

II-494

嫌気性生物膜の低温廃水処理速度
(有機酸分解速度に及ぼす温度の影響)

群馬大学工学部 正会員 黒田正和

群馬大学工学部 学生員 仙台祐太

群馬大学工学部 正会員 ○榊原 豊

1. まえがき

嫌気性生物膜の廃水処理速度は、処理温度が大略10~20℃以下になると、急激に低下することが報告されている(1,2)。本研究では、このような低温域における嫌気性生物膜の有機酸分解速度に及ぼす温度の影響について実験的検討を行い、分解速度の活性化エネルギーを求めると共に、先に報告した生物膜モデル(2)に基づいて生物膜有機酸処理特性に対する理論的検討を行った。

2. 実験方法

嫌気性生物膜を剥離・分散させ、種々の温度(5~20℃)に設定した恒温槽内で、酢酸、プロピオン酸、酪酸を単一基質とした回分発酵実験を行った。次に、発酵期間中の有機酸濃度を測定し、酸濃度変化から酸分解速度を求め、有機酸分解速度と温度との関係について検討した。

3. 実験結果及び解析と考察

3.1 酸分解速度と活性化エネルギー

図-1(A)~(C)は、それぞれ酢酸、プロピオン酸、酪酸で中温馴養した生物膜を剥離・分散させ、回分発酵を行った場合の酸濃度変化を示したものである。初期酸濃度は固着微生物の飽和定数(K_a (酢酸)=16mg-C/l, K_p (プロピオン酸)=12mg-C/l, K_b (酪酸)=4mg-C/l)より数十倍大きく、本実験条件下では各有機酸はほぼ直線的に減少した。

図-2(A)~(C)は、図1の各直線の勾配から最大酸分解速度(図中の●)を求め、温度との関係をアレニユースプロットしたものである。なお、図には先に報告(2,3)した略15~37℃における結果(図中の○)も併せ示した。図に示すように、酸分解速度の対数値と絶対温度 T の逆数とはほぼ直線関係にあり、10℃前後あるいはそれ以下の低温域における最大有機酸分解速度はアレニユース式で近似できることがわかる。しかしながら、直線の勾配は既往結果よりかなり小さい値となった。直線の勾配及び両直線が交差する温度を求めると、表1に示す結果が得られた。表より、嫌気性生物膜の有機酸分解速度は、温度が10~14℃以下になると急激に低下し、活性化エネルギーで3~5倍程度増加することがわかった。

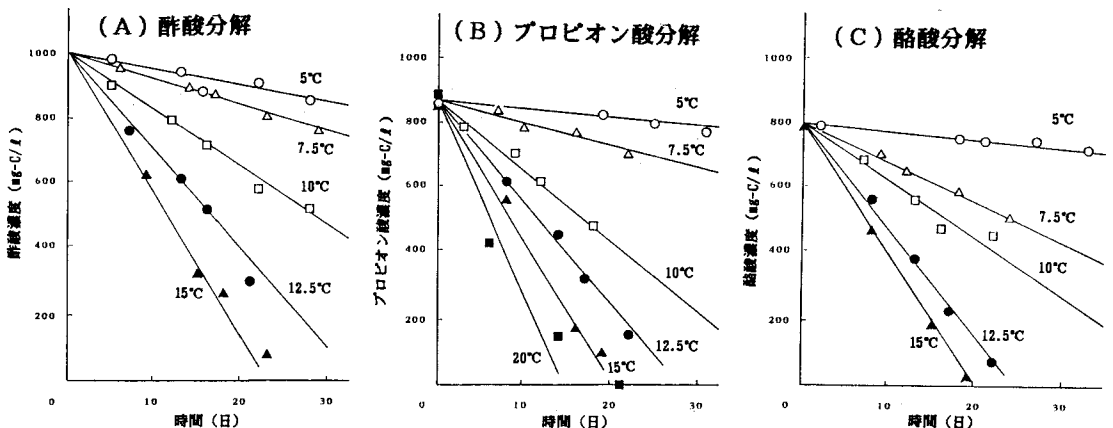


図-1 有機酸濃度の経時変化

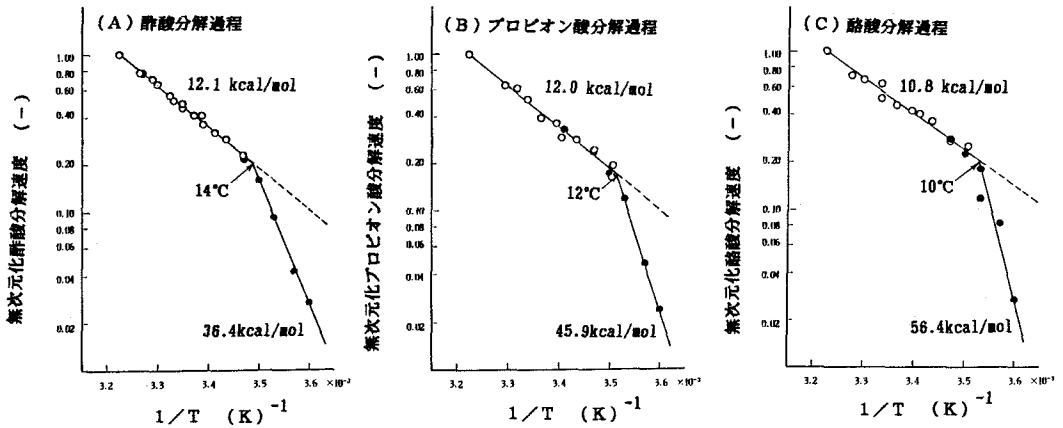


図-2 最大有機酸分解速度のアレニウスプロット

3.2 生物膜有機酸処理のシミュレーション

図-3は、一例としてメタン菌固着生物膜槽における酢酸廃水の除去率と処理温度との関係を、以下の基礎式(2)にしたがってシミュレーションし、実測値(2)と比較したものである。

$$\frac{d^2 \omega s}{d Y^2} = \frac{M s^2 \omega s}{1 + B s f \omega s} \quad (1)$$

$$\frac{d \omega s}{d Y} \Big|_{Y=0} = 0, \quad \frac{d \omega s}{d Y} \Big|_{Y=1} = P e s (1 - \omega s^*) \quad (2)$$

上式中のMs及びPes は、生物膜の特性値と操作的因子に相当する無次元数で、基準温度 T_0 (酢酸分解の場合37°Cおよび14°C)における値及び活性化エネルギー ΔE (12.1及び36.4kcal/mol)を用いて、

$$M s = M s \Big|_{T_0} e^{\frac{\Delta E(T-T_0)}{2 R T T_0} \left(\frac{T_0}{T} \cdot \frac{\eta}{\eta \Big|_{T_0}} \right)^{1/2}} \quad (3)$$

$$P e s = P e s \Big|_{T_0} \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \frac{\eta}{\eta \Big|_{T_0}} \quad (4)$$

ここで、 $M s = L(\nu s \rho \alpha / K s D s)^{1/2}$, $P e s = L/a \theta D s$, $B s f = C s f / K s$, $\omega s = C s / C s f$, $\omega s^* = C s^* / C s f$ で、 a : 生物膜比表面積、 $C s f$: 流入基質濃度、 $C s$: 膜内基質濃度、 $C s^*$: 膜表面基質濃度、 $D s$: 膜内有効拡散係数、 $K s$: 飽和定数、 L : 膜厚、 α : 微生物比率、 νs : 最大比基質分解速度、 ρ : 膜密度、 η : 水の粘性係数、 θ : HRTである。

図-3に示すように、低温域(5~15°C)における有機酸除去率の計算値は、表1に示した活性化エネルギー及び変曲点の温度を用いることにより、実測値の傾向と良く一致した。

4. まとめ

中温で馴養した嫌気性生物膜の有機酸分解速度に及ぼす温度の影響について検討し、以下の結果を得た。

(1) 有機酸分解速度は、表1に示すように低温域(10~14°C以下)で急激に減少し、活性化エネルギーは3~5倍増加する。(2) 低温域の有機酸処理特性は、本研究で得た活性化エネルギーを用い、また先に報告した生物膜モデルにしたがって良好に評価することができた。

「謝辞」本研究の一部は、群馬大学科学技術振興会の補助を受けて行われた。記して謝意を表します。
「引用文献」1) 稲森ら、用水と廃水、Vol.24, p.1017(1982)、
2) 榊原ら、衛生工学研究論文集、Vol.23, p.219(1987)、
3) 榊原ら、土木学会第43回年講、p.1004(1988)

表-1 活性化エネルギー及び変曲点温度

有機酸	活性化エネルギー	(変曲点温度)
酢酸	12.1 → 36.4 kcal/mol	(14°C)
プロピオン酸	12.0 → 45.9 kcal/mol	(12°C)
酪酸	10.8 → 56.4 kcal/mol	(10°C)

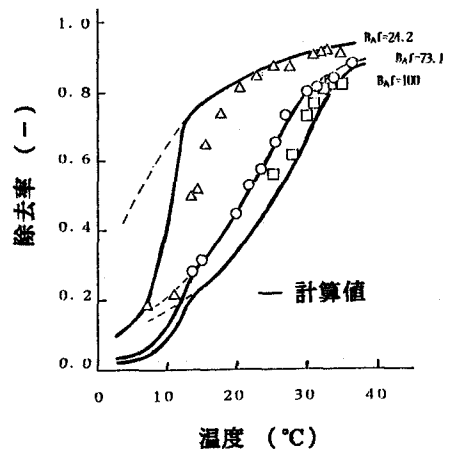


図-3 酢酸処理のシミュレーション