

宮古栽培漁業センターにおけるワムシ粗放連続培養 技術の実証例

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: 熊谷, 厚志, 有瀧, 真人, 藤浪, 祐一郎
	メールアドレス:
URL	所属:
	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2014657

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



Ⅳ 餌料生物の効率的培養および利用技術の開発

宮古栽培漁業センターにおけるワムシ粗放連続培養技術の実証例

熊谷厚志，有瀧真人，藤浪祐一郎
(宮古栽培漁業センター)

海産ワムシ類の培養は，屋外培養ナンノクロロプシスとパン酵母を用いて植え継ぎ培養法または間引き培養法によって長い間行われてきた¹⁻³⁾。その後，淡水クロレラのワムシ餌料としての利用が検討されたもののすぐには普及しなかったが⁴⁾，丸山等⁵⁻⁶⁾によるビタミンB₁₂含有クロレラの開発と市販開始により急速に普及し，ワムシ培養の増殖率や安定性が増した。次に，吉村等⁷⁻¹⁰⁾が増殖阻害要因の解明をもとに市販濃縮淡水クロレラを積極的に利用した高密度培養法を開発し，1万個体/㎖での培養が可能となった。一方で，マリノフォーラム21により連続培養法が開発され，市販濃縮淡水クロレラを餌料とした培養装置が完成され，1㎖水槽で毎日30億個体が収獲できる装置が市販された¹¹⁻¹³⁾。しかし，高密度培養法や装置連続培養法は，水温25℃以上においてS型ワムシを対象として開発されたものであり，低温やL型ワムシでの試みは少なかった。その後，連続培養を既存水槽に応用して低密度で培養を行う粗放連続培養法が開発され¹⁴⁻¹⁶⁾，これまで困難だった10～25℃以下の低水温やL型ワムシの培養が安定した。

粗放連続培養法は，連続注水及び連続給餌により培養槽内の環境が安定するため，長期間の培養が可能である。そのため，水槽洗浄作業等の省力化が期待される。また，植え継ぎや間引き培養用の既存水槽をそのまま使用することが可能であり，高価な装置や既存施設の改修を必要としない。一方で，L型ワムシの高密度輸送株を大量培養の元種として利用する方法が開発されているが，実証事例の報告は少ない¹⁷⁻¹⁸⁾。宮古栽培漁業センターでは，飼育水温が低いホシガレイおよびニシンの種苗生産技術開発を行っている。それには低温でも活性の高いワムシが必要である。そこで，高密度輸送L型株を元種とした水温20℃での粗放連続培養の試験を行い，種苗量産への適用性と問題点を検討した。

材 料 と 方 法

元種は，能登島栽培漁業センターで粗放連続培養によって生産したL型ワムシ小浜株（携卵雌個体の平均背甲長235μm）3億個体を，高密度輸送法¹⁷⁻¹⁸⁾によって宮古栽培漁業センターに輸送・搬入して用いた。

培養水槽は，5㎖ FRP水槽および20㎖コンクリート水槽とした。5㎖水槽群は2002年11月22日から2003年2月28日までの期間に2回，20㎖水槽群は2003年1月9日から2月26日までに2回の培養試験を行った。

培養方法は桑田¹⁴⁻¹⁶⁾に準拠した粗放連続培養とし，水温は水槽内に設置してあるチタン製パイプ内に流した温水による加温で20℃に設定した。培養水は，砂ろ過海水に水道水を混合して60%希釈海水とした。通気は水槽底面に設置した発泡ゴム製散気管（空気用ユニホース：ユニホース社製）から緩やかに行った。酸素通気は使用していない。

餌料は，市販の濃縮淡水クロレラ（フレッシュグリーン600：日清マリンテック株式会社製）とパン酵母（オリエンタル酵母工業株式会社製）の混合給餌とした。1日分の餌料は，両者を淡水に溶解して餌料容器に混合して入れ，保冷剤により冷却した。これを定量ポンプを用いてほぼ24時間にわたり連続して給餌した。安定連続培養期に達した後の給餌量は，水槽ごとに一定量としたケモスタット式管理とし，0.5㎖水槽は淡水クロレラ1ℓ/日とパン酵母0.25kg/日，20㎖水槽は淡水クロレラ3～4ℓ/日とパン酵母が1.5～2.0kg/日とした（表1）。ただし，5-1事例では，培養29日目からの5日間は給餌量を増やし，密度と収獲量の向上を試みた。

懸濁物除去用のフィルター（トラベロンエアフィルター：金井重要工業株式会社）は，培養槽内に垂下して毎日交換した。また，貝化石粉末（貝化石：有用資材株式会社）を1回当たり5㎖水槽で1.3kg，20㎖水槽で2.6kgの量を週2回水面に散布し，堆積物による底面の環境悪化の防止を図った。ワムシの増殖が停滞傾向にあり，底面の環境悪化が懸念される場合は，散布回数を適宜増やした。

収獲は，培養槽と収獲槽の間を直径25mmのフレキシブルホースで連結し，サイホン方式で注水量と同量を収獲水槽に移槽して行った（図1）。なお，収獲率（＝収獲水量/培養水量）は約0.35に調整した。収獲水槽からの回収と仔魚への供給は，需要に応じて調節した。計数と観察は，毎朝8：30～10：00の間に培養水槽および収獲水槽の水量を確認した後に，水面から培養水を採取して行った。採取直後に水温（株式会社安藤計

器), pH (ガラス電極式水素イオン濃度計: 東亜電波工業株式会社製), 溶存酸素濃度 (DO ハンディタイプ F102: iijma 社製) を調べた。ワムシ個体数の計数は, 先端を切断して口径を大きくした定量ピペットを用いて採取培養水の 1 mL を時計皿に取ってルゴール氏液で固定し, 実体顕微鏡下で雌個体数, 携卵雌個体数, 卵個数, 死体を計数した。培養水中の残餌は, トーマ氏血球計数盤を用いて計数した。

ワムシの増殖率は,

比増殖率: $r = \ln(N/N_0)/t + h$,

ただし, $dN/dt = (r - h)N$

より,

日間増殖率: $g = (e^r - 1) \times 100$

r : 比増殖率, h : 収穫率, N : ワムシ密度,

t : 培養日数, g : 日間増殖率 (%/日)

として計算した。

収穫数 F は, 培養槽から収穫槽への移槽の計算値として, 以下の式により計算した。

$F = h \times V \times N$

h : 収穫率, V : 培養水量, N : ワムシ密度

収穫槽から抜き取って飼育に供給または廃棄したワムシ個体数は, 回収数として示した。

表 1 平成15年度のL型ワムシの粗放連続培養方法

生産区分	培養期間	実水量 (kl) (使用水槽数)	培養水温 (℃)	塩分濃度 ¹ (psu)	収穫率 (%)	安定連続培養期の1日の給餌量		備考
						淡水クロレラ (ℓ)	パン酵母 (kg)	
5-1.2	2002.11.22-2003.2.28	5 (2)	20	20	35	1	0.5	5-1 事例では5日間のみ給餌量を2倍増
20-1.2	2003.1.9-2.28	20 (2)	20	20	36	3~4	1.5~2	

*1: 60%淡水希釈海水に相当する。

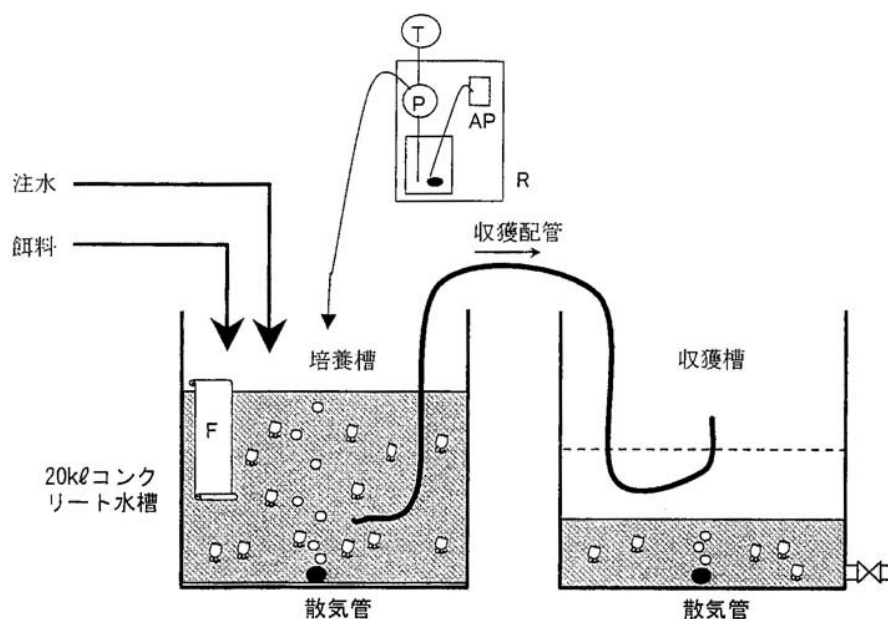


図 1 ワムシの粗放連続培養の模式図

注水は24時間連続注水をつけ, 収穫はサイホンを通じて注水量と同量を収穫水槽に移槽して行った。

T: 電源用タイマー B: 餌料タンク

P: 定量ポンプ AP: エアポンプ

R: 保冷库

F: 懸濁物除去フィルターマット

結果と考察

表2にワムシ培養結果の概要を、図2～5に各事例の培養経過を示した。

どの培養事例でも培養0～5日の間で死体割合が約20%に及ぶ時があるが、20日目以後ではほとんど見られなくなった。20kℓ水槽では、培養初期には水温やpH、DOの数値に若干の変動が見られたが、ワムシ密度が急激に低下することはなかった(図4、5)。5kℓ水

表2 5kℓ水槽および20kℓ水槽でのワムシ培養結果の概要

生産 区分	培養方式	培養 日数	平均水温 (℃)	平均密度 (個体/mL)	平均総卵率 (%)	平均日間 増殖率 (%)	収穫数*1 (億個体)	回収数*2 (億個体)	単位生産*3 (億個体/kℓ/日)	総給餌量			備考
										濃縮淡水	クロレラ	パン酵母	
5-1	粗放連続培養	11.22~2.28 (98)	19.9 (11.4~24.0)	145 (61~259)	57.6 (18.0~92.4)	39.1 (-12.7~140.9)	181.4	225.2	0.46	99.8	49.0		L型小浜株 能登島からの搬入
5-2	粗放連続培養	12.10~2.13 (65)	20.1 (11.4~20.4)	137 (89~240)	60.0 (34.3~82.7)	37.3 (-14.9~95.1)	108.0	144.0	0.41	64.6	32.5		
小計							289.4	369.2	0.43	164.4	81.5		
20-1	粗放連続培養	1.9~2.28 (50)	20.6 (19.8~21.3)	82 (60~112)	55.4 (17.1~75.3)	43.3 (-8.5~90.6)	254.1	313.3	0.28	141	70.5		
20-2	粗放連続培養	1.11~2.19 (39)	20.0 (19.8~20.2)	87 (60~114)	59.0 (23.5~87.1)	43.6 (3.2~116.0)	231.2	320.1	0.29	155	76.5		
小計							485.4	633.4	0.29	297	147		
合計							774.8	1,002.6	0.36	461.4	228.5		

*1 収穫数：培養槽から収穫槽への移槽の計算値の合計+最終日培養槽回収個体数-接種個体数

*2 回収数：収穫槽からの回収数の合計+最終日培養槽回収個体数-接種個体数

*3 単位生産：収穫数合計/培養水槽水量累計

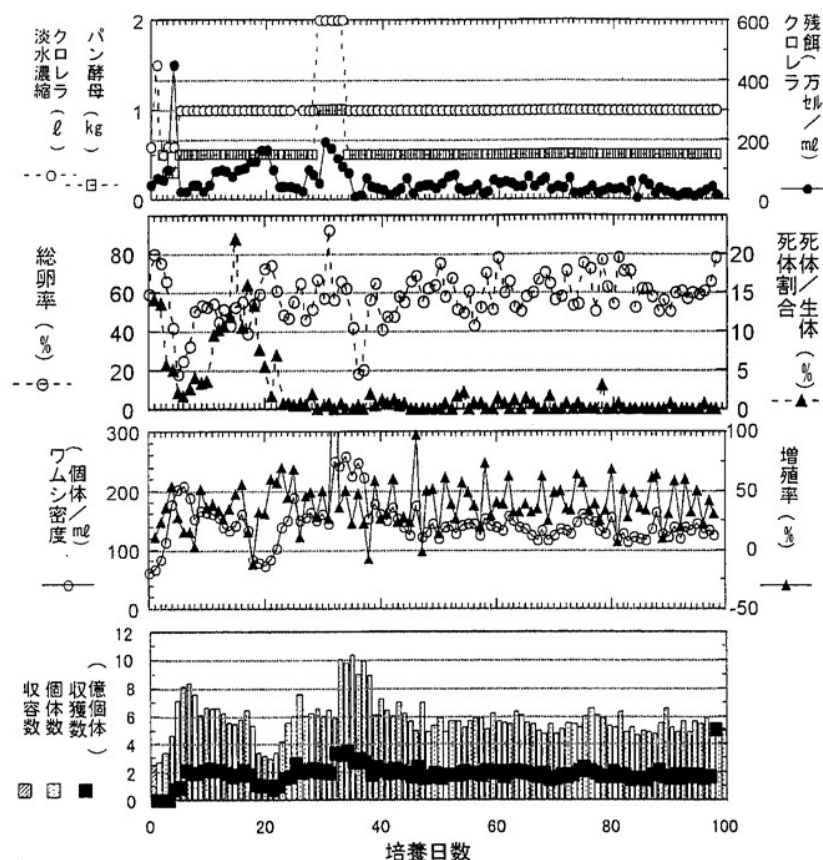


図2 5-1水槽によるL型ワムシ小浜株の粗放連続培養結果

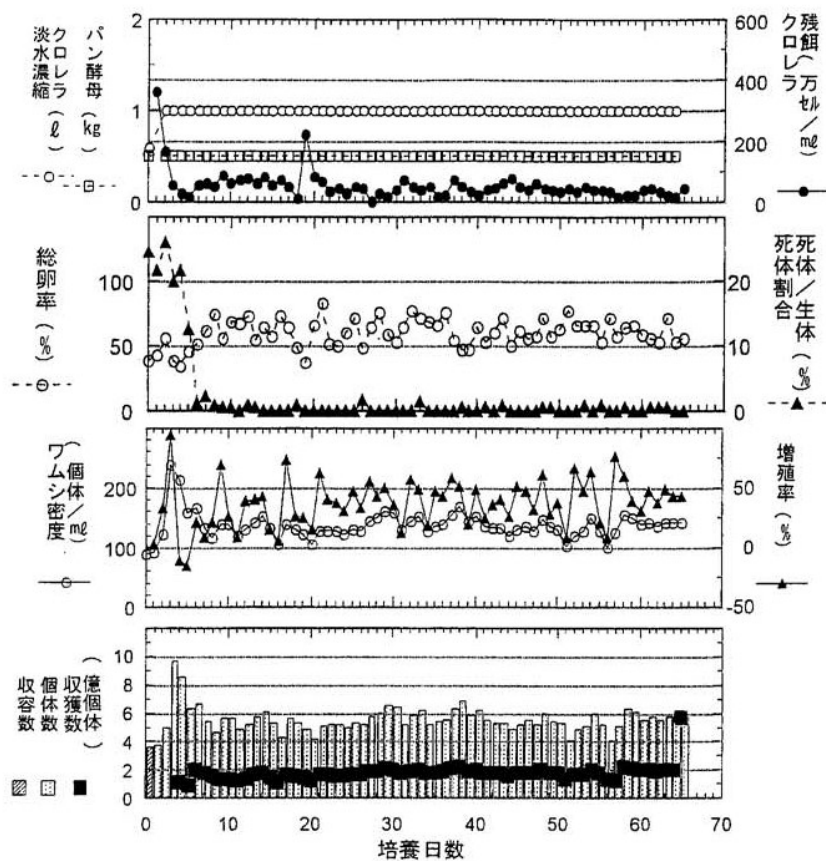


図3 5-2水槽によるL型ワムシ小浜株の粗放連続培養結果

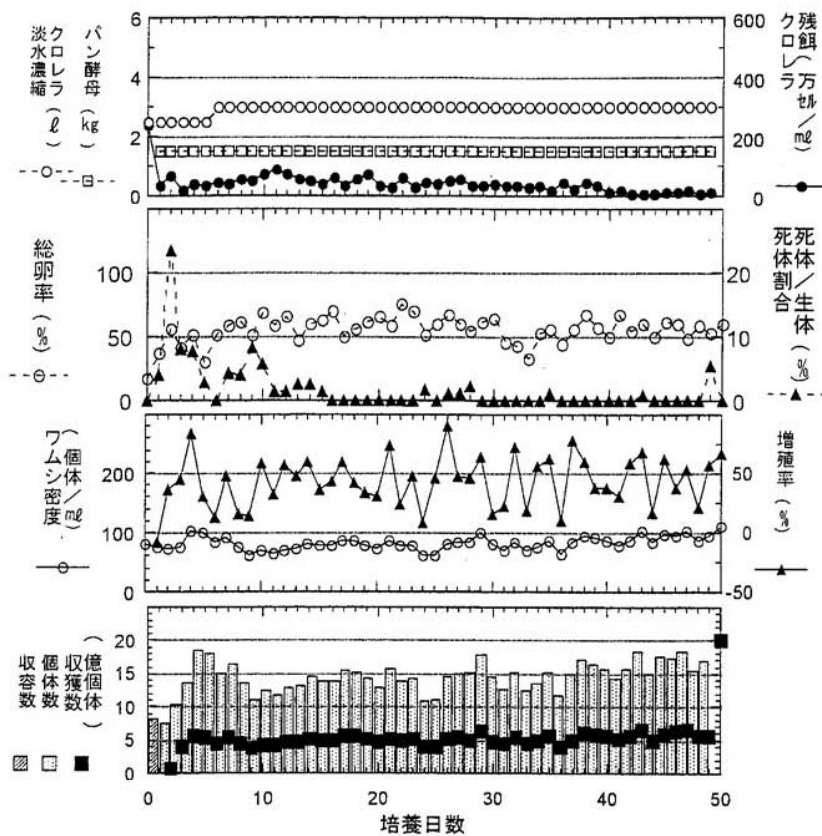


図4 20-1水槽によるL型ワムシ小浜株の粗放連続培養結果

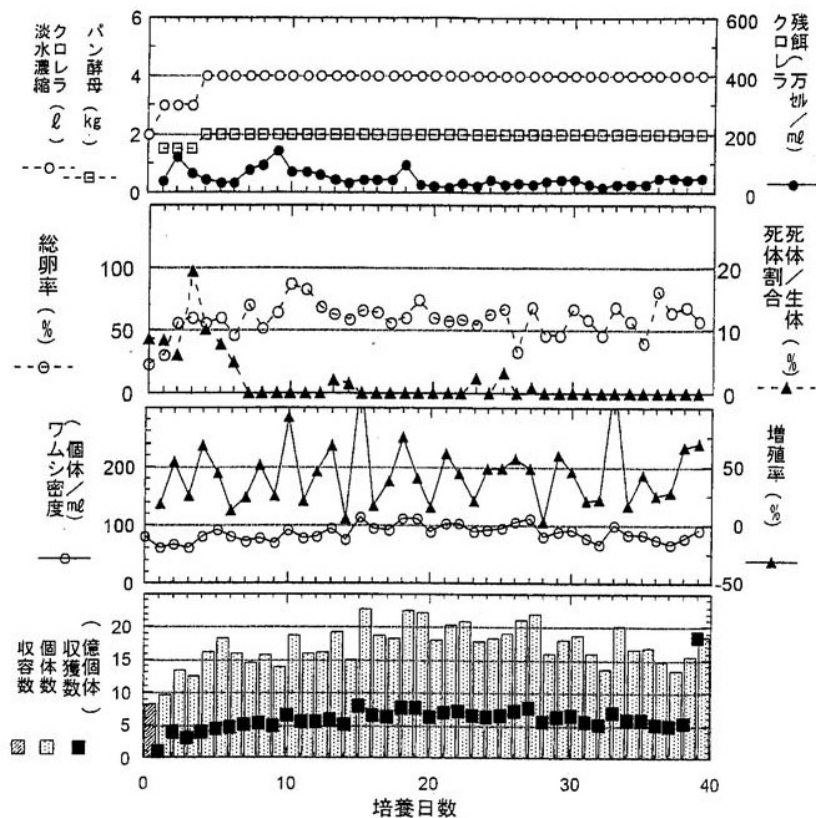


図5 20-3水槽によるL型ワムシ浜株の粗放連続培養結果

槽は、培養開始後10～20日目のワムシ密度が不安定(73～161個体/ml)であったものの、貝化石粉末を3日間連続添加することで回復した。また、5-1水槽の37日目と5-2水槽の19日目に加温系の不調により8℃以上の水温低下で一旦11.4℃まで下がったが、培養への影響は少なく、期間を通じておおむね安定した培養ができた(図2, 3)。培養日数は、5 kℓ水槽が98日と65日、20kℓ水槽が50日と39日であった。それぞれの水槽の最終日でも培養破綻を示す兆候はなく、さらなる培養の継続が可能であったと判断された。単位生産は、5 kℓ水槽が平均0.43億個体/kℓ/日、20kℓ水槽が平均0.29億個体/kℓ/日であった(表2)。

収穫数は5 kℓ水槽が289.4億個体、20kℓ水槽が485.4億個体、合計774.8億個体であった(表2)。回収数は5 kℓ水槽が369.2億個体、20kℓ水槽が633.4億個体、合計1102.6億個体であり、培養槽から収穫槽への収穫数に対して5 kℓ水槽では1.276倍、20kℓ水槽では1.305倍であった。収穫槽内での増殖によって、収穫槽内のワムシ密度は計算上 $N_0(e^r - 1)/r$ とされている¹³⁾。この式に培養実績のrを代入して求めた収穫槽内のワムシ密度の培養槽内のワムシ密度に対する比は、5 kℓ水槽では1.174倍、20kℓ水槽では1.196倍であった。収穫槽からのワムシの回収は毎日ではなく種苗生産の需給に応じて臨機応変に行っていたために収穫槽内での滞

留時間が長くなったことで、計算値よりも高い値になったと考えられる。粗放連続培養では培養槽内のワムシ密度を安定状態に保ちながら、仔魚飼育への供給との需給調整を収穫槽で行えるが、収穫槽内で長期間滞留するとワムシが飢餓状態となって品質低下の懸念がある。今後は、収穫槽への給餌の検討が必要である。

安定連続培養期の給餌量に対する収穫数は以下となった(表3)。5-1水槽では給餌量を1日当り市販濃縮淡水クロレラ1ℓとパン酵母0.5kgで収穫率0.34で一定量とした38～97日目のワムシ収穫数の平均値±標準偏差は 1.86 ± 0.22 億個体であった。5-2水槽では同条件とした31～64日目のワムシ収穫数の平均値±標準偏差は 1.87 ± 0.24 億個体であった。20-1水槽では給餌量を1日当り市販濃縮淡水クロレラ3ℓとパン酵母1.5kgで収穫率0.34で一定量とした7～49日目のワムシ収穫数の平均値±標準偏差は 5.16 ± 0.72 億個体であった。20-1水槽では給餌量を1日当り市販濃縮淡水クロレラ4ℓとパン酵母2.0kg、収穫率0.37で一定量とした7～38日目のワムシ収穫数の平均値±標準偏差は 6.23 ± 0.92 億個体であった。4事例の市販濃縮淡水クロレラ1ℓとパン酵母0.5kg当りの収穫ワムシ個体数は1.75億個体であり、ほぼ安定した結果であった。

今年度の培養の日間増殖率は、5 kℓと20kℓ水槽の両者とも約40%/日を中心により毎日上下に大きく変動した。

しかしながら、2日続けて減少することはほとんどなく、収獲数は上記のようにほぼ安定していた。これは、給餌量が一定であることでケモスタット式管理によるワムシ個体群自体の自律的な密度調節が順調に機能した結果と考えられる。すなわち、給餌の絶対量を一定にすることで、ワムシの活性が高く卵率が上がりワムシ密度が上昇した時には、多くのワムシが餌を分けるためにワムシ1個体当りの餌の割り当てが下がることになり、卵率と増殖率が下がり、反対にワムシ密度が下がった時には、ワムシ1個体当りの餌の割り当てが増えて、卵率と増殖率が上がり、密度が上がる力が働いたものと考えられる。また、5-1事例の培養29～34日には、淡水クロレラとパン酵母の給餌量を2倍に増やしたことでその3日後には顕著に培養密度が上がり、給餌量に応じた生産量の調整が可能であることが実証された(図2)。水温30℃のS型ワムシでの装置連続培養では¹²⁾、給餌量を倍増させると翌日にはすぐにワムシ密度と収獲数がほぼ倍増している。ともに給餌量の倍増によりワムシ密度と収獲数がほぼ倍増した

点は同様であるが、反応日数には違いがあり、これは培養水温が違うことを反映している。一方、作業面では、両水槽群とも粗放連続培養の導入により培養水の抜き取り及び水槽の洗浄が顕著に軽減され省力化が促進された。

表4に平成14年度に実施したS型ワムシの72時間植え継ぎ培養法と平成15年度に行ったL型ワムシの粗放連続培養の給餌を比較した。淡水クロレラとパン酵母の給餌比率は、今年度の粗放連続培養では1ℓに対し0.5kgとしたが、昨年の植え継ぎ培養では1ℓに対し1kgとしていた。今回の粗放連続培養では昨年の植え継ぎ培養法よりも淡水クロレラの給餌割合を多くしたが、今後、L型とS型ワムシの培養特性や効率化、省力化、安定培養などの側面を含めて検討が必要である。ワムシ1億個体当りの餌料費は、昨年のS型ワムシ植え継ぎ培養法では308円であったのに対し、今年のL型ワムシ粗放連続培養では355円であった。個体重量をL型ワムシが約3μgでS型ワムシが約1μgであったと仮定すると、15%の餌料費の増大によって収

表3 安定連続培養期の給餌量とワムシ収獲数

培養水槽	安定連続培養期 培養日数範囲	収獲率	ワムシ収獲数(億個体/日)				濃縮淡水クロレラ1ℓとパン酵母 0.5kg当り収獲個体数(億個体)	
			1日の給餌量		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
			濃縮淡水クロレラ (ℓ)	パン酵母 (kg)				
5-1	38-97	0.34	1	0.5	1.86	0.22	1.86	0.22
5-2	31-64	0.34	1	0.5	1.87	0.24	1.87	0.24
5kℓ水槽平均							1.87	0.23
20-1	7-49	0.34	3	1.5	5.16	0.72	1.72	0.24
20-2	7-38	0.37	4	2.0	6.23	0.92	1.56	0.23
20kℓ水槽平均							1.64	0.24
全水槽平均							1.75	0.23

表4 2002年度の72時間植え継ぎ培養法と2003年度の粗放連続培養法の比較

年度	生産区分	培養方式	設定水温 (℃)	塩分濃度 (%)	総生産量 (億)	餌料給餌総量		ワムシ1億個体 生産に要する餌料費 (円/1億個体)	備考
						市販濃縮淡水クロレラ (ℓ)	パン酵母 (kg)		
2003	5-1	粗放連続培養	20	60	219.8	99.8	49.0		L型ワムシ
	5-2	〃	〃	〃	82.4	64.6	32.5		
	20-1	〃	〃	〃	284.2	141.0	70.5		
	20-2	〃	〃	〃	293.4	155.0	76.5		
合計					879.8	460.4	228.5	355	
2003	20-1	72時間植え継ぎ培養	23	100	235.0	98.5	115.0		S型ワムシ
	20-2	〃	〃	〃	263.9	86.0	98.5		
	20-3	〃	〃	〃	338.9	109.0	120.5		
	20-4	〃	〃	〃	341.2	105.0	122.0		
合計					1,179.0	398.5	456.0	308	

獲ワムシ重量が約3倍となったことを意味し、今年の粗放連続培養の効率が良いことを示唆している。しかしながら、両者ではワムシ株と培養方式および水温も異なるため判然としない。今後の詳細な比較検討が必要である。

宮古栽培漁業センターでは、初めての粗放連続培養であったが、おおむね培養も安定的であり、省力化、効率化が図れた。しかしながら、今回の単位生産量は0.25~0.47億個体/kℓ/日であり、1日の最大生産量は5kℓ水槽2面と20kℓ水槽2面で約17億個体であり、今後ワムシ使用量が増加した場合の対処法を考えなくてはならない。能登島栽培漁業センターでは、単位生産量0.99億個体/kℓ/日で129日間の安定培養事例があるため、宮古栽培漁業センターでも検討が必要である。一方で、回収ワムシ数から飼育に供したワムシは37.2%であり、62.8%は廃棄となった。技術開発中の魚種では飼育の必要数が安定しないために準備したワムシが不要となる割合が多いのは仕方ない面があるが、飼育の需要変動に過不足無く対応するための工夫が必要である。

また、本培養試験では60%希釈海水を用いて培養を行ったが、収穫したワムシを100%海水で栄養強化する際に、活力低下や個体数の減少が生じた事例があった。小磯⁹⁾の結果に基づいて、60%希釈海水で培養したワムシを100%海水に収容して問題ないと判断したが、ビーカーレベルの試験結果と量産規模では異なる可能性がある。一方、能登島栽培漁業センターでは60%希釈海水で培養したワムシを80%希釈海水により栄養強化して100%海水の飼育水槽に給餌しており、活力低下等は報告されていない。同様な方式にするか、または80%希釈海水での培養とするかの検討が必要である。

文 献

- 1) 日本水産学会編(1983)「水産学シリーズ44, シオミズツボワムシ-生物学と大量培養」, 恒星社厚生閣, 東京.
- 2) 平田八郎・森 保樹(1967) 食用イースト給餌によるしおみずつばわむしの培養. 栽培漁業, 5, 36-40.
- 3) 日野明德(1994) 種苗生産. 「水産学シリーズ100号・現代の水産学」(日本水産学会出版委員会編), 恒星社厚生閣, 東京. pp.124-131.
- 4) 深田哲夫(1987) クロレラの大量培養と水産への応用. 昭和62年度栽培漁業技術研修事業基礎理論コース, 餌料生物シリーズ No.1, 日本栽培漁業協会, 1-26.
- 5) Maruyama, I., Y. Ando, T. Maeda, and K. Hirayama (1989) Uptake of Vitamin B12 by Various Strains of Unicellular Algae *Chlorella*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 1785-1790.
- 6) 丸山 功・金丸彦一郎・中村展男・安藤洋太郎・平山和次(1990) ビタミン B12含有クロレラ給餌によるシオミズツボワムシの開放培養. 水産増殖, 38, 227-231.
- 7) 吉村研治・宮本義次・中村俊政(1992) 濃縮淡水クロレラ給餌によるワムシの高密度大量培養. 栽培技研, 21, 1-6.
- 8) 吉村研治・北島力・宮本義次・岸本源次(1994) 濃縮淡水クロレラ給餌によるシオミズツボワムシの高密度培養における増殖阻害要因について. 日本水産学会誌, 60(2) 207-213.
- 9) 吉村研治(1995) シオミズツボワムシの高密度大量培養システム(上). 養殖, 114-118.
- 10) 吉村研治(1995) シオミズツボワムシの高密度大量培養システム(下). 養殖, 116-118.
- 11) Fu, Y., A. Hada, T. Yamashita, Y. Yoshida, and A. Hino (1997) Development of a continuous culture system for stable mass production of the marine rotifer *Brachionus*. *Hydrobiologia*, 358, 145-151.
- 12) 日野明德(1998) 人にやさしい種苗生産システムの開発 ワムシ連続培養装置. アクアネット, p.45-48.
- 13) 社日本栽培漁業協会(2000) 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, 81-91.
- 14) 社日本栽培漁業協会(2000) 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, 92-117.
- 15) 桑田博(2001) ワムシの粗放連続培養 既存水槽で行う低予算・省力化培養アクアネット. 4(12), 22-28.
- 16) 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. 日本水産学会誌, 67(6), 1140-1141.
- 17) 社日本栽培漁業協会(2000) 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, 119-130.
- 18) 桑田博(2002) シオミズツボワムシの高密度宅配養殖1:76-79.
- 19) 小磯雅彦(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(1), 41-46.