

m-キシレンと p-キシレンは混合物として測定した。

脂肪族炭化水素類：n-ヘキサン，2,4-ジメチルペンタン，2,2,4-トリメチルペンタン，n-ヘプタン，n-オクタン，n-ノナン，n-デカン，n-ウンデカン，n-ドデカン，n-トリデカン，n-テトラデカン，n-ペンタデカン，n-ヘキサデカン

芳香族炭化水素類：ベンゼン，トルエン，エチルベンゼン，m-キシレン，p-キシレン，o-キシレン，スチレン，1,3,5-トリメチルベンゼン，1,2,4-トリメチルベンゼン，1,2,3-トリメチルベンゼン，1,2,4,5-テトラメチルベンゼン

テルペン類： α -ピネン，リモネン

ハロゲン化物：クロロホルム，1,1,1-トリクロロエタン，四塩化炭素，1,2-ジクロロエタン，トリクロロエチレン，1,2-ジクロロプロパン，テトラクロロエチレン，クロロジプロモメタン，p-ジクロロベンゼン

エステル類：酢酸エチル，酢酸ブチル

カルボニル化合物：メチルエチルケトン，メチルイソブチルケトン，ノナナール，デカナール

アルコール類：1-ブタノール

b) 内部標準溶液の調製

内部標準入り二硫化炭素(内部標準溶液)は、トルエン-d8 原液 10 μ l を二硫化炭素 100 ml で希釈し、さらにこの液 0.1ml を二硫化炭素 100 ml に希釈して調製した。内部標準溶液中のトルエン-d8 の濃度は 0.0943 μ g/ml となる。調製は全て冷却下で行った。

c) 標準溶液の調製

冷却した VOCs 混合標準原液を内部標準溶液で希釈し、各 VOC 0, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0 および 5.0 μ g/ml の濃度 (m-キシレンおよび p-キシレンは 2.5 μ g/ml) の溶液を、テフロンパッキンを付属した 4 ml の褐色バイアルビンに調製し、標準溶液とした。実際には、標準原液を

内部標準溶液で 10 倍に希釈した液をマイクロシリンジでそれぞれ 0, 2, 5, 10, 20 および 50 μ l ずつ内部標準溶液 1ml に添加した。各標準溶液中の正確な各 VOC 濃度は、それぞれ 0, 0.20, 0.50, 0.99, 1.96 および 4.76 μ g/ml となった。調製は全て冷却下で行った。

d) 試料の調製

活性炭チューブから第 1 層および第 2 層に充填されている活性炭をそれぞれ別々に 4ml の褐色バイアルビンに取り出し、冷却下で 15 分間放置した。内部標準溶液 2ml および 1ml をそれぞれ第 1 層、第 2 層に加え、ローリングミキサーで 1 時間攪拌し、VOC を抽出した。その上清を試料溶液とした。分析の際、同じ製造ロットの未使用のチューブ中の活性炭を新たに取り出し、同様に処理してブランクとして用いた。

e) ガスクロマトグラフィ/質量分析 (GC/MS)

調製された標準溶液および試料溶液は GC/MS により測定した。島津製作所製 GCMS-QP5050A により、下記の条件のもと試料中の各 VOC を定量した。

(GC) カラム：J&W 社製 DB-1 (長さ 60 m \times 内径 0.25 mm, 膜厚 1 μ m), キャリアーガス：ヘリウム, キャリアーガス圧力：111 kPa, 全流量：14.5 ml/min, 注入口温度：250 $^{\circ}$ C, 注入モード：スプリットレス (サンプリング 0.5 分, スプリット比 1:10), カラムオープン温度：40 $^{\circ}$ C (5 分保持)-10 $^{\circ}$ C/分-280 $^{\circ}$ C (5 分保持), インターフェイス温度：250 $^{\circ}$ C, 注入量：1.0 μ l。

(MS) イオン化方式：EI, 電子電圧：70eV, 電子電流：60 μ A, イオン源温度：190 $^{\circ}$ C, 測定時間：34 min, 分析モード：SIM (Selective Ion Monitoring), サンプリングレート：0.2 sec, イオンセット：7 (9.0 min~11.2, 11.2~12.9, 12.9~15.0, 15.0~17.6, 17.6~19.8, 19.8~22.8, 22.8~34.00 min), 定量用イオンおよび確認用イオン：次頁の表 1 に示す。

f) 定量

試料中の各 VOC 量は内部標準法により定量した。標準溶液を分析した際得られる各 VOC の検量線〔各 VOC 濃度($\mu\text{g/ml}$) / 内部標準濃度($\mu\text{g/ml}$)〕(x) - 〔各 VOC ピーク面積 / 内部標準ピーク面積〕(y) の回帰直線式を算出した。下式により、試料中の各 VOC 量(ng)を求めた。

第1層中の各 VOC 量(ng) = [{(試料中各 VOC のピーク面積 / 内部標準のピーク面積) / 検量線傾き} × 内部標準の濃度($\mu\text{g/ml}$)] × 2 × 1000

第2層中の各 VOC 量(ng) = [{(試料中各 VOC のピーク面積 / 内部標準のピーク面積) / 検量線傾き} × 内部標準の濃度($\mu\text{g/ml}$)] × 1000

第1層と第2層の各 VOC 量の和から、試料中の各 VOC 量を算出し、下式により各 VOC の気中濃度 ($\mu\text{g/m}^3$) を求めた。

各 VOC 気中濃度($\mu\text{g/m}^3$) = (試料中の各 VOC 量 - ブランク中の各 VOC 量) / (ポンプの流速(L/min) × 捕集時間(h) × 60)

(2) 結果および考察

1. クロマトグラフィー

標準溶液を測定した際に得られたトータルイオンクロマトグラム(TIC)を次頁の図1に示した。42種のVOCは約35分で全て溶出した。TICではトリクロロエチレン(定量用イオン130, 確認用イオン132)と2,2,4-トリメチルペンタン(同57および41)、1,2,4-トリメチルベンゼン(同105および120)とn-

表1. GC/MSIにおける各VOCの定量用イオンおよび確認用イオン

V O C	定量用イオン	確認用イオン
Methylethylketone	43	72
Ethylacetate	61	43
n-Hexane	57	56
Chloroform	83	85
1,2-Dichloroethane	62	64
2,4-Dimethylpentane	43	57
1,1,1-Trichloroethane	97	99
Butanol	56	43
Benzene	78	77
Carbon Tetrachloride	117	119
1,2-Dichloropropane	63	62
Trichloroethylene	130	132
2,2,4-Trimethylpentane	57	41
n-Heptane	43	41
Methylisobutylketone	43	58
Toluene	91	92
Chlorodibromomethane	127	129
Butylacetate	43	56
n-Octane	43	57
Tetrachloroethylene	166	164
Ethylbenzene	91	106
m/p-Xylene	91	106
Styrene	104	103
o-Xylene	91	106
n-Nonane	43	57
α -pinene	93	92
1,3,5-Trimethylbenzene	105	120
1,2,4-Trimethylbenzene	105	120
n-Decane	43	57
p-Dichlorobenzene	146	148
1,2,3-Trimethylbenzene	105	120
Limonene	68	67
Nonanal	57	98
n-Undecane	43	57
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	119	134
Decanal	43	55
n-Dodecane	71	85
n-Tridecane	57	71
n-Tetradecane	43	57
n-Pentadecane	57	71
n-Hexadecane	57	71
Toluene-d8 (内部標準)	98	-

デカン(同43および57)のピークがそれぞれ重なった。しかし、定量用イオンおよび確認用イオンはいずれも妨害となる物質のフラグメ

ントには存在せず, 互いに影響を及ぼすことなく定量可能であった。

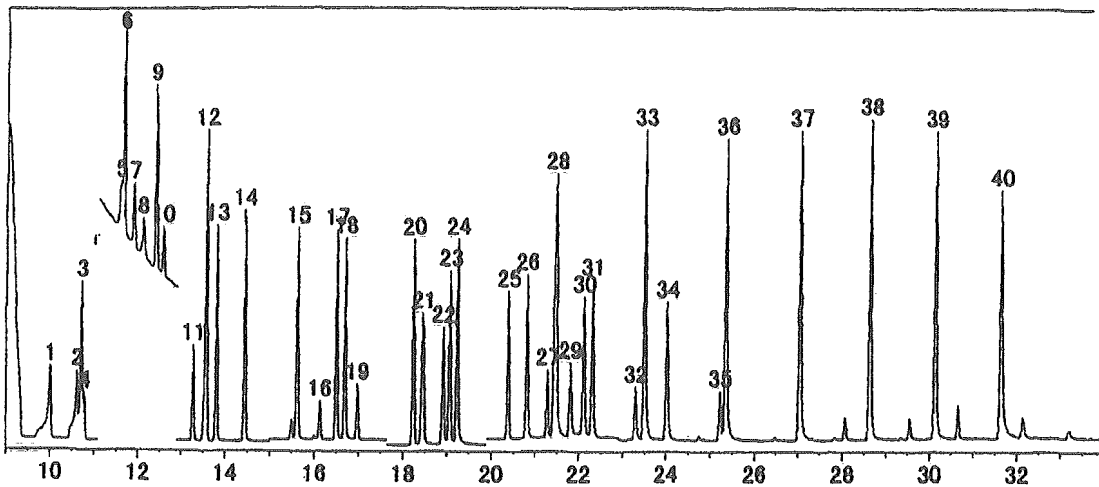


図 1. 標準溶液 (1.0 µg/ml) のトータルイオンクロマトグラム (TIC)

No.	保持時間	VOC	No.	保持時間	VOC
1	10.00	Methylethylketone	21	18.45	m/p-Xylene
2	10.61	Ethylacetate	22	18.91	Styrene
3	10.71	n-Hexane	23	19.06	o-Xylene
4	10.78	Chloroform	24	19.23	n-Nonane
5	11.58	1,2-Dichloroethane	25	20.38	α -pinene
6	11.65	2,4-Dimethylpentane	26	20.81	1,3,5-Trimethylbenzene
7	11.89	1,1,1-Trichloroethane	28	21.47	1,2,4-Trimethylbenzene + n-Decane
8	12.10	Butanol	29	21.81	p-Dichlorobenzene
9	12.39	Benzene	30	22.11	1,2,3-Trimethylbenzene
10	12.56	Carbon Tetrachloride	31	22.30	Limonene
11	13.27	1,2-Dichloropropane	32	23.29	Nonanal
12	13.57	Trichloroethylene + 2,2,4-Trimethylpentane	33	23.50	n-Undecane
13	13.80	n-Heptane	34	24.01	1,2,4,5-Tetramethylbenzene
14	14.43	Methylisobutylketone	35	25.21	Decanal
15	15.62	Toluene	36	25.34	n-Dodecane
16	16.12	Chlorodibromomethane	37	27.04	n-Tridecane
17	16.49	Butylacetate	38	28.62	n-Tetradecane
18	16.69	n-Octane	39	30.13	n-Pentadecane
19	16.98	Tetrachloroethylene	40	31.63	n-Hexadecane
20	18.24	Ethylbenzene	※	15.50	Toluene-d8

2. 検量線の直線性

標準溶液の測定により得られた各 VOC の検量線の傾きおよび切片の値を表 2 に示した。いずれも 0~5.0 $\mu\text{g/ml}$ の濃度, すなわち, 空气中濃度として 0~約 70 $\mu\text{g/m}^3$ において良好な直線性を示した。各 VOC の検量線の傾きは

0.14~1.88 となった。酢酸エチルおよびクロロジブromメタンの感度は最も低く, 最も感度の高い 2, 2, 4-トリメチルペンタンの 10 分の 1 以下であった。

表 2. 各 VOC の検量線の傾きおよび切片

VOC	傾き	切片	相関係数 *
Methylethylketone	1.05	-0.21	1.000
Ethylacetate	0.14	-0.04	1.000
n-Hexane	0.68	0.14	1.000
Chloroform	0.41	0.00	1.000
1,2-Dichloroethane	0.35	-0.01	1.000
2,4-Dimethylpentane	0.93	0.04	1.000
1,1,1-Trichloroethane	0.30	0.02	1.000
Butanol	0.32	0.13	1.000
Benzene	1.45	1.69	1.000
Carbon Tetrachloride	0.20	0.03	1.000
1,2-Dichloropropane	0.42	0.05	1.000
Trichloroethylene	0.21	0.05	1.000
2,2,4-Trimethylpentane	1.88	0.23	1.000
n-Heptane	0.90	0.11	1.000
Methylisobutylketone	1.13	-0.01	1.000
Toluene	1.37	0.57	1.000
Chlorodibromomethane	0.14	0.05	1.000
Butylacetate	1.31	-0.21	1.000
n-Octane	1.18	0.14	1.000
Tetrachloroethylene	0.23	0.09	1.000
Ethylbenzene	1.56	0.07	1.000
m/p-Xylene	1.22	-0.06	1.000
Styrene	0.93	-0.19	1.000
o-Xylene	1.25	0.04	1.000
n-Nonane	1.11	-0.09	1.000
α -pinene	0.85	0.15	1.000
1,3,5-Trimethylbenzene	1.20	-0.09	1.000
1,2,4-Trimethylbenzene	1.22	-0.12	1.000
n-Decane	1.06	-0.12	1.000
p-Dichlorobenzene	0.59	-0.06	1.000
1,2,3-Trimethylbenzene	1.11	-0.07	1.000
Limonene	0.67	-0.03	1.000
Nonanal	0.22	-0.13	1.000
n-Undecane	1.02	-0.18	1.000
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	1.15	-0.16	1.000
Decanal	0.18	-0.21	0.999
n-Dodecane	0.58	-0.15	1.000
n-Tridecane	1.18	-0.30	0.999
n-Tetradecane	0.96	-0.39	0.999
n-Pentadecane	1.23	-0.56	0.999
n-Hexadecane	1.22	-0.82	0.998

*: 回帰直線式の相関係数 (n=6)

3. ブランク試験

4本の未使用のチューブから活性炭を取り出し、それぞれ直ちに分析した。検出されたVOCの重量を表3に示した。ベンゼンの他、n-ヘキサン、トルエン、エチルベンゼン、m/p-キシレンおよびo-キシレンが微量検出された。VOCの抽出に使用する作業環境測定用の二硫化炭素は、分光分析用や特級等に比較してVOCの含有量は少なかったが、用いた全てのロットの二硫化炭素に微量のベンゼンが含まれていた。ブランク試験においてこれらのVOCが検出される原因として、使用する二硫化炭素の汚染の他に、チューブ製造時における活性炭の汚染、分析処理操作の際の汚染等が考えられる。しかし、VOCの検出量はいずれも少なく、試料の定量値に大きな影響を及ぼさないと判断された。より正確に空気中のVOC濃度を算出するためには、捕集に用いた活性炭チューブと同じ製造ロットの未使用のチューブをブランクとして用い、試料と同様に処理、定量し、試料の定量値から差引くことが必要であると考えられた。

4. 破過試験

VOC捕集における活性炭チューブの破過の有無について検討した。一般住宅内の一室において4本の活性炭チューブを設置し、本法に従い同一時間空気中VOCを捕集した。ただしポンプの流速は10倍の1.0 L/minとした。第2層の捕集量が第1層の捕集量の半量(50%)を超えていれば明らかに破過しており、25%以内であれば破過していないと判断した。

試験の結果を次頁の表4に示した。大部分のVOCは第1層のみから検出された。酢酸エチル、n-ヘキサン、クロロホルム、ベンゼン、n-ヘプタン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン類および数種の高分子脂肪族炭化水素などが第1層と第2層の両層から検出された。しかし、第1層捕集量に対する第2層捕集量の割合はベンゼンが最も大きく5~8%であったが、いずれのVOCにおいても25%以下であり、捕集時における各VOCの破過はなかったと判断された。この試験ではポンプの流速を1.0 L/minに設定して24時間空気を捕集している。したがって、通常的环境下における流速0.1 L/minでの24時間の捕集では、各VOCの捕集において破過はおこらないと考えられた。

表3. ブランク試験において検出された各VOC量 (ng)

V O C	
Methylethylketone	—
Ethylacetate	—
n-Hexane	16
Chloroform	—
1,2-Dichloroethane	—
2,4-Dimethylpentane	—
1,1,1-Trichloroethane	—
Butanol	—
Benzene	233
Carbon Tetrachloride	—
1,2-Dichloropropane	—
Trichloroethylene	—
2,2,4-Trimethylpentane	—
n-Heptane	—
Methylisobutylketone	—
Toluene	46
Chlorodibromomethane	—
Butylacetate	—
n-Octane	—
Tetrachloroethylene	—
Ethylbenzene	5
m/p-Xylene	2
Styrene	—
o-Xylene	1
n-Nonane	—
α-pinene	—
1,3,5-Trimethylbenzene	—
1,2,4-Trimethylbenzene	—
n-Decane	—
p-Dichlorobenzene	—
1,2,3-Trimethylbenzene	—
Limonene	—
Nonanal	—
n-Undecane	—
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	—
Decanal	—
n-Dodecane	—
n-Tridecane	—
n-Tetradecane	—
n-Pentadecane	—
n-Hexadecane	—

— : 検出されず
数値は4本の測定値の平均値

表 4. 破過試験における各チューブのVOC捕集量 (ng)

VOC	チューブ 1				チューブ 2				チューブ 3				チューブ 4			
	第1層	第2層	合計	2/1層*	第1層	第2層	合計	2/1層*	第1層	第2層	合計	2/1層*	第1層	第2層	合計	2/1層*
Methylethylketone	5078	—	5078		5638	—	5638		5375	—	5375		5501	—	5501	
Ethylacetate	5513	26	5539	0.5	6284	—	6284		6064	1	6065	0	6208	5	6213	0.1
n-Hexane	4529	6	4535	0.1	5132	16	5148	0.3	5087	30	5117	0.6	5225	35	5260	0.7
Chloroform	792	9	801	1.1	931	6	937	0.6	857	—	857		878	2	880	0.2
1,2-Dichloroethane	1297	—	1297		1614	—	1614		1576	—	1576		1589	—	1589	
2,4-Dimethylpentane	429	—	429		467	—	467		461	—	461		472	—	472	
1,1,1-Trichloroethane	692	—	692		777	—	777		765	—	765		757	—	757	
Butanol	3563	—	3563		3464	—	3464		3659	—	3659		3550	—	3550	
Benzene	4073	254	4327	6.2	4291	264	4555	6.2	4082	334	4415	8.2	4429	200	4629	4.5
Carbon Tetrachloride	1020	—	1020		1130	—	1130		1154	—	1154		1097	—	1097	
1,2-Dichloropropane	42	—	42		45	—	45		46	—	46		53	—	53	
Trichloroethylene	1134	3	1137	0.3	1246	—	1246		1263	4	1267	0.3	1154	—	1154	
2,2,4-Trimethylpentane	780	—	780		830	—	830		880	—	880		766	—	766	
n-Heptane	4276	10	4286	0.2	4609	12	4621	0.3	4595	11	4606	0.2	4530	—	4530	
Methylisobutylketone	1031	—	1031		1057	—	1057		1077	—	1077		1046	—	1046	
Toluene	20783	10	20793	0	21782	43	21825	0.2	22082	1	22083	0	21626	13	21639	0.1
Chlorodibromomethane	347	—	347		356	—	356		376	—	376		339	—	339	
Butylacetate	1685	—	1685		1726	—	1726		1767	—	1767		1739	—	1739	
n-Octane	5589	—	5589		5838	—	5838		5870	—	5870		5822	—	5822	
Tetrachloroethylene	982	—	982		1027	—	1027		1006	—	1006		974	—	974	
Ethylbenzene	5804	49	5853	0.8	6239	322	6561	5.2	5860	—	5860		6153	145	6298	2.4
m/p-Xylene	10065	33	10098	0.3	10467	182	10649	1.7	10264	—	10264		10603	77	10680	0.7
Styrene	156	—	156		130	—	130		134	—	134		129	—	129	
o-Xylene	4460	6	4466	0.1	4572	42	4614	0.9	4505	—	4505		4640	17	4657	0.4
n-Nonane	28510	—	28510		29020	—	29020		29343	—	29343		29960	—	29960	
α -pinene	11407	—	11407		11680	—	11680		12016	—	12016		12062	—	12062	
1,3,5-Trimethylbenzene	2848	—	2848		2914	—	2914		2939	—	2939		3044	—	3044	
1,2,4-Trimethylbenzene	8047	—	8047		8178	—	8178		8219	—	8219		8616	—	8616	
n-Decane	26132	—	26132		26424	—	26424		26762	—	26762		27568	—	27568	
p-Dichlorobenzene	15799	1	15800	0	15715	—	15715		15410	—	15410		16204	2	16206	0
1,2,3-Trimethylbenzene	2310	—	2310		2322	—	2322		2315	—	2315		2416	—	2416	
Limonene	7600	—	7600		7690	—	7690		7793	—	7793		8109	—	8109	
Nonanal	23294	—	23294		22100	—	22100		21868	—	21868		23799	—	23799	
n-Undecane	15043	—	15043		15311	—	15311		15226	—	15226		15949	—	15949	
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	415	—	415		400	—	400		403	—	403		436	—	436	
Decanal	6667	—	6667		6901	—	6901		6950	—	6950		7630	—	7630	
n-Dodecane	8515	—	8515		8581	—	8581		8481	—	8481		8985	—	8985	
n-Tridecane	5582	45	5627	0.8	5555	40	5595	0.7	5435	32	5467	0.6	5789	—	5789	
n-Tetradecane	4047	—	4047		3876	144	4020	3.7	3776	—	3776		3990	—	3990	
n-Pentadecane	1583	—	1583		1529	—	1529		1492	—	1492		1551	—	1551	
n-Hexadecane	1240	11	1251	0.9	1126	33	1159	2.9	1025	—	1025		1087	—	1087	

— : 検出されず

*: 第1層捕集量に対する第2層捕集量の割合(%)

5. 再現性試験

捕集から定量における測定値の再現性を検討した。一般住宅内の一室に5本の活性炭チューブを設置し、本法に従い同一時間空气中VOCを捕集した。捕集の翌日に定量した。

各チューブの分析結果から算出した各VOCの室内気中濃度を次頁の表5に示した。2,4-

ジメチルペンタン、ベンゼン、1,2-ジクロロプロパン、スチレン、ノナール、デカールおよびn-ペンタデカンの測定値の変動係数が大きく、定量値の再現性が乏しかった。1,2-ジクロロプロパンおよびn-ペンタデカンは気中濃度が低い(0.1 μ g/m³以下)ため検出されたピークのベースラインの引き方により定量値が

大きく変化すること、アルデヒド類およびスチレンは二硫化炭素による活性炭からの脱着率が低いこと（後述の脱着率試験参照）、ベンゼンは気中濃度が低くブランク値が高いこと、などがそれぞれの原因として考えられる。その他のVOCにおける変動係数は概ね10%以下であっ

た。従って、スチレン、ノナナール、デカナールを除く他のVOCは概ね $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の濃度において捕集から測定までの再現性は良好であることが示唆された。ただし、1,2-ジクロロエタンおよびn-ヘキサデカン検出されなかったため、それらの再現性は明らかではない。

表 5. 再現性試験において算出された各VOCの気中濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

V O C	チューブ					平均	標準 偏差	変動係 数 (%)
	1	2	3	4	5			
Methylethylketone	3.75	3.63	3.55	3.92	3.67	3.70	0.14	3.8
Ethylacetate	9.82	9.70	10.18	10.77	9.30	9.96	0.55	5.6
n-Hexane	3.80	3.39	4.04	3.72	3.51	3.69	0.25	6.9
Chloroform	0.74	0.75	0.82	0.87	0.72	0.78	0.06	7.9
1,2-Dichloroethane	—	—	—	—	—			
2,4-Dimethylpentane	0.25	0.25	0.33	0.27	0.30	0.28	0.04	13.1
1,1,1-Trichloroethane	0.54	0.53	0.61	0.53	0.45	0.53	0.06	10.4
Butanol	2.07	2.40	2.21	2.20	1.89	2.15	0.19	8.8
Benzene	0.22	0.27	0.20	0.31	0.28	0.26	0.05	17.6
Carbon Tetrachloride	0.72	0.71	0.80	0.83	0.72	0.76	0.06	7.3
1,2-Dichloropropane	0.05	0.08	0.11	0.08	0.08	0.08	0.02	23.2
Trichloroethylene	2.83	2.84	3.19	3.24	2.85	2.99	0.21	6.9
2,2,4-Trimethylpentane	0.42	0.39	0.45	0.49	0.42	0.43	0.04	9.1
n-Heptane	3.78	3.73	4.11	4.25	4.05	3.98	0.22	5.6
Methylisobutylketone	0.98	0.91	1.11	1.07	0.95	1.00	0.08	8.2
Toluene	31.96	30.78	31.10	32.40	32.56	31.76	0.79	2.5
Chlorodibromomethane	0.74	0.74	0.70	0.70	0.63	0.70	0.04	6.2
Butylacetate	1.37	1.58	1.55	1.63	1.53	1.53	0.10	6.4
n-Octane	4.10	4.89	4.88	5.07	4.81	4.75	0.37	7.9
Tetrachloroethylene	1.28	1.42	1.45	1.47	1.40	1.40	0.07	5.3
Ethylbenzene	4.58	5.19	4.99	5.31	5.30	5.07	0.31	6.0
m/p-Xylene	7.26	8.23	7.82	8.30	8.23	7.97	0.44	5.5
Styrene	0.08	0.07	0.08	0.04	0.02	0.06	0.03	47.8
o-Xylene	3.13	3.57	3.37	3.56	3.54	3.43	0.19	5.6
n-Nonane	20.99	24.23	22.98	24.18	23.48	23.17	1.33	5.7
α -pinene	6.86	7.75	7.38	7.82	7.67	7.50	0.39	5.3
1,3,5-Trimethylbenzene	1.90	2.17	2.01	2.18	2.06	2.07	0.12	5.6
1,2,4-Trimethylbenzene	5.01	5.66	5.22	5.53	5.40	5.37	0.26	4.8
n-Decane	17.06	19.60	17.81	19.15	18.49	18.42	1.02	5.5
p-Dichlorobenzene	5.68	6.43	5.77	6.12	5.89	5.98	0.30	5.0
1,2,3-Trimethylbenzene	1.26	1.49	1.32	1.42	1.38	1.37	0.09	6.5
Limonene	5.50	6.30	5.90	6.15	5.88	5.95	0.30	5.1
Nonanal	11.65	12.05	7.66	14.20	9.97	11.11	2.45	22.0
n-Undecane	7.60	8.55	7.76	8.10	7.26	7.86	0.49	6.3
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	0.16	0.20	0.18	0.20	0.17	0.18	0.02	9.8
Decanal	1.49	1.30	0.87	2.11	1.11	1.37	0.47	34.2
n-Dodecane	2.84	2.50	2.76	2.75	2.31	2.63	0.22	8.4
n-Tridecane	0.94	1.00	0.75	0.86	0.86	0.88	0.09	10.7
n-Tetradecane	0.77	0.83	0.89	0.74	0.85	0.82	0.06	7.5
n-Pentadecane	0.10	0.12	0.08	0.08	0.09	0.09	0.02	17.8
n-Hexadecane	—	—	—	—	—			

— : 検出されず

6. 保存性試験

活性炭チューブ中の各 VOC の保存に対する安定性について検討した。一般住宅内の一室において複数の活性炭チューブを設置し、本法に従い空气中 VOC を捕集した。各試料中の VOC は、捕集翌日、1 週間後、2 週間後、3 週間後および 4 週間後においてそれぞれ定量した。各試料は分析までの期間冷蔵庫（4℃）で保管した。試験の結果を次頁の表 6 に示した。

捕集翌日に分析したチューブ中の各 VOC 量を 100% とし、一定期間保存後の各チューブ中の各 VOC 量を相対量で示した。

ノナナール、ブタノールおよび α -ピネンは保存期間中に徐々に減少し、4 週間後にはそれぞれ捕集翌日の 19%、54% および 73% になった。特にノナナールおよびブタノールは保存 1 週間後における残存率も低く、保存に対する安定性が乏しいと考えられた。これら 3 物質を除く他の VOC はいずれも保存期間内で大幅な減少を示さなかった。VOC を捕集した活性炭チューブは、大部分の VOC の定量に際してほぼ一ヶ月間冷蔵庫での保存が可能であると判断された。

ただし、1,2-ジクロロエタン、1,2-ジクロロプロパン、スチレン、1,2,4,5-テトラメチルベンゼン、デカナール、n-テトラデカン、n-ペンタデカンおよび n-ヘキサデカンは捕集翌日に分析したチューブをはじめいずれのチューブからも検出されなかったため、これらの物質の保存に対する安定性は明らかではない。

7. 脱着率試験

捕集した各 VOC の二硫化炭素による脱着率について検討した。VOCs 混合標準原液を二硫化炭素で希釈し、各 VOC 濃度 1 $\mu\text{g/ml}$ の溶液 20 ml を調製した。3 本の未使用チューブから第 1 層活性炭をそれぞれ別々に褐色バイヤルビンに取り出した。これらのバイヤルビンおよび活性炭を含まない 3 本の褐色バイヤルビンに、調製した溶液をそれぞれ 2 ml ずつ分注し

て試料とした。同様に、活性炭入りのバイヤルビン 3 本と活性炭を含まないバイヤルビン 3 本にそれぞれ二硫化炭素を 2 ml ずつ分注し、各々のブランクとして用いた。試料およびブランクを本法に従い分析し、下式により二硫化炭素による各 VOC の活性炭からの脱着率を算出した。

$$\text{各 VOC の脱着率 (\%)} = \{ (\text{活性炭入り試料中の各 VOC ピーク面積}^* - \text{活性炭入りブランク中の各 VOC ピーク面積}^*) / (\text{活性炭無し試料中の各 VOC ピーク面積}^* - \text{活性炭無しブランク中の各 VOC ピーク面積}^*) \} \times 100$$

* : すべて 3 本の平均値

試験の結果は前述した表 6 に示した。大部分の VOC の脱着率は 85% 以上であり、ほぼ完全に活性炭から脱着されるものと考えられる。ただし、ブタノール (46%)、スチレン (49%)、デカナール (68%)、ノナナール (74%) およびメチルエチルケトン (77%) の脱着率は低かった。多田ら²⁾もスチレンおよびメチルエチルケトンの活性炭からの回収率が低いことを指摘している。いずれも溶媒脱着が不完全であることがその原因であると考察している。

また、芦田ら^{3, 4)}はブタノールを含むアルコール類やケトン類の二硫化炭素による活性炭からの回収率は低く、これら極性の強い物質には無極性の二硫化炭素による脱着は不適當であることを報告している。活性炭に捕集されたノナナールおよびデカナール等のアルデヒド類の脱着率に関する報告は過去にほとんど見あたらないが、その極性の強さが二硫化炭素による脱着率の低さに関連していると推測された。これら脱着率の低い VOC の定量に際して、活性炭を含んだ二硫化炭素中で標準を調製するなど標準溶液の調製方法、他の捕集剤の使用、二硫化炭素以外の溶媒による VOC の脱着等を再検討する必要があると考えられた。

表 6. 各VOCの保存に対する安定性および二硫化炭素による活性炭からの脱着率

V O C	保存に対する安定性 *				脱着率 (%)
	1 週間後	2 週間後	3 週間後	4 週間後	
Methylethylketone	99	94	80	90	77
Ethylacetate	117	106	91	105	94
n-Hexane	84	101	80	89	112
Chloroform	87	113	96	85	103
1,2-Dichloroethane	-	-	-	-	103
2,4-Dimethylpentane	86	90	77	84	112
1,1,1-Trichloroethane	107	98	85	88	106
Butanol	62	63	59	54	46
Benzene	98	93	90	94	96
Carbon Tetrachloride	87	93	78	86	105
1,2-Dichloropropane	-	-	-	-	105
Trichloroethylene	92	101	85	100	103
2,2,4-Trimethylpentane	89	97	78	88	112
n-Heptane	95	104	85	95	109
Methylisobutylketone	91	107	86	97	88
Toluene	83	97	86	97	99
Chlorodibromomethane	104	115	92	91	98
Butylacetate	100	108	88	93	95
n-Octane	110	113	100	107	109
Tetrachloroethylene	89	96	78	85	100
Ethylbenzene	96	118	94	98	103
m/p-Xylene	99	115	104	107	98
Styrene	-	-	-	-	49
o-Xylene	104	114	103	105	92
n-Nonane	104	109	97	102	108
α -pinene	85	95	76	73	106
1,3,5-Trimethylbenzene	97	111	98	98	102
1,2,4-Trimethylbenzene	102	112	102	100	95
n-Decane	100	108	97	98	107
p-Dichlorobenzene	98	112	95	95	80
1,2,3-Trimethylbenzene	98	110	100	94	85
Limonene	108	107	96	89	103
Nonanal	30	40	16	19	74
n-Undecane	107	110	99	98	105
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	-	-	-	-	89
Decanal	-	-	-	-	68
n-Dodecane	88	92	96	85	105
n-Tridecane	83	105	96	121	101
n-Tetradecane	-	-	-	-	102
n-Pentadecane	-	-	-	-	96
n-Hexadecane	-	-	-	-	99

* : 捕集翌日に分析したチューブ中の各VOC量を100%とし、一定期間保存後の各チューブ中の各VOC量を相対量(%)で示す。

(3) まとめ

今回対象とした42種のVOCのうち、ブタノール、ノナール、デカール、 α -ピネン、メチルエチルケトンおよびスチレンを除く36物質は、本分析法により概ね1~100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の空气中濃度において再現性よく定量することが可能であり、捕集後約1ヶ月間は冷蔵庫で保存可能であると考えられた。本法において空气中VOCの捕集に使用した携帯用小型吸引ポンプは、吸引空気の積算流量を記録する機能を搭載していないが、近年開発されたポンプには同機能が搭載されているものもあり、利便性に優れている。また、本法では低濃度のVOCの分析を考慮し、流速0.1 L/minで24時間の捕集を行ったが、予想される空气中濃度により吸引速度および捕集時間を調整することが必要である。VOCは高揮発性であるため、正確に再現性よく定量するためには、試料の調製を低温下で行うことが重要である。

文 献

- 1) 厚生省：居住環境内における揮発性有機化合物の全国実態調査
- 2) 多田 治, 蔡 世雄：活性炭管およびシリカゲル管を用いる有機溶剤濃度の測定について, 労働科学, 56, 453-467 (1980)
- 3) 芦田敏文, 小池慎也, 大森 薫：活性炭管を用いる有機溶剤蒸気の測定法に関する研究 (第1報) 二硫化炭素による脱着条件と脱着率との検討, 作業環境, 2, 53-59 (1981)
- 4) 芦田敏文, 小池慎也, 大森 薫：活性炭管を用いる有機溶剤蒸気の測定法に関する研究 (第2報) 相平衡法を用いる脱着率の検討, 作業環境, 4, 52-57 (1983)

I-⑤ 有害ガス・蒸気の捕集法および捕集時の安全確保のための呼吸保護具・防護服などの着用法と問題点の検討

有害物ガス・蒸気を捕集する方法は様々であるが、中毒者が発生するなど、危険な状況が出現しているケースでは、測定者自身も長時間現場にいることはできない。現場の空気を短時間で真空瓶あるいはガスバッグなどに捕集し、研究所に運んだ後に真空瓶や捕集バックなどから試料をサンプリング・分析することが必要となる。本節では、1) 捕集方法について検討（短時間でガスバッグに捕集する機器を選定して購入し、実際に訓練して注意点などを検討）すると同時に、2) 捕集時の安全確保対策（防護具類）について検討した。

1) 有害ガス・蒸気の捕集法

1. ガスサンプラー + テドラバッグ

アリカ技研製の悪臭用5連サンプラーであれば、1分間で10リットルのテドラバッグ5個に同時に空気を押し込むことができる。総量が50リットルになるので、研究室で複数のサンプリングが可能となる。例えば、高濃度であれば、ガスタイトシリンジで直接ガスクロマトグラフ質量分析計に注入すればよいし、低濃度であれば、活性炭などに濃縮した後、分析すればよい。また、インピンジャーなど液体捕集法によるサンプリングも可能となる。

2. 真空瓶

あらかじめ、真空瓶を真空にしておけば、現場では10秒程度で空気の捕集が可能である。ただし、真空瓶の場合は、ガスタイトシリンジによるサンプリング以外の方法は適用しにくいので、分析方法が限定される。

2) 気中有害物捕集時の安全対策（呼吸保護具・防護服などの着用法と問題点の検討）

有害物のサンプリングには、測定者自身の健康を守ることが重要である。特に、中毒者が発生するなど、危険な状況が出現しているケースでは、1.自給式の空気呼吸器、2.防護服、3.防

護靴、4.防護手袋などが必要となる。そこで、これら1～4の保護具の取扱いマニュアルを作成するとともに、実際に装着訓練を行ない（写真a, b）、注意点などを検討した。以下に各々の装着法と留意点などを示す。



防護具の着用写真 a（正面）

1. 空気呼吸器（プレッシャデマンド型、興 研製バイタス III-A の場合）

A. 使用前点検

- 1) 目視点検
- 2) ボンベの残圧点検
- 3) 供給弁切替作動点検
- 4) 陽圧機能点検
- 5) 気密点検
- 6) 警報器の作動点検

B. 装着手順

1) 機器を背負う

- ・肩パッド付ベルトを両肩に掛け機器を背負う
- ・左右の調整ベルトを下に引いて、機器を少し上げる
- ・胸ベルトのバックルをつなぎ、右手側バックルで長さを調整する
- ・再度、左右の調整ベルトを下に引いて、機器を上げて安定させる
- ・腰ベルトのバックルをつなぎ、右手側バックルで長さを調整する

2) 面体の首掛けひもを首に掛ける

- 3) 供給弁ダイヤルを一度 OFF の位置まで回す（この位置では止まらず、元に戻るがそれでよい）

4) そく止弁のハンドルをゆっくりと左に回して一度全開にし、半回転戻す

5) 圧力指示計により、ボンベ内の空気の充填圧力が十分であることを確認する

6) 面体を装着する

- ・頭ひもを全部緩め、アイピース側に裏返しておく
- ・面体をあごから合わせてかぶる
この時、前髪を上を持ち上げ、髪が面体と顔面の間に挟まらないように注意する
- ・頭ひもを後頭部にもどす
- ・頭ひもを下から順に締め付ける
この時、左右均等に締める



防護具の着用写真 b（側面）

7) フィットテストをする

- ・ワンタッチジョイントのゴムカバーを手のひらで押さえ、強く息を吸う
- ・面体がキュッと顔に吸い付けられればフィットしている

8) 吸気弁を面体に装着する

- ・吸気弁ダイヤルが右側になるようにして、カチッと音がするまで確実にはめる

9) 少し強めに吸気する

- ・最初、息ができないが、少し強めに吸気すると、弁が開き吸気が始まる

10) 陽圧機能を点検する

- ・面体と顔面の間に指を入れ、隙間からエアが勢いよく放出されることを確認する

11) 圧力指示計を確認し、使用時間に応じた圧力があることを確認する

C. 装着中の注意

- 1) 作業前に、安全区域までの退避に必要な圧力を確認し、作業時には時々圧力指示計を確認し、余裕をもって退避する
- 2) 体調に異常を感じた場合や警報器がなった場合は、直ちに退避する
- 3) 装着中に呼吸が苦しい場合、危険区域では面体をはずさず、安全区域まで退避してからはずす

表1. ポンベ残圧と使用可能時間

充填圧 (MPa)	使用時間 (分)	充填圧 (MPa)	使用時間 (分)
1	2.1	9	18.9
2	4.2	10	21.0
3	6.3	11	23.1
4	8.4	12	25.2
5	10.5	13	27.3
6	12.6	14	29.4
7	14.7	15	31.5
8	16.8	16	33.6

D. 脱着手順

- 1) 供給弁ダイヤルを右手で時計周りに回しOFFにする（この位置では止まらず、元に戻るがそれでよい）
- 2) 面体の頭ひもの金具を前に起し、ひもを緩める
- 3) 面体をはずす
- 4) そく止弁を右に回し完全に閉じる
- 5) 供給弁のパージボタンを押して、機器内の空気を抜く（警報が鳴った後、圧力指示計の針が0を指す）
- 6) 供給弁ダイヤルをOFFにする
- 7) 腰ベルトおよび胸ベルトのバックルをはずす
- 8) 肩ベルトの調整具の先端を上を起し、肩ベルトを緩める
- 9) 機器をゆっくり降ろす

F. 退避時間について（興研製ライトテックスの場合）

- 1) 警報器が鳴り始めてからは約8分間。
- 2) 退避時間と必要ポンベ残圧の関係は表2に示すとおりである。

表2. 退避時間と必要ポンベ残圧

退避時間 (分)	充填圧 (MPa)	退避時間 (分)	充填圧 (MPa)
8	4.0	13	6.5
9	4.5	14	7.0
10	5.0	15	7.5
11	5.5	16	8.0
12	6.0	17	8.5

E. 使用時間の目安（興研製ライトテックスの場合）

空気呼吸器の使用可能時間（分）はポンベの圧力に依存し、下記の式で計算できる。

$$\text{使用可能時間(分)} = \text{ポンベ充填圧(Mpa)} \times 8.4 \times 10 \div 40$$

ポンベ圧と使用可能時間（分）の関係を右側上段の表1に示す。

2. 防護服

有害物が皮膚に付着するのを防ぐため、全身を覆う防護服を着る。旭・デュポンフラッシュパンプロダクツ製のタイベックプロテックF型の性能表を次頁の表3に示す。

空気呼吸器の面体の周囲部分を防護服のフードが覆うようにできており、面体とフードが完全に密着すれば、ガス・蒸気状物質の侵入を完全に防ぐことができる。しかし、実際には隙間を完全になくすことは不可能である。したがって、この防護服では、マスタードガスのよう

な、皮膚障害性のある有害ガスに対応することはできない。また、皮膚吸収性が大きい有害物にも対応できない。

表3. タイベック プロテックF型の性能

有害物	破過時間
ギ酸	480分以上
酢酸アミル	480分以上
酢酸エチル	480分以上
メタノール	480分以上
ジメチルアミン	480分以上
アセトニトリル	480分以上
灯油	480分以上
塩化ビニル	480分以上
塩酸37%	480分以上
フッ化水素50%	480分以上
水酸化アンモニウム	480分以上
シアン化ナトリウム45%	480分以上
二硫化炭素	480分以上
塩素	480分以上
水銀	480分以上

3. 防護靴

有害物が足に付着するのを防ぐため防護靴を着用する。ベータ工業 (Bata Industrials) 製ハズマックス (Hazmax) の性能表を表4に示す。

表4. ハズマックスの性能

有害物	破過時間
ジエチルアミン	114分間
水酸化ナトリウム40%	480分間
硫酸96%	480分間
塩素	480分間
塩化水素	480分間
アセトン	136分間
アセトニトリル	350分間
二硫化炭素	60分間
ジクロロメタン	72分間
酢酸エチル	206分間
ヘキサン	423分間
メタノール	480分間
テトラヒドロフラン	124分間
トルエン	281分間
アンモニア	480分間

4. 防護手袋

有害物が手に付着するのを防ぐため防護手袋を着用する。クレトイシ製ブチルゴム手袋が使用可能な有害物に対する性能表を表5示す。ブチルゴムは、塩化メチレン、クロロベンゼン、1,2ジクロロエタン、1,1,1-トリクロロエタン、ヘキサン、ベンゼン、キシレン、トルエンなどは破過時間が短いので、使用できないので注意を要す。このような溶剤に対しては、シルバースールド製手袋が良いが、着用すると指先が動きにくい。

表5. ブチルゴム手袋の性能

有害物	破過時間
アクリロニトリル	3.1時間
アセトアルデヒド	9.6時間
アセトン	17時間
アニリン	8時間
エピクロロヒドリン	8時間
酢酸ブチル	1.9時間
臭化エチレン	3.3時間
シュウ酸	8時間
ジイソブチルケトン80%	3.3時間
ジオキサン	20時間
ジブチルフタレート	16時間
硫酸ジメチル	8時間
ジメチルホルムアミド	8時間
トリレンジイソシアネート	8時間
ニトロベンゼン	23時間
ピリジン	8時間
フェノール85%	20時間
ホルムアルデヒド	16時間
メチルエチルケトン	8時間
モルフォリン	16時間

II. 健康被害危機事例対応における疫学調査の活用

— O157:H7 集団発生対応における米国とわが国の比較から見た今後の課題 —

感染症および食中毒の健康危機事例として、新興感染症である O157:H7 集団発生をとりあげ、過去の事例に対する米国とわが国の対応を比較検討することにより、地方保健医療行政機関の課題について疫学的観点より考察した。結果は、米国の事例では調査に case-control study という疫学手法を取り入れているのに対し、わが国の事例では有症者つまり case に主に重点を置いた調査しか実施されていないため、リスク要因に関する解析としては不十分なものとなっていることが示唆された。今後、わが国でも事例発生時の対応に case-control study による疫学調査を盛り込むことができれば、たとえ原因と考えられる食品または施設から病原菌そのものが細菌学的に証明されなくとも、原因食品を疫学的に早期に特定することが可能であると考えられた。また、そのような事例に対して有用となるような疫学調査指針を提示することが、重要な課題であると考えられた。

1) 目的

近年、地域住民の健康や安全を、更には生命さえも脅かすような健康危機事例がしばしば見受けられる。従って、地方保健医療行政機関の機能を強化して、危機事例発生時に迅速かつ的確な対応を可能にすることは喫緊の課題である。

健康危機管理の分野は、感染症や食中毒、有害物質汚染、毒物劇物中毒、医療関連事故、自然災害、精神科関連など多岐にわたる。そして疫学は各分野において、原因の解明や対応の確立を図る点で重要な位置を占めている。とりわけ感染症および食中毒の分野についてみると、米国ではすでに疫学そのものが危機事例の対応、対策の確立と評価において中心的役割を担っている。しかしわが国では、残念ながら危機事例に対する疫学調査体系が十分確立されていないのが現状である。

本研究では、感染症および食中毒の過去の危機事例に対する米国とわが国の対応を比較検討することにより、地域における健康危機管理拠点としての地方保健医療行政機関の今後の課題について、疫学的観点より考察した。

2) 方法

感染症および食中毒の健康危機事例として、新興感染症である O157:H7 集団発生をとりあげ、米国とわが国の過去の危機事例を収集した。また、両国における地方保健行政機関の対応を、疫学的観点に絞って比較検討および考察した。

米国の過去の危機事例に関しては、米国疾病管理センター（CDC）が定期刊行している MMWR（Morbidity and Mortality Weekly Report）より収集をおこなった。MMWR 誌上で O157:H7 の集団発生例および散发例が報告されたものを検索した結果、病原菌としての O157:H7 の事例が最初に報告された 1982 年以降で 20 の報告例が得られた。このうち、疫学的調査および解析について詳しく報告されている 9 事例を中心に、調査内容を検討した。

我が国の危機事例に関しては、1996 年 7 月から 8 月にかけて発生した大阪府堺市での O157:H7 大規模集団食中毒事件を例にとった。具体的には、同年 9 月 26 日に厚生省（現厚生労働省）が発表した「堺市学童集団下痢症の原因究明について— 調査結果まとめ」の調査内容を、米国のもものと比較検討した。

3) 結 果

a) 米国の O157:H7 集団発生例

① ワシントン, アイダホ, カリフォルニア, ネバダ 4 州の事例 (1992 年-1993 年)

1982 年, 米国オレゴン州とミシガン州で発生した集団食中毒の原因菌が O157:H7 であったことが判明して以来, 病原菌としての O157:H7 の存在が世界的に認識されるようになった。同国ではその後も集団発生例および散発例がみられていたが, 1992 年から 1993 年にかけて大規模な集団発生例が報告された。ワシントン, アイダホ, カリフォルニア, ネバダの 4 州にまたがった O157:H7 の集団発生は, 有症者 500 人以上, 死者 4 人という大きな被害をもたらした。この事例では, あるチェーンレストランのハンバーガーが原因であったと報告されているが, 原因施設および原因食品の特定については, case-control study (症例・対照研究) という疫学研究手法に基づいた分析が調査の核をなしていた。以下に当該疫学調査の概要を述べる。

ワシントン州では, 1993 年 1 月 13 日に HUS (hemolytic uremic syndrome : 溶血性尿毒症症候群) 症例および血性下痢症例増加の報告を受け, 同月 16 日から 17 日にかけて case-control study を実施した。調査では, HUS 発症者または血性下痢を呈した者を case と定義し, 初期に発症した 16 人の case に対し年齢と居住地をマッチさせた 16 人の control を抽出した。解析結果は, あるチェーンレストランでの喫食に対するオッズ比のみが有意な上昇を示した (matched odds ratio{OR}=undefined; 95% confidence interval{CI}=3.5-∞)。さらに, 同レストランでの喫食内容を記憶していた有症者 338 人のうち, 312 人 (92%) がレギュラーサイズのハンバーガーパティの喫食歴を有していた。

カリフォルニア州では, HUS 発症者または血性下痢を呈した者, または水様性下痢であつ

ても便培養により O157:H7 が検出された者を case と定義し, 初期に発症した 25 人の case に対し, 性・年齢でマッチさせた 25 人の control を同一地域内から抽出して case-control study を実施した。解析結果は, ワシントン州の調査で原因施設と思われたものと同一のチェーンレストランでの喫食に対するオッズ比のみが有意な上昇を示した (matched OR=13; 95% CI=1.7-99)。また, そのチェーンレストランでの喫食歴がある case に対し, well meal companions (case と食事を共にする機会が多い友人で非発症の者) を control として新たに case-control study を実施した結果, 同レストランのレギュラーサイズのハンバーガーパティに対するオッズ比のみが有意な上昇を示しており (matched OR=undefined; 95% CI=1.3-∞), 原因食品であると結論付けられた。ネバダ州でもカリフォルニア州と同様のプロトコールで case-control study が実施され, 同様の調査結果を得た。

なお, ここで “matched OR=undefined” と記されているのは, case で当該要因への曝露が無かった者, あるいは control で当該要因への曝露があった者が極めて僅少であったため, matched analysis でオッズ比が算出できなかったことを意味する。

② イリノイ州の事例 (1995 年) およびペンシルバニア州の事例 (2000 年)

いわゆる food-borne disease (食品媒介疾病) としての集団発生例以外にも, case-control study による調査結果が重要な役割を果たした事例が見受けられる。例えば, 1995 年 7 月にイリノイで発生した O157:H7 集団発生例では, 原因として可能性がある共通食品がなく, 州立公園の中にある湖で遊泳したという事が有症者間での唯一の共通事項であった。まず始めに行われた case-control study では, 州立公園中の湖での遊泳に対するオッズ比のみが予想通り有意な上昇を示したが, その後, 遊泳中

のどのような行為がリスク要因であったのかを調査するために新たな case-control study が実施された。質問内容は、施設内の飲用水の摂取歴、施設内の売店の利用歴、レクリエーション設備の利用歴、遊泳水域、遊泳時間、遊泳中頭を沈めたかどうか、など詳細なものであり、解析結果では湖水を口に含んだ、または湖水を飲み込んだという行為に対するオッズ比のみが有意な上昇を示した（それぞれ、unmatched OR=9.8; 95% CI=1.03-93.5, unmatched OR=12.4; 95% CI=1.3-118.3）。

2000 年には、ペンシルバニア州で牧場見学に関連した O157:H7 の集団発生例が見られたが、この事例においても感染の原因と疑われたのは特定の食品ではなかった。case-control study の結果、牛との接触や咬爪症など経口感染を促す行為、また場内売店で食品購入に対するオッズ比が有意な上昇を示し、リスク要因と考えられた。また、食事前の手洗いに対するオッズ比は有意な低下を示し、発症に対し予防的であると考えられた（OR=0.2; 95% CI=0.1-0.7）。

b) わが国の O157:H7 集団発生例

わが国では 1990 年 10 月に埼玉県浦和市の幼稚園における O157:H7 感染症が報告されたのが最初であり、有症者 268 名、死者 2 名にのぼる集団感染が発生した。その後も散発例が報告されてきたが、1996 年 7 月から 8 月にかけて発生した大阪府堺市での O157:H7 による集団食中毒事件は記憶に新しい。同事例は、有症者累計 5,727 名、入院者累計 805 名、死者 3 名にのぼる世界に例を見ない大規模集団発生例となった。

1996 年 9 月に報道された調査結果のまとめでは、有症者の多くが児童であったこと、学校給食が共通の献立となっている地区ごとに発症状況や発症日の特徴が見られることより、学校給食に起因する集団食中毒と考えられたことが述べられていた。原因食品特定に関する調

査では、入院者のほぼ全員が O157:H7 感染者であるとみなして欠食状況を調査し、入院者の全員が喫食していた 7 月 8 日および 9 日の献立内容をさらに調査、献立中の共通した非加熱食品が貝割れ大根のみであったということが判明した。また、8 日および 9 日の献立に使用された貝割れ大根は同一施設で生産されたものであったことも判明し、「特定の生産施設から特定の日に出荷された貝割れ大根が原因食材として最も可能性の高いものである」と結論付けられていた。

4) 考 察

a) 米国とわが国の調査内容を比較すると、米国の事例では case-control study という疫学手法を取り入れているのに対し、堺市の事例では入院者つまり case に主に重点を置いた調査しか実施されていない。入院者全員が共通に喫食していた非加熱食材が貝割れ大根であったことは事実であるが、「発症者は非発症者と比較して貝割れ大根の喫食率が有意に高い」ということが証明されなければ、論拠としては弱いものになると考えられる。すなわち、米国の調査内容と比較したときに、非発症者つまり control に関する情報が有効に利用されていないのが事実である。

なお、堺市の事例で疫学的解析が行われた部分としては、非発症者と有症者（入院者を除く）、非発症者と入院者について献立ごとの欠食率をカイ 2 乗検定で比較したものがあり、入院者に重点を置いたその後の調査過程でこの解析結果が考慮されている。しかしカイ 2 乗検定は、①欠食率の期待値からのずれが集団間で比較したときに有意であるかどうかの判断は可能であるが、case および control の個々の情報を反映していない、②例数が増加すれば、意味のない差異も有意な関連と判定されてしまう、③要約統計量は case-control study のオッズ比で推定されるような相対リスクを示すもので

はない、といった理由により、リスク要因に関する解析としてこれだけでは不十分であると考えられる。

b) 米国ではその他にも O157:H7 の集団発生例および散发例が MMWR 誌上に報告されているが、case-control study の手法を用いて原因を特定し得た例がいくつか報告されている。特記すべきは、原因と考えられる施設または食品から O157:H7 そのものが細菌学的に証明されていなくとも、「疫学的に原因が特定された事例」として因果関係が結論付けられているという点である。もちろん、同一株による集団発生であることが血清学的に証明されていること、原因食品が特定された場合出荷元または生産元が同一であることなども必要な条件である。しかし、疫学調査、特に case-control study の結果が強い関連性を示した場合は、それ自体が極めて高い確度で因果関係を示す根拠とされ、直ちに対応策（出荷停止、営業停止など）がとられる程に重要視されている。逆に、疫学調査結果が強い関連性を示すにもかかわらず、同一株であることや同一の出荷元あるいは生産元であることが確認できない場合は、細菌学的検査や流通調査の信憑性に疑問が呈される場合も多い。

周知のように、食中毒事例の調査にあたっては、原因と考えられる食品または環境中から原因菌を直接検出することは困難とされている。食中毒統計（厚生省）によると、わが国の平成 11 年度の食中毒発生事件数は 2,697 件にのぼるが、そのうち原因食品判明件数は 1,028 件（38.1%）に留まっていた。しかし、今後事例発生時の対応に疫学調査を盛り込むことができれば、原因食品を疫学的に早期に特定することが可能であると考えられる。また、前記ワシントン州の事例が示すように、僅か 32 例の調査で原因が特定できたことも注目すべきである。

更に、1995 年 7 月のイリノイ州の事例や

2000 年のペンシルバニア州の事例のように、リスク要因となる「行為」を特定できること、また発症リスクに関するオッズ比の有意な低下を示すことにより予防指標を提示することができることも、疫学手法に基づく調査の大きな強みであるといえる。

5) 結 論

新興感染症としての O157:H7 集団発生を例にとりあげ、米国とわが国の対策の現状を比較することにより、わが国の地方保健医療行政機関における健康危機管理に関して、疫学的観点からみた課題のいくつかを指摘することができた。

次年度ではさらに考察を深め、今後の事例に対して有用となるような疫学調査指針を提示する予定である。

[解 説]

case-control study (症例・対照研究) とは

調査対象となっている特定の疾病または状態をもつものを case (症例)、その疾病または状態をもたないものを control (対照) として、ある要因の曝露頻度やレベルを case 群と control 群で比較することにより、要因と疾病の関連性を検討する疫学研究手法である。つまり、case 群と control 群で当該要因の曝露状況が異なれば、その要因が疾病発生の増加または減少に関連している可能性が示唆される。

case-control study の例として、肺癌患者を case、非肺癌患者を control として、過去の喫煙による曝露状況を調査し、喫煙と肺癌発生の関連性を検討するものなどがあげられる。なお、本稿で取り上げている調査では、case に対し性、年齢、居住地域などの点でマッチしている control をとって曝露要因を比較する matched case-control study という手法を用いている。

case-control study では、相対リスク（非曝露

群に対する曝露群の疾病罹患の比) はオッズ比 (odds ratio) により推定される。ある要因に対するオッズ比が 1 より大きければ、その要因は発生を増加させるリスク要因である可能性が考えられ、逆にオッズ比が 1 より小さければ発生を低下させる予防要因である可能性が考えられる。通常、95%信頼区間 (95% confidence interval) を併記し、示されたオッズ比が有意なものであるのかどうかを検定する。

なお、case-control study と並びよく用いられる疫学研究手法に cohort study (コホート研究) がある。cohort study では、ある対象集団 (コホート) 中における要因の曝露状況を調査し、曝露群と非曝露群についてその後の疾病発生状況を追跡・比較することにより、要因と疾病の関連性を検討する。例として、対象集団中の喫煙による曝露状況を調査し、喫煙群及び非喫煙群から

の肺癌発生率を比較する研究などがあげられる。

参考文献

1. CDC. Update: Multistate Outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 Infections from Hamburgers -- Western United States, 1992-1993. MMWR 1993 ; 42:258-263
2. CDC. Lake-Associated Outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 -- Illinois, 1995. MMWR 1996 ; 45:437-9
3. CDC. Outbreaks of *Escherichia coli* O157:H7 Infections Among Children Associated With Farm Visits -- Pennsylvania and Washington, 2000. MMWR 2001 ; 50:293-7

Ⅲ. 健康危機管理ホームページの構築

健康危機管理にあつて、地方衛生研究所は原因菌・微生物あるいは原因物質などの検索・同定において大きな役割が期待されている。また同時に、蓄積した専門家としての正確な情報の発信元としても期待されている。個々の研究所はその規模の制約もあつてすべてのことながらに精通しているわけではないが、各研究機関および関連行政機関などとの連携が十分にとられれば、総和としての知識や技術は非常に多岐の領域に対応できる。しかしながら、緊急時のスムーズな情報交換や連携には日常からの交流の有無と情報蓄積が欠かせない。全国の地域保健関係者をカバーするホームページおよび連絡網については、厚生労働省が平成14年度にシステムを立ち上げようとしている。全国版に加えて、地域においても、より地域に密着した、地域特有の問題を扱える、より顔の見えるシステムが並行的に運営されれば、全国版とはまた違った意味で密度濃く問題に対処できる。ここでは、健康被害危機管理に備えて、地域の保健医療行政関係者の情報共有の支援と地域情報の発信のために構築したホームページおよび検討している情報共有手段について報告する。

1) 危機管理とインターネット

健康危機管理におけるインターネットの役割は、情報発信とその収集において迅速性、同時性、広範性、大量性、記録性、加工性、安価性など、既にその有用性が確認されており、危機管理において今後の情報伝達の主要と言うよりはほとんどその大部分を占めることになると思われる。その機能は大きく分けて2つになる。一つはデータベースなどホームページのコンテンツの主要部分であり、更新はされるものの、比較的静的であり、接続者は受動的に情報を受け取る。もう一つは通信であり、メールや掲示板など、刻一刻変化する動的なものであり、参加者にとっては、能動的な情報の授受である。前者をとりあえず記録、後者を通信としておく。

危機管理は、平常時と緊急時の二つに分けることができるが、いずれにおいても、記録と通信の両者の機能が備わっていることが望ましい。平常時においては、国内外の疾病の動向の監視、関連情報の所在場所の検索などのほか、知識の取得等研修の意味合い、メールによる関係者との質疑や討論を通じての人間関係の形成などがある。緊急時においては、関連情報の収

集と発信、関係者との通信などによってその機能が発揮されることが望ましいが、このためには平常時における情報と経験の蓄積が重要と考えられる。

情報にも二種類あつて、一つは自らが生み出した一次情報であり、現場の状況、患者の情報、検査や診断の結果、その機関でまとめたレポート等である。二次情報は伝聞と考えてよい。危機の当事者になれば一次情報を多数保有するが、その真否など価値の判断の難しいことがあり、また、情報発信の可否、忙しすぎて発信が困難など制約が伴うが、情報は当事者しか持っていないからその責任は重いといえる。非当事者は、二次情報で我慢するしかないことが多いが、機会があれば、当事者から直接的に体験や情報を聞くことができ、これは情報の質の高さからもまた訓練的な意味合いからも大きな意義を持つと考えられる。

2) 危機管理ホームページの設計

当初は研究班として全国の保健所と衛生研究所が共同して使えるようなホームページを考えたが、地域保健関係者を対象にした全国版の健康危機管理情報に関しては厚生労働省が