

## 気象環境に基づくスギ雄花量の推定と 森林施業による着花抑制可能性の検討

田中 格

Estimate of a production of *Cryptomeria japonica's* male flower based on climatic environment and examination of possibility of *Cryptomeria japonica's* male flower production control by forest management

Tadashi TANAKA

**Summary :** In this study a relationships between a climatic environment and a production of *Cryptomeria japonica's* male flower and a possibility of *Cryptomeria japonica's* male flower production control by pruning and thinning were examined. A relationships between climatic environment (mean air temperature, amount of precipitation and insolation duration) in June, July and August in a previous year and a measured *Cryptomeria japonica's* male flower production was made clear. Moreover, a control of *Cryptomeria japonica's* male flower by pruning was examined based on measurement of *Cryptomeria japonica's* male flower production in a tree crown. In addition, a control of *Cryptomeria japonica's* male flower by thinning was examined based on comparison of *Cryptomeria japonica's* male flower production in thinning forest and no thinning forest. The results were as follows. 1) The climatic environment in July and August influenced the *Cryptomeria japonica's* male flower production. 2) The insolation duration especially produced the biggest influence on the *Cryptomeria japonica's* male flower production. 3) The influence which integrated climatic environment in July and August produced on the *Cryptomeria japonica's* male flower production was larger than the influence which single climatic environment in July and August produced on the *Cryptomeria japonica's* male flower production. 4) It was judged that it was impossible to control *Cryptomeria japonica's* male flower production by pruning. 5) It was judged that depressor effect of *Cryptomeria japonica's* male flower by thinning was able to be expected if thinning was done in the previous year of good crop of *Cryptomeria japonica's* male flower.

**要旨：**本研究において、気象環境とスギ雄花生産量の関係を検討するとともに、間伐、枝打ちによるスギ雄花生産量抑制の可能性を検討した。間伐林と無間伐林でスギ雄花生産量を7年間測定し、測定されたスギ雄花生産量と前年の6月、7月、8月の気象環境（平均気温、降水量および日射量）との関係を明らかにした。また、樹冠階層ごとのスギ雄花生産量の測定に基づき枝打ちによるスギ雄花抑制効果を検討した。さらに、間伐林と無間伐林のスギ雄花生産量の比較に基づき間伐のスギ雄花抑制効果を検討した。その結果は次のとおりである。1) 7月の気象環境および8月の気象環境がスギ雄花生産量に影響を与えていた。2) 特に、日照時間がスギ雄花生産に最も大きな影響を与えていた。3) 7月、8月単独の気象環境よりも7月と8月の積算気象環境のほうがスギ雄花生産量により大きな影響を与えていた。4) 枝打ちによるスギ雄花生産の抑制は不可能であると判断された。5) スギ雄花豊作年の前年に間伐を行えば、間伐によるスギ雄花の抑制効果が期待できると判断された。

## 1. はじめに

スギ花粉症患者は年々増加しており社会問題化している。スギ花粉症対策としては、治療方法の開発という医療側の取り組みが重要であることは言うまでもないが、花粉発生源である森林・林業側の取り組みも重要である。森林・林業側のスギ花粉抑制対策としては、育種的手法によるスギ花粉発生抑制、スギ花粉飛散量の推定に基づく予防、森林施業技術適用による抑制などが考えられる。

育種の抑制方法としては、形質優良なスギ精英樹から花粉を放出する器官である雄花の着花量が少ないクローンを選抜する方法が考えられる。雄花の少ない精英樹クローン選抜は全国的に始まっており、研究成果としては、雄花着花量の経年調査により大豊作年を含む全ての調査年で着花個体率5%以下の系統を実際に選抜した研究(岩澤・小平 1995)、雄花の少ないクローン選抜の基礎資料として採種園におけるスギ精英樹の雄花量、分化日、開花日、開花期間のクローン特性を調査した研究(竹内ほか 1996)などが見られる。また、選抜にさいして花粉量の多少だけでなく花粉中のアレルゲンの量も加味する必要があるという考えに基づき採取園のクローンについてアレルゲン Cryj1 の含有量を測定した研究(清藤ほか 1999)もみられる。こうした雄花が少ないクローンを選抜する方法は、花粉抑制効果が大きく確実な方法ではあるが、選抜されたクローン苗木が植栽されて森林となるには、少なくとも20~30年要するため、即効性は期待できない。

スギ花粉飛散量の推定に基づく予防は、花粉飛散前にスギ雄花生産量の多少を推定することにより、雄花発生量が多いと推定された年は、医療的予防措置を早めに講ずることにより症状を軽く抑えることができるため、対症的ではあるが即効性は高いと考えられる。スギ雄花生産量の推定方法としては、前年の雄花成熟後に雄花の着花状況を定点観測して雄花生産量の多少を推定する方法(林野庁 1999)、前年の気象環境から雄花生産量の多少を推定する方法(横山・金指 1993; 関子 1999; 福島・小平 2000)が考えられる。定点観測は、雄花着生状態の観察に基づくため現実的であるが、精度を高めるためには多くの観測地点が必要であり、雄花量の判定にある程度の熟練を要することから、前年の気象環境と雄花着花量の相関に基づき雄花量を推定するほうが汎用性は高いと考える。

森林施業を適用した花粉抑制は、花粉抑制の即効性が高く、花粉抑制と施業の推進を同時に実現できる可能性を有する。花粉抑制に効果が高い施業として枝打ちと間伐が考えられるが、枝打ちおよび間伐が花粉抑制に効果があるか否かについては明らかにされていない。

以上のことを考慮し、本報では同一林分の間伐方法を変えて間伐を実施した2試験区と間伐を実施しない対照区を設定し、雄花トラップによる雄花生産量の経年変化を測定して前年の気象環境との関係を明らかにした。また、試験区を設定した同一林分内の試験区以外の場所で不作年および豊作年に林内木、林縁木を伐倒し樹冠階層別の雄花着花量の測定を行うことにより枝打ちによる雄花生産抑制効果を検討した。さらに、トラップにより測定した間伐林と無間伐林の間伐実行後の雄花生産量を比較することにより間伐による雄花生産抑制効果を検討した。

なお、本報の調査、測定は、1992~1999年に実施された林野庁の花粉抑制調査事業により行った。

## 2. 材料と方法

### 2.1. 調査地概況

調査地は山梨県東部地域、神奈川県境の上野原町に所在する山梨県有林スギ人工林内に設定した。調査地の北緯は35°39'、東経は139°130'、標高は700m、方位は東南東、傾斜は30~35°であり、試験地を設定した1990年当時の林齢は40年生であった。

### 2.2. 試験区設定と間伐実施

1990年11月に通常の間伐を実施する試験区(通常間伐区)、雄花が多く着生している立木を中心に間伐する試験区(雄花多産木間伐区)、間伐を実施しない試験区(無間伐区)の3試験区を設定した。試験区のサイズは40m×40mで、通常間伐区、雄花多産木間伐区については1991年2月に間伐を実施した。

### 2.3. スギ雄花生産量調査

調査年数は、1992年~1995年および1997年~1999年の7年である。試験区内に林冠の状態を考慮せずランダムに20個の雄花トラップを設置した。トラップごとに番号を付け、調査期間中は毎年同じ位置に同じ番号のトラップを据え付けた。使用したトラップは雄花を受け部分が円形で面積は0.1288m<sup>2</sup>(直径約40cm)である。

トラップは毎年2月下旬～3月上旬に設置し、各トラップごとに、4月下旬、5月下旬および7月下旬の3回、トラップ内に落下していた内容物のうち大きな枝を除く雄花ほかを回収して実験室に持ち帰った。小枝、葉、ゴミなどの雄花以外を取り除いたのち80℃で3昼夜乾燥して雄花の乾燥重量を測定した。トラップごとに3回分の雄花乾重の総計を計算し、20個のトラップの雄花乾重を積算した値を全トラップが雄花を受ける面積である0.1288×20㎡で除して1年間1㎡当りの雄花乾重を試験区ごとに計算した。

### 2.4. 樹冠階層ごとの雄花生産量測定

雄花不作年の1993年および雄花豊作年の1994年に、試験区を設定した同一林分内の試験区以外の場所から林内木、林縁木をそれぞれ1本ずつ選定して地際より伐倒した。枝下高から1m間隔で樹冠を階層区分し、各樹冠階層に着花していた雄花乾重を測定した。

### 2.5. 気象データの収集および推定

花粉発生源となるスギ雄花は、6月末から7月ごろに分化がはじまり10月には花粉が完成する(横山・金指1993)。また、雄花の生産量は花芽分化・成熟期の気象条件の影響を受けると考えられる(図子1999)。

そこで、本報ではスギの花芽分化・成熟期である6、7、8月の気象環境を収集、推定した。本報で取り上げた気象環境は、既存の研究(横山・金指1993; 図子1999、福島・小平2000)でスギ雄花生産量との相関が高いとされる平均気温、降水量および日照時間である。

甲府地方気象台により上野原町の降水量と上野原に近接する大月市の日照時間について定点観測が行われていたので、降水量と日照時間はそのデータ(甲府地方気象台1991, 1992, 1993, 1994, 1996, 1997, 1998)を採用した。

気温については上野原町では観測されていなかったが、甲府地方気象台により大月市で定点観測されていた。そこで、大月市で観測された月平均気温(甲府地方気象台1991, 1992, 1993, 1994, 1996, 1997, 1998)から試験地の月平均気温を次の手順で推定した。緯度と標高から月別の平均気温を計算する式  $T_c = a \cdot b \cdot (I - 30) - c \cdot H$  (岡上1970)により試験地の基準平均気温を計算した。ここで、 $T_c$ は試験地の基準平均気温、 $I$ は緯度、 $H$ は標高、 $a, b, c$ は月別に決まるパラメータである。計算した基準平均気温と大月市で観測された平均気温の差の絶対値を1991年, 1992年, 1993年, 1994年, 1996年, 1997年, 1998年

の各月ごとに計算し、7年間の各月の平均値を求めた。ここで、試験区の標高は700mで大月市の気温測定地点の標高364mよりも高く、試験区のほうが低温であることから、大月市で観測された月平均気温から計算した平均値を差し引いた値を試験区の推定月平均気温とした。

## 3. 結 果

### 3.1. 雄花生産量の経年変化

収集、推定した気象環境の経年変化を図1、雄花生産量の経年変化を図2に示した。

スギ雄花生産量の経年変化については、雄花生産量の多い年と少ない年が交互に現れるが、雄花生産の多い年においても1994年のように大豊作の年、1998年のようにあまり多くない年があり、雄花生産の少ない年でも1992年、1994年、1999年のように不作の年、1997年のように比較的多く生産される年が認められた。

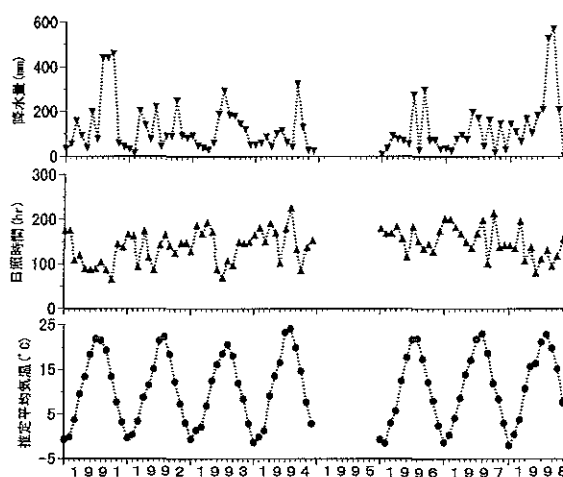


図1 試験地の気象環境の経年変化

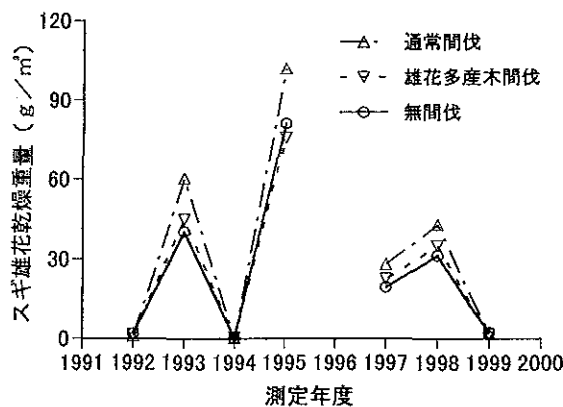


図2 上野原町におけるスギの雄花生産量の経年変化

### 3. 2. 気象環境と雄花生産量

図3に前年の6、7、8月の平均気温、降水量および日照時間と雄花生産量の関係を示した。6月の気象環境と雄花生産量には明瞭な関係は認められないが、7月および8月の平均気温および日照時間と雄花生産量の間には正の相関が、降水量と雄花生産量の間には負の相関が認められ、いずれも指数曲線で近似された。図中のrは相関係数であり、rの統計的有意性を判定したところ、すべてが統計的に有意であった。相関係数を比較すると、平均気温と雄花生産量は7月が0.780、8月が0.796、降水量と雄花生産量は7月が0.501、8月が0.662、日照時間と雄花生産量は7月が0.925、8月が0.885であ

り、雄花生産量は日照時間との相関が最も高く、次いで平均気温との相関が高く、降水量との相関はあまり高くなかった。

図4に7、8月の平均気温、降水量、日照時間の積算値と雄花生産量の関係を示した。7、8月の平均気温および日照時間の積算値と雄花生産量の間には正の相関、降水量の積算値と雄花生産量の間には負の相関が認められ、すべて指数曲線で近似された。相関係数はすべて統計的に有意であり、平均気温が0.814、降水量が0.816で平均気温と降水量に関しては7、8月単独の相関係数を大きく上回った。日照時間と雄花生産量の相関係数は0.943であり、7月および8月単独の場合と比べて大きな差はないが、高い値を示した。

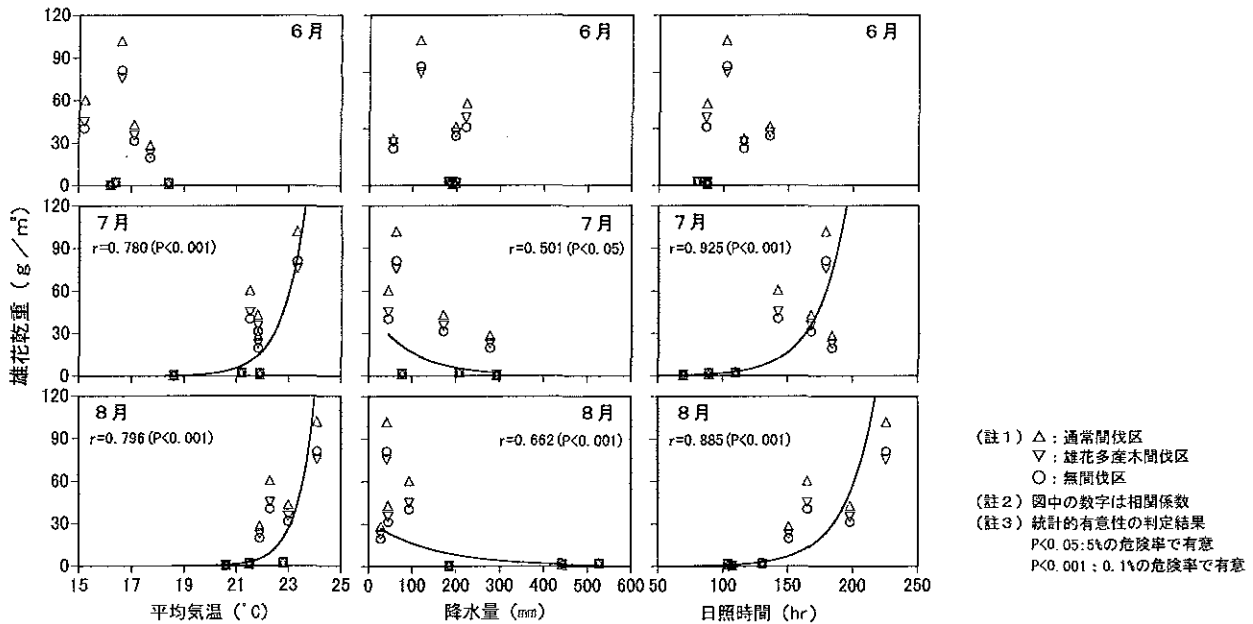


図3 前年6月、7月、8月の気象環境と生産されたスギ雄花乾重の関係

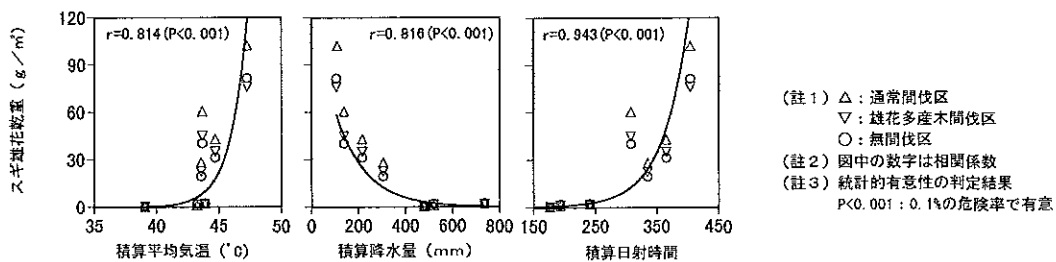


図4 平均気温、降水量および日照時間の前年7、8月の積算値と雄花量の関係

### 3.3. 樹冠階層別の雄花生産量

図5に林内木と林縁木の雄花不作年および豊作年における樹冠階層別の雄花生産量を示した。図において樹冠階層のNoが大きいほど梢端側になる。また、左側が雄花不作年、右側が雄花豊作年であるためy軸のスケールが異なっている。

雄花不作年においては、林内木の雄花生産量は0.5gと少なく、14層ある樹冠階層のうち10層目(上から5層目)までの高い位置にすべての雄花が着花していた。林縁木の雄花生産量は8.6gで林内木の15倍以上多かった。雄花は樹冠階層全てに着花していたが、13層ある樹冠階層のうち11および12層目(上から2および3層目)の高い位置に集中して着花していた。

雄花豊作年の林内木の雄花生産量は1085.4gで、13層ある樹冠階層の梢端部分を除く全ての層に雄花は着花するが、樹冠階層11層目(上から3層目)に最大値が見られ、層数10~11層目(上から3~4層目)の高い位置に集中して着花する右傾分布を示した。林縁木の雄花生産量は1858.3gで、10層ある樹冠階層の梢端部分を除く全ての層に雄花が着生していた。林内木と比べると1~5層目の低い位置にも雄花が多く着生し、雄花着花量が最大となる樹冠階層も6層目(上から5層目)で林内木よりも低かった。しかし、10層の樹冠階層のうち半分より上の6層以上の高い位置に着花量が多い右傾分布を示した。

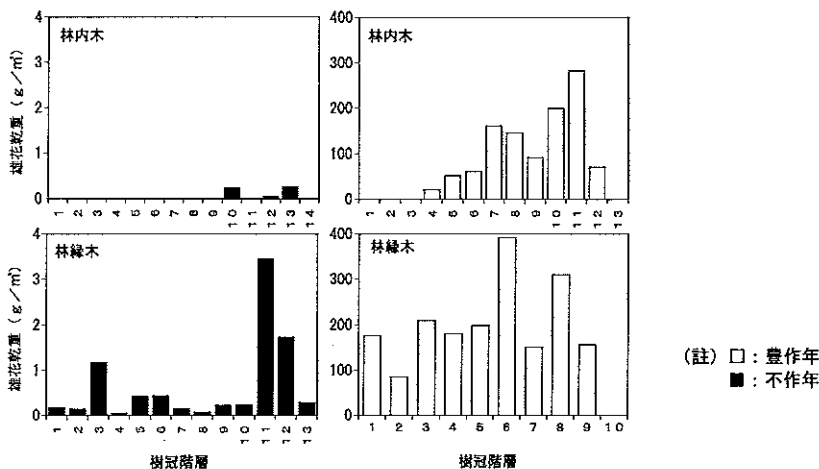


図5 不作年および豊作年における林内木と林縁木の樹冠階層ごとのスギ雄花生産量

以上のことから、総じてみると、不作年、豊作年、林内木、林縁木に関係なく、雄花は立木の梢端(上)から2~5mの範囲に集中して着花していた。

### 3.4. 間伐実行後の雄花生産量

図6に間伐実行後の各処理区の雄花生産量を示す。図の左側が雄花不作年、右側が豊作年であるためy軸のスケールが異なっている。

間伐実行1年後は通常間伐区、雄花多産木間伐区の雄花生産量が無間伐区の雄花生産量を下回っていたが、2年後以降は、間伐実行4年後の雄花多産木区の雄花生産量が無間伐区の雄花生産量よりも小さくなってはいるが、全体の傾向としては、間伐区の雄花生産量のほうが無間伐区の雄花生産量よりも多かった。

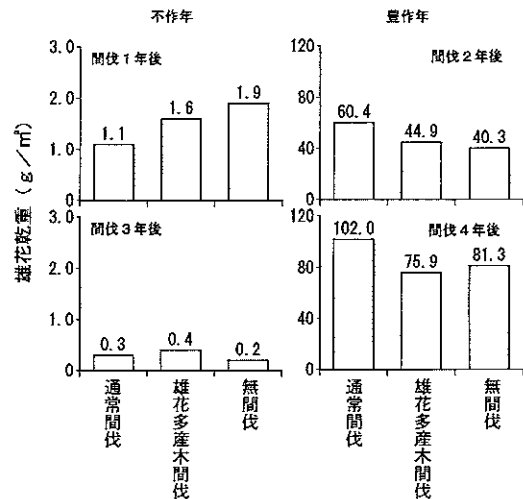


図6 間伐実行後の各処理区の雄花生産量

## 4. 考 察

### 4.1. 気象環境とスギ雄花生産量の関係

雄花生産量は7月、8月いずれの気象環境とも相関が認められ、特に日照時間との相関がきわめて高く、日照時間に次いで平均気温との相関が高かった。日照時間が多ければその月の平均気温は高くなることが予想される。以上の結果は、花芽形成・成熟期に照射される光量の多少が雄花の生産に大きな影響を与える可能性が高いことを示唆している。7月の気象環境と雄花生産量の関係を調べた結果においても日照時間との相関係数が最も高かったという報告(横山・金指 1993)があることから、花芽の形成・成熟期の光量の多少が雄花の生産にきわめて大きな影響を与えていることは明らかと考えられた。

スギ雄花の成熟は7月、8月いずれの月の気象環境の影響も受けていることから、雄花の生産量には各月の積算気象環境がより効いてくると推定される。本報において、平均気温、降水量、日照時間いずれの気象環境でも7、8月の積算値と雄花生産量の相関係数が7、8月単独の相関係数よりも高くなったことは、スギ雄花の花芽形成・成熟期の気象データの積算値が雄花生産量により大きな影響を与えていることを示唆していると考えられた。

図子(1999)は、7、8月の平均気温と雄花生産量の関係において、気温が上昇しても生産量が増加しない年があり、雄花生産量が気象条件だけで説明できない年があることを指摘している。本報の図3においても、図子が指摘した気象条件に影響されないデータが認められた。図2に示した雄花生産量の経年変化をみると、雄花の多い年と少ない年が交互に現れている。このことから、スギは雄花の豊凶が交互に現れるという生理的特性をもつと考えられる。ここで、図3の気象条件に影響されないデータは雄花不作年のデータであった。以上のことから、雄花生産量を予想する場合は気象環境に加えてスギの生理的な豊凶のサイクルも考慮する必要がある。

### 4.2. 森林施業による雄花生産抑制の可能性

#### 1) 枝打ちによる雄花生産抑制の可能性

枝打ちによる雄花生産量抑制効果として考えられるのは、雄花が着花している枝を除去することにより雄花量を減らすことである。しかし、本報の結果において、雄花は林内木、林縁木ともに不作年、豊作年に関係なく、

梢端から2~5mの高い位置に集中的に着花していたことから、枝打ちにより雄花生産を抑制するためには、梢端から2m程度を残し、ほとんど全ての枝を除去しなければならない。以上のことから、枝打ちによる雄花生産の抑制は不可能と結論せざるを得ない。

#### 2) 間伐による雄花生産抑制の可能性

間伐は、立木全体を伐倒除去するため、雄花抑制効果は大きいと予想された。しかし、図6より、間伐した翌年の雄花生産量は抑制されるが、間伐してから2年後以降の雄花生産量は抑制されておらず、むしろ豊作年には雄花生産量が多くなる傾向が認められた。間伐後2年後以降の間伐林で雄花生産量が無間伐林より大きくなる理由としては、間伐を行うと、隣接する立木が除去されるため、保残木の樹冠の低い位置まで日射を受けるようになり、樹冠下部でも雄花が生産されるようになるためと考えられる。いずれにしても、間伐による雄花抑制効果は間伐翌年には現れるが2年後以降は期待できない。

しかし、間伐によって翌年の雄花生産量は抑制できるので、雄花生産量の豊凶予測と間伐を組み合わせると、スギ雄花生産抑制に間伐が効果を発揮することができる考えた。すなわち、気象環境からの推定および定点観測などにより翌年の雄花生産量が豊作と推測された年の秋~冬に間伐を実施すれば、豊作年の雄花量(花粉の飛散量)を抑えられる可能性が高い。この方法は、雄花の豊作年の前年に間伐を計画的に実行することにより間伐の定期的な実施という施業の推進にも寄与できる可能性が高いと考えられる。

## 謝 辞

本報の調査・測定にさいして独立法人森林総合研究所多摩森林科学園の横山敏孝博士にご指導をいただいた。また、山梨県森林総合研究所副所長の清藤城宏博士には貴重なご助言をいただいた。さらに、現地調査、スギ雄花の回収・計測およびデータ取りまとめにさいして山梨県増穂町在住の石黒直子氏、小嶋美津代氏、加藤愛子氏および佐相美喜氏に多大な御協力をいただいた。ここに心より感謝の意を表する。

## 引用文献

- 福島成樹・小平哲夫 (2000) : 千葉県におけるスギの雄花生産量と気象条件との関係、第 51 回日本林学会関東支部大会発表論文集 : 89~92
- 岩澤勝巳・小平哲夫 (1995) : 千葉県における花粉の少ないスギの選抜、第 47 回日本林学会関東支部大会発表論文集 : 55~56
- 甲府地方気象台 (1991) : 地域気象観測所年報、甲府地方気象台、甲府.
- 甲府地方気象台 (1992) : 地域気象観測所年報、甲府地方気象台、甲府.
- 甲府地方気象台 (1993) : 地域気象観測所年報、甲府地方気象台、甲府.
- 甲府地方気象台 (1996) : 地域気象観測所年報、甲府地方気象台、甲府.
- 甲府地方気象台 (1997) : 地域気象観測所年報、甲府地方気象台、甲府.
- 甲府地方気象台 (1998) : 地域気象観測所年報、甲府地方気象台、甲府.
- 甲府地方気象台 (1999) : 地域気象観測所年報、甲府地方気象台、甲府.
- 岡上正夫 (1970) : 平均気温の推定法、「亜高山地帯の造林技術」(草下正夫・岡上正夫・松井光瑠共著) pp45-46. 創文、東京.
- 林野庁 (1999) : 花粉生産量予測のための簡易な観察判定方法の改良 (スギ)、「花粉生産予測調査報告書」. 林野庁、東京.
- 清藤城宏・神保智一・野村光男・松野智・山本静雄 (1999) : スギ精英樹花粉におけるアレルゲン Cryj1 含量の変動、山梨県森林総合研究所研究報告 : 1~6
- 竹内忠義・角田一夫・織田実・森下一郎・阿久沢和夫 (1996) : 採種園におけるスギ精英樹の雄花着花特性、第 48 回日本林学会関東支部大会発表論文集 : 59~60
- 横山敏孝・金指達郎 (1993) : スギ人工林における雄花生産量と気象条件との関係、第 104 回日本林学会大会発表論文集:445~446
- 図子光太郎 (1999) : スギ雄花生産量の年次変動と気象条件との関係 — 花芽分化期の水収支を中心にして —、第 110 回日本林学会大会学術講演集 : 96~97