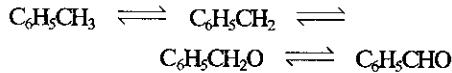


の住宅では室内空气中に benzaldehyde が比較的高濃度検出されていた (Table 7-4) が、この発生源が台所収納棚であることが明らかになった。しかし、benzaldehyde が建材・施工剤に使用されていたことは考え難い。環境大気では、大気中の toluene は OH と反応し benzyl radical を生成し、続いて大気中の NO と反応することにより benzyloxy radical へと変質し、さらにこれが酸化されて benzaldehyde になる反応機構が報告されている^{52),53)}。



これと同じ反応が収納棚の閉鎖された空間で起こっていることも考えられる。styrene は断熱材からの放散が推測されるが、台所収納棚には断熱材は使われていない。したがって、化学反応により二次的に発生したことも考えられる。この住宅の居間における styrene 濃度は 13-44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、我々が行った屋外の測定³³⁾(平均 0.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, n=40)と比較すると屋内の濃度は非常に高い。

建材の測定

室内で styrene, cyclohexane 等が高濃度検出された住宅 (築5年, 5階建て集合住宅) で、床 (フローリング), 畳, 壁紙, 天井板から放散する化学物質を FLEC で測定した。この住宅の屋内 VOCs 濃度 (1999年3月測定) は Table 7-13 に示すように toluene, ethylbenzene, styrene の濃度が非常に高い。FLEC の測定条件は、バージガス; 純空気, flow rate, 100 ml/min; VOCs の捕集, TCT-tube, 30 ml/min; carbonyl 化合物の捕集, Sep-Pak DNPH, 30 ml/min, 捕集時間, 30min である。GC/MS のクロマトグラムを Fig. 7-22 に、放散速度の計算結果を Table 7-14 に示した。フローリング, 畳 (表・裏), 畳シート, 天井から styrene と ethylbenzene がそれぞれ 12-59, 20-54 $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ の速度で放散しているが、toluene の放散は 3 $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ 程度であり非常に少ない。また、壁紙からの放散は非常に少ないことが明らかになった。従って室内における ethylbenzene, styrene の主要発生源はフローリング, 畳, 畳シート, 天井であることが推測されるが、toluene の発生源は不明である。

styrene 等を高濃度で放散したフローリング, 畳, 畳シート, 天井に共通することは、いずれの建材も断熱材を伴っていることである。現在断熱材として、発泡プラスチック保温材, ロックウール保温材, グラスウール保温材が使用されている。これらの中で styrene を放散する可能性の高い保温材は、原材料に有機化合物を使用している発泡プラスチック保温材と思われる。発泡プラスチック保温材は次の5種類が製造されている。1. ビーズ法ポリスチレンフォーム(EPS), 2. 押出法ポリスチレンフォーム(XPS), 3. 硬質ウ

Table 7-13. Concentrations of VOCs in indoor air and outdoor air. outdoor air was measured at veranda. $\mu\text{g}/\text{m}^3$

compound	indoor air	outdoor air
CFC12	19.	2.5
chloromethane	0.57	0.42
CFC114	0.14	0.13
chloroethene	0.12	0.13
1,3-butadiene	0.34	0.08
bromomethane	0.01	0.02
chloroethane	0.10	0.06
CFC11	9.8	1.5
acrylonitrile	0.06	0.02
cis-1,2-dichloroethene	0.00	0.00
dichloromethane	1.1	0.96
CFC113	0.61	0.61
1,1-dichloroethane	0.01	0.00
1,1-dichloroethene	0.02	0.03
trichloromethane	1.6	0.14
1,2-dichloroethane	0.16	0.15
1,1,1-trichloroethane	0.37	0.32
benzene	2.9	2.0
tetrachloromethane	0.70	0.70
1,2-dichloropropane	0.14	0.09
trichloroethene	0.43	0.31
cis-1,3-dichloropropene	0.04	0.03
trans-1,3-dichloropropene	0.02	0.02
1,1,2-trichloroethane	0.07	0.01
methylbenzene	19.	9.0
1,2-dibromoethane	0.00	0.01
tetrachloroethene	0.30	0.15
chlorobenzene	1.12	0.02
ethylbenzene	13.	1.3
m,p-xylene	4.6	1.1
ethenylbenzene	13.	0.26
1,1,2,2-tetrachloroethane*	0.44	0.04
o-xylene*	2.7	0.83
1,3,5-trimethylbenzene	0.70	0.40
1,2,4-trimethylbenzene	2.3	1.1
1,3-dichlorobenzene	0.00	0.00
1,4-dichlorobenzene	35.	1.51
1,2-dichlorobenzene	0.06	0.02
1,2,4-trichlorobenzene	0.00	0.00
hexachloro-1,3-butadiene	0.00	0.00

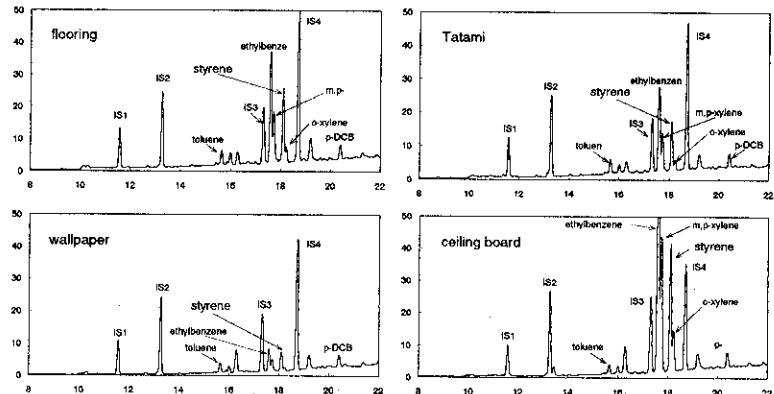


Fig. 7-22. Comparative VOCs profiles emitted from building materials. IS1-4 are internal standards.

レタンフォーム(PUF), 4. ポリエチレンフォーム(PE), 5. フェノールフォーム(PF)。EPS, XPS は原材料に styrene を使用しているため、styrene を放散する可能性が非常に高い。

そこで3銘柄の XPS (1種, 2種, 3種)および1銘柄の EPS

(特号, 1号, 2号, 3号, 4号)を 30 °Cの恒温槽に入れ、放散する化学物質を FLEC で測定した。XPS, EPS の代表的なクロマトグラムを Fig. 7-23 に示す。それぞれの種類の styrene foam は、銘柄ごとに類似したクロマトグラムが得られ、styrene, ethylbenzene, toluene, cyclohexane, xylene が高濃度検出された他、XPS では chloromethane が多量に放散していた。定量出来た化学物質の、XPS からの放散速度を Table 7-15 に示した。styrene は 7.2-84 $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ の速度で放散していたが、1種, 2種, 3種の種別による差は認められなかった。しかし、銘柄による差は認められ、B 社の製品からは、49-84 $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ の速度で styrene が放散していた。また、XPS からは chloromethane, chloroethane, bromomethane, bromoethane が速い速度で放散していた。特に、A 社の3種 b(B-3b)は chloroethane が 19000 $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ の非常に早い速度で放散していた。発泡プラスチック系断熱材の熱伝導率は、原料樹脂の種類、密度の他、発泡剤の種類によって大きく異なる。一般に分子量の大きい気体ほど熱伝導率が小さくなるため、フロン等の F, Cl を含む分子量の大きい発泡剤が使用されてきた。しかし、1988 年モントリオール議定書によりフロンの製造が禁止されたため、XPS の発泡剤としてこのような物質が使用されたことが推測される。一方、EPS は発泡剤として炭化水素を使用しているが、製造直後に空気と置換される。Fig. 7-23 で butane と pentane のピークが検出されているが、これは発泡剤として使用されたが、まだ空気と置換されずに残留していることが考えられる。

7.4 結論

居住空間における揮発性有機化合物(VOCs)の挙動を検討するために、約 40 軒の住宅における VOCs を屋内(居間)と屋外(建物近傍, 遠隔)で同時に測定した。その結果、以下のことが明らかになった。(1) 屋内濃度と屋外濃度の比(I/O)は 1.3~31 であり、全ての住宅で屋内濃度が屋外濃度より高かった。

(2) 1,4-dichlorobenzene は最も高い濃度(1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)と I/O 比(31) を示した。(3) tetrachloromethane の濃度分布は屋内・屋外共、正規分布を示した。(4) 屋内における CFC12 の濃度分布は屋外の分布と近似した。CFC11,

Table 7-14. Emission rates of VOCs measured by FLEC. $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$

compound	flooring	Tatami (surface)	Tatami (reverse)	Tatami (sheet)	wallpaper	ceiling
methylbenzene	3.3	3.0	3.2	2.1	2.3	2.1
ethylbenzene	27.	20.	54.	44.	5.2	51.
m,p-xylene	7.2	5.1	22.0	16.	1.7	19.
styrene	19.	12.	59.	40.	4.4	32.
o-xylene*	1.9	1.3	5.5	3.7	0.4	5.3

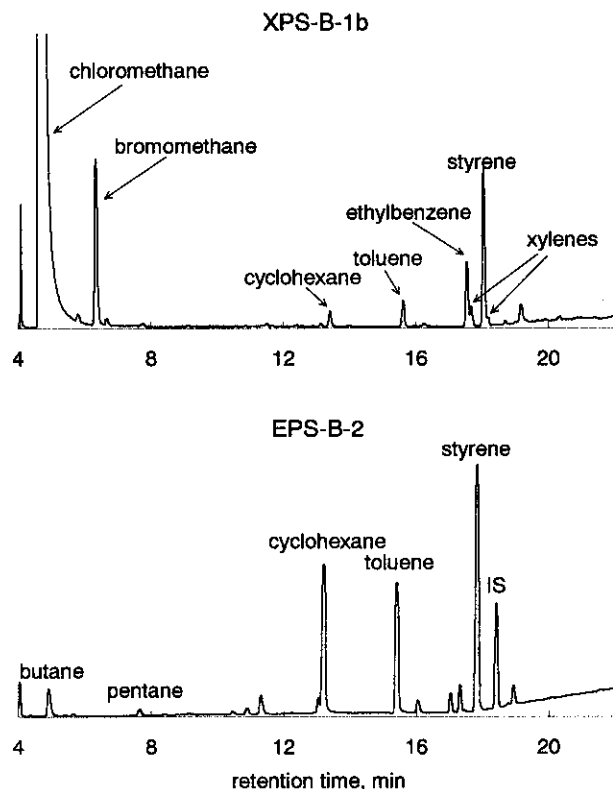


Fig. 7-23. Comparative VOCs profiles emitted from XPS (upper chromatogram) and EPS (lower chromatogram).

CFC113, CFC114 など freons の濃度分布は高濃度側に偏ることから、これらの物質は室内から発生していることが確認された。(5) 住宅によっては、styrene が非常に高い濃度(max 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を示した。次に、新築の集合住宅で有害大気汚染物質(HAPs)がどのような挙動を示すのか、また発生源がどこなのかを調べるために、様々な方法で新築集合住宅の HAPs を測定した。測定方法は active sampling として、TO-11/TO-17 に準拠した方法、diffusive sampling として DSD-DNPH を用いる方法、材料からの放散速度の測定として、Field and Laboratory Emission Cell (FLEC)を用いる方法で行った。未入居時の新築集合住宅では、toluene, formaldehyde, acetone, CFC11 の濃度が高く建材からの放散が示唆された。入居後高濃度を示した 1,4-dichlorobenzene と 1,1,1-trichloroethane の発生源は入居者が持ち込んだ可能性が高い。formaldehyde, acetone, CFC11 の濃度は台所の収納棚付近で高く、濃度と室温は

Table 7-15. Emission rates of VOCs emitted from XPS. $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$

Compound	A			B			C		
	B-1b	B-2b	B-3b	B-1b	B-2b	B-3b	B-1b	B-2b	B-3b
chloromethane	0.0	0.0	0.0	3000.	2600.	6500.	2300.	2300.	2900.
chloroethane	7600.	13000.	19000.	14.	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0
bromomethane	0.0	0.0	0.0	270.	110.	130.	490.	460.	170.
toluene	4.9	4.5	5.7	9.7	8.4	8.0	9.9	14.	9.7
ethylbenzene	2.4	2.7	9.6	24.	9.2	7.7	6.1	6.6	5.9
m,p-xylene	1.0	0.4	1.6	4.1	1.2	1.2	1.2	1.7	1.3
o-xylene	2.8	2.9	4.9	1.8	0.4	0.4	0.7	0.9	0.5
styrene	18.	18.	23.	84.	52.	49.	16.	13.	7.2

比例した。この台所収納棚から styrene と benzaldehyde がそれぞれ $200, 470 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ の速度で放散していることが FLEC により確認された。styrene と formaldehyde は室内濃度が高く ($72, 390 \mu\text{g/m}^3$) 発がんや喘息などを引き起こす物質であることから、今後注意が必要である。

室内濃度や個人暴露量を測定するには、小型・軽量で動力を必要としない拡散サンプラーが有効である。我々が開発した DSD-DNPH の特徴は以下の通りである。(1) カルボニル化合物を DNPH 誘導体として反応吸収し、HPLC で分析するため多種類の carbonyl 化合物を測定できる。(2) 捕集速度を制御できるため、屋外環境・屋内環境・作業環境等の幅広い濃度に対応できる。(3) 分析の際、外気に曝さずに抽出できるため汚染されにくい。(4) DSD-DNPH にポンプを接続することにより、active sampler としても使用できる。ポンプ捕集 (sampling rate: 100ml/min) による active sampling 法 (EPA method TO-11) との比較では、良好な相関関係 ($r=0.995$) が得られ、比較的速い sampling rate (formaldehyde: 71.9 ml/min) が得られた。

建材から放散する化学物質を測定したところ、発泡スチロール系の断熱材であるビーズ法ポリスチレンフォーム (EPS) や押出法ポリスチレンフォーム (XPS) から styrene が放散し、室内空間に拡散することが確認された。未重合の styrene monomer から発生するのか、polystyrene から化学反応により発生するのか明らかではないので、発生メカニズムを明らかにすることが必要である。また、断熱材からの放散を物理的・化学的に減少させる方法も今後の検討する必要がある。

7.5 文 献

- 1) 環境庁, 1997. 大気汚染防止法, 第2条第9項
- 2) Uchiyama, S.; Asai, M.; Hasegawa, S. *Atmos. Environ.* **1999**, *33*, 1913-1920.
- 3) USEPA, Compendium Method TO-14, In: Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air. **1988**.
- 4) 中央環境審議会大気部会環境基準専門委員会 大気環

- 5) 境学会誌 **1997**, *32*, 4(2), 19-33.
- 6) 馬郡文平; 熊谷一清; 由岐中聡美; 吉田仁美 建築雑誌 **1998**, *113*(No.1421), 52-57.
- 7) 内山茂久; 田辺新一; 由岐中聡美; 小西章予 千葉市環境保健研究所年報 **1998**, *5*, 97-103.
- 8) Wallace, L.; Nelson, W.; Ziegenfus, R.; Pellizzail, E.; Michael, L.; Whitmore, R.; Zelon, H.; Hartwell, T.; Perrit, R.; Westerdahl, D. *J. Expos. Anal. Environ. Epidemiol.* **1991**, *1*, 157-192.
- 9) Otson, R., 1996. Vapor-phase organic compounds in Canadian residences. *ASTM Spec. Tech. Publ.* No. 1261, 66-76.
- 10) 玉川勝美; 加藤丈夫 仙台市衛生研究所報 **1994**, *24*, 141-147.
- 11) 富永健; 巻出義紘, 日本化学会誌 **1991**, *233*, 351-357.
- 12) 中嶋敏秋; 近藤秀治 大気環境学会誌 **1998**, *33*, 42-49.
- 13) ECA, 'Indoor Air Quality and Its Impact on Man' Total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air quality investigations **1997**, Report No.19.
- 14) IARC, IARC monograph on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Some industrial chemicals and dyestuffs. **1982**, *29*, 93-148.
- 15) Aksoy, M. *Environ Res.* **1980**, *23*, 181-190.
- 16) Bond, G. G.; McLaren, E. A.; Baldwin, C. L.; Cook, R. R. *Br. J. Ind. Med.* **1986**, *43*, 685-691.
- 17) Paustenbach, D. J.; Bass, R. D.; Price, P. *Environ. Health Perspect* **1993**, *101*, 177-200.
- 18) Wong, O. *Br. J. Ind. Med.* **1987**, *44*, 382-395.
- 19) Field, R. A.; Goldstone, M. E.; Lester, J. N.; Perry, R. *Atmos. Environ.* **1992**, *26A*, 2983-2996.
- 20) Hayes, J.P.; Lambourn, L.; Hopkirk, J.A.; Durham, S.R.; Taylor *Thorax* **1991**, *46*, 396-397.
- 21) Moscato, G.; Biscaldi, G.; Cottica, D.; Pugliese, F.; Candura, F., 1987. Occupational asthma due to styrene: two case reports. *J. Occup. Med.* **29**(12), 957-960.
- 22) IARC, IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to man, Lyons, **1987**.

- 23) BIBRA Toxicity Profile. BIBRA Toxicology International, Carshalton, UK.
- 24) 日本バイオアッセイ研究センター, P-ジクロロベンゼンのラットおよびマウスを用いた吸入によるがん原生試験報告書, 神奈川, **1995**, 1-44.
- 25) 健康影響評価検討委員会 大気環境学会誌 **1997**, 32, 4(2), 128-140.
- 26) 健康影響評価検討委員会 大気環境学会誌 **1997**, 32, 4(2), 113-127.
- 27) NTP, Toxicology and carcinogenesis studies of dichloromethane (methylene chloride) in F344/N rats and B6C3F1 mice (inhalation studies). NTP Technical report series No. 306. U.S. DHHS 1986. NIH Publication No.86-2562.
- 28) Maronpot, R.R.; Devereux, T.R.; Hegi, M.; Foley, J.F.; Kanno, J.; Wiseman, R.; Anderson, M.W. *Toxicology* **1995**, 102, 73-81.
- 29) IARC, IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. **1995**, 63, 75-158.
- 30) Solomon, S. *Nature* **1990**, 347, 347-354.
- 30) 松村年郎 第37回大気環境学会講演要旨集, 1996, 37, 422.
- 31) Wolkoff, P.; Clausen, P. A.; Nielsen, P. A.; Gustafsson, H.; Jonsson, B.; Rasmussen, E. *IAQ91 Healthy Buildings* **1991**, 160-165.
- 32) Wolkoff, P.; Clausen, P. A.; Nielsen, P. A. *Indoor Air* **1995**, 5, 196-203.
- 33) 内山茂久; 長谷川修司 千葉市環境保健研究所年報 **1998**, 5, 89-96.
- 34) 内山茂久; 近藤文; 小林一行; 勝畑喜雄; 松村年郎; 安藤正典 千葉市環境保健研究所年報 **1997**, 4, 67-70.
- 35) Wanner H.V. et al. *Environ. Int.* **1986**, 12, 311.
- 37) 吉田俊明; 安藤剛; 福原守雄 大気環境学会誌 **1998**, 33, 371-383
- 38) Otson, R. *ASTM Spec. Tech. Publ.* **1996**, No. 1261, 66-76.
- 39) Nordman, H.; Keskinen, H.; Tuppurainen, M. *Journal of allergy and clinical immunology* **1985**, 75, 91-99.
- 40) Kerns, W. D.; Pavkov, K. L.; Donofrio, D. J.; Gralla, E. J.; Swenberg, J. A. *Cancer Research* **1983**, 43, 4382-4392.
- 41) Betz, W.R.; Maroldo, S.G.; Wachob, G.W.; Firth, M.C. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* **1989**, 50, 181~187.
- 42) Woolfenden, E.A.; McClenny, W.A. *Compendium of methods for the determination of toxic organic compounds in ambient air: Method TO-17*, U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH. 45268, EPA. 625/R-96/010b, January **1997**.
- 43) Sturges, W.T.; Elkins, J.W. *J. of Chromatogr.* **1993**, 642,
- 46) Slemr, J. *Fresenius' J. Anal. Chem.* **1991**, 340, 672-677.
- 47) Arnts, R. R.; Tejada, S. B. *Environ. Sci. Technol.* **1989**, 23, 1428-1430.
- 48) Smith, D. F.; Kleindienst, T. E.; Hudgens, E. E. *J. Chromatogr.* **1989**, 483, 431-436.
- 49) Gilliland, E.R., *Industrial and Engineering Chemistry*, **1934**, 26, 681-685.
- 50) Lautenberger, W.J.; Kring; E.V.; Morello, J.A. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* **1980**, 41, 737-747.
- 51) 田辺新一 建材・施工剤からのアルデヒド類放散速度の測定と室内濃度の予測, VOCs 対策セミナー講演予稿集 **1998**, 13-17.
- 52) Atkinson, R. *Atmos. Environ.* **1990**, 24, 1-41.
- 53) Atkinson, R.; Carter, W.P.L.; Darnall, K.R.; Winter, A.M.; Pitts, J.N. *Int. J. Chem. Kinet.* **1980**, 12, 779-836.

7.6 研究発表

論文

- 1) Uchiyama, S.; Asai, M.; Hasegawa, S. A sensitive diffusion sampler for the determination of volatile organic compounds in ambient air. *Atmospheric Environment*, **1999**, 33, 1913-1920
- 2) Uchiyama, S.; Hasegawa, S. A reactive and sensitive diffusion sampler for the determination of aldehydes and ketones in ambient air, *Atmospheric Environment*, **1999**, 33, (13), 1999-2005.
- 3) 内山茂久; 金子敏郎; 田辺新一; 長谷川修司 分子拡散型サンプラー-DSD-DNPH による大気中カルボニル化合物の測定 千葉市環境保健研究所年報, **1999**, 6, 106-113.
- 4) 内山茂久; 長谷川修司 大気中における揮発性有機化合物の動態と捕集期間の検討, 千葉市環境保健研究所年報, **1999**, 6, 98-105.

学会

- 1) 内山茂久, 長谷川修司 大気中における揮発性有機化合物の動態と捕集期間の検討 日本化学会第 77 秋季年会, 1999. 9 札幌
- 2) 内山茂久, 大気中揮発性有機化合物の捕集期間に関する検討, 全国公害研協議会関東甲信静支部大気専門部会, **1999**. 6 群馬

第 8 章 冷暖房方式の違いによる住宅 における衛生環境評価

第8章 冷暖房方式の違いによる住宅における衛生環境評価

Evaluation of Residential Hygienic Environment depending on Type of Air Conditioning and Heating System

HVAC system has been considered mainly from a viewpoint of hardware. However, it is really important to evaluate the comfort sensation against indoor thermal environment and air quality. Occupant comfort sensation could be greatly influenced depending on type of air conditioning and heating system.

In this study, we have carried out a survey with questionnaire to investigate the actual use situation of air conditioning and heating system in residences. In addition, we have measured thermal environment and air quality in a residence, where a new type of floor-based air-conditioning system was installed, every season in order to evaluate comfort and availability of this system. With the floor-based system, the floor is heated and cooled by supplying warm and cool air underfloor. Radiation generated from the floor is utilized for room cooling and heating. Furthermore, warm and cool air supplied underfloor is then introduced to a room through air diffusers located on the edge of floor and reused as convective heat transfer.

KEYWORDS: Residential Environment, Floor-Based System, Thermal Comfort

8-1 研究の目的

これまでの空調システムはハードウェアの面から考えられることが多かった。しかしながら、居住者の立場から温熱、空気環境に対する快適性を評価することも重要と考えられる。また、居住者の快適感は、居室に採用されている冷暖房の方式により大きく影響を受けることが予想される。

本研究では、住宅における冷暖房方式に関するアンケート調査を実施し、現実の使用実態と満足率を明らかにした。また、建築と設備が一体化し、放射と対流双方の効果により冷暖房を行う次世代床冷暖房システムを採用した住宅（N i 邸）を対象に、季節ごとの温熱、空気環境の実測調査を行い、快適性・有効性の評価を行った。

8-2 冷暖房方式に関する実態調査

居住者の温熱、空気環境に対する快適感を大きく作用すると考えられる冷暖房方式が、実際にどのように使用されているかを把握し、その問題点を探るために、実態調査アンケートを行った。アンケートの対象は、横浜市緑区にある郊外型集合住宅 63 世帯の 121 人であった。

各家庭における冷暖房器具の所有率を図 8-1 に示す。アンケート対象世帯の半分以上の家庭で、エアコン

が所有されているが、暖房方式については、多種類の器具が使用されていることがわかった。

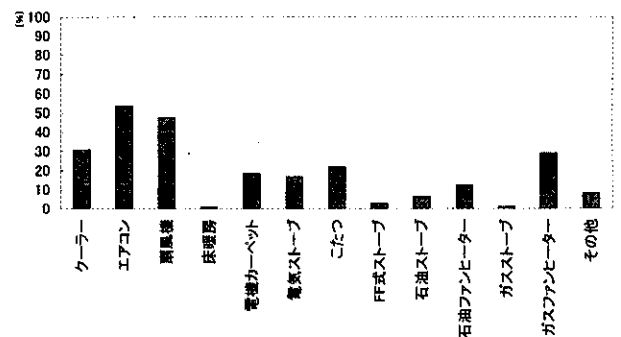


図 8-1 各家庭における冷暖房器具の所有率

最も多く使用している冷房器具の割合、最も多く使用している暖房器具の割合を図 8-2、図 8-3 に示す。

冷房器具については、エアコンが最も多く使用されており、クーラー、扇風機の順となった。これは、各冷暖房器具の所有率によるものと考えられる。暖房器具については、その種類が多かったために、各家庭で使用されている器具もばらつきが多くなった。今回対象となった家庭においては、移動不可能であるエアコンに加えて、各部屋への移動が比較的容易な暖房器具の使用が多く申告された。

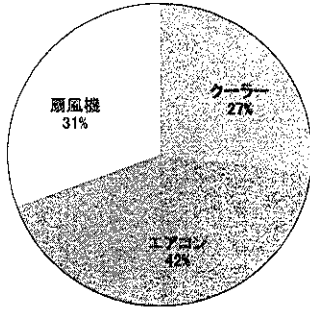


図 8-2 最も多く使用している冷房器具の割合

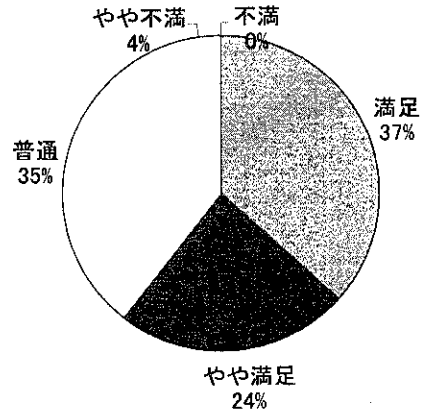


図 8-5 暖房時の温度調節に対する満足率

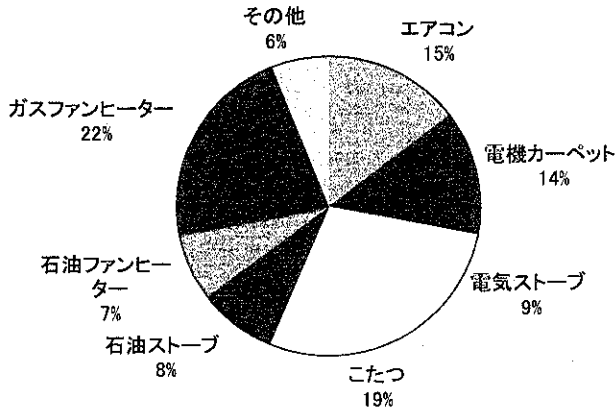


図 8-3 最も多く使用している暖房器具の割合

冷房時の湿度調節に対する満足率、暖房時の湿度調節に対する満足率を図 8-4、図 8-5 に示す。

湿度調節に関しては、冷房時、暖房時ともに普通と答えた人が半数以上を占めた。これは、居住者にとって湿度の調節は、温度と比較して解りにくく、漠然としたものであったためと考えられる。暖房時の方が、湿度調整に対する不満が多かったのは、エアコン利用等の加湿機能を持たない器具により、皮膚、粘膜の乾燥が引き起こされるためであろう。

冷房時の湿度調節に対する満足率、暖房時の湿度調節に対する満足率を図 8-6、図 8-7 に示す。

湿度調節に関しては、冷房時、暖房時ともに普通と答えた人が半数以上を占めた。これは、居住者にとって湿度の調節は、温度と比較して解りにくく、漠然としたものであったためと考えられる。暖房時の方が、湿度調整に対する不満が多かったのは、エアコン利用等の加湿機能を持たない器具により、皮膚、粘膜の乾燥が引き起こされるためであろう。

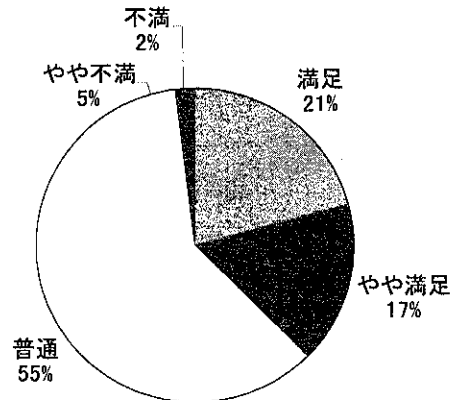


図 8-6 冷房時の湿度調節に対する満足率

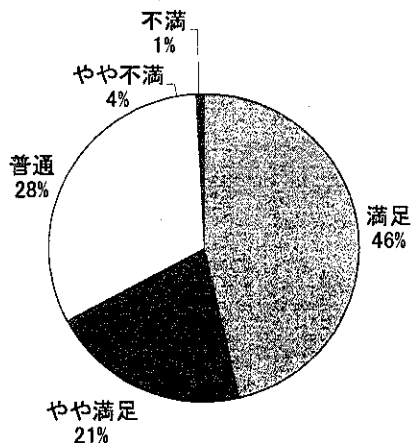


図 8-4 冷房時の温度調節に対する満足率

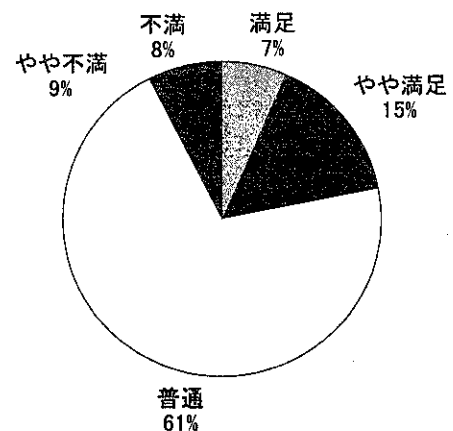


図 8-7 暖房時の湿度調節に対する満足率

頭部と足元の温度差の出現率を図8-8に、気流の不快感の出現率図8-9を示す。

頭部と足元の温度差の出現は、よくある、たまにあるを合計すると、半数以上を占める。気流による不快感の出現は、よくある、たまにあるの合計で約30%であった。上下の温度分布やドラフトのない居室全体を効率よく冷暖房できるシステムが望まれる。

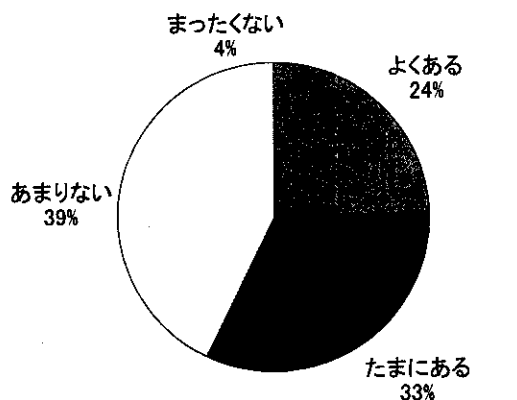


図8-8 頭部と足元の温度差の出現率

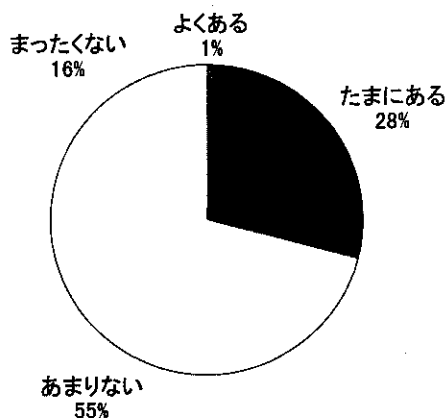


図8-9 気流の不快感の出現率

頻繁に使用する冷房器具の満足率、頻繁に使用する暖房器具の満足率を図8-10、図8-11に示す。

冷房器具、暖房器具ともに約30%の人が満足と答え、やや満足、普通と答えた人を加算すると全体の90%となる。頭部と足元の温度差や気流による不快感のデータと比較して、不満とする人の割合が極端に少ない。温度調節に対する満足度と同様に、普段使用している冷暖房器具に対する慣れの影響を考慮した検討が必要であろう。

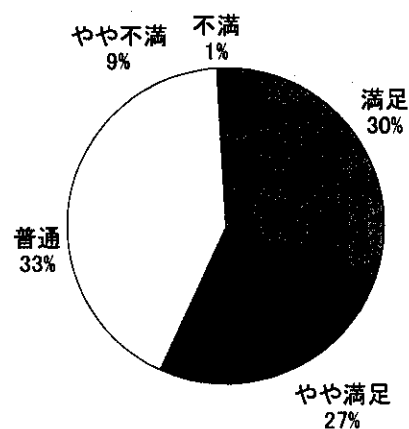


図8-10 頻繁に使用する冷房器具の満足率

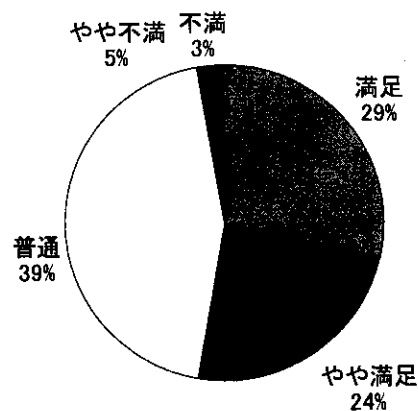


図8-11 頻繁に使用する暖房器具の満足率

8-3 次世代床冷暖房システム住宅の実測

8-3-1 実測対象住宅

実測は神奈川県横浜市にある住宅（Ni 邸）を対象に、梅雨季、夏季、秋季、冬季に行った。この建物は、地上2階、軒高5,350mm（最高6,550mm）で敷地面積267.77m²に建設されている。1階が鉄筋コンクリート壁構造、2階は木構造であり、2階は全面ガラス張りとなっている。建築面積は105.98m²（建蔽率39.58%（許容40%））であり、そのうち1階床面積が93.15m²、天井高2.34m、2階床面積が102.88m²天井高3.43m（最高3.43m）である。居住する家族の構成は夫婦と子供2人（すべて成人）の4人家族である。図8-12にNi 邸の外観、図8-13、図8-14にNi 邸の1階平面図、2階平面図を示す。

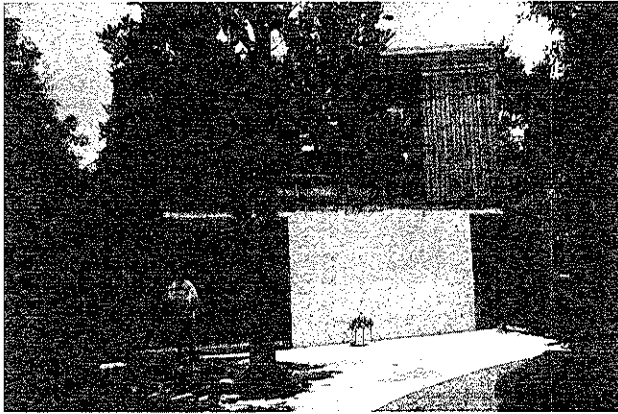


図 8-12 Ni 邸外観

この住宅は、2階全体と1階主寝室に次世代床冷暖房システムを備えている。このシステムは、二重床の床下にファンコンベクターからの温冷風を流すことで二重床を加熱・冷却し、それによって発生する放射を冷暖房に利用し、さらに床下に流した温冷風をペリメーター部に設置した床ルーバー（吹出口）から室内に送風することで対流伝熱として利用する建築と設備が一体化したものである。また、2階床下内の温冷風の一部を下階の土間、洗面所に吹き下げて効率的な利用を図っている。図 8-15 に本システムの説明図を示す。

さらに、この住宅には、本システムの他に、天井付近から直接室内に温冷風を送る空調システム（ルームエアコン）が設置されており、2階居間には暖房用の暖炉がある。

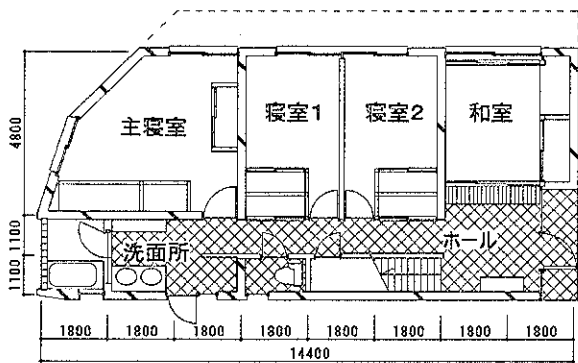


図 8-13 Ni 邸1階平面図

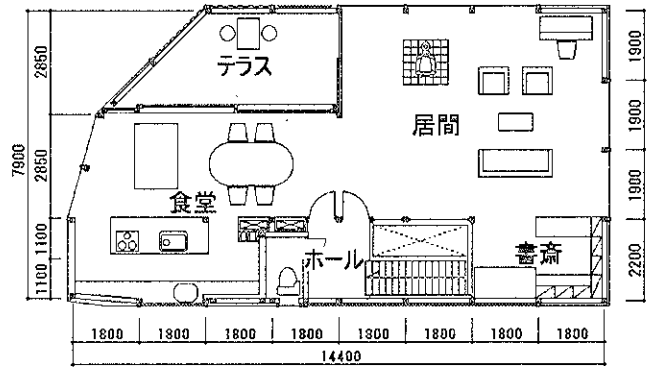


図 8-14 Ni 邸2階平面図

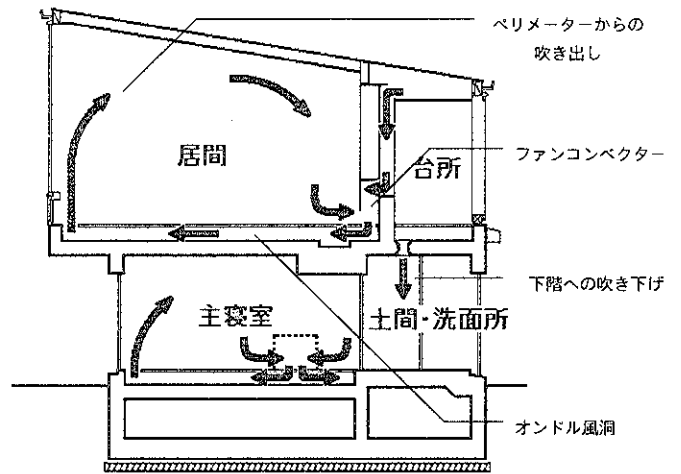


図 8-15 床冷暖房システム

8-3-2 測定方法

温熱環境と空気質の計測を、テンポラリー計測（瞬時値計測）と、約一週間の経時変化の連続計測を行った。経時変化計測の実測期間を表 8-1 に示す。テンポラリー計測は、経時変化の計測の測定機器設置時に行った。

表 8-1 実測期間

実測期間	
梅雨季	1999年 7月 9日～ 7月 18日
夏季	1999年 8月 20日～ 8月 26日
秋季	1999年 10月 25日～ 11月 1日
冬季	2000年 1月 7日～ 1月 22日

表 8-2 にテンポラリー計測測定項目を示す。表 8-3 にその測定項目を示す。図 8-16 に対象住宅の平面図およびテンポラリー計測の測定点、図 8-17 に経時変化計測の測定点を示す。

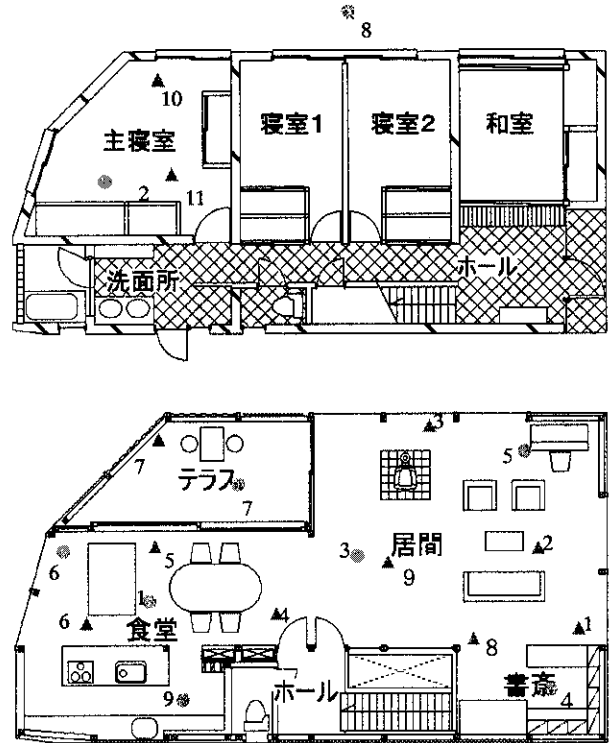
表 8-2 テンポラリー計測測定項目

測定項目	測定機器	測定高さ
空気温度	B&K 1213	(梅雨季)FL+1.1m (夏秋冬)FL+0.6, 1.1m
微小面放射温度 (6面)	B&K 1213	(梅雨季)FL+1.1m (夏秋冬)FL+0.6, 1.1m
気流速度	B&K 1213	(梅雨季)FL+1.1m (夏秋冬)FL+0.6, 1.1m
	KANOMAX, カイジョー — 超音波風速計 WA-390	
相対湿度	THERMO RECORDER RS-11	(梅雨季)FL+1.1m (夏秋冬)FL+0.6, 1.1m
一酸化炭素	ガステック 1LC	FL+1.1m
二酸化炭素	ガステック 1LL	FL+1.1m
ホルムアルデヒド	北川式ガス検知管	FL+1.1m
全天日射量		

表 8-3 経時変化計測測定項目

測定項目	測定機器	測定高さ
上下温度分布	熱電対(データコレクター及びKEYENCE) THERMO RECORDER TR-52	FL+0, 0.1, 0.3, 0.6, 1.1, 1.7m、天井面から(梅雨)0.3(夏秋冬)0.1m、天井面
グローブ温度	小径グローブ球	FL+0.6, 1.1m
PMV	JMS PMV LOGGER PVL-500	FL+1.1m
相対湿度	THERMO RECORDER RS-11 TR-72S	FL+1.1m
外気温度	THERMO RECORDER RS-11	FL+1.1m
床下温度	THERMO RECORDER RS-11	
吹出口温度	THERMO RECORDER RS-11	
ファンコンベクター付近温度	THERMO RECORDER RS-11	
空調機付近温度	THERMO RECORDER RS-11	
壁、窓、床表面温度	THERMO RECORDER TR-52	

テンポラリー計測では、B&K 1213 を使用して、空気温度・微小面放射温度(6面)・気流の計測を行い、THERMO RECORDER RS-11 を使用して相対湿度の計測を行った。測定点は、計 11 点とした。空気質については、一酸化炭素(ガステック 1LC を使用)・二酸化炭素(ガステック 1LL を使用)・ホルムアルデヒド(北川式ガス検知管を使用)の計測を行った。また、KANOMAX 風速計、カイジョー 超音波風速計 WA-390 により、2 階の吹出し口の 19 点で気流速度を計測した。図 8-18 に B&K1213 による温熱環境の計測風景を示す。



※ 空気(1~5) ▲ B&K1213 (1~7)

図 8-16 テンポラリー計測の測定点

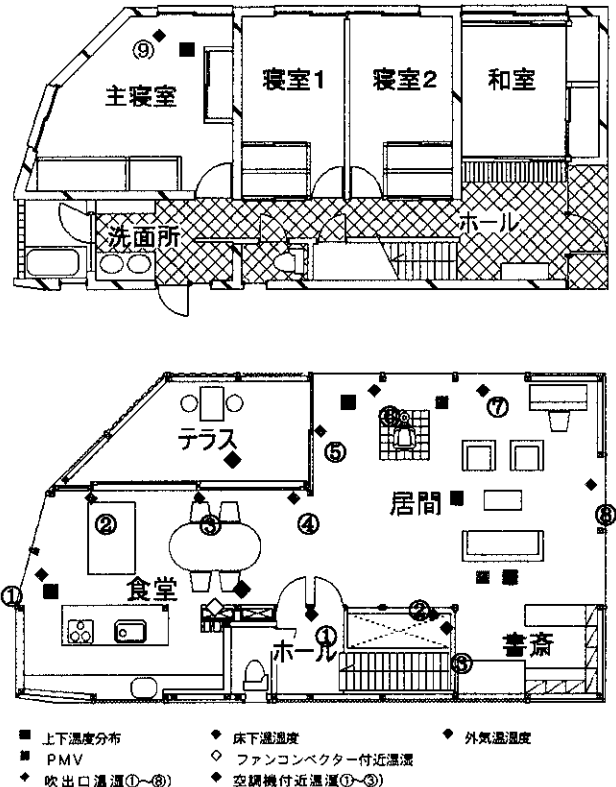


図 8-17 経時変化計測の測定点

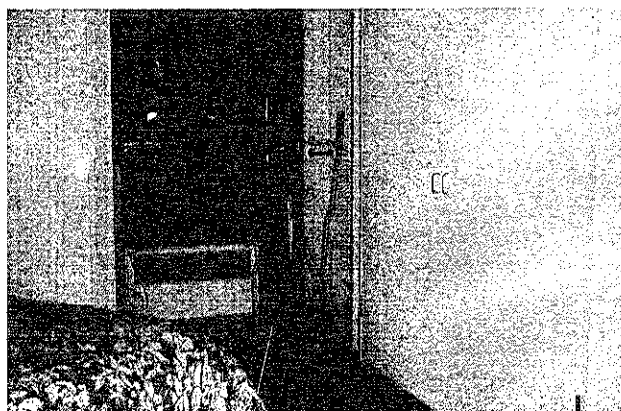


図 8-18 B&K1213 による温熱環境の計測

経時変化計測では、上下温度分布の計測は、三脚を利用した測定ポールを作成し、センサー部分に放射の影響を遮るためのアルミテープを貼り、実際の空気温度とほぼ等しくなるようにして行った。また、グローブ温度及び、相対湿度の計測もこの測定ポールを利用して計測した。

梅雨季、夏季、秋季の実測では、測定ポール 1 (居間・窓前)、測定ポール 2 (居間・書斎前)、測定ポール 3 (食堂) 測定ポール 4 (主寝室) の 4 本の測定ポールを使用した。上下温度分布は、(FL+0、0.1、0.3、0.6、1.1、1.7m、天井面から(梅雨)0.3(夏季以降)0.1m、天井面) 8 点の測定高さで行った。上下温度分布の測定機器は、ポール 1 に熱電対(データコレクターNo2、36 点計測可能×2 台)を使用し、ポール 2 に熱電対(データコレクターNo1 12 点計測可能×1 台)を使用し、ポール 3、4 は、THERMO RECORDER TR-52 を計 16 台使用して計測した。グローブ温度は、測定ポール 1、2 の位置で、FL+0.6、1.1m の 2 点の測定高さで計測した。グローブ温度は、小径グローブ球を計 4 個使用して計測した。また、相対湿度は、各測定ポールの測定高さ FL+1.1m で THERMO RECORDER TR-72S を 4 台使用して計測した。

冬季実測では、暖炉の放射熱伝達による暖房効果を計測するため測定ポール 5 を追加した。上下温度の測定高さは、測定ポール 1~4 は、梅雨季、夏季、秋季と同様で、ポール 5 は、FL+0、0.1、0.3、0.6、1.1、1.7m の 6 点とした。測定機器は、ポール 1、2、5 に、熱電対 (KEYENCE 32 点計測可能×1 台) を使用し、ポール 3 に熱電対 (データコレクター No2、36 点計測可能×2 台) を使用し、ポール 4 に THERMO RECORDER TR-52 を計 8 台使用して計測した。グローブ温度は、各測定ポールの FL+0.6、1.1m、1.7m の 3 点の測定高さで計測した。グローブ温度は、小径グ

ローブ球を計 15 個使用して計測した。また、相対湿度は、各測定ポールの測定高さ FL+1.1m で THERMO RECORDER TR-72S を 4 台使用して計測した。

PMV は、JMS PMV LOGGER PVL-500 を使用して、ペリメータ及びインテリアの 2 箇所の測定点で計測した。

外気温湿度 (テラス FL+1.1m で計測)、床下温湿度 (床下点検口内で計測)、吹出口温湿度 (吹出し口内の測定点①~⑨で計測)、ファンコンベクター付近温湿度 (食堂側で計測)、空調機付近温湿度 (居間の空調機の測定点 1~3 で計測) は、THERMO RECORDER RS-11 を使用して計測した。梅雨季は、吹出口温湿度の計測は測定点④のみで、空調機付近温湿度の計測は行わなかった。夏季は、吹出し口内の測定点⑨の計測は行わなかった。秋季は、空調機付近温湿度、吹出し口内の測定点⑨の計測は行わなかった。冬季は、すべての測定点の計測を行った。図 8-19 に測定ポール 3 による測定風景を示す。



図 8-19 測定ポール 3 (食堂)

また、経時変化計測の期間中は、居住者に対して、在室・窓の開閉・空調機の使用状況・温冷感に関するアンケート調査を行った。図 8-20 に居住者に依頼した、1 日の行動パターンアンケート用紙を示す。

1日の行動パターン アンケート

月 日 ()

天気(変化)		温冷感				時間	居間			食堂			主寝室			その他の部屋				使用電気機器							
主な 天気	特記 変化	寒い	涼しい	やや涼しい	どちらでもない		やや暖かい	暖かい	暑い	窓の開閉	空調機器	照明	在室	窓の開閉	空調機器	照明	在室	窓の開閉	空調機器	照明	在室	外出					
						0																					
						6																					
						12																					
						18																					
						24																					
<メモ欄>														<p>記入上のお願</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「窓の開閉」は、開けているときを記入して下さい。 ・「空調機器」は、設定温度も記入して下さい。 ・<メモ欄>には、室内の空気のおい等が、気になったときなどに記入して下さい。(喫煙の有無等) 													

図 8-20 1日の行動パターンアンケート用紙

8-3-3 梅雨季実測結果

1. テンポラリー計測

図 8-21 に、各測定点における PMV を示す。空気温度、放射温度、相対湿度、気流速度の測定値と着衣量 0.6 clo、仕事量 1.0met 仮定値から算出した午後の PMV の値は、テラス(外気)が -1.19 であった。2 階室内は -0.31~0.47 で ISO-7730 が示す快適推奨範囲 -0.5~0.5 の範囲内であった。1 階は -1.01、-0.81 でやや涼しい値を示した。

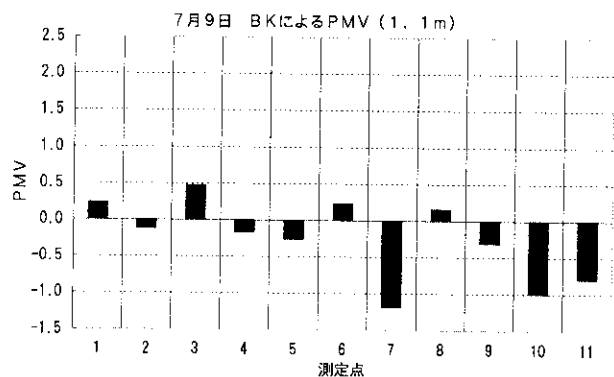


図 8-21 各測定点における PMV

図 8-22 に空気質の実測結果を示す。CO₂ は、ビル管法の基準値 1000ppm 以下であるが、1,2 階ともに窓を開けて自然換気を行っていたため、外気の濃度とほとんど変わりはなかった。また、ホルムアルデヒドも WHO の基準値 0.08ppm 以下であって、CO₂ 同様のことが考えられる。CO は、検知管に反応はなかった。

2. 経時変化計測

図 8-23 に 1 階主寝室および 2 階食堂における 3 点平均温度 (床上 0.1m、0.6m、1.7m の平均温度)、上下温度差(床上 1.7m-0.1m)、空調機の使用状況に外気温、各々の在室状況を重ねたグラフを示す。ここで、空調機使用状況および在室状況は、アンケート調査の申告によるもので、おおよその目安となるものである。1 階主寝室は、一日を通しての温度変化が約 2.5°C (空調使用時は除く) と小さく、上下温度差も 1°C 以下と小さい。また、日中は外気温よりも温度が低いことがわかる。一方、2 階食堂は一日の温度変化は約 5°C と主寝室よりも大きい。上下温度差も 2°C 近くあることもあり主寝室よりも大きい。ASHRAE 55-92 の快適範囲 3°C 以内であった。また、日中は外気温とほぼ等しい温度まで上がっている。これは、2 階居間においても同様であった。

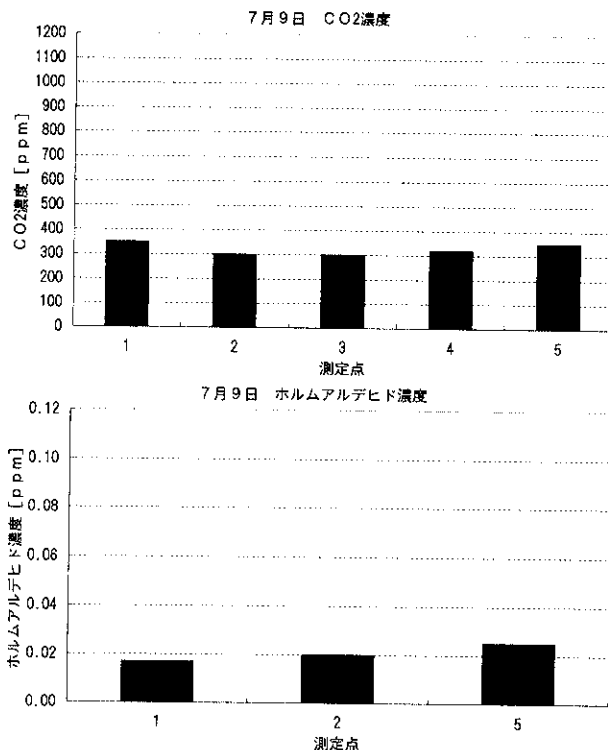


図 8-22 空気質測定結果

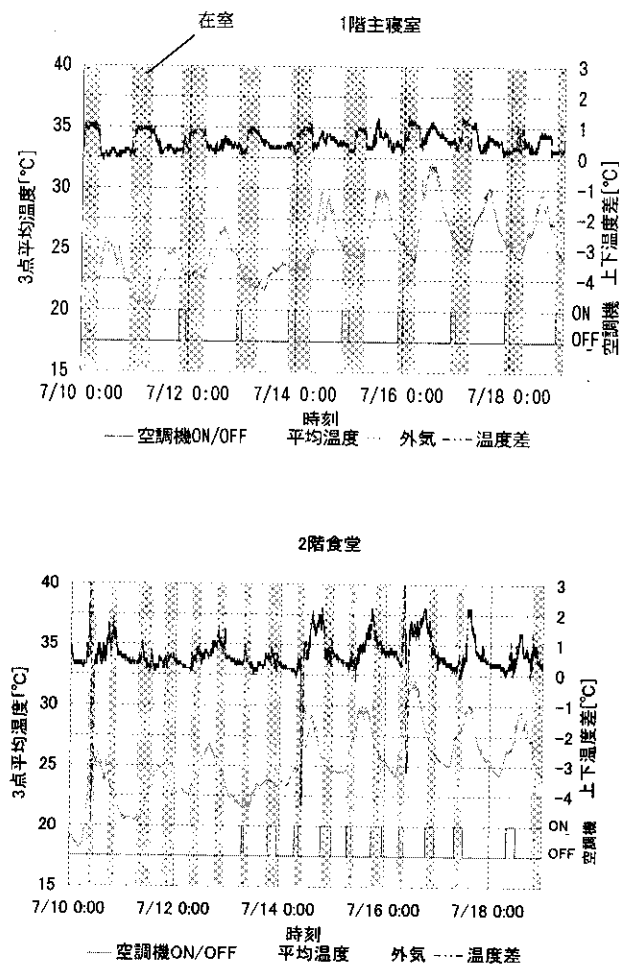


図 8-23 1 階、2 階における平均温度及び上下温度差

図 8-24 に 2 階居間・書斎前の PMV 値に 2 階の在室状況を重ねたグラフを示す。0.4clo、1.0met の仮定値により算出した値である。日中は高い値を示し、3.0 に達する日もあった。しかし在室状況を見ると、その時間は外出中で、在室していないことがわかる。

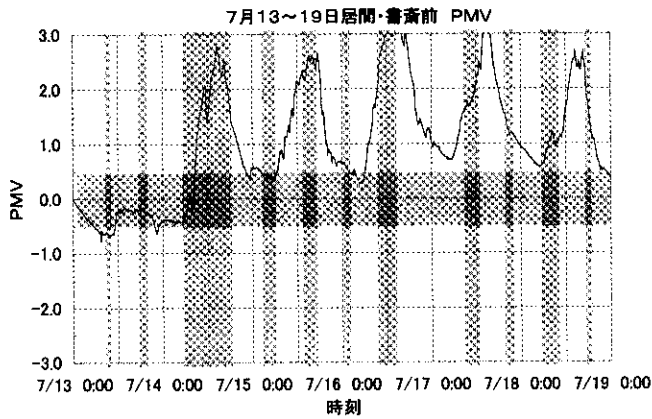


図 8-24 2 階居間・書斎前 PMV

図 8-25 に床下温度と空調使用状況のグラフを示す。空調使用時に多少の温度降下が見られるが、目立ったものではない。また、吹出し口③の温度降下の方が大きかった。これは、本システムではなく直接室内に冷風を送る通常の空調（ルームエアコン）が使用され、吹出し口はその室内空気と直接接触していた影響と考えられる。このことから、梅雨季の実測では、本システムの使用がなかったと考えられる。

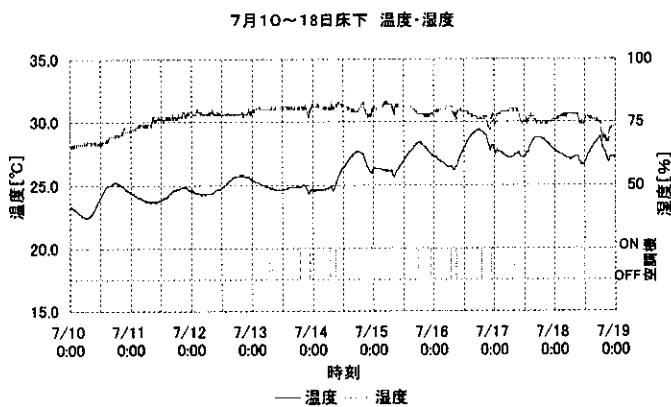


図 8-25 床下温湿度

8-3-4 夏季実測結果

1. テンポラリー計測

図 8-26 に各測定点における PMV を示す。床上 1.1m における空気温度、放射温度、相対湿度、気流速度の

測定値と着衣量 0.4clo、仕事量 1.0met の仮定値から算出した PMV 値は、テラス（外気）が、午前 1.46、午後 0.87 であった。2 階室内は、午前が、空調使用で温度のやや低かった測定点 4, 5, 6, 9 が -1.87 ~ -0.76、日射の影響で温度がやや高かった測定点 1 が 1.31、それ以外は ISO-7730 快適推奨範囲 -0.5 ~ 0.5 内であった。午後は、測定点 1 が 0.90、それ以外は、-0.52 ~ 0.46 でほぼ快適推奨範囲内であった。1 階は午後が 1.29, 1.11 で、午後は 1.23, 1.03 であった。なお、計測中は本システムが使用されていた。

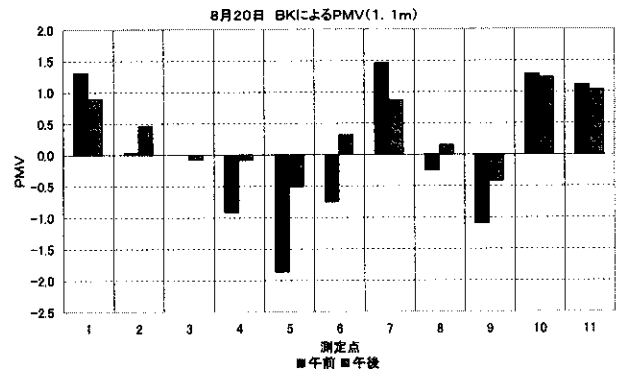
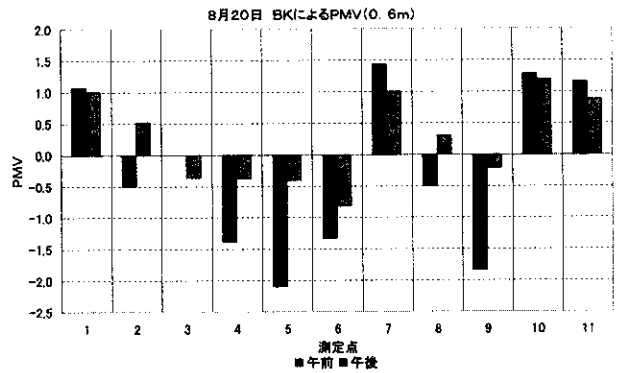


図 8-26 各測定点における PMV

図 8-27 に空気質の測定結果を示す。夏季は梅雨季と違い、窓は閉められていた。CO₂は、1000ppm の値を示すところもあるが、これは、実測者が多く（9人）在室していた影響と考えられる。ホルムアルデヒドは、1 階（測定点 2）においては WHO 基準値 0.08ppm 以下であったが、2 階（測定点 1, 3, 4, 5）においては基準値をやや上回る値を示した。CO は、検知管に反応はなかった。

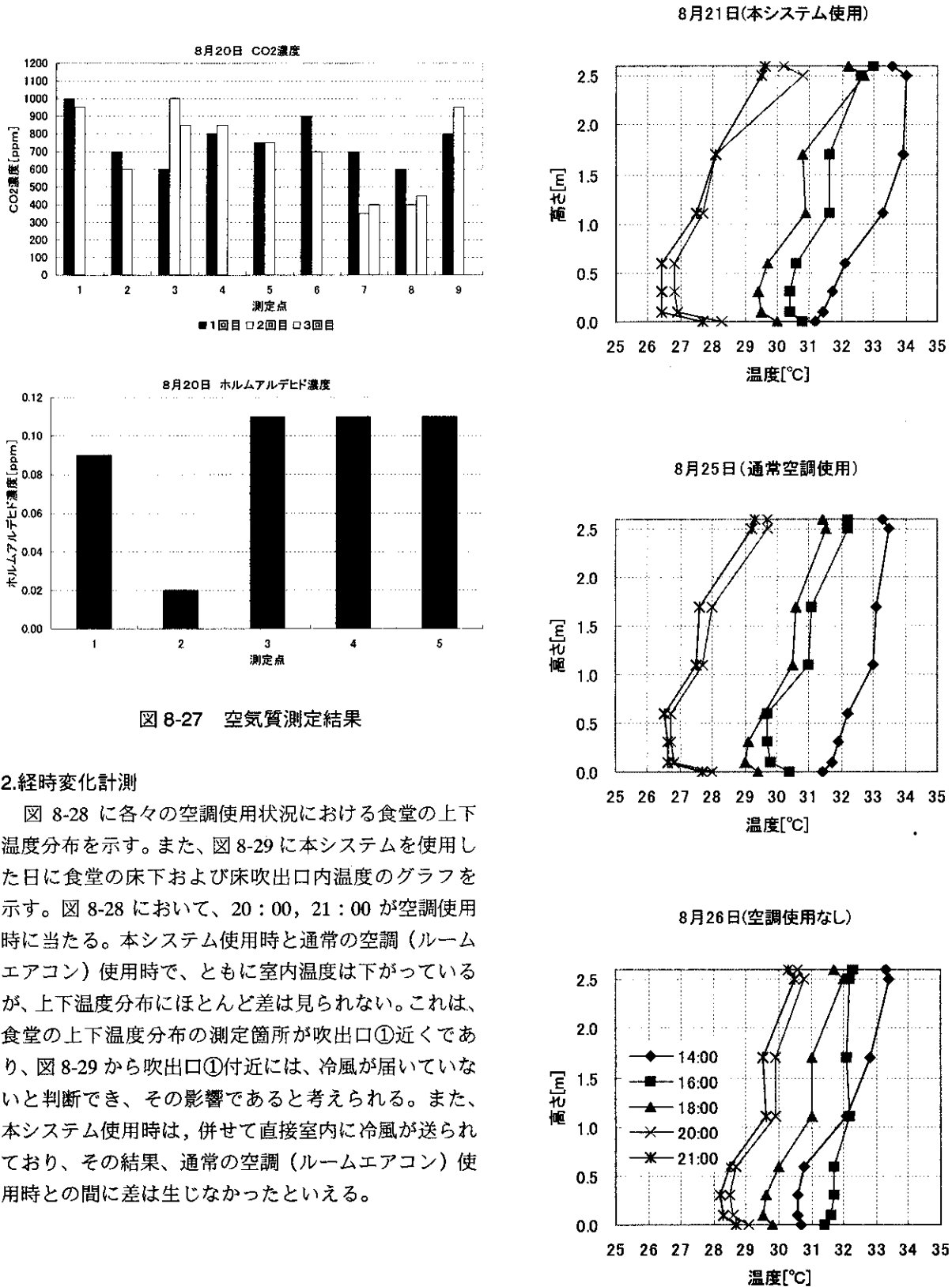


図 8-27 空気質測定結果

2.経時変化計測

図 8-28 に各々の空調使用状況における食堂の上下温度分布を示す。また、図 8-29 に本システムを使用した日に食堂の床下および床吹出口内温度のグラフを示す。図 8-28 において、20:00, 21:00 が空調使用時に当たる。本システム使用時と通常の空調（ルームエアコン）使用時で、ともに室内温度は下がっているが、上下温度分布にほとんど差は見られない。これは、食堂の上下温度分布の測定箇所が吹出口①近くであり、図 8-29 から吹出口①付近には、冷風が届いていないと判断でき、その影響であると考えられる。また、本システム使用時は、併せて直接室内に冷風が送られており、その結果、通常の空調（ルームエアコン）使用時との間に差は生じなかったといえる。

図 8-28 食堂の上下温度分布

図8-29のグラフにおいて、20:30頃に床下の温度が急に上昇していることから、本システムを停止していたと判断できる。また、21:30頃に室内温度が急に上昇している。この間の約1時間は通常の空調（ルームエアコン）のみが使用していたと考えられる。本システム停止後は、約0.5℃室内温度が上昇していることから、本システム使用による冷暖房効果が確認できる。ただし、対象住宅の居住者は、通常空調（ルームエアコン）のみの運転で冷房を行うことが多かった。

図8-30に本システムを使用していたと考えられる8月21日の各相対湿度のグラフを示す。夕方以降の空調使用時の床下の相対湿度は75%前後であった。また、アンケート調査によると設定温度は18℃であった。床下においては、この設定温度では結露していないと考えられる。しかし、ファンコンベクター付近の相対湿度は95%前後であり、結露する可能性も考えられる。

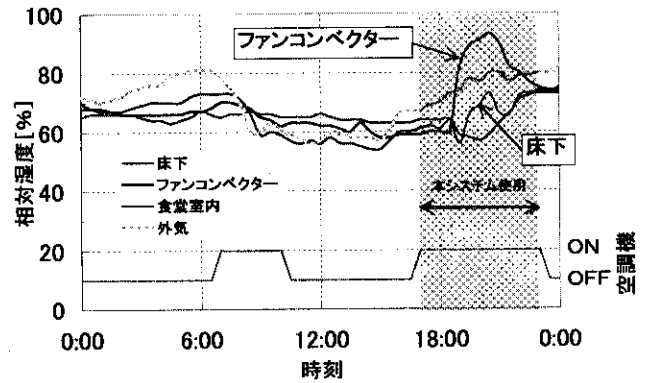


図8-30 8月21日各相対湿度

8-3-5 秋季実測結果

1. テンポラリー計測

図8-31に各測定点におけるPMVを示す。床上1.1mにおける空気温度、放射温度、相対湿度、気流速度の測定値と着衣量0.8clo、仕事量1.0metの仮定値から算出したPMV値は、テラス（外気）が、午前-1.09、午後-1.96であった。2階室内は、午前が、日射の影響で温度のやや高かった測定点1, 3が1.74, 1.98、日射の影響を受けなかったため温度がやや低かった測定点5, 6が-0.75, -1.65 それ以外はISO-7730快適推奨範囲-0.5~0.5内であった。午後は、日射の影響で温度のやや高かった測定点2が2.5、日射の影響を受けなかったため温度がやや低かった測定点6が-0.90、それ以外は、ほぼ快適推奨範囲内であった。1階は午前が-0.92, -1.32で、午後は-1.35, -1.16であった。なお、午前の測定点8, 9と午後の測定点1, 4, 5, 8, 9は、測定できなかった。

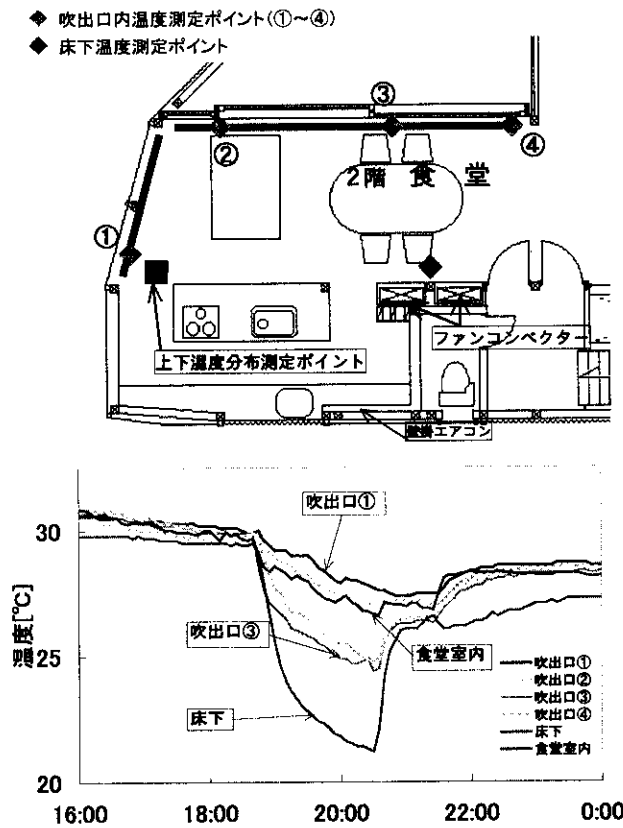


図8-29 食堂平面図および8月21日食堂室内・床下・床吹出口内温度

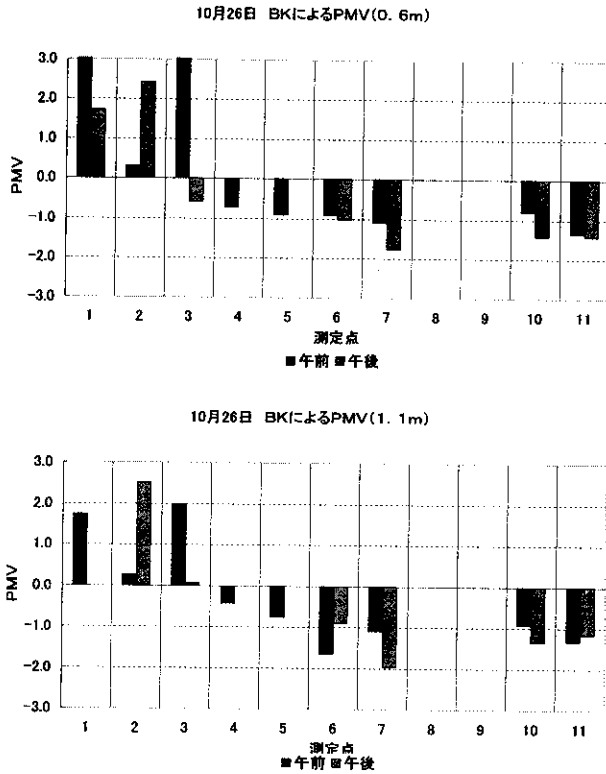


図 8-31 各測定点における PMV

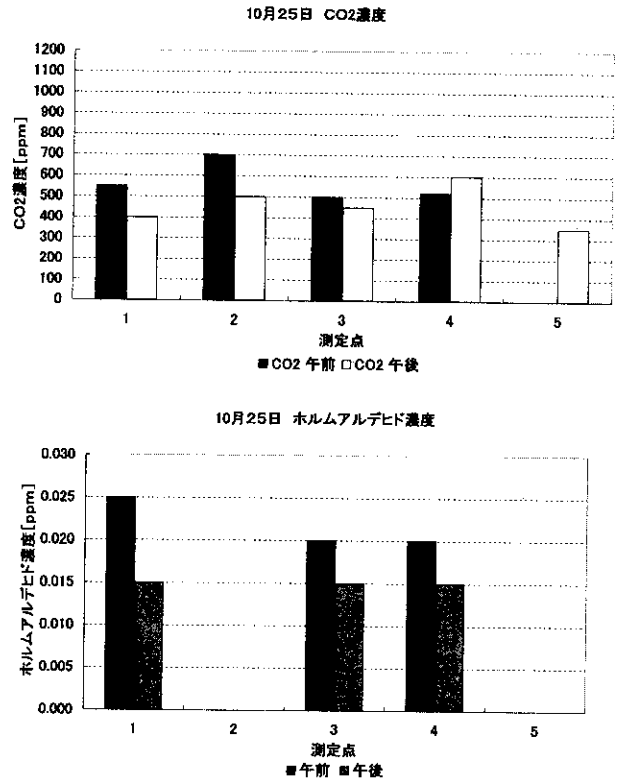


図 8-32 空気質測定結果

図 8-32 に空気質の実測結果を示す。CO₂は、ビル管法の基準値 1000ppm 以下であるが、1,2 階ともに窓を開けて自然換気を行っていたため、外気の濃度とほとんど変わりはなかった。また、ホルムアルデヒドも WHO の基準値 0.08ppm 以下であって、CO₂ 同様のことが考えられる。CO は、検知管に反応はなかった。

2. 経時変化計測

図 8-33 に 1 階主寝室及び 2 階食堂における 3 点平均温度、上下温度差、外気温、各々の在室状況を重ねたグラフを示す。1 階主寝室は、日中の上下温度差が 2°C 近くとなる個所があった。また、梅雨季、夏季と同様に日中は外気温よりも温度が低いことがわかる。これに対して、2 階食堂は上下温度差が 3°C 近くとなることがあった。これは 2 階居間においても同様であった。夏季と同じく 2 階においては、居間に当たる日射が影響していると考えられる。

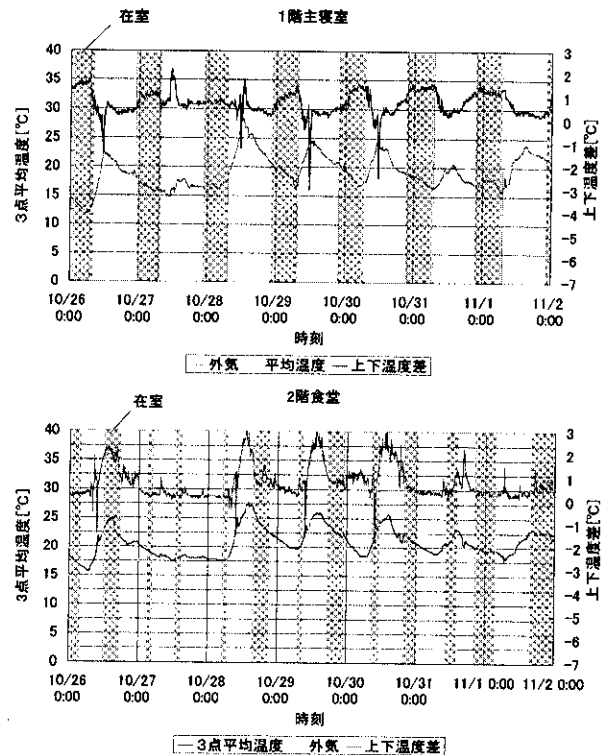


図 8-33 1 階、2 階における平均温度及び上下温度差

図8-34に2階居間・書斎前のPMV値に2階の在室状況を重ねたグラフを示す。0.8clo,1.0metの仮定値により算出した値である。秋季にもかかわらず、日中のPMVは3.0に達している日も多い。またアンケートによると、空調機は使用していなかった。

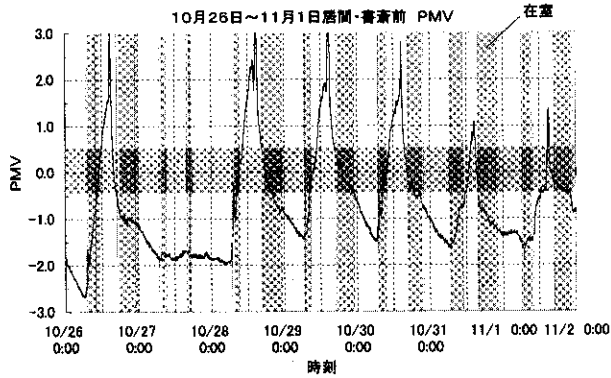


図8-34 2階居間・書斎前 PMV

8-3-6 冬季実測結果

1. 一日の行動パターン

冬季の実測では、居住者に対して、1日の行動パターンのアンケート用紙に空調使用状況（a. 本システム+暖炉、b. 本システム、c. 暖炉、d. ルームエアコン）の記入を依頼した。また、12:00~22:00の時間帯は、1月18日にA（居間：本システム 食堂：本システム）、1月19日にB（居間：暖炉(12:00~16:00) 食堂：本システム）、1月21日にC（居間：ルームエアコン 食堂：ルームエアコン）の3パターンの空調使用を依頼した。冬季の一日の行動パターンアンケート調査結果（1月17日から1月21日）を図8-35~図8-39に下記に示す。

一日の行動パターンアンケート 1月17日(月) 天気(雨のち曇り)

時間	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
居間	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												
食堂	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数									25°C(b)			
主寝室	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												28°C(d)
その他の部屋	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												30°C(d)
外出													
使用電気機器													

備考 1日中寒いようである。

図8-35 1月17日 行動パターン

一日の行動パターンアンケート 1月18日(火) 天気(晴れ)

時間	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
居間	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												23°C(b)
食堂	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												25°C(b), 28°C(d), 23°C(b)
主寝室	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												28°C(d)
その他の部屋	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												28°C(d)
外出													
使用電気機器	テレビ 洗濯機 食洗器												

備考 午前中が寒かった、と答えている。

図8-36 1月18日 行動パターン

一日の行動パターンアンケート 1月19日(水) 天気(雨)

時間	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
居間	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												(e)
食堂	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												(b), (b)
主寝室	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												28°C(d)
その他の部屋	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												28°C(d)
外出													
使用電気機器	テレビ 洗濯機 食洗器 コタツ												

備考 1日中寒いようである。

図8-37 1月19日 行動パターン

一日の行動パターンアンケート 1月20日(木) 天気(晴れ)

時間	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
居間	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												
食堂	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												23°C(b), 28°C(d)
主寝室	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												28°C(d)
その他の部屋	窓の閉閉 空調機使用 照明 在室人数												28°C(d)
外出													
使用電気機器	テレビ 洗濯機												

備考 朝と夜は寒い、と答えているが日中はやや涼しい程度である

図8-38 1月20日 行動パターン

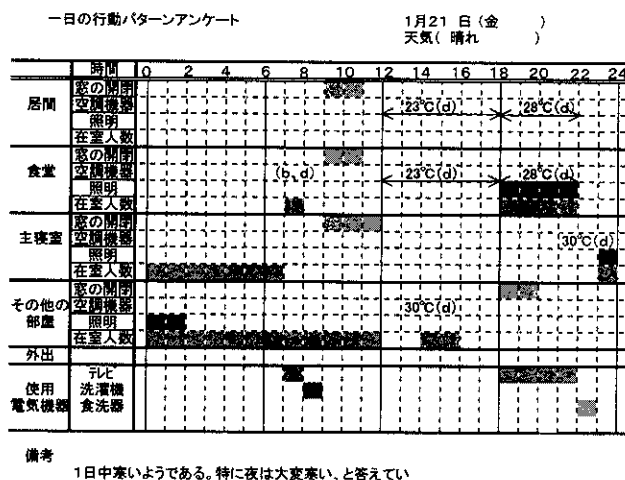


図 8-39 1月21日 行動パターン

2. テンポラリー計測

図 8-40 に各測定点における PMV を示す。床上 0.6m、1.1m における空気温度、放射温度、相対湿度、気流速度の測定値と着衣量 1.1clo、仕事量 1.0met の仮定値から算出した PMV は、テラス(外気)が、0.6m で -1.2、1.1m で -1.24 であった。1 階室内は測定点 10 が 0.6m で -1.7、1.1m で -1.6 であり、測定点 11 が 0.6m で -1.7、1.1m で -1.55 であった。2 階室内は測定点 2, 3, 6 とも 0.5 をやや上回る程度だった。なお、計測中は 2 階において本システムが使用されていた。

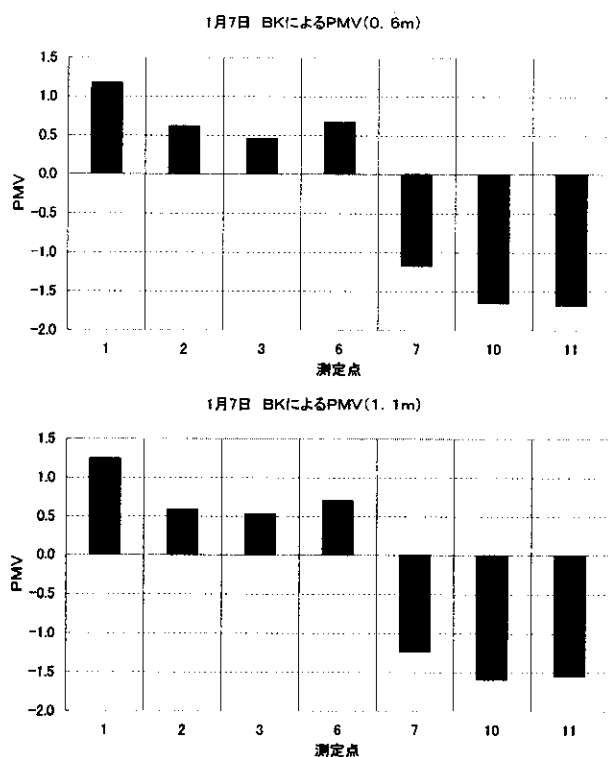


図 8-40 各測定点における PMV

図 8-41 に空気質の測定結果を示す。CO₂ は、1000ppm 以上の値を示すところもあるが、これは窓が閉められていたこと、実測者が多く(9人)在室していた影響と考えられる。ホルムアルデヒドは、測定点 1, 3 において、WHO 基準値 0.08ppm をやや上回る値を示した。また CO については、この計測を実施する以前に暖炉を使用していた為に反応を示したと思われる。

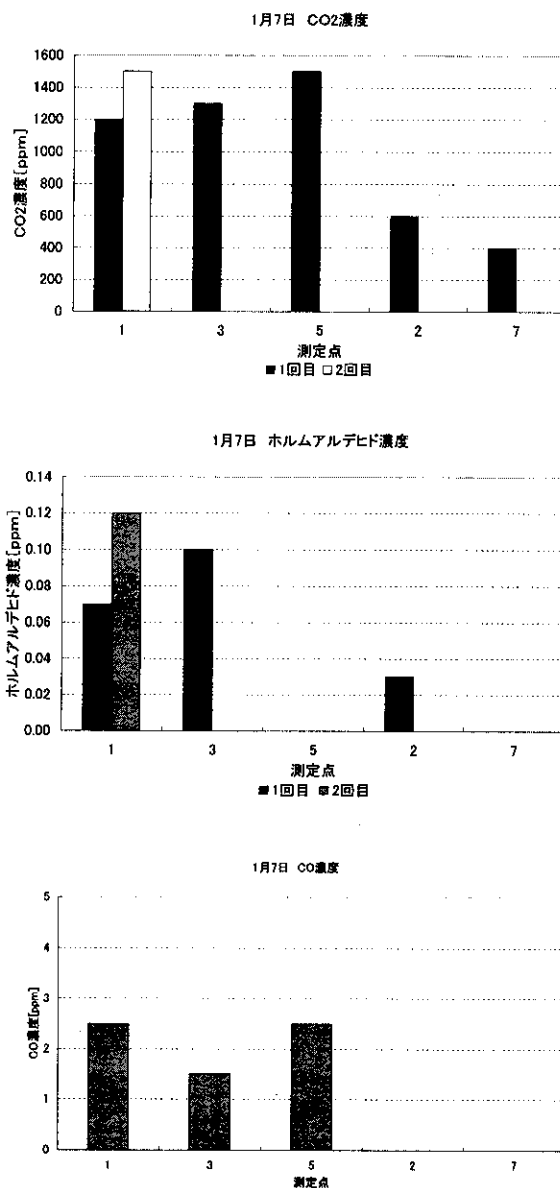


図 8-41 空気質測定結果

3. 経時変化計測

図 8-42 に居間における床下・床表面・吹出し口の各測定位置、図 8-43 に 1月18日の床下・床表面・吹出し口の各温度を示す。本システムを使用している時間帯は、12時~22時であり 16 時付近では食堂と居間の吹出し口温度の差が、10℃以上あることがわかる。

これはファンコンベクターからの距離に比例しているためと考えられる。食堂の床表面温度は、やや低い値を示しているが居住域である居間の床表面温度は、ASHRAE で定められている快適推奨範囲を満たしていた。

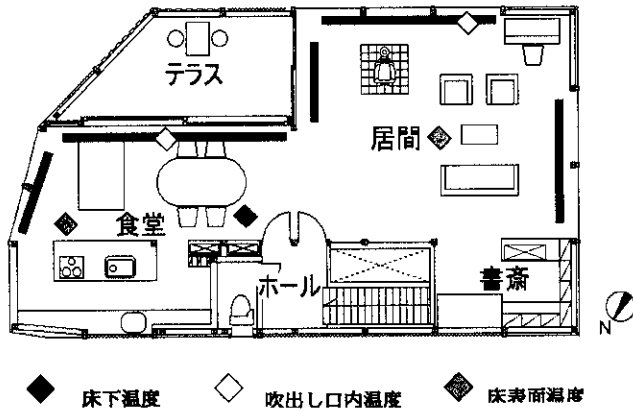


図 8-42 居間における床下・床表面・吹出し口の各測定位置

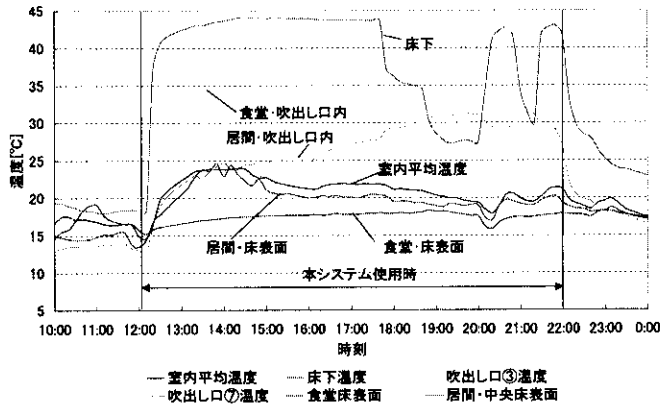


図 8-43 1月18日床下・床表面・吹出し口の各温度

図 8-44～図 8-46 に本システム、暖炉、通常空調（ルームエアコン）使用状況における各々の PMV と外気温度、2 階室内平均温度を示す。12：00～22：00 の時間帯に、1月18日は A（居間：本システム 食堂：本システム）、1月19日は B（居間：暖炉(12:00～16:00) 食堂：本システム）、1月21日は C（居間：ルームエアコン 食堂：ルームエアコン）の空調使用を行っている。PMV は、1.1clo、1.0 met を仮定値として算出したものである。本システム使用時における PMV 値は、他の2つの空調方式に比べ ISO が定めている快適推奨範囲（-0.5～0.5）を多く満たしていることが分かる。

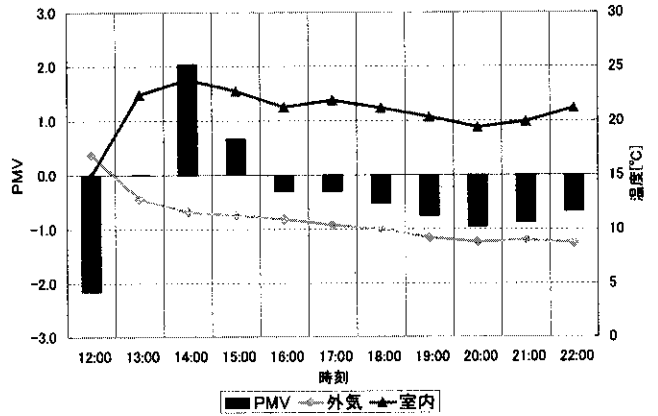


図 8-44 1月18日（本システム使用時）における PMV・外気・2階室内温度

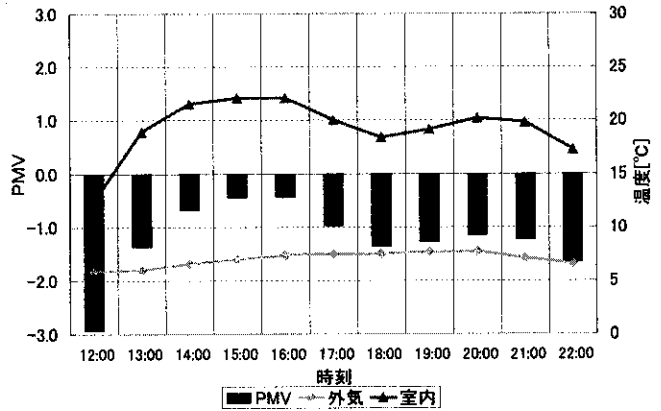


図 8-45 1月19日（暖炉使用時）における PMV・外気・2階室内温度

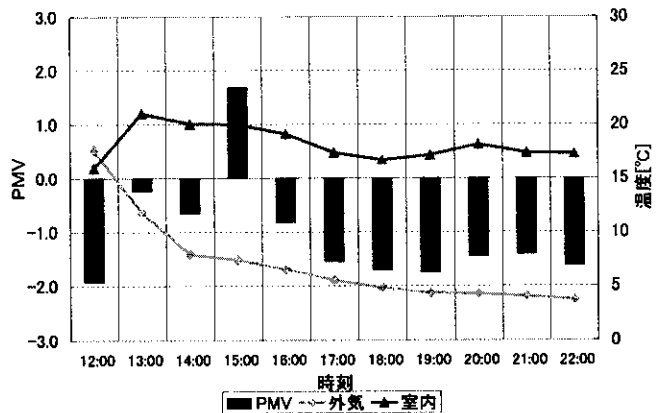


図 8-46 1月21日（ルームエアコン使用時）における PMV・外気・2階室内温度