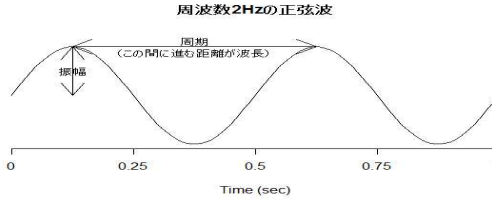


# 騒音・振動・放射線

2016年4月25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
  - 音では、音速(常温の大気中で340 m/s)=波長(m)×周波数(s)
  - 電磁波では、光速(約30万km/s=300Mm/s)=波長(m)×周波数(MHz)
- 相違点は媒体
  - 騒音は一般には空気の中
  - 振動は地面(固体または液体)の中
  - 放射線のうち粒子線は原子や電子等の、電磁波は光の中



## 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

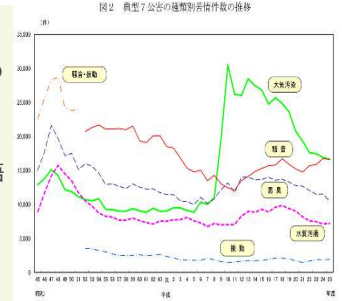
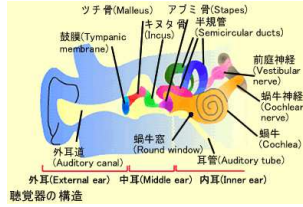


図2 典型7公害の種類別相関係数の推移  
 注1)「騒音(Noise)」は「騒音(Noise)」は「騒音(Noise)」と表記している。騒音(Noise)は「騒音(Noise)」として扱っている。  
 注2)「臭気」は「臭気」は「臭気」として扱っている。臭気は「臭気」として扱っている。  
 注3)「大気汚染」は「大気汚染」は「大気汚染」として扱っている。大気汚染は「大気汚染」として扱っている。  
 注4)「水質汚染」は「水質汚染」は「水質汚染」として扱っている。水質汚染は「水質汚染」として扱っている。  
 注5)「電磁界」は「電磁界」は「電磁界」として扱っている。電磁界は「電磁界」として扱っている。  
 注6)「振動」は「振動」は「振動」として扱っている。振動は「振動」として扱っている。

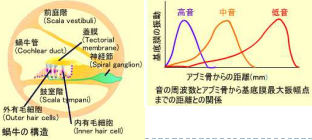
出典: [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000327566.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000327566.pdf)

## 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<sup>-1</sup>単位)、音速(c、常温では約340 m/s)の関係式: c=λf
  - 周波数が高い音を高音と感じる



聴覚器の構造  
 出典「ビジュアル生理学」  
<http://bunseiri.michikusa.jp/cyokaku.htm>



## 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 (cf. ハイパーソニック・エフェクト、骨導超音波)
- 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



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

Inaudible High-Frequency Sounds Affect Brain Activity: Hypersonic Effect  
 TETSUO OOHASHI<sup>1,2</sup>, EMI HISHINA,<sup>3</sup> MANABU HONDA,<sup>4</sup> YOSHIOHARU YONEKURA,<sup>5</sup> YOSHIOKA KAWARAO,<sup>6</sup> MITSUO KUNIMIZU,<sup>7</sup> YOSHIO MIZUKAWA,<sup>8</sup> AKIHIRO NAKAMURA,<sup>9</sup> HIROMASA URAJYAMA,<sup>10</sup> AND HIROSHI SHIBASAKI<sup>11</sup>  
<sup>1</sup>Department of Neuro Science, Chiba Institute of Technology, Narashino 275-8581; <sup>2</sup>Human Infection Research and Development Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba 305-8565; <sup>3</sup>Department of Brain Pathology, Kyoto University School of Medicine, Kyoto 606-8507; <sup>4</sup>Laboratory of Control Engineering, National Institute for Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba 305-8565; <sup>5</sup>Department of Biomedical Engineering, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba 305-8565; <sup>6</sup>Department of Environmental and Information Sciences, Ibaraki University, Ibaraki 312-8502; <sup>7</sup>Institute of Cognitive Medicine, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8577; <sup>8</sup>Translation for Advancement of International Science, Tsukuba 305-8505; and <sup>9,10,11</sup>IT-Net and Technology Project, at ITR Media Integration & Communications Research Laboratory, Tsukuba 305-8565, Japan

## 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。

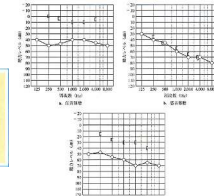
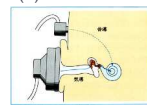
### 等価騒音レベル(Leq)

- 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Leqと表記)を計算する。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)



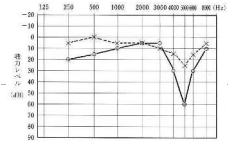
### さまざまな音の周波数

- 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の音しか通さないで、多くの虫の鳴き声は電話で伝わらない(ひかり電話100～7,000Hz、PHSは50～14,000Hz?)
- 救急車のサイレンは960Hzと770Hz
- 標準純音聴力検査では、**オーディオメータで125Hz～8,000Hzの聴力(dB)を検査**(注:0 dBは人の最小可聴値) / 感音性難聴は骨導で調べる→オーディオグラム(右上図:奥村新一:難聴.看護実践の科学, 27: 49-56, 出典は, <http://www.orh.go.jp/oto/>)

## 騒音の健康影響

### 騒音による難聴

- NITTS (Noise Induced Temporary Threshold Shift)
- NIPTS (Noise Induced Permanent Threshold Shift)=騒音性難聴=c<sup>2</sup>-dip
  - 90dB(A)に毎日8時間曝露すると3,000～4,000 Hzの音が捉え難くなる(一番聞こえにくくなるのは5,000 Hz付近, 右図出典は<http://www.orh.go.jp/oto/unccsry/snd.html>). c<sup>2</sup>はドイツ式音階で、日本式では5点ハ、国際式(米式)ではC8と表記する。ピアノ鍵盤の最高音。



### 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音騒音レベル(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)



## 局所振動と全身振動

- 局所振動の健康障害: eg. レイノ一病
- 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/htmldata/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

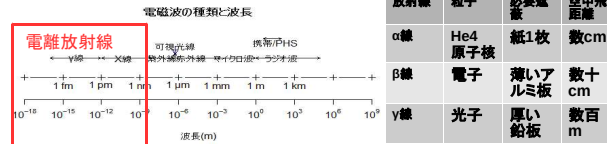
# 放射線

## 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



# 電離放射線について補足資料(1)

## 出典: 大沢・内海(編)『環境衛生科学』南江堂

表 7-4 α線とβ線の飛行

放射線の種類	エネルギー (MeV)	空気中での飛行 (cm)	水中での飛行 (cm)	鉛中での飛行 (cm)
α線	1	0.5	<0.01	<0.01
	10	10.5	<0.01	<0.01
β線	0.5	172	0.16	0.01
	5	2120	2.5	0.22

(制代川貴久夫: 環境科学の基礎、培風館、1997)

表 7-5 電離放射線による急性障害

放射線量 (Sv)	影響
<0.5	明確な影響なし、ただし、血液成分に若干の変動があり得る。
<1.2	被曝者の5~10%程度に嘔吐や悪心が認められる(約1日)。持続性の疲労感や重篤な能力低下は認められない。
1.3~2.2	嘔吐と悪心(約1日)。これに続き、被曝者の25%に放射線症候群が現れる。
2.7~3.3	ほぼ確実に嘔吐と悪心が起こり、続いて放射線症候群が発生。被曝者の約20%は2~6週間以内に死亡。
4~5	嘔吐と悪心が起こり、続いて放射線症候群が発生。被曝者の約50%は1ヵ月以内に死亡。
5~7.5	被曝4時間以内に嘔吐と悪心が起こり、続いて放射線症候群が発生。被曝者の死亡率は100%に近い。
10	被曝1~2時間以内に嘔吐と悪心が起こり、続いて放射線症候群が発生。回復はまず望めない。
50	ただちに活動不可能となり、1週間以内に死亡する。

(大島正光、松田源彦監訳、斎藤一郎訳: 宇宙医学、同文書院、p.39、1986より改変)

# 電離放射線について補足資料(2)

## 出典: 大沢・内海(編)『環境衛生科学』南江堂

表 7-6 生活における放射線被曝の例

事項	積算被曝線量 (mSv)
外部被曝	
火星往復旅行(1095日)	1,000
月往復旅行(4日)	43
スペースラブ衛星滞在(1週間)	0.367
ジェット機による成田~ニューヨーク往復(26.5時間)	0.039
コンコルドでパリ~ニューヨーク片道(3.42時間)	0.0038
富士山登山(29.5時間)	0.018
乗鞍岳頂上(1週間)	0.009
本州一周航海クルーズ(13日間)	0.00011
池袋~銀座・地下鉄丸の内線(20分)	0.000073
池袋地下街で買い物(1時間)	
医療被曝	
集団胸骨X線撮影(1回)	0.05
集団胃X線撮影(1回)	0.6
がん治療(分画線射の合計)	70
内部被曝	
タバコ1日10本ずつの喫煙(1年間)	0.4
三朝温泉サウナ(1日2時間通(1週間継続)	0.033
日本人男子の食事(1年間)	0.35

(渡利一夫、稲葉次郎編: 放射線と人体—くらしの中の放射線—、研成社、1999)

# 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1kgに1Jのエネルギーを発生させる**吸収線量**を1**Gy(グレイ)**
- ▶ 吸収線量 × **生物学的効果比O(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(シーベルト)**
- ▶ 自然放射線曝露は場所により異なるが平均2.4 mSv/年
- ▶ α線は空中での飛行が短いため、**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。ヨウ素やセシウムやストロンチウムからのβ線も内部被曝の問題あり。(cf. ホットスポット><http://ramap.jaea.go.jp/map/>)
- ▶ **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1Svより高い実効線量で問題(東海村事故作業員のケースなど。一時的に回復したように見えても致命的な場合が多い)
  - 晩発影響(後期影響): 被曝者追跡データから、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。

# 非電離放射線(1)

## 紫外線 (UV=ultraviolet ray)

- 波長10~400nm。地表に到達する190~400nmのUVを長波長から順にUV-A(~320)、UV-B(~280)、UV-Cに分類。[10~190nm真空紫外]
- 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が強く殺菌に利用される(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400~700nm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(m<sup>2</sup>)=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700nm(=0.7μm)~1000μm。物質に吸収されて発熱させる**熱線**
- 近赤外線(0.7~2.5μm;リモコン等に利用)、中赤外線(2.5~4μm)、遠赤外線(4~1000μm)
- 表皮から1~1.4mmの皮下組織に到達。白内障リスク因子

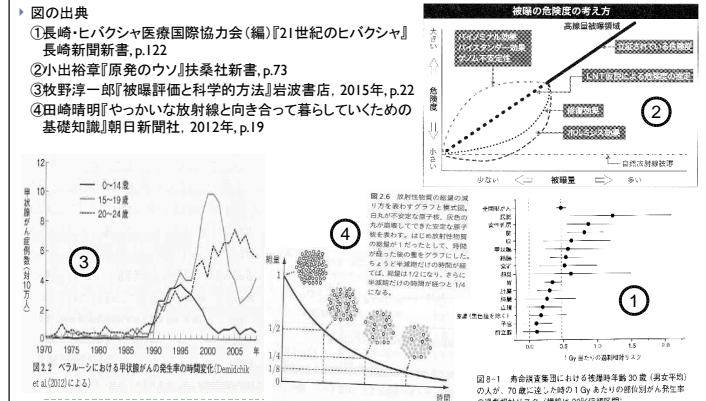
## 電波=ラジオ波(radio wave)とマイクロ波(microwave)

- **マイクロ波**は波長が1mm~1mの範囲なので、300GHz~300MHz
  - **義務省の区分**(<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/myuse/summary/>)では、1~10mmが**ミリ波**、10~100mmが**マイクロ波**、100mm~1mが**極短波(UHF:地デジ、電子レンジ)**
- **ラジオ波**は波長が1mより長い(=300MHzより周波数が低い)
  - 数MHz~80MHz程度のラジオ波はMRIで利用。生体影響は高エネルギーの場合のみ。SAR値(specific absorption rate=比吸収率:W/kg)で規制。基準値を超える場所は立入制限要
  - 携帯電話/PHS(800MHz、1.5GHz、1.9GHz、2GHz)の局所SARの安全基準値:SAR<2W/kg
    - 局所SARはファントムの頭頸部10gの立方体として吸収エネルギーを測定
  - 1GHz前後の低周波電磁波でサルの行動変化は4W/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0.4W/kg(6分間)**

# 電離放射線について補足資料(3)

## 図の出典

- 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,p.122
- ②小出裕章『原発のウソ』扶桑社新書,p.73
- ③牧野淳一郎『被曝評価と科学的方法』岩波書店、2015年,p.22
- ④田嶋晴明『やっかいな放射線と向き合って暮らしていくための基礎知識』朝日新聞社、2012年,p.19



# 総務省資料から

[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000328161.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000328161.pdf)

- 市販されているすべての携帯電話端末は、技術基準への適合審査の過程において、最大出力時に比吸収率(SAR)の規制値を超えていないことを確認。
- 端末は、基地局と通信するために必要最低限の強さの電波を出力する仕組みになっており、通信の状態が良好なときのSAR値は、最大出力時の1/10以下になる。

	比吸収率(SAR)
体に影響を与えるレベル	10gあたり 138 W/kg
省令における規制値	10gあたり 2 W/kg
市販端末の値※(最大出力時)	0.183W/kg ~ 1.60W/kg (平均 0.693 W/kg)

※:平成23年6月に販売中の機種。通信の状態によって端末からの電波の強さは大きく変わるので、公表されているSAR値の大きな端末は、それが小さな端末と比較していつも強い電波を出しているわけではない。