

個人曝露濃度測定における同等曝露作業グループ(SEG)設定方法の検討： Indium Tin Oxide ターゲット研削作業工程における1例

宮内 博幸^{1*}, 中野 真規子², 平田 美由紀³, 田中 昭代³, 岩澤 聡子⁴, 衛藤 憲人⁵, 大前 和幸², 田中 茂⁶

¹産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学講座

²慶應義塾大学 医学部 衛生学公衆衛生学

³九州大学 大学院医学研究院 環境医学分野

⁴防衛医科大学校 医学科 衛生学公衆衛生学講座

⁵東海大学 工学部 医用生体工学科

⁶十文字学園女子大学大学院 人間生活学研究科 食物栄養学専攻

要 旨：高い有害性を有するインジウム化合物を対象に、ターゲット材の平面研削作業者に個人曝露測定を行い、同等曝露作業グループ(SEG)に分けることの有効性を検討した。測定は午前と午後に分け、2013年から2017年に合計10回行い、このうちの9回は作業環境測定を同時に実施した。各回の作業者は2-4名で、グループ分けは2つの方法について検討した。すなわち作業場所の作業者全員を1つのSEGとした方法(SEG1, n=9)と、作業者が取り扱うターゲット材料中のインジウム含有の有無で分け、有りSEG2(+), n=9, 無しSEG2(-), n=9とした方法である。SEG2(+), 2.8-276.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 群内各測定の算術平均値(AM)は、4測定2.8-27.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が対応する作業環境測定のB測定値13.5-54.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ より低値だったが、A測定幾何平均値0.4-12.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ よりすべて(2.8-276.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)が、高値となった。SEG2(+), のAMは、作業環境測定の第1評価値やB測定値、SEG1やSEG2(-)では認められなかった100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上が全体の20%を占めた。SEG1として評価した管理区分が、リスク低減措置を行う必要のある管理区分2であっても、SEG2(+), にて再評価するとリスク低減措置を速やかに行う必要のある管理区分3となる測定の割合は、SEG1の管理区分2のうち50%を占めた。SEG2(+), 群内各測定の幾何標準偏差はすべて3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となり、ばらつきは小さくなった。的確に層別化したSEGを設定することにより、効率的な化学物質管理が可能になる。

キーワード：個人曝露濃度, 作業環境測定, インジウム化合物, インジウム・スズ酸化物, 同等曝露グループ。

(2018年8月10日 受付, 2018年11月9日 受理)

はじめに

製造現場に携わる労働者の化学物質による健康障害をさらに防止するため、労働安全衛生法が改正され(2014年6月)、危険有害性を有する一定の化学物質は、化学物質リスクアセスメントを行うことが義務化された[1]。2014年には日本産業衛生学会 産業衛生技術部会より「個人ばく露測定に関するガイドライン」が作成

され[2]、リスクアセスメントを行う際に参考となる個人曝露測定の評価方法が示された。

個人曝露測定は作業者の移動による曝露量が経時的に変動する際の測定ができる。測定対象者は曝露作業者全員とする方法や[3]、ほぼ同等の曝露を受けていると想定される作業者グループ similar exposure group (SEG) に分けて代表者を抽出し、代表者の平均値を求め集団として評価を行う米国産業衛生協会 American

*対応著者：宮内 博幸, 産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学講座, 〒807-8555 北九州市八幡西区医生ヶ丘1-1, Tel: 093-691-7146, Fax: 093-691-2694, E-mail: miyauchi@health.uoeh-u.ac.jp

Industrial Hygiene Association (AIHA)の方法や[4], もっとも曝露が高い作業者を対象として評価する米国国立労働安全衛生研究所 National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH)の方法などがある[5]. しかし, SEG設定方法の違いによる評価の差を考察した報告や作業環境測定との違いを検討した研究は少なく, 鉱山労働者, 多環芳香族炭化水素(PAHs) 取り扱い作業業者や半導体産業作業業者などの研究に限られている[6-9].

本研究ではindium tin oxide (ITO) インジウム・スズ酸化物のターゲット材を研削している作業場を対象とし, 作業員全員を1つのSEGとして個人曝露測定をする方法(SEG1), 取り扱うターゲット材料中におけるインジウム含有の有無により2つのSEGに分ける方法(SEG2)について検討した. そしてグループの曝露状況を適切に表わすSEG設定方法や, 作業環境測定との評価の違いを検討した.

対象と方法

測定対象作業場と作業内容

ターゲット材の平面研削作業が行われている研削作業場約(10m×18m)内の全作業員(2-4名)に対し, インジウムを対象とした個人曝露測定を午前と午後に分け, 2013年から2017年に合計10回行った. 10回のうち9回は, 対象作業員の行動範囲である研削作業場全域を単位作業場所とした作業環境測定を合わせて実施した.

研削作業場内には複数台数の平面研削盤があり, 作業員によりターゲット材料の平面研削, 手持ち式グラインダーを用いた研磨作業などが行われた. 作業員ごとに担当する平面研削盤やターゲット材料は異なるが, インジウムを含有するターゲット材料の取り扱い作業員(1-2名), インジウムを含有しないターゲット材料の取り扱い作業員(1-2名)に分かれていた. 作業場内には特に隔壁はなく, 同一の空気が入り出しているため, インジウムを含有しないターゲット材料の取り扱い作業員であっても, インジウムの曝露の可能性はあると考え, 研削作業場の作業員全員を個人曝露測定の対象者とした.

個人曝露測定および作業環境測定方法

個人曝露測定および作業環境測定とも粒径4 μm 50%カットの分粒特性である分粒装置PM-4 NWPS-254型(柴田科学製)にミニポンプΣ3(柴田科学製)を接続し, 2.5 l/minの流量にて捕集した. フィルターは混合セルロース・エステルメンブレンフィルター No.225-1930

25 mm (SKC製)を使用した. 個人曝露測定は作業員襟元に分粒装置を, 腰部に吸引ポンプを装着し, 約70-200 minの測定を行った.

SEGについて, 作業場の作業員全員に設定する群はSEG1 n=9とした. インジウム曝露の状況を考慮して作業員を分けて設定する群はSEG2 n=18とし, SEG2は, さらに, 取り扱うターゲット材料中にインジウムが含有されている作業員群SEG2(+) $n=9$ と, 含有されていない群SEG2(-) $n=9$ に分けて検討した. 「個人ばく露測定に関するガイドライン」に則り[2], 各群の測定は算術平均値(AM)と推定した幾何標準偏差(GSD)により評価した. SEG分類の妥当性の判断基準はGSD値3.0とした.

作業環境測定のア測定は14点, 1測定点のサンプリング時間は継続した30 minとし, 測定の始めから終わりは約120-150 minであった.

インジウムの分析

インジウムの分析にはフィルターの4分の1量を用いた. 超高純度硝酸4 mlおよび超高純度過酸化水素水1 mlを添加し, マイクロ波試料分解装置Multiwave PRO (Anton Paar製)で酸加熱分解を行った. 前処理液は超純水で希釈した後, polytetrafluoroethylene (PTFE) 0.45 μm フィルター (ADVANTEC製)でろ過してサンプルとした. インジウム濃度はinductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) (Agilent 7500ce, 九州大学中央分析センター)で測定した.

結 果

1. 個人曝露測定と作業環境測定との関係

SEG2群内個人曝露測定のAM $n=18$ と同測定時間中に行った作業環境測定のア測定幾何平均値(GM)の関係を図1に示す. 全18測定のうち13測定72%は, 個人曝露測定のAM 0.4-276.8 μg/m³が作業環境測定のア測定GM 0.4-12.3 μg/m³に比べて高い値だった. 特にインジウム含有材料を取り扱っているSEG2(+) $n=9$, 2.8-276.8 μg/m³は, 対応する作業環境測定のア測定GM $n=9$, 0.4-12.3 μg/m³と比べて, すべての測定で高値となった.

SEG2と同測定時間中に行った作業環境測定のア測定値との関係を図2に示す. SEG2(+)群内の4測定2.8-27.4 μg/m³は対応するB測定値13.5-54.6 μg/m³に比べて, SEG2(-)は全9測定0.4-8.9 μg/m³ともB測定値7.7-54.6 μg/m³に対して低値であった.

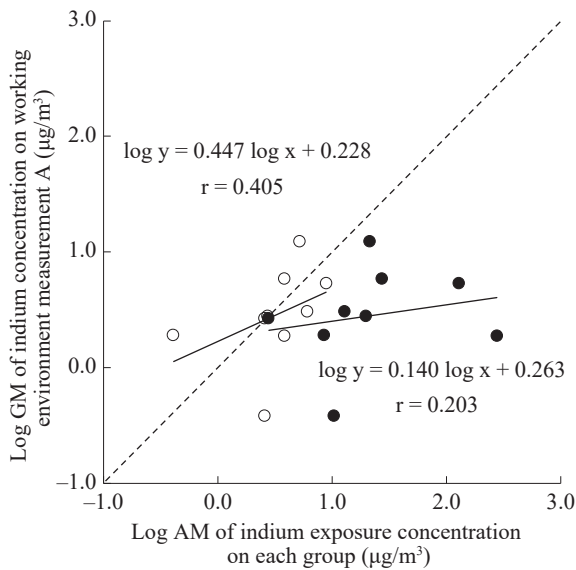


Fig. 1. Relationship between working environment measurement geometric mean (GM) and personal exposure concentration arithmetic average (AM). This figure shows the relationship between GM of log-transformed indium concentrations on working environment measurement (measurement A) in unit work area performed, and AM of log-transformed personal exposure concentrations of indium, measured by breathing zone sampling with total 18 workers during the 5 years study. The dotted line indicates the directly proportional relation between the vertical axis and the horizontal axis. The solid line indicates the linear regression. ○: SEG2(-), ●: SEG2(+).

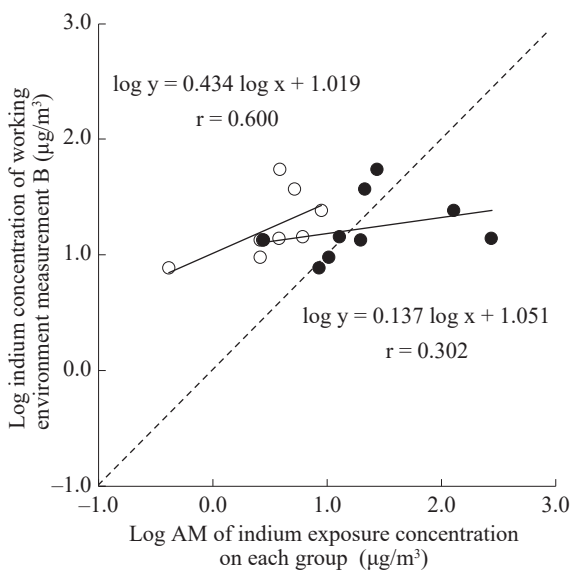


Fig. 2. Relationship between working environment measurement B and personal exposure concentration arithmetic average (AM). This figure shows the relationship between log-transformed indium concentrations of measurement B in unit work area, and AM of log-transformed personal exposure concentrations of indium. ○: SEG2(-), ●: SEG2(+).

2. SEG 設定の違いによる個人曝露測定の評価

行った作業環境測定 n=9 の評価項目である第 1 評価値 (EA1) と B 測定値 (B), 個人曝露測定ของกลุ่ม設定方法 SEG1, SEG2(-) および SEG2(+) の群内各測定値 (ic) の AM の割合を Fig. 3 に示す。EA1 n=9 AM の割合は ic ≤ 10 μg/m³ が 11%, 10 μg/m³ < ic ≤ 50 μg/m³ が 56%, 50 μg/m³ < ic ≤ 100 μg/m³ が 33% であった。B n=9 は ic ≤ 10 μg/m³ が 22%, 10 μg/m³ < ic ≤ 50 μg/m³ は 67% であったが, 50 μg/m³ < ic ≤ 100 μg/m³ は 11% のみとなった。SEG1 n=10 は, ic ≤ 10 μg/m³ が 50%, 10 μg/m³ < ic ≤ 50 μg/m³ が 40%, 50 μg/m³ < ic ≤ 100 μg/m³ が 10% となった。それに対してインジウム含有材料の取り扱いの有無で分けた場合, SEG2(-) は全 10 測定が ic ≤ 10 μg/m³ となったのに対し, SEG2(+) n=10 は, ic ≤ 10 μg/m³ の範囲が 20%, 10 μg/m³ < ic ≤ 50 μg/m³ は 60% に加え, 100 μg/m³ < ic が 20% を占めた。

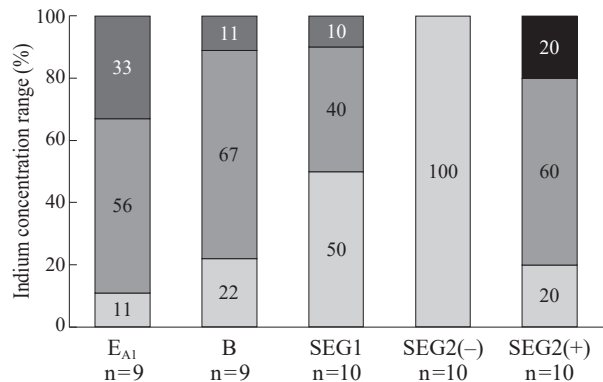


Fig. 3. Comparison of indium concentration in the total sampling data. The percentage of arithmetic average value of indium concentration on each evaluation item and group. EA1: 95% confidence limit of the indium concentration of measurement a termed as the first assessment value, B: measurement B is a sampling data at point adjacent to the source of dust emission, where the highest concentration of indium was anticipated within the unit work area, SEG1: arithmetic average (AM) of personal exposure monitoring by breathing zone sampling with all the workers in the workplace, SEG2(-): AM of personal exposure monitoring by breathing zone sampling with SEG using material not including indium, SEG2(+): AM of personal exposure monitoring by breathing zone sampling with SEG using material including indium. □: 0-10 μg/m³, ■: 10-50 μg/m³, ■: 50-100 μg/m³, ■: 100- μg/m³.

SEG1, SEG2(-) と SEG2(+) の GSD について, 3 μg/m³ と 6 μg/m³ を区切りとした全体に対する割合の結果を Fig. 4 に示す。SEG1 は GSD ≤ 3 μg/m³ は 30%, 3 μg/m³ < GSD ≤ 6 μg/m³ が 20% であったのに比べ, SEG2(-) は GSD ≤ 3 μg/m³ が 90%, 3 μg/m³ < GSD ≤ 6 μg/m³ が 10% であり, SEG2(+) はすべてが GSD ≤ 3 μg/m³ だった。

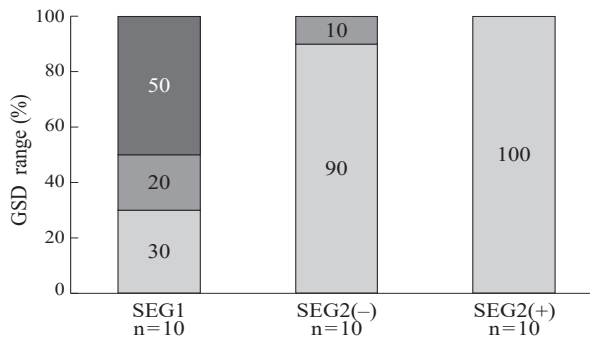


Fig. 4. The comparison of GSD between SEG1 and SEG2. GSD: geometric standard deviation of indium concentration in each group (%), SEG1: personal exposure monitoring by breathing zone sampling with all the workers in the workplace, SEG2(-): personal exposure monitoring by breathing zone sampling with SEG using material not including indium, SEG2(+): personal exposure monitoring by breathing zone sampling with SEG using material including indium. □: 0-3 µg/m³, ▒: 3-6 µg/m³, ■: 6- µg/m³.

Figure 5はSEG1として評価した測定を, SEG2として評価した場合の管理区分の変化を示した。曝露限界値は暫定的に10 µg/m³と仮定した。SEG1で管理区分2から3へ変更となった測定が50%, 管理区分1から2は25%に対し, 管理区分3から1, または2へ下がった測定は50%, 管理区分2から1は33%だった。

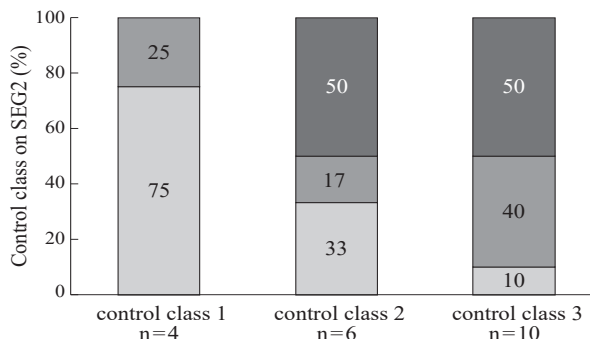


Fig. 5. Comparison of control class classification by SEG2, about each control class established by SEG1. Control class 1, control class 2, control class 3 were classified by SEG1. It shows the percentage of evaluating as SEG2 each class. SEG1: group of personal exposure monitoring by breathing zone sampling of all the workers in the workplace, SEG2: group of personal exposure monitoring classified by workers using target material containing indium or not. □: control class 1, ▒: control class 2, ■: control class 3, indicates the classification when evaluated as SEG2. (Reproduced modification from ref [2]: Expert division of occupational hygiene & ergonomics, the Japan Society for Occupational Health, "The committee for personal exposure monitoring" (2017): Guidelines for personal exposure monitoring of chemicals: Part I. J Occup Health 59: 471-476)

考 察

インジウム化合物は, ハムスターによる気管内投与曝露実験において, ITO粒子または酸化インジウムの粒子にて肺良性腫瘍他が認められ, かつ肺臓における半減期は約124~142週と非常に遅いこと, インジウム化合物であるcopper indium gallium selenide (CIGS)粒子は肺内にて遅い速度で溶解し, 亜急性の肺毒性があるなどの報告がされている[10-12].

さらにヒトに対して, 現場作業者の検診と疫学調査結果からインジウム曝露量と肺への影響は量影響関係にあり, 初期の肺への影響を防ぐには血清中インジウム濃度を3 ng/ml以下にすることが必要で[13], 高濃度のインジウムに曝露したことにより高度に進行した肺気腫を伴う肺疾患の症例など[14], インジウム曝露による健康影響が問題となっている。管理上の問題として, インジウム曝露濃度と血清中インジウム濃度の関係は, 曝露するインジウムの化学的な形状によっても差が生じるとの報告もある[15]. 日本の高濃度曝露が確認されたインジウムリサイクル工程に対して, 局所排気装置により環境改善がなされ, 一定の効果が認められた[16], 米国ではインジウム取り扱い作業や場所の63サンプルのうち, ITOターゲットの張替え工程他で, 米国国立労働安全衛生研究所National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)の提唱する曝露限界値recommended exposure limit (REL) 0.1 mg/m³を超える値が得られ, まずは局所排気装置などの設備管理が必要との報告もある[17]. 本国において, インジウム化合物は特定化学物質障害予防規則等の改正(2012年10月)[18]により特定化学物質管理第2類に分類され, 2014年1月より作業環境測定が義務付けられた。その具体的な測定方法はITO等の取り扱い作業による健康障害防止に関する技術指針(2010年12月)に定められた[19]. しかし, インジウムの目標とすべき環境気中濃度は超低濃度のため, 評価により気中濃度を考慮した適切な呼吸用保護具を選択, 装着して作業を行わなければならないとされている。

作業環境測定は作業場の定点測定のため, B測定値から作業者のもっとも高濃度の曝露作業と位置が把握できるとともに, A測定値からは作業環境中の濃度分布の概略が把握でき, 発生源を推定して密閉化などの根本的な対策が可能となる。

一方, 同一の作業場所であっても, 行われる作業内容によっては空間・時間的にも著しい有害物の変動を示す場合がある。その場合は変動を踏まえ異なる作業場として層別化したデザインをすること他, インジウム

のように目標とすべき濃度が超低濃度の場合は、個人曝露測定により空間・時間的な変動を含んだ曝露実態を把握することも重要である。

本個人曝露測定は単位作業場所内の作業者が2-4名のため、1グループは4名以下の少ないサンプル数で測定した。本国における「個人ばく露測定に関するガイドライン」[2]にて推奨されるサンプル数は5点以上だが、実際に行った約300の測定について、SEGの構成要員数は約7割が1-5名との報告もある[20]。また、化学物質による事故の多くは中小零細企業が占めるため[21]、本検討では小規模の作業場を測定対象にして検討した。

個人曝露測定の測定方法において、近年、SEGによる集団としての評価方法に関する研究が報告されている。鉱山の作業者を対象として、吸入性粉じんや吸入性シリカ粉じんによる曝露を評価するためのSEG設定方法の検討[6]、測定前の調査に粒子計数器を用いて各工程の粉じん濃度をスクリーニングする方法などが報告されている[7]。その他多環芳香族炭化水素(PAH)を取り扱う作業者の個人曝露濃度を評価するために独自のSEGデータベースを構築し活用する方法や[8]、半導体産業の作業者曝露濃度をBayesian decision分析してリスクを予測し、SEGを設定する方法などがある[9]。これらを踏まえ、本検討ではSEG設定方法の違いによる評価の差、および作業環境測定との違いなどを検討した。

その結果、行った個人曝露測定はSEG2 n=18により分けた場合、13測定 $2.8\text{--}276.8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (72%)が作業環境測定のGM $0.4\text{--}12.3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ より高値となった。特にSEG2(+) n=9はすべて($2.8\text{--}276.8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$)が高値となった。SEG2(+)は実際にインジウム含有物質を取り扱った作業者が曝露する可能性がある呼吸域濃度を反映しているため、健康影響へのリスク評価をする上では作業環境測定とのGMより有用と考えられた。

SEG2(+)をB測定値と比較すると5測定(56%)が低値となった。15 minの短時間個人曝露測定は未実施のため評価できないが、極めて低濃度で管理しなければならないインジウムの場合、10-15 min程度の短時間で高濃度の曝露を受ける作業工程を評価し、リスクが高いと判断される場合、必要に応じた排気のための設備改善や作業方法の見直しが重要である。B測定は半日の個人曝露測定より安全側に評価されたため、設備や作業方法の改善による発生源対策には有用と考えられた。一方、SEG2(+)の5測定 $8.6\text{--}276.8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ (44%)はB測定値 $7.7\text{--}24.2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ より高い値となったが、B測定値よりさらに高濃度のインジウムに作業者が曝露する

作業工程と時間が存在したと推測される。とりわけ2つの測定は、B測定値が $14.0, 24.2\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ に対して約5-20倍高い $276.8, 128.9\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ と特に高値だった。B測定を実施する前に、粒子計数器などの簡易測定器を用いて発散源と思われる場所の測定を行い、測定値を参考にもっとも曝露量が高い作業工程と時間にてB測定を実施することも有効である。また、個人曝露測定時に、ウェアラブルタイプの動画撮影装置とリアルタイムの簡易測定器を装着し、もっとも高濃度曝露の作業を推定する方法も考えられる[22]。

SEG2(+)ではE_{A1}, B測定値, SEG1, SEG2(-)では確認されなかった $100\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるものが20%存在し、かつ推定されたGSDは $3\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となった。SEG1として管理区分1に評価された測定が、SEG2に変更すると2になった割合が25%、SEG1で管理区分2がSEG2にて3となった割合が50%存在した。つまりSEG2としてグループ分けすることで、ばらつきが少なく個々の測定の特徴を精度良く評価できた。

以上より、個人曝露測定を実施する際には作業者を観察、対象物質や作業分担の情報入手など事前調査を十分に行い、正しく層別化したグループを設定することが重要である。今後、作業環境測定に加えて個人曝露測定を実施することで、必要な設備や作業方法の改善点を把握し、健康影響リスクの程度を低減させることがより可能となり、作業場と個人の両測定を行うことにより効率的な化学物質管理が可能と考えられる。

利益相反

本論文について申告する利益相反はない。

引用文献

1. 厚生労働省(2014): 労働安全衛生法の一部を改正する法律. 平成26年法律第82号. 厚生労働省, 東京 <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11200000-Roudoukijunkyo/0000049223.pdf> (accessed July 23, 2018)
2. Expert Division of Occupational Hygiene & Ergonomics, the Japan Society for Occupational Health, "The Committee for Personal Exposure Monitoring" (2017): Guidelines for personal exposure monitoring of chemicals: Part II. J Occup Health 59: 471-476
3. 厚生労働省(2005): 屋外作業場等における作業環境管理に関するガイドラインについて. 厚生労働省, 東京 <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou->

- 11300000-Roudoukijunkyokuanzeniseibu/GUIDLINE_KIH26093003_1.pdf (accessed July 23, 2018)
4. Jahn SD, Bullock WH & Ignacio JS (2015): A strategy for assessing and managing occupational exposures. 4th ed. American Industrial Hygiene Association, Fairfax pp 1-123
 5. Leidel NA, Busch KA & Lynch JR (1977): Occupational exposure sampling strategy manual (NIOSH 77-173). U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. pp 1-60
 6. Hwang J, Ramachandran G, Raynor PC, Alexander BH & Mandel JH (2017): A comprehensive assessment of exposures to respirable dust and silica in the taconite mining industry. *J Occup Environ Hyg* 14: 377-388
 7. Mino J & Quémerais B (2017): Using a particle counter to inform the creation of similar exposure groups and sampling protocols in a structural steel fabrication facility. *Toxics* 5: 34
 8. Petit P, Bicout DJ, Persoons R, Bonnetterre V, Barbeau D & Maître A (2017): Constructing a database of similar exposure groups: the application of the exporisq-HAP database from 1995 to 2015. *Ann Work Expo Health* 61: 440-456
 9. Torres C, Jones R, Boelter F, Poole J, Dell L & Harper P (2014): A model to systematically employ professional judgment in the Bayesian decision analysis for a semiconductor industry exposure assessment. *J Occup Environ Hyg* 11: 343-353
 10. Tanaka A, Hirata M, Matsumura N & Kiyohara Y (2015): Tissue distribution of indium after repeated intratracheal instillations of indium-tin oxide into the lungs of hamsters. *J Occup Health* 57: 189-192
 11. Tanaka A, Hirata M, Shiratani M, Koga K & Kiyohara Y (2012): Subacute pulmonary toxicity of copper indium gallium diselenide following intratracheal instillations into the lungs of rats. *J Occup Health* 54: 187-195
 12. Tanaka A, Hirata M, Homma T & Kiyohara Y (2010): Chronic pulmonary toxicity study of indium-tin oxide and indium oxide following intratracheal instillations into the lungs of hamsters. *J Occup Health* 52: 14-22
 13. Nakano M, Omae K, Tanaka A, Hirata M, Michikawa T, Kikuchi Y, Yoshioka N, Nishiwaki Y & Chonan T (2009): Causal relationship between indium compound inhalation and effects on the lungs. *J Occup Health* 51: 513-521
 14. Nakano M, Tanaka A, Hirata M, Kumazoe H, Wakamatsu K, Kamada D & Omae K (2016): An advanced case of indium lung disease with progressive emphysema. *J Occup Health* 58: 477-481
 15. Iwasawa S, Nakano M, Miyauchi H, Tanaka S, Kawasumi Y, Higashikubo I, Tanaka A, Hirata M & Omae K (2017): Personal indium exposure concentration in respirable dusts and serum indium level. *Ind Health* 55: 87-90
 16. Miyauchi H, Minozoe A, Tanaka S, Tanaka A, Hirata M, Nakaza M, Arito H, Eitaki Y, Nakano M & Omae K (2012): Assessment of workplace air concentrations of indium dust in an indium-recycling plant. *J Occup Health* 54: 103-111
 17. Hines CJ, Roberts JL, Andrews RN, Jackson MV & Deddens JA (2013): Use of and occupational exposure to indium in the United States. *J Occup Environ Hyg* 10: 723-733
 18. 厚生労働省 (2012): 平成24年10月の特定化学物質障害予防規則等の改正. 厚生労働省, 東京 <https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei48/index.html> (accessed July 23, 2018)
 19. 厚生労働省 (2010): インジウム・スズ酸化物等取扱い作業による健康障害防止対策の徹底について. 厚生労働省, 東京 <https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei42/dl/01.pdf> (accessed July 23, 2018)
 20. 中原浩彦 (2013): 個人ばく露測定の実用性の実用性について 欧米の実施手法の実際. 第86回日本産業衛生学会講演集 産業衛生学雑誌 55: 308
 21. 職場における化学物質管理の今後のあり方に関する検討会 (2010): 職場における化学物質管理の今後のあり方に関する検討会報告書案. 厚生労働省, 東京 <https://www.mhlw.go.jp/shingi/2010/06/dl/s0629-1d.pdf> (accessed July 23, 2018)
 22. 田中 茂, 宮内博幸, 中野真規子, 田中昭代, 平田美由紀, 岩澤聡子, 大前和幸 (2018): ターゲット切削作業工程におけるインジウム曝露防止のためのリアルタイム粉じん濃度と動画による同期映像の活用について. 産業衛生学雑誌 第91回日本産業衛生学会講演集, 産業衛生学雑誌 60: 308

Study on the Establishment of a Specific Similar Exposure Group (SEG) in Personal Exposure Monitoring: A Case Report of Indium Tin Oxide Target Surface Grinding Process

Hiroyuki MIYAUCHI¹, Makiko NAKANO², Miyuki HIRATA³, Akiyo TANAKA³, Satoko IWASAWA⁴, Norihito ETOH⁵, Kazuyuki OMAE² and Shigeru TANAKA⁶

¹ *Department of Environmental Management, School of Health Sciences, University of Occupational and Environmental Health, Japan. Yahatanishi-ku, Kitakyushu 807-8555, Japan*

² *Department of Preventive Medicine and Public Health, Keio University School of Medicine. Shinjuku-ku, Tokyo 160-8582, Japan*

³ *Department of Environmental Medicine, Graduate School of Medical Sciences, Kyushu University, Japan. Higashi-ku, Fukuoka 812-8582, Japan*

⁴ *Department of Preventive Medicine and Public Health, National Defense Medical College. Tokorozawa, Saitama 359-8513, Japan*

⁵ *Department of Biomedical Engineering, School of Engineering, Tokai University. Isehara, Kanagawa 259-1193, Japan*

⁶ *Department of Public Health, Division of Food & Nutrition, Graduate School of Human Life Science, Jumonji University. Niiza, Saitama 352-8510, Japan*

Abstract : Surface grinding workers of Indium Tin Oxide target material are exposed to an indium compound with high toxicity. We divided individual exposure workers into similar exposure groups (SEG) and examined the effectiveness of the classification of SEG. Sampling was carried out twice a day for a total of 10 times, in 9 of which a work environment measurement in unit work area was performed at the same time. The classification examined two methods. One method was to set all the workers in the work place as one group (SEG1), and the other was to classify them depending on whether the workers handled the target material contained indium or not (SEG2). The group handled indium-contained material was SEG2(+) n=9, and the other was SEG2(-) n=9. Only the arithmetic mean value (AM) of four groups 2.8–27.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the SEG2(+) was lower than the measurement B value of the work environment measurement, but the AM of all the groups in SEG2(+) 2.8–276.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ was higher than the geometric mean value of measurement A 0.4–12.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The concentration range of 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ or more of SEG2(+) AM was 20% of the total. This range was not recognized in the other items, and the variation of SEG2(+) was small. Even though the evaluation of SEG1 is control class 2, if reevaluated on SEG2(+), 50% of the SEG2(+) were evaluated as control class 3. It is possible to efficiently manage chemical substances by establishing specific SEG properly stratified.

Key words: personal exposure monitoring, working environment measurement, indium compounds, indium tin oxide, similar exposure group.