

# トルエン取り扱い作業者の健康管理 —生物学的暴露指標によるトルエン暴露評価基準の作成—

浅川富美雪・呉羽晃徳\*・平尾智広\*\*・實成文彦\*\*

倉敷芸術科学大学生命科学部

\*香川労災病院健診部

\*\*香川大学医学部

(2006年10月4日 受理)

## はじめに

ヒトが化学物質に暴露されるというのは、化学物質がヒトの外部表面と接触し、それが内部へ入っていく過程と考えられている。たとえば、工場の中の作業者は作業環境中に放出された化学物質に絶えず暴露されており、このような化学物質は経気道的 and/or 経皮的 and/or 経口的に、体内に入っていくことになる。労働の場ではガス状・粒子状物質の経気道的な暴露が主であるため、経気道暴露の防止対策が重視される。基本は、①作業環境管理、②作業管理、③健康管理の3つから成るが、効果的に推進されるためには、この3つが相互に有機的に結びついて行われることが必要である<sup>1)</sup>。

中でも、健康管理は作業者の健康を継続的に観察し、職業病の予防、衛生管理の改善・向上を図ることをねらいとするものであり、健康診断等は主要な手段であるが、その際に暴露量(体内取り込み量)や初期影響等の情報は重要である。このため、一部の物質についてはヒトの生体試料を測定して暴露量の把握および初期影響の診断を行うこと(これを生物学的モニタリングと称する)が取り入れられている。法的<sup>2)</sup>には1989年より、有機溶剤(トルエン等8種類)と鉛について検査の実施が義務づけられている。これは、有害物質の暴露—初期影響を生体試料から測定して作業環境や作業方法等を評価し、予防対策・健康管理にフィードバックしていかうとするものである。

そこで、有機溶剤としての取り扱い量が多く、作業者に有機溶剤中毒の発生が多いトルエン<sup>3)</sup>を取り上げ、トルエン取り扱い作業者の健康管理に資する目的で、われわれは生物学的暴露指標によるトルエン暴露評価基準を作成しているので、ここに紹介する。

## I. トルエンの生物学的暴露指標として“尿中馬尿酸”を用いる暴露評価基準

わが国において1989年に有機溶剤中毒予防規則が改正・強化され、トルエン取り扱い作業者については尿中馬尿酸(トルエンの代謝産物)の検査が義務づけられた<sup>2)</sup>。そして、検査結果(尿中馬尿酸濃度 g/l)を労働基準監督署に事業所から報告する際、トルエンの体内摂取量の比較的多い群(2.5g/l<尿中馬尿酸)、少ない群(尿中馬尿酸≤1.0g/l)、そ

の中間の群 ( $1.0 < \text{尿中馬尿酸} \leq 2.5 \text{ g/l}$ ) の3群に区分し、それらを分布3, 分布1, 分布2とする方法が取り入れられている<sup>4)</sup>。しかしながら、この分布区分は、許容濃度 (日本産業衛生学会勧告) が100ppmのときに決められたものであり、現在 (1995年以降)、許容濃度は100ppmから50ppmに改訂されている<sup>5)</sup>。改訂の理由<sup>6)</sup>はトルエン50ppm～80ppm程度の暴露濃度によっても明らかな自覚症状の増加、神経心理学的テストによる中枢神経機能の変化が認められる等である。なお、ACGIH (米国産業衛生専門家会議) は以前より50ppm (TLV-TWA) を勧告している<sup>7)</sup>。

これらのことから、許容濃度100ppmのときとは相違が生じると考えられ、尿中馬尿酸を用いるトルエン暴露評価の再検討が必要となってきた。そこで、われわれは尿中馬尿酸検査値を利用したトルエン取り扱い作業者の健康管理のための、新しい評価基準の作成を試みた。

### I-1. 対象と方法

トルエン取り扱い〇事業所における有機溶剤健康診断対象者 (作業員) 168名 (男  $36.3 \pm 10.8$  歳) および非作業員 221名 (男  $40.0 \pm 10.3$  歳) について尿中馬尿酸を測定した。なお、非作業員についても測定するのは、尿中馬尿酸は食品中の安息香酸からも生合成され、トルエン非暴露であっても尿中に存在する<sup>8)</sup>ため、尿中馬尿酸濃度からトルエン暴露を判別する上で必要となるからである。

採尿は終業後に行い、その4時間前からは清涼飲料水を飲まないようにしてもらった。その他食事等は普段通りである。また、作業員 (全員) には採尿当日、襟元に3M有機ガスモニター (#3500) を作業中装着してもらい、個人暴露濃度 (TWA) を同時に測定した。

測定方法は、尿中馬尿酸についてはすでにわれわれが報告しているHPLC (高速液体クロマトグラフィー) 法<sup>9)</sup>によった。すなわち、尿40 $\mu\text{l}$ に水1000 $\mu\text{l}$ を添加し、混和したものをHPLC (島津LC-10A) に40 $\mu\text{l}$ 注入した。分析条件は、移動相; pH3.3リン酸緩衝液 (20mmol): アセトニトリル = 87:13, 検出波長; UV223nm, カラム温度; 40 $^{\circ}\text{C}$ , 流速; 0.7ml/minである。トルエン個人暴露濃度は3M有機ガスモニター定量分析マニュアル<sup>10)</sup>に準じ、二硫化炭素で脱着後、ガスクロマトグラフィー (島津GC-8A) で測定した。測定条件はカラム; DB-WAX (J & W) 30m  $\times$  0.53mm ID, キャリヤー; He 10ml/min, オープン; 70 $^{\circ}\text{C}$ , インジェクション; 150 $^{\circ}\text{C}$ , 検出器; FIDである。なお、非作業員についてはトルエン暴露のないことを確認している。

この調査を基に、緒方らの報告<sup>11)</sup>を参考に、この事業所の作業員のトルエン個人暴露濃度と尿中馬尿酸値との回帰直線から、トルエン50ppm (許容濃度) 暴露に相当する尿中馬尿酸値の90%信頼下限 ( $IL_{95}$ ) を求め、一方、トルエン非暴露者 (非作業員) の尿中馬尿酸値からの90%信頼上限 ( $NL_5$ ) を求め、評価基準を作成した。なお、尿中馬尿酸値はクレアチニン (creatinine) 補正したデータ<sup>12)</sup> (g/g  $\cdot$  cre) を用いた。

## I-2. 結果および考察

非作業（トルエン非暴露）の尿中馬尿酸濃度の平均値は  $0.23 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$  ( $0.03 \sim 1.13 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$ )、中央値は  $0.16 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$  であり、分布は対数正規分布にほぼ従った。そこで、非作業の尿中馬尿酸値の 90% 信頼上限 ( $IL_{95}$ ) を求めた結果、 $0.74 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$  が得られた。ちなみに、緒方<sup>13)</sup> は  $0.58 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$  を得ている。次に作業者のトルエン個人暴露濃度と尿中馬尿酸値との相関をみると図 1 のようであった ( $r = 0.594$ )。この回帰直線 ( $y =$

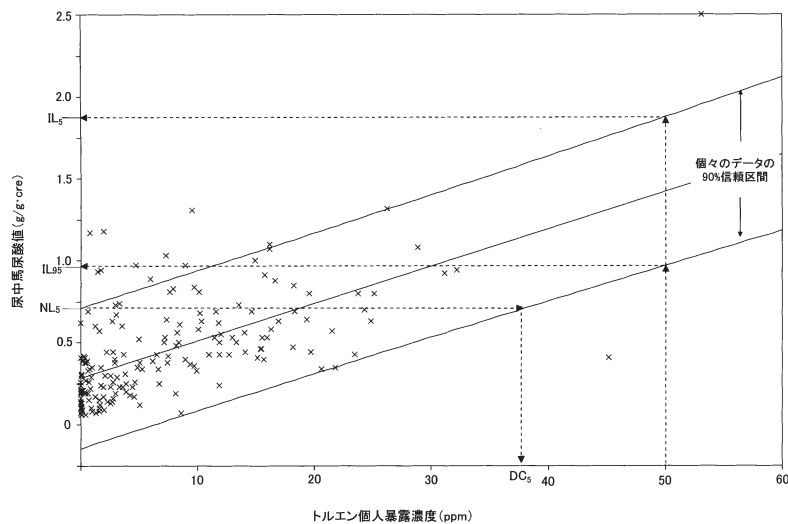


図 1 トルエン個人暴露濃度と尿中馬尿酸値との関係

$0.0223x + 0.286$ ) から 50ppm (許容濃度) トルエン暴露 ( $x$ ) に相当する尿中馬尿酸値 ( $y$ ) として  $1.40 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$  が得られた。ちなみに、ACGIH は BEI (Biological Exposure Indices) として  $1.60 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$  を提示している<sup>14)</sup>。さらに、トルエン暴露 50ppm での尿中馬尿酸値の 90% 信頼下限 ( $IL_{95}$ ) を求めると  $0.90 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$ 、90% 信頼上限 ( $IL_5$ ) を求めると  $1.90 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$  であった。また、トルエン 0ppm での尿中馬尿酸値の 90% 信頼上限は  $0.73 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$  となり、これは非作業より得られた値 ( $0.74 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$ ) とほぼ一致した。

これらの結果より、トルエン暴露のスクリーニングレベルとして、許容濃度 (50ppm) 暴露の尿中馬尿酸値の 90% レンジの下端値  $IL_{95}$  ( $0.90 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$ ) を用いることができる。すなわち、この値は許容濃度暴露の 95% 下限値であるので、この値未満であれば許容濃度を超える暴露の危険率は 5% 以下と考えられるからである。

そこで、尿中馬尿酸値に基づく労働衛生管理上の評価基準の試案 (表 1) を作成してみた。すなわち、尿中馬尿酸値  $0.9 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$  未満を暴露区分 I、 $0.9 \sim 1.4 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$  未満を暴露区分 II、 $1.4 \sim 1.9 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$  未満を暴露区分 III、 $1.9 \text{ g/g} \cdot \text{cre}$  以上を暴露区分 IV とするものである。たとえば、定期的尿中馬尿酸検査結果—クレアチニン補正する必要がある

表 1 尿中馬尿酸によるトルエン暴露の評価基準とその対策

暴露区分	尿中馬尿酸 (g/g・creatinine)	許容濃度 50ppm を 超えている可能性	暴露防止対策
I	< 0.9	ほとんどない (95% <)	現在の労働衛生管理の継続的維持
II	0.9 ≤ ~ < 1.4	低い	念のため個人暴露濃度を測定し、その結果に基づき必要な対策を講じる
III	1.4 ≤ ~ < 1.9	高い	作業管理、作業環境管理の徹底
IV	1.9 ≤	超えている (95% <)	直ちに作業管理、作業環境管理を改善し、暴露防止対策を講じる

ーが、暴露区分Ⅰの場合は許容濃度を超える暴露の危険率は5%以下であり、現在の労働衛生管理の継続的維持に努める。暴露区分Ⅱの場合は許容濃度を超える暴露の危険は高くはないと考えられるが、念のため個人暴露の測定を行い、その結果に基づき必要な対策を行う。暴露区分Ⅲの場合は許容濃度を超える暴露の危険は高いと考えられるため、作業管理、作業環境管理を徹底し、暴露防止に努める必要がある。暴露区分Ⅳの場合は許容濃度を超える暴露の危険率は95%以上であり、直ちに作業管理、作業環境管理を改善し、暴露防止対策を講じねばならないことになる。

このように、今回提案した評価基準を定期的尿中馬尿酸検査に応用することにより、効果的にトルエン取り扱い作業者の健康管理を行えると考える。

なお、○事業所の場合大部分の作業者が暴露区分Ⅰであり、暴露区分Ⅱの作業者（10名程度）も個人暴露濃度は許容濃度（50ppm）以下であるため、現在の労働衛生管理上の問題は少ないと評価されるが、暴露区分Ⅳの作業者（1名）については許容濃度を超える暴露が認められていることから、直ちに作業管理・作業環境管理を改善し、暴露防止対策を講じねばならないといえる。

尿中馬尿酸は食品中の安息香酸からも生合成され、トルエン非暴露であっても尿中に存在するため<sup>8)</sup>、尿中馬尿酸濃度からトルエン暴露を判別する限界が生じる。非作業者の尿中馬尿酸値の90%信頼上限（NL<sub>5</sub>）として0.74g/g・creを得ているため、少なくとも0.7g/g・cre辺りが判別限界と考えられる。このため、0.7～0.9g/g・creであれば許容濃度50ppm以下ではあるものの、トルエン暴露有りと判別される。しかし、0.7g/g・cre未満の場合は、尿中馬尿酸値のみからはトルエン暴露の判別が困難なグレーゾーンと考えられ、これは尿中馬尿酸の低濃度トルエン暴露評価に対する指標としての限界を示している。ちなみに、緒方らの報告<sup>13)</sup>に従って、尿中馬尿酸から暴露を判別できるトルエン暴露濃度（DC<sub>5</sub>）を求めれば、この0.7g/g・creはトルエン暴露濃度ほぼ40ppmに相当した。

このため、低濃度トルエン暴露評価にも対応可能な指標として、次に尿中トルエンを暴露指標とする評価基準の検討を行った。

## Ⅱ. トルエンの生物学的暴露指標として“尿中トルエン”を用いる暴露評価基準

前記Ⅰで記したように、わが国では、現在、トルエン取り扱い作業者に対して尿中馬尿酸の検査が義務づけられている<sup>2)</sup>が、尿中馬尿酸は食品中の安息香酸からも生合成され、トルエン非暴露であっても尿中に存在するため<sup>8)</sup>、尿中馬尿酸からトルエン暴露を判別する限界が生じるという問題がある。上記に示したわれわれの検討結果では、トルエン暴露濃度 40ppm 未満では尿中馬尿酸値のみからはトルエン暴露の判別が困難なグレーゾーンとなった。

そこで、トルエンに暴露されるとわずかではあるが尿中にトルエンが排出される<sup>15)</sup>ことから、尿中トルエンを低濃度トルエン暴露評価にも対応可能な指標として検討し、尿中トルエンを暴露指標とする評価基準の作成を試みた。

### Ⅱ-1. 対象と方法

トルエン取り扱いC事業所（プラスチックフィルムへの印刷）の作業者（n = 21）の協力を得た。すなわち、週の後半の作業終了後に定法通り尿を採ってもらい、それを 10ml 容のテフロンライナーパッキン付きねじ口瓶に満水状態（瓶の口一杯まで尿を入れる）にして、密栓・冷蔵保存してもらった。また、作業者（全員）には採尿当日、襟元に 3M 有機ガスモニター（#3500）を作業中装着してもらい、個人暴露濃度（TWA）を同時に測定した。なお、尿の取り扱いが日本産業衛生学会の“生物学的許容値の提案理由”<sup>16)</sup>の中に記載されている方法と若干異なるが、できるだけ現場サイドで実行可能な方法ということで検討の結果、この方法で少なくとも 1 週間程度は保持できることを確認<sup>17)</sup>し、採用した。尿中トルエンの測定は、すでにわれわれが報告し、実際に応用している HS-SPME-GC (Head Space-Solid Phase Micro Extraction-Gas Chromatography) 法<sup>18,19)</sup>によった。すなわち、尿 5 ml を 10 ml 容のバイアルに採り、メタノール 50 $\mu$ l（検量線作成の場合はメタノールに溶かした混合標準液 50 $\mu$ l）と塩化ナトリウム 1 g を加え、回転子を入れ、テフロンライナー付きセプタムでアルミシールし、よく混ぜる。それを倒立させて約 1 時間静置後、HS 部分に SPME（スベルコ No.5-7300）を挿入し、試料液をスターラーで攪拌しながら 5 分間抽出する。その後、速やかに GC に導入し、2 分間脱離させる。GC は島津 GC-8A（検出器; FID）を用い、カラム; DB-WAX（J & W）30 m  $\times$  0.53 mm I.D., キャリヤー; He 10 ml/min, メイクアップ; N<sub>2</sub> 40 ml/min, オープン; 55 $^{\circ}$ C, インジェクション; 150 $^{\circ}$ C の条件で測定した。トルエン個人暴露濃度は 3 M 有機ガスモニター定量分析マニュアル<sup>10)</sup>に準じ、二硫化炭素溶出後、GC で測定した。GC の条件は上記と同様である。

この調査を基に、この事業所の作業者のトルエン個人暴露濃度と尿中トルエンとの回帰直線を作成し、緒方らの報告<sup>11)</sup>に従ってトルエン 50ppm（許容濃度）暴露に相当する尿中トルエンの 90% 信頼下限（IL<sub>95</sub>）、90% 信頼上限（IL<sub>5</sub>）を求め、評価基準を作成した。

## Ⅱ-2. 結果および考察

作業者のトルエン暴露濃度は3～108 ppmの範囲にあった ( $n = 21$ )。このような暴露状況を示す作業者についてトルエン暴露濃度と尿中トルエン濃度の間の関係を検討した結果、図2に示されるように強い正の相関 ( $r = 0.918$ ) が認められ、回帰直線  $y = 1.37x$  を得た。この回帰直線は原点を通ることからトルエン暴露が0の場合は尿中トルエンも0であることを意味する。そして、この回帰直線から50ppm (許容濃度) トルエン暴露 ( $x$ ) に相当する尿中トルエン値 ( $y$ ) として  $69 \mu\text{g/l}$  が得られた。これは日本産業衛生学会が勧告している生物学的許容値<sup>20)</sup>  $60 \mu\text{g/l}$  (尿中トルエン) にほぼ等しい値であった。したがって、今回は現場の状況に応じた方法を優先したため、前述の“提案理由”<sup>16)</sup> に記された尿の採取時期 (作業終了前2時間以内) や尿の取り扱い方法 (GC用バイアル瓶に密栓等) と若干異なっているものの、ほぼ満足できる結果と考えられる。そこで、尿中トルエンによるトルエン暴露のスクリーニングレベルを検討するため、緒方ら<sup>11)</sup> の方法に従って等分散でない90%予測限界の回帰直線を求めた。すなわち、トルエン暴露濃度が高くなるにつれ尿中トルエンの残渣プロットは広がることによる。具体的には、近似したトルエン暴露濃度ごとに4つのグループに分け、各グループの尿中トルエンの平均値および90%信頼区間を算出し、個々の尿中トルエン90%予測限界の回帰直線を作成した (図3)。これから、許容濃度 (50ppm) 暴露者のスクリーニングレベルとして、尿中トルエン90%レンジの下端値 ( $IL_{95}$ )  $38 \mu\text{g/l}$  が求められる。また、尿中トルエン90%レンジの上端値 ( $IL_5$ ) は  $110 \mu\text{g/l}$  となる。

これらの結果より、トルエン暴露のスクリーニングレベルとして、許容濃度暴露の尿中トルエン値の90%レンジの下端値  $IL_{95}$  ( $38 \mu\text{g/l}$ ) を用いることができる。すなわち、この値は許容濃度暴露の95%下限値であるので、この値未満であれば許容濃度を超える暴露の危険率は5%以下と考えられるからである。

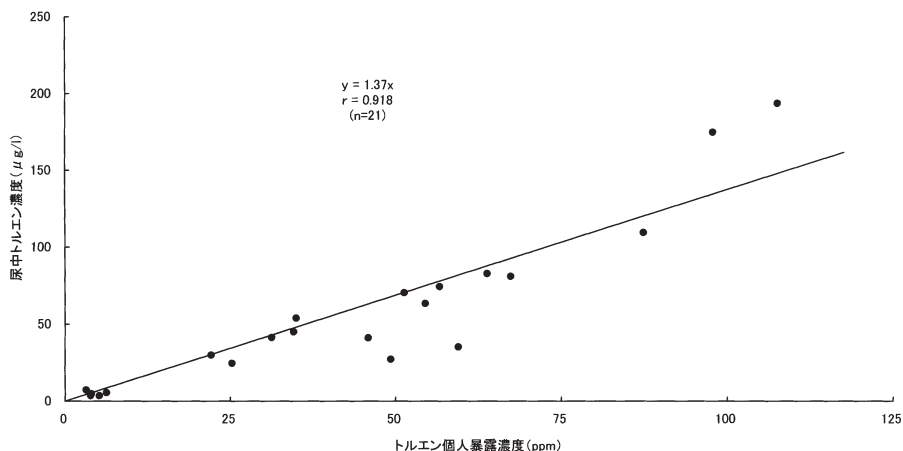


図2 トルエン個人暴露濃度と尿中トルエン濃度との相関



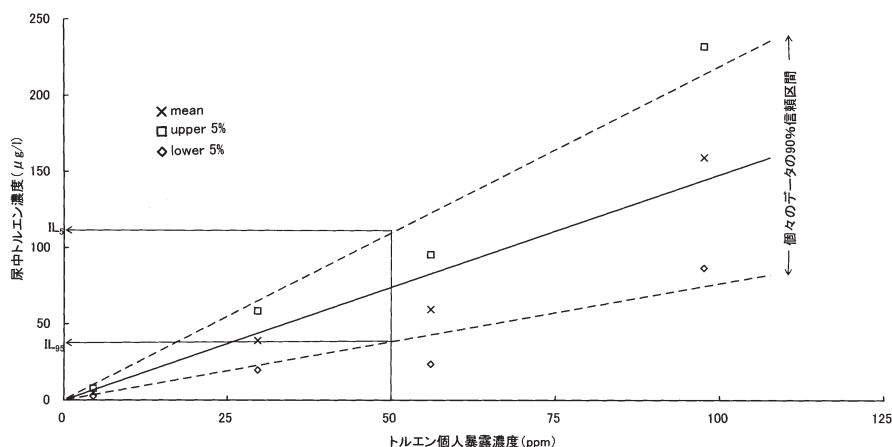


図3 個々の尿中トルエン 90%予測限界の回帰直線

そこで、この結果および生物学的許容値を参考に、尿中トルエンによるトルエン暴露の評価基準の試案(表2)を以下のように作成してみた。すなわち、尿中トルエン値  $38\mu\text{g/l}$  未満を暴露区分Ⅰ、 $38\sim 60\mu\text{g/l}$ (生物学的許容値)未満を暴露区分Ⅱ、 $60\sim 110\mu\text{g/l}$  未満を暴露区分Ⅲ、 $110\mu\text{g/l}$  以上を暴露区分Ⅳとするものである。たとえば、暴露区分Ⅰの場合は許容濃度を超える暴露の危険率は5%以下であり、現在の労働衛生管理の継続的維持に努める。暴露区分Ⅱの場合は許容濃度を超える暴露の危険は高くはないと考えられるが、念のため個人暴露の測定を行い、その結果に基づき必要な対策を行う。暴露区分Ⅲの場合は許容濃度を超える暴露の危険は高いと考えられるため、作業管理、作業環境管理を徹底し、暴露防止に努める必要がある。暴露区分Ⅳの場合は許容濃度を超える暴露の危険率は95%以上であり、直ちに作業管理、作業環境管理を改善し、暴露防止対策を講じねばならないことになる。

このように、今回提案した尿中トルエンによる評価基準を用いることにより、効果的にトルエン取り扱い作業者の健康管理を行えると考える。

なお、C事業所の場合半数以上の作業者が暴露区分Ⅲ、Ⅳであり、許容濃度を超える暴

表2 尿中トルエンによるトルエン暴露の評価基準とその対策

暴露区分	尿中トルエン ( $\mu\text{g/l}$ )	許容濃度 $50\text{ppm}$ を 超えている可能性	暴露防止対策
Ⅰ	$< 38$	ほとんどない (95% <)	現在の労働衛生管理の継続的維持
Ⅱ	$38 \leq \sim < 60$	低い	念のため個人暴露濃度を測定し、その結果に基づき必要な対策を講じる
Ⅲ	$60 \leq \sim < 110$	高い	作業管理、作業環境管理の徹底
Ⅳ	$110 \leq$	超えている (95% <)	直ちに作業管理、作業環境管理を改善し、暴露防止対策を講じる

露が認められていることから、直ちに作業管理・作業環境管理を改善し、暴露防止対策を講じねばならないといえる。

## まとめ

有機溶剤としての取り扱い量が多く、作業者に有機溶剤中毒の発生が多いトルエンを取り上げ、トルエン取り扱い作業者の健康管理に資する目的で、われわれは生物学的暴露指標によるトルエン暴露評価基準を作成した。

トルエン暴露者のスクリーニングレベルとして、尿中馬尿酸値に基づく労働衛生管理上の評価基準の試案は、尿中馬尿酸値  $0.9\text{g/g} \cdot \text{cre}$  未満を暴露区分Ⅰ、 $0.9 \sim 1.4\text{g/g} \cdot \text{cre}$  未満を暴露区分Ⅱ、 $1.4 \sim 1.9\text{g/g} \cdot \text{cre}$  未満を暴露区分Ⅲ、 $1.9\text{g/g} \cdot \text{cre}$  以上を暴露区分Ⅳとするものである。

尿中トルエン値に基づく労働衛生管理上の評価基準の試案は、尿中トルエン値  $38\mu\text{g/l}$  未満を暴露区分Ⅰ、 $38 \sim 60\mu\text{g/l}$ （生物学的許容値）未満を暴露区分Ⅱ、 $60 \sim 110\mu\text{g/l}$  未満を暴露区分Ⅲ、 $110\mu\text{g/l}$  以上を暴露区分Ⅳとするものである。

暴露区分Ⅰの場合はトルエン許容濃度  $50\text{ppm}$  を超える暴露の危険率は  $5\%$  以下であり、現在の労働衛生管理の継続的維持に努める。暴露区分Ⅱの場合は許容濃度を超える暴露の危険は高くはないと考えられるが、念のため個人暴露の測定を行い、その結果に基づき必要な対策を行う。暴露区分Ⅲの場合は許容濃度を超える暴露の危険は高いと考えられるため、作業管理、作業環境管理を徹底し、暴露防止に努める必要がある。暴露区分Ⅳの場合は許容濃度を超える暴露の危険率は  $95\%$  以上であり、直ちに作業管理、作業環境管理を改善し、暴露防止対策を講じねばならないことになる。

このように、今回提案した生物学的暴露指標による評価基準を用いることにより、トルエン取り扱い作業者の健康管理を効果的に行えらると思える。

## 文 献

- 1) 浅川富美雪, 呉羽晃徳, 實成文彦: 労働衛生管理における生物学的モニタリングの活用事例. 倉敷芸術科学大学紀要, 10: 59-68 (2005).
- 2) 労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課: 改正健康診断について－その3 有機溶剤健康診断・鉛健康診断－. 産業医学ジャーナル, 13: 5-11 (1990).
- 3) 坂井公: 最近の産業中毒. 中毒研究, 12: 261-268 (1999).
- 4) 河野慶三: 血中鉛, 有機溶剤の尿中代謝物などの「分布区分」って何?. 労働衛生管理, 1 (1): 16-17 (1990).
- 5) 日本産業衛生学会: 許容濃度等の勧告 (1995). 産業衛生学雑誌, 37: 259-280 (1995).
- 6) 日本産業衛生学会 許容濃度に関する委員会: 許容濃度暫定値 (1994) の提案理由 トルエン. 産業医学, 36: 267-272 (1994).
- 7) ACGIH: 1993-1994 Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. Cincinnati OH: ACGIH, p33 (1993).
- 8) 緒方正名: 生物学的モニタリング－理論と実際－. 東京: 篠原出版, p93-94 (1991).
- 9) 呉羽晃徳, 中村之信, 影山 浩, 多田慎也, 浅川富美雪, 平尾智広, 實成文彦: 有機溶剤取り扱い作業



- 者の生物学的モニタリング—第3報—平成5年～平成8年度における尿中馬尿酸の検査結果について—, 香川労災病院雑誌, 5: 89-93 (1999).
- 10) スリーエム薬品株式会社安全衛生製品部: DATA M-3 3M有機ガスモニター#3500, #3520定量分析説明書.
  - 11) Ogata M, Taguchi T: Quantitative analysis of urinary glycine conjugates by high performance liquid chromatography: excretion of hippuric acid and methylhippuric acids in the urine of subjects exposed to vapours of toluene and xylene. *Int Arch Occup Environ Health*, 58: 121-129 (1986).
  - 12) 緒方正名: 生物学的モニタリング—理論と実際—. 東京: 篠原出版, p87-89 (1991).
  - 13) 緒方正名: 生物学的モニタリング—理論と実際—. 東京: 篠原出版, p60-63 (1991).
  - 14) ACGIH: 1998 TLVs and BEIs. Cincinnati OH: ACGIH, p104 (1998).
  - 15) Imbriani M, Ghittori S, Pezzagno G, Capodaglio E: Toluene and styrene in urine as biological exposure indices. *Appl Ind Hyg*, 1: 172-176 (1986).
  - 16) 日本産業衛生学会 許容濃度等に関する委員会: 生物学的許容値の暫定値 (1999) の提案理由 トルエン, 産業衛生学雑誌, 41: 147-150 (1999).
  - 17) 浅川富美雪, 崔 眞玉, 須那 滋, 真鍋芳樹, 武田則昭, 實成文彦: HS-SPME-GCによる尿中トルエン, キシレンの測定に関する2, 3の検討. 産業衛生学雑誌, 39: 52 (1997).
  - 18) 浅川富美雪, 實成文彦, 崔 眞玉, 須那 滋, 武田則昭, 北窓隆子: 生物学的モニタリングのための solid-phase microextraction (SPME) を用いる尿中有機溶剤の分析法. 産業衛生学雑誌, 38: 258-259 (1996).
  - 19) Asakawa F, Jitsunari F, Choi J, Suna S, Takeda N, Kitamado T: Method for analyzing urinary toluene and xylene by solid-phase microextraction (SPME), and its application to workers using organic solvents. *Bull Environ Contam Toxicol*, 62: 109-116 (1999).
  - 20) 日本産業衛生学会: 許容濃度等の勧告 (2000). 産業衛生学雑誌, 42: 130-154 (2000).

# Occupational Health Care for Workers Handling Toluene: Tentative Criteria for Assessing Workers Exposure to Toluene by Biological Exposure Indices

Fumiyuki ASAKAWA

*College of Life Science, Kurashiki University of Science and the Arts,  
2640 Nishinoura, Tsurajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama 712-8505, Japan*

Akinori KUREHA

*Department of Health care, Kagawa Rosai Hospital,  
3-3-1 Jyoto-cho, Marugame-shi, Kagawa 763-0013, Japan*

Tomohiro HIRAO, Fumihiko JITSUNARI

*College of Medicine, Kagawa University,  
1750-1 Ikenobe, Miki-cho, Kagawa 761-0793, Japan*

(Received October 4, 2006)

In Japan, workers handling toluene are required by law to undergo examination of urinary hippuric acid. Therefore, we assessed the screening thresholds for determining workers exposure to toluene by urinary hippuric acid and proposed criteria applicable to on-site settings. Tentative criteria were proposed. Level I: less than urinary hippuric acid 0.9g/g-creatinine, Level II: urinary hippuric acid 0.9-1.4 g/g-creatinine, Level IV: more than urinary hippuric acid 1.9g/g-creatinine.

Food-derived hippuric acid, however, is present in urine even in the general population, and the upper normal limit of urinary hippuric acid that can be considered an indication of toluene exposure is approximately 0.6g/g-creatinine. This corresponds to approximately 40ppm toluene in the air. Occupational exposure limit for toluene recommended by the Japan Society for Occupational Health (Tol-OEL) is 50ppm. Therefore, we assessed the screening thresholds for determining workers exposure to toluene by urinary toluene and proposed criteria applicable to on-site settings. Tentative criteria were proposed. Level I: less than urinary toluene 38 $\mu$ g/l, Level II: urinary toluene 38-60 $\mu$ g/l, Level III: urinary toluene 60-110 $\mu$ g/l, Level IV: more than urinary toluene 110 $\mu$ g/l.

Level I has the least chance of exceeding Tol-OEL 50ppm, probability 95% <. Level II has a low possibility of exceeding Tol-OEL. Level III has a high possibility of exceeding Tol-OEL. Level IV clearly exceeds Tol-OEL, probability 95% <.