

大型水槽によるティグリオプスのシオミズツボワムシ との混合生産（４月－８月）

福所邦彦・原 修・岩本 浩・北島 力

Mass Production of the Copepod, *Tigriopus japonicus*, in Combination
with the Rotifer, *Brachionus plicatilis*, Feeding Baking
Yeast and Using Large-Scale Outdoor Tanks
(April - August)

Kunihiko FUKUSHO, Osamu HARA, Hiroshi IWAMOTO,
and Chikara KITAJIMA

前報¹⁾では、イースト（パン用生酵母）によるシオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* O. F. Müller（以下ワムシと呼ぶ）の生産過程に多量に出現するティグリオプス *Tigriopus japonicus* Mori の採取結果について述べた。そして、その採取量（83 kg）は、マダイ *Pagrus major* (Temminck and Schlegel) の種苗を100万単位で生産する際に、他餌料と併用することにより有効化することを報告した^{1,2)}

今回、前報¹⁾の方法におけるティグリオプスの増殖機構の解明とさらに経済的で安定した生産方法の確立を目的として、長崎水試増殖研究所において1976年4月－8月にかけて、ティグリオプスのワムシとの混合生産試験を行なったので、その概要を報告する。

本文に入るに先立ち、終始実験に御協力いただいた東京水産大学学生大和史人氏ならびに京都大学学生阿部良人氏に厚くお礼申し上げる

材料および方法

生産槽 屋外200 t槽（10.0×15.0×1.7 m，有効水深1.4 m）A，B両槽を用い，遮光その他の処置は全く行なわなかった。通気は，径19.0 mmのビニール管6－8本を配し，満水時でも水面が烈しく盛り上る程度に行なった。

クロレラの増殖 1976年4月20日，別槽にストックしておいたクロレラ *Chlorella* sp. 海水100 tをB槽に注ぎ，その後適時生海水を加えて4月30日満水とした。この間の水温は18.4－21.0℃で，クロレラは 4×10^6 細胞/mlであった。A槽においては，5月3日に，別槽にストックしておいたクロレラ海水50 tを注ぎ，生海水を50 t加えて，硫酸，過磷酸石灰，尿素をそれぞれ100，10，10 g/t程度の割合で施肥し，その後適時海水を加えて5月8日満水とした。この間の水温は15.6－18.8℃，クロレラは 11×10^6 細胞/mlに増殖した。

ワムシの接種 A槽では5月9日，B槽では4月30日に，イースト（K社のパン用生酵母）とク

クロレラとの併用給餌で生産したワムシの接種を始め、A槽では6日間、B槽では5日間にわたって接種し、両槽における接種終了時のワムシ密度は各々39.6、16.6個体/mlであった。

ワムシの接種時にティグリオプスが混入することはあるが、ティグリオプスの接種は全く行なわなかった。

イーストの給餌 生産槽のワムシ100万個体に1gのイーストを、1日2回に分けて給餌した。

ワムシ密度の推定方法 毎日午前9-10時の間に生産槽から採水し、一定量の水中の個体数を顕微鏡下で数え、槽内のワムシ密度を推定した。

ティグリオプスの採取方法 エアークリフト式の採取器の構造その他は前報¹⁾に示した通りで、生産槽中に設けた。採取ネットは目合300 μ のゴース布地製を用いた。前回¹⁾と異なり、夜間採取時の点灯は行なわなかった。

ティグリオプス密度の推定方法 ティグリオプスの採取重量から採取個体数を算出し(成体およびコペポディッド6-3期までのティグリオプスの重量を34 μ g³⁾として)、この値を濾水量(3.0t/h)で除して密度を推定する方法と、生産槽中で通気流のある定位置から定期的に採水した1 ℓ 中の個体数から密度を調べる方法とを採った。なお、後者の方法では、成体(雌雄別)、コペポディッド、ノープリウスに分けて計数した。

結 果

イーストの給餌量 A、B両槽における全給餌量はそれぞれ693.5kg(5月10日-8月3日)、812.0kg(5月1日-8月1日)で、日間最大給餌量は両槽共に11.0kg、その推移は図1に示す通りである。

水質 実験期間中の換水、クロレラ海水の補給は全く行なわなかった。

A槽における5月9日から8月3日の間の水温推移は18.8-30.7 $^{\circ}$ Cで、各月の上・中・下旬の平均水温はそれぞれ5月20.1、20.3、23.0；6月23.4、24.0、24.5；7月26.2、27.2、28.0；8月28.6 $^{\circ}$ Cであり、B槽でもこれと大差なく、いずれも水温上昇期であった(図1)。

A槽におけるpH値は、ワムシ接種前後のクロレラ残存中には高い値を示したが、その後は7.92-8.49の間を推移した。B槽におけるpH値の推移もほぼ同じであった。

A槽における比重(σ_{15})は降雨のため経過日数に伴ない低下し、5月9日-8月3日の間の推移は25.4-17.8で、生産槽中の水は汽水化した。その後水槽を無給餌状態で放置したが、8月31日の水槽掃除までの比重は16.9-17.9の間を推移した。B槽における比重の推移も同様であった。

両槽共にワムシを最初接種して10-12日経過した頃から緑藻類が水槽内に浮遊・懸垂し始め、これらの藻類の出現と並行してティグリオプスが認められるようになった。日数の経過とともに増殖した藻類は水面を部分的に被膜状に覆い、その中にティグリオプスが多量に観察されるようになった。凋落した藻類は槽底に沈澱し、水槽掃除を行なった際には、厚さ約5cmの堆積物のパッチが認められ、その面積和は槽底の全面積の30-40%程度であった。そして、堆積物には強い硫化水素臭があった。

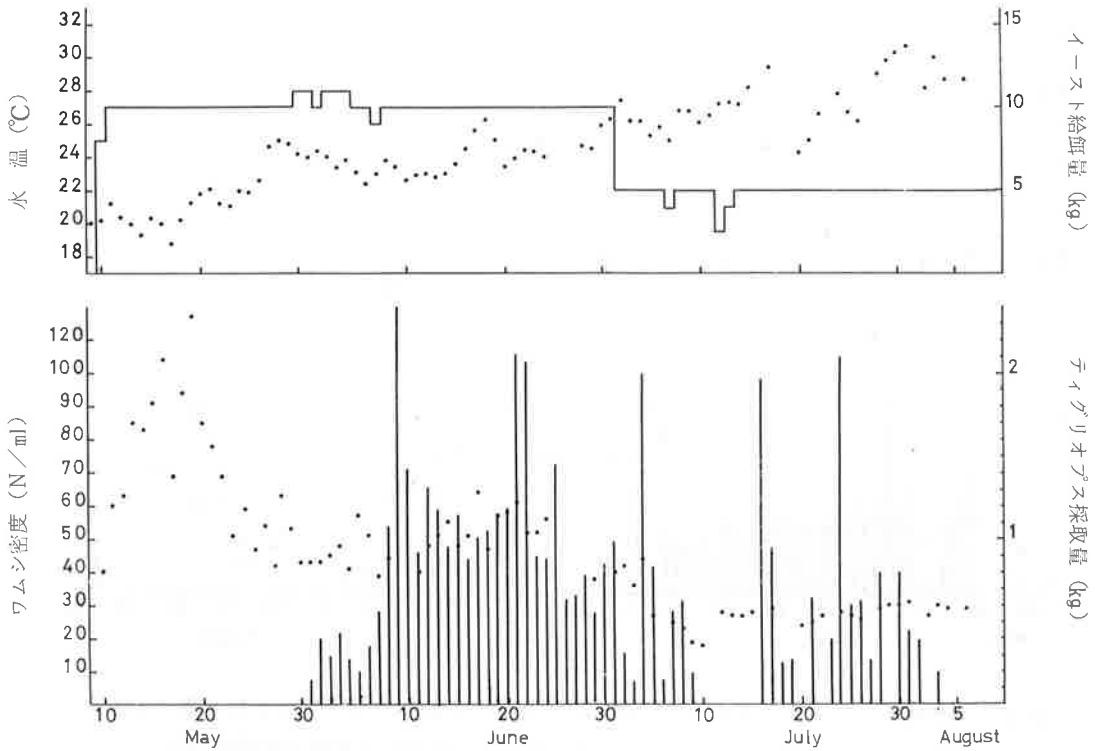


図1. A槽（200t）を用いたティグリオプスの生産試験における水温，ワムシ密度，イースト日間給餌量，ティグリオプス日間採取量の推移を示す。

表1. ティグリオプスの生産経過日数に伴う総個体数（T）に対する成体数（A），コペポディッド数（C），ノープリウス数（N）の割合および雌雄比の推移。

月 日	T (総個体数/ℓ)	♀/A	A槽			T	B槽		
			A/T (%)	C/T	N/T		A/T (%)	C/T	N/T
5 9					5				
15					32				
20					244	68.8	13.1	37.7	49.2
26	285	66.7	31.6	26.3	42.1	97.5	70.0	15.4	30.8
31	2,085	59.4	23.0	15.8	61.2	2,685	42.9	15.6	24.6
6 5	1,995	45.5	16.5	27.8	55.6	2,535	38.5	23.1	24.3
10	1,560	41.4	27.9	26.9	45.2	1,995	42.3	19.5	45.9
15	2,175	26.9	17.9	30.3	51.7	1,980	26.3	28.8	47.0
21	2,685	25.0	13.4	55.3	31.3	1,980	32.2	44.7	35.6
25	1,995	20.0	18.8	58.6	22.6	1,695	32.6	40.7	32.7
7 1	945	60.0	23.8	60.3	15.9	2,310	38.0	32.5	31.2
7	1,950	36.4	42.3	22.3	35.4	2,475	71.4	33.9	18.2
14	2,715	45.3	29.3	34.3	36.5	1,305	45.9	42.5	11.5
22	2,664	45.0	33.3	15.0	51.7	3,096	39.9	12.5	44.4
29	1,830	34.2	31.1	3.3	65.6	2,055	38.5	28.5	34.3
8 10	270	20.0	55.6	0	44.4	990	41.9	65.2	0
14	315	50.0	57.1	0	42.9	570	33.3	71.1	0
18	1,080	40.0	48.6	0	51.4	150	—	20.0	20.0
28	165	—	27.3	27.3	45.5	200	67.4	21.5	21.5
平均		41.1	31.1	25.2	43.7		45.6	31.7	27.0

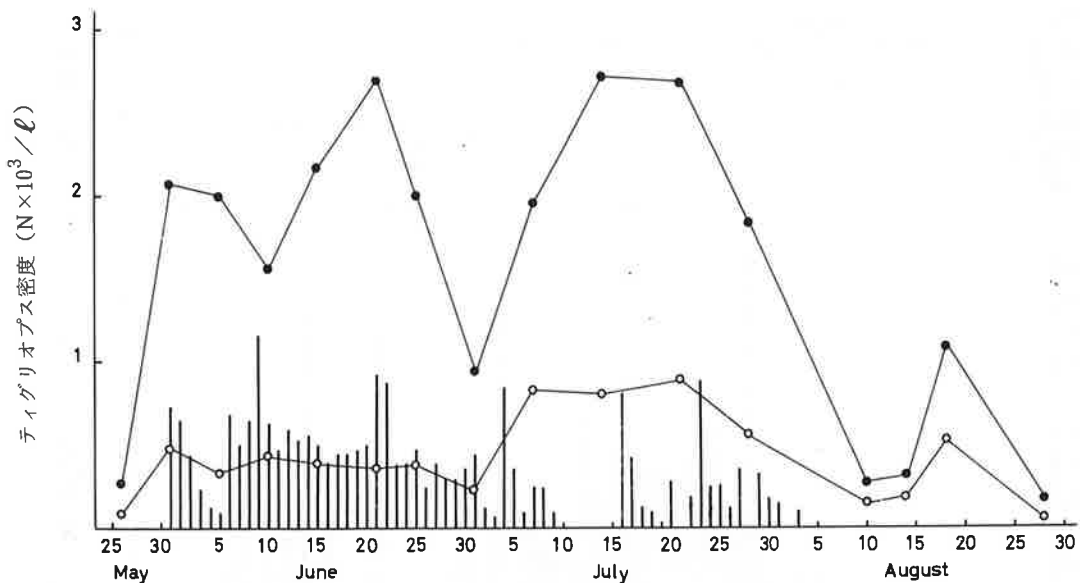


図2. A槽を用いたティグリオプス生産における経過日数に伴う総個体数(●)および成体(○)の密度の変化。棒グラフは採取量から推定した密度の推移を示す。

生産槽内の水色は、当初のクロレラによる緑色が消えた後、淡褐色—乳白色—透明化—緑色の順に変化する過程を繰り返した。水色の変化は、微小藻類の遷移によるものと推察されたが、それらの種の同定は行なっていない。

ワムシ密度の推移 接種開始後のワムシ密度の推移は、A槽で9.2—117.0、B槽で13.0—99.2個体/mlであった(図1)。

ティグリオプスの採取と利用 A槽では、ワムシを最初に接種してから23日目の5月31日、B槽では同じく26日目の5月26日にティグリオプスの採取を始めた。A槽では8月3日まで(65日間)、B槽では8月1日まで(68日間)に、それぞれ湿重量で43.2、41.3kg、計84.5kg採取した(図1)。なお、A、B両槽での日間最大採取量は2,100および2,070gであった(図1)。

採取したティグリオプスは、直接あるいは凍結保存して後、マダイの種苗生産⁴⁾に使い、一部を分折用⁵⁾に供試した。

採取量と濾水量から推定したティグリオプス密度の推移 A槽で採取を始めた時の推定密度は735個体/lで、最高1,147個体/lに達した。B槽では165個体/lで採取を開始し、最高1,127個体/lに達した。両槽での密度の推移は図2に示した通りである。

生産槽から採水した1ℓ中のティグリオプス数から推定した密度の推移 A, B両槽におけるティグリオプスの密度の推移は図2に示した通りで、成体のみの最高密度は、各槽でそれぞれ888と885個体/ℓで、コペポディッドとノープリウスも含めた総個体数の最高密度は各槽でそれぞれ2,685, 3,196個体/ℓであった。なお、経過日数に伴う両槽内のティグリオプスの雌雄比、および成体、コペポディッド、ノープリウス数の推移は表1に示した通りである。

考 察

生産槽内におけるティグリオプスの食性 天然におけるティグリオプスの食性は雑食性であることが知られ、餌料は細菌からデトリタスまで多岐にわたる⁶⁻⁸⁾。また、実験的にティグリオプスの無菌培養を行なうと、無菌化した単細胞藻類の単独給餌では増殖が行なわれず、ビタミン類等の添加により好結果が得られ、2種以上の藻類の併用給餌によって正常な成長と増殖が認められることが報告されている^{9,10)}。

ティグリオプスの生産試験に際して、アオサ類 *Ulva* sp.の微細片の給餌により高密度が得られ¹¹⁾、小型実験槽内においてもアオノリ類 *Enteromorpha* sp.の成育とティグリオプスの増殖が相関するといわれる¹²⁾。また、前回¹⁾および今回共に緑藻類の出現がティグリオプス増殖の指標となることから、緑藻類はティグリオプスの好適餌料であると考えられ、付着器およびシェルターとしての役割も果していると思われる。

ティグリオプスによるワムシ捕食実験¹³⁾では、ティグリオプスがワムシを摂餌することが確認されたので、生産槽中においてもワムシが直接餌として利用されていると考えられる。

イースト、クロレラ、原生動物、単細胞藻類、有機物のフロックおよびデトリタス等がどの程度ティグリオプスの餌として利用されているかについては今後の課題である。

ティグリオプスの生産密度 採取量から推定したA, B両槽のティグリオプスの最高密度はそれぞれ約1,150, 1,130個体/ℓで、両値は各槽の水1ℓ中のティグリオプス数から推定した値の42.8, 35.3%である。この現象は、両槽における採取時に、それぞれ57.2, 64.7%の個体数が目合300μの採取ネットから漏出することに由来している。一方、全個体数の密度が100個体/ℓ以上の時の、成体、コペポディッド、ノープリウス個体数の割合の平均値が、両槽でそれぞれ31.1, 25.2, 43.7%と31.1, 27.0, 41.9%であることから、採取ネットでは成体に加えてコペポディッドの約20-50%量が採取されていることが推定される。なお、このことについては、適正間引き法¹⁴⁾の観点から採取ネットの目合選択の根拠にするため、今後、採取物中の各ステージの個体数の割合を詳細に調べる必要がある。

ティグリオプス密度は生産槽が小型化する程高密度化が要求され、1ℓ槽¹¹⁾では30,000個体/ℓ、特殊な付着器(Hony-comb)付きの30ℓ槽¹⁵⁾では18,000個体/ℓ、1t槽^{1,16)}では15,000個体/ℓ程度の生産密度が得られることが報告されている。しかし、大型水槽ではこのような高密度下での生産と併せて、適正間引き量を把握することにより、長期間安定した採取量が得られる生産を行なうことが望ましいと考えられる。

間引き採取率 1 tパンライト水槽を用いた実験では、¹⁴⁾総個体数の密度が20,000個体/ℓに達してから間引きを始め、20日間に12回の間引きを行ない、間引きによる現存量の減少はなかったことが報告されている。この時の1回当たり平均採取量は440,000個体(湿重量20g)、平均間引き率は6%で、この値は80t槽を用いた場合でも適用すると述べられている。

今回の200t槽を用いた実験では、生産槽内の現存量の推移は表1に示した密度変化から推定できるが、採取したティグリオプスは前述のように目合300μの採取ネットにより“漁具選択”されているため、現存量と採取量(間引き量)との関係を正確に把握することは困難であり、適正間引き率については不明である。しかし、前回¹⁾と今回の生産試験の採取経験から、1日当りの適正間引き量は、ティグリオプスの総個体数の密度が2,000-3,000個体/ℓに達した場合、1kg程度と考えられる(図1)。このことは、小型槽での実験結果¹⁴⁾を、生産密度と間引き量を考慮して200t槽に拡大して考えた場合の値とほぼ一致する。

イースト単位給餌量当りのティグリオプスの生産量 イースト1kg給餌当りのティグリオプス生産量は前回は45.0-50.2g、今回は50.9-62.3gである(表2)。この値のみから判断すると、今回の生産の方がやや能率良く行なわれたことになるが、前回には生産期間中両槽から約318億個体のワムシを採取(接種量は459億個体)したことを考慮する必要がある、イースト1kg給餌量当りのティグリオプスの生産量はさらに多くなる可能性もある。

一方、イーストを直接摂餌して増殖するワムシの場合の同値は、クロレラ併用給餌で200-860g、平均420g、¹⁷⁾イースト単独給餌で380-400g、平均390g¹⁸⁾で、ティグリオプスの場合の約10倍である。ティグリオプスがイーストで増殖したワムシを摂餌し、イーストを間接的に利用すると考えると、この値は妥当と思われる。また、この値はかなり安定したもので、今回の方法による生産では、飛躍的に増大しないことも考えられる。

要 約

1976年4月から8月にかけて、長崎水試増殖研究所の屋外200t水槽2面(A, B)を用いて、イースト(パン用生酵母)給餌によるティグリオプスのシオミズツボワムシとの混合生産試験を行ない、次の結果を得た。

- 1) A槽43.2, B槽41.3, 計84.5kgのティグリオプスを採取した。
- 2) A, B両槽における全給餌量はそれぞれ693.5, 812.0kgで、日間最大給餌量は両槽共に11.0kgであった。
- 3) イースト1kg給餌当りのティグリオプス生産量はA, B両槽でそれぞれ62.3, 50.9gであった。
- 4) A, B両槽におけるティグリオプスの最大密度(成体, コペポディッド, ノープリウスを含む)は、それぞれ2,685, 3,196個体/ℓであった。
- 5) 今回の生産方法で、ティグリオプス密度が2,000-3,000個体/ℓに達した場合の1日当りの適正間引き量は約1kgと推定された。

文 献

- 1) 福所邦彦・原 修・吉尾二郎, 1976: パン酵母によるシオミズツボワムシの生産過程に出現するティグリオプスの採取記録. 長崎水試研報, (2), 117-121.
- 2) 福所邦彦・原 修・吉尾二郎, 1976: 大型水槽によるマダイの種苗量産. 同上, 92-100.
- 3) 長崎県水産試験場増養殖研究所, 1976: 魚類の初期餌料用動物プランクトンの探索と大量培養研究報告書-IV. 9 pp.
- 4) 福所邦彦・原 修・山本博敬・岩本 浩・北島 力, 1977: 配合飼料を併用した大型水槽によるマダイの種苗量産, 雑誌「水産増殖」に投稿中.
- 5) 渡辺 武・福所邦彦・大和史人・隆島史夫・野村 稔, 1976: 種苗生産における初期生物餌料の栄養価に関する研究-II. 昭和51年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p 41.
- 6) 安楽正照, 1963: 橈脚類の食性について. 日本プランクトン研究連絡会報. (9), 10-35.
- 7) 高野秀昭, 1968: シオダマリミジンコ. 養殖(緑書房, 東京), (8), 105-108.
- 8) 代田昭彦, 1975: 水産餌料生物学, 14・2・5 海産橈脚類. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 460-463.
- 9) Shiraishi, K. and L. Provasoli, 1959: Growth factors as supplement to inadequate algal foods for *Tigriopus japonicus*. Tohoku J. Agr. Res. 10(1), 89-96
- 10) 白石景秀, 1966: 微小甲殻類の無菌培養と栄養生理. 日本プランクトン研究連絡会報, (13), 49-54.
- 11) 福岡県福岡水産試験場, 1976: 昭和50年度魚類の初期餌料としての動物プランクトンの探索と大量培養研究連絡会議資料(騰写刷). 6 pp.
- 12) 平田八郎・門脇秀策・山崎繁久・平田郁夫・加藤芳樹・前 香二・山内達也, 1976: 飼育生態系における動物プランクトン (*Brachionus* および *Tigriopus*) の恒常生産について. 昭和51年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p 75.
- 13) 長崎県水産試験場増養殖研究所, 1977: 魚類の初期餌料用動物プランクトンの探索と大量培養研究報告書-V.
- 14) 福岡県福岡水産試験場, 1976: 昭和51年度指定調査研究(魚類の初期餌料としての動物プランクトンの探索と培養研究)中間報告会資料(騰写刷). 22 pp.
- 15) 兵庫県立水産試験場, 1976: ハニコーム・チューブを付設した水槽による *Tigriopus japonicus* の培養について(予報). 昭和51年度指定調査研究中間報告分科会資料(騰写刷), 5 pp.
- 16) 熊本県水産試験場, 1976: 昭和51年度指定調査研究(魚類の初期餌料としての動物プランクトンの探索と培養研究)中間報告会資料(騰写刷). 43 pp.

- 17) 神田高司・与賀田稔久・北田哲夫，1977：海面小割を用いた簡易種苗生産・養殖（緑書房，東京），（1），110-115.
- 18) 福所邦彦・原 修・吉尾二郎，1976：大型水槽でのクロレラ・イースト併用によるワムシの量産．水産増殖，24（3），96-101.