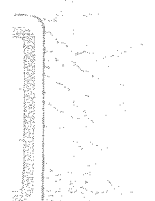


平成15年度農林水産省補助事業
住宅使用地域材性能把握事業

住宅使用地域材性能把握事業報告書

平成16年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター



・はじめに

我が国では森林資源が成熟し、地域材の供給力が増加している中で、その利用促進が重要な課題であり、住宅分野での需要開発が重要な課題となっている。平成12年度から施行された建築基準法では性能規定化により構造安全性や防火安全性等について一定の性能を満たせばどのような建築方法でも可能となった。そのためには、建築基準法で仕様が例示されたもの以外の材料等を用いる場合は、自ら安全性を実証する必要があるが、地域材利用の主な担い手である中小の大工・工務店の多くは、構造計算や防火安全計算の経験に乏しく、その対応に苦慮しているのが現状である。木造住宅の中に地域材を利用することを促進するためには的確な性能を把握することが極めて重要な課題となっている。

一方、最近ではシックハウス症候群として社会的関心事項となっている住宅居室内に放散される揮発性化合物については、厚生労働省の室内濃度指針値や建築基準法の室内汚染対策としての使用規制措置等が公表され、室内汚染防止対策を早急に進めることが必要な状況となっている。このような中で、住宅居室空間に使用される材料である木材からも天然の化学物質が放散されており、地域材の利用を推進するためにはこれらの性能を早急に把握することが重要な課題となっている。

本事業では、地域材を住宅居室内に用いた状況下での揮発性化合物の発生状況を把握するために、地域材を用いた木造施設や居室モデル内の揮発性化合物の種類や放散量を測定し、地域材の使用状況と揮発性化合物の放散量との関係を把握することとした。

本事業を実施するに当たり、多忙な中、精力的に検討・執筆いただいた各委員、関係団体に対し、厚く御礼申し上げます。

平成16年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター
理事長 岡 勝 男

平成15年度 住宅使用地域材性能把握事業
報告書

目次

・事業目的	1
・実施概要	2
第1部 居室空間におけるVOC類放散挙動調査	5
I. ムク材モデル居室内のVOC類放散量測定	5
1. 目的	5
2. 試験方法	5
2.1 ヒノキムク材モデル居室におけるVOC類の放散量測定	5
2.2 小型チャンバー法によるヒノキムク材からのVOC類の放散量測定	9
3. 結果及び考察	11
3.1 ヒノキムク材モデル居室におけるVOC類の放散	11
3.2 ヒノキムク材からのVOC類の放散	13
II. ムク材多用実住宅におけるVOC類の放散経過	33
1. 目的	33
2. 調査方法	33
2.1 測定住居の仕様	33
2.2 気中濃度測定方法	33
2.3 分析方法	34
3. 結果及び考察	34
3.1 カルボニル化合物気中濃度の経時変化	34
3.2 VOC類の気中濃度の経時変化	35
III. 放散特性と内部仕様	43
1. 目的	43
2. 内装仕様調査	43
2.1 調査方法	43
2.2 調査対象	43
3. 結果及び考察	43

3.1 平成14年度の室内空気質調査の概要	43	
3.2 内装仕様の特徴	44	
3.3 内装仕様と室内空気質	44	
IV. 調査住宅に対するアンケート調査		57
1. 目的	57	
2. 調査方法	57	
2.1 調査対象	57	
2.2 調査方法	57	
3. 結果と考察	57	
3.1 木の香りの有無について	57	
3.2 臭いの気になる部屋の有無について	57	
3.3 室内換気方法について	58	
3.4 入居後の健康変化について	58	
3.5 その他	58	
第2部 木造小学校（木質内装）の平衡機能調査		62
I. シックスクールと平衡機能検査		62
1. はじめに	62	
2. 平衡機能検査	62	
3. 測定方法	64	
II. 重心動揺計による平衡機能調査		68
1. 調査対象	68	
1.1 調査小学校の概要	68	
1.2 調査対象	68	
2. 調査内容	68	
2.1 アンケート調査	68	
2.2 平衡機能の測定方法	68	
2.3 空気質の測定	69	
3. 調査結果と考察	69	
3.1 アンケート調査結果	69	
3.2 平衡機能測定結果	70	
3.3 空気質の測定結果	71	

第3部 埇町木造施設用ムク材のVOC類放散測定	96
1. 調査目的	96
2. 試験方法	96
2.1 供試材料	96
2.2 測定方法	96
3. 試験結果	97
3.1 ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの放散状況	97
3.2 VOC類の放散	98
3.3 カルボニル化合物の放散状況	98
3.4 VOC類の放散状況	98

平成15年度 農林水産省補助事業「住宅使用地域材性能把握事業」
室内空気環境に関する性能把握事業報告書

・事業目的

近年、住宅居室内に揮発性化合物類が放散され、健康被害を与えているとしてシックハウス症候群が社会的問題となっている。厚生労働省では揮発性化合物として13物質の室内濃度指針及び総揮発性有機化合物の暫定基準値を指定している。また、国土交通省では、建築基準法を改定し、ホルムアルデヒドの使用規制並びにクロロピリホスの使用禁止措置を公表し、今後毒性が判明したのものから順次規制対象とする方向で進んでいる。

一方、地域で使用されている木材については、ホルムアルデヒド等のケトン類とともに木材の揮発性成分である α -ピネン等のテルペン類を天然物質として含有しており、従来天然のテルペン類は健康に有効と言われていたが、総揮発性有機化合物としての総量規制の対象となれば使用制限の対象となる恐れがある。

そこで、本事業では、住宅居室内に地域材等を使用した場合の揮発性化合物の放散量を測定し、地域材の使用状況と揮発性化合物の放散量との関係を把握することを目的として調査を行うこととした。

本事業を実施するために、学識経験者、関連業界などによる下記委員会を設置し、事業計画及び試験結果の成果の検討を行った。

平成15年度、住宅使用地域材性能把握委員会

(敬称略、順不同)

委員長	吉田 彌明	静岡大学農学部森林資源科学科、教授
委員	坂部 貢	北里研究所病院 臨床環境医学センター 部長、教授
"	宮田 幹夫	北里研究所病院 臨床環境医学センター 客員部長、 名誉教授
"	田川 晋一	玉川大学工学部経営工学科 教授
"	渡辺 拓	静岡大学農学部人間環境科学科、助教授
"	井上 明生	独立行政法人森林総合研究所、積層接着研究室長
"	田村 彰	(財)日本合板検査会、研究室長
"	辻 好美	サマリア建築設計 代表取締役
事務局	西村 勝美	(財)日本住宅・木材技術センター、研究開発部長
"	山田 誠	(財)日本住宅・木材技術センター研究開発部、部長代理
"	杉山 慎吾	(財)日本住宅・木材技術センター研究開発部、技術主任

・実施概要

昨年度は、(1) 工法の異なる新築木造住宅において竣工直後の居室及び寝室のカルボニル化合物及び揮発性有機化合物 (VOC) の気中濃度の実態、及び木質材料使用率との関係の調査、(2) 国産材を内装に用いた居住空間の空気質の実態を把握するために約 1 年にわたりスギ材で内装したモデル居室のカルボニル化合物及び VOC 類の放散挙動の観測を行った。

本年度は、以下の 3 課題について調査研究をおこなった。

第 1 部 木質居住空間における VOC 類の放散挙動

第 2 部 木造小学校 (木質内装) 校舎における平衡機能調査

第 3 部 埜町木造施設用ムク材の VOC 放散測定

第 1 部では昨年に引き続きモデル居室を用いてヒノキムク材で内装された室内におけるカルボニル化合物及び VOC 類の放散挙動を明らかにするとともに、チャンバー法で実施した放散量との関係について検討した。また、ムク材を多用した実際の住宅における上記揮発性化合物の気中濃度を測定し、モデル居室との比較検討を行った。更に、昨年実施した実住宅の内部仕様について調査を行い、揮発性化合物の気中濃度との関連について検討した。

すなわち、ヒノキ内装モデル居室のホルムアルデヒドについては、内装張り直後から $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の気中濃度があり、その後気温の上昇とともに 90 日後には $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇し、高い温度依存性を示した。これに対しアセトアルデヒドは、壁張り直後の気中濃度は $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示すが、その後は徐々に減衰し、90 日後には $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで低下し、温度依存性は見られない。VOC 類では、テルペン類、特に α -ピネンの放散が大きく、内装張り直後 $1,730 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の気中濃度は 14 日後には $2,065 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇した後、緩やかに減衰し 90 日後には $1,610 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した。 β -ピネンは内装張り直後の $619 \mu\text{g}/\text{m}^3$ から 7 日後には $902 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇したが、その後減少し 90 日後は $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで低下した。リモネンは同様に、直後の $1,030 \mu\text{g}/\text{m}^3$ から 14 日後の $1,100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した後、90 日後には $193 \mu\text{g}/\text{m}^3$ にまで減衰した。これらの総計である TVOC の気中濃度は、内装張り直後から 7 日までは $31,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度に推移し、その後減少に転じ 90 日後には $9,335 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に減衰するが、厚労省の暫定目標値 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ は大きく上回った。以上のように、VOC 類は施工直後から 2 週間程度は高濃度を保持し、その後は減少傾向を示すが、0.2 回/h と低い換気回数も高濃度の原因の一つになっているものと考えられる。したがって、建物を施工する場合は、施工後少なくとも 2 週間程度は VOC 類の濃度の高い状態が継続することを考慮して対応することが必要と考えられる。

ヒノキモデル居室を前年実施したスギモデル居室と比較すると、ホルムアルデヒド気中濃度は両者ともに同様の挙動を示したが、アセトアルデヒドについてはスギ

材の方がやや高い濃度であった。

テルペン類については、ともに α -ピネンの気中濃度が高く、実際の気中濃度を比較するとスギ材は初期には高いが、減衰が速く 90 日後ではヒノキの $1,610 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に対し $373 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

ヒノキ単体からの放散量測定結果から求めたモデル居室の計算気中濃度(計算値)と実際の値(実測値)とを比較すると、ホルムアルデヒドでは実測値が温度に依存して上昇する傾向が見られるのに対し、計算値では温湿度、換気回数が一定に保たれているために、速やかに減衰し、28 日以降一定の値に推移した。アセトアルデヒドは、測定初期から 28 日までは速やかに減衰したが、実測値の方が高い気中濃度を示した。28 日以降は、両者は全く同様の傾向を示し $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度に推移した。

テルペン類については、算出値に比べて実測値は内装張り直後から 2 週間程度はかなり高い濃度を示すがその後は速やかに減衰し、28 日以降はほぼ同様の濃度に推移した。TVOC についても同様であった。

ムク材多用実住宅の VOC 類の放散測定を竣工直後の 2002 年 10 月から 1 年にわたって測定した。カルボニル化合物ではホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトン、2-ブタノンが、VOC 類では α -ピネン、 β -ピネン、リモネンが高い気中濃度を示した。

ホルムアルデヒド気中濃度は、竣工 22 日後に $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、63 日後には $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで低減したが、気温の上昇とともに夏季の 8 月 12 日(347 日後)には $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇し、その後気温の低下とともに低下し 410 日後には $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した。アセトアルデヒドは、竣工 22 日後に $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した後気温の低下とともに $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度まで低下したが、気温の上昇とともに $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇し、ホルムアルデヒドと同様強い温度依存性を示した。今回の実験結果では前年のモデル居室の結果とは異なり、アセトアルデヒドについても温度依存性がみられたが、1 例だけの結果であり、今後更なる測定が必要と思われる。テルペン類の中では α -ピネンが最も高い気中濃度を示し、22 日後で $2,029 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、126 日後には最高値 $5,500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に達し、期間途中で急激な上昇傾向を示しながらもそれ以降急速に低下した。これは意図的に使用された天然系塗料の影響が示唆された。 β -ピネン、リモネンに関しては当初から気中濃度は低く、126 日以降は $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下で推移している。テルペン以外ではトルエンの放散が見られたが、テルペン類やトルエン、テトラデンの放散は内部仕上げに使用された塗料や居住者の生活用品からの放散も考えられる。

内装仕様と空気質との関係を明らかにするために、木材を多用した新築住宅と木材使用量の少ない内装仕様住居の VOC 類の気中濃度を測定した。木材を多用した住宅 10 棟(タイプ A)と床のみを木質フローリングとし、壁・天井はクロス張りとした一般住宅(タイプ B)について居間及び寝室の空気質を測定した結果、ホル

ホルムアルデヒド気中濃度にはタイプA及びBによる差異は認められなかったが、アセトアルデヒド気中濃度に関しては、明らかにタイプBの気中濃度が高い値を示し、その平均値はタイプA住宅で約0.1ppm、タイプBでは約0.3ppmであった。

タイプB住宅では同様の内装材を使いながらその気中濃度に大きな違いがあり、内装材以外の施工剤等の影響が示唆された。テルペン類、TVOCについては当然のことながらムク材を多用しているタイプA住宅では極めて高い気中濃度を示した。

また、同時に行った居住者へのアンケートの結果では、シックハウス症様の症状を訴える人は皆無であった。入居後の健康変化について木材多用のタイプA住宅で健康状態が改善したとの回答が見られた。臭い感知に関しては、ほとんどの住宅で感知なしとの回答を得たが、感知された1住宅においてホルムアルデヒド濃度との関連を示された。

第2部では、木質内装と人の健康との関連を明らかにするために、木質内装小学校の生徒を対象に重心の直立状態における平衡機能と健康状態との関連についてアンケート票による調査と重心動揺計による調査を実施した。重心動揺計による測定によって求められる6指標（開眼時及び閉眼時総軌跡長（LNG）、同外周面積（ENV.AREA）、同LNG、ENV.AREAロンベルグ率（閉眼時LNG/開眼時LNG、閉眼時ENV.AREA/開眼時ENV.AREA）を学年別、男女別に質問項目ごとに分析し、各質問項目で異常値の見られた特性値について分析した結果、「あたまがもやもやしますか」という質問に男女生徒両方で指標に有意さが見られ、その中でも閉眼時ENV.AREA測定値に有意さが認められた数が最も多く閉眼時のENV.AREAが健康状態を見る上で重要な指標として使用可能なことが示唆された。

第3部では、地元産出のスギを用いて建造されたシックハウス対応木造施設に使用されるスギ材のVOC類の放散測定を行った。この材料からの放散はいずれの放散種でも比較的すくなく、速やかに減衰すること、ホルムアルデヒド、TVOCの放散には乾燥方法、辺心材の違いが影響していることが示された。

キーワード

木質内装、スギ、ヒノキ、モデル居室、木造施設、木造校舎、カルボニル化合物、揮発性有機化合物（VOC類）、 α -ピネン、 β -ピネン、小型チャンバー法、気中濃度測定、重心動揺測定

第1部 居室空間におけるVOC類放散挙動調査

I ムク材モデル居室内のVOC類放散量の測定

接着剤等合成化学物質を使用した木質系内装材からのVOC類の放散が問題になるなか、内装材のムク材指向が進んでいるが、ムク材からも木材由来のVOC類が放散する。しかしながら、ムク材によって内装された居室空間のVOC類の放散経過を測定した例は非常に少なく、データの整備が求められている。

処で、内装材にムクの木材を用いた居住空間におけるVOC類の時間経過に伴う放散量の推移は、実際の建物では家具などの生活用具が設置されるために木材由来の放散を継続して計測することが困難である。そこで、モデル居室を用い、VOC類の放散量の経時変化を測定することとした。また、モデル居室内に張った内装材について、小形チャンバー法によりVOC類の放散量の経時変化を測定し、モデル居室内の測定結果と比較検討した。

1. 目的

平成14年度のスギ材に引き続き、ムク材として代表的な国産材であるヒノキ板材を内壁に施工したモデル居室のVOC類の室内気中濃度を経時的に測定し、その放散挙動を明らかにすると共に、使用したヒノキ材のVOC類の単位放散量をチャンバー法により測定し、モデル居室とチャンバー法との関係を明らかにすることを目的とした。

2. 試験方法

2.1 ヒノキムク材モデル居室におけるVOC類の放散量測定

2.1.1 モデル居室の仕様

本研究に使用したモデル居室は、築20数年が経過した木造軸組工法の建物である。静岡大学構内に所在し、床面積13.25m²、天井高2370mm、室容積は31.4m³で、開口部面積（窓）は2.7m²である。モデル居室の平面図を図1-1、写真を図1-2に示した。

モデル居室は、先にスギムク材の放散試験に使用したものの内壁を張り替えたもので、床はそのままに壁仕上げ材のみを2003年6月26日にヒノキ材に張り替えた。モデル居室の壁材の設置率は1.01m²/m³ある。目標換気回数を0.5回/hとするため、小窓を約3cm開けて調整した。モデル居室の内部仕上げを表1-1に示す。

なお、壁材に用いたヒノキ材は、静岡産の樹齢およそ60年生のものである。2003年4月に伐採を行い、5月8日に製材、その後5月10日～6月15日まで天乾、6月15日～6月22日まで屋根付倉庫内にて保管し、6月23日に壁パネルに加工されたものである。また、このヒノキ材は、材長4m末口16cm～18cmの丸太で土台角（125mm角荒木）を製材した端材からとったものであり、かび止め等の薬剤処理は一切行っていない。

2.1.2 気中濃度測定方法

1) 試料空気の捕集方法

モデル居室内の気中濃度測定前に、開口部を数時間開放して換気を行った。その後、開口部を閉鎖し、8時間以上密閉状態を保った後、気中濃度測定を行った。また、同時に外気の気中濃度測定を行った。

試料空気の捕集は、モデル居室内は壁から1m以上離れた高さ1.2mの位置で、一方から1m以上離れた2箇所と、外気はモデル居室の外壁から2m以上離れた高さ1.2mの1箇所でアクティブサンプリング法（ポンプ法）で行った。

アルデヒド・ケトン類の捕集管にはDNPHシリカカートリッジ（Waters社製）、VOC類の捕集管にはTenaxTA（SUPELCO社製）を用いた。モデル居室内と外気の計3箇所を設定した位置に捕集管を設置し、シリコンチューブを介してエアポンプ（ADPUMP：ADTEC社製）によって空気を強制吸引した。捕集の際はオゾンスクラバー（Sep-Pak Ozone Scrubber：Waters社製）を捕集管の直前に装着して、オゾン及び水分等を除去した。このとき、捕集管と同じ高さにサーモセンサー（タバイエスペック社製）を取り付け、サーモレコーダー（タバイエスペック社製：RS-11）にて測定開始から測定終了までの室内及び外気の温湿度を1分毎に記録した。なお、測定に使用した捕集管と同様に持ち運び、測定に使用しなかった捕集管をトラベルブランクとした。

資料空気の捕集条件を表1-2に示した。また、測定の様子を図1-3に示した。

2) 捕集管

(a) DNPHシリカカートリッジ（Waters社製）

アルデヒド・ケトン類の捕集に用いた。2, 4-Dinitrophenylhydrazine (DNPH) でコーティングされた高純度シリカゲルが充填されており、カルボニル化合物類をDNPH誘導体化して捕集するものである。

(b) TenaxTA（SUPELCO社製）

VOC類の捕集に用いた。TenaxTAの吸着管にはガラス製とステンレス製のものがあり、実験の用途に応じて使い分けをする必要があるが、本研究では両吸着管の差が認められないため、ガラス製とステンレス製の両方を用いた。TenaxTAは2, 6-Diphenyloxide構造の非多孔性樹脂であり、最高使用温度は350℃である。表面積は18~35m²/g程度であり、揮発性物質や半揮発性物質の捕集に用いられる。水やアルコールに対して親和性が小さく空気中でも影響を受けにくい吸着剤である。ただし、低沸点のVOCは捕集できない。

2.1.3 分析方法

1) カルボニル化合物

カルボニル化合物の分析には高速液体クロマトグラフィー（LC-10Avpシリーズ、島津製作所）を用いた。サンプリングしたDNPHシリカカートリッジにアセトニトリル3mLを注入して溶出し、全量が5mLになるようにアセトニトリルで希釈を行い、

試料溶液とした。調製された試料溶液は表1-3の条件にて分析を行った。カルボニル化合物の定量にはアルデヒド・ケトンDNPH誘導体13物質成分混合試料（ジーエルサイエンス社製、15 μg/mL）を標準溶液として用い、リテンションタイム及びAREAの比較によって行った。また、DNPHシリカカートリッジのブランク測定はロットナンバーごとに、それぞれ捕集済みのものと同じ方法で行った。気中濃度は、以下の計算式に基づいて算出した。

$$C_{HS} = A_{HS} / A_{Std} \times C_{Std}$$

$$C_{HT} = A_{HT} / A_{Std} \times C_{Std}$$

C_{HS} : サンプル溶液中の分析対象物の濃度 [μg/mL]

C_{HT} : トラベルブランク溶液中の分析対象物の濃度 [μg/mL]

A_{HS} : サンプル溶液中の対象物のAREA

A_{HT} : トラベルブランク溶液中の分析対象物のAREA

A_{Std} : 標準溶液の分析対象物のAREA

C_{Std} : 分析対象のカルボニル化合物に換算した標準物質の濃度 [μg/mL]

上の式からサンプル溶液中の重量を次式により求めた。

$$W_{HS} = (C_{HS} - C_{HT}) \times L_s$$

W_{HS} : サンプル溶液中の分析対象物の重量 [μg]

L_s : 溶出液量 [mL]

以上の結果から気中濃度を次式により求めた。

$$C = W_{HS} / V_s$$

C : 気中濃度 [μg/L=mg/m³]

V_s : サンプリング空気体積 [L]

2) VOC類

TenaxTAに捕集した物質をGC/MS (HP-6890 + HP-5973B) 測定に供するため、加熱脱着試料濃縮装置 (ATD-400) を用いた。加熱温度300°Cで15分間脱着を行い、GC/MSに導入して表1-4の条件にて分析を行った。検出された物質はJapanese Indoor Air Standards Mix (スペルコ社製) 52成分標準物質のマスペクトル及びリテンションタイムの比較により定量を行った。未同定の物質はトルエン重量で換算した。なお、VOC類の分析は(株)ダイヤ分析センターに委託した。

GC/MSの分析結果は以下の式によって算出した。

$$W_s = A_s / A_{Std} \times W_{Std}$$

$$W_T = A_T / A_{Std} \times W_{Std}$$

W_s : サンプル中の対象物の重量 [ng]

W_T : トラベルブランク中の対象物の重量 [ng]

A_s : サンプル中の対象物のAREA

A_T : トラベルブランク中の対象物のAREA

A_{Std} : 標準溶液の分析対象物のAREA

W_{Std} : 分析対象の標準物質の重量 [ng]

また、未同定の物質をトルエン重量に換算するには次式を用いた。

$$W_{To} = A_s / A_{Std, To} \times W_{Std, To}$$

W_{To} : トルエン換算重量 [ng]

$A_{Std, To}$: 標準物質のトルエンのAREA

$W_{Std, To}$: 標準物質のトルエンの重量 [ng]

以上の結果から気中濃度を次式により求めた。

$$C = (W_s - W_r) / V_s / 1000$$

$$C' = (W_{To} - W_r) / V_s / 1000$$

C, C' : 気中濃度 [$\mu\text{g/L} = \text{mg/m}^3$]

V_s : サンプルング空气体積 [L]

2.1.4 試料空気の捕集時期

モデル居室内及び外気の試料空気の捕集は、モデル居室の壁材がヒノキに張り変えられた（2003年6月26日）4日後の7月1日を測定初日とし、3日後、7日後、14日後、28日後、3ヵ月後、6ヵ月後に行い、同時に換気回数の測定を行った。なお、測定日程を表1-5に示す。

2.1.5 換気回数の測定

本実験では、モデル居室の小窓の開きを調節し、換気回数0.5回/hを目標にした。これを確認するために、気中濃度測定直後に「屋内換気量測定法（炭酸ガス法）」（JIS A 1406）に準拠して換気回数の測定を行った。

ボンベより炭酸ガス（CO₂）を室内濃度がほぼ5000ppmとなるように放出し、室内の濃度分布が均一になるまで攪拌した後、環境（CO₂）測定器（（株）コーナー札幌株式会社製）とデータロガーDS-64K1（（株）コーナー札幌株式会社製）で炭酸ガス濃度の減少を測定し、次式によりモデル居室の換気回数を求めた。

$$n = 2.303/t \times \log_{10} (C_t - C_0 / C_i - C_0)$$

n : 換気回数 (回/h)

t : 測定開始時刻からその測定までの経過時間

C_i : 測定開始時刻 ($t=0$) における室内空気中のCO₂濃度

C_t : t 時間後における室内空気中のCO₂濃度

C_0 : 給気中のCO₂濃度

2.2 小型チャンバー法によるヒノキムク材からのVOC類の放散量測定

2.2.1 供試材料

供試材料として、モデル居室の壁材として使用したヒノキ材と同一のものを用いた。

2.2.2 測定方法

1) 試料空気捕集システム

(a) 放散試験チャンバー

JIS A 1901に準拠した小形チャンバーであるADPAC (Advanced Pollution and Air Quality Chamber) システム (ADTEC社製) を用いた。このADPACシステムは円筒形の20Lステンレス (SUS304) タンク (チャンバー) とエアーコントロールユニットで構成される。なお、試料空気の捕集は外付けのサンプリングポンプによって行う。

図1-4にADPACシステムの模式図、図1-5にその写真を示した。シリカゲルを通して除湿され、空気清浄機によってクリーンにされた空気はエアーコントロールユニットに送り込まれる。エアーコントロールユニット内で2系統に分かれ、一方は何も通さないドライな空気、一方は蒸留水の入ったバブリングタンクに送り込まれ、加湿されたウェットな空気となる。それぞれの空気はミキシングタンクに送り込まれ、ここで一定に加湿された空気に調節される。ミキシングタンク内の空気はサーモレコーダー (タバイエスペック、RS-11) によって温湿度を確認する。このとき、温度は恒温機、湿度はエアーコントロールユニットに備え付けのフローメーターで微調整を行う。調湿された空気は20Lチャンバー内に送り込まれ、エアーコントロールユニット内に装備された換気用ポンプで空気をパージし、一定温湿度条件の空気チャンバー内が換気される。

(b) シールボックス

シールボックス (ステンレス製) はチャンバー内に材料の設置を行う際に用いられ、測定する表面のみが暴露されるようにした試験体保持装置である。試験体をテフロンパッキン付のシールボックス内に固定し、放散面以外の5面からの放散を完全に防ぎ、シールボックスごとチャンバー内に設置する。シールボックスを用いることにより試料の表面積を試料設置率に合わせて一定にすることができる。シールボックス1つを用いた場合、試料設置率は $1.1\text{m}^2/\text{m}^3$ である。

(c) 空気清浄機

バックグラウンドの影響を防ぐため室内空気清浄機 (Adclean、(株) 新菱エコビジネス、図1-6) を用いた。

(d) シリカゲル

空気清浄機の前段に設置し、室内の空気を空気清浄機内に取り込む際の除湿に使用した。

(e) 温湿度計

チャンバー内の温度、湿度の確認のために用いた。センサーはミキシングタンク内に取り付け、ミキシングタンク内部の空気を温湿度計 (タバイエスペック、RS-1

1) によって測定し、チャンバー内に送り込まれる空気の温湿度の制御を行った。温湿度計は測定終了後、パソコン（OS：Windows）によってデータを取り込み、換気時及びサンプリング時の温湿度を確認した。

(f) 配管

空気清浄機からチャンバー入り口までの配管は全てテフロンチューブを用いた。チャンバー出口から吸着管まではステンレスパイプで接続した。吸着管の排気側からサンプリング用ポンプ及び排気用ポンプまではシリコンチューブを用いた。それぞれの継手にはステンレス製又は真鍮の配管継手（スエジロック型）を用いた。

(g) 高温乾燥機

使用するチャンバー及びシールボックス、ステンレスパイプは、化学的に吸着した汚染物質の除去を行うため高温乾燥機によって260℃で加熱した。加熱浄化する前に水でチャンバーを洗浄することにより、物理的に吸着した汚染物質を除去し、乾燥時に起こる汚染物の焦げ付きを防いだ。

(h) 恒温機

チャンバー、ミキシングタンクの温度を恒温機内に設置することで制御した。

(i) 吸着管

アルデヒド・ケトン類の捕集にはDNPHシリカカートリッジ（Waters社製）を用いた。VOC類の捕集にはTenaxTA（SUPELCO社製）を用いた。

2) 試験体

試験材を167mm×167mmに裁断したもの（ツーピースからなり木端は突きつけ）を使用した。なお、試験材は入手直後に裁断し、裁断直後から測定に用いた。試験体は4体作製した。

3) 試験条件

チャンバー環境条件はJIS A 1901に準拠し、試料負荷率に関しては $1.1\text{m}^2/\text{m}^3$ で行った。試験条件を表1-6に示した。試験に先立ち20Lチャンバーの水洗いを行い、恒温乾燥機で260℃まで上昇させ、チャンバーのクリーニングを行った。クリーニング後チャンバーの運転を開始し、約30分後温湿度が安定したことを確認し、24時間換気を行った後、試料空気のサンプリングを行いバックグラウンドとした。その後直ちにシールボックスに取り付けた試験体を設置し（図1-7）、15時間以上チャンバー内温湿度、換気回数が安定するまで換気した。本研究では、試験体設置24時間後を1回目のサンプリングとし、その後も定期的にサンプリングを行った。

測定用捕集管は、カルボニル化合物の捕集にはDNPHシリカカートリッジ、VOC類の捕集にはTenaxTAを用いた。サンプリング条件を表1-7に示した。捕集後、それぞれの吸着管は冷蔵保存した。DNPHシリカカートリッジは光を透過しない専用の保存袋に入れて保存した。

分析はDNPHシリカカートリッジでは2週間以内、TenaxTAでは1ヶ月以内にそれぞれ高速液体クロマトグラフィー（HPLC）、ガスクロマトグラフィー/質量分析計（GC/MS）によって分析した。DNPHシリカカートリッジはHPLC、TenaxTAは加熱脱着-GC/MS

により分析した。なお、VOC類の分析については（株）ダイヤ分析センターに委託した。

4) 試料空気の捕集時期

試料空気の捕集は試験体設置24時間後に行った。これを1日目（初期放散）とし、以後3日、7日、28日、3ヶ月、6ヶ月経過後に行った。試験体は28日経過まではチャンバー内（温度28℃、湿度50%、換気回数0.5回/h）に設置した。28日経過以後、チャンバーより取り出し、捕集時以外は温度20℃の条件にて保管し、試料空気の捕集時にチャンバー内に設置し、24時間経過後の試料空気から捕集を行った。

5) 分析方法

カルボニル化合物、VOC類ともに分析方法については2.1.3の分析方法と同様に行った。

3. 試験結果及び考察

3.1 ヒノキムク材モデル居室におけるVOC類の放散

3.1.1 放散種、放散挙動の概要

モデル居室における放散測定の結果、厚生労働省が濃度指針値を定めた13物質のうち、検出されたものはホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、キシレン、p-ジクロロベンゼン、エチルベンゼン、スチレン、テトラデカンの8物質であった。各物質ともヒノキ材を施工した直後（測定初日）に最も放散が多く、トルエン $61\mu\text{g}/\text{m}^3$ （指針値： $260\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、キシレン $13\mu\text{g}/\text{m}^3$ （同： $870\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、p-ジクロロベンゼン $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ （同： $240\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、エチルベンゼン $11\mu\text{g}/\text{m}^3$ （同： $3,800\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、スチレン $18\mu\text{g}/\text{m}^3$ （同： $220\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、テトラデカン $72\mu\text{g}/\text{m}^3$ （同： $330\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を記録したが、これら6物質の放散値は指針値を大きく下回るものであった。さらに、28日後にはテトラデカンを除くこれらの物質は $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下まで減衰していた。しかし、3.1.2で後述するようにホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドは高い気中濃度を示した。

指針値対象物質以外ではエチルアセテートが測定初日に $220\mu\text{g}/\text{m}^3$ の高い気中濃度を示し、以後も減衰傾向が緩慢で高い気中濃度を維持し続けたが、エチルアセテートに関しては外気の気中濃度も測定初日で $289\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高く、モデル居室由来のものではないと考えられる。また、アセトン（測定初日： $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）及びエタノール（同： $1,150\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）も高い気中濃度を示した。これらは外気での放散が見られないことから、モデル居室に由来した放散物質であると考えられるが、アセトンは時間の経過とともに徐々に減衰傾向が見られ、エタノールの放散は7日後には認められなくなった。

最も高い放散量を示した物質は α -ピネンであり、 β -ピネン及びリモネンといったテルペン類が高い気中濃度を示した。さらにTVOCも高い値を示し、28日後でも暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ の40倍以上を示し続けた。

3.1.2 カルボニル化合物気中濃度の経時変化

モデル居室から放散されたカルボニル化合物の中でも、厚生労働省が濃度指針値を定めた物質のうち高い気中濃度を示したホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド気中濃度及び放散量の経時変化を図1-8及び1-9に示した。

ホルムアルデヒドの気中濃度は、測定初日から14日後までは $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 付近で推移していたが、28日後では $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （室温： 28.1°C ）、90日後では $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ （同： 30.2°C ）と季節の変化に伴う気温の上昇とともに増加した。図1-14に測定時温度との関係を図示したが、ホルムアルデヒド気中濃度は気温の上昇とともに明らかに増大し、温度依存性が高いことを示した。

一方、アセトアルデヒド気中濃度は、測定初日に指針値 $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回る $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示したが、3日後には指針値以下になり、その後は緩やかに減衰傾向をたどり、90日後には $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで低下した。この結果は、図1-14にも示したが、アセトアルデヒドの気中濃度がホルムアルデヒドと異なり、温度に依存する傾向が極めて低いことを示している。

3.1.3 VOC類気中濃度の経時変化

モデル居室から放散されたVOCの中でも、特に高い気中濃度を示し、木材由来と考えられる α -ピネン、 β -ピネン及びリモネンの気中濃度及び放散量の経時変化を図1-10及び1-11に、TVOCの気中濃度と放散量の経時変化を図1-12及び1-13に示した。

テルペン類の中でも α -ピネンが特に高い気中濃度を示し、測定初日に $1,730 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、14日後の $2,065 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで徐々に上昇し、その後は緩やかに減衰傾向を見せ、90日後には $1,610 \mu\text{g}/\text{m}^3$ になった。 β -ピネンは測定初日に $619 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、7日後には $902 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇したが、その後は減衰傾向を見せ、90日後には $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで低下した。リモネンは測定初日に $1,030 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、14日後には $1,100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇したが、その後は減衰傾向を見せ、90日後には $193 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで低下した。

TVOCの気中濃度は測定初日に $31,600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、7日後に $31,550 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と高い気中濃度保持したが、その後は減衰傾向を見せ、90日後には $9,335 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで低下した。しかし、暫定目標値 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を大きく上回った。

なお、これらのVOC類及びTVOCの気中濃度については図1-15に示したように温度との相関は見受けられなかった。

VOC類の気中濃度の傾向として、ヒノキ材施工直後から2週間程度は高い気中濃度を示すが、その後は減衰傾向をたどる。施工直後の2週間程度に高い気中濃度を示した原因として、この間の換気回数をみると 0.2 回/h程度（表1-8）と目標値の半分以下であったときもあり、このことも一つの要因ではないかと考えられるが、いずれにしても施工後2週間程度は高濃度を示すため、この間の対応が重要になるものと考えられる。

3.1.4 スギムク材モデル居室の放散挙動との比較

モデル居室の壁材がヒノキ材に張り替えられるまで、壁材はスギ材で施工されていた。そのスギ材が施工された2002年5月14日から8月11日までの90日間のカルボニル化合物及びVOC気中濃度の経時変化と、今回のヒノキ材モデル居室との放散挙動の比較を行った。

ヒノキ材及びスギ材モデル居室のカルボニル化合物、テルペン類、TVOCそれぞれの気中濃度と経時変化を図1-16～1-18に示した。

ホルムアルデヒド気中濃度は両者ともに非常に似た傾向を示した。しかし、アセトアルデヒド気中濃度はヒノキ材が初日に最も高い値 $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示したのに対し、スギ材は初日と7日後に指針値 ($48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) を越える $107 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した。しかし、その後の減衰傾向はほぼ同様であったが、スギ材はヒノキ材に比べてやや大きい値を示した。

テルペン類については、スギ材もヒノキ材も同じく α -ピネンが特に高い気中濃度を示した。両者を比較すると、スギ材は7日後に $5,226 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と高い値を示すものの、14日以降では、減衰が大きくヒノキ材より低くなり90日後ではヒノキの $1,610 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に比べ $373 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と大きく低下している。

TVOC気中濃度については、スギ材が初日と3日後にそれぞれ $5,889 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、 $7,431 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とヒノキ材の1/3以下の値であったが、7日後ではそれぞれ $31,937$ 及び $31,550 \mu\text{g}/\text{m}^3$ とほぼ同じ濃度となり、以降は放散量、経時変化ともに類似の傾向であった。

3.2 ヒノキムク材からのVOC類の放散

3.2.1 カルボニル化合物の放散

モデル居室試験で高い気中濃度示したホルムアルデヒド、アセトアルデヒド及びアセトンはチャンバー測定においても高い値を示した。モデル居室の壁材として使用したヒノキ材単体から放散されたカルボニル化合物としてホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドのチャンバー濃度の経時変化を図1-19に、放散量の経時変化を図1-20に示した。

ホルムアルデヒドのチャンバー濃度は24時間後の初期放散で $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と最大値を示し、7日後には $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ までに減少し、その後は $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 付近で推移した。これに対しアセトアルデヒドのチャンバー濃度は、24時間後で $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と最大値を示し、14日後には一旦 $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで減少したが、28日後には $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に上昇し、その後はほぼこの水準で推移した。

ヒノキ材単体から放散されるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの放散特性として、放散量はサンプル設置直後から1ヶ月程度である一定の値まで減少するが、その後は横ばい状態で推移していく傾向が見られた。因みに、チャンバー28日以降の放散量に換算すると、ホルムアルデヒドは $4 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 、アセトアルデヒドは $8 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ となる。

なお、その他ではアセトンが28日後に $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と高い値を示し、28日後以外でも常に $30\sim 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示していたが、これが木材由来のものか、汚染によるものかは特定できなかった。

3.2.2 VOC類の放散

モデル居室と同様にチャンバー測定でも α -ピネンをはじめとするテルペン類が高い放散を示した。また、チャンバー測定でも指針値指定物質でもあるトルエン、キシレン、エチルベンゼン、スチレン、テトラデカンの放散が見られた。しかし、チャンバー測定ではp-ジクロロベンゼンの放散は見られなかった。

モデル居室の壁材として使用したヒノキ材単体から放散されたVOCの中でも、特に高い値を示し、木材由来と考えられる α -ピネン、 β -ピネン及びリモネンのチャンバー濃度の経時変化を図1-21に、放散量の経時変化を図1-22に示した。同様に、TVOCのチャンバー濃度の経時変化を図1-23に、放散量の経時変化を図1-24示した。

α -ピネンのチャンバー濃度は24時間後に $1,891 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、その後7日後には最も高い $2,131 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇するが、その後は減少傾向を示し、28日後で $1,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、90日後では $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで低下している。しかし、放散量にすると、それぞれ $363 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 、 $268 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ となり、依然としてかなりの放散量を保っている。 β -ピネンは24時間後に最も高い値 $462 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示すものの、その後のチャンバー濃度は時間の経過とともに減少し、90日後には $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで減少した。リモネンのチャンバー濃度は3日後に $1,023 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の値を示すものの以降は時間の経過とともに減少し90日後では、僅か $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に減衰した。

また、これらテルペン類以外のVOCとして、24時間後にトルエン $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、キシレン $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、エチルベンゼン $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、スチレン $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、テトラデカン $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ のチャンバー濃度が観測された。しかし、エチルベンゼンとキシレンは3日後には $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下まで減少し、スチレンとテトラデカンは14日後には放散が認められなくなり、トルエンに関しても28日後には放散が見られなくなった。

TVOCのチャンバー濃度は24時間後に最も高い値 $28,700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示したが、その後は時間の経過とともに減少し、90日後には $1,535 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで減少した。

ヒノキ材単体から放散されるVOCの放散特性として、サンプル設置直後に高い値を示すが、その後は一貫して減少していく傾向にあり、物質によっては3日後にはほとんど放散が認められなくなった。

3.2.3 モデル居室との放散挙動の比較

モデル居室の壁材として使用したヒノキ材単体からのホルムアルデヒドとアセトアルデヒド、テルペン類及びTVOCの放散量をモデル居室の壁材の設置率 $1.01\text{m}^2/\text{m}^3$ 及びモデル居室のおよその平均換気回数 $0.25\text{回}/\text{h}$ を用いてモデル居室の気中濃度を算出し比較検討した。これらの換算濃度（図中、チャンバーで表示）とモデル居室

気中濃度実測値を図1-25～1-27に示した。

ホルムアルデヒドについては、モデル居室では温度に依存するために上昇する傾向が見られるが、チャンバー算出値では測定温度が一定に保たれているために、28日までは順調に減衰し、その後は一定の値で推移している。また、モデル居室では測定初日に $39\mu\text{g}/\text{m}^3$ の気中濃度を示したが、チャンバー算出値では $23\mu\text{g}/\text{m}^3$ となった。アセトアルデヒドについては、チャンバー算出値、モデル居室の放散共に初期の値は異なるが、時間の経過とともに減衰し一定の値になり、28日以降は両者はほぼ等しい値に推移している。ホルムアルデヒド同様にモデル居室が測定初日に $62\mu\text{g}/\text{m}^3$ の放散を示したのに対しチャンバー算出値の初期測定では $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ とやや小さめの濃度となった。

テルペン類について、チャンバー算出値に比べモデル居室では施工直後から2週間程度はかなり高い気中濃度を示すが、その後は速やかに減衰し、28日以降はほぼ同様の値に推移した。TVOCもテルペン類と同様の傾向であった。TVOCについてもテルペン類と同様の傾向を示し、28日以降は、チャンバー算出値及びモデル居室の気中濃度はほぼ同様の減衰であった。

両者の測定初期における違いをみると、チャンバー試験においては、換気回数が0.5回/hに正確にコントロールされているのに対し、モデル居室では小窓の開閉によって調節しているがその時々々の気象条件によって換気回数が大幅に低下していた。また、モデル居室は季節や天候によって温湿度が変動するのに対しチャンバー測定では $28^\circ\text{C}50\%\text{RH}$ の一定に保たれている。更には、ホルムアルデヒドについては、放散に大きく影響する n/L (n :換気回数、 L :設置率) がモデル居室で $n/L=0.25/1.01$ 、チャンバーで $0.5/1.1$ と約2倍異なることなどが影響したものと考えられるが、28日以降ではチャンバー算出値とモデル居室の気中濃度実測値はほぼ一致していることから、JIS A1901に規定される28日までの測定を実施すれば、概ね実住宅における木材由来の化学物質の気中濃度は推定できると思われる。

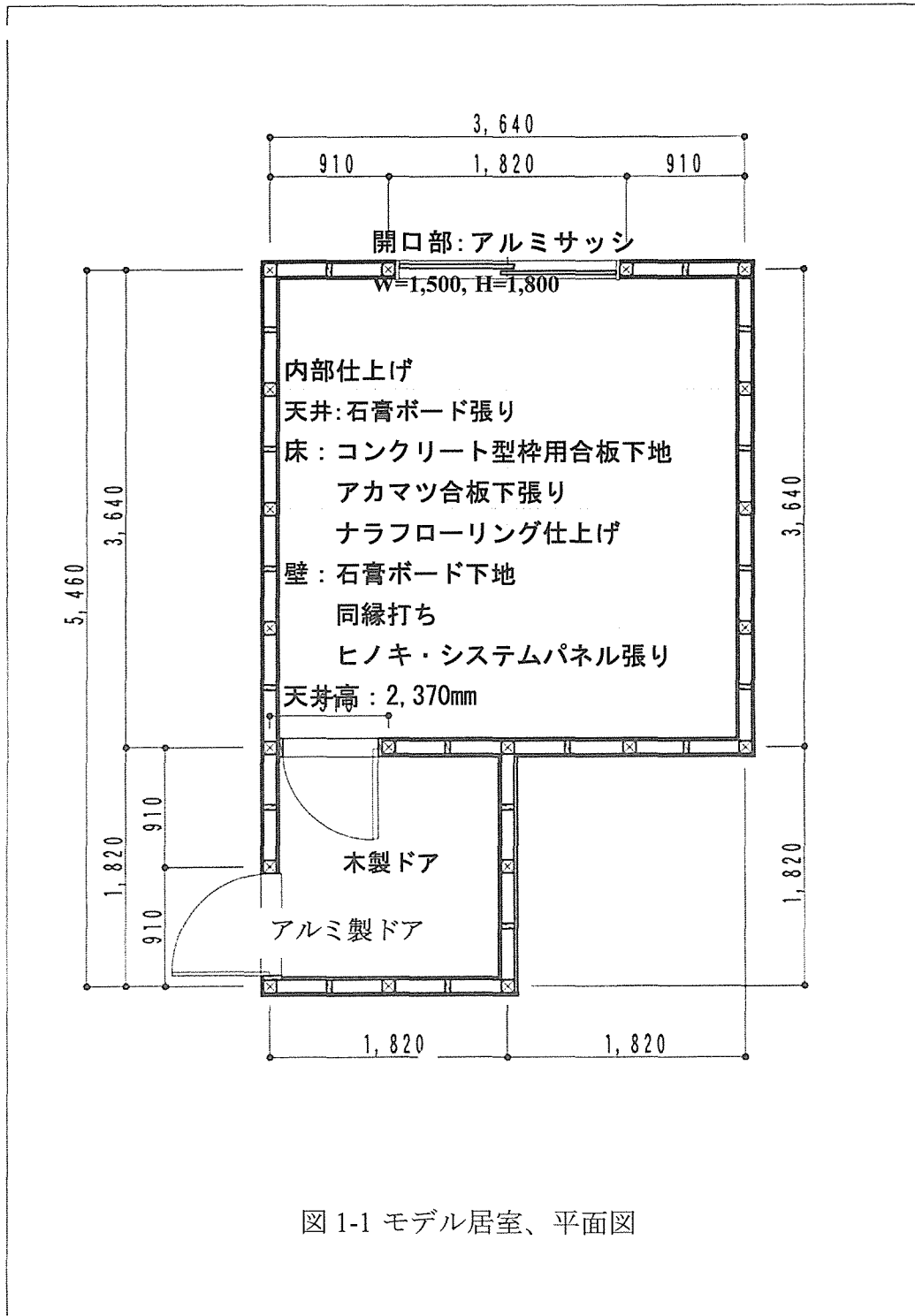


図 1-1 モデル居室、平面図

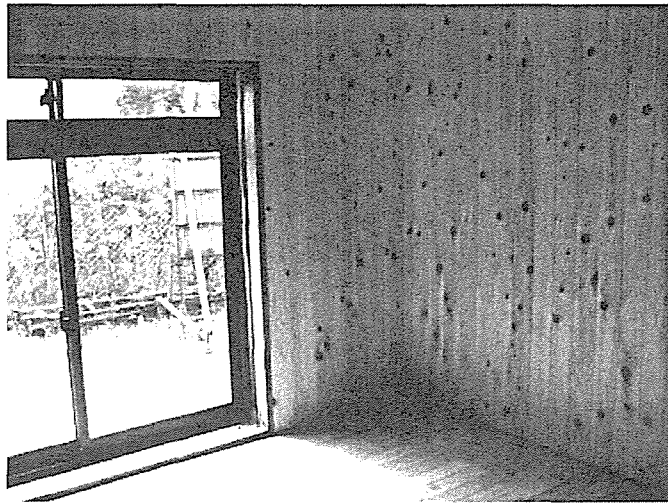
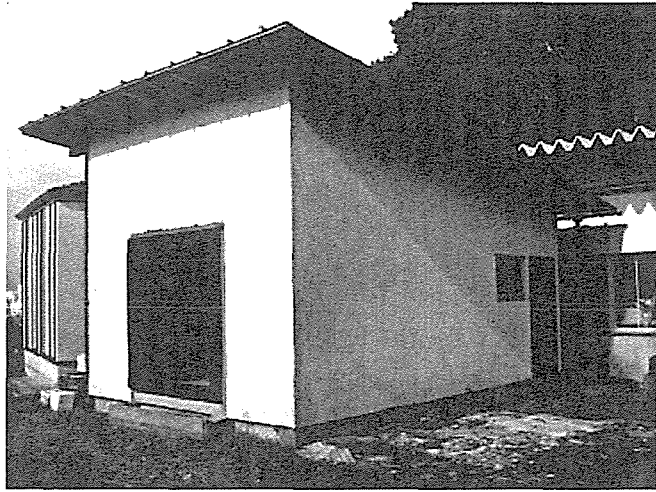


図1-2 モデル居室の外観と内装

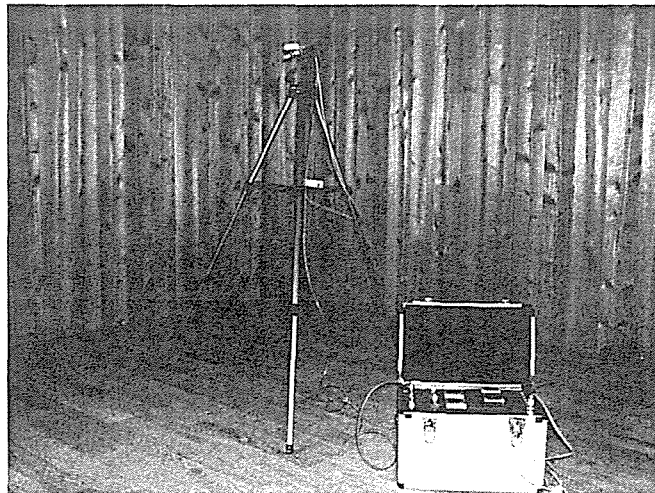


図1-3 試料空気の捕集

表1-1 モデル居室の内装仕様

天井	石膏ボード
床	床下貼り：12mm厚アカマツ構造用合板 (Fco相当、接着剤：水性高分子イソシアネート系) ナラフローリング仕上げ
壁	石膏ボード下張り 胴縁打ち ヒノキシステムパネル張り
窓	アルミニウムサッシ

表1-2 試料空気の捕集条件

	カルボニル化合物	VOC
吸着管	Sep-Pac DNPH-Silica (short type, Waters)	Tenax TA (60/80mesh, packing 200mg)
捕集速度	0.4L/min	0.1L/min
捕集時間	1hr	32min
捕集量	10L	3.2L

表1-3 HPLCの分析条件

Column	ZORBAX Bonus-RP (4.6×150mm 3.5 μm)
流動層	Acetonitrile:Water=40:60, gradient 0-5min 40:60 5-25min 40:60→60:40 25-40min 60:40
流量	1.2mL/min
オープン温度	40°C
検出器	Ultraviolet 360nm
注入量	20 μL
分析時間	40min

表1-4 加熱脱着—GC/MASの分析条件

使用機種	HP-6890+HP-5973B
カラム	HP-VOC 0.32 ϕ \times 60m f.t 1.8 μ m
パージガス	He
流量	2.4mL/min
オープン温度	35°C(2min) \rightarrow (15°C/min) \rightarrow 95°C \rightarrow (2.5°C/min) \rightarrow 100°C \rightarrow (5.0°C/min) \rightarrow 250°C(1min)
測定モード	SCAN

表1-5 測定時期

日時	経過日数
2003/7/1	1
2003/7/3	3
2003/7/7	7
2003/7/14	14
2003/7/28	28
2003/10/1	92
2004/1/8	192

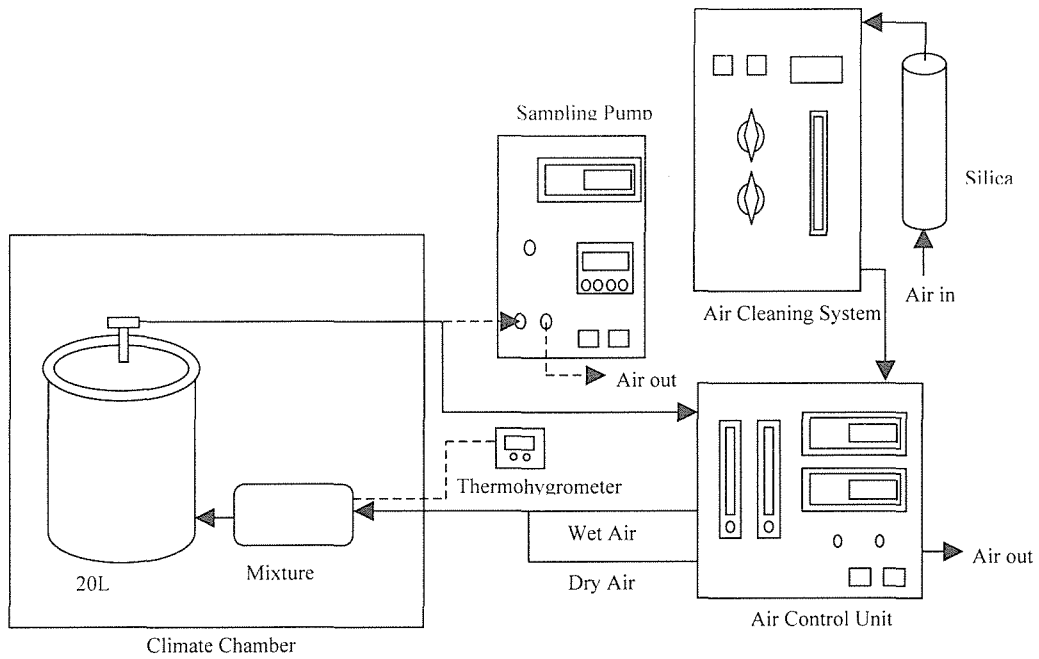


図1-4 ADPAC システムの概要図

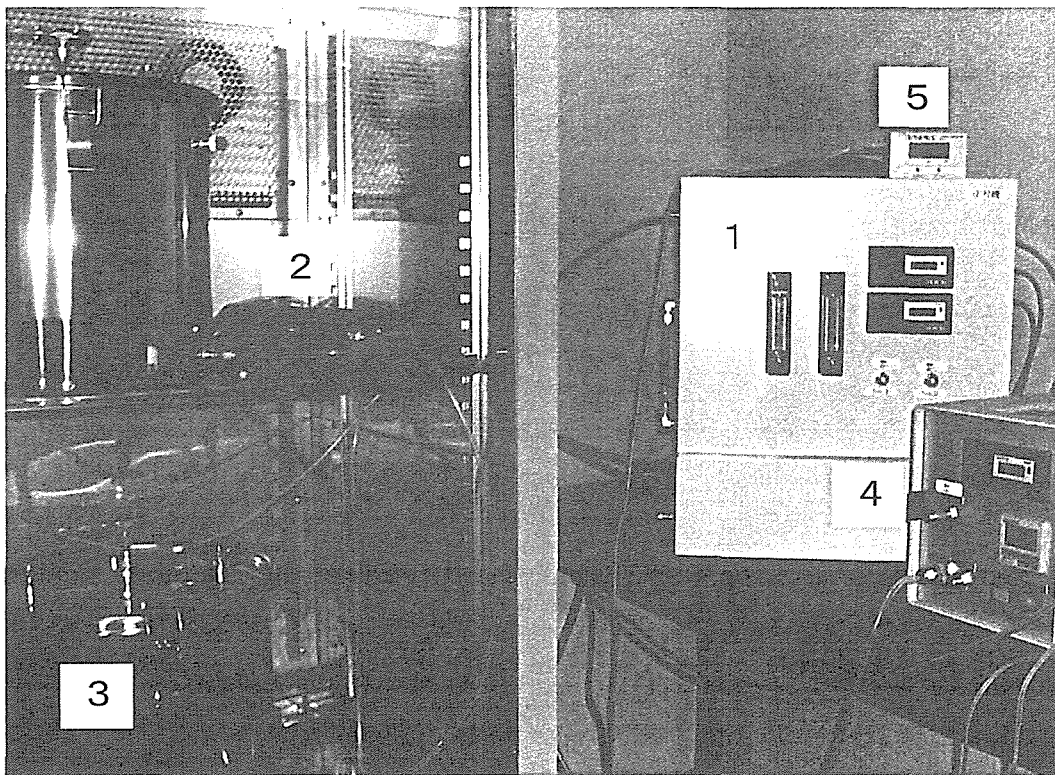


図1-5 アドバックシステム
 ① 制御装置 ② 空気混合器 ③ 20L チャンバー
 ④ サンプリングポンプ ⑤ 温湿度計

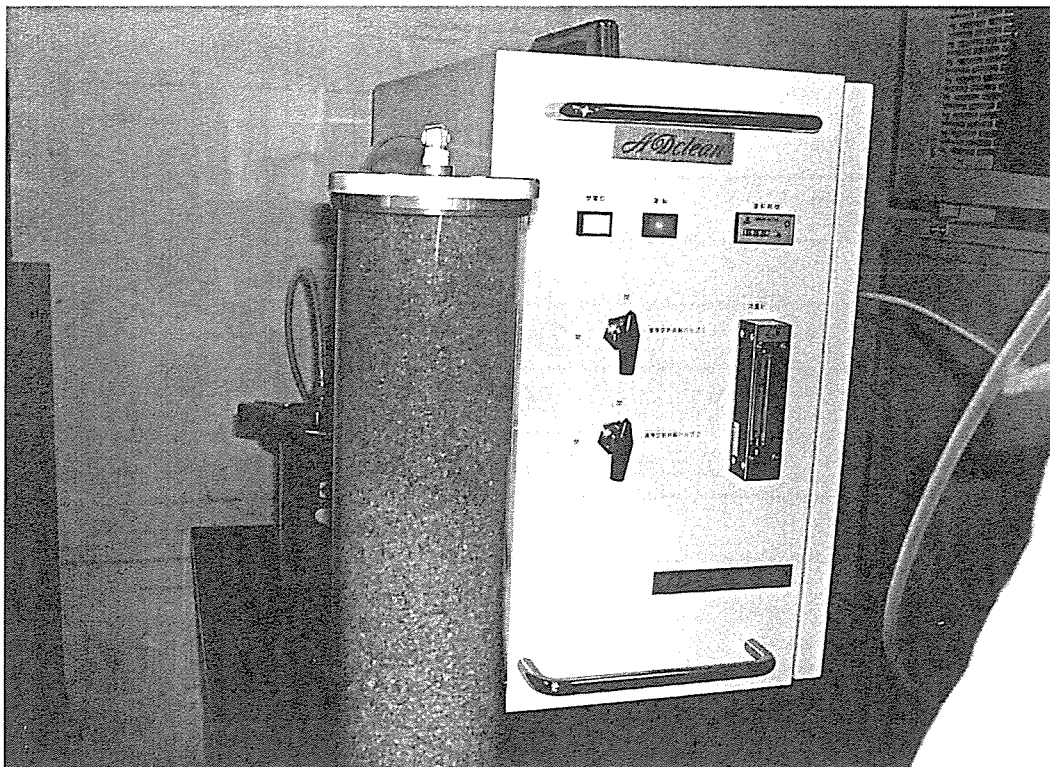


図1-6 清浄空気供給装置

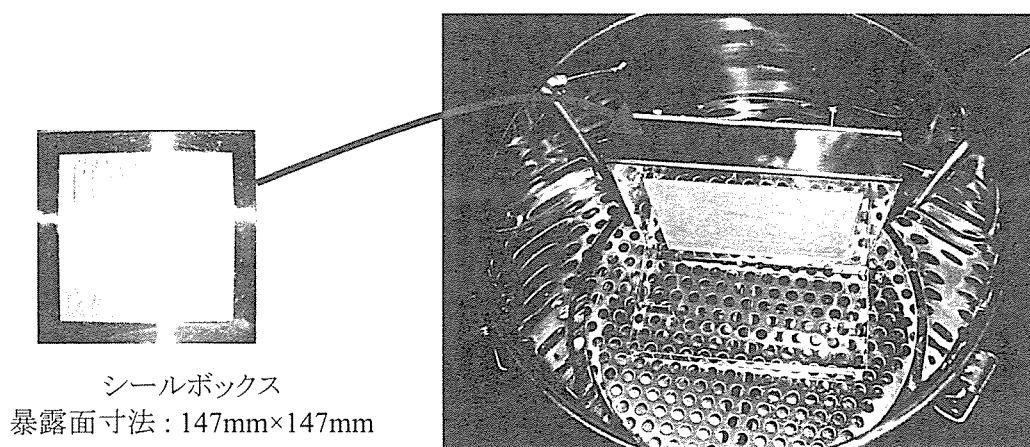


図1-7 試験体の設置状況

表1-6 チャンバー試験、試験条件

チャンバー容量	20L
設置率	1.1m ² /m ³
温度	28±0.5°C
湿度	50±5%RH
換気回数	0.5±0.05air exchanges/hr
空気流量	0.167L/min

表1-7 試料空気の捕集条件

	カルボニル化合物	VOC
吸着管	Sep-Pac DNPH-Silica (short type, Waters)	Tenax TA (60/80mesh, packing 200mg)
捕集速度	0.167L/min	0.167L/min
捕集時間	1hr	20min
捕集量	10L	3.2L

表1-8 モデル居室の換気回数

測定日	換気回数 (回/h)
2003/7/1	0.23
2003/7/3	0.38
2003/7/7	0.11
2003/7/14	0.17
2003/7/28	0.25
2003/10/1	0.47
2004/1/8	0.25

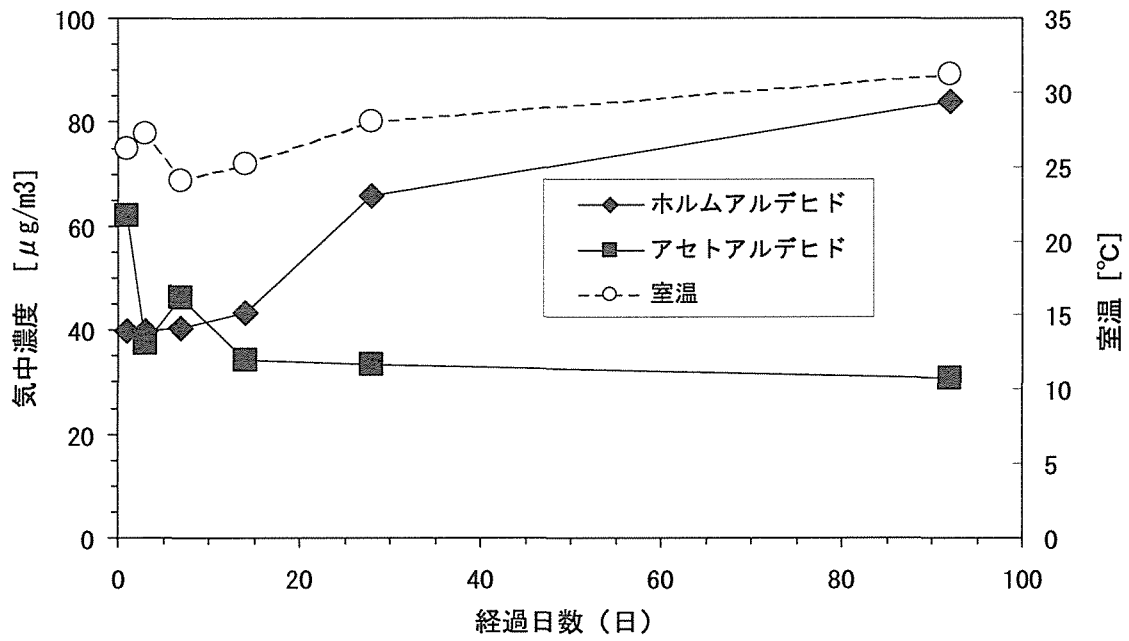


図1-8 ヒノキ内装モデル居室のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド気中濃度

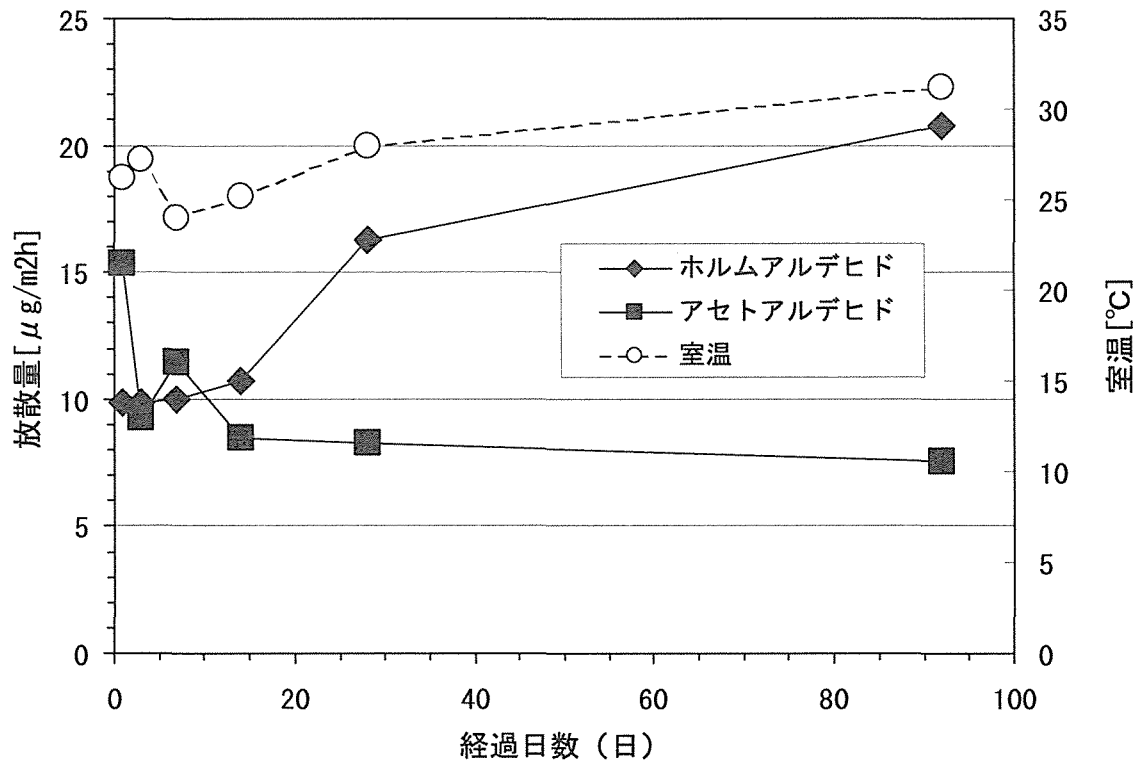


図1-9 ヒノキ内装モデル居室のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド放散量

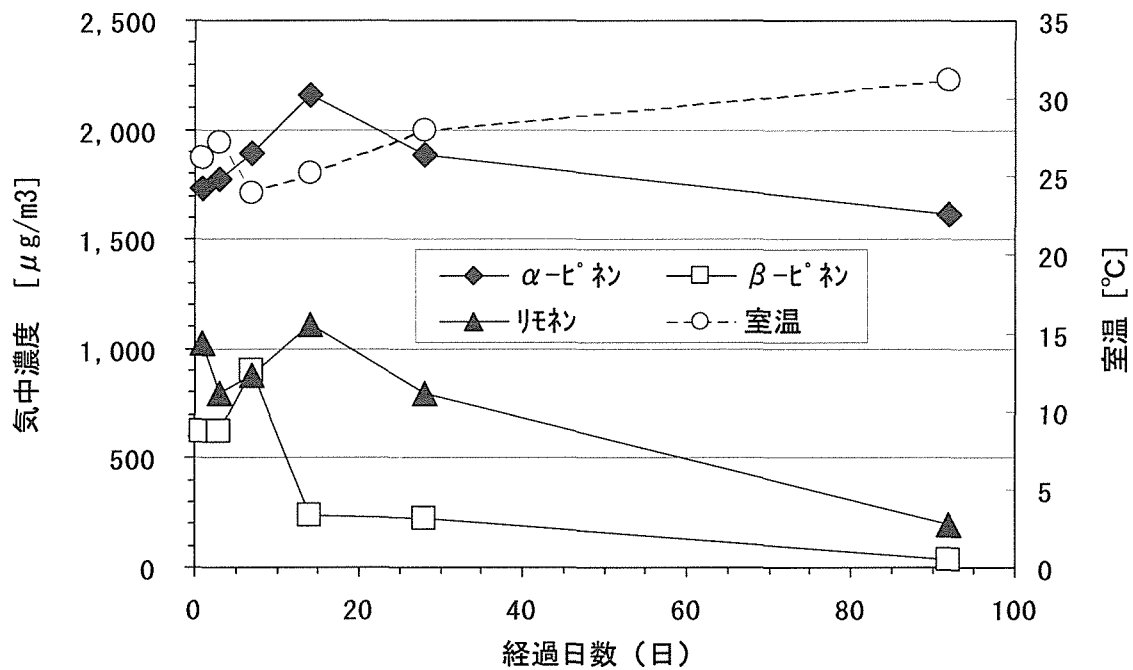


図1-10 ヒノキ内装モデル居室のテルペン類気中濃度

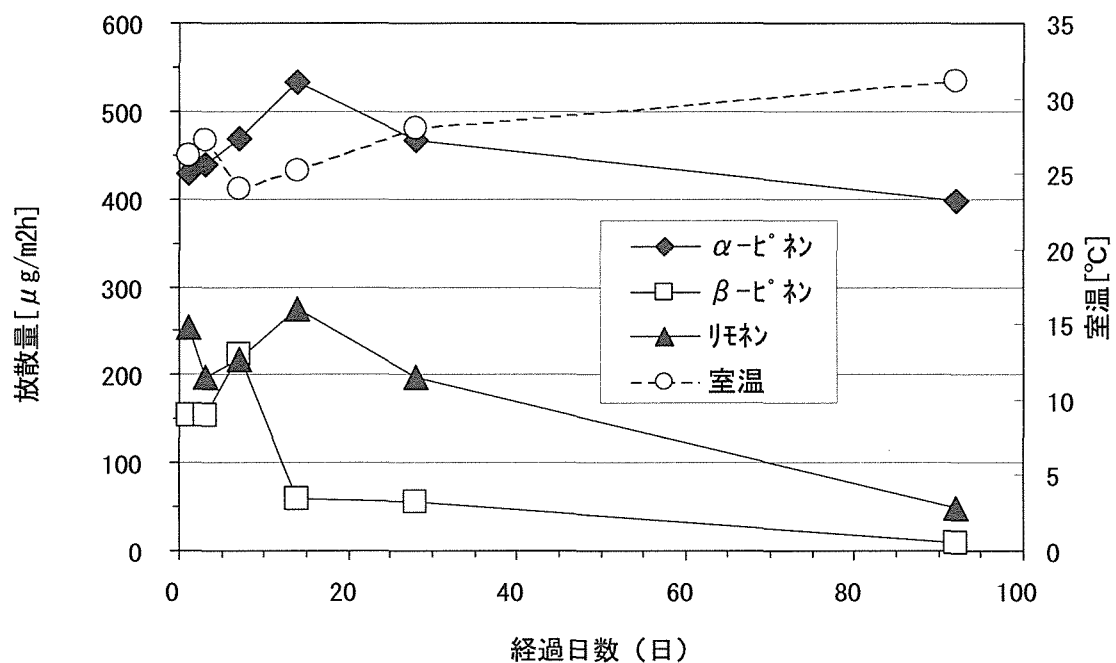


図1-11 ヒノキ内装モデル居室のテルペン類放散量

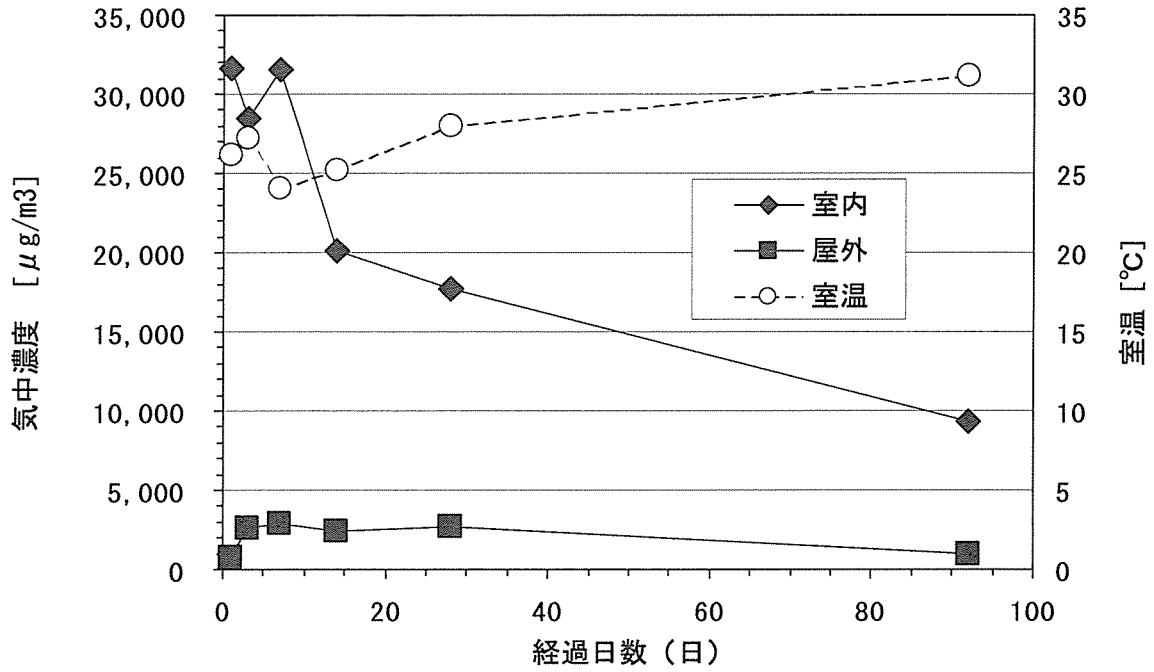


図1-12 ヒノキ内装モデル居室のTVOC気中濃度

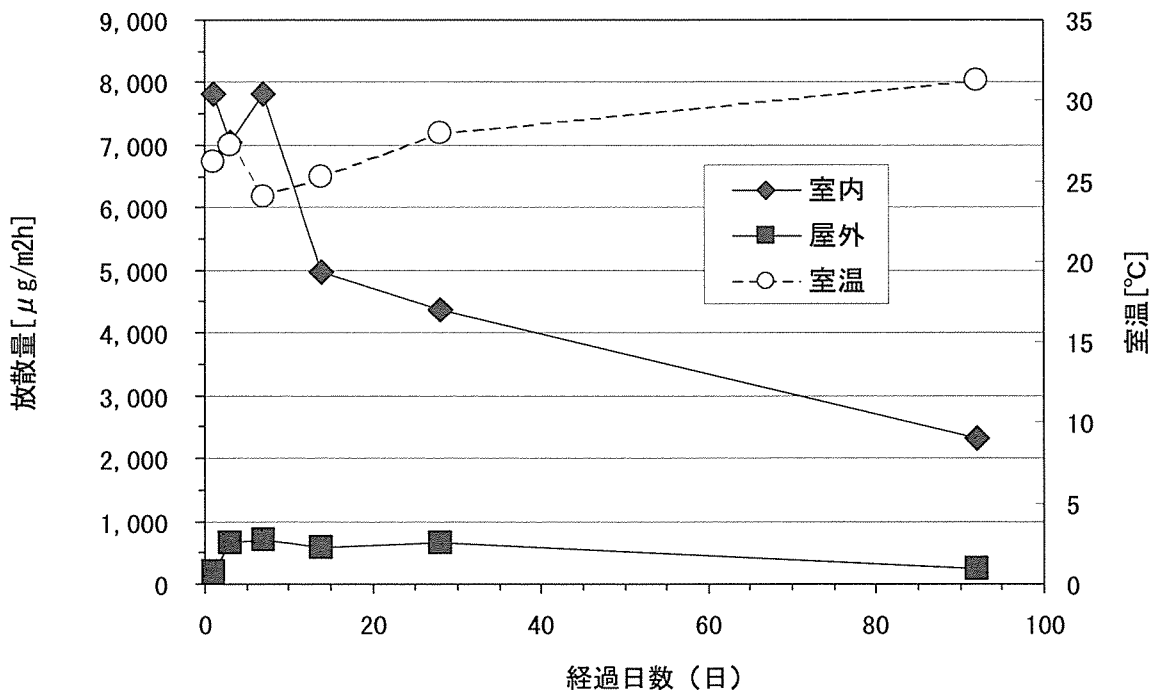


図1-13 ヒノキ内装モデル居室のTVOC放散量

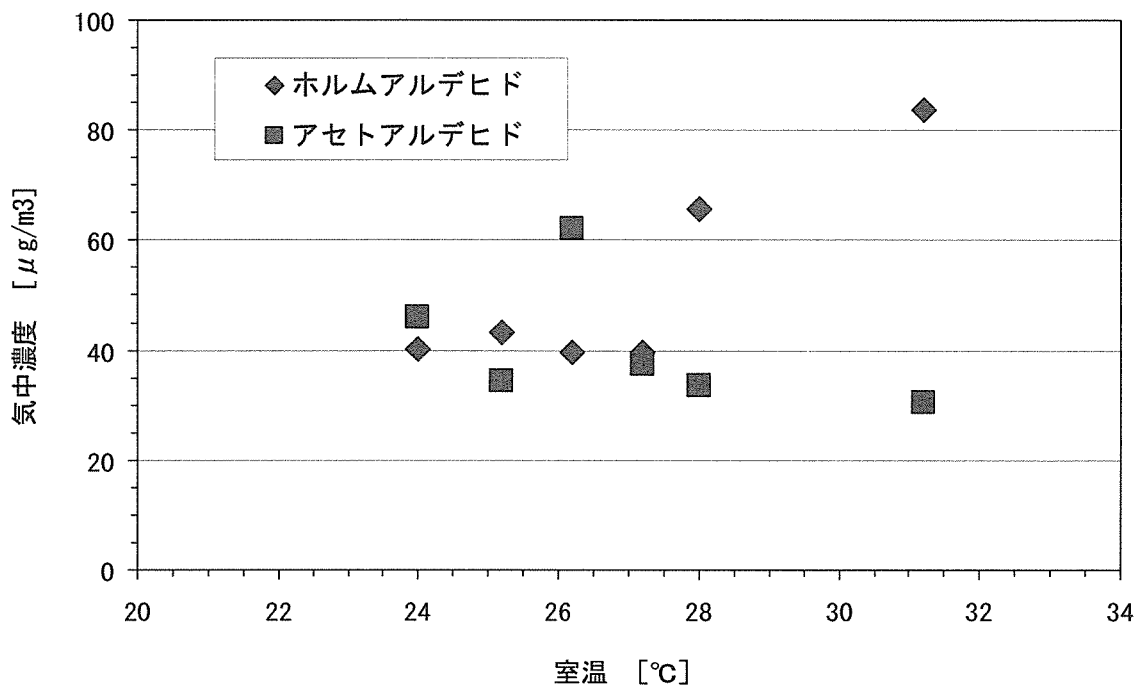


図1-14 ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド気中濃度と室温との関係

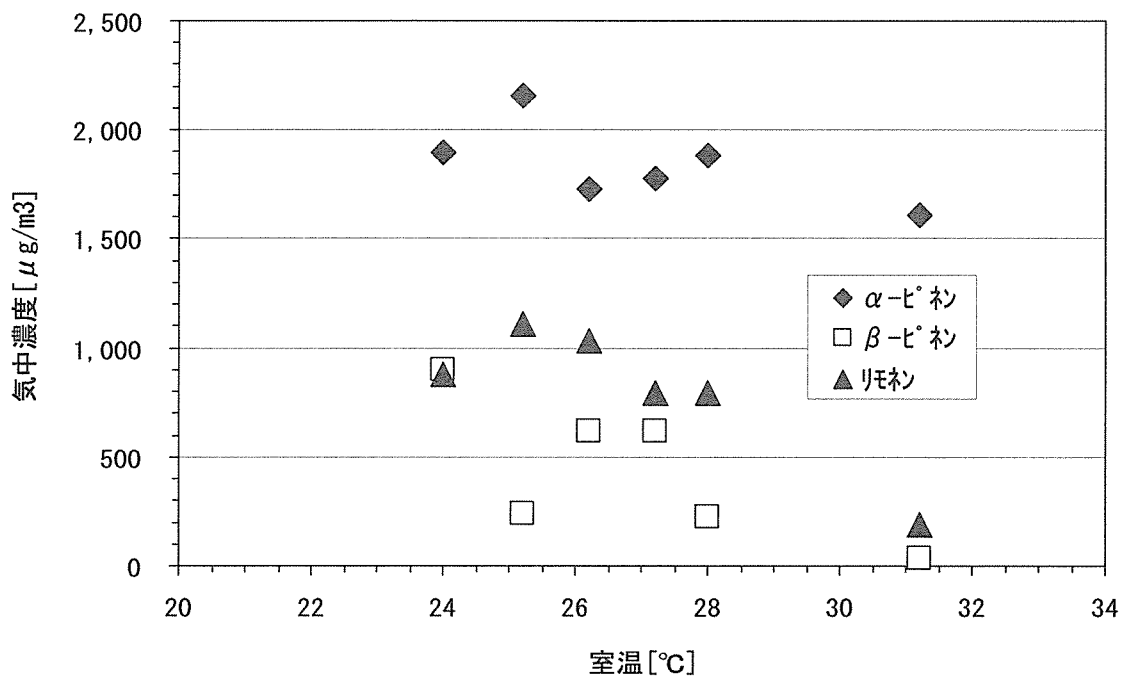


図1-15 ヒノキ内装モデル居室のテルペン類気中濃度と室温との関係

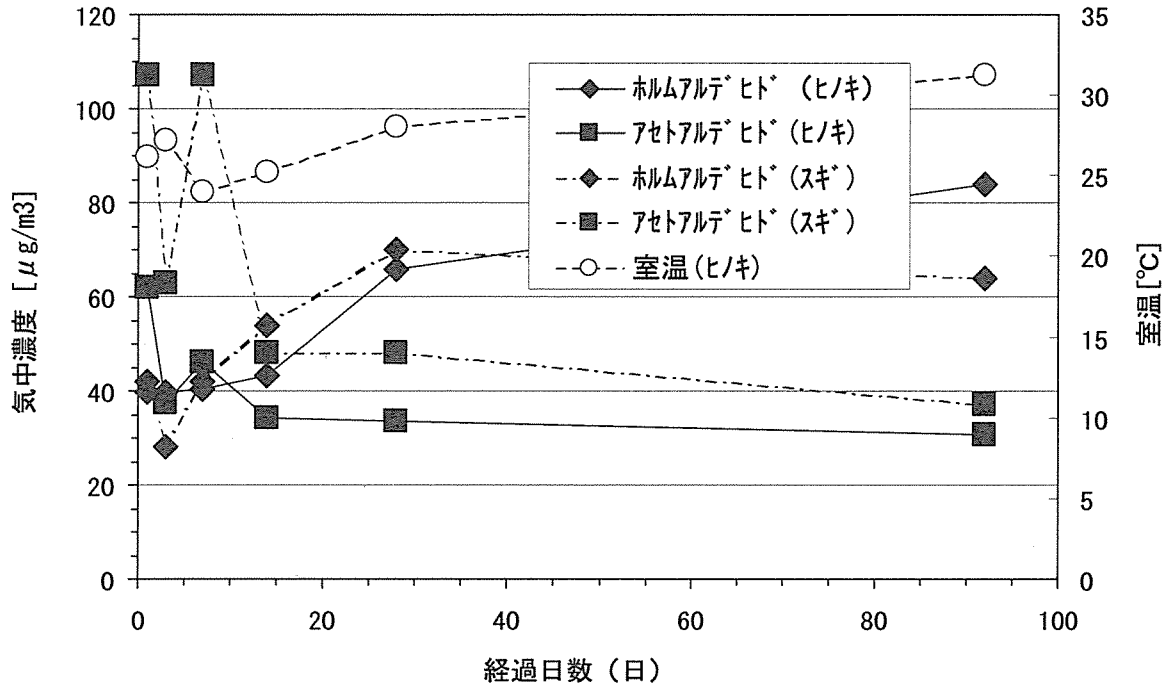


図1-16 ヒノキ及びスギ内装モデル居室のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド気中濃度

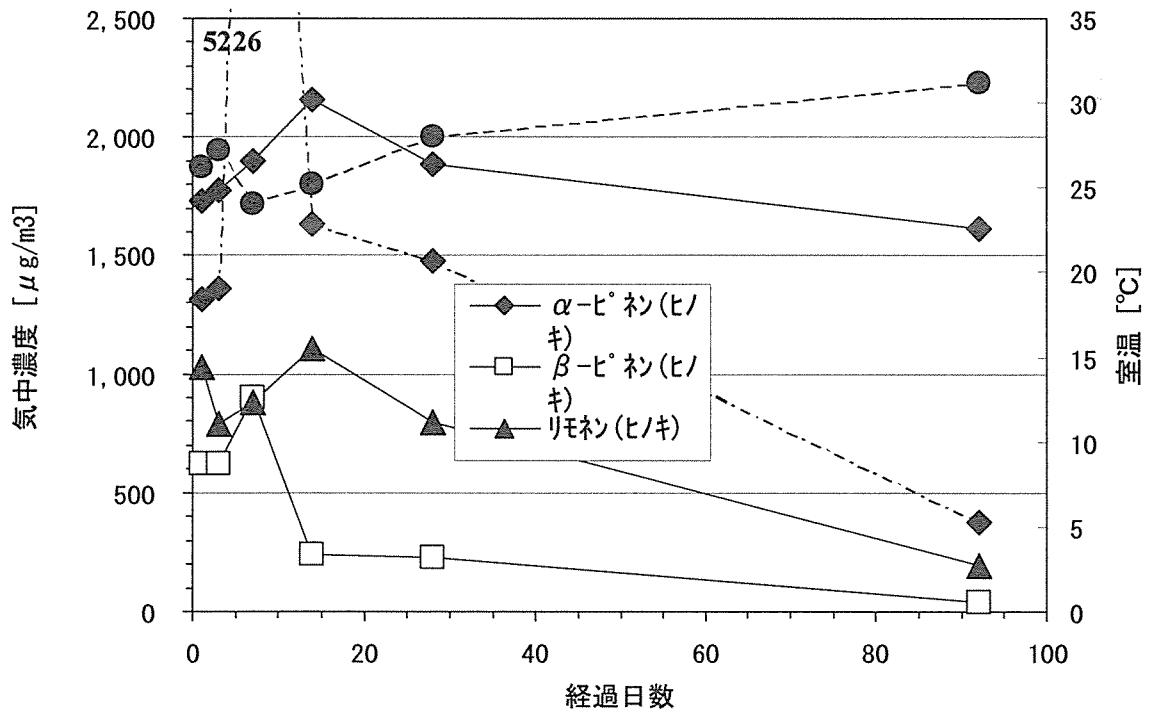


図1-17 ヒノキ及びスギ内装モデル居室のテルペン類の気中濃度

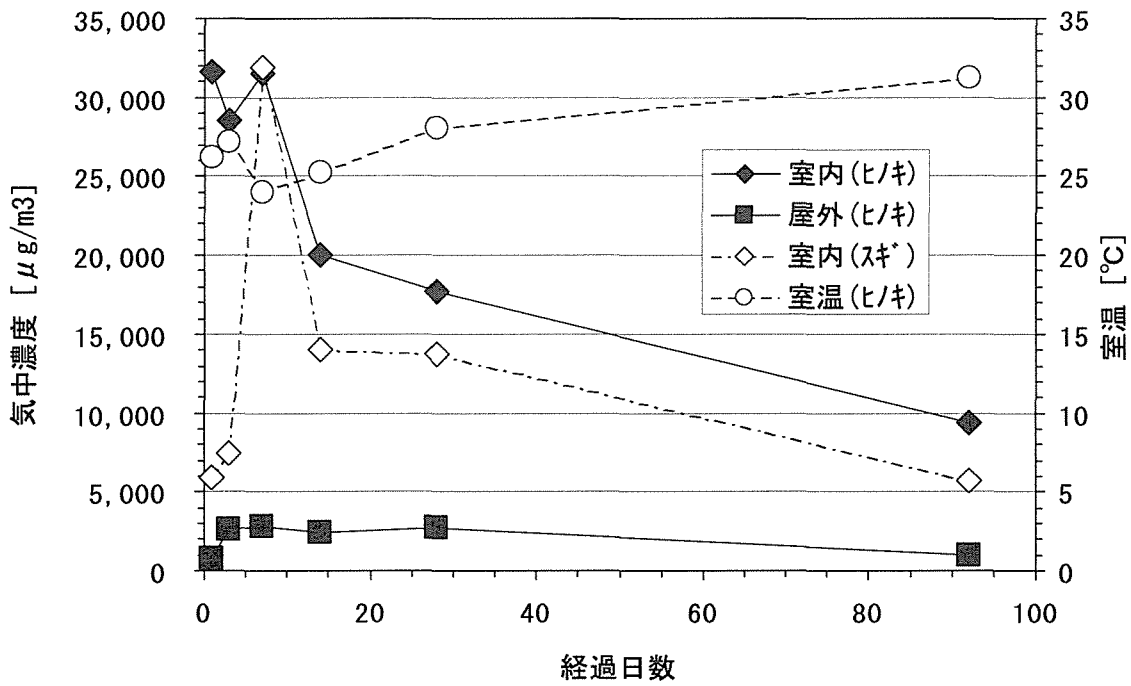


図1-18 ヒノキ及びスギ内装モデル居室のTVOC気中濃度

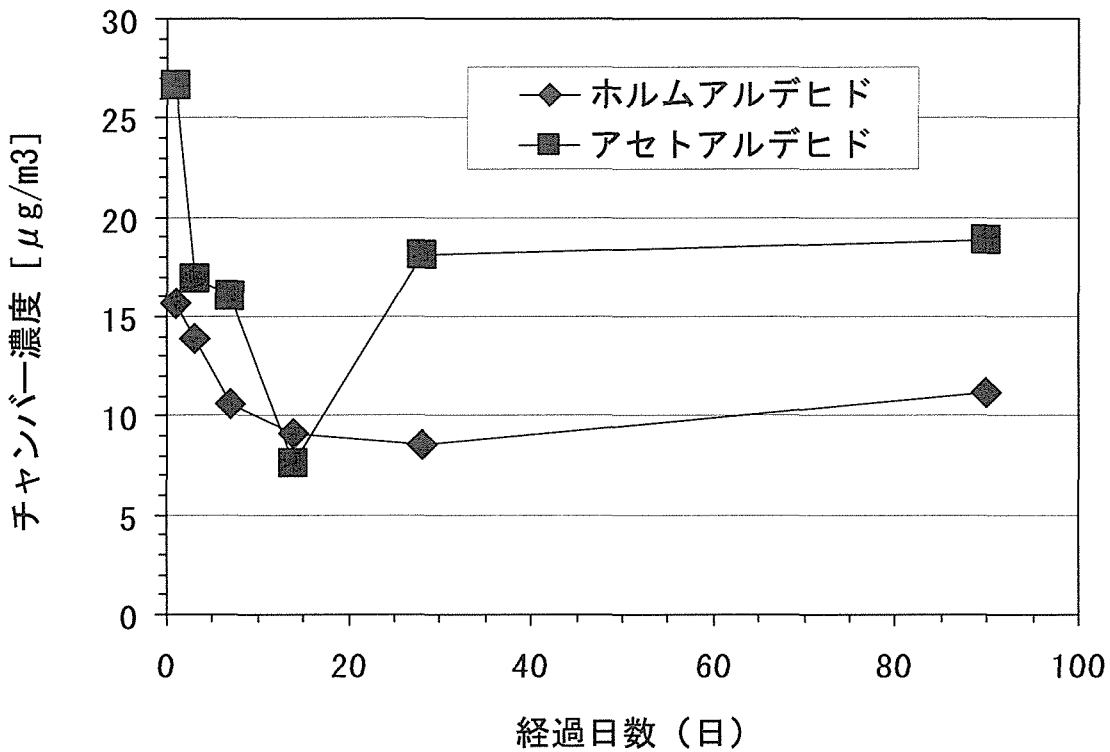


図1-19 ヒノキ材のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドチャンバー濃度

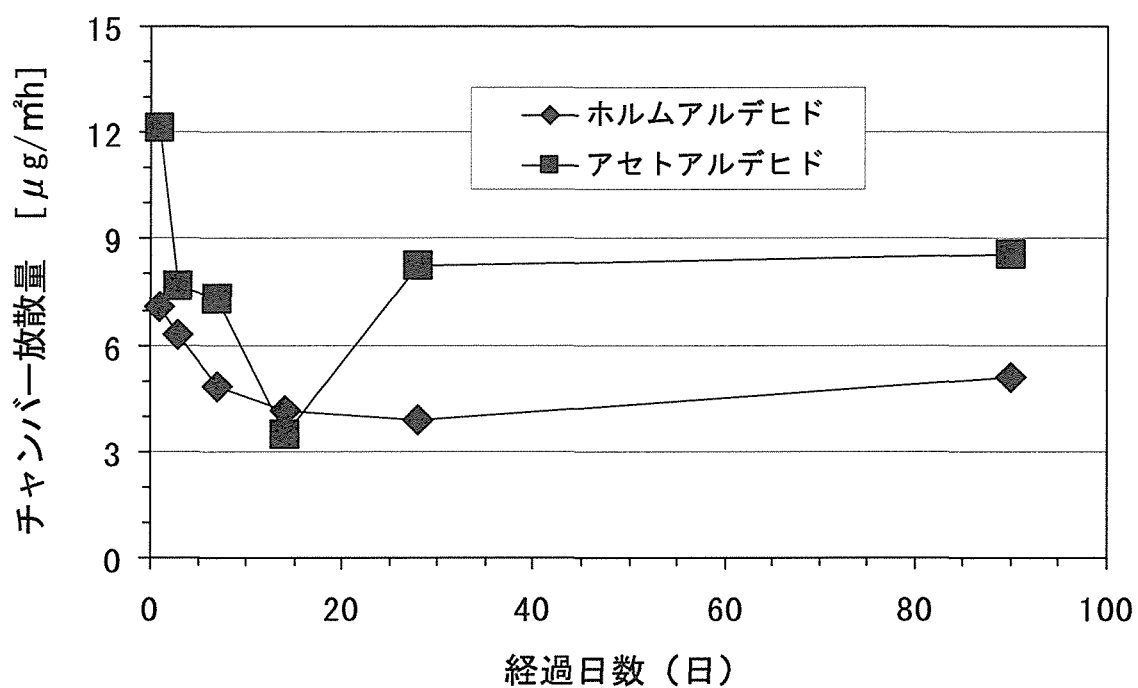


図1-20 ヒノキ材のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドチャンバー放散量

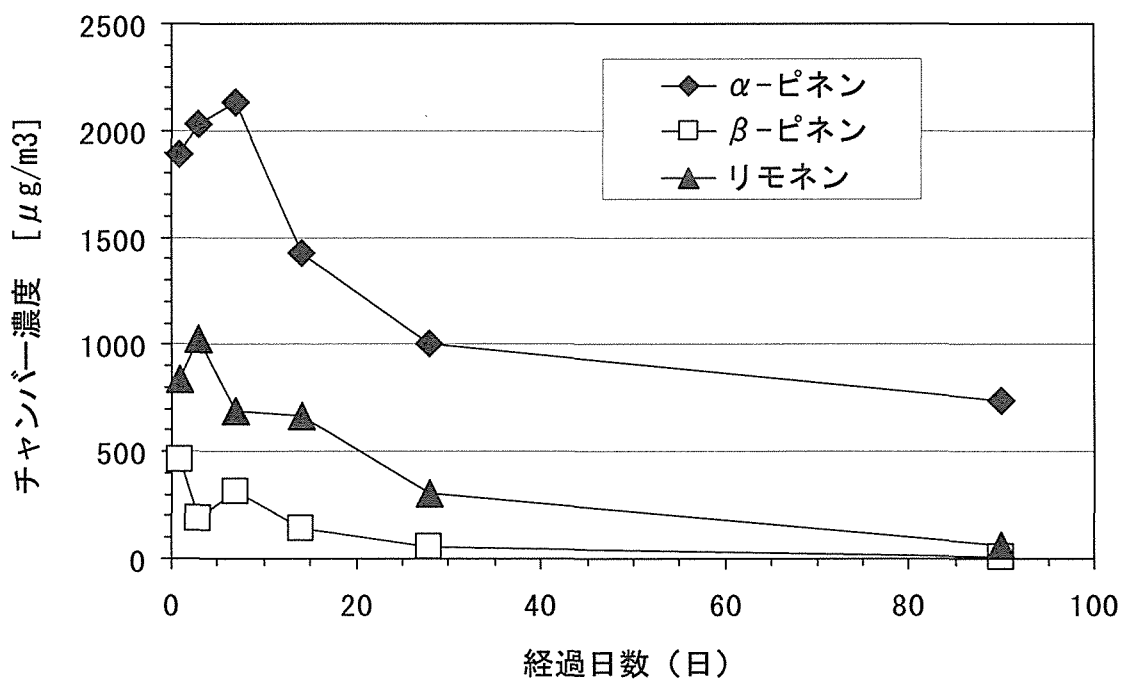


図1-21 ヒノキ材のテルペン類のチャンバー濃度

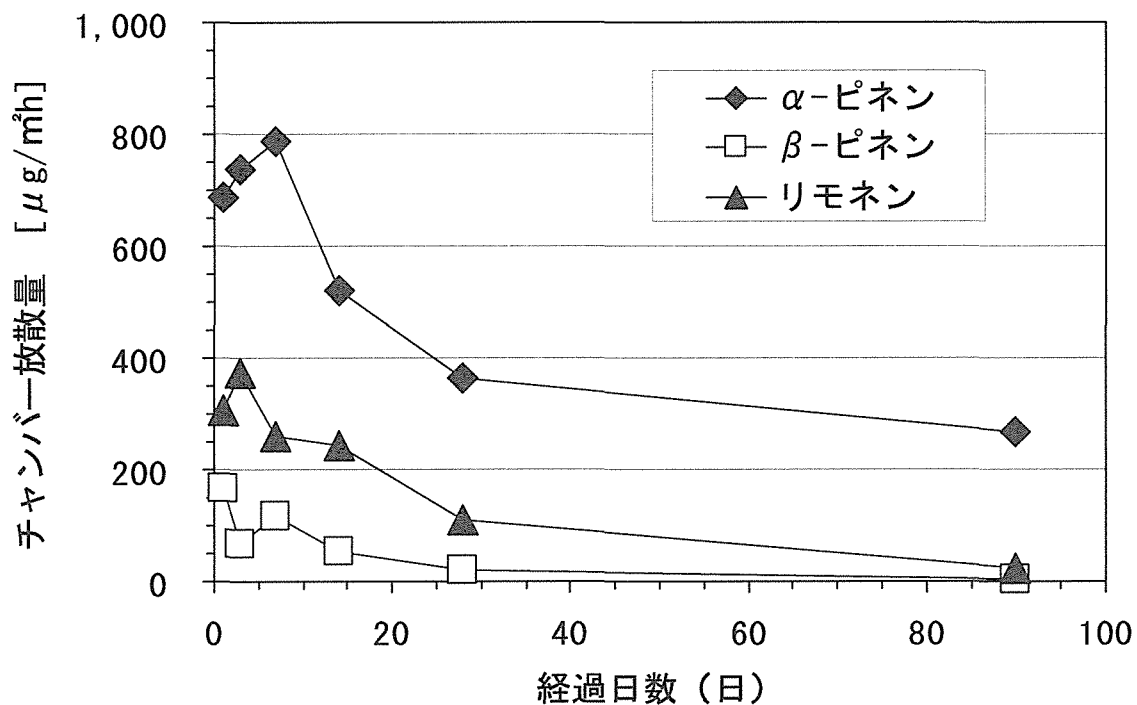


図1-22 ヒノキ材のテルペン類のチャンバー放散量

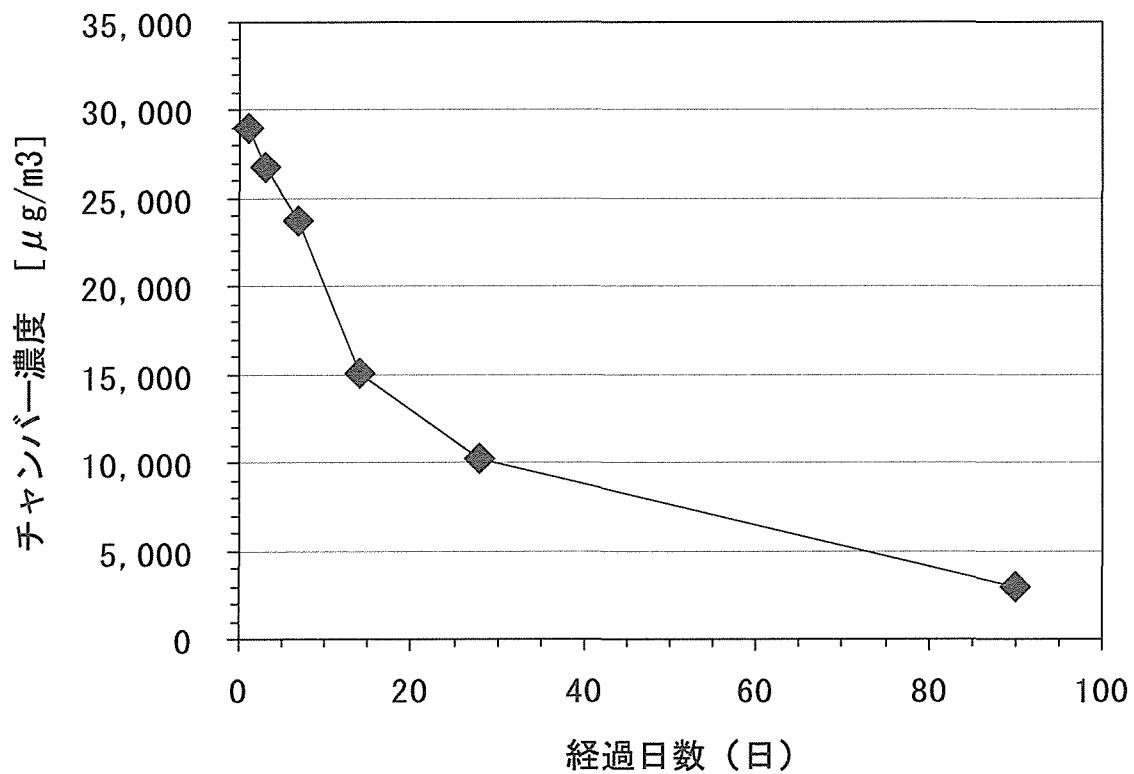


図1-23 ヒノキ材のTVOCのチャンバー濃度

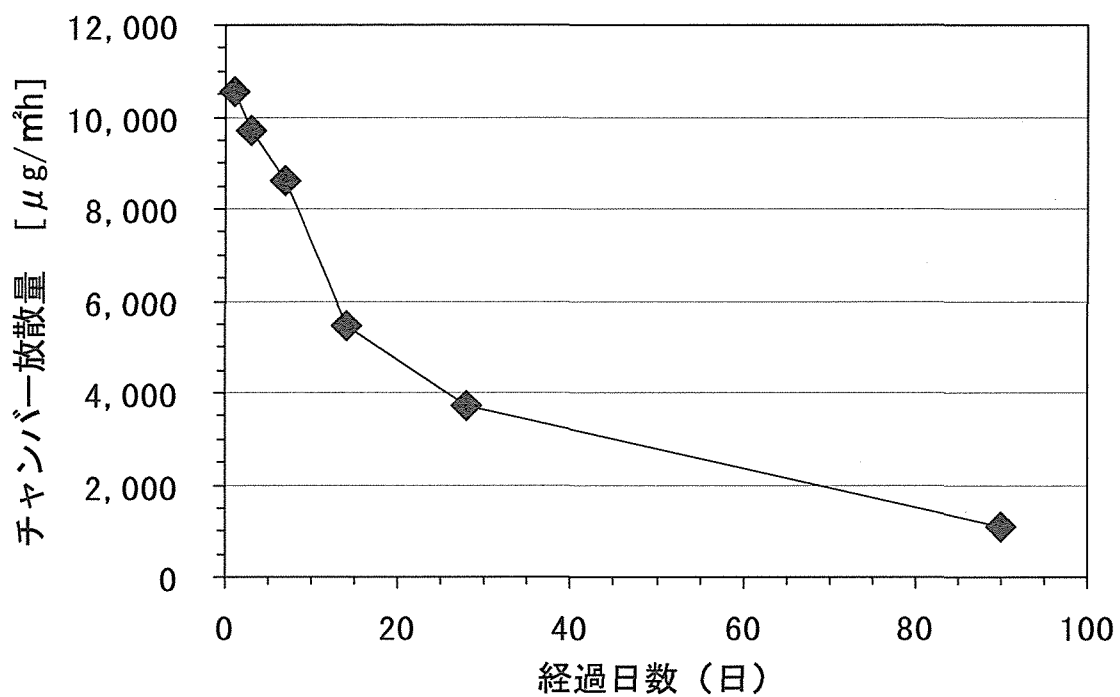


図1-24 ヒノキ材からのTVOCのチャンバー放散量

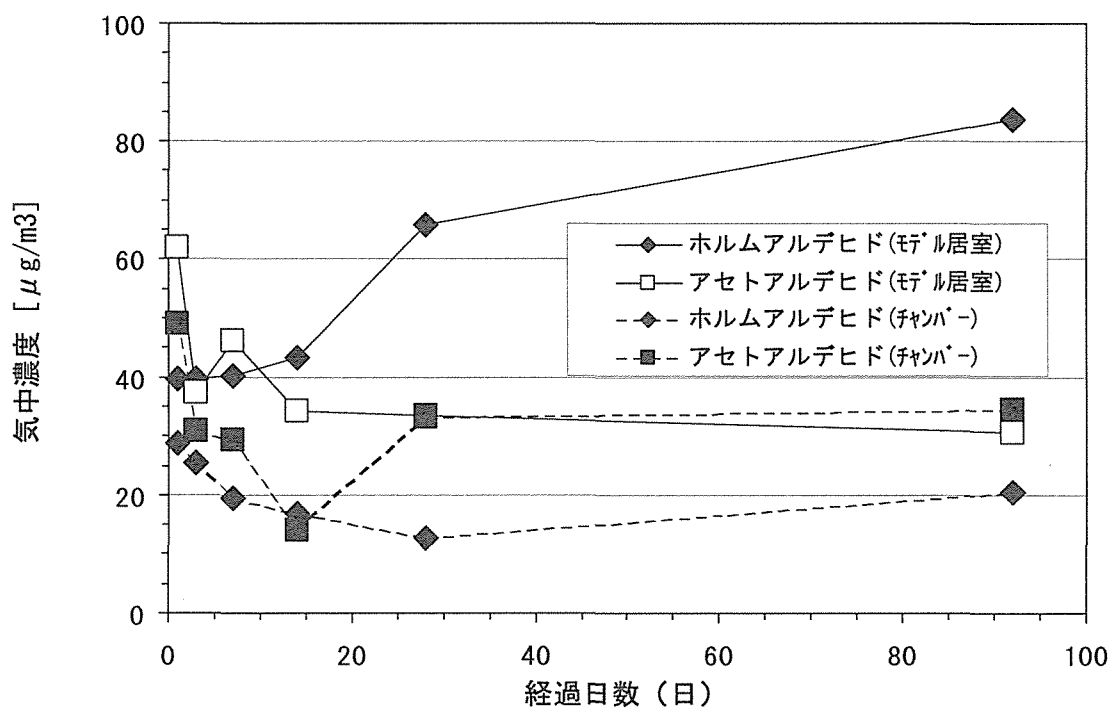


図1-25 ヒノキモデル居室におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド
 気中濃度とチャンバー計算値

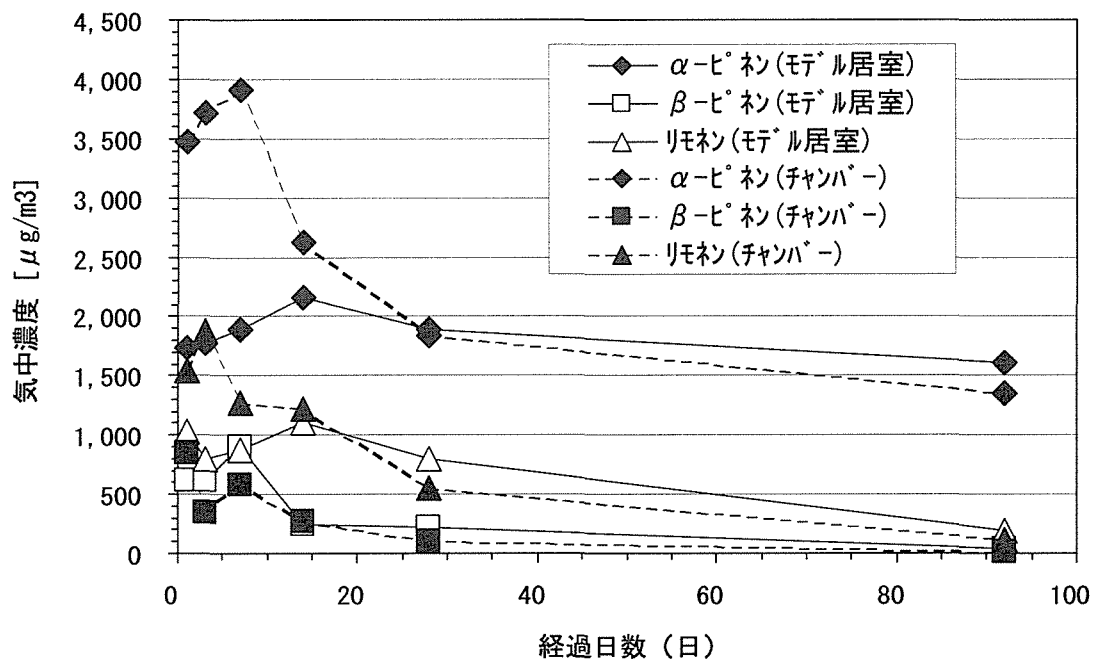


図1-26 ヒノキモデル居室におけるテルペン類気中濃度とチャンバー計算値

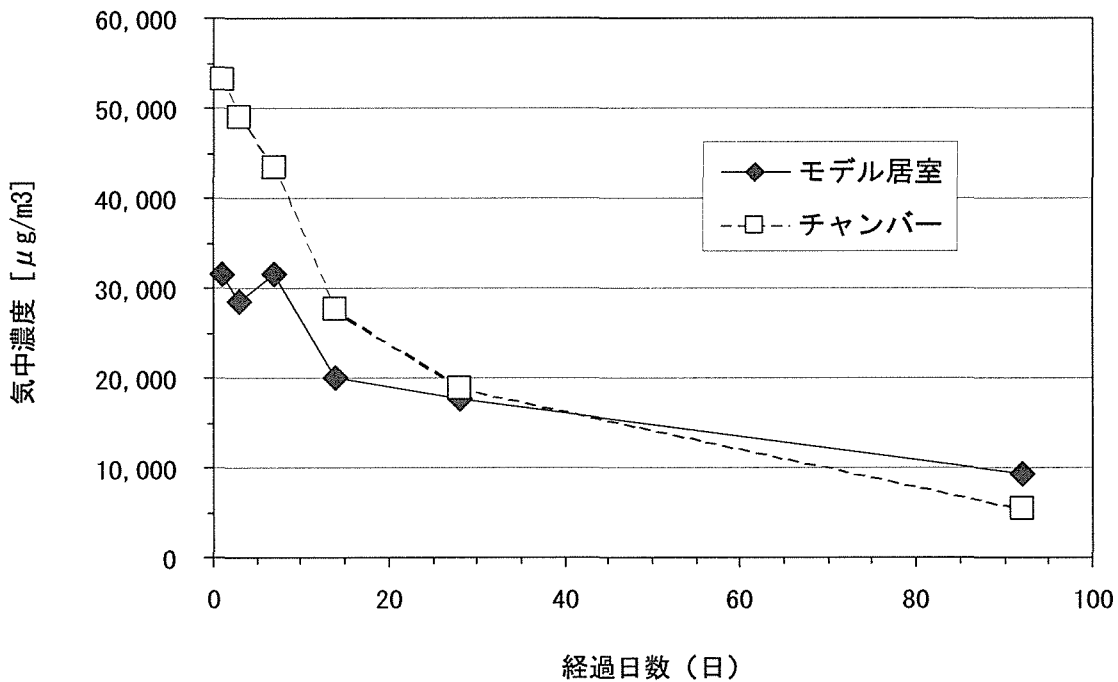


図1-27 ヒノキモデル居室におけるTVOC気中濃度とチャンバー計算値

II. ムク材多用実住宅におけるVOC類の放散経過

1. 目的

建物内装に木材・木質材料等の木質系材料をふんだんに使用した実住宅において室内空気質の実態調査を長期的に行い、木材多用実住宅でのカルボニル化合物及びVOC類気中濃度の放散挙動を把握することを目的として調査を行った。また、調査対象住宅にはスギ材が多用されていたことから、本事業で前年度実施したスギ材内装モデル居室との比較を行い、スギ材を多用した実住宅の居室とモデル居室との違いを明らかにすることを目的とした。

2. 調査方法

2.1 測定住居の仕様

本調査で測定を行った木材多用実住宅の概要は次の通りである。測定対象とした住宅は静岡県浜松市有玉台に所在し、2002年9月25日に竣工した在来軸組工法の住宅（2階建て）である。1階居間の床面積43.0m²、天井高2,568mm、室容積は110.4m³、2階寝室は床面積12.0m²、天井高2280mm、室容積は27.4m³である。木材多用実住宅の平面図を図1-28、写真を図1-29に示した。

床にはスギのムク材が張られており、壁は腰壁をスギ板材仕上げとし、その上部はシラス壁仕上げであった。また、1階居間におけるスギ材の設置率は0.55m²/m³であった。内部仕上げを表1-9に示した。

表1-9 測定居室の内装仕様

	居間	寝室
床下地	合板	スギ集成パネル（J-パネル）
床	スギ材	スギ材（自然塗料）
腰壁	スギ材	スギ材（自然塗料）
上壁	シラス壁	EP コーティング
天井	スギ集成パネル（J-パネル）	スギ集成パネル（J-パネル）

2.2 気中濃度測定方法

木材多用実住宅の気中濃度測定では居住者は普段通りに生活を行い、測定日には家の全ての開口部を完全に閉鎖した状態にして気中濃度測定を行った。したがって、生活上の最低限の開口部の開閉は避けられなかった。なお、外気の影響を考慮し、同時に外気の気中濃度測定を行った。

測定はモデル居室と同様の方法（I. 2.1.2）で行った。測定の様子を図1-30に示した。

2.3 分析方法

I. 2.1.2と同様の方法によってカルボニル化合物及びVOC類の分析を行った。

2.4 試料空気の捕集

木材多用実住宅及び外気の試料空気の捕集は、住宅の竣工直後の2002年10月16日に第1回目の測定を行い、その後は居住者が生活をした状態で2003年10月14日までの間、定期的に約1年にわたり測定を行った。なお、測定日程を表1-10に示した。また、木材多用実住宅が竣工した2002年9月25日を完成1日後と表した。

なお、試料空気の捕集回数は2回とし、その平均をもって気中濃度とした。

表1-10 実住宅の測定時期

測定日	築後経過日数
2002/10/16	22
2002/11/27	63
2002/12/26	92
2003/1/27	126
2003/6/3	277
2003/8/12	347
2003/10/14	410

3. 結果及び考察

3.1 カルボニル化合物気中濃度の経時変化

木材多様実住宅の1階居間での放散概要では、カルボニル化合物のうち高い気中濃度を示した物質としてホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトン、2-ブタノンがあげられる。

ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの気中濃度と経時変化を図1-31に、気中濃度と室温との関係を図1-32に示した。これによるとホルムアルデヒドは測定開始時の竣工22日後（10月16日、室温27.0℃）に指針値の100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回る157 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示したが、63日後（11月27日、同22.5℃）には急激に低減し34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ になった。しかし、気温の上昇とともに増加に転じ277日後（6月3日、26.1℃）には54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、夏季の347日後（8月12日、同29.9℃）には90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇、気温の低下とともに410日後（10月14日、同26.9℃）には再び53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ にまで低下している。アセトアルデヒドもホルムアルデヒドと同様の動きを示し、22日後に厚労省指針値48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の約3倍の139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、その後気温の低下する63日後から126日後までは40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で推移し、気温が高くなる277日後の6月3日には上昇に転じ、347日後の8月12日には110

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇するが、その後低下している。これらの増減を気温との関係で示した図1-32を見ると、ホルムアルデヒドのみならずアセトアルデヒドについてもその気中濃度の温度依存性が見られる。しかしながら、前年に行ったスギモデル居室の測定結果では、アセトアルデヒドについては温度依存性が認められず、今回の結果は大きく異なっている。これについては、今後更なる測定が必要であろう。

その他のアセトン、2-ブタノンについてみると、アセトンの気中濃度は22日後で $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、125日後には $79\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇するが、その後は $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ 付近で推移した。アセトンの放散源として、住宅内装材以外の生活環境に関係した家具類、雑誌類等の塗料などの溶媒として使われたものが放散した可能性も考えられる。2-ブタノンの気中濃度は22日後で $94\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、その後は $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 付近で推移した。これは搬入されたシステムキッチンなど、住宅内装材以外の生活に関係した製品などからの放散が考えられる。

3.2 VOC類の気中濃度の経時変化

木材多用実住宅から放散されたVOCの中でも、特に高い気中濃度を示し、木材由来と考えられる α -ピネン、 β -ピネン及びリモネンの気中濃度の経時変化を図1-33に示した。同じく、TVOCの気中濃度の経時変化を図1-34に示した。

テルペン類の中では α -ピネンが特に高い気中濃度を示し、22日後で $2029\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、その後63日後では若干減少し $1565\mu\text{g}/\text{m}^3$ になったが、その後急激に増加し92日後 $4,550\mu\text{g}/\text{m}^3$ になり、126日後には最高値 $5,500\mu\text{g}/\text{m}^3$ に達し、それ以降急速に低下し、410日後では $159\mu\text{g}/\text{m}^3$ になっている。 β -ピネン、リモネンに関しては当初から気中濃度は低く、126日以降は $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下で推移している。

TVOCの気中濃度は22日後に最も高い値 $14,716\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、その後はジグザグ状態であるが低下傾向をたどり、410日後には $4,804\mu\text{g}/\text{m}^3$ に低下した。しかしながら、暫定目標値の $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ は大きく上回っていた。

また、テルペン類以外ではトルエンが高い気中濃度を示した。22日後には指針値 $260\mu\text{g}/\text{m}^3$ を上回る $272\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示したが、その後は指針値以下に推移している。その他の放散物質としてテトラデカンがあったが指針値以下であった。

今回測定を行った木材多用実住宅では、 α -ピネンが竣工後3~4ヶ月にかけて異常に高い放散を見せたが、この原因として、壁材とフローリングの仕上げに使用されたオイルステイン塗料に含まれたテルペン成分が考えられる。TVOC及びトルエン、テトラデカンの放散には居住者の生活習慣が影響したとも考えられる。トルエン、テトラデカンのような溶剤として使われやすい物質の放散には、居住者が新たに導入した生活用品等が影響している可能性も考えられる。

3.3 モデル居室との比較

木材多用実住宅の内装にはスギ材がふんだんに使用されているため、先に行ったスギモデル居室のデータ（平成15年度住宅使用地域材性能把握事業報告書）との比較を試みた。

モデル居室及び木材多用実住宅（換気回数0.5回/hと仮定）のホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド気中濃度から算出した使用スギ材単位面積あたりからの放散量をそれぞれ図1-35及び図1-36に、同様にテルペン類の単位面積あたりの放散量をそれぞれ図1-37及び図1-38に示した。

まず、ホルムアルデヒドの放散量について見てみると、モデル居室では92～112日後、木材多用実住宅では347日後が夏季で最も気温の高い時期になり、この時期モデル居室、木材多用実住宅ともに高い放散量を示しており、スギムク材使用の実住宅においてもホルムアルデヒドの放散は温度依存性を示すことが明らかになった。しかし、アセトアルデヒドについてはモデル居室では施工直後に高い値を示し、その後は温度依存性がなく減少傾向をたどるのみであるのに対し、木材多用実住宅では温度依存性を示し、両者で異なる傾向となった。

テルペン類について見てみると、まずモデル居室、木材多用実住宅ともに α -ピネンが他のテルペンに比べて特に高い値を示している。モデル居室のテルペン類は施工から2ヶ月程度まで $600 \mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 程度の高い値を示しているが、その後は時間の経過とともに減少傾向をたどるのみである。木材多用実住宅では α -ピネンは施工から4ヶ月程度、 β -ピネン及びリモネンは施工直後に高い値を示し、その後は時間の経過とともに減少傾向をたどった。モデル居室と木材多用実住宅で放散速度にピークを迎える時期に差はあったものの、施工後からある程度の期間でピークを迎え、その後は温度依存性もなく減少していくといった同様の傾向を示した。しかし、その放散量は、実住宅の方がかなり大きな値を示した。

以上の主たる放散物質よりモデル居室と木材多用実住宅を比較したとき、アセトアルデヒドの放散量の温度依存性に差異が認められること、実住宅では意図的に使用された薬剤の影響を受けること等の相違点があるが、両者のホルムアルデヒド及びテルペン類の放散は類似の傾向を示していると言える。

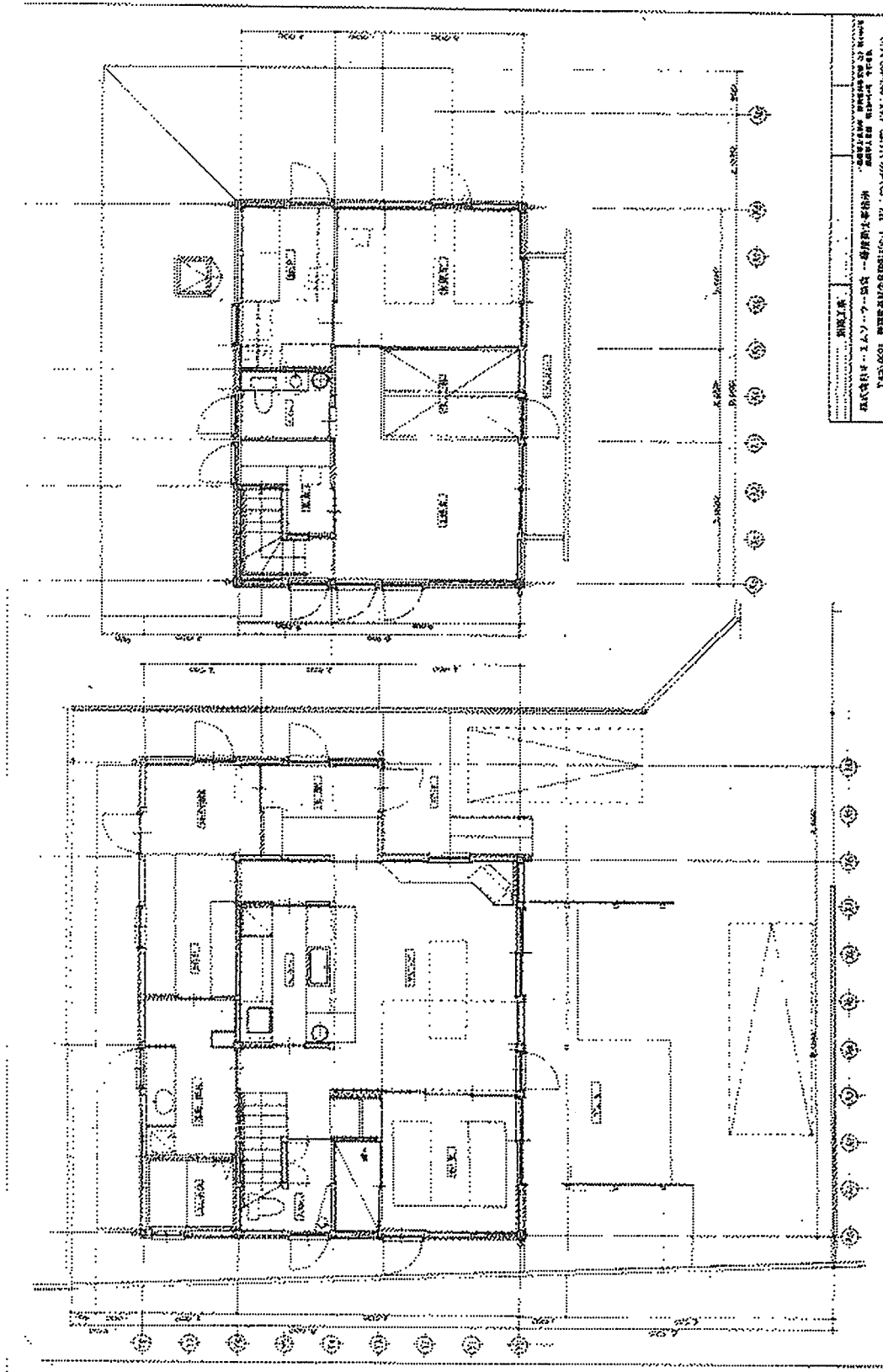


図1-28 測定住宅の平面図



図1-29 木材多用住宅外観図

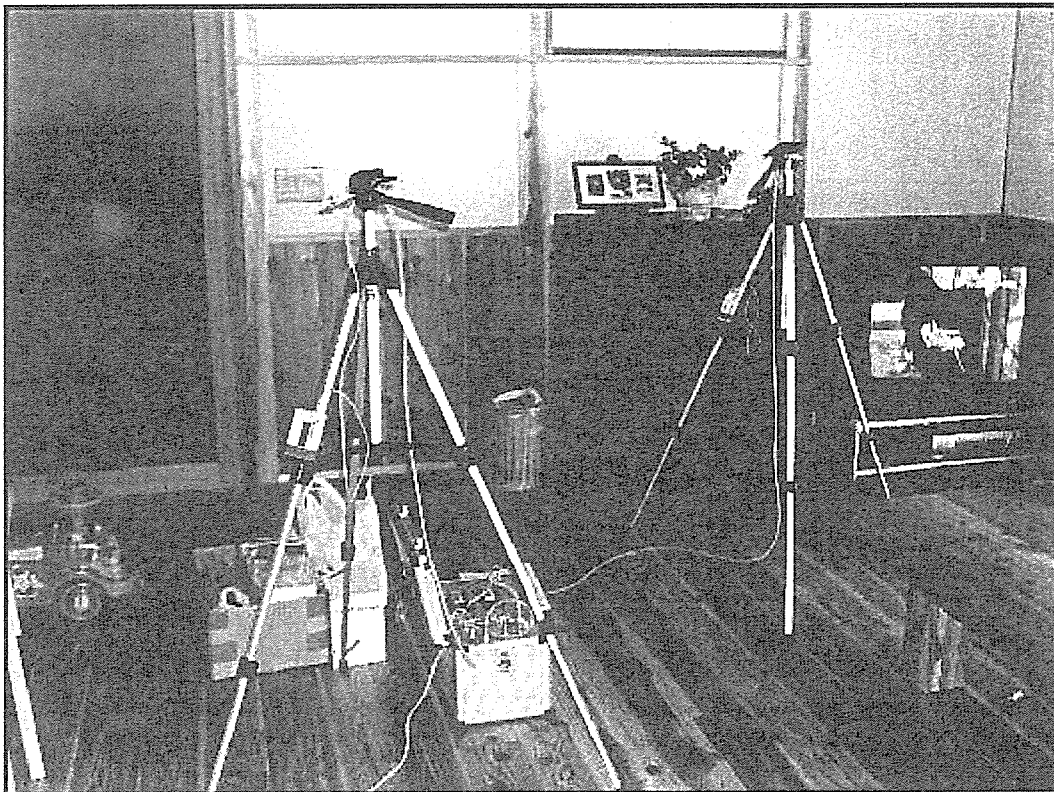


図1-30 実住宅での測定状況

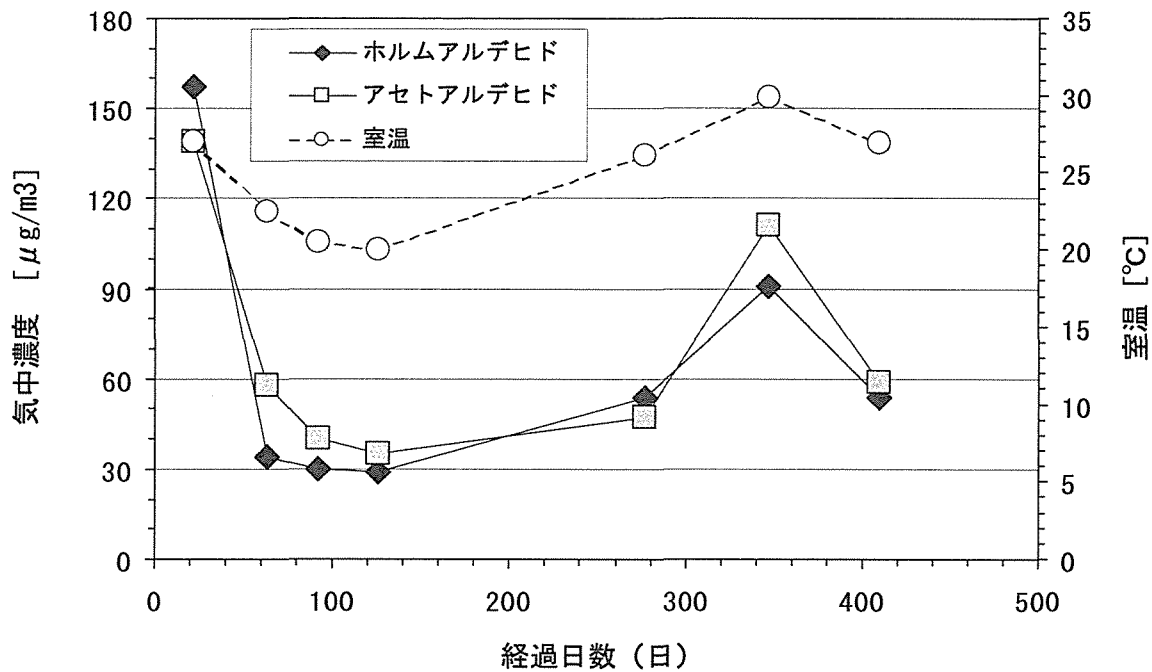


図1-31 木材多用住宅におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド
気中濃度の経時変化

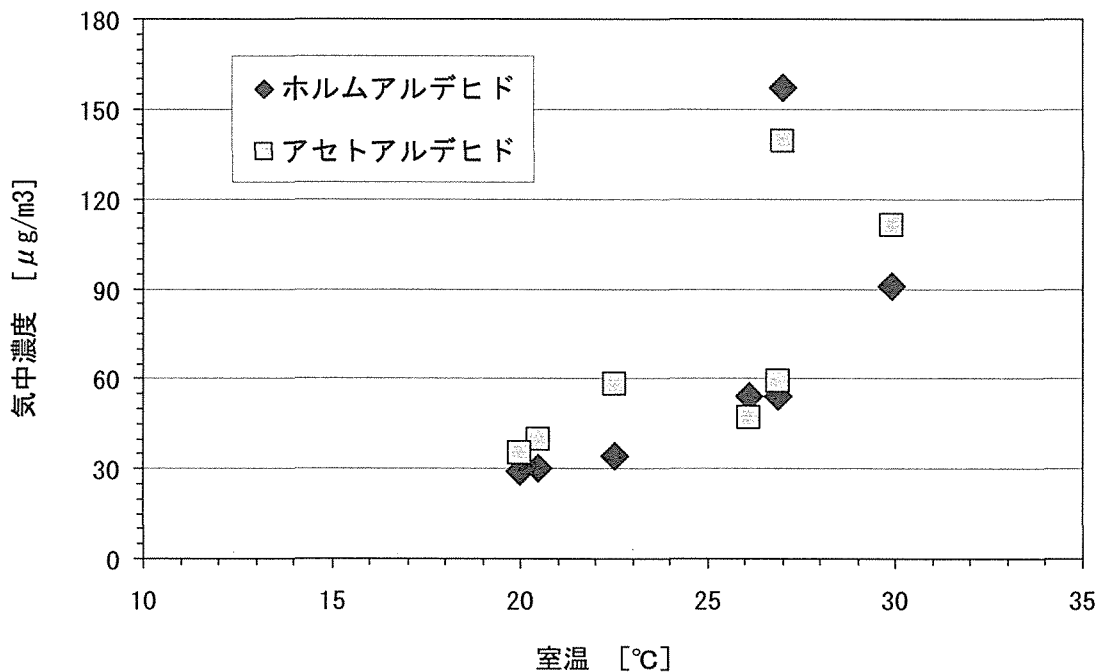


図1-32 木材多用住宅におけるホルムアルデヒド及び
アセトアルデヒド気中濃度と室温

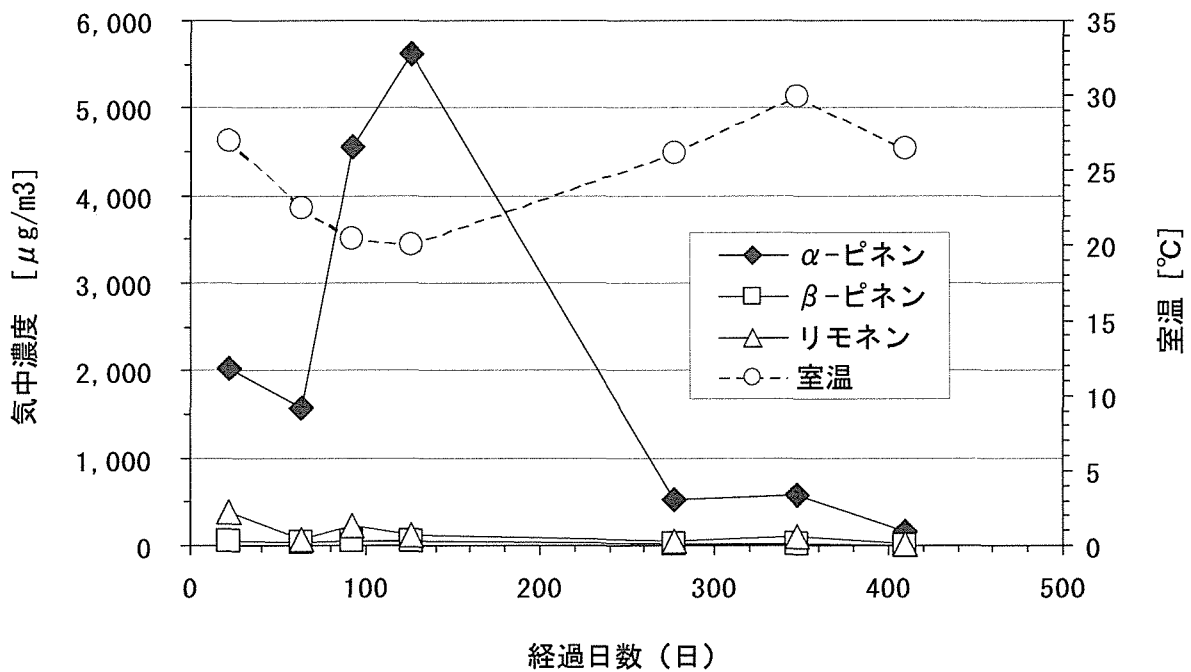


図1-33 木材多用住宅におけるテルペン類の気中濃度

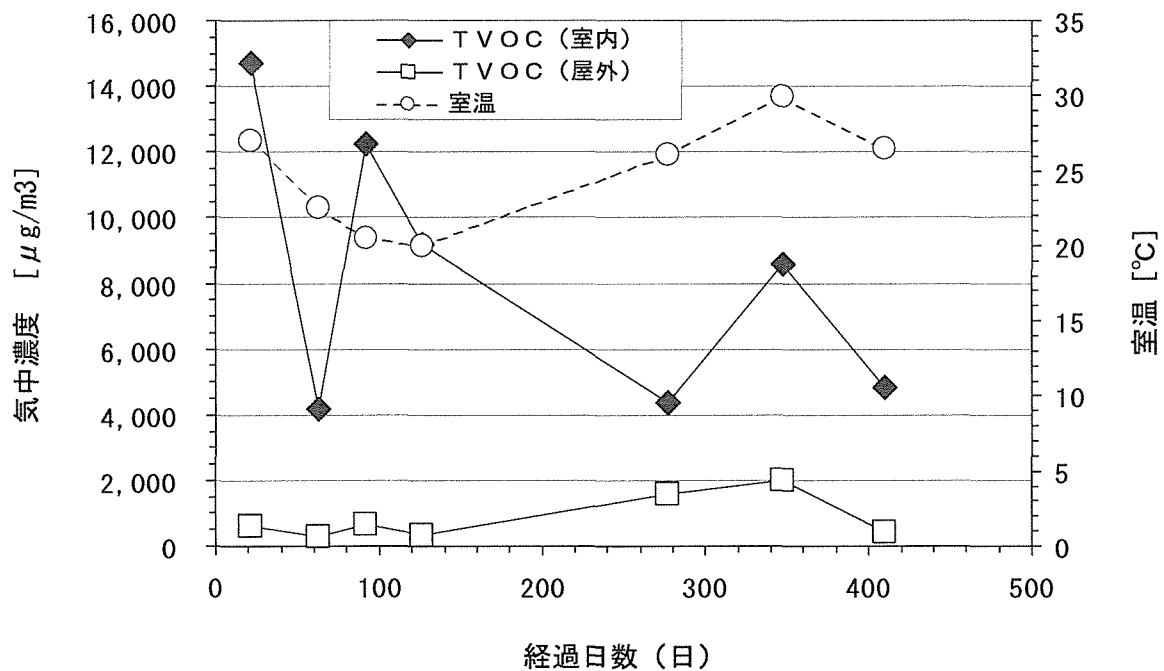


図1-34 木材多用住宅におけるTVOC気中濃度

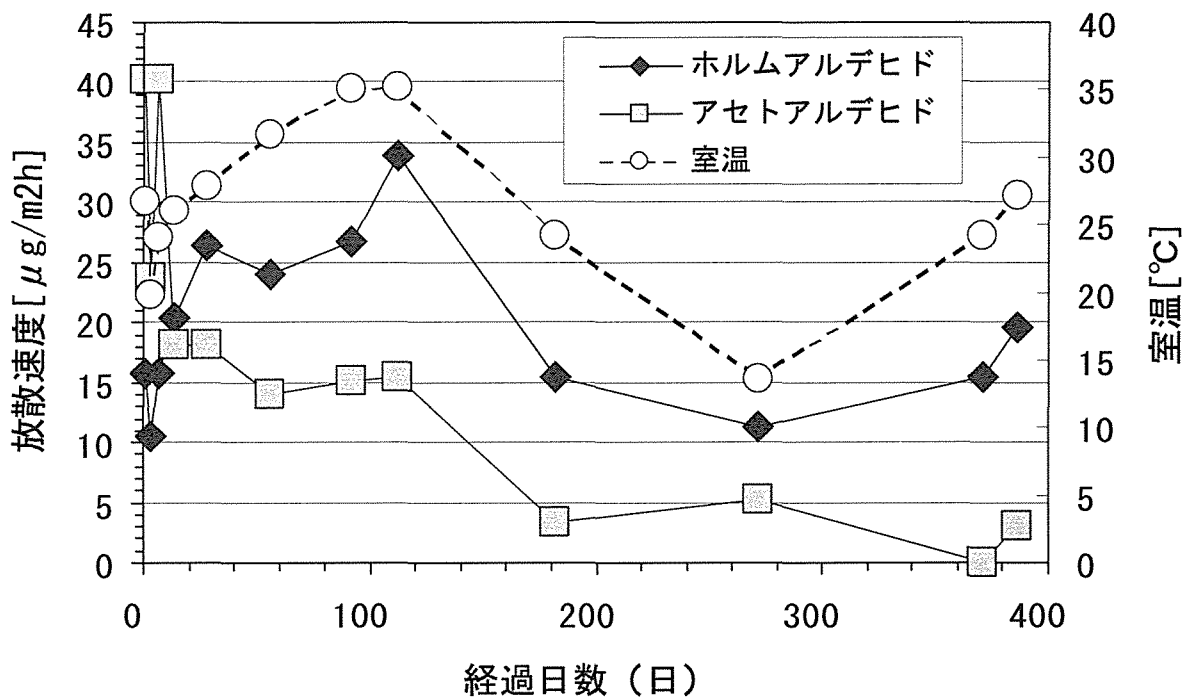


図1-35 スギモデル居室におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド放散量

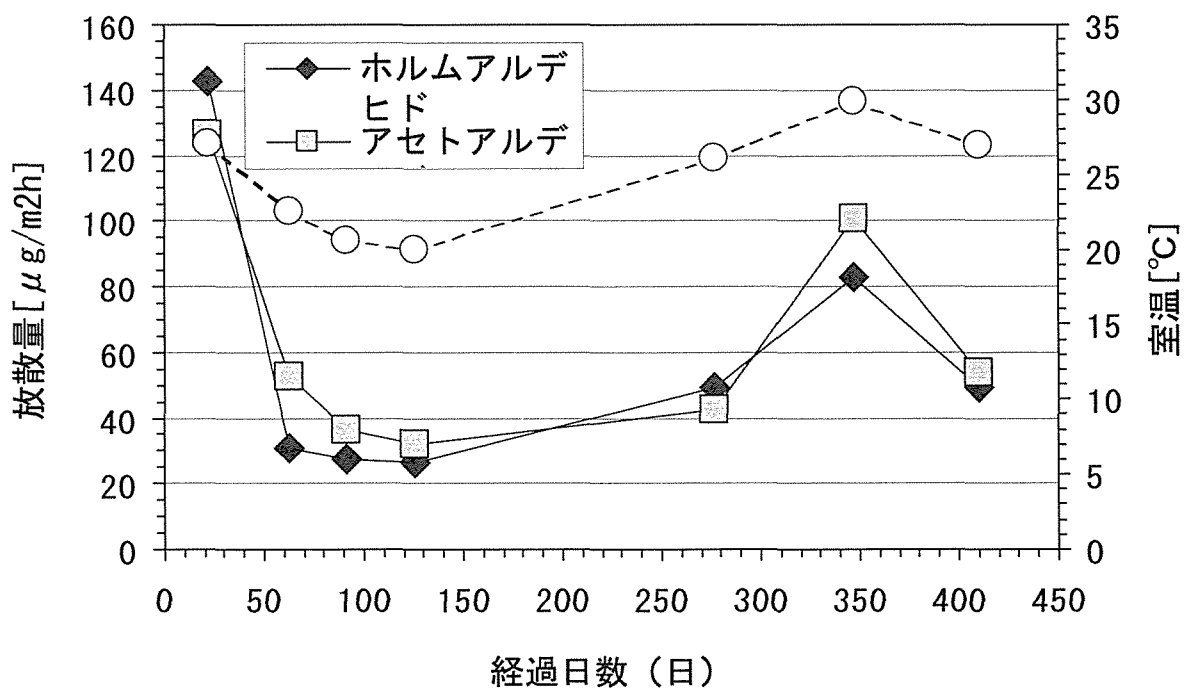


図1-36 スギ材多用実住宅におけるホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド放散量

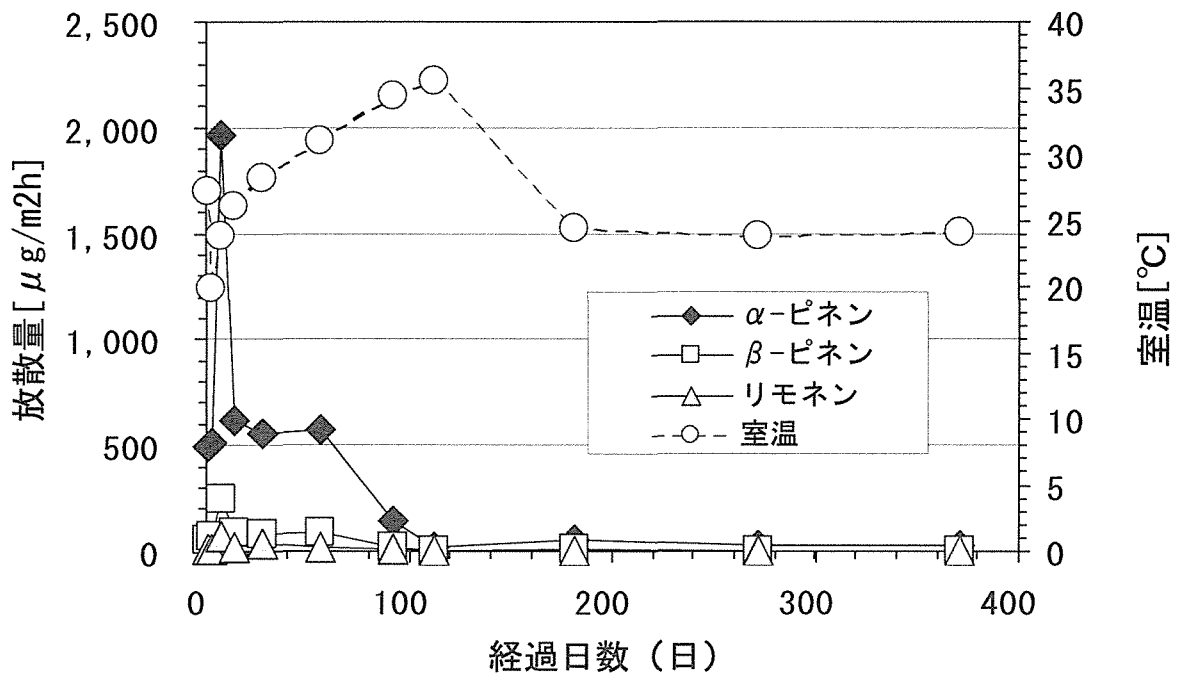


図1-37 スギモデル居室におけるテルペン類の放散量

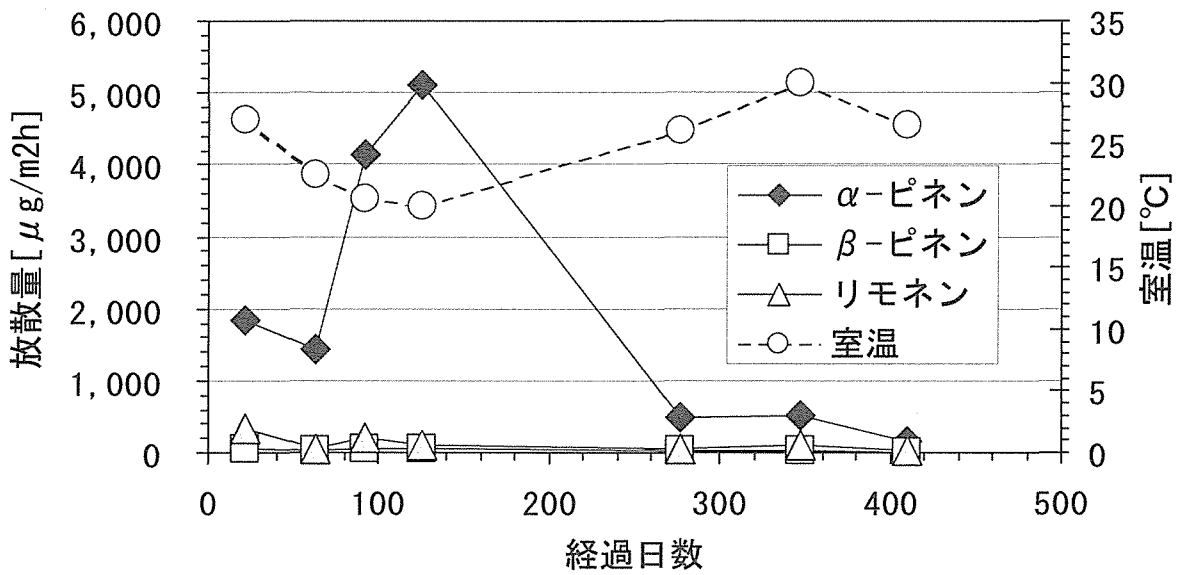


図1-38 スギ材多用実住宅におけるテルペン類の放散量

Ⅲ. 放散特性と内部仕様

1. 目的

本事業の一環として平成14年度に行った新築住宅における室内空気質調査結果を踏まえ、居室空間におけるVOC類の放散特性と内装仕上げとの関係を明らかにすることを目的に仕様の異なる住宅を選定し内装仕様の調査を行った。

2. 内装仕様調査

2.1 調査方法

工務店から取り寄せた測定住宅の内装仕上表・図面等と昨年実施した室内空気質のデータを基に、内装材と室内空気汚染物質の発生状況との関係について調査を行った。

2.2 調査対象

当事業では、2002年7月18日から2002年9月30日の間に静岡県内（一部愛知県内）に新設された住宅の室内空気質の測定を実施した。それら新築住宅を施工した工務店のうち、在来軸組工法で内装仕上げ仕様の傾向が異なる典型的な2社を選び、2社が施工した住宅21棟を調査対象とした。調査対象の内装仕様の違いより、床にムク材・スギ材集成板等、壁・天井にムク材や珪藻土等天系材料を多用した住宅をタイプA（10棟）、床にのみ木質複合フローリングを使用し、壁・天井はクロス貼の住宅をタイプB（11棟）とした（表1-11）。対象室数の内訳を表1-12に示した。タイプA住宅では居間10室、寝室10室、タイプB住宅では居間11室、寝室11室を選定した。また、図1-39に典型的なタイプA住宅を、図1-40に典型的なタイプB住宅を示した。

3. 結果及び考察

3.1 平成14年度の室内空気質調査の概要

平成14年度行った新築住宅52棟の空気質測定結果のうち、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドについて、その概要を述べる。ホルムアルデヒドについては、気中濃度が厚生労働省指針値(0.08ppm)以下であった住宅は全体の2分の1であった。このうち調査対象住宅でも、指針値以下であった住宅は全調査対象中のおよそ2分の1であった。

内装仕様、特に木材を多用した場合とそうでない場合に注目し、図1-41及び1-42に木材使用率とホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド気中濃度について示した。ここで示されている木材使用率とは、内装に使用されている木材の使用量（面積）を全居室内表面積に対する割合で表したもの（以下木質材料使用率とする）であり、20%以下、20～50%、50%以上というように分類した。20%以下とは、床のみに木質フローリングが使用されている場合が相当し、50%以上とは、床・壁3面以上に木質材料が使用されている場合で、この中間にあるものが20～50%という区分にな

る。これらの図からホルムアルデヒド気中濃度に関しては木材使用率による差は認められないが、アセトアルデヒド気中濃度に関しては木材使用率が増加するにつれ明らかに低濃度を示す傾向が見られた。

3.2 内装仕様の特徴

調査対象住宅の内装仕様をそれぞれ住宅タイプ別に表1-13及び1-14に示した。タイプA住宅では、床仕上げ材としてヒノキムク材を使用していた居室が7部屋、スギムク材を使用した居室が6部屋、パインムク材が2部屋、畳が2部屋、アカマツムク材、スギ集成材を使用した居室がそれぞれ1部屋ずつあった。また、測定時低下地材（構造用合板）のみ施工されていた居室が1部屋あった。さらに、壁には、珪藻土、漆喰、クロス（エコクロス）等、環境に配慮したことを特徴とする天然系材料が多く用いられていた。天井には、スギムク材、クロス（エコクロス・珪藻クロス）、和紙、合板が使用されていた。タイプB住宅では、床下地材としては構造用合板が使用されており、仕上げ材として木質複合フローリング（F₀）が使用されている。壁・天井にはビニールクロスが使用されており、下地材として石膏ボードが使用されていた。ビニールクロス施工時に使用された接着剤は酢酸ビニル系樹脂であった。

3.3 内装仕様と室内空気質

3.3.1 内装仕様とカルボニル化合物の気中濃度

1) ホルムアルデヒド気中濃度

まず住宅タイプ別ホルムアルデヒド気中濃度について図1-43に示した。タイプA住宅ではバラツキが大きく、低い気中濃度値（0.027ppm）を示す例もあるものの、高濃度（0.183ppm）を示すものも見られた。タイプB住宅では指針値付近にやや集中する傾向が見られ、空気質に配慮した材料選定がなされていることがうかがえるものの、分布の範囲はタイプA住宅と同様に大きく、住宅タイプによるホルムアルデヒド気中濃度の差は確認できなかった。また、タイプB住宅は同一工務店による住宅でほぼ同じ内装材を使用しているものと思われるが、幅広い分布が見られた。これには、施工の際に使用された接着剤・シーリング剤等、内装材以外の建築材料が影響しているものと考えられる。

次に、調査住宅の内装仕様の詳細をホルムアルデヒド気中濃度の高い順に表1-15に示した。厚生労働省指針値（0.08ppm）を越えた居室は、タイプA住宅、タイプB住宅ともに約1/2で、住宅タイプの間には差は見られなかった。特に高濃度を示した住宅では、クロスや複合フローリング等合成化学材料が多用されている傾向が見られ、特に低濃度を示した住宅ではクロス、集成材、合板が用いられているもののその使用面積は少なく、ムク材や珪藻土・漆喰等、天然由来材料が多用されている傾向が見られた。

また、内装仕様がほぼ同様の住宅であるにも関わらず気中濃度の差が生じた例を

抜粋し以下に示す。

a) スギムク材を使用した住宅（タイプA住宅）

内装材にスギムク材が使用されている住宅A-2（居間）とA-4（居間）を比較すると、両者共に同様に木材を多用した住宅であるが、A-2の気中濃度は0.183ppm、A-4は0.027ppmと約6倍となっている。この原因として、壁材として使用されているシナ合板がホルムアルデヒドの放散源となったと考えられる。同様に、シナ合板を壁材として使用したA-5（寝室）でも比較的高い気中濃度0.114ppmが見られた。

b) 居間と寝室の気中濃度差（タイプB住宅）

B-5では気中濃度が居間で0.133ppm、寝室で0.172ppmと居間・寝室ともに高い気中濃度を示した。特に、寝室の濃度は指針値の2倍を示した。居間と寝室では同様の内装仕様にも関わらず濃度に差が生じている。測定した居間はキッチンを含むため、換気扇等が設置されていること、居間と寝室では構造上換気効率に違いがある可能性があること、また寝室の方が居間に比べ若干気温・湿度が高くなるため、内装材の温度も上昇し、ホルムアルデヒドの放散を促したと考えられる。

2) アセトアルデヒド気中濃度

図1-44に住宅タイプ別アセトアルデヒド気中濃度について示した。タイプB住宅において高濃度を示す傾向が顕著で、最大値は0.673ppmで指針値0.03ppmの20倍強にも及んでいる。現在、指針値の見直しが検討されているというアセトアルデヒド気中濃度指針値0.170ppmと比較しても0.673ppmは非常に高い値である。また、0.170ppmを下回った住宅はタイプB住宅で14%、タイプAで85%とタイプA住宅では明らかに低濃度を示す傾向が見られた。

次に、調査住宅の内装仕様の詳細をアセトアルデヒド気中濃度の高い順に表1-16に示した。高濃度を示した住宅では、複合フローリング、ビニールクロスといった合成化学材料が多用されている傾向が見られた。また、高濃度を示した居室全てにおいて室内温度が30度を超えていたのに対して、同様の内装仕様でも室内温度が20℃前半の場合、気中濃度は1/3程度まで減少していて、アセトアルデヒド放散に関しても温度依存性が示唆された。低濃度を示した住宅では、ムク材、珪藻土、和紙等天然系材料が多用されている傾向が見られた。

このように、タイプB住宅で高濃度を示し、タイプA住宅では低濃度を示したかについては原因の特定はできないが、タイプA住宅では測定時の室内気温が高いにもかかわらず気中濃度が低くなる傾向が見られたことを考えると、これらの使用材料、あるいは施工材がアセトアルデヒドの放散に強く影響していることを示唆しているものと考えられる。

3.3.2 内装仕様とTVOC気中濃度

図1-45に住宅タイプ別TVOC気中濃度について示した。タイプA住宅では極めて高濃度を示す傾向が見られ、タイプB住宅では比較的低濃度を示す傾向が見られ、住宅タイプにおける顕著な違いが見られた。しかしながらタイプB住宅においても

暫定指針値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ は大きく上回っていた。

また、図1-46にVOC族別の気中濃度について示した。タイプA住宅では、脂肪族炭化水素、芳香族炭化水素、テルペン類、ハロゲン類、エステル類以外のその他のVOC類の占める割合が非常に大きいのに対し、タイプB住宅では小さかった。平成14年度のスギ材を使用したモデル居室における室内空気質測定で、その他のVOC類に占めるテルペン類の割合が高いことが確認されていることより、タイプA住宅におけるその他のVOC類に占める α -ピネン、 β -ピネン、リモネン以外のテルペン類の割合が相当に高いと考えられ、ムク材が大きな放散源となっていることが考えられる。

表1-17にTVOC気中濃度を上位から順に内装仕様とともに示した。高濃度を示した住宅ではムク材を多用している傾向が顕著である。特に、スギ材を使用した住宅で高濃度を示す傾向が見られた。低濃度を示した住宅ではムク材の使用が見られなかった。

3.3.3 内装仕様とテルペン類気中濃度

図1-47に住宅タイプ別にテルペン類気中濃度を示した。ここでの気中濃度とは、 α -ピネン、 β -ピネン、リモネン気中濃度の総和である。タイプA住宅では極めて高濃度を示す傾向が見られ、タイプB住宅では低濃度であった。これは、ムク材からのテルペン類の放散によるものと考えられる。

表1-18に、テルペン類気中濃度の高い住居について高い順に内装仕様とともに示した。また、テルペン類3種の濃度の内訳を図1-48に示した。ムク材を使用した住宅において高濃度を示す傾向が見られ、ヒノキを用いた住宅で特に高濃度を示す傾向が見られた。またテルペン類は木材由来成分であるため、木質材料の使用が少ないタイプB住宅では、最高値でも $464\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、タイプA住宅の最低値である $1200\mu\text{g}/\text{m}^3$ を大幅に下回っていた。

また、それぞれのテルペン類について図1-48をみると、 α -ピネンが最も高濃度で、次いでリモネンとなり、 β -ピネンの放散は極めて微少であった。ヒノキを用いた住宅でも香気成分である α -ピネン気中濃度が高くなっている傾向が見られた。

表 1-11 測定住宅の内装仕様による分類

タイプ		床	壁	天井
タイプA	仕上	ムク材・スギ集成板	ムク材・クロス・珪藻土等	ムク材・クロス・合板等
	下地	合板	PB・合板	PB・合板
タイプB	仕上	木質複合フローリング	クロス(塩ビ)	クロス(塩ビ)
	下地	合板	PB	PB

表 1-12 測定室数の内訳

	タイプ	居間	寝室
在来軸組住宅	タイプA	10	10
	タイプB	11	11

表 1-13 調査A住宅の内装仕様の詳細

住宅No.	測定場所	床(下地)	壁(下地)	天井(下地)	木材使用率*
A-1	居間	スギ(ラーチ合板)	左官仕上(PB)	スギ	Ⅱ
	寝室	スギ(ラーチ合板)	クロス(PB)	スギ	Ⅱ
A-2	居間	スギ(ラーチ合板)	シナ合板	スギ	Ⅲ
	寝室	畳(ラーチ合板)	珪藻土(PB)	スギ(PB)	Ⅰ
A-3	居間	スギ(ラーチ合板)	珪藻土(PB)	珪藻クロス(PB)	Ⅰ
	寝室	スギ(ラーチ合板)	珪藻土(PB)	珪藻クロス(PB)	Ⅰ
A-4	居間	スギ(ラーチ合板)	珪藻土(PB)	クロス(PB)	Ⅲ
	寝室	畳(ラーチ合板)	珪藻土(PB)		Ⅰ
A-5	居間	パイン	クロス(PB)	クロス(PB)	Ⅰ
	寝室	パイン	クロス(PB)	シナ合板	Ⅱ
A-6	居間	ヒノキ(針葉樹合板)	漆喰(石膏ボード)	針葉樹合板	Ⅲ
	寝室	ヒノキ(針葉樹合板)	クロス(石膏ボード)	針葉樹合板	Ⅱ
A-7	居間	ヒノキ(針葉樹合板)	漆喰(石膏ボード)	針葉樹合板	Ⅲ
	寝室	ヒノキ(針葉樹合板)	クロス(石膏ボード)	針葉樹合板	Ⅱ
A-8	居間	ヒノキ(スギ合板)	左官仕上(ラスボード)	スギ	Ⅲ
	寝室	構造用合板(スギ合板)	左官仕上(ラスボード)	スギ	Ⅲ
A-9	居間	アカマツ(針葉樹合板)	漆喰(PB)	珪藻クロス(PB)	Ⅲ
	寝室	Jパネル	珪藻土(PB)	珪藻クロス(PB)	Ⅰ
A-10	居間	ヒノキ(合板)	珪藻土(PB)	和紙(PB)	Ⅱ
	寝室	ヒノキ(合板)	和紙(PB)	スギ	Ⅱ

*)木材使用率 Ⅰ：20%，Ⅱ：50%，Ⅲ：50%超

表 1-14 調査住宅Bの内装仕様の詳細

住宅No.	測定場所	床(下地)	壁(下地)	天井(下地)	木材使用率*)
B-1	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
B-2	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
B-3	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
B-4	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
B-5	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
B-6	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
B-7	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
B-8	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
B-9	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
B-10	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
B-11	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I
	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)	I

*)木材使用率 I :20%, II :50%, III :50%超

表 1-15 ホルムアルデヒド気中濃度と内装仕様表

住宅No.	HCHO濃度 (ppm)	測定室	床 (下地)	壁 (下地)	天井 (下地)
A-2	0.183	居間	スギ (ラーチ合板)	シナ合板	スギ
B-5	0.172	寝室	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス
A-5	0.135	居間	パイン	クロス (PB)	クロス (PB)
B-5	0.133	居間	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス
B-11	0.128	寝室	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス
A-10	0.120	居間	ヒノキ (合板)	珪藻土 (PB)	和紙 (PB)
A-5	0.114	寝室	パイン	クロス (PB)	シナ合板
A-10	0.104	寝室	ヒノキ (合板)	和紙 (PB)	スギ
B-3	0.099	居間	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス
B-8	0.098	寝室	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス
A-2	0.097	寝室	畳 (ラーチ合板)	珪藻土 (PB)	スギ (PB)
B-6	0.097	寝室	木質複合フローリング<C社> (PB)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス
A-7	0.093	寝室	ヒノキ (針葉樹合板)	クロス (石膏ボード)	針葉樹合板
A-3	0.089	寝室	スギ (ラーチ合板)	珪藻土 (PB)	珪藻クロス (PB)
B-3	0.087	寝室	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス
B-2	0.081	居間	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス
B-7	0.072	寝室	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス
B-1	0.071	居間	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス
A-1	0.069	居間	スギ (ラーチ合板)	左官仕上 (PB)	スギ
A-9	0.069	居間	アカマツ (針葉樹合板)	漆喰 (PB)	珪藻クロス (PB)
A-7	0.068	居間	ヒノキ (針葉樹合板)	漆喰 (石膏ボード)	針葉樹合板
A-6	0.067	居間	ヒノキ (針葉樹合板)	漆喰 (石膏ボード)	針葉樹合板
B-9	0.066	寝室	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-8	0.065	居間	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-6	0.062	居間	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-7	0.062	居間	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-2	0.061	寝室	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-4	0.061	寝室	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
A-6	0.059	寝室	ヒノキ (針葉樹合板)	クロス (石膏ボード)	針葉樹合板
B-11	0.059	居間	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-1	0.057	寝室	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-10	0.057	寝室	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
A-1	0.056	寝室	スギ (ラーチ合板)	クロス (PB)	スギ
B-4	0.051	居間	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-10	0.049	居間	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
A-8	0.048	居間	ヒノキ (スギ合板)	左官仕上 (ラスボード)	スギ
A-3	0.046	居間	スギ (ラーチ合板)	珪藻土 (PB)	珪藻クロス (PB)
B-9	0.044	居間	木質複合フローリング (合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
A-9	0.043	寝室	Jパネル	珪藻土 (PB)	珪藻クロス (PB)
A-4	0.035	寝室	畳 (ラーチ合板)	珪藻土 (PB)	
A-4	0.027	居間	スギ (ラーチ合板)	珪藻土 (PB)	クロス (PB)
A-8	0.019	寝室	構造用合板 (スギ合板)	左官仕上 (ラスボード)	スギ

表 1-16 アセトアルデヒド気中濃度と内装仕様

住宅No.	CH ₃ CHO濃度 (ppm)	測定室	床 (下地)	壁 (下地)	天井 (下地)
B-1	0.673	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-3	0.612	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-3	0.584	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-1	0.476	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-5	0.44	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-5	0.421	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-2	0.402	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-4	0.38	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-2	0.298	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
A-7	0.264	寝室	ヒノキ(針葉樹合板)	クロス (石膏ボード)	針葉樹合板
B-6	0.255	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-7	0.255	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
A-2	0.242	居間	スギ(ラージ合板)	シナ合板	スギ
B-10	0.235	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-10	0.218	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-11	0.212	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
A-4	0.21	居間	スギ(ラージ合板)	珪藻土 (PB)	クロス (PB)
B-6	0.208	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-7	0.208	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-8	0.189	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-9	0.184	寝室	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
B-11	0.184	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
A-2	0.166	寝室	畳(ラージ合板)	珪藻土 (PB)	スギ (PB)
B-8	0.143	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
A-4	0.132	寝室	畳(ラージ合板)	珪藻土 (PB)	
A-8	0.117	寝室	構造用合板(スギ合板)	左官仕上(ラスボード)	スギ
A-6	0.112	寝室	ヒノキ(針葉樹合板)	クロス(石膏ボード)	針葉樹合板
A-1	0.11	寝室	スギ(ラージ合板)	クロス (PB)	スギ
A-1	0.107	居間	スギ(ラージ合板)	左官仕上 (PB)	スギ
B-9	0.092	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
A-5	0.09	居間	パイン	クロス (PB)	クロス (PB)
A-7	0.087	居間	ヒノキ(針葉樹合板)	漆喰(石膏ボード)	針葉樹合板
A-5	0.081	寝室	パイン	クロス (PB)	シナ合板
A-8	0.075	居間	ヒノキ(スギ合板)	左官仕上(ラスボード)	スギ
A-9	0.072	寝室	Jパネル	珪藻土 (PB)	珪藻クロス (PB)
B-4	0.06	居間	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス (PB)	ビニールクロス (PB)
A-9	0.057	居間	アカマツ(針葉樹合板)	漆喰 (PB)	珪藻クロス (PB)
A-6	0.056	居間	ヒノキ(針葉樹合板)	漆喰(石膏ボード)	針葉樹合板
A-10	0.028	居間	ヒノキ(合板)	珪藻土 (PB)	和紙 (PB)
A-10	0.028	寝室	ヒノキ(合板)	和紙 (PB)	スギ
A-3	0.021	寝室	スギ(ラージ合板)	珪藻土 (PB)	珪藻クロス (PB)
A-3	0.02	居間	スギ(ラージ合板)	珪藻土 (PB)	珪藻クロス (PB)

表 1-17 TVOC 気中濃度と内装仕様

住宅No.	測定室	TVOC($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	床(下地)	壁(下地)	天井(下地)
A-4	居間	31,250	スギ(ラーチ合板)	珪藻土(PB)	クロス(PB)
A-5	居間	27,100	パイン	クロス(PB)	クロス(PB)
A-1	居間	19,000	スギ(ラーチ合板)	左官仕上(PB)	スギ
A-2	居間	15,150	スギ(ラーチ合板)	シナ合板	スギ
A-7	居間	14,000	ヒノキ(針葉樹合板)	漆喰(石膏ボード)	針葉樹合板
A-6	居間	14,000	ヒノキ(針葉樹合板)	漆喰(石膏ボード)	針葉樹合板
A-8	居間	13,200	ヒノキ(スギ合板)	左官仕上(ラスボード)	スギ
A-10	居間	10,020	ヒノキ(合板)	珪藻土(PB)	和紙(PB)
A-9	居間	8,150	アカマツ(針葉樹合板)	漆喰(PB)	珪藻クロス(PB)
B-2	居間	6,875	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス(PB)	ビニールクロス(PB)
B-5	居間	6,295	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス(PB)	ビニールクロス(PB)
B-1	居間	5,610	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス(PB)	ビニールクロス(PB)
B-3	居間	4,200	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス(PB)	ビニールクロス(PB)

表 1-18 テルペン類気中濃度と内装仕様

住宅No.	測定室	テルペン類3種 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	床(下地)	壁(下地)	天井(下地)
A-7	居間	3,596	ヒノキ(針葉樹合板)	漆喰(石膏ボード)	針葉樹合板
A-6	居間	2,779	ヒノキ(針葉樹合板)	漆喰(石膏ボード)	針葉樹合板
A-8	居間	2,660	ヒノキ(スギ合板)	左官仕上(ラスボード)	スギ
A-1	居間	2,356	スギ(ラーチ合板)	左官仕上(PB)	スギ
A-9	居間	2,265	アカマツ(針葉樹合板)	漆喰(PB)	珪藻クロス(PB)
A-5	居間	2,150	パイン	クロス(PB)	クロス(PB)
A-10	居間	2,101	ヒノキ(合板)	珪藻土(PB)	和紙(PB)
A-4	居間	1,607	スギ(ラーチ合板)	珪藻土(PB)	クロス(PB)
A-2	居間	1,200	スギ(ラーチ合板)	シナ合板	スギ
B-2	居間	418	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス(PB)	ビニールクロス(PB)
B-3	居間	312	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス(PB)	ビニールクロス(PB)
B-5	居間	198	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス(PB)	ビニールクロス(PB)
B-1	居間	46.3	木質複合フローリング(合板)	ビニールクロス(PB)	ビニールクロス(PB)

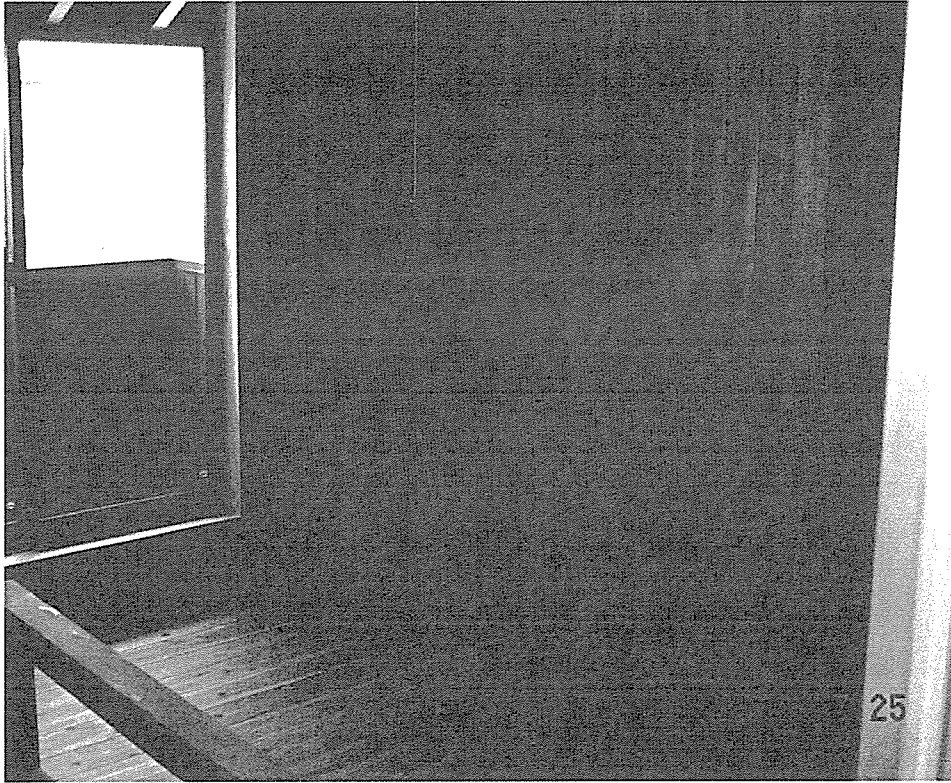


図 1-39 典型的なタイプA住宅

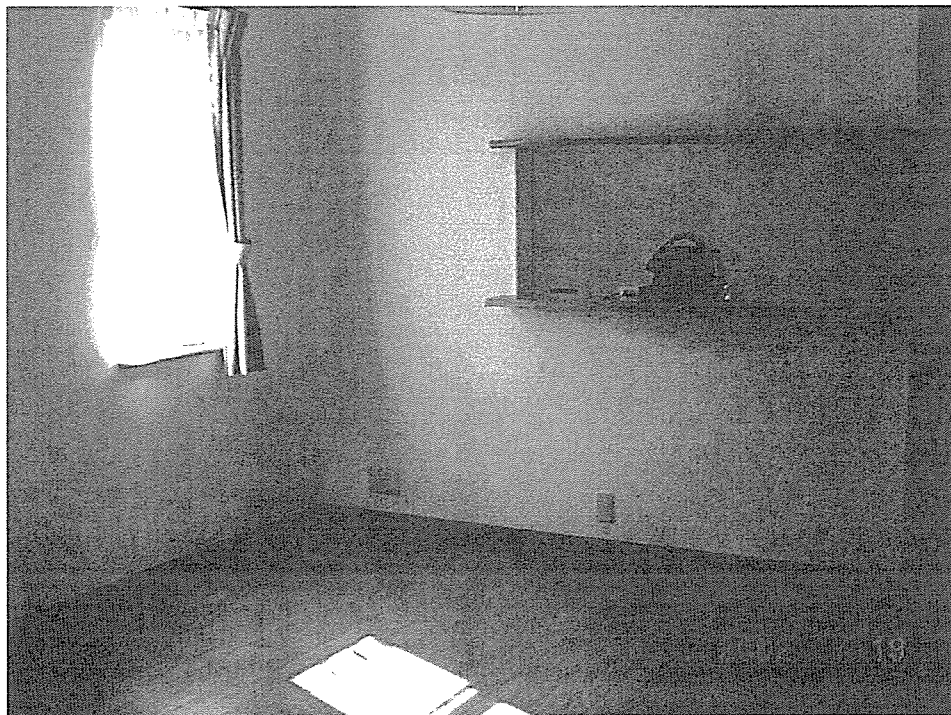


図 1-40 典型的なタイプB住宅

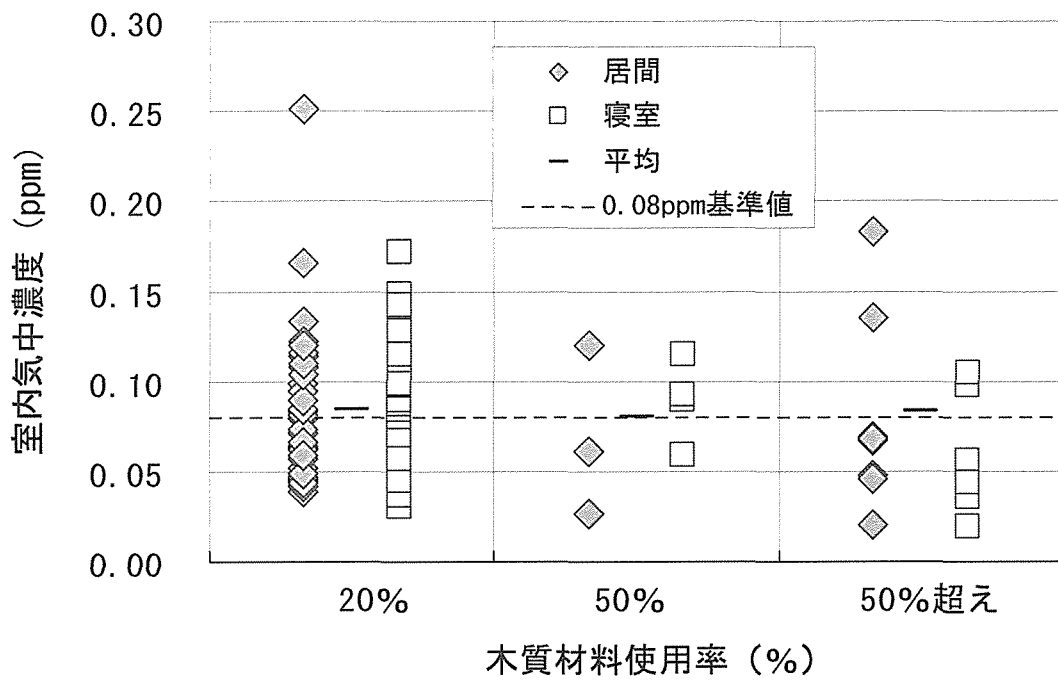


図 1-41 木質材料使用率とホルムアルデヒド気中濃度

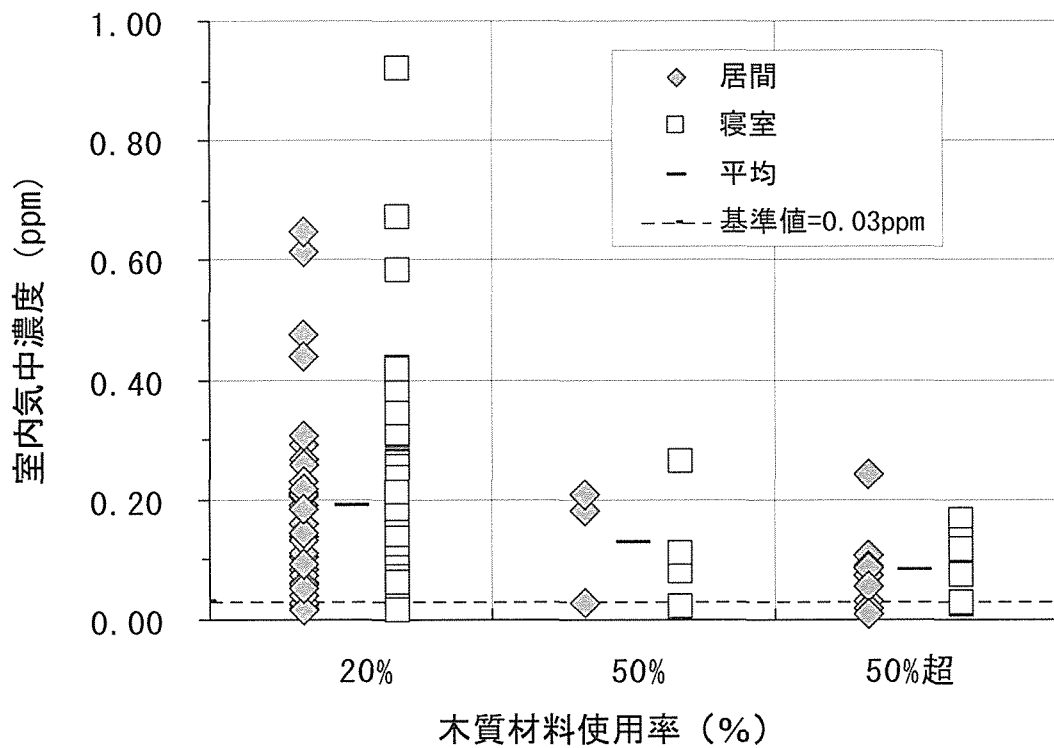


図 1-42 木質材料使用率とアセトアルデヒド気中濃度

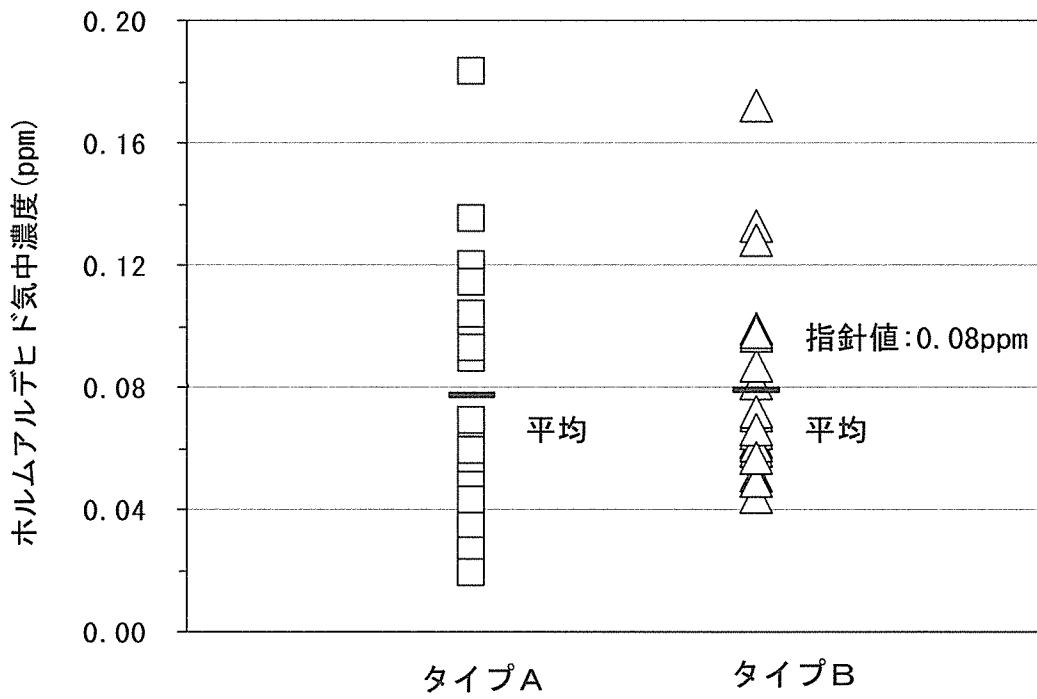


図 1-43 住宅タイプによるホルムアルデヒド気中濃度

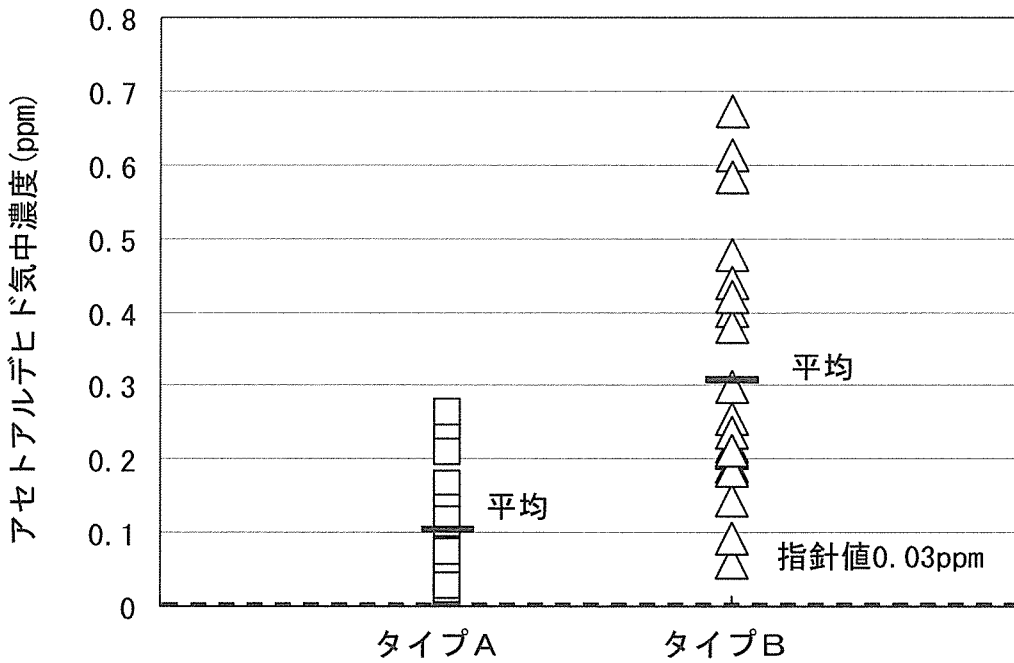


図 1-44 住宅タイプ別、アセトアルデヒド気中濃度

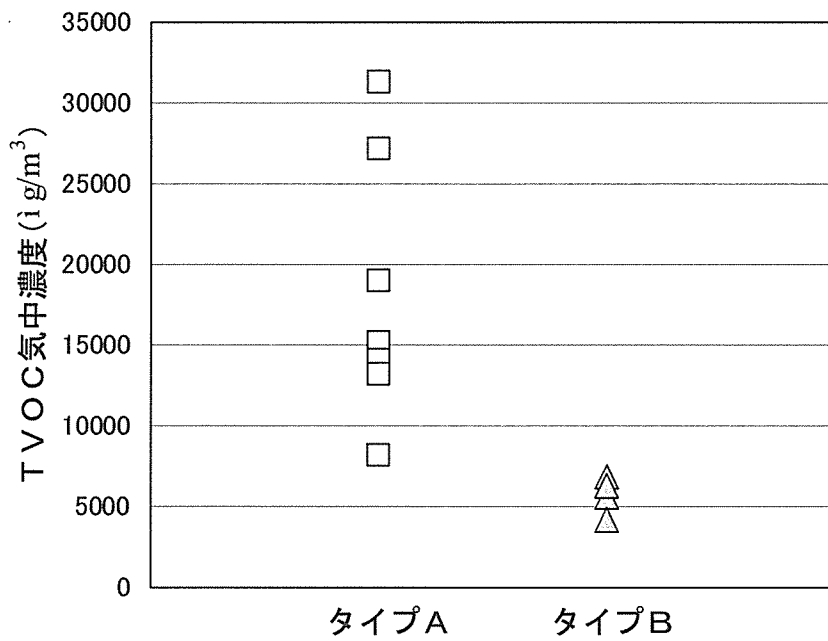


図 1-45 住宅タイプ別TVOC気中濃度

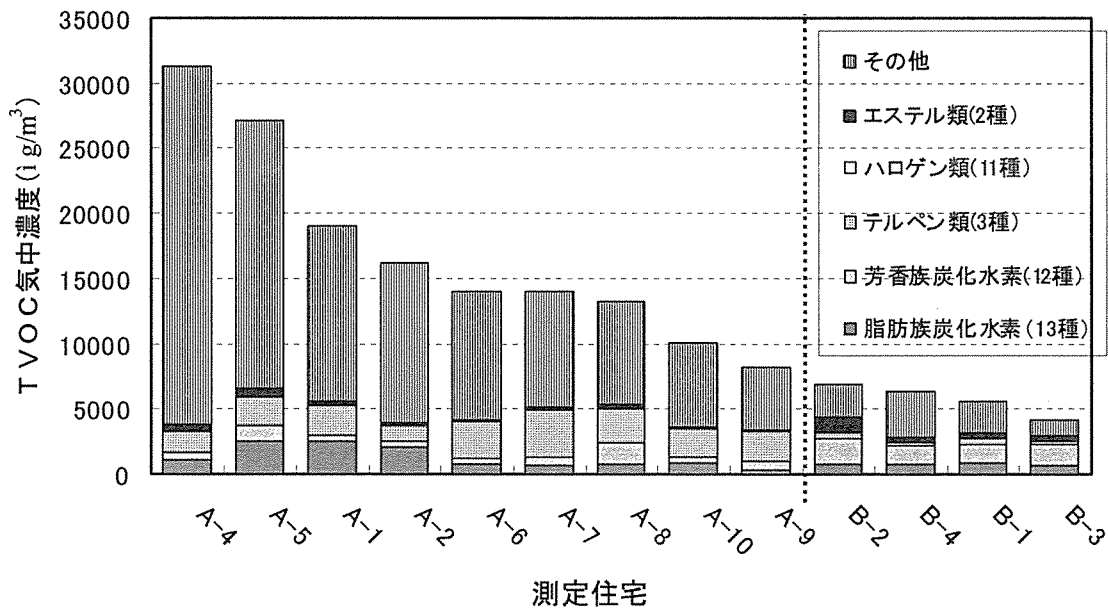


図 1-46 住宅の放散物質別TVOC気中濃度

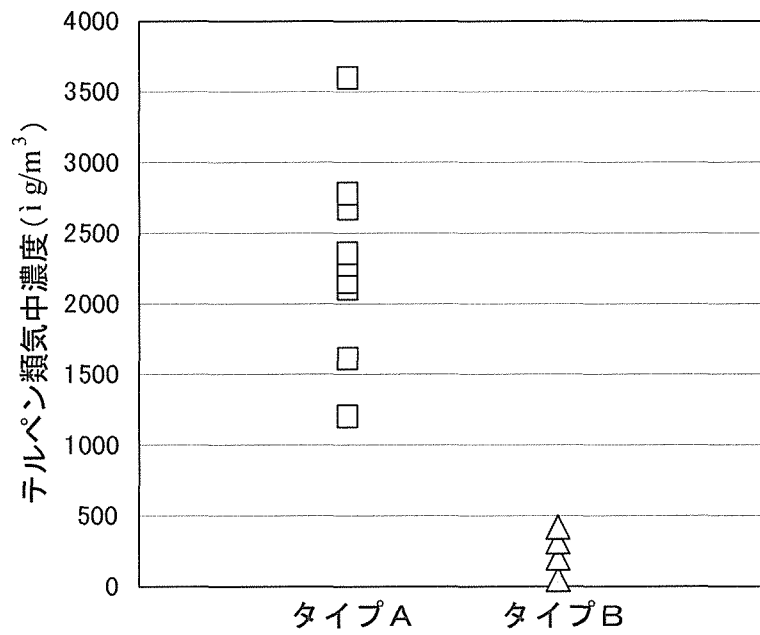


図 1-47 住宅タイプ別、テルペン類気中濃度

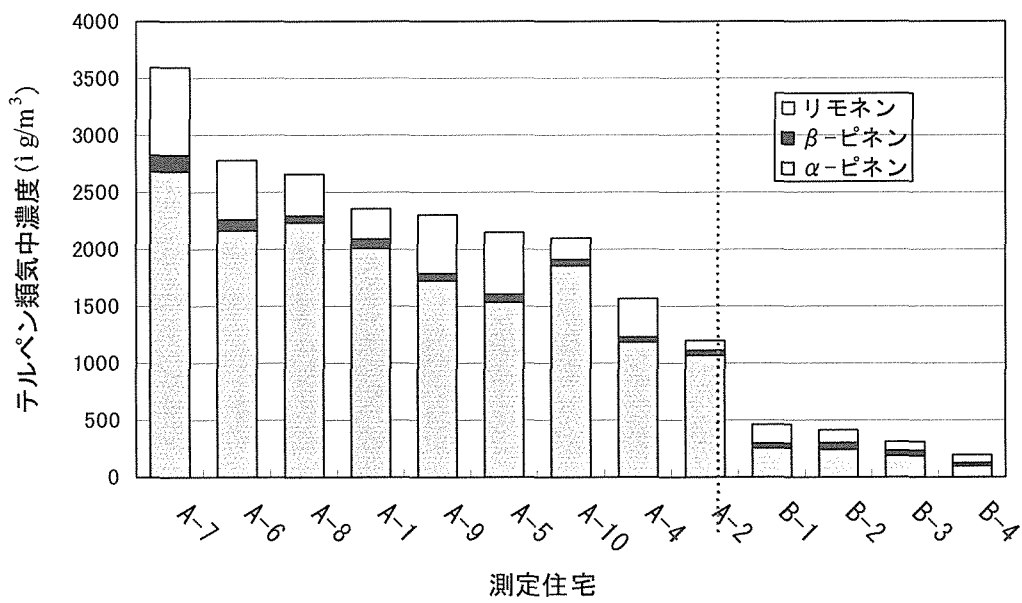


図 1-48 住宅別、α-ピネン、β-ピネン、リモネン気中濃度

IV. 調査住宅に対するアンケート調査

1. 目的

第Ⅲ節で調査したタイプを異にする住宅、すなわち木材を多用した住宅（Aタイプ）と通常仕様住宅（タイプB）について、入居1年経過後の住まい手の状況を把握することを目的に、住まいと住環境に関する簡単なアンケート調査を実施した。

2. 調査方法

2.1 調査対象

内装仕様調査対象住宅21戸（21棟）のうち19戸（一部対象外）の入居者を調査対象とした。

2.2 調査方法

調査対象者に対して、付表に示すアンケート「新築住宅の快適性の調査票」を平成15年12月から平成16年1月にかけて郵送し、平成16年1月23日までに返送された14通について集計を行った。回収率は74%である。内訳はタイプA住宅で8戸中7戸、タイプB住宅で11戸中7戸から返送された。

3. 結果と考察

集計結果を住宅タイプ別にタイプA住宅について図1-49に、タイプB住宅について図1-50に示した。住宅のタイプ別に違いが見られた項目について以下に示す。

3.1 木の香の有無について

タイプA住宅では、室内において木の香を感じている人は100%であった。入居より1年経過後の住宅でも木材由来のテルペン類が継続して放散されていることが示唆される。一方タイプB住宅では、施工当時から香りの元になるテルペン類を放散する木材がほとんど使用されていないため、木の香を感じる人は0%であった。

3.2 臭いの気になる部屋の有無について

タイプB住宅では、臭いの気になる部屋があると回答した人が1名いて、クローゼットの臭いがやや鼻につくとの回答があった。このクローゼットを含む寝室で実施したホルムアルデヒドの測定結果は0.128ppmというやや高い値であった。測定はクローゼットの扉を開いた状態でおこなったため、クローゼット内のホルムアルデヒド放散源の存在が示唆される。因みに、同じ内装材を使用している居間では0.059ppmという低い値だった。

3.3 室内換気方法について

タイプA住宅では窓の開閉を行っている人は2人、24時間機械換気を行っている人は2人であり、必要時に機械換気を行っている人は3人だった。タイプB住宅では全ての住宅で24時間機械換気が行われていた。シックハウスや室内空気汚染問題の関心が高まっていることから、24時間機械換気を行っている人が増加しているものと思われる。

3.4 入居後の健康変化について

タイプA住宅では入居後の健康に変化が見られて人が3人いた。そのうち2人が温湿度に対して敏感になったと回答した。またそれと重複してアレルギー症状の軽減が見られた人が2人いて、他に便秘が改善されといった回答もあった。タイプB住宅では健康に変化があった人は見られなかった。

3.5 その他

タイプA住宅において、快適な温度環境、清浄な室内空気、木材や自然素材によるリラックス効果などが、タイプB住宅では温度環境の快適さなどが挙げられたが気密性が高く夏に室内が暑くなるというコメントもあった。

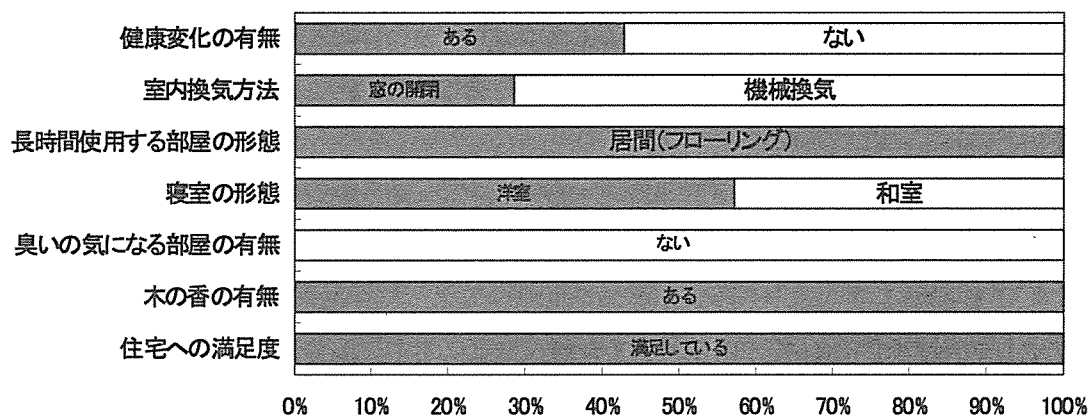


図1-49 住宅に関するアンケート結果(タイプA)

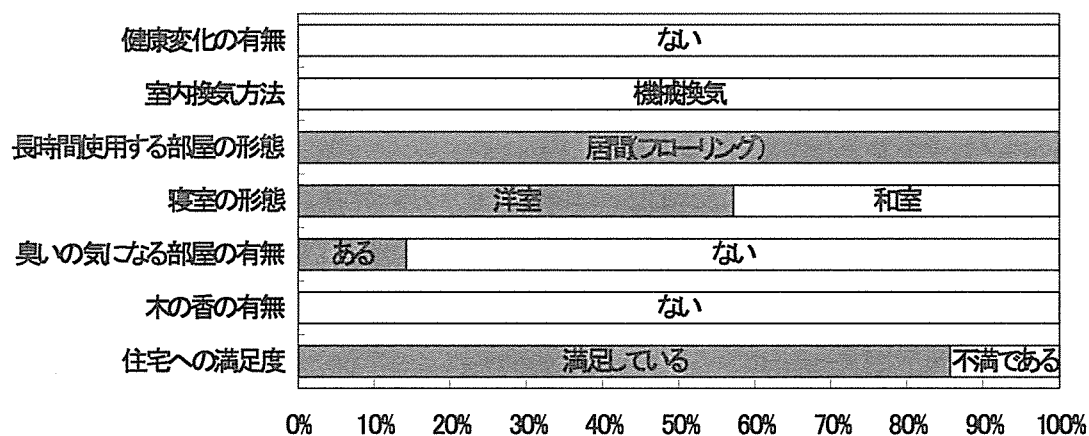


図1-50 住宅に関するアンケート結果(タイプB)

付表：住宅のアンケート質問票

木質系新築住宅の快適性の調査研究
【質問票】

記入者についてお尋ねします。

性別：____ 年齢：__才

家族構成についてお尋ねします。

	続柄	性別	年齢	職業
1	夫			
2	妻			
3	一子			
4	二子			
5				
6				
7				
8				

1) お住まいにはいつ入居されましたか？ 平成____年____月____日

2) 現在のお住まいの満足度について、該当するものに○をして下さい。

(満足している まあ満足している 不満である 大いに不満である)

満足している、まあ満足しているとされた方へ

満足している点を記入して下さい。

不満である、大いに不満であるとされた方へ

不満な点を記入して下さい。

4) 家の中で木の香りを感じますか？ (はい いいえ)

それはどのような香りですか？ (好ましい 不快である)

5) 家の中で臭いが気になる部屋はありますか？ (はい いいえ)

はいの方へ どのような部屋ですか？ ()

どのような臭いですか？ ()

その程度は？ (かすかに ややきつい きつい かなりきつい)

6) 寝室は (和室 洋室) で、(畳 じゅうたん フローリング) の床である。

寝具は (ふとん ベッド その他)

その材質は (綿 毛 化学繊維 羽毛 その他)

寝室に植物は置いてありますか？ (はい いいえ)

香剤は使って、置いてありますか？ (はい いいえ)

- 7) 1番長く利用する部屋は？ (居間 その他)
 その床は (畳 じゅうたん フローリング) の床である。
 その部屋に植物は置いてありますか？ (はい いいえ)
 香剤は使って、置いてありますか？ (はい いいえ)
- 8) 家の中で冷房は使用しますか？ (はい いいえ)
 運転のエネルギーは何を使用していますか？
 (電気 ガス 石油 その他)
 家の中で暖房は使用しますか？ (はい いいえ)
 (エアコン ファンヒータ 床暖房 こたつ その他)
 運転のエネルギーは何を使用していますか？
 (電気 ガス 石油 その他)
- 9) 室内換気はどうしていますか？
 窓の開閉により行っている。 (約 回/日)
 機械換気によりおこなっている。
 (必要な時に運転している 24時間運転している)
- 10) 新居に移られた後、健康に変化がありましたか。 (あった ない)
 気温や湿度に対して敏感になった。 (はい いいえ)
 カビ・埃・その他に対するアレルギー症状 (ない ある)
 あるの方へ 症状が (軽くなった 変わらない ひどくなった)

その他、健康に変化があった方はどのような変化があったかお書きください。

その他住み心地などお気づきの点がございましたご記入下さい。

どうも有り難うございました。

静岡大学農学部森林資源科学科
 木質科学講座木材接着研究室

第2部 木造小学校（木質内装）校舎における平衡機能調査

I. シックスクールと平衡機能検査

1. はじめに

シックスクール症候群とは約15年前にニューヨーク大学ドリスラップ教授の作り出した言葉で、教室内の空気汚染から、学童の落ち着きのなさ、学習障害などの問題が生じるとするものである。一種のシックハウス症候群と考えてもよい。シックハウス症候群は室内空気汚染から発症する疾患の総称である。一般成人では、1日に飲食物は1～2kgしか摂らないが、空気は15～20kg摂る。しかも飲食物は肝臓という解毒の関門が存在しているが、呼吸器には解毒の関門はなくて、そのまま体内に取り込まれる。また空気汚染物質は空気よりも比重が重いものが多い。小児の呼吸器の位置が、成人よりも低い位置にあること、学校には空調が付いていない、などの問題もある。シックススクールと称される学校室内空気汚染による健康障害の有無は検討を要する問題である。

シックハウス症候群には、空気汚染物質からの神経系の機能異常（化学物質過敏症）、免疫系異常（アレルギー疾患）、そして中毒が含まれている。それと同時に内分泌異常をも生じている可能性があるが、直接関連の証明ははまだ困難である。

シックハウス症候群患者では、眼球追従運動異常が証明されている¹⁾²⁾。眼球追従運動異常の責任病巣として、前庭機能が関与しているのか、中枢性であるかは常時念頭に置く必要もある。さらに、眼球追従運動を多数の小児で検査することは、実際的に不可能であり、フィールドスタディとしては、他の手段が要求される。

このシックススクール症候群は室内空気汚染による中毒の延長線上にあると考えられる。Kilburn³⁾は中枢神経の化学外傷検査に平衡機能軌跡長の記録を推奨している。

この報告を待つまでもなく、平衡機能検査は、すでに各種の中毒疾患に利用されている⁴⁾⁵⁾。また、学童の中毒検診にもすでに応用されている⁶⁾。また、視覚負荷を加えることによる重心動揺検査が有機リン慢性毒性患者の診断に非常に有用なことが報告されている⁷⁾。またシックハウス症候群患者の診療にも応用されている⁸⁾。

そこで、我々は、今回学童の中枢神経機能の異常の有無を他覚的に把握するために、重心動揺計による重心の不安定性、すなわち平衡機能を行い検討した。

2. 平衡機能検査

平衡機能測定のための重心動揺検査は直立姿勢の基本をなすものである。

平衡機能検査は、眼球運動系の平衡機能検査と、躯幹および四肢の平衡機能検査（体平衡機能検査）に分けることが出来る。すなわち直立姿勢は下記のような視覚、前庭機能のような刺激入力により、中枢の制御下に四肢、躯幹の筋肉に出力され、重

心を安定化して直立を可能としている⁹⁾。

このように、平衡機能異常は、入力系/反射・制御系/出力系のいずれの障害でも出現する。

重心動揺計が開発されるまでは、平衡機能は肉眼的に観察されていたが、Baslerが機械検査を始めてから重心動揺を数値化することが可能となった¹⁰⁾。

今回の使用重心動揺検査機はアニマ製グラビコーダー（アニマ株式会社 東京）である。その測定の内容を模式図化したものを図2-1に示した。

ここで測定可能な変数は以下の通りである。

総軌跡長 (Length; LNG)

単位軌跡長 (LNG/s)

外周面積 (Envelope Area; ENV. AREA) 動揺軌跡の外周を囲む面積を測定。

単位面積軌跡長 (軌跡長/外周面積; LNG/ENV. A)

矩形面積 (Rectangular Area; REC. AREA) 軌跡外周を矩形で囲んだ面積。

実効面積 (Root Mean Square; RMS)

動揺中心のX軸方向の移動平均 (MX)

動揺中心のY軸方向の移動平均 (MY)

この各々について、開眼した時と閉眼した時を測定している。これは、上記表2-1の視覚入力を排除した時の、閉眼した時の純粋な前庭機能と中枢機能の検査が閉眼した時に可能なためである。すなわち、閉眼した時の、視覚制御の影響が加わらない方が、データの解釈が簡単となる。しかし、実際の検査では、開眼した時のデータも当然解析対象となる。また、この開眼値/閉眼値の比を計算したのが、ロンベルグ率である。各測定値についてロンベルグ率が得られるが、軌跡長、外周面積について値を求めるのが一般的である。ロンベルグ率の異常に高い値の時は、脊髄後索、迷路、小脳障害が疑われる。しかし、一般的な平衡機能の異常として、さらなる精密検査の第1歩として扱われている。

またKilburn³⁾は中枢神経の機能障害検出に軌跡長を推奨しているが、臨床的には、軌跡長よりも外周面積がやや信頼度の高いと考えられている。いずれにしろ、患者診療では、総軌跡長、外周面積、およびその各々のロンベルグ率を検討対象にするのが一般的である。

これらの値は、実際の測定記録例を参照されたい(図2-2)。

また、測定値の異常有無の判定には、年齢別正常値が得られているので、それを参考にして、異常を判定する。またロンベルグ率は、1.6以上を異常値として扱う。

なお、幼児、および高齢者では測定値がばらつきやすい。例として閉眼時外周面積の年齢別正常値を図2-3に示した¹¹⁾。このために、学童平衡機能検診では、10歳前後以上の学童を対象に検診を行いたい。

3. 測定方法

測定方法は、日本平衡神経学会の重心動揺検査基準に従って行った¹²⁾。すなわち重心動揺計上の基準点に合わせ、脱靴して直立し、前方目の高さに設定した固視点を注視させた。両足は接して閉じた状態とした。上肢は体側に接して自然な形で直立した。検査台に乗り、記録は動揺が安定したことを確認して開始し、一般的には60秒間閉眼して先ず測定した。その検査が終わった時に、足の位置を動かさないようにイスに腰を掛け、60秒間休息。続いて足の位置を動かさないようにして立ち、閉眼して60秒間測定する。

参考文献

- 1) 宮田幹夫、難波龍人：多種類化学物質過敏症 (multiple chemical sensitivity) の臨床、自律神経、33、257-261(1996)
- 2) 菊池裕美、市辺義章、難波龍人、宮田幹夫、石川哲：化学物質過敏症患者の神経学および眼科学的所見、臨床環境医学、9、22-27(2000)
- 3) Kilburn Kaye H: Chemical brain injury, Van Nostrand Reinhold Publisher(1998)
- 4) 石川哲：神経毒物によるめまい、第33回日本平衡神経学会抄録、昭和49年シンポジウム(大阪)
- 5) Ozawa H, Ishikawa S, et al: Balance study on methyl mercury poisoning, Vestibular and locomotor equilibrium, 302-308(1985)
- 6) 小沢治夫、他：佐久地区児童生徒の平衡機能、眼科臨床医報、70、679-682(1976)
- 7) Ishikawa S et al: Abnormal standing ability in patients with organophosphate pesticide intoxication (chronic case), Agresologie, 24, 143-144(1983)
- 8) 石川哲：化学物質過敏症患者のバイオマーカー、平成14年度厚生労働科学研究費補助金、健康科学総合研究事業、シックハウス症候群の病態解明、診断治療に関する研究、31-35(総括：石川哲 平成15年)
- 9) 時田喬：重心動揺検査、アニマ株式会社(2002)
- 10) Basler A: Zur Physiologie des Hockens, Z Biol, 88, 523-530(1929)
- 11) 今岡薫、村瀬仁、福原美穂：重心動揺検査における健常者データの集積、Equilibrium Res Supple, 12、1-84(1997)
- 12) 日本平衡神経学会：重心動揺検査の基準、Equilibrium Res、42、367-366(1983)

表 2-1 平衡機能の入力と出力

(入力系)	(反射・制御系)	(出力系)
視覚	大脳皮質	四肢・躯幹骨格筋
前庭・三半規管	小脳、大脳基底核	
頸固有受容器	中脳	
脊髄固有受容器	橋脳	
	延髄	
	脊髄	

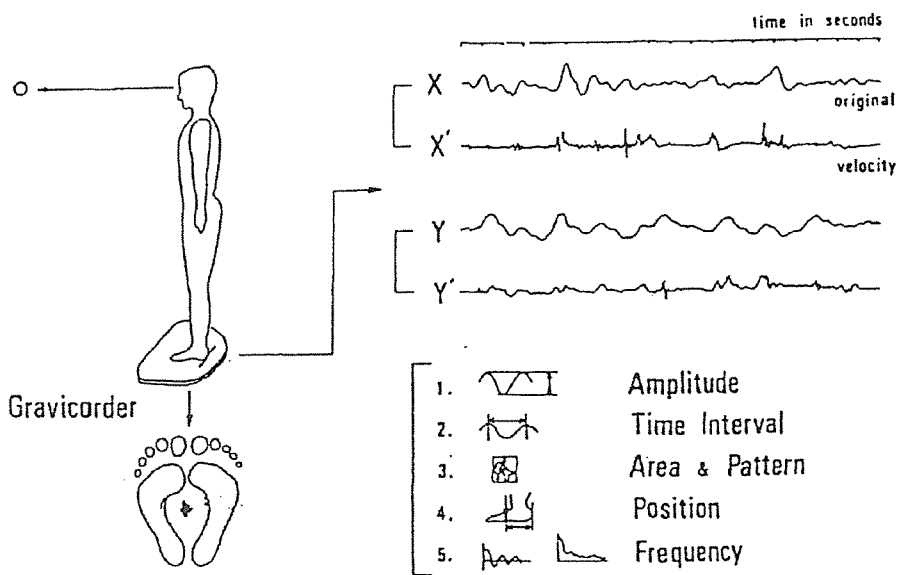


図 2-1 重心動揺測定のご概念図

Xは水平、Yは垂直、X'、Y'はその微分波

1は振幅、2は間隔、3は面積、4は位置、5は頻度を示す

GRAVICORDER GS-11

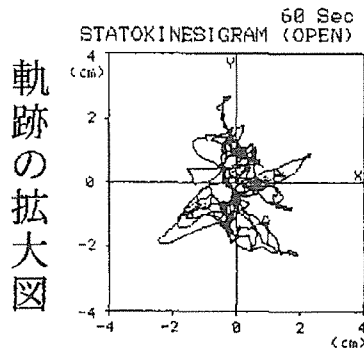
I D 0004

DATE / /

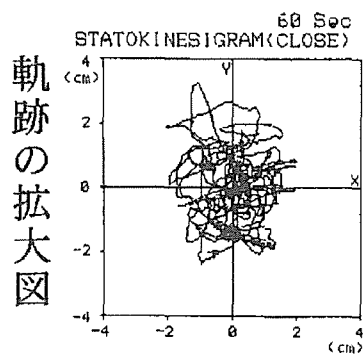
NAME
SEX AGE
HEIGHT Cm
WEIGHT Kg

開眼

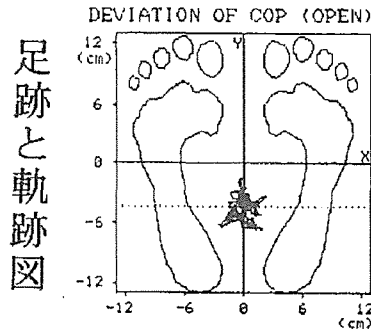
閉眼



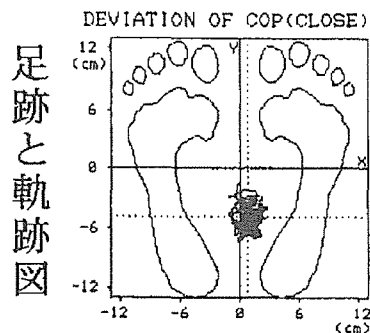
LNG 115.36 cm
 LNG/TIME 1.92 cm/s
 L/E.AREA 12.47 1/cm
 ENV.AREA 9.25 cm²
 REC.AREA 25.64 cm²
 RMS.AREA 5.97 cm²



LNG 160.67 cm
 B:LNG/TIME 2.67 cm/s
 C:L/E.AREA 12.32 1/cm
 A:ENV.AREA 13.04 cm²
 REC.AREA 24.07 cm²
 RMS.AREA 5.63 cm²



DEV OF MX -0.01 cm
 DEV OF MY -4.49 cm
 DEV OF XO -0.09 cm
 DEV OF YO -4.24 cm



D:DEV OF MX 0.88 cm
 E:DEV OF MY -5.02 cm
 DEV OF XO 0.86 cm
 DEV OF YO -4.54 cm

ロンベルグ率

60 Sec
ROMBERG QUOTIENT

LNG 1.39
 LNG/TIME 1.39
 L/E.AREA 0.98
 F:ENV.AREA 1.40
 REC.AREA 0.93
 RMS.AREA 0.94

図 2-2 重心動揺計の記録例

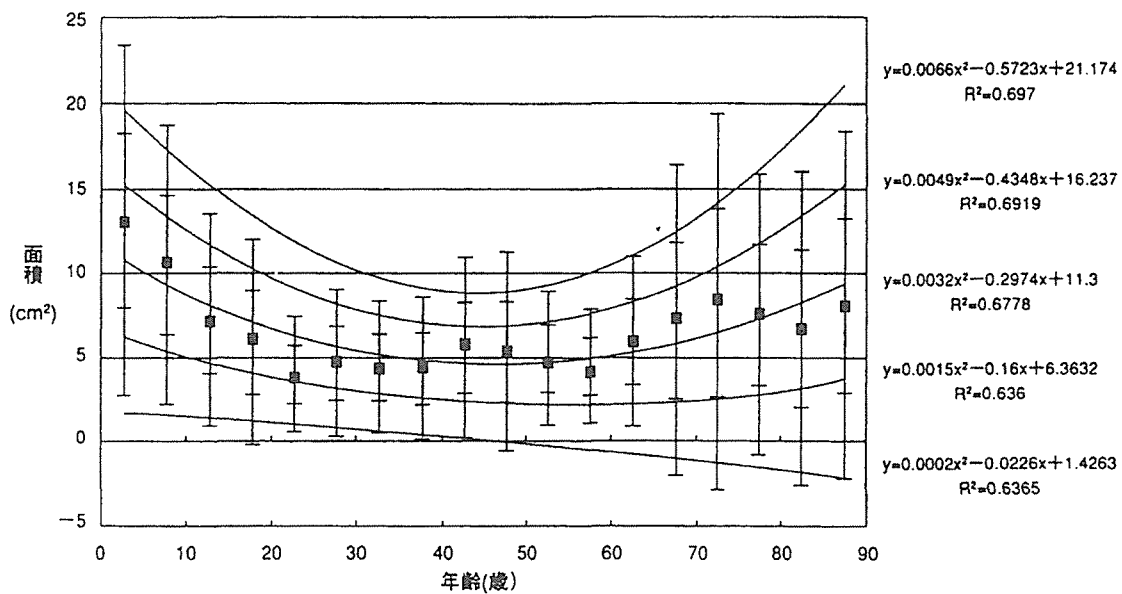


図 2-3 男性年齢と外周面積

Ⅱ. 重心動揺計による平衡機能調査

1. 調査対象

1.1 調査小学校の概要

調査対象とした小学校は、北遠山間部に所在する平成 13 年竣工の木造小学校で、仕様は以下に示す通りである。

- ・ 構造 木造一部 R C 造 2 階建、一部平屋建
- ・ 建築面積 1,972.83m²
- ・ 建築面積 2,488.98m²
- ・ 外部仕上げ 屋根 (厚 0.4mm カラーガリバリウム鋼板)
外壁 (珪藻土塗り、腰板 厚 18mm スギ板)
開口部 (アルミサッシ)
- ・ 内部仕上げ 天井 (厚 18mm スギ板、厚 9.5mm 化粧石膏ボード)
壁 (腰壁 厚 12mm スギ板、壁 厚 5.5mm シナ合板、
厚 4.0mm FG ボード)
床 (厚 12mm カバフローリング、厚 15mm ヒノキフローリング)
- ・ 構造材 柱梁 (マツ集成材、柱・土台 (ヒノキ)、梁 (スギ))
- ・ 造作材 枠 (スギ)、板張り (スギ)、床材 (ヒノキ、カバ)
- ・ デッキ部 イペ材
- ・ 竣工 平成 13 年 8 月

なお、1 階平面図を図 2-4 に、1, 2 階の仕上げ表を表 2-2、2-3 に示した。また、その写真を図 2-5 及び図 2-6 に示した。

1.2 調査対象

3～6 年生の 102 名を対象とした。学年、男女の内訳については表 2-4 に示す。

2. 調査内容

2.1 アンケート調査

付表に示した「しつもんひょう」によりアンケート調査を行った。調査は重心動揺の測定を行う直前に各学年ごとに実施した。

2.2 平衡機能の測定方法

平衡機能の測定には、重心動揺計 グラビコーダ GS-11 (アニマ社製) を使用した。

まず、測定前に素足になってもらい、重心動揺計の上に両足を揃え、壁から約 2m 離れて起立してもらった。その時、ものさしなどを使って丁度、真ん中に起立するように指導した。被験者は、正面を向き、両腕を体側に沿って自然に下ろし、姿勢を正した。開眼時は、2m 前方の目の高さに設置した視標を注視させるようにした。その後、被験者のすぐ後ろに用意した椅子に座ってもらい、1 分間休憩をとってもらった。閉眼時は開眼時と同じ状態で軽く目を閉じた。

一般的には測定時間は開眼、閉眼各 1 分であるが、被験者が小学生ということ を考慮し、本研究では開眼 30 秒／休憩 1 分／閉眼 30 秒で計測した。

測定の様子の写真を図 2-7 及び 2-8 に示した。

2.3 空気質の測定

2.3.1 測定箇所

過去の測定で最も高いホルムアルデヒド気中濃度を示した教室(4年生)、標準的 な放散があると見込まれる教室(2年生)、重心動揺測定に使用した室(会議室)につ いて測定した。外気の影響を考慮し、同時に外気の測定を行った。

測定箇所の写真を図 2-9 及び 2-10 に示した。

2.3.2 測定条件

教室内の空気質の測定については、測定前日窓等の開口部を締め切り、生徒の登 校する前に密閉状態を保持した状態で測定を行った。また、生徒のいる昼間につい ては窓や扉が開いているなりゆき状態で測定した。

2.3.3 測定方法及び分析方法

本調査の測定法及び分析法は、第 1 部 I. (2.1.2)に述べたモデル居室と同様の 方法によって行った。なお、試料空気の採取回数は 2 回とした。

2.3.4 温湿度の測定

測定時に同時に温湿度の測定を行った。測定は、捕集管と同じ高さにサーモセン サー(タバイエスペック(株)製)を取り付け、サーモレコーダー(THERMO RECORDER-RS11:タバイエスペック(株)製)を用い、測定開始から終了までの室内の 温湿度を測定した。1 分毎に記録して測定時の平均値を求め、平均値をその部屋の 測定時の温湿度とした。

3. 調査結果と考察

3.1 アンケート調査結果

アンケート結果については表 2-5 及び図 2-11 ~ 2-17 に示した。図 2-11 は全測定 対象者について、図 2-12 及び 13 はそれぞれ男女別に、図 2-14 ~ 2-17 には学年別 のアンケート結果を示した。男女別で見ると各質問に対するばらつきは認められな かったが、「じゅぎょうはたのしいですか」の質問に対して、学年での違いが認めら れた。

今回、同一校舎で生活している児童を対象としているため、木造校舎に通う生徒 特有の回答の傾向が把握できるのではないかと考えられる。しかしながら、上で述 べた結果より、「じゅぎょうはたのしいですか」という質問に対しては、必ずしも木 造校舎に通う生徒特有の回答とは判断できない。他の質問に対しては男女別、学年 別にかかわらず、同じ傾向が認められたことは、木造校舎特有の現象とも言えるが、 断定するにはさらなるデータを集積することが必要と考えられる。

3.2 平衡機能測定結果

今回使用した重心動揺計では、重心動揺の軌跡図をはじめ、総軌跡長、単位軌跡長、外周面積など、前述したように重心動揺量の結果が様々な特性値として求められる。その中から、総軌跡長(以下、LNG)、外周面積(以下、ENV.AREA)の二点に注目した。それぞれの開眼時、閉眼時の測定値とロンベルグ率(閉眼時測定値/開眼時測定値)の3つの重心動揺量指標(以下動揺量指標)、合計6項目について検討を行った。

3.2.1 男女、学年、年齢別平均値

各特性値の男女別、学年別、年齢別平均値を表2-6～2-11に示した。

まず男女別にその動揺量指標を比較すると、表2-6～2-8より、LNGではロンベルグ率平均値、開眼時平均値、閉眼時平均値いずれについても一定の傾向は認められなかった。また、表2-9～2-11よりENV.AREAについてみると、学年別、年齢別、総平均値それぞれに女子の平均値が男子のそれより大きい傾向が認められた。この結果はアニマ(株)の健常者データ¹⁾と同様の傾向であった。

また、表2-6～2-11より、学年、年齢別では、6動揺量指標の平均値が年齢及び学年が高くなるほど値が小さくなる傾向が見られた。この結果についても、アニマ(株)の健常者データと同様な傾向である¹⁾。このことは、学年が高くなるにしたがい重心が安定して来ることを示すものである。

3.2.2 測定値結果別アンケート調査結果

アニマ(株)の「重心動揺検査における健常者データの集計」の男女別、年齢ごとの平均値、標準偏差より平均値 ± 2 SD(標準偏差)の範囲に入る値を正常値とし、それ以外の値を異常値とし、上で述べた6動揺量指標について検討した。すなわち、動揺量指標のうち異常値を示した数ごとに区分けし、それぞれアンケート結果をまとめ、比較を行った。ここでは、異常値を示した動揺量指標の数(以下、異常動揺量指標数)にのみに注目した。異常動揺量指標数による人数の内訳を表2-12に示した。

6動揺量指標全てが正常値を、すなわち異常特性値がゼロであった生徒のグループと1つでも異常動揺量指標があったグループのアンケート集計結果を図2-18及び2-19に示した。「あたまがもやもやしますか」、「つかれやすいですか」、「ふらふらしますか」という3つの質問に対して「はい」と答えた人の割合は、動揺量指標に1つでも異常値が認められたグループの方が10～20%高かった。他の質問においては、特に差異はみられなかった。

次に、1つでも異常動揺量指標があったグループについて、さらに該当した数によって比較を行った。それぞれのアンケート集計結果を図2-20～2-22に示した。異常動揺量指標が認められた項目数で最大は3項目であった。前節での比較と同様、「あたまがもやもやしますか」、「つかれやすいですか」、「ふらふらしますか」という3つの質問項目で、異常動揺量指標の数が増えるごとに、「はい」と答える人数の割合も高くなっていることが認められた。他の質問項目では、特に差異はみられな

かった。

3.2.3 アンケート結果別測定値平均値

アンケートの結果別に測定した各動揺量指標の平均値を出し、男女別にグラフにまとめた。それぞれの結果を図 2-23 ～ 2-26 に示した。アンケート結果の平均値の差の検定には t 検定を用い、 $p < 0.05$ を有意差ありとした。

検定結果を表 2-13 に示した。男子のほうがアンケートの回答によって測定した動揺量指標に有意の差が顕著に現れた。女子では「あたまがもやもやしますか」という質問に対して 3 動揺量指標に有意差が認められたのみであった。また、「あたまがもやもやしますか」という質問では、男女あわせて多くの動揺量指標に有意差が認められ、特に ENV.AREA の閉眼時測定値では男女共に有意差が見られた。上でも述べたように、閉眼時の ENV.AREA 測定値で有意差が表れた質問項目が一番多く、閉眼時の ENV.AREA 測定値が、健康状態を見る際、重要な指標となるのではないかと考える。

3.3. 空気質の測定結果

カルボニル化合物の空気質測定結果と測定時の温湿度を表 2-14 に示した。また、指針値が設けられているホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドについては、測定値及び室温 28℃に補正した値を図 2-27 及び 2-28 に示した。

ホルムアルデヒドについては、測定値及び補正値共に指針値である 0.08ppm を大きく下回っていた。2つの教室の測定値を見ると、生徒がいて窓や扉が開放されている状態の日中では、空気質は清浄な状態が確保されている。しかし、閉鎖状態の会議室での測定値では気中濃度は 2 倍近い高い値を示していた。アセトアルデヒドについても指針値より低かった。

VOC 類の気中濃度については、表 2-15 及び 2-16 に示した。校舎に木材が多用されていたため、外気の濃度が $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であった α -ピネンの気中濃度は室内では $14.8\sim 111 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と最大で外気の 10 倍の値であった。他の VOC については特に高濃度の物質は見られなかった。

参考文献

- 1) アニマ株式会社：重心動揺検査における健常者データの集計、第一集(平成8年12月26日)

自覚症状問診票

学年_____なまえ_____

アンケート

あてはまるほうに○をしてください。

- | | | | |
|------------------|---|---|-----|
| 1. あたまがもやもやしますか | は | い | いいえ |
| 2. つかれやすいですか | は | い | いいえ |
| 3. ぐっすりねむれますか | は | い | いいえ |
| 4. ふらふらしますか | は | い | いいえ |
| 5. そとあそびはすきですか | は | い | いいえ |
| 6. かぜをひきやすいですか | は | い | いいえ |
| 7. きもちわるくなりますか | は | い | いいえ |
| 8. はなちがでやすいですか | は | い | いいえ |
| 9. じゅぎょうはたのしいですか | は | い | いいえ |
| 10. ひざがかたいですか | は | い | いいえ |

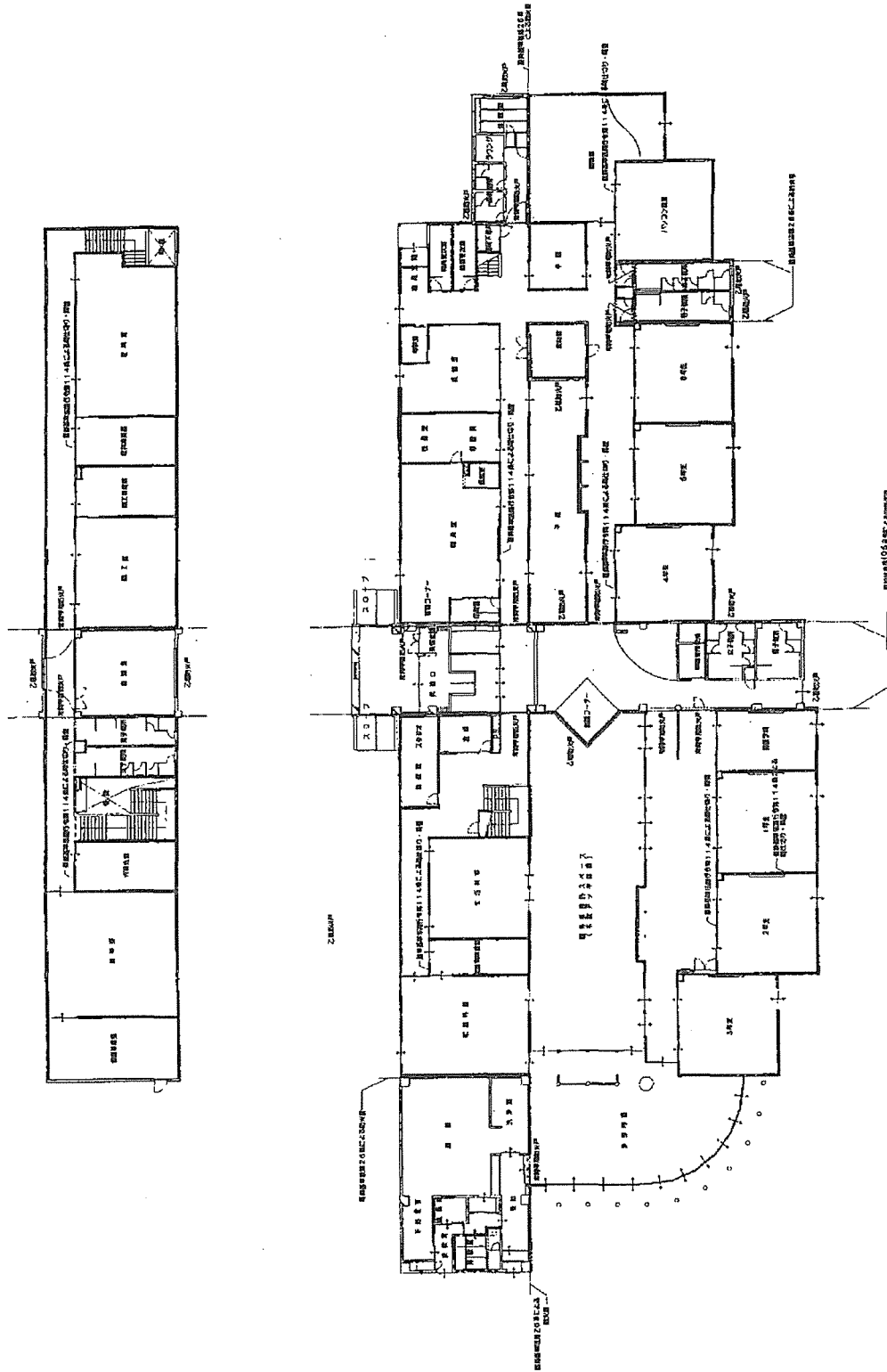


图 2-4 木造小学校平面图

表 2-4 調査対象生徒の男女、学年別内訳

	3年生	4年生	5年生	6年生	計
男子	16	10	8	15	49
女子	9	16	16	12	53
計	25	26	24	27	102



図 2-5 1階廊下

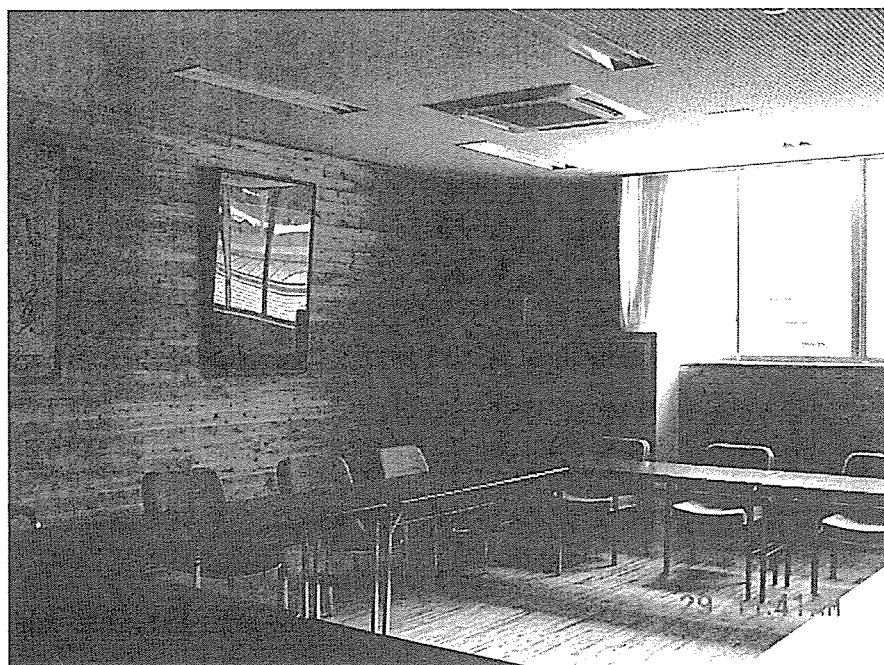


図 2-6 2階会議室

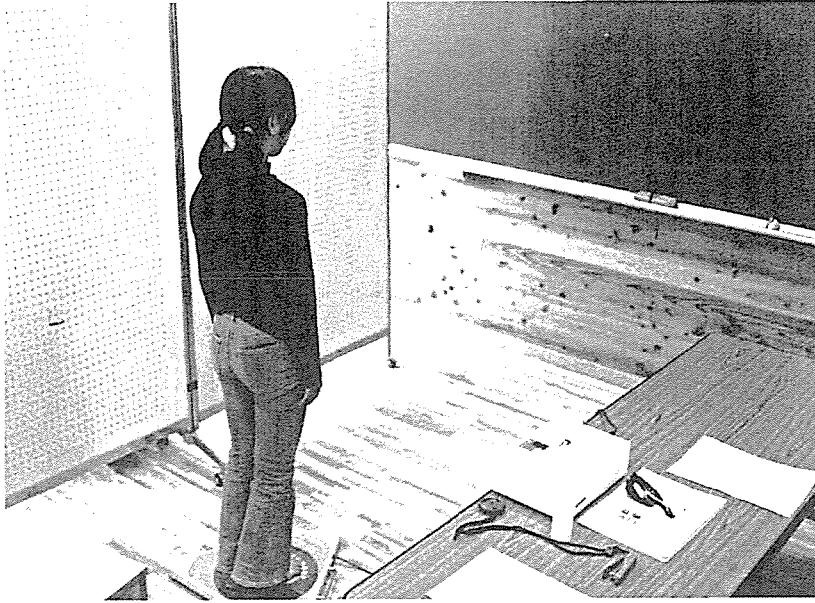


図 2-7 重心動揺測定中の様子



図 2-8 測定中の休憩中の様子



图 2-9 测定箇所（教室）

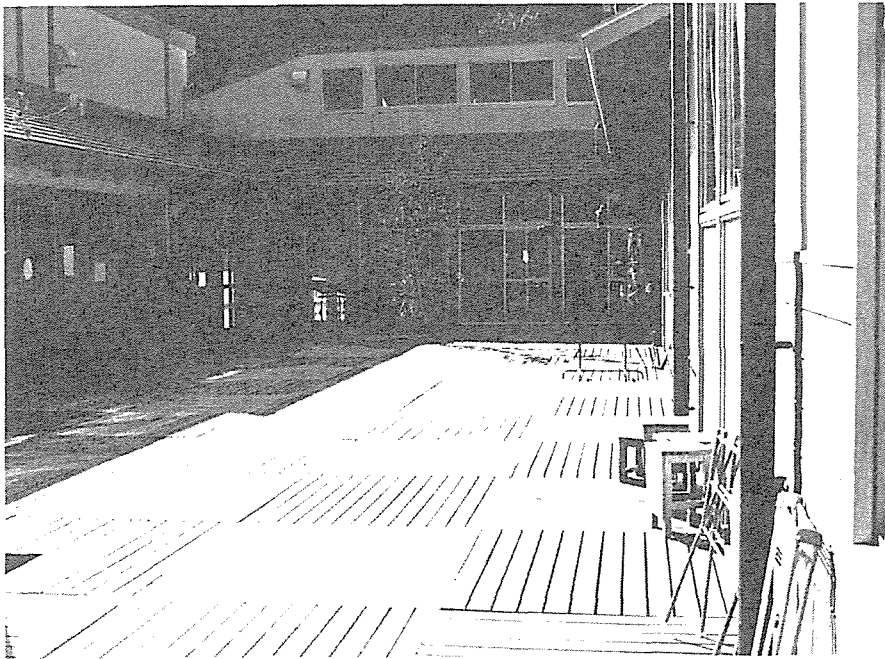
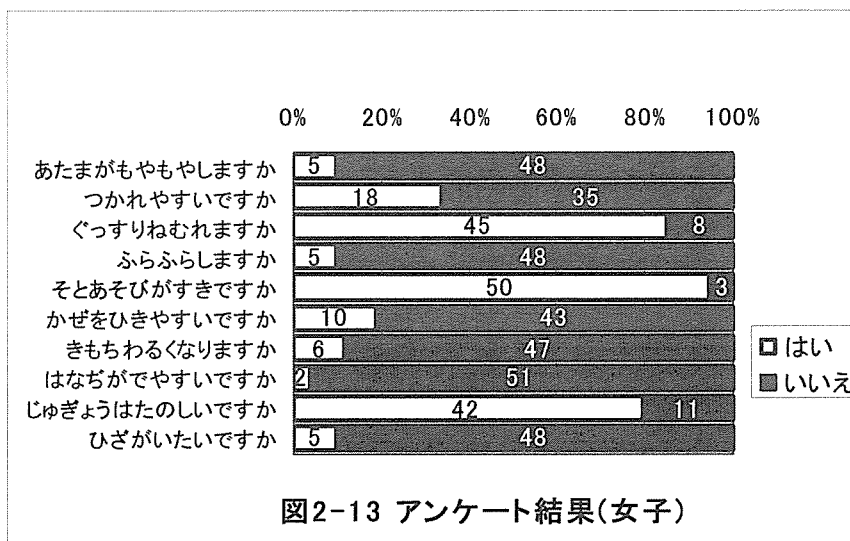
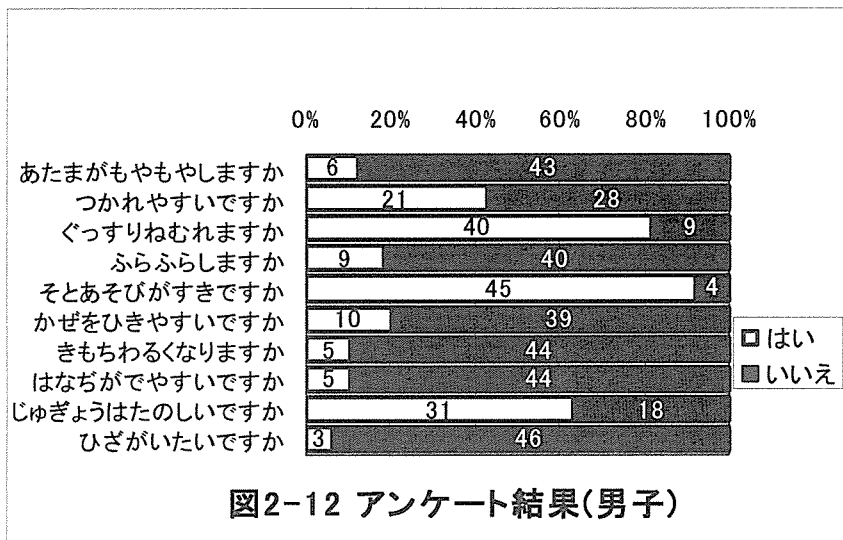
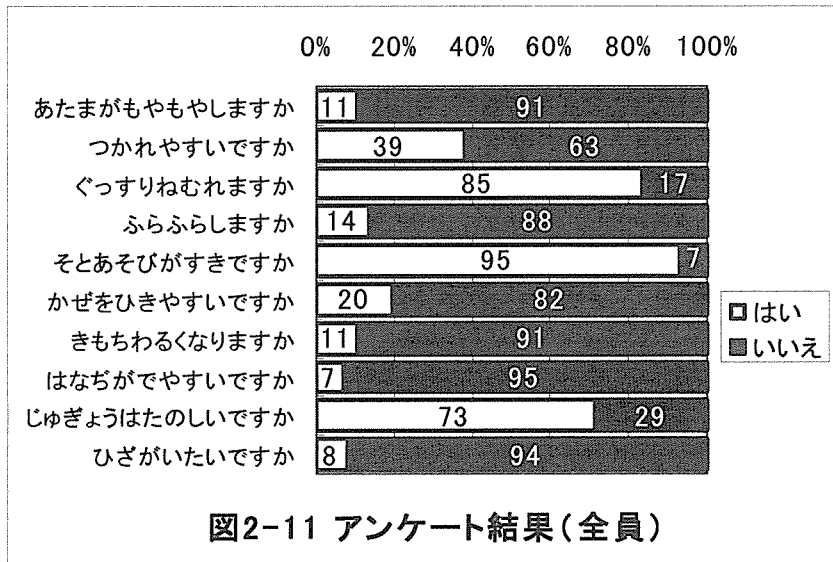
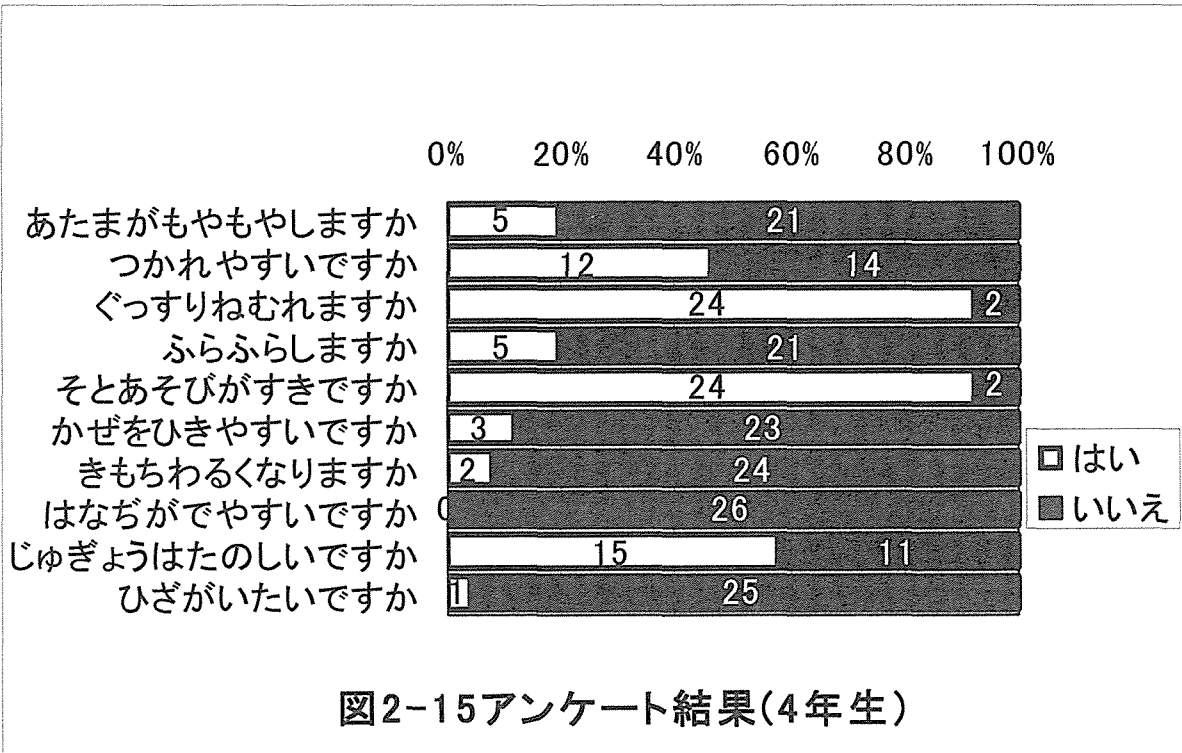
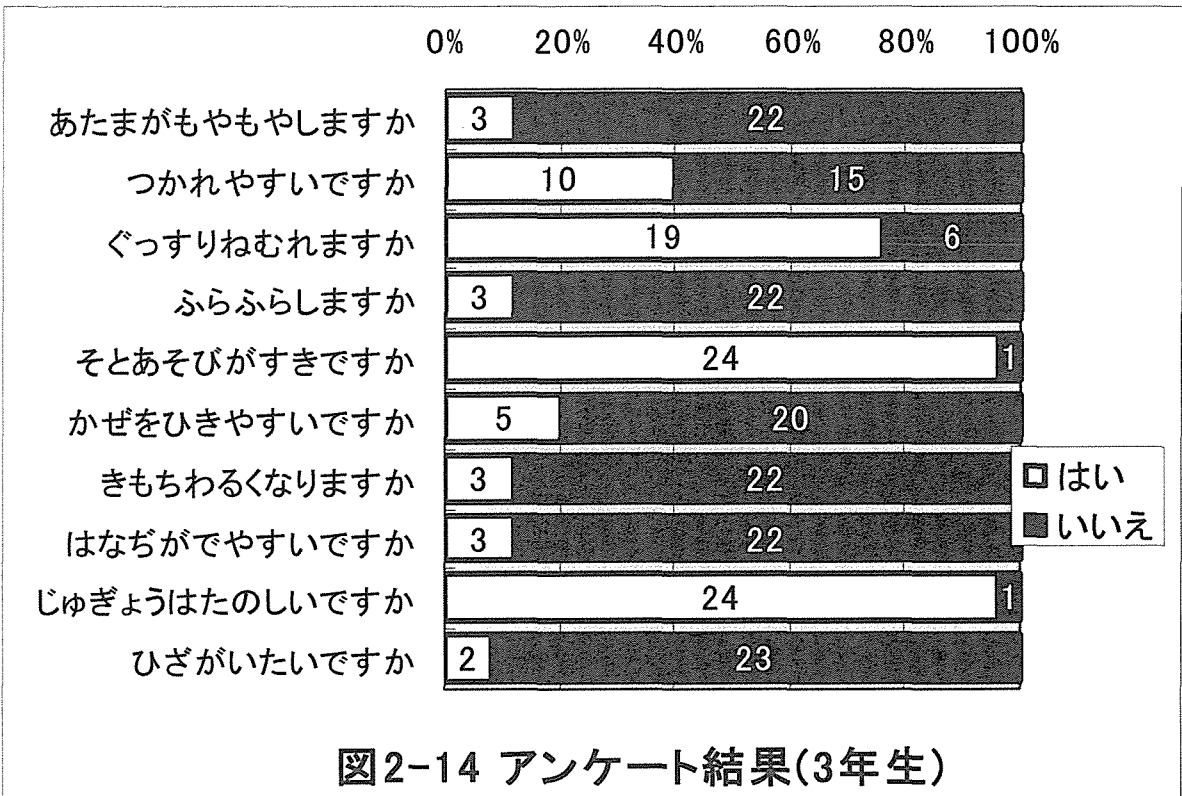


图 2-10 测定箇所（外気）

表 2-5 アンケート結果

	3年生		4年生		5年生		6年生		総計					
	男子	女子	計	男子	女子	計	男子	女子	はい		いいえ			
									男子	女子	計	男子	女子	計
あたまがもやもやしますか	3	0	3	2	3	5	0	0	6	5	11	43	48	91
つかれやすいですか	8	2	10	5	7	12	6	5	21	18	39	28	35	63
ぐっすりねむれますか	11	8	19	9	15	24	6	9	40	45	85	9	8	17
ふらふらしみますか	3	0	3	3	2	5	1	2	9	5	14	40	48	88
そとあそびがすすきですか	15	9	24	9	15	24	7	11	45	50	95	4	3	7
かせをひきやすいですか	5	0	5	0	3	3	3	3	10	10	20	39	43	82
きもちわるくありませんか	2	1	3	1	1	2	0	1	5	6	11	44	47	91
はなちがでやすいですか	3	0	3	0	0	0	1	2	5	2	7	44	51	95
じゅぎょうはたのしいですか	15	9	24	5	10	15	5	7	31	42	73	18	11	29
ひざがいたいですか	1	1	2	0	1	1	1	2	3	5	8	46	48	94





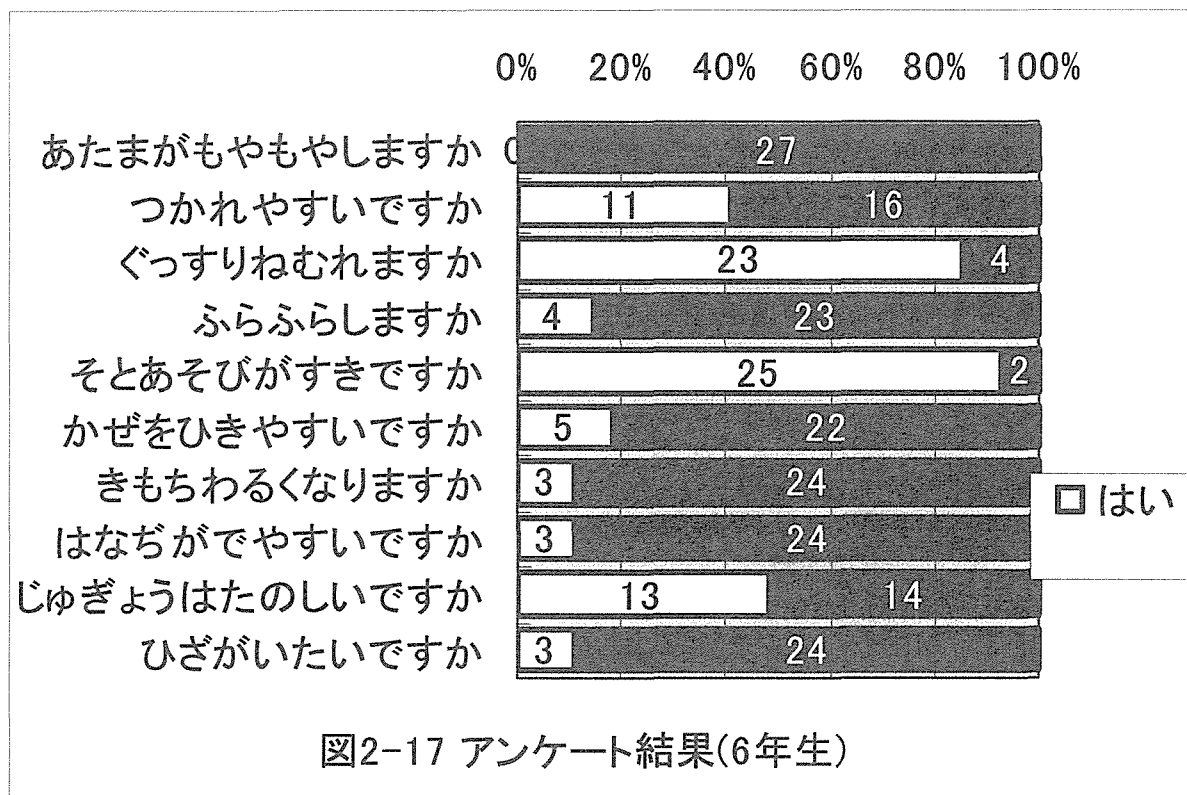
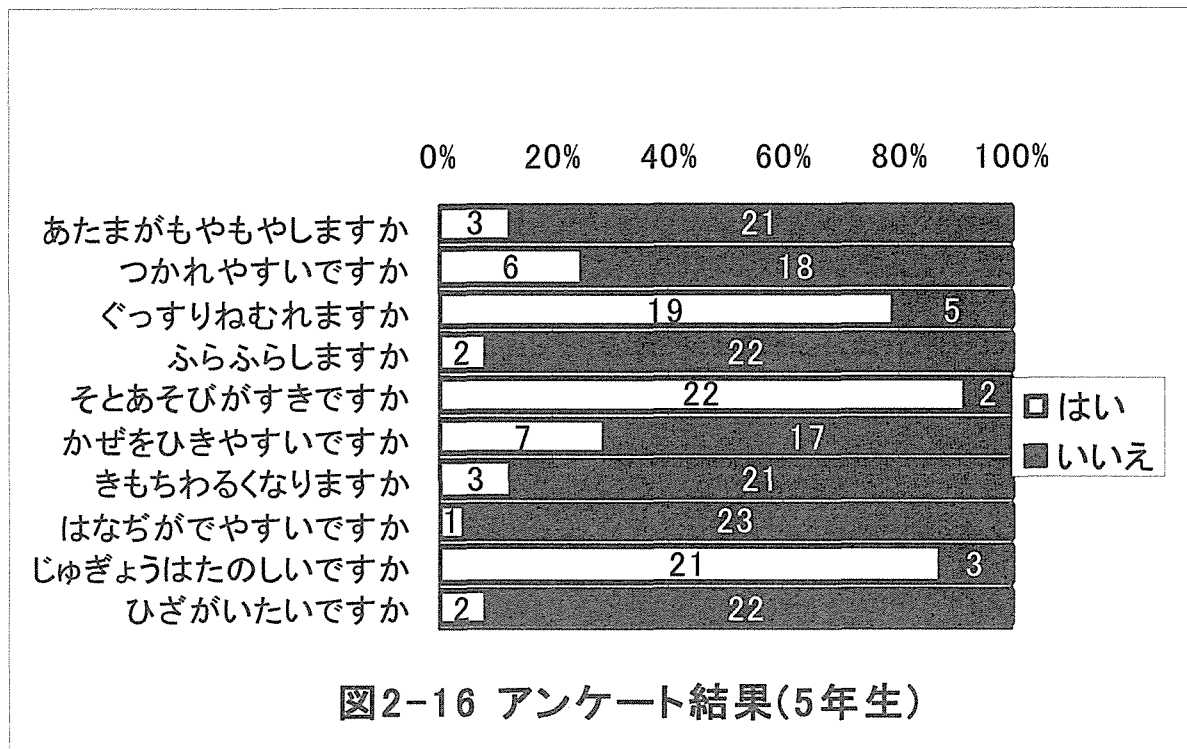


表 2-6 LNGロンベルグ率の平均値*

学年別					年齢別					参照平均値**		
6年生	5年生	4年生	3年生		12歳	11歳	10歳	9歳	8歳		10~14.9	5~9.9
1.48	1.72	1.60	1.56	男子	1.39	1.76	1.63	1.59	1.44	1.54	1.71	1.52
0.33	0.28	0.28	0.37		0.30	0.35	0.19	0.37	0.08	0.34		
1.58	1.59	1.58	1.70	女子	1.61	1.58	1.59	1.67	1.54	1.60	1.39	1.46
0.43	0.33	0.29	0.40		0.51	0.28	0.36	0.39	0.25	0.36		
1.52	1.63	1.53	1.61	全体	1.48	1.64	1.61	1.62	1.50			
0.38	0.32	0.29	0.38		0.41	0.32	0.31	0.38	0.20			

表 2-7 LNG開眼時測定値の平均値

学年別					年齢別					参照平均値**		
6年生	5年生	4年生	3年生		12歳	11歳	10歳	9歳	8歳		10~14.9	5~9.9
42.67	40.24	46.63	52.44	男子	43.11	38.88	44.25	49.10	58.75	45.20	49.97	60.94
10.64	9.57	12.24	11.73		10.91	8.84	9.09	12.65	9.50	12.12		
36.67	46.84	46.79	49.05	女子	41.02	42.72	45.14	48.67	48.80	44.90	45.61	56.54
12.83	10.30	6.85	10.47		15.20	12.10	6.73	9.10	9.59	11.07		
40.00	44.64	45.00	51.17	全体	42.25	41.49	44.80	48.95	52.78			
12.04	10.53	9.30	11.39		12.89	11.30	7.72	11.51	10.73			

表 2-8 LNG閉眼時測定値の平均値

学年別					年齢別					参照平均値**		
6年生	5年生	4年生	3年生		12歳	11歳	10歳	9歳	8歳		10~14.9	5~9.9
63.85	69.72	72.61	81.41	男子	60.35	69.13	73.15	76.95	83.99	70.67	67.52	93.38
22.42	20.02	14.11	24.78		19.66	22.25	20.93	23.80	9.28	22.51		
55.49	73.98	74.00	86.36	女子	61.75	67.37	72.05	83.01	77.75	71.90	63.52	82.11
14.65	20.23	16.34	32.70		14.67	21.81	17.32	28.75	25.85	23.10		
60.14	72.56	70.75	83.27	全体	60.93	67.94	72.47	79.11	80.24			
19.80	20.26	15.54	28.12		17.79	21.97	18.78	25.84	21.09			

** : 平均値はアニマ株式会社データより抜粋
* : 上段は平均値、下段は標準偏差

表 2-9 ENV. AREAロンベルグ率の平均値*

学年別					年齢別					参照平均値**		
6年生	5年生	4年生	3年生		12歳	11歳	10歳	9歳	8歳		10~14.9	5~9.9
2.11	1.89	2.07	1.88	男子	1.74	2.46	2.07	2.01	1.44	1.95	1.65	1.63
1.04	0.57	0.82	0.68		0.63	1.13	0.65	0.81	0.19	0.83		
1.64	1.70	1.83	1.89	女子	1.56	1.68	1.84	2.00	1.65	1.76	1.55	1.52
0.62	0.90	0.83	0.59		0.59	0.66	1.09	0.65	0.52	0.78		
1.90	1.76	1.86	1.88	全体	1.67	1.93	1.92	2.01	1.57			
0.91	0.81	0.83	0.65		0.62	0.92	0.95	0.75	0.43			

表 2-10 ENV. AREA開眼時測定値の平均値*

学年別					年齢別					参照平均値**		
6年生	5年生	4年生	3年生		12歳	11歳	10歳	9歳	8歳		10~14.9	5~9.9
2.30	2.69	3.29	4.02	男子	2.26	2.17	2.79	3.82	4.54	3.05	2.86	4.28
0.84	2.10	1.95	2.29		0.97	0.51	2.11	2.37	1.24	1.97		
2.08	2.94	2.98	3.19	女子	2.37	2.60	2.93	2.93	3.35	2.80	2.52	3.63
1.52	1.23	1.03	0.91		1.89	1.30	0.82	1.06	1.04	1.26		
2.20	2.85	2.99	3.71	全体	2.31	2.46	2.88	3.50	3.83			
1.20	1.58	1.46	1.94		1.42	1.13	1.46	2.05	1.27			

表 2-11 ENV. AREA閉眼時測定値の平均値*

学年別					年齢別					参照平均値**		
6年生	5年生	4年生	3年生		12歳	11歳	10歳	9歳	8歳		10~14.9	5~9.9
4.87	5.70	5.70	7.15	男子	3.63	5.85	6.36	6.77	6.75	5.77	4.39	6.71
3.23	6.47	2.09	3.29		1.15	4.00	6.51	3.01	2.51	3.92		
2.90	4.96	5.63	6.17	女子	3.10	4.10	5.49	6.18	5.85	4.90	3.83	5.24
1.21	3.46	3.76	2.93		1.46	2.35	3.90	3.84	3.42	3.32		
3.99	5.20	5.45	6.78	全体	3.41	4.66	5.82	6.56	6.21			
2.72	4.70	3.22	3.20		1.32	3.09	5.07	3.34	3.12			

*平均値はアニマ株式会社データより抜粋
*上段は平均値、下段は標準偏差

表2-12 異常値を示した人数の内訳

6特性値のうち異常値を示した特性値*の数 人数 (%)	0/6		1/6		2/6		3/6	
	男子	女子	男子	女子	男子	女子	男子	女子
	77		12		9		4	
	(75.5)		(11.8)		(8.8)		(3.99)	

*特性値:

総軌跡長(LNG)、単位軌跡長(LNG/S)、外周面積(ENV.AREA)

単位面積軌跡長(LNG/ENV.A)、矩形面積(REC.AREA)、実効面積(RMS)

表2-13 アンケート結果別 測定値平均値検定結果

	LNG												ENV.AREA					
	開眼時		閉眼時		開眼時		閉眼時		開眼時		閉眼時		開眼時		閉眼時			
	男子	女子	男子	女子	男子	女子	男子	女子	男子	女子	男子	女子	男子	女子	男子	女子		
あたまがもやもやしますか	1.94	-0.05	2.29*	1.34	0.80	2.19*	0.80	2.19*	1.24	2.04*	2.76**	2.75**	0.73	2.45*	0.73	2.45*		
つかれやすいですか	-0.18	1.20	0.56	1.21	0.75	0.52	0.75	0.52	0.79	0.56	1.45	1.55	1.49	1.82	1.49	1.82		
ぐっすりねむれますか	1.35	0.59	1.02	-0.09	-0.08	-0.61	-0.08	-0.61	-0.38	1.67	2.46*	0.43	0.06	-0.31	0.06	-0.31		
ふらふらしますか	0.40	0.10	0.45	0.26	0.10	0.66	0.10	0.66	-0.10	1.02	2.36*	0.94	0.63	1.52	0.63	1.52		
そとあそびができませんか	0.53	0.68	0.69	0.96	0.47	0.90	0.47	0.90	0.54	0.00	0.22	0.81	0.71	0.68	0.71	0.68		
かぜをひきやすいですか	-0.03	-0.29	0.84	-0.75	1.08	-1.15	1.08	-1.15	0.07	0.16	1.08	-0.70	0.20	-0.62	0.20	-0.62		
きもちわるくなりますか	2.64*	0.43	3.68**	0.07	1.76	-0.42	1.76	-0.42	1.14	0.87	1.92	-0.05	1.72	-1.19	1.72	-1.19		
はなぢがでやすいですか	0.46	1.92	1.77	-1.50	1.37	-0.13	1.37	-0.13	-1.76	0.15	0.80	-0.97	0.50	0.61	0.50	0.61		
じゅぎょうはたのしいですか	1.15	0.59	2.06*	0.64	1.52	0.12	1.52	0.12	0.30	1.20	1.23	0.20	0.45	-0.22	0.45	-0.22		
ひざがいたいですか	1.90	0.78	1.25	-0.04	0.53	0.46	0.53	0.46	-0.22	1.54	2.24*	0.13	-0.17	0.63	-0.17	0.63		

注) アンケート結果による平均値の差の検定にはt検定を用い、 $p < 0.05$ には*を、 $p < 0.01$ には**とした。

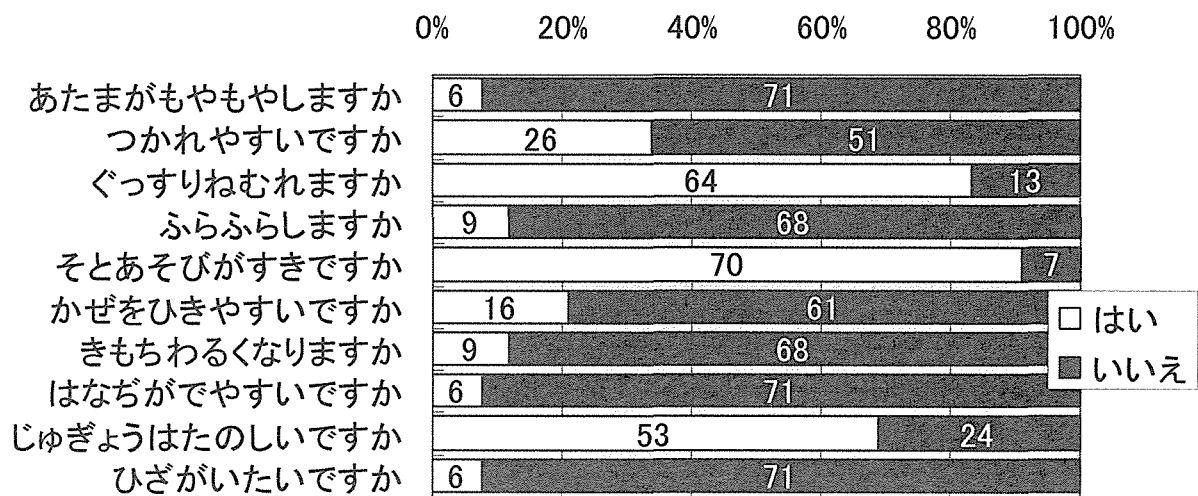


図2-18 アンケート結果
(平均値±2標準偏差内にデータがある者)

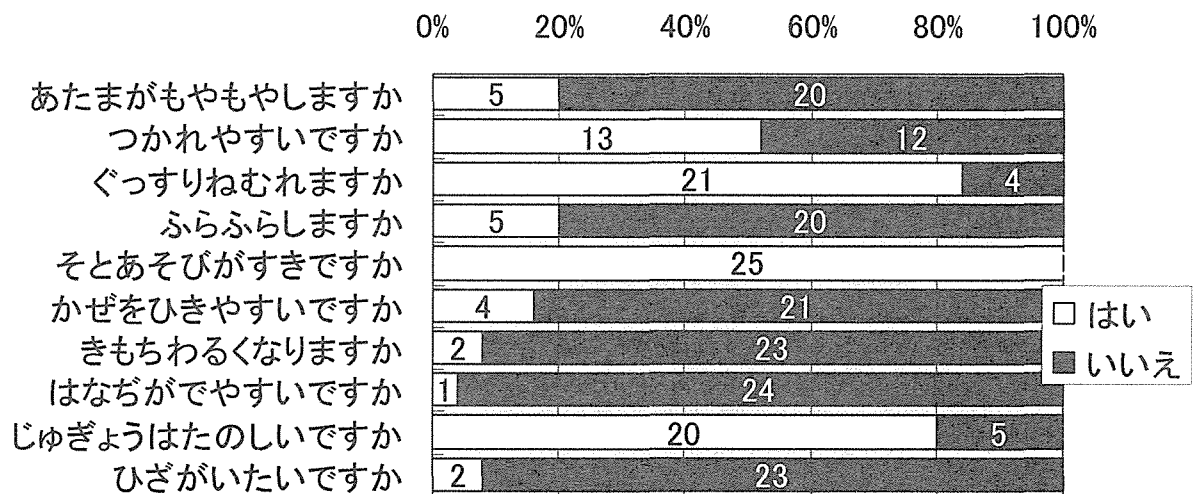


図2-19 アンケート結果
(平均値±2標準偏差外にデータ値が1つでもあった者)

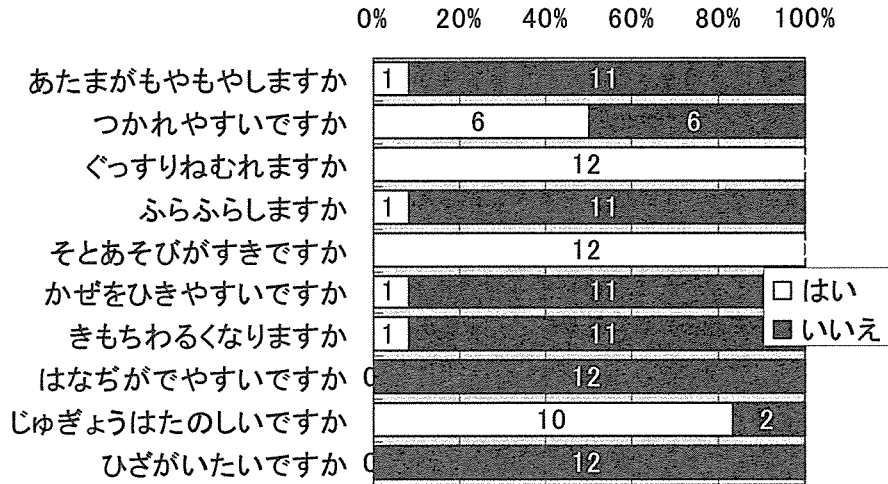


図 2-20 アンケート結果(6項目中1項目該当)

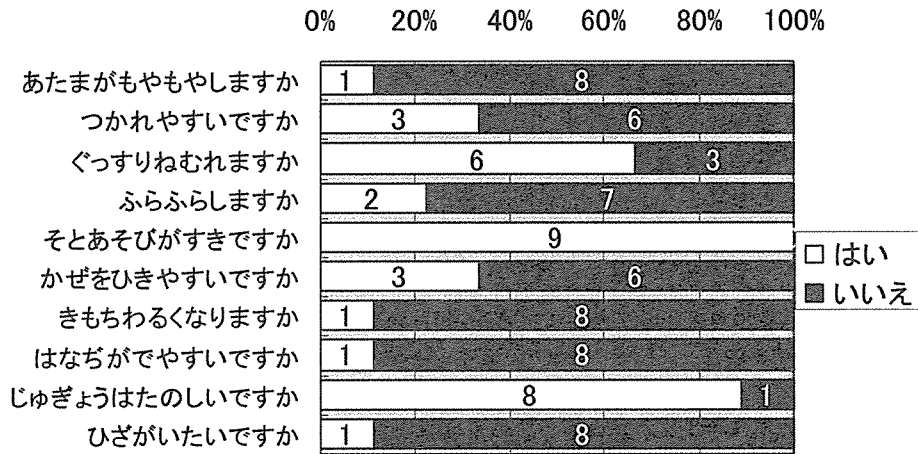


図 2-21 アンケート結果(6項目中2項目該当)

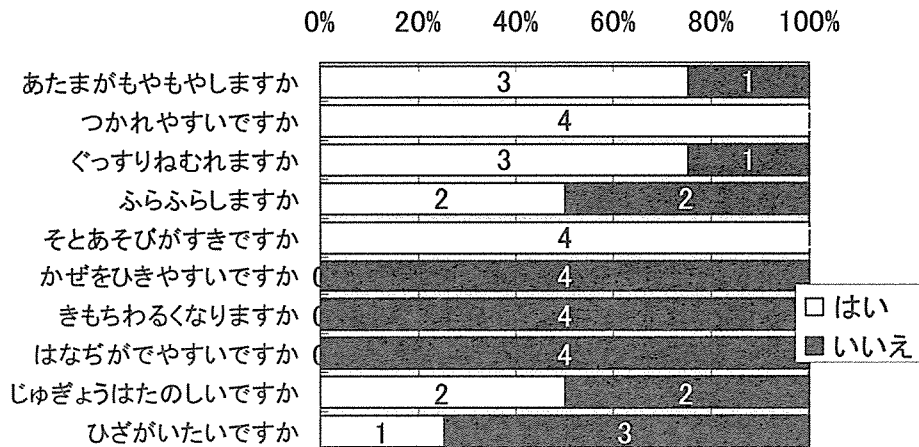


図 2-22 アンケート結果(6項目中3項目該当)

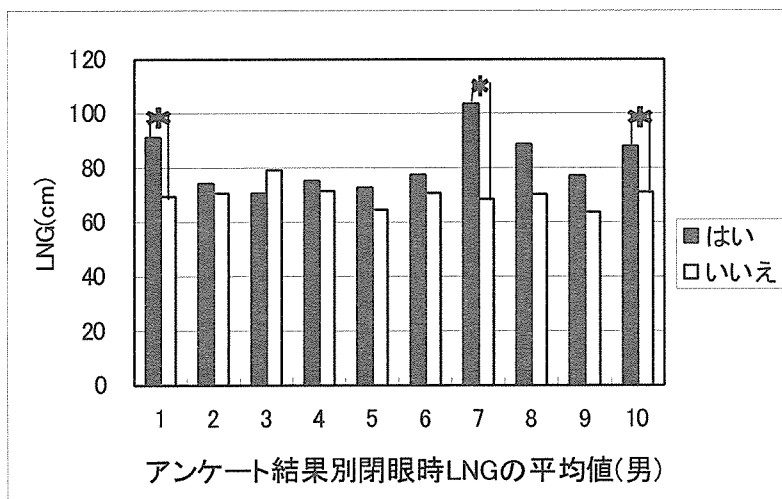
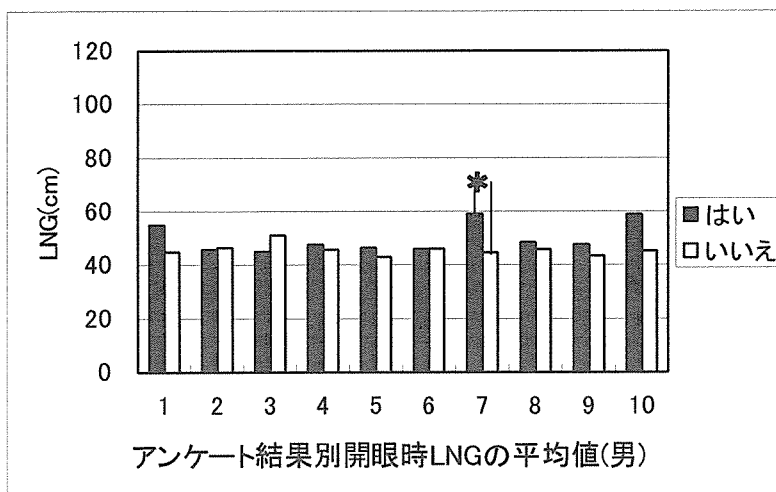
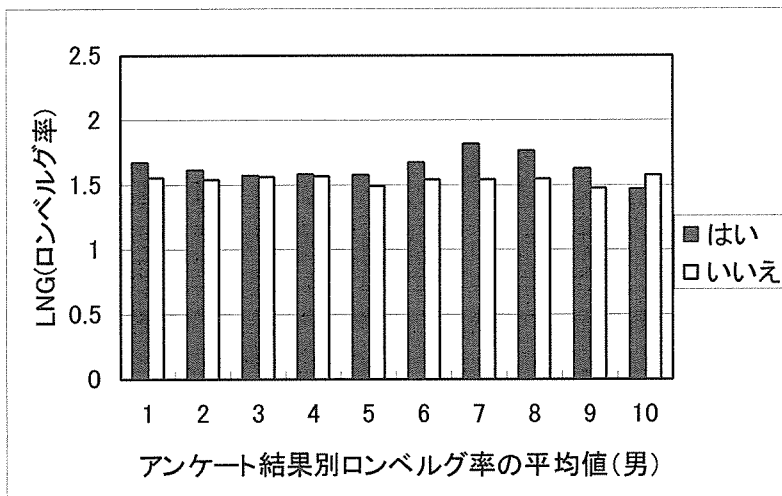


図2-23 アンケート結果別 LNGの平均値(男)

- | | |
|-----------------|------------------|
| 1. あたみがもやもやしますか | 6. かぜをひきやすいですか |
| 2. つかれやすいですか | 7. きもちわるくなりますか |
| 3. ぐっすりねむれますか | 8. はなちがでやすいですか |
| 4. ふらふらしますか | 9. じゅぎょうはたのしいですか |
| 5. そとあそびがすきですか | 10. ひざがいたいですか |

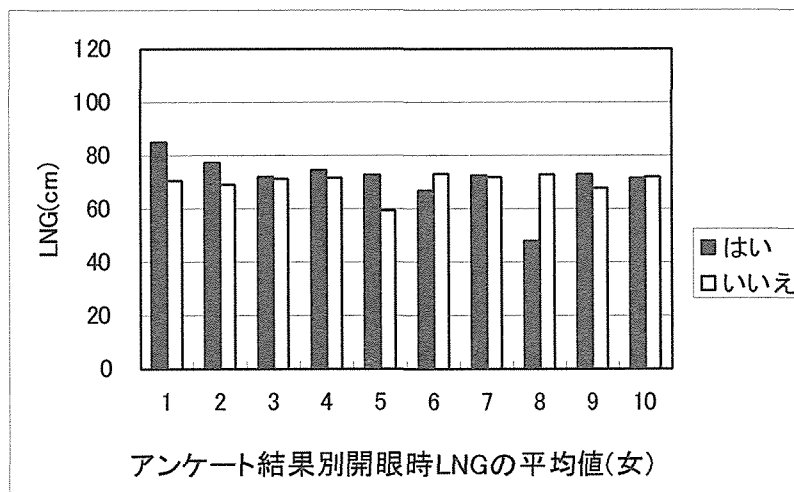
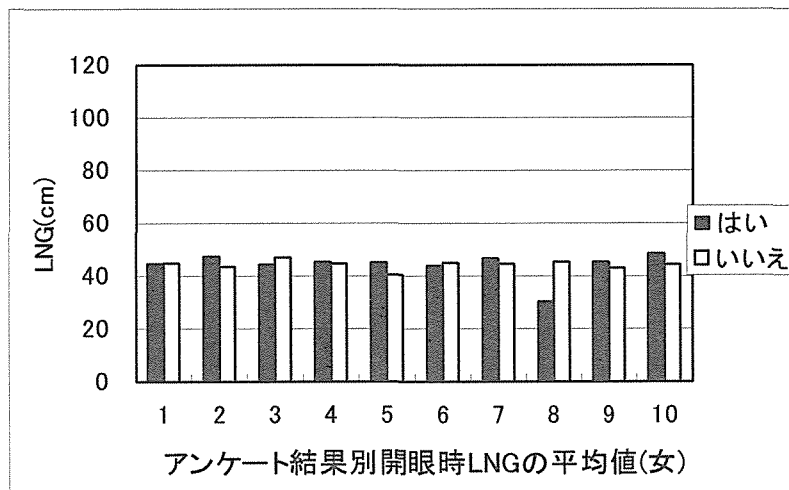
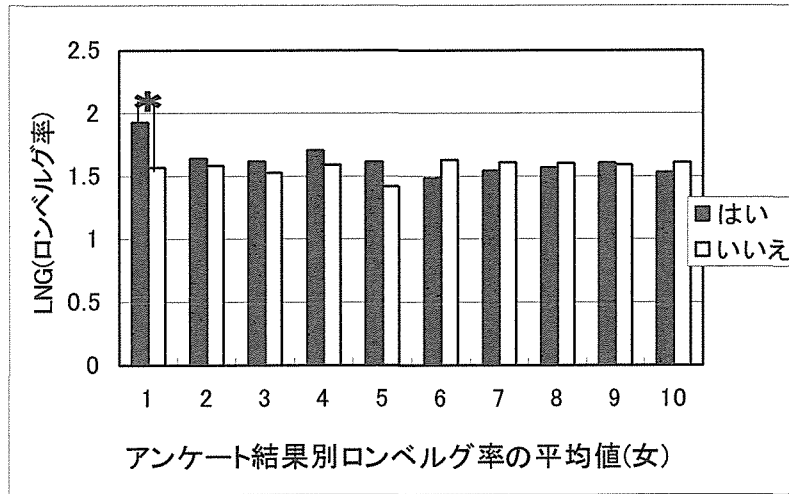


図2-24 アンケート結果別 LNGの平均値(女)

- | | |
|----------------|------------------|
| 1. あたがもやもやしますか | 6. かぜをひきやすいですか |
| 2. つかれやすいですか | 7. きもちわるくなりますか |
| 3. ぐっすりねむれますか | 8. はなちがでやすいですか |
| 4. ふらふらしますか | 9. じゅぎょうはたのしいですか |
| 5. そとあそびがすきですか | 10. ひざがいたいですか |

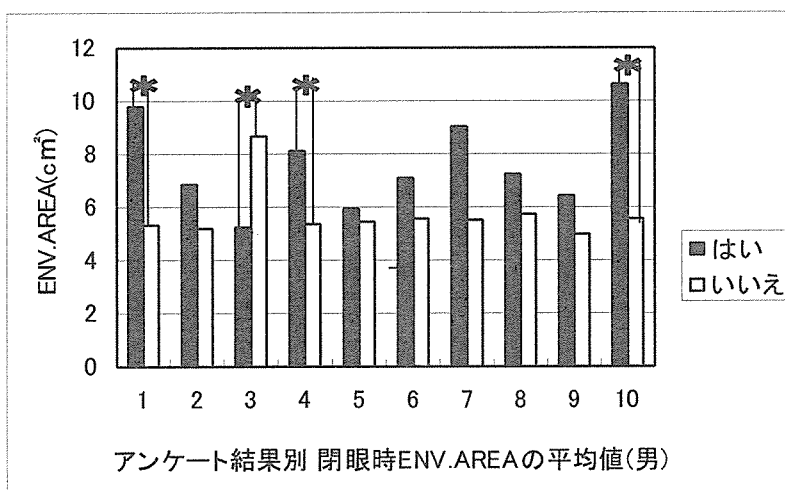
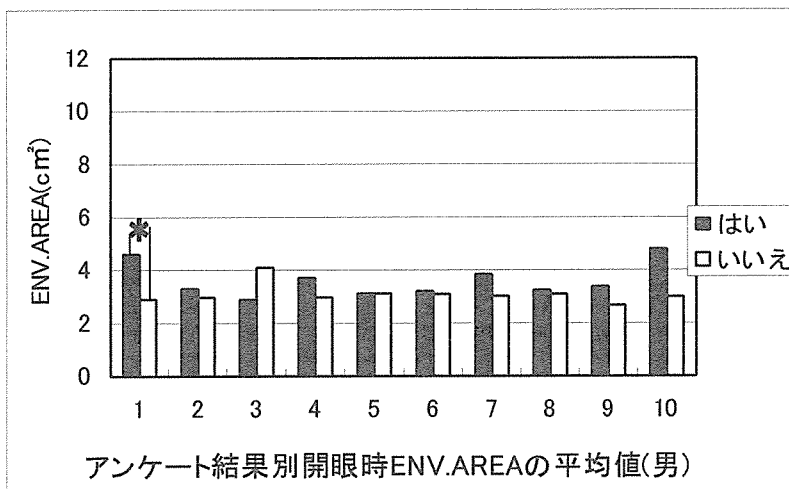
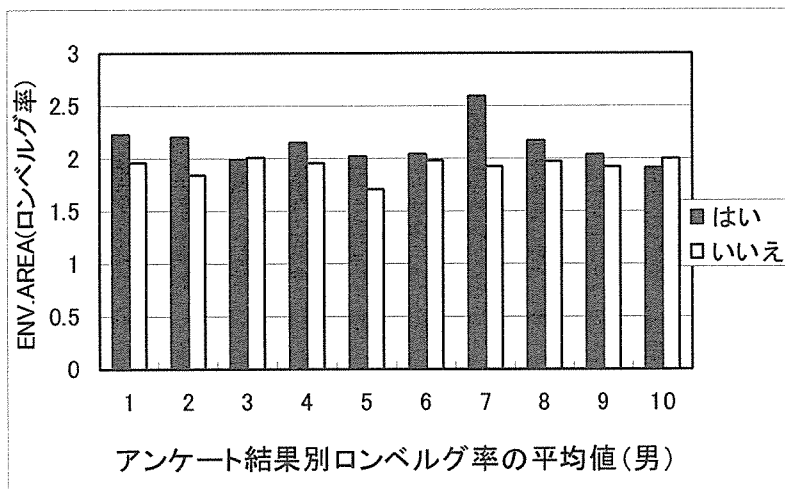


図2-25 アンケート結果別 ENV.AREAの平均値(男)

- | | |
|-----------------|------------------|
| 1. あたまがもやもやしますか | 6. かぜをひきやすいですか |
| 2. つかれやすいですか | 7. きもちわるくなりますか |
| 3. ぐっすりねむれますか | 8. はなちがでやすいですか |
| 4. ふらふらしますか | 9. じゅぎょうはたのしいですか |
| 5. そとあそびがすきですか | 10. ひざがいたいですか |

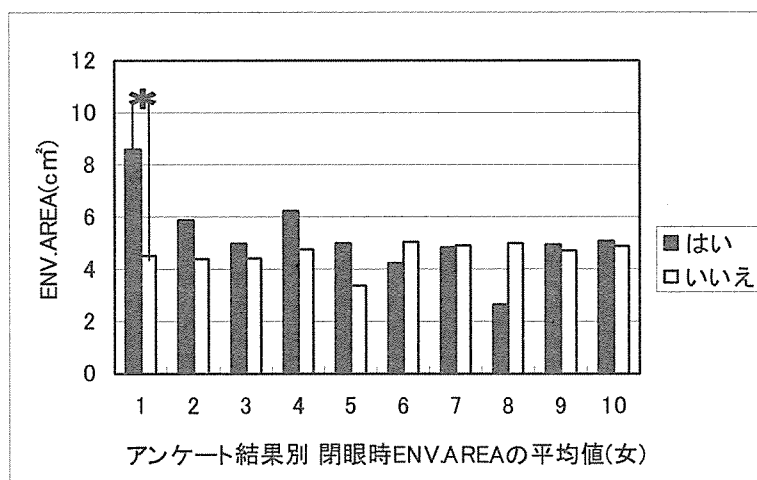
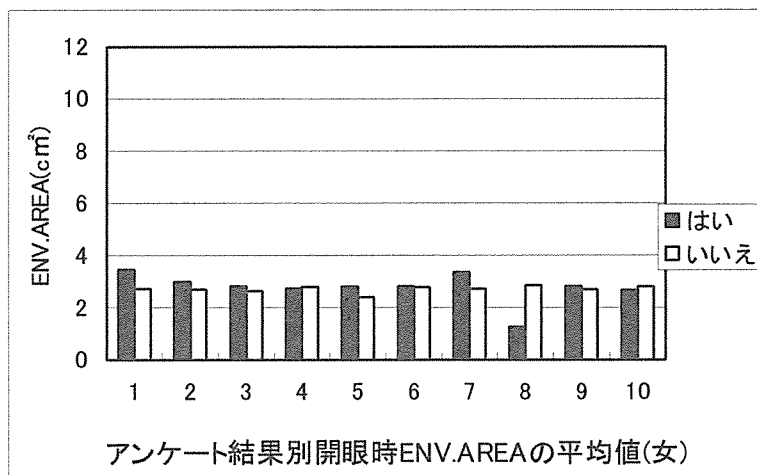
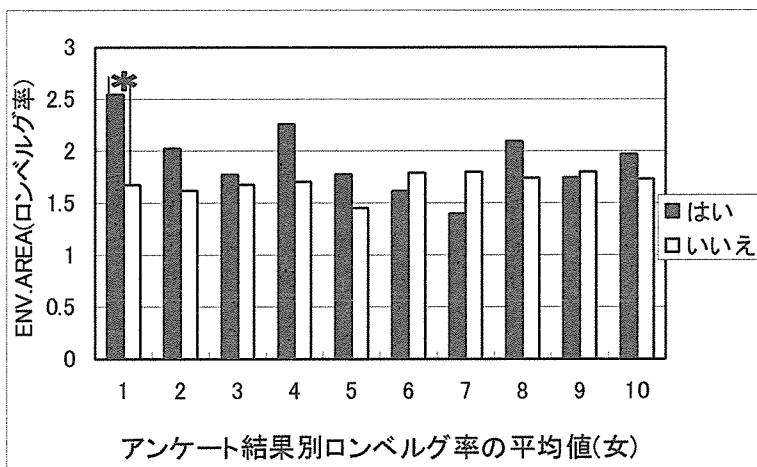


図2-26 アンケート結果別 ENV.AREAの平均値(女)

- | | |
|-----------------|------------------|
| 1. あたまがもやもやしますか | 6. かぜをひきやすいですか |
| 2. つかれやすいですか | 7. きもちわるくなりますか |
| 3. ぐっすりねむれますか | 8. はなちがでやすいですか |
| 4. ふらふらしますか | 9. じゅぎょうはたのしいですか |
| 5. そとあそびがすきですか | 10. ひざがいたいですか |

表 2-14 空気質測定結果（カルボニル化合物）

	2年生教室		4年生教室		重心動揺測定室		外気(中庭)		
	朝	昼	朝	昼	朝	昼	朝	昼	
測定開始時間	7:17	13:02	7:15	12:55	7:55	11:28	7:22	12:43	
測定終了時間	7:42	13:27	7:40	13:28	8:20	12:00	7:46	13:07	
温度(°C)	15	19	15	19	17	19	10	17	
湿度(%)	56	64	55	62	57	54	98	70	
気中濃度(ppm)	ホルムアルデヒド	0.016	0.007	0.012	0.005	0.011	0.020	0.001	0.002
	(28°C、50%補正)	0.046	0.013	0.034	0.010	0.026	0.041	0.004	0.004
	アセトアルデヒド	0.004	0.004	0.002	0.002	0.004	0.005	0.001	0.002
	アセトン	26.336	12.109	—	—	—	—	—	—
	アクリレン	—	—	—	—	—	—	—	—
	プロピオアルデヒド	0.011	0.030	0.056	0.024	0.031	0.036	0.087	0.094
	クロトンアルデヒド	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	2-ブタノン	0.002	0.002	0.002	0.051	0.002	0.035	0.000	0.001
	メタアクリレン	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	n-ブチルアルデヒド	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	ベンズアルデヒド	0.001	0.001	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.003
	バレルアルデヒド	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000
	m-トルアルデヒド	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.003
	ヘキサアルデヒド	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

(-)・・・トラベルブランクが高かったため、測定値がマイナスとなった値。

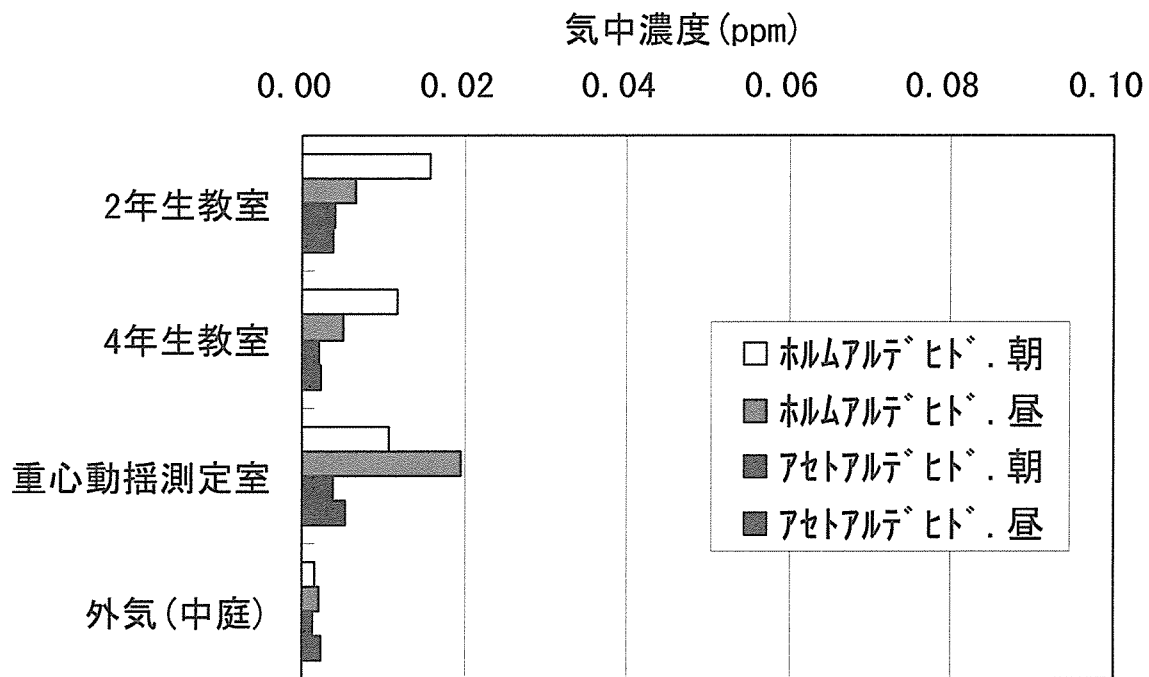


図2-27 ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド測定値(なりゆき)

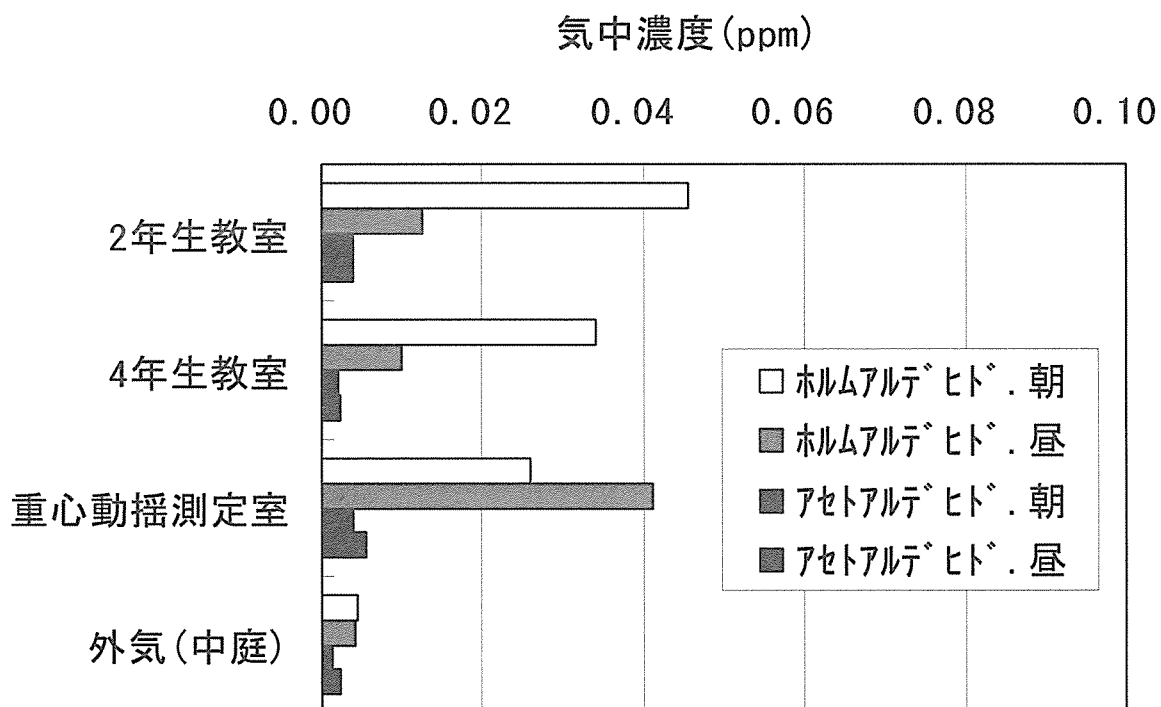


図2-28 ホルムアルデヒド (28°C補正值) アセトアルデヒド測定値

表 2-15 空気質測定結果 (VOC・朝)

族別		項目	4年生	2年生	会議室	外気
脂肪族炭化水素類	6	n-ヘキサン	3.4	5.5	6.2	2.5
	9	2,4-ジメチルペンタン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	16	イソオクタン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	17	ヘプタン	0.7	0.8	<0.5	<0.5
	23	オクタン	7.2	5.8	5.5	3.0
	29	ノナン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	36	デカン	40.0	29.0	28.7	16.5
	43	ウンデカン	0.6	<0.5	<0.5	<0.5
	46	ドデカン	44.8	30.9	32.0	12.5
	48	トリデカン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	49 *	テトラデカン	6.9	3.9	3.9	0.9
	50	ペンタデカン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
51	ヘキサデカン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
芳香族炭化水素類	15	ベンゼン	2.5	1.5	1.6	1.8
	22 *	トルエン	12.7	9.1	7.6	2.8
	27 *	エチルベンゼン	9.0	8.5	5.1	<0.5
	28 *	キシレン	13.7	7.3	5.4	2.0
	30 *	スチレン	0.9	2.4	3.8	<0.5
	33	m-エチルトルエン	0.6	0.9	<0.5	<0.5
	34	p-エチルトルエン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	35	1,3,5-トリメチルベンゼン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	38	o-エチルトルエン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	39	1,2,4-トリメチルベンゼン	1.5	2.0	0.6	<0.5
	42	1,2,3-トリメチルベンゼン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	45	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
テルペン類	32	α -ピネン	41.0	63.6	30.0	4.6
	37	β -ピネン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	41	D-リモネン	4.2	5.3	7.9	1.0
ハロゲン類	4	ジクロロメタン	<0.5	<0.5	<0.5	0.6
	10	クロロホルム	<0.5	<0.5	2.1	<0.5
	11	1,1,1-トリクロロエタン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	12	1,2-ジクロロエタン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	14	四塩化炭素	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	18	トリクロロエチレン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	19	1,2-ジクロロプロパン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	20	ブromoジクロロメタン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	25	ジブromoクロロメタン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	26	テトラクロロエチレン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
40 *	p-ジクロロベンゼン	0.8	0.9	0.6	<0.5	
エステル類	8	酢酸エチル	431	349	384	273
	24	酢酸ブチル	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
アルデヒド・ケトン類	3	アセトン	6.4	10.4	7.1	1.3
	7	メチルエチルケトン	0.9	3.4	0.8	<0.5
	21	メチルイソブチルケトン	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	44	ノナール	5.2	5.3	4.6	1.7
	47	デカール	1.6	1.4	0.8	<0.5
アルコール類 その他	1	エタノール	7.8	2.8	7.3	<0.5
	2	イソプロピルアルコール	1.1	2.6	2.1	<0.5
	5	1-プロパノール	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
	13	1-ブタノール	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
T-VOCヘキサン以降トルエン換算			875	729	697	376

[*]は厚生省ガイドライン指針値物質

表 2-16 空気質測定結果 (VOC・昼)

族別		項目	廊下	会議室	外気
脂肪族炭化水素類	6	n-ヘキサン	2.5	5.7	1.9
	9	2,4-ジメチルペンタン	<0.5	<0.5	<0.5
	16	イソオクタン	<0.5	<0.5	<0.5
	17	ヘプタン	0.9	<0.5	<0.5
	23	オクタン	3.6	6.2	6.7
	29	ノナン	0.6	<0.5	<0.5
	36	デカン	35.3	37.0	35.3
	43	ウンデカン	0.9	<0.5	<0.5
	46	ドデカン	48.1	43.4	38.9
	48	トリデカン	<0.5	<0.5	<0.5
	49 *	テトラデカン	8.9	7.3	5.5
	50	ペンタデカン	<0.5	<0.5	<0.5
51	ヘキサデカン	<0.5	<0.5	<0.5	
芳香族炭化水素類	15	ベンゼン	2.0	2.1	1.2
	22 *	トルエン	34.9	6.4	3.2
	27 *	エチルベンゼン	14.6	2.7	<0.5
	28 *	キシレン	20.6	3.9	2.1
	30 *	スチレン	2.4	<0.5	<0.5
	33	m-エチルトルエン	0.7	<0.5	<0.5
	34	p-エチルトルエン	<0.5	<0.5	<0.5
	35	1,3,5-トリメチルベンゼン	<0.5	<0.5	<0.5
	38	o-エチルトルエン	<0.5	<0.5	<0.5
	39	1,2,4-トリメチルベンゼン	2.9	0.9	<0.5
	42	1,2,3-トリメチルベンゼン	<0.5	<0.5	<0.5
	45	1,2,4,5-テトラメチルベンゼン	<0.5	<0.5	<0.5
	テルペン類	32	α -ピネン	105	19.4
37		β -ピネン	0.6	<0.5	<0.5
41		D-リモネン	13.4	11.0	6.5
ハロゲン類	4	ジクロロメタン	<0.5	<0.5	<0.5
	10	クロロホルム	<0.5	<0.5	<0.5
	11	1,1,1-トリクロロエタン	<0.5	<0.5	<0.5
	12	1,2-ジクロロエタン	<0.5	<0.5	<0.5
	14	四塩化炭素	<0.5	<0.5	<0.5
	18	トリクロロエチレン	<0.5	<0.5	<0.5
	19	1,2-ジクロロプロパン	<0.5	<0.5	<0.5
	20	プロモジクロロメタン	<0.5	<0.5	<0.5
	25	ジプロモクロロメタン	<0.5	<0.5	<0.5
	26	テトラクロロエチレン	<0.5	<0.5	<0.5
	40 *	p-ジクロロベンゼン	1.2	<0.5	<0.5
エステル類	8	酢酸エチル	65.3	276	365
	24	酢酸ブチル	<0.5	<0.5	<0.5
アルデヒド・ケトン類	3	アセトン	12.2	5.2	1.9
	7	メチルエチルケトン	1.4	1.1	0.8
	21	メチルイソブチルケトン	2.0	<0.5	<0.5
	44	ノナール	5.8	8.0	5.6
	47	デカール	1.5	2.9	3.4
アルコール類 その他	1	エタノール	1.9	13.7	<0.5
	2	イソプロピルアルコール	1.6	<0.5	<0.5
	5	1-プロパノール	<0.5	<0.5	<0.5
	13	1-ブタノール	<0.5	<0.5	<0.5
T-VOCヘキサン以降トルエン換算			736	638	629

[*]は厚生省ガイドライン指針値物質

第3部 塙町木造施設用ムク材のVOC類放散測定

1. 調査目的

福島県塙町において、森林及び山村の生活体験施設として、地元や都市住民に対し、木造施設が持っている安らぎと癒しの交流空間を提供することにより、木の良さ、優位性、地域木材利用を啓蒙する施設とすることを目的として、地元産出のスギを用いて木造施設建設の計画があり、内装に使用される地元産出のスギ材のVOC類放散状況を測定することとした。

施設名：塙町多目的交流施設

建築主：塙町長 二瓶 隆男

建設地：福島県東白川郡塙町大字湯岐字立石21地内

構造工法：木造2階建て 在来工法

面積：1棟 1階 252.52m² 2階 88.82m² 計 341.34m²

建物内部及び外部仕上げ表を表3-1及び表3-2に示す。また、建物立面図を図3-1に、1階及び2階の平面図を図3-2及び図3-3、並びに建物外観及び1階多目的ホール、2階和洋室の写真を図3-4～3-7に示した。

2. 試験方法

2.1 供試材料

建物内装に用いる福島県産のスギ材で、人工乾燥材及び天然乾燥材を試験材とした。

2.2 測定方法

小型チャンバー法（JIS A1901）に準拠して、カルボニル化合物及びVOC類の放散測定を行った。小型チャンバーの概要、試料空気の補修方法及び分析方法については、第1部 I. 2.2 と同一の方法で行った。

試験体は、人工乾燥したスギ辺材（辺材KD）、心材（心材KD）及び天然乾燥したスギ辺材（辺材ND）、心材（心材ND）を用いた。6月18日にプラスチックフィルムで梱包された状態で搬入され、そのまま約2ヶ月間20℃の恒温室内に保管した。これら試験体の表面を1mm程度鉋削し、所定の寸法に裁断し測定試験体とした。

チャンバーからの試料空気の採取は、試験体設置後24時間後（1日後）、3日後、7日後、1ヶ月後、2ヶ月後、3ヶ月後に行った。試験体は7日経過時まではチャンバー内（温度28℃、相対湿度50%、換気回数0.5回/h）に設置し、その後はチャンバーから取り出して温度20℃に設定した恒温室内に保管し、試料空気採取時期にチャンバーに再度設置し、24時間経過後に試料空気の採取を行った。

3. 試験結果

試験方法の項で述べたように、ホルムアルデヒドを含むカルボニル化合物及び VOC 類について測定 7 日まではチャンバー内での連続測定を行ったが、その後はチャンバー外に保管し所定の時期に再度チャンバーに設置して測定する方法を採ったために、1 ヶ月以降の測定値が大きくばらつく結果となり、雰囲気空気による汚染等の疑いが生じた。すなわち、試料数 $n=2$ で測定を行ったが、それらの測定値に著しい差異を生じたために、正規な測定値として用いるには問題があった。よって、この章に示す図及び表には 1 日目から 7 日目までと 90 日後の結果を示すこととした。

3.1 ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの放散状況

3.1.1 スギ材からのホルムアルデヒドの放散

スギ材からのホルムアルデヒドの放散は、採材位置及び乾燥方法の違いにより明らかに異なっている。すなわち、辺心材では辺材からの放散が心材に比べやや大きく、乾燥法では天乾材に比べ人工乾燥材からの放散が明らかに大きい。放散は辺材 KD が最も大きく 1 日目の放散量は $8.2 \mu\text{g} / \text{m}^2\text{h}$ 、次いで心材 KD で $7.2 \mu\text{g} / \text{m}^2\text{h}$ 、次いで辺材 ND の $5.0 \mu\text{g} / \text{m}^2\text{h}$ 、心材 ND が最も少なく $2.9 \mu\text{g} / \text{m}^2\text{h}$ である。これらの材からの放散はその後いずれの材も順調に減少し、チャンバー 7 日後では、それぞれ 4.0 、 3.1 、 0.9 、 $0 \mu\text{g} / \text{m}^2\text{h}$ となっており、部位、乾燥法によっては放散ゼロとなるものがあった。90 日後の放散量はいずれもチャンバー 3 日後を超え約 $5 \mu\text{g} / \text{m}^2\text{h}$ となっているが、これについては保管した雰囲気温度湿度条件の変動、あるいは一部汚染も影響しているものと考えられる。測定結果を表 3-3、及び図 3-8、3-9 に示した。

3.1.2 スギ材からのアセトアルデヒドの放散

アセトアルデヒドの放散についてはホルムアルデヒドのような辺心材、乾燥方法による特定の傾向はなかった。辺心材についてみると、KD 材では心材の放散がやや多く、辺材では ND 材の放散が明らかに多かった。天然乾燥材と人工乾燥材と比較すると辺材では天然乾燥材が著しく放散が大きく、心材ではほとんど差がなかった。アセトアルデヒドについては、チャンバー試験 7 日までは順調に減衰し、もっとも放散量の大きい辺材 ND 1 日目の放散は $7.2 \mu\text{g} / \text{m}^2\text{h}$ 、次いで心材 ND の $6.2 \mu\text{g} / \text{m}^2\text{h}$ 、次いで辺材 KD の $4.7 \mu\text{g} / \text{m}^2\text{h}$ 、最も少ないのが心材 KD の $1.6 \mu\text{g} / \text{m}^2\text{h}$ である。これらのチャンバー 7 日後の放散量は、それぞれ 2.6 、 0.8 、 0 、 $2.0 \mu\text{g} / \text{m}^2\text{h}$ であり、ほとんど問題のないレベルにまで減衰している。90 日後の放散は KD 材がほぼゼロであるのに対し、ND 材は大きくばらついている。この理由は先のホルムアルデヒドと同様と考えられる。試験結果を表 3-4、及び図 3-10、3-11 に示した。

3.2 VOC類の放散

3.2.1 スギ材からのTVOCの放散

スギ材からのTVOCの放散には、辺心材の別、乾燥法の影響が顕著である。すなわち、人工乾燥材に比べ天然乾燥材からの放散が明らかに大きい。チャンバー1日目の放散で比べると、心材ND、辺材NDが約14,000、12,000 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ であるのに対し、心材KD、辺材KDはそれぞれ1,800、5,700 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ である。辺心材については、天然乾燥材では心材からの放散が大きいのにたいし、人工乾燥材では辺材からの放散がやや大きい。しかしながら、これらの放散も比較的速やかに減衰し、90日後では最も高放散の心材NDではまだ2100 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ を示すものの、その他では数百 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ と初期の1/30程度までに低下している。試験結果を表3-5、及び図3-12、3-13に示した。

3.2.2 スギ材からのテルペン類の放散

テルペン類 (α -ピネン、 β -ピネン、リモネンの計) の放散を求めて示した。チャンバー1日目の辺材KD、心材NDが大きな放散を示すこと、心材NDの減衰が特に速やかなこと除けば、辺心材、あるいは乾燥法による違いは認められない。概して、速やかに減衰し、チャンバー7日後では0.5~3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ と1日目の1/10程度に低下している。90日後では、ほとんど認められないか、0.3~1.4 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ 極めて僅かである。測定結果を表3-6、及び図3-14、3-15に示した。

3.2.3 スギ材からのトルエンの放散

スギ材から僅かではあるが、トルエンの放散が観測された。その放散量はチャンバー1日目でも1.3~2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ であり、7日目には、0.6~1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ と痕跡程度の放散であった。ここに観測されたトルエンが木材由来のものであるのかについては、さらに検討することが必要であるが、木材由来であるとしても極めて微少な放散であり、実用上問題となる量ではない。試験結果を表3-7、及び図3-16、3-17に示した。

3.3 カルボニル化合物の放散状況

スギ材から放散される13種類のカルボニル化合物チャンバー濃度の経時変化の詳細について辺材KDを図3-18に、心材KDを図3-19に、辺材NDを図3-20に、心材NDを図3-21に示した。

3.4 VOC類の放散状況

主要なVOC類のチャンバー濃度の経時変化について、辺材KDを図3-22に、心材KDを図3-23に、辺材NDを図3-24に、心材NDを図3-25に示した。

表 3-1 木造多目的交流施設、1階内装仕上げ表

室名	床		巾木		壁		天井		廻り縁	窓枠	備考
	下地	仕上	下地	仕上	下地	仕上	耐火性能	仕上			
玄関	コンクリート下地	磁器質タイル貼300角		同左	石膏ボード12.5mm厚	塗壁 塗厚14~15	不燃	石膏ボード12.5mm厚	杉	木枠	下足入れ、すのこ桧板、 柱：桧 w=360 下足棚 吹付け、目カクンスクリー ン
ホール	杉板15mm厚	杉圧密70-リング張り 15mm厚 w=135	杉	H=100	同 上	同 上	同上	同 上	同上	同上	
ミーティングルーム	同 上	同 上	同上	同上	同 上	腰：杉本実板H=1200横張 上部塗壁 15厚 W=180	同上	同 上	同上	同上	カクテル、テラ、流し台
交流スペース	同 上	同 上	同上	同上	同 上	同 上	同上	同 上	同上	同上	手洗、鏡、手洗70-リング、 タイル張り
談話室	同 上	同 上	同上	同上	同 上	同 上	同上	同 上	同上	同上	ベンチ
更衣ブース	同 上	同 上	同上	同上	同 上	同 上	同上	同 上	同上	同上	
便所 男子	コンクリート下地	磁器質タイル貼50角	同左		5ヶ所以外下地	磁器質タイル貼300角	同上	同 上	同上	同上	便器大、手洗、鏡、ブース
便所 女子	同 上	同 上	同左		同 上	同 上	同上	同 上	同上	同上	便器大、手洗、鏡、S.K.ブース
階段室		杉板60mm厚	杉	H=100	石膏ボード12.5mm厚	塗壁 塗厚14~15	不燃	同 上	杉	同上	玄関上床、杉圧密70-リング T=15、W=135
廊下 1	杉板 15mm厚	杉圧密70-リング張り 15mm厚 w=135	同上	同上	同 上	腰：杉本実板H=1200横張 上部塗壁 15厚 W=180	同上	同 上	同上	同上	
通用品	コンクリート下地	磁器質タイル貼300角	同左		同 上	塗壁 塗厚14~15	同上	同 上	同上	同上	桎椏 w=135 下足入れ
廊下 2	杉板 15mm厚	杉圧密70-リング張り 15mm厚 w=135	杉	H=100	同 上	同 上	同上	同 上	同上	同上	
保管庫	同 上	同 上	同上	同上	耐水石膏ボード12.5mm	腰：杉本実板H=1200横張 15厚 W=180 一部磁器質タイル貼	同上	同 上	同上	同上	70-リング (スリット) 業務用) 電気スイッチ、換気扇
浄水器置き場	同 上	同 上	同上	同上	同 上	塗 装	同上	同 上	同上	同上	
物置 1F 2F	同 上	同 上	同上	同上	石膏ボード12.5mm厚	同 上	同上	同 上	同上	同上	
和室 1	同 上	畳敷一部杉縁甲板 張り w=150	畳寄せ		同 上	じゆらく壁、腰和紙貼 H=30	同上	同 上	同上	同上	床の間：TV棚
和室 2	同 上	同 上	同上	同上	同 上	布貼り	準	同 上	同上	同上	同上
和室踏込 1	同 上	杉厚密70-リング張り 15mm厚 w=135	杉		同 上	同 上	同上	同 上	同上	同上	桎椏 w=135
和室踏込 2	同 上	同 上	同上	同上	同 上	同 上	同上	同 上	同上	同上	
ホール	同 上	同 上	同上	同上	同 上	腰：杉本実板H=1200横張 上部塗壁 15厚 W=180	同上	同 上	同上	同上	腰壁PB下地、杉板貼H=1200 下足入れ、冷蔵庫入
広縁	同 上	杉板張り	同上	同上	同 上	和室1：じゆらく壁 和室2：布貼り	1. 不 2. 準	同 上	同上	同上	収納、パイプ
押入	同 上	同 上	同上	同上	同 上	石膏ボード12.5mm厚	不燃	同 上	同上	同上	
洗面脱衣	同 上	杉厚密70-リング張り 15mm厚 w=135	同上	同上	耐水石膏ボード12.5mm厚 タイル貼りタイル貼	腰：杉本実板H=1200横張 上部塗壁 15厚 W=180	同上	同 上	同上	同上	洗面ボード、鏡
浴室	タイル下地	磁器質タイル貼50角	同上	同上	5ヶ所以外下地	磁器質タイル貼300角	同上	同 上	同上	同上	蛇口、金属製
便所	コンクリート下地	同 上	同左		表面と同じ	同 左	同上	同 上	同上	同上	便器、パイプ、タイル掛け

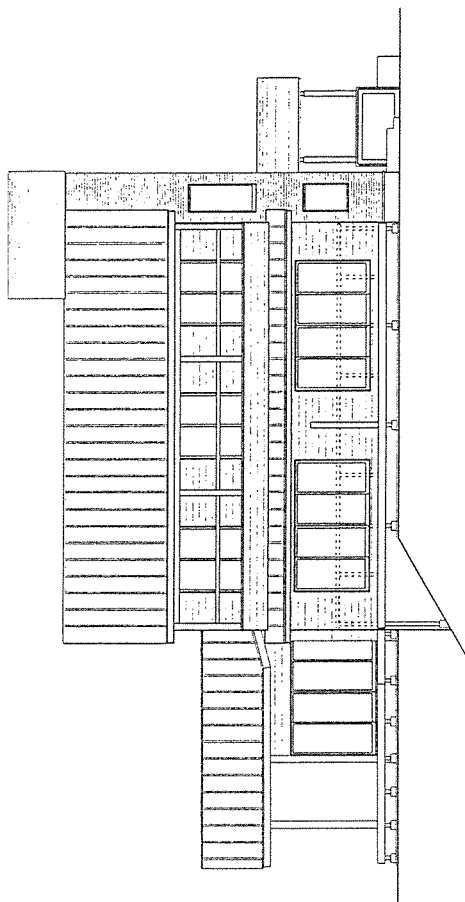
* 全ての材料は承認時に製品安全データシートを提出の事

* 造作材：杉・地元産(築地透明被覆塗膜)
* 数 居：圧密杉又は地元産桧、(築地透明被覆塗膜)

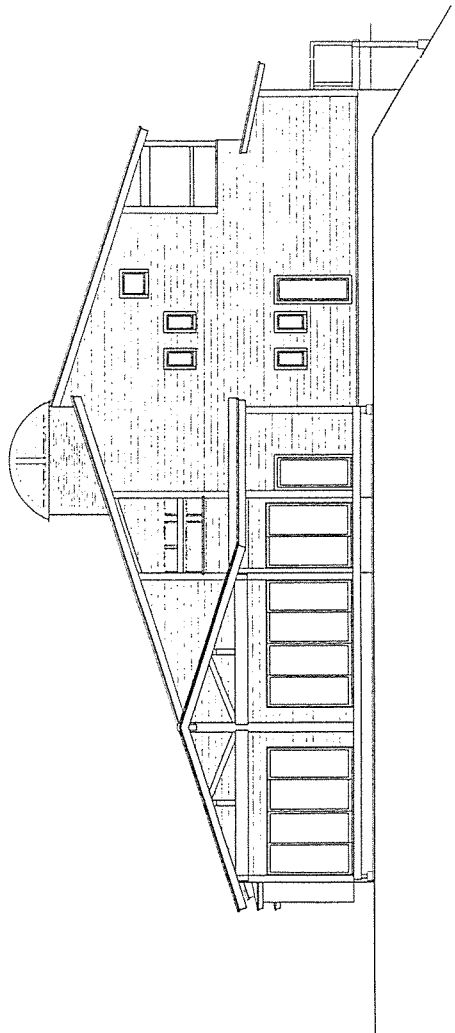
* ホード塗装は透明比膜膜塗布
* ホード塗装は透明比膜膜塗布

共通事項

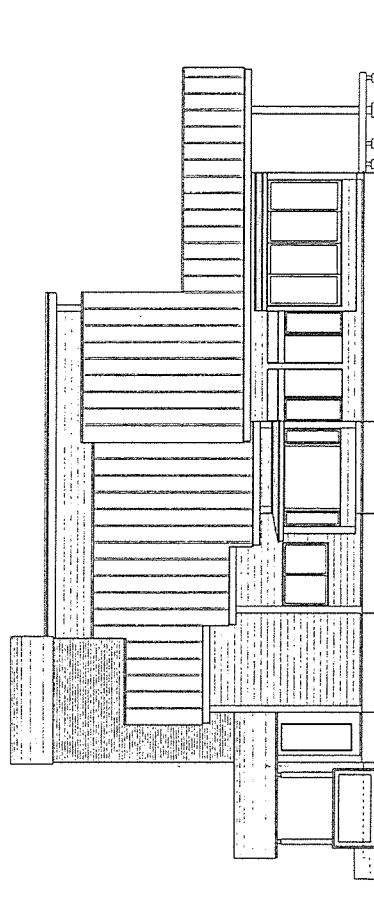
* 使用建築材料は標記なきものは、規制対象外品とする
* 準：準不燃内装仕上
* 不：不燃内装仕上
* 壁仕上りの防火壁は平面図に図示する



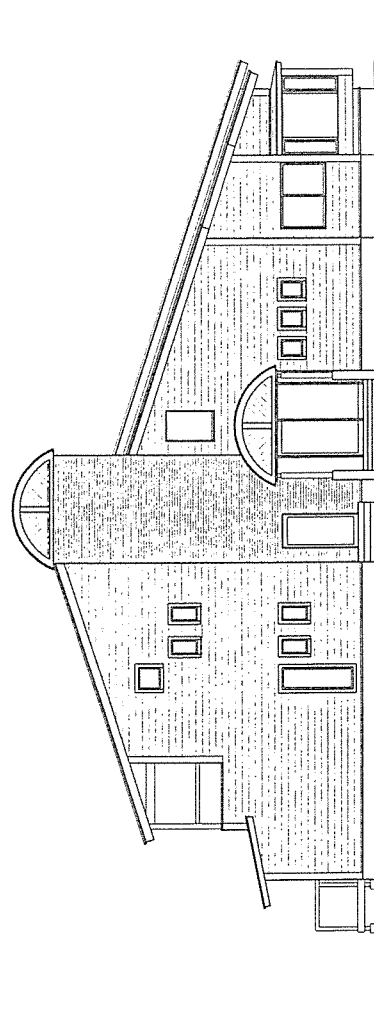
南側立面图 1:100



西側立面图 1:100



北側立面图 1:100



東側立面图 1:100

项目名称	木造公共施設整備事業	图名	立面图	图号	A-14
设计单位	多目的交流施設建築工事	比例	1:100	日期	
设计者	木造公共施設整備事業 東京都杉並区西荻窪2-41-12 一級建築士事務所 奥野建築設計 事務所 東京都 奥野 系 45546号 一級建築士 大匠堂 第41074号 第四号	审核		制图	
审核	北里研究所病院 臨床環境医学センター	审核		审核	

图 3-1 木造多目的交流施設、立面图

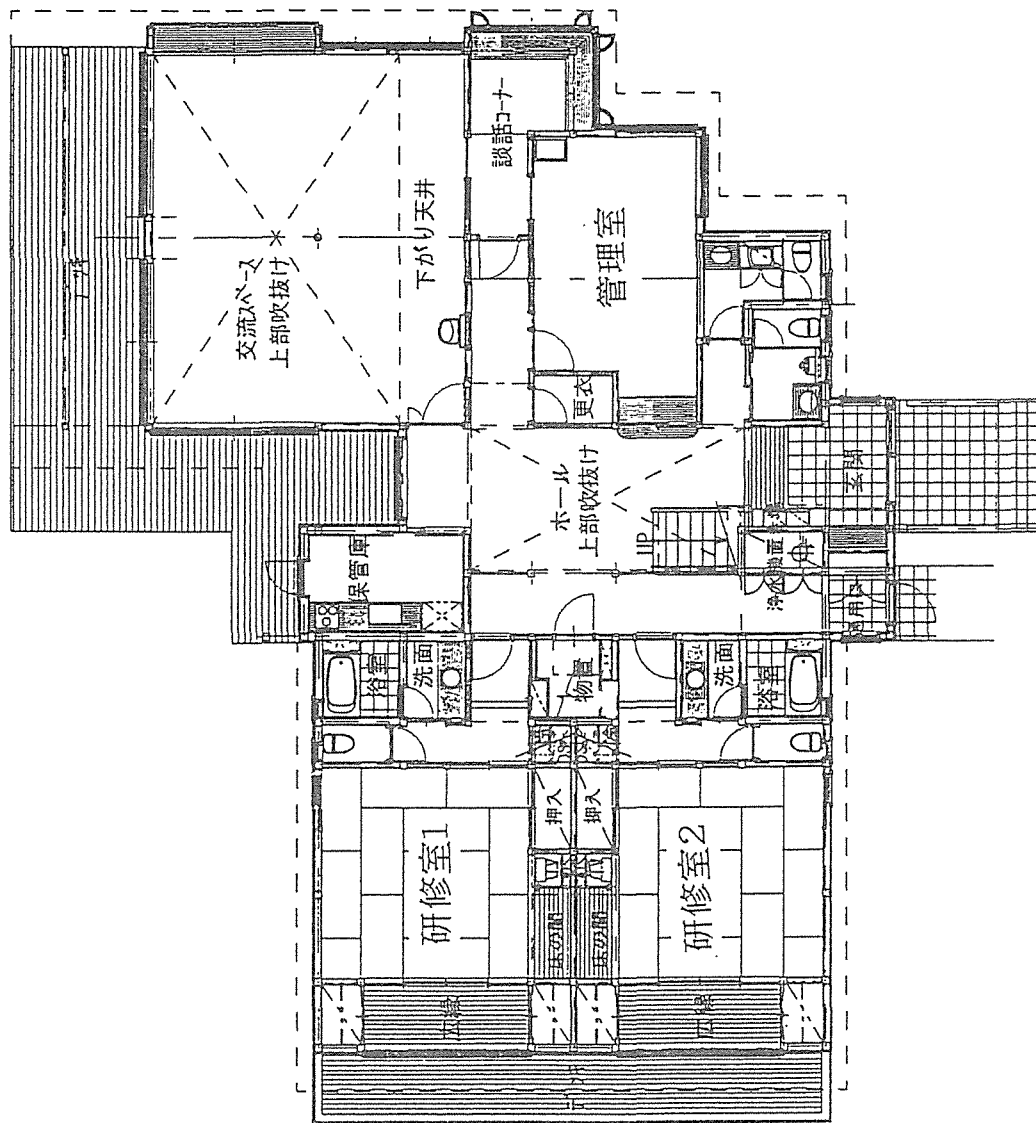


图 3-2 木造多目的交流施設、1 階平面図

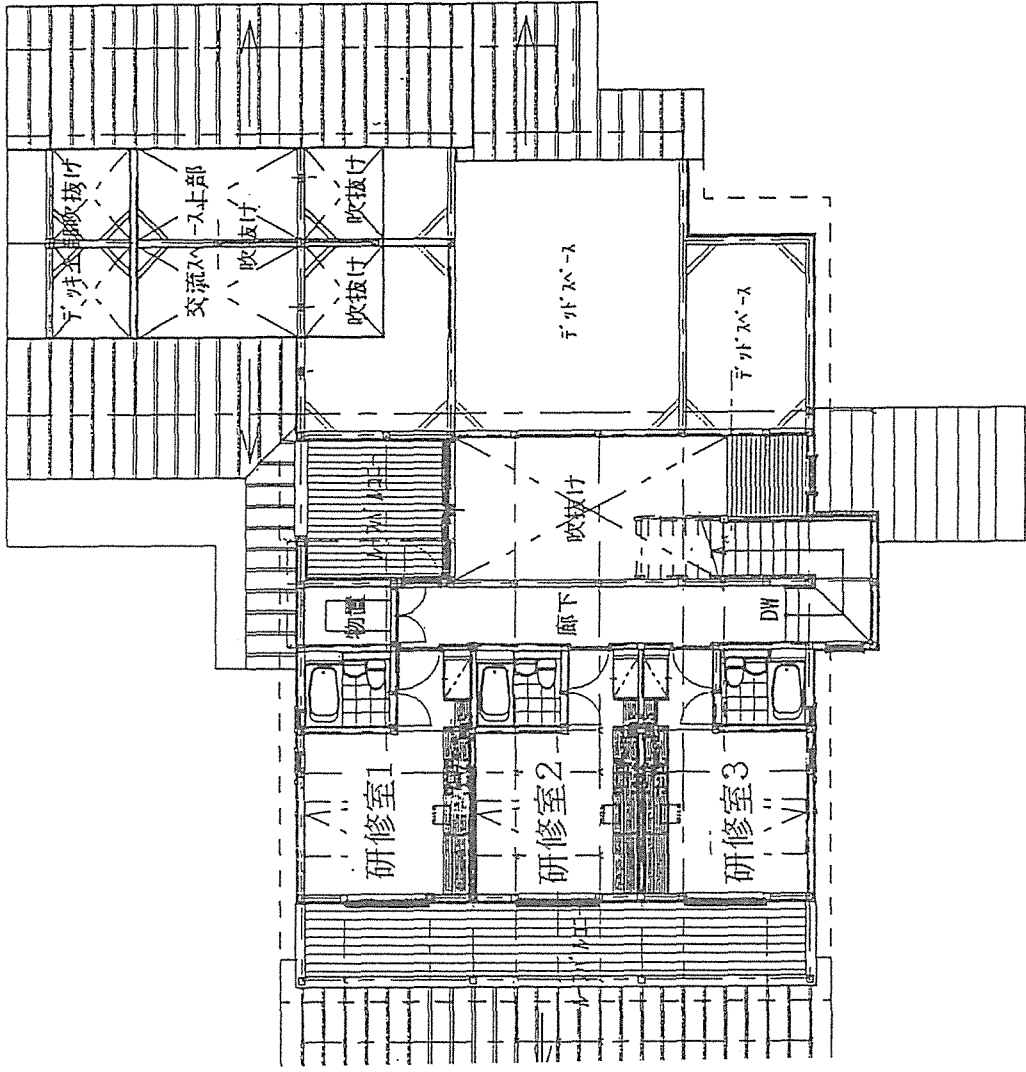


图 3-3 木造多目的的交流施設、2 階平面図



图 3-4 埜町多目的交流施設概観

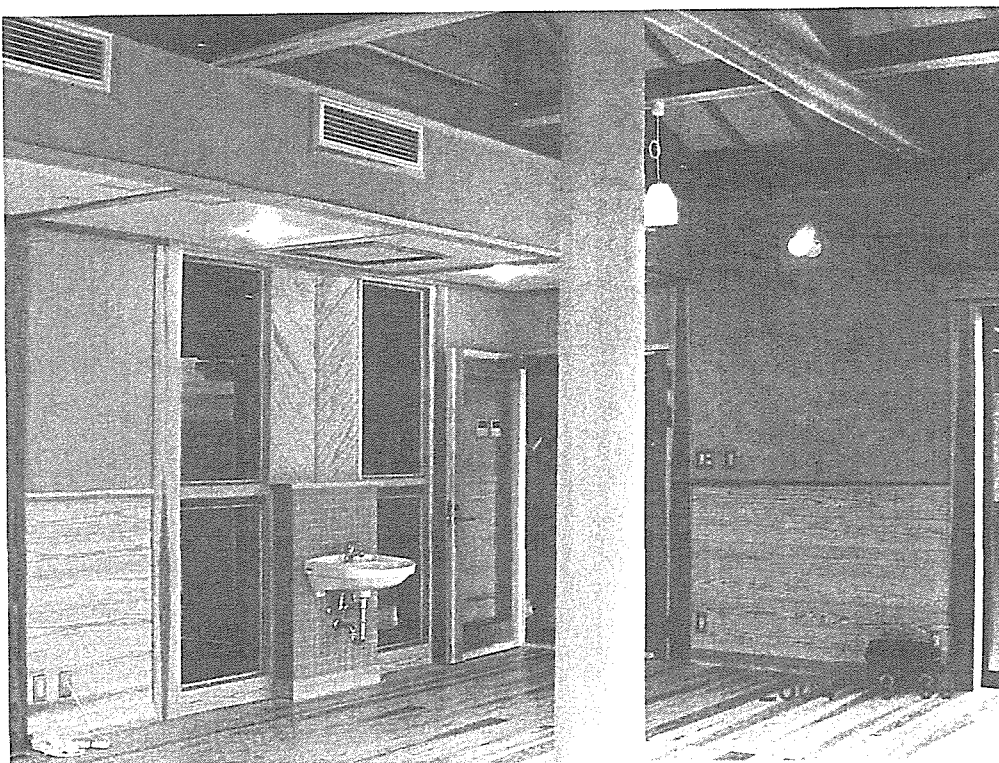


图 3-5 多目的ホール内部

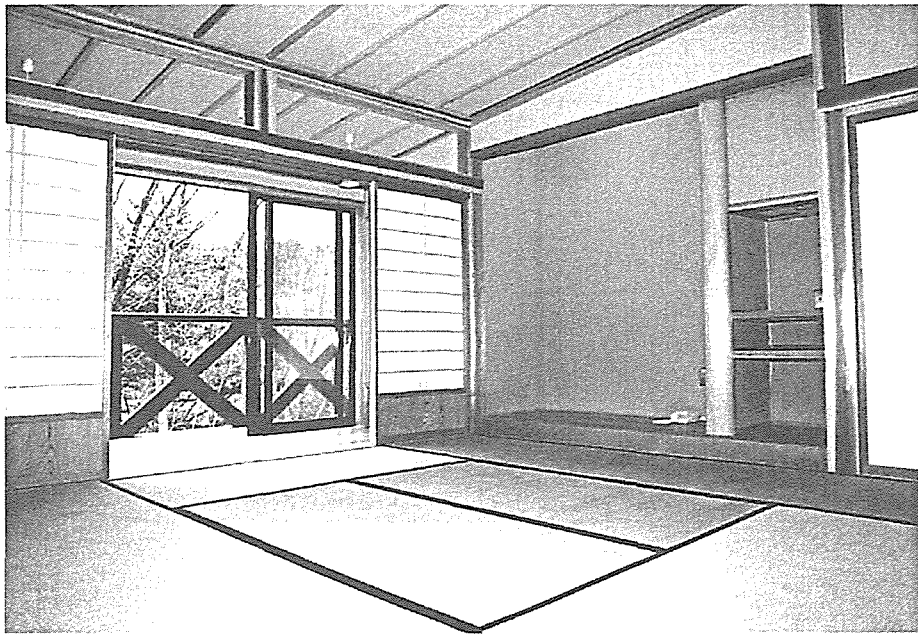


図 3-6 和室内部

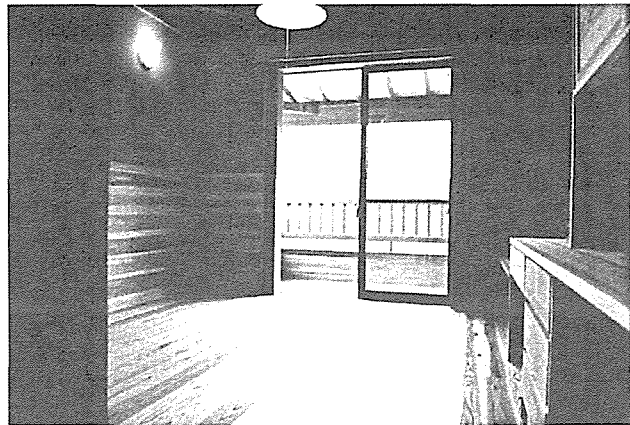


図 3-7 洋室内部とビルトイン家具

表 3-3 スギ材からのホルムアルデヒドの放散

経過日数 (日)	(チャンバー濃度: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				(放散量: $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)			
	心材KD	心材ND	辺材KD	辺材ND	心材KD	心材ND	辺材KD	辺材ND
1	15.7	6.3	18.5	10.9	7.2	2.9	8.4	5.0
3	11.2	0.7	12.1	6.7	5.1	0.3	5.5	3.1
7	6.9	0.0	8.7	2.0	3.1	0.0	4.0	0.9
90	13.4	10.5	11.2	10.8	6.1	4.8	5.1	4.9

表 3-4 スギ材からのアセトアルデヒドの放散

経過日数 (日)	(チャンバー濃度: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				(放散量: $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)			
	心材KD	心材ND	辺材KD	辺材ND	心材KD	心材ND	辺材KD	辺材ND
1	3.4	13.6	10.3	15.9	1.6	6.2	4.7	7.2
3	3.6	2.5	0.0	11.4	1.7	1.1	0.0	5.2
7	4.5	1.7	0.0	5.7	2.0	0.8	0.0	2.6
90	0.0	11.4	0.0	47.9	0.0	5.2	0.0	21.8

表 3-5 スギ材からのTVOCの放散

経過日数 (日)	(チャンバー濃度: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				(放散量: $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)			
	心材KD	心材ND	辺材KD	辺材ND	心材KD	心材ND	辺材KD	辺材ND
1	3985.0	31650.0	12600.0	26450.0	1811.4	14386.4	5727.3	12022.7
3	4325.0	20903.0	6875.0	16397.0	1965.9	9501.4	3125.0	7453.2
7	3335.0	16600.0	5515.0	11425.0	1515.9	7545.5	2506.8	5193.2
90	501.0	4740.0	393.0	745.0	227.7	2154.5	178.6	338.6

表 3-6 スギ材からのテルペン類の放散

経過日数 (日)	(チャンバー濃度: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				(放散量: $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)			
	心材KD	心材ND	辺材KD	辺材ND	心材KD	心材ND	辺材KD	辺材ND
1	13.6	43.4	61.0	15.9	6.2	19.7	27.7	7.2
3	22.0	6.3	8.8	22.0	10.0	2.9	4.0	10.0
7	7.6	1.1	6.5	7.6	3.5	0.5	3.0	3.5
90	3.0	0.0	0.7	0.0	1.4	0.0	0.3	0.0

表 3-7 スギ材からのトルエンの放散

経過日数 (日)	(チャンバー濃度: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				(放散量: $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)			
	心材KD	心材ND	辺材KD	辺材ND	心材KD	心材ND	辺材KD	辺材ND
1	2.9	5.3	5.0	4.9	1.3	2.4	2.3	2.2
3	3.8	0.6	3.0	1.6	1.7	0.3	1.4	0.7
7	1.7	1.4	2.5	2.7	0.8	0.6	1.1	1.2
90	2.5	0.0	3.2	<0.5	1.1	0.0	1.5	-

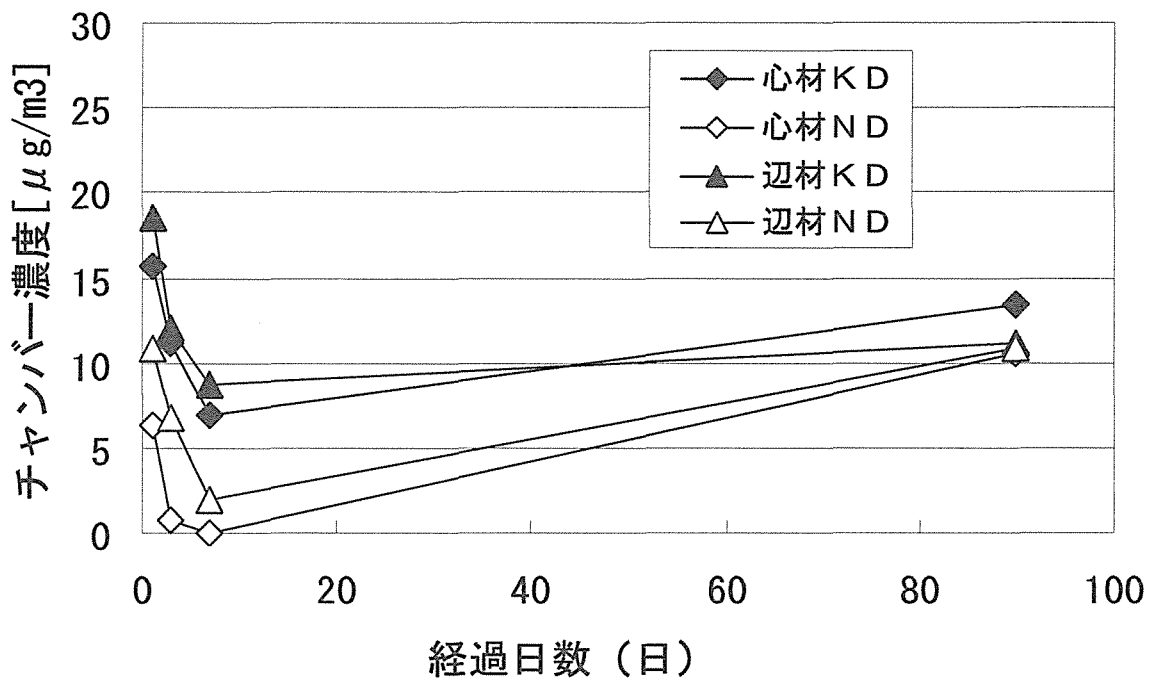


図 3-8 スギ材からのホルムアルデヒド放散 (チャンバー濃度)

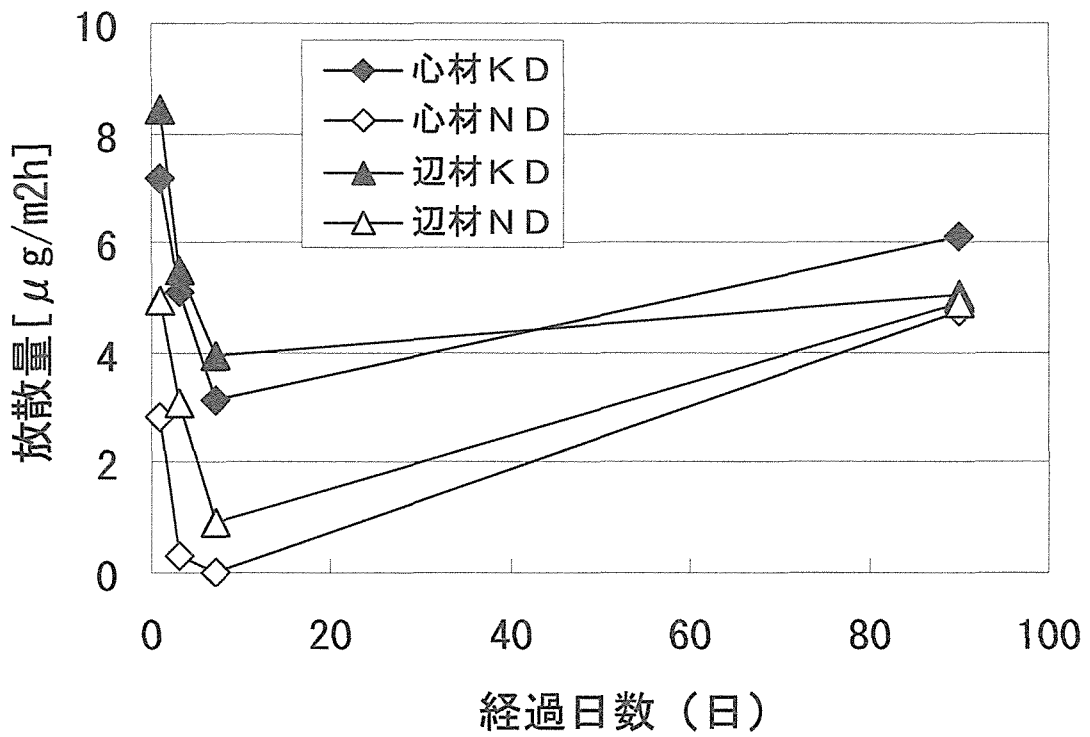


図 3-9 スギ材からのホルムアルデヒド放散量

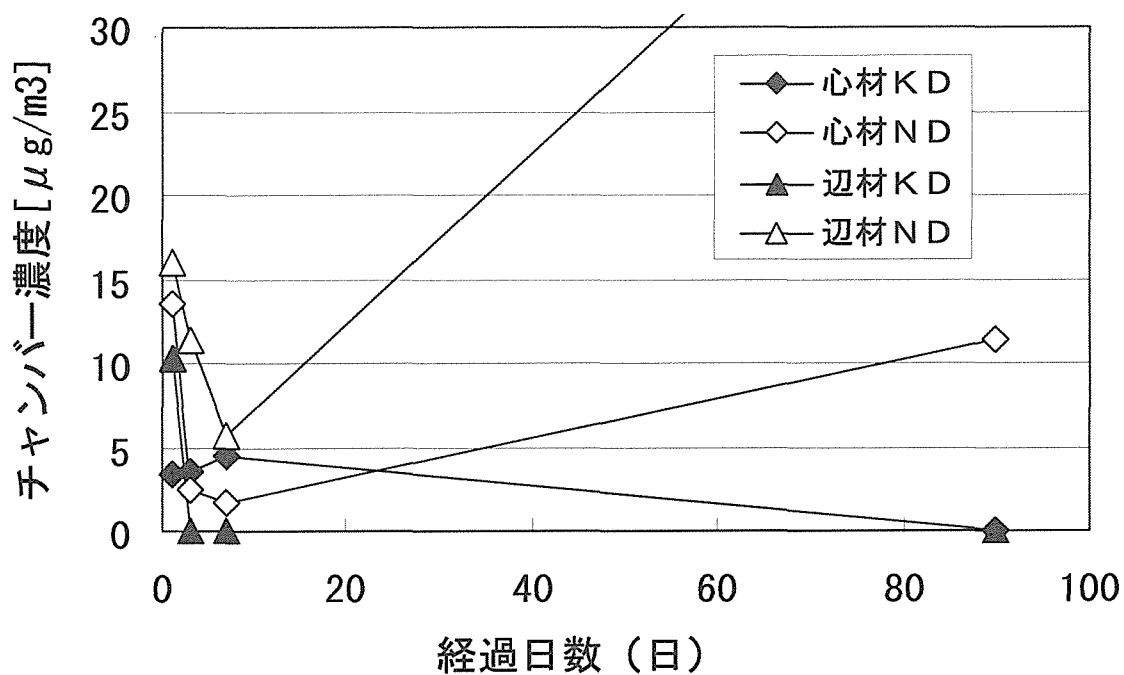


図 3-10 スギ材からのアセトアルデヒド放散 (チャンバー濃度)

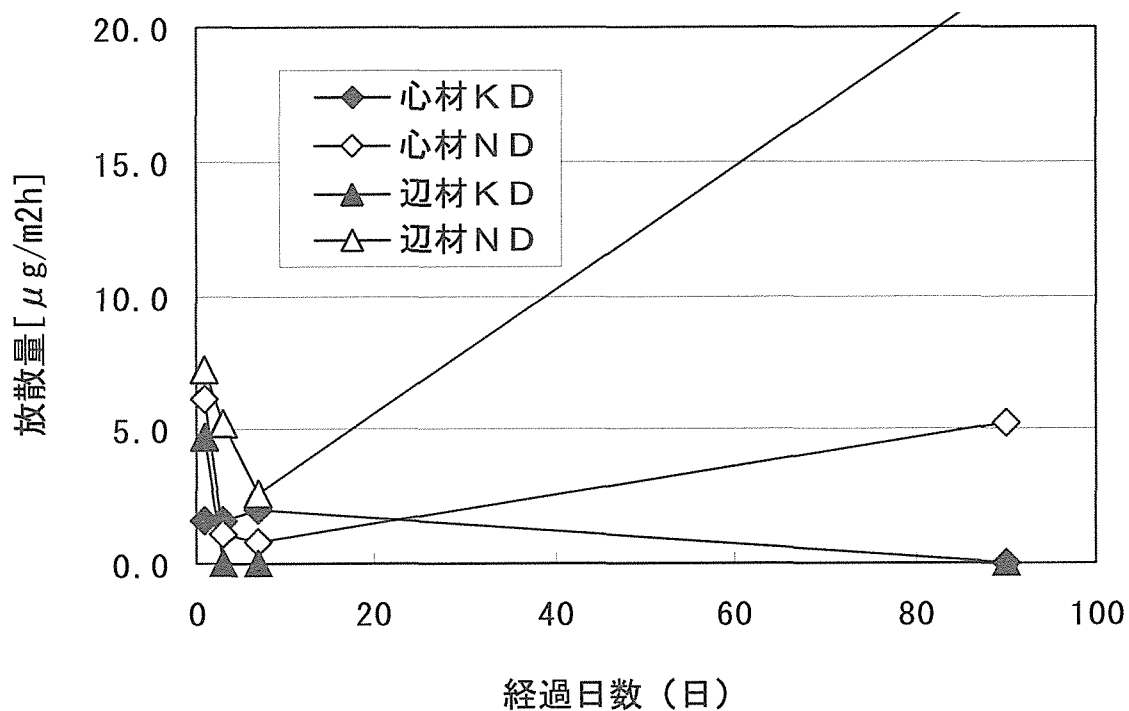


図 3-11 スギ材からのアセトアルデヒド放散量

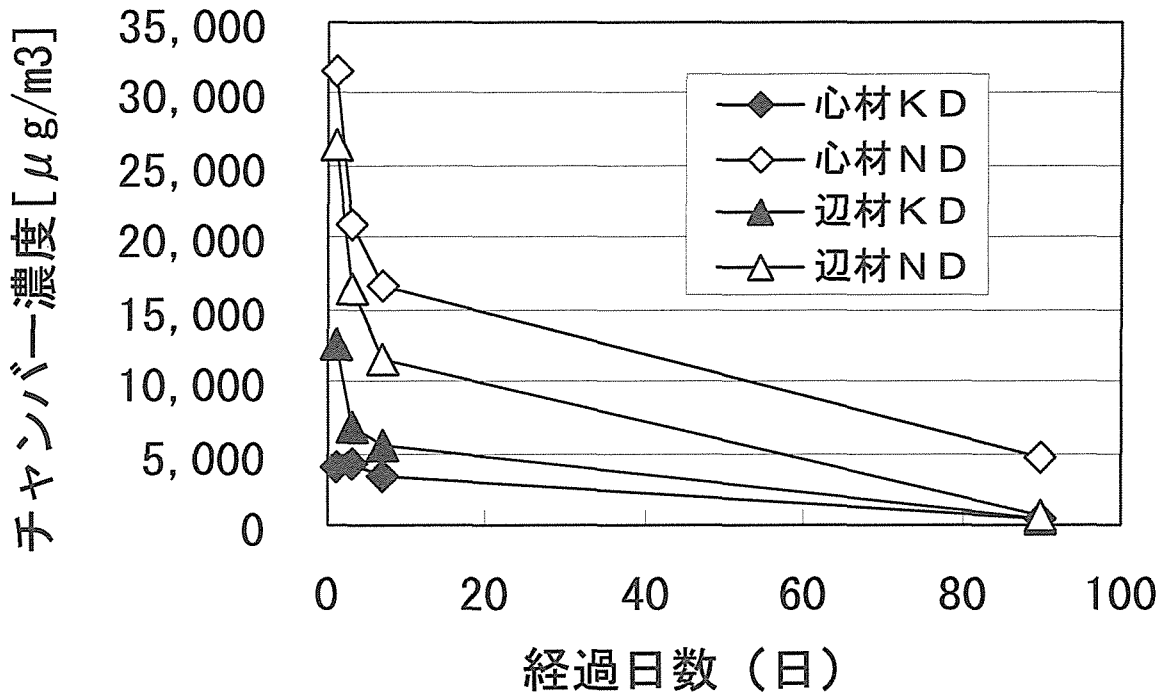


図 3-12 スギ材からのTVOCの放散 (チャンバー濃度)

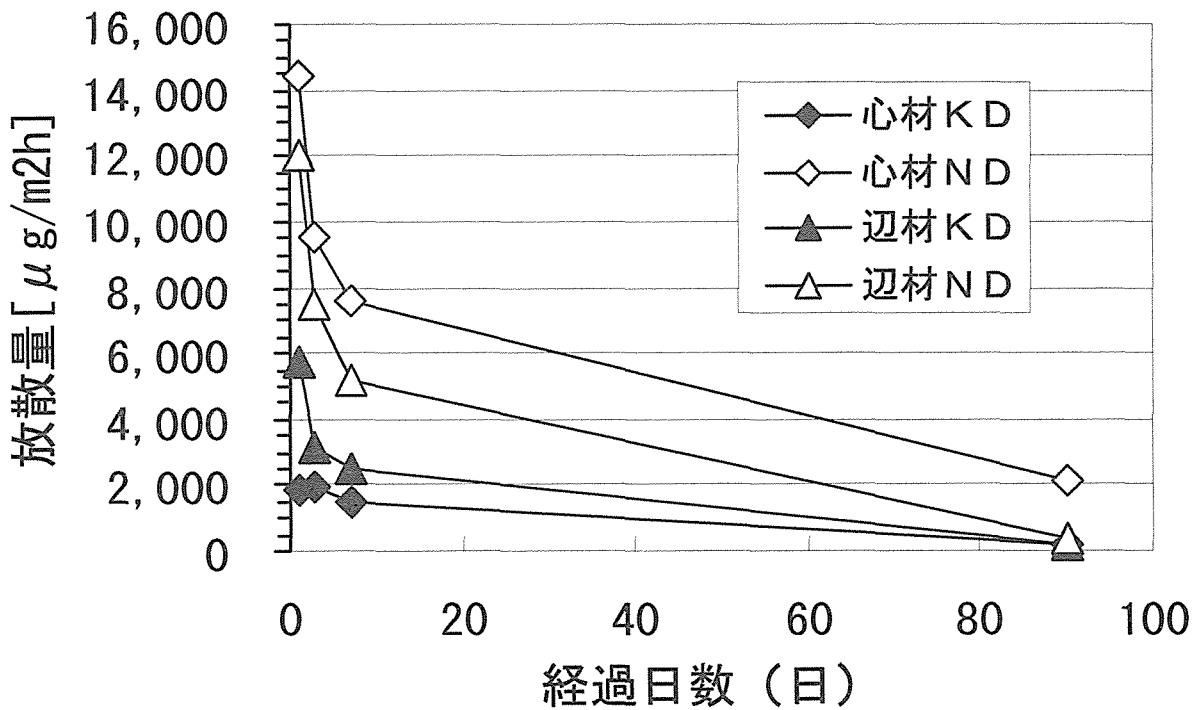


図 3-13 スギ材からのTVOCの放散量

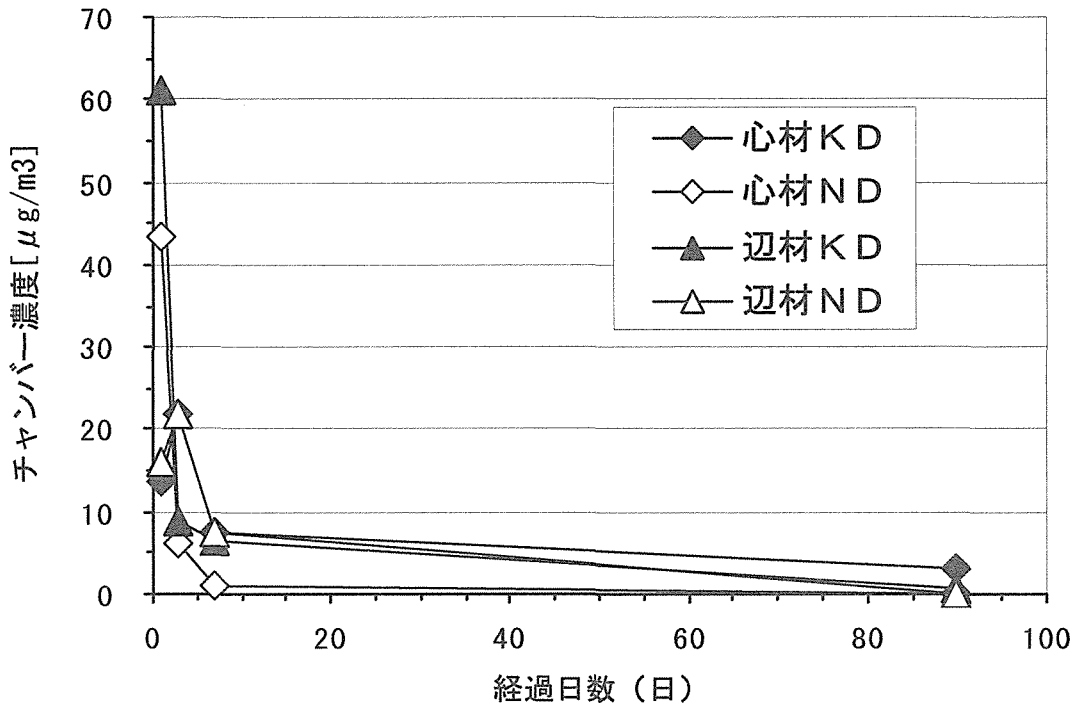


図 3-14 スギ材からのテルペン類の放散 (チャンバー濃度)

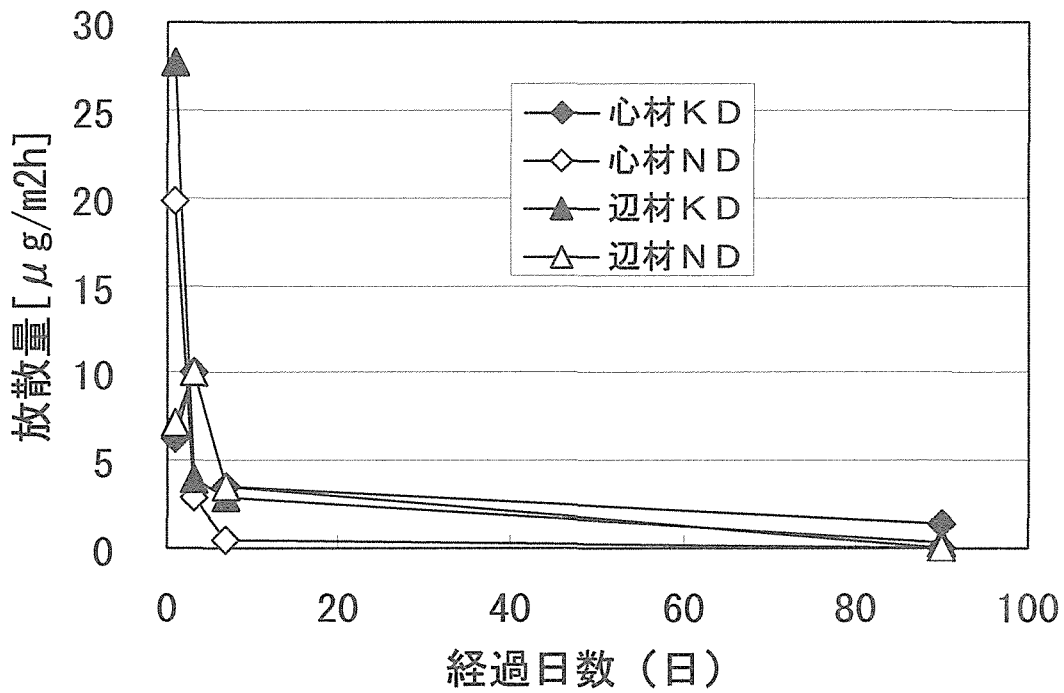


図 3-15 スギ材からのテルペン類の放散量

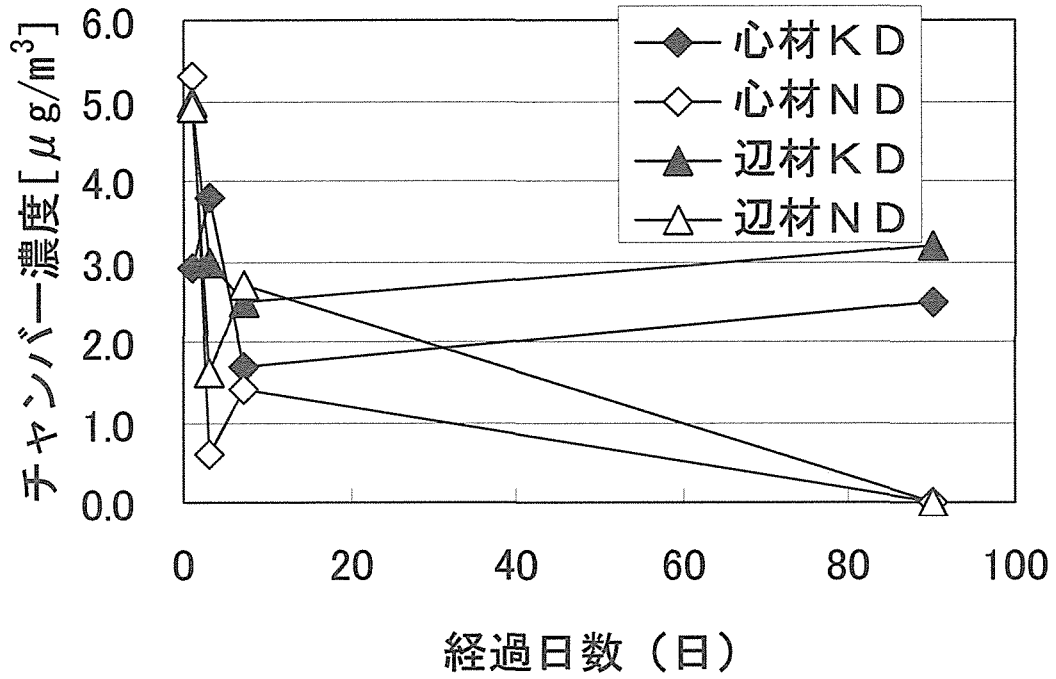


図 3-16 スギ材からのトルエンの放散 (チャンバー濃度)

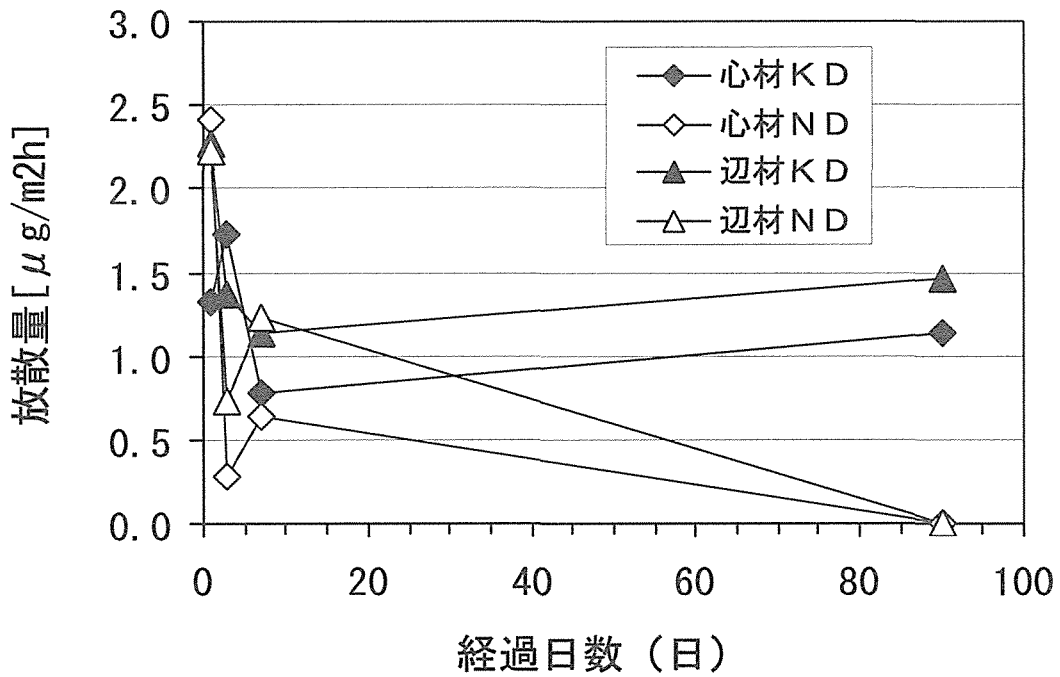


図 3-17 スギ材からのトルエンの放散量

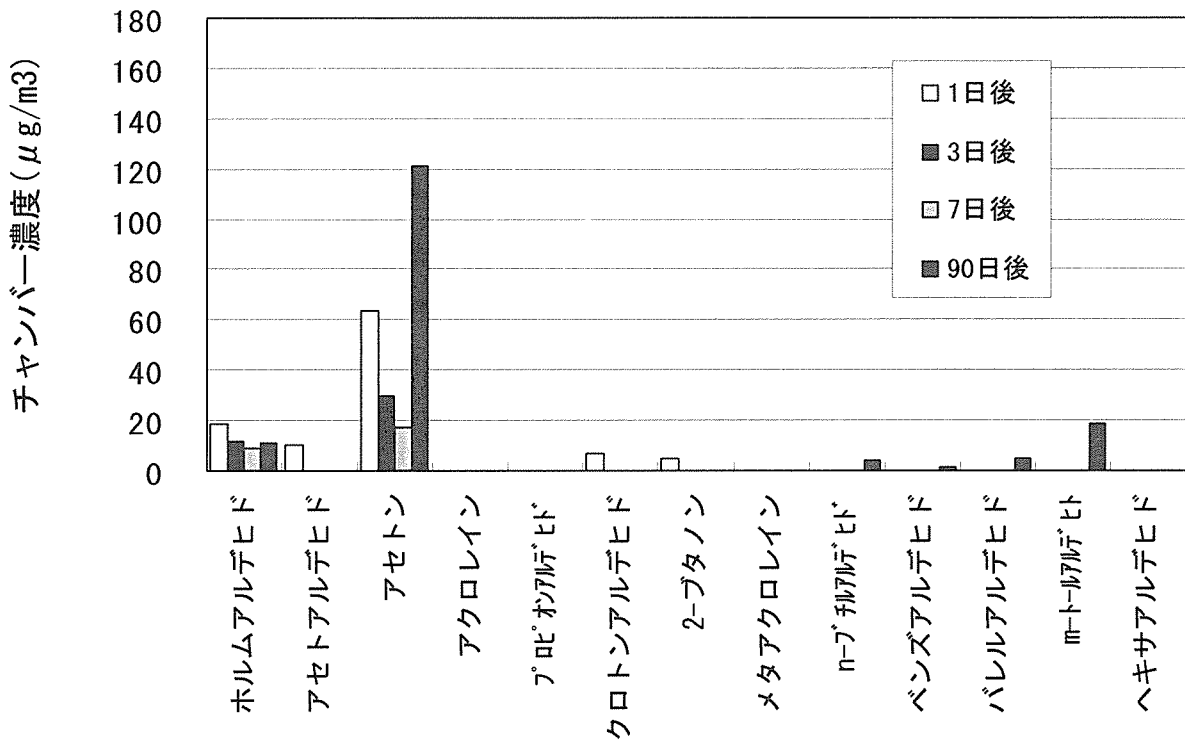


図3-18 スギ辺材KDからのカルボニル化合物濃度推移図 (チャンバー濃度)

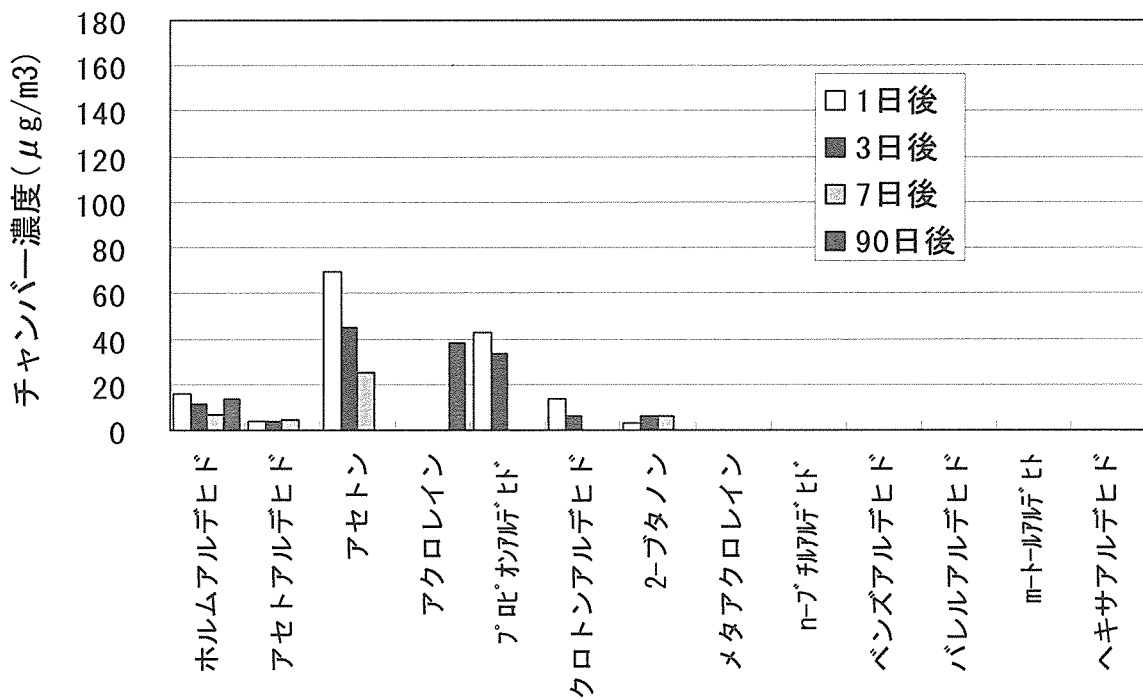


図 3-19 スギ芯材KDからのカルボニル化合物濃度推移図 (チャンバー濃度)

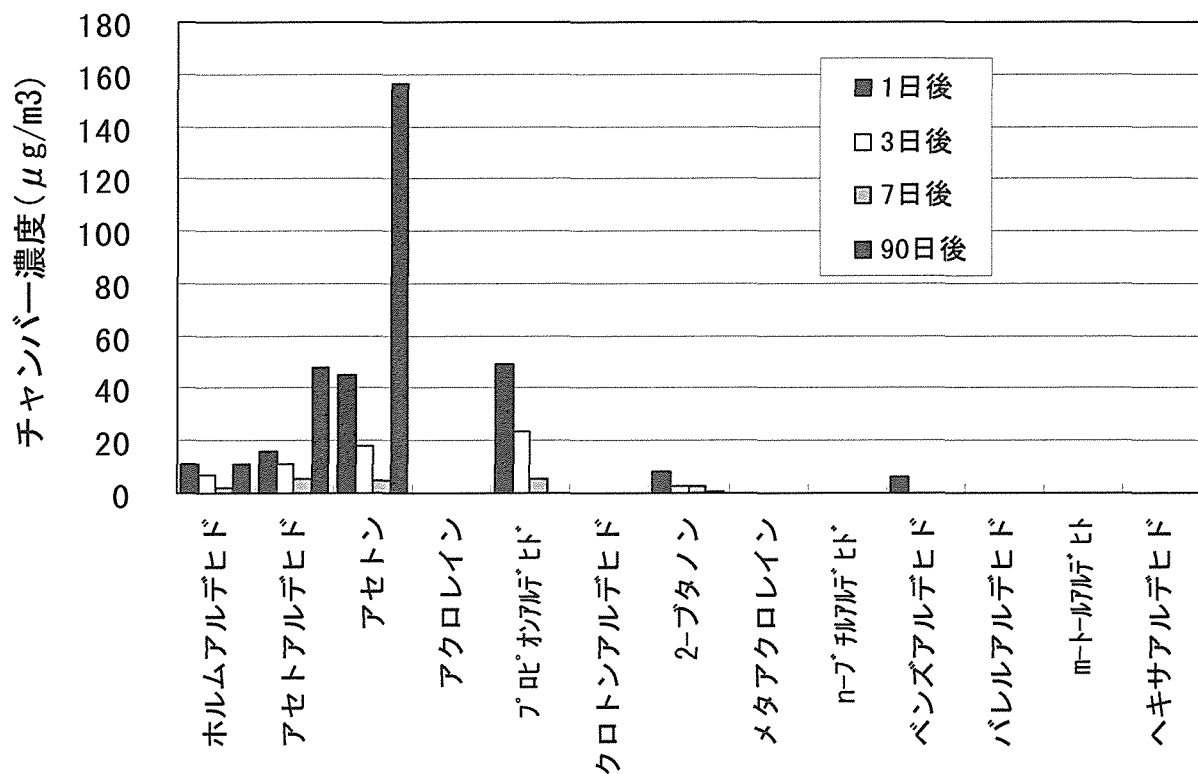


図 3-20 スギ辺材NDからのカルボニル化合物濃度推移図（チャンバー濃度）

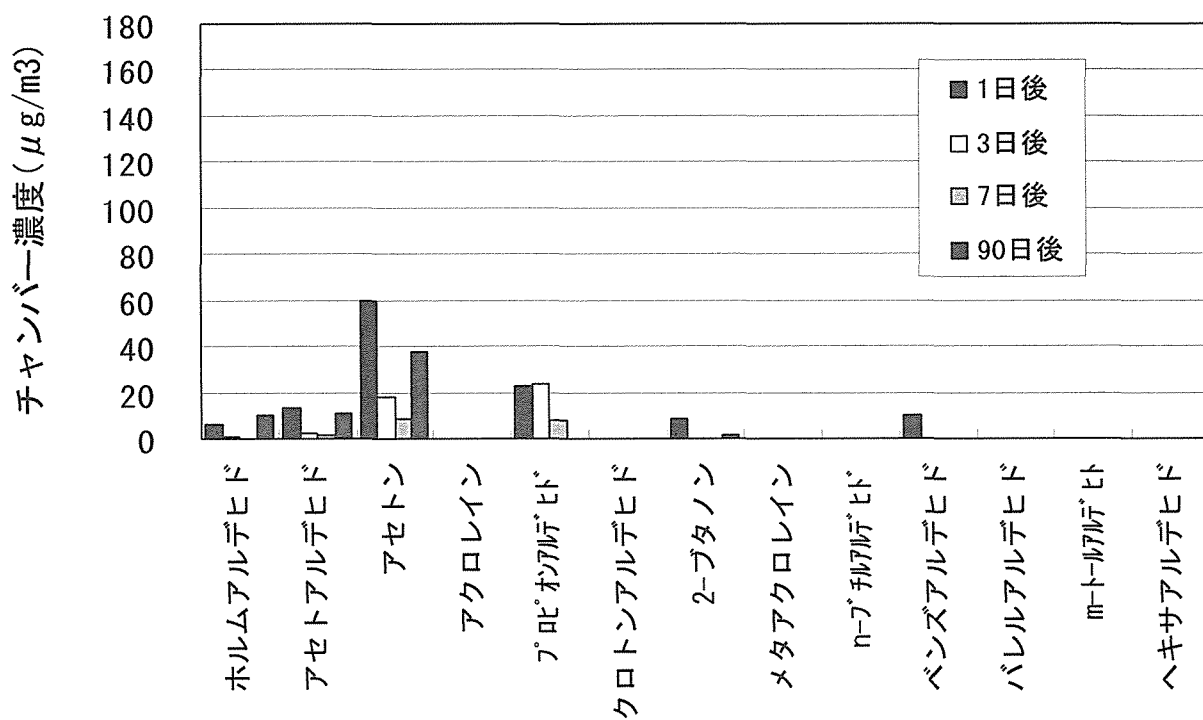


図 3-21 スギ芯材NDからのカルボニル化合物濃度推移図（チャンバー濃度）

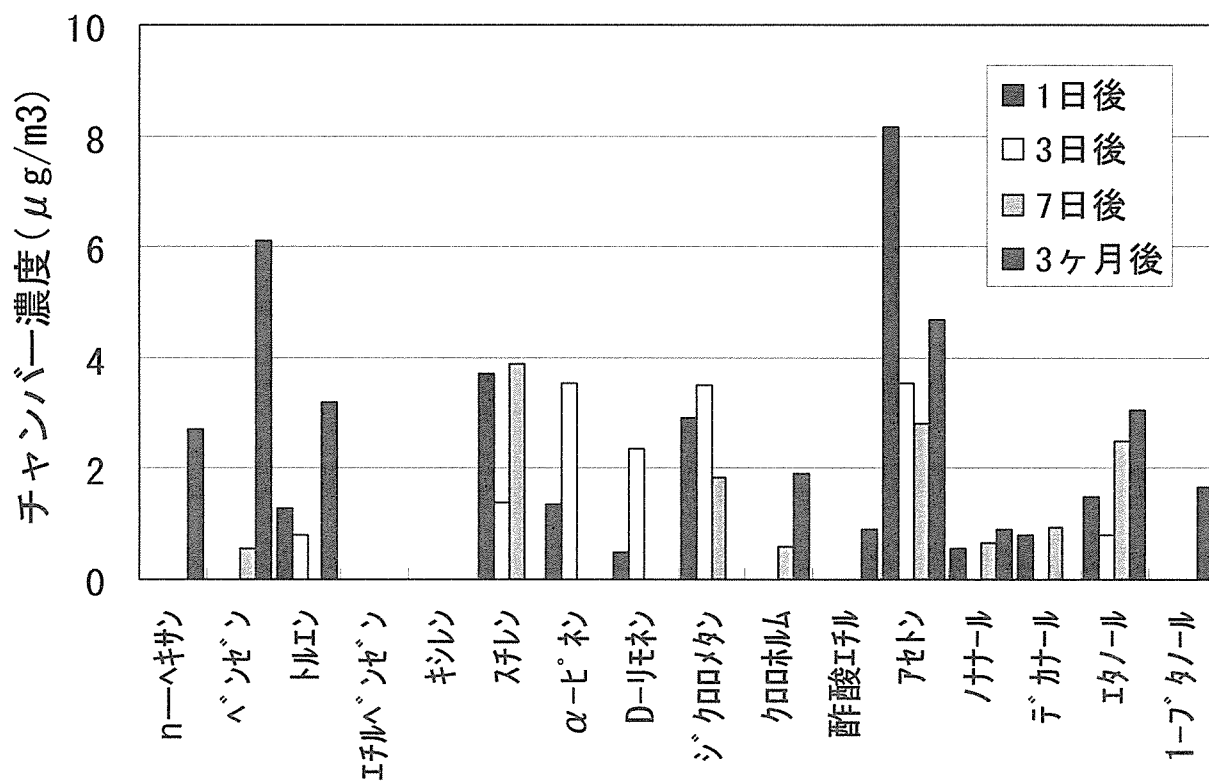


図 3-22 スギ辺材KDからのVOC類濃度推移図 (チャンバー濃度)

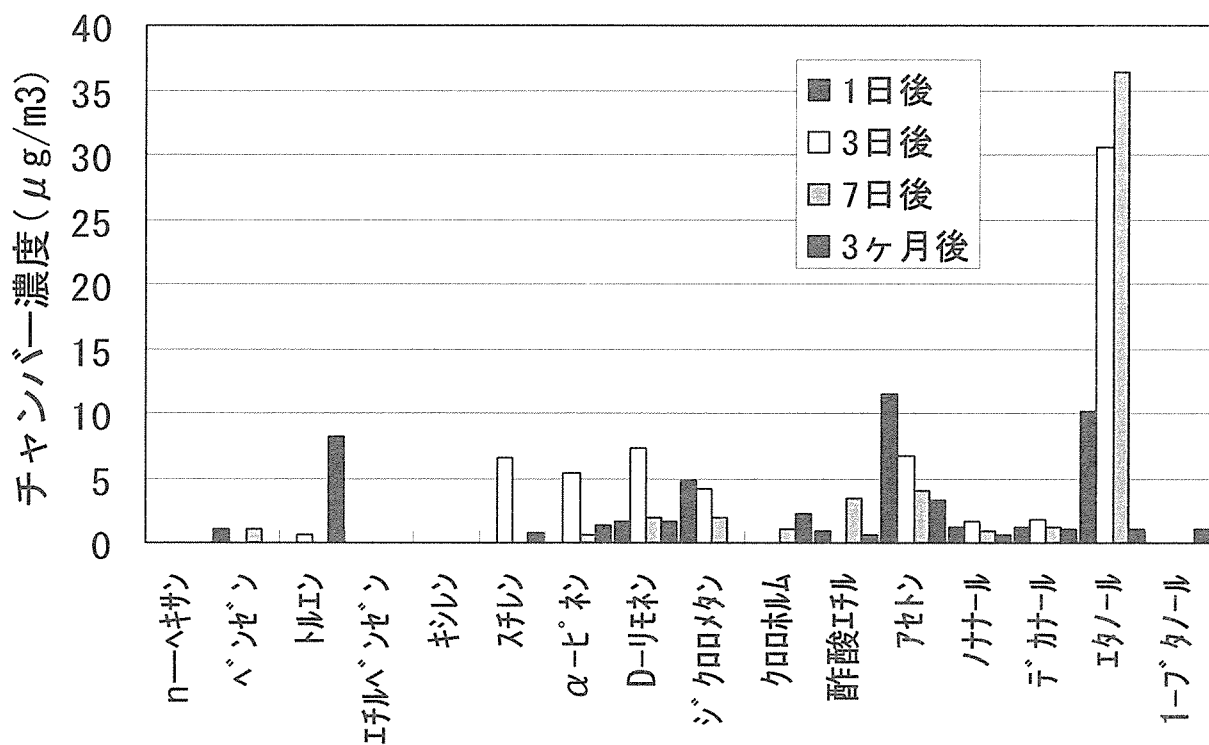


図 3-23 スギ芯材KDからのVOC類濃度推移図 (チャンバー濃度)

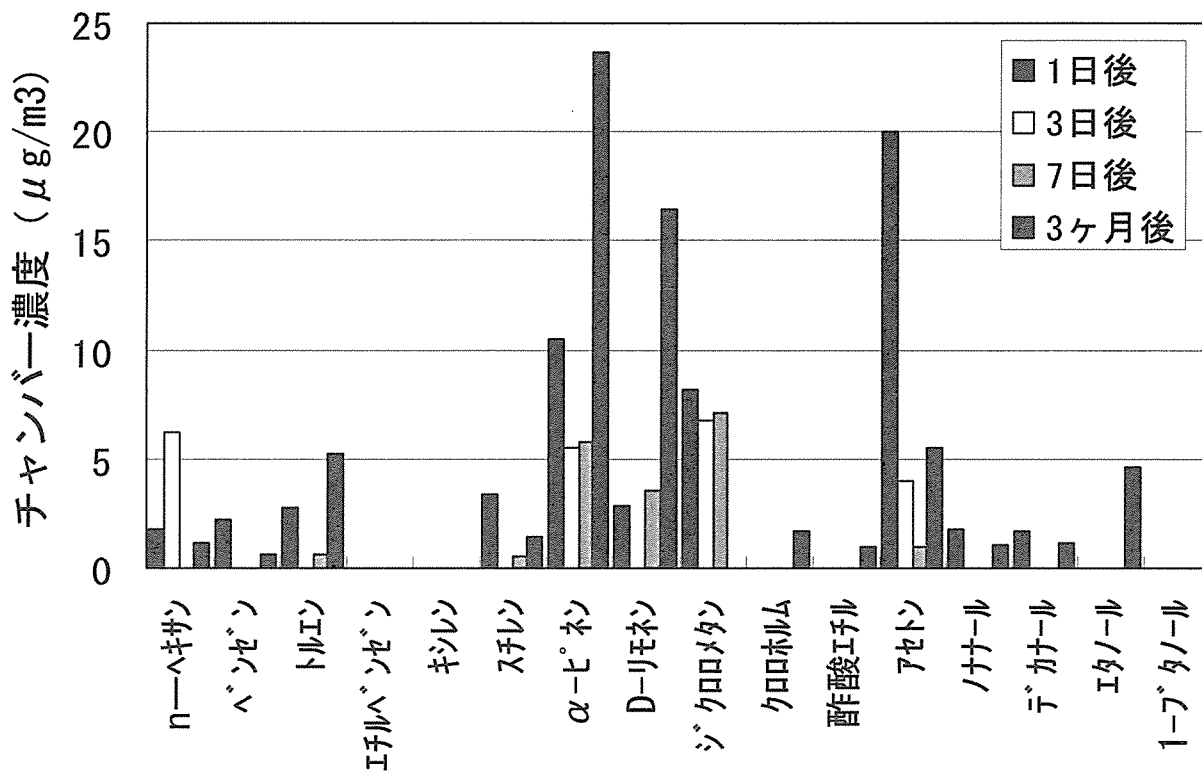


図 3-24 スギ辺材NDからのVOC類濃度推移図（チャンバー濃度）

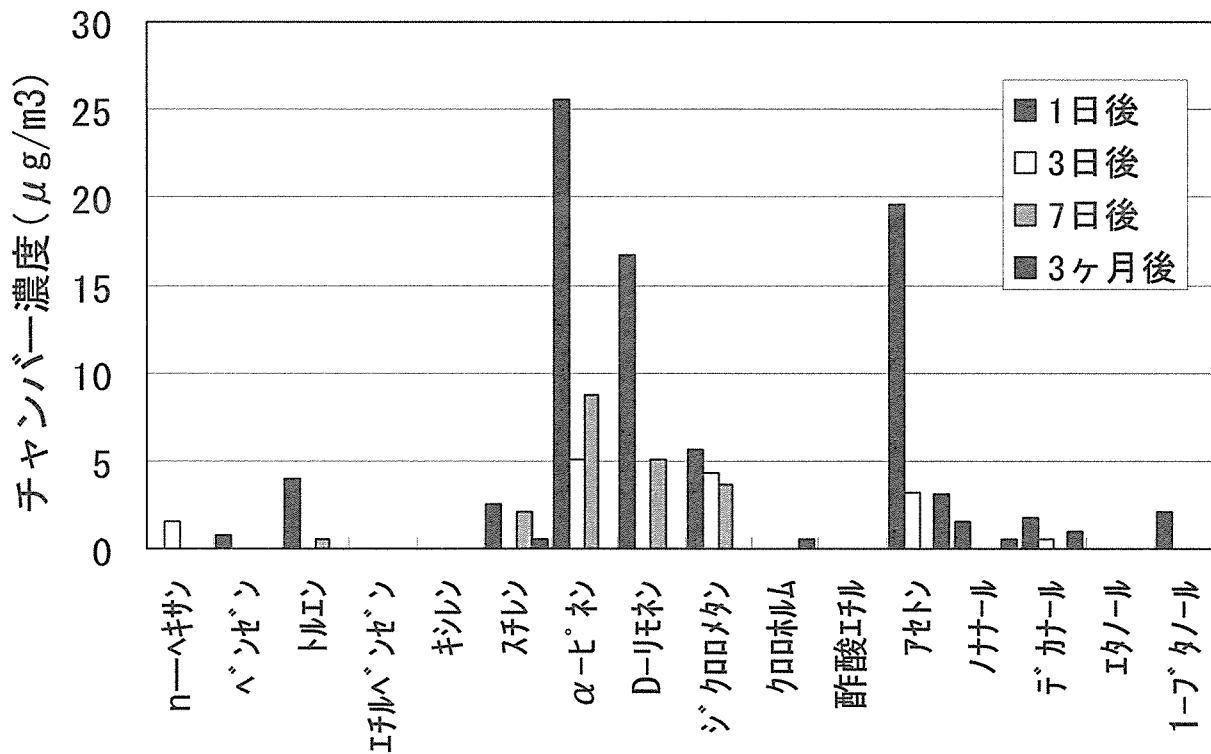


図 3-25 スギ芯材NDからのVOC類濃度推移図（チャンバー濃度）