都市域への影響の高いスギ花粉放出源の推定

金 指 達 郎^{*1}・鈴 木 基 雄²

著者らが開発したスギ花粉飛散予報モデルを応用して、首都圏への寄与度の高いスギ花粉放出源の推定を試みた。評価の指標として、花粉飛散期間中の平均花粉濃度と、花粉濃度と当該地域の人口の積（花粉暴露指標とする）の二つを用いた。花粉放出源を含まない狭いターゲット領域（東京駅を中心とした半径 10 km の円内、領域内人口 500 万人強）を対象にした場合にはいずれの指標でも類似した結果であった。一方、広域首都圏（東西約 90 km、南北約 80 km、領域内人口約 3,000 万人）を対象とした場合には花粉濃度を指標に用いると、その内部にある花粉放出源メッシュの効果が非常に強く推定された。また、推定対象年によって推定結果が異なった。そのため、花粉放出源対策地域の優先順位選定にこの手法を適用する際には、複数年の結果を総合的に判断することが重要であると考えられた。

キーワード：スギ花粉症、花粉飛散予報モデル、花粉放出源、首都圏

Tatsuo Kanazashi^{*1} and Motoo Suzuki² (2010) Special Issue "For Countermeasures against Sugi Pollinosis in Forest Science", The Estimation of the Pollen Source Areas of *Cryptomeria japonica* D. Don which Have High Contributions to the Japanese Metropolitan Region. J. Jpn. For. Soc. 92: 298-303. By using a predicting model for pollen dispersal of *Cryptomeria japonica*, which was developed by the present authors, we estimated the *Cryptomeria* pollen source areas which have the high contributions to the Japanese metropolitan region. For the evaluation criteria, we used two indices; the average pollen concentration during pollen dispersal period, and the pollen exposure index (pollen concentration multiplied by the population in that area). For the smaller target region which did not contain any pollen source (the region within the 10 km-circle around Tokyo Station, with the population of more than five million people), the similar results were obtained when using both indices. However, for the greater Metropolitan region (90 km from east to west and 80 km from north to south, including Tokyo and Yokohama city, with the population of 30 million people), the pollen sources within this region were estimated to have the extremely high contributions to this region when using the pollen concentration as the evaluation criterion. Moreover, the results of different sample years differed from each other, for both indices for evaluation criteria.

Key words: Japanese cedar pollinosis, predicting model for pollen dispersal, pollen source area, Metropolitan region

I. は じ め に

スギ花粉症（堀口・斎藤, 1964）は 1970 年代後半からその初発患者が急激に増加し（斎藤, 1999）, 「国民病」と呼ばれるようになってから久しい。2008 年現在, スギ花粉症患者数は全国民の 26% に達すると推計されており, 近年に至ってもなお増加し続けている（馬場・中江, 2008）。こうした状況の中, スギ花粉症対策として, 医療・予防面の対応, 花粉飛散予報の高度化等に加えて, 花粉放出量そのものを低減させる対策（いわゆる花粉放出源対策）が強く求められている。

放出源対策には, 間伐等の施業あるいは薬剤等の散布により花粉生産抑制を目指すものと, 皆伐して少花粉スギ（田島, 2001; 津田, 2007）や無花粉スギ（平ら, 1993; 平, 2006; 斎藤, 2008）等の植栽あるいは樹種転換するものに大別される。しかし, 450 万 ha（林野庁, 2009）に及ぶ広大なスギ林全体を対象に漫然と対策を実施しても, すぐには効果が期待できない。そのため, 人口集中地域への主要な花粉供給源を推定し, まずその地域に対策を集中する

ことが効率的であると考えられる。

ところで, 著者らは 1997~2002 年に実施された文部科学省プロジェクト「スギ花粉症克服に向けた総合研究」において, 地域ごと, 時間単位のスギ花粉飛散予報を目指した「スギ花粉飛散量数値予報モデル」（以下, 単に「花粉飛散予報モデル」という）を開発し（鈴木, 2003）, その後も随時改良を重ねてきた（鈴木, 2007）。後述するように, このモデルを応用することにより, ある地点（メッシュ）に飛来した花粉がどこからどのくらい飛来したのかを推計することが可能となる。

本報告では, 花粉飛散予報モデルを用いて, 最大の人口集中域である首都圏への影響度の高いスギ花粉放出源を推定した事例について紹介する。あわせて, この手法を適用して放出源対策を優先的に実施する地域を選定する際に留意すべき点について検討した。

II. スギ花粉飛散予報モデル

1. モデルの概要

このモデルは, 花粉放出源モデル, 局地気象モデル, 移

* 連絡先著者（Corresponding author）E-mail: kana@ffpri.affrc.go.jp

¹ 独立行政法人森林総合研究所 〒305-8687 つくば市松の里 1（Forestry and Forest Products Research Institute, 1 Matsunosato, Tsukuba 305-8687, Japan）

² 財団法人気象業務支援センター 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 3-17 東ネンビル（Japan Meteorological Business Support Center, 3-17 Kandanishiki-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0054, Japan）

（2010 年 3 月 5 日受付; 2010 年 10 月 12 日受理）

流拡散モデルの三つのサブモデルで構成される。この花粉飛散予報モデルの詳細については別途報告する予定であるが、概略は以下のとおりである。

花粉放出源モデルは、全国花粉放出源分布とその推移予測（家原・宮本，2002；金指，2003），雄花生産量予測（横山・金指，2001），雄花開花時期の予測（金指・横山，2002；Kanazashi and Yokoyama, 2005）および花粉放出量予測（有沢，2000）を実行するモデルである。放出源モデルによって、各花粉放出源（メッシュ）における林外への花粉放出量が1時間単位で推定される。局地気象モデルは、気象庁が提供する気象データ格子点予報値（GPV）から、より詳細な局地における値を推定する。移流拡散モデルは、放出源から大気中に放出された花粉が刻々と変化する気象場をどのように移流、拡散していくかを記述する。今回の花粉飛散予報モデルでは、この部分にラグランジュ型モデル、すなわちモデル内で花粉に見立てた模擬粒子を発生させ、その挙動を計算、追跡する方式を採用した。

この花粉予報モデルの最も重要な特徴は、特定の放出源メッシュと特定のターゲットメッシュ間の花粉の受け渡しを各時点での気象場と花粉放出状況とから推計し、それらのすべてのペアを統合して各ターゲットメッシュでの花粉飛散状況を推定することであるといえる。この特徴を利用することにより、以下で述べるように、ターゲットメッシュに飛来した花粉の放出源を推定することが可能になる。

2. モデルによる花粉放出源推定手法

この予報モデルは、花粉放出源モデルで放出源メッシュごとの花粉放出量を時単位で計算し、それに見合った量の模擬花粉を計算機内のモデル上で大気中に放出させ、局地気象モデルで推定された気象場を移流拡散モデルで拡散させて各地（ターゲットメッシュ）での花粉濃度を推計する。したがって、あらかじめ飛散させる模擬花粉にその放出源メッシュの座標（マーカー）を付与しておけば、ターゲットメッシュに飛来した花粉の放出源を把握、集計することが可能になる。

計算にあたってのメッシュサイズは、放出源、ターゲットともに2倍3次メッシュ（およそ2 km 四方）とした。ターゲット領域はターゲットメッシュの集合として任意に設定可能である。ターゲット領域への寄与度の高い放出源推定の対象範囲は東北地方南部から中部地方に至る約 600 km 四方とした（図-1）。また、対象年は、全国的なスギ花粉豊作年にあたる 2005 年と関東地方における準豊作年だった 2008 年とした。調査対象期間は、東京都品川におけるダラム型花粉捕集器による花粉飛散量計測値（10 日間移動平均値）が 30 個/cm² を超える期間とした。この期間は、2005 年では 3 月 3 日～4 月 14 日、2008 年では 2 月 28 日～3 月 29 日であった。なお、1 日間当たり 30 個/cm² という計測値は、このタイプの捕集器での花粉モニタリングや花粉飛散予報で、一般に「多い」というランクの下限值として用いられている値である。

以上の方法で、首都圏に流入する花粉量の指標（後述）

に対する寄与度を発生源メッシュごとに推計した。

3. モデルの花粉飛散予報精度

本研究の「都市域への寄与度の高い花粉放出源」の推定結果を直接検証する手だては、現時点ではない。そのため、この結果の信頼度はひとえに花粉飛散予報モデルの予測精度にかかっているといえる。そこで、結果に最も大きく影響すると考えられる花粉飛散最盛期における予測値と実測値の比較事例を図-2 に示した。花粉濃度測定地点（ターゲットメッシュ）として、東京都の花粉情報事業（とうきょう花粉ネット，<http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/kanho/kafun/>）の公開データから、花粉放出源に比較的近い立川と離れた杉並の測定値を借用した。実測データが得られたのは 2008 年のみである。

両測定地点とも、予測値と実測値の変動パターンはおおむね一致している（図-2）。予測値と実測値間には有意な正の相関が認められたが、相関係数はさほど高くはなかった（立川， $r=0.699$ ；杉並， $r=0.548$ ）。これは、予測では鋭く高いピークであったのに対し現実には緩く比較的長時間継続するピークであった場合や、ピークの高さが異なる場合などがあったためである（図-2）。また、モデルが小ピークの出現を予測したが現実には花粉の飛散が現れなかった場合もみられるが（立川の 3 月 13 日 19：00 頃など）、これは予測の空間的なズレを反映していた可能性がある。しかし、少なくとも花粉飛散最盛期については、この予報モデルは巨視的な経時パターンを比較的良く再現できているとみなすことができると考える。

先に述べたこのモデルの特徴から考えると、モデルの予測精度が高い場合には、大半の放出源-ターゲット間のペアにおいて、花粉の受け渡しが一定の精度で推定されているはずである。したがって、下記の手法で花粉放出源を推定する際の精度は、定量的に示すことは困難であるが、第一義的には花粉飛散予報の精度に規定されると考えられる。

III. ターゲット領域に流入する花粉量の指標

1. 花粉濃度

花粉飛散予報モデルの最終的出力は各ターゲットメッシュにおける花粉濃度である。そのため、ターゲットメッシュに流入する花粉量の指標としては花粉濃度（調査対象期間の平均濃度）を用いるのが自然であり、また理解しやすい。すなわち、あるターゲットメッシュに流入した花粉濃度（個/m³）のうち、ある花粉放出源メッシュからどれだけの量が寄与したか（個/m³）を評価する指標である。ある花粉放出源のターゲットの花粉濃度への寄与度を、以下では「寄与濃度」と呼ぶことにする。ターゲット領域としては以下の 2 とおりについて検討した。

一つめは東京駅を中心とした半径 10 km の円内である（図-1 の青色の円内）。この領域内には 500 万人強の人口が居住するが、昼間人口はこれよりも大幅に増加すると考えられる。また、この領域内にはまとまった花粉放出源は皆無であった（家原ら，2000）。

しかし、約 3,500 万人といわれる首都圏人口に比べてこのターゲット領域はあまりにも狭いと考えられる。そこで二つめとして、首都圏をより広くカバーするため、図-1 の青色の枠で示した東西約 90 km、南北約 80 km の矩形領域（西側 E 139.1875, 東側 E 140.3125, 南側 N 35.2583, 北側 N 36.0250）を対象とした。この領域には東西では八王子市～千葉市を、南北ではさいたま市大宮～湘南地方までを含み、約 3,000 万人、つまり首都圏人口の大半をカバーする。ただし、この中には花粉放出源が比較的多いメッシュも含まれている（図-1）。

2. 花粉暴露指標

比較的広域のターゲット領域を対象にする場合には、その領域内には人口密度の疎密がある。とくに領域内に花粉放出源を多く抱えるメッシュではそこに居住する住民は非常に少ない場合があると想定される。こうしたメッシュで

図-1. 関東地方周辺におけるスギ花粉放出源(26年生以上のスギ人工林)の分布

2倍3次メッシュ(約2km四方)当たりの面積割合を表示した。赤く表示された部分はメッシュの50%以上がスギ花粉放出源であることを示す。また、青色の円とより広域の矩形領域は、ターゲット領域として解析した範囲を表す。

は飛散する花粉濃度は非常に高くなる可能性があるが、このメッシュに居住する人が暴露される花粉の総量は、人口の多いメッシュに比べて必ずしも多いとは限らない。

このような実態を考慮するために、その領域の住民が暴露される花粉量の指標として、人口分布を考慮した花粉濃度、すなわち花粉濃度と人口の積(以下、花粉暴露指標とする)を定義した。ある場所に飛んでくる花粉の量よりも、そこにいる人間がどれだけ多くの花粉に接するかの方が、実用的な花粉症対策としては有用である。暴露指標は、たとえば100人が居住するあるターゲットメッシュの住民全員が10,000個ずつの花粉を浴びた場合と、他のメッシュに居住する10,000人が100個ずつの花粉を浴びた場合には同じ値となる。

しかし、このままでは単位が人口(人)×花粉濃度(個/m³)となるため、結果をそのまま花粉濃度を指標としたときの寄与度(寄与濃度)と比較検討できない。そのため、得られた結果をターゲット領域全体の平均人口で除して基準化して表現することにした。この場合には単位は濃度と同じく個/m³となる。花粉暴露指標への各放出源メッシュの寄与度(D_{ij})は、下記の(1)式で計算される。

$$D_{ij} = \frac{\sum_{lm} (C_{ij}^{lm} \times P_{lm})}{\sum_{lm} \{P_{lm} / (l_{\max} \times m_{\max})\}} \quad (1)$$

ここで、 C_{ij}^{lm} はメッシュ*i, j*(放出源メッシュの座標)のターゲットメッシュ*l, m*(ターゲットメッシュの座標)への花粉濃度を指標とした寄与度(個/m³)、 P_{lm} はターゲットメッシュ*l, m*の人口、 $l_{\max} \times m_{\max}$ はターゲットの全メッシュ数である。すなわち分母はターゲット領域のメッシュ当たりの平均人口を表している。以下ではこの値(D_{ij})を「人口分布を考慮した寄与濃度」と呼ぶことにする。

メッシュごとの人口データは平成12年度国勢調査およ

図-2. 花粉飛散予報モデルによる花粉濃度予測結果と実測値の比較(2008年花粉飛散最盛期の事例)

び平成13年度事業所・企業統計調査等のリンクによる地域メッシュ統計(統計情報研究開発センター, 2005)を適用した。また、評価対象とするターゲット領域は、上記と同じく図-1に示した東西約90 km、南北約80 kmの矩形領域とした。

IV. 推定結果と考察

1. 首都圏周辺の花粉放出源分布

首都圏周辺におけるスギ花粉放出源分布(2005年の状況)を図-1に示す。これは、林業の停滞により伐採が全く行われなるとの想定のもとで、1995年の花粉放出源分布から年齢分布を10年分スライドさせて2005年の状況を推定した結果である(家原・宮本(2002)のデータより作成)。花粉放出源は、26年生以上のスギ人工林とした。

茨城県、栃木県、福島県の県境付近(阿武隈山地南部)、栃木県西部(日光～鹿沼地方周辺)、群馬県南西部、埼玉県西部、東京都西部(秩父山地～奥多摩地方)および静岡県西部に花粉放出源の多いメッシュが多く存在する。それに次いで、房総半島南部、神奈川県西部、伊豆半島西部および山梨県南西部(富士山麓)にも花粉放出源が多い。また、首都圏からの距離は遠いが、三重県や岐阜県中部～西部、福井県北部にも花粉放出源の多いメッシュが多いことがわかる。

2. 寄与濃度の高い花粉放出源

東京都心部(東京駅を中心とした半径10 km以内の領域)への各地の花粉放出源の寄与濃度を図-3に示す。

2005年シーズンでは、埼玉県西部～群馬県南西部、東京都西部から多くの花粉が流入したと推定された。また、花粉放出源分布が比較的少ない神奈川県東部、千葉県北東部(図-1)からの流入も多かったと推定された。これは、花粉放出源の分布がさほど多くなくても、ターゲット領域との距離が近いことによると考えられる。一方、花粉放出源の比較的多い千葉県南部、伊豆半島方面や茨城県方面からの流入は少なかった。また、寄与の程度は高くはないものの、ターゲット領域から遠い静岡県西部や北陸地方からの流入も検出された。

2008年シーズンでは、2005年と同様、埼玉県西部や東京都西部からの流入が多いと推定されたが、千葉県方面や茨城県南部からの花粉の流入が2005年に比べてかなり多かったことがわかる。また、神奈川県については県西部からの流入が2005年に比して多かったと推定された。一方、北陸地方からの花粉の流入はほとんど認められなかった。

次に、ターゲット領域を図-1の矩形領域とした場合の、各地花粉放出源の寄与濃度の推定結果を図-4に示した。両年の推定結果ともターゲット領域内の花粉放出源を含むメッシュの寄与が非常に強調されている。これは、ターゲット領域内にある花粉放出源を含むメッシュでは花粉濃度は非常に高まるが、その花粉の多くはそのメッシュ内の放出源に由来するためである。すなわち、ターゲット領域の人口密集地への寄与がたとえ低くても、領域全体(平均)と

してみた場合には必ず寄与の高いメッシュであると判定されることになる。そのため、広域のターゲット領域を対象とする場合には、住民が曝露する花粉量への影響を考えた場合、適切な指標とはいえないと考える。

3. 人口分布を考慮した寄与濃度の高い花粉放出源

図-1の矩形領域に対する各地の花粉放出源の人口分布を考慮した寄与濃度を図-5に示す。なお、都心部を対象とした結果は示さなかったが、寄与濃度の推定結果とほとんど同じであった。これは、この領域内では人口密度が非常に高く、かつその分布が比較的一様であるためである。

図-5を大局的にみると、都心(東京駅中心の半径10 km以内)を対象とした場合と類似した結果であった。すなわち、両年とも秩父、奥多摩など関東平野西部の山地の寄与が高かった。2005年には北陸からの流入がある程度認められたのに対し、2008年はほとんどなかったなどの傾向も両手法で一致していた。また、千葉県中北部からの寄与が2005年よりも2008年で高かったことなども共通した傾向として指摘できる。なお、図のスケールが対数的表現であるためややみにくいが、人口分布を考慮した寄与濃度のメッシュ平均値は花粉の大豊作年だった2005年の値は2008年の2倍強であった。

しかし、より詳細に検討すると、双方の指標で評価した結果について明らかな違いも指摘できる。最も顕著なのが、神奈川県東部の寄与度が、東京都心部を対象とした場合より両年とも高く、とくに2008年では秩父、奥多摩地域よりも寄与度の高い放出源メッシュが多かったと推定されたことが挙げられる。これは、東京都区部の人口密集地への距離が近いことに加えて、都区部に次ぐ人口集中域である横浜市等への強い寄与が評価された結果であると考えられる。また、千葉県全域からの寄与度は2008年の方が高いのは都心部を対象とした寄与濃度の推定結果と同様だが、房総半島南部や伊豆半島からの寄与度の年間差はこの指標を対象にした方が小さく、2005年においてもある程度の寄与があったと推定された。

4. 実用に用いる場合の問題点

ここでは、以上で紹介してきた手法で都市域への寄与度の高い花粉放出源を推定し、放出源対策を優先的に実施する地域を選定する際に留意すべき点、あるいは問題点を指摘したい。

第一は、二つの評価指標の特徴についてである。本報告では、東京都心部の花粉曝露指標に対する各地花粉放出源の寄与度(人口分布を考慮した寄与濃度)を提示しなかったが、この圏内では人口密度は非常に高く、かつ比較的一様とみなされるため、寄与濃度の推定結果(図-3)とほぼ同様の結果になると考えられる。すなわち、比較的狭くかつ内部に花粉放出源を含まないターゲット領域を対象にした場合には、いずれの指標でも同様の結果が得られることになる。

しかし、ターゲット領域を変えれば推定結果が異なる可能性がある。たとえば、横浜を中心とした場合には寄与濃

図-3. 東京都心（東京駅を中心とした半径 10 km の円内）を対象とした寄与濃度の推定結果

図-4. 広域首都圏領域（図-1 の青線で囲まれた矩形領域）を対象とした寄与濃度の推定結果

図-5. 広域首都圏領域（図-1 の青線で囲まれた矩形領域）を対象とした人口分布を考慮した寄与濃度の推定結果

度の高い花粉放出源は東京都心を対象とした場合とはかなり異なるかもしれない。こうした問題を回避するにはターゲット領域をより広げることが有効であると考えられる。しかし、その場合、花粉放出源も含んでしまうので、寄与濃度での評価には先に指摘したように問題が残る（図-4）。

一方、人口分布を考慮した寄与濃度を適用すればこの問題は回避される（図-5）。さらに、この手法であれば、ターゲット領域内に花粉放出源が含まれていても問題がないので、ターゲット領域を任意に広げることが可能である。た

とえば関東地方全域に適用する、あるいは理論的には日本全国を一度に対象とすることも可能である。また、曝露指標はターゲット領域全体に居住する人口が浴びる花粉総量の指標であるため、花粉症対策としては花粉濃度を指標とする寄与濃度よりも人口分布を考慮した寄与濃度の方が客観的指標であるとみなすことができよう。

第二は、年によって結果の異なる可能性がある点である。図-5 では両年でさほど大きな違いはなかったが、千葉県方面からの流入が 2008 年の方が多かった。他のシーズンで

はより大きく結果が異なる可能性も想定される。そのシーズンの風系、雄花着花量の地域的偏り、各放出源における開花時期とその時期の風系との関係などが大きく関与するためである。今回提示した手法による推定結果を用いて、放出源対策を優先する地域を選定する際には、数年間の結果を良く勘案したうえで、慎重に対応する必要がある。

本研究で使用した花粉飛散予報モデルの作成、改良に際し、開花時期の予測を行うサブモデルのパラメータ設定に、野外におけるスギ雄花開花調査データが不可欠であった。開花調査を実施しデータを提供していただいた、千葉県農林総合研究センター森林研究所の福島成樹氏、岩手県林業技術センターの蓬田英俊氏、秋田県農林水産技術センター森林技術センターの佐藤博文氏、静岡県農林技術研究所森林・林業技術センターの山本茂弘氏、群馬県林業試験場の中村博一氏に深く感謝する。また、ダーラム型花粉捕集器による花粉モニタリングデータを快く提供いただいた、遠藤耳鼻咽喉科・アレルギークリニックの遠藤朝彦先生に深く感謝する。さらに、花粉飛散予報精度の検証に、東京都事業「とうきょう花粉ネット」(<http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/kanho/kafun/>) で公開されている花粉濃度観測データを使用させていただいた。なお、本研究は、農林水産省「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」(現「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」)の「スギ雄花形成の機構解明と抑制技術の高度化に関する研究」(課題番号:18004)によった。

引用文献

- 有沢雄三 (2000) スギ林からの花粉放出量の計測、予測に関する研究。(スギ花粉症克服に向けた総合研究 (第 I 期) 成果報告書。科学技術庁研究開発局)。335-348。
- 馬場廣太郎・中江公裕 (2008) 鼻アレルギーの全国疫学調査 2008 (1998 年との比較) —耳鼻咽喉科医およびその家族を対象として。Progress in Medicine 28: 2001-2012。
- 堀口申作・斎藤洋三 (1964) 栃木県日光地方におけるスギ花粉症 Japanese Cedar Pollinosis の発見。アレルギー 13: 16-18。
- 家原敏郎・宮本麻子 (2002) 全国のスギ・ヒノキ花粉発生源分布図の作成。日林学術講 113: 450。
- 家原敏郎・宮本麻子・高橋義一 (2000) 関東地方におけるスギ・ヒノキ花粉飛散予測高度化のための花粉発生源分布データセットの作製。日林関東支論 51: 63-66。
- 金指達郎 (2003) 都市への花粉飛散をおこすスギ林の同定に関する研究。(スギ花粉症克服に向けた総合研究 (第 II 期) 成果報告書。文部科学省)。197-206。
- 金指達郎・横山敏孝 (2002) スギ雄花の休眠打破と開花に要する温度条件。日花粉誌 48: 95-112。
- Kanazashi and Yokoyama (2005) The effect of alternating temperature on the rest break process of *Cryptomeria japonica* D. Don. J. For. Res. 10: 493-496。
- 林野庁 (2009) 森林・林業統計要覧 2009。250 pp。
- 斎藤真己 (2008) 無花粉スギの開発状況と今後の展望。森林科学 54: 17-20。
- 斎藤洋三 (1999) スギ花粉症—過去・現在・未来—。日花粉誌 45: 55-62。
- 鈴木基雄 (2003) スギ花粉飛散モデルの精度向上と総合的予報に関する研究。(スギ花粉症克服に向けた総合研究 (第 II 期) 成果報告書。文部科学省)。184-196。
- 鈴木基雄 (2007) 最近の花粉飛散予報システムとは? Q and A でわかるアレルギー疾患 3: 577-579。
- 平 英彰 (2006) スギ花粉症を取り巻く諸問題—スギ雄性不稔個体の利用と開発—。林木の育種 220: 1-3。
- 平 英彰・寺西秀豊・剣田幸子 (1993) スギの雄性不稔個体について。日林誌 75: 377-379。
- 田島正啓 (2001) 林木育種研究と最近の成果—林木育種センターを中心として—。育種学研究 3: 103-108。
- 津田京子 (2007) 今後の花粉発生源対策の推進方策について—花粉発生源対策プロジェクトチーム検討報告—。林木の育種 225: 17-18。
- 統計情報研究開発センター (2005) 平成 12 年度国勢調査及び平成 13 年度事業所・企業統計調査等のリンクによる地域メッシュ統計 (CD-ROM)。
- 横山敏孝・金指達郎 (2001) 花粉飛散予測のためのスギ林の雄花生産量推定法。日林関東支論 53: 137-138。