

ばく露測定における短時間ばく露限度の適用に関する文献等

目次

第1	関係文献のレビュー	2
1	米国安全衛生庁（OSHA）規則における短時間ばく露限度の適用	2
2	米国産業衛生専門家会議（ACGIH）における短時間ばく露限度の適用	2
3	英国安全衛生庁（HSE）における8時間ばく露基準と短時間ばく露基準の適用の 考え方	3
4	ドイツの短時間基準と8時間基準の関係	3
第2	考察	4
1	短時間ばく露限度の設定と適用	4
	参照文献	5

第1 関係文献のレビュー

1 米国安全衛生庁（OSHA）規則における短時間ばく露限度の適用

- (1) OSHA 規則 CFR 29.1910.1000 の Table Z-1 (Limits for Air Contaminants)においては、物質別に限度値を列記し、このうち、“C”と記載があるものについては、労働者のばく露がいかなるときもこの限度値を超えてはならない(shall at no time exceed the exposure limit)と規定されている。
- (2) 許容される天井値(acceptable ceiling concentrations)というものが Table Z-2 で一部の物質について規定されている。ここでは、同表で規定されている許容最大ピーク値 (acceptable maximum peak) を超えない範囲内で、最大時間(maximum duration)を超えない範囲内で、許容される天井値を超えてもよいことが規定されている。許容される天井値は、8時間加重平均値の 2.5～4 倍程度で、許容最大ピーク値は、許容される天井値の 2～3 倍程度で設定されている。最大時間は、3時間毎に5分間以内等が多い。ただし、これらの値の設定は 1970 年頃と古く、更新されていない。
- (3) 限度値を遵守しているかどうかの確認方法については、天井値(Ceiling)については、連続測定(instantaneous monitoring)ができない場合は、15 分間の時間加重平均値として評価し、労働日のいかなるときも天井値を超えていないことを確認することを求めている(1910.1000(a)(1))。

2 米国産業衛生専門家会議（ACGIH）における短時間ばく露限度の適用

- (1) TLV の定義として、ACGIH(2018)は、「TLVs は、作業環境空気中の化学物質の濃度に対応するもので、大多数の労働者が、その濃度に毎日繰り返しばく露されながら働いても、その職業人生を通じて健康に悪影響を受けないと考えられる条件を表すものである」としている。短時間ばく露限度(TLV-STEL)は、8時間時間加重平均濃度が8時間時間加重平均ばく露限度 (TLV-TWA) 以下であっても、1日の作業のどの時間においても、超えてはならない 15 分間時間加重平均濃度として定義される。当該物質に急性毒性が認められる場合、TLV-TWA を補足するために設定されるものであるが、TLV-STEL のみが設定される物質もある。天井値 (TLV-C) は、いかなる場合においても超えてはならない短時間ばく露濃度である。
- (2) 一方、通常の作業条件（1日8時間、1週40時間）と異なる条件で行われる作業に TLV を適用するための数理モデルの目的について、ACGIH(2018)は、「毒性学の原則に照らして、1日又は1週間のピークの身体負荷が通常の1日8時間、週5日のシフト作業で保証されているピークの身体負荷を超えない条件を明らかにすること」としている。さらに、ACGIH(2018)は、数理モデルについて、「ばく露時間が短い場合に非常に高いばく露（例：8時間シフト中のばく露時間が1時間で残りの時間はばく露がゼロの場合における TLV-TWA の8倍のばく露濃度）を“許容可能”として正当化するために使用されるべきではない」としている。
- (3) ACGIH(2018)は、ピークばく露(peak exposure)について、TLV-STEL があるもの

は、TLV-TWA を超え TLV-STEL を下回るばく露については、1回 15分を超えず、かつ1労働日につき1時間以上間隔をおいた4回を超えないようにすべきとしている。TLV-STELが定められていない物質については、ごく短時間といえども TLV-TWA の5倍を超えないという条件で、1回 15分を超えず、かつ1労働日につき1時間以上間隔をおいた4回を超えない限りにおいて、TLV-TWA の3倍を超える一時的な増加(transient increase)が許されるとしている。

- (4) ACGIH(2018)は、上記の考え方の根拠として、対数正規分布している場合、よく管理されている工程においては、短時間ばく露値の幾何標準偏差は2.0であり、全測定値の5%が幾何平均値の3.13倍を超えることに基づいているとしている(p.6)。
- (5) なお、一般的な時間加重平均 (TWA) の考え方は、同一作業場所において、ばく露時間 (測定時間) が異なる複数の測定値がある場合に、それらの平均値を求めるための方法であり、当然、ばく露時間の合計が8時間でない場合は、その分子を適切に変更する必要があるものである ($TWA = (t_1C_1+t_2C_2+t_3C_3)/(t_1+t_2+t_3)$)。

3 英国安全衛生庁 (HSE) における8時間ばく露基準と短時間ばく露基準の適用の考え方

- (1) 英国安全衛生庁 (HSE) では、職場のばく露限度 (WEL) として、長時間 (8時間) ばく露限度は、長期間にわたる累積のばく露による影響を管理するためのものであり、短時間 (通常 15分間) ばく露限度については、短時間のばく露による影響を管理するためのものであるとしている (HSE(2020) P.28)。なお、天井値にあたる値は設定されていない。
- (2) HSE(2020)では、短時間ばく露基準が設定されていない物質についても、長時間ばく露限度の3倍の値を短時間ピークばく露の管理のための指標として活用すべきであるとしている。また、15分未満の短時間の高いばく露であって、平均すると8時間基準や15分基準を超えないようなばく露についても、健康障害を発生させるおそれがあるため、リスクアセスメントでリスクがないことが明らかにならない限り、合理的で可能な範囲の対策が必要であるとしている(p.28)。

4 ドイツの短時間基準と8時間基準の関係

- (1) ドイツ研究振興協会(DFG (2021))が勧告している職場の最大濃度 (MAK) は、8時間時間加重平均の濃度であり、一日8時間、週40時間において繰り返し長期間ばく露しても、健康影響が知られていない最大の濃度であるとしている(p.9)。
- (2) 短時間ばく露の最大濃度については、DFG(2021)では、8時間時間加重平均の最大濃度(MAK)に対する超過係数(excursion coefficient)として物質別に1~8までの値が指定され、15分間の平均値がMAKに超過係数を乗じた値を上限として、作業シフト(8時間)に4回まで、かつ、1時間以上のインターバルを開けることを求め、かつ、8時間時間加重平均がMAKを超えないことを求めている(p.186)。なお、天井値に当たる値は設定されていない。

Excursion factors, maximum duration of peaks, maximum number per shift and minimum interval between the peaks

Category	Excursion factor	Duration	Number per shift	Interval ***
I Substances for which local irritant effects determine the MAK value, also respiratory allergens	1*	15 min, average value**	4	1 h
II Substances with systemic effects	2*	15 min, average value	4	1 h

* default value, or a substance-specific value (maximum 8)

** In certain cases, a momentary value (concentration which should not be exceeded at any time) can also be established.

*** only for excursion factors > 1

第2 考察

1 短時間ばく露限度の設定と適用

- (1) OSHA 規則の CFR 29.1910.1000 の Table Z-1 では、天井値を定め、いかなるときもこの限度を超えてはならないと規定している。一方、CFR 29.1910.1000 の Table Z-2 では、許容天井値と許容最大ピーク値の二つの限度を規定し、許容最大ピーク値を超えず、最大時間を超えない範囲内で、許容天井値を超えてもよいことが規定されている。天井値については、連続測定ができない場合は、15 分間の時間加重平均値として評価することを求めている(1910.1000(a)(1))。
- (2) ACGIH(2018)は、8 時間ばく露限度について、「ばく露時間が短い場合に非常に高いばく露 (例：8 時間シフト中のばく露時間が1 時間で残りの時間はばく露がゼロの場合における TLV-TWA の8 倍のばく露濃度) を“許容可能”として正当化するために使用されるべきではない」とし、ピークばく露について、TLV-STEL があるものは、TLV-TWA を超え TLV-STEL を下回るばく露については、1 回 15 分を超えず、かつ 1 労働日につき 1 時間以上間隔をおいた 4 回を超えないようにすべきとしている。TLV-STEL が定められていない物質については、TLV-TWA の 5 倍を超えないという条件で、1 回 15 分を超えず、かつ 1 労働日につき 1 時間以上間隔をおいた 4 回を超えない限りにおいて、TLV-TWA の 3 倍を超える一時的な増加が許されるとしている。
- (3) HSE(2020)では、短時間 (通常 15 分間) ばく露限度については、短時間のばく露による影響を管理するためのものであるとしており (P.28)、天井値にあたる値は設定されていない。短時間ばく露基準が設定されていない物質についても、長時間ばく露限度の 3 倍の値を短時間ピークばく露の管理のための指標として活用すべきであるとしている。また、15 分未満の短時間の高いばく露であって、平均すると限度を超えないようなばく露についても、合理的で可能な範囲の対策が必要であるとしている (p.28)。
- (4) ドイツ研究振興協会(DFG (2021))が勧告している職場の最大濃度 (MAK) は、8 時間時間加重平均の濃度であり、短時間ばく露の最大濃度については、MAK に対する

超過係数として物質別に1～8までの値が指定され、15分間の平均値が MAK に超過係数を乗じた値を上限として、作業シフト（8時間）に4回まで、かつ、1時間以上のインターバルを空けることを求め、かつ、8時間時間加重平均が MAK を超えないことを求めている(p.186)。なお、天井値に当たる値は設定されていない。

- (5) 以上を踏まえ、短時間ばく露の濃度基準値については、各国の基準を踏まえ、作業中のいかなる15分間時間平均値も超えてはならない濃度として設定されるべきである。さらに、8時間平均の濃度基準値を超え、短時間の濃度基準値以下の濃度のばく露については、各国の規準において抑制する必要性が強調されていることから、ACGIH(2018)やDFG(2021)の基準を踏まえ、これらばく露については、1回あたり15分を超えず、8時間で4回までかつ1時間以上の間隔を空けるように努めるべきである。
- (6) 短時間の濃度基準値が設定されていない物質についても、ACGIH(2018)が述べるように、毒性学の見地から、8時間シフト中のばく露時間が1時間で残りの時間はばく露がゼロの場合に、8時間の濃度基準値の8倍のばく露濃度を許容することのないようにする必要がある。このため、HSE(2020)の基準を踏まえ、作業期間のいかなる15分間時間加重平均値が、8時間濃度基準値の3倍を超えることがないように努めるべきである。
- (7) 天井値については、英国HSE(202)、ドイツDFG(2021)では設定されていない。天井値を定める米国OSHA規則やACGIH(2018)においても、連続測定ができない場合は、15分間平均濃度で評価することが認められており(CFR 1910.1000(a)(1))、いかなる瞬間も超えてはならないという天井値の趣旨どおりの適用は必ずしも行われていない。現時点における連続測定手法の技術的限界を踏まえると、英国、ドイツの基準の例を踏まえ、天井値については設定しない方向で検討すべきである。

参考文献

- American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) (2018) TLVs and BEIs based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH, Cincinnati, USA. pp. 3-5, pp. 7-8
- American Industrial Hygiene Association (AIHA) (1998) The Occupational Environment – Its Evaluation and Control. Eds. Dinardi, SR. AIHA Press.
- Control of Substances Hazardous to Health Regulation (COSHH) 2002 No.2677 Health and Safety
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2021) List of MAK and BAT Values 2021, Report 57, Bonn, Germany
- Health and Safety Executive (HSE) (2020) EH40/2005 Workplace exposure limits (Forth Edition 2020) TSO, Norwich UK.

Health and Safety Executive (HSE) (2006) Monitoring strategies for toxic substances (second edition) HSE

Health and Safety Executive (HSE) (2013) Control of substances hazardous to health. The Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002 (as amended) Approved Code of Practice and guidance. (sixth edition)

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (1977) Occupational Exposure Sampling Strategy Manual. Eds. Leidel, NA. Busch, KA. Kynch, JR. CDC, Ohio. USA

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) CFR 29.1910.

金属アーク溶接等作業を継続して行う屋内作業場に係る溶接ヒュームの濃度の測定の方法等（令和2年厚生労働省告示第286号）