

作業環境測定のための

# 労働衛生一般・ 労働衛生管理の実務

## まえがき

作業環境測定制度は、昭和 47 年の労働安全衛生法制定に伴いその第 65 条に作業環境測定の実施が事業者の義務とし明記されて以来、昭和 50 年の作業環境測定法の制定、第 1 回作業環境測定士試験の実施、作業環境測定基準及び同評価基準の制定、作業環境測定結果のモデル様式の通達などを経て、幾多の作業環境測定士の方々による 40 年余にわたる実践の積み重ねによりほぼ確立を見たといえましょう。

この間、作業環境測定士が測定を行う指定作業場に係る測定対象物質も特定化学物質を中心に漸増し今日に至っており、測定結果を評価する場合の目安である管理濃度も、同じ物質について一般に低くなる傾向であるなど、作業環境管理を通じた労働者の健康管理の重要性を反映した動きとなっております。

令和 3 年 4 月からは、作業環境測定基準の改正により作業者の作業行動をより反映するデザイン・サンプリング方法が作業環境の把握に適していると思われる一部の作業について、これまでのいわゆる A・B 測定に加えて、C・D 測定が新たに導入されました。これも作業環境測定が作業環境改善のための有効な科学的方法であり、さらに今後を見据えてその適用性を高めようとする試みの一つであると思います。

このような作業環境測定制度を担うのは、言うまでもなく作業環境測定士です。

作業環境測定士は、デザイン、サンプリングおよび分析業務を担う高度の技術専門家ですが、同時に、その目的は労働者の健康の維持向上であり、その意味でまぎれもなく労働衛生分野の専門家でもあります。このような意味で、本書が取り扱う分野は、作業環境測定士の業務に質的向上と視野の拡大をもたらす重要な知識を提供するものであり、作業環境測定士試験の科目にも試験合格者が受講する「作業環境測定士講習」の講習科目にも入っているのはそれ故のことと存じます。

本書は、もともと作業環境測定士を目指す方々の試験科目「労働衛生一般」に関する試験準備の参考書であるとともに、合格後の「作業環境測定士講習」の講習科目である「労働衛生管理の実務」のテキストとして『作業環境測定のための労働衛生の知識』として発行されていましたが、同時に、本書の内容は、労働衛生管理に携わる産業医、衛生管理者

## 2 まえがき

---

及び環境計量士，大学等の関係者の方々にとっても参考にしていただきたい意図から，時の経過に応じて本来の法令（作業環境測定士規程）に定める試験及び講習の範囲から徐々に取り扱う内容が広がるとともに，法令で定める項目との対比が付きにくい面が出てまいりました。

このため，今回の改訂にあたっては，原点に戻って構成を法令に定める範囲と一致させるとともに，各項目も法令の規定との対応を明確にし，合わせて全般的に記述のアップデートを図り，装いも新たに『作業環境測定のための労働衛生一般・労働衛生管理の実務』として発行することとなりました。

本書が測定士試験に備える方々をはじめ，作業環境測定さらに労働衛生に携わる各位に広く活用され，労働衛生管理に係る要点の正しい理解を通じて作業環境測定及び測定結果に基づく評価の意義のよりよい理解と測定業務を含む労働衛生全般の進歩改善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各位に深く感謝の意を表します。

2023年1月

『労働衛生の知識』改訂版編集委員会 委員長  
北里大学名誉教授 相澤 好治

## 『労働衛生の知識』編集委員会（初版）

- 編集委員長 高田 勗（北里大学名誉教授）
- 編集委員 沼野 雄志（沼野労働安全衛生コンサルタント事務所 所長）  
門脇 武博（北里大学名誉教授）  
唐沢 正義（（社）日本作業環境測定協会 顧問）
- 執筆者 明星 敏彦（産業医科大学 労働衛生工学准教授） 第5編  
高田 勗（前掲） 第2編  
沼野 雄志（前掲） 第2編第5章，第3編，第4編  
門脇 武博（前掲） 第2編  
唐沢 正義（前掲） 第1編，第2編第7章

## 『労働衛生の知識』編集委員会（改訂版）

- 編集委員長 相澤 好治（北里大学名誉教授）
- 編集委員 土屋眞知子（土屋眞知子コンサルタントオフィス 代表）  
宮越 雄一（東洋大学 教授）  
保利 一（産業医科大学名誉教授）  
飛鳥 滋（（公社）日本作業環境測定協会 副会長）
- 執筆者 相澤 好治（前掲） 第1章，第2章，第3章  
宮越 雄一（前掲） 第1章，第2章，第3章  
保利 一（前掲） 第4章，第5章

## 目 次

### 第 1 章 有害因子と健康影響

1	有害な作業環境の種類	10
1.1	作業環境因子	10
1.2	有害物の取り扱いから健康障害発現に至る経路	12
1.3	ばく露の形態と健康障害の起こり方	12
2	化学物質による健康障害	14
2.1	難溶性粉じんによる健康障害	14
2.2	可溶性の化学物質による健康障害	15
2.3	変異原性試験と催奇形性試験	23
3	物理的因子とその影響	24
3.1	温 熱	25
3.2	騒 音	25
3.3	振 動	26
3.4	気 圧	26
3.5	電磁波	27
3.6	電離放射線	29

### 第 2 章 有害物質の体内侵入の形態

1	呼吸器を介しての侵入	33
2	消化器を介しての侵入	35
3	皮膚を介しての侵入	36
4	有害物質の体内での挙動	37
5	体内での代謝と蓄積・排せつ等	39
5.1	標的臓器と物質代謝	39
5.1.1	標的臓器	39
5.1.2	蓄積・代謝・排せつ	39

---

5.2 量－影響，量－反応の関係	42
5.2.1 量－影響（作用）関係	42
5.2.2 量－反応関係	44
5.2.3 量－影響関係と量－反応関係の関係	44

### 第 3 章 有害物の量に関する指標

1 ばく露限界と生物学的限界	48
1.1 ばく露限界	48
1.1.1 TLVs	49
1.1.2 許容濃度	51
2 生物学的モニタリングと BEIs	55
3 管理濃度	57

### 第 4 章 作業環境管理の進め方

1 作業環境管理と作業管理及び健康管理の関係	60
1.1 作業環境管理	60
1.2 作業管理	60
1.3 健康管理	62
1.4 作業環境管理の位置付け	62
2 作業環境管理の基本	66
2.1 有害物質の環境気中での挙動	66
2.2 有害物質の環境気中濃度の分布と変動	66
2.3 環境気中濃度と作業者の個人ばく露の関係	69
3 労働衛生における作業環境管理の役割と作業環境測定士の任務	73
3.1 作業環境管理とリスクマネジメントの PDCA サイクル	73
3.2 作業環境測定・評価の意義	73
4 作業環境測定士の任務と責任	77
5 作業環境測定と評価の方法	78
5.1 作業環境測定のデザイン	78
5.1.1 A 測定	79

## 6 目 次

---

5.1.2	B 測定	80
5.1.3	個人サンプリング法 (C・D 測定)	81
5.2	測定結果の評価の考え方	83
5.2.1	幾何平均の求め方	84
5.2.2	幾何標準偏差の求め方	84
5.2.3	著しく低い濃度の取り扱い	84
5.2.4	管理区分の決定法	85
5.3	管理区分に応じて講ずべき措置	90
5.4	継続的な作業環境管理の重要性	91
6	化学物質に対する作業環境管理の基本	92
7	作業環境管理の工学的対策	94
7.1	有害物質の性状と発散のメカニズム	94
7.1.1	有害物質の分類と性状	94
7.1.2	ガ ス	94
7.1.3	蒸 気	95
7.1.4	ミ ス ト	99
7.1.5	粉じん (ダスト)	100
7.1.6	ヒューム	102
7.2	有害物質発散の抑制	102
7.2.1	原料転換と消費の抑制	102
7.2.2	工法の改良	103
7.2.3	適正な操業の確保	104
7.3	有害物質の飛散と拡散の抑制	105
7.3.1	発散源の密閉と包囲	105
7.3.2	発散源と作業者の隔離	106
7.3.3	局所排気とプッシュプル型換気	107
7.3.4	空気清浄装置	110
7.4	有害物質の希釈と除去による濃度の低減	112
7.5	施設設備のメンテナンス	113

---

## 第5章 労働衛生保護具

1 個人防護の基本的考え方	116
1.1 個人防護の重要性と保護具の限界	116
1.2 労働衛生保護具の選び方	116
1.3 労働衛生保護具の種類	117
2 呼吸用保護具	119
2.1 呼吸用保護具の種類	119
2.2 防じんマスク	120
2.3 電動ファン付き呼吸用保護具	122
2.4 防毒マスク	123
2.4.1 防毒マスクの構造	123
2.4.2 防毒マスクの吸収缶	123
2.4.3 防毒マスクの使用と管理の方法	125
2.5 送気マスク	127
2.6 自給式呼吸用保護具	128
2.6.1 空気呼吸器	128
2.6.2 酸素呼吸器	128
3 その他の保護具	129
3.1 皮膚の保護具	129
3.1.1 労働衛生保護衣類	129
3.1.2 塗布剤（保護クリーム）	129
3.2 眼と顔面の保護具	130
3.2.1 保護めがね，保護面	130
3.2.2 遮光保護	130
3.2.3 防熱面，防熱衣	131
3.2.4 聴覚保護具（防音保護具）	131
さくいん	133



# 第1章

---

有害因子と健康影響

---

## 1 有害な作業環境の種類

### 1.1 作業環境因子

健康にとって有害な作業環境とはどのようなものであるか、すなわち有害要因の取り扱いにより、どのような健康障害が起こり、その対象作業はどのようなものであるかを表 1.1 に示す。

健康影響に関連のある作業環境因子を大別すると、化学的因子、物理的因子、生物的因子、社会的因子の四つに区分することができる。ここでは作業環境測定に関連した化学的因子と物理的因子を中心に取り上げるが、これらの因子が存在する作業環境で働いている作業者の作業条件も生体への影響を考える場合、十分考慮しなくてはならない。

化学的因子としては、空気汚染、皮膚への接触、酸素欠乏などが考えられる。空気汚染は大別して粉じんやヒュームなど粒子によるものと有害ガスとに分けることができる。これらの有害物質は生体への侵入の経路が異なるので、物質の物理化学的性質を知ることが必要である。粒子状物質や有害ガスは空気中の夾雑物であるから、取り除くことが可能である。有害物質の皮膚への直接接触による皮膚吸収や皮膚疾患は呼吸には関係なく、皮膚接触が問題となる。酸素欠乏は酸素が不足した状態であるため、取り除くという考え方は成り立たない。

物理的因子として問題になるのは、異常な温湿度、気圧、音波、振動、電磁波および放射線などである。

音波は、従来可聴域の音だけが聴力損失の原因として考えられてきたが、最近超音波を利用した機器が生産工程に取り入れられてきた結果、可聴域のみでなく超音波域にまで問題が広がってきている。超音波の影響は難聴という形態とは違った形の障害として現れる。

従来、電磁波の中で労働衛生上重要視されていたのは、主として赤外線、紫外線、X線などであったが、最近レーザーを取り扱う作業やマイクロ波などの生体への影響が明らかにされ、これらも現在では有害な環境因子として考えられている。波長が短い領域としてX線やγ線があり、この領域の健康影響は放射線障害という形をとる。

まだこのほかにも健康に思わしくない影響を与える因子があるかもしれないが、労働者の健康管理を進めようという場合、少なくとも絶えずこの程度の環境因子については把握していることが非常に重要である。

表 1.1 作業環境因子と健康障害<sup>1)</sup>

環境条件	有害要因	障害の形態等	対象作業等
I. 化学的有害環境			
1. 空気汚染 粒子状物質 ガス・蒸気	鉛物性粉じん 化学物質 各種有害ガス、蒸気	じん肺 産業中毒 産業中毒 酸素欠乏症 皮膚疾患	鉛業、窯業、鋳物業等 諸鉛工業 諸鉛工業 マンホール、タンク内作業等 浸漬、塗装等
2. 酸素欠乏			
3. 接 触			
II. 物理的有害環境			
1. 異常温湿度		熱中症、凍傷等	炉前作業等、冷凍等
2. 異常気圧		潜水病	潜かん作業等
3. 音 波	可聴域 超音波域	聴力損失 耳鳴、嘔気等	諸鉛工業 超音波機器の取り扱い作業
4. 振 動	局所振動 全身振動	振動障害、頸肩腕症候群 胃腸障害等	振動工具等 フォークリフト、トラクター等の運 転等
5. 電磁波および 放射線	マイクロ波 赤外線 可視域 (レーザー光) 近紫外線 紫外線 X 線 γ 線 β 線 α 線 中性子線	白内障、体温上昇等 白内障、中心暗点 網膜損傷、失明  紅 斑 角膜炎  } 放射線障害	レーザー等 乾燥、焼付塗装等 通信、測距、金属加工等  特殊光源の使用等 溶接、殺菌灯の使用等 医療、非破壊検査等  放射性物質の取り扱い、非破壊検査 等
III. 作業条件			
1. 作業形態	夜勤を伴う交替 勤務 不規則作業 静的作業 単純作業 監視作業等	} 精神的、肉体的疲 勞、情緒不安定、 心因性疾患等	
2. 作業条件	作業姿勢 作業強度 作業時間等	} 頸肩腕障害、腰痛等	

作業環境管理は、これらの環境因子による健康影響が起らないように、作業環境をどのようにして維持するかということが主たる仕事である。この場合、これらの作業環境因子にさらされている生体側の条件として、作業の形態、作業の条件なども健康障害発生に影響を与える重要な因子であることを十分考慮に入れて、作業環境管理を推進することが必要である。

1) 興・労働省労働衛生課編. 労働衛生管理とデザイン・サンプリングの実務 (改訂版). (社)日本作業環境測定協会, 1983: 4.

## 1.2 有害物の取り扱いから健康障害発現に至る経路

有害物の取り扱いが健康障害に結びついていく過程を考える場合、管理の対象とそれぞれの過程で取り得る障害防止のための行動とを関連させながら考えると、後掲の表 4.2 のようになる。

有害物の取り扱いでまず問題になるのは有害物の使用量であり、有害物の量が多くなれば多いほど有害物の発生量は多くなる。有害物の発生量が多ければ、作業場の空気中有害物濃度は高くなり、労働者へのばく露濃度は高くなる。その結果、労働者の体内に取り込まれる有害物の量は多くなる。このようにいくつかの段階を経て最終的に身体に取り込まれた有害物の量に応じて健康への影響・障害の程度が決まってくる。健康への影響・障害を防止するには、この経路を切る必要がある。

## 1.3 ばく露の形態と健康障害の起こり方

有害物質にばく露される形態は、作業工程、作業の仕方などによって異なり、有害物質の濃度レベルから大別すると高濃度ばく露と低濃度ばく露に分けられる。高濃度ばく露と低濃度ばく露による健康障害の起こり方は、第3章で述べるように明らかに異なっている。

高濃度ばく露の原因には二つの場合が考えられる。すなわち、日常の作業により定期的に高濃度にばく露される場合であり、それは有害物質の発生量が多く、作業場の空気中有害物質の濃度が高くなるような作業であって、このような場合には作業環境管理が重要である。

もうひとつは、日常の作業に付随する臨時的作業によって発生する場合と予測しない状況が発生したために起きる場合とである。前者は槽などの清掃や点検、修理作業などであり、後者は事故や装置の誤操作などが考えられる。また、電離放射線やレーザー光線などの不意な放射によって高いばく露をうけることもある。このような日常的でない作業により、労働者が高濃度ばく露をうけ健康障害を起こすことがある。

このような事故的災害の予防には、日常の作業を対象とした環境監視を行っても役立たないので、発生する健康障害を予防するためには作業環境管理とは異なった視点からの対応が必要になる。

このため、日常の業務で使用されている装置の構造、操作法や有害物質に関する、安全・衛生教育ならびに啓発などが重要である。

上述のような高濃度ばく露の作業形態では、労働者の体内に取り込まれる有害物質の量も多く、ばく露された有害物質の性質により特異的な健康障害が局所的、全身的に起こる。

低濃度ばく露の場合については、日常の業務に作業方法の変更などがない限り、労働者

は毎日同じような作業を行っているはずであるから、発散した有害物質の濃度が低くても、長時間にわたってばく露されることにより、健康障害を起こすことがありうる。

低濃度ばく露による健康障害は、必ずしもその有害物質に特異な症状を現すとは限らず、臓器の代謝機能に関する酵素系の異常などのかたちで現れることが多い。したがって、身体的症状としてみられるものは、職業性でない一般的な疾病にみられる症状や臓器の代謝異常などとの鑑別が困難な場合もある。特に、職業がんは原因となる物質にばく露されてから10年、20年という長時間の潜伏期間を経て発生するので、継続的な監視が重要となる。

このような低濃度ばく露の作業形態では、作業者が働く作業場がどのような状態にあるかを監視（モニタリング）し、確認することが必要である。モニタリングの方法として3種類の方法がある。すなわち、①環境状態、②ばく露状態、③健康状態のモニタリングである。これらのモニタリングを実施し、管理のための基準に適合しているか否かを継続的に確認することが健康障害予防のため必要である。