

九州大学 正会員 東谷陽一
九州大学 学生員 ○ 敷田和久

1. 概要及び考察

自由表面からの酸素の吸収速度が、自由表面の伸縮により律速されることから、液膜係数を、次のように誘導した。(年講第26回、年講第27回、西部支部第年度)

$$K_L = (D_L \alpha / 2\pi)^{1/2} \quad (1)$$

ここに、

K_L : 液膜係数

α : 表面伸縮速度

D_L : 水中に於ける酸素の分子拡散係数

更に、実際河川の等方性流れについては、年講第27回に報告したように、エネルギー-逸散 E と、平均水深 H が平均流速 U_m から導いた液膜係数の計算値の方が、O'Connor & Dobbins が定義した関係式による計算値より、実測値との一致が良かった。

そこで、今回は、非等方性流れについて、開水路流れに於ける酸素吸収速度の実測により、エネルギー-逸散の観点から、O'Connor & Dobbins の理論に検討を試みた。

エネルギー-逸散と表面伸縮速度の関係は、動粘性係数を、 ν として、

$$\alpha \approx \nu^{-1/2} E^{1/2} \quad (2)$$

エネルギー-逸散と摩擦速度、 U_* の関係は、速度分布が対数法則に従うとし、水深を、 H で表わせば、

$$E \approx U_*^3 / H \quad (3)$$

水面勾配を、 I とすれば、径深を水深で近似して、

$$U_* = (g H I)^{1/2} \quad (4)$$

式(1)(2)(3)(4)より、液膜係数は、

$$K_L = \beta (D_L^4 g^3 H I^3 / \nu^2)^{1/8} \quad (5)$$

なお、O'Connor & Dobbins の理論による液膜係数は、

$$K_L = \gamma (D_L^2 g I / H)^{1/4} \quad (6)$$

ここに、

β, γ : 定数係数

以上の理論に基づき、我々の室内実験データに、O'Connor & Dobbins のデータも加えて、計算値を、式(5)及び、式(6)により求め、実測値と比較すると、図-1 のようになり、式(5)の方が妥当に思われる。

更に、この妥当性を、詳細に検討するために、パラメーター

$$\phi = g H^3 I / \nu^2 \quad (7)$$

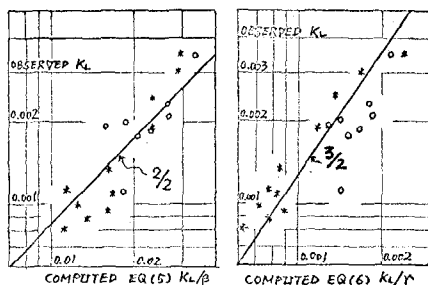
を用いて、水深、及び水面勾配が、液膜係数に及ぼす依存性を調べてみると、

まず、水深が液膜係数に及ぼす依存性は、

$$K_L = \delta_1 (D_L \nu / H^2)^{1/2} \phi^\alpha \quad (8)$$

式(8)の指数、 α は、式(5)によれば、 $\alpha = 3/8$ 、式(6)によれば、 $\alpha = 1/4$ となり、実測は、 $\alpha = 3/8$ に近いと、判断される。(図-2 参)

図-1 { ○ … 今回の実験
* … O'Connor のデータ



次に、水面勾配が、液膜係数に及ぼす依存性は、

$$K_L = \delta_2 (D_2^3 g^2 I^2 / \nu)^{1/8} \phi^y \quad (9)$$

式(9)の指数、 y は、式(5)によれば、 $y = 1/4$ 、

式(6)によれば、 $y = -1/2$ 、となり、実測は、

$y = 1/4$ に近いと判断される。(図-3 参)

これにより、式(5)の検証を得た。

ただし、 δ_1 、 δ_2 ：定数係数

2. 実験結果

実測の液膜係数、及び式(5)〜式(9)より求められる計算値、及び平均流速、摩擦速度、水面勾配、水温、動粘性係数、拡散係数、レイノルズ数を表-1に示す。

なお、式(5)〜式(9)中の H としては、酸素吸収が行なわれる水全体の体積を、曝気を受ける表面積で除した平均水深を用いている。

表中の深さとは、砕石上端から水面までの距離を指す。

表 - 1

EXPE RIMENT	DEPTH	MEAN VELOCITY	SHEAR VELOCITY	SURFACE GRADIENT	MEAN TEMPERA	KINE VISCOSITY	DIFFU SIVITY	LIQUID FILM COEFFICIENT	PARAMETER					REYNOLD
	h (cm)	U ($\frac{cm}{sec}$)	u^* ($\frac{cm}{sec}$)	I ($\frac{cm}{cm}$)	T ($^{\circ}C$)	$\nu \times 10^2$ ($\frac{cm^2}{sec}$)	$D_L \times 10^5$ ($\frac{cm^2}{sec}$)	K_L ($\frac{cm}{sec}$)	EQ (5) K_L/δ ($\frac{cm}{sec}$)	EQ (6) K_L/r ($\frac{cm}{sec}$)	EQ (7) $\phi \times 10^{-9}$ $\phi_1 = \delta_1 \phi^x$	EQ (8) $\phi_2 = \delta_2 \phi^y$	EQ (9) $\phi_3 = \delta_3 \phi^z$	NUMBER
1	6.0	20.8	2.47	0.00104	10.7	1.283	1.4530	0.00201	0.0187	0.00142	0.906	245.3	0.254	9727
2	6.0	15.5	1.95	0.00065	10.9	1.276	1.4636	0.00194	0.0158	0.00127	0.573	236.6	0.285	7288
3	6.0	26.5	2.82	0.00135	10.75	1.281	1.4556	0.00173	0.0207	0.00152	1.180	217.2	0.206	12412
4	6.0	10.9	1.75	0.00052	11.0	1.273	1.4689	0.00058	0.0145	0.00120	0.460	70.7	0.092	5137
5	6.0	35.1	3.93	0.00269	11.05	1.271	1.4715	0.00234	0.0270	0.00181	2.388	285.2	0.213	16569
6	4.0	25.2	3.20	0.00262	11.85	1.245	1.5150	0.00209	0.0270	0.00185	2.046	239.7	0.189	8096
7	4.0	12.5	1.89	0.00091	11.95	1.241	1.5201	0.00114	0.0182	0.00143	0.715	130.7	0.146	4029
8	4.0	19.4	2.55	0.00166	12.5	1.223	1.5512	0.00187	0.0232	0.00167	1.343	213.8	0.194	6345
9	4.0	28.2	4.25	0.00461	12.0	1.240	1.5233	0.00348	0.0336	0.00214	3.629	398.8	0.259	9097

3. 実験装置

図-4に示すような循環装置、及び脱酸素装置を備えた矩形開水路を、上下に仕切って、一定方向に水を循環させ、D.Oメーターで任意時間の溶解酸素濃度を測定した。脱酸素の際は、全水面を発泡スチロールおよび、脱酸素装置の容器内を、 N_2 で満たし、これと水を攪拌することにより、水中の酸素を除去した。また、流路には一様に砕石を敷いて、粗度を大きくした。

ちなみに、マニングの粗度係数は、 $n = 0.0242$ であった。

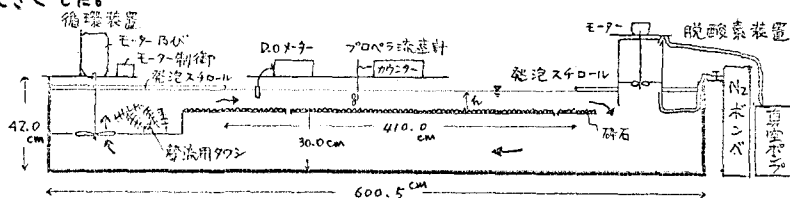


図 - 4

4. 附記

等方性乱れと非等方性乱れとで、異、た理論を用いないと実測値を説明することが不可能であるのは、乱れの発生、あるいは、構造に何らかの差があるためと考えられるが、その理由については、今後、検討を要する。

参) J. O'Connor: Mechanism of Reaeration in Natural Streams. Observed data - Onco, Elk, Clarion, Tennessee, Brandywine,