

200501213A

厚生労働科学研究費補助金
健康科学総合研究事業

特定建築物における屋内化学物質汚染の実態と
健康影響との関連に関する研究

平成 17 年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 嵐谷 奎一

平成 18 年 (2006 年) 3 月

目次

I. 総括研究報告

特定建築物における屋内化学物質汚染の実態と健康影響との関連に関する研究---1
嵐谷奎一

II. 研究成果の刊行に関する一覧表---141

III. 研究成果の刊行物・別冊---142

厚生労働科学研究費補助金(健康科学総合研究事業)
(総括)研究報告書

特定建築物における屋内化学物質汚染の実態と健康影響との関連に関する研究

主任研究者 嵐谷 奎一 産業医科大学 産業保健学部 教授

分担研究者

櫻田尚樹 産業医科大学 産業保健学部 助教授

内山巖雄 京都大学大学院 教授

加藤貴彦 宮崎大学医学部 教授

研究要旨

特定建築物は比較的多くの人が利用し、また従業員の生活の場となるため、健康被害防止のためにはまず空気環境の状態を調べるのが重要である。本研究は、特定建築物として、指定されている建築物について空気環境中の化学・物理因子及び従業員の健康度について調査した。従業員が調査した特定建築物は教育施設(大学)、行政機関(市役所)、美術館(博物館)、書店、ホテル、国際会議場、JR 駅である。

この調査より、揮発性有機化合物(VOCs)は10~32種、利用目的により、差が認められた。またいずれの VOCs 濃度とも室内濃度指針値以下であった。

書店ではトルエン、ホテルはデカン、博物館はトルエン、酢酸エチル、大学はトルエン、デカン、ウンデカン、駅はトルエン、デカン、2-エチル-1-ヘキサノール、ウンデカン、メチルエチルケトン、国際会議場はデカンが比較的高値であったがいずれも室内環境指針値以下の濃度レベルであった。なお、室内 VOCs 濃度は室外に比べ高い値であった。アルデヒド類は、測定した箇所いずれもホルムアルデヒドがアセトアルデヒドより高値であった。ホルムアルデヒドは建物により濃度差があり、また同一の建物でも使用目的等により室内濃度に差が認められた。ホルムアルデヒド濃度が 50ppb 以上であったのは数箇所の室内であり、一箇所の室内では 80ppb (室内指針値) を超える値が認められた。アセトアルデヒド濃度はいずれも 20ppb 以下と極めて低い値であった。また両アルデヒドとも室外より室内の方が濃度が高かった。NO₂濃度はほとんどの測定箇所で 20ppb 以下で多くは 10ppb 以下であった。なお、レストランは比較的高く、中でも厨房では 40ppb を超すレベルも認められた。

物理的因子(温度、湿度、照度、騒音、輻射熱、風速、粉じん)は、建築物環境衛生管理基準に比べて問題になるレベルのものは認められなかった。

従業員の健康度の調査では、Miller らの QEESI 調査票に若干変更を加えた調査票を用いて、各個人 137 名の愁訴等について解析した。

その結果、Miller らの 3 つの基準のカットオフ値全てを超えたのは 0.7%、2 つの基準のカットオフ値を超えたのは 3.6%であった。また、実際に「化学物質過敏症」や「シックハウス症候群」と診断された人は 1.5%であった。「労働者の疫学蓄積度自己診断チェックリスト作成委員会」で作成したチェックリストによる仕事の負担度と QEESI 改正版の各スコアを比較した結果、仕事の負担度が高くなるにつれて各スコアが有意に高値を示した。

A.研究目的

今日、室内環境汚染が顕在化するとともにシックハウス症候群・化学物質過敏症などが社会問題となっている。厚生労働省はトルエンなど13種類の化学物質のガイドラインを示し、国土交通省は2002年にシックハウス症候群の原因と考えられる化学物質を含んだ建材の使用を規定する建築基準法の改正を行った。なお、アセトアルデヒドは最近WHOが指針値を $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ (約30ppb)から $300\mu\text{g}/\text{m}^3$ (約180ppb)へと大幅に修正し、厚生労働省でもこの動向を受けてアセトアルデヒドの指針値の再検討を始めた。

このような状況の中でわが国においても一般家庭環境の空気汚染、健康度の調査・研究が意欲的になされてきているが、特定建築物の室内汚染状況や従業員への個人曝露濃度及び健康意識調査などほとんどないのが実状である。しかし、多くの人々がこれらの施設・店を使用し、また、これらの建築物で仕事に従事する人も多く、特定建築物の環境調査、健康度の調査は極めて重要かつ急務であると考えられる。

本研究では、昨年度に引き続き、種々の特定建築物中の化学物質及び物理的因子の計測を実施し、室内汚染状況を把握すると共に、店内の空気環境汚染の低減への指針を示すことを目的とした。

B.研究方法

B-1 特定建築物と規制に関する基準

(1) 特定建築物定義

特定建築物とは、「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」(昭和45年4月14日法律第20号)によって定義されている。この法律において「特定建築物」とは、興行場、百貨店、店舗、事務所、学校、共同住宅等の用に供される相当程度の規模を有する建築物(建築基準法第2条第1号に掲げる建築物をいう。以下同)で、多数の者が使用し、又は利用し、かつ、その維持管理について環境衛生上特に配慮が必要なものとして政令で定められている。

建築物における衛生的環境の確保に関する法律(以下「法」という。)第2条第1項の政令で定める建築物には、次の各号に掲げる用途に供される部分の延べ面積(建築基準法施行令(昭和25年政令第338号)第2条第1項第3号に規定する床面積の合計で、三千平方メートル以上の建築物(もっぱらこれらの用途以外の部分の用途に供される部分の延べ面積がこれらの用途に供される部分の延べ面積の十パーセントを超えるものを除く。)及び学校教育法第1条に規定する学校の用途に供される建築物で延べ面積が八千平方メートル以上のものである。

(2) 化学的・物理的因子の規制に関する基準

1. 建築物環境衛生管理基準

法第4条第1項の政令で定める基準は、次のとおりである。

1 浮遊粉じんの量	0.15mg/m ³ 以下
2 一酸化炭素の含有率	10ppm(厚生労働省令で定める特別の事情がある建築物にあっては、厚生労働省令で定める数値)以下
3 二酸化炭素の含有率	1000ppm以下
4 温度	一 17度以上28度以下 二 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと。
5 相対湿度	40%以上70%以下
6 気流	0.5m/sec以下
7 ホルムアルデヒドの量	0.1mg/m ³ (0.08ppm)以下

2. 厚生労働省室内濃度指針値

ホルムアルデヒド	100μg/m ³ (0.08ppm)
トルエン	260μg/m ³ (0.07ppm)
キシレン	870μg/m ³ (0.20ppm)
パラジクロロベンゼン	240μg/m ³ (0.04ppm)
エチルベンゼン	3,800μg/m ³ (0.88ppm)
スチレン	220μg/m ³ (0.05ppm)
クロルピリホス	1μg/m ³ (0.07ppm)
	ただし小児の場合は
	0.1μg/m ³ (0.007ppm)
フタル酸ジ-n-ブチル	220μg/m ³ (0.02ppm)
テトラデカン	330μg/m ³ (0.04ppm)
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	120μg/m ³ (7.60ppb)
ダイアジノン	0.29μg/m ³ (0.02ppb)
ノナナール	41μg/m ³ (7.0ppb) 暫定値
アセトアルデヒド	WHO 指針値 300 μg/m ³ (180ppb)
フェノブカルブ	33μg/m ³ (3.8ppb)
総揮発性有機化合物(TVOC)	暫定目標値 400μg/m ³ (106ppb)

3. 騒音障害防止ガイドライン

B 測定値 A 測定平均値	85dB(A)未満	85dB(A)以上 90dB(A)未満	90dB(A)以上
	85dB(A)未満	第Ⅰ管理区分	第Ⅱ管理区分
85dB(A)以上 90dB(A)未満	第Ⅱ管理区分	第Ⅱ管理区分	第Ⅲ管理区分
90dB(A)以上	第Ⅲ管理区分	第Ⅲ管理区分	第Ⅲ管理区分

B-2 調査した特定建築物

今回、調査の対象としたのは次のとおりである。大学(A 大学、B 大学、C 大学)、書店(A 書店、B 書店、C 書店)、美術館、博物館、市役所、ホテル(A ホテル、B ホテル、C ホテル)、国際会議場、JR 駅の 14 施設である。

[I]大学

(1)A 大学

平成 17 年 6 月 30 日から 7 月 1 日において書店・売店、平成 17 年 7 月 6 日から 7 月 7 日において食堂の測定を実施した。なおこの建物は築 28 年である。

売店 2 箇所、書店 3 箇所、食堂 6 箇所、厨房 2 箇所、室外 1 箇所において揮発性有機化合物 (VOCs)、二酸化窒素 (NO₂)、アルデヒド類のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは売店で 2 名、書店で 1 名の計 3 名について行った。

物理因子の測定は売店、書店の中央地点の各 1 箇所で行った。なお、この大学の事務室、図書館、美容室、理容室はすべて調査を終えている。従って、それ以外の箇所について調査した。

(2)B 大学

平成 17 年 12 月 14 日から 12 月 15 日において大学内の測定を実施した。この建物は築 40 年である。

事務室 6 箇所、講義室 4 箇所、大講義室 5 箇所、実験室 6 箇所、図書館 11 箇所、体育館 8 箇所、室外 1 箇所において VOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは 2 名 (主に事務室勤務) について行った。

物理因子の測定は事務室、講義室、大講義室、実験室、図書館、体育館において中央地点の各 1 箇所で行った。

(3)C 大学

平成 17 年 12 月 19 日から 20 日において測定を実施した。築 40 年の鉄筋、コンクリート造りで、総面積は 67800m² の大学である。

教務課 5 箇所、図書館 6 箇所、講義室 6 箇所、実験室 8 箇所、大講義室 6 箇所、パソコン室 5 箇所、売店 4 箇所、軽食堂 4 箇所、室外 1 箇所において VOCs、NO₂、アルデヒド類、のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは 13 名について行った。

物理因子の測定は教務課、図書館、講義室、実験室、大講義室、パソコン室、売

店、軽食堂、対照として室外において中央地点の各1箇所で行った。

[Ⅱ]書店

(1)A 書店

平成17年10月24日から10月25日において測定を実施した。築11年の地下1階、地上2階建ての鉄筋、コンクリート造りで、総フロア面積は4046m²、駐車場5000m²の書店である。従業員数は1日約40名である。

B1F(1325m²)11箇所、1F(1305m²)9箇所、2F(1416m²)10箇所、駐車場10箇所、室外1箇所においてVOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは7名について行った。物理因子の測定はB1F、1F、2Fの各フロアで中央地点、室外の各1箇所で行った。

(2)B 書店

平成17年10月24日から10月25日において測定を実施した。築40年、地上4階建ての鉄筋、コンクリート造りで、総フロア面積は3900m²の書店である。

1F(945m²)9箇所、2F(985m²)9箇所、3F(985m²)9箇所、4F(985m²)9箇所、事務室3箇所、対照として室外1箇所においてVOCs、NO₂、アルデヒド類、のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは9名について行った。

物理因子の測定は1F、2F、3F、4Fの各フロア、事務所、店舗入り口、室外の各1箇所で行った。

(3)C 書店

平成17年8月11日から8月12日において測定を実施した。地上1階建て、フロア面積は約160m²の小規模な書店である。

書籍売り場6箇所、CD売り場1箇所、室外1箇所においてVOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは5名(主に書籍売り場勤務)について行った。

物理因子の測定は書籍売り場、CD売り場、室外の各1箇所で行った。

[Ⅲ]美術館

平成17年9月28日から9月29日において測定を実施した。築31年の地下2階、地上4階建ての鉄筋、コンクリート造りで、総フロア面積は4443m²の美術館である。

企画展示室6箇所、3F展示室3箇所、B1F講堂4箇所、ロビー3箇所、多目的ホール2箇所、事務室6箇所、館長室2箇所、図書室2箇所、印刷室1箇所、警備室2箇所、レストラン3箇所、厨房1箇所、室外1箇所においてVOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは8名について行った。(展示室、警備室等)

物理因子の測定は事務室、ロビー、企画展示室、レストラン、3F展示室、B1F講堂、室外の各1箇所で行った。

[Ⅳ]博物館

平成17年10月18日から10月19日において測定を実施した。築3年、地上3階建ての鉄筋造りで、総フロア面積は

16947m²の博物館である。

多目的ホール 6 箇所、展示室 A 7 箇所、展示室 B 2 箇所、展示室 C 3 箇所、チケット売り場 1 箇所、受付 1 箇所、事務所 5 箇所、コピー室 2 箇所、売店 2 箇所、室外 1 箇所において VOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは 3 名(主に事務所勤務)について行った。

物理因子の測定は、売店、展示室 A(2 箇所)、展示室 B、展示室 C、正面入り口、多目的ホール、事務所、コピー室、室外の各 1 箇所で行った。

[V]市役所

平成 17 年 10 月 19 日から 10 月 20 日において測定を実施した。築 47 年、地下 3 階、地上 15 階建ての鉄筋、コンクリート造りで、総フロア面積は 4577m²の役所である。従業員数は約 2200 名である。

A 局 6 箇所、B 局 8 箇所、C 課 4 箇所、テナントとして銀行 3 箇所、書店 3 箇所、旅行会社 3 箇所、郵便局 3 箇所、百貨店 8 箇所、室外 1 箇所、において VOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは個人 A 局(8 名)、個人 C 課(3 名)の計 11 名について行った。

物理因子の測定は、A 局、B 局、C 課、銀行、書店、旅行会社、郵便局、百貨店、室外の各 1 箇所で行った。

[VI]ホテル

(1)A ホテル

平成 17 年 8 月 14 日から 8 月 15 日に

において測定を実施した。築 4 年の鉄筋、コンクリート造りのホテルである。

フロント 1 箇所、ロビー 3 箇所、客室(13 m²)4 箇所、メンテナンス室 2 箇所、仮眠室 1 箇所、事務室 2 箇所、レストラン 2 箇所、厨房 1 箇所、室外 1 箇所、において VOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは 3 名(主に事務室勤務、フロント勤務、清掃担当者各 1 名)について行った。

物理因子の測定はロビー、レストラン、客室の各 1 箇所で行った。

(2)B ホテル

平成 17 年 10 月 24 日から 10 月 25 日において測定を実施した。築 15 年の地下 1 階、地上 12 階建てのホテルである。

ロビー 5 箇所、ブライダル 4 箇所、4 箇所、イベントホール 4 箇所、客室(15m²)4 箇所、事務室 4 箇所、1F レストラン 4 箇所、調理場 2 箇所、11F 中華レストラン 3 箇所、11F 和風レストラン 2 箇所、室外 1 箇所、において VOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは 10 名について行った。

物理因子の測定はロビー、エントランス、1F レストラン、和風レストラン、客室、イベントホール、事務室、室外の各 1 箇所で行った。

(3)C ホテル

平成 17 年 11 月 10 日から 11 月 11 日において測定を実施した。築 18 年の地上 11 階建ての鉄筋造りで、総フロア面積は

3287m² のホテルである。なお、従業員数は約 50 名である。

ロビー2 箇所、フロント 2 箇所、客室(14m²)2 箇所、事務所 5 箇所、レストラン 3 箇所、室外 1 箇所において VOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。

[VII]国際会議場

平成 17 年 9 月 26 日から 9 月 27 日において測定を実施した。築 15 年の地下 1 階、地上 8 階建ての鉄筋、コンクリート造りで、総フロア面積は 8997m² の国際会議場である。従業員数は約 50 名である。

ホール A (791m²) 8 箇所、ホール B (530m²) 3 箇所、会議室 A (175m²) 5 箇所、会議室 B (140m²) 6 箇所、会議室 C (74m²) 6 箇所、特別室 2 箇所、控え室 4 箇所、事務室 4 箇所、休憩室 4 箇所、室外 1 箇所において VOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは 3 名(主に事務室勤務)について行った。

物理因子の測定は、ホール A、ホール B、会議室 A、会議室 B、会議室 C、特別室、控え室、事務室、休憩室の各 1 箇所で行った。

[VIII]JR 駅

平成 17 年 9 月 21 日から 9 月 22 日において測定を実施した。

窓口 2 箇所、改札 2 箇所、事務所 2 箇所、売店 1 箇所、旅行センター1 箇所、喫茶店 1 箇所、室外 1 箇所において VOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。

個人曝露のサンプリングは 5 名(主に事

務所勤務)について行った。

物理因子の測定は、事務所、駅中央、旅行センター、売店、室外の各 1 箇所で行った。

B-3 化学分析方法

化学的因子は VOCs、NO₂ 及びアルデヒド類を計測した。その捕集方法・分析方法を以下に示す。

① VOCs

VOCs の捕集には、多孔性フィルターチューブに、吸着剤はカーボンモレキュラーシープを充填した高性能パッシブサンプラー VOC-SD (SIGMA-ALDRICH 製) を用いて行った。VOC-SD サンプラーをアルミ製保存袋より取り出し、所定の高さ(0.5~2.0m)に置き、約 24 時間 VOCs を捕集した。VOCs を捕集後、活性炭だけを小型試験管に取り出し、1mL の二硫化炭素を加え振とうし、約 1 時間放置し抽出を行った。二硫化炭素相をバイアルビンに移し、冷蔵庫にて保存した。抽出液中の VOCs はガスクロマトグラフィー/質量分析法で定性・定量を行った。

② NO₂

NO₂ の捕集には NO₂ バッチ(東洋濾紙製)を用いた。これはバッチケース、吸収濾紙、ポリフロンフィルターの 3 つから成り立っている。吸収濾紙は、セルロース繊維濾紙に吸収液であるトリエタノールアミンを含浸させたものである。吸収濾紙の上にポリフロンフィルターを 5 枚重ねているため、自然条件による測定値の変動が少なく、感度のよい測定が可能である。NO₂ ガスは、ポリフロンフィルターを拡散し、トリエタノールアミンに吸収される。NO₂ バッチを

アルミ製保存袋より取り出し、所定の高さ(0.5~2.0m)に置き、約24時間捕集した。

NO₂ 捕集後、吸収ろ紙を試験管に取り出し、スルファニル酸 5g を約 700mL の蒸留水に溶解後、50mL のリン酸(85%)を加えよく混合し、さらに 0.1wt%N-(1-ナフチル)エチレンジアミン二塩三塩 50mL を加え、再び蒸留水を加えて全量を 1L にしたものを 10mL(24 時間曝露の場合)加え、時々試験管を軽く振とうさせ、約 40 分間放置した。発色完了後、分光光度計(島津自記分光光度計 UV-2200A)を用い、波長 545nm の吸光度を求め定量した。ブランク値には、未曝露のフィルターを上記と同様の操作によって得られた値を用いた。

③ アルデヒド類

アルデヒド類の捕集には、パッシブサンプラー DSD-DNPH (SIGMA-ALDRICH 製)を用いた。これに、分子拡散により拡散フィルター内に入り込んだアルデヒドやアセトン等のカルボニル化合物とシリカゲルに含浸した 2,4-ジニトロフェニルヒドラジンの反応によりヒドラゾン誘導体となり捕集される。

DSD-DNPH サンプラーをアルミ製保存袋より取り出し、所定の高さ(0.5~2.0m)に置き、約 24 時間捕集した。捕集後は冷蔵庫に保存し、2 週間以内に分析を行った。捕集後、アセトニトリル 5mL で抽出し、高速液体クロマトグラフィー (SHIMADZU SPD-10AVP、カラムは Wakosil-II 5C18 HG 250mm×4.0mm (I.D)、移動相はアセトニトリル:水=75:25 (v/v)、測定波長は 360nm にて分離・定量した。

B-4 物理的因子の測定

物理的因子の測定項目は、温湿度、照度、騒音、輻射熱、風速、粉じん濃度である。以下にその計測方法について示す。

① 温・湿度

温・湿度計は Thermo Recorder TR-72S を用い、測定・表示・記録できるデータロガーである。

② 照度

照度測定はデジタル照度計(東京光電製)を用いて行った。受光部には受光素子にシリコンホトダイオードを使用し、自然光の照度を測定するため光学フィルターを組み合わせ視感度を補正している。

③ 輻射熱

輻射熱測定は、グローブサーモメーター(柴田科学製)を用いて行った。このメータは熱ふく射を受けて、これをよく吸収する黒球を用い、ふく射熱吸収による温度上昇を温度計により測定する。黒球は直径 3 インチ(75mm)の石川式で作業環境測定基準第3条に準じ、1目盛 0.5°C の棒状水銀温度計(100°C)を黒球の挿入し、屋内のふく射熱を測定する。

④ 風速

風速は風速計 ISA-78 型(柴田科学製)を用いて行った。これは定温度差動作法式を風速検知駆動原理として、高精度微風速測定を可能にしたハンディーポータブルタイプの熱式風速計である。風速検出素子は安全性に優れた白金薄膜抵抗体を使用し、検知素子を測定したい環境に設置することにより、安定した精密な風速の測定が行える。

⑤ 粉じん

粉じん濃度はデジタル粉じん計 LD-3K 型(柴田科学製)を用い、これは半導体レーザー光を光源とした光散乱方式のポータブル粉じん計である。

B-5 健康度意識調査と疲労度

A 大学(4名)、B 大学(2名)、C 大学(13名)、A 書店(7名)、B 書店(9名)、C 書店(5名)、美術館(8名)、博物館(3名)、市役所(59名)、A ホテル(3名)、B ホテル(10名)、国際会議場(9名)、JR 駅(5名)の合計 137 名について健康度意識と疲労度の調査を実施した。

①健康度意識調査

調査方法は Miller らの化学物質曝露および過敏症の質問票「Quick Environmental Exposure AND Sensitivity Inventory (QEESI)」を石川らが翻訳したものを参考とし、若干日本人にあわせ内山らが改良調整した質問票を用いて実施した。調査項目は①化学物質曝露による反応について、②その他の化学物質曝露による反応について、③症状について、の 3 項目にそれぞれ設問が 10 あり、0～10 点で、1 項目合計 100 点満点となっている。

回答を得た人をそれぞれの項目で合計し、項目①と③は 40 点、項目②は 25 点をカットオフポイントとした。カットオフポイント以上を化学物質に対する高感受性群として評価した。

②疲労度調査

労働者による健康障害防止のため、労

働者自身が疲労度を把握・自覚し積極的に取り組み、健康管理を行う必要がある。最近(平成 16 年 6 月)厚生労働省は「労働者の疲労蓄積度自己診断チェックリスト作成委員会」を設置し、疲労の蓄積を診断するチェックリストを作成した。今回、この調査票を用いて疲労、ストレス症状をあわせて調査した。なお使用した質問票は昨年度と同様なものである。

(倫理面への配慮)

調査票を使用するにあたっては、調査に関し同意を得ること、その解析は集団で行い、個人情報保持されないことを表明している。

C. 研究結果

[I] 大学施設

(1)A 大学

昨年度すでに事務室、図書館等の調査を終えている。本年度は学生食堂、売店について調査した。

学生食堂、売店で測定された VOCs は 13 種類であり、得られたクロマトグラムの一例を図 1、主要な VOCs 濃度の比較を図 2 に示す。測定した VOCs 中で、トルエンが最も高く、売店および書店では約 25ppb、その他の VOCs は 3ppb 以下と低い値であった。なお売店と書店は同一のフロアにあり、それぞれ影響を受けている。個人曝露濃度は気中濃度に類似していた。

② NO₂

売店、書店、個人、室外とも 10ppb 以下と低く、食堂と厨房は比較的高く、15～20ppb で厨房の影響を受けている。なお、

売店、書店、個人の NO₂ 濃度は室外のそれと同程度であった(図 3)。

③ アルデヒド類

アルデヒド類は 3 種類検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 4 に示す。ホルムアルデヒドはアセトアルデヒドに比べいづれも高値であった(図 5)。売店のホルムアルデヒド濃度は他の箇所にも高く、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの室内濃度は室外のその 2 倍以上高値であり、両化合物の発生源は室内にあるものと考えられる。

④ 物理的因子

大学内の物理的因子の計測結果を表 1 に示す。食堂、売店との温度は 26~31℃ と少し高く、食堂の粉じん濃度は 0.16mg/m³ と室内基準をわずかに超す程度で温度、気流とも建築物環境衛生管理基準内であった。

(2) B 大学

事務室、講義室、実験室、図書館、体育館の施設と個人曝露濃度を計測した。

① VOCs

VOCs は 14 種検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 6、主要な VOCs 濃度の比較を図 7 に示す。VOCs の多くは 2ppb 以下の低値であったが、個人曝露でトルエン、デカンが室内濃度に比べ高い濃度レベルであった。

② NO₂

測定した箇所のすべてで NO₂ 濃度は 10ppb 以下の極めて低い値であった(図 8)。

③ アルデヒド類

3 種類のアルデヒドを検出し、得られた

クロマトグラムの一例を図 9 に示す。ホルムアルデヒドはアセトアルデヒドに比べいづれも 2 倍以上と高く、図書館の濃度が最も高い値であったが、両アルデヒドとも 10ppb 以下と極めて低い濃度レベルであった(図 10)。

④ 物理的因子

大学内の物理的因子の計測結果を表 2 に示す。温度は、10~20℃、湿度は 20~33% といずれも低く、建築物環境衛生管理基準に満たなかった。これは測定を実施したのが 12 月の寒い時期であったためと考えられる。それ以外の風速、粉じん、照度、騒音については適正なレベルであった。

(3) C 大学

教務課、図書館、講義室、実験室、大講義室、パソコン室、売店、軽食堂、室外、個人曝露濃度を計測した。

① VOCs

検出された VOCs は 12 種類であり、得られたクロマトグラムの一例を図 11、主要な VOCs 濃度の比較を図 12 に示す。軽食堂でデカン、ウンデカンが 30ppb を超し、特にデカンは 100ppb を超す高値であった。またデカンは講義室でも約 50ppb と高い濃度レベルであった。四塩化炭素は実験室で 10ppb 以上、エチルベンゼン、o-キシレン、m/p-キシレンは講義室で 10ppb 以上と比較的高い濃度レベルであった。また、1-ブタノール、2-エチル-1-ヘキサノールも数 ppb 検出された。

② NO₂

軽食堂を除く他の箇所の NO₂ 濃度はいづれも 10ppb 以下の低値であった(図 13)。

軽食堂は約 20ppb と比較的高く、調理器具使用の影響を受けているものと考えられる。

③アルデヒド類

3 種類のアルデヒド類を検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 14 に示す。測定した両アルデヒド濃度は室外に比べいずれも高値であったが、25ppb 以下の濃度レベルであった(図 15-a、15-b)。なお、ホルムアルデヒドは講義室で約 20ppb それ以外は 10ppb 以下、アセトアルデヒドはすべて 5ppb 以下と低値であった。

④物理的因子

大学内の物理的因子の計測結果を表 3 に示す。室内の温度は 12~20℃、湿度は 20~55% で建築物環境衛生管理基準より若干低い値である。それ以外の騒音、風速、粉じん、照度のいずれも適正なレベルであった。

[II] 書店

(1)A 書店

地下 1 階、1 階、2 階のフロアの書籍売店で化学的因子、物理的因子の計測を行った。

① VOCs

書店で検出された VOCs は 26 種であり、得られたクロマトグラムの一例を図 16 に、主要な VOCs 濃度の比較を図 17 に示す。測定した VOCs 中で、トルエン濃度が最も高く、書籍売場のトルエンの平均濃度は 10ppb 程度と室外に比べて、5 倍程度高値であり、明らかに書籍の印刷の影響を受けているものと考えられる。その他の VOCs 濃度は、すべて 4ppb 以下と低値であった。個人曝露濃度は、デカ

ン濃度が 15ppb と高値であった。個人曝露濃度は室内の気中濃度と同程度であった。

② NO₂

測定したいずれも 12~20ppb の濃度レベルで場所ごとに差はなく、個人曝露濃度も同程度であり、大気汚染に関わる環境基準値(40~60ppb)以下であった(図 18)。

③ アルデヒド類

3 種類のアルデヒド類を検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 19 に示す。ホルムアルデヒドは、いずれもアセトアルデヒドに比べ高く、地下 1 階、2 階、個人曝露のホルムアルデヒド濃度は、室外に比べ高い傾向であったが、それ以外では同程度であった(図 20)。

④ 物理的因子

書店内の物理的因子の計測結果を表 4 に示す。湿度は 30% 以下と環境衛生基準よりわずかに低いのみでその他の因子、温度、照度、風速、粉じんについてはいずれも適正なレベルであった。

(2)B 書店

1 階、2 階、3 階、4 階の書籍フロア、事務室、及び個人の化学的因子・物理的因子の計測を行った。

① VOCs

検出された VOCs は 31 種類であり、得られたクロマトグラムの一例を図 21、主要な VOCs 濃度の比較を図 22 に示す。トルエン、デカンは 10ppb 以上で、それ以外の VOCs 濃度は 5ppb 以下のレベルであった。特にトルエンは 1 階の売場で約 70ppb、事務室で約 40ppb と高値であ

った。

②NO₂

測定した箇所のNO₂濃度は10~20ppbレベルであった。NO₂の室内及び個人曝露濃度は室外と同程度であった(図23)。

③アルデヒド類

3種類のアルデヒド類を検出し、得られたクロマトグラムの一例を図24に示す。ホルムアルデヒドはアセトアルデヒドに比べいずれも2倍以上高値で、10~25ppbであり、アセトアルデヒドは5ppb以下の濃度レベルであった。個人曝露濃度は室内濃度と同程度であった(図25)。

④物理因子

書店内の物理的因子の計測結果を表5に示す。湿度は30~40%と環境衛生基準よりわずかに低いのみでその他の因子、温度、照度、風速、粉じんについてはいずれも適正なレベルであった。

(3)C 書店

特定建築物に指定されない比較的小さな書店で、書籍売場、CD売場の調査を行った。

①VOCs

検出されたVOCsは19種類であり、得られたクロマトグラムの一例を図26、主要なVOCs濃度の比較を図27に示す。書籍売場でトルエンが約100ppbと極めて高く、個人曝露濃度も同程度であった。トルエン以外のVOCsはほとんどが10ppb以下であったが、個人曝露濃度がいずれのVOCsより高い濃度レベル傾向であった。

②NO₂

書籍売場、CD売場、個人曝露濃度はいずれも同程度で10ppb以下であった。室外のNO₂濃度は、室内に比べ2倍と高い濃度レベルであり、交差点付近にある書店で排気ガスの影響を強く受けているものと考えられる(図28)。

③アルデヒド類

6種のアルデヒド類を検出し、得られたクロマトグラムの一例を図29に示す。ホルムアルデヒドは、アセトアルデヒドに比べ、いずれの箇所とも高値であった(図30)。両アルデヒドともCD売場に比べ、書籍売場での気中濃度が高値であった。書籍売場のホルムアルデヒドは、40ppbとCD売場でのそれより2倍室外に比べ約8倍と高値であった。個人曝露濃度は室内濃度に同等であった。

④物理因子

照度、騒音、風速、粉じんについては適正なレベルであった(表6)。

【Ⅲ】美術館

企画展示場、講堂、ロビー、多目的ホール、事務室、館長室、図書室、印刷室、レストラン、警備室の調査を実施した。

①VOCs

検出されたVOCsは15種類であり、得られたクロマトグラムの一例を図31、主要なVOCs濃度の比較を図32に示す。α-ピネンが地下1階講堂で25ppbの高値を得た以外はトルエン、キシレンなどすべてのVOCsで5ppb以下と低値であった。多くのVOCsは室外の濃度に比べ高く、VOCs発生源は室内の材料等に起因しているものと考えられる。

②NO₂

レストラン・厨房を除く室内の NO₂ 濃度は 10ppb 以下で、室外濃度と同程度であった。厨房は約 40ppb と高く、調理用器具使用の影響を受け、また個人は 20ppb を超し、厨房の影響を受けている(図 33)。

③アルデヒド類

4 種のアルデヒドを検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 34 に示す。ホルムアルデヒドがアセトアルデヒドに比べいずれの箇所とも高い濃度であった。ホルムアルデヒドが最も高い濃度は企画展示室で約 50ppb とそれ以外の箇所は 30ppb 以下であった。またアセトアルデヒドはいずれも 10ppb 以下の濃度であった。なお、両アルデヒド濃度とも室外に比べ高値であった(図 35-a、35-b)。

④物理因子

美術館内の物理的因子の計測結果を表 7 に示す。温度は 20～24℃、湿度は 50～60%、騒音は 60dB 以下、風速は 0.3m/sec 以下、照度は 400Ix 以上、粉じんは 0.1mg/m³ 以下といずれも適正なレベルであった。

[IV] 博物館

多目的ホール、展示室、チケット売り場、受付、事務所、コピー室、売店の調査を実施した。

① VOCs

検出された VOCs は 15 種類であり、得られたクロマトグラムの一例を図 36、主要な VOCs 濃度の比較を図 37 に示す。トルエンと酢酸エチルは他の VOCs に比べて 10ppb を超す濃度であった。特にトルエンは展示場内で約 50ppb と

高値であった。その他定量された VOCs の中で比較的高値を示したのはメチルエチルケトン、エチルベンゼン、スチレン、ウンデカンであった。中でもスチレンはトルエンと同様展示場で 15ppb を超す値であった。

②NO₂

測定したすべての箇所とも 20ppb 以下であった(図 38)。

③アルデヒド類

4 種のアルデヒド類を検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 39 に示す。ホルムアルデヒドはアセトアルデヒドに比べいずれも数倍と高値であった(図 40-a、40-b)。多目的ホールのホルムアルデヒド濃度は他の箇所に比べ 4 倍以上、すなわち約 40ppb と比較的高い値を得た。それ以外の箇所は 15ppb 以下と低値であった。アセトアルデヒドはいずれの箇所とも 5ppb 以下と低い値であった。

④物理因子

博物館の物理的因子の計測結果を表 8 に示す。展示室 A は催し物の性格上照度は 50Ix 以下と低いレベルであったが、それ以外は温度は 23～25℃、湿度は 40～50%、照度は 350Ix 以上、騒音は 70dB 以下、風速は 0.5m/s 以下、粉じんは 0.1mg/m³ 以下でほぼ適正なレベルであった。

[V] 市役所

市役所内の事務室、銀行、書店、旅行社、郵便局、店舗について調査した。

①VOCs

検出された VOCs は 17 種類であり、得られたクロマトグラムの一例を図 41、主要な

VOCs 濃度の比較を図 42-a、42-bに示す。市役所内の市民業務を行う測定箇所では VOCs 濃度はほぼ同じレベルであった。市役所の建物に入っている店舗の VOCs 濃度は市役所業務室内のノナン、トリメチルベンゼン異性体濃度が他の箇所に比べ数倍高値であった。市役所業務の個人曝露濃度はヘプタン、ブタノール、ベンゼン、オクタンがその室内濃度に比べ高値であった。

②NO₂

NO₂ 濃度は市役所内のいずれの箇所とも 20ppb 以下で室外と同じレベルの濃度であった(図 43)。

③アルデヒド類

5 種のアルデヒド類を検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 44 に示す。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド濃度は室外に比べいずれも 10 倍以上の濃度レベルであった(図 45-a、45-b)。ホルムアルデヒドは 15~25ppb、アセトアルデヒドはいずれも約 5ppb であった。両アルデヒドの個人曝露濃度は室外濃度と同程度であった。

④物理因子

市役所の物理的因子の計測結果を表 9 に示す。温度は 24~28℃、湿度は 35~40%、照度 300Ix 以上、風速は 0.3m/s 以下、粉じんは 0.05mg/m³ 以下で、湿度は建築物環境衛生管理基準(40~70%)よりわずかに低い以外は適正なレベルであった。

[VI] ホテル

(1)A ホテル

フロント、客室、ロビー、仮眠室、事務

室、メンテナンス室、レストラン、厨房について調査を行った。

①VOCs

検出された VOCs は 14 種類で、得られたクロマトグラムの一例を図 46、主要な VOCs 濃度の比較を図 47 に示す。客室、メンテナンス室でデカン、リモネンが 10ppb を超す高いレベルであったが、それ以外は 5ppb 以下の低い濃度レベルで個人曝露濃度も同程度であった。

②NO₂

室内の NO₂ 濃度は室外に比べいずれも低い傾向で 15ppb 以下であった(図 48)。

③アルデヒド類

ホテルより 3 種のアルデヒド類を検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 49 に示す。ホルムアルデヒドはアセトアルデヒドに比べいずれの箇所とも高値であった(図 50-a、50-b)。客室、メンテナンス室のホルムアルデヒド濃度以外は 20ppb 以下であったが、メンテナンス室は約 50ppb、客室はそれより高く 70ppb を超す高い濃度レベルであった。アセトアルデヒドは室外に比べ高いが、いずれも 10ppb 以下であった。

④物理的因子

物理的因子の計測を表 10 に示す。レストランの風速が 0.6m/s で建築物環境衛生管理基準(0.5m/sec)をわずかに上回る以外は適正なレベルであった。

(2)B ホテル

ロビー、イベントホール、ブライダルカウンター、客室、事務室、レストラン、調理室の調査を行った。

①VOCs

検出された VOCs は 10 種で、得られたク

ロマトグラムの一例を図 51、主要な VOCs 濃度の比較を図 52 に示す。デカンが最も高く、5ppb 以上でそれ以外の VOCs 濃度は 2ppb 以下であった。測定した箇所での VOCs 濃度の差はあまり認められなかった。

②NO₂

中華レストランを除く他の箇所は約 10ppb 以下と低い濃度レベルであった。中華レストランは約 40ppb と高く、厨房の影響があるものと考えられる(図 53)。

③アルデヒド類

5 種のアルデヒド類を検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 54 に示す。ブライダルカウンター、イベントホールのホルムアルデヒド濃度は他に比べ比較的高く、14~18ppb で、それ以外は 10ppb 以下であった(図 55-a、55-b)。なお、室外のその濃度と余り差はなかった。アセトアルデヒドはイベントホールで約 10ppb で、それ以外の箇所は 5ppb 以下であった。

④物理的因子

物理的因子の計測結果を表 11 に示す。温度は 23~26%、湿度は 37~52%、照度はイベントホールが低い意外は 300lx 以上、騒音は 60dB 以下、風速は 0.3m/s 以下と適正なレベルであった。粉じん濃度は和風レストラン、客室で 0.13mg/m³ 以下であったが、それ以外の箇所は 0.2mg/m³ 以上の濃度で建築物環境衛生管理基準(0.15mg/m³)を越すレベルであった。

(3)C ホテル

ロビー、フロント、客室、事務所、レストランについて調査した。

①VOCs

16 種類の VOCs を検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 56、主要な VOCs 濃度の比較を図 57 に示す。トルエン、デカンが比較的高値で、それ以外の VOCs 濃度は 5ppb 以下であった。特にトルエンは客室を除いて 30ppb 以上の濃度で、レストランで約 60ppb の最高値を得た。トルエン、デカン、2-4-ジメチルペンタン、酢酸エチル、1-ブタノール以外の VOCs は 1ppb 以下の極めて低い濃度レベルであった。

②NO₂

室内の NO₂ 濃度は 15ppb 以下と室外に比べて低い濃度レベルであった(図 58)。

③アルデヒド類

3 種のアルデヒド類を検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 59 に示す。ホルムアルデヒドはアセトアルデヒドに比べいずれも高値であったが、室外に比べ同程度であった(図 60)。アセトアルデヒド濃度は室外に比べ高い濃度傾向であった。

[VII] 国際会議場

事務室、休憩室、会議室、ホール、特別室、控え室の調査を行った。

①VOCs

検出された VOCs は 27 種で得られてクロマトグラムの一例を図 61、主要な VOCs 濃度の比較を図 62 に示す。ヘプタン、1-ブタノール、トルエン、ノナン、デカン、2-エチル-1-ヘキサノール、ウンデカン以外の VOCs は 1ppb 以下の極めて低い濃度レベルであった。ノナン、デカン、ウンデカン、ベンゼンは室外に比べ明らかに室外に比べ室内が低く、2-エチル-1-ヘキサノール、ヘプタンは室内が室外濃度に比べ明らかに高値であった。それ以外の

VOCs は室内、室外とも同程度の濃度レベルであった。なお、多くの VOCs の個人曝露濃度が室内濃度に比べ高い値であった。

②NO₂

測定した室内の NO₂ 濃度は 5~13ppb 濃度レベルで室外のそれより低いレベルであった(図 63)。

③アルデヒド類

3 種のアルデヒド類を検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 64 に示す。ホルムアルデヒドはアセトアルデヒドに比べいずれも高く、ホール B、控え室、事務室、休憩室は約 20ppb、それ以外の箇所は約 30ppb を超す濃度レベルであった(図 65-a、65-b)。会議室 B は 80ppb 以上、会議室 C は約 60ppb といずれも高値で、特に会議室 B は室内指針値の濃度レベルを超していた。アセトアルデヒドはいずれも 5ppb 以下と低値であった。なお、両アルデヒドとも室外に比べ明らかに高い値であった。

④物理因子

物理的因子の計測結果を表 12 に示す。温度は 25~28℃、湿度は 37~50%、照度は 200Ix 以上、騒音は 60dB 以下、風速は 0.3m/s 以下、粉じんは 0.08mg/m³ 以下といずれも適正なレベル範囲であった。

[VIII] JR 駅

窓口、事務室、改札、売店、喫茶店、旅行センターの調査を行った。

①VOCs

検出された VOCs は 27 種で得られたクロマトグラムの一例を図 66、主要な VOCs 濃度の比較を図 67 に示す。メチルエチルケトン、トルエン、デカン、2-エチル-1-ヘキ

サノール、ウンデカンが 10ppb 以上、ついでエチルベンゼン、m/p-キシレン、o-キシレン、p-ジクロロベンゼンが 5ppb 以上と比較的高い濃度レベルでそれ以外の VOCs は 5ppb 以下のレベルであった。メチルエチルケトン、トルエン、デカン、2-エチル-1-ヘキサノール、p-ジクロロベンゼン、ウンデカンは明らかに室内濃度が室外に比べ高い濃度レベルであった。

②NO₂

測定した箇所、室外の NO₂ 濃度とも 20ppb 以下と低い濃度レベルであった。(図 68)

③アルデヒド類

3 種のアルデヒド類を検出し、得られたクロマトグラムの一例を図 69 に示す。ホルムアルデヒドはアセトアルデヒド濃度に比べいずれも高値で、室外より高い値であった(図 70)。改札近くのホルムアルデヒドは室外濃度とほぼ同程度であったがそれ以外の箇所はいずれの濃度とも室外に比べ高いレベルであった。なお、アセトアルデヒドは 10ppb 以下であった。

④物理因子

物理的因子の計測結果を表 13 に示す。温度は約 23℃、湿度約 60%、照度は事務室以外 300Ix 以上、騒音は 80dB 以下、風速は 0.4m/s 以下と適正なレベルであった。粉じんは駅中央が約 0.2mg/m³ と建築物環境衛生基準(0.15mg/m³) を超すレベルで、開放型で室外の影響と人の出入りの多さに起因しているものと思われる。

[IX] 代表的な化学物質別のまとめ

各化学物質別の施設ごとの室内濃度の比較を図 71~図 105 に示す。なお、箱

ヒゲ図の箱の中の線は中央値、箱の上下はそれぞれ 75、25 パーセントイル、バーの上下は 10、90 パーセントイルを示す。なお代表的な化学物質について以下に記述する。

①ホルムアルデヒド

ホルムアルデヒド濃度が 50ppb 以上であったのは数箇所の室内であり、80ppb (室内指針値)を超える値はホテル A 客室および国際会議場の 1 室で認められた(図 71)。ついで美術館、博物館で最大 60~80ppb の測定点がいくつかあった。その他は 50ppb 以下であった。室内外比の平均はいずれも 1 より大きく、室内に主たる発生源があることが示唆された。

②アセトアルデヒド

アセトアルデヒド濃度は書店 C で 20ppb 以上を認めたが、いずれの測定点においても 25ppb 以下であった(図 72)。それ以外は低値であった。室内外比の平均はいずれも 1 より大きく、室内に主たる発生源があることが示唆された。

③トルエン

トルエンは、図 73 に示すように書店で高い傾向を示し、書店 C では最高 196ppb と指針値 70ppb の3倍程度のところもあった。しかし、書店以外では 70ppb を超えたのは、ホテル C の3測定点、博物館の2測定点のみであった。

④キシレン

図 74、75 にそれぞれ m/p-Xylene, o-Xylene の結果を示す。JR 駅、書店 C、大学 C で一部高い値を示すが、いずれも指針値 200ppb よりはるかに低い値であった。

⑤パラジクロロベンゼン

図 76 に示すように JR 駅でのみ比較的高い値を示したが、それ以外ではいずれも 2ppb 以下と低値であった。JR 駅の値も指針値の 40ppb に比較するといずれの測定点においても十分に低い値であった。

⑥エチルベンゼン

図 77 に示すように JR 駅、書店 C、大学 Cなどで一部比較的高値を示すが、いずれも指針値 880ppb よりはるかに低い値であった。

⑦スチレン

図 78 に示すように JR 駅で 1 箇所指針値にあたる 50ppb、および博物館で 38ppb が 1 箇所あったが、そのほかは 10ppb 以下と低値を示した。

⑧2-エチル-1-ヘキサノール

近年、建物によっては非常に高値を認めることがあり注目される物質のひとつであるが、今回の測定では図 79 に示すように JR 駅で最高 32ppb を示し、次いで国際会議場が最大 10ppb 程度を示したが、その他の施設は非常に低値であった。

⑨リモネン

図 80 に示すようにリモネンは、ホテル 3 箇所のうちの 2 箇所で特異的に比較的高い値を検出した。いずれもホテルの客室、イベントホールなどでありリモネンの入った芳香剤などの使用が考えられる。

⑩ヘプタン、オクタン、ノナン、デカン、ウンデカン

脂肪族炭化水素(アルカン)について、図 81~85 に示す。JR 駅、書店、大学で比較的高値を示すことがあった。ヘプタンは書店 B で高く、他は 10ppb 以下と低値であった(図 81)。オクタンはすべて 10ppb 以下の濃度レベルであったが、JR 駅、ホ