

## 9. 機械換気の場合の例

今送風機に依る吹込み換気の場合の実験例<sup>(1)(2)</sup>を示すと第4図、第5図、第6図の様になるものがある。即ちA、B、Cと吹込口の位置を変え、これと各排気口(1, 2, 3……)と組合せた場合の換気効率を示す。

これ等の線図から給排気口の如何なる配置が換気様式選定上有利であるかが判るが、実用上からは室内の居住、作業状態を考慮して決定すべきである。

吹込み換気では換気回数 1~3 の処で効率が低く、換気回数が4, 5 と大きくなると効率は上昇して殆んど完全拡散の効率に一致して来るが、反対に吸出し換気の場合には、換気回数の少ない内は効率が比較的高く、換気回数が増しても効率が一定値以上に昇らない様な特性を持つ。従つて目的に依つて何れの形式を採るかは注意を要する。

## 10. 結 言

以上一般工場内の環境要素の1, 2の実態と衛生学上の限度に就て述べ、これを改善する着当つての方法と

して換気法の概念を説明した。近時労働環境改善の要望が強くなり、これに就て衛生学、建築学及び機械工学三者の密接な連繫を必要とする問題が非常に多い。

局部換気も一般換気と同様重要であり、これに就ても興味ある問題が多いが、別報で述べる事とする。

(27. 2. 15)

### 参 考 文 献

- (1) 労働科学研究：第13巻、第3号
- (2) 石川知福：環境衛生学
- (3) 石川知福：塵埃衛生の理論と実際  
Gibbs：Clouds and Smokes
- (4) 三浦豊彦外：労働科学、27(10)
- (5)、(6) 文 献(3)
- (7) 三浦豊彦：労研資料、第143号
- (8) 新津靖：衛生工業協会誌、第24巻、第1~2号
- (9) 新津靖：同上、第24巻、第11~12号
- (10) 新津靖：同上、第25巻、第3号
- (11) 新津靖：同上、第24巻、第7号
- (12) 新津靖：同上、第25巻、第9号

# 工場騒音の労働者に及ぼす影響に就て

大阪労働基準局労働衛生課  
大阪大学医学部衛生学教室(主任梶原教授)

## 辻 潔

(熊谷教授紹介)

### 第一章 序 論

産業革命以來、機械生産の著しい発展に伴つて高度に機械化された便利な生活様式がもたらされたが、このことは人間の自然的性質に対して文明の名のもとに多くの刺戟と制約を與えることになつた。近代の都市は通常暗騒音と呼ばれる所謂「どよめき」と、交通機関、街頭放送、ラジオその他間接的に発生する騒音によつて、文字通り喧騒の巷と化して居る。特に今日の工場に於いては、P・ニューマチツク・ハンマーによる鉄鋸・鋸隙・ハツリ作業、大ハンマーによる鉄板の歪み取り作業或いは天井走行機(クレーン)の運轉其他諸種の動力機の運轉等によつて発生する騒音から離れて労働することは不可能である。そこでこれらの騒音の現状を科学的に調べて、それが労働者に対して心理学的に、生理学的に如何なる影響を及ぼしてゐるかを探究して適切な騒音対策の処理を行ふことは吾々労働衛生学の分野にたづさはる者の果さねばならない課題の一つである。

騒音の定義。物理学上では音を樂音と噪音の二つに區別して居る。樂音とは物理学的に測定して波形が規則正しく一定の繰り返しを行つて居る音であり、噪音とは波形が絶えず変動して居る音を云ふのである。この両者は物理学的量を以つて明確に定義されて居る以上兎に角物理学的には測定が可能なのである。併しながらこれに反し、騒音とは樂音・噪音の如何に拘らずその存在が好ましからざる音を云ふのであつて、生理学的に或ひは心理学的に考へられて始めて騒音の存在が認められるのである。それ故に騒音の程度を計量するには生理学的・心理学的影響に対して相對的に決められねばならないものである。

### 第二章 騒音の影響

前章に述べた如く、騒音とは樂音、噪音の如何を問はずその存在が好ましからざる音である故に樂音・噪音の如何を問はず、音の音々に及ぼす生理学的・心理学的影響が問題になつて來るのである。其処で音の音々に及ぼ

す生理学的・心理学的影響に就いて述べてみると次の四つが挙げられる。即ち1、生理的障害。(聴覚機能の減退、前庭機能に及ぼす影響、自律神経系統に対する影響) 2、不快感 3、隠蔽作用 4、作業能率に及ぼす影響である。これら四つの影響について詳述するに当つて、音と云ふ一つの外部刺激の感覚受衝器たる聴覚器の生理学的機能に就いて現在最も妥当と思はれている事を述べてみると次の如くである。

外部刺激たる音は集音器たる耳介により集音せられ外耳道を通り、外耳と中耳との境界にある鼓膜を振動させ中耳に入るのである。而して鼓膜の振動は主として鼓室小骨—槌骨、砧骨、鐙骨—によつて前庭窓から内耳に傳へられるのである。鼓室小骨の内側一番外側に位する槌骨は斜下後方に降る柄を以つて鼓膜と接着して居り、他端の近くにある関節前で砧骨と靭帯結合をして居る。そして砧骨は長脚と短脚を有して居つて、その長脚の先端で鐙骨と靭帯結合をして居る。鐙骨はその小頭を砧骨と接着させ他端の庭を前庭窓にはめて居り、その間隙は輪狀の靭帯で閉ざされて居る。此の鼓膜及び鼓室小骨の生理的機能は外耳道より來つた空氣振動を内耳の淋巴液に能率よく傳へる機能即ち Impedance Matching の機能である。この機能として Hahneman の槓杆原理によれば鼓室小骨の連鎖が重要な役割を果して居るのであるが、最近恩地氏は内耳淋巴液を水とみなしても空氣のインピーダンスが43で、水のインピーダンスが144000であるから此の間にある変圧器の比は少くとも  $\sqrt{\frac{144000}{43}} = 58$  : 1 でなければならぬので、この比を満足せしめるためには鼓室小骨の連鎖よりも鼓膜の変圧器としての役割

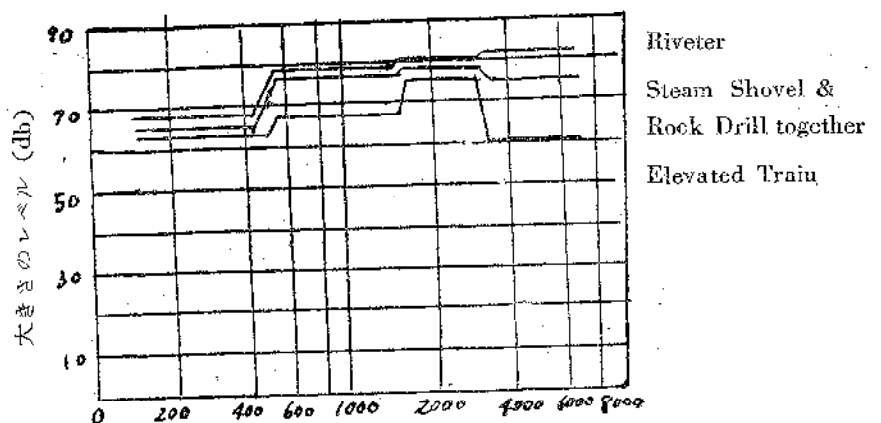
を重視して居る。而して尙、小骨傳導の重要性は小骨筋の作用で強大な音が内耳へ傳達されない様に反射的に抑制することである。即ち三叉神経第3枝によつて支配されて居る紡錘形の鼓膜張筋は槌骨柄の根部に附着し、その収縮によつて槌骨柄を内側方に引き鼓膜を緊張させる。顔面神経の支配を受けて居る鐙骨筋は鐙骨に附着してその収縮によつて鐙骨底の後端を内方に、その前端を外方に引くことによつて振動の内耳に傳はるのを抑制する。

以上述べた如くによつて前庭窓より蝸牛殻中にある前庭階及び鼓室階の淋巴液に振動が傳はるのである。その結果蝸牛殻中にはられた基礎膜が振動する。基礎膜の振動の仕方については今日最も有力な説は所謂場所説であ

る。即ち此の説によれば或る周波数の振動に対してはその振動に対して一定の場所にピークを持った変位が基礎膜に起り、その振動の強さに対して一定の範囲の場所に變位が起るのである。即ち、吾々の耳は基礎膜の変位のピークの部位によつて高さが分り、その變位の面積によつて大きさが認知せられるのである。斯くして基礎膜が振動すると、基礎膜上のコルチー氏器官の有毛細胞はコルチー氏覆蓋膜に當り、有毛細胞は刺激されて、その刺激はその有毛細胞より起つてゐる蝸牛殻神経に刺激がたはり、この蝸牛殻神経は途中前庭神経と合して、第1・2・3・4ノイロンを経て上側頭回轉に終つて居る。依つてインパルスはこの経路をたどつて上側頭回轉に到つて、音を吾々は感知するのである。尙勝木氏等は蝸の側線神経をとりあげ研究した結果、その解剖学的関係及び單一纖維の生理学的活動電流記録等により外毛細胞と内毛細胞との機能の別を推定せられて居り、此等によれば外毛細胞は聴覚の閾値を決定するものであり、内毛細胞は弁別を行うものであるとされて居る。

以上の様な聴覚機能に対して騒音が如何なる影響を及ぼすかを中心として生理学的・心理学的影響たる前述の四つについて以下に述べてみる。

1. 生理的障害 生理的障害の中で最も最たるものは聴力機能の減退である。工場騒音は殆んど90デシベル以上であつて、その音響スペクトルは第1圖に示す通りである。この様に低音部も高音部も共に相当大きな Loudness-Level を示して居る。Stevens, Davis and Lurieによればクロロホルムで深く麻酔して小骨筋の反射収縮を止めた動物に強い低音刺激を與へると Cort 氏螺旋器の基礎膜からの剝離があと易いとの事である。



第一圖 音響スペクトル (Galt)

騒音作業場に長年従事する労働者に於いて殆んど低音障害が認められないのは、小骨筋の収縮による内耳への傳送抑制のためであらう。即ち Wiggers によれば小骨筋の収縮によつて100サイクル附近では傳導損失が45デシベルもあり、1300サイクルでは約5デシベルの傳導効

率改善が認められるとの事である。尙又、二つ以上の強い音が同時に耳に入るとき、それぞれの倍音の外に原音及び倍音相互の和音及び差音等の結合音が生ずる。この様な現象は空気中、中耳、内耳の何れの部分でも生じ、又聴覚機構の非直線性にもとづいて純音でもその強さが非常に強いと多くの倍音が聞かれる。このために低周波数の振動は小骨筋の収縮によつて伝導が抑制されるのに高音はよく伝導され、ますます以つて基礎帯の高音域の歪位が大きくなつて来るのである。このため騒音発生作業場に働く労働者は過刺激のために高音障害を來たして来る。某車輦工場の製罐工場に働く労働者118名について行つた聴力検査(2-Aオーディオメーターによる)を示すと第1表の通りである。この成績からすれば経験年数の如何を問はず4096サイクル音に対して障害が著しく特に経験年数10年以上のものに於ては同音に対する聴力損失は約80デシベル近くもあつた。Wheelerは250、1000、2000、3000、4000、6000、8000サイクルの7音について造船工場の従業員の聴力検査を行つた結果6000サイクル音に対して最も聴力損失が強かつたと報告してゐる。4000~6000サイクル音に対しての聴機能の減退が、8000サイクル音に対するそれよりも甚だしい理由は現在の所不明である。これは恐らく蝸牛殻の解剖的關係によ

第 1 表

A. 直接騒音発生作業従事労働者についての経験年数別聴力損失度

周波数	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192
5年未満	13.4	18.6	21.7	26.4	25.5	37.5	62.1	46.1
5年以上 10年未満	17.2	20.5	24.8	27.8	26.5	38.2	65.0	48.5
10年以上	20.1	25.6	30.5	34.7	37.5	56.2	75.4	56.2
常時綿栓 使用者	5.0	7.1	9.6	14.2	16.7	30.4	49.6	35.8

備考 単位はデシベル

5年未満は28年についての平均値

5年以上10年未満は30年についての平均値

10年以上は76年についての平均値

常時綿栓使用者は経験年数10年以上にして、12年についての平均値

B. 間接に騒音の影響を受ける労働者についての経験年数別聴力損失度

周波数	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192
5年未満	12.3	16.4	22.3	24.5	20.7	31.3	51.2	32.1
5年以上 10年未満	14.3	17.5	22.5	25.4	22.0	31.3	52.9	32.7
10年以上	14.9	19.5	25.4	28.8	29.2	39.7	62.0	44.1

備考 単位はデシベル

5年未満は24年についての平均値

5年以上10年未満は30年についての平均値

10年以上は38年についての平均値

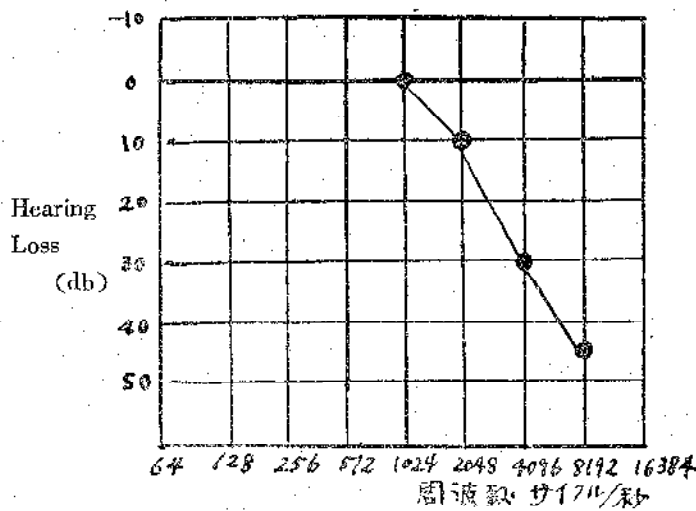
るのであらう。

この聴力障害を起す限度については100~70デシベルと云はれて居る。昭和25年某造船所に於いて行つた騒音による聴覚疲労検査(ハルトマン音叉C4、C5を使用)の結果によればC5音に対しては作業後は作業前よりも可聴限界が最高の40デシベル程も上昇してゐた。一般に生体の感覚器の順応Rは、刺激の強さIとそれにばく露される時間Tとの函数である。

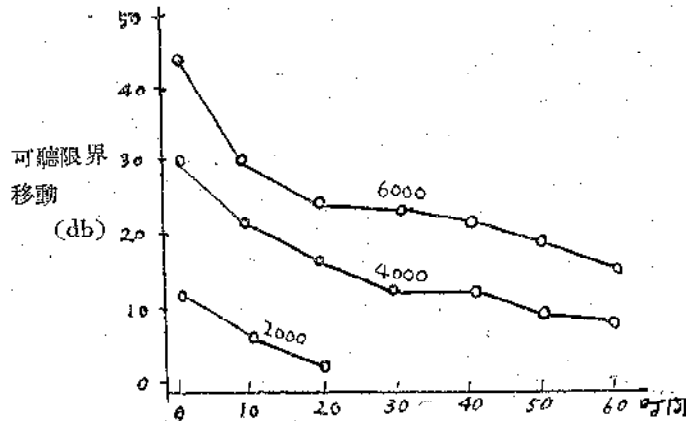
$$R = f(I, T)$$

例へば網膜に於ける光に対する順応は光の強さとばく露される時間の長さに関係する如く聴覚に於ても同様な関係がある。それ故に騒音による可聴限界の上昇の程度についてはその騒音の大きさ、刺激時間等によつて決められるもので一概に簡単には云へないのであるがWheelerが30分間、105デシベルのThermal-Noiseを刺激音として與へ、被験者3名についてその可聴限界の移動を実験した結果は第2図の如くである。これは神経生理学で云ふ刺激が持続し神経の放電間隔が次第に延長し遂に放電が脱落した所謂順応の結果である。此の順応は刺激を解いた後次第に回復するのであるが、この回復過程についてWheelerが実験を行つて居るがその結果は第3図の如くであつて、此の図からも分る様に2000サイクル音に

対しては回復が早いが、4000サイクル、6000サイクル音に対しては相当長時間を要し、その回復曲線は凡そ  $R = e^{-PT}$  R可聴限界上昇度、T時間、P常数の関係にある。著者の経験によれば騒音作業場より離れて後尙2~3時間4000~6000サイクル音に似た耳鳴をおぼえた。某造船所に於いて作業後耳鳴を訴へる者20名についてその耳鳴のPitchを調べた所、4096サイクル音である者が12名(60%)、8192サイクル音である者が8名(40%)であつた。此の耳鳴は強刺激によつて麻痺した聴神経が、此の強刺激を解かれた後、正常状態に回復する過程に於ける神経の自発性放電によるものであらうと推察して居る。而して4096サイクル音及び8192サイクル音に対して高度の聴力障害のある者長期勤続者に就いて問診した結果によれば、初期の中は作業後耳鳴を訴へるが、耳が聞こえなくなる頃は作業後耳鳴を訴へなくなり、耳鳴は相当時間継続するとの事である。此の様な事よりして強音の刺激によつて聴覚機能の中で高音機能が麻痺し、この回復が緩やかに行はれ、日々の強音刺激が繰り返されて遂に高音機



第2図 Thermal noise 30分間刺激による可聴限界の移動



第3図 聴力回復曲線

能の麻痺がおとづれて来るのである。

強度の騒音が外耳道より送入せられて来ると小骨筋はこれが内耳への傳達を反射的に抑制するために収縮する。此の収縮のため鼓膜は内方に陥凹し緊張する。名大の後藤教授は騒音作業労働者の耳に鼓膜の内陥が認められたと報告して居る。

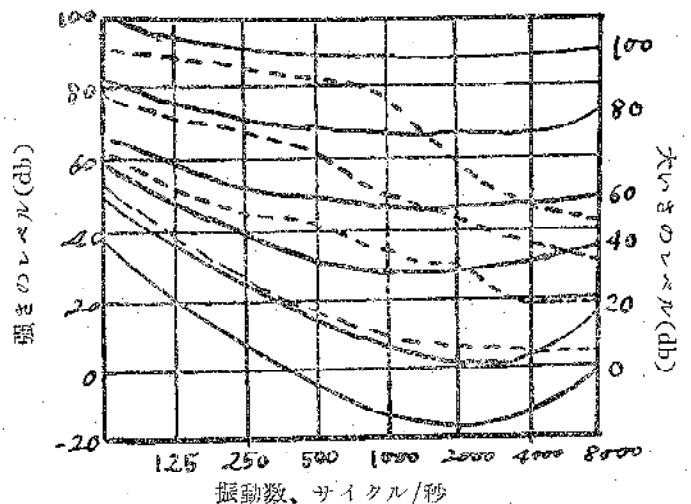
次に騒音の前庭機能に及ぼす影響であるが此れに就いての侯野氏の調査結果によれば、正常人に89~120デシベルの騒音を一侧耳に作用させ、足踏検査法を行うと、被刺激耳側の前庭迷路は他側の夫より強く刺激されて、足踏動向は被刺激耳側に彎曲し、身体の長軸を軸とする廻轉も亦同側に廻轉した。又騒音裡に働く工場従業員271名についての嘯語聴力検査、足踏検査法を実施した結果によると、騒音による聴力障害を有する者に於いて、その高度なるに従ひ、正常の足踏検査成績を示す者の出現率が減少してゐた。吾々が強烈な騒音作業場内に入ったとき眩暈を感じるのは騒音による迷路刺激のためである。

聴覚器以外への騒音の影響について報告されて居るの

は呼吸機能、循環機能、消化器に対する影響とビタミンB代謝に対する影響である。即ち、騒音の下では呼吸は早く且つ浅くなり、心臓の収縮は高まり、胃の運動は速さ及び振幅は減少し、且つ胃は収縮して平均線が零線に近づいて居る。尚名大の後藤教授によれば騒音作業者と非騒音作業者との朝・夕のビタミンB量を沢田氏脚氣反応により比較して見た所、騒音によつてビタミンB代謝に変化が起ることが分り、動物実験的にも同様なことが証明され、ビタミンBの体内貯蔵が減少すると云ふ事である。然しながら、その他の新陳代謝及び自律神経に及ぼす影響についての詳細な研究は現在殆んどなされて居らない現状である。

**2. 不快感** 騒音刺激によつて眩暈を感じる事は先にも述べた通りであつて、強烈な音は吾々に不快なものである。高い大きな音は歯の痒く様な感じがし、その反対に低い音では嘔吐をもよおす様な感じがする。

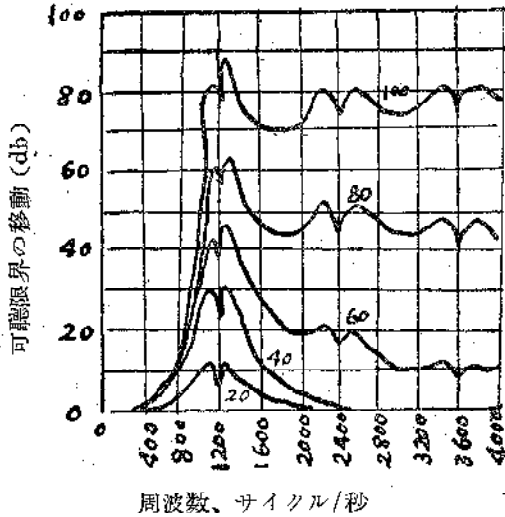
如何なる音が不快であるかに就いてD.A.Lairdの純音についての有名な研究がある。その結果は第4図の如くであつて、点曲線は不快さの等しい曲線である。概して500サイクル程度迄は大いさの等しい線と不快さの等しい線とは平行して居るが高音になるにつれて不快さの増し方が急であつて低音では不快さを決めるのは大いさであるが、高音では高さで大いさによつて決められる。即ち同じ大いさの音でも高い音程、不快さの程が強い。



第4図

**3. 隠蔽作用** 騒音の下では通常の話し声では聞きとれず大きい声を出さねばならない。これは騒音の隠蔽作用にもとづくものであつて、此の隠蔽作用とは二種の音の間に成立つ現象で、或る一つの強い音があるとき、他の弱い音が聞き取れない現象を云ふのである。Wegel及

び Lane は純音間の隠蔽作用について精密な研究を行ひ、その結果の一つである1200サイクル音が他の純音を如何に隠蔽するかを示すと第5図の如くである。図に於いて横軸は被隠蔽音の周波数であり、縦軸は被隠蔽音の

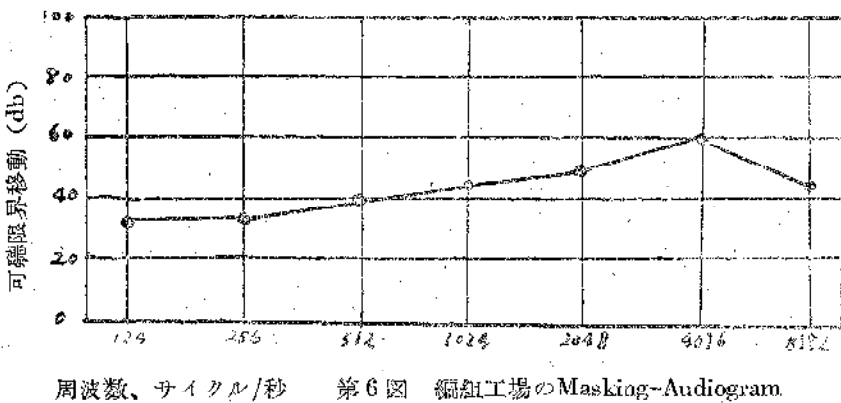


第 5 図

可聴限界の移動を示し、曲線に附した数字は隠蔽音（1200サイクル音）の大きさを示して居る。此の図から20デシベル、40デシベルのときは1200サイクルを中心として低音、高音とも左右対称に隠蔽するが、80デシベル、100デシベルとなると、先にも述べた如く聴覚機構の非直線性に基づく耳性ハーモニックスのため倍音が生じ2400サイクル、3600サイクル……附近でもその隠蔽度が増加して来る。隠蔽音の大きさが大きい時は隠蔽音より高い音が隠蔽され易い。

Galambos によれば一つの純音刺激による聴神経繊維の放電が他の純音或ひは騒音により消失し、此の際低音が高音より有効である事は隠蔽作用とよく一致するので、隠蔽現象は Corti 器と蝸旋神経節の間で繊維の相互作用によるものであらうと云はれ、隠蔽作用は末梢で起ることが明らかにされた。

吾々が今迄調査した工場騒音の純音隠蔽度は4096サイクルに対するのが一番強よかつた。その一例について Masking-Audiogram を示せば第6図の如くである。



第6図 編組工場のMasking-Audiogram

4. 作業能率に及ぼす影響 騒音程の作業に於いては、不快感、及び騒音に打ち勝つて作業に注意を集中するためエネルギーの消費が高かまる。この事については Morgenand Denarde 等が騒音中に於けるタイプライター作業について実験的研究を行ひ報告して居る。その結果によると、静居時のエネルギー消費を100としたとき、吸音装置を施せる静かな室に於けるタイプライター作業によるエネルギー消費は152であるが、吸音装置を施さない騒がしい室に於ける同作業のエネルギー消費は171であつて、騒がしいために19%余分の新陳代謝があつた。

騒音の影響をうけて新陳代謝がたかまり、疲労しやすくなる。又小幡及び守田氏の実験研究によれば仕事の正確度と速度とを心理試験によつて測定し速度と正確度との積を以つて能率とし、閑静時に於ける能率を100として音響の仕事能率に及ぼす影響を観察した結果、音響が作業能率に悪影響を及ぼし、その悪影響が速度低下の形で現はれることが明らかにされた。

タイピストに低音の大きい音を刺激として與へると鍵を強く叩くが、熟練したタイピストが室の騒音を50デシベルから40デシベルに下げた時4.3%の能率増進を示した事が報告されて居る。又言葉の一時的記憶度が騒音の大きさを下げたために増加した記録もある。

以上の如く騒音は吾々にとつてその存在が喜ばしくない音であるため、色々の悪影響を吾々に特に工場労働者に及ぼし、聴覚は機能が低下し、前庭機能は刺激され、疲労はたかまり、他人の注意が騒音によつて隠蔽され、そのために労働者は工場施設の不完全さと相まつて災害の危険にさらされ一命をおとすことさへある。

### 第三章 大阪府下工場騒音の大きさ

今迄大阪労働基準局労働衛生課に於いては騒音の大きさの大きい工場に就いて諸種騒音測定を行つて来た。P・ニューマチック・ツールの 鋏鉋・鑽削・ハツリ作業、大ハンマーによる鉄板の歪取り作業、クレーンの走行、紡績工場の粗紡、精紡、襪糸工場、製紙工場に於ける

製木工場の材木を丸鋸で切るときの騒音、材木を切らない時のベルト及びチェン・コンベアーの廻轉の音、精撰工場の紙屑粉砕機の音、印刷場工の高速輪轉機の音、輪轉機フォールダー、硝子工場の自動吹機、原料混合機、電線工場の編組機、事務所に於けるタイプライター室及び一般事務室(兩者ともビルディング内)等について測定した。これ等の測定

値について一括して示せば第2表の如くである。

造船所、車軸工場、鉄構工場の大ハンマーによる歪み取り P・ニューマチック・ツールズは110~130デシベル

第2表 諸種作業の騒音の大きさ

工場	諸種作業	デシベル
1) 造船所 車軸工場 鉄構工場	大ハンマーによる鉄板の歪取り	120~130
	P・ニューマチック・ツールズ	110~120
	——際 銀	110~120
	——ハツリ	110~120
	——鋳落し	110~120
	——絞 鉄	110~120
	——鑄物砂落し	110~120
	重油バーナー	90~110
	進水後船内	110~130
	進水後船外(進水船に最も近き岸壁)	100~110
製罐工場内クレーン走行		90~100
	工場事務所(原場より窓際三階)	80~90
2) 紡績工場	粗 紡 工 場	90~100
	精 紡 工 場	90~100
	捲 糸 工 場	90~100
3) 製紙工場	調木場——丸鋸による材木の切断	115~120
	——ベルト及びチェーン・コンベアーの廻轉	90~95
	精撰場——紙屑粉碎機	70~80
4) 印刷工場	高速輪轉機	100~110
	輪轉機フォールダー	105~110
	鉛板フルオート	90~95
	丸鋸切断機(鉛板切断)	110~115
	邦文モノタイプ	75~80
5) 硝子工場	自動吹機	100~120
	人工吹工場の所謂てつぼう場	100~110
	原料混合機	95~105
6) 電線工場	編 組 機	90~105
7) 事務所 (ビルディング)	タイプライター室	80~90
	一般事務室	60~70

であつて建造中の船内は110~130デシベルで船内の所によれば120~130デシベルもある所がある。而して此の船内には電工、木工、機装工等直接騒音作業とは関係のな

い作業も居り、この種工場で働く労働者は諸種の労働者が殆んど強烈な騒音にさらされて居るわけである。紡績工場の粗紡、精紡、捲糸工場は90~100デシベルである。織布工場も此の値からして100デシベル内外と思はれ、その従業者は多く20才前後の女子であるため、その騒音の影響は甚大であると思はれる。

懸案するに当り、御指導御校閲を給つた阪大医学部堀原三郎教授、及び騒音調査に色々御便宜、御鞭撻を給つた大阪労働基準局長新国康彦氏に深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

Onchi, Y.: A study of the mechanism of the middle ear. J. Acou. Soc. Amer., 21: 404. 1949  
 Otto Fischer: Medizinische Physik 1919  
 Sdeven, Davis & Luris: The localization of pitch perception on the basilar membrane. J. gen. Psychol., 13: 297. 1935  
 勝木侯次: 科学, 21, 6, 1951  
 D. Wheeler: Physical and physiological variable in noise-induced hearing loss. Arch. of otolaryng 54 (3) 1951  
 D. Wheeler: Noise-induced hearing loss. Arch. of otolaryng, 51 (3) 1950  
 後藤修二: 日本医事新報 1384, 昭和25年  
 俣野仁一: 騒音の前庭機能に及ぼす影響 労働科学 27 (4) 1951

毎日何イの  
金属熱處理劑

三惠冶金工業株式會社

営業所 大阪市北区曾根崎上一の六二電堀川@3367  
 工場 名古屋市 中川区 八熊町 中川 新田 四四三