都内保育園における真菌・ダニアレルゲン量による空気汚染の実態調査

FILED INVESTIGATION ON THE INDOOR AIR COMTAMINATED BY FUNGI AND HOUSE DUST MITES ALLERGENS IN NURSERY SCHOOLS IN TOKYO

藤野美菜*, 岩田利枝**, 望月悦子***, 宮沢 博****

*Mina FUJINO, Toshie IWATA, Etsuko MOCHIZUKI
and Hiroshi MIYAZAWA*

The purpose of this study is to show the actual condition of biological air contamination in nursery schools to decide guidelines. Investigation on house dust mites and fungi was conducted in 13 nursery schools in Tokyo. Comparison with the previous studies shows that air-borne fungi concentration in the nursery schools is lower than that in the houses. Mite allergen in the nursery schools is lower than that in the houses. The quantification theory I shows that the effects of the relative humidity and floor materials are large on fungi concentration and mite allergen respectively.

Keywords: Air-borne fungi, House dust mite, Nursery School, Guidelines

浮遊真菌、ダニ、保育園、ガイドライン

1. はじめに

1.1 本研究の背景

保育園は働く女性支援に不可欠であり、少子化対策としても重要である。最近では都市部において深夜までの延長保育が進んでいる。保育園では安全かつ健康的に過ごすために建物の構造に関する基準が設けられているが、近年問題になっている室内空気汚染に関して基準が十分に定められていない。保育園では食事や昼寝等一室で利用するところもあり、真菌とダニアレルゲン量が増加する可能性が高い。

健康影響を及ぼす生物学的粒子はダニ、真菌、細菌、柔毛質な動物のフケもしくは鱗屑の4種類がある。その中でも、真菌は肺炎などの疾患を引き起こし、ダニは、気管支喘息、皮膚炎、鼻炎等のアレルギー性呼吸器疾患を引き起こしやすくなる。

これらの症状は乳幼児や高齢者に多く、抵抗力が青年期より弱いため、合併症を引き起こしやすく、危険率が高い。また、ダニアレルゲンについては乳幼児期のアレルギー曝露レベルがアレルギー進行の重要因子であることが疫学的に示されている。そのため、乳幼児の環境の生物汚染対策は極めて重要である。

1.2 目的

本研究の目的は保育園における空気汚染としての真菌とダニアレルゲン濃度の基準作成と汚染対策にある。保育園は①そこで行われる行為が住宅と似ている、②管理者と主たる使用者が異なる、③対象が乳幼児、という特徴があり、基準作成、汚染対策にあたり、これらを考慮すべきである。本論文ではまず実態把握のための実測調査を行い、真菌濃度とダニアレルゲン濃度に影響を与える要因の検討を行った。

2. 既往の研究

2.1 室内真菌汚染に関する研究

住宅や病院での調査結果の報告は多い。2005年、日本建築学会環境基準(AIJES-A002-2005)「微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理基準・同解説」が発行され、住宅の設計参考値として過去10年間の住宅の実測資料および学校、病院、事務所などの学会基準が示されている。住宅の基準が示されていないのは、「建物の多様性、居住活動、気象条件などによって一般的な評価が難しいため」だと書かれている。

一方、ヨーロッパには空中浮遊真菌のガイドラインがあり、HomeとNon-industrial workplaceの2種類の基準を設けてある¹⁰⁾。この基準は、DG-18培地を用いたN6アンダーセン1ステージサンプラーもしくは、Malt extract培地を用いたアンダーセン6ステージサンプラーで測定した値に基づいている¹¹⁾。

真菌濃度増加の要因については、主として温湿度に関する研究が多い。菅原らは培養温湿度によって真菌の生育速度が変わることを明らかにしている¹¹⁾。季節間の変動については概ね夏～秋に増加し、秋～冬に減少することを示している¹²⁾¹⁹⁾。対策として、窓換気を行う方法²⁰⁾や湿度を下げる方法²¹⁾が有効だと報告されている。

2.2 ダニアレルゲン量に関する研究

ダニアレルゲン量についてはヨーロッパにはガイドラインが定められており¹⁰⁾¹¹⁾、Derp IとDerf I別に値が示されている。

ダニアレルゲン濃度が増加する要因については、季節が挙げられ、宮沢らはダニアレルゲン量は8、10月で高く、3、4月で低くなることを²²⁾、篠原らは10月～12月にダニアレルゲン量が減少したことを²³⁾

本研究は'05年度に大会発表したものの¹¹⁾¹²⁾を基に加筆・修正したものである。

* 東海大学大学院工学研究科建築学専攻修士課程

** 東海大学情報デザイン工学部 教授・博士(工学)

*** 早稲田大学理工学術院

日本学術振興会特別研究員・博士(工学)

**** 杏林大学保健学部 講師・博士(保健学)

Graduate School of Engineering, Tokai University

Prof., School of Information and Design Engineering, Tokai University, Dr. Eng.

JSPS Research Fellow, Waseda University, Dr. Eng.

Lecturer, Kyorin University, School of Health Sciences, Ph. D.

報告している。また、篠原らは絨毯、畳はフローリングより *Der* I、*Der* II ともに多く、床材によって違いがあると報告している。*Der* I は畳に多く、*Der* II は絨毯に多いことを示した²³⁾。菅原らは郡山市とソウル市¹⁹⁾、安枝らは日本とサンパウロ、ストックホルム、ベルリンで²⁴⁾ダニアレルゲン量を比較し、何れも日本は海外より多く、地域によって違いがあることを報告している。対策として、ダニアレルゲン量は真菌と同様に窓換気の他に、掃除方法²³⁾や温湿度コントロールすること²³⁾が有効であるとしている。

3. 実測方法

3.1 実測対象

東京都渋谷区・品川区にある保育園50園に調査の許可を依頼し、許可を得られた(区立は区の許可)13園の保育園で実測を行った。各保育園とも園児室1室を測定対象として選んだ。表1に各保育園の測定を行った園児室の概要を示す。A～Mは夏季の実測順である。いずれの保育園も、鉄筋コンクリート造であった。また、毎日掃除機による掃除を行っていた。

3.2 実測手順

図1に1回の測定スケジュールを示す。測定は、空調機の運転を止め、開口部を閉じた状態で行った²²⁾。測定室の床面積によるが、1回の測定に要した時間は60分～90分であった。各保育園とも夏季(7、8月)、中間期(10月)の年2回、測定を行った。

3.3 測定項目

(1) 真菌

・落下真菌 落下法の真菌測定は粒径の影響を受けやすいと言われているが、簡便である。また、日本建築学会環境規準AJJES-A002-2005で学校の提案値として落下真菌規準が示されている⁹⁾。そこで本研究では、落下真菌の測定を行った。各測定室とも、室中央1箇所と室の両端各1箇所の計3箇所(床面对角線上に等間隔)にDG-18 (Dichloran Glycel 18 Agar) 培地と PDA(Potato Dextrose Agar) 培地(ともにクロラムフェニコール添加)の入ったシャーレを設置し、蓋を取って、20分間放置し、採集した。この20分間は測定室内を無人にした。

・浮遊真菌 各測定室とも室中央に床上1.2mの高さにエアースンプ

ラー(BIO Samp :100 L/min、ミドリ安全社製)を設置した。DG-18 培地とPDA培地の2種類の培地を3回ずつ用いて、エアースンプラーを4分間運転させ、400Lの空気を採集した。採集後、蓋を密閉した。

落下真菌、浮遊真菌ともに採集した培地を25℃の恒温機(SANYO製)に96時間入れた後、培地上のコロニー数を目視で計測した。

(2) ダニアレルゲン量

各測定室とも、床材別に吸い込み仕事率200 Wのハンドクリーナー(TWINBIRD社製)を床材の目に沿って30秒/m²の速度で作動させ、床材中の粉塵を床材別に採取した。粉塵を篩にかけ、ファインダストを抽出し、ELISA法を用いてダニアレルゲン量の定量分析を行った。ダニアレルゲン量には*Der* I(糞由来)と*Der* II(虫体由来)があるが、本実測では筆者らの技術でも分析可能な*Der* IIの分析に絞った。ダニアレルゲン量はファインダスト1 μg中に含まれる重量で表される。同一室中に数種の床材が使われている場合があるが、夏季の実測では床材毎に区別しないで採集した園があり、これは表1中、灰色の網掛けで示し、これらのデータは一括して木目タイルに含めた。

(3) 温湿度

測定日の前後1週間計2週間10分間隔で温湿度測定器(Thermo Recorder ESPEC社製)を用いて測定室の室温と相対湿度を測定した。

4. 真菌の測定結果

4.1 各保育園の真菌濃度

落下真菌は室内3点の平均値を求めて解析に用いた。図2、3に各保育園の落下真菌の測定結果を示す。夏季から中間期にかけて落下真菌が増加したのは、DG-18 培地で13軒中6軒、PDA 培地で13軒中

空中落下真菌採取 空中浮遊真菌採取 粉塵採取
※測定日前後1週間温湿度連続測定
(Thermo Recorderによる、10分間隔2週間)

図1 測定スケジュール

表1 保育園と実測を行った園児室の概要

建物概要			測定室内概要											
保育園	築年数	実測階/ 総階数	児童数/ 職員数	利用時間帯	室容積[m ³]	床面 積[m ²]	窓方位	床材の面積比[%]				室用途		
								ビニール	畳	絨毯	木目タイル	遊び	食事	睡眠
A	5年	1/5	4/27	7:00-19:00	124	48.6	北	100	-	-	-	○	○	-
B	(3)年	1/2	29/10	7:00-18:00	122	47.9	東	14.8	6.70	-	78.5	○	○	○
C	20年以上	2/15	91/22	7:30-22:00	187	71.7	西	-	-	-	100	○	-	○
D	11年	2/2	26/10	7:30-19:30	108	48	北	-	-	100	-	○	-	○
E	20年以上	2/5	22/1	8:00-16:00	74.9	30	北	-	15.3	-	84.7	○	-	-
F	22年(4)年	1/5	41/25	7:30-19:30	42.7	17.2	東	-	100	-	-	○	-	○
G	30年	1/3	11/3	7:30-20:00	87.9	32.8	東	-	23.8	-	76.2	○	○	-
H	5年未満	2/7	24/10	7:30-20:30	49	20.4	南	-	100	-	-	○	-	○
I	20年以上	2/5	81/28	7:30-18:30	109	41.2	南	-	32.2	12.2	53.6	○	○	○
J	21年以上	1/2	93/14	7:30-19:30	107	43.5	北	-	-	20.5	79.5	○	-	-
K	22年以上	1/5	23/4	7:30-18:00	47.3	19.4	南	-	1.50	-	98.5	○	-	-
L	23年以上	2/5	89/30	9:00-19:00	30.2	12.6	西	-	-	100	-	○	-	○
M	24年以上	1/2	100/20	7:00-18:00	91	32.5	南	4.62	-	17.5	77.8	○	-	-

※築年数: () 内数字は改裝後の年数を表す。 ※人数: 表内の児童数と職員数は測定した部屋を使う可能性のある人数

※床材: 灰色に塗りつぶした床材については、夏季の実測で木目タイルとまとめて粉塵を採集した。

図2 落下真菌測定結果 (DG-18)

図3 落下真菌測定結果 (PDA)

9軒であった。分散分析の結果、季節間に有意な差は見られなかった。落下真菌の培地間の相関係数は、0.26であった。

浮遊真菌は3回の測定の平均値を培地ごとに求めて解析に用いた。図4、5に測定結果を示す。夏季から中間期にかけて浮遊真菌が増加したのは、DG-18培地で13軒中7軒、PDA培地で13軒中8軒あった。分散分析の結果、季節間に有意な差はなかった。浮遊真菌の培地間の相関係数は、落下真菌とは異なり、0.84と高かった。

落下真菌と浮遊真菌の相関係数はDG-18培地は0.50で、PDA培地は0.23であった。言われているように、落下真菌だけでは浮遊真菌の評価には不十分であることが示された。また、本実測では夏～秋に顕著な増加は見られなかった。

4.2 既往の結果及びガイドラインとの比較

4.2.1 落下真菌

日本建築学会アカデミックスタンダード(AIJES-A002-2005)⁹⁾に記載されている過去10年間の住宅の実測資料と本実測の結果を比較した^{注3)}。表2に住宅における既往研究の概要を示す。図6に本実測の結果と住宅における落下真菌を示す。住宅のSDが大きいので、本実測結果では、住宅の実測結果と差が明らかにならなかった。

4.2.2 浮遊真菌

表3に上記のアカデミックスタンダードの住宅の結果とともに、住宅、オフィス、病院における既往研究の概要を、図7に本実測結果とそれらの既往研究の結果を示す。本研究では、空調機の運転を止め、開口部を閉じた状態で測定を行ったため、既往研究には測定状態が本実測と異なるものがある¹¹⁾⁻¹⁴⁾¹⁶⁾⁻²¹⁾³²⁾⁻⁴¹⁾。それらについては参考とした値(参考値)として比較を行った。表3の12以下は参考値である。

本実測結果は住宅の比較値より低濃度であった。

また、本実測結果は住宅の参考値より低濃度であった。オフィスにおける参考値は、研究間の差が大きく、本実測結果との差が明らかではない。また、本実測は、病院における参考値のうち、f33より低い値を示したが、その他と比較すると同程度かやや高い値を示した。

※ D 保育園の夏季は培地の乾燥のため欠測
図4 浮遊真菌測定結果 (DG-18)

図5 浮遊真菌測定結果 (PDA)

表2 既往研究の概要 - 落下真菌⁹⁾

図中番号	n	測定者	時期(月)	建物	場所	使用培地
r1	16	塚原ら ²⁵⁾	7,8,10,12	高気密高断熱	居室	PDA
r2	26	塚原ら他 ²⁵⁾⁻²⁷⁾	7,8,9,10,11,12	在来工法		
r3	28	相原ら ²⁸⁾	7,8,9,10,11,12,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	アパート		
r4	9	中西ら ²⁶⁾	4,5,6,7,8,9,10,11,12,1	ハイブリットソーラー(RC造)

※ S: 夏季, A: 中間期
図6 既往研究(住宅)との比較(落下真菌 (PDA))

さらに、ヨーロッパのガイドラインとの比較を試みた^{注1)}。ヨーロッパのガイドラインはN6アンダーセン1ステージサンプラーとDG-18培地による値で示されているが¹⁰⁾、Leeら³⁰⁾と篠原ら³¹⁾の研究結果を基に、本実測で用いたBIOサンプラーの測定値に換算した。換算方法は以下の式(1)、(2)に示す。

$$\ln Ca = 0.09 \ln Crs + 0.887(I/O) \dots (1)$$

Ca: Andersen サンプラーでの室内真菌濃度 [CFU/m³]

Crs: RCS Standardでの室内真菌濃度 [CFU/m³]

(ただし、I/Oは、室内の場合 I/O=0、外気の場合 I/O=1 使用培地: Malt extract agar(MEA))

$$\ln Cb = 0.62 \ln Crs + 2.40 \dots (2)$$

Cb: BIOサンプラーでの室内真菌濃度 [CFU/m³]

このガイドライン値では、Home基準よりNon-industrial workplace

表3 既往研究の概要 - 浮遊真菌⁹⁾-

図中番号	n	測定者	時期	建物	場所	サンダー	使用培地	値
f1	20	篠原ら ²⁷⁾	11, 12月	在来工法	居室	BIO	PDA	比較値
f2	37	飯野ら他 ^{12), 32)-34)}	7, 8, 9, 10, 11, 12月	高気密高断熱	居室	BIO	PDA	参考値
f3	1	塩津ら ³⁵⁾	5, 6月	マンション				
f21	12	櫻井ら ¹⁶⁾	1997年夏	オフィスビル	執務室	RCS ¹⁾	PDA, M40Y ²⁾	参考値
f22	5	戸田ら ³⁶⁾	2001年	研究所	研究室	BIO	PDA	
f31	4	柏ら ³⁷⁾	2003年8月	病院	病室・外来・検査室	RCS ¹⁾	YM	
f32	4	児玉ら ³⁸⁾	2003年7月	病院	病室	RCS ¹⁾	PDA, M40Y ²⁾	
f33	4		2003年11月	病院	病室	RCS ¹⁾	PDA, M40Y ²⁾	
f34	6	柳ら ³⁹⁾	2002年10月	病院	外来待合室	BIO	PDA	参考値
f35	6		2002年11月	病院	病室	BIO	PDA	
f36	8	柏ら ⁴⁰⁾	1997-2001夏	病院	病室	RCS ¹⁾	PDA, M40Y ²⁾	
f37	8		1997-2001秋	病院	病室	RCS ¹⁾	PDA, M40Y ²⁾	
f38	4	福永ら ⁴¹⁾	2002年夏	病院	病室	RCS ¹⁾	PDA	
f39	4		2002年秋	病院	病室	RCS ¹⁾	PDA	

*1)RCSサンダーによる結果をBIOサンダーの値に換算したもの
 *2)PDA, M40Yの2つの培地の平均

※S: 夏季, A: 中間期

図7 既往研究(住宅)との比較(浮遊真菌(PDA))

基準の方が厳しい。本実測は30分程度換気を止めた状態で測定を行っているため、厳密な比較にはならないが、本実測結果はHome基準に対してはLow又はVeryLowであり、Non-industrial workplace基準に対してはLow又はVeryLowとなった。

保育園は生活を行う場としては住宅と似ているが、管理者と居住者(使用者)が違いう点ではオフィスに近く、居住者の抵抗力が比較的低いという点では病院と似ている。本実測結果は、既往研究の住宅の比較値より低くなっていたが、病室の参考値より高かった。

5. ダニアレルゲン量の測定結果

5.1 各保育園のダニアレルゲン量

図8にダニアレルゲン量の測定結果を示す。夏季～中間期にかけてダニアレルゲン量が増加したのは13軒中3軒であった。分散分析の結果、季節間に有意な差は見られなかった。

5.2 既往の結果及びガイドラインとの比較

日本と海外の既往研究の住宅の結果と本実測結果を比較した。表4に比較した既往研究の概要を示す。これら研究のうち、Verhoffら⁹⁾とSwartzら⁹⁾はDerIを用いている。また、ヨーロッパのガイドラインはDerpIとDerfIそれぞれにガイドライン値を示している。そこで、比較のため、本研究で測定したDerIIの値を篠原ら⁴²⁾の結果を用いて、式(3)のように、DerIの値に換算した。

$$y = 2.5987x - 0.774 \dots \text{式(3)}$$

図8 ダニアレルゲン量(DerII)の測定結果

表4 既往研究の概要 - ダニアレルゲン量(DerI)-

測定者	時期	国	使用用途	床材	n	図中番号
宮沢ら ¹⁹⁾	1989年8月	日本	1	A	8	d1
	1989年10月		1	A	8	d2
篠原ら ²⁰⁾	2002年8月	日本	2	A	2	d3
	2002年10月		2	A	2	d4
Verhoffら ³⁾	1994年	オランダ	1	B	112	d5
	1994年		2	C	144	d6
Swartz ³⁾	-	オーストリア	-	-	48	d7
	-	ベルリン	-	-	24	d8
	-	スウェーデン	-	-	18	d9
	-	デンマーク	-	-	22	d10

I: リビングルーム 2: 寝室 A: フローリング B: 絨毯 C: 畳

図9 既往研究(住宅)との比較(DerI)

y: ダニアレルゲン量(DerI) x: ダニアレルゲン量(DerII)

また、DerfIとDerpIの分離については、すべて片方(DerfIあるいはDerpI)であると考えて比較することにした。DerfIとDerpIのガイドライン値は同じ値なので、どちらをとっても安全側の比較となる。

図9に本実測のダニアレルゲン量と既往研究のダニアレルゲン量を示す。ダニが指数的に増加するため差が大きかったので、ダニアレルゲン量を対数軸で示し、平均値、SDではなく、中央値と25%タイル値、75%タイル値を用いた。

本実測は日本の住宅より低い値を示した。海外の結果との比較では本実測の標準偏差が大きく、海外の結果もデータごとの差が大きいため明らかな差は見られなかった。ヨーロッパのガイドライン値と比較すると、海外の住宅の中央値はLowからIntermediateである。本実測の中央値はLow域だが、75%タイル値はIntermediate域となった。

6. 増加の要因の検討

6.1 真菌

(1) 相対湿度と温度との関係

真菌とダニアレルゲン量は相対湿度と温度の影響を受けやすいと報告されている⁴³⁾。真菌、ダニとも種類によって最適温湿度は異なる。

るが、概ね真菌の最適相対湿度は60%以上であり、ダニの最適相対湿度は60%-80%である。真菌とダニの最適温度は25-30℃である。

図10に例としてある園の相対湿度と温度の変動を示す。温湿度の変動の状態は保育園によって異なるため、平均値だけを代表値とするのは不十分だと考えた。そこで、相対湿度の変動の特徴を示す値として5種類の指標を用いることにした。①25%タイル値、②平均値、③平均値-標準偏差、④60%rh(真菌、ダニの最適湿度の下限)以上であった頻度、⑤45%rh(真菌、ダニが繁殖しにくい湿度の上限)以下であった頻度を用いた。①と③は湿度が低い時の代表値、④と⑤は最適湿度あるいは繁殖しにくい時間割合を示す指標である。温度については、①～③は同様に求め、⑥25-30℃(真菌、ダニの最適温度範囲)であった頻度、の4つの指標を用いた。図11にG園における温湿度累積出現頻度(その値以下となった時間/総測定時間×100)を示した。また、中間期の相対湿度を例にして、①、④、⑤の指標の概要について記載した。全園における指標(相対湿度①～⑤と温度①～③と⑥)の値を表5に示す。

浮遊真菌のDG-18培地はPDA培地より3回の測定誤差が小さいので、ここではDG-18培地における浮遊真菌を用いて分析した。表6に浮遊真菌と各相対湿度指標との相関係数を示す。何れの湿度指標においても、浮遊真菌との有意な相関は見られなかった。温度指標も同様に浮遊真菌と有意な相関は見られなかった。

また、測定日1日のデータ、測定日前1週間のデータを用いて、同様の指標で検討を行ったが、何れも浮遊真菌濃度と有意な相関は見られなかった。

(2) 床材との関係

床材による差を検討したが、実測した園児室は一室に複数種の床材を用いている所が多かった。1種類の床材を用いているF、H(畳)とD、L(絨毯)を比較したが、有意な差は見られなかった。

6.2 ダニアレルゲン量

(1) 相対湿度と温度との関係

相対湿度と温度の変動の特徴を示す値として真菌と同様、相対湿度が5種類、温度が4種類の指標値を用いることにした。表7にダニアレルゲン量(Der II)と各湿度指標との相関を示す。何れの湿度指標においても、ダニアレルゲン量との有意な相関は見られなかった。温度指標も同様にダニアレルゲン量と有意な相関は見られなかった。また、測定日1日のデータ、測定日前1週間のデータを用いて、同様の指標で検討を行ったが、何れもダニアレルゲン量と有意な相関は見られなかった。

図10 G 保育園温湿度変移

図11 G 保育園温湿度累積頻度

表5 各保育園温湿度指標値

	夏季									中間期								
	相対湿度					温度				相対湿度					温度			
	① [%]	② [%]	③ [%]	④ [%]	⑤ [%]	① [%]	② [°C]	③ [°C]	⑥ [°C]	① [%]	② [%]	③ [%]	④ [%]	⑤ [%]	① [%]	② [°C]	③ [°C]	⑥ [°C]
A	53	60	51	52	6	27	29	27	92	56	64	56	61	2	21	21	20	0
B	63	67	56	81	2	27	28	27	98	57	64	58	60	1	20	20	19	0
C	65	68	59	91	0	27	28	27	100	61	64	48	82	2	23	24	23	20
D	44	50	41	4	0	30	31	29	25	63	69	64	85	3	21	22	20	5
E	54	57	51	28	4	29	30	29	55	47	52	44	23	19	22	23	22	0
F	53	57	50	22	1	29	30	28	63	55	60	55	24	2	20	21	19	0
G	56	60	52	60	1	29	29	28	98	46	52	45	20	20	21	22	21	0
H	60	62	52	76	0	27	28	27	93	48	57	52	32	19	19	21	18	5
I	59	62	57	75	0	30	30	30	38	58	61	51	63	8	24	25	23	54
J	57	61	52	63	0	30	30	29	66	58	62	57	64	2	23	24	23	31
K	63	66	61	88	0	28	28	27	96	57	67	55	71	1	20	21	19	0
L	58	59	51	60	3	29	29	29	79	57	66	59	67	5	21	21	20	0
M	50	55	49	27	18	27	28	27	97	57	62	53	58	5	22	24	22	32

* 相対湿度①25%タイル値②平均値③平均値-標準偏差④60%rh(真菌、ダニの最適湿度の下限)以上であった頻度⑤45%rh(真菌、ダニが繁殖しにくい湿度の上限)以下であった頻度

* 温度①25%タイル値②平均値③平均値-標準偏差⑥最適温度25-30℃であった頻度

表6 浮遊真菌と各湿度指標との相関係数

指標	種類	種類	夏季	中間期	全体
①	湿度	25%タイル値	0.56	0.51	0.51
②		AVE	0.61	0.49	0.53
③		AVE-SD	0.62	0.48	0.54
④	時間の割合	RH60%以上	0.61	0.31	0.22
⑤		RH45%以下	-0.38	-0.56	-0.35

表7 ダニアレルゲン量(Der II)と各湿度指標との相関係数

指標	種類	種類	夏季	中間期	全体
①	湿度	25%タイル値	-0.12	0.13	-0.03
②		AVE	-0.28	0.16	-0.16
③		AVE-SD	-0.16	0.15	-0.04
④	時間の割合	RH60%以上	-0.21	-0.01	-0.15
⑤		RH45%以下	0.32	-0.08	0.09

(2) 床材との比較

ダニアレルゲン量は1室に複数種の床材を用いている場合、床材毎に粉塵を採集した。図12に床材別ダニアレルゲン量(Der II)を示す。床材間で比較したところダニアレルゲン量は夏季で木目タイルより畳に多く、中間期で木目タイルより絨毯に多く見られた(図中※、 $P<0.05$)。また、床材ごとに篠原らが測定を行った住宅(居室)のダニアレルゲン量の結果⁴²⁾の中央値、25%、75%のタイル値を示した。各床材毎に比較すると、すべての床材において、本実測結果は篠原らの結果より低い値を示した。

図12 床材別ダニアレルゲン量

7. 多変量解析による検討と対策

7.1 解析方法

6章で述べたように、真菌とダニアレルゲン量の増加の要因をいくつか検討したが、個々の要因の影響の大きさを明らかにすることができなかった。ここでは、数量化I類を用いて、考えられる要因が真菌とダニアレルゲン量に与える影響の大きさを確認する。目的変数を各々、Ln 浮遊真菌 ((DG-18 培地) [CFU/m³])、Ln Der II ([μg/g fine dust]) とした。表8に浮遊真菌とダニアレルゲン量の説明変数(アイテム)とそのカテゴリ別け及び各カテゴリのサンプル数を示す⁴⁾。温湿度については6章の解析で最も相関係数が高かった指標②平均を用いた。なお、既往研究の住宅の結果では掃除頻度の影響が大きかったことが示されているが⁴²⁾、本実測は全保育園で1日1回以上の掃除頻度であったため、項目から除外した。ダニアレルゲン量では床材別に粉塵を採集したため浮遊真菌とサンプル数が異なるところがある。

7.2 解析結果

(1) 真菌

図13に浮遊真菌濃度を説明する各スコアを示す。レンジ(同じアイテムのカテゴリスコアの差)の大きい順にE: 築年数、B: 平均相対湿度、D: 食事の有無であった。築年数20年以下、平均相対湿度62%以下、食事なしで浮遊真菌濃度が少なくなることを示した。

(2) ダニアレルゲン量

図14にダニアレルゲン量を説明する各スコアを示す。レンジの大きい順にI: 床材、H: 窓方位、A: 平均温度であった。床材が木目タイル、窓方位が西、平均温度が24-28°Cでダニアレルゲン量が少なくなることを示した。

7.3 結果に基づいた対策

各アイテムのスコアを用いて、それぞれの効果を示すため、シミュレーションを行った。図15にシミュレーションの条件を、図16にその結果を示す。ダニアレルゲン量は式(3)を用いて、Der IIからDer Iに換算したもので示す。分析の結果をヨーロッパのガイドライン¹⁰⁾の基準値と比較すると初期室内状態①はIntermediate域であったが、②～⑥のように条件を変えることにより、真菌、ダニアレルゲン量ともにLow域以下に減少できることを示した。また、平均温度と築年数を共に減らすことにより、真菌はVeryLow域以下、ダニアレルゲン量はLow域以下まで減少することを示した。

8. まとめ

都内保育園における浮遊真菌、ダニアレルゲン量の実測を行い、以

表8 数量化I類に用いたカテゴリとサンプル

アイテム	カテゴリ	サンプル数(個)	
		真菌	ダニ
A	平均温度	1:20-24°C	11
		2:24-28°C	5
		3:28-32°C	10
B	平均相対湿度	1:~62%	15
		2:62%~	11
C	昼寝有無	1:あり	14
		2:なし	12
D	食事有無	1:あり	10
		2:なし	16
E	築年数	1:20年未満	8
		2:20年以上	18
F	換気	1:あり	18
		2:なし	8
G	階数	1:1階	16
		2:2階以上	10
H	窓方位	1:東	6
		2:西	4
		3:南	8
		4:北	8
I	床材	1:ビニール	5
		2:木目タイル	17
		3:絨毯	10
		4:畳	11
J	Ln:落下真菌(DG-18)	1:≤5.5	14
		2:5.5<x≤6.0	15
		3:6.0<	14

図13 真菌のスコア

図14 Der IIのスコア

図15 シミュレーション内容

図16 シミュレーション結果

下の知見を得た。

- (1)浮遊真菌は本実測結果では概ね既往研究²⁷⁾の住宅より低かった。
- (2)ダニアレルゲン量は本実測の結果では既往研究の日本の住宅より低い値を示した。海外の結果と比較すると、本実測の標準偏差が大きく、海外の結果もデータごとの差が大きいため、明らかな差は見られなかった。ヨーロッパのガイドライン値と比較すると、海外の住宅の中央値はLowからIntermediateである。本実測の25%がIntermediate域、75%がLow域以下であった。
- (3)数値化I類を用いて、浮遊真菌とダニアレルゲン量の増加要因を検討した結果、浮遊真菌は築年数、平均相対湿度、食事有無の影響が大きく、ダニは床材、窓方位、平均温度が影響が大きかった。

今後の課題として、①本研究は都内の保育園での結果であり、保育園の基準や対策を考える場合には地域差に関する検討も必要である。②実測が開園時間中だったので、1園1室のみの測定が許可された。室の使用法による違いなど、1園で複数室の測定が必要である。

謝辞

保育園を提供して頂いた行政、保育園関係者に記して感謝の意を表す。

注

- 注1)本研究で用いた「ヨーロッパガイドライン」とは、M. Maroni et al: Air Quality Guidelines for Selected Pollutants, Indoor Air Quality a Comprehensive Reference Book, pp.811-821,1995のTable 34.2とTable 34.3に示されている「A part of the text of this chapter has been derived from ECA (European Collaborative Action) "Indoor Air Quality and its Impact on Man", 1993 Biological Particles in Indoor Environments, Report No.12(EUR 14988EN)」に記載している基準である。「DG-18培地を用いたN6アンダーセン1ステージサンプラーでの測定もしくはmalt extract培地(MEA)を用いてアンダーセン6ステージサンプラーでの測定」とされているので、既往の研究結果²⁷⁾を用いて、本研究で使ったエアサンプラー(BIOサンプラー)の測定値に換算した。
- 注2)同一の保育園においても、時刻、状況等によって、開口部の開閉や空調機による換気方法を使い分けていた。そこで室内状態を統一するため、測定の約30分間のみ、空調機の運転を止め、開口部を閉じた状態で測定を行った。
- 注3)3.2.1で比較に用いた日本建築学会アカデミックスタンダード(AJES-A002-2005)「微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理基準・同解説」に記載されている落下真菌、空中浮遊真菌に関する10年間の実測資料は平均値と変動係数(%)で示されていたため、本実測との比較は平均値と標準偏差(SD)で示す。
- 注4)数値化I類では、各カテゴリに相当するサンプル数が偏らないようなカテゴリ設定が必要となる。温度、相対湿度、築年数等のカテゴリの設定はサンプル数の偏りを考慮するために、任意に設定したものである。

参考文献

- 1)藤野美菜他2名:保育園における真菌・ダニアレルゲン量による空気汚染の実態調査-既往の研究とガイドラインとの比較-日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.981-982, 2005
- 2)藤野美菜他2名:保育園における真菌・ダニアレルゲン量による空気汚染の実態調査, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1637-1641, 2005
- 3)Mochizuki E et al. Field Measurement of Biological Contamination in Nursery Schools in Japan, Proceedings of Indoor Air 2005 I(I) pp.593-602, 2005
- 4)萩原美智子他2名:施設特性と生活拠点-夜間保育所の保育環境に関する研究(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp.149-150, 2002
- 5)厚生労働省:児童福祉施設最低基準, 第5章, 昭和23年施行
- 6)M. Maroni et al: Allergy Associated with Indoor Air Pollution, Indoor Air Quality A Comprehensive Reference Book, pp.139-184, 1995
- 7)東京都アレルギー性疾患対策検討委員会:都におけるアレルギー性疾患対策の在り方 最終報告書-総合的なアレルギー性疾患対策の確立を目指して2001.6
- 8)M. Maroni et al: Allergy Associated with Indoor Air Pollution, Indoor Air Quality A Comprehensive Reference Book, pp.201-206, 1995
- 9)日本建築学会:微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理基準・同解説(AJES-A002-2005), pp.14-22, 2005.1
- 10)A part of the text of this chapter has been derived from ECA (European Collaborative Action) "Indoor Air Quality and its Impact on Man", 1993 Biological Particles in Indoor Environments, Report No.12(EUR 14988EN) (M. Maroni et al: Air Quality Guidelines for Selected Pollutants, Indoor Air Quality a Comprehensive Reference Book, pp.811-821, 1995より)

- 11)菅原文子:建材上のカビの成長速度に与える温湿度の影響, 日本建築学会計画系論文集, 第441号, pp.9-13, 1992.11
- 12)小竿真一郎:高気密住宅での真菌測定 その1 未入居時の季節変化, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.733-734, 1996
- 13)鈴木芳房他2名:住宅の床下空間における温湿度と空中浮遊カビ濃度の測定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.739-740, 1996
- 14)稲田知佳他3名:生活環境における真菌動態の受動型捕集器による解明, 日本防菌防黴学会誌, 第30巻第9号, pp.563-569, 2002
- 15)田中辰明他:集合住宅におけるカビの動態調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.703-704, 1997
- 16)櫻井有紀子他3名:オフィスビル内における真菌動態調査とカビ抵抗性試験, 日本建築学会学術講演梗概集, D-2, pp.753-754, 1998
- 17)柏貴浩他2名:空気調和環境下における病院の真菌動態調査に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1261-1264, 2001
- 18)柏貴浩他2名:空気調和環境下における病院の真菌動態調査に関する研究 その2 築5年の総合病院調査及び新築病院との比較, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1373-1376, 2002
- 19)菅原文子他2名:塵埃中のダニアレルゲン、カビコロニー数のソウル市(韓国)と郡山市(日本)の比較, 日本建築学会計画系論文集, 第482号, pp.35-42, 1996.4
- 20)小峯裕己他2名:住宅内のカビ汚染と防止に関する(その2)換気による室内カビ汚染防止に関する実証調査, 日本建築学会計画系論文集, 第495号, pp.69-76, 1997.5
- 21)阿部恵子:室内空気質に関する問題点と技術対応(その2)カビ汚染の発生原因, 評価法・対策, 建築設備, pp.53-60, 1998.8
- 22)Hiroshi Miyazawa et al.: Seasonal changes in mite allergen (DerI and DerII) concentrations in Japanese homes, Annals of Allergy, Asthma, & Immunology Vol.76, Number.2, pp.170-174, Feb.1996
- 23)篠原史彦他:住宅内ダニアレルゲン評価単位の妥当性に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.833-834, 2003
- 24)安枝浩:ダニの定量法について, アレルギーの臨床, 第13巻第7号, pp.464-467, 1993
- 25)塚原弘泰他2名:住宅におけるカビ・ダニに関する調査研究(その1)現状調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.949-950, 2001
- 26)篠原史彦他2名:住宅におけるカビ・ダニに関する調査研究(その2)季節、温湿度等の影響に関する考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.951-952, 2001
- 27)篠原史彦他:住宅における真菌調査と採取方法に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1381-1384, 2002
- 28)①相原真紀他4名:集合住宅での付着真菌の分布及び分離真菌の発育生理, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1305-1308, 1998
②相原真紀他2名:居住環境にみる付着真菌の月別変動, 日本防菌防黴学会, Vol.28, pp.3-8, 2000
- 29)①中西礼子他3名:地下空間における真菌の動態調査, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1301-1304, 1998
②中西礼子他4名:地下室, 半地下室における真菌の挙動, 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, pp.367-370, 1998
- 30)KS Lee, et al.: A Field Comparison of Method for Enumerating Airborne Fungal Bioaerosols, Proceedings of Indoor air 2002, pp.455-460, 2002
- 31)篠原史彦他4名:空中浮遊菌サンプラーの性能比較実験, 室内環境学会総会講演集, pp.134-137, 2002
- 32)飯野弘明他2名:高気密住宅内空気環境の測定(3)室内空気質について, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1037-1040, 1995
- 33)小竿真一郎:高気密住宅内空気環境の測定(4)室内真菌濃度について, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.957-960, 1996
- 34)小竿真一郎:高気密住宅内空気環境の測定(5)(室内真菌濃度その2), 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.17-20, 1997
- 35)塩津弥佳他2名:ホルムアルデヒド対策を行った単身者用マンションにおけるカビ発生の実態について, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.895-896, 2002
- 36)戸田浩之他3名:オフィスにおける浮遊真菌の実測, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1897-1900, 2003
- 37)柏貴浩他2名:空気調和環境下における病院の真菌実態調査に関する研究その5連続測定による日変動調査, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1625-1628, 2005
- 38)児玉佑希子他:総合病院における真菌季節間変動及び判断基準, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.877-878, 2004
- 39)柳宇他3名:医療施設における室内浮遊微生物に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1917-1930, 2003
- 40)柏貴浩他2名:空気環境下における病院の真菌実態調査に関する研究その3, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1921-1914, 2003
- 41)福永陽他2名:東京都・新潟県の総合病院における真菌の実態調査に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.1909-1912, 2003
- 42)篠原史彦他:住宅内のダニアレルゲンに関する調査研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2, pp.893-894, 2002
- 43)吉川翠他3名:住まいQ&A 室内汚染とアレルギー, 井上書院, pp.109-110, 1999

(2006年4月10日原稿受理, 2006年8月1日採用決定)