

## 作業環境測定士の育成

飛鳥 滋, 宮部 寛志

### 1 緒言

日本作業環境測定協会のホームページには、この協会が作業環境測定士の品位の保持ならびに作業環境測定士および作業環境測定機関の業務の進捗改善に資することを目的として設立された公益社団法人であることが記載され、労働安全衛生法第2条では「作業環境測定」とは「作業環境の実態を把握するため空気環境その他の作業環境について行うデザイン、サンプリングおよび分析（解析を含む）をいう」と定義されている。周知の如く「作業環境測定」は作業現場や生産プロセスの労働環境や安全衛生の保全と維持管理に関して重要な役割を果たしており、さらにその実務は「分析化学」と密接に関連している。しかし、その実施体制、業務内容や社会的意義・位置付け等については十分に知られていない事柄が多いように思われる。

そこで本稿では、「分析化学」が深くかかわる社会貢献の一つの事例として「作業環境測定」を採り上げ、その内容や人的資源である「作業環境測定士」の育成・研修に関する取り組み（測定技能の向上に資する登録講習等）について説明する。前半では日本作業環境測定協会の飛鳥滋（副会長）が「作業環境測定士制度の概要」について記述し、作業環境測定の目的、方法、測定結果の評価および資格制度について解説する。後半では宮部寛志（立教大学特別専任教授）が登録講習の講義を担当している講師としての立場から講習内容、および登録講習等に関する所見を記述する。

### 2 作業環境測定士制度の概要

#### 2・1 作業環境測定

職場で用いる化学物質には、急性中毒や皮膚障害、内臓疾患あるいは職業がんなど、人体に対する有害作用を持つものがある。これらはできれば使用しないことがベストであるが、用いなければならない場合には、取り扱う作業が極力そのガス、蒸気、粉じんなどを身体に取り込まない措置が必要である。

このため、労働者に対する健康リスクを考慮すべき有害化学物質の取り扱い作業を国が特定し、それぞれ規則（特定化学物質障害予防規則、有機溶剤中毒予防規則など）でばく露防止のために事業者が採るべき措置を規定している。

例えば、有害物の発散源を密閉する設備や局所排気装置の設置などである。

しかし、その結果、作業場所の空気中の有害物濃度が、作業者がそこで毎日作業を続けても健康上問題ないレベルとなっているか否かは、実際に空気をサンプリングし、有害物の濃度を化学分析により確認する必要がある。

このために行う「デザイン、サンプリングおよび分析」の一連の過程を労働安全衛生法第2条で「作業環境測定」と定義し、同法第65条で一定の作業場所について一定の頻度で作業環境測定を実施することを事業者 に義務付けている。

労働安全衛生法（以下「法」）第65条では、化学物

表1 指定作業場と測定対象物質、測定頻度、記録の保存期間など

指定作業場	測定の対象	測定頻度	記録の保存期間
1 土石、岩石、鉱物、金属又は炭素の粉じんを著しく発散する屋内作業場	空気中の濃度及び粉じん中の遊離酸含有率	6月以内に1回	7年間
2 放射線業務を行う屋内作業場のうち「放射性物質取扱作業室」及び「事故由来廃棄物等取扱施設」	空気中の放射性物質の濃度	1月以内ごとに1回	5年間
3 特定化学物質（第1類物質又は第2類物質）を製造し、又は取り扱う屋内作業場等	第1類物質又は第2類物質の空気中の濃度	6月以内ごとに1回	3年間（30年間）
4 石綿等を取り扱い、若しくは試験研究のため製造する屋内作業場	石綿の空気中における濃度	6月以内ごとに1回	40年間
5 一定の鉛業務を行う屋内作業場	空気中の鉛の濃度	1年以内ごとに1回	3年間
6 第1種有機溶剤又は第2種有機溶剤を製造し、又は取り扱う屋内作業場	当該有機溶剤の濃度	6月以内ごとに1回	3年間

質のほか気温、湿度、騒音、放射線量などについても事業者が定期的な作業環境測定を義務付けているが、これらのうち、特に測定に専門知識、技術が必要な作業場を「指定作業場」（表 1 参照）と定義し、指定作業場の測定は、国家資格である「作業環境測定士」に行わせなければならないことを作業環境測定法で規定している。

## 2・2 作業環境測定基準

作業環境測定は、前述のようにデザイン、サンプリングおよび分析を言い、厚生労働大臣が定める「作業環境測定基準」（告示）に従って行わなければならない。

作業環境測定＝[デザイン→サンプリング→分析]

「デザイン」とは、作業環境測定の実施のため測定を行う場所を事前に見聞して、測定対象物質を用いる作業を行う作業者の行動範囲と測定対象有害物質のガス、蒸気、粉じんなどの拡散範囲から、作業環境測定を行う単位となる場所的範囲である「単位作業場所」及び測定実施日時等を決定すること、具体的にサンプリング箇所を決定することなどを言う。

単位作業場所の決定は、「層別化」の概念に基づいて行う。

測定方法には、無作為抽出法（単位作業場所の縦横 6メートル以内の等間隔に引いた交点を固定測定点とする）で選定した測定点（最低 5 点以上になるようにする）で各 10 分以上試料採取を行う方法（A 測定）と有害物のばく露の程度がほぼ同様な作業（均等ばく露作業）を行う作業グループから 5 名以上を選定し作業者に個人サンプラーを装着して作業時間中にわたり個人サンプラーに試料を採取する方法（C 測定）がある。測定で得られた五つ以上の測定結果を標本とし、母集団としての単位作業場所の有害物の気中濃度分布を確立統計的手法で推計する。この手法は、有害物の空気中の濃度分布が対数正規分布で近似できるということに基づいている。

有害物の容器を保持しつつ作業を行うなど、特定の作業者が特に高濃度の有害物にばく露するおそれがある作業場では、A 測定、C 測定に加えて当該特定の労働者がばく露する可能性がある最も高い気中濃度を評価することとし、その労働者の呼吸域で一定時間サンプリングを行う。

A 測定に付随して行うものは B 測定と称し、C 測定に付随するものは D 測定と称している。D 測定は個人サンプラーを装着して行う。

## 2・3 作業環境測定基準による作業環境の良否の評価

作業環境測定の目的は、単位作業場所の測定点の測定値を求めることそれ自体ではなく、測定値を用いて作業場所が労働者の健康にとって問題がない状態か、改善が必要であるかを評価し、改善が必要ならばその実施に導くことである。このため、法 65 条の 2 では、測定結果を用いて作業場所の環境を評価し、必要な場合は改善措置を講じることを事業者が義務付けている。

作業環境測定の方法が作業環境測定基準で定められていると同様、測定結果を用いた当該作業環境の良否の評価方法は、「作業環境評価基準」（告示）で定められている。

A 測定又は C 測定の測定値については、当該評価基準で与えられた方法により統計処理され、単位作業場所の作業環境の良し悪しが判定される。

具体的には、A 測定で言えば、測定値を用いて第 1 評価値  $E_{A1}$ （単位作業場所において考える「全ての測定点の作業時間における有害物質の濃度の実現値」のうち、高濃度側から 5 % に相当する濃度の推定値）と第 2 評価値  $E_{A2}$ （単位作業場所における気中有害物質の算術平均濃度の推定値）を算出し、これを厚生労働大臣が物質ごとに与えている「管理濃度」E と比較することにより、作業環境を第 1 管理区分から第 3 管理区分のいずれになるかを評価する。その評価基準と 3 つの管理区分の意味は表 2 のとおりである。

表 2 A 測定（または C 測定）に基づく管理区分

管理区分	E, $E_{A1}$ , $E_{A2}$ の関係*	管理区分の意味	環境管理の状態
第 1 管理区分	$E_{A1} < E$	単位作業場所のほとんど（95 % 以上）の場所で気中有害物質の濃度が管理濃度を超えない状態にある。	良く管理されており、有害物の気中濃度は充分低い。
第 2 管理区分	$E_{A2} \leq E \leq E_{A1}$	単位作業場所の気中有害物質の濃度の平均が管理濃度を超えない状態にあるが、第 1 管理区分の状態に比べ有害物質濃度は高く、作業環境に改善の余地がある。	（中間状態）第 2 管理区分よりも環境はいいが、なお点検を行い、第 1 管理区分にすることが望ましい。
第 3 管理区分	$E < E_{A2}$	単位作業場所の気中有害物質の濃度の平均が管理濃度を超える状態にある。	改善を要する。有害物の気中濃度を下げするために作業環境の改善措置を行い、第 1 管理区分又は第 2 管理区分になるようにしなければならない。

\* C 測定の場合は、 $E_{A1}$ ,  $E_{A2}$  はそれぞれ  $E_{C1}$ ,  $E_{C2}$  となる。

表3 B測定（またはD測定）の管理区分

管理区分	管理濃度との関係
第1管理区分	「B測定（またはD測定）による測定値<管理濃度」であるとき
第2管理区分	「管理濃度 $\leq$ B測定（またはD測定）による測定値 $\leq$ 管理濃度の1.5倍」であるとき
第3管理区分	「B測定による測定値>管理濃度の1.5倍」であるとき

なお、この方法は、C測定も同じである。

一方、B測定又はD測定については、測定結果を直接「管理濃度」と比較して第1管理区分から第3管理区分のいずれになるかを評価する。その基準は表3のとおりである。各管理区分の意味付けは、表2と同様である。

ここで、A測定に加えてB測定も行った場合は、単位作業場所の作業環境の最終的評価は、A測定の評価結果とB測定の評価結果のうち、悪い方の管理区分をとる。C測定に加えてD測定も行った場合も同様の考え方である。

#### 2.4 第1種作業環境測定士と第2種作業環境測定士

以上が測定制度の概要であるが、以下では作業環境測定士と講習について述べる。

作業環境測定法は、指定作業場の測定を行う専門資格者である作業環境測定士と、作業環境測定士を雇用し事業者の求めに応じて作業環境測定を行う作業環境測定機関に関する必要事項を定める法律である。同法では、作業環境測定士は第1種作業環境測定士と第2種作業環境測定士の2種類が規定されており、両者の違いは、次のとおりである。

なお、第1種測定士は、試験区分により鉱物性粉じん（石綿を含む）、放射性物質、特定化学物質（金属を除く）、金属類及び有機溶剤の5種類がある。

○第1種測定士=すべての指定作業場についてのデザイン、サンプリングおよび5種類の区分のうち登録を受けた区分に該当する指定作業場にかかる分析が実施可能

○第2種測定士=すべての指定作業場についてデザイン、サンプリングのみ実施可能（但し、検知管及びデジタル粉じん計を用いた簡易測定（対象物質等は作業環境測定基準に規定）は実施できる。）

#### 2.5 作業環境測定士講習

作業環境測定士になるためには、原則として作業環境測定士試験（指定試験機関が実施）に合格し、登録講習機関が行う「作業環境測定士講習」を修了し、作業環境測定士名簿（指定試験機関が保有）に登録を受けることが必要である。

試験及び講習の科目及び時間等は「作業環境測定士規程」（告示）に定められている。

このうち、講習は、第1種、第2種測定士共に受講が必要な「共通科目」と第1種測定士が区分に応じて受講が必要な「選択科目」がある。

共通科目は、「労働衛生管理の実務」（6時間）とデザイン・サンプリングの実務」（12時間）の3日間の講習として行われる。

「選択科目」は、区分に応じて各12時間の講習で、分析の実務を中心に各2日間で行われる。

表4に、「選択科目」のうち、特定化学物質、金属及び有機溶剤について、当協会のカリキュラムを紹介する。

表4 特定化学物質、金属及び有機溶剤にかかる講習カリキュラム

資格区分	講義または実習内容		
	講義の範囲	1日目	2日目
特定化学物質	吸光光度分析方法、ガスクロマトグラフ分析方法、高速液体クロマトグラフ分析方法、原子吸光分析方法、蛍光光度分析方法及び重量分析方法に用いる分析機器等の取扱い上の注意事項について	講義「分析機器取り扱い上の注意」 実習1.「ガスクロマトグラフ分析法によるベンゼンの濃度測定」 1-1 直接捕集方法 (1) 標準ガス発生装置からの試料ガス採取 (2) 定量分析 1-2 固体捕集方法 (1) 標準ガス発生装置からの試料ガス採取 (2) 脱着操作 (3) 定量操作 計算及びレポート作成	実習2.「吸光光度分析法によるフッ化水素の濃度測定」 2-1 液体捕集法 (1) 試料液等の前処理 (2) 定量操作 計算及びレポート作成 修了試験 (1) 実技試験 (2) 筆記試験

次ページに続く

表4 つづき

資格区分	講義または実習内容		
	講義の範囲	1日目	2日目
金属類	吸光光度分析方法、原子吸光分析方法、けい光光度分析方法及び誘導結合プラズマ質量分析方法に用いる分析機器等の取扱い上の注意事項について	講義「分析機器取り扱い上の注意」 実習1.「原子吸光分析法による鉛の定量分析」 1-1 有機溶媒抽出法 (1) ろ紙試料の溶解 (2) 試料溶液と標準系列液の調製 (3) 定量操作 計算及びレポート作成	1-2 直接法 (1) ろ紙試料の溶解 (2) 試料溶液の調製 (3) 定量操作 計算及びレポート作成 実習2.「吸光光度分析法によるクロムの定量分析」 2-1 液体捕集法 (1) 試薬調製 (2) 試料溶液と標準系列液の調製 (3) 定量操作 計算及びレポート作成 修了試験 (1) 実技試験 (2) 筆記試験
有機溶剤	吸光光度分析方法、ガスクロマトグラフ分析方法に用いる分析機器等の取扱い上の注意事項について	講義「分析機器取り扱い上の注意」 実習1.「ガスクロマトグラフ分析法によるトルエンの濃度測定」 1-1 定性分析 トルエンの同定 1-2 直接捕集法 (1) 試料ガスの直接捕集 (2) 定量操作 1-3 固体捕集法 (1) 試料ガスの固体捕集 (2) 脱着操作 (3) 定量操作 計算及びレポート作成	実習2.「吸光光度分析法による酢酸エチル濃度の測定」 2-1 液体捕集方法 (1) 試料ガスの液体捕集 (2) 定量操作 2-2 計算及びレポート作成 実習3.「検知管法による混合有機溶剤の測定」 3-1 併行測定及び各測定点の測定 3-2 計算及びレポート作成 修了試験 (1) 実技試験 (2) 筆記試験

### 3 本講習の意義・特徴等

この講習は、国家資格の取得を通じて法令に基づく実務に直結している意味で、大学等における教育とは位置づけが異なる。受講者の共通点は、国家試験に合格したか、あるいは受験が免除される他の資格を有するなどであり、受講者がどのような組織でどのような業務を行っている、どのような経緯を経てこの講習の受講に至ったかは、一様なものではない。法令による免除者も個々に同等以上という担保があるわけではない。

中には、化学分析などとは無縁の業務に従事し、いきなり受講するというケースもある。

このような極めて多岐にわたるバックグラウンドの者に気持ちよく参加してもらい、円滑にカリキュラムを消化してもらうことは実施者として最低要件である。

受講者は、法令業務を任せられるには作業環境測定機関等で少なからずOJTの期間を過ごすことになる。実習においては、その基礎を提供するためにも、検量線や定量下限、単位など分析の基本事項の確実な理解と機器分析においては操作手順を追うことよりも分析の原理の理解を重視している。

### 4 作業環境測定士登録講習の講義を担当する講師としての所見

企業は産業・生産活動を通して社会貢献や社会的役割を果たす。それにより利益を獲得し、社会的存在意義を示して組織として社会に存続する。これらの活動は二種類の環境負荷を伴う。一つは外部環境に対する化学的負荷（水質汚濁や大気汚染等）および物理的負荷（騒音や振動等）である。昭和40年代以前はこの外部環境への負荷とその影響は考慮されず、官民を問わず生産性の向上と収益の増大だけを追求した。その結果、各地で環境汚染が進行し、深刻な公害問題が発生した。それを契機として環境保全に関する法律制定等の社会体制の整備が進み、約半世紀を掛けて日本の環境問題は現在の状況に至っている。現在では多くの企業が「エコ」、「SDGs」、「地球環境」、「サステナブル」や「カーボンニュートラル」等のキーワードを含むキャッチコピーを社会に向けて発信している。これは「組織経営に対する高い倫理観」、「持続可能な社会の発展と実現に対する責任感」および「人間と環境への配慮という理念」を企業が明確に保有すること、さらに言葉だけではなくそれを実際の行

動で実践することを社会や市民がしっかりと見て（監視して）おり、それを踏まえないければ企業経営や会社の存続自体が成り立たない時代、すなわち社会や市民が企業活動を監視する社会体制になったことを示している。

一方、もう一つの環境負荷は生産活動がもたらす作業員・労働者への負荷である。上記の外部環境への負荷に比べて、この作業・労働環境への負荷は外部（社会や市民）からは見え難い。そのため、上記のような作業環境の保全に関する法律が整備され、作業環境測定が事業者には義務付けられている。企業の生産活動に対する社会や市民の視方の変遷に伴い作業環境の保全と維持管理に関する社会や企業の意識も時代と共に変化し、作業環境測定の枠組みや取り組み方も変化してきている。作業環境のより一層の改善に向けた動きは今後も進展するものと想定されるが、作業環境データはその方向性を判断して方策を策定する上での重要な基本情報であり、その正確な測定が非常に重要である。作業環境測定では所定の方法論に準拠して管理対象物質を正確に定量分析することが求められるが、それには以下のような要件が伴うため、作業環境測定士には作業環境測定に関連する様々な要素に関する幅広い知見と深い理解が求められる。

(1) 常に変動する作業環境の試料サンプリングの回数は基本的には一回である。限られた試料条件下においても所定の方法論により正確な測定値を取得（測定）できる高い分析技能が求められる。

(2) 分析条件や測定操作全体の状況を広く俯瞰し、それらを十分に踏まえた上で作業環境測定結果の妥当性を総合的に判断する能力が求められる。

(3) 作業環境測定に関する分析法や操作手順をブラックボックス化させることなく、その特徴や原理・機構を十分に理解する必要がある。分析結果の妥当性を検証するため、測定原理の異なる他の方法論による分析を必要とする場合もあり、分析化学に関する幅広い知見と技術の修得が求められる。

「作業環境測定士」としての登録に必要な作業環境測定士登録講習は講義（座学）と実習（実験）とで構成されている。当方は一部の資格区分（特定化学物質と金属類）の講義を担当しているが、講義では管理対象物質の定量分析に関連する基礎的な情報や知見を講義形式で解説する。作業環境測定で汎用される機器分析法を講習対象とし、「特定化学物質」講習では「吸光光度法」と「クロマトグラフィー」、また「金属類」では「吸光光度法」、「蛍光光度法」、「原子吸光法」、「誘導結合プラズマ発光分光分析法（ICP-AES）」および「誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）」を取り上げる。限られた時間での講義ではあるが、それらの特徴、測定原理、装置構成、実験上の注意点およびデータ解析理論等を説明し、分析対象物質を正確に定量分析する上で重要な情報を提供している。

一方実習では、いくつかの具体的な測定対象物質を採り上げてその定量分析を行い、実際の測定を通して関連する実験操作手順や注意事項、データ処理計算やレポート作成方法等を習得する。実習の際には、指導員から受講生に対して、実験器具やガラス製測定容器の基本的な使用方法や実験操作の具体的なノウハウ等に関する説明が行われる。さらに、受講生の中には実務経験の豊富な方も多く、受講生同士の間での情報交換が行われる場合も見受けられる。

日本作業環境測定協会では、作業環境測定士試験に合格した後に受講する上記の登録講習だけではなく、その他にも「作業環境測定士制度」にかかわる以下のような様々な事業を執り行っている。

(1) 作業環境測定士試験の受験に対する準備としての「受験準備講習」

(2) 作業環境測定の技術力を評価する「総合精度管理事業」：模擬試料を測定対象として、作業環境測定のデザインからサンプリング、そして分析に至る一連の過程が、適切・正確に行われていることを評価する。

(3) 「総合精度管理事業」のフォローアップ講習会：上記(2)の評価が「不合格」となった事業者や機関に対する講習

## 5 結 言

分析化学は学術的には化学の最も基礎を成す学問体系である。一方実務面では、分析化学は様々な計測・測定業務と関連し、応用展開している。今回の企画「令和の分析化学教育」の「分析関連資格の講習関係」に関連する話題として本稿では「作業環境測定士登録制度と登録講習」を採り上げた。作業環境測定の実務は「分析化学」と密接に関連しており、本稿ではその実施体制、業務内容や社会的意義・位置付け等に関する概要を説明した。



飛鳥 滋 (Shigeru ASUKA)

公益社団法人日本作業環境測定協会  
(〒108-0014 東京都港区芝4丁目4番5号 三田労働基準協会ビル6階) 東北大学大学院理学研究科(化学専攻)修士課程修了。



宮部 寛志 (Kanji MIYABE)

立教大学理学部化学科(〒171-8501 東京都豊島区西池袋3-34-1) 富山大学大学院理学研究科化学専攻修士課程。博士(工学)。《現在の研究テーマ》モーメント理論に基づく高性能液相分離系の分析機能創出。《主な著書》“分析化学用語辞典”，社団法人日本分析化学会編，(オーム社)，(2011)，(分担執筆，46項目執筆)。

E-mail : kmiyabe@rikkyo.ac.jp