室内空気のスギ花粉個数濃度とアレルゲン(Cry j1)濃度について

スギ花粉による室内空気汚染の防止に関する研究 (1)

INDOOR CONCENTRATION OF AIRBORNE CEDAR POLLEN AND ALLERGEN (Cry j1)

Indoor air-pollution by Japanese cedar pollen (1)

大橋 えり*, 吉田 伸治**, 大岡 龍三***, 宮沢 博****

Eri OHASHI, Shinji YOSHIDA, Ryozo OOKA
and Hiroshi MIYAZAWA

The concentration of airborne cedar pollen particles and the level of cedar pollen allergen (Cry j1) were measured in a Japanese private house. The samples were collected with gravitational settlement method and also with an 8stage-type Andersen sampler. During March through the beginning of April, the concentration of cedar pollen was $1.5 \sim 0.5$ grains/m³ in 2003, and $0.4 \sim 0.3$ grains/m³ in 2004. The allergen Cry j1 concentration was $8.0 \sim 1.8$ pg/m³ in 2003, and below 1.6 pg/m³ in 2004. From the comparison of the particulate count of cedar pollen and cedar pollen allergen level in each height of gravitational settle plate position, we reached the conclusion that there existed allergen particles with much smaller in size and different in shape in the air besides the ordinary cedar pollen. The calculation shows that each ordinary indoor cedar pollen particle has 6 pg of Cry j1 respectively.

Keywords: Japanese cedar pollen, Cry j1, Airborne concentration, Andersen sampler

スギ花粉、アレルゲン、室内濃度、アンダーセンサンプラー

1. はじめに

現在、日本では約 1300 万人がスギ花粉症といわれる。早急な対策が望まれ、医学の分野における治療に関する検討や、野外における花粉の飛散量・分布の測定、予測精度を高めるための大気中花粉の計測装置の開発などが行われている^{1),2),3)}。

現在、スギ花粉症を起こす原因物質として、Cry j1 と Cry j2 の 2 種類のアレルゲンが見いだされている。スギ花粉関係の測定は、全国で約 400 ヶ所の自治体、大学、病院などで行われているといわれるが、測定は野外が多く、対象粒子も目視で認識可能な球形スギ花粉の計数が一般的である^{4),5)}。室内環境における測定例も球形スギ花粉の個数測定が多く、スギ花粉アレルゲン量としてとらえた例は少ない⁶⁾。

これまでのスギ花粉アレルゲン量に関する調査報告には、室内堆積塵中のアレルゲン量⁷⁾や、衣類、寝具等の付着アレルゲン量⁸⁾などがあるが、室内空气中に浮遊するスギ花粉アレルゲン濃度に関する資料はほとんど見あたらない。

スギ花粉アレルゲンを保有する粒子には、いわゆるスギ花粉として認識される粒子(球形でペピラと呼ばれる突起のある大粒子)の他に、目視では塵埃と区別の出来ない花粉のかけら等の細片粒子や、スギ花粉表面から脱落したオービクルと呼ばれる微小粒子などがあ

る⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。スギ花粉アレルゲンを保有する粒子の中で球形スギ花粉はサイズの大型で、保有アレルゲン量も多い。したがってその個数量は空中アレルゲン濃度に最も影響を与えるものではあるが、室内に球形大粒子として侵入したスギ花粉が時間経過に従い、微小アレルゲン粒子に変化する可能性も考えられる。室内空気汚染を考える時、スギ花粉の個数のみならず、微小な花粉アレルゲン粒子に関する情報も必要であるといえる。

本研究では一般家庭の室内環境におけるスギ花粉の個数濃度とアレルゲンである Cry j1 濃度の同時測定を行った結果から、Cry j1 を保有する粒子の実態を知るとともに、比較的測定の容易なスギ花粉の個数濃度から空气中 Cry j1 濃度の予測に向けた試みとして、室内空气中に存在する花粉 1 個に対応した Cry j1 量を求める等、汚染防止対策の一助となる資料の取得を目的としている。

2. 測定概要

実施時期:

2003 年 測定は以下の通りである。

①期間 3/4~3/21 (室内測定は 73 時間、野外測定は 48 時間)

②期間 3/26~4/11 (室内測定は 82 時間、野外測定は 57 時間)

2004 年測定は以下の通りである。

* 福井大学大学院工学研究科 大学院生
** 福井大学工学部建築建設工学科 助教授・博士(工学)
*** 東京大学生産技術研究所 助教授・博士(工学)
**** 杏林大学保健学部臨床検査学 講師

Graduate Student, Graduate School of Engineering, University of Fukui
Assoc. Prof., University of Fukui, Ph. D.
Assoc. Prof., Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Ph. D.
Lecturer, Kyorin University

①期間 3/10～3/25 (室内測定は 68 時間、野外測定は 52 時間)

②期間 3/26～4/11 (室内測定は 76 時間、野外測定は 81 時間)

③期間 4/13～4/22 (野外測定 44 時間で、アレルゲン量測定のみ行う)

以上の期間中、野外測定は降雨日、降雪日は実施せず。

測定対象：野外と室内のスギ花粉アレルゲン(Cry j 1)保有粒子

測定場所：福井市街地の一般住宅の室内および野外

測定環境の状況：測定を実施した 3 月上旬は、雨や雪の日が多く、中、下旬、また 4 月上旬は晴天であっても気温の低い日が多かった。測定室の窓・ベランダなど野外に面した開口部は、換気や清掃のための一時的開放はあっても、ほとんどが閉鎖で、エアコン・ON の状態であった。室内清掃は電気掃除機にて窓・ベランダ全開で 3～4 日に 1 回実施。清掃時の窓・ベランダ開放時間は約 10 分～45 分間程度である。

測定方法：

落下法 (直径 9 cm のシャーレ内にカバーグラスを置き、1 日あたり 4～9 時間の曝露)。

容量法 (アンダーセンサンプラー AN-200 型^注) により、各段にカバーグラスを置き、吸引流量 28.3L/min で 1 日 5～9 時間の連続測定)。

両法とも、使用カバーグラスは 2.4×3.6 cm サイズで、計数用にはワセリンを塗布し、アレルゲン定量用はワセリンなしの状態が基本である。

捕集後の粒子計数はゲンチアナ紫にて染色し、光学顕微鏡にて実施。Cry j 1 量測定は、遠心チューブ内に回収したカバーグラスと 1 %BSA-PBS-0.05 %Tween20 を 10ml 分注し、7000rpm の遠心によりカバーグラスを粉砕し、その抽出液からモノクローナル抗体を用いて ELISA 法^注により行っている。

3. 測定結果・考察

3.1 室内空气中、スギ花粉個数濃度とアレルゲン (Cry j 1) 濃度の実態について

表 1,2 にアンダーセンサンプラーによる捕集状況を示す。

ここで捕集段あたりの花粉数は、サンプラーの 0 段～7 段に置いたカバーグラスを顕微鏡計数した値を用いて面積換算をおこなったものである。表 1,2 から室内個数濃度として示したものが表 3 である。

‘03 年、‘04 年ともに①期間で高く、②期間ではそれぞれ①期間の

表 1 室内空気のスギ花粉数とアレルゲン(Cry j 1)量

(アンダーセンサンプラーによる捕集状況：2003 年)

測定時期	A.S 捕集段	スギ花粉数 (個/段)	Cry j 1 量 (pg/段)
① 73 時間 捕集値	0 段	157.1	995
	1 段	39.2	感度以下 (<186pg)
	2～7 段	0	(“)
② (73 時間 捕集値に 修正)	0 段	46.6	228
	1 段	11.6	感度以下 (<165pg)
	2 段	0	(“)
	3 段	11.6	(“)
	4～7 段	0	(“)

・捕集段面積：各々 53.43 cm²

・総吸引空気量：123954 L

表 2 室内空気のスギ花粉数とアレルゲン(Cry j 1)量
(アンダーセンサンプラーによる捕集状況：2004 年)

測定時期	A.S 捕集段	スギ花粉数 (個/段)	Cry j 1 量 (pg/段)
① (73 時間捕 集値に修正)	0 段	26.6	感度以下 (<199pg)
	1 段	26.5	“
	2～6 段	0	“
② (73 時間捕 集値に修正)	0 段	23.7	感度以下 (<178pg)
	1 段	11.8	“
	2～6 段	0	“

・使用カバーグラスは、花粉計数用も Cry j 1 測定用もワセリンの塗布無しの状態

表 3 室内空气中のスギ花粉個数濃度

(アンダーセンサンプラーによる捕集結果)

	スギ花粉個数濃度
‘03 年 ①期間 (3/4～3/21)	1.5 個/m ³
“ ②期間 (3/26～4/11)	0.5 個/m ³
‘04 年 ①期間 (3/10～3/25)	0.4 個/m ³
“ ②期間 (3/26～4/11)	0.3 個/m ³

表 4 室内の粒子サイズ別 Cry j 1 濃度

(アンダーセンサンプラーによる捕集結果)

	0 段 (11μm 以上)	1,2,3,4,5,6,7 段 (0.43～11μm)
03 年 ①期間	8.0 pg/m ³	各段・感度以下 (<1.5 pg/m ³)
“ ②期間	1.8 pg/m ³	各段・感度以下 (<1.3 pg/m ³)
04 年 ①期間	感度以下 (<1.6 pg/m ³)	感度以下 (<1.6 pg/m ³)
“ ②期間	感度以下 (<1.5 pg/m ³)	感度以下 (<1.5 pg/m ³)

約 1/3～1/2 程度の濃度に低下している。

同様に、Cry j 1 量はサンプラーの 0 段～7 段に置いたカバーグラスから抽出し算定している。これを室内 Cry j 1 濃度として示したものが表 4 である。‘03 年について、サンプラー 0 段で捕集された Cry j 1 濃度は①期間において 8.0 pg/m³ であるが②期間では 1.8 pg/m³ となり、これも濃度減少が著しい。04 年の室内における Cry j 1 濃度は、①期間も②期間も検出感度以下のため確かな値が得られず、測定期間中の濃度レベルの変化はとらえられていない。

また、濃度レベルの年度比較では、スギ花粉個数についても、Cry j 1 量についても、‘04 年は‘03 年に比べ、かなり低い値であったことがわかる。

3.2 室内空气中のスギ花粉個数と Cry j 1 量について

(落下法による結果より)

表 5、表 6 は室内落下法で求めた球形スギ花粉の個数と Cry j 1 量である。

表 5 に示す ‘03 年では、個数的にもアレルゲン量的にも明らかに①期間の値が大きく、高さ別にみれば、床面での値が大きい傾向がうかがえる。

同様に、表 6 は ‘04 年の室内データであり、落下法による室内の高さ別のスギ花粉個数と Cry j 1 量を示している。‘04 年はスギ花

粉飛散が極めて少ない年のため、室内で見つかる花粉個数も極めて少なく、Cry j 1 量もすべて感度以下である。表 5 に示す '03 年測定時のような高さ別の差異も明確ではないが、全般的傾向として、①期間のほうが②期間よりも花粉量が多いことが確認できる。絶対量が少ないために、何らかの傾向を示すに至らなかったものと考えられるが、床上 193 cm という天井近くの高さ（天井高：243 cm）にも球形のスギ花粉粒子は存在することがわかる。

表 5 室内におけるスギ花粉数と Cry j 1 量（2003 年）

（落下法—73 時間値）

測定時期	測定位置 (床上高)	スギ花粉数 (個/17.28 cm ²)	Cry j 1 量 (pg/17.28 cm ²)
①期間	70cm	12.7	106
	0cm	55.1	243
②期間	70cm	0	110
	0cm	4.2	感度以下(<53.4)

表 6 室内におけるスギ花粉数と Cry j 1 量（2004 年）

（落下法—73 時間値）

測定時期	測定位置 (床上高)	スギ花粉数 (個/17.28 cm ²)	Cry j 1 量 (pg/17.28 cm ²)
①期間	193cm	5	感度以下*
	70cm	8	"
	0cm	8	"
②期間	193cm	1	感度以下*
	70cm	2	"
	0cm	1	"

*感度以下：①期間 (<64pg)、②期間 (<58pg)

3.3 野外におけるスギ花粉数と Cry j 1 量

参考資料として、室内へのアレルゲン供給源である野外の花粉濃度と存在量を示せば、表 7、表 8（'02、'03 年、'04 年測定）となる。野外花粉量は気象条件の影響を受けるため、各年度により飛散総数や、飛散時期が異なってくる。さらに '02 年の野外測定と '03 年、'04 年の測定では、測定場所、アレルゲン定量の検出感度にも違いがあるため、単純な比較は出来ないが、野外濃度は室内濃度に比べ、かなり高濃度であるといえる（表 3.4 と表 7 より）。落下法により得られた花粉存在量に関しても、表 5.6 と表 8 の比較から、野外側はかなり多いことがわかる。

当然のことであるが、野外の濃度や存在量が低い年は、室内への影響も少なく、室内濃度が低くなっていることが '04 年、'03 年の値からも明らかである。

表 7 野外の、空気中スギ花粉個数濃度と Cry j 1 濃度

（2002 年野外測定結果より）

時期	個数濃度 (個/m ³)	Cry j 1 濃度 (pg/m ³)
3/1～3/11 平均	255	799
3/17～4/2 平均	32	98
4/4～4/19 平均	(測定なし)	感度以下 (<8.7pg)

・A.S-0～7 段捕集値から算出

また、スギ花粉の個数濃度・Cry j 1 濃度の推移から考慮すると '02 年～'04 年の測定点（福井市内）の野外飛散量には、3 月前半で多く、3 月後半～4 月上旬では大幅に減少する傾向がうかがえるが、

新聞による花粉情報では、3 月後半～4 月上旬においても飛散数が「非常に多い」「多い」の日がかなりあり、本測定とは必ずしも一致しない。スギの木の生育場所（発生源）からの距離や、風向、風速など、各測定点固有の条件が影響していると思われる。

表 8 野外のスギ花粉数と Cry j 1 量

（落下法—30.5 時間値）

	落下スギ花粉数 (個/17.28 cm ²)	落下 Cry j 1 量 (pg/17.28 cm ²)
'02 年 3/1～3/11	11422 個	52899 pg
" 3/17～4/2	761 個	3589 pg
" 4/4～4/19	(測定なし)	感度以下 (<145 pg)
'03 年 ①期間 (3/4～3/21)	5609 個	17334 pg
" ②期間 (3/26～4/11)	1539 個	6262 pg
'04 年 ①期間 (3/10～3/25)	426 個	1243 pg
" ②期間 (3/26～4/11)	38 個	35 pg
" ③期間 (4/13～4/22)	(測定なし)	感度以下* (<42 pg)

*測定時間不足で感度以下の可能性あり

('04 年度、個数—アレルゲン対応用の総測定時間：

①期間—52 時間、②期間—67 時間、③期間—44 時間)

3.4 空気中における、スギ花粉数と Cry j 1 量の関係について

スギ花粉症の引き金である Cry j 1 はスギ花粉由来であるために、花粉個数が汚染の目安として用いられており、しかも個数測定は Cry j 1 量測定に比べ容易である。しかしスギ花粉本来の形である球形を成さない Cry j 1 保有粒子が存在することから、ここでは空気中の認識可能な花粉個数と Cry j 1 量との関係について検討をおこなっている。

表 5 の落下法による室内データによれば、(床上 0 cm) で①期間にスギ花粉の落下個数が多く見られ、Cry j 1 量も多く検出されているが、(床上 70 cm) の結果は、①期間、②期間ともに、(床上 0 cm) の場合と比較して花粉 1 個に対する Cry j 1 量が多い。これは花粉の形を成さない Cry j 1 保有粒子が空中に存在することを推測させるものである。

なお、表 5 の②期間について(床上 0 cm)で落下花粉があるにもかかわらず、Cry j 1 は感度以下であり、さらに (床上 70 cm) で 110 pg が検出されている点に関しては以下のように解釈できる。すなわち、測定室内は日常生活の場であり、ヒトの往来による気流の乱れ、窓の開放による外気の流入等の影響がある。微小粒子は床面に落下せず、空気中に漂っている可能性が大きいと考えられる。また総 Cry j 1 量には大粒子である球形スギ花粉の関与が大きいと思われ、(床上 0 cm) の測定点でスギ花粉個数が、②期間では①期間の約 1/13 に減少していることから、Cry j 1 量についても同等の減少があったと仮定すれば、②期間 (床上 0 cm) の Cry j 1 量は

$$243\text{pg} \times 1/13 \approx 18.7\text{pg}$$

となる。検出感度は 53.4 pg 以上であるから、この Cry j 1 量が感度以下としてあらわれるのは妥当といえる。

表 9 は、表 5 に示すそれぞれの Cry j 1 量と花粉数から求めたス

ギ花粉1個あたりのCry j 1量である。室内の空気中では、6.3 pg/個、4.9 pg/個（サンプラー値より）、4.4 pg/個、8.3 pg/個（落下法値より）となる。サンプラー値は5～6 pg/個程度とみなせるが、落下法値は測定位置により差が大きい。

この表9では②期間の落下法による値が出されていない。ここで表5・②期間の(床上0 cm)のCry j 1量について、本来は感度以下で検出されていないが、前述のように18.7 pg程度と仮定すると、この位置の花粉1個あたりのCry j 1量は

$$18.7 \text{ pg} \div 4.2 \text{ 個} \approx 4.5 \text{ pg/個}$$

となる。さらに表5・②期間の(床上70 cm)の位置における花粉1個

表9 室内スギ花粉1個のアレルゲン(Cry j 1)量

時期	捕集方法	位置	Cry j 1 量 (pg)
①期間	落下法	床上70 cm	8.3
		" 0 cm	4.4
	サンプラー	0 段	6.3
②期間	サンプラー	0 段	4.9

表11 室内スギ花粉1個に対応するCry j 1量

(再飛散を考慮し、表5の0段値+1段値から算定)

	Cry j 1 量/1 個
'03 年 ①期間	6.0 pg/1 個
" ②期間	6.8 pg/1 個

・1段目のCry j 1量は検出されていないが、感度限界までと仮定して計算

あたりのCry j 1量についても、実際には捕集花粉数が0個であるので計算できないが、1個あったと仮定すれば、110 pg/個となる。すなわち①期間に関しても、表9に示されていない②期間に関しても、花粉1個あたりのCry j 1量は(床上0 cm)よりも(床上70 cm)の測定点で高い値を示すことになる。ここではスギ花粉として認識されずに計数されないCry j 1保有粒子が多いためと考えられる。

表9の、アンダーセンサンプラー値を用いた花粉1個のCry j 1量算定の問題点は、前述の通り、アレルゲン定量用のカバーガラスに再飛散防止策がなされていないため、下流段に飛ばされた粒子があれば、0段に限定してCry j 1量を算出した場合、値が小さく出る可能性があることである。

表11はこのサンプラー内の再飛散を考慮し、表1の0段値と1段値を加算した結果を用いて、花粉1個のCry j 1量を算定している。表1の1段・Cry j 1量は検出されていないが、感度限界まで存在したと仮定して計算しているため、値は高めにしている可能性があるが、花粉1個あたり約6～7 pg程度に相当する。

なお、0段値+1段値を用いた根拠は、表1.2の捕集状況と'02年野外測定データ¹³⁾より、サンプラー全体で捕集された花粉のうち約97～98%が0段+1段で捕集されていることに依る。

ここで表9の(サンプラー値)は、粒子サイズ別に捕集された値を用いているため、導かれた数値は花粉1個が保有するCry j 1量を示すものであり、(落下法値)は、空気中落下花粉1個に対応する空気中落下Cry j 1量を示すものである。すなわち、落下法による花粉1個のCry j 1量算定の場合は、球形花粉以外のサイズの異なったCry j 1保有粒子を併せて捕捉する可能性があるため、得られた数値は必ずしも花粉1個が保有するCry j 1量を示すものではなく、測定高さにより変化する可能性があると言える。

これらを参考にとすると、室内に存在する花粉1個が保有するCry j 1量は、サンプラー値より6～7 pg程度、落下法値では(床上0 cm)でスギ花粉捕集の割合が多いと考えて5 pg程度とすれば、両者より5～7 pgの範囲となる。おおよその値として6 pg程度が適当であるように思われる。

3.7 Cry j 1 保有の微小粒子について

前述のように、表5や表9で示されているCry j 1量値のうち、落下法により得られたものは、球形スギ花粉粒子に由来するアレルゲンとそれ以外の小粒子に由来するアレルゲンの両方を含んでいる。また、表5のスギ花粉数は球形スギ花粉粒子のみの個数である。表5の花粉個数とCry j 1量との関係や、表9に示す花粉1個に対応するCry j 1量(落下法値)を比較検討すると、Cry j 1保有の小粒子は①期間に比べ②期間のほうが多い傾向であるように見受けられる。この理由ははっきりしないが、文献¹¹⁾によれば、野外で花粉シーズン後半におけるCry j 1保有の小粒子飛散の増加が指摘されており、野外の状況を反映しているとも考えられる。

また、表9のサンプラー値で示される花粉1個が保有するCry j 1量は①期間に比べ②期間のほうが少ない。仮にCry j 1を保有する小粒子が花粉表面に存在するオービクルであるならば、そして②期間において花粉表面から脱離し、空中浮遊するのであれば、スギ花粉粒子1個の保有するアレルゲン量は、①期間より②期間のほうが(オービクル脱離の分だけ)少なくなると考えることができる。

さらに今回測定を実施した室内は、時期的にほとんどエアコンONの状態であったが、このエアコンの集塵性能は微粒子の除去を期待できないもの(目の粗いフィルタ)であった。さらに清掃に使用した電気掃除機も従来型であり、最新の微粒子をも捕集する型ではなかったため、除去を免れたスギ花粉の微粒子が日常の清掃作業で除去されることも少なく、室内に滞留、蓄積の結果、②期間という測定の後半に多く存在する結果となった可能性も考えられる。

4. まとめ

一般家庭の室内において、空気中スギ花粉の個数濃度とスギ花粉アレルゲン(Cry j 1)濃度の測定を行い、以下の結果を得た。

- ・3月～4月上旬のスギ花粉個数濃度は1.5～0.5 個/m³(2003年)、0.4～0.3 個/m³(2004年)であった。Cry j 1濃度は8.0～1.8 pg/m³(2003年)、1.6 pg/m³以下(2004年)であった。
- ・室内空気中から落下捕集されたスギ花粉の個数値とCry j 1量の値を高き別に比較すると、室内空気中には花粉の形をしていないCry j 1保有粒子が存在していると思われる。
- ・室内空気中、スギ花粉粒子1個に対応するCry j 1量は、今回の実測値を用いて幾通りかの試算・検討の結果、約6 pg程度と考えられる。

(注)

使用したアンダーセンサンプラーは、多段多孔ジェットノズルを備え、インパクター方式により大気および環境中を浮遊するエアロゾルの粒度分布測定器である。各段の分級範囲は以下の通りである。

第0段：11 μm 以上

第1段：7.0～11 μm

第2段：4.7～7.0 μm

第3段：3.3～4.7 μm

第4段：2.1～3.3 μm

第5段：1.1～2.1 μm

第6段：0.65～1.1 μm

第7段：0.43～0.65 μm

バックアップフィルタ：0.43 μm 以下

(機器添付カタログ：柴田科学より)

(文献)

- 1) 日経CME:2003年花粉症を予測する、日経メディカル同封別冊、2003.2
- 2) 日経CME:2004年花粉症を予測する、日経メディカル同封別冊、2004.1
- 3) 佐橋紀男、藤田敏男：レーザー光学手法を用いた新しい花粉計測法とその成果、環境技術 32(3), pp. 191-195, 2003
- 4) 成田慎一郎、他：函館の花粉症の鼻、眼症状の検討、アレルギー 51(11), pp.1103-1112, 2002
- 5) 小笠原寛、他：スギ花粉飛散期の異常気象による飛散総数の増減、アレルギー 48(7), pp.691-699, 1999
- 6) 菅原文子、他：住居内侵入スギ花粉エアロゾルに関する研究、日本建築学会計画系論文集 第515号、pp.75-81, 1999.1
- 7) 高橋裕一、宮沢博、他：室内塵中のCry j 1量と空中スギ花粉数との関係、アレルギー 43(2), pp.97-100, 1994
- 8) 清澤裕美、吉澤晋：住宅等への花粉搬入量、日本建築学会計画系論文集 第558号、pp.37-42, 2002.8
- 9) 佐橋紀男、他：スギ花粉のすべて、メディカル・ジャーナル社、東京、1995
- 10) 兜真徳、鈴木継美、編：花粉アレルギーと大気汚染、篠原出版、東京、1995
- 11) Y.Takahashi et al : Existence of exine-free airborne allergen particles of Japanese cedar(*cryptomeria japonica*) pollen、Allergy 46, pp.588-593, 1991
- 12) 渡辺雅尚、他：スギ花粉抗原(Cry j 1)に対するモノクローナル抗体を用いた Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)によるCry j 1の測定、アレルギー 41(11), pp.1535-1539, 1992
- 13) 大橋えり、他：スギ花粉アレルギー粒子の粒径分布について(その1)、日本建築学会大会梗概集 D-2 分冊 環境工学 II, pp. 841-842, 2003

(2005年3月10日原稿受理、2005年4月15日採用決定)