

〔綜 説〕

スギ雄花の花粉飛散特性

¹⁾新潟大学大学院自然科学研究科, ²⁾富山医科薬科大学医学部公衆衛生

平 英彰¹⁾ 吉井エリ¹⁾ 寺西秀豊²⁾

Key words : *Cryptomeria* — pollen — prediction — scattering

はじめに

スギは日本の準固有種で、最も古い化石は秋田県田沢湖の北方、檜木内川の上流にある宮田のおよそ 530 万年前の地層から発見されている¹⁾。このことから、日本におけるスギの出現は、他の針葉樹に比べ比較的新しいと考えられている。スギは現在、青森県から鹿児島県の屋久島まで広く天然分布している。日本列島に生育しているスギは、環境に対する適応性が高く、他の樹木に比べ成長が早く、また、材は通直で割裂性が高いため、柱などの建築材やたらい、桶等の生活用品として古くから利用され、日本の文化を支えてきた重要な樹木である。万葉集（十巻 1814）にも「古の人の植けむスギが枝に霞たなびく春は来ぬらし」と歌われているように、スギの植林は 1000 年以上も前からおこなわれていた。商品としての材を生産するための大面積の植林も 400 年以上も前からおこなわれており、江戸時代においては、都市近郊に大面積のスギの植林地があった²⁾。そして、江戸末期から明治年代にかけて、産業の発展に伴いスギ材の需要が高まり、全国でスギの植林が盛んに進められた。花粉を大量に飛散し始める 31 年生以上のスギ林は、1901 年から 1935 年にかけて 20 万 ha、1936 年から 1970 年にかけて 70 万 ha で推移している³⁾。日本におけるスギの植林史を考えると、日本人は古くからスギ花粉と接し、1975 年代、相

模原市で観測されている年間 2000 個/cm² 前後のスギ空中花粉⁴⁾が飛散した地域が古くからあったと考えられる。スギの植林面積は、現在 450 万 ha に達し、戦後植林したスギ林が、花粉を大量に飛散させる樹齢に達しはじめ、スギ花粉飛散数は 1956 年頃より大幅に増加した⁴⁾。堀口、斎藤らは、1963 年日光でスギ花粉症患者を初めて報告している⁵⁾。しかし、これまでのスギと日本人の関係を考えると、日本でスギ花粉症患者が大幅に増加している原因は、スギ花粉飛散数が増大したことも要因の一つであるが、四日市喘息にも見られるように、大気汚染の増大、食生活の変化、抗生物質の使用など、他の要因も大きく関与していると考えられる⁶⁾。

ともあれ、現在、花粉症患者は日本の人口の 15% を越えるといわれており、平成 10 年度の経済的損失は、2860 億円に達することが報告されている⁷⁾。スギ花粉症は I 型アレルギーに属し、一旦発症すると完治することが困難で、アレルゲンに接触することによって再発症することから、アレルゲンであるスギ花粉と接触しないことが最も重要な花粉症対策の一つである。したがって、マスコミなどで報じられるスギ花粉情報は、花粉症患者がスギ花粉を回避する手段をとるため重要な情報である。しかし、現在国民に提供されているスギ花粉情報は、精度の高いものから、精度が低く、かなり問題のある情報まで混在している。スギ花粉情報の精度が低い理由としては、スギ雄花の着花特性や花粉飛散特性など、スギの生理的な特性及び地理的な花粉飛散特性を考慮しないために生じていると考えられる場合が多い。スギの花粉飛散は天候に左右されるため情報に誤差が生じるのは避けられない。しかし、少なくともマスコミを通じて出す公的性格が強いスギ花粉情報には、ある程度の信頼性が必要である。より正確なスギ花粉情報を提供するには、スギの着花特性や雄花の開花特性及び地理的特性を正確に理解することが重要である。これまで筆者が得たスギ雄花の着花特

Received : July 13, 2004

Accepted : October 8, 2004

THE CHARACTERISTIC OF THE POLLEN DISPERSAL OF *CRYPTOMERIA JAPONICA*

Hideaki Taira¹⁾, Eri Yoshii¹⁾ and Hidetoyo Teranishi²⁾

¹⁾Course of Biosphere, Graduate School of Science and Technology, Niigata University, ²⁾Department of Public Health, Faculty of Medicine, Toyama Medical and Pharmaceutical University

平 英彰：新潟大学大学院自然科学研究科〔新潟県新潟市五十嵐 2 の町 8050〕

E-mail : taira@gs.niigata-u.ac.jp

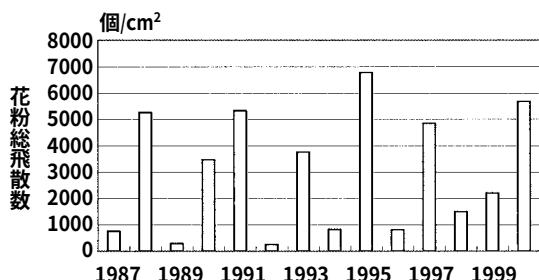


図1. 富山市(富山医科薬科大学)で観測したスギ花粉総飛散数の推移。

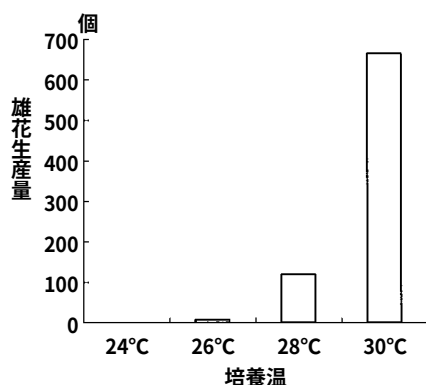


図2. スギ苗の培養温度と雄花生産量との関係。

性や開花特性がより正確なスギ花粉情報を提供するために役立てば幸いである。

1. スギの雄花生産量

富山市(富山医科薬科大学)で観測した1987~2000年のスギ花粉総飛散数をみると、花粉総飛散数が著しく多い年の前年と翌年の花粉総飛散数は少なくなっており、大飛散年はほぼ隔年ごとに発生している(図1)。このような現象は、スギ雄花の着花特性による影響と考えられる。スギ雄花の着花量は、7月の平均気温⁸⁾、または日射量⁹⁾と強い相関があり、一般的に7月の気温が高いほど花芽の分化が促進される。24°C~30°Cに設定した人工気象器で培養したスギの場合、24°Cでは雄花は生産されないが、30°Cでは雄花の生産量が著しく多くなる¹⁰⁾(図2)。スギ雄花の分化は地域によっても異なるが、6月下旬から認められる。雄花は、伸長している新葉の先端の腋芽に分化し、次第に大きくなり、11月上旬までに成熟する¹¹⁾。スギの新葉は5月上旬

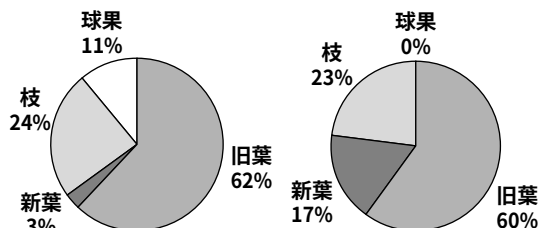


図3. 雄花の着花木と無着花木の新葉、旧葉、枝、球果生産量の違い。

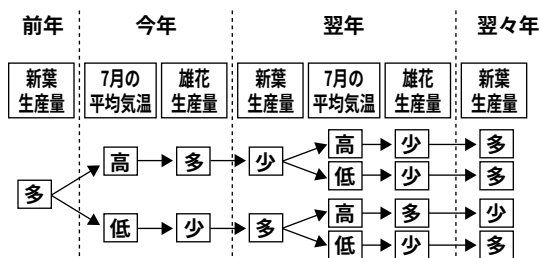


図4. 7月の気温と雄花生産量及び新葉生産量との関係。

頃より、前年の針葉の先端から展葉する。したがって、気象条件等の原因でその年の新葉の生産量が少なく雄花の生産量も少なくなる。また、雄花の生産には多くのエネルギーを消費するため、気象条件が良くても前年雄花を生産した針葉から展葉した新葉の成長は著しく少ない¹²⁾。前年多くの雄花を生産した個体としなかった個体の新葉、旧葉、枝、球果の割合を比較すると、前年に多くの雄花を生産した個体は、雄花をほとんど生産しなかった個体に比べ、新葉の生産量が1/6程度と著しく少なくなっている(図3)。このことは、スギ花粉の大飛散年の翌年には、スギ新葉の生産量が著しく減少することを示している。このような7月の平均気温、雄花生産量及び翌年の雄花生産量との関係をまとめると、図4に示したようになる¹²⁾。一般に7月の気温が低ければ翌年の雄花の生産量も少なく、高ければ多くなる。しかし、前年の雄花の生産量が多かった年では、7月の気温が高くて低くても雄花の生産量が少ない。7月の平均気温を用いたスギ花粉総飛散数の予測に大きな誤差が生じるのは、このためである。

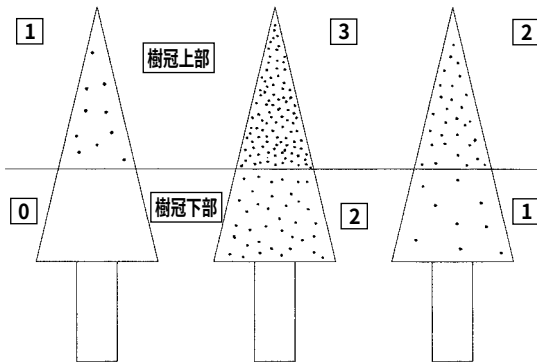


図5. 雄花の着花指数の測定方法.

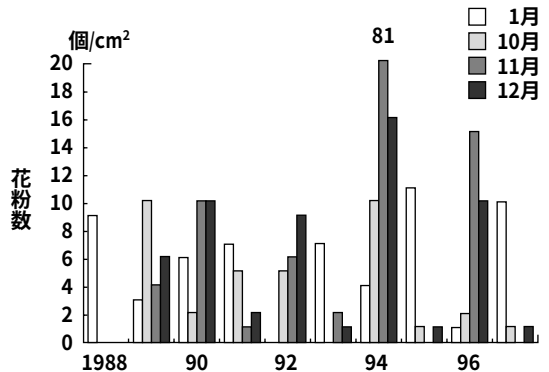


図6. 富山市(富山医科薬科大学)における1988年から1997年における10月～1月のスギ花粉飛散数.

2. スギ花粉総飛散数の予測方法

7月の平均気温を基にした翌年のスギ花粉総飛散数の予測は、少飛散年の翌年の場合は予測値と実測値との差は少ないが、大飛散年翌年の場合は誤差が大きい¹⁰⁾。スギ花粉総飛散数は、花粉飛散期間中の気象条件に大きな違いがなければ、基本的にスギ雄花の生産量に強く影響される。したがって、雄花の生産量とスギ花粉総飛散数との相関をとれば、正確なスギ花粉総飛散数を予測できる。しかし、雄花は、花粉飛散が終了しないと落下しないため、花粉飛散前に雄花の生産量を把握することは困難である。しかし、6月下旬に分化した雄花は、10月下旬頃になると伸長成長を休止し、褐色に色づき観察しやすくなる¹³⁾。スギ雄花の生産量と雄花の着花状況とは高い相関があると考えられるので、スギ雄花の着花状況を指数で表現し、それと翌年のスギ花粉総飛散数との相関から、スギ花粉総飛散数を予測できる。スギ雄花の分化は、針葉に当たる日射量によって影響を受ける。林内相対照度が60%以下の部位では気温が高くても雄花が分化しないので¹⁴⁾、スギ雄花の着花指数の調査木はスギ林の隣緑木を用いる。スギ雄花はスギの樹冠部位によって着花特性が異なり、上部では着花しやすく、下部では少なくなる傾向がある。具体的な着花指数の測定は、スギの樹冠を上下に区分し、針葉が見えにくいくらい着花しているものを3、全く雄花が認められないものを0、雄花がわずかに認められるものを1、1と3の中間を2と区分する(図5)。着花指数は樹冠の上下を合わせ最高は6、最低は0になる¹⁰⁾。雄花の着花指数とスギ花粉総飛散数の相関は高く、誤差が少ないことから、現在では多くの県の林業試験場を中心として、着花指数に

よる翌年のスギ花粉総飛散数の予測がなされている。

3. 秋冬期のスギ花粉飛散

スギの花粉飛散は地域によって異なるが2月中旬頃より始まり、5月上旬にはほぼ終了する。したがって、それ以外の季節にはスギ花粉は飛散しないと考えられていた。しかし、スギ空中花粉の通年調査をおこなっていると、10月以降翌春の本格的な花粉飛散開始日までの期間に多くのスギ花粉が観察される¹⁵⁾。特に11月には観測された花粉飛散数が多い(図6)、スギ雄花の形成とその花粉飛散の過程を見ると、スギ雄花は6月下旬に分化し、10月中旬に小孢子が形成され、11月上旬には花粉が成熟し雄花は休眠に入る。そして、冬季の低温によってスギ雄花の休眠は徐々に覚醒する。休眠が覚醒した雄花は、覚醒後平均気温の積算値が一定に達したときに花軸が伸長し、花粉飛散が始まる¹⁶⁾。したがって、一般には秋冬期にスギの花粉は飛散することはない。しかし、多くの植物では、秋の気温が異常に高かった場合、狂い咲きと呼ばれる季節外れの開花現象が生じる¹⁷⁾。スギの場合もこのような現象が認められる。花粉の飛散する雄花は、個体に着花している雄花の1/3程度で、花粉を飛散させた後落下するが、他の雄花は翌年3月に正常に開花し、花粉を飛散させる。春の花粉飛散期における雄花からの花粉飛散は、花軸の伸長に伴って生じる。しかし、秋の花粉飛散の場合、これ以外にも、花軸の伸長がほとんど認められず、枯れた状態で鱗片間に隙間が生じ、その間から花粉が飛散する個体がある。秋冬期の花粉飛散数は、翌年の花粉総飛散数と高い相関があり、スギ花粉総飛散

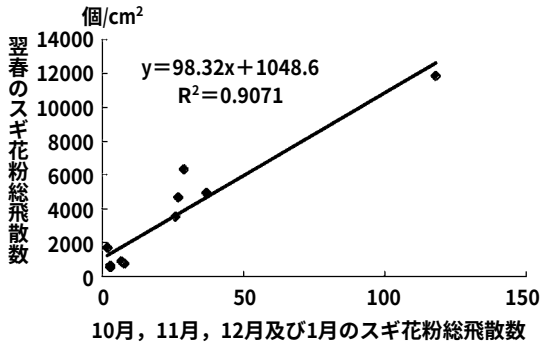


図7. 秋冬季のスギ花粉総飛散数と翌春のスギ花粉総飛散数との関係。

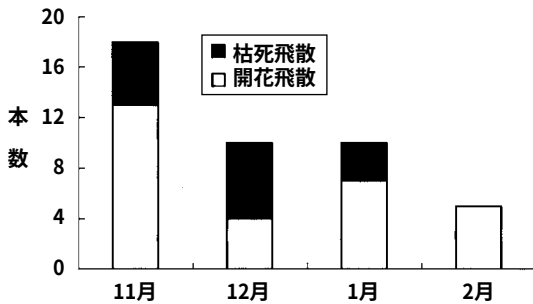


図8. 11月から2月にかけて雄花の開花または枯死によって花粉を飛散させたスギの個体。

数が多いと予想される年の前年は多くなる (図7)。

多くのスギ空中花粉を観測した1995年の前年にあたる1994年11月には、富山県林業試験場構内のスギ林47本のうち18本が枝をたたくと、肉眼視できる量の花粉を飛散させた。12、1月にはそれぞれ9本、2月には4本の個体が花粉を飛散させた (図8)。1988年から1997年までの10月、11月、12月の富山気象台の平均気温を比較すると、1994年10月の平均気温が10年間の平均気温よりも2.4℃高かった。10月に15℃の高温で培養し、その後外気で培養したスギでは、11月に開花して花粉を飛散させる個体が発生する。1994年11月、12月、多くのスギ雄花が開花し、花粉を飛散させた理由としては、10月の平均気温が例年に比較して著しく高いため、雄花が休眠せず、そのまま開花したことが原因と考えられる (表1)。

表1 富山気象台における1988年～1997年の10月、11月、12月の平均気温の比較

年度	月別平均気温 (℃)		
	10月	11月	12月
1988	14.8	8.0	4.8
1989	15.1	11.6	5.8
1990	16.4	12.3	7.1
1991	16.5	10.3	6.9
1992	16.2	11.1	6.1
1993	15.2	11.7	5.6
1994	18.0	11.7	6.0
1995	17.4	8.9	4.0
1996	16.1	10.4	6.1
1997	15.5	11.6	6.5
平均	15.6	10.2	5.2

4. スギの花粉飛散開始日

スギの花粉飛散が始まる10日前頃から、抗アレルギー剤を服用することにより、スギ花粉飛散期間中の病状が緩和されることが報告されている¹⁸⁾。このことから、スギ花粉飛散開始日の予測は、スギ花粉症を予防するうえで重要な情報である。橋詰¹¹⁾は、スギの花粉飛散開始日は1月1日からの平均気温の積算値が300℃に達したときにスギの花粉飛散が始まることを報告している。斎藤¹⁹⁾は1月1日から花粉飛散開始日までの最高気温の積算値、村山²⁰⁾は1月の平均気温の積算値、また、岸川²¹⁾は1月の平均気温と1月1日からスギ花粉飛散開始日までの相関を用いて、花粉飛散開始日の予測を試みている。しかし、スギ雄花の開花は雄花の休眠とその覚醒によって決まるため、これまでの予測方法ではさほど高い精度は得られない。スギ雄花は花粉が成熟した11月上旬に休眠に入る。休眠したスギ雄花は、冬季間の低温によって徐々に覚醒する。スギ雄花の休眠覚醒に必要な低温は品種によっても多少異なるが、9℃以下である。12℃以下の気温を経験させない場合、ほとんどのスギは休眠が覚醒しないため、4月になってもスギの雄花は開花せずそのまま枯死してしまう。スギ雄花の休眠覚醒に必要な低温日数はおよそ50日程度なので、スギ雄花の休眠がいつ覚醒するかは、その年の気候条件によって大きく左右される²³⁾。初冬に寒い日が続けば、休眠は早く覚醒し、その後の気温が高く推移すれば花粉飛散時期が早くなる。富山県地方のように、冬季の気温変化のパターンからスギ雄花の休眠を推定できることもあるが¹⁶⁾、一

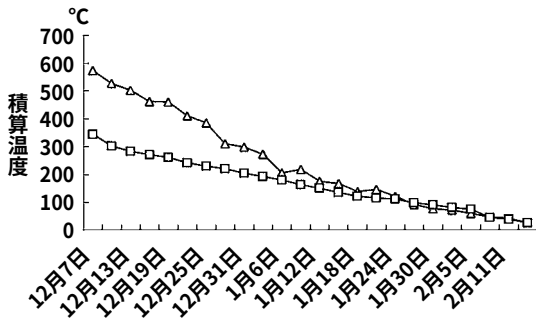


図9. スギ雄花の開花に要した積算温度と開花日からの平均気温の逆算値との関係。

△：雄花の開花に要した積算温度

□：花粉飛散開始日からの平均気温の逆算値

般には、その地域でいつスギ雄花の休眠が覚醒したかを、判断するのが非常に困難である²²⁾。しかし、スギ雄花の休眠が覚醒した後は雄花の開花に要する積算温度と平均気温の積算温度が一致する²²⁾。このことを利用すれば、スギ花粉飛散開始日を容易に予測することができる。富山県地方でスギ雄花の休眠は1月下旬から2月上旬にかけて完全に覚醒する。図9は、時期別雄花の開花に必要な積算温度とスギ林が開花した日からの平均気温の逆算値を示したものである。雄花の休眠が覚醒した後の開花に必要な積算温度は、スギ林の花粉飛散開始日からの平均気温の積算温度とほぼ同じになる。正確なスギ花粉飛散開始日を予測するには、スギの休眠が完全に覚醒する1月下旬から2月上旬にスギ林から雄花を30本程度採取し、10℃で培養して開花に要する積算温度を算出する。なお、雄花の開花は、個体による遅速があるので採取した個体の15%が花粉を飛散したときとする。そして、雄花を採取した日から平均気温の積算温度、培養した日から開花日までに要した積算温度と同じになる日が花粉飛散開始日となる。平均気温の予測は、公表されておりそれを基にかなり高い精度でスギ花粉飛散開始日を予測できる。

このような方法でスギ花粉飛散開始日を予測するときに問題になるのは、雄花を採取する林分をどこにするかである。一般にスギ雄花の開花は、標高の低いスギ林から高いスギ林へと移動していく²⁴⁾。スギ雄花を培養してその開花に必要な積算温度からスギ花粉飛散を予測するには、最も標高の低い観測点の近くのスギ林を選ぶ必要がある。

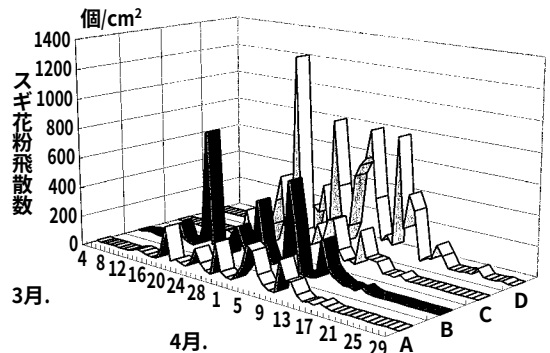


図10. 標高の異なる観測点のスギ花粉飛散数。

観測点A：標高 10m，観測点B：標高 200m

観測点C：標高 400m，観測点D：標高 600m

5. スギ花粉飛散パターンと最大花粉飛散日

スギ花粉飛散予報のなかで、スギ花粉総飛散数の予測も重要であるが、花粉飛散パターンや、最大花粉飛散日の予測も重要である。観測点に飛散するスギ花粉の飛散パターンは、近くのスギ林の開花パターンと他地域のスギ林の開花パターンに影響される。スギ林の花粉飛散は最初の個体が花粉を飛散させ始めてから10日前後で最大に達し、その後、徐々に減少していくが、全ての個体が花粉飛散を終了するまでおよそ30日を要する。したがって、他の地域からの花粉飛散の影響を全く受けないとすれば、観測点のスギ花粉飛散パターンはスギ林の開花が最大に達した日を最大花粉飛散日とする一山型になる。しかし、観測点のスギ花粉飛散数は、天候や花粉が飛んでくる他地域のスギ林の開花状況によって影響を受ける。図10は、富山県の海岸から山岳地帯までの4観測点におけるスギ花粉数の推移を示したものである。観測点Aは、海岸地帯で標高10m、周囲10km四方にはスギ林がない、観測点Bは標高200m、平野部で周囲にスギ林が点在する。観測点Cは標高400m、山間部に位置し、周囲に多くのスギ林がある。観測点Dは、標高600m、山間部に位置し、周囲はスギ林と広葉樹林が混交する。図11は、標高100mから標高1400mに生育しているスギ林ごとの花粉飛散開始日と最大花粉飛散日の花粉飛散数を100とし、それぞれのスギ林の花粉飛散状況を指数化したものである。標高ごとのスギ林の花粉飛散開始日とその最大飛散日は、標高の低いところから高いところへと次第に移動していく。周囲にスギ林のない標高10mの観測点Aのスギ空中花粉数は、スギ林面積の少ない

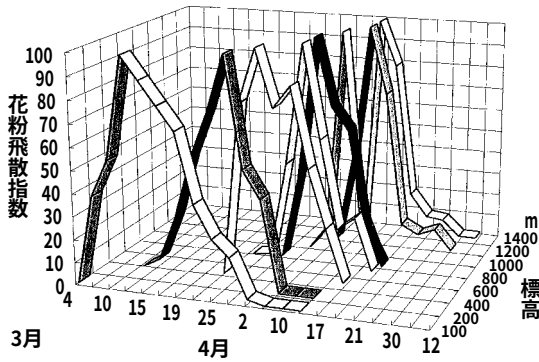


図 11. 標高によるスギ林の花粉飛散開始日と花粉飛散指数の変化.

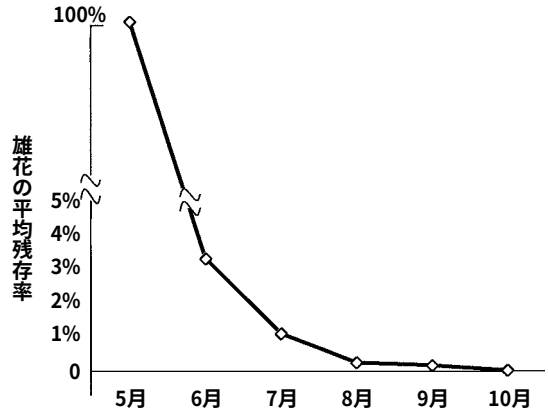


図 12. スギ雄花の平均残存率の推移.

標高 100m 地帯のスギ林からの花粉飛散の影響は小さく、最初の高いピークは標高 200m のスギ林の花粉飛散が最大に達したときに記録されている。その後、スギ林の花粉飛散のピークは、標高の高いスギ林へと移動して行くに伴い、それぞれのスギ林からの花粉飛散の影響を受けて多くのピークが作られる。標高 200m, 400m の観測点のスギ空中花粉数は多くのスギ林からの花粉飛散の影響を受けていくつかのピークが形成されるが、最大のピークは、観測点に近いスギ林の花粉飛散が最大に達したときに観測されている。

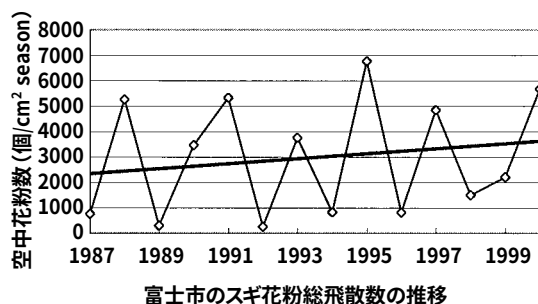
6. 夏期のスギ花粉飛散

スギの花粉飛散は早い地方では 2 月上旬から始まり、遅い地方でも 5 月中旬までには終了する。しかし、少量ではあるがスギ空中花粉は、スギ林の花粉飛散終了後の 6 月から 9 月下旬まで観測される²⁴⁾。この夏期のスギ花粉飛散は、春に飛散し、地面に落下したスギ花粉の再飛散とも考えられる。しかし、農村部においてはスギ林の周辺に落下した花粉の再飛散は、スギ林の花粉飛散期間中に認められるが、落下した花粉は降雨により淵に流されたり地面に浸透したりして、スギ林の花粉飛散終了後は地面からの花粉の再飛散は認められなくなる²⁴⁾。開花したスギ雄花を観測すると、スギ雄花は、開花直後にそのほとんどが木から落下してしまうが、数%の雄花は落下せず 9 月まで樹上に残存している(図 12)。これらの雄花の中には、花粉が飛散せずに残っている個体も有る。これらの雄花を叩くと正常な花粉が飛散することから、6 月から 9 月の期間に観測されるスギ空中花粉は、これらの個体からの花

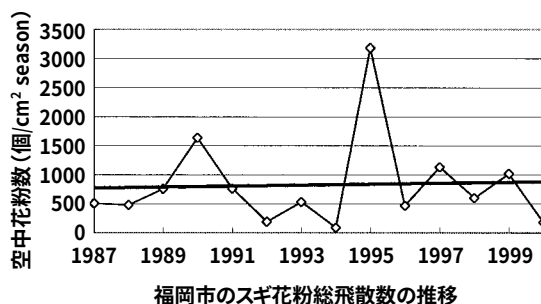
粉飛散と考えられる。夏期のスギ花粉飛散数は非常に少ないため、通常はほとんど問題はないが、スギ花粉の大飛散年では、残存する雄花も多く、スギ林の近くでは注意が必要であろう。

7. スギ品種による着花量の違い

スギはその増殖方法によって、種子で増殖する実生苗と枝を地面に挿して増殖するさし木苗に分けられる。これらの苗は、外見上ほとんど変わらないが、その特性は大きく異なる。実生苗は、初期成長が早く、環境に対する適応力が高いため、九州や本州の一部を除く多くの地域で植林されている。一方さし木苗は、実生苗に比べ初期成長が遅く、積雪の多い地帯には適さないが、幹の通直性が高く、材の形質が良く本州の一部や九州で植林されている。スギ林の雄花の生産量は、植栽してから 15 年生以下では極めて少ない。しかし、その後雄花の生産量は徐々に増加し、30 年生以上になると急増し、50 年生頃に最大に達する。そして、50 年生以上のスギ林では、雄花の生産量はそのまま高いレベルで維持される²⁵⁾。一般に多くのさし木品種は、実生に比較して雄花の着花量は少ない。九州地方では、スギの人工林率が他の地域に比較して高いのに、スギ花粉総飛散数が少ないことが知られている²⁶⁾。これは、九州地方で植栽されているさし木品種における雄花の着花量が少ないためと考えられる。しかし、雄花の着花特性は樹齢によって変化する。さし木の場合、幼齢期では少ないが、50 年以上の高齢になると着花量が多くなる品種がある。図 13 は、1978 年から 10 年間の富山市と福岡市のスギ空中花粉総飛散数を示したも



富士市のスギ花粉総飛散数の推移



福岡市のスギ花粉総飛散数の推移

図 13. 富山市（スギ実生造林地帯）と福岡市（スギさし木造林地帯）のスギ花粉総飛散数の推移。

のである。富山市の場合は、スギ花粉総飛散数の変動が大きく、年々増加の傾向を示している。それに対し、さし木地帯である九州の福岡市の場合は、全体的にスギ花粉総飛散数は少なく、年変動も少ない。しかし、前年7月の気温が非常に高かった1995年のスギ花粉総飛散数は、平年の3倍近くまで跳ね上がっており、さし木品種でも気温の高い年には、大量の雄花を生産することを示している。今後の地球の温暖化などを考えると、スギ林からの花粉飛散対策は、花粉の少ないさし木品種の利用だけでは対応できない。スギ林からの花粉飛散対策は、花粉が全く生産されないスギ雄性不稔²⁷⁾の利用を中心にすべきと考えられる。

この稿の作成にあたり、貴重な福岡市の空中花粉データを提供していただいた国立病院機構福岡病院臨床研究部の岸川禮子先生に深謝します。

文 献

- 1) 植村和彦：スギの祖先とその分布変遷。遺伝 **35**, 74-79, 1981.
- 2) 松島良雄：吉野のスギ林業。スギの研究(佐藤彌太郎監修)，養賢堂，東京，pp.687-700, 1950.
- 3) 横山敏孝：花粉発生源としてのスギ林面積の推移。メディカルトリビューン，東京，pp.67-79, 1990.
- 4) 信太隆夫，降矢和夫，轡田和子，森美由紀，安枝浩，他：相模原地区における空中飛散花粉の1965から1995まで31年間の推移。花粉誌 **44**, 47-60, 1998.
- 5) 堀口申作，斎藤洋三：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, 1964.
- 6) 井上 栄：スギ花粉症の謎を追って。文明と花粉症，講談社，東京，pp.10-48, 1992.
- 7) 中村昭彦，浅井忠雄，吉田博一，馬場廣太郎，中江公裕：アレルギー性鼻炎の全国疫学調査全国耳鼻咽喉科医及び家族を対象にして。日本耳鼻咽喉科学会会報 **105**, 215-224, 2002.
- 8) 山崎 太：花粉症起因花粉の研究(第10報)ースギ花粉症と7月の旬別平均気温との相関。アレルギー **34**, 305-309, 1985.
- 9) 村山貢司：気象条件とスギ花粉の飛散。科学 **61**, 98-100, 1991.
- 10) 平 英彰，寺西秀豊，劔田幸子：平均気温，全天日射量及び着花指数を用いたスギ空中花粉総飛散数の予測方法に関する比較検討。アレルギー **46**, 489-495, 1997.
- 11) 橋詰隼人：林木の交配に関する基礎的研究(V) スギの開花と受粉。鳥取大学農研報 **25**, 81-96, 1973.
- 12) Taira, H., Teranishi, H. and Kenda, Y.: The formation of pollen in male flowers and yearly atmospheric pollen counts of *Cryptomeria japonica* in the following year. *Allergology International* **47**, 297-302, 1998.
- 13) 平 英彰，庄司俊雄，寺西秀豊：スギ雄花の花粉飛散特性とスギ花粉症患者の発症との関連について。アレルギー **44**, 467-473, 1995.
- 14) Taira, H., Kato, A. and Saito, S.: Effects of stand density on the productivity of *Cryptomeria japonica* male flowers. *J. For. Res.* **5**, 243-246, 2000.
- 15) Taira, A., Teranishi, H. and Kenda, Y.: Preseasonal scattering of *Cryptomeria japonica* pollen in Japan, with reference to the dormancy of the male flowers. *Allergology International* **49**, 263-268, 2000.
- 16) 平 英彰，寺西秀豊，劔田幸子：スギの花粉飛散開始日の予測についてー植物生理の観点からー。アレルギー **41**, 86-92, 1992.
- 17) 杉浦俊彦：気象と落葉果樹生産の基本知識。農耕と園芸 **7**, 170-173, 1999.
- 18) 水越文和，出島健司，竹中 洋，齋藤憲治，河田

- 了, 他: オキサトミドによるスギ花粉症初期治療—最善の投与開始時期, 投与期間についての検討. 耳鼻咽喉科臨床 **76**, 56-66, 1995.
- 19) 斎藤洋三, 武田英子: 東京都文京区における 1988 年のスギ・ヒノキ科空中花粉調査. 花粉誌 **34**, 149-152, 1988.
- 20) 村山貢司: 関東におけるスギ花粉情報. 花粉誌 **34**, 153-156, 1988.
- 21) 岸川禮子: 福岡市におけるスギ・ヒノキ科花粉飛散の年次変動と気象条件—スギ・ヒノキ科花粉飛散予報. アレルギー **37**, 355-363, 1988.
- 22) 平 英彰, 寺西秀豊, 劔田幸子: スギ雄花の開花特性を利用したスギの花粉飛散開始日の予測について. 日本林学会誌 **76**, 126-131, 1994.
- 23) Taira, H.: Dormancy breaking effects of chilling and altitude on male flowers of *Cryptomeria japonica*. *Grana* **41**, 1-5, 2002.
- 24) Yoshii, E., Taira, H., Teranishi, H., Kenda, Y., Fujisaki, Y., et al.: Observations of airborne *Cryptomeria* pollen in the summer. *Allergology International* **50**, 171-177, 2001.
- 25) 斎藤秀樹: 林学からみたスギ花粉症—森林の花粉生産を中心に—. 耳鼻咽喉科臨床 **76**, 56-66, 1995.
- 26) 西間三馨, 奥田 稔, 信太隆夫, 岸川禮子: 厚生省花粉研究班日本列島空中花粉調査データ集, pp. 1-266, 協和企画, 東京, 2000.
- 27) Taira, H., Saito, M. and Furuta, Y.: Inheritance of the trait of male sterility in *Cryptomeria japonica*. *J. For. Res.* **4**, 271-273, 1999.
-