

表13 JR駅における物理因子計測結果

測定点 (No.)	場所	測定 時間	温度 (°C)	湿度 (%)	照度 (lx)	騒音 (dB)	放射熱 (°C)	風速 (m/s)	粉じん濃度 (mg/m <sup>3</sup> )	粒径別の粉じん濃度(μg/m <sup>3</sup> )			
										PM1	PM2.5	PM7	PM10
1	事務所	9:52	23.1	62	136	62.4	24.1	0.17	0.148	1.50	3.70	0.80	31.10
2	駅中央	10:06	23.9	62	306	77.3	24.8	0.29	0.196	1.90	6.00	0.40	25.30
3	旅行センター	10:33	22.4	63	685	65.4	24.0	0.33	0.040	2.70	5.50	0.10	15.00
4	売店	10:38	23.3	61	97	63.2	24.5	0.27	0.034	8.60	11.30	0.70	1.30
5	室外	-	28.3	71.0	1300	63.2	26.5	0.17	0.061	3.80	10.70	0.60	43.20

表14 特定建築物中の物理的因子の比較

場所	温度(°C)	湿度(%)	照度(lx)	騒音(dB)	輻射熱(°C)	風速(m/s)	粉じん(mg/m <sup>3</sup> )
A大学	26~31	44~64	400~420	65~69	26~29	0.22	0.01~0.17
B大学	10~21	20~33	300~630	46~61	11~21	0.02~0.4	0.018~0.066
C大学	12~20	23~54	190~590	52~62	12~20	0.03~0.28	0.01~0.1
A書店	23~26	27~30	315~1500	55~56	24~26	0.08~0.29	0.016~0.085
B書店	25~29	34~41	230~1470	63~62	25~29	0.08~0.38	0.052~0.117
美術館	21~24	52~64	140~1240	44~60	22~26	0.17~0.28	0.01~0.1
博物館	24~26	43~50	13~1140	54~65	24~26	0.08~0.34	0.02~0.117
市役所	24~28	34~40	332~1000	-	25~28	0.09~0.27	0.004~0.056
Aホテル	26	55~70	273~372	45~63	27	0.23~0.06	-
Bホテル	23~26	37~52	168~3100	51~59	24~26	0.09~0.23	0.09~0.25
国際会議場	25~29	37~49	145~1400	40~58	22~28	0.07~0.15	0.012~0.074
JR駅	22~24	10~63	100~690	62~77	24~25	0.17~0.29	0.034~0.196

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	ページ	出版年
Arashidani,K., Nivukoski,U., Inoue,W., Otani,H, Kunugita N., Kim, H., Kato, T., Uchiyama,I	Investigation of air pollution in restaurants and of employees personal exposure level	Proceeding of the 10th International conference on Indoor Air Quality and Climate	2718-2722	2005
嵐谷奎一、塩津佳奈子、青木 香奈枝、井上和歌奈、大谷仁 美、櫻田尚樹(産業医科大 学)、加藤貴彦(宮崎大学)、内 山巖雄(京都大学大学院)	大学施設内の空気汚 染の調査	室内環境学会誌	100-101	2005
嵐谷奎一、本山ユミ、青木香 奈枝、井上和歌奈、大谷仁 美、櫻田尚樹(産業医科大 学)、加藤貴彦(宮崎大学)、内 山巖雄(京都大学大学院)	百貨店内の空気汚染 調査	室内環境学会誌	102-103	2005
嵐谷奎一、真鍋龍治、井上和 歌奈、大谷仁美、櫻田尚樹(産 業医科大学)、加藤貴彦(宮崎 大学)、内山巖雄(京都大学大 学院)	遊興施設内の空気汚 染調査	室内環境学会誌	104-105	2005

研究成果の刊行物・別冊

# 大学施設内の空気汚染の調査

嵐谷 奎一、○塩津佳奈子、青木香奈枝、井上和歌奈、大谷仁美、櫻田尚樹  
(産業医科大学・産業保健学部)

加藤貴彦(宮崎大学・医学部)、内山巖雄(京都大学大学院)

## 1. はじめに

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。室内に関する研究の多くは一般家庭についての調査で、百貨店・遊技場などの特定建築物についての報告は少ない。そこで本研究は、学校内の化学物質及び物理的因子の濃度計測を実施し、室内汚染状況を把握することを目的とした。

## 2. 方法

### 2.1 対象

調査対象は大学事務室、図書館、及び理容室、美容室である。大学は築26年の8階建てで、併設の図書館と病院を有している。

大学事務室は約20人の職員が業務を行い、事務室の広さは約8m×38mである。

大学図書館内事務室の広さは約18m×11mで、約10人が事務作業が行われている。閲覧室は2階建て、測定は1階(1500m<sup>2</sup>)である。測定日は開館中で、利用者が比較的多い状態であった。

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い、広さは共に6m×4mで従業員はそれぞれ2人であった。

### 2.2 計測

VOCsは、高性能パッシブサンプラーVOC-SDを用いて捕集し、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。NO<sub>2</sub>はNO<sub>2</sub>バッチを用いて捕集、吸光度法にて定量した。アルデヒド類はアルデヒド/ケトン捕集用パッシブサンプラーDSD-DNPHで捕集、高速液体クロマトグラフを用いて定量した。

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。

## 3. 結果

### (1) 大学事務室

26種のVOCsを検出し、デカン、1,2,3-トリメチルベンゼンが10ppb以上と高値であった。VOCsの個人曝露濃度は業務中4ppb以下と低く、仕事以外の個人曝露が高値で家庭内曝露を受けていることが考えられる(図1)。

NO<sub>2</sub>は仕事中の気中濃度と個人曝露濃度は約20ppbでいずれも低値であった。

ホルムアルデヒドは仕事、個人曝露濃度ともいずれも約25ppb、アセトアルデヒドはいずれの濃度とも約6ppbと同程度であった。

物理的因子はいずれも建築物環境衛生基準以下であった。

### (2) 大学図書館

21種のVOCsを検出し、デカンを除き、VOCsは4ppb以下と低値で、室外濃度と同等であった。従業員のVOCs曝露濃度は、室内のそれと同程度であった。トルエンとp-ジクロロベンゼン濃度は仕事以外が高値で、家庭などの生活環境の影響を強く受けられていると考えられる。すべてのNO<sub>2</sub>濃度はいずれも20ppb以下であった。

ホルムアルデヒドの室外濃度は約10ppb、図書館、事務室、棚、個人(仕事)は20~30ppb、アセトアルデヒドの濃度は約2ppb、それ以外の室内、個人は約10ppbで、いずれも指針値以下であった。温度、湿度、照度、騒音、粉じん濃度は室内基準以下であった。風速は入口近くの場所でドアの開け閉めが頻繁にあるため、室内基準を上回っていた。

### (3) 大学病院内の理容室・美容室

理容室、美容室とも酢酸エチル、トルエン、

デカンが10ppb以上と比較的高い値で、それ以外の VOCs は5ppb 以下であった。個人曝露濃度は店内の気中濃度に依存しており、整髪剤などに関係していると考えられる。

理容室、美容の NO<sub>2</sub> 濃度はいずれも15ppb 以下と低い値であった。理容室、美容室とも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約 35ppb で、アセトアルデヒド濃度はいずれも 15ppb 以下であった。

#### 4. 考察・結論

(1) 事務室内では酢酸エチル、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。NO<sub>2</sub>、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。

(2) 理容室・美容室内は酢酸エチル、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。NO<sub>2</sub>、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。大学内の 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、デカンが比較的高い値であった。

#### 5. 謝辞

本研究の一部は平成 16 年度厚生労働省厚生労働科学研究費によって行なわれた。

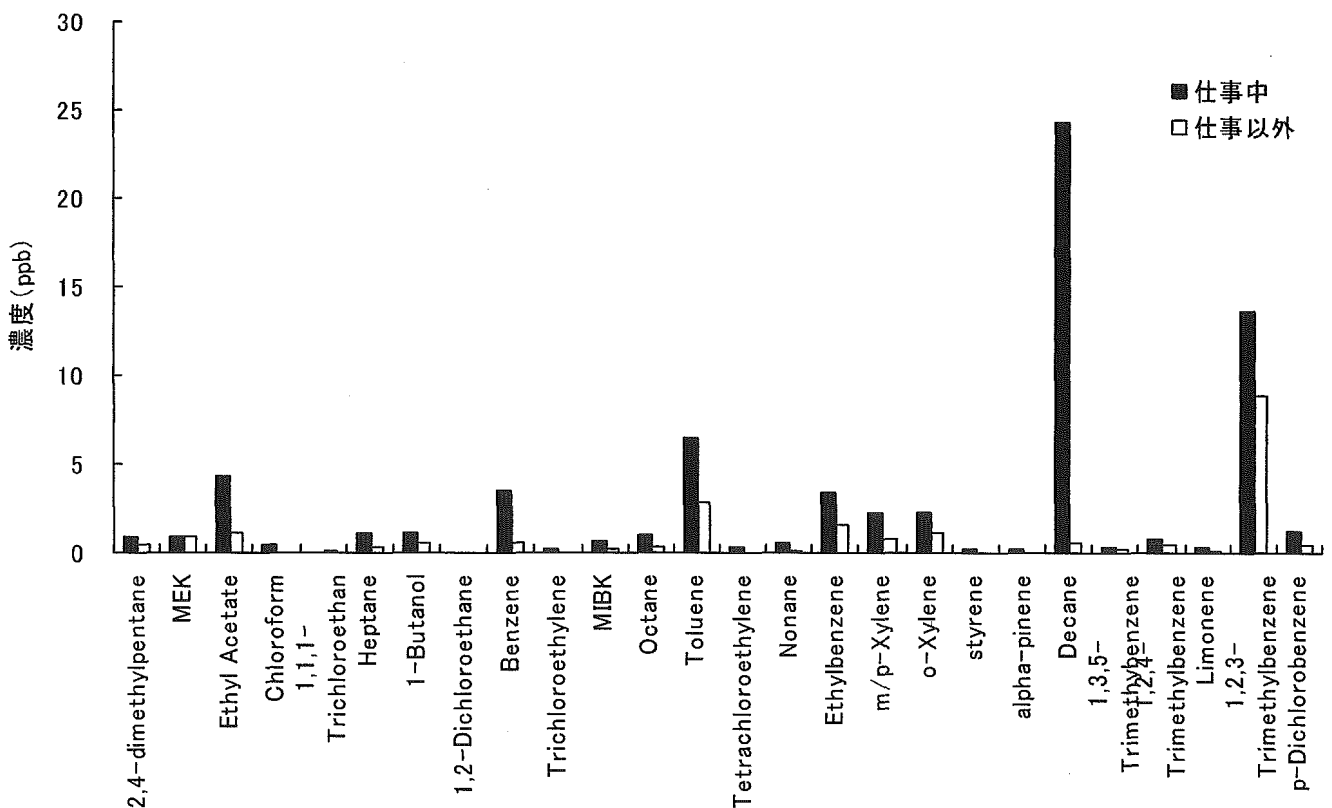


図1 大学事務室における VOCs 濃度比較

# 百貨店内の空気汚染調査

嵐谷奎一、○本山ユミ、青木香奈枝、井上和歌奈、大谷仁美、樺田尚樹

(産業医科大学・産業保健学部)

加藤貴彦(宮崎大学・医学部)、内山巖雄(京都大学大学院)

## 1. はじめに

室内空気中には、揮発性有機化合物(VOCs)、アルデヒド類、フタル酸エステル類など多数の化学物質が存在する。これらの中には化学物質過敏症の発症に関与する化学物質が知られ、社会問題になっている。最近の建築物はますます高气密化、高断熱化が進み、また新建材の使用により、室内空気汚染がますます悪化することが危惧され、汚染対策が必要とされている。

そこで、本研究は、百貨店内の化学物質及び物理的因子の濃度計測を実施し、室内汚染状況を把握することを目的とした。

## 2. 方法

### (1) 測定箇所

某百貨店の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・中華レストラン)で行った。この百貨店は7階で、総売り場面積は約25,000m<sup>2</sup>であった。

### (2) 測定方法

VOCsは、高性能パッシブサンプラーVOC-SDで捕集し、GC/MSで定量を行った。NO<sub>2</sub>はNO<sub>2</sub>バッチで捕集後、吸光度法にて定量した。アルデヒド類は、アルデヒド/ケトン捕集用パッシブサンプラーDSD-DNPHで捕集後、高速クロマトグラフィーで定量した。

物理因子は、温湿度、照度、騒音、輻射熱、風速、粉じん濃度を測定した。

## 3. 結果

### (1) VOCs

百貨店のフロアごとに検出された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。

1階(食品売り場)はメチルエチルケトン、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以上の濃度レベルであった。個人曝露濃度は、トルエン、デカンが10ppbを越す高値であり、それ以外のVOCsは5ppb以下であった。

2階(化粧品類)のVOCs濃度は酢酸エチル、トルエン、デカンが10ppb以上と高い値であった(図1)。個人曝露濃度は気中濃度と同様な傾向があった。

6階(宝飾など)は、トルエン、スチレン、デカンが10ppbを越す高い濃度レベルであり、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は5ppb以下であった。

7階(玩具、子供服)のVOCs濃度はトルエン、酢酸ブチル、スチレン、デカンが10ppbを超え、特にデカンは非就業中で約80ppbと最も高い値であった。個人曝露濃度は酢酸エチル、トルエン、リモネンが10ppbを超えていた。7階中華レストランは気中のトルエンが10ppbを超し、それ以外のVOCsは5ppb以下であった。百貨店室外の気中VOCs濃度はトルエンで約5ppb、それ以外のVOCs濃度は2ppb以下と低い値であり、百貨店の各階のVOCsの

多くは店内に主要発生源があるものと考えられる。

(2) NO<sub>2</sub>

1階、2階、6階、7階のフロアのNO<sub>2</sub>濃度は室外とほぼ同程度で20~30ppbで、中華レストランは就業中のNO<sub>2</sub>濃度は約60ppbと高値で、調理の影響があると考えられる。

(3) アルデヒド類

ホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの室内濃度は室外に比べ高い値であった。ホルムアルデヒドは10~30ppb、アセトアルデヒドは5~15ppbの範囲で、中華レストランは就業中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。

(4) 物理的因子

湿度、照度、騒音、風速、湿度、CO、CO<sub>2</sub>濃度いずれとも建築物環境衛生管理基準以下であった。

4. 考察

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。NO<sub>2</sub>、アルデヒド類はいずれも低値であった。

中華レストランでは、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、NO<sub>2</sub>濃度は調理時の影響を受けていた。

5. 謝辞

本研究の一部は、平成16年度厚生労働省厚生労働科学研究費によって行われた。

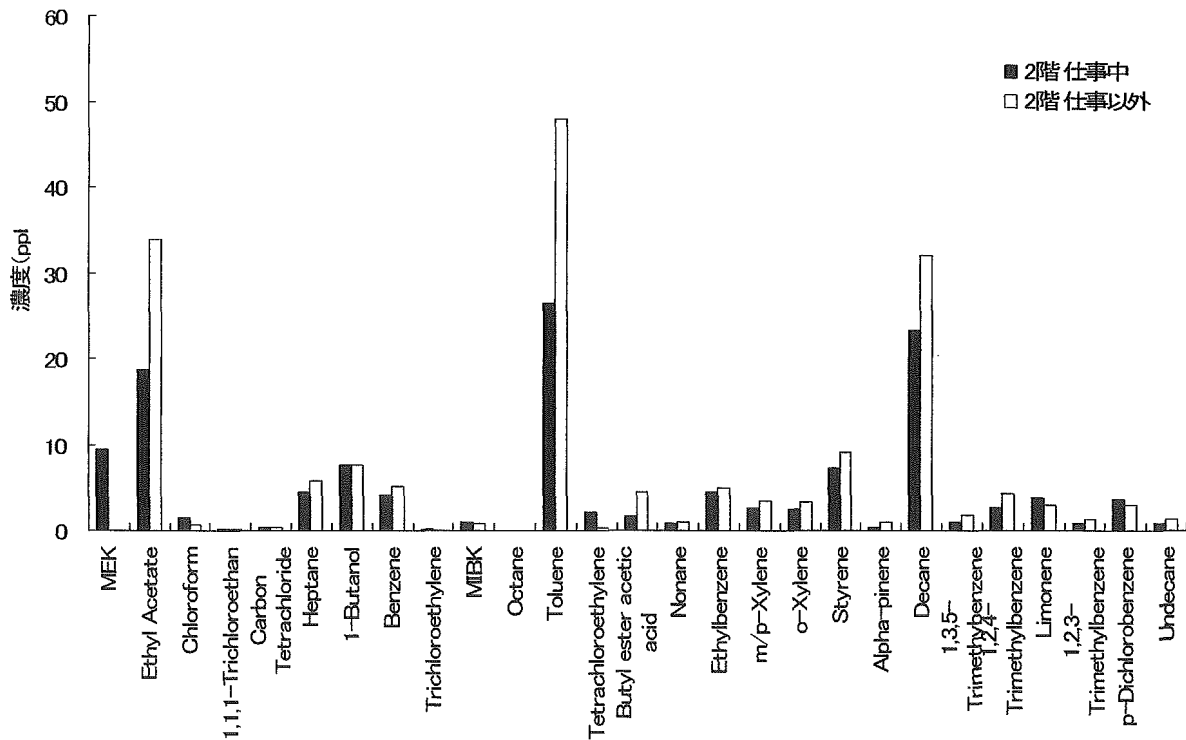


図1 百貨店2階(化粧品売場)におけるVOCs濃度比較



## 遊興施設内の空気汚染調査

嵐谷 奎一、○真鍋龍治、井上和歌奈、大谷仁美、櫻田尚樹  
(産業医科大学・産業保健学部) 、 加藤貴彦 (宮崎大学・医学部)、  
内山巖雄 (京都大学大学院)

### 1. はじめに

今日、化学物質による空気汚染に伴って化学物質過敏症などの症状が社会問題となっている。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についての調査は少ないのが現状である。

そこで本研究では、パチンコ店とボーリング場の化学物質及び物理的因子の計測を実施し、店舗内の汚染状況を把握することを目的とする。

### 2. 測定方法

#### 2.1 対象

##### (1) パチンコ店

某パチンコ店 (2 階建) の 1 階 (床面積: 約 450m<sup>2</sup>) においてサンプリングを行なった。なお、従業員は 14 人、収容座席数は 300 席であり、測定時には半数が埋まっていた。

##### (2) ボーリング場

ボーリング場 (2 階建) の 1 階 (床面積: 約 1000 m<sup>2</sup>) 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。

#### 2.2 測定・化学分析方法

VOCs は高性能パッシブサンプラーVOC-SD を用いて捕集し、GC/MS で定量を行った。NO<sub>2</sub> は NO<sub>2</sub> バッチを用いて捕集し、吸光光度法で定量した。アルデヒド類はアルデヒド/ケトン捕集用パッシブサンプラーDSD-DNPH を用いて捕集し、高速液体クロマトグラフィーで定量した。

#### 2.3 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。

### 3. 結果

#### (1) パチンコ店

VOCs は開店時は閉店時と比べメチルエチルケトン、ベンゼン、トルエンが高い濃度レベル

であり、個人曝露濃度は場内の気中濃度と同じ傾向であり、いずれも 10ppb 以下であった。NO<sub>2</sub> の店内及び個人の曝露濃度はいずれも 35ppb 以下であった。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、アルデヒドの仕事中の濃度は約 60ppb、仕事以外に比べ約 6 倍高値で、仕事中の個人曝露濃度と同程度であった。(図 1) 温度、湿度、照度、風速はともに適正な範囲であった。騒音は 85~90 dB の範囲で比較的大きかった。店内の粉じん濃度は営業中が 0.2~0.4mg/m<sup>3</sup>であった。

#### (2) ボーリング場

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、ウンデカンは 10~30ppb と高く、特に 1,2,4-トリメチルベンゼンは 100ppb を超す高値であった。個人曝露濃度は場内の気中濃度と同じ傾向で、仕事かが仕事以外に比べ高値であった。(図 2)

NO<sub>2</sub> は仕事、仕事以外とも 10ppb 以下、個人曝露濃度はいずれとも 30ppb で低い値であった。アルデヒド類は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。温度、湿度、照度、風速、粉じん濃度はいずれも適正な範囲であった。しかし、騒音は約 80dB で、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。

### 4. 考察

(1) 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/m<sup>3</sup>) を超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戯の特徴

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。

(2) 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比較的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。

ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドとも室内濃度指針値以下であった。

### 5. 謝辞

本研究の一部は平成 16 年度厚生労働省厚生労働科学研究費によって行われた。

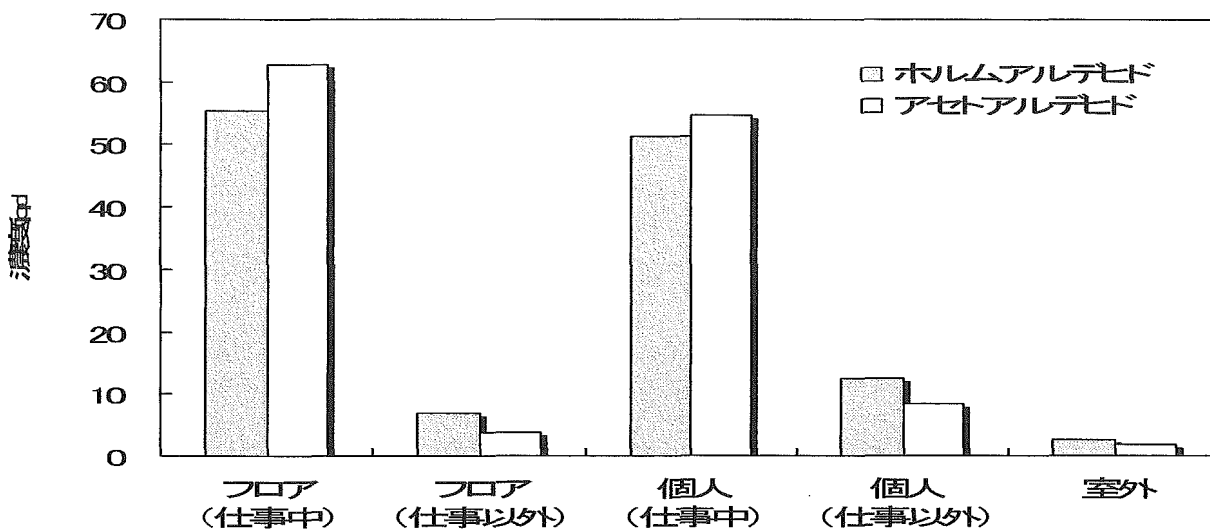


図1 パチンコ店におけるアルデヒド類濃度の比較

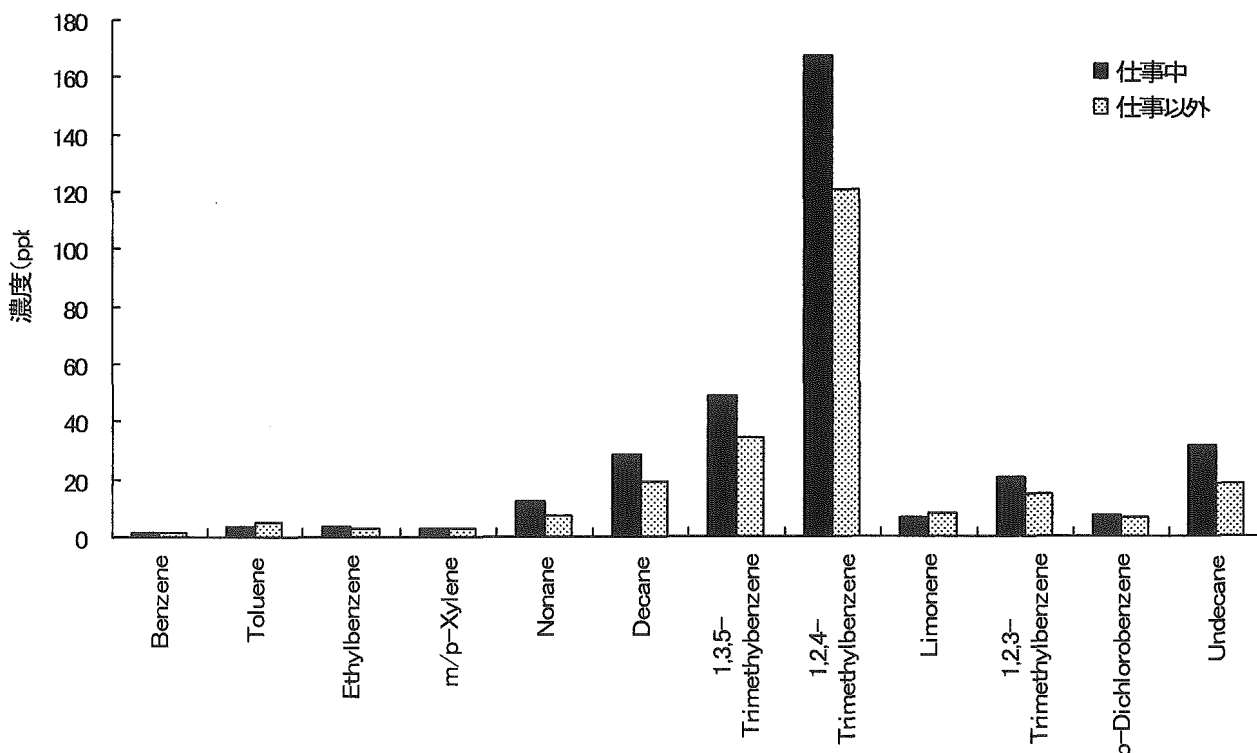


図2 ボーリング場におけるVOCs濃度の比較

## INVESTIGATION OF AIR POLLUTION IN RESTAURANTS AND OF EMPLOYEES' PERSONAL EXPOSURE LEVEL

K Arashidani<sup>1\*</sup>, U Nivukoski<sup>2</sup>, W Inoue<sup>1</sup>, H Otani<sup>1</sup>, N Kunugita<sup>1</sup>, H Kim<sup>3</sup>, T Katoh<sup>4</sup>, I Uchiyama<sup>5</sup>

1 School of Health Sciences, University of Occupational and Environmental Health, Japan,

2 University of Jyvaskyla,

3 The Catholic University of Korea,

4 University of Miyazaki,

5 Kyoto University

### ABSTRACT

We investigated the condition of air pollution in restaurants and of the personal exposure level of employees at the typical Japanese Yakitori-ya restaurant, (the chicken barbecue restaurant in Japan). The measured chemicals were volatile organic compounds (VOCs), aldehydes and NO<sub>2</sub>. The chemicals were collected by a personal passive sampler. Twenty two kinds of VOCs including benzene were detected. Eight kinds of VOCs showed a higher concentration more than 5ppb. The VOCs and formaldehyde (HCHO) concentrations during cooking period were higher than that at ordinary period, and much higher than that of outdoor. The averages of personal exposure level of HCHO during working periods were in the range from about 30 to 60 ppb. NO<sub>2</sub> concentration during working period was clearly higher compared with non-working period. Therefore, it is clear that NO<sub>2</sub> is generated when a cookware is used.

### INTRODUCTION

Recently, a big change in indoor air environment has been recognized. This new problem is caused by high air tightness, high adiabatic and newly building material, and has been the cause of health problems. The resident in a newly-built home appealed for bodily bad condition and indisposition for this problem in around 1970. These symptoms are called Sick Building Syndrome and it has been paid attention. Afterwards, the symptom of the irregularity supplication etc. occurs by very small amount chemicals, and this symptom is called chemical sensitivity, and it is distinguished from a sick building syndrome and socially becomes a big problem. Approximately 80% of our life time is spent in an indoor air environment (Repace, J.L. 1982), either in homes, work places etc. Especially, the indoor air quality is often higher than outdoor air and contains many pollutants. Jarke and co-workers (Jarke, F.H., Dravnieks, A., and Gordon, S.M. 1981) indicated that 118 chemicals were identified in the indoor air of new buildings, and the indoor pollutants arise probably from many parts, such as the carpeting, clothing furniture etc. Much research on indoor air pollution (Arashidani K., Hori H., et al, 1999) and the influence on health (Popa M. and Ionut C. 1999, Hedge A. and Erickson WA. 1999) have been performed. The investigation of air pollution in buildings in which the purpose is profit-making such as department stores, movie theaters etc. are few. However, it is necessary to investigate the indoor air quality so that a many people may use them for the purpose of amusement etc. This study is aimed at grasping the realities of the conditions of the air environment of a popular restaurant and of the chemical exposure of the employees.

### METHOD

#### 1. Studied restaurants

The investigated four restaurants are very popular Japanese restaurants (Yakitori-ya). The area of these restaurants is from about 40 to 70 m<sup>2</sup>. The fuel for cooking is electric (A restaurant area: 43m<sup>2</sup>), charcoal & propane (B restaurant area: 56m<sup>2</sup>), liquid natural gas (LNG) & charcoal (C restaurant area: 66m<sup>2</sup>), and propane (D restaurant area: 66m<sup>2</sup>). Employees were three persons at each restaurant. Our investigation was carried out in summer.

#### 2. Collection and analysis of chemicals

The concentrations of the VOCs, aldehydes and NO<sub>2</sub> were measured. The collection of chemicals was carried out by a passive sampler. Passive samplers were used in all cases (Personal exposure, indoor air and outdoor air). The chemicals were collected during working period and non-working period. To evaluate chemicals exposure level of workers, the personal sampler was hooked on to a worker's breast. The samplers for collection of the

\* Corresponding author email: arashi@health.uoeh-u.ac.jp

chemicals were set up in the dining room and above the cooker in the kitchen. After sampling, the VOCs and NO<sub>2</sub> samples were stored in a freezer and aldehyde samples were stored in a refrigerator. The analysis of VOCs is as follows. An activated charcoal (Pittsburgh PCB) in sampling tube (Sibata, Japan) was moved to a test tube, 2ml of carbon disulphide was added and then VOCs were extracted. The VOCs in extracted solution were analyzed by using a capillary gas chromatograph- mass spectrometer-apparatus (Hewlett Packard, USA) with auto sampler. The collection of aldehydes was carried out in a passive gas tube (Sibata, Japan) silica gel that is impregnated with 2, 4-dinitrophenyl hydrazine. The aldehydes observed on the silica gel had been extracted with the 3ml acetonitril. The analysis was carried out separation and determination by using HPLC apparatus (Shimadzu LC-10AD Japan). The collection of NO<sub>2</sub> was carried out in a filter badge sampler (Tokyo Roshi Kaisha, Ltd., Japan). The absorption filter consisted of the cellulose fiber filter that impregnated a triethanol amine. The NO<sub>2</sub> that absorbs this filter has been extracted with a coloring solution. A coloring solution was prepared according to a solution of sulfanilic acid, phosphoric acid and 0.1wt-% N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride has been adjusted. NO<sub>2</sub> in the extracted solution was determined by using UV-VIS spectrophotometer (Shimadzu UV-2200A, Japan).

## RESULTS

### 1. VOCs concentration

During business hours, the comparison of the concentrations of the VOCs in the kitchen is shown in Fig.1. The chloroform, benzene and toluene that were typical organic solvents showed a comparatively high concentration. Especially, benzene and decane showed a high level of more than 10ppb. The exposure level of the employee during working hours was compared. The following result was obtained chloroform, toluene, and tetrachloroethylene were a comparatively high level as well as the concentration of the kitchen.

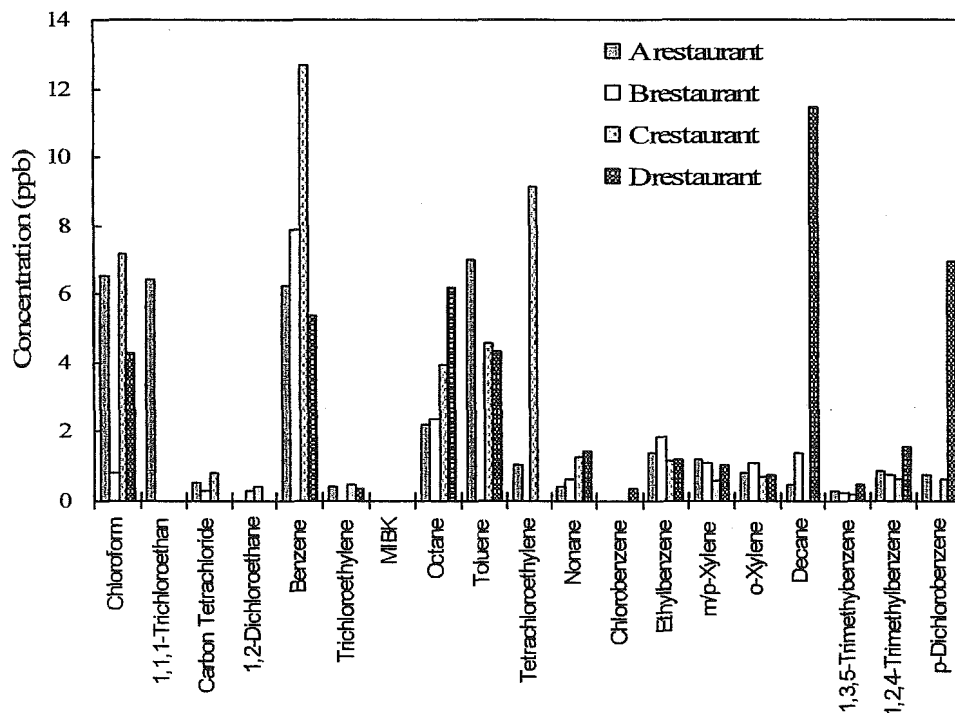


Figure 1. VOCs concentration of kitchen during working hours

Fig.2 shows the VOCs concentration in a B restaurant. This restaurant uses charcoal & propane for fuel. The VOCs concentration in air showed working, non-working, and outdoor, respectively. All VOCs concentrations were high level during working hours. The VOCs concentration of more than 4ppb was benzene, toluene, octane and decane, and other VOCs were less than 4ppb during working hours. The VOCs concentration during business was several times higher than during non-business hours.

### 2. HCHO concentration

The comparison of HCHO concentration of the kitchen is shown in Fig.3. The difference between working period and non-working period was clear in all restaurants in the case of the kitchen. The highest concentration was measured at 209ppb at one restaurant (Restaurant C, fuel: LNG & charcoal).

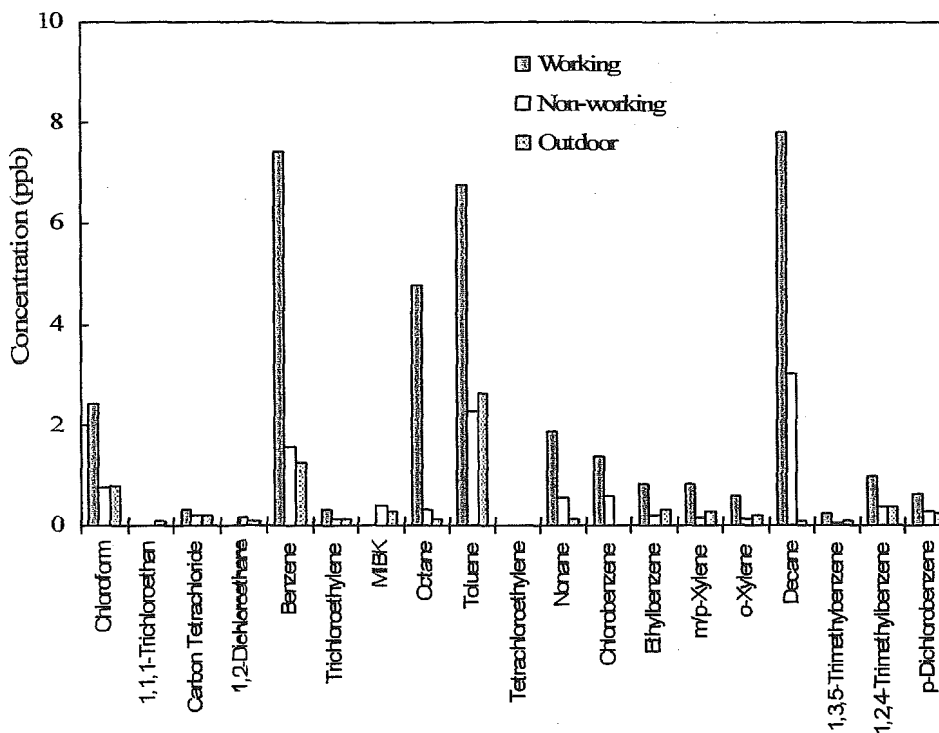
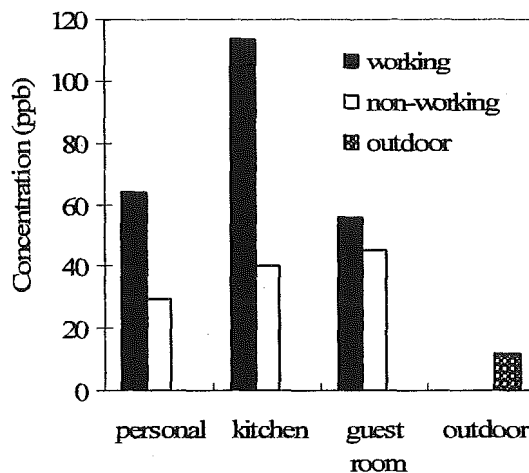
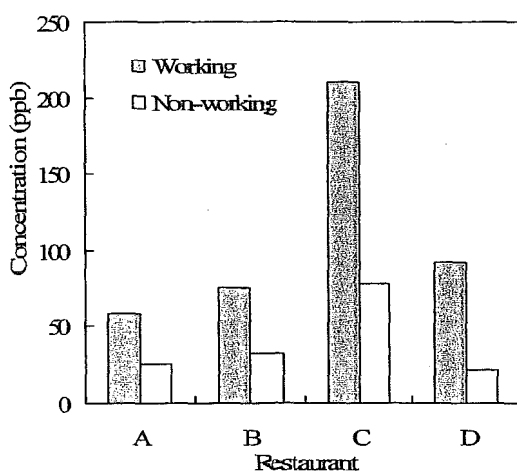


Figure 2. VOCs concentration of B restaurant during working hours



The personal exposure level of HCHO during working hours of each restaurant was in the range from about 30 to 60ppb. Twice of concentration difference were recognized at a restaurant (data not shown in figures).

The mean concentrations of HCHO of all studied restaurants when working were all high compared with non-working. Especially, the difference of the kitchen between working period and non-working period is remarkable 114 ppb and 41 ppb, respectively as shown in Fig. 4. The HCHO concentration in the outdoor air was a low value about 10ppb. Therefore, the HCHO concentration in the restaurants was influence by the cooking.

### 3. NO<sub>2</sub> concentration

The NO<sub>2</sub> concentrations in kitchens are shown in Fig.4. The difference between working period and non-working period was clear in all restaurants in the case of the kitchen. The NO<sub>2</sub> concentration at working was

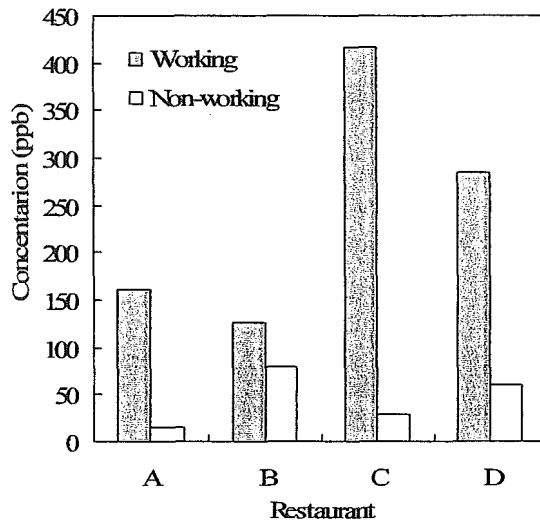


Figure 5.  $\text{NO}_2$  concentration in the kitchen at during working hours

higher than 100ppb at all restaurants. Especially, the restaurant where charcoal & LNG was used recognized a concentration of more than about 400ppb. The  $\text{NO}_2$  concentrations in working of dining room of four restaurants were lower than those of the kitchen but were higher than those of non-working. The  $\text{NO}_2$  personal exposure level in working was in a range from 50 to 200ppb.

#### DISCUSSION

Sick Building Syndrome, the sickness related to indoor pollution, has become a major social problem. Reports that have investigated the environment of a restaurant and health effect of the employees which unspecified many persons go in and out are few.

When using gas and charcoal, etc, at a restaurant for cooking and to cook at high temperature, many chemicals are generated. However, the kitchen is usually narrow, and bad situation for the exhaust. It is expected the employee receives a physical and

chemical load. More over, the proximity of the kitchen to the dining space causes guests to also inhale the gases and fumes.

This research evaluated the environmental condition that chemical concentrations of typical Japanese restaurants (Yakitori-ya) and personal exposure level of employees were measured.

Twenty two kinds of VOCs were detected from cooking in this research. The VOCs were clearly generated by the cooking, and benzene, toluene and chloroform were recognized as being clearly high value. The concentration difference due to the difference of fuel used for cooking was not clear. However, the VOCs concentration of the guest room because of the closeness to the kitchen was obviously high compared with those in outdoor, but it was a lower level than in the kitchen.

As for aldehydes, formaldehyde, acetaldehyde and propionaldehyde, etc that were detected, formaldehyde was the highest value. The concentration in the kitchen was mostly WHO Guideline Value or Indoor Environmental Standard of Japan (80ppb). The highest value was a level more than twice its standard level.

Formaldehyde is an obviously high value during business hours, and it is especially high in the kitchen. Therefore, it is thought to be dependent on the fuel and the oil, etc, used in cooking.

The  $\text{NO}_2$  concentrations of the kitchen in the four restaurants were a value of 100 ppb or more while cooking. It was about 400 ppb in C restaurant (fuel: charcoal & propane), and there was a high value of about seven times in Environmental Air Quality Standard in Japan (40-60ppb). The personal exposure levels were a range from 60 to 200 ppb. Those levels were a high value from several to ten times compared with there non cooking periods.

It is necessary to note the employee's health management because the  $\text{NO}_2$  measurement result in this research is more than the Environmental Air Quality Standard in Japan.

Finally, VOCs, aldehydes and  $\text{NO}_2$  concentrations were clearly high level because when cooking the use of oil in the kitchen and the high temperature in the restaurants various environmental standard levels were exceeded. Considering the health effects of employees and guests, the necessary technological measures for the decrease of the chemical concentration is suggested.

#### REFERENCES

- Arashidani K., Hori H., et al (1999); Measurement of Volatile organic compounds, HCHO and  $\text{NO}_2$  concentrations in a new building ; Proceedings of Indoor Air 99 Vol.2, 483-488

- Hedge A. and Erickson WA. (1999); Associations between sick building syndrome, indoor climate and office ergonomics, Proceedings of Indoor Air 99, Vol.1, 155~160
- Jarke FH., Dravnieks A. and Gordon SM. (1981); Organic contaminants in indoor air and their relation to outdoor contaminants. ASHRAE Trans. 87(Part 1), 153~166
- Popa M. and Ionut C. (1999); The assessment of housing conditions in relation with the respiratory status in children, Proceeding of Indoor Air 99, Vol.4, 501~506
- Repace JL. (1982); Indoor air pollution, Environ. Internat., 8, 21-36.