

アレルギーによる室内環境汚染の実態を評価する方法、および汚染の制御方法の開発に関する研究

所 属 国立病院機構 相模原病院 臨床研究センター
研究者 安枝 浩

研究要旨 室内環境のダニやペットなどアレルギーによる汚染の実態把握に有用な手法の開発、およびその汚染を制御する技術の開発に関する研究、ならびにアレルギーによる汚染を制御する技術が臨床的に有用であるのかどうかの検証に関する研究を実施した。

分担研究者

- (1) 日本赤十字社和歌山医療センター耳鼻咽喉科 榎本雅夫
- (2) 公立藤田総合病院小児科 岸 幹二
- (3) 花王株式会社ハウスホールド研究所 横須賀道夫
- (4) 三菱重工業株式会社名古屋研究所 小島 晋

A. 研究目的

アレルギー疾患における感作の成立や発症には遺伝的な要因とともに環境要因、中でも環境中に存在するアレルギー量というものが密接に関わっている。さまざまなアレルギー疾患の中で気管支喘息や通年性アレルギー性鼻炎に限れば、室内の環境アレルギーが特に重要である。現代の文明化された社会においては、ヒトはその人生の90%以上の時間を室内で過ごし、しかもその室内環境は住宅構造やヒトの生活様式の変化にともなってますますアレルギーが増加する方向に向かっている。すなわち、住宅構造の高気密化にともなう室内の高温安定化や高湿度化がダニや真菌の増殖をもたらし、また、核家族化や少子化にともなう室内で飼育されるペットが飛躍的に増加している。このような室内環境の著しい変化が、近年の特に小児気管支喘息の有病率の増加の最大の要因であるということが指摘されている。アレルギー疾患の発症の阻止、すなわち一次予防のためには、当該アレルギーへの曝露を少なくして感作されないようにすることが必要である。また、すでに症状を有している患者にとっても、薬剤によらない

でアレルギー曝露の低減化によって症状増悪をコントロールするというのは、もっとも望ましいアレルギー疾患の二次予防策である。

本研究においては、わが国における室内環境アレルギーとして特に重要なヒョウヒダニ（以下ダニ）、ペットとしてのネコとイヌ、および室内に持ち込まれるスギ花粉を対象として、室内生活環境中におけるこれらのアレルギーによる汚染の実態をまず明らかにして、各アレルギーの発生要因の解析を行う。さらに、それらの解析から得られた知見をもとにして、アレルギーの回避やその低減化に寄与する制御技術を開発し、その臨床的有用性をアレルギー性鼻炎、小児気管支喘息の患者を対象にして検証する。

B. 研究方法

(1) アレルギー高感度定量法を利用した室内環境中のアレルギー測定法の開発

ボランティアの家庭54軒の寝室において、A: 敷きフuton表面から掃除機法で寝具塵のサンプリング、B: 敷きフuton表面、居住者の皮膚表面（左右肘窩）からテープ法でサンプリング、C: 一定の条件でフutonの上げ下ろしを行い発塵させた後、エアサンプラーで5 L/min、60分間寝室内空気試料のサンプリング、を実施した。

(2) アレルギー性鼻炎患者住居の環境アレルギー量の評価と制御による臨床症状変化の解析

24時間換気システムが設置された「夢の家」(一

条工務店) 16 軒と一般住宅 16 軒を対象として、7 月から9月の3ヶ月間の毎月末に、居間、寝室、敷き、掛け布団、キッチンの床面の塵を LCD 製の集塵袋を装着した掃除機で、1m²の範囲を2分間吸引、集塵しサンプルとした。同時に部屋の温度、湿度も毎日測定し、記録した。

(3) 小児アレルギー患者を対象とした汚染実態の臨床的評価と制御技術有用性の検証

2歳~15歳のダニ・ハウスダスト特異 IgE 抗体陽性の喘息児 20 例と非アレルギー児(健常対照者) 21 例の計 41 例を対象にして、居間、寝室の床面、掛、敷き布団、枕の計5カ所から掃除機法で、掛け、敷きフuton、枕表面、左右肘窩の計5カ所からテープ法でサンプリングを行った。各家庭の居住環境についてはアンケート調査を行い、また喘息児の臨床症状は喘息日誌、および外来診察時に確認した。

(4) 生活者の住環境整備行動とアレルギー実態の解析による最適な住環境整備技術の開発

東京都に居住する軽症以上の通年性アレルギー性鼻炎患者が使用する寝具(フuton n=54, ベッドパッド n=13)を対象にして、掃除機法でダストを採取し、ダスト中に含まれる Der 1 量の測定とチリダニ虫体数の計数を行った。

東京都の一般世帯(リビングにカーペットがある世帯:10 例, ない世帯:9 例)のカーペット又はフローリングからダストを採取し、またそれぞれの床面に掃除機がけをした時に浮遊したダストをエアサンプラー(5 L/min)にて捕捉した。

(5) 空調機技術を応用したアレルギー低減化策の開発

一般家庭の寝室にエアサンプラーを設置して、流量 10 L/min で24時間のサンプリングを3日間連続して実施した。

同じ寝室にて、エアコンディショナー、空気清浄機の運転下、もしくは非運転下、寝具を1分間叩いて発塵させ、その直後から流量 20 L/min で10分間隔のサンプリングを6回連続して実施した。

上記(1)から(5)において採取した試料中のダニアレルギー Der 1 量(Der p 1 と Der f 1 の合計量)は以下の方法で測定した。寝具塵、室内塵中の Der 1 量の測定はダニ p テスト/ダニ f テスト抗原測定キット(LCD アレルギー研究所)による比色法

ELISA で行い、測定値は寝具塵 1 グラムあたりの Der 1 量($\mu\text{g/g dust}$), あるいは採塵面積 1 平方メートルあたりの Der 1 量(ng/m^2)で表した。テープ法でサンプリングした試料, エアサンプリングした試料中の Der 1 量は高感度蛍光 ELISA (Yasueda H et al. Measurement of *Dermatophagoides* mite allergens on bedding and human skin surfaces. Clin Exp Allergy 33: 1654-1658, 2003 参照)で測定した。測定値はテープ法の場合には1平方メートルあたりの Der 1 量(ng/m^2)で、空気試料の場合には空気 1 立方メートルあたりの Der 1 量(pg/m^3)で表した。

(倫理面への配慮)

ボランティア, 研究協力者に対して室内環境中アレルギーを測定することの意義を十分に説明し、自由意思による同意を得た上で、各種サンプリングの依頼を行い、その測定結果の解析に際しては、個人を特定できないように十分に配慮した。

C. 研究結果

(1) アレルギー高感度定量法を利用した室内環境中のアレルギー測定法の開発

一般家庭 54 軒の寝室において各種サンプリングを行い、①寝具塵中 Der 1 量(塵重量あたり), ②同(採塵面積あたり), ③寝具表面 Der 1 量, ④居住者の皮膚表面 Der 1 量, ⑤一定の条件で発塵させたときの寝室内空気中 Der 1 濃度の合計5種類の測定データを得て、それら相互の関係を解析した。

寝具塵中 Der 1 量は、①の塵重量あたり、②の採塵面積あたりのいずれで表しても、③の寝具表面 Der 1 量と相関したが、④の皮膚表面 Der 1 量とは相関しなかった。⑤の空気中 Der 1 濃度は、その発生源である寝具由来の Der 1 量との関係をみると、①の塵重量あたり、②の採塵面積あたり、③の寝具表面の順により強く相関していた。一方、⑤の空気中 Der 1 濃度は、④の皮膚表面 Der 1 量とは弱く相関するのみであった。

(2) アレルギー性鼻炎患者住居の環境アレルギー量の評価と制御による臨床症状変化の解析

シックハウス症候群対策として、2003年7月から建築基準法が改正され「室内換気システム設置の義務化」がなされたが、それが室内のチリダニの生育・繁殖にどのような影響を与えるかについて検討することを目的として、24時間換気システムが設置された家屋(換気家屋)と一般家屋の室内環境について

比較した。対象家屋の平均室温は、いずれの月も、「一般家屋」よりも「換気家屋」の方が高い傾向にあり、逆に相対湿度は「換気家屋」で約10%低かった。室内各所におけるDer1量であるが、居間の床、寝室の床、敷き布団、掛け布団、キッチンの床におけるDer1量を7月の室内塵1g中のDer1量が1.0 μ g (1.0 μ g/g)以上群と1.0 μ g未満群の2群に分けて検討した。Der1量の変動は家によりばらつきが認められたが、「換気家屋」では「一般家屋」に比べて、Der1量は減少傾向を示した。1.0 μ g/g以上群と未満群いずれをとっても、ダニアレルゲン量の増加があるとされるこの時期に増加しない例が多い傾向を認めた。

(3) 小児アレルギー患者を対象とした汚染実態の臨床的評価と制御技術有用性の検証

今回の対象は、これから実施する防ダニフトンカバーの臨床的有用性の評価研究にエントリーをした症例の一部であり、今回のデータは第1回目、すなわち防ダニカバー使用前の調査データである。喘息児の群、非アレルギー児の群の間では、掃除機法による室内塵、寝具塵中Der1量には差を認めず、いずれの群においても居間よりも寝室のDer1量の方が高値であった。テープ法による寝具表面、皮膚表面Der1量にも両群間で差は見られなかった。また、掃除機法による室内塵、寝具塵中Der1量とテープ法による寝具表面Der1量との間には相関傾向が認められた。

(4) 生活者の住環境整備行動とアレルギー実態の解析による最適な住環境整備技術の開発

通年性アレルギー性鼻炎の患者を対象として、寝具のダニによる汚染のレベルがフトンとベッドパッドで異なるのかどうかの比較を行った。フトンとベッドパッドのそれぞれの単位面積より得られたDer1量は、両群に有意な差は認められなかった。しかしチリダニ虫体数は、フトンよりもベッドパッドに有意に多かった。調査結果についての重回帰分析から、整備頻度としては2~3ヶ月に1回以上の洗濯、週に1~2回以上の天日干しが望ましいことが示唆された。

床の素材がカーペットとフローリングの違いにより、掃除機をかけた際に室内空气中に発生するダニアレルゲン濃度に違いがあるのかどうかを調査した。カーペットより得られた採塵面積あたりのDer1量はフローリングよりも有意に多かったにも関わらず、

室内空气中に発生したDer1濃度は、カーペットを掃除機がけた時とフローリングを掃除機がけた時の間には有意な差は認められなかった。

(5) 空調機技術を応用したアレルギー低減化策の開発

一般家庭の寝室において、3日間連続で測定した空气中Der1の24時間平均濃度は20~80pg/m³の範囲であった。同じ寝室内で汚染されたフトンを激しく叩いた直後10分間の空气中Der1濃度は4,000~80,000pg/m³であり、24時間平均濃度の50~4,000倍に上昇した。エアコン、空気清浄機を運転しないときの空气中Der1濃度は発塵10-20分後には直後の~20%に、50-60分後には10%以下に減衰したが、エアコン、空気清浄機を運転した場合にはいずれもその減衰をさらに促進した。エアコンに比べて空気清浄機の方がその影響は大きかった。

D. 考察

本研究班は、アレルギーによる室内環境汚染の実態の把握、各アレルギーの発生要因の解析を通して、アレルギーによる汚染を制御する技術、およびアレルギーへの曝露を回避する技術を開発し、さらにこれらの技術が臨床的に有用であるのかどうかを検証することを目的としている。

分担研究(1)においては、室内におけるアレルギー個人曝露量の有用な指標となる実用性の高い簡易測定法の確立を目指している。携帯型エアサンプラーによるアレルギー個人曝露量の測定は、そのサンプリングには大変な手間がかかり、これを普及、実用化させることは困難である。医療用の粘着テープを寝具表面や皮膚表面に貼付する「テープ法」はサンプリングがきわめて簡単であり、その測定値が曝露量(空气中アレルギー濃度)を反映するのであれば、実用的な曝露の指標としての有用性が期待される。今年度はその評価の第一歩として、一定の条件で寝具から発塵させたときに寝室内空气中に発生するダニアレルゲンの濃度を最も的確に反映するのは、発生源である寝具からどのような方法でサンプリングした試料中の汚染量であるのかについて調べた。掃除機法で採取した寝具塵中Der1量よりもテープ法による寝具表面Der1量の方が寝室内空气中に発生したダニアレルゲン濃度とより強く相関しており、テープ法での測定値が曝露の指標となりうる可能性が示された。今後は、1日を通した、あるいは睡眠中の室内空气中ダニアレルゲンの平均濃度と

寝具表面、皮膚表面 Der 1 量との関係について検証していくことが必要である。

分担研究（2）においては、新たな建築基準法において室内換気システム設置の義務化がなされたが、そのような 24 時間換気システムが室内のチリダニの生育・繁殖にどのような影響を与えるかについて評価した。チリダニの増殖に最も影響を及ぼすのは室内の湿度で、相対湿度が低いほどダニの増殖能は低下して、50%以下になると完全に停止するといわれている。室内換気システム設置の家屋と一般家屋との比較において、室内のダニアレルゲンによる汚染は換気家屋の方が減少している傾向を認めたが、これには換気家屋の方が相対湿度が約 10%低いことが寄与していると考えられた。このことは、一般の家屋においても、汚染を低減化するためには換気を励行して室内の湿度を低レベルに維持することが非常に重要であるということを示している。

分担研究（3）は、今回の検討内容が主目的ではない。本研究班における重要検討項目の一つである「アレルゲン制御、回避技術の臨床的有用性の評価」の一環として計画している小児気管支喘息に対する超高密度繊維物製防ダニフトンカバーの使用効果の評価研究の準備段階において得られたデータである。今年度得られたデータはこれまでのさまざまな調査において得られたデータと同様であり、今回の対象はわが国のごく平均的な集団であると考えられた。今後はこの対象を防ダニカバー使用と非使用の 2 群に分けて経過を追い、臨床的評価も含めてさまざまな角度から評価していく計画である。

分担研究（4）は、ダニアレルゲンによる室内の特定部位の汚染の実態、ならびに特定の日常行動における曝露の実態を把握して、それに対する具体的、かつ的確な対応策を構築することを目的としている。今年度は寝具の手入れの程度と汚染との関係、床材の種類と掃除中に発生する空気中ダニアレルゲン濃度との関係の 2 点について検討を行った。ベッドパッドは丸洗いや日光干し等の整備が敷きフトンよりも容易で汚染のレベルを低く管理できる可能性があるが、現実には通年性アレルギー性鼻炎患者においては、ベッドパッドは敷きフトン以上に整備頻度が低くダニに汚染されていた。ベッドパッドに対する整備の重要性が示唆された結果である。

フローリング上のダニアレルゲン量はカーペット等と比べて著しく少ないことが知られている。そしてそのアレルゲンはカーペットなどの汚染源から飛来したものであると考えられている。汚染のレベル

には大きな差があるにもかかわらず、フローリングとカーペットを掃除機がけしたときに空気中に発生するダニアレルゲン濃度に差はなかったということは、汚染量と曝露量の関係という観点から重要な問題であり的確な対応策が必要である。

分担研究（5）は、室内空気中のダニ、あるいはネコアレルゲン粒子の発生要因や挙動の解析を行い、空調技術を応用して空気中アレルゲン粒子の低減化を図ることを目的としている。一般家庭の室内における空気中ダニアレルゲンの 1 日平均濃度は非常に低いということ、激しく発塵させた直後にはその濃度は一過性に大幅に上昇するが、短時間のうちに減衰するということは以前から知られている。エアコンや空気清浄機を運転することにより、発塵後の空気中アレルゲン濃度の減衰がさらに促進されることが明らかになった。この減衰の促進がエアコンや空気清浄機のフィルタにアレルゲン粒子が能動的に捕捉されたことによるものなのか、機械の運転に伴う室内の気流の変化による二次的なものなのかを見極めることが必要であるが、実際に空気中濃度の減衰が促進されるということは、曝露量の低減化につながり、ベッドメイキングや掃除の時の有用性が期待される。

以上の研究に加えて、アレルゲン個人曝露量を正確に計測することを目的として、鼻腔内に装着する「鼻サンプラー」のプロトタイプを作製しその評価実験に着手し、また、通年性鼻アレルギー患者を対象とした環境整備策の臨床的有用性に関する評価試験の準備も進めている。

E. 結論

一般家庭の室内におけるダニアレルゲンによる汚染の実態を掃除機法、テープ法でサンプリングして解析することにより次のことが明らかになった。

- ①換気家屋は一般家屋に比べて室内相対湿度が低く、それに対応して汚染量も低い傾向にある。
- ②ベッドパッドは敷きフトンよりも丸洗い、日光干し等の整備がしやすいにもかかわらず現実には整備が不十分で汚染レベルは低くはない。
- ③喘息児と非アレルギー児の寝具、室内の汚染のレベルには差がない。

また、室内空気中ダニアレルゲン粒子の濃度や挙動についての解析により、以下のことが示された。

- ④テープ法による表面アレルゲン量の測定は個人曝露量を反映する簡易測定法となりうる可能性がある。
- ⑤フローリングはカーペットよりも汚染のレベルは著しく低いにもかかわらず、掃除機掛けの時に空

中に発生するアレルゲン量，すなわち曝露量には差がない。

- ⑥エアコン，空気清浄機を運転すると，発塵後の空气中ダニアレルゲン濃度の経時的な減衰がさらに促進される。

F. 研究発表

1. 論文発表

- ・安枝浩：環境要因とアレルギー疾患. アレルギー・免疫 11: 40-45, 2004.
- ・安枝浩：ダニアレルゲンと室内環境. 耳鼻咽喉科・頭頸部外科 76 (増刊号) : 235-242, 2004.
- ・安枝浩：環境アレルゲン量測定とその意義. 日本内科学会雑誌 93: 2130-2136, 2004.
- ・安枝浩：室内アレルゲンモニタリング法の現状と将来展望. アレルギー・免疫 12: 44-51, 2005.
- ・榎本雅夫, 大西成雄, 嶽良博, 池田浩己, 芝埜彰, 與田茂利, 夜陣真司, 裕田猛真, 山名敏之. 室内換気システムと室内チリダニの量について. 耳展 2004; 47: 417-423.
- ・小島晋. 酵素利用型アレルゲン分解フィルターの開発. 建築設備と配管工事, 10月号, 53-55, 2004.
- ・小島晋, 中嶋祐二. アレルゲン分解フィルター. Science & Technology Journal, Nov, 64-65 2004.

2. 学会発表

- ・釣木澤尚美, 安枝浩, 齋藤明美, 秋山一男, 他：気管支喘息患者宅の屋内（室内塵，寝具塵）アレルゲン量全国調査. 第 16 回日本アレルギー学会春季臨床大会 2004.5.13. 前橋.
- ・中嶋祐二, 田中大輔, 橋爪克浩, 小島晋, 安枝浩：ダニアレルゲン不活化酵素フィルターの開発. 第 16 回日本アレルギー学会春季臨床大会 2004.5.13. 前橋.
- ・榎本雅夫, 池田浩己, 嶽良博, 芝埜彰, 船越宏子, 十河英世, 大西成雄, 山名敏之. 室内換気システムと室内チリダニの量について. 第 16 回日本アレルギー学会春季臨床大会 2004.5.13. 前橋.
- ・永井智, 伴武, 鈴木政宏, 高野勝幸, 小笠原章, 繁田明, 横須賀道夫, 榎本雅夫. 室内環境整備技術の開発 I. フローリング床上におけるダニ/スギ花粉アレルゲンの量及びその動態. 第 16 回日本アレルギー学会春季臨床大会 2004.5.13. 前橋.
- ・高野勝幸, 永井智, 伴武, 鈴木政宏, 小笠原章, 繁田明, 横須賀道夫, 榎本雅夫. 室内環境整備技

術の開発 II. フローリング床上の清掃方法とそのチリダニアレルゲン量. 第 16 回日本アレルギー学会春季臨床大会 2004.5.13. 前橋.

- ・岸幹二, 高野恵, 市川陽子, 海上知子, 鈴木順造, 大西成雄. 喘息児のダニによる感作状況と環境整備について. 第 16 回日本アレルギー学会春季臨床大会 2004.5.13. 前橋.
- ・田中大輔, 中嶋祐二, 小島晋, 橋爪克浩, 宮澤賢一, 竹内直和, 安枝浩. 酵素を用いた室内浮遊アレルゲン分解システムの開発. 日本防菌防霉学会第 31 回年次大会 2004.5.26. 東京.
- ・安枝浩：室内環境アレルゲン. 第 54 回日本アレルギー学会総会 2004.11.5. 横浜.
- ・西岡謙二, 齋藤明美, 響田和子, 秋山一男, 安枝浩：アトピー性皮膚炎乳児の皮膚表面ダニアレルゲン量. 第 54 回日本アレルギー学会総会 2004.11.5. 横浜.
- ・永井智, 鈴木政宏, 伴武, 高野勝幸, 小笠原章, 繁田明, 横須賀道夫, 榎本雅夫. 室内環境整備技術の開発 III. 寝具の種類とダニ数及びダニアレルゲン量の関係. 第 54 回日本アレルギー学会総会 2004.11.5. 横浜.
- ・鈴木政宏, 永井智, 伴武, 高野勝幸, 小笠原章, 繁田明, 榎本雅夫, 齋藤明美, 安枝浩. 室内環境整備技術の開発 IV. カーペット, フローリングにおける床上および空間中のダニアレルゲン. 第 54 回日本アレルギー学会総会 2004.11.5. 横浜.
- ・榎本雅夫, 嶽良博, 池田浩己, 芝埜彰, 船越宏子, 與田茂利, 夜陣真司, 大西成雄, 山名敏之. 室内換気システムと室内チリダニの量について. 第 54 回日本アレルギー学会総会 2004.11.5. 横浜.
- ・須田洋, 小豆沢茂和, 宮田隆弘, 山内俊幸, 大西成雄, 岸幹二. 静電霧化装置の空気清浄機への応用—ダニ抗原の不活作用. 第 54 回日本アレルギー学会総会 2004.11.5. 横浜.

G. 知的財産権の出願・登録状況

なし