

騒音・振動・放射線

2012年4月23日

騒音・振動・放射線の基礎

- ▶ 共通点は、どれも波であること
- ▶ 周波数または波長が非常に重要
- ▶ 相違点は媒体
 - ▶ 騒音は空気の波
 - ▶ 振動は地面（固体または液体）の波
 - ▶ 放射線のうち粒子線は原子や電子等の、電磁波は光の波



騒音＝聞く人に不快感を与え，生活や活動の妨害になる音

- ▶ 人や文化によって異なる場合もある
 - ▶ “静けさや，岩にしみいる蝉の声” vs 蟋蟀の鳴き声を“noise”としか感じない（角田忠信説では，日本人とポリネシア人だけが虫の声を言語脳で聞いている）
 - ▶ ヘヴィ・メタルやパンクなど，嫌いな人には明らかに騒音
- ▶ 一般的な騒音源は，工場，建設現場，自動車，飛行機
- ▶ 公害苦情発生件数では大気汚染に次いで第2位（総務省公害苦情調査）

（公害苦情調査のグラフを削除）

そもそも音とは？

- ▶ 物理量としての音の強弱＝音波エネルギー（音の強さまたは音圧＝単位面積当たりの通過エネルギー）
- ▶ 音の感覚量＝音の強さのレベルまたは音圧レベル
 - ▶ 同じ音圧でも周波数により感度は異なる。1,000 Hz (Hzはヘルツと読み1秒間の振動数) より低い周波数の音には鈍感
- ▶ 音波：音源が振動→空気に疎密が生じる→波として伝播
- ▶ 波長 (λ , m 単位), 周波数 (f , s^{-1} 単位), 音速 (c , 常温では約 340 m/s) の関係式: $c = \lambda f$
 - ▶ 周波数が高い音を高音と感じる

(聴覚器の構造を削除)

出典「ビジュアル生理学」

<http://bunseiri.michikusa.jp/cyokaku.htm>

(内耳の構造を削除)

(基底膜の位置と音の高さの関係図を削除)

音の分類

▶ 純音と騒音

- ▶ 純音は正弦波
- ▶ 騒音は多くの場合波が乱れている
 - ▶ 純音でも音圧レベルが高ければ騒音になりうる

▶ 超音波

- ▶ ヒトの可聴域(通常, 20~20,000 Hzと言われている)より周波数が高い音
- ▶ 年齢が高くなると周波数が高い音への感度が低下する
 - ▶ cf.) モスキート音
- ▶ 超音波のうち, 数MHz~数十MHzの周波数は, 生体組織の反射で生じるエコーを利用した診断に使われる。胃, 腸, 肺には空気があるので使えない

(モスキート音発生器の写真を削除)

<http://www.compoundsecurity.co.uk/security-information/mosquito-devices>

音の強さと感覚量

▶ 音の強さと音圧

- ▶ 音の強弱は振幅の2乗及び周波数の2乗に比例する。音の強さ(I , 単位 $W/m^2 = kg/s^3$)は進行方向に垂直な面を通過するエネルギー量, 音圧 (P , 単位 $Pa = N/m^2 = kg/ms^2$)は通過面への圧力。空気の固有音響抵抗を $z (= \rho \times \text{音速}: \rho \text{は空気の密度で常温常圧では } 1.2kg/m^3 \text{なので, } z \doteq 400kg/m^2s)$ とすると,
$$I = P^2/z \doteq P^2/400$$

- ▶ 高山では空気の密度が小さいので, 同じエネルギーなら音圧は小

▶ 感覚量

- ▶ 感覚量は音の強さのレベル (sound intensity level = IL, 単位は dB)
- ▶ ヒトの感覚は刺激の強さの対数に比例 (Weber-Fechner-law)
- ▶ ヒトの最小可聴値を I_0 (1kHzの純音で $10^{-12}W/m^2$) とし, 観測対象の音の強さを $I (W/m^2)$ として, 音の強さのレベル IL (dB) は,
 $IL = 10 \log(I/I_0)$ 10倍しているので「デシ」(d)が付く
 $\doteq 20 \log(P/2 \times 10^{-5})$ この式では音圧レベル (SPL) という
- ▶ 周波数による感覚量の相違を示すグラフ = 等感度曲線。1 kHzの音の音圧レベルへの換算値が「音の大きさのレベル = 音の感覚量」で, 単位は phon (ホン)

騒音レベル

▶ 聴感補正

- ▶ 騒音は、通常、複数の周波数の音からなる複合音
- ▶ 騒音の強さは、周波数ごとの聴感の違いを考慮する必要
- ▶ ヒトの聴感に類似した周波数応答性をもつ**聴感補正回路**が騒音計に組み込まれている(Aが40 phon, Bが70 phon, Cが85 phonの音についての**等感度曲線による補正**)。通常Aモードで測定し、単位dB(A)で表す。

▶ 等価騒音レベル(L_{eq})

- ▶ 音の強さのレベルや音圧レベルは瞬間の値だが、音は変動するので、一定時間(10秒など)の測定値から、それと等しい平均二乗音圧を与える連続定常音の騒音レベルである「等価騒音レベル」(equivalent sound levelで L_{eq} と表記)を計算するのが普通。厳密には使用した聴感補正と測定時間も付記
 - ▶ 積分騒音計はこの値を自動的に計算してくれる
-



騒音レベルの目安, 周波数

- ▶ 騒音レベルの目安(大沢・内海[編]環境衛生科学より改変)
 - ▶ 飛行機エンジン近くで120~130dB(A)
 - ▶ 警笛を直近で110dB(A)
 - ▶ ガード下電車通過, 救急車サイレン100dB(A)
 - ▶ 大声独唱90dB(A)
 - ▶ 車の多い街頭が70dB(A)
 - ▶ 普通の会話60dB(A)
 - ▶ 図書館内40dB(A)
 - ▶ 郊外の深夜, ささやき声30dB(A)
 - ▶ 置き時計の秒針の音を1mの距離で測ると20dB(A)
 - ▶ さまざまな音の周波数
 - ▶ 虫の鳴き声は, スズムシが4000~5000Hz, キリギリスが9500 Hz。カンタンは2000Hz
 - ▶ ヒトの話し声は1000Hz前後。アナログ電話は300~3,400Hzの音しか通さないのて, 多くの虫の声は電話で伝わらない
 - ▶ 救急車のサイレンは960Hzと770Hz
-



騒音の健康影響

▶ 騒音による難聴

- ▶ NITTS (Noise Induced Temporary Threshold Shift)
- ▶ NIPTS = 騒音性難聴 = C5-dip
 - ▶ 90dB(A)に毎日8時間曝露すると3,000~4,000Hzの音が捉え難くなる

▶ 騒音にかかわる環境基準

- ▶ 騒音規制法 (<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S43/S43HO098.html>)
 - ▶ 都道府県知事の指定地域(住居が集合している地域, 病院や学校の近く)における, 特定工場, 特定作業現場, 自動車騒音を規制
- ▶ AA地域(療養施設や社会福祉施設が集合しているなど特に静穏を要する)では昼間50dB以下, 夜間は40dB以下。A(住専)及びB(住宅地)ではAA基準+5dB, C(商業・工業地)ではAA基準+10dB。道路に面しているとはAで昼間60, 夜間55, BとCで各+5。幹線道路沿いは昼間70dB以下, 夜間65dB以下
- ▶ 航空機騒音は発着回数を加味し加重等価平均感覚騒音レベル(WECPNL)で規制

▶ 低周波騒音

- ▶ 苦情が多いエアコン室外機は100Hz以下の鈍重な音
-



振動(vibration)

▶ 振動数と振動の強さ

- ▶ 振動数: Hz単位。1秒間の振動回数
- ▶ 振動の強さ: 振動加速度レベル(単位dB)

(振動計の写真
を削除)

▶ 局所振動と全身振動

- ▶ 局所振動の健康障害: eg. レイノー病
- ▶ 全身振動の健康障害: eg. 悪心, 嘔吐, 胃腸障害, 月経異常等

▶ 環境基準

- ▶ 振動規制法(<http://law.e-gov.go.jp/htmlldata/S51/S51HO064.html>)により, 道路交通振動が規制されている(第1種区域で昼間65dB, 夜間60dB未満, 第2種区域では各+5dB)
- ▶ 測定は振動計または振動レベル計による
- ▶ 体感される振動周波数: 0.1~500Hz
- ▶ 公害振動として問題になるのは60~80dBの強さが多い
- ▶ 地震の震度でいうと, 70dBが震度2, 震度6~7だと110~115dB相当



放射線

- ▶ 粒子線と電磁波を総称して放射線と呼ぶ
 - ▶ 粒子線は α 線(ヘリウム原子核), β 線(電子), 炭素線等
 - ▶ 電磁波は光子の波でX線, γ 線, 紫外線, 可視光線, 電波等
- ▶ 放射線には電離放射線と非電離放射線がある
 - ▶ 物質を通過する際に物質から電子を放出させる放射線を電離放射線と呼び, X線, γ 線, α 線, β 線等, 一般に放射線という言葉で想像されるのはこちら。電磁波は波長が短いほど生体影響が強い
 - ▶ 紫外線より波長が長い電磁波は非電離放射線

(電磁波の種類と物理的性質の図解を削除)



電離放射線の基礎知識

- ▶ 放射能: 物質が放射線を発する能力。単位ベクレル(Bq)
 - ▶ 放射線の強さ: 照射された物質1 kgに1 Jのエネルギーを発生させる吸収線量を1 Gy
 - ▶ 吸収線量 × 生物学的効果比Q (α線20, β線, γ線, X線1) = 生体影響の評価に用いられる実効線量Sv
 - ▶ 自然放射線曝露は場所により異なるが平均2.4 mSv/年
 - ▶ α線は空中での飛程が短いため, プルトニウムを摂取してしまった場合などの内部被曝で問題になる
 - ▶ 放射線防護の3原則 = 距離, 時間, 遮蔽
 - ▶ 電離放射線の生体影響
 - ▶ 早発影響(早期影響): 主に1 Svより高い実効線量で問題
 - ▶ 晩発影響(後期影響): 被爆者追跡データから, 100mSvの曝露で発がんリスクが有意に上昇。Chernobyl事故後の小児甲状腺がんはヨウ素131の内部被曝で有意に上昇。それ以下では諸説あり。
-



電離放射線について補足資料(1)

- ▶ 長崎・ヒバクシャ医療国際協力会(編)『21世紀のヒバクシャ』長崎新聞新書, 小出裕章『原発のウソ』扶桑社新書

(放射線の実効線量とその危険の考え方の図解)

(放射線の種類と透過力の図解)

(放射線の晩発影響として30歳で1 Gy被爆したときの70歳までの発がんの超過リスクの部位別信頼区間, 全固形がんで約0.5)



電離放射線について補足資料(2)

▶ 大沢・内海(編)『環境衛生科学』南江堂

(α 線と β 線の空中, 水中,
鉛中における飛程の表)

(日常生活における
放射線曝露レベルの
一覧表)

(電離放射線の強さ別
急性障害の表)



非電離放射線(1)

▶ 紫外線 (UV=ultraviolet ray)

- ▶ 波長10～400 nm。地表に到達する190～400 nmのUVを長波長から順にUV-A(～320), UV-B(～280), UV-Cに分類
 - ▶ 290nmより短波長のUVは生体障害性が強いがオゾン層で吸収
 - ▶ 皮膚や粘膜で吸収されるので障害は皮膚や目に現れる
 - ▶ UV-C:細胞障害性。250～280が強力で殺菌に利用される(水銀灯の主波長は254nm。点灯下での作業禁止)。電気性眼炎
 - ▶ UV-B:殺菌効果はUV-Cより弱。微小血管拡張による紅斑形成作用強。290～320nmのUV-BはプロビタミンDから皮膚でのビタミンD生成に必要(ただし動物性食物から補給できる)
 - ▶ UV-A:メラニン形成による日焼け, 光化学オキシダント生成, 白内障(組織浸透力が強く水晶体に達するため)に関与
- ▶ 地表に到達した紫外線は雪上では75%反射され曝露が増加
- ▶ DNA上のチミン同士に結合を形成させチミンダイマーが発生, 皮膚がんハイリスク。チミンダイマー除去のためのSOS修復も突然変異確率を上げる



非電離放射線(2)

- ▶ 可視光線 (visible ray)
 - ▶ 波長約400～700 nmの電磁波。短波長側から紫, 青, 緑, 黄, 赤と感知される。
 - ▶ 照度 (lx) = 光束(lm) / 面積(m²) = 光度(cd) / 距離(m)の2乗
 - ▶ 安全歩行は20lx, 作業面は100lx以上必要
- ▶ 赤外線 (infrared ray)
 - ▶ 波長約700～1000 nmで, 物質に吸収されて発熱させる**熱線**
 - ▶ 表皮から1～1.4mmの皮下組織に到達。白内障リスク因子
- ▶ 電波 = ラジオ波 (radio wave) と マイクロ波 (microwave)
 - ▶ 波長1000 nmは周波数約300 THz。
 - ▶ マイクロ波は波長がmm～mの範囲なので, 300 GHz～300MHz
 - ▶ ラジオ波は波長がmより長いもの。300 MHzより周波数が低い
 - ▶ 数MHz～80MHz程度のラジオ波はMRIで利用。生体影響は少ないが高エネルギーだと影響あり。SAR値 (specific absorption rate; W/kg) で規制。
 - ▶ 携帯電話/PHS (800MHz, 1.5 GHz, 1.9 GHz, 2 GHz) の局部SAR < 2 W/kg
 - ▶ 1 GHz前後の低周波電磁波でサル¹の行動変化は4 W/kgで1時間以内に起こるため, 米国のヒトに対する許容全身SARは0.4 W/kg (6分間)