

ワムシ培養に関するアンケート調査結果（2006年度）

メタデータ	言語: Japanese
	出版者:
	公開日: 2025-04-24
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 小磯, 雅彦
	メールアドレス:
	所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014595

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



資 料

ワムシ培養に関するアンケート調査結果（2006 年度）

小 磯 雅 彦*

Results of a questionnaire on the recent status
of mass culture of rotifers (2006)

Masahiko KOISO

To investigate the current status of mass culture of rotifers, a questionnaire was carried out at 70 public hatcheries producing larval and juvenile marine fish and shellfish in Japan in July 2006. Techniques to improve the stability and effectiveness of rotifer culture, such as continuous culture, use of diluted seawater, and continuous feeding, have been adopted in many public hatcheries. As diet in mass culture, freshwater *Chlorella* was the main food, displacing *Nannochloropsis oculata* and baker's yeast. Rotifer culture techniques have developed rapidly and changed greatly from conventional methods.

2007 年 6 月 11 日受理

ワムシ類は、1960 年のシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* の海水馴致の成功¹⁾を契機に海産魚の種苗生産の初期餌料として導入され、1970 年代における海産魚の種苗生産尾数の飛躍的な増加に大きく貢献した。その後も初期餌料として必須な存在であり、2004 年度における日本全国の海産魚の種苗生産では全 36 種類のうち 34 種類²⁾で利用されている。このようにワムシ類が 40 年以上もの長期にわたり利用されてきた理由としては、①仔魚の口径に見合う大きさで浮遊性があること、②仔魚の発育に必要な栄養素を含み消化吸収されやすいこと、③培養や入手が容易なこと³⁻⁵⁾、④単性生殖で増殖するため増殖速度が速く大量培養に適していること⁶⁾、⑤飼育水の水質を悪化させにくいこと等、初期餌料として適した特性を有することが挙げられる。

ワムシ類の大量培養方法は、対象魚種、種苗生産規模、立地条件等が異なることもあり、各機関によって培養方式や培養環境条件はそれぞれ様々である。特に、近年、培養用餌料として市販の濃縮淡水クロレラ（以下クロレラ）が普及して、新たな培養方式である高密度培養法⁷⁾や連続培養法^{8, 9)}が開発されたことで、大量培養方法は

さらに多様化している。また、この傾向は収穫後のワムシ類に高度不飽和脂肪酸を強化する栄養強化方法においても同様である。

このような背景のなか、ワムシ類の大量培養技術や栄養強化技術のさらなる高度化を図るためには、各機関における大量培養方法や栄養強化方法の実態を把握する必要があると考えられた。このため、2006 年 7 月に都道府県の栽培漁業関係機関、ならびに独立行政法人水産総合研究センターを対象にワムシ類の大量培養方法と栄養強化方法に関するアンケート調査を実施した（以下 2006 年調査）。本資料は、回答のあった 70 機関のデータを取りまとめたものであるが、機関によってはワムシ別や培養方式別で複数回答があったため資料中では必要に応じて機関数と事例数とで示した。なお、ワムシ類の培養に関するアンケート調査は、長崎県水産試験場増殖研究所が 1980 年に 62 機関を対象として行った調査（以下 1980 年調査）¹⁰⁾や、社団法人マリノフォーラム 21 が 2000 年に 99 機関を対象として行った調査（以下 2000 年調査）¹¹⁾等があるため、一部の項目においてはこれらの調査結果と比較した。

* 独立行政法人水産総合研究センター 能登島栽培漁業センター 〒926-0216 石川県七尾市能登島曲町 15-1-1 (Notojima Station, National Center for Stock Enhancement, FRA 15-1-1, Notojimamagari, Nanao, Ishikawa 926-0216, Japan)

1. ワムシ類の大量培養技術について

1) 元種の維持培養の有無 元種の維持培養とは、各機関において大量培養に用いるためのワムシ類を小型の容器や水槽で維持する培養のことである。2006年調査では元種の維持培養を実施している機関が54%で、実施していない機関が46%であった。元種の維持培養は、年間を通じて行うため労力や経費がかかる作業であるが、輸送技術が未熟であったことに加え、増殖特性が把握されているワムシを再度利用したいことから、以前はほとんどの機関で実施していた。近年はワムシ類の輸送技術が進歩し、宅配便などを利用して安価で大量に良好な状態のワムシ類が輸送できる¹²⁾ことから、元種の維持培養をやめて、大量培養を開始する直前にワムシ類を他機関から入手する機関も増加している。

2) ワムシ類の入手先 (図1) 2006年調査でワムシを入手した45事例の入手先の内訳は、水産総合研究センター能登島栽培漁業センター（以下水研セ能登島）が60%と最も多く、他は民間業者（24%）や近隣の栽培漁業関係機関（16%）であった。従来は、近隣の栽培漁業関係機関からの入手が主体であったが、現在では輸送技術の発展により、遠隔地からの輸送も可能となり、入手先やワムシの種類も選択できるようになった。

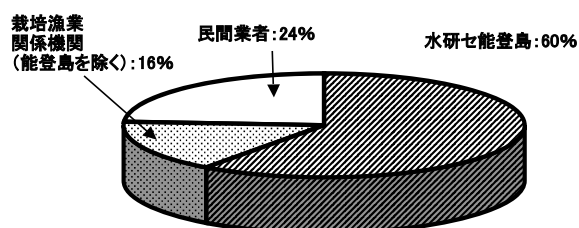


図1. 元種の維持培養を行っていない機関のワムシ類の入手先 (45事例)

3) 各機関で主に利用しているワムシ類の種類 (図2)

海産魚の種苗生産に利用しているワムシ類の種類は、S型ワムシと呼ばれる *Brachionus rotundiformis* と、L型ワムシと呼ばれるシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* がある^{13, 14)}。それぞれのワムシの大きさ（背甲長）は、ワムシの株や培養水温及び培養用餌料等によって多

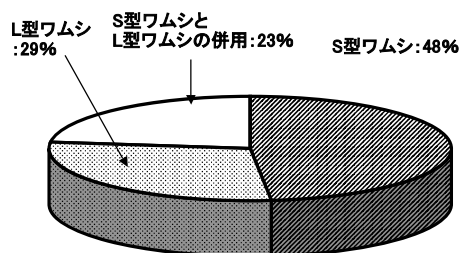


図2. 各機関で主に利用しているワムシ類の種類 (70機関)

少異なるが、S型ワムシが100～210 μm の範囲で、L型ワムシが130～340 μm の範囲である*。各機関で主に利用しているワムシの種類は、1980年調査では、L型ワムシ単独が48%を占め、S型ワムシ単独（32%）よりも高かった¹⁰⁾が、2000年調査では、逆転してS型ワムシ単独が96%を占めた¹¹⁾。2006年調査では、S型ワムシ単独が48%とL型ワムシ単独（29%）よりも高かったが、近年再びL型ワムシの利用頻度が高くなっている。

4) ワムシ類の培養方式 (図3) 従来からあるワムシ類の培養方式としては、植え継ぎ式（パッチ式）と間引き式が挙げられる。植え継ぎ式は、数個の同規格の水槽で順々に培養を繰り返し、培養途中で収穫や注水を行わず、生産したワムシの一部を次の培養の元種に利用する方式である¹⁰⁾。一方、間引き式は、毎日または数日おきに一部のワムシを培養水ごと収穫し、収穫水量と同量の新たな培養水を加える方式である¹⁰⁾。その後、クロレラの導入によって開発されたのが、高密度培養と連続培養である。高密度培養は、培養水の溶存酸素濃度とpHを制御して10,000個体/ml前後の高い密度で培養する方式である⁷⁾。連続培養は、培養槽と収穫槽を設け、培養槽に連続的に注水しながら同時に培養水をワムシごと収穫槽へ抜き取る一種の流水式培養で、閉鎖系の自動培養装置による装置連続培養⁸⁾とその原理を既存の水槽へ応用した粗放連続培養⁹⁾がある。1980年調査（75事例）では、間引き式が77%を占め、植え継ぎ式（23%）よりも高かった¹⁰⁾が、2000年調査（107事例）では、間引き式が37%で、植え継ぎ式が38%とほぼ同じ割合となり、一部（9%）で高密度培養や連続培養の新たな培養方式を採用している機関もあった¹¹⁾。2006年調査（101事例）では、連続培養が49%を占め、次いで植え継ぎ式（29%）、間引き式（18%）の順となり、L型ワムシ（38事例）では連続培養が68%を占めた。近年で

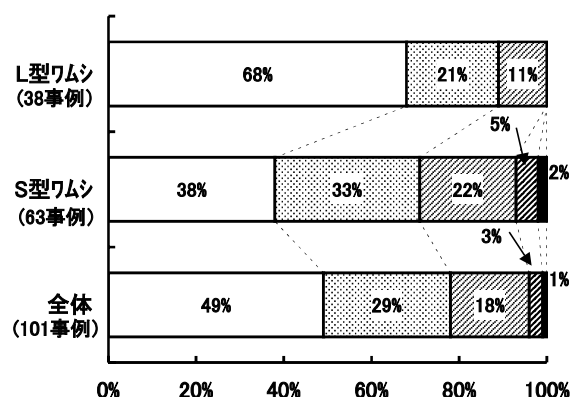


図3. ワムシ類の培養方法

□連続培養 ■植え継ぎ(パッチ) ▨間引き ▩高密度 ■その他

* 大上皓久・前田 譲 (1977) シオミズツボワムシの変異に関する研究—I. 形態と大きさの変異について. 昭和52年度日本水産学会春季大会講演要旨集, p.25

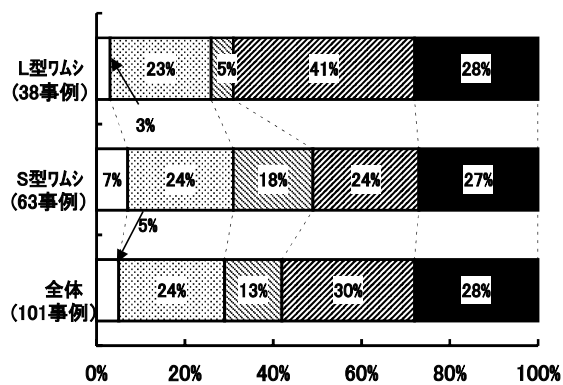


図 4. ワムシ類の培養日数

□2日以内 ▨5日以内 ▩10日以内
▤30日以内 ■31日以上

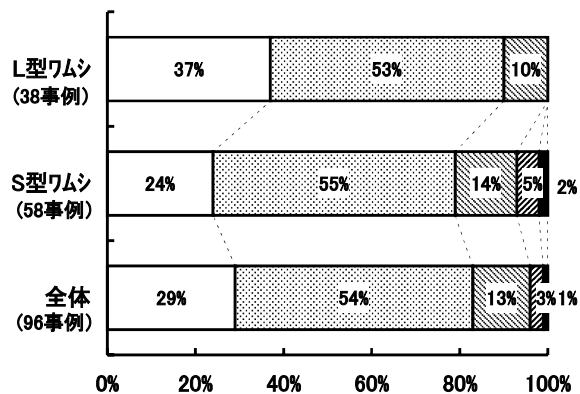


図 6. 培養開始時のワムシ密度

□100個体/ml以下 ▨500個体/ml以下 ▩1000個体/ml以下
▤3000個体/ml以下 ■3001個体/ml以上

は、従来の植え継ぎ式や間引き式に代わって、連続培養（特に粗放連続培養）が培養方式の主流になりつつある。

5) 培養日数（図 4） 培養日数は、培養方式によって異なり、これまでの傾向では植え継ぎ式は 2～7 日間と短期間で、間引き式は 15～40 日間と比較的長期間であった。2006 年調査（101 事例）では、2 日以内（5 %）と 5 日以内（24 %）の事例が 29 %（全て植え継ぎ式）であり、11～30 日以内（30 %）と 31 日以上（28 %）の事例が 58 %（連続培養と間引き式）と高かった。特に L 型ワムシ（38 事例）では 11 日以上事例が 69 % を占めた。近年大量培養方式として長期間安定培養が可能な連続培養が主流になりつつあるため、S 型、L 型ワムシ共に培養日数の長い事例が増加している。

6) ワムシ培養水槽の規模（図 5） 培養水槽の規模は、培養日数と同様に培養方式によって異なる傾向があり、植え継ぎ式では 10 kl 以下の水槽、間引き式では 20～50 kl の比較的大きな水槽が用いられることが多い。1980 年調査（75 事例）では、10 kl 以下の事例が 43 % に対して、10 kl 以上の事例が 57 % と高かった¹⁰⁾。2006 年調査（99 事例）でも、10 kl 以下の事例が 41 % で、11 kl 以上の事例が 59 % と高かった。1980 年調査

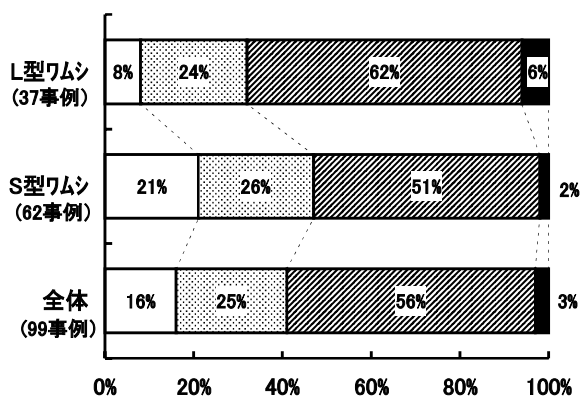


図 5. ワムシ類の培養水槽の規模

□1kl以下 ▨10kl以下 ▩50kl以下 ■51kl以上

では間引き式、2006 年調査では連続培養がそれぞれ培養方式として多く採用されたため比較的大型水槽の利用が多くなったと考えられる。また、1 kl 以下の水槽では、S 型ワムシ（62 事例）が 21 % と L 型ワムシ（37 事例）の 8 % よりも高かった。S 型ワムシは植え継ぎ式で培養されることが多いため、L 型ワムシよりも小型水槽の利用頻度が高いと考えられる。

7) ワムシ密度（図 6, 7） 2006 年調査（96 事例）では、培養開始時のワムシ密度は、100 個体/ml 以下の事例が 29 % で、101～500 個体/ml の事例が 54 % となり、500 個体/ml 以下の事例が 83 % を占めた。なお、1000 個体/ml 以上の事例は 4 % にとどまり、これは高密度培養が行われている S 型ワムシのみでみられた。一方、収穫時のワムシ密度は、500 個体/ml 以下の事例が 62 % を占め、3001 個体/ml 以上の事例は 3 % にとどまった。L 型ワムシは 500 個体/ml 以下の事例が 84 % を占め、S 型ワムシ（49 %）よりも低密度で収穫される事例が多かった。

8) 培養水温と日間増殖率（表 1） 2006 年調査では、S

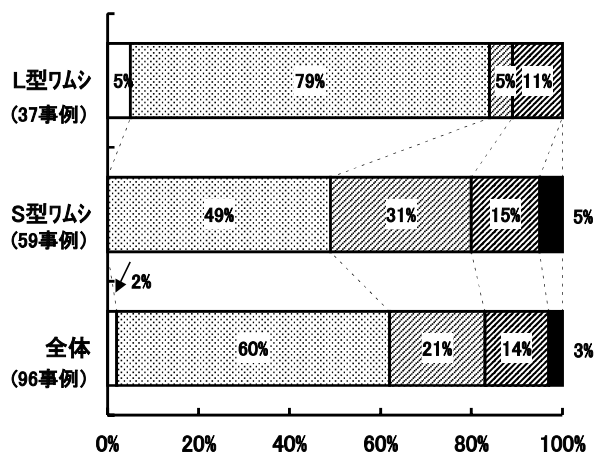


図 7. 収穫時のワムシ密度

□100個体/ml以下 ▨500個体/ml以下 ▩1000個体/ml以下
▤3000個体/ml以下 ■3001個体/ml以上

表 1. ワムシの種類別の培養水温と日間増殖率の関係

ワムシの種類	培養水温	日間増殖率				合計
		30%以下	50%以下	80%以下	81%以上	
S型ワムシ	15℃以下	0	0	0	0	0 (0%)
	20℃以下	0	0	0	0	0 (0%)
	25℃以下	5	10	5	2	22 (37%)
	26℃以上	6	12	9	10	37 (63%)
合計		11 (19%)	22 (37%)	14 (24%)	12 (20%)	59 (100%)
L型ワムシ	15℃以下	2	0	0	0	2 (5%)
	20℃以下	2	8	3	0	13 (34%)
	25℃以下	7	8	2	1	18 (47%)
	26℃以上	2	1	1	1	5 (13%)
合計		13 (34%)	17 (45%)	6 (16%)	2 (5%)	38 (100%)

各数値は事例数で、カッコ内はワムシの種類別での割合を示した

型ワムシ（59 事例）の場合、水温が 20℃以下では培養は行われておらず、21～25℃の事例が 37%，26℃以上の事例が 63% となり、高水温での事例が多かった。日間増殖率は、水温 21～25℃と 26℃以上で、30%以下から 81%以上の全ての範囲で事例があり、その中でも 31～50%以下の事例が最も多かった。一方、L 型ワムシ（38 事例）の場合、水温は 15℃以下から 26℃以上の広い範囲で事例があり、特に 21～25℃の事例が 47%と最も多かった。日間増殖率は、水温 15℃以下では 30%以下の事例のみであったが、21℃以上では S 型ワムシと同様に全ての範囲で事例があり、その中でも 31～50%以下の事例が最も多かった。培養水温による増殖特性については、S 型ワムシでは 15℃以下では増殖せず、20～30℃の範囲では水温上昇に伴い増殖率は高くなり 20℃と 30℃の増殖率には 3.6 倍の差があること、一方、L 型ワムシでは 10℃の低水温でも増殖が認められ、水温上昇に伴って増殖率は高くなるが 25℃前後に適正水温があること等が報告されている^{15, 16)}。今回の結果は、培養水温の範囲はこれまでの知見とほぼ同様であるが、水温上昇に伴う日間増殖率の向上が明確に示されていない。日間増殖率には水温以外にも培養水の塩分や餌の種類や量等も影響するため一概には言えないが、高水温にもかかわらず日間増殖率が低い事例は給餌量不足や環境悪化等が疑われるため、培養管理を再検討

する必要がある。

9) ワムシ培養水の塩分 (図 8) ワムシ類の増殖率が低塩分で高くなることはこれまでも数多くの研究で示されている。しかし、1996 年の日本栽培漁業協会（現：独立行政法人水産総合研究センター）におけるワムシ培養では全体の 1 割程度しか希釈海水は利用されていなかった¹⁷⁾。2006 年調査（96 事例）では、希釈海水の利用が 85%を占め、L 型ワムシ（37 事例）では 95%に達した。なお、海水の希釈率については、S 型ワムシでは 80%希釈海水（海水：淡水＝8：2）の事例が、L 型ワムシでは 60%希釈海水の事例がそれぞれ最も多かった。希釈海水は、ワムシ類の増殖率や餌料転換効率の向上に加えて、培養水の水質悪化を軽減する等¹⁸⁾、ワムシ類の培養の安定性や効率性の向上に効果的であることから、近年、各機関において採用割合が高くなったと考えられる。

10) 培養水の滅菌処理 (図 9) ワムシ類の培養槽内で発生する細菌の中には、ワムシ類の増殖を阻害する細菌もある¹⁹⁾ため、培養槽内への増殖阻害細菌の持ち込み防止策は、安定培養を行うためには重要であると考えられる。しかし、2006 年調査（96 事例）では培養水の滅菌処理を行っていない事例が 58%と半数以上を占めた。なお、培養水の滅菌処理の方法としては、紫外線処理（27%）が最も多く、次に塩素処理（12%）であった。

11) 通気方法 (図 10) ワムシ類は低酸素には強い抵抗性があるが、1.0mg/ℓ以下の極端に低い溶存酸素濃度では増殖率や餌料転換効率が低下すること^{20, 21)}が報告されている。このため培養水中の溶存酸素濃度を極端に低下させないために通気が行われている。過去の大量培養での通気方法としては、エアーストーンや直径 1mm の穴を約 10cm の間隔で開けた塩ビパイプ（直径 13mm または 16mm、通称：エアブロック）が主流であった。2006 年調査（104 事例）では、ユニホース（ユニホース社製）が 47%を占め、次にエアーストーンが 28%，エアブロックが 21%であった。S 型、L 型ワムシともユニホースの利用頻度は高く、特に L 型ワムシ

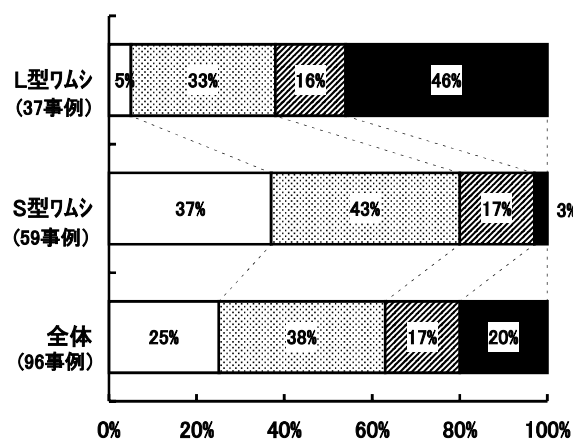


図 8. ワムシ培養水の塩分

□ 海水のみ
▨ 70%希釈海水
▩ 80%希釈海水
■ 60%希釈海水

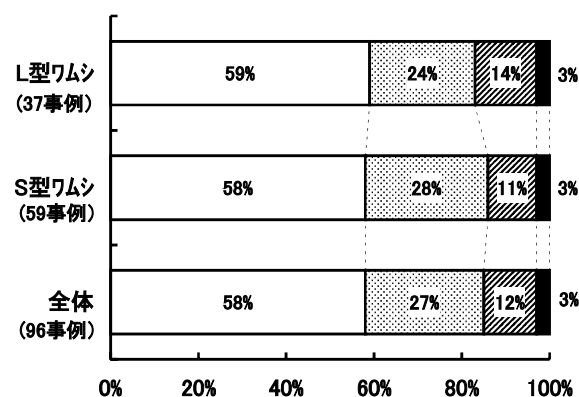


図 9. ワムシ培養水の滅菌処理

□ なし
▨ 紫外線処理
▩ 塩素処理
■ その他

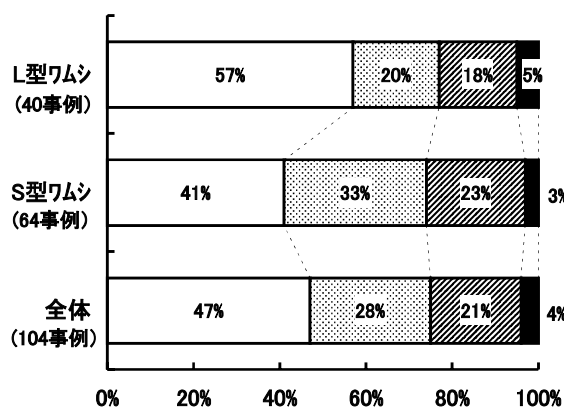


図 10. ワムシ培養の通気方法

□ユニホース ▨エアーストーン ▤エアーストーンブロック ■その他

(40 事例) では 57 % を占めた。なお、近年では、溶存酸素濃度の維持だけでなく、添加した餌料の水槽底面への沈下を遅延させることや、培養水全体を攪拌するために、ユニホースを培養槽（水研セ能登島では 25 kℓ 角形水槽）の四隅に設置し、培養水に水平方向の水流を発生させる通気方法も行われている。

12) 培養水中の懸濁物の除去 (図 11) 2006 年調査では、培養水中の懸濁物の量については、97 事例中ほとんどないが 24 % で、普通 (66 %) と多い (10 %) の合計が 76 % を占めた。培養水中に発生した懸濁物の多くは細菌類が凝集したもので、浮遊時にはワムシ類と共に収穫され収穫ネットを詰まらせる原因となり、懸濁物が水槽底面に沈下すると時間経過に伴って水質悪化の原因となる²²⁾。また、懸濁物を介して仔魚飼育槽へ病原性細菌が持ち込まれる可能性も懸念されている²³⁾。懸濁物にはこのような問題があるため、これまでも培養槽内にエアフィルターを垂下して積極的に懸濁物の除去が行われてきた。2006 年調査 (95 事例) では、懸濁物の除去は 74 % で行われており、L 型ワムシ (37 事例) の 59 % に対して、S 型ワムシ (58 事例) は 83 % と高かった。懸濁物の除去に使用するエアフィルターの種類は、バイリンマット (九州バイリン) が最も多く、次に

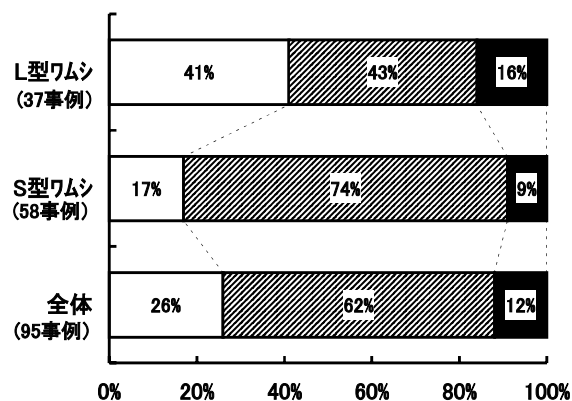


図 11. 培養水中の懸濁物の除去

□なし ▤エアフィルター処理 ■その他

トラベロンフィルター (金井重要工業) であった。なお、大型水槽 (11 kℓ 以上) で 100 ~ 200 個体 / ml のワムシ密度での連続培養では、弱通気により培養水中の懸濁物を水槽底面に沈下させる方法も行われている。

13) 培養水中の原生動物の量 培養水中の原生動物の量については、99 事例中ほとんどいないが 22 % で、普通 (65 %) と多い (13 %) の合計が 78 % を占めた。培養水中に発生する原生動物には様々な種類があるが、代表的な種類としてはユープロテス (*Euplotes*)、ウロネマ (*Uronema*)、ツリガネムシ (*Vorticella*) 等が挙げられる²⁴⁾。これらの原生動物がワムシ培養槽内で大量発生する時にはワムシが増殖不調であることが多いが、原生動物はワムシの増殖を直接阻害するのではなく、ワムシの増殖不調によって培養槽内に残った餌料により大量発生するため²⁵⁾、原生動物そのものよりも原生動物が大量発生する環境条件の方を問題視するべきである。

14) ワムシ類の培養用餌料の種類 (図 12) ワムシ類の大量培養技術の開発には、培養用餌料の開発が大きく貢献している。1980 年調査 (52 事例) ではナンノクロロプシスが主餌料であり¹⁰⁾、ナンノクロロプシスとパン酵母併用の事例が 52 % で、さらに油脂酵母を加えた 3 種類併用の事例が 29 % となり、これらの合計が 81 % を占めた。2006 年調査 (97 事例) では、クロレラ単独の事例が 51 % で、クロレラにパン酵母やナンノクロロプシスを加えた併用の事例が 41 % となり、これらの合計が 92 % を占めた。従来、ワムシ類の餌料用藻類と言えばナンノクロロプシスであったが、現在は入手が容易で品質の安定しているクロレラが主餌料になっている。

15) 餌料の給餌方法 (図 13) 近年は高濃度に濃縮された餌料藻類が普及したことで、培養水中の餌料密度を容易に高めることができるが、反面、過剰給餌になりやすく環境悪化を引き起こす可能性も高いと考えられる。クロレラを定量ポンプで少量ずつ連続的に 24 時間かけて給餌する連続給餌法は、1 日の給餌量を 1 回もしくは

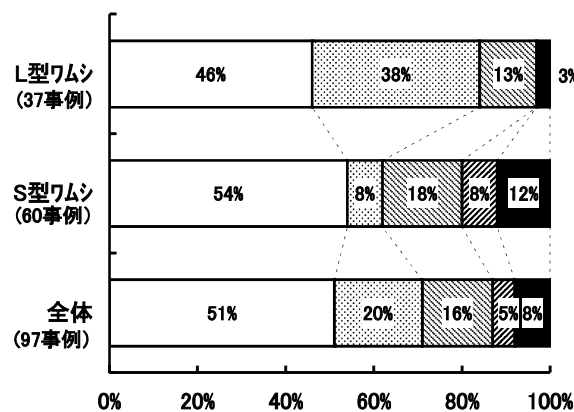


図 12. ワムシ培養の餌料の種類

□淡水クロレラ ▤淡水クロレラ+パン酵母 ▨淡水クロレラ+ナンノクロロプシス ■その他

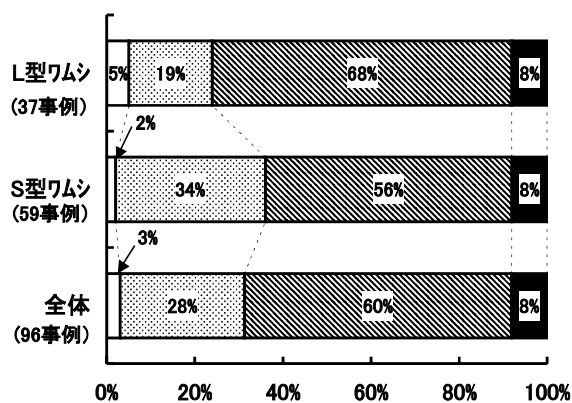


図 13. ワムシ培養での給餌方法

□1回/日給餌 ▨2-3回/日給餌
▤連続給餌 ■その他

2 回に分けて給餌するのに比べ、ワムシ類の増殖率や餌料転換効率が向上することが報告されている²⁶⁾。2006 年調査（96 事例）では、連続給餌が 60 % を占め、1 回給餌（3 %）や 2 ～ 3 回給餌（28 %）よりも高かった。また、連続給餌の採用は S 型ワムシ（59 事例）の 56 % に比べ L 型ワムシ（37 事例）では 68 % と高かった。

16) 給餌量の基準（表 2） ワムシ培養における給餌量は、各機関によって使用するワムシや培養用餌料の種類、培養水温や塩分及び培養方式などがそれぞれ異なるため、各機関のデータを一律に比較することはできない。このため、クロレラ単独給餌に限定して、S 型ワムシと L 型ワムシに分けて、日間増殖率別のワムシ 1 億個体当たりのクロレラ給餌量を示した。各機関の平均給餌量は、S 型ワムシでは日間増殖率が 30 % 以下では 183 ml / 億個体、31 % 以上から 81 % 以上の範囲では約 300 ml / 億個体であった。一方、L 型ワムシでは 30 % 以下では 349 ml / 億個体で、50 % 以下では 500 ml / 億個体であった。日間増殖率が同程度の場合、L 型ワムシは S 型ワムシの約 2 倍量を給餌していることがわかった。なお、ワムシの種類が同じで日間増殖率が同程度であっても各機関の給餌量には 2 倍以上の差があった。区分した日間増殖率の範囲での適正な給餌量は、給餌量範囲の最小値

表 2. ワムシの種類ならびに日間増殖率別のクロレラ給餌量

ワムシの種類	日間増殖率 (%)	ワムシ1億個体当たりのクロレラ給餌量 (ml) 平均値 (最小～最大)
S型ワムシ	30%以下	183 (100～300)
	50%以下	300 (150～500)
	80%以下	279 (200～500)
	81%以上	323 (200～500)
L型ワムシ	30%以下	349 (200～600)
	50%以下	500 (400～700)
	80%以下	1000
	81%以上	—

表 3. 各機関におけるワムシ類の主な栄養強化剤^{*1}と強化条件

ワムシの種類	添加量の基準 (ワムシ1億個体当たり)	ワムシ密度 (個体/ml)	強化水温 (°C)	強化時間 (時間)
スーパー生クロレラV12	S型 20～500 mℓ (多くは200～300 mℓ)	200～5000 (多くは500～2000)	18～32	3～29
	L型 10～600 mℓ (多くは100～200 mℓ)	300～20000 (多くは500～2000)	15～26	1～29
マリングロス	S型 100～150 mℓ	300～3500	20～28	2～24
	L型 100 mℓ	1000	20～22	6～16
プラスアクアラン	S型 5～30 g	200～2000	25	4～20
	L型 10～80 g	300～1000	15～22	6～22
インディベラス	S型 4～100 g	300～4000	20～28	2～24
	L型 60～100 g	300～700	22～25	6～22
バイオクロミス	S型 5～15 g	100～2000	23～25	2～6
	L型 5～75 g	100～800	20～21	3～24
ハイバークロス	S型 100～150 mℓ	500～1000	20～25	2～24
	L型 100～200 mℓ	500～1000	18～30	2～15
ドコサユージェナ	S型 2～20 g	1000	20～25	2～22
	L型 8 g	500	25	18～22

*1: 強化剤はアンケートで5事例以上あったもの（事例数は少ないが、HGV12、生クロレラω3、マリンα、油脂酵母、スーパーカプセルA1、ナンノクロロプシス、アクアプラスET、油脂酵母レッド等の使用もあった）

に近い量であると推察されるため、最小値の 2 倍近い給餌を行っている機関は、給餌量を再検討する必要があると考えられる。

2. 栄養強化技術について

1) 栄養強化剤ごとの使用事例（表 3） 栄養強化方法は、各機関において飼育対象となる海産魚介類が異なることから、使用する強化剤や強化方法は様々である。2006 年調査では 15 種類の栄養強化剤が利用されていたが、その内 5 例以上の使用事例があった 7 種類の栄養強化剤について、S 型ワムシと L 型ワムシに分けて使用事例を示した。栄養強化剤の使用基準については、製造・販売会社が詳細を示しているため、ここでは使用事例の紹介にとどめる。

2) 栄養強化中の懸濁物の除去（図 14） 2006 年調査（127 事例）では、栄養強化中の懸濁物の除去は 73 % で行われており、L 型ワムシ（48 事例：62 %）よりも S 型ワムシ（79 事例：80 %）で積極的行われていた。“1-12) 培養水中の懸濁物の除去”でも説明したように懸濁物により病原性細菌の仔魚飼育槽への持ち込みが懸念されるため、できる限り取り除くことが望ましいと考えられる。

3) 栄養強化後ワムシの洗浄（図 15） 収穫後のワムシ類を海水洗浄するとワムシ類の細菌数は 1 オーダー減少

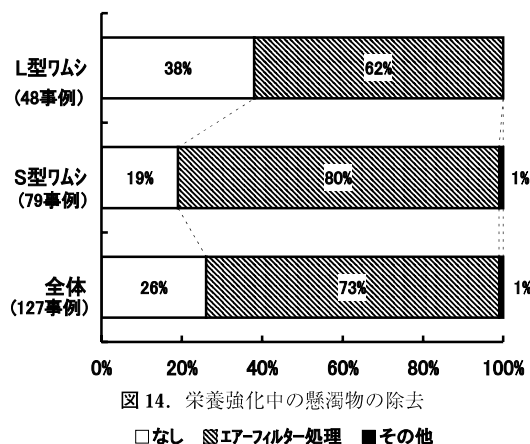


図 14. 栄養強化中の懸濁物の除去

□なし ▨超ミクロフィルター処理 ■その他

する²⁷⁾ことから、仔魚飼育における疾病防除対策として栄養強化後にワムシ類の洗浄が行われている。2006年調査(129事例)では、86%で洗浄が行われており、洗浄に用いた海水は、紫外線処理海水が52%で、塩素処理海水が27%であった。洗浄方法としては、収穫したワムシが入っているネット内に紫外線処理海水を3～5分間かけ流す方法が最も多かった。注意点としては、洗浄に用いる海水の水温や塩分が培養条件と異なる場合には、急激な環境変化によってワムシが衰弱・死亡する可能性がある。従来、ワムシ類の細菌数を減少させるために、ニフルスチレン酸ナトリウム薬浴が多くの機関で行われていたが、薬剤の適切な使用の観点からワムシ類でも使用しなくなった。このため、ワムシ類の細菌数を1オーダー減らすことができる洗浄作業は今後も疾病防除対策として重要であると考えられる。

3. 餌料としてのワムシについて

1) ワムシ類の給餌の対象種(表4) アンケートの回答があった70機関におけるワムシ類の給餌対象の魚介類は、合計42種類(魚類:33種類, 甲殻類:9種類)であった。その中でも生産機関数が最も多かった種類はヒラメ(40機関)で、次にマダイ(24機関)、アユ(21機関)の順であった。

2) ワムシ類の給餌期間の疾病とワムシ類との関連(表5) アンケートの回答があった70機関の内、ワムシ類の給餌時期の飼育における疾病に関する情報は13事例あった。疾病の多くが細菌性と思われることから、ワムシ類

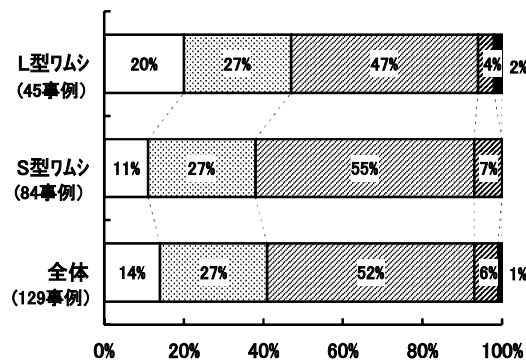


図 15. 栄養強化後ワムシの洗浄

表 4. ワムシ給餌の対象種(機関数)
ヒラメ(40)、マダイ(24)、アユ(21)、トラフグ(10)、カサゴ(10)、ガザミ(10)、オニオコゼ(9)、クロダイ(8)、ホシガレイ(5)、クロソイ(5)、ニシン(4)、マコガレイ(4)、マハタ(4)、キジハタ(4)、マツカワ(4)、カンパチ(3)、クエ(3)、イサキ(3)、モクズガニ(3)、メバル(2)、スジアラ(2)、クロマグロ(2)、シマアジ(2)、アカアマダイ(2)、ヨシエビ(2)、ズワイガニ(2)、
以下1機関のみ: タケノコメバル、キツネメバル、マダラ、マガレイ、スズキ、スギ、オオニベ、ハマフエフキ、シロクラベラ、サワラ、タイワンガザミ、クルマエビ、サンマ、トゲノコギリガザミ、アミメノコギリガザミ、ノコギリガザミ、
以上42種類

からの病原性細菌の感染が疑われている。

4. ワムシ類の培養に関する意見と今後の技術開発の要望(表6)

ワムシ類の培養に関する意見と今後の技術開発の要望としては、培養の安定性の向上や作業の省力化に関するものが多く、それ以外ではワムシ類の細菌叢の制御や原生動物の除去およびワムシ株の保存等が挙げられた。

5.最後に ワムシ類の培養技術は、培養用餌料としてのクロレラの普及、連続培養等の安定性や効率性に優れた培養方法の普及、ならびに希釈海水や連続給餌といった増殖率や餌料転換効率を高める手法の導入等により、この10年間で飛躍的に進歩した。今後は、培養のさらなる安定性の向上や作業の省力化に加えて、生産コストの低減も考慮する必要がある。さらにニフルスチレン酸ナトリウムの薬浴を行わなくなったことから、ワムシ類の細菌叢の制御についても早急に取り組む必要がある。近年ワムシの品質(増殖状態)がマダイ²⁸⁾やヒラメ^{29, 30)}仔魚の飼育成績を左右することが明らかにされていることから、餌料価値を高めるための培養技術の開発も並行して進めなければならない。種苗生産現場でのワムシの

表 5. ワムシ給餌期間での疾病状況とワムシとの関連

対象種	疾病状況	ワムシとの関連
ヒラメ	腹部膨満症、日齢10-20、TL6-9mm、摂餌したワムシが消化、吸収、排泄されずに腸管に溜まる	ワムシ体内に短桿菌が認められる
ヒラメ	ワムシ給餌期以外の日齢20-30で腸管白濁症が発生	腸管白濁症は病原性が弱いため数日後に発病する、ワムシ由来のビブリオ属細菌が疑われる
ヒラメ	腹部膨満症、日齢10-15、TL6-7mm、腹腔内に未消化ワムシが充満	ワムシ培養での感菌物増加など、培養環境の悪化や変化を受けたワムシを給餌すると発症する傾向がある
ヒラメ	腹部膨満症、日齢10-15、摂餌したワムシが消化排泄されず、消化管内に充満し、腹部が膨張	不明
ヒラメ	H18はなし、腹部膨満症、日齢10〜、TL5.5mm、腸管内に未消化ワムシが充満	腹部膨満症の発病原因の1つとして、ビブリオ属細菌の感染があり、感染したワムシを摂餌することで伝播する疑い
ヒラメ	腹部が腫れ、未消化ワムシが充満	ワムシからの感染の可能性が大きい
ヒラメ	腹部膨満、日齢18-40、TL7-8mm、大量死	ワムシ由来の可能性はある
クロダイ	腹水症に類似した症状、日齢10〜、TL4-5mm消化管内に未消化ワムシあり、胆嚢が黄色	疾病がワムシ由来とは断定できないが、仔魚の消化管に異常が認められるため、餌であるワムシが疑われる
クロダイ	H18はなし、腹部膨満症、日齢15〜、TL8.5mm、腸管内に未消化ワムシが充満	腹部膨満症の発病原因の1つとして、ビブリオ属細菌の感染があり、感染したワムシを摂餌することで伝播する疑い
アユ	ビブリオ症(日齢10-30)、異常遊泳	ワムシからの感染の可能性も大きい、確認は無し
マコガレイ	腹水症に類似した症状、日齢10〜、TL6-7mm消化管内に未消化ワムシあり、胆嚢が黄色	疾病がワムシ由来とは断定できないが、消化管に異常が認められるため、餌であるワムシが疑われる
アミメノコギリガザミ	細菌性壊死症(日齢5、Z2)、背棘、頭角、側棘、触角などの体各部位の壊死	壊死原因である滑走細菌がワムシから検出
タイワンガザミ	ビブリオ症?、日齢5-7、Z2-3、活力がなく、白濁した個体が多い	飼育槽で色素生産菌あり、真菌症なし、ワムシのTCBS細菌が1オーダー高い

表 6. ワムシ培養に関する意見と今後の技術開発要望

項目	ワムシ培養に関する意見と今後の技術開発要望
大量培養	元種の維持を目的とした耐久卵の生産および保存方法の開発 安定培養技術の開発、安定的な拡大培養技術の開発 生産期以外のワムシの維持管理法の開発、閉鎖系のワムシ培養技術の開発 効率的で安定的な粗放連続培養技術の確立、耐久卵の生産および保存技術の開発 好適な培養環境(通気、餌料、感菌物、原生動物)を維持した、安定した長期培養の確立 L型近大株の水温26℃での安定培養技術の開発 200-300個体/mのワムシ密度での粗放連続培養技術の開発 L型ワムシの培養技術の開発(S型ワムシと同レベルまで) 省力化に優れたワムシ培養法の開発、連続培養ワムシの優劣判断の指標の開発 淡水クロレラの経費が高いため、生産コストの削減に関する研究 作業の省力化と安定培養の技術開発 ワムシ作業の省力化のための高密度培養法の開発 S型ワムシの高水温での安定培養(アカアマダイ用)、高品質・低コストのワムシ培養技術 ワムシ培養における省力化 連続培養の培養経過における培養水の水質とワムシ活力の関係 ワムシ培養槽内の微生物生態系の制御による安定培養技術の開発 ワムシ培養での細菌叢制御、適正な栄養強化法や飼育槽への薬類添加効果の解明 ワムシ培養水中に発生する感菌物の除去方法 ツリガネムシ等の原生動物の除去法 粗放連続培養の培養30日以降における原生動物の除去法 原生動物の除去法の開発、長期保存が可能なワムシ餌料の開発
栄養強化	栄養強化の最新の技術と検定法の情報提供、水研センターでの栄養強化の検定の可能性
細菌制御	ワムシ培養での細菌叢制御 エルバージュに代わる細菌数制御方法の開発 薬剤を使用しないビブリオ属細菌の増殖制御技術の開発
その他	L型ワムシ高密度輸送の継続 クロマグロ等に適した、高水温で高増殖の特性を有する大型(300μm以上)ワムシの開発 ワムシの餌料であるナンクロロプシスの安定培養技術の開発

量的な確保はほぼ可能になったとはいえ、海産魚介類の種苗生産の初期餌料として不可欠なワムシ類の培養に関する研究開発はさらに重要なものになって行くと考えられる。

最後に、このアンケート調査にご協力していただいた都道府県の栽培漁業関係機関、ならびに独立行政法人水産総合研究センターの餌料培養担当の方々に感謝の意を表する。

文 献

- 1) 伊藤 隆 (1960) 輪虫の海水培養と保存について. 三重県立大学水産学部研究報告, **3**, 708-740.
- 2) 水産庁・独立行政法人水産総合研究センター・(社)全国豊かな海づくり推進協会 (2006) 平成 16 年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国) ~資料編~, pp8-9.
- 3) 倉田 博 (1959) ニシン稚仔の飼育について. 北水研報, **20**, 117-138.
- 4) 平野礼次郎・大島泰雄 (1963) 海産動物幼生の飼育とその餌料について. 日水誌, **29**, 283-293.
- 5) 藤田矢郎 (1973) 魚類種苗生産の初期餌料としてのプランクトンの重要性. 日本プランクトン学会報, **20**, 49-53.
- 6) 日野明德・平野礼次郎 (1975) 輪虫の生活史—とくに両性生殖誘導要因について. 化学と生物, **13**, 516-521.
- 7) 吉村研治 (2001) ワムシ高密度培養技術の進展とその現状. ミニシンポジウム ワムシ大量培養法の進展とその現状. 日水誌, **67**, 1138-1139.
- 8) FU, Y., T.YAMASHITA, Y.YOSHIDA, A.HINO (1997) Development of a continuous culture system for stable mass production of the marine rotifer *Brachionus*. *Hydrobiologia*, **358**, 145-151.
- 9) 桑田 博 (2001) 日裁協におけるワムシ大量培養技術開発の取り組み. ミニシンポジウム ワムシ大量培養法の進展とその現状. 日水誌, **67**, 1140-1141.
- 10) 北島 力 (1983) IV. 大量培養 7. 実施例と問題点. シオミズツボワムシ生物学と大量培養 (日本水産学会編). 恒星社厚生閣, 東京, pp102-128.
- 11) 社団法人マリノフォーラム 21 (2000) 種苗生産技術の現状. pp.31-34.
- 12) 桑田 博 (2001) シオミズツボワムシの高密度宅配. 月刊養殖, **4**, 76-79.
- 13) SEGERS, H. (1995) Nomenclatural consequences of some recent studies on *Brachionus plicatilis* (Rotifera, Brachinidae). *Hydrobiologia*, **313** / **314**, 121-122.
- 14) HAGIWARA, A., T.KOTANI, T.W.SNELL, M.ASSAVAAREE, K.HIRAYAMA (1995) Morphology, reproduction, genetics and mating behavior of small, tropical marine rotifer *Brachionus* strains (Rotifera). *J.Exp.Mar.Biol.Ecol.*, **194**, 25-37.
- 15) 平山和次 (1983) 4. 増殖生理 2. 好適水温. シオミズツボワムシ生産学と大量培養 (日本水産学会編) 恒星社厚生閣, 東京, pp.55-56.
- 16) 岡 彬 (1989) 4. 増殖環境 4. 1 水温. 初期餌料生物—シオミズツボワムシ (福所邦彦, 平山和次編) 恒星社厚生閣, 東京, pp.29-30.
- 17) 藤波祐一郎・桑田 博 (2000) II 大量培養 1. 日本栽培漁業協会の現状. 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, 日本栽培漁業協会, 東京, 43-48.
- 18) 小磯雅彦・日野明德 (2001) 培養水の塩分がシオミズツボワムシの増殖, 培養コスト, 栄養強化に及ぼす影響. 水産増殖, **49**, 41-46.
- 19) YU, J.P., A.HINO, T.NOGUCHI, H.WAKABAYASHI (1990) Toxicity of *Vibrio alginolyticus* on the survival of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**, 1455-1460.
- 20) YAMASAKI, S., D.H.SECOR, H.HIRATA (1987) Population growth of two types of rotifer (L and S) *Brachionus plicatilis* at different dissolved oxygen levels. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**, 1303.
- 21) 小磯雅彦・日野明德 (2006) シオミズツボワムシの増殖および摂餌に対する溶存酸素濃度の急激な低下の影響. 水産増殖, **54**, 37-41.
- 22) 桑田 博・日野明德 (2000) 4-6 懸濁物. 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, 日本栽培漁業協会, 東京, 19-20.
- 23) MUROGA, K., H.YASUNOBU (1987) Uptake of Bacteria by Rotifer. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**, 2091.
- 24) 前田昌調 (1987) 海洋および種苗生産過程に出現する原生動物・纖毛虫類. 栽培技研, **16**, 155-178.
- 25) CHENG, S.-H., S.AOKI, M.MAEDA, A.HINO (2004) Competition between the rotifer *Brachionus rotundiformis* and the ciliate *Euplotes vannus* fed on two different algae. *Aquaculture* **241**, 331-343.
- 26) 小磯雅彦・友田 努・桑田 博・日野明德 (2005) ワムシの増殖と生産コストに及ぼす連続給餌の効果. 栽培技研, **32**, 1-4.
- 27) 田中賢二 (2001) ワムシ高密度培養系におけるバクテリアの挙動と制御. ミニシンポジウム ワムシ大量培養法の進展とその現状. 日水誌, **67**, 1142-1143.
- 28) 友田 努・小磯雅彦・桑田 博・陳 昭能・竹内俊郎 (2004) 増殖ステージが異なるシオミズツボワムシのマダイ仔魚に対する餌料価値. 日水誌, **70**, 573-582.
- 29) 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ツボワムシ

シのヒラメ仔魚に対する餌料価値. 日水誌, **71**, 30) 友田 努・小磯雅彦・陳 昭能・竹内俊郎 (2006) 増殖ステージが異なるワムシを摂餌したヒラメ仔魚の発育と形態異常の出現. 日水誌, **72**, 725-733.

資料. ワムシ培養に関するアンケートに回答していただいた機関名

No	機関名	No	機関名
1	北海道区水研 厚岸栽培技術開発センター	36	静岡県温水利用研究センター
2	瀬戸内海区水研 伯方島栽培技術開発センター	37	静岡県温水利用研究センター 沼津分場
3	西海区水研 石垣支所 八重山栽培技術開発センター	38	(財)愛知県水産業振興基金 栽培漁業部
4	養殖研 上浦栽培技術開発センター	39	三重県栽培漁業センター
5	水産総合研究センター 宮古栽培漁業センター	40	三重県尾鷲栽培漁業センター
6	水産総合研究センター 南伊豆栽培漁業センター	41	京都府栽培漁業センター
7	水産総合研究センター 能登島栽培漁業センター	42	(財)大阪府漁業振興基金 栽培事業場
8	水産総合研究センター 小浜栽培漁業センター	43	(財)ひょうご豊かな海づくり協会 栽培資源課
9	水産総合研究センター 宮津栽培漁業センター	44	(財)ひょうご豊かな海づくり協会 津名事業場
10	水産総合研究センター 玉野栽培漁業センター	45	但馬栽培漁業センター
11	水産総合研究センター 屋島栽培漁業センター	46	和歌山県栽培漁業センター
12	水産総合研究センター 五島栽培漁業センター	47	和歌山県北部栽培漁業センター
13	水産総合研究センター 奄美栽培漁業センター	48	(財)鳥取県栽培漁業協会
14	北海道立栽培水産試験場	49	島根県水産技術センター栽培漁業部
15	(社)北海道栽培漁業振興公社 瀬棚事業所	50	岡山県水産試験場(栽培漁業センター)
16	(社)北海道栽培漁業振興公社 伊達事業所	51	広島県栽培漁業協会
17	(社)北海道栽培漁業振興公社 羽幌事業所	52	(社)山口県栽培漁業公社 外海生産部 魚貝類第一班
18	(社)青森県栽培漁業振興協会	53	山口県外海第二栽培漁業センター
19	(社)岩手県栽培漁業協会	54	山口県栽培漁業公社 内海生産部
20	宮城県栽培漁業センター	55	(財)香川県水産振興基金 栽培種苗センター
21	秋田県農林水産技術センター 水産振興センター	56	徳島県水産振興公害対策基金 加島事業場
22	(財)山形県水産振興協会	57	高知県栽培漁業センター
23	(財)福島県栽培漁業協会 生産部 魚類科	58	愛媛県水産試験場
24	茨城県水産試験場 浅海増殖部(栽培技術センター)	59	愛媛県中予水産試験場 栽培推進室
25	(財)茨城県栽培漁業協会	60	(財)福岡県栽培漁業公社
26	千葉県水産総合研究センター 種苗生産研究所 勝浦生産開発室	61	佐賀県玄海水産振興センター
27	千葉県水産総合研究センター 種苗生産研究所 富津生産開発室	62	(株)長崎県漁業公社
28	(財)神奈川県栽培漁業協会	63	(社)大分県漁業公社 上浦事業場
29	(社)新潟県水産振興協会 佐渡事業所	64	(社)大分県漁業公社 国東事業場
30	(社)新潟県水産振興協会 村上事業所	65	(財)宮崎県栽培漁業協会
31	(社)富山県農林水産公社 滑川栽培漁業センター	66	熊本県栽培漁業協会 牛深事業場
32	(社)富山県農林水産公社 氷見栽培漁業センター	67	熊本県栽培漁業協会 大矢野事業場
33	石川県水産総合研究センター志賀事業所	68	鹿児島県水産技術開発センター
34	石川県水産総合研究センター能登島事業所	69	(財)鹿児島県栽培漁業協会
35	福井県栽培漁業センター	70	沖縄県栽培漁業センター