

平成 22 年 6 月 11 日現在

研究種目：若手研究 (B)
研究期間：2008 ～ 2009
課題番号：20780117
研究課題名 (和文) 安定同位体的手法及び微生物生態学的手法の併用による 土壌圏におけるメタン動態解析
研究課題名 (英文) Application of stable isotope measurements and microbiological analysis to elucidate methane dynamics in various soils
研究代表者 伊藤 雅之 (ITO MASAYUKI) 独立行政法人農業環境技術研究所 物質循環研究領域 農環研特別研究員

研究成果の概要：

メタンの吸収源としてのみ評価されてきた森林土壌について、メタンを放出しうる湿潤な地点を含めてメタン吸収・放出能の評価を行った。その結果、比較的乾いた土壌では既往研究の報告と同様にメタン吸収が主だったが、斜面下部の湿潤な土壌では、特に夏期の高温時にはメタンの放出源として機能した。また、溪畔の湿地では夏期に非常に大きなメタン放出が観測され、メタンの生成過程が降雨条件等の水文条件に規定されることが示された。

研究成果の概要(英文): Methane flux and its controlling environmental factors were investigated in forests in Asian region. In temperate forest, methane uptake was dominant at dry forest floor part, however, large methane emission was observed at wet part. In addition, rainfall pattern and hydrological processes played important roles on controlling methane production including its production pathways.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：水資源涵養・水質・物質循環

1. 研究開始当初の背景

重要な温室効果ガスであるメタン (IPCC など) は 森林土壌などの酸化的土壌では酸化・吸収され、湿地などの還元的環境の土壌では生成・放出される。

特に、森林は大部分の表面が乾燥した土壌のため、一般的にメタン吸収能にのみ着目さ

れ、主要な吸収源として認識されてきた。しかし現実には、森林内部に必ず存在する溪畔域の湿潤な地点からはメタンの生成・放出が卓越し、それらは現状では全く考慮されていない。特に日本などアジアモンスーンに含まれる多雨地域では、湿潤域からの放出が森林全体のメタン収支を左右する可能性が高い。

申請者は放出源に着目して森林のメタン収支を推定した際に、『森林=メタンの放出源』に転じることを仮説として研究を行っている。もしこれが検証されれば全球のメタン収支推定が大きく覆る可能性を持つ。

現在、全球のメタン収支推定の際には主に温帯・亜寒帯で観測された安定同位体比のデータを元に、精密とは到底言えない計算がなされている。特にそのデータ収集の困難さから、既存の数少ないデータが、収支推定を大きく左右することが重要な問題点といえる。

近年、メタンやその生成・酸化に関わる物質（CO₂・酢酸など）の安定同位体比（炭素や水素）の解析を用いてメタン生成・酸化の両過程を分離する手法が有効に利用され始めているが、土壌中では微小空間の酸化還元条件の違いに応じてメタン生成・酸化の両反応が同時に起こりうるため、その際に変動する同位体比の情報収集が必要とされている。

一方で、微生物生態学の分野においてもその解析技術の進歩により自然環境下の微生物群集についての報告が近年活発になりつつある。微生物群集の活動はメタンの同位体比の組成にも影響すると予想されるが、これまで安定同位体的手法と微生物生態学的手法を組み合わせた研究例は数例しかない。また、それらも国外の個別グループの共同研究のため手法の相互理解が不足しているのが現状であるし、我が国では特に両研究の融合が遅れていると言える。

2. 研究の目的

安定同位体解析および微生物動態解析の中でも最先端の技術を組み合わせることにより土壌圏、特にメタン収支に寄与の大きい森林および湿地におけるメタン動態を明らかにすることを本研究の目的とする。特に安定同位体比の変動と微生物群集構造の関係をフィールドレベルの研究で明らかにすることが目的である。

3. 研究の方法

- 1) 温度・水分・土壌構造などの物理的環境と酸化還元環境の変動に影響する水文過程に着目し、メタンや二酸化炭素動態をメカニズムに即して理解する。

温帯気候下の森林(滋賀県桐生水文試験地)や湿地(京都市深泥池泥炭浮島)において上記の観測を進めた。

- 2) 濃度情報のみからでは検討できない土壌中のメタン生成・酸化の両過程について、それぞれの反応履歴の情報を残す安定同位体および反応自体に関わる微生物群集解析を通して把握する。
- 3) 現地での観測は、森林は滋賀県南部に位置する京都大学桐生水文試験地ならびに、半島マレーシア Pasoh 森林保護区に

て行った。

桐生水文試験地はアジアモンスーン地域に属する温帯森林としての位置づけ、Pasoh 森林保護区は東南アジア熱帯雨林の特徴を有する観測サイトとして位置づけた。

そのほかに、京都市に位置する深泥池泥炭湿原においてもメタンと二酸化炭素の動態観測を行った。

4. 研究成果

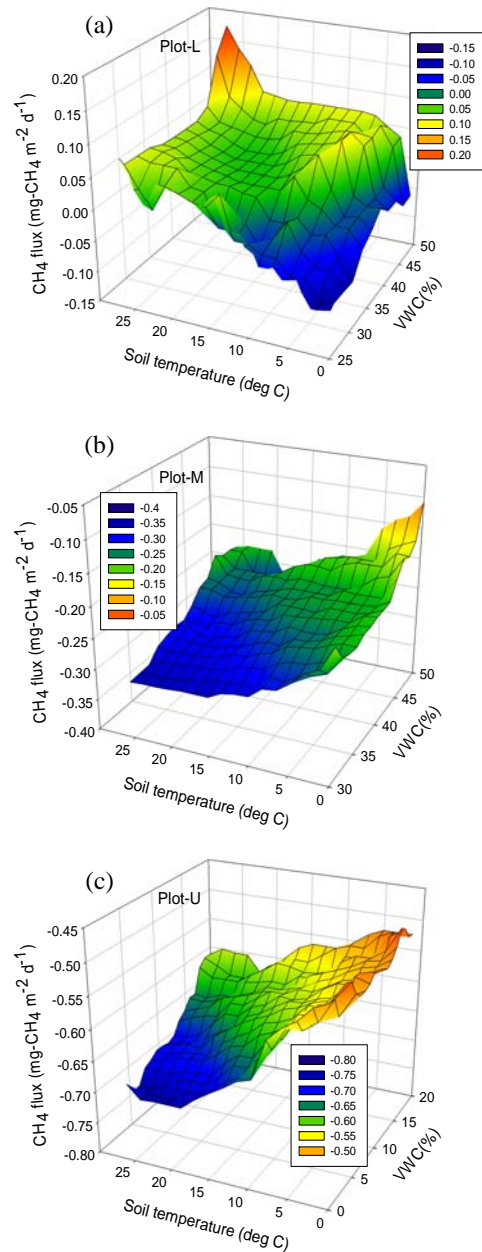


図1. (a)斜面下部、(b)中部、(c)上部における、地温、土壌水分とメタンフラックスの関係。斜面下部では高温、高水分時にメタン放出に転じている。(Itoh et al., 2009)

森林内部で水分不飽和な斜面土壌のメタン吸収・放出能についての評価と、断続的に飽和する溪畔湿地のメタン放出源としての評価を滋賀県の桐生水文試験地を対象に行った。

水分不飽和な斜面土壌では、斜面上部や中部の比較的乾いた土壌においては、年間を通じてメタンの酸化（吸収）がみられ、メタンの吸収源として機能しており、その強度の年々変動は小さかった。一方で、斜面下部の湿潤な土壌においては、夏期の高温時にはメタン生成の増加により、メタンの放出源として機能し、特に梅雨や台風などの夏期降水量が大きい年で顕著に観測された。こういった夏期のメタン生成の増加と見られる地表面メタン吸収の低下は、斜面上部の比較的乾いた土壌においても観測された。これらのことは夏に雨の多いようなアジアモンスーン域では、夏期の降雨によるメタン吸収の低下の影響を考慮して年間収支を算出することの必要性を示した（図 1. Itoh et al., 2009）。

森林流域内部の溪畔湿地においては、堆積した有機物などの嫌氣的分解が進み、夏期にメタンの放出が増大することが既に報告されている（Itoh et al., 2007）が、本課題では、メタンやその基質の二酸化炭素の炭素安定同位体比に着目して観測を続けた。その結果、夏期の降水量の多寡に伴う、地下水位や地下水水中溶存酸素濃度の変動を受け、地下部でのメタン生成の基質が季節的に変動することが明らかになった。特に、夏期に高温かつ湿潤な環境が維持されるような年には、非常に還元的な環境が形成され、他の時期に比べて酢酸由来のメタンの生成が突発的に増加し、それが、大きなメタン放出量につながっていることが示された（図 2. Itoh et al., 2008）。

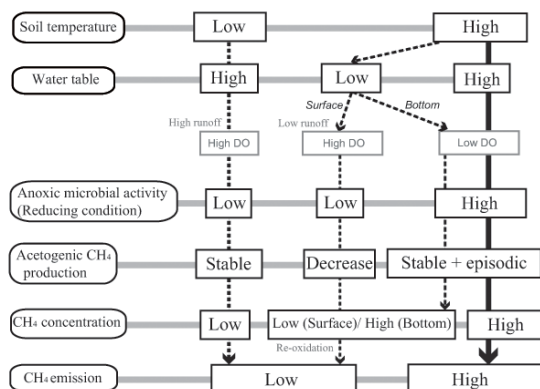


図 2. 夏期の水文条件の違いがメタン生成機構の違いを生み出している（Itoh et al., 2008）

また、湿地内部でのメタン生成に関わる微生物の遺伝子解析を進め、酢酸を基質とするメタン生成菌、二酸化炭素を基質とするメタン生成菌などの同定を行った。これらについては、安定同位体比の解析結果と照らし合わせ、その結果を国際学会にて発表を行うなどした。

熱帯雨林での観測では、降水パターンの変動がメタンや二酸化炭素、さらには亜酸化窒素の発生の時空間変動パターンに影響していることが明らかになった。特に、メタンについては土壌水分条件が高くなると地表面でのメタン吸収が抑制されることが示された。さらに、メタンだけでなく亜酸化窒素の発生パターンは時間的、空間的に降水パターンの影響や、土壌水分条件の違いの影響を大きく受けており、これらの知見は、数少ない熱帯での温室効果ガス動態についての重要な情報となりうる。

また、温帯泥炭湿地においては、湿地表層の植生の違いが、表層水の酸化還元環境の違いを生み出し、その結果、その場で生成されるメタンの安定同位体比が異なっていることが示された。植生の違いで放出されるメタンの安定同位体比が大きく異なるという結果は、これまでに報告されておらず、新たな重要な知見が得られたと考えられる。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 4 件）

Itoh, M., Ohte, N., Koba, K. (2009), Methane flux characteristics in forest soils under an East Asian monsoon climate, *Soil Biol. & Biochem.* VOL. 41, pp:388-395

Koba, K., Osaka, K., Tobari, Toyoda, S., Ohte, N., Katsuyama, M., Suzuki, N., Itoh, M., Yamagishi, H., Kawasaki, M., Kim, S-J., Yoshida, N., Nakajima, T. (2009), Biogeochemistry of nitrous oxide in groundwater in a forested ecosystem elucidated by nitrous oxide isotopomer measurements, *Geochimica et Cosmochimica Acta* vol. 73, pp. 3115-3133

Itoh, M., Ohte, N., Koba, K., Sugimoto, A., Tani, M. (2008),

Analysis of methane production pathways in a riparian wetland of a temperate forest catchment, using $\delta^{13}\text{C}$ of porewater CH_4 and CO_2 , *J. Geophys. Res.*, VOL. 113,

G03005

Katsuyama, C., Kondo, N., Suwa, Y., Yamagishi, T., Itoh, M., Ohte, N., Kimura, H., Nagaosa, K., Kato, K. (2008), Denitrification activity and relevant bacteria revealed by nitrite reductase gene fragments in soil of temperate mixed forest, *Microbes and Environments* VOL. 23, pp.337-345

[学会発表] (計 5 件)

Itoh, M., Katsuyama, C., Kondo, N., Ohte, N., Kato, K:

Application of stable isotope measurements and microbiological analysis for detecting methanogenic activity in a temperate forest wetland, AGU Fall Meeting, San Francisco, 2009.12.17, H41E-0944

伊藤雅之, 須藤重人, 八木一行:

新たな水管理技術による水田からのメタン放出抑制試験, 2009年日本土壌肥料学会大会, 京都大学, 2008.9.17

Itoh, M., Sudo, S., Yagi, K.:

Reducing CH₄ emission from rice paddy fields by altering water management, Conference on the Environmental Impacts of Carbon and Nitrogen Cycles in Terrestrial ecosystems in East Asia, Nanjing, China 2009.9.8

Itoh, M., Katsuyama, C., Kondo, N., Ohte, N., Kato, K:

Application of stable isotope measurements and microbiological analysis for detecting methanogenic activity in a temperate forest wetland, Hydrochange2008, Kyoto, 2008.10.2.

伊藤雅之, 嶋村鉄也, 大手信人, 須藤重人:

人為的改変をうけた熱帯泥炭湿原の温室効果ガス動態, 2008年日本土壌肥料学会大会, 名古屋市立大学, 2008.9.9.

その他、共同研究者の発表（共著者として）、
11 件

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 雅之 (ITOH MASAYUKI)

独立行政法人農業環境技術研究所・農環研
特別研究員

研究者番号：70456820