

3 許容濃度・許容基準

3a 許容濃度 (日本産業衛生学会勧告, 2004)

項目	内容	備考
定義	労働者が1日8時間、週間40時間程度、肉体的に激しくない労働強度で有害物質に曝露される場合、当該物質の平均曝露濃度がこの数値以下→ほとんどの労働者に健康上の悪影響がみられないと判断される濃度	
性格	1. 産業における経験、人・動物についての実験的研究から得られた多様な知見に基礎を置いており、物質によって、その許容濃度などの設定に用いられた情報の量と質は必ずしも同等のものではない 2. 許容濃度を決定する場合、考慮された生体影響の種類は物質等によって異なる。ある種の物質等では明瞭な健康障害に、また他の物質などでは不快、刺激、麻酔、中枢神経抑制などの生体影響に根拠が求められている 3. 人の有害物質等への感受性は個人ごとに異なるので、この数値以下でも、不快、既存の健康異常の悪化あるいは職業病の発生を防止できない場合がある	
利用上の注意	利用者の要件	労働衛生の十分な知識と経験をもった者が利用すべきもの
	最大許容濃度 (天井値)	1. *印のある数値 (p.55参照) → 最大許容濃度 2. 作業時間中のどの時間でも、曝露濃度がこの数値以下→ほとんどの労働者に健康上の悪影響がみられないと判断される濃度 3. 勧告の理由→当該物質の毒性が短時間曝露で発現する刺激、中枢神経抑制等の生体影響を主とするため
	数値の意味	1. 当該物質→単一成分で労働者が作業中に吸入するであろう空気中の濃度 2. 1日8時間、週間40時間程度の労働時間中に肉体的に激しくない労働に従事する場合→この数値以下 3. 許容濃度等を設定するに当たって考慮された曝露時間、労働強度を超えている場合→適用不可 4. 経皮吸収がないことを前提として提案されている数値である 5. 許容濃度等の数値は、単純に毒性の強さの相対的比較の尺度として用いてはならない 6. 許容濃度等は、安全と危険の明らかな境界を示したものでない 7. 労働の場以外での環境要因の許容限界値として用いない
	濃度変動の評価	曝露濃度が最大になると予想される時間を含む15分間の平均曝露濃度が許容濃度の数値の1.5倍を超えないことが望ましい
	経皮吸収	1. (皮)印のある物質は皮膚との接触により経皮的に吸収される量が無視できない量に達することがあると考えられる物質 2. 吸入曝露と経皮曝露が併存する場合の平均曝露濃度→経皮吸収による量だけ、許容濃度の数値より低い値となる
	労働条件との関連	労働強度、温熱条件、放射線、気圧などの条件が負荷される場合→有害物質の健康への影響が増強されることがあることに留意する
混合物質の許容濃度	1. 2種類以上の物質に曝露される場合→個々の物質の許容濃度のみによって判断してはならない 2. 相加効果が成り立たないことを示す証拠がない場合には、2種以上の物質の毒性は相加されると想定して→次式によりIの値を計算 Iの値が1を超える場合→混合物質として許容濃度を超える曝露と判断 $I = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_i}{T_i}$ C _i : 各成分の平均曝露濃度 T _i : 各成分の許容濃度	<p>●曝露濃度→呼吸保護具を装着していない状態で、労働者が作業中に吸入する空気中の当該物質の濃度</p> <p>●最大許容濃度→当該濃度を超える瞬間的な曝露があるかどうかを判断するための測定は、厳密には非常に困難である。実際には長くとも5分間程度までの短時間の測定によって得られる最大の値</p> <p>●混合物質→各物質の各毒性が単純に相加的ではなく、それ以上に強い毒性を示すことがあるので注意</p>
分割作業の平均曝露濃度算出	労働時間が作業内容・作業場所・曝露の程度に従って分割され、各分割における平均曝露濃度あるいは推定値がわかっている場合→それらの時間の重みかけた平均値をもって、全体の平均曝露濃度あるいは推定値とすることができる	

3b 作業環境測定対象物質等の許容濃度 (日本産業衛生学会勧告, 2004)

物質名	許容濃度		物質名	許容濃度	
	ppm	mg/m ³		ppm	mg/m ³
有機溶剤—作業環境測定基準13条関係			特定化学物質等—作業環境測定基準10条関係		
アセトン	200	470	塩素化ビフェニル(PCB)→ポリ塩化ビフェニル類(皮)(癌2A)		0.1
イソブチルアルコール	50	150	ベリリウム及びその化合物(Beとして)(癌2A)		0.002
イソプロピルアルコール(2-プロパノール)	400*	980*	(感気1・感皮2)		
イソペンチルアルコール(イソアミルアルコール)	100	360	アクリルアミド(皮)(癌2A)		0.1(暫)
エチルエーテル	400	1200	アクリロニトリル(皮)(癌2A)	2	4.3
エチレングリコールモノエチルエーテル(セロソルブ)(皮)	5	18	エチレンイミン(アジリジン)(皮)	0.5	0.88
エチレングリコールモノエチルエーテルアセテート(セロソルブアセテート)(皮)	5	27	エチレンオキシド(癌1)(感皮2)	1	1.8
エチレングリコールモノメチルエーテル(メチルセロソルブ)(皮)	5	16	塩化ビニル(癌1)	2.5*	6.5*
オルト-ジクロロベンゼン	25	150	塩素	0.5*	1.5*
キシレン(全異性体)	50	217	カドミウム及びその化合物(Cdとして)(癌1)		0.05
クレゾール(全異性体)(皮)	5	22	クロム酸及びその塩→クロムおよびクロム化合物(Crとして)(感気2・感皮1)		
クロロベンゼン	10	46	金属クロム		0.5
クロロホルム(癌2B)	10	49	3価クロム化合物		0.5
酢酸イソペンチル(酢酸イソアミル)	100	530	6価クロム化合物		0.05
酢酸エチル	200	720	ある種の6価クロム化合物(癌)		0.01
酢酸ブチル	100	475	クロロメチルメチルエーテル(癌2A)		数値なし
酢酸プロピル	200	830	五酸化バナジウム→バナジウム化合物		
酢酸ベンチル(酢酸アミル)	100	530	五酸化バナジウム		0.05
酢酸メチル	200	610	フェロバナジウム粉塵		1
四塩化炭素(皮)(癌2B)	5	31	シアン化カリウム(CNとして)(皮)		5*
シクロヘキサノール	25	102	シアン化水素(皮)	5	5.5
シクロヘキサノン	25	100	シアン化ナトリウム(CNとして)(皮)		5*
1,4-ジオキサン(皮)(癌2B)	10	36	3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノジフェニルメタン(MBOCA)(皮)(癌2A)(感気1)		0.005
1,2-ジクロロエタン(二塩化エチレン)(癌2B)	10	40	臭化メチル(皮)	1	3.89
1,2-ジクロロエチレン(二塩化アセチレン)	150	590	水銀及びその無機化合物(硫化水銀を除く)→水銀蒸気		0.025
ジクロロメタン(二塩化メチレン)(皮)(癌2B)	50	170	トリレンジイソシアネート(TDI)(癌2B)	0.005	0.035
N,N-ジメチルホルムアミド(DMF)(皮)(癌2B)	10	30	(感気1・感皮2)	0.02*	0.14*
ステレン(皮)(癌2B)	20	85	ニッケルカルボニル(テトラカルボニルニッケル)	0.001	0.007
1,1,2,2-テトラクロロエタン(四塩化アセチレン)(皮)	1	6.9	ニトログリコール	0.05	0.31
テトラクロロエチレン(パークロロエチレン)(皮)(癌2B)			(エチレングリコールジニトレート)(皮)		
テトラヒドロフラン	200	590	パラ-ニトロクロロベンゼン(皮)(癌2B)	0.1	0.64
1,1,1-トリクロロエタン	200	1100	三酸化ヒ素→ヒ素およびヒ素化合物(Asとして)(癌1)		(p.56参照)
トリクロロエチレン(癌2B)	25	135	フッ化水素	3*	2.5*
トルエン(皮)	50	188	ベンゼン(皮)(癌1)		(p.56参照)
二硫化炭素(皮)	10	31	ペンタクロロフェノール(PCP)及びそのナトリウム塩→ペンタクロロフェノール(皮)		0.5
ノルマルヘキサン(ヘキサン)(皮)	40	140	マンガン及びその化合物(有機マンガン化合物を除く)(Mnとして)		0.3 ^b
1-ブタノール(皮)	50*	150*	硫化水素		
2-ブタノール	100	300	硫酸ジメチル(皮)(癌2A・検附中)	5	7
メタノール(皮)	200	260	石綿	0.1	0.52
メチルイソブチルケトン(4-メチル-2-ペンタノン)	50	200			(p.56参照)
メチルエチルケトン(エチルメチルケトン)	200	590			
メチルシクロヘキサノール	50	230			
メチルシクロヘキサノン(皮)	50	230			
メチルブチルケトン→2-ヘキサン(皮)	5	20			
			鉛及び鉛化合物—作業環境測定基準第11条関係		
			鉛及びその化合物→鉛及び鉛化合物(アルキル鉛化合物を除く)(Pbとして)(癌2B)		
			0.1		

注) ppmの単位表示における気体容積は25℃, 1気圧
 (皮): 経皮的に吸収される量が無視できない量に達することがある物質
 癌1: 発癌物質表の第1群で、人間に対しての発癌性のある物質
 癌2A・癌2B: 発癌物質表の第2群で、人間に対しておそらく発癌性があると考えられる物質。A: 証拠がより十分な物質, B: 証拠が比較的十分でない物質
 感1・感2: 人間に対して明らかに感作性がある物質(第1群), 人間に対しておそらく感作性があると考えられる物質(第2群)
 気→気道, 皮→皮膚に対する感作性物質
 (暫): 暫定値
 *常時この濃度以下に保つ(最大許容濃度)
 a: 暫定的に2.5ppmとするが, できる限り検出可能限界以外に保つ
 b: 吸入性粒子, 粉塵の許容濃度の吸入性粉塵と同様

3|c 粉じんの許容濃度 (日本産業衛生学会勧告, 2004)

粉じんの区分		許容濃度 (mg/m ³)		備考
		吸入性粉じん ¹⁾	総粉じん ²⁾	
I. 遊離けい酸含有10%以上の粉じん		$M = \frac{2.9}{0.23Q+1}$	$M = \frac{12}{0.22Q+1}$	吸入粉じん→所定の分粒特性を有する分粒装置を通過した粒子 総粉じん→捕集器の入口の流速を50~80cm/secとして捕集した粉じん 粉じん濃度→労働者が1日の労働時間中に曝露する粉じんの時間加重平均濃度 測定法→①個人サンプラーを労働者に装置し、労働時間中の平均曝露濃度を測定 ②個人サンプラー以外の測定器を使用：単位作業ごとに労働者の位置において、粉じん濃度を測定し、時間加重平均濃度を測定
II. 各種粉じんとその種類				
第一種粉じん	滑石、ろう石、アルミニウム、アルミナ、けい藻土、硫化鉍、硫化焼鉍、ベントナイト、カオリナイト、活性炭、黒鉛	0.5	2	
第二種粉じん	遊離けい酸10%未満の鉍物性粉じん、酸化鉄、カーボンブラック、石炭、酸化亜鉛、二酸化チタン、ポトランドセメント、大理石、線香材料粉じん、穀粉、綿じん、木粉、革粉、コルク粉、ペークライト	1	4	
第三種粉じん	石灰石 ³⁾ 、その他の無機および有機粉じん	2	8	
石綿粉じん ⁴⁾ *	下記、資料を参照			

- 1) 吸入性粉じん：次に示す分粒特性を有する分粒装置を通過した粒子をいう
 $P=1-D^2/D_0^2$ ($D \leq D_0$) $P=0$ ($D > D_0$)
 ただし、P：透過率、D：粉じんの相対沈降率 (μm)、 D_0 ：7.07 μm
- 2) 総粉じん：捕集器の入口における流速を50~80cm/secとして捕集した粉じんをいう
- 3) 石綿繊維および1%以上の結晶質シリカを含まないこと暫定値
- 4) メンブランフィルターで捕集し、400倍 (対物4mm) の位相差顕微鏡で、長さ5 μm以上、長さとの比3：1以上の繊維
- *発癌物質表に記載された物質

資料：過剰発癌生涯リスクレベルと対応する評価値

物質名	過剰発癌生涯リスクレベル	評価値	評価方法
石綿	クリンタイルのみの時	10 ⁻³	平均相対リスクモデル
	クリンタイル以外の石綿繊維を含む時	10 ⁻⁴	
ベンゼン		0.15繊維/mL	平均相対リスクモデル
		0.015繊維/mL	
ヒ素およびヒ素化合物 (Asとして)		0.03繊維/mL	平均相対リスクモデル
		0.003繊維/mL	
ベンゼン		1ppm	平均相対リスクモデル
		0.1ppm	
ヒ素およびヒ素化合物 (Asとして)		3 μg/m ³	平均相対リスクモデル
		0.3 μg/m ³	

注) 過剰発癌生涯リスクレベル及び評価値は、労働者が受容すべきリスクとして日本産業衛生学会が勧告することを意味せず、労働衛生についての十分な知識と経験をもった人々が、発癌物質の労働衛生管理を行うための参考値として示している

3|d 許容基準 (日本産業衛生学会勧告, 2004)

項目	内容・許容基準	備考																																																																										
騒音	1. この基準以下の騒音に1日8時間以内の曝露が常習的に10年以上続いても、騒音性永久閾値移動 (NIPTS) を1kHz以下の周波数で10dB以下、2kHzで15dB以下、3kHz以上で20dB以下にとどめることが期待できる 2. 適用する騒音→広帯域騒音および狭帯域騒音に対して適用 3. 適用方法 ①1日の曝露が連続的に行われる場合には、各曝露時間に対して下表の数値を用いる <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">中心周波数 (Hz)</th> <th colspan="6">各曝露時間に対する許容オクターブバンドレベル (dB)</th> </tr> <tr> <th>480分</th> <th>240分</th> <th>120分</th> <th>60分</th> <th>40分</th> <th>30分</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>250</td><td>98</td><td>102</td><td>108</td><td>117</td><td>120</td><td>120</td></tr> <tr><td>500</td><td>92</td><td>95</td><td>99</td><td>105</td><td>112</td><td>117</td></tr> <tr><td>1,000</td><td>86</td><td>88</td><td>91</td><td>95</td><td>99</td><td>103</td></tr> <tr><td>2,000</td><td>83</td><td>84</td><td>85</td><td>88</td><td>90</td><td>92</td></tr> <tr><td>3,000</td><td>82</td><td>83</td><td>84</td><td>86</td><td>88</td><td>90</td></tr> <tr><td>4,000</td><td>82</td><td>83</td><td>85</td><td>87</td><td>89</td><td>91</td></tr> <tr><td>8,000</td><td>87</td><td>89</td><td>92</td><td>97</td><td>101</td><td>105</td></tr> </tbody> </table> ②騒音計のA特性で測定した値を用いる場合には下表の値を用いる <table border="1"> <thead> <tr> <th>曝露時間</th> <th>~480分</th> <th>~240分</th> <th>~120分</th> <th>~60分</th> <th>~30分</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>騒音レベル (dBA)</td> <td>85</td> <td>88</td> <td>91</td> <td>94</td> <td>97</td> </tr> </tbody> </table>	中心周波数 (Hz)	各曝露時間に対する許容オクターブバンドレベル (dB)						480分	240分	120分	60分	40分	30分	250	98	102	108	117	120	120	500	92	95	99	105	112	117	1,000	86	88	91	95	99	103	2,000	83	84	85	88	90	92	3,000	82	83	84	86	88	90	4,000	82	83	85	87	89	91	8,000	87	89	92	97	101	105	曝露時間	~480分	~240分	~120分	~60分	~30分	騒音レベル (dBA)	85	88	91	94	97	純音は狭帯域騒音とみなし、暫定的にこの基準を適用 測定方法→等価騒音レベル 1日の曝露が断続的な場合、騒音の実効休止時間を除いた曝露時間の合計を連続曝露の場合と等価な曝露時間とみなして、左の表を用いる 実効休止時間→騒音レベルが80dB未満にとどまっている時間 許容基準では騒音の周波数分析を行うことを原則とする
中心周波数 (Hz)	各曝露時間に対する許容オクターブバンドレベル (dB)																																																																											
	480分	240分	120分	60分	40分	30分																																																																						
250	98	102	108	117	120	120																																																																						
500	92	95	99	105	112	117																																																																						
1,000	86	88	91	95	99	103																																																																						
2,000	83	84	85	88	90	92																																																																						
3,000	82	83	84	86	88	90																																																																						
4,000	82	83	85	87	89	91																																																																						
8,000	87	89	92	97	101	105																																																																						
曝露時間	~480分	~240分	~120分	~60分	~30分																																																																							
騒音レベル (dBA)	85	88	91	94	97																																																																							
衝撃騒音	●次のいずれかの基準以下であれば、曝露が10年以上常習的に続いても、騒音性永久閾値移動を1kHz以下の周波数で10dB以下、2kHzで15dB以下、3kHz以上で20dB以下に期待できる 1. 1労働日の衝撃騒音の総曝露回数が100回以下→衝撃騒音の持続時間に対応するピークレベルを許容基準とする 2. 1労働日の衝撃騒音の総曝露回数が100回以上→衝撃騒音の曝露回数の相違に対する補正値をピークレベルに加算したものを許容基準とする ●適用する騒音→衝撃騒音に対してのみ適用。衝撃騒音と定常騒音との複合した場合には、この許容基準と騒音の許容基準のいずれをも満足すること	測定法→オシロスコープを使用し、その波形によって2種に大別。A持続時間あるいはB持続時間を求め、これに対応するピーク音圧レベルを許容基準とする																																																																										
高熱	●高温熱環境に適応し、作業に習熟した、健康な成年男子作業者が、夏期の普通の作業服装をして、適当な水分・塩分を補給しながら作業する時、継続1時間作業および継続2時間作業を基本として、健康で安全にかつ能率の低下をきたすことのない工場・鉱山などの作業場の条件を示したものである ●温熱ストレスによる好ましくない生理的反応はあってはならないことを前提として、高温の許容基準を次のように定める <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">作業の強さ</th> <th colspan="2">許容温度条件</th> <th rowspan="2">代謝エネルギー (kcal/h)</th> </tr> <tr> <th>WBGT (°C)</th> <th>CET (°C)換算値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>RMR~1 (極軽作業)</td><td>32.5</td><td>31.6</td><td>~130</td></tr> <tr><td>RMR~2 (軽作業)</td><td>30.5</td><td>30.0</td><td>~190</td></tr> <tr><td>RMR~3 (中等度作業)</td><td>29.0</td><td>28.8</td><td>~250</td></tr> <tr><td>RMR~4 (中等度作業)</td><td>27.5</td><td>27.6</td><td>~310</td></tr> <tr><td>RMR~5 (重作業)</td><td>26.5</td><td>27.0</td><td>~370</td></tr> </tbody> </table>	作業の強さ	許容温度条件		代謝エネルギー (kcal/h)	WBGT (°C)	CET (°C)換算値	RMR~1 (極軽作業)	32.5	31.6	~130	RMR~2 (軽作業)	30.5	30.0	~190	RMR~3 (中等度作業)	29.0	28.8	~250	RMR~4 (中等度作業)	27.5	27.6	~310	RMR~5 (重作業)	26.5	27.0	~370	WBGT (湿球黒球温度指標) の算出→室内もしくは室外で日照射のない場合 WBGT=0.7NWB+0.3GT WBGT：湿球黒球温度指標 NWB：自然気流に曝露したままで測定された湿球温度 GT：径6インチの黒球温度計示度 CET=0.786WBGT+6.0 (°C) CET：修正実効温度 $RMR = \frac{\text{労働時のエネルギー消費量} - \text{安静時のエネルギー消費量}}{\text{基礎代謝量}}$																																																
作業の強さ	許容温度条件		代謝エネルギー (kcal/h)																																																																									
	WBGT (°C)	CET (°C)換算値																																																																										
RMR~1 (極軽作業)	32.5	31.6	~130																																																																									
RMR~2 (軽作業)	30.5	30.0	~190																																																																									
RMR~3 (中等度作業)	29.0	28.8	~250																																																																									
RMR~4 (中等度作業)	27.5	27.6	~310																																																																									
RMR~5 (重作業)	26.5	27.0	~370																																																																									
寒冷	●寒冷環境の作業に習熟し適応した健康な成人男子作業者を対象とし、適時に休憩・採暖することのできる作業環境において適切な作業衣服を着用し、健康で安全な作業ができる寒冷作業の条件を示すものである ●許容基準→作業場の気温および作業強度別に一連続作業時間の限度を示す <table border="1"> <thead> <tr> <th>気温</th> <th>作業強度</th> <th>一連続作業時間 (分)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">-10~-25°C</td> <td>軽作業 (RMR~2)</td> <td>~50</td> </tr> <tr> <td>中等度作業 (RMR~3)</td> <td>~60</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">-26~-40°C</td> <td>軽作業 (RMR~2)</td> <td>~30</td> </tr> <tr> <td>中等度作業 (RMR~3)</td> <td>~45</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">-41~-55°C</td> <td>軽作業 (RMR~2)</td> <td>~20</td> </tr> <tr> <td>中等度作業 (RMR~3)</td> <td>~30</td> </tr> </tbody> </table>	気温	作業強度	一連続作業時間 (分)	-10~-25°C	軽作業 (RMR~2)	~50	中等度作業 (RMR~3)	~60	-26~-40°C	軽作業 (RMR~2)	~30	中等度作業 (RMR~3)	~45	-41~-55°C	軽作業 (RMR~2)	~20	中等度作業 (RMR~3)	~30	基準条件→4時間シフト作業で、ほとんど無風の環境であり、風速の影響は等価冷却温度表により気温に換算する。作業強度によって防寒衣服は適切に調整されているものとし、一連続作業の後、少なくとも30分程度の休憩をとることを前提としている。例えば、一連続作業時間20分、採暖・休憩30分の場合には、4時間中に作業5回、休憩5回である																																																								
気温	作業強度	一連続作業時間 (分)																																																																										
-10~-25°C	軽作業 (RMR~2)	~50																																																																										
	中等度作業 (RMR~3)	~60																																																																										
-26~-40°C	軽作業 (RMR~2)	~30																																																																										
	中等度作業 (RMR~3)	~45																																																																										
-41~-55°C	軽作業 (RMR~2)	~20																																																																										
	中等度作業 (RMR~3)	~30																																																																										

3 | d 許容基準 (つづき)

項目	内容	許容基準	備考																																
全身振動	<ul style="list-style-type: none"> 許容基準には垂直振動と水平振動の二種類がある 1日8時間の作業に従事し、全身振動がこの基準以下であれば、健康な成年男子に生理機能の障害や、著しい能率の低下をきたさないことが期待される 適用範囲→この基準は振動数1~80Hz間の振動を対象。その振動数範囲の正弦振動、ランダム振動、非周期振動に適用され、暫定的に連続衝撃型振動にも適用する。建物、船の振動には適用しない 		成分周波数が単一の振動に対しては図または表(略)に示す値をそのまま適用																																
手腕振動	<p>1日の振動作業時間ごとの手腕振動がこの基準以下→10年間の振動作業で、振動曝露に起因しないレイノー現象(以下、非振動性レイノー現象)の有症率を超えないことが期待できる</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>曝露時間(分)</th> <th>周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値(m/s²rms)</th> <th>曝露時間(分)</th> <th>周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値(m/s²rms)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>6分以下</td><td>25.0</td><td>180</td><td>4.57</td></tr> <tr><td>10</td><td>19.4</td><td>240</td><td>3.96</td></tr> <tr><td>15</td><td>15.8</td><td>300</td><td>3.54</td></tr> <tr><td>30</td><td>11.2</td><td>360</td><td>3.23</td></tr> <tr><td>60</td><td>7.92</td><td>420</td><td>2.99</td></tr> <tr><td>90</td><td>6.47</td><td>480</td><td>2.80</td></tr> <tr><td>120</td><td>5.60</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>適用方法 ①振動曝露は、基本的には1日当たりの曝露について評価する ②定常的連続振動曝露は、工具等の振動あるいは手に入る振動測定量(3軸合成値)から1日の許容曝露時間を求める ③断続的曝露は、同一工具等を用い作業方法も同一とみなせる場合、曝露時間の総和が許容時間を超えないようにする ④複数の工具等の使用あるいは同一工具等であっても作業方法の違いから明らかに振動量が異なる場合は、振動が定常的とみなせる時間単位に区分し、その都度の振動測定値と曝露時間から定められた条件を満たす総曝露時間内で使用する ⑤曝露時間が6分未満でも周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値は25.0m/s²rmsを超えない ⑥振動測定値が小さくても、曝露時間は1日4時間以内にとどめる ⑦雇入れ時健康診断により、振動、寒冷に影響を受けやすい所見があった場合は、手腕振動曝露を伴う作業に従事させないことが望ましい ⑧振動に対する感受性は個人ごとに異なるので、許容基準に示した作業時間を守れば絶対に障害が発生しないということではない。振動障害防止には作業時間の管理、工具等の整備、操作方法、保護具使用、保温、同時に随伴する騒音対策、日常の健康管理等、総合的な管理が必要である</p>	曝露時間(分)	周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値(m/s ² rms)	曝露時間(分)	周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値(m/s ² rms)	6分以下	25.0	180	4.57	10	19.4	240	3.96	15	15.8	300	3.54	30	11.2	360	3.23	60	7.92	420	2.99	90	6.47	480	2.80	120	5.60				適用範囲→手腕振動曝露を伴う作業者の手から人体に入力される振動を対象とする。この基準は周期的、ランダムまたは非周期的振動に適用する。暫定的に繰り返し衝撃型の振動にも適用する。対象となる振動の周波数範囲は8~1,400Hz、周波数補正振動加速度の3軸合成値は1.4m/s ² rms以上
曝露時間(分)	周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値(m/s ² rms)	曝露時間(分)	周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値(m/s ² rms)																																
6分以下	25.0	180	4.57																																
10	19.4	240	3.96																																
15	15.8	300	3.54																																
30	11.2	360	3.23																																
60	7.92	420	2.99																																
90	6.47	480	2.80																																
120	5.60																																		
静磁場	<ul style="list-style-type: none"> 定義→0~0.25Hz以下の磁場 許容値→四肢への安全率は2.5、最大許容値への曝露は1時間以内 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>許容値</th> <th>最大許容値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>頭部・躯幹</td> <td>200mT (1.63×10⁵Am⁻¹)</td> <td>2 T</td> </tr> <tr> <td>四肢</td> <td>500mT (4.08×10⁵Am⁻¹)</td> <td>5 T</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 留意点→①多くの心臓ペースメーカ等は静磁場の5mT以下で影響を受ける。このため医療機器装着者は磁場に近寄らない。0.5mT(静磁場)を目安とすることを薦める。②3mTを超える場所では金属片が磁石に向かって飛ぶ可能性があるため、酸素ボンベ、医用のメス等を近くで扱う場合は特に事前の注意・検討が必要 		許容値	最大許容値	頭部・躯幹	200mT (1.63×10 ⁵ Am ⁻¹)	2 T	四肢	500mT (4.08×10 ⁵ Am ⁻¹)	5 T																									
	許容値	最大許容値																																	
頭部・躯幹	200mT (1.63×10 ⁵ Am ⁻¹)	2 T																																	
四肢	500mT (4.08×10 ⁵ Am ⁻¹)	5 T																																	
電場・磁場および電磁場(300GHz以下)	<ul style="list-style-type: none"> 定義→0.25Hz~100kHz以下の電磁場。産業に用いられる装置の多くは電場と磁場の比(インピーダンス)が一定せず電場と磁場が混在した状態にある 生物学的効果→明らかな生体効果は誘導電流による 許容値(rms実効値, 1日作業時間の平均値, fは頭帯の周波数) <table border="1"> <thead> <tr> <th>周波数</th> <th>電場</th> <th>磁束密度</th> <th>磁場強度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.25~1.0Hz</td> <td rowspan="3">20kVm⁻¹</td> <td rowspan="3">50/f [mT]</td> <td rowspan="3">4.08×10⁴/f [Am⁻¹]</td> </tr> <tr> <td>1.0~25Hz</td> </tr> <tr> <td>25~500Hz</td> </tr> <tr> <td>500~814Hz</td> <td rowspan="2">500/f [kVm⁻¹]</td> <td rowspan="2">0.1mT</td> <td rowspan="2">81.4Am⁻¹</td> </tr> <tr> <td>0.814~60kHz</td> </tr> <tr> <td>60~100kHz</td> <td>614Vm⁻¹</td> <td>6/f [mT]</td> <td>4880/f [Am⁻¹]</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 留意点→①低周波電磁場と白血病や脳腫瘍との関係については、現時点では確認されていない。本案は、これらの疾病の防護のための許容値設定ではない。②心臓ペースメーカは2極モードでは体に誘導される170μA(50Hz)の弱い電流を感知して、単極モードでは更に低い電流値で、ノイズ逆転モードとなる。後者の例は通常の生活でも遭遇し得るとされるので、産業現場ではここに示した許容値以下でペースメーカの機能異常が起こる可能性がある。③良導体の金属はこの範囲の周波数で誘導される電流のジュール熱によって、思わぬ高温度まで上昇する可能性がある。人工関節・骨頭・聴覚器など比較的大きな金属の体内装置の埋め込み術を受けている人は注意が必要である 	周波数	電場	磁束密度	磁場強度	0.25~1.0Hz	20kVm ⁻¹	50/f [mT]	4.08×10 ⁴ /f [Am ⁻¹]	1.0~25Hz	25~500Hz	500~814Hz	500/f [kVm ⁻¹]	0.1mT	81.4Am ⁻¹	0.814~60kHz	60~100kHz	614Vm ⁻¹	6/f [mT]	4880/f [Am ⁻¹]															
周波数	電場	磁束密度	磁場強度																																
0.25~1.0Hz	20kVm ⁻¹	50/f [mT]	4.08×10 ⁴ /f [Am ⁻¹]																																
1.0~25Hz																																			
25~500Hz																																			
500~814Hz	500/f [kVm ⁻¹]	0.1mT	81.4Am ⁻¹																																
0.814~60kHz																																			
60~100kHz	614Vm ⁻¹	6/f [mT]	4880/f [Am ⁻¹]																																

項目	内容	許容基準	備考																											
電場・磁場および電磁場(300GHz以下)	<ul style="list-style-type: none"> 定義→0.1MHz~300GHzまでの放送波(電波) 生物学的効果→生体への影響は誘電加熱による熱効果 許容値(rms実効値, 1日作業時間の平均値, fは頭帯の周波数) <table border="1"> <thead> <tr> <th>周波数</th> <th>電場</th> <th>磁束密度</th> <th>磁場強度</th> <th>電力密度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.1~3.0MHz</td> <td>614Vm⁻¹</td> <td rowspan="2">6/f [μT]</td> <td rowspan="2">4.88/f [Am⁻¹]</td> <td rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td>3.0~30MHz</td> <td>1842/f [Vm⁻¹]</td> </tr> <tr> <td>30~400MHz</td> <td>614Vm⁻¹</td> <td>0.2μT</td> <td>0.163Am⁻¹</td> <td>10Wm⁻²</td> </tr> <tr> <td>400~2000MHz</td> <td>3.07f^{0.5}Vm⁻¹</td> <td>0.01f^{0.5}μT</td> <td>8.14f^{0.5}Am⁻¹</td> <td>f/40 [Wm⁻²]</td> </tr> <tr> <td>2~300GHz</td> <td>137Vm⁻¹</td> <td>0.447μT</td> <td>0.364Am⁻¹</td> <td>50Wm⁻²</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 留意点→①ここで扱うような微弱な高周波電磁場の生体への作用は、現時点では誘導電流および誘導加熱による効果以外は明らかでない。②携帯電話等の通信機器の出力はおおむねこの規制値より低いが、機器からの距離によって心臓ペースメーカおよびその他の医療装置への影響のある場合がある 	周波数	電場	磁束密度	磁場強度	電力密度	0.1~3.0MHz	614Vm ⁻¹	6/f [μT]	4.88/f [Am ⁻¹]		3.0~30MHz	1842/f [Vm ⁻¹]	30~400MHz	614Vm ⁻¹	0.2μT	0.163Am ⁻¹	10Wm ⁻²	400~2000MHz	3.07f ^{0.5} Vm ⁻¹	0.01f ^{0.5} μT	8.14f ^{0.5} Am ⁻¹	f/40 [Wm ⁻²]	2~300GHz	137Vm ⁻¹	0.447μT	0.364Am ⁻¹	50Wm ⁻²		
周波数	電場	磁束密度	磁場強度	電力密度																										
0.1~3.0MHz	614Vm ⁻¹	6/f [μT]	4.88/f [Am ⁻¹]																											
3.0~30MHz	1842/f [Vm ⁻¹]																													
30~400MHz	614Vm ⁻¹	0.2μT	0.163Am ⁻¹	10Wm ⁻²																										
400~2000MHz	3.07f ^{0.5} Vm ⁻¹	0.01f ^{0.5} μT	8.14f ^{0.5} Am ⁻¹	f/40 [Wm ⁻²]																										
2~300GHz	137Vm ⁻¹	0.447μT	0.364Am ⁻¹	50Wm ⁻²																										

【資料】ACGIHのTLVの考え方

化学物質のTLVs	定義	<ul style="list-style-type: none"> 作業環境空気中の化学物質の濃度に対応するもので、その濃度に毎日繰り返して曝露されながら働いている労働者の大多数が、健康に悪影響を受けることがないと考えられる条件を表す。しかし、個々の労働者の化学物質に対する感受性には大きな差異があり、そのために、ある種の物質に対してTLV以下の濃度でも、少数ではあるけれども不快感を覚えたり、さらに少数ではあるが既往症が悪化したり、職業病にかかるという深刻な影響を受ける者が皆無とは言い切れない TLVには3つのカテゴリーがある <table border="1"> <thead> <tr> <th>時間加重平均(TLV-TWA)</th> <td>1日8時間、1週40時間の正規の労働時間中の時間加重平均濃度を表し、大多数の労働者は、その条件に連日繰り返して曝露されても健康に悪影響を受けない</td> </tr> <tr> <th>短時間曝露限界(TLV-STEL)</th> <td> <ul style="list-style-type: none"> 8時間の1労働日中の時間加重平均濃度がTLV-TWAを超えない場合であっても、その中のどの15分間についても超えてはならない限界 1日の平均曝露TLV-TWAを超えないことを条件として、短時間継続的に曝露されても、①耐えられないほどの刺激、②慢性的または非可逆的な生体組織の損傷、③麻酔作用による傷害事故発生の危険増加、自制心の喪失、または著しい作業能率低下の起こらない濃度の限界 TLV-TWAを超えTLV-STEL以下の高濃度は1回に15分間を超えて継続してはならない。1労働日中に4回を超えて繰り返されてはならない。また、1回の高濃度と次の高濃度の間には少なくとも60分間以上の濃度の低い時間がなくてはならない TLV-STELはそれだけで単独の限界と考えるべきでなく、慢性影響が第一に考慮されるべきであるが、同時に急性作用も認められるような有害物質について、TLV-TWAを補足するものである </td> </tr> <tr> <th>上限値(TLV-C)</th> <td>たとえ瞬間的にでも超えてはならないピーク濃度</td> </tr> </thead></table>	時間加重平均(TLV-TWA)	1日8時間、1週40時間の正規の労働時間中の時間加重平均濃度を表し、大多数の労働者は、その条件に連日繰り返して曝露されても健康に悪影響を受けない	短時間曝露限界(TLV-STEL)	<ul style="list-style-type: none"> 8時間の1労働日中の時間加重平均濃度がTLV-TWAを超えない場合であっても、その中のどの15分間についても超えてはならない限界 1日の平均曝露TLV-TWAを超えないことを条件として、短時間継続的に曝露されても、①耐えられないほどの刺激、②慢性的または非可逆的な生体組織の損傷、③麻酔作用による傷害事故発生の危険増加、自制心の喪失、または著しい作業能率低下の起こらない濃度の限界 TLV-TWAを超えTLV-STEL以下の高濃度は1回に15分間を超えて継続してはならない。1労働日中に4回を超えて繰り返されてはならない。また、1回の高濃度と次の高濃度の間には少なくとも60分間以上の濃度の低い時間がなくてはならない TLV-STELはそれだけで単独の限界と考えるべきでなく、慢性影響が第一に考慮されるべきであるが、同時に急性作用も認められるような有害物質について、TLV-TWAを補足するものである 	上限値(TLV-C)	たとえ瞬間的にでも超えてはならないピーク濃度
時間加重平均(TLV-TWA)	1日8時間、1週40時間の正規の労働時間中の時間加重平均濃度を表し、大多数の労働者は、その条件に連日繰り返して曝露されても健康に悪影響を受けない							
短時間曝露限界(TLV-STEL)	<ul style="list-style-type: none"> 8時間の1労働日中の時間加重平均濃度がTLV-TWAを超えない場合であっても、その中のどの15分間についても超えてはならない限界 1日の平均曝露TLV-TWAを超えないことを条件として、短時間継続的に曝露されても、①耐えられないほどの刺激、②慢性的または非可逆的な生体組織の損傷、③麻酔作用による傷害事故発生の危険増加、自制心の喪失、または著しい作業能率低下の起こらない濃度の限界 TLV-TWAを超えTLV-STEL以下の高濃度は1回に15分間を超えて継続してはならない。1労働日中に4回を超えて繰り返されてはならない。また、1回の高濃度と次の高濃度の間には少なくとも60分間以上の濃度の低い時間がなくてはならない TLV-STELはそれだけで単独の限界と考えるべきでなく、慢性影響が第一に考慮されるべきであるが、同時に急性作用も認められるような有害物質について、TLV-TWAを補足するものである 							
上限値(TLV-C)	たとえ瞬間的にでも超えてはならないピーク濃度							
物理的因子のTLV	定義	<ul style="list-style-type: none"> このTLVは物理的労働環境因子のレベルで、ほとんどすべての健康な労働者が毎日繰り返してその状態で労働を続けても、健康に悪影響を及ぼさないと考えられる曝露レベルを表す。また、個々の労働者の感受性には大きな差があり、中にはこのTLV以下のレベルでも不快感、既往症の悪化、健康障害を防げないこともある TLVには時間加重平均値(TLV-TWA)と上限値(TLV-C)の2つのカテゴリーがある 						

資料：ドイツの MAK の考え方

定義	作業環境中にガス、蒸気あるいは粉じんとして存在する化学物質の最大許容濃度 (一般に労働者の健康障害、過度の不快感の原因とはならないと判断し得る濃度)			
目的	1. MAK値は作業場における作業者の健康の保護を促進する 2. 作業場において通常存在する濃度で、中毒の危険があるのか、あるいは安全かを判断するための根拠を提供する			
利用上の注意	数値の意味	1. 週40時間労働*の平均として、1日8時間曝露されても支障がないと判断される *4交替制勤務の場合、連続した4週間の週平均42時間労働 2. 1日労働時間あるいは1交替勤務時間中の平均濃度 3. 物質の影響が考慮されているが、更に考え得る限り、実際の標準的な作業の手順や曝露のパターンも考慮されている 4. 技術的あるいは経済的に実行できることを基準とするよりも、健康の保護を科学的見地から考慮した基準を採用		
	適用に対する制限	1. 長期あるいは短期の曝露の後、健康障害の有無を計算して求めるような定数を提供するものではない 2. 健康への明らかな、あるいは疑わしい障害を推断するには細部にわたる、あらゆる状況を考慮して、医学的判断を基にしたのみなし得る 3. 原則的には、MAKリストは個々のケースにおける健康への明らかな、あるいは疑わしい障害を判断するものとして述べられたものではない 4. 呼吸器系の曝露に加えて、物質に対する生体の感受性、経皮呼吸、腐食性、易燃性、蒸気圧などが、障害の原因となる影響と程度を決定する 5. MAK値を遵守していれば、原則的に曝露している個々の人の医学的な健康監視は必要ないということではない 6. 産業工場付近などのように、非職業環境で汚染物質に長期間曝露される場合に係る健康障害の危険を予想する換算係数を表すには不適切である		
ピーク濃度の曝露の制限	1. 作業環境中の化学物質濃度は頻りに、また相当の幅をもって変動する。しかし、健康障害を避けるためには時間加重平均濃度を上回る濃度は制限されなくてはならない 2. ピーク濃度曝露に起因する健康障害はピーク濃度の挙動と当該物質の影響に依存するため、MAKリストにある物質について、毒性に関する考慮と分析技術の現実性を考慮して決定した個別のカテゴリーを確立した 3. 8時間中の時間加重平均濃度は常に監視されるべきである。この平均濃度を超えないことを条件にして、以下のカテゴリーは短時間だけ時間加重平均濃度を超過濃度に曝露される時に適用される			
	カテゴリー	短時間レベル		
		ピーク濃度	曝露時間	1労働日中の頻度
	I 局所的刺激物質	MAKの2倍	5分、瞬間値*	8回
	II 全身的影響を伴う物質 影響の現れ ≤ 2時間	MAKの2倍	30分、平均値	4回
	II-1 半減期 < 2時間			
II-2 半減期、2時間～労働日中	MAKの5倍	30分、平均値	2回	
III 全身的影響を伴う物質 影響の現れ > 2時間 半減期 > 労働日中 (強い蓄積性)	MAKの10倍	30分、平均値	1回	
IV ごく弱い影響の誘因物質 MAK > 500mL/m ³	MAKの2倍	60分、瞬間値*	3回	
V 強烈な臭いのある物質	MAKの2倍	10分、瞬間値*	4回	

*瞬間値は超えてはならない濃度レベルで、作業環境中で技術的に計画されて、監視すべき限度を表す

4 管理濃度

4a 管理濃度の概念

定義	作業環境管理を進める過程で、有害物質に関する作業環境の状態を評価するために、作業環境測定基準に従って単位作業場所について実施した測定結果から、当該単位作業場所の作業環境管理の良否を判断する際の、管理区分を決定するための指標	個々の測定値とは直接対比できない、従って、個々の労働者の曝露濃度と対比することを前提として設定されている曝露限界とは異なる
性格	学会等の示す曝露限界および各国の曝露の規制のための基準の動向を踏まえつつ、作業環境管理技術の実用可能性、その他作業環境管理に関する国際的動向などをもとに、作業環境管理の目的に沿うよう、気中有害物質の濃度を行政の見地から設定したものである	
設定する物質の範囲	1. 労働安全衛生法第65条の規定に基づき、測定が義務付けられている物質のうち、管理濃度を指標とする評価方法になじむもの 2. 測定が義務づけられている物質であって、管理濃度が設定されていない物質については、作業場の気中濃度を可能な限り低いレベルに維持することなどを基本とする	曝露限界→日本産業衛生学会の許容濃度、ACGIHのTLV等

4b 有機溶剤・特定化学物質・鉛・粉じんの管理濃度 (作業環境評価基準, 1996)

物質の名称	管理濃度		備考
	ppm	mg/m ³	
(有機溶剤)			
アセトン	500		
メタノール	200		
メチルイソブチルケトン	50		
メチルエチルケトン	200		
メチルシクロヘキサノール	50		
メチルシクロヘキサノン	50		
メチルブチルケトン	5		
(特定化学物質等)			
アクリルアミド		2	
アクリロニトリル		2	
アルキル水銀化合物 (アルキル基がメチル基又はエチル基である物に限る)			水銀として 0.01
石棉 (アモサイト及びクロシドライトを除く)			5 μm以上の繊維として0.15本/cm ³
エチレンジオキソモノエチルエーテル (別名セロソルブ)	5		
エチレンジオキソ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)	25		
エチレンジオキソモノブチルエーテル (別名ブチルセロソルブ)	5		
エチレンジオキソモノメチルエーテル (別名メチルセロソルブ)	25		
オルト-ジクロロベンゼン	50		
キシレン	5		
クレゾール	5		
クロロベンゼン	10		
クロホルム	10		
酢酸イソブチル	150		
酢酸イソプロピル	100		
酢酸イソペンチル (別名酢酸イソアミル)	100		
酢酸エチル	200		
酢酸ブチル	150		
酢酸プロピル	200		
酢酸ペンチル (別名酢酸アミル)	100		
酢酸メチル	200		
四塩化炭素	5		
シクロヘキサノール	25		
シクロヘキサノン	25		
1,4-ジオキサン	10		
1,2-ジクロロエタン (別名二塩化エチレン)	10		
1,2-ジクロロエチレン (別名二塩化アセチレン)	150		
ジクロロメタン (別名二塩化メチレン)	50		
N,N-ジメチルホルムアミド	10		
スチレン	20		
1,1,2,2-テトラクロロエタン (別名四塩化アセチレン)	1		
テトラクロロエチレン (別名パークロロエチレン)	50		
テトラヒドロフラン	200		
1,1,1-トリクロロエタン	200		
トリクロロエチレン	25		
トルエン	50		
二硫化炭素	10		
ノルマルヘキサン	40		
1-ブタノール	25		
2-ブタノール		100	
メタノール		200	
メチルイソブチルケトン		50	
メチルエチルケトン		200	
メチルシクロヘキサノール		50	
メチルシクロヘキサノン		50	
メチルブチルケトン		5	
(特定化学物質等)			
アクリルアミド		2	
アクリロニトリル		2	
アルキル水銀化合物 (アルキル基がメチル基又はエチル基である物に限る)			水銀として 0.01
石棉 (アモサイト及びクロシドライトを除く)			5 μm以上の繊維として0.15本/cm ³
エチレンジオキソモノエチルエーテル (別名セロソルブ)		0.5	
エチレンジオキソ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)		1	
エチレンジオキソモノブチルエーテル (別名ブチルセロソルブ)		2	
エチレンジオキソモノメチルエーテル (別名メチルセロソルブ)		0.5	
オルト-ジクロロベンゼン		0.1	
キシレン		0.05	カドミウムとして
クレゾール		0.05	クロムとして
クロロベンゼン		0.03	バナジウムとして
クロホルム		0.03	ヒ素として
酢酸イソブチル		0.2	ベンゼン可溶性成分として
酢酸イソプロピル		3	シアンとして
酢酸イソペンチル (別名酢酸イソアミル)		3	シアンとして
酢酸エチル		0.005	
酢酸ブチル		0.05	クロムとして
酢酸プロピル		0.025	水銀として
酢酸ペンチル (別名酢酸アミル)		0.05	
重クロム酸及びその塩		0.005	
水銀及びその無機化合物 (硫化水銀を除く)		0.001	
トリレンジオキソシアンレート		0.001	
ニッケルカルボニル		0.05	
ニトログリコール		0.6	
パラ-ニトロクロロベンゼン		2	
非化水素		0.5	
β-プロピオラクトン		1	ベリリウムとして
ベリリウム及びその化合物		1	
ベンゼン		0.5	ベンタクロロフェノール
ベンタクロロフェノール (別名PCP)		0.5	
及びそのナトリウム塩		0.2	マンガンとして
マンガン及びその化合物 (塩基性酸化マンガンを除く)		2	
ヨウ化メチル		5	
硫化水素		0.1	
硫酸ジメチル		0.1	
鉛及びその化合物			鉛として 0.05
土石、岩石、鉱物、金属または炭素の粉じん			E = $\frac{3.0}{0.59Q + 1}$ E: 管理濃度 (mg/m ³) Q: 当該粉じんの遊離酸含有率 (%)

注) 塩化ビニル 基発第348号 (昭50)。(備考) 値は温度25℃, 1気圧の空気中における濃度を示す

5 生物学的モニタリングと生物学的曝露指標

5.1a 生物学的モニタリング

モニタリング	環境モニタリング	定義	空気中の化学物質濃度を測定することによって、呼吸を通して作業者の体内に取り込まれる化学物質の量を推定すること
		作業環境モニタリング	単位作業場所の有害物質を測定し、一定の基準（管理濃度）と対比して評価を行う（作業環境管理）
		作業環境モニタリング	作業者の呼吸域における有害物質の曝露濃度を測定し、作業場の空気中の有害化学物質濃度の他に、作業方法、作業時間などの作業管理に関する情報を得ることができる
	生物学的モニタリング	定義	あらかじめ指定されたタイミングで、作業者の身体から採取された生体試料の分析によって、呼吸だけでなく全ての経路を通しての曝露量を評価すること
		定義	有害物質が作業者へ侵入した後、その生体内試料中濃度の測定をし、侵入量より曝露の程度を評価する
		目的	(a) 血液中の有害物質、(b) 呼気中の有機溶剤、(c) 尿中の重金属、有機溶剤自体またはその代謝物等を測定して、作業者の個人個人の生体障害に備えと共、個人並びに作業者集団の摂取量も測定し評価する
		長所	①経気道だけでなく、経口および経皮による侵入量を測定し評価することが可能、②防毒マスク使用時の真の侵入量の評価が可能、など 作業管理に関する有効な情報源となる
		短所	①生体試料の測定値には個体差が存在し、これに対する注意が必要、②業務外の曝露も含まれるので、これに対する注意が必要
		定義	有害化学物質のヒトに対する初期の影響による（可逆的な）変動を測定し、曝露の程度、健康の危険度を評価し、予防に役立てること
		目的	作業者が生体障害を起こす前段階の影響をとらえて予防に役立てること
測定方法	例：①カドミウム曝露の際、尿中の低分子蛋白（β ₂ -ミクログロブリンとレチノール結合蛋白）の測定、②鉛曝露の場合、ボルフィリン代謝の乱れによって生じる初期の生体影響（δ-アミノレブリン酸脱水酵素の活性低下、尿中δ-アミノレブリン酸の上昇、赤血球中の遊離プロトポルフィリン濃度上昇等）の測定		

5.1b 労働衛生管理における生物学的モニタリングの位置づけ

モニタリング	環境モニタリング		生物学的モニタリング		ヘルスサーベイランス
	作業環境	個人	体内存在量	初期の生体影響	
定義	作業環境中濃度	個人曝露濃度	体内存在量	初期の生体影響	生体障害
場所	環境			生体	
評価対象	化学物質			影響	
対策	予防			治療、配置転換	
基準	管理濃度	許容濃度、TLV	BEI	BEI（一部）	クライテリア
管理	作業環境管理	作業管理		健康管理（健康診断）	
欠点	時間・場所的変動	作業量による変動	代謝の個人差 共存物質の影響	感受性の個人差	

ヘルスサーベイランス（特殊健康診断）：作業者の健康障害を発見し、治療、配置転換を行うとともに、その健診結果により作業環境、作業方法の再検討を行う

注）生物学的モニタリングは作業者の有害物質の生体内侵入量を評価して、作業者の環境管理、作業管理が順調に行われているか否かを評価する。さらに、生体障害の原因を究明するための環境と生体障害の間の架け橋としての重要な意義を有する。これらの各種モニタリング、ヘルスサーベイランスが相互に補い合うことによって、作業者の健康保持のための労働衛生管理がより充実したものになる

（緒方正名：トキシコロジーフォーラム、Vol.11（4）、1988）

5.1c 生物学的曝露指標（BEIs：Biological Exposure Indices）

生物学的モニタリング	意義	化学物質に対する曝露と健康影響の評価の道具→化学物質に曝露された作業者の生体中の測定対象を測定することによって化学物質の摂取量を知ることが可能（化学物質に曝露された作業者の体内摂取量に間接的に反映）
	測定対象	化学物質そのもの、単一または複数の代謝産物、その化学物質によって特徴的に引き起こされる生化学的変化など
	試料	尿、血液、呼気
BEIs	利用法	①労働衛生関係者に呼吸器だけでなく皮膚、消化器を通して吸収された化学物質のトータルな量の測定と身体負荷の評価 ②ほかに曝露測定方法がない場合の過去の曝露の再現 ③労働の場以外での曝露の検知 ④個人保護具の防護効果と工学的な作業環境改善効果の試験 ⑤作業行動の観察 気中濃度モニタリングを補足するもの 生物学的モニタリングの実施、デザイン、プロトコルの解釈、BEIsの応用に際しては労働衛生担当者の専門的な判断と、TLVsおよびBEIsのドキュメンテーションを参照すること
	指標	生物学的モニタリングの結果を評価する際の指標となる値
BEIsとTLVsの関係	意義	TLVの濃度の空気を呼吸しながら働く健康な作業者と同程度の曝露を受けている健康な作業者の身体から採取された試料中に認められる測定対象の量に対応するもの
	値の意味	設定濃度より低い濃度ではほとんどすべての作業者の健康に悪影響を及ぼさない濃度 化学物質による健康影響の程度や職業病の診断に使うことを目的としていない ある物質のBEIsが設定されていることが必ずしも生物学的モニタリングの必要性を意味しない
不一致の主な原因	BEIsの測定対象物質の量	作業者個人の化学物質の体内摂取量の指標
	TLVsと比較するための気中濃度	作業者個人またはグループの経気道摂取の可能性を示すもの 気中濃度がTLVsに等しいときに予想される生体試料中の測定対象濃度とTLVsとの直接的な関係に基づいて設定されている
試料採取のタイミング	同一作業グループ内であっても各個人の体内摂取量には下記に示すような種々の理由により相違が生じる 気中濃度モニタリングから得られる情報と生物学的モニタリングから得られる情報の間には種々の原因により不一致が生じる	①作業に関係があるとか、測定方法に問題があるとかいうだけではない ②個々の作業者の健康および生理的な状態→体質、食事（水分および脂質の摂取）、代謝、体液の組成差、年齢、性別、妊娠の有無、疾病と薬物の服用など ③職業上の曝露の状態→労働強度と労働時間、皮膚曝露、気温と湿度、他の化学物質に対する同時曝露、作業習慣など ④職業以外での曝露の状態→コミュニティおよび家庭内の空気汚染、飲み水と食物の汚染、個人生活の摂生、喫煙、飲酒および薬物の使用、洗剤その他の家庭用化学製品に対する曝露、模型工作、家庭園芸等趣味のために使用する化学製品に対する曝露、調査対象外の仕事での曝露など ⑤測定手法上の問題→採取および保存中の試料の汚染と変質、分析方法の違いに起因するバイアスなど ⑥気中濃度の測定点と作業者の呼吸位置の違い ⑦粒子状物質の粒径分布と吸入特性 ⑧個人保護具の効果の変動
	尿試料の尿許容条件	尿中に含まれる測定対象が極度に希釈・濃縮されている尿試料は生物学的モニタリングには不適当 WHOは尿試料の許容条件としてクレアチニン濃度が0.3g/Lを超え3.0g/L未満、または比重が1.010を超え1.030未満というガイドラインを採用→いずれかの条件がこの範囲に入らない場合にはその尿試料を廃棄し新たに採取し直す いつも上記の条件に外れる尿を出す作業→医学的な検査が必要 排尿量によって影響を受ける測定対象→BEIsはクレアチニン濃度との比較で表示
QAプログラム	生物学的モニタリングのそれぞれのプロセスは効果的な品質保証（QA）プログラムに基づいて実施する	1. 適切な試料採取、すなわち適切なタイミングで汚染と逸失がなく、適切な容器を用いた試料採取が必要 2. ドナーの確認、曝露時間、曝露源、試料採取のタイミングを記録する 3. 測定対象の分析に使われる方法は正確で、十分な感度があり、BEIsと合った結果の得られる特異性を有したもの 4. 分析機関は外部の精度管理プログラムに参加する 5. 生物学的モニタリングを利用する労働衛生の専門家は分析機関に作業から採取した試料を分析されるだけでなく、ブラインド試験を行わせる 6. ブラインド試験は労働衛生の専門家に分析機関の試料処理、分析、適切な結果報告書の作成能力を評価する機会をもたらす
	BEIsの利用	BEIsは労働衛生の分野での潜在的な健康影響の危険性評価に用いるガイドライン→曝露が有害か有害でないかを明確に区分を示すものではない ある作業から異なる時期に採取した試料中の測定対象が常にBEIsを超える場合→原因を調べて曝露を減らす対策を取ること 同一作業場所の同一作業シフトの作業者のグループから採取した試料の大多数がBEIsを超える場合→その作業場所の作業に関する情報を記録し、原因を調べる 生体試料中の測定対象の濃度は変動する→ただ1つの試料から得られた結果に基づいて結論を出すことは避けること 1回のモニタリング結果が非常に高くかつ高濃度に曝露されたことと信じる十分な理由がある場合→労働衛生管理の措置はただ1つのモニタリング結果に基づいて行わないこと。分析を繰り返した結果または繰り返し採取された試料の分析結果に基づいて行うこと モニタリングの結果がBEIsより低い場合→このことが必ずしも健康影響の危険がないことを意味しない BEIsは1日8時間、1週5日間の曝露に適用されるが、それ以外の作業時間の労働形態が多くの職業で行われている→労働時間に関係なく表（p.64）のBEIsを使うこと BEIsの適用→この分野の知識のある労働衛生専門家によって行う BEIsは中毒学および薬物動態学に関する情報が考慮されて決定されている→物質代謝、生体内分布、蓄積、排泄、作用に関するある程度の知識を有することが有効な利用となる BEIsは有害物質に曝露される作業者の潜在的な健康影響の危険のコントロールのためのガイドライン→その他の目的に使用しないこと BEIs値を非職業的な曝露や一般住民に適用しない BEIs値は安全な測定対象濃度と危険な測定対象濃度の明確な境界線ではなく、毒性的指標でもない

5 | d 化学物質の生物学的曝露指標 (BEIs)

ACGIH 2004

化学物質 測定対象	試料採取の タイミング	BEI	備考
アセチルコリンエステラーゼインヒビターである殺虫剤 赤血球コリンエステラーゼ活性 尿中シクロヘキサノール ²⁾	随時 シフトの終わり	個人の基準値の70%	Ns
アセトン ¹⁾ 尿中アセトン	シフトの終わり	50mg/L	Nq, Ns
アニリン 尿中アニリン ²⁾ 尿中p-アミノフェノール ²⁾ ヘモグロビンから放出されるアニリン	シフトの終わり シフトの終わり シフトの終わり	— 50mg/L —	Ns
一酸化炭素 血中COヘモグロビン	シフトの終わり	ヘモグロビン総量の3.5%	Nq
終末呼気中CO	シフトの終わり	20ppm未満	B, Ns
エチルベンゼン 尿中マンデル酸 終末呼気中エチルベンゼン	週最終シフトの終わり —	1.5g/g Cr ³⁾ —	Ns Sq
2-エトキシエタノール (EGEE) および 2-エトキシエチルアセテート (EGEEA) 尿中2-エトキシ酢酸	週最終シフトの終わり	100mg/g Cr	Nq (non-quantitative) :非定量的 その物質について、 文献調査の結果、生 物学的モニタリング が非定量的であると 考えざるを得ないが、 十分なデータがない ために特定のBEIを 決定できなかったこ とを表す
カドミウム及び無機化合物 ¹⁾ 尿中カドミウム 血中カドミウム	随時 随時	5μg/g Cr 5μg/L	B
キシレン (工業用) ¹⁾ 尿中メチル馬尿酸	シフトの終わり	1.5g/g Cr	B
クロム (VI)、水溶性ヒューム ¹⁾ 尿中総クロム 尿中総クロム	シフト中の増加量 週最終シフトの終わり	10μg/L 25μg/L	—
クロルベンゼン ¹⁾ 尿中総4-クロルカテコール 尿中総p-クロルフェノール	シフトの終わり シフトの終わり	150mg/g Cr 25mg/g Cr	Ns
五酸化バナジウム ¹⁾ 尿中バナジウム	週最終シフトの終わり	50μg/g Cr	Ns
コバルト 尿中コバルト 血中コバルト	週最終シフトの終わり 週最終シフトの終わり	15μg/L 1μg/L	Sq
シクロヘキサノール 尿中1,2-シクロヘキサジオール ²⁾ 尿中シクロヘキサノール ²⁾	週最終シフトの終わり シフトの終わり	— —	B
シクロヘキサノン 尿中1,2-シクロヘキサジオール ²⁾ 尿中シクロヘキサノール ²⁾	週最終シフトの終わり シフトの終わり	80mg/L 8mg/L	B, Sq
N,N-ジメチルアセトアミド 尿中N-メチルアセトアミド	週最終シフトの終わり	30mg/g Cr	Nq, Ns
N,N-ジメチルホルムアミド (DMF) ¹⁾ 尿中N-メチルホルムアミド 尿中N-アセチル-s-(N-メチルカルバモイル) システイン	シフトの終わり 週最終シフトの開始前	15mg/L 40mg/L	Nq, Ns
水銀 ¹⁾ 尿中総無機水銀 血中総無機水銀	始業前 週最終シフトの終わり	35μg/g Cr 15μg/L	—
スチレン ¹⁾ 尿中マンデル酸+フェニルグリオキシル酸 静脈血中スチレン	シフトの終わり シフトの終わり	400mg/g Cr 0.2mg/L	Sq
テトラクロルエチレン ¹⁾ 終末呼気中テトラクロルエチレン 血中テトラクロルエチレン 尿中トリクロル酢酸	週最終シフトの開始前 週最終シフトの開始前 週最終シフトの終わり	5ppm 0.5mg/L 3.5mg/L	—
テトラヒドロフラン ¹⁾ 尿中テトラヒドロフラン	シフトの終わり	8mg/L	Ns, Sq
トリクロルエチレン ¹⁾ 尿中トリクロル酢酸 (尿中トリクロル酢酸+トリクロルエタノール) 血中遊離トリクロルエタノール 血中トリクロルエチレン 終末呼気中トリクロルエチレン	(週の終わり) (週最終シフトの終わり) (週最終シフトの終わり) (—) (—)	100mg/g Cr 300mg/g Cr 4mg/L — —	—

1) 作業環境測定対象物質 2) 加水分解が起きないよう注意 3) Cr:クレアチニン

化学物質 測定対象	試料採取の タイミング	BEI	備考
トルエン ¹⁾ 尿中o-クレゾール 尿中馬尿酸 血中トルエン	シフトの終わり シフトの終わり 週最終シフトの開始前	0.5mg/L 1.6mg/g Cr 0.05mg/L	B
鉛 (注) ¹⁾ 血中鉛	随時	30μg/100mL	B, Ns
ニトロベンゼン 尿中総p-ニトロフェノール 血中メトヘモグロビン	週最終シフトの終わり シフトの終わり	5mg/g Cr ヘモグロビン量の1.5%	—
二硫化炭素 ¹⁾ 尿中2-チオチアゾリジン4-カルボキシル酸 (TTCA)	シフトの終わり	5mg/g Cr	Ns
ノルマルヘキサン ¹⁾ 尿中2,5-ヘキサンジオン	週最終シフトの終わり	0.4mg/L	B, Ns, Sq
パラチオン 尿中総p-ニトロフェノール 赤血球コリンエステラーゼ活性 ヒ素、単体及び水溶性無機化合物 ¹⁾ 尿中無機ヒ素+メチル化代謝物	シフトの終わり 随時	0.5mg/g Cr 個人の基準値の70%	—
フェノール 尿中総フェノール	週最終シフトの終わり シフトの終わり	Asとして35μg/L 250mg/g Cr	B
フッ化物 ¹⁾ 尿中フッ化物 尿中フッ化物	シフトの開始前 シフトの終わり	3mg/g Cr 10mg/g Cr	B, Ns
フルフラール 尿中総フランカルボン酸 2-ヘキサノン (メチルブチルケトン) 尿中2,5-ヘキサンジオン	シフトの終わり 週最終シフトの終わり	200mg/g Cr 0.4mg/L	B, Ns
ベンゼン ¹⁾ 尿中s-フェニルメルカプト酸 尿中trans, trans-Δコン酸	シフトの終わり シフトの終わり	25μg/g Cr 500μg/g Cr	—
ペンタクロルフェノール (PCP) ¹⁾ 尿中総ペンタクロルフェノール 血清中遊離ペンタクロルフェノール メタノール ¹⁾ 尿中メタノール	週最終シフトの開始前 シフトの終わり	2mg/g Cr 5mg/L 15mg/L	B
メチルエチルケトン (エチルメチルケトン, MEK) ¹⁾ 尿中メチルエチルケトン	シフトの終わり	2mg/L	B, Ns
メチルイソブチルケトン (MIBK) ¹⁾ 尿中メチルイソブチルケトン	シフトの終わり	2mg/L	—
メチルクロロホルム (1,1,1-トリクロルエタン) ¹⁾ 終末呼気中1,1,1-トリクロロエタン 尿中トリクロル酢酸 尿中総トリクロルエタノール 血中総トリクロルエタノール	週最終シフトの開始前 週最終シフトの開始前 週最終シフトの終わり 週最終シフトの終わり	40ppm 10mg/L 30mg/L 1mg/L	—
4,4'-メチレンビス (2-クロロアニリン) (MBOCA) 尿中総4,4'-メチレンビス (2-クロロアニリン)	シフトの終わり	—	Ns, Sq
2-メトキシエタノール (EGME) および 2-メトキシエチルアセテート (EGMEA) 尿中2-メトキシ酢酸 メトヘモグロビンインデューサー 血中メトヘモグロビン	週最終シフトの終わり シフト中またはシフトの終わり	— ヘモグロビン総量の1.5%	Nq

注) 出産能力のある女性の血中鉛濃度が10μg/dLを超えていると、現行のCenter of Disease Controlのガイドラインに示された10μg/dLを超える血中鉛濃度の子供が生まれる危険があり、子供の血中鉛濃度の高い状態が続くと知覚障害をもたらす危険がある。したがって、このような子供達の血中鉛濃度を確実にモニターし、このような子供達の環境の鉛に対する曝露を最小限に抑える適切な措置を講じることが必要である (ドキュメンテーション参照)