

# 木材工業における工場騒音と 建築材料の遮音性能について

- 作業環境改善 -

小 野 寺 重 男

ま え が き

騒音の影響  
騒音の単位、許容限界  
騒音の測定法

- 工 場 騒 音 -

音の伝播経路による材料の  
遮音性能と遮音対策

イ) 直接空気音の通過によるもの  
ロ) 膜振動による遮音性

ま え が き

都市の喧騒からのがれて“閑静”を求めるといような希望や企は、古い時代からの人間の本能的なものであり、之を学問的に研究し、その防止の技術的考究に着手したのは第一次世界大戦、前後からで、機械文明の著しい発達により衛生上、産業上重大な障害である事を認められるにおよんで1929年頃から米国、独逸、仏国等で相次いで“騒音防止委員会”が出来、日本では昭和6年に電気協会関東支部で“電車音響防止調査委員会”が創られ、近くは東京都や札幌市の騒音防止条例（昭和29年、札幌市例第33号）が作られ、騒音問題は世人の注目の的と放った。一方工場騒音や機械各部分の発生音の研究<sup>文獻<sup>2</sup>、3</sup>）が盛んになって来た。

木材工業においても最近生産性の向上と云うことが叫ばれているが計測管理、作業労務管理に就いては一般に熱意や認識に欠け、又は手が廻らないと言う状態にあるが、工場内の作業員は室温、塵埃等が労働条件として影響することは勿論であるが、作業に際しては五感の内、視覚（色彩）と聴覚（音）は最も直接的に作業の速度と正確度即ち能率（速度と正確度の積）、生産性に大きな関係を持って居り、作業環境の改善を必要とする職場の多いことは吾々の測定の結果からも明らかである。

謝辞 此の調査に際して計器をお貸し下さったN  
HK旭川放送局、藤田部長、中博道氏及び御

ハ) 縦振動によるもの  
ニ) 反射による遮音性  
ホ) 吸音による遮音性  
ヘ) 機械的振動によるもの

- 種 築 材 料 の 遮 音 値 -

工場騒音防止対策

結 語  
文 献

指導戴いた、当所赤間試験部長、丹羽、富田  
両技師に厚く御礼申上げる。

騒 音 の 定 義

英国では騒音、騒音共にNoiseなる一語で表はしているが独逸ではGerausclarmと明瞭に区別し、米国では騒音を“undesired sound”（好ましかざる音）と云っている。この様なunwanted sound unpleasant soundは音の大きさ、周波数構成、聴覚・心理・保健等医学心理学の範囲迄密接な関係があつて困難な問題が多いのである。

騒音の影響

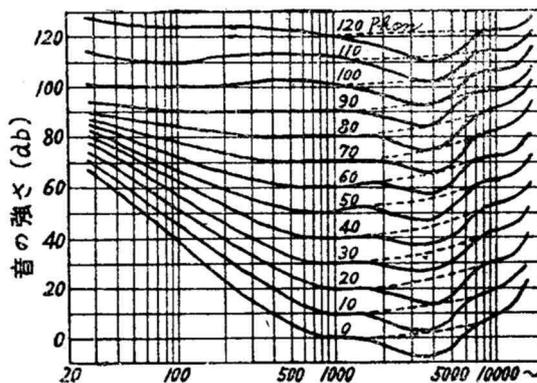
1. 騒音による不快感は500c.p.s（サイクル/秒）以上で音圧が大なる程急増の傾向がある。
2. 騒音による言語明瞭度の障害は一般的に妨害音より20~30db上げる必要がある。
3. 身体の機能に刺激を与え、生理的障害を起し必要以上のエネルギーを消耗し疲労が早まる。  
例えばW.A.Lairdの報告によると騒音は呼吸器、心臓、消化器に影響し殊に聴覚に対し顕著であり難聴症、老年期の聴覚故障の原因となることが明らかにされている。
4. 仕事の能率低下  
騒音は不快感を起し、精神的に重圧を与えて注意

の集中を妨げる結果騒音のある所では一般に作業能率は低下する。一例を挙げると、或る保険会社の事務室において種々の機械の運転している所で騒音の大きさを45dbより35db低下させたことによつて12%の能率増進を示した。又電信関係では50dbの騒音を35dbに低下させて間違いが42%減少し、3%の費用を減じた等の例がある。更に大脳機能への影響をみるものとして50dbより40dbに下げると、言葉の正確度が15%、長時間の記憶では8%増加した等の結果がある。

### 騒音の単位、許容眼界

騒音の大きさは普通Phon（ホン）とdb（デシベル）で表はされるが、人間の耳には周波数によって感度特性があつて第一図はdbと耳の等感度曲線との関係である。即ち1000cps（サイクル/秒）～5000cpsでは耳の感度が他の周波数域より良いことが判る。

騒音の許容限界は大概ね次の様な値である。



第1図 フレッチャーの曲線

スタジオ	20～25ホン
音楽室	30～35
病院	35～40
家庭	35～45
教室	35～40
事務室	40～45
普通の機械工場	70～80ホン程度
騒々しい工場	80～90ホン

工場附近の住宅室内（戸、窓を開放せざる）に対する騒音許容値<sup>9)</sup>

工場の所在地別	時間別	
	昼間	夜間
工場地域	65～70ホン（7～23時）	55～60ホン（23～7時）
準工場、商業地域	60～65〃（〃）	50～55〃（〃）
住宅地域	55～60〃（8～20時）	45～50〃（20～8時）

### 騒音の測定法

- 1) 主観的測定法  
標準とする音源を用い、この音と測定音とを別々の耳で聞く“平衡法”と、両音の音の識別しえなくなる点より求める“隠蔽法”がある。
- 2) 客観的方法  
音圧をマイクロフォン、増巾器、指示計器により、

耳の周波数特性に合致した。即ち耳で聴く同じ大きさを指示計器で表はす所謂“指示騒音計”がある。

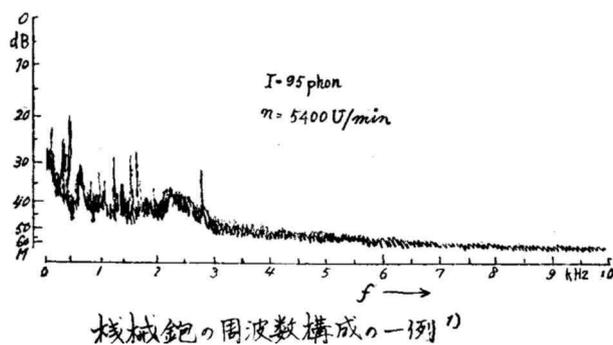
次に示す一例は指示騒音計を用いて試験工場の騒音を測定した結果である。

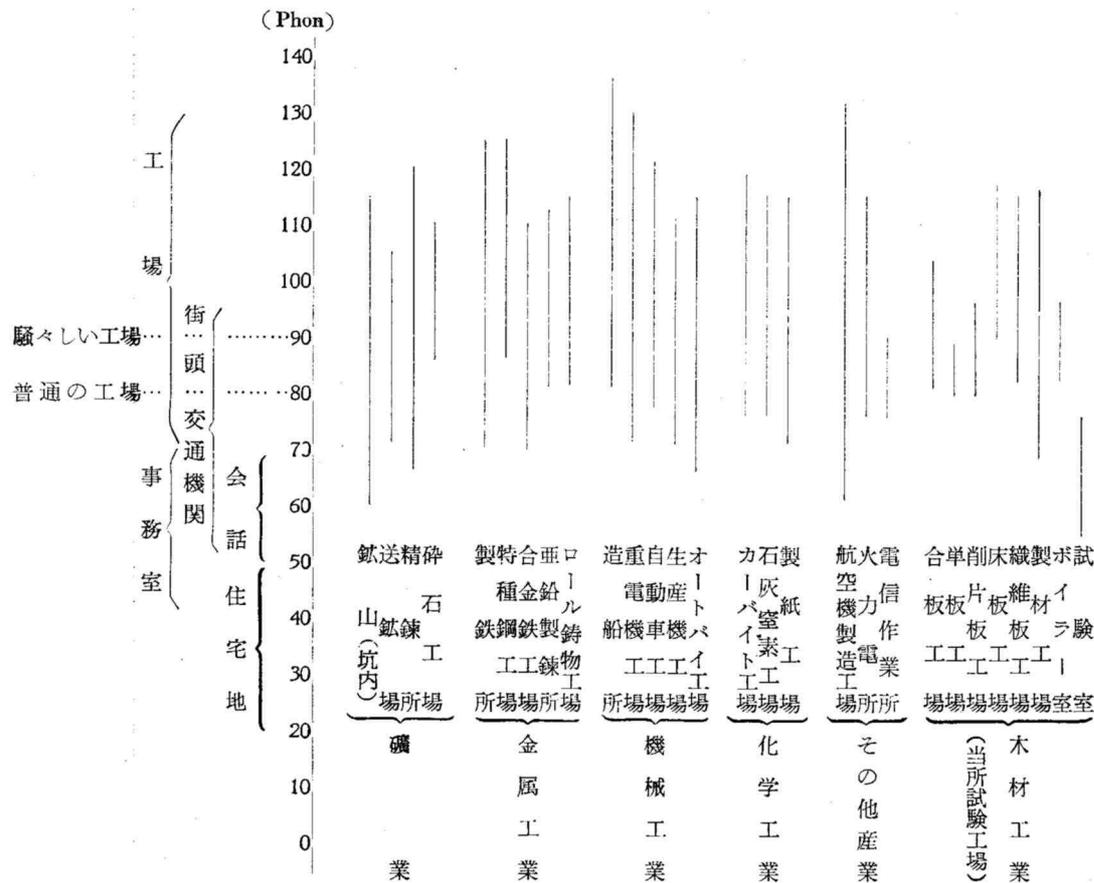
騒音測定には日本電子管測器製指示騒音計（SL-14型（A-40））で、JISB720によるを使用した。吾々の測定値は作業員の感する騒音床からの高さ（1m）の測定を基準としている。

工場名	機械名	騒音 (白色雑音)	摘要
単板工場	6尺ロータリー丸	81～83	機械から水平距離2.5mの位置 3mm厚、シナ単板10枚を切断、機械から1mの位置
	鋸	101～106	
合板工場	スプレッダー	89	
	スクレーパー	80～85	
削片板工場	乾燥機	90～96 (80)	

床板工場		90~102 (117).....材片が床にあたる衝撃音
繊維板工場	チ ッ バ ー	105~112 114~115
	大 割 機 械	95~96 100~104
	リファイナー・ミル	95~96
	ユニマックス・ミル	102
	ダブルソー	109~110 (100).....空 転 時 (85).....ダブルソー作業時のフミディ・ファイヤー位置
		(82~84)..... " " プレス、スクリーン位置
		(77)..... " " 休憩室位置
製材工場	丸 鋸	(90~93).....製材工場内平均値 112~116 薪炭材8本の切断 (95~96)
	丸 鋸	106~107 手押し、板びき (104.5).....空 転 時
	48吋バンドソー	99~101 (69~71).....目 立 室 (70~85)..... " ヤスリ音
		(63~66).....休憩室・事務室 (82~90)
ボイラー	コンペアー	90~95 送炭時コンペアー附近 84~87 " 休憩室
	試験・研究室	70~75 (78) 集成材試験室 69~73 糖化研究室 69~71 繊維板試験室(恒温、恒湿器運転時) 55~57 材質試験室(2ton, 10ton強度試験機運転時)

上記各工場騒音を文献7と比較したものが第2図である。





第2図 木材工業と他工業の騒音比較

### 音の伝播経路による材料の遮音性能と遮音対策

建築材料の音響性は、吸音性遮音性が問題とされる

が、吸音性については既に吾々の報告もある<sup>14)15)16)17)</sup>ので、工場騒音と同時に遮音値の測定を行ってみた。遮音値及び遮音材料の使用に当っては次に述べられる事項の理解が必要と考える。

一般に音の伝播経路は大別して

- イ) 直接空気音の通過によるもの；例えば建築物の開口、間隙凍、通気孔等によるもの。
- ロ) 境界の膜振動によるもの；音としての空気振動が境界材料に強制外力として作用し、膜振動を生ずるもの。
- ハ) 境界の縦振動によるもの；境界材料が入射音によって縦振動をおこすもの。
- ニ) その他、昔は境界材料表面より反射され、透過し熱として吸収し、機械的振動に費される。
  - イ) 音の通過によるものは、構造物の不要な開口を

なくし、消音器をつけ又は余儀なく入った音については吸音材料を使って遮音する。

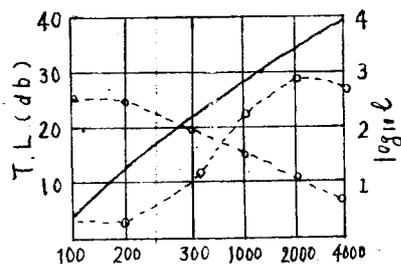
ロ) 境界材厚が入射音の波長に比して小さく弾性的に設置されるときは、射入音波が強制振動力となり、境界材料は膜振動をおこし、これが二次音源的に作用して、音響伝達をなすに至る。かかる場合の音響伝達損失に関する理論式はH. Davisによって次の如く求められている。

$$T \cdot L = 10 \log_{10} \left[ 1 + \frac{m^2 w^2 (1 - w_0^2 / w^2)^2}{4R^2} \right]$$

- 但し
- m = 材料の単位面積重量
  - w = 射入音の円周波数
  - w<sub>0</sub> = 材料の固有振動数 = √s/m
  - R = ρc, 空気の音響抵抗
  - s = 材料の剛性

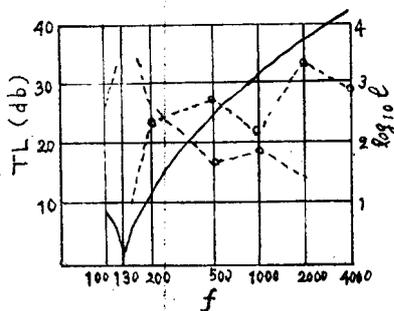
備考 上式はガラス様物質について求めたもので、有孔性材料のときは低音において材中の吸収が多く、高音においては間隙透過が多いのである

川島定雄氏が70cm<sup>2</sup>、2分厚の楯合板を試験した結果によると上式理論値と実測値との差は第3図に示す如く5db程度不可避の空気漏洩による誤差が生ずる。

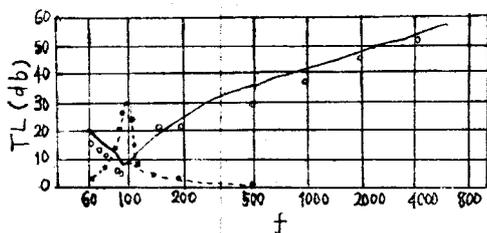


第3図 楯合板のT.L.と膜振動

同氏の添加荷重の試験等からSabinの遮音値が材料の重量に比例するという説は厚さの大なる壁体に対してのみ言うので有り、むしろ上記の様な板状物では重量を云々するよりも、固有振動数と入射音振動数の函数的関係によって左右される。この様に無孔性板状材料が弾性的に設置される場合の遮音機構がリアクタンスのみによる膜振動により決ることから、或る状態にある板はすべて一定の遮音帯域なるもの社有すると考へられるので建築材料の使用に際してはその固有振動数、形状の変化、張力の変化、固定方法程度、荷重添加等の手段を考慮すれば、所要の遮音帯域を得る。又膜振動に連成振動を起こさせ共温点を二つ以上にして遮音値の低下を分割して避けうる。



テックスのT.L.と膜振動



漆喰(14mm)のT.L.と膜振動

八) 建築材料が境界材として使用され、その厚さが射入音の波長に比し大きいとき、または非弾性的に設置されたときは、材中にこれを媒質とする縦振動が起り音響伝達がなされる。縦振動は材料厚さのみが之を決定するのではなく厚さと波長との相対的な比が決定する。

川島氏はこの点に着目し、音響伝達損失の理論式を次の如く発表した。

$$T.L. = 10 \log_{10} \left\{ \frac{(r+2R_1)^2}{4R_1^2} + \frac{R_2^2}{4R_1^2} \left( 1 - \frac{w_0^2}{w^2} \right) \sin^2 kl \right\}$$

- 但し r = 材の減衰抵抗  
 $w_0$  = 材の固有膜振動数  
 $w$  = 投射音の円振動数  
 $k = 2 / l$   
 $l$  = 境界材厚さ  
 $R_1 = P_1 C_1$  (空気)  
 $R_2 = P_2 C_2$  (材料)

二)  $L$ , Rayleighは材料より音反射を次の如く与えている。

$$R = D \sqrt{\frac{(\rho_1 c_1) / (\rho \lambda)}{1 + \pi^2 (\rho_1 / \rho \lambda)^2}}$$

- 但し R = 反射音勢力  
 $D$  = 入射音勢力  
 $l$  = 境界壁圧  
 $P_1$  = 材比重  
 $P$  = 空気密度  
 $\lambda$  = 空気音の波長

さらに昔の屈折、反射の理論からも“臨界角”なるものが存在するので、使用時に材料の比重、厚さを増し表面状態、傾斜度により遮音性を高めうる。

ホ) フェルト、軟質繊維板等の多孔質物質は音響エネルギーを熱エネルギーに変換して吸音現象を起すと考へられて居りこれにより遮音の目的を達する。

川島氏は多孔質物質の吸音係数を次式で表はした。

$$T.L. = 8.6 \sqrt{\frac{RW}{2\rho c}} \cdot 1. \log_{10} e$$

- 但し  $R = \frac{4}{3} \mu k^2$   
 $\mu$  = 空気の粘性係数  
 $w$  = 円振動数  
 $\rho_0$  = 細孔中の空気の密度  
 $c$  = 音速  
 $l$  = 材厚

多孔質材料の遮音値は、周波数の増大に対し二次曲線的に増大するに反し、無孔性材料では直線的に増大する。層さの増大に対するT.Lの増大は、無孔性のときは、質量の平方の対数により、有孔性では質量、厚さに一次的に比例する。これより遮音力は或る周波数以下では無孔性材料の方が効果があり、それ以上では多孔質材料が効果的である。尚ホ)に属するサンドウィッチ構造型吸音板の遮音機構<sup>13)</sup>は理論的に上記材料と異なり複雑な問題が存在する。

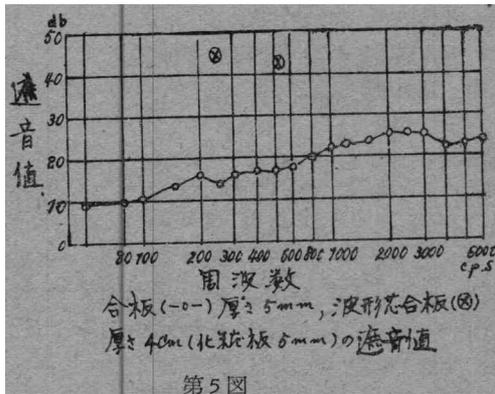
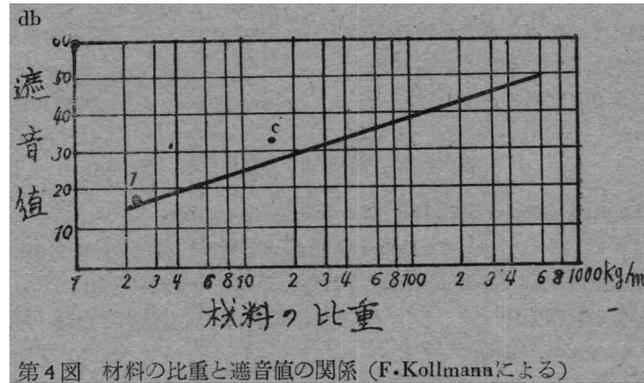
へ)構造体が機械的振動をするときは、この振動が音源となり、又は遮音の目的に反する。この防止策としては防振ゴム等のダンパーを使用する。

遮音材料を使用する際に以上多くの関係する因子があるか理解されたと考える。如何なる測定法にしろ吸音除数、遮音値のみによって効果を決定づけられる単純なものでないことは当然である。

- 建築材料の遮音値 -

遮音の程度を数量均に表はすために次の様な定義がされている。

$$\begin{aligned} \text{透過勢力 } r &= (\text{透過勢力}) / (\text{投射勢力}) \\ \text{減音度 } R &= 1/r \\ \text{伝達損失 } T.L. &= 10 \log 101 / r \\ &(\text{遮音値}) \text{ (db)} \end{aligned}$$



厚さを増してもその効果は薄い。

騒音防止対策

騒音の対策は上述の如く騒音の大きさ、周波数特性、耳の感度特性、人体に与うる障害や能率を考え、職場の実体を考慮し、次に述べる様な防止策をとる必要がある。



即ち第4図より5mmの合板で18db(.1)、2mmの鉄板(.C)で32dbである。又第5図は5mmの合板の遮音値周波数構成(⊙)と中芯単板のSchomburg型サンドウィッチパネル(両面の化粧面厚さ5mm二枚からなる板厚さ4cmの遮音値(—))である。上述の事から明らかな如く、金属板は遮音力が大であり、サンドウィッチ・パネルでは、表板に左右され、若干中芯

#### A. 騒音源の減少化

1. 機械機構、工程等を改良する
2. 機械振動源をコルク、消音マフラ、ゴム・ライニング等の緩衝材料によって弱くする

#### B. 音響源の隔離

1. 建物全体、騒音発生機械の部分又は全部を遮蔽板、吸音パット等により包む

#### C. 作業者の防護

作業場の天井、壁等を音響材料により作業員を保護し、遠隔操作、耳栓（第6図）等の防音保護具を利用する

即ち騒音の問題とも関聯して、金属工業に比し騒音が大きい小さいかの問題を、材料の点から考へてみると木材の材質上、予想以上に工場騒音が大きい、勿論周波数構成や硬度等の関係上、工作の際に騒音が大きくなる事は金属工業において考えられるが、木材工業も亦木材材質上軽視出来ない原因と興味を含んで居り研究が必要である。

工場騒音については従来測定で55～60ホン以上では身体的、情緒的、日常生活に対する影響が顕著であり70～80ホン程度の騒音は工場騒音として普通にみられるが、90ホン以上はかなり騒々しい工場に属する。又80～90ホン以上の音は騒音難聴の危険があるが、パルプ工場の解繊部分、製材工場の作業員は常に危険度を越えた悪い環境の中で勤務して居り、木材工業に於ける工場騒音は第2図にみられる如く、騒音が平均してかなり高いのでSound control（音響管理）、Sound conditioning（音響調整）の必要が有る。

## 結 語

木材及び木材を原料とする種々なる材料の音響性の中吸音係数、遮音度測定のみでは前述の如く不十分で板縦、横動弾性の研究が必要であると確信している。

## 参 考 文 献

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 3. 高速玉軸受の音響分析   | 曾田範宗 . , 日太機械学会誌 第59巻第454号           |
| 4. Apdleid Acoustics . Olson  |                                      |
| 5. 音響材料 第1巻 第2 . 3 . 4 . 号  |                                      |
| 6. 音響技術便覧 第六冊   |                                      |
| 7. 工場騒音防止に関する諸問題  | 森岡三生 化学工業 , 第7巻 . 第10号               |
| 8. 騒音防止の現状  | 佐藤孝二 日本機械学会誌 . 第59巻 第444号            |
| 9. 工場騒音の許容値   | 庄司光 他 日本音響学会誌 第9巻                    |
| 10. 工場騒音について  | 松浦尚 同 上                              |
| 11. 強い騒音による耳の障害   | 切替一郎他 同 上                            |
| 12. 騒音問題と衛生思想   | 栗原喜多芽 同 上                            |
| 13. 穿孔パネル多孔質吸音層組合せ構造の吸音について   | 子安勝 他 同 上                            |
| 14. 木材及び繊維板の音響効果について  | 小野寺垂男 指導所月報 第16号 昭和28年5月号            |
| 15. 繊維板の吸音率について   | 小野寺垂男 同 上 第24号 昭和29年1月号              |
| 16. 吸音率の測定  | 丹羽恒夫 小野寺重男 第63回日本林学会                 |
| 17. 積雪の吸音率について  | 石田完 小野寺重男 低温科学12輯 昭和29年              |
| 18. The Measurements of Industrial Noise . G . L . Bonvallet , Tappi Feb . 1957 |                                      |
| 19. 歯車の騒音の研究  | H . Zink , VDI - Z Bd , 98 Nr.8 1956 |