

9225 汽水域における塩類濃度と生物に対する作用

助成研究者:高井 康雄(東京農業大学 農学部)

共同研究者:牛久保明邦(東京農業大学)

:竹島 征夫(玉川大学)

地球環境問題の一つである地球温暖化に寄与する温室効果ガスは二酸化炭素、メタン、クロロフルオロカーボン(CFC)、亜酸化窒素などであるが、近年大気中の濃度が年間に1%以上という急速な割合で増加しており、温室効果に対するポテンシャルが二酸化炭素の32倍であり、しかも生物作用の寄与が大きいメタンは、温暖化の原因物質として最近急に注目を浴びつつある。IPCC(気候変化の政府間パネル)の報告によると、水田・湖沼・沼沢地・沿岸域などの湿地帯が発生源の45%を占めると計算している。これらの湿地帯の中で、沿岸域の海水・汽水の影響を受けている地帯は、アニオンとして塩素イオンとともに硫酸イオンが豊富に存在している。高井の研究(1960年)は、湛水下のメタン発酵は、硝酸還元、マンガン還元、鉄還元、硫酸還元などが行われた後に生起することを明らかにしている。この点から推測すると、海水・汽水の影響を受けている沿岸域では、有機物が供給された場合、還元状態下、硫酸イオンを微生物の電子受容体とする硫酸還元が卓越することが予想され、そのことによりとにより、メタン発酵が抑制されると考えられる。このことを証明するために、本研究においては、河川水から有機物が供給されるとともに河口から海水が供給されて淡水と混合する汽水域を対象として、硫酸還元細菌とメタン生成細菌の相互作用をモデル実験で検討した。平成二、三年度においては、干潟から採取した堆積物と各種濃度に海水を薄めた溶液を入れた注射筒をインキュベートする実験を行い、硫化物生成量の大小は海水の希釈濃度すなわち硫酸含量と対応すること、また硫化物生成量とメタン生成量が逆比例することを明らかにした。平成四年度においては、これらの相互関係をさらに明確にするために、干潟堆積物を水洗して硫酸塩及び有機物をできる限り除去した試料に、糖類及び海水を添加したモデル実験を行い、汽水域では硫酸還元反応が卓越してメタン発酵が抑制されることを確認した。このインキュベート実験と平行して、有機物排水が海水と混合した場合、海水の添加比率が高くなれば希釈効果が強く現れることを示した。

9225 汽水域における塩類濃度と生物に対する作用

助成研究者:高井 康雄(東京農業大学 農学部)

共同研究者:牛久保明邦(東京農業大学)

:竹島 征夫(玉川大学)

1. 研究目的

近年、大気中のメタンの濃度が年間に1%以上という急速な割合で増加しており、またメタンの温暖化活性が二酸化炭素に比べて32倍の大きさであることから、メタンは温室効果を引き起こす原因物質としての関心が高まっている。大気中のメタンのかなりの部分が水田土壌、沼沢地、湖沼などの湛水土壌の嫌氣的な場所で微生物活動によって生成されたものと考えられている。自然界での二大嫌氣的微生物代謝である硫酸還元とメタン発酵の関係については、水田土壌系以外の陸水の底質、海洋の底質、嫌気発酵槽などについても関心もたれ、研究が進められている。汽水域は流入してくる有機物を基質とした微生物による還元状態が発達し、強還元状態下、硫酸還元細菌による硫化水素の発生ならびにメタン生成細菌による酢酸の脱メチル基反応および二酸化炭素還元によるメタン生成などの偏性嫌気性細菌が代謝する場と考えられるが、汽水域におけるこの両細菌の相互作用についてはほとんど研究されていない。本研究では、平成2、3年度、河口域において硫酸還元菌及びメタン生成菌などの嫌気性細菌の代謝が海水と淡水との混合割合の違いによって、どのような影響をうけるかを解明することを目的として室内モデル実験を行った。すなわち、河口域の堆積物と各種濃度に海水を薄めた溶液を入れた注射筒をインキュベーターし、経時的にpH、酸化還元電位、硫酸還元およびメタン生成を追跡して、汽水域では、海水に由来する硫酸根の硫酸還元細菌による還元反応がメタン生成細菌の活動を抑制することを示すデータを得た。平成4年度においては、既往の成果を確認するために、脱イオン水によって土壌試料から有機物および塩類とくに硫酸塩を可能な限り除去し、これに外から糖を添加、無添加の区を設け、また海水の濃度を変えて、従来と同様の湛水実験を実施した。

また汽水域において汚染された淡水が流入し海水と混合希釈された場合、海水中の各種溶存イオンが淡水から供給される有機物によって化学組成が変化すると考えられる。更に、過剰有機物が負荷され嫌気状態が発達すると、有機物の分解に伴う有機物（中間産物）が生成し、硫酸還元菌とメタン生成菌の活動が抑制されるとされている。そこで、海水と有機物含有量を異にする製あん工場排水並びに蒸留水の添加割合を考えて混合し、人工的に作成した汽水中の有機物含有量及び溶存イオンの変化について分析し、汽水域の化学的環境動態とメタン生成の関係を知らうとした。

2. 実験材料及び方法

2. 1 供試土壌の調整、供試海水及び製あん工場排水

供試土壌は、1992年6月に東京都葛西臨海公園内の西なぎさ海岸で採取した湿潤土を室内で乾燥させ、風乾後磁製乳鉢で粉碎し、孔直径2.0mmのふるいに通したものと、それをさらに脱イオン水によって洗い、有機物および塩類を可能な限り取り除いた試料を使用した。土壌の理化学性については、孔直径0.5mmのふるいに通したものをを使用した。調整試料は、ビニール袋に入れて低温保存した。

湛水土壌実験の供試海水は、1992年7月に、神奈川県藤沢市片瀬江ノ島海岸で採取したものをを使用した。

海水と製あん排水並びに蒸留水の混合実験は、混合後半日程度静置した後、上澄液について化学分析を実施した。供試海水は、神奈川県鎌倉市由比ヶ浜海岸で製あん排水は同県横浜市内の製あん工場の排水を採取した。

2. 2 インキュベーション実験の試験区

a. 「未洗土壌」糖無添加区

- | | |
|----------------|--------------|
| I 対照区 | （脱イオン水のみ） |
| II 海水 1 / 4 区 | （海水 1 : 水 3） |
| III 海水 1 / 2 区 | （海水 1 : 水 1） |
| IV 海水区 | （海水のみ） |

b. 「洗浄土壌」糖無添加区

- | | |
|----------------|--------------|
| I 対照区 | （脱イオン水のみ） |
| II 海水 1 / 4 区 | （海水 1 : 水 3） |
| III 海水 1 / 2 区 | （海水 1 : 水 1） |
| IV 海水区 | （海水のみ） |

c. 「洗浄土壌」糖添加区 [糖濃度 125 mg/l]

- I 対照区 + Glucose (脱イオン水のみ)
- II 海水 1 / 4 区 + Glucose (海水 1 : 水 3)
- III 海水 1 / 2 区 + Glucose (海水 1 : 水 1)
- IV 海水区 + Glucose (海水のみ)

d. 「洗浄土壌」糖添加区 [糖濃度 250 mg/l]

- I 対照区 + Glucose (脱イオン水のみ)
- II 海水 1 / 4 区 + Glucose (海水 1 : 水 3)
- III 海水 1 / 2 区 + Glucose (海水 1 : 水 1)
- IV 海水区 + Glucose (海水のみ)

2. 2. 1 糖添加量

上記の c. と d. の処理区に対しては、Glucose を炭素として、c. には 125 mg/l になるように、d. には 250 mg/l になるように直接各種濃度の海水に添加した。

[計算法]

グルコース量に換算すると

$$c. \dots 125 \times 180 / 72 = 312.5 \quad (\text{mg/l})$$

$$d. \dots 250 \times 180 / 72 = 625 \quad (\text{mg/l})$$

となり、土壌 100 g あたり、Glucose-C として 50 mg 添加したことになる。

2. 3 供試土壌の分析・測定方法

2. 3. 1 水分量

風乾細土を秤量瓶に約 5 g を正確に取り、恒温乾燥器内で 105 °C、5 時間乾燥し減少した重量を水分量とした。

2. 3. 2 pH (ガラス電極法)

脱イオン水を風乾細土の重量の 2.5 倍量加えて 5 分間攪拌を行い、懸濁状態の時にガラス電極を用い pH メーター (東亜電波 K K H M - 26 S) で測定した。

2. 3. 3 Eh (酸化還元電位)

容量 200 ml の広ビンに風乾細土を 3 cm の厚さになるように入れ、脱イオン水を加

えて水深1 cmに調節して湛水状態にする。ゴム栓に装着した白金電極を湛水状態の土壤に挿入する。定期的に自動滴定装置（京都電子KK AT-117）で電位を測定した。

2. 3. 4 全炭素量（T-C）

風乾微細土（0.5 mm円孔ふるい全通）を試料として用いチューリン法に準じて測定した。

2. 3. 5 全窒素量（T-N）

風乾微細土（0.5 mm円孔ふるい全通）を試料として用いケルダール法に準じて測定した。

2. 3. 6 硫化物量（S²⁻イオン）

湛水前として風乾細土を三角フラスコに5.0 gを入れたものを、また注射筒内に風乾細土5.0 gをいれて湛水状態でインキュベートした土壤を供試土壤として用いた。恒温槽の温水（30℃）中においた100 mlの三角フラスコに2 gの亜鉛を入れ、さらに供試土壤を投入した後、注射筒で硫酸液（1：2）を20 ml注入し、土壤中の硫化物をH₂Sにガス化する。

次に、真空ポンプを用いて通気（700 ml/min）を60分行い、土壤中から発生したH₂Sガスを1N-NaOH溶液10 mlに吸収させ、さらに、1N-NaOH溶液で洗浄し、全量を20 mlとした。この液中のS²⁻イオンをイオン濃度計（東亜電波KKイオン濃度計1M-40S）を用いて測定した。

2. 3. 7 硫酸量（SO₄²⁻イオン）及び塩素イオン量

風乾細土10.00 gを200 ml容三角フラスコに入れ、脱イオン水を50 ml加え1時間振とう後、乾燥ろ紙を用いてろ過をした。さらに、ろ液を0.45 μmミリポアフィルターを用いて再度ろ過をし、一定量をイオンクロマトアナライザー（Yokokawa Hokusin Electric IC 100）を用いて測定した。

2. 4 インキュベーション実験方法および成分測定法

2. 4. 1 pH

平成3年度の実験と同様に、先端を切断した50 mlの注射筒に風乾細土5.0 gと各種濃度の海水をそれぞれ入れてよく攪拌し、空気が入らないようにゴム栓で密栓してインキュベートした。2連の注射筒内の湛水土壤について、次の日程でpHを測定した。測定

日は0、3、7、14、21、28、35、42、72日目。

2. 4. 2 Eh

容量200mlの広口瓶に風乾細土を詰めて土層の厚さ3cm、表面水の厚さを1.5cmとした。土層の上部から1.5cmの位置に白金電極を2本挿入して恒温器内（30℃）でインキュベートした。2連の広口瓶内の湛水土壌について、次の日程でEhを測定した。測定日は0、1、3、5、7、9、11、13、14、21、28、35、42、72日目。

2. 4. 3 硫化物量（S²⁻）

先端を切断した50mlの注射筒に風乾細土5.0gと各種濃度の海水20mlを入れて、空気が入らないようにゴム栓で密栓をしてインキュベートした。3連の注射筒内湛水土壌について、次の日程で硫化物量を測定した。測定日は0、7、17、21、28、35、42、72日目。

2. 4. 4 メタン量（CH₄）

先端を切断した20mlの注射筒に風乾細土5.00gと各種濃度の海水をそれぞれ20mlを入れ、空気が入らないようにゴム栓で密栓してインキュベートした。各測定日に発生した気体の体積を測定した後、注射筒のゴム栓部分からマイクロシリンジ（イトーマイクロシリンジ MS-GAN100）を挿入し、気体0.2mlを採取し、気体中のメタン量を水素炎イオン化検出器付きガスクロマトグラフ（島津製作所 GC-6A）で測定した。メタンはモレキュラーシーブ5Aを充填したステンレスカラム（内径3mm、長さ2m）を用いて分離した。キャリアーガスHeの流量は50ml/min、カラムおよび検出器の温度はそれぞれ50℃、150℃の測定条件で行った。2連の注射筒内湛水土壌について、次の日程でメタン発生量を測定した。測定日は0、7、14、28、35、42、72日目。

2. 5 化学動態実験における海水と製あん排水並びに蒸留水の混合割合

- | | |
|------------------------|------------------------|
| (1) 対照区-1 海水 | (2) 対照区-2 製あん原排水 |
| (3) 海水1：製あん原排水3区 | (4) 海水1：製あん原排水1区 |
| (5) 海水3：製あん原排水1区 | (6) 海水1：製あん排水50%希釈液3区 |
| (7) 海水1：製あん排水50%希釈液1区 | (8) 海水3：製あん排水50%希釈液1区 |
| (9) 海水1：製あん排水25%希釈液3区 | (10) 海水1：製あん排水25%希釈液1区 |
| (11) 海水3：製あん排水25%希釈液1区 | (12) 海水1：蒸留水3区 |
| (13) 海水1：蒸留水1区 | (14) 海水3：蒸留水1区 |

2. 6 供試海水及び混合液の分析

2. 6. 1 化学的酸素消費量（COD）

化学的酸素消費量（COD）の分析には、高温（100℃）酸性過マンガン酸カリウム法を用いた。試料を硫酸酸性とした後、酸化剤としての過マンガン酸カリウムを加えて沸騰水浴中で、30分加熱反応させ、その際消費した過マンガン酸カリウムの量から相当する酸素量の消費量を求めた。なお海水中には高濃度の塩素イオンを含んでいるため、塩素イオンの遊離塩素への酸化を防止するため塩素イオン227mg当たり1gの硫酸銀を、酸化剤添加前に加えた。

2. 6. 2 海水・製あん排水及び混合液の溶存イオン

供試海水・製あん排水及び混合水の前処理として、Milli-Q Water Reagent System（日本ミリポア・りみてっと社製）で精製し、さらに脱気したものを試料とし、各種無機イオンの分析には、Shimadzuイオンクロマトグラフ HIC-6A型（島津製作所製）を使用し、常法にて分析を実施した。分析用カラムとして、1価及び2価の陽イオンの分析にはShimpack IC-C1をまた、陰イオンの分析にはShimpack IC-A1を使用した。

3. 研究結果

3. 1 供試土壌の理化学性（表1）

供試土壌（風乾土）の土性が砂壤土SLで粗粒質であるため、未洗土壌洗浄土壌ともに風乾土の水分量は2～1.54%と低く、pHは海水の影響下にあるために微アルカリ性である。全炭素量、全窒素量は0.51～0.58%及び0.03から0.04%であって、水洗により有機物が除去されていることがわかる。

3. 2 インキュベーション実験

3. 2. 1 インキュベーション実験に用いられた海水溶液中の硫酸根濃度

表2によると、海水そのままと、海水を脱イオン水で2分の1及び4分の1に希釈した各溶液のSO₄濃度は、それぞれ0.219%、0.152%及び0.051%と低下していた。

3. 2. 2 pHの変化

図1の未洗土壌の例で示されるように、いずれもpHの経時的変化は6.7～7.4の範囲で、塩類の緩衝性により大きな変化が認められなかった。

3.2.3 Ehの変化

図2の未洗土壌の例で示されるように、Ehは各区ともに湛水後3日から5日頃まで急速に低下し、0V～0.17V付近に達した。その後は、大きな変動を示さなかった。

3.2.4 硫化物生成

図3、4の洗浄土壌区及びこれに糖添加した区の例で示されるように、硫化物生成は、各区ともにEhが-0.1V以下になる1～3週間目にかけて徐々に増加し、インキュベーション終了時の72日目で最大生成量を示した。72日目では、硫化物生成量の大小は海水区>海水1/2区>海水1/4区>脱イオン水区の順で、硫酸根を多量に含む海水区で最大で、硫酸根含量のもっとも少ない対照（脱イオン水）区で最小となった。要するに、インキュベート土壌中の硫酸根含量と硫化物生成量がよく比例する結果を示した。また土壌の水洗浄により微生物基質量が低下しているために、洗浄土壌に糖を添加すると硫酸還元反応が促進して多量の硫化物が生成することが示された。

3.2.5 メタン生成

未洗土壌区及び洗浄土壌に糖添加した区の72日目のメタン生成量を図5、図6に、洗浄土壌に糖添加した区における42日目、72日目のメタン生成量を図7に示した。いずれも、海水のみの区では皆無であり、メタン生成量は海水がうすめられるとともに増加し、脱イオン水の対照区で最大であった。図8にメタン生成量と硫化物生成量の対照的な関係を示したが海水中の硫酸根の還元反応がメタン生成を著しく抑制することが明らかにされた。

3.3 海水と製あん排水並びに脱イオン水の混合についての化学動態実験

表2に海水および製あん排水の原液の化学分析結果、表3と表4に、製あん排水原液と製あん排水50%希釈液及び製あん排水25%希釈水並びに蒸留水を海水に1:3、1:1および3:1の割合で混合した混合液の化学分析結果を示した。ここでの理論値とは、海水中に溶存する各種イオンが製あん排水並びに蒸留水との各種混合割合で希釈されたときの理論濃度を示したものである。

前年度は、海水に比較的有機物含有量の少ない（CODとして3.1ppm）河川水を混合し、その混合液中の溶存イオンの変化について検討した。その結果、混合液中の溶存イオン変化は有機物の影響を受けることなく、同一比率で添加した蒸留水の場合とほぼ同様のパターンで推移した。そこで、今回は海水への混合液として有機物含有量が比較的多い

製あん工場から排水される製あん排水（原排水のCOD 1838 ppm）を予め蒸留水によって1/2、及び1/4に希釈した製あん排水と原排水を海水に1:3、1:1および3:1の比率で添加混合した。

その結果、混合液中のCOD値はいずれにおいても、海水の添加割合が小さい程その希釈される効果は、添加の割合が大きい場合に比較して強く現れている。混合液中のイオン中で、カリウム（ K^+ ）イオンは、他の溶存イオンとは異なり、製あん排水の濃度に係わらず海水との何れの混合割合においても同一希釈の蒸留水の場合よりも、希釈効果が大きく現れる傾向を示した。しかし、カリウムイオンが希釈される率は、特に蒸留水を混合した場合は、混合比に関係なく他のイオン類よりも小さく、混合後に溶存するカリウムイオンの濃度が常に理論値よりも高かった。反面、ナトリウム（ Na^+ ）イオンの場合は、製あん排水・蒸留水の両者共に海水の添加比率が高くなれば希釈効果が強く現れている。また、硫酸還元菌やメタン生成菌の代謝に直接関係する硫酸（ SO_4^{2-} ）イオンにおいては、昨年同様混合液の希釈割合に添って希釈されている。

混合液のpHは、海水に添加する供試液が製あん排水と蒸留水で大きくその値が異なり、蒸留水との混合ではつねにそのpH域はほぼ中性付近であるのに対し、製あん排水を添加混合した場合には、特に海水の添加比率が小さいと混合液のpH値の低下傾向が強く、製あん排水のCOD濃度が高い場合には時として製あん排水の原液pH値を下回る値を示した。このことは、高濃度の有機物が海水に付加されると一時的に嫌気性状態が発達し、有機酸が生成されることにより海水の緩衝能が破られ同時にpH低下が引き起こされ、その結果として硫酸還元菌やメタン生成菌の生息至適pH値を大きく逸脱し、一時的に活性が押さえられるものと考えられる。

4. 考察

本研究は、海水の塩分が河川の淡水で薄められる沿岸の汽水域における硫酸還元細菌とメタン生成細菌の相互作用を解明し、沿岸域の有機物汚染とメタン放出の関係を理解することを最終目的としている。

本研究には、耐塩性のこれら偏性嫌気性菌を含有する堆積物を使用する必要がありまた易分解性有機物量を含むことも一つの要件となる。これらの条件を勘案して、葛西臨海公園のなぎさの泥土を供試することとした。第一、二年度は、塩分濃度を3段階に分け、海水そのものの区、海水を脱イオン水で2分の1にうすめた区及び海水を脱イオン水で4分の1にうすめた区に、対照として脱イオン水のみを設けて、湛水土壤インキュベーション実験を行った。これを受けて、最終年度においては、既往の研究結果を補足確認するために、脱イオン水により堆積物から硫酸塩などの塩類及び有機物をできるかぎり除去した試料に糖類及び海水を添加した実験を行った。

硫化物生成は、硫酸根含量の多い海水区でもっとも急速に大量に起こったが、硫酸根含量の少ない脱イオン水区で緩慢に起こり、また生成量はもっとも少なかった。土壌を水洗浄した試料は微生物基質量が低下しているために、これに糖を添加すると硫酸還元が促進されて多量の硫化物が生成した。

メタン生成量は、海水区のみでは皆無であり、海水が薄められるとともに増加し、脱イオン水の対照区で最大であった。

以上の研究結果は、第一、二年度の成果を補足確認したもので、汽水域では海水に由来する硫酸根の硫酸還元細菌による還元反応がメタン生成細菌の活動を著しく抑制することを明らかにしたものと考えられる。

以上のインキュベート実験と平行して、汽水域において海水が高濃度有機物を含有する淡水が混入した際、メタン生成にどのように影響するかについて検討した。高濃度有機物排水として製あん工場排水と対照区として蒸留水を用い海水と混合した。混合液中のカリウムイオンの濃度は、混合液に関係なく常に理論値よりも大きく、その希釈効果は蒸留水よりも製あん排水の方に強く現れた。また、ナトリウムイオンは海水の添加比率が高くなれば希釈効果が強く現れる結果となった。

5. 今後の課題

本研究のインキュベーション実験により、汽水域において硫酸還元作用とメタン発酵の拮抗的相互作用があることが示されたが、今後実際の汽水域においてこのような現象が起こるかどうかを、野外調査研究により確かめる必要がある。

表 1 . 供試土壌の理化学性

	水分量(%)	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	T-N(%)	T-C(%)	SO ₄ ²⁻ (mg/100g)	Cl ⁻ (mg/100g)
洗浄土壌	1.54	7.96	6.62	0.03	0.51	28	4.6
未洗土壌	2.00	7.86	7.25	0.04	0.58	96	240

表2 海水(対照区-1)及び製あん工場排水(対照区-2)の分析結果

	pH	COD	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
海水	8.10	17	10900	448	225	1168	18481	1820
製あん原排水	4.22	1383	224	325	35	22	334	16

表3 海水と製あん排水混合液の分析結果

(ppm)

海水との混合比 (海水:排水)	pH	COD (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)		K ⁺ (mg/l)		Ca ²⁺ (mg/l)		Mg ²⁺ (mg/l)		Cl ⁻ (mg/l)		SO ₄ ²⁻ (mg/l)	
			理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値
製 原 の 排 水	1:3		2893	2930	356	378	82	77	309	298	4871	5036	624	620
	1:1		5562	4970	387	396	131	134	595	599	9408	9751	1232	1375
	3:1		8231	7200	417	421	178	153	882	866	13945	14277	1839	1775
製 2 位 の 排 水 液	1:3		2809	2850	234	260	70	60	300	291	4745	4875	618	555
	1:1		5506	5000	306	326	122	147	554	677	9325	9660	1228	1310
	3:1		8203	7310	377	371	174	202	879	875	13943	14277	1837	1782
製 4 位 の 排 水 液	1:3		2767	2910	174	202	63	66	297	309	4683	4910	615	623
	1:1		5478	4950	265	294	118	179	587	579	9283	9184	1226	1164
	3:1		8189	7250	357	363	171	213	878	903	13882	14340	1836	1730

表4 海水と蒸留水混合液の分析結果

海水との混合比 (海水:蒸留水)	pH	COD (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)		K ⁺ (mg/l)		Ca ²⁺ (mg/l)		Mg ²⁺ (mg/l)		Cl ⁻ (mg/l)		SO ₄ ²⁻ (mg/l)	
			理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値	理論値	実測値
蒸 留 水	1:3	5	2725	2900	112	175	56	64	292	289	4620	5036	612	567
	1:1	16	5450	5130	224	363	113	147	584	616	9241	9233	1224	1251
	3:1	17	8175	7250	336	451	169	218	882	866	13861	14396	1835	1820

Table 2 The Resultes of Chemical analysis for Sea Water and Red bean paste wastewater(ppm)

	pH	COD	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Sea water	8.10	17	10900	448	225	1168	18481	1820
RBPWW	4.22	1383	224	325	35	22	334	16

RBPWW : Red Bean Paste Wastewater

Table 3 The Resulte of Chemical analysis for Mixture of Sea Water with Red Bean paste Wastewater

	Mixture Ratio (Sea Water : Wastewater)	pH	COD (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)		K ⁺ (mg/l)		Ca ²⁺ (mg/l)		Mg ²⁺ (mg/l)		Cl ⁻ (mg/l)		SO ₄ ²⁻ (mg/l)	
				Theo-V	Mea-V	Theo-V	Mea-V	Theo-V	Mea-V	Theo-V	Mea-V	Theo-V	Mea-V	Theo-V	Mea-V
Red Bean Paste WW (No Di- lution)	1 : 3	3.92	1140	2893	2930	356	378	82	77	309	298	4871	5036	624	620
	1 : 1	4.13	856	5562	4970	387	396	131	134	595	599	9408	9751	1232	1375
	3 : 1	4.55	573	8231	7200	417	421	178	153	882	866	13945	14277	1839	1775
Red Bean Paste WW (2 times Dilution)	1 : 3	4.14	681	2809	2850	234	260	70	60	300	291	4745	4875	618	555
	1 : 1	4.44	494	5506	5000	306	326	122	147	554	677	9325	9660	1228	1310
	3 : 1	6.12	414	8203	7310	377	371	174	202	879	875	13943	14277	1837	1782
Red Bean Paste WW (4 times Dilution Slution)	1 : 3	4.30	412	2767	2910	174	202	63	66	297	309	4683	4910	615	623
	1 : 1	5.11	334	5478	4950	265	294	118	179	587	579	9283	9184	1226	1164
	3 : 1	6.57	227	8189	7250	357	363	171	213	878	903	13882	14340	1836	1730

Theo-V : Theoretical Value, Mea-V : Measured Value

Table 4 The Resulte of Chemical analysis for Mixture of Sea Water with Distilled Water

Mixture Ratio (Sea Water : Distilled W)	pH	COD (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)		K ⁺ (mg/l)		Ca ²⁺ (mg/l)		Mg ²⁺ (mg/l)		Cl ⁻ (mg/l)		SO ₄ ²⁻ (mg/l)	
			Theo-V	Mea-V	Theo-V	Mea-V	Theo-V	Mea-V	Theo-V	Mea-V	Theo-V	Mea-V	Theo-V	Mea-V
1 : 3	7.09	5	2725	2900	112	175	56	64	292	289	4620	5036	612	567
1 : 1	7.33	16	5450	5130	224	363	113	147	584	616	9241	9233	1224	1251
3 : 1	7.94	17	8175	7250	336	451	169	218	882	866	13861	14396	1835	1820

Theo-V : Theoretical Value, Mea-V : Measured Value

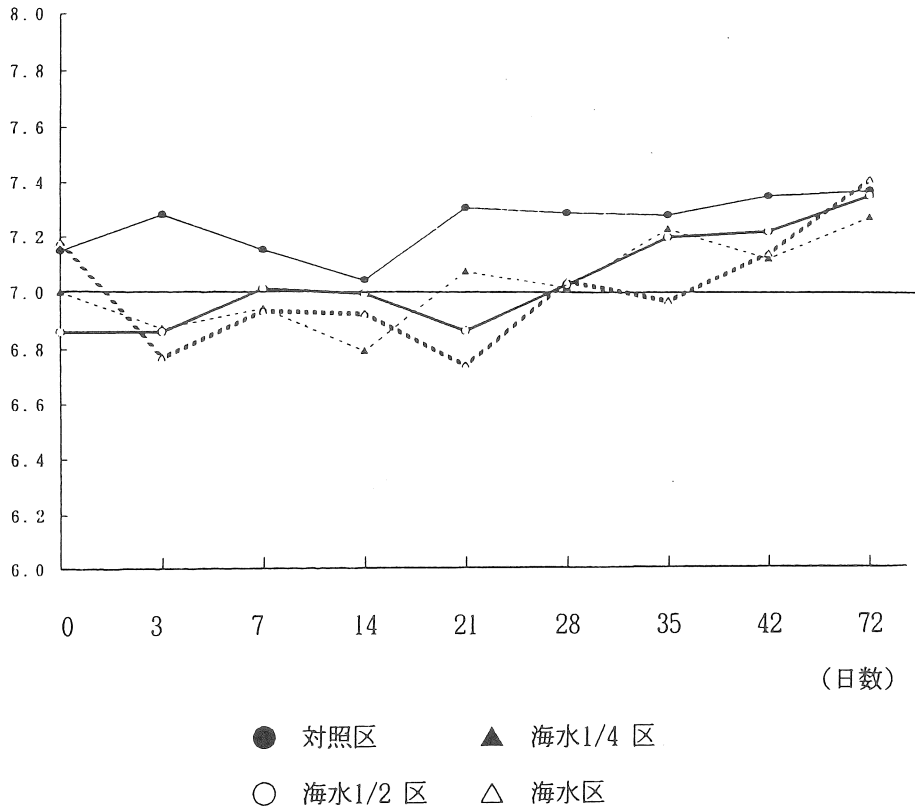


図 1 . 未洗土壤の pH の経時的変化

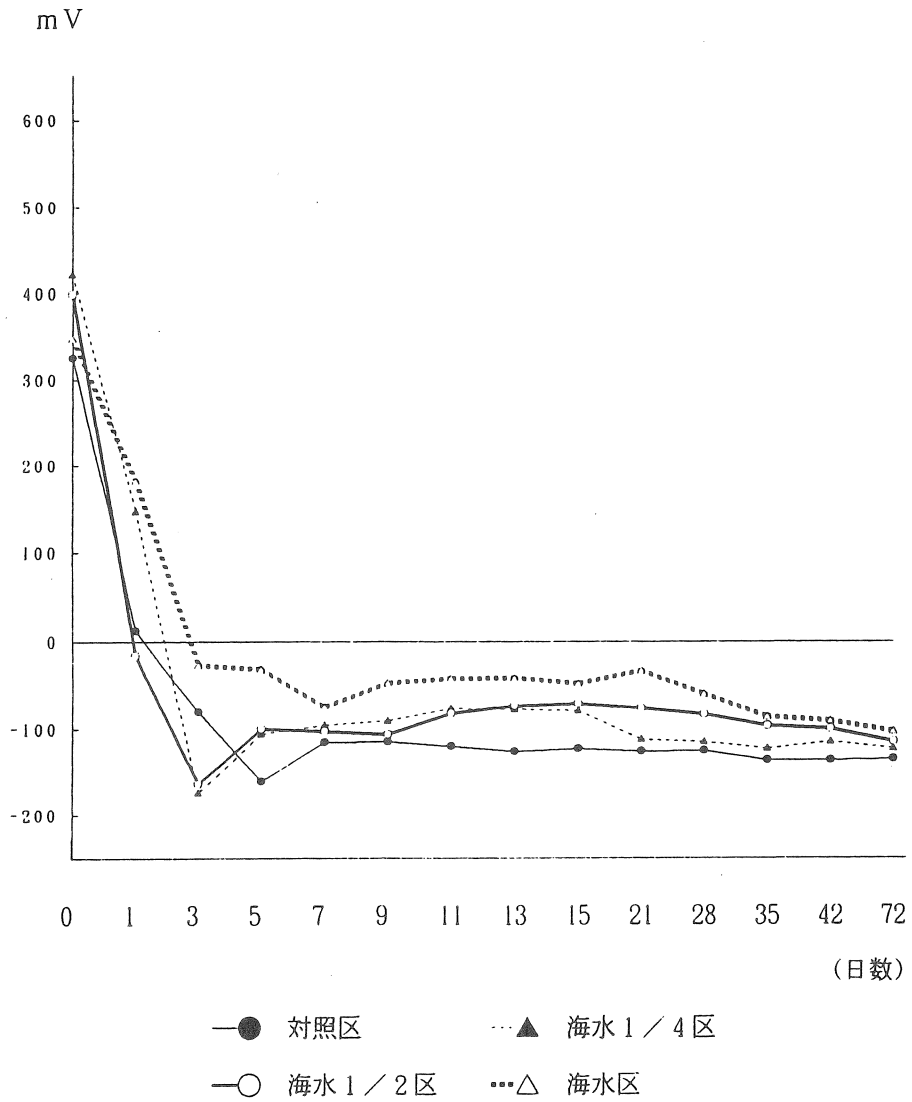


図2. 未洗土壤のEhの変化

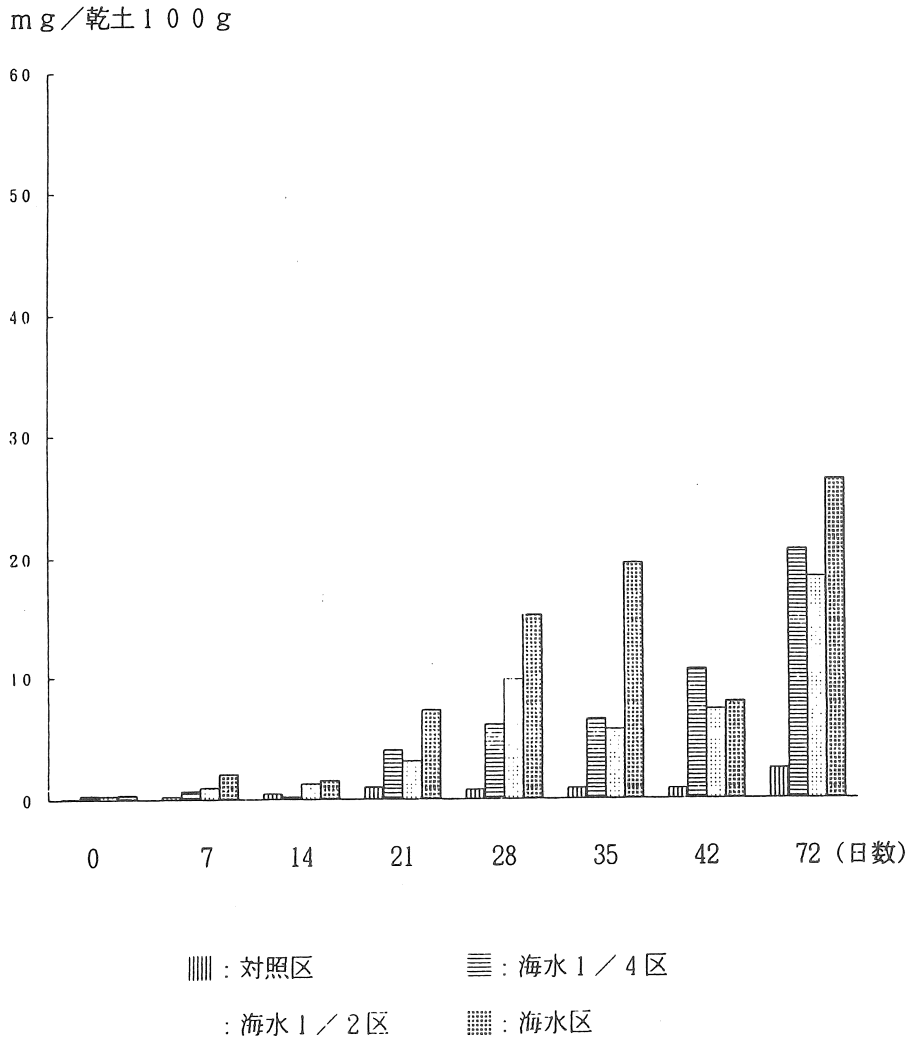


図 3 . 洗浄土壤の硫化物生成量

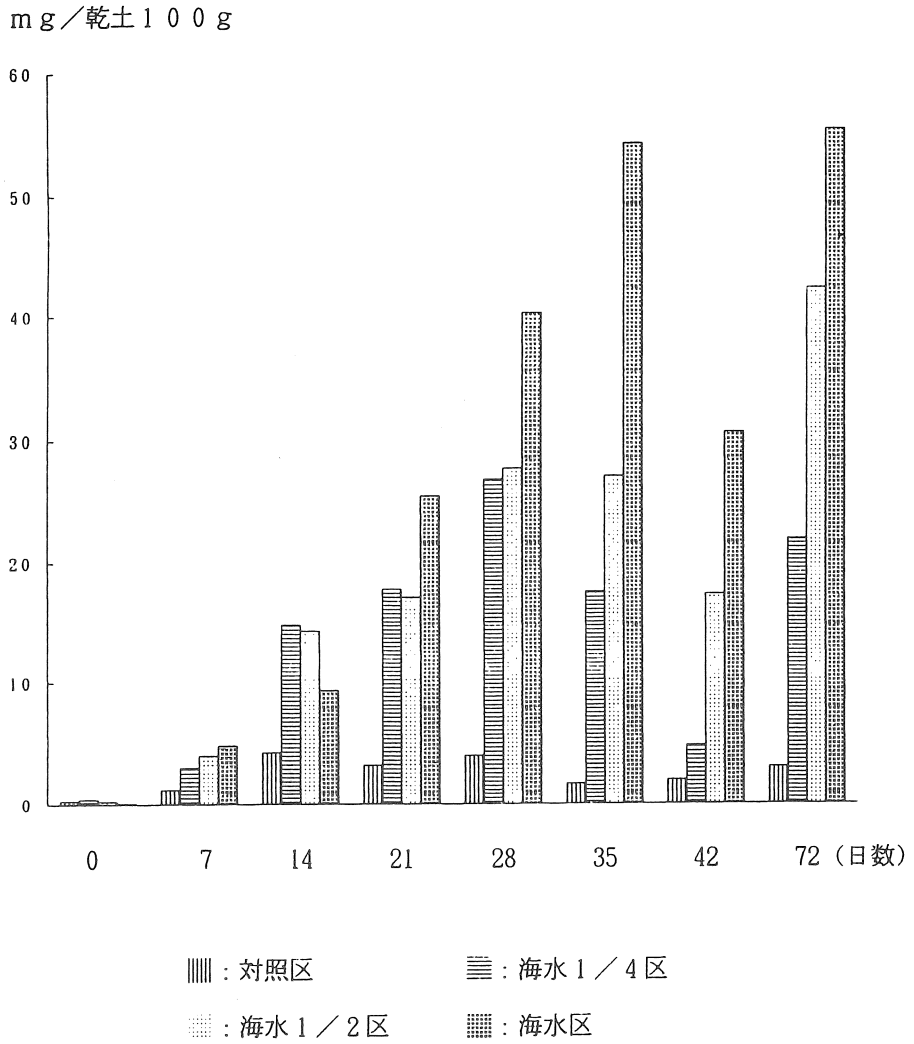


図 4 . 洗浄土壤に糖添加 (125 mg / l) した場合の硫化物生成量

mg/乾土100g

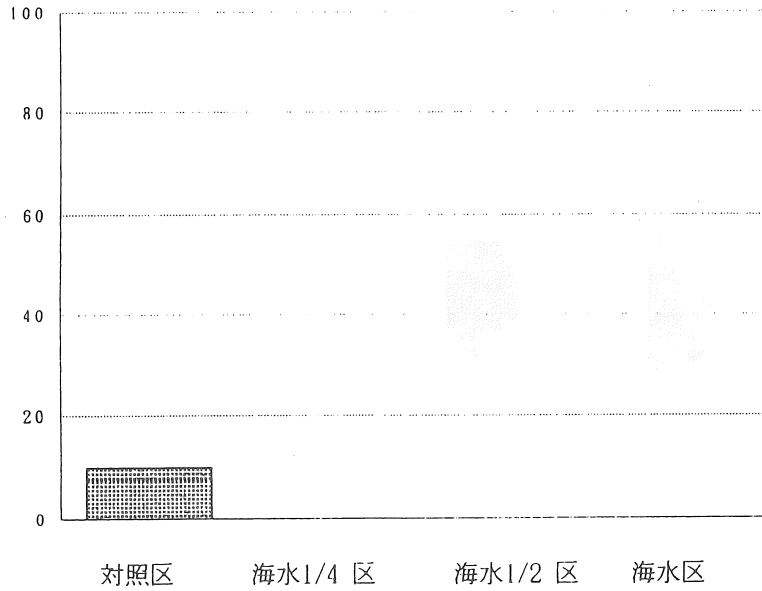


図 5. 未洗土壤の72日目のメタン生成量

ml/乾土100g

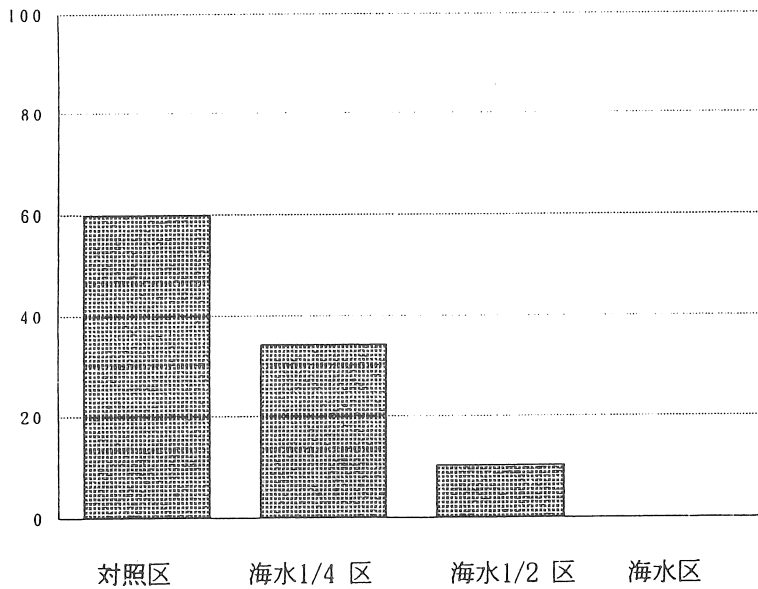


図 6. 洗浄土壤で糖添加(125mg/l)した場合の72日目のメタン生成量

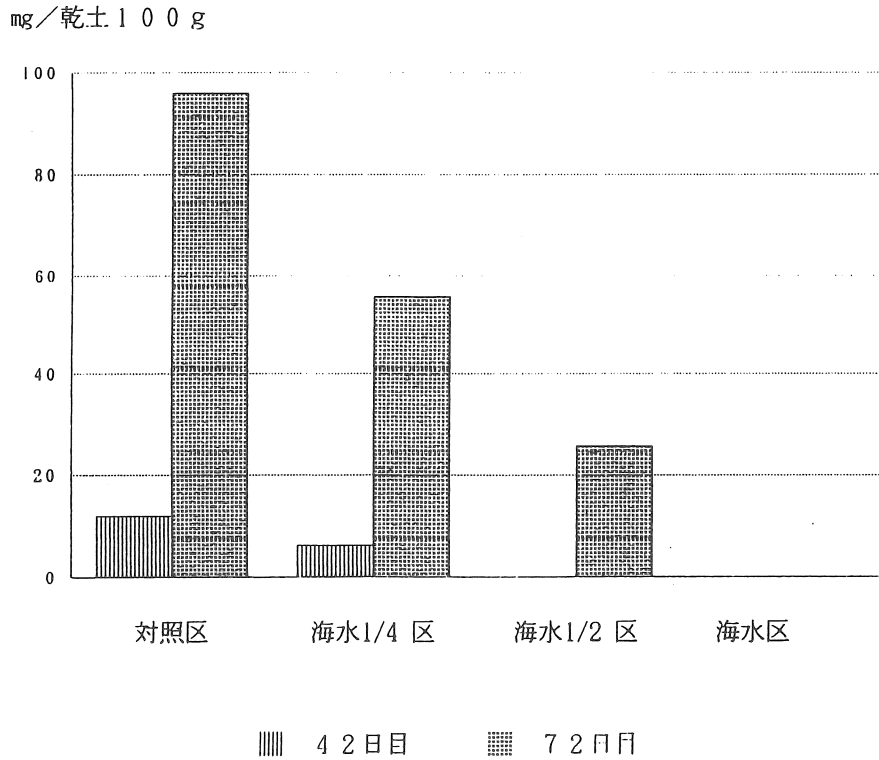


図7. 洗浄土壤に糖添加(250mg/l)した場合のメタン生成量

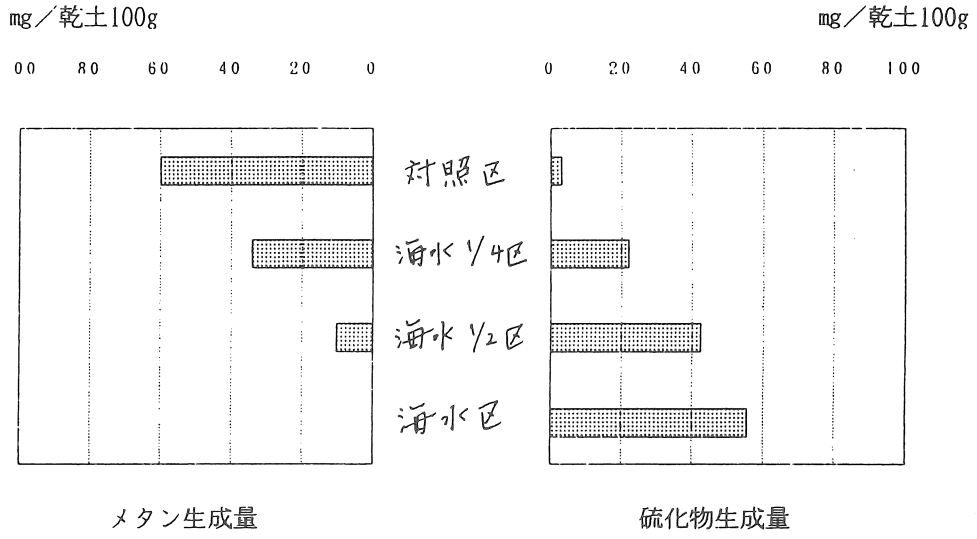


図 8. 洗浄土壤の糖添加 (125 mg/l) した場合の 72 日目のメタンおよび硫化物生成量

EFFECTS OF SALINITY ON BIOLOGICAL METABOLISM IN BRACKISH WATER ECOSYSTEM

YASUO TAKAI*, AKIKUNI USHIKUBO* AND SEIJI TAKESHIMA**

* Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

** Faculty of Agriculture, Tamagawa University

SUMMARY

Concern on the global warming caused by the increment of greenhouse gases such as CO_2 , CH_4 and others has indeed become more and more pressing. The share of the anthropogenic greenhouse effect is 49% by CO_2 and 17% by CH_4 . As regards CH_4 , the greenhouse effect rising potential relative to CO_2 is 32 times, the increase per year 1.1%, and the most may originate from biological resources. According to the report issued by IPCC in June of 1990, the 45% of methane emission may derive from paddy field, lake, marsh and coastal zone. In 1960, Takai elucidated that the reductive development under waterlogging occurred successively from aerobic oxygen respiration, via nitrate respiration, manganese, iron and sulfate reductions, to methane fermentation. Deduced from this theory, sulfate reducing reaction may predominate over methane forming reaction in the coastal zone where the supply of sulfate ion from sea or brackish water is abundant.

From the above idea, this study aims to make clear of the interaction between sulfate reducing bacteria and methane forming bacteria, and to contribute the progress of knowledges on the sources of methane emission to the atmosphere. The first and second years' results showed that the predominance of sulfate reducing reaction suppressed methane fermentation under the presence of sea water using a lagoon sediment.

To confirm this competitive interaction between the both reactions, organic matter and sulfate contained in the lagoon sediment has been washed down with deionized water. Using the soil sample, the incubation experiment has been conducted under waterlogging with sea water, sea water diluted solution or deionized water, either in the addition of glucose solution or without the addition. In brief, the amount of sulfide produced at each plot was in the following decreasing order: Sea water Plot > Sea Water 1/2 Plot > Sea water 1/4 > Deionized Water. The addition of glucose enhanced significantly sulfide formation. The decreasing order for sulfide formation coincided with the increasing order for methane production. The above result reveals that methane fermentation might be retarded by the progress of sulfate reduction in the brackish ecosystem.

By chemical analysis for sea water and its diluent with fresh water or organic waste water, it has been found that the dilution effect for cations such as K^+ and Na^+ takes place.