

全酸化過程における BOD 除去と浮遊物質量的変化*

合 田 健**
北 井 克 彦***

図一1 スラッジ量の変化

1. まえがき

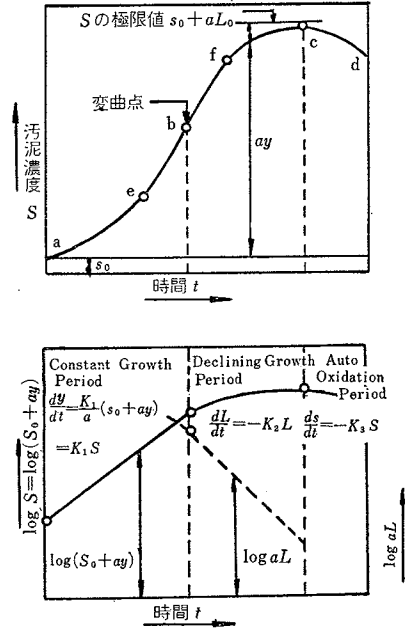
活性汚泥法には多くの変法が考案されて、それぞれに応用の途を開きつつある。一般的にいって、曝気槽に関する BOD-SS 負荷が適値にあり、スラッジの成長減衰と栄養物摂取とのバランスがとれておれば、バッチ式エアレーションでもかなりの浄化力を発揮することができ、また処分すべき余剰スラッジの量を調節することも可能である。

連続流式活性汚泥法における酸素収支や、スラッジ量変化の機構を理論的に究明するにあたり、まず必要なのはバッチ内で汚水と活性汚泥との混合液を曝気した場合におこる、BOD 物質やスラッジ量変化を説明する理論を確立することである。BOD の減少という観点からすれば、エアレーションはスラッジに対する栄養物質の濃度があるレベルに落ちればよいのであるが、スラッジ量と栄養物濃度との相対比率の変化によって起こるスラッジ物質の自酸化も重要な因子であり、したがって以下、バッチ式的全酸化装置模型を対象として論を進めることにする。

BOD 物質、すなわち栄養物が初めに規定量与えられ、これに対し適量の活性汚泥を混じてエアレーションを行なった場合、スラッジ生長に関して McCabe, Eckenfelder¹⁾ が示したように相を3段階にわけて考えることが可能である。第1の相はスラッジ生長に対して十分な栄養物質が存在し、スラッジによって除去された BOD 物質の一定率が新しいスラッジに合成され、第2の相では利用すべき栄養物質の濃度が第1期ほどに十分でなく、そのためスラッジの生長増殖速度は減少の傾向にあるが、BOD 物質はやはり一定率で減少する。これに対し第3の相は自酸化、もしくは endogenous respiration が主体となる時期で、栄養物の乏しくなった状態ではスラッジみずからが分解して BOD 物質に変じ、このためスラッジ量の減少をきたす。

Eckenfelder はこの第2, 3相に対し、それぞれ BOD 物質減少速度恒数 K_2 、自酸化速度恒数 K_3 を用いて、残留 BOD L 、およびスラッジ量 S に対しそれぞれ

$$dL/dt = -K_2 L \dots\dots\dots(1)$$



$$dS/dt = -K_3 S \dots\dots\dots(2)$$

という基本式を提案した。図一1²⁾に示すスラッジ量変化曲線は上記各相の時間的な推移を示すものである。このように扱ると図中の b 点や c 点は不連続点となるが、実際の現象にはこうした不連続性はなくて、現象変化はせん移過程をふくんだ連続的なもののはずであり、長い曝気槽による連続流式的全酸化法の場合ならば、槽の上流側から下流側に向かってこのような変化がみられるわけである。実際には自酸化現象は、いわゆる第2期の Declining Growth Phase にすでに部分的に起こっているとみるべきで、このように考えると、全体の相を通じての一つの包括的な基礎式を導入した方が理論的にはより健全と考えられる。

2. 理論的考察

さて、BOD 物質が栄養としてスラッジに摂取される場合、動的接触による、酸化合成の対象物がスラッジ粒子の界面の吸着帯に入ってくる機会 の多少が問題であり、解析に際しての重要因子と考えられる。この機会の多少は、BOD 物質の濃度やスラッジ粒子の濃度、表面積だけでなく、動的接触を起こさせている媒液液体の乱れの程度に大いに関係し、また、消費される酸素の供

* 昭 36.11.3 大阪醸造学会生物化学シンポジウムにおいて講演
** 正員 工博 京都大学教授工学部 衛生工学教室
*** 正員 工修 神鋼ファウドラーク下水道部

給, つまり散気装置からの気泡粒子の拡散, および気泡界面から液中への酸素移動速度が関係しており, これらの各因子についてすべて十分な考慮がなされた上, 物質収支関係式が導びかれるのでないと本質的に正しい, 実際に適合した解析とはならない。しかし, こうした理論式を一挙に導入することは, なかなか困難なことで, 水理学的あるいは物理化学的な検討が必要であるが, これに関しては第2段階の検討としてつぎの機会にゆずる。本論文は生物酸化機構研究の第1段階として, まず水理的因子, すなわち気泡上昇による旋回流と, これによる乱れ, 渦の規模が一定したものであり, また, 気泡粒子の径と分散密度, および気泡から混合液中への酸素移動の率が一定とみなし, そうした条件のもとに BOD 物質とスラッジ粒子との動的接触を主因子としてとりあげ論ずる。

すなわち, BOD 物質とスラッジ粒子とを, 気体や液体中で衝突合一する異なる2種の分子と同様にみなすならば, これら2種の物質の接触, 吸収による BOD 減少率は両物質濃度の相乗積に比例するとみなされ

$$-dL/dt = K_c \cdot LS \dots\dots\dots (1)$$

と表現できる。ここに L, S はそれぞれ BOD (ppm) およびスラッジ濃度 (ppm) を表わし, K_c は恒数であるが $(\text{ppm} \cdot \text{hr})^{-1}$ の次元をもち, 水理学的因子や pH, 気泡径などによって支配される値と考えられる。スラッジによる吸着, 吸収現象を考える場合, 当然スラッジ表面積が問題になるが, もともと無定形物質であり, 実測からも容易にその値をつかみにくい量だから, あえて考慮に入れず, 濃度値をとることにした。

この式は, BOD 濃度が低い場合に対し Eckenfelder が用いたと同様な表現であるが, 著者らは S を変数として取り扱っている。つぎに, 前述の第2期から第3期への移行は実際にはあまり明瞭ではなく, スラッジの増殖速度が衰えた状態ではすでに自酸化が起きていると考えるのが自然なので, スラッジ合成と自酸化の両作用を合成した式示として

$$dS/dt = -a dL/dt - K_3 S \dots\dots\dots (2)$$

を採用できる。

この a は, すでに紹介されているとおり, 除去された BOD のうちスラッジ生物の増殖に役だつものの割合を示し, K_3 は自酸化に関する恒数 $(\text{hr})^{-1}$ である。当然のことながら, スラッジに合成可能な BOD 物質が十分存在する間は, 式(2)右辺第2項は実際には考慮する必要がない。あっても第1項に比しあまり大きな意義を有しない。

一方, この間における溶存酸素の消費率は次式によって与えられる。

$$\begin{aligned} dO_2/dt &= -a' dL/dt - r a dL/dt + \beta K_3 S \\ &= \alpha dL/dt + \beta K_3 S \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

ここに a' は除去された BOD のうち酸化されるものの割合を示す。また, スラッジの合成速度は $a dL/dt$ であるから, 第2項では単位量のスラッジ合成に要する酸素量比率 r が乗ぜられている。 β は自酸化に際して, 単位量スラッジの酸化に必要な酸素量の比率を表わし, a' の値とともに, その大きさは Eckenfelder らによって論ぜられている³⁾。

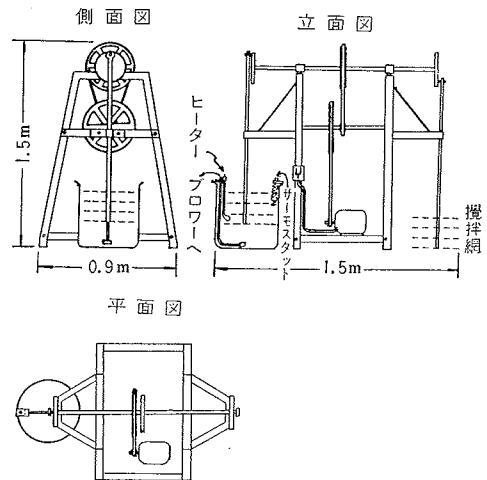
a, a', β などの値は, 対象とする基質によって, また曝気に際しての環境条件によって異なるので, その求値は細かい実測にまたねばならないが, これらが一応明らかにされるか, または過去の文献報告に示された適当な値を用いてもさしつかえないとすれば, 式(1), (2)の両式が連立微分方程式として組合わせられ, K_c, K_3 の決定に, あるいは L, S の時間的変化の予想に用いられることになる。

3. 全酸化のバッチ実験

(1) 装置および供試人工下水

全酸化過程におけるスラッジ量, BOD 濃度および溶存酸素量の減少の相互関係をみるため, 図-2 に示すような, 容量 50 l のエアレーション シリンダーを用い, かく拌ミキサとしては上下動式格子型のものを用いた。供試原水としては下に示すような処方的人工汚水とし, これに活性汚泥を適当な割合で混じた混合液をかく拌し, その際 1/4 HP のモーターに直結したロータリーブロワーによって底部から通気した。送気管はシリンダーの底面中央に設置したセラミック ディフューザーにつながっている。

図-2 実験装置



人工汚水の処方は前に Pasveer⁴⁾ が用いたのと同様でつぎの組成比である。

| | | |
|--------------|------|------------|
| Pepton | ペプトン | 4 220 (mg) |
| Beef Extract | 肉エキス | 2 810 (〃) |
| Urea | 尿素 | 703 (〃) |

| | | |
|---------------------------------|-----------|------------|
| NaCl | 塩化ナトリウム | 168.7 (mg) |
| CaCl ₂ | 塩化カルシウム | 84.4 (〃) |
| MgSO ₄ | 硫酸マグネシウム | 56.3 (〃) |
| K ₂ HPO ₄ | 第二リン酸カリウム | 22 500 (〃) |
| KH ₂ PO ₄ | 第一リン酸カリウム | 5 630 (〃) |

これらを混合し、50 l の蒸留水で薄めると、その人工汚水の BOD₅ は約 100 ppm になる。一方、活性汚泥の方は京都市水道局羽田下水処理場の最終沈殿池から採取し、上記の人工汚水を加えて約 8 時間曝気を行ない、装置にある程度馴化させた。

スラッジ濃度 S としては、結局、ろ紙法による浮遊物質量の値をとることにした。

(2) 実験条件

活性汚泥の人工汚水に対する混合率を 25% で一定とし、 L_0 としては実験開始時における、溶解性 BOD₅ をもってしたが、 L_0 、 S_0 、かく拌頻度などに関する実験条件を一括表示すると、つぎのとおりである。

表-1 実験条件

| 実験 No. | L_0 (ppm) | S_0 (ppm) | 水温 (°C) | かく拌速度 (rpm) | DO (ppm) |
|--------|-------------|-------------|---------|-------------|----------|
| 1 | 119 | 256 | 20 | 41.7 | 5~6 |
| 2 | 111 | 544 | 20 | 41.7 | 4~8 |
| 3 | 414 | 853 | 30 | 41.7 | 1~3 |
| 4* | 444 | 2 166 | 20 | かく拌なし | 2~4 |

* 気泡曝気のみ

(3) 実験結果

実験-1, 2, 4 における混合液の蒸発残留物, 溶解性

図-3 実験-1 蒸発残留物と溶解性物質

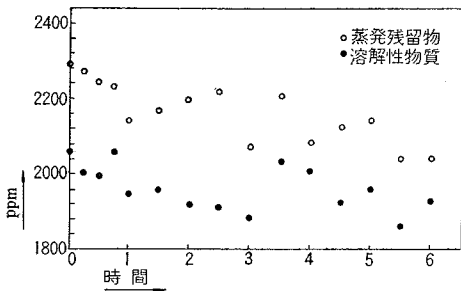


図-4 実験-2 蒸発残留物と溶解性物質

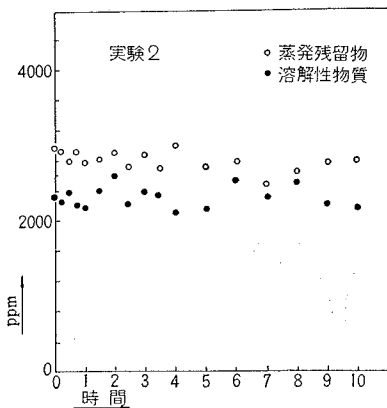


図-5 浮遊物質量

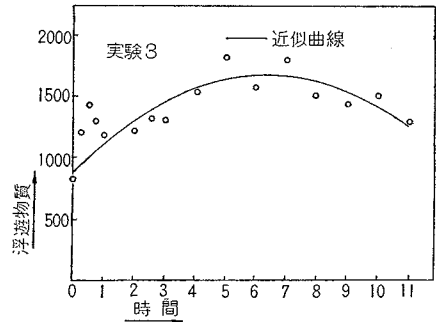
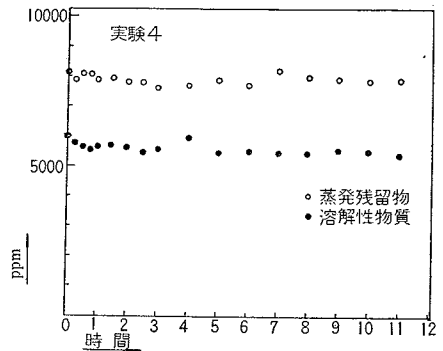


図-6 実験-4 蒸発残留物と溶解性物質



物質の変化はそれぞれ 図-3, 4, 6 のようになり、かなり測定値にばらつきが見られる。スラッジ濃度 S は (蒸発残留物量-溶解性物質量) をもって表わしたが、実験-3 についてこれを示すと 図-5 のように山形の曲線となっている。

(4) K_c 値, その他

式 (1) における BOD 物質減少に関する恒数 K_c の値を実験結果から求めるに際し、式を変形すると、

$$d(\log L)/dt = -K_c S \dots\dots\dots (4)$$

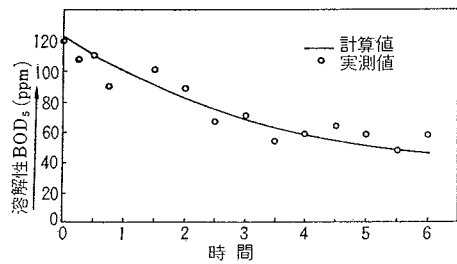
であるから、BOD の初期値 L_0 を用いて

$$\log(L/L_0) = -K_c \int_0^t S dt \dots\dots\dots (5)$$

$$\therefore K_c = \log(L_0/L) / \int_0^t S dt \dots\dots\dots (6)$$

と表わすことができ、上述の実験値から各時間ごとの浮遊物質量 S の累加を求め、それぞれの時間間隔に対応する $\log(L_0/L)$ の値によって K_c を、あるいは $\log_{10}(L_0/L)$ を用いて K_c' を計算することができる。表-2 は、

図-7 実験-1 溶解性 BOD₅



このようにして求めた K_c' の値の各時間ごとの計算値であって、代表的に 実験-3 の場合のみを示している。

表-2 実験-3 における K_c' の計算値

| 経過時間 t (hr) | $\int_0^t S dt$ | $\log L_0/L$ | K_c' (ppm·hr) ⁻¹ |
|---------------|-----------------|--------------|-------------------------------|
| 1 | 916 | 0.114 | 0.000 124 |
| 2 | 2 167 | 0.340 | 0.000 166 |
| 3 | 3 538 | 0.791 | 0.000 223 |
| 4 | 5 046 | 0.791 | 0.000 157 |
| 6 | 8 318 | 1.086 | 0.000 130 |
| 7 | 10 004 | 1.358 | 0.000 135 |
| 8 | 11 669 | 1.772 | 0.000 152 |
| 9 | 13 275 | 2.015 | 0.000 152 |
| 10 | 14 780 | 2.617 | 0.000 177 |

$$\bar{K}_c' = 0.000 157 \pm 0.000 030$$

ほかの実験について同様な方法で求めた平均値および偏差は、つぎのとおりである。

表-3 K_c' の値 ($K_c = 2.303 K_c'$)

| 実験 No. | 曝気経続時間 (hr) | K_c' (1/ppm·hr) | 偏差 σ (1/ppm·hr) |
|--------|-------------|-------------------|------------------------|
| 1 | 6 | 0.000 381 | $\pm 0.000 050$ |
| 2 | 10 | 0.000 189 | $\pm 0.000 091$ |
| 4 | 11 | 0.000 080 | $\pm 0.000 017$ |

図-8 実験-2 溶解性 BOD_s

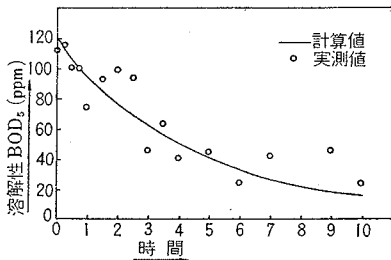


図-9 実験-3 溶解性 BOD_s

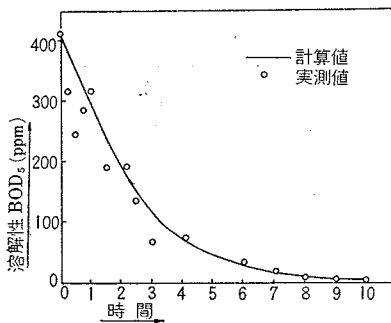


図-10 実験-4 溶解性 BOD_s

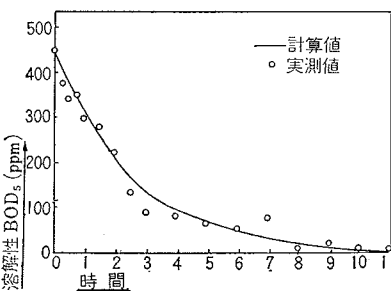


図-11 蔗糖基質に対する実験結果 (1) (Weston, Stack)

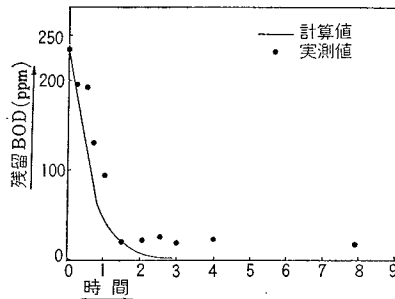
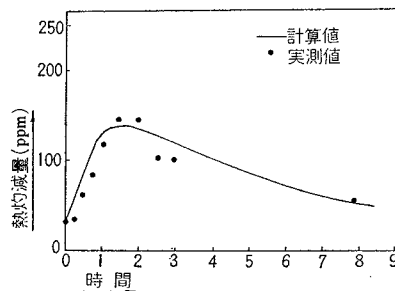


図-12 蔗糖基質に対する実験結果 (2) (Weston, Stack)



この結果からわかるように、 K_c' としては比較的一定した値が得られている。実験-1, 2 においては曝気当初の 15~30 分に Immediate BOD の減少によりかなり高い K_c' 値を示しているため、この部分を除けば偏差はいっそう小さくなるものと考えられる。実験データが少ないので、求めた K_c' あるいは K_c 値と、水温、かく拌条件などとの定量的関係を求めるには至らない。

表-2, 3 から得られた K_c の平均値 \bar{K}_c を用いて BOD の減少率を逆算し、実験結果と比較してみると 図-7, 8, 9, 10 に示すように、計算結果は実験値群をかなりよく代表している。この計算曲線が BOD を構成している基質の相違と、その構成割合を全然考慮していない略式計算であるにもかかわらず、バッチ実験の結果を比較的よく説明しえていることに注目したい。なお、基質が純粋な場合に対してはどうであるか、米国での Weston らのデータにより次節で検討を行なってみた。

4. 蔗糖溶液に対する Weston らの実験結果⁵⁾ の検討

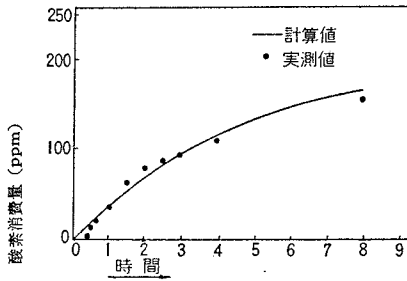
Weston, Stack らは BOD 基質として蔗糖溶液を用い、これに活性汚泥を混じてバッチ実験を行なったが、そのデータを理論曲線とともに 図-11, 12, 13 に示している。

実験は著者らの行なったものとよく似ているが、全酸化過程における BOD 変化のほか、揮発性物質質量および酸素消費量の測定を行なっている。BOD はそのうちの

Immediate demand が短時間に充足され、しかるのち、大体直線的な減少を示し、自酸化の影響と考えられるつりあい状態が長時間観測されている。熱灼減量で表わされた SS はこれにともなって増加しているが、最大値に達したあとめだって減少を始める。こうした明瞭な傾向は基質が純粋であることによると考えてよいであろう。

この実験データと、前述の 2. の理論とを対比してみると、まず式 (1), (2), (3) の各式中にふくまれる係数値が問題である。データからみて、相当時間経過のあとには $dL/dT \cong 0$ とみてよいので、この時期には自酸化現象のみが支配的であると考え、式 (2) はつぎのように書ける。

図-13 蔗糖基質に対する実験結果 (3)
(Weston, Stack)



$$dS/dt = -K_3 S \dots\dots\dots (7)$$

実験データのうち、十分な時間経過後の S を用いて上式から K_3 を求めることは比較的容易である。一方、 K_c は、任意時刻の dL/dt と、 L, S の値とから式 (1) を用い直接的に算出することができる。このようにして、 K_c, K_3 が求まったら、BOD の減少区間について式 (2) にもとづき a の値を知りうる。このようにして図-11, 12, 13 のデータから求めた各係数の値はつぎのとおりである。

$$K_c = 0.018 \text{ (ppm} \cdot \text{hr)}^{-1}$$

$$K_3 = 0.167 \text{ (hr)}^{-1}$$

$$a = 0.6, \quad \beta K_3 = 0.189 \text{ (hr)}^{-1}$$

$$\alpha = 0.114$$

これらの値を用いて、改めて式 (1), (2), (3) により BOD 浮遊物質、溶存酸素量を計算した結果はそれぞれ図中の曲線で示され、BOD の場合を除くと、かなりよい一致を示している。

5. あとがきと結語

本研究では BOD 物質に対する直接酸化と活性汚泥によるその吸収とスラッジ合成、さらに BOD の減少にとりなう自酸化までを考察したが、現象を 3 つの相にわけた考え方を改め、現象としての連続性を考慮することを第 1 目的に、BOD 物質の酸化吸収が BOD 物質とスラッジ濃度の積に比例すると考え、基本法則 (1), (2) を提示するとともにそれに支配される溶存酸素濃度の変化率を式 (3) で示し、この考え方が実際のデータをどの程度説明しうるかを、人工汚水に対する全酸化バッチ実験と、Weston らが行った蔗糖溶液に対する同様なバッチ酸化実験とによって検討してみた結果、一応、満足すべき結果をうる事ができた。すなわち、提案した理論式において重要な意義をもつ係数 K_c は、基質により、また水温や基質初期濃度などの条件によって異なる値をとるが、ある条件で行なった活性汚泥接触浄化のデータに対して適合する K_c, K_3 、あるいは a, α, β などを一義的に見出すことはそうむずかしいことではない。適当な係数値が見つければ実験値は定量的にも満足に説明できることがわかった。

本研究で対象としたようなバッチ酸化のデータを、炭素系、窒素系あるいは硫黄系などの種々の基質についてうる事ができれば、複雑な性格をもつ都市下水や工場排水の活性汚泥処理における BOD 減少率やスラッジ生長率をかかなりの確に予想することができ、適正な曝気時間、余剰汚泥管理が可能となる。著者らの研究室では、現在こうした立場からする、各種基質に対するバッチ活性汚泥実験を計画している。

なお、スラッジ量の指数関数的増大、その生長率の減少、自酸化の各相あるいは現象は、前述したとおり、それぞれ独立して存在するとはいえないにしても、必ずしも同時に平行的に存在するものでもないといえよう。そこには相と相の間に“time lag”が存在すると考えられるのが妥当であろう。このズレの時間をはっきりつかむことはむずかしい。特に複雑な構成の廃水や下水に対しては予測するにたただけの実測資料がない。したがって、実験結果から求まるところの K_3 や K_c の推定値は、基質構成の比率を合理的に考慮しないかぎり、当然若干の誤差をとらざるものであることを覚悟せねばならない。また基質構成が複雑であっても、1, 2 の主要基質のみを問題にすればよい場合も多いので、そのような場合の施設設計なり、操作、スラッジ管理は比較的簡単に論じうる。一般的には、上述の各相のズレについては各種の BOD 基質に対する同条件のバッチテストによって個々に検討を行なっておくとともに、あわせてそれらが混合された場合に見られる影響などを実験的、理論的に検討しておく必要がある。これはわれわれに残された今後の課題の一つである。

本研究の成果としては、スラッジの増殖と BOD 減少との関係に関し、あいまいであった定量的関係を再検討して一歩進んだ考え方にたつた説明ができ、実際の活性汚泥法による污水处理における物質収支の関係を予測する上での問題点を明らかにした点に意義があると考えられる。

終りに、この研究には文部省科学試験研究費の補助をうけており、ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) McCabe, J. and Eckenfelder, W.W. : BOD Removal and Sludge Growth in the Activated Sludge Process, Jour. Water Pollution Control Federation 33, 3, 258 (1961).
- 2) 1) に同じ
- 3) Eckenfelder, W.W. and O'Conner, D.J. : Biological Waste Treatment, Chapt. 2, 14~75, Pergamon Press. (1961).
- 4) Pasveer, A. : Research on Activated Sludge, Sewage and Industrial Wastes, 27, 783 (1955).
- 5) Weston, R.E. and Stack, V.T. : Prediction of the Performance of Completely Mixed Continuous Biological Systems from Batch Data, Paper Presented in the Third Conference on Biological Waste Treatment, New York, April (1960).

(原稿受付 : 1962.7.9)

BOD REMOVAL AND SUSPENDED SOLIDS VARIATION IN THE TOTAL OXIDATION PROCESS

By *Dr. Eng., Takeshi Goda, C.E. Member*
and *Katsuhiko Kitai, C.E. Member*

Among the various techniques and modifications of activated sludge process, the total oxidation, a complete treatment covering the phase of auto-oxidation or endogenous respiration, is applied successfully to many kinds of waste treatments. In case the loading value of influent BOD-aerator suspended solids is kept proper and the growth-rate of activated sludge is quantitatively balanced with the supporting nutrient materials, considerable high efficiency in BOD removal may be expected regardless of the type of operation, either fill-and-draw or continuous. We can estimate, furthermore, the excess amount of volatile suspended solids exactly.

Referring to the recent paper by McCabe and Eckenfelder, a long-time total oxidation including the auto-oxidation covers three different kinds of phases; constant sludge-growth, declining sludge growth and endogenous respiration, and the phenomena observed at any instant is explained by or attributed to one of these three phases, with the introduced quantitative relationships between the remaining BOD and volatile solids in the aerator.

Authors' concept differs something from this. When the direct oxidation and absorption of BOD material to the activated sludge simultaneously occur, the chance or frequency of dynamic contact between sludge and nutrient matters becomes an important controlling factor, which should be introduced to the formulation of material exchange. Besides this frequency of contact, in general, several physical or hydraulic factors concerning flow pattern in the aerator should also be considered, however, at the first step of this research, factors indicating the intensity of turbulence or flow circulation, diameters of diffused air bubbles and their density of dispersion, are respectively assumed as definite magnitudes.

Then, similar to the case of random collision of two different kinds of particles in a gas, the rate of nutrient reduction varies linearly with the product value of BOD remaining and suspended solids present in the aerator.

In the first relationship

$$-dL/dt = K_c \cdot LS$$

L and S signify the concentration of remaining BOD (soluble) and the suspended solids concentration in the aerator respectively, and K_c is a rate constant expressed in $(\text{ppm} \cdot \text{hr})^{-1}$. On the other hand, it is assumed that the auto-oxidation is actually proceeding during so-called "declining growth" period, therefore, the combined rate of change in sludge quantity for this phase is written:

$$dS/dt = -a dL/dt - K_3 S,$$

in which, a denotes the dimensionless rate of BOD utilization for food of sludge materials in the total BOD removed and K_3 , the rate constant of the auto-oxidation in $(\text{hr})^{-1}$.

Based on the above relationships, the rate of consumption of oxygen is expressed as the following form:

$$\begin{aligned} dO_2/dt &= -a' dL/dt - \gamma a dL/dt + \beta K_3 S \\ &= \alpha dL/dt + \beta K_3 S, \end{aligned}$$

where a' means the ratio of directly oxidized BOD to the total amount removed and γ , the equivalent value of oxygen required for the synthesis of unit weight of sludge, and β , similarly, equivalent value of oxygen required for the auto-oxidation.

With these fundamental equations, we can explain the mechanism of variation in the amount of BOD and volatile or suspended solids in any activated sludge aeration process, and also can evaluate the up-take rate of oxygen.

In order to examine the validity of proposed theoretical relationships, a fifty litres volume cylindrical aeration container, attached with the reciprocal type brass lattice mixer and a ceramic

diffuser plate, was used for the laboratory experiments. Artificial sewage, prescribed by Pasveer, was prepared as the raw waste, to which some definite amount of activated sludge, collected at the Toba Sewage Treatment Plant, Kyoto, was added.

In the experiments, several runs were made by changing the aeration time, frequency of agitation and initial BOD. During each run, the values of BOD, suspended solids and dissolved oxygen concentrations were measured at each 1/4-1/2 hour. Values of K_c were evaluated for each time intervals, which were found in the range of $8 \times 10^{-5} - 3.8 \times 10^{-4}$ (ppm·hr)⁻¹, and the magnitudes of standard deviations of K_c in each run were about one order lower compared with their means.

After that, experimental data for the batch oxidation of sugar solution, introduced by Weston and Others, were analysed in the same way as above, and satisfactory coincidences were

recognized between the plotted data and computed curves about the timely changes of BOD, SS and dissolved oxygen.

Consequently, it was ascertained that estimating favourable values of K_c , K_s , a , a' , α and β from the observed data are valuable and not so difficult. Furthermore, it may actually be possible to predict exactly the decreasing and/or growth rate of BOD and aerator solid concentration while treating any kind of sewage or industrial waste of complicated characteristics, if we could obtain the basic aeration data beforehand about the relating substrates at various physical and chemical conditions. However, about the lags of time lying between the phases of constant sludge growth and auto-oxidation we can not discuss anything now, so, further investigations are going on in our laboratory performing the batch aeration tests for several kinds of pure substrate solution.

(Received July 9, 1962)

土木学会論文集別冊在庫一覽

| 論文集 | 第26号 (高野博士) | 実費 | 180円 | 千 30 | 論文集 | 第65号・別冊・3 (永井博士) | 実費 | 160円 | 千 20 |
|-----|----------------------|----|------|---------|-----|-----------------------|----|------|---------|
| " | 第27号 (仁杉博士) | " | 160円 | 30 | " | 第68号・別冊・1 (国分博士・外2名) | " | 100円 | 20 |
| " | 第37号 (伊丹博士) | " | 120円 | 30 | " | 第69号・別冊・1 (林 正夫) | " | 150円 | 30 |
| " | 第42号 (木下良作) | " | 80円 | 20 | " | 第69号・別冊・2 (井田至春) | " | 100円 | 20 |
| " | 第48号 (猪股博士) | " | 200円 | 30 | " | 第70号・別冊・1 (室田 明) | " | 200円 | 20 |
| " | 第59号・別冊・1 (岩佐義朗) | " | 150円 | 20 | " | 第71号・別冊・1 (嶋・荻原) (英文) | " | 70円 | 20 |
| " | 第59号・判冊・2 (奥田博士) | " | 250円 | 30 | " | 第71号・別冊・3 (国分博士・外13名) | " | 230円 | 30 |
| " | 第61号・別冊・1(大久保博士・外2名) | " | 150円 | 20 | " | 第71号・別冊・4 (森 博士) | " | 130円 | 20 |
| " | 第61号・別冊・2(林 博士) (英文) | " | 100円 | 20 | " | 第72号・別冊・1 (島田博士) | " | 100円 | 20 |
| " | 第61号・別冊・3 (太田誠一郎) | " | 200円 | 30 | " | 第72号・別冊・2 (後藤博士) | " | 120円 | 20 |
| " | 第65号・別冊・2 (三村・外3名) | " | 80円 | 20 | " | 第72号・別冊・3 (山本 稔) | " | 150円 | 20 |

土木学会論文集編集委員

| | | | | | | | |
|-----|-------|------|------|----|-------|----|-------|
| 委員長 | 丸安隆和 | 副委員長 | 山川尚典 | 委員 | 高瀬信忠 | 委員 | 増田重臣 |
| 委員 | 安芸周一 | 委員 | 倉田進 | " | 立松俊彦 | " | 松尾新一郎 |
| " | 浅川美利 | " | 倉西茂 | " | 玉野治光 | " | 村田二郎 |
| " | 飯田隆一 | " | 小池力司 | " | 土屋昭彦 | " | 室町忠彦 |
| " | 石橋金一郎 | " | 後藤圭司 | " | 西尾元充 | " | 八木田功 |
| " | 色部誠一郎 | " | 佐川嘉胤 | " | 西片守 | " | 山根孟治 |
| " | 内田一郎 | " | 佐武正雄 | " | 林正道 | " | 箭内寛 |
| " | 岡内功一 | " | 佐藤昭二 | " | 久武啓祐 | " | 山本稔 |
| " | 川島賢一 | " | 佐藤吉彦 | " | 堀井健一郎 | " | 吉田巖 |
| " | 北川英夫 | " | 杉木昭典 | " | 堀川清司 | 幹事 | 西脇威夫 |
| " | 吉川秀夫 | " | 多田宏行 | " | | | |

昭和38年2月15日印刷
昭和38年2月20日発行

土木学会論文集 第90号

定価 150円 (千20円)

編集兼発行者
印刷者

東京都新宿区四谷一丁目
東京都港区赤坂溜池5

社団法人 土木学会 末森 猛雄
株式会社 技報堂 大沼 正吉

発行所

社
法
人

土 木 学 会

振替東京 16828 番

東京都新宿郵便局区内

新宿区四谷一丁目

電話 (351) 代表 5138 番