

図-15 2F 和室(西)のVOCs濃度(2006/3/2)

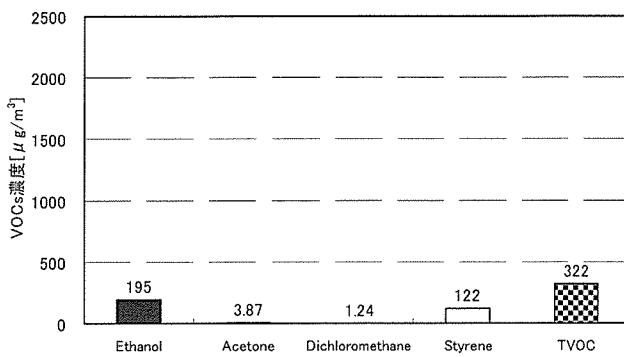


図-16 3F 居間1のVOCs濃度(2006/3/2)

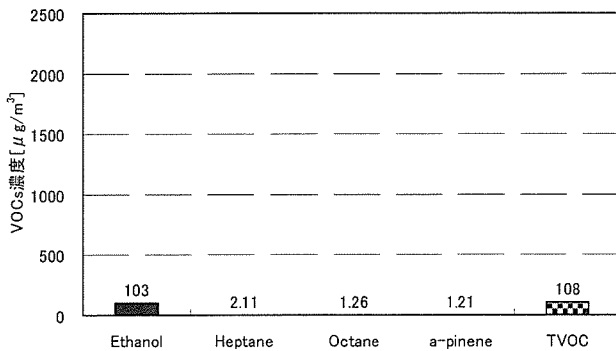


図-17 3F 居間2のVOCs濃度(2006/3/2)

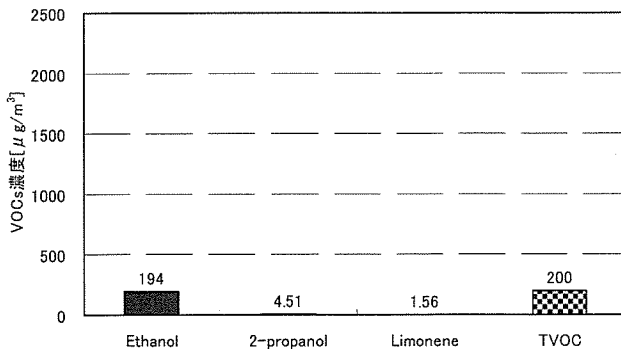


図-18 3F 寝室のVOCs濃度(2006/3/2)

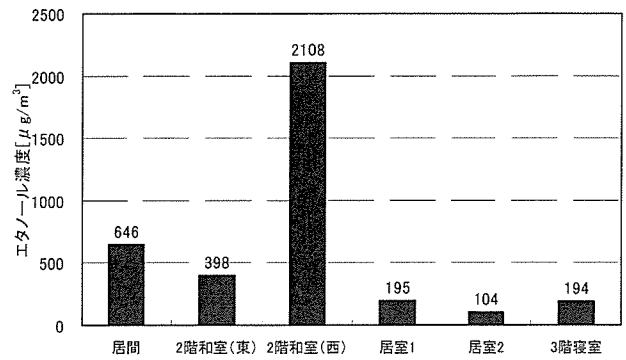


図-19 測定対象室のエタノール濃度(2006/3/2)

D. 結論

本実測において得られた知見を以下に示す。

- 1) 各種対策品・対策技術を導入した住宅における室内化学物質濃度の把握を行った。
- 2) 全ての測定対象室において、エタノールの発生が確認された。これは、以前塗布した封止系塗料に起因する。

E. 今後の課題

- 1) 実験室実験による対策品・対策技術の化学物質低減効果のさらなる実験的検証
- 2) 室内化学物質濃度の季節的変動の把握

F. 健康危機情報

前報同様、エタノールが高濃度で検出され、封止系塗料からエタノールが長期間にわたり放散することが明らかとなった。

G. 知的財産権の出願・登録状況

現時点では、特になし。

H. 引用文献

- 1) 野崎淳夫、工藤彰訓、吉澤 晋：家庭用空気清浄機使用室におけるガス状汚染物質濃度予測に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp. 1443-1446、2004年9月
- 2) 野崎淳夫、折笠智昭：ムクフローリング建材、自然塗料からのVOCの発生に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp. 1411-1414、2004年9月
- 3) 野崎淳夫、山田禎子、成田泰章他：木質建材からの有害化学物質発生に関する研究 室内空気環境とその快適性に関する

研究（その35）、第11回大気環境学会北海道東北支部学術集会講演要旨集、pp. 32-33、2004年11月

4) 野崎淳夫、成田泰章：室内化学物質濃度の実測調査研究、第46回大気環境学会年会講演要旨集、pp. 609、2005年9月

I-3. 1. 一般住宅

iii) 浴室における家庭用品中化学物質の暴露に関する研究

分担研究者 神野 透人 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 第一室長
協力研究者 内山 茂久 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 協力研究員
香川 聡子 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 技術補助員
松島江里香 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 協力研究員

研究要旨 家庭用品に起因する室内環境中での化学物質暴露を明らかにする目的で、浴室空気中の化学物質を加熱脱着-GC/MS法により測定した。その結果、水道水に由来する化学物質に加えて、家庭用品に由来すると考えられるD-Limoneneなどのテルペン類や揮発性シリコーンOctamethylcyclotetrasiloxane、抗酸化剤Butylated Hydroxytoluene (BHT)が検出された。

A. 研究目的

シックハウス症候群や化学物質過敏症（多種化学物質過敏状態）など、室内環境化学物質の暴露に起因すると考えられる疾病が大きな社会問題となっている。これらの疾病の発症メカニズムについては未解明の部分が多く残されているものの、比較的高濃度の化学物質に対する反復暴露が一因となっていると考えられる。

浴室は比較的狭小な空間であるにもかかわらずシャンプーやリンスなど多種多様な家庭用品が使用されることから、居間あるいは寝室と比較して高濃度の化学物質暴露が予想される。しかし、現在までのところ浴室での化学物質暴露に関しては、水道水中の消毒副生成物以外には限られた情報しか得られない。そこで、本研究では浴室での化学物質暴露の実態を明らかにするための端緒として、協力者5名の入浴時の浴室空気採取して加熱脱着-GC/MSによる測定を行い、定性的及び半定量的な検討を行った。

B. 研究方法

・ Sampling

防水ケースに収納した携帯型空気サンプリ

ングポンプ（柴田化学MP-Σ30）を用いて、入浴中に75 ml/minの流速で浴室内の空気を採取し、直列に接続した2本のTenax TA吸着管（Supelco）に化学物質を吸着させた。

・ Thermal Desorption (TD)-GC/MS

TD-GC/MSによる浴室化学物質の分析には加熱脱着装置TDTS-2010及びGC/MS QP-2010（島津製作所）を使用し、表1に示した条件で測定を行った。

表1 TD-GC/MSの測定条件

Thermal Desorption

脱着：	280°C, 60 ml He/min, 10 min
トラップ冷却：	-15°C
トラップ加熱：	280°C, 10 min
スプリット比：	25

GC

カラム：	Rtx-1(0.32 mm×60 m, 1 µm)
キャリアガス：	He, 2.35 ml/min (39.1 cm/sec)
カラム温度：	40°C-10°C/min-250°C (4 min)
インターフェース：	250°C

MS

イオン源温度：	200°C
Scan Range：	m/z 35 - 350

C. 研究結果

5名の協力者について入浴時の浴室空気採取し、GC/MSによる測定を行った。

Case 1: 主要な化合物として、**Ethanol** (保持時間 3.24 min)、**Acetonitrile** (3.34 min)、**Toluene** (6.90 min)、**Octamethylcyclotetrasiloxane** (10.98 min)、**D-Limonene** (11.74 min)、**3,7-Dimethyl-1,6-octadien-3-ol** (12.68 min)、**Benzylacetate** (13.53 min)、***p*-Trimethylsilyloxyphenyl-(trimethylsilyloxy)trimethylsilylacrylate** (13.69 min)、**3,7-Dimethyl-1,6-nonadien-3-ol** (14.03 min)及び**Butylated Hydroxytoluene** (18.82 min)が検出された(標準物質の保持時間及びマススペクトルにより同定した化合物を**Bold**、NIST Libraryで暫定的に同定された化合物を**Italic**で示した)。Total Ion Chromatogramを図1に示した。

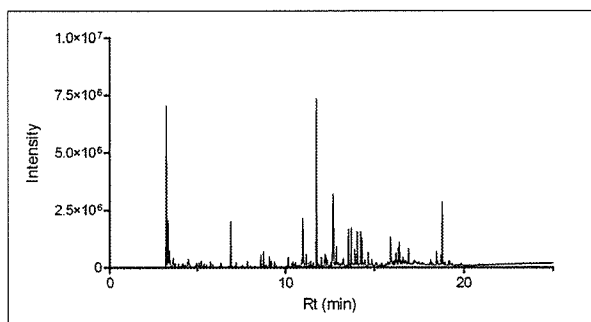


図1 浴室空気中化学物質のTotal Ion Chromatogram (Case 1)

Case 2: 主要な化合物として、**2-Propanol** (3.48 min)、**Chloroform** (4.56 min)、**Toluene** (6.90 min)、**Octamethylcyclotetrasiloxane** (10.98 min)、***n*-Hexylacetate** (11.03 min)、**D-Limonene** (11.74 min)、**3,7-Dimethyl-1,6-octadien-3-ol** (12.68 min)、***p*-Trimethylsilyloxyphenyl-(trimethylsilyloxy)trimethylsilylacrylate** (13.69 min)及び**4-tert-Butylcyclohexyl Acetate** (15.91 min)が検出された。Total Ion Chromatogramを図2に示した。

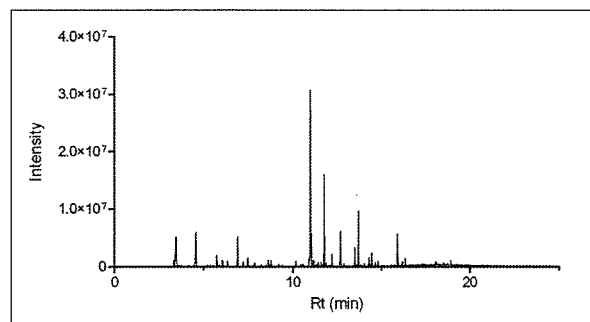


図2 浴室空気中化学物質のTotal Ion Chromatogram (Case 2)

Case 3: 主要な化合物として、 **α -Pinene** (10.17 min)、**Octamethylcyclotetrasiloxane** (10.98 min)、**1,4-Dichlorobenzene** (11.29 min)、**D-Limonene** (11.74 min)、**3,7-Dimethyl-1,6-octadien-3-ol** (12.68 min)、***p*-Trimethylsilyloxyphenyl-(trimethylsilyloxy)trimethylsilylacrylate** (13.69 min)、***L*-(-)-Menthol** (14.04 min)、**Isobornyl Acetate** (15.85 min)、**2,2,4,4,6,8,8-heptamethylnonane** (16.62 min)が検出された。Total Ion Chromatogramを図3に示した。

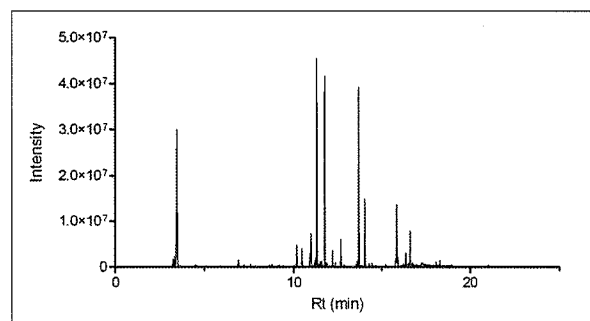


図3 浴室空気中化学物質のTotal Ion Chromatogram (Case 3)

Case 4: 主要な化合物として、**Toluene** (6.90 min)、**Xylene** (8.77 min)、**2,5-Dimethylnonane** (9.396 min)、 **α -Pinene** (10.17 min)、**Octamethylcyclotetrasiloxane** (10.98 min)、**2,4,6-Trimethyloctane** (11.18 min)、**D-Limonene** (11.74 min)、**2,6-Dimethyl-2-octanol** (12.65 min)、**3,7-Dimethyl-1,6-octadien-3-ol** (12.68 min)及び**4-tert-Butylcyclohexyl Acetate** (16.44 min)が検出された。Total Ion Chromatogramを図4に示した。

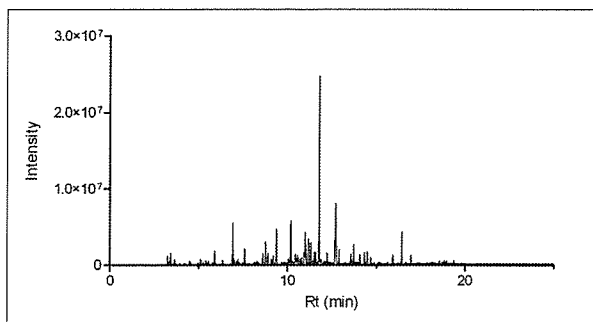


図4 浴室内空气中化学物質のTotal Ion Chromatogram (Case 4)

Case 5: 主要な化合物として、**Ethanol** (3.24 min)、**Bromodichloromethane** (3.75 min)、**Chloro- dibromomethane** (7.22 min)、**Octamethyl- cyclotetrasiloxane** (10.98 min)、**n-Hexylacetate** (11.03 min)、**D-Limonene** (11.74 min)、**2,6-Dimethyl-7-octen-2-ol** (12.19 min)、**3,7-Dimethyl-1,6-octadien-3-ol** (12.68 min)、**Menthone** (13.70 min)及び**L-(-)-Menthol** (14.04 min)が検出された。Total Ion Chromatogramを図5に示した。

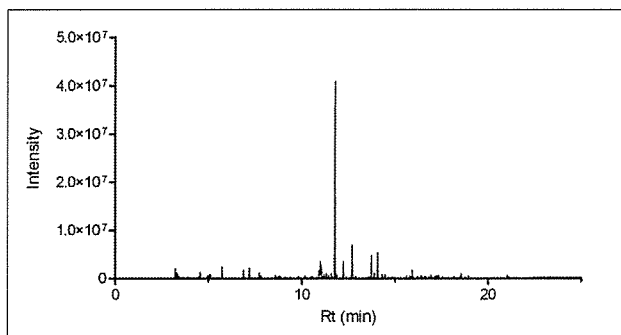


図5 浴室内空气中化学物質のTotal Ion Chromatogram (Case 5)

何れの浴室内空気からも香料に由来するD-Limoneneなどのテルペン類が検出された。その他に、揮発性環状シリコンOctamethylcyclo- tetrasiloxaneも全ての浴室から検出された。表2は各協力者が入浴時に使用した家庭用品をまとめたものであるが、Case 2、Case 3及びCase 5ではジメチコン、アモジメチコン、シクロメチコンビス(C13-15アルコキシ)PGアモジメチコン及び(ビスイソブチルPEG-15/アモジメチコン)コポリマーなどのシリコン化合物を含む製品が使用されており、Octamethylcyclotetra- siloxaneはこれらの家庭用品に由来するものと考えられる。また、Case 1及びCase 4で検出された抗酸化剤Butylated Hydroxytoluene (BHT)はボディーソープ (Case 1)あるいは石けん (Case 4)に由来すると考えられる。

水道水に由来する Chloroform 及び Tetrachloro- ethylene、浴室内で使用する家庭用品由来の D-Limonene、 Octamethylcyclo- tetrasiloxane、BHT及びCase 3で極めて高いピークが観察された1,4-Dichlorobenzeneについて浴室内濃度を半定量的に検討した結果、表3に示したようにD-Limoneneが90 - 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、Octamethylcyclotetrasiloxaneが30 - 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度範囲で存在することが明らかになった。

表2 入浴時に使用した家庭用品

Case 1	シャンプー	ポリオキシエチレンラウリルエーテル硫酸塩、安息香酸塩、塩化ベンザルコニウム、青色1号、黄色4号、香料
	リンス	塩化アルキルトリメチルアンモニウム、ステアリルアルコール、プロピレングリコール、香料
	ボディーソープ	水、アルキル(c11、13、15)リン酸K、ラウレス乳酸Na、デシルクルコシド、エタノールカブリン酸グリセリル、ジステアリン酸グリコール、ラウラミドプロピルベタイン、ポリクオタニウム-39、ラウリン酸ポリグリセリル-10、ココミドMEA、PG、ラウリン酸、リンゴ酸、DPG、ラウレス-4、ヒドロキシプロピルセルロース、PEG-65M、クエン酸、安息香酸Na、メチルパラベン、EDTA-3Na、BHT、香料
Case 2	シャンプー	水、ラウレス硫酸Na、ラウラミドプロピルベタイン、ジステアリン酸グリコール、ラウレス-16、ビスメトキシプロピルアミドイソドコサン、リンゴ酸、乳酸、PPG-7、ベンジルアルコール、ビス(C13-15アルコキシ)PGアモジメチコン、ポリクオタニウム-10、グアーヒドロキシプロピルトリモニウムクロリド、イソデシルグリセリルエーテル、ラウレス-4、ラウリル硫酸Na、ココミドMEA、塩化Na、安息香酸Na、EDTA-3Na、BHT、水酸化Na、黄4、黄5、香料
	コンディショナー	水、DPG、ステアリルアルコール、ジメチコン、乳酸、ステアロキシプロピルジメチルアミン、ビスメトキシプロピルアミドブドコサン、リンゴ酸、ベンジルオキシエタノール、フェノキシエタノール、(ビスイソブチルPEG-15/アモジメチコン)コポリマー、ハイブリッドヒマワリ油、(ヒドロキシステアリン酸/ステアリン酸/リン酸)ジペンタエリスリチル、アモジメチコン、ステアルトリモニウムクロリド、シココジモニウムクロリド、エタノール、黄4、黄5、香料
	トリートメント	水、セタノール、ミリスチン酸イソプロピル、ミネラルオイル、ヤシ油アルキルグルコシド、セリンゴ果皮ロウ、オレインジ果皮ロウ、加水分解コムギタンパク、ホホバ油、セトリモニウムクロリド、アモジメチコン、オレイン酸グリセリル、クオタニウム-33、ペントリモニウムクロリド、シクロヘキサシロキサン、シクロペンタシロキサン、トコフェロール、クエン酸、Bg、フェノキシエタノール、イソプロパノール、エトキシジグリコール、安息香酸Na、メチルパラベン、プロピルパラベン、香料
	メイク落とし	ミネラルオイル、トリ(カブリン/カブリン酸)グリセリル、トリスステアリン酸PEG-20グリセリル、セイヨウハッカエキス、トコフェロール、BG、DPG、トリラウレス-4リン酸、メントール、水、フェノキシエタノール
	洗顔石けん	水、天然珪酸アルミニウム、酸化チタン、ラウリン酸、ミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、濃グリセリン、B-G、水酸化カリウム、ヤシ油脂肪酸ジエタノールアミド、ラウロイルメチル-β-アラニンナトリウム液、黒砂糖、加水分解コラーゲン液、ロイヤルゼリーエキス、アロエエキス(2)、加水分解コンキオリン液
	ボディーソープ	水、ラウリン酸カリウム、ミリスチン酸カリウム、パルミチン酸カリウム、プロピレングリコール、ラウラミドプロピルベタイン、ポリオキシエチレンラウリルエーテル硫酸塩、ジステアリン酸グリコール、ココミドメチルMEA、ココミドMEA、コホ酢酸ナトリウム、ヒドロキシプロピルメチルセルロース、グアーヒドロキシプロピルトリモニウムクロリド、ポリクオタニウム-7、グリコシルトレハロース、1,3ブチレングリコール、加水分解水添デンプン、モモ葉エキス、エドト酸塩、香料、赤色227号、黄色4号
Case3	シャンプー	水、ラウレス硫酸Na、ココアンホジ酢酸2Na、ラウレス-6酢酸Na、PG、ジステアリン酸グリコール、塩化Na、ココミドMIPA、ポリクオタニウム-10、ラウレス-8硫酸Na、PPG-5セテス-20、安息香酸Na、メチルパラベン、サリチル酸、ラウレス-8硫酸Mg、ラウレス硫酸Mg、オレス硫酸Na、ブチルパラベン、エチルパラベン、オレス硫酸Mg、イソブチルパラベン、プロピルパラベン、クオタニウム-87、オレアミドオクタデカンジオール、香料
	トリートメント	水、セタリルアルコール、ジセチルジモニウムクロリド、ベントリモニウムクロリド、ラノリン、アモジメチコン、セトリモニウムクロリド、ステアリン酸グリセリル、メチルパラベン、オレアミドオクタデカンジオール、トリデセス-12、クロルヘキシジン2HCl、カチオン化加水分解ダイズタンパク-2、黄203、青205、香料
	メイク落とし	ミネラルオイル、トリオクタノイン、オクタン酸セチル、トリスステアリン酸PEG-20グリセリル、シクロメチコン、アボカド油、アルテアエキス、カミツレエキス、加水分解コンキオリン、BG、PEG-3ココミド、水、パラオキシ安息香酸メチル、フェノキシエタノール、香料
	洗顔フォーム	ラウロイルグルタミン酸Na、水、ポリエチレングリコール400、BG、ポリエチレン、結晶セルロース、ラウリン酸K、ヤシ脂肪酸スクロース、ラウリン酸ポリグリセリル-10、アルテアエキス、イガイグリコーゲン、オイスターエキス、カミツレエキス、サボンソウエキス、加水分解コンキオリン、PVP、エタノール、タルク、ラウラミドDEA、乳酸、パラオキシ安息香酸メチル、香料、マイカ、酸化鉄
	ボディーソープ	不明
Case 4	シャンプー	ポリオキシエチレンラウリルエーテル硫酸塩、安息香酸塩、塩化ベンザルコニウム、青色1号、黄色4号、香料
	リンス	塩化アルキルトリメチルアンモニウム、ステアリルアルコール、プロピレングリコール、香料
	石けん	石ケン素地、パーム脂肪酸、グリセリン、香料、グルコン酸Na、ステアリン酸Mg、水、エチドロン酸、塩化Na、酸化チタン、ペンテト酸5Na、PEG-6、BHT
Case 5	リンスインシャンプー	水、ラウレス硫酸Na、ラウラミドプロピルベタイン、ジステアリン酸グリコール、ラウレス-16、ビスメトキシプロピルアミド水、(C12,13)パレス-3硫酸Na、ココミドDEA、PEG-20水添ヒマシ油、ジメチコン、ラウラミドプロピルベタイン、ラウラミンオキシド、香料、クエン酸、ポリクオタニウム-7、セテス-15、グリセリン、ポリクオタニウム-10、エチドロン酸、加水分解コラーゲン、PG、安息香酸Na、メチルパラベン、プロピルパラベン、エチルパラベン、メチルクロイソチアゾリオン、メチルイソチアゾリオン、黄色203号、緑色3号

表3 浴室内の化学物質濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
Chloroform	7	277	16	9	46
Tetrachloroethylene	< 1	4	< 1	4	21
Octamethylcyclotetrasiloxane	32	329	83	46	36
1,4-Dichlorobenzene	3	5	559	31	11
D-Limonene	93	171	396	223	346
BHT	34	< 1	< 1	4	< 1

D. 考察

本研究では浴室内の化学物質暴露に関する予備的な調査を実施し、水道水のみではなく室内で使用する家庭用品に由来する多種多様な、かつ比較的高濃度の化学物質に暴露される実態を明らかにした。例えば、浴室内D-Limonene濃度 ($90 - 400 \mu\text{g}/\text{m}^3$)は、筆者らが今年度実施した室内の揮発性有機化合物に関する実態調査で得られた居間のD-Limonene濃度 (中央値 $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$)の7-30倍という極めて高い濃度である。

今回の調査により、浴室空気中にOctamethylcyclotetrasiloxane及びBHTが存在することを見出した。Octamethylcyclotetrasiloxaneはエストロゲン作用をもつことが報告されている化合物であり、Phenobarbital様の薬物代謝酵素誘導作用があることも知られている。一方、経口投与したBHTがマウスで肺発がんプロモーター作用を示すことが明らかにされているものの、吸入暴露による生体影響については報告がない。これら2化合物については、今後詳細な暴露評価を実施するとともに生体影響に関する情報の収集を行う予定である。

E. 結論

浴室空気中の化学物質を加熱脱着-GC/MS法により測定した。その結果、水道水に由来する化学物質に加えて、家庭用品に由来すると考

えられるD-Limoneneなどのテルペン類や揮発性シリコンOctamethylcyclotetrasiloxane、抗酸化剤Butylated Hydroxytoluene (BHT)が検出された。

F. 健康危機管理情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1)室内環境化学物質の全国調査：カルボニル・カルボン酸化合物，内山 茂久，松島 江里香，香川(田中) 聡子，神野 透人，大坪 泰文，安藤正典，徳永 裕司，日本薬学会第125年会，2005年3月，東京
- 2)室内環境化学物質の全国調査：二酸化窒素，香川(田中) 聡子，内山 茂久，松島 江里香，神野 透人，大坪 泰文，安藤 正典，徳永 裕司，日本薬学会第125年会，2005年3月，東京

H. 知的財産の出願・登録状況（予定を含む）

なし

I-3. 1. 一般住宅

iv) 大学施設における揮発性有機化合物に関する実態調査

分担研究者 安藤正典 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 教授
協力研究者 長宗 寧、牧原 大、皆川直人 グリーンブルー株式会社

研究要旨 公共施設（大学施設）と一般住宅の室内における揮発性有機化合物（VOCs：Volatile Organic Compounds）濃度比較を行い、特に大学では時間経過による濃度変化を検討した。大学での室内 VOCs は竣工後で約 70 成分が検出された。TVOC 濃度では、竣工後は $203.8\sim 6197.1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ （平均 $1752.0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）であったが、1 ヶ月後は $127.5\sim 702.1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ （平均 $409.6\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、3 ヶ月後は $114.9\sim 527.4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ （平均 $282.7\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）であり、時間経過と共に減衰する傾向が見られた。なお、什器、備品、実験台などが搬入された部屋で TVOC 濃度が高い傾向が見られたが、この原因は什器などからの VOCs の放散と考えられ、今後は、家具や机、電化製品などをはじめ家庭用品などからの評価する必要がある。その他、アルコール類の 2-Ethyl-1-hexanol が測定した全ての部屋で検出され、更に 1,3,5-Trichlorobenzene や Hexachlorocyclopentadiene なども検出された。なお、TVOC に占めるアルコール類の割合(9%)が芳香族炭化水素類(34%)、脂肪族炭化水素類(41%)に次いで高かったが、大気汚染防止法の改正に伴い建築で使用される溶剤がアルコール系にシフトしていることを示唆する。大学施設と一般住宅を比較するとテルペン類(39%)と我が国固有成分(22%)の中のエタノールに高い傾向が見られた。我々は日常生活の 80%を室内で過ごすため、一般住宅や施設内の VOCs 発生量を今後とも注意深く監視する必要がある。

A. 研究目的

室内の揮発性有機化合物は、近年データの蓄積が図られているものの、一般住宅が主であり^{1)~9)}、オフィスビル等については未だ十分とはいえない状況と思われる。また、学校施設においては学校環境衛生の基準にホルムアルデヒドやトルエンといった VOCs 6 項目が対象項目に追加され¹⁰⁾、多くの小中学校で測定がおこなわれている^{11),12)}が、対象項目以外の VOCs は十分に把握されていない。更に高等学校や大学における空気質の実態はあまり把握されていないと思われる。

そこで、公共施設と一般住宅における室内 VOCs 濃度の測定を行い両者の濃度比較と VOCs の特異性を検討した。なお、公共施設

として新築大学を選定し、比較対象の一般住宅として厚生労働省が行った平成 15 年度全国調査を選定し比較検討した。

B. 研究方法

1. 測定概要

(1) 測定期間

平成 16 年 8 月～12 月の期間で各々、竣工直後(8 月)、1 ヶ月後(9 月)及び 3 ヶ月後(12 月)に測定した。

(2) 対象物質

測定対象物質は、WHO やヨーロッパ共同研究 (ECA) の測定対象の VOCs (50 種類) の他、ISO の 13 分類 161 物質を基本

とした。更に我が国固有物質や、国内外の文献を参考に室内環境中で高濃度に検出される可能性の高い VOCs133 成分を選定した。

(3) 採取方法

VOCs の試料採取は、4 種類の捕集材 (Carbopack F+ Carbopack C+ Carbopack B+Carboxen1000) を充填した加熱脱着用捕集管を使用した。捕集管は 100ml/min の吸引流量で室内外空気を 30 分間吸引した。なお、試料採取後の捕集管は活性炭を入れた容器内に保管し、分析に供するまで冷暗所で保管した。

(4) 試料採取場所

試料採取場所は、対象施設 (新築大学) の室内外としたが、室内の測定対象部屋は、倉庫、実験室、研究室などタイプや用途の異なる 5 部屋を選択した。

室内の化学物質濃度の測定は、対象とする部屋の中央、床上約 1.2m の位置に捕集管を取り付け 30 分間測定した。屋外における濃度測定は、地上約 1.2m の高さで測定した。

2. 分析方法

(1) 標準物質

標準物質(133 物質)は、和光純薬工業株式会社より単品で入手し、分類ごと直接混合やメタノールで調整多ものを使用した。なお、標準物質の分類は ISO13 分類を基本としたが、混合標準を作成する過程で反応性の高い酸類と方法の異なるアルデヒド類を除外した。

(2) 分析条件

試料採取後の捕集管は、内部標準物質 (トルエン d8、クロロベンゼン d5 : 和光純薬製) を添加後、加熱脱着法でガスクロマト

グラフ質量分析計 (以下、GC/MS) を用い分析した。分析装置は QP5050A (島津製作所製) を用い、導入装置として ATD400 (パーキンエルマー製)、カラムは CP-SIL 5CB (0.32mmi.d.×60m、膜厚 1.0 μ m : クロムパック製) を使用した。昇温条件は、40°C で 10 分保持後、140°C までは 3°C/min で昇温し、以後 200°C までは 5°C/min で昇温後 30 分保持した。200~300°C までは 10°C/min で昇温し、300°C で 5 分保持した。キャリアーガスは (He) は 1mL/min、スプリット比 1:19 にて SCAN モードで定量した。

C. 研究結果及び考察

1. 検出成分数

大学施設において測定した VOCs の分析結果は表 1 に示した。

竣工後の検出成分数は 67~75 成分であった。1 ヶ月後は 43~58 成分で、3 ヶ月後は 53~83 成分であり、多少の変動が見られた。なお、外気は竣工後、1 ヶ月後、3 ヶ月後で各々 52、25、34 成分であった。検出成分数は竣工後に比べ 1 ヶ月後は減少したが、3 ヶ月後には増加した。

外気成分数も 3 ヶ月後の増加は、外壁や補修作業等の影響を受けた可能性が考えられる。

2. TVOC 濃度

図 1 は TVOC 濃度の時間変化を比較するため部屋ごとの TVOC 濃度を示したものである。なお、TVOC 濃度は個別の VOCs の合計値とした。また、TVOC 濃度は ISO 分類のみの合計 (以下、ISO 分類という)、測定対象全成分の合計 (以下、VOC 総和という)、測定対象成分の合計から特異成分と考えられるエタノールを除いた成分の合計 (以下、エタノール除外という) の 3 種類で示した。

3 種類共に TVOC 濃度は概ね、竣工後 > 1 ヶ月後 > 3 ヶ月後の順で濃度が高かった。

次に、竣工後、1ヵ月後、3ヵ月後の TVOC 濃度を比較すると、「VOC 総和」の竣工後は $203.8\sim 6197.1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均 $1752.0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) であったが、1ヵ月後は $127.5\sim 702.1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均 $409.6\ \mu\text{g}/\text{m}^3$)、3ヵ月後は $114.9\sim 527.4\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均 $282.7\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) と平均濃度は竣工後と3ヵ月後では1/6に時間経過と共に減衰する傾向が見られた。なお、竣工後の B1F 倉庫は他の部屋と比較して極めて高い濃度を示した。この原因は、窓がなく換気の悪い状況を反映したものと考える。また、竣工後各フロアの TVOC 濃度は B1F 倉庫を除くと、7F 研究室、6F 専門実験室の2部屋が5F 実験室と1F 実習室と比較して高かった。これはこの2部屋が竣工後に搬入されたこれら什器等があり、これら什器等から放散した VOCs が影響したものと考えられた。1F 実習室は竣工後より1ヵ月後に濃度が高くなったが、1ヵ月後は金属製の棚や資材に置かれていたため影響を受けた可能性が高い。

また、「ISO 分類」と「VOC 総和」を比較すると竣工以降で「VOC 総和」が「ISO 分類」より濃度が高く、我が国においては「ISO 分類」以外の VOCs への寄与が無視できないと考えられた。

なお、「エタノール除外」の濃度差は少なかった。これは、一般住宅では有機溶媒への使用が高くエタノールの TVOC への寄与は40%程度を占めていたが、大学等の公共施設ではエタノールの使用が少ないことを示唆している。

3. 室内及び室外の VOCs 濃度

表2に測定期間別の上位10成分の濃度を示したものである。

全ての部屋で厚生労働省ガイドライン対象物質である Toluene、Xylene、Ethylbenzene、Styrene の芳香族炭化水素類が検出され、いずれも上位10成分の入っていた。一般住宅でも同様の傾向が見られることから、これら

の成分は一般的な建築資材に含まれていると考えられる。

その他、Ethanol、2-Ethyl-1-hexanol が各部屋で検出され、特に 2-Ethyl-1-hexanol は全ての部屋で高い濃度を示した。

さらに、B1F 倉庫（竣工後）の 1,3,5-Trichlorobenzene、7F 研究室（3ヵ月後）の Hexachlorocyclopentadiene など特異的な物質も検出された。

なお、密閉度の高い B1F 倉庫（竣工後）では、n-Decane 濃度 ($1750\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) が高く、他の部屋と異なり Trimethylbenzene ($1256\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) が高濃度で検出された。

D. 考察

1. ISO 分類毎の VOCs、TVOC の経時変化

表3に竣工後、1ヵ月後、3ヵ月後に大学各部屋で測定した VOCs 濃度の ISO 分類毎の合計濃度を示し図2はそれらの組成比を示した。

竣工後、芳香族炭化水素類 ($590\ \mu\text{g}/\text{m}^3$)、脂肪族炭化水素類 ($720\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) が他の分類と比較して濃度が高く、TVOC 中に占める割合も各々34%、41%と高く2分類で75%を占めた。時間経過と共に濃度は減衰し、芳香族炭化水素類に対し脂肪族炭化水素類は大きな減衰傾向が見られた。また、対照的にアルコール類は時間経過と共に各々 159 、 82 、 $89\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ と推移していた。しかし組成比では3ヵ月後のアルコール類は TVOC 中で最も高い割合 (32%) を占めた。

これらの要因として、溶剤が含まれる部位の違いや各物質の放散速度や吸着性などの違いが影響していると考えられ、更に大気汚染防止法の改正により、溶剤がアルコール系にシフトしていることを示唆している。

2. 各部屋別の ISO 分類毎の VOCs 濃度

図3に各部屋の ISO 分類毎の VOCs 濃度を示した。竣工後の B1F 倉庫の VOCs 濃度が

際立って高いが、概ねどの部屋も芳香族炭化水素類、脂肪族炭化水素類、アルコール類の濃度が高く、また、時間経過と共に減衰傾向が見られた。6F 専門実験室は実験台やドラフトなどが竣工後の測定段階から設置されていたため、エステル類がアルコール類よりも濃度が高かった。なお、VOCs 濃度の総和の内、竣工後の B1F 倉庫で $6197.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示したものの 3 ヶ月後は 1/60 の $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$ となっていた。この濃度は外気 ($100.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 程度であったが、搬入された什器類や修繕作業などに伴い放散する VOCs には十分な対策をおこなう必要がある。

3. 一般住宅との比較

表 4 に一般住宅と大学施設の ISO 分類の平均濃度と濃度比の比較を示した。ここで、一般住宅は平成 15 年度に実施した厚生科学研究の全国調査(50 家屋)データを引用し新築(竣工後 3 ヶ月まで)住宅を抽出したものである。

一般住宅ではテルペン類(主に α -pinene)が $509.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で VOCs 濃度の 38% をしめ、次に「我が国固有成分」(主に Ethanol) が $287.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で 22% を占めた。これに対して、大学施設では芳香族炭化水素類が $593.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で 34%、脂肪族炭化水素類が $721.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で 41%、アルコール類が $159.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で 9% を占めた。また、一般住宅の VOCs 総和は $1321.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であるのに比べ大学施設は $1752.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と一般住宅の 30% 増であった。

日本の住宅の 70% が木造建築であるといわれており、テルペン類の主な発生源は木質系建材であることから一般住宅では濃度が高く、大学施設では鉄筋建築が主体のため濃度差が現れたものと思われる。

また、大学施設は一般住宅に対し芳香族炭化水素類、脂肪族炭化水素類が多いことから大学等のオフィスビル施工者は一般住宅より

も室内化学物質による健康影響の意識が低いことも考えられる。

E. 結論

新築大学施設において VOCs の測定を行い、時間経過に伴う濃度減衰を検討すると共に、大学施設と一般家庭の VOCs 及び TVOC の濃度比較を行った。

(1) 室内 VOCs は竣工後で約 70 成分前後、1 ヶ月後で 40~60 成分、3 ヶ月後で 50~80 成分が検出された。

(2) TVOC 濃度 (VOCs 総和) の竣工後は $203.8 \sim 6197.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均 $1752.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) であったが、1 ヶ月後は $127.5 \sim 702.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均 $409.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、3 ヶ月後は $114.9 \sim 527.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均 $282.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) であり、時間経過と共に減衰する傾向が見られた。

(3) 家庭用品に対する什器が搬入されている部屋で TVOC 濃度が高い傾向が見られた。これは竣工後に持ち込んだ什器などから VOCs が放散した影響を受けた結果と考えられる。

(4) TVOC 濃度は、我が国固有の成分等を追加した「VOCs 総和」より TVOC 濃度が低いため、TVOC 評価には十分配慮する必要がある。

(5) 2-Ethyl-1-hexanol が全ての部屋で検出された。この物質は、アルコール類であり人体に対し呼気からの吸収や代謝作用を考慮すると、今後、健康影響を評価するのに重要な因子とも考えられる。また、特異的に 1,3,5-Trichlorobenzene や Hexachlorocyclopentadiene などが検出された。

(6) 竣工後において芳香族炭化水素類、脂肪族炭化水素類及びアルコール類の濃度が高く、これらの分類で TVOC の 84% を占めた。また、芳香族炭化水素類に比べ脂肪族炭化水素類の濃度低減が大きく、

使用部位や物質の性質により放散や吸着に差異があると思われた。放散や吸着に関する知見を蓄積することは竣工初期における TVOC 濃度低減の早期達成に繋がると思われる。また、アルコール類の占める割合(9%)が芳香族炭化水素類(34%)、脂肪族炭化水素類(41%)に次いで大きかったが、大気汚染防止法の改正に伴う溶剤変換の影響が反映されたものと思われる。

(7)大学施設では脂肪族炭化水素類 $721.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、芳香族炭化水素類 $593.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アルコール類 $159.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ が上位 3 分類であったが、一般住宅はテルペン類 $509.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、我が国固有成分 $287.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、脂肪族炭化水素類 $217.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、明らかに住宅資材の違いが見られた。特に一般住宅ではテルペン類と我が国固有成分のエタノール、大学施設ではアルコール類に注目する必要がある。

F. 文献

- 1)長宗、皆川、牧原、田中、安藤、新築住宅における室内空気中の化学物質濃度実態調査(1)、第42回大気環境学会年会講演要旨集、564、2001
- 2)長宗、皆川、牧原、安藤、室内外の揮発性有機化合物(VOCs)の実態調査、第43回大気環境学会年会講演要旨集、546、2002
- 3)牧原、長宗、皆川、安藤、総揮発性有機化合物(TVOC)の実態調査、第43回大気環境学会年会講演要旨集、547、2002
- 4)長宗、皆川、牧原、安藤、室内外の揮発性有機化合物(VOCs)の実態調査(2)、第44回大気環境学会年会講演要旨集、660、2003
- 5)長宗、皆川、牧原、安藤、総揮発性有機化合物(TVOC)の実態調査(2)、第44回大気環境学会年会講演要旨集、661、2003
- 6)長宗、皆川、牧原、安藤、室内外の揮発性有機化合物(VOCs)の実態調査(3)、第45回大気環境学会年会講演要旨集、569、2004
- 7)高、長宗、牧原、皆川、安藤、室内空气中総揮発性有機化合物(TVOC)の測定方法とその実態に関する研究、第62回日本公衆衛生学会総会抄録集、921、2003
- 8)松島、高、安藤、全国の室内・外空气中化学物質の存在状況に関する研究、第62回日本公衆衛生学会総会抄録集、921、2003
- 9)室内空気対策研究会、実態調査分科会報告書、2002
- 10)文部科学省、学校環境衛生の基準(一部改定)、2004
- 11)文部科学省、学校における室内空気中の化学物質に関する実態調査報告書、2001
- 12)杉田、長宗、山崎、寺本、小暮、山下、横山、久保、墨田区における学校環境中の化学物質への取り組み、日本環境管理学会 室内環境学会 合同研究発表会講演予稿集、348-351 (P-42)、2004

表1-1 大学施設における揮発性有機化合物濃度測定結果

	竣工後			1か月後			3か月後			下限値		
	BIF倉庫	IF実験室	5F実験室	7F実験室	外気	BIF倉庫	IF実験室	5F実験室	6F実験室	7F実験室	外気	武蔵野大学
1. Aromatic Hydrocarbons												
Benzene												3L
Toluene	54.65	31.32	44.30	83.92	32.47	20.40	16.49	24.83	49.86	24.36	9.95	0.81
Ethylbenzene	73.63	7.92	22.79	32.81	22.29	6.91	5.18	14.78	23.68	3.89	1.55	38.04
m,p-Xylene	90.96	8.51	19.33	26.64	24.19	6.55	6.16	17.23	18.53	3.61	1.78	9.60
o-Xylene	86.24	3.17	8.67	10.68	9.62	1.95	2.82	6.43	8.95	4.11	1.57	10.37
Isopropylbenzene	23.18	0.24	0.90	1.43	2.36	0.14	0.37	0.58	0.60	0.15	0.19	3.56
n-Propylbenzene	99.09	0.28	2.05	2.90	3.94	0.28	1.02	0.80	0.88	0.28	0.45	0.36
1,2,4-Trimethylbenzene	731.36	1.51	12.73	34.48	14.42	3.48	4.47	4.38	3.84	1.61	0.27	0.45
1,3,5-Trimethylbenzene	208.43	0.36	3.81	4.80	9.23	0.35	1.39	1.09	1.07	0.32	0.51	2.20
1,2,3-Trimethylbenzene	315.85	0.41	4.65	5.35	10.54	0.30	1.47	1.49	1.50	0.45	0.77	0.33
1,2,4,5-Tetramethylbenzene	105.45	0.70	2.16	2.97	5.83	0.41	1.88	2.18	3.08	0.50	0.82	1.51
n-Butylbenzene	149.42	0.19	1.29	1.90	2.94	0.24				0.27	0.41	0.99
n-Pentylbenzene	57.41	0.63	1.62	1.79	2.92					0.96	0.27	0.41
1,3-Diisopropylbenzene												0.99
1,4-Diisopropylbenzene												0.82
Ethylstyrene												0.96
n-Undecane	6.88	0.27	6.72	2.16	3.97							1.42
n-Dodecane	272.61	0.44	3.99	4.89	7.05	0.39	1.62	1.17	3.36	0.28	0.28	0.47
n-Tridecane	50.13	3.40	47.19	39.43	16.60	0.93	2.28	8.31	17.27	0.37	0.60	0.36
n-Tetradecane	12.90	0.71	1.25	1.56	2.86	0.76	1.13	1.91	1.79	0.30	0.48	4.25
n-Pentadecane												0.41
n-Hexadecane	2321.7	60.3	159.0	235.5	190.5	40.1	46.4	37.3	153.6	119.2	175.1	82.9
n-Heptadecane												39.2
n-Octadecane												82.3
n-Nonadecane												93.3
n-Eicosane												82.9
2. Aliphatic Hydrocarbons												
n-Hexane	16.49	4.37	4.43	3.73	4.27	3.84	2.76	2.44	5.56	3.41	4.83	13.54
n-Heptane	1.82	2.40	1.74	1.47	1.74	2.36	1.47	1.60	3.85	1.81	1.18	3.09
n-Octane	5.12	1.38	1.67	1.53	1.95	1.84	2.49	2.60	3.34	0.82	0.79	1.61
n-Nonane	2.82	1.23	1.40	1.83	2.14	0.90	0.82	2.33	1.89	0.85	1.44	0.82
n-Decane	35.81	0.22	3.44	3.88	3.15	0.15	0.24	1.11	2.47	0.47	0.99	1.71
n-Undecane	269.16	0.90	7.41	9.82	13.00	0.83	2.83	3.26	2.42	2.63	1.48	4.24
n-Dodecane	9.03	1.47	3.36	4.93	7.94	0.93	1.88	2.61	6.90	5.70	6.27	1.03
n-Tridecane	7.23	1.10	2.41	3.30	4.98	0.57	0.66	2.64	3.33	5.41	6.59	0.60
n-Tetradecane	2.41	1.07	2.21	2.39	2.39	0.71	0.86	1.21	3.77	5.28	1.39	0.86
n-Pentadecane	1.97	1.37	1.75	2.13	1.61	0.59	1.21	2.13	1.56	1.57	1.14	1.56
n-Hexadecane	1.56	0.56	0.52	0.40	0.56	0.40	0.48	0.40	2.37	2.52	1.29	1.14
n-Heptadecane	1.88	0.47	0.69	0.54	0.71	0.52	0.88	1.21	2.23	2.06	0.77	0.86
n-Octadecane												0.77
n-Nonadecane												0.59
n-Eicosane												0.40
1-Decene	0.95			2.11								0.63
2,4-Dimethylpentane	0.39	0.20			0.22	0.18				0.20		0.30
2,4,4-Trimethylpentane												0.06
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3171.3	23.5	96.9	124.5	192.8	16.8	29.4	38.6	74.3	58.8	106.1	47.0
3. Cycloalkanes												
Methylcyclopentane	3.35	0.75	0.64	0.63	1.05	0.51						0.41
Cyclohexane	7.17	3.25	1.69	1.33	1.41	1.04						1.00
1,4-Dimethylcyclohexane (CMT)	13.21	0.55	0.00	0.00	1.80	0.00						0.81
cis-1-Methyl-4-isopropylcyclohexane	25.88											0.70
trans-1-Methyl-4-isopropylcyclohexane												0.00
Methylcyclohexane	44.81	5.56	16.31	31.91	14.08	0.10	0.91	2.12	8.90	7.54	6.15	3.24
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	94.4	10.1	20.6	33.9	18.3	2.3	0.9	2.1	8.9	7.5	6.1	6.4
4. Terpenes												
3-Carene	7.66	0.18	1.28	2.59	0.37	0.03						0.31
alpha-Pinene	7.72	0.61	1.28	14.32	2.78			3.42	6.56	6.01	4.56	2.52
(-)-Camphene									2.39	3.39		3.81
beta-Pinene				2.31								0.28
Longifolene												2.94
alpha-Cedrene												2.78
Limonene	5.07			2.13	0.99							1.59
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20.7	0.8	1.3	21.4	4.1	0.0	0.0	3.4	10.0	11.7	4.6	8.4
5. Alcohols												
1-Propanol	8.96	1.06	2.26	6.88	2.17	0.86	1.73	7.87	5.97	4.51	4.66	4.10
2-Propanol	2.87		1.19	2.64								10.75
2-Methyl-2-propanol												3.06
2-Methyl-1-propanol												0.29
1-Butanol	14.24	4.72	6.30	26.14	18.12							0.86
1-Pentanol												2.70
1-Hexanol												5.89
Cyclohexanol												4.44
1-Octanol												39.20
2-Ethyl-1-hexanol	331.79	34.87	45.15	41.05	223.39		27.97	76.73	41.51	32.14	25.45	39.34
Phenol	7.60	2.34	2.09	3.34	3.66	0.05		7.06	2.46	2.97	166.01	120.02
Teranol												30.61
2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol												0.29
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	365.4	43.0	57.0	80.1	251.1	1.0	29.7	91.7	97.7	3.0	185.6	47.40
												175.1
												97.0
												27.8

※空欄は、定量下限値未満である。

表1-2 大学施設における揮発性有機化合物濃度測定結果

6. Chemicals/Glycol ethers	班工後			1か月後			3か月後			下宿野				
	B1F倉庫	1F実習室	5F実験室	外気	B1F倉庫	1F実習室	5F実験室	外気	B1F倉庫	1F実習室	5F実験室	7F研究室	外気	武蔵野大学
Propylene Glycol			7.47											113.96
Dimethylmethane														0.82
Diethylmethane														0.25
2-Methoxyethanol						10.10		9.54						39.81
2-Ethoxyethanol	18.70	14.67	17.17	20.17		17.79								36.02
1-Methoxy-2-propanol	3.19	4.42	4.11	6.25	2.09	6.59					0.63	1.22	2.51	37.13
2-Ethoxyethyl acetate														0.67
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	21.9	19.1	23.9	30.9	22.6	37.6	18.7	17.8	9.7	9.5	0.0	0.6	1.2	109.99
7. Alcohols														334.4
3-Methyl-2-butanol	11.72	10.95	9.75	15.28	21.46	11.75	18.58	24.32	22.31	46.80	1.86	16.92	0.42	0.40
2-Methyl-2-butanol	69.66	7.54	9.67	14.88	4.56	0.03	14.88	7.23	7.23	8.11	0.84	7.87	0.22	0.20
Methylcyclohexane	13.30	2.35	7.45	13.73	6.46	0.90	2.44	2.98	9.83	8.11	0.84	9.60	12.13	0.51
Methylcyclohexane		1.84	1.74	5.44	5.02	1.29	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81	2.01	2.54	0.20
1,4-Dichlorobenzene														0.20
1,4-Dichlorobenzene	114.6	22.7	44.3	55.3	37.6	13.9	2.4	47.4	37.1	60.7	2.7	1.92	1.53	1.21
1,4-Dichlorobenzene														1.31
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	195	113	122	193	177	334	135	332	338	944	3.13	3.68	3.58	0.11
8. Aldehydes														4.42
2-Ethylhexanoate	0.24	0.19	0.42	0.16	0.21	0.21					0.54	0.57	0.47	0.21
12-Dichlorobenzene	1.67	1.66	1.83	1.15	0.94	2.73	1.32	1.84	1.65	0.92	1.12	2.42	2.13	1.94
Trichlorobenzene	0.87	0.84	0.93	0.38	0.35	0.43	1.41	1.34	1.66	1.79	0.28	0.64	0.60	0.57
1,1,1-Trichloroethane	4.36	0.22	0.91	0.88	1.29	1.14	2.00	1.92	4.49	2.03	1.27	0.20	0.21	0.18
1,4-Dichlorobenzene														0.20
1,2-Dichloropropane														1.66
Chlorobromomethane														0.20
Chloroform	8.8	3.7	4.9	3.5	4.4	7.8	6.1	8.1	7.5	11.9	14.2	0.21	0.28	0.58
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	16.4	5.1	6.2	5.8	6.6	12.5	10.2	12.5	12.5	24.6	16.7	0.42	0.58	1.16
9. ESTERS														7.3
Acrylate														0.00
Butyrate	8.62	1.42	2.29	1.49	0.82	0.71	1.53	2.04	1.28	1.69	0.60	0.72	1.17	3.66
Isobutyrate	2.85	0.77	1.20	4.90	5.37	11.63						1.37	0.22	0.84
Ethylacetate	27.61	1.20	4.90	5.37	11.63							13.40	18.23	12.65
Propylacetate	0.16	0.15	0.42	0.02								0.20	0.16	0.10
Butylacetate	16.37	6.70	19.54	105.84	69.09		0.29	5.11	46.86	22.05		0.34	2.10	0.55
Isopropylacetate														1.32
2-Methoxyethylacetate	0.30			0.84	0.03									0.85
2-Ethoxyethylacetate	0.74			0.74										1.49
Linoleic acid														0.29
Methylcyclohexane	3.26	0.52	3.91	5.72	1.55	0.13	1.76	1.79	1.69	3.85	0.14	0.62	0.57	64.84
2-Ethoxyethylacetate	14.59	1.26	5.12	5.12	6.10	3.38	0.79	3.85	5.12	4.38	1.13	0.16	0.81	0.59
2-Ethoxyethylacetate	64.6	20.3	35.3	125.2	97.2	4.4	1.5	14.8	55.1	28.1	7.4	15.1	27.8	1.38
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	138	33	50	125	97	24	15	15	55	28	15	23	33	74
10. Phthalates														
Dimethyl phthalate														
Dibutyl phthalate														
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11. Other														
Methyl-tert-butyl ether	0.24	0.13		0.13	0.05									0.54
1,4-Dioxane														0.38
Caprolactone														40.83
Indane	13.54	0.25		1.06	0.93									0.05
2-Pentylphenol														0.15
HF														0.23
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	13.8	0.4	0.0	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.33
12. Japan's Original group														
Menthol														40.83
Ethanol	28.49	10.28	14.76	32.21	18.17	7.88	7.62	52.45	42.74	87.38	91.63	0.41	0.67	0.79
2-(2-Ethoxyethyl)ethyl ether													14.70	59.98
Methyl acetate	10.91	0.74	8.62	7.25	7.25								126	40.43
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	39.4	16.3	15.5	40.8	25.4	7.9	7.6	59.4	42.7	87.4	105.5	0.4	15.4	61.9
13. Added Group														
1,1,1,2-Tetrafluoroethane (13a)														0.16
Chloromethane	0.43										1.52		0.50	0.74
Vinylchloride														0.84
Bromomethane	0.80	0.47									0.68	0.63	0.77	1.33
Carbon disulfide														0.36
Chlorobenzene	6.88													0.15
Creosol														6.82
Isophorone														0.22
1,2,4-Trichlorobenzene														0.35
1,3,5-Trichlorobenzene	208.43	0.36	3.81	4.80	9.23	0.35	1.38	1.09	1.07	5.55	0.27	0.32	0.37	0.25
1,1,2,2-Tetrachloroethane														0.16
Hexachlorocyclopentadiene														0.23
Total: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	216.7	0.9	11.1	5.2	19.6	12.6	1.4	1.1	1.7	11.1	5.6	1.0	1.8	98.24
総項目数														108.2
ISO分析: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6197.1	203.8	443.2	711.3	819.6	86.4	118.5	288.1	499.9	313.9	590.0	141.6	257.7	290.3
VOCs測定: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6453.2	469.8	106.9	127.5	864.7	106.9	127.5	402.3	702.1	402.3	341.7	143.0	274.2	351.4
2-フェニルエチル: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6424.7	204.7	455.0	725.1	846.5	99.0	119.9	289.2	431.6	314.9	610.4	143.0	259.5	294.1
検出成分数	24	26	21	24	25	16	10	17	16	12	15	16	22	24
全成分数														60

※左側は、定量下限値未満である。

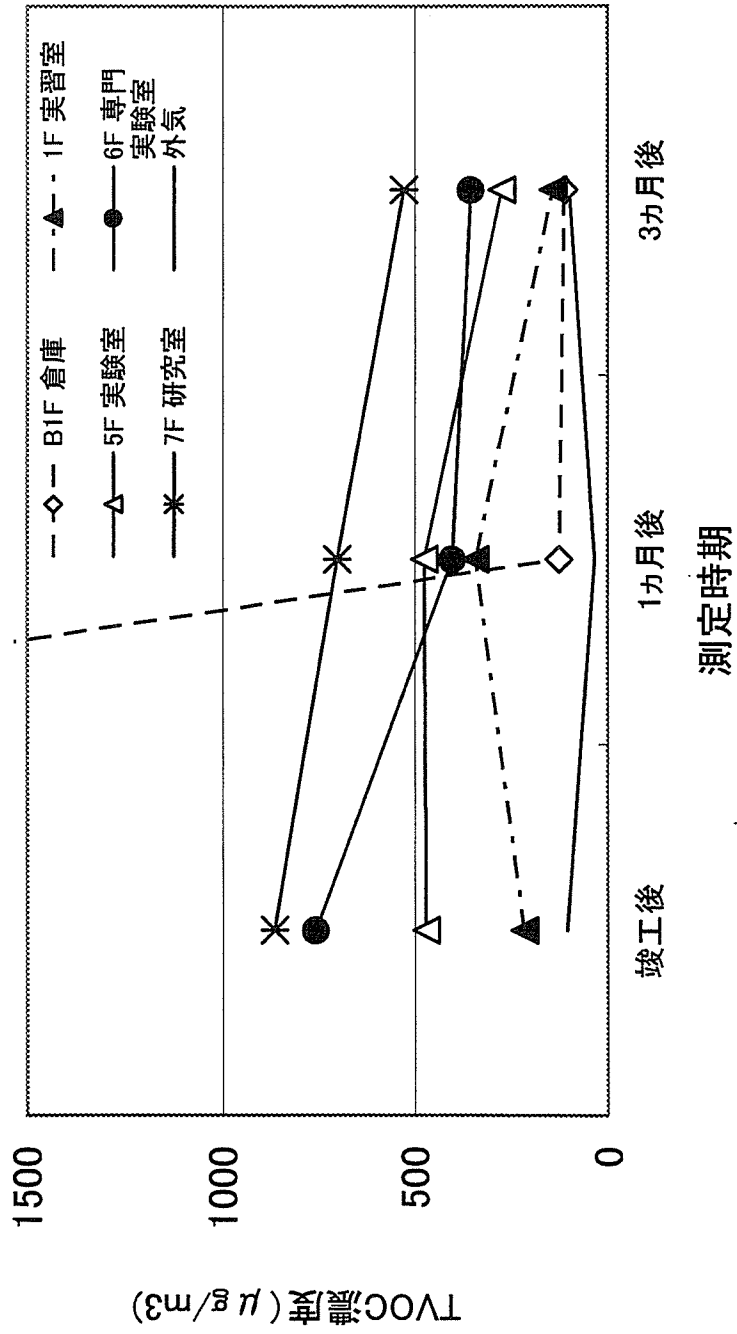


図1 TVOC濃度の時間変化

表2 各部屋における上位10成分と濃度

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

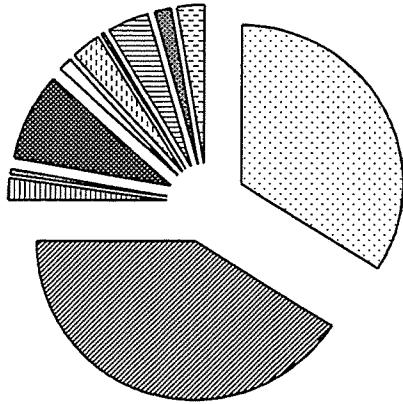
竣工後			1ヵ月後			3ヵ月後		
B1F 倉庫								
2	n-Decane	1753.9	5	2-Ethyl-1-hexanol	28.0	5	2-Ethyl-1-hexanol	25.5
1	1,2,4-Trimethylbenzene	731.4	1	Toluene	16.5	1	Toluene	18.3
2	n-Undecane	620.5	14	Ethanol	7.6	5	1-Pentanol	13.3
5	2-Ethyl-1-hexanol	331.8	2	n-Decane	6.4	8	Methylethylketone	8.0
1	1,2,3-Trimethylbenzene	315.8	1	m,p-Xylene	6.2	11	Ethylacetate	6.5
2	n-Nonane	289.2	2	n-Undecane	5.9	5	2-Propanol	4.7
1	2-Ethyltoluene	252.8	1	Ethylbenzene	5.2	1	Ethylbenzene	3.6
2	2-Methylnonane	233.1	1	1,2,4-Trimethylbenzene	4.6	1	m,p-Xylene	3.6
1	1,3,5-Trimethylbenzene	208.4	2	n-Nonane	2.8	9	Dichloromethane	3.1
15	1,3,5-Trichlorobenzene	208.4	1	o-Xylene	2.8	2	n-Decane	2.5
1F 実習室								
5	2-Ethyl-1-hexanol	34.9	5	2-Ethyl-1-hexanol	76.7	5	2-Ethyl-1-hexanol	32.1
1	Toluene	31.3	14	Ethanol	52.4	1	Toluene	24.4
6	2-Butoxyethanol	14.7	1	Toluene	26.8	5	1-Pentanol	13.7
8	Acetone	10.9	8	Acetone	18.6	11	Ethylacetate	13.4
14	Ethanol	10.3	1	m,p-Xylene	17.2	8	Methylethylketone	9.6
11	Butylformate	8.6	1	Ethylbenzene	14.8	5	2-Propanol	4.5
1	m,p-Xylene	8.5	6	2-Methoxyethanol	10.1	1	m,p-Xylene	4.1
1	Ethylbenzene	7.9	1	Styrene	8.3	9	Dichloromethane	4.0
8	Methylethylketone	7.5	2	n-Undecane	8.0	1	Ethylbenzene	3.9
11	Butylacetate	6.7	5	2-Propanol	7.9	2	n-Decane	2.8
5F 実験室								
5	2-Ethyl-1-hexanol	45.2	1	Toluene	63.6	1	Toluene	49.9
1	Toluene	44.3	5	Texanol	47.7	5	1-Octanol	39.5
2	n-Decane	34.2	14	Ethanol	42.7	5	2-Ethyl-1-hexanol	32.0
1	Ethylbenzene	22.8	5	1-Octanol	41.5	11	Ethylacetate	21.0
1	Styrene	22.7	8	Acetone	24.3	14	Ethanol	14.7
6	2-Butoxyethanol	19.8	1	Ethylbenzene	23.7	8	Methylethylketone	12.1
11	Butylacetate	19.5	1	m,p-Xylene	21.4	1	Ethylbenzene	9.9
1	m,p-Xylene	19.3	1	Styrene	18.9	2	2-Methylnonane	9.3
3	Methylcyclohexane	18.3	6	2-Butoxyethanol	17.8	1	m,p-Xylene	8.6
8	Acetophenone	17.4	2	n-Decane	9.4	2	n-Decane	6.7
6F 専門実験室								
11	Butylacetate	105.8	14	Ethanol	87.4	14	Ethanol	60.0
1	Toluene	83.9	1	Toluene	53.2	1	Toluene	49.4
2	n-Decane	45.7	11	Butylacetate	47.0	5	1-Octanol	39.3
5	2-Ethyl-1-hexanol	41.1	8	Acetone	22.3	5	2-Ethyl-1-hexanol	30.6
1	Styrene	35.4	1	Ethylbenzene	18.5	11	Ethylacetate	18.2
1	Ethylbenzene	32.6	1	Styrene	17.3	8	Methylethylketone	16.9
14	Ethanol	32.2	1	m,p-Xylene	13.3	5	1-Pentanol	13.3
3	Methylcyclohexane	31.9	2	n-Undecane	10.7	1	Ethylbenzene	12.2
1	m,p-Xylene	26.6	8	Methylisobutylketone	9.9	5	2-Propanol	10.7
5	1-Butanol	26.1	6	2-Methoxyethanol	9.7	1	m,p-Xylene	10.6
7F 研究室								
5	2-Ethyl-1-hexanol	223.4	5	2-Ethyl-1-hexanol	166.0	15	Hexachlorocyclopentadiene	131.0
2	n-Decane	76.6	14	Ethanol	91.6	5	2-Ethyl-1-hexanol	120.0
11	Butylacetate	69.1	8	Acetone	46.6	5	Texanol	47.4
2	n-Undecane	38.6	1	Toluene	40.1	1	Toluene	38.0
1	1,2,4-Trimethylbenzene	34.5	2	n-Undecane	30.7	8	Acetone	16.9
1	Toluene	32.5	1	1,2,4-Trimethylbenzene	27.4	14	Ethanol	16.1
1	m,p-Xylene	24.2	1	m,p-Xylene	27.0	2	n-Hexane	13.5
1	Ethylbenzene	22.3	1	Ethylbenzene	26.6	11	Ethylacetate	12.6
8	Acetone	21.5	2	n-Decane	26.5	8	Methylethylketone	11.2
6	2-Butoxyethanol	20.2	11	Butylacetate	22.0	1	m,p-Xylene	10.4
外気								
1	Toluene	20.4	1	Toluene	10.0	2	n-Hexane	27.4
15	Carbon disulfide	12.3	2	n-Decane	2.5	5	2-Ethyl-1-hexanol	24.7
8	Acetone	11.7	2	n-Hexane	1.9	11	Ethylacetate	11.1
14	Ethanol	7.9	8	Acetone	1.9	1	Toluene	9.7
1	Ethylbenzene	6.9	1	m,p-Xylene	1.6	8	Methylethylketone	5.5
1	m,p-Xylene	6.6	1	Ethylbenzene	1.6	5	2-Propanol	3.1
2	n-Hexane	3.8	2	3-Methylhexane	1.5	9	Trichloroethene	2.0
11	Vinylacetate	3.8	2	n-Heptane	1.4	1	Ethylbenzene	1.9
9	Dichloromethane	3.3	2	n-Undecane	1.4	2	2-Methylpentane	1.6
9	Trichloroethene	2.7	2	3-Methylpentane	1.4	1	m,p-Xylene	1.6

1. Aromatic Hydrocarbons
2. Aliphatic Hydrocarbons
3. Cycloalkanes
4. Terpenes
5. Alcohols
6. Glycols/Glycoethers
8. Ketones
9. Halocarbons
11. Esters
12. Phthalates
13. Other
14. Other(ISO以外)
15. Other(追加項目)

表3 カテゴリー分類毎の平均濃度及び濃度比

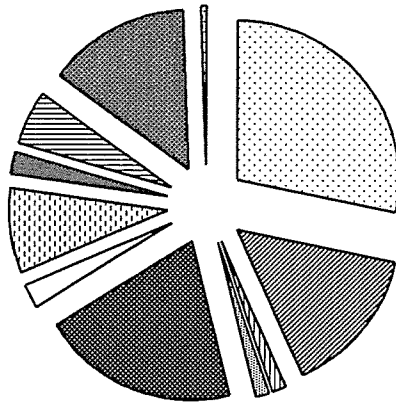
	濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	竣工後	1カ月後	3カ月後
1. Aromatic Hydrocarbons	593.4	116.3	65.9
2. Aliphatic Hydrocarbons	721.8	61.4	27.9
3. Cycloalkanes	35.5	5.1	3.8
4. Terpenes	9.6	5.9	4.8
5. Alcohols	159.3	81.5	89.1
6. Glycols/Glycolethers	23.7	11.2	1.0
8. Ketones	54.9	34.6	17.6
9. Halocarbons	5.1	9.5	8.0
11. Esters	68.5	22.5	17.7
12. Phthalates	0.0	0.0	0.0
13. Other	3.3	0.0	0.1
14. Japan's Original group	26.3	59.1	18.9
15. Added group	50.7	2.4	28.0
TVOC (ALL Compounds)	1752.0	409.6	282.7

竣工後



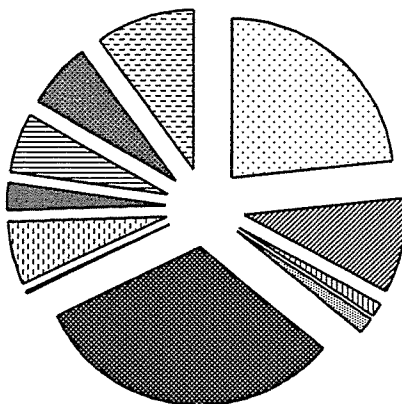
- 1. Aromatic Hydrocarbons
- ▨ 2. Aliphatic Hydrocarbons
- ▧ 3. Cycloalkanes
- ▩ 4. Terpenes
- ▦ 5. Alcohols
- 6. Glycols/Glycoethers
- ▨ 8. Ketones
- ▩ 9. Halocarbons
- ▧ 11. Esters
- ▦ 12. Phthalates
- ▨ 13. Other
- ▩ 14. Japan's Original group
- 15. Added group

1ヵ月後



- 1. Aromatic Hydrocarbons
- ▨ 2. Aliphatic Hydrocarbons
- ▧ 3. Cycloalkanes
- ▩ 4. Terpenes
- ▦ 5. Alcohols
- 6. Glycols/Glycoethers
- ▨ 8. Ketones
- ▩ 9. Halocarbons
- ▧ 11. Esters
- ▦ 12. Phthalates
- ▨ 13. Other
- ▩ 14. Japan's Original group
- 15. Added group

3ヵ月後



- 1. Aromatic Hydrocarbons
- ▨ 2. Aliphatic Hydrocarbons
- ▧ 3. Cycloalkanes
- ▩ 4. Terpenes
- ▦ 5. Alcohols
- 6. Glycols/Glycoethers
- ▨ 8. Ketones
- ▩ 9. Halocarbons
- ▧ 11. Esters
- ▦ 12. Phthalates
- ▨ 13. Other
- ▩ 14. Japan's Original group
- 15. Added group

図2 公共施設(大学施設)におけるVOC分類毎の濃度変化比較

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

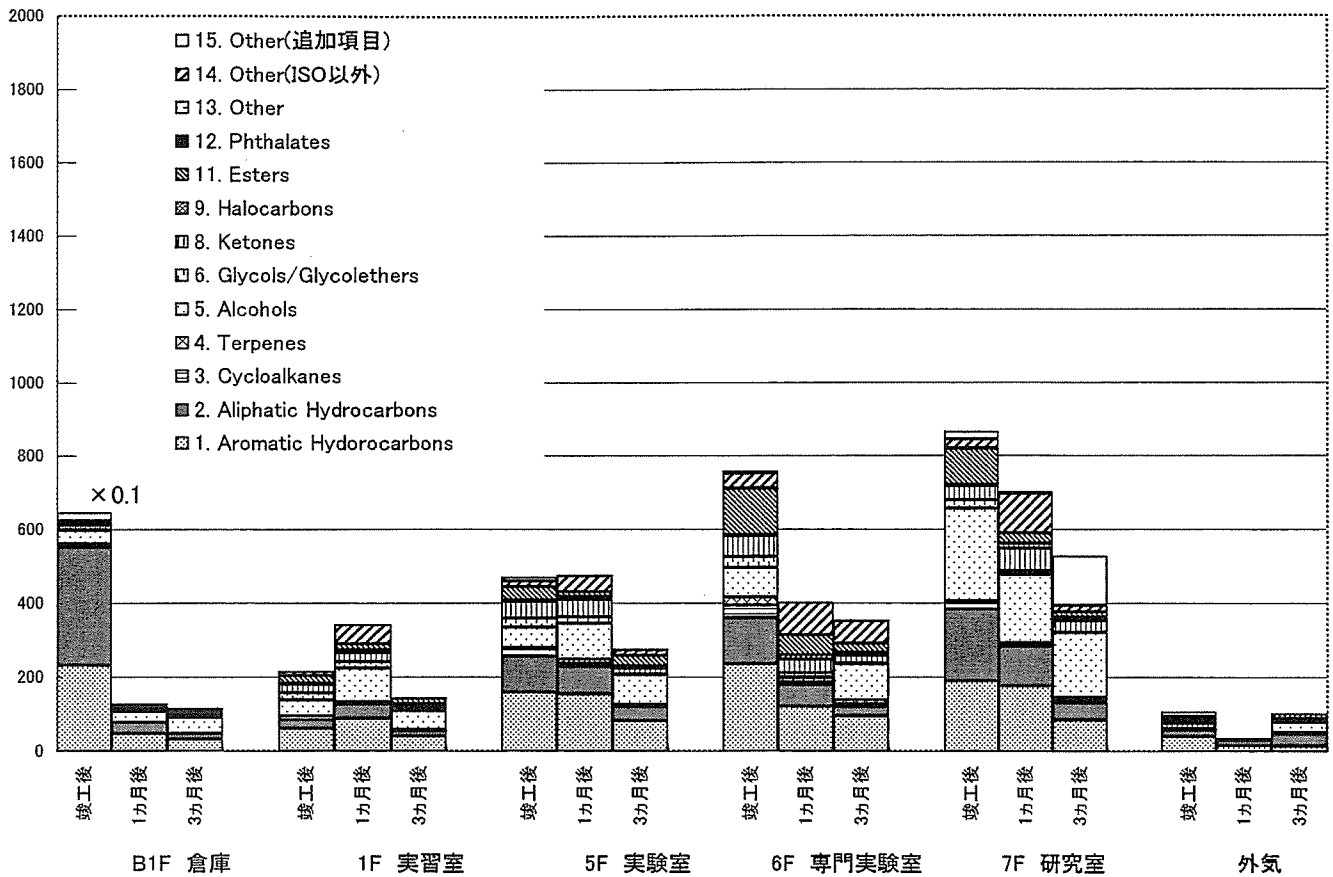


図3 各部屋におけるISO分類毎の濃度及び時間変化

表4 一般住宅と大学施設の比較

濃度単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	一般住宅(新築)		大学施設(新築)	
	平均値	濃度比	平均値	濃度比
1. Aromatic Hydrocarbons	105.1	8%	593.4	34%
2. Aliphatic Hydrocarbons	217.1	16%	721.8	41%
3. Cycloalkanes	9.4	1%	35.5	2%
4. Terpenes	509.5	39%	9.6	1%
5. Alcohols	55.2	4%	159.3	9%
6. Glycols/Glycolethers	3.7	0%	23.7	1%
8. Ketones	33.2	3%	54.9	3%
9. Halocarbons	46.1	3%	5.1	0%
11. Esters	37.7	3%	68.5	4%
12. Phthalates	0.0	0%	0.0	0%
13. Other	1.4	0%	3.3	0%
14. Japan's Original Group	287.3	22%	26.3	2%
15. Added Group	16.3	1%	50.7	3%
ISO 分類 ¹⁾	1018.3		1675.0	
VOCs総和 ²⁾	1321.9		1752.0	
エタノール除外 ³⁾	1056.2		1731.2	

1) NO.1~13までの総和

2) NO.1~15までの総和

3) NO.14のエタノールを除外した総和

厚生労働科学研究費補助金(化学物質リスク研究事業)
 分担研究報告書

I-3. 2. 事務室

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. 研究目的

事務室における室内化学物質汚染は、是非とも解決したい問題である。事務室の化学物質汚染に関しては、数多くの研究報告がある。

しかし、事務室で使用されている建材、内装材、施工材の仕様と使用量を調査し、かつその発生量を求め、実測濃度との関連を示した研究はほとんど見当たらない。

本研究では、実在事務室の備品を除く 1) 主要発生源の仕様、使用量、化学物質発生量を明らかにし、また 2) 事務室内濃度の実測調査を行うものである。さらに、野崎らの室内濃度予測法¹⁾を用いて、3) 室内濃度予測を行い、実測値との関係から、4) 使用建材、内装材、施工材が事務室内空気質に与える影響を解明するものである。

B. 研究方法

1. 使用建材の化学物質発生量

1. 1. 測定対象建材

本研究では、内装材(8 検体)と施工材(接着剤、3 検体)を測定対象とした。測定対象検体の概要を表-1、2 に示す。

JIS 建材試験法では、塗料、接着剤等の液状検体については、金属板への塗布を前提としている。ところが、施工材は木材等に塗布され内部に浸透するため、本試験法においては実空間での化学物質放散性を再現することができない。

そこで、本研究では珪酸カルシウム板に接着剤を塗布し、JIS 小形チャンバー法(JIS A1901)に準拠した方法により実験を行った。

表-1 内装材の概要

Test piece	Size[mm](L×W)
PVC flooring (A)	147×147
PVC flooring (B)	147×147
Wall material (A)	147×147
Wall material (B)	147×147
PVC skirting board	75×910
Window blind	100×1000
Carpet	147×147
Non slip pad for carpet	820×620 (reticulated)

表-2 接着剤の概要

	Ingredient	Ratio[%]	Note
Adhesive for flooring	Resin	20-30	Chloroprene gum Phenolic resin etc.
	Solvent	70-80	Cyclohexane, Normal hexane, Ethyl acetate, Acetone
	Others	Less than 1	Stabilizer, etc.
	Application weight	7[g]	
Adhesive for skirting board	Ingredient		Dextrin
	Solvent		Water
	Preservative		Triabendazole *Less than 0.2 percent
	Application weight	7[g]	
Adhesive for wall	Ingredient		
	Filler	94-95	Quipsum Calcium carbonate etc.
	Resin	5-6	Vinyl resin
	Others	Less than 1	Inorganic filler, Mold preventive
	Application weight	5[g]	

1. 2. 測定対象化学物質

本研究ではホルムアルデヒド、揮発性有機化合物(VOC(50 成分))、フタル酸エステル類化合物(SVOC(6 成分))を測定対象とした。

1. 3. 実験方法

任意の環境条件に制御可能な気積 0.02[m³]の小型チェンバーを用いて実験を行った。ホルムアルデヒド、VOC の放散量を求める実験装置を図-1 に、フタル酸エステル類については図-2 に示す。