小鯛の酸素消費量及び呼吸停止時に於ける酸素含有量 に及ぼす水溫、鹹度及び水素イオン濃度の影響

梶 山 英 二

(廣島文理科學大學)

Oxygen Consumption of *Pagrosomus major* (T. & S.) in Young Stage, in Relation to Temperature, Salinity and pH.

Eiji KAJIYAMA

SYNOPSIS

A series of experiments were carried out with a view to obtain some knowledge of the influences of temperature, salinity and pH upon the oxygen consumption of young *Pagrosomus major* (T. & S.), as well as upon the oxygen content in the medium p_m at the time when the fish ceases to breathe.

In every single experiment one or two fishes were put in a glass vessel containing 3,000 c.c. of sea water, on the top of which a layer of 4 cm. of paraffin oil was placed in order to avoid the direct contact of air. Samples of 300 c.c. each of the water were collected at times after suitable intervals, to estimate the oxygen content and pH, for the former of which WINKLER's method was employed while the latter was determined colorimetrically.

As the volume V of sea water in the vessel is reduced by v ($=300$ c.c.) in each sampling, V after the n -th sampling is $V_0 - nv$, where V_0 is 3,000 c.c. Denoting by p_n , θ_n and $(Hp)_n$ the oxygen content, temperature and pH of the n -th sample respectively, the total amount of oxygen consumption during the time interval, t hours, between the $(n-1)$ -th and n -th samplings is $(p_{n-1} - p_n)(V_0 - n-1v)$. We may take $\frac{(p_{n-1} - p_n)(V_0 - n-1v)}{t}$, $\frac{\theta_{n-1} + \theta_n}{2}$, $\frac{(pH)_{n-1} + (pH)_n}{2}$, and $\frac{p_{n-1} + p_n}{2}$ as oxygen consumption per hour, temperature, hydrogen-ion concentration and oxygen content during the interval above said respectively.

On combining and analysing the results of calculations, we first assumed that the difference in pH or in density of the medium reduced to temperature 15°C , ρ , does not more influence the oxygen consumption nor p_m than other factors do, provided the value of pH or of $(\rho-1) \times 10^3$ lies in an assigned range, and then, after proceeding the analysis on the influences of the other factors, —under the reasoning about the other cases by analogy—, the observed values of oxygen consumption or p_m were reduced to those in a standard condition where the other factors are constant. Finally the assumption was justified, using those reduced values. In such a manner, the following conclusions were drawn.

(1) The oxygen consumption per hour is proportional to the total weight of fish put in the vessel, provided temperature and oxygen content, besides pH and $(\rho-1) \times 10^3$ are constant. (Fig. 1.)

(2) The oxygen consumption per hour per unit weight of fish is proportional to the oxygen content, provided temperature, besides pH and ρ , is constant (Fig. 2).

(3) The relation of the oxygen consumption per hour per unit weight of fish per unit amount of oxygen content, q , to temperature follows ARRHENIUS's law (Fig. 3), and we obtain $Q_{10}=2.6$.

(4) The influence on q of difference in salinity is but slight, judging from the values of the former reduced to a certain temperature, say 21°C ., except when ρ is as low as 1.005 (Fig. 5).

(5) The relation between q , reduced to 21°C ., and pH (Fig. 4) suggests that there exists a maximum of the former at pH=ca. 8.0, though the data for pH >8.3 are lacking, agreeing J. R. J. R

PEREIRA's observations with *Fundulus heteroclitus*.

(6) Influences upon p_m of the total weight of fish in the vessel and of temperature are not conspicuous, seeing from the data obtained in the cases where pH and ρ fall in a certain range.

(7) Influence of pH or of ρ upon p_m can, therefore, be studied by combining all the data irrespective of the difference in temperature or in the total weight of fish, as shown in Figs.

6 and 7. The relation of p_m to pH agrees with Edwin B. Powers' findings with several kinds of marine fish.

小タビの酸素消費量と呼吸停止時の酸素含有量とが水温、鹹度、水素イオン濃度等によつて如何に影響されるかを知る爲めに本實驗を行つた。

容量約 3500 c.c. の硝子鉢に海水 3000 c.c. (15°C. に換算した比重を S とする) を入れ、これに 1~2 尾の小タビ (收容魚の總重量を W gr. とする) を收容して厚さ 4 cm. の流動パラフィンで水面を覆ひ、時々 300 c.c. の海水を吸ひ取りて殘存酸素量と pH とを測つた。pH は鈴木惣八商店製の水素イオン比色器で測定し、酸素含有量は WINKLER 法で測つた。硝子鉢内の水量は測定の回を重ねると共に減少して、 n 回の測定後には $V = V_0 - nv$ となる、但し V_0 は最初に鉢に入れた水量、 v は一回の觀測に吸ひ取る水量。それ故に第 n 回の測定値が、水温は θ_n 、水素イオン濃度は $(pH)_n$ 、酸素含有量は p_n c.c./l. で、前回との間の時間が t であるならば、この t 時間の酸素消費量は $(p_{n-1} - p_n)(V_0 - n - 1v)$ c.c. で、1 時間當りの酸素消費量は $\frac{p_{n-1} - p_n}{t} (V_0 - n - 1v)$ c.c./hour となり、此の時間内の水温は $\frac{\theta_{n-1} + \theta_n}{2}$ 、水素イオン濃度は $\frac{(pH)_{n-1} + (pH)_n}{2}$ 、酸素含有量は $\frac{p_{n-1} + p_n}{2}$ とする。

斯様な計算を行つた結果に就て、先づ收容魚の總重量の影響を知る爲めに、pH=7.0~8.3, $(S-1) \times 10^3 = 15 \sim 26$ の場合を選び出して 1 時間當り酸素消費量と收容總魚重量との關係を

第 1 圖

酸素消費率に及ぶ收容魚總重量の影響

pH=7.0~8.3, $(S-1) \times 10^3 = 15 \sim 26$

$\times \cdots 9.0 \sim 11.6^\circ\text{C}$, $\circ \cdots 14.0 \sim 15.8^\circ\text{C}$, $\bullet \cdots 19.0 \sim 23.0^\circ\text{C}$, $\Delta \cdots 25.5 \sim 27.1^\circ\text{C}$.

酸素含有量 p c.c./l.: 左圖 3.5~4.4; 右圖 1.5~2.4.

圖示した (第 1 圖)。圖によつて酸素消費率は略、收容魚總重量に比例することが分る。

そこで、收容魚總重量を以て上に計算した 1 時間當り酸素消費量を除して 1 gr. 1 時間

當り酸素消費量を出して、 $\text{pH}=7.0\sim 8.3$, $(S-1)\times 10^3=15\sim 26$ の場合について、酸素含有量

第 2 圖 酸素消費量と酸素含有量との関係
 $\text{pH}=7.0\sim 8.3$, $(S-1)\times 10^3=15\sim 26$. $\times\cdots 9.0\sim 11.0^\circ\text{C}$,
 $\circ\cdots 14.0\sim 15.8^\circ\text{C}$, $\bullet\cdots 19.0\sim 23.0^\circ\text{C}$, $\triangle\cdots 25.5\sim 27.1^\circ\text{C}$.
 附記した数字は測定の序数を示す、例へば 1 は第一
 回観測と第二回観測とから計算したもの。

の影響を圖示した(第 2 圖)。圖は酸素消費量が、實驗の範圍内に於ては、酸素含有量に比例することを示す。收容後時間の経過に伴つて炭酸瓦斯が水中に蓄積するがこの影響は無視出来る程度である如くにみえる。この圖から酸素含有量 1 c.c./l. に對する 1 瓦 1 時間當り酸素消費量を求めると次表の如になる。

溫度 $^\circ\text{C}$ 酸素含有量 1 c.c./l. のときの
 1 gr. 1 時間當り酸素消費量

9.0~11.0	.020
14.0~15.8	.026
19.0~23.0	.053
25.5~27.1	.080

第 3 圖 酸素含有量が 1 c.c./l. の
 ときの酸素消費量 c.c./hour/gr. の對
 数と水温との關係

この關係をグラフで表はしたのが第 3 圖で、これから $Q_{10}=2.6$ と分る。

1 gr. 1 時間當り酸素消費量が略、酸素含有量に比例するし、酸素含有量 1 c.c./l. 當り酸素消費量が水温に對して ARRHENIUS の式を満足するから、各水温、各酸素含有量のときの酸素消費量を標準のときの値に引き直すことが出来る。尤も上の結果は $\text{pH}=7.0\sim 8.3$, $(S-1)\times 10^3=15\sim 26$ の範圍内で適用されることを知つたもので、その儘一般に成立つか否かは不明である。が今假りに上の關係が一般に適合するものと假定して 1 c.c./l. , 21°C のときの酸素消費量を求めて、それと pH , それと $(S-1)\times 10^3$ との關係を圖示する(第 4, 5 圖)。鹹度の影響をみるに、比重が 1.005 に於ては幾分の影響を認め得られるが、それ以上では殆どその影響はないと思はれる。水素イオン濃度就ては、それが酸性となるに従つて次第に酸素消費量が減少する。アルカリ性側では 8.3 までしか實驗されてゐないから明言は出来ないが、8.3 を超へて著しくアルカリ性を帯びれば酸素消費量の減少

第 4 圖 1 c.c./l. , 21°C . に引直した
 1 時間 1 gr. 當りの酸素消費量と
 pH との關係、 $(S-1)\times 10^3=15\sim 26$.

を伴ふであらうことが豫感せられる。而して酸素消費量が最大であるのは 8.0 附近であらう。これ等の點は J. R. PEREIRA⁽¹⁾ が *Fundulus heteroclitus* について得た所と一致する。

pH=7.0~8.3, $S=1.010\sim1.026$ の範囲内では、酸素消費量は pH や S によつて大なる影響を受けない。同じ範囲内では、收容魚が呼吸を停止するに到る酸素含有量もこれ等によつて大きな影響を受けないであらうと考へて、上記の範囲内で pH や S の差違には頗著なく水温別に平均をとつて次表を得た。

水 温 °C	9.0~11.0	14.0~15.5	19.0~23.0	25.5~27.1
呼吸停止時の酸素含有量 c.c./l.	.85	.93	1.45 1.03	.93
收容魚の平均體量 gr.	30	38	35 81	42
實驗回數	6	7	8 2	9

測定の精度の不足と個體による偏異との爲めに蔽はれて、溫度や魚體重の影響は明かでない。

それ故に以下水温や魚體重の差違を區別せずして、成るべく多くの資料を取扱つて呼吸停止時の酸素含有量に及す pH, S の影響を見ることにする。第 6 圖は pH の、第 7 圖は S の影響を示す。呼吸停止時の酸素含有量と pH との関係は Edwin B. POWERS⁽²⁾ が數種

第 5 圖 1 c.c./l. 21°C. に引直した 1 時間 1 gr. 當りの酸素消費量と鹹度との關係. pH=7.0~8.3.

第 6 圖

呼吸停止時に於ける酸素含有量に及す pH の影響 $(S-1) \times 10^3 = 10 \sim 26$.

第 7 圖

呼吸停止時に於ける酸素含有量に及す 鹹度の影響 pH=7.0~8.3

(1) J. R. PEREIRA: On the influence of the hydrogen ion concentration upon the oxygen consumption in sea water fishes. *Biochemical Journal*. **18** (6), 1924, 1294-1296.

(2) Edwin B. POWERS: The physiology of the respiration of fishes in relation to the hydrogen ion concentration of the medium. *Journal of General Physiology*. **4** (3), 1922, 305-317.

の海魚について得た所と一致する。

終りに臨み、本稿を草するに當つて有益なる御助言を與へられたる寺尾新・川内森三郎兩博士、文献を貸與せられたる三村卓雄氏及び計算の勞をとられたる安川秀明氏に對して深甚なる謝意を表す。