

ゼロからはじめる

[環境工学]

入門

原口秀昭著



ゼロからはじめる
[環境工学]
入門

原口秀昭著



彰国社

はじめに

多くの分野や指標が出てきてしんどいな……。

若い頃に環境工学の入門書を読んだときの筆者の感想です。空気、熱、光、色、音など、扱う項目も多岐にわたり、理論、係数、公式が山のように出てきます。遮音等級の L_r 値は小さい方が良くて D_r 値は大きい方が良いなど、ややこしい数値が数多く登場します。建築の環境性能はこれからさらに重要になる割には、建築を学ぶ者にはハードルの高い分野となっています。

本書は環境工学の基本演習書ですが、初心者のそういった悩みに応える内容にしようと、さまざまな工夫をしています。すべての頁にイラスト、マンガをのせて、楽しくわかりやすい解説になるようにし、また頭に残りやすいスーパー記憶術や POINT の囲みもつくりました。マンガのキャラクターは、高ピーで肉食系女子のミキと、自信なげな草食系男子のアキラというデフォルメされたキャラで通しております。

環境工学で扱う量は、エネルギーなどの純粋な物理量ばかりでなく、人間の感度に依存する量にもかかわるので、若干やっかいです。そのような感覚で補正された物理量を説明するにも、本質的な部分をなるべくイラスト化する努力をしました。

演習問題は建築士試験の過去問から多くを引用しました。建築学科の学生や初学者ならば、2級建築士や1級建築士の試験はそのうち受けるだろうし、受験の時に役立つというモチベーションにもなります。過去問でカバーできない部分は、基本問題も追加しています。

分野ごと、項目ごとになるべく独立して完結するような頁構成にしたので、興味のある分野、克服したい項目から読み始めるのもいいかもしれません。熱貫流量の計算、等時間日影図、昼光率の計算など、学生がわかりにくいとよく言う部分には、頁を多めに割いて解説しています。最後には用語、単位、公式をまとめました。何度も繰り返して、完全に記憶してしましましょう。

理数系がそもそも苦手という方には、拙著『マンガでわかる環境工学』の併読も、強くおすすめします。ストーリーマンガを楽しみながら、環境工学の基礎の基礎を理屈からわかっていただけのように、工夫を凝らしております。

ゼロからはじめるシリーズは、筆者が教えている学生たちのためにマン

ガ付きでブログ (<http://plaza.rakuten.co.jp/mikao/>) に毎日アップしたのがはじまりです。マンガやイラストがないと、学生たちは読んでくれません。そのうちブログの読者から、間違いの指摘やイラストなどへの励ましをいただくようになりました。そんなブログを集めて加筆修正して本にしていたら、いつの間にか本書で 12 冊目となりました。

拙著の多くが中国、台湾、韓国で翻訳されています。語呂合わせは翻訳不可能ですが、マンガやイラストが多いせいか、アジア圏で受けているようです。このように絵や図を多く書くことをすすめてくれたのは、大学時代の恩師、故鈴木博之氏でした。手が早く動くようだから、こういった本を書いたらどうかと出版社も紹介していただきました。そのような経緯で、大学院時代から図の多い本、マンガを入れた本を、仕事の合間に書き続けてきました。本が出版されるとすぐに先生のところに送り、その感想のお手紙をいただくのを楽しみにしてきました。本シリーズでは、建築のすべての分野を網羅するように、とにかく続けて書くようにとの励ましを受けていました。筆者のデスクの前に、先生からの葉書が張ってあります。今後も書き続けますので、皆様の勉強のお役に立てていただければ幸いです。

企画を立ててくれた中神和彦さん、細かい編集作業をしてくれた彰国社編集部の尾関恵さん、また多くのことを教えてくださった専門家の皆様、専門書やサイトの著者の皆様、ブログの読者の方々、語呂合わせと一緒に考えてくれたり基本的な質問を投げかけてくれた学生たち、今までのシリーズを支えてくれた読者の皆様に、この場を借りてお礼申し上げます。本当にありがとうございました。

2015年5月

原口秀昭



もくじ

はじめに…3

1 空気線図

温度と湿度…8 状態点を定める要素…16 空気の加熱・冷却…23
空気の混合…28 空調と空気線図…30

2 温熱環境指標

温熱6要素…34 熱放射…38 不快指数 (DI) …44 有効温度…45
予測平均温冷感申告 (PMV) …52 気流・温度差による不快感…57
温熱環境指標のまとめ…60

3 換気

燃焼器具…62 浮遊粉じん量…64 CO、CO₂濃度…65
シックハウス症候群…66 換気方式…67 必要換気量…73
必要換気回数…76 流体の質量保存則…82 流量係数…83
すき間の漏気量…84 温度差換気…85 風力換気…92 空気齢…97
ナイトページ…99

4 伝熱

比熱…100 熱容量…102 熱伝導率…104 単位…110 熱伝達率…115
熱貫流率…120 熱抵抗…123 熱貫流…138 温度分布…151
断熱と結露…154

5 日照・日射

南中高度…167 日照時間、可照時間、日照率…170
直達日射と天空日射…171 大気透過率…172 赤外線と紫外線…173
方位と日照・日射…176 日射の取得・遮へい…187
日影曲線、日差し曲線、日照図表…192 終日日影、永久日影…199
等時間日影図…200

6 光

比視感度…215 光束…217 光度と輝度…218 光束発散度…223
照度…224 均等拡散面…225 光を表す単位…227
点光源の光度と照度…229 配光曲線…235 グレア…236
明視4条件…237 明順応と暗順応…238 全天空照度と天空日射…239
昼光率…241 立体角投射率…247 均斉度…257 作業面の輝度比…264
モデリング…265

7 色彩

3原色…266 マンセル表色系…268 オストワルト表色系…275
XYZ表色系…277 補色対比…280 色の面積対比…281

色の膨張、重量感…282 演色性…283 色温度…284

8 音

音の3要素…286 周波数(振動数)…287 音速と気温…289

波長と周波数…290 音の強さの単位…291 対数…292

ウェーバー・フェヒナーの法則…294 音のレベル…295

ラウドネスレベル(phon)…302 A特性音圧レベルdB(A)…304

NC値…305 吸音率、透過率…307 透過損失…308

床衝撃音…314 遮音等級 D_r 値…316 残響時間…317

反響(エコー)…319 マスキング…321

9 暗記する事項

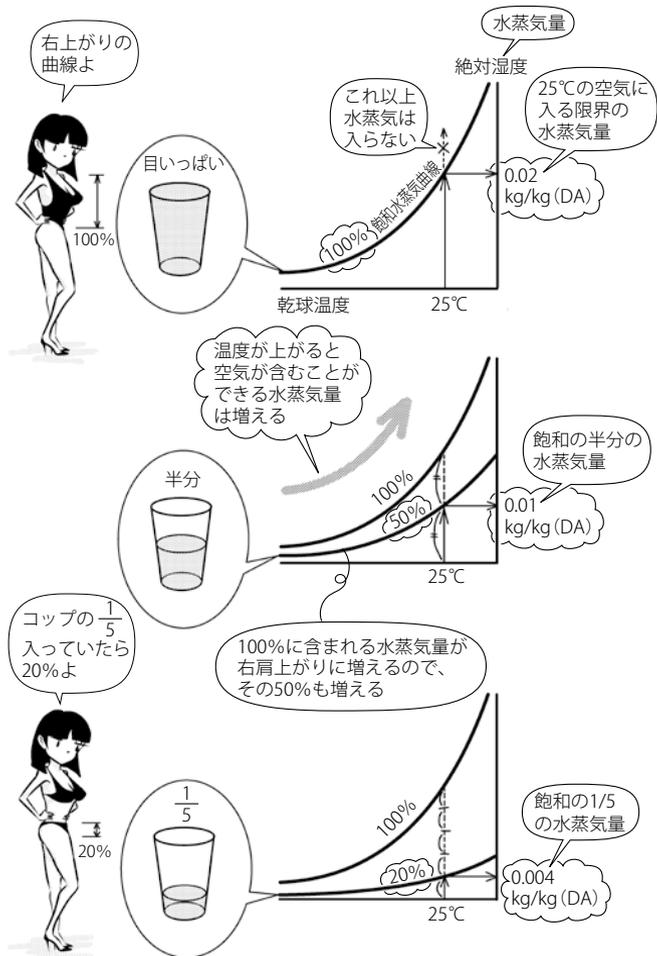
暗記する事項…322

ゼロからはじめる

[環境工学]入門

- Q 1. 乾球温度が上がると、飽和水蒸気量は大きくなる。
 2. 乾球温度が上がると、相対湿度50%における水蒸気量は小さくなる。

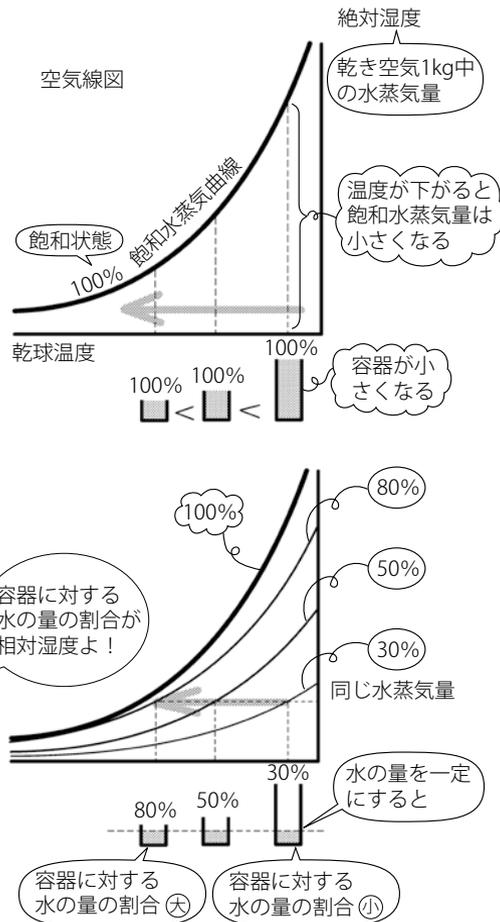
A 温度が上がると空気分子の運動が盛んになって、空気が水分を含みやすくなります（1は○、2は×）。乾球温度とは計測部が乾いた状態の乾球温度計で計った温度で、一般に温度といわれるのは乾球温度です。水蒸気量と温度のグラフは右上がりの曲線となります。



答え ▶ 1. ○ 2. ×

- Q 空気中の水蒸気量（絶対湿度）が一定の場合、温度（乾球温度）が下がると相対湿度は高くなる。ただし水蒸気は、飽和状態に達していないとすると。

A 空気の温度、湿度などの関係を表すグラフを、空気線図といいます。それ以上水蒸気を含めない飽和状態の空気は、相対湿度は100%で、飽和水蒸気曲線として表されます。温度が下がると飽和水蒸気量は小さくなります。容器の大きさと水の量にたとえるとわかりやすいでしょう。含まれる水の量が一定で容器が小さくなると、水の割合は大きくなります。すなわち、相対湿度は高くなります（答えは○）。



答え ▶ ○

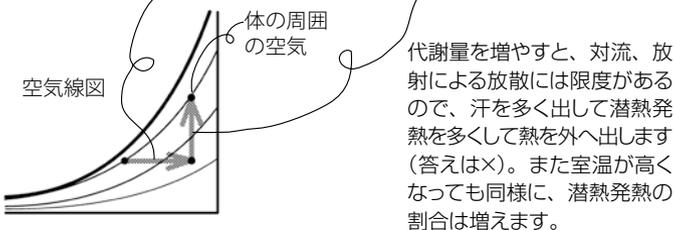
Q 作業の程度に応じて代謝量が増えるにつれて、人体からの総発熱量に占める顕熱発熱量の比率は増加する。

A 体から外へ発せられる総発熱量（代謝量）は、顕熱発熱量と潜熱発熱量の総和です。体表面から対流、放射によって放出される熱は、温度変化をとまなう熱で、顕熱です。一方、汗の蒸発によって放出される熱は、水蒸気量を増やして温度は変化させない潜熱です。空気線図上で、顕熱は状態点を右に水平移動させ、潜熱は上へ垂直移動させます。



代謝量 = 顕熱発熱量 + 潜熱発熱量
 (総発熱量) (体表面から対流、放射) (水分蒸発)

汗の蒸発は潜熱よ!



Point
 代謝量 大、気温 大 → 潜熱発熱量の割合 大
 (汗の蒸発による熱の放散)

Q 着衣による断熱性能には、クロ (clo) という単位が用いられる。

A 温熱6要素のひとつ、着衣量を表すのにクロ (clo) を使います（答えは○）。スーツが1cloで基準とされ、スーツの上にコートを着ると2clo、スーツの上着を脱ぐと0.5cloです。cloは断熱性能、熱抵抗であり、正確には1clo = 0.155m²K/Wとされています。

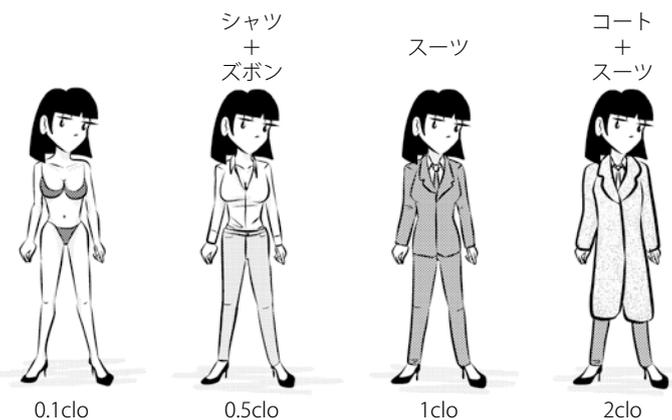
温熱6要素 { 環境側…温度、湿度、気流、放射熱
 人体側…代謝量、着衣量

Met値
 で表す

clo値
 で表す

clo値は低い方がいいな!
 0cloは裸!

スーパー記憶術
 衣服 ⇔ clothes
 クローズ



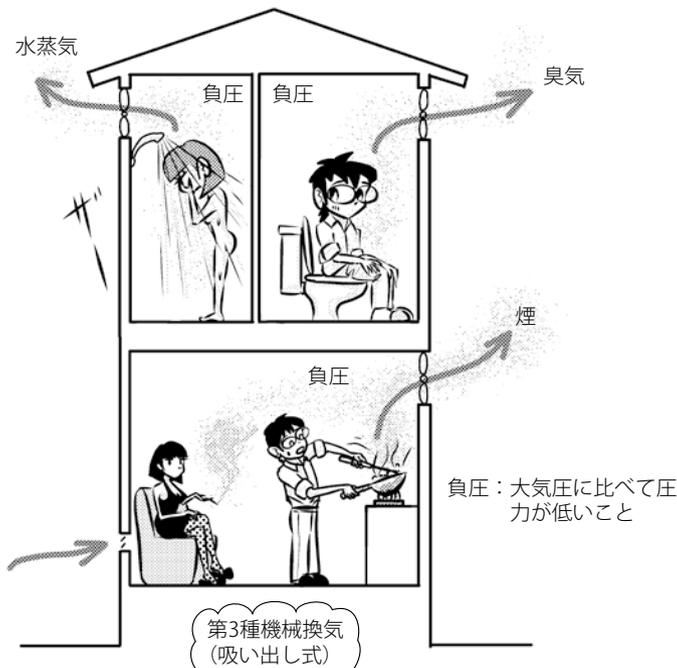
スーツが基準よ!

Q 風呂のように大量に水蒸気を出す部屋、トイレのように臭気を出す部屋には、第3種機械換気が適する。

A 機械換気は、以下のように3つに分類されています。

- 第1種機械換気：給気機+排気機…圧力は任意
- 第2種機械換気：給気機……正圧
(押し込み式)
- 第3種機械換気：排気機……負圧
(吸い出し式)

水蒸気、臭気、煙をほかの部屋に入れずに外に出すためには、室内を負圧とする第3種機械換気が適します(答えは○)。



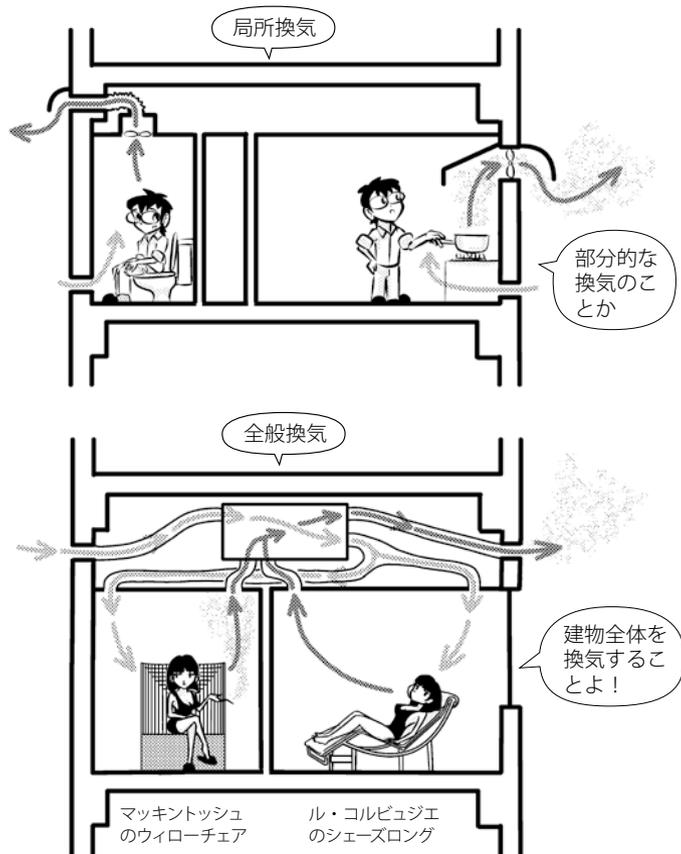
スーパー記憶術

みずば
水場=風呂、洗面、トイレ、キッチン
3種換気

答え ▶ ○

Q 住宅における全般換気とは、局所換気と対をなす用語であり、居間、食堂、寝室、子供室などの一般居室を中心に、住宅全体を対象とした換気のことである。

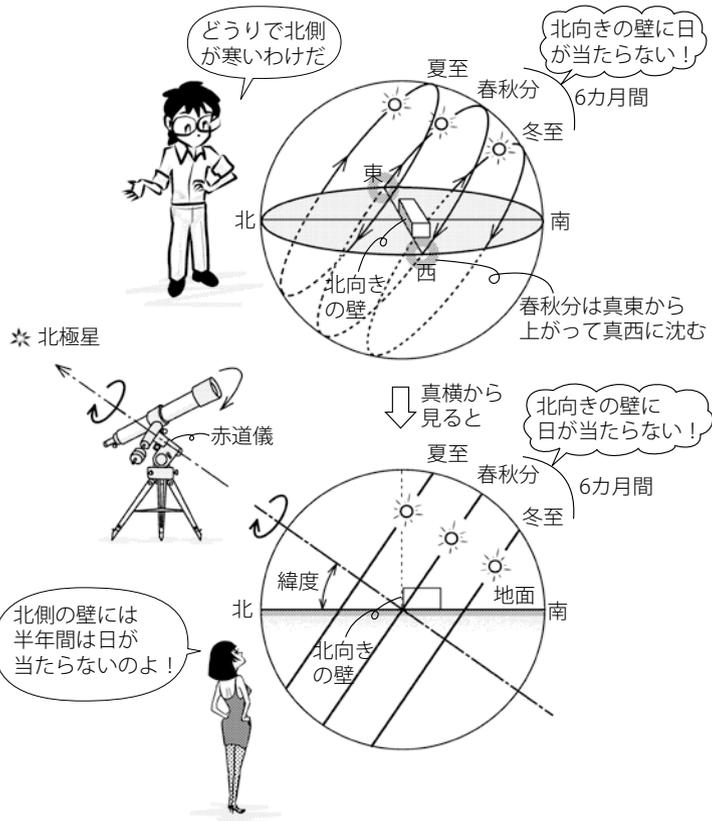
A ガスコンロのまわりだけ、あるいはトイレだけを換気するなどの部分的な換気を局所換気、建物全体を換気することを全般換気といいます。住宅を24時間換気したり、中央の換気装置に熱交換機(R060を参照)を付けて住宅全体の熱損失を少なくするなどの場合に使われます(答えは○)。



答え ▶ ○

Q 日本における北向き鉛直面においては、秋分の日から春分の日までの期間は、日射は当たらない。

A 北向きの壁には、下図のように、秋分から春分までの6カ月、日が当たりません(答えは○)。春秋分では、太陽は真東から上がって真西に沈みます。それより高度が下がると、太陽は東西ラインより北へは行かなくなるからです。



☆ 北極星

どうりで北側が寒いわけだ

北向きの壁に日が当たらない!

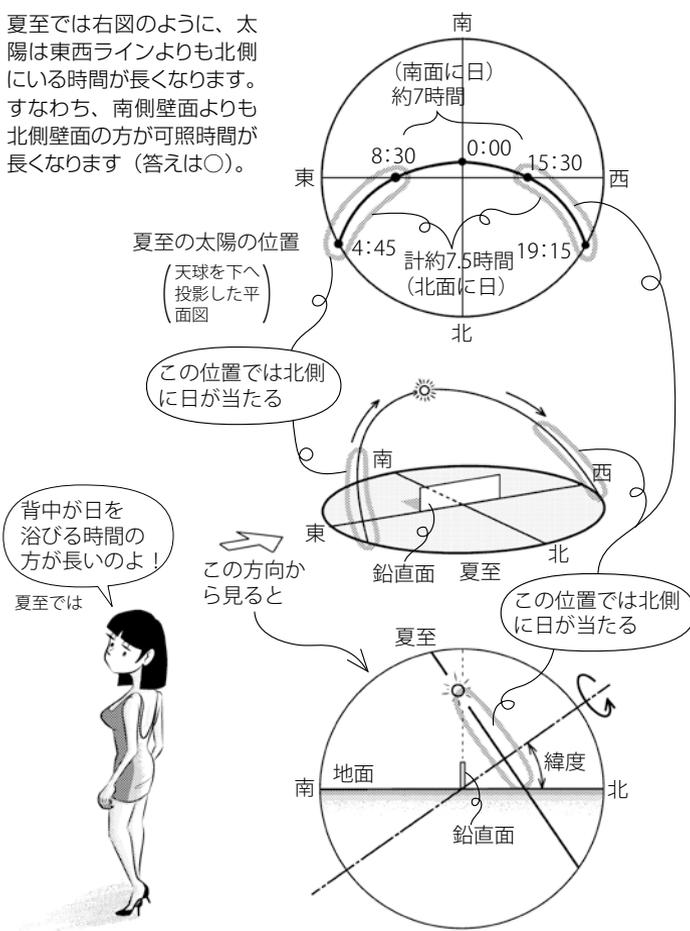
春秋分は真東から上がって真西に沈む

北向きの壁に日が当たらない!

北側の壁には半年間は日が当たらないのよ!

Q 北緯35°の地点において、夏至の可照時間は、南向き鉛直面よりも北向き鉛直面の方が長い。

A 夏至では右図のように、太陽は東西ラインよりも北側にいる時間が長くなります。すなわち、南側壁面よりも北側壁面の方が可照時間が長くなります(答えは○)。



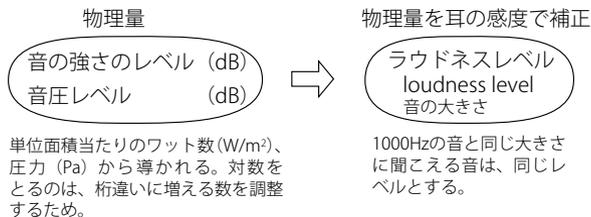
背中が日を浴びる時間の方が長いよ!
夏至では



可照時間：日照可能な時間
日照時間：実際に日の照った時間

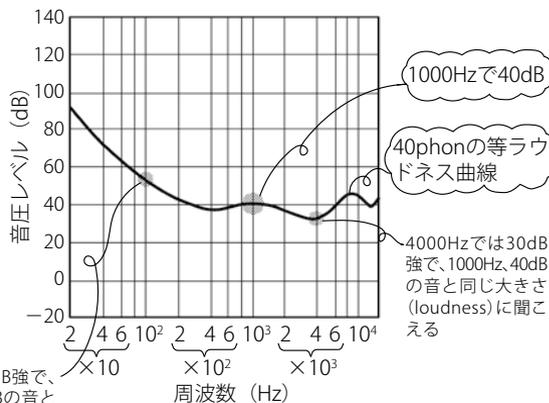
Q ラウドネスレベルとは、人間の耳に同じ大きさに聞こえる1000Hzの純音の音圧レベル (dB) で音の大きさを表したもので、単位はphon (フォン) を用いる。

A 純音とは、単一の正弦波(サインカーブ)の音です。音の強さのレベル(dB)や音圧レベル (dB) は、物理量で、対数をかけているものの人間の聴覚とは無関係です。聴覚は周波数によって感度が変わります。物理量としてのレベルを聴覚に合うように補正したレベルを、ラウドネスレベルといいますが(答えは○)。



たとえば1000Hzで物理量40dBの音と同じ大きさに聞こえる音を、すべて40phon (フォン) とします。同じ大きさに聞こえる点を結んだグラフを、等ラウドネス曲線といいます。

等ラウドネス曲線

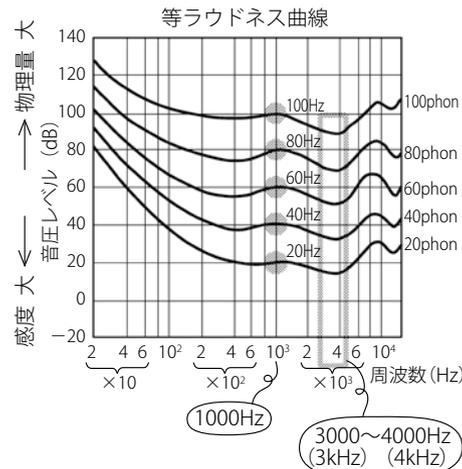


100Hzでは50dB強で、1000Hz、40dBの音と同じ大きさ(loudness)に聞こえる

答え ▶ ○

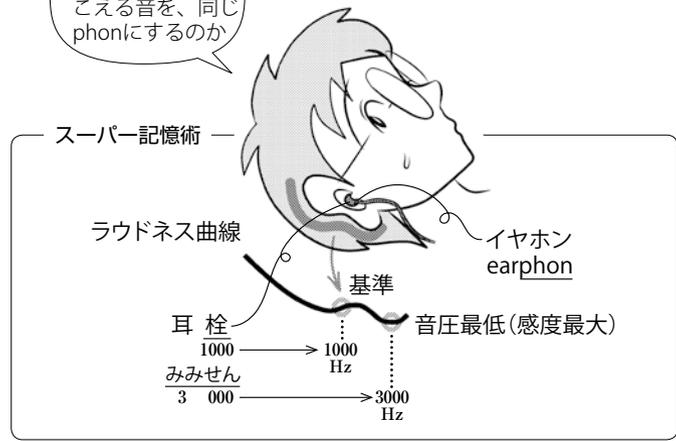
Q 1. 40phonのラウドネス曲線において、1000Hzでは40dBである。
2. 音の大きさの感覚量は、音圧レベルが一定の場合、低音域で小さく、3~4kHz付近で最大となる。

A 等ラウドネス曲線は、1000Hzの音を基準として、同じ大きさ(ラウドネス: loudness)に聞こえる点を結んだグラフです。1000Hz、40dBと同じ大きさの音は、40phonとします(1は○)。ラウドネス曲線で、グラフが最も低い位置が、最も低い音圧でも同じ大きさに聞こえる位置です。すなわち耳の感度が最も高い位置となります(2は○)。



1000Hzの音と同じ大きさに聞こえる音を、同じphonにするのか

最も低い音圧でも同じ大きさに聞こえる。∴最も感度が高い。



答え ▶ 1. ○ 2. ○