

水田土壌中での硫酸還元が酢酸の分解及びメタンの生成に及ぼす影響

野 副 卓 人・安 田 道 夫

(東北農業試験場)

Influence of Sulfate Reduction on Decomposition of Acetic Acid
and Production of Methane in Paddy Soil

Takuhito NOZOE and Michio YASUDA

(Tohoku National Agricultural Experiment Station)

1 はじめに

水田土壌中に施用された稲わらは有機酸を中間代謝産物としてメタンや二酸化炭素へと分解される。有機酸は稲の根の生育や土壌中の微生物活性を阻害することが知られているが、東北地方などの寒冷地では、生成した有機酸の分解が遅れるため、これが水田土壌中に蓄積し、この有機酸の蓄積は稲作の不安定化要因の一つとなっていると考えられている。また有機酸の一つである酢酸の分解生成物であるメタンは温室効果ガスであるといわれており、その大気中への放出量を抑制する技術の確立が望まれている。水田土壌中で生成する有機酸の大部分は酢酸であるといわれており、また、水田土壌中には硫酸根をもつ化学肥料が施用される。図1に水田土壌中における酢酸の分解とメタンの生成を示した。ここではメタン生成菌の他に硫酸還元菌も酢酸を分解する性質を持つことを利用し¹⁾、硫酸根の添加により酢酸の分解を早めることができるか、また、メタン生成量を抑制することができるかについて調査した。

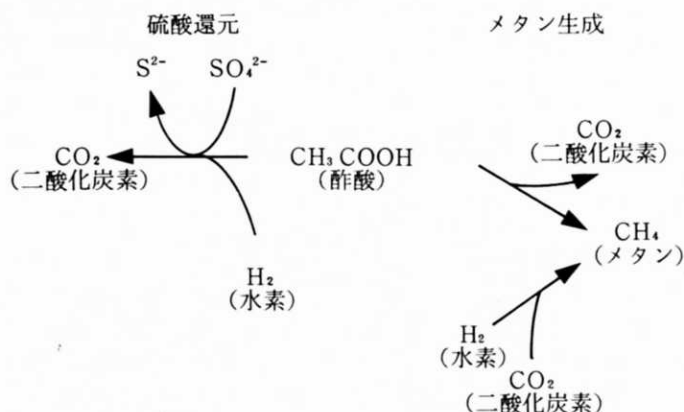


図1 水田土壌中における酢酸の分解とメタンの生成

2 実験方法

実験に用いた土壌は東北農業試験場水田利用部内の圃場の作土層(0-13cm)から平成5年春の施肥前に採取し、風乾後、2mmのふるいを通した。この土壌の全炭素及びpHはそれぞれ1.87%, 5.35であった。培養方法は土壌5gを50ml三角フラスコにとり、実験の目的に応じて酢酸ナトリウム(無水)を水溶液中の濃度が10mMとなるように、また硫酸ナトリウム(無水)を5または10mMとな

るように蒸留水に溶解し、この水溶液5mlを添加した。フラスコをブチルゴム栓で密封した後、フラスコ内をN₂(100%)またはN₂(70%) / CO₂(20%) / H₂(10%)の混合ガスで置換した。培養は25℃でおこなった。フラスコ中のメタンの量はFID付きのガスクロマトグラフで、また酢酸量は蒸留水(土壌:水=1:3)で抽出後、イオンクロマトグラフで分析した。

3 実験結果および考察

図2に酢酸(10mM)の分解とメタンの生成に及ぼす硫酸根(10mM)の影響を示した。フラスコ内はN₂ガス(100%)で置換した。このとき、添加した酢酸量は1.0 (cmol kg⁻¹soil)に相当する。酢酸量は硫酸根の添加、無添加にかかわらず培養12日目までにほぼ全量が分解された。また、培養12日目までは硫酸根を添加しても酢酸の分解やメタンの生成パターンにはほとんど影響を及ぼさなかった。これらのことは、添加した酢酸は硫酸還元菌によって分解されないことを示している。水田土壌中ではメタンは酢酸の分解、または二酸化炭素の還元により生成することが知られており、酢酸の分解によりメタンが生成される場合、分解した酢酸と等モルのメタンが生成する³⁾。酢酸が分解され尽くした培養12日目におけるメタン生成量は対照区、硫酸根添加区でそれぞれ、1.2, 1.1 (cmol kg⁻¹soil)であり、添加した酢酸量1.0 (cmol kg⁻¹soil)にほぼ一致した。硫酸根を添加しても酢酸の分解には影響しないこと、また培養12日目におけるメタン生成量が添加した酢酸量にほぼ当量であることから、酢酸はおもにメタン生成菌によって分解され、このとき二酸化炭素の還元によるメタン生成はほとんど行われていないと考えられる。一方、培養12日目以降、酢酸はほとんど存在しないにもかかわらず、メタンは生成され続け、硫酸根の添加によりメタンの生成が抑制された。このことから、培養12日目以降、メタンの生成は酢酸の分解から二酸化炭素の還元に切り変わり、硫酸根の添加によりこの反応が抑制されることが考えられる。図1に示したように、一般に水田土壌中では二酸化炭素の還元の電子供与体として主に水素が利用されるが、硫酸還元菌もこの水素を電子供与体として利用しており、硫酸還元菌とメタン生成菌との間で水素をめぐる競争が起こっているといわれている²⁾。本実験においても培養12日目以

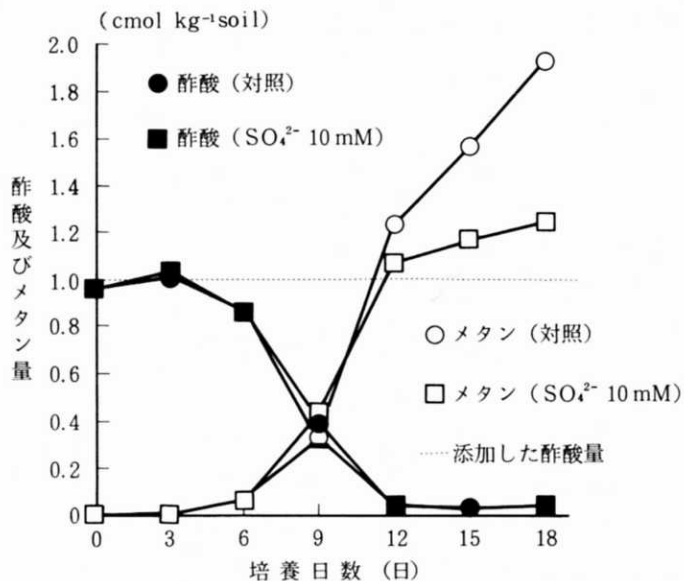


図2 酢酸の分解とメタンの生成に及ぼす硫酸根の影響

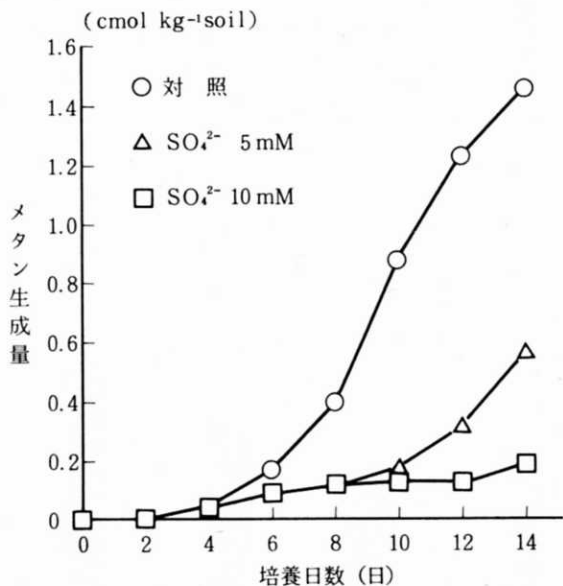


図3 二酸化炭素と水素からのメタン生成に及ぼす硫酸根の影響

降, 硫酸根の添加により, メタンの生成が抑制されたことから, 硫酸還元菌とメタン生成菌が水素をめぐって競合し, その結果メタンの生成が抑制されているのではないかと推察される。そこで, 図3にフラスコ内をCO₂ (20%) とH₂ (10%) を含む混合ガスで置換した場合の, 硫酸根の添加がメタンの生成に及ぼす影響を示した。このとき, 硫

酸根として5, 10mMの硫酸ナトリウムを添加し, 酢酸ナトリウムは添加しなかった。図3に示すように, 硫酸根の添加によりメタンの生成は抑制され, 硫酸根の濃度が高くなるほど抑制の程度は強まった。一般に, 水素利用の点では, 熱力学的にはメタン生成より硫酸還元のほうが優位にあり, また, 基質に対する親和性も硫酸還元菌のほうがメタン生成菌より強く, このため, 硫酸根存在下ではメタン生成は硫酸還元阻害されるものとされている⁴⁾。これらのことから, 水田土壌中への硫酸根の添加により硫酸還元菌の活性が高まり, 水素をめぐるメタン生成菌との競合により二酸化炭素の還元によるメタンの生成を抑制すると考えられる。

4 ま と め

- (1) 水田土壌中に蓄積した酢酸は, ほとんどがメタン生成菌により分解されると推察され, 10mM程度の硫酸根が存在しても酢酸の分解には影響を及ぼさなかった。
- (2) 二酸化炭素と水素を基質にした場合, 硫酸根の添加によりメタンの生成が抑制され, 硫酸根の濃度が高いほど抑制の程度は大きかった。
- (3) このことから, 硫酸還元菌とメタン生成菌は水素をめぐって競合関係にあり, 水素は硫酸還元優先的に利用されると考えられる。
- (4) 以上より, 硫酸根の添加により水田土壌中の酢酸の蓄積量を減らすことはほとんど期待できないが, メタンの放出を抑制できる可能性があると考えられる。

引 用 文 献

- 1) 堀謙三, 犬伏和之, 松本聡, 和田秀徳. 1990. 水田土壌におけるメタン生成と硫酸還元酢酸をめぐる競合. 土肥誌 61: 572-578.
- 2) ———, ———, ———, ———. 1993. 水田土壌におけるメタン生成と硫酸還元水素をめぐる競合の程度. 土肥誌 64: 363-367.
- 3) Takai, T. 1970. The mechanism of methane fermentation in flooded paddy soil. Soil Sci. Plant Nutr. 16: 238-244.
- 4) 上木厚子. 1986. 硫酸還元菌とメタン生成菌. 化学と生物 24: 289-292.