存酸素量の変化と比較するとほぼ一定で安定していた。

**ワムシの脂肪酸分析結果** 表4にワムシのDHAおよびEPA含量の割合を示した。粗放連続培養したワムシにはDHAが0.016%、EPAが0.005%と必須脂肪酸はほとんど含まれていなかった。ほっとけ式飼育区のワムシはDHAが日齢10で0.52%、日齢22で0.33%、EPAが日齢10で

0.36%, 日齢22で0.54%と、従来式飼育区に比べてそれぞれ約2倍程度のDHAおよびEPAが含まれていた。しかし、いずれのワムシも、マダイ仔稚魚の必須脂肪酸要求量<sup>8)</sup>であるDHAが1.0~1.6%, EPAが0.5%をほとんど満たさなかった。

**健苗性の検討** 図6に両試験区におけるマダイ種苗の干出耐性試験の結果を示した。全長20~25mmの種苗の場合、ほっとけ式飼育区では干出時間90秒で生残率91%, 210秒で39%であり、従来式飼育区では干出時間90秒で63%, 210秒では

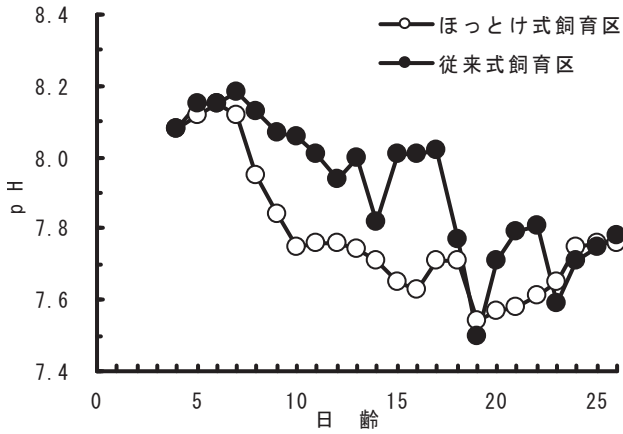


図4. 飼育水のpHの推移

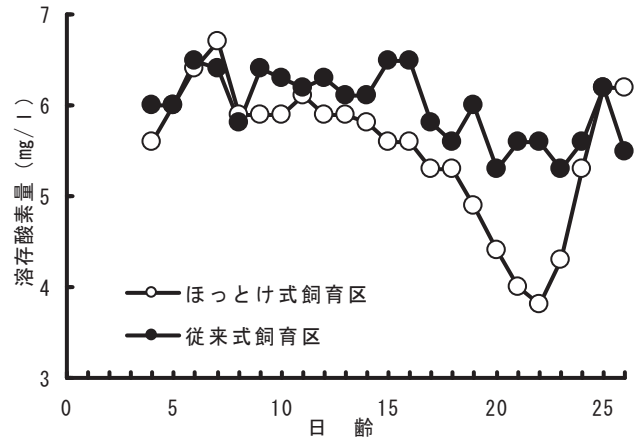
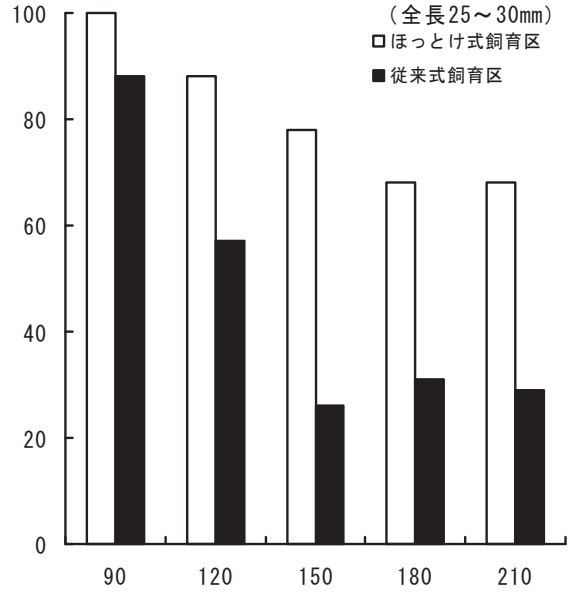
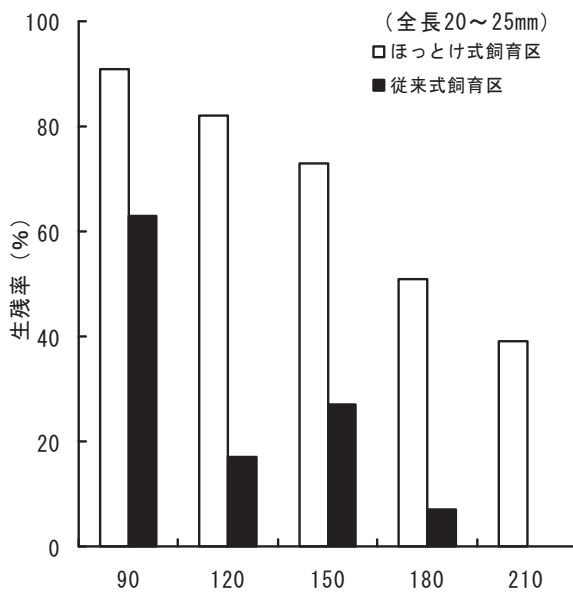


図5. 飼育水の溶存酸素量の推移

表4. ワムシのDHAおよびEPA含量の割合 (ワムシ乾燥重量当たり)

試験区	DHA (%)	EPA (%)	備考
ほっとけ式飼育 (日齢10)	0.52	0.36	飼育水中のワムシ
ほっとけ式飼育 (日齢22)	0.33	0.54	〃
従来式飼育	0.21	0.25	栄養強化したワムシ
粗放連続培養ワムシ	0.016	0.005	培養槽のワムシ



干出時間 (秒)

図6. マダイ種苗の干出時間別の生残率

0%であった。一方、全長25～30mmの種苗の場合、ほっとけ式飼育区では干出時間90秒で生残率が100%、210秒で68%であり、従来式飼育区では90秒で88%、210秒には29%であった。同じ全長の範囲で比べた場合、ほっとけ式飼育区のマダイ種苗の方が従来式飼育区に比べて干出耐性に優れていた。また、同じ試験区内で比較した場合、全長が大きいマダイ種苗の方が干出耐性に優れていた。

表5に両試験区におけるマダイ種苗の鼻孔隔皮の連結割合の違いを示した。左右とも正常な個体の割合は、ほっとけ式飼育区では49%、従来式飼育区では38%、また左右いずれかが連結した個体の割合は、ほっとけ式飼育区では51%、従来飼育区では62%であり、両試験区とも鼻孔隔皮連結の割合に大きな違いは見られなかった。

表5. マダイ種苗の鼻孔隔皮連結割合の違い

試験区	左右とも正常 (%)	左右いずれかが鼻孔連結 (%)
ほっとけ式飼育	49	51
従来式飼育	38	62

**飼育作業時間の比較** 図7に日齢43までの両試験区のワムシ給餌期間およびアルテミア・配合給餌期間の延べ作業時間について示した。ワムシ給餌期間の延べ作業時間は、ほっとけ式飼育区が36.0時間、従来式飼育区が77.8時間であり、ほっとけ式飼育区の延べ作業時間は従来式飼育区に比

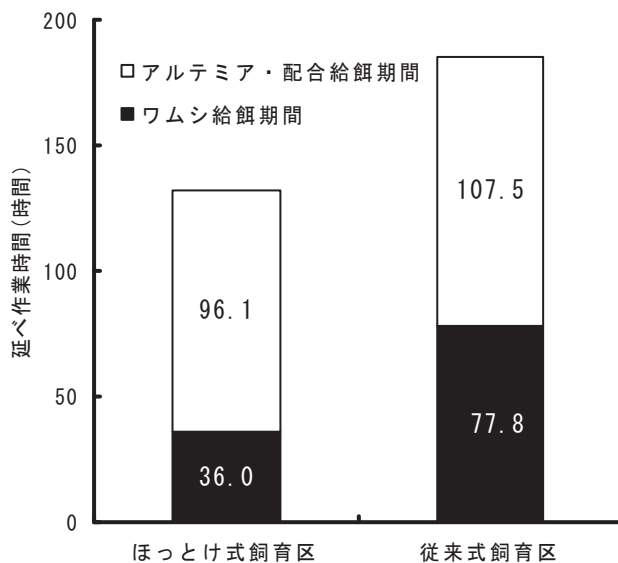


図7. 日齢43日までの延べ作業時間の比較

べて約半分であった。一方、アルテミア・配合給餌期間の延べ作業時間は、ほっとけ式飼育区が96.1時間、従来式飼育区が107.5時間とほぼ同等であった。

## 考 察

本研究は、マダイ種苗生産にほっとけ飼育技術導入による有効性を期待して比較試験を実施したが、生産過程におけるマダイ仔稚魚の成長(図1)や生残率(図2)について従来式と比較して遜色ない結果を得ることができた。

飼育作業の軽減化について、アルテミア・配合給餌期間では両試験区ともほぼ同様の飼育方法でありその有効性は確認できなかったが、ワムシ給餌期間ではほっとけ式飼育区は従来式飼育区と異なるワムシ給餌方法や飼育管理を行うことから、その有効性を確認することができた。本研究ではほっとけ飼育技術の導入により従来式飼育に比べて、①底掃除や飼育水管理をほとんど行わないことから、ワムシ給餌期間中の延べ作業時間を大幅に削減できること(図7)、②飼育水槽にワムシ餌料となるDHAクロレラを添加することにより、ほぼ毎日ワムシをマダイ仔稚魚に給餌するために必要なワムシ回収槽からの回収作業やワムシ栄養強化といったワムシ給餌に関連する作業を大幅に軽減できることが示され、さらに、③ワムシ給餌量の大幅な削減によるワムシ培養期間の短縮も期待できると考えられる。また、これまで当部ではワムシ供給能力から、生産回次毎に一定間隔を空けてマダイ種苗生産を開始してきた<sup>4)</sup>が、③により、④複数の水槽により同時に生産開始することが可能となり、ワムシ培養期間の短縮のみならずマダイ種苗生産期間の短縮、さらには種苗生産経費の削減も期待できるものと考えられる。

今回の研究ではほっとけ式飼育区に日齢1にナンノを添加したが、全てDHAクロレラで代用する飼育技術<sup>9)</sup>を採用することで、ナンノ培養やそれに付随する作業の削減が可能となり、更なる飼育作業の省力化が期待できる。ほっとけ式飼育区では、ワムシ給餌期間は常に飼育水槽の水面に泡が浮き透明度が低いなど水質悪化が懸念されたが、仔稚魚の観察やpH<sup>3)</sup>を参考に水質管理を行った結果、大幅な生残率の低下は見られず仔稚魚の飼育は順調に推移した。

一方、両試験区で生産したマダイ種苗の健苗性

を比較・検討した結果、一定の知見が得られた。健苗性とは形態的・生理・生化学的健全性と定義され<sup>10)</sup>、種苗生産成績や中間育成および放流効果などにも影響を及ぼすものと考えられ、種苗生産機関においては種苗の質の確保の観点から、健苗性の評価は重要な課題の一つであり、これまでにヒラメ<sup>11)</sup> やクロアワビ<sup>12)</sup> 等で健苗性に関する報告がある。またマダイの健苗性については、粗放的に生産したマダイと集約的に生産したマダイの空中干出時の生化学的差異に関する研究<sup>13)</sup> によると、干出時のマダイ種苗の代謝は魚が突進する際の代謝や低酸素下における代謝に似ており、干出耐性に優れている種苗は低酸素状態下での運動能力や低酸素に対する耐性などエネルギー負荷に抵抗性を持つことや、干出耐性の差異は飼育環境の違いにより生じることが報告されている。

放流用種苗が干出耐性を具備することは、放流後の天然海域での生き残りを考える上で重要であると考えられる。また、干出耐性試験はマダイ種苗の健苗性の評価手法として有効<sup>13)</sup> であることや、マダイ健苗性の相対的評価が可能<sup>14)</sup> であることが報告されている。本研究の干出耐性試験の結果(図6)においても、ほっとけ式飼育区で生産したマダイ種苗は従来式飼育区で生産した種苗より、干出耐性に優れていることが認められた。これらのことから、ほっとけ式飼育は従来式飼育に比べて、より健苗性に優れたマダイ種苗を生産できる可能性を示すものであると考えられる。

これらの差異が生じた要因として、両試験区の飼育環境の大きな違いであるワムシ給餌期間におけるマダイ仔稚魚の飼育水中のワムシ密度、その活力、栄養価が考えられる。ワムシは培養法や環境に応じて増殖特性や摂餌能が変化する生物<sup>6)</sup> であり、これらの栄養価や活性といったワムシの質的な制御は捕食者としての仔魚の成長・生残、ひいては健苗性を左右する因子となりうることにマダイ<sup>15)</sup> やヒラメ<sup>16)</sup> で報告されている。今回の研究では、ほっとけ式飼育区のマダイ仔稚魚は、増加傾向で活力があり DHA 等の栄養価を備えたワムシを常に摂餌できる飼育下にあったことが、仔稚魚の成長や健苗性に優れた種苗となった一因であると考えられる。本研究では、これらの因果関係については解明できなかったため、今後さらに検討が必要である。また、今回の研究では、両試験区で給餌に供したワムシの DHA および EPA の割合はいずれもマダイ仔稚魚の栄養要求量<sup>8)</sup>

をほとんど満たさなかった(表4)。今後より健苗性に優れたマダイ種苗生産技術の確立のためには、今回の研究を参考に、ほっとけ式飼育区では添加する DHA クロレラ等の種類やその添加方法、従来式飼育区では最適なワムシ培養方法と栄養強化方法の検討が必要である。なお、鼻腔隔皮連結状況については、両試験区とも大きな差は見られなかったが、その連結異常の有無にかかわらず、臭覚機能に差がない<sup>17)</sup> とされているため、健苗性への影響は少ないと考えられる。

以上のことから、ほっとけ飼育技術をマダイ種苗生産に導入することにより、従来式飼育に比べて健苗性のより優れたマダイ種苗を生産できる可能性があることや、飼育作業の軽減化が見込まれること等が示され、本技術の量産種苗生産現場への積極的な導入は有益であると考えられる。

## 文 献

- 1) 水産庁・水産総合研究センター・全国豊かな海づくり推進協会：平成20年度栽培漁業種苗生産入手・放流実績(全国)，pp.15-19(2009)。
- 2) 高橋庸一：ヒラメの種苗生産マニュアル「ほっとけ飼育」による飼育方法－栽培漁業技術シリーズ，4，1-57(1998)。
- 3) 島 康洋：マダイ・トラフグの「ほっとけ飼育」－手間をかけずに仔稚魚を飼おう－。平成18年度栽培漁業技術中央研修会テキスト集，1-11(2006)。
- 4) 栗田守人・大濱 豊：マダイ種苗生産，「種苗生産マニュアル改訂版－」(島根県水産技術センター栽培漁業部)，島根，2007，pp. 33-60。
- 5) 島 康洋・高橋誠：「ほっとけ飼育」によるマダイの種苗生産事例。栽培漁業センター技報，4，14-17(2005)。
- 6) 桑田 博・山下貴示・藤波祐一郎・小磯雅彦・日野明德：海産ワムシ類の培養ガイドブック，栽培漁業技術シリーズ6，(社)日本栽培漁業協会，東京，2000，pp. 43-118。
- 7) 丸山敬悟・津村誠一・森岡泰三：マダイの健全性に関する試験－I 粗放的生産魚と集約的生産魚の比較。栽培技研，15，157-167(1986)。
- 8) 竹内俊郎：魚類における必須脂肪酸要求の多

- 様性. 化学と生物, 29, 571-580(1991).
- 9) 島 康洋・小磯雅彦・友田 努・手塚信弘・荒井大介：市販の濃縮淡水クロレラを用いたマダいの「ほっとけ飼育」. 栽培漁業センター技報, 27-30(2008).
  - 10) 中野 広：健苗性とその基準, 「水産学シリーズ 93放流魚の健苗性と育成技術」(恒星社厚生閣), 東京, 1993, pp. 9-18.
  - 11) 反田 實：人工生産ヒラメの潜砂能力. 水産増殖, 36, 21-25(1988).
  - 12) 高見英輝：生化学的分析からみたクロアワビ人工稚貝の生理・生態学的特徴. 平成3年度東京水産大学修士論文, 1-36(1992).
  - 13) 中野 広・小野木博一・大橋誠之・丸山敬悟：マダいの空中干出時の生化学的変化に関する研究 粗放的生産魚と集約的生産魚との比較－I. 栽培技研, 17, 107-113(1989).
  - 14) 津村誠一：2干出耐性, 「生産力応用技術開発報告書〔V〕－放流用マダいの種苗性強化技術開発－」((社)日本栽培漁業協会), 東京, 1996, pp. 24-27.
  - 15) 友田 努・小磯雅彦・桑田 博・陳 昭能・竹内俊郎：増殖ステージの異なるシオミズツボウムシのマダイ仔魚に対する餌料価値. 日水誌, 70, 573-582(2004).
  - 16) 友田 努・小磯雅彦・桑田 博・陳 昭能・竹内俊郎：増殖ステージの異なるシオミズツボウムシのヒラメ仔魚に対する餌料価値. 日水誌, 71, 573-582 (2005).
  - 17) 小林真人：3形態異常防除技術開発(マダイ), 「日本栽培漁業協会事業年報平成13年度」((社)日本栽培漁業協会), 東京, 2001, pp. 246-249.