

Table 2. Concentration of VOCs in University Office

Compounds (ppb)	Working time	Non-working time	Employee (Working time)	Employee (Non-working time)
2,4-Dimethylpentane	0.89	0.41	0	0
MEK	0.94	0.91	0	0
Ethyl acetate	4.34	1.11	0.8	2.8
Chloroform	0.43	0	0.1	0
1,1,1-Trichloroethane	0.05	0.1	0.14	0.16
Carbon tetrachloride	0	0	0.23	0.18
Heptane	1.11	0.36	0.26	0.53
1-Butanol	1.17	0.6	0.27	0.65
1,2-Dichloroethane	0.03	0.02	0	0.09
Benzene	3.56	0.59	0.53	0.47
Trichloroethylene	0.19	0.03	0.07	0.07
1,2-Dichloropropane	0	0	0	0
MIBK	0.71	0.2	0.28	0.55
Octane	1.06	0.29	0.31	1.28
Toluene	6.5	2.85	2.36	10.55
Tetrachloroethylene	0.39	0.02	0.05	0.05
Acetic acid, butyl ester	0	0	0.15	1.10
Dibromochloromethane	0	0	0	0
Nonane	0.56	0.16	0.25	2.40
Ethylbenzene	3.36	1.64	2.38	2.05
m/p-Xylene	2.32	0.83	1.69	1.68
o-Xylene	2.32	1.11	1.19	1.49
Stylene	0.21	0.03	0	0
Alpha-pinene	0.22	0.03	0.23	3.22
Decane	23.34	0.59	2.73	7.27
1,3,5-Trimethylbenzene	0.38	0.2	0.35	1.15
1,2,4-Trimethylbenzene	0.85	0.5	0.98	2.75
Limonene	0.33	0.16	0.38	9.35
1,2,3-Trimethylbenzene	13.63	8.91	0.32	0.94
p-Dichlorobenzene	1.23	0.5	0.89	41.95
Undecane	0	0	2.32	6.75

Table 3. Concentrations of aldehydes and NO₂

Sampling Site	Formaldehyde (ppb)	Acetaldehyde (ppb)	NO ₂ (ppb)
University office (W)	25.7	5.4	19.8
University office employee (W)	18.6	6.9	20.2
Library (W)	28.1	11.4	6.7
Library employee (W)	21.3	8.7	16.8
Barber shop (W)	32.6	16.9	9.8
Barber shop employee (W)	36.5	13.6	8.3
Beauty parlor (W)	27.0	7.3	8.9
Beauty parlor employee (W)	39.0	10.2	5.9
Book store, book corner (W)	40.5	20.5	7.8
Book store employee (W)	32.7	19.0	5.4
Department store 1F (W)	19.2	14.5	33.0
Department store employee (W)	20.7	9.5	ND
Chinese restaurant (W)	43.6	21.8	59.0
Pachinko parlor (W)	55.4	62.8	32.6
Pachinko parlor employee (W)	51.4	54.6	35.5
Bowling alley (W)	13.0	6.5	7.2
Bowling alley employee (W)	25.5	12.3	24.4

W: Working time, NW: Non-working time

Barber shop and beauty parlor in university hospital

In both barber shop and beauty parlor in university hospital, ethyl acetate, toluene and decane were detected in relatively high concentration (>10 ppb), whereas other VOCs were in the level of <5 ppb. Personal exposure level was dependent of indoor air quality, suggesting the influence of hairdressings.

The concentration of NO₂ in barber shop and beauty parlor was low (<15 ppb).

Compared to acetaldehyde (<15 ppb), formaldehyde concentration was relatively high. Indoor air concentration and personal exposure were both ca. 35 ppb.

Book store

We performed the investigation in 4-stories book store which was built 40 years ago

Table 4. Three most highest VOCs in various buildings

Sampling Site	The highest compounds (ppb)	Second highest compound (ppb)	Third highest compound (ppb)
University library (W)	Decane (3.32)	Ethyl acetate (3.32)	Undecane (2.04)
Library employee (W)	Decane (17.85)	Ethyl acetate (10.43)	Undecane (3.02)
Library employee (NW)	p-Dichlorobenzene (29.37)	Decane (11.55)	Toluene (10.06)
Barber shop (W)	Decane (23.10)	Toluene (22.08)	Limonene (3.85)
Barber shop employee (W)	Ethyl acetate (14.9)	Decane (13.87)	Toluene (12.14)
Barber shop employee (NW)	Decane (15.91)	Ethyl acetate (14.07)	Toluene (2.66)
Beauty parlor (W)	Decane (72.27)	Toluene (15.70)	p-Dichlorobenzene (11.21)
Beauty parlor employee (W)	Toluene (11.52)	Decane (9.82)	Ethyl acetate (5.41)
Beauty parlor employee (NW)	Alpha-pinene (16.20)	Decane (15.73)	Toluene (11.26)
Book store (W)	Toluene (81.82)	Undecane (12.43)	Decane (6.79)
Book store employee (W)	Toluene (99.03)	Undecane (20.20)	Decane (17.27)
Department store 1F (W)	Benzene (16.41)	Toluene (16.06)	MEK (11.12)
Department store employee (W)	Toluene (11.24)	Decane (10.62)	Ethyl acetate (8.45)
Pachinko parlor (W)	MEK (5.69)	Benzene (3.77)	Toluene (2.16)
Pachinko parlor employee (W)	Toluene (8.50)	MEK (7.39)	Benzene (5.56)
Bowling alley (W)	1,2,4-Trimethylbenzene (167.41)	1,3,5-Trimethylbenzene (49.17)	Undecane (31.77)
Bowling alley employee (W)	1,2,4-Trimethylbenzene (177.40)	1,3,5-Trimethylbenzene (56.07)	Undecane (38.03)

W: Working time, NW: Non-working time

with total floor area of 3900 m². Twenty-seven kinds of VOCs were detected as

shown in Table 2. Compared to other VOCs, toluene was detected in very high concentration (>80 ppb).

NO₂ concentration was 10-20 ppb in all measurements.

As to aldehydes, formaldehyde concentration was 30-40 ppb and was twice as high as that of acetaldehyde (10-20 ppb).

Department store

We measured air quality at a department store which is 7-stories building and with total floor area of 25,000 m². Different VOCs were detected in each floor. From 1st floor (food corner), 26 kinds of VOCs were found. Methyleneethylketone, benzene and toluene gave the value of >10 ppb during working time. In personal exposure, toluene and decane were in the level of >10 ppb during working time. Other VOCs were in lower concentrations than these two chemicals and most of them were in <5 ppb.

NO₂ concentration was 20-30 ppb which was the same level with that of outdoor air. Only the floor with Chinese restaurant gave 59 ppb.

Aldehyde concentration of indoor air was higher than that of outdoor air. Formaldehyde was in the range of 10-30 ppb and acetaldehyde was of 5-15 ppb. Chinese restaurant gave 44 ppb of formaldehyde and 22 ppb of acetaldehyde during working time.

Pachinko parlor

We measured air quality of a pachinko parlor (amusement facility) which has floor area of 450 m². The parlor was 50% full when we investigated (ca. 150 customers played). As to VOCs, compared to non-working time, methyleneethylketone, benzene and toluene were in relatively high concentration during working time. Personal exposure level was relatively low (<10 ppb).

NO₂ for indoor air and personal exposure was < 40 ppb.

Formaldehyde and acetaldehyde were in a similar concentration. Indoor air and personal exposure concentrations during working time were relatively high (50-60 ppb), which was much higher than that of non-working time and of outdoor air.

Bowling alley

We measured air quality of bowling alley which has floor area of 1000 m². Fifty-five people were on the floor when we measured. As to VOCs, concentrations

of benzene, toluene and xylene were all <5 ppb, whereas nonane, decane and undecane were in relatively high concentration (10-30 ppb) and especially 1,2,4-trimethylbenzene was found to be in very high concentration (>150 ppb). Personal exposure level was in a same trend with indoor air, and the level during working time was higher than that during non-working time.

NO₂ during working time, non-working time and of personal exposure were <10 ppb, <10ppb and 30 ppb, respectively.

As to aldehydes, formaldehyde was twice as high as acetaldehyde in all measurements. Personal exposure to these two aldehydes was twice as high as indoor air level, and 6 times as high as outdoor level.

Hotel

The results of hotel will be reported in a separate paper.

DISCUSSION

Sick Building Syndrome, the sickness related to indoor air pollution, has become a major social problem. Reports that have investigated the environment of large-scale buildings where many people go in and out and the health effect of the employees are quite a few. We have been investigating indoor air quality of many large-scale buildings in Japan. This paper presents the results of university, book store, department store, and amusement facilities.

By using passive samplers, we were able to measure 31 kinds of VOCs, formaldehyde, acetaldehyde and NO₂. Depending on the nature of the buildings, the kind and concentration of VOCs were different. Table 4 lists three representative VOCs from each building which showed high concentration. Toluene in book store may come from printing ink of the books. 1,2,4-Trimethylbenzene of bowling alley was considered to be from wax on the floor.

Table 5 shows guideline values of selected VOCs in Japan. Of all buildings investigated, toluene in book store was the only one case which exceeded the guideline value (80-100 ppb vs. 70 ppb). The manager of the book store may need to have consideration for the ventilation.

As to formaldehyde and acetaldehyde, none of the buildings exceeded the guideline values (formaldehyde: 80 ppb, acetaldehyde: 180 ppb), suggesting that indoor air quality of all the buildings would be in good condition from the viewpoint of pollution by aldehydes.

Table 5. Guideline values of individual VOCs by Japanese Government

Compound	Guideline value
Formaldehyde	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08 ppm)
Toluene	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07 ppm)
Xylene	870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.20 ppm)
p-Dichlorobenzene	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04 ppm)
Ethylbenzene	3800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.88 ppm)
Styrene	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ppm)
Chlorpyrifos	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07 ppb) For children: 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.007 ppb)
Di-n-butyl phthalate	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02 ppm)
Tetradecan	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04 ppm)
Di-(2-ethylhexyl) phthalate	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.6 ppb)
Diazinone	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02 ppb)
Nonanal	41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7 ppb), interim value
Acetaldehyde	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (180 ppb), WHO
Fenobucarb	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.8 ppb)
Total VOC	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (106 ppb), advisable value

Issued in January, 2002

As to NO_2 , we have Environmental Air Quality Standard in Japan (40-60ppb). Almost all of the buildings investigated showed NO_2 which was less than standard. The NO_2 concentration of the Chinese restaurant in department store was relatively high (59 ppb). This was considered to be the influence of cooking.

We have also measured physical parameters such as temperature, relative humidity, noise, wind velocity, illumination and concentration of particulate matter in the buildings and found that those parameters were generally at an appropriate level except for pachinko parlor (data not shown). At pachinko parlor, particulate matter sometimes exceeded standard level, probably due to smoking by customers, and noise level was relatively high, due to the nature of this play.

Overall, air quality in various large-scale buildings and employees' personal exposure level were relatively in good condition. However, it is necessary to note that there were some exceptional cases such as toluene in book store, NO_2 in restaurant and noise in pachinko parlor. Considering the health effects of employees and guests, the necessary technological measures for the decrease of the chemical concentration and

physical parameter will be required.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by a grant from the Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan.

REFERENCES

1. Repace, J.L. *Environ. Internat.* **1982**, *8*, 21-36.
2. Jarke, F.H.; Dravnieks, A., ; Gordon, S.M. *ASHRAE Trans.* **1981**, *87* (Part 1), 153-166.
3. Arashidani, K.; Hori, H.; Ishidao, T.; Yoshikawa, M.; Ishimatsu, S.; Kawamoto, T.; Kodama, Y. *Proceeding of Indoor Air 99* **1999**, *2*, 483-488.
4. Hedge, A.; Erickson, W.A. *Proceedings of Indoor Air 99* **1999**, *1*, 155-160.
5. Popa, M.; Ionut, C. *Proceedings of Indoor Air 99* **1999**, *4*, 501-506.
6. Yamaguchi, T.; Nakajima, D.; Ezoe, Y.; Fujimaki, H.; Shimada, Y.; Kozawa, K.; Arashidani, K.; Goto, S. *J. UOEH* **2006**, *28*, 13-27.

KEY WORDS

Volatile organic compounds

Aldehydes

Nitrogen dioxide

Indoor air pollution

Large-scale buildings

Personal exposure

Investigation of Air Pollution in Hotel and of Employees' Personal Exposure Level

Keiichi Arashidani, Naoki Kunugita, Yukio Akiyama, Takahiko Katoh¹ and Iwao Uchiyama²

School of Health Sciences, University of Occupational and Environmental Health, Japan, 1-1 Iseigaoka, Yahatanishi-ku, Kitakyushu 807-8555 Japan

1 School of Medicine, University of Miyazaki, Miyazaki, Japan

2 Graduate School of Engineering, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto, Japan

ABSTRACT

We investigated the condition of air pollution in three hotels and of the personal exposure level of employees in Japan. The survey was performed in August 2005 in Kitakyushu city and Akita city. The measured chemicals were volatile organic compounds (VOCs), aldehydes and NO₂ and the chemicals were collected by a personal passive sampler. The detected VOCs were 10~16 kinds. Toluene, decane and limonene were in relatively high concentration level compared to other VOCs. Concentration of many VOCs was below 5 ppb. The concentration of formaldehyde in indoor air of three hotels were almost less than 20 ppb, below the indoor air quality guideline (80ppb) of the Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan. The concentration of acetaldehyde was lower than that of formaldehyde. The NO₂ concentrations were almost low values with below 20ppb.

INTRODUCTION

It has been indicated that the chemicals such as VOCs and formaldehyde, etc in indoor air are strongly associated with both chemical sensitivity and sick building syndrome¹⁻⁵.

Indoor air pollution is caused by complex mixtures of pollutants which are directly released into indoor air from various sources⁶⁻⁹. The main sources are emission from building materials, household goods, tobacco smoke and combustion gases from cooking apparatus and heater.

Organic gases and vapors draw particular interest because these chemicals are found

in nearly all buildings with comparatively low concentrations and because these chemicals are thought to be related to health problems caused by indoor air pollution¹⁰⁻¹². For example, formaldehyde emitted from adhesives used for the plywood, paneling and wallpaper, and furniture could cause sick house syndrome.

At present, it is well known that some of VOCs for some people could cause the eye and respiratory tract irritation¹³, headache and dizziness, and that formaldehyde could cause the eye, nose and throat irritation^{14,15}.

Many researches regarding indoor pollution have been carried out to measure VOCs and aldehydes in dwelling atmosphere¹⁶⁻¹⁸. However, an environmental investigation in the building that many public people use is a few. This is important because a lot of people including employees may spend most of time of a day in the building^{19,20}.

The purpose of the present study was to evaluate the condition in indoor air of three hotels in Japan and of personal exposure of the employees.

METHOD

Studied hotel

The investigated three hotels (A, B and C) are of popular type. Those were constructed 4, 15 and 8 years ago, respectively. The sampling locations were front, guest room, restaurant, office, and lobby.

The number of employees to investigate the personal exposure were 3~10 persons per each hotel. The investigation of personal exposure was done in hotels A and B in Kitakyushu city, Japan, but it was not done in hotel C in Akita city.

Collection and analysis of chemicals

The VOCs, aldehydes and NO₂ were collected by using passive sampler and then determined by using chemical analysis.

The chemicals in indoor and outdoor air were collected during 24 hours. The determination of personal exposure was carried out during working-period. The personal sampler was hooked on to an employee's breast.

After sampling, the VOCs and NO₂ samples were stored in a freezer and aldehyde samplers were stored in a refrigerator until analysis.

The analysis of VOCs collected on activated charcoal cartridge (Sigma-Aldrich) was as follows. The cartridge was moved to a test tube, 1 ml 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 aldehydes were collected by a silica gel tube containing 2,4-dinitrophenylhydrazine, extracted by 3 ml acetonitril and were determined by using HPLC (Shimadzu LC-10 AD, Japan).

The NO₂ was collected in a cellulose filter badge sampler (Tokyo Roshi Kaisha, Ltd, Japan) that impregnated a triethanolamine. The NO₂ absorbed on filter was extracted with a mixture solution of sulfanilic acid, phosphoric acid and 0.1 wt% N-(1-naphthyl) ethylenediamine dihydrochloride. The NO₂ in the extracted solution was determined by using UV-VIS spectrophotometer (Shimadzu UV-2200A, Japan).

RESULTS

VOCs concentration

The VOCs detected from three hotels were from 10 to 16.

The concentrations except for decane and limonene in hotel A were below 5 ppb. The concentrations of decane and limonene in maintenance room showed the level of 20-25 ppb (Figure 1). The exposure level of the employee of hotel A was obtained at the same level as the concentration of working place.

The VOCs concentrations except for decane in hotel B were of below 5 ppb. The decane concentration was of 5 ppb or more in a lot of places. Lobby and office showed the level of 10 ppb.

The decane concentrations of hotel C were also in the level as high as hotels A and B. The characteristic fact of hotel C was that toluene concentration was relatively high (>30 ppb).

Aldehydes concentration

The formaldehyde (HCHO) and acetaldehyde (CH₃CHO) from all rooms of three hotels were detected. The HCHO concentrations in three hotels were obtained in higher values compared with CH₃CHO concentration. The HCHO concentrations except for guest room and maintenance room of hotel A were at the level less than 20 ppb, but HCHO concentrations in guest room and maintenance room were of a comparatively high level from 40 ppb to 80 ppb (Figure 2). The HCHO and CH₃CHO concentrations of hotels B and C were less than 20 ppb and 10 ppb, respectively.

The exposure level of the employees of hotels A and B was dependent upon concentration of the workplace.

NO₂ concentration

As shown in Table 1, NO₂ concentration of all places except for Chinese restaurant of hotel B were below 15 ppb. The NO₂ concentration of Chinese restaurant was obtained in comparatively high level of 40 ppb.

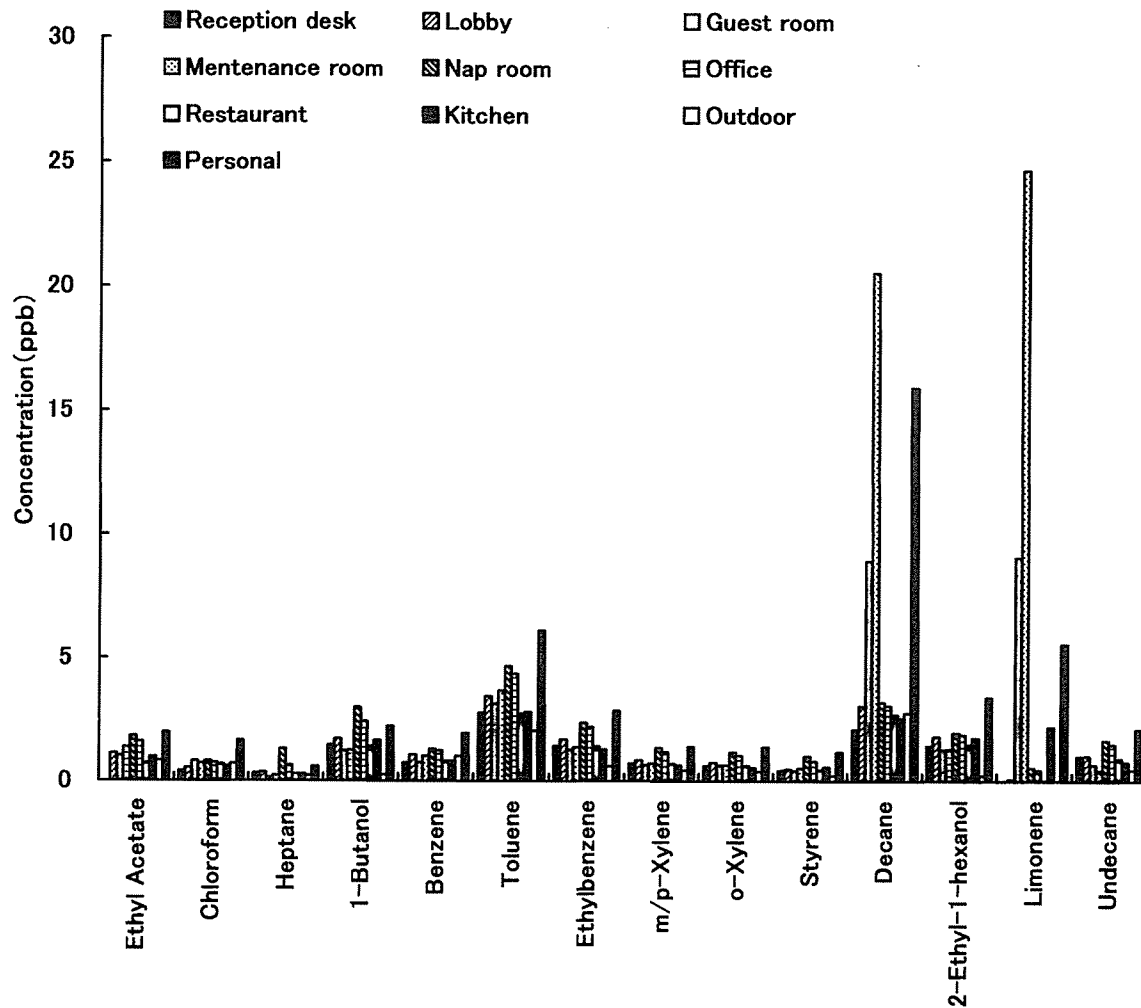


Figure 1 VOCs concentration in indoor air of hotel A

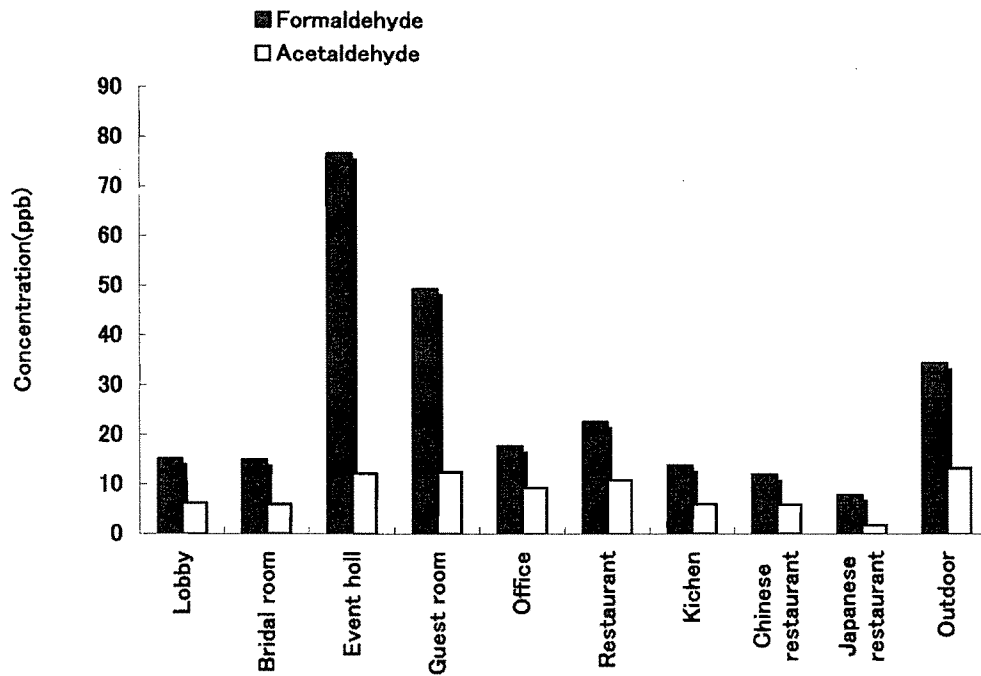


Figure 2 Acetaldehydes concentration of hotel A

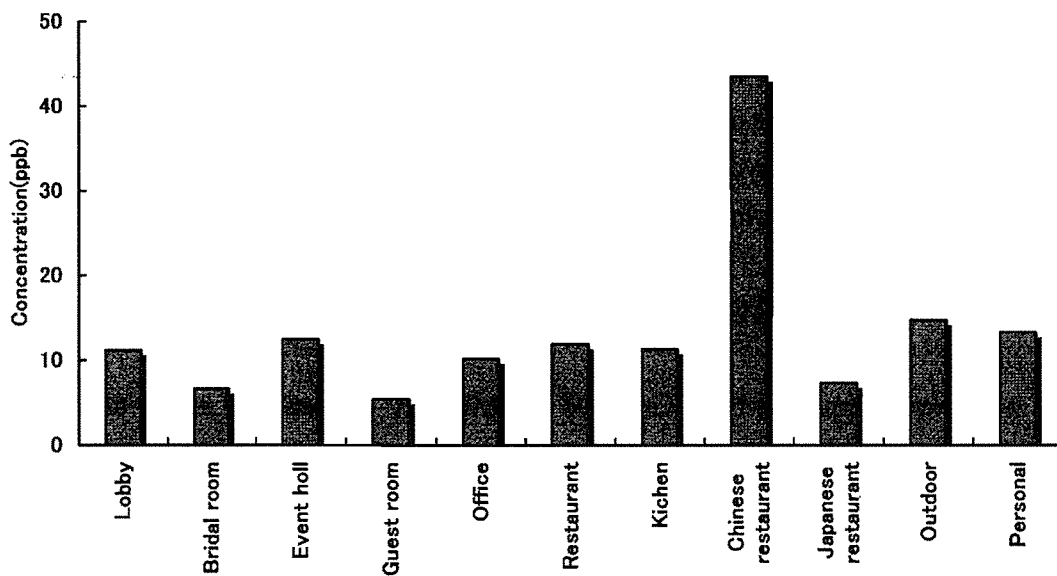


Figure 3 NO₂ concentration of hotel B

DISCUSSION

Sick building syndrome related to indoor pollution has instituted a major social problem. The present study has investigated the environmental condition of typical hotel where many persons go in and out, and employees are working.

From ten to sixteen kinds of VOCs were detected from three hotels. 1-Butanol, ethyl benzene, 2-ethyl-1-hexanol, limonene and toluene were thought to be generated by the building materials in indoor. Decane, limonene and toluene were recognized as being clearly high value. It is thought that toluene, trimethylbenzene, limonene and decane are generated by the glue, aromatic, cleaner and wax.

The concentrations of toluene, xylene, ethyl benzene and styrene of indoor in hotels were level less than Guideline Ministry of Health, Labor and Welfare of Japan of pollutant in indoor air.

Though 3-5 kinds of aldehydes were obtained, we determined formaldehyde and acetaldehyde because these two aldehydes were of special interest from the viewpoint of health effect.

Formaldehyde concentration was all in higher value than acetaldehyde concentration and than that of outdoor air. The formaldehyde concentrations in the indoor of three hotels were at the level less than the value of WHO guideline or of guideline of the Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan (80 ppb). It is thought that the source of formaldehyde will be the glue of building materials.

The NO₂ concentrations in the indoor air of three hotels were at the level less than Environmental Air Quality Standard in Japan (40~60 ppb).

The personal exposure level of employees was low and was equal to the level of the concentration in indoor air of office.

Overall, VOCs, aldehydes and NO₂ in three hotels investigated were in generally low level and less than various environmental standards.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by a Grant of the Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan.

REFERENCES

1. Hedge, A.; Erickson, W.A. Proceedings of Indoor Air 99 1999, 1, 155-160.

2. Niven, R.M.; Fletcher, A.M.; Pickering, C.A.; Faraghen, E.B.; Potter I.N.; Booth W.B.; Jones T.J.; Potter P.D. *Occup Environ Met* **2002**, *57*, 627-634.
3. Molhave, L.; Bach, B.; Pedersen, O.F. *Environment International* **1986**, *12*, 165-167.
4. Apter, A.; Bracker, A.; Hodgson, M.; Sidman, J.; Leung, W.Y. *Allergy and Clinical Immunology* **1994**, *94*, 277-288.
5. Hodgson, M. *Occupational Medicine, State of Art Reviews* **1995**, *10*, 167-175.
6. Wolkoff, B. *Indoor Air (Supl. 3)* **1995**, 1-73.
7. Joint Research Center Institute for the Environment; Formaldehyde emissions from wood based materials; guideline for the establishment of steady state concentration in test chamber, Report No.2 of Environment and Quality of Life, EUR12196 EN **1996**.
8. Brown, S.K. *Indoor Air* **1999**, *9*, 209-215.
9. Brown, S.K. PhD thesis, RMIT University, Melbourne, Australia **2000**.
10. Wieslander, G.; Norback, D.; Bjornsson, E.; Janson, C.; Borman, G. *Intl Arch Occup Environ Health* **1997**, *69*, 115-124.
11. Anderson, E.L.; Albert, R.E. *Risk assessment and indoor air quality*, Lewuis Publish **1999**, 22-24.
12. Molhave, L. *Proceedings of Healthy Buildings* **2000**, *1*, 3-14.
13. Popa, M.; Ionut, C. *Proceeding of Indoor Air 99* **1999**, *4*, 501-506.
14. Krzyzanewski, M.; Quackenboss, J.J.; Lebowitz, M.D. *Environ Res* **1990**, *52*, 117-125.
15. Bernstein, R.S.; Stayner, L.T.; Elliott, L.T.; Kimbrough, R.; Falk, H.; Blade, L. *Am Ind Hyg Assoc J.* **1984**, *45*, 778-785.
16. Arashidani, K.; Hori, H.; Ishidao, T.; Yoshikawa, M.; Ishimatsu, S.; Kawamoto, T.; Kodama, Y. *Proceeding of Indoor Air 99* **1999**, *2*, 483-488.
17. Otson, R.; Fellin, P.; Tran, Q. *Atmos Envir* **1994**, *28*, 3563-3569.
18. Having, H.; Dahl, R.; Korsgard, J.; Linde, S.A. *Indoor Air* **1992**, *2*, 121-126.
19. Repace, T.L. *Environ Internat* **1982**, *8*, 21-36.
20. National Reserch Council . *Indoor pollution*, National Academy Press, Washington, D.C. **1981**

KEY WORDS

hotel
indoor air pollution,
VOCs,

Aldehyde

NO₂

書店内の空気汚染調査

嵐谷奎一¹⁾, ○戸次加奈江¹⁾, 樺田尚樹¹⁾, 秋山幸雄¹⁾, 加藤貴彦²⁾, 内山巖雄³⁾

¹⁾ 産業医科大学産業保健学部, ²⁾ 宮崎大学医学部, ³⁾ 京都大学大学院

【目的】 今日、室内汚染が顕在化するとともに、化学物質過敏症などの疾病が問題となってきている。特に不特定多数の人が出入りする、特定建築物の室内汚染に関する調査や従業員の健康度の調査を実施することは公衆衛生上極めて重要である。本研究は大型書店内の化学的、物理的因子についての調査を実施し、店内の環境状態について評価することを目的とした。

【方法】 2つの大型書店と1つの小規模書店について、2005年夏～秋にかけて調査を実施した。揮発性有機化合物（VOCs）は高性能パッシブサンプラー-VOC-SDで捕集し、GC/MSで分離、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ングサンプラー-DSD-DNPHで捕集し、高速液体クロマトグラフィーにて定量した。NO₂はNO₂バッジ（東洋濾紙）で捕集し、吸光度法にて定量した。物理的因子は温湿度、照度、風速、輻射熱、騒音、粉じんを計測した。

【結果・考察】 VOCsは19～31種類を定量し、3書店で共通してトルエンが高値で、特にBとC書店の売り場で70～100ppbの高値を得た。B書店（図1）でデカンの10～30ppbとA、B書店に比べ比較的高値で、それ以外のVOCsは3書店でほとんど10ppb以下であった。ホルムアルデヒド濃度はいずれもアセトアルデヒドに比べて高く、A、B書店の両アルデヒドは室外濃度に比べ、ほぼ同程度であったが、C書店の室内濃度は室外に比べ、いずれも高く、特に書籍売り場のホルムアルデヒドは約40ppbと室外に比べて8倍と高値であった。NO₂はいずれの書店とも20ppb以下で、室外に比べ、同程度かそれ以下であった。物理的因子はほぼ適正なレベルであった。

以上の結果、3書店とも多くのVOCsを検出したが、トルエンが最も高値であり、印刷のインク等の影響を強く受けていると考えられる。アルデヒド類とNO₂濃度も低く、かつ物理的因子も適正なレベルであった。

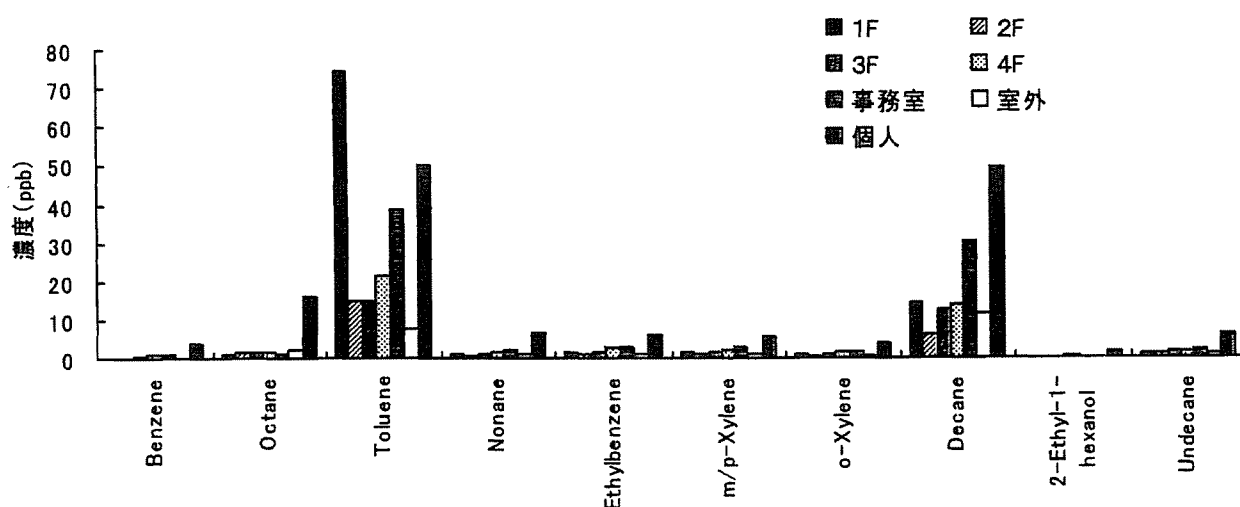


図1 B書店におけるVOCs濃度

【謝辞】 本研究の一部は平成17年度厚生労働科学研究費によって行われた。

大学施設内の空気汚染調査

嵐谷奎一¹⁾, ○伊藤小百合¹⁾, 樺田尚樹¹⁾, 秋山幸雄¹⁾, 加藤貴彦²⁾, 内山巖雄³⁾

¹⁾ 産業医科大学産業保健学部, ²⁾ 宮崎大学医学部, ³⁾ 京都大学大学院

【目的】 今日、我々の日常生活の大半はビル、住居などの建築物内でなされている。最近の建築物は高気密化、高断熱化、また新建材の使用による室内環境汚染の悪化による健康障害危惧され、汚染対策が必要とされている。しかし、不特定多数の人が比較的多く出入りする特定建築物の環境調査は少ないのが現状である。そこで、本研究は、大学施設内の化学物質濃度及び物理的因子を計測し、室内汚染状況を把握することを目的とした。

【方法】 測定箇所は、2005年に、3施設の事務室、講義室、図書館、体育館、食堂などで行った。なお、A大学は築28年、B、C大学は築40年である。

VOCsは高性能パッシブサンプラー-VOC-SDに捕集し、二酸化炭素で脱着後、GC/MSで定量、NO₂はNO₂バッジに捕集し、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ングサンプラー-DSD-DNPHで捕集し、アセトニトリルで抽出後、高速液体クロマトグラフィーにて定量した。物理因子は温・湿度、照度、騒音、輻射熱、風速、粉じん濃度をそれぞれ計測した。

【結果・考察】 B大学は測定したすべての箇所でVOCs濃度は数ppb以下であった。A及びC大学では測定した箇所でVOCs濃度に差が認められ、A大学では売店、書店でトルエンが20ppb以上、C大学では軽食堂でウンデカンが約30ppb、デカンが約100ppb、講義室でデカンが約50ppb、実験室で四塩化炭素が10ppb以上と、特に脂肪族炭化水素濃度が高値であった(図1)。

3大学ともホルムアルデヒドがアセトアルデヒドに比べ高く、両アルデヒドとも室内が室外よりも高い値であった。なおホルムアルデヒドはすべて20ppb以下、アセトアルデヒドはすべて10ppb以下であった。

NO₂濃度は厨房、軽食堂で約20ppbでそれ以外の箇所はすべて10ppb以下と低値であった。物理因子はAとC大学(秋期)はすべて適正な状態であったがB大学は冬期に計測し、温度・湿度はビル管理基準に満たしていなかった。

以上、大学で使用する目的等によって発生するVOCs、アルデヒド類濃度に違いが認められた。特に書店ではトルエン、講義室ではエチルベンゼン、キシレン、デカン、軽食堂では脂肪族炭化水素が高値であった。またNO₂は食堂で調理による影響が認められた。

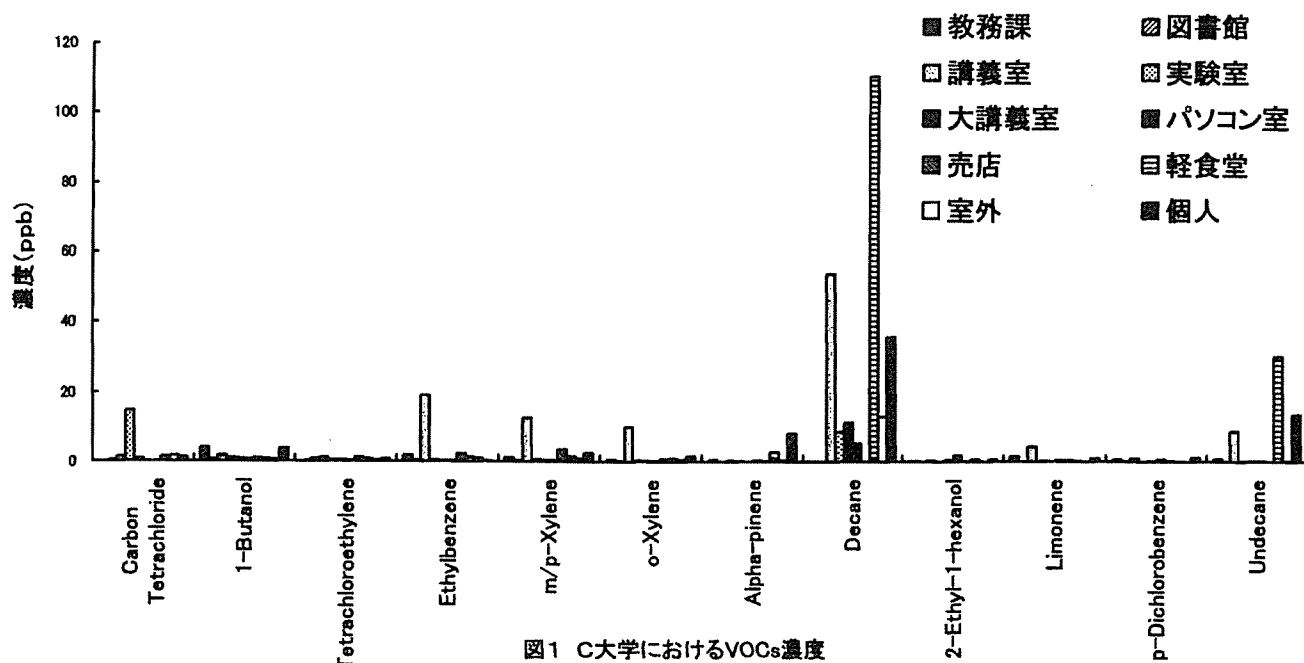


図1 C大学におけるVOCs濃度

【謝辞】 本研究の一部は平成17年度厚生労働科学研究費によって行われた。

ホテル内の空気汚染調査

嵐谷奎一¹⁾, ○田中文字子¹⁾, 櫻田尚樹¹⁾, 秋山幸雄¹⁾, 加藤貴彦²⁾, 内山巖雄³⁾

¹⁾ 産業医科大学産業保健学部, ²⁾ 宮崎大学医学部, ³⁾ 京都大学大学院

【目的】 室内空気中には、浮遊粒子状物質、揮発性有機化合物 (VOCs)、アルデヒド類等の多数の化学物質などが存在する。この中には化学物質過敏症、シックハウス症候群の発症に関与する化学物質が知られている。疾病の発症を防止するには室内汚染を正確に把握する必要がある。そこで、本研究はホテル内の化学物質の濃度及び物理的因子を計測し、室内汚染状況を把握することを目的とした。

【方法】 測定は3ホテルで、事務室、フロント、ロビー、寝室、レストランなどで、2005年夏～秋にかけて行った。Aホテルは築4年、Bホテルは築15年、Cホテルは築18年である。VOCsは高性能パッシブサンプラー-VOC-SDに捕集し、GC/MSで定量、NO₂はNO₂バッジに捕集し、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ングサンプラー-DSD-DNPHで捕集し、高速液体クロマトグラフにて分離・定量した。

【結果・考察】 VOCsは3ホテルで10～16種が検出した。VOCs濃度はホテルにより異なり、Aホテルでデカン、リモネンは比較的高く10～25ppb、それ以外は約5ppb以下であった(図1)。Cホテルは一部トルエンが30～60ppbと高く、またデカンが約10ppbと比較的高い箇所が認められた以外は数ppb以下であった。ホルムアルデヒドは3ホテルともアセトアルデヒドに比べ高い値であり、A及びBホテルでは室内濃度が室外より高く、Aホテルは一部50ppbを越す高値を認めた。それ以外は10～20ppbであった。アセトアルデヒドは全て20ppb以下であった。室内のNO₂濃度は3ホテルとも室外と同程度がそれ以下と低値であった。なお、Bホテルのレストラン内が一部40ppbと調理の影響を受けて比較的高値であった。物理的因子はすべて適正なレベルであった。

以上の結果、ホテルで共通してデカンが高く、ワックス、芳香剤によるものと考えられる。トルエンが高いホテルについては、塗料、接着剤などの影響によるものと考えられる。ホルムアルデヒドは一箇所では比較的高い値を認めたが、それ以外は低値であり、NO₂濃度も同様低い値であった。

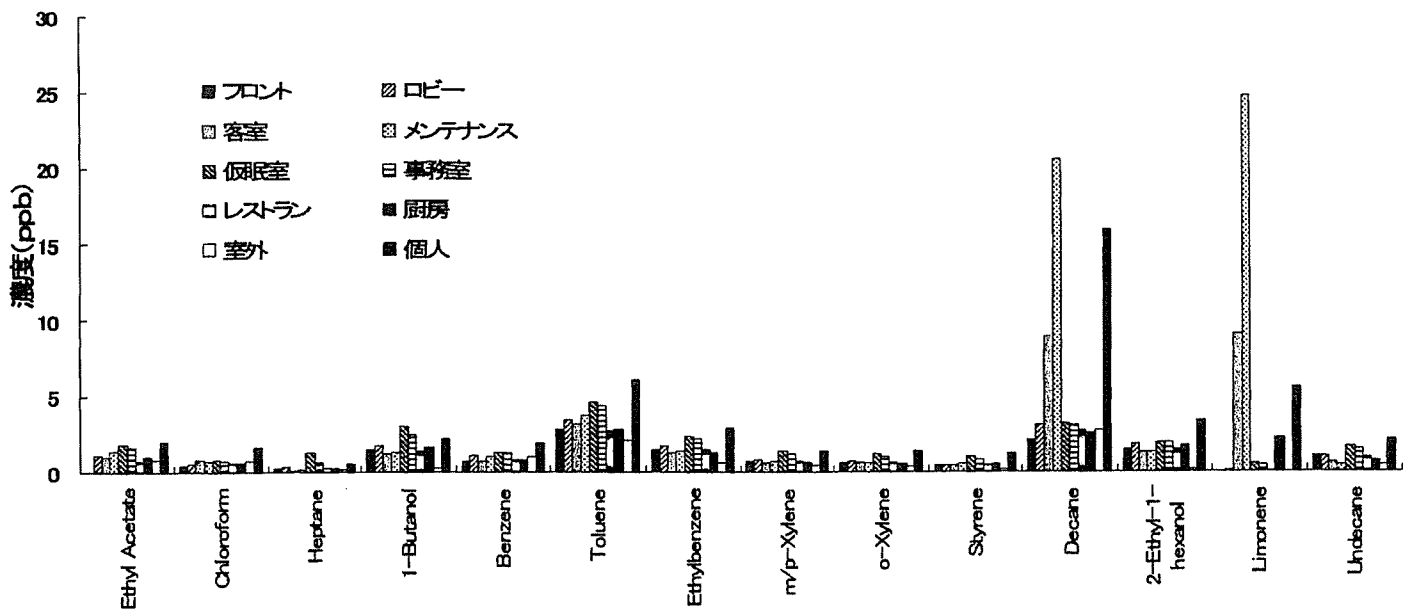


図47 AホテルにおけるVOCs濃度比較

【謝辞】 本研究の一部は平成17年度厚生労働科学研究費によって行われた。

美術館・博物館内の空気汚染調査

○秋山幸雄¹⁾、櫻田尚樹¹⁾、加藤貴彦²⁾、内山巖雄³⁾、嵐谷奎一¹⁾
1) 産業医科大学産業保健学部、2) 宮崎大学医学部、3) 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中で、我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を利用し、また、これら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、美術館・博物館内の化学物質及び物理的因子の計測を実施し、室内空気汚染状況を把握するとともに、従業員の個人曝露濃度の測定を実施した。

2. 方法

美術館は、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4443 m²である。企画展示室、3F展示室、B1F講堂、ロビー、多目的ホール、事務室、館長室、図書室、印刷室、警備室、レストラン、厨房、室外において、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8名について行った (展示室、警備室等)。物理因子 (温度、湿度、照度、輻射熱、風速、粉じん) の測定も同時に実施した。

博物館は、築3年、地上3階建ての鉄筋造りで、総フロア面積は16947 m²である。多目的ホール、展示室A、展示室B、展示室C、チケット売り場、受付、事務所、コピー室、売店、室外において、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名について行った (主に事務所勤務)。物理因子の測定も同時に実施した。

VOCsはパッシブサンプラー (Sigma-Aldrich) に捕集後、CS₂で抽出しGC-MSで測定した。NO₂はパッチ (東洋濾紙) に捕集後、吸光光度法にて定量した。アルデヒド類は、パッシブサンプラー (Sigma-Aldrich) に捕集後、アセトニトリルで抽出し、HPLCにて分離・定量した。

3. 結果と考察

美術館から検出されたVOCsは15種類であった。 α -ピネンがB1F講堂で25 ppbと高値であった以外は、トルエン、キシレンなどすべてのVOCsで5 ppb以下と低値であった。 α -ピネンは講堂内の芳香剤によるものではないかと考えられた。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た。NO₂については、レストラン・厨房を除くと10 ppb以下で、室外濃度と同程度であった。厨房は約40 ppbと高く、調理器具使用の影響を受け、また個人は、20 ppbを越し、厨房の影響を受けていた。アルデヒドについては、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濃度であった。ホルムアルデヒドが最も高かったのは企画展示室で約50 ppbであった。その他では30 ppb以下であった。またアセトアルデヒドはいずれも10 ppb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。美術館内の物理因子は、いずれも適正なレベルであった。

博物館から検出されたVOCsは15種類であった。トルエンと酢酸エチルは、他のVOCsに比べ高く、10 ppbを越す濃度であった。特にトルエンは展示場内で約50 ppbと高値であった。その他の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、展示室内で15 ppbを越す値であった。これらは展示に用いられる材質、接着剤などによる影響と考えられた。NO₂については、測定したすべての箇所とも20 ppb以下であった。アルデヒドについては、ホルムアルデヒドがアセトアルデヒドに比べいずれも数倍と高濃度であった。多目的ホールのホルムアルデヒド濃度は他の箇所 비해4倍以上、すなわち約40 ppbと比較的高かった。その他では15 ppb以下であった。またアセトアルデヒドはいずれも5 ppb以下と低値であった。博物館内の物理因子については、展示室Aの照度が催し物の性格上50 lx以下と低値であった他は、いずれも適正なレベルであった。

謝辞 本研究は厚生労働科学研究費補助金、健康科学総合研究事業の一環として行われた。

伊藤小百合¹ 嵐谷奎一² 樺田尚樹³ 秋山幸雄²
加藤貴彦⁴ 内山巖雄⁵

- 1 産業医科大学産業保健学部 環境管理専攻 4年生
- 2 産業医科大学産業保健学部 第2環境管理学
- 3 産業医科大学産業保健学部 保健情報学
- 4 宮崎大学医学部
- 5 京都大学大学院・工学研究科

戸次加奈江¹ 嵐谷奎一² 樺田尚樹³ 秋山幸雄²
加藤貴彦⁴ 内山巖雄⁵

- 1 産業医科大学産業保健学部 環境管理専攻 4年生
- 2 産業医科大学産業保健学部 第2環境管理学
- 3 産業医科大学産業保健学部 保健情報科学
- 4 宮崎大学医学部
- 5 京都大学大学院・工学研究科

最近の建築物は高气密化、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ている。特定建築物は比較的多くの人々が利用し、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、室内汚染に関する調査や従業員の健康度を調査することが必要とされている。

本研究では、特定建築物内(床面積3000m²以上、学校の場合は8000m²以上の建築物)のアルデヒド類濃度の計測を実施し、室内汚染状況を把握することを目的とした。

今回調査の対象とした建築物は、築1年で鉄筋造、総床面積は約28,000m²の大型ショッピングセンターである。

測定箇所は食品売り場、衣料品売り場等120点行い、個人曝露については、120人を対象に、仕事中心・仕事外と測定し、それぞれの濃度を比較した。

捕集は、アルデヒド/ケトン捕集用パッシブサンプラーDSD-DNPHを用いて行い、アセトニトリルで抽出後、高速液体クロマトグラフィーにて分離・定量した。

売り場、個人曝露ともにホルムアルデヒド、アセトアルデヒドを検出、定量した。いずれもホルムアルデヒドがアセトアルデヒドに比べ高い値を示した。売り場ごとの比較では、どの箇所とも同程度で、室内ホルムアルデヒド濃度は室外とほぼ同程度であったが、アセトアルデヒド濃度は室外に比べ室内が高値であり、アセトアルデヒドは室内に汚染源があることが示唆された。また、個人曝露濃度は、仕事中心に比べ、仕事外の濃度が高い傾向であった。しかし、いずれの箇所、個人曝露濃度とも、室内指針値を下回る値であった。

特定建築物は比較的多くの人々が利用し、従業員の生活の場となるため、健康被害防止のためには、室内の環境状態を把握することは重要である。

本研究では、種々の特定建築物(床面積3000m²以上、学校の場合は8000m²以上)内のVOCsの化学計測を実施し、室内汚染状況を把握することを目的とした。

我々は多くの特定建築物の揮発性有機化合物(VOCs)の環境調査を実施してきた。調査した建築物は、使用用途を異にする、大型スーパーマーケット、大学、書店、美術館、博物館、市役所等である。今回はその中で最も最近測定した大型スーパーマーケットの測定結果を報告する。

この建物から32種のVOCsを検出、定量した。この建物は築1年で新しいため、建材などから高濃度の化学物質が測定されることが予想されたが、VOCs濃度はいずれも低値であったが、トルエン・キシレン・エチルベンゼン・テトラクロロエチレン・スチレン・その他いくつかの化合物は室外、仕事外と比較して、店舗内、個人仕事時の濃度が高値であった。これは主たる発生源が店舗内にあると考えられる。また脂肪族炭化水素、クロロホルムなどの平均値は個人仕事外が高値を示し、店舗内業務より業務外の個人生活の方が曝露源となっていると考えられる。各場所におけるVOCs濃度は食品売り場(生鮮・加工・菓子、パン)が他の売り場のそれより高値で、特にデカンが高値であった。これは主に食品を取り扱うことに由来しているものと考えられる。

VOCsの多くは店舗内を発生源とすることが考えられるが、いずれも室内濃度指針値を超えるものは無く、環境は適正な状態にあると考えられる。