

(原著論文)

スギ壮齡林面積増加による花粉飛散総数の増加

小笠原 寛¹⁾・吉村 史郎²⁾・後藤 操³⁾・
栗花落 昌和¹⁾・藤谷 哲造⁴⁾・中原 聰⁵⁾¹⁾ 兵庫医科大学耳鼻咽喉科 〒663-8501 西宮市武庫川町 1 - 1²⁾ 市立芦屋病院耳鼻咽喉科 〒659-0012 芦屋市朝日ヶ丘 39 - 1³⁾ 兵庫県立衛生研究所 〒651-0032 神戸市兵庫区荒田町 2 - 1 - 29⁴⁾ 藤谷医院 〒651-0094 神戸市中央区琴緒町 5 - 6 - 3⁵⁾ 中原医院 〒663-8114 西宮市上甲子園 4 - 2 - 12

(1998年9月27日 受付, 1998年11月20日 受理)

The Increase of the Total Pollen Counts of Sugi (*Cryptomeria japonica*)
due to the Increasing Area of Mature Sugi ForestsHiroshi OGASAWARA¹⁾, Shiro YOSHIMURA²⁾, Misao GOTO³⁾,
Masakazu TUYU¹⁾, Tetsuzo FUJITANI⁴⁾, Toshi NAKAHARA⁵⁾¹⁾ Department of Otolaryngology, Hyogo College of Medicine,
1-1 Mukogawacho, Nishinomiya, 663-8501 Japan²⁾ Department of Otolaryngology, Ashiya Municipal Hospital,
39-1 Asahigaoka, Ashiya, 659-0012 Japan³⁾ Hyogo Prefectural Institute of Public Health,
2-1-29 Aratacho, Hyogoku, Kobe, 651-0032 Japan⁴⁾ Fujitani Clinics, 5-6-3 Kotocho, Cyuouku, Kobe, 651-0094 Japan⁵⁾ Nakahara Clinics, 4-2-12 Kamikousien, Nishinomiya, 663-8114 Japan

We investigated the increasing of the total number of airborne pollen grains of sugi (*Cryptomeria japonica*) with an excess of afforestation of sugi after the Second World War. Within the Chugoku mountains of Yamasaki area, although the sugi area was 60.3% at more than 500m altitudes, scattering of sugi pollen grains finished with the end of flowering at an altitude of 500m. Airborne sugi pollen grains from sugi forests within 10km affected the plane area. Mature sugi forest areas aged more than 31 - years were used for calculations, and an increase was shown by a logistic curve. The total pollen counts of sugi in Nishinomiya showed an increase from 1979 to 1985, and more increase from 1986 to 1998 shown by a regressive slope. These increase of airborne pollen grains were followed an increase of mature sugi forest areas. Only 30% of mature sugi forests from 1986, having a yearly increase, were caused by an increasing total number of airborne sugi pollen grains.

Key words : *Cryptomeria japonica*, airborne pollen grains, mature sugi forest, afforestation, pollen dispersal

はじめに 方 法

スギ花粉症患者の増加と重症化にともない、全国でスギ花粉予報が行われるようになった。最も重要な予測事項は花粉季節前の飛散総数と、飛散期にどのような時期に当たるかである。なかでも飛散総数予測は初期治療を行うか否かやどのような薬剤の選択をするかの判断だけでなく、薬剤の供給計画という経済面からも重要である。

1950年代から1970年代に拡大造林されたスギは壮齢期を迎え、花粉供給量が増加している。飛散数への影響は、相模原の1965年から1995年までの花粉観測から1972年から飛散総数が増加したという報告をみるのみである⁽¹⁾。標高1300mまで造林されている中国山地では標高500mより下部の造林地が平地部の花粉源であり、西宮市での1986年以降は造林による壮齢林面積増加の30%が飛散数増加に寄与していると推定したので報告する。

1. 開花状況の観察

スギの開花状況の観察は六甲山地では標高150m, 220m, 350m, 500m, 800mの定めた観測林（以後六甲150m林などと略す）で、中国山地では竜野市と鳥取市を結ぶ国道29号線沿いで行なった（Fig. 1）。各林では5本以上の樹について個々の開花度を観察し林の花粉残存率を求めた⁽²⁾。花粉残存率が林の開花状況の最もよい指標であり、その90%から20%までが開花最盛期で、異なる林の花粉残存率が同じであれば開花時期は同じと考えた。

2. 空中花粉と気象因子やスギ林面積との分析

1988年よりダーラム型花粉捕集器を用いた空中花粉の観測を全国的に展開し、1998年には兵庫県で27カ所と大阪府の1カ所で花粉観測を行った。これら観測所におけるスギ花粉の飛散開始日、最盛期間、終了日はほぼ一致していた⁽²⁾。本論では西宮市武庫川町（標高0.3m）、西宮市小曾根町（標高約5m）、宍粟郡山崎町保健所（標高約120m）、姫路市岩端町、西

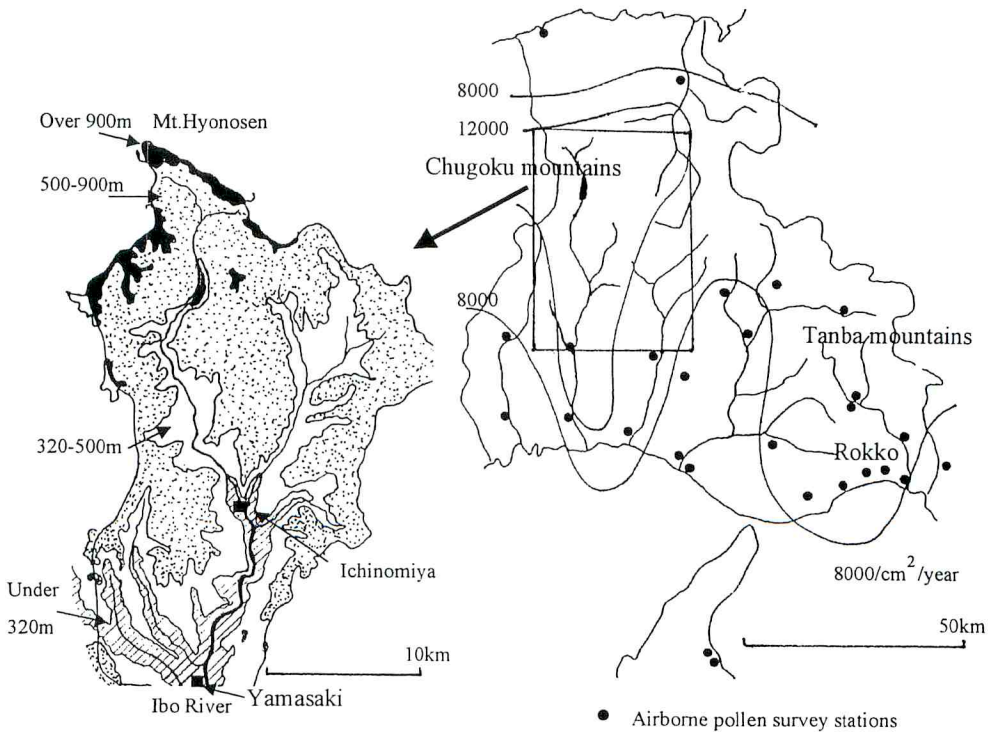


Fig. 1. Outlook of Hyogo Prefecture and an observation area in Yamasaki, and the total airborne pollen counts of sugi in 1995.

脇市豊川, 豊岡市保健所の花粉観測データを用いた。気象因子による分析には日本気象協会発行の兵庫県気象月報から神戸海洋気象台(神戸市, 標高 58m)と一宮町(中国山地, 標高 195m)の気象データ, 宍粟広域消防事務組合から提供された山崎町の気象データを用いた。標高別のスギ・ヒノキ林面積の割り出しには環境庁により昭和 60 年に発行された現存植生図を用いた。

3. 造林面積の推移

兵庫県の各年毎のスギ造林面積とスギ素材生産量, スギ人工林面積は 1901 年から 1990 年までの間に戦時中を除き毎年発行されている兵庫県統計書または兵庫県農林水産統計年報, 1980 年と 1990 年の世界農林業センサス林業総合統計書から, また一部のデータは兵庫県農林水産部からえた。これらの資料から統計書に

記載されていない年の樹齢 31 年以上のスギ林面積や将来の面積を推定した⁽³⁾。

結 果

1. 中国山地と六甲山地との開花時期の差

1995 年から 1998 年の間に中国山地の国道 29 号線沿いで計 7 回の開花状況の調査を行った。六甲観測林の開花状況と合致する中国山地の標高を花粉残存率から求めた。Fig. 2 に示したように中国山地と六甲山地の開花時期の関係は下記の一次式で表された。

$$y = 0.565x + 43.5 \quad r = 0.997 \quad P = 0.000$$

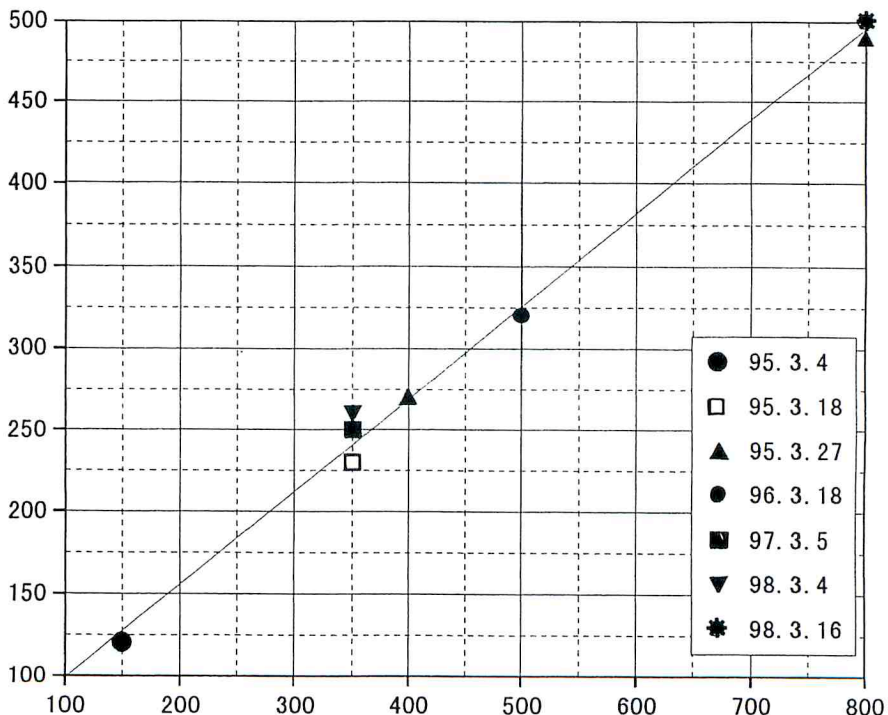
y : 中国山地の標高 x : 六甲山地の標高

2. 山崎町北部の造林面積と飛散数

Fig. 2 より飛散期の指標となる六甲観測林の標高

Chugoku mountains

m



Altitude in Rokko mountains m

$$y = 0.565x + 43.5 \quad r = 0.997, P = 0.000$$

Fig. 2. The relationship of flowering date between the Chugoku mountains and the Rokko mountains from 1995 to 1998.

150m, 220m, 350m, 500m, 800m は、中国山地ではそれぞれが標高 128m, 168m, 241m, 326m, 500m に相当した。標高 120m の山崎保健所より北部の中国山地を貫く揖保川流域において稜線で区画された流域 (Fig. 1) のスギ・ヒノキ林面積を植生図から求めた。保健所から半径 2.5km, 5 km, 10km, 10 km 以上の範囲で、標高 120m から 320m まで、320

m から 500m まで、500m から 1300m に分類したスギ・ヒノキ林面積を Table 1 に示した。

中国山地の標高 800m においても著明な着花のみられた 1995 年について、山崎町の花粉飛散の動向をみた。飛散開始から最盛期になるまでの飛散数は 223 個/cm², 最盛期の 3 月 5 日から 4 月 3 日までの飛散数は 11123/cm², 4 月 4 日の六甲 800m 林最盛期終了

Table 1. Distribution of sugi-hinoki forest areas at different altitudes in Yamasaki area

Altitude (m)	Distance from Yamasaki public health center (km)				Total
	0 - 2.5	2.5 - 5	5 - 10	10 - 36	
500 - 1300	0	0	6.1	196.8	202.9
320 - 500	0.5	4.4	17.1	63.1	85.1
120 - 320	3.5	10.4	20.3	14.2	48.4
Total	4.0	14.8	43.5	274.1	336.4 (100ha)

Table 2. Changes in yearly counts of sugi pollen at Nishinomiya, Kosone from 1979 to 1998

Mature sugi forests aged more than 31-years were used for calculations. Forest area for scattering increased by 90% of increasing mature sugi forests from 1979 to 1985, and that increased by 30% of increasing mature sugi forests from 1986. Total pollen counts were revised by a standard area of 1985

Year	Total counts	Mature forest area	Forest area	Revised total counts
	(grains/cm ²)	(1000ha)	for scattering (1000ha)	
1979	1867	21.7	21.0	2604
1980	805	22.6	21.8	1081
1881	205	24.1	23.1	259
1982	4270	25.6	24.5	4819
1983	210	27.2	25.9	240
1984	3558	28.9	27.4	3791
1985	812	30.9	29.2	812
1986	2556	33.1	29.9	2496
1987	441	35.4	31.1	414
1988	2569	37.8	31.8	2359
1989	347	40.4	32.6	311
1990	1984	43.2	33.4	1735
1991	3345	46.0	34.2	2856
1992	578	48.9	35.1	481
1993	2020	51.7	36.0	1638
1994	283	54.5	36.8	225
1995	9533	57.3	37.6	7403
1996	408	60.1	38.5	309
1997	1824	62.6	39.2	1359
1998	515	65.1	40.0	376

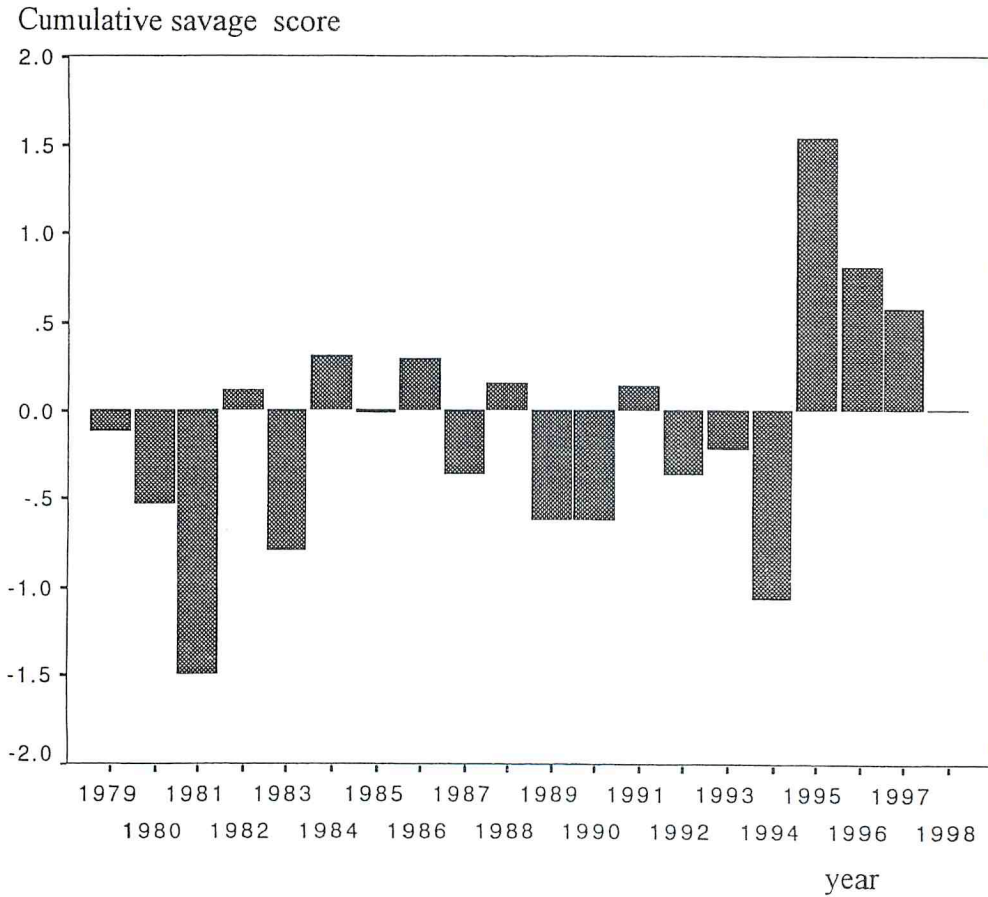


Fig. 3. Analysis of the increasing total pollen counts of sugi in Nishinomiya by the Blom method.

The total pollen counts of sugi in Nishinomiya showed increases during the period from 1979 to 1998. 1986 was turning point of the largest.

後から飛散終了までの飛散数は $182 / \text{cm}^2$ で飛散総数は $11528 / \text{cm}^2$ であった。最盛期に山崎から北へ 11km の一宮町と山崎町で北方向から風が吹いたときの花粉数を求めた。最盛期中盤までに $6084 / \text{cm}^2$ 、最盛期終盤になる六甲 500m 林最盛期開始以降が $2720 / \text{cm}^2$ であった。

3. 西宮市での飛散総数の増加

西宮市小曾根町の 1979 年から 1998 年までの飛散総数を Table 2 の 1 列目に示した。1995 年の異常に多い飛散数は 1993 年の冷夏後に 1994 年の猛暑とこういう反動でもたらされた結果で、1996 年以降は減少と生物リズムは調整されており、1995 年の飛散数を棄却

することはできないと考えた。SPSS の統計ソフトを用いて、Blom の比率推定式により正規分布になるようにデータ変換し 20 年間の飛散総数の順位付けを行った。順位付けは平均値と標準偏差が 0 ± 1 になるように設定されており、順位の偏差値を累積した (Fig. 3)。1979 年から 1985 年までは偏差値が - から 0 に偏向しており、1986 年を変換点に - が縮小し 1995 年以降大きく + に偏向と、飛散総数が増加したことが裏付けられた。

さらに、この飛散総数の推移を時系列の傾向変動、つまり傾向直線 $y = ax + b$ の傾き a を検討した。異常な飛散総数の 1994 年以降を除く 1979 年から

1993年までの傾きは $a = 15.5$ となり、飛散総数の増加がみられた。1979年から1985年までの $a = 83.8$ に対し、1986年から1998年までは $a = 48.7$ と増加率は減少した。飛散数を累積し一次回帰式の傾きを求めると、1979年から1985年までの $1808 \text{ 個/cm}^2/\text{年}$ に対し、1986年から1998年までは $2197 \text{ 個/cm}^2/\text{年}$ と微増した。回帰係数の差の検定を行うと $t = 0.061$, $P(0.05) = 2.120$ で両者に差は認めなかった。

4. 壮齢林の増加面積

金指ら⁽⁴⁾によると雄花生産量は約30年生までは増加し、それ以降は林齢にかかわらず一定になる傾向がみられたと報告した。樹齢31年以上の面積が飛散数に影響を及ぼすと仮定して、兵庫県におけるこの面積

の推移を推定した。

兵庫県では1897年から1940年までは年間に平均1,033haが造林された。統計資料のある1950年から1969年までは造林が盛んで年間に平均4,116haの造林面積であった。その後造林面積は減少し1978年から戦前の値となり、1990年代の年間造林面積は200ha台であり、伐採面積は130ha前後であった (Fig. 4)。Table 3に公表されている1978年と1990年の樹齢別のスギ林面積を示した。これらの値から過去と未来の樹齢31年以上の面積を以下のように求めた。

X 年の樹齢31年以上のスギ林面積 = 前年の樹齢31年以上の面積 + ($X - 30$) 年の造林面積 × 育成率 - X 年の推定伐採面積

Table 3. Examining the area of various age groups of sugi forests during 1978 and 1990 in Hyogo Prefecture

age	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-40	41-50	51-60	60-	Total
1978	4329	9079	19764	22069	14585	10255	10972	1693	2085	1285	99117 (ha)
1990	4029	5516	6791	13765	22622	22200	25000	9558	4043	2799	115963 (ha)

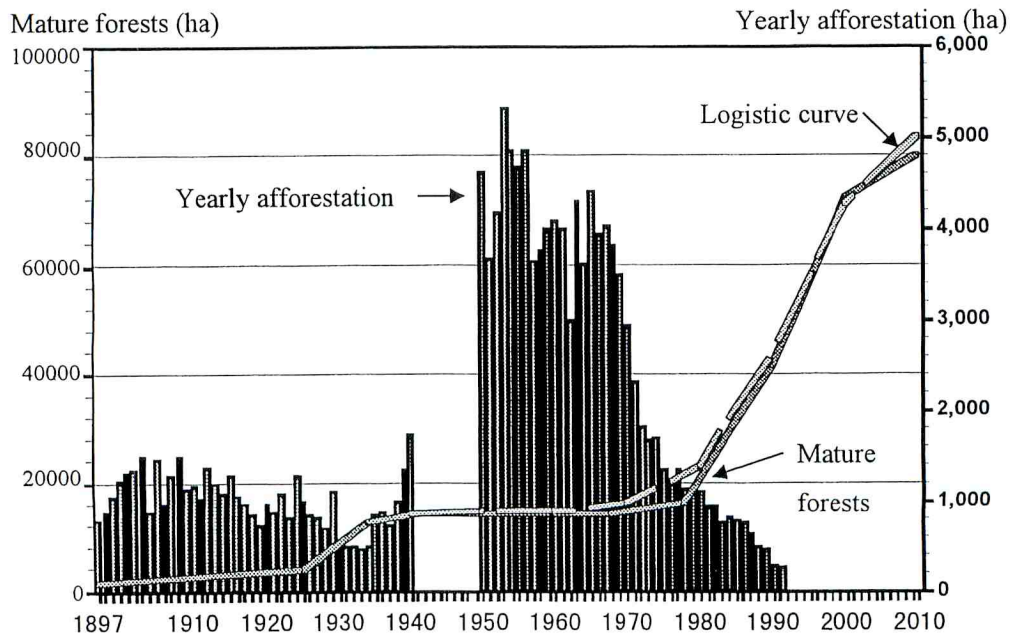


Fig. 4. Yearly afforestation of sugi and mature forest areas in Hyogo Prefecture.

Mature sugi forests aged more than 31-years were used for calculations. The growth of area showed a logistic curve.

育成率は樹齢30年までは用材として伐採しないと仮定すると、その間にスギ造林面積の80%が育ち80%とした。推定伐採面積 = 素材生産量 × 面積換算係数となり、面積換算係数は1973年から1989年までの人工林皆伐面積と素材生産量から素材生産量1000m³当たり1.6haとした。

Fig. 4に年間の造林面積の推移とTable 2に示した樹齢31年以上の推定面積、この推定面積をロジスティックカーブに当てはめ計算により得られた曲線を図示した。ロジスティックカーブの式は下記のように得られた。

$$y = 71.4 / \{ 1 + e^{-1.61(x-324)} \} + 14.3$$

$$X = (x - 1970) / 10 + 1,$$

y: スギ林面積 (単位1000ha), x: 西暦年

この式と推定したスギ林面積の推移とほぼ一致した。このカーブは1972年と、1986年、1999年を変換点としており、1986年は順位の変換点 (Fig. 3) と一致した。

考 察

空中花粉はその観測点に近い比較的限局した花粉源からの飛来で成り立っていた。西宮市においては35km圏内の丹波山地が主な花粉源であるが、季節風を遮る六甲山系、平地部での不連続線の発生は遠距離の花粉も集合させると考えられ、75km以上離れた中国山地からの飛来もみられた⁽⁵⁾。

一方、揖保川の中流にある山崎町では流域が花粉源となっているため、西宮市より短期間に花粉が集中する傾向がみられた。1995年の山崎町では3月21日までの中盤に北方向からの風の時に6084個/cm²、22日の六甲500m林最盛期開始日から六甲800m林最盛期が終了までの終盤に2720個/cm²の飛散が観察された。この3月21日の六甲150m林、220m林、350m林、500m林の花粉残存率はそれぞれ0%、15%、53%、80%であった。350m林の花粉残存が約半量であることから、中盤までと終盤の飛散数の差は六甲150m林と220m林の飛散に關与する花粉量、500m林と800m林の飛散に關与する花粉量の差から生じていると考えられた。中国山地では標高1300mまで造林されているが、1998年には標高600mが最盛期を迎えた3月28日には飛散は終了しており、六甲800mに相当する標高500mまでが飛散に影響していた。以上のことから標高が高い花粉源ほど平地への影響は少なく、中国山地では六甲の標高500mに相当する標

高320m以下の花粉源が重要と考えられた。

Strand⁽⁶⁾は花粉源からxの距離離れた地点での花粉濃度について次のように述べている。点をなす花粉源からの花粉濃度はx^{-m}に比例する。列をなす花粉源からはx^{-m/2}に比例する。面をなす花粉源では列より花粉濃度の減少は穏やかである。mは1から2の間で、通常1.75である。

山崎保健所から北10km圏内で各標高別の花粉濃度x^{-m/2}に影響する面積を、各2.5km、5km、10km圏内で求めた造林面積とその中心と保健所との距離から算定した。標高320m以下、320から500mまで、500m以上はm=2でそれぞれ8.3km²、3.9km²、0.8km²に、m=1でそれぞれは15.9km²、8.9km²、2.2km²になった。山崎北部の10km圏外の揖保川流域ではスギ・ヒノキ林面積は全スギ・ヒノキ面積の81.5%で274.1km²あり、しかも標高500m以上の面積は196.8km²と広大であった。六甲500m林最盛期までの中盤までと終盤の飛散数の比が1:0.45であることや、六甲800m林最盛期終了とともに飛散が終えることから、山崎町の10km圏外で標高500m以上の広大なスギ・ヒノキ林は山崎町の花粉源でなく、10km圏内のスギ林からmが2に近い値で花粉が飛来すると考えられた。

平ら⁽⁷⁾の富山県の標高差による飛散調査では、スギ林は標高100m前後から2050m付近までであるが、主要な花粉源はスギ林の29%をしめる標高200m以下と述べている。標高600m以上はスギ林の約30%の面積をしめるも、提示された図から600m以上のスギ林からの空中花粉はほとんどないと考えられる。山形盆地での調査⁽⁸⁾では500から600mのスギが開花している時期が標高240-280mの山形盆地での花粉の最多飛散時期と述べており、提示された図からそれ以上の標高からの飛散は少ないと考えられる。

均一に植えられた標高1000mのモデルでは標高が高いほど植林面積は減少するも地上風は強くなるため、標高600mがスギ花粉輸送ポテンシャルが最大となると述べている⁽⁸⁾。このモデルを当てはめると、標高800mとした六甲山地では中腹の開花時期が飛散最盛期に当たるが、中国山地や富山県、山形盆地でも高所よりの花粉は少なく、高地から低地への飛散をうち消す現象があると考えられた。谷風などの地表の気流と上層の気流など花粉輸送の解明が待たれる。

明治以来一定であった造林面積は戦後に増加した。この面積増加と花粉飛散数増加の關係の検証はされていない。兵庫県での造林面積の推移は戦時中の資料の

ない期間を除くと、1950年から1972年までは戦前の約4倍の面積が造林され、1976年以降は戦前以下となった。標高別の造林面積の集計がないため、造林がどの程度の花粉増加をもたらしたかを検証することは困難である。造林は行いやすい山麓部からより困難な山奥や山頂へ移行したと考えると、造林面積そのものが直接に飛散数に反映するとは考え難い。

スギ花粉生産量について、橋詰⁽⁹⁾は幼齢林でもかなりの生産量があり、壮齢林になるほど増加し、単木では胸高直径80cmまで増加する。豊作年の実生林の平均値は金指らの報告した花粉数の 5.0×10^{13} 個/haとほぼ同じと述べている。金指⁽⁴⁾は樹齢31年以降の生産量が一定になるという報告をしており、この面積の増加を推定した。壮齢林面積は2010年まではロジスティックカーブを描いて増加し、飛散総数もこの曲線にのり増加していると仮定し、壮齢林面積が穏やかに増加した1972年から1985年までの前期と増加度が増した1986年から1998年までの中期とに分けて検討した。

全国の造林面積の推移は兵庫県と酷似している⁽¹⁰⁾。信太ら⁽¹¹⁾は1965年から1995年までの31年間の相模原の観測結果から、兵庫県で壮齢林が増加に転じた1972年から飛散数が増加したと報告した。つまり、1965年から1971年までは飛散数は増加しておらず、1972年から増加に転じ1985年までは1971年以前の2.52倍の花粉数に、1986年から1995年までは花粉数が微増し1971年以前の3.26倍の花粉数になった。西宮市の1979年からの観測データを正規分布に当てはめるための順位付けで検討を行うと飛散数が増加していた。累積直線の傾きは1979年から1985年までが1808個/年で、1986年から1998年までは2197個/年と中期は前期よりやや増加した。時系列の傾向変動を示す傾向直線 $y = ax + b$ の傾き a は、1979年から1985年までが $a = 83.8$ に対し、1986年から1998年までは $a = 48.7$ とやや小さく、増加が緩やかになったことを示していた。壮齢林面積の増加がどの程度飛散数に関与したかを検討するために、この傾き a が0になる条件を前期と中期について求めた。

1979年から1985年までの前期に壮齢林面積増加の90%が飛散数増加に関与したと仮定したときの、影響を及ぼす造林面積と補正した飛散数をTable 2の3と4列目に示した。補正飛散数の傾向直線の傾き $a = -0.18$ となり、1985年の花粉飛散に関与する壮齢林面積は29,240haとなった。1986年から1998年までの中期に増加した壮齢林面積の30%が飛散数増加に

関与したと仮定したときの、飛散に影響する造林面積と補正した飛散数をTable 2に示した。補正飛散数の傾向直線の傾き $a = -2.16$ なり、1998年の飛散総数に関与する壮齢林面積は40,000haとなった。

我々が推定した飛散数に影響する壮齢林面積の増加率と前述の相模原の飛散数増加率の傾向は一致した。兵庫県での前期の壮齢林面積の増加率が相模原の飛散数増加率より低いことは、関東より6年遅い1984年からスギ花粉症患者が多く発症し始めた一因と考えた。造林は立地条件のよい平地部から山奥へと進められており、1972年からの前期は立地条件がよく観測地に近い壮齢林面積の増加のため飛散数に大きく影響したのに対し、1986年以降の中期は立地条件が悪い高地や奥地の壮齢林面積の増加のため飛散数増加への影響が少なかったと考えた。

兵庫県内での造林の推移に地域差があるため、飛散数増加に地域差がないかを4カ所で検討した。1988年から1998年までの飛散数の時系列の傾きは、西宮市の13.9に対し、西脇市26.6、姫路市12.6、豊岡市16.2となった。また、2018年の樹齢31年以上の壮齢林面積の推定値は阪神地区(西宮市)では1991年の1.7倍に増加するのに対し、加古川流域(西脇市)では同1.5倍、西播州(姫路市)1.7倍、但馬(豊岡市)1.9倍であった。花粉源に近接する西脇市を除くと、花粉源から離れている西宮市、姫路市、豊岡市は飛散数の時系列の傾きと壮齢林面積の増加率の傾向は一致した。

山崎町北部の花粉源を推定すると、町の中心から10km圏内であった。これは揖保川流域での全造林面積の18.5%で、しかも標高500m以下であった。このように高地や奥地の造林地は平地への影響が少なく、壮齢林面積増加の飛散数への寄与率が小さい理由と考えた。西宮市での飛散数の推移は壮齢林面積の増加が始まった1972年以降は飛散数増加率が大きく、1986年以降は増加率が小さくなった。壮齢林面積増加の飛散数増への寄与率は1972年から1985年までが90%、1986年から1998年までが30%、全体で50%と推定した。

要 約

第二次大戦後のスギの造林面積増加が空中花粉の飛散数増加をもたらせたかを検討した。中国山地の山崎地区では標高500m以上のスギ造林地は全体の60.3%を占めるが、町の中心では10km圏でかつ標高

500m までのスギ花粉が飛来したと考えられた。

樹齡 31 年以上の壮齡林面積の推移を推計すると、ロジスティックカーブを描き増加した。西宮市の飛散総数の累積直線の傾きを比較すると、1978 年から 1985 年は飛散数が増加し、1986 年から 1998 年まではやや増加が増した。空中花粉の増加は壮齡林面積増加にともなっており、1986 年以降は壮齡林面積増加の 30% が空中花粉数の増加をもたらしたと推定できた。

謝 辞

統計分析でご助言を頂いた神戸大学発達科学部健康発達論講座の藤田大輔氏と兵庫医科大学公衆衛生学教室の二宮ルリ子氏に深謝します。

引用文献

- (1) 信太隆夫・降矢和夫・轡田和子・森美由紀・安枝 浩・石井豊太・秋山一男：相模原地区における空中飛散花粉の 1965 年から 1995 年までの 31 年間の推移。花粉誌 44, 47-60 (1998)。
- (2) 小笠原寛・栗花落昌和・瀬尾 達・阪上雅史・吉村史郎：六甲山系におけるスギの標高別開花時期と中国・丹波山地の開花時期。花粉誌 41, 129-137 (1995)。
- (3) 小笠原寛・吉村史郎・藤谷哲造・中原 聰・岡田 等・黒坂文武・松田真一・栗花落昌和・里見文男・雲井健雄：1993 年のスギ・ヒノキ科花粉飛散状況と造林面積の推移。兵庫医学会誌 36, 12-15 (1993)。
- (4) 金指達郎・横山敏孝・金川 侃：スギ人工林における雄花生産量。花粉誌 36, 49-58 (1990)。
- (5) 小笠原寛：兵庫県の花粉症。神戸新聞総合出版センター pp.25-40 (1995)。
- (6) Strand, L. : Pollen dispersal. *Silvae Genet* 6, 126-136 (1957)。
- (7) 平 英影・寺西秀豊・鋸田幸子・槻陽一郎・清水規喜矩雄・河合康守：スギ林の雄花着花状況と空中花粉飛散パターンとの関連性について。1990 年における富山県の例。アレルギー 40, 1200-1209 (1990)。
- (8) 佐橋紀男・高橋裕一・村山貢司：スギ花粉のすべて。メディカルジャーナル社 pp.71-75, 86-97 (1995)。
- (9) 橋詰隼人：日本列島のスギ林における花粉の生産に関する研究 (1) 各地のスギ林の着花状況、品種による着花性の差異及び着花に影響する因子について。鳥取農演報 19, 67-122 (1990)。
- (10) 横山敏孝・金指達郎：花粉発生源としてのスギ林面積の推移。IgE 抗体産生と環境因子。メディカルトリビューン pp.67-79 (1990)。

