

もらい、測定器の中に見える赤い光の点滅が点灯に変わったと思われるところで止めてもらい、止めた値を測定値とした。被験者には毎回、実験室入室前と退室後に測定してもらった。皮膚温の測定は、熱電対を被験者の手背と足背にとりつけ、昼休み以外は椅座安静中も測定を行った。皮膚温の測定間隔は 30 秒で行った。被験者に慣れてもらうため、本実験前の練習日にも測定を行ってもらった。

(3) 心理的反応

被験者の心理反応をみるアンケート調査は、室内環境、被験者の室内から受ける刺激、SBS の各症状に関する質問などからなるアンケートを用いて行った。アンケートはそれぞれの実験室の入室 6 分前、入室 0 分後、15 分後、30 分後、45 分後に申告してもらい、実験室内で行ってもらうアンケートはあらかじめ室内に 4 回分をまとめて設置しておいた。被験者には全部

で 31 回/日アンケートに申告してもらった。毎回ほぼ同じアンケートを行ったが、作業直後のアンケートは作業に対する被験者の達成感を申告する項目を加え、被験者集合直後に行ったアンケートには実験前の体調などについて申告してもらった。実験時のアンケート項目を表 11-5 に、実験に使用したアンケート用紙を図 11-4、図 11-5、図 11-6 に示す。図 11-7 の達成感の申告については作業後のみ行ってもらった。アンケートには、被験者が申告しやすいよう、また集計しやすいようスケールの枠だけ使い、アンケート中のスケール上の数値は申告値の数量化に用いたもので、実際の実験で使用したアンケートには記載していない。アンケートには表 11-6 に示すような片側尺度・両側尺度のものを使用したため、できるだけわかりやすいように記載し、実験前にはあらかじめ被験者に説明を行った。

表 11-5 アンケート項目

質問 1	臭気強度					
質問 2	温冷感					
質問 3	空気の許容度					
質問 4	刺激について					
	1 目の刺激	2 鼻の刺激	3 喉の刺激			
質問 5	実験室内環境について					
	1 室内の気流感	2 室内の乾湿感	3 室内の明暗感			
	4 室内の静寂感	5 空気の新鮮度				
質問 6	被験者が室内からうける刺激について					
	1 鼻つまり感	2 鼻水感	3 鼻の乾燥感			
	4 鼻のむずむず感覚	5 鼻のツーンとする感覚	6 喉の乾燥感			
	7 喉の痛み	8 唇の乾燥感	9 目の乾燥感			
	10 涙目感	11 目のチカチカする感覚	12 目のかゆみ			
	13 皮膚の刺激感	14 皮膚の乾燥感	15 頭痛感			
	16 発汗度	17 吐き気感				
質問 7	室内の快適性について					
	1 温度の許容度	2 湿度の許容度	3 においの許容度			
	4 開放感	5 安心感	6 総合的な快適性			
質問 8	実験中の被験者の状況について					
	1 積極性	2 集中力	3 疲労度			
	4 覚醒度	5 体調	6 精神的な気分			
	7 身体的な気分	8 落ち込み度	9 眠気			
	10 室外の音	11 室内の音				
質問 9	作業に対する達成度 (0～100%までどのくらい達成感があったか)					

第 11 章 室内空気質が作業効率に与える影響

室内環境アンケート A

8 月 () 日 ROOM () () 回目
整理番号 () 氏名 ()

質問 1 あなたはこの室内の空気のおいさをどの程度強く感じますか？
あなたが感じるにおいの強さを、下のボックスにチェックを入れて表して下さい。

0	無臭
1	かすかに感じるにおい
2	軽度を感じるにおい
3	強く感じるにおい
4	非常に強く感じるにおい
5	耐えがたく感じるにおい

質問 2 あなたはこの室内の温度感をどう評価しますか？あなたが感じる温度感を下のボックスにチェックを入れて表して下さい。

3	暑い
2	暖かい
1	やや暖かい
0	どちらでもない
-1	やや涼しい
-2	涼しい
-3	寒い

質問 3 あなたはこの室内の空気質（空気の許容度）をどう評価しますか？あなたがこの空気を受け入れられる程度もしくは受け入れられない程度を、下のボックスにチェックを入れて表して下さい。

1	あきらかに受け入れられる
0.05	どちらかといえば受け入れられる
-0.05	どちらかといえば受け入れられない
-1	あきらかに受け入れられない

質問 4 あなたが現在感じている目、鼻、喉の刺激の度合いを、目、鼻、喉のそれぞれについて下のボックスにチェックを入れて表して下さい。

目	鼻	喉	刺激がない	0
			かすかな刺激	1
			軽度の刺激	2
			強い刺激	3
			非常に強い刺激	4
			耐えがたい刺激	5

-3-

図 11-4 アンケート用紙（1 枚目）

質問 5 あなたは現在の室内環境をどのように評価しますか？以下に示す各項目についてあなたが感じる程度に該当するボックスにチェックを入れて下さい。

項目	まったく感じない	0	1	2	3	4	5	6	非常に感じる
空気について									
温っている									
明るい									
静か									
空気が新鮮である									
乾いている									
暗い									
騒がしい									
空気が汚れている									

質問 6 あなたは現在の室内から受ける刺激についてどのように感じますか？以下に示す各項目について、あなたが感じる程度に該当するボックスにチェックを入れてください。

項目	0	1	2	3	4	5	6	項目
鼻がとまっている								鼻がつまっている
鼻水が出ない								鼻水が出る
鼻が乾燥していない								鼻が乾燥している
鼻がむずむずしない								鼻がむずむずする
鼻がツーンとしない								鼻がツーンとする
喉が乾燥していない								喉が乾燥している
喉が痛くない								喉が痛い
唇が乾燥していない								唇が乾燥している
目が乾燥していない								目が乾燥している
涙目ではない								涙目である
目がかゆくない								目がかゆい
皮膚に刺激を感じない								皮膚に刺激を感じる
皮膚が乾燥していない								皮膚が乾燥している
顔面がしんない								顔面がする
汗が出ない								汗がでる
せき気がしない								せき気がする

図 11-5 アンケート用紙（2 枚目）

第 11 章 室内空気質が作業効率に与える影響

質問 7. 1 あなたは現在の室内の快適性をどのように評価しますか？以下に示す各項目についてあなたが感じる程度に該当するボックスにチェックを入れて下さい。

-0.05 0.05

温度を受け入れられない ☐ 明らかに ☐ どちらかといえば ☐	どちらかといえば ☐ 明らかに ☐ 温度を受け入れられる ☐
湿度を受け入れられない ☐	湿度を受け入れられる ☐
においを受け入れられない ☐	においを受け入れられる ☐

この部屋は圧迫感がある ☐ 非常に ☐ とても ☐ やや ☐ どちらでもない ☐ やや ☐ とても ☐ 非常に ☐	この部屋は開放感がある ☐
この部屋は安心する ☐	この部屋は不安である ☐

質問 7. 2 質問 7. 1 を踏まえて、あなたは室内の総合的な快適性をどう評価しますか？あなたが感じる程度に該当するボックスにチェックを入れてください。

快適である ☐ 非常に ☐ とても ☐ やや ☐ どちらでもない ☐ やや ☐ とても ☐ 非常に ☐	不快である ☐
---	--------------------------------

質問 8. あなたの現在の気分をどのように表現しますか？以下に示す各項目について、あなたが感じる程度に該当するボックスにチェックを入れてください。

消極的である ☐ 非常に ☐ とても ☐ やや ☐ どちらでもない ☐ やや ☐ とても ☐ 非常に ☐	積極的である ☐
集中するのが困難 ☐	集中しやすい ☐
疲れている ☐	元気がある ☐
頭がぼんやりしている ☐	頭がスッキリしている ☐
体調が悪い ☐	体調が良い ☐
気分が悪い(精神的に) ☐	気分が良い(精神的に) ☐
気分が悪い(身体的に) ☐	気分が良い(身体的に) ☐

暑さを感じない ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐	暑さを感じている ☐
寒くない ☐	寒い ☐
室外の音が気にならない ☐	室外の音が気になる ☐
室内の音が気にならない ☐	室内の音が気になる ☐

質問 9 あなたは、今終了した作業をどの程度達成できたと思いますか？あなたが満足のいいときを 100% として比較してください。

0% 20% 40% 60% 80% 100%

以上で今回のアンケートは終了です。

図 11-6 アンケート用紙 (3 枚目)

表 11-6 アンケートの尺度

	両側尺度	片側尺度
尺度	-3-2-10123	0123456
項目	温冷感・乾湿感・快適感・ 集中しやすさなど	空気の新鮮度・眠気感・ 目、鼻、喉の刺激など

(4) 被験者の作業

実験室での被験者の作業は、単純なキー操作で被験者のペースで行うことのできる校正作業 (proofreading task) を行った⁴⁾。これはパソコンの画面上の左右に並列した数字の組み合わせが一致しているか、異なっているかを見極め、異なっていた場合に四角の枠にチェックをつけていく作業で、被験者の視覚的検索力と認識力の速さを評価するものである。作業画面を図 11-7 に示す。作業時間は 1 回 10 分間とし、問題数は時間内に終わらない程度の数に設定した。被験者は午前または午後の実験室入室中に 3 回ずつ計 9 回この作

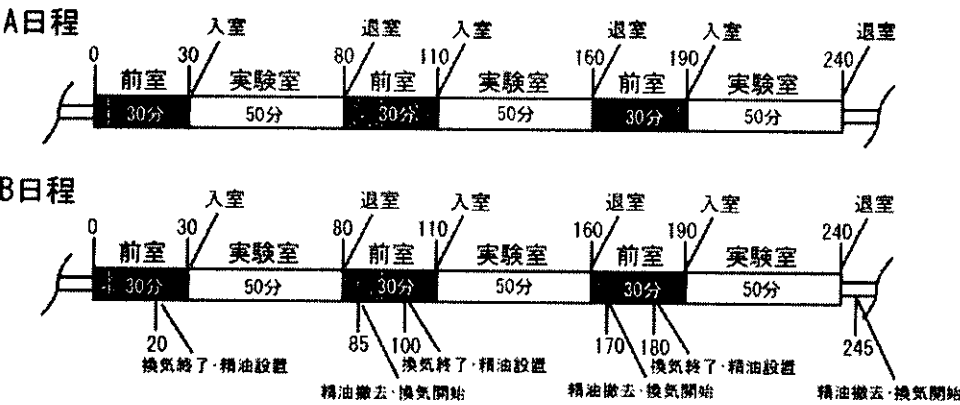
業を行った。また、本実験前に練習日を設け、被験者には約 2 時間、本実験の短縮版で作業の説明を加えながら数回練習してもらっている。作業効率評価は、被験者ごとの作業の PASS 数 (同一数字を通り越した数)、HIT 数 (異数字でチェックをした数)、FALSE HIT 数 (同一数字を間違ってチェックした数)、SPASEBAR COUNT 数 (スペースバーの押された回数) などをカウントして作業高に換算した。

Proof Reading Task - Press F2 when complete. Alt-Shift-F10 to quit

Column A	Check	Column B
1685	☐	1685
7948	☐	7948
7517	☐	7519
5785	☐	5785
3227	☒	3227
1338	☐	1338
7103	☐	7103
0964	☐	0964
2731	☐	2731
2552	☐	2552
8628	☐	8628
9602	☐	9602
5552	☐	5552
6534	☐	6534
8435	☐	8435
6865	☐	6865
3306	☐	3306
5406	☐	5406
1863	☐	1863
5114	☐	5114

図 11-7 プルーフリーディング作業画面

午前または午後の実験の流れ



実験室入室時の詳細スケジュール

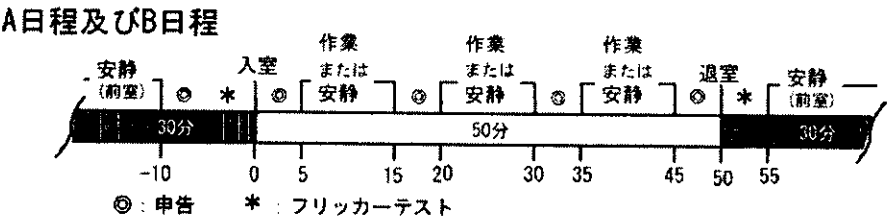


図 11-8 実験スケジュール

11-2-5 実験手順

実験は、8 時から 17 時までの約 9 時間行った。図 11-8 に実験スケジュールを示す。作業は午前または午後に行った。実験室（室 1～室 3）の入室時間は 50 分間で 1 室に 1 名ずつ入室した。この時の入室する部屋の順番はランダムに設定した。午前中に各室に 1 回ずつ入室し、午後と同じ入室順で入室してもらった。な

お、B 日程においては、被験者の実験室入室 10 分前に精油と芳香剤を設置し、充分ににおいが発生していることを確認してから被験者を入室させた。全被験者が同じ空気質の室に入室できるように、被験者が退室し前室へ移動した後実験室を換気し、次の被験者が実験室へ入室する時には新しく精油を設置しなおしている。

被験者は、集合した直後に屋外（実験住宅玄関前）でアンケートに申告してもらい、実験住宅内で実験の注意事項などを説明した。その後、皮膚温の測定のために熱電対をとりつけ、被験者には安静を保ってもらった。実験室入室 10 分前にフリッカー測定、6 分前にアンケート申告を行ってもらい実験室に入室してもらった。入室直後にアンケート申告を行い、作業または安静（10 分）とアンケート申告（5 分）をこちらの指示に従い、繰り返してもらった。尚、実験室入室中の指示は室外からスピーカーを通して行い、モニターによって実験室内の被験者の様子が確認できるようにした。申告に影響が出ないようにするため、実験室から退室し次の実験室に入室するまでの間、前室で 30 分間休憩をとった。休憩中は、空腹感と喉の渴きを潤してもらうために、消化の良いクラッカーとミネラルウォーターを自由に飲食してもらったが、実験室入室時の一時退室及び入室中の飲食は禁止した。

11-2-6 追加実験

追加実験としてパイン精油から発生する臭気に対する知覚の個人差を調査する実験を 2001 年 9 月上旬に行った。これは実験住宅における実験に参加した被験者が、パイン臭に対する許容度、濃度に対する臭気強度知覚の度合いを調べる目的で行った。においの発生装置であるガラス瓶の中に精油（パイン）の入ったガラス製の小瓶をそれぞれ入れ、瓶の口に円錐状のプラスチックを取り付け、小さいファンで瓶内部の空気を送り出し嗅ぎ口とした（図 11-9）¹⁾。図 11-10 に示すようにパイン臭は 5 段階の濃度段階を設定した。パイン精油から発生される各段階の VOCs 濃度について表 11-7 に示す。被験者には 5 つの瓶のにおいを嗅いで、臭気強度及び臭気の許容度を図 11-11 に示すアンケートに記入してもらった。

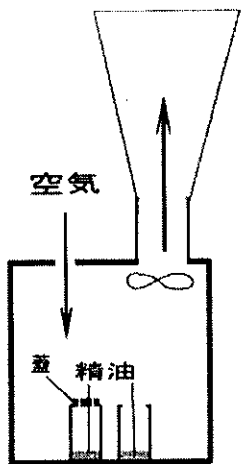


図 11-9 パイン臭発生装置

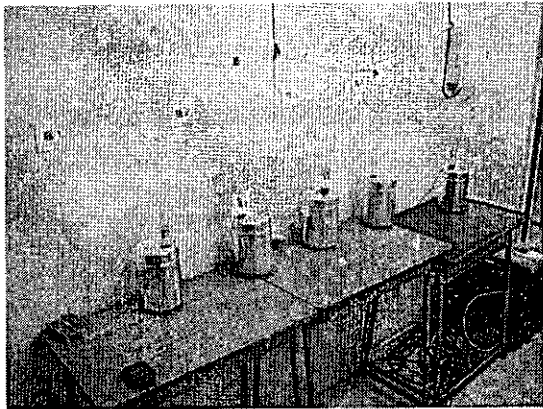


図 11-10 異なる濃度を発生させた発生装置

表 11-7 発生したパイン臭の濃度

濃度段階	成分 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
	α -ピネン	β -ピネン	リモネン
段階 1	57.05	5.97	289.53
段階 2	122.46	13.91	580.51
段階 3	180.28	21.54	1237.16
段階 4	386.79	50.42	2202.56
段階 5	765.81	104.25	3963.97

質問 1

においの強さ

無臭

かすかに感じるにおい

軽度を感じるにおい

強く感じるにおい

非常に強く感じるにおい

耐えがたく感じるにおい

質問 2

においの許容度

明らかに受け入れられる

どちらかといえば受け入れられ

どちらかといえば受け入れられ

明らかに受け入れられない

質問 3

あなたは今嗅いだにおいは何のにおいだと思いますか？ 具体的に教えてください（例：りんごの匂い、バラの匂いなど）

図 11-11 アンケート用紙

11-3 結果及び考察

11-3-1 温熱環境が心理評価及び作業効率に与える影響

(1) 物理量測定結果

各室における物理量測定結果を表 11-8 に示す。各室の温度は設定条件を満たしており、その他の物理量に関しては、ほぼ一定に保たれていた。なお、PMV の計算には作業時の代謝量を 1.2 met、安静時の代謝量を 1.0 met、着衣量を 0.6clo とし、放射温度はグローブ温度計の測定値を使用した。

表 11-8 物理量測定結果

測定項目	室1 (23°C)	室2 (27°C)	室3 (31°C)	前室
平均室内温度 [°C]	23.70 ± 0.74	27.11 ± 0.44	31.69 ± 0.69	26.96 ± 0.65
平均室内相対湿度 [%]	58.29 ± 3.11	60.40 ± 7.01	44.95 ± 4.83	53.83 ± 4.14
室内絶対湿度 [g/kg]	10.68 ± 0.90	13.59 ± 1.63	13.16 ± 1.44	11.99 ± 1.16
平均 PMV	-0.50 ± 0.53	0.66 ± 0.35	2.13 ± 0.32	0.57 ± 0.29

(2) 温熱環境が居住者に及ぼす影響の全体的な傾向

図11-12に室温と平均温冷感申告との関係を、図11-13に各室で得られた作業効率の平均値を、図11-14に各室のPD（不快者率）の経時変化を示す。PDとは在室している室の温熱環境を「受け入れられない」と申告した被験者の割合（%）である。作業効率を表す指標として作業10分間の正確な処理数である有効処理数を標準化した値を用いた。

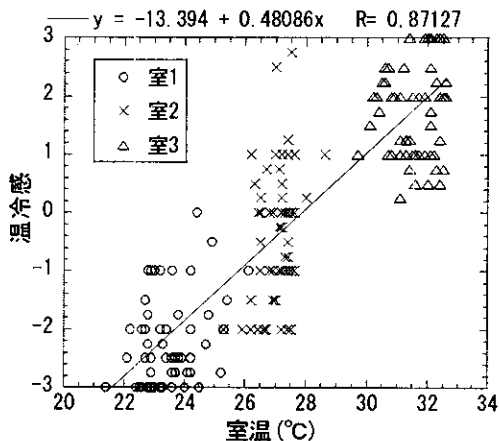


図 11-12 室温と温冷感の関係

図11-12より、室温と温冷感申告は比例関係にあり、温冷感申告値が0である中立状態は、室温が27.8°Cの時に得られていることがわかる。この温度はほぼ室2の室温と一致する。一方、図11-13をみると、有効処理数は温冷感申告が寒い側（マイナス側）になる室1の有効処理数が室2、室3の有効処理数より有意な差をもって多い。PDは入室直後は低温の室1において最も高い値を示しているが、時間経過とともに低下し、退室前は室3よりも低くなっている。一方、中立温度に近い室2では、他室に比べ大幅に低いPDの値となっている。

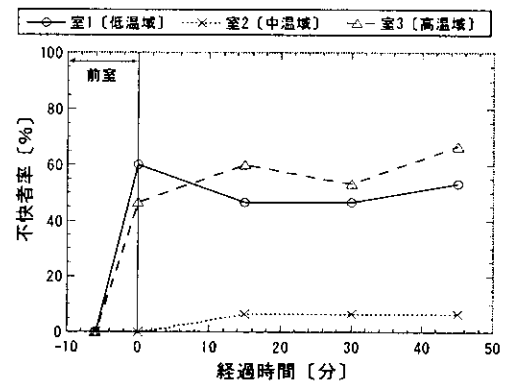


図 11-14 各室のPD経時変化

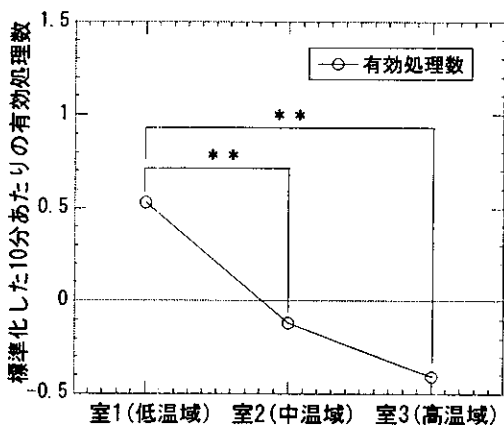


図 11-13 各室の作業効率

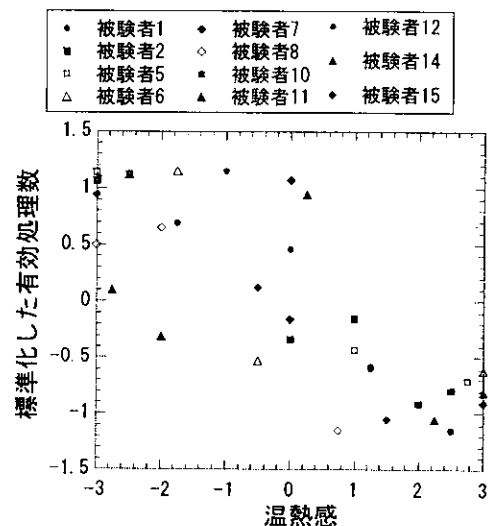


図 11-15 温冷感と有効処理数の関係（グループ1）

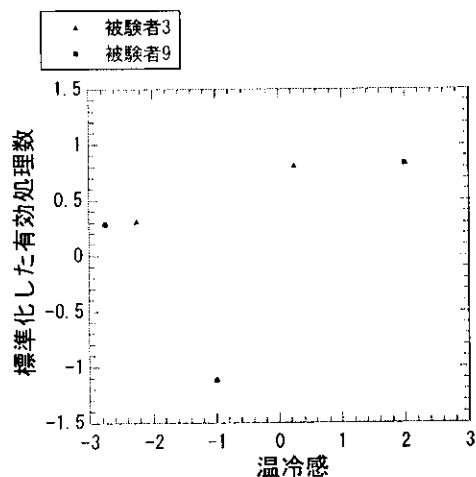


図 11-16 温冷感と有効処理数の関係（グループ 2）

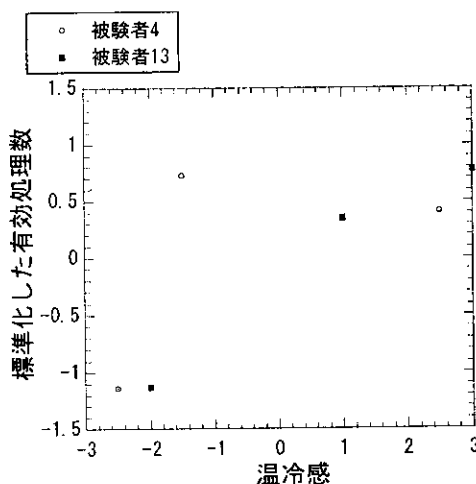


図 11-17 温冷感と有効処理数の関係（グループ 3）

(3) 温熱環境が居住者に及ぼす影響の個人差

全体的な傾向では、室 1 において最も多い有効処理数が得られた。しかし、一部の被験者はこれと異なる傾向を示した。被験者をグループ分けした時の温冷感と有効処理数の関係を図 11-15～図 11-17 に示す。温冷感の影響が定常状態に達したと思われる入室中最後の申告及び作業をもとに解析を行う。グループ 1 は室 1 において有効処理数が多く、グループ 2 は室 1 と室 3 において、グループ 3 は室 2 もしくは室 3 において有効処理数が多い。McIntyre は繰り返し作業などの単純作業時においては、温冷感としての至適温度よりも、低いもしくは高い温度の方が、覚醒レベルが上昇するため、良い作業効率を得られると述べている⁹⁾が本実験においても、大多数の被験者について、ほぼ同様の結果が得られた。また、de Dear ら⁶⁾が述べているように、被験者が期待する温冷感の違いが、温冷感と作業効率との関係の個人差に影響を及ぼしたことも考えられる。

11-3-2 空気質が心理評価及び作業効率に与える影響

(1) 物理・化学量測定結果

各室における化学量測定結果を表 11-9、物理量測定結果を表 11-10 に示す。 α -ピネン、 β -ピネン、リモネンはパイン精油の主成分である。パイン精油量を多く設置した室 2 の方が室 3 よりこれらの濃度が高い。他の物理量は条件間の差はなく、ほぼ一定値であった。

表 11-9 化学量測定結果

室	光音響法によるトルエン等価 TVOC 濃度 [mg/m^3]	GC/MS 法により定量された VOCs 濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
		α -ピネン	β -ピネン	リモネン
室 1	1.99 ± 0.4	ND	ND	33.32
室 2	7.98 ± 1.96	196.62	40.71	2535.68
室 3	5.47 ± 1.07	68.16	15.3	1125.78
設置無し	2.78 ± 0.74	ND	ND	ND

表 11-10 物理量測定結果

測定項目	室 1 (芳香剤)	室 2 (パイン : 0.2)	室 3 (パイン : 0.1)	前室
平均室内温度 [$^{\circ}\text{C}$]	27.80 ± 0.43	27.47 ± 0.52	27.43 ± 0.43	27.37 ± 0.82
平均室内相対湿度 [%]	54.09 ± 0.64	58.19 ± 2.61	61.77 ± 4.58	63.95 ± 4.16
室内絶対湿度 [g/kg]	12.70 ± 0.49	13.41 ± 0.36	14.23 ± 1.10	14.46 ± 0.70
平均 PMV	0.99 ± 0.26	0.98 ± 0.26	0.90 ± 0.32	0.62 ± 0.29
換気量 [m^3/h]	25.80 ± 2.82	22.76 ± 2.67	26.55 ± 3.18	

(2) 空気質が在室者に及ぼす影響の全体的な傾向

図 11-18 に各室における平均臭気強度の経時変化を、図 11-19 に各室の PD (空気質に関する不快者率) の経時変化を示す。被験者はパイン精油を 0.2g 設置した室 2 で最も高い臭気強度を申告していた。PD も室 2 において最も高く、設置無しの室において最も低かった。なお、全被験者の校正作業有効処理数平均値を元に考えた作業効率は、実験条件間 (室間) に有意差は見られなかった。

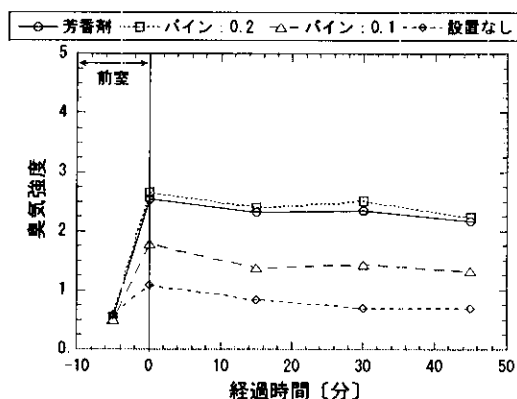


図 11-18 臭気強度経時変化

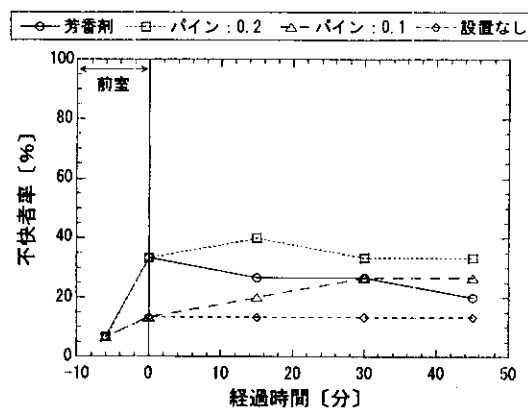


図 11-19 PD 経時変化

(3) 空気質が在室者に及ぼす影響の個人差

追加実験として異なるパイン臭濃度に対する臭気強度と許容度の関係を調べた結果、パイン臭濃度が高濃度になると、臭気を受け入れられない側に申告した被験者 (グループ A, 5 人, 図 11-20) と、どの濃度段階でも受け入れられる側に申告した被験者 (グループ B, 7 人, 図 11-21) に分類した。図 11-22 にグループ A の臭気強度経時変化、図 11-23 にグループ B の臭気強度経時変化を示す。また、設置無しの有効処理数を基準とした時の各室の有効処理数を図 11-24 に示す。入室 45 分後においてグループ A はパイン精油を 0.2g 設置した室 2 における臭気強度が設置なしの室における臭気強度より有意差 ($P < 0.05$) を持って高いのに対し、グループ B は室 2 の臭気強度と設置なし時の臭気強度には有意差がない。特に 3 回目の作業時に、室 2 においてグループ間に有意差があり、グループ B が室 2 で有効処理数が高いのに対し、グループ A は室 2 で有効処理数が下がることがわかる。

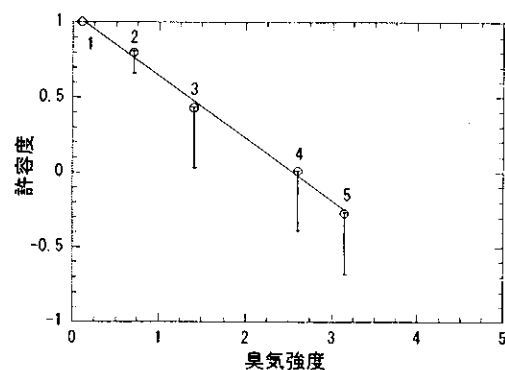


図 11-20 臭気強度と許容度 (グループ A)

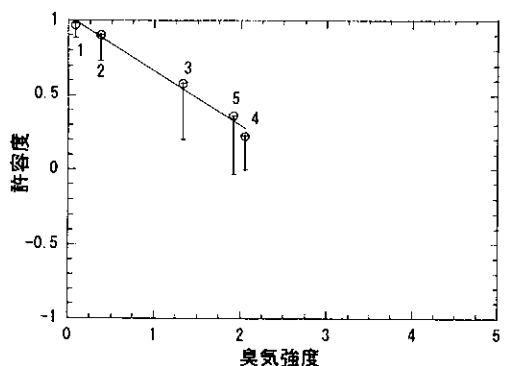


図 11-21 臭気強度と許容度 (グループ B)

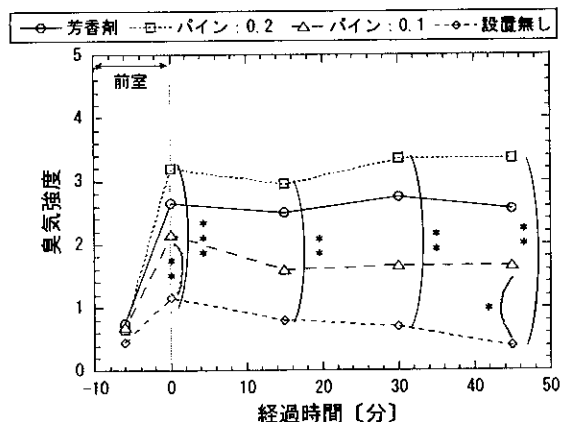


図 11-22 臭気強度経化 (グループ A)

*: $p < 0.1$ **: $p < 0.05$ ***: $p < 0.01$

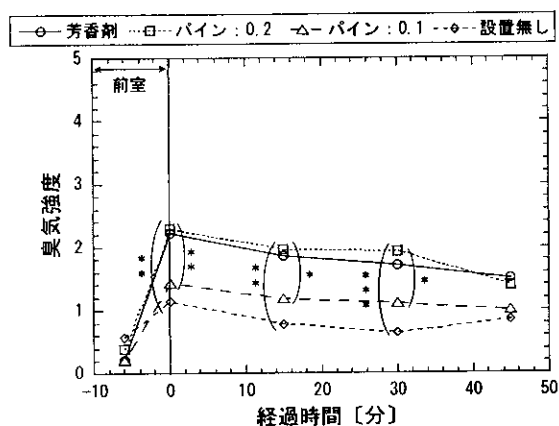


図 11-23 臭気強度経時変化 (グループ B)

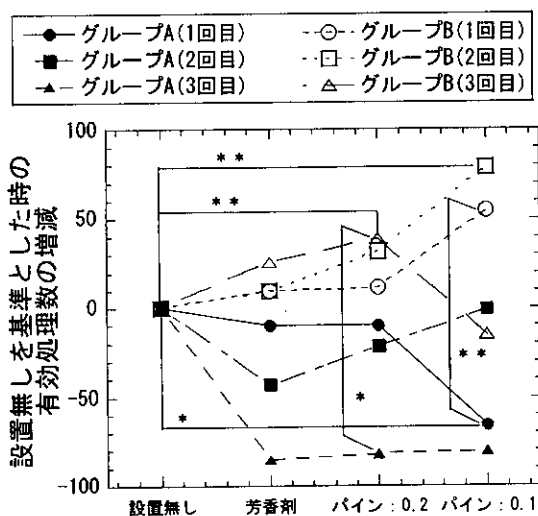


図 11-24 各室の作業効率

(4) 温熱環境及び空気質が在室者に与える影響の比較

11-3-1 節で得られた温熱環境に関する不快者率 PD と作業効率の関係、及び本報の実験で得られた空気質に関する不快者率 PD と作業効率の関係を図 11-25 に示す。

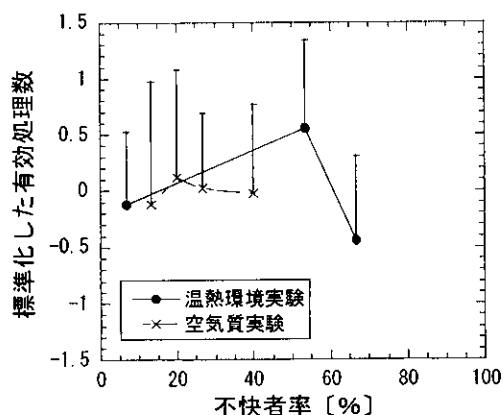


図 11-25 PD による比較

PD の各室の差は、温熱環境実験においては大きいですが、空気質実験では小さい。また、空気質実験の平均有効処理数の変動も温熱実験と比較すると小さい。温熱的な不快因子が作業効率に及ぼす影響に比べ、パイン精油や芳香剤から発生する臭気による不快因子が作業効率に及ぼす影響は小さいと考えられる。

11-4 まとめ

異なる温熱環境の室では、全体的な傾向として、温冷感申告において寒い側になる低温域(室 1)で最も有効処理数が高かったが、一部の被験者は高温域(室 3)において最も有効処理数が高かった。このとき PD が最も低くなるのは中温域の室 2 であり、在室者が不快を感じない室と作業効率が高い室とは異なっていた。

パイン精油から発生する臭気が作業効率に与える影響は、パイン臭気の許容度評価に基づいた個人差を考慮して検討すると、パイン臭気を不快に感じないグループ B は、不快に感じるグループ A より有意差をもって有効処理数が高かった。

【参考文献】

- 1) Wargocki, P., Wyon, D.P., Baik Y.K., Clausen G. and Fanger, P.O., Perceived Air Quality, Sick Building Syndrome(SBS) Symptoms and Productivity in an Office with Two Different Pollution Loads, *Indoor Air*; 9: 165-179, 1999
- 2) Otto, D., Hudnell, K., House, D. and Prah, J., Neurobehavioral and subjective reactions of young men and women to a complex mixture of volatile organic compounds, *Proceedings of indoor air'93*, Vol1, 58-65, 1993
- 3) 黒川正流、仕事の場の心理学、西村書店、1992
- 4) 合原妙美、岩下 剛、一般的オフィス空間における執務者の知覚空気質及び Performance の評価方法に関する検討、日本建築学会計画系論文集、550 号、pp.107-112、2001 年 12 月
- 5) D.A.McIntyre, *Indoor Climate*, p346 ~ 354, App.Sci.Pub., 1980
- 6) de Dear *et. al.*, Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference, FINAL REPORT ASHRAE RP- 884, 1997

第 12 章 北部九州における 住宅の空気質に関する研究

第12章 北部九州における住宅の空気質に関する研究

Field Study on Indoor Air Environment in the Northern Part of Kyushu District

The field investigation on the indoor air environment was carried out in a passive solar house with airflow system in brick walls. The Formaldehyde concentration of indoor air and the emission rate from floor were measured using DSD-DNPH and ADSEC. The Formaldehyde concentration in the house was more than the maximum acceptable concentration, a month after completion. It was definitely shown by comparing with the measurements of other native houses that the Formaldehyde concentration correlated closely with the emission rate from floor.

KEYWORD: Sick House syndrome, Kyushu, Brick Walls

12-1 はじめに

九州においても、次世代省エネルギー基準や住宅性能表示制度を意識した住宅づくりが進みつつある。特に、ここ数年、比較的気密化が容易な外張断熱工法の普及により気密性能が大幅に向上している。次世代省エネルギー基準では、気密化の指針となる相当隙間面積をⅢ地域以南（九州地域は主にⅣ、Ⅴ地域）で $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下としているが、寒地住宅と同レベルの $2\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下を標準仕様とする工務店が多くなっている。つまり、新築住宅の気密性能および換気システムに関する状況は他の地域との差がさほど顕著でなくなってきたと考えられる。ただし、工業化住宅の普及は比較的遅く、都市化が遅れ伝統的な住宅様式を尊重する風土の中で、開放的な生活様式を前提とした在来工法の住宅に根強い人気がある。また、外張断熱工法において壁体内に形成される空気層を、内部結露防止やパッシブ手法（自然エネルギー利用冷暖房手法）のための空気循環層として活用するシステムが増えてきている。

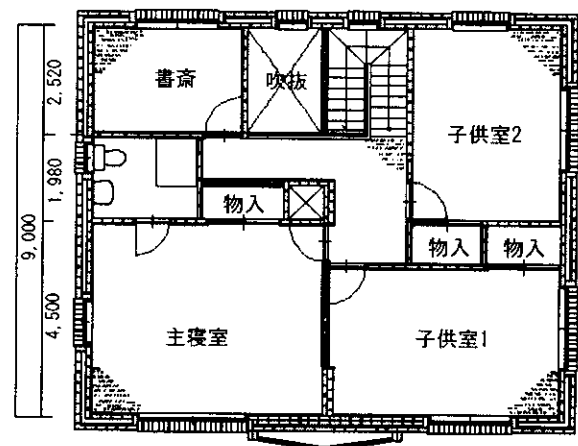
本研究では九州の戸建住宅を対象にアルデヒド類の気中濃度と床からの放散速度ならびに換気・気密性について調査を行う。本年度は、壁体内空気循環と蓄熱の機能をもつ煉瓦住宅を中心に調査・分析を行うとともに、在来型住宅との比較を行う。

12-2 煉瓦住宅における測定

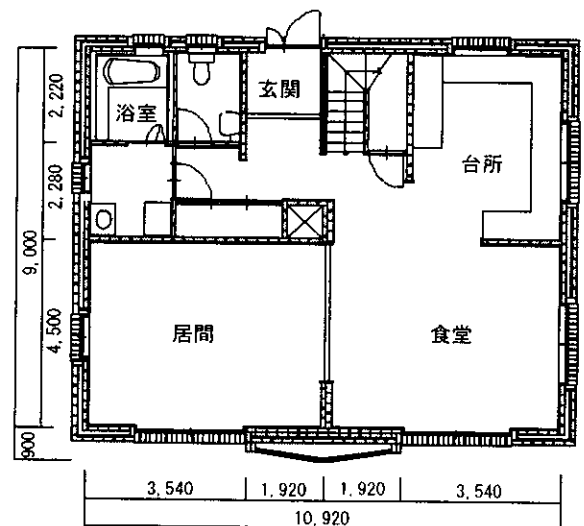
12-2-1 実測対象住宅（図12-1、表12-1、写真12-1、2参照）

実測対象とした住宅（実験棟）は延床 193.8m^2 の実大規模の住宅で、その煉瓦壁は分散型アンボンドプレストレスト乾式工法（DUP工法）によって構成されている¹⁾。この工法は、煉瓦を破れ目地状に組織し、煉瓦内の円孔位置で下層からのボルトに連結することで個々にプレストレスを与えるという新しいシステム

である。この煉瓦壁は構造的な優位性を持ち、接着剤やモルタルを用いない乾式工法のため、リサイクル対応型システムとしても普及が期待される。



(a) 2階



(b) 1階

図12-1 実験棟平面図

外壁は、通気層と循環空気層を挟む煉瓦二重構造（図12-2参照）で、通気層と循環空気層は真空断熱材によって仕切られている。今回の煉瓦壁は積層部に若干の空隙が生じるため、この断熱材は断熱性という機能だけではなく、壁体の高気密化を実現するためにも重要な構成材料となっている。また、1階床はフローリング、2階はBCFナイロンカーペット（F2合板下地）である。なお、この実験棟では、煉瓦の持つ熱容量を活かし、煉瓦蓄熱を利用した室内熱環境制御システム（図12-3参照、パッシブ設備として集熱パネル、トロンプウォール、クールチューブ等）が採用されているが、今回の空気室測定時にはパッシブ設備は利用していない。換気システムは24時間セントラル方式であり、トイレ、浴室、洗面所、台所については強制換気としている。



写真 12-1 煉瓦住宅概観

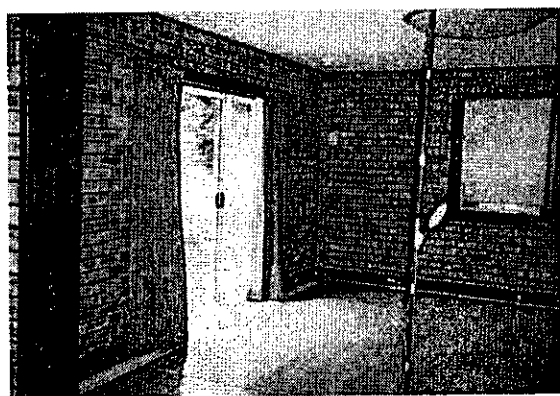


写真 12-2 煉瓦住宅室内状況

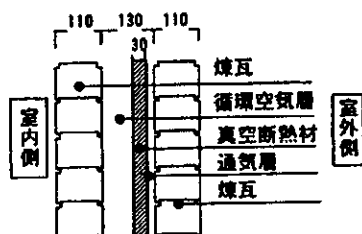


図 12-2 煉瓦壁体の構成

表 12-1 煉瓦住宅の建物仕様

所在地	熊本県玉名郡菊水町
規模	総2階建
	建築面積：100.2m ²
	延床面積：193.8 m ²
構造	煉瓦二重構造
工法	DUP 乾式工法
断熱仕様	外壁：真空断熱材 30mm
	天井：ロックウール 200mm 硬質ウレタンフォーム 100mm
	床下：硬質ウレタンフォーム 30mm
窓	複層ガラス
換気方式	24時間セントラル換気システム (換気回数：0.5回)
性能値	相当隙間面積：7.3cm ² /m ²
	熱損失係数：1.51W/m ² K

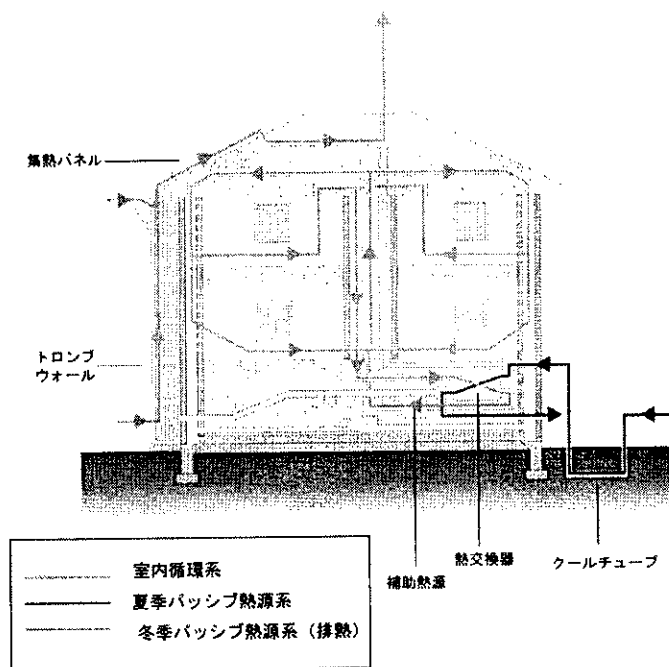


図 12-3 パッシブシステムの空気循環経路

12-2-2 測定方法および測定項目（表 12-2、写真 12-3～5 参照）

調査項目は以下のとおりである。

(1) 床材からの化学物質放散速度

ADSEC (Advanced Diffusive Sampling Emission Cell) および DSD-DNPH 拡散サンプラーを使用し、捕集時間 24 時間。原則として 1 階床と 2 階床で測定した。

(2) 代表室の汚染物質濃度

① ホルムアルデヒド濃度：DSD-DNPH 拡散サンプラー使用（居住状態において床より 1.2m の高さに 24 時間設置）。なお、エアサンプラーを用いた簡易測定も行った（光明理化学工業製エアサンプラー S-20、北川式ガス検知管 710 型）

② トルエン濃度：簡易測定（光明理化学工業製エアサンプラー S-20、北川式ガス検知管 721 型）

③ パラジクロロベンゼン濃度：簡易測定（光明理化学工業製エアサンプラー S-20、北川式ガス検知管 730 型）

(3) 代表室温湿度、床下温湿度、外気温湿度（いずれもティアンドディ製 TR-72S）

(4) 床表面温度（ティアンドディ製 TR-72S、樹脂被覆センサ使用）

煉瓦住宅を対象とした空気質測定は平成 13 年の 9 月と平成 14 年の 3 月に行った。なお、この実測対象住宅は 7 月末に竣工され、9 月の第 1 回調査が行われるまでの約 1 ヶ月間は夏季温熱環境実験に使用された。その間の窓やドア等の開口部の開閉状況は不規則であるが、換気システムは原則として全日運転を行っている。また、住宅内に家具や家電製品はない。

12-2-3 測定結果

竣工後約 1 ヶ月経過した 9 月 6、7 日の気中濃度を表 12-3 および図 12-4 に、同日の床表面からのアルデヒド類放散量を表 12-4 および図 12-5 に示す。2 階の子供室 1 と主寝室のホルムアルデヒド気中濃度はそれぞれ $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $140\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高く、ガイドライン値を超えている。1 階の食堂、居間、台所の気中濃度もガイドラインと同程度となっている。同様の傾向は検知管による簡易測定でも確認された（表 12-5、図 12-6）。床表面からのアルデヒド類放散量に関しては、2 階主寝室のホルムアルデヒドの放散速度が突出している。実測建物の乾式煉瓦壁（側壁部分）の部分はホルムアルデヒドの放出が無視できること、室内には家具などのホルムアルデヒド放散源がないことを考えると、2 階床表面からのこのホルムアルデヒドの放散が、気中濃度が高くなった要因と考えられる。なお、アセトアルデヒドの気中濃度はガイドライン値を下回っている。また、検知管を用いて測定したトルエンの気中濃度も

表 12-2 測定項目および測定機器

測定項目	測定機器および方法
床材からのアルデヒド類放散速度	ADSEC+DSD-DNPH サンプラー パッシブ法 捕集時間 24 時間 居住状態
アルデヒド類気中濃度	DSD-DNPH サンプラー パッシブ法 床上 1.2m 捕集時間 24 時間 居住状態
ホルムアルデヒド濃度	光明理化学工業製エアサンプラー S-20 北川式ガス検知管 710 型 捕集時間 30 分
トルエン濃度	光明理化学工業製エアサンプラー S-20 北川式ガス検知管 721 型 捕集時間 20 分
パラジクロロベンゼン濃度	光明理化学工業製エアサンプラー S-20 北川式ガス検知管 730 型 捕集時間 15 分
室温湿度 床下温湿度 外気温湿度	ティアンドディ製 TR-72S 10 分間隔・24 時間 室温湿度は床上 1.2m

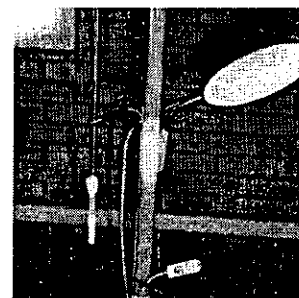


写真 12-3 空気質測定状況

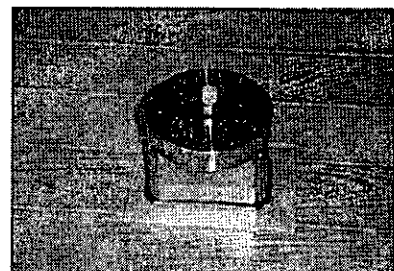


写真 12-4 ADSEC 設置状況

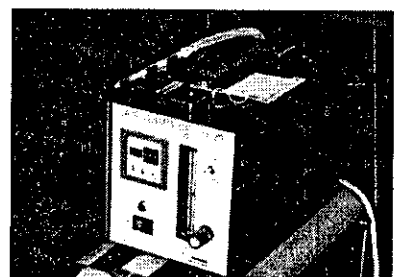


写真 12-5 ガス検知管

ガイドライン以下の値を示している。

竣工後約半年経過した3月の測定結果を表12-6, 7に示す。居間、主寝室のホルムアルデヒド気中濃度はそれぞれ $20\mu\text{g}/\text{m}^3$, $23\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。これは第1回測定(9月)と比べて大きく減少しており、ガイドライン値を下回っている。床表面からの放散速度は居間、主寝室ともに第1回測定の1/4程度に減少している。

表12-3 アルデヒド類気中濃度結果 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (9月)

	食堂	居間	台所	子供1	主寝室
ホルムアルデヒド	103	91	100	150	140
アセトアルデヒド	7.9	6.9	7.5	9.1	8.1
アセトン	10	8.7	11	9.5	9.2

■ホルムアルデヒド ■アセトアルデヒド □アセトン

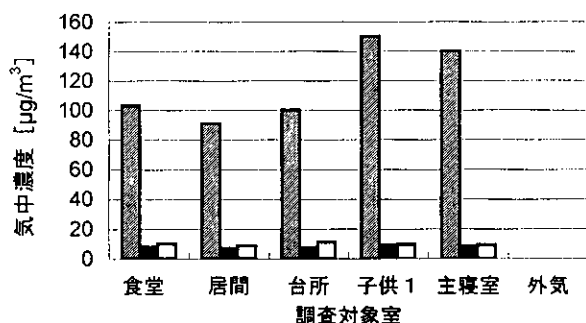


図12-4 アルデヒド類気中濃度 (9月)

表12-4 床のアルデヒド類放散量 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] (9月)

	食堂	居間	主寝室
ホルムアルデヒド	12.3	14.6	52.5
アセトアルデヒド	4.9	2.3	9.9
アセトン	19.8	21.1	22.7

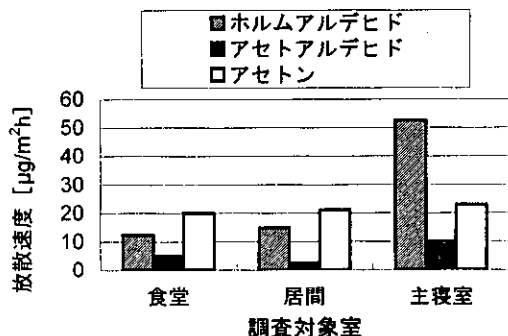


図12-5 床表面からのアルデヒド類放散量 (9月)

表12-5 検知管による簡易測定結果 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (9月)

	食堂	居間	主寝室
ホルムアルデヒド (9/6)	0.11	0.11	0.12
ホルムアルデヒド (9/7)	0.10	0.09	0.11
トルエン	0.02	0.02	0
パラジクロロベンゼン	0	0	0

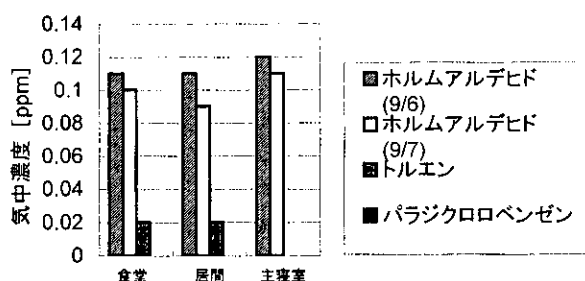


図12-6 検知管による簡易測定結果

表12-6 アルデヒド類気中濃度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] (3月)

	居間	主寝室
ホルムアルデヒド	20	23
アセトアルデヒド	1.3	1.3
アセトン	<4	<4

表12-7 床のアルデヒド類放散量 [$\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$] (3月)

	居間	主寝室
ホルムアルデヒド	3.5	13
アセトアルデヒド	<2.5	<2.5
アセトン	<2.5	<2.5

12-3 在来戸建住宅との比較

12-3-1 比較対象住宅

調査対象家屋の平面図(1階平面図のみ)を図12-7に示す²⁾。U邸のみRC造集合住宅(10階建8階部分)であり、他の5件は地場の工務店が施工した木造在来軸組工法の2階建戸建住宅である。このうち、S, D, H, I邸は高断熱高気密タイプであり、K邸は太陽熱利用空気循環式床暖房システムを採用している。実測対象住宅の概要を表12-8に示す。換気システムはS, D, H邸において集中式強制排気システム、I, U邸において局所排気システムが採用されている。1階床材にはD, H, K邸で無垢材が、S, I, U邸でF1相当品が使用されている。いずれも通常の生活状態において測定を行った。測定項目および測定機器は煉瓦住宅の測定と同様である。

12-3-2 比較結果

表12-8には在来工法住宅の特徴と測定結果(平成13年3月)を示している。調査対象住宅のホルムアルデヒド気中濃度(パッシブ法)は、 $20\sim 58\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、いずれの住宅も厚生省の指針値を下回った。地場工務店においてもホルムアルデヒド対策が進んでいる。

図12-8には、ホルムアルデヒドの気中濃度と床からの放散速度との関係を示す。当然ながら、ホルムアルデヒド気中濃度は床からのホルムアルデヒド放散速度との相関が高い。

表 12-8 実測対象住宅概要および測定結果

	S 邸	D 邸	H 邸	I 邸	K 邸	U 邸
所在地	福岡市 城南区	福岡県 太宰府市	佐賀県 東松浦郡	福岡市 東区	福岡県 筑紫野市	福岡県 春日市
竣工年月	2000 年 9 月	2000 年 1 月	2000 年 3 月	2001 年 3 月	1998 年 11 月	2000 年 3 月
構造	木造在来軸組	木造在来軸組	木造軸組 集成材柱梁	木造 在来軸組	木造在来軸組	RC 造 集合住宅
延床面積 (1 階、2 階)	144.5 (81.6, 62.9)	186.2 (76.2, 53.0)	99.4	144.0 (74.0, 70.0)	139.1 (80.3, 58.8)	95.1
居住者 家族構成	4 人 夫婦・子供 2	6 人 老夫婦・夫 婦・子供 2	2 人 夫婦	4 人 夫婦・子供 2	4 人 夫婦・子供 2	4 人 夫婦・子供 2
隙間相当面積 換気システム () 内は 換気量	1.64cm ² /m ² 集中強制排気 システム	0.59cm ² /m ² 集中強制排気 システム (228m ³)	0.98cm ² /m ² 集中強制排気 システム (310m ³)	2.0cm ² /m ² 局所排気 システム	— 太陽熱利用 空気集熱式 床暖房	— 局所排気 システム
暖冷房方法	エアコン	温水循環 パネル	エアコン	エアコン	—	エアコン 床暖房
1 階床構成材料 (数字は材厚)	トステムベース 12 (F1 相当品)	無垢フローリ ング 15	杉板無垢 42	カラーフロア 12 (F1 相当 品、0.2mg/L)	杉板無垢 18	樺桜突板フロ ーリング 12 (F1 相当品)
1 階床下地材 (数字は材厚)	構造用合板 28 (針葉樹合板、 F11/50 相当品)	針葉樹合板 12 接着剤アルカ リフェノール 樹脂	なし 大引に床材を ビス止め	低ホルム アルデヒド 構造用合板 12	針葉樹合板 24 (F1 相当品)	下地合板 JAS1 類 12、 ベースパネル 20
測定年月日	'01 3/11, 12	'01 3/13, 14	'01 3/15, 16	'01 3/17, 18	'01 3/13, 14	'01 3/10, 11
パッシブ法 居間空気 [μg/m ³]	1 51	24	20	49	21	58
	2 57	34	75	49	17	44
	3 34	24	26	70	15	34
パッシブ法 床 1 (居間) [μg/m ² h]	1 9.99	3.90	6.00	18.32	6.41	9.34
	2 6.98	2.89	4.32	3.05	4.93	4.41
	3 85.84	44.82	62.44	30.74	180.96	204.86

注) 1:ホルムアルデヒド 2:アセトアルデヒド 3:アセトン

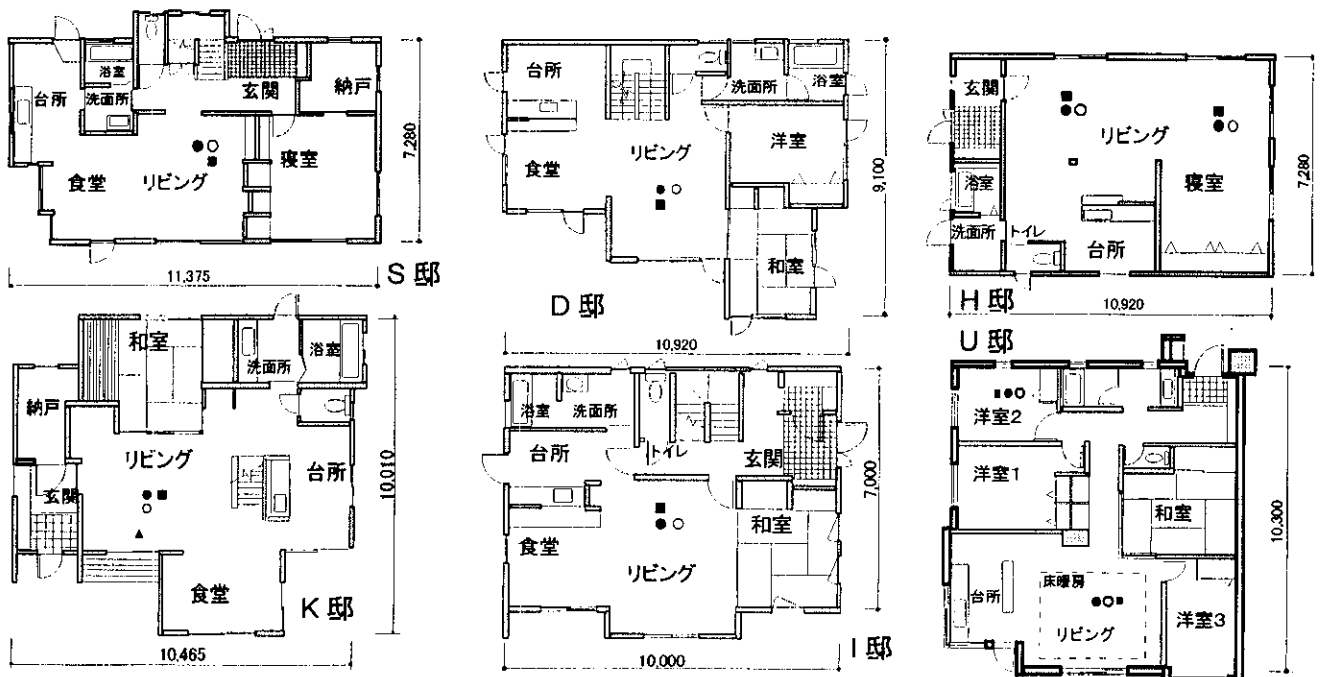


図 12-7 調査対象住宅平面図

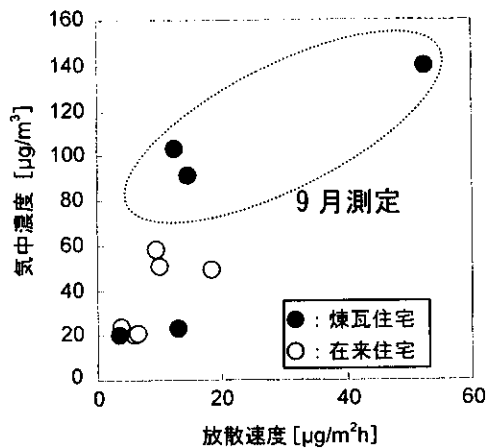


図 12-8 ホルムアルデヒドの気中濃度と床からの放散速度の関係

12-4 まとめ

北部九州の戸建住宅を対象に、アルデヒド類の気中濃度と床からの放散速度ならびに換気・気密性について調査した。本年度は特に煉瓦住宅の測定を中心とした調査検討を行った。カーペット仕上げの実験住宅

(BCF ナイロンカーペット+F2 合板下地、相当隙間面積：7.3cm²/m²、換気回数：0.5 回/h) ではホルムアルデヒド気中濃度が指針値を上回った。また、ホルムアルデヒドの気中濃度と床からの放散速度には明らかな正の相関が見られる。ただし、他の在来軸組住宅では床からの放散速度も比較的小さく、ホルムアルデヒド濃度も指針値以下である。

なお、現在、ホルムアルデヒド等の空気汚染物質の吸着性能に関する実験準備を進めている。具体的には、図 12-9 に示す実験住宅の寝室 1 と寝室 3 を対象に、内装材等を替えて比較実験を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 永田修三, 渡辺俊行, 他: 空気循環式パッシブ煉瓦造住宅に関する研究 その 7, 日本建築学会九州支部研究報告第 41 号, pp.417-420, 2002 年 3 月
- 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第 41 号, pp.185-188, 2002 年 3 月

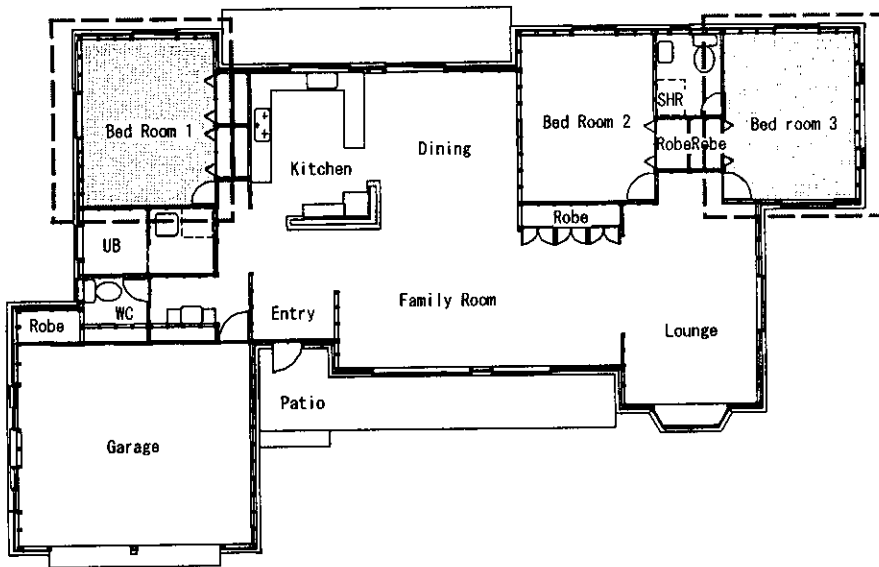


図 12-9 内装材等の吸着性能実験に用いる住宅平面

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。

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：パッシブ法によるアルデヒド類、VOCsの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：パッシブ法によるA邸の実測 第4章：環境共生住宅S邸での実測 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：パッシブ吸着材の濃度低減効果に関する研究 第7章：東北地域の高断熱高気密戸建住宅における室内空気質の実態調査 第8章：室内濃度の経時変化の測定・評価に関する研究（戸建住宅） 第9章：新築住宅におけるVOCsとホルムアルデヒドに関する実測 第10章：戸建新築住宅における入居前後による衛生環境調査 第11章：室内空気質が作業効率に与える影響 第12章：北部九州における住宅の空気質に関する研究

13-3 結果と考察

第1章 パッシブ法によるアルデヒド類、VOCsの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の確立を目指した。既に確立された、床材から発生するアルデヒド類の放散速度測定については壁・天井からの放散速度測定法を、VOCsに関してはVOC-ADSECを開発し、捕集時間と捕集量の関係を検討した。VOC-ADSECを用いた捕集時間変更実験において、捕集時間の増加と共に捕集量が平衡状態に近づいた。VOCsサンプラーがDSD-DNPHとは捕集原理が異なること、捕集速度が試験体の放散より小さかったこと、セル内が平衡状態に達するまでに時間を要したことが考えられた。また、ADSEC測定用器具を開発し、壁・天井測定が可能になった。

第2章 PFT法による換気量の測定

大掛かりな装置や操作知識を必要としないパッシブ法による換気量測定法であるPFT法を検討した。拡散によりPFTを放散するトレーサースガス源を製作し、

換気量既知の実験室においてアクティブサンプリングによる比較を行った後、放散量と周辺温度との相関をみた。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、サンプリングレイトを算出した。これにより、PFT法による換気量算出式を得た。アクティブサンプリングによる測定では、換気量の測定値と理論値とがほぼ一致し、また、放散量と周辺温度とには一定の関係が得られ、製作したトレーサースガス源が有用であることがわかった。パッシブサンプラーのPFTのサンプリングレイトを求める実験では、結果に多少のばらつきが見られ、居住生活を考慮した測定時間を含めた検討が必要であると考えられた。

第3章 パッシブ法によるA邸の実測

同一の実住宅において夏季、冬季の二度、パッシブ測定法により生活状態における室内空気質の実測を行った。化学物質はアルデヒド類を対象とした。気中濃度測定により、住宅の室内空気質を評価するとともに、床・壁・天井各面の建材からの放散速度測定、換気量測定、アンケートによる生活活動調査を併せて行うことにより、化学物質の放散源、住宅の汚染物質排除能力、それぞれの関係性を検討した。また、夏季・冬季の比較を行い、季節による違いを検討した。室内気中濃度は、夏季はホルムアルデヒド、冬季はアセトンが最も高かったが、夏季、冬季ともに厚生労働省の指針値以下であった。アンケート結果より内装材や生活用品からの放散が考えられ、部位別ではホルムアルデヒドの主放散源は床であった。換気量は季節による差はあまり見られなかった。また、気中濃度予測値と測定値とはホルムアルデヒドに関してある程度の一致をみた。

第4章 環境共生住宅S邸での実測

室内空気質に影響を与える要因について考察することを目的として、施工各段階から入居後までの長期間に亘って室内汚染化学物質気中濃度と部位別放散速度の測定を行った。測定は環境共生型在来木造住宅において、実測は下地材施工完了時、内装材完了時、入居時、及び生活開始1・3・6ヶ月後に行った。また、室内空気質に影響を与える要因として、長期間に亘る温熱環境測定と、換気回数の測定を行った。気中濃度に関して、各段階全ての値が厚生労働省指針値を下回っていたことから、S邸で使用されている建材は十分な低ホルムアルデヒド対策がなされていると考えら

れた。VOCsに関しては、 α -ピネンやD-リモネンといったテルペン類の放散が主であり、木材の影響と考えられた。また、ホルムアルデヒド・VOCs共に居住者の生活による影響が見られた。

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

個々の室内汚染化学物質の生体影響について、MEDLINE および医中誌 DB を用いて、関連文献を検索し評価の上、知見を整理した。原因物質としてはホルムアルデヒド、VOCs についての報告が多く認められるが、他の要因も無視できない。個々の物質の生体影響については知見を整理したが、症例上の知見では、特定の物質より複数の条件が関与していることが示唆される。発症機序および混合曝露と発症状況についての検討は十分とはいえず、健康影響の予測には、この検討が必要である。

第6章 パッシブ吸着材の濃度低減効果に関する研究

室内化学物質の分布性状の汎用的な予測方法の開発を行った。まず、パッシブ吸着材表面の気流を様に制御した境界層型小型 Test Chamber の開発し、パッシブ吸着材表面への汚染質吸着性状に対して多大の影響を及ぼすと考えられる物質伝達率などのデータベース構築、パッシブ吸着材（HCHO 吸収分解せっこうボード）の吸着性能試験を行った。また、数値シミュレーションにより、パッシブ吸着材のシンク効果を考慮した、モデル住宅の汚染質濃度の解析を行い、分布性状について検討した。(1) chamber 内の風速分布に関する CFD 解析と実験は良く一致した。(2) 境界層型 chamber を用いてパッシブ吸着材（HCHO 吸収分解せっこうボード）の物質伝達率を測定した。また、吸着性能試験を行い、吸着性能を確認し、その換気量換算値を得た。また、モデル住宅の検討に関し以下の知見を得た。(1) 吸着面で汚染質濃度が 0 となる理想的な吸着面は汚染質の濃度低減効果が大きい。(2) 吸着なしの場合、完全混合仮定濃度の約 70~90%程度、吸着効果を考慮した場合はその約 1/10 以下。

第7章 東北地域の高断熱高気密戸建住宅における室内空気質の実態調査

秋田県の高断熱高気密住宅4戸と在来型住宅1戸を対象として、アクティブ/パッシブ法によるアルデヒド類・VOCs 気中濃度、ADSEC 法による床面からの放散速度を実測した。ホルムアルデヒド濃度は対象住宅5戸とも厚生労働省の指針値 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であったが、TVOC 濃度は5戸中4戸の住宅で厚生労働省の指針値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回った。機械換気システムを備えていない建築後20年以上の在来型住宅では、TVOC 濃度が5戸中最も高濃度で検出され、VOCs の発生は生活に起

因するところも大きいことが推測された。

第8章 室内濃度の経時変化の測定・評価に関する研究（戸建住宅）

施工段階及び施工後における室内濃度の経時変化を明らかにするため、戸建住宅における木工事完了後、ワックス美装前、ワックス美装後、家具納入後といった各施工段階においてカルボニル化合物と VOCs の測定を行った。A 邸のホルムアルデヒド濃度は木工事完了後、ワックス美装前、ワックス美装後では指針値を満たしたが、家具納入後では居間、寝室において指針値を上回った。A 邸において、トルエン、キシレン、スチレンの濃度が上昇するのはワックス美装前、ワックス美装後に集中した。B 邸におけるトルエン、キシレン、スチレンの濃度が上昇するのはA 邸と異なり木工事完了後に集中した。今後、各施工段階における化学汚染物質の放散源を明らかにする必要がある。

第9章 新築住宅におけるVOCsとホルムアルデヒドに関する実測

都内の新築未入居住宅について、ホルムアルデヒド濃度、部位別発生寄与率、VOCs 濃度を測定した。ホルムアルデヒド濃度は全住宅において、実測値は指針値より低かった。部位別では建具裏、クローゼット中棚、キッチン建具内部の HCHO 放散能が大きかったが、発生寄与率としては面積の大きい床と壁紙で 40~60%となった。VOCs については全住宅においてトルエン、TVOC 濃度が指針値を上回っていたが、キシレン、パラジクロロベンゼン濃度は指針値と比較すると極めて低かった。

第10章 戸建新築住宅における入居前後による衛生環境調査

24時間換気システムを伴う高気密・高断熱新築住宅を対象に、室内空気質、ダニ及びカビが居住前後でどの様になるか実態調査を行った。その結果、ホルムアルデヒド濃度は入居前調査の殆どの住宅で指針値 ($100\mu\text{g}/\text{m}^3$) を下回っていたが、25°C に換算することで指針値を上回る住宅が21邸中4邸あった。TVOC については、殆どの住宅で暫定目標値 ($400\mu\text{g}/\text{m}^3$) を大きく上回っていた。経日的な追跡調査では、ホルムアルデヒド及びテルペン類は相対的に濃度低下が遅く、トルエン等は相対的に早いことが認められた。ダニ調査においては、3ヶ月後に増加傾向が認められたが、それ以降は暫減傾向であった。これらのことから、24時間換気システムが室内空気質の濃度低下、ダニおよびカビの生育抑制に効果があるとの示唆を得た。

第11章 室内空気質が作業効率に与える影響

鹿児島大学実験住宅において被験者実験を行った。異なる温度状態、異なる臭気状態が被験者の心理応答、