

保育園および幼稚園における室内外浮遊真菌の実態調査

A survey on the indoor airborne fungi in nursery school and kindergarten

高橋 ゆかり、李 剛、石倉 卓子、末永 美雪¹

TAKAHASHI Yukari, LI Gang, ISHIKURA Takako, SUENAGA Miyuki

近年、幼児のアレルギー疾患が増加しており、この原因として室内環境中の真菌による影響が懸念される。このため本研究では、幼稚園や保育園における室内真菌濃度のレベルを測定し、幼児の室内浮遊真菌への曝露評価のための基礎資料を得ることを目的として室内外浮遊真菌の調査を実施した。この結果、A保育園室内の浮遊真菌数は、夏季は 90~609 cfu/m³、秋季は 89~340 cfu/m³、冬季は 45~202cfu/m³であった。B幼稚園室内の浮遊真菌数は、秋季は 44~96 cfu/m³、冬季は 37~81 cfu/m³であった。室内浮遊真菌数は、部屋の使用状況によって大きく変動することを認めた。また、0-1 歳児保育室よりも2 歳児保育室の方が、浮遊真菌数が多い傾向が見られた。2歳児は1歳児と比較して部屋の中を活発に動き回るようになるため、空気の対流が生じ空気中を浮遊する真菌数が増加する可能性があると考えられた。

キーワード： 室内空気、浮遊真菌、幼稚園、保育園

1. はじめに

近年、幼児のアレルギー性鼻炎、気管支ぜんそく、過敏性肺炎、アトピー性皮膚炎、じんましんなどのアレルギー疾患が増加している。これらの原因の一つとして、室内の真菌がアレルゲンとなってこのような疾患を引き起こす可能性が指摘されている [1]。特に、室内におけるカビや湿気により0-2歳までのぜんそく症状を有意に増加させることや、3-10歳までのアレルギー性鼻炎を増加させることが報告されている [2]。また、真菌アレルゲンは喘息が難治化することなどが報告されている [2]。

一方、これまで、化学物質などに対するリスク評価はおもに成人を対象としてなされてきたが、幼児の方が化学物質などに対する感受性が高いことが指摘されている [3] [4]。したがって、室内環境汚染物質の曝露評価やリスク評価を実施する場合、幼児を対象とした評価方法が必要であると考えられる。

これまで幼稚園や保育園において室内浮遊真菌数を測定し、幼児が呼吸によってどの程度の真菌を毎日体内に取り込んでいるのかを評価した報告はほとんどない。

そこで、本研究では、幼児の室内浮遊真菌への曝露評価を行うための一資料を得ることを目的とし、富山市内にある幼稚園1園と保育園1園における空気中浮遊真菌実態を調査することとした。

2. 方法

2. 1 対象保育園・幼稚園

富山県富山市内の平野部に位置するA保育園およびB幼稚園で調査を実施した。A保育園は平野部の中ほどに位置し、B幼稚園は海岸からの距離が約8kmと、比較的日本海に近い場所に位置している。A保育園

は築15年の木造建築であり、B幼稚園は築40年の木造建築であった。A保育園は、0-1歳児、2歳児を調査対象とし、この年齢の園児が過ごす時間が長い0-1歳児保育室、2歳児保育室、ホールにおいて試料を採取した。B幼稚園は、4歳児を調査対象とし、この年齢の園児が過ごす4歳児保育室において試料を採取した。いずれも、室内との比較のために、屋外においても試料を採取した。表1に調査の概要を示した。

表1 調査の概要

	園舎	調査時期	調査箇所
A保育園	木造	① 2016/8/25-26	<ul style="list-style-type: none"> ・0-1歳児保育室 ・2歳児保育室 ・遊戯室 ・屋外
		② 2016/11/8-10	
		③ 2016/12/9, 12, 13	
B幼稚園	木造	① 2016/10/11-13	<ul style="list-style-type: none"> ・4歳児保育室 (2室) ・屋外
		② 2017/2/21, 23, 24	

2. 2 試料採取方法

空気中の真菌のサンプリングには、ミニポンプ（柴田科学社製 MP-Σ3）に捕集材（柴田科学社製 マイクロチェックII）を接続し、空気を1分間に1.0Lの流量で4時間以上採取し、1回あたりの採取空気量が約200L以上になるようにした。この際、子どもが触ったりしないよう、床上約1mの直射日光の当たらない場所にポンプを設置した。予備調査により屋外から直接風が吹き込む場所は屋外から流入する菌の影響を受けやすいと考えられたことから、屋外に通じる出入口から少し離れた場所にミニポンプを設置した。試料採取後、捕集材の裏側より培地（柴田科学社製 空中菌用培地真菌酵母）を注入し、捕集材の採取面および裏面にキャップをした後、実験室に持ち帰った。これらの試料をインキュベーター（ヤマト科学社製IS42）に入れ、30℃で48時間培養した後、出現したコロニー数を数えた。

試料採取の開始時と終了時には、デジタル温湿度計を用いて室温および相対湿度を記録した。なお、2017年2月の調査の際には、連続して温度および湿度の計測が可能なデータロガーを使用した。

2. 3 室内外浮遊真菌数の算出方法

室内外浮遊真菌数は、空気 1 m³ 中の真菌数で表すこととし、カウントされたコロニー数から以下の式を用いて算出した。

$$\text{浮遊真菌数 (cfu/m}^3\text{)} = \frac{\text{出現したコロニー数 (個)}}{\text{捕集空気量 (L)}} \times 1000$$

3. 結果と考察

3. 1 気温および相対湿度の測定結果

各保育室における試料採取開始時と終了時の室温および相対湿度の平均値を表2に示した。なお、2017年2月の調査の際には、連続して温度および湿度の計測が可能なデータロガーを使用し、試料採取中の連

続データの平均値を室温および湿度に記した。また、屋外の気温および相対湿度は、気象庁が提供している富山市の過去の気象データの一時間値より試料採取時間中の平均気温と平均相対湿度を算出した [5]。

夏季のA保育園の試料採取時の平均室温は28.3～29.0℃、平均相対湿度は52～68%であった。秋季は平均室温13.9～20.4℃、平均相対湿度52～63%、冬季は平均室温11.8～18.4℃、および平均相対湿度47～72%であった。秋季のB幼稚園の試料採取時の平均室温は18.9～20.9℃、平均相対湿度は61～65%であった。冬季の平均室温は16.9～22.5℃、平均相対湿度は34～53%であった。

真菌が増殖しやすいのは、多くの種で気温が25～30℃の範囲にあるときであり、発育下限となる湿度は、好湿性カビで平衡相対湿度90～100%、耐乾性カビで80～89%、好乾性カビで65～79%であるといわれている [2]。本研究の結果より、夏季は屋外の気温が高いために室内の温度も28℃以上あったが、10月以降は、屋外の気温は低く、室温も20℃前後とカビが増殖しにくい室温であったと考えられる。一方、相対湿度は日によって変動はあり、屋外では天候によっては高い湿度の日も見られたが、室内は比較的カビが増殖しにくい条件であったといえる。特に、2月の調査時は相対湿度が34～53%と低かった。しかし、冬季には、湿度が低い場合には湿度が高い場合よりもインフルエンザウィルスの生存率が高くなってしまふということが報告されているため、湿度は低すぎず、適切な湿度であることがよいと考えられた [6]。

表2 各保育室における温湿度および浮遊真菌数測定

		平均気温 (°C)	平均相 対湿度 (%)	浮遊真菌数 (cfu/m ³)	天候			
A 保 育 園	夏 季	2016/8/24	0-1歳児保育室	30.5	58	266	晴	
		2歳児保育室	28.9	64	414			
		ホール	28.8	63	242			
		屋外	28.8	59	57			
	2016/8/25	0-1歳児保育室	29.0	58	90	晴		
	2歳児保育室	28.3	64	609				
	ホール	28.8	68	549				
	屋外	32.8	52					
	B 幼 稚 園	秋 季	2016/11/8	0-1歳児保育室	20.4	52	114	晴のち薄曇
			2歳児保育室	19.2	60	228		
			ホール	19.5	54	96		
			屋外	20.1	51	18		
2016/11/9		0-1歳児保育室	18.5	59	89	雨		
2歳児保育室		18.9	55	340				
ホール		17.3	57	231				
屋外		7.0	74	21				
2016/11/10		0-1歳児保育室	17.6	61	122	曇		
2歳児保育室		17.0	62	181				
ホール		13.9	63	117				
屋外		9.4	59	12				
B 幼 稚 園	冬 季	2016/12/9	0-1歳児保育室	17.8	63	115	雨後曇	
		2歳児保育室	13.9	63	202			
		ホール	14.6	64	194			
		屋外	9.8	79	18			
	2016/12/12	0-1歳児保育室	18.4	47	85	晴		
	2歳児保育室	14.9	58	196				
	ホール	11.8	70	45				
	屋外	5.2	65	26				
	2016/12/13	0-1歳児保育室	16.0	66	85	雨		
	2歳児保育室	13.8	72	93				
	ホール	14.6	70	74				
	屋外	9.6	78	48				
B 幼 稚 園	秋 季	2016/10/12	4歳児保育室a	19.5	65	96	晴のち曇	
		4歳児保育室b	20.5	65	44			
		屋外	18.2	69	77			
		2016/10/13	4歳児保育室a	21.1	64	59		曇時々晴
	4歳児保育室b	20.9	64	68				
	屋外	17.2	59	21				
	2016/10/14	4歳児保育室a	18.9	63	65	晴		
	4歳児保育室b	19.3	61	58				
	屋外	19.0	50	43				
	冬 季	2017/2/21	4歳児保育室a*	20.1	41		37	曇時々雪
		4歳児保育室b	19.7	41	58			
		屋外	1.8	80	5.2			
2017/2/23		4歳児保育室a*	22.3	41	65	雨		
4歳児保育室b	20.6	53	81					
屋外	9.4	96	92					
2017/2/24	4歳児保育室a*	22.5	34	58	雪時々曇			
4歳児保育室b	16.9	52	58					
屋外	3.7	72	3.0					

* 温湿度の測定にはデータロガーを用いた

* 屋外の温湿度は、気象庁の気象データを記載した

3. 2 室内外浮遊真菌の測定結果

・室内外浮遊真菌濃度

室内外浮遊真菌数を算出した結果を表2に示した。また、この結果をグラフにしたものを図1に示した。なお、8/25の屋外の真菌は、特定のカビがシャーレ全面を覆ってしまったため、カウントしなかった。A保育園室内の浮遊真菌数は、夏季は90 (0-1歳児保育室) ～609 (2歳児保育室) cfu/m³、秋季は89

(0-1歳児保育室) ~340 (2歳児保育室) cfu/m³、冬季は45 (ホール) ~202 (2歳児保育室) cfu/m³であった。B幼稚園室内の浮遊真菌数は、秋季は44~96 cfu/m³、冬季は37~81cfu/m³であった。

これらの結果より、3日連続で同じ場所で空気浮遊真菌を採取しても、浮遊真菌数は測定日によって大きく変動することを認めた。また、A保育園では調査日数は限られており、はっきりしたことは言えないものの、屋外よりも室内の方が浮遊真菌数が多くなる傾向が見られた。B幼稚園でも室内の方が屋外よりも浮遊真菌数が多い日もあったが、12月9日と2月23日は室内よりも屋外の方が浮遊真菌数が多いという結果が得られた。この日は、他の日と比較して風が強かったため [5]、土埃等が舞い上がり空气中的浮遊真菌数が増加した可能性が考えられた。また、A保育園室内の浮遊真菌数は、屋外のそれと比較して夏季で4.2~7.3倍、秋季は4.2~16.1倍、冬季は0.52~11.2倍であった。同様に、B幼稚園のA保育園室内の浮遊真菌数は、屋外のそれと比較して秋季が0.57~3.2倍、冬季が0.71~19.3倍であった。室内と屋外の浮遊真菌数が最も少なかったのは、B幼稚園における秋季の結果であった。この時期は気候がよく、保育時間中、園庭に面した出入口を開放してあったため、十分な換気がなされていたものと考えられた。しかし、室内の方が屋外よりも浮遊真菌数が多かったことから、室内発生源が存在していると考えられた。一方、

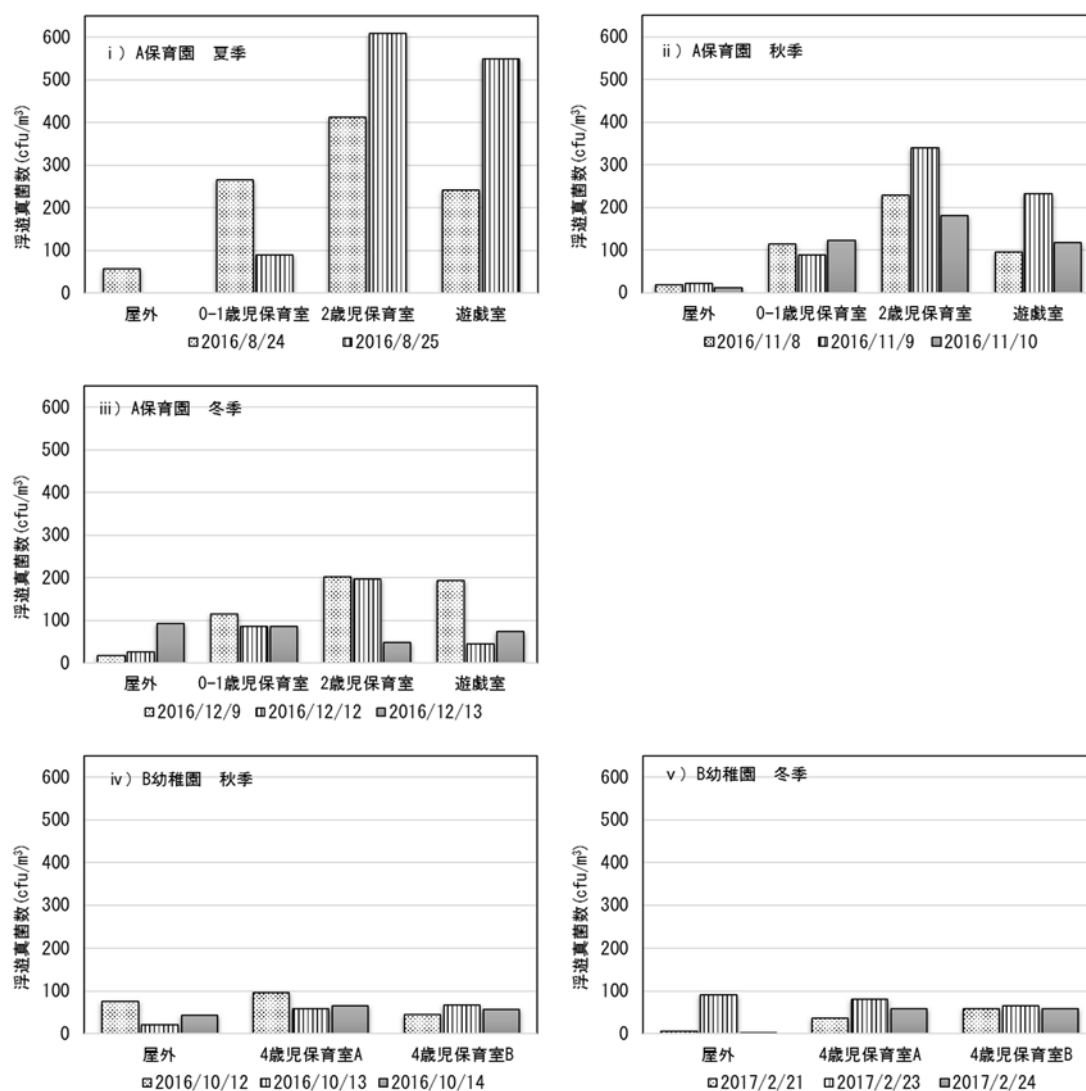


図1 室内外における浮遊真菌数測定結果

A保育園における調査時期は8月、11月、12月であったため、窓を一日中開放して過ごしていたわけではなかった。このため、室内で発生した浮遊真菌が換気によって低減されにくい条件であったと考えられる。

・保育室における浮遊真菌数

A保育園の0-1歳児保育室と2歳児保育室における浮遊真菌数を比較すると、12/13の2歳児保育室以外は、いずれも0-1歳児保育室よりも2歳児保育室の方が、浮遊真菌数が多い結果が得られた。この原因として、部屋の使用状況などが関係している可能性が考えられた。部屋の使用人数は、0-1歳児保育室も2歳児保育室もそれぞれ園児約35名が使用していた。0-1歳児保育室では、座って行う活動が比較的多いが、2歳児になると動作が活発になり、1歳児のときよりも室内を歩き回ったり走ったりする頻度が増える。このため、室内の空気に動きが生じ、粉塵や真菌などが舞い上がりやすい状態になっている可能性が考えられた。

一方、ホールは2歳児から5歳児までの子どもたちが走り回ることが多いが、浮遊真菌数は2歳児保育室と同程度のことも2歳児保育室よりも少ないこともあった。この原因として、一日中使用するわけではないこと、2歳児保育室よりも広いこと、日によって使用状況が異なることなどが考えられた。

室内環境学会が諸環境中の浮遊真菌濃度測定結果から求めた浮遊真菌の濃度範囲は、住宅で30～2000cfu/m³、オフィスで10～200 cfu/m³、社会福祉施設で50～3000 cfu/m³、不特定多数の人が往来する地下街で100～500 cfu/m³である [1]。これらの値と本研究の測定結果を比較すると、A保育園やB幼稚園の室内浮遊真菌濃度は、予想する範囲内であったといえよう。日本建築学会の学校 設計・管理基準では、2000 cfu/m³と定められているが、いずれの測定値もこの基準を大きく下回っていた。今後、実際に幼児が呼吸によって体内に取り込む真菌数を評価することによる曝露評価をすることにより、より詳細な評価ができるものと考えられた。

・幼稚園と保育園の比較

B幼稚園の保育室内の浮遊真菌数は、調査した期間中は、最大で96 cfu/m³であった。データ数が少ないため、はっきりとしたことは言えないが、B幼稚園の保育室の床の大部分はフローリングであり、床の一部分にカーペットが敷かれていた。一方、A保育園もフローリングとカーペットを併用しているが、A保育園の保育室では、毎日午睡が実施されており、布団の上げ下ろし作業が毎日行われる。白井らは、室内の空中ダニアレルゲンを家庭の居間、布団の上げ下ろし時および睡眠中に測定した結果、布団の上げ下ろしをした部屋における浮遊ダニアレルゲンは、居間のその約1000倍であったことを報告している [7]。これにより、布団の上げ下ろしによって室内における浮遊粒子数が増加することが考え、布団に真菌が付着していた場合には、布団の上げ下ろしによってこれらの真菌が室内に浮遊する可能性が考えられた。これを確認するためには、さらに詳細な調査をしていく必要性が考えられた。

・季節変動

2歳児保育室の浮遊真菌数は、11月、12月と比較して8月がもっとも高い結果となった。先に述べたように、カビは温度が25～30℃、相対湿度が65%以上の条件で増殖しやすいことが知られている [2]。本研究で調査を実施した8月は高温多湿であり真菌が増殖しやすい環境下にあったが、11、12月は室温約20℃、

湿度は60%前後であったため、8月と比較してカビが増殖しにくい室内環境であったと考えられる。このため、夏季と比較して秋季や冬季は浮遊真菌数が少なかったものと考えられた。しかしながら、今回の調査によって得られた結果では、まだデータ数が十分ではないと考えられるため、詳細な検討のためにはさらにデータを取得する必要があると考えられた。

4. まとめ

A保育園およびB幼稚園においてカビの実態調査を行った。この結果、室内浮遊真菌数は、部屋の使用状況によって大きく変動することを認めた。また、0-1歳児保育室よりも2歳児保育室の方が、浮遊真菌数が多い傾向が見られた。2歳児は1歳児と比較して部屋の中を活発に動き回れるため、空気の対流が生じ、空気浮遊真菌も増加する可能性があるものと考えられた。室内浮遊真菌数が最も多く検出された夏季の室内で609 cfu/m³であったが、秋季や冬季は、夏季と比較して真菌が繁殖しにくい気温であることから室内浮遊真菌数は夏季よりも低かった。

今回の研究では、カビの同定は行わなかったため、検出された真菌がカビであるか酵母であるかといった分類はしておらず、検出された真菌が人体にとって有害なものであるかどうかの識別は行わなかった。本研究の結果より、夏季は気温や湿度が高く、真菌が増殖しやすい環境であること、日によって空気中の浮遊真菌数は大きく変動することなどから、今後、さらにデータを取得して詳細な検討をしていくことが大切であると考えられた。さらに、幼児が園においてどの程度の浮遊真菌を体内に取り込んでいるかといった評価をしていくことも重要であると考えられた。

謝辞

本研究はJSPS科研費 JP15K00616の助成を受けて実施されました。また、調査にご協力いただきました保育園、幼稚園の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 室内環境学会, 室内環境学概論, 東京電機大学出版局, 2010.
- [2] 室内環境学会微生物分科会, 室内環境における微生物対策, 技報堂出版, 2016.
- [3] 化学物質評価研究機構, 化学物質のリスク評価がわかる本, 丸善出版, 2012.
- [4] 森田健、石光進、森川馨, “子供の健康と化学物質安全性,” *日本衛生学会誌*, 第 巻 60, 第 1, pp. 50-59, 2005.
- [5] 気象庁, “過去の気象データ,” [オンライン]. Available: <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>. [アクセス日: 25 2 2017].
- [6] G.J.HARPER, “Airborne micro-organisms: survival tests with four viruses,” 1961.
- [7] 白井秀治、阪口雅弘, “室内アレルゲンの測定,” *空気清浄*, 第 巻 48, 第 6, p. 17 - 23, 2011.
- [8] 文部科学省, “カビ対策マニュアル 基礎編,” [オンライン]. Available: http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/sonota/003/houkoku/08111918/002.htm.