

酸化と吸着を分離した活性汚泥法の数値モデル

国立公衆衛生院 衛生工学部 南部 祥一

1. はじめに

活性汚泥によるBOD除去は酸化と吸着(吸収)によって行なわれ、その機構の解明に因りては次の二つの手法がとられてきたと考えられる。

第一はMichaelis-Menten式を基礎とする解析であり、ここでは酸化と吸着によるBOD除去を統括し、一つの反応係数で取り扱っている。

第二は吸着に重点を置いた解析であり、活性汚泥を単純な吸着剤と仮想し、従来の吸着理論の応用を試みている。

ところで、活性汚泥の吸着能力は活性炭のような化学吸着剤と異なり、自家再生される。また、この自家再生は活性汚泥の新陳代謝に關係するはずであるから、BOD除去機構を理論的に究明する際には第二の手法は不十分であり、酸化と吸着を表裏一体として取り扱う必要がある。一方、酸化と吸着によるBOD除去の形態は本質的に相違しており、前者が分解や同化といったようにBOD物質そのものを変化させるのに対し、後者は汚水から活性汚泥へBOD物質をそのままの形で移行させるものである。したがって、活性汚泥法という一つの生物化学的反應系における物質の収支や移動を取り扱う際には第一の手法のよう形態が異なる二つの作用を明確に区別しなければ、現象の把握に厳密さを欠くことになると思う。

以上の理由から本研究では汚水からのBOD除去を酸化と吸着に分離して取り扱ってみた。しかし、ここで酸化あるいは吸着といったも、これらを分離、定量することが困難であるので、実際には、測定可能な他の実験データから推定せねばならない。したがって、得られた反応速度係数は厳密な意味での酸化ならびに吸着の速度係数ではなくて、酸化、吸着が合併になる反応速度係数と理解すべきである。

また、前報¹⁾と同様に、汚水中に含まれて反応系内に供給される栄養有機物も活性汚泥も、ともにBOD物質とみて、これの活性汚泥法処理過程における挙動に注目し、解析を進めていく。

2. エアレーションタンク内における酸化と吸着

前報で報告したように、エアレーションタンク内における総BOD量の時間的変化は次のように表わされる。

$$\frac{d(LQ + Rg)}{dt} = -K(LQ + Rg) \quad (2-1)$$

ここに、 L は汚水中BOD物質濃度、 R は活性汚泥中BOD物質濃度、 Q は流入汚水量、 g は返送汚泥量、 t は時間、 K は総BODの減少速度係数である。

式(2-1)は汚水と活性汚泥を総合した場合の式であるが、次に汚水および活性汚泥のそれぞれについてのBOD物質量の時間的変化に注目してみる。この場合、汚水と活性汚泥に対する二つの式を加算す

れば、式(2-1)に一致しなければならぬし、また、最初に述べたように、酸化と吸着による変化を分離する必要がある。これらの実を考慮し、汚水については式(2-2)、活性汚泥については式(2-3)と考える。

$$\frac{d(LQ)}{dt} = -(\bar{K} + K_b)LQ \quad (2-2)$$

$$\frac{d(RQ)}{dt} = -\bar{K}RQ + K_bLQ \quad (2-3)$$

式(2-2)、(2-3)において K_b は吸着を主体とする BOD 除去速度係数である。また、酸化速度係数としては式(2-1)の $\bar{K}$ をそのまま流用している。 $\bar{K}$ は酸化速度係数とすることはいささか厳密性を欠くかも知れないが、生物酸化による BOD の減少速度が非常に小さいので、ここでは汚水および活性汚泥中における BOD 物質の酸化速度の相違までは考慮しないことにした。

式(2-1)～(2-3)中の $\bar{K}$ および K_b を求めるために次の実験を行なった。

実験装置は図-2-1 に示すように、エアレーションタンクおよび沈殿池兼用の円筒槽(60ℓ容量)、運転に必要な電気機器一式(タイマー、電磁弁、電極等)、人工汚水給水用ポンプ、ブローアおよび汚水貯留タンク(60ℓ容量)からなっている。

本装置はエアレーション時間、沈殿時間および汚泥返送量が正確に測定できるように回分方式で運転されるので、ピストン流型エアレーションタンク内における BOD 除去反応が再現される。

本装置のエアレーション時間ならびに沈殿時間はタイマーによつて任意に与えられる。定められた時間のエアレーションが終了と、ブローアが止り、沈殿が始まる。所要の沈殿時間が過ぎれば、直ちに排水管を止めて電極弁が開き、上澄水が流出する。この際、排水管の流出水位以上と増加した活性汚泥は余剰汚泥として上澄水とともに反応槽から排除される。こうして常に一定量の活性汚泥が反応槽内に存在するよう自動的に調節される。なお、排水管の位置は任意に変えられるようになっており、排水管をさし換へれば汚泥返送比を変化させることができる。水位が排水管の流出水位まで下降すれば、電磁弁が閉じ、新しい人工汚水が所定量供給され、エアレーションが始まる。以後、同様の操作が連続して、自動的にくり返される。

グルコースおよびアルタミン酸ソーダのそれぞれ等量に K_2HPO_4 , KH_2PO_4 を少量加えて調整した人工汚水を用い、表-2-1 に示す供給人工汚水濃度、エアレーション時間、汚泥返送比で実験を行なった。

図-2-2 は実験結果の一例であり、エアレーション終了直前の混合液 BOD (MLBOD) の時間変化を

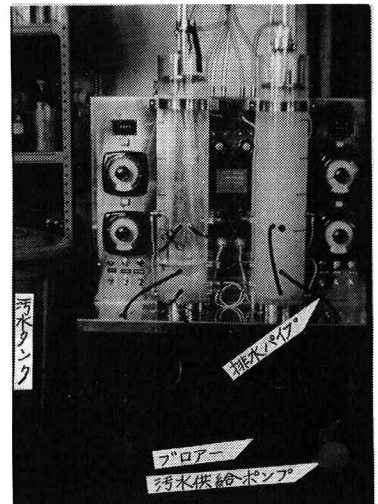


図-2-1 実験装置

示すが、2ヶ月目ぐらゐから
ようやく活性汚泥の性状が安
定したことが認められる。こ
のほか、処理水のBOD、SS
SV、MLSS等を測定してい
る。

BOD負荷を高くした運転で
は活性汚泥の生物相が変化し
写真-2.1 に示すようなカビ
が発生してくる。そのまま運
転を続けると、遂には大部分
がカビとなり、SVIがいじじ

らしく低下すると同時に、カビが集塊になつて排水管では排除できなくなる。しかし、この集塊は容
易に沈殿分離されるので、BOD除去率はほとんど低下しない。

従来、活性汚泥法の運転条件はスーグレアの正常増殖を中心と考えられてきた。また、例えば糸状
菌が発生するなど、生物相が変化した場合にはバルキニアが生じたとして、スーグレアが優占する生
物相に戻す努力が拂われてきた。バルキニアが発生すれば、沈殿分離や汚泥返送がうまくいなくな

表-2.1 実験条件および結果

実験 番号	供給汚水 平均BOD (mg/l)	汚泥返送比	エアレーション時間 (時)	活性汚泥性状	R _i / L _i	R _i (mg/l)
1	160	0.265	23.5	良好	14.6	2,340
2	" "	0.260	11.5	" "	20.8	3,330
3	" "	0.240	3.5	" "	27.7	4,430
4	" "	約0.25	2.5	カビ優勢	(35)	(5,600)
5	" "	約0.125	5.5	" "	(60)	(9,600)
6	640	" "	3.0	" "	(70)	(44,800)
7	80	" "	"	" "	(70)	(5,600)
8	" "	" "	5.5	" "	(60)	(4,800)

注: () 内の数字は推定値

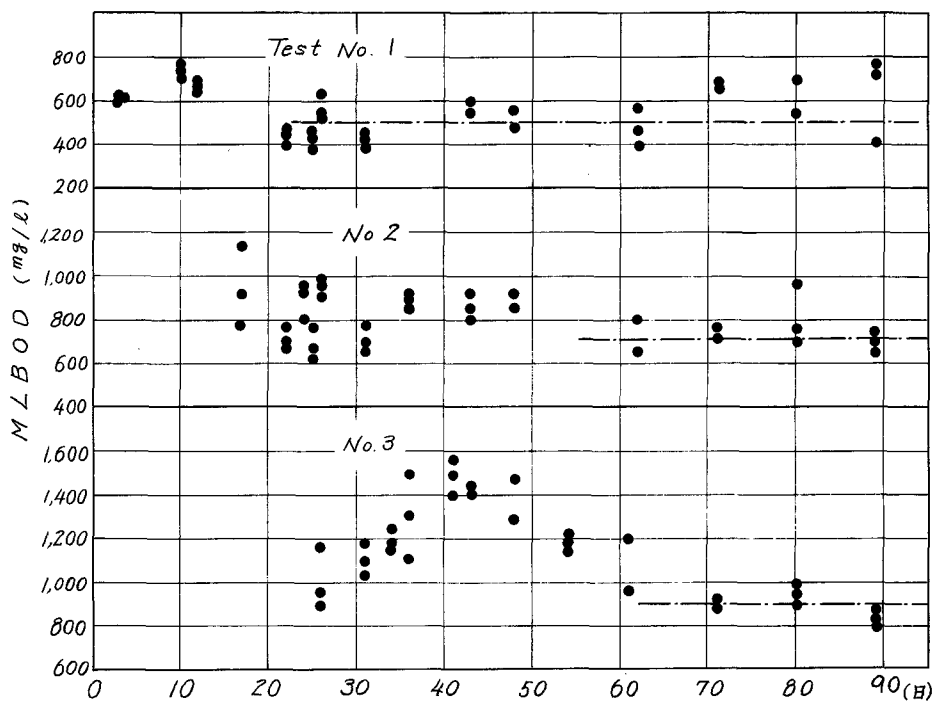


図-2.2 エアレーション終了直前のMLBOD 全時変化

リ、本実験では余剰汚泥の排除が不可能になっているが、この場合、もし汚泥返送の技術的支障のみが問題になるのであれば、その解決は不可能ではないだろう。しかつて、汚水処理生物としてズーグレアにこだわるなれば、別の生物を利用してより高効率の処理が可能になるかもしれない。

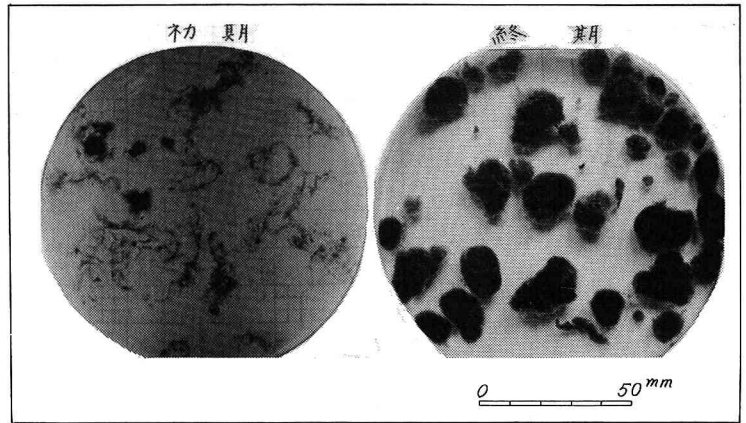


写真-2.1 高負荷運転で発生したカビ

こうした新しい問題にについては今後さらに検討していきなうと考えているが、本研究においてはズーグレアを主体とする生物処理に限定し、生物相が変化したときには現有の施設では処理できないという立場から考察を進めていくなう。

図-2.3に示すように、流入汚水BODを L_i 、返送汚泥BODを R_i 、処理水BODを L_e 、エアレーション時間を T 、余剰汚泥量を v とすれば、式(2-1)を積分して次式が得らる。

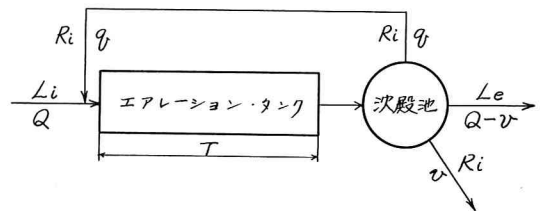


図-2.3 記号を示す略図

ここで、エアレーション開始時および終了時の反応槽内総BOD量が測定しなうまう、これを q 測定値を式(2-4)に代入すると、 $\bar{K}$ もしくは K_b (10を底とする)が計算される。

さらに、式(2-2)を積分すれば、次式がなり、

$$L_e = L_i \cdot e^{-(\bar{K} + K_b)T} \quad (2-5)$$

L_e , L_i , T を測定し、先に求めた $\bar{K}$ を代入すれば、 K_b もしくは K_b (10を底とする)が求まる。

Eckenfelder²⁾は汚水中のBODが除去される際の速度係数(K')が $MLSS$ (S_a)に正比例するとして次式を提案している。

$$L_e = L_i \cdot e^{-K' t} \quad (2-6) \quad K' = K_b S_a \quad (2-6)'$$

この式によると、汚泥返送量が多いほどBOD除去速度係数が増大することになる。いま、汚泥返送量が多いということはエアレーションタンクに供給される微生物が多いことを意味すると単純に解釈

すれど、微生物量はSSよりもむしろ酸素消費量で計測し、BODによって表わす方が精度が高いはずである。そこで、 S_a の代りに $(R_i\bar{g}/L_iQ)$ に注目し、これと $\bar{r}_b$ 、 k_b とを対応させてプロットすると、図-2.4に示すような半対数図上の直線がえられ、次式が導ける。

$$\bar{r}_b (\text{1/時}) = 0.00134 \cdot 10^{0.128\omega} \quad (2-7)$$

$$k_b (\text{1/時}) = 0.00435 \cdot 10^{0.254\omega} \quad (2-8)$$

ただし、 $\omega = R_i\bar{g}/L_iQ$

SS、BODと比べてように、ハロメーターは異なるが、式(2-6)', (2-7), (2-8)はいずれも返送汚泥の巨視的浄化能力とBOD除去速度係数との関係を表わす式である。(かしなから式(2-6)'ではBOD除去速度係数が浄化能力に比例して一次関数的に増加するのに対し、式(2-7), (2-8)では指数関数的に増加している点は大なる相違である。

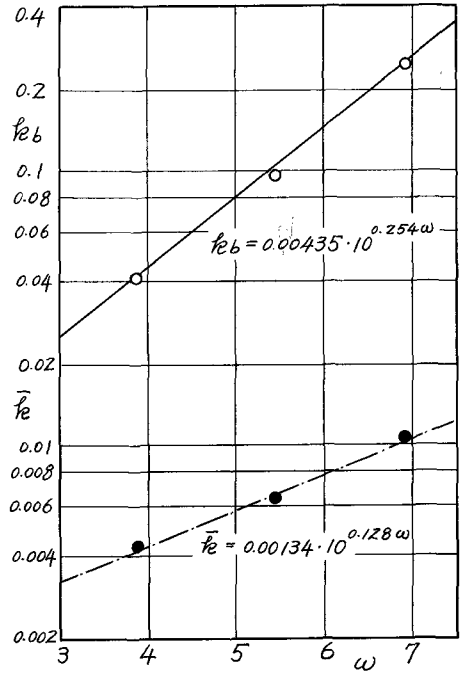


図-2.4 $\bar{r}_b$, k_b の実測値

3. エアレーション時間および汚泥返送比の浄化効率に及ぼす影響

エアレーションタンク流本流BOD量は $(L_iQ + R_i\bar{g})e^{-\bar{k}T}$ であり、式(2.4)に示すように、これが処理水BOD量 $L_e(Q-u)$ 、返送汚泥BOD量 $R_i\bar{g}$ 、余剰汚泥BOD量 $R_i\bar{u}$ にわかれる。ここで $\bar{u}$ が Q 、 $\bar{g}$ と比較して無視できるほど小さい場合について考えてみると、次式がえられる。

$$\begin{aligned} (L_iQ + R_i\bar{g})e^{-\bar{k}T} &= L_eQ + R_i\bar{g} \\ &= L_iQe^{-(\bar{k}+k_b)T} + R_i\bar{g} \end{aligned} \quad (3-1)$$

$$\therefore \omega(10^{\bar{k}T} - 1) = 1 - 10^{-k_bT} \quad (3-2)$$

ただし、 $\omega = R_i\bar{g}/L_iQ$

式(3-2)中の $\bar{r}_b$ 、 k_b は、式(2-7), (2-8)に示すように、 ω のみの関数であるから、結局、式(3-2)は ω と T との関係を表わす式となり、 ω すなわち $R_i\bar{g}/L_iQ$ はエアレーション時間 T のみによつて一義的に決まってくるのがわかる。したがって、 $R_i\bar{g}$ と巨視的な返送汚泥浄化能力とみると、これは

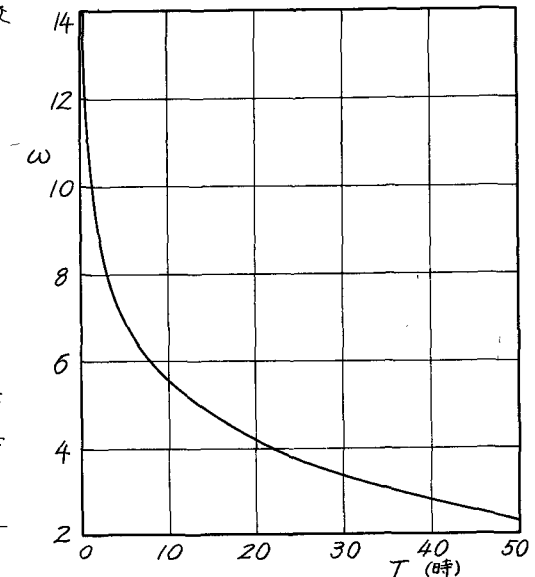


図-3.1 エアレーション時間と ω との関係

BOD 負荷量およびエアレーション時間によって決まり、返送汚泥量には無関係ということになる。

式(2-7), (2-8), (3-2)から ω と T の関係を求めると、図-3-1 のように逆比例の関係とあることがわかるが、エアレーション時間が短い領域における ω の急激な変化は特微のある傾向である。

1) ま, エアレーションタンク容量を V , 汚泥返送比 $\alpha (= R/Q)$ とすると, エアレーション時間および ω は次のように表わされる。

$$T = \frac{V}{Q + q} = \frac{V}{Q} \cdot \frac{1}{1 + \alpha} \quad \therefore V/Q = (1 + \alpha) T \quad (3-3)$$

$$\omega = \frac{R_i \cdot \alpha}{L_i \cdot Q} = \frac{R_i}{L_i} \cdot \alpha \quad \therefore R_i/L_i = \omega / \alpha \quad (3-4)$$

上式の関係および図-3-1 を用いて R_i/L_i と V/Q との関係を探ってみると、図-3-2 のようになる。

図-3-2 で注目した R_i/L_i は返送汚泥 BOD と流入汚水 BOD との比であり、高負荷運転すなわち高栄養レベルで運転するほど単位量の活性汚泥中に存在する微生物数は増加し、 R_i/L_i が大きくなるはずである。

一方、ブーグレベルという微生物が単位量の活性汚泥中に存在する数は物理的に限界があると同時にブーグレベルが優占する栄養レベルにも適値があると考えられるので、 R_i/L_i にはそれぞれ上限と下限とがあり、その中間に R_i/L_i があるとブーグレベルの正常な生育が期待されるはずである。

図-3-1 には T が極めて短かく、超高栄養レベルで運転した場合の計算値も示してあるが、実際にこうした運転を行えば、生物相が変化するので、計算値のような高い ω は現れてこない。

生物相が変化し、カビが優占した実験条件に付、図-3-2 より R_i/L_i を求め、() 内の数字で表すことに示してある。さらに R_i も計算してあるが、これらの結果をみると、 R_i/L_i が 30 以上、また R_i が 4500 mg/l 以上になると生物相に変化が生じるようである。ここで、流入汚水 BOD (L_i) が高ければ、 R_i/L_i の条件は満足するが、 R_i の限界を越えることが考えられる。また、逆に L_i が低ければ $R_i \leq 4500 \text{ mg/l}$ となるが、 R_i/L_i の条件が満足されなくなる。(したがって、正常な活性汚泥を得るためには、 R_i/L_i および R_i の二条件を満足するように施設の設計を行ふ必要がある。

なお、 R_i/L_i が極端に小さくなれば、活性汚泥の解体が予測され、除き等の低下が心配される。こうした影響は当然 R_b に現れてくるはずであるので、 R_i/L_i が非常に小さいときにも式(2-7)が成立するか、どうか、今後の実験から確かめていこう。

図-3-2 の全般的傾向として、エアレーションタンク容量 (V/Q), 汚泥返送比 ($\alpha = R/Q$) が大きいほど R_i/L_i は小さく、かつ安定しており、また、 V/Q の変化に対する R_i/L_i の変化が極めて大きい傾

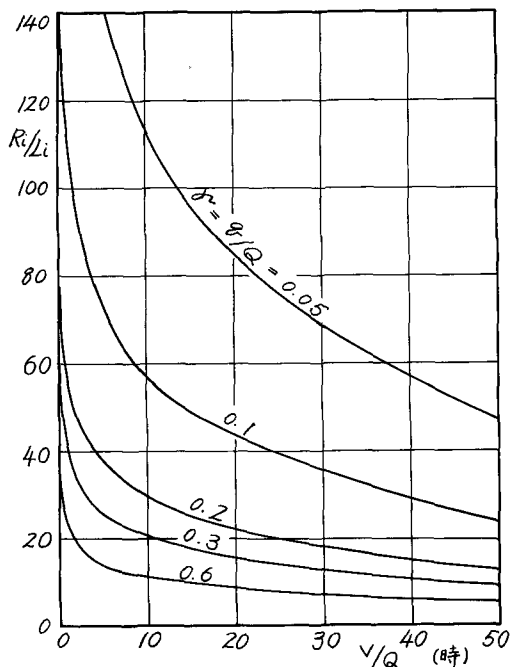


図-3-2 汚泥返送比が変化した場合のエアレーションタンク容量と R_i/L_i との関係

域は小さく、いよいよ小さくなる事が認められる。さらに R_i/L_i を大きくすると、運転では Y/Q を小さくすることができると、 Y/Q のわずかな変化により R_i/L_i が急変してあり、したがって小容量のエアレーションタンクによつて多量の汚水を処理する際には、流入汚水量の変化が活性汚泥の性状に鋭敏に影響し、処理効率の低下やバルキングの発生が心配される。

われわれは経験的に標準活性汚泥法を確立したが、本法は $T=4\sim6$ 時間、 $\rho=0.2\sim0.3$ であり、この条件は、図-3.2 から明らかなるように、 R_i/L_i を適正值に保ち、かつそれが流入汚水の質的、量的変動に影響されにくい最小のエアレーションタンク容量を与える条件に一致しており、以上の数値解析の結果と矛盾しない。

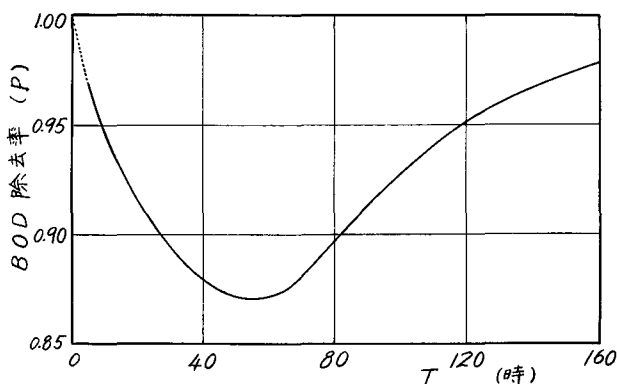


図-3.3 BOD除去率とエアレーション時間の関係

図-3.3は式(2-5)、(2-7)、(2-8)を用いて計算したBOD除去率(P)とTとの関係である。Tが小さい領域でPが急上昇しているが、これは先に検討しようとして、 R_i/L_i が無制限に大きくできるという仮定に原因があり、実際は、限界のTより短くすれば、生物相が変化する。

図-3.3の曲線は河川における溶存酸素量垂下曲線に類似しており、Tが大体60時間まではTの増加に応じてPは減少し、Tが60時間以上になれば、逆の関係になる。T<60時間の傾向は、Tの増加による反応時間の延長以上に、 ω の減少（これは $\bar{R}_b, R_b$ といふBOD除去速度係数の減少）が大きく、こうしたTのBOD除去に及ぼす相反する2つの影響が総合された結果と解釈される。Tが60時間以上になると、図-3.1に示すように、 ω は小さくなり、かつほとんど変化しなくなつて、Pは主として反応時間に支配されるようになるから、Tの増加に応じてPは上昇するが、このような超長時間エアレーションの特性は好気性醗酵池の浄化機構の解明に利用できるとはふいふと考えている。

4. 余剰汚泥量の浄化効率に及ぼす影響

$\eta=Y/Q$ とすれば、 $\omega=R_i/L_i \cdot Q$ 、 $\rho=Y/Q$ を考慮して式(3-1)は次のように書き改められる。

$$\omega[(\eta/\rho+1)e^{\bar{K}T}-1]=1-(1-\eta)e^{-K_bT} \quad (4-1)$$

余剰汚泥量は対象汚水の質および処理施設の操作条件によつて決まつてくるものである。式(4-1)は余剰汚泥量とエアレーション時間、返送汚泥量等、操作条件との関係を表わしてはいるが、余剰汚泥量と対象汚水との関係が不明であるので、式(4-1)から直ちに汚水を処理した

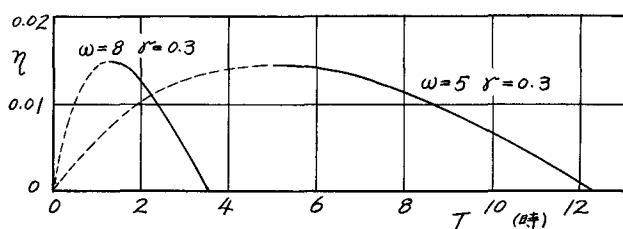


図-4.1 式(4-2)の数値計算結果

場合にどの程度の余剰汚泥量が排出されるかということは定量的に求められない。

このような定量的推定を行なうには汚泥量の増減について別に式を設ける必要があるが、ここではとりあえず、操作条件のみを固定し、式(4-1)にもとづく検討を行なってみる。

式(4-1)は次のように書き改められ、

$$\eta = \frac{(1+\omega) - (\omega \cdot 10^{\bar{r}T} + 10^{-k_b T})}{\omega/\mu \cdot 10^{\bar{r}T} - 10^{-k_b T}} \quad (4-2)$$

ω を与えると、式(2-7)、(2-8)より $\bar{r}$ 、 k_b が計算できるから、式(4-2)によつて、 ω および η が与えられる場合、この条件を満足して定常運転するに必要な η と T の関係が求まる。

$\omega=5$ または 8 、 $\mu=0.3$ の場合の計算結果を図4-1に示す。図4-1におい、 T がある限界以上に大きくなると、 η は負になつてくる。また、 η が正の場合には凸形の曲線になり、最大の η が存在し、この最大値より小さい η には2つの T が対応する。いま、 $\omega=5$ の曲線について $\eta=0$ を考えてみると、図4-1より T の値として 0 および 12.3 時間がある。ところで、 $\eta=0$ であれば、式(3-2)が成立するので、これに $T=0$ を代入してみると、 $(10^{\bar{r}T}-1)$ 、 $(1-10^{-k_b T})$ がともに 0 となり、 ω は不定となつてくる。したがつて、 $T=0$ を棄却しなければならぬ。

$\eta=0$ 以外については、処理すべき汚水の量と考慮する必要があり、例えば $\omega=5$ 、 $\eta=0.005$ に注目してみると、 T として 0.8 および 10.5 時間があるが、通常の汚水の場合、 $\omega=5$ に対応する生物量あるいは栄養レベルの条件において、かつ $\mu=0.3$ の汚泥返送が行なわれるとき、 $T=0.8$ 時間という短時間で $\mu=0.005$ の汚泥増殖が可能と考えられ、 $T=10.5$ 時間という相当の時間が必要と思われる。したがつて、以下では $T=0$ から η が最大になる時間までの η は特殊な汚水についてのみ存在すると考え、一般には η が最大になる以降の時間の関係が成立するとして考察を進めていく。

図4-1の $\eta-T$ の関係は与えられる ω 、 μ のもとで、活性汚泥の浄化反応を定常に保つために必要の関係であり、ここで規定される量以上の汚泥を排出すれば、所定の ω および μ は保持できぬ。また、汚泥発生量が多い汚水ほどエアレーション時間を短縮できる。

$\omega=5$ および 8 の計算結果の比較から、 ω が変化しても η の最大値はほとんど変化しないようであり、さらに、式(4-2)によれば、 μ が小さくなるほど η は減少する傾向にある。

つぎに、 η または η の意味についていまいし詳細にみてみると、以上の検討では μ をエアレーションタンクから排出される汚泥状の BOD 物質と考えてきた。しかし、余剰汚泥は汚泥状でなく、処理水中に含まれて排出されても式(3-1)の基本的な平衡式は成立する。したがつて、沈殿分離のよい汚泥では η に等しい余剰汚泥が汚泥状で排出されるが、沈殿分離が悪ければ、余剰汚泥の一部が処理水中に含まれて処理効率が低下するものと考えることができ、 η または η によつて沈殿分離効果の処理効率と及ぼす影響を検討できる。もちろん、こうした検討は厳密には k_b に注目して行なわねばならぬが、一応、特性を把握する目的から、沈殿分離が期待できる最高の効率で行なわれる場合の BOD 除去率(P) および余剰汚泥がすべて処理水中に含まれる場合の除去率(P_0)を次のように表わして、計算してみよう。

$$P = \frac{L_0 - L_e}{L_0} \quad (4-3)$$

$$p_0 = \frac{LiQ - [Le(Q-u) + Ri u]}{LiQ} \quad (4-4)$$

または

$$p_0 = (1+\omega)(1 - 10^{-\frac{\tau}{T}}) \quad (4-4')$$

($\omega=5, \delta=0.3$), ($\omega=8, \delta=0.3$), ($\omega=8, \delta=0.1$) の場合の P と P_0 または P_0 の関係式 (4-3), (4-4), (4-4)' から求め、図-4.2 に示す。

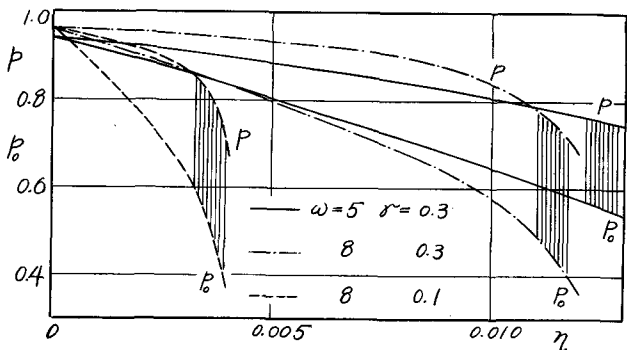


図-4.2 BOD 除去率と排出汚泥量との関係

図-4.2 において、 ω が小、 δ が大になるほど、曲線勾配は小さくなり、 P, P_0 は η の変化に影響されにくくなり、また、その条件で排出可能な汚泥量は増加してくる。

一般に ω が大きい、つまり高負荷の処理施設で発生した活性汚泥はルーズになり、沈殿分離効率の低下が予想されるから、エアレーション時間 (T) が短縮され、 ω が増大した場合には沈殿分離が十分に行われずと仮定した除去率 P を期待できなくなり、実際の除去率は P と P_0 の中間をとるようになり、 T が短縮されるほど P_0 に近づいてくるはずである。しかも T が短かく、加えて汚泥返送比 (R) も小さいとなると、 η としての対象汚水の水質特性の変化によって除去率が鋭敏に変動しており、このような条件で運転されるモディファイド・エアレーション法では、流入汚水の水質変動が大きい場合、処理成績が不安定になることが推測される。

5. 総 括

以上、活性汚泥法の BOD 除去機構について数理的解析を試みながら、ここで構成した数理モデルは、BOD パラメータとしての ω であり、エアレーション時間、汚泥返送比、余剰汚泥排出量とつた実施設の操作基本因子がすべて BOD 物質量に関連することから、これらの基本因子相手を関係づけながら BOD 除去の特性を定量的に取り扱うことができる。また、BOD 除去速度係数についても、BOD 物質を無機化する酸化と汚水から活性汚泥へ移行させる吸着とに分離しており、しきがつて処理系内における BOD の変化を従来より厳密に表現していると思う。

また、本数理モデルに導入される対象汚水の水質特性はその汚水の BOD 除去特性 ($\bar{K}, k_b$) および活性汚泥生産率に示す汚泥増殖特性であり、これらの特性は図-2.1 に示す実験装置により、比較的容易に求められるので、今後各純粋の汚水について実験し、検討していただきたいと考えている。

最後に、本研究で明らかにした活性汚泥の浄化特性をまとめ、意味も含め、処理施設設計につき基本的な考えを加えてみる。

まず、ゾーングレブ主体とする処理では R_i/L_i および R_i に注目する必要がある、 R_i/L_i できるだけ大きくする方が、エアレーションタンク容量は小さくてすむが、あまり大きくすると生物相が変化し、バルキングが生じる。表-2.1 に示す実験結果によると、 $R_i/L_i < 30$ 、 $R_i < 4,500 \text{ mg/g}$ で活性汚泥は正常となつており、 R_i/L_i に関しては、モディファイド・エアレーション法を考えてみ

ると、限界値は30以上になると推測される。これらの数字をそのまま採用した場合、 $L_i=200$ および 500 mg/l の汚水では R_i/L_i の上限がそれぞれ23, 9となる。簡単にするために、余剰汚泥量は無視できると仮定すれば、図-3.2より $L_i=200 \text{ mg/l}$ の場合には汚泥返送比 ($\delta = R_i/Q$) 0.2 のとき $V/Q \div 20$ 時間 ($T \div 17$ 時間), $\delta = 0.3$ のとき $V/Q \div 10$ 時間 ($T \div 7.7$ 時間), また $L_i=500 \text{ mg/l}$ の場合には, $\delta = 0.3$ で $V/Q \div 50$ 時間 ($T \div 38$ 時間), $\delta = 0.6$ で $V/Q \div 15$ 時間 ($T \div 9.4$ 時間) となり, 流入汚水 BOD が高くなるか, 汚泥返送比が小さくなるほど大きな容量のエアレーションが必要となり, $\delta = 0.3$ のとき, 流入汚水 BOD が 200 mg/l から 500 mg/l へと2.5倍に増加すると5倍の容量のエアレーションを用意しなければならぬ。したがって BOD の高い汚水処理する際には, 汚泥返送比を大きくしてやると, あるいは希釈してやり, 処理水量が増加しても R_i/L_i を高くするように調整した方が経済的となり, こうした調整法はハイレート法や屎処理にみられる。また, BOD 除去率は図-3.3より, 上記の T に対応する ρ を読み取れ, $L_i=200 \text{ mg/l}$, $\delta = 0.3$ の場合が最高で約95%, $L_i=500 \text{ mg/l}$, $\delta = 0.3$ の場合が最低で約78% となり, いずれも汚泥返送比が小さく, エアレーション時間が長いほど低下する。

余剰汚泥量が無視できない場合には, 対象汚水の単位量当りに発生する活性汚泥量が把握できないと具体的な計算は不可能であるが, ω が一定のとき, 汚泥発生量の多い汚水ほど BOD 除去率は低下する。これは ω が一定のため BOD 除去速度係数が一定となり, BOD 除去率がエアレーション時間のみに支配され, 汚泥発生量の多い汚水では定常状態を確立するエアレーション時間が短縮されることに原因がある。

なお, 以上で示した計算結果の図表はいずれも式(2-7), (2-8) を用いたものであるが, これらの式の基礎となる図-2.4 は実測値に不足があり, 今後の実験から補正していただきたい。またもし新しい実測値から式(2-7), (2-8) の諸定数が違ってくるようなことがあれば, 図表の修正を行ないたい。

参 考 文 献

- 1) 南部：活性汚泥法における物質平衡, 第4回衛生工学研究討論会講演論文集, p. 38 (1967)
- 2) 例えは, McCabe, B. J., Eckenfelder, W. W.: BOD Removal and Sludge Growth in Activated Sludge Process, W. P. C. F., Vol. 33, p. 258 (1961)