

東京都とその隣接4県における21世紀末までの気候変化後の花粉生産量予測

清野嘉之・金指達郎(森林総研)・吉川実・岡和孝・高野真之(みずほ情報総研)・脇岡靖明(国環研)

要旨: 気候変化シナリオとスギ人工林の分布情報を用い、21世紀末までの気候変化後の花粉生産量を予測し、地図化するシステムを作り、東京都とその隣接4県(山梨県、埼玉県、千葉県、神奈川県)に適用した。気候シナリオとして現状はアメダスデータ、21世紀末までの将来についてはMIROCとRCMを用いた。花粉生産量予測には花芽分化期の気象条件と雄花着生履歴を考慮した花粉生産量予測モデルを用いた。この結果、将来の花粉生産量は、地球温暖化により増加するのではないかとの懸念に反し、皆伐量の増加にともない漸減すると予測された。関東山地や関東平野にスギ林を有する都県市は、スギ花粉症対策を目的にスギ林の削減目標を設けている。時空間解像度のより高いモデルを利用することにより、詳細な予測が可能になると考えられる。開発したシステムは対策効果の大きい地域を選んだり、施策の効果を評価したりするとき利用できる。ただし、気候変化後の気温の範囲はモデルの作成に利用した近年の気温範囲より高く、データ範囲を超えた外挿による予測を行っている。予測の検証は必須である。

キーワード: スギ花粉症, 森林整備, 森林・林業再生プラン

Abstract: We devised a system predicting and mapping sugi-pollen production under scenarios of climate change by the end of the 21st Century and applied the system to Tokyo Metropolis and its neighboring four prefectures (Yamanashi, Saitama, Chiba, and Kanagawa). AMEDAS data were used for the climate scenario for the present and MIROC and RCM were used for the climate scenarios in the future. A model with parameters of weather conditions in the flower bud initiation season and the flowering history was used for predicting pollen production. Contrary to the expectation that pollen production will increase according to global warming, we predict that pollen production will gradually decrease chronologically as the clear cutting rate increases. Tokyo Metropolis and the local autonomous having sugi forests in and around the Kanto Plain have set the targets for reducing sugi forests as countermeasures to sugi-pollinosis. More detailed predictions will be expected by using climate change scenarios with higher resolution in future. The system will be utilized as a tool for selecting sites in which effective sugi-pollen reduction is expected and for policies evaluation. However, the present predictions are based on the observed temperature data, while the predicted temperatures are out of the range of the observed ones. The predictions of the model must be verified.

Keywords: sugi-pollinosis, forest maintenance, Forest and Forestry Revitalization Plan

I はじめに

地球温暖化によりスギ花粉飛散量が増加する(5)懸念があるが、明確な予測例はない。そこで、地球温暖化がスギ花粉飛散に与える影響を評価するため、スギ花粉の生産量及び花粉飛散時期を予測するモデルを構築し、例として東京都とその隣接県(山梨県、埼玉県、千葉県、

神奈川県)を対象に影響を予測した。対象地域のスギ林の殆どは人工林で、花粉生産量には気象条件だけでなく、林業施策にもとづいた長期にわたる森林管理の影響が及ぶ。このため、複数の管理シナリオを作成するとともに、東京都が多摩のスギ花粉を10年間で約2割削減する目標を設けている(東京都花粉症対策本部HP)こと、また、

Yoshiyuki KIYONO, Tatsuro KANAZASHI (For. and Forest Prod. Res. Inst., 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687), Minoru YOSHIKAWA, Kazutaka OKA, Saneyuki TAKANO (Mizuho Information & Research Institute), and Yasuaki HIJIOKA (National Institute for Environmental Studies) Predicting sugi-pollen production under scenarios of climate change by the end of the 21st Century in Tokyo Metropolis and its neighboring four prefectures

八(九)都県市(東京都, 千葉県, 埼玉県, 神奈川県, 横浜市, 川崎市, 千葉市, さいたま市, 相模原市(平成22年4月から加入))も, 平成20年4月1日から平成30年3月31日までの10年を計画期間として八都県市における約13万haのスギ林のうち, 32,400ha(25%弱)を, 針葉樹と広葉樹が混じる混交林化や, 花粉の少ないスギや広葉樹などへの植え替える(八都県市花粉発生源対策10カ年計画, <http://www.pref.kanagawa.jp/osirase/00/1199/chiji/kaiken/h20/siryuu080422a1.pdf>)という東京都と似た目標を設けていることから, どのシナリオのときに10年間でスギ花粉生産量の2割削減が実現するのか検討した。

II 材料と方法

1. スギ花粉生産量予測モデル 花粉生産量予測モデル(図-1)でスギ林の花粉生産量を予測した。花粉生産量の年次変化は(1)式(2)で雄花生産量を求め, その約半分を花粉生産量とした。雄花着生量には前々年の夏の気象条件も影響する。

$$Pmf = 492 - 684 Ry + 87 MT_1 - 83 MT_2 + 7.65 F \quad (n = 40, R^2 = 0.753, p < 0.0001) \dots (1)$$

ただし, Pmf : 雄花生産量 ($\text{kg ha}^{-1} \text{y}^{-1}$), Ry : 収量比数(林分の混みぐあいを相対的に表す値で0~1を取る(単位なし)), MT_1 : 前年7月平均気温 ($^{\circ}\text{C}$), MT_2 : 同前々年気温 ($^{\circ}\text{C}$), F : 林分の雄花の着き易さを表す値で0~100を取る(単位なし)。

2. 気象の年次変化シナリオ 7月平均気温の現状はアメダスデータ, 21世紀末までの将来についてはMIROCとRCMに, アメダスデータを用いてバイアス補正した(4)。MIROCは日本の最も代表的な気候モデルで, 日本域では100km程度の解像度をもつ。RCMは日本付近に特化した高解像度気候モデルで, 日本域で数10kmの解像度をもつ。

3. 花粉生産スギ人工林の位置と面積 スギの本格的な開花が始まる樹齢は通常20~30年である。そこで, 26年生以上のスギ林で開花が始まり, その後は面積当たり生産量が維持されると仮定し, 林野庁業務資料(2004年度の26年生以上のスギ林情報)を利用して, 花粉生産スギ人工林の1kmメッシュ分布図を作成した。また, 農林水産省・1990年世界農林業センサス報告書(3)のスギ人工林の都県・年齢(5年ごと)別面積データを用い, 時系列に沿った花粉生産スギ人工林面積のトレンドを作成した。ただし, 2004年度の値はセンサス報告書では得ら

れないので2005年度で代用した。また, 花粉生産スギ人工林の面積はスギの収穫や再植林の活動によって変化するが, 全国的に見ると51年生以上のスギ林は1990~2000年の間に年1%程度の面積割合で主伐(おもに皆伐)されている(上記, 世界農林業センサス報告書(3)のデータで著者計算)ことから, 1990~2010年の間は51年生以上のスギ林は年1%の面積割合で皆伐され, 跡地の半分に同じスギが再造林されると仮定した。なお, 林野庁業務資料ではスギ林の年齢の分布情報はないので, どのメッシュにおいても全体と同じ年齢構成をしているものと仮定した(この仮定は1kmメッシュのスケールでは必ずしも現実的でないので, 今後改善する必要がある)。

4. 林業施策 農水省の森林・林業再生プラン(以下, 再生プラン)は目指すべき姿として, 10年後(2020年)の木材自給率を50%以上としている。現在の自給率は約20%で素材生産量は1771万 $\text{m}^3 \text{y}^{-1}$ (2008年)であるので, 10年後までに50%に増やすには木材消費量が現状レベルの場合, 素材生産量は4,500万 $\text{m}^3 \text{y}^{-1}$ 程度に増える。全国で見ると利用材積量には皆伐由来のものが4分の3, 間伐によるものが4分の1あり(2008年度), 間伐による収穫も少なくないが, 目標値を間伐だけで達成するのは困難であることから, 素材生産量の増加は必然的に皆伐面積の増加につながる。対象地域においても全国と同様と仮定し, 51年生以上のスギ林の皆伐面積の年率を0%, 1%, 2%, 3%, 5%, 10%とした場合を想定し, スギ林の年齢構成(農林業センサス(3)1990年値)を考慮して計算した(東京都単独でも計算したが傾向に大きな違いがなかった)。ただし, 計算を簡単にするため, 以下の条件を設けた。1990年から2010年(基準年)までの皆伐率は現状相当の1%で一定とし, 2010年からはシナリオごとに異なる一定年率(0~10%)で皆伐が進むものとした。皆伐跡地の半分には同じスギを植栽, あとの半分は他に転換すると仮定した。また, スギ林木は, 収穫されなくても生態的寿命により樹齢200年で枯死するものとした。また, 花粉生産に及ぼす間伐の影響や, スギの遺伝的性質など雄花の着き易さの違いは無視した。これは間伐の実施箇所・強度・方法などのデータが利用できないことや, 間伐方法によって花粉生産に及ぼす影響が異なる(列状間伐を含め, 一般的には間伐を行うと花粉量が増える可能性が高いが, 雄花の多い木を優先的に伐る多雄花木間伐では花粉量の減少も可能と考えられている)ためである。(1)式において Ry は0.85, F は50一定とした。

III 結果と考察

1. 花粉生産スギ林面積と花粉生産量の将来予測 スギ人工林面積は1990年から2100年まで皆伐率にしたがって減少した(図-2)。花粉生産スギ人工林の面積は2010年頃まで顕著に増加し、その後は皆伐率にしたがって減少した(図-2)。2010年頃までの増加は、加齢にともなって花粉生産が本格化する若い林の増加面積が花粉生産スギ林の皆伐面積を上回るからである。2010年以降の減少は、スギ林面積のトレンドと似ているが、2030-40年頃に落ち込むのはその時期若い林が増えるからである。

花粉生産スギ林が全スギ林に占める面積割合のトレンドと、1990年スギ林分布図とを利用して、花粉生産量の将来を予測した(図-3)。気温上昇の影響そのものでは花粉生産量は増加しない(図-4)。7月気温は21世紀に約4℃上昇するにもかかわらず雄花生産量がそれほど増えないのは、(1)式の右辺3,4項にある通り、前年7月の平均気温が高くても、前々年の7月の平均気温が同様に高ければ雄花生産量が殆ど増えないからである。今後の観測による裏づけが必要であるが、雄花生産量の増減に直接関係するのは前年(や前々年)気温との差であって、気温の絶対値でないことが示唆される。一方、若い林の増加と低いスギ再造林率により、スギの花粉生産量は長期的には漸減していくと考えられる。

東京都の削減目標に合う10年後(ここでは2010年を基準年に2020年と比較した)に花粉の2割削減が実現するのは皆伐率が3%以上の場合(図-2)で、皆伐で目標を達するには、皆伐を現状の3倍程度に増やす必要がある。ただ、長期的には花粉生産量は漸減するので、皆伐を増やす措置を取るとしても10年あるいは20年といった短期間で良い。いずれにしても、将来の花粉生産量は、地球温暖化によりスギ花粉飛散量が増加するのではない

$$Pmf = 492 \cdot 684 Ry + 87 MT_1 \cdot 83 MT_2 + 7.65 F$$

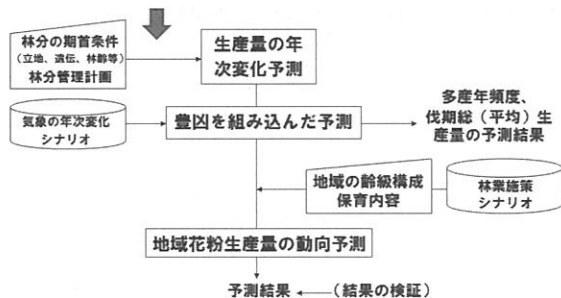


図-1. 花粉生産量予測モデル(清野ら(1)改変)

Fig. 1 Structure of the model for predicting pollen production (modified from Kiyono et al. (1))

かとの懸念に反して、現在よりも減少すると予測された。

IV おわりに

時空間解像度の高いモデルを利用することにより、より詳細な予測が可能になる。開発したシステムは対策効果の大きい地域を選んだり、施策の効果を評価したりするときのツールとして利用できるであろう。一方、気候変化後の気温の範囲はモデルの作成に利用した近年の気温範囲より高く、データの範囲を超えた外挿による予測となっており、結果の検証が必要である。

V 引用文献

- (1) 清野嘉之・佐藤保・石田清・野田巖(2007)花粉生産を抑制する林分密度管理技術の開発. 森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集 15:38-52.
- (2) 清野嘉之(2011)スギ花粉発生源対策のための森林管理指針. 日本森林学会誌 92(6):310-315
- (3) 農林水産省 第13巻 林業地域調査報告書(2000年世界農林業センサス報告書). <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=00001013540&cycode=0>
- (4) OKADA M, IIZUMI T, NISHIMORI M, YOKOZAWA M. 2009. Mesh climate change data of Japan Ver.2 for climate change impact assessments under IPCC SRES A1B and A2. Journal of Agricultural Meteorology 65: 97-109.
- (5) TERANISHI H, KENDA Y, KATOH T, KASUYA M, OURA E, and TAIRA H (2000) Possible role of climate change in the pollen scatter of Japanese cedar *Cryptomeria japonica* in Japan. Climate Research 14:65-70.

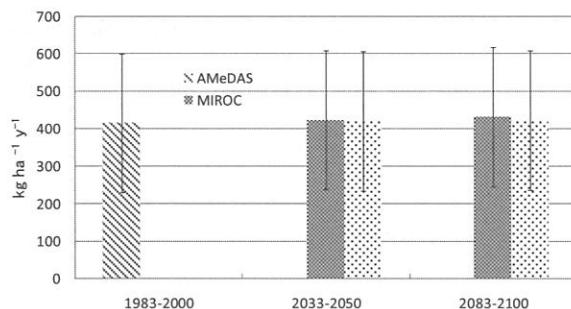


図-4. 花粉生産量トレンド(皆伐率0%の場合)

Fig. 4 The predicted trend of sugi-pollen production (the clear-cutting rate is 0%)

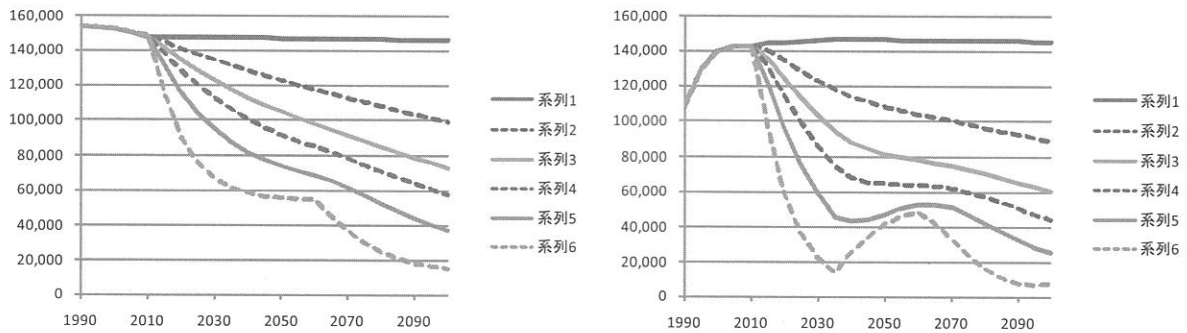


図-2. 対象地域のスギ人工林 (左), 花粉生産スギ人工林 (右) の面積 (ha) 変化予想
 系列1から6の順に皆伐率0%, 1%, 2%, 3%, 5%, 10%

Fig. 2 Predicted trend of land area (ha) in sugi-plantations (left) and matured ones (right) in the site
 The row 1 to 6 represents the predictions when clear-cutting rate is 0 to 10 % respectively.

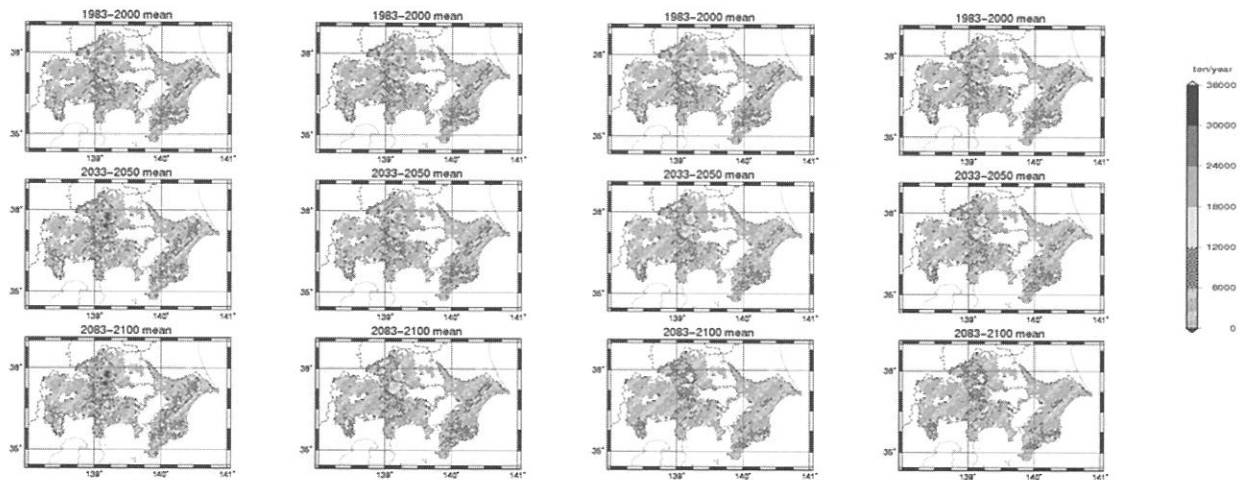


図-3. 21世紀末までのスギ花粉生産量のトレンド

左から皆伐率0, 1, 2, 5%, 上から1990年, 2040年, 2090年頃 (MIROCの気温場を使用)

Fig. 3 Predicted trends of sugi-pollen production by the end of the 21st C.

Clear-cutting ratios are 0, 1, 2, and 5% in the order of columns from left to right.

The upper row is around 1990, the medium 2040, and the lower 2090 (MIROC)