

II-484

嫌気性生物膜の揮発性脂肪酸除去速度に及ぼす温度の影響

群馬大学工学部 (正)○榊原 豊、(正)黒田正和
ダイダン 安井圭一

1. まえがき 筆者らは先に、メタン菌固着生物膜の酢酸除去速度及び膜内拡散速度について、膜特性値と操作的因子を用いて検討し、酢酸処理特性と生物付着量、有機物負荷並びに温度との関係を解析した^{1,2)}。本研究は、嫌気性生物膜のプロピオン酸、酪酸及び混合酸(酢酸、プロピオン酸、酪酸)の除去速度について、前報²⁾の37°Cにおける解析結果に基づき、各酸除去速度に及ぼす温度の影響について検討した。

2. 実験装置および方法 実験装置は、前報²⁾と同じ完全混合型(槽内処理水を5~7l/minで循環)の嫌気性充填槽(3槽)で、液容積は2.7l、充填基材(支持材)の比表面積 a は 0.791cm^{-1} である。供試生物膜は、プロピオン酸、酪酸及び混合酸(酢酸:プロピオン酸:酪酸=0.56:0.32:0.12g-C/g-C)をそれぞれ有機物源とする合成廃水を用い、ほぼ3年間の生物膜化並びに馴致を行った。

実験は各合成廃水の等温処理と非等温処理よりなり、等温処理では温度を $37\pm 1^\circ\text{C}$ に設定し、揮発酸の流入負荷を種々変化させ、定常状態における流出酸濃度及び酸除去速度を測定した。また、非等温処理は、揮発酸の流入濃度(300~1600mg-C/l)及びHRT(略0.4d)を一定とし、処理温度を37°Cから10°C前後まで、ほぼ $2^\circ\text{C}/\text{d}$ の昇降温速度で順次変化させて行い、流出揮発酸濃度、酸除去速度、メタン発生速度等を測定した。

3. 実験結果及び解析

3.1 等温(37°C)処理結果 図1は、プロピオン酸馴致生物膜槽及び酪酸馴致生物膜槽における、定常状態の流出酸濃度と酸除去速度との関係を示したものである。各酸除去速度(N_{pflux}, N_{bflux})は、Monod型の速度式で表され、図中に示す速度係数が得られた。ここで、飽和定数 K_{Si}^* と最大速度(N_{Si}) $_{max}$ から、37°Cにおける膜特性値 M_{Si} ($=L(\hat{v}_{Si}\rho\alpha_{Si}/K_{Si}^*D_{Si})^{1/2}$)及び操作的因子 Pe_{Si} ($=L/a\bar{\theta}D_{Si}$)が解析³⁾され、プロピオン酸分解に対して $M_P|_{37}=6.6$, $Pe_P|_{37}=0.084/a\bar{\theta}$ 、酪酸分解に対して $M_B|_{37}=11.5$, $Pe_B|_{37}=0.08/a\bar{\theta}$ が得られた。ここで、 a : $1/\text{cm}$, $\bar{\theta}$:dで、また、 L :生物膜厚、 $\hat{v}_{Si}$:最大比基質分解速度、 ρ :生物膜密度、 α_{Si} : Si 分解菌比率、 Si :基質、 K_{Si}^* :微生物飽和定数、 D_{Si} :有効拡散係数である。

3.2 非等温処理結果 図2は、プロピオン酸馴致生物膜槽にプロピオン酸を連続供給し、温度を37°Cから順次低下させた場合の全ガス発生速度、メタン発生速度及び流出酸濃度の経日変化を示したものである。ここで、図中のRun Aは低負荷条件($\bar{\theta}=0.45\text{d}$, 流入プロピオン酸濃度 $C_{Pr}=356\text{mg-C/l}$) Run Bは高負荷条件($\bar{\theta}=0.38\text{d}$, $C_{Pr}=1141\text{mg-C/l}$)である。図より、温度の低下につれ、全ガス発生速度、メタン発生速度は減少し、一方流出プロピオン酸濃度は上昇した。また、高負荷条件では低負荷条件に比べて、流出酸濃度は高く、メタン及び全ガス発生速度は大きかった。さらに、ガス発生速度の温度降下に対する減少割合は、高負荷条件ほど大きかった。なお、酪酸馴致生物膜槽及び混合酸馴致生物膜槽においても、全ガス発生速度、メタン発生速度及び流出酸濃度は、高負荷条件ほど大きく、またガス発生速度の温度降下に対する減少割合も大きかった。

図3は、種々の負荷条件における、無次元化プロピオン酸除去速度 Np^* と温度との関係を、アレニウスプロットと同様に示したもの

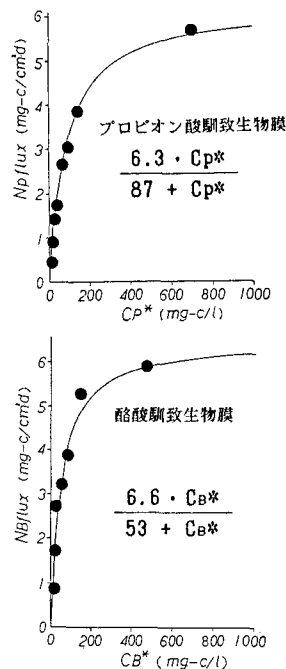


図1 等温(37°C)処理結果

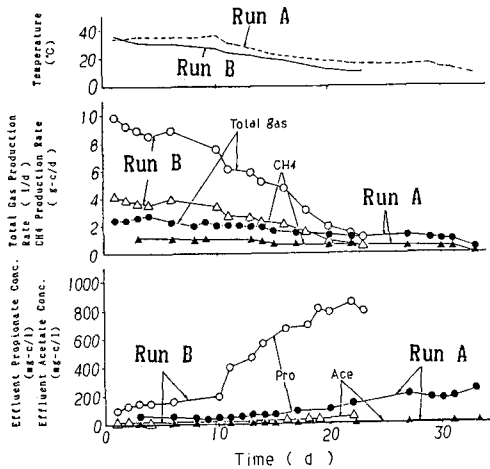


図2 非等温処理（プロピオン酸槽）結果

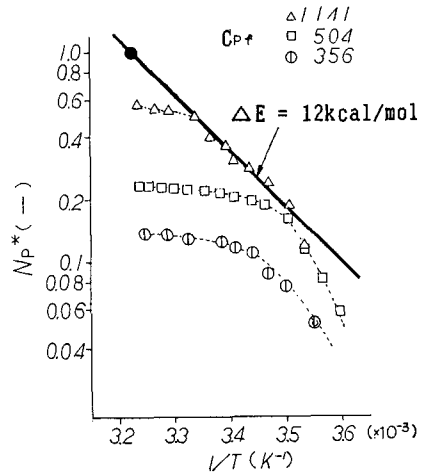


図3 除去速度と温度との関係

である。ここで、縦軸の N_p^* は、生物膜の酸除去速度を 37°C の最大除去速度(N_p) $_{\text{max}}$ で除して求めた。図より、流入酸濃度が高い場合、 N_p^* の対数値は絶対温度 T の逆数値と直線関係(図中の実線)にあり、またこの直線関係は 37°C で $N_p^*=1$ (図中の黒マル)となった。直線の勾配から、前報²⁾に従って活性化エネルギー ΔE を求めると、略 12kcal/mol が得られた。同様に、酪酸分解速度について解析すると、ほぼ 11kcal/mol が得られた。

3・3 揮発酸処理のシミュレーション 図4(A),(B),(C)は、それぞれプロピオン酸、酪酸、混合酸の各生物膜処理槽に対して、処理温度と流出酸濃度及び除去率 E_t との関係を先の生物膜モデル^{2,3)}に従って、膜特性値、操作的因子及び活性化エネルギーより計算し、実測値と対比させ示したものである。ここで、計算に用いたパラメーターは表1に示した。図に示すように、各生物膜槽における処理水質と除去率 E_t は、ほぼ $10\sim 37^\circ\text{C}$ の温度範囲において実測値とよく一致した。

表1 動力学パラメーター

プロピオン酸生物膜槽
$N_p = 1.5 \times 10^{-6}$, $P_{ao} = 0.084/a\bar{\theta}$, $\Delta E = 12\text{kcal/mol}$
酪酸生物膜槽
$N_p = 1.5 \times 10^{-6}$, $P_{ao} = 0.080/a\bar{\theta}$, $\Delta E = 11\text{kcal/mol}$
混合酸生物膜槽
$N_p = 5.0 \times 10^{-6}$, $P_{ao} = 0.074/a\bar{\theta}$, $\Delta E = 12.1\text{kcal/mol}$
$N_p = 3.6 \times 10^{-6}$, $P_{ao} = 0.082/a\bar{\theta}$, $\Delta E = 12\text{kcal/mol}$
$N_p = 5.0 \times 10^{-6}$, $P_{ao} = 0.106/a\bar{\theta}$, $\Delta E = 11\text{kcal/mol}$

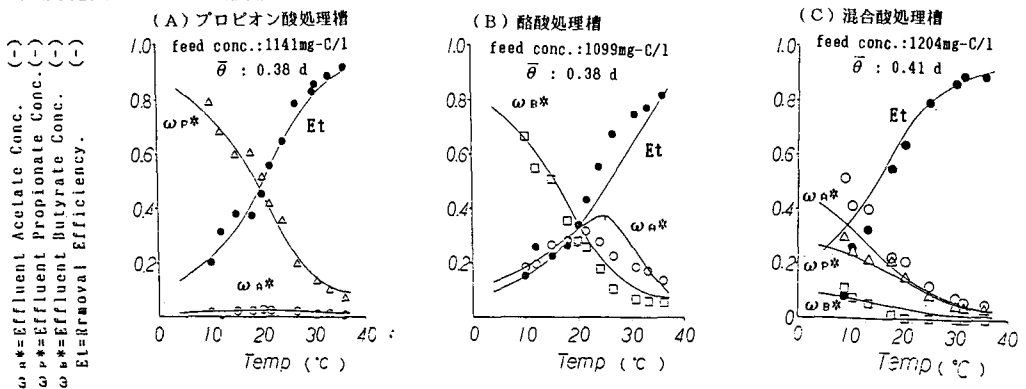


図4 生物膜揮発酸処理のシミュレーション

4. まとめ (1)嫌気性生物膜の揮発性脂肪酸分解速度に対する活性化エネルギーは、プロピオン酸分解がほぼ 12kcal/mol 、酪酸分解がほぼ 11kcal/mol であった。(2)生物膜の揮発酸処理特性は、 $10\sim 37^\circ\text{C}$ の温度範囲において、膜特性値、操作的因子並びに活性化エネルギー ΔE を用いることによって精度良く評価された。

【引用文献】 1) 榊原・湯沢・黒田、土木学会論文集、No.375/-6, pp.311-318(1986)、2) 榊原・湯沢・黒田、衛生工学研究論文集、Vol.23, pp.219-226(1987)、3) Sakakibara, Y., M.Yuzawa and M.Kuroda, Proc. of JSCE, No.378/II-8, pp. 291-299(1987)