

(論文内容の要旨)

本論文は、日本における森林植生からの揮発性有機化合物(BVOC)放出量を実測するとともに放出特性をモデル化し、地域特性を反映したわが国のBVOCインベントリを構築するとともに、BVOCの対流圏オゾン生成への寄与を論じた結果をまとめたもので、5章からなっている。

第1章は序論で、揮発性有機化合物(VOC)が対流圏オゾンや有機エアロゾルなど二次生成物質の前駆体であり、光化学スモッグや気候変動に関与していることを述べている。次に、VOCには人為起源の揮発性有機化合物(AVOC)に加えて森林植生からのBVOCも存在し、その放出量はAVOCを凌ぎ、さらにAVOCよりも反応性が高いものが多く含まれているが、BVOC放出量の推定には不確定な要素が多く、特にアジアにおける研究が立ち遅れていることを述べている。本論文では、これら問題点の解決を目指し、日本における森林植生からのBVOC放出量を測定するとともに、BVOC放出特性のモデル化を行い、それらを基に精度の高いBVOC排出インベントリを新規に構築することで、森林植生から放出されるBVOCの対流圏オゾン生成への寄与率を定量的に推定することを目的としている。

第2章と第3章では、日本における主なBVOCであるイソプレンとモノテルペンの放出種を含み、かつ占有面積の多い植生群落を選定し、実際にそれらの群落におけるBVOC放出量を季節ごとに測定するとともに放出特性のモデル化を試みている。第2章では、日本を代表する針葉樹であるヒノキ・スギが主に放出するモノテルペンを対象に、滋賀県南部に位置するヒノキ人工林と京都市のスギ幼齢林で枝チェンバー法を用いて個葉からのモノテルペン放出速度を測定するとともに放出特性をモデル化した結果を述べている。すなわち、針葉樹のBVOC放出速度は葉温に強く依存していることが確認されたが、個体間や季節により異なる可能性が高く、モノテルペンの放出量推定精度の向上には実測例を数多く蓄積することの必要性を指摘している。

第3章では、日本の広葉樹林の中で最大の面積を占めるコナラ群落が主に放出するイソプレンを対象として、京都府南部に位置する温帯二次林で行ったリーフキューベツ法を用いたコナラ個葉からのイソプレン放出速度測定結果と、測定データを用いたイソプレン放出特性のモデル化とその結果について述べている。また、夏季における放出速度と放出モデル計算値との間に不一致がみられたために、パラメータ修正の必要性について言及している。次に、森林群落からの簡易渦集積(REA)法によるイソプレルフラックス測定の手法と結果について述べ、個葉からのBVOC放出量の測定結果を基に積み上げ法により推定したイソプレン放出量との比較を行っている。さらに、常緑広葉樹のBVOCとして、ウバメガシのモノテルペン放出について枝チェンバー法を用いて測定した結果を述べ、ウバメガシのモノテルペン放出特性が広葉樹のなかでも地中海沿岸部に自生するコナラ属と類似していること、また陽子移動反応質量分析計を利用して葉温と光を制御したリアルタイムVOC測定の結果から、広葉樹のBVOC放出の環境応答性について言及している。

第4章では、環境省第5回自然環境保全基礎調査の植生調査データ、アメダスデータから推定した1kmメッシュ毎の気象データ、及び第2章と3章の結果に基づいて、近畿地方における

BVOC(イソプレンとモノテルペン)の放出インベントリデータを構築し、既往の研究と比べて、その総量には大きな差はないが地域差が大きく、夏季における放出がより顕著になることを示している。また、 NO_x との反応による対流圏オゾン生成能の VOC 化学種別係数を用いて排出量を重み付けすることで、対流圏オゾン生成への BVOC の寄与を推定し、AVOC の寄与との比較の結果、少なくとも 6~9 月において、森林植生から放出された BVOC の対流圏オゾン生成への寄与が AVOC と同程度か凌ぐこと、その寄与は地域性が大きいことを明らかにした。また、近年、著しい松枯れによる大規模なアカマツ群落のコナラ群落への植生の変化を考慮した BVOC 放出量の推定を試み、森林植生の変化が放出する BVOC の構成にも大きな変化をもたらし、BVOC を前駆体とする二次物質生成にも大きな影響を与えることを明らかにした。さらに、気象庁の 2030-2050 年の温暖化予測データを用い、地球温暖化が BVOC 年間放出量に与える影響を評価し、冬季における気温上昇はほとんど影響を与えず、温暖化による BVOC 放出量の変動には夏季の気温上昇が重要であることを述べている。最後に法規制の強化により AVOC の排出量が今後、減少することは確実であり、従来の人為起源の VOC 排出のみを考慮した大気輸送化学モデルでは、全 VOC の対流圏オゾンや有機エアロゾルなどの二次物質形成への影響評価の信頼性が低下することを述べ、今後、さらに森林植生からの BVOC 放出の推定が重要になるとしている。

第 5 章は結論で、本研究で提案した実験手法、計測結果は、BVOC インベントリの構築、精度を評価する上で重要なデータを提供するものであり、個葉放出量からの積上法と REA 法などの直接測定法の同時計測による観測結果に基づく BVOC インベントリの高精度化を図る上で、今後の指針となると述べている。今後の課題として、針葉樹林においては BVOC 放出の個体差を把握することがインベントリの精度向上のために重要であり、更なる測定が必要であること、また、現在の放出モデルは非常に簡略化されたものであり、BVOC の放出理由や詳細なプロセスの解明を行うことで今後、放出モデルの高精度化の余地が大いにあるとしている。

氏 名

奥 村 智 憲

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、日本における森林植生からの揮発性有機化合物(BVOC)放出速度を実測、モデル化し、これに基づくBVOC放出インベントリの構築と、対流圏オゾン生成への寄与についての研究をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

第一に、主として日本の広葉樹林(コナラ)と針葉樹林(ヒノキ)において、BVOC(イソプレン、モノテルペン)放出量を実測することで、その季節、日変化、個体差を明らかにし、G93モデルに対する基礎放出速度、パラメータを求めた。その結果、基礎放出速度に海外データを利用することは推定値に大きな誤差を生じることを明らかにし、また、その放出量は個体間や季節により異なる可能性が高く、より多くの測定データを蓄積することで、インベントリの推定誤差の低減が可能になることを示した。

第二に、個葉の測定結果から積み上げた森林全体のBVOC放出量の推定には、広葉樹においては放出樹種が群落に占める割合、針葉樹においてはBVOC放出量の個体差が重要であることを明らかにした。さらに、広葉樹林において積み上げ法による森林全体のBVOC推定放出量と、タワーを用いたREA法による正味のBVOCフラックスとの間には約1~3割の差があったことから、葉から放出されたBVOCの森林内での分解や再吸収について観測する必要性を示した。

第三に、実測に基づくBVOC放出速度モデルと植生データ、気温と日射量推定モデルから、近畿地方におけるBVOCインベントリデータベースを構築し、NO_xとの反応による対流圏オゾン生成能のVOC化学種別係数を用いて排出量を重み付けし、人為起源の揮発性有機化合物(AVOC)排出量と比較した結果、少なくとも6~9月において、森林植生から放出されたBVOCの対流圏オゾン生成への寄与がAVOCと同程度または凌ぐこと、地域性が極めて大きいことを明らかにした。また、松枯れによる大規模な植生変化がBVOC放出量に及ぼす影響を推定した結果、森林植生の変化が二次物質生成に大きな影響を与えていることを示した。さらに、気象庁による2030-2050年の温暖化予測データを用い、地球温暖化がBVOC年間放出量に与える影響を評価し、冬季の気温上昇はほとんど影響を与えず、夏季の気温上昇が重要であることを明らかにした。

本論文は、わが国における森林植生からのBVOC排出速度を他に先駆けて測定し、また提案した実験手法は従来の問題点を改良し、その結果として新規かつ貴重なデータを提供している。さらに、既往研究にない精度の高いBVOCインベントリデータベースを構築している。今後、本研究の手法を応用することで、日本全国を対象としたBVOCインベントリの構築が可能となり、人為起源の揮発性有機化合物による対流圏オゾンや有機エアロゾル生成能の正確な評価が可能となることが期待される。

よって、本論文は博士(エネルギー科学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成21年2月25日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。