

空中スギ花粉濃度に及ぼす地球温暖化の影響

—山形市とその周辺地域で得られた予測結果—

¹⁾山形県衛生研究所, ²⁾国際農林水産業研究センター

高橋裕一¹⁾ 川島茂人²⁾ 相川勝悟¹⁾

将来予想される地球温暖化によりスギ花粉総飛散数がどのような影響を受けるかを予測した。夏季の気温が2～5℃上昇したと仮定すると平年並みの飛散年や少飛散年では気温上昇前に比べ総飛散数が2～5倍に増加すると予想された。大飛散年では増加は著しくなかった。逆に夏季の気温が2～5℃低下すると仮定すると総飛散数は激減すると予想された。

空中スギ花粉飛散シミュレーション法を用いてスギ花粉総飛散数に影響を及ぼす主な因子を調べた。盆地やスギ森林地帯では夏季に形成された雄花量が大きく関係していること、花粉発生源から遠く離れた平野部では飛散期の気象条件の影響を部分的に受けていることがわかった。花粉飛散開始時期を前後しても総飛散数に大きな影響を及ぼさなかった。

Key words: airborne pollen — global warming — Japanese cedar — pollen

はじめに

近年、大気中の二酸化炭素やメタンなどの増加による地球温暖化が懸念されている^{1)–3)}。山本は²⁾、二酸化炭素濃度が現在の300ppmから600ppmへと2倍になったと仮定すると、地上気温は現在より2℃から5℃上昇すると試算した。しかしその地域差は大きく、半球の高緯度での冬季の上昇が特に著しく、日本では4℃から6℃の上昇が予想されている。スギの雄花は猛暑で乾燥しているほど多く作られ、翌シーズンはスギ花粉の大飛散年になることが知られている（ここでは総飛散数が2500個/cm²以上の年を大飛散年と呼ぶことにする）。このことから、地球温暖化は空中スギ花粉飛散数を現在よりも増加させる恐れがあると考え、スギ雄花が作られる前年の夏および当年の冬季からスギ花粉飛散期にかけての気温上昇および気温低下が、

スギ花粉総飛散数に及ぼす影響の程度を検討した。

検討には過去13年間の実測から得られたスギ雄花の着花量、空中花粉の総飛散数、気象データ、先に開発した空中スギ花粉飛散シミュレーション手法および2～3の予測式を用いた。

材料および方法

1. 来シーズンのスギ花粉総飛散数予測のためのスギ雄花量の算出法

雄花量の算出法は高橋の方法⁴⁾によった。概略は、観察対象樹木(1984年から1987年までは80～190本、それ以降は500～1000本)を選定し、毎年11月末から12月に各樹木の雄花の付き具合を双眼鏡を用いて観察した。雄花の付き具合は個々の樹木について雄花の量をⅢ, Ⅱ, Ⅰ, Ⅳの4段階に分類した。ⅢとⅡに分類したスギの木は雄花をたくさん付けており空中スギ花粉発生に寄与し、Ⅰに分類されたスギは着花量が少なくスギ花粉発生へはあまり寄与しないと考えた。調査対象樹木のうちⅢとⅡに分類されたスギの占める割合(%)をここでは雄花量(MF)と呼ぶことにした。

2. 空中スギ花粉総飛散数および気象データ

空中スギ花粉総飛散数はTable 3に示す県内11地点でダラム法で得られたデータを用いた。調査地点は前報⁵⁾と同一地点である。いずれも原則として24時

Received: July 25, 1996

Accepted: November 22, 1996

Abbreviations: AMeDAS automated meteorological data acquisition system; P_e estimated total pollen count; P_o observed total pollen count; $P_{o, \text{prev}}$ observed total pollen count of the previous year; MF amount of male flower; Mf_{prev} amount of male flower of the previous year; T_7 mean temperature of the previous July; S_7 amount of solar radiation of the previous July; Max-PC daily maximum pollen count

間ごとにスライドを交換し、カルベラ液で染色し、3.24 cm²を計数し1cm²の値として表示した。気象データは、山形県を中心とする東北南部の AMeDAS（地域気象観測システム）66地点の毎時観測値および山形地方気象台の観測値を用いた。AMeDAS データの処理は川島⁶⁾に基づいた。

3. 空中スギ花粉飛散シミュレーション手法

シミュレーションの詳細は前報⁹⁾⁷⁾に記載した。スギ花粉発生モデルは前報同様、前の時間の気温と現在の気温との差から求めた。スギの場所ごとの開花状況の予測は前報では満開後終息までの期間を1週間としたが、さらに実測結果との整合性を考慮しその期間を3日に修正してシミュレーションを行った。

結 果

1. スギ雄花量と前年夏の気象および翌年のスギ花粉総飛散数との関係

山形盆地の周囲での雄花量の年ごとの観測結果を Table 1 の MF に示した。ある年の雄花量はその年の前年の晩秋に調査したものである。雄花量を説明変数として山形市におけるスギ花粉の総飛散数の回帰式を求めたところ次式（1）となった。

$$P_e = 123.4 * MF - 80.25 \quad (1)$$

（註） P_e ：スギ花粉総飛散数の予測値（個/cm²），MF：雄花量（%）

この式で予測した結果が Table 1 の P_e で、実測総飛散数（ P_o ）とは良い相関が得られた（ $r=0.927$ ）。

前年の夏、特に7月の気温や日射量とそのシーズンのスギ総飛散数との間には正の相関のあることが知られている^{8)~12)}。山形市ではこれらの過去13年の相関をみると、7月の平均気温では $r=0.701$ 、7月の日射量では $r=0.636$ であった。このように相関係数が低いのは時々大きくはずれることがあるため、大飛散の翌年はたとえ猛暑であっても、雄花の着花量は多くはならないことが過去の雄花量の観測から推察できる（Table 1 の1986年、1991年、1996年を参照）。この植物生理学的な現象が予測にも反映されるように、前年の7月の平均気温や日射量などの気象因子に加え前年の総飛散数（ P_{ob} ）をも回帰式に組み込んだ。7月の平均気温と前年の総飛散数を説明変数として今年の総飛散数を予測する式が（2）である。

$$P_e = 1280 * T_7 - 0.528 * P_{ob} - 24729 \quad (2)$$

（註） T_7 ：は前年の7月の平均気温（°C）， P_{ob} ：前年の総飛散数（個/cm²）

この式を用いて得られた P_e と P_o の相関は $r=0.903$ であった。

Table 1 The values of total pollen count, amount of male flower and some related meteorological data

Year	P_o (grains/cm ²)	MF (%)	P_e (grains/cm ²)	T_7 °C	S_7 MJ/m ²	DCP	Mean temp. Jan.+Feb. °C
1984	1261	26.8	3227	21.2	14.3	329(88)*	-5.3
1985	5797	58.6	7152	24.4	16.4	316(75)	-3.3
1986	1175	6.8	759	23.8	17.4	316(75)	-4.3
1987	366	0	0	21.2	16	312(74)	-0.5
1988	5870	55.3	6744	23.8	15	310(69)	-1.7
1989	703	13.3	1561	20.5	13.9	222(54)	2.9
1990	7188	47.8	5819	23.2	17.2	220(51)	1.2
1991	2119	11.8	1376	23.5	16.8	306(65)	0.1
1992	1084	17.9	2129	22.7	13.9	307(66)	1.6
1993	2685	18.3	2178	23.4	16.2	222(54)	3.1
1994	508	0.7	6	20.5	13.1	316(75)	0.5
1995	9424	60.4	7374	25.8	18.1	301(60)	-0.6
1996	46	0.5	0	23.7	14.2	314(73)	-0.6

Abbreviations are as follows: P_o ; observed total pollen count, MF; amount of male flower, P_e ; estimated total pollen count, T_7 ; mean temperature of the previous July, S_7 ; amount of solar radiation of the previous July, DCP; day of commencement of pollen dispersion.

*329 means March 29. Brancheted values are dates counted from January 1.

前年の総飛散数の代わりに前年の雄花量を用いると次式 (3) のようになった。

$$P_e = 1267.6 * T_7 - 64.4 * MF_b - 24438 \quad (3)$$

(註) MF_b : 前年の雄花量 (%)

この式を用いて得られた P_e と P_o との相関は $r=0.950$ で、前年の雄花量を用いた方が前年の総飛散数を用いるよりも相関が良かった。

式 (2) の前年の 7 月の平均気温の代わりに前年の 7 月の日射量を用いると次式 (4) のようになった。

$$P_e = 1061.1 * S_7 - 0.46 * P_{ob} - 12192 \quad (4)$$

(註) S_7 : 前年の 7 月の日射量 (MJ/m^2) この式を用いて得られた P_e と P_o との相関は $r=0.822$ で、 T_7 を用いた方が S_7 を用いるよりも相関は高かった。

2. 夏季の気温上昇あるいは気温低下が来シーズンのスギ花粉総飛散数に及ぼす影響の予測

前項の式 (2) を用いて、1983 年の 7 月以降の平均気温が $2^\circ C$ 、 $3^\circ C$ あるいは $5^\circ C$ 上昇したと仮定した場合の過去 13 年間の総飛散数の予測値を Table 2 に示した。一般的な傾向として、気温が急に上昇した年の翌年は大飛散年になり、それ以降は平年並みの飛散であった年や少飛散であった年の飛散数が 2～5 倍に増加した。大飛散年では 1.2～1.8 倍の増加にとどまった。 $3^\circ C$ 上昇の場合は 1989 年および 1994 年以外は大飛散年と予測された。平均気温が $5^\circ C$ 上昇した場合には、ほ

とんどの年が大飛散年となった。ただし、総飛散数は頭打ちとなり、過去 13 年で最も多く飛散した年の約 1.5 倍が限度であった。

逆に 7 月の気温が低下した場合には総飛散数は激減した。特に、 $5^\circ C$ 低下すると大飛散年以外の年ではほとんど花粉はみられない状況と予測された。

3. 飛散時期の気象と総飛散数との関係

飛散時期の気象がその年の総飛散数にどのような影響を与えるかを調べるため、①過去 13 年で最も低温年の 1984 年、②最も多くの花粉が飛散した 1995 年、③最も少ない花粉飛散であった 1996 年の 3 年とした。これらの年の AMeDAS 気象データと雄花量 (MF) を用いて空中スギ花粉飛散シミュレーション法で検討した。

1995 年について花粉発生量の係数のうち雄花量を表わす係数⁵⁾である a の値を求めた。それには a の値を種々変えて県内各調査地点に対応する地点のシミュレーション値を求め、実測値と照合し最も良く一致する値を求めた。その結果 $a=5$ が得られた。 a は雄花量に対応するので Table 1 の MF から 1984 年では $a=2.2$ 、1996 年では $a=0.04$ となった。これらの値を用いて各年のシミュレーションを行った。1995 年と 1996 年の総飛散数の結果は Table 3 に示した。実測値 (Durham) とシミュレーション値 (A と B, D と E) はおおそ一致した。1984 年のダラム法の実測値は 1261

Table 2 The effects of mean temperature rise or drop of the previous July on the values of total pollen count of Japanese cedar
(grains/cm²)

Year	Po Durham	Pe						
		Rose in temperature				Dropped in temperature		
		0°C	2°C	3°C	5°C	-2°C	-3°C	-5°C
1984	1261	1843	4403	5683	8243	0	0	0
1985	5797	5530	6738	7342	8551	4322	3717	2509
1986	1175	2815	4737	5698	7620	893	0	0
1987	366	921	2466	3238	4784	0	0	0
1988	5870	5249	6993	7865	9609	3505	2633	888
1989	703	0	379	1198	2837	0	0	0
1990	7188	5632	7327	8174	9869	3938	3091	1396
1991	2119	2377	4042	4875	6540	712	0	0
1992	1084	3072	4753	5593	7274	1391	551	0
1993	2685	3601	5273	6110	7782	1929	1092	0
1994	508	0	1287	2125	3802	0	0	0
1995	9424	8501	10175	11013	12688	6827	5989	4315
1996	120	1118	2795	3632	5308	0	0	0

Abbreviations are as follows: P_o ; observed total pollen count, P_e ; estimated total pollen count.

Table 3 Influence of meteorological conditions during the pollen season on the values of total pollen count

Observation points	1995			1996		
	Durham	Simulation		Durham	Simulation	
	A	B	C (B/C)	D	E	F (F/E)
1 Tobishima	2731	2183	309(7.1)	—	7	48(6.9)
2 Sakata	6270	3563	1176(3.0)	46	28	77(2.8)
3 Tsuruoka	5360	5275	2491(2.1)	40	60	114(1.9)
4 Mamurogawa	10114	10008	5180(1.9)	43	109	215(2.0)
5 Shinjo	12312	10320	6070(1.7)	63	134	223(1.7)
6 Murayama	7197	8791	5377(1.6)	39	126	189(1.5)
7 Sagae	7253	9471	4487(2.1)	30	104	203(2.0)
8 Yamagata 1	9368	9785	5526(1.8)	65	133	211(1.6)
9 Yamagata 2	8901	9233	5234(1.8)	216	126	199(1.6)
10 Yonezawa	11568	6898	4086(1.7)	132	99	148(1.5)
11 Nagai	11106	7707	3317(2.3)	73	79	166(2.1)

Letters A to F are as follows : A and D ; the values from Durham sampler. B, C, E and F are from simulation, B : all data in 1995, C ; amount of male flower in 1995 and meteorological data in 1996, E ; all data in 1996, F ; amount of male flower in 1996 and meteorological data in 1995.

個/cm²であったが、シミュレーションからの計算値は2152個/cm²で実測値の1.7倍の値になった。日々の値を比較すると、どの年も2～3不一致のピークがみられたが主なピークは再現され、雄花量がわかれば年を越えて同一手法でシミュレーションが可能ながわかった。

そこでこの手法を用いて、飛散時期の気象が総飛散数に及ぼす影響の程度を調べた。つまり、1996年のようにスギ花粉の飛散ピーク期の気温が低い年の気象条件下で雄花量が1995年のように多かった場合はどの程度の飛散数が見込まれたのか (Table 3 の Simulation C)。逆に、1995年のような大飛散年の気象条件下で雄花量が1996年のように少なければどの程度の花粉飛散が見込まれたのか (Table 3 の Simulation F) を調べた。その結果、内陸部、盆地 (山形市、米沢市、新庄市) や花粉発生源近隣 (真室川町) などでは飛散時期の気象条件の違いで総飛散数に数倍 (1.5～2.3倍) の違いしかみられなかった。これより、これらの地域では総飛散数は気象の影響をあまり受けないことがわかった。一方、花粉の発生源から離れた日本海の孤島の飛島 (スギはごく少数の植林、暖流の影響で開花期が早い) や庄内平野の沿岸に位置しスギ森林地帯から離れた場所にある酒田市では総飛散数に3～7倍の違いがみられ、飛散時期の気象の影響を受けやすいことがわかったが、雄花量の寄与が大であることが明らか

となった (Table 3)。

4. 冬季の気温上昇あるいは気温低下が花粉総飛散数に及ぼす影響の予測

冬季の気温と飛散開始日の間には負の相関がみられた ($r = -0.723$, $p < 0.01$; Table 1)。具体的に過去の例でみると、1月と2月の平均気温の合計が -5.3°C と

Table 4 Influence of the difference of initiation time of the pollen season on the values of total pollen count

Observation points	Durham	Simulation		
		A	B (B/A)	C (C/A)
1 Tobishima	2731	2183	2001(0.92)	2178(1.00)
2 Sakata	6270	3563	3720(1.04)	3475(0.98)
3 Tsuruoka	5360	5275	5818(1.10)	5401(1.02)
4 Mamurogawa	10114	10008	12515(1.25)	9420(0.94)
5 Shinjo	12312	10330	13408(1.30)	10234(0.99)
6 Murayama	7197	8791	10493(1.19)	8485(0.97)
7 Sagae	7253	9471	10492(1.11)	8264(0.87)
8 Yamagata 1	9368	9785	10279(1.05)	10471(1.07)
9 Yamagata 2	8901	9233	9766(1.06)	9699(1.05)
10 Yonezawa	11568	6898	7787(1.13)	7231(1.05)
11 Nagai	11106	7707	8330(1.08)	8429(1.09)

Letters A to C are as follows : Simulation results of the pollen season were postulated to start (A) on 1 March 1995, (B) on 10 February 1995 and (C) on 29 March 1995.

低かった1984年では飛散開始日が平年より20日ほど遅れた。逆に1.2°Cと高かった1990年では15日ほど早かった。そこで1995年2月から5月のAMeDAS気象データを用い飛散開始の時期を前後することにより、総飛散数にどのような影響がでるかをシミュレートした。Table 4のSimulation Aは実際の飛散開始日（3月1日）を用いてシミュレートした結果で、Simulation Bは飛散開始日を2月10日（過去の最も早いスギ花粉初捕集日）と仮定した場合、Simulation Cは3月29日（1984年の飛散開始日；最も遅い開始日）を飛散開始日と仮定した場合である。その結果、飛散開始日を前後しても総飛散数はほとんど変わらないことがわかった。

考 察

歴史的にみるとスギは第三紀鮮新世（510万～170万年前）の東北地方には存在していたことが山崎の¹³⁾花粉分析（山形県尾花沢市名木沢の清水層）から明らかになっている。その後、約100万年前から現在までに4回の氷河期があり、それらの時期にはスギは寒冷な気候に堪えて比較的温帯な地域に隔離分布していたと思われる。今から25000年から15000年前の最終氷期にはスギは琵琶湖周辺、若狭湾、伊豆や四国の一部などに隔離分布していた^{14)~16)}。それ以降の花粉分析によれば約8500年前の東北地方の山地や低地帯ではスギと共存できるブナ属や他の落葉広葉樹が形成されておりスギが生育可能であったにもかかわらず存在していない。スギは今から4000年前ころになって出現し始めている¹⁵⁾¹⁶⁾。従って、最終氷期から4000年前ころまでの東北地方には空中スギ花粉は存在しなかったと考えられる。歴史時代以降は人間活動の影響でスギ林が増加の一步をたどり現在に至っている。現在行われている温暖化の予測結果にはかなりの幅があるが、平均的な値をとれば、このまま地球温暖化に関連した温室効果ガス等の排出が続けば2050年までには平均気温が2～3°C上昇するという。特に冬の高緯度地方での温暖化が著しいといわれている³⁾。

総飛散数の予測は前年に作られた雄花（または前年の総飛散数）を変数として導入することにより、スギの樹勢を加味し、実際に近い値を得ることができた。この予測式で将来予想される地球温暖化に伴う空中スギ花粉飛散数の変化を予測したところ、温暖化に伴い花粉飛散数が増加すると予想された。特に平年並みあ

るいは少飛散年で著しく増加し、大飛散年では現在の値を大幅に上回ることはなかった。これはその地域のスギ森林面積によって花粉の発生量が規定されているため花粉濃度には限界があり、最高の気象条件でも現在の大飛散の規模を大幅に越えることはないと考えた。

過去の気候変化により地球上の植生分布が推移し得ることは花粉分析と統計学的モデルを用いて実証されている¹⁷⁾¹⁸⁾。スギは1月の平均気温が-2°Cから7°C、8月の平均気温が19°Cから27°C、生長期の降水量が1000mmを越える地域に生育している^{14)~16)}。スギの生育地域が現在の沖縄のような気候になればスギ林は衰退し、北海道が温暖化し、降水量が十分であれば、スギが生育すると予想される。地球環境の変化によるスギの北上には数千年の歳月を要すると予想されるものの¹⁵⁾、実際には生育条件さえ整えば、人工的な植林が行われ、かなり速い速度で広がっていくと思われる。ただしこれから新たに植林されるスギに関しては雄花あるいは花粉の生産の少ないスギが近い将来に開発されると思われアレルギー学上の問題はないと考える。現在問題となっている本州を中心とした地域に関しては、冬季の温暖化により飛散時期は早まり、期間はますます長期化すると予想される。今でも暖冬の年には秋季にスギ花粉が飛散し¹⁹⁾²⁰⁾発症している患者がいるとの報告がある²¹⁾。冬季の温暖化がさらに進めば、秋から断続的にかなり長期にわたりスギ花粉が飛散することも予想され、スギ花粉症患者にとっては発症期間が長くなりさらに事態が深刻化してくることも考えられる。

ある年のスギ花粉の総飛散数は雄花量と花粉飛散時期の気象条件で決まると考えられる。雄花量を一定にして花粉飛散時期の気象条件を変えた場合、逆に花粉飛散時期の気象条件を一定にし雄花量を変えた場合について検討したところ、総飛散数に大きく影響するのは雄花量であることがわかった。特に盆地内やスギ花粉発生源のスギ森林地帯ではその影響が大であった。花粉発生源から離れた平野部では比較的気象の影響を受けやすかった。これは花粉発生源から離れた平野部では長距離移送の過程が重要で、運ばれやすい条件では多くなり、運ばれにくい条件では少なくなると考えられるためである。

花粉飛散時期を前後することにより、総飛散数に違いがみられるかをシミュレートしたところ、開始時期の違いは総花粉数にほとんど影響を及ぼさなかった。

つまり、飛散時期の気象次第で短期間に集中して飛散する年やだらだらと長期にわたって飛散する年があるが、前者では大きなピークとなって短期間に終了するであろうし、後者では小さなピークが長期間続くと思われる。今回の結果からはいずれの場合でも飛散する花粉の総数には大きな違いはみられないといえる。これはスギの雄花は晴れて気温が上昇している時間に盛んに開き、降雪時など気温が低く花粉飛散には好ましくない時間帯にはほとんど開かないという観察結果が示すように、条件の良い時に効率良く花粉が放出されるため、シーズン全体でみると総飛散数には大きな損失はなく、雄花量に合致した飛散数になると考えられる。花粉発生源から離れた地域ではこれに移送の過程が関係してくるため飛散数が修飾されると考える。

以上は南東北地方のごく限られた複雑地形の地域で得られた結果であるが、大きな平野の広がる関東地方などにおいて花粉飛散期の気象条件がスギ花粉総飛散数に及ぼす影響の程度を検討することが次の課題である。

山形県立農業試験場中野憲司氏および日本気象協会山形支部近藤勝男氏には気象データ入手に際し多大な協力をいただいた。また、国際農林水産業研究センターの Dr. Marcy N. Wilder 氏には、英文に関してご親切なるご指導をいただいた。ここに深謝する。

文 献

- Gates, D.M.: Past climate. In "Climate Change and its Biological Consequences. Sinauer Associates Inc. Massachusetts (USA), pp.36-61, 1993.
- 山本 晋: 地球温暖化. 大気汚染学会誌 26, A91-A98, 1991.
- Hendersson-Sellers, A.: Numerical modelling of global climates. In "The Changing Global Environment" (ed by N. Roberts.), Basil Blackwell Ltd., Oxford (UK), pp.99-124, 1995.
- 高橋裕一: 雄花芽量の観測に基づく来シーズンの空中スギ花粉総飛散数の推移. 日本花粉学会会誌 38, 172-174, 1992.
- 高橋裕一, 川島茂人, 相川勝悟: 空中スギ花粉シミュレーション法を用いた花粉情報. アレルギー 45, 371-377, 1996.
- 川島茂人: アメダスデータの処理と気象要素の動的表示法. 農業環境技術研究所資料第 8 号, 農業環境技術研究所, つくば, pp.1-37, 1992.
- Kawashima, S. and Takahashi, Y.: Modelling and simulation of mesoscale dispersion processes for airborne cedar pollen. *Grana* 34, 142-150, 1995.
- 平井史生, 佐橋紀男: 日射, 日照データを用いたスギ・ヒノキ科花粉の総飛散数予測. 日本花粉学会会誌 41, 165-166, 1995.
- 佐橋紀男, 高橋裕一, 村山貢司: スギ花粉の総飛散数の予測方法. スギ花粉のすべて. メディカル・ジャーナル社, 東京, pp.63-70, 1995.
- 村山貢司: スギ花粉の飛散予測をめぐる. アレルギーの臨床 16, 170-174, 1996.
- 佐橋紀男: スギ雄花序の成長経過と総飛散数との相関(予測). 日本花粉学会会誌 35, 53-65, 1989.
- 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. 日本花粉学会会誌 36, 49-58, 1990.
- 山崎次男: 日本における Taxodiaceae の絶滅期, 西京大学学術報告. 農学 8, 1-9, 1956.
- Tsukada, M.: Altitudinal and latitudinal migration of *Cryptomeria japonica* for the past 20,000 years in Japan. *Quaternary Research* 26, 135-152, 1986.
- 塚田松雄: 杉の歴史—過去一万五千年間. 科学 50, 538-546, 1980.
- Tsukada, M.: *Cryptomeria japonica*: Glacial refugia and late-glacial and post glacial migration. *Ecology* 63, 1091-1105, 1982.
- Peng, C.H., Campo, E.V. and Cheddadi, R.: Temporal and spatial variations of terrestrial biomes and carbone storage since 13000 yr BP in Europe: Reconstruction from pollen data and statistical models. *Water Air and Soil Pollution* 82, 375-390, 1995.
- Sykes, M.T. and Prentice, I.C.: Boreal forest future: Modelling the controls on tree species range limits and transient responses to climate change. *Water, Air and Soil Pollution* 82, 415-428, 1995.
- 平 英彰, 寺西秀豊, 劔田幸子: 季節はずれのスギ花粉飛散について. アレルギー 41, 1466-1471, 1992.
- 菅谷愛子, 大口広美, 津田 整: 秋期のスギ花粉飛散. アレルギー 45, 1354-1358, 1996.
- 庄司俊雄, 槻陽一郎, 清水規矩雄, 寺西秀豊, 劔田幸子, 他: 秋・冬から春におよぶ抗原確認によるスギ花粉症患者調査. アレルギー 44, 1003-1003, 1995.

EFFECTS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE ON JAPANESE CEDAR
POLLEN CONCENTRATION IN AIR—Estimated Results Obtained from Yamagata City and
its Surrounding Area—Yuichi Takahashi¹⁾, Shigeto Kawashima²⁾ and Shogo Aikawa¹⁾¹⁾*The Yamagata Prefectural Institute of Public Health*²⁾*Japan International Research Center for Agricultural Science*

The effects of global warming on Japanese cedar pollen concentration in air were examined. There was a significant increase in total pollen count in years where small or average values of pollen dispersion were observed and where summertime temperatures were postulated to have risen from 2 to 5°C. There were no remarkable differences in total pollen count in years where large values of pollen dispersion were observed. On the other hand, a drastic decrease in total pollen count was expected when summertime temperatures were postulated to have dropped from 2 to 5°C.

A major factor controlled the value of total pollen count was examined by use of a simulation method of airborne *Cryptomeria japonica* pollen. The values of total pollen count mainly controlled by the amount of male flower at basins and in Japanese cedar forested areas, and the manner in which plains isolated from pollen sources are considered in part to be subjected to meteorological conditions. The difference of initiation time of the pollen season has no great influence on the values of total pollen count.
