Ⅱ－152　完全酸化法に関する基礎的研究

北海道大学工学部衛生工学科　正員　○神山桂一
琉球大学農家政・工学部土木工学科　正員　喜納政修

曝気槽内での汚泥の増殖と自酸化による減少とによって槽内におこる汚泥の蓄積を Eckenfelder は次式であらわしている。

$$\Delta S \ (VSS\text{として } lb/d) = a \cdot L_r (\text{除去}BOD_5\ lb/d) - b \cdot S \ (MLVSS\text{として},\ lb) \qquad (1)$$

さらにこれはより厳密な表示法として合田・北井*はつぎのようにあらわしている。

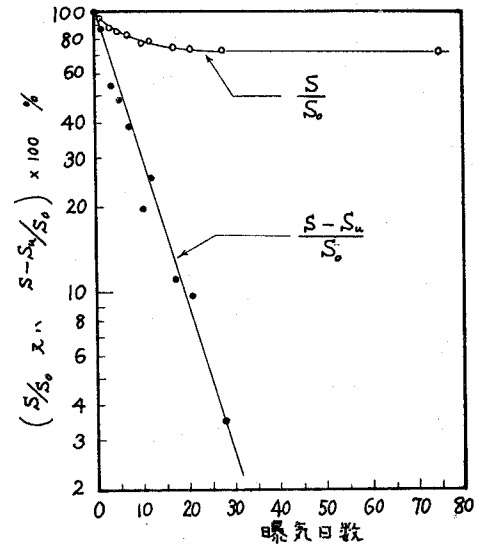
$$dS/dt = a \cdot dL/dt - k_3 S \qquad (2)$$

これらの式で S は曝気槽（および最後沈澱池）の中での活性汚泥の量，S は槽内での濃度で，これらは一般に揮発性浮遊物質（VSS）として測定されている。L_r は除去された BOD_5 量，a はそのうち汚泥に変るものの割合，b および k_3 は汚泥の自酸化の速度，L は槽内に存在する BOD_5 濃度である。完全酸化方式の曝気槽では汚泥の自己酸化による減少が大きいので汚泥の蓄積がおこらない，すなわち ΔS あるいは dS/dt が0となるような条件で運転すればよいから，簡単に考えれば $S = aL_r/b$ または $S = a/k_3 \cdot dL/dt$ であるように汚泥を保持すればよいことになる。ただし実際の完全酸化法を用いる処理装置では，汚泥のなかに非活性の VSS や非常に分解されにくい VSS（たとえば紙や綿の形で流入したセルロースなど）が種々の割合で入ってくるために，式(1)あるいは式(2)にはこのような非酸化（あるいは非分解）性の汚泥量を加えて考えねばならない。

一方，汚泥が長時間曝気をうけているときには式(1)および式(2)に示されるように常に一定の速度で分解が進んでいるわけではない。非常に長期間の曝気ののちになお残存する汚泥の VSS を S_u（この中には前記の非分解性の物質が含まれる），最初の汚泥濃度を S_0 としたときに，$(S - S_u)$ と S_0 の比をとってみると図-1のようになり，式(2)の第2項は $k_3 S$ のかわりに $k_3(S - S_u)$ とおくのが妥当と考えられる。

つぎに汚泥濃度の増減には流入下水および流出水中に含まれている浮遊物も影響する。流入下水中の VSS を S_i，流出水中の VSS を S_e とすれば，曝気槽内の汚泥濃度は単位時間に $(S_i - S_e)Q/V$ だけ変化する。ここで Q は下水流入量，V は曝気槽容積である。しかし流入下水中の VSS の中には槽内で BOD として除去されるものも含まれており，実際に槽内の汚泥として蓄積されるのはそのうちの一部分である。その割合を α とすれば，汚泥の蓄積速度は $(\alpha S_i - S_e)/T$ とあらわす方がよいであろう。ここで $T = V/Q$ で理論滞留時間をあらわす。

以上の2点を考慮して式(2)を書き改めると式(3)となる。



図－1　汚泥の長時間曝気による VSS 減少率

* 合田健，北井克彦；土木学会論文集　第90号　p.45

$$dS/dt = a\cdot dL/dt - k_3(S-S_u) + (\alpha S_i - S_e)/T \qquad (3)$$

完全酸化法では活性汚泥に対するBOD負荷を低くとっているのでBODの減少は $dL/dt = K_2' S_a L$ と表わしてよい。ここで K_2' は単位汚泥当りのBOD除去速度係数（負の符号をもつ），S_a は曝気槽内でBODの除去に役立ちうる活性汚泥の濃度である。S_a を前出のSと同じようにVSSで表わすとすれば，少くとも全VSSのうちで S_u だけは役に立たないはずであるから，近似的に $S_a \fallingdotseq (S-S_u)$ とおけば，式(3)はつぎのように整理できる。

$$dS/dt = (S-S_u)(aK_2'L - k_3) + (\alpha S_i - S_e)/T \qquad (4)$$

従って槽内での汚泥濃度の増加が起らないようにするために式(4)を0とおくことによってつぎの関係が成立する。

$$(S-S_u) = \frac{(S_e - \alpha S_i)}{T(aK_2'L - k_3)} \qquad (5)$$

ところで一般に流入下水中のVSSは曝気槽内のMLVSSにくらべてはるかに小さく（例えば $S=1500 \sim 2{,}500$ mg/l に対して $S_i = 100 \sim 200$ mg/l），汚泥の蓄積に影響するものはまたその一部分であると考えれば，αS_i は他の S，S_u，S_e に比して無視しうる場合も多い。その場合には式(5)はさらに簡単になる。

$$S = S_u + \frac{S_e}{T(aK_2'L - k_3)} \qquad (6)$$

この関係式からもし最後沈澱池で浮遊物の除去率が100%であれば $S_e = 0$ となるために，曝気槽内の汚泥が完全に非酸化性の物質のみとならなければ $dS/dt = 0$ という状態になりえないことがわかる。一般の場合には αS_i の項が残るため S は S_u より大きくなるし，また S_e の中に非酸化性および酸化性のVSSが含まれて流出している。

式(5)を L について整理すれば完全酸化法における槽内水のBOD濃度が求まる。これはもし完全混合型の曝気槽であれば流出水のBODとみなしうる。普通の完全酸化法では長時間滞留しうる大きな容量をもった曝気槽を用いているために完全混合に近い状態にある。そのときの L の値はつぎのようになる。

$$L = \frac{(S_e - \alpha S_i)}{aK_2'T(S-S_u)} + \frac{k_3}{aK_2'} \qquad (7)$$

この式(7)のなかで a，α，K_2'，k_3 は流入水質が同じならば不変とみられ，また流入量，流入水質が一定であれば S_i，T も一定となる。結局，残りの S，S_u，S_e の3者が時間と共に変らなければ L は常に一定となって完全酸化法は安定した放流水を得られるはずである。

ところが長期間連続して運転をつづけている完全酸化法のプラントについて調べてみると，S に対する S_u が次第に増加する傾向にあることがみとめられた（次演者発表）。このような状態では S_u の増加分のすべてが S_e として流出する浮遊物中に含まれるのでなければ曝気槽内にはBOD除去に無効な汚泥が増加してゆき，結局は L が増加することとなる。S_e の性状についてはまだ詳細な検討を行っていないが，単に汚泥の蓄積がおこらないような条件のみで完全酸化法を運転するときには，放流水質が次第に不良となるおそれがあることが判明した。