

機関番号：12605

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20510004

研究課題名 (和文) 森林生態系に対するガス状物質乾性沈着の多角的評価

研究課題名 (英文) Multiview analysis of gaseous dry deposition on forest ecosystems

研究代表者

原 宏 (HARA HIROSHI)

東京農工大学・農学部・教授

研究者番号：：60106226

研究成果の概要 (和文)：

本研究では丘陵地帯における森林の乾性沈着を解明するため、本研究では以下の4つの手法によって測定した。1) インフェレンシャル法、2) 林内雨-林外雨法、3) 葉洗浄法、そして、4) 模擬葉からの洗出し法である。

本研究では林内に着目し、オゾンおよび二酸化硫黄の濃度プロファイルを解析した。林内においても、インフェレンシャル法と類似したモデルによって乾性沈着を推定することができ、葉表面における状態で沈着様式が大きく影響していることが示された。

研究成果の概要 (英文)：

The present study used the following four methods to investigate the dry deposition in a rolling hill forest ecosystem. 1) Inferential method, 2) Forest through fall method, 3) foliar rinsing method and 4) surrogate leaf method.

The focus of this study was to clarify the concentration profile ozone and sulfuric acids inside the forest. A similar model as the inferential method can be applied to estimate the dry deposition also inside the forest. The condition of the leaf surface showed a high influence on the dry deposition.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：境界農学・環境農学

キーワード：乾性沈着、窒素酸化物、森林、林内雨-林外雨法、インフェレンシャル法、葉洗浄法、模擬葉、オゾン

1. 研究開始当初の背景

乾性沈着は大気中のガス状および粒子状物質が乱流拡散で地表に沈着するもので、降水を介する湿性沈着とならび、大気中の汚染物質と森林生態系など地表との相互作用を

考える上で重要である。湿性沈着のモニタリングが進み、沈着メカニズムの解明が進む中、乾性沈着の寄与が湿性沈着と同等、あるいはそれ以上あることが長年見落とされてきた。乾性沈着の測定は難しく、乾性沈着のモニタ

リングに適した標準的評価方法は大気系と森林系の各研究分野でそれぞれに模索がされているが、両方の分野を満足させる標準的な方法の開発には未だ至ってはいない。特に森林生態系での乾性沈着の大部分は葉への直接沈着と考えられているが、樹木の葉は、その形態、表面積、季節による生理などが複雑であり、乾性沈着の受容体としては注意深い取り扱いが必要である。予備試験として行ってきた結果では、広葉樹であるコナラと針葉樹であるスギの間で沈着量は大きく異なり、採取前の降水量によっても大きく影響されていることが指摘されている。また、大気中でのガス-エアロゾル間の解離平衡が温度と湿度の両方に依存するなど、その物理化学も複雑である。これらの問題点を明らかにし実用的な方法を開発するためには、大気系、森林系それぞれでよく使われている方法を、実際の森林で大気系と生態系、両方の研究者が、それらの方法を協同して多角的に検討・評価し、問題点の改良等を行うことが必要である。

2. 研究の目的

本研究では、乾性沈着を以下の4つの手法によって測定する。1) 大気系の方法である推定法(インフェレンシャル法)、2) 森林生態系の方法である林内雨-林外雨法、3) コナラの実葉からの洗出し法、そして、4) 実葉に対する代理表面としての模擬葉からの洗出し法である。1)の特徴は広域における平均的な沈着量を推定できることである。大気におけるアンモニア、硝酸、亜硝酸、窒素酸化物、二酸化硫黄および粒子状成分濃度をフィルターパック法およびパッシブ法で測定し、その結果を沈着過程における抵抗を考慮するモデルに当てはめることによって沈着量を推定する。2)の林内雨-林外雨法は、林内の雨から林外の雨を差し引くことによって、森林の樹幹において沈着した物質量を測定する方法であり、1)よりは小面積であるが、面的な広がりを有する森林における沈着量の推定に用いられている。3)および4)は、葉あるいは代理表面に沈着した物質を蒸留水で洗うことによって行われる。3)では実際の葉に付く沈着が、4)では葉からの吸収放出を除いた構造による沈着の影響が解析できる。3)および4)は最も直接的な沈着量の推定であり、1)および2)の手法において、説明しきれない葉の表面の形状、構造の影響を知ることができる。その反面、面的な評価が難しく、樹木の葉面積指数の変動、樹幹構造との関係によって沈着量を推定する必要がある。以上のように、乾性沈着の測定手法にはそれぞれ長所短所が存在し、それぞれの方法による沈着量の年間変動、乾燥期間長などを解析する必要がある。各種沈着物質によってもその影響は異なると考えら

れ、手法および沈着物質の差異の定量的評価と原因の考察を行ない、沈着量の推定手法を評価し、改良することを目的とする。

3. 研究の方法

研究対象地は東京農工大附属のフィールド研究施設である12.6haの里山、FM多摩丘陵(東京都八王子市)であった。敷地内に2009年に30Mの観測タワーが建設され、キャノピーないから樹幹上部にわたって測定をすることが可能となった。この観測タワーに気象要素測定のためのセンサーとフィルターパック法、パッシブ法、および模擬葉のそれぞれを高度別に設置し、観測を行った。フィルターパックの1段目および2段目はインパクターを取り付けた。インパクターによって、粒径 $10\mu\text{m}$ 以上、 $2.5\text{--}10\mu\text{m}$ の粒子を分けた。3段目にはSO₂捕集用のアルカリ含浸濾紙を設置した。測定は2010年7月の無降雨期間に行った。設置高度は6、10、14および20mの4高度であった。実葉についてはタワー近傍の樹木を6、10、14および20m高さで採取し表面を洗浄することによって得られた採取水について各種イオンの測定を行った。

4. 研究成果

森林の地上高18.00mにおけるオゾン濃度は、秋・冬に低く、春・夏に高かった。3月から5月に濃度のピークが見られ、6月に再度、濃度上昇の傾向が見られた。春季の極大は、バックグラウンドのオゾン濃度の季節変化を反映しており、夏季の濃度の上昇傾向は、都市型のオゾン濃度の季節変化を反映していると推測された。森林の地上高0.05mにおけるオゾン濃度は、5月に最高値を取る一方で、6月に最低値を取った。地上高18.00mと0.05mでの濃度差は春・夏に大きく、秋・冬に小さかった。タワー頂上から地上高0.05mまでのオゾン濃度の鉛直分布は、季節を通じて二つの共通点を持っていた。一つは、頂上から地表面付近に向かって高度が下がるにつれて濃度が減衰するパターンを示していたこと。もう一つは、地上高約1.00m以下での濃度減衰が急激であったことである。

本研究のプロファイルでは、枝下部での濃度の極大が明確に見られなかった。各部分ごとに、プロファイルの傾きの時系列変化を調べた(図1)。この傾きが、小さいほど部分内における濃度減衰が急激であること示す。どの部分の傾きも11~1月が大きく、4~6月が小さかった。2009年10月に下の部分と中間部分の傾きが同レベルになっていた。これは、タワーの建設により林床付近の植生や土壌がかく乱されたためであると推察される。

葉の層は、傾きとLAIが相関をもっていた。LAIが大きくなるほど傾きが小さくなった。これは、LAIが大きくなるほど、この層でのオゾン濃度減衰が急激になることを意味し

ている。LAI は葉の量を示すので、オゾンの沈着場としての葉が増えると、オゾン濃度減衰を急激にする効果があると示唆された。

次に、下草と土壌の層についてである。下草は、葉の層と同様に下草が冬から春・夏にかけて成長したと関係があると考えられた。

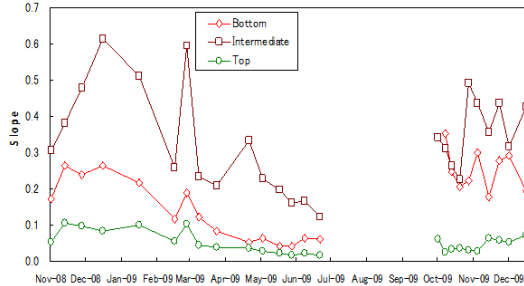


図1 プロファイルの傾きの時系列変化

オゾンと同様、SO₂ ガスも、頂上から地表面付近に向かって高度が下がるにつれて濃度が減衰するパターンを示し、地上高約 1.00 m 以下での濃度減衰が急激でした (図2)。測定期間を通して、傾向に変化は見られなかった。

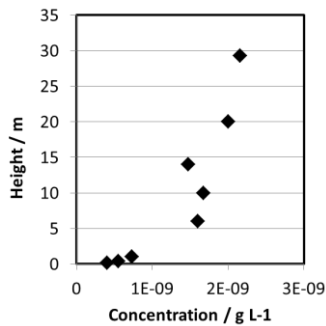


図2 2010年7月8日におけるSO₂ガスの高度プロファイル

葉表面への沈着は無降雨期間開始から終了にかけて増加する傾向があったが、明確ではなく、期間ごとで開始時の沈着濃度が大きく異なった。単位面積、時間当たりの実葉沈着量フラックスは、各高度における相対湿度とどの高度においても正の相関を示した。一方、模擬葉への沈着量フラックスは相対湿度とは関係性は見られず、大気中の二酸化硫黄ガス濃度と正の相関が認められた (図3)。乾きやすく、代謝機能により表面の状態が変化する葉は、相対湿度により湿性な環境条件により沈着が増加すると考えられた。一方、模擬葉の素材はセルロースで代謝機能もなく、湿りやすく湿った状態を維持しやすいものであったため、二酸化硫黄ガスの存在量そのものが沈着量に影響したと考えられた。葉表面への沈着

には、表面状態の濡れ程度および二酸化硫黄ガス濃度が大きく影響していることが明らかになった。

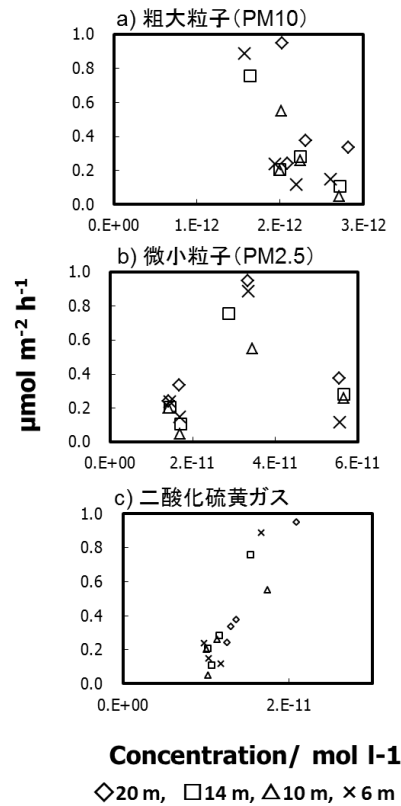


図3 代理表面への沈着フラックスと大気中の a) 粗大 SO₂-粒子 b) 微小 SO₂-粒子および c) 二酸化硫黄ガス濃度の関係

本研究では、特に林内におけるオゾンおよび二酸化硫黄に着目し濃度プロファイルを異なる方法に基づき解析した。インファレンシャル法において想定されている森林を1つの層としてとらえる” Big Leaf モデル” を林内に応用するには、林内の複雑な微気象条件を加味する必要があるが、濃度プロファイルはキャノピー上と同様に表面での減少傾向を示したため、不確実性を加味したうえで推定値を示すうえではインファレンシャル法は有効であると示された。葉洗浄法、模擬葉の結果は葉表面における状態で沈着様式が大きく影響していることが示された。これらの方法を組み合わせることで、林内の乾性沈着は今後より明確に把握できると期待される。

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 2 件)

1. Morino Y., T. Ohara, J. Kurokawa, M. Kuribayashi, I. Uno, and H. Hara (2011) Temporal variations of nitrogen wet deposition across Japan from 1989 to 2008. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 116, D06307, doi:10.1029/2010J015205, 2011. (査読あり)
2. Kimura S.D., Saito M., Hara H. Y. H. Xu and Okazaki M. 2009: Comparison of Nitrogen Dry Deposition on Cedar and Oak Leaves in the Tama Hills using foliar rinsing method. *Water, Air & Soil Pollution* 202, 369-377 (査読あり)

[学会発表] (計 8 件)

1. Hara H. (2011) Behavior of particulate sulfate dry deposition to foliages and surrogate surfaces in a forest canopy. Acid Rain 2011. Beijing, China
2. 原 宏 (2011) 講演「エアロゾル：ミクロとマクロの出会いとところ」第 34 回酸性雨問題研究会シンポジウム。2011 年 5 月 21 日東京農工大学府中キャンパス
3. 木村祐紀, 毛利武史, 大原 信, 高橋章, 吉田智弘, 野口泉, 木村園子ドロテア, 原 宏 (2010) 森林内におけるオゾン濃度の昼夜別鉛直プロファイル, 第 51 回大気環境学会年会講演要旨集, p. 521 大阪大学 2010.9.8~10
4. 太田将伍・木村 園子ドロテア・木村祐紀・原 宏(2010) 多摩丘陵における林内の植生に対する乾性沈着. 日本土壌肥料学会 札幌 2010 年 9 月 7-10 日 要旨集
5. Ota S., Kimura S.D. and Hara H. (2010) Vertical profiles of particulate sulfate dry deposition for a forest canopy at FM Tamakyuryo The 11th International Symposium for Environmental Issues in Korea and Japan, August 9-10,, 2010, Kyung Hee University, Korea

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

該当なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

原 宏
東京農工大学・農学部・教授
研究者番号：60106226

(2) 研究分担者

木村 園子ドロテア
東京農工大学大学院農学研究院・准教授
研究者番号：60397015

(3) 研究分担者

野口 泉
北海道環境科学研究センター・
環境科学科・主任研究員
研究者番号：10442617