

### 3.5 各施設のガス状物質の測定結果

#### (1) 3-ET およびニコチンの測定結果

各施設の 3-ET およびニコチンの測定結果を表 3.5.1 に示す。喫煙本数の計測できた施設について、喫煙本数と空气中濃度の関係を喫煙室内と非喫煙場所それぞれについてプロットしたものを図 3.5.1,3.5.2 に示す。この関係は喫煙室の容積、換気の状態、たばこの銘柄等様々な要素に左右されるものと思われるが、喫煙室内の結果では相関係数は低い。3-ET、ニコチン共に喫煙本数が増えれば濃度も増加している傾向が見られた。非喫煙場所では相関は得られていないが、喫煙室の密閉状況が各施設異なっているためその様子をよく反映した結果と思われる。

B 建物では講習の休憩時間喫煙者がいる時間帯のみのサンプリングも行った。測定結果を表 3.5.2 に示す。また、喫煙本数と空气中濃度の関係を喫煙室内と非喫煙場所それぞれについてプロットしたものを図 3.5.3,3.5.4 に示す。喫煙本数と空气中濃度に相関は見られず、濃度は飽和しているようにも見受けられる。予備調査結果（喫煙人数との関係）を勘案すると、一定の時間平均として測定を行った場合は喫煙人数や本数と空气中濃度の相関がある程度得られるが、喫煙者がいる時間のみのスポット測定では傾向が得られないことが分かった。

3-ET とニコチンの測定結果について、喫煙室と非喫煙場所の測定結果を式 1 を用いて「漏れ出し率」として評価した結果を表 3.5.3 に示す。この表には、予備調査の結果も含めて記載している。

$$\text{漏れ出し率(\%)} = \text{非喫煙場所濃度} \times 100 / \text{喫煙室内濃度} \quad (\text{式 1})$$

概ね分煙状況をよく反映した結果と思われる。ほとんどの施設においてニコチンの漏れ出し率が 3-ET より低くなっている。これはニコチンの速やかな酸化や壁面・粒子への付着による減衰などが考えられるが、モデル実験による実証や減少の把握が必要である。

表 3.5.1 各施設の測定結果

調査ビル		喫煙本数	3-エテニルピリジン(μg/m <sup>3</sup> )		ニコチン(μg/m <sup>3</sup> )	
			喫煙室	喫煙室外	喫煙室	喫煙室外
B建物(喫煙室不使用日)	N=1	0	0.00	計測せず	0.04	計測せず
	N=2	0	0.02	計測せず	0.05	計測せず
B建物(喫煙室使用日)	N=1	221	1.0	0.09	8.5	0.13
	N=2	221	0.88	0.09	6.8	0.09
C建物	N=1	139	4.3	0.27	44	0.37
	N=2	139	3.9	0.28	39	0.39
D建物	N=1	85	0.97	0.44	5.0	1.4
	N=2	85	1.0	0.46	4.8	1.5
E建物	N=1	11	1.5	0.51	4.3	0.37
	N=2	11	1.3	0.53	3.9	0.36
M建物(本調査)	N=1	324	2.1	0.59	14	1.1
	N=2	322	2.1	0.59	17	1.7

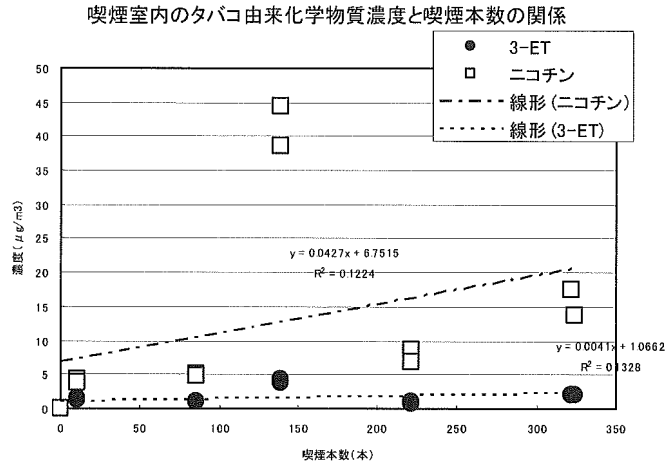


図 3.5.1 喫煙室内のたばこ由来化学物質濃度と喫煙本数の関係

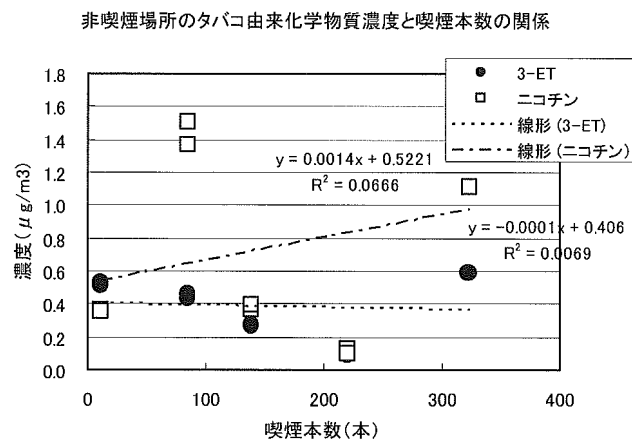


図 3.5.2 非喫煙場所のたばこ由来化学物質濃度と喫煙本数の関係

表 3.5.2 B 建物 喫煙者がいる時間帯のみの測定結果

測定時間帯		喫煙本数	空気中濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
			3-エテニルピリジン	ニコチン
9:20-9:30	N=1	62	3.8	32
	N=2	62	3.3	27
10:35-10:45	N=1	33	5.5	46
	N=2	33	3.9	28
11:40-12:30	N=1	46	1.9	14
	N=2	46	1.4	11
13:38-13:45	N=1	30	5.4	49
	N=2	30	4.3	33
15:30-15:40	N=1	23	4.6	38
	N=2	23	3.5	25

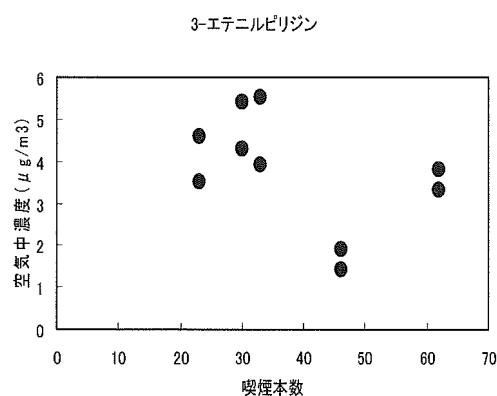


図 3.5.3 喫煙本数と 3-ET の空気中濃度の関係 (喫煙者がいる時間帯のみ)

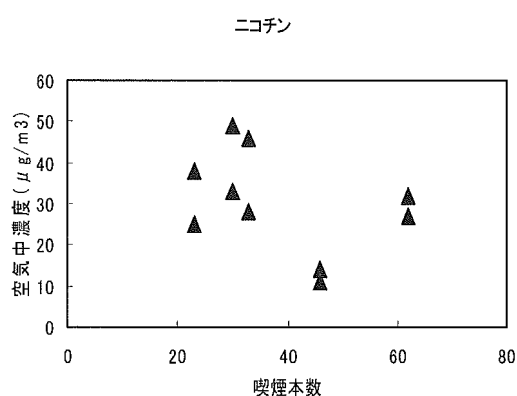


図 3.5.4 喫煙本数とニコチンの空気中濃度の関係 (喫煙者がいる時間帯のみ)

## (2)アルデヒド類の測定結果

各施設におけるアルデヒド類の測定結果を表 3.5.4 に示す。各施設に共通して喫煙場所の方が有意に高濃度となるケースは確認できなかった。アクロレイン, メタアクロレイン, イソバレルアルデヒド, バレルアルデヒドといった臭気の強い物質が検出されたことは興味深い, 人体に由来することも考えられる。また, 喫煙場所/非喫煙場所間の濃度比も小さく, 特異性という点でたばこ臭気の漏れ出しを評価するモニター成分とはし難いと考えられる。

表 3.5.3 喫煙室/非喫煙場所検出濃度の比率によるガス状物質漏れ出し率の評価結果

測定時間帯	喫煙者数	3-エテンルピリジン			ニコチン		
		空气中濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	平均 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	漏れ出し率(%)	空气中濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	平均( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	漏れ出し率(%)
東京1建物 10:00~11:00	喫煙室 N=1	2.3	2.6	84	14	13	53
	喫煙室 N=2	2.8			12		
	喫煙室外 N=1	2.2	6.6				
	喫煙室外 N=2	2.1	7.1				
東京1建物 11:00~12:00	喫煙室 N=1	3.0	2.2	70	11	10	31
	喫煙室 N=2	1.4			10		
	喫煙室外 N=1	1.4	2.7				
	喫煙室外 N=2	1.7	3.7				
東京1建物 12:00~13:00	喫煙室 N=1	5.3	5.2	71	27	28	71
	喫煙室 N=2	5.2			29		
	喫煙室外 N=1	3.6	3.7		19		
	喫煙室外 N=2	3.8	20				
東京1建物 13:00~14:00	喫煙室 N=1	2.2	2.2	101	12	13	65
	喫煙室 N=2	2.2			15		
	喫煙室外 N=1	2.1	8.2				
	喫煙室外 N=2	2.3	9.2				
東京1建物 14:00~15:00	喫煙室 N=1	3.1	3.1	89	19	19	84
	喫煙室 N=2	3.2			19		
	喫煙室外 N=1	2.4	2.8		15		
	喫煙室外 N=2	3.2	17				
東京1建物 15:00~16:00	喫煙室 N=1	3.0	3.1	80	18	17	66
	喫煙室 N=2	3.2			16		
	喫煙室外 N=1	2.4	2.5		10		
	喫煙室外 N=2	2.6	12				
東京1建物 16:00~17:00	喫煙室 N=1	<1.0	2.1	99	<1.0	13	61
	喫煙室 N=2	2.1			13		
	喫煙室外 N=1	2.1	2.1		7.4		
	喫煙室外 N=2	2.1	8.1				
平均	-	-	-	85	-	-	61
A建物	喫煙室 N=1	0.86	0.91	4	2.1	2.2	0
	喫煙室 N=2	0.96			2.2		
	廊下 N=1	0.04	0.04		0.0		
	廊下 N=2	0.04	0.0				
B建物(喫煙室不使用日)	喫煙室 N=1	0.00	0.01	-	0.04	0.04	-
	喫煙室 N=2	0.02			0.05		
B建物(喫煙室使用日)	喫煙室 N=1	1.0	0.94	9	8.5	7.7	3
	喫煙室 N=2	0.88			6.8		
	喫煙室外 N=1	0.09	0.09		0.13		
	喫煙室外 N=2	0.09	0.09		0.09		
C建物	喫煙室 N=1	4.3	4.1	7	44	42	1
	喫煙室 N=2	3.9			39		
	喫煙室外 N=1	0.27	0.27		0.37		
	喫煙室外 N=2	0.28	0.39				
D建物	喫煙室 N=1	0.97	1.0	45	5.0	4.9	29
	喫煙室 N=2	1.0			4.8		
	喫煙室外 N=1	0.44	0.45		1.4		
	喫煙室外 N=2	0.46	1.5				
E建物	喫煙室 N=1	1.5	1.4	38	4.3	4.1	9
	喫煙室 N=2	1.3			3.9		
	喫煙室外 N=1	0.51	0.52		0.37		
	喫煙室外 N=2	0.53	0.36				
	喫煙時間帯 N=1	2.3	2.2	12	11		
	喫煙時間帯 N=2	2.1	10				
東京1建物(本調査)	喫煙室 N=1	2.1	2.1	27	14	15	9
	喫煙室 N=2	2.1			17		
	喫煙室外 N=1	0.59	0.59		1.1		
	喫煙室外 N=2	0.59	1.7				

表 3.5.4 アルデヒド類の測定結果

調査場所	調査箇所	測定結果 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )													
		ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	アセトン	アクロレイン	アクロレイン*	プロピオンアルデヒド	クロトンアルデヒド	メタアクロレイン	2-ブタン	ブタナール	ベンズアルデヒド	イソパレルアルデヒド	パレルアルデヒド	ヘキサナール
A建物	喫煙未使用	3.3	2.0	4.5	0.80	0.79	0.30	0.04	0.75	0.27	0.26	1.2	<0.20	0.51	0.99
	喫煙	7.7	12	14	0.21	3.9	1.6	0.24	3.3	0.47	1.7	2.1	0.48	0.85	5.3
B建物	非喫煙	3.6	4.5	11	<0.20	1.2	0.36	0.11	2.0	0.44	0.31	1.6	<0.20	0.47	1.4
	喫煙	11	17	17	1.0	4.8	1.7	0.75	5.2	1.3	3.2	2.5	0.59	0.58	5.8
C建物	非喫煙	10	6.6	19	<0.20	1.4	0.78	0.70	3.8	0.80	0.92	1.7	0.07	0.68	1.7
	喫煙	14	33	31	0.23	7.5	3.1	1.1	7.5	0.91	3.4	4.4	1.3	1.3	15
D建物	非喫煙	5.0	5.9	17	<0.20	1.5	0.34	0.65	3.1	0.40	0.91	2.1	0.0	1.1	2.1
	喫煙	6.3	9.6	11	<0.20	2.8	1.2	0.76	4.7	0.14	0.97	1.6	0.42	0.61	2.8
E建物	非喫煙	7.1	9.1	14	<0.20	2.0	1.1	0.77	4.5	0.88	1.6	1.8	0.26	0.61	2.4
	喫煙	12	18	141	<0.20	3.7	2.1	1.2	7.0	1.0	3.0	2.8	0.55	0.78	4.3
東京1建物(本調査)	非喫煙	8.0	12	39	<0.20	2.7	1.6	1.1	5.8	0.89	2.0	2.1	0.29	0.73	2.9
	喫煙	15	20	19	<0.20	-	2.6	0.46	4.3	400	4.4	2.8	1.1	1.2	8.9
	非喫煙	7.0	4.4	12	0.27	-	1.0	0.33	2.2	170	1.9	1.3	0.30	0.51	2.8

\*は CNET による測定結果

### 3.6 パッシブ法を用いた化学物質の全国追加調査

#### (1)追加調査の概要

16年度行った特定建築物の室内における空気環境の実態把握のために実施した、パッシブ法を用いた化学物質の全国規模の結果に関する再調査について報告する。今回の調査では、昨年度行った調査において、厚生労働省の室内化学物質の指針値を超過している物件及び特に他の物件と比較して濃度の高い物件について、再度パッシブサンプラーを用いた全国規模の化学物質濃度の実態調査を行い、基本的データの蓄積と共に、居室の用途・内装材料・空調設備の条件・地域等による違いについて検討を行うことを目的としている。

16年度の調査では、全国主要都市である札幌市・東京都・愛知県・大阪府・福岡市における特定建築物について、各都市約20件、計101件の調査を行った。その中で、ホルムアルデヒド濃度が建築物衛生法の基準値を超過している T-6, T-18, A-8, アセトアルデヒド濃度が厚生労働省の指針値を超過している T-6, O-17, A-8, A-10, S-14, F-11, 指針値を超えていないもののパラジクロロベンゼンの濃度が高い建物 O-20, トルエン・キシレン等が高い建物 A-1 を対象とし、超過した項目について測定を行った。なお、F-11 については、手違いにより欠測となった。

郵送によりサンプラーとアンケート用紙（昨年度と同様）を各建物の環境管理者に送付し、サンプラーの設置、回収、アンケートの記載を行っていただいた後、再び郵送により回収し分析を行った。サンプラーの曝露には9月の中間期に行われた。

また、基本的に測定室は、昨年度行った箇所と同じ居室で、常時人の存在する事務スペースで行っていただくこととし、空調時の執務室での室内空気質の検討を行うことを目的とした。

#### (2)調査結果

表 3.6.1 に昨年度の測定結果と今年度行った再調査の結果について示す。全体的には、昨年度より値が低くなっているものの、T-6 のホルムアルデヒド、O-17 及び A-8 のアセトアルデヒドについては、建築物衛生法のホルムアルデヒドの基準値及び厚生労働省の指針値を超過した。

T-6 については、喫煙所が近くにあるとの報告が行われており、この影響によるものと考えられ、ビル側も認識があった。

T-18 については、測定場所が化粧品サンプル置き場との報告があり、この影響があったものと考えられる。

O-20 については、昨年度についてジクロロベンゼン濃度が指針値は超過していないものの、 $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  と高い濃度で検出されていた。今回は検出限界以下に収まり、他の建物と同様となった。通常の執務室では防虫剤などの使用はされていないと考えられることから、この建物について特別な処理がされているのかは不明ではあるが、ジクロロベンゼンの高濃度で検出されたことは一過性のものと考えられる。

O-17 についてはアセトアルデヒド濃度が、引き続き高い値となった。この建物周辺には、高速道路、幹線道路が測定対象室であった3階レベルにあり、大気基準に挙げられているベンゼンの濃度が近郊の観測所で常時高い傾向にあることが分かっている。更に外気取入れ口も各階方式となっていることから、外気の影響を受けた可能性がある。また、喫煙ス

ペースからの距離がパッシブサンプラーを設置した場所と 15m ほど離れているものの、居室スペースについて喫煙スペースからの喫煙による影響も考えられる。

また、この物件については再々調査の実施を行った。外気の要因が考えられることから、室内及び外気についても、同様にパッシブ法によりアセトアルデヒドの測定を行った。調査は、2006年2月13日の冬期に行われたもので、室内の温湿度は、平均 23℃、34%程度であった。室内の建材などからの発生があるとすると、前回行った室温の高い時と若干異なる。また、建物内での粉じん濃度の経時変化などの情報についても収集を行った。

この調査での室内濃度については、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドそれぞれ、30, 38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  であり、外気についてはそれぞれ、10, 8.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。室内濃度については、アセトアルデヒドについても指針値以下となった。外気については、室内と同様にパッシブサンプラーを使用して捕集を行ったもので、風の影響もあり正確な数値とはいえないが、交通量が多いとはいえ、通常の大気レベルの濃度であると考えられる。よって、室内のアセトアルデヒドが高濃度の影響は、外気とは考えにくい。指針値以下とはいえ、冬期の測定であり建材などからの発生が少ない状況で、昨年度の調査からアセトアルデヒドの平均濃度よりは、未だ高い状態である。そこで、喫煙スペースからたばこ煙の漏れの可能性については、たばこ煙の移流について粉じん濃度による検討が有効となる。デジタル粉じん計による粉じん測定結果から、喫煙スペースでは喫煙の行為が行われることにより、粉じん濃度の基準値を超過する場合もあるほどだが、その外側では濃度の上昇は少ないものの、喫煙スペースの変化と共に濃度が上昇する傾向が確認できる。ここでは、天井吊りの空気清浄機 (TN4000 処理能力 40 $\text{m}^3/\text{min}$ , 除じん) を設置しているものの、建物の空調設備としては、天井に吹き出し口が喫煙スペースの上部にあり、排気口は部屋の中心部に存在し、気流の流れは喫煙側から部屋側に流れることが考えられる。これが今回パッシブサンプラーを設置した場所への影響が直接あるかは不明であるが、冬期についても若干アセトアルデヒドの濃度が高い傾向にあることから、喫煙スペースのたばこ煙が十分に喫煙スペースのみで除去されておらず、その隣の居住スペースにも影響を与え、アセトアルデヒドの濃度が高い傾向となったものと考えられる。また測定場所近傍には、コピー機も存在し、コピー機からのアセトアルデヒドの発生、また、コピー機から発生するオゾンによるパッシブチューブへの影響、空気中での VOCs の分解物によるアセトアルデヒドの生成の影響なども考えられる。

表 3.6.1 昨年度の測定結果と今年度の測定結果（単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

上段：昨年度，下段：今年度

項目	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	トルエン	エチルベンゼン	キシレン	スチレン	パラジクロロベンゼン
東京							
T-6	350	120	210	38	32	4	16
	142	73	30	9.8	8	<3	<3
T-18	110	18	43	10	7	<3	3
	94	33	-	-	-	-	-
大阪							
O-17	51	51	42	15	27	<3	6
	56	49	-	-	-	-	-
O-20	40	41	18	8	7	<3	158
	39	40	<3	<3	<3	<3	<3
愛知							
A-1	38	21	150	140	90	<3	<3
	41	30	72	32	62	<3	<3
A-8	130	160	49	19	17	5	<3
	60	65	-	-	-	-	-
A-10	73	74	45	15	11	<3	<3
	65	43	-	-	-	-	-
札幌							
S-14	55	290	26	3	4	<3	<3
	13	6.1	-	-	-	-	-

### (3)まとめ

全体的には昨年度より値が低くなっているものの、T-6のホルムアルデヒド、O-17及びA-8のアセトアルデヒドについては、建築物衛生法のホルムアルデヒドの基準値及び厚生労働省の指針値を超過した。

- 1) T-6については喫煙の影響、T-18については室内にある製品の影響があることが考えられた。
- 2) O-17については、再度冬期の室内及び外気の測定を行った。アセトアルデヒドの測定結果としては、指針値を超えてはいないものの、若干高い傾向にあり、喫煙の影響が考えられた。

## 3.7 室内環境の測定精度の考察

### (1)概要

室内空気中のホルムアルデヒドについて、室内濃度の指針値及び建築物衛生法では基準値として示されるほど社会的影響は大きいですが、その測定・分析の精度及び信頼性が指針値と評価する際に問題となってくると考えられる。

そこで、室内空気中のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの測定・分析における定量評価の精度に関する基礎的な調査として、実空気捕集サンプルと濃度調整サンプルを作製し、各分析機関により分析値をそれぞれ求め、その値から現状での精度の現状を確認することを目的とする。

### (2)試験方法

調査方法としては、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドを既知量含んだ試料を各分析機関に配布し、その分析値を収集することとした。配布試料は、DNPHカートリッジ



short body (Waters 製) を用いて、ブランク試料、標準添加試料、室内空気捕集試料を作成した。試料については、それぞれのサンプルを 11 機関に配布した。

各機関には、下記の項目について提出して頂いた。

- ・ 各カートリッジに含まれるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの絶対量
- ・ 測定チャート (室内空気捕集試料、検量線作成用標準について)
- ・ ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの検量線
- ・ 分析条件に関するアンケート

### (3) 配布試料の作成

#### ① ブランク試料の作成

ブランク試料は、カートリッジを個包装から取り出し、付属のアルミラミ袋に入れて配布試料とした。ブランク試料は各機関に 1 ずつランダムに配布した。

作成試料のうち 3 つを実施者にて取り置き分析し、配布試料自身のばらつきを把握し、その均一性の確認とした。

#### ② 標準添加試料の作成

標準添加試料は、DNPH カートリッジに、ホルムアルデヒド-DNPH 誘導体およびアセトアルデヒド-DNPH 誘導体の 0.1mg/mL 標準溶液 (関東科学製) をマイクロピペットで添加し、清浄空気を 1L 吸引して標準溶液の溶媒 (アセトニトリル) を乾燥させて作成した。標準液の添加量は 3 水準作成し、各々からランダムに 1 つずつを各機関に配布した。

作成試料のうち 3 つを実施者にて取り置き分析し、配布試料自身のばらつきを把握し、その均一性の確認とした。

添加量を正確に把握するため、マイクロピペットで純水分取、秤量し、その重量から添加量を求めた。分取・秤量は 20 回ずつ繰り返し、その平均値から添加量を求めた。結果を表 3.7.1 に示す。それぞれのホルムアルデヒド添加量は、室内空気を 1L/min で 30 分吸引した場合 (30L 捕集) に、ホルムアルデヒドの室内空気基準値の 1/2, 1, 2 倍に相当する濃度である。また、アセトアルデヒドの場合には、室内濃度指針値の 1, 2, 3 倍に相当する濃度となる。

### (4) 室内空気捕集試料の作成

室内空気捕集試料は、実際の事務所室内で空気捕集を行って作成した。千葉県袖ヶ浦市内の某事務所にて、0.5L/min の流量で 30 分捕集を 2 回に分けて行い、それぞれのバッチからランダムに 1 つずつ合計 2 つを各機関に配布した。

作成試料のうち 1 バッチにつき 2 つの合計 4 つを実施者にて取り置き分析し、配布試料自身のばらつきを把握し、その均一性の確認とした。

表 3.7.1 ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの添加量

純水重量秤量結果 (mg)			
1	18.21	27.48	41.45
2	19.12	25.89	40.82
3	18.26	28.4	36.86
4	18.14	28.22	36.33
5	18.03	28.9	36.03
6	18.76	27.7	40.57
7	18.63	28.21	39.5
8	18.6	28.12	40.51
9	17.72	28.51	39.94
10	18.06	27.92	40.11
11	19.13	28.19	39.77
12	18.28	28.32	40.01
13	19.42	28.52	40.87
14	19.26	28.52	40.24
15	19.17	28.83	40.58
16	18.6	28.27	38.71
17	19.77	28.84	39.86
18	19.02	28.88	40.55
19	18.44	28.07	40.54
20	19.05	28.86	39.06
平均	18.68	28.23	39.62
標準偏差	0.54	0.68	1.52
CV (%)	2.9	2.4	3.8
実際添加された量 (ng)	1868	2823	3962
室内空気濃度換算 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	62	94	130

(5)実験結果

①前処理条件及び分析条件

各機関に送付した DNPH カートリッジの抽出の条件及び HPLC 分析条件を表 3.7.2 に示す。前処理条件については、アセトニトリルにより 5mL で、溶出速度を 1mL/min とするところが多かった。また、分析条件については、カラム等若干ことなるものの、同様の特性のものを使用しており、また移動層についてもアセトニトリルと水が同量か若干アセトニトリルを多めに送液している条件であった。また、この 2 成分の分析には、グラジエントをかけない分析が主であった。

表 3.7.2 各機関の HPLC 分析条件

試験機関 No.	HPLC		検出器				カラム					移動相			
	メーカー	型番	型式	波長 (nm)	メーカー	型番	充填剤	粒径 ( $\mu\text{m}$ )	内径 (mm)	長さ (mm)	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	種類	混合比	グラジエント	
No.1	島津製作所	LC-10A	UV	SPD-10AV	360	GLサイエンス	ODS-3	ODS	5	4.6	150	40	アセトニトリル/水	65/35	あり
No.2	島津製作所	10AVp	DAD	SPD-M10AVp	360	GLサイエンス	ODS-3	ODS	5	4.6	150	40	アセトニトリル/水	50/50	—
No.3	島津製作所		UV	SPD-10A	360	東ソー	ODS-120T	ODS	5	4.6	250	40	アセトニトリル/水	60/40	なし
No.4	日立製作所	Lachrom7000				GLサイエンス		ODS	5	4.6	250	40	アセトニトリル/水	65/35	なし
No.5	島津製作所	LC-10A	UV	SPD-10A	360	自社	L-Column	ODS	5	4.6	150	40	アセトニトリル/水	60/40	なし
No.6	アジレント	HP1050	DAD		360	アジレント	SIL-C18/5C	C18	5	4.6	250	40	アセトニトリル/水	60/40	なし
No.7	島津製作所		UV	SPD-10AVp	360	アジレント	ZORBAX Bonus-RP	C18	3.5	4.6	150	40	アセトニトリル/水	48/52	—
No.8	島津製作所	LC-10AD	UV	SPD-10A	360	GLサイエンス	ODS-2	C18	5	4.6	250	40	アセトニトリル/水	100/0	なし
No.9	島津製作所	LC-10AVp	DAD	SPD-M10A	360	住友分析センター	SUMIPAX-PGDS	C18	7	4.6	250	40	アセトニトリル/水	45/55	なし
No.10	島津製作所	CLASS-VP	DAD	SPD-M10A	360	GLサイエンス	Inertsil ODS80A	C18	5	6.0	150	40	アセトニトリル/水	60/40	なし
No.11	Agilent	G1311A	UV	1100DAD	355	ZORBAX	Eclipse XDB	C16	5	4.6	250	35	アセトニトリル/水	65/35	なし

②クロマトグラフの状態と検量線

いずれの機関も HPLC コンディションとしては良好な下で実施されていたと考えられる。しかし、No6 の機関では空気試料のクロマトグラムで他の機関よりベースラインノイズが大きく感度が悪い状況が見受けられる。この機関はフォトダイオードアレイ (DAD)

検出器を用い、定量波長を切ったクロマトグラムで定量している。DAD は単一波長の検出器より一般的に感度は悪いが、他メーカーの DAD を用いている機関では、そのような状況が見られない。機種差によるものか、ランプの管理状況によるものか等原因は判断できないが、この状況は定量下限の設定に影響を与える。

本実験では定量下限の提出は求めなかったが、一般的にはカートリッジブランクにも拠るが 30~100ng 程度と予測される。しかし、機関によっては 250ng と非常に高い定量下限で実施されている機関もあった（但し、空気捕集 30L であれば厚生労働省指針値の 1/10 は満たす）。LC カラムの選択によりアセトアルデヒドの異性体ピークが分離している機関があるが、定量結果の限りでは異性体の分離有無が影響しているとは考えられなかった。

いずれの機関もホルムアルデヒド、アセトアルデヒドのピーク形状は良好であった。

検量線については、各期間とも直線性が得られていると考えられる。

以上より、多少の所見もあるものの、いずれの機関もある程度の管理状況下で実施されているものと考えられる。

### ③配布試料の均一性確認用サンプルの測定結果

配布試料の均一性確認用サンプルの測定結果を表 3.7.3 に示す。

ブランク試料のばらつきは、ホルムアルデヒドで約 30% と大きく、アセトアルデヒドではさらに 90% 近くものばらつきを示した。しかし、標準添加試料ではいずれの濃度水準も 15% 以下のばらつきとなった。室内空気捕集試料は実際の空気捕集量で割戻し、空气中濃度としてばらつきを計算した結果である。本配布試料もばらつき 15% 以下となり均一性の良いサンプルが調整できたものと思われる。

### ④配布試料の測定結果の集計

配布試料の測定結果の集計について、図 3.7.1 にブランク試料について、図 3.7.2 に標準試料について、図 3.7.3 に空気捕集試料について、図 3.7.4 に空気濃度に換算した濃度についてホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドについて示す。また、試料を配布した各機関から報告されたホルムアルデヒドの結果を表 3.7.4 に示す。あわせて平均、中央値、最大値、最小値、標準偏差および変動係数 (CV%) を計算した結果も示す。同様にアセトアルデヒドについて表 3.7.5 に示す。

ホルムアルデヒドは標準添加品 H シリーズとブランクを除き、均質性確認結果の CV 値より若干大きくなった。つまり、配布試料自身のばらつきより、試験所間の結果のばらつきが若干大きいことを示す。しかし試験所間の結果の CV 値はいずれも 20% 以下であり、試験所間試験の結果として目立って大きいとはいえないと考えられる。アセトアルデヒドはいずれも均質性確認結果の CV 値より若干高かった。しかしこちらもブランクを除き 20% 以下であった。ブランクについては、特にアセトアルデヒドについてであるが、ホルムアルデヒドについても高くばらつきも大きくなった。原因については、カートリッジ自体のブランク、トラベルブランクなどが考えられるが、空気捕集サンプルよりも検出量が多い場合もあり、不明である。また、標準試料については、マイクロピペットにより標準液を添加したが、若干のばらつきが存在する。これを超過する程度のばらつきが実試料の分析結果が得られており、抽出及び分析により各社によりばらつきが大きくなっているこ

とが考えられる。

マイクロピペットの純水重量測定から添加量を求めた試料 L, M, H について, JIS Q0043 に従い Z スコアを算出した。純水重量測定から求めた添加量を「付与された値」として, Z スコアを計算した結果を表 3.7.6 に示す。室内空気指針値付近の濃度として作成した試料 M では, ホルムアルデヒドの結果で Z スコアが 3 を超える不満足判定となった機関は無かったが, 試料 L, H では数機関認められた。また, アセトアルデヒドの結果では Z スコアが 3 を超える機関が散見された。ばらつき確認用サンプルの測定結果 (平均) とマイクロピペット校正値から求めた添加量も多少異なっており, 今回は配布機関数が 11 機関と少ないため中央値が適当かは議論が残るが, 験機関の試験結果の中央値を「付与された値」として計算した場合の結果を表 3.7.7 に示す。この場合, 多くの機関において判定結果は満足となった。

尚, Z スコアは次の方法で計算した。

$$Z = (x - X) / s$$

ここで, x は各機関の測定値, s はスキームの要求事項を満たすように選ばれた「適切なばらつきの推定値または基準のひとつ」であり, 第 3 四分位数と第 1 四分位数との差に正規分布に関連付けるための係数 0.7413 を乗じた値。X は「付与された値」で, 理論値である。

表 3.7.3 配布試料のばらつき確認用試料の測定結果

試料 No	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド
未開封 BL-1	41	115
未開封 BL-2	69	75
未開封 BL-3	44	84
未開封 BL-4	42	101
平均 (ng)	49	94
標準偏差	13	18
CV (%)	27	19
B02	49	87
B05	31	363
B10	43	92
平均 (ng)	41	181
標準偏差	9	158
CV (%)	23	87
L03	2275	2587
L08	2188	2723
L09	1965	2093
平均 (ng)	2143	2468
標準偏差	160	332
CV (%)	7	13
M04	3114	3727
M08	2809	3908
M09	2794	3803
平均 (ng)	2905	3813
標準偏差	181	91
CV (%)	6	2
H05	3392	4637
H09	3827	4377
H10	4468	4797
平均 (ng)	3895	4604
標準偏差	542	212
CV (%)	14	5
A02	250	311
A05	273	329
A18	321	282
A24	402	404
平均 (ng)	312	331
標準偏差	67	52
CV (%)	21	16

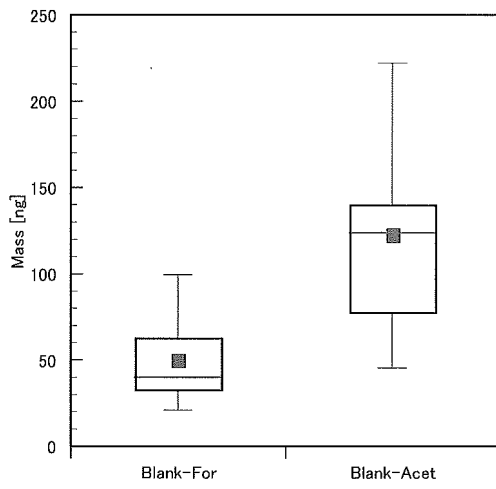


図 3.7.1 ブランク試料の結果

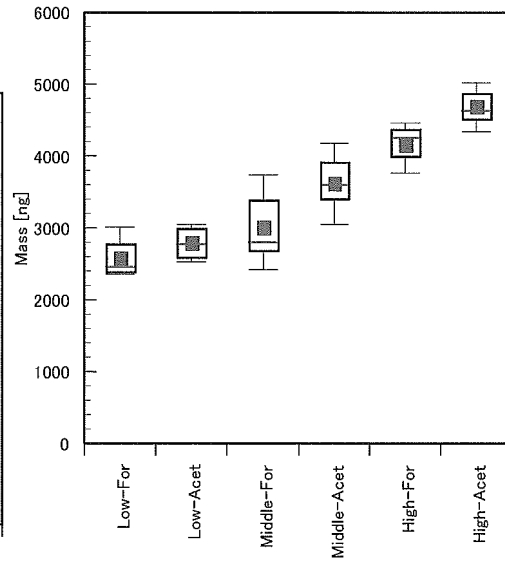


図 3.7.2 標準試料の結果

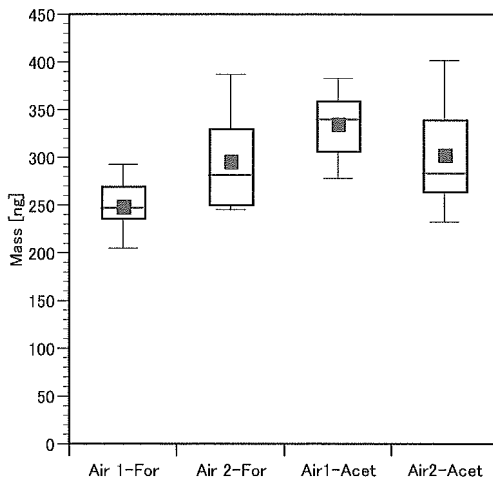


図 3.7.3 空気試料の結果

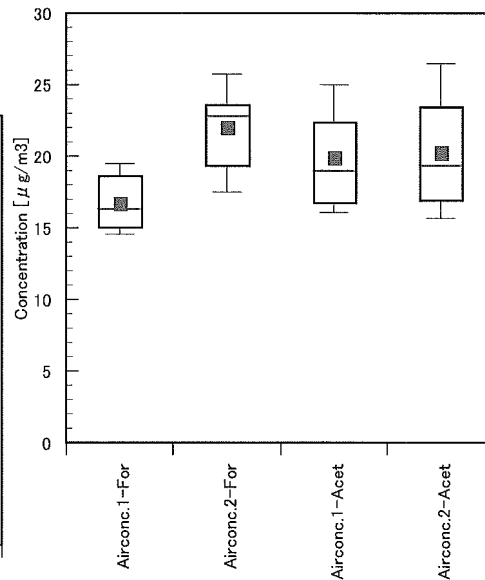


図 3.7.4 室内濃度に換算した結果

表 3.7.4 各機関から報告されたホルムアルデヒドの測定結果

ホルムアルデヒド	ブランク	標準添加品			室内空気	
		L	M	H	室内1	室内2
配布No						
No1	<10	2458	2485	4552	253	251
No2	<250	2400	2700	4300	<250	<250
No3	21.2	2810	2320	4040	237	283
No4	37	2500	3500	4400	200	280
No5	99	2700	3100	4000	210	240
No6	51	2300	2800	3400	290	430
No7	99.9	2944.6	4086	4321.7	295.4	330.6
No8	37	2400	3400	4400	240	250
No9	45	2400	2700	4000	270	300
No10	40	2390	2700	4100	245	253
No11	21	3120	3378	4255	249	344
平均	50	2584	3015	4161	249	296
中央値	40	2458	2800	4255	247	282
最大値	100	3120	4086	4552	295	430
最小値	21	2300	2320	3400	200	240
標準偏差	30	269	527	312	31	59
CV(%)	59	10	17	7	12	20
第3四分位(①)	-	2755	3389	4361	-	-
第1四分位(②)	-	2400	2700	4020	-	-
s((①-②)*0.7413)	-	263	511	253	-	-
付与された値	-	1868	2823	3962	-	-

表 3.7.5 各機関から報告されたアセトアルデヒドの測定結果

アセトアルデヒド	ブランク	標準添加品			室内空気	
		L	M	H	室内1	室内2
配布No						
No1	204	2772	3527	4885	306	235
No2	<250	2600	3300	4300	260	<250
No3	118	2980	2670	4630	365	419
No4	240	2600	3600	4500	310	270
No5	92	3000	3600	4600	410	320
No6	140	3100	4100	5200	340	340
No7	76.8	3014	4299.6	4864	338.1	296.4
No8	78	2600	3700	4900	290	230
No9	130	2700	3700	4600	360	270
No10	135	2420	3380	4370	358	265
No11	14	2990	3993	4817	350	384
平均	123	2798	3625	4697	335	303
中央値	124	2772	3600	4630	340	283
最大値	240	3100	4300	5200	410	419
最小値	14	2420	2670	4300	260	230
標準偏差	65	228	438	264	41	63
CV(%)	53	8	12	6	12	21
第3四分位(①)	-	2995	3847	4875	-	-
第1四分位(②)	-	2600	3454	4550	-	-
s((①-②)*0.7413)	-	293	291	241	-	-
付与された値	-	1868	2823	3962	-	-

表 3.7.6 Zスコア計算結果：付与された値にピペット校正値を用いた場合

配布No	試料L		試料M		試料H	
	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド
No1	2.2	3.1	- 0.7	2.4	3.4	3.8
No2	2.0	2.5	- 0.2	1.6	2.9	1.4
No3	3.6	3.8	- 1.0	- 0.5	2.4	2.8
No4	2.4	2.5	1.3	2.7	3.1	2.2
No5	3.2	3.9	0.5	2.7	2.3	2.7
No6	1.6	4.2	0.0	4.4	1.1	5.1
No7	4.1	3.9	2.5	5.1	2.9	3.7
No8	2.0	2.5	1.1	3.0	3.1	3.9
No9	2.0	2.8	- 0.2	3.0	2.3	2.7
No10	2.0	1.9	- 0.2	1.9	2.5	1.7
No11	4.8	3.8	1.1	4.0	2.8	3.6

Zスコアの評価

満足  $|Z| \leq 2$

疑わしい  $2 < |Z| < 3$

不満足  $|Z| \geq 3$

表 3.7.7 Zスコア計算結果：付与された値に各試験機関の試験結果の中央値を用いた場合

配布No	試料L		試料M		試料H	
	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド
No1	0.0	0.0	- 0.6	- 0.3	0.6	1.1
No2	- 0.2	- 0.6	- 0.2	- 1.0	0.1	- 1.4
No3	1.3	0.7	- 0.9	- 3.2	- 0.4	0.0
No4	0.2	- 0.6	1.4	0.0	0.3	- 0.5
No5	0.9	0.8	0.6	0.0	- 0.5	- 0.1
No6	- 0.6	1.1	0.0	1.7	- 1.7	2.4
No7	1.8	0.8	2.5	2.4	0.1	1.0
No8	- 0.2	- 0.6	1.2	0.3	0.3	1.1
No9	- 0.2	- 0.2	- 0.2	0.3	- 0.5	- 0.1
No10	- 0.3	- 1.2	- 0.2	- 0.8	- 0.3	- 1.1
No11	2.5	0.7	1.1	1.3	0.0	0.8

Zスコアの評価

満足  $|Z| \leq 2$

疑わしい  $2 < |Z| < 3$

不満足  $|Z| \geq 3$

#### (6)まとめ

誤差に関わる要因としては、抽出条件・分析条件による違い、今回は同一であるが捕集剤、捕集方法（捕集流量など）による違い、検量線、定量方法による違い、トラベルブランク、各作業によるブランクなどが考えられる。また、今回に限っては標準品作成の誤差も考えられる。なお、DNPHカートリッジ自体のブランクとしては、ある程度存在し、ばらつきもあった。ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの測定には、各社の DNPH カートリッジの選択・管理と共に、ブランク値の扱いについても、検討を行う必要がある。

#### 4.まとめ

本調査研究は、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について、平成 15 年 4 月より 3 年間、以下の項目について検討を行った。

##### (1) 室内空気質に関する調査

- 特定建築物内の空気質の文献調査
- 汚染物質の発生源
- エアロゾルの健康影響
- アスベスト関連調査

##### (2) 粒子状物質の計測法

- 測定方法の検討（測定原理、測定器の特性、質量濃度、個数濃度）
- 室内測定方法と特性

##### (3) 粒子状物質の実態調査

- 精密測定による実測調査（質量濃度、個数濃度、粒径分布、組成）
- 粒子状物質の全国簡易調査（質量濃度、個数濃度他）
- 粒子の粒径分布（SMPS, WPS, パーティクルカウンタ）
- 粒子の組成の検討（金属組成、炭素成分）

##### (4) 化学物質の実態調査

- 精密測定による実測調査（アクティブ法、アルデヒド、VOC など）
- 化学物質の全国簡易調査（パッシブ法）
- パッシブ法を用いた化学物質の全国追加調査

##### (5) 受動喫煙防止対策の観点からの実測調査

##### (6) 室内環境の測定精度の考察

以上の検討項目を報告書に従って、今年度の得られた結果及び建築物衛生管理のための規制方法の検討をまとめると以下のようになる。

アスベストに関して、文献調査を行うと共に、石綿代替繊維のロックウール(以下 RW)の安全性を検討するため、ラットに対して鼻部吸入曝露実験を行い RW の肺内動態（滞留性）を長径別肺内繊維数の変動および繊維のサイズ（長径、短径）の変化から観察した。長径 $>20\mu\text{m}$ の繊維数および繊維サイズともに曝露終了直後から 4 週後にかけて減少した。長径 $>20\mu\text{m}$ の半減期は 9 日で、先行研究の石綿の 986 日に比べ短かった。以上から RW は石綿に比べ肺内滞留性は低いことが示唆された。今後は、長期間に渡る肺内動態の観察や病理学的所見を検討することが必要である。

今回の実態調査では、室内の環境基準が満足されていない建物は、粒子状物質では該当しなかった。空調時・非空調時では粒子状物質の濃度変化に違いがみられ、また季節の違いによって外気の影響を受け、性状が異なっていることが分かった。粒子状物質の測定については、従来の浮遊粉じん濃度の測定結果との整合性を取る必要から従来法としてローボリュームエアサンプラー、デジタル粉じん計、ピエゾバランス粉じん計などの手法をベースとして、粒径分布と組成の情報を蓄積する必要性が確認された。粒径分布の測定法と



しては、個数濃度ではパーティクルカウンタ、SMPS、WPSが可能である。ただし、パーティクルカウンタは希釈方法と $0.3\mu\text{m}$ 以下の粒子計測、SMPS、WPSは価格とブタノールの発生に課題が残る。組成測定法には、捕集後に分析する方法が一般的である。カスケードインパクトによる捕集後XPS、ICP-MS、HPLC、GCなどによる分析する方法があるが、いずれも経費と専門技術に課題が残る。そのため、質量濃度とパーティクルカウンタを用いた粒径別の個数濃度を併用したデータの蓄積が推奨される。

浮遊微生物については、空調時においてはどの物件においても日本建築学会環境基準を満足していた。室内で検出された最近では約60から95%が球菌であること、真菌は、*Cladosporium* 属、*Penicillium* 属、*Aspergillus* 属などであった。室内の発生源は居住者の人数と相関があることから、居住者によるものであると考えられる。

室内化学物質については、各建物とも厚生労働省の指針値を超過するものはなかった。季節変動では、冬期にTVOC濃度が上昇する傾向があり、この時期には指針値以外の物質が室内に多く存在する傾向があった。モニタ装置については、若干精密法よりも高い値を示した。

喫煙室における汚染実態調査では、5建物の喫煙対策の施された喫煙・非喫煙空間において、粒子状及びガス状物質の実測を行った。デジタル粉じん計及びパーティクルカウンタによる経時変化の測定より、たばこ喫煙の行為と共にその濃度の変化を観察することができ、また、WPSによる測定では粒径のピークの種類による違いなどが観察することが出来た。パーティクルカウンタによる $0.7\mu\text{m}$ 以上の粒子の計数値がデジタル粉じん計の結果と極めて似通っており、粒子としてのタバコ煙の代表性となる可能性がある。大学構内に設けられた喫煙所に隣接する分煙空間内の粒子状物質の質量濃度と個数濃度の測定を実施した結果、間仕切りやドアの設置されている閉鎖型の区画において分煙空間内の濃度が高くなること、また外部の風向により分煙空間が汚染される状況が生じていることが明らかとなった。

また、喫煙区域とその近くの非喫煙区域と指定されている場所および外気または非喫煙の事務室でサンプリングした粒子の分析結果から、室内で測定された粒子はほとんどがPM<sub>2.5</sub>であった。元素状炭素(EC)は有機性炭素(OC)に比べ非常に少なかった。粒子に含まれるOC主体の炭素分は20から60%と幅広く分布した。60%の場合は明らかにタバコ煙由来の粒子が主成分と思われる。ニコチンは喫煙区域と一部の非喫煙区域でサンプリングされた粒子のみから検出され、たばこ煙の指標となることがわかった。また、ガス状物質の測定については、ニコチン及びエテニルピリジンを対象として解析を行った。粒子状物質とは異なり、喫煙室及び非喫煙スペースの濃度比が異なり、喫煙スペースから非喫煙スペースへの流入の状況が、粒子及びガス状物質で異なっていることがこの測定からも明らかとなった。また、たばこ煙由来のガス状物質についても3-エテニルピリジンとニコチンによるもれだしの評価を行い、粒子状ニコチンとは異なる傾向となることを明らかにした。粒子状物質及びガス状物質の組成分析によるたばこ煙由来の汚染の特定には、高度な測定技術が必要である。粒子の個数濃度は測定が容易なため、高濃度の場合はデジタル粉じん計を用いて評価指標として参照できるものの、空気清浄機は粒子状物質のみしか除去できないことから、ガス状物質についてもその除去効果、周囲への影響について考慮する必要がある。

化学物質の全国実態調査では、昨年度の長際によりパッシブ法による調査で指針値を超過する物件が数例あったが、本年度では比較的低濃度となっており、その原因として喫煙の影響と推測できた。今回のパッシブ法によるホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、キシレン、ベンゼン、スチレンなどの VOC の調査が可能であり、問題があった場合のみアクティブ法による詳細調査を行うことが現実的である。

測定精度について、DNPH カートリッジによるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドについて検討を行った。カートリッジをブランク、標準添加試料、実空気採取試料について各機関により分析を行った結果、ある程度のばらつきを持って測定値が存在すること、DNPH 捕集管のブランク値、ばらつきも認められたため、今後も更に調査解明することが必要である。

最後に、本調査で事務所建築の実態調査の方法を検討し、数件の建物に適用を試みたがまだ十分なものとはいえない。今後も、室内空気質に関するデータの蓄積し、室内環境基準の検討が課題となる。また、建築物の居住状態も年々変化し、特定建築物室内における空気の質が変わってきている。現在建築物衛生法により規制を受けている汚染質及びその計測方法では、現状の汚染の状態について、正確に把握しているとは言えない。粒子状物質については、現在は重量濃度での評価によるものであるが、分煙が徹底された現在では、その基準値を超過することはまれである。これは重量測定による粗大粒子の測定上の重みよること及びデジタル粉じん計の係数値による評価が原因である。大気汚染では、微小粒子について注目し、ディーゼル排ガスは超微粒子を対象としており、人体への健康影響の知見からも評価の対象が微小粒子へと変化している。今回の調査では、この微小粒子の計測方法の検討を行い、基準値提案までには至らなかったが、今後も粒子状物質の評価方法については、検討する必要があると考えられる。また、浮遊微生物についても、室内の発生源を主とするもので、部屋の居住人数や外気導入量だけではなく、空調機のエアフィルタの管理状態が影響する。現状の環境測定では微生物汚染を慨そうすることは困難であり、空調機、ダクトなどの衛生管理が影響されることにも注意を払うべきである。ガス状物質については、一酸化炭素、二酸化炭素と共にホルムアルデヒドが基準値となった。ガス状物質は室内での発生を換気により除去することが基本となる。特定建築物はその内装材料が異なり換気が適切に行われていれば、ホルムアルデヒド濃度が超過する、またその他の化学物質が高濃度となることはないと考えられる。しかし、全国調査では、ホルムアルデヒドの超過と共に、アセトアルデヒドの指針値超過も数例確認することができた。主にたばこ煙由来であると結論付けたが、ホルムアルデヒドのみの管理だけではなく、他の汚染質及び換気設備の維持管理、外気取り入れ量の管理などが重要であると考えられる。現在の特定建築物では、受動喫煙を防止した対策が行われているが、空調システムや局所排気的设计・管理状態によって、それぞれの汚染質に対して環境の悪化を特に注意する必要がある。現在のガス状物質及び粉じんの監視についても、基準に適合しているとはいえ、個々の汚染質に対して適切な管理、対策を行えるようなものにすることが理想である。そのためにも、今後更に衛生的な環境の確保のために、管理目的に応じた総合的な対象汚染物質及び計測項目をガイドラインとして整備する必要があるものと考えられる。

## 資料 2

建築物における給水用防錆剤の使用等に

関する実態調査

## 資料 2. 建築物における給水用防錆剤の使用等に関する実態調査

### 研究分担者

- ・紀谷文樹（神奈川大学工学部）
- ・鈴木 昭（日本農薬（株））
- ・富田広造（東京都健康局）
- ・那須徹男（栗田工業（株））
- ・藤井哲雄（（有）コロージョン・テック）
- ・山田賢次（（株）西原衛生工業所）
- ・和田俊和（東京都福祉保健局）

### 1. 研究の目的

給水管等の腐食に起因する赤水発生を抑止対策として、給水用防錆剤の使用が認められている（「空気調和設備等の維持管理及び清掃等に係る技術上の基準」（平成 15 年 3 月 25 日厚生労働省告示第 119 号））。この告示では、防錆剤の使用は、赤水等の対策として飲料水系配管の布設替え等が行われるまでの応急策とし、使用する場合は、適切な品質規格及び使用方法に基づき行うことと規定されている。

また、「建築物における衛生的環境の維持管理について」（昭和 58 年 3 月 18 日環企第 28 号厚生省環境衛生局長通知最終改正平成 13 年 4 月 27 日健発第 511 号）の建築物環境衛生維持管理要領の中で防錆剤の使用上の留意点や「貯水槽の水張り終了後に行う水質検査等に関する留意事項について」（平成 15 年 4 月 15 日健衛発第 0415001 号厚生労働省健康局生活衛生課長通知）の防錆剤の使用方法等に係る留意事項に防錆剤の注入方法、その装置の性能、給水栓における水に含まれる防錆剤の含有率や検査の頻度、防錆剤の品質規格、防錆剤管理責任者に関する事項、使用に伴う行政への届出事項が規定されている。

昭和 61 年 2 月には給水用防錆剤管理委員会より「給水用防錆剤の使用及び管理の在り方について」として意見具申書が取りまとめられ、安全性については、①新たな給水用防錆剤への対応として、製造業者による各種安全性試験による科学的な安全性の確保の重要性、②より高いレベルの安全性の追求として、メタケイ酸ナトリウムについての長期慢性毒性試験の必要性が提案されている。

さらに、平成 10・11 年度 厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）「建築物の多様化に対応した新たな維持管理手法の構築に関する研究」に示されている通り、給水用防錆剤が長期に亘って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。

このため、平成 15, 16 年度に亘って、特定建築物における給水用防錆剤の使用や行政指導の実態等の調査を行い、その実態を明らかにし、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ための「給水用防錆剤管理責任者のためのマニュアル」を作成した。