

平成 13 年度厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）

「シックハウス症候群の病態解明、診断治療法に関する研究」

分担研究報告書

労働環境におけるシックハウス症候群の実態と労働衛生学的対策に関する研究

分担研究者：荒記俊一（産業医学総合研究所）

研究協力者：小川康恭（同 上）

平田 衛（同 上）

毛利一平（同 上）

柴田英治（名大医保健検査技術）

圓藤陽子（関西医大・公衆衛生）

河合俊夫（中災防大阪総合センター）

研究要旨 シックハウス症候群は建材などから発生する化学物質が原因となって発症する疾患と考えられており、現在は主に住宅の一般居住者が問題となっている。しかし、一般住宅を建設する建設労働者も建材に係わる化学物質曝露により同症候群を発生する可能性を有する。本年度は、ホルムアルデヒドなどシックハウス症候群関連物質化学物質の測定の基礎的検討により、曝露レベル測定の確立を目標として、アクティブ DNPH 法と検知管法との比較、ホルムアルデヒドなどシックハウス症候群関連物質化学物質に曝露される労働者における曝露調査、曝露の内部指標としてのホルムアルデヒド・ヘモグロビン付加体の測定、建設労働者におけるシックハウス症候群関連自覚症状調査、建設現場におけるアルデヒド類と VOC 類の曝露調査をおこなった。

1. アクティブ DNPH 法と検知管法の検討

A. 目的

室内空気汚染の主な原因の一つであるホルムアルデヒドは、1997 年に厚生労働省によりそのガイドライン値が 0.1 mg/m^3 と定められ、そのサンプリング法および測定法についても標準法が発表されている（厚生省生活衛生局長、「室内空气中化学物質の室内濃度指針値及び標準的測定方法について」生衛発 1093 号、2000）。それによると、ホルムアルデヒドは DNPH 誘導体化固相吸着/溶媒抽出-高速液体クロマトグラフ法（アクティブ DNPH 法）によることになっている。更に、スクリーニングの目的で簡易な方法を用いる場合には、当該条件により化学物質濃度の過小評価が行われないよう配慮するとともに、ガイドラインに適合して

いるか否かの最終的判断は設定された標準的な条件により行う必要があるとされている。

現在、全国の保健所において室内空気汚染によるいわゆるシックハウスに関する相談窓口が設けられるようになっており、簡易測定器による測定を住民サービスとして行う自治体も多くなってきている。

そこで、本研究においては、大阪地区の住宅 81 軒、169 室において標準法であるアクティブ DNPH 法と簡易法である検知管法との並行測定を行い、簡易法である検知管法の有効性を明らかにすることを目的とした。

B. 対象と方法

1) 対象

2000年8月から10月にかけて、大阪およびその近辺地区に建築されている居住用住宅81軒を対象とした。我々は、1999年度に実施した予備的調査に基づき、大規模な住宅汚染とその健康影響に関する調査を企画した。非営利団体である「シックハウスを考える会」が、調査参加者をインターネット、マスメディア、及び大阪府医師会を通じて募集した。これに応募したヒトのうち、事前に説明された調査目的と内容を了承し、文書によりその参加の意思確認ができたヒト及びその居住家屋を対象とした。今回は、事務所を除いた居住家屋81軒を解析対象とした。調査住宅の所在地は、大阪府下を中心に兵庫県、奈良県、京都府にまたがり、一部和歌山県、滋賀県もふくまれた。その構造別内訳は表1-1に示した。

2) 方法:

調査は居住住宅を環境測定の特任家が訪問し、居住環境のチェック、及び試料採取と測定を行った。測定箇所は、居間及び寝室の2箇所の測定を原則としたが、状況により子供部屋や収納部等を追加した。測定位置は、標準法と簡易法とは同じ位置で、部屋のほぼ中央部の床から1.0 - 1.2 mの高さとした。各室の開閉口を5時間以上閉めきってから測定した。試料採取時における温湿度は、白金測温抵抗体式の温湿度計（チノー製、HN-D11）にて測定した。

(1) 標準測定法（アクティブDNPH法）

基準となる測定としてDNPH誘導体化固相吸着/溶媒抽出-高速液体クロマトグラフ法を用いた。サンプラーとしてDNPH-シリカカートリッジ（スベルコ製、LpDNPH S10）を使用し、1 L/minの流量で30分間室内空気を吸引捕集した。空気中のホルムアルデヒドはシリカゲル上のDNPHと反応して安定なDNPH誘導体を作製する。試料が採取されたカートリッジは密封後、分析時まで冷蔵庫（4℃）に保存した。カートリッジに

吸着したDNPH誘導体を5 mlのアセトニトリルで溶出させ、その10 µlを高速液体クロマトグラフ（IIP1100、横河製）で分離後、UV検出器（IIP1100、横河製）にて360 nmの吸光度を測定した。分離に用いたカラムは直径4.6 mm、長さ250 mmのステンレス管に粒径5 µmのInertsil ODS-80A（GLサイエンス製）を充填したものを用い、溶離液として75%アセトニトリル/25%水を1.0 ml/minの流量で流した。標準液としてCarbonyl-DNPH Mix（15 µg/ml, T001/IP-6A, Supelco, Bellefonte, PA, USA）を用い、希釈して検量線を作成した。

(2) 簡易測定法（検知管法）

簡易測定は光明理化学製710型検知管を用い、エアースンプラー（S-21、光明理化学製）にて300 ml/minの流量で30分ないし10分間吸引した。ホルムアルデヒド濃度は赤色への変色域を直接読み取り、マニュアルに基づき温度補正して真値とした。一部、高濃度の部屋においては、発色原理は710型と同一であるが、高濃度域測定用のSC型検知管（光明理化学製）を用いた。

C. 結果

調査を行った住宅において、全住宅の居間81室、寝室は78室、その他11室で合計170室でアクティブDNPH法と検知管法の測定を実施できた。居間と寝室の結果を表1-2に示す。

測定時における温度ならびに湿度の平均と標準偏差（範囲）は、居間では 28.3 ± 1.9 (23.2-33.2)、 $58.2 \pm 7.2\%$ (43-78%)、寝室では 28.5 ± 2.2 (23.2-36.6)、 $57.9 \pm 6.8\%$ (38-80%)

と、両室に差は見られなかった。

アクティブDNPH法によるホルムアルデヒドの気中濃度の平均値と標準偏差（範囲）は、居間81室において 0.093 ± 0.048 ppm (0.02-0.272 ppm)、寝室78室において0.103

± 0.060 ppm (0.022-0.295 ppm)であった。

検知管法によるホルムアルデヒドの気中濃度の平均値と標準偏差（範囲）は、居間 81 室において、平均と標準偏差（範囲）が 0.097 ± 0.053 ppm (0.011-0.270 ppm)、寝室 78 室においては、 0.109 ± 0.062 ppm (0.033-0.320 ppm)であった。

アクティブ DNPH 法と検知管法の平均や分布はほぼ同じであった。分布および回帰直線を図 1 に示す。回帰式は $y=1.057x+0.002$ ($n=170$, $r=0.912$)、とほぼ原点を通る傾き 1 の直線である。

D. 考察

結果に示されたように、家屋 81 軒において、簡易法である検知管法により得られたホルムアルデヒド濃度と標準法であるアクティブ DNPH 法によるそれとは非常に良く一致したことから、検知管法の有効性が判明した（図 1-1）。

2. 揮発性有機化学物質曝露がある労働者における揮発性有機化学物質曝露とホルムアルデヒド・ヘモグロビン付加体の測定

A. 目的

新しい化学物質建材は揮発性有機化学物質 (VOC) を放散し室内空気の汚染となる。この汚染が原因で住居者に様々な症状が生じることが知られている。この症状の量・影響関係は明らかではないが、化学物質の有害性の強度と体内の吸収量（体内での残存時間を含む）で決まると考えられる。体内の吸収量を求める方法は、気中の VOC の濃度の測定や作業者の個人曝露濃度の測定、生体内の当該化学物質の測定などがある。また、上記症状の原因化学物質は一種類の場合もあるが、ホルムアルデヒドをはじめとする複合化学物質曝露の影響により起こることも少なくない。化学物質の生体内運命は、呼吸からの排出や、一部は未変化の

まま腎臓から尿中排泄されるが、化学物質の多くは生体内で代謝され、腎臓から尿中排泄されることが明らかにされている。ホルムアルデヒド (FA)、アセトアルデヒド (AA)、スチレンなど一部の化学物質はヘモグロビンと付加し、体内での運搬、排泄及び生体影響を及ぼすことも知られている。

そこで、本研究では新築ビルや職場の気中 VOC 濃度を把握し、一部の化学物質については労働者の尿中排泄量、および FA、AA のヘモグロビンとの付加量について研究をおこなった。

B. 対象と方法

1. 対象

第一に、宿泊施設を持つ研修場の新築ビル (13 階建て、4 階以下は研修室) で、内装終了後 1 ヶ月以内にビル内の宿泊室、研修室、事務室など 7 ヶ所 (1 室 2 ポイントの測定) の FA、AA 及び VOC の室内濃度を測定した。また、同ビルにおいて 4 ヶ月後に FA、AA を測定し、その経時変化を調べた。

第二に、スプレー塗装機を用いて漆器製造をしている労働者、及びその周囲の労働者において、その職場の VOC の曝露濃度と尿中 VOC 濃度の測定を行い、ヘモグロビン付加 FA、AA を測定した。

第三に、ヘモグロビン付加 FA、AA のバックグラウンド値を明らかにする目的で FA、AA など VOC の職業性曝露がないと考えられる故鉛精錬工場労働者について調べた。

調査対象場所と測定項目は表 2-1 に示す。

2. 捕集方法と分析方法

捕集方法

1) 気中の FA、AA 及びアセトンはシリカゲルに DNPH

(2,4-dinitrophenylhydrazine) 誘導化剤を含浸させている拡散サンプラー DSD-DNPH

(スベルコ社製)用いて所定時間捕集した。捕集後はサンプラーを密栓し、4℃の冷蔵庫で保管し、4日以内に分析を開始した。

2) その他の気中 VOC は (メチルエチルケトン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン等) は活性炭チューブ (ガステック社製) を用い、吸引ポンプ (SKC 社製) 200ml/min で所定時間捕集した。分析精度、感度及び室内空気濃度の変動を考慮して 24 時間のサンプリングを実施した。4℃の冷蔵庫で保管し、1 週間以内に分析を開始した。

3) 曝露濃度の捕集

①FA、AA 及びアセトンの測定は DSD-DNPH を用い、作業者の左衿元に装着した。作業者への装着に市販のホルダーを使用した。なお、このホルダーを使用すると吸着速度は異なる。捕集時間は作業開始から作業終了時の約 8 時間である。

②その他の気中 VOC は活性炭シート (東洋紡製) を捕集材とした拡散型のサンプラーを使用し、作業者の左衿元に装着した。捕集時間は作業開始から作業終了時の約 8 時間である。

4) 尿中有害物質の採尿

作業終了時に、速やかに採尿を行い、25ml のガラス製バイアル瓶に尿を 1ml 入れ、誘導化剤 50 μ l (o-pentafluorobenzyl hydroxylamine 0.1%溶液、林純薬) を加え、テフロンシールを内装したアルミセプタムで密栓した。4℃の冷蔵庫で保管し、4日以内に分析を開始した。

5) ヘモグロビン付加物の採血

採血は、作業時に工場敷地内の医務室で午前中 (10~12 時) に行い、抗凝固剤としてヘパリンを添加したガラス試験管に 2ml の全血を注入した。

分析方法

1) 捕集された FA (DNPH 反応物) はアセトニトリル (5ml) で抽出後、高速液体クロマトグラムで分析した。分析条件はカラム

ODS セミマイクロ (径 2.1mm、長さ 150mm)、移動液 (アセトニトリル、水、テトラヒドロフラン 40:50:10) を用い、流量 0.2ml/min、吸収波長 360nm で測定した。標準溶液は、シグマアルドリッチジャパン社製 (16 種類のアルデヒド、ケトン標準溶液) を用いた。

2) 活性炭チューブに捕集された VOC は、二硫化炭素 (内部標準トルエン-d8 入り) で抽出し、アジレント (USA) 社製 GC/MS を用いて、SIM イオン方式で分析した。分析カラムは DB-WAX (60m $\times$ 0.25mm $\times$ 0.5 μ m:J・W 社) であった。

3) 曝露濃度の測定

FA、AA 等の測定方法は 1) と同じ条件出で分析した。活性炭シートに捕集された VOC は内部標準 (イソプシルベンゼン) 入りの二硫化炭素 5ml で抽出し、アジレント (USA) 社製ガスクロマトグラフを用い、FID 検出器で分析した。分析カラムは DB-WAX (60m $\times$ 0.25mm $\times$ 0.5 μ m:J・W 社) である。

4) 尿中化学物質の測定

バイアル瓶に採取された試料は、ヘッドスペースサンプラー (60℃の恒温槽) で 30 分維持し、気化平衡後でバイアル瓶中の空気 1m をアジレント (USA) 社製ガスクロマトグラフに注入し、FID 検出器で分析した。分析カラムは DB-5 (60m $\times$ 0.53mm $\times$ 1.5 μ m:J・W 社) である。

5) ヘモグロビン付加物の測定

血液は、一晩 4℃の冷蔵庫に保存した後、翌日に血清と血球を遠心分離機 (3000rpm, 10 分) で分離し、生理食塩水 (血球部分容積の 5 倍量) で 4 回洗浄し、3 倍の蒸留水で溶血し、測定試料とした。この試料のヘモグロビン濃度を測定した。ヘモグロビン付加 FA、AA の測定は、蛍光誘導化剤 (1,3 シクロヘキサジオンと酢酸アンモニウムと塩酸酸性水を含む) を使用した。血液 1ml に蛍光誘導化剤 1ml を加え、

60℃で1時間反応させ、蛍光誘導体を作り、遠心分離後の上澄み溶液を高速液体クロマトグラフで分析した。分析条件は ODS カラム（カラム 250mm、カラム径 4.5mm、樹脂径 5μm）、移動液（アセトニトリル、水、30：70）を用い、流量 1ml/min、励起波長 366nm、蛍光波長 440nm で測定した。

C 結果

1) 新築ビルの気中 VOC 濃度とその経時変化

宿泊施設を持つ研修場の新築ビルで、内装終了後1ヶ月以内にビル内の宿泊施設、事務室、講義室など7ヶ所（1室2ポイント測定）の気中 VOC 濃度を測定した。その結果、FA、AA、トルエン、エチルベンゼン、キシレンが検出され、スチレンは検出されなかった。トルエンは2室（図書室では木製ニス加工の本箱が多数あり、ツインの宿泊室では家具があった）で指針値を超えていた。トルエンを除く他の4物質は、全ての測定点で指針値以下の値であった（表 2-2）。検出された5種類の VOC の相関は FA を除く4種類の VOC で有意であった（表 2-3）。第1回の測定から4ヶ月後、室内の FA、AA を測定した結果、FA 濃度が著しく減少していた（表 2-2）。また、同じ時に客室（21m²）で非喫煙時と喫煙時の FA と AA を比較すると、喫煙時（1名が1日10～11本喫煙）には、AA 濃度が3倍増加し、FA も軽度増加していた（表 2-4）。

2) 職場における VOC 濃度の曝露と尿中 VOC 濃度との関係

職場の VOC 濃度測定は、スプレー塗装機を用いて漆器製造に従事する労働者、及びその周辺で他の作業をする労働者（合計 39 名）の曝露濃度を測定した。塗装溶剤にトルエン、キシレン等を使用しているが、FA、AA を使用していない。しかし、塗装剤としてアルキッド系樹脂が使用される場合があ

り、樹脂の重合の際に FA の発生が見られる。今回の調査では、これらの樹脂は使用されていなかった。曝露濃度として主な溶剤 9 種類を測定した。これらの値は職域における許容濃度（日本産業衛生学会）値を超える溶剤は見られなかった（表 2-5）。曝露濃度の有意な相関は FA とアセトン（0.493）、メチルエチルケトン（0.432）、トルエン（0.545）に見られた。AA は全溶剤に有意な関係が見られた。尿中 VOC 濃度はトルエン、アセトン、メタノール、キシレン、FA およびトルエンとキシレンの各々の尿中代謝物である尿中の馬尿酸、メチル馬尿酸を測定した。曝露濃度との関係は FA 曝露濃度と尿中 FA 濃度に相関（0.263）を認めなかった（図 2-1）。しかし、気中アセトンと尿中 FA との相関（0.506 $P<0.01$ ）、尿中ホルムアルデヒドと尿中メタノールとの相関（0.317 $P<0.05$ ）は有意であった（図 2-2）。その他、トルエン曝露濃度と尿中トルエンは高い相関（0.847 $P<0.01$ ）関係を認めた。

当該職場の労働者について、ヘモグロビン付加 FA、AA 濃度を測定したが、あまりに高値であったために、再測定を実施しており、示すことができなかった。

3) ヘモグロビン付加 FA、AA 濃度

故鉛精錬工場では使用済みバッテリーを解体、洗浄し、故鉛を溶解・還元して、インゴットを製造している。バッテリーに含有する酸溶液があるが、VOC は使用されていない。これらの作業に従事する労働者のヘモグロビン付加 FA、AA を測定した。労働者は男性 52 名で平均年齢は男性 52 才、女性は 16 名（事務作業）で平均年齢 41 才であった。男性労働者は飲酒、喫煙に分けてヘモグロビン付加 FA、AA 濃度を比較した。女性は検査人数が少ないので飲酒、喫煙を分けて、比較していない（表 2-6）。男性のヘモグロビン付加 FA、AA とともに飲酒、喫煙による差はみられなかった。男性にお

けるヘモグロビン付加 FA の平均値は、幾何平均 1056 nM/Hb、AA では 211 nM/Hb であった。女性のヘモグロビン付加 FA の平均値は幾何平均 1055 nM/Hb、AA 259 nM/Hb であった。また、これらの値に有意差は見られなかった。ヘモグロビン付加 FA と AA との間に有意な相関 ($r = 0.547$, $P < 0.01$) が見られた。

D 考察

新築ビルにおける測定結果では、トルエンが 2 室で高値を示したが、他の VOC は室内濃度指針値より低い値であった (表 2)。測定された VOC はそれぞれ相関が認められるが、FA は相関を認めなかった (表 3)。FA の発生は他の VOC と異なっている。すなわち、発生原因が異なるためである。4 ヶ月後の FA、AA の測定では両物質とも減少し、FA は著しい (表 4)。この結果はシックハウスの対策で示されている結果と一致する。喫煙により AA の増加が認められた。事務所における喫煙と AA についてより検討する必要がある。

職場における VOC の曝露は、労働者が使用している溶剤への曝露が認められた。しかし職場での基準値 (許容濃度) よりも低い値であった。FA 曝露濃度を室内指針 (80ppb) と比較すると 5 名が超えていた。AA は指針値を超えていない。FA 曝露と尿中の FA の関係は見られなかった (図 1) が、これは FA の曝露が全般的に低かったことによる可能性があり、尿中 FA の曝露指標としての有用性の検討には、より多くのデータが必要である。尿中メタノールと尿中 FA は有意な関係が認められた (図 2) が、メタノールが代謝されて FA、蟻酸になることと一致すると考えられる。しかし、メタノール曝露の濃度が不明であり、メタノール曝露、尿中メタノール、尿中蟻酸、尿中 FA の関係を明らかに出来なかった。当該職場

の労働者について、ヘモグロビン付加 FA、AA 濃度を測定したが再測定中であるため、相関を調べることはできなかった。

職業的に FA、AA 曝露がない労働者についてヘモグロビン付加物の測定をおこなったが、性別、喫煙、飲酒による差は見られなかった (表 6)。この職場では FA、AA 曝露濃度を測定していないのでヘモグロビン付加体との関係は明らかに出来なかった。付加物である FA と AA には有意な関係が見られている。このヘモグロビン付加が生体にどのような役割をしているかを曝露濃度、自覚症状等、ヘモグロビン付加物との関係で明らかにする必要がある。特に、両物質ともヘモグロビンアミノ酸配列の結合位置 (N-末端) が同じであり、この関係について検討することはメタノール中毒の解明につながると考えられる。

E 結論

- 1) 新築ビルの FA、AA 濃度は時間経過によって減少する。
- 2) 喫煙により AA の増加が認められた。
- 3) FA と尿中 FA との関係は見られなかった。
- 4) 職業的に FA、AA 曝露を受けない男子作業者のヘモグロビン付加物濃度は FA で 1055nM/Hb、AA で 211nM/Hb であった。

また男女の差は見られなかった。

2 月下旬にホルムアルデヒドおよびメチルアルコールへの曝露がある労働者について、こ

3. 建設労働者におけるシックハウス症候群の実態—症状に関する質問紙調査

A. 目的

昨年度、我々は建設労働者におけるシックハウス関連症状、すなわち目、鼻、のどなどの粘膜刺激症状の頻度や、作業内容との関連を検討することを目的として、三重県建設国民健康保険組合に所属する男性組合

員約3,000人を対象者におこなわれた自覚症状調査のデータを再解析し、職種によって症状の有訴率に違いがあること、すなわち、何らかの職業性曝露の影響が考えられることを報告した。

しかしながら、昨年報告したデータについては、もともとシックハウス症候群の調査として計画されたものではなかったことから、質問の内容が必ずしも適切とはいえなかった。そこで今年度は、他の調査研究の結果とも比較可能なように質問項目を調整した上で、再度同じ集団に対して調査をおこなった。

B. 対象と方法

調査票

今回用いた調査票を図1に示す。本調査票では、現在平行しておこなわれている厚生労働省科学研究「シックハウス症候群に関する疫学的研究」の成果と比較検討できるよう、当該調査研究において使用されている自覚症状に関する質問を用いた。これによって昨年度の結果に比べ、粘膜や皮膚の刺激症状だけではなく、精神神経系あるいは身体症状についても検討が可能となった。また、重要と思われる症状については普段の症状の有無と、職場での症状の有無を区別して聞くことができるようにした。これによって、職場でのばく露による発症あるいは症状の悪化と、その他生活の場におけるばく露による発症あるいは症状の悪化を区別することができ、職業性ばく露と症状の関連のより正確な検討が可能になった。

対象

昨年度と同様、三重県建設国民健康保険組合に所属する男性組合員を対象として、秋の健診受診者に対して調査をおこなった。健診受診時に調査票を手渡し、その場で記入を依頼した。

解析方法

曝露指標については、具体的な物質に関する測定データがいまだそろっていないので、職務名および過去一年間に使用した建材の種類を曝露の代理指標とした。職務についてはさらに、シックハウス症候群の原因と考えられている化学物質への曝露が考えられる職務とそうでない職務の二区分に大別した(表1)。自覚症状については各症状の有無のほかに、症状があるとしたものに1点を与えその総得点を要約のための指標(症状得点)とした。これら曝露指標と自覚症状との関連をクロス集計により検討した。その際、交絡要因として喫煙の有無を考慮した。

C. 結果

1) 回答者の特徴

合計1,112名より回答があったが、そのうち大工が395名と35%を占めていた(表3-1)。その他の職種では電気工、配管工、左官、内装工などが比較的多かったが、いずれも10%に満たなかった。一方で「建設業」など仕事の内容が不明な回答も多く、105名(9.4%)に上った。対象者の平均年齢は45.6歳であったがその標準偏差は13.1歳と非常に大きく、最年少が16歳、最年長は79歳であった。

2) 曝露の特徴

シックハウス症候群に関連する曝露(SHS関連曝露)があると考えられる職種は、大工や左官など21職種767名(69.0%)であった。SHS関連曝露の有無で、現在の平均年齢、就労時平均年齢、平均就労期間を比較したところ、現在の平均年齢と平均就労期間では差は認められなかった(表3-2-1)。就労時平均年齢については有意な差が認められ、SHS関連曝露あり群で、やや若くなっていた(表3-2-1、3-2-2)。就労期間は非常に幅広い分布を示しており、就労期

間 40 年までを 10 年ごとに区切ると、いずれの区分も 20% 程度となった。

SHS 関連曝露区分ごとに粉じんやアスベストへの曝露、喫煙の分布をみると、SHS 関連曝露がある場合に、粉じんとアスベストの曝露経験者が有意に多くなっていた。喫煙に関しては SHS 関連曝露とのあいだに有意な関連は認められなかった。

表 3-4 に対象者が過去一年間に使った建材の種類を示す。これらの使用パターンを因子分析によって要約すると、比較的まとまりのよい 6 因子（建材使用パターン）が抽出された（表 5）。職務毎に各因子の因子得点を比較することにより、第 1～第 6 の各因子はそれぞれ大工、内装工、屋根葺工、木工、運搬工、軽作業人夫に特徴的と考えられた。

3) 自覚症状の分布

全対象者における自覚症状の分布を表 3-6 に示す。皮膚粘膜等の刺激症状等については、仕事場での有無も聞いているが、「くしゃみまたは鼻水または鼻づまり」のみが 10% を超え、5% を超えたのも「鼻がむずがゆい」、「聞こえにくい」、「目が疲れやすい」、「目がかゆい」、「痰がからむ」の 5 項目に過ぎなかった。ほとんどの項目で、職場以外での頻度が職場での頻度の 2～3 倍であった。

他の身体症状や精神神経症状では、「肩こりあるいは腰痛」の頻度が 41.2% と際立って高かった。他に高い頻度を示した項目（15% 以上）としては、「視力が落ちた」（24.4%）、「疲れやすい」（19.7%）、「関節が痛む」（17.0%）などがあった。

自覚症状についても因子分析を行ったが、皮膚粘膜等の刺激症状等だけでも 11 因子になり、十分にはまとまらなかつたため、「症状がある」と回答した場合に 1 点を与え、その合計点によって症状を要約した。全対象者における症状得点とその範囲は表

3-7 のとおりである。

4) 既往歴

最も多かったのは花粉症で、15.2% に既往歴があった。アレルギー性鼻炎が 10.6% でこれに続き、蓄膿症と蕁麻疹が 5% を超えた（表 3-8）。

5) 曝露と症状の関連

・症状得点と曝露指標の関連

曝露要因別に見た平均症状得点を表 3-9 に示す。いずれの症状区分においても、SHS 関連曝露、粉塵曝露、アスベスト曝露がある場合に一貫して得点が高い傾向がある。さらに SHS 関連曝露よりは粉塵曝露、粉塵曝露よりはアスベスト曝露で平均点が高い傾向も認められた。

・症状得点と就労開始年齢および就労期間との関連

就労開始年齢および就労期間と症状得点の関連を検討するために相関係数を求めたところ、いずれの組み合わせについてもスピアマンの相関係数は 0.2 よりも小さく、関連は非常に弱いと考えられた。

・SHS 関連曝露の有無別に見た症状頻度の比較

表 3-10-1～3 に SHS 関連曝露なし群に対するあり群の症状オッズ比を示す。粘膜皮膚の刺激症状等だけでなく、心身症状についても多くの項目でオッズ比は 1 を超えた。すなわち多くの症状について、SHS 関連曝露あり群で症状の頻度が高かった。

仕事場以外での皮膚粘膜刺激症状等では、皮膚、喉、眼に関する症状で比較的オッズ比が高く、統計学的に有意なものも多かった（表 3-10-1）。仕事場での皮膚粘膜刺激症状等については、皮膚の症状で非常にオッズ比が高い特徴が認められた（表 3-10-2）。心身の症状では嘔気・嘔吐、腹痛、体がほてるなどの症状でオッズ比が高かった（表 3-10-3）。

・職務と症状に関する検討

個別の職務と症状の関連を検討した。表 3-11 に職務別、症状区分別に見た平均症状得点の分布を、表 3-12-1~2 に主要な職務における皮膚粘膜刺激症状等のパターンを示す。刺激症状に関する平均得点は、大工、板金工、内装工、水道工、外装工で 2 点を超えた。仕事場における刺激症状等では、大工、板金工、建具工、内装工、設計管理工、住宅設備工で 1 点を超え、他の職務に比べ比較的得点が高かった。心身症状の得点は、刺激症状の得点分布とはやや異なり、塗装工、鉄骨工、外柵工などでも 3 点以上と高かった (表 3-11)。

表 3-11 の刺激症状において比較的 평균得点が高く、対象者数が十分に多い大工、板金工、内装工について症状の頻度分布パターンをみたところ、職種間で若干症状の現われ方に違いがあると思われた。たとえば職場での発症に関しては、内装工では大工や板金工に比べ皮膚症状が目立ち (表 3-12-1)、職場外での発症では大工、板金工でやや多かった「まぶしく感じる」、「泣かないのに涙が出る」、「目がチカチカする」などの症状が内装工では少なかった (表 3-12-2)。

・過去一年に使用した建材と症状に関する検討

過去一年間の建材の使用経験と平均症状得点の関連について検討した (表 3-13)。ほとんどすべての建材について、使用経験のある場合に全症状区分で平均得点が高かった。使用経験の有無による平均症状得点の差を見ると、フレキシブル板、パルプセメント板、スレート平板の三種類で、刺激反応、心身症状ともに 1 点以上の差が認められた。また、クロス接着剤 (ゼロ FA 表示なし)、パテ、木工ボンド、スレート波板、解体時の石綿取り扱いでは、仕事場以外での刺激反応と心身症状の二項目で 1 点以上の差が認められた。米杉とラワンでは仕事

場での刺激反応のみ 1 点以上の差が認められた。

なお、現在の喫煙習慣の有無については症状の平均得点に差は認められなかった。

6) 主な職務におけるアレルギー性疾患の分布

アレルギー性疾患のうち頻度の多かった、花粉症とアレルギー性鼻炎について職務別の分布を検討した。花粉症の既往を有するものは全体の 15% であった (表 8) が、大工では 32% と非常に高く、他の職務では平均値を超えるものはなかった。内装工では約 6% に花粉症の既往があった。一方アレルギー性鼻炎は全体の平均値が約 10% であったが、大工ではやはり 50% と非常に多く、他の職務ではいずれも平均値より少なかった。内装工における花粉症はわずか 1.7% にすぎなかった。

D. 考察

1) 本調査の限界

現在のところシックハウス症候群の診断基準は明確ではなく、その定義自体についても、化学物質過敏症との区別において混乱がある。すでに住環境における気中揮発性物質など、原因として疑われているものはあるが、シックハウス症候群の調査研究において標準となる標的物質が定まっていない。このような状況下においては、曝露の定義と評価、およびその健康影響を疫学的に測定することは非常に困難である。本プロジェクトにおいても、曝露評価につながるものとして、建築労働現場におけるホルムアルデヒドの測定に取り組んではいるが、いまだ安定した評価を下せるほどにデータは集まっていない。

したがって、本研究では、曝露の種類及び強さの代理指標として 1) 職務 (職種) と 2) 建材使用経験を用いた。職務に就いては 30 種以上の多岐にわたるため、担当

者の経験に基づき、SHS に関連するといわれている物質への曝露が考えられる職務と、それ以外の職務の2つに分類した場合についても検討した。また累積曝露量の代理指標として就業期間を、曝露への感受性の代理指標として就業年齢を用いた解析も試みた。

一方、健康影響評価の指標としては、同じ厚生科学シックハウス研究班の疫学研究グループで使用されている自覚症状調査項目を用いた。しかしながら、現在その判断基準となるものは一切ないので、各症状の頻度、および既存の知見からシックハウスの共通症状として取り上げられることが多い皮膚粘膜刺激症状の症状数を指標とし、上記の各種曝露指標との組み合わせで検討した。このような場合、曝露と健康影響のどちらにおいても誤分類が生じ得る。それぞれについてゴールドスタンダードがあれば誤分類の程度を推定し、全体の評価に生かすことができるが、本研究ではそれができない。最悪の場合は、まったく見当違いの解析になっている可能性もありうるだろう。その意味においても、あらゆる調査研究の基礎としての、シックハウス症候群の定義、診断基準が整備される必要があることを指摘しておきたい。

なお、本研究では、当初1万人程度の建設労働者を対象とすることを予定していたが、調査票作成が遅れたことから約千人と少なくなり、また職務についても大工以外の対象者が少なく、詳細な検討が困難であった。今後更に大規模な調査により、職務との関連についてより詳細な検討が可能となるようにしたい。

2) 曝露と症状の関連

職業性曝露を大きく二つに分類した場合、すなわち SHS 関連曝露あり群となし群で比較した場合、「あり群」で症状得点が大きく（症状数が多く）、また多くの症状項目で

「あり群」で頻度が高かった。このことはしかしながら、SHS 関連曝露ありと分類した職務において、さまざまな自覚症状の発症に関する要因が存在する可能性があるということを示唆しているに過ぎない。とりわけ皮膚粘膜刺激症状が多いことは、それだけ刺激となる物質を扱っていることを示していると思われるが、それ以上のことについては判断できない。

職務毎に症状との関連を検討すると、曝露の内容についてもある程度反映されるので、症状の原因を探る上で、一つの参考にはなりうる。

本研究の作業仮説の一つとして、内装工でいわゆるシックハウス関連症状のリスクが高いことを予想していた。実際、（対象者数の非常に少ない職務を除くと）、粘膜皮膚刺激症状等については内装工で最も平均症状得点が高くなっていた。

また、症状パターンを見ても、他の主要な、かつ平均症状得点の高い大工や板金工と比べても、より皮膚粘膜刺激症状が目立っていた。これらのことから、内装工ではやはり皮膚や粘膜を刺激する物質への曝露が高いことが考えられる。

建材の使用経験は、より具体的に刺激症状の原因物質を検討する上で、一つの材料となる。特に現場での刺激症状の発症に関連すると考えられた建材には、米杉、ラワンが挙げられた。これらはすでに刺激性があることが知られている。フレキシブル板、パルプセメント板、スレート平板については刺激症状のみならず心身症状についても得点が高いという特徴が見られた。これらの建材から揮発性物質が発生しているかどうかについては不明だが、むしろ、これらの建材を多用する職務の持つ特徴や、付随する作業が原因となっているのかもしれない。よく問題とされる壁紙やクロス接着剤については、症状得点の差を指標とする限

り、あまり特徴は認められなかった。ただし、ゼロホルムアルデヒドの表示があるクロス接着剤の使用経験よりは、当該表示のない接着剤の仕様経験がある場合で、平均症状得点が高くなる傾向にはあった。

建材の使用経験については、その量や頻度まで聞くことができず、必ずしも曝露の指標として適当ではないかもしれない。今後、各職務における建材使用の特徴等を実際に観察し、曝露評価の裏付けを行う必要があるだろう。

3) 交絡要因について

本研究の交絡要因としては、喫煙やアレルギー性疾患の既往が考えられる。しかし表 3-3-3 に示したとおり、現在の喫煙については SHS 関連曝露の有無に関係なく一定であった。また、表 3-13 に示したとおり、現在の喫煙の有無に関わらず症状得点に差は認められなかった。これらのことから、少なくとも SHS 関連曝露の有無による差は、現在の喫煙習慣とは無関係であると考えられる。他の曝露要因が喫煙習慣による交絡を受けているかどうかについて検討するには、より多くの対象者が必要である。

アレルギー性疾患、特にアレルギー性鼻炎と花粉症については、大工における既往の頻度が非常に高かった。したがって、大工における症状得点の高さは、これらアレルギー性疾患が多いことを反映しているのかもしれない。あるいは、大工作業が、何らかの形で当該疾患の発症に関与していることを示唆しているかもしれない。

一方、多くの職務のうち最も問題が多いと考えられた内装工については、アレルギー性鼻炎も花粉症も平均以下であり、その症状得点の高さを説明することはできないと考えられた。したがって、他に考慮すべき要因は多いものの、内装工に見られた症状の多さや分布の特徴は、職業性の曝露に

起因する可能性が高いと考えてよいかもしれない。

E. 結論

本研究では、建設労働者が扱う建材により、シックハウスの原因物質に曝露され、関連する症状を発症するとの仮説を検討した。建設労働者の曝露評価や、健康影響評価にはいまだに多くの問題があり、データの解析結果については留保すべき点が多い。しかしながら、内装工に関しては、職業性の曝露がその自覚症状の発症頻度やパターンに何らかの影響を与えていると考えられた。

今後より正確な曝露評価を行い、健康影響の判断基準を定めた上で、より大規模な集団について調査を行う必要がある。

4. 建設労働者におけるシックハウス症候群の実態－建設労働者におけるアルデヒド類と VOC 類の曝露

A. 目的

昨年の報告書で指摘したように内装作業などで使用する接着剤をはじめとする化学物質のホルムアルデヒド含有は、シックハウス症候群の社会問題化とともに、建材、接着剤などのメーカーの自主規制の形で抑制されている。しかし、シックハウス症候群の社会的関心はますます強くなっているとともに、深刻な訴えを持つ患者の発生も後を絶たない。従来、シックハウス症候群の原因物質として特に注目されていたのはホルムアルデヒドであったが、建材、および建設に係る化学物質の低ホルムアルデヒド化の努力にもかかわらず、一向に問題が収束に向かわない原因としてホルムアルデヒドの代替化学物質が新たな問題を起こしている可能性が指摘されている。しかし、現在のところ、このような代替物質がシックハウス症状を引き起こしているとの報告はみ

られない。

建設現場では次々に工程が変化し、多種多様な化学物質が使用されているが、それらの多くは揮発性であり、建設中の作業現場での濃度は十分な換気を行わなかった場合、完成後よりも一般に高いことが推測される。したがって建設作業中の現場における化学物質への曝露状況を明らかにすることは新築家屋内に発生する揮発性化学物質の種類及び発生源をより系統的に明らかにすることにつながる。昨年度、我々は一般家屋、およびビルなどの建設現場で作業を行う内装作業者の作業中のアルデヒド類の個人曝露濃度を測定し、報告した。その結果、数種類のアルデヒド類への曝露が見出されたが、これらアルデヒド類の中で特に新築家屋の基準値を上回るような高濃度の曝露は見出されなかった。得られた結果は作業中のパッシブサンプラーによる時間荷重平均濃度であるが、低濃度での症状出現というシックハウス症候群の特徴を考慮した曝露評価を行うためには、今後さらにデータを蓄積する必要がある。

今回、我々は一般家屋における代表的な内装作業であるクロス貼り作業現場での気中アルデヒド類及びその他の揮発性化学物質(VOC)の濃度、及び昨年度に引き続き、作業者のへの曝露状況を明らかにすることを目的に現場でのこれらの測定を行ったので報告する。

B. 対象と方法

三重県建設国民健康保険組合の協力により、建設中の一般家屋の室内でクロス貼り作業を行っている3カ所の建設現場において、作業前、作業中及び作業後のアルデヒド類曝露濃度を測定した。また、これら3カ所の現場で作業を行っていた内装作業者4名、大工1名の作業中のアルデヒド類及びVOCの曝露濃度を測定した。

三重県建設国民健康保険組合では近年のシックハウス症候群の社会問題化に伴って建設作業者の化学物質曝露に関する健康問題について重大な関心をもっており、協力を得るにあたり、調査の意義について説明の上、同意をいただいた。また、作業者の方々に対しても個人サンプラーの装着をお願いした。具体的には作業中に直径150mm、長さ10cm、重さ20gのアルデヒドサンプラー、及び直径5mm、長さ5cm、重さ10gのVOCサンプラーを襟元に装着することでサンプリングを行っており、作業者には健康上、安全上のリスクが及ぶことはない。また、本来の作業に支障を来すこともほとんどない。これらのことから今回の調査については倫理上の問題はないと判断した。

サンプリング及び分析

内装作業現場の部屋の中央にアルデヒド類用アクティブサンプラー(eXposure・ウォータース社製)を固定し、サンプラーと接続したチューブからポンプを用いて作業前、作業中及び作業後に周囲の空気を吸引し、サンプラー内のDNPHシリカゲルにアルデヒド類を吸着させた。また、作業者には作業中、アルデヒド類用パッシブサンプラー(DSD・DNPH・スベルコ製)及びVOC用パッシブサンプラー(柴田科学)を呼吸域(襟元)に装着した。いずれのサンプラーについても、サンプリング終了後はアルミ製保存袋に密封し、冷暗所に保存の上、1週間以内に分析した。

分析

アルデヒドサンプラーはアクティブ、パッシブいずれの場合も、DNPHシリカゲルをアセトニトリルで溶出し、高速液体クロマトグラフを用いて、検出波長を360nmとして定量した。使用カラムはDiscovery RP-Amide C16、移動相はCH₃CN/H₂O、

流速は 1.0mL/min、カラム温度は室温とした。

また、VOC サンプラーは二硫化炭素で溶出後、ガスクロマトグラフ質量分析計で定量を行った。

C. 結果

現場 1

調査日；2001 年 11 月 5 日

場所：三重県上野市

建物：一戸建て民家

作業場：2 階建ての 2 階南向き約 40 m²の部屋 窓閉

天候：曇り時々雨

作業場の室内温度 15.5～16.5℃、湿度 90%
クロス貼り作業者：2 名

作業開始から終了まで：7 時間 58 分

個人サンプラーによるアルデヒド類曝露を表 4-1-1 に、個人サンプラーによるその他の主な VOC 濃度を表 4-1-2 に、作業場中央の主なアルデヒド類濃度の推移を表 4-1-3 に示す。

現場 2

調査日：2001 年 11 月 14 日

場所：三重県鈴鹿市

建物：一戸建て民家。

作業場：2 階建ての 2 階南向き約 15 m²の部屋 窓閉

天候：晴れ

作業場の室内温度 17～18℃、湿度 58%

作業者：クロス貼り、大工各 1 名（クロス貼り作業は 2 階、大工の作業は 1 階）

作業開始から終了まで：5 時間 38 分

個人サンプラーによるアルデヒド類曝露を表 4-2-1 に、個人サンプラーによるその他の主な VOC 濃度を表 4-2-2 に、作業場中央の主なアルデヒド類濃度の推移を表 4-2-3 に示す。

現場 3

調査日；2001 年 11 月 20 日

場所：三重県河芸町

建物：一戸建て民家。

作業場：2 階建ての 2 階フロア中央の廊下及び 1 階浴室隣の脱衣室。窓閉。ただし玄関ドア(作業場からの直線距離 5 m 以内)は開。

天候：晴れ

作業場の室内温度 12℃、湿度 54%

作業者：1 名(クロス貼り、床フローリング貼り)

個人サンプラーによるアルデヒド類曝露を表 4-3-1 に、個人サンプラーによるその他の主な VOC 濃度を表 4-3-2 に、作業場中央の主なアルデヒド類濃度の推移を表 4-3-3 に示す。

D. 考察

クロス貼り作業場における気中アルデヒド類濃度の推移は作業前と開始後との比較から作業に伴って大きく増加することではなく、全体としては作業の進捗との関連ははっきりしなかった。このことからクロス貼り作業で使用された内装用接着剤はホルムアルデヒドの主要な発生源とはいえないことがわかった。また、ホルムアルデヒド以外のアルデヒド類についても作業に伴ってはっきりと増加するものはみられなかった。

一方、個人サンプラーによる曝露濃度の測定により、作業者のアルデヒド類、及びその他の VOC への曝露濃度は同じ現場で作業を行えば、曝露されている物質とその濃度には共通した点が多く見られるものの、同じ建設現場でもフロアの違いがある場合には物質によってはかなりの濃度差がみられた。

今回の調査によっても指針値を上回るような高濃度は検出されなかった。現場の換気状態は一般には入居後、窓や戸を閉めき

った場合と比べてもかなりよく、個々の発生源からの化学物質の揮発はあっても高濃度には至らないことが推測された。ただし、今回の調査は秋に行われており、季節による作業条件の変化は観察できていない。

今後、さらに例数、及び現場での調査のデータを重ねることにより、より一般的な曝露状況の把握に努める必要がある。労働者集団は一般には Healthy worker effect によって訴えの強い者の比率は一般集団に比べて小さいが、これまでの問診票による調査ではある程度の率でシックハウス症候

群に関連する症状の訴えがみられており、これらの症状と曝露濃度との関連を明らかにすることも必要である。

また、今回は内装作業者を中心に個人曝露濃度を測定したが、その他の職種についても曝露の特徴を明らかにし、何らかの対策に結びつけることが望まれる。

さらに、依然として新築住宅で高濃度のホルムアルデヒドが検出される原因を究明する意味で、現場でのさらに詳細な調査により、ホルムアルデヒドの主要な発生源を明らかにしなければならない。

表1-1. 調査を行った81軒の分類と築年数
(平均値±標準偏差、カッコ内は範囲)

住宅の種類	N	築年数
一戸建て	46	4.1±4.7 (0.01-25)
改築	10	3.0±2.1 (0.01-6)
新築	36	1.4±5.2 (0.08-25)
集合住宅	35	3.1±2.7 (0.08-10.5)
改築	8	1.3±3.1 (0.2-4)
新築	27	3.8±2.8 (0.08-10.5)
全住宅	81	3.7±4.0 (0.01-25)

表1-2. 居間と寝室における気中ホルムアル
デヒドのアクティブDNPH法と簡易法の比
較(平均値±標準偏差、カッコ内は範囲)

	居間 N=81	寝室 N=78
気温 (°C)	28.3 ± 1.9 (23.2-33.2)	28.5 ± 2.2 (23.2-36.6)
湿度 (%)	58.2 ± 7.2 (43-78)	57.9 ± 6.8 (38-80)
DNPH法 (ppm)	0.093 ± 0.048 (0.02-0.272)	0.103 ± 0.060 (0.022-0.295)
簡易法 (ppm)	0.097 ± 0.053 (0.011-0.270)	0.109 ± 0.062 (0.033-0.320)

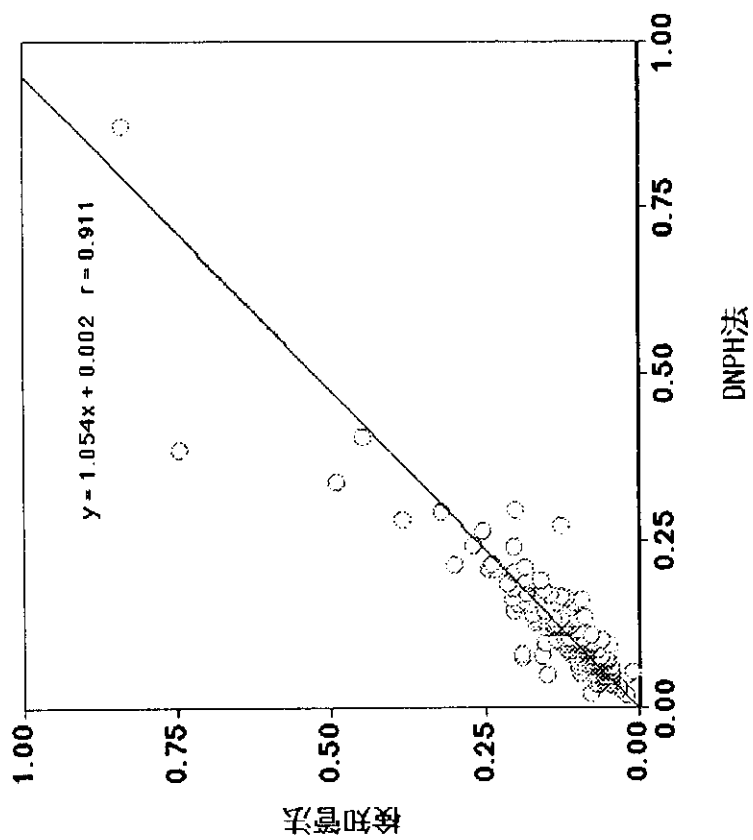


図 1-1 アクティブDNP法と検知管法による測定値の分布と回帰直線

表2-1. 調査対象場所と測定項目

調査対象	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	揮発性有機 化合物濃度	尿中揮発性 有機化合物濃度	ヘモグロビン 付加物
1 新築ビルディング内装終了 1ヵ月以内の気中濃度	○	○	○	—	—
2 上記ビルディング測定後 4ヶ月後の気中濃度	○	○	—	—	—
3 有機溶剤取扱い 作業者の曝露濃度	○	○	○	○	—
4 故鉛精錬工場作業者の ヘモグロビン付加物	—	—	—	—	○

表2-2. 新築ビルディングの揮発性有機化合物濃度

測定物質名	N	算術平均±標準偏差	幾何平均 (幾何標準偏差)	最大値	室内濃度指針値
新築内部塗装後1ヶ月以内					
ホルムアルデヒド	14	23.3±8.52	21.5 (1.55)	34	80
アセトアルデヒド	14	3.5±1.82	3.0 (1.76)	6	30
トルエン	14	114.4±215.38	42.2 (3.98)	818	70
エチルベンゼン	14	5.9±4.20	4.7 (2.02)	14	880
キシレン	14	7.4±4.73	6.3 (1.83)	18	200
上記測定後4ヶ月後、宿泊者有り					
ホルムアルデヒド	16	9.0±5.27	7.0 (2.52)	18	80
アセトアルデヒド	16	2.7±3.60	1.5 (3.11)	14	30

1:単位ppb

2:スチレンは検出されなかった

3:4ヶ月後の測定はホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの測定

表2-3. 新築ビルディング揮発性有機化合物濃度の相関係数

相関行列	トルエン	エチルベンゼン	キシレン	ホルムアルデヒド
アセトアルデヒド	0.734**	0.892**	0.860**	0.514
トルエン		0.780**	0.840**	0.185
エチルベンゼン			0.977**	0.391
キシレン				0.250

** p<0.01

表2-4. 喫煙による宿泊室内のホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの濃度の変化 (ppb)

	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド
非喫煙時	11.7	2.2
非喫煙時	10.2	4.8
喫煙10本	15.0	8.6
喫煙11本	18.2	18.1
基準値	80	30

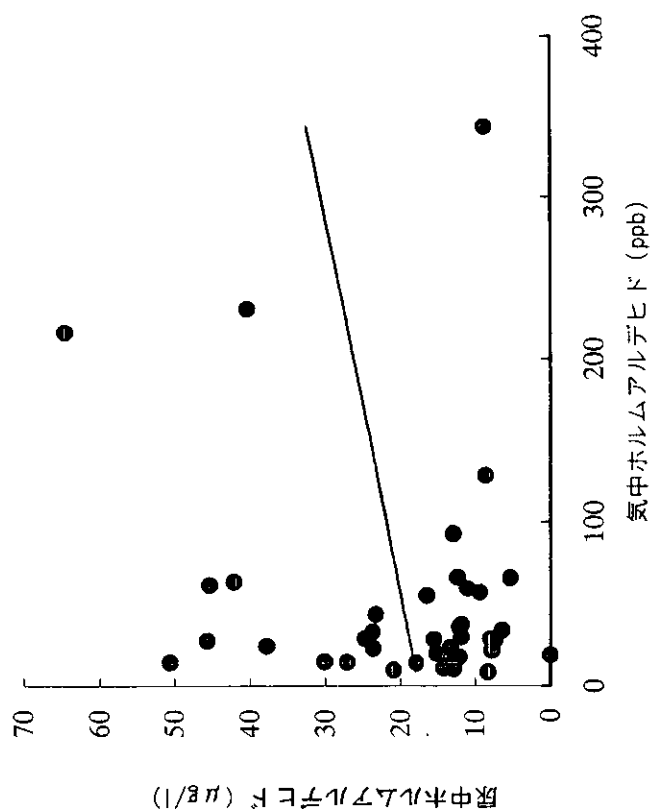


図2-1. ホルムアルデヒド曝露濃度と尿中ホルムアルデヒドの関係

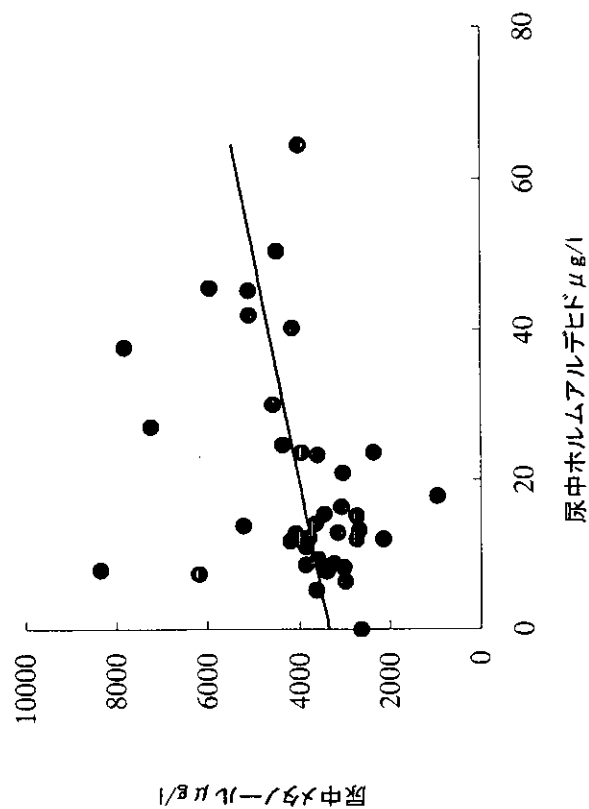


図2-2. 尿中ホルムアルデヒドと尿中メタノールの関係

表2-5. 漆器製造事業場におけるスプレー塗装作業者の曝露濃度

測定物質名	算術平均±標準偏差	幾何平均 (幾何標準偏差)	最大値	許容濃度
ホルムアルデヒド	53.0±68.35	33.7(2.39)	344	500
アセトアルデヒド	2.4±2.05	1.9(1.86)	8	50,000
アセトン	150.4±436.69	38.2(4.14)	2,761	200,000
酢酸エチル	988.2±2690.73	130.9(13.78)	16,233	200,000
メチルエチルケトン	203.9±302.20	72.9(6.56)	1,218	200,000
トルエン	3787.5±6557.8	1390.0(3.70)	22,777	50,000
酢酸ブチル	443.8±1041.65	55.1(11.33)	5,017	100,000
エチルベンゼン	732.8±1984.22	206.5(4.14)	11,754	100,000
キシレン	555.7±1377.41	106.2(9.62)	8,264	100,000

濃度単位: ppb

検体数: 39

表2-6. 故鉛精錬作業者のヘモグロビン付加ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド

項目	人数	性	年齢	算術平均± 標準偏差	幾何平均 (幾何標準偏差)
非飲酒・非喫煙	7	男	39±17.3		
ホルムアルデヒド				1160±343.4	1121(1.32)
アセトアルデヒド				250± 96.7	235(1.47)
非飲酒・喫煙	7	男	37±18.0		
ホルムアルデヒド				1440±890.7	1285(1.60)
アセトアルデヒド				248± 93.7	235(1.43)
飲酒・非喫煙	18	男	50±15.8		
ホルムアルデヒド				951±231.5	929(1.24)
アセトアルデヒド				209± 74.9	198(1.34)
飲酒・喫煙	20	男	47±12.3		
ホルムアルデヒド				1137±392.3	1082(1.37)
アセトアルデヒド				216± 72.8	205(1.39)
男全体	52	男	46±15.5		
ホルムアルデヒド				1116±454.9	1056(1.37)
アセトアルデヒド				223± 79.0	211(1.40)
女全体	16	女	41±13.5		
ホルムアルデヒド				1073±255.7	1055(1.28)
アセトアルデヒド				307±252.7	259(1.70)

濃度単位: nM/Hb