

有機溶剤と特定化学物質

技術センター 工学部等部門
安全衛生管理技術班 坂下 英樹

1. はじめに

平成16年度からの法人化に伴い、国立大学にも労働安全衛生法が適用されるようになり、関係法令である有機溶剤中毒予防規則（以下、有機則と略す）と特定化学物質障害予防規則（以下、特化則）の適用も受けるようになりました。これを契機に、有機溶剤と特定化学物質による健康障害を防止するための様々な取り組みが各大学において行われてきています。

本稿では、代表的な物質を例に挙げながら、有機溶剤と特定化学物質の有害性、物理的な性質、使用状況、作業環境の改善方法、法規制などについての概説を試みました。内容の多くは成書の要約に過ぎないかもしれませんが、有機溶剤と特定化学物質について考えていただけるきっかけとなりましたら幸いです。

2. 有機溶剤と特定化学物質

有機溶媒のことを工業的には有機溶剤といい、人体に有害であり、かつ広範囲に使用されている物質54種類が、労働安全衛生法³⁾において規定されています。大学ではクロロホルム、アセトン、ジクロロメタン、メタノール等が比較的多く使用されています。

特定化学物質はがんをはじめ、胎児の奇形、神経や循環器・呼吸器その他の部位に重要な健康障害を生じることが判明している、または疑いが強い物質53種類が、労働安全衛生法³⁾において規定されています。大学ではベンゼン、フッ化水素、ホルムアルデヒド等が比較的多く使用されています。

3. 有害性

(1) 有機溶剤

有機溶剤は、付着部位に炎症などを生じ、皮

膚や粘膜を通して吸収され、血流によって循環して麻酔作用を生じ、肝臓などにより化学変化を受け、種類により特定部位に体内蓄積されるものがあり、やがて排泄されます。神経障害、肝障害、腎障害、造血障害などを起こすことが知られています。

全ての有機溶剤は神経障害を起こします。メタノール、酢酸メチルは視神経に障害を、ノルマルヘキサンは多発性神経炎を生じます。クロロホルム、四塩化炭素等の有機塩素化合物とN,N-ジメチルホルムアミドは肝障害を生じます。また、クロロホルム、四塩化炭素等の有機塩素化合物は腎障害を起こし、尿中蛋白陽性となります。トルエン、キシレンなどは含まれるベンゼンにより造血障害を起こし貧血になります。

(2) 特定化学物質

特定化学物質は麻酔や窒息といった急性の障害を起こすものがあるほか、体内に吸収されて種類により異なる部位に一定量蓄積され、気管支や肺、肝臓、腎臓、造血器官、神経系など吸収部位以外に慢性の障害を引き起こすことが知られています。

急性障害として、有機溶剤による麻酔作用、塩素、アンモニア、一酸化炭素、硫化水素、シアン化水素による窒息を生じます。

慢性障害として、神経系には水銀、鉛、アルキル水銀、四アルキル鉛、マンガン、二硫化炭素などが障害をもたらします。石綿、クロム化合物、ヒ素化合物の粉じんは気管支や肺にがんを生じます。水銀、ヒ素、一部の有機溶剤は肝臓に障害をもたらす、黄疸、脂肪肝、肝硬変を生じます。カドミウム、水銀は、腎臓に働き腎

炎，ネフローゼなどを生じます。ひ化水素，ベンゼンなどは造血器官である骨髓を冒したり溶血を起こします。

4. 物理的性質・挙動

有機溶剤は一般に揮発性が大きく，温度が高いほど高濃度の蒸気を発散します。空気と一定の割合で混合すると爆発性混合ガスとなるので，健康への影響だけではなく，火災危険性についても注意が必要です。蒸気の比重が空気より大きく拡散しにくいいため，空気の動きの少ない場所では高濃度のまま床に滞留します。高濃度の蒸気は時間がたつにつれて拡散して，空気と混合して上昇してきます。数百 ppm 程度に希釈された有機溶剤蒸気の比重は空気とほとんど変わらないため再び床に沈むことは無いため，換気が十分ではない場所では，有害な濃度の蒸気に作業者が長時間ばく露される危険性があります。

特定化学物質には，常温で気体，液体，固体である物質がそれぞれあり，物理的性質はそれぞれ大きく異なります。特定化学物質も作業によってエネルギーを与えられて，ガスまたは蒸気（気体），ミスト（液体），粉じんまたはヒューム（固体）などの形で空気中に発散し，呼吸器，皮膚，消化器から人体に侵入して健康障害の原因となります。

5. 大学での使用状況

広島大学において使用されている有機溶剤，特定化学物質のうち使用量が比較的多い物質について，法令上の区分，管理濃度，年間使用量について表1に示します。管理濃度とは，有害物質に関する作業環境管理の良否を判断する際の管理区分を決定するための指標です。年間使用量は少し古いデータですが大学全体の値を概数で示しています。

有機溶剤は規制の厳しいものから順に第1種，第2種，第3種に法令上の区分がなされています。

す。クロロホルムは第1種有機溶剤であり，管理濃度は10 ppm（空気1立方メートルに10 mlのクロロホルム蒸気），年間使用量は約4トンです。以下，第2種有機溶剤のうち概ね1トン以上使用されている物質を10種類挙げました。

表1 有機溶剤の使用量等

物質の種類	区分	管理濃度	年間使用量
クロロホルム	有1	10 ppm	4 ton
ノルマルヘキサン	有2	40	5
ジクロロメタン	有2	50	4
キシレン	有2	50	1
トルエン	有2	50	1
メタノール	有2	200	4
イソプロピルアルコール	有2	200	2
酢酸エチル	有2	200	2
テトラヒドロフラン	有2	200	1
ジエチルエーテル	有2	400	1
アセトン	有2	500	7

（有1：第1種有機溶剤，有2：第2種有機溶剤）

特定化学物質は規制の厳しいものから順に第1類，第2類，第3類等に区分されています。表2のようにフッ化水素，ベンゼンは特定第2類物質であり，ベンゼンは特別管理物質でもあります。管理濃度はそれぞれ2，及び1ppmであり，使用量は両者とも0.5トン程度です。ホルムアルデヒドは，特化則ではなくガイドライン⁴⁾により特定作業場における濃度として0.25ppmが定められています。

大学においては少量多品種の化学物質が使用されているとよく言われますが，有機溶剤，特定化学物質とも表に挙げた物質は比較的多く使用されています。使用されている研究室には偏りがあり，大量に使用されている研究室もありますので，適切な対応を行わなければ健康被害の可能性も考えられます。

表2 特定化学物質の使用量等

物質の種類	区分	管 理 濃 度	年 間 使用量
フッ化水素	特2	2ppm	0.5 ton
ベンゼン	特2, 特	1	0.5
ホルムアルデヒド	特3	(0.25)	1

(特2：第2類物質，特3：第3類物質，特：特別管理物質)

6. 大気への排出

有機溶剤等の揮発しやすい物質を使用した時，大気にどのくらいの割合で揮散し作業環境を汚染するかは大きな問題です。PRTR 排出量等算出マニュアル⁵⁾に，工業的に有機溶剤などを使用した場合の大気への排出係数の例が示されており，いくつか抜粋して表3に示します。表からジクロロメタンは溶剤として使用された場合33.6%が，洗浄の場合89.1%が蒸発して大気中に放出されることが，ベンゼンは溶剤として使用された場合65.8%が大気へ排出されることが読み取れます。物質により排出係数は大きく異なりますが，有機溶剤等については一般的に非常に大きな割合が大気へ移行すると言えます。

表3 大気への排出係数の例

物質名	区分	排出係数 (kg/t-取扱量)	
		溶剤	洗浄
トリクロロエチレン	有1	979	838
テトラクロロエチレン	有2	643	790
ジクロロメタン	有2	336	891
ベンゼン	特2, 特	658	—

一方，大学の研究室において使用された場合の大気への排出量はどうか。有機溶剤であるクロロホルムとジクロロメタンについて大気揮散量の推定⁶⁾が行われていますが，クロロホルムは3～4割程度，ジクロロメタンは5～7割程度と報告されています。工業的に使用された場合とあまり変わらない状況であると考えら

れます。また，同報告において廃液をポリタンクで保管している間の揮散量も無視できない大きさであることが指摘されています。ふたを閉めた状態で4週間保管した場合，クロロホルムは約5%，ジクロロメタンは約15%が揮散するとの結果が示されています。また，ふたが開いている場合には1日でほぼそれに匹敵する量が揮散してしまうことが報告されています。廃液の取り扱いと保管場所には注意が必要です。

7. 作業環境の改善方法

有害化学物質がガスやミスト等として拡散し，皮膚，呼吸器などから人体に侵入して蓄積し，健康障害に至る連鎖を，早い段階で断ち切ることが重要です。根本的な対策から順に，有害化学物質の代替物質への転換，実験装置・方法の改良による有害物発散防止，局所排気装置の使用，全体換気，作業環境測定による管理状態チェック，保護具の使用，特殊健康診断による異常の早期発見と治療，作業行動の改善といった対策が挙げられます。

同じ使用目的を達成できる有害性のより少ない物質があるときには，その有害物質の使用を止めて代替物質へ転換することが最良の対策です。例えば，2005年4月から管理濃度がこれまでの10分の1の1ppmに強化された特定化学物質であるベンゼンは，工業的には原料として使用される以外，溶剤や分析用途には極力使用しないようにされているようです。大学でも代替物質への転換を進める必要があると思われます。

実験の前に作業手順書を作成することは，有害物の発散を最小化する作業内容・作業行動の検討に役立ちます。また，実験室と居室は分けることが望ましいので，増改築・改装等の際にはぜひご検討下さい。

8. 局所排気と全体換気

ドラフトなどの局所排気装置は，有害物の発

散源に近いところに吸込み口を設け、有害物が拡散する前になるべく発散したときのままの高濃度の状態で吸込み、作業者が汚染気流に曝露されないように搬送排出する装置であり、作業環境対策において非常に有効な装置です。第1種または第2種有機溶剤、第1類または第2類の特定化学物質を使用する場合には局所排気を行うことが基本的に義務付けられています。特定化学物質の使用場所をまとめて、ドラフトを効率的に使用するといった試みは本学でもすでに行われているところです。

一方全体換気は、有害物質を希釈して排出する装置ですが、危険の無い濃度まで有害物の濃度を下げるとは非常に困難であり、局所排気装置等の補助として使用されるべきものです。

有機溶剤業務については、局所排気装置の設置が困難な場合に、労働者に送気式マスクまたは有機ガス用防毒マスクを使用させることにより、全体換気装置の使用が認められていますが、必要換気量（表4）を得られるもので無ければなりません。

表4 全体換気装置の必要換気量

消費する有機溶剤等の区分	換気量 Q (m ³ /min)
第1種	Q = 0.3W
第2種	Q = 0.04W
第3種	Q = 0.01W

(W は作業時間1時間に消費する有機溶剤等の量 (g))

9. 作業環境測定

作業環境測定は作業環境管理のために行われます。定期的に行われる法定の有害物質の作業環境気中濃度の測定は、作業環境測定士が行うことが定められています。作業環境測定の結果の評価は、作業環境の状態を3つの管理区分に区分することにより行われます。

第1管理区分は、作業場所のほとんどの場所で気中有害物質の濃度が管理濃度を越えない状

態で、管理の継続的維持に努めることとされる状態です。第2管理区分は、気中有害物質の濃度の平均が管理濃度を越えない状態で、作業環境を改善するため必要な措置を講ずるよう努めべき状態です。第3管理区分は、気中有害物質の濃度の平均が管理濃度を越える状態で、直ちに作業環境を改善するため必要な措置を講ずるべき状態です。同時に、有効な呼吸用保護具の使用、健康診断の実施その他労働者の健康の保持をはかるため必要な措置を講ずることが求められます。

作業環境の状態の把握を、嗅覚などの感覚で行うことは適切ではありません。管理濃度の低い有害物質については危険な濃度でも臭いにより感知することは困難です。また管理濃度の高い物質についても、人間の嗅覚はすぐに臭いに慣れてしまい臭いを感じなくなります。

10. 呼吸用保護具

健康障害を防ぐには、作業環境の改善を第一に行うことが必要です。呼吸用保護具は労働者の有害化学物質へのばく露をさらに低減させる目的等のために使用するのが正しい使い方です。

呼吸用保護具は給気式とろ過式に分かれます。給気式には送気マスクと空気呼吸器があります。送気マスクはコンプレッサーで新鮮な空気を送ります。空気呼吸器は空気ポンペを背負うタイプです。これらは酸素濃度18%未満の環境でも使用できます。2種類以上のガスが混在する場合や、濃度が不明な場合にはこれらを使用します。

ろ過式には防じんマスクと防毒マスクがあります。これらは酸素濃度18%未満の環境では使用できません。防じんマスクは粉じん等に有効です。粒子捕集効率が99.9%以上であるRL3またはRS3という規格のものを使用して下さい。防毒マスクは吸収缶の種類ごとに有効なガスが決まっています。よく使用される直結式小

型は濃度0.1%以下の場合にのみ有効です。使用時間を記録して管理し、破過（吸収剤が飽和して除毒能力を失った状態）前に吸収缶を交換することが必要です。

11. 法規制

有規則と特化則の要求事項の一部を表5にまとめました。有規則では注意事項等を掲示し、第1種、第2種といった区分を色等により表示しなければいけません。特化則では立入禁止と飲食禁止の表示が必要です。作業主任者の設置は試験研究業務については除外されますが、業務内容が試験研究以外なら大学においても必要です。有機溶剤の第1種、第2種、特定化学物質の第1類、第2類の物質を使用する際には基本的に局所排気装置を使用する必要があります。局所排気装置の定期点検は1年以内ごとに1回行うことが必要です。作業環境測定、特殊健康診断は半年以内ごとに1回行うことが必要です。

表5 法規制の比較

	有規則	特化則
掲示	注意事項等	—
表示	区分、色	立入・飲食禁止
作業主任者	試験研究の業務は除外	
局所排気装置	第1種	第1類
局排定期点検		
作業環境測定	第2種	第2類
特殊健康診断		

12. おわりに

大学では、危険な化学物質であるにもかかわらず、工業的にあまり使用されていないために

法規制のかかっていない化学物質も多く使用されていると考えられますので、十分な注意が必要です。有機溶剤と特定化学物質に関して取り扱いや健康に不安がありましたら、衛生管理者・産業医にご相談ください。大学における安全衛生への取り組みは、まだまだ始まったばかりです。様々な機会を捉えて、継続的に作業環境の改善に取り組んでいく必要があります。

参考文献・資料

- 1) 厚生労働省安全衛生部化学物質調査課編 (2004)『特定化学物質等作業主任者テキスト』中央労働災害防止協会
- 2) 厚生労働省安全衛生部化学物質調査課編 (2004)『有機溶剤作業主任者テキスト』中央労働災害防止協会
- 3) “厚生労働省法令等データベースシステム”。(労働安全衛生法施行令別表第6の2：有機溶剤、別表第3：特定化学物質)
<<http://www.hourei.mhlw.go.jp/hourei/index.html>>
- 4) “職域における屋内空気中のホルムアルデヒド濃度低減のためのガイドライン”
<<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/03/h0315-4.html>>
- 5) 経済産業省・環境省（平成13年4月）『PRTR排出量等算出マニュアル』p237
- 6) 野村直史, 水谷聡, 鈴木靖文他 (2004/11/17-19)『京都大学におけるクロロホルム, ジクロロメタンの大気揮散量の推定』廃棄物学会研究発表会講演論文集 15回 (分冊1) : p390~392 (廃棄物学会)