

II-387

活性汚泥エアレーションタンクの機能分析

II. BOD残留分布特性

神戸大学大学院 学生員○西 暢人 神戸大学工学部 正 員 飯田幸男
神戸大学大学院 学生員 黒林寛治 清水 建設 備 正 員 岡島 元

1. はじめに I の報告で、トレーサーを用いて実稼働エアレーションタンクの混合特性の評価を試みた。その結果、混合特性は非常に複雑であり、タンク形状や操作条件によって大きく影響されることがわかった。ここでは、混合特性とBOD残留分布との関連を調べるために行った実験の結果について報告する。

2. 実験方法 タンクの長さ方向に流入端から等間隔に配置した採水ポイントから試料を採取した。また、水質分析は、BOD, CODおよびMLSSについて行った。試料を3000rpmで30分間遠心分離した上澄液のBOD, CODを、それぞれ溶解性BOD(S-BOD), 溶解性COD(S-COD)とする。一方、

遠心分離しない試料のBOD, CODを、それぞれ全BOD(T-BOD), 全COD(T-COD)とする。タンク内部の各採水ポイントから採取した活性汚泥混合試料について、S-BOD, S-CODを測定した。流入水について、T-BOD, S-BOD, T-COD, S-CODを測定した。MLSSは、各ポイントの活性汚泥混合試料のコンポジットサンプルについて測定した。

3. 実験結果 混合特性とBOD, COD除去特性の関係を調べるために数学モデルの適用を試みた。活性汚泥によるBOD, COD除去反応を一次反応とし、定常状態を仮定すると1次元分散方程式は次のようになる。

$$\frac{d^2C}{dx^2} - \frac{u}{D} \frac{dC}{dx} - \frac{k}{D} C = 0 \quad (1)$$

ここで、C: BODまたはCOD濃度、x: 距離、u: 流速、D: 分散係数、k: 反応速度定数である。式(1)を解析的に解くと式(2)が導かれる⁽¹⁾。

$$\frac{C}{C_0} = \frac{2(1+a) \exp\left\{\frac{au}{2D}(L-x)\right\} - 2(1-a) \exp\left\{\frac{au}{2D}(x-L)\right\}}{(1+a)^2 \exp\left(-\frac{auL}{2D}\right) - (1-a)^2 \exp\left(-\frac{auL}{2D}\right)} \exp\left(\frac{ux}{2D}\right) \quad (2)$$

$$a = \sqrt{1 + 4kD/u^2}$$

ここで、C₀: 流入水のBODまたはCOD濃度、L: 全長である。

式(2)にトレーサー実験により得られたタンク内平均分散係数(D)を代入し、非線形最小2乗法を用いて反応速度定数(k)を推定した。また、遅延一次反応式 $C/C_0 = 1/(1+kt)$ を時間(t)の関数から距離(x)の関数に変換し、総括速度定数(K)と平均流速(u)を用いた実験的数学モデルは次式で表すことができると仮定し、最小2乗法により総括速度定数(K)を推定した。

$$\frac{C}{C_0} = \frac{u}{u + Kx} \quad (3)$$

表-1に、実験時のタンク操作条件を示す。

Iで報告したように、T-1には阻流壁が設置されていないが、T-2には設置されている。T-5, 6ともに阻流壁は設置されているが、開口部断面積のタンク断面積に対する比(断面比)はT-6の方が大きくなっている。T-5, 6で、流入端

タンクNo.	流量 (m ³ /min)	空気量 (m ³ /min)	送風圧力 (m ² /min)	停留時間 (hr)	MLSS (g/l)	BOD-SS負荷 kg-BOD/kg-MLSS 日	
T-1	MAX. MIX. AVE.	7.00 6.00 6.50	66.50 58.80 62.65	2.40 2.10 2.25	6.94 6.41 6.68	1920 1810 1865	0.81 0.51 0.66
T-2	MAX. MIX. AVE.	7.00 6.00 6.50	66.50 58.80 62.65	2.40 2.10 2.25	6.94 6.41 6.68	1810 1490 1650	0.98 0.54 0.76
T-5	MAX. MIX. AVE.	10.10 9.20 9.54	54.30 42.40 49.06	2.70 2.20 2.46	5.21 4.64 4.98	1454 1361 1407	0.69 0.49 0.59
T-6	MAX. MIX. AVE.	9.70 9.10 9.45	50.40 40.00 45.48	2.40 2.30 2.35	5.21 4.91 5.04	1507 1349 1404	0.60 0.43 0.54
T-5 (ω)	MAX. MIX. AVE.	11.00 10.20 10.55	43.50 40.10 41.73	2.50 2.20 2.38	4.79 4.40 4.60	1970 1753 1844	0.53 0.36 0.45
T-6 (ω)	MAX. MIX. AVE.	11.20 10.20 10.70	41.50 37.00 39.25	2.50 2.40 2.45	4.72 4.34 4.53	2516 1823 2170	0.50 0.28 0.39

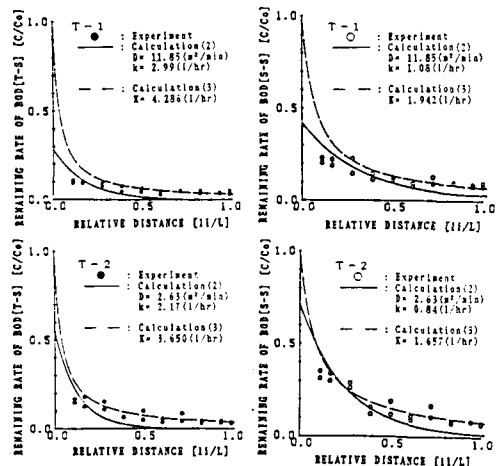


図-1 T-1, 2のBOD残留率と相対距離の関係

付近(流入端~14m)の曝気を停止する変則曝気が行われた。この時に行った実験には、添字(a)をつけて示す。これらのタンクは、0.4~0.8kg-BOD/kg-MLSS/dayのBOD汚泥負荷で操作されている。

図-1に、T-1,2のBOD残留率(C/C_0)と相対距離(l/L)の関係について実測値と式(2)および式(3)から得られた計算値を対比して示す。実線で示す式(2)の計算曲線では、相対距離が1.0に近づくにつれて相対濃度が零に近づいており、活性汚泥処理で残留する難分解性BODを表現できない。一方、破線で示す式(3)の計算曲線では、T-1の流入端付近($l/L=0.1\sim0.2$)での実測値と計算値との差は大きくなっているが、全体として式(3)でタンク内のBOD残留分布を良く表現できることがわかる。混合特性の調査の結果、阻流壁の有無はタンク内の流況にかなりの影響を及ぼすと報告したが、T-1およびT-2のK値は流入水T-BODを基準とした場合それぞれ4.286と3.650、流入水S-BODを基準とした場合それぞれ1.942と1.657でありBODのタンク内分布は流況にはあまり影響されないことがわかる。

T-5,6およびT-5(a),6(a)のタンク内BOD残留率(C/C_0)と相対距離(l/L)の関係について同様に解析した結果を図-2と図-3に示す。前述と同様に、破線で示した式(3)の計算曲線の方が実線で示した式(2)の計算曲線よりも良くBODの残留分布を表現している。T-5およびT-6のK値は、流入水T-BODを基準とした場合、それぞれ4.529、3.903、流入水S-BODを基準とした場合、それぞれ2.103、2.251であり、流況の差はBOD除去にはあまり影響しないことがわかる。流入端付近の曝気を停止しているタンク、特にT-6(a)のK値は高くなっているが、これは実験回数が少ないこと、また流入端部で十分に混合された試料が得られなかったためと考える。

表-2に総括速度定数(K)および実測値と計算値の相関係数(r)を一括して示す。タンク形状や操作条件(変則曝気)によって総括速度定数(K)の値は異なっているが、実験が大規模の実稼働エアレーションタンクで行われたことを考慮すれば、ほぼ一定の値が得られたと考える。そこで、全ての総括速度定数(K)を平均すると、流入水のT-BODを基準とした場合、 4.259 ± 1.283 、S-BODを基準とした場合、 2.244 ± 0.850 となり、相関係数(r)は0.8以上であった。一方、CODについても同様に計算を行ったが、高い相関を得ることができなかった。

4. おわりに 実稼働エアレーションタンクにおいて、流動特性と基質挙動を関連させてBOD除去のモデル化を試みたが、一般性を持ったモデルの作成は困難であった。通常の都市下水の処理を行っている大規模長方形タンクのBOD残留分布は、流動特性とは無関係に実験式 $C/C_0 = u/(u+Kx)$ で表現できる。

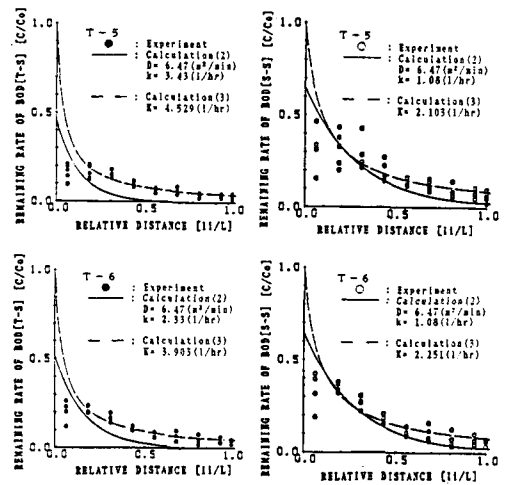


図-2 T-5,6のBOD残留率と相対距離の関係

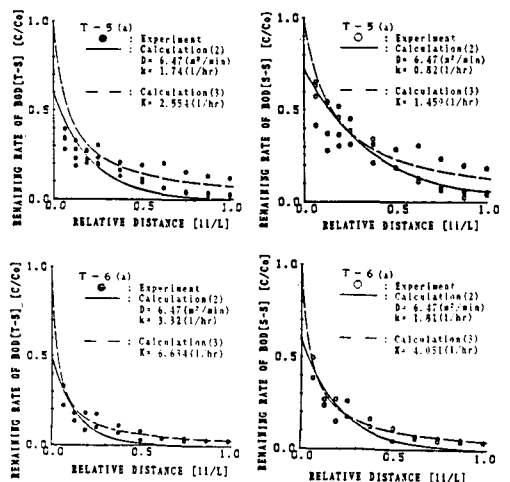


図-3 T-5(a),6(a)のBOD残留率と相対距離の関係

表-2 各タンクの総括速度定数(K)

タンク No.	K [1/hr]			
	BOD [T-S]	BOD [S-S]	COD [T-S]	COD [S-S]
T-1	4.286 (0.891)	1.942 (0.900)	1.251 (0.490)	0.447 (0.514)
T-2	3.650 (0.880)	1.657 (0.734)	1.121 (0.476)	0.409 (0.439)
T-5	4.529 (0.725)	2.103 (0.730)	1.593 (0.653)	0.779 (0.733)
T-6	3.903 (0.764)	2.251 (0.801)	1.410 (0.735)	0.696 (0.789)
T-5 (a)	2.554 (0.861)	1.459 (0.883)	1.758 (0.875)	0.593 (0.859)
T-6 (a)	6.434 (0.918)	4.051 (0.750)	1.445 (0.782)	0.710 (0.750)

値し、()は相関係数を示す。