

## 【学位論文審査の要旨】

本研究では、植物によるオゾン吸収という観点から、森林とオゾンの相互作用について明らかにすることを目的とした。森林とオゾンの相互作用は多岐にわたるが、本研究では、森林がオゾンを吸収することによって受ける育成阻害リスクとオゾン吸収による大気中オゾンの除去量についての評価を行った。研究対象地域は関東地方とした。本研究で得られた成果は以下の通りである。

第1章での先行研究を踏まえた本研究の意義付けの後、第2章では、気温や降水量が平年値に近かった2009年暖候期を対象として、化学輸送モデルを用いた数値シミュレーションを行った。そして、得られた結果をもとに、気孔を通じた積算オゾン吸収量（POD）を算出し、森林がオゾンを吸収することで受けるリスクの評価を行った。その結果、2009年の関東地方におけるPODの値は17~28 mmol/km<sup>2</sup>となった。この値を欧州の樹木を対象にした基準値（4 mmol/km<sup>2</sup>）と比較すると全域で超過しており、関東地方の森林はオゾンによるダメージを受けやすいことが示唆された。またPODが周囲と比較して極端に高くなる場所が各地に存在することも明らかになった。具体的には、森林衰退が確認されている丹沢山地や函南原生林、赤城山や天城山において非常に高いPODが示され、森林衰退の報告がない足尾山地や多賀山地においても比較的高いPODが見られた。これらの地域ではオゾンによる可視被害はなくても光合成速度の低下などの影響が出ている可能性がある。森林衰退が指摘されている奥日光や奥秩父ではPODは比較的低かったが、これはオゾンを最も吸収しやすい日中のオゾン濃度が低かったためであり、オゾン以外の要因が森林衰退を引き起こしている可能性がある。

第3章では、気象要素が植物のPODに与える影響について調べるために、2000~2009年の7・8月を対象に数値シミュレーションを行った。そして得られた20ヶ月分のデータをクラスター分析にかけ、気象特性の異なる3つのクラスターに分類した。そのクラスター毎に気象要素がPODに与える影響について調べた結果、クラスター1（高温乾燥）ではPODは山岳域で高く、気温と大気飽差がPODに大きな影響を与えていた。一方、クラスター3（低温湿潤）では比較的低地に近い場所でPODは高く、オゾン濃度と日射量がPODに影響を及ぼしていることが明らかになった。以上のように、気象特性の違いによりPODの分布が大きく変化するため、PODによるリスクアセスメントは複数年のデータを用いて行うことで、より正確な評価が可能になることが示された。またPODと気象特性、標高の関係について調べたところ、クラスター1ではPODと標高は正の相関があるのに対し、クラスター3では両者には負の相関があった。これは標高に対するオゾン濃度と気孔コンダクタンスの変化率のバランスによって生じていると考えられる。さらに標高に対する気孔コンダクタンスの変化をもたらしているのは気温と大気飽差であり、クラスター1では低地において、両者が気孔コンダクタンスを大きく抑制していることがわかった。

第4章では森林によるオゾン吸収に伴う大気中のオゾン除去量を推定した。土地被覆と葉面積指数のデータを用いて葉面積を算出し、3章のシミュレーション結果を使って物質の

乾燥沈着過程にもとづきオゾン除去量を算出した。その結果、2000～2009年の7・8月において関東地方では平均除去量は46,100 tとなった。また、関東地方における単位面積あたりのオゾンの除去量はアメリカの各州を対象に推定されたものよりも大きいことが示された。2・3章の結果から、関東地方は森林がオゾンを吸収しやすい大気環境であり、それが大きなオゾン除去量をもたらしていると考えられた。さらに、オゾン除去量を大気境界層内のオゾン量と比較したところ、関東地方では1時間あたり1.1～3.1%となり、これも先行研究より大きな値となった。以上の結果から、関東地方の森林は大気質の改善に大きく寄与していることが示唆された。第5章では本研究で得られた研究をまとめ、今後の課題を提示した。

このように本論文では、(1) 関東地方では、モデル上はオゾン吸収量が多い（少ない）にも関わらず実際には森林衰退がみられない（みられる）地域があり、現実には生じている森林衰退の原因に関する知見が得られた。また、(2) オゾン吸収量に影響を与える気象要素は、高温乾燥、低温湿潤といった気象の年々変動によって変化するため、複数年を対象とした分析が必要であることが示された。さらに、(3) 関東地方におけるオゾン吸収量および除去量は欧米に比べて圧倒的に多く、森林はダメージを受けるとともに大気質の改善に寄与していることが示唆された。日本においてはこのような森林のリスクアセスメント自体がまだ少なく、本研究の成果は日本における森林保全の一助になりうる。そのため、本論文は博士（理学）の学位を与えるのに十分な内容を包含しているものと判断した。