

# 稚鯉の栄養に関する研究

## 第3報 酸素消費量に就いて\*

赤築敬一郎・早山萬彦

Studies on Nutrition of Carp-fry.

### 3. Consumption of Oxygen

By

Keiichiro SYAZUKI and Kazuhiko HAYAMA

Amount of oxygen consumed by fish is not only of great importance for estimation of threshold level of necessary food supply and suitable density of cultured fish, but also for general culture technique.

In attempt to measure oxygen consumption of carp-fry (below 1 gram in body weight) either starved or fed by using apparatus of running water type (Fig. 1.), and also to find out of oxygen consumption with differences of water temperature, body weight and protein content contained in food-stuff experiments were carried out.

The results obtained are as follows:

1) Oxygen consumptions, per mg/kg. 24 hour, of carp-fry starved for 2—10 days and for two months respectively were 10320 and 4560 at  $23^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  of water temperature (Tables 1 and 2).

2)  $Q_{10}$  value of carp-fry starved for two months was 2.1—3.5.

3) It was found that oxygen consumption of carp-fry attained a maximum value within 1—2 hours after feeding, but decreased more and more after that, and it became nearly constant after 12 hours : and it was the same as that of carp-fry starved for less than 10 days (Fig.3).

Accordingly the total oxygen consumption, per one day, of carp-fry after feeding can be calculated generally by the next formula.

$$\left(\frac{A+B}{2} + B\right) \times 12 = \text{O}_2 \text{mg/g. day.}$$

Note : A is a value of oxygen consumption, per mg/g. hour, of carp-fry in one hour or two after feeding.

B is a constant value of oxygen consumption, in mg/g. hour, of carp-fry as shown before subsequent feeding : namely 12 hours after previous feeding.

\* 水産講習所研究業績 第199号

4) The oxygen consumption of carp-fry at  $21^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  of water temperature was made to increase about 17% by feeding.

5) In case of carp-fry fed on raw beef liver for 4 months, the oxygen consumption during this period was 30—50 Cal/kg. day in terms of metabolic energy, and the higher water temperature and the lighter body weight became, the more the oxygen consumption occurred (Table 4).

6) It was recognized that the less the protein content contained in the food-stuff became, the less the oxygen consumption of carp-fry resulted and that the oxygen consumption of carp-fry fed on food-stuff of 60% protein content showed abnormally greater tendency to increase (Table 5).

## 緒 言

魚類のエネルギー代謝に関しては、従来より多数の業績が発表されているが、これらの多くは生理、生態的立場から水温、溶存酸素量等の外的因子が異なる場合の酸素消費量や炭酸ガス排泄量を測定したもので、栄養化学的立場即ち、内的要因の影響に就いての研究は比較的に少ない。エネルギー代謝を詳細に検討するには、呼吸商及び排泄窒素量の定量が必要であるが、陸上家畜と異つて魚類のエネルギー代謝を測定する事は極めて困難であるから、代謝量の概略値を知る目的には酸素消費量のみを測定して、それより代謝熱量を換算する方法が行われている。

鯉の酸素消費量に関しても、GAARDER<sup>14)</sup>、右田・花岡・都筑<sup>15)</sup>、大谷・木俣<sup>16)</sup>等の業績があるが、これらは何れも比較的に大きな魚体を用いた研究で、幼少な稚鯉の酸素消費量に関しては明らかにされていない。酸素消費量は最低給餌量、放養量等の算定規準となり、稚鯉の増殖上極めて重要と思われるので、著者等は1g.以下の幼少な稚鯉を用いて、その絶食及び摂餌時の酸素消費量を測定し、亦それに及ぼす水温、魚体の大小、餌料蛋白含有率の影響等を検討したので、本文にこれらの結果を報告する。

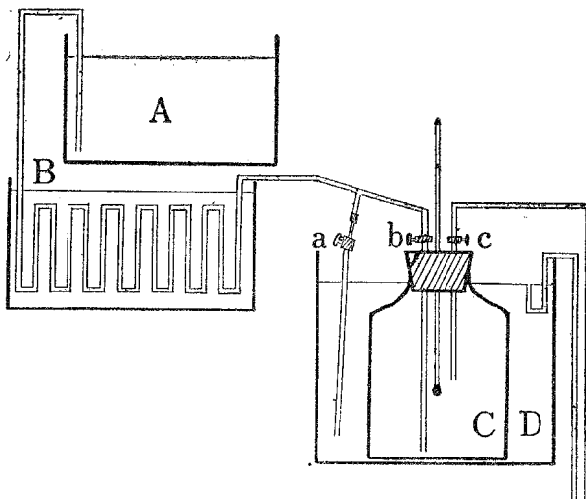


Fig. 1. Apparatus used in the experiment.  
A ; Water-reservoir.  
B ; Water-tank of constant temperature.  
C ; Aquarium for the experiment.  
D ; Thermostat.  
a, b, c, ; Stopcock.

## 実験装置及び方法

酸素消費量の測定は、右田・花岡・都筑<sup>15)</sup>の用いた方法に準じて、第1図の様な装置を使用した。即ち供試稚鯉5～20尾を既知容量1～2Lの広口瓶Cに入れ、活栓aを閉じb及びcを開いて恒温槽Bより一定温度の濾過池水を100～150cc/分の割合で1時間Cに流通して後にb及びcを閉じ、aを開いて1時間Cを密閉したまま放置する。次いでcを開いて採水しウインクラーの方法で溶存酸素

を定量する。亦同時に稚鯉を入れず同様にしたものの酸素を測定し両者の差を求めて消費酸素量とした。

実験結果及び考察

1. 飢餓時の酸素消費量：絶食後2日～7日、水温 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ に於ける稚鯉1g. 当りの酸素消費量 (mg/hour) は第1表に示す通りで0.08～0.30gの稚鯉では0.39～0.46mg/g · hourの範囲で平均値は0.43を示す。魚体1kg, 24時間当りに換算すると10320mgとなり1000mgの $\text{O}_2$ は約3.5Cal.の熱量に相当するから消費エネルギーは約36Cal.である。平均魚体重0.03gの幼小な稚鯉は飢餓に対する抵抗弱く絶食6日以后に急激に斃死し始め酸素消費量も運動不活潑のため0.08～0.30gの稚鯉に比べて少ない。

Table 1. Oxygen consumption, in mg/g. hour, of carp-fry fasted at  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Time after fasting(day)	Average body weight (g)		
	0.28	0.10	0.03
2	0.45	0.45	0.36
4	0.39	0.40	0.40
5	0.46	0.41	0.37
6	0.44	0.43	—
7	0.46	0.44	—
Average	0.42 <sub>s</sub>	0.42 <sub>t</sub>	0.37 <sub>s</sub>

絶食後8～10日の稚鯉の酸素消費量と水

Table 2. Oxygen consumption, in mg/g.hour, of carp-fry fasted for 8—10 days at various temperature.

Average body weight(g)	Water temp. ( $^\circ\text{C}$ )		
	$29 \pm 1$	$23 \pm 1$	$19 \pm 1$
0.22	0.64, 0.60, 0.62	0.40, 0.44, 0.42	0.29, 0.32, 0.29
0.10	0.60, 0.61, 0.60	0.45, 0.43, 0.40	0.30, 0.28, 0.27

温との関係は第2表に示す通りで、 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ の範囲に於ける $Q_{10}$ の値は2.0～2.2を示す。 $29 \pm 1^\circ\text{C}$ 及び $19 \pm 1^\circ\text{C}$ に於ける1kg, 24時間当りの代謝エネルギーを算出すると夫々約51Cal. 及び約24Cal.となる。

魚体、特に小さな魚を游泳しない安静状態に保つことは容易でなく、完全な基礎代謝量の測定は困難であるが、0.5～1.0gの稚鯉を2ヶ月間絶食させ游泳の緩慢となつた場合の水温と酸素消費量との関係は第2区、これらの酸素消費量より算出した代謝量は第3表に示す通りで、水温 $20^\circ\text{C}$ 以下ではほぼ直線関係が認められるが、それ以上の高温に於いては酸素消費量が激増する。 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ の酸素消費量は0.19mg/g · hourで絶食10日間以内に比べて著しく減少し1/2以下となる。この差は游泳運動の緩激に起因すると思われる故、第3表の代謝量は基礎代謝量にほぼ近似すると見做されるであろう。

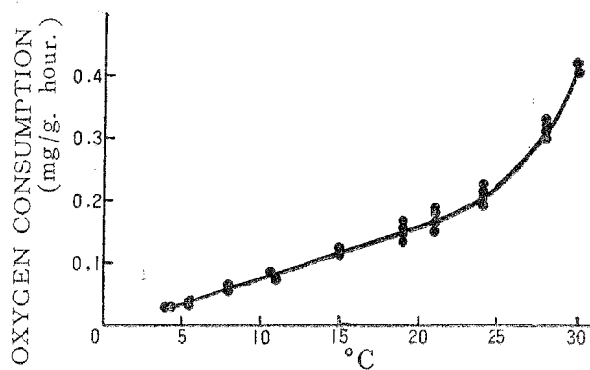


Fig. 2. Relation between water temperature and oxygen consumption of carp-fry fasted for two months.

Table 3. Metabolic energy of carp-fry fasted for two months at various temperature in Cal./kg.day.

Water temp(°C)	5	10	15	20	25	30
Metabolic energy (Cal/kg·day)	2.94	6.30	10.03	13.02	18.90	34.44

Q<sub>10</sub>の値は2.1~3.5の範囲で低温に於いては大きな値を示す。

2. 摂餌時の酸素消費量：水温21±2°Cに於いて0.1~0.3gの稚鯉に生牛肝及び栄養化2のカゼイン合成餌料を給与し、1時間摂餌させた後の魚体1g、1時間当りの酸素消費量の変化

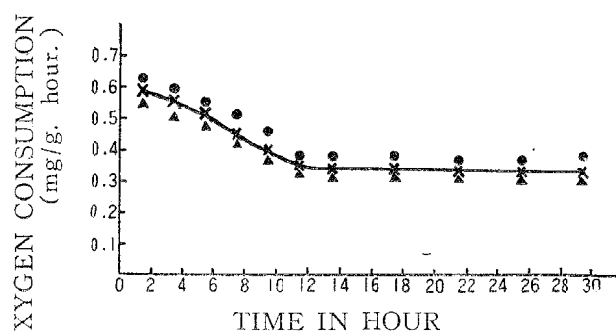


Fig. 3. Variation of oxygen consumption after taking a diet at 21±2°C.

● ; Maximum value.  
▲ ; Minimum value.  
× ; Mean value of six experiments.

は第3図に示す通りで、摂餌後増大し1~2時間後には0.60mg内外を示すが、その後は漸減し、12時間以後はほぼ一定値0.35mg内外を保ちこの値は飢餓時の酸素消費量に相当する。

今摂餌前後1時間~2時間の消費酸素量(mg/g·hour)を夫々B及びAとすれば1日間の全酸素消費量の概略値は次式によつて算出できる。

$$\left(\frac{A+B}{2} + B\right) \times 12 = O_2 \text{ mg/g} \cdot \text{day} \dots (1)$$

0.1~0.3gの稚鯉の水温21±2°Cに於ける1日間の酸素消費量を(1)式により算出すると9.84mg/gで飢餓時の8.40mg/gに比べて1.44mg、即ち約17%の増加を示す。摂餌により酸素消費量が増大するのは、消化管の作業とRUBNERの所謂特異動的作用によるものである。上記摂餌時の酸素消費量より代謝量を求めると魚体1kg、1日当り約34.4Cal.となる。右田氏等は5g内外の稚鯉の酸素消費量を $\frac{A+B}{2} \times 24$ なる式により求め、24~25°Cに於ける代謝量として30Cal./kg·dayと云う値を得、此の値は魚体の大小及び餌料栄養比の差違により同一でない事を指摘したが、本実験結果を右田氏等の実験式に代入して代謝量を算出すると約39.5Cal./kg·dayとなり、右田氏の値に比べて大きい、これは魚体が小さいためと推察する。

Table 4. Oxygen consumption of carp-fry fed raw beef-liver.

Time after star: of feeding (day)	No. of fish tested	Average body weight (g)	Water temp. (°C)	Oxygen consumed between one and two hours before and after feeding (mg/g.hour)		Oxygen consumed (mg/g.day)	Metabolized energy (Cal./kg.day)
				before	after		
2	10	0.11	22±1	0.396	0.655	11.06	38.71
15	10	0.18	24±1	0.430	0.611	11.71	40.99
20	7	0.22	21±1	0.357	0.645	10.37	36.23
35	7	0.27	26±1	0.518	0.686	13.44	47.01
70	5	0.62	28±1	0.609	0.751	15.47	54.16
80	5	0.75	24±1	0.386	0.614	10.63	37.21
110	5	1.90	21±1	0.324	0.469	8.65	30.28

次に稚鯉を生牛肝で4ヶ月間飼育し、その間適時に摂餌前後1~2時間の酸素消費量を測定し(1)式により消費酸素量(mg/g・day)を算出した結果は第4表の通りで、水温が高く魚体の小さい時ほど酸素消費量が多くなる。従つて7~8月の高温期には溶存酸素量も小さい故、放養量が過大となり鼻上げを起す恐れがあるから注意すべきである。又飼育期間中の代謝量は30~55Cal/kg・dayの範囲を示すから最低給餌量として魚体重の0.7~1.3%程度が必要となる。

蛋白含有率の異なる合成餌料(第1報の供試餌料)を0.1~0.3gの稚鯉に給与した場合の酸素消費量(mg/g・day)は第5表に示す通りで、一般に低蛋白餌料ほど酸素消費量が少い傾向

Table 5. Oxygen consumption of carp-fingerling fed food stuff of various contents of protein in mg/g. day.

Time after start of feeding (day)	Diet No.										Water temp(°C)
	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V		
	58.95	60.31	46.32	48.94	25.56	30.24	16.66	22.24	72.50		
13	14.41	13.86	12.58	13.18	11.65	12.28	10.87	9.55	11.71	24±1	
20	13.84	12.91	9.78	9.66	9.24	9.67	8.94	9.16	10.35	21±1	
35	—	—	—	13.24	14.03	12.99	12.94	12.14	13.44	26±1	

が認められる。60%蛋白餌料区(I及びI')の飼育20日後の酸素消費量は他区に比して著しく大きく、亦15日後より斃死が顕著で30~40日後に全滅した点より見てこれ等兩区では代謝に異状を生じていた事が推察される。

### 摘 要

1. 稚鯉(1瓦以下)の飢餓及び摂餌時の酸素消費量を測定し、又水温、魚体重、餌料蛋白含有率等の影響を検討した。

2. 飢餓2~10日及び2ヶ月後の水温23±1°Cに於ける酸素消費量は魚体1kg、24時間当り夫々10320mg及び4560mgであつた。

3. 飢餓2ヶ月後に於けるQ<sub>10</sub>の値は2.1~3.5の範囲である。

4. 摂餌後1~2時間の酸素消費量は最大値を示すが、その後漸減し12時間以後はほぼ一定値即ち飢餓10日以内の酸素消費量を保持する。従つて摂餌時の1日間の全酸素消費量の概略値は次式で算出し得る。

$$\left(\frac{A+B}{2} + B\right) \times 12 = O_2 \text{mg/g} \cdot \text{day}$$

但し、A及びBは夫々摂餌後及び前1~2時間に於ける酸素消費量(mg/g・hour)である。

5. 稚鯉の21±2°Cに於ける酸素消費量は摂餌により飢餓時に比して約17%増加する。

6. 生牛肝で4ヶ月間飼育した稚鯉の飼育期間に於ける酸素消費量を代謝熱量に換算すると30~50Cal/kg・dayの範囲であり、水温が高く魚体の小さい程酸素消費量が多い。

7. 蛋白含有率の低い餌料を給与した稚鯉ほど酸素消費量は少く、亦60%高蛋白餌料給与魚の酸素消費量は異状に大きい傾向が認められる。

終りに臨み御校閲を賜つた九州大学農学部富山哲夫教授並びに実験に協力された林 生也君に深甚な謝意を表す。

## 文 献

- 1) 富山哲夫：1947. 生物学の進歩，第三輯，魚類の栄養，厚生閣，東京。
- 2) 田村 正：1950. 外囲の変化が魚類に及ぼす影響，第1報，綜合考察，水産科学研究所報告，**2**，1～35.
- 3) 大島幸吉：1949. 水産動物化学，朝倉書店，東京。
- 4) POWERS, E.B. : 1922. The physiology of the respiration of fish in relation to the hydrogen ion concentration of the medium., *Journal of General physiology*, **4**, 305~317.
- 5) GARDNER, J.A. AND LEETHAM, C. : 1914. On the respiratory exchange in fresh water fish. Part I. On the brown trout, *Biochem. Jour.*, **8**, 374. Part II. On the brown trout, *Biochem. Jour.* **8**, 591.
- 6) HALL, F.G. : 1931. The respiration of puffer fish, *Biol. Bull.*, **61**, 457~467.
- 7) WELLS, M. M. : 1913. The resistance of fish to different concentrations and combinations of oxygen and carbondioxide, *Biol. Bull.*, **25**, 323~347.
- 8) KEYS, A. B. : 1930. The measurement of respiratory of aquatic animals, *Biol. Bull.*, **59**, 187~198.
- 9) 田村 正：1938. 外囲の変化が魚類に及ぼす影響に就て，第1報 夏季に於ける各種海産魚類の酸素消費量に及ぼす昼夜の影響並びに基礎代謝量，*水産学雑誌*，**42**，25~32.
- 10) 田村 正：1940. 外囲の変化が魚類に及ぼす影響，第2報 冬季に於ける各種海産魚類の呼吸状態並びに夏季との比較，**46**，25~32.
- 11) 畑 久三：1936. 各種鱒稚魚のO<sub>2</sub>消費量に就いて，*鮭鱒彙報*，**8**，16~19.
- 12) 奥野忠雄：1928. 小鮎の酸素消費量と輸送水温，*水産研究誌*，**23**，336~341.
- 13) 梶山英二：1933. 小鯛の酸素消費量及び呼吸停止時に於ける酸素含有量に及ぼす水温，鹹度及び水素イオンの影響，*日水誌*，**21**，8~12.
- 14) GAARDER, T. : 1918. Über den Einfluss der Sauerstoffdruckes auf den Stoffwechsel, II. Nach Versuchen an Karpfen., *Biochem. Zeitschr.*, **89**, 94.
- 15) 右田正男・花岡 資・都筑 清：1937. 植物性養魚人工餌料試験，第1報 2，3糖質の養魚人工餌料としての栄養価値，*水産試験場報告*，**8**，99~178.
- 16) ŌYA, T. and KIMATA, M. : 1938. Oxygen consumption of fresh water fishes, *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **6** (6), 287~290.