

報告番号	※甲 第 3059号
------	------------

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目 水田土壌におけるメタンの生成とその後の動態に関する  
化学的・微生物学的研究

氏 名 村 瀬 雅

## 論 文 内 容 の 要 旨

地球温暖化は、オゾン層の破壊・酸性雨・熱帯林の消失・砂漠化等と並ぶ地球規模の環境問題として現在社会的関心が高まっている。温暖化ガスの1種であるメタンは、現在の大気濃度は低いものの、将来的に温暖化に対する寄与率の増大が危惧されている。そのためメタン発生源の特定とその制御が急務となっており、重要な発生源の一つと予想される水田からのメタン放出速度の実測値や様々な環境要因の影響に関する研究が数多く報告されている。

水田は、非連続的還元・水稻体の存在・浸透水の移動・構造的等の諸点で他のいずれのメタン生成環境（湖沼・海洋・ルーメン・シロアリ・嫌気消化槽）とも大きく異なるが、水田の特徴を考慮したメタン生成に関する系統的な研究は未だなされていない。本論文では、これら水田独自の特性に着目し、水田土壌におけるメタン生成とその後の動態に関する化学的・微生物学的研究を行った。本研究は大別すると、

- (1)水田作土で生成したメタンの移行経路の解明（第2章）
- (2)下方移動したメタンのその後の動態（第3章）
- (3)メタン生成・酸化に関与する微生物群の生態（第4章）
- (4)熱帯水田からのメタン発生（第5章）

よりなっており、その概要は以下の通りである。

#### 1. 水田作土で生成したメタンの移行経路の解明（第2章）

水稻多収穫のためには、水田は適量の田面水の下方浸透が必要とされる。水田作土で生成したメタンは、水稻体を経由して大気へと放出されるだけでなく、田面水の浸透にともない心土へ溶脱されることが明らかになった。一作期間中の大気へのメタン放出量に対するメタン溶脱量の比率は浸透速度の上昇にともなって増大し、水稻栽培条件で2-10%、無作付条件では300-1,000%と計算された。本結果より、メタン

（注）ワープロ等で作成すること。外枠にかからないように作成すること。

の移行経路として心土への溶脱の重要性が指摘された。また、田面水の浸透は、土壌中のメタン生成および大気へのメタン放出を促進する効果を有することが明らかとなった。しかしながら、浸透が大気へのメタン放出に影響を及ぼさない場合も観察され、浸透の効果は環境要因により変動すると推察した。

水稻栽培後期の土壌には多量のメタンが集積しており、収穫期の落水とともに一作期間中に放出されるメタンの4-9%に相当するメタンが大気へ放出された。落水は土壌を酸化しメタン生成を抑制することがこれまで知られていたが、本研究より土壌中に集積したメタンの大部分が落水時に大気へ放出されることが明らかになった。

## 2. 下方移動したメタンのその後の動態

浸透にともなって作土から溶脱したメタンのその後の動態をカラムを用いたモデル実験系で検討した。溶脱したメタンの一部は、心土において酸化分解されることが見い出された。心土に分子状の酸素が存在しないことから、嫌氣的にメタンが酸化されたと判断した。この嫌氣的メタン酸化の機構について検討した結果、作土からメタンと共に心土へ流脱した硫酸還元菌が、同じく作土由来の有機物と硫酸イオンを利用してメタンを酸化していることが明らかになった。また、嫌氣的メタン酸化は心土だけでなく作土でも進行することが示唆された。

さらに、一作期間中に心土で酸化されるメタン量は、作土から溶脱したメタンの70%に相当することがポット実験により明らかになった。

## 3. メタン生成・酸化に関する微生物群の生態 (第4章)

前章までに得られた結果や既報の知見に基づき、メタン生成・酸化に関する各種微生物の水田土壌中の生態を検討した。

水田土壌中のメタン生成菌および酸化菌数の季節的变化を土壌の微細部位に着目して追跡した。メタン生成菌は非根圏土壌で $10^{4-5}$  m.p.n./g soilレベルで検出され、酸化層と還元層で菌数の差異は認められなかった。土壌を好気条件で長期間放置しても後の嫌気培養時のメタン生成活性に何等影響を与えなかったことから、偏性嫌気性菌である本菌が、環境中で分子状酸素に対する何等かの防御機能を備えていることが示唆された。この点についてさらに詳細に検討した結果、メタン生成菌の一部は原生動物体内に共生することにより酸素耐性を獲得することが示唆された。原生動物体内の共生メタン生成菌のメタン生成活性は、土壌全体のメタン生成活性の30-40%程度を占めると推定された。

根圏土壌中のメタン生成菌数は、水稻生育前期に非根圏と同程度であったが、水田からの活発なメタン放出が観察された生育後期に増加する( $10^6$  m.p.n./g soil)傾向が認められた。メタン生成菌と、共生関係にあると考えられるセルロース分解菌やヘテロトロフ微生物との数的相関関係は見い出されなかった。透水液からもメタン生成菌が検出され、本菌が土壌環境中を移動可能であることが明らかになった。カラム実験により、流脱したメタン生成菌が移動先の新たな環境でメタン生成活性を示すことが明らかとなった。

絶対好気性であるメタン酸化菌は、酸化層( $10^{5-6}$  m.p.n./g soil)に比べ還元層(

(注) ワープロ等で作成すること。外枠にかからないように作成すること。

$10^3$  m.p.n./g soil) で菌数が低く、酸素要求性の高いことが示唆された。根圏では非根圏に比べ菌数が高く、メタン酸化菌にとっても根圏が好適な環境であることが明らかになった。根圏にメタン生成菌と酸化菌が同時に存在するこの一見矛盾する現象は、各水稻根間の生理的状态(酸化能)の違いによる両菌の住分けにより説明可能であると推察された。

嫌氣的メタン酸化に関与する硫酸還元菌の土壌中での生態を検討した。浸透にともない流脱する硫酸還元菌数は非常に低かった( $10^{2-3}$  m.p.n./ml)が、稲わら添加による土壌還元の前進行にともない透液水中の硫酸還元菌数が著しく増加( $10^5$  m.p.n./ml)した。さらに、流脱した硫酸還元菌が心土で保持され、増殖していることが明らかになり、硫酸還元菌の心土における活性が裏付けられた。

#### 4. 熱帯水田からのメタン発生(第5章)

これまでほとんど研究例がなかった熱帯水田からのメタン発生を、タイ国の典型的な土壌型に属する水田圃場において測定した。

メタン放出速度は土壌型によって大きく異なり、酸性硫酸塩土壌<淡水性沖積土壌<低腐植質グライ土の順に高かった。作付期間中の平均メタン発生速度は、低腐植質グライ土水田で温帯水田のそれと比較して著しく高かった。一方、酸性硫酸塩土壌水田の平均メタン放出速度は温帯の値を下回っていた。有機質肥料の添加によりメタン発生量は増大したが、その種類によっては、逆にメタン放出量が減少する場合も観察された。

タイ国水田からのメタン発生のパターンは温帯とは異なっており、温帯で水稻生育後期にメタン放出が活発化するのに対し、タイ国の水田では水稻生育前期から活発なメタン放出が観察された。

#### 5. 総合考察(第6章)

本研究で得られた結果と既存の知見から、メタン発生源あるいはメタン生成環境としての水田を総合的に考察した。

第2章および第3章で得られた結果から、水田生態系におけるメタンの動態(生成・放出・移動・酸化(好氣的・嫌氣的))を総括した。

湛水土壌中での還元物質の再酸化という観点から嫌氣的メタン酸化について考察し、水田土壌の不均一性を考慮した還元過程の進行について言及した。

メタン生成菌・酸化菌の生息場所としての根圏の重要性を指摘した。

メタン生成菌の生育環境としての原生動物の役割について、基質の提供者・酸素からの擁護者・メタン生成菌の移動手段の観点からその意義を考察した。水田のメタン生成環境としての特性(非連続還元・水稻体の存在・浸透水の移動・構造的性)が、メタンの生成およびその後の動態に及ぼす影響を総括し、水田が他のメタン発生源に比して極めてダイナミックな環境であることを指摘した。

タイ国およびインドネシアの水田におけるメタン放出量の測定結果から、熱帯水田の特徴を考察した。