〈論 文〉

散気性能測定におけるガス収支法と 亜硫酸ソーダ法との比較

Comparison between off gas method and sodium sulfite method
in diffuser performance measurement

笠 倉 忠 夫* 水 野 朝 夫*
Tadao KASAKURA Asao MIZUNO

Abstract

In the course of diffuser performance measurement with the standard method under unsteady state used sodium sulfite, concentration change of oxygen in the aerated off gas can be observed by means of off gas method.

In early stage of the measurement oxygen concentration of off gas is gradually reduced and it arrives at minimum value while dissolved oxygen concentration in the liquid is suddenly brought down to zero.

The overall oxygen transfer coefficient K_La which is a typical parameter of diffuser performance can be derived from this minimum oxygen concentration. Experiment on diffuser performance measurement of the ceramic perforated plate has been conducted and the both values obtained from experimental results by off gas and sodium sulfite method under the same condition have been compared and they have agreed as a result of statistics test. This conclusion is very significant for diffuser performance measurement under operating condition because off gas method is actually only useful method for measurement of operating aeration tanks.

Key words: diffuser performance, off gas method, sodium sulfite method, oxygen transfer coefficient, oxygen dissolution efficiency.

1. はじめに

廃水の活性汚泥法エアレーションタンクや発酵プラントなど好気性微生物反応系においては、液中へ酸素を供給する過程：エアレーションが極めて重要な役割を果たしている。このエアレーションを行わせる装置がディフューザであり、ディフューザには反応に応じた散気性能が要求される。このため好気性微生物反応を利用する分野においてはディフューザの散気性能を精度よく測定することが不可欠であり、いくつかの測定法が実施されてきた。

ディフューザの散気性能を比較的正確に測定する方法としては、一般に清水中に亜硫酸ソーダ (Na_2SO_3) を溶解し、液中溶存酸素 (dissolved oxygen; DO) を

零にしてから散気を行い液中 DO の変化状況を追跡し、非定常下の酸素移動速度を求める、いわゆる「亜硫酸ソーダ法」がある。下水処理分野においてもディフューザ散気性能の測定にはこの方法が非定常法として採用されている¹⁾。しかし、この方法はあくまでも清水を用いる非定常法であり定常状態にある実操業下のエアレーションタンク内ディフューザの性能を把握することはできない。実際、実用上の目的から実操業下にあるディフューザの性能を知る要求がしばしば起こり、この要求に対して久保田ら^{2),3)}は「ガス収支法」を提案し、この方法によって実操業下にあるディフューザの散気性能を容易に知り得ることを示した。ガス収支法は測定原理が理論的に優れているばかりでなく、

* 日本ガイシ株式会社エンジニアリング事業本部開発部 〒475 愛知県半田市前潟町一番地, NGK INSULATORS, LTD. R&D Department of Engineering Business Group, 1, Maegata-cho, Handa, Aichi, 475 Japan

測定方法そのものが比較的簡単であって現場測定に適する方法である。そして最近ではこの方法の有効性が認識され、下水処理場での実装置についてこの方法を用いた実操業下での性能調査^{4),5)}や装置間の性能評価⁶⁾などが行われるようになった。

ところで、これらの性能調査の中で、ガス収支法とエアレーションタンク内混合液の酸素利用速度の測定から、Lineweaver-Burk plot⁷⁾を用いて散気性能を求める方法¹⁾との比較が行われているが、両者の測定値には差がある場合が多い。これらの差異について現状において究明することは必ずしも容易なことではないが、他のより客観的な方法との比較においてこれら方法の評価を行うことは可能と考えられる。例えば散気性能測定の標準的方法である亜硫酸ソーダ法と他のある方法とが同一実験で同時に測定できるならば、両者の測定結果を比較検討することによってある方法の評価が可能となり、ガス収支法についてはこのような比較検討が比較的容易に行い得ることがわかった。すなわち、亜硫酸ソーダ法の測定中に通気排ガス組成の連続測定を行うと、排ガス中酸素濃度はガス収支法の原理を適用し得る挙動を示すので、この過程で排ガス中の酸素濃度を追跡することによってガス収支法に基づく測定結果が得られるのである。そこで、磁器製散気板の亜硫酸ソーダ法による散気性能測定実験を行った際、タンク上部で通気排ガスを捕集して排ガス中の酸素濃度を連続測定することによりガス収支法に基づく散気性能値を求め、亜硫酸ソーダ法のそれとの比較検討を試みた。実験の結果両測定方法による散気性能値は統計学的に一致することが見出され、散気性能測定におけるガス収支法の有効性が確認された。

2. 亜硫酸ソーダ法におけるガス収支

散気性能測定における亜硫酸ソーダ法ではディフューザを設置したエアレーションタンク内に清水を張り、この中に還元性物質である Na_2SO_3 を触媒の塩化コバルト (CoCl_2) と共に投入し、ディフューザからの通気攪拌によって液中に溶解させる。液中 DO に対して十分過剰の Na_2SO_3 濃度があれば Na_2SO_3 の酸化反応

によって DO は消費されて液中 DO は急速に零となる。さらに一定通気速度でエアレーションを続けると、気相からの溶解酸素によって Na_2SO_3 が酸化され、液中に Na_2SO_3 が存在する間は液中 DO 濃度は零であるが、すべての Na_2SO_3 が消費されると液中 DO 濃度は徐々に増加してくる。この液中 DO 濃度の変化速度は

Fig. 1 A measuring results of DO concentration change.

$$\frac{dc}{d\theta} = K_{La} \cdot (c_s - c) \quad (2)$$

と表されるから、液中 DO 濃度の変化状況を実測することによって、(2)式から散気性能値である総括酸素移動容量係数 K_{La} を求めることができる。液中 DO 濃度の変化状況を実測したデータの一例を Fig. 1 に示すが、データから K_{La} を求めることは一種のパラメータ推定 (parameter estimation) であり従来線形回帰法が用いられてきたが、最近鍋島ら⁸⁾によって Powell 法に基づく非線形回帰法が研究されている。 K_{La} が求められれば、散気性能の他の表し方である酸素溶解効率 η は次のように求められる。

$$\eta = \frac{K_{La} \cdot (c_s - c) \cdot V \times 10^{-3}}{\gamma \cdot (z_0/100) \cdot G} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{or } \eta_0 = \frac{K_{La} \cdot c_s \cdot V \times 10^{-3}}{\gamma \cdot (z_0/100) \cdot G} \times 100 \quad (4)$$

さて、ガス収支法とは供給空気中の酸素量と排ガス中の酸素量との収支より溶解利用された酸素量を推定しようというものであるから、亜硫酸ソーダ法の測定過程にガス収支法を適用するには、この過程で気相酸素量と液相へ溶解する酸素量とがバランスする点を見出す必要がある。いま、亜硫酸ソーダ法の測定操作中にタンク液面上で散気排ガス中の酸素濃度を測定すると、Fig. 2 に示すような現象が観察される。 Na_2SO_3 を投入しエアレーションを開始すると液中 DO 濃度は急激に低下して零に達する一方、排ガス中の酸素濃度は液中 DO 濃度変化に対して若干のタイムラグを示しながら徐々に低下して DO 濃度 $c=0$ に対応した最低濃度 z_{min} を示す。この現象は液中の DO (清水中にもともと溶存していた酸素と通気によって液中に溶解した酸素) が溶解した Na_2SO_3 を酸化して消費され零に達した後、残存する Na_2SO_3 が通気空気中の溶解酸素によって一定速度で酸化されている過程を示すものであ

Fig. 2 c and z vs θ in the measurement of sodium sulfite method.

る。つまり、亜硫酸ソーダ法においては Na_2SO_3 投入濃度が $100 \sim 200 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 程度であり、藤江⁹⁾によって明らかにされている通り Na_2SO_3 濃度が $0.01 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ($1,260 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) 以下であれば Na_2SO_3 の酸化反応は物理吸収律速となるので、この過程では通気空气中酸素の溶解速度と Na_2SO_3 の酸化による酸素消費速度とがバランスしているということである。いま、この過程での酸素溶解速度は $c=0$ であるから

$$r_d = K_L a \cdot c_s \cdot V \times 10^{-3} \quad (5)$$

と表すことができる。一方 Na_2SO_3 による酸素の消費速度は通気空气中酸素の供給側の物質収支から、

$$r_c = (z_o - z_m) / (100 - z_m) \cdot \gamma \cdot G \quad (6)$$

である。そして、前述の考察から $r_d = r_c$ であるから、 $(z_o - z_m) / (100 - z_m) \cdot \gamma \cdot G = K_L a \cdot c_s \cdot V \times 10^{-3}$ (7) が得られ、上式から総括酸素移動容量係数が排ガス中の最低酸素濃度のみの関数として

$$K_L a = \frac{\gamma \cdot G}{c_s \cdot V \times 10^{-3}} \cdot \frac{(z_o - z_m)}{(100 - z_m)} \quad (8)$$

のように求めることができる。

一方、酸素溶解効率¹⁰⁾は酸素供給速度 $(z_o/100) \cdot \gamma \cdot G$ に対する酸素溶解速度 (= 酸素消費速度) $(z_o - z_m) / (100 - z_m) \cdot \gamma \cdot G$ の比として

$$\eta_o = \frac{(z_o - z_m)}{(z_o/100) \cdot (100 - z_m)} \times 100 \quad (9)$$

のように、これも排ガス中の最低酸素濃度のみの関数として表すことができる。もし、両測定法からの $K_L a$ が同等のものであれば、上式は(4)式と(8)式とを組み合わせることによっても容易に導き得るのである。

以上が亜硫酸ソーダ法の測定過程にガス収支法を適用した測定原理であって、この方法を用いれば通気排ガス中の最低酸素濃度を測定すれば、(8)式または(9)式に従ってディフューザの散気性能を容易に算出することが可能となるのである。

3. 実験装置および測定結果

エアレーション実験は下水処理場に設置された鋼板製実験タンク ($5,000 \text{ mm} \times 5,000 \text{ mm} \times 5,800 \text{ mm}^{\text{h}} = 145 \text{ m}^3$) を用いて行われた。タンク上部を全面カバーして液面とカバーとの空間から排ガスサンプルが採集できるようにし、排ガスサンプルを酸素メータに導いて排ガス測定を行う。また、DO 濃度測定のために DO センサをタンク内 5 カ所に挿入したが、各点での DO 値は良く一致した。

実験に供した水は下水二次処理水で、1回の測定ごとに Na_2SO_3 25 kg を投入し (液中濃度として $172 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) CoCl_2 を触媒として通気によって液の攪拌と Na_2SO_3 の酸化を行う。測定を重ねるごとに、酸化生成物である Na_2SO_4 の濃度が上昇し散気性能に影響を与えるので、数回の測定ごとに新しい二次処理水を用いた。

次に、使用したディフューザは寸法 $300 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}^{\text{t}}$ 、最大気孔径 130μ および 260μ の 2 種類の磁器製散気板で、これらをそれぞれホルダに取り付けてタンク底部に設置した。散気板の配置は発泡面積比 (タンク底面積に対する散気板全発泡面積の比) を 4.4, 6.3 および 7.5% とした全面配置と発泡面積比 6.5% の旋回流配置の 2 種類とした。

実験は空気¹¹⁾の単位液容積当り通気速度 (G/V) を操作変数とし、一実験条件に対して数水準の G/V を採った。各 G/V ごとに Na_2SO_3 を投入し通気を開始すると同時に液中 DO 濃度および排ガス中の酸素濃度の測定を開始し、それぞれの濃度変化を自動記録させる。ガス収支法によって得られた測定データを Table 1 に示した。Table 1 には、これら測定データから(8)式を用いて計算した測定液温における総括酸素移動容量係数 $K_L a(t_w)$ およびこの値から次式によって規準温度 20°C に換算した値 $K_L a(20)$ も一緒に示されている。

$$K_L a(20) = 1.024^{(20 - t_w)} \cdot K_L a(t_w) \quad (10)$$

次に、これらのデータから操作変数 G/V と $K_L a(20)$ との相関関係を求めてみると、Table 2 および Fig. 3, 4 に示すようにいずれの場合にも高い相関係数で一次回帰された。Table 3 は亜硫酸ソーダ法による測定データと計算結果である。ただし、 $K_L a(t_w)$ の算出はここでは線形回帰によって行った。

Table 1 Measuring and calculating results for off gas method.

arrangement	dp ω	130 μ					260 μ				
		G/V m ³ h ⁻¹ m ⁻³	x _m %	t _v °C	K _{La} (t _v) h ⁻¹	K _{La} (20) h ⁻¹	G/V m ³ h ⁻¹ m ⁻³	x _m %	t _v °C	K _{La} (t _v) h ⁻¹	K _{La} (20) h ⁻¹
T. F.	4.4 %	0.509	14.8	9.9	3.72	4.73	0.509	15.1	12.0	3.81	4.61
		0.509	12.5	10.0	4.99	6.32	0.761	14.4	12.1	6.35	7.66
		1.022	15.7	9.9	6.43	8.17	1.022	15.2	11.9	7.55	9.15
		1.266	14.8	10.0	9.25	11.72	1.253	15.0	11.8	9.56	11.61
		1.270	15.8	9.8	7.65	10.00	1.506	15.9	11.6	9.84	12.01
		1.505	15.5	10.0	9.82	12.45	1.522	16.0	12.2	9.76	11.74
	6.3 %	0.513	15.1	11.7	3.85	4.69	0.504	15.4	12.8	3.60	4.27
		0.753	14.5	11.8	6.19	7.52	0.761	15.4	12.8	5.44	6.45
		1.022	15.5	11.6	7.18	8.76	0.765	14.7	12.8	6.11	7.35
		1.270	15.9	11.5	8.30	10.15	1.017	16.4	12.7	6.02	7.16
		1.510	15.3	11.9	10.97	13.29	1.253	16.8	12.7	6.78	8.06
		1.531	15.8	11.4	10.19	12.50	1.510	16.6	12.6	8.56	10.20
	7.5 %	1.513	14.7	10.1	3.80	4.80	0.504	15.8	11.7	3.35	4.08
		0.757	15.3	10.1	5.11	6.46	0.765	15.3	11.8	5.56	6.75
		1.018	15.2	10.0	6.38	8.85	1.001	15.4	11.9	7.15	8.66
		1.254	15.5	9.9	8.18	10.39	1.249	16.2	12.0	7.70	9.31
		1.238	15.1	10.3	8.77	11.04	1.506	16.0	11.6	9.65	11.78
		1.519	16.0	10.2	9.04	11.40	1.514	15.7	12.1	10.26	12.37
S. F.	6.5 %	1.523	15.6	9.8	8.03	10.23	1.522	15.7	12.9	10.32	12.21
		0.508	16.5	11.9	2.88	3.49	0.513	18.2	12.6	1.86	2.22
		0.757	16.9	12.0	4.00	4.84	0.757	18.0	12.9	2.94	3.48
		1.009	17.2	11.7	4.95	6.03	0.761	18.1	12.7	2.86	3.40
		1.262	17.3	11.6	6.04	7.37	1.017	18.5	12.8	3.29	3.90
		1.514	17.2	11.8	7.43	9.02	1.266	18.2	12.5	4.59	5.48
	7.5 %	1.522	17.8	11.5	6.31	7.72	1.518	18.5	12.5	4.91	5.86
							1.522	18.0	12.9	5.92	7.00

arrangement T. F. = Total floor
S. F. = Spiral flow

Fig. 3 Correlation between G/V and K_{La} (20) for dp=130μ.

Fig. 4 Correlation between G/V and K_{La} (20) for dp=260μ.

Table 2 Correlation between G/V and K_{La} (20) for off gas method.

arrangement	dp ω	130 μ	130 μ
T. F.	4.4 %	K _{La} (20)=6.3631(G/V)+2.2720 r=0.947	K _{La} (20)=6.9623(G/V)+1.8373 r=0.970
	6.3 %	K _{La} (20)=7.6428(G/V)+1.0792 r=0.985	K _{La} (20)=6.0756(G/V)+1.5934 r=0.931
	7.5 %	K _{La} (20)=6.2213(G/V)+2.0547 r=0.947	K _{La} (20)=7.5194(G/V)+0.63013 r=0.988
S. F.	6.5 %	K _{La} (20)=4.8013(G/V)+1.1526 r=0.977	K _{La} (20)=4.156(G/V)+0.16394 r=0.973

4. 亜硫酸ソーダ法とガス収支法の比較

ガス収支法の測定値から得られた $K_{La}(20)$ の値を x 、亜硫酸ソーダ法のそれを y として、同一測定条件で得られた x と y との対応を Table 4 にまとめた。

Table 4 から両者の回帰式を求めると、 $r=0.948$ という高い相関係数のもとで次の一次回帰式が得られた。

$$y = 0.9355 \cdot x + 0.2574 \quad (11)$$

つまり、両測定方法から得られる散気性能値の間には強い相関関係が存在するということである。しかし、両者の関係は単なる相関関係ではなく、直接的な因果関係があり、適切な測定が行われていれば両者は同等

なはずである。いま、両性能値 x, y が全く同等であれば $y=x$ であるから、同等性を主張するためには上記回帰式が統計学的に $y=x$ と同等であることを検定すれば良いことになる。そこで、ここでは t 検定によって上記回帰式(11)式と対角線 $y=x$ との差の検定を次の要領で行った。

〈方向係数 a の検定〉

一次回帰式(11)式方向係数 a を1.0と仮説して、次式によってこの仮説の検定を行う。

$$t_0 = \frac{(1.0-a) \cdot \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}{\sqrt{V_{yx}}} \quad (12)$$

$$V_{yx} = \frac{1}{n-2} \{ \sum (y_i - \bar{y})^2 - a^2 \cdot \sum (x_i - \bar{x})^2 \} \quad (13)$$

すなわち、 t_0 を $t(n-2, \alpha)$ と比較して、次のように判定する。

$t_0 \geq t(n-2, \alpha) \Rightarrow$ 仮説を棄却、有意差あり ($a \neq 1.0$)

$t_0 < t(n-2, \alpha) \Rightarrow$ 仮説は捨てず有意差なし ($a = 1.0$)

Table 4 Correspondence of x and y .

x	y	x	y
4.73	3.23	4.61	4.44
6.32	4.87	7.66	5.91
8.17	7.95	9.15	7.02
11.72	10.21	11.61	8.61
10.00	9.17	12.01	10.15
12.45	12.00	11.74	10.61
10.88	10.62	4.27	5.00
4.69	5.86	6.45	5.14
7.52	7.57	7.35	6.36
8.76	8.69	7.16	7.69
10.15	10.48	8.06	9.88
13.29	14.06	10.20	11.32
12.50	12.18	12.21	12.15
4.80	5.08	4.08	4.66
6.46	6.72	6.75	6.09
8.85	7.99	6.66	7.48
10.39	9.52	9.31	9.76
11.04	11.24	11.78	10.79
11.40	13.35	12.37	12.26
10.23	10.93	2.22	2.63
3.49	3.77	3.48	3.59
4.84	4.84	3.40	2.82
6.03	5.56	3.90	4.73
7.37	6.74	5.48	5.34
9.02	8.50	5.86	6.09
7.72	7.45	7.00	6.81

Table 3 Measuring and calculating results for sodium sulfite method.

arrangement	dp ω	130 μ				260 μ			
		G/V $\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{m}^{-3}$	t_w $^{\circ}\text{C}$	$K_{1,2}(t_w)$ h^{-1}	$K_{1,2}(20)$ h^{-1}	G/V $\text{m}^3 \text{h}^{-1} \text{m}^{-3}$	t_w $^{\circ}\text{C}$	$K_{1,2}(t_w)$ h^{-1}	$K_{1,2}(20)$ h^{-1}
T. F.	4.4 %	0.509	9.9	2.54	3.23	0.508	12.0	3.67	4.44
		0.509	10.0	3.84	4.87	0.761	12.1	4.90	5.91
		1.022	9.9	6.26	7.95	1.022	11.9	5.79	7.02
		1.266	10.0	8.05	10.21	1.253	11.8	7.09	8.61
		1.270	9.8	7.20	9.17	1.506	11.6	8.32	10.15
		1.506	10.0	9.47	12.00	1.522	12.2	8.82	10.61
		1.519	9.7	8.32	10.62				
	6.3 %	0.513	11.7	4.81	5.86	0.504	12.8	4.22	5.00
		0.753	11.8	6.23	7.57	0.761	12.8	4.33	5.14
		1.022	11.6	7.12	8.69	0.765	12.8	5.36	6.36
		1.270	11.5	8.57	10.48	1.017	12.7	6.47	7.69
		1.510	11.9	11.60	14.06	1.253	12.7	8.31	9.88
		1.531	11.4	9.93	12.18	1.510	12.6	9.50	11.32
						1.522	12.9	10.27	12.15
	7.5 %	1.513	10.1	4.02	5.08	0.504	11.7	3.83	4.66
		0.757	10.1	5.31	6.72	0.765	11.8	5.01	6.09
		1.018	10.0	6.30	7.99	1.001	11.9	6.17	7.48
		1.254	9.9	7.49	9.52	1.249	12.0	8.07	9.76
		1.258	10.3	8.93	11.24	1.506	11.6	8.84	10.76
		1.519	10.2	10.58	13.35	1.514	12.1	10.16	12.26
		1.523	9.8	8.58	10.93				
S. F.	6.5 %	0.508	11.9	3.11	3.77	0.513	12.6	2.21	2.63
		0.757	12.0	4.00	4.84	0.757	12.9	3.03	3.59
		1.009	11.7	4.57	5.56	0.761	12.7	2.37	2.82
		1.262	11.6	5.52	6.74	1.017	12.8	3.99	4.73
		1.514	11.8	7.00	8.50	1.266	12.5	4.47	5.34
		1.522	11.5	6.09	7.45	1.518	12.5	5.10	6.09
						1.522	12.9	5.75	6.81

Table 5 Data for statistics test.

n	52
x	8.07
y	7.81
$\Sigma (x_i - \bar{x})^2$	456.64
$\Sigma (y_i - \bar{y})^2$	445.06
V_{yx}	0.91
t_{0a}	1.44
t_{0b}	0.67
α	0.05
$t(n-2, \alpha)$	2.01

ただし、 α は有意水準であり、ここでは5%を採用する。

〈切片 b の検定〉

一次回帰式(1)式の切片 b を0と仮説して、次式によってこの仮説の検定を行う。

$$t_0 = \frac{|0 - b|}{\sqrt{V_{yx}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{\Sigma (x_i - \bar{x})^2}}} \quad (14)$$

方向係数の検定と同様、 t_0 を $t(n-2, \alpha)$ と比較して、次のように判定する。

$t_0 \geq t(n-2, \alpha) \Rightarrow$ 仮説を棄却、有意差あり ($b \neq 1.0$)

$t_0 < t(n-2, \alpha) \Rightarrow$ 仮説は捨てず有意差なし ($b = 1.0$)

検定に必要な諸数値および計算結果を Table 5 に示した。計算結果から明らかなように、方向係数および切片共に有意差水準5%では $t_0 < t(n-2, \alpha)$ であって、 $a = 1.0$ および $b = 0$ の仮説を捨てることはできないと判定される。すなわち、得られたデータから回帰式は統計学的には対角線 $y = x$ と有意差はないということであり、ガス収支法の測定値は亜硫酸ソーダ法の測定値と一致するとみなすことができるのである。

5. ま と め

清水中に Na_2SO_3 を溶解せしめて非定常下にディフューザの散気性能を測定する「亜硫酸ソーダ法」と、この測定過程にガス収支法の原理を応用した方法とでは、それぞれのデータから求めた性能値は一致するは

ずである。大型の実験タンクで亜硫酸ソーダ法による磁器製散気板の散気性能測定を行った際、同時にガス収支法によるデータも採取し、これらのデータを統計学的に解析した結果、両方法から求めた性能値は一致するという結論を得た。

ガス収支法は散気性能の他の測定方法に比較して次のような優れた特徴をもっている。

- i. 測定そのものが簡単で測定に熟練を要しない。
- ii. 測定原理が物理的現象に基づくものであるので、測定法そのものの改良が容易であり、今後の検討によって測定精度を向上させることが可能である。

このような特徴を持つガス収支法が標準的方法と同一結果を与えるという上記の結論は、ディフューザ散気性能の測定においてガス収支法を採用していく上で極めて有効な結論といえよう。特にガス収支法は実操業下での散気性能測定での利用価値が高いであろう。従来、定常状態での散気性能測定には先のエアレーションタンク内混合液の酸素利用速度を測定する方法があるが、この方法にはいくつかの問題点があり実操業下での散気性能の実態については十分把握されていなかった。これに対して、元来定常状態での散気性能測定を目的としたガス収支法は今後この方向での実態把握に大いに役立つものと期待される。

有機性廃水処理においては処理プラントの主要部であるエアレーションの効率化が叫ばれているが、そのためには実プラントでのディフューザの散気性能の正確な把握が不可欠であり、散気性能測定問題については活発な研究が行われ、大いに議論の沸き上がる必要があると考える。

(原稿受理 昭和63年5月10日)

引用文献

- 1) 日本下水道協会(1985)下水試験法 (1984年版), 289pp.
- 2) 久保田宏, 藤江幸一, 蓮本寿治, 笠倉忠夫, 水野朝夫(1980) 旋回流式エアレーションタンク内散気性能指標の実測, 下水道協会誌 17, 31-42.
- 3) H. Kubota, K. Fujie and T. Kasakura (1981) Automatic monitoring of exhaust gas analysis in activated sludge wastewater treatment process. *Water Sci. Tech.* 13, 159-164.
- 4) 山口登, 樽谷隆雄, 大西啓隆(1987)深層式エアレーションタンクにおけるエアレーション装置の性能調査(1)及び(2), 下水道協会誌 24, No.274, 45-56及びNo.276, 45-51.
- 5) 村上仁, 樽谷隆雄(1987)全面エアレーション式散気装置の性能調査, 水処理技術 28, 353-366.
- 6) T. Sekizawa, K. Fujie, H. Kubota, T. Kasakura and A. Mizuno (1985) Air diffuser performance in activated sludge aeration tanks. *Jour. W.P.C.F.*, 57, 53-59.
- 7) 岩波書店(1977)生物学辞典(第2版), 1172pp.
- 8) 鍋島良宏, 恩田弘司(1986)非線形回帰による散気性能の推定, NGK 環境装置技報 No.1, 16-24.
- 9) 藤江幸一(1979)生物廃水処理装置の酸素移動と動力効率, 東京工業大学学位論文.

Nomenclature

a :	direction coefficient of regressive line	(-)
b :	intercept of regressive line	(-)
c :	concentration of dissolved oxygen	($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)
c_s :	concentration of dissolved oxygen at saturated state	($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)
G :	volumetric air feed rate	($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$)
KL_a :	overall oxygen transfer coefficient	(h^{-1})
n :	numbers of samples for statistics test	(-)
r :	correlation coefficient between x and y	(-)
r_c :	oxygen consumption rate	($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)
r_d :	oxygen dissolution rate	($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)
t_o :	value of t distribution calculated from samples	(-)
$t(n-2, \alpha)$:	value of t distribution at sample numbers n and significant level α	(-)
t_w :	water temperature	($^{\circ}\text{C}$)
V :	aeration tank volume	(m^3)
V_{yx} :	variance defined as equation(13)	(-)
x :	$KL_a(20)$ for off gas method	(-)
y :	$KL_a(20)$ for sodium sulfite method	(-)
z_o :	concentration of oxygen in feed air	(%)
z_m :	minimum concentration of oxygen in aerated off gas	(%)
α :	significant level for statistic test	(%)
γ :	volumetric weight of oxygen at 20°C , 1 atm	($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
η :	oxygen dissolution efficiency	(%)
η_o :	oxygen dissolution efficiency at $c=0$	(%)
θ :	aeration or measurement time	(h or min)

懸濁液型水ガラス系注入剤を用いたトンネル工事排水の水量・水質特性

宮根 正樹* 丸山 俊朗** 平石 博忠*

* 佐藤工業株式会社 ** 東京水産大学

〈水質汚濁研究 Vol.11 No.7 (1988) pp.442～450〉

懸濁液型水ガラス系薬液注入工法を採用している工事現場排水の水量と水質の特性を掘削工程，注入工程，および無作業時について調査し，排水処理施設設計の計画排水量と水質について次の知見が得られた。①日最大排水量は掘削工程で出現し，日最小排水量の約10倍に達した。②pHと濁度は掘削工程で最も高く，日平均値±標準偏差はそれぞれ 11.3 ± 0.9 ， 2020 ± 1110 濁度単位であった。溶解性シリカとカルシウムイオンは注入工程で最も高く，それぞれ $114 \pm 60.6 \text{ mgSiO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ ， $58.0 \pm 32.8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ であった。③全工程におけるP・アルカリ度と電気伝導度はそれぞれ $139 \pm 183 \text{ mgCaCO}_3 \cdot \text{l}^{-1}$ ， $392 \pm 473 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (25°C)に近いと推測された。④無作業時の排水はpH調整のみで放流できる。⑤排水処理施設の設計基準値として，排水量は掘削工程の日平均排水量の2.5倍，pHは11.3，濁度は3100濁度単位，溶解性シリカは $230 \text{ mgSiO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ が適当と考えられた。

散気性能測定におけるガス収支法と亜硫酸ソーダ法との比較

笠倉 忠夫* 水野 朝夫*

* 日本ガイシ株式会社エンジニアリング事業本部開発部

〈水質汚濁研究 Vol.11 No.7 (1988) pp.451～456〉

非定常下の標準的散気性能測定法である「亜硫酸ソーダ法」の測定過程で，「ガス収支法」の手法を適用することによって，通気排ガス中の酸素濃度変化を測定することができる。亜硫酸ソーダ法測定の初期段階では，液中の溶存酸素濃度が急速に零に達するのに対して，排ガス中の酸素濃度はゆっくり減少して最低値に達する。総括酸素移動容量係数 KL_a ，または溶存酸素濃度 $C = 0$ における酸素溶解効率 η_0 を，この最低酸素濃度 z_m から導くことができるのである。

磁器製散気板の散気性能測定実験を行い，実験結果から得られた同一条件下のガス収支および亜硫酸ソーダ両法の値を比較し，統計学的検定の結果両者が一致することがわかった。実操業下の性能測定法としては現実的にはガス収支法しかないので，ここに得られた結論は実際のエアレーションタンクでの測定に対して大きな意味をもつと考えられる。