

パン酵母によるティグリオプス生産における クロレラ添加の効果

福所邦彦・岩本 浩・青海忠久・北島 力

Effects of Initial Supply of *Chlorella* sp. on the Copepod
Tigriopus japonicus Production in Combination
with the Rotifer *Brachionus plicatilis*,
Feeding Bakers' Yeast

Kunihiko FUKUSHO, Hiroshi IWAMOTO, Tadahisa SEIKAI, and
Chikara KITAJIMA.

コペポダ類のティグリオプス *Tigriopus japonicus* Mori の増殖方法には、緑藻類の微細片給餌によるもの^{1,2)}やその他³⁾があるが、パン酵母給餌によるシオミズワボウムシ *Brachionus plicatilis* O.F. Muller (以下ワムシと呼ぶ)との混合生産が効果的であることが判っている^{4~6)}。この方法は、当初生産槽にクロレラ *Chlorella* sp 海水を満してからワムシを接種し、この時混入するティグリオプスを“元種”として両種の混合増殖を図るものである。

1977年5月~7月のマダイ種苗生産と並行して行なった屋外200t槽2面を用いた生産実験では、クロレラの増殖が不調であったためクロレラ海水の代わりに砂濾過海水を満たしてワムシを接種した。その結果、ティグリオプスは計3.6kg

を採取したのみで、その総個体数の最高密度も両槽でそれぞれ936個体/ℓ、394個体/ℓと低かった。そこで、同方法によるティグリオプスの生産におけるクロレラ海水使用の効果の有無を明確に調べるための実験を行なったので、概要を報告する。

材料および方法

生産槽 屋外200t槽(10×15×1.7m、有効水深1.4m)A、B両槽を実験区と対照区として用い、遮光その他の処置は全く行なわなかった。通気は径19mmのビニール管6本により、水面が激しく盛り上がる程度に行なった。

クロレラ海水の添加とワムシの接種 1977年10月4日、A槽に他槽で増殖したクロレラ海水

(約1000万細胞/ml)を、B槽に砂濾過海水を満した後、別槽でパン酵母を給餌して生産したワムシをそれぞれ接種した。ワムシの接種密度はA槽7.8個体/ml、B槽5.4個体/mlであった。

なお、A槽へのクロレラ海水の添加は実験開始時のみで、その後添加および換水は全く行なわなかった。B槽においても同様である。

パン酵母の給餌 A槽では緑色が消え始めた10月6日より、B槽では当初からパン酵母(O社製パン用生酵母、1包500g)の給餌を始め、ワムシ100万個体に約1g/日の割合で、午前中に1回給餌した。なお、給餌量の上限を10kg/日とした。

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、一定水量中のワムシ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 小型水中ポンプ(出力0.15KW)とゴース布地製採取ネット(径30cm、長さ90cm)を用いて水槽内で濾水し、ティグリオプスを採取した。水中ポンプは、水槽中に繁茂する緑藻類が採取中に混入するのを防ぐため、A・B両槽隅に240径モジ網製ネット(1×1×1.5m)を浮べ、その中に取水口が水面下約50cmになるように吊下した。吐出口にはビニール管(径32mm、長さ約10m)を接続し、その先端に採取ネットを着けた。そして、採取時の濾水量はA槽で6.8t/h、B槽7.7t/hであった。

なお、採取量が約2kg以上見込まれる場合には径50cm、長さ1.2mの採取ネットを用いた。採取したティグリオプスの秤量は混入した緑藻類等を除去してから十分に水を切って行なった。

ティグリオプス密度の推定方法 A、B両槽で通気流の十分ある個所から、定期的に採水した1ℓ中の個体数から密度を調べる方法と、ティグリオプスの採取重量から採取個体数を算出し(ティグリオプス1個体の重量を 34×10^{-9} gとして)、この値を濾水量で除して密度を推定する方法とを採った。なお、前者による方法では成体(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

パン酵母の給餌量 1977年10月4日から78年1月13日までのパン酵母の全給餌量はA槽866.0kg、B槽302.5kgで、両槽における日間給餌量の推移は図1および図2に示す通りである。

ワムシ密度の推移 A槽のワムシ密度は接種後23日目までは直線的に増加し80個体/mlに達した(10月28日)が、その後の12日間にやや低下した。そして、再び密度が増加した後53個体/mlまで低下した(11月21日)が、その後は殖え続け163個体/ml(1月5日)に達した(図1)。

B槽では、接種後ややワムシ密度が低下したが5日目から直線的に増加し58個体/mlに達した

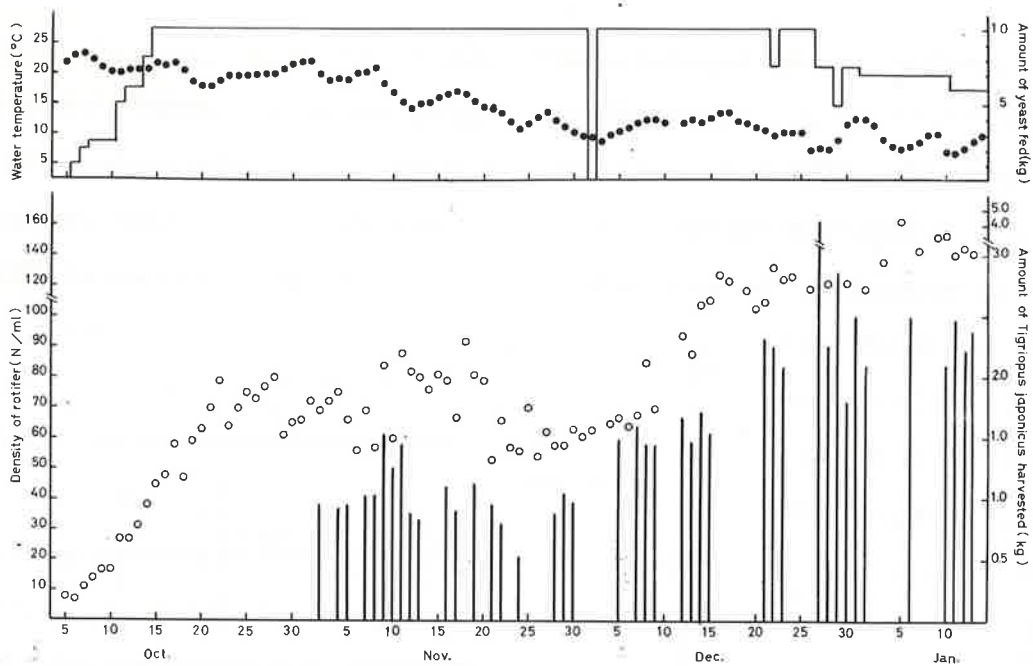


Fig.1. Record on the production of the copepod *Tigriopus japonicus* Mori in combination with the rotifer *Brachionus plicatilis* O.F.Muller, using tank A(outdoor 200t, with initial supply of *Chlorella* sp.), from October 5, 1977 to January 14, '78.

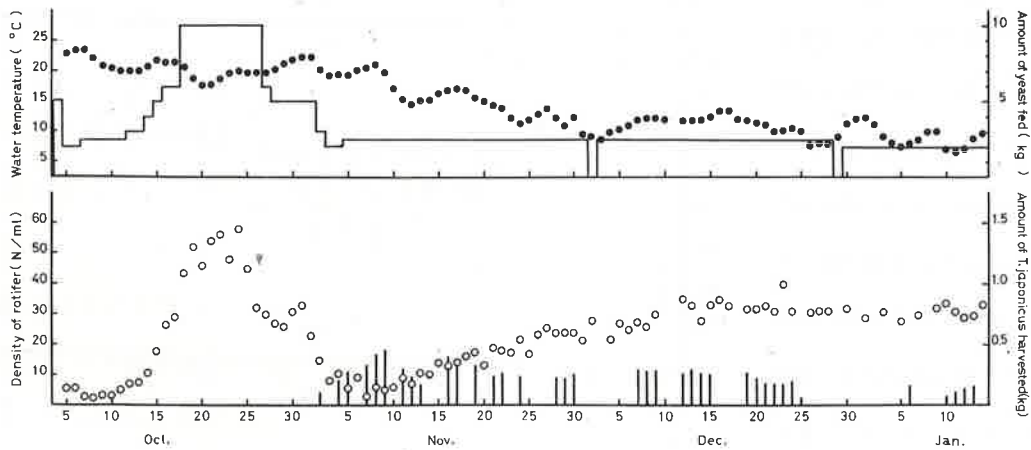


Fig.2. The record as in Fig.1, using tank B(without initial supply of *Chlorella* sp.).

(10月24日)。その後、密度は再び4個体/
mlまで下り(11月7日)、さらにその後、ワム
シは徐々に殖え続け30個体/ml(12月9日)
に達し、その密度は実験終了まで続いた(図2)。
ワムシの形態と大きさ A, B両槽に接種した

ワムシは、後頭棘の少なく
とも4本の先端がいずれも
鈍角で尖らず、体は袋状を
呈し、また大きさ(抱卵個
体の背甲長)も210 μ 以
上であることから、大上
9)

が区別したL型に相当
する。両槽のワムシ25個
体(抱卵した成体)の背甲
長、甲幅、卵径を実験期間
中定期的に測定したところ、
それらの値の推移は両槽で
ほぼ同様であった。A槽を
例にとると、背甲長は1977
年10月20日には261.1
 \pm 17.4 μ (214~286 μ)
であったが、経過日数に伴
ない徐々に長くなり、78年
1月9日には293.4 \pm 9.9
 μ (265~316 μ)に達し
た(図3)。甲幅も、当初
164.4 \pm 9.5 μ (143~184
 μ)であったが、背甲長と

同様に徐々に広がった。しかし、12月5日以
後は甲幅の伸びが止まり、やや狭くなった(図3)。
卵径は当初136.7 \pm 9.5 μ (123~153 μ)で、
その後殆んど変化しなかった(図3)。抱卵率は
11.1~48.1%(B槽では9.0~45.3%)の間を

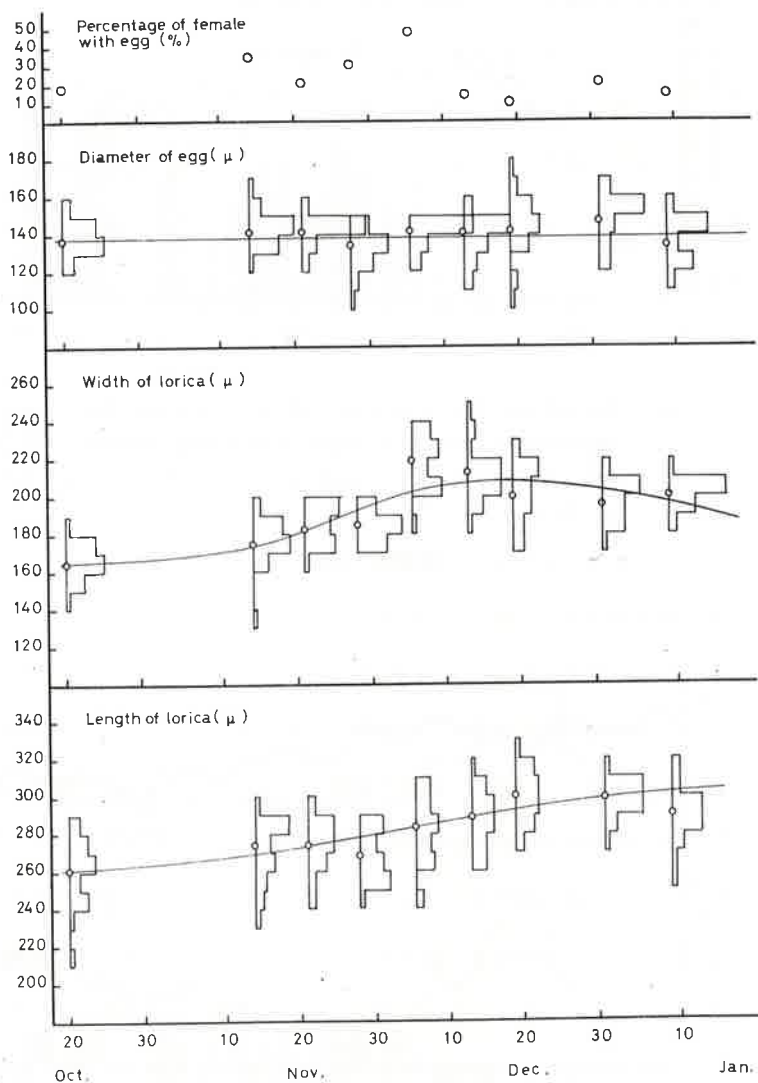


Fig. 4. Seasonal change of length and width of lorica, diameter of egg, and the ratio of female with eggs in the rotifers in tank A.

推移した。(図3)。

生産槽内の環境条件 10月4日から1月13日までの水温推移はA槽 23.3~6.9°C, B槽 23.5~6.8°Cで, 水温下降期であった。(図1, 図2)。

両槽における月毎の

pHの平均値と範囲は次の

通りであった。A槽: 10月 8.04 (7.45~8.80); 11月 7.95 (7.85~8.21); 12月 8.04 (7.70~8.30); 1月 8.24 (8.07~8.40); B槽: 10月 8.08 (7.70~8.30); 11月 8.13 (7.90~8.42); 12月 8.27 (8.05~8.55); 1月 8.33 (8.20~8.45)。

比重 (σ_{15}) は次の通りであった。A槽: 10月 26.2 (25.2~27.3); 11月 26.6 (25.3~27.4); 12月 26.6 (25.9~27.4); 1月 26.1 (25.9~26.4);

B槽: 10月 26.3 (25.4~27.5); 11月 26.8 (26.0~27.5); 12月 26.7 (26.1~27.8); 1月 26.1 (25.8~26.4)。

A, B両槽ではワムシ

接種後8日目頃から緑藻類が出現し, A槽ではその繁殖浮遊と並行してティグリオプスが多く認められるようになったが, B槽では緑藻類の繁殖とティグリオプスの増殖が並行しなかった。

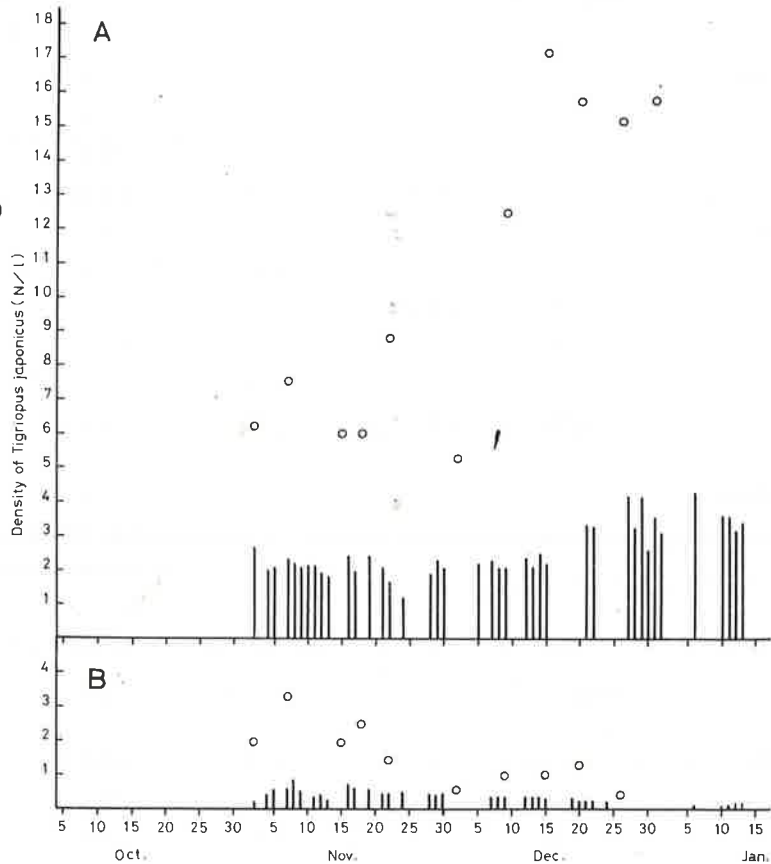


Fig.3. Comparison of the density of *Tigriopus japonicus* per one liter (total number of adults, copepodites and nauplii) between tank A and B. Bars showing the density (including adults and partial copepodites) estimated from the amount of harvests and volume of water filtered. *T. japonicus* were taken by waterproof handy pump with a harvesting net(mesh, 300) in the tanks.

Table 1. The ratio of individuals of each developmental stage in *Tigriopus japonicus* cultured in the tank A and B. Abbreviations: T, total number of individuals; A, adults; C, copepodites; N, nauplii; ♀E, females with eggs.

Date	T (Number/ℓ)	♀/A	Tank		C/T	N/T
			♀E/♀E+♀	A		
				A/T (%)		
Nov. 2	6220	38.0	66.7	22.8	35.4	41.8
7	7571	39.8	58.9	26.9	27.5	45.6
15	6033	40.8	18.2	28.0	17.6	54.5
22	8778	29.3	25.0	19.6	17.7	62.7
Dec. 2	5325	35.3	66.8	16.3	35.1	48.6
9	12516	34.8	45.2	14.9	44.3	40.8
15	17240	34.6	22.2	12.1	45.9	42.0
20	15800	40.0	38.1	13.3	41.1	45.6
26	15180	40.0	32.7	17.1	42.0	40.8
31	15792	45.6	29.0	18.1	49.5	32.5
Mean		37.8	40.3	18.9	35.6	45.5

Date	T (Number/ℓ)	♀/A	Tank		C/T	N/T
			♀E/♀E+♀	B		
				A/T (%)		
Nov. 2	1860	35.7	80.0	15.1	31.2	53.8
7	3278	50.0	35.0	26.9	15.4	57.7
15	2040	17.2	20.0	28.4	7.8	63.7
22	1460	26.3	0	26.0	6.9	67.1
Dec. 2	600	35.7	0	46.7	6.7	46.7
9	880	38.5	20.0	59.1	11.4	29.6
15	1060	53.7	18.2	38.7	19.8	41.5
20	1320	59.3	37.5	45.0	15.0	40.0
26	440	20.0	100.0	40.9	36.4	22.7
31	—	—	—	—	—	—
Mean		37.4	34.5	36.3	16.7	47.0

水色は、A槽では淡緑色ないし淡褐色であったが、B槽では淡い乳白色ないし透明に近かった。

ティグリオプスの採取量 A槽ではワムシ接種後23日目の1977年1月2日にティグリオプスの採取を始め、78年1月13日までの73日間に計41回(1日1回)の採取を行ない、日間採取量は530~4,360♀(平均1,600♀)で、総採取量は65.5kgであった。

B槽でもA槽と同日に採取を始め、同期間に計36回の採取を行ない、日間採取量は107~465♀(平均240♀)で、総採取量は8.6kgであった。

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 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は図4に示した。A槽における成体のみの最高密度は2,856個体/ℓ、コペポディッドおよびノープリウスを含めた総個体数の最高密度は17,240個体/ℓであった。B槽における成体のみの最高密度は880個体/ℓ、総個体数の最高密度は3,278個体/ℓであった。なお、経過日数に伴うティグリオプスの雌雄比(成体中の雌の割合)、抱卵率、および総個体数に対する成体、コペポディッド、ノープリウスの割合の推移を表1に示した。

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 採取量から推定した密度は、A槽で1,146~4,325個体/ℓ、B槽107~802個体/ℓであった(図4)。

考 察

クロレラ添加および無添加による生産結果比較 前述のようにクロレラ海水を用いたティグリオプスの生産結果は、これを用いない場合に比べて最大密度では約5.3倍高く、採取量でも約7.6倍多い。また、ティグリオプス1kgを生産するのに要したパン酵母量も前者は13.2kgであるのに対し、後者では35.2kgであった。これらのことから、パン酵母給餌によるティグリオプスのワムシとの混合生産では、クロレラ添加の効果が認められる。

“元種”の質と量の問題 従来からのティグリオプスの生産では、パン酵母とクロレラの併用給餌で生産したワムシを接種していたが、1977年5月~7月に行なった実験では、パン酵母の単独給餌で生産したワムシを接種した。そこで、“元種”としての質的な問題や量が懸念された。しかし、今回のクロレラ添加区ではこれまで以上の結果が得られたので、パン酵母ワムシと混在するティグリオプスも元種として適当であることが判った。一方、生産開始時の元種の量の問題は次のように考えられる。他槽で生産したティグリオプスを接種して総個体数が440~720個体/ℓの場合¹⁰⁾があったが、ワムシ接種時に混入するティグリオプスに元種を依存する場合には、少ない時で5個体/ℓ⁵⁾、多い時でも165個体/ℓ以下である。

このように接種密度が低くても、接種後 20~30 日で総個体数が約 3,000 個体/ℓ (今回は約 6,000 個体/ℓ) に達することから、生産開始時の元種量は少なくとも良いように思われる。

クロレラ添加がティグリオプス増殖におよぼす

作用 クロレラ添加の実際的な効果は前述のように明らかであるが、その作用については不明である。現象としては、クロレラ添加によりティグリオプスの生産性とワムシの増殖密度 (形態および大きさには変化をおよぼさない) が高くなること他に、原生動物等を含む生物相や懸濁物が豊富であることや、微小藻類の増殖に由来すると考えられる水色の緑色化等がある。一方、クロレラ無添加区では、添加区と逆の現象の他にティグリオプスの全個体数に対するコペポティッド数の割合が少ない (添加区の 35.6% に対して 16.7%) のが特徴である。最近、閉鎖生態系におけるフィードバックの考え方¹¹⁾ を採り入れたティグリオプスおよびワムシのクロレラ、緑藻類、細菌等との混合飼育が行なわれ、増殖実験槽中の各生物の役割が次第に明らかにされつつある^{12,13)}。大型槽を用いたティグリオプスの実際的な生産でも、ティグリオプスの成長段階毎の食性を調べ、水槽内の生物群集の遷移や相互作用を把握することが今後の問題である。

ティグリオプスの分析結果 A, B 両槽から採取して 20 分間水洗い後凍結したティグリオプスについての分析結果 (東京水産大学増殖化学研究

室の渡辺武助教授による) では、一般分析値、ミネラル、高度不飽和脂肪酸等の含有量に両者の顕著な相違は認められなかった。

要 約

1977年10月~78年1月に、長崎水試増殖研究所の屋外200t槽2面(A, B)を用いて、パン酵母によるティグリオプスの生産におけるクロレラ海水添加の効果の有無を調べ、次の結果を得た。

- 1) A槽(クロレラ添加区) 65.5kg, B槽(無添加区) 8.6kg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8660kg, 302.5kgで、日間最大給餌量は両槽ともに10kgであった。
- 3) ティグリオプス1kg生産に要したパン酵母量はA槽13.2kg, B槽35.2kg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, コペポティッド, ノープリウスを含む)は、それぞれ17,240個体/ℓ, 3,278個体/ℓであった。
- 5) 以上の結果から、クロレラ添加の実際的な効果が認められた。しかし、ティグリオプス増殖におよぼすクロレラの作用については不明である。

終りに、英文要旨について御助言をいただいた Dr. D. J. Sheehy に深謝する。

- 1) 古賀文洋, 1977: 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—Ⅳ.
昭和50年度福岡水試業務報告, 89—100.
- 2) Rothbard S., 1976: Experiments
in mass culture of the marine
copepod *Tigriopus japonicus*
(MORI) on bed of crushed sea
weed *Ulva petrusa* (KJELMAN).
BAMIDGEH, 28 (4), 80—105.
- 3) 古賀文洋, 1977: Ⅳ—3 コベポーダの生
産。マダイ種苗生産技術の現状と問題点(九州
山口ブロック水試マダイ種苗生産研究会編),
日本水産資源保護協会, 東京, pp. 138—143.
- 4) 福所邦彦・原 修・吉尾二郎, 1976:
パン酵母によるシオミズワボウムシの生産過程
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.
- 5) 福所邦彦・原 修・岩本 浩・北島 力,
1977: 大型水槽によるティグリオプスのシ
オミズツボウムシとの混合生産(4月~8月).
長崎水試研報, (3), 33—40.
- 6) 福所邦彦・北島 力, 1977: イースト給
餌によるティグリオプスのシオミズツボウムシと
の混合生産(9月~12月). 水産増殖, 25
(2), 63—67.
- 7) 大上皓久, 1976a: シオミズツボウムシ
の形態について. 伊豆分場だより, No. 148,
2—5.
- 8) 大上皓久, 1976b: シオミズツボウムシ
の変異について. 伊豆分場だより, No. 185,
5—6.
- 9) 大上皓久・前田 譲, 1977: シオミズツ
ボウムシの変異に関する研究—1. 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. 75.
- 10) 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, 24pp.
- 11) 栗原 康, 1977: 有限の生態学—安定と
共存のシステム—. 岩波新書, 東京, 187pp.
- 12) Hirata H., 1977: Zooplankton
cultivation and prawn seed-
production in an artificial
ecosystem. Helgo-länder wiss.
Meeresunters. (30), 230—242.
- 13) 平田八郎, 1978: フィードバック 養殖法の
原理とその開発への試行. 養殖(緑書店, 東京),
169, 34—37.

Abstract

The copepod *Tigriopus japonicus* is, in addition to the rotifer *Brachionus plicatilis*, one of the most important and readily available food organism used for the production of juvenile marine fish. The most practical method for copepod production is a combination culture together with the rotifer fed bakers' yeast. This method uses an initial supply of *Chlorella* in the culture tanks and was based on past practical production experience rather than scientific information. Attempts at combined culture without an initial supply of *Chlorella* conducted during May-July 1977 were unsuccessful. The present paper deals with an examination of the effect of initial *Chlorella* in production on combined copepod and rotifer culture during the period from October 1977 to January 1978.

Outdoor concrete tanks, A and B (10 x 15m, depth 1.4m) were used. Tank A was filled with *Chlorella* water, Tank B with sea water. The copepod were introduced with the rotifers at the nearly same density. Bakers' yeast was supplied at the same rate (1g/1 million rotifers/ day) in both tanks. Total harvests of the copepod for 73 days (41 times) were 65.5kg in Tank A, 8.6kg in Tank B; the maximum densities were 17, 240/ℓ and 3,278/ℓ; the same values for rotifers were 163/ml and 58/ml; the amount of yeast required for 1kg production of the copepod were 13.2kg and 35.2kg respectively.

The beneficial effect of the initial supply of *Chlorella* was well proved, however investigation on the ecological and physiological function of *Chlorella* in the culture system are left for future studies.

(Laboratory of Aquaculture, Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries, Nomozaki, Nagasaki, 851-05 Japan)