

清水建設研究所 正員 ○平山照康
同 正員 丹羽千明

1. はじめに

各種有機性廃水の処理において、種々の利点を有するところから、近年、生物学的接触酸化法に対する需要が増えつつある。しかし、本法には固定床（ろ材）が目詰まりしたり、部分的に嫌気性領域を生じやすいという欠点がある。本研究は、散気法による片側旋回流式接触酸化法の固定床内循環流速を測定し、従来法の欠点を摘出し、同時にその対策の一部を示した。さらに同法における酸素移動についても若干の検討を行った。

2. 実験装置と実験方法

図-1及び図-2に実験装置の概略図を示す。図-1は従来より用いられている片側旋回流式接触酸化装置を示すものである。固定床としてプラスチック成形体を設置した槽内の片側に取り付けられた散気板からの曝気空気により槽内に循環流速を起し、同時に酸素を供給する。酸素濃度及び循環流速をそれぞれ溶解酸素計、回転式流速計等で測定する。（尚、流速計の出力を記録計に導き、一定時間の平均値をデータとして採用した。）図-2は、通常の固定床の運転における種々の欠点を解決するため、固定床断面上部に曲率を設け、かつ固定床下部に傾斜板を設置した接触酸化装置である。散気板、固定床、測定機器等は図-1における場合と同様である。尚、両場合とも固定床としては、最も一般的に使用されているハニカムチューブ（封込距離30%）を採用した。

3. 実験結果

3.1 通常の固定床（以下において平型という。）を用いた場合

図-1に示した通常の片側旋回流式接触酸化装置における固定床内循環流速を測定したところ、以下のことが明らかにになった。（図-3参照）

(1) 従来の片側旋回流式曝気槽においては、固定床内に一様な下降流速分布を生じることはなく、中央部より散気領域側では、隔壁（散気領域と固定床充填領域の境界に設置された平板）に近いところ程大きな上昇流速が生じた。

(2) また、散気領域から遠い外周部ほど大きな下降流速が生じ、固定床中央部では非常に流れの遅い平均的には流速が零の領域があると確認された。

(3) (1)、(2)の如く廃水の循環流速分布が不均一なため、実際の廃水処理にあたっては、付着生物膜への汚濁物の供給割合が一律とならず、かつ酸素の供給が極めて乏しい嫌気性領域が生じるとを示唆している。

3.2 傾斜板を有し固定床断面上部に曲率を設けた固定床（以下において曲率型という。）を用いた場合

平型固定床における隔壁直上上の水平流速 v を与える関数を①式、均一下降流速 V_0 、また固定床上部の断面形状を②式で表わす。

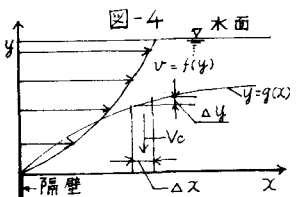
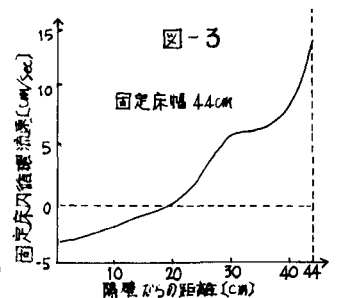
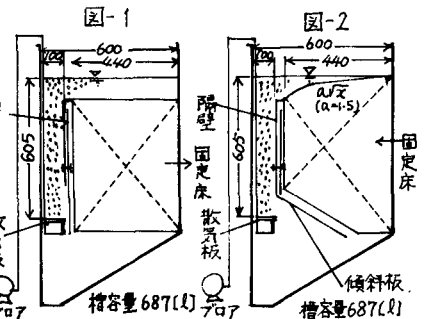
$$v = f(y) \quad \text{--- ①} \quad \left(\text{ここに、} v: \text{水平流速、} y: \text{隔壁上端から水面方向} \right)$$

$$y = g(x) \quad \text{--- ②} \quad \left(\text{への距離 } x: \text{隔壁から外周部方向への距離} \right)$$

今、固定床横方向の微小幅 Δx を考えると、連続の式より、③式が成立する。

$$\Delta x \cdot V_0 = \Delta y \cdot v \quad \text{--- ③} \quad \text{従って、} \frac{dy}{dx} = V_0/v \quad \text{--- ④}$$

①、②、④より、⑤式が求められる。従って、④式の流速分布を与える式が決まれば微分方程式⑤を解くこと



によって断面形状を与える②式を決定できる。実際の水平流速を測定した結果は図-5に示す通り隔壁からの距離に対してほぼ直線的に変化するもので、 $v=b \cdot y$ において⑤式を解くと断面形状を⑥式として求められる。

$$db/dx = V_f / (Q \cdot y) \text{ ----- ⑤} \quad y = a \sqrt{x} \text{ ----- ⑥}$$

図-5に示す如く、固定床下部に隔壁近傍の上昇流を阻止するための傾斜板を設け、固定床上部断面形状を $y=1.5\sqrt{x}$ にとったときの循環流速分布を図-6に示す。隔壁から水面までの距離 H の違いによって流れ形状は異なるが、⑥式の決定条件である外周部において固定床と水面が接する条件($H=10\text{cm}$)にて、循環流速を測定すると、固定床断面においてほぼ一様な下降流速が得られた。

さらに、循環流量は H によって異なるが、平型の場合で $150 \sim 200 [\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}]$ 曲率型で $200 \sim 250 [\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{sec}]$ と曲率型のほうが大きい結果が得られた。

3.3. 平型及び曲率型固定床における酸素吸収について

重碳酸ソーダ法による酸素吸収実験の結果を図-7に示す。また、吹き込み空気量別の酸素吸収効率の計算結果を表-1に示す。これらから総括酸素移動容量係数 KLa は曲率型のほうが高いことがわかる。また、空気量 Q の指数が $0.7 \sim 0.8$ と低いので、いずれの場合も Q の増大とともに酸素吸収効率も低下することがわかる。散気領域における上昇流速 v_b を測定した結果を図-8に示す。図-8より曲率型のほうが平型より上昇流速が速く、従って気泡の滞留時間が短く、気液接触面積は小さくなる。それにも関わらず KLa は逆に高くなるのは流速が増加することにより液の乱れが激しくなり、液膜係数 K_L が増加するためであると考えられる。 K_L は両型において⑦式より算出される。

$$K_L = KLa \frac{V}{A} = KLa \cdot \frac{db \cdot (v_b + v_g) \cdot V}{6 \cdot Q \cdot R} \text{ ----- ⑦}$$

ここに、 A ；気液接触面積 V ；槽容量 Q ；吹き込み空気量 R ；散気水深 v_b ；気泡の上昇速度 v_g ；気泡径

本実験と同一条件で別案に行なったガスホルドアップの測定等により、 $v_g = 22.4 \text{ cm/sec}$ 、 $db = 0.3 \text{ cm}$ が得られているので、⑦式から K_L を算出し、結果を図-9に示す。 K_L は本実験条件範囲では曲率型のほうが大きく、曲率型の場合 Q の増大に伴い K_L も増加するが、平型では曲率型に変化しないことがわかる。

4 まとめ

(1) 通常の片側旋回式接触曝気法(平型)において、固定床内循環流速は隔壁に近いところで上昇流速、外周部において下降流速が生じ、中央部付近では流速が零の領域が生じることが確認できた。

(2) (1)の対策として、固定床下部に隔壁近傍での上昇流速を阻止するための傾斜板を設け、水平流速をとりこみやすくするため固定床上部の断面形状に曲率を設ける(曲率型)ことによって、固定床内循環流速をほぼ一様な下降流速にすることができた。

(3) 同一条件下では、曲率型のほうが従来の平型より若干高い総括酸素移動容量係数が得られたが、これは液膜係数の増加に起因するところが大であると考えられる。

(4) 同一条件下では、曲率型のほうが従来の平型よりも大きな固定床内循環流量が得られる。

図-5

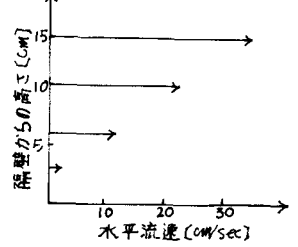


図-6

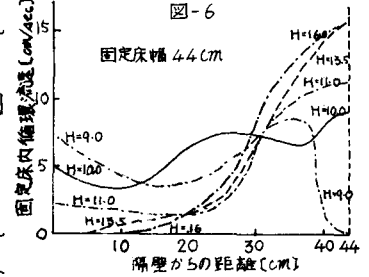


図-7

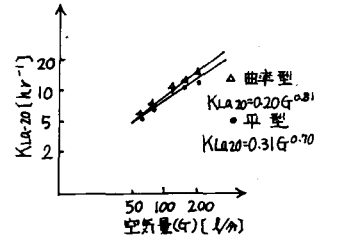


図-8

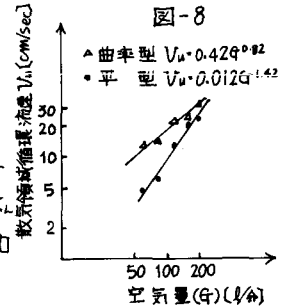


表-1

空気量 (l/min)	単位容積当りの空 気量 (l/min)	酸素吸収効率(%)	
		平型	曲率型
60	0.09	2.9	3.0
80	0.12	2.8	2.9
120	0.17	2.8	2.8
160	0.23	2.2	2.4
200	0.29	2.0	2.4

図-9

