

九州大学 工学部 学生員 ○久米 秀俊

学生員 森山 克美

正員 栗谷 陽一

1 はじめに 活性汚泥における基質除去過程において、本研究(I)では、中間代謝産物の生成されることが示された。本論文では、その中間代謝産物と汚泥内炭水化物の挙動に着目し、生物処理における基質除去過程に検討を加える。

2 実験結果及び考察 実験に用いた活性汚泥の前培養条件、培地組成、及び培養方法は、本研究(I)と同じである。本実験では、 $G_{0.05}$, $G_{0.1}$, $G_{0.3}$, $G_{0.05}$ 汚泥に、各々所定のグルコースを投与し、本研究(I)の表-3に示す項目について経時的に測定した。図-1は、 $G_{0.05}$, $G_{0.1}$, $G_{0.3}$ 汚泥に、各々所定のグルコースを投与した結果である。これに依ると、グルコースはいずれも初期に零次反応的に減少し、同時に汚泥内炭水化物は急激に増加し中間代謝産物も生成される。そして、汚泥内炭水化物Sの蓄積が進むにつれてグルコースCの除去速度は徐々に低下し、Sがほぼ定常に達すると再びCは零次反応的に除去されている。このような現象は、従来、基質除去式として用いられているMonodの式ではうまく表現出来ず、中間代謝産物、及び汚泥内炭水化物の影響を考慮しなければならないと考えられる。

2-1 中間代謝産物及び汚泥内炭水化物を考慮した基質除去過程のモデル 基質除去活性は細胞内蓄積物量に左右されるという考えに基づいて、合田等は動力学モデルを提案している。又、益永²⁾、中西等も、汚泥内糖蓄積による基質除去阻害効果について数式化を試みている。ここでは、それらの結果を考慮して次式を用いた。

$$\frac{dc}{dt} = -\frac{\mu_c(C/K_c)M}{1+(C/K_c)}\left(1-\frac{S}{S_r}\right) \quad (1)$$

式-(1)は、単一基質Cを考えたが、図-1に示した様に実験では中間代謝産物Pが生成され、CとPの間に何らかの相互作用がある

ことが考えられる。ここではCとPの間に拮抗作用があると見なして式-(1)を修正すると次式が得られる。

$$\frac{dc}{dt} = -\frac{\mu_c(C/K_c)M}{1+(C/K_c)+(P/K_p)}\left(1-\frac{S}{S_r}\right) \quad (2)$$

また、PとSについては次式を用いる。

$$\frac{dP}{dt} = -\beta\frac{dc}{dt} - \frac{\mu_p(P/K_p)M}{1+(C/K_c)+(P/K_p)}\left(1-\frac{S}{S_r}\right) \quad (3)$$

$$\frac{dS}{dt} = -\gamma(1-\beta)\frac{dc}{dt} + \delta\frac{\mu_p(P/K_p)M}{1+(C/K_c)+(P/K_p)}\left(1-\frac{S}{S_r}\right) - KSM \quad (4)$$

ここに、C, P, S, M; 基質, 中間代謝産物, 汚泥内炭水化物, 微生物濃度(mg/L), μ_c, μ_p ; C, Pの最大比消費速度(day⁻¹), K_c, K_p ; C, Pの飽和定数(mg/L), S_r ; 汚泥内炭水化物最大蓄積容量(mg/L), β ; C 1mgから生成されるP(mg)

を表わす換算係数, γ, δ ; C, P 1mgから生成されるS(mg)を表わす換算係数, K ; Sの比消費速度定数(1/mg/L/day)

図-1で汚泥内蛋白質の経時変化はあまり見られず生物量は殆ど変化しないと考えられるので、ここでは、 $dM/dt = 0$ として扱う。また、 δ, γ は1とした。

$$\text{式-(2),(3),(4)は} \quad \frac{dC}{dt} = \frac{1-(S/S_r)}{1+(C/K_c)+(P/K_p)} \frac{dC}{dt} \quad (5)$$

$$\text{を用いると次式となる。} \quad C = C_0 e^{-\frac{1}{K_c} \int \frac{dC}{dt} dt} \quad (C_0; \text{初発濃度 mg/L}) \quad (6)$$

$$P = \frac{\beta C_0 (\mu_c/K_c)}{(\mu_p/K_p) - (\mu_c/K_c)} \left(e^{-\frac{1}{K_c} \int \frac{dC}{dt} dt} - e^{-\frac{1}{K_p} \int \frac{dP}{dt} dt} \right) \quad (7)$$

$$S = -C - P - KM \int S dt + C_0 \quad (8)$$

式-(8)は、回分式における物質収支式になっている。

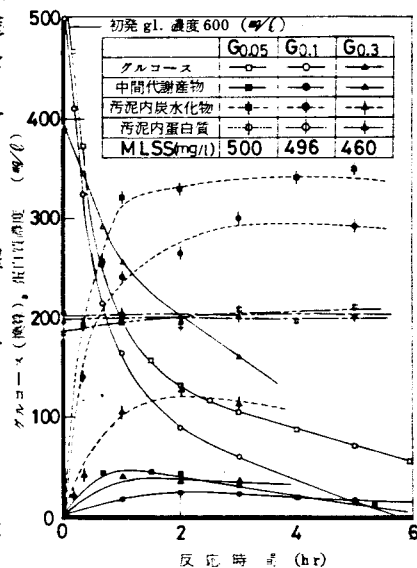


図-1 G汚泥によるグルコース除去

2-2 実験及び計算結果について 図-2は、GF_{0.05}汚泥にグルコース400mg/lを投与した実験結果と、上記計算式により求めた計算結果である。式の定数は種々の実験データに基づいて表-1の様に決め、これを用いて数値計算を行なった。その中でS_Tは次の様にして求めた。まず任意のtについて 式-(6)、(7)より (C, P) を求め、それにほぼ一致する実測値 (C, P) を求める。このようにしてtとCとの関係がわかり、ある時刻t=t*におけるdC/dtを得る。t=t*における実測値 (C*, P*)を読みとり、これら(dC/dt, C*, P*)の値を式-(5)(8)に代入すれば、S, S_Tのみが未知数となりS_Tが求められる。図-2に示した実験ではS_Tは434.7mg/lとなった。

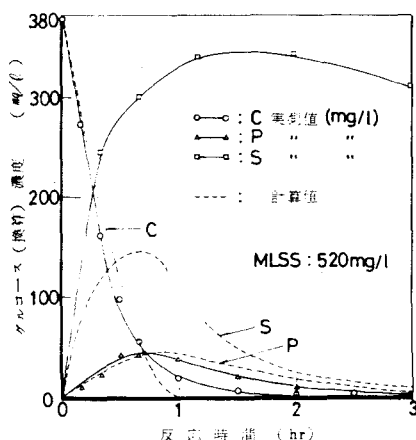


図-2 GF汚泥によるグルコース除去

表-1 定数値

初発濃度	380	(mg/l)
MLSS	520	
μ_c	32.6	(day ⁻¹)
K _C	11.0	(mg/l)
μ_p	2.754	(day ⁻¹)
K _P	30.0	(mg/l)
β	0.134	
S _T	434.7	(mg/l)
K	0.0918	(1/day)

図-2に依ると、初期の基質の実測値は零次反応的に減少するのに対し、計算値では汚泥内炭水化物の急激な増加、中間代謝産物の生成につれて、1次反応的に緩やかなカーブを描いて減少した。Sと基質除去速度との関係については後に考察する。中間代謝産物の生成、及び経時の変化は、実測値と計算値でほぼ同じ様な形状を示した。汚泥内炭水化物Sについては実測値の方がかなり高く、グルコースが完全に除去された後でも、計算値の様に急激には減少しなかった。これは、実測値のSでは、基質除去過程に負のfeedbackをかけるSだけでなく、feedbackをかけない汚泥内炭水化物Sをもアンスロン法で検出していることがその原因として考えられる。しかし、計算値のSの挙動と同じ様な経時の変化をたどる実験結果も報告されており、基質摂取過程に負のfeedbackをかけるSを如何に把握するかは検討を要する。

基質除去速度と汚泥内炭水化物の関係を見るために式-(2)を次の様に変形する。

$$\phi = -\frac{dC}{dt} \frac{1/(C/K_C) + (P/K_P)}{C/(C/K_C)M} = 1 - \frac{S}{S_T} \quad (9)$$

図-1の実験結果から ϕ を計算し、 ϕ とSの関係を表わしたのが図-3である。(ここでSは実測値Sを用いている) 式-(9)が妥当であるとすれば、 ϕ とSの関係は ϕ 切片を1とした右下りの直線になるはずであるが、図-3ではある程度Sが蓄積される迄 ϕ はほぼ1を保ち、Sがある蓄積量を越えるとにわかに減少した。このことは、ある蓄積量に達する迄Sは基質除去過程に影響を及ぼさないことを示し、それが図-2の初期における計算値と実測値のずれの原因になっていると思われる。そして、培養F/Mが大きくなる程その限界の蓄積量はそれだけ小さくなることを図-3は示している。図-3には記していないが、培養F/Mを大きくすれば、それだけS₀(t=0におけるS)が大きくなり、そのために限界の蓄積量が小さくなるものと思われる。

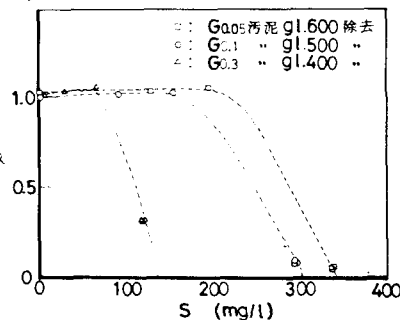


図-3 ϕ とSの関係

本研究では、従来のMonodの式ではうまく表現出来ない基質除去の現象を、中間代謝産物及び汚泥内炭水化物の挙動に着目して検討したが、基質と中間代謝産物との相互作用の取り扱いや、基質摂取過程に影響を及ぼす汚泥内炭水化物を如何に把握するか等については、更に検討を加えねばならないと考える。

参考文献-1) 合田健・宮功・澤野洋: 基質除去ならびに代謝に關する動力學モデル, 土木学会論文報告集, No.213 pp17-28 1973年5月
2) 益永樹・中田準子等: 活性汚泥における糖除去と汚泥中蓄積物, 土木学会論文報告集, No.304 pp81-93 1980年12月