

〔原 著〕

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

—富山県における事例—

新潟大学大学院自然科学研究科

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

スギ空中花粉総飛散数の予測には、前年7月の平均気温、7月と8月の全天日射量の合計及び着花指数が用いられている。筆者らは、これらの要因による予測方法について検討し、次のような結論を得た。

1. 前年7月の平均気温及び7月と8月の全天日射量の合計などの気象要因を用いた予測値は、大飛散年の翌年では過大になる。2. 花粉飛散源となるスギ林の面積が毎年増加しているため、予測に用いる観測値は過去5年間のものを用いた方が精度が高くなる。3. 着花指数を用いた予測は、スギ雄花の豊作と不作を正確に把握できることから大きな誤差を生じない。

Key words: atmospheric pollen — climatic factors — *Cryptomeria* — flowering index — prediction

はじめに

春に飛散するスギ空中花粉総飛散数の予測は、スギ花粉症患者の治療や予防対策を確立するうえで重要な情報の一つである。山崎¹⁾は、スギ空中花粉総飛散数は前年7月の平均気温と高い正の相関があることを明らかにした。また、村山²⁾は、スギ空中花粉総飛散数と前年7月、8月の全天日射量の合計とが高い相関があることを示した。スギ空中花粉総飛散数と前年7月の平均気温及び7月、8月の全天日射量は、他の地域においても相関が高いことから³⁾、スギ空中花粉総飛散数の予測には、前年7月の平均気温及び7月、8月の全天日射量の合計とスギ空中花粉総飛散数との回帰式が広く用いられている。富山県のスギ空中花粉総飛散数の予測は、富山医科薬科大学で観測したデータを基に行っているが、1995年7月の平均気温を用いて予測した富山県の1996年のスギ空中花粉総飛散数は4730個、全天日射量を用いて予測したスギ空中花粉総飛散数は3168個で、平年よりも花粉飛散量は多いと予測された。しかし、実際に飛散したスギ空中花粉総飛散数は599個

で、富山医科薬科大学のスギ空中花粉観測史上2番目に少なく、予測値は実測値よりも著しく多かった。富山医科薬科大学で1983年から観測したスギ空中花粉総飛散数と7月の平均気温及び7月、8月の全天日射量とをみると、7月の平均気温及び7月、8月の全天日射量が平年よりも高かったにもかかわらず、翌年の空中花粉総飛散数が非常に少なかった年は、1992年にも記録されている³⁾。したがって、7月の平均気温及び全天日射量を用いた翌年のスギ空中花粉総飛散数の予測は年によって大きく外れることもあると考えられる。筆者らは、より正確なスギ空中花粉総飛散数を予測するため、直接スギ林の雄花の着花状況から翌年のスギ空中花粉総飛散数を予測する方法を考案した⁴⁾。そして、この方法による予測と前年7月の平均気温や全天日射量などの気象要因を用いた予測方法との長短を比較しながら、スギ空中花粉総飛散数の予測についての問題点を検討した。

調査の方法

Received: January 31, 1997

Accepted: May 13, 1997

1990年から1995年にかけて、スギ林の雄花の着花状況から直接スギ空中花粉飛散数の予測をするため、富

山県内の標高200m以下の平野部に生育しているスギの雄花の着花状況を測定した。対象としたスギは、スギ林、寺社林、屋敷林に生育しているスギで、枝が下部まで着生している孤立木及び林縁木を選んだ。調査地は、一定の地域に集中しないよう地図上で60カ所のプロットを無作為に選定し、そのプロットの中に生育しているスギ林から測定しやすい2本～4本の個体を選んだ。調査本数は合計184本であった。

スギ雄花の着花状況は、スギの先端から最も下の枝が着生している部分（樹冠）を大まかに上下に区分し、それぞれの部分で、雄花が一面にびっしりと着花している状態を3、まばらに付いている状態を1、その中間を2、雄花が認められないものを0とした。そして、上下のスコアを合計したものを着花指数とした⁴⁾。したがって、スコアの最少は0、最大は6である。着花指数の判定は、1990年～1991年では1月下旬に1992年～1995年では前年11月下旬に行った。

スギ花粉総飛散数の調査は、1983年より1996年にかけて富山医科薬科大学の屋上（標高90m）にダークラムの花粉検索器を設定し実施した。ワセリンを塗布したスライドガラスを原則として毎日9時に交換した。花粉はグリセリンゼリーで染色し、200倍の顕微鏡下で同定しカウントした⁵⁾。

スギ空中花粉総飛散数の予測に用いた気象データは、富山気象台が発表したものをを用いた⁶⁾。また、前年7月の平均気温及び7月、8月の全天日射量の合計と

スギ花粉総飛散数との相関及び翌年の予測値については、1983年から5年を経過した1988年以降、毎年相関係数と翌年の予測値を求めると共に、毎年過去5年間だけの測定値を用いた相関係数と翌年の予測値をも求めた。着花指数についても、同様の相関係数と翌年の予測値を求めた。

結 果

1983年～1996年にかけて観測したスギ空中花粉飛散数は、560個～11,800個で観測年による変動が大きかったが、全体として年々増加する傾向を示した（Fig. 1）。1983年から1996年のスギ空中花粉総飛散数と前年7月の平均気温との相関係数は $r=0.76$ で1%の危険率で有意な正の相関が認められた（Fig. 2）。また、全天日射量とスギ空中花粉総飛散数との相関は $r=0.81$ で1%の危険率で有意な正の相関が認められた（Fig. 3）。1983年から1996年のスギ空中花粉総飛散数の平均は3205個なので4000個以上を雄花の豊作年とすると、豊作年であった1985年（4051個）、1988年（4129個）、1991年（6307個）、1995年（11857個）の翌年におけるスギ空中花粉総飛散数は、平年よりも少ない値を示した（Fig. 1）。特に1992年、1996年の場合は前年7月の平均気温及び全天日射量が平年値よりも高かったにもかかわらず、スギ空中花粉総飛散数は著しく少なかった。

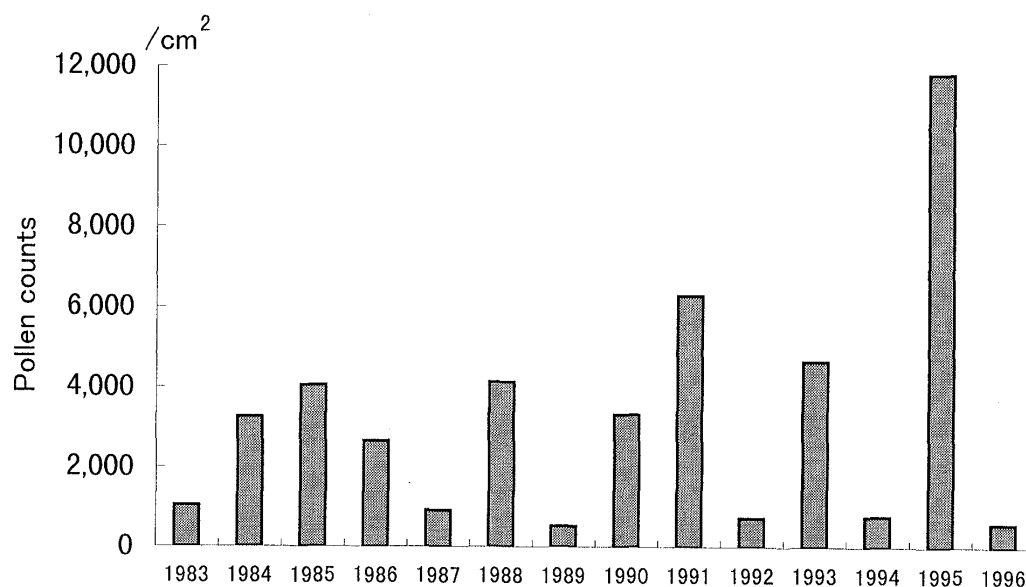


Fig. 1. Transition of sugi (*Cryptomeria*) atmospheric pollen counts at Toyama Med. and Pharm. Univ.

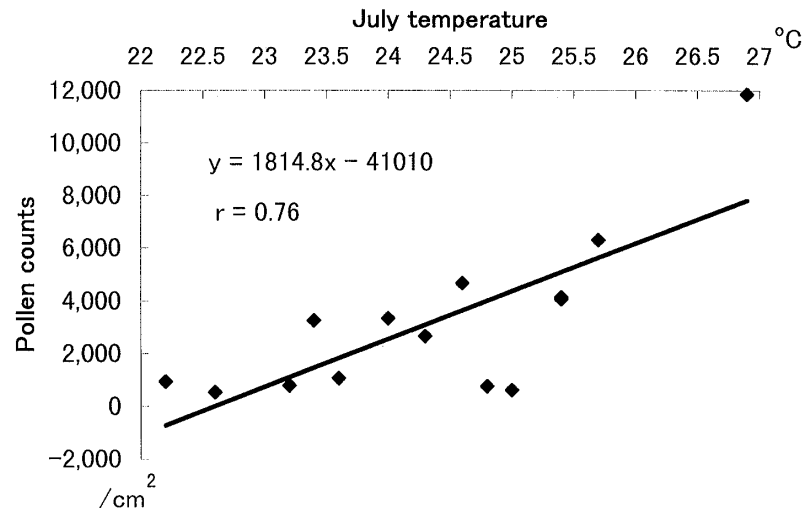


Fig. 2. The correlation between previous year's mean temperature in July and sugi (*Cryptomeria*) atmospheric pollen counts.

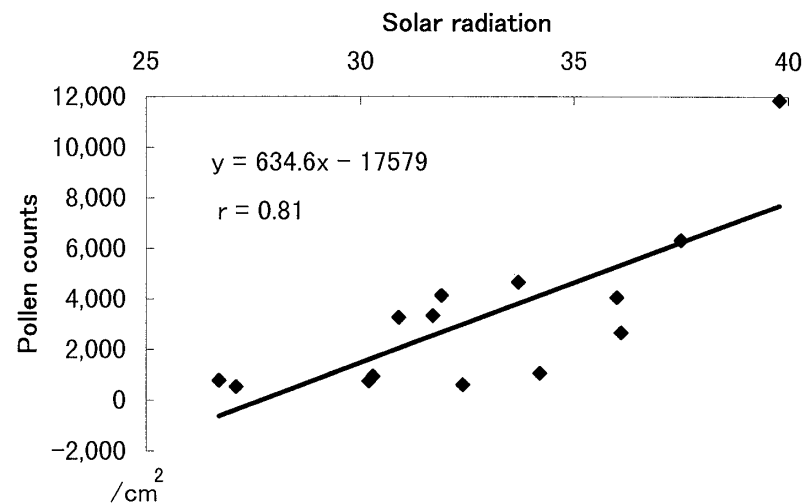


Fig. 3. The correlation between previous year's total solar radiation of July and August and sugi (*Cryptomeria*) atmospheric pollen counts.

た。

1990年から1995年にかけて測定したスギ雄花の着花指数は0.6～4.4で、雄花の着花指数も年による変動が大きかった。着花指数とスギ空中花粉総飛散数との相関は $r=0.71$ で0.05%以下の危険率で有意な正の相関が認められた (Fig. 4)。

1987年以降のスギ花粉総飛散数と前年7月の平均気温、7月、8月の全天日射量の合計値及び着花指数との相関係数はいずれにおいても測定開始年からの測定値を累積して用いた相関係数よりも、過去5年間ごとの測定値を用いた方が相関が高かった (Fig. 5)。前年7月の平均気温及び7月、8月の全天日射量を用いた

スギ空中花粉総飛散数の予測値の誤差率((予測値－実測値)÷実測値)×100はスギ空中花粉総飛散数が4000個以上の大飛散年(1987年, 1990年, 1992年, 1994年)では, 1994年の全天日射量による予測を除いては, いずれの年においても誤差率はマイナスになっており気象要因による予測は, 大飛散年では予測値が過小になることを示した (Fig. 6)。また, スギ空中花粉総飛散数が1000個以下の少飛散年(1989年, 1992年, 1994年, 1996年)では1994年の全天日射量による予測を除いては, いずれも誤差率が著しく高く, 少飛散年では予測値が著しく過大になることを示した。着花指数による予測は, 1995年と1996年だけであるが, 大飛散年 (1995

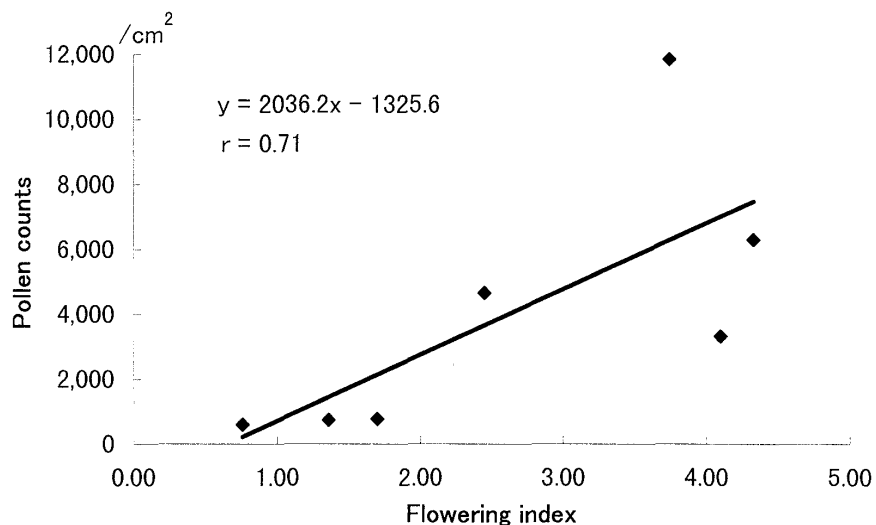


Fig. 4. The correlation between flowering index and sugi (*Cryptomeria*) atmospheric pollen counts.

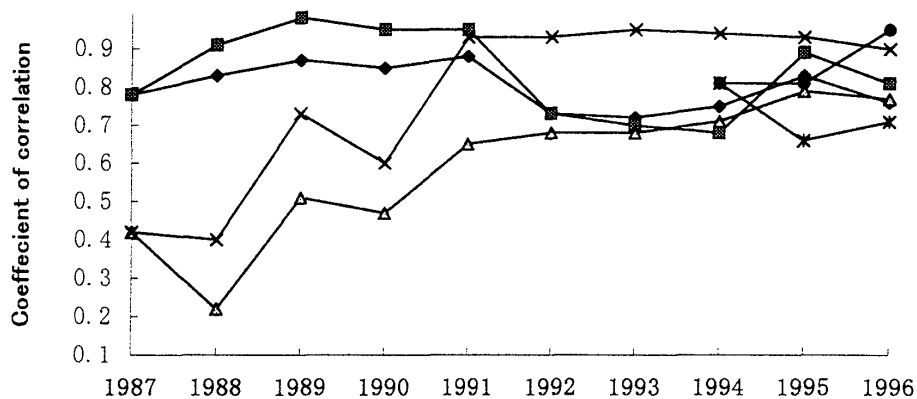


Fig. 5. Differences of the coefficient of correlations by predictig methods.
 —●— Coefficient of correlations using accumulated July mean temperature.
 —■— Coefficient of correlations using five years July mean temperature.
 —△— Coefficient of correlations using accumulated July and August solar radiation.
 —×— Coefficient of correlations using five years July and August solar radiation.
 —*— Coefficient of correlations using accumulated male flowering index.
 —●— Coefficient of correlations using five years male flower index.

年) 及び少飛散年とも誤差率にマイナスを示し、少飛散年の誤差率は他の方法による予測よりも著しく小さかった。

考 察

スギ花粉総飛散数と7月の平均気温や7月と8月の全天日射量の合計及び着花指数と翌年の相関係数は高

い相関を示すことから、これらの要因を用いて翌年のスギ花粉総飛散数を予測することは問題がないと考えられる。しかし、7月の平均気温や7月、8月の全天日射量の合計を用いた予測は大飛散年の翌年にあたる1989年、1992年、1994年、1996年では、予測値の誤差率は大きく、特に7月の平均気温及び7月と8月の全天日射量の合計が平均値よりも高かった1992年と1996年では著しく大きくなっている。スギの雄花は、6月下旬から9月上旬にかけて展葉するスギ針葉の先端に

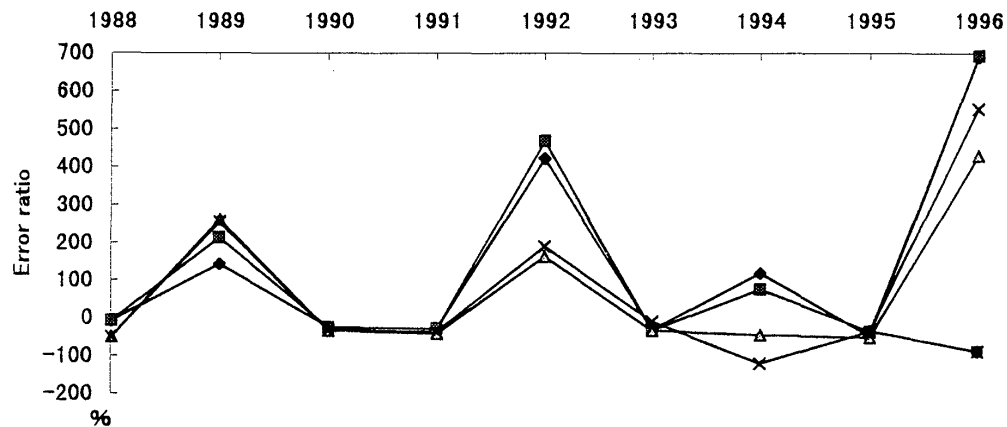


Fig. 6. The error ratio by each predicting methods.

- Coefficient of correlations using accumulated July mean temperature.
- Coefficient of correlations using five years July mean temperature.
- △— Coefficient of correlations using accumulated July and August solar radiation.
- ×— Coefficient of correlations using five years July and August solar radiation.
- *— Coefficient of correlations using accumulated male flowering index.
- Coefficient of correlations using five years male flower index.

分化する⁷⁾。スギの針葉は前年の枝から分化するものもあるが、多くの針葉はその先端に新たな針葉を展葉させる。枝から展葉した1枚の針葉は3年程度、長いもので5年から6年連続して新たな針葉を展葉するものもある。しかし、スギ雄花が着花した針葉は、翌年新しく針葉を展葉する割合が極めて少なく、展葉しても針葉の伸びが少ない(平 英彰, 未発表)。前年7月の平均気温が高くても大飛散年、すなわち、大量の雄花が着花した翌年にスギの花粉飛散数が著しく少なくなるのは、このような大量の着花によってスギ針葉の生理的な特性が変化するため、気象条件が良くても雄花の分化が促進されないためと考えられる。したがって、7月の平均気温及び7月、8月の全天日射量の合計などの気象要因を用いた翌年のスギ空中花粉総飛散数の予測は、大量の雄花の着花によって生じるスギの生理的な特性の変化を反映できないため、予測値は過大になるという欠陥が生じる。スギ針葉の生理的な変化が生じる大飛散年の翌年のデータを除いて、スギ空中花粉総飛散数と前年7月の平均気温及び全天日射量との相関を取ると、相関係数がそれぞれ $r=0.87$ 及び 0.81 で、すべての測定値を用いた相関係数よりも高くなった。したがって、7月の平均気温や7月、8月の全天日射量を用いて翌年のスギ花粉総飛散数を予測する場合は、大飛散年のデータを除いた回帰式を用いれ

ば大飛散年の翌年以外ではより正確な予測が可能になると考えられる。

1992年から1996年までの観測したスギ雄花の着花指数と空中花粉飛散との相関は $r=0.71$ で、同じ1992年から1996年のスギ空中花粉総飛散数と7月の平均気温との相関値 $r=0.84$ 、及び7月、8月の全天日射量の合計との相関値 $r=0.89$ よりも低かった。この原因としては、着花指数の判定基準が測定開始年度とそれ以降では多少異なったためと推定される。このように、着花指数を用いた予測は、観測者の判定基準が一定になるまでは多少の熟練を要することや観測する人が変わった場合にもその判定基準が微妙に異なる可能性がある。しかし、着花指数はスギ林の雄花の生産量と高い相関を示すことから⁸⁾、気象要因による予測よりも誤差率は少なく、特に少飛散年の予測は正確になる。

スギ空中花粉総飛散数は、年変動は大きい毎年増加する傾向を示している。スギの造林面積は、現在450万haに達したと言われている⁹⁾。その造林面積の多くは、1950年以降に造林されたスギ林が多く、1950年から1971年にかけて毎年10万ha以上のスギが造林されている⁹⁾。スギ雄花の生産量は、豊作年の場合、林齢15年頃から50年生頃までは加齢と共に増加し、それ以降は一定になる¹⁰⁾。スギは一般に30年～50年で利用伐期に達するので、スギ材の需要が多かった過去において

は、大量の花粉が生産されるようになったスギ林は伐採され、更新されてきた。しかし、近年、木材価格の低迷で木材需要量に占める国産材の割合は年々減少している¹¹⁾。このことは、予測に用いる7月の平均気温や7月と8月の全天日射量の合計及び着花指数が同じでも、花粉飛散源であるスギ林の面積が毎年増加していることを意味している。大飛散年における予測誤差率が、いずれの方法による予測でもマイナスになっていることは、毎年スギ花粉飛散源であるスギ林の面積が増加し続けていることを意味していると考えられる。したがって、スギ空中花粉総飛散数の正確な予測を行うには、このような大量の花粉を飛散させるスギ林の面積を毎年正確に把握する必要がある。しかし、このことは極めて困難なことから、筆者らは、予測に用いる回帰式を過去5年間の測定値に限定した方が、観測開始年からすべての観測値を用いるよりも、花粉飛散源となるスギ林の面積の増加や加齢に伴う花粉飛散量の増加の影響を反映できると考える。いずれの予測方法においても、過去5年間だけの測定値を用いた相関係数が、観測開始年からすべての測定値を用いた相関係数よりも高い値を示したのは、花粉飛散源となるスギ林の面積の増加や、加齢によるスギ林の着花量の増加を反映しているためと考えられる。

終わりに

スギ空中花粉総飛散数の予測方法としては、現在のところ、7月の平均気温や7月と8月の全天日射量の合計などの気象要因を用いる方法と直接雄花の着花量を観察して指数化した着花指数を用いる方法とがある。前者の気象要因を用いた予測方法では、全天日射量を用いた予測の方が、精度が高い。しかし、これらの予測方法は、大量の雄花の着花によって生じるスギの生理的変化を反映できないため、少飛散年の予測は過大になる。また、雄花の着花量を直接観測する着花指数による予測は、観測者による着花状況の判定基準に微妙な違いが生じる可能性や、観測者自身が安定した評価ができるようになるまで多少の時間と熟練を要する。しかし、直接雄花の着花量を観測することから、気象要因を用いた予測のように、不作年を豊作年とし

て予測するような間違いは生じない。また、花粉源となるスギ林の面積は当分増加し続けると考えられることから、今後大飛散年と予想される年の花粉飛散数は常に予測値を上回ると考えられる。また、予測に用いる測定値は過去5年間だけのデータを用いた方が精度が高くなる。今回検討したそれぞれの花粉飛散の予測方法の特徴から考えると、将来のスギ花粉総飛散数の予測は、着花指数を基にした予測が主になると思われるが、着花指数の評価は、スギ林の取り扱いに習熟している林業関係者によって継続的に行われるのが理想的であろう。また、今回のスギ空中花粉総飛散数の予測方法の検討は、富山県におけるデータを用いたものであるが、林業を取り巻く環境は、他の都道府県でも変わらないことから、今回検討したスギ空中花粉総飛散数の予測方法は、他の地域にも十分適応できると考えられる。

文 献

- 1) 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.
- 2) 村山貢司：気象条件とスギ花粉の飛散。科学 61, 98-100, 1991.
- 3) 劔田幸子, 寺西秀豊, 加須屋実, 加藤輝隆, 平 英彰：富山県におけるスギ花粉飛散状況と気象条件との関連。日本公衛誌 42, 553-558, 1996.
- 4) 平 英彰：富山県におけるスギ雄花の着花状況(1990)。花粉症研究会報 2, 10-14, 1991.
- 5) 劔田幸子, 寺西秀豊：空中花粉検査法(2)。花粉症研究会報 2, 19-22, 1991.
- 6) 日本気象協会富山支部：富山県気象月報, 1982-1995.
- 7) 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.
- 8) 横山敏孝, 金指達郎：着花年による人工林の雄花生産量の推定。103回日本林学会論文集, pp.327-328, 1992.
- 9) 横山敏孝：スギ林の分布と歴史。アレルギーの領域 1, 19-23, 1994.
- 10) 斎藤秀樹：林学からみたスギ花粉症ー森林の花粉生産を中心にー。耳鼻咽喉科臨床 88, 6-19, 1994.
- 11) 林野庁：林業白書, pp.12-13, 1994.

COMPARISON OF PREDICTIVE METHODS OF SUGI (*CRYPTOMERIA*) ATMOSPHERIC
POLLEN COUNTS USING MEAN TEMPERATURE, SOLAR
RADIATION AND MALE FLOWERING INDEX
— An Example of Toyama Prefecture—

Hideaki Taira

Niigata University Graduate School of Science and Technology, Course of Biosphere

Hidetoyo Teranishi and Yukiko Kenda

Toyama Institute of Health and Faculty of Medicine, Toyama Medical and Pharmaceutical University

The previous years mean temperature of July, total solar radiation of July and August and the male flowering index were used to predict atmospheric pollen counts. We examined the adaptability of these predictions and we get following results:

1. Following good harvest years of male flower, atmospheric pollen counts predicted by previous year's mean temperature of July and the total solar radiation of July and August are higher than the actual atmospheric pollen count. 2. Prediction of atmospheric pollen counts by factors within the previous five years are more exact because matured *Cryptomeria* forests are increasing yearly. 3. There are few errors in prediction by the flowering index because the flower index reflects the actual harvest of male flower.
