

38. AOT40(Ox)を指標とした関東地方のスギ衰退の GIS 解析

GIS analysis of *Cryptomeria japonica* tree decline in the Kanto plains using AOT40.

石井 孝*・松村秀幸*・速水 洋*・河野吉久*

Takashi ISHII, Hideyuki MATSUMURA, Hiroshi HAYAMI, Yoshihisa KOHNO

ABSTRACT; Europe has already established tentative critical levels of air pollutants based on the dose responses, however, not yet in the Asia. The critical levels are becoming needed for evaluating plant responses to air pollutants in the East Asia. Current ozone level has the potential adverse impact to plants. On the other hand, Forestry Agency in Japan carried out forest health monitoring survey. However, the relation with air pollutants is not clarified. This study analyzed observation data by using GIS to evaluate the relationship between air pollutants and decline, quantitatively and visually. Study areas are Sugi (*Cryptomeria japonica* D.Don) forests in the Kanto plains, where many surveys and reports have been done. Geostatistical analysis (kriging method) was applied for making oxidant based AOT40(Ox) map in the forest monitoring period of Forestry Agency. The distribution and range of AOT40(Ox) were compared with daytime and nighttime, and different monitoring period. Furthermore, AOT40(Ox) values were extracted and analyzed at each monitoring point, to examine the relationship between the mean decline index and climate normals (ATP, Precipitation index) or land use (e.g. forest rate).

KEYWORDS; Air pollutant, Forest decline, Ozone, GIS, Sugi (*Cryptomeria japonica* D.Don)

1 はじめに

欧州では、AOT40(Accumulated exposure Over a Threshold of 40 ppb)に代表されるオゾン濃度反応(ドース・レスポンス)を基本にしたクリティカルレベルの暫定値が提案されており、東アジア圏でも酸性・酸化性物質の植生影響評価のために、クリティカルレベルの暫定値構築が必要となっている。わが国では、窒素酸化物濃度の環境基準達成率が改善されない状況にあり、現状レベルのオゾンでも植生に対して潜在的な脅威となっている可能性が指摘されている。一方、林野庁の酸性雨等森林衰退モニタリング調査で樹木の衰退要因の検討がなされているが、大気質との関係は未解明な点がある。

当所では、オゾンの植生に対する影響を防止・軽減することを目標に、植物の種の感受性を考慮した酸性・酸化性物質のクリティカルレベルの暫定値を構築・提案する研究をしている。大気質と衰退との関連性を定量的に評価するためには、大気質濃度のマッピングが不可欠であるため、地理情報システム(GIS)を用いた解析を実施している。GIS データとして、大気質濃度のほか、植生、土地利用、林野庁の森林衰退モニタリング結果などを格納した。

本研究は、GIS 解析のテストケースとして、これまでに多くの調査・検討がなされている関東地方のスギ林を対象とした解析を実施したものである。AOT40 は、40ppb を越えた O₃ のドウス(濃度×時間)のことで、ポチャナートら(2001)は、関東の広い範囲で AOT40 が 10000ppb・hr を超えており、人口密集地より群馬県などで増加していることを指摘している。また、大原ら(1995,2003)は、関東地域などの光化学オキシダント(Ox)濃度を長期解析し、Ox の高濃度発生時刻が経年的に遅くなるとともに、発生源から離れた地域で高濃度が発生しやすくなっていることを報告している。

* (財)電力中央研究所環境科学研究所 Environmental Science Research Laboratory, Central Research Institute of Electric Power Industry, Abiko 1646, Abiko-shi, Chiba-ken, Japan 270-1194.

2 方法

2.1 基本資料の収集

表 1 に示す大気、植生、森林衰退、気象、および土地利用データなどの基本資料を収集し、GIS ヘデータを格納した。気候値メッシュファイルは、気象庁が 1971 年～2000 年の 30 年間の観測値について平年値を約 1km² メッシュで算出したものである。標高、土地利用は、国土交通省作成の国土数値情報である。環境省・自然環境保全調査結果(植生メッシュファイル)は、現存植生図の内容を約 1km² メッシュで数値化したもので、林野庁・酸性雨等森林被害モニタリングデータは、1990 年から全国 1134 ヶ所で調査した森林衰退などに関するデータである。環境庁・大気環境モニタリングデータは、国や都道府県が設置する大気環境監視測定局の測定結果である。このほか、地質、土壤、境界、水系、人口集中地区、交通網などの国土数値情報を GIS 化した。

表 1 収集した基本資料の一部

データ名	抽出項目、算出項目、または集約区分名	区分数	作成機関	作成年度
気候値メッシュファイル	平均気温、最高気温、最低気温、降水量、最深積雪深、暖候期降水量、雨量係数、暖かさの指数、寒さの指数		気象庁	1971～2000
標高	1kmメッシュ標高		国土交通省	
土地利用(1/10 細分区分画 KS202-1)	森林、水田、畑地、茶・果樹、荒れ地、都市、その他	7	国土交通省	1989
自然環境保全調査(植生メッシュファイル)	常緑針葉樹、常緑広葉樹、落葉針葉樹、落葉広葉樹、草地(ササ・竹林)、スギ・ヒノキ植林、マツ植林、畑地、水田、水域、その他	11	環境省	1983～1987, 1988～1992, 1993～1997
	寒帯・高山帯植生、亜寒帯・亜高山帯自然植生、亜寒帯・亜高山帯代償植生、ブナクラス域自然植生、ブナクラス域代償植生、ヤブツバキクラス域自然植生、ヤブツバキクラス域代償植生、河辺・湿原・沼沢地・砂丘植生、植林地・耕作地植生、その他	10		
	自然度コード	10		
酸性雨等森林被害モニタリングデータ	森林の概況調査、毎木・植生調査、地上部衰退度調査、土壌調査、地下部調査、指定時期の降雨の分析等		林野庁	1990～1998
大気環境モニタリングデータ(年間値・月間値)	11種類の大気汚染物質(二酸化硫黄、一酸化窒素、二酸化窒素、窒素酸化物、一酸化炭素、光化学オキシダント、非メタン炭化水素、メタン、全炭化水素、浮遊粒子状物質、浮遊粉じん)		環境省	1970～2001
大気環境モニタリングデータ(時間値)	11種類の大気汚染物質(二酸化硫黄、一酸化窒素、二酸化窒素、窒素酸化物、一酸化炭素、光化学オキシダント、非メタン炭化水素、メタン、全炭化水素、浮遊粒子状物質、浮遊粉じん)		東京、千葉、埼玉、茨城、栃木、群馬	1997～2001

2.2 月間値集計データを用いた光化学オキシダントベースの AOT40 の推定

AOT40 の算定に必要な時間値データは 19 都府県分しか閲覧・入手可能でないため、月間値集計データを用いた AOT40 の推定手法を開発することにした。AOT40 は、ドウス(濃度×時間)であるため、一定の閾値を超えた時間数と相関関係があると考えられ、O₃ の代わりに光化学オキシダント(Ox)を使用した場合にも同様であると推測される。一方、Ox の月間値集計には、一定の 1 時間値(0.06ppm、0.12 ppm)を超えた時間数が整理されている。ここで、昼間とは 5 時から 20 時までの 15 時間である。そこで、超過時間数と時間値データから算出した AOT40(Ox)との関係を定式化して、時間値データの無い地域でも適用可能な AOT40(Ox)算出手法を考案した。

2.3 AOT40(OX)のマッピング

地球統計学とは、空間的に相関性のあるデータに関する統計学のことで、従来の統計学では、平面上あるいは空間内の各測点で得られたデータは互いに独立であるとみなされ、データの位置までは考慮されていなかったのに対し、地球統計学では、データ値のみでなくデータ点の位置、データ間の距離・方向が考慮されるのが大きな特徴である。また、地球統計学では実データの分布傾向に基づきモデリングするため、高精度のサーフェスが推定できる。今回、補間法として用いたクリギング (Kriging) 法は、データ間の距離に依存した分散に基づいて各データに重みを与え、加重平均を行うことで任意の位置でのデータ値を推定するもので、推定結果の精度評価や任意の閾値に対する超過確率を算出することも可能である。(ESRI-Japan, 2001)

3 結果と考察

3.1 月間値集計データを用いた AOT40(OX)推定

月間値集計データの超過時間数と時間値データから算出した AOT40(OX)との関係を、図 1 に示す。ここで、超過時間数は、4 月～9 月における 0.06ppm を超えた時間数と 0.12ppm 以上の時間数の和である。図を見ると、400 時間程度まで過小推定となる問題点はあるが、決定係数も高く、単純な推定方法の割には良好な結果となった。ただし、超過時間数は昼間 15 時間で整理されているのに対し、AOT40(OX)は日中 12 時間で算出されている点に注意が必要であり、日本版 AOT40(OX)の定義を 15 時間とすれば推定精度は向上すると思われる。

3.2 AOT40(OX)のマッピング

図 2 と図 3 は、時間値データを用いた関東地方の日中および夜間の AOT40(OX)算出結果である。夜間の濃度値が正規分布しておらず、kriging 法の適用条件を満たさなかったため、逆距離補完法(IDW)で図化した。図より、日中と夜間で AOT40(OX)の分布・レンジが大きく異なることが分かる。次に、kriging 法を用いて、酸性雨等森林被害モニタリングの調査時期(第1期, 第2期)に相当する 5 年平均 AOT40(OX)分布図を作成した(図 4,5)。図より、全体的な分布傾向に大きな変化はないものの、ドース値が上昇したエリアが拡大しており、前橋周辺で 25000ppb・hr を超える分布域が出現したことが分かる。このような傾向は、大原ら(1995,2003)やポチャナートら(2001)の指摘と一致する。なお、図中の・プロットが大気観測点、+プロットが森林衰退モニタリング地点である。

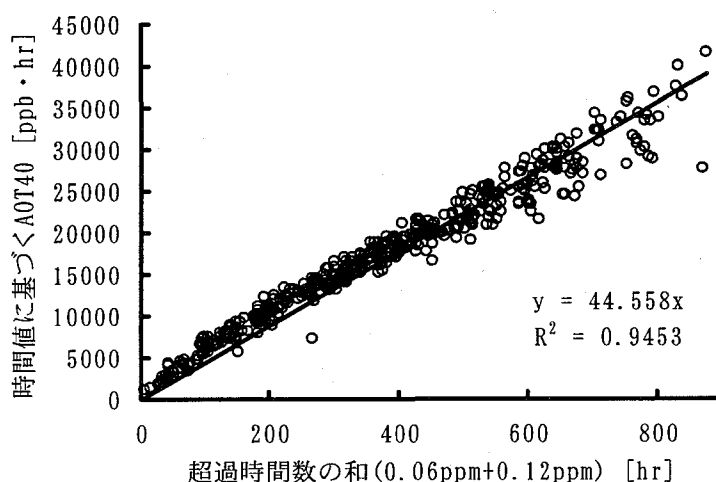


図 1 時間値から算出した AOT40(OX)と超過時間数との関係

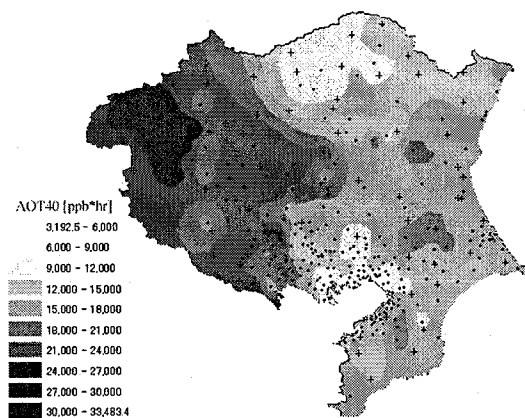


図2 関東地方・日中12時間のAOT40
(1997年～2001年の5年平均)

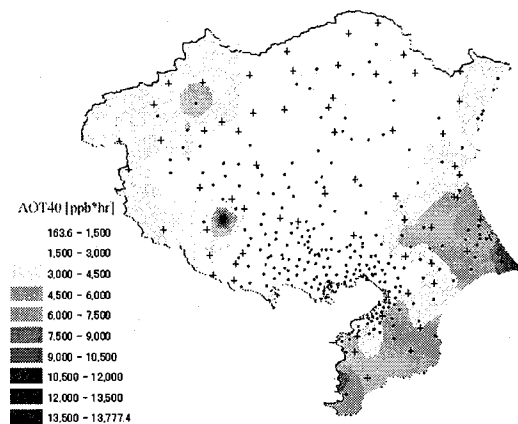


図3 関東地方・夜間12時間のAOT40
(1997年～2001年の5年平均)

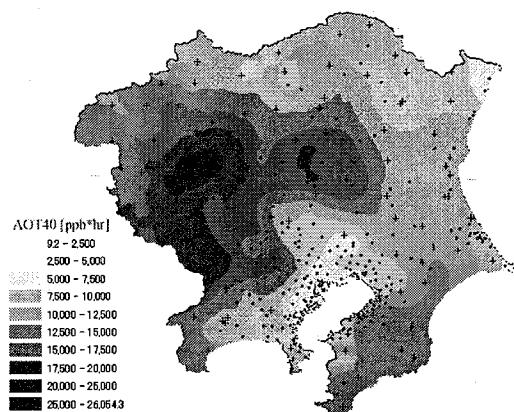


図4 関東地方の5年平均AOT40
(1990年～1994年の5年平均)

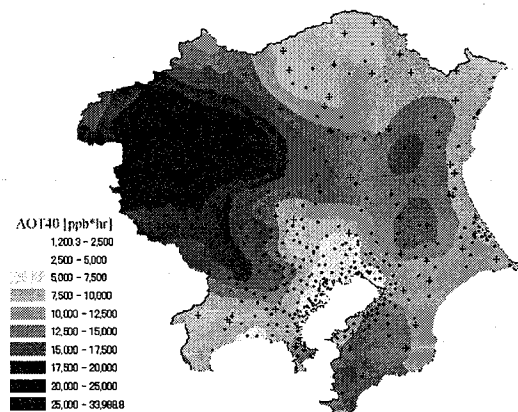


図5 関東地方の5年平均AOT40
(1995年～1999年の5年平均)

3.3 GIS解析による関東地方のスギ衰退と大気質などとの関連性評価

関東地方のスギ林の衰退現象については、これまでに多くの調査・検討がなされている。高橋ら(1987,1991)は、スギの衰退分布と大気二次汚染物質、暖候期の降雨量との関係について検討し、オキシダント指標(OxI)が高く、暖候期の降雨量(ATP)が少ない地域でスギの衰退が進行して、激害・中害地が多く分布することが明らかにされている。また、真下(1983)は、雨量係数が100～110を下回る地域ではスギの生育が不良であると報告しており、松本ら(1992,2002)は高温ストレスと水分(乾燥)ストレスが都市域のスギの衰退要因であるとしている。

本調査では、図4,5の林野庁モニタリング地点(+印)のAOT40値をGISソフトで抽出し、GISデータベース上の気候値データや土地利用データなどを加味した検討を行った。図6,7が関東地方のスギ衰退と5年平均AOT40値との関係を示したもので、いずれも横軸がAOT40、図中のプロット(バブル)の大きさがスギの平均衰退度を表している。スギの平均衰退度の最大値は、第1期1.20、第2期1.65である。

縦軸がATP(暖候期降水量)の図を見ると、AOT40が同じレベルのプロットではATP値が小さいほど、平均衰退度が大きい傾向が見られる。ここで、ATPはAOT40の算出期間と合わせ4月から9月の降水量である。同様の傾向は、縦軸が雨量係数の場合にも見られ、ATPが900mm以下、雨量係数が110以下で衰退が多く見られる傾向がある。これらは、高橋ら(1987,1991)や真下(1983)の指摘とも一致する。

縦軸が森林面積率の場合にも同様の傾向が表れている。ここで、森林面積率は、国土数値情報の土地利用データ(100mメッシュごとの土地利用)から1kmメッシュ内での森林面積率を算出した結果である。つまり、森林面積率が

低い地域は、都市域の孤立林などにあたる可能性があり、高橋ら(1991)の「林分内では突出木、孤立木など気流中の汚染物質を捕捉しやすい木」に被害が出やすいという指摘や、伊藤ら(2002)が「踏圧のため、表層が局所的に堅密化する」傾向の強い場所である可能性も考えられる。縦軸に標高、林齢、密度などをとった場合、あまり顕著な傾向はないが、調査林分が低標高地の 30~50 年生程度のスギ林に衰退の多いことが分かる。林野庁の酸性雨等森林被害モニタリングデータには、衰退度のほか、土壌化学性、地下部、降雨の分析なども含まれており、今後それらとの関係を総合的に調べる必要があろう。

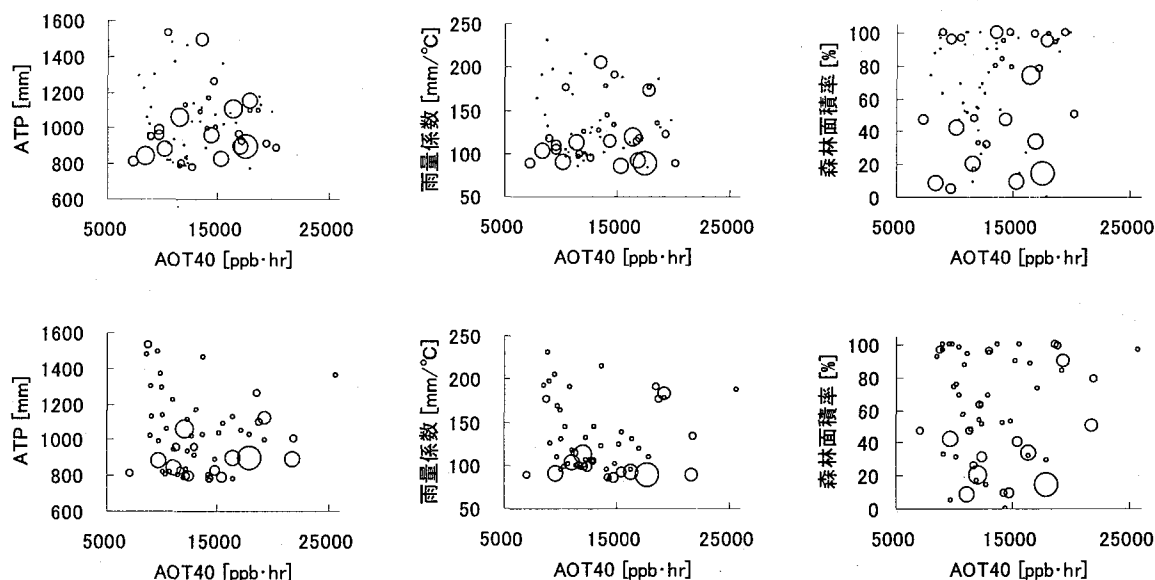


図6 関東地方のスギ衰退と5年平均 AOT40 との関係(その1; 上段が第1期, 下段が第2期)
バブルの大きさが平均衰退度を表す。

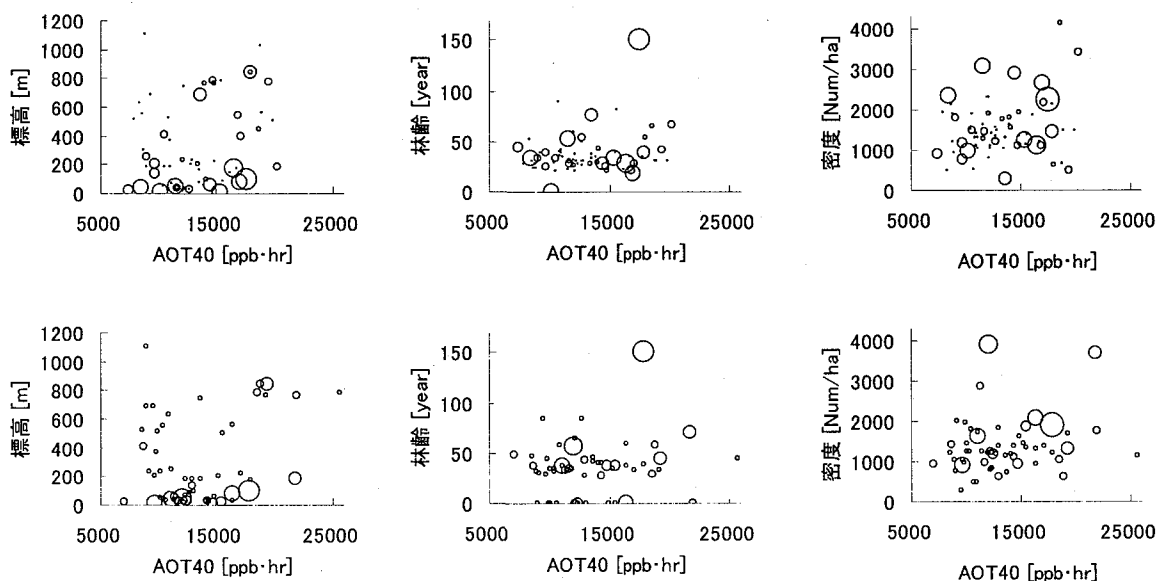


図7 関東地方のスギ衰退と5年平均 AOT40 との関係(その2; 上段が第1期, 下段が第2期)
バブルの大きさが平均衰退度を表す。

4 おわりに

本結果は、GIS を用いた酸性・酸化性物質の基礎的な解析結果である。構築されたデータベースを用いたオーバーレイ解析、抽出されたデータの多変量解析などにより、大気質と衰退との関連性などについて詳細な分析を行うとともに、クリティカルレベル暫定値のマッピング(一次案)に役立てる予定である。また、酸性・酸化性物質の大気中濃度や沈着量に関するモデル計算結果をデータベースに取り込み、観測密度が低い山岳地域のデータ精度の向上を目指す予定である。

なお、本研究は、環境省:地球環境研究総合推進費プロジェクト研究「C-7 東アジアにおける酸性・酸化性物質の植生影響評価とクリティカルレベル構築に関する研究」の一環として行ったものである。林野庁・酸性雨等森林被害モニタリングデータは、森林総合研究所のご厚意で利用させて頂きました。また、国立環境研究所の大気環境月間値年間値データファイルおよび大気測定局マスターファイル、東京、埼玉、千葉、茨城、栃木、群馬の1都5県の大気環境時間値データファイルを利用させて頂きました。GIS 解析では、高橋健吾氏(電力計算センター)のご協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

5 参考文献

ESRI-Japan (2001) Arc コミュニティー <http://www.esri.com/community/melma/info/026.html>.

伊藤江利子・吉永秀一郎・大貫靖浩・志知幸治・松本陽介・埜田宏(2002) 関東平野におけるスギ林衰退と土壌要因、森林立地, 44(2), 37-43

古俣修・阿部智夫・鈴木博之(2002) 新潟県における大気中オゾン濃度レベルーAOT40 を用いた評価について一、新潟県保健環境科学研究所年報, 第 17 巻, 65-67

真下育久, 1983:スギ人工林の成長と環境, 坂口勝美監修:新版スギのすべて, 全国林業改良普及協会, 東京, pp.123

松本陽介, 丸山温, 森川靖(1992) スギの水分生理特性と関東平野における近年の気象変動一樹木の衰退現象に関連して一. 森林立地, 34(1), 2-13

松本陽介・丸山温・森川靖・井上敏雄(1992) 関東平野におけるスギの衰退要因, 森林立地, 34(2), 85-97

松本陽介・小池信哉・河原崎里子・上村章・原山尚徳・伊藤江利子・吉永秀一郎・大貫靖浩・志知幸治・奥田史郎・石田厚・埜田宏(2002) 関東平野における樹木衰退の 1999 年～2001 年の状況, 森林立地, 44(2), 53-62

大原利眞、若松伸司、鶴野伊津志、安藤保、泉川硯雄: 関東・関西地域における光化学オキシダントの経年動向に関する解析、大気汚染学会誌, 30, 137-148, 1995

大原 利眞; 坂田 智之(2003) 光化学オキシダントの全国的な経年変動に関する解析, 大気環境学会誌, 38(1), 47-54

ポチャナート パクボン, 秋本肇(2001) 日本におけるオゾン汚染のクリティカルレベルとその植生への影響, 第 42 回大気環境学会講演要旨集, 319

高橋啓二・沖津進・植田洋匡(1987) 関東・甲信地方におけるスギの衰退と大気二次汚染物質の分布, 98 回日林論, 177-180

高橋啓二・梨本真・植田洋匡(1991) 関西・瀬戸内地方におけるスギ衰退とオキシダント指数、降雨量との関係, 環境科学会誌, 4(1), 51-57