

氏名	いとうまさゆき 伊藤 雅之
学位(専攻分野)	博士(農学)
学位記番号	農博第1623号
学位授与の日付	平成19年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	農学研究科地域環境科学専攻
学位論文題目	Hydrological and Biogeochemical Controls on Methane Dynamics in a Temperate Forest Catchment (温帯森林流域におけるメタン動態に対する水文過程及び生物地球化学過程の影響) (主査)
論文調査委員	教授 谷 誠 教授 武田博清 教授 小崎 隆

論 文 内 容 の 要 旨

地球温暖化への懸念が高まっている現在、重要な温室効果ガスであるメタンについて、全球レベルのより正確な収支の算出が喫緊の課題となっている。近年、年間約1%の大気中メタン濃度の増加が報告されており、各種地表面におけるメタンフラックスデータの蓄積が必要となっている。メタンは主に湿地や水田などの湛水した還元的な土壤中では生成され、一方で乾燥した森林土壌などにおいては酸化・吸収される。森林はその大部分の土壌が水分不飽和な条件下のため、これまで一般にメタンの重要な吸収源として考えられてきた。そのため、森林のメタン動態に関する既往の研究は主に土壌中のメタン酸化に注目して行われてきた。しかしながら、実際の森林流域内部には谷部や溪畔域に湿潤な部位が生じることが多く、ここではメタン生成の卓越によりその放出が生じている可能性が指摘できる。

そこで、本研究では森林流域内部に存在する湿地と比較的乾燥したヒノキ林床部においてメタンフラックスの観測を行った。その結果、夏期の温度上昇に伴って湿地部位からのメタン放出速度が急激に増大したが、ヒノキ林床におけるメタン吸収速度の温度変化に対する変動はそれに比べて小さいことが明らかになった。そのため、高温期には流域内における面積的比率が小さい湿地状地形におけるメタン放出が水分不飽和なヒノキ林床土壌におけるメタン吸収量を上回り、森林流域全体としてメタンの放出源として機能しうることが明らかになった。

また、水分不飽和なヒノキ林床におけるメタン吸収の観測により、降水の多寡やその年々変動によって土壌中の水分条件が規定され、その結果、メタン吸収の季節変動が生じていることが示された。また、このメタン吸収の季節変動には水分条件だけでなく温度の変化も影響を及ぼすことが示された。特に、夏期の高温条件下での土壌水分の変化は、土壌中のメタンの生成及び酸化吸収の両過程に影響するため、これら2つの変化の影響を併せて考慮する必要性が示された。また、欧米のように夏期に乾燥する気候下の森林におけるメタン吸収が夏期に顕著に増大する傾向と比較すると、日本のように夏期に湿潤となるモンスーン気候下の森林では、メタン酸化の抑制やメタン生成の促進により、夏期の温度上昇に伴うメタン吸収の増加が起こりにくく、結果としてその季節変動が小さくなっている可能性が示された。

一方、溪畔域に生じる湿地における各種水質項目と水文過程に関する観測から、高温期には酸素消費の増加により土壌中に強還元環境が形成され、メタン生成が活発に起こっていることが示された。この土壌中のメタン生成は還元環境下で起こる各種生物地球化学的反応と密接に関係していることが明らかになった。また、湿地内でのメタン生成の時空間的変動は湿地内部や近接する斜面における水文過程によって影響を受けることが示された。特に夏期に多雨の年には、降水や斜面部からの酸素を多く含んだ一時的な地中流からの酸素供給により、地下部で比較的酸化的な環境が維持されるため、土壌中のメタン生成及び地表面からのメタン放出量が平年並みの降水量の年に比べて小さいことが明らかになった。また、夏期に少雨の年にも地下水位の低下により土壌が表層から酸化的になるため、そこでのメタン生成が低下し、結果として地表面からのメタン放出も低下することがわかった。一方で夏期の降水量が平年並みの年には高温かつ高い地下水位が維持され、強還元

環境の下でメタン生成が活発化するため地表面からのメタン放出量が増大することが示された。

さらに、炭素安定同位体比の解析により、メタン生成の主要な起源である CO₂ 還元と酢酸発酵両過程の寄与の比は、夏期を除いてほぼ一定であることが示された。ただし、高温かつ高地下水位条件下の夏期には、通常に比べて酢酸発酵起源のメタン生成が増大することが多く、結果として土壌中のメタン蓄積及び地表面からのメタン放出が増大することが示された。

以上のように、本研究により、森林流域内部のメタン動態の時空間的変動は、土壌水分動態の変動や水移動経路とそこで滞留時間といった水文過程の変動と、さらにそれとともなって変動する生物地球化学的の反応によって支配されていることが明らかになった。

論文審査の結果の要旨

主要な温室効果ガスであるメタンは、高水分の嫌氣的土壌において生成され、乾燥した土壌において酸化されるため、一般に森林土壌はメタンの主要な吸収源となると考えられてきた。しかしながら、森林流域のメタン収支を評価する場合、流域に含まれる谷部や溪畔域を含む全域での水分環境の変動の影響にも留意しなければならない。本論文は、小流域内部の溪畔湿地と比較的乾燥したヒノキ林床部においてメタンフラックスの観測を行い、気象条件の季節変化や年毎の降水条件の違いがメタンの生成と酸化吸収に対して、どのような影響を及ぼしているかを明らかにしたものである。評価すべき点は以下のとおりである。

1. 溪畔湿地においては、高温期におけるメタン放出量の増加がヒノキ林床のメタン吸収速度の季節変化に比べて著しく大きく、流域全体の収支の観点からみると、夏期には、面積的に小さい湿地からの放出総量がそれ以外の林床での吸収総量を上回ることが明らかにされた。

2. ヒノキ林床におけるメタン吸収の季節変化には水分と温度の両条件が影響するが、高温条件下の土壌水分変化はメタンの吸収だけでなく生成にもかかわるため、夏期の湿潤条件が林床におけるメタン吸収量の増加を小さくする結果になると考えられた。これは、夏期に欧米では吸収が大きくなる既往の結果に対し、夏期湿潤なアジアモンスーン気候の特徴を反映する新しい知見である。

3. 溪畔湿地においては、高温期に強い還元環境が形成され、各種生物地球化学的の反応がかかわることによって、メタン生成が活発になることが示された。また、夏期における水文条件変動の影響として、平年並みの降水量の場合に高温かつ高い地下水位が維持され、強還元環境の下でメタン生成が活発化してその放出量が大きくなること、少雨の年には地下水面が低下し、土壌が表層から酸化的になることによってメタン放出量が平年並みの降水量の年よりも減少すること、多雨の年には斜面からの酸素を多く含んだ地中流が流入して地下部が比較的酸化的な環境になることによって、結果的に地表面からのメタン放出量がやはり小さくなることが明らかになった。この結果は、メタンの生成と酸化消費に対する水文過程の影響についての新たな見方を示したものと評価できる。

4. メタンは、主に CO₂ 還元と酢酸発酵の両過程により生成するが、炭素安定同位体比の解析によって、両者の寄与の分離を試みた結果、両者の寄与の比はほぼ一定であった。しかし、夏期には酢酸発酵起源のメタン生成が増大する場合がしばしばみられ、このことが夏期の土壌中のメタン蓄積や地表面からのメタン放出を増大させることが示された。

以上のように、本論文は森林流域内部のメタン生成と酸化消費が、温度・水文条件の変化にともなう生物地球化学的の反応によってコントロールされていることを詳しく説明したものであり、森林水文学、生物地球化学に寄与するばかりでなく、地球温暖化に対応した流域管理に基礎的知見を与えるものとして評価できる。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成19年2月13日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。