



Title	開放止水の方法による水族の酸素消費量測定における簡易法-1:水量一定
Author(s)	田村, 修; 諸岡, 等
Citation	長崎大学水産学部研究報告, v.35, pp.49-52; 1973
Issue Date	1973-08
URL	http://hdl.handle.net/10069/30871
Right	

This document is downloaded at: 2019-04-22T02:22:42Z

開放止水の方法による水族の酸素消費量 測定における簡易法—I 水量一定

田 村 修・諸 岡 等*

The Simple Calculation Method of Oxygen Consumption by Aquatic Animals in Water Tank—I Water volume constant

Osamu TAMURA and Hitoshi MOROOKA

While the calculation method of oxygen consumption by aquatic animals developed by one of the authors (Morooka, 1967) requires a considerably troublesome procedure, a simpler method has been devised.

The former method was derived from the equation

$Dt = (Da - Kf/K) e^{-Kt} + Kf/K$ integrated from $dD/dt = Kf - KD$, (D ……deficit rate of oxygen, t ……time, Kf ……decreasing rate of dissolved oxygen by animals, K ……aeration constant) but the simple method is derived from the differential equation $dD/dt = Kf - KD$. Plotting dD/dt value as ordinate and corresponding D value as abscissa, the tangent of regression line becomes equal to K , and the point of intersection of Y-axis and the regression line becomes equal to Kf , provided that dD/dt is approximately equal to $(D_{n+1} - D_n) / (t_{n+1} - t_n)$ instead of $\lim (D_{n+1} - D_n) / (t_{n+1} - t_n)$ and the corresponding D is nearly equal to $(D_{n+1} - D_n) / 2$. Then substituting the Kf value in $Kc = (Kf \cdot V \cdot \text{Sat. } O_2) / BW$ (Kc ……oxygen consumption, V ……water volume), Kc value is obtained.

上面開放の容器に水族を入れた時の酸素消費量の測定法は、諸岡¹⁾が1967年に報告したが、その計算法にはかなり面倒な手続きを必要とする。即ち、

$$\frac{dD}{dt} = Kf - KD \dots (1), \quad Dt = (Da - Kf/K)e^{-Kt} + Kf/K \dots (2), \quad Kc = \frac{Kf \times V \times \text{Sat. } O_2}{BW} \dots (3)$$

(D ……不飽和度, t ……時間, Kf ……呼吸による DO の減少速度, K ……曝気係数, Kc ……酸素消費量, V ……水量, BW ……体重) で示され, DO の減少実測の結果を(2)式にあてはめて K , Kf の値を求めた。

既報の手続きは、まず Table 1 において

*長崎女子短期大学(長崎市愛宕町666)

Table 1. Time and estimated deficit rate of oxygen.

No.	Time	Estimated D. O.	Deficit rate
1	t_1	DO_1	D_1
2	t_2	DO_2	D_2
3	t_3	DO_3	D_3
4	t_4	DO_4	D_4

$t_2 - t_1 = t$, $D_1 = Da$, $D_2 = Dt$ 及び $t_4 - t_3 = t$, $D_3 = Da$, $D_4 = Dt$ とすれば,

$$e^{-Kt} = \frac{D_2 - Kf/K}{D_1 - Kf/K} = \frac{D_4 - Kf/K}{D_3 - Kf/K} \dots\dots(4)$$

となり、従って

$$\frac{D_2 D_3 - D_1 D_4}{(D_2 + D_3) - (D_1 + D_4)} = \frac{Kf}{K} \dots\dots(5)$$

となる。(5)式から Kf/K を求め、これを(4)式に代入して K を求め、ついで Kf を求める。

実際には、まず Fig. 1 で回帰線の tangent, 即ち Kf/K を求める。(4)式を変形すると、

$$-Kt \log e = \log (Dt - Kf/K) - \log (Da - Kf/K)$$

となるから、Fig. 2 の様に $(Dt - Kf/K)$ を y 値とし、 t を x 値として片対数方眼紙上にプロットすると、その回帰直線の tangent は

$$\tan \theta = -K \log e = -0.434 K$$

となり K が求められ、ついで Kf が求められた。

しかし以上の手続きと計算は非常に面倒なので、従来の積分式に代えて微分式により解くことを考えた。即ち、 D を y 値にとり t を x 値にとり結果をそのままプロットすれば、Fig. 3 の様に

$Dt = (Da - Kf/K)e^{-Kt} + Kf/K \dots\dots(2)$ の曲線が得られるが、この曲線上に切線を引くと、これは各 D 点における $\frac{dD}{dt}$ となる。 $\frac{dD}{dt} = Kf - KD \dots\dots(1)$ 式はこれら両者間の関係を示し、それが直線の関係にあることを示している。従って $\frac{dD}{dt}$ を y 値に D を x 値にとれば、(1)式は

$$y = Kf - Kx \dots\dots(6)$$

となり、直線の傾斜は K を示し、直線が y 基線を截る点は Kf (y 値) となる。図示すれば Fig. 4 の様になる。

さて D は実測された値であるが、 $\frac{dD}{dt}$ は計算によって求めねばならない。 $\frac{dD}{dt} = \lim$

$$\frac{D_{n+1} - D_n}{t_{n+1} - t_n} \text{ であるが、実験では近似的に } \lim \text{ をはずして } \frac{dD}{dt} \doteq \frac{D_{n+1} - D_n}{t_{n+1} - t_n} \text{ とし、}$$

また対応する D 値としては

$$D = \frac{D_{n+1} + D_n}{2} \text{ を使用することとした。即ち Table 2 の } (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3),$$

(x_4, y_4) 等の回帰線が y 軸を截る点の y 値が Kf となる。

この方法を実例によって従来の方法による結果と比較すれば、次の様になる。

測定例 1

マダイ 1.25 kg 1尾, 水量 53.5 l. 水温 28.4~28.5°C, Cl 17.5%, 酸素飽和量 4.73 ml/l (Table 3 参照)。

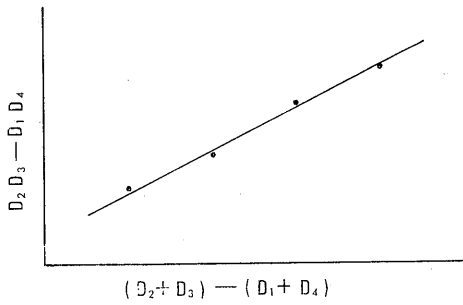


Fig. 1. The calculation of Kf/K .

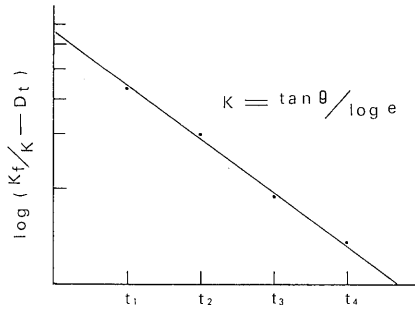


Fig. 2. The calculation of K .

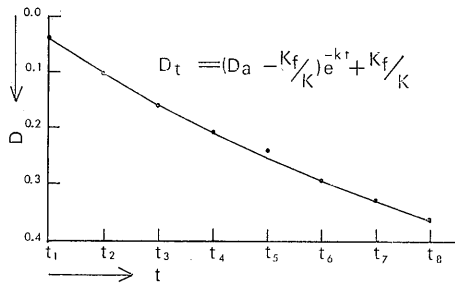


Fig. 3. The relation between D and t . (e.g. 2)

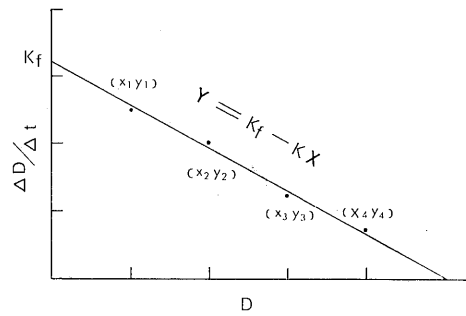


Fig. 4. The calculation of K and Kf .

Table 2. The values of x_i and y_i .

No.	t_i	t_i	Estimated D	$x_i = D_i + D_{i+1}/2$	$\Delta D_i = D_{i+1} - D_i$	$y_i = \Delta D_i / \Delta t_i$
1	t_1		D_1			
2		Δt_1	D_2	$x_1 = D_1 + D_2 / 2$	$\Delta D_1 = D_2 - D_1$	$y_1 = \Delta D_1 / \Delta t_1$
3		Δt_2	D_3	$x_2 = D_2 + D_3 / 2$	$\Delta D_2 = D_3 - D_2$	$y_2 = \Delta D_2 / \Delta t_2$
4		Δt_3	D_4	$x_3 = D_3 + D_4 / 2$	$\Delta D_3 = D_4 - D_3$	$y_3 = \Delta D_3 / \Delta t_3$
5		Δt_4	D_5	$x_4 = D_4 + D_5 / 2$	$\Delta D_4 = D_5 - D_4$	$y_4 = \Delta D_4 / \Delta t_4$

Table 3. The values of x_i, y_i in *Chrysophrys major*.

No.	t	Δt	Estimated D	$x_i = D_i + D_{i+1}/2$	$\Delta D_i = D_{i+1} - D_i$	$y_i = \Delta D_i / \Delta t_i$
1	0.000		0.015			
2	0.167	0.167	0.167	$x_1 = 0.091$	0.152	$y_1 = 0.910$
3	0.333	0.166	0.302	$x_2 = 0.235$	0.135	$y_2 = 0.813$
4	0.500	0.167	0.414	$x_3 = 0.358$	0.112	$y_3 = 0.671$
5	0.667	0.167	0.505	$x_4 = 0.460$	0.091	$y_4 = 0.545$
6	0.833	0.166	0.588	$x_5 = 0.547$	0.083	$y_5 = 0.500$
7	1.000	0.167	0.649	$x_6 = 0.619$	0.061	$y_6 = 0.365$

新方法では回帰線は $y = -1.02x + 1.026$ となり、従って $K = 1.02$, $K_f = 1.03$ となるが、旧方法では $K = 1.04$, $K_f = 1.04$ であった。従って酸素消費量は旧方法で $211\text{m}^3/\text{kg}\cdot\text{hr}$ に対し、新方法では $209\text{m}^3/\text{kg}\cdot\text{hr}$ となる。

測定例 2

キジハタ, 0.475kg , 水量 53.8l , 水温 $28.3 \sim 28.7^\circ\text{C}$, $\text{Cl } 17.8\%$, 酸素飽和量 $4.73\text{m}^3/\text{l}$ (Table 4)。

Table 4. The values of x_i and y_i in *Epinephelus akaara*.

No.	t	Δt	Estimated D	$x_i = D_i + D_{i+1}/2$	$\Delta D_i = D_{i+1} - D_i$	$y_i = \Delta D_i / \Delta t_i$
1	0.00		0.042			
2	0.25	0.25	0.103	$x_1 = 0.073$	0.061	$y_1 = 0.244$
3	0.50	0.25	0.163	$x_2 = 0.133$	0.060	$y_2 = 0.240$
4	0.75	0.25	0.210	$x_3 = 0.187$	0.047	$y_3 = 0.188$
(5)*	1.00	0.25	(0.245)*	($x_4 = 0.228$)*	(0.035)*	($y_4 = 0.140$)*
6	1.25	0.25	0.296	($x_5 = 0.276$)*	(0.051)*	($y_5 = 0.204$)*
7	1.50	0.25	0.329	$x_6 = 0.313$	0.033	$y_6 = 0.132$
8	1.75	0.25	0.365	$x_7 = 0.347$	0.036	$y_7 = 0.144$

*.....().....Presumed value

旧方法では Fig. 3 に示す様に、 t_5 の D 点は (D:t) の関係曲線から大きくはずれており、これを実験誤差の大きいものとして除外した結果、 $K = 0.43$, $K_f = 0.28$ となったが、新方法でも同様にこれを除外すると、 $K = 0.44$, $K_f = 0.28$ となり、酸素消費量は同じである。また t_5 に対応する D 値として t_4 , t_5 に対応する D 値の中間値を入れると、やはり $K = 0.43$, $K_f = 0.28$ となる。

従って (D:t) の関係曲線から実測値が著しく外れてはいない時には、酸素消費量は旧方法と 1% 程度 (Q_{10} が 2 の場合にはこれは水温 0.1°C の差に相当する) の誤差であり、実験中に 0.1°C の水温変化は起りうることであるから、充分新方法は実用価値ありとされよう。旧方法に比べれば著しく簡便で計算も迅速に行うことができる。

さらに実測回数が多い程 $\frac{D_{n+1} - D_n}{t_{n+1} - t_n}$ は $\frac{dD}{dt}$ に近づくから、求められた K_f は正確になるが、開始時 ($t_1 = 0$) を含めて 5 回 15 分間隔で測定すれば 1 時間で測定は終了し、水温差も少なくなり、かつ測定例 1 の様に旧法との誤差は 1% 程度に過ぎぬから、酸素消費量の通常の比較には 5 回でも充分であろう。

但し測定例 2 の様に、実測値の中には (D:t) の曲線 (D の代りに DO をとれば原点を 0 とする曲線は上方に凹の曲線) から著しく離れた値を示すことがあり、この様なことが起りうると予想されれば、回数は 6~7 回の方が安全である。この様に (D:t) 曲線から大きく外れた実測値が起る主原因は、おそらく水槽内の酸素の分布が一樣でなく、それは水産動物の運動による水攪拌が不充分のために起るものと推定されるから、動物の運動が測定中にはなほだ僅少の場合には、適当に水を攪拌しつつ測定を行う必要がある。

文 献

- 1) 諸岡 等：活魚輸送に関する研究。長崎県水産試験場論文集，第 3 集，1~53 (1967)