

季節はずれのスギ花粉飛散について

富山県林業技術センター林業試験場

平 英彰

富山医科薬科大学公衆衛生学教室

寺西秀豊 劔田幸子

季節はずれのスギ花粉飛散の現象を明らかにするため、スギ空中花粉の調査を3年間にわたって行うと共に、10月及び11月におけるスギ雄花の開花条件を検討した。7月上旬から9月下旬にかけて形成されたスギ雄花から飛散したと考えられる花粉は10月中旬以降認められた。10月、11月に採取した雄花を低温処理したあと6℃から20℃の温度条件下で栽培したところ、ごく限られた特定のスギの雄花は、10℃以上の高温条件下で容易に開花し花粉を飛散させた。10月から1月にかけての気温を検討すると、10℃以上の気温の高い日が多かった。雄花の開花状況は、すべての雄花がいつせいに開花し、花粉を飛散するのではなく、全雄花のおよそ1/3程度が開花するだけで、同じ房の中でも全く開花しない雄花もあり、枝によっても開花状況が異っていた。したがって、これらの時期に飛散するスギ花粉の濃度は低いが、豊作年では局所的に高い濃度を示す地域もあると推定され、アレルギー症状を引き起こす場合もあると考える。

Key words: airborne pollen — preseasonal blooming — breaking dormancy — low-temperature treatment — sugi pollen

はじめに

筆者らは、1990年10月中旬に花粉を飛散させているスギを発見した。通常スギの花粉飛散は早春に限られている。しかし、スギの花粉飛散時期以外でも多くの地域でスギの空中花粉が確認されている¹⁾²⁾。そこで、このような時期にスギが花粉を飛散させるのは偶発的な事象なのか、それとも条件さえ整えばスギはその花粉飛散時期以外でも花粉を飛散させることができるのかを検討するため、1991年10月中旬、11月中旬の2回にわたって採取したスギ雄花を用いて、これを各種栽培条件下におき、開花状況を検討した。また3年間にわたる通年のスギ空中花粉調査から、季節はずれの飛散がどの程度発生しているか、および10月以降の季節はずれの飛散と気温との関係についても検討を加えた。

調査の方法

1990年10月10日に富山県立山町の富山県林業試験場構内の22年生のスギ1本が花粉を飛散させているのを認めたので、同日、近くに生育している22年生から35年生の孤立木及び林縁木100本について竹竿で雄花をたたき、花粉が飛散するかどうかについて肉眼で確認した。

スギ花粉がどのような条件下で開花し花粉を飛散させるのかを明らかにするため、1991年10月16日と11月11日に標高230m付近に生育しているスギ林の中で、雄花が着花している10本のスギから枝を採取した。そして、雄花のついている部分を長さ20cm程度に切り取り、余分な針葉や雄花を切り落としたあと、直径25mm長さ120mmの試験管に挿し、水を充した。なお、1試験管当たりの雄花は5～20房(35～260粒)であった。まず、処理温度と処理時間の違いによって、雄花の休眠がどのような影響を受けるかを明らかにする目的で実験を行った。10月に採取したスギ雄花を0℃、3℃、6℃、10℃に設定した定温器で24時間、48時間、96時間それぞれ低温処理をし、その後、直ちに6℃、10℃、15℃、20℃に設定した人工気象器でそれぞれ栽

Received: March 4, 1992

Accepted: June 24, 1992

Table 1 Number of branch samples and combination of treatment and incubation temperature of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) male flower

Incubation temperature	Treatment temperature and hour for breaking dormancy															
	6 hours*				24 hours				48 hours				96 hours			
	0℃	3℃	6℃	10℃	0℃	3℃	6℃	10℃	0℃	3℃	6℃	10℃	0℃	3℃	6℃	10℃
20℃	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
15℃	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10℃	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6℃	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

* : Treated by those temperature in six hours and then incubated 20℃ in six hours and repeated for three times.

培した。

また、低温と高温の温度差による刺激が休眠打破に影響を及ぼすと考えたので0℃、3℃、6℃、10℃でそれぞれ6時間低温処理したあと、20℃に設定した定温器で再び6時間高温処理をした。そして、この処理をそれぞれ3回繰り返した。これらの処理を行った雄花を同じく6℃、10℃、15℃、20℃に設定した人工気象器でそれぞれ栽培した。雄花の処理と栽培温度の組み合わせ及び実験に供した本数を Table 1 に示した。実験に用いた雄花は1個体につき64本、10個体で合計640本であった。人工気象器内の光条件は12000ルクスで8時間照射した。11月に採取した雄花については、10月に採取した雄花と同じ処理を行ったが、各低温処理と20℃の高温処理を3回反復した雄花は6℃での栽培は行わず、照射時間の長短が休眠打破に及ぼす影響を明らかにする目的で、15℃栽培下において照射時間を8時間と14時間の二通り実行した。湿度についてはコントロールしなかったが人工気象器内の湿度はおよそ60%~80%で推移していた。毎日試験管内の水を取り替えると同時に、雄花を短い棒で軽くたたき、花粉の飛散を肉眼で確認した。

1988年1月から1990年12月まで富山市杉谷の富山医科薬科大学の屋上(標高90m)に Durham の標準花粉検索器を設置し空中花粉を調査した。ワセリンを塗布したスライドガラスを原則として毎日朝9時に取り替えた。花粉の染色はMV-グリセリンゼリーで行い³⁾、1 cm²内のスギ花粉を顕微鏡下で同定しカウントした。

結 果

1990年10月10日に富山県林業試験場構内で花粉を飛散させていたスギ雄花を棒でたたくと大量の花粉が飛

散した。同構内で花粉飛散を調査したスギ100本の中で花粉を飛散させていた個体は3本であった。花粉を飛散させている個体の雄花を観察すると、春の花粉飛散時期の状態とかなり異なっていた。春の場合は雄花の花軸が急速に伸長し鱗片間のすき間が大きくなり、含有花粉のほとんどが飛散する。そして、花粉を飛散させ終わった雄花は縦に大きく伸長している。しかし、この時期に花粉を飛散させていた雄花は、花軸の伸長は少なく、雄花は茶色に変色し枯れていった。また、1本のスギで花粉を飛散させた雄花は全雄花のおよそ1/3程度と推定され、同じ房の中でも花粉を飛散させる雄花とさせない雄花、また、枝によっても花粉を飛散させるものとさせないものがあった。スギ雄花の開花状況は桜や梅の狂い咲きと似た状態を呈していた。棒で雄花をたたいた時の花粉の飛散量は春の花粉飛散最盛期に比べて少なかった。また、同じスギ個体の秋に花粉を飛散させなかった雄花は、翌年の花粉飛散時期には他のスギの雄花と同様に花粉を飛散させた。

人工気象器で栽培したそれぞれの雄花の積算温度が300日度(20℃栽培で15日、10℃栽培では30日)に達した時の開花状況を Table 2 に示した。花粉飛散調査を300日度に区切った理由は、筆者らが1990年に行ったスギ雄花の開花試験では300日度以内にほとんどの雄花が開花したからである²⁾。10月に採取した640本の雄花は79本開花したが、これらはすべて6本のスギから採取した雄花によって占められており、開花した雄花はそれぞれ51本、18本、6本、2本、1本、1本であった。しかし、他の4本のスギから採取した雄花はいずれの条件下においても全く開花しなかった。11月に採取した640本の雄花は5本のスギから採取した77本が開花した。開花した5本のスギは10月に開花したスギと同じ個体であった。各スギの開花した雄花はそれぞれ49本、12本、12本、3本、1本であった(Fig. 1)。

Table 2 Number of bloomed branches in each treatment

Incubation temperature		Treatment temperature and hour for breaking dormancy																Total
		6 hours*				24 hours				48 hours				96 hours				
		0 ℃	3 ℃	6 ℃	10℃	0 ℃	3 ℃	6 ℃	10℃	0 ℃	3 ℃	6 ℃	10℃	0 ℃	3 ℃	6 ℃	10℃	
Oct.	20℃	1	2	2	1	1	2	2	1	2	2	2	3	1	2	1	2	26
	15℃	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	24
	10℃	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	0	1	20
	6℃	3	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	9
Nov.	20℃	2	1	2	3	1	1	1	1	2	1	3	2	1	1	1	1	24
	15℃	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	3	24
	15℃**	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1	2	21
	10℃	0	1	1	2	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	8

* : Treated by those temperature in six hours and them incubated 20℃ in six hours, and repeated for three times.

** : Illuminated for fourteen hours and the others were illuminated for eight hours.

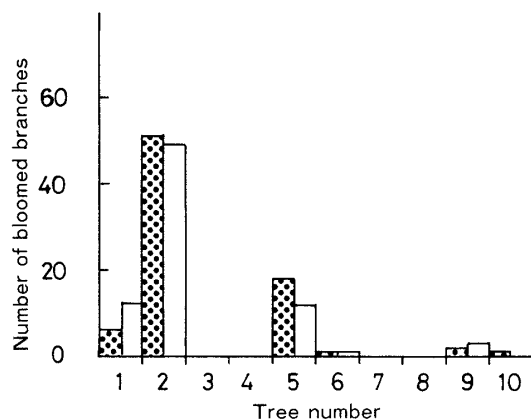


Fig. 1. Number of bloomed branches of sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) trees collected in October and November.

▨: October, □: November.

栽培温度別にみると、10月の場合は6℃栽培、11月の場合は10℃栽培が20℃、15℃栽培よりも著しく開花した雄花が少なかった。20℃、15℃栽培では処理温度、処理時間による開花本数にほとんど差はなかった。しかし、10月の6℃栽培、11月の10℃栽培の場合はいずれも96時間低温処理した雄花はその時の処理温度に関係なく全く開花しなかった。また、15℃栽培において、8時間照射と14時間照射とではスギ雄花の開花数にほとんど差がなかった。開花に要した積算温度は早い雄花で20日度（20℃栽培で1日）、遅い雄花で300日度（10℃栽培で30日）を要し、同じスギでも栽培温度によって異なっていた。したがって、雄花の開花に必要な積算温度については一定の傾向は認められなかつ

た。

10月に採取し人工気象器内で開花させた雄花は、筆者ら⁴⁾が休眠打破後に採取し開花させた雄花の開花状況と異なり、花軸の伸長は少なく、鱗片のわずかなすき間から花粉がこぼれ落ちていた。また、開花した雄花は特定の房の中の特定の雄花だけで、すべての雄花が開花したわけではなかった。特に6℃の低温で栽培し開花した雄花は2日～3日間にわたってわずかな花粉を飛ばしただけで、その後の花粉飛散は認められなかった。しかし、10℃以上の温度で栽培した雄花は花粉飛散量は多かった。また、11月に採取した雄花では、10月に採取した雄花と同じ温度条件下で開花させても、同じ房の中の開花する雄花の数及び花軸の伸長量が多く、花粉の飛散量は10月に採取した雄花よりも多かった。

1988年1月から1990年12月までの期間において、富山市杉谷の医科薬科大学の屋上で調査したスギ空中花粉数を Table 3 に示した。いずれの年も2月から4月にかけて花粉飛散が集中しているが6月から9月にかけては1988年9月に1個、1989年6月に1個が認められるだけで、それ以外は全く花粉が認められなかった。しかし、春の花粉飛散開始の4カ月前にあたる10月から翌年の1月にかけてわずかではあるが明らかにスギ花粉飛散が認められた。スギ空中花粉が確認され始めた日は年によっても異なるが早い年で10月13日であった。スギ花粉数は1日1個から4個で、3日間連続して観測された日もあった。また、花粉が観測された日の最高気温は10月で17.2度以上、11月で15.0度以上、12月で7.2度以上でいずれも晴天で気温の高い日がほ

Table 3 The atmospheric Sugi (*cryptomeria japonica* D. Don) pollen counts in each month

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1988	9	4	2262	1854	9	0	0	0	1	0	0	0
1989	3	165	327	38	2	1	0	0	0	10	4	6
1990	6	343	2880	302	0	0	0	0	0	2	10	10

とんどであった。1月の場合も、スギ花粉の観測された日は晴天で気温の高い日が多かったが、最高気温が0.8℃で気温の低い雪の日にも観測された。

考 察

1989年に観測した花粉総数は530個、1990年は3522個、1991年は6311個であった。したがって、1988年の雄花は不作、1989年、1990年は豊作であったと考えられる。スギの雄花は7月上旬から9月下旬にかけて分化し、11月上旬頃までには成熟する⁵⁾。その後、スギ雄花は休眠期に入るが、12月下旬から1月上旬にかけて休眠は打破され雄花は生長を始める²⁾。富山県地方においては、休眠が打破されたと考えられる日から雄花の生育に有効な温度(0.17℃以上)を積算した値(有効積算温度)が184日度(184℃)に達した前後にスギ花粉の飛散が始まる⁴⁾。スギ花粉飛散開始時期は測定年や地域によっても異なるが^{6)~8)}、富山県地方では早くても2月中旬、遅くても3月中旬から始まる⁹⁾。そして、4月中旬頃までには花粉の飛散は終了する。これまでの報告においても、スギ花粉の飛散はほぼ前述した期間に限られており^{4)~13)}、それ以外の季節においてスギ花粉の飛散を報告した例はきわめて少ない¹²⁾。1990年10月中旬に花粉を飛散させた個体は、スギ100本の内3本であった。また、実験に供した10本のスギの内10月に開花したのは6本、11月では5本のスギだけであった。採取した雄花の内30%以上が開花したスギは10月、11月とも同じ個体で、1本のみであった。したがって、春の本格的な花粉飛散が始まる前に花粉を飛散させることができるスギはきわめて少ない。しかし、条件さえ整えば花粉を飛散させるスギは確実に存在すると考えてもよいであろう。

空中花粉の調査結果から7月上旬から9月下旬にかけて形成された雄花の花粉飛散は1989年の場合は10月13日から認められた。1990年の場合は10月18日から認められた。また、富山医科薬科大学から南東30kmに位置する富山県林業試験場では10月10日にスギが花粉を

飛散させているのが確認されている。橋詰¹⁾は9月下旬から10月上旬にスギの花粉細胞の形成が認められ、花粉は発育の進んだ個体で10月上旬、普通は10月中旬～11月下旬にかけて形成されることを報告している。したがって、7月上旬から9月下旬にかけて形成されたスギ雄花⁴⁾は早い個体で10月上旬から花粉を飛散すると考えてもよいであろう。筆者らが観測したスギ花粉には乳頭突起(パピラ)が認められ正常な形態を示していた。開葯して花粉を放出した雄花のほとんどは4月～5月に落下する¹⁴⁾。また、観測地点は農村地帯に位置しており、前シーズンに飛散した花粉はほとんど地面に落下してしまうと考えられる。仮に、このような花粉が風で飛ばされ再飛散したとしても、花粉は長期間風雨にさらされているのでその形態を認めることは困難であると考えられる。したがって、10月以降に観測されたスギ花粉は7月から8月にかけて形成された雄花からのものと判断しても良いだろう。

栽培温度と開花個体数の関係を見ると、15℃以上において開花個体数が多くなっている。また、処理温度及び処理時間の関係を見ると0℃～10℃までの処理温度間に大きな差は認められない。しかし、96時間低温処理をして10月に6℃、11月に10℃で栽培した雄花は開花しなかった。このことは、10月、11月において、96時間の低温処理はかえってスギの休眠を促進させることを示唆している。ニラの場合は、10月以降12月にかけて休眠がしだいに深くなっていくため10月、11月における短期間の低温処理はかえって休眠を深めてしまう¹²⁾。スギ雄花の休眠はこのようなニラの休眠と似た特性を持っており、今回行った程度の処理時間では休眠を打破することはできないことを示唆している。休眠打破にはさらに長時間の低温処理が必要であると考えられる。また、各処理温度で6時間、その後20℃で6時間栽培を繰り返した雄花は10月で6℃、11月で10℃の低温栽培で開花個体数が多い傾向を示したが、15℃、20℃の高温栽培では他の処理と開花個体数はほとんど変わらなかった。このことは、10月、11月におけるスギ雄花は温度差による刺激よりは高温によって

開花が促進されることを示している。実験に用いた1個体の雄花は10月、11月とも78%以上開花した。また、この雄花の開花に要した積算温度は最も低いもので20℃栽培で20日度（1日）であった。したがって、他のスギでは20℃で長時間栽培しても開花しないが、このスギの場合は短時間で開花することから、このスギの雄花の休眠は極めて浅いと判断された。

15℃栽培において、光を8時間照射した雄花と14時間照射した雄花の開花状況には差が認められなかった。今回の実験結果を見るかぎりにおいては、スギ雄花の休眠打破は日長によって影響を受けないように考えられるが、これらの関係については今後さらに詳しい検討が必要であろう。

1988年～1989年（各年）の10月から1月までの気温を検討すると、10月の平均気温は1988年では13.8℃、1989年では14.1℃、1990年では15.5℃でいずれの年も10℃を越えていた。11月の平均気温は、それぞれ7.0℃、10.9℃、11.9℃、12月の平均気温は、それぞれ3.8℃、4.5℃、6.5℃で1988年の場合の平均気温は平年よりかなり低い。この年の10月、11月、12月に花粉の飛散が認められなかったのは、雄花が不作であったことと共に、これらの期間に低温であったことが原因の一つと考えられる。12月の平均気温は、10月、11月のそれと比べるとかなり低くなっている。しかし、最高気温が20℃を越える日が1989年及び1990年でそれぞれ1日あった。また、最高気温が15℃を越える日はそれぞれ4日、3日、3日あった。また、1月においても、平均気温が10℃、最高気温が15℃を越える日はそれぞれの年で出現していた。今回の実験において6℃栽培で36日度（6日）で開花した雄花もあった。したがって、人工気象器内でスギ雄花の開花した温度及び10月から1月にかけての気温の変化から判断すると、これらの時期に特定のスギの雄花が開花し花粉が飛散する条件が存在したと考えてよいであろう。ただし、2月近くになってからのスギ花粉飛散は気温の低い雪の日にも観測されている。これらのスギ花粉は、気温の上昇によって開花が促進された雄花からのものではなく、すでに休眠が打破され、本格的な花粉飛散開始前の開花の早い個体から飛散してきた可能性もある。

タテヤマスギのように種子から養苗した個体から成り立っているスギ林は、個体の変異が大きい。多くの個体の中には、今回の実験によっても明らかにされたように、スギ雄花の成熟、休眠、休眠打破、雄花の発育、花粉飛散という過程を経ずに、雄花が成熟したあ

とは、10℃以上の高温条件のもとで花粉を飛散させる個体が存在する。1990年の場合には、着花した100本のスギの内3本が10月に花粉を飛散させたことから、このような個体は着花したスギの数パーセントは存在すると考えてよいであろう。これらの時期に飛散するスギ花粉の濃度は春の花粉飛散時期に比べると極めて低いが、スギ雄花の豊作年であれば、局所的に濃度の高い地域が発生することも予測され、アレルギー症状を引き起こす場合もありうると思われる。

文 献

- 1) 長野 準, 井上 栄, 信太隆夫, 西間三馨: 植物に起因するアレルギー症の基礎的臨床的研究報告書 (昭和62年度厚生科学研究費による), pp.7-49, 1988.
- 2) 西間三馨, 井上 栄, 奥田 稔: 花粉症における予防・治療に関する研究報告書 (平成2年度厚生科学研究費による), pp.16-23, 1991.
- 3) 剣田幸子, 寺西秀豊: 空中花粉検索法(2), 花粉症研究会報 2, 19-22, 1991.
- 4) 平 英彰, 寺西秀豊, 剣田幸子: スギの花粉飛散開始日の予測について—植物生理の観点から—, アレルギー 41, 86-92, 1992.
- 5) 橋詰隼人: スギの花芽分化期および花芽の発育経過について, 日林誌 44, 321-319, 1962.
- 6) 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, 355-368, 1988.
- 7) 石津吉彦: 山陰地方におけるスギ花粉飛散状況とスギ花粉症, アレルギー 36, 61-71, 1987.
- 8) 齊藤洋三, 竹田英子: 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, 日本花粉誌 34, 149-152, 1988.
- 9) 寺西秀豊, 蓑島彰子, 加藤輝隆, 青島恵子, 窪田裕子, 他: 富山地区の空中花粉検索 (1979-1981年), 富山県農村医学会誌 17, 64-69, 1988.
- 10) 平 英彰, 寺西秀豊, 剣田幸子, 槻陽一郎, 清水規矩雄, 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, 1991.
- 11) 保田和美, 菅谷愛子, 津田 整, 佐々木好久, 永沼正美, 内村久美子: 埼玉県坂戸市におけるスギ及びヒノキ科花粉の飛散状態と気象, アレルギー 35, 409-414, 1986.
- 12) 中国 弘, 芦辺 好, 榎本雅夫, 横山道明, 寒川高男: 和歌山赤十字病院屋上における昭和63年の空中花粉飛散状況について, 和赤医誌 6, 96-105,

- 1938.
- 13) 橋詰隼人, 坂本大輔: 日本列島におけるスギ花粉の飛散動態について. 林木の育種 150, 13-19, 1989.
- 14) 小沼 寛, 沢田健次: ニラの休眠とその品種間差異について. 茨城園試験報 12, 1-13, 1984.
- 15) 齋藤秀樹, 竹岡政治: 裏日本系スギ林の生殖器官生産量および花粉と種子生産の関係. 日生態会誌 37, 183-195, 1987.

SUGI (*CRYPTOMERIA JAPONICA* D. DON) POLLEN SCATTERING OUT OF SEASON

Hideaki Taira

Forest Experiments Station, Toyama Forest and Forest Product Research Center

Hidetoyo Teranishi and Yukiko Kenda

Department of Public Health, Faculty of Medicine, Toyama Medical and Pharmaceutical University

We investigated the preseasonal blooming conditions of the male flowers of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) which flowers commonly in spring. We also investigated atmospheric Sugi pollen during all seasons for three years from 1988 through 1991 to determine pollen scattering in autumn.

Our results showed that a discernible amount of pollen is scattered from the middle of October into December; this scattering would be expected in the following spring. Almost none of the buds of the flowers collected in October and in November bloomed when incubated at temperatures ranging from 6°C to 20°C after low-temperature treatment to arise the blooms from dormancy. However, small numbers of the male flowers from various Sugi trees bloomed and scattered pollen under these conditions. We found that the ratio of the blooming male flowers was one-third or less per blossom. The ratio changed depending on the growth stage and incubation conditions.

In conclusion, the density of airborne Sugi pollen scattering is not high in autumn in general. However, the density would be expected to be high enough to induce allergic reactions and clinical symptoms in some areas of Sugi growth, especially in a good harvest year.