

増殖率と水質保全の面からみたシオミズツボウムシ(L型)の 適正飽食率

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
著者名	山崎,繁久 平田,八郎
発行元	水産増殖談話会
巻/号	35巻4号
掲載ページ	p. 253-257
発行年月	1988年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



増殖率と水質保全の面からみたシオミズツボムシ (L型) の適正飽食率

山崎 繁久・平田 八郎
(鹿児島大学水産学部)

Optimum Food Consumption Rate of L-Type Rotifer *Brachionus plicatilis*
in Culture on the Basis of the Growth Rate and Water Quality Maintenance

Shigehisa YAMASAKI and Hachiro HIRATA

Abstract

Optimum food consumption rate, which maintains lower pollution of culture water and higher growth rate of rotifer, was estimated on the basis of food energy distribution and water quality. Immediate dissolved oxygen demand (IDOD) was used as an indicator of the water quality.

In the first experiment, rates of food consumption and growth were determined. Five aquaria with different density levels of marine *Chlorella* sp. : 0.5, 1, 3, 5, and 8×10^6 cells/ml, were prepared and maintained at the particular density by periodical addition of concentrated algae. Rotifers were inoculated at the density of 50ind/ml. In order to maintain the selected density, rotifers were harvested every morning. At the same time, 30% of the culture medium was changed. The rate of aeration was 400ml/min. Water temperature, salinity, pH and light were adjusted at $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 20‰, 7.5 and 100lx (15L:9D), respectively. The experimental period was 2 weeks with an acclimation time of 4 days.

In the second experiment, oxygen consumption rate of rotifer and IDOD were determined at each of the previously determined food densities. A respirometer of automated type⁶⁾ was used for the measurement. The duration of each recording cycle for the culture medium with and without rotifer was 30 min. IDOD was calculated by subtracting physico-chemical oxygen consumption of the DO probe, rubber stopper, and surface of the chamber from the recorded DO value. Each group of rotifers was cultured in a 5 l conical tank, under the same environmental condition as that of the first experiment. Rotifers were acclimated to the experimental conditions for 4 days. After

受領日 : 昭和62 (1987) 年10月1日
連絡先 : 〒890 鹿児島市下荒田4-50-20
鹿児島大学水産学部 山崎繁久
Address : S. YAMASAKI, Fac. Fish., Kagoshima Univ.,
Shimoarata 4, Kagoshima 890.

changing the culture medium with filtered sea water, DO was recorded for 24h.

IDOD values related to culture age increased linearly with the regressive gradients being steeper at densities above 3×10^6 cells/ml. The growth rate of rotifer increased rapidly within the food densities between 0.5 and 3×10^6 cells/ml and became constant at higher densities. Energy loss values showed the same tendency as the growth rate. On the other hand, food conversion rate increased up to 3×10^6 cells/ml but decreased rapidly at higher algal densities. It can be deduced that above this density (3×10^6 cells/ml) water becomes polluted faster, due to an increase in energy loss. The optimum food consumption rate for L-type rotifer was estimated to be around 357% of the body dry-weight per day at the food density of 3×10^6 cells/ml. This value corresponds to about 70% of the saturated rate of food consumption.

飼育水質の保全是、シオミズツボワムシ（以下ワムシと略称）の安定飼育の重要な条件である。特にワムシの摂餌率は、飽食時には1日あたり体重の約5倍にも達する¹⁾。しかし、餌料効率はい型ワムシの場合およそ25%にとどまる²⁾ので、摂餌率が高い場合には飼育老廃物による飼育水の汚染が著しくなる。従って、水質の汚染を抑制すると同時に高い増殖率を保持する摂餌率（適正摂餌率）の検討が必要である。

飼育水の自家汚染は、ワムシの体構成に使用されなかった餌料エネルギーが飼育水中へ蓄積することに起因しており、それらの汚染物質の蓄積は飼育水の酸素要求量をも増加させる³⁾。本実験は、ワムシの飼育系内の餌料エネルギーの分散および飼育水質としての飼育水の酸素要求量の相互関係から適正摂餌率を検討し、それをもとに適正飽食率の算定を試みたものである。

材料および方法

実験は、摂餌率および増殖率の観察のための飼育実験-Aと、ワムシの酸素消費料および飼育水の酸素要求量の測定のための飼育実験-Bの2回にわけておこなった。実験Aでは、実験区として0.5, 1, 3, 5, および 8×10^6 cells/mlの5段階の海産クロレラ給餌密度区を設けた。それらの給餌密度は、濃縮海産クロレラの定期的給餌⁴⁾によって維持した。ワムシの飼育容器は13L容量のプラスチック製水槽とし、飼育水は10L収容した。飼育は、50ind/mlの収容密度で開始し、増殖分は毎日収穫した。その際、飼育水の30%を換水

すると同時に、換水による給餌密度の減少分を補給した。また、ワムシの収穫前には飼育槽中の沈積物を除去した。飼育実験は、4日間の前飼育の後2週間継続した。飼育水温は $20 \pm 1^\circ\text{C}$ に設定し、塩分濃度、pH、および照明は、それぞれ、20‰, 7.5, および100 lx (15L : 9D) に調整した。また、通気は約400ml/minの割合で施した。摂餌率、ワムシの増殖率、およびクロレラとワムシの乾重量測定は、前報¹⁾の方法にもとづいた。また、ワムシの乾重量測定は、およそ3日毎におこなった。

実験Bでは、ワムシの酸素消費量は間欠流水振蕩法^{5,6)}で測定した。その際、測定時間の間隔は30分間に調整した。このワムシの酸素消費量測定における空試験値、即ち飼育水のみを呼吸室に収容した場合の30分間の酸素消費量 (Immediate Dissolved Oxygen Demand : IDOD) は飼育水質の指標として用いた。ワムシの飼育は5 lの円錐底容器でおこない、ワムシ収容密度は約50ind/mlとした。その他の飼育条件は実験Aと同様に設定した。実験は、4日間の前飼育の後、飼育水を新しいろ過海水と交換して24時間継続した。

なお、クロレラ、ワムシ、およびワムシの酸素消費量のカロリー換算を行なうにあたり、それぞれ、5,447 cal/dry-g (n = 8), 4,523 cal/dry-g (n = 7), および4.83 cal/ml⁷⁾の値を基準値とした。また、ワムシ卵の重量および卵の酸素消費量はDOOHAN⁷⁾の値を引用した。

表1 各給餌密度におけるワムシの摂餌率, 増殖率, 酸素消費量および乾燥重量の平均および標準偏差値

Table 1 Physiological parameters of rotifer cultured at different food densities (averages and standard deviations)

給餌密度 Feeding density ($\times 10^6$ cells/ml)	摂餌率 Food consumption rate ($\times 10^3$ cells/ind/day)	増殖率 Population growth rate of rotifer (%/day)	乾重量 Dry weight of rotifer with egg (μ g/ind)	酸素消費量 Oxygen consumption of rotifer (nl/ μ g/h)
0.5	186 \pm 5	43 \pm 5	0.43 \pm 0.01	13.1 \pm 0.8
1	271 \pm 10	76 \pm 7	0.45 \pm 0.01	13.4 \pm 0.8
3	375 \pm 4	98 \pm 28	0.47 \pm 0.03	14.1 \pm 1.4
5	456 \pm 12	99 \pm 6	0.45 \pm 0.05	15.3 \pm 1.3
8	508 \pm 53	110 \pm 14	0.48 \pm 0.02	15.0 \pm 0.9

表2 各給餌密度における給餌エネルギーの分布

Table 2 Distribution of food energy at different food densities

給餌密度 Feeding density (* 2)	摂餌率 Food consumption rate (* 3)	増殖率 Growth of rotifer (* 3)	酸素消費量 Oxygen consumption of rotifer (* 3)	水中逸散率 Energy loss into medium (* 3)	日間摂餌率 Daily food consumption ratio * 1 (%/day)
0.5	9.4 (100)	1.9 (20)	1.5 (16)	6.0 (64)	186
1	13.3 (100)	3.4 (26)	1.6 (12)	8.3 (62)	264
3	17.9 (100)	4.4 (25)	1.6 (9)	11.9 (66)	357
5	23.5 (100)	4.5 (19)	1.8 (8)	17.2 (73)	468
8	25.5 (100)	5.0 (20)	1.7 (7)	18.8 (73)	508

* 1 (1日の摂餌乾重量/卵を除いたワムシ1尾の乾重量) \times 100
(dry weight of food consumption/dry weight of rotifer without egg) \times 100

* 2 単位: $\times 10^6$ 細胞/ml Unit: $\times 10^6$ cells/ml

* 3 単位:カロリー/mg/日 Unit:cal/dry-mg/day

()内の数字は給餌量を100とした場合の相対値 The numbers in parentheses are ratios.

結果および考察

ワムシの平均摂餌率は, 0.5, 1, 3, 5, および 8×10^6 cells/ml の給餌密度で, それぞれ, 186 \pm 5, 271 \pm 10, 375 \pm 4, 456 \pm 12, および 508 \pm 53 $\times 10^3$ cells/ind/day であった (表1)。それらの摂餌率は, 前報¹⁾と同様に, 給餌密度の増加に伴って高くなるが約 3×10^6 cells/ml 以上になると次第に上昇が止まって横ばい状態となる傾向を示した。ワムシの増殖率は, 0.5, 1, 3, 5, および 8×10^6 cells/ml の給餌密度で, それぞれ, 43 \pm 5, 76 \pm 7, 98 \pm 28, 99 \pm 6, および

110 \pm 14%/day となった。給餌密度に対するワムシの増殖率の上昇は, 摂餌率のそれに比べて低い給餌密度で停滞した。飼育期間中のワムシ一尾あたり (卵を含む) の平均乾重量は, 上記給餌密度順に, それぞれ, 0.43 \pm 0.01, 0.45 \pm 0.01, 0.47 \pm 0.03, 0.45 \pm 0.05, および 0.48 \pm 0.02 μ g となり, 給餌密度の差による大きな相違は見られなかった。卵を含む単位重量あたりのワムシの酸素消費量は, 低い給餌密度から順に, 13.1 \pm 0.8, 13.4 \pm 0.8, 14.1 \pm 1.4, 15.3 \pm 1.3, および 15.0 \pm 0.9 nl/ μ g/h と, 給餌密度が増加するにつれて徐々に高くなる傾向を示した。しかし, その変化は, 摂餌率およ

び増殖率のそれと比較すればわずかであった。

表2は、これらの摂餌率、増殖率、および酸素消費量のカロリー-換算値を示すとともに、それ以外の残余の分（水中逸散率、即ちenergy loss）および給餌量を100とした場合の相対値を示したものである。また、ワムシの単位体重あたりの摂餌重量をもあわせて記した。増殖率の相対値（餌料効率）は、1および 3×10^6 cells/mlの給餌密度で、それぞれ26および25%となったが、それ以外の給餌密度では19~20%の値にすぎなかった。酸素消費量（代謝量）の相対値は、 0.5×10^6 cells/mlの給餌密度から順に、16, 12, 9, 8, および7%と、給餌密度にほぼ反比例する傾向にあった。また、水中逸散率の相対値は、 $0.5 \sim 3 \times 10^6$ cells/mlの給餌密度ではほぼ64%と一定していたが、 5×10^6 cells/ml以上では73%と、およそ9%も高い値となった。

一方、飼育水のみを呼吸室に収容した場合の呼吸室全体の酸素消費量（DO電極、ゴム栓、容器表面等の物理化学的な酸素消費量を補正した値）は、いずれの給餌密度においても、時間の経過とともにほぼ様な速度で増加した。即ち、この酸素消費量と時間との間には正の相関関係がみられた（図1）。これらの回帰直線の傾き（IDODの増加速度）は、0.5, 1, 3, 5および 8×10^6 cells/mlの給餌密度で、それぞれ、0.00585, 0.0115, 0.0143, 0.0236, および0.0305と算定された（表3）。前報^{4,8)}でも述べたように、飼育水の自家汚染は有機物、言い換えれば、餌料エネルギーの水中への蓄積に起因する。つまり、飼育水

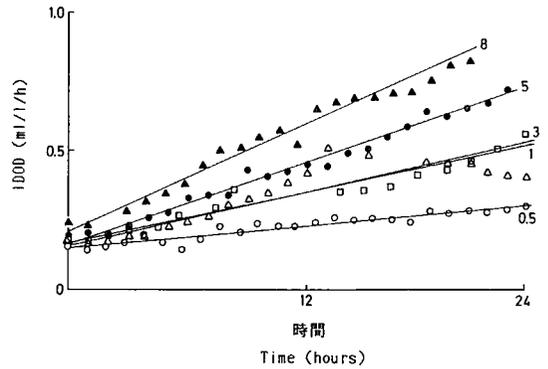


図1 ワムシの酸素消費量測定の実験値（IDOD）の時間的変化

Fig. 1 Change of IDOD for 24h at different food densities.

中へ放出された餌料エネルギーがバクテリア等の微生物の増殖のエネルギー源として用いられる過程で、水中の溶存酸素量の減少および飼育動物に対する有害物質の増加をもたらす。DO電極、ゴム栓、容器等の物理化学的な酸素消費量を補正すれば、酸素消費量測定の実験値はバクテリアおよび飼育水中の溶存物質の作用によるものと推測される。従って、これらのIDODの増加速度もBODと同様に飼育水中の汚濁を表わす指標として使用できるものと考えられる。

上記観点から、IDODの増加速度に対する、ワムシの増殖率、餌料エネルギーの水中逸散率、および餌料効率の関係を検討した（図2）。ワムシの増殖率との関係では、 3×10^6 cells/mlの給餌密度付近を境にして、それ以上の給餌密度ではIDODの増加速度が急激に大きくなった。また、

表3 各給餌密度における呼吸室の酸素消費量の増加速度
Table 3 Increasing rate of oxygen reduction of the culture medium of rotifer in a respiration chamber for 24h

給餌密度 Food density ($\times 10^6$ cells/ml)	回帰直線の傾き Gradient of regression line (O_2 ml / ℓ / h^2)	相関係数 Correlation coefficient	n
0.5	0.00585	+0.92	25
1	0.0115	+0.83	18
3	0.0143	+0.97	16
5	0.0236	+0.99	23
8	0.0305	+0.98	21

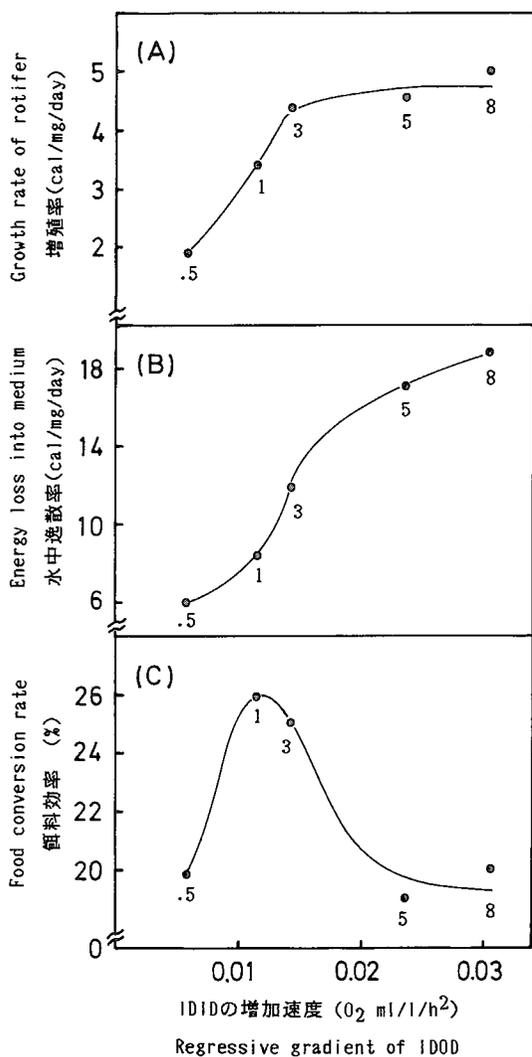


図2 回帰直線の傾き (IDOD の増加速度) と、ワムシの増殖率 (A), 餌料エネルギーの水中逸散率 (B), および餌料効率 (C) との関係。図中の数字は給餌密度を表わす

Fig. 2 Relationships of the gradient value calculated from each regression line of IDOD (Fig. 1) to the growth rate of rotifer (A), the energy loss (B) and the food conversion rate (C). Respective numbers in the figure mean food densities.

水中逸散率との関係でもワムシの増殖率との関係と同様に、 3×10^6 cells/ml以上の給餌密度では

IDODの増加速度が急速に増大する傾向にあった。しかも、 5 および 8×10^6 cells/mlの時点の餌料効率は、 3×10^6 および 1×10^6 cells/mlの時点と比較して、およそ5~7%も低い値を示している。それらの傾向から、 3×10^6 cells/ml前後以上の給餌密度では飼育水中への餌料エネルギーの逸散が増加し、飼育水の汚濁が促進されるものと判断できる。

従って、ワムシの適正摂餌率は、乾重量を基準として 3×10^6 cells/mlの給餌密度時の357%/day付近と推察される。前報¹⁾の結果から、 8×10^6 cells/mlの給餌密度でワムシがほぼ飽食状態に達すると考えられるので、この適正摂餌率はワムシの飽食量 (508%/day) のおよそ70%と推算される。

文 献

- 1) 山崎繁久・平田八郎 (1986): L型及びS型シオミズツボワムシの摂餌率. 水産増殖, 34, 137-140.
- 2) YAMASAKI, S., D. H. SECOR and 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.
- 3) YAMASAKI, S., H. HIRATA, S. H. CHEAH, K. J. ANG and A. Z. ABIDIN (1987): Functions of a stream unit on the growth of phytoplankton, zooplankton and fish fry in a new tank system. (Aquacultural Engineering に投稿中).
- 4) 山崎繁久・平田八郎 (1985): シオミズツボワムシ (*Brachionus plicatilis*) の摂餌率および増殖率に及ぼす給餌密度の影響. 水産増殖, 32, 225-229.
- 5) YAMASAKI, S. and H. HIRATA (1982): An electrode respirometer for planktonic organisms. *Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ.*, 31, 141-288.
- 6) HIRATA, H. and S. YAMASAKI (1987): Effect of feeding on the respiration rate of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Hydrobiologia*, 147, 283-288.
- 7) DOOHAN, M. (1973): An energy budget for adult *Brachionus plicatilis* Müller (Rotatoria). *Oecologia*, 13, 352-362.
- 8) 山崎繁久・平田八郎 (1984): シオミズツボワムシ (*Brachionus plicatilis*) の摂餌と成長に及ぼす餌料密度の影響. 鹿大水紀要, 33, 57-61.