住宅等への花粉搬入量

室内居住環境の花粉による汚染防止に関する研究 2

BROUGHT-IN POLLEN INTO INDOOR ENVIRONMENT BY RESIDENTS' ACTIVITIES
Study on the control of indoor pollen exposure Part 2

清澤裕美*, 吉澤 晋**

Hiromi KIYOSAWA and Susumu YOSHIZAWA

The courses of intrusion into houses are classified as "infiltration" and "brought-in by residents' activities". The authors reported on the first subject in the previous paper. This paper reports the amount and the mechanism of cedar pollen which are brought in into dwellings or other buildings by residents' activities: those deposited on the people, those attached to the "futon", beddings, exposed to the sun, and laundry fabrics dried outdoor. The deposition on people was 10-30% of outdoor surfaces. The deposited pollen on laundry can be estimated from the time stayed outside and from the outdoor pollen concentration and can be reduced to half by shaking five times before taken in. The concentration of allergens in surface dust on the "futon" can be reduced to 1/2 - 1/3 by beating them.

Keywords: indoor air quality, airborne particles, cedar pollen, brought in, dwelling

室内空気質、浮遊塵、杉花粉、搬入、住宅

1. はじめに

本研究は、スギ花粉が室内へ侵入し、あるいは搬入されて、居住者が暴露される状態を定量的に把握、予測し、技術的なコントロールを行うための基礎資料を得ることを目的とする。

筆者らは、花粉の建物への侵入経路には、窓や玄関などの開口部から直接侵入するものと、人や物などに付着し間接的に搬入されるものがあると考えた。本研究では今後前者を、花粉の「侵入量」、後者を「搬入量」とする。

前報¹⁾では、侵入量の実態を実測および理論的検討の結果を報告したが、本報では花粉粒子の建物への侵入経路の中でも、人や物によって運搬され搬入されると思われるものを対象とし、室内に搬入される花粉を定量的に求め、それぞれの搬入の現状についての知見を得たので報告する。

2. 実験対象

花粉が室内へ搬入される経路には多くのものが考えられ、特に人の活動に関連するので影響要因が多い。ここでは、特に生活上影響が大きいと考えられるとして次の3種を取り上げた。

- ①人に付着して搬入されるもの
- ②洗濯物に付着するもの

③干した寝具に付着するもの

それぞれの観点における実験概要、実験方法を以下に示す。

3. 人が外出した時に付着する花粉量

ここでは、人が外出した時にどれだけの花粉が付着するかを把握するための実験を行なった。

3.1 実験概要

(1) 被験者 実験は、9人の被験者を対象に行った。被験者の実験期間、職業は表1に示す。

(2) 採取方法 実験に使用した採取パッチを図1に示す。被験者の方に数日間採取パッチを胸につけて生活してもらい、そのパッチを1日毎に取替えてシャーレに保存した。被験者には外出時間、外出状況を別紙に記録してもらった。なお、採取パッチはワセリ

カバガラス (18mm 平方)

図1 花粉採取パッチ

表1 実験概要

被験者	職業	採取期間
被験者1	学生	3/3 3/9 3/12~3/16 3/18 3/23~3/24 3/29 3/4
被験者2	アルバイト	3/5~3/15
被験者3	主婦	3/6~3/15
被験者4	学生	3/18 3/29 4/1 4/7 4/16
被験者5	会社員	3/6 3/10~3/13
被験者6	学生	3/17~3/19 3/25~3/26
被験者7	学生	3/17~3/18 3/23 3/26
被験者8	学生	3/17 3/23 3/29~3/30
被験者9	学生	3/16 3/18 3/21 3/23

* 東京美装興業株式会社技術開発センター 工修

** 愛知淑徳大学現代社会学部 教授・工博

Research and Development Center, Tokyo Biso Kogyo Co., Ltd., M. Eng.
Prof., Dept. of Studies on Contemporary Society, Aichi Shukutoku University,
Dr. Eng.

ン皮膜付きのためここでは脱落は考慮しないものとした。

(3) 計算方法 回収したサンプルは、グリセリンゼリー法を用いて花粉を染色した後に、そのサンプルをスライドガラスとカバーガラスで挿み、光学顕微鏡を使用し全面積を手計数で行い、近似計算による面積当たりの付着量率(個/cm² day)の形で求めた。

3.2 測定結果

本実験の検討には、屋外飛散量と付着量を用いた。ここで屋外飛散量とは、屋外の空中に浮遊する花粉を落下法にて採取し、光学顕微鏡により計数した花粉粒子数を 1cm² 当りに換算した花粉粒子量(個/cm² day)である。検討には東京都衛生研究所発表の 1999 年屋外飛散量(個/cm² day)¹⁾ を使用した。また付着量とは、図 1 に示す花粉採取パッチに付着した花粉を 3.1 に示した方法により計数し、1cm² 当りに換算した花粉粒子量(個/cm² day)である。屋外飛散量と付着量の関係では、それぞれ被験者の採取した日の屋外飛散量と付着量を積算し、屋外飛散量に対する人付着花粉の割合を算出した。被験者 1, 2, 3 を図 2 に、被験者 4, 6, 7, 8 を図 3 に、被験者 5, 9 を図 4 に示す。

また外出時間と付着量との関係では、室内滞在時間も考慮した時間を換算時間とし、外出時間に外部飛散を考慮した換算付着量と、実際の付着量との比較を行った。被験者 1 を図 5 に、被験者 2 を図 6 に、被験者 3 を図 7 に、被験者 4 を図 8 に、被験者 5 を図 9 に、被験者 6 を図 10 に、被験者 7 を図 11 に、被験者 8 を図 12 に、被験者 9 を図 13 に示す。

なお、換算付着量とは以下に示す。

$$\cdot \text{換算付着量(個/cm}^2 \text{ day)} = \text{屋外飛散量(個/cm}^2 \text{ h)} \times \text{換算外出時間(h/day)}$$

$$\cdot \text{換算外出時間} = \{(\text{室内滞在時間(h)} - \text{就寝時間(7h)}) \times 0.016 + \text{外出時間(h)}\}$$

ここで、換算外出時間における 0.016 は、第 1 報で報告した室内への花粉侵入率(室内中央) 1.6% に拠るものとする。

3.3 結果及び考察

(1) 外出時間と付着量について

(i) 被験者 1

被験者 1 は比較的外出時間の多い学生で、毎日数時間外出している。そのため他の学生より比較的多くの花粉付着が見られた。

図 2 の屋外飛散量との関係より、被験者 1 は屋外の飛散量の約 17% 程の付着量があった事が明らかになった。

図 5 において外出時間と付着量の関係を見ると、グラフの外出時間の増減と付着量の増減が類似している事が分かる。3/12, 3/16 のようには外出時間がそれほど多くないにもかかわらず付着量が多いのは、屋外飛散量の急激な増加に伴うものではないと思われる。

これらの事より、毎日数時間外出するという生活スタイルでは、屋外飛散量の約 17% 程の付着があると思われる。

(ii) 被験者 2

被験者 2 は採取期間中、ほとんど外出をしておらず、外出時間が 0 になっている。しかし、少量ではあるが花粉の付着が見られ、図 2 の屋外飛散量との関係より、屋外飛散量の約 6% 程の付着があった事が明らかになった。従ってこの付着花粉は、窓などから侵入した花粉で、またはなんらかの形で搬入された花粉により室内で被曝したものではないかと思われる。これより、まったく外出しなかったとしても、花粉の付着は避けられないのではないか

図 2 屋外飛散と付着量

図 3 屋外飛散と付着量

図 4 屋外飛散と付着量

図 5 被験者 1 (学生)

図 6 被験者 2 (7月)

図 7 被験者 3 (主婦)

図 8 被験者 4 (学生)

図 9 被験者 5 (会社員)

図 10 被験者 6 (学生)

図 11 被験者 7 (学生)

図 12 被験者 8 (学生)

図 13 被験者 9 (学生)

と考えられた。

これらの事より殆ど外出しない生活スタイルでも、この程度の花粉付着があると思われる。

(iii)被験者 3

被験者 3 は、毎日ほぼ同じ時間に外出する主婦である。外出する時間帯も昼間が多いため、付着量も他と比べてかなり多くなっている。図 2 の屋外飛散量との関係より、屋外飛散量の約 32% 程の付着があった事が明らかになった。

また図 7 を見ると、3/12 の付着量がかなり多くなっている。3/12 は、被験者 1 での図 5 でもかなり多くなっていることから、この日の屋外飛散量が非常に多かった事が予測できる。

(iv)被験者 4. 6. 7. 8

被験者 4. 6. 7 は、毎日の外出がほとんど学校の登下校と、昼休み程度の学生で、測定期間中はほぼ同じ生活をしてた。図 3 より、それぞれの被験者の付着量は、ほぼ屋外飛散量の 10%~12% であった。これより外出時間が 1, 2 時間程度の学生は屋外飛散量の 10%~12% 程度の付着が見られると考えられる。また図 8, 図 10, 図 11, 図 12 において外出時間と付着量の関係を見ると、この 4 人の被験者は比較的花粉の付着が少なく、ばらつきがあまり見られない。これより花粉の多い時間帯(日中)を避けて生活した場合、花粉の付着を減少する事が出来ると考えられる。

被験者 8 のみ 17% と比較的付着量が多いのは、他の学生よりも少し外出時間が多いこと、外出時間帯が昼間に多かった事が原因と思われる。

(v)被験者 5. 9

被験者 5, 9 の屋外飛散量と付着量の関係を示す図 4 から、被験者 5, 9 どちらも付着量が屋外飛散量の約 30% から 40% 程度と高い値となった。また外出時間と付着量の関係を見ると、長時間外出しているにもかかわらず、花粉の付着が少なかった。これは図 9 において屋外飛散量から換算した付着量と、実際の付着量の増減がほぼ一致していることから、屋外飛散量が大変少なかったことが、付着率を高めた原因であると思われる。

外出時間と付着量の関係を見ると、図 6 での 3/12、図 12 での 3/21 において換算付着量と比較し実際の付着量がかなり多い値となった。

表 2 実験概要

実験番号	干し始め(1999年)		取入れ(1999年)		被曝時間	場所
	日	時間	日	時間		
A	3月12日	PM1時	3月13日	PM1時	24h	中層ビル
B	3月12日	PM1時	3月14日	PM8時	55h	中層ビル
C	3月14日	AM8時	3月14日	PM8時	12h	中層ビル
D	3月16日	PM12時	3月16日	PM8時	8h	中層ビル
E	3月16日	PM12時	3月19日	PM12時	72h	中層ビル
E'	3月16日	PM12時	3月19日	PM12時	72h	中層ビル
F~I	3月16日	PM8時	3月17日	PM8時	24h	中層ビル
J~N	3月18日	AM8時	3月19日	AM8時	24h	K氏宅
O	3月22日	PM5時	3月24日	PM5時	48h	中層ビル
P, Q	3月23日	PM12時	3月24日	PM12時	24h	YM宅
R, S	3月28日	AM10時	3月30日	AM10時	48h	YN宅
T, U	3月28日	AM10時	3月30日	PM10時	48h	K氏宅
V, W	3月28日	AM10時	3月30日	AM10時	48h	中層ビル

表 3 採取試料

実験番号	試料	素材	表面積
A~W	Tシャツ	綿	8186cm ²
A~W	ハンカチ	綿	1624cm ²
A~W	ハンカチ	綿	2448cm ²
O.P.R.T.V	片毛ワッフル	綿	800cm ²
O.P.R.T.V	片毛ワッフル	綿	800cm ²
O.P.R.T	ブロード	綿	800cm ²
O.P.R.T	セラミカサテン	ポリエステル	800cm ²
O.P.R.T.V	シュート麻	麻	800cm ²
O.P.R.T.V	ハラシュートクロス	ナイロン	800cm ²

表 4 実験条件

実験番号	実験条件
A~W	屋外に干す
A~E', J.N.P.R.T	室内に干す
A~E', J.O.P.R.T.V	普通に干す
E', G.K.Q.S.U.W	5回振る
H.L	刷毛で両面2回ずつ掃う
I.M	手で両面5回叩く
N	脱水機を5分間かけた後普通に干す

表 5 使用機器

測定機器	性能・形状など
ミリブ・マンランフィルター HAWG03700	孔径: 0.45μm 形状: 白 表面: 格子線入り φ = 37mm 材質: セルロース混合エステル
チューブ	φ9 φ13 L=2000
DIAPHRAGM VACUUM PUMP	PUMPING SPEED: 50/60Hz 30/36l/min
TYPE DA-30D	MOTER: SINGLE PHASE 100V200W
	MOTER SPEED: 1440/1730r.p.m

屋外飛散量の検討に使用した東京都衛生研究所のデータは、週末の金～日は、3 日間の合計数が出されており、その数を 1 日当りに換算しているため、各日の屋外飛散量の割合がはっきりしない。換算量よりもかなり多い付着量となった日(3/12, 3/21)は、週末であるため、換算に使用した屋外飛散量が実際よりも少なく、実際にはかなり多く飛散していたものと考えられる。また逆にこのような付着量の急激な増加から、屋外飛散量の増加が予測できると考えられる。外出時間と花粉付着量が反比例していたものは、屋外飛散量を考慮した換算量とでは、付着量の増減が一致した。これらの事より、屋外飛散量と外出量が明らかとなれば、付着花粉が予測できるものと考えられる。

4. 洗濯物に付着する花粉量

本実験は、洗濯物(本実験では布製品を使用)に付着した花粉を把握することにより、建物に持ち込まれる花粉量の現状を明らかにすることを目的とする。

4.1 実験概要

花粉の採取を行った場所、被曝時間等の概要を表 2 示す。また、採取に使用した試料、採取条件を表 3、表 4 に示す。本実験は洗濯物を想定し、布製品を室内、屋外にそれぞれの時間放置する形で花粉の採取を行った。

(1) 測定方法

概要に示した場所で、それぞれの時間乾いた状態で放置し花粉の採取をした布製品を取りこみ、実験試料とした。布表面の花粒子数を求める方法として、布表面を吸引機器によってフィルターに付着させ、そのフィルター自体を染色し、光学顕微鏡により粒子として計数する方法(吸引法)を試みた。詳細を以下に示す。

(2) 吸引方法 測定に使用した機器を表 5 に示す。花粉の捕集は表 5 に示すポンプを使用し、メンブランフィルタにより行った。吸引時間は、T シャツのみ片面 5 分両面で 10 分間、その他は両面で 5 分とした。捕集後のフィルタを、スライドガラス上でグリセリンゼリーにより花粉を染色した。カバーガラスで封じた後、光学顕微鏡で計数し、落下量率(個/cm²day)の形で求めた。

4.2 結果と考察

(1) 時間による付着量の違いについて

(i)被曝時期(日にち)の違い: 日にちによる被曝量の比較を、図 14 に示す。これは屋外で被曝させた後普通に干すものとを比較している。採取日によりかなり付着量に増減があることが分かる。3/16 は、1999 年の花粉シーズンで最も花粉飛散が多かった日であり、3/12 の 13.1(個/cm²day)¹⁾ に比べ 5 倍以上の飛散量である 70.0(個/cm²day)¹⁾ であったため、3/16 の値はかなり多いものとなっている。この事により、洗濯物の付着には屋外飛散量により、かなり影響を受ける事が明らかになった。よって、花粉が多く飛散していると思われる日には洗濯物を屋外に干すのを控える

るか、または室内に干し、少しでも付着量を減らすようにする必要があると思われる。

(ii) 被曝時間の長さの違い： 生地製品の被曝時間の長さによる、花粉付着量の違いを図 15 に示す。これは屋外での被曝を示しているが、8 時間が極端に多いが、24 時間と 76 時間ではそれほど付着量が変わっていない。この実験では、被験者への付着実験のように、落下による洗濯物からの花粉の離脱を防ぐような方法を取っていないため、屋外の風などにより、一度付着した花粉が落下してしまった可能性が高いと考えられる。これより最初の数時間は落下した花粉が生地に付着する率が高く、ある程度付着したあとは落下が多くなるのではないかと考えられる。この事より、実際の洗濯物では長時間被曝させたからといって、必ずしも付着する花粉が増えるとは考えられない事が明らかとなった。

(iii) 被曝時間帯： 高橋らの時間毎の花粉飛散変動に関する研究²⁾によると、花粉飛散は時間毎にかなりの変動がある。午前 7 時ごろから増加し、午後 1 時をピークに徐々に減少し、夜中の時間帯にはかなり飛散量が少なくなる。本実験ではそのような時間変動の状況は把握できなかったが、8 時間被曝での付着値が他に比べてかなり多くなっているのは、飛散量の多い昼間の時間帯に被曝させているのも原因ではないかを考えられる。この事により、花粉の付着には、洗濯物を干す時間帯にも、大きく影響を受けると考えられる。

(2) 取入方法による付着量の違いについて

取入れ方法の違いによる付着量の違いを、図 16 に示す。なお“含水”とは、水で湿らせた後、脱水機を 5 分間かけ、他のものと同じ条件で干した後、普通に取こむという方法である。ここでは K 宅での結果を示すが、どこの住宅においても、普通に取こんだ時と比べて、5 回振った後に取こんだものは、かなり付着量が減少し平均で 60%、最高 90% 近く減少し、室内のものと近い値となった。これより、取こむ前にバタバタと振る事は、花粉を落とすのにかなり有効であると考えられる。また刷毛で払った物は生地性状による違いは大きい平均で 52% 程減少し、手で叩いたものも同様に平均 57% とかなり減少している。これらの事より、洗濯物を取りこむ際には、何らかの方法で付着花粉を落とすことにより、室内に持ち込まれる花粉をかなり減少させることが可能であると思われる。

取り入れ方法とは少し異なるが、図の“含水”より、湿った生地製品は、乾燥したものよりも花粉が付着しやすく、普通に干したものに比べ湿ったものは、平均 35% 最高で 100% 以上も増加していることが明らかとなった。しかし、条件によっては逆のものもあり、更に検討が必要であることがわかった。室内で干したものの、湿った物と乾いた物とは平均 5 倍、最高で 10 倍もの差があった。屋外よりも室内の方が差が大きいのは、風の影響が少なく落下が少なかったからではないかと思われる。実際の洗濯物は湿った物なので、室内に干し少しでも付着する花粉を減少させる必要があると思われる。

(3) 室内と屋外の違い

室内と屋外での、花粉の付着量の違いを図 17 に示す。

図 17 を見ると、屋外の付着量に比べ、室内での付着量は非常に少なくなっている。室内は屋外に比べて、付着量が平均 85% も少

図 14 採取日による比較

図 15 被曝時間による比較

図 16 取入方法による比較

図 17 室内外による比較

図 18 生地性状比較 (YM 宅)

図 19 生地性状比較 (YN 宅)

図 20 生地性状比較 (K 氏宅)

図 21 生地性状比較 (中層ビル)

表 6 寝具付着花粉実験概要

番号	実験場所	吸引日	被曝時間	協力者	番号	実験場所	吸引日	被曝時間	協力者
A	K宅	3月12日	AM6:30~5h	K2	M	YN宅	3月17日 (2ヶ月前)		YN3
B	(川崎市)		AM6:30~5h	K1	N	(江東区)			YN4
C		3月13日	AM9:00~3h	K2	O		3月31日 (1週間前)		YN1
D			AM9:00~3h	K1	P				YN2
E		3月14日	AM9:00~5h	K2	Q				YN3
F			AM9:00~5h	K1	R				YN4
G		3月18日	AM9:00~5h	K2	S		4月1日	AM10:30~3h	YN1
H			AM9:00~5h	K1	T			PM1:30~3h	YN2
I		4月3日	AM10:00~5h	K2	U	YM宅	3月22日	AM10:00~8h	YM1
J			AM10:00~5h	K1	V	(新宿区)	半年前		YM1
K	YN宅	3月17日	AM10:00~5h	YN1	W		4月3日	AM10:00~5h	YM1
L	(江東区)		AM10:00~3h	YN2

図 22 普通に取り入れた場合 (K 宅)

図 23 H, J のみ 5 回叩いた場合 (K 宅)

図 24 寝具表面の花粉粒子

なく、最高 95% も少ない値となる。やはり室内は屋外と比較するとかなり花粉が少ないために、付着する花粉も少ないと思われる。これらの事より、室内に洗濯物を干すことにより、室内に搬入する花粉を 1/10 程に減少させることが可能であると考えられる。

(4) 生地性状の違いによる付着量の違い

生地性状の違いによる花粉の付着量の違いを図 18 から図 21 に示す。建物別に見ると図 18、図 21 に示す YM 宅と中層ビルにおいて、付着量率が全体的に少ない傾向にあった。YM 宅で付着が少なかったのは、この住宅のみ採取日が異なり、他の住宅を採取した日より屋外飛散量が少ない日であった事、また被曝時間も他の住宅の半分であったという条件の差によるものと思われる。

全体的な傾向を見ると、どのグラフを見ても麻の付着量が極端に多いのがわかる。また、タオルやワッフル、ロカネルのような、表面が毛羽立っていたり、ボコボコしたのも付着量が多くなっている。ハンカチと比較すると、麻は最高で 10 倍程、平均で 5 倍、タオルやワッフル、ロカネルは、最高 6.4 倍、平均 2 倍から 2.5 倍にもなっていることが明らかとなった。

逆に、ブロードやポリエステル、ナイロンのような表面がツルツルした物で、生地の編み方が密のものは、付着量が少ない事が分かる。ハンカチとの比を見ても、最低で 0.08 倍、平均で 0.2 倍から 0.5 倍ほどと、かなり少ない値となった。

これらの事より、付着量の増減は、表面形状から予測がつくと思われるので、室内に持ち込む花粉を減少させるために、花粉の時期は、花粉が付着しやすいものはなるべく避けるのが望ましいと思われる。

5. 寝具を屋外で干した時に付着する花粉量

ここでは、寝具に付着した花粉を把握することにより、建物に持ち込まれる花粉量の現状を明らかにすることを目的とする。

5.1 実験概要

3 戸 (K 宅、YN 宅、YM 宅) の住宅に協力していただき、晴れた日に家族の方 (K 宅では 2 人 K1 氏、K2 氏) にそれぞれの寝具を干してもらった。実験概要を表 6 に示す。

(1) 測定方法

現在使用している寝具の布表面に付着した花粉を、そのままの形で染色し、計数するという事は困難である。そこで本実験では、花粉を粒子数ではなくアレルギー量というかたちで求めることにより、その付着量を求めるということを試みた。

寝具表面塵からのアレルギーの抽出

アレルギーの定量は国立感染症研究所感染症免疫部にて行った。

1. 寝具の表面の塵をハンドクリーナー(ナショナル HC-V10)を用いて捕集する。(寝具片面につき 5 分間ハンドクリーナーをかける。)所有者の使っている寝具一式を 1 つの試料とし、捕集袋は 1 人毎に交換した。

2. 塵を篩(0.3mm メッシュ)にかける。

3. シャーレに移した塵を電子天秤にかけ、試料の重量を計った。

4. 抽出には、100 ml の 0.01M 磷酸緩衝食液 (Phosphate Buffered saline、以下 PBS と記す) (含 Tween20 (T)、以下 PBST と記す) に蒸留水 900 ml を加え、0.01% ウシ血清アルブミン (Bovine Serum Albumin、以下 BSA と記す) を加え (1% マーゾニン (防腐剤) を加える) たものを用いた。

5. この溶液を 1000 倍 (粉塵 mg / 溶液 ml) 又は 500 倍に希釈されるように粉塵に加え、常温で 1 時間振とうさせる。溶液をチューブに移し遠心機で 10000 回転させ、4℃で 10 分間抽出する。

6. その上清を別の容器に取りこれをアレルギー抽出試料とした。
なお、本測定のアレルギー定量は 20 (ng/lg fine dust) 未満を測定限界とした。

5.2 結果及び考察

(1) 周辺飛散量と被曝時間

実験番号 J~T (J を除いて K 宅)、VW (YM 宅) は、測定限界の 20 (ng/lg fine dust) 未満であったため、確かなアレルギー量を確認できなかった。20 (ng/lg fine dust) 以上の量を確認できたものは、被曝時間が 5 時間以上のものが多く、確認できなかった YN 宅は被曝時間がそれ以下か、寝具を干したのが測定を行った数週間または数ヶ月前であったため、直接花粉の被曝を受けていない事が原因であったと思われる。また、川崎市の K 宅と比較して江東区の YN 宅は、衛生研究所の調査によると、屋外飛散量は 2/5 程度であった事から、K 宅では検出できたが、YN 宅では検出困難であった原因とも考えられる。

また 1999 年の花粉飛散が例年になく少なかったことから、アレルギーとして確認するのは困難であり、測定したものも半分以上が限界未満になってしまった原因と思われる。

(2) 取り入れ方法の違い (K 宅)

取り入れ方法による付着花粉量の違いを明らかにするため、実験番号 H, J で K 宅の K1 氏の寝具のみ 5 回叩いた後に取り入れる方法を試みた。普通に取り入れたものを図 22 に、H, J のみ 5 回叩いた場合の結果を図 23 に示す。

図 22 は、2 人 (K1 氏 K2 氏) の被験者の寝具を同じ条件で干した場合のアレルギー量である。これを見ると、A-B、C-D、E-F はそれぞれ同じ場所、同じ時間に干したにもかかわらず、どれも K1

氏の寝具(B、D、F)の方が、多くのアレルギー量が検出されたのが分かる。寝具の表面形状も似ていることから、この原因は確認できなかった。

また、全体的な量を見るとABの量が他に比べて多くなっているが、これはこの日の屋外飛散量が多かったのが原因と考えられる。

図23では、G-H、I-Jはそれぞれ同じ場所、同じ時間に干したもののだが、取り入れる際に5回叩いたH、Jの値が、普通に取り入れた場合の1/2から1/3程度に減っているのが分かる。H、Jは先ほどの図21でのK1氏の寝具であるため、もともとのアレルギー量はそれ以上であったとも考えられ、寝具を取り入れる際何度か寝具を叩く事で、付着花粉量を大きく減少できる可能性が明らかになった。

ただし、本実験では、表面塵中の花粉アレルギー量で表現しており、表面塵の全量を測定していないので、花粉量としてどのくらい減少したかは結論できない。取り入れ方法による表面塵の減少は起きるはずなので、濃度減少によりアレルギー量の減少は著しいと考えられるが、定量的には今後の研究対象としたい。

(3) 寝具表面の花粉アレルギー量

スギ花粉粒子のCry j I量は花粉粒子1粒あたり2(pg/花粉)といわれている。それによりアレルギー量を花粉粒子数に換算した。寝具表面の花粉粒子量を図24に示す。

これを見ると、寝具には表面塵1g当たり最高 8.3×10^4 個、平均 3.0×10^4 個もの花粉粒子が存在した事になる。寝具表面に付着した花粉は、室内に持ち込まれる事になるため、少しでも多く持ち込まれる花粉を減らす必要があるのではないと思われる。そのために、寝具を干した際は、家に持ち込む前に数回寝具を叩くなどして、花粉を払い落とす事が有効であると思われる。

本実験で得られた寝具付着花粉量と、高橋氏の床面花粉量²⁾の比較を試みた。寝具表面の花粉アレルギー量は、室内塵中のアレルギー量の100分の1以下の値になった。本実験での寝具表面の花粉被曝は数時間であるが、既往実験では週1回掃除機で室内塵を採取するという、採取期間の違いによりこの差が生じたと思われる。また室内床面の花粉は、寝具や洗濯物の付着花粉、人間が持ち込んだ花粉などの合計と考えられるため、寝具に比べてアレルギー量が多くなったと思われる。いずれにしても、室内塵の中にはかなり多くの花粉が存在していると思われる。

6. まとめ

本研究では、室内花粉のメカニズムに於いて定性的にいわれている事を定量的に示した。これにより次の知見を得た。

- ①人、洗濯物、および布団に付着して室内に搬入される花粉の量を測定した。
- ②種々の要因が関係するが、人には外出により、飛散花粉量の10%から30%が付着する可能性のあることがわかった。^{*注1}
- ③付着量は外出時間と飛散量に関係し、これらがわかれば付着量が予測できるものと思われる。
- ④洗濯物には外部飛散に比例して付着する。
- ⑤一度付着したものが落下するなどの条件から、付着量は洗濯物を干す時間の長さには必ずしも比例しない。
- ⑥取り込む前に洗濯物を振ることにより平均50%減少した。

⑦屋内で干す場合、戸外に比して1/10程度の値になる。

⑧付着量は生地によって大きく異なり、木綿のハンカチに比して、麻では10倍、ナイロンなどでは平均1/5倍であった。

⑨干された布団表面塵のアレルギー量は20以下～160 ng/1g fine dust程度であり、取り入れにあたって叩くことにより、表面塵中アレルギー濃度として1/2～1/3に減少する。

今後の課題 本研究では落下のメカニズムは考慮していないが、室内での花粉の挙動を明らかにする事は今後の課題に挙げられる。

謝辞 本研究に関してアレルギー定量にご協力いただいた国立感染症研究所阪口先生、ならびに実験にご協力いただいた被験者の皆様、測定を一緒に行った当時東京理科大学卒研究生藤本健太君に感謝の意をささげる。

注1:衣類その他への花粉付着の定量把握の方法は今だ試行錯誤の段階である。ここでの人への花粉付着の方法もパッチを用いて試みているため、実際の人体への付着量とは異なる可能性がある。しかしパッチへの花粉付着を考察する事により、定量的な人への付着量の手がかりを得る事が出来た。

<参考文献>

- 1)東京都衛生研究所公表の1998年、1999年花粉飛散データ参照
<http://www.tokyo-eiken.go.jp/kankyoko/kafun/hisan98.html>
<http://www.tokyo-eiken.go.jp/kankyoko/kafun/hisan99.html>
<http://www.metro.tokyo.jp/INET/ETC/KAFUN/KAFUN.HTM>
- 2)佐橋紀男、高橋裕一、村山貢司：スギ花粉のすべて メディカルジャーナル社、東京(1995年2月25日)
- 3)斎藤洋三：花粉症—早めの対策と治療法—
 NHK出版、東京(1997年2月15日)
- 4)信太隆夫：花粉症に関する調査研究 空気清浄とコンタミネーションコントロール第36巻第1号 通巻233号(1998年5月)
- 5)菅原文子、宮沢博、岡部かおり：住居内侵入スギ花粉エアロゾルに関する研究—粒径分布・換気量・落下構造— 日本建築学会計画系論文集 第515号 pp.75/81(1991年1月)
- 6)Leif Holmquist, Olf Vesterberg: Quantification of Birch and Grass Pollen Allergens in Indoor Air. Indoor Air: (9), 85/91 (1999)
- 7)Eila Pehkonen, Auli Rantio-Lehtimäki, Eija Yli-Panula: Submicroscopic Antigenic Particles in Outdoor Air: A Contamination Source of Indoor Air; Proc. Indoor Air '93, Vol.4, pp231-236 (1993)
- 8)Lars E. Ekberg, Magdalena Kvernes, Jan Gustén, Ove Strindberg; Removal of Pollen Allergens by Ventilation Air Filters; Proc. Healthy Buildings 2000, Vol. 2, pp67-72 (2000)
- 9)M Kvernes, J Gustén, Dahl, L E Ekberg, O Strindberg: Pollen Allergen Concentrations in a Pre-school; Proc. of Indoor Air '99, Vol.1, pp279-284 (1999)
- 10)清澤裕美、吉澤晋、志澤耕治、宮久保正浩：空中花粉の室内への影響 第16回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集。pp.357/358, 日本空気清浄協会、(1998年)
- 11)吉澤晋、菅原文子：建築空間における空中浮遊微生物粒子の評価方法に関する研究(第5報)—空中浮遊粒子濃度と落下量の関係— 日本建築学会計画系論文集第391号, pp32/38, (1988)
- 12)清澤裕美、吉澤晋、内池智広、小寺定典：空中花粉の室内への影響 日本建築学会大会学術講演梗概集D-2, pp839/840, (1999年)
- 13)清澤裕美、吉澤晋、内池智広、小寺定典：空中花粉の室内への影響(その2) 第17回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集。pp.321/322, 日本空気清浄協会(1999年)
- 14)清澤裕美、吉澤晋：空中花粉の室内への影響 (その3) 第18回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集・日本空気清浄協会。pp.274/276 (2000年)
- 15)清澤裕美、吉澤晋：空中花粉の室内への影響(その2) 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, pp801/802 (2000年)
- 16)西岡三肇他：見本列島空中花粉調査データ集。協和企画、東京(2000年4月)
- 17)清澤裕美、吉澤晋：住宅等における花粉の侵入と被曝量—室内居住環境の花粉による汚染防止に関する研究(その1)— 日本建築学会計画系論文集 第548号, pp.63/68 (2001年10月)
- 18)清澤裕美：居住環境と花粉症 クリーンテクノロジー。Vol.10 pp.56/61 (2000年9月)

(2001年9月27日原稿受理、2002年5月8日採用決定)