

活性汚泥動力学式パラメーターの測定

日本大学理工部 正員 松 島 眸

1 はじめに 活性汚泥動力学式に基づく活性汚泥法の自動適正管理に関する研究の成果から、活性汚泥法において好気性微生物による有機物質の酸化分解の除去効果は微生物の滞留時間(CRT)または基質-細胞の比(R/M 比)の二つの要素によって大きく影響を受ける。換言すれば活性汚泥法による流出水の水质はCRTまたは R/M 比のいずれかを制御することによって管理されることが明らかにされた。そこで、流入原水の性状を示すものとなる動力学式パラメーターの安直確実性の高い測定を目的として本試験を行い、その結果を示した。

2 活性汚泥動力学式 完全混合方式による活性汚泥法における基質の除去と活性汚泥の増殖との動力学的関係は、汚泥返送の有無にかかわらず、次式で表わされる。 $1/\theta_c = Y \cdot \frac{1}{X} \cdot \frac{ds}{dt} - k_d$ (1) ここに、 θ_c : 活性汚泥平均滞留時間(CRT)(日)、 X : 活性汚泥濃度(mg/l)、 Y : 収率係数、 ds/dt : 基質の濃度変化の速度(mg/l/時間)、 k_d : 活性汚泥の自己分解速度係数(1/日)であって、曝気槽内における基質の濃度変化の関係式 $ds/dt = kX S / (K_s + S)$ を(1)式に代入すると、 $1/\theta_c = Y \cdot \frac{kS}{K_s + S} - k_d$ (2) を得る。 k : 単位活性汚泥量当りの最大基質除去速度係数(1/日)、 K_s : 単位活性汚泥量当りの基質除去速度がその最大値の $1/2$ となる場合の基質濃度(mg/l)である。(2)式を S について解けば、定常状態下における流出水の残存基質濃度(S)は、 $S = K_s(1 + k_d \theta_c) / [\theta_c(Yk - k_d) - 1]$ (3) と表わされ、一個の変数 θ_c つまりCRTによって変化することが分る。また、 ds/dt において流入水の滞留時間を基準とすれば、 $ds/dt = (Q/V)(S_0 - S)$ となる。ここに、 Q : 流入量(m^3 /日)、 V : 曝気槽容量(m^3)、 S_0 : 流入水基質濃度(mg/l)である。これを(1)式に代入して Q または X について解けば、 $Q = VX(1 + k_d \theta_c) / \theta_c Y(S_0 - S)$ or $X = Q \theta_c Y(S_0 - S) / V(1 + k_d \theta_c)$ の式を得る。この関係式から、 Q は、各種パラメーター以外のものとして S_0 と V の値によって決定されることになり、装置の効果的な運用管理あるいは設計上の大きな要素であることが理解される。

また、活性汚泥処理のパラメーターの代表として θ_c (CRT)を選択場合には、微生物の増殖速度をコントロールする目的から毎日の活性汚泥採取量を管理すればよい。つまり、 θ_c の定義 $\theta_c = VX / (Q_w X_w + (Q - Q_w)X)$ から、 θ_c は曝気槽内の全活性汚泥が抜き取られるに必要な日数を意味している。 $Q_w X_w$ は1日当りの活性汚泥採取量を、また $(Q - Q_w)X$ は1日当りの活性汚泥の流出量を示している。汚泥の採取は系の任意の位置で可能であり、たとえば汚泥返送ラインから、あるいは曝気槽から直接に引き抜くことができる。このように、 θ_c 制御の安直性の理由から、実装置または試験装置の運転上のパラメーターとして θ_c が使用される。

3 試験装置と試験方法 本試験に用いた装置は、一室当りの容量が3ℓ(8cm W×20cm H×2.5cm H)の容器6個を用いたもので、各室には適当濃度のグルコース溶液2ℓを注入し、毎分約500 mlの割合で通気攪拌をまわすようになっている。汚泥返送は無く、各室にあるかぎり毎分 θ_c が得られるように、曝気中の混合液を活性汚泥セルに抜き取ることにした。たとえば、 $\theta_c = 2$ 日とするには、全混合液を2日ごと、つまり1日当り1ℓを抜き、これに先のグルコース溶液1ℓを補充すればよい。このようにして、各室の θ_c を各々1日、2日、3日、4日、5日、6日とした。試料は、グルコース溶液を下水が希釈し、COD(Cr)が約400~900 mg/lとなるように調整し、このものを補充液とした。分析項目は混合液について行い、COD(Cr)、MLSS及MLVSSを経日定量した。これらは、吸引濾過した濾液とその残渣について求めた。

4 試験結果

1) 活性汚泥の馴致 図-1に各容器からの流出水のCOD(Cr)の経日変化を示した。与えられたCRTの下での流出水のCODが経日的にほぼ同程度の値を示すようであれば、その容器内の活性汚泥が十分に馴致されているものとみなすことができる。

2) CRTとCOD(Cr), VSS θ_c と流出水のCOD (Cr), VSSとの関係はつぎの図-2に示した。この結果から、流出水に残存する基質濃度は θ_c が2~3日である場合に最小となり、 θ_c が8日以上になると活性汚泥の自己分解が始まりつつあることが分る。なお、処理水のpHは約7.2であり、グルコース溶液にはリン酸塩を緩衝剤として添加してあることを付記する。

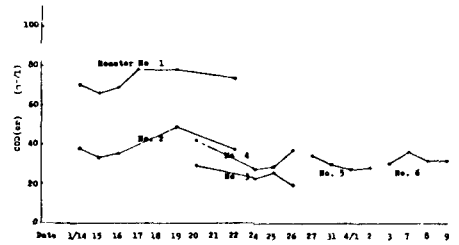


図-1 COD(Cr)の経日変化

3) Y と k_d の決定 収率係数 Y と活性汚泥自己分解係数 k_d は(1)式 $1/\theta_c = Y \frac{1}{X} \left(\frac{dS}{dt} \right) - k_d$ を利用してグラフから求めることが出来る。流入原水の滞留時間を基準とすると、 $dS/dt = (Q/V)(S_0 - S)$ となるから、(1)式は $1/\theta_c = Y(S_0 - S)/X\theta_c - k_d$ ($Q/V = 1/\theta = 1/\theta_c$) となり、この直線の傾斜から Y の値を、 Y と k_d の切片から k_d の値を得ることが出来る。これを図-3に示す。パラメーターを求めるには基質と活性汚泥の状態が十分に測定されていることが必要である。また、 k_d の意味が不明なように、活性汚泥の自己分解が生じている場合のデータ

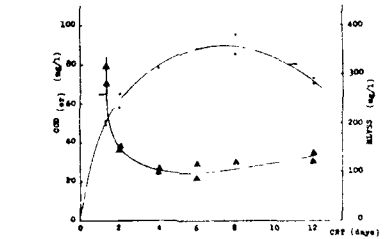


図-2 CRTとCOD(Cr), VSSの関係

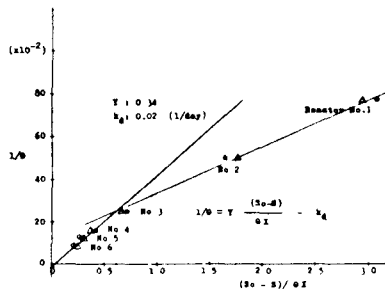


図-3 Y と k_d の決定

利用されるべきで、たとえ本試験ではNo.1と2の容器内でのみの現象は見られず $Y=0.214$ と小さく、増殖速度は遅いことが分る。

4) k と K_s の決定 k と K_s は $dS/dt = (Q/V)(S_0 - S) = k \frac{XS}{K_s + S}$ の直線を示す関係式から求められる。これを図-4に示した。これら二つのパラメーターは、微生物による基質の除去速度に大きく関係するもので、細胞が対数増殖を示す相における場合のデータを用いることにより得られよう。より確実なこれらパラメーターの決定法により、効果的に活性汚泥法の管理が行われよう。

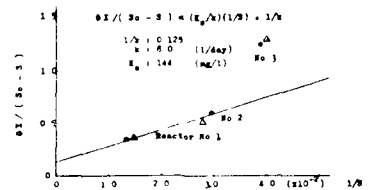


図-4 k と K_s の決定

5) CRTとSVI 汚泥の沈降性あるいは発生量は装置運転上の経済性に大きく係る。処理水質の管理はCRTに左右されることもあり、CRTの決定が重要な意味を持つことになる。

5 おわりに

グルコース試料を用いた場合の活性汚泥動力学式パラメーターの測定について以上に要約した。本試験が半連続のバッチ式で行ったが、通常の場合には、前述したように汚泥生成量や沈降性はCRTと密接な関係があるため、沈殿槽において固液分離を行い、かつ適切なCRT制御を行えば、より効果的な活性汚泥法の活用が実現しよう。

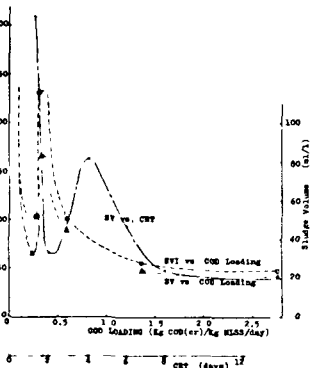


図-5 CRTとSVI