

検索は1966年より2002年までの情報を対象として行った。

2) 蛍光染色活性解析として、ハウスダストより分離した真菌を対象に、真菌の生細胞と死細胞に対し蛍光色素 FDA, PI の二重染色法による細胞活性の解析を行った。生細胞と死細胞を混合した細胞浮遊液 1ml を 5 μ g/ml (溶剤: DMSO) に調整した FDA および PI をそれぞれ終末濃度 5mM となるよう添加し室温遮光下で 15 分間反応させ、蛍光顕微鏡 (B 励起, 波長: 488nm) で観察した。

さらに市販となっているファンギフローラ Y (製造 (株) バイオメイト) を用いた蛍光簡易測定法を実施した。

3) 水系環境の真菌分布及び感染性疾患と関わりのある真菌の生息として浴室、洗面所、トイレ、台所の各所からスタンプスプレード (日水, ϕ 26mm) を用いてサンプリングした。この調査は 1 年を通して実施し、サンプル総数は 1,870 点であった。スタンプスプレードを回収して 25 $^{\circ}$ C, 7 日間培養し、以後真菌数と同定を行った。

4) 生活環境で具体的な清掃として電気掃除機, 粘着クリーナー, 拭き掃除, 掃き掃除, 空気清浄機を用い, 対象 14 家庭で実施可能な方法で清掃した。それぞれの床材としてタタミ, ジュータン・カーペット, フローリングを対象とした。

真菌除去の確認を清掃による除真菌効果確認試験と, それに空気清浄機による除真菌効果確認試験を行った。

また環境中の空中浮遊菌に対する空気清浄機の除真菌効果を測定した。

C. 研究結果

1) Medline および Science Direct の二文献検索法により検索を行った。Medline では, 居住環境と真菌では 343 件, Science Direct では 125 件であった。Medline で 1996-2000 年では 140 件と最も多かった。居住環境と真菌に, アレルギーまたは感染で検索したところ, Medline および Science Direct ともに, 健康被害の観点から感染よりアレルギーが多い傾向にある。Medline では, 特に 1996 年以降 50 件 (1996-2000), 40 件 (2001-2002) と 1996 年以降急激に研究が進んできた。一方 1996 年以前の 5 年間単位で 21 件 (1991-1995), 7 件 (1986-1990), 1 件 (1981-1985) と遡るほどに少なかった。この傾向は Science Direct でも同様であった。

次に, キーワード「居住環境, 真菌」でヒットし

た文献を, アレルギーを含めた感染性疾患と関わりのある用語で分類した。

項目別に分類したところ, 1966 年から 1995 年頃までは該当する件数は少なく, 1996 年以降急激に件数が多くなってきた。Medline での検索では, アレルギーは 1960 年代 1970 年代ではほとんどなく, その後 1980 年代でわずかながら検索された。さらに 1990 年代になってから増え, 特に 1996 年以降に多くなった。同じく感染については, 1996 年以降ヒットする件数は少ないが, ほとんど変化することなくわずかに報告されている程度であった。

居住環境として健康被害と関連する因子には空気やハウスダストがあるが, 空気に関しては空中浮遊或いは空中落下真菌の報告が主であった。しかし, いずれも件数は少なく 1996 年以降やや多くなりつつある。

さらに真菌の中でどの種が特に健康被害の観点から注目されるか検討した。共通して確認された真菌は *Stachybotrys*, *Aspergillus* であり, 他は *Alternaria*, *Trichoderma*, *Trichosporon* などであったが, 件数は少ないことが分かり, 特に Medline でその傾向を知ることができた。年代別にみたところ, *Stachybotrys*, *Aspergillus* ともに 1996 年以降に多い。他の真菌は著しく少なかった。

2) 蛍光色素 FDA (Fluorescein diacetate), PI (Propidium iodide) を用いた二重染色による真菌細胞の活性解析を行った。ほとんどの菌種において, 生細胞では FDA のみが良好に反応し, 個々の細胞が緑色に強く発光し, また加熱処理をした死細胞では細胞の一部および全体に PI による赤色の発光のみを認めた。また, 多細胞性胞子では FDA, PI の双方に発色する細胞も存在した。

ファンギフローラ Y を用いて明らかにカビ汚染している目地材から汚染部分を取り真菌染色を試みた。この結果から, 顕微鏡では明瞭とならない真菌が, ファンギフローラ Y 染色で明瞭な像として確認できた。真菌汚染菌体は, 多くは菌糸であるが, 胞子でもはっきりと染色された。

3) 水系環境である浴室, 洗面所, トイレ, 台所の真菌についてその分布を把握するとともにその中から感染性疾患との関わりのある日和見感染性真菌を検索した。

水系環境器材から採取し真菌測定を行ったところ, 浴室, 洗面所, トイレ, 台所ともに主要真菌のほとんどは, *Cladosporium*, *Rhodotorula* 及びその他の酵母が多くを占めていた。こうした真菌は, 生態的

にも水系を好む真菌であるが、どの程度の頻度で分布しているかこの調査から分かった。特に *Cladosporium* はほとんどの箇所で 40%前後と高く汚染しているものといえた。また感染性真菌の出現は、黒色系真菌である *Aureobasidium*, *Alternaria*, *Cladosporium* などがあるが、これらはすべて感染性の高い真菌に関連するとはいえない。

さらに、今までの調査から居住環境の真菌分布を調べた結果を好湿性真菌、耐乾性真菌、好乾性真菌としてまとめたが、環境とその環境に占める真菌とは相関した。

4) 生活環境での具体的な清掃方法でその除真菌効果を検討した。

電気掃除機による除真菌効果についてタタミ、ジュタン・カーペット、フローリング環境の清掃を 5 家庭で行った。この結果から、掃除前に比べ掃除後の方が著しく真菌数が減少していることがわかった。

粘着クリーナーを用いて 1 m² を除塵および除真菌試験を 5 家庭で行ったところ、掃除機に比べて弱いものの、この方法でもその効果は有効と思われた。

箒による掃き掃除前・後を 4 家庭で実施したところいずれの対象場所で除真菌効果を認めた。

除塵前後での清掃により、真菌分布がどのように変化するか対象場所別にまとめた。タタミ、ジュタン・カーペットおよびフローリングとも *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* (特に *A. restrictus*), *Wallemia* が除真菌処理にかかわらず共通して多かった。

生活環境 14 家庭について空気清浄機の除真菌効果を検討した。清浄機使用前に比べ使用後での空中真菌数は明らかに減少することがわかった。

同一環境で清浄機作動条件を決め一定期間測定することで空気清浄機の除菌効果を評価した。

測定期間を最も真菌数が多くなる 6 月 ~ 9 月と逆に真菌数の少ない 10 月 ~ 1 月の 2 シーズンにわたり測定した。測定場所は、和室 (10 畳), 洋室 (6 畳), 洋室 (8 畳) の 3 ヶ所であり、各室の大きさに合わせた性能を有す 3 社の空気清浄機を使用した。その結果、真菌数の多くなる 6 月 6 日 ~ 9 月 23 日での真菌数は明瞭に作動前後で差が確認された。

空気清浄機の作動により真菌数が減少し、主要真菌である *Cladosporium*, *Penicillium* も減少した。さらに真菌数の少ない 11 月 17 日 ~ 1 月 17 日までの期間清浄機を同一条件で作動した結果をみても作動前に真菌数は 6 ~ 9 月にくらべ少ないが、

それでも真菌数は明らかに減少していることがわかった。

D. 考察

居住環境に分布する真菌による健康被害に関する問題は、近年特に住環境整備の観点から見直しされてきている。また、日本のように住宅構造上の問題とあわせて居住環境の快適空間を維持するための対策も必要となる。そのための研究課題として開始したが、居住環境に起因する多種多様な感染性疾患は多い。

そこで、本研究では、まず居住環境と感染性因子について文献検索をして、その実態を把握することとした。

項目別に分類すると、アレルギーと関連する文献が最も多く、その傾向は 1996 年以降であり、それ以前での真菌とアレルギーの関連性認識は低いか、またはそれほど問題視されていないかである。1996 年以降に急速に関係論文が多くなってきた理由として、居住環境の空気質が健康に影響を及ぼすことが認識されるようになってきたからと思われる。また、真菌が重視されるようになってきたのは、他のアレルギーであるダニ、ハウスダストとの関係や近年ある特定の真菌による乳幼児肺出血、さらに毒性を有す真菌による中毒も認識されるようになってきたからと思われる。

真菌についてみると感染性の強い皮膚糸状菌より住環境に普遍的分布をとるいわゆる腐生真菌がアレルギーとして注目されてきている。例えば、*Stachybotrys* は腐生真菌であり、土壌、植物を介して空中に浮遊、住構造物に付着し、条件が整えば容易に発育する真菌であるが、近年、乳幼児の肺出血原因真菌として注目されている。その因果関係を研究した論文が主に米国を中心に報告されている。

Aspergillus, *Penicillium*, *Cladosporium* 等の真菌は空中、ハウスダストや住構造物での生息は普遍的であり、汚染原因真菌ともなり、むしろこの種による健康被害が心配される。

また、過敏性肺臓炎の原因真菌として *Cryptococcus*, *Trichosporon* 等が挙げられるが、現在国内での詳細な情報はほとんど知られていない。つまり、今回の文献検索においても居住環境での真菌の関与はその情報が依然として少ない。したがって、今後は臨床と菌学がより緊密に連携を取りながら研究を進めていく必要がある。この研究を進めるにあたり、1) 居住環境に存在する真菌を知り、健康

被害を及ぼすであろう原因真菌にどのようなものがあるかを明らかにする。2) 具体的にどのような環境改善や対策をすれば予防や罹患率を低下させることができるか検討することが重要である。

このような研究は、感染症学・アレルギー学に限らず、菌学や建築学を含めた超領域的な研究が期待される。建築衛生学的観点から、健康で快適な居住環境の維持管理法が確立することで、国民の健康の向上に大きく貢献するものと考えられる。

欧米では、Indoor Air Quality (IAQ)が医学、公衆衛生学の研究領域として確立しつつある。日本では、IAQ と健康被害をもたらす真菌について、特に *Stachybotrys chartarum* やマイコトキシン産生真菌である *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* などの居住環境分布についてはまだ研究が不十分であり、この領域についてさらなる研究が必要である。また、一般の居住環境を焦点にした国内での研究も非常に少ない。平成 14 年 7 月の「建築物衛生管理検討会」報告書、および室内ダクトにみる微生物汚染情報においても、真菌を含めた微生物による IAQ が議論され、今後調査研究する必要性が指摘されている。

今後の課題として、居住環境から分離される真菌同定を行い、アレルギー性や感染性について検討する必要がある。居住環境中の真菌による健康被害が疑われた場合、患者から分離された病原体と環境由来の病原体の同一性について解析する。さらに、環境からの真菌を簡便かつ迅速に検出する目的で、抗原検出法や PCR 法などの臨床用キットの応用、そのための検体の処理法について検討せねばならない。真菌関連喘息患者の背景因子などの検討、真菌アレルギーの精製・分析と精製アレルギーを用いた病態機序の検討を行うなど研究せねばならないことが山積している。

文献検索から明らかなように、国外では注目されているが国内では検討されていない居住環境に由来する真菌の実態調査および病原性について、特に *Stachybotrys chartarum* の発育環境の研究を行うことも必要である。

環境に生息する真菌は、必ずしも発育性の高い種が多いとはいえない。中には不活化して死細胞として環境に存在している量がかかなり多くを占めることが想像される。その場合は明らかに培養では正確な数値が得られることはなく、培養法以外に頼らざるを得ない。そこで簡易で迅速に測定できる技術確立することが重要である。ここでは蛍光染色法による測定技術を評価した。蛍光染色として FDA, PI と

もに真菌に対して良好な染色性を示し細胞全体が強く発光した。すなわち、生細胞では細胞の代謝活性が高いことを示しており、また死細胞では活性の高い細胞を急速に細胞死させたため、細胞質中に蓄積した RNA と PI が結合し細胞全体が赤色に強く発光したと考えられる。一方、自然環境下に近似した状態を想定した長期放置真菌では FDA, PI ともに染色性や発光強度が低下する傾向にあった。また FDA, PI ともに染色されない細胞も認められた。本法のハウスダスト中の真菌への応用では夾雑物等による非特異的発光が認められたが、真菌細胞が明瞭に発色していることから本法の適用が可能であると考えられ、今後この研究を予定している。環境中に長期存在している真菌やハウスダスト中の真菌に対しては、真菌の形態および代謝に対する初歩的専門知識が必要ではあるが、本法の真菌細胞の活性解析への適用は可能であると思われる。

また同様に実施したファンギフローラ Y による蛍光染色法は、先の 2 重蛍光染色法をさらに改良して、真菌細胞のみを生死細胞に関わりなく検出する技術である。この方法は簡易でありかつ迅速に処理できることから、今後さらに検討してみる必要がある。また汚染真菌は、黒色系の *Cladosporium* であり、染色性の悪いとされる真菌でもこのような蛍光性を示したことから環境に生息する白色系、緑色系真菌にも応用が十分可能である。

次に、居住環境にみる真菌を特に水系に限って調査してみた。すなわち、水系環境は真菌にとって汚染するには都合の良い環境であり、しかも容易に汚染する場でもある。真菌の多くは水系に生息する種であり、中には感染性の強い仲間も存在している。そのため、水系での真菌は感染性を含めアレルギーの観点からも重視する環境性真菌である。水系にみる真菌で感染性の高い *Aureobasidium* は高頻度で検出した。また、さらに調査が進むと詳しく解析できるであろうが、黒色系真菌がある程度の割合で検出されるものといえ水系環境でも特定部位で検証する必要がある。

生活環境にみる有害真菌の具体的制御を 5 通りの清掃をすることにより、減少させることが可能か検討し、その有効性について検討した。

電気掃除機を用いてタタミ、ジュタン・カーペット、フローリング環境の清掃を 5 家庭で行い、掃除前に比べ掃除後の方が明らかに真菌数が減少していることがわかった。掃除機を用いることにより、対象場所はどのようなものであれ、除真菌効果のあ

ることは明らかとなり、掃除をすることの重要性が指摘されかつ具体的除真菌に有効といえた。

除塵前後での清掃により、特に汚染性の強い *Cladosporium*、*Penicillium* は生活環境のダストに主要であり、また空中飛散性も強い。したがってこの 2 種真菌は掃除前後でともに多いことからどのように制御したらよいか今後の課題といえる。一方では、空中飛散した真菌をどのように制御したらよいか検討する必要もあり、空気清浄機の有用性が議論される。

空気清浄機の除真菌効果を検討したところ、使用後の真菌数は、減少傾向にある。空気清浄機の使用による真菌数減少には、家庭差はあるものの環境に浮遊する真菌除去に有効な対策と考えられた。さらに、同一環境で清浄機作動条件を決め一定期間測定することで空気清浄機の除菌効果を評価したところ、空気清浄機の作動により真菌数が減少し、必然的に主要真菌である *Cladosporium*、*Penicillium* も減少した。空気清浄機による除真菌効果が確認され、このことは空中の塵埃も減少させているものと思われる具体的な真菌除去に有効な方法といえた。また清浄機作動時間については詳しく検討していないことからより効率のよい作動時間と空間について今後検証する必要がある。

E. 結論

居住環境にみる真菌とその健康被害の観点から文献検索を Medline, Science Direct で行った。キーワードとして居住環境, 真菌, アレルギー, 感染の組み合わせで検索し, 343 件ヒットした。そのうち感染, アレルギーに関連した文献は 38~127 件であった。これらの文献を 1966 年から 5 年単位でみると明らかに最近での報告数が多くなっている。また, 居住環境の真菌と健康被害に関する用語別に分類したところ, 空気質, ハウスダストおよび生活環境に普遍的な真菌が関与しているものと結論された。

居住環境中の真菌量や分布の測定法は従来から培養によって実施されてきた。しかし, 真菌の測定を簡易かつ迅速に実施できる方法があれば居住環境の真菌測定は比較的円滑に進む。そこで本研究の一つとして, 真菌の迅速かつ簡易な手法の評価を二重蛍光染色法及び市販ファンギフローラ Y による蛍光測定から良好な結果が得られた。

また, 感染性疾患との関わりから水系環境中の真菌の動態を把握した。感染性疾患と真菌との関わりの観点から日和見感染性真菌の水系環境での分布を

詳しく調査したところ, 居住環境の中でも湿性な環境である環境は特異な真菌生態を有していることがわかった。

生活環境にみる真菌の具体的除去対策をタタミ, ジュータン・カーペット, フローリングおよび空中環境を対象にして行った。除塵ならびに除真菌法として, 掃除機, 粘着クリーナー, 拭き・掃き掃除, 空気清浄器で比較したところ, 特に除真菌効果の高い掃除方法は, 掃除機ならびに空気清浄機の使用であった。

F. 健康危険情報

居住環境にみる健康被害について真菌をキーワードとして文献検索を行った。その情報をまとめると, 真菌による被害はまだ明確にされていないが, 少なくとも健康被害の重要な要因となっており, 今後はこうした情報を詳細に検討するとともに, 居住環境における真菌制御に関する研究を進める必要がある。

居住環境にみる真菌の検索を検討したところ, 感染性に関わりのある真菌がみいだされ, こうした真菌の生息性をさらに把握する必要がある。ヒトの健康被害について真菌は居住環境で主にアレルゲンとしての観点から捉えられるが, 同環境でも水系環境は特に感染性の視点に立って調査する必要もある。今年度の報告からの情報をまとめると, 真菌による被害はまだ明確になっていない部分も多々あるが, 少なくとも健康被害の重要な要因となっており, こうした情報を詳細に検討するとともに, 居住環境における真菌制御に関する研究を進める必要がある。

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 土肥友恵, 田中辰明, 李憲俊, 相原真紀, 高鳥浩介 住環境由来真菌の建築資材等基質への付着および初期発育 防菌防黴 31(6): 319-322 (2003)
- 2) 高鳥浩介, 相原真紀 住環境と真菌アレルゲン 健康創造研究会誌 2(1): 27-34 (2003)
- 3) 高鳥浩介, 相原真紀 家庭環境と防菌防黴, 防菌防黴 31: 663-667(2003)
- 4) Jong Chul Park, Bong Joo Park, Dong Wook Han, Dong Hee Lee, In-Seop Lee, Soon O. Hyun, Moon Sung Chun, Kie Hyung Chung, Maki Aihara and Kosuke Takatori Fungal sterilization using microwave-induced argon plasma at

- atmospheric pressure J. Microbiol. Biotechnol. 14(1) 188-192. (2004)
- 5) Tatsuaki Tanaka, Kosuke Takatori und Tomoe Doi Untersuchung des Einflusses von Licht auf die Entwicklung von Schimmelpilzen Gesund-Ingenieur-Haustechnik- Bauphysik-Umwelttechnik 125:142-145 (2004)
 - 6) 高鳥浩介、相原真紀、李憲俊 室内環境とカビ 静電気学会誌 28(3):167-170 (2004)
 - 7) Ara Katsutosi, M. Aihara, M Ojima, Y. Toshima, C.Yabune, H. Tokuda, S. Kawai, N. Ueda, T.Tanaka, K. Akiyama and K. Takatori: Survey of fungal contamination in ordinary houses in Japan. Allergology Intnatl.,53: 369-377 (2004)
 - 8) B. J. Park, S. C. Kim, D. H. Lee, H. J. Son, K. C. Nam, K. Takatori, M. Aihara and J.-C. Park : Computer-Assisted Image Processing Techniques for Quantitative Analysis of Cell Migrations on Collagen-Coated Glass., Key Engineering Materials Vols., 288-289 : pp. 503-506 (2005)
 - 9) D. H. Lee, D.-W. Han, B. J. Park, H. S. Baek, K. Takatori, M. Aihara, K. Tsubaki and J.-C. Park : The Influences of β -Glucan Associated with BMP-7 on MC3T3-E1 Proliferation and Osteogenic Differentiation., Key Engineering Materials Vols., 228-289 : pp. 241-244(2005)

2. 学会発表

- 1) 日本医真菌学会 (平成 14-16 年度)
一般演題および教育講演
- 2) 日本アレルギー学会 (平成 14-16 年度)
一般演題および教育講演
- 3) 日本防菌防黴学会 (平成 14-16 年度)
一般演題
- 4) UJNR 日米有毒微生物専門部会 (平成 15-16 年度)

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 なし

厚生労働科学研究費補助金

分担研究「室内空気環境における微生物挙動のシミュレーション」報告書

分担研究者 藤井 修二 東京工業大学教授

研究グループ： 諏訪好英（東京工業大学客員助教授）

西岡利晃（大阪市立大学教授）

鍵直樹（国立保健医療科学院）

研究要旨

数値シミュレーション技術を適用し、咳による微生物粒子の放出・拡散・輸送過程の把握、強制換気された居室における浮遊生物の微粒子挙動、および変動風吹き出しによる室内換気性能の向上と微生物排除性能向上の検討を試みた。また微生物育成条件に大きく関連する建材表面での水分挙動について実験的検討を行った。その結果、粒径 $10\mu\text{m}$ の大粒径微生物粒子の挙動には重力沈降が支配的で、沈着によって室内に残存すること、粒径 $1\mu\text{m}$ 以下の微生物の拡散・輸送段階においては室内気流や換気状況が大きく関与し、換気状態が十分でないと室外に排出されにくいことなどがわかった。また建材表面での微生物育成環境に関しては、建材選定方法や水分環境の制御が重要であることがわかった。

A. 研究目的

SARS、インフルエンザをはじめとするウイルス、結核菌などによる室内での微生物汚染の問題が顕在化している。微生物の感染経路には様々なものが考えられるが、その屋内空間における挙動は十分に把握されていない。本研究では、強制換気を有する居室を対象に室内における浮遊微生物の挙

動を数値解析し、居室内での微生物の残存、除去特性を把握することを目的としている。図 1 に本研究の流れを示す。

微生物の多くは咳やくしゃみによってミストとして保菌者の体内から放出されたり、人間の生活活動により巻き上げられたりして、屋内に空気中浮遊微粒子として存在するものと考えられる。このため、室内における微生物粒子の拡散挙動には、室内の気流条件が大きく関与するものと考えられる。本研究では数値シミュレーション技術を適用し、咳による微生物粒子の放出・拡散・輸送過程や強制換気された居室における微生物粒子挙動の把握、変動風吹き出しによる室内換気性能の向上と微生物排除性能向上の検討を試みた。一方、内壁や床に沈着した微生物の生育条件としては、建材表面の水分が重要な役割を果たすものと考えられる。近年、建築物が高断熱・高气密化してきたことに伴って、屋内表面の水分挙動の把握も重要となってきている。本研究では、屋内空気による

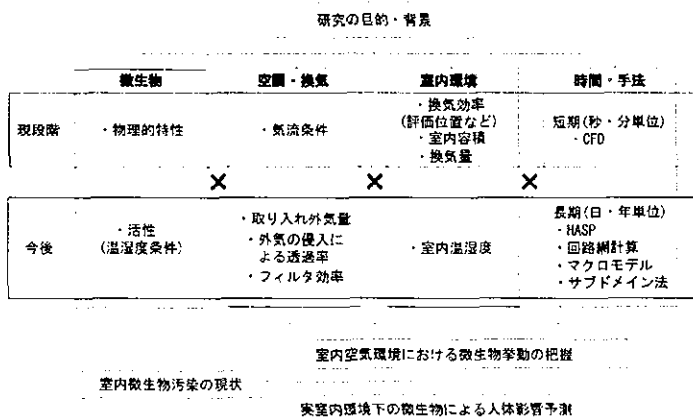


図 1. 研究の概要

表1. 本研究で拡散挙動解析の対象とした微生物粒子

種類	主な微生物	症状	大きさ(μm)
真菌	<i>Malassezia furfur</i>	アトピー性皮膚炎	4
細菌	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	結核	1~4
	<i>Mycoplasma</i>	肺炎	0.4
Virus	<i>Measles Virus</i>	麻疹	0.25
	SARS-CoV	SARS(重症急性呼吸器症候群)	0.08~0.16
	<i>Influenza Virus</i>	風邪	0.08~0.16

微生物の拡散挙動および微生物育成条件として、建材表面の水分挙動についても実験的に検討し、シミュレーションのための基礎データの取得を行うこととした。

B. 研究方法

B-1 数値シミュレーション

浮遊微生物は、主に真菌、細菌、ウイルスに分類される。室内気相中での微生物粒子の拡散挙動については物理的なものに限ることとし、単位密度球形粒子を仮定することとした。本研究で拡散挙動解析の対象とした微生物粒子を表1に示す。これらの微生物粒子は、サブミクロンから数ミクロンの粒径範囲にあり、屋内で観測される非生物由来の空気中浮遊微粒子に対し同等な大きさである。これらの微生物粒子は、空気中浮遊微粒子に付着して浮遊するのではなく、むしろ単体に近い状態で存在していると考えられる。

図2は、粒径0.01~100 μm の粒子についての沈降速度(V_t)、緩和時間(T_t)および分子拡散による1秒間の平均二乗平方変位(X_{bn})を示したものである。微生物粒子の粒径範囲にある粒子は沈降速度が極めて小さく空気中に浮遊しやすいこと、緩和時間が短いため、周囲の気流に乗って輸送されやすいことなどが理解できる。また図には分子拡散による平均二乗平方変位と乱流による平均二乗平方変位 (10^{-2} ~1cm/s: 粒径によらない) とを比較して示したが、0.01 μm 以上のいずれの粒径範囲においても乱流拡散が分子拡散よりも卓越している

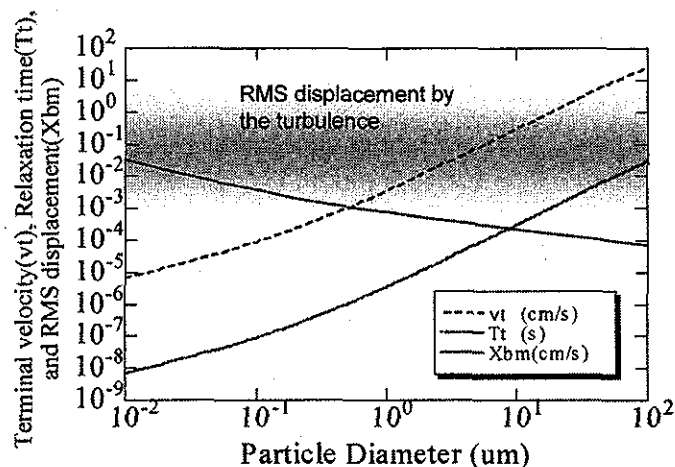


図2. 微粒子の沈降速度(V_t)、緩和時間(T_t)および分子拡散による1秒間の平均二乗平方変位(X_{bn})

ことがわかる。以上のことから、室内空間レベルでは微粒子は気流によく追従すること、特に乱流による輸送・拡散現象が支配的であることがわかる。

本研究では、居室内の微生物拡散状態の時間平均的現象を検討する手法として標準 $k-\epsilon$ 乱流モデルによる気流シミュレーションおよびこれに基づく空気齢、空気余命分布の解析、ラグランジュ法による粒子追跡を適用した。一方、咳による保菌者からの微生物放出挙動や変動風吹き出しによる効果など非定常現象を検討する手法として Smagorinsky モデルによる LES (Large Eddy Simulation) を用いた。本手法は、高レイノルズ数の乱流中の非定常なふるまいを高精度に再現できるシミュレーション手法として知られている。

B-2 建材表面の水分挙動に関する実験的検討

建材表面の水分挙動に関しては、チャンバ実験を行った。本装置は、乾燥空気と加湿空気との混合によりチャンバ内に任意の湿度制御を行うもので、4種類、計29個の試験体(表面以外をフィルムで覆い遮断したもの)をチャンバ内に設置した状態で、吸湿、放湿過程における建材表面の水分挙動を再現した。試験体の含水量は精密天秤による重量測定の結果から、また試験体表面の水分量はFT-IR(フーリエ変換赤外分光法)により評価した。水分子中のO-H結合部に対応する波数領域 3440cm^{-1} 付近の吸光度(absorbance)は、試験体表面の水分量とある程度相関することが既往の研究によりわかっている。ただし表面水分量とFT-IRのO-H結合部に対する吸光度との関係が明確にされているわけではないため、本研究では表面水分量を表す指標としてFT-IRによる測定値そのものを用いることとした。

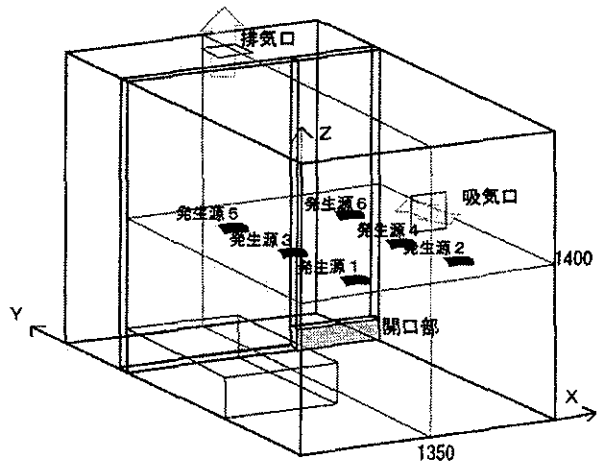


図3. 強制換気された居室の解析対象モデル

C. 研究結果

C-1 強制換気された居室における微生物粒子挙動

数値シミュレーションにより図3に示すような居室における微生物粒子の拡散挙動を解析した。対象室は $2700 \times 3600 \times 2800\text{mm}$ の居室と $2700 \times 1200 \times 2800\text{mm}$ の廊下から構成され、居室と廊下間のドア下部には $200 \times 900\text{mm}$ ガラーを模擬した開口部を想定した。居室の外壁側に給気口、廊下の天井中央部にレターン口を設置し、居室内に換気回数0.5回/hの強制換気を行うものとした。

気流シミュレーションの結果、居室内のいずれの断面においても大きな旋回流を生じることがわかった。またその結果をもとに、居室内各部の空気齢(各部の空気塊が室内に供給されてから経過した平均的な時間)、空気余命(各部の空気塊が室外に排出されるまでに要する平均的な時間)の分布を求め、その累積出現頻度分布を集計した。結果を図4に示す。なお、図には図3で想定した6

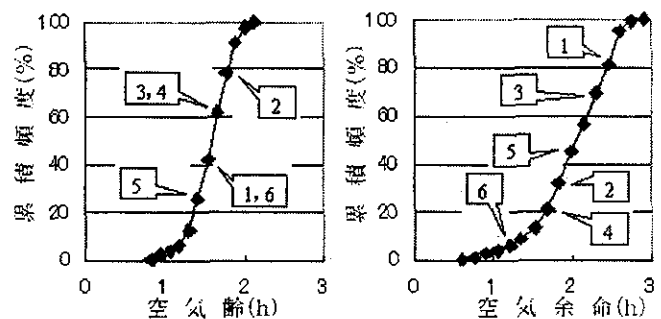


図4. 空気齢、空気余命の累積頻度分布

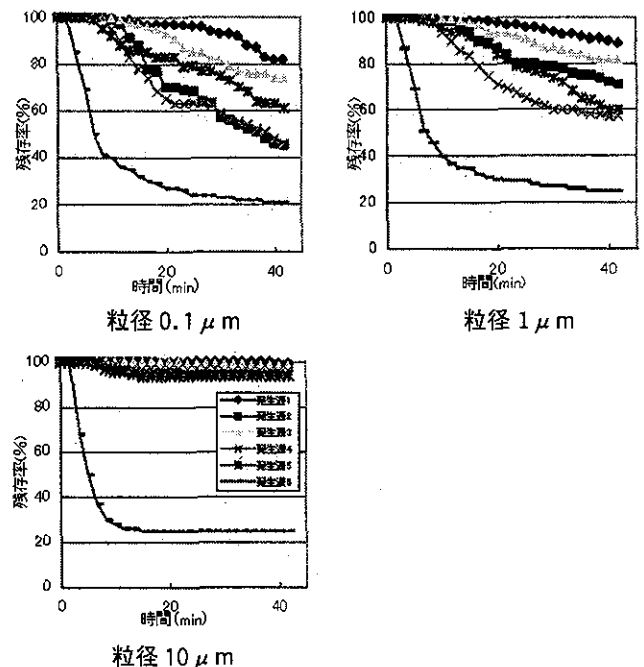


図5. 粒径ごとの室内残存率時間変化

カ所の粒子発生源に相当する箇所の空気齢、空気余命を併記した。空気齢の分布から、給気口から流入した空気はまず発生源 5 の位置に到達し、続いて発生源 1, 6、発生源 3, 4 の順に到達し、発生源 2 には最後に到達するものと考えられる。また空気齢の値が大きい室内中央の発生源 3, 4 では、旋回流の影響で換気されにくい状態となっていることがわかった。

図 5 は、図 3 で想定した 6 カ所の粒子発生源にそれぞれ粒径 $0.1\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ の微生物粒子を発生した場合の拡散挙動をラグランジュ法で追跡したときの、居室内における微粒子残存率（浮遊粒子、沈着粒子を含む）の時間変化を示したものである。同一粒径の粒子でも発生源により傾向が大きく異なる場合も認められるが、概して粒径の大きな粒子ほど残存率が大きくなっている。これは重力沈降や沈着により室内に残存する粒子が多く存在することを示すものと考えられる。粒子発生開始から 40 分経過した時点での $10\mu\text{m}$ 粒子の残存率は、発生源 6 の場合を除き 90% 以上であった。

一方、粒径 $1\mu\text{m}$ 以下の粒子についても初期 10 分程度までは、ほとんど室外に排出されず居室中に存在する上、40 分経過後もかなりの数の粒子が室内に残存することがわかった。

図 6 に粒子発生 30 分後の残存率を粒径別、発生源別に比較した結果を示す。粒径により残存率には違いがあるが、それ以上に発生源位置の影響が大きいことがわかる。特に発生源 1 ではいずれの粒径についても残存率 90%、最も残存率の小さい発生源 6 でも 20% 以上の粒子が室内に残存していることから、一般居室において発生した微粒子は、30 分程度の換気時間で完全には除去されないと判断できる。

図 7 に各発生源近傍の空気余命と粒子の残存率の関係を示す。粒径 0.1 、 $1\mu\text{m}$ の粒子については、発生源近傍の空気余命と粒子の残存率がよい相関を示しており、換気により粒子がある程度効果的

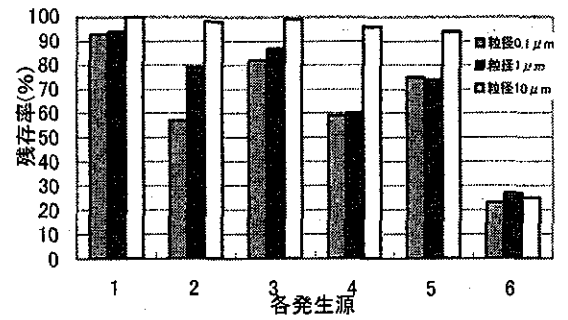


図 6. 30 分後の微粒子残存率

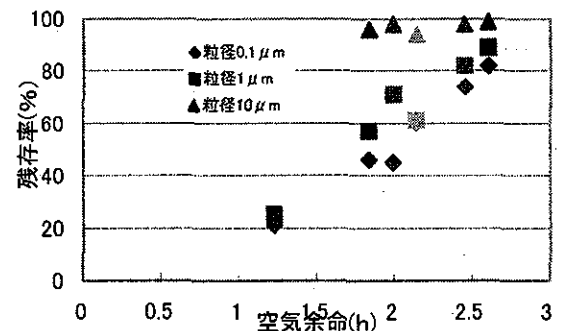


図 7. 空気余命と微粒子残存率との関係

に排出されることがわかる。一方、粒径 $10\mu\text{m}$ の粒子は、発生源近傍の空気余命に関わらず高い残存率を示しており、換気によって除去されない重力沈降などがその挙動に支配的であることが推測される。*Malassezia furfur* や、一部の *Mycobacterium tuberculosis* は比較的大きな粒径であることから、このような微粒子に対しては換気以外の効果的な除去方法を考える必要があると考えられる。

C-2 咳による微生物の放出状況

咳などによって保菌者から空气中に放出された微生物は、空气中浮遊微粒子として室内に拡散し、空気感染を引き起こすものと考えられる。咳により放出された微生物は、唾液によるミストの形態をとるものと考えられる。このうち粒径数十 μm 以上の大きな粒子は比較的遠くまで飛散するが、指向性も強く、限られた範囲の物体表面や床に衝突沈着する。一方、粒径数 μm 以下の小さな粒子は咳により放出された後、空气中に拡散し、浮遊

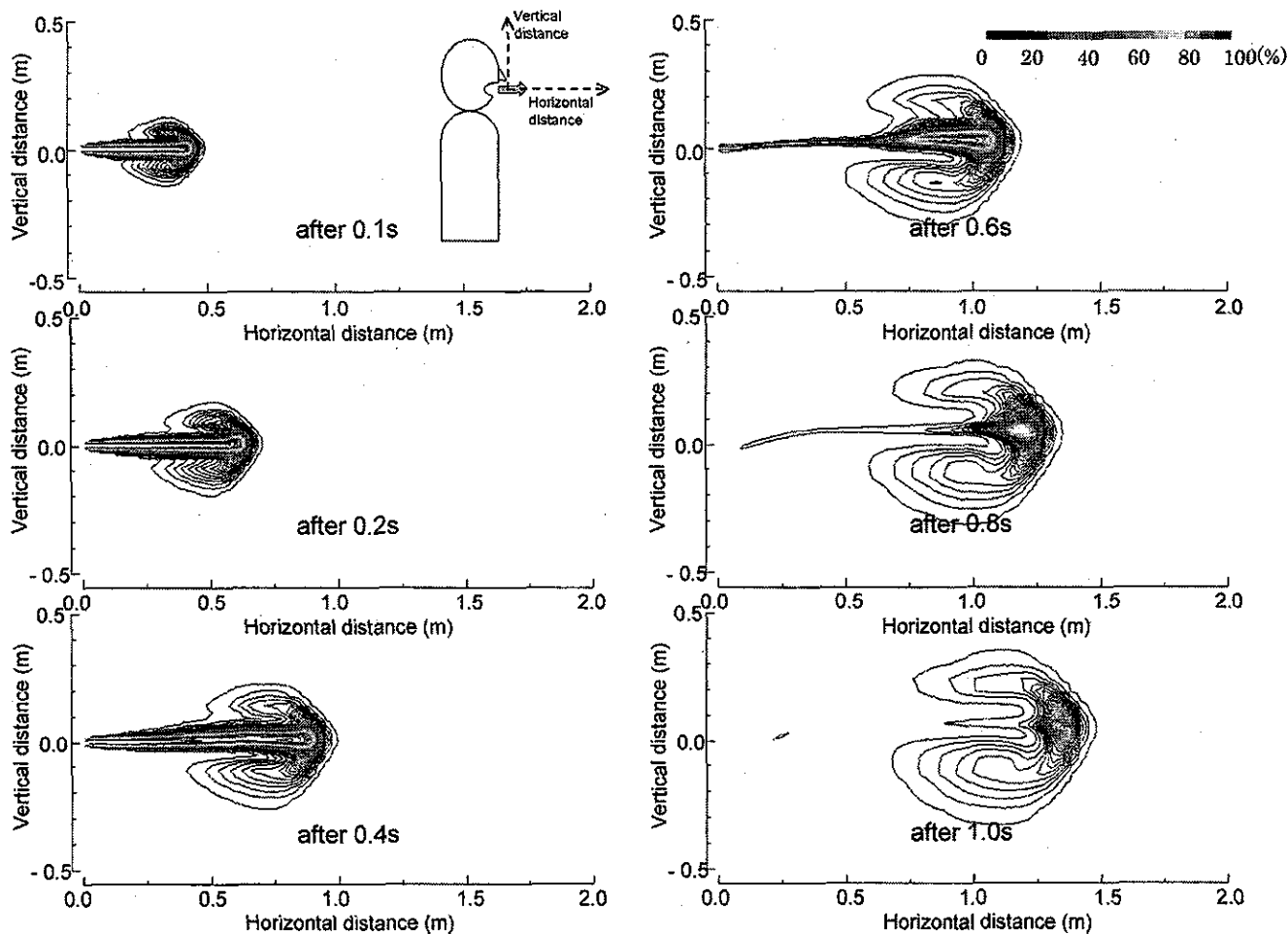


図8. 咳により静止空気中に放出された粒径 $10\mu\text{m}$ 微粒子の挙動に関する数値シミュレーション

微粒子として室内の広い範囲に輸送される可能性がある。

咳により静止空気中に放出された粒径 $10\mu\text{m}$ 微粒子の挙動について数値シミュレーションを実施した。シミュレーションでは、咳により口から放出される空気を中心軸上の速度を 22m/s (咽部において円管内乱流の速度分布を想定)、放出持続時間を 0.5m/s と仮定し、放出された微粒子濃度分布の時間変化を追跡した。結果を図8に示す。咳により放出されたミストを含む空気は、静止空気との衝突により先端部に渦流を形成しながら進行し、やがて速度を失いながら渦流部分のみが空間的に広がっていく。シミュレーションの結果、咳を開始してから1秒後には、渦流先端位置の軸方向

距離 1.5m に対し渦流による拡散幅は約 80cm であった。咳により放出された微生物は、渦流の形成、輸送に伴って慣性力を失いながら拡散し、さらに室内気流によって広い範囲に輸送されるものと考えられる。

C-3 変動風による屋内換気

室内に拡散した微生物粒子を速やかに除去するためには、効果的な換気を行う必要がある。強制換気を行う室内空間でも、部屋の隅などによどみを形成しやすく、供給した新鮮空気がショートサーキットして効果的な換気を実現できない場合が多い。吹き出し口の首振りや間欠吹き出しなどの変動風を採用すると、定常吹き出しの場合に比べ

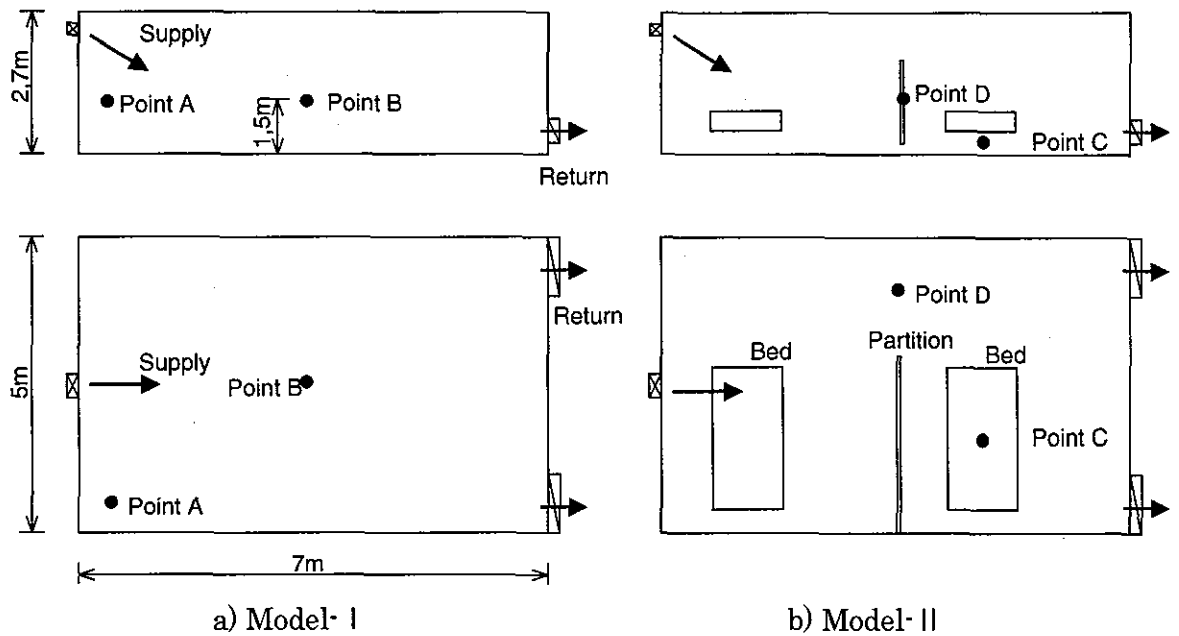


図9. 変動風による屋内換気解析の対象と微粒子濃度の評価点位置

室内空気の攪拌効果が期待でき、換気性能の改善がはかれるものと考えられる。数値シミュレーションにより変動風による換気性能改善の可能性を検討した。対象とした室内モデルおよび微粒子濃度の評価点位置を図9に、想定した吹き出し条件を表2にそれぞれ示す。なお初期条件として室内に一樣に粒径 $1\mu\text{m}$ の微粒子が存在する状態を想定し、吹き出し口から濃度0の新鮮空気が供給された場合について非定常解析を行った。また換気量は換気回数5回/hに相当するものとし、すべての条件について平均的な換気量を一致させた。

運転開始後1,000秒経過するまでの、各ケースにおける室内平均濃度および評価点A、Bにおける微粒子濃度の時間変化を図10に示す(濃度はすべて初期値で正規化して示した)。

定常吹き出しを想定したCase0の場合、吹き出し口直下のA点における濃度減衰が遅く、1,000秒経過後の室内平均濃度も0.3を超えていた。これに対し、変動風を適用したCase1~3では室内各部の濃度減衰速度に大きなばらつきがなく、1,000秒経過後の室内平均濃度は0.2以下となることがわかった。

表2. 想定した吹き出し条件

	モデル	設定条件
Case 0	Type-I	定常吹き出し, 吹き出し角度: 下向き 30°
Case 1	Type-I	吹き出し口鉛直方向首振り 吹き出し角度: 下向き $15-45^\circ$, 変動周期 10s
Case 2	Type-I	吹き出し口水平方向首振り 吹き出し角度: 下向き 30° , 水平方向 $\pm 30^\circ$, 変動周期 20s
Case 3	Type-I	間欠吹き出し, 強風 5s, 弱風 5sの繰り返し, 変動周期 10s
Case 4	Type-II	Case 0と同様
Case 5	Type-II	Case 1と同様

室内換気による濃度減衰カーブを、縦軸を対数濃度とする片対数グラフにプロットすると、その関係はほぼ直線で表され、その傾きはその空間についての正味の換気性能(換気回数に相当する)を示すこととなる。図11にCase0~Case3の換気性能について比較した結果を示す。図には瞬時一樣拡散を仮定した理論値を併記したが、変動風を適用したCase1~3では、定常吹き出しのCase0よりも濃度減衰カーブが理論値に近づいており、変動風による攪拌効果が瞬時一樣拡散に近い効果を

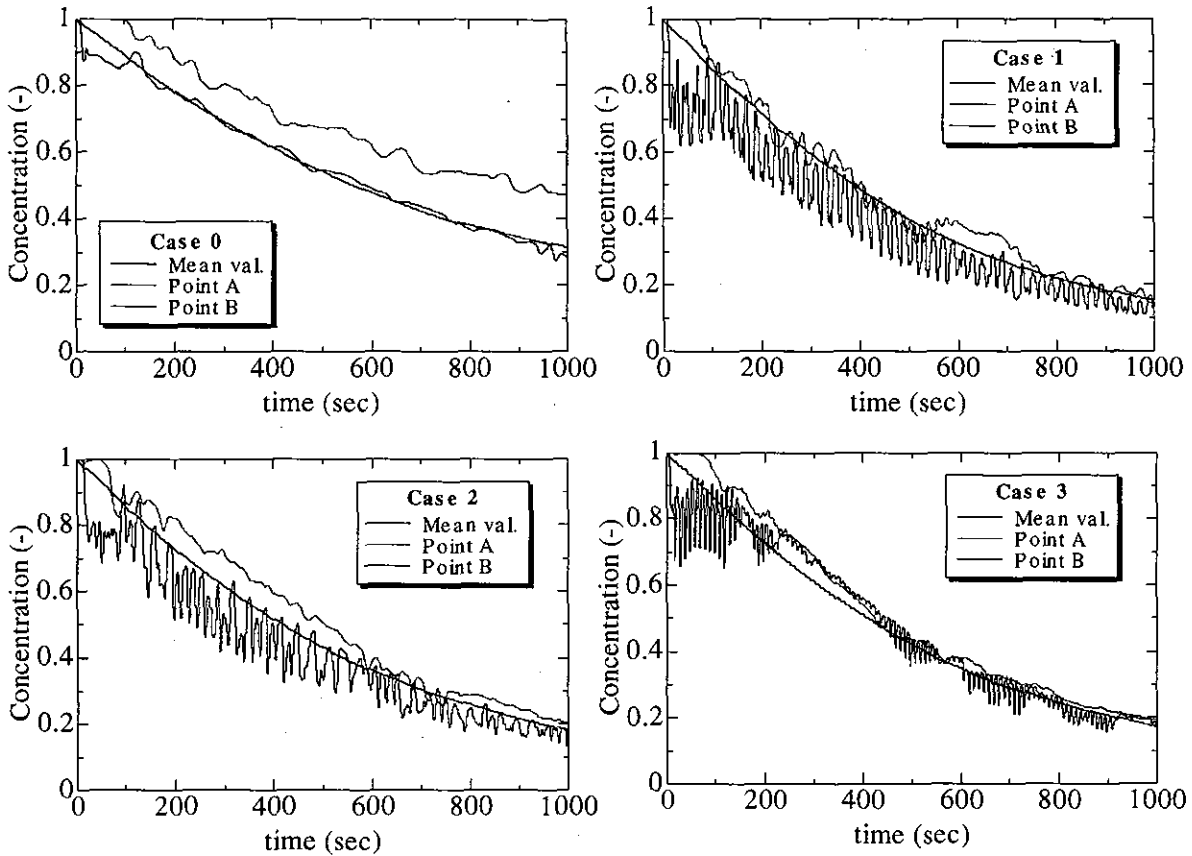


図 10. 室内平均濃度および評価点 A、B における微粒子濃度の時間変化

もたらすものと考えられる。比較した吹き出し方式では、鉛直方向の首振りによる効果が最も高く、次いで間欠吹き出し、水平方向の首振りの順に高い換気性能を得た。

図 12 は、図 9 の Model-II について同様のシミュレーションを実施した結果である。ここでは病室を想定して室内をパーティションで 2 分割して 2 台のベッドを設置し、レターン側ベッドの下における換気性能を比較した。図 11 の結果は、複雑に入り組んだ室内においても、変動風吹き出しの採用により換気効果の大幅な向上がはかれることを示した。特に、ここで比較したような部屋の隅やベッドの下など、日射が入らずよどみやすい領域では、微生物が育成しやすい環境と考えられ、変動風吹き出しによる換気性能向上が室内汚染質環境の改善にもつながるものと期待できる。

C-4 建材表面における水分挙動

微生物の育成には水分が大きく影響している。

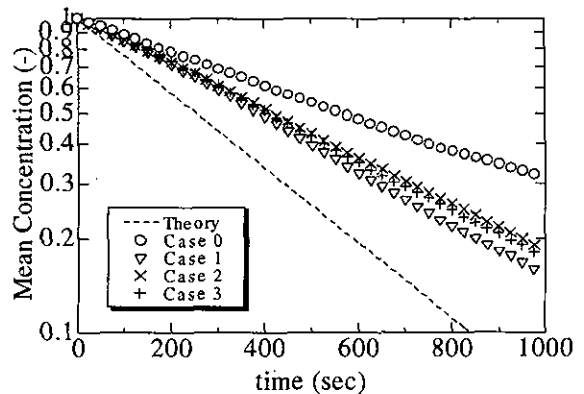


図 11. Case0~Case3 の換気性能の比較

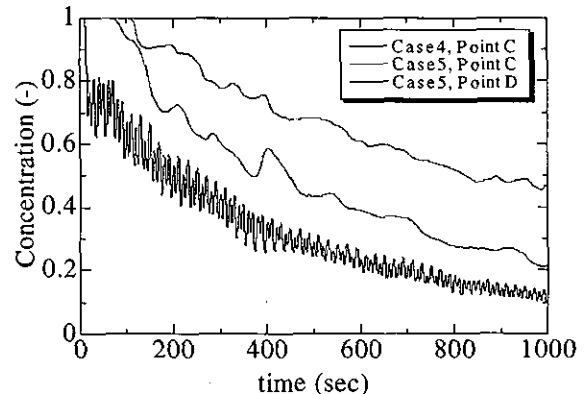


図 12. Model-II についての室内平均濃度および微粒子濃度の時間変化

表3は黴菌類の育成に必要な水分量を示したものである。表中の単位AW(水分活性)は、後述するERH(平衡相対湿度)の100倍に相当し、値が大きいほど湿潤な環境であることを示している。

表4に示す4種類の建材を対象として、環境中の相対湿度を変化させたときの建材内部および表面における水分変化を評価した。ここに石膏ボード芯材は表面の被覆をはがしたサンプルを示し、また木材の春目、秋目とは、年輪のうち色の薄い部分(春~夏に成長した部分)と濃い部分(秋~冬に成長した部分)を示している。

図13の装置を用い、吸湿過程(2日間に10%の変化率で相対湿度(RH)60%から99%に加湿した場合)、放湿過程(同様な変化率で相対湿度99%から60%に減湿した場合)を再現し、6時間ごとに建材サンプルを取り出して水分量測定を実施した。サンプル内部の水分量評価には、先述した含水量(MC)、F-IRのO-H結合部に対する吸光度(absorbance)に加え、平衡相対湿度(ERH)を用いた。平衡相対湿度とは、気相中とこれに接する固相との水分量が平衡に達したときの気相の湿度を示すものであるが、ここでは、測定によって得られた各サンプルの含水量に対応する平衡状態の湿度を示すものとし、近似曲線からこれを求めた。

各サンプルについて評価した相対湿度と含水量、表面水分量、平衡相対湿度との関係を図14にまとめて示す。石膏ボードの場合、被覆付きのサンプルと芯材はほぼ同様の特性を示した。吸湿過程における含水量の増加は、相対湿度95%以下では穏

やかであるが、相対湿度95%以上において急激に増加することがわかった。これに対し、表面水分量の増加率はそれほど大きく変化しなかった。これは、相対湿度の増加に伴い飽和蒸気圧を超えた気相中水分が、サンプル表面で結露を生じて液体化し、サンプル内部に浸透するためと考えられる。このため、吸湿過程、放湿過程における平衡相対湿度の経路は大きく異なっており、吸湿過程

表3. 黴菌類の育成に必要な水分量

Microorganism	Aw
<i>Mucor</i>	0.93-0.92
<i>Asp. nigar</i>	0.89-0.88
<i>Penicillium</i>	0.83-0.80
<i>Asp. flavus</i>	0.80
<i>Asp. candidus</i>	0.75
<i>Asp. Chevalieri</i> <i>Asp. Repens</i> <i>Asp. Ruber</i> <i>Asp. Amsielodami</i> <i>Monascus bisporus</i>	0.65 (好乾性カビ)

表4. 建材サンプルの概要

測定箇所	木材		石膏ボード	
	春目	秋目	被覆付き	芯材
曝露面積	9cm ² (2×4.5cm)			
厚さ	2~3mm			
個数	19個		20個	7個
実験前処理	側面及び底面をPARAFILMで覆う			
	恒温槽にて150°C、4時間で乾燥			

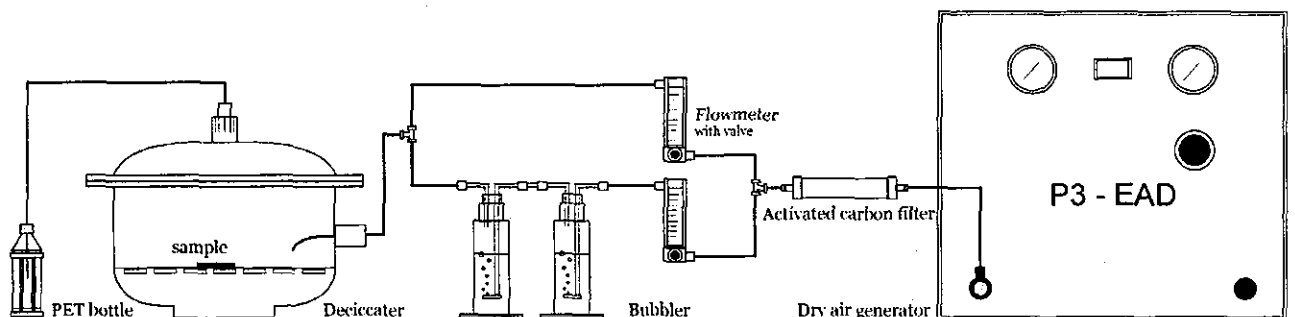


図13. 建材表面における水分挙動の実験に使用した装置

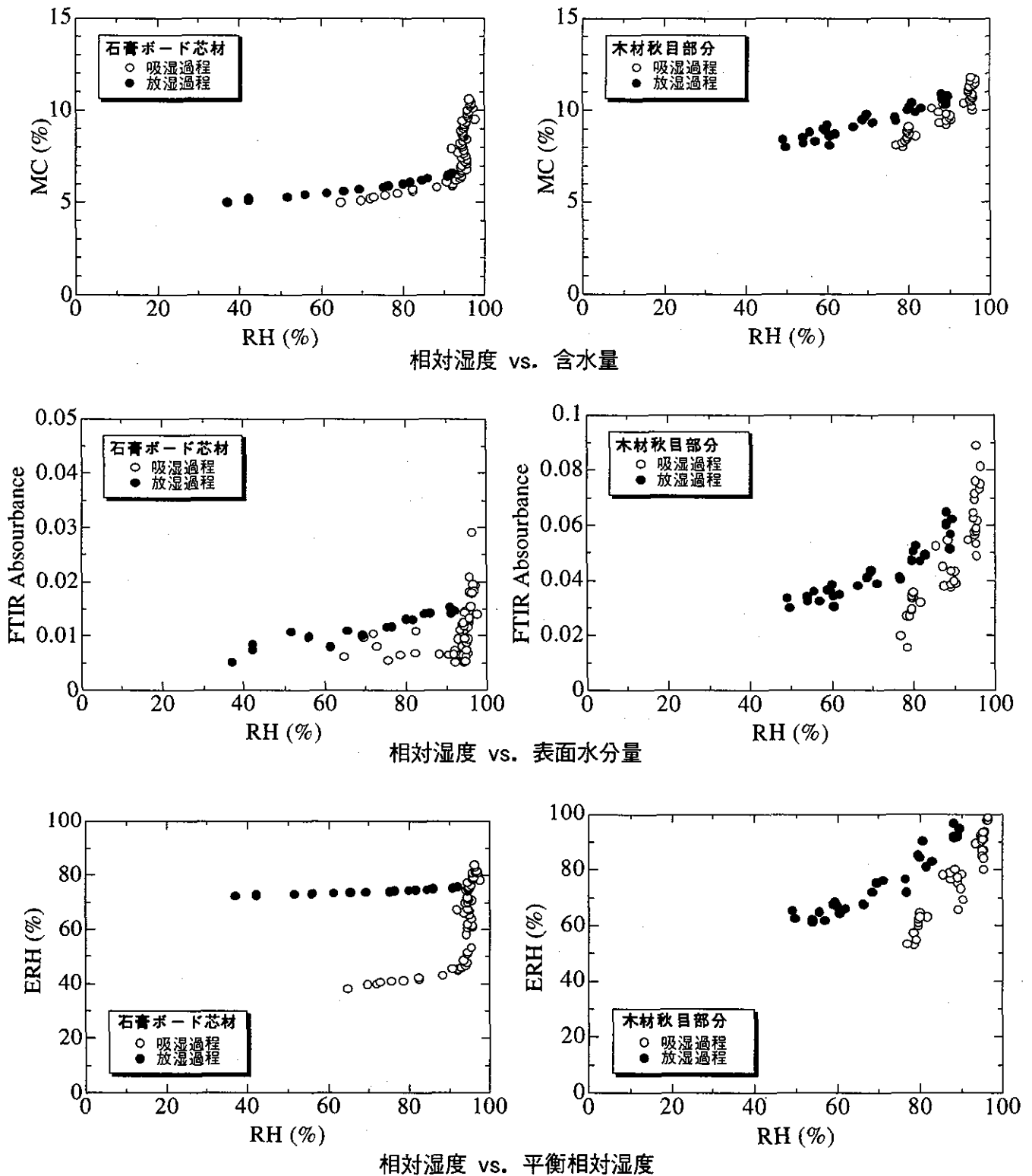


図 14. 相対湿度と含水量、表面水分量、平衡相対湿度との関係
石膏ボード芯材(左)、木材秋目部分(右)

の相対湿度 95%以上においてサンプル内部に取り込まれた水分は、放湿過程において表面水分量が減少した後もサンプル内部に保持され、放出されるまでに長い時間を要することが予測された。

木材の場合、含水量、表面水分量、平衡相対湿度の相対湿度に対する変化率はほぼ一定であり、吸湿過程、放湿過程における勾配の違いから、吸湿よりも放出に倍程度の時間を要することがわかった。春目と秋目とでは、秋目の方が表面水分量が大きな値を示しており、表層に沈着した水分が春目よりも内部に浸透しにくい性質を持つものと考えられる。

実験の結果から、いずれの建材も吸湿よりも放出に要する時間が長いため、いったん吸湿すると建材内部に水分が保持されやすいことがわかった。また、木材では湿度によって特性は大きく変化しないが、石膏ボードの場合に結露を生じると急速に水分が内部に浸透し、長時間にわたりこれが保持され、微生物の育成に有利な状況を生じることがわかった。建材を選択する場合、結露を生じるような場所には石膏ボードの使用は望ましくないと判断できる。

D. 考察

検討の結果、微生物の拡散・輸送段階においては室内気流や換気状況が大きく関与し、また建材表面での微生物育成環境に関しては建材選定方法や水分環境の制御が重要であることがわかった。従来から、屋内環境の問題は省エネルギー化や快適性を中心に扱われてきたが、病院などの医療施設では、微生物汚染を制御する観点から設計が行われるべきであろう。建築の立場から微生物汚染の制御を目的として実施できる内容は、材料選定、レイアウト設計を含む空調換気設計など多岐にわたる。本研究により得られた研究成果は、今後の室内における微生物汚染制御を考える上で有効に活用できるものと確信している。

E. 結論

本研究により、以下の知見を得た。

- ・強制換気を有する居室内でも気流は均一ではなく、旋回流やよどみを生じるため、空気齢が高いよどみ領域では十分な換気性能が確保できず、微粒子が室外に除去されにくい。粒径 $10\mu\text{m}$ 程度の大粒径粒子は、重力により床などの室内表面に沈着しやすく、粒径 $1\mu\text{m}$ 以下の粒子は気流により輸送されやすい。室内の換気状況が十分でない場合には、かなりの数が室外に除去されない。解析したモデルでは発生開始後 30 分経過後でも、粒径によらず 90% の粒子が残存する場合も認められた。想定した粒子発生源のうち、最も残存率が小さかった場合でも、発生開始後 30 分経過後でも 20% の粒子が室内に残存しており、一般居室において発生した微粒子は 30 分程度の換気時間で完全には除去されないことがわかった。
- ・咳により静止空気中に放出された粒径 $10\mu\text{m}$ 微粒子の挙動について数値シミュレーションを実施し、咳を開始してから 1 秒後には高濃度の微生物粒子を含む渦流が軸方向距離 1.5m、拡散幅 80cm に達することがわかった。咳により放出された微生物は、渦流の形成、輸送に伴って慣性力を失いながら拡散し、さらに室内気流によって広い範囲に輸送されるものと考えられる。
- ・吹き出し口の首振り、間欠吹き出しなどの変動風吹き出しによる換気性能向上の可能性を数値シミュレーションにより検討した。その結果、変動風吹き出しを適用した室内では、各部の濃度減衰速度に大きなばらつきがなく、換気性能を大幅に向上できることがわかった。部屋の隅やベッドの下など、日射が入らずよどみやすい領域では、微生物が育成しやすい環境と考えられ、変動風吹き出しによる換気性能向上が室内汚染環境の改善にもつながるものと期待できる。
- ・石膏ボードや木材などの建材を対象として、環

境中の相対湿度と含水量、表面水分量、平衡相対湿度との関係について実験的評価を行った。その結果、いずれの建材も吸湿よりも放出に要する時間が長く、いったん吸湿すると建材内部に水分が保持されやすいこと、石膏ボードの場合に結露を生じると急速に水分が内部に浸透し、長時間にわたりこれが保持されて微生物育成に有利な状況を生じることなどがわかった。結露を生じるような場所に石膏ボードを使用することは望ましくないと判断できる。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

- [1] 諏訪, 土井, 坂本: 屋内換気性能の簡易測定法の開発, 第 18 回エアロゾル科学・技術研究討論会, pp.168-169, 2001 7.
 - [2] 坂本, 土井, 諏訪: 屋内換気性能の簡易測定法の開発(その 2: 風速測定結果を用いた簡易測定法の開発), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.701-702, 2001 9 (東京).
 - [3] 諏訪, 土井, 坂本: 屋内気流性能評価を目的としたハイブリッド解析手法の開発, 第 20 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, 日本空気清浄協会, pp.69-71, 2002 4.
 - [4] 諏訪: 空調シミュレーション最前線: 気流シミュレーションの現状, 空気調和衛生工学, Vol.77, No.11, pp.29-34, 2003.
 - [5] 諏訪: 気流設計と汚染制御への数値シミュレーションの応用, 産業機械, No.6, pp.27-30, 2004.
 - [6] エアロゾル用語集, 日本エアロゾル学会, 2004 (分担).
- その他 2005 年度建築学会大会および空気清浄協会大会発表予定

H. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

II. 研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
河野 茂	カンジダ症	杉本恒明	内科学第八版	朝倉書店		2003	428-429
河野 茂	クリプトコッカス症	杉本恒明	内科学第八版	朝倉書店		2003	429-430
河野 茂	アスペルギルス症	杉本恒明	内科学第八版	朝倉書店		2003	430-431
河野 茂	ムーコル症	杉本恒明	内科学第八版	朝倉書店		2003	431-432
河野 茂	ノカルジア症	杉本恒明	内科学第八版	朝倉書店		2003	432-433
河野 茂	肺真菌症	杉本恒明	内科学第八版	朝倉書店		2003	798-799
河野 茂	第2章 呼吸器疾患 5. 肺真菌症 (アスペルギルス症他)	黒川 清	内科学第2版Ⅰ	文光堂		2003	226-228
河野 茂	第11章 感染症 2. しばしば遭遇する真菌感染症 C. アスペルギルス	黒川 清	内科学第2版Ⅱ	文光堂		2003	2017-2019
高鳥浩介	第3章 環境にみる真菌	山崎省二	環境微生物の測定と評価	オーム社		2001	29-56
高鳥浩介	第5章 真菌による生体影響	山崎省二	環境微生物の測定と評価	オーム社		2001	71-80
高鳥浩介	かび検査マニュアルカラー図鑑	高鳥浩介		テクノシステム社		2002	
高鳥浩介	空気中の浮遊真菌測定試験法	松下秀鶴	生活環境中の汚染物質測定マニュアル	公害健康被害補償予防協会		2002	155-166
高鳥浩介	牛真菌症		動物の感染症	近代出版		2002	151-155
高鳥浩介	馬真菌症		動物の感染症	近代出版		2002	197-199
高鳥浩介	豚真菌症		動物の感染症	近代出版		2002	241-242
高鳥浩介	家きん真菌症		動物の感染症	近代出版		2002	283-284
高鳥浩介	げっ歯類うさぎ真菌症		動物の感染症	近代出版		2002	378
高鳥浩介	2. 環境にみられる真菌のカラーアトラス	山崎省二	カラーアトラス環境微生物	オーム社		2002	50-121
Tanaka T, Yoshizawa T, Tanaka H, Sugiura Y, Takatori K, Kumagai S	Contamination of staple cereals with deoxynivalenol and nivalenol in Japan		New Horizon of Mycotoxicology for Assuring Food Safety			2004	83-85
高鳥浩介	第3章 真菌	厚生労働省	食品衛生検査指針微生物編	(社)日本食品衛生協会		2004	
高鳥浩介	5. 真菌性ズーノーシス	高鳥郁夫、熊谷進	獣医公衆衛生学				
	接合菌症						133
	ヒストプラズマ症						133
	コクシジオイデス症						134
	プラストミセス症						134
諏訪好英	動力学モデル：数値解析プログラム	日本エアロゾル学会	エアロゾル用語集	京都大学出版会	日本	2004	.244-245

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Nakamura Y, Obase Y, Suyama N, Miyazaki Y, Ohno H, Oka M, Takahashi M, Kohno S	A small outbreak of pulmonary tuberculosis in non-close contact patrons of a bar	Intern Med	43	263-267	2004
Obase Y, Shimoda T, Kawano T, Saeki S, Tomari S, Izaki K, Fukushima C, Matsuse H, Kohno S.	Bronchial hyperresponsiveness and airway inflammation in adolescents with asymptomatic childhood asthma.	Allergy	58	213-220	2003
2. Obase Y, Shimoda T, Tomari S, Mitsuta K, Fukushima C, Kawano T, Matsuse H, Kohno S.	Effects of pranlukast on allergen-induced provocation in house dust mite sensitive asthmatics and aspirin-oral-challenge in aspirin-intorelant asthmatics. Changes in chemical mediators in the sputum, urine and blood.	Chest	121	143-150	2002
黒木美鈴、Pichaiachumpon C、安岡 彰、Chiranairadui P、帖佐 徹、宮崎泰河、中村茂樹、柳原克紀、宮崎義継、朝野和典、石田 裕、河野 茂	北部タイPhayao地域におけるHIV感染患者に合併するクリプトコックス髄膜炎に関する環境調査	日本エイズ学会誌	5	13-16	2003
田代隆良、浦田秀子、岩永喜久子、柳原克紀、宮崎義継、平瀧洋一、朝野和典、河野 茂	大学病院職員におけるツベルクリン反応検査の解析	感染症学雑誌	77	203-210	2003
柳 宇、池田耕一	住宅におけるペット由来生物粒子による室内空気汚染に関する研究	室内環境学会誌	7	172-173	2004
Yanagi U, Ikeda K, Sakaguchi M	Research on the Indoor Air Pollution Substance to the Pets in Japanese Residences	Proceedings of the 3rd International Workshop on Energy and Environment of Residential Buildings		339-344	2004
Ikeda K, Yanagi U, Kagi N, Sakaguchi M, Arashima Y	Research on the Zoonosis in Japanese Residences	Indoor			in press
鈴木宏、坂井貴胤、齋藤玲子、古俣修、佐藤勇	GIS(地理情報システム)によるインフルエンザ感染症の疫学解析	インフルエンザ	14	35-41	2003
齋藤玲子、佐野康子、坂井貴胤、佐藤瑞穂、鈴木宏	小児及び高齢者におけるRSウイルス感染症の分子疫学的解析と地理情報システム(GIS)への応用	新潟県医師会報	636	1-2	2003

Takii T, Yamamoto Y, Chiba T, Abe C, Belisle JT, Brennan PJ, Onozaki K	Simple fibroblast-based assay for screening of new antimicrobial drugs against <i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Antimicrob Agents Chemother	46	2533-2539	2002
Aono A, Hirano K, Hamasaki S, Abe C	Evaluation of BACTEC MGIT 960 PZA medium for susceptibility testing of <i>Mycobacterium tuberculosis</i> to pyrazinamide (PZA): compared with the results of pyrazinamidase assay and Kyokuto PZA test	Diagn Microbiol Infect Dis	44	347-352	2002
Itoh S, Kazumi Y, Abe C, Takahashi M	Heterogeneity of RNA polymerase gene (rpoB) sequences of <i>Mycobacterium gordonae</i> clinical isolates identified with a DNA probe kit and by conventional methods	J. Clin. Microbiol	41	1656-1663	2003
鹿住祐子、大友幸二、高橋光良、御手洗聡、菅原 勇、和泉純子、安藤昭子、長谷川秀浩	皮膚から分離された <i>Mycobacterium shinshuense</i> の細菌学的解析	Kekkaku	79	437-441	2004
御手洗 聡	結核の現状と薬物療法: 分子疫学	医薬ジャーナル	40	740-744	2004
Ito A, Kishi F, Saito N, Kazumi Y, Mitarai S	Pulmonary <i>Mycobacterium intermedium</i> disease in an elderly man with healed pulmonary tuberculosis	J. Clin. Microbiol			in press
Yasueda H, Saito A, Nishioka K, Kutsuwada K, Akiyama K	Measurement of <i>Dermatophagoides</i> mite allergens on bedding and human skin surfaces.	Clin Exp Allergy	33	1654-1658	2003
秋山一男	気管支喘息の原因としての吸入アレルギーと空気中ダニアレルゲン濃度測定の意味	臨床環境医学	13	11-16	2004
秋山一男	生活環境病としてのアレルギー疾患	アレルギー・免疫	12	9-11	2005
Ochiai E, Kamei K, Hiroshima K, Watanabe A, Hashimoto Y, Sato A, Ando A	The pathogenicity of <i>Stachybotrys chartarum</i> .	Japanese Journal of Medical Mycology			in press
Park JC, Park BJ, Han DW, Lee DH, Lee I-S, Hyun SO, Chun MS, Chung KH, Aihara M, Takatori K	Fungal sterilization using microwave-induced argon plasma at atmospheric pressure	J. Microbiol. Biotechnol.	14	188-192	2004
Tanaka T, Takatori K, Doi T	Untersuchung des Einflusses von Licht auf die Entwicklung von Schimmelpilzen	Gesund-Ingenieur-Haustechnik-Bauphysik-Umwelttechnik	125	142-145	2004
高鳥浩介、相原真紀、李憲俊	室内環境とカビ	静電気学会誌	28	167-170	2004