

省力化型マダラ種苗生産手法の検討

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2025-06-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 友田, 努, 手塚, 信弘, 小磯, 雅彦, 荒井, 大介, 島, 康洋, 榮, 健次 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014780

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



省力化型マダラ種苗生産手法の検討

友田 努^{*1}・手塚信弘^{*1}・小磯雅彦^{*1}・荒井大介^{*2}・島 康洋^{*3}・榮 健次^{*1}

(^{*1} 能登島栽培漁業センター, ^{*2} 屋島栽培漁業センター,

^{*3} 瀬戸内海区水産研究所伯方島栽培技術開発センター)

マダラ *Gadus macrocephalus* は、兵庫県以北の日本海から茨城県以北の太平洋およびオホーツク海にかけて広域的に分布する大型の冷水性魚類である。能登島栽培漁業センター（以下、当センター）では、前身の日本栽培漁業協会（以下、日栽協）能登島事業場の開所当初から本種の親魚養成と種苗生産に関する技術開発に取り組んできた。1998年から富山県水産試験場と共同で海洋深層水を利用した親魚養成を開始し、通常の産卵期よりも1～2カ月早い12～1月に産卵させることに成功した^{1,2)}。その後、2003年以降は50～70万尾の種苗を陸上水槽で生産し、放流できる技術水準にまで達している^{3,4)}。このような生産成績の向上は、良質卵の大量確保に加えて、ワムシ培養技術⁵⁾ および配合飼料への餌付け技術の向上⁶⁾ によるところが大きい。しかし、2006年以降はワムシ培養不調に伴う給餌量不足や培養環境悪化に伴う有害細菌、原生動物、カビ等⁷⁾ の発生によるマダラの生産不調が続き、その対策が急務となっている。一方、種苗生産現場では近年全国的に低コスト・省力化の風潮が高まっており⁸⁾、日栽協小浜事業場が開発した「ほっとけ飼育」^{9,10)} は生物餌料の使用量軽減と飼育作業の簡素化のみならず、防疫面での付加価値的な効果¹¹⁾ が注目されつつある。

そこで、ワムシ培養不調に左右されない安定的な種苗量産技術確立のための知見収集を目的とし、「ほっとけ飼育」を応用した省力化型のマダラ種苗生産手法について検討した。

材 料 と 方 法

親魚とふ化仔魚 2008年2月25日と28日に石川県七尾市のななか漁業協同組合の目支所所属の定置網で漁獲された天然魚（各日とも雌1、雄2尾）を採卵用親魚とし、当センター内の0.5、2kℓ円型FRP水槽1基にそれぞれ活け込み、自然産卵を待った。供試魚の大きさは、それぞれ雌6.2kg、雄平均3.1kgおよび雌14.2kg、雄平均4.5kgであった。なお、養成中は給餌や日長処理等の人工催熟を行わなかった。水槽収容後は定時間隔で産卵行動を観察し、自然産卵を確認後、直ちに水槽底面に付着した沈性卵を回収した。同2月27日と29日に自然産卵により得られた受精卵102.8万

粒（受精率72.4%）および275.6万粒（受精率64.7%）を50kℓ八角型コンクリート水槽（実容量46kℓ）に浮かべた20ℓハッチングジャー（MPC-20、アース）各2基に収容し、ふ化まで自然水温で卵管理した。卵管理は、電解殺菌装置（電解バリアESF-030、荏原実業）で殺菌処理した砂濾過海水（以下、殺菌処理海水）を用いて、30回転/時の流水で行った。ふ化は3月10日および12日に完了し、ふ化仔魚の大きさはそれぞれ平均全長4.27mmおよび4.50mm、ふ化仔魚数は55.8万尾（ふ化率54.3%）および137.2万尾（ふ化率49.8%）であった。本試験にはこれらのふ化仔魚を用いた。

試験区の設定と飼育方法 試験区として低密度（1.21万尾/kℓ）の1区と高密度（2.98万尾/kℓ）の2区の計2区を設定した。試験期間は、ワムシ給餌が必要な日齢30までとした。飼育用水には、殺菌処理海水を用いた。餌料として、日齢2～30にシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis*（以下、ワムシ）、日齢24～30にアルテミア幼生（北米産）および日齢28～30に市販の冷凍コペポダ（雅1号；JCKロウピン貿易）を用いた。なお、日齢1～25の間、飼育水槽内においてワムシの自然増殖と栄養価の維持を図るため、予め冷凍保存しておいた濃縮ナンノクロロプシス（細胞濃度100～200億細胞/mL；2005年および2006年の春期濃縮）を殺菌処理海水で解凍して飼育水に添加した。細胞濃度が200万細胞/mL程度を維持するように濃縮ナンノクロロプシスを適宜添加した。飼育水槽内のワムシの流出を防ぐため、極力止水飼育とし、底掃除は行わなかった。その他、基本的な飼育管理は高橋^{9,10)} に準じた。

ワムシの培養 本試験ではワムシ4株を用いた。ワムシは500ℓポリカーボネイト水槽4面と1kℓアルテミアふ化槽2基を用いて植え継ぎ培養⁵⁾ を、25kℓコンクリート水槽2面を用いてケモスタット式間引き培養^{5,12)} を、80kℓコンクリート水槽1面を用いて間引き培養⁵⁾ を行った。培養水には、100%海水または80%稀釈海水（塩分26psu）を用い、水温は15～17℃とした。餌料には、市販の濃縮淡水クロレラ（生クロレラV12、クロレラ工業）を用いた。給餌量は、増殖状況に応じて適宜調整した。なお、供試したワムシ4株の体サイズを把握するため、試験期間中2回にわたり培

養水槽内のワムシを採取した。採取したサンプルは2%ホルマリン海水で固定し、後日100～400個体について背甲長をデジタルマイクロスコープ（VHX-100F, KEYENCE）により0.1 μmの精度で測定した。種苗生産試験に用いたワムシ株を表1に示す。

ワムシの栄養強化 ワムシの栄養強化は濾過海水を有効塩素濃度50ppmで殺菌処理した100%海水を用い、1kℓ FRP水槽5面で行った。強化にはDHA, EPAを含有する濃縮淡水クロレラ（スーパー生クロレラV12, クロレラ工業）を用い、ワムシ1億個体当たり200ml/日の割合で午前11時半に強化水槽にそのまま添加した。強化開始時の接種密度は200～600個体/ml, 強化水温12℃, 強化時間は22時間とした。

強化ワムシの観察 栄養強化後のワムシについて、その活性を把握するための指標値として、強化水槽内のワムシ密度、携卵率、総卵率、死亡個体率および回収率を調査した。計数は、時計皿を用い培養水1mlをルゴール液で固定した後、実体顕微鏡下で行った。計数は2回繰り返した。総卵率は、培養水1ml中の単性生殖卵数をワムシ個体数で除してもとめた。死亡個体率は、培養水1ml中の死亡個体数を生存個体数で除してもとめた。回収率の算出は次式に従い、栄養強化に伴うワムシ個体数の増減割合（%）で示した。

$$\text{回収率 (\%)} : R = (N_t - N_o) / N_o \times 100$$

ただし、No: 栄養強化開始時の接種密度300個体/ml,

Nt: 強化後回収できたワムシ個体数を示す。

飼育環境の調査 長期止水飼育に伴う飼育環境の変化を把握するため、試験期間中は環境調査を行った。調査項目と調査方法は以下の通りである。すなわち、水温（棒状水銀温度計）、pH（pHメーター HM 14P; TOA）、酸素飽和度（以下、DO）（DOメーター Model 550A-12; YSI）、全アンモニア態窒素（以下、TA-N）（イオンメーター 370 AT; Thermo ORION）、硝酸態窒素（以下、NO₃-N）（イオンメーター EA 940; ORION）、および飼育水中のナンノクロロプシス濃度（以下、ナンノ濃度）（ビルケルチルク血球計算盤; ミナトメディカル。2回計数）、ワムシ密度、

総卵率、死亡個体率である。ワムシ密度等の計数は、時計皿を用い飼育水10mlをルゴール液で固定した後、実体顕微鏡下で行った。計数は3回繰り返した。

仔魚の成長観察と生残尾数の推定 測定サンプルとして、両試験区からふ化直後より日齢5ごとに仔魚を無作為抽出した。抽出したサンプルはメタアミノ安息香酸エチルメタンスルホン酸塩（三共）を用いて麻酔し、30～50尾について全長測定とワムシ摂餌個体率の調査を行った。全長はデジタルマイクロスコープにより0.001 mmの精度で測定した。ワムシ摂餌個体率の調査は実体顕微鏡下で行い、消化管内にワムシ（咀嚼器のみも含む）が確認された仔魚数を観察した仔魚数で除してもとめた。また、生残尾数については10日齢ごとに夜間の柱状サンプリングを行い、容量法にて推定した。

結 果

強化ワムシの活性 各ワムシ株の栄養強化に伴う生残等の状況を表2に示した。栄養強化に供したワムシの大半が培養不調（日間増殖率10%程度）であったため、強化中に大幅な減耗（平均17.7%減）が見られ、強化後の活力も不良であった。

仔魚の初期飼育環境 両試験区の初期飼育環境を図1, 2に示した。1区では日齢3のワムシ接種以降、水槽内でのワムシ増殖と仔魚による摂餌とのバランスを維持できていたが、日齢14には水槽内にナンノを摂餌する *Paraphysomonas* sp. や *Euplotes* sp. 等の原生動物が増加し、日齢16以降はナンノ濃度低下を防ぐために換水が必要となった。日齢17以降は、さらに原生動物が増加してナンノ濃度が低下して餌料不足となり、ワムシの総卵率が低下し、死亡個体率が増加した。そのため、日齢19にワムシ密度を維持するため追加給餌を行った。一方、水温、pH、DO、TA-NおよびNO₃-Nはマダラ仔魚の生残に影響ないレベルを維持できた。なお、日齢20～30間における生残率は80%から40%に急減した。

表1 省力化型マダラ種苗生産に用いたワムシ株

株の由来*	全個体の背甲長 (μm)		携卵個体の背甲長 (μm)	
	平均±標準偏差	最小～最大	平均±標準偏差	最小～最大
宮古15℃培養L型	268.0±24.7 (n=100)	191.2～313.4	280.2±20.5 (n=35)	231.3～310.2
能登島16℃培養L型 (小浜株)	207.8±20.0 (n=200)	157.5～246.8	223.5±9.6 (n=39)	196.7～240.0
厚岸16℃培養L型 (小浜株)	200.6±31.0 (n=250)	131.0～267.9	229.2±15.1 (n=77)	201.1～267.9
上浦17℃培養L型	216.8±29.0 (n=400)	140.1～292.1	238.7±16.9 (n=128)	198.7～292.1

* 宮古、厚岸および上浦のワムシ株は宅配輸送により譲受したもの

表2 省力化型マダラ種苗生産に用いたワムシ株の栄養強化に伴う生残等の状況

株	接種密度 (個体/ml)	回収密度* ¹ (個体/ml)	携卵率 (%)	総卵率* ² (%)	死亡個体率* ³ (%)	回収率* ⁴ (%)	供給先 試験区 (日齢)
能登島16℃培養L型 (小浜株)	500	503	21.9	31.1	1.0	0.6	1 (3)
上浦17℃培養L型	560	428	33.1	43.7	3.9	-23.6	1 (19)
能登島16℃培養L型 (小浜株)	500	548	27.4	37.5	1.9	9.6	2 (2)
能登島16℃培養L型 (小浜株)	300	166	5.4	9.6	7.2	-44.7	2 (7)
能登島16℃培養L型 (小浜株)	300	154	5.2	7.5	6.5	-48.7	2 (7)
能登島16℃培養L型 (小浜株)	300	186	1.1	2.2	2.2	-38.0	2 (9)
宮古15℃培養L型	400	366	30.5	41.6	5.5	-8.6	2 (9)
能登島16℃培養L型 (小浜株)	200	224	8.0	14.3	13.8	12.0	2 (11)
宮古15℃培養L型	400	349	29.1	37.2	2.6	-12.8	2 (11)
上浦17℃培養L型	500	399	36.5	47.6	7.8	-20.2	2 (14)
上浦17℃培養L型	400	393	27.5	30.7	4.5	-1.8	2 (16)
上浦17℃培養L型	400	317	32.3	35.0	3.8	-20.8	2 (16)
厚岸16℃培養L型 (小浜株)	600	492	35.3	56.9	2.0	-18.0	2 (18)
上浦17℃培養L型	500	392	40.4	49.1	4.1	-21.6	2 (19)
厚岸16℃培養L型 (小浜株)	550	567	34.7	41.1	2.0	3.1	2 (20)
上浦17℃培養L型	500	427	32.1	32.8	5.4	-14.7	2 (21)
上浦17℃培養L型	500	381	28.7	30.8	6.6	-23.8	2 (22)
上浦17℃培養L型	500	436	40.6	50.7	4.8	-12.8	2 (23)
上浦17℃培養L型	550	485	29.4	39.3	12.4	-11.8	2 (24)
上浦17℃培養L型	580	410	27.9	38.2	11.2	-29.3	2 (25)
上浦17℃培養L型	550	485	28.9	38.5	10.5	-11.8	2 (26)
上浦17℃培養L型	550	338	21.9	25.7	9.9	-38.5	2 (27)
上浦17℃培養L型	530	433	23.5	29.4	12.5	-18.2	2 (28)
上浦17℃培養L型	550	435	29.1	39.3	18.7	-20.9	2 (29)
厚岸16℃培養L型 (小浜株) +宮古15℃培養L型	550	370	25.0	29.5	11.6	-32.7	2 (30)
平均	470.8	387.3	26.2	33.6	6.9	-17.7	

栄養強化はすべて水温 12℃, 100% 海水 (50ppm 塩素殺菌処理), SV12 添加量 200ml/億個体, 22 時間強化の条件下で行った

*¹ 栄養強化後に回収できた生存個体数

*² 培養水1ml 中の単性生殖卵の割合 = (総卵数 ÷ 生存個体数) × 100

*³ 培養水1ml 中の死亡個体の割合 = (死亡個体数 ÷ 生存個体数) × 100

*⁴ 栄養強化に伴う生存個体の増減割合 = (回収密度 - 接種密度) ÷ 接種密度 × 100

2区では日齢2のワムシ接種以降, 水槽内でのワムシ増殖が仔魚の摂餌速度に追い付かず, 日齢7以降は1～2日間隔での追加給餌が必要であった。なお, 水槽内には原生動物の増加は見られず, 水温, pH, DO, TA-NおよびNO₃-Nもマダラ仔魚の生残に影響ないレベルを維持できたため, 換水は日齢27以降に行った。ナンノ濃度は200万細胞/ml以上を安定維持できたものの, 追加給餌したワムシに活力がなく, 総卵率も低かったため, 飼育水槽内におけるワムシ密度の急減と死亡個体率の増加が顕著であった。なお, 両試験区とも試験期間中を通してワムシ摂餌個体率が92%以上であり, 摂餌状況に問題はないと判断された。

省力化型種苗生産における飼育成績 従来型および省力化型種苗生産における初期飼育結果の概要を表3に示した。従来型の平均的な飼育成績である試験区と比較したところ, 省力化型の試験区の成長は同等か劣ったものの, 生残は同等もしくはそれよりも優れた。また, 仔魚1万尾生産当たりのワムシ使用量は0.32～0.78億個体と従来よりも減少 (25.7～69.5%減) した。しかしこの点については, 市販の冷凍コペポータを飼育後半 (28～30日齢) に一部の代替餌料として用いたことも減少要因として挙げられる。

表3 従来型と省力化型のマダラ種苗生産における初期飼育結果の概要（日齢0～30）

生産手法 ^{*1}	試験区	試験開始時			試験終了時				ワムシ使用量 ^{*2} (億個体)		アルテミア使用量 (億個体)		冷凍コペポダ ^{*3} 使用量 (kg)	
		平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	密度 (尾/kℓ)	平均全長 (mm)	尾数 (万尾)	生残率 (%)	密度 (尾/kℓ)	合計	1万尾生産 当たり	合計	1万尾生産 当たり	合計	1万尾生産 当たり
従来型	1	4.12	79.4	1.73	10.13	41.3	52.0	0.90	43.5	1.05	2.0	0.05	0.0	-
省力化型	1	4.27	55.8	1.21	8.77	28.6	51.3	0.62	9.1	0.32	3.0	0.10	3.0	0.10
	2	4.50	137.2	2.98	10.01	107.5	78.4	2.34	83.9	0.78	3.3	0.03	4.0	0.04

*1 生産はすべて50kℓ八角型コンクリート水槽(実容量46kℓ)で行った

*2 従来型1区は能登島15℃および25℃培養L型(小浜株)を使用した
省力化型1区は能登島16℃培養L型(小浜株)と上浦17℃培養L型を併用した
省力化型2区は能登島16℃培養L型(小浜株)、厚岸16℃培養L型(小浜株)、上浦17℃培養L型および宮古15℃培養L型を併用した

*3 中国産コペポダ(雅1号, JCKロウビン貿易)：大きさ300～800μm, 単価2,000円/kg

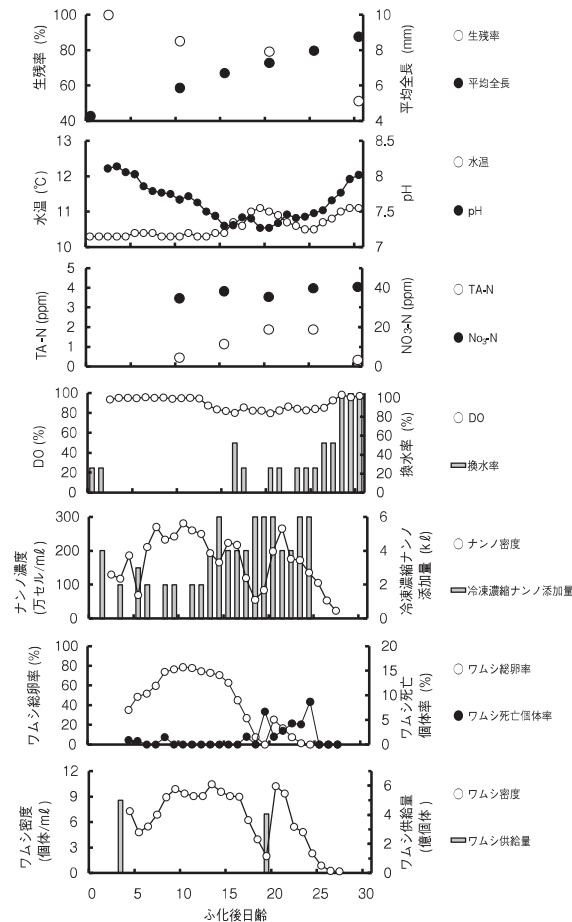


図1 省力化型マダラ種苗生産（1区）における初期飼育環境

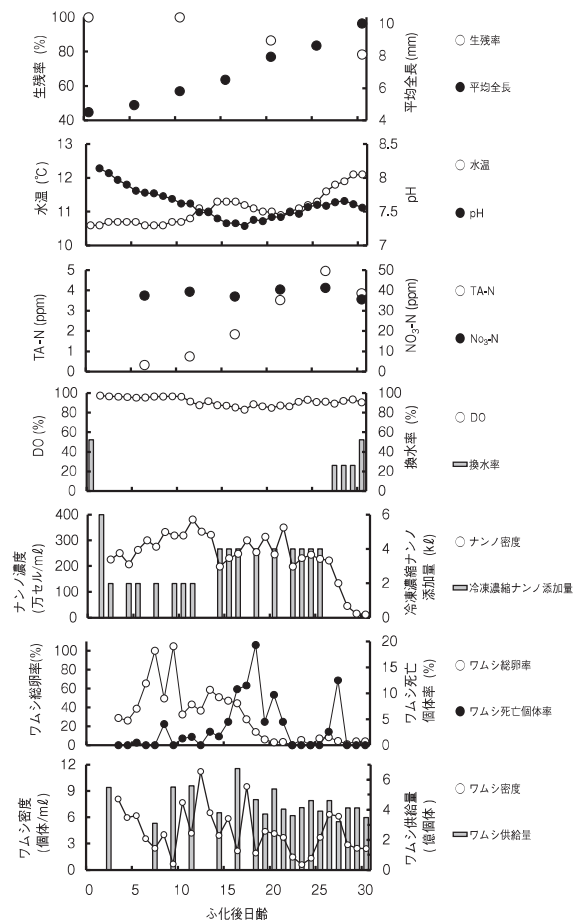


図2 省力化型マダラ種苗生産（2区）における初期飼育環境

考察

本試験で用いたワムシはいずれも培養不調であったため、飼育水槽への追加給餌が必要であったが、従来の方法と比較してワムシの使用量を25%以上減少させることができ、本試験で用いたマダラ種苗生産手法はワムシ培養と仔魚飼育作業の省力化に繋げられる可能性がある。これまでに、増殖状態の悪いワムシは仔魚に対する餌料価値も低いことが報告されており¹³⁾、本試験における仔魚の成長の悪さはこのことに起因す

る可能性も考えられる。一方、生残率は従来区と比較して本試験区で同等か高かった。

近年、ワムシの培養水温がヒラメ仔魚の飼育成績に大きく影響することが報告された¹⁴⁾。マダラにおいても飼育水温（8～10℃）に近い低水温下（14℃）で順調なワムシ培養成績をおさめた2003年と2004年には種苗の大量生産に成功しており^{3,4)}、低水温馴致の効果は極めて有効と言える。今後、低水温下でのワムシ培養を安定させることができれば、飼育水槽内での安定増殖も期待できる。これらのことから、増殖状態

の良いワムシを用いることにより10～12℃の低水温下でも「ほっとけ飼育」は十分に成立可能であるという見通しを得た。

一方で、ワムシが感染源として疑われるウイルス性や細菌性疾病^{15,16)}に加え、近年はワムシの体表に付着する微小原生動物によるマダラ仔魚の大量死亡も確認されている⁷⁾。「ほっとけ飼育」ではこのようなワムシ培養由来の疾病原因因子を極力排除する可能性が指摘されており¹¹⁾、防疫的見地からも望ましい生産手法と考えられる。したがって、「ほっとけ飼育」の成立にはワムシ培養管理の不備に起因する増殖不良の抑制、疾病原因因子の排除が必要である。その対策として、ワムシ培養における安定培養阻害要因の排除、消毒作業の徹底、および接種・供給前のワムシ洗浄作業の徹底等が一例として挙げられる。

本試験の2区においては、仔魚の収容密度が高かったことと接種したワムシが不良であったことから、追加給餌が必要であった。この点については、仔魚の収容密度と摂餌量、ワムシ接種密度と低水温下での増殖率等を考慮し、培養状態の良好なワムシを用いて飼育を行えば、高密度の「ほっとけ飼育」は成立可能であると考えられる。また、低コスト・省力化および安定化を図る場合、飼育水槽への添加藻類には、本試験の1区で観察されたように原生動物を持ち込み「ほっとけ飼育」を破綻させる可能性があり、生産単価の高い冷蔵濃縮ナンソよりも市販の濃縮淡水クロレラを用いる方が良策と考えられるため、この点についても今後検討する必要がある。

文 献

- 1) 堀田和夫・荒井大介・渡辺研一 (2004) マダラ親魚の深層水施設による早期採卵と種苗生産に成功. 海洋深層水利用研究会ニュース, 8, 13-14.
- 2) 渡辺研一・堀田和夫・桑田博 (2005) 富山県水産試験場で海洋深層水を用いて飼育したマダラ親魚の日長処理による採卵時期の早期化. 栽培漁業センター技報, 3, 4-8.
- 3) 久門一紀・渡辺研一・友田 努 (2003) マダラ種苗生産技術の開発. 平成15年度日本栽培漁業協会事業年報, 51-52.
- 4) 荒井大介 (2005) マダラの種苗生産技術の現状について～大量生産と放流が可能になり、地先にとどまるマダラの生態～. 豊かな海, 7, 14-17.
- 5) 桑田 博 (2000) II 大量培養. 「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 No.6), (社)日本栽培漁業協会, 43-117.
- 6) 渡辺研一 (2003) 3. 冷水性魚類の早期種苗生産技術開発 (マダラ) 2) マダラ種苗生産における天然プランクトンに替わる餌料の探索と配合飼料化に向けた飼育試験. 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報, 110-112.
- 7) 久門一紀 (2003) 3. 冷水性魚類の早期種苗生産技術開発 (マダラ) 1) 量産試験. 平成14年度日本栽培漁業協会事業年報, 109-110.
- 8) 武富正和 (2007) マダイの種苗生産—マダイ量産飼育黎明期より四半世紀が過ぎて—, 「仔稚魚の生理・生態に応じた種苗量産技術」. 平成18年度栽培漁業技術中央研修会テキスト集, (社)全国豊かな海づくり協会, 1-8.
- 9) 高橋庸一 (1990) ヒラメ種苗生産における生物餌料の軽減と飼育作業の簡素化. 水産増殖, 38, 23-33.
- 10) 高橋庸一 (1998) 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No.4, (社)日本栽培漁業協会, 57pp.
- 11) 阪本憲司・高橋庸一・岡 雅一・板垣恵美子 (1998) 止水方式におけるヒラメ初期飼育水の細菌相. 栽培技研, 27, 1-5.
- 12) 奥村重信・岩本明雄 (2006) ワムシの連続注水間引き培養法と植え継ぎ培養法の比較. 栽培漁業センター技報, 5, 43-45.
- 13) 友田 努・小磯雅彦・桑田 博・陳 昭能・竹内俊郎 (2005) 増殖ステージが異なるシオミズボワムシのヒラメ仔魚に対する餌料価値. 日本水誌, 71, 555-562.
- 14) 友田 努・小磯雅彦・島 康洋 (2008) シオミズボワムシ培養水温がヒラメ仔魚飼育に及ぼす影響. 日本水誌, 74, 625-635.
- 15) Comps M., and B. Menu (1997) Infectious diseases affecting mass production of the marine rotifer *Brachionus plicatilis*. *Hydrobiologia*, 358, 179-183.
- 16) 室賀清邦 (1995) 海産魚介類の仔稚におけるウイルス性および細菌性疾患. 魚病研究, 30, 71-85.