

200401324A

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 16 年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 嵐谷 奎一

平成 17 年(2005 年) 4 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	--- 98
III. 研究成果の刊行物・別冊	--- 99
IV. 添付資料:アンケート用紙 「生活環境と健康状態についてのご質問」	--- 103

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 教授

分担研究者

櫻田尚樹 産業医科大学 助教授

内山巖雄 京都大学 教授

加藤貴彦 宮崎大学 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、健康影響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、大学内の図書館、事務室及び病院内の理容室・美容室、百貨店内の売り場(4フロア)・レストラン、パチンコ店、ボーリング場内の空気環境状態と個人曝露濃度及び健康度について調査した。

この結果より、調査箇所では揮発性有機化合物(VOCs)の検出の種類は異なり、また気中濃度も大きく違っていた。図書館、事務室のVOCs濃度はいずれも低く、理容室・美容室は酢酸エチル、トルエン、デカンが10ppbを超す高値、百貨店は売り場ごとに扱う品物の違いでVOCs濃度に差があり、酢酸エチル、トルエン、デカン、スチレンが約10ppb以上であった。ボーリング場内はデカン、トリメチルベンゼン、ウンデカンは20ppb以上で、特に1,2,4-トルメチルベンゼンは100ppbを超す高い濃度レベルであった。ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドは中華レストラン、パチンコ店が比較的高い値であり、NO₂濃度は中華レストランで高い濃度レベルであったが、それ以外の場所は比較的低い濃度レベルであった。物理的因子については、パチンコ店の騒音が約90dBと高く、粉じん濃度はボーリング場で0.15mg/m³を超す高いレベルであった。総揮発性有機化合物はいずれの箇所とも60ppb以下と暫定目標値より低い濃度レベルであった。

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%、2つの基準のカットオフ値を超えたのは1.3%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」と診断された人はいなかった。一方、「アレルギー疾患」と診断されたことがある人は27.5%であった。これらの数値は内山や加藤らによって、すでに国内において大規模で実施された調査結果とほぼ同様であった。「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」が作成したチェックリストによる仕事の負担度とQEESI改訂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QEESI改訂版の各スコアが高値を示した。

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。最近、わが国においても一般家庭環境については調査・研究が意欲的になされてきているが、百貨店・遊技場・店舗などの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現状である。しかし、多くの人々がこれらの施設・店を使用し、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、種々の特定建築物中の化学物質及び物理的因子の検索、濃度計測を実施し、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する。

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つては、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)
ダイアノジン	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	48μg/m ³ (0.03ppm)
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 400. g/m ³

3. 騒音障害防止ガイドライン

A 測定平均値 \ B 測定値	85 d B(A)未満	85 d B(A)以上 90 d B(A)未満	90 d B(A)以上
	85 d B(A)未満	第 I 管理区分	第 II 管理区分
85 d B(A)以上 90 d B(A)未満	第 II 管理区分	第 II 管理区分	第 III 管理区分
90 d B(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以下のとおりである。大学事務所、図書館、百貨店、遊技場(パチンコ、ボーリング)、店舗(飲食店、理容室、美容室)である。

[I] 某医科大学図書館

図書館(図書館内事務室を含む)は、築26年の建築物で、4階建てである。図書館内事務室の広さは17.7m×10.9mで、約10人がそれぞれ個別に机を有し、事務作業を行っている。また、閲覧室は1階と2階となり、今回測定を行った1階の広さは1497.7m²であり、事務員は1人であった。測定を実施した日は開館中で、学生の使用は比較的多い状態であった。

閲覧室において、6箇所、書架棚において2箇所、図書館内事務室の5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。事務室内のうちの1箇所は区切られた雑誌編集室内においてもサンプリングを行った。物理的因子の測定は、閲覧室、書架棚合わせて4箇所、図書館内事務室1箇所、雑誌編集室1箇所及び室外で行った。

個人曝露のサンプリングは、図書館内事務室で6人、雑誌編集室で1人行った。

[II] 某医科大学事務室

この事務室は築26年で8階建て大学1号館1階で、学生の教育に係る業務などが行われている。21人の職員が業務を行っている際に測定を行った。事務室の広さは8.2m×38.1mである。

事務室内の5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。また、物理的因子の測定も事務室内の5箇所で行った。

個人曝露のサンプリングは、10人に行った。

[III] 某医科大学病院内理容室・美容室

大学病院(10階・600床)の地下1階の理容室と美容室で測定を行った。広さは共に6.1m×4.1mで従業員は2人であった。

理容室、美容室共に2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。また、物理的因子の測定は、それぞれ1箇所ずつで行った。

個人曝露のサンプリングは、各室2人行

った。

[IV]百貨店

測定は、某百貨店7階の1階(食品類)、2階(化粧品類)、6階(宝飾・インテリア類)、7階(玩具類・レストラン街)で行った。

各階6～7箇所においてVOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行い、物理的因子は2箇所ずつで行った。個人曝露のサンプリングは各階で3～5人に行った。

[V]飲食店

某百貨店7階の中華レストランで測定を行なった。

レストラン内は3箇所VOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。

[VI]パチンコ店

某パチンコ店(2階建)の1階においてサンプリングを行なった。1階の広さは450m²で従業員は14人、収容座席数は300席であった。フロアに9箇所、室外1箇所VOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。また、物理的因子の測定は、6箇所(対照としての室外1箇所を含む)で行った。個人曝露のサンプリングは12人に行った。

[VII]ボーリング場

某ボーリング場(2階建)の1階においてサンプリングを行った。測定時従業員は5人、測定時在室人数は約50人であった。フロアの12箇所VOCs、NO₂、アルデヒド類のサンプリングを行った。また、物理的因子の測定は、4箇所(屋外1箇所を

含む)で行った。個人曝露のサンプリングは従業員5人に行った。

B-3 測定・化学分析方法

化学的因子はVOCs、アルデヒド類及びNO₂を計測した。その捕集方法・分析方法を示す。

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(図1)。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、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(図2)。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、24時間捕集

した。

発色液は、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 にしたものである。調整した発色液は、25~30°Cの常温で保存した。

NO₂ 捕集後、吸収濾紙をバッチケースから取り出し、ふた付試験管に入れた。発色液を 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 の吸光度を測定して定量した。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、アルデヒド/ケトン捕集用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/ケトン類がシリカゲルにコーティングされた 2,4-ジニトロフェニルヒドラジンと反応しヒドラゾン誘導体となる (図 3)。

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、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 (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 (図 4)。以下にその測定方法について示す。

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 (東京光電株式会社) を用いて行った。受光部には受光素子にシリコンフォ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て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 (柴田科学株式会社) 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の、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 (柴田科学株式会社) 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(柴田科学株式会社)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

大学(31人)、理容室(2人)、美容室(2人)、百貨店(23人)、ボーリング場(5人)、パチンコ店(12人)の合計75人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

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。(使用した質問票を巻末に添付した。)

(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] 某医科大学図書館

① VOCs

図書館閲覧室、棚で検出した VOCs は、トルエン、キシレンを含む21種であった。得られたクロマトグラムの一例を図5に示す。このうち、全ての測定箇所において検出された物質は、トルエン、キシレンなど10種であった。デカン、ウンデカン、酢酸エチルは2ppb以上と比較的高値でそれ以外は2ppb以下であった(図6)。閲覧室、書棚における濃度は、いずれも数ppb以下と低値で、室外濃度と比較してもあまり差異は認められなかった。

図書館の事務室(雑誌編集室を含む)に勤務する従業員の VOCs 個人曝露濃度比較を示す(図7)。工作中的 VOCs 個人曝露濃度は室内の VOCs 濃度と類似し、酢酸エチル、デカン、ウンデカンが高値であった。仕事以外のトルエン、p-ジクロロベンゼンの個人曝露濃度は工作中より明らかに高値であったが、それ以外の

VOCs は工作中、仕事以外とも同程度であった。仕事以外のトルエンと p-ジクロロベンゼンの濃度が工作中よりも明らかに高値であるのは各個人の家庭などの生活環境の影響、特に p-ジクロロベンゼンは、家庭内に防虫剤として用いられている影響を強く受けていると考えられる。

② NO₂

個人曝露濃度、室外の NO₂ 濃度は、図書館内、事務室、棚より 2 倍程度高い値であったが、いずれも平均値で 20ppb 以下であった(図 8)

③ アルデヒド類

図書館の気中より 6 種類のアルデヒド類を検出し、その中で代表的なホルムアルデヒドとアセトアルデヒドを定量した。得られたクロマトグラムの一例をそれぞれ図 9 に示す。その結果、室内、室外、個人曝露濃度ともホルムアルデヒドがアセトアルデヒドに比べ約 2 倍高値であるが、室内指針値(80ppb)以下であった(図 10)。ホルムアルデヒド及アセトアルデヒドの工作中個人曝露濃度は室内濃度とほぼ同程度であったが、ホルムアルデヒドの仕事外の個人曝露濃度は高値で、家庭内での曝露を受けていることが考えられる。なお、ホルムアルデヒドの室外濃度は約 10ppb で、図書館、事務室、棚、個人(工作中)は 20~30ppb、アセトアルデヒドの室外濃度は約 2ppb、それ以外の室内、個人は約 10ppb であった。

④ 物理的因子

測定は昼間に行った。温度は約 25℃、湿度は約 60%、照度は 200~800lx、騒音 40~50dB、風速が 0.07~1.3m/sec、粉じん濃度は 0.04mg/m³ であった(表 1)。風

速は室内基準を上回る値は入口近くの場合でドアの開け閉めが頻繁にあるためで、それ以外は問題となる値はなかった。

[II] 某医科大学事務室

① VOCs

大学事務室内で検出された VOCs は 26 種であった。得られたクロマトグラムの一例を図 11 に示す。事務室の工作中と仕事以外の気中 VOCs 濃度比較を図 12 に示す。工作中的 VOCs 濃度は仕事以外のそれより高値で、特にデカンは 20ppb 以上、1,2,3-トリメチルベンゼンは 10ppb 以上、酢酸エチル、トルエン、ベンゼンも 4ppb を超す値で、明らかに図書館より高い値であった。事務室で業務をする人の個人曝露濃度は特にトルエン、デカン、リモネン、p-ジクロロベンゼン、ウンデカンは 6ppb を超す値であった(図 13)。仕事以外の個人曝露は家庭内での VOCs 曝露を受けていることが示唆された。

② NO₂

NO₂ は工作中的事務室の気中濃度と個人曝露濃度とほぼ同程度で約 20ppb であったが、いずれも大気汚染に係る環境基準(40-60ppb)以下であった(図 14)。

③ アルデヒド類

大学事務室の気中より 6 種類のアルデヒドを検出し、なお、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドを定量した。得られたクロマトグラムの一例を図 15 に示す。ホルムアルデヒドは事務室の工作中が仕事以外に比べ高値であったが、アセトアルデヒドは工作中、仕事以外、個人曝露濃度とも約 6ppb で同程度であった。しかし、仕事以外の個人曝露濃度はホルムアルデヒドと

アセトアルデヒドが同程度の濃度レベルであり、ホルムアルデヒドは工作中的の気中濃度と同程度であった(図16)。アセトアルデヒドは明らかに仕事以外での曝露を多く受けていることが考えられる。

④ 物理的因子

測定は昼前に実施した。温度は約 28℃、湿度は約 62%、気流は約 0.2m/sec いずれも建築物環境衛生基準以下であった(表 2)。騒音は約 55dB、照度も約 500lx で特に問題となることはないと考えられる。

[Ⅲ] 某医科大学病院理容室・美容室

① VOCs

(1) 理容室

大学病院地下 1 階の理容室において 23 種類の VOCs を検出・定量した。得られたクロマトグラムの一例図 17 に示す。室内で酢酸エチル、トルエン、デカンが 5ppb 以上と比較的高い値であった(図 18)。特に酢酸エチルは仕事以外、トルエンは工作中及びデカンは工作中、仕事以外の濃度は 20ppb を超す高い濃度レベルであった。個人曝露濃度は工作中で酢酸エチル、トルエン、デカンは 5ppb を超し、店内の気中濃度に依存している(図 19)。これらの VOCs は整髪剤の成分などに関係していると考えられる。

(2) 美容室

美容室は理容室と同様に 23 種類の VOCs を検出・定量した。酢酸エチル、トルエン、デカンが 10ppb 以上の高い濃度レベルであり、トルエンは工作中が仕事以外に比べ 5 倍以上高値であった(図 20)。個人曝露濃度はトルエン、デカンが 10ppb

以上であり、多くの VOCs は明らかに工作中が仕事以外に比べ高値であった(図 21)。

② NO₂

(1) 理容室

NO₂ 濃度は店内の工作中、仕事以外、個人曝露とも 10ppb 以下と極めて低い値であった(図 22)。

(2) 美容室

理容室と同様に、NO₂ 濃度は店内の工作中、仕事以外、個人曝露とも 15ppb 以下と低い濃度レベルであった(図 23)。

③ アルデヒド類

(1) 理容室

店内より 6 種類のアルデヒド類を検出し、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドを定量した。得られたクロマトグラムの一例を図 24 に示す。ホルムアルデヒド濃度がアセトアルデヒド濃度に比べいずれも高値であり、ホルムアルデヒドの店内と個人曝露濃度はほぼ同じ約 35ppb で、店内の仕事以外に比べ約 2 倍の高いレベルであった。アセトアルデヒド濃度は店内の仕事以外は約 5ppb でそれ以外は 10~15ppb であった(図 25)。

(2) 美容室

店内より 6 種類のアルデヒド類を検出し、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドを定量した(図 26)。理容室と同様にホルムアルデヒド濃度がアセトアルデヒド濃度に比べいずれも高値であった。ホルムアルデヒドは店内の工作中が仕事以外に比べ 2 倍以上の高値で、個人曝露濃度は工作中的の気中濃度よりも高い値であった。しかし、ホルムアルデヒドはいずれも室内指針値(80ppb)以下であった。アセトアルデヒド

濃度は室内の作事中と作事以外及び個人とも 15ppb 以下であった。

④ 物理的因子

(1) 理容室内の温度、湿度、照度、騒音、輻射熱、風速の測定結果を表 3 に示す。いずれの物理的因子とも問題となるレベルではなかった。また、粉じん濃度も $0.03\text{mg}/\text{m}^3$ 以下であった。

(2) 美容室内も表 3 に示すように、理容室と同様に問題となるレベルではなかった。

[IV] 百貨店

某百貨店の 1 階(食品類)、2 階(化粧品、靴、バック類)、6 階(宝飾、寝具類)、7 階(玩具、子供服など)の室内の化学・物理的因子を計測した。

① VOCs

百貨店のフロアによって検出された VOCs の種類は異なり、最も多く検出・定量したのが 1 階(食品売り場)で 27 種、2 階(化粧品類)が 26 種、他の階は約 20 種であった。作事中に得られたクロマトグラムの一列を図 27 に示す。

1 階(食品売り場)はメチルエチルケトン(MEK)、酢酸エチル、ベンゼン、トルエン、酢酸ブチル、スチレン、デカンが約 10ppb、ベンゼン、トルエンは作事中が作事以外より高く、酢酸ブチル、スチレン、デカンは作事以外が高い濃度であった(図 28)。1 階の従業員の VOCs 曝露濃度はいずれも作事以外が作事中より高く、トルエン、デカンは作事中、作事以外とも 10ppb を越す高値であり、室内の濃度と類似している(図 29)。

2 階(化粧品類)の室内の VOCs 濃度は

酢酸エチル、トルエン、デカンが 10ppb 以上、ヘプタン、1-ブタノール、ベンゼン、スチレンが 5ppb 以上で一般環境に比べれば高い値であった。なお、酢酸エチル、トルエン、ヘプタン、デカン、酢酸ブチルは作事中より作事以外の気中濃度が高く、その他の VOCs は同程度であった(図 30)。2 階の従業員の VOCs 曝露濃度は気中濃度と同様にトルエン、デカンが 20ppb 以上を越し、ヘプタン、1-ブタノール、リモネンが 5ppb を越す高い値であった。p-ジクロロベンゼンを除く VOCs 濃度は作事中が作事以外よりいずれも高い値であった(図 31)。

6 階(宝飾など)の室内は、トルエン、スチレン、デカンが 10ppb を越し、作事中が作事以外より高い気中の濃度レベルであった(図 32)。この階の従業員の個人曝露濃度はデカンが 50ppb と極めて高い濃度レベルでそれ以外の VOCs は 5ppb 以下であった(図 33)。但し、作事以外で p-ジクロロベンゼン濃度は 10ppb 以上であった。

7 階(玩具、子供服)の室内の VOCs 濃度はトルエン、酢酸ブチル、スチレン、デカンが 10ppb を越え、作事中より作事以外の室内の VOCs 濃度が高い(図 34)。特にデカンは作事以外で約 80ppb と最も高い値であった。VOCs 個人曝露濃度は酢酸エチル、トルエン、リモネンが 10ppb を越え多くは作事以外での環境の影響を受けている(図 35)。従って 7 階の作事中の濃度と個人曝露濃度とは必ずしも一致していない。百貨店の室外の気中 VOCs 濃度を図 36 に示す。トルエンが約 5ppb、それ以外の VOCs 濃度は 2ppb 以下であった。百

貨店の各階の室内トルエン濃度は室外の濃度の影響も無視できないものと考えられる。

② NO₂

百貨店の NO₂ 濃度比較を図 37 に示す。中華レストラン以外の 1 階、2 階、6 階、7 階のフロアの NO₂ 濃度は室外とほぼ同程度で 20~30ppb で、仕事量が仕事以外に比べれば若干高い傾向であった。NO₂ の個人曝露濃度は 2 階、6 階、7 階で計測した。いずれも仕事量が仕事以外に比べて高く、仕事量は 6 階が他の階に比べて低い傾向で約 20ppb、2 階と 7 階が約 30ppb、仕事以外はいずれも約 10ppb であった(図 38)。

③ アルデヒド類

百貨店内の気中より 6 種類のアルデヒドを検出し、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドを定量した。仕事量に得られたクロマトグラムの一例を図 39 に示す。どの階とも室外に比べ高く、仕事以外に比べ仕事量が高い傾向であった。店内ホルムアルデヒドは仕事量、仕事以外の気中ホルムアルデヒドとアセトアルデヒド濃度比較を図 40、図 41 に示す。店内のアセトアルデヒド濃度は室外に比べ高く仕事量、仕事以外ともほぼ同程度で約 15ppb であった。各階で勤務する従業員のアルデヒド類の個人曝露濃度はホルムアルデヒドがアセトアルデヒドに比べいずれも高く仕事量のホルムアルデヒドは 10~20ppb、アセトアルデヒドは 5~10ppb であった(図 42、図 43)。また、生活の個人差があり、仕事以外が 2 倍以上高値である場合もあった。

④ 物理的因子

百貨店の物理的因子の計測結果を表 4

に示す。

測定は 11 時前後に行った。温度は 20~27℃、湿度は 30~40%、照度が 250~1500lx 騒音は 50~70dB、風速は 0.4m/sec 以下で、湿度は若干低い以外は適正な範囲である。また、CO、CO₂ 濃度はそれぞれ 2ppm 以下と 900ppm 以下といずれも建築物環境衛生管理基準以下であった。

[V] 飲食店

1. 特定建築物指定店

特定建築物と指定されている某百貨店内の中華レストランの環境測定を行った。このレストランの広さは約 150m² で、店内の化学物質気中濃度を計測した。

① VOCs

仕事量のみ VOCs を計測した。得られたクロマトグラムの一例を図 44 に示す。中華レストランの気中のトルエンが 10ppb を超し、それ以外の VOCs は 5ppb 以下であった(図 45)。

② NO₂

仕事量は約 60ppb と高値で、調理の影響があると考えられる(図 37)。

③ アルデヒド類

中華レストランから得られたクロマトグラムの一例を図 46 に示す。仕事量のホルムアルデヒド濃度は約 60ppb、アセトアルデヒドは約 30ppb と比較的高く、調理の影響を受けていると考えられる(図 40、図 41)。

2. 特定建築物に指定されない店

特定建築物に指定されない典型的な日本の飲食店(焼き鳥屋:4 店)について、特定建築物中の飲食店と比較する目的で化学物質濃度を測定した。

測定を行ったのは夏(8月)で、暖房器具のない時期で調理用の燃料はA店(電気)、B店(炭とプロパンガス)、C店(液化天然ガス)、D(プロパンガス)である。なお、店の面積は40~70m²であった。

① VOCs

工作中的の厨房のVOCs濃度の比較を図47に示す。5ppb以上と比較的高い濃度レベルはクロロホルム、ベンゼン、トルエンなどのVOCsで、C店のベンゼンは10ppbを越す値であった。客室のVOCs濃度も厨房の影響を受けて、同様にクロロホルム、ベンゼン、トルエン、p-ジクロロベンゼンが他のVOCsに比べて高く、厨房よりは低い値であった。B店の工作中、仕事以外、室外のVOCs濃度を比較した結果を図48に示す。工作中がいずれも高く、ベンゼン、オクタン、デカンが5ppbを越す濃度レベルであった。

② NO₂

厨房のNO₂濃度比較を図49に示す。いずれの店とも工作中は100ppbを越し、特にC店は約400ppbの最高値であり、これは大気汚染に係る環境基準を大きく上回っていた。飲食店内のNO₂は80~140ppbと厨房に比べれば低いが、環境基準(40~60ppb)以上であり、調理時の影響を受けている。なお、仕事以外は低い値であった。

従業員の個人曝露濃度も100~400ppbと高く、明らかに調理時に発生するNO₂に大きく影響を受けている。

③ アルデヒド類

4店の厨房のホルムアルデヒド濃度を図50に示す。工作中が仕事以外に比べいずれも2倍以上高く、工作中は50ppb以

上で特にC店は約200ppbと室内環境指針値(80ppb)の約3倍と高値であった。また、4店のそれぞれの箇所の平均値を図51に示す。いずれも工作中が仕事以外に比べ高く、また、室外より高値であった。なかでも厨房のホルムアルデヒド平均濃度は約110ppbと最も高く、個人曝露は約60ppb、店内も約60ppbと明らかに厨房での調理の影響を強く受けていると考えられる。

[VI] パチンコ店

パチンコ店内はアルデヒド類、NO₂及び物理的因子について計測した。

① NO₂

パチンコ店の工作中的のNO₂濃度は約30ppb、仕事以外の約10ppbと工作中が約3倍程度高値であり、NO₂個人曝露濃度は工作中、仕事以外とも約35ppbと同程度であった(図52)。

② アルデヒド類

パチンコ店内より6種のアルデヒド類を検出し、工作中から得られたクロマトグラムの一例を図53に示す。なお、ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドを定量した結果を図54に示す。ホルムアルデヒドとアセトアルデヒド濃度はほぼ同程度であり、両化学物質のフロアの工作中的の気中濃度は約60ppb、仕事以外に比べ約6倍高値であり、工作中的の個人曝露濃度と同程度であった。また、室外の両化学物質は5ppb以下と低い値であった。ホルムアルデヒドは室内環境指針値(80ppb)より低値であったが、アセトアルデヒドは室内環境指針値(30ppb)より2倍高値であった。

③ 物理的因子

パチンコ店の物理的因子の計測結果を表5に示す。

温度は約25℃、湿度は約20%、照度は1000~1300lx、風速は約0.2m/sec、騒音は85~90dBで、湿度は建築物環境衛生管理基準に比べ低く、騒音は85~90dBの範囲で騒音防止ガイドラインによると管理区分Ⅱで比較的悪い環境状態と評価される。店内の粉じん濃度は営業前(約0.1mg/m³)に比べ営業中が0.2~0.4mg/m³と2倍以上の高値となり、明らかに建築物環境衛生管理基準(0.15mg/m³以下)を越す濃度レベルであった。

[VII] ボーリング場

調査したボーリング場は2階建てで普段良く使用されている1階のフロアを調査対象とした。サンプリングポイントは投球動作を行う近くで行った。

① VOCs

ボーリング場内で検出したVOCsは12種類で、それ以外は検出限界以下であった。仕事から得られたクロマトグラムの一例を図55に示す。場内のVOCsはベンゼン、トルエン、キシレンが5ppb以下であったが、脂肪族炭化水素のノナン、デカン、ウンデカンが10~30ppbと高く、1,3,5-トリメチルベンゼンは約40ppbまた、1,2,4-トリメチルベンゼンは100ppbを越す高値であった。なお、仕事でのVOCs仕事以外に比べ高い濃度レベルであった(図56)。個人曝露濃度は場内の気中濃度と同じ傾向で、仕事で仕事以外に比べ高値であり、1,3,5-トリメチルベンゼンは約50ppb、1,2,4-トリメチルベンゼンは約180ppbと極めて高く、室内濃度と同程度

で、これらは仕事以外に比べ20倍以上の濃度であった(図57)。

② NO₂

NO₂のボーリング場内と個人曝露濃度結果を図58に示す。ボーリング場内は仕事で、仕事以外とも10ppb以下、個人曝露濃度は仕事で、仕事以外とも30ppbで低い値であったが、個人曝露濃度が場内の気中濃度に比べ高い値であった。

③ アルデヒド類

ボーリング場内の気中より6種類のアルデヒドを検出した。仕事から得られたクロマトグラムの一例を図59に示す。ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドを測定した結果を図60に示す。ホルムアルデヒド濃度がアセトアルデヒド濃度よりいずれの箇所・個人とも約2倍高値であった。両アルデヒドの個人曝露濃度はフロアの気中濃度に比べ約2倍、室外に比べ約4倍と高い濃度レベルであったが、いずれも室内濃度指針値以下であった。

④ 物理的因子

ボーリング場内の物理的因子の計測結果を表6に示す。粉じん濃度は室外に比べ室内はいずれも低く、0.05mg/m³以下であった。温度は約20℃、湿度は約36%、照度は700~900lx、風速は0.2m/sec以下と問題となるものはないが、騒音は80dB近くあり、この遊戯の特徴であり、明らかに室外に比べ高いレベルであった。

[VIII] 特定建築物内の総揮発性有機化合物

室内環境では総揮発性有機化合物(TVOC)の暫定目標値を400µg/m³と定めている。VOCsには数多くの物質が含ま

れ、個々に定量することが出来ない未同定の VOCs も存在する。このためこれらの VOCs がトルエンであったらどの程度の量になるかという換算を用いて、環境評価、健康影響評価を行うことがなされている。

測定を実施した各場所での TVOC 濃度を図 61 に示す。百貨店、ボーリング場空気中の TVOC が 50~60ppb、他の場所に比べれば若干高い傾向で、その他の室内は 30ppb 以下といずれも暫定目標値(約 108ppb)より低いレベルであった。

[IX] 健康意識と疲労度

①健康意識度調査

1. 化学物質過敏症やシックハウス症候群の診断の有無

今回の調査対象者は 75 名と少人数であったが、実際に「化学物質過敏症」や「シックハウス症候群」と診断された人はいなかった。一方、「気管・呼吸器、皮膚、目、鼻、のど等のアレルギー疾患」と診断されたことがある人は 27.5%であった。(図 62)

2. QEESI 改訂版による調査結果

「化学物質曝露による反応について」、「その他の化学物質曝露による反応について」、「症状」についての各スコアの度数分布を図 63~65 に示す。これらより「化学物質曝露による反応について」、「その他の化学物質曝露による反応について」、「症状」についてのスコア 0~5 の人の割合を図 66 に示す。「症状」についての解析で、まったく反応の無いと回答したヒト(スコア 0)は 12.0%、スコア 1~5 のヒトは 21.3%であった。「化学物質曝露による反応」についての解析でまったく反応の無いと回答したヒト(スコア 0)は 34.7%、スコア

1~5 のヒトは 24.0%であった。「その他の化学物質曝露による反応」についての解析で、まったく反応の無いと回答したヒト(スコア 0)は 36.0%、スコア 1~5 のヒトは 33.3%であった。

次に、カットオフ値によるスクリーニングの解析結果を示す。3 つの基準のカットオフ値全てを超えたのは 0%、2 つの基準のカットオフ値を超えたのは 1.3%であった(図 67)。

さらに、これらのスコアに及ぼす因子について検討した。今回調査した 75 名のうち、男性 36 名、女性 39 名の平均年齢は相違なかった(図 68)。性差によりスコアの差異が認められるかを検討した結果、図 69~71 に示すように、「化学物質曝露による反応について」、「その他の化学物質曝露による反応について」、「症状」のいずれのスコアにおいても差異は認めなかった。

前述のように、アレルギーの診断歴を有する人が 27.5%いたが、アレルギー歴にも男女差は認めなかった(図 72)。そこで、男女を一緒に、アレルギー歴の有無別に各スコアの相違を比較した。その結果、「化学物質曝露による反応について」のスコア(図 73)は相違がなかったが、「その他の化学物質曝露による反応について」のスコア(図 74)はアレルギー歴を有する群が有意に高いスコアを示した。また「症状」についてのスコア(図 75)はやはりアレルギー歴を有する群が高いスコアを示したが有意ではなかった。

次に喫煙状況がこれらのスコアに影響するかを検討した。喫煙率は図 76 に示すように男性が女性より有意に高かった。喫

煙の有無により「化学物質曝露による反応について」、「その他の化学物質曝露による反応について」、「症状」についての各スコアには有意な相違は認めなかった(図 77~79)。

②疲労度調査結果

図 80 に示す、厚生労働省の「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」が作成したチェックリストを用いて疲労、ストレス症状を調査した。

自覚症状評価得点、勤務状況得点について男女差は認めなかった(図 81, 82)。男女を一緒にした、自覚症状評価得点、勤務状況得点の度数分布を図 83, 84 に示す。これらの得点より、勤務状況の評価分類別(0点をA、1~2点をB、3~5点をC、6点以上をD)の度数分布を図 85 に示す。また、自覚症状の評価分類別(0~4点をI、5~10点をII、11~20点をIII、21点以上をIV)の度数分布を図 86 に示す。これら勤務状況と自覚症状の評価分類を組めあわせて、総合的な仕事の負担度を「低い」、「やや高い」、「高い」、「非常に高い」の4段階に分類した。その度数分布を図 87 に示す。図 88 に示すように勤務状況評価得点が高くなると自覚症状評価得点が高くなる傾向にあった。なお、仕事の負担度4段階の各評価分類群の平均年齢は図 89 に示すように差異は認めなかった。

次に、上述の仕事の負担度の4段階の分類と先の QEESI 改訂版の各得点の関係を分析した。その結果、「化学物質曝露による反応について」のスコアは有意差を認めなかったが仕事の負担度が高くなるにつれて高値を示した(図 90)。また「その他の化学物質曝露による反応について」および「症状」のスコアは、有意に仕事の負担度が高くなるにつれて高値を示した(図 90, 91)。

D. 考察

本年度は特定建築物に定義されている室内の化学・物理的因子及び健康度について調査した。調査した建築物は[I]大学図書館、[II]大学事務室、[III]大学病院理容室・美容室、[IV]百貨店、[V]飲食店、[VI]パチンコ店、[VII]ボーリング場である。

[I] 大学図書館内の環境調査では 21 種の VOCs を検出し、室内の個々の VOCs はほとんど 5ppb 以下で、TVOC は 10ppb といずれも低かった。NO₂、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドも低い濃度レベルであった。また、物理的因子(温度、湿度、照度、騒音、風速)も適正な範囲内で粉じん濃度も 0.01mg/m³ 以下と低値であった。

[II] 大学事務室内の環境調査では 26 種の VOC を検出し、酢酸エチル、トルエン、デカン、1,2,3-トリメチルベンゼン濃度が 10ppb 以上と図書館に比べて高値であったが、それ以外の VOCs は 5ppb 以下、また TVOC は 20ppb 以下で低い濃度レベルであった。NO₂、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドは図書館と同様に低い濃度レベルであった。物理的因子は建築物環境衛生基準以下であった。

[III] 理容室・美容室内の環境調査では 23 種の VOCs を測定し、酢酸エチル、トルエン、デカンが 10ppb を超し、図書館、事

務室とは異なり、仕事上で使用する整髪用溶剤の影響を強く受けている。NO₂、アルデヒド類は低い値であり、物理的因子についてもいずれも適正な状態であった。

[IV] 百貨店は商品の陳列が異なる4つのフロアについて調査した。VOCs濃度はフロアによって異なるが、共通してトルエン、デカン、スチレンが10ppbを越す高い値になり、大学事務室、飲食店、ボーリング場に比べスチレンが高いのが特徴である。NO₂、アルデヒド類はいずれも低値であった。

[V] 中華料理店では、トルエンが10ppb以上でその他は5ppb以下であった。ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、NO₂は環境基準とほぼ同程度の濃度レベルで調理時に発生することに起因しているものと考えられる。特定建築物が指定されていない小さな飲食店(焼き鳥)での調査結果で客室のVOCs濃度はすべて10ppb以下で、比較的炭化水素、ベンゼン、トルエンが高い濃度レベルであった。なお、厨房は客室のVOCs濃度に比べ高いレベルであったがすべて15ppb以下であった。ホルムアルデヒド濃度レベルは厨房では100ppbを超えていた。各飲食店の厨房の化学物質濃度は、比較的高いため、調理の影響が客室に及ばない工夫が必要である。

[VI] パチンコ店内は、アセトアルデヒドがホルムアルデヒドに比べ高く、かつ室内環境指針値(30ppb)の2倍の高値であった。粉じん濃度は建築物環境衛生管理基準(0.15mg/m³)を越す高い濃度レベルであり、騒音も騒音障害防止ガイドラインの90dBレベルと同等のレベルであった。こ

れはパチンコそのものの遊技の特徴で、ヒトの出入りが多くかつ玉の出入り、室内音楽に起因していると考えられる。

[VII] ボーリング場はデカン、ウンデカン、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が20ppb以上の濃度であり、トルメチルベンゼンが高い濃度レベルであることが他の特定建築物に比べ特徴的である。このトリメチルベンゼンは床材の表面のワックスに由来するものと考えられる。

[VIII] 測定を実施した室内のTVOC濃度はいずれも暫定指針値(108ppb)以下の比較的低い値であった。

[IX] 特定建築物で作業する人の健康度を調査した。QEESI調査票の結果においてMillerらの3つの基準のカットオフ値全てを越えたのは0%、2つの基準のカットオフ値を越えたのは1.3%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」と診断された人はいなかった。一方、「気管・呼吸器、皮膚、目、鼻、のど等のアレルギー疾患」と診断されたことがある人は27.5%であった。これらの数値は内山や加藤らによって、過去に国内において大規模で実施された調査結果とほぼ同様であった。仕事での疲労感、ストレスの評価では疲労感、精神的ストレスを感じている方が多いことが認められた。

E. 結論

特定建築物の中で業種が異なる室内の化学的・物理的因子及び健康度の調査を実施した。室内のVOCs濃度は業種により異なり、事務室、図書館は低い濃度レベルであり、理・美容室は用いる整髪剤

などの影響を受けて酢酸エチル、ベンゼン、デカンが比較的高く、百貨店は売り場の商品により室内濃度に大きく依存し、トルエン、デカン、スチレン、が比較的高く、また、ボーリング場は床材の表面のワックスによる影響を受けてデカン、ウンデカン、トリメチルベンゼン濃度が高く特に、1,2,4-トリメチルベンゼンが 100ppb を超す高い濃度レベルであった。すなわち VOCs 濃度は明らかに業種の内容に大きく依存している。なお、TVOC はいずれの業種とも暫定指針値以下であった。アルデヒド類はいずれの業種でも検出・定量できたが、中華レストラン、パチンコ店が比較的高い濃度レベルであった以外は低い値であった。

NO₂ 濃度は、調理で熱源を用いる業種で高濃度であった以外は低い濃度レベルであった。粉じん濃度はパチンコ店で建築物環境衛生管理基準 (0.15mg/m³) を上回ったが、それ以外の室内は低い濃度レベルであった。また、騒音もパチンコ店で 90dB と高いレベルであった。また、百貨店の室内の湿度は 40% 以下と極めて低いレベルであった。その他の物理的因子は建築物環境衛生基準以内であり、適正なものと判断できる。健康度の調査については母数が少ないため業種ごとの特徴などについて明らかにならなかった。なお、各個人の愁訴等も日本の従来の結果と同様である。疲労感、ストレス感は比較的多くの人の訴えがあることがわかった。

以上の事より業種の内容により明らかに発生する化学物質の種類また物理的因子が大きく異なることが明らかになった。また、疲労・ストレスを感じる人が比較的多

いことも認められた。今後、化学的・物理的因子の特徴、疲労・ストレス感の度合を正しく評価し、低減への対策を進める必要があるものろ考えられる。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

・Ulla Nivukoski、西 準、井上 和歌奈、大谷 仁美、樺田 尚樹、嵐谷 奎一：飲食店内の汚染状況について

第5回 大気環境学会九州支部総会、福岡、2005年1月

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし