

衝撃騒音の許容基準 (資料)

I 衝撃騒音の許容基準

産業場における衝撃騒音の許容基準を、聴力保護の立場から、暫定的に次のように定める。

1) 許容基準

1 労働日の衝撃騒音の総曝露回数が100回以下の場合、図1に示す衝撃騒音の持続時間(後述の3)測定方法の項を参照)に対応するピークレベルを許容基準とする。

1 労働日の衝撃騒音の総曝露回数が100回をこえる場合は、図2に示す衝撃騒音の曝露回数の相違に対する補正値を、同様な方法で、図1から求めたピークレベルに加算したものを許容基準とする。これらの基準以下であれば、曝露が10年以上常習的に続いた場合にも、永久的聴力損失(NIPTSあるいはPTS)を、1 kHz以下の周波数で10dB以下、2 kHzで15dB以下、3 kHz以上の周波数で20 dB以下にとどめることが期待できる。

2) 適用する騒音

衝撃騒音に対してのみ適用する。衝撃騒音と定常騒音との複合した場合には、原則として除外する。

3) 測定方法

衝撃騒音の測定には、オシロスコープを使用し、その波形によって、図3の(A)、(B)に示すごとく、これを二種に大別する。図3の(A)の場合では、持続時間として T_0 から T_D までの時間をとり、これをA持続時間(A duration)とよぶ。図3の(B)の場合では、反射音がない場合には T_0 から T_D までの時間をとり、反射音がある場合には T_0 から T_D までの時間と T_0 から T'_D までの時間の和をとって持続時間とし、これらをB持続時間(B duration)とよぶ。(B)の場合には、音圧の変化を示す波形の包絡線(envelope)が、ピークの音圧よりも20 dB 低い値を示す線と交わる点が、 T_D あるいは T'_D を与える。反射音が2個以上の場合も同様に扱う。

II 提案理由および解説

聴力保護を目的とした騒音の許容基準を定める際には、1) 許容しうる聴力損失の大きさと、2) その大きさの聴力損失を与える衝撃騒音のピーク値および持続時間に加えて総曝露回数の二つが主要な問題となる。

許容しうる聴力損失の基本的な考え方として、若干のPTSが生じても、それによって日常生活に不便をきたさない程度であれば、これを認めるという見解がある。

聴覚の重要な機能は会話の授受にあるので、日常の会話に際し、ほとんど影響をうけない程度の聴力損失までは許容するという考えが支持されている。

この聴力の限界としてはKryter¹⁾は、テスト周波数が1kHzあるいはそれ以下の周波数において10 dB、2 kHzにおいて15 dB、および3 kHz以上では20 dBをあげて

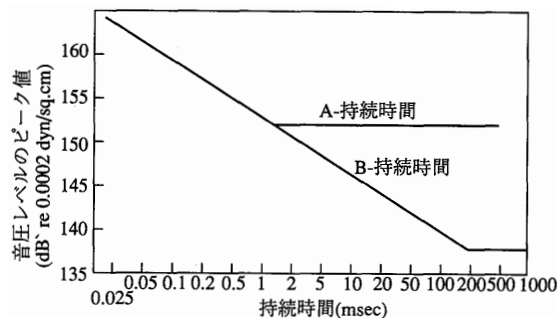


図1. 衝撃騒音の許容基準

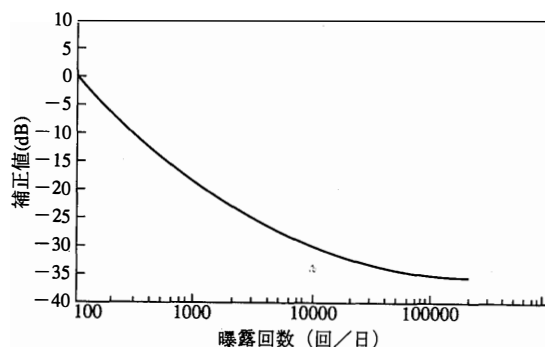


図2. 1労働日における衝撃騒音の曝露回数に対する補正値

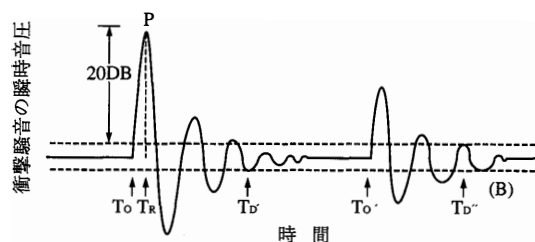
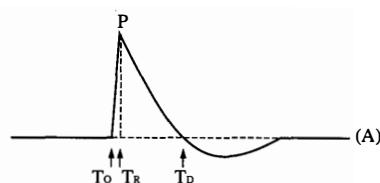


図3. 衝撃騒音の測定

いる。この限界値は本邦でも定常騒音の許容基準の作製に関して採用された²⁾。衝撃騒音曝露時の許容基準についても、CHABAの勧告³⁾、Coles⁴⁾らの勧告等で、上記Kryterの許容聴力限界(Limit)が採用されている。ここでもこの値を採用した。

次に、ちょうどその大きさの聴力損失を与える衝撃騒音のピーク値および持続時間と曝露回数が問題となる。以下衝撃騒音についてまず説明する。

1) 衝撃騒音に関して

(1) ガス体の突発的な圧力変化により生じた音（鉄砲の発射音等）をイムパルス（Impulse）と称し、また(2)固体同士の衝突によって発生した音（ドロップハンマー等の音）をインパクト（Impact）と称して、両者を区別する場合もある⁹⁾が、実際には両者は区別しがたい。また衝撃騒音とは、実効値（RMS値）での音圧レベルより、そのピーク値が少なくとも10 dB 以上高いものを指すとも考えられている⁹⁾。

次に衝撃騒音の測定に関連してその特性をみてみると、たとえば、自由音場（free field）で鉄砲を発射させた場合は、図3の（A）に示すように、立ち上がり時間（rise time）は急激で、かつ減衰も急速であり、 $T_0 \sim T_R$ はせいぜい20 μ sec程度、減衰時間（decay time; $T_R \sim T_D$ ）も1msec以下程度のものである⁷⁾。図3の（B）は複雑な経過で減衰するもので、反射性の建物の中でのいわゆる残響環境下の産業騒音がこれに該当しよう。 $T_0 \sim T_R$ は、0.5~1.0 msec程度、 $T_R \sim T_D$ は1~300 msecにも達する⁸⁻¹⁴⁾。Colesら¹⁵⁾は上記の（A）、（B）の場合について、音響計測上の指標として以下の提案を行なった。すなわち、持続時間として（A）の場合は、 $T_0 \sim T_D$ をとりこれをA持続時間（A duration）とし、減衰の遅い（B）の場合には音圧の変化を示す波形の包絡線（envelope）がピーク値より20dB低下するまでの時間 $T_0 \sim T_D$ をもって持続時間とし、これをB持続時間（B duration）と称している。また反射音がある場合には、この影響も加算するため $T_0 \sim T_D$ に $T_0 \sim T_D$ を加えたものを持続時間として採用している。この他に、持続時間としてピーク値から8.7 dB低下するまでの時間（衝撃騒音の時定数）を指す¹⁶⁾場合もあるし、Pfander¹⁷⁾は10dB低下するまでの時間をとり、Cohenら⁹⁾は15 dBを主張している。しかしこれらの差異はColesら⁹⁾のいうように、後述する生体影響の評価のための許容基準をずらさずむことなので、使いやすいということもあってColesらの提案が用いられている。CHABAの勧告³⁾もこの提案を承認している。

今回の勧告においても、衝撃騒音の持続時間に関しては、このA持続時間（A duration）およびB持続時間（B duration）を採用した。

なお、衝撃騒音は、背景騒音より少なくともそのピーク値が20 dB以上高くなければ聴器に対する有害性は増加しないという成績も得られている¹⁸⁾ので、両者が複合している場合は、その差が20 dB以下であれば、定常騒音とみなして取り扱うことも可能と思われるが、なお検討を必要とする。

次に計測上問題となるのは周波数分析である。定常騒音の場合に成立する臨界帯域の概念¹⁹⁾は、衝撃騒音の場合についても成立すると考えられるので（臨界帯域の中心周波数の位置はオクターブ低周波側にずれているよう

である⁷⁾）、周波数分析についても考慮しておく必要がある。

前述のように、衝撃騒音の過渡特性はきわめて速やかであるから、ピーク値および持続時間の計測、あるいは周波数分析等を行なう場合、通常騒音計やオクターブ分析器の指示計を用いては、とうてい、計測不可能である。現在、時定数35 msec等の立ち上がりの早い衝撃用騒音計も使用されているが²⁰⁾、正確には、衝撃騒音を精密騒音計のマイクロホン（直径1インチ以下、たとえば、Brüel-Kjaer製、Type 4133）を通じて磁器録音し、これをオシロスコープ等を用いて再生し、写真記録を行ない、ピーク値や持続時間あるいは過渡特性を測定しなければならない。周波数分析には、前述の衝撃騒音測定用の時定数のついた騒音計と、オクターブ分析器および高速度レベルレコーダー（たとえば、Brüel-Kjaer製2114および2305）を用いても分析できるという報告²¹⁾もあるが、高速度レベルレコーダーの記録スピードを1,000dB/secと早くすると、記録レベルは不安定になるので、テープ再生時のスピードを録音時のそれに比してかなり低下させなければ、この方式では無理があるように考えられる。また、経過の早い衝撃騒音を、バンドフィルターを用いて細かく分析すると、誤差を生じるので、この点については、最近波動現象をA-D変換し、on-lineで自己相関係数を求め、直ちにパワースペクトルを計算することが実時間（real time）で可能な機器が各種（富士通TEAC等）市販されているのでこれを用いれば便利である。

なお、衝撃騒音の周波数分析については、Young²²⁾によれば、立ち上がり時間（rise time）と、立ち上がり時間を含む持続時間（duration）ならびに波形によって、近似的にスペクトルを推定することが可能であるという。たとえば、図3（A）の場合、持続時間が短くなればなるほど、低域切断周波数は高周波側に移行するので、低周波成分は少なくなり、また立ち上がり時間が短くなるほど、高域切断周波数は高周波側に移行するので高周波成分が多くなる。この場合の低域切断周波数とは、スペクトルレベルがピークを示す周波数で、持続時間によって定まり、スペクトルレベル曲線は、これ以下の周波数領域では平坦（flat）ないし6 dB/octの傾斜を示し、これ以上の周波数領域では、-6 dB/octの傾斜を示す。また、高域切断周波数は、立ち上がり時間の関数で、スペクトルレベル曲線は、これ以上の周波数領域では-12dB/octの傾斜、これ以下低域切断周波数までは-6 dB/octの傾斜を示す。それゆえ、純音成分が含まれている時にみられるようなすどいピークは形成されない。図3（B）の場合は、指数関数的に減衰する正弦波状の波形で、スペクトルレベル曲線のピークの位置は、正弦波状の音波の周波数によって定まるが、この場合も、すどいピークを形成することはない。つまり、衝撃騒音の場合は、ピーク値に立ち上がり時間と減衰時間、あるいは、ピーク値と正弦波の周波数を知ることによって、近似的に周波数特性を推定することができる。衝撃騒音に関する周波数特性の聴器に対する影響は今後の問題である。

なお、本勧告における衝撃騒音とは、Colesら¹⁵⁾の見解を参考にして、ピークレベルが100 dB以上で立ち上がり時間が0.5 msec以下の騒音であると暫定的に考えている。この立ち上がり時間が0.5 msecから5 msecになれば、基準曲線を8 dB程度上方へ移動する必要があるという²³⁾。

2) 衝撃騒音の聴器に及ぼす影響とその許容基準

一般に定常騒音の反復曝露に起因する永久的聴力損失(PTS)は、一時的聴力損失(TTS)より推定することが可能と考えられ²⁴⁾、日本産業衛生学会の定常騒音および断続騒音に対する許容基準も、主として高木、山本ら²⁵⁾のTTSに関する成績にもとづいて定められている。

衝撃騒音についてもTTSによる評価法が研究されている。たとえば、Wardら²⁶⁾の報告によれば、TTSによって衝撃騒音による永久的聴力損失を推定することが可能であり、また、岡田、山村²⁷⁾らの実験で、定常騒音の場合と同様に、TTSが大きいと回復時間の延長がみられるということも、定常騒音曝露によるTTSと同様に聴器におよぼす影響を評価する指標として役立つと考える。

なお、衝撃騒音曝露後何分目のTTSを測定するかについては、Walker¹⁰⁾やFletcherら²⁸⁾は、定常騒音の場合と同様に、曝露中止2分後のTTS、つまりTTS₂を用いており、ここでもTTS₂を採用した。以下いくつかの問題について検討する。

2.1 衝撃騒音曝露時のTTSの増加(growth)の個人差

諸家はすべてのTTS増加(growth)の個体差の大きいことに言及している。この理由の一つは耳内筋(耳小骨筋、中耳筋ともいう)の反射によるといわれている。この反射はGalambosら²⁹⁾によれば、80 dBを越えるような音響刺激によってあぶみ骨筋等が収縮する反射で、そのため耳小骨の可動性が減じ、したがって音響刺激に対する反応が、蝸牛電位の最大値を指標としてみれば、潜時、10 msec程度で最高22 dBも減ずることがあるという。この耳内筋反射は、このようにある潜時の後反応し、その後、0.5秒から2～3秒程度は続く³⁰⁾ようである。

Fletcherら³¹⁾は実際に短いパルスを与えて、この反射を起こさせ、それに続いて衝撃騒音を与えたところTTSの増加は小さくなることを知り、この反射の強弱が衝撃騒音によるTTSの成績に影響することを述べている。この点に関してはCohenら⁹⁾、Wardら⁸⁾も同様である。

先行する衝撃騒音によって駆動された耳内筋反射がまだ消失せぬうちに、次の衝撃騒音に曝露された時には、後の衝撃騒音によって内耳に伝達される音響エネルギーはそれだけ減ずるものと考えられる。また、その後の衝撃騒音によって耳内筋反射は再賦活されると考えられる。この反射の大きさ、持続性に個人差が大きい。

2.2 衝撃騒音の曝露頻度とTTSの増加(growth)

さきに述べた耳内筋反射の潜時、持続時間およびその強さの点から、衝撃騒音の曝露頻度が異なった時に、同じ総曝露回数であっても、そのTTSの増加におよぼす影響は異なる。

Colesら⁴⁾はこれを総説して(I)6～30回/minと(II)30～600回/minと(III)それ以上において、(III)の場合よりも(II)、(II)よりも(I)の場合の衝撃騒音の被曝時に、そのTTS増加はより大きいとしている。Ward³²⁾も(I)の場合の有害性を指摘している。曝露頻度が(III)の場合では、Colesによれば、通常の騒音計で、その動特性を緩(slow)にした時のレベルでの定常騒音曝露時のTTSの増加に等しいとして、もはやピーク値の測定も不用であるとしている。山村、岡田¹⁴⁾の実験結果もこれを支持する成績を得ている。

2.3 衝撃騒音のピーク値、持続時間とTTSの増加(growth)

ピーク値が高ければ高いほど⁷⁾、またその持続時間が長ければ長いほど³³⁾、TTSの増加は大きくなる。現場における研究では、野外での鉄砲の発射音等のきわめて高レベルの衝撃騒音曝露によるTTSに関する研究が多く、Kryter³⁴⁾がこれらを整理している。本邦でも三ヶ尻等³⁵⁾の発表がある。

しかしながら、産業騒音で遭遇しうるレベルの衝撃騒音によるTTSに関する報告は、既にのべたWardら、Cohenら、山村、岡田の研究等が挙げられるに過ぎない。

一方、従来からの衝撃騒音によるTTS₂の成績を参照して、CHABA³⁾は1968年衝撃騒音のピーク値と持続時間から、図1に示す許容基準を提唱した。これは高いピーク値を有する衝撃騒音についてのColesら^{6,15)}の提案も参照して、発生間隔がかなりはなれた衝撃騒音に、100回まで被曝した場合に、TTS₂が、前述のKryter¹⁾の許容聴力限界に達する場合の衝撃騒音のピーク値および持続時間を求めたものである。Colesら⁴⁾はこのCHABA提唱に対して次のような注を加えている。

この許容基準のピークレベルの上限はLoebら³⁶⁾の実験結果を参照して決定されたものである。Loebらの実験はピークレベル166dB、持続時間100μsec以下の衝撃騒音を被曝せしめた時のTTS₂をみたものであるが、その際のテスト周波数が会話音域よりも高い周波数(7,000Hz以上)を問題にしているため、その影響をCHABAは過大評価している、として、持続時間0.1 msecの場合で約1 dB、持続時間0.05 msecの場合で約3 dBほど加算するという修正をColesらは提唱している。しかし、この点に関しては、基準値を危険側に移動することとなるので、なお検討を要するとして、今回の勧告には採用していない。

また、このCHABAの提唱はColesらの衝撃騒音の許容基準案^{6,15)}と比較すると、そのピーク値を10 dB下げて平行移動したものに等しい。CHABAの説明によると、この10 dBの差異は騒音の被曝条件の相違と、保護する人数の%の相違にもとづく、すなわち、耳に垂直に(射撃時のように斜め入射でなく)騒音が入射する場合を考慮したことによる5 dBの低下と、またColes案の75%の人を保護するという基準に対し、CHABAの提唱は聴器受傷性の大きなものも含めるという配慮のもとに、95%の人を保護するという基準を採用したことによる5 dBの

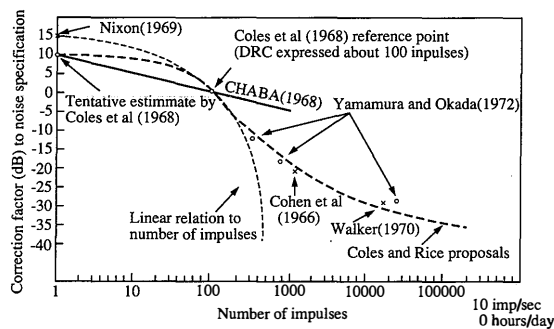


図4. 1労働日における衝撃騒動の曝露回数の補正に対する諸成績

低下との合計 10 dB の低下を計上したためである。

CHABA の提唱も Coles 案も、以上の点からほぼ同様の許容基準であるとみなされる。高音圧の衝撃騒音、ことに鉄砲の発射音の TTS についての報告は、前述のように比較的豊富であり、これをふまえた CHABA の基準は妥当なものと考え、今回の勧告に採用した。

この基準曲線は、持続時間 0.025 msec でピークレベル 164 dB の点を通り、持続時間が 2 倍になるごとに 2 dB の傾斜で下降する直線で示され、さらに、A 持続時間の場合は持続時間約 1.5 msec 以上では一様に 152 dB、B 持続時間の場合は持続時間 200 msec 以上では一様に 138 dB とされている。なお、A 持続時間に対する基準曲線は、エネルギー総量の概念に基づいており、B 持続時間に対する基準曲線は、エネルギー概念と鉄砲およびその周囲環境の特性に基づいている⁵⁾という。ただし波形が指数関数的な減衰波形であるから、持続時間が 2 倍になってもエネルギーの和は 2 倍より少なく、そのため基準曲線の傾斜は、持続時間が 2 倍になっても 3 dB の傾斜ではなく、2 dB の傾斜となっている¹⁵⁾。B 持続時間の場合、200 msec 以上で一定値 138 dB が採用されているのは、衝撃騒音の発生以後、100~200 msec 以上遅れて聴器に侵入する音響エネルギーの影響は、耳内筋反射によって著しく減弱するという配慮に基づいている³⁾。

曝露回数が増大した際の補正案は、a) CHABA 案……曝露回数が 10 倍になるとその許容基準を 5 dB 低下させるという考え³⁾、b) TTS の増加が曝露回数の総和と単純に比例するという考え、c) Coles らの修正⁴⁾等がある。これらをまとめて図 4 に示した。

a) の CHABA 案は推定の域を出ないが、これに対し c) の Coles 案は、さきに述べた Cohen ら⁹⁾の実験成績、Walker¹⁰⁾のそれを参照したものである。その考えの骨子は、曝露回数が 1,000 回以上も増大した場合は大体その発生頻度も大きいとみられるので、この場合には耳内筋反射による聴器保護作用によって、個々の衝撃騒音の TTS に与える影響は減ずると考えたことである。そのため曝露回数が増大しても、許容基準に対する補正値は b) の場合ほど著しくはならない。

i) Cohen らの実験……ピーク値 124~127 dB、B 持続時間 150 msec、頻度 78 回/min の衝撃騒音 1170 回曝露で、テスト周波数 1 kHz の TTS₂ の 75% 値が Kryter

の聴力限界に達する例、被検者 15 名。

ii) Walker の実験……ピーク値 127 dB、B 持続時間 20 msec、頻度 6.4 回/sec の衝撃騒音 15,000 回曝露で、テスト周波数 4 kHz の TTS₂ が Kryter の聴力限界に達する例、被検者総数 10 名。なおこの実験では、被検者の聴器受傷性の大きさにしたがって、3 グループに分けて整理してあるが、その中等度のグループ (被検者 3 名) についての成績を採用した。

以上の両実験における結果を図 4 の CHABA の提唱と比較すると、Cohen らのそれはピーク値で 12 dB、Walker のそれは 19 dB 低い。しかしこれらの実験ではさきにのべたように、CHABA の提唱にしたがって 10 dB の修正を加えたものが図 4 に示してある。

iii) 山村、岡田らの実験 (被検者 6 名) は、

a) ピーク値 110 dB、B 持続時間 300 msec、発生頻度 10 回/sec の衝撃騒音を 24,000 回曝露せしめた場合、テスト周波数は 4 kHz、

b) ピーク値 125 dB、B 持続時間 300 msec、頻度 1 回/4 秒、曝露回数 300 回、テスト周波数は 4 kHz、

c) ピーク値 120 dB、B 持続時間 300 msec、頻度 1 回/4 秒で曝露回数が 750 回、テスト周波数 4 kHz で TTS₂ がそれぞれ Kryter の聴力限界に達する場合である。なおこれらは、いずれも回帰直線上の成績である。なおこの実験では、被験者の 1/3 は聴器受傷性の大きな耳であった。音響は耳に垂直に約 30 cm の距離から入射せしめた。この実験では、CHABA の曝露条件をほぼまいたしていると考えられるので、10 dB の修正は行わず、そのままの補正値 13 dB、18 dB、28 dB、を図 4 に記入した。

これらの実験結果から、現在のところ、Coles ら⁴⁾の補正案は支持されるものと考え、これを採用した。また、曝露回数が 100 回以下の場合には、資料がなお十分でないと考え補正値は 0 とした。

あ と が き

(1) PTS と TTS との関係は現在もなお解決したわけではない。たとえば、志田ら³⁷⁾は、適正検査としての診断学的見地から、TTS の小さいものはたしかに PTS も小さいが、TTS の大きいものは必ずしも PTS は大きくないとしている。今後より多数例について、疫学的見地から集団の期待値を求めるといった態度で研究を進める必要があるだろう。とくに受傷性の強い人は、特殊健診を励行することによって、早期に発見する必要があることはいうまでもない。PTS に関する資料は、一般に精度が劣っており、現状では TTS に関する資料を積極的に活用し、将来必要とあれば改正してゆくという態度をとるのはやむをえないことである。

(2) Glorig ら³⁸⁾、および Kryter ら¹⁾は、騒音曝露 10 年で PTS はほぼ極限值に達し、それ以後の PTS の増加はほとんど無視しうるとしており、今回の勧告についても、定常騒音の場合と同様に、この知見を採用した。しかし、山本³⁹⁾、Hermann⁴⁰⁾ は曝露年数の増加に伴う

PTSの傾向線は、 $PTS=L(1-e^{-kt})$ という式をほぼ満足すると称している。ただし、 L はPTSの極限值 t は曝露年数で、 e は自然対数の底 k は曝露条件およびテスト周波数によって定まる定数である。一方、松井ら⁴¹⁾は10年以後も、曝露年数の対数に対して直線的にPTSは進行するという。それゆえ、10年以後のPTSの増加(growth)が、定量的に把握されれば、定常騒音の場合も含めて、当然修正されるべき条件である。

(3) この基準の作製にあたっては、日本国有鉄道労働科学研究所山村晃太郎氏の労に負うところがきわめて多い。また、旧許容濃度等委員会騒音班のかたがたからも貴重なご意見をいただいた。

文 献

- 1) Kryter, K.D., Ward, W.D., Miller, J.D. and Eldredge, D.H.: Hazardous Exposure to Intermittent and Steady-State Noise, J.A.S.A., 39(3): 451-464, 1966.
- 2) 日本産業衛生学会, 許容濃度委員会勧告の騒音の許容基準について, 産業医学, 11(10): 533-538, 1969.
- 3) Ward, W.D. (ed.): Proposed Damage-Risk Criterion for Impulse Noise (Gunfire) (U), Report of Working Group 57, Contract No. NONR 2300 (05) CHABA, Washington, D.C., July 1968.
- 4) Coles, R.R.A. and Pice, G.G.: Towards a Criterion for Impulse Noise in Industry, Ann. Occup. Hyg., 13: 43-50, 1970.
- 5) Atherley, G.R.C. and Martin, A.M.: Equivalent-Continuous Noise Level as a Measure of Injury from Impact and Impulse Noise, Ann. Occup. Hyg., 14: 11-28, 1971.
- 6) Coles, R.R.A. and Rise, G.G.: Hazards from Impulse Noise, Ann. Occup. Hyg., 10: 381-388, 1967.
- 7) Kryter, K.D. and Garinther, G.: Auditory Effects of Acoustic Impulses from Firearms, Acta Oto-Laryngol, Suppl., 211: 1-22, 1965.
- 8) Ward, W.D., Selters, W. and Glorig, A.: Expolatory Studies on Temporary Threshold Shift from Impulses, 33: 781-793, 1961.
- 9) Cohen, A., Kylin, B. and LaBenz, P.: Temporary Threshold Shifts in Hearing from Exposure to Combined Impact/Steady-State Noise Conditions, J.A.S.A., 40: 1371-1380, 1966.
- 10) Walker, J.G.: Temporary Threshold Shift from Impulse, Ann. Occup. Hyg., 13: 51-58, 1970.
- 11) Martin, A.M., Atherley, G.R.C. and Hempstock, T.I.: Recurrent Impact Noise from Pneumatic Hammers, J.A.S.A., Ann. Occup. Hyg., 13: 59-67, 1970.
- 12) 山村晃太郎: 衝撃音と定常騒音との複合の一過性聴力損失におよぼす影響, 産業医学, 13: 50-53, 1971.
- 13) Yamamura, K., Okada, A. and Minami, M.: TTS Growth Induced by Combined Impact/Steady-State Noise Conditions, J.A.S.A., 投稿中.
- 14) 山村晃太郎, 岡田晃: 衝撃音の許容基準に関する研究, 日衛誌投稿中.
- 15) Coles, R.R.A., Garinther, G.R., Hodge, D.C. and Rice, C.G.: Hazardous Exposure to Impulse Noise, J.A.S.A., 43: 336-343, 1968.

- 16) Harris, G.H.: Handbook of Noise Control, 17-24, McGraw-Hill, N.Y., 1957.
- 17) Pfander, F.: On the Tolerance Threshold for Acoustical Effects, Aerospace Med., 37: 316, 1965.
- 18) 山村晃太郎: 衝撃音と定常騒音との複合での一過性聴力損失におよぼす影響, 医学のあゆみ, 82, (1): 26-27, 1972.
- 19) Yamamoto, T., Takagi, K., Shoji, H. and Yoneda, H.: Critical Band with Respect to Temporary Threshold Shift, J.A.S.A., 48: 978-987, 1970.
- 20) Blässer, H.: Der gegenwärtige Stand der Schallmesstechnik, VDI-Z, 112: 819-825, 1970.
- 21) スボロフ, イリヤシュチュク, リフニッキー (松藤元訳): 衝撃音の測定と評価(産業騒音と超音波の生体におよぼす作用および有害作用予防に関する知識の現状), 科学会議資料, レニングラード, 124, 1968.
- 22) Young, J.R.: Cited by K.D. Kryter in The Effects of Noise on Man, 20, Academic Press, N.Y., 1970.
- 23) Coles, R.R.A. and Rice, C.G.: Assessment of Risk of Hearing Loss due to Impulse Noise. Cited by D.W. Robinson in Occupational Hearing Loss, Academic Press, London & N.Y., 1971.
- 24) Nixon, J.C. and Glorig, A.: Noise-Induced Permanent Threshold Shift at 1,000 cps and 4,000 cps, J.A.S.A., 33, 904-908, 1961.
- 25) Takagi, K., Yamamoto, T. and Shoji, H.: Permissible Noise Criteria for Hearing Conservation, 7th ICA, Budapest, 777-780, 1971.
- 26) Ward, W.D.: A Case of Firecracker-Induced Hearing Loss, Laryngoscope, 71: 1590-1596, 1961.
- 27) Okada, A., Fukuda, K. and Yamamura, K.: Growth and Recovery of Temporary Threshold Shift at 4kHz due to a Steady State Noise and Impulse Noises, Int. Z. Angrew. Physiol., 30: 105-111, 1972.
- 28) Fletcher, J.L. and Loeb, M.: The Effect of Pulse Duration on TTS Produced by Impulse Noise, J. Auditory Research, 7: 163-167, 1967.
- 29) Galambos, R. and Rupert, A.: Action of the Middle Ear Muscles in Normal Cats, J.A.S.A., 31: 349-355, 1959.
- 30) Kryter, K.D.: The Effects of Noise on Man, 95, Academic Press, N.Y., 1970.
- 31) Fletcher, J.L. and Riopelle, A.J.: Protective Effect of the Acoustic Reflex for Impulsive Noises, J.A.S.A., 32: 401-404, 1960.
- 32) Ward, W.D.: Effect of Temporal Spacing on Temporary Threshold Shift from Impulses, J.A.S.A., 34: 1230-1232, 1962.
- 33) Coles, R.R.A. and Rice, C.G.: Auditory Hazards of Sports Guns, Laryngoscope, 76: 1728-1731, 1966.
- 34) Kryter, K.D.: The Effects of Noise on Man., 190, Academic Press, N.Y., 1970.
- 35) 三ヶ尻清, 杉崎速雄, 松島成企等: 爆発音の聴器に対する影響について, 防衛衛生, 13: 138, 1966.
- 36) Loeb, M. and Fletcher, J.L.: Impulse Duration and Temporary Threshold Shift, J.A.S.A., 44: 1524-1528, 1968.

- 37) 志田 享, 菅野 享, 藤井正憲, 森田勝三, 後藤 健: 騒音下従業員におけるNITTSの検討, 耳鼻臨床, 62: 955-961, 1969.
- 38) Glorig, A., Ward, W.D. and Nixon, J.: Damage Risk Criteria and Noise-Induced Hearing Loss. Arch. Otolaryngol., 74: 413-425, 1961.
- 39) 山本剛夫: 工場騒音の聴力に及ぼす影響ならびにその周波数別限度, 国民衛生, 2: 68-119, 1956.
- 40) Hermann, E.R.: Environmental Noise, Hearing Acuity and Acceptance Criteria, Arch. Environ. Health, 18: 784-791, 1969.
- 41) Matsui, K., Sakamoto, H., Horio, K., Ohta, K., Nakao, K., Mihara, H., Kimura, H. and Sugiura, K.: Progress of Noise Induced Permanent Threshold Shift, Mie Med. J., 21: 141-145, 1971.

(産業医学15巻1号109~114頁)