

【問題1】 超音波の物理的性質について誤っているのはどれか。番号を解答欄

①にマークせよ。[6]

- a. 波長が短いほど直進性がよい。
- b. 生体の軟部組織では、振幅は体表面からの距離に応じてほぼ指数関数的に減衰する。
- c. 生体内の音速は大きい順で、筋肉、頭蓋骨、肺となる。
- d. 媒質における固有音響インピーダンスは、媒質中の音速と密度により定まる。
- e. 反射信号にはハーモニクス成分は含まれない。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ①= 9)

【解説】 超音波等よりも音の物理的性質に関する基本的な問題である。本文におけるそれぞれの事項について正誤をしてみる。

- a. 記述のとおりで、音波は波長が短い(周波数が高い)ほど直進性(指向性)がよい。
- b. 与えられた超音波の振幅を  $A_0$  とすると、生体内部での振幅  $A$  は、 $A=A_0\exp(-\alpha x)$  で表される。ここで、 $x$  は距離[cm]、 $\alpha$  は振幅に関する吸収係数[dB/cm]である。このように、超音波は生体の軟部組織では体表面からの距離に応じてほぼ指数関数的に減衰する。
- × c. 設問で与えられた臓器に関しては、その内部での音速は大きい順で、頭蓋骨、筋肉、肺となる。
- d. 超音波の強さ  $I$  は、 $I=(1/2)(p^2/\rho C)\times 10^{-7}$ [W/cm<sup>2</sup>]で表される。ここで、 $p$  は音圧[dyn/cm<sup>2</sup>]、 $\rho$  は媒質の密度[g/cm<sup>3</sup>]、 $C$  は媒質中の音速[m/s]であり、 $\rho C$  を固有音響インピーダンスという。
- × e. 音波の反射信号は、その成分は反射する前と変わらないから、当然ながら高調波、すなわち、ハーモニクス成分が含まれることになる。

【問題2】 放射線について正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a.  $\gamma$  線の波長は原子の固有 X 線よりも小さい。
- b. 放射性崩壊のうち、 $\alpha$  崩壊では、原子番号、質量数とも 2 だけ減る。
- c.  $\beta$  崩壊を生じて原子番号は変わらない。
- d. 半減期が 1602 年であるラジウムの質量が  $\frac{1}{8}$  になるのに 12816 年かかる。
- e. エネルギーは X 線の方が  $\gamma$  線より小さい。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ② = 4)

【解説】 放射線の性質に関する問題である。本文におけるそれぞれの事項について正しいかどうかをしてみる。

- a. 記述のとおりで、 $\gamma$  線の波長は原子の固有 X 線よりも小さい(X 線の  $1/100$  程度、すなわち、 $1/10 \mu\text{m}$  程度)。
- × b.  $\alpha$  崩壊では  $\alpha$  線を放出するが、 $\alpha$  線の本体はヘリウムの原子核であるから、 $\alpha$  崩壊により原子番号が 2、質量数が 4 だけ減少する。
- × c.  $\beta$  崩壊では  $\beta$  線が放出されるが、 $\beta$  線は電子であるため、原子番号が 1 だけ増加し、質量数は不変である。
- × d. 半減期とは、放射性元素の数が元の半分になるまでの時間  $T$  をいう。初めの原子数を  $N_0$ 、時間  $t$  後に残っている原子数を  $N$  とすると、 $N = N_0(1/2)^{t/T}$  となる。この式に、 $N_0 = 1$ 、 $N = 1/8$ 、 $T = 1602$  年を代入した  $1/8 = (1/2)^{t/1602}$  を解くと、 $t = 4806$  [年] となる。
- e. 記述のとおりで、X 線のエネルギーの方が、 $\gamma$  線のそれよりも小さい。ちなみに、X 線のエネルギーは可視光線の  $10^3 \sim 10^5$  倍、 $\gamma$  線のそれは可視光線の  $10^6$  倍程度である。

【問題3】 いま、凝固点降下法を原理とした浸透圧計で、ある血液の血漿浸透圧を測定したところ  $300 \text{ mOsm}/\ell$  が得られた。以下の設問に答えよ。

3-1 この血液の温度が  $37^\circ\text{C}$  だったとすると、実際の浸透圧はおよそ何 Pa か。番号を解答欄  にマークせよ。ただし、気体定数は  $8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$  とする。[2]

- 1) 8.0      2) 92      3) 770      4)  $1.1 \times 10^4$       5)  $7.7 \times 10^5$

3-2 凝固点降下係数が  $1.86^\circ\text{C}\ell\text{mol}^{-1}$  だったとすると、実際にこの血液が凝固した温度 [ $^\circ\text{C}$ ] はいくらか。番号を解答欄  にマークせよ。[3]

- 1)  $-1.86$       2)  $-1.43$       3)  $-0.56$       4)  $-0.43$       5) 0

3-3 この血液に等張なブドウ糖液 ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) 濃度はおよそ何%か。番号を解答欄  にマークせよ。[3]

- 1) 1.9      2) 5.0      3) 5.4      4) 50      5) 54

[正解] ③ = 5) ④ = 3) ⑤ = 3)

[解説]

3-1

浸透圧  $\pi$  は、以下に示す van't Hoff の式から算出できる。

$$\pi = CRT \text{ (ここで, } C: \text{モル浸透圧濃度} [\text{Osm m}^{-3}], R: \text{気体定数, } K: \text{絶対温度)}$$

この式に,  $C = 300/1000 \times 1000 = 300 \text{ mol m}^{-3}$ ,  $R = 8.314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ ,  $T = 37 + 273 = 310 \text{ K}$  を代入すると,

$$\pi = 300 \times 8.314 \times 310 = 7.73 \times 10^5 \text{ Jm}^{-3} = 7.73 \times 10^5 \text{ Pa}$$

が求める答えである。

3-2

血漿浸透圧の凝固点降下度  $\Delta T [^{\circ}\text{C}]$  は

$$\Delta T = 1.86 \times 0.3 = 0.56^{\circ}\text{C}$$

であるから、水の凝固点を  $0^{\circ}\text{C}$  とすればこの血漿の凝固した温度は

$$0 - 0.56 = -0.56^{\circ}\text{C}$$

となる。

3-3

ブドウ糖 ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) の分子量は  $12 \times 6 + 1 \times 12 + 16 \times 6 = 180$  である。

ブドウ糖は非電解質なので、

$$300 \text{ mOsm/l} = 300 \text{ mmol/l} = 0.3 \text{ mol/l} = 0.3 \times 180 = 54 \text{ g/l}$$

となる。％濃度は溶媒が水の場合、 $1\% = 1 \text{ g/dl}$  にほぼ置き換えられるので、

$$54 \text{ g/l} = 5.4 \text{ g/dl} = 5.4\%$$

が求める答えである。

【問題4】 以下の設問に答えよ。

4-1 100 mmHg の平均血圧をもつ動脈につながっているカテーテルを内筒の半径が1 cm の注射器に接続したとき、注射器の内筒が押し戻されないように抑えておくために、平均何 N の力が必要か。解答欄  に記入せよ。ただし、注射器の内筒と外筒との間の摩擦を無視するものとする。

[4]

4-2 上問(4-1)で、注射器の内筒の半径を5 mm のものに変えたとき、必要な力は半径1 cm のときの何倍になるか。番号を解答欄  にマークせよ。

[2]

- 1)  $\frac{1}{4}$     2)  $\frac{1}{2}$     3) 変わらない    4) 2    5) 4

【正解】 ㉠=4.2 N ㉡=1)

【解説】

4-1

圧力=力/受圧面積と定義されるので、必要な力  $F$  は  $F=圧力 \times 面積$  として計算することができる。注意すべき点は単位の整合性であり、ここでは力を N(ニュートン)で表すために、すべての物理量を SI の標準単位に変換しておくことが必要となる。圧力の単位は Pa, 面積は  $m^2$  に変換する。

圧力 100 mmHg については標準大気圧を 760 mmHg として、 $760 \text{ mmHg} = 101,325 \text{ Pa}$  なので、 $1 \text{ mmHg} = 133.3 \text{ Pa}$  となる。あるいは、大気圧が約  $1.03 \text{ kg/cm}^2$  となることを知っていれば、質量  $\times$  重力加速度 = 力となることを利用して、大気圧  $= 1.03 \times 9.8 \times 10,000 \text{ Pa} = 101,000 \text{ Pa}$  と概算できるので、これを使って、 $1 \text{ mmHg} = 133 \text{ Pa}$  を導くこともできる。いずれにせよ、有効数字 3 桁で考えるとすれば、 $100 \text{ mmHg} = 13,300 \text{ Pa} = 1.33 \times 10^4$  となる。一方、半径 1 cm の円柱の断面積は  $(1/100)^2 \times \pi$  となるので、面積  $= 3.14 \times 10^{-4} m^2$  となる。

したがって、力  $F = 圧力 \times 面積 = 1.33 \times 3.14 \text{ N} = 4.18 \text{ N}$  となる。有効数字を 2 桁で表せば 4.2 N である。

4-2

等しい圧力が作用している条件下で、内筒の半径が  $\frac{1}{2}$  になると受圧面積が  $\frac{1}{4}$  になるので、これを支える力は  $\frac{1}{4}$  でよいことになる。太い注射器ほど指に戻る圧力が大きくなってしまふことがわかる。

【問題5】遠心分離器にセットした容器を毎分6000回転で回した。回転の中心から10 cmの位置にある物質に働く遠心力は重力のおよそ何倍か。番号を解答欄⑦にマークせよ。ただし、重力は地球上での値とする。[6]

- 1) 100      2) 200      3) 600      4) 1200      5) 4000  
6) 10000    7) 20000    8) 40000    9) 60000    10) 100000

【正解】⑦=5)

【解説】遠心力の計算と重力の作用が正確に理解されれば、簡単な計算で解が求まる。

まず、遠心力は物体に作用する加速度と物体の質量によって決まる。加速度を $\alpha$ とすると、遠心力 $F$ は質量 $M \times$ 加速度 $\alpha$ で表せ、

$$\alpha = \text{回転半径 } r \times (\text{角速度 } \omega)^2$$

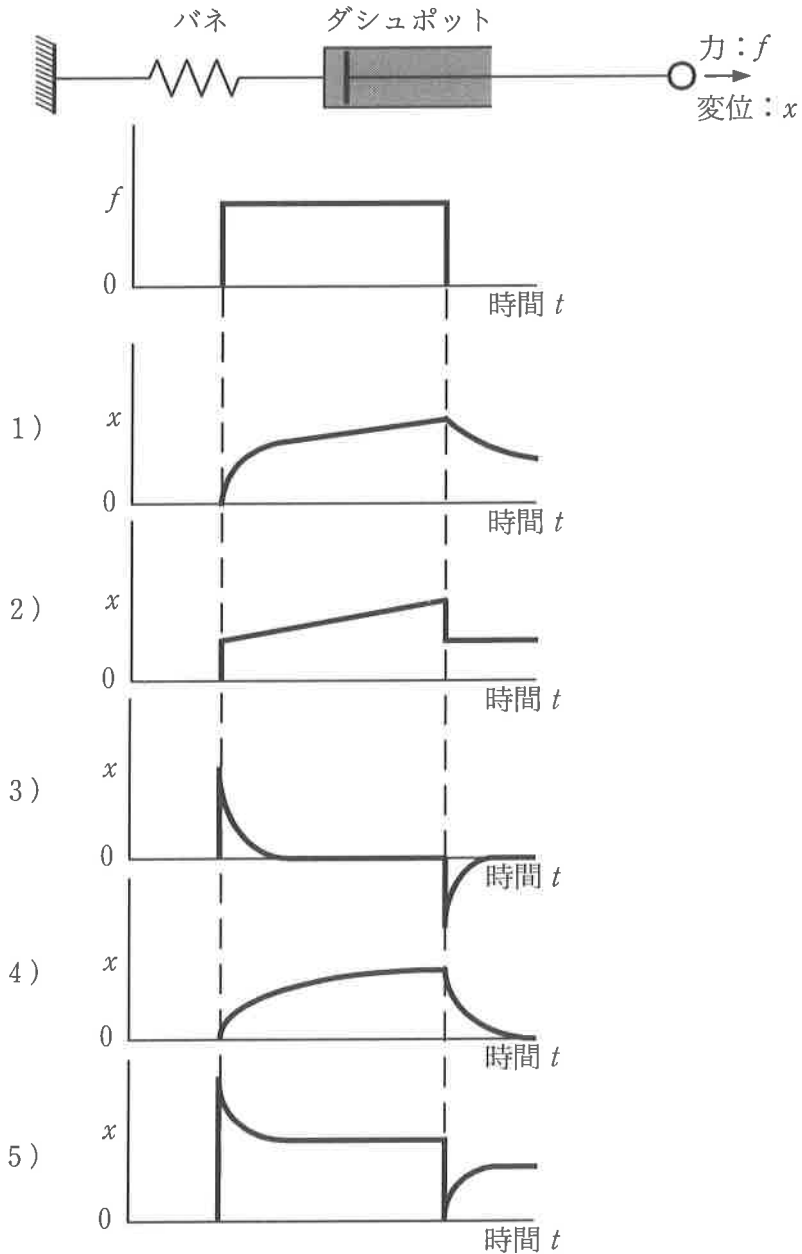
となる。

いま、半径 $r$ は0.1 m、角速度 $\omega$ は $2 \times \pi \times 6,000/60$  [rad/s]となるので、これを代入して、 $\alpha = 39,438 \text{ m/s}^2$ となる。ただし、rad(ラジアン)は角度の単位であり、無次元である。

一方、重力加速度は9.8 m/s<sup>2</sup>であるので、 $39,438/9.8 = 4,024$ から、回転による加速度は重力の約4,000倍ということになる。

実際の遠心力を算出するためには質量が与えられていなければならないが、本問では重力との比率を計算しているので、 $M$ は計算に不要となる。

【問題6】 図のように、バネとダッシュポットを直列につないだマックスウェルモデルの右端に、ある時間だけ一定の力  $f$  を加えた。このとき生ずる変位  $x$  の経時変化のパターンとして正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。  
[6]





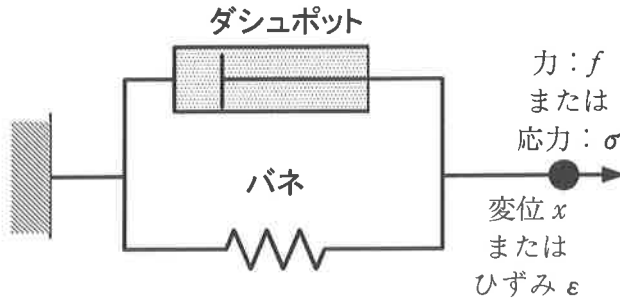
[正解] ⑧ = 2)

[解説] この問題ではバネとダッシュポットが直列に配置されている。

与えた力  $f$  はダッシュポットおよびバネに共通に作用している。この力によるダッシュポットの変位およびバネの変位の合計が全体の変位  $x$  (ひずみ  $\epsilon$ ) として現れる。

ダッシュポットは粘性体の作用により、力に比例した速度で長さが変化する。したがって、変位は時間に正比例して増加する。一方、バネの変位は力が与えられた瞬間にバネ定数で与えられた量だけ変位する。すなわち、加重が一定であれば、バネの変位は時間の経過にかかわらず一定である。

したがって、総合的な変位  $x$  (ひずみ  $\epsilon$ ) はこの両者の合計となり、選択肢 2) に示したような変化を示すことになる。系は流体的に振る舞い、力が存在する限り、ずるずると流動する。



この設問とは別に、上の図のように、たとえば、バネとダッシュポットが並列に接続された系では異なった応答を示す。この場合、与えた力はそれぞれの要素に分割されて作用し、その総和が力  $f$  (または応力  $\sigma$ ) となる。また、力により生じた変位  $x$  (ひずみ  $\epsilon$ ) は両端が結ばれているため、バネおよびダッシュポットでそれぞれ等しくなる。この場合、問題と同様の力を与えたとき、時間の経過に伴って以下のような挙動を示す。

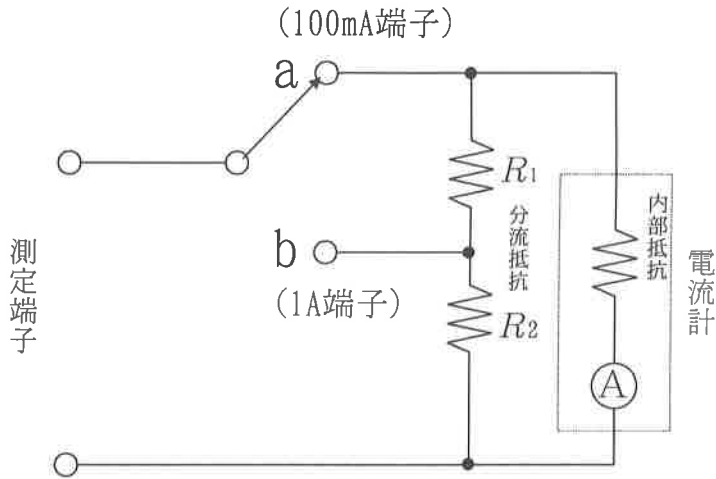
荷重を与えてからはじめのうちはダッシュポットの変位が少ないので、バネの変位もこれに応じて小さく、バネに分配される力は少なくなり、ダッシュポット側により大きな力が働く。時間の経過とともに、バネおよびダッシュポットは次第に長

第9回午前の部

さを増すが、これにつれてバネに分配される力が徐々に大きくなり、働く力の比率が逆転してくる。最終的には力はバネの変位のみ伝えられ、この位置で伸びが停止する。

この場合には選択肢4) で与えたような経過をたどる。

【問題7】 最大10 mAまで測定できる電流計(A)の測定範囲を100 mA(a端子)および1 A(b端子)に拡大するため、図のような切替式の分流抵抗  $R_1, R_2$  を用いた。ただし、電流計の内部抵抗は  $36 \Omega$  とする。以下の設問に答えよ。



7-1 a端子に切替えて100 mAに拡大する場合の分流抵抗の合成値( $R_1 + R_2$ )はいくらにすればよいか。番号を解答欄  にマークせよ。[3]

- 1)  $2.4 \Omega$     2)  $3.6 \Omega$     3)  $4.0 \Omega$     4)  $4.2 \Omega$     5)  $4.8 \Omega$

7-2 b端子に切替えて1 Aに拡大するためには分流抵抗  $R_2$ の値をいくらにすればよいか。番号を解答欄  にマークせよ。[3]

- 1)  $0.2 \Omega$     2)  $0.4 \Omega$     3)  $0.6 \Omega$     4)  $0.8 \Omega$     5)  $1.2 \Omega$

**[正解]** ⑨ = 3) ⑩ = 2)

**[解説]** 条件より、電流計に最大 10 mA 流す場合の分流抵抗を求めればよい。

a (100 mA 端子) に接続した場合に、分流抵抗 ( $R_1 + R_2$ ) と電流計に流れる電流値は、電流計には 10 mA (最大) 流れるので、分流抵抗 ( $R_1 + R_2$ ) へは 90 mA 流れる。したがって、次式が成立する。

$$(R_1 + R_2) \times 90 \times 10^{-3} = 36 \times 10 \times 10^{-3}$$

これより、

$$\text{分流抵抗 } (R_1 + R_2) = 4.0 \Omega$$

次に、b (1 A 端子) に接続した場合は、 $R_2$  に 990 mA、 $(R_1 + 36 \Omega)$  に 10 mA 流れるので

$$R_2 \times 990 \times 10^{-3} = (R_1 + 36 \Omega) \times 10 \times 10^{-3}$$

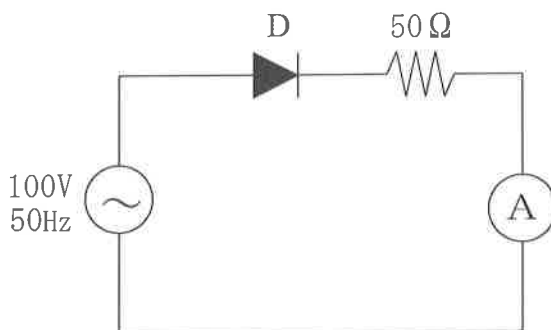
これに、 $R_1 = 4.0 - R_2$  を代入して解くと

$$R_2 = 0.4 \Omega$$

【問題8】 次の文章の空欄に当てはまる語句を解答欄 ， に記入せよ。[2×2=4]

図は、実効値が 100 V、周波数 50 Hz の正弦波交流電源にダイオード D、抵抗  $50\ \Omega$  および電流計  を接続した状態である。

電流計が可動コイル形であれば  を指示するので、値は 0.90 A であり、熱電形であれば  を指示するので、値は 1.41 A である。(電流計の内部抵抗およびダイオードの順方向抵抗は無視する。)



【正解】 ㉑ = 平均値 ㉒ = 実効値

【解説】

①可動コイル形計器

可動コイルに電流が流れると、この電流と永久磁石によって生じる磁界間の電磁作用で可動部を動作させる。感度が良く、直流用の電流計、電圧計として使用されている。

②熱電形計器

熱電対と可動コイル形計器を組み合わせたもので、電流によって熱せられた熱線の温度を熱電対によって直流電圧にかえて指示させるもの。とくに高周波用電流計として用いられる。(電気メスの点検時には必要な電流計である。)

【備考】 図の回路に流れる電流は次のようになる。

正弦波交流はダイオードにより半波整流となる。

$$e = E_m \sin \omega t = 100 \sqrt{2} \sin \omega t \quad \text{より}$$

$$\text{半波整流の電圧の平均値 } E_a = \frac{E_m}{\pi} = \frac{100 \sqrt{2}}{\pi} = 45.0 \text{ V}$$

したがって、

$$\text{電流} = \frac{0.45}{50} = 0.90 \text{ A}$$

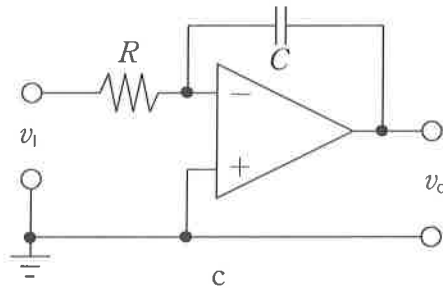
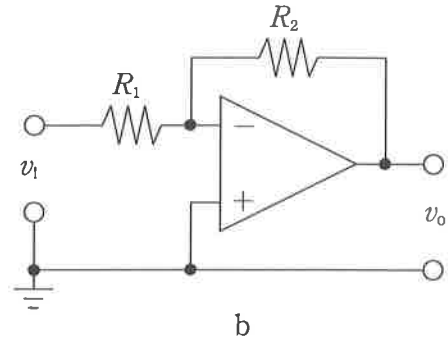
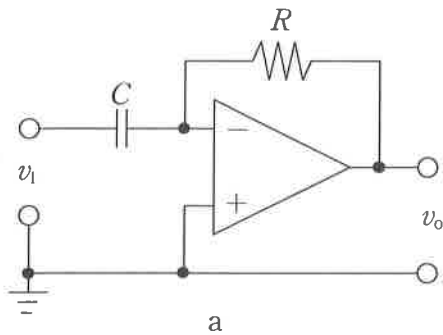
半波整流の電圧の実効値は、

$$E = \frac{E_m}{2} = \frac{100 \sqrt{2}}{2} = 70.7 \text{ V}$$

したがって、

$$\text{電流} = \frac{70.7}{50} = 1.41 \text{ A}$$

【問題9】 下図に示す a, b, c の電子回路に入力信号  $v_1$  として、 $v_1 = \sin \omega t$  と  $v_2 = \sin 2\omega t$  を個々に加えたときの電子回路の出力信号  $v_o$  の振幅をそれぞれ  $E_1$ ,  $E_2$  とする。出力電圧比  $E_2/E_1$  はそれぞれいくらか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]



	a	b	c
1)	1	0.5	2
2)	2	1	0.5
3)	0.5	1	2
4)	1	2	0.5
5)	2	0.5	1

【正解】⑪=2)

【解説】電子回路aは微分回路で利得は $-j\omega CR$ である。したがって、入力信号 $v_2$ の周波数は入力信号 $v_1$ の2倍であるから、 $v_2$ に対する出力電圧 $E_2$ は $v_1$ に対する出力電圧 $E_1$ の2倍となる。

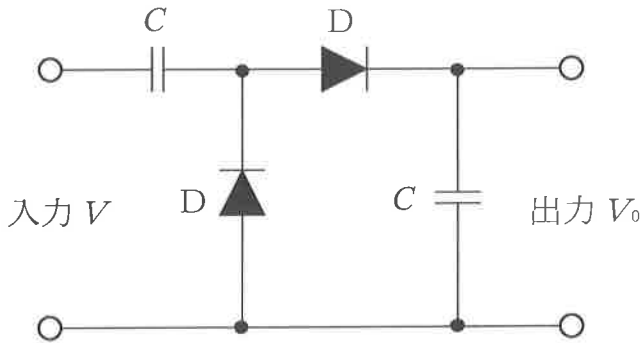
電子回路bは反転増幅器で利得は $-\frac{R_2}{R_1}$ であるから、入出力特性には周波数が関係しない。したがって、出力電圧 $E_1$ と出力電圧 $E_2$ は同じ値である。

電子回路cは積分回路で利得は $-\frac{j\omega C}{R}$ である。したがって、入力信号 $v_2$ の周波数は入力信号 $v_1$ の2倍であるから、 $v_2$ に対する出力電圧 $E_2$ は $v_1$ に対する出力電圧 $E_1$ の半分、0.5倍となる。

以上の結果、正解は2)となる。



【問題10】 下図の回路で入力を実効値電圧  $V$  の正弦波交流とするとき、電圧を加えてから時間が十分に経過した後の直流出力  $V_0$  はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。ただし、ダイオード  $D$  は理想的とし、コンデンサ  $C$  は十分に大きい値で、初期電荷を0とする。[6]



- 1)  $\frac{V}{\sqrt{2}}$       2)  $V$       3)  $\sqrt{2} V$       4)  $2 V$       5)  $2\sqrt{2} V$

【正解】 ⑫ = 5)

【解説】 入力の0電位側ラインよりダイオードを同一方向に偶数個積み上げてゆき、各ダイオードの接続部について、奇数番目の接続部には入力のホット側ラインより、偶数番目の接続部には入力の0電位側ラインより、コンデンサ  $C$  を通して接続すると、理想的には(入力電圧の振幅値)  $\times$  (ダイオードの個数) に相当する、ダイオードの負極側が正の直流電圧を得ることができる。この原理を用いて変圧器を用いずに交流電源から直流高電圧を作り出すことができる。ただし、現実には大きな直流電流を取り出すことが困難で、高電圧微弱電流出力の応用に限られる。この回路はダイオードが2個の場合で、出力の直流電圧は入力電圧の振幅値(この場合  $\sqrt{2} V$ ) の2倍であり、 $2\sqrt{2} V$  となり、倍電圧整流回路またはpp値検出回路といわれるものである。

回路の動作原理を問題のダイオード2個の場合について考えよう。問題に挿入された図の左側および右上のダイオードをそれぞれ  $D_1$ ,  $D_2$ , 左上および右側のコンデンサをそれぞれ  $C_1$ ,  $C_2$  とする。

はじめに左側のダイオード  $D_1$  とコンデンサ  $C_1$  のみの回路を考えると、半波整流回路が上下さかさまに描かれた形になっており、 $C_1$  と  $D_1$  との接続点の電圧はホット側入力端子からみて  $+\sqrt{2} V$  となる。このことは、入力の 0 電位側からみれば直流電圧  $+\sqrt{2} V$  に乗った振幅  $\sqrt{2} V$  の交流となり、言い換えれば、最小値 0、最大値  $+2\sqrt{2} V$  の脈流ということになる。これを電源として、この接続部の右には再び半波整流回路が  $D_2$  と  $C_2$  で構成されていることに注意されたい。この半波整流回路は+側の振幅の最大値  $2\sqrt{2} V$  を出力する、ピーク値ホールド回路となっており、この最大値に相当する直流出力  $V_0$  が得られる。

なお、 $C_1$  と  $D_1$  の接続点は  $D_1$  の向きにより決して負電位になることはできず、入力電圧の最小値を振幅値だけ底上げして 0 電位にクランプする働きをもつ。

そのような解釈では、 $D_1$  はクランプの働きを、また、 $D_2$  はピークホールドの働きをすることを考えることもできる。また、問題文で初期条件を規定しているのは、初期状態で  $C_2$  にすでに電荷が貯えられていて、 $D_2$  との接続部(つまり出力のホット側)に  $+2\sqrt{2} V$  を越す電圧が生じているとその電圧が保持されてしまい出力  $V_0$  が不明になってしまうからである。ダイオードの向きをすべて逆にすれば同じ大きさの負の直流電圧を出力するし、ダイオードが 4 個以上の場合も同様な考えで求められるので各自確かめてほしい。

- × 1) 実効値より小さくなることはない。
- × 2) 実効値検出回路ではない。
- × 3) 半波整流回路であれば  $C_1$ ,  $D_1$  は不要である。
- × 4) 入力電圧が実効値で与えられている。
- 5) 解説のとおり正しい。

【問題 11】 500 Hz の交流電流を未知抵抗に流し、デジタルマルチメータで測定された抵抗の両端の電位差と、抵抗を流れる電流値より抵抗値を算出した。電位差と電流の指示値はそれぞれ 15.075 V、10.00 mA であった。デジタルマルチメータの性能は下表のとおりである。以下の設問に答えよ。

交流電流

レンジ	周波数範囲	確度	分解能	内部抵抗
200 mA	50 Hz～1 kHz	±1% of reading	10 $\mu$ A	0.5 $\Omega$

交流電圧

レンジ	周波数範囲	確度	分解能	内部抵抗
20 V	50 Hz～1 kHz	±1% of reading	10 $\mu$ V	10 <sup>10</sup> $\Omega$

11-1 算出された抵抗値が含む誤差は何%か。解答欄  に記入せよ。[ 4 ]

11-2 誤差を考慮し、抵抗値を有効数字で解答欄  に記入せよ。[ 2 ]

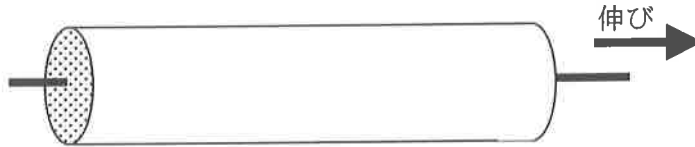
**[正解]** ㉔ =  $\pm 2\%$  ㉕ =  $1.51 \times 10^3 \Omega$

**[解説]** 確度  $\pm 1\%$  of reading とは、測定された電流値や電圧値の  $\pm 1\%$  が誤差であることを示している。未知抵抗の値を求めるためには測定電圧値を測定電流値で除して得られる。割り算により得られた値に含まれる誤差は、分母、分子それぞれの値の相対誤差の和で与えられる。電流、電圧両レンジの誤差は  $\pm 1\%$  であるから計算結果は  $\pm 2\%$  の誤差を含むことになる。

抵抗値は 15.075 を 10.00 で割ることにより与えられるから、抵抗値は 15.075 となる。この値の  $2\%$  は 0.30……である。したがって、小数点第1位に誤差が含まれていることになるので、小数点第2位の値7を四捨五入して抵抗値の有効数字  $15.1 \Omega$  が得られる。

有効数字は誤差の最大桁の次の桁の数値を四捨五入して得られる。したがって、有効数字の最終桁には誤差が含まれる。有効数字以上の数値を羅列することは意味のないことである。このことには十分に注意する必要がある。

【問題 12】 図のようなシリコンチューブの中を抵抗率  $\rho$  の電解質溶液で満たし、両端を金属電極でふさいだ変位測定センサを作った。荷重がないときには、チューブ内半径は  $r_0$ 、断面積は  $S_0$ 、長さは  $L_0$ 、内部の電解質溶液の体積は  $V_0$  であった。以下の設問に答えよ。



12-1 荷重がないときの、このセンサの電気抵抗  $R_0$  はどのように表されるか。番号を解答欄  にマークせよ。ただし、この電解質溶液および電極のインピーダンスは純抵抗で、電解質溶液は非圧縮性とする。[4]

- 1)  $\frac{\rho L_0^2}{V_0}$       2)  $\frac{\rho L_0}{V_0}$       3)  $\frac{\rho L_0}{r_0^2}$       4)  $\frac{\rho S_0}{L_0^2}$       5)  $\frac{\rho r_0}{S_0}$

12-2 このセンサに荷重をかけて伸ばしたら長さは  $L$  に、内半径は  $r$  になった。このときのセンサの電気抵抗  $R$  は、荷重がないときの電気抵抗  $R_0$  の何倍になるか。番号を解答欄  にマークせよ。ただし、両端の電極付近も一様に内半径  $r$  になるものとする。[4]

- 1)  $\frac{L}{L_0}$       2)  $\left(\frac{L}{L_0}\right)^2$       3)  $\frac{r}{r_0}$       4)  $\left(\frac{r}{r_0}\right)^2$       5)  $\frac{Lr}{L_0 r_0}$

[正解] ⑬=1) ⑭=2)

[解説]

12-1

円筒柱抵抗体の抵抗を求める問題で、基本的な問題である。ただ、円筒柱抵抗体が非圧縮性の電解質溶液で構成されるところがミソである。また、抵抗を、断面積の代わりに、内容積を用いて表すので、ちょっと面倒だが、幾何学的によく考えれば難しくはない。

一様な太さの棒の抵抗値  $R$  は、構成物質の抵抗率  $\rho$ 、長さ  $L$  に比例し、断面積  $S$  に反比例する。すなわち、

$$R = \frac{\rho L^2}{S} \dots\dots(1)$$

と表せる。

なお、棒の体積  $V$  は、 $V = SL$  と表せるので、 $S = \frac{V}{L}$  を(1)式に代入すると、

$$R = \frac{\rho L^2}{V} \dots\dots(2)$$

となる。題意の  $L_0$ 、 $V_0$  を代入すれば、荷重がないときの抵抗値は  $\frac{\rho L_0^2}{V_0}$  となる。

12-2

円筒柱を伸ばすと長さ  $L$  は増えるが、半径  $r$  は減り、断面積  $S$  も減るのであるが、ここに、内容積  $V$  が一定(液体が非圧縮性であるから)である条件を入れると、 $L$ 、 $R$ 、 $S$  の間には一定の関係が成り立つことがわかる。

前問解説の(2)式から、伸びる前の抵抗値  $R_0$  と、伸びた後の抵抗値  $R$  は

$$R_0 = \frac{\rho L_0^2}{V_0} \dots\dots(3)$$

$$R = \frac{\rho L^2}{V} \dots\dots(4)$$

である。ここで、 $V = V_0$  であるから、(4)式は

$$R = \frac{\rho L_0^2}{V_0} \dots\dots (5)$$

となる。(5)式と(3)式の比をとると、 $\frac{R}{R_0} = \left(\frac{L}{L_0}\right)^2$ となる。

【問題13】 インターネットでの外部からの不正アクセスを防護するのはどれか。  
番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) バックドア
- 2) トロイの木馬
- 3) スпам
- 4) ファイアウォール
- 5) 踏み台

【正解】 ⑮ = 4)

【解説】

- × 1) バックドアは、不正アクセスを許してしまう「裏口」のこと。システム管理者が認識しているかしていないかにかかわらず、正規のアクセス方法とその周辺ばかりに気を取られていると、思わぬバックドアが存在していてここから攻撃されることがある。
- × 2) ギリシャの伝説にあるトロイの木馬(Trojan Horse)では、ギリシャ軍が巨大な木馬を作りその内部に兵士を隠れさせた。この木馬を敵のトロイ軍陣地になる場所に潜ませ、トロイ兵士達が寝静まったのちに、内部のギリシャ兵が躍り出て陣地内から攪乱・攻撃した。この故事から、コンピュータ内部に無害を装って潜ませ、一定の時間やイベントに応じて破壊的な活動をするコンピュータ・プログラムのことをいう。
- × 3) スпам(spam)とは、大量無差別に配信されるメールのこと。内容が無害であると有害であるとを問わない。1通のみでは無害なメールも数万通というような大量が同時に配信されると、ネットワークが混雑することはいうまでもなく、中継するサーバが容量オーバーのために、動作不安定あるいは停止することもある。また、不安定になった状態の弱点を利用してルート権限を奪取する不正アクセスの準備段階として悪用されることもあるので、要注意。語源は、英辞郎によると、「英国 BBC が放映したコメ



ディーズ番組「モンティ・パイソン」(Monty Python)の中で、レストランにいる歌手たちが客の迷惑も顧みずに“Spam! Spam! Spam!”と歌い続けたところから?」とある。

- 4) ファイアウォール(fire wall)は言葉どおり防火壁のことで、インターネットの世界における不正侵入を防ぐセキュリティシステムの総称である。完成した既成のハードウェアとしてプログラムをインストールした製品もあれば、ソフトウェアとしてリリースされ、それぞれの利用者がコンピュータにインストールして「ネットワーク上の外部からの不正侵入を防ぐ機能」を完成することもある。
- ×5) 踏み台とは、不正アクセスや前記のスパムを大量に配信するような際に、犯行を隠すために、犯人が善意の第三者の管理するサーバなどを中継して(あるいは乗っ取って)配信に用いるサーバのこと。不良なインターネットユーザあるいは情報発信者として受取を拒否されている者でも、このように踏み台を利用して、かつ自らのアドレスも他人に「なりすまし」てメール配信を行うと、受取拒否をかいこぐれる。「踏み台」とされたサーバと管理者は本当は被害者であるが、スパムを送りつけられた人から見ると、加害者に見える。当然インターネット上での信頼を失い、そこからの受取を拒否される。「踏み台」にされないためには、サーバ管理の上で十分にセキュリティ対策を行い、こまめにウィルスやワームへのワクチンを更新していると、大部分は防げるので、現在では「踏み台」にされてスパムを発信してしまうと、職業としてサーバ管理をしている者でなくとも法的に管理責任を問われる。アマチュアだからといって、許してもらえないものではないことに充分注意されたい。

【問題14】 電子カルテの利用に関して考慮しておく必要のないのはどれか。番号を解答欄⑩にマークせよ。[6]

- 1) 真正性
- 2) 保存性
- 3) 見読性
- 4) 認証
- 5) 公開性

【正解】 ⑩ = 5)

【解説】 最初の3つは平成11年4月24日に厚生省が発した「診療録等の電子媒体による保存について」という3局長(健康政策局長, 医薬安全局長, 保険局長)通知における電子カルテの満たすべき3原則としてよく知られている。

- 1) 「真正性(しんせいせい)」は言葉どおり真に正しいかで、主治医の適切な時期での記入の後に他人によって書き込まれたり削除されたりしていないかという改竄(かいざん)のないことの保証である。医療現場では多忙であるので診察の最中には十分に書き込めなかったものを後で思い出しながら追記することは改竄ではなく、追記あるいは整理とみることができる。しかし、年余に渡った後日に思い出して書いたというような場合には適切な思い出しなのか、改竄なのか、その状況に応じて判断をせざるを得ない。いずれにしても、ライト・ワンス(追記しかできず、書き換えのできないこと)のメディアなどに蓄積していくことにより、記載されている内容が「いつ」「誰によって」「何が」記録あるいは追記・削除されたかが一目瞭然に保存されていることが真正性の保証のためには必要である。より厳密な真正性の保証には、保証したい電子的ファイル全体に対するハッシュ関数(hash function)をあらかじめ公的公開情報として新聞や雑誌等に掲載しておくなどの方法があるが、そこまで行うことは現状では希である。
- 2) 「保存性」は字義どおり。

- 3) 「見読性(けんどくせい)」については、使っているシステム端末でいつでも必要な情報がすみやかに画面あるいは印刷情報として視認できること要請されているものである。
- 4) 「認証」は、電子カルテにアクセスするスタッフに最初に求められるものであり、重要である。現在はスタッフのIDとパスワードを用いて認証を行う基本的なものから、指紋や瞳などユーザの身体の一部の情報を利用して認証を行うバイオメトリクスも増えてきた。このほかに「守秘性」というキーワードも電子カルテに要請されるポイントであるが、認証の概念と運用に含まれるので、3局長通知にも含まれない。
- ×5) 「公開性」は、一見カルテの「開示」などからひっかけりそうになるが、人間にとってもっともセンシティブな個人情報でプライバシーにかかわるカルテを公開することは通常考えられないので、×である。

【問題 15】 パケット通信方式について正しいのはどれか。番号を解答欄 ⑰ にマークせよ。[6]

- a. データ信号を一定の長さのブロックに分割し、1ブロックずつ伝送する方式である。
- b. 情報が間欠的に送られるので、対話型のデータ通信には利用できない。
- c. 行き先の異なる複数のパケットが1つの回線を共有できるので、回線利用効率がよい。
- d. インターネット上でのデータ通信には適さない。
- e. 同じ相手との通信の場合には、決まった経路で伝送しなければならない。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑰ = 2)

【解説】 パケット(packet)とは小包のことであるように、データをひとまとまりの塊にして情報交換する際に用いられる言葉である。この方法であると、それぞれのパケットに発信人と受取人とデータの順番を記して送れば、1本の高速な通信回線を、たとえば、N人という複数のユーザが、通信速度がN分の1には低下するけれども見かけ上同時に使うことができる。ほんの少しのタイムラグが生じてよいのであれば、対話型の通信にも十分に利用できる。近年普及の著しいインターネット電話はまさにこの方法であるから、対話にも使えることがわかる。

インターネットで用いられているのは、このパケット通信である。そのIPパケットの構造は、頭の部分(IPヘッダ)に、主要な情報として送信元IPアドレスや宛先IPアドレス、上位プロトコルの識別番号などが含まれている。これは、コンピュータ同士の通信であるイーサネットフレームの中に宛先Macアドレス、送信元Macアドレス、プロトコルタイプが含まれているのと同じである。インターネットはその出自が世界的な核戦争になったときにも生き残る通信網、という物騒なものであったために、最初から一定の経路を通らずとも通信できるよう

に設計された。インターネット網では、途中経路が例えずたずたになっても一部分でもつながっていれば、通信ができる。中継装置の判断で経路が動的に決められるため、往路と復路の経路も同じとは限らない。

【問題 16】 光ファイバ通信ケーブルの特性について正しいのはどれか。番号を

解答欄  ⑩ にマークせよ。[ 6 ]

- a. 信号周波数が 300 MHz より高くなると伝送損失が急激に増加する。
- b. デジタル信号伝送用に開発されたため、アナログ信号は伝送できない。
- c. 可視光～近赤外光の範囲であれば、伝送損失は波長に関係なく一定である。
- d. 外部からの電磁誘導雑音の影響を受けない。
- e. 1本のファイバで、2つの波長の光を使った双方向同時伝送が可能である。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑩=10)

【解説】 光ファイバが高速の通信ケーブルに用いられているのは、よく知られているから、たとえば、ギガビットネットワークなどの言葉があるように、現時点では高速通信ほど光通信ケーブルの真価が発揮されている。

また、通信線としてアナログ通信もすることはできるが、帯域の狭くて低いアナログ領域に用いることは信号線を占有することになるので、不経済であるために通常は用いない。

伝送損失は、光ファイバの素材と構造によって信号の周波数に大きく影響を与える。可視光～近赤外光の範囲であれば、伝送損失は波長に関係なく一定である、ということは一般にはいえない。

光ファイバの大きな特徴の1つが、外部からの電磁誘導雑音の影響を受けないことである。それを主たる目的に活用する領域も多い。

色の違う単色光を混ぜてもプリズムで再び分離できることから容易にわかるように、1本のファイバで、2つの波長の光を使った双方向同時伝送が可能であることはいうまでもない。

【問題 17】 情報通信ネットワークとその構成について誤っているのはどれか。

番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 従来の加入電話は、コネクション型(回線設定型)ネットワークである。
- b. ADSL はコネクション型ネットワークを利用したものである。
- c. パケット通信は、コネクションレス型(回線非設定型)ネットワークである。
- d. コネクションレス型ネットワークでは、ノードにモデムを介して接続する。
- e. ATM(非同期転送モード)は、コネクション型とコネクションレス型との両機能を用いた高速交換システムである。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑱ = 6)

【解説】 現在の情報通信ネットワーク上でのデータの流れ(データフロー)は、次のように、大きく2つに分類される。

(1) コネクション型(回線設定型)

中継交換局を設け、データの流れる道筋を回線によって設定してから、データを流す方式である。たとえば、データを流す場合に、ダイヤル信号によって、末端(加入者 A)から地区の交換局、地域の交換局、中央の交換局へと階層を上へとつなげ、そこから、逆に下がって地域、末端(加入者 B)へと回線を設定することで、データの送受信(電話など)を行う。また、この回線設定型は、一般の加入電話等で用いられる集中管理型ネットワークである。

(2) コネクションレス型(回線非設定型)

送るべきデータをパケット(細切れにしたデータの小包)にし、このパケットの頭に宛先を示すヘッダを付け、回線を設定せずに目的のところにデータを流す仕組みである。ヘッダには、IP(データ伝送をする一連の通信規則：インターネット・プロトコル)アドレスを付け、ルータ(パケットを通す道筋をつける機能をもつ装置)によって、目的の宛先に順次データを送る。回線

非設定型は、多くのノード間で多様なネットワークが組め、情報通信の自由度が大きい。コネクションレス型の代表的な例は、インターネットであることから、インターネット型ネットワークともいわれる。

回線設定型と回線非設定型とは、情報処理速度の点やネットワークの自由度の点などでも一長一短がある。

映像と音声等を含むデータ量[ビット/秒]が膨大な場合に、伝送効率を高めるために用いられる ATM(非同期転送モード)方式の場合には、ヘッダに仮想経路指定(VPI)機能をもたせ、宛先の同じセル(一定の長さのデータ)を同じ経路で送る方式をとっている。つまり、ATMは、コネクションレス型ネットワークを使用しながら、事実上、仮想的に回線を設定したコネクション型を用いるという、両方の特長を活かしたデータ伝送方式といえる。

- a. コネクション型(回線設定型)ネットワークの代表的な例である。
- × b. ADSLは電話回線を利用しているが、端末(パソコン)とルータが交換処理能力をもたせたコネクションレス型ネットワークを利用したものである。
- c. 解説(2)のとおり、パケット通信ネットワークは回線非設定型である。
- × d. モデムは、コンピュータのデジタル信号と電話などのアナログ信号間との変換装置であって、ネットワークの構成とは直接関係ない。この場合はルータを介して接続しなければならない。
- e. 解説のとおり、事実上両機能を利用している。



【問題18】 医療情報のデジタル処理に関係ないのはどれか。番号を解答欄

⑳にマークせよ。[6]

- 1) MPEG
- 2) PACS
- 3) DICOM
- 4) HL7
- 5) FMEA

【正解】 ⑳ = 5)

【解説】

- 1) Moving Picture Experts Group。映像データの圧縮方式の1つ。画像の中の動く部分だけを検出し保存するなどしてデータを圧縮している。MPEG-1 から MPEG-4 までの各規格が定められている。
- 2) Picture Archiving and Communications Systems。X線写真やMRI像など大量の画像を管理するシステムの総称。
- 3) Digital Imaging and Communications in Medicine。医療画像に関する通信と保存の規格。通信プロトコルから保存形式まで規定されている。
- 4) Health Level Seven。医療情報交換のための規格で、患者管理、オーダ、照会、財務、検査報告、マスタファイル、情報管理、予約、患者紹介、患者ケア、ラボラトリオートメーション、アプリケーション管理、人事管理などの情報交換を扱う。
- ×5) Failure Mode and Effects Analysis。故障モードとその影響解析。事前に予想されるあらゆる故障モードを列挙し、その中から周囲への影響度の高い故障モードを抽出し、事前に対策を講じようとする信頼性解析の手法。

【問題 19】 「フェイルセーフ」と考えられるのはどれか。番号を解答欄 ㉑ にマークせよ。[6]

- a. 人工呼吸器のアラームスイッチがオフにされないようにカバーを付ける。
- b. IABP 装置で大きなガス漏れがあると、バルーンを収縮状態にして停止する。
- c. 観血式血圧計のゼロ点調整ボタンは、誤って触れてもすぐには動作しない。
- d. 除細動器の操作パネル面には操作手順にそった番号を付ける。
- e. 電気メスの対極板コードが抜けると、アラームが出て停止する。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ㉑ = 7)

【解説】 「フルプルーフ」と「フェイルセーフ」の違いに関する問題である。

「フルプルーフ」：誤った行為を行えない(行いにくい)もしくは受け付けられない(危険予防手段)

「フェイルセーフ」：機器トラブルや誤操作により異常事態が発生しても安全性が保たれる(危険回避手段)

ということから判断する。

- × a. 人工呼吸器の使用者がアラームを切ったままにすることによる事故を防ぐために、アラームのスイッチが切れないようにカバーすることがあるが、これは「フルプルーフ」である。
- b. IABP のバルーンは膨張状態で停止するより収縮状態で停止する方がより安全であるので、これは「フェイルセーフ」である。
- × c. 観血式血圧計のゼロ点調整ボタンを大気開放状態でないときに誤って押すとゼロ点が変わってしまい測定誤差を生ずるので、通常、誤って触れてもすぐには動作しないようになっている。これは誤った行為を受け付けられないということなので「フルプルーフ」である。

- × d. 除細動器の操作パネル面には操作手順に沿った番号を付けることは、操作ミスを予防することになるので「フルプルーフ」である。
- e. 電気メスの対極板コードが抜けたままの状態で作動させることができると、分流による熱傷事故につながる危険性が生ずる。アラームが出て停止すればこの危険性を回避できるので「フェイルセーフ」である。

【問題 20】 JIS Z 8115：2000「ディペンダビリティ(信頼性)用語」に「耐用寿命」という用語があるが、この寿命の意味として誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 動作は正常だが、性能が現在の規格に合わなくなり使用できなくなったとき
- 2) 法定の耐用年数が経過したとき
- 3) 故障が頻発して修理する経済的利点がなくなったとき
- 4) 部材供給面からこれ以上の修理ができなくなったとき
- 5) 非修理系の製品が最初に故障したとき

【正解】 ②=2)

【解説】 JIS Z 8115：2000 では、「与えられた条件で、与えられた時点から故障強度が許容できなくなるまでの期間、またはフォールトの結果、アイテムが修理不能と考えられるまでの時間」と定義し、また備考として、次の説明がされている。

①修理系アイテムの故障強度が著しく増大し、経済的に引き合わなくなるまでの時間

②ソフトウェアアイテムの場合では、磨耗および劣化は発生しない。しかし、系に要求された機能および性能が現状の運用で不適切な状態になった時点、アイテムの終了とする。

これらの定義等から、次のとおり解答が得られる。

- 1) いわゆる故障でなく、性能が陳腐化して使用に耐えなくなった場合、備考②の説明からも、その時点が耐用寿命といえる。したがって、正しい。
- ×2) 耐用年数との用語は、大蔵省が定めた原価償却資産の耐用年数からきており、一般医療機器の場合、機器の故障の有無とは関係なく一律7年と定められているものが多い。したがって、誤りである。

- 3) 故障が頻発して修理する経済的利点がなくなったときは、備考①の説明のとおり耐用寿命といえる。したがって、正しい。
- 4) 部材がなくなり修理ができなくなったとき、すなわち、アイテムの修理不能であり耐用寿命といえる。したがって、正しい。
- 5) 非修理系の製品が最初に故障したとき、修理して再使用ができないわけであり、この時点が耐用寿命といえる。したがって、正しい。

【問題 21】 静電気による心電図モニタ障害対策として有効でないのはどれか。

番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 導電性の繊維でできたカーテンを使用する。
- b. アルコール綿で皮脂を取ってから電極を貼る。
- c. 室温を上げる。
- d. 室内を加湿する。
- e. ハムフィルタをオンにする。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ㉓ = 9)

【解説】 心電図をモニタリングしている患者の体に静電気が帯電すると、心電図の基線が大きく変動して観察しにくくなる。これを防ぐには静電気の発生を抑えるか、基線の変動を抑える必要がある。

- a. 導電性の繊維でできたカーテンを使用するとカーテンの開閉に伴う静電気の発生を防げる。
- b. アルコール綿で皮脂を取ってから電極を貼ると電極の接触抵抗が下がり、心電図アンプの差動増幅器の実質的な同相弁別比が向上する。したがって、静電気による同相直流電位が相殺され基線の変動が抑えられる。
- × c. 室温を上げても静電気の発生を抑えることはできない。
- d. 室内を加湿すると静電気の発生が抑えられる。
- × e. ハムフィルタはハム(交流雑音)を除去するだけで、静電気の直流電位を除去することはできない。

【問題 22】 発生した故障を現象別に分け、件数の多い順に並べて問題点がどこにあるかを見出すために用いる QC 手法は何か。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 特性要因図
- 2) チェックシート
- 3) ヒストグラム
- 4) 散布図
- 5) パレート図

【正解】 ②4 = 5)

【解説】 それぞれの手法の意味は次のとおりである。

- × 1) 結果と原因の因果関係を表した図であり、フィッシュボーンともいわれ、故障の原因等を調べるために用いられる。したがって、誤りである。
- × 2) データ(計測値)が分類項目別のどこに集中しているかを見やすく整理したものであり、チェック状況の姿から異常個所がどこかを調べることなどに用いられる。したがって、誤りである。
- × 3) データの区間幅ごとの度数を棒グラフで表した図であり、グラフの形からバラツキや異常を知ることに用いられる。したがって、誤りである。
- × 4) 相関図ともいい、2つの対になったデータをグラフ上に点で表した図であり、データ間にどのような関係があるか知るために用いられる。したがって、誤りである。
- 5) 不具合、故障などの発生件数等を項目別に分け、件数の多い順に並べた図であり、問題点がどこにあるか調べるのに有効である。したがって、正解である。

【問題23】 JIS T 0601-1-2「電磁両立性(EMC)」で定められた用語の意味で誤っているのはどれか。番号を解答欄(25)にマークせよ。[6]

- 1) 電磁妨害 : 機器の性能を劣化させる可能性がある電磁的現象
- 2) エミッション : ある発生源から電磁エネルギーを放出する現象
- 3) イミュニティ : 許容できないような電磁妨害を他の機器に与えないこと
- 4) 感受性 : 電磁妨害が存在する環境で、機器の(性能の)劣化の発生のしやすさ
- 5) 電磁雑音 : 時間的に変化する電磁的現象の一種で、明らかに情報を伝えず、かつ、希望信号に重畳または結合する可能性のあるもの

【正解】 ②=3)

【解説】 JIS T 0601-1-2:2002「医用電気機器—第1部:安全に関する一般的要求事項—第2節:副通則—電磁両立性—要求事項および試験」で定められた各用語の定義は次のとおりである。

- 1) 電磁妨害(ELECTROMAGNETIC DISTURBANCE): 機器および/またはシステムの性能を劣化させる可能性がある電磁的現象(備考: 電磁妨害は、電磁雑音、望まない信号または伝搬媒質自体の変化である場合がある。)
- 2) (電磁)エミッション [(ELECTROMAGNETIC)EMISSION]: ある発生源から電磁エネルギーを放出する現象。
- × 3) (妨害に対する)イミュニティ [IMMUNITY(to a disturbance)]: 電磁妨害が存在する環境で、機器および/またはシステムが(性能)の劣化を伴わずに作動する能力
- 4) (電磁)感受性 [(ELECTROMAGNETIC)SUSCEPTIBILITY]: 電磁妨害が存在する環境で、機器および/またはシステムの(性能)の劣化の発生のしやすさ(備考: 感受性は、イミュニティの欠落を意味する。)



○5) **電磁雑音(ELECTROMAGNETIC NOISE)**：時間的に変化する電磁的現象の一種で，明らかに情報を伝えず，かつ，希望信号に重畳または結合する可能性があるもの。

したがって，3)は誤りである。

なお，**電磁両立性(ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY)**：EMCについて，機器および/またはシステムが存在する環境で，許容できないような電磁妨害をいかなるものに対して与えず，かつ，その電磁環境で満足に機能するための機器および/またはシステムの能力と定義している。とくに，このEMCとエミッションおよびイミュニティについては，医療機器の性能を表すときに使用されるので，それぞれの意味について理解しておく必要がある。

【問題 24】 電磁波による医用電気機器への影響について誤っているのはどれか。  
番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) JIS T 0601-1-2 では、3 V/m の電界強度の無線周波電磁界で影響されないことと規定されている。
- 2) 電気メスは ISM 周波数を使用している。
- 3) 2.4 GHz 帯の無線 LAN は電子レンジから漏れたマイクロ波に影響されることがある。
- 4) 盗難防止装置(電子商品監視機器)は植込み型心臓ペースメーカーに影響を及ぼすことがある。
- 5) 院内で使用されるポケベル(ページングシステム)の子機は医用電気機器への影響を考えなくてもよい。

【正解】 ② = 2)

【解説】 電磁波による医用電気機器への影響に関する問題である。

- 1) JIS T 0601-1-2 では、医用電気機器のイミュニティとして 3 V/m の電界強度の無線周波電磁界で影響されないことと規定されている。
- × 2) 電気メスは ISM(industrial, scientific, medical)装置の 1 つではあるが、特定の ISM 周波数は使用していない。
- 3) 電子レンジは ISM 装置の 1 つで 2.45 GHz の ISM 周波数を使用している。したがって、これから漏れたマイクロ波によって 2.4 GHz 帯の無線 LAN が影響されることがある。
- 4) 盗難防止装置(電子商品監視機器)のゲートからは強い磁界もしくは電波が発生するので、植込み型心臓ペースメーカーに不可逆的な影響を及ぼすことがある。
- 5) 院内で使用されるポケベルの子機は受信専用なので、自らは電磁波を出すことはない。したがって、医用電気機器への影響を考えなくてもよい。

【問題 25】 約 1 kHz から 10 数 MHz の周波数帯域で生体組織の誘電率，導電率が非常に大きく変化する ( $\beta$  分散)。この原因と考えられているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 細胞膜と細胞内液による多層構造
- 2) 細胞内外液の電気的非線形性
- 3) 細胞内外液内イオン分布の変動
- 4) 細胞膜の電気的非線形性
- 5) 細胞内外液の水分子の配向

【正解】  = 1)

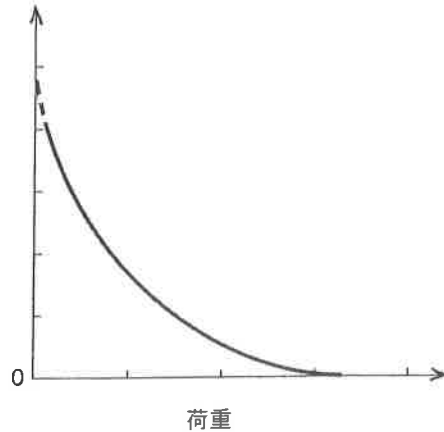
【解説】

- 1) 細胞膜と細胞内液による多層構造の生体組織のアドミタンスは細胞膜の値を示す。数 kHz 近辺では細胞膜の電気的特性が細胞の電気的特性として現れる。細胞膜の厚さ  $t$  が数 10 nm であり細胞の大きさ  $d$  が数 10  $\mu\text{m}$  から数 mm の場合，細胞の導電率と誘電率は，見かけ上，それぞれ細胞膜の導電率，誘電率の  $d/t$  倍として現れるため，誘電率は非常に大きな値を示す。細胞膜の導電率はもともと非常に小さいため  $d/t$  倍されても細胞内液の導電率よりわずかに小さな値を示す。周波数が数 100 kHz から 10 数 MHz になると，細胞膜の特性は無視できる程度に小さくなり，細胞内液の電気的特性が主流となるため，細胞の電気的特性は細胞内液の電気的特性を示すことになる。生体組織の電気的特性はこのような電気的特性を示す細胞が配列して構成されているため，生体組織の電気的特性は細胞と同様の特性を示すことになる。
- × 2) 細胞内外液の電気的非形成線形性はそこに含まれるたんぱく質やヘモグロビンなどの影響により現れる (緩和現象)。この現象は数 10 MHz から 1 GHz の間に出現する。
- × 3) この現象は  $\alpha$  分散と呼ばれ，数 Hz から数 kHz の間に出現する。

- × 4) この現象は大電流を細胞膜に流したときや神経活動に関係した生体電気特性の能動特性に関係した現象である。
- × 5) この現象は  $\gamma$  分散と呼ばれ、20 GHz 近辺の周波数帯に出現する現象である。

【問題 26】 Hill の式で表される下図の筋力学特性で縦軸はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 筋の粘性
- 2) 筋の密度
- 3) 筋の長さ
- 4) 筋の収縮力
- 5) 筋の収縮速度



【正解】  = 5)

【解説】 第5回午前【問題 23】に出題された過去問の解答肢を多少変更したものであるが、正解には変わりがないので過去問解説も参照されたい。

- × 1) Hill の式は粘性の変化を表すものではないし、問題の付図のように粘性が劇的に変化するはずはない。
- × 2) 荷重に耐えることによって筋の密度が変化するとすれば、荷重の増大に伴い密度が多少増加することはあっても、劇的には減少しないであろう。
- × 3) 筋の長さは荷重とともに引っ張られ短くなりにくくなる上に、最低限の長さはどうしても必要で、0 に漸近するはずはない。
- × 4) 筋の出す収縮力は荷重とともに増大せねば耐えられない。
- 5) 重たいものほど素早くは持ち上げられないのは日常よく経験するところである。

【問題 27】 均質な生体組織内にキャビテーションを生じさせないで加温効果が得られる超音波の強さはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 1 ~ 5 mW/cm<sup>2</sup>
- 2) 10 ~ 50 mW/cm<sup>2</sup>
- 3) 100 ~ 500 mW/cm<sup>2</sup>
- 4) 1 ~ 5 W/cm<sup>2</sup>
- 5) 10 ~ 100 W/cm<sup>2</sup>

【正解】 ②9 = 4)

【解説】 超音波周波数などにも依存するが、通常、超音波診断装置に用いられる 1 MHz 近辺の超音波については、エネルギー密度が 0.1 W/cm<sup>2</sup> 程度以下までは、超音波の減衰に見合う熱発生があるものの、その熱は循環系などによって運び去られ組織が非可逆的な変化を受けることはない。しかし、この値をこえると、組織に直接的な機械力が働くようになるといわれ、いろいろな力が働いて組織が変形すると、媒質の特性が線形でなくなる。さらにエネルギー密度が 10 W/cm<sup>2</sup> に近づくとキャビテーションといわれる現象がみられる。周波数にもよるので一概にはいえないが、選択肢のうちでは 4) が妥当である。

【問題28】 血液と血流の性質について正しいのはどれか。番号を解答欄 

30
----

 にマークせよ。〔6〕

- 1) 粘性はヘマトクリット値に依存しない。
- 2) 流速が大きくなるほどニュートン流体からはずれる。
- 3) 大動脈などで乱流域にある血流は近似的にポアズイユの法則に従う。
- 4) 管径  $100\ \mu\text{m}$  程度の動脈内では赤血球が管壁に留まり、見かけの粘性が増加する。
- 5) 大動脈弓など血管が曲がる部分では遠心力による2次流れが生ずる。

【正解】 ③ = 5)

【解説】 循環系での血液と血流の性質について雑多に問う問題である。

- × 1) ヘマトクリット値は血液の濃さを示し、血液のどろどろした性質、つまり粘性に関係がある。
- × 2) 流速が0ないし小さい場合、血球同士がくっつき合うなど見かけの粘性を増加させる性質が顕著に現れ、ニュートン流体、つまり粘性が流速に依存しないものとは異なる振る舞いを示すが、流速が大きくなるにつれてその性質が目立たなくなる。
- × 3) ポアズイユの法則は流線が明確な層流において成立し、大動脈など乱流域にある血流では成立しない。
- × 4) 細い動脈では血液の流れが相対的に速くよどむことがなく、選択肢2)で述べたように見かけの粘性の増加を無視できる。
- 5) 血管が曲がっているとポアズイユの式に従い血管の中心部を高速で流れる血液は大きな遠心力を受け、曲率中心と反対側への力を受け、その方向への流れを生ずる。この血液の流れは周辺部で曲率中心の方向へ戻る流れを生み出し、互いに逆向きの螺旋を描く2次流れとなる。

【問題 29】 表に示す 1 MHz における超音波吸収係数を参考にすると、肝の超音波吸収係数はおよそいくらと考えられるか。番号を解答欄  にマークせよ。

[ 6 ]

	吸収係数 [dB/cm]
水	0.0022
血液	0.18
脂肪	0.63
筋(線維方向)	1.3
頭蓋骨	13

- 1) 0.35      2) 0.94      3) 2.3      4) 4.9      5) 8.5

【正解】 ③ = 2)

【解説】 体内の各組織について吸収係数の大小を比較する問題である。脂肪と実質臓器の肝臓とどちらが吸収係数が大きいかには解く手がかりに乏しく、論理的に解答を導くのは難しいかもしれない。わずかではあるが、脂肪より肝臓の実質組織のほうが吸収係数が大きいとされる。したがって、選択肢 2) が正解である。なお、周波数にも依存するので、測定周波数が明記される必要がある。



【問題 30】 放射線の生物学的作用に関係ないのはどれか。番号を解答欄 32 にマークせよ。[6]

- a. CT 値
- b. RBE
- c. Sv(シーベルト)
- d. Gy(グレイ)
- e. R(レントゲン)

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 32 = 4)

【解説】 放射線量の指標および単位に関する問題で、純粋に物理的な指標や単位と生物学的作用を考慮した指標や単位を区別できることが求められている。

- × a. CT 値は、吸収による透過 X 線の減衰度を、水を 0、空気を -500 として示し、生体組織の放射線透過・吸収特性を表すのに便利な表示法であるが、生物学的な作用が考慮されているわけではない。
- b. RBE は生物学的効果比(relative biological effectiveness)のことで、生物学的効果に関与する指標である。Gy(グレイ)や rad(ラド)など、生物学的作用をもたらす物理量である吸収線量について、同じ効果を生体に及ぼす当該の放射線の吸収線量を電子線と比較して逆比をとったものである。
- c. Sv(シーベルト)は線量当量の SI 単位で、組織内のある点での吸収線量(Gy)と線質係数およびその他の補正係数の積である。したがって、Sv は生物学的効果が比較できる単位である。なお、従来用いられてきた吸収線量(rad)による線量当量の単位 rem との間には、 $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$  の関係がある。
- d. Gy(グレイ)は選択肢 b, c に示すとおり、生物学的作用を定量化しうる物理量である。

× e. R(レントゲン)は古くから用いられてきた照射線量の単位であって、放射線量は放射線源の強さを表し、放射線を吸収する生体組織とは無関係な物理量である。

【問題 31】 次の文章の空欄に当てはまる語句の組み合わせで正しいのはどれか。  
番号を解答欄  にマークせよ。[6]

血液透析などに使用されている膜は一般に、  の材料で構成されている。  
膜型人工肺に使用されている膜は  である。どちらの膜も拡散係数が  ，膜厚が  なるほど物質移動が速くなる。

	a	b	c	d
1)	疎水性	疎水性	小さく	大きく
2)	疎水性	親水性	小さく	大きく
3)	親水性	疎水性	小さく	大きく
4)	疎水性	親水性	大きく	小さく
5)	親水性	疎水性	大きく	小さく

【正解】 ③ = 5)

【解説】 血液透析膜は、材質が均一の膜は親水性であり、複数の材質によって構成される複合膜であっても、その表面は一般に親水性の処理がしてある。一方で人工心肺などに利用されるガスの透過膜では、疎水性の材料や表面処理がなされている。

また、透過膜による物質移動を考えるモデルで最も単純な多孔質モデルは、溶質の透過する速さは膜厚が薄いほど速く、また膜孔の断面積が大きいほど溶質の透過する速さは速く、さらに拡散係数が大きいほど、透過する速さは速くなる。

【問題 32】 次の医用材料とその使用目的との組み合わせで正しいのはどれか。

番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. コラーゲン————人工皮膚
- b. シルク————外科手術用縫合糸
- c. セルロース————人工靱帯
- d. ポリスルフォン————人工肺
- e. キトサン————バルーンカテーテル

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ③4 = 1)

【解説】

- a. 生体結合組織に存在する天然繊維で、生分解性の特性を有しており、人工皮膚、創傷被覆材に用いられる。
- b. 絹は蚕が作り出す天然糸であり、高い機械的強度および生体内非吸収性の特性を有し、外科手術用縫合糸として用いられる。
- × c. 植物を生産源とした多糖類で、化学的安定性、湿潤状態でも高い機械的強度を有する。人工腎臓用透析膜としては再生セルロースが用いられている。
- × d. 合成高分子の1つで、血液透析膜や血液濾過膜などに利用されている。
- × e. 甲殻類、昆虫類、菌類より生産される多糖類で、生分解性の特性を有し、吸収性縫合糸、創傷被覆材として用いられている。

【問題 33】 次の生体反応のうち急性反応はどれか。番号を解答欄 35 にマークせよ。[6]

- a. 発熱反応
- b. カプセル化
- c. 組織肥厚化
- d. 石灰化
- e. 補体活性化

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 35 = 4)

【解説】 それぞれの生体反応は以下に分類される。

- a. 急性毒性反応
- × b. 慢性異物反応
- × c. 慢性異物反応
- × d. 慢性異物反応
- e. 急性異物反応

【問題1】 病院管理について誤っているのはどれか。番号を解答欄①にマークせよ。[4]

- a. わが国で病院管理者(院長)になれる有資格者は、医師、歯科医師のみである。
- b. わが国では病院管理者(院長)は、有資格者であっても病院管理学に関する研修を修了していなければならない。
- c. 病院事業の維持・保全是、病院管理の目的の1つである。
- d. 臨床ME専門認定士は、病院管理に関連する業務を行うことができる。
- e. 医療機器の保守・安全管理は、病院管理に関する業務に含まれない。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ①=7)

【解説】 病院管理についての基本的な事項に関する問題である。本文におけるそれぞれの事項について正誤をしてみる。

- a. 記述のとおり、わが国で病院管理者(院長)になれる有資格者は、医師、歯科医師のみである。
- × b. わが国では、有資格者であれば病院管理学に関する知識などがいっさいなくとも病院管理者(院長)に就任することができる。ただし、このことは、医療管理、経営管理の両面において問題が発生しつつある昨今、病院管理上、好ましいとはいえない制度である。
- c. 病院管理の目的は、患者の診療・看護を適切に行うため、医師、看護師、薬剤師など医療従事者が十分に各自の業務を遂行しうるようはからい、良質の医療を提供可能とするほか、病院事業の維持と保全という立場から、経営管理についても目を向け、両者のバランスをとることが重要である。
- d. 臨床ME専門認定士に期待される業務のうち、医療機器・設備の保守・安全管理は主要なものであるが、医療機器・設備の保守・安全管理は、安全

第9回午後の部

かつ適切な医療を提供するために不可欠であり、病院管理業務のうちでも重要な位置を占めつつある。

- × e. 前問の選択肢の解説で述べたように、医療機器・設備の保守・安全管理は、重要な病院管理業務の1つである。

【問題2】 次のうち、正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。

[4]

- a. 点検していない機器を使用して、患者の身体や財産に被害が生じた場合、PL法の適用対象になる。
- b. 製造業者により定められた耐用年数を過ぎた医療機器による事故は、PL法にいう製品の欠陥による事故とは認定されない。
- c. 医療機器の使用により被害が生じた場合、PL法の適用にあたって、使用者の知識・技量の程度は問題にならない。
- d. 医療機器の修理ミスにより患者に被害を生じた場合、PL法は適用されない。
- e. 保守点検・修理業務の行為は、PL法における製造物に相当する。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ② = 6)

【解説】 この問題は、医療機器に対するPL(製造物責任)法の適用に関する問題である。それぞれの事項について正しいかどうかをしてみる。

- × a. 医療機器の無点検や点検ミス、あるいは修理ミスにより患者の身体や財産に被害が生じた場合、PL法は適用されず、従来どおり、民法第709条(不法行為責任)が適用されると考えられている。
- b. PL法では、消費者が合理的に認識することのできる耐用年数を経過した後の故障等は、原則として欠陥にあたらないと解すべきであるということが記述されている。
- × c. 医療機器は、使用者の専門知識や技量により使用結果が大きく左右されるため、被害が生じた場合、機器の欠陥によるものか、使用者の知識・技量の不足によるものかについての慎重な判断が求められている。
- d. 選択肢 a の解説で述べたように、医療機器の修理ミスで生じた患者の被害



に対しては、PL法は適用されない。

- × e. PL法では、保守点検や修理業務の行為そのものは、製造物にあたらないと解されている。

【問題3】 次の文章の空欄に当てはまる語句を解答欄  ～  に記入せよ。[2×5=10]

- 3-1 医療機器・システムの管理にあたっては、機器の使用が必要な際に、単に機器の員数をそろえるのみならず、必要時に機器の有する性能が十分に発揮されるとともに、患者および操作者の  が保たれるよう管理されなければならない。
- 3-2 機器の購入時には、機器の使用者である臨床スタッフのほかに、機器の  にあたる職員も加わり、機器の仕様を決定した後、種々の面から購入する機器の  を多角的に行い、購入すべき機器の機種を決定する。
- 3-3 医療機器の保守点検業務に関する施行規則などは  法に基づいている。
- 3-4 医療機器に関する国際規格には、  と IEC によるものがある。

**【正解】** ①=安全 ②=保守管理 ③=評価 ④=医療 ⑤=ISO(国際標準化機構)

**【解説】** 病院管理の一環としての医療機器の保守管理，医療機器と関連法規に関する基本的問題である。

3-1

病院管理の立場からの医療機器の管理は，単なる物品管理における員数やアライバイの管理のみならず，必要時にその有する機能が十分に発揮され，しかも患者ならびに操作者の安全が確実に保たれているように管理がなされなければならない。

3-2

医療機器の保守点検業務に関する施行規則などは医療法で，また修理業務に関するそれは薬事法に基づいている。

3-3

医療機器に関する種々の規格のうち，国家規格としてはJIS(日本工業規格)が，また国際規格としては，国際標準化機構(ISO)と国際電気標準会議(IEC)の規格がある。

【問題4】 JIS T 0601-1「医用電気機器の安全基準」では、B形装着部の単一故障状態の患者漏れ電流 I の許容値は、マクロショックにおける最小感知電流 1 mA の $\frac{1}{2}$ の 0.5 mA と定められている。この規定値の決め方の根拠となる考え方はどれか。番号を解答欄□③□にマークせよ。[6]

- a. 医用電気機器はどのような状態でも感電の危険があってはならない。
- b. 2つの故障が同時に起きた場合に危険になることは容認する。
- c. 正常状態の規制値は単一故障状態の $\frac{1}{5}$ とする。
- d. 正常状態の規制値は安全係数を 10 とする。
- e. 単一故障状態の規制値は危険値(許容できない値)の $\frac{1}{2}$ とする。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ③ = 7)

【解説】 JIS T 0601-1(以下、「安全基準」という)の医用電気機器の漏れ電流規制値に関する「根本的な考え方(フィロソフィ)」に関する問題である。

安全基準では、「単一故障」について、各項で次のように定めている。

- 2.10.11 単一故障状態 機器に備えた危害に対する保護手段の1つが故障するか、または外部に1つの異常状態が存在する状態。
- 3.1 機器は、製造業者の説明書に従って、輸送、保管、設置、正常な使用における操作および保守されたとき、正常状態および単一故障状態で当然予想される危害を生じてはならない。……
- 4.6 d) 単一故障状態における試験中には、そのつど1つの故障だけを適用する。
13. 一般 機器は、正常な使用時および単一故障状態における電撃の危険をできる限り未然に防止するように、設計しなければならない。
- 19.1 b) 連続的な接地漏れ電流、外装漏れ電流、患者漏れ電流および患者測定電流の規定値は、次の条件のあらゆる組み合わせに適用する。

－正常状態および規定した単一故障状態

以上から、安全基準では「1つの故障(単一故障状態)までは安全でなければならぬ」としているが、2つの故障が重なった状態で危険になることは容認している」とことになる。

この理由は、安全基準では、はっきりとは述べられていないが、

- 1) 2つ、3つと重なる場合を規定してはきりが無い。
- 2) 故障の確率を低いものとする、2つ以上故障が重なる確率は非常に低くなる。
- 3) 安全手段は「機器の安全」のみではなく「設備の安全」「使用の安全」で確保されるべきもので、日常的、定期的な点検がなされれば、機器は単一故障状態時にこれを発見できるはずである。

という考えに基づいているはずである(「付属書(A)概説および解説」に考え方が述べられているので参照することを薦める)。

以上のことから、漏れ電流に関して「単一故障状態の許容値は危険(限界)値の $\frac{1}{2}$ に設定する」という基本的な考え方が生まれる。これは、この故障が2つ重なると、 $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$ 、すなわち、「危険」ということから、当然の「単一故障状態値の設定方法」と考えられる。

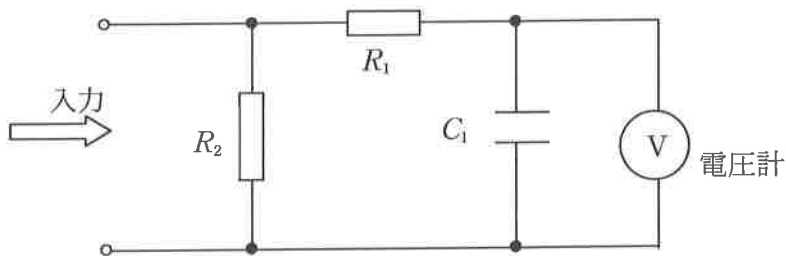
それぞれの選択肢に関して、本問題の題意への適否を考えよう。

- × a. 「どのような状態でも感電の危険があってはならない」ということは「不可能」である。
- b. 「2つの故障が同時に起きた場合に危険になることは容認する。」は上記の説明から自明である。「容認する」という言葉にひっかかりを感じるかもしれないが、「単一故障状態まで安全を義務化」＝「2つの故障が重なる状態は考慮外とする＝容認」ということになる。
- × c. 内容的には正しいが、本問の題意とはかけ離れている。
- × d. 内容的には正しいが、本問の題意とはかけ離れている。
- e. 「単一故障状態の規制値は危険値(許容できない値)の $\frac{1}{2}$ とする。」については上記に説明した。

以上のことより、正解は7)となる。

【問題5】 次の文章の空欄に当てはまる最も適当な数値を解答群から選び，番号を解答欄 ，  にマークせよ。[3×2=6]

図は医用電気機器の漏れ電流測定回路である。図の入力から見たインピーダンスは，商用交流付近では，およそ  kΩ であり，電圧計の周波数特性上限の1 MHz 付近では，およそ  kΩ となる。



- 1) 11      2) 10      3) 5      4) 1      5) 0.9  
 6) 0.5    7) 0.1    8) 0.05    9) 0.01    10) 0.001

【正解】 ④= 4)    ⑤= 5)

【解説】 JIS T 0601-1 に定められた「医用電気機器の漏れ電流測定回路」に関する問題であるが，基本的には「電気工学」の問題である。

問題図の回路の入力からみたインピーダンス  $Z_n$  は，電圧計の内部抵抗を  $R_v$  とすると， $Z_n = \{R_1 + (C_1 \text{ のインピーダンスと } R_v \text{ との並列インピーダンス})\}$  と  $\{R_2\}$  との並列インピーダンスである。

もちろん，これを電気工学的に書き下し，それに規定の値を入れて解くことはできるが，ここでは，およその数値を導く方法，すなわち，order estimation (概算) によって求めてみよう。短時間に解かなければならない場合は，このような方法・考え方が役に立つ。(本問題の選択肢が，ほぼ有効数字1桁で書かれていることは，このような概算を要求していると考えられる。)

なお、「漏れ電流測定回路」で定められている定数は、 $R_1=10\text{ k}\Omega$ 、 $C_1=0.015\text{ }\mu\text{F}$ 、 $R_2=1\text{ k}\Omega$ 、および  $R_v=1\text{ M}\Omega$  以上である。

(1) 商用交流付近でのインピーダンスについて

$C_1=0.015\text{ }\mu\text{F}$  であるから、これの  $50\text{ Hz}$  および  $60\text{ Hz}$  におけるインピーダンスは、それぞれ、 $212\text{ k}\Omega$ 、 $177\text{ k}\Omega$  である。ここでは、これを  $200\text{ k}\Omega$  程度とおいておこう。また、 $R_v=1\text{ M}\Omega$  以上なので、これとの並列インピーダンスは、ほぼ  $200\text{ k}\Omega$  程度とおいてよい(4%程度の誤差で)。これと  $R_1=10\text{ k}\Omega$  との直列インピーダンスは、ほとんど  $200\text{ k}\Omega$  と考えてよい。

そこで、このときの  $Z_{in}$  は、 $R_2=1\text{ k}\Omega$  と、これに並列に入った  $200\text{ k}\Omega$  程度のインピーダンスとの並列インピーダンスであるから、ほぼ  $1\text{ k}\Omega$  (0.001%程度の誤差で)と考えるとよい。

(2)  $1\text{ MHz}$  付近でのインピーダンスについて

$C_1=0.015\text{ }\mu\text{F}$  の  $1\text{ MHz}$  でのインピーダンスは  $11\text{ }\Omega$  程度であるので、 $R_v$  はほとんど無視できる。また、直列抵抗  $R_1$  は  $10\text{ k}\Omega$  であるから、これとの合成インピーダンスは、ほぼ  $10\text{ k}\Omega$  と考えてよい。

そこで、このときの  $Z_{in}$  は、 $R_2=1\text{ k}\Omega$  と  $R_1=10\text{ k}\Omega$  の並列抵抗と考えるとほぼよい。よって、そのインピーダンスは、 $0.909\text{ k}\Omega$ 、すなわち、ほぼ  $0.9\text{ k}\Omega$  と考えてよい。

本問題の出題意図は、『JIS T 0601-1に定められた「医用電気機器の漏れ電流測定回路」(MD)の入力インピーダンスが、広い周波数範囲で、ほぼ  $1\text{ k}\Omega$  で一定である。』ということを体感させようとするものと推察される。ちなみに、JIS T 0601-1の19.4試験のe)測定用器具(MD)の1)に

- 1) 測定用器具は、直流および周波数  $1\text{ MHz}$  以下の交流ならびに合成波形に対して、約  $1000\text{ }\Omega$  の抵抗性のインピーダンスをもち、……と定められている。

【問題6】 JIS T 1031「医用電気機器の警報通則」の中の「緊急警報」に関する規定について誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 警戒警報音より高い音に設定する。
- b. 警報音を一時停止した場合1分以内に自動復帰する。
- c. 視覚的表示は、警報音に同期した赤色の点滅表示とする。
- d. 自動解除できてはいけない。
- e. 警報音の基本周波数帯域は10～15 kHzとする。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑥ = 7)

【解説】 JIS T 1031「医用電気機器の警報通則」では、警報の種類を「緊急度」の高い順に「緊急警報」、「警戒警報」、「注意報」の3種に分類している。それぞれ、次のように定義されている。

2. 用語の定義

(6) 緊急警報 患者の異常，機器の異常，または操作の良くない状態で，緊急に処置しなければ患者の生命にさらに悪影響を与えるときに発する警報。

(7) 警戒警報 患者の異常，機器の異常，または操作の良くない状態で，なるべく迅速な処置を要求するときに発する警報。

(8) 注意報 正常な計測，治療条件などから逸脱したときに発する警報。

これらについて，警報音のパターン(下表)や音量，設定方法などについて規定されている。

警報の種類	周期(T)[s]	断続時間(T1:T2)[s]	基本周波数[Hz]	基本波形
緊急警報	0.50	0.25:0.25	1000~2000	方形波またはこれに近いもの，およびそれらの減衰波・複合波
警戒警報	1.25	0.75:0.5	500~600	
注意報	5~∞	1:4~1:∞	300~400	

T1:音の発生時間, T2:音の断時間



それぞれの選択肢について、本問題の題意への適否を考えよう。

- a. 表より、緊急警報音 1~2 kHz、警戒警報音 0.5~0.6 kHz で、緊急警報は警戒警報音より高い音に設定する。
- × b. 「一時停止させた警報音は定められた停止時間が経過した後に自動復帰する。」、「停止時間は……10分を超えてはならない。」と規定されている。
- c. 「緊急警報は、警報音に同期した赤色の点滅表示とする。」と規定されている。
- d. 「緊急警報は、自動解除できないこと。」と規定されている。なお、ここでいう「自動解除」とは「警報が出た後、警報状態が消滅した場合または一定時間後に機器が自動的に警報を止める機構」のことである。
- × e. 表より、緊急警報音の基本周波数帯域は 1~2 kHz である。人間の可聴周波数の上限は 20 kHz 付近であるが、加齢とともに高域が聞こえにくくなるので、10~15 kHz は常識的にも高すぎる音域である。

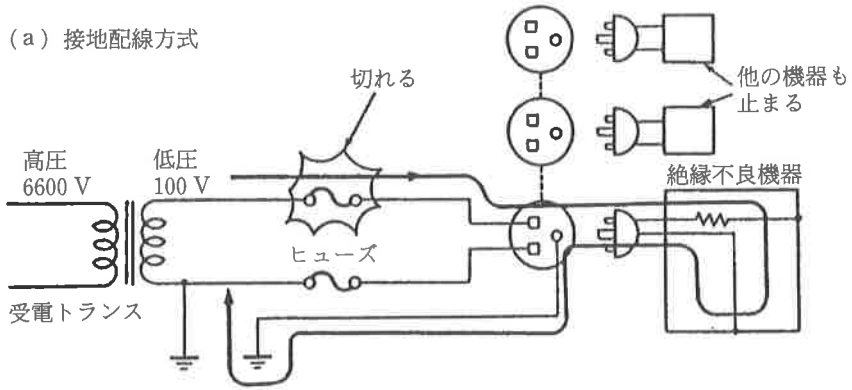
【問題7】 非接地配線方式は絶縁トランス(絶縁変圧器)を用いて、その2次側を非接地配線回路としている。この非接地配線方式の目的は何か。50字以内で解答欄  に記述せよ。[6]

【正解】 ㊦=(例)不良機器による1線地絡時に、同一回路内の他機器への電源供給を継続することを目的とする。

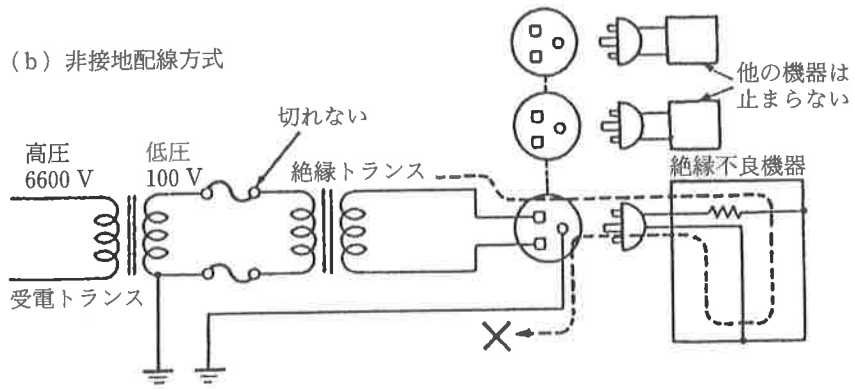
【解説】 片側接地配線方式で使用していた機器の地絡事故(100V電源の接地されていない側が、機器のケース等とショートしてアースに接触してしまう事故)が起きたときには、その回路の過電流遮断器が飛んで電路が遮断される。その回路につながったコンセントが停電になり接続されたすべての機器が停止する。このような事態は手術室やICUでは患者の生命が危険な状態になる場合もありうる。そこで、地絡事故が起きても電源供給を確保しようと考えられたのが非接地配線方式である。非接地配線方式では、絶縁の悪い機器によって地絡事故が起きても片側接地配線方式と同じ状態になるだけで、過電流遮断機は動作せず、電源供給を維持することができる。非接地配線方式の地絡事故では、過電流遮断機が動作しないため絶縁監視装置を設置して絶縁不良を監視し、2mA以上の漏れ電流に対し警報しなければならない。非接地配線方式に使われる絶縁変圧器は、電源容量7.5kVA以下で1次・2次巻線間の漏れ電流が0.1mA以下とされているので、このことから非接地配線方式はマクロショック対策にはなってもマイクロショック対策にはならない。

第9回午後部の部

(a) 接地配線方式



(b) 非接地配線方式



【問題8】 接地抵抗の測定には補助電極を接地極の大きさの10倍以上離して埋設する必要があり、都会の病院では実測はほとんど不可能である。したがって、大地抵抗率 $\rho$  [ $\Omega \cdot \text{m}$ ]と建物地下部分の延べ表面積と安全係数から計算で求めている。

地下部分の表面積が $400 \text{ m}^2$ の場合、接地抵抗を $6 \Omega$ 以下にするには大地抵抗率 $\rho$ の最大値はいくらにすべきか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 40
- 2) 100
- 3) 300
- 4) 800
- 5) 2000

【正解】 ⑦ = 2)

【解説】 接地抵抗は $10 \Omega$ 以下と規定されているが、銅棒や銅版を地中に埋設してもこのような低い接地抵抗は得にくい。そこで、鉄筋コンクリート造りの建物地下部分を接地極として使用することで $10 \Omega$ 以下の接地抵抗を得ている。都会の病院などでは接地抵抗の測定が容易ではないので、理論式(1)を使って接地抵抗を計算で求めている。

$$R = 3 \times \frac{0.4\rho}{\sqrt{A}} \quad [\Omega] \quad \dots\dots(1)$$

( $\rho$ は大地抵抗率 [ $\Omega \cdot \text{m}$ ],  $A$ は建物地下部分の延べ表面積 [ $\text{m}^2$ ])

$\frac{0.4\rho}{\sqrt{A}}$ が仮定に基づいた理論値なので、小さく見積もっている場合のことも考慮して3倍した大きめの値を計算上の接地抵抗としている。

$\rho$ を求めるために式(1)を変形した(2)式に、接地抵抗 $R = 6[\Omega]$ 、建物地下部分の延べ表面積 $A = 400[\text{m}^2]$ を代入して求める。

$$\rho = \frac{R\sqrt{A}}{3 \times 0.4} \quad [\Omega \cdot \text{m}] \quad \dots\dots(2)$$

$$\rho = \frac{6\sqrt{400}}{3 \times 0.4} = 100 [\Omega \cdot \text{m}]$$

したがって、接地抵抗  $R$  を  $6\Omega$  以下にするためには  $\rho$  の最大値は  $100[\Omega \cdot \text{m}]$  となる。

【問題9】 病院の電気設備の点検をした。JIS T 1022 に適合していない点検結果はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 1つの医用接地センタを、合計面積が45 m<sup>2</sup>の2つの医用室で共用していた。
- b. 一般非常電源の立ち上がり時間が48秒であった。
- c. 医用接地端子と医用接地センタとの間の抵抗が0.08 Ωであった。
- d. 非接地配線方式の絶縁変圧器の二次巻線から一次巻線への漏れ電流が0.16 mAであった。
- e. 非接地式電路に設けられた絶縁監視装置の表示値が1 mAで警報が作動しなかった。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑧ = 6)

【解説】 JIS T 1022「病院電気設備の安全基準」では、医用接地方式(保護接地、等電位接地)、非接地配線方式(絶縁監視装置)、非常電源、医用室の電源回路について定めている。本問題は、この安全基準の中の数値的な規定について少し細かく問うている。どれも基本的なことであるので、この程度は覚えておくべきであろう。

各選択肢について問題点を考えてみよう。

- a. JISには、備考として「隣接する医用室との床面積の合計が50 m<sup>2</sup>以下の場合、接地センタを共用してもよい。」と規定されているので、「合計面積が45 m<sup>2</sup>の2つの医用室で共用」は基準に合致している。
- × b. 一般非常電源の立ち上がり時間は40秒以内であるから、48秒は規格外である。
- c. 医用接地端子と医用接地センタとを結ぶ接地分岐線の抵抗は0.1 Ω以内と定められている。

- × d. 非接地配線方式の絶縁変圧器の2次巻線から1次巻線への漏れ電流は0.1 mA以内と規定されているので、0.16 mAは規格外である。
- e. 絶縁監視装置は一線の絶縁不良で「2 mA 流れる状態」になったときに、作動するものと規定されているので、「1 mA では作動しなかった」のは正常である。

【問題10】 JIS T 1022 で、医用接地方式の接地極の接地抵抗は  $10\ \Omega$  と定められている。 $10\ \Omega$  以下に工事することが困難な場合、どのようにすれば  $100\ \Omega$  までは許容すると定められているか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 建物の地下部分を接地極として利用すればよい。
- 2) 接地極を2つ設ければよい。
- 3) 医用室に等電位接地配線を行えばよい。
- 4) 医用室に非接地配線方式のコンセント回路を設ければよい。
- 5) 医用室の接地端子を医用接地センタに2本の接地分岐線で接続すればよい。

【正解】 ⑨ = 3)

【解説】 JIS T 1022 で、医用接地方式の接地極の接地抵抗は  $10\ \Omega$  以下と定められている。鉄筋・鉄骨コンクリート造の建物では、建築構造体の地下部分を接地極として利用すれば容易に実現できる値であるが、木造であったり、建物の大きさが小さかったり、土地の土壌が乾いていたりすると実現できない場合がある。この場合は、「すべての医用室に等電位接地配線を行えば、この値を  $100\ \Omega$  以下とすることができる」と「緩和条件」が定められている。

- × 1) 鉄筋・鉄骨コンクリート造でない場合は「建物の地下部分」は大地との導通がない。
- × 2) 「接地極を2つ設ける」のは接地抵抗を下げる上で有効であるが、これで  $10\ \Omega$  以下にならなければ、やはり上記の「緩和条件」を実施しなければならない。
- 3) 上記に説明したとおり、「医用室に等電位接地配線を行えば」 $100\ \Omega$  以下でよい。
- × 4) 「非接地配線方式」は感電防止の設備ではない。保護接地、等電位接地は感電防止設備である。
- × 5) 「医用室の接地端子を医用接地センタに2本の接地分岐線で接続」しても、接地抵抗が下がるわけではない。



【問題11】 医療ガス設備について誤っているのはどれか。番号を解答欄 ⑩

にマークせよ。[4]

- a. 液化炭酸ガスボンベの色は黒色である。
- b. 吸引の配管端末器の色は黒色である。
- c. 窒素ガスの配管端末器の色は灰色である。
- d. 窒素ガスのボンベの色は白色である。
- e. 亜酸化窒素のボンベの色は $\frac{1}{2}$ 以上の面積が灰色である。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑩ = 3)

【解説】

ガスボンベの色表示については高圧ガス保安法で決められており、配管設備の色表示は日本工業規格の JIS T 7101-1997 で規定されている。ガスの種類が同じでも法律・基準を作っているところが異なるため色表示が統一されていないところに問題がある。同じ色が異なったガスで使用されることが異種ガス供給による事故の原因となっており、事故予防のためボンベの表面積の $\frac{1}{2}$ 以内で JIS の配管設備と同色の色を塗ったボンベもある。

- × a. 炭酸ガスボンベの色表示は緑色
- b.
- c.
- × d. 窒素ガスボンベの色表示は灰色
- e.

高圧ガス保安法

高圧ガスの種類	塗色の区分
酸素ガス	黒色
水素ガス	赤色
液化炭酸ガス	緑色
液化アンモニア	白色
液化塩素	黄色
アセチレンガス	かつ色
その他の高圧ガス	ねずみ色

注：容器の1/2以上について塗色する

日本工業規格 (JIS T 7101-1997)

ガスの種類	識別色
酸素ガス	緑
亜酸化窒素	青
治療用空気	黄
吸引	黒
二酸化炭素	だいたい
窒素	灰
駆動用空気	濁
麻酔ガス排除	赤

【問題 12】 人工呼吸器の圧縮空気供給圧低下を示す警報装置が作動した。原因として考えられないのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 圧縮空気配管端末器内蔵のフィルタに目詰まりが起こった。
- b. CE システム内の圧力調整器が破損した。
- c. 圧縮空気供給装置内フィルタに目詰まりが起こった。
- d. 医療ガス配管設備の保守点検で圧縮空気送気操作用遮断弁を閉鎖した。
- e. 吸引供給装置リザーバタンクに亀裂が生じた。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑪ = 7)

【解説】 人工呼吸療法における圧縮空気の果たす役割は大きい。酸素の重要性は当然であるが、酸素も投与濃度によりときには害になる。高濃度酸素投与に起因する酸素中毒症や未熟児網膜症がこれにあたる。このような弊害を防止するために吸気酸素濃度は厳密に調整しなければならないが、そのときに用いられるのが空気(圧縮空気)である。圧縮空気はその製造過程が不適切の場合、供給圧の低下や水分等の異物混入が起こり、人工呼吸器に誤作動等の異常を引き起こすため、注意する必要がある。

- a. 医療ガス(吸引用は除く)の配管端末器のチェックバルブの上流には、100  $\mu\text{m}$  以下の細孔の除塵フィルタが設けられているが、これが目詰まりすると供給圧が低下して警報装置が作動するため、この選択肢は原因と考えてよい。
- × b. CE システムは定置式超低温液化ガス貯槽による供給装置をいい、医療ガスを液化したものを貯蔵するタンク、それを気化する蒸発器、圧力調整器および制御装置から構成され、ここから配管設備を介して各部門に医療ガスが供給される。普通、CE システムは液化酸素または液化窒素に用いられ、もし圧力調整器が故障すれば酸素または窒素の供給圧に異常が起こる

が、圧縮空気の供給圧には関係ないため、この選択肢は原因として考えにくい。

- c. 圧縮空気供給装置には、質の良い空気を得るためにフィルタが設けられていて、これにより、塵埃、細菌、油分、カーボン粒子等の圧縮空気中の異物を捕集している。このフィルタが目詰まりを起こせば当然圧縮空気の供給圧が低下するため、この選択肢は原因と考えてよい。
- d. 送気操作用遮断弁は、医療ガスの送気配管設備の保守点検、または送気制御のために専任の職員だけが操作する遮断弁で、圧縮空気の送気操作用遮断弁を閉鎖すれば当然その供給圧が低下するため、この選択肢は原因と考えてよい。
- × e. 吸引供給装置には、吸引の消費と供給の変動に対応して、一定の吸引の圧と流量を維持するためにリザーバタンクが設けられているが、これに亀裂が起これば吸引の圧を一定に維持できなくなるが、圧縮空気の供給圧とは関係ないため、この選択肢は原因として考えにくい。

【問題 13】 呼吸機能検査について正しいのはどれか。番号を解答欄 12 にマークせよ。〔6〕

- a. 残気量はスパイロメータでは測定できない。
- b. リリー型気流速度計では金属細管の束を抵抗体として用いる。
- c. 熱線式流量計で用いるキングの式では、流量と電流に直線関係がある。
- d. ローリングシール型スパイロメータでは内外筒のシールに水を用いる。
- e. 機能的残気量測定にはガス希釈法が用いられる。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑫ = 4)

【解説】 スパイロメータ (spirometer: 肺活量計) は、肺活量や呼吸する息の速さなどの基本的な呼吸機能を測定する機械である。検査室で使われる、湿式 (Benedict-Roth 式) や乾式 (box type) のほかに、最近では卓上に置ける簡易式の電子スパイロメータもよく使われる。

静かにゆっくり呼吸をして検査をして主に肺活量や最大吸気量、一回喚起量、予備呼気量、予備吸気量などの肺気量分画を調べるスパイログラム検査と、力一杯吸い込んでできる限り素早くはき出して FVC (Forced Vital Capacity: 努力性肺活量), FEV<sub>1</sub> (1 秒量), FEV<sub>1</sub>% (1 秒率), PEF (ピークフロー) などの呼吸機能を調べるフローボリューム検査がある。

基本的な呼吸機能計測のうち、機能的残気量 (FRC) または残気量 (RV) 以外は、スパイロメータで行える。機能的残気量は窒素やヘリウムなどのガスを吸い込んでその希釈曲線から計測するガス希釈法と、ボディプレチスモグラフ (body plethysmograph) 法がある。

基本的な構成部品である気流速度計には、差圧式と熱線式がある。気流中の機械的抵抗の上流と下流での圧力差を計測する差圧式では、金属細管の束を抵抗体を用いたフライシュ (Fleisch) 型と、金属網を用いたリリー (Lilly) 型がある。熱

線式では、流路中に白金の細い線を張り、一定温度に熱しておき気流で冷やされたときの電気抵抗の減少から計測する。熱線流量計で用いるキングの式では、気流量は電気抵抗減少で増加する電流量の4乗に比例する。

ローリングシール型では、呼気ガスを貯める外筒と内筒の間のシールにゴムや高分子膜を用いる。従来のベネディクト・ロス型では、水でシーリングをしていたので垂直に構成せざるを得なかったが、ローリングシール型では水平に構成して、水による抵抗や重力の影響を少なくすることができる。

【問題14】 次の文章の空欄に当てはまる数式または数値を解答欄  ,  
 に記入せよ。[3×2=6]

超音波ドプラ法は、血球の運動によるドプラ効果を利用して血流速度を測定する。探触子からの打ち出し超音波周波数を  $f_0$  [Hz] , 超音波の伝播速度を  $c$  [m/s] , 血球の速度すなわち血流速度を  $v$  [m/s] , 超音波ビームの軸と血流の軸とのなす角を  $\theta$  とすると、受信超音波が元の周波数からずれる量すなわちドプラシフト  $f_d$  は、

$$f_d = 2 \times f_0 \times \frac{v \times \text{}}{c}$$

で表される。

たとえば、 $f_0 = 3 \text{ MHz}$  ,  $c = 1500 \text{ m/s}$  ,  $v = 1 \text{ m/s}$  で、 $\theta = 30^\circ$  であれば、  
 $f_d = \text{ Hz}$  となる。

【正解】  $\text{F} = \cos \theta$   $\text{G} = 3.4 \sim 3.5 \text{ k}$

【解説】 血流速度を  $v$  [m/s] , 超音波ビームの軸と血流の軸とのなす角を  $\theta$  とすれば、以下のことは、思考実験で簡単に思い出すことができる。

$\theta$  が0度のときには、超音波の探触子はその速度変化の影響をまともに受けるから最大シフトを示すはずで、 $\theta$  が90度すなわち両軸が直交するときには探触子からみると血流は向かってくるわけでも遠ざかるわけでもないから、ドプラ効果の影響を受けない。図を描いてみても  $\cos \theta$  であることは一目瞭然。

計算すると、

$$\begin{aligned} f_d &= \frac{2 \times 3 \times 10^6 \times 1 \times (\sqrt{3}/2)}{1500} \\ &= \frac{3 \times 10^3 \times 1 \times \sqrt{3}}{1.5} = 2 \times \sqrt{3} \text{ kHz} = 3.44 \text{ kHz} \end{aligned}$$

$v$  が有効数字1桁のように見えるので、途中の計算の省略法によって3.4から3.5程度まで正解としてよかろう。

【問題 15】 X線CTについて正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 同じ範囲の像を得る場合、通常のCTに比べ、ヘリカルCTは被曝線量が多い。
- b. X線減衰の相対値を示すCT値は、水が0、空気が-1000、骨が1000である。
- c. 用いられる造影剤の多くは有機ヨード化合物を含んでいる。
- d. ヘリカルCTの画像は再構成の必要がない。
- e. ヘリカルCTは3次元像を得ることができない。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑬ = 5)

【解説】

- × a. ヘリカルCTは短時間に広い範囲の撮像である。したがって、被曝線量を軽減することが可能である。
- b. 記述のとおり。減衰の大きい骨などは白く、小さい空気などは黒く表示される。
- c. 市販の多くの造影剤は有機ヨード化合物を含む。イオン性のものと、非イオン性のものがあり、非イオン性のものは浸透圧が低く安全性が高い。
- × d. 通常のCTと同様に再構成は必要。
- × e. 通常のCTでは、隣り合ったデータに連続性がなく再構成画像に凸凹が生じる。ヘリカルCTでは、3次元連続性があり滑らかな3次元像を得ることができる。



【問題 16】 脳波計について正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。〔6〕

- 1) 増幅器の周波数特性は 1.5~30 Hz である。
- 2) CMRR は 50 dB 以上である。
- 3) A/D 変換周波数は 60 Hz が用いられる。
- 4) バッファ増幅器は A/D 変換器の前に接続される。
- 5) CR 結合の時定数は 0.5 秒が用いられる。

【正解】 ⑭ = 4)

【解説】

- × 1) 脳波の臨床的に必要な最低限の周波数帯域は 0.5~60 Hz (-3 dB) で、高域で 100 Hz 程度が望ましい。中でも  $\delta$  波は 0.5 Hz 以上 4.0 Hz 未満であり、その意味で問題の低域下限が 1.5 Hz、高域上限が 30 Hz では増幅器の周波数特性としては不十分である。
- × 2) 脳波計の差動増幅器のみの同相弁別比あるいは同相除去比(Common Mode Rejection Ratio : CMRR) は JIS では 60 dB 以上と規定されている。
- × 3) 脳波記録の必要最低限の高域遮断周波数は 60 Hz であるので、少なくとも A/D 変換のサンプリング周波数は 2 倍の 120 Hz が必要である。しかし、学会基準では高域のフィルタ特性を考慮し、かつエリアシング雑音を防止するために、サンプリング周波数は 200 Hz 以上であることが要求されている。
- 4) デジタル脳波計では頭皮上の各電極部位の接触抵抗のバラツキをなくし、A/D 変換に必要な脳波電圧を得るためにインピーダンス変換器と適当な増幅率をもったバッファ増幅器が A/D 変換器の前にある。
- × 5)  $\delta$  波の帯域をも増幅し、不必要な基線変動を軽減する目的で、脳波計の時定数は低域遮断周波数を  $\delta$  波の 0.5 Hz 付近に設定してあるため、0.3 秒を用いる。

【問題17】 観血式血圧測定において、モニタリングラインの途中にダンパ (damper) もしくはダンピング装置 (damping device) と呼ばれるものを挿入することがあるが、その目的は何か。80字以内で解答欄  に記述せよ。[6]

【正解】 ① = (例) モニタリングライン (導管系) の共振特性により血圧波形のピークが異常に高くなる現象を防ぎ適正な波形に補正する。

【解説】 観血式血圧測定では動脈針やカテーテルを血管内に挿入してから、さらに延長チューブや三方活栓を接続して血圧トランスデューサで圧力を測定している。このモニタリングライン (導管系) は LCR の等価回路で表すことができるが、その共振特性により血圧波形は振動的になりピークが異常に高くなることがある。これを適正な波形に補正するためにはモニタリングラインの途中にダンパを挿入して振動的な波形をダンピングさせる必要がある。

【問題 18】 熱希釈法による心拍出量測定時の誤差の要因とならないのはどれか。

番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 注入速度
- 2) 注入液温
- 3) 注入量
- 4) 室温
- 5) カテーテル係数

【正解】 ⑮ = 4)

【解説】 熱希釈法による心拍出量測定時の誤差の要因には、患者側の問題と装置側の問題に大別される。前者には心房もしくは心室中隔欠損、三尖弁逆流、不整脈などがあるが、後者には以下のようなことが挙げられる。

- 1) 急速注入が前提でゆっくり注入すると誤差になる。
- 2) 注入液温を測定しながら注入するか、注入する液温を  $0^{\circ}\text{C}$  などの決まった温度にしないと誤差になる。
- 3)  $5\text{ ml}$  もしくは  $10\text{ ml}$  など決められた注入量にしないと誤差になる。
- × 4) 注入液温が問題で室温は誤差には関係ない。
- 5) カテーテルの物理的な要素と注入液温や注入量に関係した係数で、正しく設定しないと誤差になる。

【問題 19】 テレメータの受信状態が悪くなる原因として考えられないのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 受信アンテナシステムのブースタの電源が切れている。
- 2) 送信機の電池が消耗している。
- 3) 同じチャンネルの送信機が使われている。
- 4) 患者の近くで携帯ラジオを使用している。
- 5) 受信機本体のロッドアンテナで受信している。

【正解】 ⑩ = 4)

【解説】 テレメータの受信状態が悪くなる原因には、何らかの理由で電波が十分届かなくなる場合と同一周波数の送信機の同時使用などによる混信の場合がある。

- 1) 受信アンテナシステムのブースタの電源が切れていると受信電波の増幅が行われず受信不良になる。
- 2) 送信機の電池が消耗していると十分な電波が出ないので受信不良になる。
- 3) 同じチャンネルの送信機が使われていると混信して受信不良になる。
- × 4) 患者の近くで携帯ラジオを使用しても、ラジオは受信機能だけで電波を出さないので受信不良にはならない。
- 5) 受信機本体のロッドアンテナで受信できる範囲は限られているので、一般病棟など受信範囲が広い場合は受信不良になることがある。このような場合は受信用アンテナシステムの敷設が必要である。

【問題 20】 次の文章の空欄に当てはまる数値を解答群から選び、番号を解答欄

□(17)□, □(18)□ にマークせよ。[3×2=6]

図に内視鏡光ファイバの断面を示す。各部の屈折率をそれぞれ  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$  とする。端面から入射した光は入射角  $\theta_{\max}$  のとき臨界条件となり、これ以下の入射角  $\theta_b$  で入射した光はファイバ内を進行することができるが、これ以上の入射角  $\theta_a$  で入射した光は進行できない。

このときの条件は

$$\sin \theta_{\max} = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_3} = NA$$

と表され、この値  $NA$  を開口数と呼ぶ。また、ここで、 $n_1$  と  $n_2$  が近い値であり、 $n_3 = 1$  のとき、

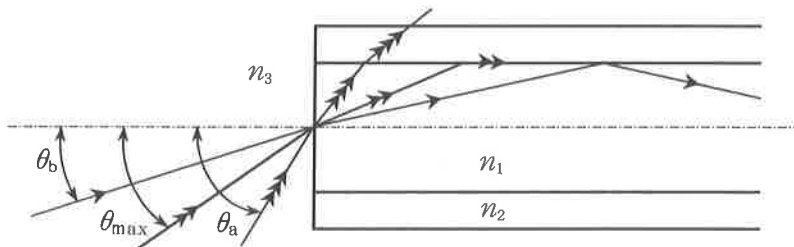
$$NA = n_1 \sqrt{2 \Delta}$$

となる。ここで、

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

であり、この  $\Delta$  を比屈折率差と呼び、いずれも光ファイバの性能を表すパラメータである。

ここで、コアの屈折率 1.475、クラッドの屈折率 1.460、ファイバ外部は空気 のとき比屈折率差  $\Delta =$  □(17)□ となり、開口数  $NA =$  □(18)□ となる。したがって、最大入射角  $\theta_{\max} \doteq 12^\circ$  となる。



- |         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1) 0.01 | 2) 0.02 | 3) 0.04 | 4) 0.06 | 5) 0.08 |
| 6) 0.1  | 7) 0.2  | 8) 0.4  | 9) 0.6  | 10) 0.8 |

**[正解]** ⑰ = 1) ⑱ = 7)

**[解説]** この問題は問題文中の  $\sin\theta_{\max}$  の式が誤っている。正しくは、

$$\sin\theta_{\max} = \frac{\sqrt{n_1^2 - n_2^2}}{n_3} = NA$$

であり、分母の2乗がつかない。したがって、問題として不適切であるが、参考のため正解を示しておく。

図中で、 $n_1$  はコアの屈折率を、 $n_2$  はクラッドの屈折率を、 $n_3$  は空気の屈折率を示す。したがって、比屈折率差  $\Delta$  は、

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1.475 - 1.460}{1.475} \doteq 0.01$$

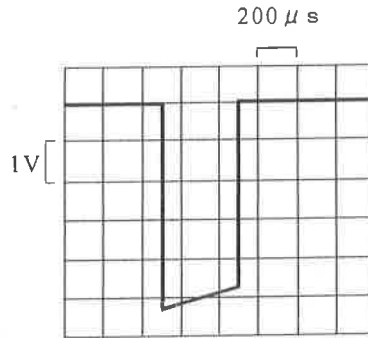
となり、開口数  $NA$  は、

$$NA = n_1 \sqrt{2\Delta} = 1.475 \times \sqrt{2 \times 0.01} \doteq 0.2$$

となる。

**[備考]** 問題文中の関係式の求め方については、高原幹夫，新技術シリーズ(4)光ファイバ(原理・製法・特性)，パワー社，1986等を参考にされたい。

【問題 21】 植込み式ペースメーカーの出力に  $500\ \Omega$  の負荷抵抗を接続して出力パルス波形を計測したところ、下図の波形が得られた。以下の設問に答えよ。



21-1 図の波形の出力電圧を  $5\text{ V}$ 、パルス幅を  $0.4\text{ ms}$  とした場合のパルス1個の刺激エネルギーはおよそいくらか。番号を解答欄  にマークせよ。

[ 3 ]

- 1)  $10\ \mu\text{J}$     2)  $20\ \mu\text{J}$     3)  $25\ \mu\text{J}$     4)  $2\text{ mJ}$     5)  $10\text{ mJ}$

21-2 植込み後の刺激エネルギーが上問(21-1)と同じで、1分間の平均刺激レートを  $60\text{ ppm}$ 、リチウム電池の公称電圧を  $2.8\text{ V}$ 、エネルギー容量を  $1\text{ Ah}$  (アンペア時)とした場合、電池の寿命は何年になるか。番号を解答欄  にマークせよ。ただし、デマンド機構の動作や自己放電などのために刺激エネルギーと等しいエネルギーを余分に消費すると仮定する。

[ 3 ]

- 1) 6.4    2) 7.2    3) 7.6    4) 8.0    5) 9.6

【正解】 ⑱ = 2) ⑳ = 4)

【解説】 ペースメーカーの出力回路に直流成分が含まれていると電極の電気分解が起こる。これを阻止する目的で出力部には直流成分をカットするためのコンデンサが挿入されている。したがって、出力パルス波形は図のように一定の時定数で放電する波形を示すが、時定数がパルス幅(0.4 ms)に比べ十分大きいので放電部分は直線を呈する。なお、第6回午後【問題 B 36】も参照されたい。

21-1

パルス1個の刺激エネルギー  $W$  は、出力電圧を  $V$  [V]、パルス幅を  $t$  [s]、負荷抵抗を  $R$  [ $\Omega$ ] とすると、 $W = V^2 t / R$  [J] で表される。 $V = 5$  V、 $t = 0.4$  ms、 $R = 500$   $\Omega$  であるので、 $W = 5^2 \times 0.4 \times 10^{-3} / 500 = 20$   $\mu$ J となる。

21-2

リチウム電池は、容積あたりのエネルギー密度が高く、自己放電も水銀電池などに比べて少ないためにペースメーカーのエネルギー源として使用されている。消費エネルギーは、出力電圧、パルス幅、刺激レート、電極間抵抗のほかに、デマンド機構の動作や自己放電などに影響を受ける。

設問から、電池のエネルギー容量は  $2.8 \times 1 \times 60 \times 60$  J である。一方、1年間に刺激のために消費する刺激エネルギーは1回の刺激エネルギーが  $20$   $\mu$ J であるので、 $20 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365$  J となる。実際の動作には刺激エネルギーと等しい余分のエネルギーを必要とするので、結局電池の寿命は、

$$2.8 \times 1 \times 60 \times 60 / (2 \times 20 \times 10^{-6} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365) = 8.0 \text{ 年が得られる。}$$



【問題 22】 IABP においてバルーンの膨張・収縮の適切なタイミング設定と十分な追従性は非常に重要であるが、これらの要件が満たされなくなる可能性が高い状況はどれか。解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 高度の頻脈
- b. 徐脈
- c. 不整脈
- d. 高血圧
- e. 低血圧

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】  = 2)

【解説】 IABP において重要なバルーンの膨張・収縮の適切なタイミング設定と十分な追従性が満たされなくなる状況を問う問題である。

- a. 高度の頻脈のときはバルーンの膨張・収縮の頻度が高くなり、十分膨張しないうちに収縮するようなこともありうる。
- × b. 徐脈のときは十分膨張してから収縮するので、追従性の問題は起こらない。
- c. 不整脈のときは R-R 間隔が不規則になるので、バルーンの膨張・収縮のタイミングが不適切になりうる。このような場合、バルーンの収縮は R 波により行う。
- × d. 高血圧はタイミングや追従性に関係ない。
- × e. 低血圧もタイミングや追従性に関係ない。

【問題 23】 電氣的除細動の成功率を悪くする原因として考えられないのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) ゼリーを付けない。
- 2) 前胸部の体毛が多い。
- 3) 電極に付いたゼリーの清掃が行われていない。
- 4) 胸部が汗で濡れている。
- 5) バッテリー駆動で使用する。

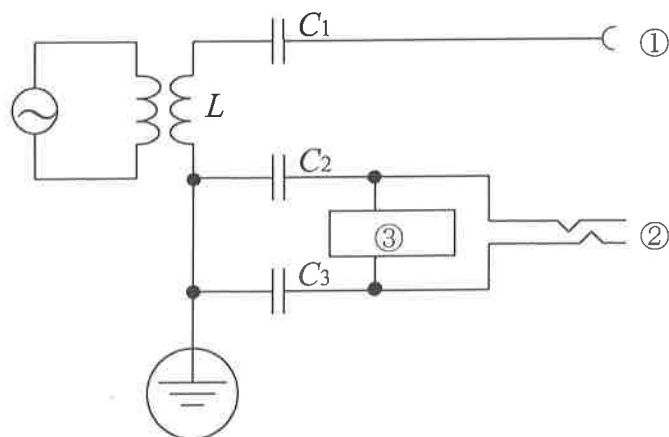
【正解】 ② = 5)

【解説】 除細動器を使用する際に注意すべき点として、電氣的除細動の成功率を悪くする原因を問う問題で、ここではこの原因に当てはまらないものを選択する。

- 1) ゼリーを付けないと電極の接触抵抗が高くなり、ここで多くのエネルギーを消費してしまい、心臓にかかるエネルギーが少なくなってしまう。
- 2) 前胸部の体毛が多いと電極の接触抵抗が高くなり、ここで多くのエネルギーを消費してしまい、心臓にかかるエネルギーが少なくなってしまう。
- 3) 電極に付いたゼリーの清掃が行われないうまま放置するとゼリーが乾燥・固着して、電極の接触抵抗が高くなり、ここで多くのエネルギーを消費してしまい、心臓にかかるエネルギーが少なくなってしまう。
- 4) 胸部が汗で濡れていると体表面間でも電流が流れるので、心臓にかかるエネルギーが少なくなってしまう。
- × 5) バッテリー駆動で使用しても交流駆動で使用しても通電エネルギーに違いはない。

【問題24】 JISでは、図に示すように、電気メス本体の出力側回路(メス先電極側，対極板側)に合成容量が5000 pF以下のコンデンサを挿入することになっているが、どのような目的で挿入するのか。80字以内で解答欄⑦に記述せよ。

[6]



- ① アクティブ電極のコネクタ
- ② 対極板のコネクタ
- ③ 対極板モニタ回路

【正解】 ⑦ = (例) 電気メス使用中にメス先部分で起こる火花による整流作用で直流成分や低周波成分が発生し，神経，筋の刺激を防ぐため。

【解説】 電気メスで生体組織を切開・凝固する場合には，生体刺激を避ける目的で高周波電流を流す。このとき，メス先電極と組織間で電流が対称的に流れると問題ないが，火花を伴った放電現象が発生すると非対称に電流が流れることになり直流を含む低周波成分が発生する。一般に，切開モードでは正弦波(500 kHz前後)が使用されるため，火花が発生しない限り低周波成分は発生しない。しかし，凝固モードでは，バースト波，スプレー凝固ではパルス性の波形を使用しているため不連続放電となり低周波成分が発生する。この発生量は，電気メス出力のピーク電圧に依存している。この整流作用により発生する直流および低周波電流を防ぐ目的で，電気メスの出力回路にはコンデンサが挿入されている。このコ

ンデンサの容量が大きすぎると生体を通過する低周波成分が多くなる。一方、小さすぎると高周波領域の電流成分もカットされることになり出力の低下が発生する。このような特性を考慮して JIS では、出力側に使用するコンデンサの合成容量を 5000 pF 以下としている。

【問題 25】 レーザメスについて正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 炭酸ガスレーザーの出力誘導には光ファイバを用いる。
- b. 炭酸ガスレーザーの吸収による発熱効果を利用している。
- c. 炭酸ガスレーザーに対しては、一般のガラス眼鏡では目を保護することができない。
- d. Nd:YAG レーザは半導体レーザーの一種である。
- e. Nd:YAG レーザに対しては、一般のガラス眼鏡では目を保護することができない。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ㉓ = 7)

【解説】 炭酸ガスレーザーは、波長が他のレーザーに比べて際立って長いので、他のレーザーと振る舞いが異なっている。光ファイバはガラスの細線でできており、その中に水成分が含まれている。そのために炭酸ガスレーザーの波長では、水分子によって通過が妨げられてしまう。そのために使用に際しては、レーザー光を曲げるために鏡によりレーザー光を誘導する。

炭酸ガスレーザーは水によって通過が妨げられ熱になってしまう。その熱を手術に利用したのがレーザーメスである。

Nd:YAG レーザは固体レーザーで、波長は水で大きく吸収される波長ではないので、ガラスでは通過を妨げることが難しい。そのために目を保護する専用のゴーグルが必要である。一方で半導体レーザーはガリウムヒ素などの物質が利用されている。

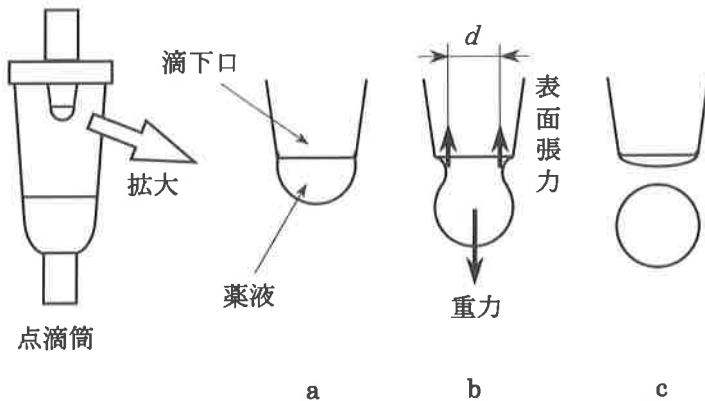
【問題26】 次の文章の空欄に当てはまる数値を解答欄  $\boxed{\text{㊦}}$ ， $\boxed{\text{㊧}}$  に記入せよ。ただし， $\boxed{\text{㊦}}$  は有効数字2桁で， $\boxed{\text{㊧}}$  は整数で記入すること。[4+2=6]

フィンガポンプには滴数制御型と流量制御型があり，滴数制御型は点滴筒内を滴下する滴数を検出して流量を制御している。点滴筒内で薬液は滴下口の部分で，図のaからbの状態に押し出される。このとき薬液にかかる重力と，液滴がくびれて，外径  $d$  になった部分に作用している表面張力が釣り合っている。さらに薬液が押し出されると，図のcのように滴下する。

図のbの状態での力の釣り合いは

$$\rho v g = \pi d T \quad (\rho: \text{薬液の密度} \quad v: \text{薬液の体積} \quad g: \text{重力加速度} \quad T: \text{薬液の表面張力})$$

となっている。ここで，薬液のくびれた部分の外径  $d=3.0 \text{ mm}$ ，薬液の密度  $\rho=1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ，表面張力  $T=7.0 \times 10^{-2} \text{ N/m}$  のとき，1滴の体積は  $\boxed{\text{㊦}}$   $\text{m}^3$  となる。したがって，この点滴筒では薬液の滴下数が  $\boxed{\text{㊧}}$  滴で  $1 \text{ mL}$  注入したことになる。



**【正解】** ④ =  $6.7 \times 10^{-8}$  ① = 15

**【解説】** 問題文中の式より1滴の体積は、

$$v = \frac{\pi d T}{\rho g}$$

となるので、数値を代入して、

$$v = \frac{\pi \times 3.0 \times 10^{-3} \times 7.0 \times 10^{-2}}{1.0 \times 10^3 \times 9.8} \doteq 6.7 \times 10^{-8}$$

で、答えは  $6.7 \times 10^{-8} \text{ m}^3$  となり、これが  $1 \text{ ml}$ 、すなわち、 $1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$  になるためには、

$$\frac{1 \times 10^{-6}}{6.7 \times 10^{-8}} \doteq 15$$

で、答えは 15 滴となる。

**【備考】** 問題文中の式からも明らかのように、滴数制御型のフィンガポンプの場合、薬液の密度(比重)や表面張力の違いが、流量誤差の原因となりやすい。

また、現在使用されている点滴筒は 15 滴で  $1 \text{ ml}$  になるものや、60 滴で  $1 \text{ ml}$  になるものが多いが、使用する場合には、輸液セットの説明書をよく読んで確認しておく必要がある。

【問題 27】 人工呼吸器のスイッチを入れたところ、作動音は聞かれるが呼吸回路内圧の上昇が見られなかった。原因として考えにくいのはどれか。番号を解答欄 ㉔ にマークせよ。[6]

- a. 設定換気量の不足
- b. 呼吸回路の亀裂
- c. PEEP レベルの上げ過ぎ
- d. 呼気弁の開放
- e. 気管チューブの分泌物による閉塞

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ㉔ = 9)

【解説】 人工呼吸器は生命維持管理装置であり、使用したいときにそれが適切に作動しないと患者は致命的な影響を受けることになるため、異常時には迅速かつ的確に行動できるように備えておく必要がある。

- a. 設定換気量が不足していれば、呼吸回路内に十分なガスが送り込まれないため、呼吸回路内圧の上昇がみられなくなる。したがって、この選択肢は原因と考えてよい。
- b. 呼吸回路に亀裂や不完全な接続があると、そこから呼吸回路内に送り込まれたガスがリークして呼吸回路内圧が上昇しなくなるため、この選択肢は原因と考えてよい。
- × c. PEEP を加えることにより、肺胞の閉塞を阻止し、機能的残気量を増加させて肺の酸素化能を改善できるが、そのレベルを上げすぎると呼吸回路内圧の持続的な上昇がみられるため、この選択肢は原因として考えにくい。
- d. 呼気弁は吸気で閉鎖し、呼気では開放し呼気ガスが呼出される。呼気弁が開放した状態では、吸気時に呼吸回路内に送り込まれたガスが呼気弁を介して外へ逃げるため、呼吸回路内圧は上昇しなくなる。したがって、この



選択肢は原因と考えてよい。

- × e. 気管チューブが分泌物で閉塞すると、呼吸回路に送り込まれたガスが肺の中に入らなくなるため、呼吸回路内圧が異常に上昇するようになる。したがって、この選択肢は原因として考えにくい。

【選択問題1】 人工呼吸器の呼吸回路内コンプライアンスが $2.2 \text{ ml/cmH}_2\text{O}$ であった。この回路を使用して、人工呼吸器本体より $500 \text{ ml}$ のガスを送り出したときの回路内圧は $20 \text{ cmH}_2\text{O}$ であった。実際に回路の先端部より出されたガス量はいくらか。番号を解答欄(選1)にマークせよ。[6]

- 1)  $434 \text{ ml}$
- 2)  $445 \text{ ml}$
- 3)  $456 \text{ ml}$
- 4)  $478 \text{ ml}$
- 5)  $489 \text{ ml}$

【正解】(選1) = 3)

【解説】 コンプレッションボリュームの問題。呼吸回路の蛇管などに圧力が加わると広がって気体が貯められる。また、加温加湿器のチャンバ内などに圧力が加わると気体が圧縮される。これらにより、呼吸回路内に残存する気体は、 $1 \text{ cmH}_2\text{O}$ あたり $2\sim 3 \text{ ml}$ となる。人工呼吸器本体で換気量を設定しても、この呼吸回路内の損失分を考慮しないと、設定量は患者へ送られないこととなる。

本問題は、この回路内損失分を求めることである。

呼吸回路内圧が $20 \text{ cmH}_2\text{O}$ のときのコンプレッションボリュームは、呼吸回路内のコンプライアンスが $2.2 \text{ ml/cmH}_2\text{O}$ であるので、

$$2.2 \text{ ml/cmH}_2\text{O} \times 20 \text{ cmH}_2\text{O} = 44 \text{ ml}$$

となる。したがって、この回路内損失分を差し引くと、

$$500 \text{ ml} - 44 \text{ ml} = 456 \text{ ml}$$

となる。

【選択問題2】 患者口元温度が制御できる加温加湿器を人工呼吸器と共に病棟で使用していたところ、加温加湿器のアラームが鳴るとの連絡を受けた。ベッドサイドへ行き状態を確認したところ、換気は正常であったが患者口元温度は設定値(36°C)に達せず、加温加湿器のチャンバ出口温度が異常に上昇していた。原因として何が考えられるか。番号を解答欄(選2)にマークせよ。ただし、ホースヒータは使用していない。[6]

- a. 加温加湿器の口元温度設定値が高かった。
- b. 加温加湿器のチャンバ内の水がなかった。
- c. 口元温度用プローブを呼気側に接続していた。
- d. 人工呼吸器本体からの吸気側と呼気側チューブが逆に接続されていた。
- e. 口元温度用とチャンバ出口温度用プローブが逆に接続されていた。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選2) = 6)

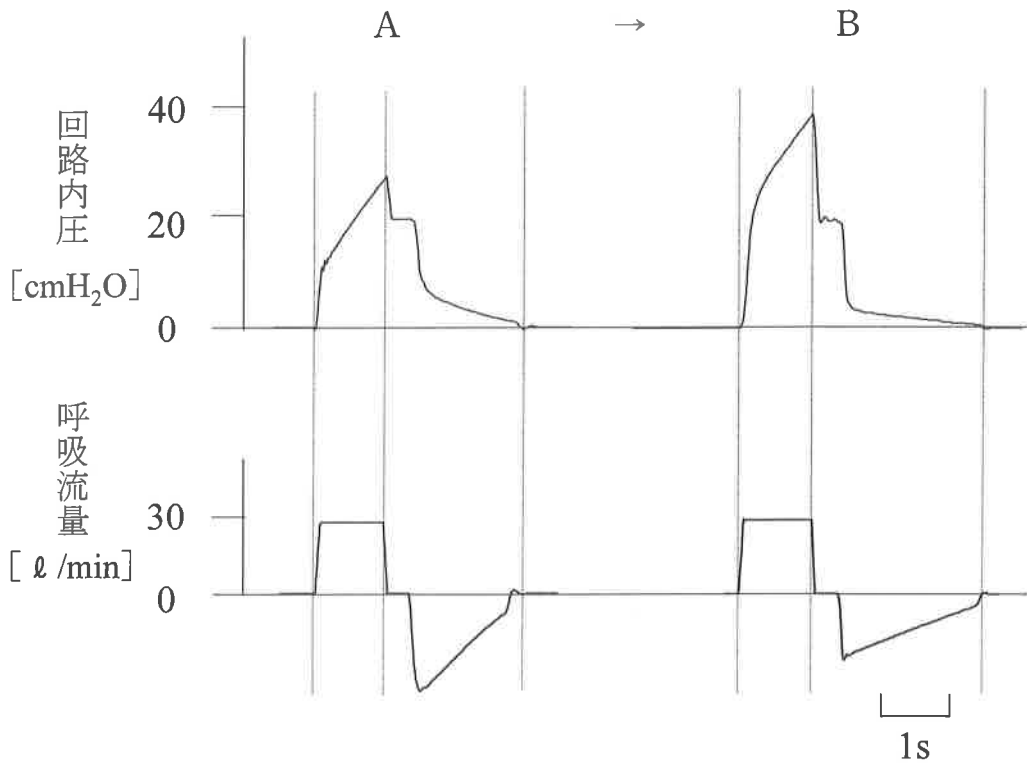
【解説】

- × a. 加温加湿器の口元温度の設定値は最高 40°Cである。この温度に設定しても加温加湿器としては動作する。
- b. 加温加湿器のチャンバ内の滅菌水が不足すると乾燥したガスが口元部分に届く。乾燥したガスは熱容量が小さいため口元部分での設定温度まで上昇しないため、加温加湿器本体のプレート温度を上昇させる結果、チャンバ内が高温となる。
- × c. 一般的に口元 Y ピース部における吸気側、呼気側のプローブ接続ポートは近接しているため、呼気側へ温度プローブを接続しても加温加湿器のチャンバ内温度は異常に上昇しない。
- d. 呼吸器本体からの吸気側と呼気側チューブが逆に接続されていると、供給ガスは加温加湿器のチャンバ内を通過せずに患者へ送気され、患者よりの

呼気ガスはチャンバ内を通過する。したがって、加温加湿器本体は、口元温度(吸気側に接続)が室温を示しているのに、口元温度設定値に達するまで本体のプレート温度を上昇させる結果、チャンバ内が異常な高温になる。

- × e. 口元温度を計測する温度プローブでチャンバ内温度を測定した場合は、チャンバ内温度が設定温度に達した時点でヒータは切れる。口元温度は設定値に達しないがチャンバ内の温度は異常に上昇しない。

【選択問題3】 人工呼吸中の気道内圧と呼吸流量の波形が図のようにAからBへ変化した。考えられる原因として適切なのはどれか。番号を解答欄 **選3** にマークせよ。[6]



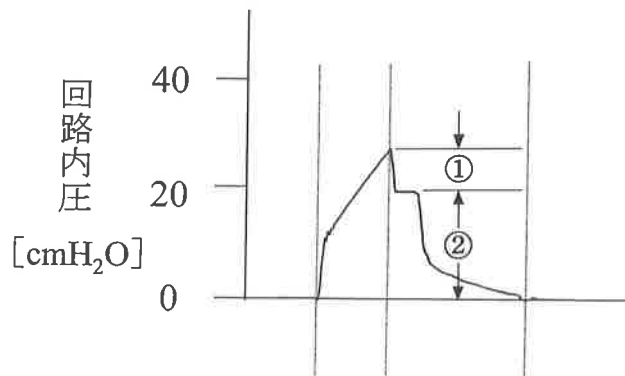
- a. 気管チューブのカフの破裂
- b. 気管チューブの狭窄
- c. 肺コンプライアンスの増加
- d. 気道抵抗の増加
- e. 呼吸回路の亀裂

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c
- 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】選3 = 6)

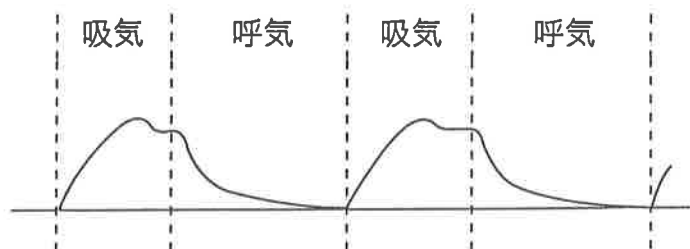
【解説】図に示す回路内圧の曲線の①の部分は気道抵抗によって生じたもので、②の部分は肺・胸郭の弾性により生じたものである。気道抵抗が増加(減少)するような場合には、①の部分が大きく(小さく)なり、肺・胸郭の弾性が減少(増加)するような場合には、②の部分が小さく(大きく)なる。問題で提示された図では、①の部分が大きくなっているが、②の部分は変化していないため、AからBへ変化した際に気道抵抗が増加したと考えられる。

- × a. 気管チューブのカフが破れると、肺に送り込まれたガスが気管チューブと気管壁の間から外へ逃げ、回路内圧の上昇がみられなくなるため、この選択肢は原因と考えにくい。
- b. 気管チューブの内腔に狭窄が生じると、気道抵抗が増加するため、この選択肢は原因と考えてよい。
- × c. 肺コンプライアンスが増加した場合、図の②の部分が大きくなっていないが、問題の図では②の部分が変化していないため、この選択肢は原因と考えにくい。
- d. 気道抵抗が増加すれば、①の部分が大きくなるため、この選択肢は原因と考えてよい。
- × e. 呼吸回路に亀裂が起こると、呼吸回路内のガスが亀裂部よりリークして呼吸回路内圧が上昇しなくなるため、この選択肢は原因と考えにくい。



【選択問題4】 次の気道内圧波形を示す換気モードはどれか。番号を解答欄

選4にマークせよ。[6]



- 1) CPAP    2) CPPV    3) EIP    4) HFV    5) IMV  
 6) IPPV    7) IRV    8) MMV    9) PSV    10) SIMV

【正解】 選4 = 3) または 6)

【解説】 この問題で提示された気道内圧波形は、下記に述べるように、EIPの波形であるが、IPPVの波形ともいえるため正解が2つになり、不適切な問題といえる。

× 1) CPAP は持続的気道陽圧のことで、自発呼吸の全過程を通して、気道内圧が陽圧に保たれている呼吸法で、機能的残気量低下を伴う開胸手術や開腹手術の術後や人工呼吸器からのウィーニング時に用いられる。気道内圧波形は図の③のようになるため、この選択肢は正しくない。

× 2) CPPV は持続的陽圧換気のことで、下記に述べるIPPVにおいて、呼気時に気道内圧を大気圧に戻さないで陽圧のままに維持する換気法で、肺胞の閉塞を防いで、機能的残気量を増やして低酸素症を改善させるときに用いられる。気道内圧波形は図の②のようになるため、この選択肢は正しくない。

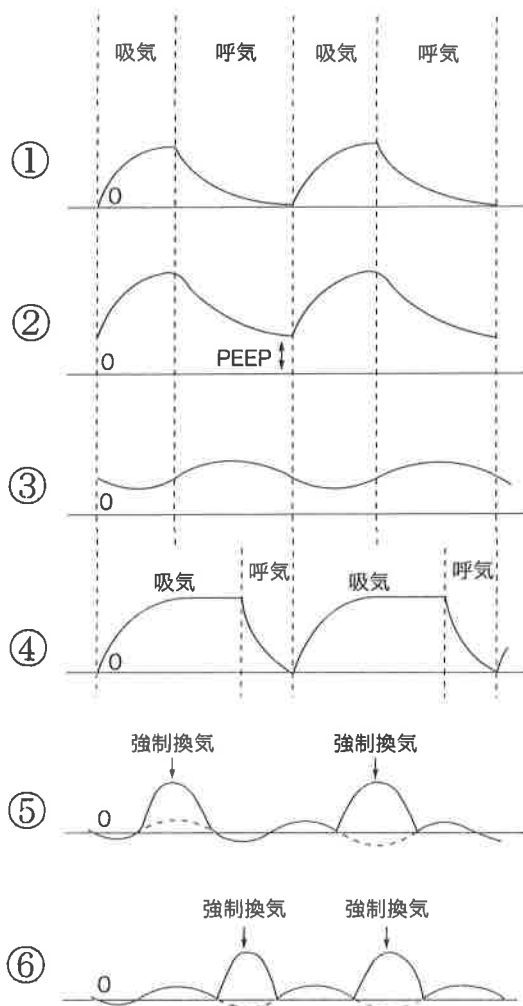
○ 3) EIP は吸気終末休止のことで、吸気が終了したときにすぐに呼気を開始しないで、そのままの状態を保つ方法で、肺内に入った吸気ガスが均等に再分布され換気効率が向上するといわれている。気道内圧波形は問題で提示

されたような波形になるため、この選択肢は正しい。

- × 4) HFV は高頻度換気のこと、通常の人工呼吸よりも換気回数が多く、1回換気量は解剖学的死腔量よりも少ない換気法で、従来の人工呼吸よりも循環抑制や圧損傷が少なく、不均等換気の著しい重症呼吸不全、喉頭や気管の手術などに用いられる。したがって、この選択肢は正しくない。
- × 5) IMV は間欠的強制換気のこと、人工呼吸器の呼吸回路を通して自発呼吸をさせながら、一定時間ごとに人工呼吸器からあらかじめ設定した換気量を強制的に送り込む換気法で、人工呼吸器からのウィーニングに用いられる。気道内圧波形は図の⑤のようになるため、この選択肢は正しくない。
- 6) IPPV は間欠的陽圧換気のこと、吸気時に間欠的に気道内に陽圧を加えることにより肺内にガスを送気し、呼気時には気道内を大気圧に開放し肺および胸郭の弾性収縮力により肺からガスを排出させる換気法で、一般的な人工呼吸の方法である。気道内圧波形は図の①のようになるが、問題で提示された波形も IPPV の波形の1つといえるため、この選択肢は正しい。
- × 7) IRV は吸呼気比逆転換気のこと、呼気時間よりも吸気時間を長くなるように換気条件を設定した換気法(通常の人工呼吸では吸気時間よりも呼気時間を長く設定する)で、PEEP では膨らみにくいような気道を中心に機能的残気量を増加させる働きがあるといわれている。気道内圧波形は図の④のようになるため、この選択肢は正しくない。
- × 8) MMV は強制分時換気のこと、IMV の変形である。患者に必要な分時換気量を設定することにより、患者の自発呼吸による分時換気量が設定分時換気量よりも少なくなったときに不足分を人工呼吸器による強制換気を行い、分時換気量を維持する方法である。したがって、この選択肢は正しくない。
- × 9) PSV は圧支持換気のこと、自発呼吸の吸気時に気道内に陽圧をかけて、吸気時の気道内圧低下を防ぎ、圧を維持する方法で、吸気仕事量を軽減させることができる。したがって、この選択肢は正しくない。



×10) SIMV は同期式間欠的強制換気のことである。IMV では患者の自発呼吸に関係なく一定時間ごとに強制換気が行われるが、それと患者の自発呼吸とのタイミングが合わないと、患者はファイティングを起こし効果的な換気が行えなくなるが、SIMV では患者の自発呼吸の吸気努力に同期させて人工呼吸器から強制換気が行われる。気道内圧波形は図の⑥のようになるため、この選択肢は正しくない。



【選択問題5】 機能的残気量の測定に用いないのはどれか。番号を解答欄

選5にマークせよ。[6]

- a. He メータ
- b. CO メータ
- c. 呼吸抵抗計
- d. N<sub>2</sub> メータ
- e. ボディープレチスモグラフ

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 選5 = 3)

【解説】 機能的残気量の測定法には He ガスを指示ガスとした閉鎖回路法(これには変量式閉鎖回路法と恒量式閉鎖回路法がある)と N<sub>2</sub>ガスを指示ガスとする開放回路法がある。この他に体プレチスモグラフによる方法がある。

- a. He ガス測定器としてカサロメータが用いられる。原理は加熱電線に He ガスを流すとガス濃度によって加熱電線の冷却の割合が抵抗変化として検出できる。その抵抗の変化をブリッジ回路等で出力するものである。
- × b. CO メータは赤外線吸収の程度を検出する装置である。肺胞内ガスが肺毛細管血液に酸素がどの程度拡散するかを表す表現に肺拡散能力(DLCO)がある。この DLCO を計測するときに、0.3%の CO ガス、10%の He ガス、20%の O<sub>2</sub>ガス、70%の N<sub>2</sub>ガスの計4種混合ガスを用いる。このとき、CO 分析装置が用いられている。
- × c. 呼吸抵抗は機能的残気量測定とは無関係である。呼吸抵抗は、肺、胸郭系の弾性抵抗(XC)、慣性抵抗(XL)、粘性抵抗(R)を全部含んだ呼吸インピーダンスを意味している。呼吸インピーダンスの測定には加周波振動法(forced oscillation 法)が用いられる。
- d. N<sub>2</sub>ガスを指示ガスとして開放回路法によって機能的残気量を求めるが、

放電管内の  $N_2$  ガスの低圧放電時に発するグロー放電色は  $N_2$  濃度に依存する。これを適当なフィルタを介して光電素子で検出する。

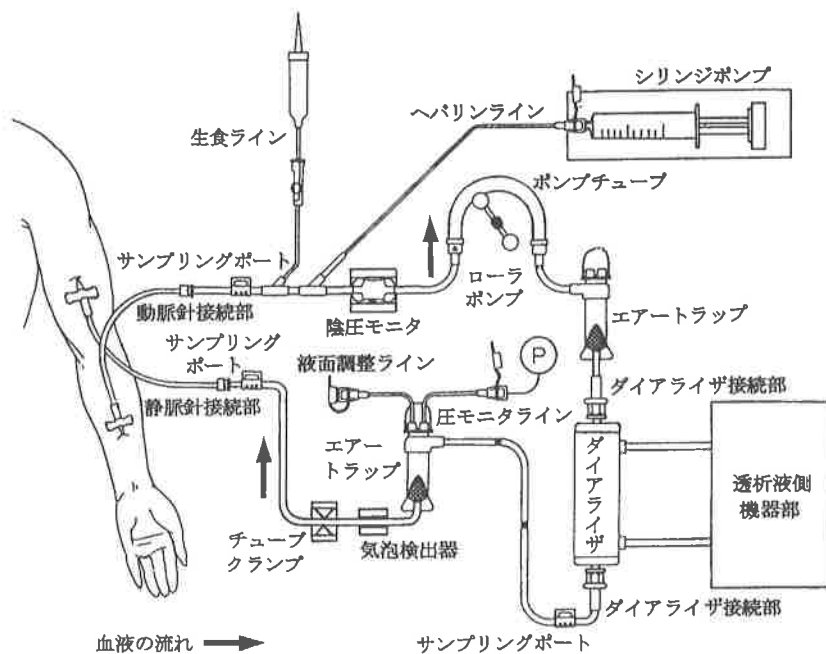
- e. 生体を機密な箱(体プレチスモグラフ)の中に入れ機能的残気量位で安静呼吸させた後、口を閉ざして、いわゆるパンテイングをさせることによってボイルの法則に基づく計算方法から機能的残気量を求めることができる。体プレチスモグラフには圧型、量型、圧・量型がある。

【選択問題 6】 透析中に目標除水量に比較し大幅に除水過多が発生した。原因として考えられないのはどれか。番号を解答欄 **選6** にマークせよ。ただし、透析前後に測定された体重値は正確なものとする。〔6〕

- 1) ダイアライザの液漏れ
- 2) 除水速度の計算ミス
- 3) 血液ポンプの速度異常
- 4) TMP(transmembrane pressure)の異常
- 5) 除水ポンプの異常

【正解】 **選6** = 2) と 3)

【解説】 除水過多を起した場合は血圧低下などを招く可能性もあるため、機器構成を理解した上で透析中の定期的な監視を行う必要がある。透析用血液回路構成を図に示す。



血液透析の血液側機器部の模式図

- 1) 最近のダイアライザで外部への液漏れはまれではあるが、亀裂などが発生し透析液が外部に漏れた場合には除水過多が発生する。なお、透析液除去用にフィルタなどを設置している場合にはこの液漏れも除水に影響することを忘れてはならない。
- ×2) 除水速度そのものは、除水過多には影響しない。
- ×3) 血液ポンプの速度の異常は除水量には影響しないが、透析効率には影響するので、異常時には点検が必要である。
- 4) 通常はダイアライザの性能によって変動するが、透析装置側の電磁弁などのリークにより変動する。最近のダイアライザはUFRが大きいのでTMPの変動が少ないためTMP異常時には自己診断機能などでチェックを行うことで装置の動作を確認できるものがある。
- 5) 除水ポンプの異常はTMPにも影響する。  
正解肢が2つとなり、不適切な問題である。

【選択問題7】 透析治療中に濃度異常警報が単独で発生した。点検作業として不適切なのはどれか。番号を解答欄(選7)にマークせよ。[6]

- a. 透析液の浸透圧を測定する。
- b. ダイアライザの液漏れの有無を確認する。
- c. 逆浸透装置の透過水量を確認する。
- d. 濃度計の温度補償用サーミスタを点検する。
- e. 濃度計の電極の汚れ状況を確認する。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】(選7) = 5)

【解説】透析装置の濃度計は電気伝導度で測定される。よって、濃度異常の警報が発生した場合、実際の濃度表示の異常であるのか、濃度計の誤警報であるかの判別が必要となる。

主に原因と考えられるものに以下がある。

- ・濃度表示のみの異常(温度補償用サーミスタ、濃度電極の汚れ、電気回路の異常)
- ・実濃度の異常(水処理装置の再生塩の洗浄不足、原液濃度の異常、配管からのエア-吸い込み)

- a.
- b.
- c.
- d.
- e.

【選択問題 8】 ダイアライザのクリアランスを高めるのに適切でないのはどれか。

番号を解答欄 **選 8** にマークせよ。[6]

- a. 血液と透析液の流れを並流にする。
- b. 透析液流量を増加させる。
- c. 透析液の流れを均一にする。
- d. 血液流量を増加させる。
- e. 除水速度を低下させる。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 **選 8** = 4)

【解説】 ダイアライザの性能評価を行う方法として溶質の透過性を示す「クリアランス」と呼ばれる指標を用いる。クリアランスの向上のためには、以下の方法が有効となる。

- × a. 血液と透析液の流れを対向流にする方法が有効となる。
- b.
- c. ダイアライザ内で濃度分布が起こりにくいよう均一流にする。
- d.
- × e. 除水速度の増加は溶質除去の性能向上には効果がある。

【選択問題9】 以下の条件で、前希釈法による血液透析濾過療法を行った。ダイアライザ出口でのヘマトクリットは何%か。番号を解答欄(選9)にマークせよ。

[6]

- ・脱血流量：260 ml/min
- ・脱血血液のヘマトクリット：24%
- ・体外循環実施時間：4.0 時間
- ・総補液量：20ℓ
- ・除水目標量：4.8ℓ
- ・濾液速度および補液速度：一定

- 1) 24      2) 26      3) 28      4) 30      5) 32  
6) 34      7) 36      8) 38      9) 40      10) 42

[正解] (選9) = 2)

【解説】 HDF(hemodiafiltration)療法には、ダイアライザ(ヘモフィルタ)の手前で補液する前希釈法(pre dilution)と、ダイアライザ(ヘモフィルタ)の後で補液する後希釈法(post dilution)がある。一般的に患者から取り出した血液をそのまま透析濾過する後希釈法の方が、同じ補給液量であれば溶質除去量が多い。しかし、短時間で大量の血液浄化を行うためには、過度の血液濃縮が起きにくい前希釈法が用いられる。

除水流量が一定であるので、

$$\text{除水流量 } Q_F = \frac{\text{除水目標量 } V_F}{\text{体外循環実施時間 } t_D}$$

となり、数値を代入して、

$$Q_F = \frac{V_F}{t_D} = \frac{4.8}{4.0} = 1.2 \text{ } \ell/\text{hr} \rightarrow 20 \text{ ml}/\text{min}$$

また、

$$\text{ダイアライザの出口血流量 } Q_{Bout} = \text{脱血流量 } Q_{Bin} - \text{除水流量 } Q_F$$



なので、

$$Q_{\text{Bout}} = Q_{\text{Bin}} - Q_{\text{F}} = 260 - 20 = 240 \text{ ml/min}$$

さらに、体外循環回路中で血球成分流量(=脱血流量  $Q_{\text{Bin}}$  × 脱血血液のヘマトクリット  $Hct_{\text{in}}$ ) は変化がないから、

$$\text{ダイアライザ出口のヘマトクリット } Hct_{\text{out}} = \frac{\text{血球成分流量}}{\text{ダイアライザ出口の血流量 } Q_{\text{Bout}}}$$

に数値を代入して、

$$Hct_{\text{out}} = \frac{Q_{\text{Bin}} \times Hct_{\text{in}}}{Q_{\text{Bout}}} = \frac{260 \times 0.24}{240} = 0.26 \rightarrow 26\%$$

**[備考]** この問題で、濾液速度、補液速度、除水速度は透析ではよく用いられる用語であるが、正確には濾液流量、補液流量、除水流量であり、解説では後者を用いた。用語としては誤解の少ないものに徐々に統一して行くべきであると思われる。

【選択問題 10】 IABP の操作で正しいのはどれか。番号を解答欄(選10)にマークせよ。[6]

- a. 体重 60 kg の患者にバルーン容量が 40 ml のカテーテルを使用した。
- b. バルーンの駆動用ガスに血液に対する溶解度の低い窒素ガスを充填して使用した。
- c. カテーテルの先端が左鎖骨下動脈分岐部の直下に達する位置で留置した。
- d. カテーテル挿入後、非挿入側の足背動脈の拍動を触知して血流の有無を確認した。
- e. 橈骨動脈圧波形でトリガしたので、タイミングの位相を波形上で約 10 ms 遅らせた。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】(選10) = 2)

【解説】IABP は下行大動脈に挿入留置されたバルーン付カテーテルのバルーンにヘリウムあるいは炭酸ガスを患者の心電図あるいは動脈圧波形に同期させて注入・排気を繰り返す装置である。拡張期にバルーンを拡張させることによって冠灌流圧が上昇し冠血流量が増大する。拡張させたバルーンを収縮期に収縮させることによって左室後負荷が軽減される。これらの作用で、心筋の酸素需給バランスが良くなり、心筋虚血や心不全の改善、心筋梗塞範囲の拡大防止などの効果がある。

- a. バルーンの容量は下行大動脈の太さや長さに関係するが、90 数%の閉塞率が最良とされる。通常、成人には 30 ml, 40 ml が使用される。形状は単腔式、2 あるいは 3 腔式がある。
- × b. バルーンの駆動用ガス(シャトルガス)には、通常、軽くて応答性の良いヘリウムが用いられる。
- c. バルーンカテーテルは、通常、切開法や穿刺法で大腿動脈から挿入され、

先端が左鎖骨下動脈直下になるように留置される。

- × d. 挿入後は、非挿入側ではなく挿入側の足背動脈の拍動を触診して血行障害(阻血)のないことを確認する。
- × e. 橈骨動脈圧波形でトリガする場合は、大動脈起始部から橈骨動脈までの脈波伝播時間を考慮して、タイミングの位相を数10 ms 圧波形上で前方に進めなければならない。

【選択問題 11】 携帯電話によるペースメーカーへの影響として起こりうるのはどれか。番号を解答欄(選11)にマークせよ。[6]

- a. ペースメーカーの出力電圧が変化する。
- b. 刺激(pacing)が抑制(inhibition)される。
- c. ペーシングモード(DDD, VVI など)の設定が変化する。
- d. ペースメーカーが不可逆的に停止する。
- e. 固定レート刺激(asynchronous pacing)が行われる。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】(選11) = 7)

【解説】 携帯電話によるペースメーカーへの影響として確認されている現象には不可逆的なものはない。実際に確認されている現象を問う問題である。

- × a. ペースメーカーの出力電圧が変化するような現象は確認されていない。
- b. 刺激(pacing)が一時的に抑制(inhibition)される現象は確認されている。
- × c. ペーシングモード(DDD, VVI など)の設定が変化するような現象は確認されていない。
- × d. ペースメーカーが不可逆的に停止するような現象は確認されていない。
- e. 固定レート刺激(asynchronous pacing)が一時的に行われる現象は確認されている。

携帯電話によるペースメーカーへの影響は電波が照射されたときに一時的に発生する可逆的な現象であるが、より出力の大きい電気メスや電子商品監視(EAS: Electronic Article Surveillance)機器ではリセットなどの不可逆的な現象も確認されている。

【選択問題 12】 人工心肺用の血液ポンプが、ポンプ出入口の圧力差 300 mmHg で 3ℓ/min の血液を送り出している。このときの血液ポンプの出力はいくらか。番号を解答欄 **選 12** にマークせよ。[6]

- 1) 1 W    2) 2 W    3) 3 W    4) 4 W    5) 5 W  
6) 6 W    7) 7 W    8) 8 W    9) 9 W    10) 10 W

【正解】 **選 12** = 2)

【解説】 血液ポンプが血液に与える仕事率  $W$  [W] (単位時間あたりの仕事量で、ポンプの出力に相当する) はポンプ出入口間の血液に与える圧力差  $\Delta P$  [Pa], 血流量  $Q$  [m<sup>3</sup>/s] とすると

$$W = \Delta P Q$$

で与えられる。ここで、与えられた数値の単位を SI 単位に変換する必要があり、

$$1 \text{ mmHg} \rightarrow 133 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ ℓ/min} \rightarrow 1/60000 \text{ m}^3/\text{s}$$

であるから、

$$\begin{aligned} W &= 133 \times 300 \times (1/60000) \times 3 \\ &= 2 \text{ W} \end{aligned}$$

【備考】 圧力の単位の換算について、水銀の密度  $\rho$  は  $13.59 \times 10^3$  [kg/m<sup>3</sup>] であるので、水銀柱の高さ  $h = 1 \times 10^{-3}$  [m] に相当する圧力  $P$  [Pa] は

$$P = \rho g h = 13.59 \times 10^3 \times 9.8 \times 1 \times 10^{-3} = 133 \text{ [Pa]}$$

で与えられる。

【選択問題 13】 大動脈弁閉鎖不全症患者の大動脈圧モニタ波形の特徴はどれか。  
番号を解答欄(選13)にマークせよ。[6]

- 1) 拡張期圧が収縮期圧より高い。
- 2) 収縮期圧と拡張期圧の差が大きい。
- 3) 圧波形の立ち上がりが遅く、三角波に近いパターンを示す。
- 4) 切痕(dicrotic notch)が明瞭になる。
- 5) 左室圧との間に収縮期圧較差が生じる。

【正解】 (選13) = 2)

【解説】 大動脈弁閉鎖不全症患者では大動脈弁が完全に閉まらないので、大動脈圧波形が左室圧波形に近くなる。

- × 1) 拡張期圧が収縮期圧より高くなるのは IABP 中の動脈圧波形の特徴である。ちなみに、大動脈弁閉鎖不全症は IABP の禁忌になっている。
- 2) 大動脈圧波形が左室圧波形に近くなるので、収縮期圧と拡張期圧の差が大きくなり拡張期圧が異常に低くなる。
- × 3) 圧波形の立ち上がりが遅く三角波に近いパターンを示すのは、大動脈弁狭窄症の場合で、弁狭窄による抵抗(R)と血管のコンプライアンス(C)で決まる時定数  $\tau = CR$  の積分回路になるからである。
- × 4) 切痕(dicrotic notch)はむしろ不明瞭になる。
- × 5) 左室圧との間に収縮期圧較差が生じるのは大動脈弁狭窄症の場合で、弁狭窄部の抵抗による血圧降下と積分されることによる血圧波形変化で収縮期大動脈圧が低下する。

【選択問題 14】 電磁血流計について正しいのはどれか。番号を解答欄(選14)にマークせよ。[6]

- a. プローブは、励磁コイル、白金電極からなる。
- b. 血管内血流分布の最高血流速を計測している。
- c. カフ型プローブは血管径より10%程度大きいものを用いる。
- d. プローブの誘導起電力の大きさは心電図レベルとほぼ同じである。
- e. 矩形波交流磁界が用いられる。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選14) = 4)

【解説】

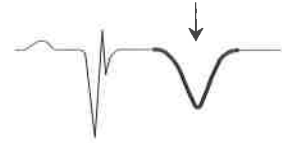
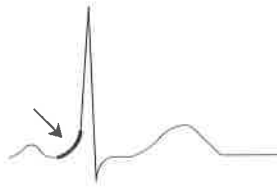
- a. 他に雑音低減のためのアースも埋込まれている。
- × b. 血管内の平均血流速を計測。
- × c. 血管径より10%程度小さいものを用いる。
- × d. プローブの誘導起電力の大きさは10~20  $\mu\text{V}$  で脳波レベルとほぼ同じである。
- e. 50~1 kHz の矩形波型交流磁界を用いる。正弦波型もある。

【選択問題 15】 心電図の異常波形(矢印で示した太線部分)の名称で誤っているのはどれか。番号を解答欄(選15)にマークせよ。[6]

a. 二峰性P波

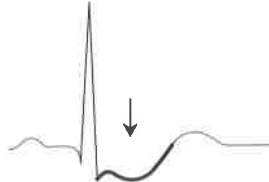
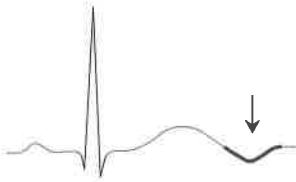
b. F波

c. 冠性T波



d. 陰性U波

e. ST 下降



- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e



[正解] (選15) = 1)

[解説] 正しくは、a. 二峰性P波→二相性P波, b. F波→デルタ波(Δ波)である。

このように、P波、QRS棘、T波などにはいろいろな形のものがある。図1にこれらの代表的な波形を挙げた。以下、清水：心電図(新臨床検査技師講座7, 医学書院, 1984年)を引用して解説する。

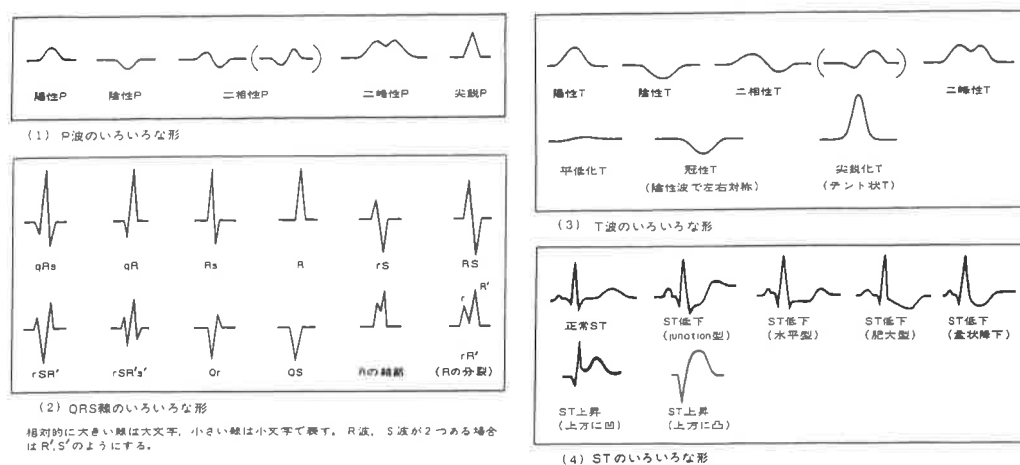


図1 波形の名称

心電図の波形は、図1(1)に示すように、基線より上に振れる波を陽性波、下に振れる波を陰性波といい、1つの波形で陽性部分と陰性部分をもつ波形を二相性波、山が基線を越えないで2つに分かれる波形を二峰性波という。

冠性T波は、T波が逆転し、左右対称な形をしている。これは、心筋梗塞の回復期などにみられる特徴的な所見である。また、陰性U波は、下向きのU波で高血圧や心筋虚血などの心疾患などでみられる。

次に、心電図所見として最も特徴的ともいえるST部であるが、正常なST部は基線に一致している。これが、虚血性変化が生じるとST部が下降(低下ともいう)し、T波が下を向く。また、心筋の障害が外膜に及ぶとST部は上昇する。これにも、いろいろな波形があるので、図1(4)を参照されたい。

最後に、設問中にあるF波、解答中で示したデルタ波( $\Delta$ 波)について説明する。

F波は、心房粗動のときにP波に代わって現れる粗動波(F: flutter wave)で1分間250~350の頻度で、のこぎりの刃(図2)のように規則的に揺れ動く基線の波で、心房の細かく速い収縮を反映したものとされている。

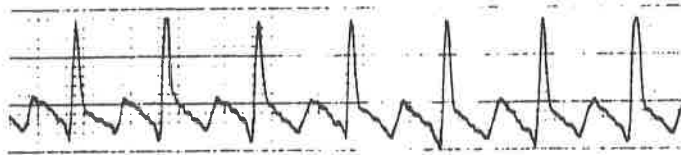


図2 心房粗動波

次に、デルタ波( $\Delta$ 波)はWPW症候群に認められる心電図(図3)で、QRS波の立ち上がりのところが少し鈍い形をしていて一見 $\Delta$ 状の形をしていることから、これをデルタ波( $\Delta$ 波)とよんでいる。これは心房の興奮が正規の房室伝導系を通らずに房室間をバイパスする副伝導路(Kent束)を通して早期に心室に伝わるためだと説明されている。

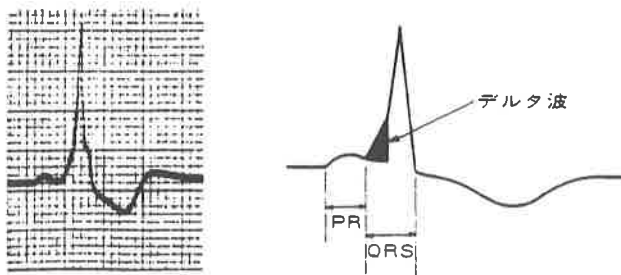


図3 デルタ波( $\Delta$ 波)

このデルタ波( $\Delta$ 波)の存在に気がつかないとWPW症候群の診断は難しいといわれ、心電図自動解析装置でもパターン認識の難しい波形の1つでもある。

【選択問題 16】 次の文章の空欄に当てはまる数値の組み合わせで正しいのはどれか。番号を解答欄(選 16)にマークせよ。[6]

心電計の同相信号の抑制は JIS T 1202 では以下のように行う。試験用正弦波電圧発生装置を用い、図の試験回路において試験電圧を 20 Vrms, 周波数 50 Hz または 60 Hz,  $S_1$  を開, 他のスイッチを閉として誘導を切り換えながら振れを記録する。これを  $S_n$  まで繰り返し, 振れの最大値を測定する。

この方法によって試験したとき, 点 A の同相信号電圧は  $\boxed{a}$  V<sub>P-P</sub> を示し, その記録波形の振れは  $\boxed{b}$  mV<sub>P-P</sub> 以下でなければならない。

	a	b
1)	10	0.5
2)	10	1
3)	14	0.5
4)	20	2
5)	20	5
6)	20	10
7)	28	1
8)	28	5
9)	56	5
10)	56	10

【選択問題 17】 B形装着部およびクラス I 機器と表示のある医用電動式吸引器について、JIS で示す試験方法にしたがって a, b, c の定期点検結果を得た。この結果の判定で正しいのはどれか。番号を解答欄(選17)にマークせよ。[6]

- a. 接地漏れ電流が 0.12 mA であった。
- b. 最高吸引圧が -80 kPa であった。
- c. 4 秒で 200 ml の蒸留水を吸引した。

- 1) すべて不合格
- 2) a と b は合格で、c は不合格
- 3) a と c は合格で、b は不合格
- 4) b と c は合格で、a は不合格
- 5) すべて合格

【正解】(選17) = 5)

【解説】

- a. JIS T 0601-1 において、B 型装着部をもつ機器の外装漏れ電流の許容値は 0.5 mA となっているので、合格。
  - b. JIS T 7327 において、吸引圧は -40.0 kPa { -30.0 cmHg } 以上となっているので、合格。
  - c. JIS T 7327 において、吸引流量は蒸留水 200 ml を 6 秒以内で吸引しなくてはならないとなっているので、合格。
- したがって、すべて合格なので正解は 5) となる。

【選択問題 18】 デジタル脳波計について正しいのはどれか。番号を解答欄

〔選 18〕にマークせよ。〔6〕

- a. システムレファレンス電極は差動増幅器のニュートラル端子と接続されている。
- b. いわゆるボディアース電極は保護アースと接続されている。
- c. 低域，高域フィルタの設定は共に脳波判読時に行うことができる。
- d. 耳垂電極部位の脳波も同時に導出することが必要である。
- e. モンタージュの設定は脳波記録後にはできない。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 〔選 18〕= 8)

【解説】 デジタル脳波計は最初に頭皮上の雑音の混入しにくい部位を基準電極（これをシステムレファレンス電極部位という）として耳垂を含めた頭皮上のすべての電極部位の脳波を導出し、それを記憶した後に、それらの電極部位の組み合わせでいろいろな導出法の記録ができる。また、それらを組み合わせたモンタージュもいろいろなものが設定できる。

× a. 最初にシステムレファレンス電極部位を基準に（脳波計入力端子の  $G_2$  にシステムレファレンス電極を接続する）差動増幅器によって頭皮上の全電極部位の脳波をまず導出する。したがって、差動増幅器のニュートラル電極（通常、ボディアースと呼ばれている）電極は別に前額部や鼻先などに接続する。

× b. いわゆるボディアース電極は、通常、差動増幅器のニュートラル電極のことをいう。現在はこのニュートラル電極はアイソレーション回路によって、浮いた状態であるため、脳波計の保護アースに接続することは電撃に対する危険防止という点で絶対に行うべきでない操作である。

○ c. デジタル脳波計では最初の電極単位の記録時にできるだけ広帯域の周波

数帯を用いて導出し、後で自由に低域、高域遮断フィルタを用いて脳波を見やすい状態にして、判読することが行われている。最初から狭帯域の周波数特性を用いると後からの自由なフィルタ設定ができない。

- d. 前述したように、耳垂を含んだ電極単位ごとの脳波を最初に導出しておかないと、後で単極導出に変換することができない。
- ×e. 電極単位ごとの脳波が最初に導出されているため、記録後にそれらの電極単位ごとの脳波を組み合わせたリ、減算処理することで種々のモニタージュによる脳波を表示、記録することができる。

【選択問題 19】 筋電計について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選19)にマークせよ。[6]

- 1) 感度は心電計より高い。
- 2) 周波数帯域は心音計より広い。
- 3) 定電流刺激装置が内蔵されている。
- 4) 針電極は MUP(運動単位電位)の導出に有利である。
- 5) M 波の導出には加算平均装置を用いる。

【正解】(選19) = 5)

【解説】

- 1) 筋肉に針を刺して計測する筋電図は正常では  $500\ \mu\text{V}$ ～数 mV 程度の電位であるが、異常筋電図の中には脱随性の疾患で安静時に記録されるものに、 $20\sim 100\ \mu\text{V}$  程度のものがある。また、大きいものには 10 mV 以上の高振幅な異常筋電図もある。したがって、標準感度が 1 mV/10 mm 程度の心電計に比べて感度は高いことが必要である。
- 2) 針筋電図記録には 5 Hz～10 kHz(-3 dB)程度の広帯域な増幅器が必要である。心音計は心音、心雑音の記録に対して 20～1000 Hz 程度の周波数帯域があれば十分である。
- 3) 筋電計には神経を電気刺激することによる誘発筋電位を計測する場合がある。そのための電気刺激装置として定電流刺激(刺激装置の出力インピーダンスを高く設定してある)と定電圧刺激(刺激装置の出力インピーダンスを低く設定してある)の2通りがある。いずれも刺激部位の刺激電極接触抵抗を含めた抵抗が変化しても、一定の刺激電圧または電流が加わるようにしてある。最近では定電流刺激の刺激装置が多い。
- 4) 1個の脊髄前角細胞より出た1本の運動神経が支配している筋線維群を運動単位(MU)という。針筋電図はこのMUの電位(Motor Unit Potential: MUP)を導出するのに有利である。しかし、これは弱収縮時では

1つ1つのMUPが分離導出することが可能であるが、強収縮では多くのMUが活動するため、MUPは干渉波形となり、MUPを分離導出することが難しくなる。

- ×5) 運動神経を電気刺激することによって、これに支配されている筋線維群の活動電位の1つにM波がある。M波は数mVの電位であるため加算平均装置は必要ない。ただし、末梢の感覚神経の電気刺激による順行性の神経活動電位は小さいので、加算平均装置を使用することがある。



【選択問題 20】 MRI について誤っているのはどれか。番号を解答欄「選 20」にマークせよ。[6]

- 1) 歳差運動の回転角速度は磁場強度に比例する。
- 2) 回転角速度の周波数と RF 波の周波数は同じである。
- 3) 縦緩和時間の時定数( $T_1$ )は脂肪組織より脊髄液で短い。
- 4) 傾斜磁場は静磁場中に置かれた磁気コイルによって与えられる。
- 5) MR 信号の発信源の情報検出には周波数分析が必要である。

【正解】「選 20」= 3)

【解説】

- 1) 静磁場強度(B)内に置かれた水素の原子核(陽子)は原子核固有の磁気回転比( $\gamma$ )をもっている。この陽子の歳差運動の回転角速度( $\omega$ )との間には  $\omega = \gamma B$  の関係ある。
- 2) 選択肢 1) で述べたように、 $\omega$ で歳差運動している原子核に同じ $\omega$ の周波数をもつ電波(Radio Frequency: RF)を外部より加えるとこの原子核はこの電波のエネルギーを吸収する(これを磁気共鳴という)。したがって、磁気共鳴画像(MRI)はこの共鳴現象を利用しているため、外部より与える電波の周波数は $\omega$ の周波数と同じでなければならない。
- × 3) RF をもつパルス波によってエネルギーを吸収した原子核は RF パルス波を絶つと、吸収したエネルギーを放出しながら(電波を出しながら)元の状態に戻って行く。その戻って行く過程を緩和という。この戻り方が生体組織によって異なる。したがって、この電波の受信信号ベクトルの組織によって異なる縦成分の緩和時間の時定数  $T_1$ は脂肪組織で短く、脊髄液で長い。
- 4) 静磁場 B 中にある生体に距離を関数とする傾斜磁場を重畳させて与えると  $\omega = \gamma B$  の式より距離 x における回転角速度 $\omega$ は、 $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n (x=1, 2, \dots, n)$ となる。これによって、受信電波を周波数分析することによって発

第9回午後の部

信源である距離  $x$  の位置情報が検出できる。

○5) 選択肢4) を参照。

【選択問題 21】 超音波診断について正しいのはどれか。番号を解答欄(選 21)にマークせよ。[6]

- a. イレウス(腸閉塞)の診断には無効である。
- b. 頻繁に動く胎児は3次元診断の対象とならない。
- c. 肝疾患にハーモニクス法を適応すると悪性腫瘍の鑑別診断に有用である。
- d. IVUSでは、ステント留置後の経過観察を行えない。
- e. パワードプラ法で冠状動脈近位部が観察できる。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選 21) = 9)

【解説】 臨床での経験がないと、なかなか解答できない難問揃い。

× a. 消化器領域での肝臓、胆嚢、膵臓以外にも超音波診断は、領域をのぼしている。イレウスの診断にも、腸管の動きやガス像の様子から一定の限界はあるものの診断が可能となってきた。

× b. 高速での画像処理が可能となった現在、胎児診断に3次元超音波画像が近年愛用されていることは衆知となっている。産科の診療所などにこれがないと出産予定の妊婦が来てくれないほどという。

○ c. 肝疾患でのハーモニクスは頻用されることとなった。

ハーモニクスとは、振動解析や信号処理で出てくる概念で、高調波とも呼ばれ、伝播の過程で元の信号より高い周波数の成分が出現あるいは、主たる成分となってくる際に基本周波数以外の周波数成分のことである。通常、高い周波数成分の高調波であるが、基本周波数成分より低い場合もあり、これを特にサブハーモニクスとも呼ぶ。

ハーモニクスの発生メカニズムには、大別して2種あり、生体のような超音波の媒質そのものもつ超音波伝播に対する非線形性つまり周波数によって超音波伝播速度が異なる現象がメカニズムである①ティッシュハー

モニクイメージングと、超音波造影剤であるマイクロバブルを用いた際のマイクロバブル自体の振動の非線形性がメカニズムである②造影ハーモニクイメージングがある。詳細は講習会テキストを参照されたい。

- × d. 侵襲的な領域にも超音波診断法は領域を広げ、10 MHz ないし 30 MHz の周波数帯での高精細な血管内超音波 IVUS (Intra Vascular Ultrasound) では、心筋梗塞での冠状動脈の狭窄部位を直接観察し石灰化やプラーク病変を診断したり、ステント留置後の経過観察を行うことができる。IVUS は、従来の心カテでのレントゲン写真が横からの投影像であったのに比して、冠状動脈の軸方向に前方視でき、狭窄そのものを観察できるために、ステント留置後の経過観察にはことに有用である。
- e. 循環器の領域は、運動し続ける心臓・血管系を繰り返し観察・計測できるエコー法、ドプラ法の恩恵にもっとも浴しており、パワードプラ法やベロシティモードを用いて冠状動脈の主な部分が観察できるような手技とシステム設定が研究開発されたために、本法の無侵襲性、リアルタイム性、可搬性はますます有用となっている。

【選択問題 22】 ガラス電極が使われているのはどれか。番号を解答欄(選22)にマークせよ。[6]

- a. pH 電極
- b. 酸素電極
- c. 窒素電極
- d. 過酸化水素電極
- e. 二酸化炭素電極

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
 6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選22) = 4)

【解説】

○ a. ガラスの薄膜を隔てて pH の異なる溶液があると、その溶液間には pH の差に比例した電位が生ずる。したがって、ガラス管の中に pH 既知の緩衝液を満たしておけば、他の膜を隔てた検体の pH を知ることができる。これは膜を隔てた電位差を測定するため、ポテンシヨメトリック法という。

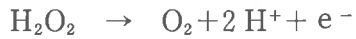
× b. 電解質溶液中の陽極と陰極(白金電極)の間に 0.6 V 前後の直流電圧を加えると、陰極先端での  $O_2$  は  $OH^-$  に還元され、



のような反応が起こる。すなわち、 $O_2$  分子 1 個に対して 4 個の電子が消費されるため、その結果として電流の変化が起こる。陰極の表面に  $O_2$  のみを通す半透膜(ポリプロピレン膜)をおいておけば、検体より、膜を透過した  $O_2$  は陰極表面で電子を消費して前述の反応式によって、 $PO_2$  に比例した電流が流れる。この方法をアンペロメトリック法という。

× c. 窒素はガラス電極では測定ができない。通常、ガス放電による方法が用いられる。

× d. 過酸化水素( $\text{H}_2\text{O}_2$ )電極は選択肢 b の白金電極によって同じように次の式より、



の反応が起こり、測定することができる。

○ e. pH 電極を利用したもので、ガラス膜面にナイロン・メッシュ等に浸した重曹水をおき、それを  $\text{CO}_2$  透過膜であるテフロン膜で覆ったものが二酸化炭素電極である。テフロン膜を透過した  $\text{CO}_2$  ガスにより、重曹水の pH が変化するために、ガラス膜を隔てた両液間に電位差が生ずる。血液中の  $\text{CO}_2$  分圧を測定するために使われる。開発者の名前に由来してセバリングハウス (Severinghaus) 型電極ともいう。

【選択問題 23】 超音波トランジット法による血流計測について正しいのはどれか。番号を解答欄(選23)にマークせよ。[6]

- a. 血流速度は血管断面内の最大速度を測定している。
- b. 血流量は通常、血管断面積に平均血流速度を乗じて算出する。
- c. 血流速度は送信波と反射波の周波数差に比例する。
- d. 術中の露出血管内の血流計測に使用する。
- e. 血流速度は血管内径の大きさに比例する。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選23) = 6)

【解説】

- × a. 血管内の平均血流速を計測。
- b. 記述のとおり。
- × c. 伝搬時間の差から血流速度を得る。
- d. 記述のとおり。露出血管用プローブのほか、回路途中に使用可能なプローブ(インライン型)もあり、体外循環装置の流量計測にも用いることが可能。
- × e. 血管径に対してプローブ径が多少大きくても計測可能である。

【選択問題 24】 電子体温計(JIS T 1140)について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選 24)にマークせよ。[6]

- a. 実測式体温計の測定時間は感温素子の応答速度により決められている。
- b. 実測式体温計では体温変化を連続的にモニタすることができる。
- c. 予測式体温計が予測値を表示する場合は、予測値である表示またはマークを体温表示部に表示しなくてはならない。
- d. 予測式体温計の予測誤差は、同じ部位で定められた時間の実測値に対し、 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 以下である。
- e. 最高温度保持機能とは、実測した温度の最高値を保持し、一定時間またはリセットするまで表示する機能である。

- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 (選 24) = 1)

【解説】 JIS T 1140「電子体温計」は、人の体温の検出に感温素子を用いた、最高温度保持機能付きで、かつ、内部電源によって動作し、体温をデジタル表示する電子体温計について規定している。

現在多く使用されている電子体温計には、実測式(体温計)と予測式(体温計)がある。実測式は最高温度保持機能だけをもつ体温計と定義されている。また、予測式は予測機能および最高温度保持機能をもつ体温計と定義されている。

- × a. 実測式の応答時間は、定められた試験を行ったとき、30秒以内でなければならないとされており、測定時間は身体の被測定部位の温度が安定するまでの時間を基に決められている。
- × b. 実測式は常に感温部が感知した最高温度を表示するので、とくに体温が低下して行く場合などでは、温度変化を連続的にモニタすることはできない。
- c. 予測式は機器にプログラムされた条件で、表示が予測値から実測値に切り換わるものが多い。そこで、予測機能による表示の場合、予測値である表



示またはマークを体温表示部に表示しなくてはならない。

- d. 予測値の誤差(同じ部位で、口中または直腸で5分以上、えき(腋)下では10分以上実測した値に対する誤差)は、 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ と定められている。
- e. 最高温度保持機能は、実測した最高の温度値を保持し、一定時間またはリセットするまで表示する機能と定義されている。

**[備考]** 体温測定機器に関しては、このほかに、JIS T 1306「電子体温モニタ」において、電子式温度検出器を用いて、人の体温の経時変動を長時間監視する電子体温モニタについて規定している。

【選択問題 25】 内視鏡手術について誤っているのはどれか。番号を解答欄

〔選 25〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 一般外科，産婦人科，呼吸器外科で適用されている。
- 2) 腹腔鏡手術では気腹などで手術野に視野・術野を確保する。
- 3) 内視鏡手術からの回復は，開腹手術より速い。
- 4) 腹腔鏡手術では大出血の危険が少ない。
- 5) 手術創が小さいので目立たない。

〔正解〕 〔選 25〕 = 4)

〔解説〕 内視鏡手術は，近年医療事故が多発するとマスコミの厳しい批判にさらされているが，実際には修練を積んだ医師が行えば，その侵襲性の少なさと，結果としての回復の早さは患者にとっての大きな福音である。その適用領域も急速に拡大しており，この領域の基礎を押さえておくことは，これからの ME 技術者のポイントであろう。

内視鏡について誤っている選択肢は 4) であるが，この点がまさに，マスコミから追求されているのである。狭い視野で行わざるを得ないので，望まずして近隣の臓器や組織に傷がついてしまって出血するリスクは，大きく開腹して広い視野の元で行う手術より大きいとはいえないまでも，少なくはない。そして止血についても十分な知識と技量をもち，素早く対処できる医師でなければ，出血時の危険は高まる。

他は，正しい表現である。

## 小論文試験問題

高度で先進的な医療は患者に恩恵をもたらす。しかし、限られた医療資源を効率的に活用するためには、個々の医療技術の有用性や適応の是非を科学的に検証する「技術評価(technology assessment)」が不可欠である。そこで、医療機器・システムあるいは先進医療技術の中から具体的な対象を1つ挙げ、以下に示す3つの観点から**それぞれ**技術評価を行いなさい。

- ①医学的観点：医学的観点から、人体に適用することが安全かどうか、臨床的に有効であるかどうかなどを評価する。
- ②経済的観点：安全や有効性が確認されても無制限に使用できない。一定の費用で最大限の効果が得られるかどうかを経済的に評価する。
- ③社会的観点：臓器移植や生殖医療など社会的に影響の大きいものは生命倫理や文化などの観点から評価する。

ただし、論文は1200字以内とし、800字に満たない論文は「ME機器論」が不合格となる。[50]

## 第1種ME技術実力検定試験問題解説集（第9回）

---

発行日 2004年3月31日 初版発行  
2005年3月20日 第2版発行©

監修 (社)日本エム・イー学会  
ME技術教育委員会

編集・発行 (社)日本エム・イー学会  
第1種ME技術実力検定試験  
講習会・テキスト作成委員会

製作 〒113-0033 東京都文京区本郷2-39-5  
片岡ビル3F  
ME技術教育委員会  
TEL: 03-3813-5521

印刷 (株)平文社

本書の内容の一部あるいは全部を無断で複写複製（コピー）することは、  
法律で認められた場合を除き、著者および作成委員会の権利の侵害と  
なりますので、その場合には予め本会あて許諾を求めて下さい。

---

(禁無断転載)