

II-490

活性汚泥法における炭水化物代謝と糸状性細菌の増殖

金沢大学工学部 正員 山本 良子 正員 小森 友明
京都大学環境微量汚染制御実験施設 正員 松井 三郎

1. はじめに

筆者らは活性汚泥法の回分培養において負荷速度が糸状性細菌の増殖に大きく影響することを報告した。本研究では、生成汚泥の糖類分解速度と多糖類貯蔵能力からその機構の検討を行った。

2. 実験方法

グルコース、ペプトンを主体とする人工廃水を用いて図-1に示したようなサイクルの回分式の室内実験を6種類行った。それぞれの生成汚泥に回分で廃水を加え経時的に液相および汚泥内の炭水化物、蛋白質を測定することによりその代謝能力の測定を行った。

3. 実験結果および考察

図-2は負荷速度とSVICおよび糸状性細菌の現存量(糸状体長)の関係を示したものであるが、負荷速度の小さい運転では糸状性細菌が多く沈降性の悪い汚泥が生成されることがわかる。ここで増殖した糸状性細菌のほとんどは*Sphaerotilus natas*であった。図-3はそれぞれの汚泥に回分で廃水を加えた場合の細胞内多糖類の経時変化を示したものである。何れの汚泥も細胞内に多糖類を貯蔵するがその量は負荷速度が大きい運転により生成された汚泥が大きいことがわかる。多糖類合成速度を次式のように仮定して実験より速度定数(K_2)を近似した。

$$\frac{dS}{dt} = K_2 \left(S_c - \frac{S}{M} \right) M \quad S_c: \text{多糖類貯蔵能力}$$

図-4は現在までに本研究室で得られているグルコース・ペプトン馴化汚泥のSVICと多糖類貯蔵能力の関係である。糸状性細菌の多い沈降性の悪い汚泥は、多糖類貯蔵能力が小さいことがわかる。図-5は液相と汚泥内炭水化物濃度の和(T)の液相の炭水化物が消失するまでの変化を示したものであるが、Tの値は直線的に減少する。これより、汚泥内微生物の炭水化物の分解速度を0時反応に近似して速度定数(K_3)を求めた。表-1は各汚泥の多糖類貯蔵能力(S_c), K_2 , K_3 およびSVIC値をまとめたものである。多糖類貯蔵能力には差が認められるが糖類分解速度定数には大きな差は認められなかった。

図-6は回分式の場合の活性汚泥微

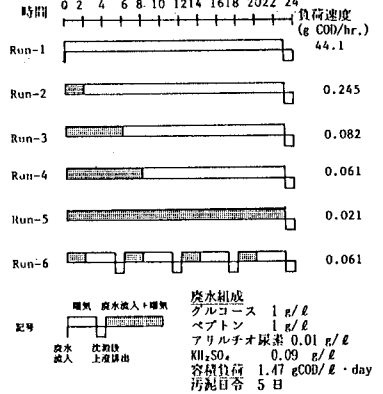


図-1 室内実験装置の運転方法

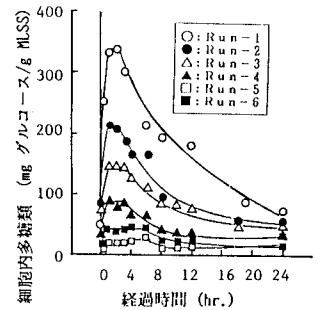


図-3 細胞内多糖類の変化

図-2 負荷速度と糸状体長およびSVICの関係

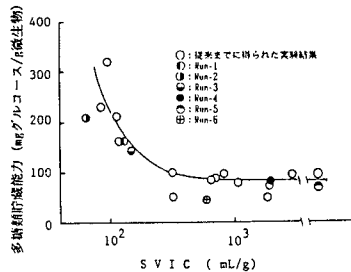


図-4 SVICと多糖類貯蔵能力の関係

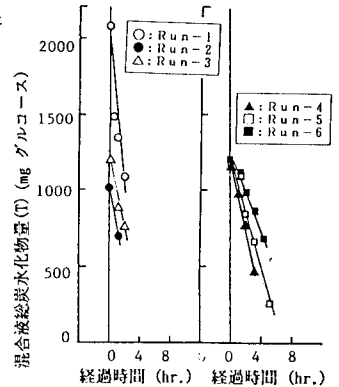


図-5 混合液総炭水化物量の変化

生物の代謝の模式図を示している。 r_1 は負荷の速度を r_3 は代謝の速度を、 r_2 は貯蔵の速度を表している。 r_1 が K_3M に比較して非常に大きい場合（瞬時注入）、 C 、 S 、 M 、 P の変化は次式ようになる。

$$\begin{aligned} \text{Cが存在する間} \quad \frac{dC}{dt} &= r_1 - r_2 - r_3 = K_1 - K_2 \cdot \left(S_c - \frac{S}{M} \right) \cdot M \\ \frac{dS}{dt} &= r_2 = K_2 \cdot \left(S_c - \frac{S}{M} \right) \cdot M \\ \frac{dM}{dt} &= \alpha \cdot a_3 \cdot r_3 + \gamma \cdot a_7 \cdot r_7 - r_5 = \alpha \cdot a_3 \cdot K_3 \cdot M + \gamma \cdot a_7 \cdot K_7 \cdot P \cdot M - K_5 \cdot M \\ \frac{dP}{dt} &= r_6 - r_7 = K_6 - K_7 \cdot P \cdot M \end{aligned} \quad \begin{aligned} \text{Cが消失した後} \quad \frac{dS}{dt} &= r_4 = -K_4 \cdot S \\ \frac{dM}{dt} &= \alpha \cdot a_3 \cdot K_4 \cdot S + \gamma \cdot a_7 \cdot K_7 \cdot P \cdot M - K_5 \cdot M \\ \frac{dP}{dt} &= K_7 \cdot P \cdot M \end{aligned}$$

$K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7$: 速度定数
 a_3, a_7 : 転換係数 α, γ : 分配係数

図-7はRun-6の能力試験に上式を適用した場合の実験値と計算値の比較を示しているが、両者はよく一致しており本モデルは妥当と考えられる。図-8は貯蔵能力の大きな微生物群M1と小さな微生物群M2のRun-1の条件での競合増殖をシミュレーションしたものであるが、貯蔵能力の大きな微生物群の方が優勢に増殖することがわかる。その結果、汚泥全体の貯蔵能力が大きくなったものと思われる。一方、 $r_1 < K_3M$ の場合には $r_3 = r_1$ 、 $r_2 = 0$ となると考えられる。図-9はRun-4の1サイクルの水質変化を示しているが、液相の炭水化物Cは廃水注入中も常に0であり、多糖類貯蔵のほとんどないことはよく一致している。表-2に r_1 と K_3M の比較を示す。Run-1および2では $r_1 \gg K_3M$ であるので貯蔵能力の大きな微生物群が優勢に増殖できると考えられる。Run-3, 4, 5では $r_1 < K_3M$ であり汚泥は多糖類を貯蔵する余分な炭水化物を確保することができないため、貯蔵能力の小さな微生物群も同程度に増殖が可能であり、S. natansはこの貯蔵能力の小さな微生物群に属するものと考えられる。

3. まとめ

糸状性細菌S. natansの増殖を糖代謝の観点から説明することができた。今後、モデル式を発展させて、糸状性細菌とフロック形勢細菌の競合増殖シミュレーションを連続注入に発展させる必要がある。

表-1 炭水化物代謝能力のまとめ

	多糖類合成 速度定数 K_2 (1/hr.)	多糖類貯蔵能 S_c (mg glucose /g biomass)	炭水化物分解 速度定数 K_3 (mg glucose /g biomass hr.)	SVIC (mL/g)
Run-1	1.94	362.3	168.2	99
Run-2	1.88	140.7	140.7	96
Run-3	1.89	145.1	135.9	133
Run-4	1.42	90.6	172.0	2349
Run-5	—	44.5	153.4	∞
Run-6	1.16	115.6	142.8	529

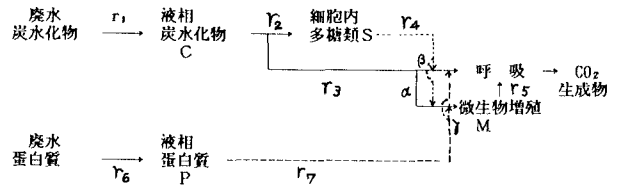


図-6 活性汚泥微生物代謝模式図

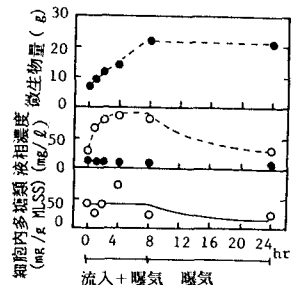


図-9 1サイクルの水質変化 (Run-4)

表-2 炭水化物負荷速度 (r_1)と炭水化物分解能力 (K_3M)の比較

	炭水化物 負荷速度 (g glucose /hr.)	炭水化物 分解能力 (g glucose /hr.)
Run-1	1260	4.07
Run-2	7.00	4.86
Run-3	2.33	5.40
Run-4	1.75	5.20
Run-5	0.61	2.47
Run-6	1.75	2.58

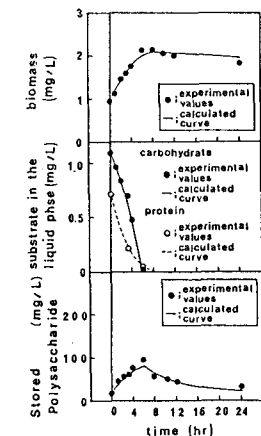


図-7 実験値と計算値の比較 (Run-6能力試験)

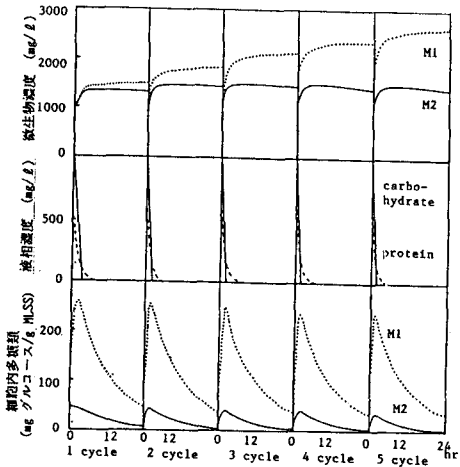


図-8 競合増殖シミュレーション (Run-1の運転条件)