(J. Ferment. Technol., Vol. 48, No. 8, p. 461~469, 1970)

曝気槽の総括酸素移動容量係数算出法とその 応用に関する研究

(第1報) K_ia 算出法の理論とその比較検討

藤田 正憲・橋本 奨

(大阪市土木局下水道本部中浜下水処理場)

Studies on Computation and Application of Over-all Oxygen Transfer Coefficient of Aeration Tank

(I) Theoretical Investigation of Various Methods for Computing $K_{L}a$

Masanori Fujita and Susumu Hashimoto

(Nakahama Sewage Treatment Plant, Main Office of Sewerage, Osaka Municipal Public Work Bureau, Kitanakahama, Joto-ku, Osaka)

Various methods for computing the over-all oxygen transfer coefficient were compared and investigated in both batch and continuous systems. In the batch system the "table C_s " method, "measurement C_s " method and "drawing" method were applied to the computing of the over-all oxygen transfer coefficient. The "slope" method, "log difference" method and "moment" method, which had been used to compute the ultimate BOD and BOD rate constant in the monomolecular equation for BOD, were also employed. These various methods were compared each other and it was concluded that the over-all oxygen transfer coefficient was computed most conveniently and exactly by the "moment" method in both presence and absence of the oxygen utilization of aeration tank liquor.

In a steady state of the continuous system, the "drawing" method was most convenient and exact for computing $K_{L}a$ and C_{s} .

緒 言

下水処理における 曝気槽の 総括酸素移動容量係数 (Kra) は、実際曝気槽の設計・操作および処理場の 動力経済の 観点からきわめて 重要な 数値である. 従 来この係数の 算出法には 種々の 方法が 報告されてい る^{1~6}). なかでも table 法 (table C₈ 法と呼ぶ) が最 も多く用いられ、この係数が余りにも実際とかけ離れ た数値となり、またその実用化でもきわめて矛盾する 点が多い^{7,8}). 著者らは、酸素移動速度式が BOD 反 応速度式と同型の式であることに 着目し、BOD 反応 の最終 BOD と BOD 速度恒数の 算出法に利用され ている手法を応用すれば,容易かつ正確に Kra と飽 和酸素値(Cs)を算出し得ることを見出した.本報で は各種算出法の理論ならびにその比較検討結果を述べ る.

論

1. 回分式曝気槽の KLa 算出法

理

A. 飽和酸素法(Cs法)

a. 曝気液に酸素利用のない場合 曝気槽内におけ る純水中の酸素移動速度は溶存酸素濃度(*C_L*, ppm), 飽和酸素濃度(*C_s*, ppm),時間(*t*, hr),総括酸素移 動容量係数(*K_La*, 1/hr)とすると,次式で表わされ 藤田 正憲・橋本

奨

る.

462

(1)式を積分すると,

(

2.303 $\log(C_{\delta}-C_{L}) = -K_{L}a \cdot t + C \cdots (2)$

ここでCは積分定数である. (2)式から時間 t に対して ($C_s - C_L$) を半対数方眼紙に plot することにより直 線が得られ,その傾きから K_La が求められる. しか し本法では C_s の求め方によって ($C_s - C_L$) が異っ た値となり, K_La 計算に問題が生じる. この計算法 には C_s の求め方によって次の二つの方法がある. Table C_s 法:純水中の所定水温の飽和酸素表⁹ から

求めた飽和酸素濃度 (C_w) と曝気条件 からの 諸元値 を Table 1 の各式^{10~13)}に入れて 求めた C_s を用いて, K_{Ia} は Fig. 1 のようにして求められる.

Table 1. Calculating formulas of mean oxygen saturation value, C_8 in the aeration tank.

Authors	Calculating formula
Oldshue, J. ¹⁰⁾	$C_{\mathbf{s}} = C_{\mathbf{s}} \left(\frac{O_{t}}{42} + \frac{P_{b}}{2.066} \right)$
Pasveer, A. ¹¹⁾	$C_{s} = p \frac{Vo_{2}}{V_{b}} q'$
Ippen, A. T., and Carver, C. E., Jr. ¹²⁾	$C_{\rm s} = \frac{0.21P}{760} q' \left(\frac{1 - P_{\rm v}/P}{1 - P_{\rm v}/760}\right)$
Somiya, I. ¹³⁾	$C_{s} = C_{w} \left(\frac{\frac{H}{2}}{10.24} \right)$

Where

- C_w : Oxygen satulation value in the water at atmospheric pressure. (ppm)
- O_t : Per cent concentration of oxygen in the air leaving tank.
- P_b : absolute pressure in kg per cm² at the depth of air release.
- p : pressure in air bubble (atm)
- Vo_2 : volume of oxygen in air bubble (ml)
- V_b : volume of air bulble (ml)
- P: total pressure at midpoint of column, equal to barometric pressure in mmHg+ $\frac{1}{2}$ column height in mmHg.
- P_{v} : aqueous vapor pressure, mmHg, at test temperature.
- q': solubility of oxygen at given temperature, (ppm), where the partial pressure of the air plus aqueous tention is 760 mmHg.
- H: water depth (m)



Fig. 1. Schematic expression of "table C_{δ} " method in the absduce of oxygen utilization.

実測 C_s 法: 酸素飽和になるように充分曝気した[曝 気槽内検水について, その C_s を各種方法^{4,9,14)}で実 測し, この C_s を用いて Fig. 1 の手順と同様にして K_za を算出することができる.

b. 曝気液に酸素利用のある場合 曝気槽混合液中 に酸素利用のある場合の酸素移動速度は,酸素利用速 度を *r_r* (ppm/hr) とすると次式で表わされる.

Table C_s 法: (3)式を変形すると次のようになる.

ここで Table 1 から求めた C_s , r_r および C_L-t 曲 線上の C_r とその接線勾配 dC_L/dt を(4)式に代入し て K_{La} を求める.

実測 Cs 法: (3)式を変形し次式が得られる.

(5)式で $C_s - r_r / K_L a = C_s^*$ とおくと、(5)式は(6)式のようになる。

$$\frac{\mathrm{d}C_L}{\mathrm{d}t} = K_{La}(C_{\delta} * - C_L) \quad \dots \qquad (6)$$

ここで一定曝気条件では、 C_s および K_{La} は一定値を 持ち、また r_r は微小時間ではほとんど変化しないの で、 $C_s - r_r/K_{La} = C_s^*$ は一定とみなされ、(6)式の積 分が可能である。(6)式を $t=0 \sim t$ まで積分すると次式 が得られる.

 $2.303 \log(C_{s} * - C_{L}) = -K_{L} a \cdot t + C$ (7)

(7)式から, Fig. 2 に示したようにして, K_{La} を求めることができる. また C_{s} は C_{s} *, r_{r} ならびに求めた K_{La} から次式によって求められる.



Fig. 2. Schematic expression of "measurement C_{ε} " method in the presence of oxygen utilization.

B. 作図法

a. 曝気液に酸素利用のない場合 田口, Humphrey⁵⁾は,培養醱酵タンクの K_{Ia} 測定法として C_s を用いない K_{Ia} の求め方を報告している.

(1)式を変形すると。

式から, 接線勾配 dC_L/dt に対して C_L を plot すれ ば傾きが $-1/K_La$, 縦軸切片が C_s なる直線が得ら れる.

b.曝気液に酸素利用のある場合 (6)式を変形して 次式を得る.

(10)式から、dCr/dt に対して Cr を plot] すれば、傾きが -1/Kra 縦軸切片 Cs の直線が得られる. 一方、(3)式を変形すると次式が得られる.



Fig. 3. Schematic expression of "drawing" method in the presence of oxygen utilization.

を plot することにより、傾き $-1/K_{La}$,縦軸切片 C_s の直線がえられ、 K_{La} が求められる.

C. 傾斜法 下水中の生物化学反応は一分子反応で
 進行し、任意日(t) までに消費された酸素量(y)と
 第1段階 BOD(L) との間に次の関係式が成立する⁹.

 $y = L(1 - e^{-Kt}) = L(1 - 10^{-0.4343K}L_{t})$ (12)

ここで K は BOD の速度恒数 (1/day) である.

今ここで、(1)式を t=0、 $C_{L}=0$ なる初期条件で積 分すると、次式のようになる。

(12)式の $L \geq K$ を計算するのに Thomas¹) は傾斜法 を提案している.本法を適用して C_s および K_{La} を 求める計算法は次のごとくである.

a.曝気液に酸素利用のない場合 (13)式は近似的に (14)式のように表わされる.すなわち,

$$C_L = C_{\mathfrak{s}}(1 - e^{-\kappa_L \mathfrak{s}t}) = C_{\mathfrak{s}} K_L \mathfrak{s}t \left(1 + \frac{K_L \mathfrak{s}t}{6}\right)^{-3} \cdots (14)$$

(14)式を変形すると,

$$\left(\frac{t}{C_L}\right)^{1/3} = (K_L a \cdot C_{\delta})^{1/3} + \left(\frac{K_L a^{2/3}}{6C_{\delta}^{1/3}}\right)t \quad \dots (15)$$

Fig. 4 に示したように、t に対し $(t/C_z)^{1/3}$ を plot すれば直線がえられ、その傾きをb、縦軸切片をaとすると、 K_{za} 、 C_s は次のようになる。

$$K_{Ia} = \frac{6b}{a}, \ C_{s} = \frac{1}{K_{Ia}} \cdot a^{3}$$

b. 曝気液に酸素利用のある場合 (6)式を t=0, Ct=0 なる初期条件で積分すると次式が得られる.

464





Fig. 4. Schematic expression of "slope" method in the absence of oxygen utilization.

ただし, rr は微小時間では一定であると 仮定した. 先と同様に(16)式から次式を得る.

(17)式から,先と同様に K_{La} , C_s * を求めることができる. また C_s は(8)式から計算で求められる.

D. 対数差法 Fair⁸⁾ は BOD 反応速度式 (2)式の $L \ge K$ を計算するために対数差法を提案した。本法 を適用して C_8 および K_{La} を求める計算法を示すと 次のごとくである。

a. 曝気液に酸素利用のない場合 (13)式において, 観測時間を i=-定に等しくとり, $d=C_L(t+i)-C_L(t)$ とすると次式が得られる.

 $\log d = C - 0.4343 \cdot K_L a \cdot t$ (18)

ここで $C = C_s(1 - e^{-\kappa_L a \cdot i})$ で一定である. (18)式から, Fig. 5 に示したように,時間 t に対し d を半対数方 眼紙に plot すると,傾き -0.4343 K_La なる直線が 得られ, K_La を求めることができる. Fig. 6 の直線 を最小自乗法で求め,次式から K_La , C_s を計算する ことができる.

$$K_{L}a = 2.303 \frac{\Sigma t \Sigma \log d - n\Sigma t \log d}{n\Sigma t^{2} - (\Sigma t)^{2}} \qquad \dots \dots \dots (19)$$

$$C_{s} = \frac{\Sigma (1 - 10^{-0.4343} K_{Ls} t) C_{L}(t)}{\Sigma (1 - 10^{-0.4343} K_{Ls} t)^{2}} \qquad \dots \dots \dots (20)$$

b. 曝気液に酸素利用のある場合 (18)式において, 定数 *C* の中の *C*_s のかわりに *C*_s* を代入すると,先 の a の場合と 同様に *K*_L*a*, *C*_s* を求めることが でき



Fig. 5. Schematic expression of "log difference" method in the absence of oxygen utilization.

る. また C_s は(8)式を用いて C_s^* , K_{La} および r_r から計算で求められる.

E. モーメント法 Moore, Thomas, Snow⁹⁾ は, BOD 反応速度式(12)式の $L \ge K$ を求めるのにモーメ ント法を提案している.

a. 曝気液に酸素利用のない場合 (13)式で $C_L \ge t$ の一連の測定値からゼロ次モーメント(SC_L) と一次 モーメント(StC_L)の2つのモーメントを考えて,次 のようにして K_{La} , C_s を求めることができる.

ゼロ次モーメントを取れば,

また同様に一次モーメントを取れば,

$$\sum_{i=0}^{n} (t_i C_{Li}) = C_{\delta} \sum_{i=0}^{n} t_i - C_{\delta} \sum_{i=0}^{n} (t_i e^{-K_{La} t_i}) \dots (22)$$

(21)式を(22)式で割り、Csを消去すると、

また(21)式から

$$\sum_{i=0}^{n} C_{Li}/C_{8} = n - \sum_{i=0}^{n} e^{-K} L_{a}^{ti} \qquad (24)$$

が得られる. ここで K_{La} , および C_s の算出にはあ らかじめ ある特定の データ数 (n) について 各種の K_{La} , t の値を 机上で定めて $K_{La} \ge \Sigma C_{Li} / \Sigma t_i C_{Li}$ お よび $K_{La} \ge \Sigma C_{Li} / C_s$ の関係をグラフに示しておき, そのグラフから K_{La} , C_s を求める. Fig. 6 は, t=



Fig. 6. $\Sigma C_{Li}/C_8$ and $\Sigma C_{Li}/\Sigma t_i C_{Li}$ for various values of K_{La} in 8-minute sequence.

1,2~8 (データ数8)の標準曲線を示す.

測定時間が1分,2分……8分で測定数が8回のと きは Fig.6 をそのまま使用できる.また測定時間が 2分,4分……16分で測定数が8回の場合でも上と同 様に K_La を求め,最後にその値を2で割ればよい. b.曝気液に酸素利用のある場合 (21)式,(22)式の C_sのかわりに C_s*を代入し,aと同様の方法で K_La, C_s*を求めることができる.得られた C_s*を用いて (8)式から C_sを計算しうる.

2. 連続式曝気槽の KLa 算出法

連続式曝気槽の連続定常状態における K_La 算出法 は table C₈ 法と作図法の2法に限られる.

A. table *C*₈ 法 (3)式において,連続定常状態では, d*C*_L/dt=0 となり,その時の *K*_La 値は次式から計算される^{1,2,3,7,8,20,*)}.

 $K_{L}a = r_r / (C_s - C_L)$ (25)

(25)式から K_{Ia} 値は実験で求めた C_{I} ならびに r_{r} と 純水中の所定水温の飽和酸素表から求めた飽和酸素濃 度 (C_{w}) と曝気条件の 諸元値を table の各式に入れ て求めた C_{s} から上式を用いて計算できる.

B. 作図法 (11)式において,連続定常状態では dC_z/dt=0 となり(11)式は次式で示される^{20,*)}.

 $C_L = C_s - r_r / K_L a \qquad (26)$

各種 r_r に対してその時の C_L を plot すれば、傾き -1/ K_La 、縦軸切片 C_s の直線がえられ、 K_La 、 C_s を 求めることができる。実際には BOD 負荷を種々かえ て、その時の定常状態における r_r と C_L を測定し、

*藤田,橋本:日本醱酵工学会大会講演要旨(1968).

その値を(26)式に代入すればよい.

考

察

1. 回分式曝気槽の場合

実測 C_s 法: Table 2 では,仮定値と同じ C_s =8.11 ppm を用いて K_{La} を求めたので, $(K_{La})/K_{La}$ は1 になったが,実際の K_{La} 測定 では C_{L-t} 曲線から C_s を求めるので正確な C_s を求め難く,真実の K_{La} , C_s と多少異なると考えられる. このことは,実際曝 気槽の K_{La} 測定においても認められ,これについて は別に報告したい.

Table C_s 法: 本法では, C_s を「各種温度における C_s 濃度表」と先の Table 1 の計算式を用いて, 曝 気条件の諸元値, すなわち 曝気液の 温度, 散気装置 深さ, 空気量を 考慮して別に 計算し, (2)式から K_{za} を求めている. K_{za}, C_s を仮定して 得られた C_z-t 曲線の中にはすでに上記曝気条件の諸元値が組み入れ られているものであるから, 真実の K_{za} を算出する ためには C_z-t 曲線から K_{za} を求めるのが正しく, 別途計算で求めた C_s を用いて K_{za} を算出する table C_s 法は真実の K_{za} を示さない.

作図法: この方法は(1)式から直接求める方法として 精度の高い方法であると考えられるが、以下に述べる 技術的な問題点を含んでいる. すなわち、本法は図 上微分により接線の傾きを求めるため、 C_{L-t} 曲線は スムーズでなくてはならない. 一般に下水処理におけ る気泡曝気では強力な通気撹拌を行なう系に比べ混合 度は悪く、DO センサーに接触する水塊の溶存酸素濃 度やスピードが不均一となり、スムーズな C_{L-t} 曲 線を得ることは困難となる. 飽和酸素点に近い曲線上 では dC_L/dt の読みの精度が悪くなる. そのため曲線 の任意の点における接線の傾きを求める操作に誤差の 466

	Calc	culation item	$(K_L a)$	$\frac{(K_{L}a)}{K_{L}a}$ ratio	(Cs)	$\frac{(C_s)}{C_s}$ ratio
Method of Fixed Fixed $K_{I,a}$ C_8		(1/hr)		(ppm)		
"Measurement C _s " method	7.20	8.11	7.20	1.00	8.11	1.00
	15.00	"	15.00	"	"	"
	27.00	· //	27.06	"	"	"
"Drawing" method	7.20	"	7.32	1.02	8.15	"
	15.00	"	14.64	0.98	"	"
	27.00	"	27.30	1.01	8.20	1.01
"Slope" method	7.20		6.96	0.97	8.32	1.03
	15.00	"	14.58	"	"	"
	27.00	"	26.46	0.98	8.22	1.01
"Log difference" method	7.20	"	7.20	1.00	8.10	1.00
	15.00	"	15.36	1.02	8.03	0.99
	27.00	"	26.88	0.99	8.13	1.00
"Moment" method	7.20	"	7.20	1.00	8.11	"
	15.00	"	15.00	"	"	"
	27.00	"	27.00	"	8.13	"

Table 2. Comparison of various methods for computing K_{La} and C_{s} of aeration tank, in which oxygen utilization is absent.

奨

 (K_La) : calculated K_La

 $(C_{\mathbf{s}})$: calculated $C_{\mathbf{s}}$

入る要因が多分に含まれることになる.

傾斜法: Thomasⁿ は K と L の計算において, $y \leq 0.9 L$ でなければならないと指摘している. 従っ て, $C_L \leq 0.9 C_a$ の範囲をはずれると,直線からずれ てくるのであろう. この方法は Table 2 からもわか るように,他法に比べて最も大きな誤差をもたらす. 対数差法: この方法では直線を求めるのに最小自乗 法を採用しているので精度は高いが,繁雑な計算を要 するため簡便な方法とはいい難い.

モーメント法: 本法は Table 2 からわかるように, きわめて精度の高い Kra 値を与える.またその計算 方法は 他法に 比べて きわめて 容易である. 標準曲線 も,等時間間隔,かつ同一データ数になるように決め ておけば,あらゆる場合に応用できる.

B. 曝気液に酸素利用のある場合

 $K_{La}=7.20$ (1/hr), 15.00 (1/hr), 27.00 (1/hr), $C_s=8.11$ (ppm), $r_r=27.00$ (ppm/hr), また各 K_{La} の値に対して $C_s*=4.36$ (ppm), 6.31 (ppm), 7.11 (ppm)を仮定し、時間 $t \ge C_L$ の関係を(16)式から求め、 得られた $C_{L}-t$ 曲線から各種計算法により K_{La} , C_s , C_s* を求めると Table 3 のような結果が得られる. Table 3 からわかるように、(K_{La})/ K_{La} が最も1に近 似するのはモーメント法であり、続いて実測 C_s 法, 対数差法,作図法の順となり、傾斜法は最も大きく1 からずれる. C_s および C_s^* はその比率は酸素利用 のない場合と同様にほとんど1に近似するが、傾斜法 は C_s および C_s^* 共に0.02程度のずれを示す. ただ し、実測 C_s 法では C_s^* は仮定値を用いて K_{LA} を求 めた. また table C_s 法は先の r_r のない 場合で求め た理由によりここでは省略した.

以上から酸素利用の有無にかかわらず,回分式曝気 槽の場合にはモーメント法はきわめて簡便に,しかも 正確に Kra, C: および C:* を求めることができる. このためモーメント法を酸素移動平衡の研究に適用す ることは,きわめて合理的であると考えられる.

2. 連続式曝気槽の場合 ここで $K_{La}=7.20$ (1/hr), 15.00 (1/hr), $C_s=8.11$ (ppm) と仮定し, 各種 r_r に対する C_L 値を200式から求めた. 得られた r_r ならびに C_L 値を用いて, (25)200式を適用して table C_s 法, 作図法により, それぞれ (K_{La}), (C_s)を求めた. table C_s 法では飽和酸素表を用いて求めた所定温度の C_w と曝気槽の諸元値を考慮して Table 1 の計算式を用いて計算した平均 C_s を使用して (K_{La})を求めている. 従って table C_s 法の計算平均 C_s 値は真

第8号,8月〕 曝気槽の総括酸素移動容量係数算出法とその応用に関する研究

Method	Fired	Fired	Fired	Fired	Calculation item					
of	rixea	rixed	rixed	rixea	$(K_{T}a)$	$(K_L a)$	(C_{\bullet})	$(C_{\boldsymbol{s}})$	$(C_{\mathbf{s}}^*)$	(Cs*)
compution	K⊥a	Cs	r_r	.Cs*	(112a)	K _L a	(0.)	C_{s}		C_{s}^{*}
i					(1/nr)	ratio	(ppm)	ratio	(ppm)	ratio
	(1/hr) 7.20	(ppm) 8.11	(ppm/nr) 27.00	(ppm) 4.36	7.20	1.00	8.11	1.00	4,36	1.00
"Measurement	15.00	"	"	6.31	14.94	"	8.12	"	6.31	11
C _g method	27.00	"	"	7.11	26.82	0.99	"	"	7.11	"
	7.20	"	"	4.36	7.20	1.00	8.15	"	4.40	1.01
"Drawing" method	15.00	"	"	6.31	15.36	1.02	8.10	"	6.35	"
	27.00	"	"	7.11	26.64	0.99	"	"	7.10	1.00
"Slope" method	7.20		"	4.36	7.02	0.98	8.28	1.02	4.43	1.02
	15.00	"	"	6.31	14.76	"	"	"	6.45	"
	27.00	"	"	7.11	26.22	0.97	8.31	"	7.28	"
"Log difference" method	7.20	"	"	4.36	7.26	1.01	8.11	1.00	4.40	1.01
	15.00	"	"	6.31	15.00	"	"	"	6.31	1.00
	27.00	"	"	7.11	26.94	"	8.12	"	7.12	"
"Moment" method	7.20	"	"	4.36	7.20	"	8.11		4.36	"
	15.00	"	"	6.31	15.00	"	"	"	6.31	"
	27.00	"	"	7.11	27.00	"	8.12	"	7.12	"

Table 3. Comparison of various methods for computing K_{La} and C_s of aeration tank, in which oxygen utilization is present.

 (K_La) : calculated K_La (C_s) : calculated C_s

 (C_s^*) : calculated C_s^*

実の C_s すなわちここでは仮定した C_s =8.11 (ppm) よりも、温度が低ければ低いほど、タンク仕様が大き ければ大きいほど、また散気装置深さが深ければ深い ほどいちじるしく偏差することになる。今ここでその 偏差を 0.5%として (C_s)=8.15 (ppm) と仮定して K_{Ia} を求めてみた。得られた結果を一括表示すると Table 4 のようになる。

Table C_s 法: (四式の $K_{La} \geq C_s$ について, table C_s 法で求めた (K_{La}), (C_s) ならびに先に仮定した 真実 の K_{La} , C_s をそれぞれ置きかえると次式のようにな る.

(27)(28)式から CL を消去し整理すると

ここで K_{La} , C_s は唯一の決まった真実の 値であり, $(C_s) \neq C_s$ のとき table C_s 法から求めた一定 (C_s) 値 に対し $[(C_s) - C_s]$ は一定となり, また $1/K_{La}$ も一 定であるから、(K_La) は r_r の変化とともに変化する ことがよくわかる.また (C_s)=C_s のとき (C_s)-C_s =0 となり、(K_La)=K_La が成り立つ.このように table C_s 法では (C_s)≠C_s のとき r_r の変化と共に K_La 値が変ることになる.このことは Table 4 から (C_s)=8.15 ppm と仮定して求めた (K_La) が r_r に より変化していることで 証明される.以上のように table C_s 法の C_s は連続式の定常状態に おいても先 に述べたように 回分式の 場合と同様に、 r_r と C_L の 関係の中に K_La と共に内在しているので、別途計算 で求めた C_s を用いて K_La を計算することは正しく ない.

作図法: (29式から計算した r_r を用いているので本 法による (K_{Ia}), (C_s) 値は共に真実の K_{Ia} , C_s 値 にきわめてよく一致し (K_{Ia})/ K_{Ia} 比, (C_s)/ C_s 比 はすべて1.00となった. 回分式の場合より精度が高い のは図微分を要しないからと考えられる.

以上から連続式曝気槽の 定常状態から K_{La} , C_s を 求める方法は作図法がきわめて正確な値を与えると言 える.しかし実際操作においては種々の $r_r - C_L$ 値を 求めねばならないため労力のいる方法である.

Method	Fired	Fired	Fixed	Fired	Calculation item			
of	Kra	C	T IXCU	Cr	$(K_L a)$	$\frac{(K_La)}{K_La}$	$(C_{\boldsymbol{s}})$	$\frac{(C_{\mathfrak{s}})}{C_{\mathfrak{s}}}$
computation	<u>ML</u> u	08	, ,	C_L	(1/rh)	ratio	(ppm)	ratio
	(hr)	(ppm)	(ppm/hr) 10.0	(ppm) 6.72	7.00	0.97	8.15	1.00
	7.20	8.11	20.0	5.33	7.10	0.99	"	"
			30.0	3.94	7.12	"	"	"
			40.0	2.55	7.15	"	"	"
"Table C_s "			50.0	1.17	7.16	"	"	"
method			15.0	7.11	14.40	0.96		"
			30.0	6.11	14.70	0.98	"	"
	15.00	"	45.0	5.11	14.80	0.99	"	"
			60.0	4.11	14.90	"	"	"
			75.0	3.11	"	"	"	"
			10.0	6.72				
			20.0	5.33				
	7.20	"	30.0	3.94	7.10	1.00	8.10	1.00
-			40.0	2.55				
"Drawing"			50.0	1.17				
method			15.0	7.11				
			30.0	6.11				
	15.00	"	45.0	5.11	15,00	"	"	"
			60.0	4.11				
			75.0	3.11				

Table 4. Comparison of various methods for computing K_{La} and C_s of aeration tank at the steady state of continuous system.

 $(K_L a)$: calculated $K_L a$ (C_s) : calculated C_s

要約ならびに結論

曝気槽を回分式と連続式に分けて、その総括酸素移 動容量係数の各種算出法を理論的に比較検討した. す なわち回分式曝気槽では、従来からよく用いられてい る table C_s 法、実測 C_s 法、ならびに作図法に加え て、BOD 反応の 最終 BOD および BOD 速度恒数 の算出法である傾斜法、対数差法およびモーメント法 を応用した. 曝気液の酸素利用の有無にかかわらずモ ーメント法はきわめて簡便にしかも正確に K_{Ia} を与 えることを見いだした. 一方連続式曝気槽の連続定常 状態では、作図法が K_{Ia} , C_s の算出に最も 精度の高 い方法であることを明らかにした.

記 号

- C_L :溶存酸素濃度 (ppm)
- Cs :飽和酸素濃度 (ppm)

- Cw :大気圧下の水中飽和酸素濃度 (ppm)
- Cs*:見掛けの飽和酸素濃度 (ppm)
- Kra:総括酸素移動容量係数(1/hr)
- rr :酸素利用速度 (ppm/hr)
- t :時間 (hr)
- Ot : 吐出空気の酸素分率(%)
- *P*_b : 散気点の水深における気圧 (kg/cm²)
- *p* : 気泡の圧力 (atm) (=*P*)
- P : 槽中点における全圧(大気圧+ 2 槽高さ (mmHg))
- Pv :所定温度における水蒸気圧 (mmHg)
- Vo₂:気泡中の酸素容量(ml)
- V_b : 気泡の容積 (ml)
- q':空気の分圧+水蒸気圧=760mmHgのときの所定温度の酸素溶解度(ppm)
- H :水深(m)
- y :任意の日までに消費された酸素濃度 (ppm)

L :第1段階の最終 BOD 濃度 (ppm)
 K :BOD 速度恒数 (1/day)
 abb'cc':定数

本研究にあたり,終始御指導御鞭撻をいただいた恩師大 阪大学工学部照井教授に深謝する.

文

献

- 1) 橋本,島崎,白庄司:本誌,41,208 (1963).
- 2) 橋本:本誌, 44, 699 (1966).
- Hixson, A. W., Gaden, E. L., JR.: Ind. & Eng. Chem., 42, No. 9, 1792 (1950).
- Bartholomew, W. H., Karrow, E. O., Saft, M. R., Wilhelm, R. H.: Ind. & Eng. Chem., 42, No. 9, 1801 (1950).
- King, H. R.: Sew. & Ind. Wast., 27, 894, 1007, 1123 (1955).
- Eckenfelder, W. W., JR.: Sew. & Ind. Wast.,
 31, 50 (1959).
- 橋本:東大応微研シンポジウム第5集 66,東京 大学応用微生物研究所編 (1963).
- 8) 橋本:水処理技術, 10, No. 4 (1969).
- 9) 日本下水道協会編:下水試験方法, 77, 60

(1967).

- Oldshue, J.: Biological Treatment of Sewage and Industrial Wastes, vol. 1, Reinhold Pub., Corp., New York (1955).
- Pasveer, A.: Sew. & Ind. Wast., 27, 1130 (1955).
- Ippen, A. T., Carver, C. E., JR.: Sew. & Ind. Wast., 26, 813 (1954).
- 13) 宗宫:京都大学学位論文 (1968).
- 14) Strohm, J. A., Dale, R. F.: Ind. & Eng. Chem., 53, No. 9, 760 (1961).
- 15) Taguchi, H., Humphrey, A. E.: 本誌, **44**, 881 (1966).
- 16) Phelps, E. B.: Stream Sanitation, John Wiley & Sons, New York (1944).
- Thomas, H. A., JR.: Water & Sewage Works, March, 123 (1950).
- Fair, G. M.: Sewage Works Journol, 8, 430 (1936).
- Moore, E. W., Thomas, H. A., JR., Snow, W.
 B.: Sew. &Ind. Wast., 22, 1343 (1952).
- 20) 橋本,藤田:水処理技術,10, No. 10, 25 (1969).

(昭和 45.2.24 受付)