

NM 小学校においては 2001 年 8 月 10 日から 28 日の夏休み期間中の窓が閉められた状態で長期温湿度測定を、IK 小学校においては 2001 年 9 月 1 日～29 日の間に長期温湿度測定を行った。測定教室内に自動記

録式温湿度計（おんどとり TR-72：T&D 社製）を設置し、30 分毎の教室の温度及び相対湿度を測定した。また、加えて NM 小学校教室ではグローブ温度及び天井面温度を測定した。

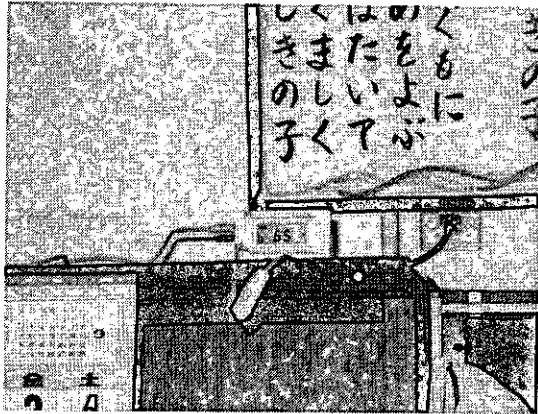


図 11-2 IK 小 4 年 B 組における温湿度測定

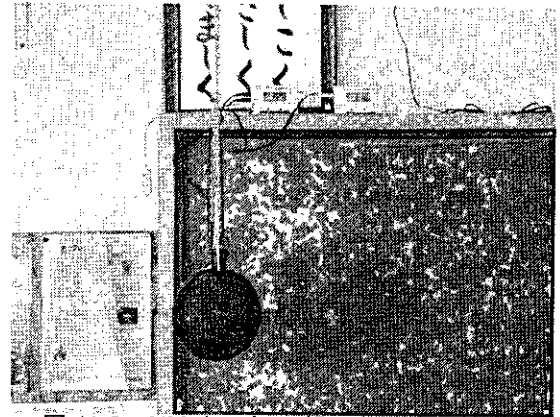


図 11-3 NM 小 4 年 B 組における温熱測定

11-3 実験結果および考察

11-3-1 温熱環境長期測定結果

図 11-4 に NM 小学校における測定教室の時間経過に伴う室内温度の変化を示す。図 11-4 を見ると、NM 小学校ではプレハブ校舎内にある 4 年 B 組における室内空気温度の日較差が大きいことがわかる。8 月 14 日、15 日では 4 年 B 組の空気温度は日中 40°C を超える一方、RC 造校舎の 6 年 C 組の空気温度はそれより

約 4°C 低い温度に留まっている。逆に、夜間には 4 年 B 組の空気温度は 30°C を下回り、6 年 C 組よりも約 4°C 低い値となっている。表 11-5 に NM 小学校の各教室における温湿度測定値の平均値及び標準偏差を示すが、これを見ると 4 年 B 組における各測定値の標準偏差は大きく、校舎の向き、校舎の熱容量の違いがその原因と考えられる。

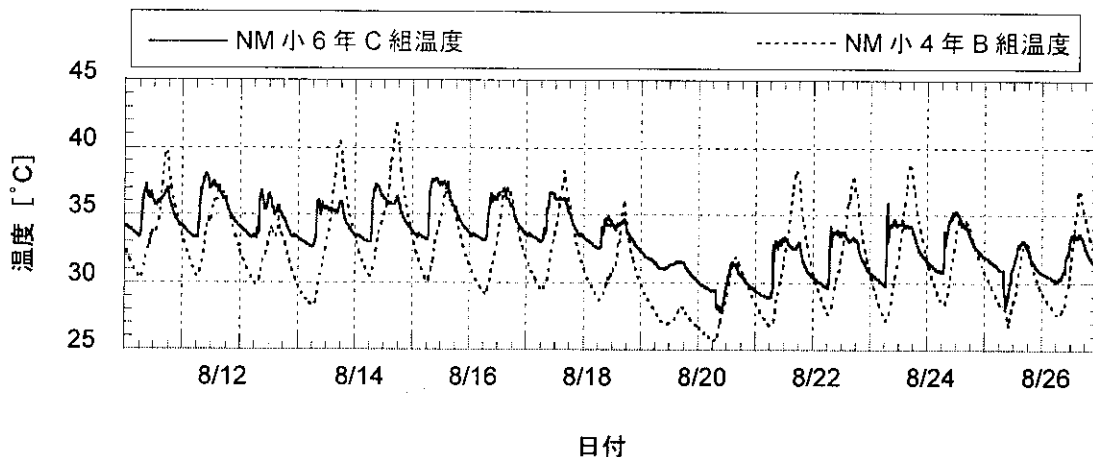


図 11-4 N 小学校における測定教室の室内温度の変化

表 11-5 NM 小学校の各測定教室における各平均値

測定教室	平均温度 [°C]	平均相対湿度 [%]	平均放射温度 [°C]	平均天井温度 [°C]
6年C組	33.32±2.16	53.29±5.87	33.95±2.43	33.34±2.12
4年B組	31.88±3.19	60.17±7.35	31.52±3.26	31.73±3.08

平均値±標準偏差

図11-5、図11-6にNM小学校測定教室におけるグローブ温度及び天井面温度の経時変化をそれぞれ示す。空気温度と同じく、プレハブ校舎にある4年B組におけるグローブ温度及び天井面温度の日較差が大きいこと

がわかる。特に日中は4年B組のグローブ温度は6年C組より、最大で8°C程度高く、また4年B組の天井面温度は最大で6°C程度高い。

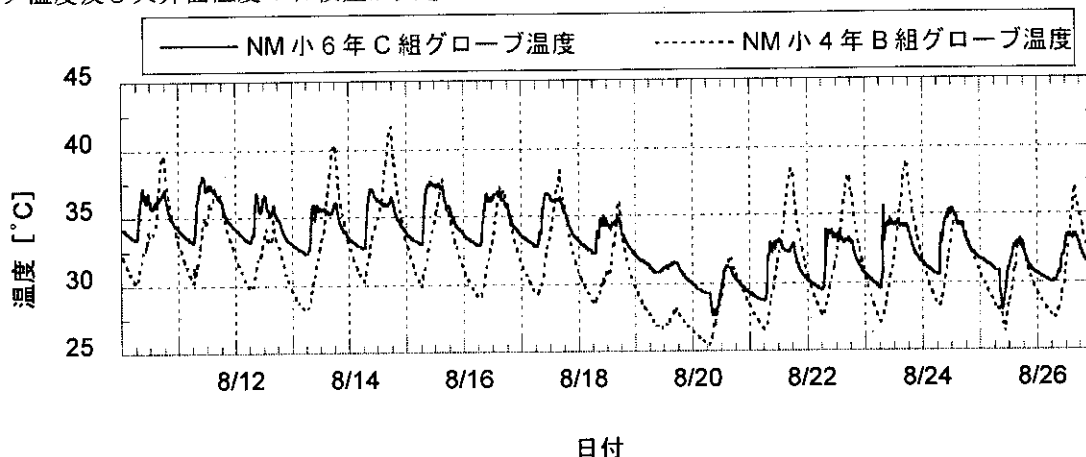


図 11-5 NM 小学校における測定教室の室内放射温度の変化

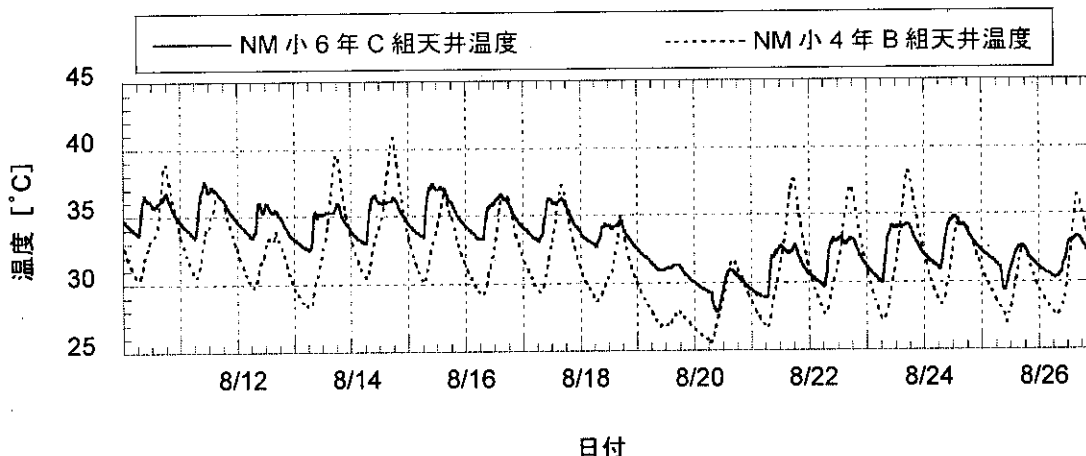


図 11-6 NM 小学校における測定教室の天井面温度の変化

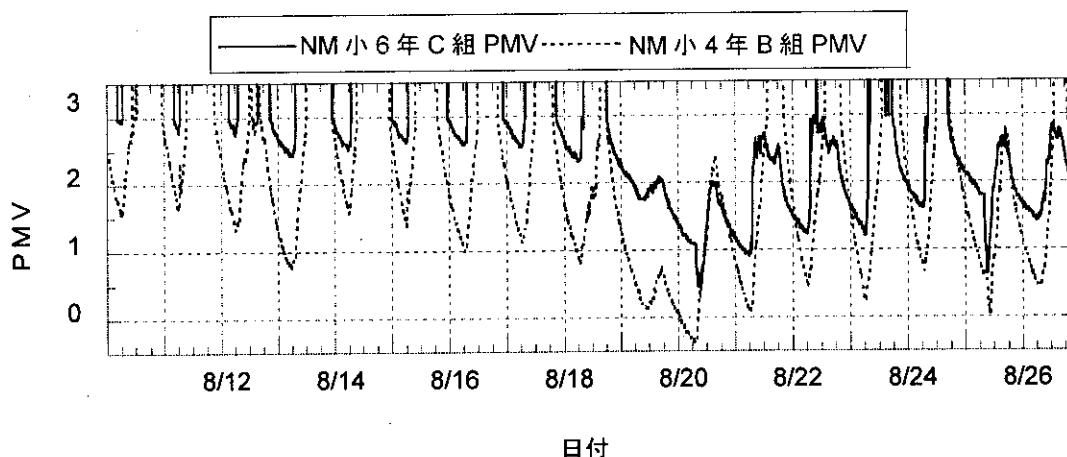


図 11-7 NM 小学校における測定教室の PMV の変化

図 11-7 に代謝量を 1.0Met、着衣量を 0.5clo、風速を 0.2m/s とし、それ以外の因子は測定値を用いて計算した測定教室における PMV 値の経時変化を示す。窓を閉めていたこともあり、両教室とも PMV 値が 3 を越えていることが多いが、8 月 21 日を見ると、4

年 B 組では PMV 値が 3 を超える一方で 6 年 C 組では PMV 値が 2.5 程度であり、両教室に違いが見られる。熱容量のある RC 造校舎と鉄骨プレハブ校舎の熱環境の差異がみられた。

第11章 南九州の小学校教室における室内空気環境の調査

11-6に示す。これを見ると、夏休み中でほぼ閉め切り状態である校舎に位置する2年A組の相対湿度が高いことがわかる。IK小学校2年A組の向かいにあるトイレには、図11-8に示すようなカビが発生していた。この主要因として、2年A組教室のある校舎が、防音壁があるため通風状態が悪く、湿度が高いこと、夏休み中は校舎自体が締め切りであることが考えられる。

表11-6 IK小学校の各測定教室における平均温湿度

測定教室	平均室温 [°C]	平均相対湿度 [%]
2年A組	28.55±1.43	63.39±8.38
4年B組	28.76±1.64	58.60±8.65



図11-8 IK小学校2年A組教室向かいトイレ内のカビ

11-3-2 VOCs 測定結果

表11-7に各教室においてVOCs濃度実測を行った20分間の平均空気温度、平均相対湿度を示す。夏季の閉鎖状態の教室であったため、教室内の温度・湿度はかなり高かったことがわかる。8月30日に実測を行ったJN小学校では平均温度が25°Cである。この日は実測

を行った日で唯一雨の降った日であり、そのため平均湿度も87.09%と他のどの測定を行った場所よりも高くなった。

表11-8に測定対象校の教室で検出されたVOCsの濃度を示す。

表11-7 VOCs 濃度実測時の各教室の温湿度

小学校名	教室名	実測日	温度 [°C]	湿度 [%]	測定時間
ID 小学校	2年D組	2001/8/29	32.37±0.33	46.54±1.10	13:45~14:07
	5年E組		32.70±0.17	48.04±0.78	14:13~14:33
	外気	2001/7/30	30.14±0.16	48.88±0.55	13:20~13:40
	コンピュータ室		32.89±0.12	64.08±0.28	9:23~9:46
IK 小学校	外気	2001/8/27	31.49±0.29	60.25±1.55	10:53~11:11
	2年A組		31.37±0.19	60.49±0.67	10:40~10:58
	1年B組		31.32±0.08	60.94±0.84	10:19~10:36
	4年B組		31.29±0.40	60.55±1.11	9:58~10:16
	コンピュータ室		30.78±0.14	62.06±0.28	9:14~9:32
NM 小学校	外気	2001/8/28	29.89±0.41	62.17±1.60	9:38~9:56
	3年D組		31.92±0.09	53.35±0.85	11:58~12:42
	2年D組		32.00±0.13	48.43±0.57	11:24~11:54
	4年B組		32.32±0.25	57.01±0.47	12:45~13:19
	6年C組		33.12±0.28	43.92±0.90	12:04~12:30
MZ 小学校	コンピュータ室	2001/8/31	32.46±0.06	54.16±0.51	11:18~11:55
	外気		30.49±0.52	48.67±2.53	12:44~13:02
	3年A組		29.64±0.18	61.19±0.54	9:08~9:26
	5年B組		28.17±0.19	67.68±0.62	10:26~10:58
HT 小学校	外気	2001/8/1	27.28±0.21	67.52±1.34	10:05~10:22
	6年E組		32.14±0.19	65.22±1.13	10:31~10:48
	6年E組		33.52±1.81	60.73±3.76	12:18~12:32
	6年C組		33.63±0.38	57.21±1.32	12:32~12:45
TO 小学校	外気	2001/8/28	31.56±0.34	73.04±1.62	10:25~10:44
	4年B組		32.25±0.22	49.39±0.73	9:49~10:08
	5年B組		32.09±0.14	51.36±0.72	9:44~10:13
	コンピュータ室		31.91±0.33	53.14±0.89	9:13~9:37
JN 小学校	外気	2001/8/30	28.48±0.47	51.63±1.04	9:22~9:40
	6年A組		31.60±0.23	57.42±0.97	14:22~14:45
	2年A組	31.10±0.82	60.24±3.93	13:49~14:16	
	外気	2001/8/2	25.80±0.17	87.09±1.22	13:27~13:48
	コンピュータ室		38.09±0.51	43.50±1.44	13:37~13:57
音楽室	35.82±0.31		50.52±0.59	14:41~15:00	
	外気		36.11±0.52	43.00±1.14	15:05~15:23

第11章 南九州の小学校教室における室内空気環境の調査

表 11-8 (a) 測定対象校の普通教室で検出された VOCs 濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	ID小 2年D組	ID小 5年E組	IK小 4年B組	IK小 1年B組	IK小 2年A組	TO小 5年B組	TO小 4年B組	NM小 3年D組	NM小 4年B組	NM小 2年D組
ベンゼン	7.9	1.3	44.4	15.1	13.3	9.6	4.1	2.4	5.8	7.8
トリクロロエチレン	-	-	-	-	0.9	1.8	0.8	0.2	0.7	4.2
ヘプタン	2.1	-	-	17.4	3.4	1.3	1.0	0.5	1.3	-
メチルイソブチルケトン	-	-	3.6	2.0	1.1	-	0.2	-	-	-
トルエン	8.9	2.6	147.9	24.5	13.2	25.4	7.9	6.3	4.6	199.9
酢酸ブチル	3.8	-	140.6	9.5	7.2	-	1.3	-	-	9.9
エチルベンゼン	14.2	-	109.5	55.2	3.9	4.2	1.0	2.8	0.4	103.7
p,m-キシレン	5.8	-	58.8	8.9	3.0	1.9	0.5	1.4	0.2	34.1
スチレン	0.3	-	5.6	6.3	-	0.4	-	-	0.1	2.0
o-キシレン	4.0	-	56.7	11.1	3.4	2.8	0.5	0.9	0.5	19.0
ノナン	-	-	3.2	2.3	6.9	3.1	0.4	1.2	-	3.8
α -ピネン	0.5	2.6	8.9	9.4	31.6	2.5	1.7	1.3	-	2.0
1,3,5-トリメチルベンゼン	0.1	-	0.6	1.1	9.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.8
3-エチルトルエン	0.8	-	5.2	3.4	2.6	1.4	0.4	0.3	0.3	1.7
2-エチルトルエン	-	-	-	-	4.2	0.6	-	-	-	1.2
β -ピネン	-	-	2.1	-	7.5	-	-	-	-	0.3
1,2,4-トリメチルベンゼン	15.0	0.8	9.7	11.2	9.9	1.5	0.5	0.6	0.5	4.7
p-ジクロロベンゼン	-	-	1.5	2.0	-	199.9	194.4	0.9	-	-
デカン	-	-	2.5	1.8	3.8	0.4	0.3	1.1	-	1.5
1,2,3-トリメチルベンゼン	6.8	-	33.0	31.2	-	10.7	2.9	-	2.9	-
リモネン	-	-	4.4	3.4	64.5	0.4	0.6	-	-	0.3
ノニルアルデヒド	1.1	3.0	13.6	10.0	4.1	2.2	0.7	0.9	0.8	2.6
ウンデカン	-	-	3.9	1.9	1.7	0.3	0.1	0.5	-	0.9
デシルアルデヒド	0.3	3.5	7.7	2.2	1.9	1.1	0.2	-	0.3	0.3
ドデカン	0.2	-	36.9	4.1	0.0	0.3	-	0.1	-	3.6
トリデカン	0.5	-	36.2	2.1	0.2	0.3	-	-	-	6.1
テトラデカン	0.3	-	17.1	1.0	0.2	-	-	-	-	2.6
ペンタデカン	-	-	57.5	7.1	0.1	-	-	-	-	0.4
ヘキサデカン	0.1	-	74.8	11.7	0.2	-	-	-	-	2.9

表 11-8 (b) 測定対象校の普通教室で検出された VOCs 濃度 (続き) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

	NM小 6年C組	JN小 2年A組	JN小 6年A組	MZ小 3年A組	MZ小 5年B組	ID小 コンピュータ室	IK小 コンピュータ室	TO小 コンピュータ室	NM小 コンピュータ室
ベンゼン	5.6	1.6	4.5	5.4	18.0	89.12	35.30	10.34	12.81
トリクロロエチレン	1.1	-	0.6	0.9	-	-	-	1.18	5.52
ヘプタン	-	-	1.1	2.0	-	-	7.92	1.81	2.90
メチルイソブチルケトン	0.8	-	-	0.5	-	-	3.28	1.28	-
トルエン	35.2	2.4	2.9	4.8	286.9	57.88	29.40	13.60	13.48
酢酸ブチル	3.0	0.6	0.1	-	234.5	-	4.43	0.97	-
エチルベンゼン	24.3	0.2	0.8	0.8	6209.9	-	31.89	7.52	3.93
p,m-キシレン	7.8	0.3	0.4	0.4	1536.0	-	9.67	2.95	1.96
スチレン	-	-	-	0.2	0.7	-	10.17	3.11	3.01
o-キシレン	4.5	-	0.3	0.2	1381.7	-	14.00	3.23	-
ノナン	1.0	2.0	0.1	0.3	1.3	-	3.43	0.69	-
α -ピネン	1.2	0.8	4.1	0.2	25.3	-	11.01	3.44	5.78
1,3,5-トリメチルベンゼン	0.2	0.1	-	0.1	82.9	-	1.52	0.24	0.52
3-エチルトルエン	4.9	0.3	-	-	51.8	-	12.06	2.88	1.64
2-エチルトルエン	-	0.3	-	-	25.9	-	-	-	-
β -ピネン	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-
1,2,4-トリメチルベンゼン	1.9	5.8	0.6	0.2	493.5	-	14.65	1.83	-
p-ジクロロベンゼン	-	-	-	-	-	-	1.51	58.28	28.55
デカン	0.5	1.5	-	0.1	2.2	-	4.27	0.40	8.55
1,2,3-トリメチルベンゼン	4.2	3.4	1.6	1.9	23.4	1272.41	46.73	11.70	10.15
リモネン	-	1.9	8.7	-	-	-	9.70	1.46	5.29
ノニルアルデヒド	1.4	1.1	0.4	0.4	2.7	-	15.37	5.04	3.85
ウンデカン	0.2	0.4	-	-	3.5	-	7.17	0.30	15.02
デシルアルデヒド	0.2	0.6	0.1	0.2	1.0	-	4.81	1.73	1.81
ドデカン	0.9	0.1	-	-	6.2	-	6.62	0.72	10.72
トリデカン	0.9	-	-	-	7.8	-	4.42	0.27	1.11
テトラデカン	0.1	-	0.1	-	6.2	-	5.16	0.04	0.18
ペンタデカン	-	-	-	-	7.6	-	32.66	-	0.42
ヘキサデカン	1.2	-	-	-	1.6	-	49.85	-	1.10

-: 検出されず

IK 小学校 4 年 B 組教室 (図 11-9 参照) は築年数が 1.5 年と小さい (若い) ため、トルエン、エチルベンゼン、キシレン等の濃度が高い。IK 小学校 2 年 A 組教室 (図 11-10) は、 α -ピネン、リモネン濃度が高くなっているが、内装材は、他教室に比べ、特別に松材を多く使っているわけではない。2 年 A 組はトイレの向かいにあることから、トイレ由来の VOCs の影響があることも考えられる。なお、このトイレは、図 11-8 に示した、カビの発生していたトイレである。

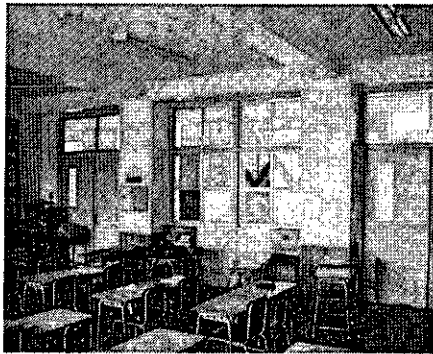


図 11-9 IK 小学校 4 年 B 組教室

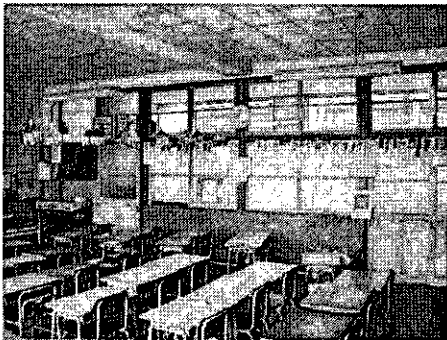


図 11-10 IK 小学校 2 年 A 組教室

NM 小学校 2 年 D 組教室は、改修後 0.5 年であるため、トルエン、エチルベンゼン濃度が高くなっている。図 11-11 に NM 小学校 2 年 D 組教室の梁を示すが、これをみると、改修時にペンキを塗られた梁から、トルエンやエチルベンゼンが発生したことが推察される。



図 11-11 NM 小学校 2 年 D 組教室の梁

MZ 小学校 5 年 B 組教室 (図 11-12、図 11-13) は改修工事 (床の張替え工事等) を 1 週間前に終わったばかりの教室で塗料、接着剤由来と考えられるエチルベンゼン、キシレントルエン、酢酸ブチル、1,2,4-トリメチルベンゼンの濃度が極めて高い値を示した。



図 11-12 MZ 小学校 5 年 B 組教室 (i)

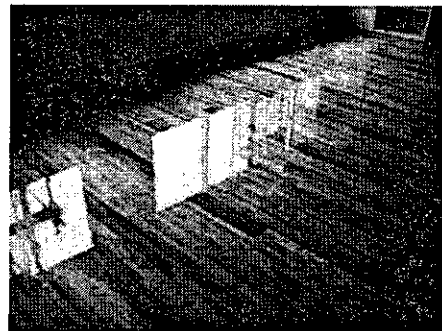


図 11-13 MZ 小学校 5 年 B 組教室 (ii)

TO 小学校 5 年 B 組、4 年 B 組教室ともに p-ジクロロベンゼンの濃度が他の小学校よりも高い値を示した。5 年 B 組、4 年 B 組教室の斜め向かいにはトイレがあり、トイレには図 11-14 に示すように防臭剤が便器に置かれていた。この 2 つの普通教室で p-ジクロロベンゼン濃度が高くなった原因は、トイレで発生した p-ジクロロベンゼンが教室に流入したのではないかと考えられる。

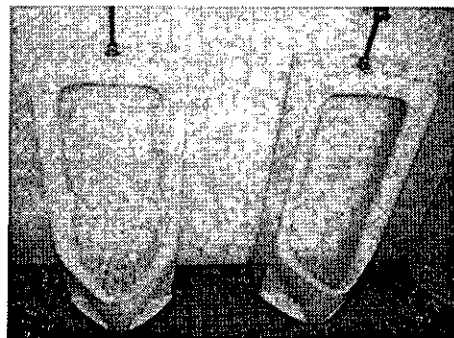


図 11-14 TO 小学校 5 年 B 組斜め前トイレ

総じて、新築もしくは改修からの経過年数が短い教室では、VOCs 濃度が高い傾向がある。そこで、VOCs 濃度と築年数との関係を求めた。

測定した教室において検出されたエチルベンゼン、p, m-キシレン、o-キシレンの濃度と各教室の築年数との関係を図 11-15 に、酢酸ブチル、トルエン、1,3,5-トリメチルベンゼンと築年数との関係を図 11-16 に示す。これを見ると、築年数とともに各 VOCs の濃度が指数関数的に減衰していることがわかる。初期減衰の大きいこれらの VOCs は塗料や接着剤由来の VOCs と考えられる。

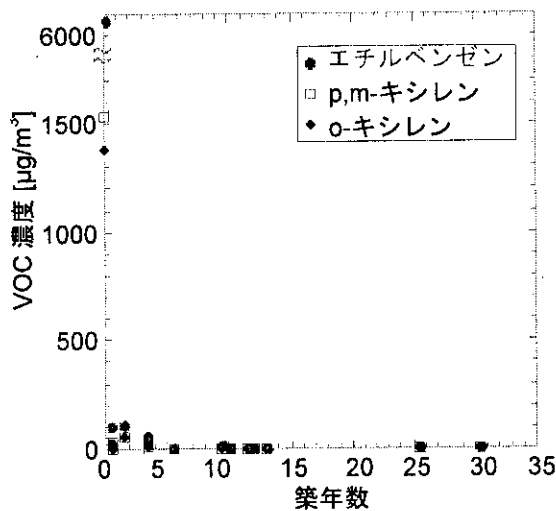


図 11-15 p, m-キシレン、o-キシレン、エチルベンゼン濃度と築年数の関係

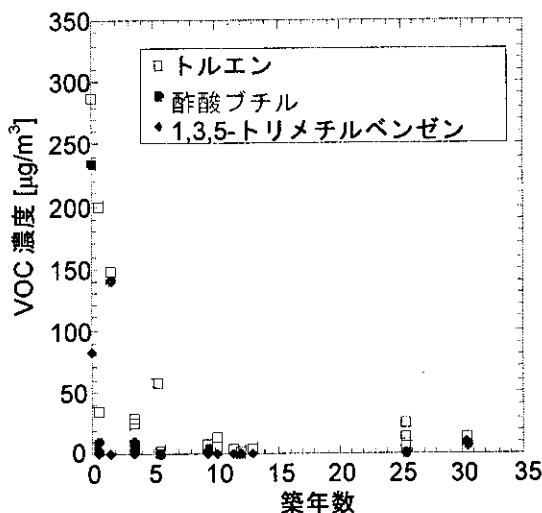


図 11-16 トルエン、酢酸ブチル、1,3,5-トリメチルベンゼン濃度と築年数の関係

図 11-17 に α -ピネン、リモネン、p-ジクロロベンゼン濃度と築年数の関係を示す。天然物からの発生と考えられる α -ピネン濃度は、時間減衰の傾向が明確ではない。築年数減衰傾向は、防臭剤からの発生が推測される p-ジクロロベンゼンについても見られない。

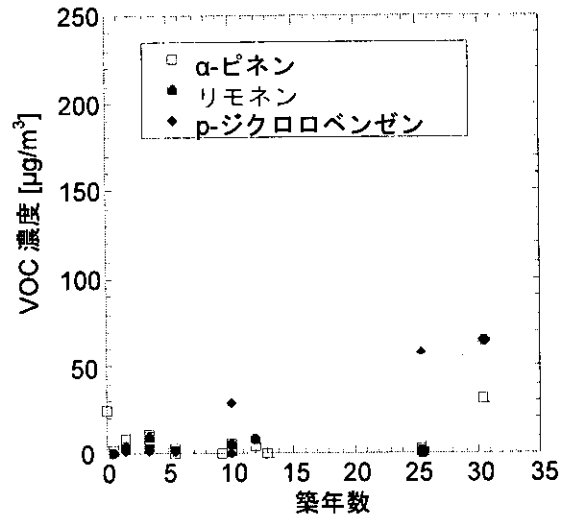


図 11-17 α -ピネン、リモネン、p-ジクロロベンゼン濃度と築年数

床の張替え工事及び内装工事が、測定の一週間前に終わったばかりの MZ 小学校 5 年 B 組教室におけるサンプル空気のカクロマトグラムを図 11-18 に、比較として、築年数 13 年の MZ 小学校 3 年 A 組空気のカクロマトグラムを図 11-19 に示す。内装工事直後の 5 年 B 組教室では、特にエチルベンゼン、キシレンの発生が多いことがわかる。



図 11-18 MZ 小学校 5 年 B 組教室空気のカクロマトグラム

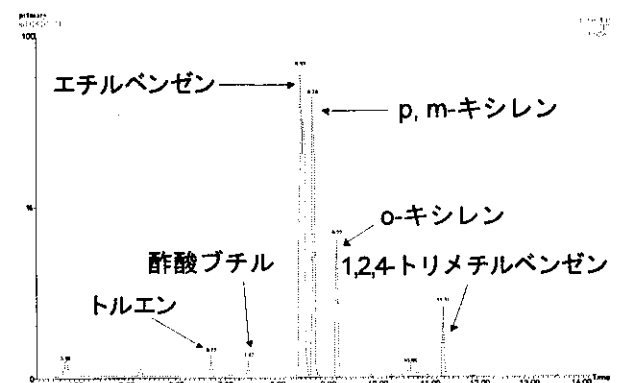


図 11-19 MZ 小学校 3 年 A 組教室空気のカクロマトグラム

IK 小学校は、交通量の多い道路に面した校舎があり、騒音を防ぐために、廊下側の窓に防音壁が設置されている。防音壁の存在によって、通風効果が低くなっていることに加え、VOCs 濃度実測時は長期間、開口部を閉鎖した状態であったため、2 年 A 組教室のある校舎に入った瞬間に、3 名からなる測定者がカビ臭を感じた。前述したように、実際に、2 年 A 組教室と廊下をはさんで向かい合っているトイレ内にカビを確認した(図 11-8)。IK 小学校 2 年 A 組教室で採取した空気のカロマトグラムを図 11-20 に示す。最もピーク面積が大きかったのは、標準試料が無いため定量できなかったが、保持時間 14.0 分の citronellol という VOCs であると考えられる。この VOCs の濃度はトルエン等価濃度では $468.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ という高濃度である。この VOCs はカビ由来の VOCs (MVOC) であることが考えられる。IK 小学校 2 年 A 組教室において α -ピネン、リモネンの濃度が高くなっているが、これらも木材からではなく、カビから発生したとも考えられる⁵⁾。

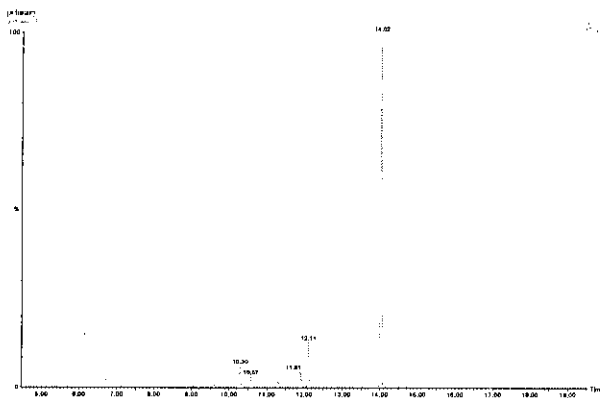


図 11-20 IK 小学校 2 年 A 組教室空気のカロマトグラム

今回の実測では、HT 小学校 6 年 E 組においてワックスかけ中の教室内の空気捕集を行った。ワックスかけ時には、窓は開放されており、ワックスかけは夏休み中に児童のいない教室で教師によって行なわれていた。図 11-21 にワックスかけ中の 6 年 E 組教室空気のカロマトグラムを示す。「A」の添字で示した物質のピークが非常に大きいことがわかる。ライブラリ検索によると、A の物質は、Ethanol, 2-(2-Ethoxyethoxy-) という VOC ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_3$) であり、トルエン等価の濃度は $2839.9\text{mg}/\text{m}^3$ であった。6 年 E 組におけるワックスかけ終了から 2 時間、窓を開放のままにした後、再び気中濃度の分析を行った結果、A の VOCs のトルエン等価濃度は、 $0.987\text{mg}/\text{m}^3$ まで低下した。一方、ワックスかけの後、窓を閉めた状態で 2 時間おいた後、気中濃度測定した 6 年 C 組では、A の VOCs 濃度は、 $652.2\text{mg}/\text{m}^3$ であった。

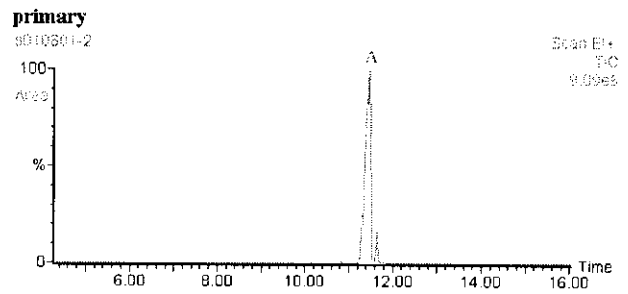


図 11-21 HT 小学校 6 年 E 組教室ワックスかけ中の空気のカロマトグラム

11-4 まとめ

- 1) VOCs 濃度の築年数による時間減衰の度合いを算定した。
- 2) 夏季に閉め切った状態の校舎内の普通教室では、カビ由来と考えられる VOCs が同定された。
- 3) ワックスかけ中の教室の空気から高濃度の VOCs が検出された。
- 4) 新築時、改修時、ワックスかけ時には、多くの換気量が必要である。児童・教師在室時には窓開け換気が可能であるが、不在時のことも考えると、機械換気の導入が有用である。また、自然換気の換気効果の良好でない教室では、カビの発生がみられた。このような場合にも機械換気は有効と考えられる。

【参考文献】

- 1) 例えば、梁郁、梅干野晃、伊藤直明、夏季における教室の熱環境実態、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.809-810, 1989
- 2) 例えば、石川善美、長友宗重、伊藤直明、吉野博、暖房方式の異なる小・中学校を対象とした冬季における実態調査、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp.353-356, 1988
- 3) EPA, Indoor Air Quality - Tools For Schools-, 2000
- 4) 日本学校薬剤師会編、「学校環境衛生の基準」解説、薬事日報社、1995
- 5) G.Fischer et al., Species-specific Production of Microbial Volatile Organic Compounds(MVOC)by Airborne Fungi from a Compost Facility, Chemosphere, Vol.39, No.5., pp.795-810, 1999

第 12 章 北部九州の基礎断熱住宅 における室内空気質実測調査

第12章 北部九州の基礎断熱住宅における室内空気質実測調査

Field Study on Indoor Air Environment in Detached Houses with Thermal Insulation for Foundation Walls in Northern Part of Kyushu District

With the spread of well-insulated and airtight houses, the specification of the under floor has also changed to closed type from the system opened in the outside air. The crawl space heating system spatially connected with a room is also being adopted. The field investigation on indoor air quality and thermal environment was carried out in detached houses with thermal insulation for foundation walls in northern part of Kyushu district, and the performance of the passive adsorption building material was examined. The results showed that the concentrations of HCHO in all houses were lower than the guidelines but the concentrations of acetaldehyde and acetone in the houses with closed under floor were considerably high. The effect of ceramics system interior finishing board used this time was also clarified.

KEYWORDS: Measurement, HCHO, VOCs, Under floor, Adsorption

12-1 研究目的

九州地方においても、暖冷房エネルギーの削減と室内温熱環境の向上を目的として、高断熱で気密性の高い住宅が普及しつつある。都市化や防犯等の理由で、開放的な住まい方から閉鎖的な住まい方への移行も顕著になっている。本研究で着目した床下空間の形態も、床下換気口をもつ開放的なものから基礎断熱とした密閉型空間へ移行する傾向が見られる。このような床下仕様の変化の理由としては、床部で気密をとる床断熱より基礎断熱のほうが気密施工が容易なこと、基礎断熱の場合は防蟻のための土壌薬剤処理を回避できることなどが挙げられる。また、基礎断熱した床下空間を暖房システムの熱搬送部や蓄熱部として活用する手法も試みられている(図12-1参照)。ただし、床下の温風を居室へ吹き出すシステムのように、床下空間と室内が連続している場合は、床下空気が居室の空気質へ影響を及ぼすことも考えられる。本研究では、北部九州に建設された基礎断熱住宅の床下空間と居室の連続性及び暖房システムに着目し、その熱環境・空気環境について調査を行った。

また、昨年度は、煉瓦二重構造(フルブリックタイプ)で室内側内装材として煉瓦が露出する実験棟を対象に室内空気質の測定を行ったが、本年度は煉瓦1層の外壁構成で内装材としてホルムアルデヒド吸着効果が期待できる窯業系内装ボードを使用した場合についても実測を行ったので、この結果についても報告する。

12-2 実測対象家屋

実測対象住宅は福岡県内に建つ5件の基礎断熱住

- 床下開放
 - ・気密施工の難しさ
 - ・床下の防蟻、防腐剤
- 床下密閉
 - ・気密処理容易
 - ・暖房システムへの利用

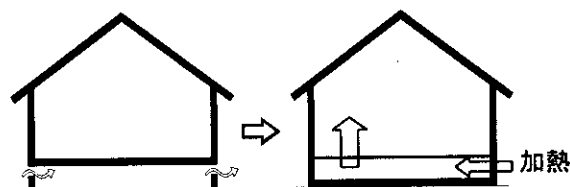


図12-1 基礎断熱住宅の利点

宅である。また、床下換気口を設けた住宅2件を対象に熱環境の比較測定も行った。実測対象住宅の属性を表12-1に、基礎断熱住宅の1階平面図を図12-2~12-6に示す。

12-2-1 H邸

北九州市若松区に建つ高断熱・高気密住宅である。外壁はフェノールフォーム30mmの外張り断熱工法、窓は複層ガラスで樹脂サッシを採用している。床下は内断熱であり、基礎コンクリート内側と防湿コンクリート上部(基礎壁から90cmの範囲)にフェノールフォーム30mmを施している。この床下仕様は基礎断熱住宅としては標準的なタイプである。気密性能も高く、相当隙間面積は $0.8\text{cm}^2/\text{m}^2$ である。冷暖房はエアコンを使用している。

12-2-2 N邸

嘉穂郡碓井町に建つ純和風の住宅である。外壁は真壁であり、フェノールフォーム25mmを柱間に充填している。床下の断熱はH邸と同様の内断熱仕様、窓は

表 12-1 実測対象住宅の属性

	H邸	N邸	T邸	K邸	Y邸	S邸	O邸
所在地	北九州市 若松区	嘉穂郡 碓井町	福岡市西区 拾六町	筑紫野市 大字山口	大川市向島	嘉穂郡 嘉穂町	筑後市 羽犬塚
竣工年月	2002年10月	2002年10月	1995年12月	2002年11月	2000年12月	1994年12月	1994年11月
気密・断熱性	高断熱・高気密	断熱・気密	断熱・気密	高断熱高気密	高断熱高気密	—	—
床下	密閉	床下温風暖房	床下温風暖房	空気循環式床 暖房システム	床下温水 パイプ	換気口あり	換気口あり
基礎	基礎内断熱	基礎内断熱	基礎内断熱	基礎内断熱	基礎外断熱	床下換気	床下換気
構造	木造軸組	木造軸組	木造軸組	木造軸組	木造軸組	木造軸組	木造軸組
家族構成	4人	5人	2人	2人	5人	4人	4人

複層ガラスで断熱防露アルミサッシである。暖房システムとしては、FF式のヒーターよりフレキシブルダクトを介して床下空間に温風(60°C~70°C)を吹き込む方式(床下温風暖房:24時間稼動)が採用されている。温風は床下のみで循環しており、床吹き出し口はない。

12-2-3 T邸

福岡市西区に建つ自然エネルギー利用住宅(太陽光発電、ダイレクトヒートゲイン、クールチューブ等を採用)である。外壁および天井はグラスウール100mm、屋根裏はスチレンボード25mmにより断熱されている。床下空間はスチレンボード25mmによる内断熱である。地盤面は防湿コンクリート上部を全面で断熱している。窓は単板ガラスである。暖房方式はN邸と同様の床下温風暖房(24時間稼動)であるが、ペリメータ部に床吹き出し口を設けている。つまり、床下空間と居室が床吹き出し口を介して連続している。

12-2-4 K邸

筑紫野市に建つ住宅であり、太陽熱利用空気循環式床暖房システムを採用している。軒先から取り入れた外気を屋根部の空気式集熱パネルで昇温させ、立ち下りダクトを経て床下空間のコンクリートに蓄熱する方式である。防湿コンクリートの上部にポリスチレンボード50mmの断熱を施し、その上に100mmのコンクリートを打って、これを蓄熱部位としている。基礎壁は内断熱、窓は複層ガラス・アルミサッシである。ペリメータ部には床吹き出し口があり、床下空間と居室空気はこの床吹き出し口を介して連続している。

12-2-5 Y邸

大川市に建つ高断熱・高気密住宅である。外壁は繊維系断熱材100mm(充填工法)、屋根は繊維系断熱材100mm+ポリスチレンボード50mmで断熱している。窓は複層ガラス・木製サッシである。暖房方式として、温水循環パイプを床下の防湿コンクリート上部に適度な間隔で這わせている。床のペリメータ部には自然対流による吹き出し口を設けている。

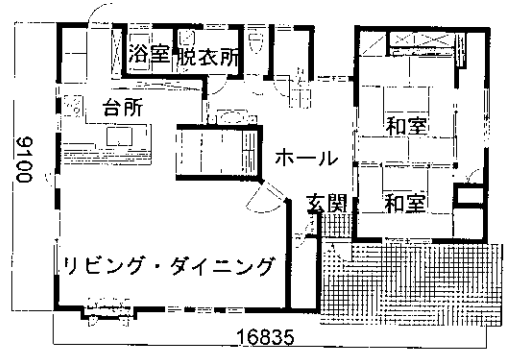


図 12-2 H邸1階平面図

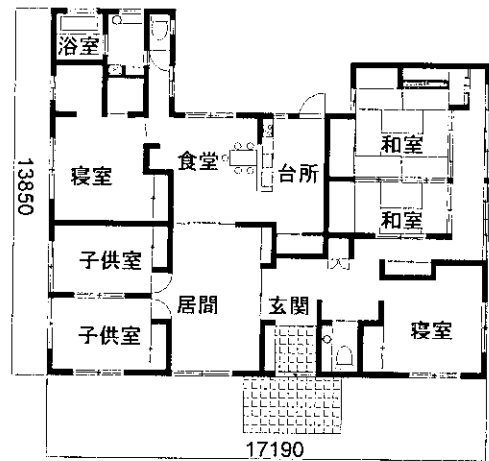


図 12-3 N邸1階平面図

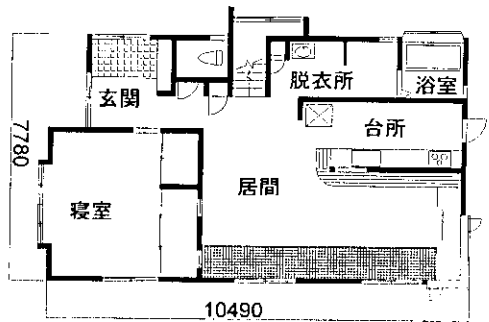


図 12-4 T邸1階平面図

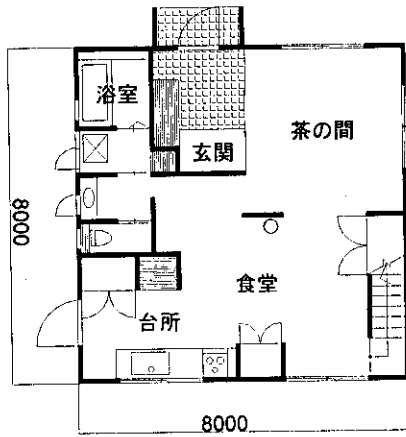


図 12-5 K邸1階平面図

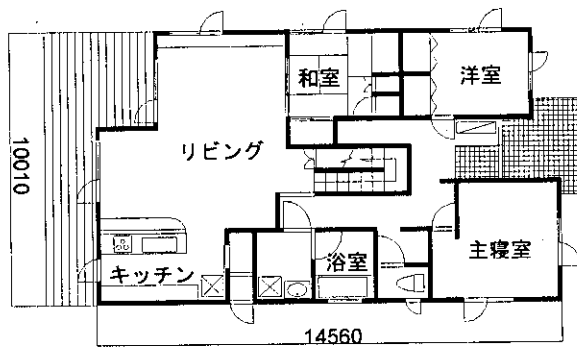


図 12-6 Y邸1階平面図

12-3 測定項目および測定方法

空気環境調査は、5件の基礎断熱住宅のうちH、N、K、Y邸の計4件において、2003年3月中旬から下旬に行った。測定はアルデヒド類とVOCの気中濃度およびアルデヒド類の床放散量についてパッシブ法を用いて行った。アルデヒド類に対してはDSD-DNPH拡散サンプラーを用い高速液体クロマトグラフ法により、VOCに対してはパッシブサンプラー-VOC-SDを用い、ガスクロマトグラフ質量分析法により分析した。測定位置は1階居間、2階個室、床下空間であり、捕集時間は24時間とした。また、VOCについてはポータブルVOC連続モニタ（光イオン検出器）により簡易測定も行っている。測定項目および測定方法を表12-2に示す。

熱環境実測は2002年11月末から始め、2003年3月まで行った。主な測定項目を表12-3に示す。測定間隔は10分である。熱環境測定に関して本報告では2002年12月のデータを中心に解析を行う。

表 12-2 空気質測定項目および測定方法

測定項目	測定機器および方法
床からのアルデヒド類放散速度	ADSEC+DSD-DNPH 拡散サンプラー（パッシブ法、捕集時間 24 時間）
アルデヒド類気中濃度	DSD-DNPH 拡散サンプラー（パッシブ法、捕集時間 24 時間）
VOC 濃度	パッシブサンプラー-VOC-SD（パッシブ法、捕集時間 24 時間）
VOC 濃度簡易測定	光イオン化検出器（RAE SYSTEMS 製 VOC 連続モニタ、捕集時間 30 分）

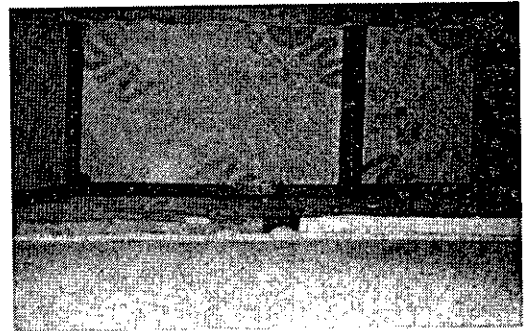


写真 12-1 H邸床下断熱状況

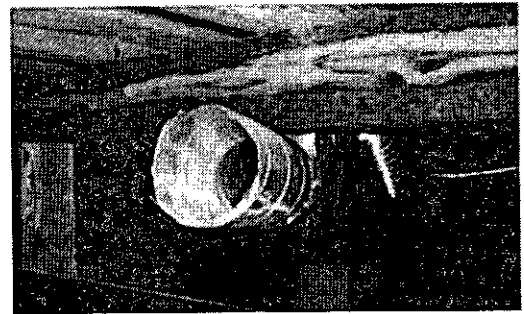


写真 12-2 N邸床下（床下温風ダクト）

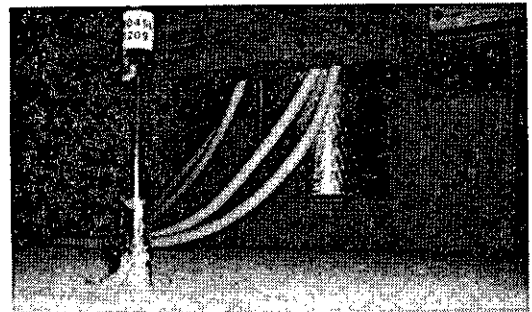


写真 12-3 K邸床下（立下りダクト）

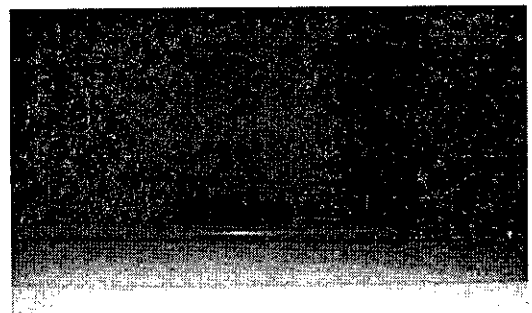


写真 12-4 Y邸床下（温水パイプ設置状況）

表 12-3 熱環境測定項目および測定方法

測定項目	測定機器
1F居室空気温度・湿度	小型データロガーTR-72S
中央床下空気温度・湿度	小型データロガーTR-72S
床下南側コンクリート表面温度	小型データロガーTR-71S
床下南側空気温度	小型データロガーTR-71S
床下北側コンクリート温度	小型データロガーTR-71S
床下北側空気温度	小型データロガーTR-71S
熱流計による測定(中央、端部)	熱流計
外気温度・湿度	小型データロガーTR-72S

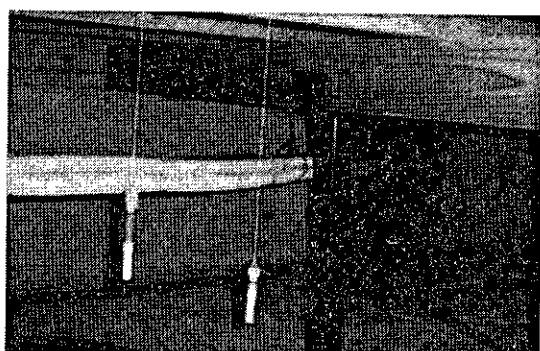


写真 12-5 空気質測定状況 (Y邸)

12-4 空気質測定結果

図 12-7 と図 12-8 には H, N, K, Y 邸の 4 件の居間(全て 1 階)と個室 (H 邸と Y 邸は 2 階子供室、N 邸は 1 階子供室、K 邸は 2 階寝室) のアルデヒド類気中濃度を示す。なお、H, N, K, Y 邸は第 3 種のセントラル換気システムを採用しており、全日運転を行っている。K 邸は太陽熱利用時には第 2 種換気、それ以外は局所排気システムとなる。居間のホルムアルデヒド気中濃度はいずれの住宅も室内濃度指針値 ($100\mu\text{g}/\text{m}^3$) を下回っている。とくに、純和風で内装材に無垢板および漆喰を用いた N 邸と竣工から 2 年が経っている Y 邸の値が小さくなっている。アセトアルデヒドの気中濃度は H 邸、N 邸において室内濃度指針値 ($48\mu\text{g}/\text{m}^3$) を大幅に上回っている。Y 邸では、アセトアルデヒド、アセトンとも低い値になっている。個室のアルデヒド類気中濃度には 1 階居間の気中濃度と同様の傾向が見られる。床下のアルデヒド気中濃度を図 12-9 に示す。床下のホルムアルデヒド気中濃度はいずれの住宅においても低い値であるが、床下のアセトアルデヒドおよびアセトンの気中濃度は、床吹き出し口をもたない住宅、すなわち床下閉鎖タイプの H 邸と N 邸において高くなっている。このように、今回測定した住宅において床吹き出し口をもつ住宅の床下のアルデヒド類濃度は指針値を下回り、居室への影響は小さいと

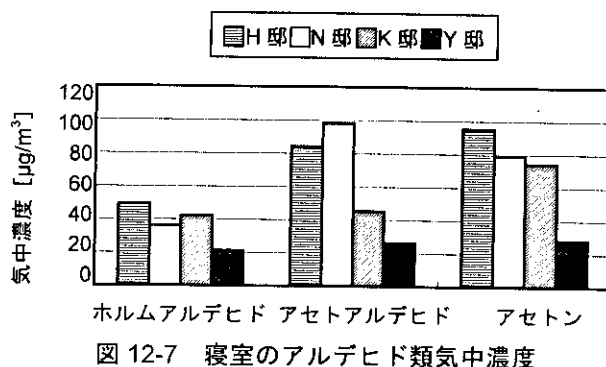


図 12-7 寝室のアルデヒド類気中濃度

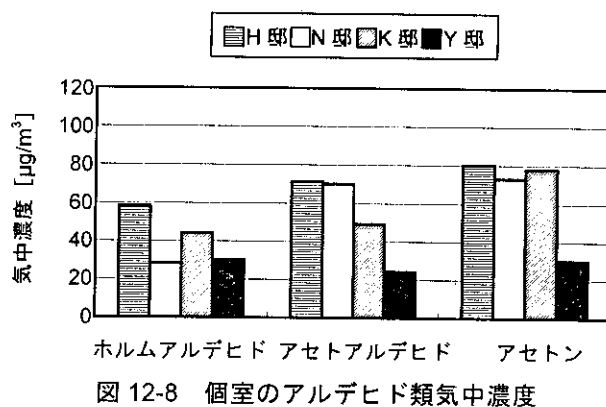


図 12-8 個室のアルデヒド類気中濃度

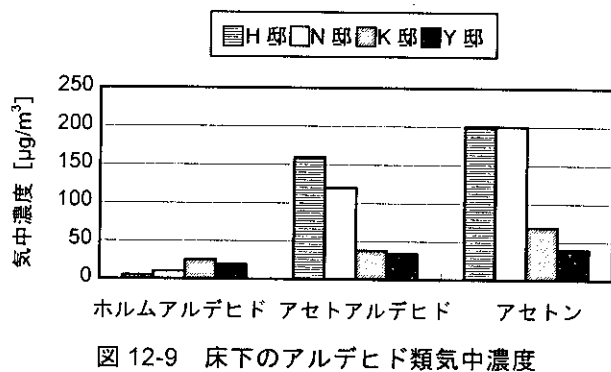


図 12-9 床下のアルデヒド類気中濃度

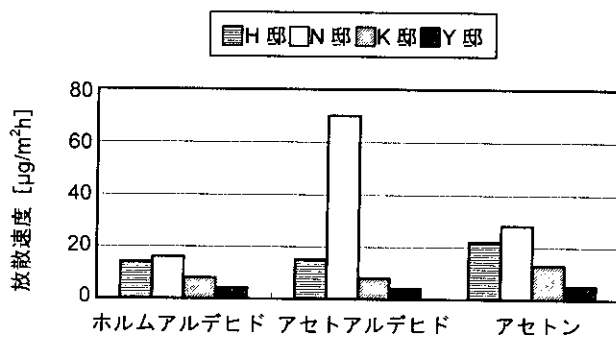


図 12-10 床からのアルデヒド類放散速度

考えられる。1 階床からのアルデヒド類放散速度は N 邸のアセトアルデヒドを除けば、いずれも比較的小さな値である。

表 12-4 VOC 濃度分析結果

分析項目	H 邸			N 邸			K 邸			Y 邸		
	居間	個室	床下	居間	個室	床下	居間	個室	床下	居間	個室	床下
オクタン	ND	ND	ND	ND	ND	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ノナン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	31	33	26	ND	ND	ND
デカン	ND	ND	ND	20	ND	200	47	45	47	ND	ND	ND
ウンデカン	ND	ND	ND	ND	ND	520	70	72	83	ND	ND	ND
ベンゼン	ND	22	31	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
トルエン	40	40	77	ND	ND	ND	21	24	21	ND	ND	ND
キシレン	ND	ND	ND	ND	ND	23	26	28	20	ND	ND	ND
1,3,5-トリメチルベンゼン	ND	ND	ND	ND	ND	25	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,3,4-トリメチルベンゼン	ND	ND	ND	ND	ND	50	22	28	25	ND	ND	ND
1,3,3-トリメチルベンゼン	ND	ND	ND	ND	ND	28	ND	ND	ND	ND	ND	ND
α-ピネン	1300	1500	11000	700	520	7300	680	640	1100	ND	ND	39
D-リモネン	77	90	180	79	54	250	50	44	56	ND	ND	ND
p-ジクロロベンゼン	33	380	ND	350	500	63	32	51	27	150	380	340
酢酸エチル	ND	25	ND	ND	54	ND	ND	27	ND	ND	ND	25
酢酸ブチル	27	47	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

注) 単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、「ND」とは $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満を示す。

表 12-4 には、VOC 濃度の分析結果を示す。分析項目は計 31 項目であるが、いずれかの部屋で濃度が $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上となった物質のみ表中に記載している。このなかで、p-ジクロロベンゼンの濃度は H 邸、N 邸、Y 邸の個室において厚生労働省の「室内空気汚染ガイドライン」に定められた指針値 ($240\mu\text{g}/\text{m}^3$) を上回っている。また、指定物質ではないが、α-ピネンも H 邸、N 邸、K 邸の床下空間において非常に大きな値になっている。

12-5 熱環境測定結果

基礎断熱住宅 5 件の居間空気温度日変動 (2002 年 12 月 10 日) を図 12-11 に示す。Y 邸の室温は $20\sim 22^\circ\text{C}$ に維持され、7 件の中で最も快適で安定した環境である。N 邸と T 邸は同じ床下温風暖房を使用しているが室温は T 邸が高い。これは T 邸の補助暖房稼働時間が長いことと、温風を床下にもみ供給する N 邸に対し、T 邸は温風を室内にもみ供給するためと思われる。H 邸の室温変化はエアコン稼働時間 (6:00~23:00) に依存しているが、断熱・気密性能が高いのでエアコン停止後の室温低下は他の住宅と比べても緩やかである。K 邸は太陽熱利用空気循環式床暖房方式を採用しているが、太陽熱および補助暖房の熱量が十分でないため室温は 5 件の中でもっとも低く $12\sim 16^\circ\text{C}$ である。

図 12-12、図 12-13 には 12 月 6 日から 12 月 28 日までの居間空気温湿度の最高、平均、最低値を示す。室温変動幅は Y 邸が最も小さく、解析対象とした 3 週間では 22°C を中心に $\pm 3^\circ\text{C}$ 程度である。5 件のなかで、

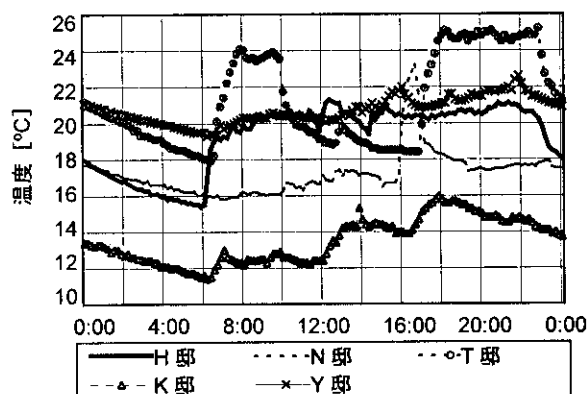


図 12-11 基礎断熱住宅の居間空気温度

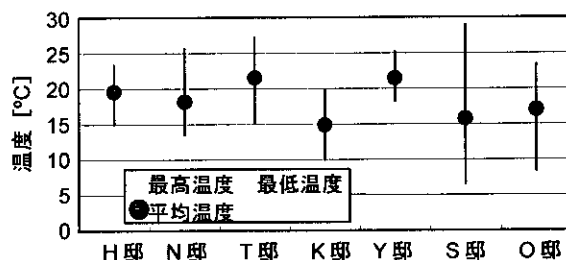


図 12-12 居間空気の最高、平均、最低温度

K 邸は平均温度、最低温度とも低く、それぞれ 15°C 、 10°C である。比較対照とした S 邸、O 邸は断熱・気密性能が劣るため日変動幅が大きく、室温最低値も 10°C を下回る。居間の湿度については H 邸と K 邸で比較的高い傾向が現れている。これは H 邸で加湿器、K 邸で開放型補助暖房器具 (ファンヒーター) が使用されているためと思われる。

次に、基礎断熱住宅の床下空気温度を図 12-14 に示す。Y 邸は午前中と夜にボイラーを 3 時間ずつ作動させており、その時間に床下空気温度は 30°C 近くまで上昇する。また、ボイラー稼働しない時間も 23~24°C 程度に保たれるが、これはコンクリートの蓄熱効果と思われる。N 邸と T 邸は同じ床下温風暖房だが N 邸のほうが温度が高い。これは暖房機器能力の差 (N 邸は 2 系統、T 邸 1 系統) と考えられる。K 邸の床下空気温度は補助暖房を使用している時間帯は 40°C 近くまで上昇するが、その他の時間は H 邸よりも低くなっている。基礎部分の蓄熱コンクリートがうまく機能していないことがわかる。

図 12-15、図 12-16 には 12 月 6 日から 12 月 28 日までの床下空気温度の最高、平均、最低値を示す。床下の温度については 24 時間稼働の床下温風暖房とした N 邸と T 邸、および床下空間を暖房に利用しない H 邸で安定している。湿度については、H 邸で比較的高い傾向があるが、H 邸では床下が閉鎖されており、竣工後間もないこともあって、乾燥過程にある床下防湿コンクリートから放出された水分の影響と思われる。

図 12-17 には防湿コンクリート表面の熱流を示す。なお、図では床下空間から地中への流出熱流を正とする。H 邸は床下が暖房されていないので、コンクリート表面温度 > 床下空気温度となり、床下空間は地盤から熱をもらっている。外周部より中央部の取得熱が大きく 230Wh/m²・day 程度である。他の 4 件の住宅は床下を暖房しているのでも熱損失が生じる。一般には中央部より外周部において熱損失が大きいと考えられるが、K 邸と Y 邸で中央部の方が大きくなったのは、立下りダクトや温水循環パイプの比較的近くに熱流センサーを設置したためと思われる。

12-6 窯業系内装板のホルムアルデヒド吸着性能

建築部材のリユース・リサイクルを目的として開発された乾式煉瓦工法 (分散型アンボンドプレストレス工法) は、壁体部分にモルタルや接着剤を使用せず、煉瓦等の部材をボルトやナットなどの金具で緊結する工法である。この壁体の内装材として乾式施工が可能な窯業系内装ボードを使用した場合について、室内空気質を実測し、そのホルムアルデヒドに対する吸着効果を確認した。

12-6-1 実験方法

煉瓦住宅 (実験棟) の同じ広さの 2 つの寝室を対象に、パーミキュライトを主成分とする窯業系内装ボードを使用した場合と一般的なクロス張り (ノンホルムアルデヒド) とした場合の気中濃度等を比較する。この建材のホルムアルデヒド吸着性能については、小空

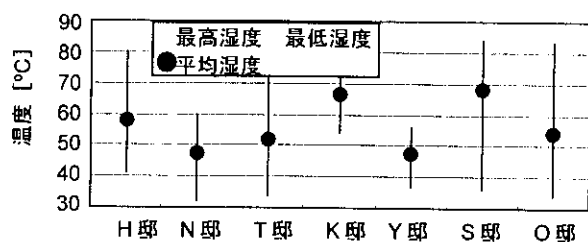


図 12-13 居間空気の最高、平均、最低湿度

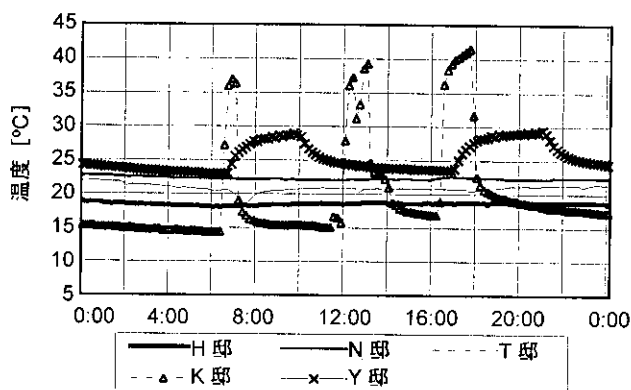


図 12-14 基礎断熱住宅の床下空気温度

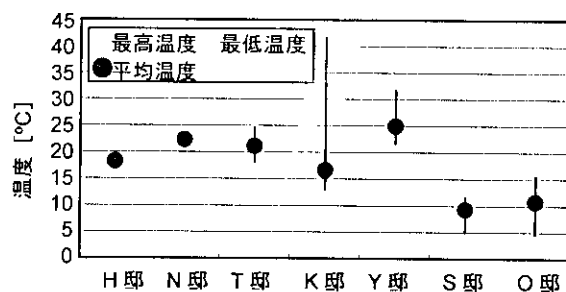


図 12-15 床下空気の最高、平均、最低温度

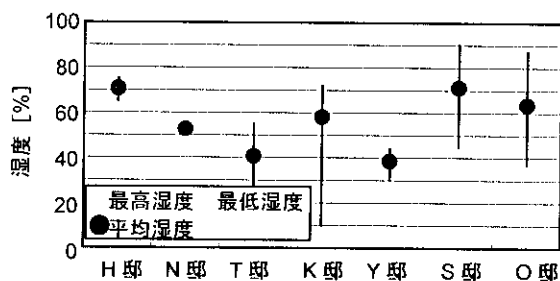


図 12-16 床下空気の最高、平均、最低湿度

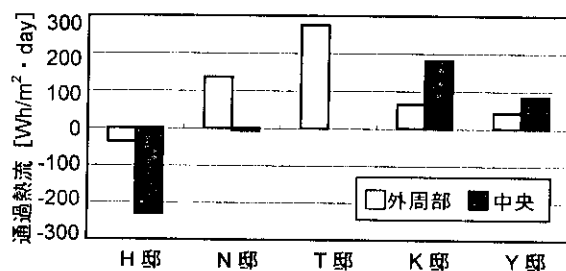


図 12-17 基礎断熱住宅の床下熱流

間 (3 リットル) に 10cm 角の試験体を入れて空間内のホルムアルデヒド濃度が 20ppm になるようにガスを注入し、ホルムアルデヒドの減衰を測定したデータ (図 12-18) があるが、25ppm~0.2ppm の高濃度の領域であり、指針値 (0.08ppm=100 μ g/m³) 前後の気中濃度における吸着性能についても把握する必要がある。実験棟の平面図および 2 種類の煉瓦壁仕様を図 12-19 に示す。西室 (Bed Room1: 床面積 16.7m²、室容積 41m³) の壁体内装材として窯業系内装ボード (使用面積: 32.6m²) を使用し、東室 (Bed Room3: 床面積 16.7m²、室容積 41m³) はクロス張り (使用面積: 31.8m²) とした。床は両室ともカーペット仕上げであるが、ホルムアルデヒド放散源として Fc₂ に相当する合板 3.3m³ をカーペット上に敷設した。両室とも天井換気扇による第 3 種換気である。測定は①24 時間パンプ法 (DSD-DNPH 拡散サンプラー使用、床上 1.2m) と②換気量と気中濃度の関係を検討する実験の 2 通りを行った。②の実験では換気量を変えて 30 分後から測定を開始し、ホルムアルデヒドはマルチガスファイナダー (試験紙光光度法、捕集時間 30 分) により測定した。室内 VOCs はポータブル VOC 連続モニター (光イオン化検出器) により水平分布 8 点をトラバース測定 (1 分間平均値) した。換気扇からの排気量を換気量測定器にて測定した。窓とドアは密閉した。

12-6-2 測定結果

DSD-DNPH 拡散サンプラーによるアルデヒド類気中濃度を図 12-20 に示す。また、同時に測定した床からの放散量を図中に併記している。内装材を窯業系ボードとした西室のホルムアルデヒド濃度は東室を大きく下回っており、本建材のホルムアルデヒド吸着性能が認められる。図 12-21 はそれぞれの室において、

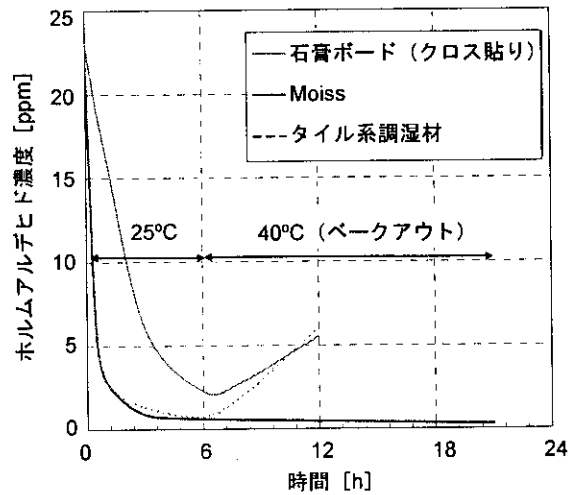


図 12-18 窯業系内装ボードのホルムアルデヒド吸着性能³⁾

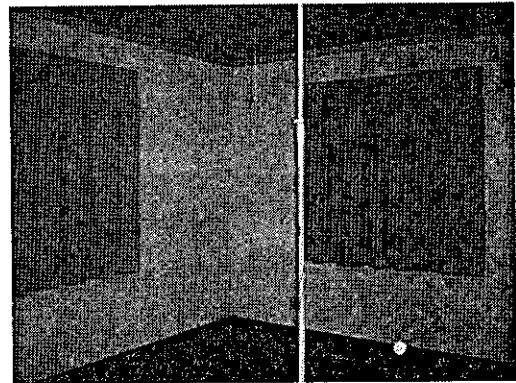


写真 12-6 窯業系内装ボードを用いた実験

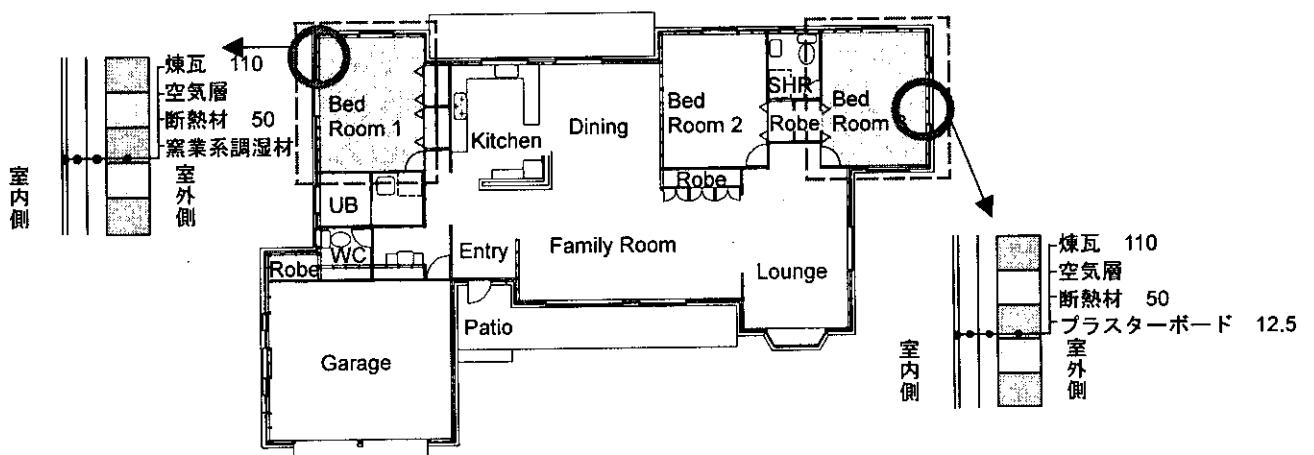


図 12-19 煉瓦住宅 (実験棟) の平面図および 2 種類の煉瓦壁仕様

「換気なし」を含めて計4通りの換気量に対するホルムアルデヒド濃度を示している。同程度の換気量であれば窯業系ボードを設置した西室のほうが低い濃度となっている。図12-22はVOC濃度と換気量の関係を示す。クロス張りとした東室のVOC濃度は40~60ppbであるが、窯業系ボードとした西室では30~40ppbに収まる。この結果は、本建材がVOC濃度低減にも効果があることを示している。

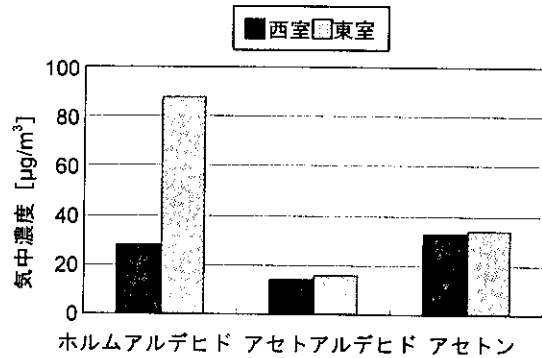
12-7 まとめ

本研究では、北部九州に建設された基礎断熱住宅の床下空間と居室の連続性及び暖房システムに着目し、その熱環境・空気環境について調査を行った。また、窯業系内装ボードのホルムアルデヒド吸着性能について検討した。得られた知見は以下のとおりである。

- 1) 今回測定した4棟の基礎断熱住宅において、ホルムアルデヒド気中濃度はいずれの住宅も室内濃度指針値を下回ったが、アセトアルデヒドの気中濃度はH邸、N邸において室内濃度指針値を大幅に上回っている。
- 2) 床下のアセトアルデヒドおよびアセトンの気中濃度は、床吹き出し口をもたない住宅、すなわち床下閉鎖タイプのH邸とN邸において高くなった。床吹き出し口をもつ住宅の床下のアルデヒド類濃度は指針値を下回り、居室への影響は小さいと考えられる。
- 3) 蓄熱コンクリートがうまく機能していないK邸を除き、他の基礎断熱住宅においては冬季に快適な室内環境が確保できることを確認した。今後、梅雨季や夏季を含めた長期の実測調査を行う予定である。
- 4) パーミキュライトを主成分とした窯業系内装ボードの試験室と標準的なクロス張りの試験室の空気質を比較することにより、窯業系内装ボードのホルムアルデヒド吸着効果及びVOC吸着効果を確認した。

【参考文献】

- 1) 坂本雄三, 他, 戸建住宅の基礎断熱工法に関する研究(その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1998
- 2) 龍有二, 北部九州における住宅の空気質に関する調査研究, 日本建築学会九州支部研究報告集 41, 2003
- 3) 赤尾勝, モイスイ吸放湿特性の優れた新しい建材, CREST 国際シンポジウム予稿集, 2002



床放散量：カーペット平均 0.017mg/m²h
 合計平均 0.215mg/m²h
 平均室温：西室 27.9°C、東室 27.3°C

図12-20 アルデヒド類気中濃度

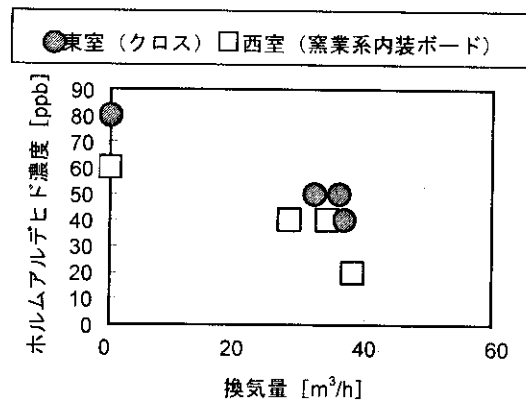


図12-21 ホルムアルデヒド濃度と換気量の関係

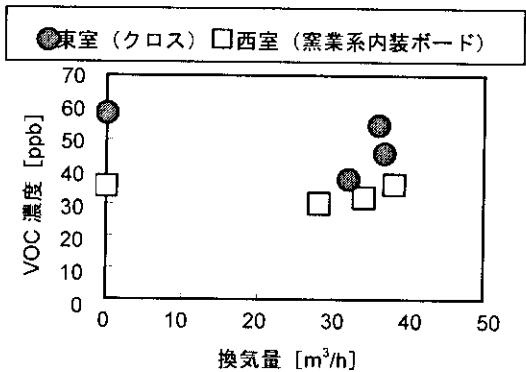


図12-22 VOC濃度と換気量の関係

第 13 章 総括

第13章 総括

13-1 研究目的

本研究の目的はシックハウス症候群に関して、その室内環境の評価方法及び健康影響の予測法の開発を行うことである。対象となる汚染化学物質の室内濃度に影響を与えるのは、建材・施工材等からの放散量、換気量、室内温湿度、時間などである。それらのパラメータを検討するために研究を行った。

13-2 研究方法

以下の項目について分担研究にて実施した。

第1章：パッシブ法による放散速度測定法の開発 第2章：PFT法による換気量の測定 第3章：新築集合住宅における室内空気質調査 第4章：季節による新築戸建て住宅室内空気質調査 第5章：健康影響予測に関わる室内空気中の化学物質要因による生体影響知見の整理 第6章：吸着性建材による室内化学物質濃度の低減に関する実験と数値解析 第7章：東北地域の戸建住宅における室内空気質の実態調査 第8章：計画換気を用いた工業化住宅における室内空気質に関する研究 第9章：新築集合住宅における室内気中濃度の経時変化と生活様式による変動の測定 第10章：住宅内における室内空気質及びダニ生息密度実態調査 第11章：南九州の小学校教室における室内空気環境の調査 第12章：北部九州の基礎断熱住宅における室内空気質実測調査

13-3 結果と考察

第1章 パッシブ法による放散速度測定法の開発

ADSECを用いてパッシブ法による放散速度測定法を確立することを目的とした。これまで、建材表面から発生するカルボニル化合物の放散速度測定法が開発され、引き続き、VOCsの放散速度測定法の開発を行い、捕集時間を検討した。また、セルのリークが認められたため、測定精度が向上するよう改良したシリコンシート、重りを用いる工夫を施した。低放散建材を用いて捕集時間検討実験を行った結果、パッシブサンプラーVOC-TDの捕集量は捕集時間と共に比例して増加した。この結果と既往の研究により得られた結果から、各サンプラーの気中濃度測定時間を考慮し、VOC-ADSECにパッシブサンプラーVOC-SDを用いる場合は捕集時間24時間、パッシブサンプラーVOC-TDを用いる場合には2時間と決定した。また、測定面とADSECとの間に挟むシリコンシートを改良し、

ADSECの測定精度を向上させた。

第2章 PFT法による換気量の測定

本研究では、昨年度に引き続き、大掛かりな装置や操作知識を必要とせず、生活状態での測定が可能なパッシブ法による換気量測定法であるPFT法を用いた。拡散によりPFTを放散するトレーサーガス源を製作し、放散量と周辺温度との相関を検討した。結果、PFTの温度依存に関して、温度1°C上昇につき、PFT単位時間当たり放散量が約3%増加し、 C_6F_6 、 C_7F_8 それぞれの雰囲気温度25°Cを基準とした放散量算出式を得た。また、PFTを捕集するVOCs気中濃度測定用のパッシブサンプラーを選定し、24時間測定におけるサンプリングレイトを算出した。パッシブサンプラーVOC-SDにおける C_6F_6 、 C_7F_8 それぞれの雰囲気温度25°Cを基準としたサンプリングレイト算出式を得た。トレーサーガス源からのPFT放散量、PFTサンプリングレイトが算出されたことでPFT気中濃度が把握でき、理論式を用いて24時間換気量の算出が可能となった。

第3章 新築集合住宅における室内空気質調査

パッシブ法を用いて、施工条件や使用建材などが同一であると考えられる複数の住宅において調査を行うことにより、室内空気質を評価するのみならず、住戸間の比較により、建材以外の放散や、換気設備の有無、居住者の生活スタイル、一部の異なる仕上げ材などが室内空気質に与える影響を検討することを目的とした。PFT法による換気量測定を行い、自然換気時などの換気量が多い場合には問題を残したが、機械換気時には概ね1日単位の換気量を測定できた。ADSECによる放散速度測定結果、換気量測定結果より求めた気中濃度を補正した予測値を求めた。ADSECはもとより、PFT法による換気量測定法の有効性を確認したが、精度向上のための実験・実測が引き続き必要である。

第4章 季節による新築戸建て住宅室内空気質調査

新築戸建住宅において、パッシブ測定法を用いた気中濃度測定、床・壁・天井面からの放散速度測定、換気量測定、生活活動調査をすることで、室内空気質を評価するのみならず、建材以外からの化学物質放散や、季節による居住者の生活スタイルの変化などが室内空気質に与える影響について検討した。居住者のシックハウス問題への関心が高いことから、建材対策などによる放散速度・気中濃度低減への効果がみられたが、アセトアルデヒド、p-ジクロロベンゼンについては、

建材からの放散による原因よりも生活用品による寄与が大きいことが分かった。また、居住者が意識的に換気を行っていたことから、換気的面からのシックハウス対策については十分に効果がみられた。ただし、冬季の住戸全体での換気回数は0.2回/hであり、小さい値であった。夏季と冬季では、空気の流れ、換気状況に大きな違いが見られた。室内空気質を考える上で、季節の特性を把握した対策が求められる。

第5章 健康影響予測に関わる室内空気中の化学物質要因による生体影響知見の整理

自覚症状を調査するためのツールとして使用する質問紙票を、文献から得られた情報をもとに作成した。これを用いて作業者の自覚症状を調査し、実際に各要因との関連性の検討を今後行っていく予定である。また、シックハウス症候群を引き起こす揮発性有機化合物のうちでも最も有害性が高いといわれているホルムアルデヒドについての健康影響と指針値設定の根拠について最新文献をもとに調査した。さらに、近年、室内環境を配慮して用いられるようになったPC工法により建設された新築建造物におけるVOCs濃度を実測し、従来の住宅やビルのVOCs濃度と比較検討した。ホルムアルデヒドを含め、測定したVOCsについてはほぼ厚生労働省が定める室内濃度指針値を下回り、従来報告されている住宅・ビルにおけるVOCs濃度よりも低い結果であった。しかし、規制されている揮発性有機化合物の濃度は指針値を下回っていたものの、ビル特有の臭気は認められたことから、精神的負担の増加等によるSBSの発症にも継続的に注意を要すると思われた。

第6章 吸着性建材による室内化学物質濃度の低減に関する実験と数値解析

室内空気の化学物質汚染への対策として、濃度低減に効果があると期待される吸着性建材に注目している。しかしこの建材を用いた既存の室内の濃度分低減効果に関する数値解析等の研究は吸着性建材の吸着面の濃度を0、つまり永久に大きな吸着力を持つと仮定するなど、建材内での化学物質の吸脱着や化学反応を考慮した解析が行われていない。そこで、特に吸着建材として石膏ボードを用い、実験および計算流体力学(CFD: Computational Fluid Dynamics)を基本とした解析手法により、石膏ボードの濃度低減性能を確認し、実現象に対応した吸着建材におけるシンク効果や化学反応を考慮した数値予測モデルの検証を行った。またこの数値予測モデルを実大スケールの居室に適用する事で、室内での吸着建材の化学物質の濃度低減における有効性の検討を行った。結果、吸収分解石膏ボードの設置による室内空気中のホルムアルデヒド

の濃度低減効果は、換気方式(室内気流)や建材設置面によって大きく左右されることが考えられた。

第7章 東北地域の戸建住宅における室内空気質の実態調査

東北地域の高断熱高気密住宅におけるシックハウス問題の実態を明らかにし、特に、寒冷地の住宅における問題解決のための基礎資料を収集を目的とし、一昨年、昨年に引き続き、住宅内のアルデヒド類・VOCの気中濃度および床面からの放散速度に関する冬季実測調査を行った。今回の調査では昨年得られた知見の確認を行うとともに、対象住宅の気密性能と換気性能を明らかにすることを目的とした。断熱・気密性が高く全室連続暖房を行っている4戸の木造戸建住宅と、断熱・気密性の低い局所間欠暖房を行っている在来型戸建住宅1戸の計5戸の住宅を対象として実測した。その結果、以下の知見を得た。換気設備のない従来型住宅でもシックハウス問題は存在する可能性があることを考慮する必要がある。また、VOCは建材や接着剤からの放散ばかりでなく、日常生活から発生している可能性が高い。さらに、PFT法による換気量測定を行ったところ、自然換気量が大きい従来型住宅への適用には課題が残った。今後、多教室温湿度・汚染質濃度計算プログラムを用いた数値計算を用いて、気密性能とPFT濃度の関係を調べることにより、PFT法の適用範囲について検討する予定である。

第8章 計画換気を用いた工業化住宅における室内空気質に関する研究

各施工段階において気中濃度に加えADSECを用いて壁、床、天井等の各部位からの放散速度を測定し、室内の気中濃度に影響を与える要因を明らかにすることを目的とした空気質測定を行った。また同時に、換気設備(第1種、第3種)の違いによる空気質の影響についての調査も行った。気中濃度について、ホルムアルデヒドは全ての施工段階において厚生労働省の指針値を満たしており、低ホルムアルデヒド対策が十分に成されていると考えられる。アセトアルデヒドについては、ある施工段階において指針値を上回った。VOCs気中濃度について、各施工段階においてトルエンを除き指針値を満たした。トルエンは各部位からの放散速度測定結果と気中濃度測定結果より、気中濃度に影響を与える要因は、室内に存在している接着剤や施工材等と考えられた。ホルムアルデヒド気中濃度について実測値と予測値を比較した結果、実測値が予測値を上回り、壁、床、天井以外からの放散が気中濃度に影響を与えていると考えられる。

第9章 新築集合住宅における室内気中濃度の経時変化と生活様式による変動の測定

発生原因が複雑である化学物質の測定を、棟内では同一の建材や接着剤などを使用していると考えられる新築の集合住宅で行い、VOCs濃度とホルムアルデヒド濃度の季節変化による影響を把握し、発生由来の考察を行った。また、居住者の生活スタイルの違いによる化学物質の気中濃度の変動を検討するためにアンケート調査も並行して行った。さらに、化学物質の気中濃度と真菌との比較を行うために空中浮遊真菌濃度の測定を行った。VOCsは新築の集合住宅では、エチルベンゼン・キシレン・スチレンは指針値と比較して20%以下の濃度であったが、ベンゼン・トルエン・*p*-ジクロロベンゼン・リモネンの4物質について気中濃度が高濃度になる傾向にあるのでこれら4物質については今後も調査を行う必要がある。ホルムアルデヒドは、分散分析より同じ住棟でも住宅間に有意差が見られた。今後は建材以外の影響が気中濃度に影響を与えているか検討を行う必要がある。キシレンとエチルベンゼン、スチレンとトルエン、*p*-ジクロロベンゼンとスチレンの間において高い相関が得られた。これらは発生源が同じであると考えられた。エチルベンゼン、キシレン、ホルムアルデヒドの3物質において真菌と正の相関が認められた。これらの化学物質では真菌抑制効果は認められなかった。今後さらにデータ数を増やした上で検討を行う必要があると言える。今回行ったアンケート調査結果と化学物質の気中濃度の間に明らかな関係は見られなかった。

第10章 住宅内における室内空気質及びダニ生息密度実態調査

室内空気環境部会およびダニ部会では、協会の事業として行っている「健康住宅認定制度」で早期に調査した高気密・高断熱住宅の3住宅について、入居前から入居後3年にわたり、室内空気環境濃度の推移および半ば人と共生生活を営むチリダニ生息密度の推移を調査している。併せて、室内空気環境部会では、ガスを採取するのにポンプを必要とせず、何時でも、誰でも手軽に採取できるパッシブサンプラーについて、より利便性を向上させるため市販の2時間対応（熱脱離型）のパッシブサンプラー-VOC-TDを対象にUptake Rateが提出されていない12物質のUptake Rateを算出した。しかし、算出したUptake Rateを用いて、TenaxTA測定結果と比較した結果12物質の内、イソオクタン、1,1,1-トリクロロエタン及びヘプタンに比較的良好な一致が認められたものの、総じて、測定結果に差が認められた。Uptake Rateの精度向上には、適切な試験濃度範囲の設定、試験装置の改良及び試験回数の増加等

の対策が必要である。

ダニ部会では2001年12月から1月にかけて実施した建築工法が異なる一般住宅のダニ実態調査住宅を対象に、ダニの増殖時期を経過した2002年10月に第2回目の調査を行い、ダニ生息密度と各種変動要因の解析を行った。住宅の和室（畳）からは多数のダニが検出され、前年調査結果と比較して明らかに増加していた。このことは、高気密・高断熱住宅でも、畳の種類や、部屋の使用状況によりダニの増殖が可能であることが示唆された。一般住宅38戸の調査結果では、戸建て木造住宅群とマンション群で、ダニ生息密度では有意な差はなかったが、検出ダニの種数で木造住宅群はマンション群より多かった。ダニ生息密度と各種変動要因との相関では使用年数、使用時間、家族数などとは有意差がみられず、総体的にファインダスト量（FD量）との間で高い相関が得られた。

第11章 南九州の小学校教室における室内空気環境の調査

鹿児島市内にある23の小学校教室（2つのワックスかけ中の教室含む）において、室内空気環境を測定することを計画した。全小学校において、VOCs濃度の築年数による時間減衰の度合いを算定した。この結果、夏季に閉め切った状態の校舎内の普通教室では、カビ由来と考えられるVOCsが同定された。さらに、ワックスかけ中の教室の空気から高濃度のVOCsが検出された。よって、新築時、改修時、ワックスかけ時には、多くの換気量が必要である。児童・教師在室時には窓開け換気が可能であるが、不在時のことも考えると、機械換気の導入が有用である。また、自然換気の換気効果の良好でない教室では、カビの発生がみられた。このような場合にも機械換気は有効と考えられる。

第12章 北部九州の基礎断熱住宅における室内空気質実測調査

本研究では、北部九州に建設された基礎断熱住宅の床下空間と居室の連続性及び暖房システムに着目し、その熱環境・空気環境について調査を行った。また、窯業系内装ボードのホルムアルデヒド吸着性能について検討した。今回測定した4棟の基礎断熱住宅において、ホルムアルデヒド気中濃度はいずれの住宅も室内濃度指針値を下回ったが、アセトアルデヒドの気中濃度はH邸、N邸において室内濃度指針値を大幅に上回っていた。床下のアセトアルデヒドおよびアセトンの気中濃度は、床吹き出し口をもたない住宅、すなわち床下閉鎖タイプのH邸とN邸において高くなった。また、床吹き出し口をもつ住宅の床下のアルデヒド類濃度は指針値を下回り、居室への影響は小さいと考えられた。蓄熱コンクリートがうまく機能していないK