

原著

ダーラム型捕集器を設置しにくい施設で同法に代わりクリップで固定する 空中花粉捕集（クリップ法）に関する検討

藁島宗夫^{1,2)}、長谷川航平¹⁾、塚原照臣^{3,1)}、野見山哲生^{1,3)}

1) 信州大学医学部衛生学公衆衛生学教室

2) みのしまクリニック

3) 信州大学医学部産業衛生学講座

目的：障害物や通行量があると設置しづらいダーラム型花粉捕集法に代わる方法として、ベランダ下にポリエチレンテレフタレート（PET）樹脂板をクリップで固定する重力法の有用性について検討を行った。

方法：ダーラム型花粉捕集法（以下、ダーラム法）とクリップ捕集法（クリップ法）の差異を、スライドガラスを用いて比較した。また、割れにくく、扱い易いPET樹脂板を使用可能か、ダーラム型花粉捕集法でスライドガラスとPET樹脂板の捕集効率の差異を比較した。そして、PET樹脂板を用いたクリップ法を、15か所の保育園のベランダに2器設置、比較し、同一地域内での花粉捕集量の差異を検討した。

結果：3か所でダーラム法とクリップ法を、それぞれ40回測定し比較したところ、花粉数の相関係数は0.88～0.94（ $p<0.01$ ）だった。クリップ法の花粉捕集総数はそれぞれダーラム法の1.38～1.59倍であった。ダーラム法でスライドガラスとPET樹脂板を比較した結果、相関係数0.99（ $p<0.01$ ）で、後者の捕集数は前者の1.17倍だった。同一地域内15か所の保育園のベランダに設置したクリップ法2器によりスギ花粉数を測定した結果、相関係数は0.90（ $p<0.01$ ）で、保育園毎の差異は小さかった。

考察：ダーラム型捕集器を設置しづらい施設において、PET樹脂板を用いたクリップ捕集法は有用であると考えられた。

Key words：花粉捕集法、ダーラム法、クリップ法、gravity sampling、airborne pollen

I. はじめに

国内各都市を代表する花粉飛散調査の標準的手段として、主としてダーラム型花粉捕集法¹⁾（以下、ダーラム法、とする）が用いられてきた。ダーラム法は重力法（gravity method）であり、簡易で取り扱い易い装置とされている。一方、2枚の直径23cmのステンレス円盤を主構造とする捕集器を安定的に設置する必要があるため、通行量の多い場所や周辺に構造物のある場所に設置しづらく、公共施設の屋

（2024年3月12日受付 2024年4月25日受理）

連絡先：〒390-8621 松本市旭3-1-1
信州大学医学部衛生学公衆衛生学教室
野見山哲生

E-mail：nomiyama@shinshu-u.ac.jp

上等に設置される場合が多い。今回、この点を克服し、通常の家屋でも、クリップを使用し容易に設置可能な器具による花粉捕集法（クリップ花粉捕集法：以下、クリップ法）を考案した（図1）。現在、花粉への曝露を量的に示す指標として計測している花粉数は、公共施設の屋上等に設置されたダーラム法による測定値を用いて、当該地域の飛散量として評価している。しかし、その地域内にある1日8時間程度の長時間滞在する箇所（保育園、学校、職場）における実際の花粉数にばらつきがあるのであれば、それぞれの箇所の測定値を実際の花粉曝露指標として利用する方が現実的であると考えられる。

本研究の目的は、クリップ法がダーラム法に代わることができるかを検討することであり、花粉捕集量に再現性があるかを検証することで、その有用性

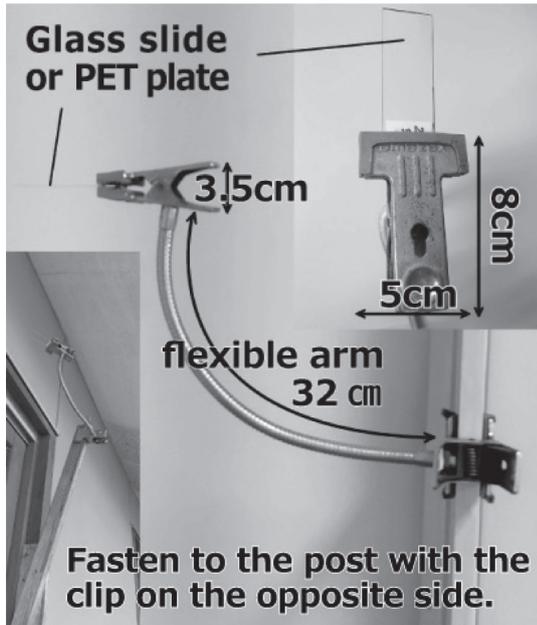


図1 クリップ捕集器

を確認することができる考えた。また、ガラス製のため破損する可能性があり、扱いに注意を要するスライドガラスが通常使用されていることから、より扱いやすいPET樹脂板を代替として用いることを考え、同時にその有用性の確認を行うことにした。更に、通常1か所の花粉数を代表値として用いる同一地域内にある、8時間程度滞在する箇所における花粉数のばらつきを、クリップ法で確認した。

II. 方法

1) ダーラム法とクリップ法による捕集数の比較

スライドガラスを用い、ダーラム型捕集器とク

リップ捕集器による捕集数の相関をみることで比較した。すなわち、スライドガラスへのダーラム法とクリップ法による花粉捕集数の差異を調べることを目的とし、2020年2月から5月に長野県松本市郊外にある某アレルギー科クリニックの駐車場（約300m²）及び建物外周部に、高さ2.5m、10m間隔で、3か所に2法の花粉捕集器を設置した。3か所は、[1] 最寄り建物から7.5m離れ、建造物頂点への仰角が15度以下である位置（ダーラム型捕集器（D1）、クリップ捕集器（A1））、[2] 玄関ポーチの屋根で完全に覆われた場所（ダーラム型捕集器（D2）、クリップ捕集器（A2））、[3] 建物軒下（ダーラム型捕集器（D3）、クリップ捕集器（A3-1、高さ2.5m）、（A3-2、高さ2m）、（A3-3、高さ1.5m））（図2）に設置した。玄関ポーチと建物軒下は覆いがあり、雨に曝されないことが共通し、玄関ポーチは建物軒下より広く風通しが良いところが違いである。スライドガラスには薄くワセリンを塗布し、降雨時間を避けた連続24時間で、計40回花粉捕集を行った。器具に付着した花粉等は、24時間毎にスプレーを用いて洗浄し、コンタミネーションが無いよう努めた。加熱溶解したゲンチアナバイオレットグリセリンゼリーをのせた18mm角カバーガラスを捕集面に置いて半日染色し、倍率100倍で検鏡して3.24cm²の範囲の全花粉数を目視で計数した²⁾。

2) スライドガラスとPET樹脂板による捕集数の比較

ダーラム型捕集器に、スライドガラスとPET樹脂板を使用して捕集数の相関をみることで比較した。スライドガラスとPET樹脂板のスギ花粉捕集数の差

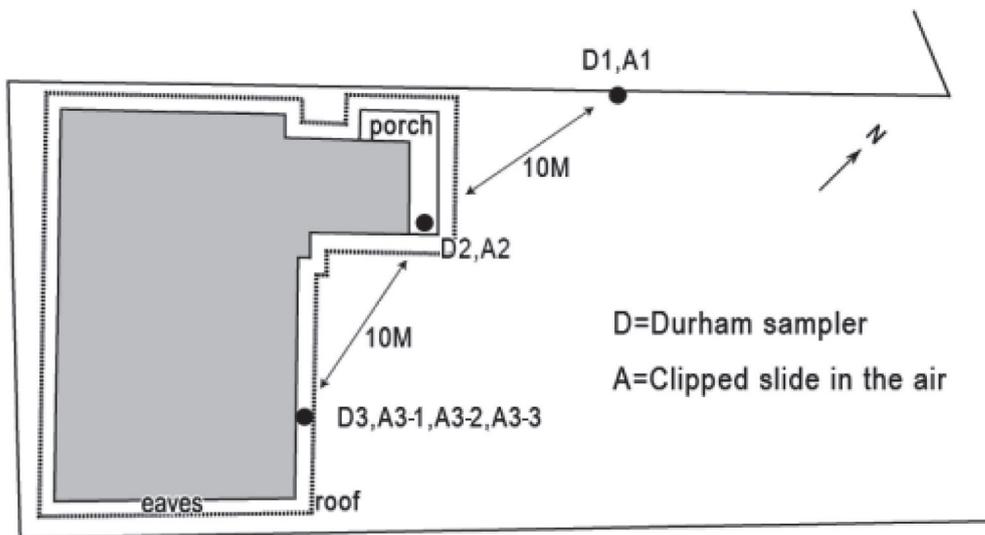


図2 花粉捕集器の配置図

クリップ法による花粉調査の有用性の検討

異を調べることを目的とし、2019年2月から5月に長野県松本合同庁舎敷地内に1m間隔で設置されたダーラム型捕集器2台にスライドガラスと同サイズのPET樹脂板をそれぞれに設置し、同時刻に交換した。捕集後は個別の容器に入れて運び、1)と同様に染色、検鏡した。前者は松本保健福祉事務所検査課がスギ花粉を計数し、後者は我々が計数した。

3) 同一地域内の15か所の花粉捕集数の比較

同一地域内における測定箇所や気温、風速等の条件により花粉捕集数がばらつくことから、各箇所2点で測定し本測定法が実際の花粉量のばらつき幅で測定できるかを評価する目的で、2017年3月16日から15日間、某市内にある定員80名以上の保育施設15園のベランダの左右の支柱等に、2.5m以上の高さ10m以上の間隔をとって、PET樹脂板を期間内に一度も交換することなく、クリップ捕集器による花粉の連続単回捕集を行った。スギ花粉数は

1)と同様の方法で我々が計数した。

全ての統計処理はSPSS Statistics 28を用いた。

III. 結果

1) スライドガラスを用いたダーラム法とクリップ法の比較

ダーラム型捕集器3台(D1~3)と、クリップ捕集器(A1~3-3)でのそれぞれの花粉数について、ダーラム型捕集器(D1)の花粉数(個/3.24cm²/日)を基準に比較した。比較する際、花粉数に大きなばらつきがあることから、両法の花粉数の相関をみた。

D1とA1、D2とA2、D3とA3-1、A3-2、A3-3と比較したところ、それぞれの相関係数は0.877(p<0.01)、0.893(p<0.01)、0.938(p<0.01)、0.918(p<0.01)、0.883(p<0.01)だった、ダーラム法とクリップ法の相関式の傾きは1.228、2.729、1.365、1.504、1.758であり、D2とA2を除き、傾きは1に近かった(図3 a, b, c1-3)。

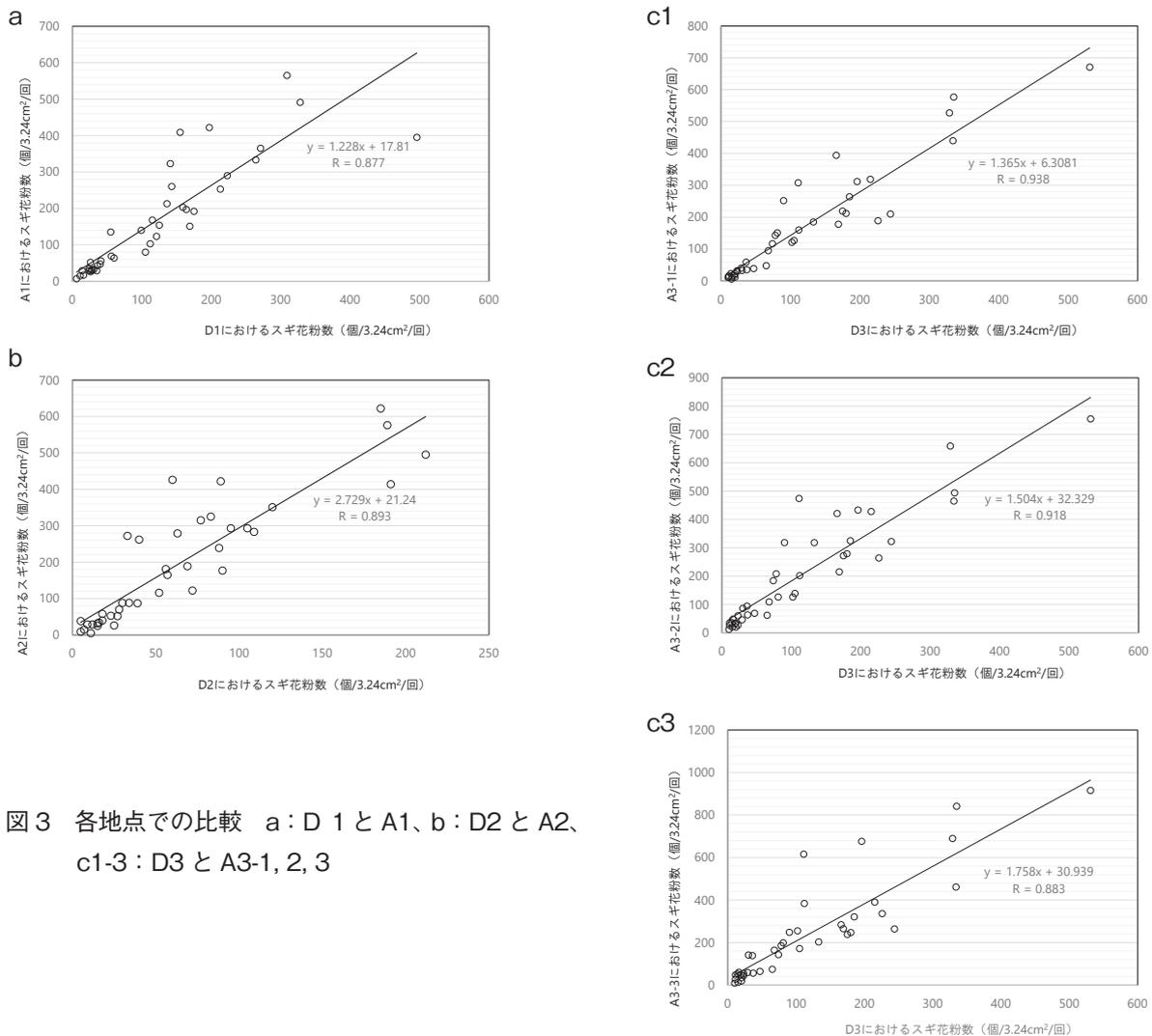


図3 各地点での比較 a: D1とA1、b: D2とA2、c1-3: D3とA3-1, 2, 3

屋根で完全に覆われているポーチ下 (D2) でのダーラム型捕集器は捕集数が少なく、基準の装置 (D1) の半分であったが、軒下 (D3) は D1 とほぼ同数だった。クリップ捕集器は、設置高が同じで設置場所の異なる 3 者 (A1、A2、A3-1) の捕集数は近似しており、基準の装置に比べて 1.5 倍前後であった。また設置高を低くするほど (A3-2、A3-3) 捕集数は多かった。Spearman の相関係数は、いずれの装置においても 0.87 以上 ($p < 0.01$) だった (表 1)。

2) ダーラム法によるスライドガラスと PET 樹脂板によるスギ花粉捕集数の比較

1m 間隔で設置されたダーラム型捕集器 2 台にスライドガラス、他方は同サイズの PET 樹脂板を設置し、両者に捕集されたスギ花粉数 (個 / cm^2 / 回) を 77 日間で 50 回捕集し、比較した。最小値 - 最大値、平均 \pm 標準偏差は、スライドガラスで 0 - 768.9、 64.7 ± 133.8 、PET 樹脂板で 0 - 992.0、 75.7 ± 162.9 と、捕集数は概ね近似し、相関係数は 0.990

表 1. ダーラム法 (D1 ~ 3) とクリップ法 (A1、A2、A3-1 ~ 3) による花粉捕集数の比較および相関係数

n=40	D1	A1	D2	A2	D3	A3-1	A3-2	A3-3
相関係数	0.887		0.893		対 D3 :	0.938	0.918	0.883
平均	119.4	164.4	61.8	189.9	116.6	165.5	207.7	236.0
最小	6	7	5	5	10	6	12	9
最大	496	565	212	622	531	671	755	916
標準偏差	105.82	148.18	54.51	166.64	114.83	167.16	188.16	228.56
総数	4,777	6,576	2,472	7,595	4,665	6,620	8,307	9,439
総数各 D 比	1.00	1.38	1.00	3.07	1.00	1.42	1.78	2.02
総数 D1 比	1.00	1.38	0.52	1.59	0.98	1.39	1.74	1.98

花粉の単位 = 個 / 3.24cm^2 / 日

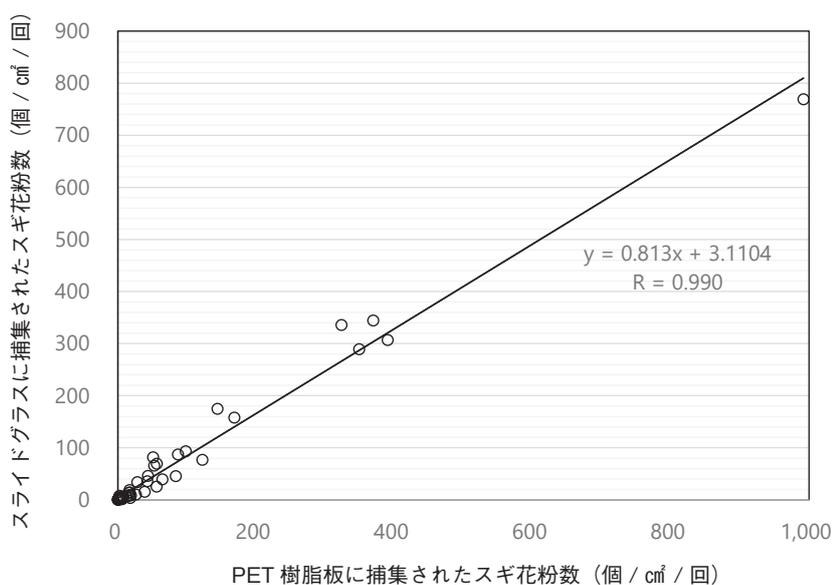


図 4. 同一場所でのスギ花粉捕集数 スライドガラスと PET 樹脂板比較 (ダーラム法)

クリップ法による花粉調査の有用性の検討

($p < 0.01$) だった (図 4)。

3) 同一地域内の 15 か所の花粉捕集数の比較

同一地域内の 15 か所の保育園のベランダの左右の支柱等に、2.5m 以上の高さに 10m 以上の間隔をとって設置したクリップ捕集器 (左、右 2 か所 / 1 保育園) の花粉捕集数を表 2 に示す。左、右 2 か所のスギ花粉数の測定値の相関係数は 0.899 ($p < 0.01$) だった。最小を記録した保育園 10 と比し、最多の保育園 6 は、2 か所の最低値 (1,138) と最大値 (11,434) を比較すると、10 倍以上の差があった (表 2)。

表 2. 同一地域内 15 保育園における花粉捕集数
(各保育園 左右 2 か所測定 単位: 個 / 3.24cm²)

保育園	右	左
1	1,347	1,605
2	1,477	1,545
3	2,982	2,583
4	2,096	1,371
5	7,093	7,153
6	7,491	11,434
7	2,102	2,543
8	6,040	4,045
9	1,408	1,730
10	1,143	1,138
11	1,641	1,616
12	3,972	3,575
13	2,523	2,294
14	4,036	3,786
15	3,556	2,701

IV. 考察

今回の研究では、花粉飛散調査の標準的手段として用いられている花粉捕集法であるダーラム法が、通行量の多い場所や周辺に構造物のある場所に設置しにくい場合、簡単に設置できるクリップ法の有用性について検討した。

ダーラム法 (D1 ~ D3) とクリップ法 (A1, A2, A3-1-3) で、ガラス製のスライドグラスを使用してスギ花粉を捕集した結果、近傍の場所で測定条件を変えて設定した 3 か所、屋根の無い場所 (D1, A1)、

屋根で完全に覆われているポーチ下 (D2, A2)、軒下 (D3, A3-1 ~ 3) で、ダーラム法とクリップ法の花粉捕集数は、概ね良好な相関がみられた。しかし、ダーラム法間では、総数 D1 比で、屋根で完全に覆われているポーチ下 (D2) においては 0.52 と、近傍でも条件が異なると、通常設置されている条件である屋根の無い場所 (D1) や軒下 (D3) より半分程度の花粉捕集数だった。屋根で完全に覆われているポーチ下は、ダーラム法でも、外部からの空気が入りやすく、空気が滞留しているため、花粉捕集数が少なくなったことが考えられる。クリップ法は、同一の設置高 2.5m に設置した A1, A2, A3-1 では、D1 比は 1.38, 1.59, 1.39 と、ほぼ一定の範囲内だったが、屋根で完全に覆われているポーチ下では、ダーラム型捕集器と比し、逆に高い花粉捕集数だった。空気の滞留が起こる可能性のある屋根で完全に覆われているポーチ下は、捕集場所として適切でなかった可能性も考えられることから、屋根で覆われていない場所である軒下が、設置により適している可能性があると考えられた。捕集器の設置高については、クリップ捕集器の設置高が低かった A3-2 (2m)、A3-3 (1.5m) は、2.5m 位置で測定した A1, A2, A3-1 に比して、花粉捕集数が多く、ばらつきが大きかった。低い位置での花粉捕集については、地面に落ちた花粉が風などによって再度浮上し、捕集数の増加やばらつきが大きくなることにつながる可能性があると考えられる。設置高については、Durham¹⁾によると、都市の住宅地域の花粉を重力法で調べる時、アパートの平坦な屋上で実施すると都心部のビル屋上に匹敵するデータを得ると述べていることから、低いより、高い方が望ましいものと考えられる。これらの結果から、より高い 2.5m での花粉捕集器の設置が、安定して測定できると考えられる。また、屋根の無い場所、軒下のように空気の滞留が起きない 2 か所では、ダーラム法と比し、クリップ法の花粉捕集数は 1.4 倍程度だった。相関係数は高いものの、捕集数はクリップ法が高めになるといった差異があるのは、2 種類の捕集装置の形状の差によるものと考えられた。一方、クリップ法間の差異は少なく、クリップ法で統一すれば、場所別の対比は十分可能と考えられた。

また、ダーラム型捕集器で通常使用されるスライドグラスを PET 樹脂板に代えて使用できるかの検討も併せて行った。ダーラム型捕集器でスライドグ

ラスとPET樹脂板を使用した際のスギ花粉捕集数は、図4のように、良好な相関関係がみられ、スライドガラスとPET樹脂板の数値は近似した。このことから、スライドガラスに代えて、PET樹脂板を用い、スギ花粉捕集数を調査することは可能であると考えられた。

現在、保健所等の公共施設の屋上での花粉捕集数を用いて飛散量を測定している。これを、一日のうち主たる生活の場となっている家庭内と学校、職場などでの曝露量とみなして、健康影響の評価などを行っている。一方、ポーチや窓辺に設置しての調査は、きわめて局地的な曝露について調べる場合を除き推奨しないとしている¹⁾。しかし、今回は、乳幼児が日中に生活している同一地域内の児童施設において、施設ごとに花粉捕集量の差が、最大10倍程度あることが明らかになったことから、保育園などで個別に測定できる場合、花粉曝露量は、局地的な花粉捕集数を用いる方が、より真の曝露に近いものと考えられる。このことから、より簡便に花粉曝露を調べることができる、クリップ捕集器の意義は小さくないと考えられた。

ダーラム型花粉捕集器は降雨や煤などに対するシェルターとしての機能があり¹⁾、スライドガラスを連日交換することで、暴風雨による捕集面の喪失で生じる誤差を最小にできる。一方、同時測定を行う地点が多数になったり、測定日が連続したり長期に及ぶと、スライドガラス交換に要する手間も大きい。また児童施設の敷地内に設置する場合、建物や立ち木から6m以上離れ、建物頂点までの仰角が20度以下³⁾で、児童の手が届かないという条件を満たすことも難しいと考えられる。このような理由で、同一地域内の多数の児童施設での設置場所にベランダを選ぶこと、更に、ダーラム法と比較し有用と考えられるクリップ法を利用することには妥当性があると考えられる。

他の捕集法では、吸引ポンプを用いた捕集法は、Hirst^{4) 5)}から始まり、Burkard等のサンプラーが世界で広く使用されており、他の計測法と比較した報告もある^{6) 7) 8) 9)}。各測定法による花粉捕集数はダーラム法やそれぞれの方法と比しても、相関の高いものもあれば低いものもあった。アンダーセンサンプラー等を用いてフィルター中のスギ花粉抗原量を測定する方法¹⁰⁾やサイクロンサンプラーを用いた免疫学的手法¹¹⁾も報告されている。いずれも、数か月に

わたる数十か所での同時測定を行うと、多額の費用や人員を要する。一方、各都道府県の数か所の定点においてレーザー光を利用した装置でスギ花粉等が自動計測されていたが¹²⁾、全国のデータを表示する環境省花粉観測システムの稼働は2021年をもって終了した。このシステムは、ほぼリアルタイムで定点の花粉飛散情報を閲覧できたが、雪や粉塵を誤計数することがあった。同様にレーザー光を利用した花粉計数装置「ポールンロボ」は、気象予報サービスを行う会社が開発したもので、全国各地の契約した家庭の軒下に吊るして運用されており、スギ花粉単独飛散期における局地的スギ花粉数の同時観測方法としては有用であるとされている。しかし4月になると、ヒノキその他の花粉も同一のものであると計数して、スギ花粉の実数がわからなくなるので、スギ、ヒノキ花粉の飛散総数等を個別に集計する目的には使用できない^{13) 14)}。

今回、我々は、捕集用スライドガラスの交換頻度が少なく、数週間の連続捕集期間中にも暴風雨で濡れることなく、児童の手が届かない場所に安定して設置ができ、捕集材料が万一落下しても割れない材質であるなどの条件を満たしながら、各園庭に面したベランダ屋根下でのシーズン全体の花粉量を計数できる捕集法について検討し、ダーラム法と比較し有用性があると考えられた。一方で、構造上、ダーラム法と比較し、玄関ポーチや軒下のように、雨除けの無い環境中でのクリップ法は使用できない点が、限界と考えられる。

以上より、今後ダーラム型捕集器を設置しづらい施設において、PET樹脂板を用いたクリップ捕集法は有用であると考えられたが、今回の検討では検査数が少ないので、更なる検討が必要と考えられた。

V. 謝辞

本調査に協力いただいた長野県松本保健福祉事務所検査課に深謝します。

VI. 利益相反

本研究における開示すべき利益相反はありません。

Ⅶ. 文献

- 1) Durham OC : The volumetric incidence of atmospheric allergens: IV. A proposed standard method of gravity sampling, counting, and volumetric interpolation of results. *J Allergy* 17: 79-86. 1946.
- 2) <https://www.pref.osaka.lg.jp/chikikansen/kensaka/kafunmanyual.html>
(2024年4月22日閲覧、最終更新日: 2023年2月1日)
- 3) 長野 準, 他: 日本列島の空中花粉 II. 6-10. 北隆館. 1997.
- 4) Hirst JM : An automatic volumetric spore trap. *Ann. Appl. Biol* 39 : 257-265. 1952.
- 5) Chatterjee J, et al : Atmospheric pollen and fungal spores in Hamilton in 1972 estimated by the Hirst automatic volumetric spore trap. *Can Med Assoc J* 16;110(6) : 659-62. 1974.
- 6) 佐藤紀男, 他: レーザー工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) : 23-27. 2003.
- 7) Thibaudon M, et al. : Methods of studying airborne pollen and pollen calendars. *Rev Mal Respir* 30 (6) : 463-79. 2013.
- 8) 高橋裕一, 他: リアルタイム花粉モニター (KH-3000) とバーカード・サンプラーの比較. *アレルギー* 50 (12) : 1136-1142. 2001.
- 9) Crisp HC, et al. : A Side-by-side comparison of Rotorod and Burkard pollen and spore collections. *Ann Allergy Asthma Immunol* 111(2) : 118-25. 2013.
- 10) 龔 秀民: スギ花粉アレルゲン Cry j 1, Cry j 2 の室外および室内の飛散挙動に関する研究
<https://ci.nii.ac.jp/naid/500001037135/>
- 11) 高橋裕一, 他: エアロアレルゲンイムノプロット法による花粉アレルゲン (Cry j 1, Dac g) を有する花粉種および大気浮遊粒子の同定. *アレルギー* 51(8) : 609-614. 2002.
- 12) 下平奈緒子, 他: 長野県松本保健福祉事務所が行うスギ・ヒノキ花粉飛散情報提供の有用性についての検討. *信州公衆衛生雑誌* 13 : 52-53. 2018.
- 13) 篠原健司: スギ花粉症克服に向けた総合研究. *森林科学* 73 : 2-5. 2015.
- 14) 鈴木祐輔, 他: 複数のポールンロボ (自動花粉モニター) によるスギ花粉飛散のシミュレーション. *日本職業・環境アレルギー学会雑誌* 25 (1) 64-64. 2017

Consideration of alternative method to Durham pollen sampler method

MINOSHIMA Muneo^{1,2)}, HASEGAWA Kohei¹⁾, TSUKAHARA Teruomi^{3, 1)}, NOMIYAMA Tetsuo^{1,3)}

1) *Department of Preventive Medicine and Public Health, Shinshu University School of Medicine, Matsumoto, Nagano, Japan*

2) *Minoshima Clinic*

3) *Department of Occupational Medicine, Shinshu University School of Medicine, Matsumoto, Nagano, Japan*

Abstract

We examined the validity of the gravity slide method for clipping PET plastic plates in verandas at facilities unsuitable for installing a Durham sampler due to the presence of obstacles and traffic. (1) Differences in the number of collections between the Durham and clip samplers were compared using glass slides. Pollen counts collected 40 times each under the porch and the eaves using clips were highly correlated with the counts using the Durham sampler. The correlation coefficients were 0.88 - 0.94 ($p < 0.01$). The total number of pollen collected using the clips was 1.38 - 1.59 times higher than that collected by the Durham sampler. (2) Cedar pollen counts were collected 50 times with Durham samplers. The number collected by the PET plastic plates was 1.17 times higher than that by glass slides. The correlation coefficient was 0.99 ($p < 0.01$). (3) The number of cedar pollen collected using the PET plastic plates at two locations under the verandas of 15 nurseries over fifteen days was approximated for each nursery, with a correlation coefficient of 0.90 ($p < 0.01$). The gravity slide method using PET plastic plates in verandas may be useful at facilities unsuitable for installing a Durham sampler.
