

## 物性工学 解答と解説 2016

### 第30回 平成29年度

#### 30-1 ① ②

脈波伝搬速度は、血管壁が硬くなるほど、厚くなるほど大きくなる。また、血液密度が高くなるほど、血管径が大きくなるほど小さくなる。立位における血圧は、測定しようとする部位の血管の位置が心臓より高い場合、重力による血管内の静水圧の圧差だけ血圧は低くなる。逆に、低い場合には、血管内の静水圧の圧差だけ高くなる。心臓の高さで測定できない場合には、心臓の高さから1cm上下するごとに、0.7mmHg 加減すれば、比較的正確な値が得られることになる。

#### 30-2 ③

音速[m/s] = 振動数[Hz] × 波長[m]

図から、この音波の周期（1 サイクルにかかる時間）は1[ms]であることが判る。次に、1秒間に何サイクルあるかを表す周波数（振動数）を求めると、1000[Hz]となる。空気中（25℃）における音速を340[m]とすると、波長は 0.34[m]、つまり34[cm]となる。

#### 30-3 ③ ④

各分散の周波数とその理由は以下の通り。

$\alpha$  分散：1 KHz 以下、イオン運動が磁場の変化に追従困難、 $\beta$  分散：数十 kHz～数十 MHz、細胞の不均一構造、 $\gamma$  分散：20GHz、水の特性・双極子の動きが追従不能

#### 30-4 ③

応力＝ヤング率×ひずみ であり、変形しにくいものの方がヤング率は大きい。筋組織の力学特性は異方性が有り、直角方向の方が走行方向よりもヤング率が大きい。筋細胞の周囲に存在する結合組織（コラーゲン）がその強さをになっている。体積弾性率は体積の変化に関する指標で有り、ヤング率は、一次元方向の変形に関する指標である。生体軟組織の70%程度は液体の水であり、組織を構成する有機成分も圧縮しにくいいため、体積弾性率は大きくなる。円周方向とは、管をぐるりと一周する方向で、要するに血管径の増加を示す指標となる。最も変形しやすい上行大動脈では2.5倍程度の伸長することができる。

#### 30-5 ⑤

各種免疫細胞の機能は、41.5℃において最大となる。がん細胞は正常組織に比べて温度感受性が高いものが多いが、患部を43℃に加温する温熱療法の治療効果は、がん組織内

に構築された血管系の不備により、冷却効果が正常組織より弱いことに由来する。熱による組織の凝固は、タンパク質の変性に因る。特に、電気メスでは凝固因子の熱凝固により止血作用が発揮される。

#### 30-6 ①

拡散による分離は、透析とよばれる。腎臓の糸球体において原尿が生成されるメカニズムは、糸球体の毛細血管を濾過膜とした濾過である。濾過を行うには圧力差が必要であり、糸球体毛細血管の血圧は他の毛細血管よりも高く、約60mmHgである。ボーマン嚢内圧（15mmHg）と膠質浸透圧（25mmHg）で、濾過を行うには、40mmHg以上の圧力が必要となるためである。

#### 30-7 ②

電波や音波など波動の波源（アンテナやスピーカーなど）が放射するエネルギーが方向によって異なるとき、指向性があるといい、どの方向にも一様にエネルギーを放射するときは指向性がないという。その指向性は、波の主として送受波器の寸法と波の波長との関係で決まる。超音波の指向性が高い理由は、波長が小さいからである。軟組織中の音速は、水とほぼ同じで、空気中の約5倍程度。骨は個体であり、音速は軟組織の3倍程度。音響インピーダンス＝密度×音速。肺は空気が多く、組織中最も小さい。

#### 30-8 ③

ヘモグロビンに2価の鉄は磁性体であるため、磁性体となる。心磁図は心臓に流れる電流によって発生する磁気を測定したものである。都市の磁気雑音は10<sup>-7</sup>～10<sup>-6</sup>Tである。一方、生体が発生する最も大きな磁気は心臓による10<sup>-11</sup>～10<sup>-10</sup>Tである。交流磁界は交流電界を発生させる。高周波になるほど吸収と表皮効果により、透過深度が減少する。

#### 30-9 ③

血液の可視光領域での吸収は、血漿に含まれるタンパク質などの成分と赤血球のヘモグロビンに因るものであるが、ヘモグロビンによる吸収が圧倒的に大きい。その吸収極大は酸素結合型では415、540、575nmであり、酸素非結合型で、430と555nmであり、緑色領域を最も強く吸収する。血液は赤色であるのは、緑が吸収され、その補色（余色）が赤色だからである。青（430～440nm）と赤（620～700nm）を比較した場合、青色領域の光をより強く吸収する。

### 第29回 平成28年度

#### 29-1 ①

$$\text{反射係数 } S = \frac{(Z_1 - Z_2)}{(Z_1 + Z_2)}$$

$Z_1, Z_2$  : 固有音響インピーダンス

この式に代入し、パーセントであるから 100 倍して解を得る。

### 29-2 ③

組織、器官の放射線感受性は、教科書の表 9.4 に示してある。細胞増殖を行っている組織は、感受性が高い。最も低いのが、脳で、骨皮骨も低い。

### 29-3 ③

生体の光特性について誤っているのはどれか。

1UVC は波長が 180~280nm で、致死的作用。波長が短いので真皮までは届かない。UVB は、280~320nm で、タンパク質や DN に少し吸収され、炎症を伴う日焼け（サンバーン）を起こす。真皮までは到達する。UVA は 320~400nm で、タンパク質や DNA には吸収されない。しかし、色素細胞等には吸収され、炎症を伴わないサンバーンを起こす。メラニンは可視光よりも紫外線の吸収が大きく、5 ヘモグロビンは赤外線よりも可視光の吸収が大きい。

### 29-4 ⑤

各項目の事項は、全て酸素運搬量に関わるといえるが、「特定の末梢組織への酸素運搬量の最も影響を与えるもの」であるから、⑤の当該組織の血流量となる。

### 29-5 ⑤

$\beta$  分散は、数十 kHz ~ 数十 MHz の周波数域で生じる分散現象である。細胞膜を変位電流が流れ始めることにより生じる。20GHz 付近での分散は  $\gamma$  分散とよばれ、水のと特性に帰因する。

### 29-6 ①

ヤング率が大きいとは、一定のひずみを生じさせるためには、大きな応力が必要ということの意味している

### 29-7 ④ ⑤

生体物質の多くは非磁性体であり、透磁率は真空中とほぼ等しい。脳が発生する磁気は、脳活動における電流により発生している。心筋の活動による磁界は  $10^{-11} \sim 10^{-10}$  [T] であり、都市の磁気雑音は  $10^{-7} \sim 10^{-6}$  [T] である。

### 29-8 ① ② ⑤

体表面から熱放射する電磁波は遠赤外光である。温度差の 4 乗に比例するのは、体表面からの遠赤外線という電磁波による熱放射である。

熱伝導率の単位は、[J/ (cm · s · °C)] である

## 第 28 回 平成 27 年度

### 28-1 ② ③

$\alpha$  分散はイオンの動きは電界の変化に追従できなくなることにより生じる。

骨格筋は細長い細胞であり、細胞の並んだ方向とそうの垂直の方向では、イオンの流れ方が異なるため異方性が高い。髄鞘は脂質を主成分とし、導電性は低い。電気コードの被覆材と同じく漏電を防ぐ働きをしている。

### 28-2 ②

$\alpha$  線はヘリウムイオンであり質量が最も大きい。そのため放射線荷重係数が 20 であり、最も大きい。つまり、同じ線量が吸収された場合、影響が最も大きい。

### 28-3 ①

水の比熱は大きいため、水を多く含む組織の比熱は大きい。脂肪組織の比熱は筋組織の比熱の  $1/3 \sim 5$  程度となる。

### 28-4 ④

熱伝導率は、単位長さの両端に  $1^\circ\text{C}$  の温度差がある時、単位面積および単位時間当たりの移動熱量であるから、温度差、時間、面積をかけ、厚さで割った値が通過した熱量となる。

### 28-5 ② ③

血液の赤色は、ヘモグロビンによる光吸収による。その吸収波長は酸素結合型では、540nm と 575nm に吸収極大をもち、酸素非結合型では 555nm に吸収極大を持っている。

UVc は波長が短い紫外線であり、角質層で散乱・吸収されてしまい、真皮までは届かない。

メラニンは皮膚を紫外線から守るために合成される物質である。可視光も吸収するが、紫外線の吸収能に優れている。水は波長が 1400nm 以上の赤外線をよく吸収する。

## 第 27 回 平成 26 年度

### 27-1 ④

赤外線は波長が 700nm~1mm の範囲の電磁波である。そのエンエルギーは、分子等の振動・回転エネルギーに対応し、物質に吸収されやすい。水では、1400nm 以上の赤外線を強く吸収する。反対に 1400nm 以下の赤外線は吸収しないため、パルスオキシメーターでは、660nm の可視光と 940nm の波長が用いられている。

### 27-2 ③

脈波とは心臓によりつくられた圧力変動の移動速度、つまり脈が伝わる速度。血管壁が硬く、厚いほど大きくなり、血液密度が高く、血管壁が大きいほど小さい。

### 27-3 ④

物理的な熱伝搬は、伝導、輻射（赤外線放射）と対流であるが、生体組織内で発生した熱は、伝導と循環血液によって伝搬される。循環血液による移動が支配的であり、99%程度をになっている。

### 27-4 ①

音速は媒質の体積弾性率と密度の比の平方根の値となる。気体<液体<固体となる。頭蓋骨の音速は、血液の3倍弱、肺の6倍弱程度である。教科書 p.45 表 4.3。

### 27-5 ④

吸収係数は、減衰定数ともよばれ、超音波の減衰に関わる因子であり、1MHz 当たり 1cm 進むごとに減衰する割合を示している。超音波の減衰は周波数に依存し、水では周波数の2乗に比例して増加する。生体組織の場合、1乗、すなわち周波数に比例する。各組織間においては、血液<軟組織<頭蓋骨<肺となる。

### 27-6 ②

放射線の影響の受け方、すなわち放射線感受性は細胞によって異なっている。細胞分裂を行っている細胞ほど感受性が高い。造血組織、リンパ組織、生殖組織、小腸上皮組織などの細胞は感受性が高い。一方、脳などの神経組織は最も感受性が低い。

### 27-7 ① ⑤

Na イオンが細胞内部に流入するにより始まり、Na チャネルが閉じ、ポンプの働きにより元の膜電位状態にもどる一連の活動は 1m 秒程度で終了する。 $\gamma$  分散は 20GHz 付近の周波数において見られる分散現象で、水の特性に起因する。双極子分子である水の運動が電界の変化に追従できなくなるために生じる。

## 第 26 回 平成 25 年度

### 26-1 ③

細胞膜はイオンの通過はできず、いわばコンデンサーとして働く。そのため直流や低周波数電流は細胞外液にのみ流れるため、導電率は低い。周波数が高くなると、細胞膜のインピーダンスが減少し、変位電流が流れるため、導電率が上がる。

### 26-2 ④ ⑤

音速 = (体積弾性率 / 密度)<sup>1/2</sup> であり、気体<液体<固体である。組織中の音速は、異一般組織<骨となる。肺は、空気が多いため音速は小さい。一般組織中の音速は、水中の値に近い。減衰は周波数に依存し、水などの減衰定数は周波数の2乗に比例して増加する。生体組織の場合、1乗つまり周波数に比例して増加する。

### 26-3 ⑤

水を多く含む組織の比熱は水の比熱に近い。脂肪組織と骨組織は、比熱が小さく、一般組織の 1 / 3.5 程度である。熱伝導率の低い。

### 26-4 ① ②

糸球体で血液の濾過により作られた原尿より、有効成分の再吸収が尿細管で行われる。Na はナトリウムポンプの働きにより能動的に吸収される。グルコースの消化管腔から細胞内への吸収は、ナトリウムイオン-グルコース共輸送担体によって能動的に行われる。尿細管におけるグルコースの再吸収も同様のメカニズムで行われる。

### 26-5 ④

生体組織は磁性物質が少ないため、非磁性体として取り扱うことができる。そのため、生体の電気的特性は、導電率と誘電率で把握することができた。なお、生体組織における磁性物質は、酸素分子や鉄イオン等であるが、強度も低く、量も少ない。

### 26-6 ②

照射線量： $\gamma$  線や x 線をどれほど与えたかの尺度。単位は、C/Kg。線量当量：X 線 1 Gy によって引き起こされる生物的損傷と同じ損傷をもたらす線量。単位、シーベルト  
吸収線量：物質 1Kg 当たり吸収される 1J のエネルギー量、単位、グレイ。

透過線量：このような用語、単位はない。放射能：放射線を出す能力の尺度。単位はベクレルであり、1 秒間に崩壊する原子の数を表す。

### 26-7 ②

レーザーによる止血効果は、熱による作用である。つまり、光を集束することによる作用である。レーザーの干渉は、干渉計として表面形状の測定や長さ測定に用いられる。

## 第 25 回 平成 24 年度

### 25-1 ④

膜が露出している部分は、ランヴィエの絞輪という。髄鞘は軸索を被覆する部分の名称であり、脂質を主成分とし、電気抵抗が高く軸索を周囲から絶縁している。髄鞘は、また、厚い被覆であるため電気容量も少ない。

### 25-2 ③

応力の単位は、 $\text{N} \cdot \text{m}^{-2} = \text{Pa}$  である。

### 25-3 ③

ヘリカルCTは、X線を用いたコンピューター断層撮影法における一般的手法である。連続回転する線源の中で、寝台を一定速度で動かし続けながら行う撮影するため、患者から見ると線源がらせん状に動くことになる。そのためヘルカルと名付けている。X線は1pmから10nm程度の電磁波であるため、\*印の周波数帯である。なお、ハイパーサイミアでは、ラジオ波とマイクロ波領域の電磁波を用いる。MRIは強い静磁場環境においてラジオ波領域の電磁波を用いている。

### 25-4 ③ ④

光の透過率は、物質により光の吸収が生じれば低下する。特定の周波数が吸収された場合、光の透過率は一定とはならない。赤血球に含まれるヘモグロビンは、デオキシヘモグロビン（遊離型）では430, 555nmに、オキシヘモグロビン（酸素化型）では415, 540, 575nmに吸収極大を持っている。そのため血液の光透過率は一定とならない。また、ヘモグロビンは、近赤外光の吸収が少ない。

### 25-5 ① ④ ⑤

熱伝導率 $[\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}]$  空気：0.024 水：0.6 程度。対流は、熱媒体に液体などの流体が接触した場合に生じる熱の移動形態である。流体へ熱が移動することにより、流体の密度変化が生じ流体循環がおこる。

### 25-6 ②

反射係数  $S = (Z_1 - Z_2) / (Z_1 + Z_2)$   $Z_1, Z_2$  : 固有音響インピーダンス

この式に代入して解を得る。

### 25-7 ⑤

放射線感受性は、細胞分裂が盛んな組織ほど高い。造血臓器（骨髄、脾臓、胸腺、リンパ節）>生殖器>小腸上皮>・・・>肝臓>筋肉>骨>神経系

## 第24回 平成23年度

### 24-1 ⑤

神経や筋細胞などの興奮性細胞に通電した場合、興奮の閾値を超えるための最小電流を基電流（レオベース）といい、レオベースの2倍の電流を流したときの興奮に至る最短通電時間はクロナキシーという。

### 24-2 ② ⑤

放射線感受性が最も高いのは、細胞分裂をおこなっている精巣細胞、卵巣細胞と造血細胞である。リンパ球は分化成熟している細胞でありながら感受性が高い。腸上皮の細胞は分裂が盛んであり、感受性が高い。水晶体は上皮細胞の感受性が高く、放射線により混濁などがおこる。感受性が低いのが、肝臓、筋組織、骨皮質などである。神経組織や脂肪組織の感受性が最も低い。

### 24-3 ②

生体組織で発生した熱は、伝導と循環血液によって運ばれる。水を多く含む筋組織などでは水の熱伝導率とほぼ近い値であり、その伝導率は小さい。脂肪組織や骨の熱伝導率は、さらに小さな値である。したがって、生体における熱の輸送で支配的なのは血液循環であり、生体内における熱伝搬の99%を担っている。

### 24-4 ① ⑤

ロドプシンは、視紅ともよばれる脊椎動物網膜の視細胞に含まれる視物質。杆体は網膜にある光受容細胞の一つで、色は認識しない。ケラチンは髪やツメのタンパク質。ビリルビンは、胆汁に含まれるヘムの代謝産物。血清の黄色は主にビリルビンに由来。メラニン、皮膚色素で紫外線による細胞障害を防止。

## 第23回 平成22年度

### 23-1 ① ② ⑤

皮膚が濡れるとインピーダンス低下・・・感電が起こりやすい。

分極電圧は、電極に外部から電流を流した結果発生。

### 23-2 ①

生体組織の導電率：血液・・・大、一般臓器：中程度、脂肪：小、骨：極小・・・水少ない。

### 23-3 ① ② ③

可視光が全て反射すれば、白。全て吸収すれば、黒。波長が長いほど深く届く・・・白色光に手をかざすと赤く見える。皮膚色を決めるのは、ヘモグロビン、メラニンとカロチ

ン（黄色人種）。静脈が青いのは、赤や緑が血液に吸収され、青色が反射されるため。ミオグロビンは筋肉に含まれる。ロドプシンは目（網膜）の中にある光吸収タンパク質。

### 23-4 ①

加速された粒子線は浅い部分ではエネルギーをあまり放出せずに、ある特定の深さで一気にエネルギーを放出する。この放出部位をブラックピークとよんでいるが、陽子はピーク幅が狭い。また、陽子が電荷を持っているために、外側の電場を変化させることで陽子の走石方向を自由に変えられるため、陽子の線束を針のように鋭く絞り込める。

### 23-5 ③

最小感知電流値である 1 mA が、マクロショックの安全限界。

### 23-6 ③ ④

$\alpha$  分散：1 KHz 以下、イオン運動、 $\beta$  分散：数十 KHz～数十 MHz、細胞の不均一構造、 $\gamma$  分散：20GHz、水の特性・・・双極子の動きが追従不能

### 23-7 ④

骨のヤング率は軟鉄の 1/10 程度。Hill によれば、骨格筋の負荷 ( $P$ ) と短縮速度 ( $v$ ) との関係は  $(P_0+a)(v+b)=b(P_0+a)$  で表される (Hill の式)。ここに  $P_0$  は最大張力、 $a$ 、 $b$  は筋によって定まる定数である。

### 23-8 ① ② ⑤

粘度（粘性）がずり速度（流速）と時間に依存しない流体はニュートン流体。

圧差一定の層流では流量は円管内径の 4 乗に比例・・・ハーゲン・ポアズイユの法則

### 23-9 ⑤

能動輸送は、濃度に逆らった輸送。細胞膜にあるナトリウムポンプなど。

## 第 22 回 平成 21 年度

### 22-1 ③

正常な体温調節作用が可能な温度の上限は 42°C 程度。腫瘍の治療（ハイパーサーミア）に用いる温度は 43°C。

### 22-2 ②

跳躍伝導は、有髄神経に特有な伝導。ミエリン鞘（髄鞘）は絶縁体で、隙間（ランヴィエの絞輪）部分でのみイオンの流入が生じるため、とびとび（跳躍）の伝導となる。

### 22-3 ⑤

光速は物質の中で一般に遅くなる。屈折が起きるのは、そのためである。

### 22-4 ②

RBE とは、ある生物効果を起こすのに必要な基準放射線の吸収線量 (Gy) / 同じ生物効果を起こすのに必要な着目放射線の吸収線量 (Gy)。 $\alpha$  線が、20 で最も高い。中性子線：5-20、熱中性子は 10 以下。その他は 1。

### 22-5 ①、②、⑤

脈波伝搬速度とは、心臓から血液が送り出される際に生じる動脈壁の拍動（脈波）が血管壁を伝わる速度 (m/s)。速くなる条件：1) 血管壁が硬くなるほど。2) 血圧が高いほど。3) 血管径が小さくなるほど。4) 血管壁が厚くなるほど。4) 血液密度が低くなるほど。その逆で遅くなる。

### 22-6 ③、④

気体や液体の場合、音は縦波。横波は復元力が無く、すぐに減衰。気体中の音速は、気体の分子量に依存し、少し異なっている。音の強さは、一般に音圧として表されるが、振幅の 2 乗に比例。

### 22-7 ④

比熱は、単位質量の物質を単位温度上げるのに必要な熱量のこと。単位に注意することが必要。問題は、単位系がそろっていないので、必要な熱量 = 質量 × 比熱 × 上昇温度。

### 21-1 ⑤

$\alpha$  線：ヘリウムイオン、 $\beta$  線：電子、 $\gamma$  線：電磁波、x 線：電磁波

全て電離作用を有する。電離作用によって生じた遊離電子等によって生じる二次的電離作用を間接電離作用とよぶ。

### 21-2 ①

生体内の熱の移動は、熱伝導も関わっているが、最も大きいのは血液循環による輸送。安静時では、骨格筋 20% 程度で、内臓による発熱が 50% 程度。筋の動作時には 80% 程度に上昇。生体活動期とは、筋の動作期を意味しているものの様子。最も重要なホメオスタシス機能は、体温を一定に保つこと。熱の放散は、放射、対流、伝導。体表では発汗による水蒸発熱により熱消費。熱伝導度 水： $150 \times 10^{-5}$  [cal/cm · s · °C] 程度、脂肪組織： $50 \times 10^{-5}$  [cal/cm · s · °C]、筋組織： $100 \times 10^{-5}$  [cal/cm · s · °C] 程度

### 21-3 ②

1 日の基礎代謝は成人男性で 1500kcal、成人女子で 1200kcal 程度。男性の基礎代謝を基にすると、1cal=4.2J で 6300x1000J。一日は 24x60x60 秒だから、一秒あたりは 73J 程

度。

### 21-4 ③

生体の誘電率は、周波数と共に低下。 $\alpha$ 分散(1kHz 近傍)：イオンの動き、 $\beta$ 分散(1MHz 近傍)：細胞の構造、 $\gamma$ 分散(20GHz 付近)：水の動きに関係

### 21-5 ⑤

生体組織の導電率：血液・・・大、一般臓器：中程度、脂肪：小・・・・・・体脂肪計

### 21-6 ④

可視光が全て反射すれば、白。全て吸収すれば、黒。特定の色(波長)を吸収すれば、補色。波長が長いほど深く届く・・・白色光に手をかざすと赤く見える。ヘモグロビンは緑色(550nm程度)を強く吸収するため、血液量が多いほど光吸収大。メラニンの吸収は、波長に伴い減少・・・但し、それほど顕著でなく、これを解答とすべきか不明。ヘモグロビンは、酸素と結合しているかどうかで、吸収が異なる。

### 21-7 ②

mol とは  $6 \times 10^{23}$  個の物質の集まり。 $\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = 1 / \log_{10} [\text{H}^+]$ 。温度が高いほど運動エネルギーが大きく、反応しやすい。酸化とは：酸素と結合すること。水素を放出すること。電子を放出すること。還元とは：水素と結合すること。酸素を放出すること。電子を受け取ること。

## 第 20 回 平成 19 年度

### 20-1 ① ② ⑤

レイノルズ数=慣性力/粘性力。粘性率とは粘性係数のこと。水：0.9cP 程度。血液は非ニュートン流体であるため、せん断速度によって変化するが、Ht45%で7cP程度。3-5倍というのもOK。粘性がせん断速度に関係しないのがニュートン流体。圧力と流量の関係式(ハーゲン・ポアズイユの式)は半径の4乗に比例し、粘度と長さに反比例。血液は、せん断速度が増せば、粘性係数が低下。

### 20-2 ① ② ③

照射線量はレントゲン：C/Kg、放射線のエネルギー：eV、放射能の強さ ベクレル：1秒間に崩壊する原子の数 Bq、吸収線量 グレイ：物質 1Kg 当たり吸収される 1J のエネルギー量 J、線量当量 シーベルト：X線 1Gy によって引き起こされる生物学的損傷と同じ損傷をもたらす線量 SV

### 20-3 ③ ④

熱産生：成人男子は 60-150W。黒体とは、外部から入射する熱放射など(光・電磁波による)を、あらゆる波長に渡って完全に吸収し、また放出できる物体のこと。皮膚は、赤外線領域を十分に吸収するが、黒体とはよばないかと思う。体表から放射されるのは赤外線領域(熱線)。末梢血管の拡張は、熱をより多く放散。ただし、国家試験での解答は、組み合わせからの選択であり、それによれば②、③、④が正解となってしまう。不適切な問題と思う。

### 20-4 ①

細胞外液は  $\text{Na}^+$ 、陰イオンは  $\text{Cl}^-$ 。細胞内液は  $\text{K}^+$  で  $\text{Ca}^{2+}$  はほとんどない。静止電圧は、 $\text{K}^+$  のリークによって発生。

### 20-5 ⑤

周波数が大きくなるほど吸収も大きくなる。・・・教科書 p24 図 8

### 20-6 ④

音速：気体<液体<固体 つまり 肺<一般臓器<骨、音響インピーダンス：同じ、減衰：教科書 p80, 81 空気・肺>軟組織>脂肪>骨。組織によって差があるが、周波数増加に伴い増加。

## 第 19 回 平成 18 年度

### 19-1 ⑤

眼の中の液体循環が悪くなるのが原因で緑内障。コーヒレント光とは、波長や位相がそろった光、レーザなど。白色光は、バラバラ。ヘモグロビンは近赤外光を吸収し、パルスオキシメータで使用(660nm, 900nm)、しかし、最も吸収するのは緑(500nm 付近)。光のエネルギーは、 $E = h \nu$ ・・・振動数に比例。つまり、波長とは反比例。メラニンは、赤外光より可視光をより吸収する。

### 19-2 ① ② ⑤

超音波の特性に重要なのは、音速、音響インピーダンス、減衰定数。

### 19-3 ⑤

周波数の増加に伴い、導電率は上昇。・・・教科書 023, 図 7

### 19-4 ④

心臓磁気の強度は、 $10^{-13} - 1^{-10}\text{T}$  程度。

### 19-5 ④

ポアソン比=直角方向ひずみ/応力方向(縦方向)ひずみ。非圧縮性材料(変形後も体

積変化なし)で、0.5. ゴム、生体軟組織など。

### 19-6 ③

減衰定数は周波数に比例するとのことであるから、5倍。10cmだから、10倍。2つあわせて計50倍。

### 19-7 ④

レイノルズ数 = (密度 × 流速 × 管内径) / 粘性率

単位を合わせる必要がある。粘性率・・・Pa・s = Kg/m・s、管径、速度をm単位にする。

### 19-8 ①

二酸化炭素は、主に炭酸・炭酸イオンとして運搬。赤血球にある炭酸脱水酵素により、炭酸となる。

## 第18回 平成17年度

### 18-1 ③ ④

UV<sub>C</sub> : 180-280 nm 細胞への直接作用(致死的)タンパク質、DNAの分解・・・殺菌灯

UV<sub>B</sub> : 280-320 nm タンパク質、DNAが少し吸収・・・影響・・・日焼け

UV<sub>A</sub> : 320-400 nm 生体分子の吸収による影響はない

### 18-2 ⑤

秀潤社教科書 p.81 表2

### 18-3 ⑤

生体組織の導電率 : 血液・・・大、一般臓器 : 中程度、脂肪 : 小・・・体脂肪計

### 18-4 ①

RBE(生物学的効果比)

α線 : 15-20, 中性子線 : 2.8-10, 陽子 : 5, γ線、X線、β線 : 1

### 18-5 ④

超音波の減衰 : 周波数に依存 水は周波数の2乗に比例、生体組織はもう少し複雑だが、大体比例。

## 第17回 平成16年度

### 17-1 ②

音響インピーダンス : 気体 < 液体 < 固体 つまり 肺 < 一般臓器 < 骨

### 17-2 ② ③

音速 : 気体 < 液体 < 固体 つまり 肺 < 一般臓器 < 骨、音響インピーダンス : 同じ、減

衰 : 教科書 p80, 81 空気・肺 > 軟組織 > 脂肪 > 骨。組織によって差があるが、周波数増加に伴い増加。

### 17-3 ④

定常波が生じるのは、電磁波の波長が生体のサイズと近い場合。離脱電流とは、自力で離脱できる限界・・・これ以上で筋肉が収縮。周波数が高いほど、細胞膜にかかる電圧(1/ωC) × I が低くなる。よって必要な電流は大。直接刺激は、マイクロショック。皮膚抵抗がない分、低電流で作用する。脂肪組織は抵抗率が大・・・ジュール熱大。

### 17-4 ① ④ ⑤

放射線感受性は、細胞分裂が盛んな組織ほど高い。造血臓器(骨髄、脾臓、胸腺、リンパ節) > 生殖器 > 小腸上皮 > ... > 肝臓 > 筋肉 > 骨 > 神経系

### 17-5 ③

温度差 : 17度、質量 : 10g、比熱 : 4.2J/g・°C 17 × 10 × 4.2 = 714J

### 17-6 ①

光の屈折率は波長によって異なるため、プリズムを通った太陽光は7色に分光される。これを分散現象とよぶ。

### 17-7 ② ③

血液の粘性率は、せん断速度とヘマトクリット値(赤血球の体積割合)に依存。キャッソンの式とは、せん断速度の平方とせん断応力の平方が直線関係になるとの式で、非ニュートン流体に適応。トリチェリの定理とは、「理想流速は質点が液面から穴まで自由落下したときに得る速さに等しい。」というもので、穴から出る液体の速さは、液面の高さに関係するというもの。血漿 : 約1.2cp 血液 : 約5cp (水 : 1.0cp)

## 第16回 平成15年度

### 16-1 ④

γ線 : 0.01nm 以下、x線 : 0.01-10nm、紫外線 : 10-400nm、可視光 : 400-700nm、赤外線 : 0.7μm-1mm程度、マイクロ波 : サブmm-1m、超短波 : 1m-10m、短波 : 10m-100m、中波 : 100m-1km、長波 : 1km 以上

### 16-2 ② ③

放射能 : 放射線量の単位 キュリー(Ci) : 毎秒 3.7 × 10<sup>10</sup>個の原子崩壊に相当、ベクレル(Bq) : 原子核崩壊が毎秒1であるときの放射能の大きさ。

吸収線量

グレイ[Gy]：物質1 Kg 当たりに吸収される1 Jのエネルギー量 [J]

ラド [rad]：物質1 g 当たり100 エルグのエネルギー吸収

照射線量：レントゲン[R]：X線やガンマ線が空気を電離する能力を表わす照射線量

1 R = 2.58 x 10<sup>-4</sup> [C/kg] クーロン毎Kg

線量当量：放射線の生体影響を表す単位。各種の放射線がもたらす生物学的効果と同等

の効果をひき起こすX線の吸収線量、レム (rem)：X線の1rad によって引き起

こされる生物的損傷と同じ程度の損傷をヒトにもたらす線量、シーベルト (Sv)：

X線の1Gy によって引き起こされる生物的損傷と同じ程度の損傷をヒトにもたらす

線量 (100remに相当)

### 16-3 ④

生体組織の導電率：血液・大、一般臓器：中程度、脂肪：小、骨：極小・水少ない。

### 16-4 ①

比誘電率は、周波数の増加に伴い減少。

## 第15回 平成14年度

### 15-1 ④

200nm, 300nm：紫外線、500nm：緑、800nm：近赤外 (2500nm 程度まで)、3000nm：中赤外。

紫外線や可視光の透過性低い。800-1400nm は、水やヘモグロビンの吸収小。それ以上では、水による吸収増加。

### 15-2 ①

導電率は周波数に比例。比誘電率は周波数依存で組織のよって異なる。細胞外液はナトリウムで、内液がカリウム。静止状態の膜電位は細胞外に対しマイナス。

細胞膜はイオンを通しづらく、いわばコンデンサー。

### 15-3 ② ③ ④

熱産生：成人男子は60-150W。黒体とは、外部から入射する熱放射など (光・電磁波による) を、あらゆる波長に渡って完全に吸収し、また放出できる物体のこと。皮膚は、赤外線領域を十分に吸収するが、黒体とはよばないかと思う。体表から放射されるのは赤外線領域 (熱線)。末梢血管の拡張は、熱をより多く放散。

### 15-4 ① ⑤

放射線感受性は、細胞分裂が盛んな組織ほど高い。造血臓器 (骨髄、脾臓、胸腺、リンパ節) > 生殖器 > 小腸上皮 > 肝臓 > 筋肉 > 骨 > 神経系

### 15-5 ⑤

生体組織の導電率：血液・大、一般臓器：中程度、脂肪：小・体脂肪計

### 15-6 ③ ④

濃度：媒体 (液体など) 中の溶質の量を示す尺度。温度：温かさの尺度で分子運動の平均値。粘度：粘っこさの尺度。硬度：材料の硬さの尺度。

## 第14回 平成13年度

### 14-1 ②

ずり速度が大きくなると血液粘度は低下。生体の流体力学的特性に関する講義のとき、データを板書。

### 14-2 ② ③

音響インピーダンスが異なると反射され、肺には入らない。キャビテーション：高速で流れる液体 (水など) 中の圧力の低い部分が気化して、非常に短い時間に蒸気のポケットが生まれ、また非常に短時間でつぶれて消滅する現象。超音波で発生。

### 14-3 ②

音速：気体 < 液体 < 固体 つまり 肺 < 一般臓器 < 骨

### 14-4 ④ ⑤

強磁性体：電子の磁気モーメントが配列できる物体・鉄など。ヘモグロビンの鉄イオンは常磁性体であるが、強磁性体ではない。生体は電気伝導体。

### 14-5 ③ ④

RBE (生物学的効果比) α線：15-20, 中性子線：2.8-10, 陽子：5, γ線、X線、β線：1  
放射線感受性は、細胞分裂が盛んな組織ほど高い。造血臓器 (骨髄、脾臓、胸腺、リンパ節) > 生殖器 > 小腸上皮 > 肝臓 > 筋肉 > 骨 > 神経系

### 14-6 ①

16-4 と同じ問題

### 14-7 ④

1mm 進むと強度が 1/2。4mm では、(1/2)X(1/2)X(1/2)X(1/2)=1/16

## 第13回 平成12年度

### 13-1 ④

水中の音速とほぼ同じ。



### 13-2 ③

ずり速度が大きくなると血液粘度は低下。生体の流体力学的特性に関する講義のとき、データを板書。

### 13-3 ④ ⑤

がんの温熱療法はマイクロ波使用。超音波の応用も始まっている。

### 13-4 ② ③

放射線感受性は、細胞分裂が盛んな組織ほど高い。造血臓器（骨髄、脾臓、胸腺、リンパ節）>生殖器官>小腸上皮>・・・>肝臓>筋肉>骨>神経系

### 13-5 ⑤

800-1400nm は、水やヘモグロビンの吸収小。それ以上では、水による吸収増加。赤外線領域の吸収は、分子の振動エネルギーに対応、つまり構造に依存。体表から放射される赤外線のピーク波長は  $10 \mu m$ 。

## 第 19 回 平成 18 年度

### 12-1 ③

		周波数	100Hz	10KHz	10MHz	10GHz
導電率 mS/cm	骨格筋		1.1	1.3	5	10
	脂肪		0.1	0.3	0.5	1
	肝臓		1.2	1.5	4	10
	血液		5.0	5.0	20	20

H. P. Schwan: Advances in Biological and Medical Physics, 1957 より

### 12-2 ⑤

光速は、物質中では真空中よりも遅くなる。屈折という現象がおきるのは、光速が媒質によって異なるためである。

### 12-3 ③

核磁気共鳴は、原子核が磁気モーメントを有している場合のみ測定可能。核によって異なる。画像診断に用いる MRI は、水素 ( $^1H$ ) を測定対象。

### 12-4 ④

## 第 11 回 平成 10 年度

### 11-1 ②

熱発生：成人男子は 60-150W。温熱療法は、マイクロ波(数 Mz)が主。表在性のがんであれば、より高周波でも可能。脳磁界： $10^{-13} - 1^{-12}T$  程度。問題 19-4 参照。脳波 休んでいるときの  $\alpha$  波：8-13Hz、精神活動時のベータ波：14-30Hz がメイン。

超音波診断には数 MHz が一般的。30MHz では減衰大。

### 11-2 ⑤

音速：気体<液体<固体 つまり 肺<一般臓器<骨

### 11-3 ③

磁界は、電流（イオン流も）により、発生。また、常磁性物質により発生。超音波は、組織の疎密変化であり、磁界は発生しない。

## 第 10 回 平成 9 年度

### 10-1 ③

生体の磁性物質は、ヘモグロビンの鉄イオンと酸素分子など限られており、それらは常磁性体ではあるが、強磁性体ではない。

### 10-2 ①

音速：気体<液体<固体 つまり 肺<一般臓器<骨

### 10-3 ① ⑤

磁界は、電流（イオン流も）により、発生。心臓も脳も電気活動をしており、磁界発生。赤血球はヘモグロビンがあるため、強磁界に引き寄せられるが、血液自体は作用しない。ただ、良い問題ではない。

### 10-4 ⑤

周波数が高いほど減衰しやすい。教科書 p. 24, 図 8 参照。

### 10-5 ② ③ ④

音速：気体<液体<固体 つまり 肺<一般臓器<骨、音響インピーダンス：同じ、減衰：教科書 p80, 81 空気・肺>軟組織>脂肪>骨。組織によって差があるが、周波数増加に伴い増加。音響インピーダンス= $\rho \cdot C$  (ロー：密度・シー：音速) 催奇形性とは、胎児の遺伝子損傷により生じる奇形形成のこと。

### 10-6 ④ ⑤

生体内の熱の移動は、熱伝導も関わっているが、最も大きいのは血液循環による輸送。安静時では、骨格筋 20%程度で、内臓による発熱が 50%程度。筋の動作時には 80%程度に

上昇。生体活動期とは、筋の動作期を意味しているものの様子。最も重要なホメオスタシス機能は、体温を一定に保つこと。熱の放散は、放射、対流、伝導。体表では発汗による水蒸発熱により熱消費。熱伝導度 水： $150 \times 10^{-5}$  [cal/cm $\cdot$ s $\cdot$ °C] 程度、脂肪組織： $50 \times 10^{-5}$  [cal/cm $\cdot$ s $\cdot$ °C]、筋組織： $100 \times 10^{-5}$  [cal/cm $\cdot$ s $\cdot$ °C] 程度。

## 第9回 平成8年度

### 9-1 ① ② ⑤

音の3要素：音速、音響インピーダンス、減衰定数。誘電率は電気特性、ヤング率は力学的特性の定数。

### 9-2 ① ④ ⑤

腱はコラーゲン組織。動脈は3層構造で、特殊な力学特性。動脈の外層はコラーゲン組織。動脈、腱それぞれの部位により力学特性が異なっており、不適当な問題と考える。模範解答は、①となっている。音速：気体<液体<固体 つまり 肺<一般臓器<骨、音響インピーダンス：同じ、減衰

### 9-3 ① ② ⑤

放射線感受性は、細胞分裂が盛んな組織ほど高い。造血臓器（骨髄、脾臓、胸腺、リンパ節）>生殖器>小腸上皮>・・・>肝臓>筋肉>骨>神経系

### 9-4 ② ③

遠赤外は水により吸収。 $\gamma$ 線は、生体に障害を与える。マイクロ波は水に吸収される。

### 9-5 ③

生体の誘電率は、周波数と共に低下。 $\alpha$ 分散(1kHz 近傍)：イオンの動き、 $\beta$ 分散(1MHz 近傍)：細胞の構造、 $\gamma$ 分散(20GHz 付近)：水の動きに関係

### 9-6 ① ④ ⑤

細胞内液・外液の抵抗率： $1 \Omega \cdot m$ 程度。導電体。筋の活動電位は $10 \mu V \sim$ 数mV。

体表における心筋の活動電位：1mV程度。

### 9-7 ② ③ ④

教科書 p.27 図1 参照のこと。

## 第8回 平成7年度

### 8-1 ③

電撃を引き起こす電流閾値は周波数に依存し、50~60Hzの電源周波数において最も低い。

周波数が増加すると、周波数に反比例して閾値が低下する。細胞膜はコンデンサーであり、膜の両側に誘起される電圧は  $(1/j\omega C) \times I$  となるため。

### 8-2 ①

筋肉の抵抗率は、繊維方向と直角方向では異なり、直角方向でより大きい。 $7 \sim 10 \Omega \cdot m$ 程度といわれている。

### 8-3 ① ② ⑤

心臓磁気の強度は、 $10^{-12} \sim 1^{-10}T$ 程度。脳磁界： $10^{-13} \sim 1^{-12}T$ 程度。鉄工関連の労働者の肺内に蓄積された磁性微粉体で発生する磁界の強さは $10^{-9} \sim 10^{-8}T$ である。SQUIDの磁気センシング最大感度は $10^{-15}T$ 程度。ホール素子の感度は、多分 $10^{-5}T$ 程度。その他、地球の磁界は $10^{-4}T$ 程度。

### 8-4 ③ ④

心臓にあるのは心筋。ニューロンは神経細胞。横紋筋は主に骨格筋。小腸は平滑筋。

### 8-5 ②

脂肪組織の音響インピーダンスは $1.38 \times 10^{-6}Kg/m^2 \cdot s$ 。

計算する場合、 $=\rho \cdot C$  つまり、密度 $\times$ 音速。

### 8-6 ④

紫外線・可視光領域は、皮膚や組織による吸収（紫外線：核酸、タンパク質、可視光：ヘモグロビン、メラニンなど）大。遠赤外領域は水による吸収大。

近赤外光(780-1400nm)は、ヘモグロビンや水による吸収が最も少ない。

### 8-7 ③

生体内には強磁性体物質はない。酸素とヘモグロビンの $Fe^{2+}$ は常磁性であるが、強磁性体ではない。

## 第7回 平成6年度

### 7-1 ① ④ ⑤

粘性は流れ。線形性は比例性で、興奮性膜の特性は非線形性。

### 7-2 ① ④ ⑤

血液にはタンパク質や血球があり、粘度が高い。細胞外液とは血液と組織液。血漿のpH=7.4。

### 7-3 ② ③ ④

血漿は血液の液体成分で白血球を含まない。電氣的興奮現象は能動的現象。組織圧とは？  
医学用語ではない。おそらく浮腫に関する用語で膠質浸透圧が関与。少なくとも細胞への物質輸送には関係しないはずであるが、解答は組み合わせとなっており、○の模様。

7-4 ⑤

骨の伝搬速度が最も大きい。骨の種類が異なる密度が異なるため若干異なるが 3300m/s ~4000m/s 程度。

7-5 ④

導電率の逆数が抵抗率。導電率の単位は[S/m]、または[ $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ ]。1000/0.5=2000

## 第6回 平成5年度

6-1 ③ 8-7と同じ

6-2 ②

蠕動運動とは収縮が徐々に伝わる動き方。組織圧の説明は7-3。正解に含まれる模様。

6-3 ③

磁界は大きさと方向が重要、つまりベクトル量。

6-4 ①

異方性とは、方向で性質が異なっていること。血管の半径方向と軸方向の伸び方の違いなど。

6-5 ② ③ ④

粘性係数は流れに関係。減衰定数は、超音波や光の分野。その入力に対する減衰の性質を表す。

6-6 ?

6-7 ① ②

肺は空気が多く、最も減衰しやすい。減衰定数は周波数とともに増加。

## 第5回 平成4年度

5-1 ④ 8-7と同じ

5-2 ⑤

表面波は、固体に振動が伝わる場合の一つの波の形。

5-3 ④

導電率は、周波数とともに増加。

5-4 ⑤

生体は、磁性体でないため、磁界は影響を受けない。

5-5 ① ② ⑤

誘電率は、電気。ヤング率は、力学特性に関係。

5-6 ③

血流の関与が大。

5-7 ③

ホルモンは血液で運ばれるため、効果が現れるのが遅い。

## 第4回 平成3年度

4-1 ①

組織の電気インピーダンスは、筋肉の繊維方向と直角方向で異なるように、方向依存性を示す。しかし、問題の記述にある「部位」は脂肪と筋肉等のことを意味している様子。微妙な問題。

4-2 ④

電界の強度とは、V/m

4-3 ① ④ ⑤ 7-1と同じ。

4-4 ②

伸びの弾性で用いられる尺度は、弾性係数（ヤング率）

4-5 ③

肺は空気が多いため、減衰しやすい。つまり、減衰定数は大きい。

4-6 ① ② ⑤

情報処理や制御のために必要とされるか否かを考える。電気インピーダンスと物理的異方性は、関与しない。

4-7 ①

細胞の電氣的モデルは、コンダクタンス（導電率）とキャパシタンス（誘電率）。インダクタンスはコイルに関する電気定数。

## 第3回 平成2年度

3-1 ⑤

粘弾性は、弾性と粘性。塑性変形に重要なのは、粘性のみ。

3-2 ① ⑤

誘電率、周波数分散は、受動的特性で重要。能動的電気特性は、非線形性。

3-3 ③

体表面からの電気刺激では、100mA程度以上が必要。マイクロショックでは0.1mA。

3-4 ①

大動脈における血流のレイノルズ数は2000以下であるが、分岐部分では、乱流が発生。

3-5 ②

能動輸送は、エネルギーを要した輸送。細胞膜におけるNaポンプなど。

3-6 ③ ④ 4-6と類似。

## 第2回 平成初年度

2-1 ① 4-1と類似。

2-2 ④ 5-3と同じ。

2-3 ① ④ ⑤ 7-1と同じ。

2-4 ④

ヤング率は、一方向に引張った場合の弾性係数のこと。

2-5 ① ② ⑤

超音波の生体特性で重要なのは、上記の3つ。誘電率とコンダクタンスは電気特性。

2-6 ③ 5-6と同じ。

## 第1回 昭和63年度

1-1 ④ 8-7, 5-1と同じ。

1-2 ① ⑤ 3-3と類似。

1-3 ① 3, 4と類似。

1-4 ①

減衰定数は周波数に依存。水では周波数の2乗に比例するが、生体組織では、より減衰が小さく、周波数に比例する。

1-5 ① ② ⑤ 3-6と類似。

1-6 ③

気温が変化しても、体温は一定。