

II-324 海域底質中の硫酸還元菌とメタン生成菌による有機物分解について

富山県 正 ○神 埜 道
 東京大学工学部 正 花 木 啓 祐
 東北大学工学部 正 松 本 順 一郎

1. はじめに.

自然水系に有機性汚濁物質が流入し、それが沈殿すると底質となって分解反応を起こす。汚濁を受けた底質中では、初期の溶解酸素の消失に始まり、しだいに嫌氣的腐敗気となって、そこで起こる反応は、嫌気性消化の場合と同様、メタン生成反応である。しかしながら、海域底質中でのメタン生成反応は、海域である故、諸々の制約を受け、特に豊富に存在する硫酸塩を用いた硫酸還元菌による硫酸還元反応とのかかわり合いは、重要な研究対象と考えられている。海域底質における両反応の研究は、未だ十分なものではなく、また、淡水域のものに比べ遅れている。本研究では、海域底質中での硫酸還元反応とメタン生成反応について、まず、回分実験により、基質としてグルコース、酢酸を用いた時、それら有機物が最終生成物の CO_2 や CH_4 に分解される過程において、硫酸還元菌などのように関与するかを明らかにし、続いて、ケモスタット型連続実験によって滞留日数と反応機構の違い及び動力学解析を試みたので、ここに結果を報告する。

2. 実験方法及び材料

(1) 回分実験……宮城県塩釜湾の感潮河川河口部において、コアサンプラーにより採取された底泥および海水をMLVSS値で約2500 ppmとなるよう混合し、これに、表-1に示す基質を添加した後、容量約70ccのバイアルに20ccずつ入れ、気相を N_2 で置換し密栓後、振とう培養器で25℃にincubateした。このようなサンプルを各系において数多く用意しておき、時間の経過とともに1つづつ開封し、pH、グルコース濃度、硫酸イオン濃度、有機酸濃度などをチェックした。

(2) 連続実験……実験装置は、図-1に示すケモスタット型連続培養装置である。種汚泥は、塩釜湾より採取した底泥を、表-2に示すグルコースを単一炭素源とする人工海水で3ヶ月以上にわたって馴致したものを用いた。表-2中、種汚泥の馴致には、 NaOH は加えていない。基質の流入にはマイクロチューブポンプを使い、マイクロチューブポンプの流量と反応容積とによって、

表-3に示す菌体滞留時間(SRT)を設定した。各反応槽は、恒温水槽により25℃に維持された。各SRTの約1～2倍以上運転した後、pH、T.O.A.ガス発生量の安定をもって定常状態を確保した。定常状態における主な分析項目は、pH、T.O.A.ガス発生量及び組成、グルコース濃度、硫酸イオン濃度、硫化物量、VFA組成、MLVSSである。

3. 実験結果及び考察

表-1. 各系へ添加された基質

	(mg/l)	(mg/l)
RUN.1	blank	
RUN.2	Acetate 1000	
RUN.3	Glucose 1000	NaHCO_3 400
RUN.4	Glucose 2500	NaHCO_3 800
RUN.5	blank	
RUN.6	Acetate 2500	
RUN.7	Glucose 2500	NaHCO_3 1500

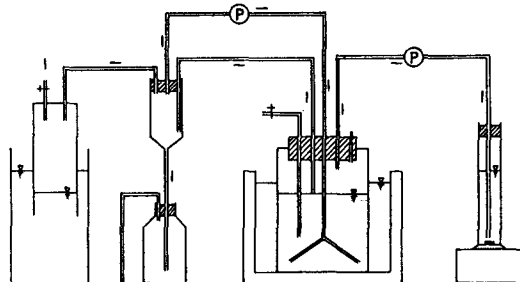


図-1. 連続実験装置

表-2. 基質の組成(mg/l)

Carbon source	
Glucose	10000
Artificial sea water	
NaCl	27800
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	8440
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	3530
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2260
K_2SO_4	890
NH_4Cl	1530
KH_2PO_4	350
1N NaOH	100cc/l

表-3. 設定SRT

反応槽 No.	設定SRT (day)
RUN.1	13.7
RUN.2	8.3
RUN.3	5.2
RUN.4	30.4
RUN.5	19.5
RUN.6	2.8
RUN.7	1.4

(7) 回分実験……図-2、図-3にRUN.6、RUN.7の硫酸イオン、TOA(VFA)、グルコースの各濃度の経日変化を示す。RUN.6では、実験初期から12日目にかけて、VFAの減少と硫酸イオンの減少が進行し、以降、硫酸イオンがなくなるとVFAの減少が止まっている。RUN.7においても、硫酸イオン減少は17日目から20日目にかけてVFAの減少と同時に進行しており、以後、硫酸イオンが消失するとVFAの減少も止まっている。いずれにおいても硫酸塩の還元とVFAの酸化が同時に起きていることを示すもので、この点から、塩釜湾底質中の硫酸還元菌は酢酸利用種である *Desulfotomaculum acetoxidans* である可能性が高い。酢酸は、メタン生成菌の有効な基質でもあり、本実験では、メタン生成菌と硫酸還元菌は、利用する基質において競合関係にあることが示された。なお、メタンの生成は、RUN.6で30日目以後、RUN.7で33日目以後に検出されたが、微量であり定量するに至らなかった。

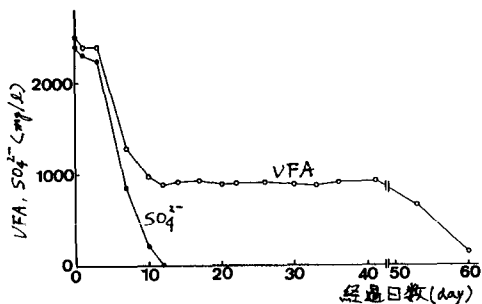


図-2. RUN.6の経日変化

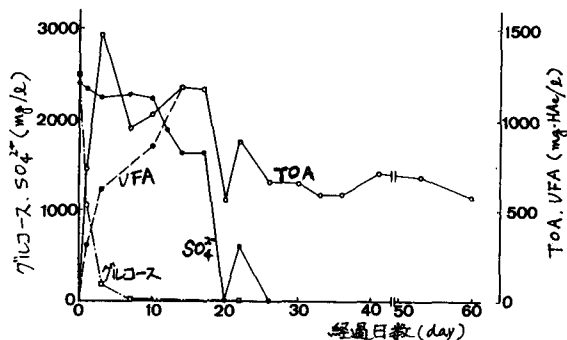


図-3. RUN.7の経日変化

(4) 連続実験……図-4は、定常状態におけるSRTと物質のCODバランスの関係である。SRTの変化によってCODバランスが変化し槽内の反応が遷移しているのがわかる。槽内では、SRTが増加するとともに、酸生成→酸生成+硫酸還元→酸生成+硫酸還元+メタン生成と遷移している。メタンの生成は、通常の嫌気性消化に比べ長いSRTを必要としているが、これは海域である故、塩分濃度が高く、嫌気性消化槽よりも低温(25℃)で運転されていることが原因であろう。また、すべてのSRTにおいてTOA濃度が高く、このこともメタン生成に影響を及ぼしていると考えられる。本研究では、硫酸還元反応において動力学解析を試みた。得られた動力学定数は以下の通りである。

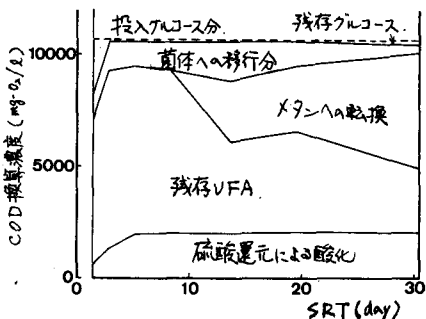


図-4. 定常状態における物質のCODバランスとSRTの関係。

最大比増殖速度 $\mu_{max} = 0.690 \text{ day}^{-1}$ 、飽和定数 $K_s = 339 \text{ mg/L}$ 、最小菌体滞留時間 $S_{min} = 1.45 \text{ day}$ 、最小世代時間 $g_{min} = 1.00 \text{ day}$

μ_{max} および K_s は、図-5のHofstee plotより求められ、定数は、残存硫酸イオン濃度 (mg/L) を用いた。得られた動力学定数については、今後、検討の余地を残している。

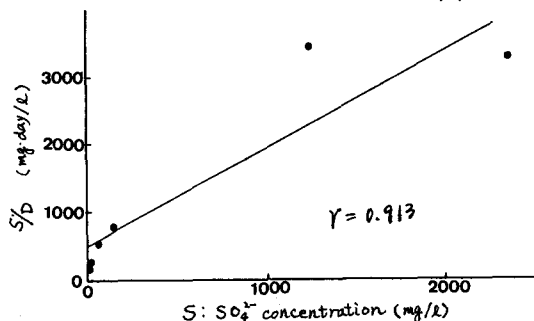


図-5. 硫酸還元反応におけるHofstee plot。

4. おわりに
硫酸還元菌とメタン生成菌の両者の混合培養では、各々の動力学特性を見つけることは難しく、とりわけ、両菌の菌体濃度の評価に問題を残した。

(参考文献) 1) Friedrich Widdel and Norbert Pfennig, Arch. Microbiol. 112, 119-122 (1977)