個人サンプリング法による作業環境測定とその実践

産業医科大学 産業生態科学研究所 作業関連疾患予防学研究室 非常勤助教　岩崎 明夫

いわさき　あきお ● 産業医科大学産業生態科学研究所作業関連疾患予防学研究室非常勤助教、ストレス関連疾患予防センター特命講師。専門は作業病態学、作業関連疾患予防学。主に、過重労働対策、メンタルヘルス対策、海外勤務対策、ストレスチェック、特定健診、両立支援の分野で活躍。

作業環境測定は、職場の作業環境においてそのリスクを評価する方法であり、労働安全衛生法第65条で規定されています。2021年4月から、個人サンプリング法による作業環境測定が、対象となる化学物質において認められるようになりました。個人サンプリング法とは、指定の作業場において、その作業に従事する労働者自身の身体に装着する試料採取機器等を用いた測定のことをいいます。従来の作業環境測定では、作業場内の定点に測定機器を設置して測定を行い、A測定、B測定を通して作業環境の有害性を評価してきましたが、個人サンプリング法では、労働者に装着した個人サンプラーを用いてC測定、D測定を通して評価をします。本稿では、個人サンプリング法による作業環境測定についてその特徴、実践、注意点について解説します。

1. 個人サンプリング法の導入の背景と趣旨

職場の有害作業の対策として、作業環境管理――作業管理――健康管理のいわゆる労働衛生の３管理があり、適切な作業環境の管理は対策の基礎とされています。労働安全衛生法では、政令で指定されたものについて事業者に作業環境測定を義務づけています。また、作業環境測定法では、指定事業場においては作業環境測定士による測定、または作業環境測定機関に委託して実施することを規定しています。近年、化学物質の種類の増加、使用法の多様化が進み、発がん等の重大な労働災害の発生も見られることから、化学物質のリスクアセスメントの義務化等のように化学物質管理が強化されてきています。この流れを受けて、第13次労働災害防止計画において、諸外国ですでに導入され効果をあげている個人サンプラーの導入、それによる作業環境測定の実施が盛り込まれ、検討されてきました。

2021年４月から導入された、個人サンプリング法による作業環境測定では、労働者の呼吸域に近い作業着等に装着した小型の測定機器を用いて測定を行います。従来の作業環境測定におけるA測定、B測定と対比して、C測定、D測定と呼びます。C測定はA測定に近いもので、平均値で評価し、D測定はB測定に近く、ばく露濃度が高い時間帯に15分測定して評価します。

個人サンプリング法の特性が活かせる測定の対象として、**表１**が規定されています。有害性が高いため、管理濃度が非常に低く設定されている低管理濃度特定化学物質(化合物含め12種類)や鉛、また有機溶剤(37種類)と発がん性のおそれがある特別有機溶剤（12種類）が含まれます。対象の作業としては、有機溶剤、特別有機溶剤においては、発散源の場所が一定しない作業が考えられます。例として、広範囲に置かれた多数の塗装製品を労働者が有機溶剤を含む塗料を持って移動しながら塗装する作業や、幅の広い印刷機のロールを、労働者が有機溶剤の容器を持って移動しながら拭き取る作業があります。このような作業では、労働者が発散源とともに移動していくため、従来の作業環境測定における定点測定で

表1. 個人サンプリング法による作業環境測定の対象

分類	物質名
低管理濃度特定化学物質	ベリリウム及びその化合物、インジウム化合物、オルトーフタロジニトリル、カドミウム及びその化合物、クロム酸及びその塩、五酸化バナジウム、コバルト及びその無機化合物、3，3’－ジクロロ－4，4’－ジアミノジフェニルメタン、重クロム酸及びその塩、水銀及びその化合物（硫化水銀を除く）、トリレンジイソシアネート、砒素及びその化合物（アルシン及び砒化ガリウムを除く）
鉛	鉛及びその化合物
有機溶剤	アセトン、イソブチルアルコール、イソプロピルアルコール、イソペンチルアルコール（別名イソアミルアルコール）、エチルエーテル、エチレングリコールモノエチルエーテル（別名セロソルブ）、エチレングリコールモノエチルエーテルアセテート（別名セロソルブアセテート）、エチレングリコールモノ－ノルマル－ブチルエーテル（別名ブチルセロソルブ）、エチレングリコールモノメチルエーテル（別名メチルセロソルブ）、オルトージクロルベンゼン、キシレン、クレゾール、クロルベンゼン、酢酸イソブチル、酢酸イソプロピル、酢酸イソペンチル（別名酢酸イソアミル）、酢酸エチル、酢酸ノルマル－ブチル、酢酸ノルマル－プロピル、酢酸ノルマル－ペンチル（別名酢酸イソアミル）、酢酸エチル、酢酸ノルマル－ブチル、酢酸ノルマル－プロピル、酢酸ノルマル－ペンチル（別名酢酸ノルマル－アミル）、酢酸メチル、シクロヘキサノール、シクロヘキサノン、1，2－ジクロルエチレン（別名二塩化アセチレン）、N，N－ジメチルホルムアミド、テトラヒドロフラン、1，1，1－トリクロルエタン、トルエン、二硫化炭素、ノルマルヘキサン、1－ブタノール、2－ブタノール、メタノール、メチルエチルケトン、メチルシクロヘキサノール、メチルシクロヘキサノン、メチル－ノルマル－ブチルケトン
特別有機溶剤	エチルベンゼン、クロロホルム、四塩化炭素、1，4－ジオキサン、1，2－ジクロロエタン（別名二塩化エチレン）、1，2－ジクロロプロパン、ジクロロメタン（別名二塩化メチレン）、スチレン、1，1，2，2－テトラクロロエタン（別名四塩化アセチレン）、テトラクロロエチレン（別名パークロルエチレン）、トリクロロエチレン、メチルイソブチルケトン

出典：厚生労働省「個人サンプリング法による作業環境測定及びその結果の評価に関するガイドライン」より作成

は労働者と発散源のあいだに測定点を設置することができず、適切な評価が難しいことから、個人サンプリング法が適していると考えられます。事業者は個人サンプリング法、または従来の方法のいずれを実施するかは任意に選択でき、衛生委員会等において、労働者の意見も踏まえたうえで十分に審議することが望ましいとされています。また、測定の実施においては、個人サンプリング法について登録されている作業環境測定士による実施、または同様に登録されている作業環境測定機関か、指定測定機関への委託が必要です。

2. 個人サンプリング法の実践

では、実際の測定はどのような考え方と手順となるのでしょうか。

個人サンプリング法による作業環境測定は、単位作業場所における測定対象物質の平均的な状態を把握するC測定と、対象物質の発散源に近接した場所における作業について測定するD測定からなります。C測定では、A測定と同様に労働者の作業中の行動範囲や有害物質の分布等を考慮して単位作業場所を決めます。測定は事前調査等を参考に、単位作業場所において、労働者の作業中の行動範囲や測定対象物質の分布等の状況を踏まえて、労働者がばく露する物質の量がほぼ均一であると見込まれる作業（均等ばく露作業）ごとに行います。測定の対象者数は、原則として単位作業場所のすべての労働者、またはばく露状態を代表する5人以上の労働者数とします。ただし、作業に従事する労働者が5人未満の場合、同一の作業日にその作業に従事する時間を均等に分割して、測定サンプル数を5個以上とする分割サンプリングが可能となります。測定時間は、C測定においては、対象となる作業に従事する時間中は継続してすべて測定することが基本ですが、同一の作業が2時間を超えて繰り返される場合は2時間の測定に短縮することが可能です。例えば、6時間の対象作業がある場合は、そのうちの2時間の測定とすることが可能です。また、D測定では、ばく露がもっとも高くなると思われる時間に、そのうち連続した15分間を測定します。この場合は、連続する作業時間が15分未満の場合、D測定は実施できませんので、C測定のみで評価します。

表2. 個人サンプリング法の実践

	C測定／D測定	備考
対象作業場	屋内に限る	
単位作業場所	労働者の作業中の行動範囲、対象物質の分布等から決定	
測定対象作業	均等ばく露作業	
測定対象者数	従事労働者全員または5人以上	
測定器具／位置	個人サンプラー／呼吸域近傍	＊パッシブ、またはアクティブサンプラー等
測定時間	C測定：作業時間（2時間以上） D測定：最も高濃度の時間に15分	＊分割サンプリング可 ＊B測定は10分以上

出典：厚生労働省「個人サンプリング法による作業環境測定及びその結果の評価に関するガイドライン」より作成

3. 測定実施後の評価と作業環境の改善

個人サンプリング法による作業環境測定において、測定実施後の評価と改善の手順は、従来の作業環境測定の実施後の手順と同様です。C測定、D測定の実施後、結果の評価として、評価値（第1評価値、第2評価値）の計算、及びそれらによる測定結果の評価を行います。評価値の計算法は、同一の作業日において測定を実施した場合と、連続する2作業日において測定を実施した場合は計算法が異なります。また、連続する2作業日で測定を実施できない合理的事情がある場合は、もっとも間隔が近い2日の作業日を選択して測定します。注意点としては、測定対象物質の濃度が測定可能な定量値の下限未満の測定値については、評価値を計算する場合に過度に低く評価することを避けるために、定量下限値をその測定値として計算すること、測定値が管理濃度の1/10未満の測定値については、管理濃度の1/10をその測定値とすることができること、有機溶剤等において複数の成分を含む混合物については、種類ごとの測定値と換算値を用いて換算式に従い計算すること、等があります。

測定結果の評価は、**表3**のように第1評価値、第2評価値に基づき、管理濃度との比較を行い、管理区分を決定します。この管理区分に基づき、事業者は作業環境の改善のための措置を実施することになります。もっとも作業環境の悪い第3管理区分となった場合、ただちに施設、設備、工程、作業方法の点検を行い、第1管理区分や第2管理区分となるために必要な改善措置を行い、実施後の再測定を行う必要があります。また、作業をする労働

表3. C測定のみ、及びC測定とD測定を実施した場合の管理区分

C測定のみを行った場合

C測定		
第1評価値<管理濃度	第2評価値≦管理濃度≦第1評価値	第2評価値>管理濃度
第1管理区分	第2管理区分	第3管理区分

C測定及びD測定をを行った場合

		C測定		
		第1評価値<管理濃度	第2評価値≦管理濃度≦第1評価値	第2評価値>管理濃度
D測定	D測定値<管理濃度	第1管理区分	第2管理区分	第3管理区分
	管理濃度≦D測定値≦管理濃度×1.5	第2管理区分	第2管理区分	第3管理区分
	D測定値>管理濃度×1.5	第3管理区分	第3管理区分	第3管理区分

出典：厚生労働省「個人サンプリング法による作業環境測定及びその結果の評価に関するガイドライン」より作成

表4. 結果の記録と保存期間

	測定結果	測定結果の評価
記録事項	ア　測定日時 イ　測定方法 ウ　測定箇所 エ　測定条件 オ　測定結果 カ　測定を実施した者の氏名 キ　測定結果に基づいて労働者の健康障害の予防措置を講じたときは、その措置の概要	ア　評価日時 イ　評価箇所 ウ　評価結果 エ　評価を実施した者の氏名
記録の保存（3年間）	1　低管理濃度特定化学物質(以下30年間の保存の物質を除く) 2　鉛 3　有機溶剤	
記録の保存（30年間）	1　低管理濃度特定化学物質のうち、 ・ベリリウム及びその化合物 ・インジウム化合物 ・クロム酸及びその塩 ・コバルト及びその無機化合物 ・3，3’－ジクロロ－4，4’－ジアミノジフェニルメタン ・重クロム酸及びその塩 ・砒素及びその化合物(アルシン及び砒化ガリウムを除く) 4　特別有機溶剤	1　低管理濃度特定化学物質のうち、 ・ベリリウム及びその化合物 ・クロム酸及びその塩 ・コバルト及びその無機化合物 ・3，3’－ジクロロ－4，4’－ジアミノジフェニルメタン ・重クロム酸及びその塩 ・砒素及びその化合物(アルシン及び砒化ガリウムを除く) 4　特別有機溶剤

出典：厚生労働省「個人サンプリング法による作業環境測定及びその結果の評価に関するガイドライン」より作成

者には適切な呼吸用保護具を使用させるとともに、日常の点検や交換を適切に実施し、必要に応じて臨時の特殊健康診断の実施等も講じることになります。産業医や地域産業保健センター等にも相談しましょう。また、第2管理区分においても、事業者は点検するとともに、必要な改善措置を進めることが努力義務とされています。

これらの作業環境測定結果は、適切に管理や保存をする必要があります。管理区分や改善措置については、作業する労働者に確実に周知するために、(1)常時各作業場に掲示するか備えつけておくこと、(2)書面で労働者に交付すること、(3) PC等の電子機器を用いて労働者が常時確認できるようにすること、のいずれかが求められています。保存については、測定結果、測定結果の評価とも記録が必要であり、保存が必要な期限も定められています。特に発がん性が指摘されている物質については、保存期間が30年間と非常に長期になりますので、紙面でも保存しておく等、途中で誤って散逸や消去しないように保存方法や保存場所にも注意が必要です。

コラム　個人ばく露測定と個人サンプリング法による作業環境測定

化学物質を使用する作業においては、その有害要因の正確なリスク評価を行うことは非常に大切です。主に欧米では、化学物質等の有害物質を取り扱う作業を行う労働者個人の健康リスク評価として個人ばく露測定が行われており、個人サンプラーが利用されています。わが国でも、個人ばく露測定として、日本産業衛生学会産業衛生技術部会より「化学物質の個人ばく露測定のガイドライン」が発行され、近年活用されてきました。

今回導入された個人サンプリング法による作業環境測定は、個人ばく露測定には該当しないものとされています。測定器具にパッシブサンプラーや携帯式ポンプ等の個人サンプラー（アクティブサンプラー）を用いる点や、労働者の呼吸域（呼吸で化学物質を吸入する可能性のある高さや近さ）における測定を実施する点では、個人ばく露測定と同等といえます。一方で、異なる点としては、その目的が個人サンプリング法による作業環境測定では「有害作業における場のリスク評価」にあるのに対して、個人ばく露測定では「有害作業における個人のリスク評価」にあるという点があります。このため、個人サンプリング法による作業環境測定では評価値として「作業時間平均値」を用いて「管理濃度」と比較しますが、個人ばく露測定では「8時間平均値」を用いて「ばく露限界値」と比較することになります。このように、もっとも大きな違いは、場の評価か、個人の評価かという点にあります。個人サンプリング法による作業環境測定が、管理濃度を用いるために作業時間の長さが厳密には考慮されていないのに対して、個人ばく露測定では8時間平均値を算出してばく露限界値と比較するため、作業時間を考慮した評価となり、実作業に近い評価をすることができるということになります。個人サンプリング法による作業環境測定では、短時間の作業においては実際より厳しい評価となるため、安全域を広くとることになるという側面もあります。

個人ばく露測定と個人サンプリング法による作業環境測定におけるこのような違いは、長年作業環境測定を労働衛生の3管理の基本として実践し、場の改善に効果を挙げてきたわが国の労働衛生の現場において、個人サンプラーの活用を推進していくひとつのステップということができます。今後は場の評価としての作業環境測定と、労働者のリスク評価としての個人ばく露測定を特徴に応じて適切に展開していくことが期待されています。

表. 個人サンプラー法による作業環境測定と個人ばく露測定の主な特徴

	個人サンプラー法による作業環境測定	個人ばく露測定
目的	場の評価・管理	個人のリスク評価・管理
サンプリング器具	個人サンプラー	個人サンプラー
サンプリング位置	呼吸域	呼吸域
測定時間	作業時間中	8時間または作業時間中
評価に用いる値	作業時間平均値	8時間平均値
基準値	管理濃度	ばく露限界値（8時間）

出典：筆者作成