

人体振動の許容基準の動向

独立行政法人 産業医学総合研究所 前田 節 雄

1. はじめに

作業者に及ぼす人体振動は、大きく全身振動と手腕振動とに分けられる。

全身振動とは身体の表面を通じて身体全体に伝わる振動と考えられている。作業用車両の運転手は、例えば、足や尻からの全身振動に曝露されている。また、背中を支持されていれば背中からも振動曝露を受ける。全身振動曝露は、永久的な肉体的損傷や神経系の損傷に対する原因と考えられる。長年、全身振動に曝露されると、腰痛という肉体的損傷になりえると考えられている。これは脊柱下部に影響を与える。全身振動曝露は人間の循環器系や泌尿器系への影響も考えられる。

手腕振動（手に受ける振動）は、手や腕から伝わる振動として考えられている。手腕振動の多くは、作業者が手持動力工具等の操作時に受ける振動曝露のことである。手腕振動曝露は、白ろう病として知られる永久的な肉体的障害の原因や、手首、肘の筋肉や関節への障害にも影響を与えると考えられる。

このように人体振動曝露は、作業者の健康・快適性・作業性に大きな影響を与える要因である。人体振動は振動振幅・振動周波数・振動曝露軸・曝露時間など多くの要因から成っているため、振動測定・評価方法、および影響評価方法（許容基準）も複雑になってきている。全身振動と手腕振動の測定・評価方法は、人体の機械的特性の相違

により別々に考えられてきている。

また、1995年1月以降、EC加盟国に対して、人体振動曝露を受けると考えられる製品を輸出するときの振動の目標値が設定されてきている。EC加盟国及び世界への製品の輸出に関して、ISO9000, ISO 14000, 12100, 16000等の認証工場で作られた製品で、なおかつ、振動のEC指令の値を満足しなければ輸出することが困難な時代になろうとしてきている。つまり、この振動の値は、作業者を振動曝露から守り、職業性疾病防止や振動発生装置の設計及び振動防止対策の目標値あるいは許容基準として用いられるものである。

そこで、この報告では、まず全身振動や手腕振動の国際規格の制定作業や改定作業が行われてきているISO (International Organization for Standardization: 国際標準化機構) 及びISO/TC108 (Technical Committee 108: Mechanical Vibration and Shock: 機械振動と衝撃)/SC4 (Sub-Committee 4: Human Exposure to Mechanical Vibration and Shock: 機械振動・衝撃の人体への影響) のWG (Working Group: 作業グループ) の内容を概説する。次に現在検討されている人体振動の国際規格の許容基準の動向と国内許容基準との関連および現場での許容基準に基づいた職業性振動障害予防対策の考え方について概説する。

2. ISO とは？

ISO とは、“物質及びサービスの国際交換を容易にし、知的、科学的、技術的および経済的活動分野の協力を助長させるために世界的な標準化お

* 同所 人間工学特性研究部主任研究官 工学博士

表2 これまでに制定されてきた振動の人体への影響に関する国際規格

ISO2041, 1990	Vibration and shock-vocabulary
ISO2631-1, 1997	Evaluation of human exposure to whole-body vibration Part1: General requirements.
ISO/DIS2631-2, 2000	Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part2: Continuous and shock-induced vibration in buildings.
ISO/FDIS263 Part4: 2000	Part4: Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guideway transport systems
ISO4866, 1990	Mechanical vibration and shock-Vibration of buildings-Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings
ISO4866: 1990 DAM2, 1994	Mechanical vibration and shock-Vibration of buildings-Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings
ISO4867, 1984	Code for the measurement and reporting of shipboard vibration data
ISO4868, 1984	Code for the measurement and reporting of local vibration data of ship structures and equipment
ISO5007, 1990	Agricultural wheeled tractors-operator's seat-laboratory measurement of transmitted vibration
ISO5008, 1979	Agricultural wheeled tractors and field machinery- measurement of whole-body vibration of the operators
ISO/FDIS5349 Part1: 2000	Mechanical vibration-Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration-Part1: General requirements
ISO/FDIS5349 Part2: 2000	Mechanical vibration-Guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration at the workplace
ISO5805, 1997	Mechanical vibration and shock affecting man-vocabulary
ISO5982, 1981	Vibration and shock-mechanical driving point impedance of the human body
ISO6544, 1981	Hand-held pneumatic assembly tools for installing threaded fasteners.Reaction torque and torque impulse measurements
ISO6897, 1984	Guidelines for the evaluation of response to occupants of fixed structures,especially buildings and offshore structures,to low-frequency horizontal motion (0.063Hz to 1Hz)
ISO6954, 1984	Mechanical vibration and shock-Guidelines for the overall evaluation of vibration in merchant ships
ISO7096, 2000	Earth-moving machinery-laboratory evaluation of operator seat vibration
ISO7505, 1986	Forestry machinery-Chain saws-Measurement of hand-transmitted vibration
ISO7916, 1989	Forestry machinery-Portable brush-saws-Measurement of hand-transmitted vibration
ISO7962, 1987	Mechanical vibration and shock-Mechanical transmissibility of the human body in the z direction
ISO8002, 1986	Mechanical vibrations-land vehicles-method for reporting measured data
ISO8041, 1990	Human response to vibration-measuring instrumentation
ISO8041, 1990 Amd 1: 1999	Human response to vibration-measuring instrumentation.Technical corrigendum 1
ISO8569, 1996	Mechanical vibration-shock-and-vibration-sensitive electronic equipment-methods of measurement and reporting data of shock and vibration effects in buildings
ISO8608, 1995	Mechanical vibration-road surface profiles-reporting of measured data
ISO8662-1 1988	Hand-help portable power tools-Measurement of vibration at the handle- Part1: General (and other parts Part2-Part14)
ISO8727, 1997	Mechanical vibration and shock-human exposure-biodynamic co-ordinate systems
ISO9996, 1996	Mechanical vibration and shock-disturbance of human activity performance-taxonomy
ISO10056, 1997	Mechanical vibration-measurement and analysis of vibration to which passengers and crew are exposed in railway vehicles
ISO10068, 1998	Mechanical vibration and shock-free, mechanical impedance of the human hand-arm system at the driving point
ISO10137, 1992	Bases for design of structures-Serviceability of buildings against vibration
ISO10227, 1996	Human/human surrogate impact (single shock) testing and evaluation-guidance on technical aspects
ISO10326 1 1992	Mechanical vibration Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration-Part1: Basic requirements
ISO/DIS10326 2 1996	Mechanical vibration-Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration Part2: Basic Application to railway vehicles
ISO/DIS10815 1996	Mechanical vibration-measurement of vibration generated internally in railway tunnels by the passage of trains
ISO10819, 1996	Mechanical vibration and shock hand arm vibration-method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand
ISO13090 1 1998	Mechanical vibration and shock Guidance on safety aspects of tests and experiments with people Part1: Exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock
ISO/DIS13091 Part1: 1999	Mechanical vibration-Vibrotactile perception thresholds for the assessment of nerve dysfunction Part1: Test methods for measurement at the fingertips
ISO/DIS13091 Part2: 2000	Mechanical vibration-Vibrotactile perception thresholds for the assessment of nerve dysfunction Part2: Reporting and understanding of measurement at the fingertips
ISO13753, 1998	Mechanical vibration and shock-hand-arm vibration-method for the measuring the vibration transmissibility of resilient materials when loading by the hand-arm system

FDIS=Final draft international standard, DIS=Draft international standard, DAM=Draft amendment, Amd=Amendment

表3 人体振動の国際規格 (ISO) の制定および我が国の人体振動規格 (JIS) の制定の歴史

年	ISO/TC108/SC4の動向	日本の動向
1966	ブラッセル会議；振動評価方法提案	
1967	チューリッヒ会議；第1回改正 “Evaluation Exposure of Humans to Whole Body Vibration” が審議 (TC108/WG)	三輪・米川；Evaluation Method for Vibration Effect. Part1から Part10発表
1968	テルアビブ；第2回改正審議	守田；ICA (東京) で振動レベル計の特性を提案
1969	デュセルドルフ；第3回改正審議 手腕振動評価法の審議始まる	東京都が日本音響学会に振動評価の計器の 規格作成委託 (1970年に報告)
1970	ジュネーブ “Guide for the evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration” 審議	東京都が日本音響学会に振動レベル計の試験 方法及び測定方法の試案作成委託 (1971年に報告)
1971	パリ；WG7が SC4となる	
1972	ラフバラー；修正案が DIS になる	環境庁が振動公害検討に着手 (1973年に報告)
1973	スプリット；SC2/WG2で船の乗組員の適用 基準審議スタート	工業技術院が日本音響学会に振動レベル計の 規格原案委託
1974	ノルティエ；1Hz以下の審議始まる ISO2631発行	
1975	サウサンプトン；曝露時間の長時間側の修正； ISO2631へ船の振動評価の提案	計量法；鉛直方向の振動レベルの定義
1976	サンピサン；1Hz以下の ISO2631/ADENDAM1が提案	振動規制法を制定，施行 振動レベル計 JISC1510制定
1977	ウィーン；建物居住者に対する基準2631/DAD1提案	
1978	ゴドワルドフ；1Hz以下の水平振動提案 ISO2631 2nd edition 発行	
1979	クラグエバック；SC2/WG2との船の基準審議 ISO/DIS5349提案	手持工具振動レベル計 JISC1511制定
1980	コペンハーゲン；ISO2631長期改訂再審議	
1981	ニューオリンズ；ISO2631長期改訂再審議	振動レベル測定方法 JISZ8735制定
1982	ゲント；長期改訂再審議	TC108東京会議 (但し SC4以外) SC3で人体に関する振動計測器の規格提案
1983	ISO2631長期改訂再審議	
1984	エディンバラ；ISO2631第5草案提案	
1985	ウィーン；ISO2631 (1978) を再発行	日本産業衛生学会；全身振動の許容基準制定
1986	ISO5349制定・発行	
1987	ワシントン	
1988	カントン	
1989	ISO2631-2建物内の振動評価方法提案	
1990	ミラノ；ISO8041制定	ISO2631-2の評価方法の検討
1991	ベルリン	
1992	ロンドン	計量法；ISO8041との整合の為の改訂
1993	ロンドン	
1994	プラハ；ISO2631-2の建物内振動評価の新方法の提案	
1995	プラハ；ISO2631-2の再審議 ISO2631-1.2の投票	JISC1510；計量法および ISO8041との 整合のための改定
1996	ワルシャワ；ISO2631-1.2が承認 ISO2631-2の各国への配布	ISO2631-1.2の Technical Report 化始まる
1997	ISO5349-1改定スタート ISO5349-2審議スタート ロンドン；ISO2631-1の発行 ISO/CD2631-2の各国への配布	
1998	ベルリン；ISO2631-2の再審議	
1999	モントリオール；ISO2631-2の再審議 ISO/DIS2631 2各国へ配布 ISO8041改訂作業中 ISO/DIS2631 4各国への配布 ISO/DIS5349-1 ISO/DIS5349-2	ISO2631-1テクニカルレポート化 (TR化) 終了
2000	ISO/TC108/SC3/JWG1-CEN/TC231/WG4ネバダ会議 ISO8041改訂会議 ISO/TC108/SC4/WG8サウサンプトン会議	TRZ0006 (全身振動の評価-基本的要求事項) 発行 JIS規格 (全身振動測定装置) 策定作業開始
2001	ウィーン；ISO/TC108/SC4全体会議 ISO5349 1発行 ISO5349 2発行	JIS規格 (全身振動測定装置) 原案申請 日本産業衛生学会；手腕振動の許容基準制定 日本産業衛生学会；全身振動の許容基準改定開始 JISC1511, JISB4900, TRZ0006の改定作業の申請
2002	フランス・ナンシー；ISO/TC108/SC4全体会議予定 日本・東京；ISO/TC108/SC3全体会議予定	JISC1511, JISB4900, TRZ0006の改定作業の予定

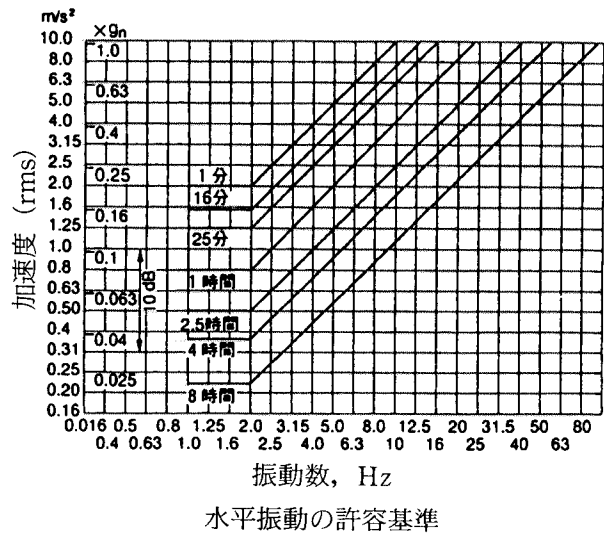
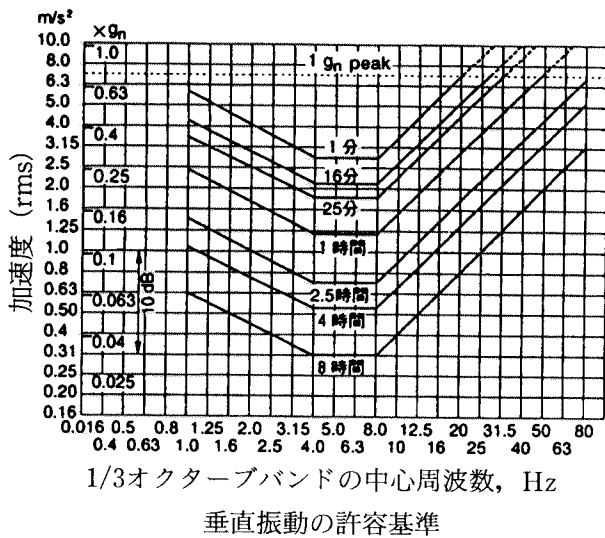
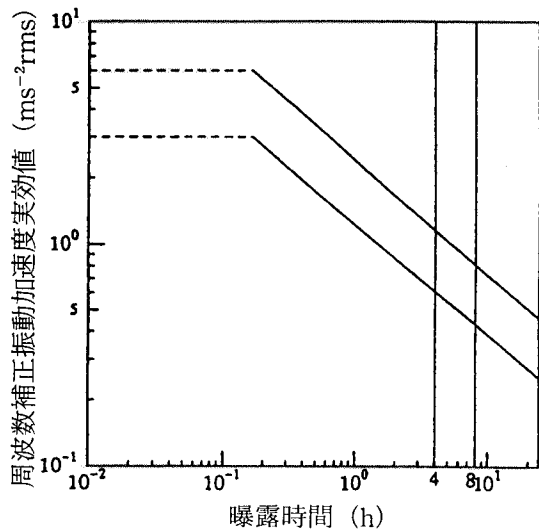


図 1 (a)



健康指針警戒区域図 (ISO2631-1:1997附録 B 参照)
図 1 (b)

図 1 全身振動の許容基準の変遷

3. 全身振動

作業者が全身振動曝露を曝露される振動源としては各種車両、鉄道車両、船、産業機械、建設機械、農業機械、遊具、建物内等が考えられる。その様な振動源からの全身振動の測定・評価方法の ISO2631は、1974年に初版が発行され⁴⁾、1997年7月15日に全面的に改訂されたものが ISO2631-1として発行された⁵⁾。この ISO2631-1の一般的要求事項の規格の中に、職業性振動曝露の許容基準に関する評価方法が示されている。我が国では、

日本産業衛生学会が全身振動の許容基準を制定してきている。

3.1 全身振動の人体影響の許容基準の変遷

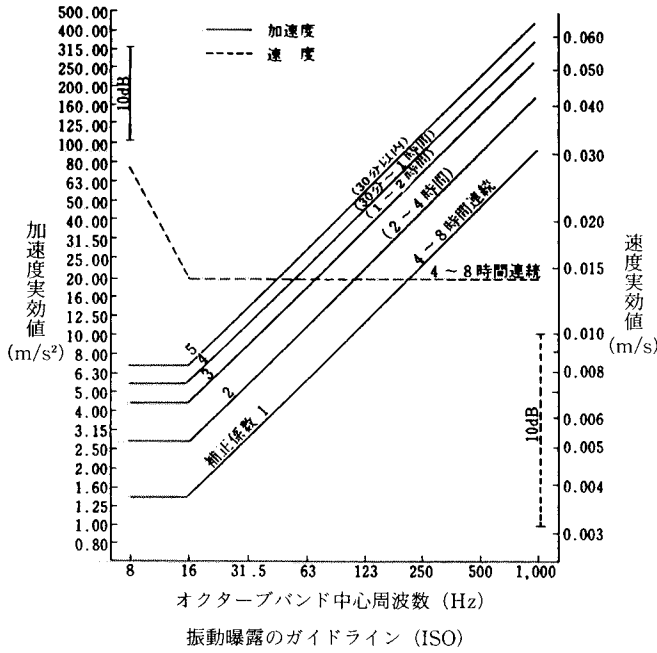
3.1.1 日本産業衛生学会の全身振動許容基準および ISO2631 (1974) の許容基準

1974年に発行された初版では、図 1 (a) に示すように、作業能率の保護、健康や安全の保護、快適性の保護に対する振動の許容基準値が示されていた。また、我が国では、日本産業衛生学会がこの許容基準の考え方を採用し、同様の全身振動の許容基準としてきた⁶⁾。この許容基準以下では、健康な成年男子に生理機能や著しい能率の低下をきたさないことが期待される。日本産業衛生学会の基準の適用範囲は、振動数 1~80Hz 間の振動を対象とし、1Hz 以下は、動揺病に関係し、80 Hz 以上は体表面で減衰するので問題になかった。そして、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されるとされた。しかし、この基準は、建物、船の振動には適用しないものとされた。この基準の適用方法は、

(1)成分周波数が単一の振動に対しては、図の値をそのまま適用することができる。

(2)複合正弦振動数では、各単一成分周波数の加速度値 (rms) を別々に図と比較して評価する。

(3)1/3オクターブ以下の狭帯域ランダム振動では、その加速度値 (rms) と図のそのバンドの中

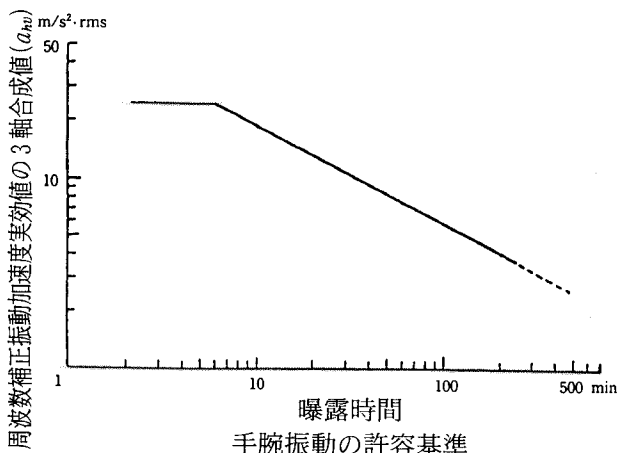


振動加速度値を次式から求める。

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{t}{8h}} \quad (4)$$

より、 $A(8)$ の値を求め、図 2 (c) の図の下に示す表の数値と比較することにより、手持振動工具振動が、1日の許容基準以内であるかどうかを判断することになっている。

我が国では、2001年7月までは、手腕振動の許容基準は存在していなかったが、日本産業衛生学会において手腕振動の許容基準として発行制定さ



手腕振動の許容基準

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
10	19.4
15	15.8
30	11.2
60	7.92
90	6.47
120	5.60
150	5.01
180	4.57
210	4.23
240	3.96
270	3.73
300	3.54
330	3.38
360	3.23
390	3.11
420	2.99
450	2.89
480	2.80

図 3 手腕振動の許容基準 (日本産業衛生学会：2001)

れた。適用範囲は、手腕振動曝露をとまなう作業者の手から人体に入力される振動を対象とし、この基準は、周期的、ランダムまたは非周期的振動に適用される。暫定的に繰り返し衝撃型の振動にも適用される。対象となる振動の周波数範囲は8～1400Hz、周波数補正振動加速度の3軸合成値は1.4m/s²rms以上とされている。適用方法は、

(1)振動曝露は、基本的には1日あたりの曝露について評価するものとする。

(2)定常的連続振動曝露については、工具等の振動あるいは手に入る振動測定量(3軸合成値)から図3によって1日の許容曝露時間を求める。また、任意の周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値(a_{hv} ; m/s²rms)と許容曝露時間(T ; 分)との関係は次式により求めることが出来る。

$$T = 3763 / (a_{hv})^2 \quad (5)$$

(3)断続的曝露については、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次式の条件を満たす総曝露時間内(分)で使用することにする。

$$\sum [Ti \cdot (a_{hvi})^2] \leq 3763 \quad (6)$$

Ti : 区分ごとの曝露時間 (分)

a_{hvi} : 区分ごとの周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値 (m/s²rms)

(5)曝露時間が6分未満であっても周波数補正振動加速度実効値の3軸合成値は25.0m/s²rmsを超えてはならない。

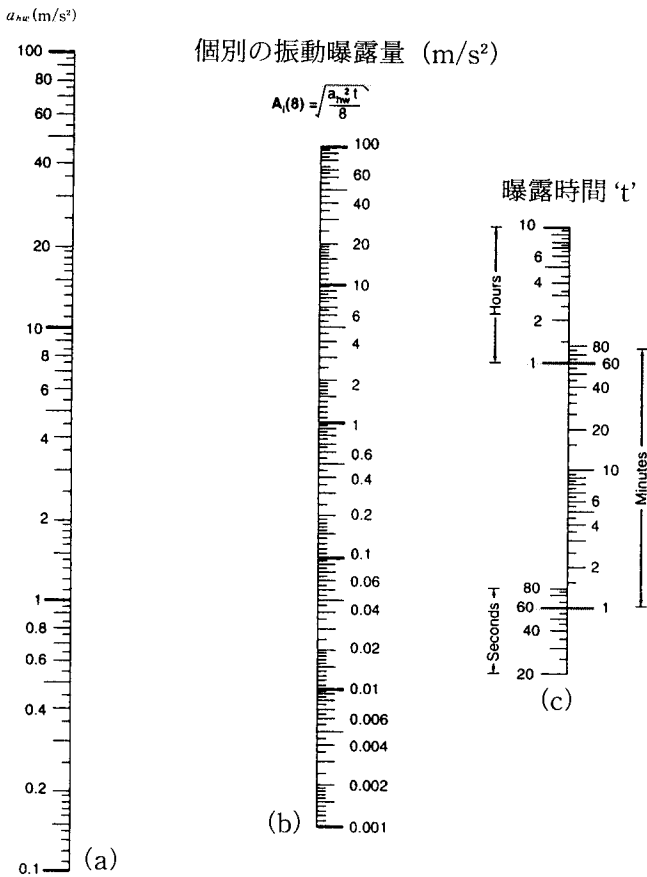
(6)振動測定値が小さいものであっても、曝露時間は1日4時間以内にとどまるよう務める。4時間を超える場合でも曝露時間が1日8時間を超えてはならない。

(7)雇用時健康診断により振動、寒冷に影響を受けやすいと思われる所見があった場合は、手腕振動曝露をとまな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ってい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だけでなく、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。

日本産業衛生学会の手腕振動の許容基準は、ISO5349-1 (2001)と同様に、手持動力工具のハンドル上3軸の周波数補正振動加速度実効値の合

周波数補正振動加速度実効値



成値を用いて計算される。そこでは、その合成値を式(3)より求め、式(5)より1日の8時間等価振動加速度値を求め図3の限界値と比較し、手腕振動動力工具使用者を振動作業から守るための指針が示されている。日本産業衛生学会の許容基準は、周波数補正8時間等価振動加速度の3軸合成値が2.8m/s²rmsであれば、10年間の振動作業で我が国の男性における非振動性レイノー現象有症率3%を超えない程度にとどめることが出来る許容基準である。ISO5349-1では、手腕振動曝露評価の目安として、周波数補正8時間等価振動加速度の3軸合成値3.7m/s²rmsを8年間の使用で10%のレイノー現象有症率に相当するものとして示しており、我が国の許容基準で考えた10年間の使用でレイノー現象有症率が10%となる3軸合成値は3.0m/s²rmsとなっている。

5. 現場での許容基準に基づいた振動障害予防対策方法の考え方

以上、概説してきたように、許容基準の考え方は、1日8時間を基準としての等価振動加速度値を求め、その値が、基準値を超すか超さないかで、振動曝露環境を評価したり、目標値を設定することになってきている。現在、

全身振動： $A(8) \leq 0.5$: EU Directive¹¹⁾

手腕振動： $A(8) \leq 2.8$: 日本 (10年)

手腕振動： $A(8) \leq 3.7$: ISO5349-1

が、1日8時間等価振動加速度値として、1日の振動作業の許容基準や機器や工具の設計目標値として考えられてきている。基本的には、振動環境での周波数補正振動加速度実効値と曝露時間が明らかになれば、1日8時間等価振動加速度値A

	個別の作業番号						$\sum A_i(8)^2$	$A(8) = \sqrt{\sum A_i(8)^2}$
	1	2	3	4	5	6		
$A_i(8)$								
$A_i(8)^2$								

- 1) 個別の作業の振動曝露の周波数補正振動加速度実効値と振動曝露時間を(a)と(c)のグラフに印をつけ、その両者を線で結び、個々の振動曝露 $A_i(8)$ をグラフ(b)から読み取り、上記の表に記入する。個々の作業がいくつもある場合は、同様の操作を繰り返し、 $A_i(8)$ を求め、上記の表に書き込む。
- 2) 個々の振動作業で求められた $A_i(8)$ の2乗の計算をし、全ての作業別の値の合計を求め、上記の表に記述する。
- 3) ②で求めた値の平方根を求め、表に記述する。この値が、1日の振動曝露許容値になる。

図4
1日8時間等価振動曝露値計算ノモグラム

