

平成12年度厚生科学研究補助金(生活安全総合研究事業)

室内空気中の微生物汚染に関する調査研究

報 告 書

平成13年 3月

財団法人 ビル管理教育センター

平成12年度厚生科学研究費補助金(生活安全総合研究事業)
室内空気中の微生物汚染に関する調査研究報告書目次

I. 調査研究の概要	1
1. 研究の背景と目的	1
2. 研究計画・方法	1
2.1 研究課題	1
2.2 委員会構成	2
II. 室内環境中及びダクト内の浮遊微生物の実態調査	5
1. はじめに	5
1.1 研究の目的と背景	5
1.2 調査・研究概要	5
2. 室内環境中及びダクト内の汚染の状況	8
2.1 室内空気中の微生物汚染	8
(1) はじめに	8
(2) 健康影響	8
(3) 発生源及び汚染レベルの実態	9
(4) 測定法	10
(5) 環境基準	11
(6) 汚染低減化対策	11
2.2 浮遊粒子(浮遊生物粒子)の濃度と粒径分布のリアルタイム計測法	18
2.2.1 浮遊粒子測定技術	18
2.2.2 質量基準の濃度、個数基準の濃度	18
2.2.3 光散乱現象	18
2.2.4 光散乱式粒子計数器(パーティクルカウンタ)	19
2.2.5 空気力学相当径基準粒子計測器	20
2.2.6 将来の生物粒子計測器	20
2.2.7 浮遊細菌・真菌の粒径分布測定例	20
2.2.8 本調査の測定装置と粒径	21
2.3 ダクト内の汚染状況	29
2.3.1 ダクト内の付着・堆積粉じん	29
2.3.2 ダクト内の微生物	29
2.4 ダクトクリーニング工法	30
2.4.1 乱打方式	30
2.4.2 はたき方式	30
2.4.3 ブラシ方式	30
2.5 ダクトクリーニングの評価法	30
2.5.1 定性的手法	30
2.5.2 定量的手法(粉じん汚染)	31
(1) 拭い取り法	31

(2) 浮遊粉じん濃度測定法	-----	31
(3) 光透過法	-----	31
2.5.3 定量的手法(微生物汚染)	-----	32
(1) 付着菌測定法	-----	32
(2) 浮遊菌測定法	-----	32
2.6 ダクトクリーニングの技術基準	-----	32
2.6.1 工法	-----	32
2.6.2 基本性能	-----	33
2.6.3 工法の認定	-----	33
2.6.4 工法認定に関する技術的基準	-----	33
3. ダクト清掃作業施工中の		
ビルの室内環境中及びダクト内の浮遊微生物実測調査	-----	37
3.1 目的	-----	37
3.2 調査方法	-----	37
3.2.1 調査対象施設	-----	37
3.2.2 測定方法	-----	38
3.3 測定結果	-----	42
3.3.1 細菌の場合	-----	42
(1) 予備調査	-----	42
(2) 本調査	-----	43
(3) 今後の問題点	-----	48
3.3.2 真菌の場合	-----	50
(1) 予備調査	-----	50
(2) 本調査	-----	52
(3) 今後の問題点	-----	56
3.3 第3章のまとめ	-----	57
(1) ダクト吹き出し口及び室内の微生物数	-----	57
(2) ダクト及び室内の菌種	-----	57
(3) 空調機作動変化による微生物数変化	-----	57
(4) 清掃前・後の比較	-----	57
(5) 粉じんと微生物との関連	-----	58
4. ダクト清掃施工中ビルの空調ダクトにおける化学物質汚染測定	-----	59
4.1 調査対象及び測定方法	-----	59
4.1.1 空調ダクト中の化学物質測定	-----	59
4.1.2 微生物由来の化学物質に関する実験	-----	61
4.2 測定結果	-----	62
4.2.1 空気調和機における化学物質	-----	62
4.2.2 微生物由来の化学物質とダクト汚染	-----	64
4.3 第4章のまとめ	-----	65
5. 居住状態にあるビルにおける実測調査	-----	67
5.1 調査概要	-----	67
5.2 調査時期及び規模	-----	67
5.3 調査項目及び調査方法	-----	68
5.3.1 室内浮遊微生物	-----	68

5.3.2	室内環境項目及びその調査結果	68
5.4	調査結果	69
5.4.1	室内環境項目	69
5.4.2	室内及び屋外の浮遊微生物(細菌)	70
5.4.3	室内浮遊微生物調査成績	72
	(1) 夏期調査(表1,2夏期)	72
	(2) 冬期調査成績(表3,4,5冬期)	73
	(3) 夏期及び冬期調査結果比較	74
	(4) 室内浮遊細菌数と環境調査結果との関連	75
5.5	第5章のまとめ	77
	(1) ビル施設室内の成績	77
	(2) ビル施設室外の成績	77
	(3) 夏期及び冬期調査比較	78
6.	全体のまとめ	78

Ⅲ. 水景施設周辺における微生物の実態調査

1.	はじめに	79
1.1	本研究の社会的背景と目的	79
1.2	水景施設とは	80
1.3	水景施設のしくみと分類	81
2.	実態調査	85
2.1	調査概要	85
2.1.1	調査対象地区	85
2.1.2	調査項目	85
	(1) 施設概要調査	85
	(2) 水質調査	86
2.1.3	調査方法	86
2.2	試験方法	86
2.2.1	レジオネラ属菌を主とした細菌学試験	86
2.2.2	理化学試験	87
2.2.3	アメーバ類試験	88
2.3	調査結果	92
2.3.1	水景施設実態調査結果	92
2.3.2	外観等採水時の調査結果	120
	(1) 気温の分布	120
	(2) 水温の分布	120
	(3) 遊離残留塩素濃度の分布	120
	(4) 目視による観察とレジオネラ属菌	120
2.3.3	レジオネラ属菌を主とした細菌試験結果	124
	(1) レジオネラ属菌の分布と水景施設の設置場所	124
	(2) 水景施設から分離されたレジオネラ属菌の性状 及び血清群分布	125
	(3) 屋内水景施設におけるレジオネラ属菌の陽性率と水温の変動	127

(4)	屋外水景施設におけるレジオネラ属菌陽性率と水温変動	----	128
(5)	レジオネラ属菌の分布と清掃頻度の関係	-----	129
(6)	レジオネラ属菌陽性率と清掃頻度	-----	130
(7)	清掃頻度と過マンガン酸カリウム消費量の関係	-----	131
(8)	換水頻度と過マンガン酸カリウム消費量の関係	-----	133
2.3.4	微生物試験及び理化学試験結果	-----	134
(1)	微生物試験及び理化学試験結果の概要	-----	134
(2)	大腸菌群及び大腸菌の分布、陽性率	-----	136
(3)	大腸菌群及び大腸菌とレジオネラ属菌の関係	-----	138
(4)	大腸菌群及び大腸菌と一般細菌の関係	-----	140
(5)	大腸菌群及び大腸菌と清掃頻度の関係	-----	141
(6)	大腸菌群及び大腸菌と換水頻度の関係	-----	142
(7)	過マンガン酸カリウム消費量と電気伝導度の関係	-----	143
(8)	屋内・屋外水景施設における過マンガン酸カリウム消費量の分布	----	144
(9)	pHの分布	-----	145
2.3.5	レジオネラ属菌が高濃度検出された施設の特記事項 及び管理状況	-----	146
2.3.6	アメーバ類試験結果	-----	151
2.4	まとめ	-----	159
(1)	採水時の気温、水温及び遊離残留塩素の分布	-----	159
(2)	目視による外観の観察項目とレジオネラ属菌	-----	159
(3)	水景施設におけるレジオネラ属菌の分布	-----	159
(4)	レジオネラ属菌の陽性率と水温の変動	-----	159
(5)	レジオネラ属菌の分布と清掃頻度	-----	159
(6)	清掃・換水頻度と過マンガン酸カリウム消費量の関係	-----	159
(7)	レジオネラ属菌が高濃度検出された水景施設の管理状況	-----	160
(8)	大腸菌群及び大腸菌の分布、陽性率	-----	160
(9)	大腸菌群及び大腸菌とレジオネラ属菌	-----	160
(10)	大腸菌群及び大腸菌の陰性群と陽性群とレジオネラ属菌	-----	161
(11)	大腸菌群及び大腸菌と清掃・換水頻度	-----	161
(12)	過マンガン酸カリウム消費量と電気伝導度	-----	161
(13)	屋内・屋外水景施設における過マンガン酸カリウム消費量の分布	----	161
(14)	pHの分布	-----	161
(15)	アメーバ類とレジオネラ属菌検出率	-----	162
(16)	アメーバ数と水温	-----	162
(17)	アメーバ数と清掃・換水頻度の関係	-----	162
2.5	考察	-----	163
(1)	レジオネラ属菌の分布と維持管理	-----	163
(2)	大腸菌などの微生物試験及び理化学試験	-----	164
(3)	アメーバ類の汚染とレジオネラ属菌	-----	164
3.	水景施設における維持管理対策について	-----	167
3.1	水質の保全	-----	167
3.2	機器の点検整備	-----	167
4.	総括	-----	169

IV. 建築物の水利用設備におけるレジオネラ防止対策の検討	171
1. マニュアル作成の目的と背景	171
2. 循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル	172
目次	172
はじめに	174
I. レジオネラ症とは	175
II. 感染源及び感染経路	176
III. 循環式浴槽の管理方法	177
1. 関連法規等に規定されている管理概要	177
2. 設備の概要	179
(1) 循環式浴槽は、どのようなシステムの浴槽をいいますか。	179
(2) 湯の循環方式には、どのような方法がありますか。	180
(3) ろ過器の機能について教えてください。	180
(4) ろ過器にはどのような種類のものが使われていますか。	182
3. 構造上の問題点と対策	184
(1) 循環式浴槽の構造上の問題点とチェックポイントを教えてください。	184
4. 浴槽の水質管理	187
1) 水質基準・検査方法・検査頻度	187
(1) 浴槽水の水質に関する基準はありますか。	187
2) 消毒方法	188
(1) 浴槽水などの消毒方法に関する規定はありますか。	188
(2) 塩素系薬剤にはどのようなものがありますか。	188
(3) 塩素系薬剤の添加（注入）にはどのような方法がありますか。	189
(4) 塩素系薬剤による消毒方法で注意すべきことは何ですか。	189
(5) 塩素系薬剤を使用するにあたっての一般的な注意事項は何ですか。	190
(6) 有効塩素と残留塩素の違いは何ですか。	191
(7) 塩素系薬剤で浴槽水を消毒する場合の添加（注入）量はどのくらいですか。	192
(8) 残留塩素濃度の測定にはどのような方法がありますか。	193
(9) アルカリ性の温泉水では、塩素系薬剤の消毒効果が低下する理由は何ですか。	193
(11) 塩素系薬剤の他にどのような消毒方法がありますか。また、使用上の注意点は何か。	194
5. 浴槽の管理方法	195
(1) 浴槽の清掃・消毒に関する規定はありますか。	195
(2) 循環式浴槽の維持管理上の注意点について教えてください。	195
(3) その他の浴槽設備の管理で注意することは何か。	197
6. その他	199
(1) 感染の危険因子について教えてください。	199
(2) レジオネラ症に罹らないようにするには、どうしたらよいのでしょうか。	199
(3) レジオネラ症が疑われる患者が発生した場合の対応を教えてください。	199
(4) 浴槽水のレジオネラ属菌の検査はどこに依頼すればよいのでしょうか。	200
(5) 検査を行うにあたり、検体の採取・輸送などで注意しなければならないことは何か。	200

I . 調査研究の概要

1. 研究の背景と目的

室内空気質（IAQ）は影響を受ける建物の範囲が極めて広く、また室内空気の汚染物質も粒子（生物・非生物）やガス状物質等多種がある。中でも近年、室内空気の浮遊微生物（特に細菌）による集団感染症（結核・レジオネラ症・MRSA等）の多発は重大な問題となっており、緊急な対応が迫られている。

また、昨今の経済的緊縮度が増すなかでIAQが対応する環境もまた当然厳しいものが増している。

本研究は、このような状況のもとで建築物をめぐる内外空気的环境条件の変化や室内環境空気に対する管理条件の変化に対して、微生物を含めた室内空気管理の在り方について調査研究したものである。

2. 研究計画・方法

2. 1 研究課題

室内空気中の微生物汚染に関する調査研究を実施するため、以下に挙げる項目について調査・研究を行った。

(1) 室内環境中及びダクト内の浮遊微生物の実態調査

1) 室内環境中の浮遊微生物の実態調査

- ① 調査目的に応じた施設を選定
- ② 採取時期・検査方法等についての検討
- ③ 実態調査の実施
- ④ 維持管理方法、設計施工対応等を含めた汚染防止対策のあり方について検討

2) ダクト内の汚染実態調査

- ① 調査目的に応じた施設を選定
- ② 採取時期・検査方法等についての検討
- ③ 実態調査の実施
- ④ 維持管理方法、設計施工対応等を含めた汚染防止対策のあり方について検討

(2) 水景施設周辺における微生物の実態調査

- ① 水景施設の設置状況を把握し、調査目的に応じた施設を選定
- ② 検水の採取時期・方法、保管方法および菌の検査方法等について検討
- ③ 実態調査の実施
- ④ 維持管理方法、設計施工対応等を含めた水景施設のあり方について検討

(3) 建築物の水利用設備におけるレジオネラ防止対策の検討

- ① 空調用冷却塔、循環式浴槽等の実態調査結果並びに「水景施設周辺における微生物の実態調査」報告結果等を整理し、維持管理方法、設計施工対応等を含めた水利用施設全般のあり方について検討
- ② 水利用施設全般のレジオネラ汚染防止のためのガイドブックあるいはパンフレットを作成

2. 2 委員会構成

本調査の目的を達成するために、財団法人ビル管理教育センターに「室内空気中及びダクト内の浮遊微生物に関する実態調査委員会」（委員長：池田 耕一；国立公衆衛生院）、「水景施設周辺における微生物の実態調査委員会」（委員長：紀谷 文樹；神奈川大学）及び「建築物の水利用設備におけるレジオネラ防止対策検討委員会」（委員長：斎藤 厚；琉球大学）を設置し（表1～表3）、調査方法等についての具体的な方針を決定した後に調査を実施した。

表1 室内空気中及びダクト内の浮遊微生物に関する実態調査委員会の構成

	氏名	所属	役職
委員長	池田 耕一	国立公衆衛生院建築衛生学部	部長
委員	小川 博	(財)ビル管理教育センター	理事長
"	小竿 真一郎	日本工業大学工学部建築学科	講師
"	高鳥 浩介	国立医薬品食品衛生研究所衛生微生物部	第3室長
"	田中 誠	東京都食品環境指導センター建築物衛生課	課長補佐
"	細渕 和成	東京都立産業技術研究所生産技術部 ・放射線応用利用グループ	主任
"	朴 俊錫	国立公衆衛生院建築衛生学部	研究員
"	明星 敏彦	労働省産業医学総合研究所人間工学特性研究部	主任研究官
"	山崎 省二	国立公衆衛生院衛生獣医学部	部長
アドバイザー	竹内 黎明	日本ダクトクリーニング協会	事務局長
"	三上 壮介	ミドリ安全(株)環境機器事業本部	顧問
"	大廻 和彦	日本ウイントン(株)技術部	部長
"	仲田 幸博	ミドリ安全(株)環境機器事業本部 技術開発部研究グループ	

表2 水景施設周辺における微生物の実態調査委員会の構成

	氏名	所属	役職
委員長	紀谷 文樹	神奈川大学工学部建築学科	教授
委員	荒井 桂子	横浜市立衛生研究所検査研究課	
"	池淵 守	横浜市衛生局生活衛生部生活衛生課居住衛生係	係長
"	遠藤 卓郎	国立感染症研究所寄生動物部原生動物室	室長
"	小川 博	(財)ビル管理教育センター	理事長
"	金子 岳夫	東京都中央区日本橋保健所 ・生活衛生課環境衛生係	主査
"	小瀬 博之	東洋大学工学部環境建設学科	講師
"	中谷 肇一	東京都衛生局生活環境部環境指導課	課長
"	古畑 勝則	麻布大学環境保健学部	助教授
"	藪内 英子	愛知医科大学微生物・免疫学	客員教授
"	山口 恵三	東邦大学医学部微生物学講座	教授
"	山崎 和生	(株)西原衛生工業所技術管理	部長
"	山吉 孝雄	大阪府立公衆衛生研究所	主任研究員

表3 建築物の水利用設備におけるレジオネラ防止対策検討委員会の構成

	氏名	所属	役職
委員長	斎藤 厚	琉球大学医学部第一内科	教授
委員	遠藤 卓郎	国立感染症研究所寄生動物部原生動物室	室長
"	小川 博	(財)ビル管理教育センター	理事長
"	小川 正晃	(株)ユニ設備設計代表	取締役社長
"	紀谷 文樹	神奈川大学工学部建築学科	教授
"	小出 道夫	琉球大学医学部第一内科	助手
"	中谷 肇一	東京都衛生局生活環境部環境指導	課長
"	藪内 英子	愛知医科大学微生物・免疫学	客員教授
"	山口 恵三	東邦大学医学部微生物学講座	教授

事務局	高柳 保	(財)ビル管理教育センター調査研究部研究検査課	副部長
	斎藤 敬子	"	主任調査役
	杉山 順一	"	

II. 室内環境中及びダクト内の浮遊微生物の実態調査

1. はじめに

1. 1 研究の目的と背景

室内浮遊粒子状物質がアレルギー、シックビル症候群(SBS; Sick Building Syndrome)やビル病(BRI; Building Relating Illness)に関与するという多くの論文が発表されているが、空調設備内部汚染と室内空気環境(IAQ)の因果関係については、現状では全てが解明されている訳ではない。しかしながら、多くの空調設備、特に空調用及び排気用ダクト内の汚染度調査によれば、粉じん・化学物質・微生物等が多量に存在する場合がありますと報告されている。人々の健康に関わる環境衛生の維持管理が予防保全を建前とするなら、未然に防止されるべきである。

空調設備の点検と清掃により、多くの人々が快適で衛生的な生活が出来ることは社会的にも経済的にも意義のあることである。

IAQの問題は影響を受ける建物の範囲が広く、また室内空気の汚染物質も粒子状物質(生物・非生物)やガス状物質等多岐にわたっている。中でも近年、浮遊微生物による感染症の発生は重大な問題となっており、緊急な対応が迫られている。

このような状況をふまえ、本調査研究は室内空気環境を調和する空調システムの適切管理の在り方について、先ず空調ダクトの汚染の実態を調査(微生物を含む)し、その清浄化評価法を検討すること、また、浮遊菌サンプラーを用い室内空気中の浮遊微生物(細菌・真菌を含む)の実態を調査し、室内空気管理の在り方について検討する基礎資料を得ることを目的とするものである。

- 1) 空調ダクト内微生物汚染の実態調査(微生物を中心として)とその清浄化評価法
- 2) 一般室内環境空気中の浮遊微生物(細菌・真菌を含む)の実態調査
- 3) 空調ダクトにおける化学物質汚染測定

1. 2 調査・研究概要

①空調ダクト内の汚染の実態調査(微生物を含む)とその清浄化評価法

給気、レタン、外気導入の各種ダクト内は、外部から導入される空気中の粉じん、鳩や鼠などの小動物の死骸、並びに劣化・風化した内装材など多様な汚染物質が侵入する。

このため、ダクト汚染で問題となるのは、一般的な浮遊粉じんだけでなく、真菌、細菌

などの浮遊微生物などがあるが、これらの汚染物質に関する評価は、微生物計測器の性質上、実施が困難な場合が多かった。

しかしながら、微生物測定に関しても実用的な環境測定法が開発されてきたため、今回空調ダクト内の汚染の実態調査(微生物を含む)を実施し、現状把握並びに評価を行うこととした。

風道の維持管理については、昭和 58 年環企第 28 号厚生省環境衛生局長通知（建築物環境衛生維持管理要領）により、「風道の内部についても可能な限り清掃すること」が加えられ、現在では空調ダクトの清掃は技術的にほぼ 100%の施工が可能であり、施工実績も年々増加してきている。しかしながら、我が国においては十分なダクトクリーニングが実施されているとは断言できない状況にある。その原因としては、第一はコスト面の問題であり、第二の問題は、ダクト清掃の客観的な評価法が十分に確立されていない点である。このため、本研究の総括として、ダクトクリーニングの効果が明確に示されるような清浄化評価法を確立し、ダクト汚染防止対策の今後のあり方を提案するものである。

②一般室内環境空気中の浮遊微生物の実態調査

空気調和設備のうち、微生物汚染に直接関係するものとして、空調用ダクト、冷房関連設備、加湿器の汚染などが考えられる。このうち、各種ダクト内の汚染物の室内環境への諸影響としては、給気ダクトや外気導入ダクト内に堆積した微生物によるアレルギー問題などの SBS、BRI、レタンダクト内に堆積した大量の粉じんによる火災発生の危険などが報告されている。また、冷房関連設備、加湿器由来のレジオネラ汚染問題、MRSA の院内感染、医療機関、教育機関、社会福祉施設などでの結核やインフルエンザによる集団感染は社会的問題となっている。

本研究では、一般室内環境空気中の浮遊微生物の実態を調査し、現状把握並びに汚染防止対策の提言を行うこととする。

③空調ダクト中の化学物質測定

微生物はそれ自体感染症やアレルギーの原因となったり、建物内壁の表面汚染を引き起こしたりするが、その生命活動の際に発生する各種化学物質は、MVOC(Microbial Volatile Organic Compounds;微生物由来の揮発性有機化合物)と呼ばれ、いわゆる「カビ臭さ」などの悪臭問題を引き起こすこともある。一方、それらの化学物質は個々の微生物に特有のもの

もあり、場合によっては微生物そのものを測定しなくとも MVOC を測定することによって室内やダクト内の微生物汚染レベルの推定ができる可能性も示している。

本調査では室内空気環境管理の側面から、空調ダクトを含む空気調和機における化学物質汚染の実態とその室内への影響について検討することを目的として、ダクト及び空気調和機の汚染について微生物と共に微生物から発生する化学物質に着目して調査を行った。実測調査では空気調和機とダクトを中心に、導入外気、混合空気、ダクト入口、出口、及び室内における空気中の化学物質を測定するとともに、特定の真菌を大量に培養しそれが発生する化学物質の種類を調査した。

2. 室内環境中及びダクト内の汚染の状況

2. 1 室内空気中の微生物汚染

(1) はじめに

最近、我が国においては、建材等から発生するホルムアルデヒドなどの揮発性有機化合物（VOC）による化学物質による住宅等の一般環境室内における空気汚染問題は、「シックハウス問題」と呼ばれ大きな社会的関心を呼んでいる。1997年の6月には、厚生省から室内におけるガイドライン値がホルムアルデヒドについて設定されるに至っている¹⁾。

このように室内空気汚染問題は、とかくこのような化学物質に対して目が向けられがちである。高温多湿の我が国に古来よりあるカビ、ダニなどによる空気汚染問題や、肺癌などの疾病を起こさせると言う意味で化学物質などよりはるかにリスクの高いタバコ煙による空気の汚れなどは、これら化学物質に比べ軽視されがちであると言っても過言ではない。極端な場合には、室内におけるホルムアルデヒド濃度が、厚生省のガイドライン値より低ければ「健康住宅」と呼ばれているほどである。化学物質による汚染の健康影響について、タバコを吸いながら論じているとした全く物事の重軽を分らずに議論しているようなものである。

一方、海外に目を転じてみると、化学物質による室内空気汚染問題は、我が国に先立つこと5年ほど前、欧米においても大きな社会的関心を呼んだ問題である。しかし、最近では、欧米の室内空気汚染問題の中心はむしろ生物粒子に移行してきていると言える。我が国は、化学物質による空気汚染問題の研究では欧米に数年の遅れをとってしまったが、生物粒子による空気汚染問題に関しては、従来より蓄積がかなりあると言える。

(2) 健康影響

図 2-1 に入江²⁾によりなされた浮遊粉じんの分類を示す。多種多様な浮遊粉じんの中に浮遊微生物があり、以下にその健康影響について解説する。

浮遊微生物としては、細菌（バクテリア）、真菌（カビ）、植物孢子、ウイルスなど考えられる。これらの内、一般環境における室内空気汚染問題と関係が深いのは、細菌と真菌である。一口に細菌、真菌と言っても多種多様であり、例えば真菌だけでも数万種類はある³⁾と言われている。それらの中にはきわめて毒性の強いものも含まれるが、量的には少ないのが普通であり、ここでは一般の環境において多く存在する細菌、真菌を中心に扱う。細菌と真菌の違いは、その増殖の仕方によく現れており、図 2-2³⁾に示すように、細菌は

ある一定の時間が経過すると分裂を起こし増えるのに対し、真菌は菌糸を延ばし、胞子を出してと言うように植物が増殖するような増え方をする。

まず、細菌について言えば、室内空気汚染問題として話題となったのはレジオネラ属菌による感染症である。これは、1976年、フィラデルフィアのベルビューストラスフォードホテルで開かれたアメリカの在郷軍人大会において、肺炎に似た症状の病気が発生し、182人が罹病し、29人が死亡すると言う事件が起こった。後から考えれば全くの偶然であったが、その当時は、原因不明の上、大会に参加した在郷軍人を中心に罹病し、手当の甲斐もなく次々と死者が発生したため一大センセーションを巻き起こした。この病気の原因は、通常は土壤中に生息し建物内部に大量に侵入することなど滅多にないレジオネラ属菌が、何等かの原因で、このホテルのクーリングタワーに入り、そこで繁殖した後、クーリングタワーから飛散し、それを外気導入口から空調機が取り入れ、全館に輸送したことにあった。この菌の感染による症状は肺炎に似ているが、治療法が肺炎とは全く異なるため、肺炎の治療をしている間に病状が悪化し、多くの死者を出すことになった⁴⁾。この場合のレジオネラ症は、原因から発生までのメカニズムが明らかであるため、クーリングタワーの清掃を頻繁に行うこと、外気導入口をクーリングタワーから離す等の対策が有効である。このように書くとこの問題はほぼ解決しており、改めて取り上げるに値しないような印象を与えるかも知れないが、この問題は、近代の技術の中にしばしば忍び込む盲点の恐ろしさを見せつけると共に、空調設備における維持管理や外気導入口の位置などの基本事項の遵守の大切さを示す貴重な教訓であったと言える。レジオネラ症は、上記例ほど極端ではないが、イギリスの病院や放送局など世界各地で発生しており、わが国でも大学の附属病院や循環式浴槽を使用している施設において感染者が発生しており、幾人かの死者も出ている。

レジオネラ属菌による肺炎は、定量的な被曝量－影響関係こそ確立されなかった^{5)、6)}が、上述の発生源と関係があると考えられている。そのような被曝量－影響関係が確立された例は、ニューヨーク州のロチェスターで行われた麻疹の疫学調査の場合であり、2次感染例を生み出した28のケースの微生物粉じん濃度は、5.17m³の空気当たり1個の割合であった⁷⁾と報告されている。

一方、真菌の健康影響として問題となっているのは、アレルゲンとしての影響である。しかしながら、アレルゲンとしてのカビに関する被曝量－応答関係に関しては、現在までのところほとんど研究例が少ない。

(3) 発生源及び汚染レベルの実態

クーラーや低温の超音波で霧を発生させるタイプの加湿機は、感染症の原因となる微生物を濃縮した後エアロゾルとしてそれを発生させる装置となることが確認されている⁵⁾。また、結露をした壁などの構造体には真菌が生えやすい。湿度と真菌の菌糸の成長速度の関係については、図 2-3⁸⁾ に示すとおりである。

図 2-4 に東京都内のあるオフィスビルの事務室内での細菌、真菌の実測結果⁸⁾を示す。この図からわかるとおり細菌の方が真菌より高いレベルであることがわかる（図の縦軸のスケールが異なるので注意を要する）。一般に室内の微生物濃度は、Yocom⁹⁾も指摘しているとおり、屋外の濃度とは無関係で、居住条件や室内での活動と密接に関連している。表 2-1⁸⁾には、オフィスビルを含む様々な室内空間での微生物濃度の汚染レベルの範囲を示す。最も汚染レベルが高いのは、地下街や地下鉄構内であるが、これらの場所は、換気量の割に発生源となる人の数が多く、またそれらの人々は事務室などと比べものにならないほど活発に活動しているためと思われる。

また、空調用ダクト内は、真菌、細菌などの各種の生物粒子による汚染が懸念され、いくつかの調査事例も報告されている¹⁰⁾が、現在までのところ実態の把握すら充分行われているとは言えない状況である。

(4) 測定法

表 2-2 に、菅原¹¹⁾によりまとめられた微生物の測定器を示す。これら微生物測定器の基本的原理は落下法以外は皆同じである。即ち、いずれも試料空気を培地に吹き付ける衝突法によるものである。この原理による方法にも衝突のさせ方の異なる 2 種類があり、一つはスリット状の穴から空気を吹き出すスリットサンプラーであり、もう一つは小さなピンホール状の穴から空気を吹き出すピンホールサンプラーと呼ばれるものである（図 2-5¹¹⁾）。いずれも空気を吹き付けている間、培地はターンテーブルの上に乗せられ回転しており、1 回転する間がサンプリングの評価時間となる。また、アンダーセンサンプラー（図 2-6¹¹⁾）というのは、いわゆるカスケード型の粒径分級ができるタイプの測定器で、粉じん測定器用のもので各段に培地を装着したものである。これらは、いずれも古くから用いられている測定法で、その原理から考えて試料空気量を正しく把握できる等の特徴を持っており、微生物測定の基準器的存在である。但し、培地の作成から、サンプルのインキュベーターでの培養、コロニー計数などの一連の操作には、微生物汚染測定に関する広範囲な専門知識と技術の取得を必要とする。またサンプリングのためにはかなり大型のポンプと流量計

を要するなど、システムが大がかりなものとなる。RCS (Reuter Centrifugal Air Sampler) 及びSAS (Surface Air Sampler) は、最近開発された方法で、ピンホールサンプラーやスリットサンプラーのおおがかりとなりがちな欠点を改め比較的誰でも手軽に測定ができるよう配慮したものである。特にRCSサンプラーは、図2-7¹¹⁾に示すような形状をしており、大きさは、少し大型の懐中電灯程度である。しかも測定技術中最も専門性の高い培地の作成を行う必要がなく(専用培地がメーカーから供給される)、一般微生物計測の経験を持たない人のための測定器としては、最も実用性の高い機種と言える。しかしながら、試料空気の入力口と培地に衝突した後の空気の排気口が同じ穴となっていることなどもあって、真の意味でのサンプル空気量が明確に把握できないだけでなく、試料空気の培地への衝突の仕方も標準的な測定器と比べ極端に変則的な構造となっているため、得られるデータに信頼性が十分確立されていないのが最大の欠点である。図2-8⁸⁾に示すように、在来型の測定器間の測定値の相関は良好なのに対し、RCSは、それらとの相関が必ずしも良いとは言えない。よって、この点に関する知見の蓄積が望まれている。最近では、RCS並みの携帯性を保ちながら、従来のピンホールサンプラーと遜色のない性能を有する測定器も開発され¹²⁾、その現場での有効性の実証が待たれている。

落下法は、最も単純な測定原理で、培地を入れたペトリ皿を測定場所に設置しておき、そこに落下する微生物の数を測定する方法⁸⁾である。

(5) 環境基準

一般環境における浮遊微生物の環境基準またはそれに準ずる基準は現在検討はされているものの設定には至っていない。

(6) 汚染低減化対策

空気汚染物質としてのカビや細菌の発生源段階での除去対策としては、防湿が主体となる。

カビは、粉じんの一種と捉えることもでき、空気中に浮遊している場合の空気汚染物質としての挙動は、浮遊粉じんと同じと考えてよい。したがって、浮遊粉じんの除去を主たる目的とした空気清浄器は、基本的には有効であるといえる。但し、カビは、粒子径の大きな粉じんであり、空気中に浮遊している時間は、微細粒子のたばこ煙などに比べればそれほど長くなく、空気清浄器によって除去される効率は、必ずしも高いとはいえないこと

も考えられる。

また、他の全ての汚染物質と同様、換気は最も実用的で有効な対策である。

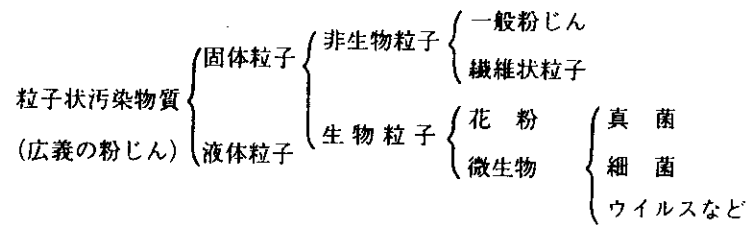


図 2-1 浮遊粉じんの分類²⁾

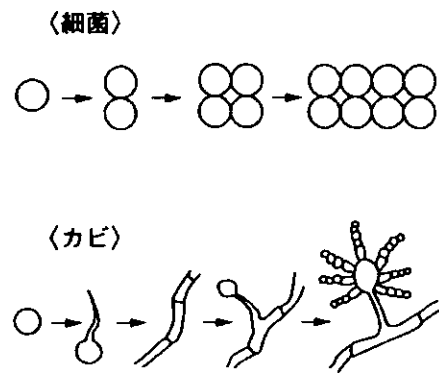


図 2-2 増殖の仕方によく現れた細菌と真菌の違い³⁾

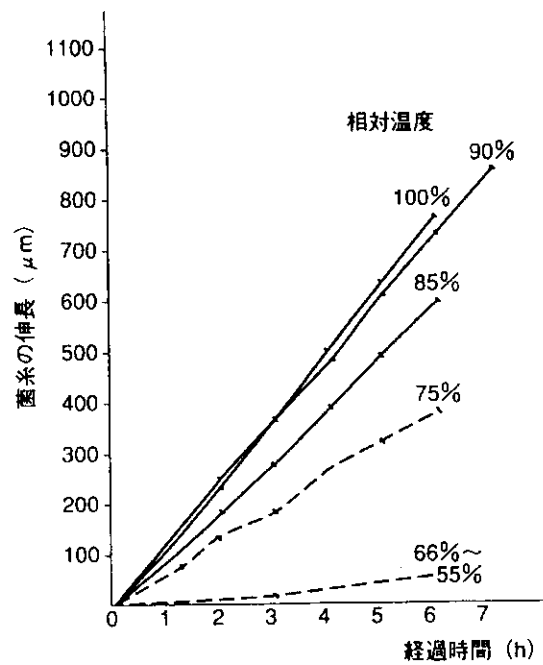


図 2-3 温度湿度と真菌の菌糸の伸びる早さの関係⁸⁾

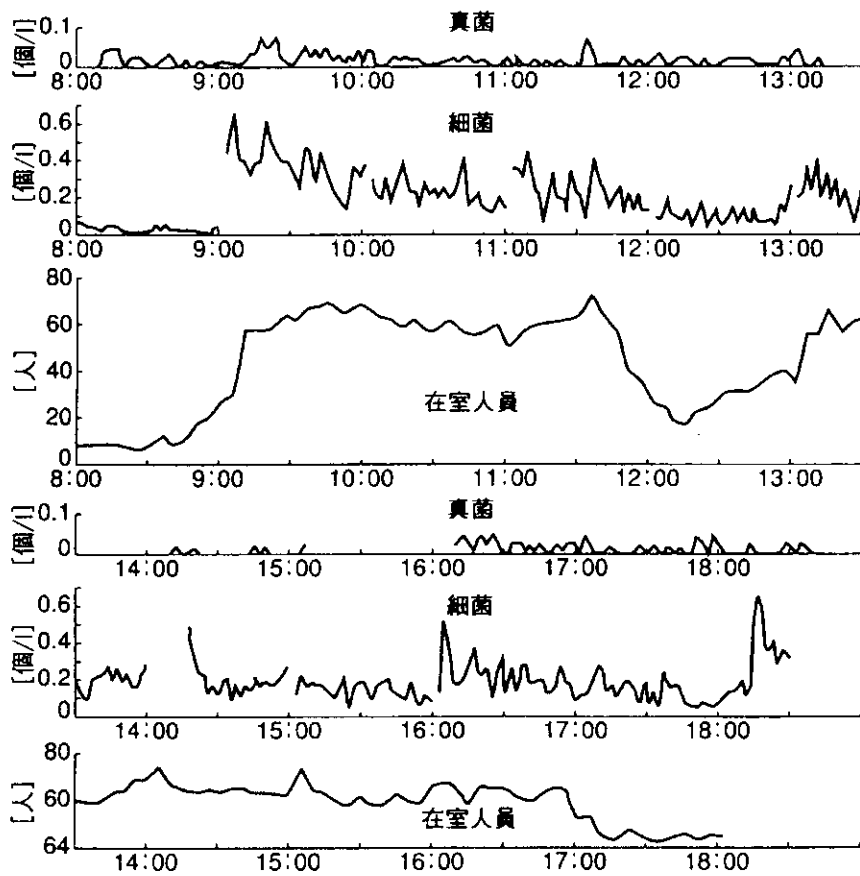


図 2-4 オフィスビルの事務室内での細菌、真菌の実測結果⁸⁾

表 2-1 オフィスビルを含む様々な室内空間での微生物濃度の汚染レベルの範囲⁸⁾

(単位：個/L)

施設名	事務所ビル	病院	地下鉄駅構内	地下街	住宅	空調ダクト
細菌	0.1~0.2	病室 0.3	夏 0.39~0.86 冬 0.78~1.4	1.22~4	居間 0.59 寝室 0.18	ダンパ開時 0.07
真菌	0.02~0.03	病室 0.03	夏 0.2 ~0.47 冬 0.17~0.22	0.35~0.67	居間 0.46 寝室 0.50	ダンパ開時 0.60

表 2-2 菅原によりまとめられた微生物の測定機¹¹⁾

用途 (測定対象)	測定器名称	構成 (補助機器)	測定原理 (捕集機構)	濃度表示 (重量換算)	測定範囲	測定時間 吸引流量
					粒径	
長時間測定	Y/G 200 J スリット サンブラ	ポンプ内蔵 本体	衝突法	コロニー/ 単位体積		5分 15分 30分 60分 28.3 l/分
空中濃度測定	スリット サンブラ	ポンプ本体	衝突法	同上		1~50 l/min (可変)
同上	STA-101 203 303	ポンプ本体	同上	同上		50 l/min —
同上	ピンホール サンブラ	同上	同上	同上		28.3 l/分
同上	ピンホール サンブラ SY式	同上	同上	同上		26 l/分 2分間
同上	SAS	充電式	同上	同上		20秒ずつ 15段階 30 l/20秒 26~28 l/分
粒径分布測定	アンダーセ ンサンブラ	ポンプ本体	同上	同上	0.75~15 μm	10~30分 28.3 l/分
空中濃度測定	RCS	本体電池	回転衝突法	同上		40 l/分 0.5分 2分 4分 8分
落下量測定	落下法	ペトリ皿 3枚1組	空中菌落下 量捕集	コロニー/ 皿/分		5~15分