

被験者はトルエンを除いて低い値を示していた。これは有症状者は化学物質をある程度避ける生活を送っていることに関連するものと思われた。一方、被験者A～Eでは、京都市内在住者ではほとんど検出されなかったスチレンが全員から検出された。症状との関連は不明であるが、今後さらに検討を加えていく予定である。

また、Fig.C-1に被験者A～Eの尿中VOCs濃度の変動と各被験者の症状の出現時を示した。以下に、各被験者について詳述する。

被験者A: アンケート及び行動記録では、夕方から翌朝にかけて、体がだるい、手などの痛み、顔の湿疹などの症状が出ているとの記載がある。尿中VOCsの変動を見ると、昼は各項目とも低くなっているが、朝、夜、翌朝に、ベンゼンやトルエンが高くなっており、実際に高くなっている夕方から翌朝にかけて症状が現れている。従って、寝室か、あるいは寝具など、夜間のみ接触があるものが発生源となっているものがあると思われるが、ベンゼン、トルエンか、発生源が同一あるいは挙動の似ている他の物質の影響を受けている可能性が考えられた。

また、同被験者においては、尿中VOCs測定時に、京都市内在住者や他の有症者では見られなかったようなL-メントールと思われる非常に大きなピークが出現し、測定を妨害した。同被験者が何らかの形でメントールを大量に体内に吸収したものと思われるが、原因は不明である。今後はこのような、測定対象外の物質についても視野に入れ、有症者がどのような化学物質に接しているかについても検討する予定である。

被験者B: 尿中VOCs濃度は測定開始の翌朝の尿でトルエンが高値を示しており、また、夜間にクロロホルムが高い値を示していた。

その他の物質については大きな変動はなかった。症状が採尿時とは異なるときに出ているため、これらの物質の濃度との関連は不明であり、症状が出ているときに、何らかの化学物質スパイク的な曝露を受けていることも考えられるが、本調査では不明であった。

被験者C: アンケート及び行動調査で、昼から夜間にかけて、特に職場環境において、頭が重い、気分が悪く吐き気があるなどの症状が出ているとの記載があった。尿中VOCs濃度との関連を見ると、先にC.2.1の項で示したエチルベンゼンやm,p-キシレンの他、クロ

ロホルム、スチレンなども被験者が職場にいる昼に採取した尿に高い濃度で検出されていた。従って、職場環境において、家よりもこれらの物質の濃度は高いことが考えられ、これらの物質か、または発生源が同一か、挙動の似ている他の物質の影響を受けて症状が出ている可能性が考えられる。同被験者は喫煙者であり、エチルベンゼンやキシレンについては喫煙の影響も考えられるが、最も喫煙の影響を受けやすいベンゼンは昼には逆に低くなっていることから、喫煙以外の曝露の可能性があると考えられる。ベンゼンについては濃度の変動が大きい、喫煙の影響を受けたものではないかと思われた。

いわゆる化学物質過敏症については喫煙などにより、「マスクング」といわれる、症状を隠蔽する現象が起こることが知られている。同被験者も喫煙に関連する尿中のベンゼン、トルエン濃度が一日を通して他の被験者と比較して高く、喫煙によるVOCsの高濃度曝露によってマスクング現象が起きている可能性があるものと思われる。

被験者D: 尿中VOCs濃度では、全体的に濃度はそれほど高くないが、トルエンが、勤務時間中の昼に採取した尿よりも自宅で採取した朝・夜・翌朝の方が高く、他にも、それほど大きな変動ではないがベンゼンやエチルベンゼンなども同様に、在宅時の尿が昼の濃度より高くなっていた。実際の症状は勤務途中の電車の中で起きていることから、これらの化学物質曝露の影響は不明であるが、自宅内に発生源がある可能性があり、また、「防虫剤を使用していない」と回答した被験者A～Cでは全く検出されなかったp-ジクロロベンゼンが尿中からやや高い濃度で検出されていることから、自宅内の化学物質に対する注意が一層必要なものと思われる。

被験者E: 尿中VOCs濃度では、測定開始日朝のp-ジクロロベンゼンとスチレンが非常に高い濃度を示した。それ以外の項目については、トルエンが低い濃度でやや大きい変動を見せている他は日中に大きな変化は見られなかった。アンケートで「防虫剤を使用している」との記載があり、尿中p-ジクロロベンゼン濃度も高かった。実際の症状が現れた際には尿を採取していないため、症状のあった時の曝露の状態は不明であった。

C.3. まとめ

- 1) これまで行ってきた尿中ベンゼン、トルエン、キシレン、p-ジクロロベンゼン等の分析に加え、クロロホルムなどの新たな物質についても検討を行った。
- 2) 職業的な曝露を受けていない人の一般的な濃度を確定するために、京都市内在住の成人 22 名を対象に、尿の提供を受け、同時に VOC のパッシブサンプラーをつけてもらい、VOCs の個人曝露量を推定し、屋内濃度、個人曝露濃度、尿中濃度の関連を検討した。尿中ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、m,p,o-キシレンの濃度は喫煙者が非喫煙者に比して有意に高値を示し、喫煙が VOCs 曝露の大きな要因になる可能性が示唆された。p-ジクロロベンゼンについては、尿中濃度と個人曝露濃度と良く相関した。
- 3) 負荷試験用のクリーンルームや VOC 類を排除した診療施設をもち、シックハウス症候群やいわゆる化学物質過敏症への対応を行っている国立相模原病院臨床環境医学センターと協力し、同病院を受診するシックハウス症候群やいわゆる化学物質過敏症様の症状を有する人を対象に、1日2～3回の尿の提供を受けた。その結果、尿中 VOCs 濃度については、被験者の平均値は、トルエンを除いて京都市内在住者の平均値よりも低く、化学物質に関して曝露を小さくするような生活をしていることが伺われた。一方、症状が出る夜から朝にかけて尿中 VOCs 濃度が高くなる被験者や、同様に症状が出る昼に尿中濃度が高くなる被験者など、尿中の VOCs 濃度と症状の出現が重なっている被験者もあり、今後さらに検討を行っていく必要がある。

D. 新築校舎における有害大気汚染物質の曝露に関する研究

D.1. 研究方法

D.1.1. 対象新築校舎について

京都市内にあるK大学工学部の新築校舎を対象とした。

K大学では近年、一部学科の新キャンパスへの移転計画を進めている。2004年の3月には新たな校舎が完成し、9月には同校舎への一部の専攻の移転が実施された。TableD-1は、同専攻の移転スケジュールの概要である。

移転作業は、建物の完成から約半年後に実施された。この間、大学の施設・環境部の事務員などが休日を除く、ほぼ毎日新築校舎の換気を行っていた。換気は窓を開放することによる自然換気で、開放した窓は廊下および共通教室、事務室であり、各研究室や教授室等の部屋の屋外に面した窓については開放されていなかった。ただし、各部屋の廊下に面した扉上部の天窓は 30cm 程常時開放した状態であった。

また、新校舎の建築に使われた建材は、シックハウス(シックスクール)症候群防止の観点から、ホルムアルデヒドを使用しないものや、使用されていても JIS・JAS の F☆☆☆☆等級のものが大部分であった。使用されていた各製品の MSDS によれば、接着剤においては酢酸エチル、n-ヘキサン、アセトン、メチルシクロヘキサンを多く含むものが見受けられたが、ホルムアルデヒドについては含まれていても不純物としてごくわずかに含まれている程度と考えられた。建物の内壁はほぼ「コンクリート打ち放し」であるが、研究室等の一部の内壁で使用された壁紙についても F☆☆☆☆のものであった。

D.1.2. 搬入された什器類について

新校舎への什器類の搬入は、建物完成後間もない3月10-15日に行われた。什器類に使用している材料についても全体的には F☆☆☆☆等級のものが多かった。接着剤や塗料については、酢酸エチル、酢酸ブチル、n-ヘキサンなどを多く含むものは見受けられるが、F☆☆☆☆等級のものが大部分であった。ただし、一部の什器類では F☆☆☆☆等級の木質系素材が使用されており、主に学生の居室となる研究室に搬入された什器類についてはそうしたものが多かった。研究室は、多くの学生にとって建物内でもっとも滞在時間が長くなる空間と考えられる。TableD-2に研究室内に搬入された什器に使用された素材を示した。

大学として一括して購入された什器類については、特にホルムアルデヒド、トルエン、キシレンなどの物質をなるべく含まないようなものを選択するように配慮されていた。

D.1.3. 新築校舎内空気中の化学物質濃度測定

D.1.3.1. 測定対象場所

新築校舎内の空気汚染状況の把握や、移転や時間の経過に伴う、校舎内空気中の化学物質濃度の変化

などを把握するため、建築学専攻の移転直前の8月から移転3ヵ月後の12月にかけて、5回にわたってホルムアルデヒドやVOCsなどの化学物質濃度の測定を実施した。

測定対象場所としては、対象となる専攻に属する一研究室の協力を得て、新築校舎2階にある同研究室

が使用する部屋（新研究室Aとする）と新研究室A内の什器類中、新築校舎内の数点、移転元となる旧校舎においてA研究室が使用していた部屋（旧研究室Aとする）及び旧研究室と同敷地内にある他研究室（研究室Yとする）で実施した。各測定の測定時期と測定点をTableD-3に示す。

新研究室Aにおける測定では、8月は3点、以後は2点の測定点を設けた。また机引き出しは、平机の下にあるワゴンの引き出し、書庫は新研究室A内に取り付けられたものである。また、廊下は新研究室A前の廊下（2階）、ホールは1階のエントランスホールを意味している。

D.1.3.2. 測定対象物質

測定対象物質は、厚生労働省で室内濃度の指針値が発表されているホルムアルデヒドやアセトアルデヒ

TableD-1 移転スケジュールの概要

| 日付 | 事柄 |
|----------|--|
| 3月8日 | 新校舎竣工 |
| 3月8～9日 | 新築時の室内空気中化学物質の濃度測定 (ホルムアルデヒド、トルエン、キシレン) |
| 3月10～15日 | 什器類の搬入 |
| 9月6～17日 | 建築学専攻の移転作業実施 (9講座 学生数216人) |

TableD-2 研究室内に搬入された什器類に使用された材料

| | 合板 | 単板積層材 | MDF | パーティクルボード | 接着剤 | 塗料 | 希釈シンナー | 備考 |
|------------|------|-------|------|-----------|--|------------------------------------|----------------|---------------------|
| 平机 | F☆☆☆ | - | - | F☆☆☆ | F☆☆☆☆ | - | - | - |
| ワゴン | - | - | F☆☆☆ | F☆☆☆ | F☆☆☆☆ | - | - | - |
| ミーティングテーブル | F☆☆☆ | - | - | F☆☆☆ | F☆☆☆☆ | - | - | - |
| 書庫（ラテラル3段） | - | - | - | F☆☆☆ | F☆☆☆☆ | キシレン（4.6%含有） ホルムアルデヒド（0.1-1%含有） | トルエン（25%含有） | 塗料、シンナーは工場焼付塗装工程を通過 |
| 書庫（両開き） | - | - | - | F☆☆☆ | F☆☆☆☆ | キシレン（4.6%含有） ホルムアルデヒド（0.1-1%含有） | トルエン（25%含有） | 塗料、シンナーは工場焼付塗装工程を通過 |
| ミーティングチェア | - | F☆☆☆ | - | - | <クッション張り用> トルエン（25-35%含有） キシレン（5%以下含有） | 粉体塗料（ホルムアルデヒド、トルエン、キシレンは含まれず） | - | - |
| チェア肘無双輪 | - | - | - | - | <クッション張り用> ホルムアルデヒド、トルエン、キシレンは含まれず | キシレン（21%含有） | キシレン（15-20%含有） | 塗料、シンナーは工場焼付塗装工程を通過 |

ド、身の回りにおいて高濃度で検出される可能性の高いVOCs32物質 (TableD-4) である。また、初回の測定で、2-エチル-1-ヘキサノール (2E1H) の濃度が高いことが考えられたために、以後、2E1Hの濃度も推定した。

D.1.3.3. 測定方法と測定条件

サンプリングが少ない人員ですむことや、同時に複数の点が測定できること、竣工時の測定との比較の点を考慮し、パッシブ法による測定を実施した。

試料捕集の高さは、床上130cmとした。什器類の中での測定では、壁面から5～10cm離れた位置にパッシブサンプラーを取り付けた。

測定条件は、実際に使用されていたことや空間の都合上密閉が不可能であることが多く、通常の使用状況下での測定がほとんどであるが、新研究室Aにおいては、移転前の8月と9月の測定、移転後の12月の測定で密閉サンプリングを行った。9月と12月の測定では、30分換気後に5時間以上室内を密閉したのちにサンプリングを実施した。取り付け時間はいずれも約24時間で、正午から翌日の正午までの時間でサンプリングを行った。

今回の測定では、パッシブサンプラーに捕集された

化学物質を溶媒で抽出し、クロマトグラフィーにより分析・定量した。使用したパッシブサンプラーや分析方法等の概要をTableD-5に示した。

D.1.4. 個人曝露量評価

D.1.4.1. 測定対象者

A研究室の学生4名を対象に測定を実施した。測定は、築校舎内の空気中化学物質濃度の測定とあわせて行い、A研究室が移転する2週間前の9月2～3日、移転2週間後の9月27～28日、移転約2ヵ月後の11月8～9日に実施した(なお、尿中化学物質濃度測定については、移転前と移転後2週間のデータを本研究の考察対象とした)。測定実施日ごとに、対象者にはそれぞれ問診表と行動記録表を記入してもらい、喫煙の状況や住居の変化の有無や、個人曝露濃度測定中の大まかな行動について把握した。4名のうち、移転前後で住居の変更があったものはなかった。測定対象者の住居、喫煙等の状況についてTableD-6に示す。

D.1.4.2. 個人曝露濃度サンプル採取

パッシブサンプラー (SUPELCO社製 VOC-SD) を専用のクリップに取り付け、対象者の襟元につけてもらい約24時間普段と同様に生活してもらった。測定

TableD-3 各測定時期と測定点

| 測定回 | 時期 | 新キャンパス | | | | | | | 旧キャンパス | |
|-----------|-----------|--------|----|-----|-----|---------------|-----|----|--------|-------|
| | | 新研究室A | 廊下 | ホール | 外階段 | 新研究室A内 什器類 | 机引出 | 書庫 | 本棚 | 旧研究室A |
| 移転前 (8月) | 8月11～12日 | ○ | - | - | - | - | ○ | - | - | ○ |
| 移転前 (9月) | 9月2～3日 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | - | ○ | ○ | - |
| 移転後 (9月) | 9月27～28日 | ○ | ○ | ○ | ○ | - | - | - | - | - |
| 移転後 (11月) | 11月8～9日 | ○ | ○ | ○ | ○ | - | - | - | - | - |
| 移転後 (12月) | 12月30～31日 | ○ | - | - | - | ○ | ○ | ○ | - | ○ |

TableD-4 測定対象物質

| 脂肪酸系 | 芳香族系 | 有機塩素系 | | 有機塩素系 | 有機塩素系 | 有機塩素系 | 有機塩素系 |
|--------------|-----------------|----------------|------------|-------------|-------------|-------|-------|
| | | トルエン | エチルベンゼン | | | | |
| ヘキサン | トルエン | クロロホルム | p-ジクロロベンゼン | 1,2-ジクロロエタン | 酢酸エチル | 酢酸ブチル | |
| 2,4-ジメチルペンタン | エチルベンゼン | 1,1,1-トリクロロエタン | メチルエチルケトン | 四塩化炭素 | メチルイソブチルケトン | | |
| ヘプタン | m,p-キシレン | 1,2-ジクロロプロパン | 1-ブタノール | トリクロロエチレン | a-ピネン | | |
| オクタン | 0-キシレン | テトラクロロエチレン | リモネン | クロロジプロモメタン | | | |
| ノナン | スチレン | | | | | | |
| デカン | 1,3,5-トリメチルベンゼン | | | | | | |
| ウンデカン | 1,2,4-トリメチルベンゼン | | | | | | |
| 芳香族系 | 1,2,3-トリメチルベンゼン | | | | | | |

TableD-5 分析方法

| VOCs | | アルデヒド類 | |
|-----------|--|-----------|--|
| パッシブサンプラー | VOC-SD (SUPELCO 製) | パッシブサンプラー | DSD-DNPH (SUPELCO 製) |
| 抽出溶媒 | 二硫化炭素 (1mL) | 抽出溶媒 | アセトニトリル (5mL) |
| 装置 | GC (HP5800) ,MS (HP5972) | 装置 | HPLC |
| カラム | DB-1 0.25mm × 60m × 1mm | カラム | Discovery PR Amide C16 4.6 × 250mm,5mm |
| カラム温度 | 40°C (5min) → 10°C /min → 300°C (3min) | 移動相 | A:H ₂ O/CH ₃ CN=60/40(v/v) B:H ₂ O/CH ₃ CN=40/60(v/v) |
| 注入口温度 | 250°C | グラディエント | 100%A(8min),A → B(22min),100%B(15min) |
| 試料注入 | スプリットレス | 流速 | 1.5mL/min |
| キャリアガス | ヘリウム | カラム温度 | 40°C |
| カラムヘッド圧 | 14.5psi | 注入量 | 20mL |
| イオン源温度 | 220°C | 検出法 | 吸光度 (360nm) |
| 検出法 | SIM | | |

TableD-6 測定対象者の住居、喫煙等の状況

| | #1 | #2 | #3 | #4 |
|-------|-------|------|--------|--------|
| 性別 | 男 | 男 | 男 | 男 |
| 年代 | 20代 | 20代 | 20代 | 20代 |
| 喫煙 | × | × | 21～30本 | 10～20本 |
| 築年数 | 5年以上 | 5年以上 | 5年以上 | 5年以上 |
| リフォーム | 5年以上前 | × | × | 2～3年以内 |

TableD-7 竣工時の新キャンパス内化学物質濃度

| | (μg/m ³) | | |
|-----------|----------------------|-------|-------|
| | ホルムアルデヒド | トルエン | キシレン |
| 3階 ゼミ室 | 8.6 | 90.4 | 17.4 |
| 3階 外部階段 | 3.7 | 18.8 | < 4.3 |
| 2階 教授室 | 11.0 | 256.0 | 26.0 |
| 1階 研究室 | 6.1 | 165.7 | 34.7 |
| B1階 ゼミ室 | 4.9 | 41.4 | 4.3 |
| B1階 中庭 | 3.7 | 26.4 | 4.3 |
| B1階 光環境実験 | 4.9 | 64.0 | 4.3 |

対象物質は D.1.3.2. 項に示したものと同様である。サンプラーはサンプリング終了後に回収し、測定に供した。

D.1.4.3. 尿サンプル採取

対象者に、事前に、洗浄済み 10ml バイアルビンと採尿用紙コップを渡し、個人曝露量測定を行った同日の朝・昼・夜及び翌朝の4回の採尿を行ってもらった。採取した尿はバイアルビンのふたがきちんと閉まっていることを確認した後に、最終のサンプルの採取及び送付まで冷蔵庫か保冷剤を入れた発砲スチロール製の保冷箱に入れて保存した。採取終了後、すみやかに京都大学へ送付した。

サンプルは測定終了まで4°Cで保存した。

D.1.4.4. 尿中化学物質濃度測定

測定対象物質はクロロホルム、ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、m,p-キシレン、o-キシレン、スチレン、p-ジクロロベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロ

ロエチレンとした。

尿は採取・保存用バイアルビンからシリンジを用いて2mlを抜取り、測定用バイアルに移し、内部標準物質(フルオロベンゼン GLサイエンス社製)を加え20°Cで90分静置した後に、ダイナミックヘッドスペース/GC/MS法で測定した。ヘッドスペース導入装置にはパージ&トラップシステム(VOC-100、DKKエンジニアリング製)を用い、パージガスにはHeを用いた。ガスクロマトグラフ質量分析計にはGCMS-QP2010(島津製作所製)、カラムにはキャピラリーカラム(SUPELCO Equity-1 30m × 0.25mm)を用いた。

測定対象とした9物質のうち、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンは殆どのサンプルでピークが検出されず、またスチレンも定量下限値以下であったため考察の対象から外すこととした。

D.2. 結果及び考察

D.2.1. 新旧研究室内の化学物質濃度

新研究室を含む新校舎において竣工時に業者に委託して行われた化学物質測定(ホルムアルデヒド、トルエン、キシレンのみ)の結果及び、我々が行った新旧

TableD-8 研究室内の化学物質濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| | 新キャンパス | | | | | 旧キャンパス | | | 室内濃度 指針値 | 検出 下限値 | 定量 下限値 |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|
| | 新研究室 A | | | | | 旧研究室 A | 研究室 Y | | | | |
| | 移転前 8月 | 移転前 9月 | 移転後 9月 | 移転後 11月 | 移転後 12月 | 移転前 9月 | 移転前 8月 | 移転後 12月 | | | |
| ホルムアルデヒド | 105.3 | 106.0 | 15.1 | 10.7 | 6.4 | 7.8 | 17.8 | 5.7 | 100 | 0.33 | 1.09 |
| アセトアルデヒド | 19.3 | 38.4 | 7.4 | 5.7 | 5.4 | 10.7 | 5.4 | 2.7 | 48 | 0.49 | 1.64 |
| ヘキサン | 3.0 | 6.3 | 1.9 | 3.6 | 3.5 | 3.3 | 6.1 | 3.7 | — | 0.13 | 0.45 |
| 2,4-ジメチルペンタン | 1.1 | 1.4 | ND | ND | 0.6 | ND | ND | 0.6 | — | 0.12 | 0.41 |
| ヘプタン | 3.0 | 7.0 | 1.9 | 2.3 | 0.3 | 2.0 | 2.1 | 0.9 | — | 0.27 | 0.92 |
| オクタン | 1.6 | 2.1 | 1.0 | 1.5 | 0.7 | 1.0 | 1.0 | ND | — | 0.25 | 0.82 |
| ノナン | 8.6 | 9.1 | 1.3 | 1.7 | 0.9 | 1.4 | 1.2 | 0.3 | — | 0.22 | 0.73 |
| デカン | 18.4 | 24.1 | 3.7 | 5.5 | ND | ND | ND | ND | — | 3.63 | 12.11 |
| ウンデカン | 31.3 | 43.2 | 2.6 | 3.6 | 2.8 | 2.5 | 2.3 | ND | — | 2.25 | 7.50 |
| ベンゼン | 0.8 | 1.9 | 0.7 | 0.9 | 0.8 | 3.8 | 1.5 | 1.6 | — | 0.46 | 1.53 |
| トルエン | 60.7 | 86.1 | 12.2 | 12.5 | 11.0 | 16.4 | 9.2 | 7.8 | 260 | 0.17 | 0.55 |
| エチルベンゼン | 11.2 | 16.9 | 1.8 | 2.3 | 3.1 | 2.8 | 2.4 | 3.7 | 3800 | 0.59 | 1.98 |
| キシレン 1) | 41.0 | 54.5 | 5.1 | 6.3 | 8.3 | 8.7 | 6.9 | 17.6 | 870 | 0.55 | 1.84 |
| スチレン | 14.8 | 8.4 | ND | 0.9 | ND | ND | ND | ND | 220 | 0.62 | 2.06 |
| 1,3,5-トリメチルベンゼン | 2.2 | 2.2 | ND | 0.8 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | — | 0.26 | 0.86 |
| 1,2,4-トリメチルベンゼン | 7.4 | 7.7 | 0.9 | 1.3 | 1.6 | 1.6 | 1.2 | 1.5 | — | 0.27 | 0.89 |
| 1,2,3-トリメチルベンゼン | 3.5 | 3.0 | 0.5 | 1.2 | 0.5 | 0.7 | 0.6 | ND | — | 0.29 | 0.96 |
| クロロホルム | 1.0 | 3.9 | 0.9 | 0.8 | ND | 1.2 | 1.5 | 0.8 | — | 0.28 | 0.93 |
| 1,2-ジクロロエタン | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | — | 0.11 | 0.37 |
| 1,1,1-トリクロロエタン | ND | ND | 1.0 | 1.0 | ND | ND | 1.2 | ND | — | 0.10 | 0.32 |
| 四塩化炭素 | 1.0 | 1.1 | 1.0 | ND | ND | 1.1 | 1.1 | ND | — | 0.24 | 0.79 |
| 1,2-ジクロロプロパン | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | — | 0.10 | 0.35 |
| トリクロロエチレン | ND | 0.7 | 0.5 | 1.7 | 1.5 | 0.7 | 0.5 | 1.5 | — | 0.07 | 0.24 |
| テトラクロロエチレン | ND | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 0.8 | 1.1 | 0.7 | 1.0 | — | 0.16 | 0.54 |
| クロロジプロモメタン | ND | ND | ND | ND | 1.0 | ND | ND | ND | — | 0.16 | 0.52 |
| p-ジクロロベンゼン | 1.2 | 1.4 | 1.1 | 2.3 | 0.5 | 3.2 | 4.4 | 4.1 | 240 | 0.33 | 1.10 |
| 酢酸エチル | 16.6 | 27.4 | 5.2 | 3.8 | 6.4 | 2.5 | 2.3 | 1.9 | — | 0.79 | 2.62 |
| 酢酸ブチル | 41.8 | 44.1 | 3.5 | 2.2 | 0.7 | 1.7 | 2.2 | ND | — | 0.43 | 1.45 |
| メチルエチルケトン | 25.3 | 37.2 | 6.3 | 7.5 | 5.2 | 4.9 | 3.7 | 5.0 | — | 0.32 | 1.08 |
| メチルイソブチルケトン | 4.5 | 5.5 | 1.0 | 2.4 | 0.2 | 1.2 | 1.1 | ND | — | 0.14 | 0.47 |
| 1-ブタノール | 26.3 | 29.7 | 1.6 | 2.6 | 0.4 | ND | 4.7 | ND | — | 0.29 | 0.95 |
| α -ピネン | 17.8 | 22.1 | 1.2 | 1.4 | 2.1 | 1.1 | 0.9 | 1.1 | — | 0.23 | 0.77 |
| リモネン | 2.6 | 3.2 | 0.7 | 2.7 | 8.1 | 2.8 | 2.4 | 2.3 | — | 0.18 | 0.60 |
| 2E1H 推定濃度 | 402.5 | 495.8 | 64.8 | 22.9 | 67.8 | ND | 5.0 | ND | — | 0.17 | 0.55 |
| TVOC | 749.2 | 947.2 | 123.5 | 96.5 | 128.9 | 66.3 | 66.5 | 55.9 | 400 | | |
| 平均室温 (°C) | — | 30.5 | 26.1 | 26.6 | 20.2 | 23.7 | — | — | | | |
| 測定条件 | 一部開 | 密閉 | 通常 | 通常 | 密閉 | 通常 | 通常 | 通常 | | | |
| 空調 | なし | なし | 冷房 | 暖房 | なし | 冷房 | 冷房 | 暖房 | | | |
| 換気扇 | × | × | ○ | ○ | × | ○ | × | × | | | |

研究室における測定の結果を TableD-7 及び 8 に示す。

移転前の新研究室 A において、ホルムアルデヒド濃度が厚生労働省の指針値をわずかに上回っている。竣工時の測定では 1 階研究室のホルムアルデヒド濃度は $6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であったこと、建物内の研究室はいずれもほぼ同じ内装であることから、竣工後に搬入された什器類の影響により、ホルムアルデヒド濃度が上昇したことが考えられた。新研究室 A に搬入された什器類は TableD-2 に示すものであり、什器に使用された塗料や希釈シンナーには、ホルムアルデヒド・トルエン・キシレンが含まれていた。しかし、竣工時の 1 階研究室の測定値に比べて、トルエン・キシレンでは大きな濃度上昇はなかった。従って、塗料や希釈シンナー中の各物質は工場での焼付け工程時に多くが揮発したこと

が考えられ、室内のホルムアルデヒド濃度の上昇には、主に什器類に用いられていた木質材料からのホルムアルデヒドの放散が関係したと考えられる。

測定条件の違いも考慮に入れる必要はあるが、移転前の新研究室 A の測定では、ホルムアルデヒドのほかにも、アセトアルデヒド、デカン類、ベンゼンを除く芳香族類、ケトン類、1-ブタノール、 α -ピネンなどが、旧研究室の概ね 2 倍～10 倍程度高い濃度で検出された。しかし、ホルムアルデヒドを含む、いずれの物質も移転後の測定では旧研究室と同程度の濃度となり、特に 9 月の移転前後で大きく濃度が減少していることから、移転後の換気による濃度低減効果があったものと考えられる。また、12 月には再び密閉状態での測定を行っているが、各物質の濃度は旧研究室とは

TableD-9 什器類内の化学物質濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| | 机引出 | | 書庫 | | 本棚 | | 新研究室 A | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | 移転前 | 移転後 | 移転前 | 移転後 | 移転前 | 移転後 | 移転前 | 移転前 | 移転後 |
| | 9月 | 12月 | 8月 | 12月 | 9月 | 12月 | 8月 | 9月 | 12月 |
| ホルムアルデヒド | 159.9 | 11.6 | 472.8 | 8.5 | 108.7 | 6.7 | 105.3 | 106.0 | 6.4 |
| アセトアルデヒド | 49.7 | 4.0 | 16.2 | 6.1 | 40.1 | 3.0 | 19.3 | 38.4 | 5.4 |
| ヘキサン | 7.0 | 9.6 | 3.3 | 2.9 | 6.2 | 2.5 | 3.0 | 6.3 | 3.5 |
| 2,4-ジメチルペンタン | 2.6 | 1.0 | 1.6 | 0.6 | 1.4 | 0.6 | 1.1 | 1.4 | 0.6 |
| ヘプタン | 5.2 | ND | 3.0 | ND | 5.6 | 0.6 | 3.0 | 7.0 | 0.3 |
| オクタン | 2.7 | 2.5 | 1.9 | 0.4 | 2.4 | 0.3 | 1.6 | 2.1 | 0.7 |
| ノナン | 9.6 | 2.3 | 6.9 | 0.5 | 7.4 | 0.5 | 8.6 | 9.1 | 0.9 |
| デカン | 25.5 | 41.6 | 14.4 | 5.8 | 21.3 | 4.0 | 18.4 | 24.1 | ND |
| ウンデカン | 41.9 | ND | 17.2 | ND | 20.3 | 3.7 | 31.3 | 43.2 | 2.8 |
| ベンゼン | 2.0 | 10.5 | 0.9 | 1.0 | 1.8 | 1.2 | 0.8 | 1.9 | 0.8 |
| トルエン | 80.5 | 32.0 | 47.4 | 9.4 | 74.1 | 9.4 | 60.7 | 86.1 | 11.0 |
| エチルベンゼン | 15.9 | 7.7 | 9.4 | 2.3 | 15.6 | 2.4 | 11.2 | 16.9 | 3.1 |
| キシレン | 49.4 | 22.5 | 33.8 | 6.7 | 48.9 | 6.8 | 41.0 | 54.5 | 8.3 |
| スチレン | 8.6 | ND | 12.9 | ND | 4.5 | ND | 14.8 | 8.4 | ND |
| 1,3,5-トリメチルベンゼン | 2.1 | 1.2 | 2.0 | 0.3 | 1.9 | 0.4 | 2.2 | 2.2 | 0.4 |
| 1,2,4-トリメチルベンゼン | 7.1 | 5.1 | 6.9 | 1.4 | 6.6 | 1.5 | 7.4 | 7.7 | 1.6 |
| 1,2,3-トリメチルベンゼン | 2.9 | 1.4 | 3.3 | 0.4 | 2.7 | 0.4 | 3.5 | 3.0 | 0.5 |
| クロロホルム | 3.9 | 1.4 | 1.1 | ND | 3.7 | ND | 1.0 | 3.9 | ND |
| 1,2-ジクロロエタン | ND | ND | ND |
| 1,1,1-トリクロロエタン | ND | ND | ND |
| 四塩化炭素 | 1.1 | ND | 1.0 | ND | 1.1 | 0.4 | 1.0 | 1.1 | ND |
| 1,2-ジクロロプロパン | ND | ND | ND |
| トリクロロエチレン | 0.6 | 1.5 | ND | 1.5 | 0.6 | 1.5 | ND | 0.7 | 1.5 |
| テトラクロロエチレン | 1.1 | 0.9 | ND | 0.8 | 1.1 | 0.8 | ND | 1.2 | 0.8 |
| クロロジプロモメタン | ND | 1.0 | ND | 1.0 | ND | 1.1 | ND | ND | 1.0 |
| p-ジクロロベンゼン | 1.4 | 3.5 | 1.2 | 0.4 | 1.2 | 0.4 | 1.2 | 1.4 | 0.5 |
| 酢酸エチル | 30.0 | 73.2 | 15.4 | 20.2 | 26.6 | 17.4 | 16.6 | 27.4 | 6.4 |
| 酢酸ブチル | 44.6 | 23.4 | 38.0 | 0.5 | 38.0 | 0.8 | 41.8 | 44.1 | 0.7 |
| メチルエチルケトン | 34.6 | 8.2 | 20.4 | 5.2 | 31.3 | 5.6 | 25.3 | 37.2 | 5.2 |
| メチルイソブチルケトン | 4.9 | 0.3 | 3.5 | 0.2 | 5.0 | 0.3 | 4.5 | 5.5 | 0.2 |
| 1-ブタノール | 34.5 | 0.7 | 34.7 | ND | 27.1 | ND | 26.3 | 29.7 | 0.4 |
| α -ピネン | 24.6 | 6.6 | 14.7 | 1.9 | 19.4 | 1.9 | 17.8 | 22.1 | 2.1 |
| リモネン | 4.3 | 17.4 | 3.1 | 6.9 | 2.8 | 6.9 | 2.6 | 3.2 | 8.1 |
| 2E1H 推定濃度 | 503.7 | 124.4 | 614.1 | 57.8 | 439.3 | 54.8 | 402.5 | 495.8 | 67.8 |
| TVOC | 952.2 | 399.9 | 912.0 | 127.9 | 817.9 | 126.0 | 749.2 | 947.2 | 128.9 |
| 平均室温 (°C) | 30.5 | 20.2 | — | 20.2 | 30.5 | 20.2 | — | 30.5 | 20.2 |
| 什器の扉 | 閉 | 閉 | 閉 | 閉 | なし | なし | — | — | — |

ほぼ同程度であった。従って、こうした物質の多くは、竣工時から移転時までにはほとんどが放散し、移転後の換気により速やかに室外に排出されたことが考えられる。ベンゼンについては、旧研究室 A での濃度が高くなっているが、これは研究室内での喫煙が影響したと考えられた。キャンパスの建物内は原則禁煙となっており、9月の旧研究室 A を除いては、研究室内での喫煙はなかった。

建築の際に使用された接着剤にも多く含まれていた酢酸エチルや酢酸ブチルについても、移転前の測定で濃度が高く、移転後の測定では大きく濃度が低減していた。しかし、移転後も旧研究室内の濃度に比べるとやや高い傾向が見られる。

2E1H の濃度については、トルエンとのピーク面積の比から求めた推定濃度である。旧研究室ではほぼ検出されないが、新研究室では検出され、特に移転前

の測定では高濃度であることが推定された。9月の移転前後で一気に低減したが、12月の測定においても $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の濃度であることが推定された。

今回測定した VOCs32 物質の各濃度に、2E1H の推定濃度を加えたものを TVOC として算出した。新研究室 A の TVOC について、移転前の測定では指針値を大きく上回る結果となったが、移転後では 2E1H の推定濃度を加えても指針値を下回った。移転後の TVOC も旧研究室に比較して 2 倍程度の値を示しているが、これには 2E1H の濃度が大きく影響している。

今回、測定対象とした物質から判断する限りにおいては、新研究室 A は旧研究室に比べ、著しい汚染の傾向にあるとは考えられなかった。

D.2.2. 新研究室における什器類内の化学物質濃度

什器類からの化学物質の発散の程度を把握するため、新研究室 A に搬入された什器類の中にパッシブサ

TableD-10 新キャンパス内のその他の測定点における化学物質濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| | 廊下 | | | ホール | | | 外階段 | | |
|-----------------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| | 移転前 | 移転後 | 移転後 | 移転前 | 移転後 | 移転後 | 移転前 | 移転後 | 移転後 |
| | 9月 | 9月 | 11月 | 9月 | 9月 | 11月 | 9月 | 9月 | 11月 |
| ホルムアルデヒド | 43.5 | 7.1 | 8.5 | 19.0 | 13.9 | 8.7 | 3.7 | 2.3 | 6.1 |
| アセトアルデヒド | 16.4 | 4.3 | 5.2 | 10.7 | 7.6 | 5.8 | 1.1 | ND | 3.2 |
| ヘキサン | 5.3 | 3.0 | 5.2 | 4.7 | 3.8 | 2.0 | 4.0 | 1.3 | 3.4 |
| 2,4-ジメチルペンタン | 1.0 | ND | 0.6 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| ヘプタン | 6.1 | 1.8 | 2.5 | 3.0 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 1.7 | 2.3 |
| オクタン | 1.7 | 0.8 | 1.9 | 1.6 | 0.8 | 1.5 | 1.0 | 0.9 | 1.5 |
| ノナン | 8.4 | 1.5 | 2.0 | 3.9 | 1.6 | 2.0 | 2.1 | 1.0 | 1.8 |
| デカン | 17.7 | 4.1 | 3.8 | 10.4 | ND | 4.0 | ND | ND | ND |
| ウンデカン | 24.1 | 4.8 | 3.9 | 11.1 | 4.8 | 3.8 | 2.9 | ND | 3.2 |
| ベンゼン | 2.4 | 1.5 | 0.7 | 1.7 | ND | ND | 2.4 | 0.7 | 1.0 |
| トルエン | 84.0 | 15.5 | 7.9 | 73.3 | 19.4 | 8.3 | 28.2 | 8.7 | 11.2 |
| エチルベンゼン | 14.7 | 2.2 | 1.8 | 12.0 | 3.3 | 2.3 | 6.4 | 1.1 | 2.4 |
| キシレン | 38.5 | 5.9 | 5.1 | 31.0 | 9.8 | 6.3 | 12.5 | 2.9 | 6.1 |
| ステレン | 5.1 | ND | 1.8 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| 1,3,5-トリメチルベンゼン | 2.0 | 0.4 | 0.8 | 1.5 | 0.4 | 0.8 | 0.4 | ND | 0.8 |
| 1,2,4-トリメチルベンゼン | 7.2 | 1.7 | 1.3 | 5.3 | 1.5 | 1.4 | 1.7 | 0.5 | 1.4 |
| 1,2,3-トリメチルベンゼン | 2.7 | 0.8 | 1.2 | 2.0 | 0.8 | 1.2 | 0.7 | 0.4 | 1.2 |
| クロロホルム | 3.7 | 1.1 | 1.8 | 3.0 | 0.7 | 2.6 | 0.9 | 0.9 | 2.5 |
| 1,2-ジクロロエタン | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| 1,1,1-トリクロロエタン | 1.1 | 1.0 | 1.0 | ND | ND | 1.0 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| 四塩化炭素 | 1.1 | 1.0 | 0.3 | 1.1 | 1.0 | 0.3 | 1.2 | 1.0 | ND |
| 1,2-ジクロロプロパン | 0.9 | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| トリクロロエチレン | 0.9 | 0.5 | 1.6 | 0.9 | 0.4 | 1.6 | 1.2 | 0.5 | 1.7 |
| テトラクロロエチレン | 1.9 | 1.0 | 1.0 | 2.1 | 0.9 | 0.9 | 2.2 | 0.8 | 1.1 |
| クロロジプロモメタン | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| p-ジクロロベンゼン | 1.9 | 1.1 | 1.9 | 2.0 | 1.0 | 1.9 | 2.4 | 1.0 | 2.3 |
| 酢酸エチル | 25.8 | 4.4 | 1.3 | 13.4 | 5.8 | ND | 10.2 | 4.7 | 2.5 |
| 酢酸ブチル | 40.4 | 3.9 | 3.4 | 6.1 | 2.4 | 1.9 | 4.1 | 1.5 | 1.9 |
| メチルエチルケトン | 31.4 | 7.0 | 4.6 | 17.9 | 7.4 | 6.8 | 14.6 | 4.6 | 8.3 |
| メチルイソブチルケトン | 4.8 | 1.1 | 2.4 | 3.6 | 0.9 | 2.3 | 1.9 | 1.0 | 2.4 |
| 1-ブタノール | 14.5 | 1.6 | 2.4 | 5.4 | 1.3 | 2.2 | ND | 1.8 | 2.3 |
| α -ピネン | 18.6 | 2.0 | 1.7 | 2.4 | 1.5 | 1.5 | 0.8 | 0.9 | 1.2 |
| リモネン | 3.1 | ND | 2.3 | ND | ND | ND | ND | ND | ND |
| 2E1H 推定濃度 | 188.3 | 29.1 | 20.8 | 55.6 | 13.1 | 1.9 | 3.3 | 1.1 | 1.7 |
| TVOC | 559.3 | 98.7 | 87.2 | 275.0 | 84.6 | 60.7 | 108.4 | 40.0 | 65.0 |
| 平均気温 (°C) | - | 25.3 | 20.7 | - | - | - | 22.3 | 22.6 | 16.5 |

ンプラーを設置した。パッシブサンプラーを設置した
 仕器は、平机下のワゴンの引き出し内(机引出)、書庫、
 本棚であり、机引出と書庫については密閉した状態
 で測定を行ったが、本棚には扉がなく、開放した状態
 の測定となった。結果を TableD-9 に示す。

机引出と書庫については、移転前のホルムアルデ
 ヒド濃度が、同日に測定した新研究室 A 内のホルムアル
 デヒド濃度よりも明らかに高かった。このことから、
 これらの仕器がホルムアルデヒドの発散源となってい
 ることが考えられた。他にも、机引出ではアセトアル
 デヒド、書庫では 2E1H が新研究室内の濃度よりも高
 かった。

移転後 12 月の測定では、書庫については、ほとん
 どすべての物質の濃度が、新研究室内と同程度の値を
 示し、化学物質の発散が低下している様子が伺えた。
 ただし、酢酸エチルの濃度は室内の濃度の 3 倍程度あ

り、接着剤等に用いられたものが以前残っている可能
 性も考えられた。机引出についてもほとんどの物質で
 濃度が低下した。しかし、室内の濃度の 3 倍程度の
 高い濃度を示している物質も多く、特に酢酸エチルや
 酢酸ブチルはそれぞれ室内濃度の 12 倍、26 倍と高い
 濃度になっていた。しかし、仕器の材料から発生した
 とは考えにくいベンゼンの濃度が移転前より高くなっ
 ているなど、一部の物質では使用による汚染があった可
 能性も考えられた。

本棚は扉もなく、開放された状態での測定だったこ
 ともあり、いずれの測定でも各物質とも室内の濃度と
 ほぼ同じ値を示したが、移転後の測定ではデカンと酢
 酸エチルの濃度が室内の濃度に比べると高い結果と
 なった。

D.2.3. 新築校舎内でのその他の測定

新築校舎では新研究室 A の以外に、新研究室 A 前

TableD-11 個人曝露濃度の測定結果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| | 個人曝露 | | | | | | | | | | | | 研究室 A | | |
|-----------------|------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| | #1 | | | #2 | | | #3 | | | #4 | | | 旧 | 新 | 新 |
| | 移転前 | 移転後 | 移転後 | 移転前 | 移転後 | 移転後 | 移転前 | 移転後 | 移転後 | 移転前 | 移転後 | 移転後 | 移転前 | 移転後 | 移転後 |
| | 9月 | 9月 | 11月 | 9月 | 9月 | 11月 | 9月 | 9月 | 11月 | 9月 | 9月 | 11月 | 9月 | 9月 | 11月 |
| ホルムアルデヒド | 15.9 | 21.0 | 9.8 | 19.0 | 15.7 | 10.7 | 36.2 | 21.0 | 17.2 | 20.4 | 18.0 | — | 7.8 | 15.1 | 10.7 |
| アセトアルデヒド | 9.1 | 22.8 | 5.3 | 5.8 | 8.0 | 5.8 | 28.5 | 9.4 | 8.6 | 23.6 | 8.2 | — | 10.7 | 7.4 | 5.7 |
| ヘキサン | 10.2 | 6.6 | 2.0 | 5.2 | 1.8 | 3.3 | 9.4 | 3.7 | 3.3 | 14.2 | 3.2 | 3.8 | 3.3 | 1.9 | 3.6 |
| 2,4-ジメチルペンタン | 0.0 | 0.7 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.7 | 0.0 | 0.6 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ヘプタン | 2.0 | 4.0 | 1.9 | 2.5 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 2.3 | 2.8 | 2.3 | 2.2 | 2.9 | 2.0 | 1.9 | 2.3 |
| オクタン | 1.2 | 1.4 | 1.2 | 1.4 | 0.9 | 1.6 | 2.9 | 1.1 | 1.9 | 1.7 | 0.9 | 2.5 | 1.0 | 1.0 | 1.5 |
| ノナン | 0.0 | 1.6 | 1.3 | 1.7 | 1.1 | 1.9 | 2.3 | 2.1 | 2.4 | 1.7 | 1.2 | 2.4 | 1.4 | 1.3 | 1.7 |
| デカン | 0.0 | 8.0 | 0.0 | 8.4 | 0.0 | 4.1 | 0.0 | 5.7 | 7.8 | 3.7 | 0.0 | 7.8 | 0.0 | 3.7 | 5.5 |
| ウンデカン | 0.0 | 3.8 | 2.9 | 16.6 | 0.0 | 4.0 | 3.0 | 4.3 | 4.9 | 3.4 | 2.4 | 6.6 | 2.5 | 2.6 | 3.6 |
| ベンゼン | 2.0 | 4.0 | 1.1 | 1.6 | 0.6 | 0.9 | 4.9 | 3.4 | 1.6 | 7.1 | 2.4 | 4.1 | 3.8 | 0.7 | 0.9 |
| トルエン | 13.8 | 23.0 | 8.9 | 8.4 | 8.3 | 8.4 | 16.1 | 14.3 | 15.6 | 19.0 | 15.3 | 17.2 | 16.4 | 12.2 | 12.5 |
| エチルベンゼン | 3.7 | 3.2 | 1.7 | 1.5 | 0.9 | 2.0 | 2.7 | 2.0 | 3.9 | 3.2 | 1.6 | 4.2 | 2.8 | 1.8 | 2.3 |
| キシレン | 10.5 | 19.0 | 5.1 | 4.5 | 4.3 | 6.2 | 10.2 | 9.6 | 11.0 | 11.9 | 7.5 | 13.6 | 8.7 | 5.1 | 6.3 |
| スチレン | 0.0 | 0.9 | 1.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.1 | 0.0 | 0.0 | 0.9 |
| 1,3,5-トリメチルベンゼン | 0.5 | 1.1 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.9 | 0.6 | 0.8 | 1.3 | 0.7 | 0.7 | 1.3 | 0.4 | 0.0 | 0.8 |
| 1,2,4-トリメチルベンゼン | 2.2 | 4.3 | 1.1 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 2.4 | 3.2 | 2.6 | 2.6 | 2.4 | 3.3 | 1.6 | 0.9 | 1.3 |
| 1,2,3-トリメチルベンゼン | 0.7 | 1.1 | 1.0 | 0.5 | 0.6 | 1.3 | 1.0 | 1.0 | 1.7 | 1.0 | 0.8 | 1.6 | 0.7 | 0.5 | 1.2 |
| クロロホルム | 1.2 | 1.0 | 3.1 | 1.8 | 1.0 | 4.3 | 1.6 | 1.3 | 4.0 | 1.4 | 0.9 | 4.2 | 1.2 | 0.9 | 0.8 |
| 1,2-ジクロロエタン | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1,1,1-トリクロロエタン | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.0 | 1.0 | 1.0 |
| 四塩化炭素 | 1.0 | 0.8 | 0.4 | 1.0 | 0.8 | 0.0 | 1.2 | 1.0 | 0.3 | 1.2 | 0.9 | 0.3 | 1.1 | 1.0 | 0.0 |
| 1,2-ジクロロプロパン | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| トリクロロエチレン | 0.6 | 0.4 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.0 | 0.5 | 1.9 | 0.5 | 0.0 | 1.6 | 0.7 | 0.5 | 1.7 |
| テトラクロロエチレン | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 1.2 | 0.0 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 0.6 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| クロロジプロモタン | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| p-ジクロロベンゼン | 7.3 | 5.2 | 1.8 | 2.2 | 1.5 | 1.9 | 22.2 | 3.2 | 6.7 | 4.8 | 4.0 | 8.1 | 3.2 | 1.1 | 2.3 |
| 酢酸エチル | 1.9 | 4.2 | 1.6 | 3.9 | 5.2 | 4.0 | 2.1 | 2.3 | 1.9 | 4.2 | 1.0 | 5.9 | 2.5 | 5.2 | 3.8 |
| 酢酸ブチル | 3.3 | 7.0 | 1.6 | 2.5 | 2.1 | 2.3 | 5.3 | 2.0 | 2.8 | 3.2 | 2.1 | 3.1 | 1.7 | 3.5 | 2.2 |
| メチルエチルケトン | 5.4 | 6.8 | 6.7 | 2.7 | 3.1 | 5.7 | 4.9 | 5.0 | 7.2 | 8.0 | 2.9 | 5.0 | 4.9 | 6.3 | 7.5 |
| メチルイソブチルケトン | 1.1 | 1.0 | 2.0 | 1.2 | 1.0 | 2.6 | 1.7 | 0.9 | 2.8 | 1.0 | 0.9 | 2.3 | 1.2 | 1.0 | 2.4 |
| 1-ブタノール | 3.3 | 3.2 | 2.1 | 1.9 | 0.0 | 2.6 | 3.6 | 1.6 | 2.7 | 2.3 | 1.3 | 2.0 | 0.0 | 1.6 | 2.6 |
| α -ピネン | 2.4 | 1.2 | 1.0 | 0.8 | 0.9 | 1.3 | 6.2 | 2.4 | 2.6 | 1.4 | 1.1 | 4.4 | 1.1 | 1.2 | 1.4 |
| リモネン | 4.3 | 3.2 | 2.1 | 0.0 | 1.6 | 4.1 | 10.8 | 3.8 | 4.2 | 4.5 | 2.2 | 16.3 | 2.8 | 0.7 | 2.7 |
| 2E1H 推定濃度 | 2.9 | 24.7 | 15.2 | 6.6 | 11.4 | 5.4 | 3.0 | 22.8 | 40.5 | 2.5 | 9.5 | 20.6 | 0.0 | 64.8 | 22.9 |
| TVOC | 83.2 | 143.1 | 71.6 | 79.5 | 51.3 | 76.6 | 121.8 | 103.0 | 141.4 | 109.1 | 69.8 | 150.8 | 66.3 | 123.5 | 96.6 |

の廊下、1階エントランスホール、外階段での測定を実施した。結果を TableD-10 に示す。

廊下とホールでは、廊下の濃度が全体的に高いが、いずれの測定点においても移転前後で濃度が大きく低減した。移転前の新研究室 A と廊下の濃度を比較すると、廊下のホルムアルデヒドやデカン類、2E1H の濃度が低く、そのほかの物質でも廊下の方がやや低い濃度を示すものが多かった。竣工から移転までの間、廊下の窓はほぼ毎日開放されて換気が行われていたことや、新研究室内の什器類のような発生源が廊下になかったことにより、このような違いが出たものと考えら

れる。外階段は、ほぼ外気に近い状態であると考えられるが、移転前 9 月の測定結果はその後の 2 回の測定値よりもやや高い結果となっている。

D.2.4. 個人曝露濃度の測定結果

個人曝露濃度の測定結果を TableD-11 に示す。

今回の測定対象者、測定対象物質においては、全体的に移転前後での個人曝露濃度の変化は顕著ではなかった。TableD-11 には、移転前に A 研究室の学生が使用していた旧研究室 A と移転後に使用している新研究室 A の空気中濃度の測定結果もあわせて示したが、移転前後でこれらの研究室の空気中濃度に大き

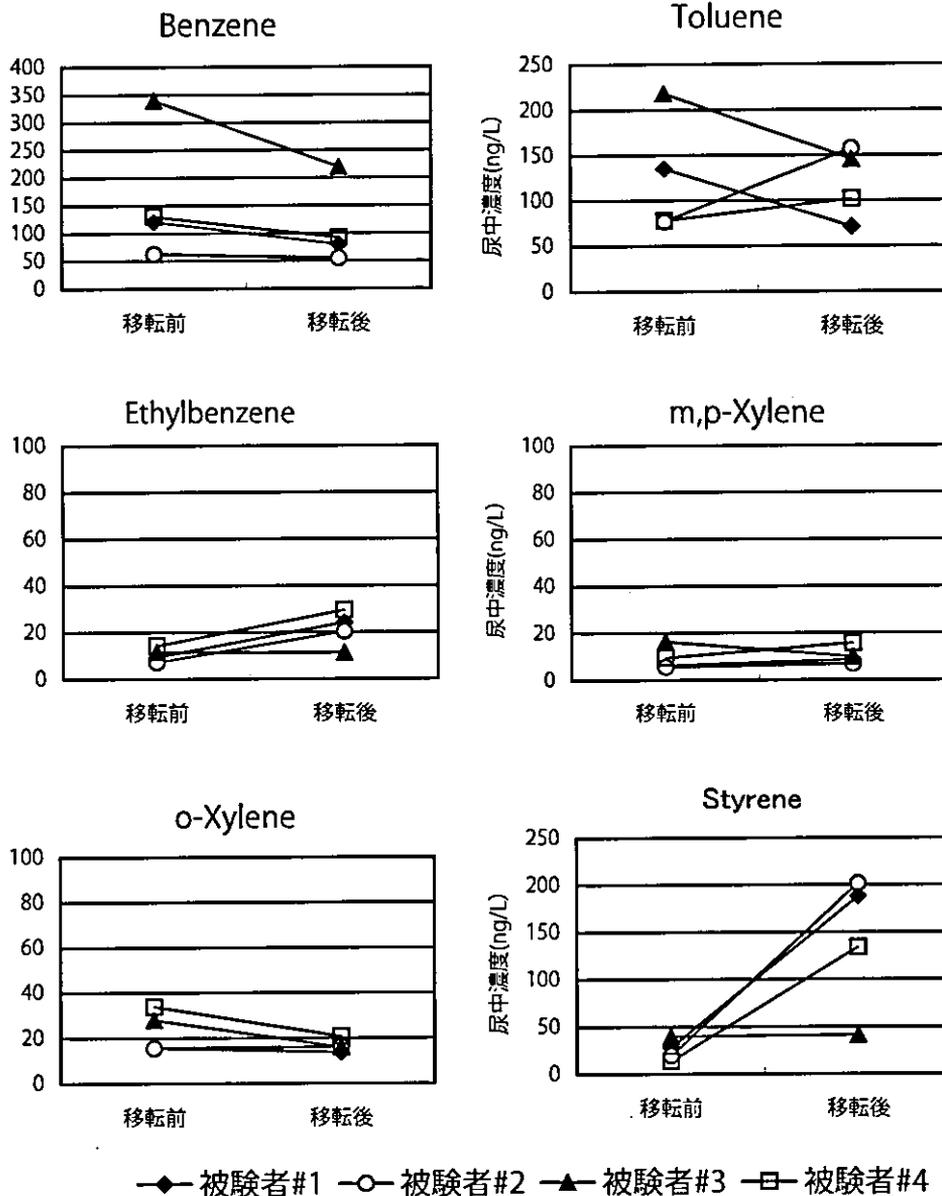


Fig.D-1 移転前後の平均尿中化学物質濃度の変化

な変化はなく、研究室を移転したことによる個人曝露濃度への影響も大きくなかったと考えられる。ただし、ベンゼンについては喫煙可能であった旧研究室 A 内よりも新研究室 A 内の濃度が低くなっており、個人曝露濃度についても移転後に濃度が下がっているものが多い。

個人曝露濃度とその時に滞在していた研究室内空気の化学物質濃度の差を取ると、個人曝露濃度が研究室内の化学物質濃度よりも高いものも多く、研究室以外の環境での曝露がより影響を及ぼしていることも考えられた。移転後では車や電車の利用時間が長くなるなど、移転前後で通学方法が大きく変化しているため、通学時の化学物質曝露の状況が異なっている可能性

がある。

日常生活の中では、様々な局面で化学物質に曝露される可能性があり、校舎等の建物内の化学物質濃度がどの程度、個人の曝露状況に影響を与えるかは十分に吟味する必要がある問題である。パッシブ法では、信頼性のある値を得るには、ある程度のサンプリング時間の確保が必須である。その点では、短時間でも信頼性のある値を得ることができるアクティブ法を用いた方が、生活のどの局面での曝露が問題になるのか推定するには役立つであろう。しかしながら、測定対象者への負担やサンプリングの煩雑さも考えると、必ずしも利用しやすい方法とはいえない。特に本研究のように、大学施設などの非常に大がかりな移動の際には移転の

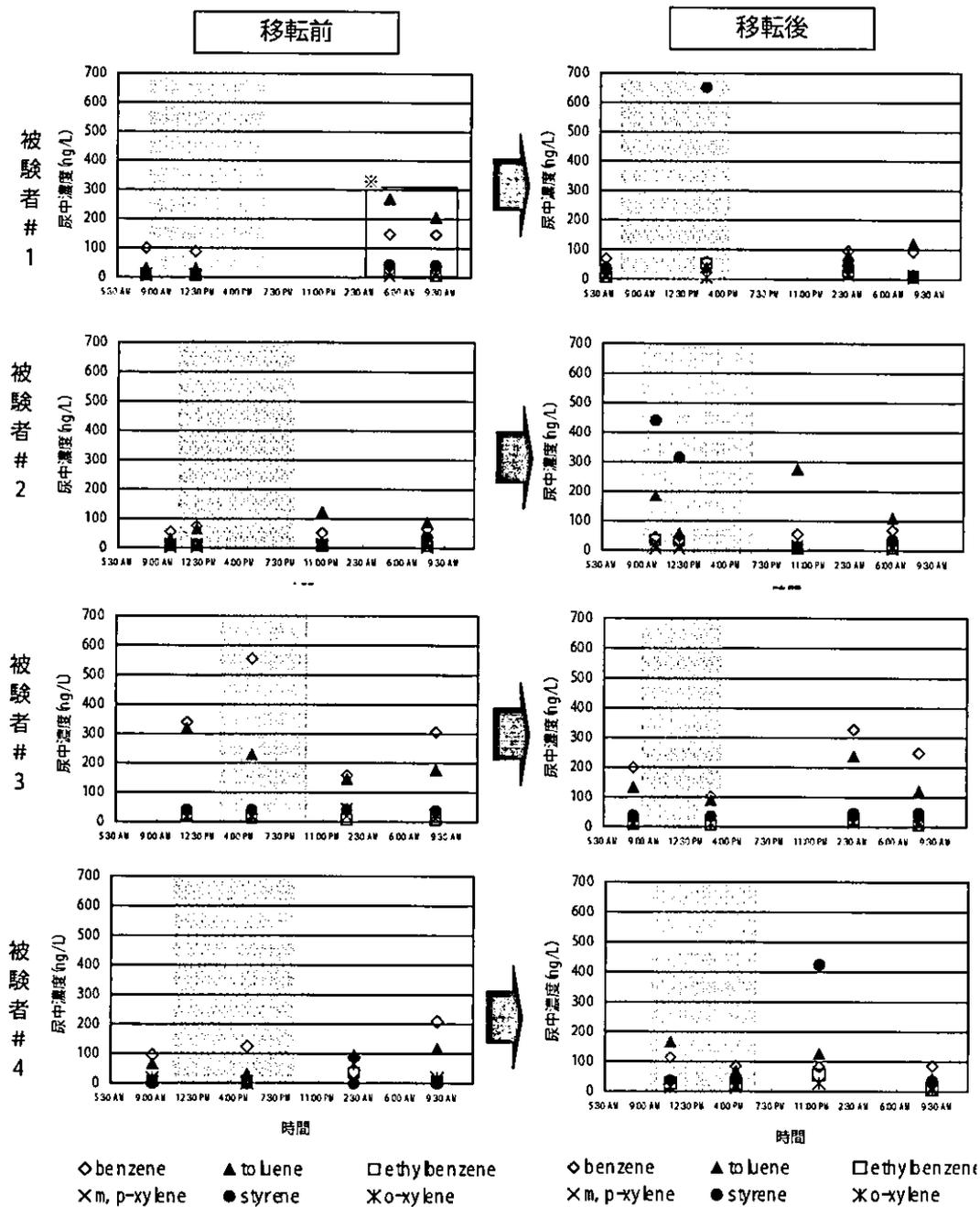


Fig.D-2 移転前後の尿中化学物質濃度の日内変動

当事者である被験者に協力を得ることが難しく、今回も検討に十分な被験者数を確保することが出来なかった。化学物質の影響を検討するためには多くの測定対象者が必要であり、このような場合に、被験者の負担を軽くし、多くの協力を得るかが大きな課題となった。

D.2.5. 尿中化学物質濃度の測定結果

Fig.D-1 に移転前と移転約2週間後の被験者の尿中化学物質濃度の平均値の変化を示した。

被験者は #1～2 が非喫煙者、#3～4 が喫煙者であった。喫煙者、非喫煙者とも、ベンゼンは移転前と比較すると移転後が低い傾向が見られた。我々はこれまでに、新築のマンション等ではベンゼンの汚染はほとんどないこと、むしろベンゼンについては喫煙の影響が大きく、喫煙により尿中のベンゼン濃度が高くなることを確認している。本研究においては室内空気濃度測定の際でも示したように、旧研究室では室内で

喫煙されていたが、新研究室では禁煙が徹底されたため、ベンゼン濃度が低くなったことが影響しているものと考えられる。また、今回の測定では、4名中3名で、移転後にスチレンの平均尿中濃度が非常に高くなった。我々のこれまでの研究では、これほど高濃度の尿中スチレンを検出した経験はない。尿中化学物質濃度については、先に示したように、朝、昼、夜、翌朝4回の測定を行っている。そこで、各被験者の移転前後の1日の尿中化学物質の推移を Fig.D-2 に示した。移転後にスチレンが高濃度を示した被験者#1、#2、#4のうち、#1、#2では研究室内に滞在しているときに、#4では、研究室内滞在中は高くなかったが、帰宅後の1回目の測定で高濃度を示していた。我々は1日4回の尿中化学物質測定に1日内変動を観察することで、防虫剤として使用される p-ジクロロベンゼンが、防虫剤使用者の自宅で、被験者の在宅時にのみ尿中に非常に高濃度を示す例をこれまでに示し、尿中化学物質濃度が、比較的短期間の高濃度曝露も反映することを明らかにしてきた。本研究におけるスチレン濃度の変動も研究室滞在に関連する傾向があったが、本研究では、室内環境濃度、個人曝露濃度とも移転後2週間目にはスチレンは検出されていない。什器内の濃度については、尿中濃度を検討した移転後2週間目は、引越後の混乱もあり見送られたため濃度は不明である。また、今回は被験者が4名と非常に少なく、考察の対象とするのは困難であった。しかし、什器内では、移転前では室内指針値を下回る濃度ではあるがスチレンが検出されており、ある程度気温が高かった9月においては、引出の開閉等により、什器から放出され、溜まっ

ていたスチレンに対して、長時間のサンプリング時間を要するパッシブサンプラーでは検知されない高濃度スパイク曝露を受けている可能性も考えられる。今後は、一般家庭とは異なり、これまで規制の対象とならなかったオフィス家具などからの化学物質の曝露についても検討を行っていく必要があるものと思われる。

D.3. まとめ

新築校舎移転に伴う、室内空気汚染及び個人曝露量の検討を行った結果、シックスクール等に配慮した建材等を使用し、築後6ヶ月間、換気等を行った段階では、アルデヒド類、VOCsともに、高濃度の汚染は認められなかった。

ただし、尿中化学物質濃度については、研究室滞在中や滞在後にスチレンが高濃度で検出される例があり、パッシブサンプラー等では検知できないスパイク曝露を受けている可能性も考えられた。今後はこのような曝露についても注意を払い、検討を行っていく必要があるものと思われた。

III. 健康危険情報

特になし

IV. 知的所有権の取得状況

1. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 なし

謝 辞

本研究の実施に際し多大なご協力を頂いた被験者の皆様、古坂助教授と研究室の皆様にご心より御礼申し上げます。

Aldh2 ノックアウトマウスを用いた個体差の解明に関する研究 (1)

分担研究者 川本俊弘 産業医科大学医学部 教授
研究協力者 小山倫浩 産業医科大学医学部 助教授
一瀬豊日 産業医科大学医学部 助手
金 容大 産業医科大学医学部 海外流動研究員
北川恭子 浜松医科大学医学部 助手
松野康二 産業医科大学 共同利用研究センター 助教授

研究要旨

① *Aldh2* ノックアウトマウス (以後 *Aldh2* $-/-$ マウスと記述) は、*Aldh2* 蛋白の発現を認めず、コントロールマウス (C57BL/6Ncrj、以後 *Aldh2* $+/+$ マウスと記述) と比べ肝臓でのチトクロム P450 2b1 (Cyp2b1)、および Cyp2e1 蛋白発現量が多い。血液生化学検査値に有意な差は認めなかった。また、全身臓器における組織学的・免疫組織化学的検討で差は認めなかった。

② *Aldh2* $-/-$ マウスは *Aldh2* $+/+$ と比べ、自由摂取ではエタノール摂取量が有意に少なく、エタノール強制投与では血中アセトアルデヒド濃度が有意に高値となった。

③ アセトアルデヒド腹腔内投与で、*Aldh2* $-/-$ マウスの LD₅₀ は雄 567mg/kg、雌 587mg/kg、*Aldh2* $+/+$ マウスの LD₅₀ は雄 602mg/kg、雌 598mg/kg であった。*Aldh2* $-/-$ マウスは *Aldh2* $+/+$ マウスに比べ、アセトアルデヒド感受性が高いことがわかった。

化学物質の健康影響評価において、ヒトの個体差は、いままでヒト集団を用いた疫学的検討でのみ明らかにされていた。今回の *Aldh2* $-/-$ マウスの開発により、動物実験からの外挿でヒトの化学物質感受性の個体差を科学的根拠の基に検出・評価できる可能性が高まった。

マウスにおいて *Aldh2* 酵素の欠損により Cyp2e1 および Cyp2b1 蛋白発現量が変化していた。ヒトにおける ALDH2 多型は、ALDH2 の基質となる環境化学物質に対する感受性相違の原因となるのみならず、ALDH2 不活性型が CYP2E1 の発現量に変化を与え、CYP2E1 の基質となる環境化学物質に対する感受性に 2 次的に影響を与える可能性がある。今後の検討が必要だと考える。

A. 研究目的

アセトアルデヒドは、アルデヒド脱水素酵素 2 (ALDH2) により代謝・解毒されるが、日本人の約半数はこの ALDH2 が不活性型である。この ALDH2 不活性型者はアセトアルデヒドに対して高感受性を示す危険性が指摘されている。

そこで、われわれの開発した *Aldh2* ノックアウトマウスを用いてアセトアルデヒドの毒性発現の差を検討し、ヒトにおける ALDH2 多型による感受性の違いを科学的に解明することを試みる。

B. 研究方法

Aldh2 ノックアウトマウス (以後 *Aldh2* $-/-$ マウスと記述) とコントロールマウス (C57BL/6Ncrj、以後 *Aldh2* $+/+$ マウスと記述) を実験に用いた。

① *Aldh2* $-/-$ マウスの *Aldh2* 酵素欠損を確認するためウエスタン・プロット法および酵素活性測定を実施した。また、*Aldh2* $-/-$ マウスと *Aldh2* $+/+$ マウスを以下の検査で比較した。

- (1) 血液生化学検査
- (2) 各臓器の HE 組織染色検査、CYPs 等 (*Aldh1*, *Aldh2*, *Cyp1a1*, *Cyp2e1*, *Cyp4b1*) の免疫組織化学検査
- (3) ウエスタン・プロット法による肝の Cyp 蛋白量発現量 (*Cyp2e1*, *Cyp2b1*) の検査

② *Aldh2* $-/-$ マウスにおけるアセトアルデヒド動態を検討した。すなわち生体内アセトアルデヒド測定法を確立した後、エタノール投与し、中間代謝物であるアセトアルデヒド体内濃度を測定し、*Aldh2* $-/-$ マウスおよび *Aldh2* $+/+$ マウスを比較した。

③アセトアルデヒド腹腔内投与によるLD₅₀量を求めた。株式会社パナファーム・ラボラトリーズ 安全性研究所(熊本県宇土市)に委託しLD₅₀検査を実施した。アセトアルデヒドの調製および使用前後の濃度確認は、分担研究者自身が産業医科大学にて実施した。

C. 研究結果

- ① *Aldh2*^{-/-}マウスは、*Aldh2*^{+/+}マウスと比べ、肝臓でのCyp2b1、Cyp2e1蛋白発現量が多く、*Aldh2*酵素の発現は認められなかった。血液生化学検査値、各臓器での組織学・免疫組織化学検討において両マウスに差は認められなかった。
- ② *Aldh2*^{-/-}マウスは*Aldh2*^{+/+}と比べ自発的エタノール摂取量が有意に少なく、エタノール強制投与では血中アセトアルデヒド濃度が有意に高値であった。
- ③ アセトアルデヒド腹腔内投与で、*Aldh2*^{-/-}マウスのLD₅₀は雄567mg/kg、雌587mg/kg、*Aldh2*^{+/+}マウスのLD₅₀は雄602mg/kg、雌598mg/kgであった。アセトアルデヒド投与後5-30分で死亡例を生じたが、両マウスに出現した症状に相違は認められなかった。死亡例生存例ともにアセトアルデヒド投与によると考えられる肉眼的病理所見は認められなかった。

D. 考察

- ① 化学物質投与前であっても*Aldh2*^{-/-}マウスは、*Aldh2*^{+/+}と比べ肝臓でのCyp2b1、Cyp2e1蛋白発現量が多い。したがってCyp2b1、Cyp2e1により代謝される化学物質に対する感受性が*Aldh2*^{-/-}マウスと*Aldh2*^{+/+}マウスで異なっている可能性がある。
- ② *Aldh2*^{-/-}マウスにおけるアセトアルデヒド腹腔内投与のLD₅₀は*Aldh2*^{+/+}におけるLD₅₀と比べ低い。一般に室内汚染では低濃度長期曝露が問題となるので、次年度以降は低濃度長期曝露におけるアセトアルデヒド感受性について検討していきたい。

E. 結論

- ① *Aldh2*^{-/-}マウスは、ヒトALDH2不活性型の動物モデルとして有用である。
- ② *Aldh2*^{-/-}マウスは化学物質投与前であっても、*Aldh2*^{+/+}と比べ肝臓でのCyp2b1、Cyp2e1蛋白発現量が多い。したがってCyp2b1、Cyp2e1の基質となる化学物質に対する感受性が*Aldh2*^{-/-}マウス

と*Aldh2*^{+/+}マウスで異なっている可能性がある。

- ③ *Aldh2*^{-/-}マウスは、*Aldh2*^{+/+}マウスに比べアセトアルデヒド腹腔内投与LD₅₀即ち急性曝露における半致死量が低い。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Isse, T., Kawamoto, T., et al.: Diminished alcohol preference in transgenic mice lacking aldehyde dehydrogenase activity *Pharmacogenetics* 2002 12: 621- 626

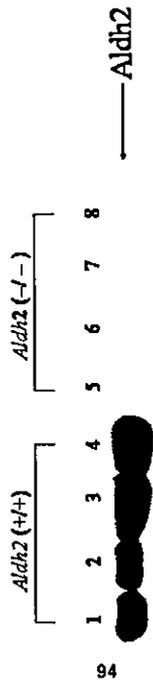
2. 学会発表

- 1) 一瀬豊日, 川本俊弘ら: アセトアルデヒド脱水素酵素遺伝子欠損の飲酒行動への影響, 第72回日本衛生学会総会, 津 2002年3月
- 2) Isse, T., Kawamoto, T., et al.: Selective drinking for alcohol preference is presented on acetaldehyde dehydrogenase 2 (ALDH2) gene targeting mice, The 41st Annual Meeting of the Society of Toxicology Nashville, 2002年3月
- 3) 松本明子, 川本俊弘ら: *Aldh2*ノックアウトマウスにおけるエタノール投与後の肝内薬物代謝酵素の変動 平成14年度 日本産業衛生学会九州地方会 鹿児島 2002年6月(4) 大谷 仁美, 井上 和歌奈, 樺田 尚樹, 嵐谷 奎一, 内山 巖雄: 子供部屋の化学物質濃度調査, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004年
- 4) Kawamoto, T., et al.: Effects of genetic polymorphism of drug metabolizing enzymes on smoking and drinking. 22nd International Symposium of the UOEH "Xenobiotics and Host Responses". Kitakyushu 2002年9月
- 5) 小山倫浩, 川本俊弘ら: 野性型及び*Aldh2*ノックアウトマウス(C57BL/6)におけるALDH・CYP酵素発現, 第20回 産業医科大学学会 北九州 2002年10月
- 6) 一瀬豊日, 川本俊弘ら: エタノール投与後のアルデヒド脱水素酵素(ALDH)2ノックアウトマウスの臓器中アセトアルデヒド濃度, 第20回産業医科大学学会, 北九州, 2002年10月
- 7) 一瀬豊日, 川本俊弘ら: 飲酒後のアセトアルデヒド濃度-アセトアルデヒド脱水素酵素(*Aldh*)2欠損マウスを用いた検討-、日本産業衛生学会 第29回生物学的モニタリング・バイオマーカー研究会、宮崎、2002年7月
- 8) 松本明子, 川本俊弘ら: *Aldh2*ノックアウトマウスにお

- けるエタノール投与後の Cyp2e1 発現の検討、第 30 回有機溶剤中毒研究会、倉敷、2002 年 10 月
- 9) Kawamoto, T. : Biological monitoring and genetic polymorphisms. The Occupational Safety & Hygiene International Symposium on 2002 -The Laboratory's Safety & Hygiene in Campus-. Pingtung 2002 年 10 月
- 10) 小山倫浩, 川本俊弘ら:C57BL/6 野生型及び Aldh2 ノックアウトマウスの各臓器における ALDH・CYP 酵素発現、第 2 回分子予防環境医学研究会、東京、2002 年 12 月
- 11) Isse, T., Kawamoto, T. , et al. : High acetaldehyde levels after ethanol gavages in aldehyde dehydrogenase 2 (Aldh2) gene targeting mice The 42nd Annual Meeting of the Society of Toxicology, Salt Lake City 2003 年 3 月
- 12) Matsumoto, A., Kitagawa, K., et al.: Hepatotoxicity by acute ethanol intake in Aldh2 gene targeting mouse. The 42nd Annual Meeting of the Society of Toxicology, Salt Lake City 2003 年 3 月
- 13) 一瀬豊日, 川本俊弘ら: 飲酒後アセトアルデヒドおよびエタノール濃度のアルデヒド脱水素酵素 2(Aldh2) 欠損マウスを用いた検討、第 73 回日本衛生学会総会、大分、2003 年 3 月
- 14) 榎田尚樹, 川本俊弘ら: Aldh2 ノックアウトマウスにおけるエタノール投与後の網状赤血球小核発見、第 73 回日本衛生学会総会、大分、2003 年 3 月
- 15) 松本明子, 川本俊弘ら: Aldh2 ノックアウトマウスにおけるエタノール投与後の肝内グルタチオン量の変動、第 73 回日本衛生学会総会、大分、2003 年 3 月
- H. 知的所有権の取得状況、
- | | |
|-----------|----|
| 1. 特許取得 | なし |
| 2. 実用新案登録 | なし |
| 3. その他 | なし |



図1 *Aldh2*^{-/-} マウス
外見上 C57BL/6N Crj (*Aldh2*^{+/+}) マウスと区別がつかない。



- 1, 5; No Treatment
- 2, 6; 3h after Et-OH treatment (Acute)
- 3, 7; H₂O treatment (8 days)
- 4, 8; Et-OH treatment (8 days)

図2 ウエスタン・ブロット法による *Aldh2* 蛋白量の比較

1, 2, 3, 4 : *Aldh2*^{+/+} マウス肝ミトコンドリア分画
5, 6, 7, 8 : *Aldh2*^{-/-} マウス肝ミトコンドリア分画
Aldh2^{+/+} マウス肝ミトコンドリア分画では *Aldh2* 酵素が検出され、40% エタノール 2g/kg 体重を 8 日間強制経口投与した群で *Aldh2* 酵素の増加が検出された。しかし *Aldh2*^{-/-} マウス肝ミトコンドリア分画では、*Aldh2* 酵素が検出されずエタノール投与を行っても酵素は発現しなかった。

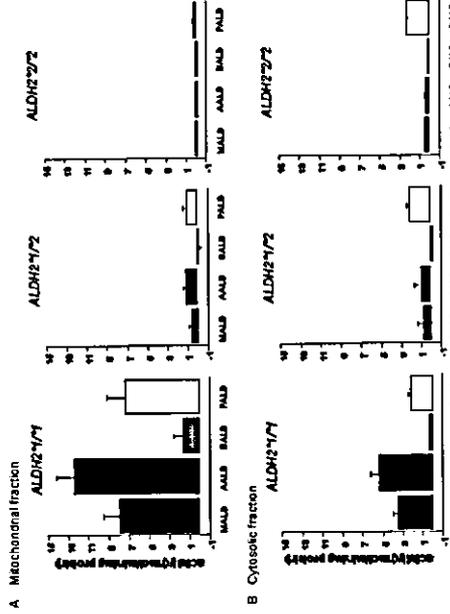


図3 *ALDH2* 遺伝子型別のヒト肝ミトコンドリア分画および細胞質分画におけるアルデヒド酸化活性
Methoxyacetaldehyde (MethALD), Acetaldehyde (AcALD), Benzaldehyde (BenzALD), Propionaldehyde (PropALD), Decylaldehyde (DecALD)

ALDH2^{+/+} および *ALDH2*^{+/+} の人から採取した肝ミトコンドリア分画はアセトアルデヒドに対する活性をほとんど示さなかった。

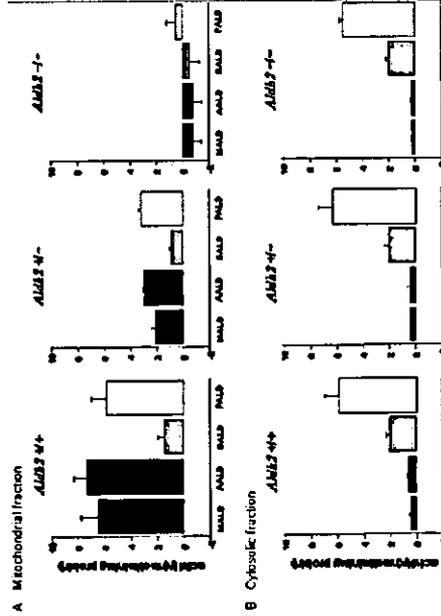


図4 *Aldh2* ノックアウトマウスの遺伝子型別の肝ミトコンドリア分画および細胞質分画におけるアルデヒド酸化活性

Methoxyacetaldehyde (MethALD), Acetaldehyde (AcALD), Benzaldehyde (BenzALD), Propionaldehyde (PropALD), Decylaldehyde (DecALD)

Aldh2^{-/-} マウスの肝でアセトアルデヒドを基質とした活性が欠損している。

Complete Control (mean \pm S.E.)

| Male | GOI | AMY | CHE | t-Bil | TP | ALP |
|--------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| + / + | 53.3 \pm 4.7 | 4409.9 \pm 137.2 | 22.0 \pm 0.6 | 0.28 \pm 0.04 | 5.04 \pm 0.05 | 218.2 \pm 7.0 |
| + / - | 57.7 \pm 5.6 | 4358.2 \pm 198.1 | 21.9 \pm 0.8 | 0.28 \pm 0.03 | 5.00 \pm 0.07 | 240.7 \pm 10.0 |
| - / - | 57.8 \pm 3.3 | 4794.8 \pm 151.7 | 23.3 \pm 0.8 | 0.28 \pm 0.04 | 4.96 \pm 0.06 | 231.6 \pm 7.0 |
| Female | GOI | AMY | CHE | t-Bil | TP | ALP |
| + / + | 71.6 \pm 7.4 | 3344.3 \pm 73.6 | 28.4 \pm 0.8 | 0.32 \pm 0.05 | 4.89 \pm 0.08 | 330.7 \pm 13.7 |
| + / - | 71.6 \pm 7.4 | 3460.4 \pm 86.7 | 28.9 \pm 1.1 | 0.27 \pm 0.03 | 4.89 \pm 0.06 | 367.6 \pm 11.8 |
| - / - | 60.1 \pm 5.4 | 3573.9 \pm 68.2 | 28.8 \pm 0.5 | 0.24 \pm 0.02 | 4.93 \pm 0.06 | 327.4 \pm 12.4 |
| Male | t-Chol | TG | HDL-C | | | |
| + / + | 95.8 \pm 2.5 | 134.6 \pm 7.7 | 73.8 \pm 2.7 | | | |
| + / - | 95.6 \pm 3.1 | 147.5 \pm 8.6 | 70.4 \pm 2.2 | | | |
| - / - | 92.8 \pm 3.2 | 145.3 \pm 9.6 | 70.5 \pm 2.8 | | | |
| Female | t-Chol | TG | HDL-C | | | |
| + / + | 77.5 \pm 2.7 | 112.3 \pm 7.8 | 50.2 \pm 2.4 | | | |
| + / - | 74.0 \pm 2.8 | 95.8 \pm 5.9 | 47.5 \pm 2.9 | | | |
| - / - | 73.9 \pm 3.3 | 102.8 \pm 5.1 | 52.1 \pm 3.1 | | | |

表1 *Aldh2* ノックアウトマウスの遺伝子型別の血液性化学検査結果

雄雌の性差による差は認められるが、*Aldh2* 遺伝子型による検査値に有意な差は認められない。

1st Antibodies for IHC

| Antigen | Duration of primary antibody | Primary antibody | Secondary antibody | Blocking | Dilution (fold) |
|----------------|--|-------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------|
| <i>Aldh1</i> | From Dr. Weisner, University of Purdue | Rabbit anti-human | Goat anti-rabbit polyclonal antibody | Goat serum | 200 |
| <i>Aldh2</i> | From Dr. Weisner, University of Purdue | Rabbit anti-human | Goat anti-rabbit polyclonal antibody | Goat serum | 200 |
| <i>Aldh2</i> | From our laboratory, IZEH | Rabbit anti-mouse | Goat anti-rabbit polyclonal antibody | Goat serum | 2000 |
| <i>Cyp11a1</i> | Daichi Pure Chemicals Co., Ltd. | Goat anti-rat | Rabbit anti-goat polyclonal antibody | Rabbit serum | 200 |
| <i>Cyp20a1</i> | Daichi Pure Chemicals Co., Ltd. | Goat anti-rat | Rabbit anti-goat polyclonal antibody | Rabbit serum | 200 |
| <i>Cyp4b1</i> | Daichi Pure Chemicals Co., Ltd. | Rabbit anti-mouse | Goat anti-rabbit polyclonal antibody | Goat serum | 200 |

表2 免疫組織化学染色に用いた抗体の一覧表

Aldh1 staining in *Aldh2* +/+ mice

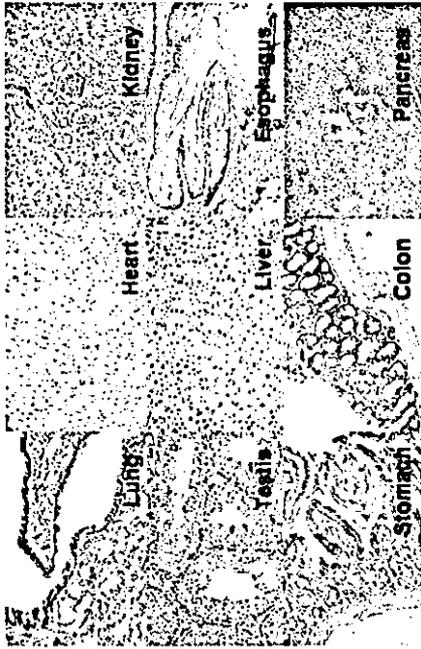


図5 Aldh1免疫組織化学染色
Aldh1 蛋白の発現を、気管支粘膜上皮、肺胞上皮、心筋の一部、腎尿細管、精巣上皮、肝、食道粘膜上皮、胃粘膜上皮、大腸粘膜上皮、脾で認めた。免疫組織化学染色法では *Aldh2* +/+ および *Aldh2* -/- マウスの Aldh1 蛋白発現に明らかな差は認めなかった。

88

Aldh2 staining in *Aldh2* +/+ mice

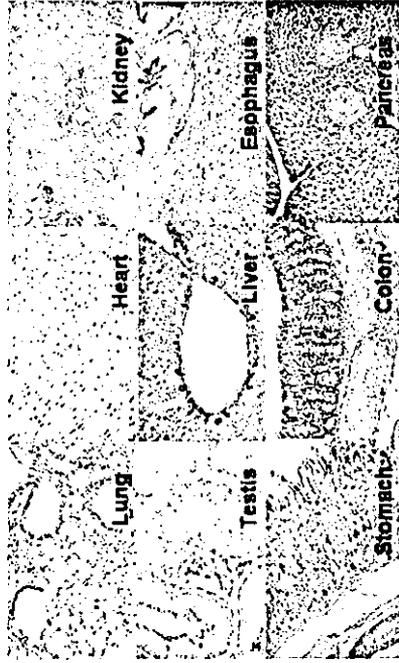


図7 Aldh2免疫組織化学染色
Aldh2 蛋白の発現を、気管支粘膜上皮および肺胞上皮、腎尿細管、精巣間質細胞、肝門脈周辺部、食道粘膜上皮、胃粘膜上皮、大腸粘膜上皮、脾で認めた。心筋での発現はごく弱かった。免疫組織化学染色法では *Aldh2* +/+ マウスのみに Aldh2 蛋白発現を認め、*Aldh2* -/- マウスでは全く Aldh2 蛋白発現を認めなかった。

Aldh1 staining in *Aldh2* +/+ mice liver

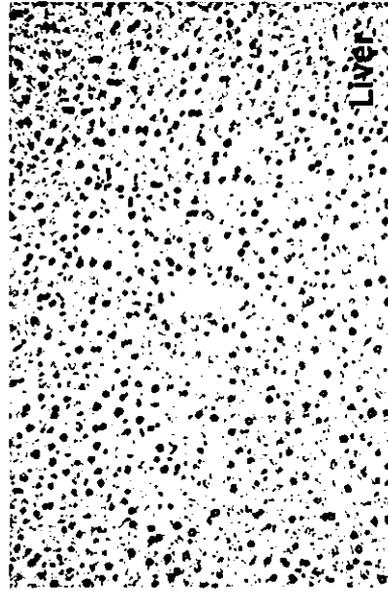


図6 Aldh1免疫組織化学染色 肝切片拡大図
Aldh1 蛋白の発現は、肝細胞の核周辺部で強かった。免疫組織化学染色法では *Aldh2* +/+ および *Aldh2* -/- マウスの Aldh1 蛋白発現に明らかな差は認めなかった。

Aldh2 staining in *Aldh2* +/+ mice and *Aldh2* -/- mice

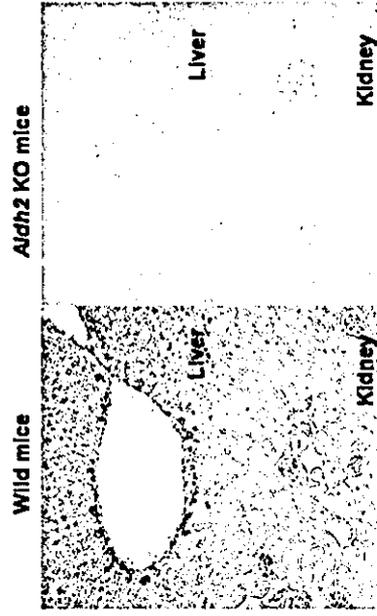


図8 *Aldh2* +/+ および *Aldh2* -/- マウスの Aldh2 免疫組織化学染色の比較
Aldh2 +/+ マウスでは Aldh2 蛋白発現を認めるが、*Aldh2* -/- マウスでは Aldh2 蛋白発現を認めない。

Cyp1a1 staining in *Aldh2* +/- mice

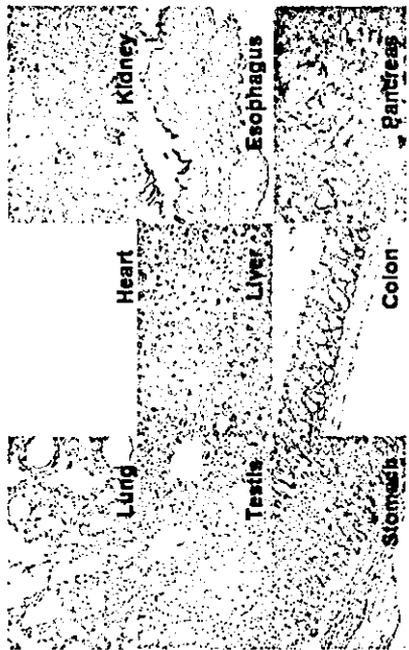


図9 Cyp1a1免疫組織化学染色
Cyp1a1 蛋白発現を認められたのは、気管支粘膜上皮および肺胞上皮、腎尿管、精巣上皮、肝、食道粘膜上皮、胃粘膜上皮基底部、大腸粘膜上皮、脾であった。免疫組織化学染色法では *Aldh2* +/- および *Aldh2* -/- マウスに明らかな Cyp1a1 蛋白発現の差は認めなかった。

97

Cyp1a1 staining in *Aldh2* +/- mice liver

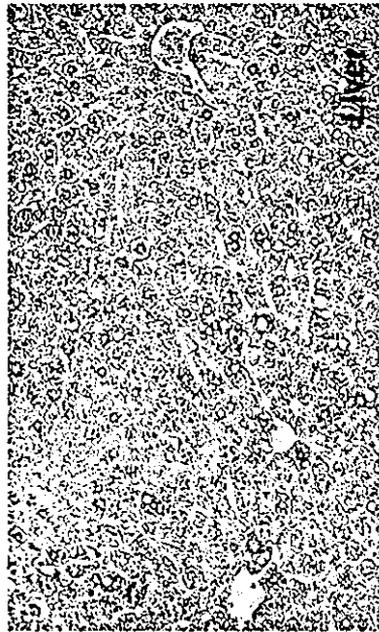


図10 Cyp1a1免疫組織化学染色 肝切片の拡大
Cyp1a1 蛋白発現は、肝門脈周辺部で強い。免疫組織化学染色法では *Aldh2* +/- および *Aldh2* -/- マウスの Cyp1a1 蛋白発現に明らかな差は認めなかった。

Cyp2e1 staining in *Aldh2* +/- mice



図11 Cyp2e1免疫組織化学染色
Cyp2e1 蛋白発現を認められたのは、気管支粘膜上皮、肺胞上皮、腎尿管、精巣上皮、肝、食道粘膜上皮、胃粘膜上皮、大腸粘膜上皮、脾であった。免疫組織化学染色法では *Aldh2* +/- および *Aldh2* -/- マウスの Cyp2e1 蛋白発現に明らかな差は認めなかった。

Cyp2e1 staining in *Aldh2* +/- mice liver

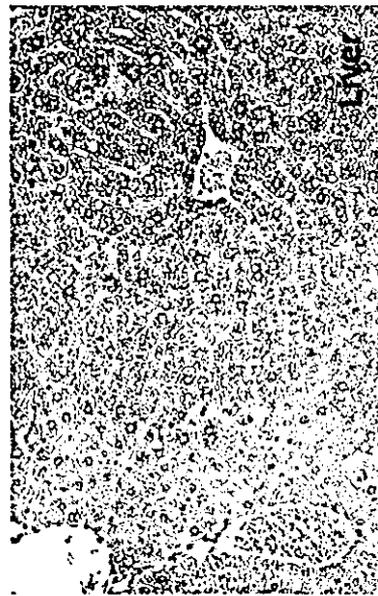


図12 Cyp2e1免疫組織化学染色 肝切片の拡大
Cyp2e1 蛋白発現は、肝門脈周辺部で強い。免疫組織化学染色法では *Aldh2* +/- および *Aldh2* -/- マウスの Cyp2e1 蛋白発現に明らかな差は認めなかった。

Cyp4b1 staining in wild mice

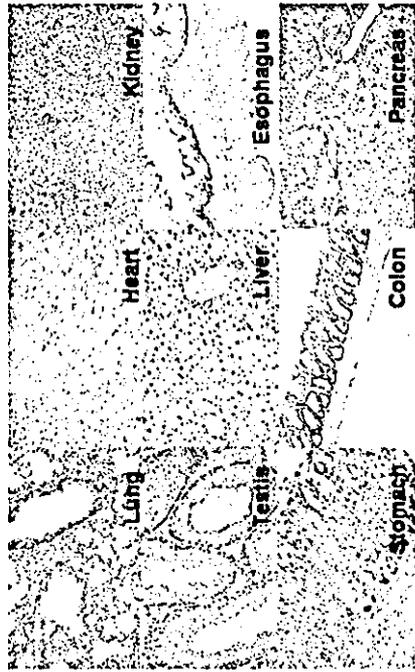


図13 Cyp4b1免疫組織化学染色
Cyp4b1蛋白発現を認められたのは、気管支粘膜上皮、肺胞上皮、心筋、腎臓、精巣、精巣上皮基底層、肝、食
道粘膜上皮基底層、胃粘膜上皮、大腸粘膜上皮基底層、脾であった。免疫組織化学染色法では *Aldh2*^{+/+}
および *Aldh2*^{-/-}マウスの Cyp4b1 蛋白発現に明らかな差は認めなかった。

Cyp4b1 staining in *Aldh2*^{+/+} mice liver

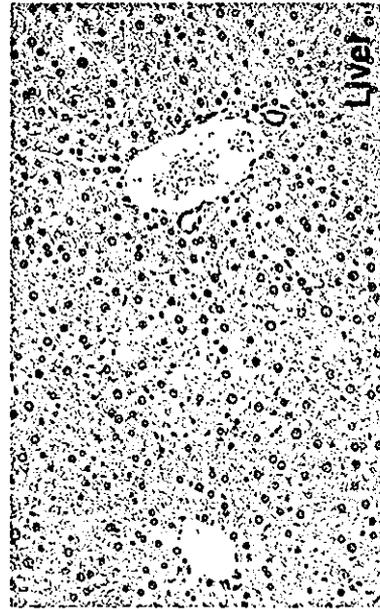


図14 Cyp4b1免疫組織化学染色 肝切片の拡大
Cyp4b1 蛋白発現は、肝細胞核周辺部で強かった。免疫組織化学染色法では *Aldh2*^{+/+} および *Aldh2*^{-/-}
マウスの Cyp4b1 蛋白発現に明らかな差は認めなかった。

Cyp2e1

1, 3; H₂O treatment
2, 4; Et-OH treatment

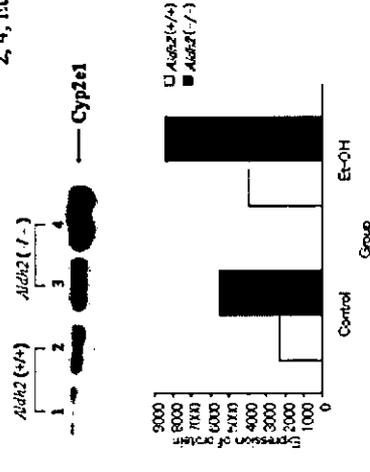


図15 *Aldh2*^{+/+} および *Aldh2*^{-/-} マウス肝 Cyp2e1 蛋白質の比較
免疫組織化学染色では局在および染色性に差を認めなかったが、ウエスタン・ブロット法で肝蛋白質
を比較したところ、*Aldh2*^{-/-} マウスでは *Aldh2*^{+/+} マウスに比べ Cyp2e1 蛋白が多く発現していた。
両マウスとも Cyp2e1 蛋白はエタノール投与により誘導された。

Cyp2b1

1, 3; H₂O treatment
2, 4; Et-OH treatment

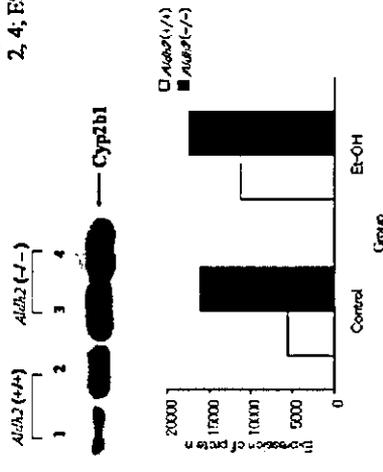


図16 *Aldh2*^{+/+} および *Aldh2*^{-/-} マウス肝 Cyp2b1 蛋白質の比較
免疫組織化学染色では局在および染色性に差を認めなかったが、ウエスタン・ブロット法で肝蛋白質
を比較したところ、*Aldh2*^{-/-} マウスでは *Aldh2*^{+/+} マウスに比べ Cyp2b1 蛋白が多く発現していた。エ
タノール投与により *Aldh2*^{+/+} マウスの Cyp2b1 蛋白は誘導された。