

機関番号： 13601  
 研究種目：基盤研究 (C)  
 研究期間：2008 ～ 2010  
 課題番号：20590596  
 研究課題名 (和文) 臭化メチル代替くん蒸剤フッ化スルフリルの生体影響解明の為の疫学調査研究  
 研究課題名 (英文) Subjective symptom prevalence among workers exposed to Sulfryl fluoride  
 研究代表者  
 塚原 照臣 (TSUKAHARA TERUOMI)  
 信州大学・医学部・講師  
 研究者番号：50377652

研究成果の概要 (和文) : 文化財等を病害虫から守るためのくん蒸剤 (フッ化スルフリル) の生体影響評価を実施するために、拡散型サンプラーを用いた個人曝露濃度測定方法、および、尿中フッ素濃度を用いた生物学的モニタリング手法を確立した。更に、取扱い作業員 10 名を対象とした疫学調査において、呼吸機能検査、肝、腎機能の指標として血液生化学検査を行い曝露による生体影響評価を試みた結果、本研究の時間加重平均個人曝露濃度 (検出限界以下～1.1ppm) では、明確な健康影響は見られなかった。

研究成果の概要 (英文) : Analytical method of sulfryl fluoride (SF) and urinary fluoride using headspace gas chromatograph was examined to establish biological monitoring method of SF. SF exposure, urinary fluoride and human health effects were examined in 10 workers exposure to SF at the fumigation works. Urinary fluoride has increased by the exposure to SF although no significant health adverse effect was showed between high concentration to low concentration.

## 交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費      | 合計        |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2008年度 | 2,700,000 | 810,000   | 3,510,000 |
| 2009年度 | 600,000   | 180,000   | 780,000   |
| 2010年度 | 500,000   | 150,000   | 650,000   |
| 年度     |           |           |           |
| 年度     |           |           |           |
| 総計     | 3,800,000 | 1,140,000 | 4,940,000 |

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：社会医学・衛生学

キーワード：フッ化スルフリル、生物学的曝露指標、尿中代謝物、くん蒸剤、生物学的モニタリング

## 1. 研究開始当初の背景

日本では貴重な文化財を病害虫による損傷から守るために「くん蒸」(病害虫駆除)が行われている。くん蒸剤であるフッ化スルフリルは、臭化メチルがオゾン層破壊物質として2005年から原則使用禁止とされたため、代替物質として日本をはじめ全世界で使用されている。

フッ化スルフリルに曝露する作業員が基

準にする許容曝露限界値は、米国 American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) の設定した TLV-TWA5ppm、TLV-STEL10ppmがあるが、ヒトにおける疫学調査研究が無いため、ヒトの知見を参考にしていない。また、日本産業衛生学会の許容濃度の設定はされていない。更に、フッ化スルフリルの生物学的曝露指標は全世界で方法が確立されていない。許容曝露限界値設定

のためヒトの疫学調査結果が望まれる。

また、実際の作業現場でフッ化スルフリルを安全に使用するには、使用する作業者がフッ化スルフリルの毒性与曝露濃度を知り、自らを守ることが不可欠であるが、フッ化スルフリルは活性炭に吸着しないという理由から、作業者の個人曝露濃度測定に活用可能な活性炭管を用いることの適否が確認できていない。更に、実際に体内に取り込まれた曝露量を推定する生物学的モニタリング手法であり、今後、確立が急がれる。

## 2. 研究の目的

本研究では、以下の2項目を目的とする

- a. フッ化スルフリルの個人曝露濃度測定方法、尿中フッ素を曝露指標とした生物学的モニタリングの方法を確立すること
- b. フッ化スルフリルの生体影響に関する疫学調査を施行し許容曝露限界地の設定を計る

## 3. 研究の方法

### (1) 個人曝露濃度測定方法および生物学的モニタリング方法の確立

フッ化スルフリル取扱い作業者の個人曝露濃度測定方法および生物学的モニタリング方法を確立する。すなわち、フッ化スルフリル取扱い作業者が装着可能な拡散式サンプラーについてフッ化スルフリル標準ガスを用いて、個人曝露濃度測定方法の確立を行う。また、尿中に排出されるフッ化スルフリル代謝物の定量的な測定方法を確立する。更に、フッ化スルフリル取扱い作業において個人曝露濃度、尿中代謝物の測定を行う。

#### ① フッ化スルフリル個人曝露濃度測定方法

100ppmのフッ化スルフリル標準ガスに空気を混合させて1、5、10 ppmの試験ガスを作成し、1L/minの流量で10Lテドラバックに流した。テドラバック内に拡散式サンプラー(柴田科学製パッシブガスチューブ有機ガス用(椰子殻活性炭200mg充填))を一定時間(20~480分)置きフッ化スルフリルを自然拡散により捕集させるとともに、吸引ポンプを用いてテドラバックより活性炭管(柴田科学製チャコールチューブジャンボ(活性炭充填量第1層400mg、第2層200mg)、メガ(活性炭充填量第1層800mg、第2層400mg))に0.1L/minで試験ガスを通気し動的捕集を行った。捕集したフッ化スルフリルは、それぞれ層ごとに、米国National Institute for Occupational Safety and Health

(NIOSH)のNIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM) No. 6012に準じて脱着(各層の活性炭に40mNNaOH2mLを加えて60分

間超音波脱着し、3000rpmで2.5分遠心分離)し、上澄み液1mLをヘッドスペースサンプラー用バイアル瓶に分注、0.5N塩酸1mLおよびトリメチルクロロシラン

(TMCS) 100 $\mu$ Lを添加して直後に栓をした。バイアル瓶はヘッドスペースサンプラーで80 $^{\circ}$ C、60分間加温し、上部気層1mLをガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)に注入して、SIMモードで測定した。測定対象物質はトリメチルフルオロシラン(TMFS)であり、測定イオンは77m/sとした。

パッシブガスチューブのフッ化スルフリル捕集量( $\mu$ g)、試験ガス濃度(ppm)、サンプリング時間(min)からパッシブガスチューブの使用可能範囲とサンプリングレート求めた。チャコールチューブのフッ化スルフリル捕集量( $\mu$ g)とフッ化スルフリル濃度と通気量の積(ppm $\cdot$ L)から、使用可能範囲求めた。

#### ② フッ化スルフリル代謝産物測定

尿中に排泄されるフッ化スルフリル代謝物であるフッ素をトリメチルシリル化してヘッドスペースサンプラー付ガスクロマトグラフ質量分析計(HSS-GC-MS)で測定する方法を検討した。

ヘッドスペースサンプラー用サンプル瓶にフッ化ナトリウムを用いて作成したフッ素標準液1mLを入れ、塩酸1mLを加えて酸性とし、トリメチルクロロシラン(TMCS) 100 $\mu$ Lを加えてトリメチルフルオロシラン(TMFS)を生成させた。サンプル瓶をヘッドスペースサンプラーで80 $^{\circ}$ C、60分間加温し、上層気体成分をGC-MSに1mL注入し、scanおよびSIMモード(確認イオン92、77m/s)で定量分析を行った。塩酸の濃度は試料pHが6、7、8(正常尿のpH範囲)、1、2、3、4となるように調整し、最適添加塩酸濃度を求めた。フッ素標準液は0.1~15ppmの範囲で尿を希釈溶媒として作成し、10倍希釈のアセトアルデヒドを内部標準物質として検量線を作成した。

#### ③ 曝露作業者の生物学的曝露指標の確認

フッ化スルフリル取扱い作業者10名(男性)を対象とし、パッシブガスチューブを用いて作業中の個人曝露濃度を時間加重平均で求めるとともに、フッ化スルフリル取扱い作業直前から作業後までの尿を全量採取し、尿中フッ素濃度および総フッ素量を測定した。パッシブガスチューブのフッ素捕集量は(1)①に準じて測定し、尿中フッ素濃度の定量は(1)②に準じた。

#### (2) 曝露作業における曝露調査および健康影響調査

フッ化スルフリルを取扱う文化財くん蒸作業(4作業場)において合計10名の作業

者(1)③と同様)を対象に、個人曝露濃度、曝露作業前後の肝、腎機能に関する血液生化学的検査、呼吸機能検査を行った。

個人曝露濃度はパッシブガスチューブを用いて測定し、作業内容ごとにパッシブガスチューブを取り替えた。採尿は全尿重量を測定し、比重を用いて容量換算した。血液検査項目は血液学的検査として赤血球数、白血球数、Hb、Ht、血小板、MCV、MCH、MCHC、肝臓に関する項目として総血清蛋白、アルブミン、TTT、ZTT、GOT、GPT、LDH、ALP、 $\gamma$ -GTP、コリンエステラーゼ、総ビリルビン、直接ビリルビン、間接ビリルビン、AFP、腎機能に関する項目としてクレアチニン、UA、BUN、脂質関連のTG、FFA、T-Cho、HDL、総胆汁酸、電解質関連の項目としてNa、K、Cl、Caを測定した。呼吸機能検査は肺活量と1秒率を、スパイロメーターを用いて測定した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 個人曝露濃度測定方法および生物学的モニタリング方法の確立

###### ① フッ化スルフルリ個人曝露濃度測定方法

パッシブガスチューブは、試験ガス濃度1.2および5.5ppmでは300、480分、12ppmでは20、40分拡散捕集させた。フッ化スルフルリ捕集量(平均±標準偏差)は1.2ppmではそれぞれ21.9±2.3、34.6±1.6 $\mu$ g、5.5ppmでは55.0±4.6、88.8±4.8 $\mu$ g、12ppmでは13.7±1.7、16.2±3.4 $\mu$ gだった(n=4)。曝露時間と時間の積(ppm・min)とフッ化スルフルリ捕集量( $\mu$ g)には360~2640ppm・分の間で相関がみられ、回帰式は、フッ化スルフルリ捕集量( $\mu$ g)=0.0299×フッ化スルフルリ濃度・時間(ppm・min)であり、相関係数は0.974だった。以上の結果より、TLV-TWAの曝露濃度範囲内、かつ、360~2640ppm・minの範囲内で、パッシブガスチューブは個人曝露濃度測定に使用可能であると考えられた。サンプリングレートは0.046 $\mu$ g/(ppm・min)だった。(図1)

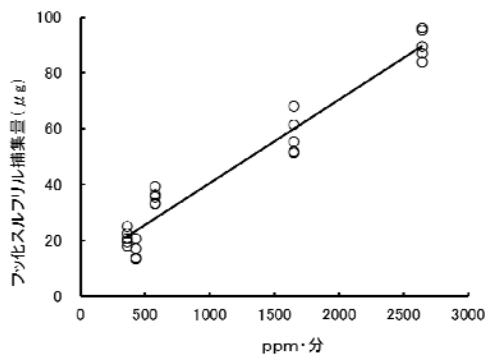


図1 ppm・分とフッ化スルフルリ捕集量の関係 (パッシブガスチューブ)

チャコールチューブジャンボへのフッ化スルフルリ供給量は20.9~125.1 $\mu$ gであり捕集量は13.1~75.2 $\mu$ gだった。試験ガス濃度と吸引流量の積(ppm・L)とフッ化スルフルリ捕集量( $\mu$ g)には正の相関がみられた(フッ化スルフルリ捕集量( $\mu$ g)=3.24×試験ガス流量と吸引流量の積(ppm・L)-4.28、相関係数0.955)。(図2) 5.5ppm10分通気では捕集管の第2層のフッ化スルフルリ捕集量は検出限界以下であったが、それ以外の試験条件では第2層に第1層のフッ化スルフルリ捕集量の10%以上が漏洩していた。以上の結果から、フッ化スルフルリ曝露濃度測定には本活性炭管は不向きであることが確認された。

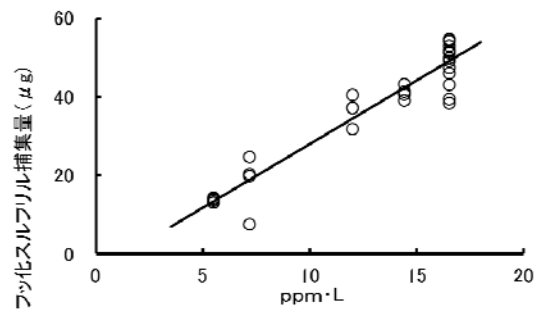


図2 ppm・Lとフッ化スルフルリ捕集量の関係 (ジャンボ)

チャコールチューブメガのフッ化スルフルリ捕集量は21.1~70.0 $\mu$ gだった。試験ガス濃度と吸引流量の積(ppm・L)とフッ化スルフルリ捕集量( $\mu$ g)には正の相関がみられた(フッ化スルフルリ捕集量( $\mu$ g)=2.12×試験ガス流量と吸引流量の積(ppm・L)-2.16、相関係数0.967)。(図3) 捕集管の第1層に対する第2層の脱着液中フッ素量の割合は11%以下であった(平均3.9、最高11.0、最少0.9)。以上の結果より、TLV-TWA以下付近の曝露濃度環境でくん蒸作業を行う短時間であれば、本活性炭管を用いて曝露濃度測定を行える可能性がうかがえた。

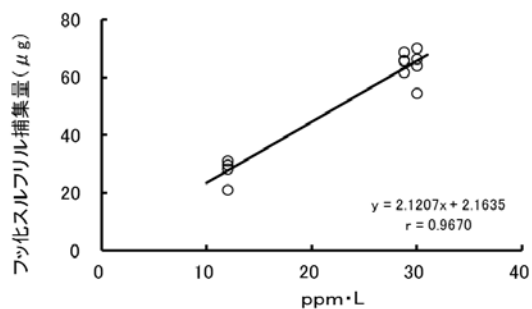


図3 ppm・LとSO<sub>2</sub>F<sub>2</sub>捕集量の関係(メガ)

②ヘッドスペースサンプラー付ガスクロマトグラフ質量分析計 (HSS-GC-MS) によるフッ素濃度測定方法の確立

3名の尿について、塩酸を添加することにより試料pHを1~4およびpH6~8にしてTMFSを生成させ、HSS-GC-MSで分析した面積を比較した結果、pH4以下であればTMFS濃度は試料の酸性度による影響を受けないことが分かった。

0.5N塩酸1mLを添加することにより、資料のpHを4以下にすることが可能であることから、この条件において0.1~15ppm

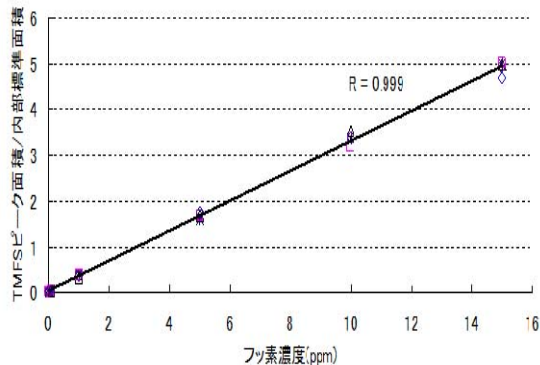


図4 フッ素検量線

③曝露作業者の生物学的曝露指標の確認

フッ化スルフルル取扱い全作業工程の時間加重平均個人曝露濃度 (ppm) の上昇にともない尿中フッ素累積量 (mg) は増える傾向が見られた (相関係数 0.8600、 $p < 0.01$ ) (図5)。

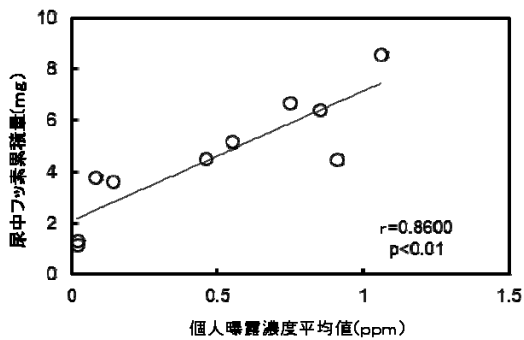


図5 個人曝露濃度平均値と尿中フッ素累積量

フッ化スルフルル取扱い作業者の尿中フッ素 (全作業工程の平均値) の濃度と、フッ素化合物を使用していない工場の作業者 (38名) の尿中フッ素濃度を比較した結果、取扱い作業の方が尿中フッ素濃度が有意に高い結果であった ( $p < 0.01$ ) (表1)。

表1 尿中フッ素濃度測定結果 ( $\mu\text{g/mL}$ )

|      | 非取扱い者 | 取扱い者 |
|------|-------|------|
| n 数  | 38    | 10   |
| 平均   | 0.47  | 2.03 |
| 標準偏差 | 0.35  | 1.48 |
| 最小   | 0.04  | 0.65 |
| 最大   | 1.61  | 5.11 |

(2) 曝露作業における曝露調査および健康影響調査

被験者10名はすべて男性であり、平均年齢は46.8歳、標準偏差11.8歳、最小値30歳、最大値66歳であった。

作業場は4箇所であり、すべて文化財のくん蒸作業を行っていた。フッ化スルフルルを取扱うくん蒸作業は、投薬準備 (くん蒸庫のガス漏えい防止等)、投薬 (ボンベからくん蒸庫内にフッ化スルフルルを入れ、庫内濃度を40~100 $\text{g/m}^3$ に保つ)、くん蒸 (24~48時間)、解放 (排気ダクトを用いて大気放出)、排気、撤収作業であった。

全作業期間の個人曝露濃度時間加重平均は検出限界以下~1.1ppmであった。作業別では、投薬作業の個人曝露濃度は検出限界以下~3.2ppm、解放作業では検出限界以下~23.1ppmであり、作業者は送気マスクもしくは空気呼吸器を使用していた (図6)。

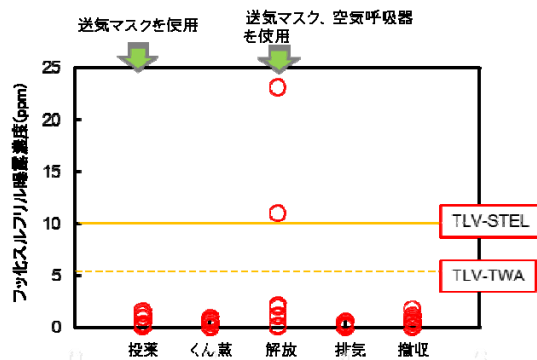


図6 作業区分ごとの個人曝露濃度

肝、腎機能に関する血液生化学的検査、尿検査、呼吸機能検査は曝露作業前後に実施したが、いずれも、フッ化スルフルル曝露が原因とみられる基準範囲からの逸脱した測定結果はなかった。(表2、3)

表2 血液検査結果

|      |                             | 曝露前                      | 曝露後                      |
|------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
|      |                             | 平均±標準編<br>(最小-最大)        |                          |
| 赤血球数 | $\times 10^4 / \mu\text{l}$ | 490±56<br>(366-549)      | 474±55<br>(359-548)      |
| 白血球数 | $/ \mu\text{l}$             | 6980±1907<br>(3400-9200) | 6650±1430<br>(3500-8600) |
| Hb   | g/dl                        | 15.3±1.5<br>(12.4-17.5)  | 14.8±1.5<br>(12.3-17.5)  |

表2 血液検査結果 (続き)

|         |                      | 曝露前                      | 曝露後                     |
|---------|----------------------|--------------------------|-------------------------|
|         |                      | 平均±標準編<br>(最小—最大)        |                         |
| Ht      | %                    | 46.8±3.9<br>(39.3-52.4)  | 44.6±4.1<br>(36.5-50.5) |
| 血小板     | *10 <sup>4</sup> /μl | 25.1±7.7<br>(12.4-36.7)  | 25.4±9.0<br>(12.1-39.7) |
| MCV     | fL                   | 95.8±6.2<br>(87-105)     | 94.6±4.4<br>(90-102)    |
| MCH     | pg                   | 31.3±1.8<br>(28.5-33.9)  | 31.4±2.1<br>(27.6-34.3) |
| MCHC    | %                    | 32.8±0.9<br>(31.6-34.4)  | 33.2±1.1<br>(30.8-34.7) |
| 血清総蛋白   | g/dl                 | 7.5±0.5<br>(6.8-8.0)     | 7.1±0.5<br>(6.3-7.8)    |
| アルブミン   | g/dl                 | 4.8±0.3<br>(4.3-5.4)     | 4.6±0.3<br>(4.0-5.0)    |
| TTT     | U                    | 2.1±1.3<br>(0.6-4.5)     | 1.8±1.3<br>(0.3-4.6)    |
| ZTT     | U                    | 6.0±3.1<br>(2.3-11.1)    | 6.2±3.0<br>(2.5-11.6)   |
| GOT     | IU/l                 | 21.1±5.5<br>(13-32)      | 20.9±4.1<br>(16-28)     |
| GPT     | IU/l                 | 24.4±13.9<br>(13-57)     | 24.3±14.0<br>(13-57)    |
| LDH     | IU/l                 | 205.5±24.6<br>(156-263)  | 200.6±30.6<br>(156-259) |
| ALP     | IU/l                 | 220.1±36.0<br>(183-306)  | 212.5±48.8<br>(163-342) |
| γ-GTP   | IU/l                 | 51.3±46.6<br>(18-160)    | 47.1±43.1<br>(17-141)   |
| 総ビリルビン  | mg/dl                | 0.6±0.2<br>(0.3-0.9)     | 0.7±0.4<br>(0.4-1.8)    |
| 直接ビリルビン | mg/dl                | 0.2±0.1<br>(0.1-0.5)     | 0.3±0.3<br>(0.1-1.0)    |
| 間接ビリルビン | mg/dl                | 0.3±0.1<br>(0.2-0.6)     | 0.4±0.3<br>(0.2-0.9)    |
| AFP     | mg/dl                | 3.6±1.5<br>(1.7-5.4)     | 3.4±1.5<br>(1.5-5.3)    |
| クレアチニン  | mg/dl                | 0.85±0.09<br>(0.70-0.93) | 0.81±0.1<br>(0.67-0.99) |
| UA      | mg/dl                | 6.3±1.5<br>(3.9-9.1)     | 5.8±1.2<br>(4.1-8.0)    |
| BUN     | mg/dl                | 15.6±3.3<br>(11-20)      | 13.4±2.5<br>(9-16)      |
| TG      | mg/dl                | 118.8±50.8<br>(64-216)   | 85.4±43.7<br>(47-193)   |
| FFA     | mEq/l                | 0.50±0.30<br>(0.15-1.09) | 0.37±0.2<br>(0.14-0.78) |
| T-Chol  | mg/dl                | 200.1±29.6<br>(150-239)  | 184.6±27.1<br>(132-216) |
| HDL     | mg/dl                | 63.9±15.8<br>(49-101)    | 61.2±14.7<br>(44-90)    |
| 総胆汁酸    | μmol/l               | 4.5±2.1<br>(1.8-9.3)     | 6.1±3.8<br>(1.9-12.7)   |
| Na      | mEq/l                | 140.7±2.7<br>(137-144)   | 142.0±1.2<br>(140-144)  |
| K       | mEq/l                | 5.2±2.5<br>(3.6-10.6)    | 3.9±0.4<br>(3.3-4.4)    |
| Cl      | mEq/l                | 101.5±2.4<br>(99-105)    | 102.8±1.8<br>(100-106)  |
| Ca      | mg/dl                | 9.6±0.4<br>(9.0-10.3)    | 9.5±0.5<br>(8.8-10.1)   |

表3 呼吸機能検査 (曝露後)

|        |     | 曝露前                      | 曝露後                     |
|--------|-----|--------------------------|-------------------------|
|        |     | 平均±標準編<br>(最小—最大)        |                         |
| 努力肺活量  | L   | 4.1±0.7<br>(2.6-4.9)     | 4.0±0.7<br>(2.6-4.9)    |
| 1秒量    | L   | 3.0±0.8<br>(1.5-3.9)     | 3.1±0.7<br>(1.7-3.9)    |
| 1秒率    | %   | 72.2±10.8<br>(54.0-84.4) | 75.7±6.8<br>(63.8-83.3) |
| ピークフロー | L/s | 6.7±2.5<br>(2.3-10.0)    | 7.3±2.3<br>(2.3-10.2)   |

曝露作業者10名を曝露濃度0.48ppm以上の高曝露群5名と曝露濃度0.47ppm以下の低曝露群5名に分け、作業後の呼吸機能検査項目と血液生化学検査項目について2群の平均の差の検定を行った。高濃度曝露事故例では肺水腫や低カルシウム血症の所見が報告されており、肺機能やイオンチャンネルへの影響が考えられたが、両群の肺活量や1秒率等の肺機能検査、血中カルシウム(Ca)イオン濃度、カリウム(K)イオン濃度、塩素(Cl)イオン濃度等の血液生化学検査に有意な差は見られなかった(表4、5)。

表4 血液検査結果 (曝露濃度による比較)

|       |                      | 高濃度曝露群                   | 低濃度曝露群                   |
|-------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
|       |                      | 平均±標準編<br>(最小—最大)        |                          |
| 赤血球数  | *10 <sup>4</sup> /μl | 478±46<br>(436-548)      | 469±64<br>(359-538)      |
| 白血球数  | /μl                  | 6700±1249<br>(5600-8600) | 6600±1742<br>(3500-7600) |
| Hb    | g/dl                 | 15.2±1.3<br>(14.2-17.5)  | 14.4±1.8<br>(12.3-16.7)  |
| Ht    | %                    | 45.4±3.0<br>(43.0-50.5)  | 43.8±5.2<br>(36.5-48.9)  |
| 血小板   | *10 <sup>4</sup> /μl | 23.1±5.4<br>(14.4-28.3)  | 27.8±11.8<br>(12.1-39.7) |
| MCV   | fL                   | 95.4±3.8<br>(91-100)     | 93.8±5.2<br>(90-96)      |
| MCH   | pg                   | 31.9±1.2<br>(29.9-33.3)  | 30.8±2.8<br>(27.6-33.1)  |
| MCHC  | %                    | 33.5±0.7<br>(33.0-34.7)  | 32.8±1.5<br>(30.8-34.4)  |
| 血清総蛋白 | g/dl                 | 7.0±0.7<br>(6.3-7.8)     | 7.1±0.3<br>(6.7-7.5)     |
| アルブミン | g/dl                 | 4.5±0.4<br>(4.0-5.0)     | 4.6±0.1<br>(4.5-5.0)     |
| TTT   | U                    | 2.5±1.3<br>(1.3-4.6)     | 1.0±0.7<br>(0.3-1.3)     |
| ZTT   | U                    | 6.6±2.8<br>(2.5-9.9)     | 5.8±3.5<br>(3.6-6.6)     |
| GOT   | IU/l                 | 20.2±4.4<br>(16-27)      | 21.6±4.2<br>(17-28)      |
| GPT   | IU/l                 | 20.0±7.3<br>(14-29)      | 28.6±18.5<br>(13-57)     |

表4 血液検査結果(曝露濃度による比較)(続)

|          |        | 高濃度曝露群                  | 低濃度曝露群                  |
|----------|--------|-------------------------|-------------------------|
|          |        | 平均±標準編<br>(最小—最大)       |                         |
| LDH      | IU/l   | 208.8±34.6<br>(181-259) | 192.4±27.2<br>(156-232) |
| ALP      | IU/l   | 236.8±60.3<br>(188-342) | 188.2±15.9<br>(163-202) |
| γ-GTP    | IU/l   | 40.0±29.5<br>(17-110)   | 54.2±49.9<br>(22-141)   |
| 総ビリルビン   | mg/dl  | 0.9±0.5<br>(0.5-1.8)    | 0.5±0.2<br>(0.4-1.8)    |
| 直接ビリルビン  | mg/dl  | 0.3±0.4<br>(0.1-1.0)    | 0.2±0.2<br>(0.1-1.0)    |
| 間接ビリルビン* | mg/dl  | 0.6±0.3<br>(0.3-0.9)    | 0.2±0.1<br>(0.2-0.8)    |
| AFP      | mg/dl  | 2.9±1.2<br>(1.8-4.8)    | 4.0±1.6<br>(1.5-5.3)    |
| クレアチニン   | mg/dl  | 0.81±0.1<br>(0.67-0.99) | 0.81±0.1<br>(0.74-0.99) |
| UA       | mg/dl  | 5.2±0.6<br>(4.1-5.6)    | 6.4±1.5<br>(4.3-8.0)    |
| BUN      | mg/dl  | 14.0±2.5<br>(10-16)     | 12.8±2.6<br>(9-14)      |
| TG       | mg/dl  | 106.0±54.3<br>(57-193)  | 64.8±17.0<br>(47-86)    |
| FFA      | mEq/l  | 0.43±0.3<br>(0.14-0.78) | 0.31±0.1<br>(0.18-0.78) |
| T-Chol   | mg/dl  | 186.6±25.2<br>(147-216) | 182.6±31.6<br>(132-211) |
| HDL      | mg/dl  | 61.2±14.1<br>(44-77)    | 61.2±16.9<br>(48-90)    |
| 総胆汁酸     | μmol/l | 5.0±2.3<br>(2.3-8.4)    | 7.2±4.9<br>(1.9-12.7)   |
| Na       | mEq/l  | 142.0±1.6<br>(140-144)  | 142±0.7<br>(141-143)    |
| K        | mEq/l  | 3.7±0.3<br>(3.3-4.1)    | 4.1±0.4<br>(3.5-4.4)    |
| Cl       | mEq/l  | 102.2±0.8<br>(101-103)  | 103.4±2.4<br>(100-106)  |
| Ca       | mg/dl  | 9.4±0.5<br>(8.8-10.1)   | 9.6±0.5<br>(8.8-10.0)   |

\*p<0.05 (willcoxonの順位和検定)

表5 呼吸機能検査(曝露濃度による比較)

|        |     | 高濃度曝露群                  | 低濃度曝露群                  |
|--------|-----|-------------------------|-------------------------|
|        |     | 平均±標準編<br>(最小—最大)       |                         |
| 努力肺活量  | L   | 4.0±0.9<br>(2.6-4.8)    | 4.0±0.7<br>(3.3-4.9)    |
| 1秒量    | L   | 3.0±0.9<br>(1.7-3.8)    | 3.1±0.7<br>(2.3-3.9)    |
| 1秒率    | %   | 74.0±8.3<br>(63.8-81.5) | 77.3±5.2<br>(69.9-83.3) |
| ピークフロー | L/s | 6.8±3.2<br>(2.3-10.2)   | 7.9±1.1<br>(6.1-9.3)    |

### (3) 結論

拡散型サンプラーを用いたフッ化スルフルル個人曝露濃度測定方法および尿中フッ素濃度を用いた生物学的モニタリング手法を確立した。フッ化スルフルル取扱い者10名を対象として疫学調査を行い、呼吸機能検査、血液生化学検査を行い曝露による生体影響評価を試みた結果、本研究の時間加重平均個人曝露濃度(検出限界以下～1.1ppm)では、明確な健康影響は見られなかった。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

①野見山哲生、塚原照臣、津田洋子、燻蒸剤曝露による生体影響—特に沃化メチル、フッ化スルフルルについて—、産業医学レビュー、Vol22No.4、2010

[学会発表](計2件)

①津田洋子、塚原照臣、宮内博幸、田中茂、野見山哲生、フッ化スルフルル取扱いくん蒸作業者の個人曝露濃度と尿中フッ素について、第21回日本微量元素学会学術集会、2010年7月3-4日、京都

②大塚貴生、内山隆文、津田洋子、宮内博幸、塚原照臣、和田敬仁、野見山哲生、ヘッドスペースサンプリング付ガスクロマトグラフ質量分析計を用いた尿中フッ素分析方法の確立、日本産業衛生学会北陸甲信越地方会総会、2008年10月

[図書](計1件)

①野見山哲生、塚原照臣、津田洋子：文化財燻蒸における健康被害 文化財の虫菌害防除と安全の知識。pp104-108、財団法人文化財虫害研究所、東京、2009。

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

塚原 照臣 (TSUKAHARA TERUOMI)

信州大学・医学部・講師

研究者番号：50377652

#### (2) 研究分担者

野見山 哲生 (NOMIYAMA TETSUO)

信州大学・医学部・教授

研究者番号：70286441

村松 宰 (MURAMATSU TSUKASA)

松本大学・人間健康学部・教授

研究者番号：10109423

#### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：