

II-100

嫌気性消化におけるCO₂の影響に関する研究

東北大学 学生員 O金永哲
東北大学 正 員 野池達也

1.はじめに

微生物の働きによって最終副産物として出ているCO₂ガスを気体分離膜を組み合わせて反応槽内に再循環利用させる場合の基礎研究として、本実験ではデンプンを基質として用いて、各々のCO₂分圧に伴う基質分解特性の解明、嫌気性細菌群の挙動把握およびメタン生成の効率化等についての知見を整理し、これらの役割や意味に対する基礎的な検討を行なった。

2.実験方法

本実験に用いた実験装置を図1に示した。基質はマイクロチューブポンプを用いて連続的に投入し、発生する消化ガスおよび供給されたガスを循環させることによってガスと液相部間の接触を円滑になるようにする同時に反応槽内を攪拌し、吸引力によって消化混合液の引き抜きを連続に行なう嫌気的ケモスタット型反応槽である。ガスタンクから反応槽内のガス供給はマイクロポンプを用いて連続的に供給し、反応槽内の二酸化炭素濃度はガスクロマトグラフによって調節した。供給されるガスから汚染物質を除去するためにガスclean filterを設置し、酸素trapとoxygen indicator columnを設置してガス中の酸素の有無を確認した。発生したガスは水中に溶け込まないように硫酸酸性の飽和食塩水（H₂SO₄ 2%）による水上置換法を用いて、反応槽内の気圧は1気圧になるように維持した。基質である溶解性デンプンは冷却装置を用いて基質タンク内の温度を4±1°Cに保持した。

3.結果および考察

反応槽内の二酸化炭素濃度の制御によるメタンガス生成速度およびガス組成の経時変化を図2に示す。1日、反応槽単位容積当たりのメタンガス発生速度は気相部のCO₂濃度40%を基準としてCO₂濃度の減少に伴う発生速度はほとんど変化がなく、同じ速度が示している。CO₂濃度50%-60%間では約20%まで増大し、

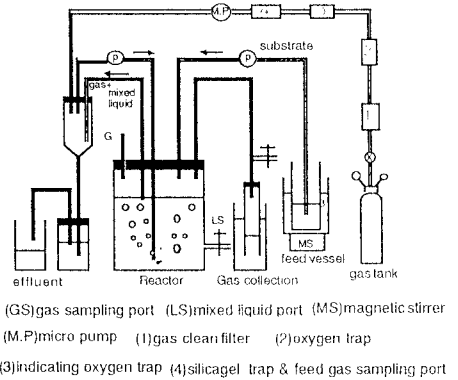


図1. 連続実験反応槽概略

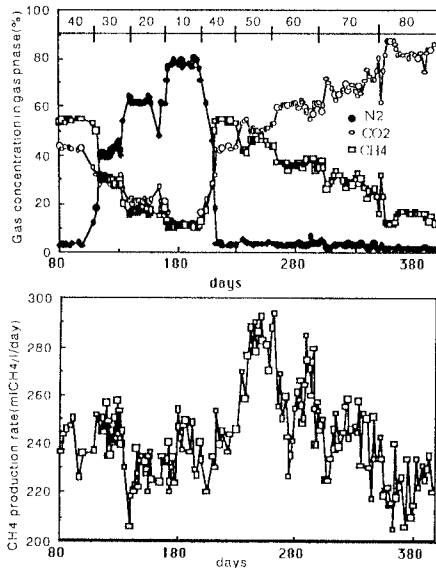


図2. CO₂濃度変化によるガス組成およびCH₄生成速度の経時変化

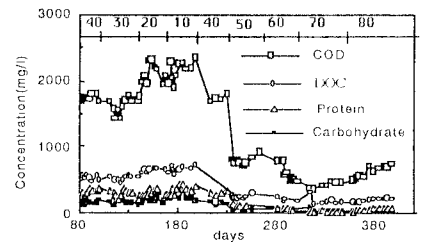


図3. CO₂濃度変化による基質濃度の経時変化

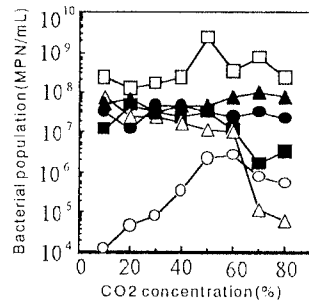


図4. CO₂濃度変化における細菌数の分布

□ Acidogenic B. ▲ Propionate degraders
● Butyrate degraders ■ H₂ degraders
△ Acetate degraders ○ Homo-acetogenic B.

70%以上になると徐々に減少することを示す。気相部のCO₂濃度変化による炭水化物、タンパク質、COD濃度の変化を図3に示す。炭水化物およびタンパク質の濃度は10-40%まではほぼ変化がなく、CO₂50%-70%で、炭水化物およびタンパク質の濃度は減少する傾向を示す。CO₂50%-70%間で、炭水化物およびタンパク質の濃度の減少によってCOD除去率が9-12%増加された。これより、反応槽にCO₂濃度の増加による基質分解は促進されることが分かった。図4に各CO₂濃度における細菌分布を示した。プロピオン酸酸化性および酪酸酸化性の

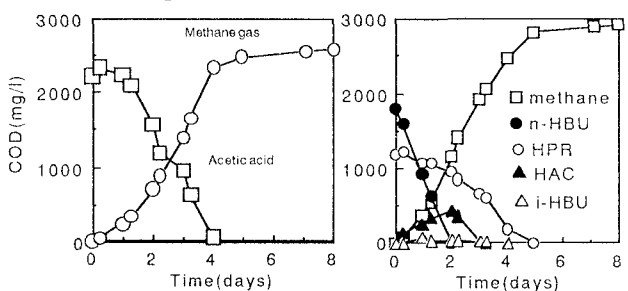


図5 有機酸分解およびメタン生成速度の測定例

水素生成性酢酸生成細菌、酸生成菌はCO₂濃度影響を受けておらずほぼ同じである。酢酸酸化性メタン生成細菌、水素酸化性メタン生成細菌はCO₂60%以上になると減少される。一方、ホモ酢酸生成細菌はCO₂濃度増加に伴って60%までは増加しているが、これ以上になると徐々に減少を示した。嫌気性消化における各細菌群の挙動を解明するために、各CO₂濃度における酢酸酸化性菌、プロピオン酸酸化性および酪酸酸化性の基質分解活性（PUA）と酢酸、酪酸とプロピオン酸からのメタン生成活性(PMA)に関する回分実験を行った結果を図5および図6に示す。気相部のCO₂濃度10%から70%の条件において酢酸酸化性細菌と酪酸酸化性細菌の基質分解活性はCO₂濃度50%までは少しずつ増大していることを示すが、60%から減少する傾向を示した。嫌気性消化の最も重要な代謝産物であるメタン生成量は、CO₂分圧の増加に伴って増加しており、一定CO₂供給による有機酸分解およびメタン生成活性が促進させることが分かった。細菌数、酢酸分解菌の活性およびメタン生成活性によって異なるCO₂濃度下でタン生成菌の挙動を表1に示した。この三つの指標の関係について整理した結果、下に示したような相関関係が成立し、次のような式が得られた。PMA=Y_{cod} PUA=0.96 x PUA、メタン生成菌数およびメタン生成活性のデータから比メタン生成活性を求めた結果、酢酸酸化性メタン生成菌の比メタン生成活性は3×10¹から2.4×10⁶mlCH₄/10⁴cell・dayであることが分かった。

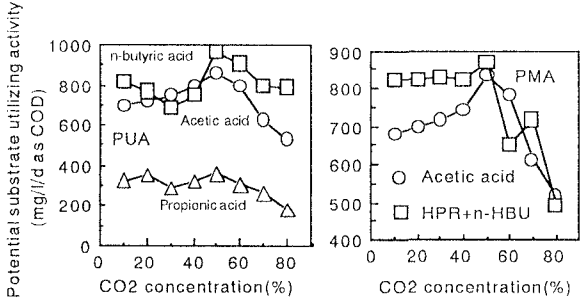


図6 最大メタン生成速度および基質分解速度に及ぼすCO₂の影響

表1 酢酸酸化性メタン生成菌の代謝活性に及ぼすCO₂の影響

CO ₂ conc.	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%
PUA (mg/l/d)	700	720	748	800	863	800	628	534
PMA (mg/l/d)	680	700	720	745	838	782	610	520
Y _{cod} -PMA/PUA(rs)	97.1	97.2	96.3	93.1	97.1	97.8	97.1	97.4
No. of bacteria (MPN/ml)	7.9×10 ⁷	2.4×10 ⁷	2.4×10 ⁷	1.7×10 ⁷	1.3×10 ⁷	1.1×10 ⁷	1.2×10 ⁷	6×10 ⁶
Specific methanogenic activity (mlCH ₄ /10 ⁴ cell・d)	3×10 ¹	1.0×10 ¹	1×10 ¹	1.5×10 ¹	2.2×10 ¹	2.4×10 ¹	1.8×10 ¹	3×10 ¹

4. まとめ

メタンガス生成速度はコントロールと比較してCO₂濃度の増加に伴って20%のメタンガス発生量の増加が見られて、COD除去率は約10%程度の増加を示した。酪酸酸化性細菌およびプロピオン酸酸化性細菌の基質分解活性（PUA）はCO₂の影響を受けておらず、酢酸酸化性メタン生成細菌の活性はCO₂50-60%の間で最大値を示した。