

呼吸消費を利用した階段状酸素条件による魚の飼育

米 盛 亨*・田 中 芳 喜*

Fish Culture with Gradients in Oxygen Content exploiting their own Respiratory Consumption

Tooru YONEMORI* and Yoshiki TANAKA*

Abstract

In order to prepare groups of experimental fish for a further study on swimming power measurement, a 60 days culture using *Tilapia mossambica* was designed.

The apparatus was composed of tanks, syphons, filters, and a submersible pump; and each of them were carefully arranged to form a circulating system.

Prior to the fish culture, a preliminary test without fish and aeration was executed; and a conclusion was obtained that there was no O₂ dissolution into the system.

The culturing test was carried out keeping a group of 25 *Tilapia* in each 200 l tank, and D. O. values for each tank were recorded at 5:00 in every afternoon.

In this experimental culture, D. O. values for each tank were significantly ordered. According to the conclusion from the preliminary test, the differences in D. O. value between each tank were considered to be caused by their own respiratory consumption. Therefore, O₂ consumption for each group was calculated as follows:—

Group B: 168.3 ml/kg/hr at D. O. condition of 2.0 ml/l

Group C: 142.3 ml/kg/hr at D. O. condition of 1.2 ml/l

Group D: 108.1 ml/kg/hr at D. O. condition of 0.6 ml/l

O₂ consumption for Group A may be calculated by setting a reservoir between aerating tank and tank A.

筆者らは、魚の遊泳馬力におよぼす環境条件の影響を調べるための一連の研究を行っているが、その一環として、溶存酸素量の影響に関する実験を進めるに当って、ここに発表する装置を考案した。この装置を用いて、ティラピア *Tilapia mossambica* について2カ月間の連続飼育を行ない、その性能の安定性を確認し、それぞれの溶存酸素量の下での酸素消費量を試算したので報告する。魚に対する環境諸条件の影響は一項目ずつ分離して検討される必要があるので、この場合には水温、水量、飼育魚の種類と組成、投餌量、および酸素量以外の水質等の条件はすべて同等でなければならない。そのためには、いくつかの飼育槽を直列に連結して、同一の水を循環させる方法が確実であり、各槽の飼育魚自身の呼吸消費を利用して酸素勾配を設定するのが、簡単で合理的であるとの着想から出発したものである。

* 鹿児島大学水産学部漁法学研究室 (Laboratory of Fishing Technology, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

実験方法

実験装置 Fig. 1 に示すように5個のポリエチレン水槽を準備し、最上位の70l水槽には通気を施して酸素補給槽にあてる。4個の200l水槽は同一規格のもので、これを15cmずつ落差のついた台の上に配置して飼育槽とし、高位のものから順にA, B, C, D槽とした。これら5個の水槽を内径26mmの塩ビ管製のサイフォンで連絡して順次流下させた。最下位のD飼育槽の水は小型水中ポンプによって、最高位の酸素補給槽へ返されるので、全部の水槽は一つの循環系を形成することになる。各槽のサイフォン吸込口には塩ビ製のストレーナーを、出口には直径1~5mmの砂礫を詰めたポリパケツ製のフィルターを設けた。サイフォンの出口も水面下になるように設定して、水の落下による気泡のまき込みを防ぐように配慮した。また、揚水ポンプの吐出ホースの途中には流量調整弁を設けてある。

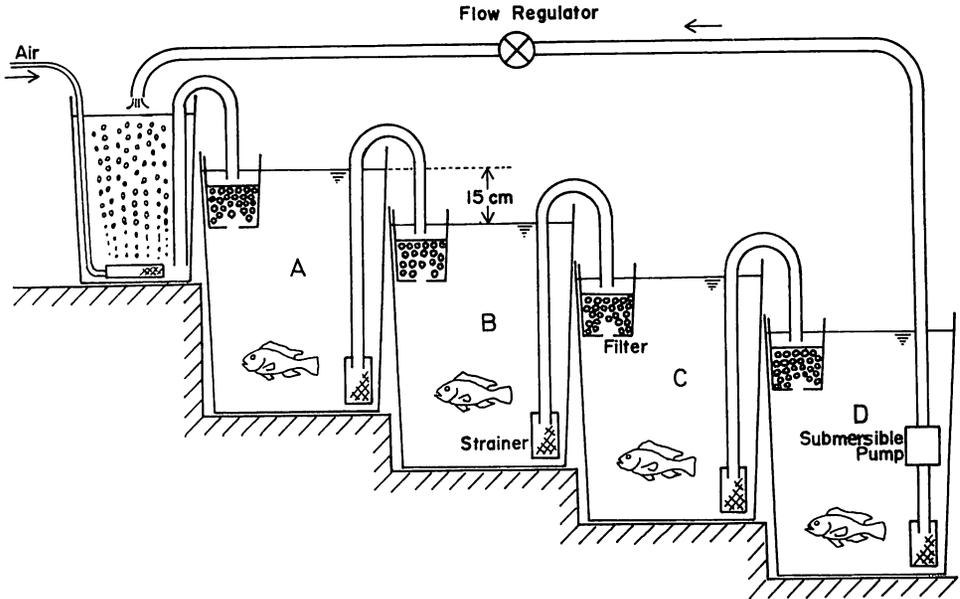


Fig. 1. Arrangement of culturing tanks set for a circulating system.

供試魚 試料には、鹿児島県指宿市渦口に自棲するティラピア *Tilapia mossambica* を釣により採集して用いた。予め標識づけの上、体重、体長等を測定し、体重分布に注意して4群に編成して、各群(25尾)の合計体重を極力等しくした。餌料として、魚体重の1%の養鯉用 No. 6 ペレットを毎日午前中に1回与えた。しかし、D群の魚に食べ残しの傾向が見られたので、途中から0.5%に減量した。

溶存酸素量および水温の測定 両者とも毎日定時(17⁰⁰)に行った。採水は飼育槽あたり3本とし、酸素検定にはウインクラー法を用いた。当初の採水個所は水面近くであったが、後半は魚の遊泳層にあわせて水底近くに変更し、ビニールチューブを用いて採水した。また、

水槽の中心で水面下 5 cm の水温を水銀温度計を用いて測定した。

装置試験（無飼育テスト） 水の循環状況と外部からの酸素溶込みの有無を調べるために、全く魚を入れない状態で装置を作動させた。揚水ポンプの吐出弁を種々に調節して、水の循環量と各槽の水位を調べ、且つ、各槽の D. O. 値と水温を測定した。この試験に際しては酸素補給槽への通気は停止した。

飼育試験 装置のみの試験に引続いて、編成済の供試魚を各飼育槽に 1 群ずつ収容して、2 カ月間の連続飼育を行った。毎日の採水後には、汚過槽の尿や残渣を除去する程度の軽い掃除を行い、飼育水は 3～4 日ごとに一部交換をした。

結果と考察

無飼育試験 魚を収容せずに、装置のみの性能を調べるための循環試験の結果を Fig. 2 に示す。0 時間における D. O. 値はバラッキが大きいが、この原因は各槽に給水する際の不注意、即ち、給水ホースの先端が槽底にあったかどうか、つまり、気泡をまき込んだかどうかの違いと考えられる。水の循環（水量 12l/min）開始後 1 時間以内に各槽の D. O. 値は平均化されて、その後の D. O. 値の上昇が認められないので 6 時間で測定を打ち切った。流量調整弁を調節して循環水量を 5～15l/min に増減してみたが、各水槽間の水位差は正しく 15 cm を保つことができた。従って、Fig. 3 に見られるように各水槽の水量は等しくて約 180l となった。サイフォンの出口が次の水槽の水面下に没していること、および揚水ポンプを水

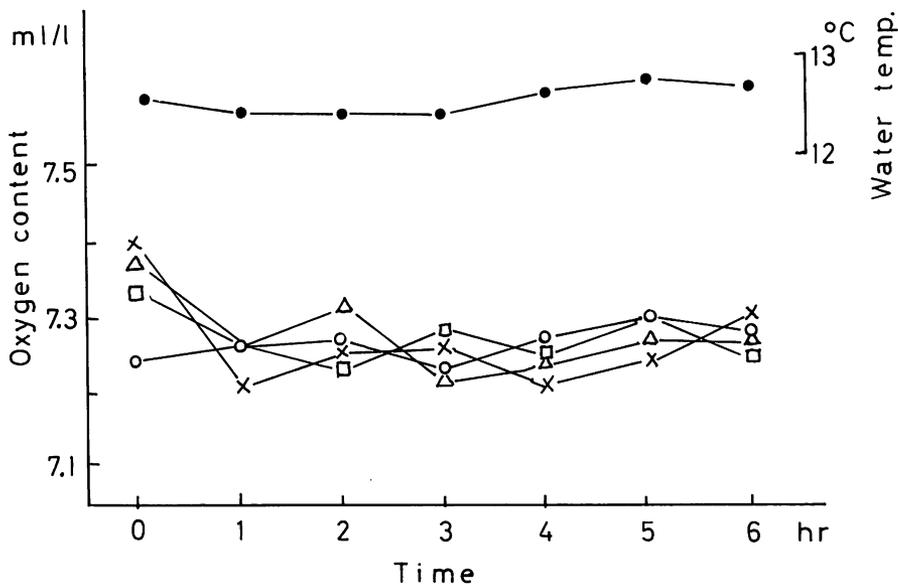


Fig. 2. Changes of oxygen content and water temperature in a preliminary test. The test was run on condition of no fish and no aeration. ●—● water temp. in every tank
○—○ D. O. value in tank A △—△ D. O. value in tank B
□—□ D. O. value in tank C ×—× D. O. value in tank D



Fig. 3. Photograph showing a steady flow and calm water surfaces. (preliminary test for checking water circulation)

中型としたために空気のまき込みは全然問題にならない。また、水面が静かであることから水面よりの酸素溶込みは無視できると判断した。これらのことは Fig. 2, Fig. 3 によって立証されていて、要するに、この循環系に対する外部との酸素収支は全くないとの前提のもとに、次の試験に移った。

飼育試験 4群に編成した供試魚を、各槽に1群25尾ずつ収容して行った飼育テストの後半期の記録を Fig. 4 に示す。図でわかるように、それぞれの D. O. 値は高位の水槽から順

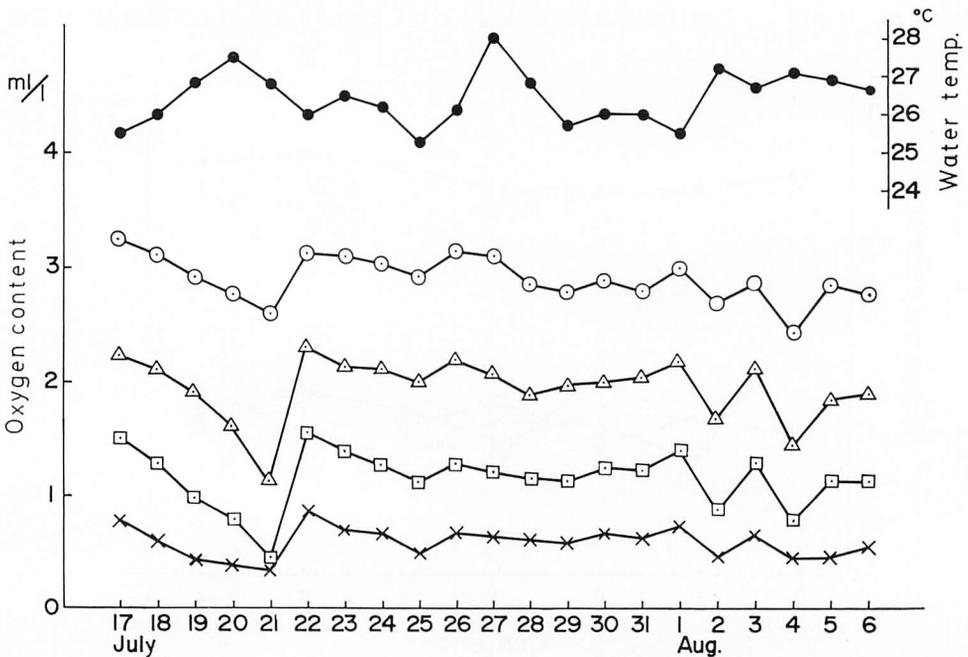


Fig. 4. Changes of oxygen content and water temperature with 25 fishes cultured in each tank.

- water temp. in every tank
- D. O. value in tank A
- △—△ D. O. value in tank B
- D. O. value in tank C
- ×—× D. O. value in tank D

に明白な格差を生じた。この格差は、各槽に飼育されたティラピア自身の酸素消費によってもたらされたものと考えてよい。その根拠は、先の無飼育テストで各槽の D. O. 値に格差が殆んど見られなかったことにある。Fig. 4 において、7月21日および8月2日に変動が見られるのは、サイフォン管およびストレーナーの完全掃除によって流量の回復が得られたためである。この図からはまた、各槽間の格差は必ずしも同等でないことがわかる。そこで、各槽における酸素消費量の試算を行ってみた。なお、飼育期間中の水温は 23.5~28.5°C で各槽間の格差は全くなかった。

各群の酸素消費量 各槽の D. O. 測定値と流量をもとにして計算した結果を Table 1 に示す。この場合、外気との酸素収支および汙過細菌等の酸素消費は無視するという二つの前

Table 1. Calculations of O₂ consumption from the D. O. gradients for each group of Tilapia.

	Group A	Group B	Group C	Group D
a) Difference in D. O. value (ml/l)	aerating tank-tank A unmeasured	tank A-tank B 0.92	tank B-tank C 0.77	tank C-tank D 0.59
b) Flow rate (l/hr)	720	720	720	720
c) Total weight of fish (kg)	3.960	3.935	3.895	3.930
d) O ₂ consumption* (ml/kg/hr)	unknown	168.3	142.3	108.1

* $d = a \times b \div c$ Respiratory consumption for nitrification bacteria is included in each value.

提を置いている。また、採水個所が適当でなかったことを考慮すると、A槽の D. O. 値とB槽の D. O. 値の差をすべてB群の魚の呼吸によるものとして計算したことについては、多少の粗雑さを認めざるを得ない。けれども、Table 1 は概ね妥当な呼吸消費量を示し、更に、劣悪な酸素条件のもとで魚の酸素消費が減少することを立証している¹⁾。この実験装置では、採水に通気の混入が考えられたので、酸素補給槽での酸素検定を行っていない。従って、A群の酸素消費を計算することが不可能であった。この点を解決するためには、酸素補給槽とA槽の間にもう一つ水槽を置いて、その D. O. 値を測ればよいと思われる。また、各槽での採水個所をサイフォンの入口とフィルターの出出口付近に選んで入念な検定を行えば、魚の呼吸による酸素消費量は一段と正確に計算できるし、汙過細菌による消費量も把握することが可能となる。

溶存酸素量と魚の成長の関係 馬力測定の目的で魚を飼育したので極端な低酸素群を設定したが、全期間を通じて病気の発生も死亡も見られなかった。D群の酸素条件は最も苛酷であったが、鼻あげ現象は起らなかった。

2カ月間の各群の平均増重量を Table 2 に示す。条件のよいA群の成長が最高であり、対照的にD群の増重率は僅かに3%に過ぎなかった。B, C群は割合に良好な成長を示しているが、B群の成長が劣った原因は飼育中に繁殖が行われた点にある。即ち、飼育開始後3週間目と6週間目の掃除に際して、卵の存在を確認したのである。ティラピアの雌においては卵および稚魚の口腔哺育が行われるために、摂餌に不自由をきたすといわれる²⁾。

Table 2. Growth for each group of Tilapia in a 60 days experiment.

Group	Mean body weight (g)		
	Initial (10th June)	Final (9th Aug.)	Growth
A	153.2	167.0	13.8
B	149.8	159.4	9.6*
C	153.1	164.2	11.1
D	153.2	157.8	4.6

* Eggs were observed on the 16th July and the 6th Aug.

B群に限って25gも体重減少を見た個体が2尾あり、これが雌であって平均値を引き下げたものと思われる。

以上のように、特定の研究目的の一環として本実験は遂行されたために、設定条件はかなり酷しいものであったし、試料魚も一種に限られた。また、いくつかの改良点に気づきながら追加実験を行っていないので、結果は不完全な個所が多い。

しかしながらこの方法では、飼育尾数または総魚体重、飼育槽の規模や数量、水槽の高低差、循環ポンプの能力、通気量等いくつかの要素の組合わせによって各槽のD.O.値の設定が自由であり、魚種や研究目的に応じて様々の応用が可能となろう。

最後に、われわれの馬力測定用実験魚の飼育においては、これ位の精度で充分と判断して水面からの酸素溶込量は無視したが、より精密な研究目的には更に慎重な配慮、たとえば、水面の面積の小さな容器を用いるとか、水槽上部を密封するとかの方法を必要とするのはいうまでもない。

文 献

- 1) 川本信之 (1970): "魚類生理", 56-74 (恒星社, 東京, 日本).
- 2) 川本信之 (1967): "養魚学各論", 279-311 (恒星社, 東京, 日本).