

散気式エアレーシヨントラノの酸素移動 (第2報)

建設省土木研究所 正員 柏谷 衛

“ “ 安中徳二

“ “ 及川直世

1 序文

活性汚泥法における散気式エアレーシヨンの研究は、その基礎研究をも含めて、数多くの研究者により行われてきた。しかし、この種の研究の多くは、比較的小型の、水深が浅い実験用タンクを用いて行われてきたものであり、大型の実験用タンク、または実池地を用いて行われたものは、King⁽¹⁾、Morgan⁽²⁾ など、極めて少ないものであることが知られている。このようなことから、筆者らは、我が国で最も多く用いられている散気盤による旋回流式エアレーシヨントラノについて、その水理的、経済的な解明を行なうべく、幅員 5.6 m、有効水深 3.5 m の大型実験用エアレーシヨントラノを用いて、各種の調査を行ない、その一部はすでに報告済みである。⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

散気式エアレーシヨントラノでは、オリフィスから発生した気泡がタンク内を上昇し、水面に達した後に破壊する。エアレーシヨントラノの酸素移動は、気泡がオリフィスに現れた瞬間から始まり、タンク内を上昇する間から、気泡が水面に達して破壊し終るまで継続して行われる。また水面で再び気現象によっても酸素移動が行われることが知られている。

エアレーシヨントラノ内の酸素移動はこのような種種の要因が組合わさって行われるものであるが、基本的には気液境界面における酸素移動速度の問題に帰すると考えることができる。この問題は過去において多くの研究が行われてきているが、それは、2 境界理論、あるいは表面更新理論などに応用して行く方法⁽⁶⁾、あるいは考慮すべき条件に応じて次元解析によって関係する因子を取り出し、実験値を用いて係数を定めたり、方法⁽⁷⁾に大別することができる。

現実には、エアレーシヨントラノにおける酸素移動を論ずる場合には、気液境界面積 (A) の算出が困難であるため、酸素移動速度を考えた場合は一般的でなく、通常では総括酸素移動係数 K_La ($a = 1/v$) が用いられ、 K_La は各種のケースについて実験されてきた。

このエアレーシヨントラノの酸素移動に影響する因子としては、気泡径、気泡上昇速度、エアレーシヨントラノ内流速、水深、水温などがある。またこれらを制御する操作上の要因としては、生気吹込量、散気装置のオリフィス径 (散気盤の通気率) などがある。エアレーシヨントラノ内の酸素移動についての解明を行なう場合には、影響する因子と操作上の要因との関係について定量的に把握しておく必要がある。たとえば、生気吹込量の酸素移動効率に及ぼす影響を考慮するとして、

生気吹込量の増加をかけた場合 $\begin{cases} \text{気泡数の増加によって気液接触面積が増加する (十)} \\ \text{気泡上昇速度が大となるため気液接触時間が低下する (一)} \end{cases}$

生気吹込量の増加をかけた場合、必ずしもプラス面のみにでなく、マイナス面にも何か因子があることがわかる。このようなことから、筆者らは、影響する因子と操作上の要因との関係についての定量的な把握を行ない、エアレーシヨントラノの酸素移動の効率に及ぼす影響について検討することをとした。

2. 実験装置, 実験条件

実験装置の詳細は第6回衛生工学研究討論会論文集に記述してあるのと同じである⁽⁵⁾。なお、実験用エアレーニョモニタの有効幅員 5.6 m, 有効水深 3.5 m (散気盤上水深 3.0 m) 奥行 2.0 m であり、設置散気盤数は1列につき5枚であり、最大3列まで設置できる。散気盤1枚当りの有効面積は $28 \times 28 = 784 \text{ cm}^2$ であり、散気盤2列を併列すると、(エアレーニョモニタ幅員に対する) 散気盤面積比は10%, 散気盤3列を併列すると散気盤面積比は15% となる。

実験は下記の条件も組合わせることにより行った。

散気盤面積比 (%) 5, 10

散気盤の通気率別種類 (公称通気率 ml/min/cm^2) 300, 600, 1200, 1800, 2400, 3000

空気吹込量 (l/min/m^3) 9, 18, 27, 35 (空気吹込倍率 3~8 に対応)

散気盤の公称通気率 600 ml/min/cm^2 (以下通気率の単位も省略する) は市販のグラードーシサ 20, 他の4種はNFKのセラミックス散気盤であり、公称通気率 1800 は市販品, 他の2種は特注品である。ともに通気率が $\pm 3\%$ 以内となるもので実験のうえ選定して使用した。通気率に関する詳細は第6回研究討論会論文集に示してある⁽⁵⁾。

3. 実験および測定方法

各空気吹込量に対する気泡は散気盤上水深 10 cm, 125 cm, 225 cm の位置について, 300 mm 望遠レンズ付カメラをセットして, シャッター速度 $1/1000$ で撮影した。撮影した気泡は, これを圓柱積円体とみなし, その長径と短径から積円体の体積を求め, 同体積の円相当径に換算した。以下で述べる気泡径としては, 上記散気盤上水深3箇所について, おおむね約50個の気泡体積の頻度分布を考慮して, その荷重平均で表わした。すなわち, 気泡径は円相当径である。

気泡の上昇速度の測定は, 散気盤上水深 10 cm, 125 cm, 225 cm の位置に 16 mm 撮影機をセットして, 同位置に設置してある目盛板の上を昇する気泡について 48 cm/sec で撮影し, その目盛とコマ送り (撮影機のコマ送りを電動とし, コマ送り速度を正確に保った) とから, モーニョアナライザを利用して, 上昇速度の測定を行った。気泡の上昇速度は各ケースについて, 約50個の気泡から求めた。

池内流速の測定は, 写真-(1)に示した試作の電界プロベラ型微流速計 (校定測定範囲 3~80 cm/sec)

写真-(1)
微流速計

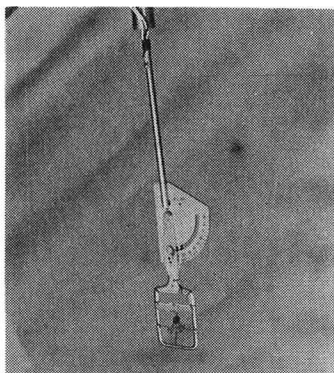
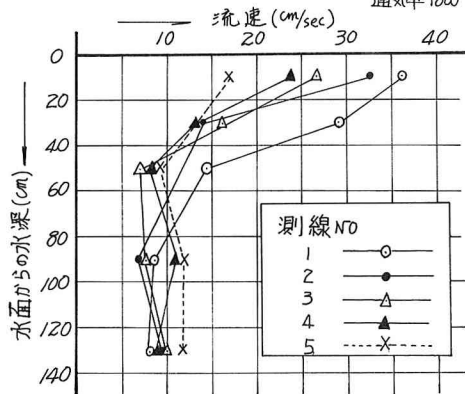


図-(1)水面附近の流速分布 面積比15%
通気率1800



を用いて、垂直および水平方向について同時に測定した。測定は水流方向については、水面附近、水面附近など、とくに流速変化の著しい箇所では20cm間隔に、他の箇所では40cm間隔に行なった。

横断方向については、散気盤中心直上を基準として1m間隔に、5測線について行なった。気泡の上昇相対速度の算定には、散気盤中心直上10cmの流速が散気盤取付架台支持金具の影響を受け、真の数值を示していないと考えられたので、散気盤上水深125cm、225cmにおいて測定したものを代表流速とした。また水面附近の再び気泡計算のための流速としては、図-1)に示した例から、たとえば、垂直方向は水面から40cmの範囲の流速の早い部分の算術平均を行ない、これを測線方向に加え合わせて、平均した値を用いた。

総括酸素移動係数 KLa の測定は、水道水を利用し、あらかじめ貯水槽に貯めた後、実験用エアレーシヨニツにギヤポンプを用いて移動させる際に、塩化コバルト溶液と触媒として、亜硫酸ソーダ溶液にて硫酸素1た水を用いて行なった。溶存酸素の測定は2個のE.I.L社製DOメータを用いた。

総括酸素移動係数 KLa は溶存酸素濃度の時間変化を記録用紙より読みとり、式-(1)によって算出し、式-(2)によって20°Cの値に換算した。

$$KLa(T) = 2.303 \frac{1}{t_2 - t_1} \log_{10} \frac{C_s - C_1}{C_s - C_2} \quad \text{----- (1)}$$

$$KLa(20) = KLa(T) / 1.024^{(T-20)} \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 C_s : エアレーシヨニツ内の飽和溶存酸素濃度、 t_1, t_2 : 時刻

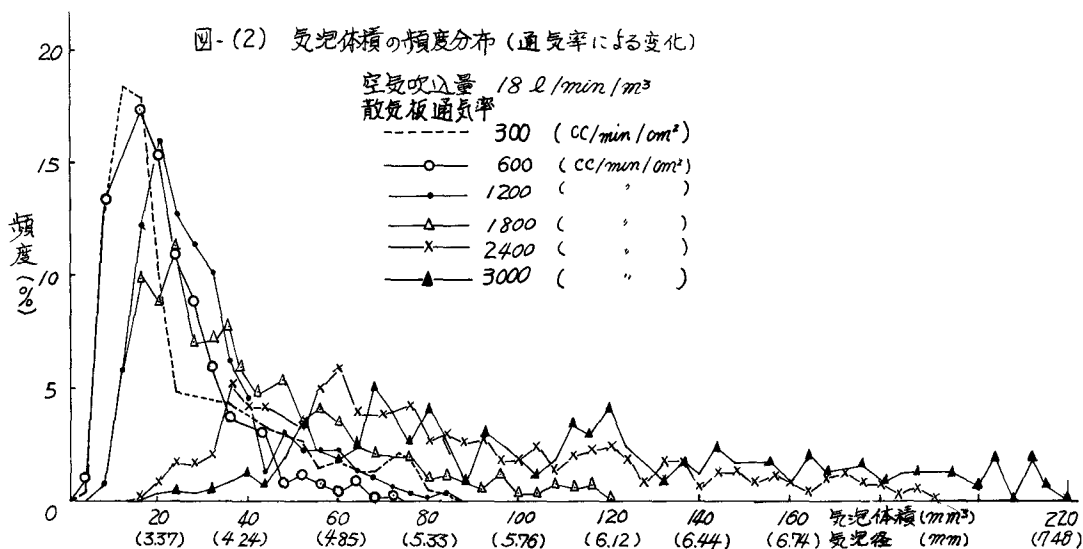
C_1 : 時刻 t_1 における溶存酸素濃度、 C_2 : 時刻 t_2 における溶存酸素濃度

$KLa(T)$: 温度 $T^\circ\text{C}$ における総括酸素移動係数

$KLa(20)$: 温度 20°C における総括酸素移動係数

4 気泡径と空気吹込量

図-2)は使用した6種類の散気盤について、同一空気量と噴出させたときの気泡体積(または球相当径)の頻度分布を図示したものである。散気盤の通気率は600を除くは、その差を±3%以内



内となるものを使用した。図に示したように、通気率が大きいほど、バラツキの程度は大きくなる。通気率2400では気泡体積(または球相当径)は 20mm^3 から 180mm^3 ($3.37\sim 7.00\text{mm}$)、通気率3000では 20mm^3 から 220mm^3 ($3.37\sim 7.48\text{mm}$)まで、ほぼ一様に分散しているように見受けられた。

エアー-ミキサー内の水深方向の気泡の撮影した気泡は、平均体積を求めた後、気泡径の荷重平均を求めた。この判定は散気盤1〜3列について行なったものであり、これを散気盤1列の場合の生気量に換算して、気泡径と生気吹込量との関係を示すと、式(3)の通りである。

散気盤通気率	300	$d_{300} = 3.01 G^{0.159}$	} \dots\dots\dots (3)
"	600	$d_{600} = 2.67 G^{0.115}$	
"	1200	$d_{1200} = 3.29 G^{0.121}$	
"	1800	$d_{1800} = 3.81 G^{0.092}$	
"	2400	$d_{2400} = 4.57 G^{0.081}$	
"	3000	$d_{3000} = 6.20 G^{-0.002}$	

ただし、 d_i :散気盤各通気率における気泡の球相当径(mm)

G :生気吹込量($\ell/\text{min}/\text{m}^2$)

式(3)では、通気率600の指数が通気率300の指数よりも大きくなった。これは600の場合に通気率のバラツキが他には比べて大きく、通気率が10%を越えたためと考えられる。そのほかでは、 G の指数は気泡径が大きくなると小さくなっている。また通気率3000では、生気吹込量が増加するにしたがって、僅かではあるが、気泡径は小さくなるようになった。このため、 G の指数はマイナスになった。

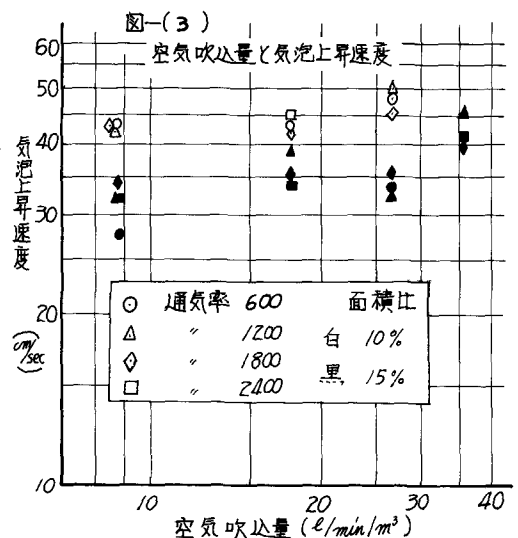
これは気泡が大型化するため、生気吹込量の増加とともに、破滅による、気泡が小さく小型化したためと考えられる。

5 気泡上昇速度と生気吹込量

図(3)は気泡の上昇速度と生気吹込量の関係とを示したものである。気泡の上昇速度は生気吹込量

が増加するにしたがって、大きくなる傾向がみられる。また散気盤面積比10%と15%とでは、前者の方が上昇速度が大きく、前者で $40\sim 50\text{cm}/\text{sec}$ 、後者で $28\sim 45\text{cm}/\text{sec}$ の範囲にある。散気盤直上の気泡上昇部における水流流速の垂直方向の速度成分は両者とも $15\sim 50\text{cm}/\text{sec}$ と余り差がないが、前者は後者より、散気盤一枚当たりを通過する生気量が多いため、発生する気泡径が大きく、その浮力の方が上昇速度に影響しているのではないかと考えられる。また図(3)は散気盤通気率による上昇速度を表ははつきりとはわがらない。

気泡の上昇速度を用いて、気泡の停留時間を求める。散気盤上水深3.0mの本実験用エアー-ミキ



ニタンクでは、散気盤通気率10%の場合で6~8 sec, 散気盤通気率15%の場合で6.5~10 secで水面に到達している。しかしながら、水面に到達した気泡は必ずしも直ちに破壊されるものではなく、1部は旋回流速によって、気泡として残留する。この残留気泡数は生気吹込量が大なるほど多くなる。このため実質的な滞留時間はこれより長く、生気吹込量の増加とともに上昇速度の増加による滞留時間の減少の影響は少ないものと考えられる。

気泡と水との実質的な接触時間は、気泡の上昇速度と水の上昇流速との差に因るため、この両者の差、すなわち、気泡の相対上昇速度について考える必要がある。気泡は浮力による影響を受けるため、その上昇速度は水の上昇流速よりも大きくなる。ここでは気泡の相対上昇速度を式(4)によって求めた。

$$\text{気泡相対上昇速度}(V_B) = \text{気泡上昇速度}(v_B) - \text{水の上昇流速}(v_w) \text{ ----- (4)}$$

なお、 v_B と v_w は気泡上昇部と同一位置で測定したものであり、これはすべて垂直成分の速度である。

図-4(4)に、このようにして求めた気泡相対上昇速度と生気吹込量の関係を図示した。同図にみられる相対上昇速度は生気吹込量の増加とともに減少していく傾向にある。これは生気吹込量が増加した場合、水の上昇流速の増加に比較して気泡の上昇速度の増加の割合が小さいということを示しており、気泡のスリッピングが生じているのではないかと考えられる。このことは、生気吹込量が増加して、水の上昇速度が大きくなったとしても、気泡の滞留時間(接触時間)を減少させる割合が緩和されるということであり、この点でのマイナスの要因は生気吹込量の増加による接触面積の増加というプラスの要因に比べて、かなり小さいものとなるといえるであろう。なお、図-4(4)にみられるように散気盤面積比15%の場合の方が生気吹込量の増加による相対速度の低下が著しい。

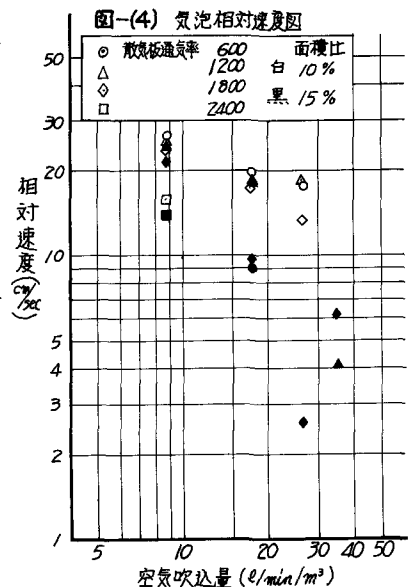
このようにことから、気泡の滞留時間という実からみれば、エアレーショニク内の酸素移動に対する影響を考えると、散気盤面積比15%の方が10%に比べて有利であり、生気吹込量の増加による気泡滞留時間の減少というマイナス面は緩和されることが考えられる。

6. 接触酸素移動係数と生気吹込量

生気吹込量の増加による接触酸素移動係数 $K_L a$ は大きく変化した。図-5)に示した散気盤面積比15%での $K_L a$ と生気吹込量の関係は散気盤通気率が小なるほど $K_L a$ は大となる傾向を示した。第6回の本講義論文集⁽⁵⁾に示した散気盤面積比10%の場合には、 $K_L a$ と生気吹込量との間には直線関係が認められることを示した。すなわち

$$K_L a \propto G^{0.6} \text{ ----- (5)}$$

であり、最小自乗法によって生気吹込量と $K_L a$ の関係を図-5)の場合について求め、これを先きに求



めた散気盤面積比10%の場合と対比すると下記の通りである。

散気盤通気率	散気盤面積比	関係式
600	10	$KLa = 0.0556 Q^{1.27}$
	15	$KLa = 0.0652 Q^{1.279}$
1200	10	$KLa = 0.0823 Q^{1.08}$
	15	$KLa = 0.0511 Q^{1.355}$
1800	10	$KLa = 0.161 Q^{0.933}$
	15	$KLa = 0.119 Q^{1.846}$
2400	10	$KLa = 0.0533 Q^{1.19}$
	15	$KLa = 0.0398 Q^{1.313}$

(46)

同一空気吹込量に対する KLa の比較では、散気盤面積比15%の場合の方が KLa が大になる傾向を示した。この差は散気盤通気率が大になるほど大きくなった。散気盤通気率が15%と10%の比較で、前者の方が KLa が大になったのは、前節5で述べた気流のエアレーシヨニタニノ内滞留時間の差が現れたものと考えらる。

散気盤通気率の变化による散気盤閉塞の状況を把握するため、東京都基合下水処理場のエアレーシヨニタニノ内に散気盤閉塞実験装置を設け、本実験で使ったのと同じの散気盤を設置した。実験開始後3年間にわたる損失圧力の変化を図-(6)に示した。散気盤通気率1200, 1800, 2400, 3000の4種類の散気盤では損失圧力の差は実験開始当初でも70g/cm²程度存在していたが、3年間にわたる使用後も100g/cm²程度の差は示している。しかしながら、損失圧力は全体として増加する傾向を示しており、いずれの種類の散気盤も3年間で150g/cm²程度の損失圧力の増加をきたしている。このような結果からみて、最近では下水処理場の散気盤として、通気率の大きなものを使用する傾向があるが、通常、家庭下水を主体とする下水処理場では1200～1800程度の通気率を有する散気盤を使用するのが得策と考えらる。

7. 実験結果の概括

実験結果の概括は表-(1)に示すとおりである。

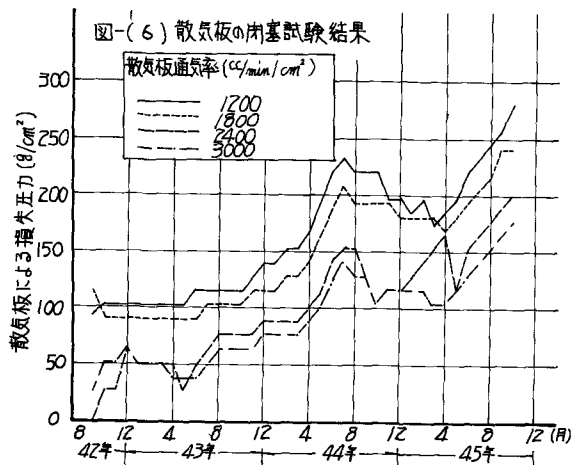
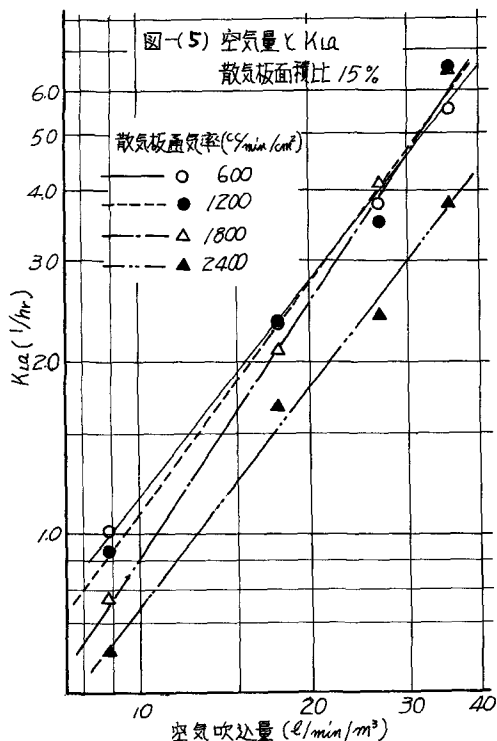


表-1) 実験結果総括表

散気板面積比 (%)	空気吹込量 (ℓ/分/㎡)	散気板面積比 (㎡/分/㎡)	実 験 値							印は下記に 示す空気吹込量 の範囲での 実験
			気泡上昇速度 U_b (cm/sec)	気泡径 d_b (cm)	気泡相対速度 V_b (cm/sec)	表面流速 U_s (cm/sec)	K_L (cm/hr)	$a \times 10^{-2}$ (1/cm)	$K_L a$ (1/hr)	
10	9-35	600	424~479	0.36~0.44	257~17.5	16.9~33.0	502~527	1.75~9.73	0.88~5.13	
		1200	428~499	0.39~0.47	260~18.1	20.9~35.1	550~797	1.57~3.54	0.86~3.83	9~27
		1800	430~451	0.43~0.50	430~45.1	20.9~29.9	527~755	1.41~3.65	0.74~3.85	9~27
		2400	443	0.51~0.58	158	17.4~34.3	737	2.19	0.71~3.73	9のみ
15	9~35	600	277~332	0.33~0.43	5.0~9.1	—	41.8~61.8	2.90~3.98	1.21~5.86	9~18
		1200	321~455	0.37~0.44	24.4~4.1	16.2~49.1	44.4~121.7	2.20~5.25	0.97~6.39	
		1800	344~398	0.42~0.48	21.4~6.2	20.5~42.5	36.2~153.3	1.83~3.33	0.66~8.54	
		2400	319~416	0.49~0.56	14.1~0.7	23.4~43.8	41.7~94.3	1.66~4.56	0.69~4.30	

$$a = \frac{1}{V} = \frac{6G_s \cdot H}{d_b \cdot U_b \cdot V}$$

8. 水面における再びの気の評価

エアレーシヨニクでは水面付近にかなりの流速を有する旋回流が生ずるため、これにともなう、
2. 再びの気による大気からの酸素供給が行なわれることになる。再びの気による酸素供給量は、
タンク表面の流速およびタンク木梁によって異なるものであるが、たとえば Downing は4枚の木梁
で4.45%、12ft の木梁で2.21%程度の割合を占めると述べており⁽⁸⁾、一般にはその全体に及ぼ
す影響は少ないものと考えられる。ここでは表面流速の測定値を用い、2. 種類の仮定のもとに計
算によって再びの気による供給量の全体に占める概略値を求めた。

旋回流式エアレーシヨニクでは、木梁は外側を回転する流速の大きな流れの部分と、内部に生
ずるコア状の Stagnant な部分とに分けられる。いま、これを図-7) のように模式化して考えるも
のととする。すなわち、タンク表面に、平均木梁長、平均流速 U_s を有する木平流の存在を仮定し (図
-7) の斜線部分)、この部分が再びの気によって水面から酸素
の供給を受けると考える。この場合、再びの気による酸素供給
速度は、式-7) で表わされる。

$$dD/dt = -K_2 D \text{ ----- (7)}$$

こゝに、 D : 溶存酸素不足量、 K_2 : 再びの気係数 (毎分)

t : 時間

式-7) から、時間 $t = T$ における酸素増加量 ΔC は式-8) のように表わすことができる。

$$\Delta C = D_0 (1 - 10^{-K_2 T}) \text{ ----- (8)}$$

こゝに、 D_0 : $t = 0$ における溶存酸素不足量、 K_2 : 再びの気係数 (毎分)

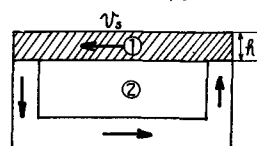
したがって、 $t = T$ までの再びの気による供給した酸素量 R は、

$$R = \Delta C h a \text{ ----- (9)} \quad (a: \text{タンク表面積})$$

で表わされる。この R はこの時点でタンク全体での酸素吸収量とから、再びの気による酸素供給の
全体に占める割合を算出することとした。

図-11) に水面付近の流速分布の一例を示したように、水面付近では流速の早い部分がはっきりと存

図-7) 水流の模式図



在するため、再び気によって供給される酸素量の算出に必要となる h は、各ケースにおける水面附近の流速実測値から、これを読みとった。なお h については、この h を求めた部分の各流速実測値を荷重平均することによって求めた。再び気体係数 k_2 の計算には、下記に示す U. S. Geological Survey 式を用いた。⁽⁹⁾

$$k_2 = 2.2 \cdot v_s / h^{1/3} \text{ ----- (10)}$$

このようにして求めた再び気による酸素供給量およびそれが酸素供給量全体に占める割合は、1例を示すと、表-(2)のとおりである。同表にみられるように、再び気による水面からの酸素供給量の占める割合は比較的小さく、他のケースの場合を含めて、1.5~5% 程度である。また、全気吹込量が増加するにしたがって水面からの再び気の割合が減少していき、これは気泡によるエアレーションの効果が大きく増加していったためである。以上のことからみれば、散気式エアレーションでは大気からの再び気による酸素供給効果は無視することも考えないものがあると考えられる。

表-(2) 再曝気量の計算表(一例)

散気板面積比 10%

散気板通風率 ($\text{m}^3/\text{分}/\text{cm}^2$)	空気吹込量 ($\text{L}/\text{分}/\text{m}^3$)	影響水深 (m) h	表面流速 (m/sec) U_s	再曝気係数 ($1/\text{day}$) k_2	酸素濃度 増加分 (PPM) ΔC	酸素溶解量 (gr) R	全酸素 溶解量 (gr)	再曝気による 酸素供給率 (%)
2400	9	0.35	0.23	2.13	2.18	6.86	178.5	3.85
"	18	"	0.32	2.89	2.41	7.59	253.0	3.00
"	27	"	0.38	3.46	1.50	4.72	225.1	2.10
"	35	"	0.44	3.98	1.40	4.40	239.4	1.84

9. 酸素移動係数 K_L の推定

散気式エアレーションでは、気泡の生成、上昇、破壊という過程で、それぞれ K_L の値が複雑に変化すると考えられるため、定常的な形で K_L の値を導くことは困難である。そこで、ここではタンク内の酸素移動が気泡の生成、上昇、破壊という過程を通して、平均的な速度で進行すると考え、いくつかの仮定を設けて K_L を推定し、実測値からその妥当性の検討を試みた。

散気式エアレーションでは、気泡の表面と、これに接する水との間の分子拡散によって酸素移動が行われるものと考えられる。気液境界面における酸素移動の問題は多くの議論がなされてきたが、気泡は常に上昇し、回転を続け、気泡と水との接触境界面は連続的に交換され、と考えるため、ここでは表面更新理論を用いて考えてみた。⁽¹⁰⁾ この場合の K_L は次式-(11)で表わされる。

$$K_L = \sqrt{D_L \cdot r} \coth \sqrt{r L^2 / D_L} \text{ ----- (11)}$$

ここに、 D_L : 酸素の分子拡散係数, L : 境界膜の厚さ, r : 表面更新率

(しかしながら、式-(11)の $\coth \sqrt{r L^2 / D_L}$ は通常の条件のもとでは 1 に非常に近いため、

$$K_L = \sqrt{D_L \cdot r} \text{ ----- (11')}$$

と表わすことができる。 r は表面の更新する速度という仮想的な概念であるが、散気式エアレーションの場合にはどのような水理量で表わすが問題となる。 r は界面の大きさに依存する乱れの強さに比例し、乱れの大きさに反比例すると考えられるため、前者として気泡と水との実質的な接触速度(

気泡の相対上昇速度 V_B) ととり、後者は d_B とするにしよう。すなわち

$$r \propto V_B / d_B \quad \text{----- (12)}$$

したがって、式(11'), 式(12) とから K_L は式(13) のように表わされる。

$$K_L = C_1 \sqrt{D_L \cdot V_B / d_B} \quad \text{----- (13)}$$

ここに、 C_1 : 常数

いま、 $A/V = a = G \cdot H / d_B \cdot V_B \cdot V$ (ここに、 H : 散気盤と水深、 V_B : 気泡上昇速度)

であるから、式(13)を用いて $K_L a$ を表わすと、式(14) のとおりとなる。

$$K_L a = C_2 \frac{G \cdot H \cdot V_B^{1/2}}{V_B \cdot d_B^{1/2} \cdot V} \quad \text{----- (14)}$$

ここに C_2 : 常数

式(14)の妥当性を知るために、 $K_L a$ の実験値を用いて、 C_2 を定めると、 $C_2 = 0.612$ となる。

図(8)に式(14)で導かれた $K_L a$ と実験値の比較を示す。同図のように、計算値と実験値とはあ

まりよく一致している。これは、図(7)にみられるように C_2 が実際には常数ではなく、空気吹込量による変数となっているためである。現に式(14)に関係する因子について、空気吹込量との関係を見ると、式(3) および図(3), (4) から次の関係が成立していると判断される。

$$\left. \begin{aligned} V_B &\propto G^m \\ d_B &\propto G^n \\ V_B &\propto G^{-p} \end{aligned} \right\} \quad \text{----- (15)}$$

これらの関係を式(14)に入れると、

$$K_L a = C_2 \frac{H}{V} G^{\{1-(m+\frac{1}{2}n+\frac{1}{2}p)\}} \quad \text{----- (16)}$$

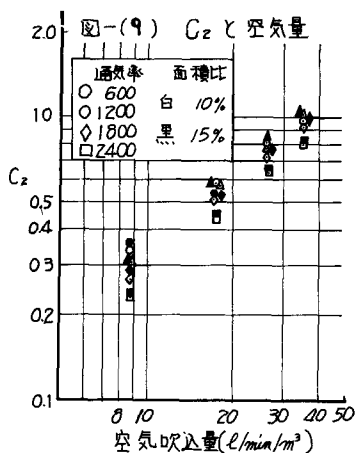
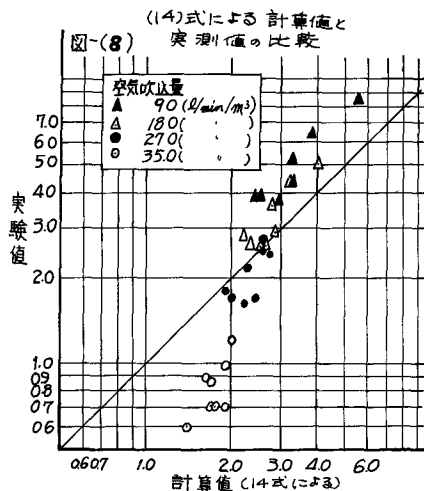
が得られる。ここで空気吹込量 G の指数 $U = 1-(m+\frac{1}{2}n+\frac{1}{2}p)$ は $U < 1$ であり、前節で示した酸素移動係数の測定結果からみて、実験値とは一致している。したがって式(14)の誘導過程には誤りがあり、常数として考えた C_2 が実際には

$$C_2 \propto G^U, \quad U > m + \frac{1}{2}n + \frac{1}{2}p \quad \text{----- (17)}$$

という空気量の変数であることになる。

しかしながら、酸素移動に及ぼす各因子の影響を考慮した場合、空気吹込量が一定のときには、 $K_L a$ は気泡径の大きさとおよびその上昇速度に反比例し、相対上昇速度に比例するはずであるから、 $K_L a$ は

$$K_L a \propto \frac{V_B^{n_3}}{d_B^{n_1} \cdot V_B^{n_2}} G = \text{Const.} \cdot G^{\{1-(n_1+n_2+n_3)\}} \quad \text{----- (18)}$$



$n_1, n'_1, n_2, n'_2, n_3, n'_3$: 系数

となり、 G の指数はより小さく、これらの要因を考慮している限りにおいては、実験結果の説明はつかなくなる。したがって、散気式エアレーシヨンの場合には、気泡径およびその上昇速度のほかは、

全気量の増加にもよって $K_L a$ に影響する因子が存在していることが推定できる。この因子として考えられるのは、気泡の生成および破壊の際に生ずる気液間酸素移動、気泡の回転による接触面積の増加、あるいは前節では無視しようとした再び気量などであらうが、これらの諸点については、すべこの因子と G^n に比例するといったこととともに、今後検討を加えることにしたい。

10. おわりに、

幅員 5.6 m、有効水深 3.5 m (散気盤上水深 3.0 m)、奥行 2.0 m の実験用エアレーシヨントankを用いて、エアレーシヨントank内の酸素移動について実験を行なった。この結果、全気吹込量と気泡径、気泡上昇速度、総括酸素移動係数、池内流速などの関係が明確に把握することができた。

さらに本文では、水面における再びの気の評価、ならびに酸素移動係数の推定を試みたが、後者については満足できる説明を加えることができなかった。これは今後改めて検討したい。

本実験を行なうに当り、協力をお願いした当研究室 阿部一男君に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) King, H.R., Sewage & Industrial Wastes, Vol. 27, No. 8 p. 894; No. 9, p. 1007; No. 10, p. 1123
- 2) Morgan, P.F. & Bawtra, J.K., "Advances in Biological Waste Treatment" edited by Eckenfelder Jr. W.W. & McCabe, B.J., Pergamon Press Inc. (1963)
- 3) 柏谷衛, 安中統二, 及川直也, 土木学会第23回学術年次講演会概要集 (1968)
- 4) 柏谷衛, 安中統二, 及川直也, 土木学会第24回学術年次講演会概要集 (1969)
- 5) 柏谷衛, 安中統二, 及川直也, 土木学会第6回衛生工学研究討論会講演論文集 (1969)
- 6) たとえば, Lewis, W.K. & Whitman, W.C., Industrial & Engineering Chemistry, Vol. 17, p. 1215 (1924); Danckwerts, P.V., Industrial & Engineering Chemistry Vol. 43, No. 6 (1951); Dobbins, W.E., presented at the International Conference on Water Pollution Research, London, (Sept. 1962) など
- 7) O'Connor, D.J. & Eckenfelder Jr., W.W. "Biological Waste Treatment" Pergamon Press Inc., (1961)
- 8) Downing, A.L., Journal of the Institute of Public Health Engineers, April, (1960)
- 9) Langbein, W.B. & Durum, W.H., U.S. Geological Survey Circular 542 (1967)
- 10) O'Connor, D.J. & Dobbins, W.E., Transaction A.S.C.E., Vol. 123, p. 641 (1956)