

学位論文審査の結果の要旨

氏名	齋藤 正彦
審査委員	主査 河野 公栄 副査 松枝 直人 副査 松村 伸二 副査 森 牧人 副査 高橋 真

論文名 丹沢山地におけるオゾンの汚染メカニズムと樹木への影響に関する研究

審査結果の要旨

本論文は、神奈川県丹沢山地におけるオゾン(O₃)の動態解明と森林生態への影響把握に取り組んだものである。神奈川県の丹沢山地は、都市域に隣接する植生の豊かな山岳公園として丹沢大山国定公園と神奈川県立丹沢大山自然公園に指定されているが、1980年頃からブナの立ち枯れが多く見られるようになり、ブナ林衰退の原因調査が行われた。その結果、O₃がブナ林衰退の原因の一つであると考えられている。しかし、丹沢山地全域でのO₃の汚染メカニズム及び樹木へのO₃の影響についても明らかにされていない。そこで本研究では、数値モデルを活用して、丹沢山地のO₃の汚染メカニズムを解明し、樹木へのO₃の影響を明らかにすることを目的とした。

研究の方法としては、気象モデルを用いて、立体的な風向風速、温度、湿度などの気象要素をコンピュータ・シミュレーションにより求めた。ここで用いた気象モデルは、第5世代PSU/NCARメソスケールモデル(Fifth-Generation PSU/NCAR Mesoscale Model : MM5 Ver.3.7)である。研究対象域の緯度経度や標高、土地利用、初期条件や境界条件の気象データを入力することにより温度湿度、風向風速などの気象要素を立体的に計算することができる。さらに大気質モデルを用いて、立体的なO₃濃度やO₃を生成する前駆物質(窒素酸化物NO_xと非メタン炭化水素NMVOC)、二酸化イオウSO₂、一酸化炭素COなど77種類の化学種の大気中濃度をコンピュータ・シミュレーションにより求めた。ここで用いた大気質モデルは、領域大気質汚染モデル(Community Multiscale Air Quality : CMAQ Ver.4.7.1)である。計算領域は気象モデルMM5とほぼ同じ領域を設定している。水平・鉛直方向の格子間隔や計算期間は気象モデルMM5と同じに設定している。モデルの活用にあたっては研究対象領域の入力パラメーターや大気汚染発生源情報を用いた。具体的には、本州域と関東域については国土地理院3次メッシュの全国排出量データを用いた。化学種(汚染質)としては、SO₂、NO_x、アンモニアNH₃、CO、粒子状物質(10 μm以下)PM₁₀、粒子状物質(2.5 μm以下)PM_{2.5}、NMVOCについて検討した。このうちSO₂、NO_xの発生源としては、発電所などの大規模燃焼発生源、一般家庭などの小規模燃焼発生源、その他、自動車などの移動発生源など、そのほかに塗装・印刷などのNMVOC発生源、アンモニア発生源など、カテゴリー毎に区分、整理した発生源からの排出量データを用いた。

次に観測データに基づき、丹沢山地の地上と上層の気象場の特徴を解析した。その結果、丹沢山地(犬越路局)における O_3 高濃度日の地上の風向風速は、早朝では風速は弱く、昼にかけて徐々に風速は増し、午後には南寄り 4 m/s 程度に達するが、夜間には再び弱まるという特徴があることを明らかにした。丹沢山地山麓の海老名局などでの地上風向風速の観測結果やゾンデ観測から得られた鉛直方向の温位、比湿、風向風速の観測データとモデル計算結果が良く一致することから、気象モデルを丹沢山地へ適用できることを明らかにした。さらに O_3 高濃度日における丹沢山地での風ベクトルから、丹沢山地では平野で発生した大規模海風の影響は大きく受けていないことを明らかにした。しかし、丹沢山地の麓と相模湾との間で規模の小さな海風が発生しており、この海風は丹沢山地の斜面上昇流とともに、地上の汚染質が山頂方面へ輸送されていることが明らかになった。さらに O_3 ゾンデを用いて観測データを収集し、丹沢山地とその周辺の地上と上層の O_3 濃度を解析した。その結果、 O_3 高濃度日における水平 O_3 濃度分布より、東京湾の西側に出現した高濃度 O_3 気塊は大規模海風により内陸へ輸送され、この高濃度 O_3 気塊の一部が丹沢山地へ影響していることを明らかにした。丹沢山地の麓で実施された O_3 ゾンデ観測より、丹沢山地の山頂付近の約高度 1500 m では、地上 O_3 濃度より高いことを明らかにした。さらに地上 O_3 濃度測定結果や O_3 ゾンデ観測結果を詳細に検討し、 O_3 の平面的、立体的な挙動がモデルにより再現出来ることを検証した。次に、丹沢山地の O_3 濃度が、どのような理由で上昇するのかをプロセス解析の手法を用いて検討した。 O_3 の濃度変化のプロセス解析において、 O_3 濃度の時刻変化を移流、拡散、化学反応、乾燥沈着の変化量に分けて解析し、 O_3 濃度の日変化の内訳について検討した。犬越路局では O_3 濃度の日変化が市街地に比べ小さい理由を解析した結果、①近くに O_3 を生成する発生源がなく、日中に化学反応による O_3 生成が少ないこと、②乾性沈着による O_3 濃度の減少が日中に大きいこと、③夜間では移流、拡散、化学反応、乾燥沈着ともに少なく、 O_3 濃度が変化する要素がなく夕方の O_3 濃度が継続することを解析結果として得た。さらに、このような過程で丹沢山地にもたらされた光化学オゾンが森林生態系に及ぼす影響を定量的に評価するために、ブナ林へのオゾンの暴露量やブナ樹木の気孔からの取り込み量に関する検討を行った。その結果、丹沢山地全域について O_3 曝露量と O_3 の取込み量に関して、両方ともに影響する閾値であるクリティカルレベルを超えており、ブナ樹木への成長阻害の影響が大きいことが明らかになった。また、標高と O_3 の取込み量との関係について検討した結果、 O_3 の取込み量は直線的に増加し、標高約 800 m 以上ではほぼ一定の値(約 28 mmol/m^2)になることを示し、標高が高いほど O_3 の取込み量が多いというモデル計算結果と標高が高いほどブナ林の衰退が深刻な傾向にあるという目視観察結果が一致することを明らかにした。これらの一連の研究により、丹沢山地周辺の都市域における産業活動などによって直接的にあるいは二次的に生成した O_3 が丹沢山地頂上付近におけるブナ林の立ち枯れを引き起こしている原因物質であることが、データ解析、観測、並びにモデル解析などによって初めて明らかにされた。

以上、本研究により、山岳地域の樹木への O_3 の影響を数値モデルにより解析できることが示唆された。本解析手法は O_3 の影響が懸念されている山岳地域の森林衰退の影響評価に有効であり、森林の保全に貢献することが期待される。

本学位論文の公開審査会は平成 26 年 8 月 2 日に香川大学農学部で実施され、口頭発表と質疑応答が行われた。続いて学位論文審査委員会を開催して本学位論文の内容を審査した。その結果、本学位論文の内容は、農学(大気環境科学、環境化学、森林科学)、理学(気象学)、工学(都市環境工学)などのさまざまな学問分野・領域にまたがる境界領域分野に属する研究であることから、審査委員全員一致して、博士(学術)の学位を授与するに値するものと判定した。