

騒音対策に必要な知識と 騒音ばく露抑制対策について

井上音響リサーチ 代表
産業医科大学 産業衛生准教授
井上仁郎

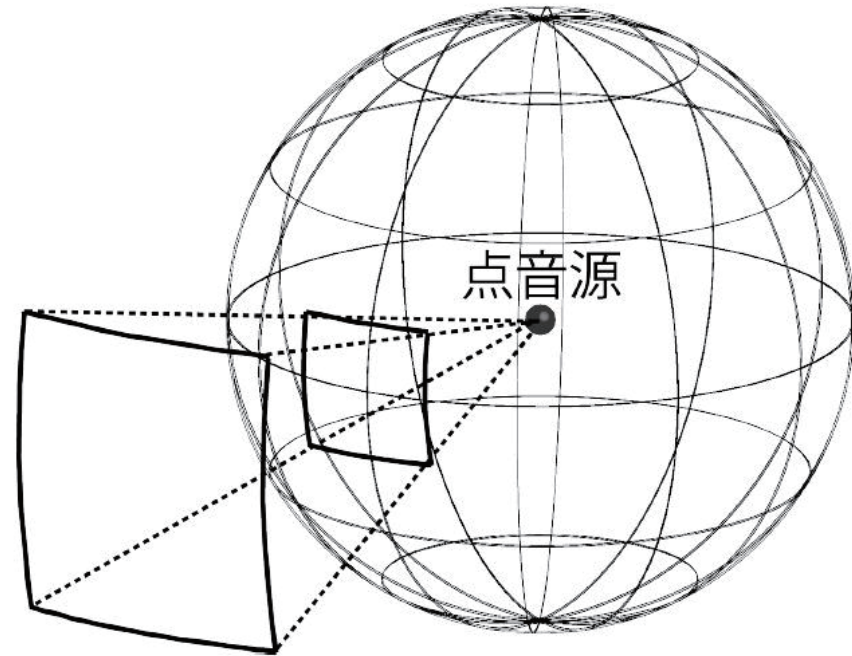
音の性質



- ◎ 物体の振動が、それに接する空気を振動させ、音になる
- ◎ つまり、音源の振動が空気を介して伝わる
- ◎ 圧力 (Pa) やエネルギー (W/m^2) で表される

音の距離減衰

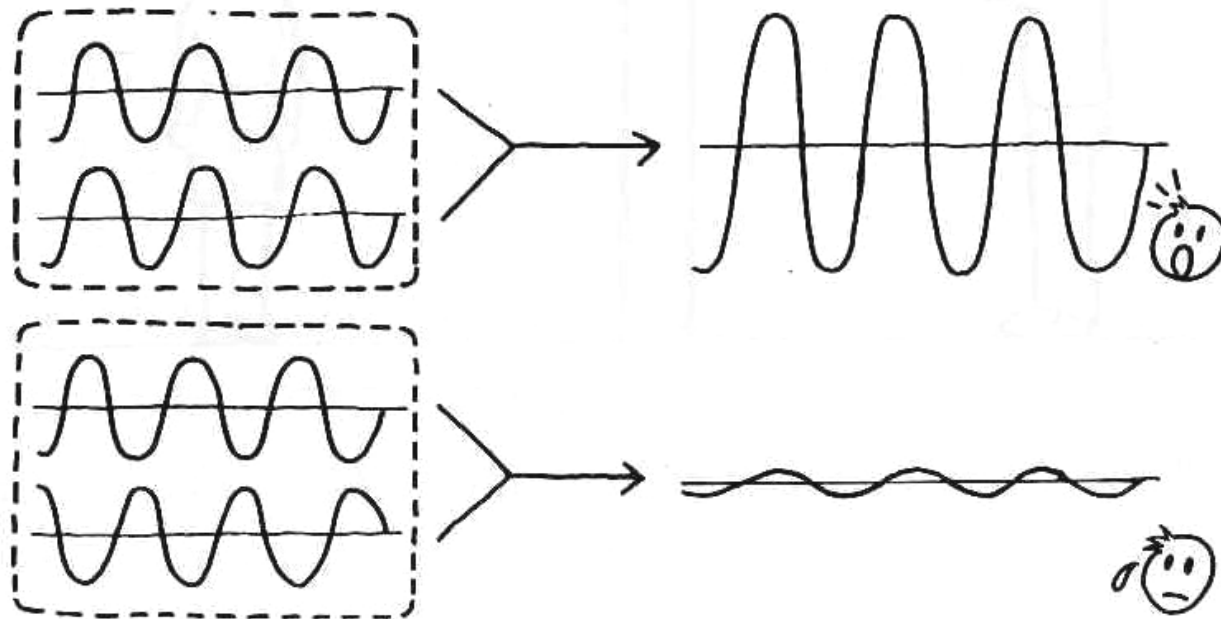
- 音源から離れるにしたがって、音の強さ（音圧レベル）は小さくなる。点音源の場合、音は自由音場の中を球面状に伝搬し、その表面積は $4\pi r^2$ （ r は点音源からの距離）である。 r が2倍になると表面積は4倍になり、単位面積当たりの音の強さは $\frac{1}{4}$ になる。すなわち、単位面積当たりの音のエネルギーは、距離の2乗に反比例して小さくなる。これを逆2乗則という。
- $10\log(1/2^2) = -6 \text{ dB}$
- → 距離が2倍になると6 dB 減衰する。
- 例：音源から2 m離れたところでの音圧レベルが90 dB だった。4 m離れた場所で測定すると何dB になるか？
- 距離が2倍になったので、 $90 - 6 = 84 \text{ dB}$ となる。



◎ 距離が2倍になると、6dB下がる

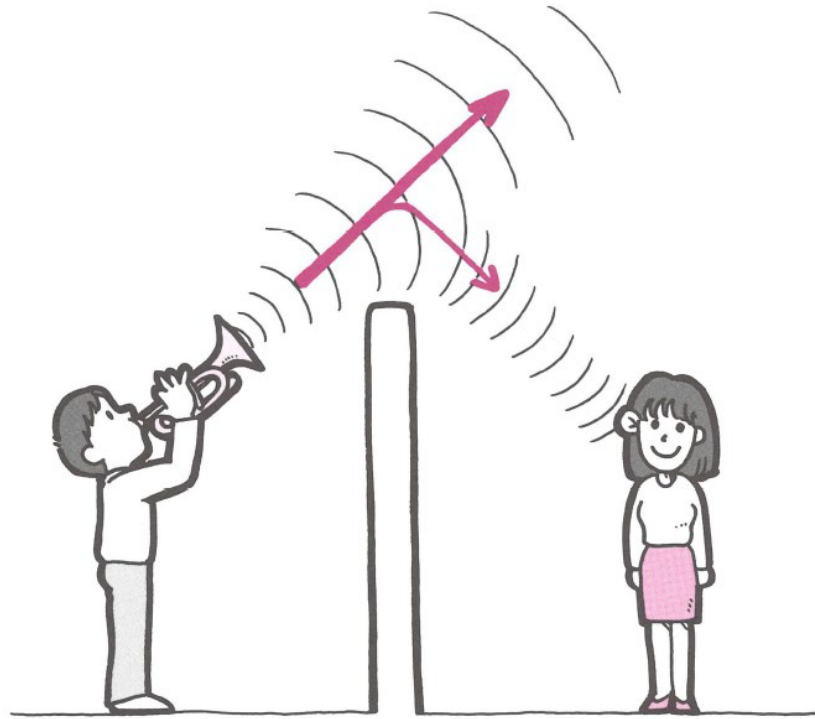
◎ 反射があると減衰量が少なくなる

干渉



- ◎ 2つ以上の波が重ね合わさって、ある場所ではつねに強めあい、また、別の場所ではつねに弱めあう現象を「**波の干渉**」という。
- ◎ 位相が**同じ**なら**大き**くなり、**逆**なら**小さ**くなる

回折



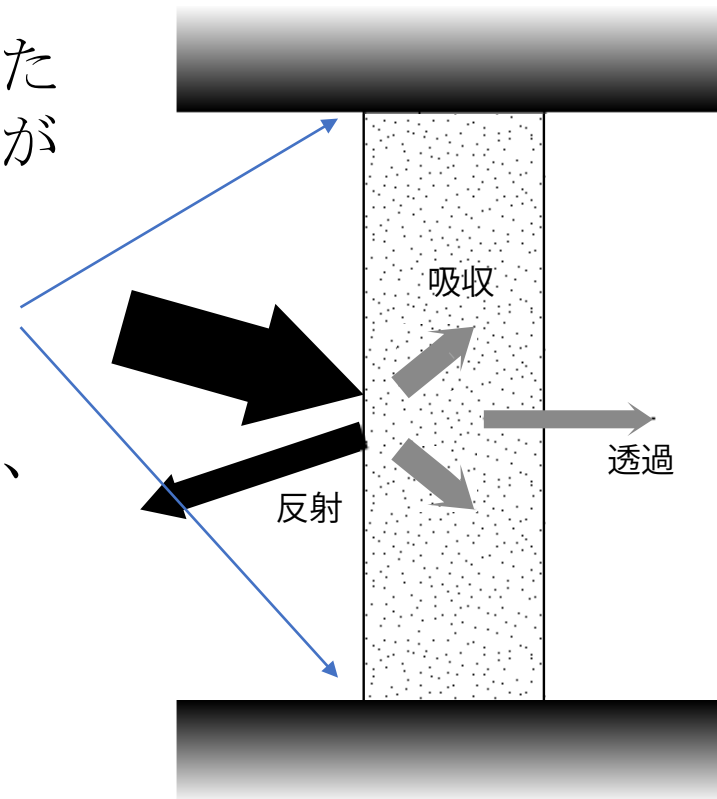
- ◎ 波は物体の端から入り込み、物体の裏側へも伝わっていく。このような現象を波の「回折」という。
- ◎ 壁があると音が回り込む

反射・吸収・透過

- 音が壁などの材料に到達したときに、**反射**、**吸収**、**透過**が起こる。

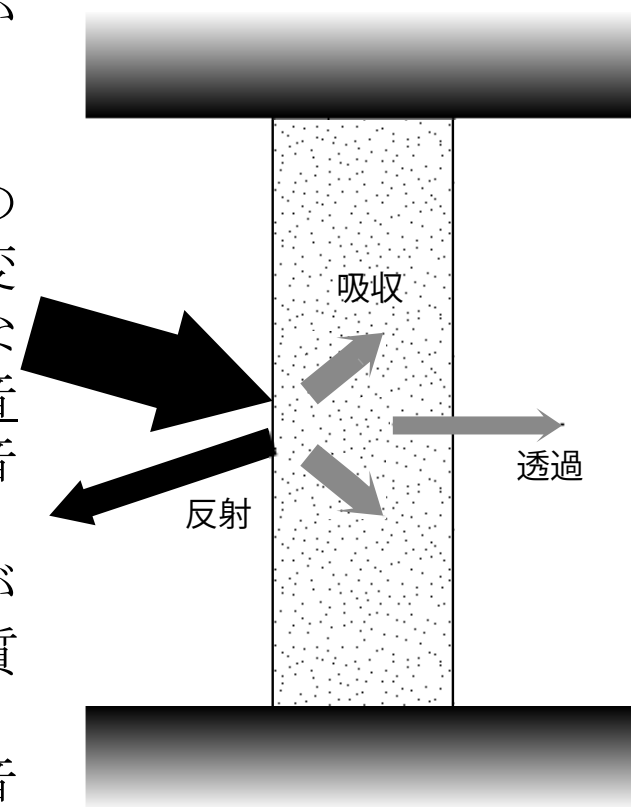
隙間があると音が伝わる

- 隙間
- 音は、隙間を通っていくので、壁と天井の間隙間や、ダクト等があると、そこから音が伝わる。コンクリートの厚い壁であっても、隙間によって思ったより効果が上がらないことがある。



反射・吸収・透過

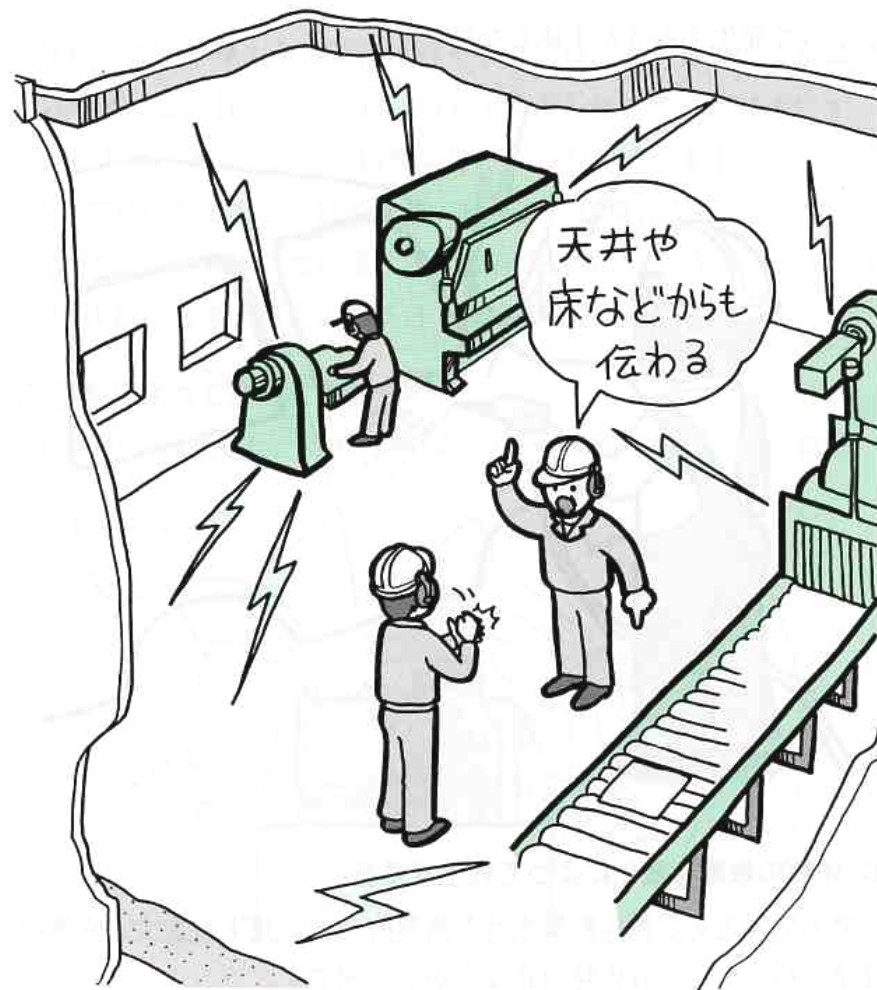
- 吸音と遮音
- 騒音源から出る音を壁や床で遮断する場合、吸音と遮音を混同しないようにする必要がある。音が物体に当たると、一部は反射するが残りは吸収・透過する。
- 吸音は、グラスウールなどの吸音材にある多数の隙間に音が入り込んで、音のエネルギーを熱に変換し音の反射を防止する。吸音材は、反射は少ないが、隙間が多いため透過も起こる。一方、遮音は音の透過を防ぐことであるため、吸音材は遮音材にならない。
- 遮音材については、一般に重い材料の方が効果があり、周波数が高いほど遮音性能が良くなる（質量則）。壁を2重にし、その間に吸音材を挿入することも効果的である。ただし、囲い込んで遮音をする場合は、共鳴する空間を作ってしまう可能性があるため、隙間を作らないようにするとともに、設計に注意を払う必要がある。



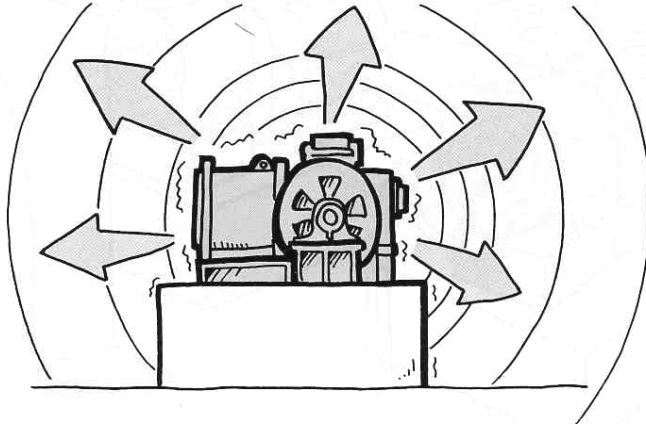
騒音対策

3つの対策

- 1 音源対策
- 2 伝搬経路対策
- 3 受音者対策

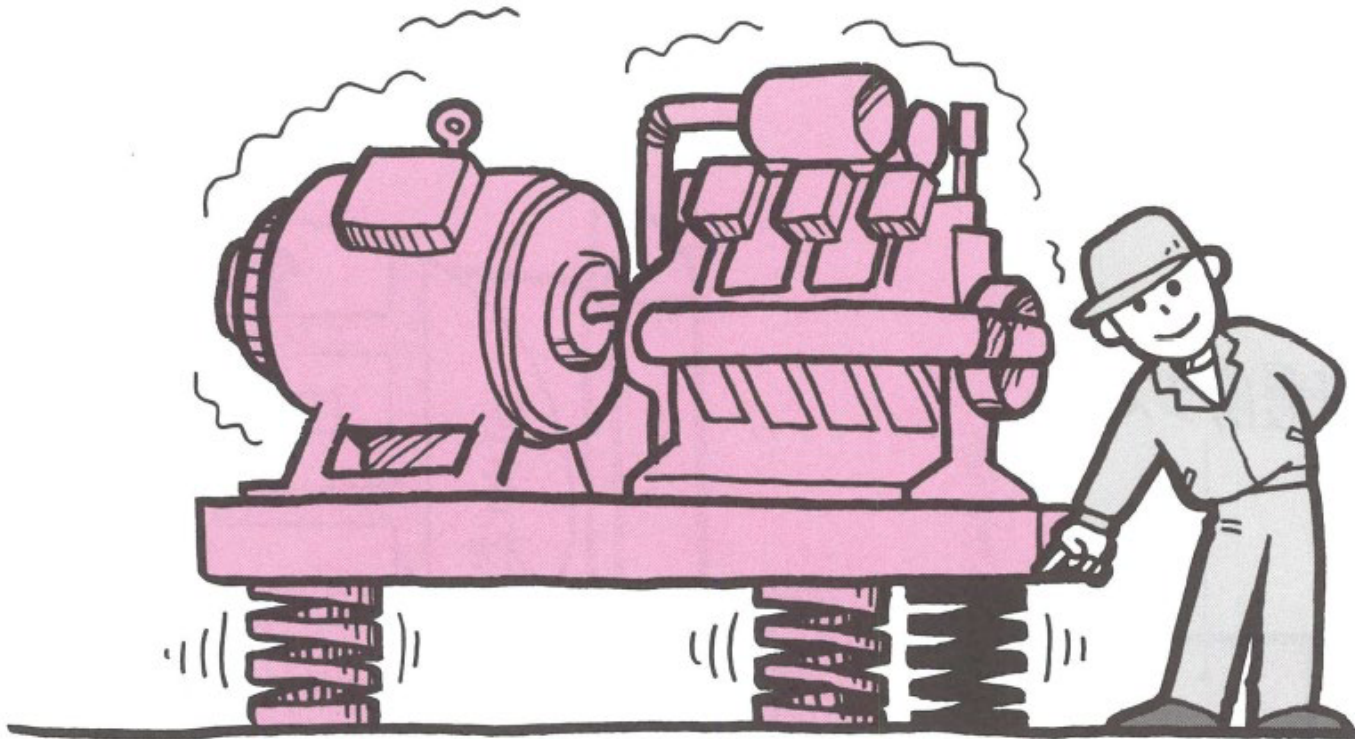


音源

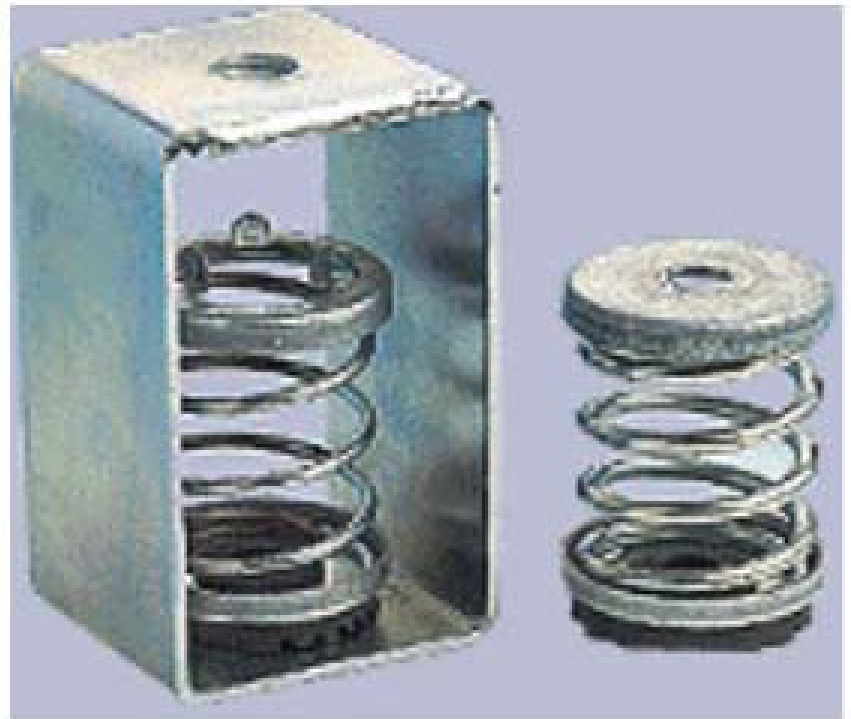


- 振動による
- 気体の急激な体積変化による

音源対策（振動）



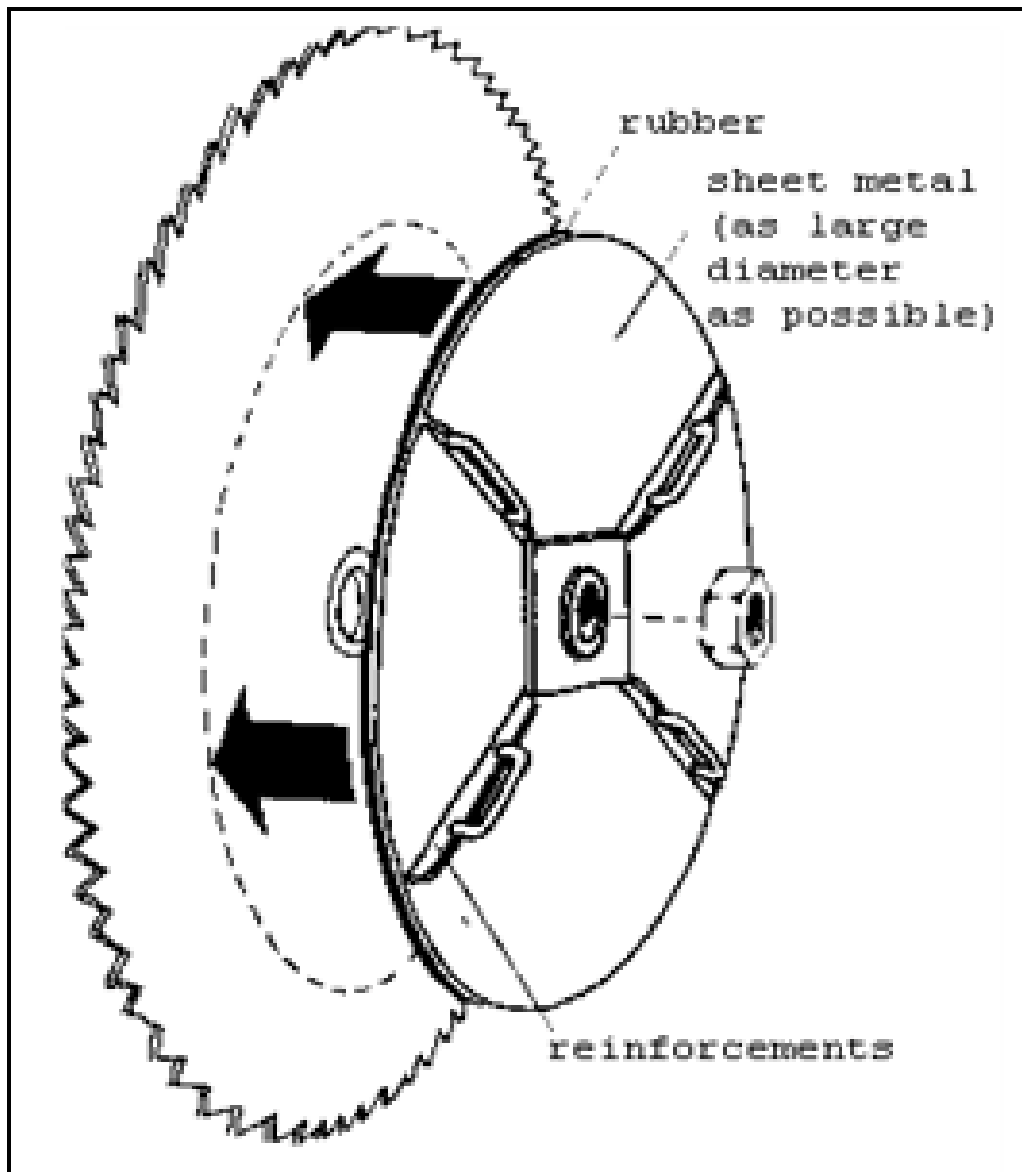
- 防振材を入れる
- 機械の点検を行い異常な振動を防ぐ



防振ゴム、スプリングアイソレータ
OSHA Technical Manual より



ゲッツナー社HPより
<https://www.getzner.com/ja>



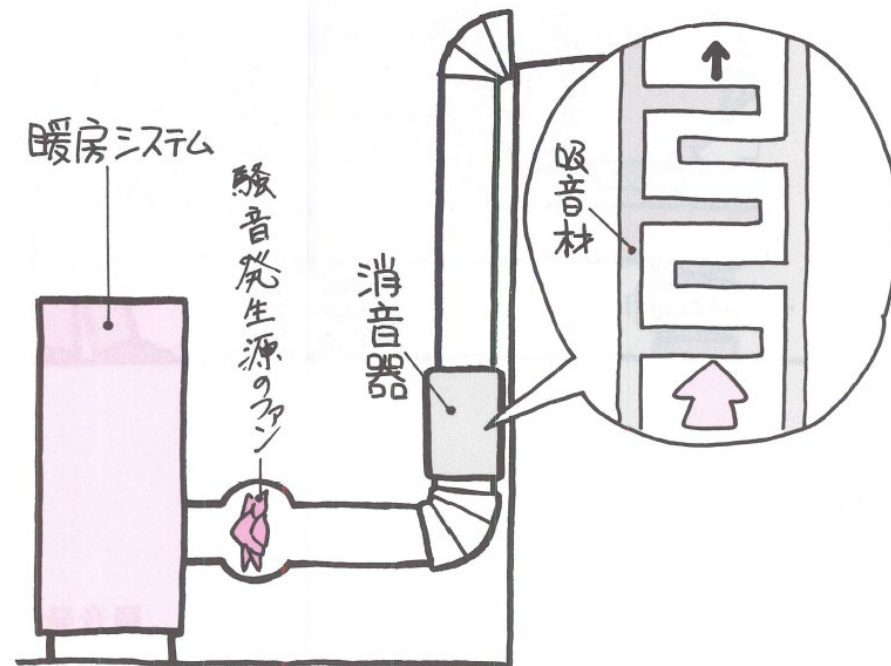
のこ刃に出来るだけ大きな直径の制振材を
OSHA Technical Manual より

音源対策（体積変化）

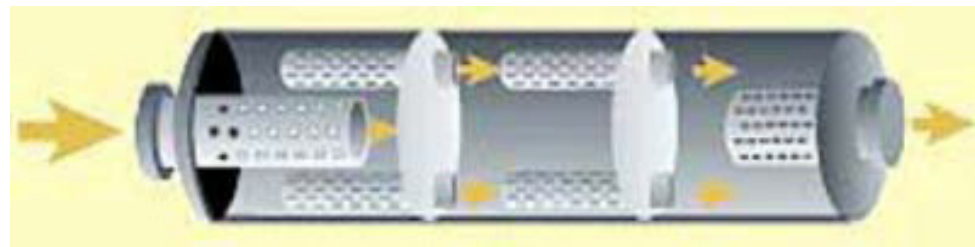
•消音器の使用



低騒音ノズル
OSHA Technical Manual より



騒音障害を防ぐ、中央労働災害防止協会、平成31年より



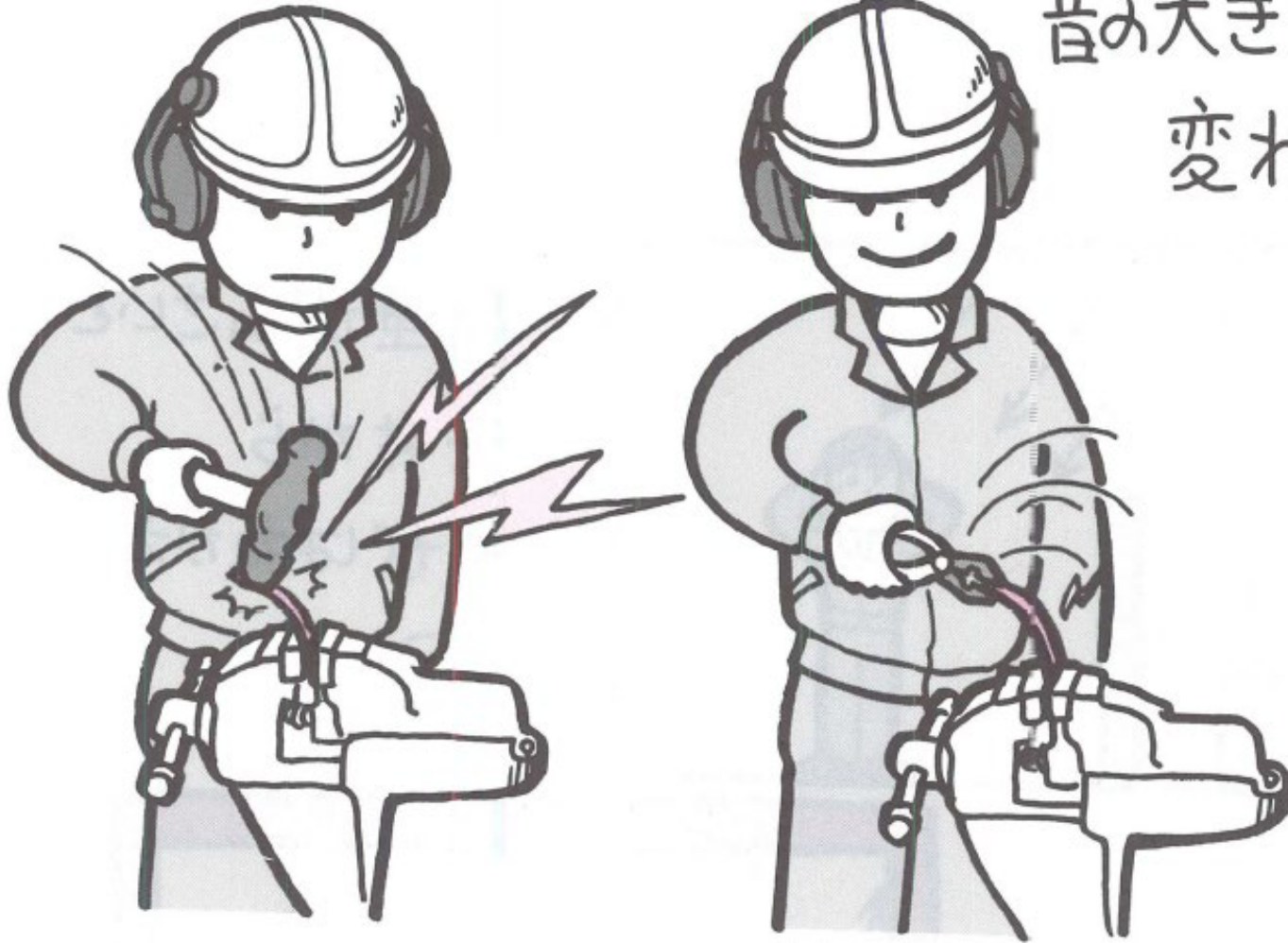
OSHA Technical Manual より

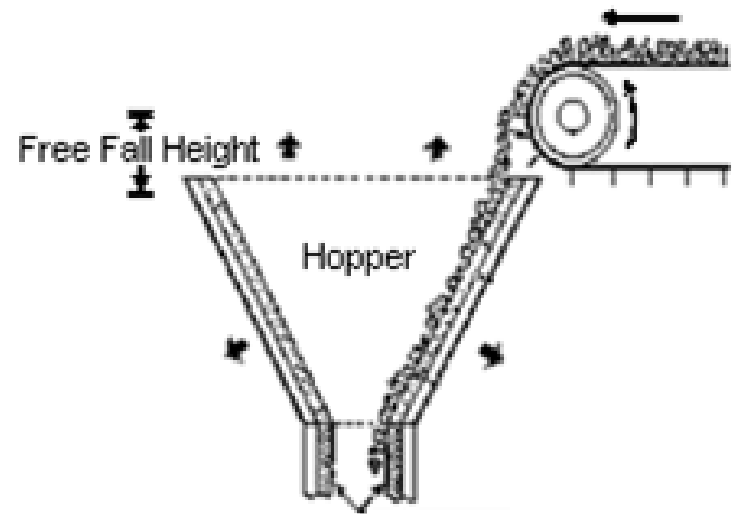
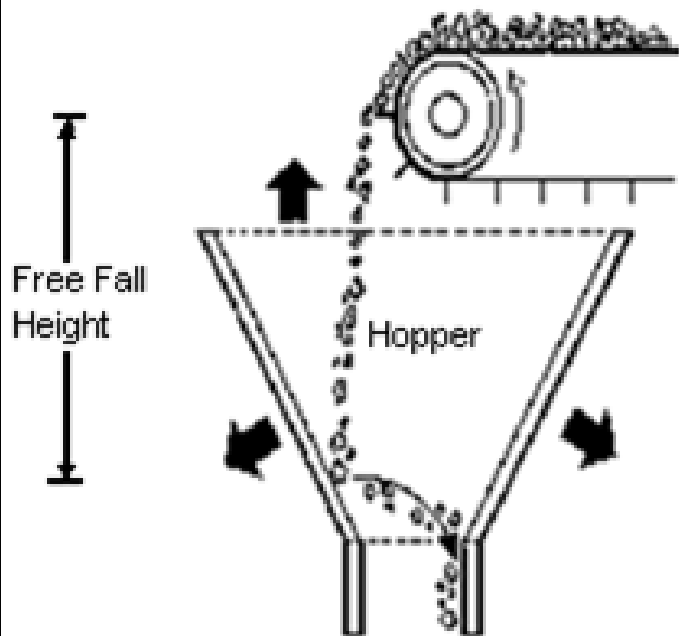
低騒音の先端工具の使用

- 手持ち工具には、低騒音の先端工具が販売されている。
- 作業性との兼ね合いで最適なものを選ぶ

道具の使い方や 仕事のやり方で

音の大きさも
変わる

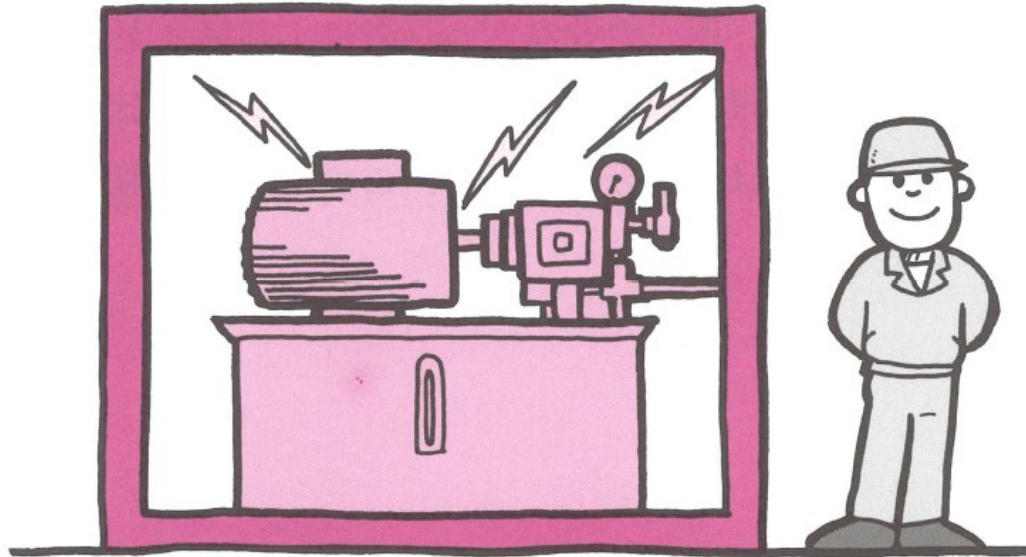




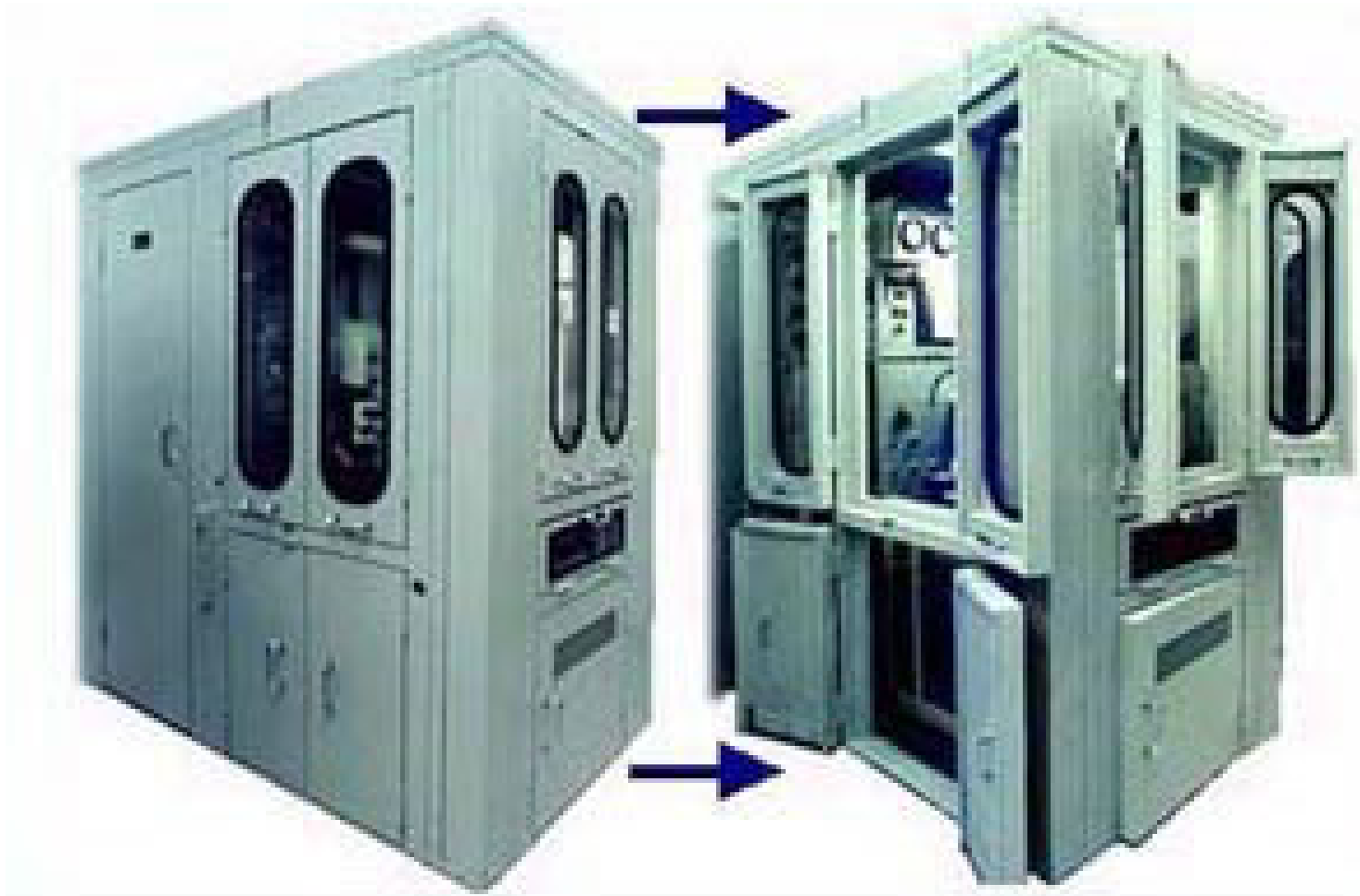
From: Noise Control, Principles and Practice, Bruel & Kjaer

Reducing Free Fall Height
OSHA Technical Manual より

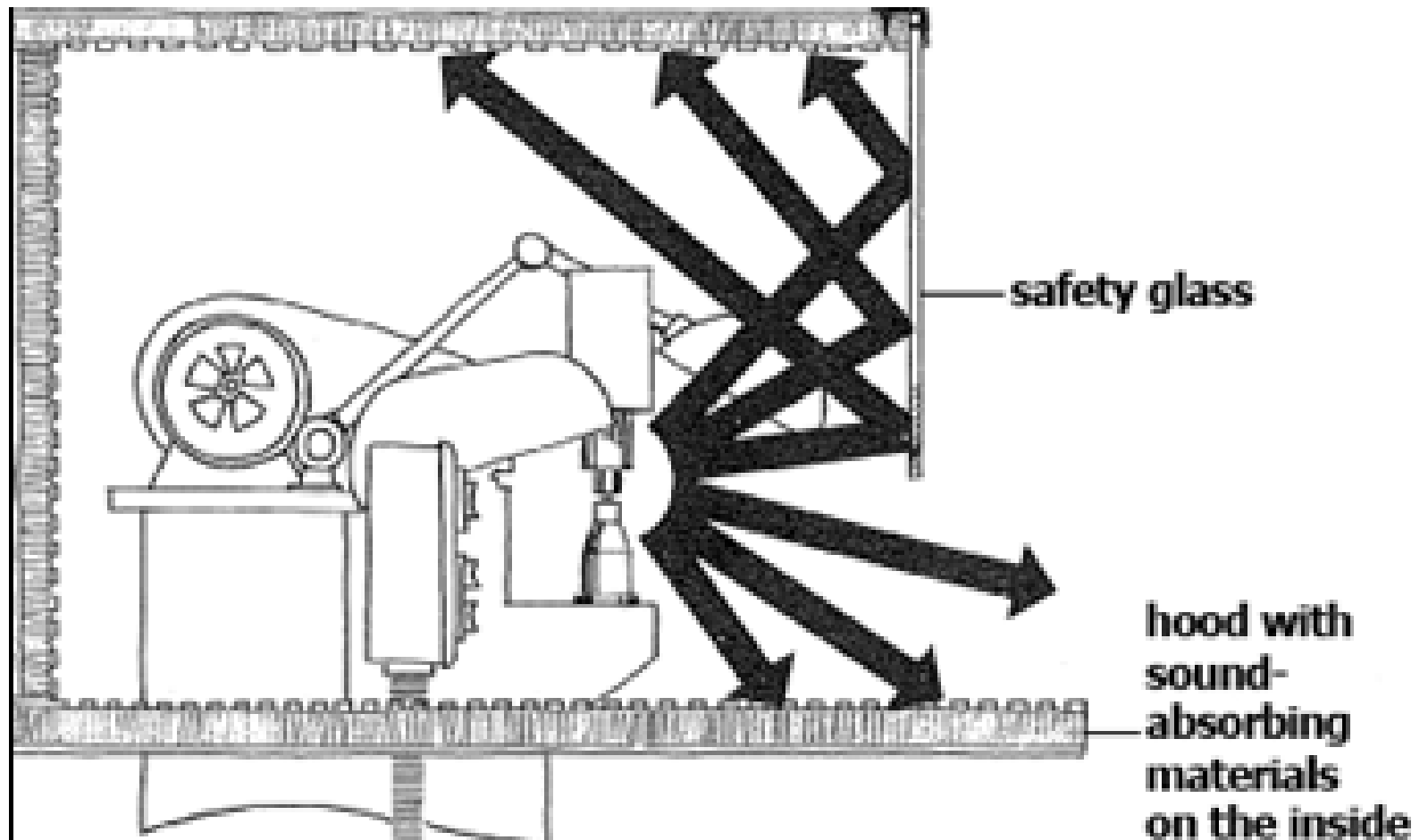
伝搬経路対策（密閉化）



- 変形しにくい材料で囲む
- 2重に囲んで、空気の層を入れる
- 出来るだけ密閉する

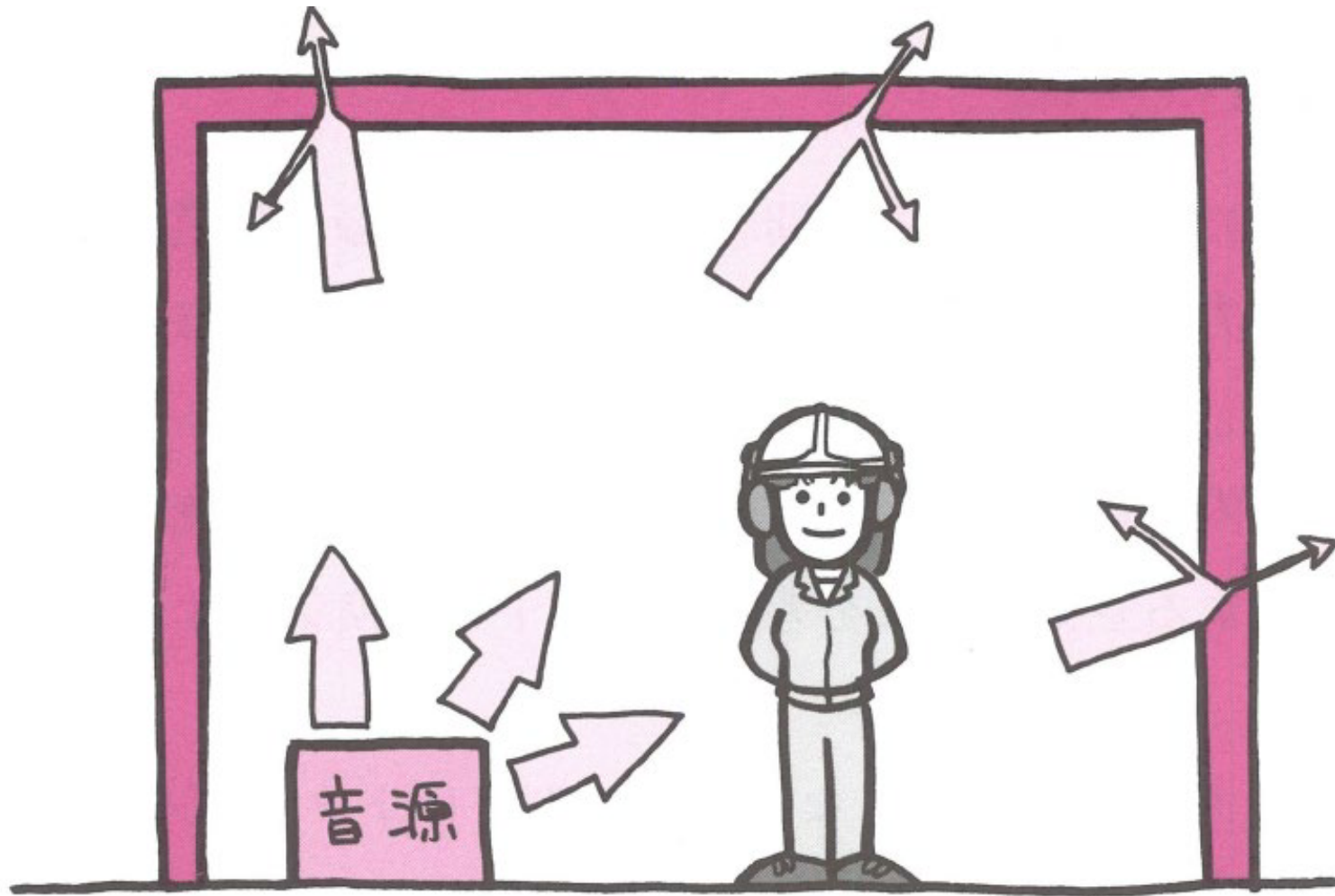


操作が必要な時に開く
OSHA Technical Manual より



部分的な密閉
OSHA Technical Manual より

伝搬経路対策（吸音）



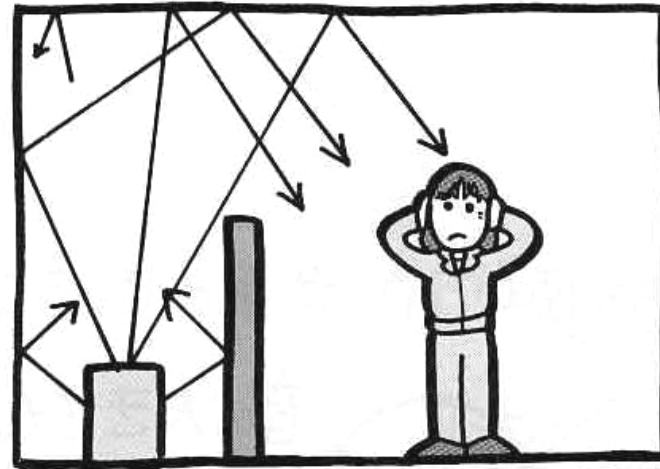
- 床、壁、天井からの**反射を防ぐ**



吸音パネル
OSHA Technical Manual より

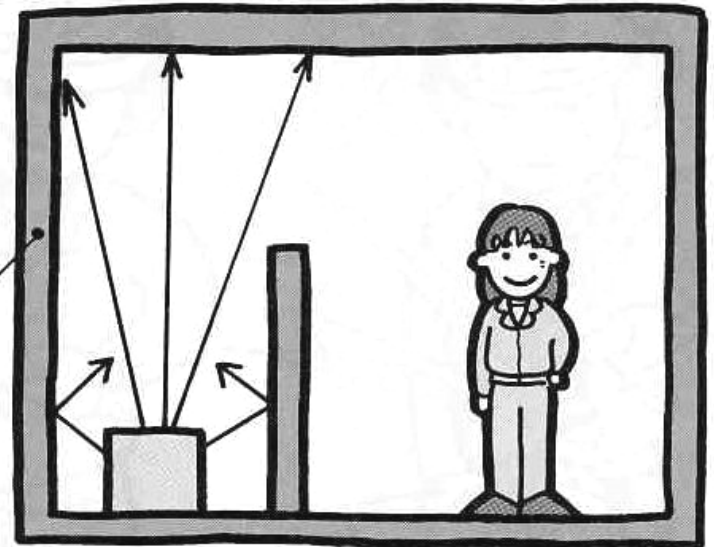
伝搬経路対策（ついでに）

- 大きく
- 音源の近くに
- 天井に吸音材



障壁が小さいと
天井から
音がはねかえつ
くる……

吸音材



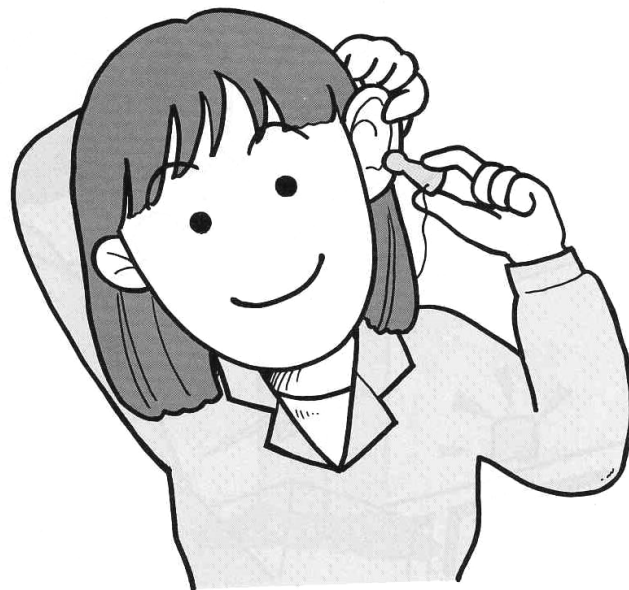
受音者対策（防音室）



- 作業者を音から**隔離**

多人数の制御室
OSHA Technical Manual より

受音者対策（聴覚保護具）



- 長時間の着用に負担の少ない、自分の耳にあった**保護具**を選ぶ
- **耳栓 + イヤマフ**も選択肢に入れる

受音者対策（聴覚保護具）

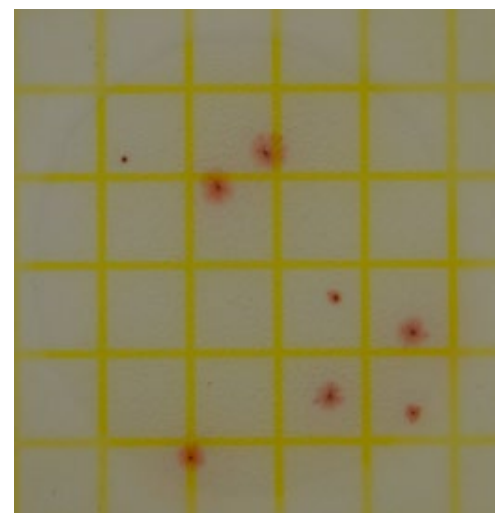
- 耳栓の交換
- 使い捨てタイプと洗って再使用できるものがある。
- 汚れたら交換
 - 衛生面
- 変形したら交換
 - 遮音値の低下



例 1

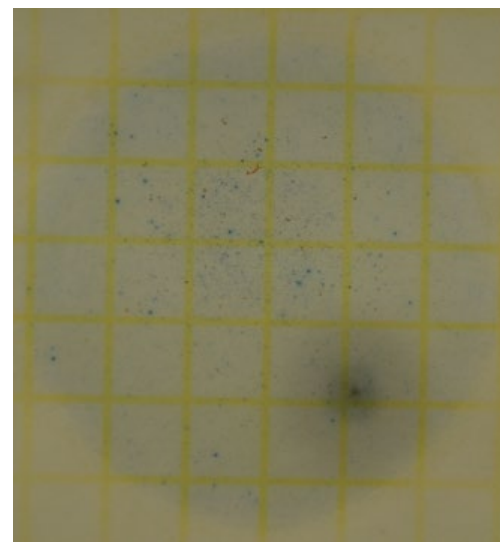


20代男性 粉砕作業
使用期間 100日
着用時間 5時間
着脱回数 10回以上15回未満



ACプレート

9



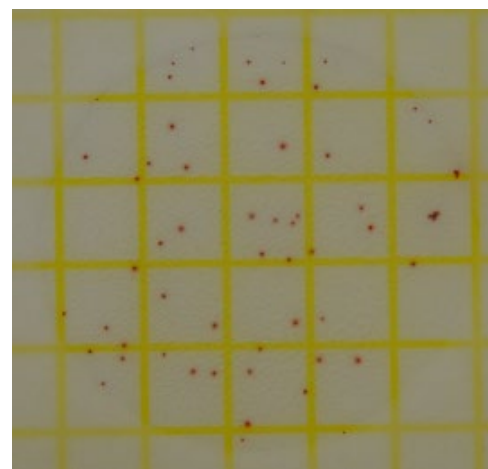
YMプレート

カビ
1

例 2

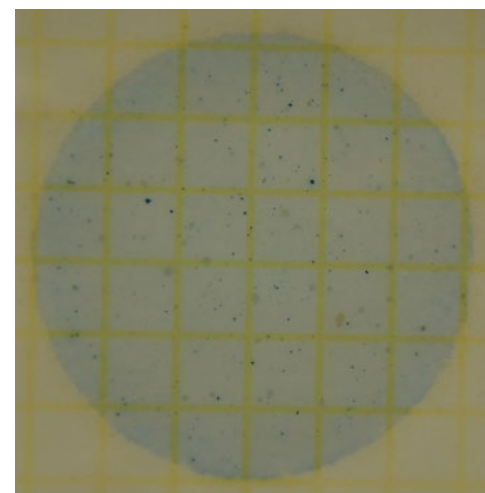


20代男性 シャー切断
使用期間 30日
着用時間 6時間
着脱回数 5回以上10回未満



ACプレート

54



YMプレート

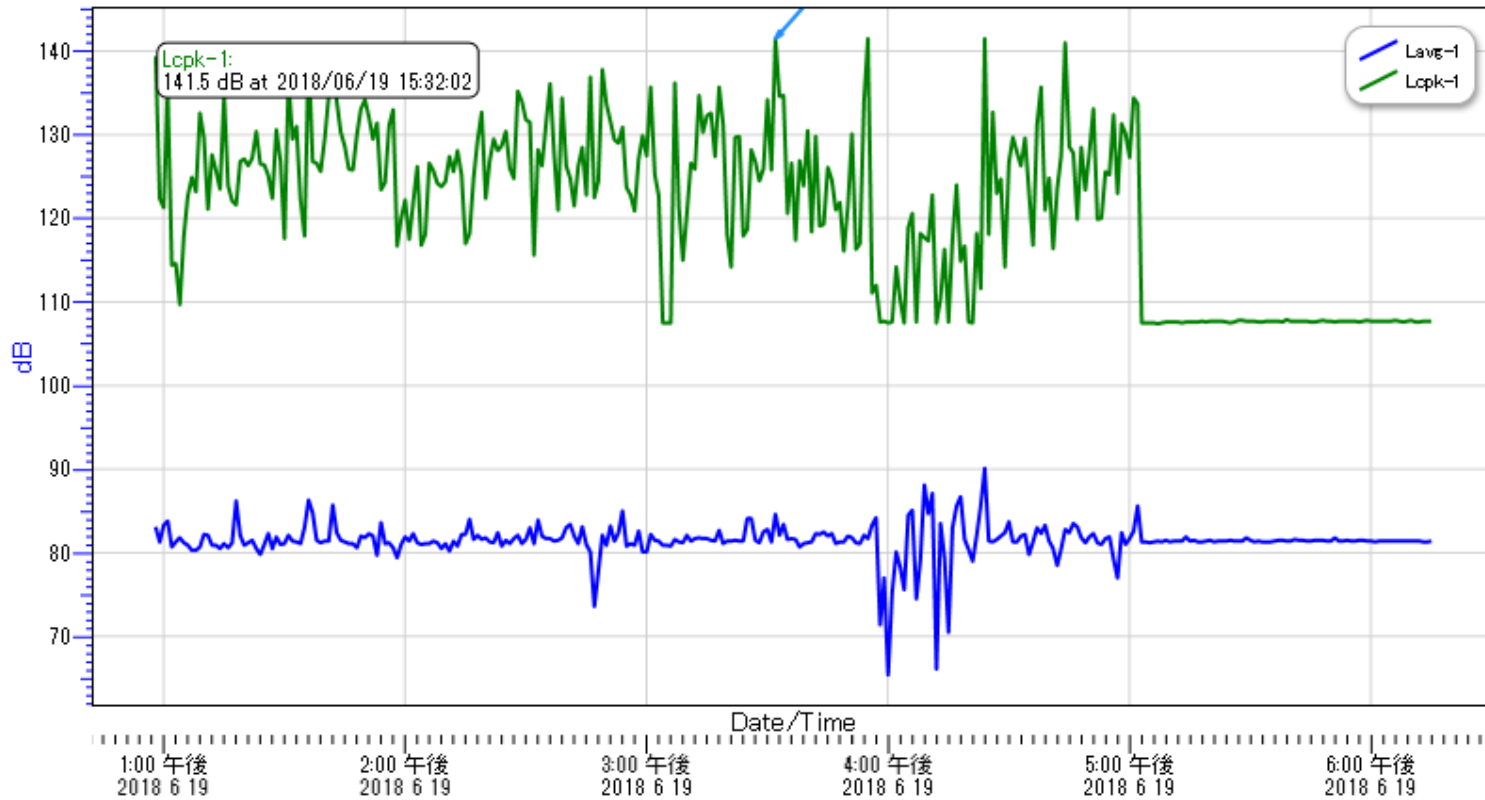
カビ
TNTC

衝撃音の騒音対策

- **機械的衝突に伴う衝撃音**：工場で使われる衝撃成形機、ドロップハンマ、パンチプレスなどの音、建設現場で使われるパイルハンマ、コンクリートブレーカ、堀削機などの音、さらに、ベルの音などが含まれる。いずれも、物体の衝突に起因する音である。
- 衝撃によって音の発生する段階は、次の五つに分類される。
 1. **空気の排出**：二つの平面が接触する直前に、面間の空隙から圧搾空気が噴出して圧力パルスが発生する。
 2. **剛体放射**：剛体球と平板や球の衝突においては、球の急激な速度変化によって音が放射される。
 3. **表面の急激な変形による放射**：衝撃を受けた板の表面の急激な変形によって、圧力パルスが発生する。
 4. **衝撃を受けた板の固有モードによる減衰調和振動**：“ringing”音が発生する。そのピーク音圧は、ハンマの質量と打撃速度に依存し、低い周波数では板の振動速度に、高い周波数では加速度にほぼ比例する。
 5. **材料の破壊からの放射**：材料の破壊から生じる衝撃音は、パンチプレスなどの加工機では大きい騒音源となる。衝突物体の材質・形状や衝突の形態によって、これらのうちの支配的な発生源が決まる。

衝撃音の場合、発生源を制御することは困難なことが多いため、伝搬経路対策（遮音・吸音）と受音者対策（聴覚保護具）が有効である。

Lavg 82.6dB Lcpk 141.5dB

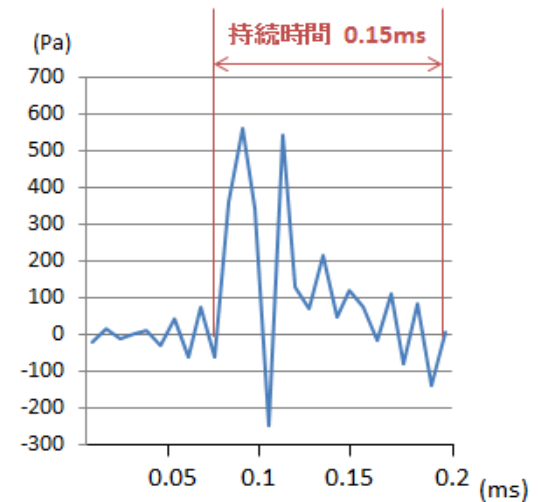
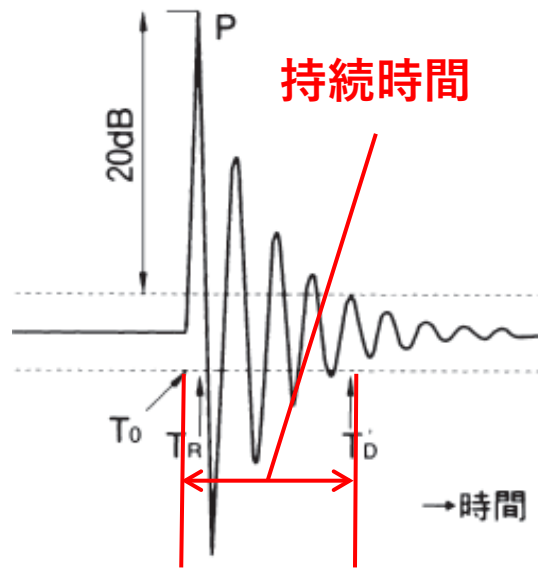


- 上図は、4時間の作業中の音圧レベルの変化である。等価騒音レベルでは第1管理区分であるが、時折140dBを超える衝撃音がある。あらかじめ衝撃音の発生時間が決まっている場合は、その時に聴覚保護具を着用することでも有効。
- 欧米では、衝撃音のピーク音圧レベルが140 dBを超えるとリスクが高いといわれている。
- 日本産業衛生学会のA特性音圧レベルによる衝撃騒音の許容基準は、1労働日の衝撃騒音の総曝露回数が100回以下の場合、120 dBである。

スターターピストル衝撃音に対する イヤーマフ装着のマネキンでの遮音値測定

【168±2 dB（音源とマネキンの距離：41cm）】

イヤーマフ		No.1	No.2	No.3	平均	遮音値
衝撃音 (dB)		167.4	167.4	168.8	167.9	
マネキン (dB)	左	121.5	123.1	123.8	122.8	45.1
	右	123.9	121.8	123.7	123.1	44.8



衝撃音波形の一例

衝撃音でも正しく遮音できるか確認した。マネキンは髪の影響がないため遮音値が高い。聴覚保護具の使用で、**ピーク音圧を140 dB未満に抑えることが可能。**

音源対策の限界

- 騒音源が小さな場合、現場作業者に防振対策や密閉化の工作を手伝ってもらうことで、安価に対策可能な場合もある。
- しかしながら、多くの巨大な騒音源の事後の対策は、莫大な費用が発生することが多い。
- 設置時、低騒音の設計をする音源対策が経済的にも効果的である。
- 設置後の対策としては、多くの場合、受音者対策として使用する聴覚保護具に頼らざるを得ないことになる。