

200401388A

平成 16 年度厚生労働科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）

建築物における環境衛生に関する研究 報告書

平成 17 年 3 月

財団法人 ビル管理教育センター

平成16年度厚生労働科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）
建築物における環境衛生に関する研究報告書

目 次

I. 研究の背景と目的	1
II. 研究課題	1
III. 研究組織	2
IV. 研究成果	5
IV-1. 室内エアロゾルの性状とその評価方法に関する研究	5
1. はじめに	5
1.1 研究目的	5
1.2 研究組織	6
1.3 本年度の調査研究の概要	7
1.4 建築物衛生法改正による空気環境の現状について	9
2. エアロゾルの健康影響	12
2.1 粒子状物質とは	12
2.2 呼吸器の構造と粒子状物質の沈着・滞留	12
2.3 粒子状物質に対する肺の防御作用	13
2.4 炎症・傷害・修復と線維化	14
2.5 粒子状物質の種類と健康影響	15
2.6 粉じんの沈着部位からみた呼吸器障害	17
2.7 治療・予防	18
3. 室内における測定方法の特性及び汚染物質の発生源	25
3.1 測定方式の特性	25
3.1.1 パーティクルカウンタの特性	25
3.1.2 SMPSとW-CPCの特性	29
3.1.3 WPS	37
3.1.4 ガスモニタ	42
3.1.5 パッシブサンプラー	45
3.1.6 検知管	49
3.2 汚染物質の発生源	52
3.2.1 粒子状物質の発生源	52

3.2.2	化学物質の発生源	55
4.	精密測定による粒子状物質と化学物質の実態調査	57
4.1	測定概要	57
4.1.1	測定対象ビルの概要と測定の実際	57
4.1.2	測定結果の概要	60
4.1.3	測定結果のビル間比較による考察	77
4.1.4	VOCおよびアルデヒド類の精密法およびパッシブ法との比較	80
4.1.5	デジタル粉じん計の係数值	84
4.2	化学物質の経時変化	85
4.3	粒子組成からみた解析	92
4.3.1	ICP-MSによる粒子状物質の化学組成分析	92
4.3.2	測定結果及び考察	92
4.3.3	CMB 8解析マクロによる発生源解析の試み	103
4.3.4	パーティクルアナライザによる粒子状物質の化学組成分析	105
4.4	室内外の粒径別粒子	113
5.	パッシブ法を用いた化学物質の全国調査	117
5.1	測定概要及びアンケート調査	117
5.1.1	測定調査概要	117
5.1.2	測定方法の検討	117
5.1.3	分析方法の概要	118
5.1.4	アンケート調査の概要	118
5.2	調査結果	119
5.2.1	サンプル及びアンケートの回収状況	119
5.2.2	測定結果の概要	119
5.2.3	各物質の濃度分布	125
5.2.4	物質ごとの相関関係	125
5.2.5	築年数と室内濃度の関係	126
5.2.6	内装材料と室内濃度の関係	127
5.2.7	空調設備と室内濃度の関係	127
5.2.8	喫煙と室内濃度の関係	128
5.3	まとめ	128
6.	全国規模による粒子状物質及び化学物質の実測調査	129
6.1	測定概要	129
6.2	測定結果	146
6.3	考察	157
6.4	まとめ	164

IV-2. 建築物の給水における水質管理に関する実態調査	167
1. 研究の目的と背景	167
2. アンケート調査	168
2.1 給水用防錆剤使用特定建築物に関する調査（行政）	168
2.2 防錆剤使用特定建築物に関する調査	183
2.2.1 東京都管轄下の防錆剤使用特定建築物における 使用実態等に関する調査	183
2.2.2 東京都管轄以外の防錆剤使用特定建築物における 使用実態等に関する調査	194
2.3 全国の簡易専用水道検査機関の受検施設における 防錆剤使用状況調査	228
2.4 まとめ	230
3. 文献調査	231
3.1 給水用防錆剤に関する文献の要約	231
3.2 文献から抽出した成果と課題	232
3.3 米国における給水用防錆剤としてのリン酸塩の使用状況	248
3.4 リン酸の安全性と濃度規制	249
3.4.1 リン酸塩の最大使用レベル	249
3.4.2 NSF/ANSI Standard 60-2003e	252
3.4.3 給水防錆剤の登録認定制度	252
3.5 リン酸塩注入による効果	252
3.5.1 赤水防止	252
3.5.2 飲料水処理用リン酸の特性	253
3.5.3 飲料水処理におけるリン酸塩の使用	253
3.5.4 鉛及び銅制御の戦略法を選定するための 改訂ガイダンスマニュアル	254
3.5.5 飲料水系における腐食に及ぼす塩素の影響	255
3.6 リン酸塩添加の事例	256
3.6.1 水道銅管の孔食防止	256
3.6.2 銅管のピンホール問題とオルトリン酸塩の安全性	256
3.6.3 Washington Aqueductの事例	257
3.7 まとめ	258
4. 給水用防錆剤管理責任者のためのマニュアルの作成	269

IV-3. 循環式浴槽の維持管理手法に関する検討部会報告書	296
はじめに	296
1. 微生物によるバイオフィルム形成とその機序	297
1.1 バイオフィルムとは何か	297
1.2 バイオフィルムがつくられる場所	297
1.3 バイオフィルムの構造	297
1.4 バイオフィルムの成分	298
1.5 バイオフィルムのでき方	298
1.6 バイオフィルムをつくる微生物	298
1.7 自然界のバイオフィルムの特徴	299
1.8 バイオフィルムの解析法	299
1.9 バイオフィルムの中のバクテリアの性質	299
1.10 バイオフィルム形成に必要なバクテリア遺伝子	300
1.11 多細胞社会としてのバイオフィルム	300
1.12 微生物はバイオフィルムを形成するか	300
1.13 レジオネラとバイオフィルム	300
1.14 バイオフィルムと原虫の相互関係	301
1.15 食物連鎖への反逆	301
1.16 臨床上の問題	302
1.17 終わりに	302
2. 循環ろ過器による水質の影響（塩素消失量測定等）	304
2.1 既設のろ過装置の性能	304
3. 循環浴槽システムにおけるバイオフィルムの発生抑制実験	308
1. はじめに	308
2. 家庭用循環浴槽システムに生成するバイオフィルム	308
2.1 実験方法	308
2.1.1 家庭用循環浴槽システム	308
2.1.2 浴槽内のバイオフィルムの測定	309
2.1.3 ろ過槽内に生成するバイオフィルム	309
2.1.4 バイオフィルム内レジオネラ属菌の増殖試験	310
2.2 結果および考察	310
2.2.1 浴槽内におけるバイオフィルムの生成挙動	310
2.2.2 ろ過槽内のバイオフィルム	311
2.2.3 バイオフィルム内のレジオネラ属菌増殖試験	312
3. バイオフィルムの消毒試験	314
3.1 実験方法	314
3.1.1 家庭用循環浴槽内の消毒試験	314

3.1.2	バイオフィームおよびレジオネラ属菌の 消毒試験(ビーカテスト)	315
3.2	結果および考察	315
3.2.1	循環浴槽内における消毒効果	315
3.2.2	バイオフィームおよびレジオネラ属菌の 消毒試験(ビーカテスト)	319
4.	各種温泉水におけるバイオフィーム生成抑制実験	320
4.1	実験方法	320
4.1.1	振とう培養によるレジオネラ属菌の増殖試験	320
4.1.2	塩素消毒の有無によるバイオフィームの生成試験	320
4.2	結果および考察	322
4.2.1	振とう培養によるレジオネラ属菌の増殖試験	322
4.2.2	塩素消毒の有無によるバイオフィームの生成試験	323
5.	まとめ	326
6.	今後の検討課題	327
4.	社会福祉施設の浴槽水調査	328
4.1	施設の概要	328
4.2	浴槽の水質等	330
4.3	浴槽温度と浴室温湿度	337
4.4	考察	339
4.5	実測の課題と今後の調査	340
5.	ろ過循環系の過酸化水素洗浄調査	341
5.1	調査の目的	341
5.2	調査方法	341
5.3	調査-1	341
5.3.1	調査対象施設の概要	341
5.3.2	調査年月日	341
5.3.3	調査	341
5.3.4	調査結果	341
5.3.5	考察	346
5.4	調査-2	347
5.4.1	調査対象施設の概要	347
5.4.2	調査年月日	347
5.4.3	調査内容	347
5.4.4	調査結果	347
5.5	調査-3	351
5.5.1	調査対象施設の概要	351
5.5.2	調査年月日	352
5.5.3	過酸化水素洗浄の状況	352

5.5.4	配管表面付着物の剥離量の推定	356
5.5.5	剥離物を含んだ洗浄後の水質	356
5.5.6	考察	356
5.6	調査・実測の課題と今後の調査	357
6.	レジオネラ属菌の迅速検出法に関する検討	358
6.1	目的	358
6.2	LAMP 法の特徴	358
6.3	LAMP 法の特異性の確認	359
6.3.1	供試菌株	359
6.3.2	方法	359
6.3.3	結果	359
6.4	LAMP 法の特感度の確認	360
6.4.1	供試菌株	360
6.4.2	方法	360
6.4.3	結果	361
6.5	温泉水からのレジオネラ属菌検出における LAMP 法と培養法の比較	361
6.5.1	材料及び方法	361
6.5.2	結果	362
6.5.3	考察	363
6.6	結語	365
7.	文献調査	366
7.1	上水試験法 解説編(2001 年度版)	366
7.2	浄化処理に起因する臭気の基礎的調査	366
7.3	カルキ臭の原因物質と低減化	367
7.4	水泳プール管理マニュアル	368
7.5	まとめ	368

I. 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）や揮発性有機化合物等多様である。昨今、経済的緊縮度の増大や省エネルギー化対応の強化等の社会的状況のなかで、建築物の換気量が抑制される傾向にあり、IAQの悪化が懸念されている。

平成14年度に取りまとめられた建築物衛生管理検討会報告書において、「室内の浮遊粉じんに関しては、形状、粒径、化学組成等の性状や挙動の把握を行った上で、その粉じんの有害性等について科学的知見を踏まえて、基準値や測定方法の再検討が必要である」と提言された。

そこで、本研究では、特定建築物における居室内のエアロゾルの発生要因及び性状等の実態を明確にし、健康影響等を考慮した上で、適正な評価及び規制方法のあり方等について検討を行う。

また、給水管等の腐食に起因とする赤水発生の抑止対策として用いられている給水用防錆剤は、基本的には布設更新までの応急的対策としての使用は認められている。しかし、その後の研究で給水用防錆剤が長期的あるいは予防的に使用されている場合もあるため、使用現状とその安全性の徹底や販売管理基準の強化等を図る必要があると提言された。また、昨年度の本調査においても長期に亘った使用がみられた。

このため、特定建築物における給水用防錆剤の使用実態を明らかにするとともに、給水用防錆剤を用いた適切な維持管理のあり方を提言することを目的とする。

循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策については、平成13年9月に循環式浴槽の管理方法として「循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル」が示されている。しかし、防止対策マニュアルでは、循環配管の内壁等に付着したバイオフィルムの除去等の清掃方法については詳細に謳われておらず、循環式浴槽の管理者等は定期的な換水及び換水時の浴槽の清掃にとどまっているのが現状である。このため、循環配管内に生成された生物膜の除去方法や生成を抑制させるための方法等、循環式浴槽におけるレジオネラ属菌汚染を防止するための衛生面からみた具体的な維持管理手法の検討を行う。

II. 研究課題

本研究の目的を遂行するにあたり、以下に挙げる項目を研究課題とした。

1. 室内エアロゾルの性状とその評価方法に関する研究

特定建築物における居室内のエアロゾルの性状等の実態を明確にし、適正な評価方法の検討するため、平成15年度は浮遊粉じんについては、現状の質量濃度測定・評価方法の検討や粒径別の測定、室内粉じんの組成を、VOC等の化学物質については、パッシブ法測定における測定時間やその評価方法の検討を目的として、室内エアロゾルの性状とその評価方法に関する研究を実施した。今年度は、昨年度の研究によって得られた知見を踏まえ、

実態調査を全国レベルで実施し、健康影響等を考慮した上で、適正な評価及び規制方法のあり方等についての検討を行う。

本研究では室内の検討すべき項目を粒子状物質と化学物質とし、粒子状物質については濃度とその粒径分布や形状、化学組成等を、化学物質については濃度とその種類等の把握を行った上で、適正な評価及び規制方法のあり方等について検討を行う。

なお、今年度は初年度研究とし、特定建築物の居室の粒子状物質および化学物質の測定・捕集方法の検討、実態調査方法の検討とその問題点の把握とする。

2. 建築物の給水における水質管理の実態調査

特定建築物における給水用防錆剤の使用実態と普及過程における監視指導の実態等の把握を目的に実施した平成15年度研究では、全国127行政を対象に、特定建築物における給水用防錆剤の使用届出状況等に関する調査を実施したところ、行政の指導方法等の温度差や20年以上の半恒久的な使用も見受けられた。

そこで、今年度は給水用防錆剤を使用している特定建築物を対象にアンケートを実施し、使用状況や管理方法等から建築物における給水用防錆剤の使用実態を解析した上で、利用者の安全性と建築物の維持管理の両面を意識した給水用防錆剤管理責任者のためのマニュアルを作成する。

3. 循環式浴槽の維持管理手法に関する検討

平成13年に「循環式浴槽におけるレジオネラ症防止対策マニュアル」が示された以降も、循環式浴槽を主たる原因とするレジオネラ症感染例が多く報告されており、その原因として、循環配管内に付着・生成されたバイオフィームがレジオネラ属菌の温床となることが数多く報告されている。

そこで、本研究では循環式浴槽におけるバイオフィーム抑制方法や循環配管系に付着したバイオフィームの効果的な除去方法を検討するとともに、循環ろ過器前後における水質の挙動、入浴に伴う浴槽水水質の挙動、温泉等の水道水以外の水質に有効な消毒方法等を検討し、現場に即した循環式浴槽維持管理マニュアルを作成する。

なお、今年度は初年度研究として、循環配管内に生成されるバイオフィームの除去方法や生成を抑制させるための方法等、循環式浴槽に関する構造、清掃、消毒などについて幅広く調査研究した。

Ⅲ. 研究組織

本研究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「建築物の環境衛生管理に関する研究委員会」（主任研究者：目黒克己；（財）ビル管理教育センター理事長）を設置した。また、部会として、「室内エアロゾルの性状とその評価方法に関する研究部会」、「建築物の給水における水質管理の実態調査部会」を設置して研究方法等について具体的な方針を決定後、調査・研究を実施した。なお、委員会及び部会の構成は表1～4

のとおりである。

表1 建築物の環境衛生管理に関する研究委員会

	氏名	所属及び役職
主任研究者	目黒 克己	(財)ビル管理教育センター理事長
分担研究者	池田 耕一	国立保健医療科学院建築衛生部部长
〃	紀谷 文樹	神奈川大学工学部建築学科教授

表2 室内エアロゾルの性状とその評価方法に関する研究部会

	氏名	所属及び役職
分担研究者	池田 耕一	国立保健医療科学院建築衛生部部长
部会長	藤井 修二	東京工業大学大学院情報理工学研究科 情報環境学専攻教授
委員	相澤 好治	北里大学医学部衛生学公衆衛生学教授
〃	池尻 康孝	福岡市保健福祉局生活衛生部生活衛生課技術吏員
〃	一条 和夫	リオン株式会社技術統括部課長
〃	遠藤 潔	愛知県健康福祉部生活衛生課主査
〃	鍵 直樹	国立保健医療科学院建築衛生部
〃	北角 彰	大阪府健康福祉部環境衛生課課長補佐
〃	小山 博巳	柴田科学株式会社技術開発部部长
〃	高貝 健治	東京都福祉保健局健康安全室環境水道課主事
〃	竹田 菊男	株式会社住化分析センター千葉事業所所長
〃	垂水 弘夫	金沢工業大学建築系教授
〃	並木 則和	金沢大学工学部物質化学工学科助教授
〃	西村 直也	芝浦工業大学工学部二部電気設備学科助教授
〃	本間 克典	東京ダイレック株式会社技術顧問
〃	明星 敏彦	(独)産業医学総合研究所人間工学特性研究部主任研究官
〃	柳 宇	国立保健医療科学院建築衛生部主任研究官
〃	山田 繁晴	札幌市保健福祉局保健所環境衛生課ビル衛生係係長
〃	横山 辰巳	日本カノマックス(株)環境計測事業ユニット アプリケーションエンジニア

表3 建築物の給水における水質管理の実態調査部会

	氏名	所属及び役職
部会長	紀谷 文樹	神奈川県立大学工学部建築学科教授
委員	鈴木 昭	日本農薬株式会社化成製品課課長
〃	那須 徹男	栗田工業株式会社 カスタマー・サービス事業本部都市開発部部長
〃	藤井 哲雄	有限会社コロージョン・テック代表取締役社長
〃	山田 賢次	株式会社西原衛生工業所技術顧問
〃	和田 俊和	東京都福祉保健局健康安全室環境水道課主事

表4 循環式浴槽の維持管理手法に関する検討部会

	氏名	所属及び役職
部会長	紀谷 文樹	神奈川県立大学工学部建築学科教授
委員	赤井 仁志	株式会社ユアテック技術開発部課長
〃	縣 邦雄	アクアス株式会社つくば総合研究所所長
〃	岡田 誠之	東北文化学園大学科学技術学部環境計画工学科教授
〃	小川 正晃	株式会社ユニ設備設計代表取締役社長
〃	野知 啓子	関東学院大学工学部社会環境システム学科技師
〃	古畑 勝則	麻布大学環境保健学部衛生技術学科助教授
〃	吉田 真一	九州大学大学院医学研究院細菌学分野教授

事務局 高柳 保、齋藤敬子、鎌倉良太、杉山順一

(財)ビル管理教育センター調査研究部

IV. 研究成果

1. 室内エアロゾルの性状とその評価方法に関する研究

平成 16 年度厚生労働科学研究費補助金
建築物における環境衛生管理に関する研究
「室内エアロゾルの性状とその評価方法に関する研究部会」報告書

1. はじめに

1.1 研究目的

居室内における粒子状物質について、建築物における衛生的環境の確保に関する法律では、相対沈降径が概ね $10\mu\text{m}$ 以下の粒子を浮遊粉じんとして定義し、重量濃度により規制が行われている。また、特定建築物内における浮遊粉じん濃度の不適率は、建築物環境衛生管理技術者の適正な維持管理や、空気清浄技術の高度化及び分煙対策の普及等から昭和 52 年の全国平均 21.9% に比べ平成 12 年は 2.2% と低減している。

しかし、近年になり人体に影響のある粒子径は、 $2.5\mu\text{m}$ 程度の微粒子であるとの報告があり、大気環境では PM2.5 と呼ばれる $2.5\mu\text{m}$ 以下の微粒子を対象とした重量濃度による評価が行われている。さらに、アレルギー等の問題から居室内に浮遊する真菌やカビ等の影響、化学物質過敏症の観点からホルムアルデヒドや揮発性有機化合物(VOC)について問題視されてきている。このような背景にもかかわらず、建築物衛生法における空気清浄に関する項目は、 $10\mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じんの重量濃度、二酸化炭素、一酸化炭素、ホルムアルデヒドの 4 項目に限られている。そこで、今後更なる省エネルギー化対応強化の状況で換気量の抑制による室内空気質の悪化及び室内環境の高度な汚染制御に対応するために、空気環境の現状の把握が重要となる。

平成 13~14 年度の建築物衛生管理検討会報告書において、「室内粉じんに関しては、形状、粒径、化学組成等の性状や挙動の把握を行った上で、その粉じんの有害性等について科学的知見をふまえて基準値や測定方法の再検討が必要である」と提言されており、健康影響に関する微粒子の重量及び個数濃度分布並びに性状について、現状を把握する必要がある。また、ホルムアルデヒドや VOC 等の化学物質についても住宅における実態調査は進んでいるものの、特定建築物に関する調査は少ないのが現状である。

平成 15 年度の調査研究では、このような背景を考慮し、特定建築物における居室内のエアロゾル及び化学物質の発生要因及び性状等の実態を明確にし、健康影響を考慮した上で、適正な評価及び規制方法のあり方等について検討することを目的とし、特定建築物の居室のエアロゾルと VOC の計測方法の基本となる項目、実態調査の方法と問題点を把握した。具体的な調査内容としては、A)浮遊粉じん計測及び B)化学物質計測に関して検討した結果、以下の結果が得られた。

(1)特定建築物内の空気質の文献調査

特定建築物内の粒子状物質及び化学物質の測定事例について、継続して各委員が調査を行った。

(2)測定方法の検討

調査内容より、粒子状物質及び化学物質の測定方法について検討を行い、実態調査への適用について決定した。

(3)室内環境中における粒子状物質及び化学物質の実態調査

粒子状物質の実測調査は、測定手法の確認と現場測定の可能性など、問題点の抽出を主

たる目的として、対象建物1件について行った。化学物質の実測調査は、測定手法の確認と現場測定の可能性、パッシブ法の有効性など、問題点の抽出を主たる目的として、粒子状物質の測定と併行して対象建物1件について行った。平成16年3月8日から10日、三田国際ビルで行った。

本年度の研究は、昨年度結果をふまえて測定法の確認調査のための精密測定による実測調査と、全国的な簡易調査を実施することとした。また、調査研究の基礎事項であるエアロゾルの健康影響調査及び測定方法の特性と汚染物質の発生源についての調査をすることとした。

- (1) エアロゾルの健康影響
- (2) 室内測定方法と特性
- (3) 汚染物質の発生源
- (4) 精密測定による実測調査
- (5) 化学物質の全国簡易調査
- (6) 粒子状物質の全国簡易調査

また、次年度以降の研究テーマとしては、以下の内容があり、今年度の調査に加えて検討する予定である。また、本年度までに検討した測定方法は、整理しまとめる予定である。

- (1)アスベスト関連調査 エアロゾルの健康影響の点から、室内エアロゾルで問題となるアスベストについてその代替品を調査する。
- (2)化学分析機器の比較検討 VOC等の測定分析では結果を測定に伴う測定精度が問題となるがその実態は明らかではないため、各機関の相互比較実験を行い検討する。
- (3)受動喫煙防止対策の観点からの実測調査 事務所建築物等で問題となる喫煙対策について喫煙室の実態、喫煙室内外での汚染実態の分析調査を行う。
- (4)粒子状物質測定の追加調査 本年度までの結果について検討を加え、精密・全国調査等での原因不明物件での詳細測定を行う。なお、測定個所については少数とするが時間変動などを中心に検討する。また、今後重要要素である炭素分析についてEC,OC、多環芳香族の測定・分析等を行い、粒子の組成について検討する。そして、浮遊微生物及び空調機に起因する微生物汚染についても検討を行う。
- (5)化学物質測定の追跡調査 本年度までの結果について検討を加え、今後更にデータを蓄積し、測定・分析等の観点及び空調設備の観点から検討を行う。また、VOCの簡易測定、モニター装置の有効性について検討する。

1.2 研究組織

本研究の推進には、調査研究委員会を(財)ビル管理教育センターに設置して、調査研究を実施することとした。委員会メンバーは以下のとおりである。

- | | |
|-------|-----------------------------------|
| 分担研究者 | 池田耕一 (国立保健医療科学院建築衛生学部部長) |
| 部会長 | 藤井修二 (東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻教授) |
| 委員 | 相澤好治 (北里大学医療系研究科教授) |
| | 池尻康孝 (福岡市保健福祉局) |
| | 一条和夫 (リオン㈱) |

遠藤 潔 (愛知県健康福祉部)
 鍵 直樹 (国立保健医療科学院建築衛生部研究員)
 北角 彰 (大阪府健康福祉部)
 小山博已 (柴田科学㈱)
 高貝健治 (東京都保健福祉局)
 竹田菊男 (㈱住化分析センター)
 垂水弘夫 (金沢工業大学工学部居住環境学科教授)
 並木則和 (金沢大学大学院自然科学研究科物質工学専攻助教授)
 西村直也 (芝浦工業大学工学部電気設備学科助教授)
 本間克典 (東京ダイレック㈱)
 明星敏彦 (産業医学総合研究所人間工学特性研究部)
 柳 宇 (国立保健医療科学院建築衛生学部主任研究員)
 山田繁晴 (札幌市保健福祉局)
 横山辰巳 (日本カノマックス㈱)
 事務局及び調査 (財)ビル管理教育センター
 オブザーバー 田中毅弘 (東京工業大学)
 宮田雄二 (日本カノマックス㈱)

1.3 本年度の調査研究の概要

本年度調査研究としては、A)浮遊粉じん計測及び B)化学物質計測 C)その他に関して、(1)エアロゾルの健康影響 (2)室内測定方法と特性 (3)汚染物質の発生源 (4)精密測定による実測調査 (5)化学物質の全国簡易調査 (6)粒子状物質の全国簡易調査について行った。

研究グループを、表 1.1 の 4 チームにし、研究を推進した。

(1)エアロゾルの健康影響 エアロゾルの人体への健康影響は課題であるため、文献を中心に調査した。

(2)室内測定方法と特性 昨年度測定機器類の一般的特性を調査し、推奨される測定法の検討結果を利用し、本年度実測調査を行うこととした。そこで、本研究の実態調査に利用した測定機器類の特性について文献等で調査した。

(3)汚染物質の発生源 室内汚染物質について考えられる発生源とその特性を調査した。

(4)精密測定による実測調査 昨年度の調査に加えて、本年度は、東京、大阪、金沢、埼玉の 4 建物を対象に、室内外のエアロゾルと VOC の実態調査を行った。

(5)化学物質の全国簡易調査 全国 5 都市 (札幌、東京、愛知、大阪、福岡) において約 100 建物を対象に調査した。アンケートに加えて、アルデヒド類、VOC の実態をパッシブサンプリング法により調査した。

(6)粒子状物質の全国簡易調査 全国 5 都市 (札幌、東京、愛知、大阪、福岡) において約 20 建物を対象に実測調査した。アンケートに加えて、粒子状物質の実態を測定した。なお、VOC についてもアクティブサンプリング法により調査することとした。

表 1.1 研究分担一覧

	研究組織	研究者	研究内容
Team 1 実態調査及び測定条件の検討	藤井修二 鍵 直樹	東京工業大学 国立保健医療科学院	アクティブ法による VOC の実測 PM・微粒子の計測
	池田耕一 柳 宇	国立保健医療科学院	パッシブ法による VOC の測定方法の適用 VOC とその発生源
	垂水弘夫	金沢工業大学	北陸を中心とする PM, VOC の実測 精密測定結果の分析
	高貝健治	東京都	関東圏を中心とする PM, VOC の実測
	竹田菊男	住化分析センター	PM, VOC の組成分析
		ビル管理教育センタ	VOC の分析
Team 2 捕集・測定技術提供	本間克典 横山辰巳 小山博巳	東京ダイレック 日本カノマックス 柴田科学	捕集測定技術とその特性
Team 3 粒子状物質関連技術の検討	相澤好治 並木則和 明星敏彦	北里大学 金沢大学 産業医学総合研究所	エアロゾルの人体影響 エアロゾルとその発生源 超微粒子の評価
Team 4 全国調査	藤井修二 鍵 直樹 西村直也 田中毅弘 池尻康孝 遠藤 潔 北角 彰 高貝健治 山田繁晴	東京工業大学 国立保健医療科学院 芝浦工業大学 東京工業大学 福岡市保健福祉局 愛知県健康福祉部 大阪府健康福祉部 東京都保健福祉局 札幌市保健福祉局	化学物質の全国簡易調査 粒子状物質の全国簡易調査

(藤井修二)

1.4 建築物衛生法改正による空気環境の現状について

(1) 建築物衛生法の改正

近年、より健康的で快適な生活環境への社会的ニーズの高まり、地球温暖化防止、省エネルギー対応の環境配慮型の建築物への関心の高まり等、建築物衛生を取り巻く環境が大きく変化してきたことを受け、厚生労働省健康局は、平成 13 年に「建築物衛生管理検討会」を設置し、平成 14 年 7 月に報告書が公表された。

厚生労働省では、この報告書を踏まえ、平成 14 年 10 月に「建築物の衛生的環境の確保に関する法律施行令の一部を改正する政令」（平成 14 年政令第 309 号）を公布、12 月 30 日には建築物の衛生的環境の確保に関する法律施行規則の一部を改正する省令（平成 14 年厚生労働省令第 156 号）を公布し、平成 15 年 4 月 1 日から施行されている。

「建築物の衛生的環境の確保に関する法律（略称：建築物衛生法）」においては、良好な室内環境を維持するため法第 4 条に建築物環境衛生管理基準が規定されている。室内の化学物質による汚染問題への対応等の内容について改正が行なわれ、浮遊粉じん量をはじめとする空気環境の基準に関して、従来の 6 項目にホルムアルデヒドに関する基準が新たに追加された。

(2) 室内の化学物質

ビル等の建築物において、地方公共団体等でこれまでに実施された調査結果によれば、室内に特殊な発生源が存在せず、かつ、十分な換気量が確保されている条件下では、ホルムアルデヒド等の化学物質の室内濃度は比較的低い状況にあり、建築物の竣工後、時間の経過に伴い化学物質の濃度は低減する傾向にあることが示されている。

特定建築物においては、建築物環境衛生管理基準により室内の二酸化炭素濃度を 1,000ppm 以下に維持管理することとなっている。この基準を遵守するためには、換気量の確保が必要であり、それを確保することで、建築物内の空気環境における化学物質の濃度を比較的低い水準に抑えることが可能である。また、室内空気汚染の原因となる多数の化学物質を定期的に測定するのは実際的ではないことから、平成 14 年 10 月の政令改正により室内化学物質対策として、代表的な物質であるホルムアルデヒドに関する基準が新たに追加された。

これにより、特定建築物の所有者等は、建築時及び大規模な修繕・模様替を実施した年の 6 月から 9 月までの期間にホルムアルデヒドの測定義務が生じ、 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 以下に管理するよう規定されている。

測定方法については、2,4-ジニトロフェニルヒドラジン捕集-高速液体クロマトグラフ法（DNPH-HPLC 法）及び 4-アミノ-3-ヒドラジノ-5-メルカプト-1,2,4-トリアゾール法（AHMT 吸光光度法）により測定する機械又は厚生労働大臣が別に指定する測定器によるものとされており、厚生労働大臣が指定する測定器として以下の 10 機種が告示されている。

表1.2 厚生労働大臣が指定する測定器（厚生労働省告示第204号）

指定番号	型 式	製造者等の名称
1501	FP-30	理研計器株式会社
1502	710	光明理化学工業株式会社
1503	XP-308B	新コスモス電機株式会社
1504	91P	株式会社ガステック
1505	91PL	株式会社ガステック
1506	TFBA-A	株式会社住化分析センター
1601	IS4160-SP (HCHO)	株式会社ジェイエムエス
1602	ホルムアルデメータhtV	株式会社ジェイエムエス
1603	3分測定携帯型ホルムアルデヒドセンサー	株式会社バイオメディア
1604	FANAT-10	有限会社エフテクノ

（平成16年3月3日付厚生労働省告示第76号により1601以下4種追加）

しかしながらホルムアルデヒドや VOC 等の化学物質について、特定建築物に関する調査は少ないのが現状であり、化学物質の発生要因及び性状等の実態を明確にし、適正な評価及び規制のあり方が求められている。

(3) 浮遊粉じん量

建築物内において、浮遊粉じんの発生源となるものとして、室内に堆積又は付着している粉じんが、人の活動により飛散したもの、室内での喫煙など物質の燃焼に起因するもの、外気の浮遊粉じんが室内に流入したものなどがある。

東京都における立入検査時の室内の浮遊粉じん量の経年的な推移は、図 1.1 のように低減化している実態がある。建築物衛生法が施行された昭和 45 年以降の特定建築物の浮遊粉じんに関する空気環境基準の適合状況は、例えば東京都平均では、昭和 46 年から 52 年にかけて毎年不適率は 50% を超過していたが、その後経時的に低下している。また、全国的にも昭和 52 年に 21.9% の不適率が平成 12 年には 2.2% となっている。

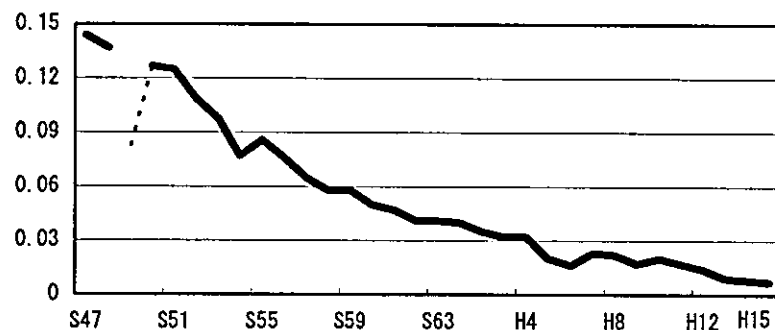


図 1.1 東京都における特定建築物の浮遊粉じん濃度の推移

これは、建築物衛生法の基準の浸透による空調設計時の考慮、空調フィルター等空気清浄に関する技術の向上、また、居室における浮遊粉じん量の発生に大きく寄与する喫煙に関する社会情勢の変化、分煙対策等が関与してきている。平成 15 年 5 月より施行された健康増進法においても、受動喫煙を防止するために、施設管理者が必要な措置を講ずる努力義務が課せられたところである。

「浮遊粉じん量」に関する基準は、建築物衛生法の政令により「1 立方メートル中に 0.15 ミリグラム以下」と定められ、測定方法については省令により、「グラスファイバーろ紙(0.3 マイクロメートルのステアリン酸粒子を 99.9%以上捕集する性能を有するものに限る。)を装着して相対沈降径がおおむね 10 マイクロメートル以下の浮遊粉じんを重量法により測定する機器又は厚生労働大臣の指定した者による当該機器を標準として較正された機器」とされている。

しかし、実際の環境測定にあたって、10 ミクロン以下を対象にろ過捕集した粉じんを天秤により重量を求め、捕集時の吸引空気量で除して重量濃度を算出する方法(重量法)は現実的ではないため、分粒装置付のろ過捕集装置を標準として較正された相対濃度計を使用することにより、室内の浮遊粉じん濃度の評価を行っている。浮遊粉じん濃度測定用の相対濃度計としては、光散乱式、光吸収式、圧電天秤式等が使用されており、年 1 回較正を行い特定建築物の環境測定が実施されている。

また、近年の大気環境の研究において、人体に影響のある粒子径が 2.5 マイクロメートル程度の微小粒子であるとの報告があり、米国においても 1979 年に PM10 に関する環境基準が改定されるとともに、PM2.5 と呼ばれる微小粒子の環境基準が追加されている。

以上の状況から、建築物衛生管理検討会報告書では建築物環境衛生管理基準の「浮遊粉じん量」について、室内の浮遊粉じんの形状、粒径、化学組成等の性状や挙動の把握を行った上で、その粉じんの有害性について化学的知見を踏まえ、基準値や測定方法について再検討することが適当」と提言されているところであり、基準値の設定、測定方法、適正な評価などの再検討が求められている。

(高員健治)

2. エアロゾルの健康影響

2.1 粒子状物質とは

われわれの身近には経気道的に侵入し、気道障害や肺実質障害を惹起する数多くの物質が存在する。これらの吸入毒性物質を表 2.1 に示す。吸入毒性物質には、固体、液体、気体、混合物がある。固体として存在するものは粉じん(dust)、ヒューム(fume)と呼ばれ、液体はミスト(mist)、エアロゾル(aerosol)、気体はガス、蒸気と呼ばれている。混合物には煙、スモッグがある。また、これらのうち固体、液体、混合物は、粒子状物質(Particulate Matter: PM)と呼ばれている。

粉じんとは、微小な固体粒子が大気中に漂った状態をいう。厳密には、粉じんは固体から機械的に分離して大気中に浮遊した粒子であり、固体である物質が加熱溶融して生じた蒸気が凝固して生じた微小な粒子はヒュームとして区別されるが、ここでは後者を含めて一般に粉じんと称する。

エアロゾルは気体中に微小粒子が漂った状態で、粉じん、ヒュームに加えミストなどの液体粒子が含まれ、より広い概念である²⁾。これらの形態は毒性物質の化学的性質とともに、呼吸器傷害の種類や程度に影響を与える。

2.2 呼吸器の構造と粒子状物質の沈着・滞留

呼吸器の構造を図 2.1 に示す。呼吸器系の最も大きな役割はガス交換である。これは、空気を肺胞まで導入し、混合静脈血に接触させて必要な酸素を循環血液に補給し、代謝産物としての二酸化炭素を受け取って排出する機能である。図 2.1 のように鼻腔、口腔から終末細気管支までを気道と呼ぶ。気道は、喉頭より上を上気道、気管から終末細気管支までを下気道という。

気管は第IVからV胸椎の高さで左右の主気管支に分岐し、その後2分岐を繰り返して肺葉気管支、区域気管支、小葉気管支、細気管支に分かれ、約 16 回の分岐の後、終末細気管支となり、さらに呼吸細気管支、肺胞道、肺胞嚢、肺胞に至る(図 2.1)。

環境空気中には様々な粒子が存在しているが、その大きさから見ると、空気力学径が大体 $100\mu\text{m}$ を超えるものは、比較的容易に地表に落下するので、空気中に長く浮遊するのはそれ以下の小さな粒子である。大気中に存在する粒子状物質の分布を図 2.2 に示す²⁾。この図から粒径が約 $5\mu\text{m}$ および $0.5\mu\text{m}$ のところにピークがあり 2 峰性の分布を示していることがわかる。

吸入された粒子状物質のヒトにおける有害性は、その粒径、化学的性質、空気中濃度、曝露期間により影響される。呼吸器系に吸入された粒子は、大気中に浮遊していたときと同様の運動を続けようとするが、その肺内への侵入深度は物理的な特性(形、密度、空気力学的特性)ばかりでなく、個人の呼吸状態にも依存する。一度、粒子状物質が気道粘膜もしくは肺胞に沈着すると、再び気流に戻ることはない。この状態を沈着したという。粒子状物質の粒径と呼吸器への沈着部位との関係を図 2.3 に示した³⁾。粒子状物質の沈着は衝突、沈降、拡散の三つの機構による(図 2.2)。

(1)衝突

上気道および下気道では気流の方向が急激に変わり、また気流速度が早いため粒子状物質は本来の気道に従おうとするため気道壁に衝突しやすい。この現象は粒径が $10\mu\text{m}$ 以上