

作業環境測定のための

デザイン・ サンプリングの実務

—A・B測定編—(上)

公益社団法人 日本作業環境測定協会



まえがき

作業環境中に有害な因子が存在する場合には、これらの有害因子がどの程度存在し、その作業環境で働く労働者がこれらにどの程度さらされているのかを把握するとともに、その結果に応じた作業環境の改善措置等を講じることが必要です。これは労働衛生管理を進めるうえで必要な三つのアプローチである作業環境管理、作業管理及び健康管理のうち、最も基本的かつ重要な「作業環境管理」の中核をなすプロセスにはかたがたなりません。

そして、この作業環境管理を適切に行うための入り口である「作業環境中の有害物の気中濃度」を正しく知ることが作業環境測定役割となります。

作業環境測定は、労働安全衛生法第2条において、「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、サンプリング及び分析（解析を含む）をいう」と定義されています。

そして、その科学的、客観的な実施方法を担保するために、同法第65条第1項に規定する作業場についての作業環境測定は、厚生労働大臣が定める「作業環境測定基準」に従って行うことが規定されています。

これらの作業環境測定を的確に実施するために、「作業環境測定基準」に則り、『作業環境測定ガイドブック』が当協会から刊行されています。

『作業環境測定ガイドブック』は、その対象とする物質の種類別等に応じて構成されており、指定作業場に係るA・B測定のデザインおよびサンプリングに関しては、これまで『作業環境測定ガイドブック 0』に掲載していました。

しかし、令和2年1月27日付けで「作業環境測定基準」が改正され、令和3年4月1日以降は、特定化学物質および有機溶剤等にかかる一部の作業場ならびに鉛等に係る作業場の労働安全衛生法第65条の測定は、従来のA・B測定に加えて、C・D測定（個人サンプラーを労働者の身体に装着して行う測定方法）が導入されることにより、新たにC・D測定に係るデザイン・サンプリングのガイドブックとして『作業環境測定のためのデザイン・サンプリングの実務—C・D測定編—』を令和2年9月に刊行しました。

これを契機に、A・B測定に係るデザインおよびサンプリングについても、『作業環境測定ガイドブック 0』の内容を精査し、法令（作業環境測定士規程）に規定する「作業環境測定士講習」の内容のみを上巻に掲載し、その他参考となる内容であっても規程に定めのないものは下巻に掲載することで再整理を図り、『作業環境測定のためのデザイン・サンプリングの実務—A・B測定編—』として新たに刊行することとし、『作業環境測定ガイドブック 0』は廃止することといたしました。

2 まえがき

本書は、作業環境測定士規程に準拠し、作業環境測定士講習の「作業環境について行うデザイン及びサンプリングの実務のうち個人サンプリング法以外のものに係るもの」に関するテキストとして作成しておりますが、「作業環境測定士試験」における「作業環境について行うデザイン及びサンプリング」の科目の範囲と概ね一致しておりますので、当該試験準備の参考書としてもお使いいただけます。

本書が、作業環境管理に携わる関係各位に広く活用され、作業環境測定および測定結果に基づく作業環境評価の技術水準、精度等の一層の向上に寄与することを期待するものです。

最後に、今回の改訂に際し、ご協力をいただきました編集委員会委員の各位に深甚なる感謝の意を表します。

令和3年3月

(公社)日本作業環境測定協会

目 次

第Ⅰ章 作業環境測定目的

1.1 労働衛生管理における作業環境測定的位置付けおよび目的	8
1.2 作業環境測定士の役割	8

第Ⅱ章 デザインの方法

2.1 デザインの重要性	12
2.1.1 測定対象範囲と測定対象物質の明確化	12
2.1.2 層別化	13
2.1.3 デザインを行う際の遵守事項と判断事項	14
2.2 測定対象物質の決定	14
2.3 単位作業場所の範囲の設定	19
2.4 測定点の設定	20
2.4.1 A測定点の設定方法	20
2.4.2 A測定の実施方法	23
2.4.3 A測定のサンプリング時間の設定	24
2.4.4 B測定の必要な作業場	24
2.4.5 B測定点の決め方	24
2.4.6 B測定の実施方法	25
2.4.7 併行測定点の決め方	26
2.4.8 併行測定の実施方法	27
2.5 測定実施日と測定時間帯の設定	27
2.5.1 測定実施日	27
2.5.2 測定時間帯	28

第Ⅲ章 サンプリングの方法

3.1 作業環境測定におけるサンプリングの位置付け	30
3.2 捕集方法の種類	30
3.2.1 流量による捕集装置の区分	30
3.2.2 ろ過捕集方法	30
3.2.3 直接捕集方法	31
(1) 真空捕集瓶による採取	31

4 目 次

(2) 捕集袋（バッグ）による採取	32
(3) 共通事項	33
3.2.4 固体捕集方法	33
(1) シリカゲルによる捕集	34
(2) 活性炭による捕集	34
(3) ポーラスポリマーによる捕集	35
(4) その他の捕集（固体捕集—加熱脱着—パージトラップ法）	35
(5) 破 過	36
(6) 脱着率	36
(7) 脱着率の実際的な求め方	37
(8) 回収率	38
3.2.5 液体捕集方法	39
(1) 試料の捕集および処理	39
(2) 捕集器具	39
(3) 捕集率	40
3.3 吸引試料空気量の求め方	41
3.4 吸引空気量と流量較正について	42
3.4.1 流量計の較正	42
3.4.2 流量計の較正方法	42
(1) 低・中流量	42
(2) 高流量	43
3.4.3 各種捕集方法別流量較正方法	44
(1) 固体捕集方法	44
(2) 液体捕集方法	45
(3) ろ過捕集方法	45
3.4.4 流量の補正（面積式流量計）	45
3.5 簡易測定機器について	46
3.5.1 粉じん計	46
(1) 相対濃度	46
(2) 相対濃度計の特徴	46
(3) 光散乱方式の測定器	46
(4) 圧電天秤方式の測定器	47
(5) 粉じん計の保守管理	47
(6) 質量濃度変換係数（ K 値）の求め方	47
(7) 併行測定を必要としない場合の算出方法	48
3.5.2 検知管法	50
(1) 原 理	50
(2) 器 具	50

(3) 真空法ガス採取器の取り扱い上の注意	51
(4) 定 量	52
(5) その他の注意	52
(6) 連続吸引式検知管法	53
3.5.3 検知管と同等以上の性能を有する測定機器	54
3.6 測定値の出し方	54
3.7 粉じんのサンプリング方法	57
3.7.1 鉱物性粉じんの捕集方法	57
3.7.2 分粒装置	57
3.7.3 ろ過材（フィルター）	58
3.7.4 流量計	58
3.7.5 圧力計	59
3.7.6 吸引ポンプ	59
3.7.7 試料空気の採取時間	59
3.8 石綿およびリフラクトリーセラミックファイバー（RCF）のサンプリング方法	60
3.8.1 サンプリング用のフィルター	60
3.8.2 フィルターホルダー	60
3.8.3 流量計	60
3.8.4 吸引ポンプ	60
3.8.5 捕集空気量の調整	60
3.9 特定化学物質のサンプリング方法	61
3.9.1 常温，常圧で固体である特定化学物質	61
3.9.2 常温，常圧で液体である特定化学物質	66
3.9.3 常温，常圧で気体である特定化学物質	66
3.9.4 検知管法とろ過捕集方法	66
3.10 金属類のサンプリング方法	68
3.10.1 粒子状物質，ガス状物質の測定方法	68
3.11 有機溶剤のサンプリング方法	72
3.11.1 検知管法	73
3.11.2 液体捕集方法	74
3.11.3 固体捕集方法	76
3.11.4 直接捕集方法	77

第IV章 評価値の計算と管理区分の決定

4.1 作業環境評価基準の考え方	80
4.2 環境空気中の有害物質の濃度分布	80
4.3 A 測定の結果の取り扱い	82

6 目 次

4.3.1 幾何平均と幾何標準偏差	82
(1) 幾何平均の求め方	82
(2) 幾何標準偏差の求め方	82
(3) 著しく低い濃度の取り扱い	83
4.3.2 A 測定の管理水準と評価値の計算	83
(1) 第1管理水準と第1評価値 E_{A1}	83
(2) 第2管理水準と第2評価値 E_{A2}	84
4.4 B 測定の結果の取り扱い	85
4.5 作業環境評価基準	85
4.5.1 第1評価値と第1管理区分	85
4.5.2 第2評価値と第3管理区分	85
4.5.3 第2管理区分	85
4.5.4 混合有機溶剤の取り扱い	86
(1) 2種類以上の有機溶剤が同一の発生源から発散している場合	86
(2) 異なった単一の有機溶剤がそれぞれの発生源から発散している場合	86
4.6 管理区分決定の手順	86
4.6.1 計算例1	88
4.6.2 計算例2	90
4.6.3 計算例3	90
4.6.4 計算例4	91
4.6.5 計算例5	91
4.7 計算結果の図示	92
4.8 測定結果の検討	94
4.8.1 σ_1 , σ_2 および M_1 , M_2 の有意性の検討	94
4.8.2 B 測定値のばらつき	97
4.9 測定値の取り扱い	97
4.9.1 測定器の種類と測定値	97
4.9.2 測定誤差	98
(1) 誤差の意味	98
(2) 誤差の種類	98
さくいん	101

第 I 章

作業環境測定の目的

1.1 労働衛生管理における作業環境測定の位置付けおよび目的

労働安全衛生法は、事業者に対して、事業場ごとに労働衛生の確保を求めている。

このための事業者がとるべきアプローチは、それぞれの事業場について「作業環境管理」「作業管理」および「健康管理」の三つの管理を有機的に実践することである（なお、この労働衛生の3管理に事業場単位での「労働衛生管理体制の確立」と「労働者への労働衛生教育」の実施を加えて「労働衛生の五つの柱」ともいわれる）。

「作業環境管理」は、事業場の生産工程、機械設備、原材料などを見直してできる限り労働者の健康障害の原因となるようなハザードを排除し、また、どうしても排除できない場合はできるだけ労働者がハザードにばく露して健康障害のリスクにつながらないように、主として工学的的方法によりばく露を抑制するアプローチである。

このようなリスク管理そのものの実践プロセスともいえる「作業環境管理」が三つの管理の中で最も基本的であり重要であることは明らかである。作業環境管理が適切に行われていないと、例えば作業管理では保護具の使用に頼りがちになるが、これは作業者にとって働きやすい職場の形成を目指す労働衛生管理の優先順位から見て望ましいことではない。また、有害物へのばく露が有効に抑制できなければ、健康管理面では有所見者の発生につながる。

この「作業環境管理」が、事業場で有効に行われているか否かは、目視のみでは判断できない。これを科学的に評価・確認するプロセスが「作業環境測定」である。

1.2 作業環境測定士の役割

作業環境測定は、作業環境、具体的には、作業場所の有害物質の気中濃度の分布状態を明らかにし、それを評価することにより、当該作業場の作業環境改善対策の要否の判断基準を事業者に提供する役割を担っている。具体的には、もし作業環境測定の結果を評価してそれが第3管理区分であれば、事業者は速やかに設備や作業の実態を点検し、必要な改善対策を実施して第1管理区分になるようにしなければならない法律的義務を負う。

この「作業環境測定」が、適正に行われるためには、専門技術的な知見を持つ者がこれを行うことが必要であり、その役割を担う専門資格が「作業環境測定士」である。

作業環境測定は、労働安全衛生法第2条でデザイン、サンプリング、分析の三つの段階をいうと定義されている。個々の作業場所は、建屋の形状も、そこで行われる作業も、また設備や使用される原材料も千差万別であることを考えると、比較的機械的に行うことができる場合が多いサンプリング、分析に比べて、それぞれの作業場所の特性に応じて、その作業環境を把握するために、どのように計画して測定を行うか、すなわちデザインの重要性が大きいこと、時には測定全体の適否を左右するものであることが想像できる。

「デザイン」については、作業環境測定基準にその基本的ルールが定められている。しかし、デザインの対象とする作業場所も作業態様も千差万別であり、実際には、作業環境測定士が実地の経験を積みながら、作業環境測定の対象作業場所（単位作業場所）の設備や作業の実態を考慮して、有害物の気中濃度の分布を最もよく表すようなデザインを行える実力を磨いていくことになる。

作業環境測定士の役割を最も狭くとらえれば、法令に定める指定作業場（作業環境測定士のみが

作業環境測定を行うべき作業場)における測定を行うことであるが、作業環境測定の目的は測定そのものではなく、測定結果を評価し、その結果に応じて作業場所の環境を労働者の健康に問題のないものに改善することであり、測定士は、専門家としてその全過程に関与し、事業場に適切な支援を行うことができることが理想である。

さらに現在の労働衛生においては、有害物に対する長期的な作業環境管理が重要となっており、その対象となる有害化学物質は、指定作業場にかかる法定物質にとどまらず、より広いものになっている。

このような物質をどのように測定するか、またその結果をどのように評価して改善の可否を判断するか——は簡単ではないが、これらに関連する内外の知見について学ぶ姿勢が重要である。加えて、作業者が日常の業務を通じて、どのような作業態様で有害物にばく露するのか、また、ばく露を少なくするためには作業環境管理的手法のみならずどのような作業管理的な手法が必要か——については、物質に共通のアプローチで考察できることが多いため、日々の測定を通じてこれらに対する経験と洞察を深めることは測定士が専門家としての視野を広げ、また実践力をつけるために非常に重要である。

作業環境測定の方法については、労働安全衛生法第65条に規定する「作業環境測定基準」(厚生労働大臣告示)により、「無作為に選定した定点で試料採取を行い、当該試料の濃度の分析結果を統計処理して作業場所の作業環境を評価」するいわゆる「A・B測定」で行われてきたが、令和3(2021)年度からは、「作業環境測定基準」に、定点でのサンプリングではなく、作業者に試料採取機器を装着して作業場所の気中濃度を測定する「C・D測定」が一定の作業場について導入された。また、平成28(2016)年の労働安全衛生法改正により、米国産業衛生専門家会議(ACGIH)が8時間のばく露限界値(TLV-TWA)を勧告している物質等の取り扱い作業について、作業を通じて化学物質が労働者の健康に及ぼす影響の程度を評価する「リスクアセスメント」が事業者に義務付けられた。その中では、A・B測定のほか、個々の労働者の呼吸域に試料採取機器を装着して作業時間のすべてにわたり測定を行うことにより化学物質へのばく露の程度を評価するいわゆる「個人ばく露測定」が推奨されている。

作業環境測定士がこれらの労働衛生のさまざまな局面でその役割を適切に果たしていくためにも、まず最も基本となるものはA・B測定である。

A・B測定を通じて作業環境測定の意味と方法を十分に習得し、単位作業場所を数多く経験し、それらについて考察を積むことが重要である。

第Ⅱ章

デザインの方法

2.1 デザインの重要性

作業環境測定における「デザイン」とは、測定対象作業場の作業環境の実態を明らかにするために、当該作業場の諸条件に即した測定計画を立てることをいう（昭和50年8月1日 基発第448号）。すなわち、デザインでは生産工程、作業方法、発散する有害物質の性状、その他作業環境を左右する諸因子を検討して、①測定対象物質、②測定および作業環境管理の対象となる範囲、③測定点、④サンプリング時間、⑤測定の実施方法、⑥測定日、測定時間帯、⑦サンプリングおよび分析方法などについて決定する。このように、デザインは作業環境測定の過程において、サンプリングや分析などの技術的な段階に至るうえで重要な意味をもっている。

適切なデザインを行うには、作業環境測定の目的をよく理解し、作業工程、作業方法、作業場の状況、労働者の行動範囲および測定対象物質の性質などを熟知しておく必要がある。したがって、デザインを行う作業環境測定士には、作業環境に関する基礎的知識、産業中毒学、労働衛生学、環境化学分析、統計学や労働衛生関係法令などに関する幅広い知識や測定技術が要求される。

労働安全衛生法（以下「安衛法」という）第65条の規定に基づいて、作業環境測定士が測定を行わなければならない指定作業場のうち、粉じん、特定化学物質、石綿、鉛、有機溶剤に係る指定作業場における作業環境測定の目的は、定期的に環境空气中濃度の測定を行うことによって作業環境管理において必要となる作業環境の状態を把握することである。環境空气中濃度の測定とは、環境空气中の有害物質濃度の平均的な状態を把握するための測定であり、労働者のばく露限界値として示されている日本産業衛生学会の「許容濃度」や米国ACGIHの「TLV-TWA」や「TLV-STEL」などを判断基準として測定されるばく露濃度の測定ではないことを十分理解しておかなければならない。

有害物質の環境空气中濃度は、作業場内で、かつ作業時間内という制限があるにもかかわらず、空間的にも時間的にも著しく変動することが多い。そのために、作業環境の状態を数量化し、正しく評価するには、得られた測定値の平均濃度だけでなく、変動の大きさも考慮して統計的に処理する必要がある。安衛法第65条に規定される作業環境測定のうち、四つの指定作業場（粉じん、特定化学物質（石綿）、鉛、有機溶剤）における作業環境測定は、このような評価の考え方に基づいて測定の方法が定められている（作業環境測定基準第2条）。

2.1.1 測定対象範囲と測定対象物質の明確化

粉じん、特定化学物質、石綿、鉛、有機溶剤に係る指定作業場における作業環境測定の目的は、作業環境の実態を数量化して正しく把握し、その結果に基づいて作業環境の改善のために何らかの措置を講じる必要があるか否か、もしあるとしたらどのような措置を実施すべきか、作業環境の改善のために採られた措置の効果が上がっているかなどを判断することである。作業環境測定士はデザインを行う際に、その目的をよく理解し、十分に考えておかなければならない。ここでは、どのような条件のもとに測定をしたのかということを確認しておく必要がある。すなわち、測定対象となった作業場所の空間の範囲や測定時間の長さ、あるいは測定の際に行われていた作業の種類や態様などを明確にし、測定結果は、このような条件下において得られたものであるということを認識し、測定結果の利用や解釈に際してはそれらのことに留意しなければならない。

原材料の性質、作業工程、作業量などに毎日大きな変化がなく、機械や設備の故障など作業環境