

スギ開花の時期と標高、メッシュ気温との関係

高橋 裕一¹⁾・小野 正助²⁾・小野 静²⁾・石森 久子³⁾・
青木四郎次⁴⁾・川島 茂人⁵⁾・木村 和則⁶⁾・相川 勝悟¹⁾

¹⁾ 山形県衛生研究所 ☎990 山形県山形市十日町 1-6-6

²⁾ 真室川町 ☎999-55 山形県最上郡真室川町大字大沢 4371-7

³⁾ 酒田保健所 ☎998 山形県酒田市若浜町 1-40

⁴⁾ 米沢保健所 ☎992 山形県米沢市金池 3-1-26

⁵⁾ 国立農業研究センター ☎305 茨城県つくば市観音台 3-1-1

⁶⁾ 山形県立農業試験場 ☎990-02 山形県山形市みのりが丘 6060-27

(1993年9月24日 受理)

Locality of Flowering Time of *Cryptomeria japonica* and its
Estimation Method from Altitude or 1km² Grid Temperature

Yuichi TAKAHASHI¹⁾, Shosuke ONO²⁾, Shizuka ONO²⁾, Hisako ISHIMORI³⁾,
Shiroji AOKI⁴⁾, Shigeto KAWASHIMA⁵⁾, Kazunori KIMURA⁶⁾ and Shogo AIKAWA¹⁾

¹⁾ The Yamagata Prefectural Institute of Public Health, 1-6-6
Tohkamachi, Yamagata-city 990, Yamagata, Japan

²⁾ Mamurogawa-machi, 4371-7 Osawa, Mamurogawa-machi
999-55, Yamagata, Japan

³⁾ Sakata Health Center, 1-40 Wakahamacho,
Sakata-city 998, Yamagata, Japan

⁴⁾ Yonezawa Health Center, 3-1-26 Kanaike,
Yonezawa-city 992, Yamagata, Japan

⁵⁾ National Agriculture Research Center, 3-1-1 Kannondai,
Tsukuba-city 305, Ibaragi, Japan

⁶⁾ Yamagata Prefectural Agricultural Experiment Station, 6060-27
Minorigaoka, Yamagata-city 990-02, Yamagata, Japan

It was investigated the locality of flowering time of *Cryptomeria japonica* caused by the difference of altitude and local climatology. Flowering time was judged with the naked eyes as the date of pollen emission was recognized in more than half of the examined trees.

Observation in Yamagata basin in 1991 indicated that the flowering time shifts to highlands with the time; the flowering time at a point of 900m above sea level was approximately one month delayed than a point of 200m. A good correlation between the flowering time and altitude was observed. Next, we extended the study area more widely just the size of Yamagata Prefecture

(130km × 70km) and examined the relationship between flowering time and altitude. Good correlation was also observed on the wide area.

To seek the fixed method to estimate the flowering time that can be applied over years, flowering time was calculated from accumulating daily maximum temperature from January 1. It was found that the regression line from calculated values using 300°C for the date of flowering was coincided well with a regression line from observation.

Therefore, it is considered that transition of flowering time can be estimated, to some extent, from altitude and/or integration of commercially available grid temperature.

Key words : Altitude, *Cryptomeria japonica*, Flowering time, Grid temperature.

はじめに

スギ花粉症患者および治療する医師への情報の一環として、各地域のスギの開花時期をコンピュータディスプレイ画面上に表示し提供することを試みている。

それにはまず現状に合ったスギの分布図が必要であった。それは当初、環境庁の植生図をもとに作成したが更新回数が少なく現状に合わなかった。そこで、ランドサット衛星データを画像処理することで、スギ森林分布図を作成する方法を開発し、目的に合った有用な分布図が得られた⁽¹⁾。今回は、各々のスギ林が開花する時期を画面上に表示するための基礎データを作成することを目的とし、一盆地内での開花状況調査とその予測方法の検討、次いで県内全域の開花状況調査とその予測方法について検討した。さらに観察地点周囲のスギ開花と空中スギ花粉との関係も併せて調査した。

方 法

スギの開花時期の調査法は前報⁽²⁾に準じた。つまり、観察樹木としては雄花芽を良くつけた樹齢 20 年以上の東南から南西に面した林の外輪樹を選び、太陽が良く当たる面で雄花芽のついた枝に衝撃を与えた際の花粉の飛び出しの有無を肉眼で観察し判定した。半数以上の樹木が開花した日をその地点のスギの開花日とした。調査に用いた樹木は 1 地点につき 5~10 本、観察は 3~4 日ごとに行った。1993 年の真室川町の調査は毎日午後 2 時に観察を行った。開花の程度は 4 段階で判定した。すなわち枝をたたくと非常に多くの花粉が放出された日のスコアを 3、多くの花粉が認められた

日を 2、僅かに認められた日を 1、全く認められない日を 0 として集計した。1991 年は山形盆地東南部の蔵王山西斜面に 11 地点を設け調査した。Fig. 1 では左側が盆地の底で右にいくほど高標高である。1992 年は山形県内 (130km × 70km の領域) に 9 地点を設け

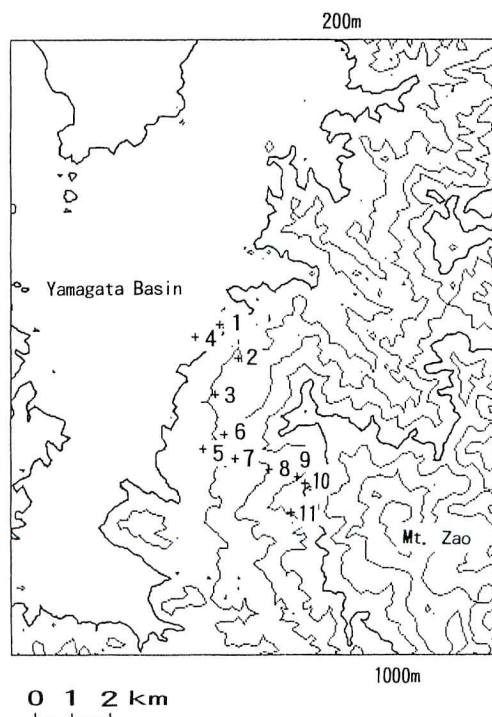


Fig. 1 : The observation points of pollen scattering of *C. japonica* trees in 1991.

調査を行った (Fig. 2). 1993 年は山形盆地と真室川町で調査を行った. 真室川町は周囲一面スギ森林地帯である. そこにダラムサンプラーと気象観測装置を設置した. これらの観測装置周囲のスギ林に 5 本の観察樹木を設け, 2 月 21 日~4 月 30 日まで毎日午後 2 時に開花調査を行った. ダラムサンプラーは毎日午前 7 時にスライドグラスを交換した. 開花日の予測は (株)ウェザーニューズ社の 1km^2 ごとのメッシュ気温を用いた.

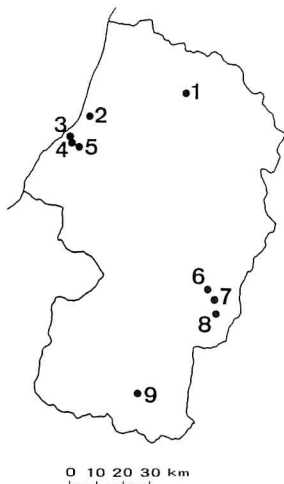


Fig. 2 : The observation points of pollen scattering of *C. japonica* trees in 1992.

結 果

1. 山形盆地内でのスギ開花日と標高, メッシュ気温との関係

1991 年は一盆地内での標高差によるスギ開花時期のズレを調査した. 標高が 200 m の盆地底部は 3 月 20 日前後にスギが開花した. 開花後 3~5 日目から大量に花粉が放出され, それが 1~3 週間肉眼で観察された. 標高が 900 m の蔵王温泉では約 1 ヶ月遅れて 4 月 20 日前後に開花した (Table 1). 1,000 m 付近のスギは雄花芽が少なく, 花粉放出期間も短かった. 標高と開花日との間には良い相関がみられた ($r=0.980$, $n=10$, $Y=0.039X+12.6$). 同一盆地内ではスギの開花時期は底部の開花時期がわかると, それより高い地点の開花時期は標高から求めることができると考えられる. 1992 年の山形盆地でもほぼ同様の結果が得られたが, 1993 年は, 盆地底部では 2 月 20 日にすでに半数以上の樹木が開花した (14 本中 10 本)ものの, その後は冬型の気候が続きスギの開花標高は移動せず, 標高 500 m が開花し始めたのは 3 月末であった. また, 標高 670 m の観察地点は 4 月 11 日に開花したが, この時期にはすでに標高 850 m の蔵王温泉のスギも開花していた. このようにはっきりした標高との関係が得られない年もある.

次に各地点におけるスギの開花時期をメッシュ気温で予測することを試みた. 1km^2 ごとのメッシュ気温を

Table 1. Date of flowering and altitude in Yamagata basin in 1991.

Observation points are shown in Fig.1.

Observation points	Altitude (m)	Flowering date																							
		March												April											
		5	9	10	13	16	17	19	21	23	24	25	29	30	1	3	4	6	11	17	20	24			
1	240-280	—	—	—	—	—	—	—	±	+	++	++	+	±	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	440-460				—			—				—	—		—	—	±	++	+	—					
3	520				—			—				—	—		—	±	+	++	+	±	+	—			
4	180				—			±				+	+		—	—	—	—	—						
5	460				—			—				±	+		+	+	++	+	±	—					
6	580-600				—			—				—	—		—	—	±	++	++	±	—				
7	640				—			—				—	—		±	+	++	+	+	±	—				
8	780				—			—				—	—		—	—	—	—	±	++	++	±			
9	900-920												—				—	—	—	±	+	—			
10	960-980												—				—	—	—	—	+	—			
11	980																—				±	—			

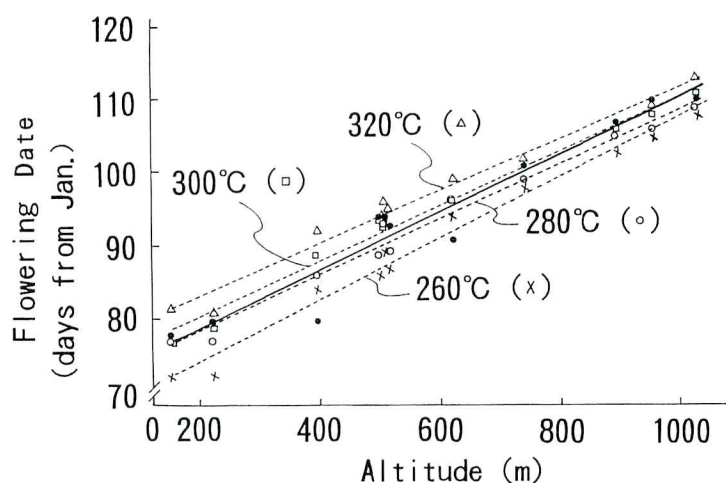


Fig. 3: Relationship between the regression lines obtained from observation values (a solid line) and from calculated values (dotted lines).

用い、各調査地点の1月1日からの最高気温を積算し観察と最もよく一致する積算値を求めたところ、300℃が得られた。Fig. 3の実線は観察値と標高から求めた回帰直線で、破線は各設定温度の到達日と標高の関係から求めた回帰直線である。300℃の回帰直線が実測値と最も一致するものの、各値は回帰直線の上下にばらついており、推定誤差が問題となる。

2. 山形県内のスギ開花日および標高、メッシュ気温との関係

1992年は東西70km、南北130kmの地域についてスギ開花時期を調査した。ここでも、標高とスギの開花

時期の間に正の相関がみられた ($r=0.964$, $n=8$, $Y=0.055X+58.0$)。日本海沿岸部に位置する庄内地方は暖流が流れているため冬期間は内陸部に比べ暖かい。そこで、海からの距離がスギの開花の時期に影響を与えていることが示唆されたことから、標高に加え海からの距離を考慮したところ重相関係数は $r=0.970$ となった (Table 2)。

1991年と同様、1km²ごとのメッシュ気温を用い各調査地点の1月1日からの最高気温を積算し、特定温度到達日と観察結果を比較したところ、1992年の県内全域では260℃到達日が観察値に最も近かった。

Table 2. Date of flowering, altitude, distance from the sea and calculated values of flowering time in Yamagata Prefecture in 1992.

Observation points are shown in Fig.2.

Observation points	Flowering date	Altitude (m)	Distance from the sea(m)	Calculated value
1	73	112.8	36.9	64
2	64	40.6	3.1	60
3	56	29.8	5.5	60
4	58	52.2	6.3	61
5	58	136.9	9.4	66
6	71	220.0	80.1	70
7	89	528.8	82.4	87
8	110	960.0	85.6	111
9	79	385.4	65.2	79

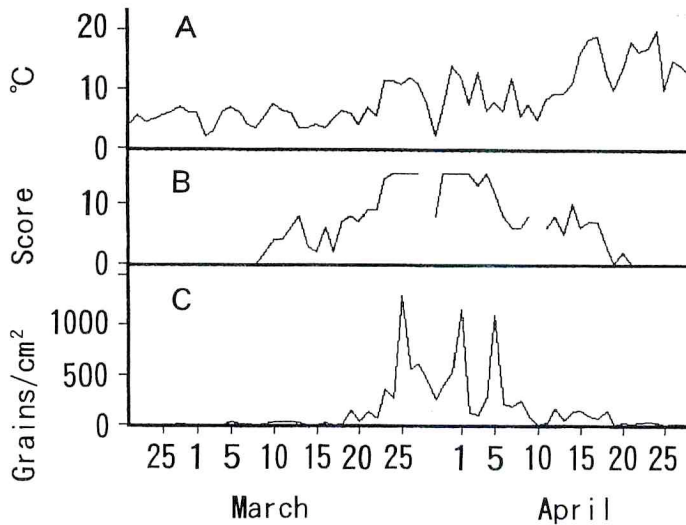


Fig. 4 : Daily maximum temperature(A), daily pollen scattering score(B) and pollen counts with Durham sampler(C) in Mamurogawa in 1993.

3. スギ森林地帯でのスギ開花時期と空中スギ花粉との関係

Fig. 4 は 1993 年の 3 月下旬から 4 月にスギ森林地帯（真室川町）で観察した結果である。日最高気温 (A), 観察樹木の開花時期 (B) とダーラムサンプラーでの花粉捕集数 (C) がプロットしてある。観察地点周囲のスギが満開の時期に一致して大量に空中スギ花粉がみられた。スギは一度開花すると毎日大量の花粉を放出した (B) が、その時期であっても空中花粉数は大きく異なっていた (C)。大量に花粉が放出された 3 月 24 日の最高気温は 11.5°C で、前日までの気温 (20 日前からの最高気温の平均値) より 6.4°C 高くなっていた (A と C)。空中花粉調査と同一地点で調査した日々の風向と天候をみると、ダーラムサンプラーの花粉捕集数が 300 個/cm² を越えた 9 日間の風向はいずれも北西～西南西であった。1000 個/cm² 以上捕集された 3 日間の真室川町の天候は曇りから時々小雨でいずれも快晴ではなかった (Table 3)。

考 察

日本列島の緯度の違いによるスギの開花時期のズレは佐橋が情報を収集し作成している⁽³⁾。それによると、南と北では 1 ヶ月から 1.5 ヶ月の違いがみられる。このような緯度の差による開花時期の違いに加え標高差

による開花時期の違いも考えられる。我々は一盆地で詳細な観察を行えば各盆地に適用できる資料が得られると考え山形盆地を対象に調査を行った。その結果、一盆地内では、盆地底部のスギの開花時期がわかれば、それより標高が高い地点のスギの開花時期は標高から算出できると考えられた。全国的には平らは富山県で 1990 年にスギの開花時期の調査を行い、標高 200 m にあるスギ樹木と標高 1600 m にあるスギ樹木では開花時期が 2 ヶ月異なっていたと報告している⁽⁴⁾。また佐橋らは 1991 年に日光で調査を行い同様の結果を得ている (私信)。我々の結果は彼らの結果と一致した。次に山形県全域 (約 130km×70km の領域) についてスギの開花日を求めることを試みた。県全域でもスギの開花時期は標高から求めることができた。山形県では 1989 年から毎年県内の 8 地点で空中スギ花粉数の調査を行ったきたが、1989 年と 1990 年は沿岸地域が内陸部より早い時期に花粉飛散がみられた⁽⁵⁾。これらの年は全県を対象とした開花日の調査は行っていないので確実ではないが、花粉飛散数から考えると、これらの年は海からの距離が開花時期に影響したと考えられる。このようにスギの開花時期は年により異なることが推測されるため、複数年次を最小限の誤差で推定するには標高のみでは不十分であり、年次を越えて予想可能な方法を見いだす必要がある。その第一段階として、メッシュ気温を積算し推定することを試みた。

Table 3. Daily fluctuation of the numbers of *C. japonica* pollen in the air, the state of pollen scattering of each objective tree and some meteorological data in Mamurogawa in 1993.

The level of pollen scattering is classified as follows : 3; a large number of pollen scattering, 2; middle range of pollen scattering, 1; a little pollen scattering, 0; no pollen scattering.

Date	No. of Pollen grains/cm ²	scattering score					W.D. ※	Weather
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5		
March 8	3	0	0	0	0	0	NNE	fine
9	14	0	0	0	1	1	SSE	cloudy
10	34	0	0	1	1	2	SSW	cloudy
11	34	0	0	1	1	2	WNW	cloudy, snow
12	28	0	2	1	1	2	WNW	cloudy
13	22	0	2	2	1	3	NNW	snow
14	3	0	0	1	0	2	NW	snow
15	1	0	0	1	0	1	NW	snow
16	18	0	1	2	1	2	NW	cloudy, occ. ※※snow
17	2	0	0	1	0	1	SW	sleet
18	12	0	1	2	1	3	N	fine
19	147	0	2	2	1	3	SW	fine, windy
20	38	0	1	2	1	3	NW	cloudy, occ. snow
21	131	1	2	3	3	3	NW	fine
22	66	1	1	2	2	3	NW	sleet, occ. cloudy
23	351	2	3	3	3	3	NW	fine
24	271	3	3	3	3	3	ESE	fine after cloudy
25	1280	3	3	3	3	3	NW	fine after cloudy
26	548	3	3	3	3	3	NW	fine
27	609	3	3	3	3	3	NW	fine, cloudy
28	455	n.d.	※※※					cloudy
29	258	1	1	2	2	2	NNE	snow after cloudy
30	393	3	3	3	3	3	WEW	fine
31	534	3	3	3	3	3	WEW	fine
April 1	1156	3	3	3	3	3	W	cloudy occ. rain
2	122	3	3	3	3	3	N	rain
3	102	2	3	3	3	2	SSE	cloudy occ. rain
4	283	3	3	3	3	3	W	cloudy occ. rain
5	1096	2	2	3	3	2	NW	cloudy occ. rain
6	208	1	1	2	2	2	NNW	cloudy occ. rain/snow
7	193	0	1	2	2	1	W	cloudy occ. rain
8	249	0	1	2	2	1	WSW	snow after rain
9	84	0	1	2	3	2	WSW	rain occ. sleet
10	2	n.d.						heavy snow
11	27	0	1	2	2	1	WSW	sleet after fine
12	169	0	1	2	3	2	W	fine
13	46	0	1	1	2	1	NW	rain
14	136	0	2	3	3	2	NW	cloudy after rain
15	140	0	1	1	2	2	WNW	cloudy
16	86	0	1	2	2	2	WSW	fine
17	69	0	1	2	2	2	WSW	fine
18	145	n.d.						cloudy strong wind
19	2	0	0	1	1	1	NNW	fine
20	18	0	0	0	0	0	S	fine
21	7	0	0	1	1	0	SSW	fine
22	22	0	0	0	0	0	SE	cloudy

※W.D. = wind direction, ※※occ. = occasionally,

※※※n.d. = not tested because of strong wind, heavy snow etc.

1983年から1987年までの山形市の中心部でのスギ花粉飛散開始日までのアメダス日最高気温積算値は95℃～412.8℃(平均216℃)と年ごとに大きく異なった⁽²⁾。従来、スギ花粉飛散開始時期の予測には気温の積算値が用いられてきたが、その気温データは主としてアメダス気温が用いられてきた。アメダス気温を用いる難点は空中花粉の測定点が必ずしもアメダス観測地点の近くにないことである。このような花粉測定点と気温測定点の場所の違いの他に、花粉飛散開始日はその地域で最も早く開花した地点の花粉をみているが、その花粉の発生地点は明らかでなく輸送の問題が含まれる。これらのことがバラツキの原因と考えられたため、我々はスギの開花時期を調査したその場所のメッシュ気温を用いることで、年ごとのバラツキを少なくできないかと考えた。一定間隔の緯度・経度で地域を格子状に区切ったものをメッシュと呼び、各メッシュごとに平均化された気温のことをメッシュ気温と言う。現在ではメッシュ気温のデータは気象情報会社から購入することができる。今回の1991年の山形盆地ではメッシュ気温が300℃に、また1992の県内全域ではメッシュ気温が260℃になった時にその地点のスギが開花した。以上のように開花日までの積算気温の値は年により多少異なることが考えられるものの、大きく異なることはなく250～300℃が当地方の平均的な値と考える。この点は今後多年に渡るデータの蓄積の結果明らかになる。さらに、複数年次を同一のパラメータで扱うことができ、推定誤差ができるだけ小さくなる手法を見いだす必要があると思われる。

スギ林内での開花時期と空中花粉数との関係を明らかにするために、周囲がスギ森林の真室川町で調査を行った。大量のスギ花粉が捕集された期間は周囲のスギの開花時期と一致し、その飛散花粉の発生場所は恐らく周囲のスギ林と推定された。近くのスギ林の花粉放出が終了したにもかかわらずその後長期間大量の花粉が観測される地域・年にあっては、標高がより高く開花時期が異なるスギ林から輸送された花粉を観察していると考えられる。

調査したスギの木から大量の花粉が放出された日の最高気温は前日までの最高気温の平均値より6.4℃も高くなっており、このような日に多くのスギが開花し始めると考えられる。このことから川島がスギ花粉の発生モデルにその日と前日までの平均気温の差を組み入れた⁽⁶⁾ことは当を得たものと考ええる。

要 旨

1991年と1992年では一盆地(山形盆地)内のスギの開花地点は、盆地の底から順次、高標高地点へと移行し、標高差が700mあるとほぼ1ヶ月開花時期が異なっていた。開花日と標高との間には良い相関がみられ、盆地底部の開花時期がわかるとそれより高い地点の開花時期は標高から求めることができた。一盆地内に限らず、130km×70km(山形県の全域)の領域でも標高からおおよその開花日を推定できた。ただし、標高のみから推定することができない年があると考えられるため、複数年について開花の時期を推定する方法を検討した。1km²のメッシュ気温を用い、1月1日からの日最高気温を積算し、特定温度に到達した日にその地域のスギが開花すると仮定し、実際の観測結果と比較したところ、その地域のメッシュ気温が250～300℃に到達した日にスギが開花すると仮定すると実測値と良く一致することがわかった。したがって、地域のスギの開花時期の推移は標高とメッシュ気温を組み合わせることである程度推定できると考えられる。

文 献

- (1) Takahashi, Y., K. Tokumaru and S. Kawashima: Distribution chart of *Cryptomeria japonica* forest through data analysis of Landsat-TM. *Jpn. J. Palynol.* 38, 140-147 (1992).
- (2) 高橋裕一・川島茂人・大江栄悦・片桐進: スギ花粉の発生と拡散過程のモデル化—メッシュ化手法を用いたスギ開花日の予測(Ⅱ). 花粉誌 37, 35-40 (1991).
- (3) Sahashi, N. and K. Murayama: Change in the northward movement of the pollen front of *Cryptomeria japonica* in Japan, during 1986-1991. *Allergie & Immunologie* 25, 150-153 (1993).
- (4) 平英影・寺西秀豊・剣田幸子・槻陽一郎・清水矩雄・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の関連性について. アレルギー 40, 1200-1209 (1991).
- (5) 高橋裕一・片桐進他: 1989年及び1990年度の山形県内6都市におけるスギ花粉の飛散状況、患者の発症時期及び県内各地域のスギの開花時

- 期の予測方式：山形県衛生研究所報 23, 35-42 (1990).
- (6) 川島茂人：スギ花粉の発生と拡散過程のモデル
化—スギ花粉の拡散過程に関する研究（I）. 花粉誌 37, 11-22 (1991).