

246. 活性汚泥の浄化機能におよぼす物理的衝撃の影響に関する研究

橋本 奨・○福智 真和

(大阪市土木局下水道本部中浜下水処理場)

緒 言

下水の活性汚泥処理では、曝気槽の活性汚泥混合液が最終沈殿池で、清澄な浄化水と活性汚泥 floc にうまく分離されねばならない。そのためには、曝気槽内で活性汚泥 floc が過度に剪断されず、かつまた、活性汚泥の呼吸活性を満足させるような溶存酸素レベルになるように、曝気撹拌されなければならない。活性汚泥 floc におよぼす剪断の影響についての研究はきわめて少なく、わずかに Fair^{1,2)} らが動力消費の見地から、活性汚泥 floc におよぼす水理学的環境の影響について研究している程度である。微生物におよぼす剪断の影響については、Midler と Finn³⁾、田口⁴⁾の報告がある。活性汚泥法では、活性汚泥が剪断されないで、floc の凝集促進を増大させるような水理学的環境、すなわち、曝気槽の最適曝気条件を確立することはきわめて重要なことである。本報では、活性汚泥 floc の解体・凝集におよぼす二、三の影響因子について検討した。また、曝気槽内でうける活性汚泥 floc の物理的衝撃の強度について論じ、実際処理工程における活性汚泥の解体・凝集性能の挙動をも追跡した。

1. 混合撹拌による物理的衝撃の強度

流体の撹拌は、流体とそれに含まれるコロイド、あるいは懸濁浮遊物質にある速度を与える。この時流体内部に生じる速度勾配、すなわち G 値が懸濁浮遊微粒子の flocculation にきわめて重要な調整因子となる。今、剪断される流体の平均速度勾配を G で表わすと、 G は単位容積当りの入力と流体の絶対粘度の函数となり、したがって与えられた時間においてなされた水理学的仕事、あるいは動力消費は次式で表わされる。

$$P/V = \tau \left(\frac{dv}{dy} \right) = \frac{\mu}{gc} \left(\frac{dv}{dy} \right)^2 = \frac{\mu}{gc} G^2 \dots \dots (1)$$

ここに、 P : 剪断応力 $\tau = \frac{\mu}{gc} \left(\frac{dv}{dy} \right)$ を与える流体容積 V 中で消費される動力 ($\text{kg} \cdot \text{m}/\text{sec}$)、 μ : 流体の絶対粘度 ($\text{kg}/\text{m} \cdot \text{sec}$)、 $G = \frac{dv}{dy}$: 流体の瞬時の平均速

度勾配 ($\text{m}/\text{sec}/\text{m}$, or $1/\text{sec}$)、 gc : 重量—質量換算係数 ($\text{kg} \cdot \text{m}/\text{Kg} \cdot \text{sec}^2$)、流体の流量を Q (m^3/sec)、滞留時間 t として、 G および $G \cdot t = G \cdot \frac{V}{Q^2}$ について解くと、

$$G = \sqrt{P \cdot gc / \mu V}, \quad Gt = \sqrt{P \cdot gc V / \mu Q^2} \dots (2)$$

となる。パドルによる機械撹拌では、有効入力パドルの引張り力の函数である。 D : 引張り力 (kg)、 C_D : 流体面に働くペラの摩擦係数、 A : パドルの面積 (m^2)、 v : 流体の速度 (m/sec)、 V : 撹拌槽の容積 (m^3)、 ρ : 流体の密度 (kg/m^3)、 g : 重力加速度 (m/sec^2)、とすれば、

$$D = C_D A \rho v^2 / 2g \dots \dots \dots (3)$$

単位容積当りの動力は

$$P = C_D A \rho v^3 / 2Vg = \frac{\mu}{gc} G^2 \dots \dots \dots (4)$$

となり、

$$G = \sqrt{C_D A v^3 / 2\nu V} \dots \dots \dots (5)$$

となる。ただし、 ν は流体の動粘度 (m^2/sec) である。(2)式、(5)式から中浜東下水処理場の曝気槽、再曝気槽および実験に使用した jar-tester 撹拌装置の G 値および $G \cdot t$ 値を計算すると Table 1 のようになる。Fair & Geyer²⁾によれば、化学的 floc の凝集では、floc が剪断されないで凝集を促進させる G 値は実験的に 10~75 $1/\text{sec}$ の範囲にあり、 Gt 値は $10^4 \sim 10^5$ の範囲にするとよいといわれている。実際の下水処理では、曝気槽内の活性汚泥は Table 1 に示されるように、前記 Fair と Geyer のいう化学的凝集の最適 G 値および Gt 値よりもかなり高い G 値 (77~108 $1/\text{sec}$) および Gt 値 ($8.3 \times 10^5 \sim 1.94 \times 10^6$) で運転されている。このことは Fair, Gemmell & Myrich¹⁾ によっても認められ、この差は生物学的凝集に要する時間によるものであらうと考えられている。しかし、後述の Jar-tester 撹拌装置による活性汚泥の解体・凝集実験では、最適 G 値の範囲は約 314~889 $1/\text{sec}$ 、最適 Gt 値の範囲は約 $1.9 \times 10^5 \sim 5.3 \times 10^5$ になっている。また、別

Table. 1. 曝気槽・再曝気槽・実験装置のG値およびG・t値

装 置	攪 拌 条 件	G 値(1/sec)	滞留時間および 接触時間(t)	G・t 値
曝 気 槽	ブローア 1 台 (72M ³ /min)	77	3 hr	831,600
			4 hr	1,108,800
			5 hr	1,386,000
	ブローア 2 台 (140M ³ /min)	108	3 hr	1,166,400
			4 hr	1,555,200
			5 hr	1,944,000
再 曝 気 槽	ブローア 1 台 (72M ³ /min)	56	2.5 hr	504,000
	ブローア 2 台 (140M ³ /min)	73	2.5 hr	657,000
Jar-tester 攪 拌 装 置	100rpm (28.7cm/sec)*	314	10 min	188,400
	150rpm (43.1cm/sec)*	578	10 min	346,800
	200rpm (57.4cm/sec)*	889	10 min	533,400
	250rpm (71.8cm/sec)*	1,243	10 min	745,800
	300rpm (86.1cm/sec)*	1,634	10 min	980,400
プランジャー ポンプ	揚 水 量 0.32M ³ /min	960	68 sec	65,280
ブレードレス ポンプ	揚 水 量 4.166M ³ /min	3,344	5 sec	16,720

* 攪拌羽根の先端速度

にプランジャーポンプとブレードレスポンプにかけた時の活性汚泥の解体状況を実験現場で試験したところ、前者ではほとんど解体されなかったが、後者では著しく解体された。前者のG値は 960 1/sec, Gt 値は約 6.5×10^4 であった。したがって、活性汚泥の floc 解体の限界G値は約 1000 1/sec 位にあると考えられる。実際曝気槽の G・t 値は jar-tester 攪拌装置やプランジャーポンプの G・t 値よりも著しく高くなっている。これは滞留時間や接触時間が長いため、このような場合にはかなりの物理的衝撃をうけるため、G値を低くするかあるいは滞留時間を短くせねばならないと考えられる。

II. 活性汚泥 floc の解体・凝集の試験方法

所定濃度に調製された活性汚泥混合液 200ml を 300 ml 容ビーカーにとり、jar-tester で 100~300rpm の攪拌速度で一定時間攪拌し、30分間静置後その上澄液の吸光度を測定した。活性汚泥 floc の凝集および解体の程度は、前記測定値を攪拌開始前の活性汚泥の30分静置後の上澄液の吸光度で除した値、すなわち $\frac{\text{攪拌後の上澄液吸光度}}{\text{攪拌前の上澄液吸光度}}$ の変動傾向により調べた。

Ⅲ. 活性汚泥 floc の解体・凝集におよぼす攪拌時間、攪拌速度ならびに活性汚泥浮遊物質濃度の影響
活性汚泥 floc におよぼす攪拌時間の影響を Fig. 1 に示した。活性汚泥 floc は 100~300rpm (G値 314~

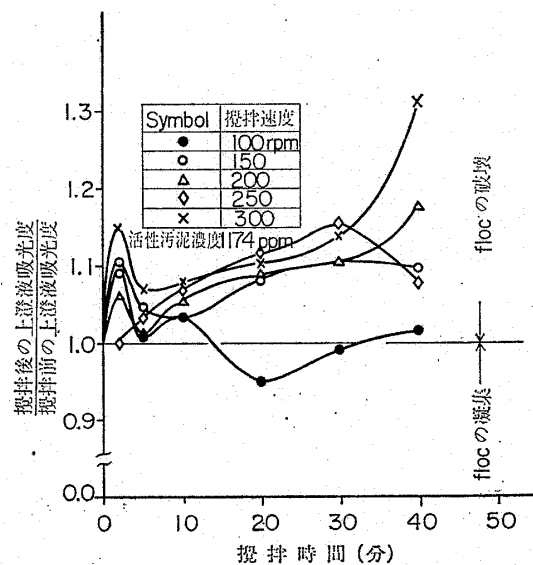


Fig. 1. 攪拌による活性汚泥 floc 破壊の経時変化

(118)

1634 1/sec) では、攪拌初期 (約 2 分まで) に急激な物理的衝撃をうけて破壊されるが、約 2~5 分後には回復の傾向を示す。その後攪拌を続けると 5 分後から徐々に極くわずかに破壊される傾向を示す。この破壊現象は微生物細胞の破壊結果^{3,4)} と近似している。しかし、活性汚泥 flocc は一度破壊されても定常状態になればある程度凝集性を回復する点において、細胞破壊の場合と著しく異なっている。以下の実験では、活性汚泥 flocc が物理的衝撃に馴致して回復する点、すなわち攪拌時間を 10 分とした。Fig. 2 に攪拌速度 100 rpm の時の活性汚泥 flocc の解体・凝集におよぼす活性汚泥濃度の影響を示した。活性汚泥 flocc の凝集最適浮遊物質濃度は活性汚泥によって区々であるが、おおそ、約 1000~3000ppm の範囲にあるようである。活性汚泥浮遊物質濃度が約 4000~5000ppm 以上になると解体の傾向が出てくる。活性汚泥 flocc (浮遊物質濃度 1554~3580ppm) の解体・凝集におよぼす攪拌

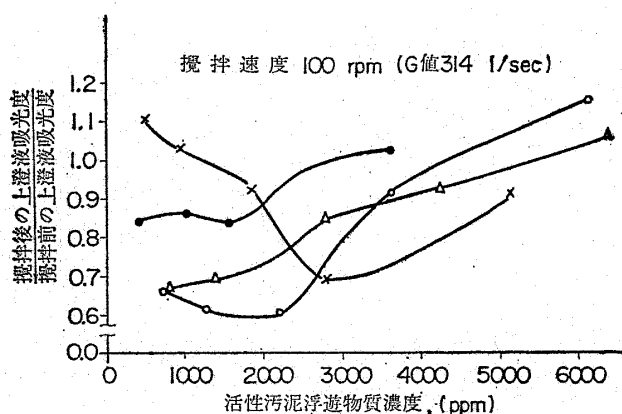


Fig. 2. 活性汚泥 flocc の解体・凝集におよぼす活性汚泥濃度の影響

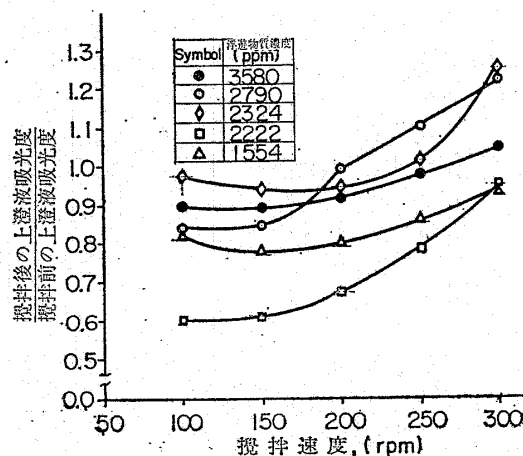


Fig. 3. 活性汚泥 flocc の解体・凝集におよぼす攪拌速度の影響

速度の影響を Fig. 3 に示した。一般に 100~200rpm の攪拌で凝集傾向を示し、200~250rpm の攪拌で解体傾向を示す。しかし、凝集ならびに解体傾向の強弱は活性汚泥によって区々である。一般に活性汚泥 flocc は高濃度溶液では衝撃により破壊されやすいが、低濃度の場合はある程度の衝撃を適当時間加えた方が flocc の凝集に効果的である。

VI. BOD-SS 負荷と活性汚泥 flocc の解体・凝集の関係

完全混合型連続曝気装置を用いて、BOD 負荷を種々変化させて活性汚泥による合成下水⁵⁾ の浄化実験を行なった。各種 BOD 負荷の浄化実験で得られた活性汚泥について、前記試験方法に従って活性汚泥 flocc の解体・凝集を試験し、BOD-SS 負荷と flocc の解体・凝集との関係を調べた。BOD-SS 負荷と活性汚泥 flocc (浮遊物質濃度 1100~1500ppm) の解体・凝集の関係を Fig. 4 に示した。BOD 負荷が 0.7kg/ss kg/日以下の低い場合は BOD 負荷が低くなるほど物理的衝撃により活性汚泥 flocc の凝集性増大の傾向が強くなる。BOD 負荷が 0.3~0.4kg/ss kg/日以下では、活性汚泥 flocc の凝集性は 100rpm>200rpm>300rpm の順で攪拌速度を低くする方が良好になるが、BOD 負荷が 0.5kg/ss kg/日以上になると活性汚泥 flocc の凝集性は 300rpm>200rpm>100rpm の順で攪拌速度を高める方が良好となる。

V. 実際施設の処理工程における活性汚泥 flocc の解体・凝集性能の挙動

中浜東処理場曝気槽の 24 時間連続採水による浄化機能の試験を行ない、処理工程における活性汚泥 flocc

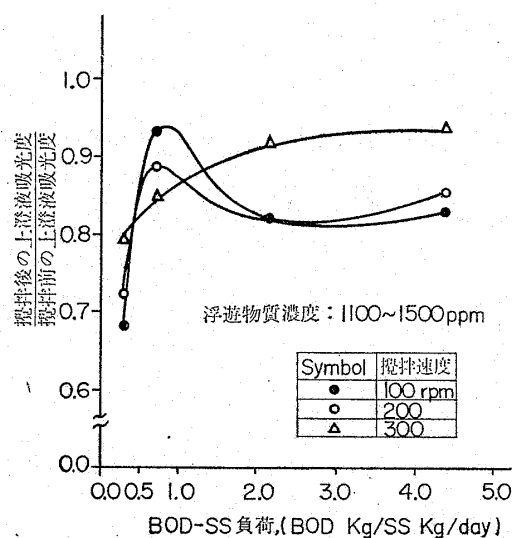


Fig. 4. BOD-SS 負荷と活性汚泥フロクの解体・凝集との関係

の解体・凝集性能の変化を追跡した。曝気槽および再曝気槽の活性汚泥混合液について、前記試験方法に従って活性汚泥の解体・凝集を試験した。ただし、この場合には、被検活性汚泥混合液の浮遊物質濃度をすべて約 1200ppm に調製して試験した。活性汚泥 flocc の解体・凝集性能の変化を各セクションの24時間の平均値で、理論滞留時間に対応させて、処理工程に対して plot すると Fig. 5 のようになる。すべての攪拌速度では同様の傾向を示し、再曝気槽入口で凝集性が最もよく、処理工程の進行とともに凝集性は悪くなり、曝気槽出口で最も悪くなっている。しかし、最終沈殿池で滞留中に著しく凝集性が回復されている。この現象から、曝気槽の運転管理にあたっては、処理工程の進行とともに物理的衝撃、すなわち曝気量を減少させるとよいように思われる。

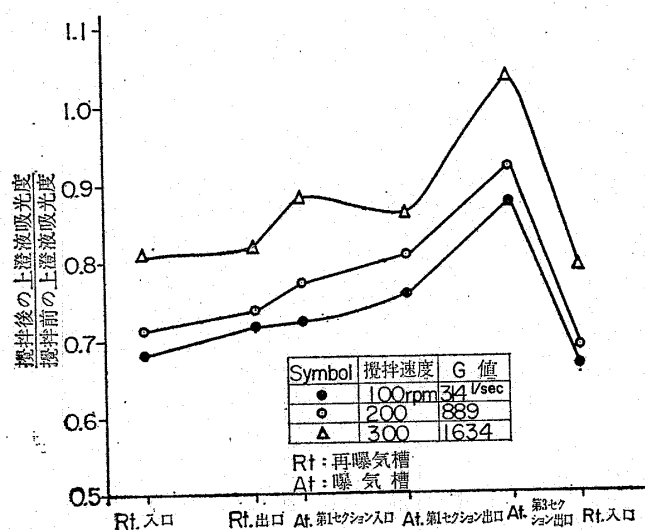


Fig. 5. 処理工程における活性汚泥 flocc の解体・凝集性能の変化

結 語

曝気、攪拌混合による物理的衝撃の強度を流体の速度勾配 (G 値) と接触滞留時間 (t), また、その積 ($G \cdot t$) で表わし、各種曝気攪拌条件における活性汚泥 flocc の解体・凝集について種々検討した。

1. 活性汚泥 flocc は G 値約 1000 1/sec 以下では解体されない。
2. 活性汚泥 flocc はまず攪拌の初期約 2 分までに急激な最初の破壊をうけ、その後約 5 分経過してから付加的な第 2 の破壊をうける。
3. 活性汚泥 flocc の凝集および解体は、曝気攪拌の G 値と $G \cdot t$ 値および浮遊物質濃度によって影響される。
4. BOD-SS 負荷を 0.7kg/sskg/日以下で馴養した活性汚泥 flocc の凝集性は、BOD-SS 負荷が低下するほど向上する。
5. 活性汚泥 flocc の凝集性能は処理工程の進行とともに悪くなるが、最終沈殿池滞留中で著しく回復される。

文 献

- 1) Fair, G. M., Gemmell, R. S., Myrich, H. N.: Second International Conference on Water Pollution Research, No. 10 (1964).
- 2) Fair, G. M., Geyer, J. C.: Water Supply and Waste Water Disposal 634~639 (1954).
- 3) Midler, M., Finn, R. K.: *Biotech, Bioengin.* 8, 71~84 (1966).
- 4) 田口, 吉田, 富田, 寺本: 日本醸酵工学会昭和42年度大会講演要旨集, 147 (1967).
- 5) 日本水道協会編: 下水道試験方法, 326 (1964).