

【問題 1】 27℃ における塩化ナトリウム水溶液(希薄溶液)の浸透圧が  $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  であった。塩化ナトリウムのモル濃度を求め、数値を解答欄  に記入せよ。ただし、気体定数を、 $8.3 \times 10^3 \text{ l} \cdot \text{Pa}/(\text{K} \cdot \text{mol})$  とする。[ 4 ]

【正解】 ① 0.10 mol/l

【解説】 浸透圧の大きさは、希薄溶液では溶質粒子のモル濃度に比例する。電解質の希薄溶液の場合は全イオンのモル濃度に比例する。塩化ナトリウムを溶かした希薄溶液では、NaCl がすべて  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  に分かれるので、全イオンのモル濃度としては 2 倍となる。

浸透圧  $\Pi$  は、溶質粒子のモル濃度  $M$ 、気体定数  $R$ 、絶対温度  $T$  として、

$$\Pi = MRT$$

として表される(ファンツホッフの法則)。したがって、浸透圧  $\Pi$  を発生させるための溶質粒子のモル濃度は

$$M = \Pi / RT$$

より、

$$\frac{5.0 \times 10^5 \text{ Pa}}{8.3 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{Pa}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 300 \text{ K}} = 0.20 \text{ mol/l}$$

となる。

上述のように、電解質である塩化ナトリウムの希薄水溶液においては、塩化ナトリウムはナトリウムイオンと塩素イオンに全て電離し、



となる。浸透圧  $\Pi$  は溶液中の全粒子としての  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  により発生するため、上記により得られたモル濃度の  $\frac{1}{2}$  が求める塩化ナトリウムのモル濃度となる。

【問題2】 下の文章の空欄ⅠからⅢに入る語句の組み合わせとして、正しいものはどれか。番号を解答欄①にマークせよ。[5]

二酸化炭素は水に溶けて炭酸になり、炭酸は水素イオンと重炭酸(炭酸水素)イオンに解離し、以下のような平衡関係になる。



この溶液に二酸化炭素をさらに加えると、重炭酸イオン濃度はⅠし、pHはⅡする。人が呼吸する際、二酸化炭素の排出がうまくできずにいると、血液中に二酸化炭素がたまり、pHが異常値を取る。この状態をⅢという。

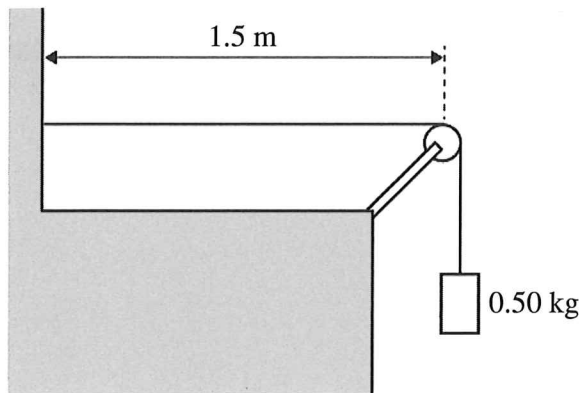
	I	II	III
1)	増加	上昇	代謝性アシドーシス
2)	増加	低下	呼吸性アシドーシス
3)	減少	上昇	代謝性アシドーシス
4)	減少	低下	呼吸性アシドーシス
5)	減少	上昇	呼吸性アシドーシス

【正解】 ① 2)

【解説】 溶液に二酸化炭素を加えると、平衡が右に移動して、重炭酸イオン濃度は増加、pHは低下する。人が呼吸する際、二酸化炭素の排出が上手くできずにいると、血液に二酸化炭素が貯まり、この平衡が右に移動して、pHが低下する。この状態を呼吸性アシドーシスと呼ぶ。

【問題3】 図のように水平に張った線密度  $\rho = 4.9 \times 10^{-4} \text{ kg/m}$  の金属線に質量  $0.50 \text{ kg}$  のおもりをつりさげて、長さ  $1.5 \text{ m}$  の弦を作った。弦を伝わる波の速さ  $v$  と弦の張力  $S$  との間には、 $v = \sqrt{\frac{S}{\rho}}$  の関係がある。この弦を基本振動させたときの波長は  $3.0 \text{ m}$  である。また、この弦を3倍振動させたときの波長は  m、弦を伝わる波の速さ  m/s、周波数は  Hz である。

空欄に当てはまる数値を解答欄  ~  に有効数字2桁で記入せよ。  
ただし、重力加速度の大きさは  $9.8 \text{ m/s}^2$  とする。[2×3=6]



【正解】  1.0   $1.0 \times 10^2$    $1.0 \times 10^2$

【解説】 長さ  $l$  の弦をはじくと、下の図のように両端が固定端の定常波が生じる。

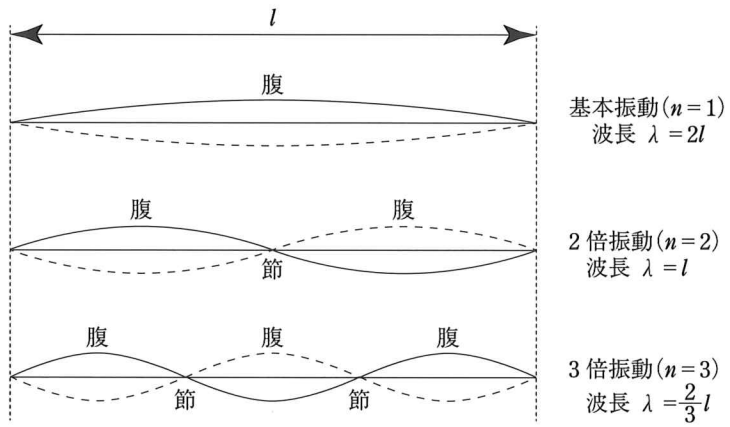
この定常波は、 $n\lambda = 2l$  ( $\lambda$  は波長、 $n = 1, 2, 3, \dots$ ) を満たすような振動となる。 $n = 1$  (腹の数が1)、 $n = 2$  (腹の数が2)、 $n = 3$  (腹の数が3) の振動を、それぞれ基本振動、2倍振動、3倍振動とよぶ。したがって、基本振動の波長は問題文にある通り、 $2l = 3.0 \text{ m}$  となる。同様に考えると、3倍振動の場合の波長は  $\lambda = 2l/3 = 1.0 \text{ m}$  となる。

また、弦の張力は  $S = 0.5 \times 9.8 = 4.9 \text{ N}$  であるから、弦を伝わる波の速さは、与式より、

$$v = \sqrt{\frac{4.9}{4.9 \times 10^{-4}}} = 1.0 \times 10^2 \text{ m/s}$$

となる。周波数  $f$  は、波長  $\lambda$ 、波の速さ  $v$  の間に  $v = f \cdot \lambda$  の関係があることから、

$f = v/\lambda = 1.0 \times 10^2$  Hz となる。



【問題 4】  $\alpha$  線,  $\beta$  線,  $\gamma$  線について誤っているものはどれか。番号を解答欄

② にマークせよ。[5]

- a. 原子核が  $\alpha$  線を出すと質量数が 2 小さい原子核に変わる。
- b.  $\alpha$  線の電離作用は 3 種の放射線のうち最も大きい。
- c. 原子核が  $\beta$  線を出すと原子番号が 1 大きい原子核に変わる。
- d.  $\beta$  線は磁界により曲げられる。
- e.  $\gamma$  線の物質透過力は 3 種の放射線の中で最も小さい。

- 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(原子核の崩壊)に関する基礎的問題。

- × a.  $\alpha$  線の本体はヘリウムの原子核であるから、質量数が 4 小さい原子核に変わる。
- b.  $\alpha$  線は質量が大きいので原子内の電子をはね飛ばす力が強く、電離作用は 3 種の放射線の中では最も大きい。次に  $\beta$  線が強く、 $\gamma$  線が最も弱い。
- c.  $\beta$  線の本体は高速の電子で、原子核が  $\beta$  線を出すと原子核内の中性子が 1 個の陽子と 1 個の電子に変わるので、原子番号が 1 増える。
- d. 上記の通り  $\beta$  線は電子であるので、磁界から受ける力により曲がる。
- × e.  $\gamma$  線の本体は非常に波長の短い電磁波であり、物質透過力は 3 種の放射線の中で最も大きく、その遮蔽には厚さ数 cm の鉛板が必要である。

【問題5】 27℃の水4.0 kgをある温度に熱した8.0 kgの鉄製容器に入れた。熱平衡に達したときの温度を37℃にするためには、鉄製容器を約何℃にしておく必要があるか。数値を有効数字2桁で解答欄  に記入せよ。ただし、水の比熱を4.2 kJ/(kg·K)、鉄の比熱を0.44 kJ/(kg·K)とし、熱は外に逃げないものとする。[5]

【正解】 E) 85

【解説】 物質の比熱について理解していることを問う問題である。

鉄球を水に入れて熱平衡に達するまでに水が得た熱量を  $Q_1$ 、鉄が放出した熱量を  $Q_2$  とすると、

$$Q_1 = 4.2 \times 10^3 \times 4 \times (37 - 27) \quad [\text{J}]$$

$$Q_2 = 0.44 \times 10^3 \times 8 \times (T - 37) \quad [\text{J}]$$

熱は外に逃げないため、両者は等しい。

よって、

$$T = \frac{4.2 \times 10^3 \times 4 \times 10}{0.44 \times 10^3 \times 8} + 37 \approx 85^\circ\text{C}$$

【備考】

特定の物質1 gが1℃(Kでも同じ)の温度変化を示すのに必要となる熱量を比熱という。与えた熱量を  $Q$  は、比熱を  $c$ 、温める物質の質量を  $m$ 、温度変化を  $\Delta T$  とすると、

$$Q = cm\Delta T$$

となる。

【問題 6】 誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[5]

- 1) 金属製の構造物は降伏応力が最大応力の数倍以上となるように設計する。
- 2) 金属の縦弾性係数は温度の上昇とともに低下する。
- 3) 鋼のポアソン比はポリエチレンのポアソン比よりも大きい。
- 4) 循環ポンプの回転軸には回転方向のせん断応力がかかる。
- 5) 外力を除いても材料の形が元に戻らない変形を塑性変形とよぶ。

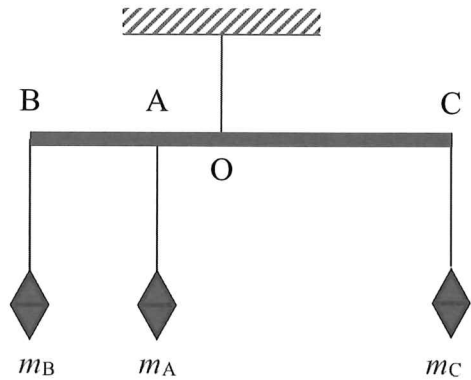
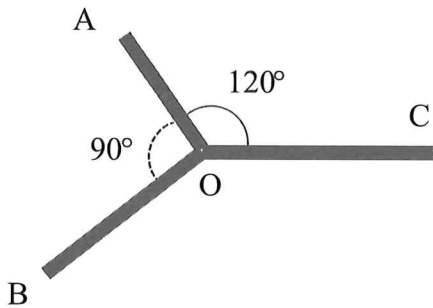
【正解】 ③ 3)

【解説】 材料力学の基本知識(降伏応力, 安全率, 縦弾性係数, ポアソン比, せん断応力, 弾性変形)を問う問題である。

- 1) 最大応力が降伏応力より小さければ理想的には構造物は破壊しないが, 実際の設計においては余裕を持ち, 最大応力に安全率をかけた数値が降伏応力になるように材料や形状を決定する。安全率を具体的にいくりにするかは, 荷重の種類(静的か動的か)や構造物の使用目的による。
- 2) 物体の縦弾性係数は温度によって変化する。金属の場合は温度上昇によって低下する。降伏応力も含め, 材料の力学特性には温度依存性があることを理解する。
- × 3) ポアソン比は縦ひずみと横ひずみの比の絶対値であるが, 一般的に金属のポアソン比は高分子材料のポアソン比より小さい。鋼のポアソン比は 0.3, ポリエチレンのポアソン比は 0.4 である。
- 4) 回転軸にはねじりモーメントがかかるため, 軸の内部には回転方向のせん断応力がかかる。
- 5) 塑性変形と弾性変形の違いを理解する。弾性変形とはかかった外力を除くと形が元に戻る変形のことであり, その応力の限界を弾性限界とよぶ。

【問題7】 長さ2の棒AO, 長さ4の棒BOと長さが未知の棒COを図のように点Oで接続し, 点Oに糸を結び付けて吊るす。各棒の自由端に錘  $m_A$ ,  $m_B$ ,  $m_C$  を吊るし, 水平に保たれるように棒COの長さを調節する。 $m_A = m_C$  となるときの棒COの長さはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。ただし棒および糸の重さは無視できるものとする。[5]

- 1) 1    2) 2    3) 3    4) 4    5) 5



【正解】 ④ 4)

【解説】 回転軸の方向が固定されていない力のモーメントのつり合いの問題である。本来ならば各棒に働く力のモーメントベクトルを3次元ベクトルの外積で求めていくのであろうが, 各棒は全て同一平面上にあり, 錘の重力はその平面の法線方向である。従って単純に棒の長さ×錘の重さを計算し, 適当な方向に分解してつり合いから求めればよい。例えば下図の水平線方向( $\overline{OC}$ 方向)では

$$2 m_A g \sin 30^\circ + 4 m_B g \cos 30^\circ = \overline{OC} \cdot m_C g \quad \text{①}$$

垂線方向では

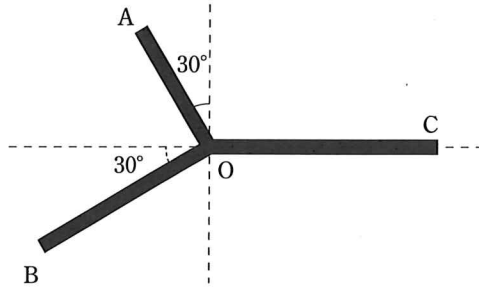
$$2 m_A g \cos 30^\circ = 4 m_B g \sin 30^\circ \quad \text{②}$$

$$\text{②より } \frac{\sqrt{3}}{2} m_A = m_B \quad \text{③}$$



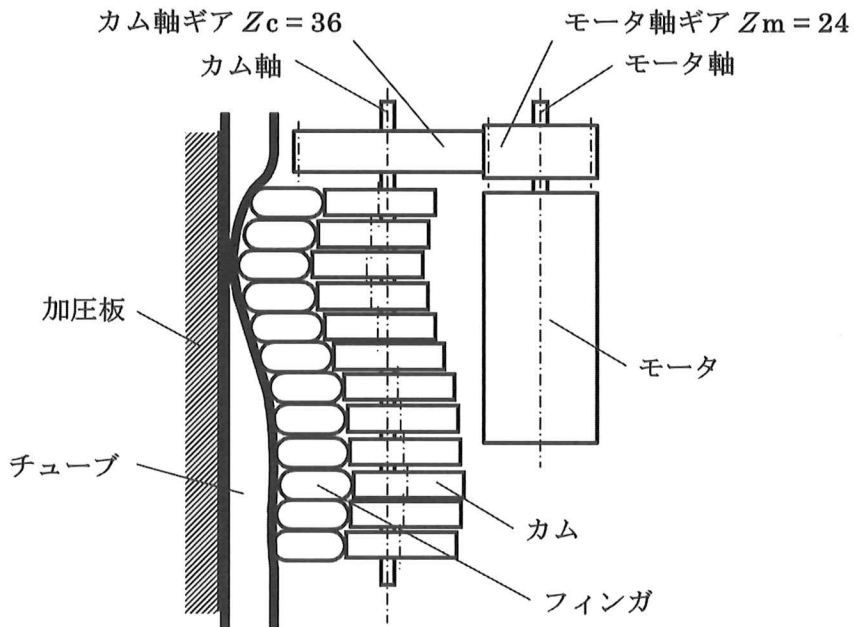
①, ③より  $\overline{OC} \cdot m_A = m_A + 4 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} m_A = 4 m_A$

よって  $\overline{OC} = 4$  である。



【問題8】 図のフィンガ方式の輸液ポンプはカム軸が1回転すると、薬液が0.20 ml 送り出される構造である。カム軸とモータ軸はギアで連結されており、カム軸ギアの歯数は36枚、モータ軸ギアの歯数は24枚である。カム軸は一定回転数で動作するものとして、20 ml/h で輸液を行うためにはモータを何rpmで回転させれば良いか。番号を解答欄  にマークせよ。[5]

- 1) 0.10    2) 1.1    3) 1.7    4) 2.5    5) 4.0



【正解】 ⑤ 4)

【解説】 輸液ポンプが20 ml 送り出すためにはカム軸が $\frac{20}{0.20} = 100$ 回転する必要がある。これが1時間あたりなので、1分間では $\frac{100}{60}$ rpmとなる。

カム軸とモータ軸の回転数比はギア比 $\left(\frac{Z_m}{Z_c} = \frac{24}{36}\right)$ に反比例するので、モータ軸の回転数は

$$\frac{100}{60} \cdot \frac{36}{24} = \frac{5}{2} = 2.5[\text{rpm}]$$

【問題 9】 電流刺激装置の作製のため、図 1 の回路構成によって図 2 の入出力特性をもつ装置を作りたい。用いるべき素子 X の名称と値を解答欄  に記入せよ。ただし、オペアンプの動作は理想的なものとする。[ 6 ]

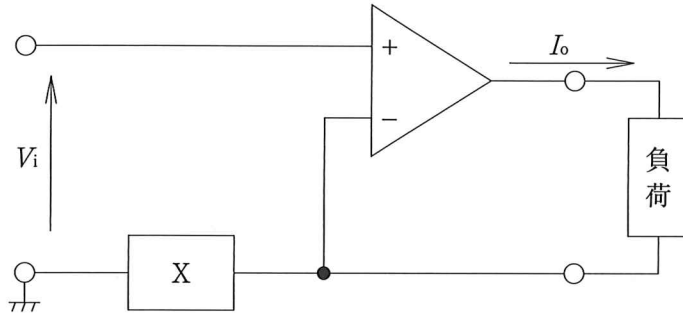


図 1

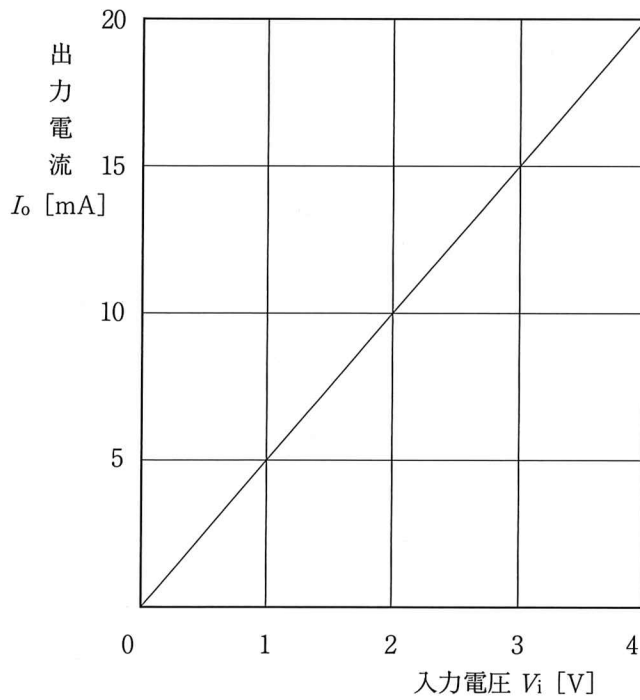


図 2

【正解】 抵抗(素子),  $200 \Omega$

【解説】 オペアンプを理想的とした場合の基本回路は電子回路の教科書や参考書に必ず載っているのので、ここではその内の「非反転増幅回路」の応用として解説を行いたい。非反転増幅回路では帰還路に用いられる2つの素子がいずれも抵抗素子であるが、発振が生じない限り抵抗以外のインピーダンス素子等であっても構わない。ここでは未知の素子  $X$  と、負荷となる生体のインピーダンスを  $Z$  としておく。負帰還に関する2つの素子、 $X$  と  $Z$  の組み合わせによっては発振が生ずることがあり得るので、素子  $X$  が具体的に定まった後に発振について再検討する必要がある。図1の電流刺激回路ではオペアンプの出力電圧  $V_o$  ではなく、これにより負荷  $Z$  と未知の素子  $X$  とを貫いて流れる電流  $I_o$  を出力量としている。

次に、素子  $X$  として考えるべきものについて検討する。図1によれば未知の素子  $X$  は、出力電流を入力電圧と比較して適切な電流値に調整するための電流—電圧変換器との見方も出来よう。問題中の図2に示される入出力関係の線形性により、ダイオードのような非線形素子は除外されるべきで、素子  $X$  が線形素子であることには異論がないであろう。さらに図2のように入力電圧と出力電流が時間に関係なく常に比例することより、これらが線形の関係にあるばかりでなく、位相差が生じないで常に一定の比例関係が保たれねばならない。2端子の受動素子に掛る電圧と流れる電流の間にこの関係を満たすものは、線形かつ位相差を生じない抵抗素子  $R$  に他ならない。

この抵抗素子  $R (=X)$  の値を求めるため、オペアンプが理想的な場合に(或いはそうでなくとも近似的に)成り立つ式を書き上げてみる。

$$V_o = \left(1 + \frac{Z}{R}\right) \cdot V_i \quad [\text{非反転増幅器の増幅度}] \quad (1)$$

この出力電圧により、負荷  $Z$  及び抵抗素子  $R$  を貫いて流れる電流  $I_o$  は、

$$I_o = \frac{V_o}{(R+Z)} \quad [(R+Z) \text{ に掛る電圧と流れる電流の関係}] \quad (2)$$

(2)式に(1)式の  $V_o$  を代入して、容易に、

$$I_o = \left(\frac{1}{R}\right) \cdot V_i \quad (3)$$

(3)式が図 2 を満たせばよく，図の勾配より，

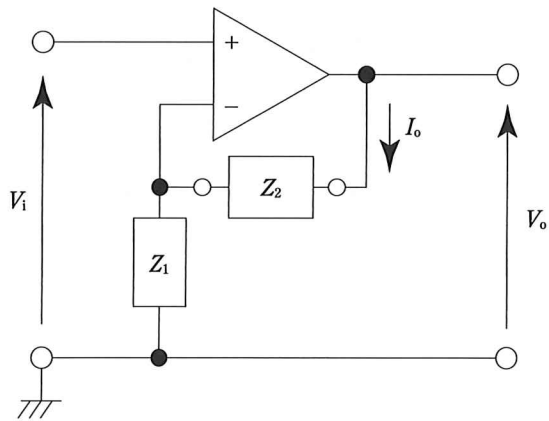
$$\frac{1}{R} = 5 \times 10^{-3} \frac{\text{A}}{\text{V}} \quad (4)$$

従って，

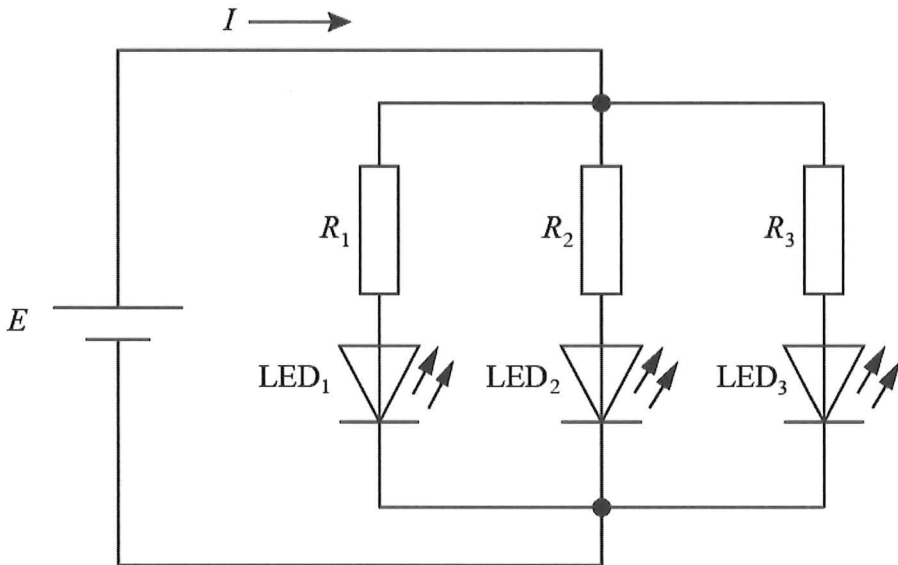
$$R = 200 \Omega \quad (=X) \quad (5)$$

となる。

なお，図 1 において  $X$  が抵抗素子の場合， $Z$  が生体組織のように，ほぼ 1 次の減衰系であれば負帰還回路を含むオペアンプ回路が発振することは考え難い。また，第 1 種 ME としては，問題中の図 1 を見て直ちに式(1)，式(2)が思い浮かぶ必要がある。



【問題10】 図の回路において、 $E=5\text{ V}$ を加えたときに、電流 $I=45\text{ mA}$ が流れた。LEDの順方向電圧は、 $\text{LED}_1$ と $\text{LED}_2$ が $2\text{ V}$ 、 $\text{LED}_3$ が $3\text{ V}$ であった。接続した抵抗が $R_1=150\ \Omega$ 、 $R_2=200\ \Omega$ であるとき、 $\text{LED}_3$ に直列接続した抵抗 $R_3$ の大きさはいくらか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]



- 1)  $100\ \Omega$     2)  $150\ \Omega$     3)  $200\ \Omega$     4)  $250\ \Omega$     5)  $300\ \Omega$

【正解】 ⑥ 3)

【解説】 各LEDに流れる電流 $I$ は、直列に接続された抵抗にかかる電圧 $V_R$ と抵抗 $R$ から、 $I=\frac{V_R}{R}$ として求められる。また、抵抗にかかる電圧 $V_R$ は、印加電圧 $V=E$ とLEDの順方向電圧 $V_f$ から、 $V_R=E-V_f$ として求められる。 $\text{LED}_1$ と $\text{LED}_2$ に流れる電流は、 $I_1=\frac{(E-V_f)}{R_1}=\frac{(5-2)}{150}=0.02\text{ A}=20\text{ mA}$ 、 $I_2=\frac{(5-2)}{200}=0.015\text{ A}=15\text{ mA}$ となる。 $\text{LED}_3$ に流れる電流 $I_3$ は、全体に流れる電流 $I=45\text{ mA}$ から $I_1$ と $I_2$ を引いた残り、 $I_3=I-(I_1+I_2)=45-(20+15)=10\text{ mA}=0.01\text{ A}$ となる。 $\text{LED}_3$ の順方向電圧 $V_f=3\text{ V}$ なので、LEDに直列した抵抗は、 $R_3=\frac{(E-V_f)}{I_3}=\frac{(5-3)}{0.01}=200\ \Omega$ として求められる。

**[出題の意図]**

順方向電圧の異なる LED を同時に点灯させる場合の回路設計をさせる問題である。LED に流れる電流を直列に接続する抵抗  $R$  で調整する計算方法は簡単であるが、並列回路における電流の合成を理解していることが確認する。単に公式を知っているだけではなく、回路の意味を理解して公式を使えるようになることを意図している。

【問題 11】 銅の電気抵抗率を計測したところ、 $0^{\circ}\text{C}$  で  $1.55 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ 、 $100^{\circ}\text{C}$  で  $2.23 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$  であった。このとき、抵抗の温度係数 $[\text{K}^{-1}]$ はいくらか。有効数字3桁で解答欄  に記入せよ。[6]

【正解】 Ⓒ  $4.39 \times 10^{-3}$

【解説】  $0^{\circ}\text{C}$  における電気抵抗率を  $\rho_0$ 、温度  $T[^{\circ}\text{C}]$  における電気抵抗率を  $\rho_T$  とすると温度係数  $\alpha$  との間には、

$$\rho_T = \rho_0(1 + \alpha T)$$

の関係が成り立つ。

したがって、 $2.23 \times 10^{-8} = 1.55 \times 10^{-8}(1 + 100\alpha)$  より、 $\alpha = 4.39 \times 10^{-3}$  となる。

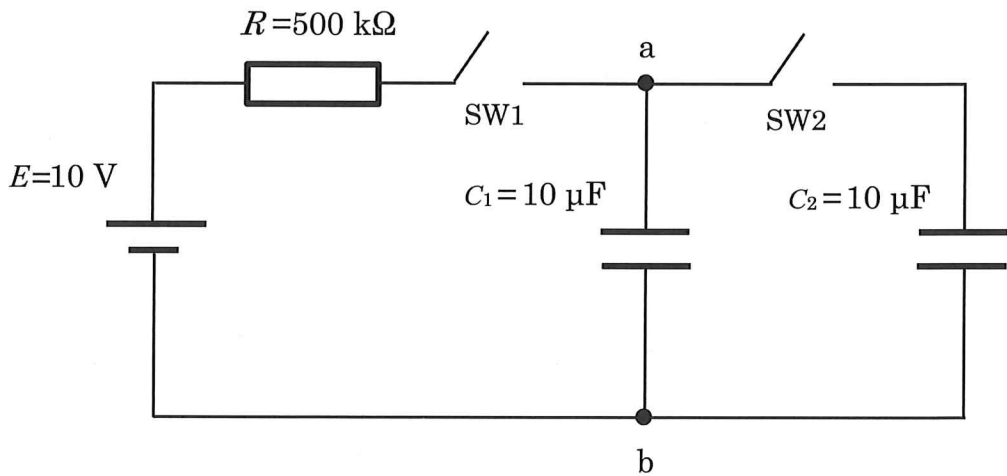
なお、温度係数の単位は $[\text{C}^{-1}]$  で表すこともある。また  $\alpha$  は、値が小さいことから、抵抗製品のカタログなどでは $[\text{ppm}/^{\circ}\text{C}]$ 単位で表示されていることもある。

※ppm : parts per million のことで100万分の1を意味する ( $[\text{ppm}/^{\circ}\text{C}] = [\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}]$ )。



【問題 12】 図のような CR 回路がある。ただし、最初は  $C_1$ ,  $C_2$  には電荷がない (充電されていない) ものとする。SW2 を開いた状態で、SW1 を 5 秒間だけ閉じて充電した後に SW1 を開いた。このときの  $C_1$  (a-b 間) の電圧はおよそ  V,  $C_1$  に蓄えられる電気エネルギーはおよそ  J となる。つぎに SW2 を閉じて  $C_1$  と  $C_2$  とを接続したとき、2 つのコンデンサに蓄えられるエネルギーはおよそ  J となる。

文中の空欄にあてはまる番号を解答欄  ~  にマークせよ。[  $2 \times 3 = 6$  ]



の解答群

- 1) 10.0      2) 6.3      3) 5.0      4) 3.7      5) 2.0

の解答群

- 1)  $7 \times 10^{-2}$       2)  $5 \times 10^{-2}$       3)  $4 \times 10^{-2}$       4)  $3 \times 10^{-3}$       5)  $2 \times 10^{-4}$

の解答群

- 1)  $1 \times 10^{-4}$       2)  $2 \times 10^{-4}$       3)  $4 \times 10^{-2}$       4)  $5 \times 10^{-3}$       5)  $7 \times 10^{-4}$

【正解】 ⑦ 2) ⑧ 5) ⑨ 1)

【解説】 この問題は、電気回路のCR回路における過渡現象、コンデンサの合成容量、コンデンサに蓄えられる充電エネルギーについて問う問題である。

最初、 $C_1$ 、 $C_2$ には電荷がないものとし、SW2が開いた状態でSW1を5秒間だけ閉じると、 $R$ と $C_1$ の回路に電圧 $E=10\text{ V}$ が加わり、電流が流れて $C_1$ が5秒間だけ充電される。ここで、5秒経ったときの $C_1$ が充電されて生じた電圧を $V_{C1}$ とすると、

$$V_{C1} = E(1 - e^{-\frac{t}{CR}})$$

また、 $R=500\text{ k}\Omega$ 、 $C_1=10\text{ }\mu\text{F}$ 、 $t=5\text{ s}$ 、 $C_1R=500\text{ k}\Omega \times 10\text{ }\mu\text{F}=5\text{ s}$ であるから、

$$V_{C1} = E(1 - e^{-\frac{t}{CR}}) = 10 - 10e^{-1} = 10 - 3.68 = 6.32\text{ V}$$

となる。すなわち、SW1を5秒間閉じた後の $C_1$ の電圧(a-b間の電圧)は6.32Vとなる。したがって、⑦の正解は2) 6.3である。

また、電圧VのコンデンサCに蓄えられるエネルギーは $W = \left(\frac{1}{2}\right) CV^2$  [J] の関係から、 $C_1$ に蓄えられるエネルギーを $W_{C1}$ とすると、

$$W_{C1} = \left(\frac{1}{2}\right) C_1 \cdot V_{C1}^2 = \left(\frac{1}{2}\right) 10 \times 10^{-6} \times (6.32)^2 = 1.99 \times 10^{-4} \text{ J} (\approx 2 \times 10^{-4} \text{ J})$$

となる。したがって、⑧の正解は5)  $2 \times 10^{-4}$ である。

つぎに、 $C_1$ を電圧 $V_{C1}$ に充電した状態でSW2を入れると、 $C_2$ を $C_1$ に並列に接続されるから、 $C_1$ に充電された電荷は $C_2$ に移動し $C_2$ も充電される。このとき、最初SW1を入れときのコンデンサ $C_1$ に蓄えられる電荷をQとすると、 $Q = C_1 \cdot V_{C1}$  [C]である。また、この電荷QはSW2を入れて $C_1$ と $C_2$ を並列接続によって合成容量が

$$C_1 + C_2 = 10\text{ }\mu\text{F} + 10\text{ }\mu\text{F} = 20\text{ }\mu\text{F}$$

となり、容量が2倍なっても電荷量Qは変わらない。したがって、SW2を入れた後のa-b間の電圧を $V_{C2}$ とすると、

$$V_{C2} = C_1 \cdot \frac{V_{C1}}{(C_1 + C_2)} = \frac{6.32}{2} = 3.16\text{ V}$$

となる。したがって、合成容量( $C_1 + C_2$ )に蓄えられるエネルギーは、これを $W_{C2}$

とすると,

$$W_{C2} = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (C_1 + C_2) \cdot V_{C2}^2 = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot (20 \times 10^{-6}) \cdot 3.16^2 = 9.98 \times 10^{-5} \doteq 1 \times 10^{-4} \text{ J}$$

となり,  $C_1$  のみに電荷  $Q$  を充電したときのエネルギー  $W_{C1}$  の  $\frac{1}{2}$  のエネルギーになることがわかる。したがって, ⑨の正解は 1)  $1 \times 10^{-4}$  である。

【問題13】 図1のように，LR直列回路に正弦波交流電圧  $v$  を入力して，電圧波形をオシロスコープで観察した。図2のグラフは横軸時間(0.2 ms/DIV)，縦軸電圧(1 mV/DIV)を示している。

入力電圧  $v$  を基準としたとき，回路を流れる電流  $i$  の位相として最も近いものはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1)  $-40^\circ$     2)  $-50^\circ$     3)  $-60^\circ$     4)  $-70^\circ$     5)  $-80^\circ$   
 6)  $40^\circ$     7)  $50^\circ$     8)  $60^\circ$     9)  $70^\circ$     10)  $80^\circ$

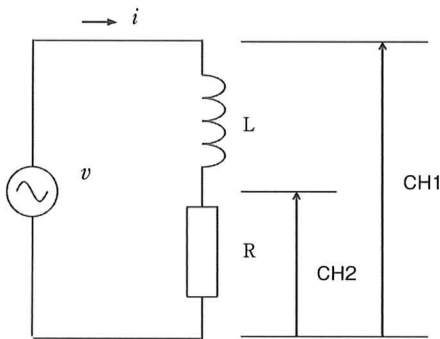


図1

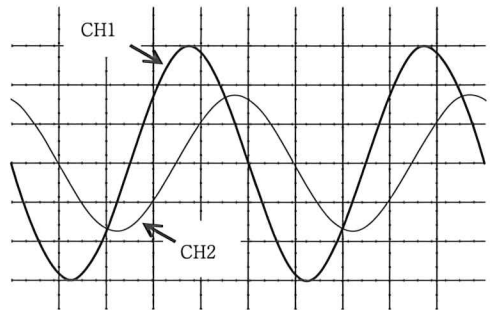
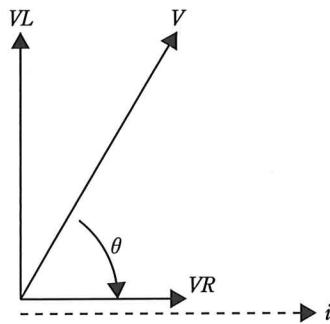


図2

【正解】 ⑩ 4)

【解説】 図1より，CH1が入力電圧  $v$ ，CH2が抵抗両端電圧  $v_R$  を計測していることがわかる。LR直列回路を流れる電流  $i$  は，抵抗両端電圧と同位相の波形である。したがって，CH1(入力電圧  $v$ ) を基準に CH2(抵抗両端電圧  $v_R$ ) の位相差をグラフから読み取れば答えがでる。



オシロスコープの画面 1 マスが 0.2 ms なので、1 周期が約 1 ms (約 5 マス) とわかる。CH1 に比べて CH2 は 0.2 ms (1 マス) 右にずれている。ここでは 1 周期 = 360° から位相差を比で求めてみる。(時間ではなく、マスの個数のまま計算しても同じである)

$$360^\circ : x = 1 \text{ ms} : 0.2 \text{ ms}$$

$$x = 72^\circ$$

また、CH1 よりも CH2 が右にずれているということは位相が遅れていることを表している。よって、入力電圧にくらべて回路を流れる電流の位相は、およそ 70° 遅れている。

【問題 14】 図 a に示す一辺が  $2a$  の矩形コイルに電流  $A\sin\omega t$  を流すとコイルの中心 O での磁界  $H$  は  $\frac{4\sqrt{2}}{\pi a} A\sin\omega t$  である。同形の 2 つのコイル①と②を図 b に示すようにコイル①を XZ 平面に、コイル②を YZ 平面に、両コイルの中心点が座標の原点 O に来るように設置する。コイルに電流を流し、コイル①による O での磁界を  $H_1$ 、コイル②による磁界を  $H_2$  とした時、O での磁界は  $H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2}$  となる。

コイル①に電流  $I_0\sin\omega t$  を流し、コイル②に電流  $I_0\cos\omega t$  を流した時、以下の設問に答えよ。

14-1 O 点での磁界の強さはいくらか。番号を解答欄  にマークせよ。

[ 3 ]

1)  $\frac{4\sqrt{2}}{\pi a} I_0\sin\omega t$     2)  $\frac{4\sqrt{2}}{\pi a} I_0$     3)  $\frac{8}{\pi a} I_0$     4)  $\frac{4\sqrt{2}}{\pi a} I_0\cos\omega t$

5)  $\frac{8}{\pi a} I_0\sin\omega t$

14-2  $\omega t = 0$  のとき  $I_0\sin\omega t = 0$  となり O での磁界  $H$  の向きは X 軸上の正の方向を向く。時間が経過し、 $\omega t = \frac{\pi}{2}$  のとき  $I_0\cos\omega t = 0$  となり向きは Y 軸上の負方向となる。

O 点の磁界は時間と共にどのようなになるか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 3 ]

- 1) ZX 平面内を時計回りに回転する。
- 2) XY 平面内を時計回りに回転する。
- 3) X 軸上を  $\cos\omega t$  で振動する。
- 4) YZ 平面内を時計回りに回転する。
- 5) Y 軸上を  $\sin\omega t$  で振動する。

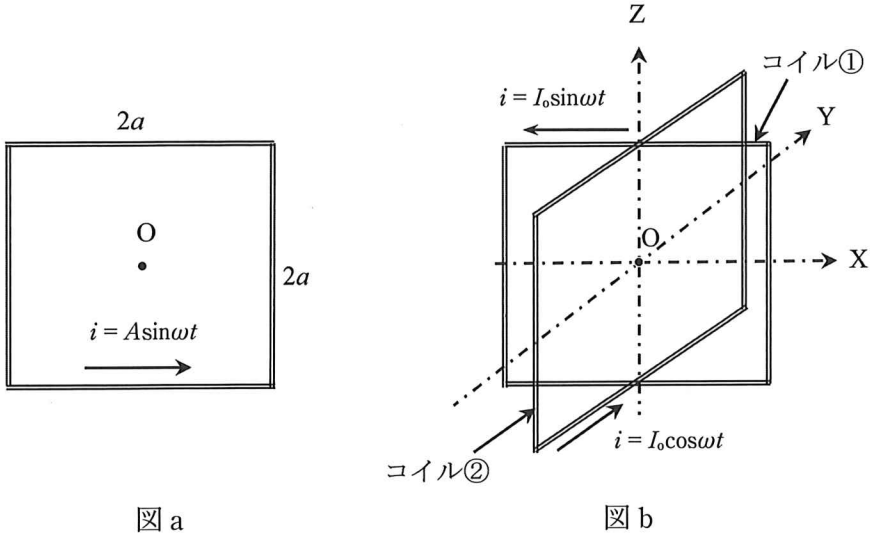


図 a

図 b

【正解】 ⑪ 2) ⑫ 2)

【解説】

14-1 XZ 面内のコイルによる磁界の方向は常に Y 軸の正か負方向で大きさは

$$\frac{4\sqrt{2}}{\pi\alpha} I_0 \sin\omega t$$

である。

YZ 面内のコイルによる磁界は X 軸の正か負方向で大きさは

$$\frac{4\sqrt{2}}{\pi\alpha} I_0 \cos\omega t$$

である。

したがって、合成磁界は

$$H = \sqrt{\left(\frac{4\sqrt{2}}{\pi\alpha} I_0\right)^2 \cos^2\omega t + \left(\frac{4\sqrt{2}}{\pi\alpha} I_0\right)^2 \sin^2\omega t} = \frac{4\sqrt{2}}{\pi\alpha} I_0$$

14-2  $t=0$  のとき H は X 軸の正方向を向いている。 $\omega t=90^\circ$  のとき Y 軸の負の方向を向いている。したがって、時間と共に H は XY 平面内を時計回りに動くことになる。

【問題 15】 コンピュータのマルチタスクの説明として適切なものはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 1 台のコンピュータで複数の処理を並行して行う方式。
- 2) 一つの命令で複数のデータに対して同じ処理を行う方式。
- 3) 1 台のコンピュータを複数のユーザが使用可能な方式。
- 4) CPU にプロセッサコアを複数個実装する方式。
- 5) ネットワーク接続された複数のコンピュータを連携させる方式。

【正解】 ⑬ 1)

【解説】

- 1) マルチタスクは「複数のプロセスに CPU の処理時間を順番に割り当てて、プロセスが同時に実行されているように見せる方式」で、1 台のコンピュータで複数の処理を並行して行うための OS の機能である。時間や優先度やタスクの状態によって CPU で行う処理を切替え、同時に複数の処理が実行されているように見せる。
- × 2) 一つの命令で複数のデータに対して同じ処理を行わせる方式は、SIMD (Single Instruction, Multiple Data) という。
- × 3) 1 台のコンピュータに対して同時に複数のユーザが使用可能な方式はマルチユーザである。
- × 4) CPU に演算回路などから構成されるプロセッサコアを複数個実装する方式は、マルチプロセッサシステムである。
- × 5) ネットワークを介して接続された複数のコンピュータを連携させて、高性能なシステムを実現する方式で、クラスタリング (clustering) という。



【問題 16】 無線 LAN の利用環境に付加する機能としてセキュリティレベルが最も低いのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) ESS-ID(Extended Service Set Identifier)
- 2) TKIP(Temporal Key Integrity Protocol)
- 3) PSK(Pre-shared Key)
- 4) WEP(Wired Equivalent Privacy)
- 5) WPA(Wi-Fi Protected Access)

【正解】 ⑭ 1)

【解説】 ESS-ID は無線 LAN で複数のアクセスポイントと交信する際、混信が発生しないように、無線 LAN アクセスポイントと各端末にどのアクセスポイントかを設定するものである。製品によってはセキュリティに配慮して「ANY」設定の端末からの接続を拒否する機能をもったものもあるが、セキュリティ対策としては脆弱である。

TKIP は、無線 LAN の通信に端末の MAC アドレスや擬似乱数などを元に一時的な暗号鍵を生成する方式である。後述の WEP と異なり端末ごとに暗号鍵が異なり、暗号鍵は刻々と変更されるため、より安全に通信できる方式であり、広く普及している。

PSK は、家庭など小規模なネットワークを想定したモードで、認証サーバを利用せずにアクセスポイントと端末で通信前に共有しておく暗号鍵(WPA/WPA2-PSK)を設定し、端末の認証・接続を行う方式である。

WEP は、無線 LAN の通信に RC4 アルゴリズムをベースにした秘密鍵暗号方式である。当初、無線 LAN 標準の暗号化システムとして採用されたが、様々な脆弱性が発見・報告されたため、現在では WPA などの後継規格に移行されている。

WPA は、無線 LAN の業界団体 Wi-Fi Alliance が 2002 年 10 月に発表した無線 LAN の暗号化方式の規格であり、従来採用されてきた WEP の弱点を補強し、セキュリティ強度を向上させた方式である。WPA は、従来の SSID と WEP キーに

加えて、ユーザ認証機能を備えた点や、暗号鍵を一定時間毎に自動的に更新するTKIPと呼ばれる暗号化プロトコルを採用するなどの改善が加えられている。

以上のことから、セキュリティレベルが最も低いのは、ESS-IDであることがわかる。

【問題 17】 ネットワークに直接接続しアクセスできる外部記憶装置はどれか。  
番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) ATA
- 2) SAS
- 3) RAID
- 4) NAS
- 5) SCSI

【正解】 ⑮ 4)

【解説】 ネットワークを通じてアクセスできる外部記憶装置を「NAS」と呼ぶ。

NAS(Network Attached Storage)は、ネットワークに接続された記憶装置で、特定のサーバからだけアクセスするのではなく、複数のユーザからファイルを共有することができる。

ネットワーク上で便利に利用できるが、インターネットに接続された状況下で使用する場合は特に注意が必要である。この場合、ファイアウォールの下で利用しパスワード保護を行わないと情報漏洩の危険性が高く、近年問題になっている。

- × 1) ATA(Advanced Technology Attachment)は、コンピュータ内部で様々な記憶装置を接続するためのインターフェース。初期の平行 ATA から現在ではシリアル ATA に仕様が変わっている。
- × 2) SAS(Serial Attached SCSI；サス)は、コンピュータにハードディスクドライブ等のデバイスを接続するためのインターフェースである。SCSI 規格の一種であり、それまでは平行伝送であった SCSI 規格を、その名の通りシリアル化したもの。
- × 3) RAID(Redundant Array of Independent Disks)は、複数のディスクドライブを一つのディスクドライブのようにして扱い、書き込み速度やデータの信頼性を向上させようとする仕組み。RAID0, RAID1, RAID3, RAID4, RAID5 などがある。
- 4) NAS(Network Attached Storage)で正解。

- × 5) SCSI (Small Computer System Interface) は、外付けハードディスクなどを接続するためのインターフェースの規格。最大 7 台までの周辺機器を連続して接続することができる。これをディジーチェーン接続といい、周辺機器ごとに重複しない ID を設定する必要がある。

【問題 18】 16 bit のデータの低位 8 bit を取り出す演算はどれか。番号を解答欄

⑩ にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 00FF と AND をとる。
- 2) 00FF と OR をとる。
- 3) FF00 と AND をとる。
- 4) FF00 と OR をとる。
- 5) 00FF と XOR をとる。

【正解】 ⑩ 1)

【解説】 論理演算に関する問題である。問題文にある「低位 8 bit を取り出す」とは、上位 bit をすべて 0 にし、低位 8 bit をデータの通りの 0 と 1 の並びにすることであり、操作としては上位 bit を 0 にすることを意味する。

また、AND、OR、XOR 各論理演算の性質として、

$$A \cdot 0 = 0 \quad 0 \text{ と AND すると } 0 \text{ になる}$$

$$A \cdot 1 = A \quad 1 \text{ と AND しても変化しない}$$

$$A + 0 = A \quad 0 \text{ と OR しても変化しない}$$

$$A + 1 = 1 \quad 1 \text{ と OR すると } 1 \text{ になる。}$$

$$A \oplus 0 = A \quad 0 \text{ と XOR しても変化しない}$$

$$A \oplus 1 = \bar{A} \quad 1 \text{ と XOR すると、NOT したことになる}$$

以上より、設問の各選択肢を検討していくと、以下のようになる。

- 1) 00FF との AND は、低位 8 bit を取り出すことができる。
- × 2) 00FF との OR は、上位 8 bit はそのまま、低位 8 bit が全て 1 となる。
- × 3) FF00 との AND は、上位 8 bit を取り出す演算である。
- × 4) FF00 との OR は、上位 8 bit が全て 1、低位 8 bit は変化なしとなる。  
上位 8 bit が 1 となっているので、低位 8 bit を取り出したことにはならない。
- × 5) 00FF と XOR をとると、上位 8 bit はそのまま、低位 8 bit を NOT(0 と 1 を反転)したデータが得られる。

【問題 19】 SSD(Solid State Drive)に用いられるフラッシュメモリ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) CPU のキャッシュメモリに用いられる。
- 2) 紫外線で記憶内容の消去を行う。
- 3) 定期的になりフレッシュ動作が必要である。
- 4) 消去・書き込み可能回数が限られている。
- 5) 揮発性メモリである。

【正解】 ⑰ 4)

【解説】 フラッシュメモリは SSD(Solid State Drive)や USB メモリなどのストレージデバイスに用いられる不揮発性の半導体素子(MOS-FET の一種)である。構造により書き込みが高速で、大容量化しやすい NAND 型と、読み込みが高速で、信頼性が高い NOR 型に分けられる。SSD や USB メモリのように価格とデータの書き込みに重点が置かれるデバイスには NAND 型が多く用いられ、機器の制御プログラム(ファームウェア)のように書き込みよりも読み出しに重点が置かれる場合には NOR 型が多く用いられる。

- × 1) CPU のキャッシュメモリに用いられるのは高速な情報の出し入れが可能な SRAM(Static Random Access Memory)である。SRAM は揮発性メモリでフリップフロップ等の順序回路を用いてデータを記憶し、定期的なりフレッシュ動作は不要である。
- × 2) フラッシュメモリでは、電圧によりトンネル酸化絶縁膜を貫通した電子をフローティングゲートに蓄えたり放出したりすることでデータを記憶・消去する。紫外線により内容の消去を行うのは UV-EPROM(紫外線消去型 EPROM)である。
- × 3) 定期的なりフレッシュ動作を必要とする半導体メモリは DRAM(Dynamic Random Access Memory)である。DRAM はキャパシタに電荷を蓄えることによりデータを記憶し、電源の供給が無くなるとデータを失う揮発性メモリである。

- 4) フラッシュメモリのトンネル酸化膜絶縁膜は貫通する電子により劣化するので、書き込み、消去の可能回数に限界がある(数万回程度)。NOR型よりも NAND 型の方が劣化が激しい。
- × 5) フラッシュメモリは不揮発性メモリで、電源切断後も内容を長期にわたり保持できる。電源を供給しないと内容を保持できない揮発性メモリには DRAM や SRAM がある。

【問題20】 電子メールで、画像、音声、動画を扱うための規格はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) FTP
- 2) MIME
- 3) POP
- 4) TELNET
- 5) IMAP

【正解】 ⑱ 2)

【解説】 通信ネットワークでは取扱う情報によりそれぞれ通信プロトコルやデータのフォーマットが規格化されている。

- × 1) FTP(File Transfer Protocol, ファイル転送プロトコル) : TCP/IP ネットワークでファイルを転送するのに使われるプロトコルの一つである。
- 2) MIME(Multipurpose Internet Mail Extension, 多目的インターネットメール拡張) : 規格上 US-ASCII のテキストしか使用できないインターネットの電子メールで、画像、音声、動画などさまざまなフォーマットを扱えるようにする規格である。
- × 3) POP(Post Office Protocol, ポストオフィスプロトコル) : 電子メールを受信するためのプロトコルの一つである。POPでは、メールデータはメールサーバから端末側にダウンロードされ、その管理は端末側で行われる。
- × 4) TELNETはTCP/IPネットワークを通じて別のコンピュータにアクセスし、遠隔操作するためのプロトコルの一つである。
- × 5) IMAP(Internet Message Access Protocol, インターネットメッセージアクセスプロトコル) : 電子メールを受信するためのプロトコルの一つである。IMAPはPOPと異なり、メールデータはサーバ上のメールボックスに保管され、閲覧はその都度端末からデータを参照することにより行われる。



【問題 21】 医療機器の冗長設計はどれか。番号を解答欄 ⑲ にマークせよ。

[ 6 ]

- a. 透析装置で漏血アラームを 2 系統とする。
- b. 自動血圧計(非観血式)でカフの異常加圧時に加圧を停止する機能を持たせる。
- c. 心電図モニターで心静止を検出した際には心拍数の表示を大きくする。
- d. 商用電源で動作する人工呼吸器に停電時用バッテリーを内蔵する。
- e. 電気メスで対極板を独立した 2 枚構造(スプリットタイプ)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】 ⑲ 3)

【解説】 冗長設計とは構成要素(アイテム)や手段を余分に設けることにより、一部が故障し、機能しなくなっても別の構成要素または手段が機能することでシステムとして機能を保つことができるような設計を指す。「a.」はアラーム機能の一つが故障しても別のアラーム機能によりアラームシステムとしての機能は保たれるので冗長設計である。「b.」は加圧機能を保つようにすることではないので冗長設計ではない。「c.」も心拍数表示としての機能が二重になっているわけではないので冗長設計ではない。「d.」は電源という機能に対して AC 電源とバッテリーというふたつを備え、AC 電源が故障した場合でも機能を保つ設計なので冗長設計である。「e.」の対極板を 2 枚構造(スプリットタイプ)にする目的は対極板が患者から脱落したことを検知するためであり、機能(電気メスが使える状態)を保つ目的ではないので冗長設計とは言えない。

【問題 22】 ペースメーカに不可逆的な影響が生じる可能性のある電磁波利用製品はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 携帯電話
- b. EAS 機器
- c. RFID 機器
- d. 無線 LAN 機器
- e. IH 炊飯器

- 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】 ㊦ 7)

【解説】 電磁波利用製品による医療機器への影響には、可逆的なものと不可逆的なものがある。「可逆的」とは、原因となる電磁波利用製品の電源を切るもしくは医療機器から離れた場合に、正常状態に復帰する場合であり、「不可逆的」とは何らかの操作をしないと元の状態に復帰しない場合である。

- × a. 携帯電話による植込み型心臓ペースメーカへの影響で不可逆的なものは確認されていない。他の医療機器(輸液ポンプなど)ではカテゴリ 4 の不可逆的な影響が確認されている。
- b. EAS 機器は CD 販売店・図書館などの出入り口に設置され、商品に付加した電子タグを感知することによって不正持ち出しを監視するものである。したがって、かなり強い電磁波を放射しなければならず、そのことによりペースメーカのリセットなど不可逆的な影響が確認されている。
- × c. RFID パッシブタグのリーダ・ライタは EAS 機器と同様の目的で使用されるゲート型、手で持って電子タグカードなどを読み取るハンディー型、図書館や店舗内で商品を電波で認識させる据置型など、いろいろなタイプのものであるが、植込み型心臓ペースメーカへの影響はすべて可逆的である。RFID アクティブタグは電波出力が微弱なため、医療機器への影響は全く

ない。

- × d. 無線 LAN 機器は植込み型心臓ペースメーカーへの影響は確認されていない。
- e. IH 炊飯器は誘導加熱のための強力な交流磁界により、植込み型心臓ペースメーカーのリセットという不可逆的な現象が確認されている。

【問題 23】 3 P 電源コンセントのニュートラル(中性極)とアース(接地極)の電位差が 75 V あった。考えられるトラブルはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 接地分岐線の断線
- 2) 接地極の接地抵抗の上昇
- 3) 地絡事故発生
- 4) 許容量以上の負荷接続
- 5) 接地幹線の断線

【正解】 ② 3)

【解説】 通常、医療機器の接地漏れ電流は保護接地線を通してアース(接地極)に流れ込む。アースに流れ込んだ電流は地中を流れ、片側接地配線方式のアース側(ニュートラル側)に戻っていく。絶縁不良などにより、この接地漏れ電流の合計が異常に大きくなることを地絡と呼んでいる。施設にもよるが、通常の接地漏れ電流の合計は数百 mA 程度と考えられるので、アース(E)—ニュートラル(N)間の地中抵抗を数  $\Omega$  程度とすると、正常状態の E—N 間電圧は 1 V 前後から、せいぜい数 V と考えられる。設問ではこの E—N 間電圧が 75 V もあったといっているので、絶縁不良等による地絡事故が発生して非常に大きな接地漏れ電流が流れたと考えられる。

【問題 24】 ある医療機器を管理している部署では、その医療機器のトラブルに対して即応態勢を取っているが、人員の不足などから MTTR が 5 時間であるという。この機器は 1 時間あたり 5% の故障率であることがわかっている。この機器のアベイラビリティ(稼働率)はいくらか。番号を解答欄  にマークせよ。  
[ 6 ]

- 1) 0.2
- 2) 0.4
- 3) 0.5
- 4) 0.6
- 5) 0.8

【正解】 ㉔ 5)

【解説】 アベイラビリティ(A)と平均故障間隔(MTBF)及び平均修理時間(MTTR)の関係は

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

で表され、故障率( $\lambda$ )と MTBF は

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

で表される。よって、 $MTBF = \frac{1}{0.05} = 20$ (時間)であるから、

$$A = \frac{20}{20 + 5} = 0.8$$

となる。

【問題 25】 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 ㉓ にマークせよ。[ 6 ]

- a. 治療用空気の配管端末器における標準供給圧は 400 kPa である。
- b. 治療用空気はコンプレッサで外気を圧縮し、清浄化、除湿して供給する。
- c. 合成空気は CE システムから酸素および窒素ガスを混合して供給する。
- d. 二酸化炭素はピン方式の配管端末器から供給する。
- e. 亜酸化窒素は DISS コネクタでボンベから供給する。

- 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 10)

【解説】

- a. 治療用空気は、酸素、亜酸化窒素と同様に標準供給圧は  $400 \pm 40$  kPa である。
- b. 治療用空気は、大気中の空気を取り込み、コンプレッサで外気を圧縮し、油分、水分、塵埃などを除去し上記圧力で供給する。
- c. 合成空気は、一般に CE システム(定置式超低温液化ガス供給設備)から酸素および窒素ガスを混合したものを貯留し、供給ユニットで圧力調整後に哀感端末器へ供給する。
- × d. 二酸化炭素の供給には、ピン方式を用いることは無く、DISS コネクタを用いる。
- × e. 亜酸化窒素の供給には、ピン方式またはシュレーダ方式の配管端末器を用いる。

【備考】

医療ガスの配管端末における標準送気圧力は  $400 \pm 40$  kPa であるが、酸素は治療用空気、亜酸化窒素、または二酸化炭素より 30 kPa 程度高く設定されている。

第 20 回午前の部

これは、ガス回路系に異常をきたした医療機器(酸素ブレンダや人工呼吸器)を介して酸素配管への異種ガスが逆流混入することを防止するためである。

【問題 26】 JIS T 1022 病院電気設備の安全基準で定義される非接地配線方式で使用する絶縁変圧器の最大の定格容量はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 2.5 kVA
- 2) 5 kVA
- 3) 7.5 kVA
- 4) 10 kVA
- 5) 12.5 kVA

【正解】 ④ 3)

【解説】 絶縁変圧器(絶縁トランス)は容量が大きくなるにつれて、大きくなることからなるべき要領は小さくしたい。その一方でひとつの部屋で使用される医療機器はたとえば ICU ではかなりの台数になることが予想される。それらの両立を考え 7.5 kVA 以下と JIS T 1022:2006 では定めている。



【問題 27】 眼球における水晶体の物性について正しいのはどれか。番号を解答欄  ②  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 色収差はない。
- 2) 屈折率は水より小さい。
- 3) 含水率は硝子体より高い。
- 4) 弾性率は老化とともに低下する。
- 5) 青色光の透過率は老化とともに低下する。

【正解】 ② 4) および 5) 検討の結果、正解が 2 つになってしまったので不適切な問題である。

【解説】 水晶体の光学特性を問う問題である。

× 1) 屈折光学系においては色収差が生じる。眼の色収差の存在については古くより知られているが、通常の条件下では主観的に感じられないのは、視感度曲線が明所視では 555 nm の波長の光に最大感度を示し支配的であるのに対し、スペクトルの両端で感度が低下するためである。

[http://www.vision.phys.waseda.ac.jp/vision/koumokuPDF/04\\_lecture/L1989.01.01.pdf](http://www.vision.phys.waseda.ac.jp/vision/koumokuPDF/04_lecture/L1989.01.01.pdf) より

× 2) 水晶体の屈折率は一様ではなく、中心部が高く、周辺の皮質部が低い屈折率分布型レンズとなっている。水晶体核では約 1.40 で、表層部では 1.38 程度である。なお、水の屈折率は約 1.33(20℃)である。

[http://www.vision.phys.waseda.ac.jp/vision/koumokuPDF/04\\_lecture/L1989.01.01.pdf](http://www.vision.phys.waseda.ac.jp/vision/koumokuPDF/04_lecture/L1989.01.01.pdf) より

× 3) 硝子体の含水率 98-99%，水晶体の含水率 65% である。

○ 4) 老化に伴って水晶体の弾性は低下して、弾性率は大きくなる。

○ 5) 水晶体の透明性の維持には、水晶体構成タンパクの秩序だった構造が関与しており、加齢などによって構造変化が生じ、凝集、不溶化、相互作用変化がおこる。そのため、水晶体はもともと黄色味を帯びてはいるが、加齢と共に濃くなり、黄褐色から褐色調となり、自家蛍光物質が増加する。その結果、短波長の光の透過率が特に減少して、420 nm 領域は 80 歳の水晶体では 20 歳の 10 倍程度吸収されてしまうという。

<http://www.jscr.net/activity/page-002.html> より

【問題28】 生体中の超音波特性について正しいのはどれか。番号を解答欄

②⑥にマークせよ。[6]

- 1) 均一な生体組織内を伝搬する超音波の強度は距離に対し直線的に減衰する。
- 2) キャビテーションは音圧が一定ならば周波数が高いほど生じ易い。
- 3) 超音波の減衰は脂肪より骨のほうが大きい。
- 4) 動脈の石灰化は血管壁の音速を低下させる。
- 5) 骨の固有音響インピーダンスは筋より小さい。

【正解】 ② 3)

【解説】 生体中の超音波特性(減衰特性, 伝搬速度, 音響インピーダンス)に関する問題である。

- × 1) 均一な媒質中での波動の減衰は, 一般的に距離に対して一定の割合で減衰する。横軸に距離をとり縦軸に波動の強度を取れば, 0に漸近してゆき指数関数曲線となる。
- × 2) キャビテーションの機械的エネルギー変換は, 超音波周波数が比較的低い領域で顕著で, 周波数の上昇とともに熱に転化される割合が大きくなる。
- 3) 減衰定数[dB/(cm・MHz)]は脂肪は0.5, 骨は14。
- × 4) 血管壁内の音速は血管壁の硬さに依存し, 石灰化による動脈硬化は音速を上昇させる。
- × 5) 体温の上昇により固有音響インピーダンス(媒質中の速度×密度)は上昇する。

【参考文献】

(一社)日本生体医工学会 ME 技術教育委員会監修, ME の基礎知識と安全管理(改訂第6版), p. 61-62, 南江堂, 2014。

中島章夫, 氏平政伸編, 臨床工学講座 生体物性・医用材料工学, p. 45-46, 医歯薬出版, 2013。

【問題 29】 血管中を圧力波(脈波)が伝搬する速度(脈波伝搬速度)を表す式として、メーンズ・コルテヴェーク(Moens-Korteweg)の式が知られている。次のパラメータのうち、値が増加したとき脈波伝搬速度が遅くなるのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 血管内径
- b. 血管壁ヤング率
- c. 血管壁厚み
- d. 血液密度
- e. 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】 ⑳ 3)

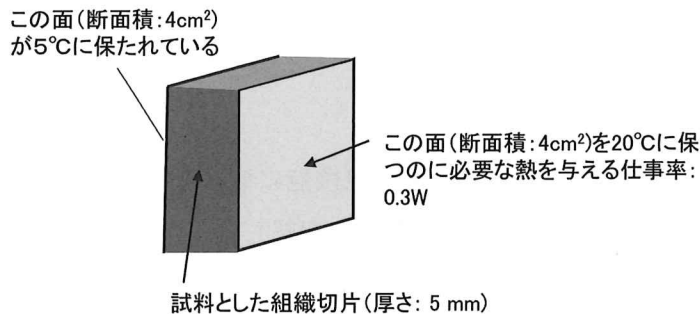
【解説】 動脈中の脈波伝播速度(PWV)の式として、メーンズ・コルテヴェーク(Moens-Korteweg)の式がよく知られている。血管壁の弾性がフック(Hooke)の法則に従い、薄壁円管で管の軸方向の応力が無視できるなどと仮定すれば、脈波速度  $c$  は、 $c = \left( \frac{Eh}{\rho D} \right)^{\frac{1}{2}}$  となる。ここで、 $E$ : ヤング率、 $h$ : 管壁厚み、 $D$ : 管内径、 $\rho$ : 流体密度である。この式から、動脈硬化が進み、管壁の弾性定数が増し(材質として硬くなり)、厚みが増すと、脈波速度が高くなると理解できる。大動脈におけるPWVの年齢変化を調べたデータでは、10代で5 m/s、40代で5~7 m/s、70代で7~10 m/sと上昇する傾向である。

ただし、ヒトの *in vitro* の動脈に応用しようとする、動脈はフックの弾性法則には従わず、 $E$  を非侵襲的に測定することも壁厚  $h$  を正確に測定することも難しいので、実用面では  $c = \left( \frac{\beta P}{2\rho} \right)^{\frac{1}{2}}$  が提案されている。ここで、 $P$ : 血圧、 $\beta$ : ステIFFネス・パラメータ(血管の硬さの程度を表す)、 $c$  には血圧  $P$  に対する依存性も含まれている。

- a. 脈波速度は遅くなる。
- × b. 脈波速度は速くなる。
- × c. 脈波速度は速くなる。
- d. 脈波速度は遅くなる。 $\rho$  は循環器系内では不変として扱うことができる。
- × e. 脈波速度は速くなる。

【問題 30】 図のような断面積  $4 \text{ cm}^2$ 、厚さ  $5 \text{ mm}$  の組織切片を金属板ではさみ、片側を  $5^\circ\text{C}$  に保った。もう片面を  $20^\circ\text{C}$  に保つのに必要な加熱のための仕事率は平衡状態で  $0.3 \text{ W}$  であった。周囲への熱の移動がないとすると、この組織の熱伝導率  $k[\text{J} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$  はいくらか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 0.25
- 2) 0.50
- 3) 1.0
- 4) 2.5
- 5) 5.0



【正解】  1)

【解説】 両面の間を移動する熱量は温度差  $\Delta T$  と断面積  $A$  に比例し、厚さ  $h$  に反比例する。単位時間での熱量  $Q$  は比例係数として熱伝導率  $k$  を用いれば

$$Q = k \cdot \Delta T \cdot \frac{A}{h}$$

として計算できる。

加熱によって加えられた単位時間あたりの熱量が、平衡状態での単位時間あたりの熱の移動量と等しいことになるので、単位をそろえて等式を完成させると、

$$0.3 = \frac{k \times 15 \times 4 \times 10^{-4}}{(5 \times 10^{-3})}$$

から、 $k = 0.25$  が得られる。

【問題 31】 物理的エネルギーによって生じる現象のうち、遺伝子の情報が細胞機能に変換されることにより起こるものはどれか。番号を解答欄⑳にマークせよ。〔6〕

- a. 表皮への紫外線照射によるメラニンの沈着
- b. 体内組織への超音波照射によるキャビテーションの発生
- c. 腫瘍への放射線照射による細胞死
- d. 出血部位への電気メスによる止血
- e. 体内組織の電磁波照射による加温

- 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】 ⑳ 2)

【解説】 設問中の「遺伝子の情報が細胞機能に変換されることにより起こるもの」とは何を指すか、工学系の受験者には理解し難いと思われるが、ここでは超音波、電流、電磁波、放射線など物理的エネルギーを生体組織に加えたとき、生きている組織に特有なエネルギー効果を、死んだ組織や生体以外の材料でも生じうるエネルギー効果と区別する問題と考えてよいであろう。そのように考えると、物理的エネルギーが引き金になって、遺伝子に書き込まれている情報に従って生体組織が細胞のレベルで何らかの特異な反応を生起し、物理的エネルギーによる単なる受動的な反応でなく、より能動的な生体らしい特異な反応を示すものを選び出すことを要求していると考えられよう。

○ a. 紫外線は生体組織にとって有害であり、メラニンの沈着は紫外線の体内への侵入を表皮で阻止する生体独特の防衛反応である。

× b. キャビテーションは、生体組織内に強力な超音波が照射された場合に、大きな陰圧により泡が生じたり、組織が破壊されたりする現象であるが、強力な超音波エネルギーにより生体内で受動的に生ずる現象で、超音波の照射に抗して生体が引き起こす現象ではなく、また生きた生体組織だけで生

じるものでもない。

- c. 腫瘍組織を物理的に破壊するレベルより遥かに微弱な放射線エネルギーの照射で、悪性腫瘍への治療が行われる。放射線により傷ついた細胞は自ら死滅するような仕組みが遺伝子に書き込まれていると考えられる。
- × d. 電気メスによる止血は血管など生体組織タンパクの熱変性によって行われる。熱変性を起こさせるエネルギーは電気メスから供給されることは言うまでもない。
- × e. ハイパーサーミアや温熱療法など電磁波照射による組織加温は、むしろ生体の防御反応が生じない範囲で、外部からの電磁波エネルギーによって直接的に行われる。2 次的な反応として血液循環が亢進し熱を運び去るが、加温そのものについては生体が生きていることと無関係なことは電子レンジを見るまでもなく明らかであろう。

【問題 32】 血液の機械的特性について正しいのはどれか。番号を解答欄 ③〇 にマークせよ。[6]

- a. 粘性率は 1~10 Pa·s である。
- b. ヘマトクリットが異なっても粘性率は変わらない。
- c. 粘性率はずり速度により異なる。
- d. 見かけの粘性率は血管直径により異なる。
- e. 圧縮性流体である。

- 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】 ③ 8)

【解説】 血液の機械的特性について問う問題である。

- × a. 粘性率は  $1 \sim 10 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$  (1~10 cP) である。
- × b. 粘性率はヘマトクリットにより異なる。
- c. 粘性率はずり速度(せん断速度)により異なる。すなわち非ニュートン流体である。
- d. 見かけの粘性率は血管の直径により異なる。
- × e. 赤血球が弾性体であるため、血液は弾性的な性質を有するが、液体と固体で構成されているため、非圧縮性流体である。

d. に関する補足説明

粘性率は管の直径とは関係なく決められる物性値である。しかし、血液のように個体(血球)と液体(血漿)が混ざった混相体では、固体の大きさが無視できないような太さの管になると(細くなると)流動抵抗が変化する。血管の直径が赤血球より大きい場合には、血管が細くなるに従って、流動抵抗が減少し(シグマ効果あるいはファーレウス・リンドキスト効果)、赤血球より小さくなると逆に流動抵抗が増加する(逆ファーレウス・リンドキスト効果)。この場合でも血液の物性値としての粘性率は変化しない。しかし、あたかも血液の粘性率が変化したように見えるため、「見かけの粘性率」が変化すると表現されている。



【問題 33】 医用材料とその用途の組み合わせで誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- a. ポリメチルメタクリレート……歯科用接着剤
- b. ポリ乳酸……縫合糸
- c. ハイドロキシアパタイト……人工骨頭
- d. ニッケル—チタン合金……ステント
- e. ポリジメチルシロキサン……透析膜

- 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 9)

【解説】 医用材料と用途に関する問題である。1つの材料に対していくつもの用途がある。

- a. ポリメチルメタクリレート(メタクリル酸メチル)は、機械的強度や重合性に優れ、歯科用接着剤をはじめ、透析膜、コンタクトレンズや骨セメントなど多目的に用いられる。
- b. 生体吸収性(生分解性)高分子であるポリ乳酸は、縫合糸をはじめ、人工腱・靱帯、骨折用固定ネジ、再生医療用足場材料などに用いられる。
- × c. 人工股関節はステム、骨頭、カップからなる。ハイドロキシアパタイトは骨親和性が高く骨充填剤に用いられる。破壊靱性や耐摩耗性に劣るため、人工股関節の部材である人工骨頭には用いられない。人工骨頭には破壊靱性や耐摩耗性に優れるアルミナやジルコニアが用いられる。
- d. 形状記憶合金であるニッケル—チタン合金は、ステントをはじめ、ガイドワイヤ、脳動脈瘤塞栓コイルや歯科矯正用ワイヤなどに用いられる。
- × e. ポリジメチルシロキサン(シリコーン)は柔軟性に優れたエラストマーであり気体透過性に優れるが、製膜により緻密膜になり疎水性が高いため透析膜には用いられない。

【問題 34】 正しいものはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 高分子はイオン結合からなる。
- b. セラミックスは共有結合を含まない。
- c. 金属の電気伝導性には自由電子が関与している。
- d. 分子間力にはファンデルワールス力が含まれる。
- e. 金属結合は共有結合より強い。

- 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】  8)

【解説】 医用材料(高分子, セラミックス, 金属)の用途だけではなく, それぞれの材料を構成する結合について, 理解しておく必要がある。

- × a. 高分子は, 多くの有機元素が共有結合で結合したものであり, イオン結合は含まない。
- × b. セラミックは, 金属元素と非金属元素がイオン結合または共有結合したものである。
- c. 金属では, 金属原子が電子を放出して生じる陽イオンが規則正しく配列し, その間を電子が自由電子として動き回る。熱伝導性や電気伝導性などの性質は, この電子の高い運動性による。
- d. 分子間力には, ファンデルワールス結合(力)や水素結合が含まれる。
- × e. 化学結合の強さの順列は, 共有結合 > イオン結合 > 金属結合 > 水素結合 > ファンデルワールス結合(力), である。

【問題 35】 医用材料の滅菌について誤っているのはどれか。番号を解答欄

③③ にマークせよ。[ 6 ]

- a. 耐熱性の低い材料を高圧蒸気滅菌すると変形する。
- b. 多孔質材料を EOG 滅菌すると残留ガスによる副作用を引き起こしやすい。
- c. 金属製材料を過酸化水素プラズマ滅菌すると変形する。
- d. 金属製注射針を電子線滅菌すると熔融する。
- e. PTFE 製材料を放射線滅菌すると強度が弱くなる。

- 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】 ③③ 8)

【解説】 滅菌方法について問う問題である。

- a. 耐熱性の低い材料を高圧蒸気滅菌すると変形する。
- b. 多孔質材料を EOG 滅菌すると残留ガスによる副作用を引き起こしやすい。  
長期間のエアレーションが必要である。
- × c. 過酸化水素プラズマ滅菌は低温で実施する滅菌法であり、耐熱性の低い高分子材料でも変形することはない。
- × d. 電子線滅菌は放射線滅菌と同様に多くの材料に使用することができる。重量が重くかつ大きなもの、例えば金属が多く含まれるものや、内部が水で充填された大きなもの等の滅菌は不得意である。
- e. フッ素樹脂やテフロンを放射線滅菌すると解重合が生じて強度が著しく弱くなる。その他の樹脂についてもわずかであるが強度が弱くなるので、樹脂材料の度重なる滅菌には放射線滅菌は適さない。

【問題 36】 人工血管の材料として使用されているものはどれか。番号を解答欄

にマークせよ。〔6〕

- 1) ポリスルホン
- 2) ポリテトラフルオロエチレン
- 3) ポリ塩化ビニル
- 4) ポリエチレン
- 5) ポリメチルメタクリレート

【正解】 ③ 2)

【解説】

- × 1) ポリスルホン：合成高分子膜で透水性に優れており，血液透析膜や血液濾過膜として使われる。
- 2) ポリテトラフルオロエチレン：耐熱性，化学安定性にすぐれ，タンパク質が接触しにくいので，人工血管に利用されている（商品名：テフロン）。
- × 3) ポリ塩化ビニル：対外循環回路，輸血バッグなどに使われる。
- × 4) ポリエチレン：注射器，留置針，カテーテルなどの硬質医療用具の材料として使われる。
- × 5) ポリメチルメタクリレート（ポリメタクリル酸メチル）：歯科用接着剤，眼内レンズ，透析膜などに使われる。

【問題37】 血液透析膜に用いられている高分子材料について正しいものはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 撥水性の材料が用いられている。
- b. ペットボトルをリサイクルした材料が用いられている。
- c. スルホン基をもつ材料が最も多く用いられている。
- d. 血小板を活性化しない材料が用いられている。
- e. 水酸基を有する膜は補体を活性化しやすい。

- 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】 ③ 9)

【解説】

- × a. 撥水性ではなく、親水性の材料が用いられている。
- × b. ペットボトルの材料であるポリエチレンテレフタレートは、透析膜には用いられていない。
- c. 最も使用量の多いポリスルホンは、スルホン基を有している。
- × d. 血小板を活性化しにくい材料が好ましいが、実際には血小板を活性化してしまう。
- e. 水酸基を有する再生セルロース膜は、補体を活性化しやすく、また溶質透過性能を高くすることが難しいため、現在では、ほとんど用いられることがなくなった。

【問題 38】 血液が医用材料と接触したときに起こる血液凝固反応を抑制しないのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。〔6〕

- 1) 低分子ヘパリン
- 2) メシル酸ナファモスタット
- 3) ワルファリンカリウム
- 4) クエン酸ナトリウム
- 5) ブラジキニン

【正解】 ㊸ 5)

【解説】

- 1) 体外循環時に用いられる抗凝固薬であり，血液凝固反応を抑制する。
- 2) 血液透析，急性血液浄化で用いられる抗凝固薬で，血液凝固反応を抑制する。
- 3) 人工血管などを埋め込んでいる患者が服用する抗凝固薬で，血液凝固反応を抑制する。
- 4) カルシウムのキレート剤，検査用血液などの凝固抑制のために用いられる。欧米では急性血液浄化，遠心分離法などで凝固抑制のため用いられる抗凝固薬。
- ×5) ブラジキニンは，凝固カスケードの中で産生される物質で，血液凝固反応を抑制しない。

【問題1】 PL(Product Liability)法における「製造物」に該当するのはどれか。  
番号を解答欄  にマークせよ。[5]

- a. 人工呼吸器の不適切な保守点検作業
- b. 誤植のある輸液ポンプの操作マニュアル
- c. 欠陥プログラムの入った不整脈監視装置
- d. 心電図モニタの不適切な修理作業
- e. 中古の心電計

- 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】 PL法において、「製造物」とは製造又は加工された動産をいう、と定義されている。

- × a. 保守点検業務や修理業務の行為そのものは製造物にはあたらない。
- × b. マニュアルそのものについては、製造物にはあたらない。
- c. コンピュータプログラムそのものは動産ではないので対象にはならないが、欠陥があるプログラムを組み込んだハードウェアの使用により被害を被った場合はハードウェアに欠陥があるものとして対象となる。
- × d. aと同じ。
- e. 加工されたものや中古品は製造物に含まれる。

【参考文献】

篠原一彦，出淵靖志編，臨床工学講座 医用機器安全管理学，p. 200-202，医歯薬出版，2014。

【問題 2】 JIS T 0601-1:2012 で改正になった点で誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 5 ]

- a. 「患者測定電流」の名称が「接触電流」となった。
- b. F 形装着部に外部電圧を印加した状態は「特別な試験条件」となった。
- c. 「クラス I 機器」という名称は「クラス I の医用電気機器(ME 機器)」となった。
- d. 接地漏れ電流の単一故障状態の許容値は 5 mA になった。
- e. SIP/SOP に外部電圧を印加した場合の患者漏れ電流の許容値には正常状態も規定された。

- 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】 ② 3)

【解説】 JIS T 0601-1:2012 は、追補 1( Amendment 1) を巻末に加えて JIS T 0601-1:2014 になっているが、この問題は 1999 年版から 2012 年版に改正された内容を問う問題である。

- × a. 「外装漏れ電流」の名称が「接触電流」に変更されたのである。なお、接触電流(TOUCH CURRENT)は「操作者又は患者が正常な使用時に接触できる患者接続部を除く外装又は外装の部分から、保護接地線以外の外部の経路を通して、大地へ又は外装の他の部分に流れる漏れ電流。」と定義されており、その「注記」に「この用語の意味は、JIS T 0601-1:1999 の“外装漏れ電流”の意味と同じである。IEC 60950-1 と整合させるため、及び保護接地した部分に対しても適用して測定することを反映するために、この用語に変更した。」と変更理由(IEC としての用語の定義の一貫性を確保するため)が述べられている。
- b. 1999 年版では「F 形装着部に外部電圧を印可した状態」は「単一故障状態」として扱われていたが、2012 年版では「特別な試験条件」となり、「正常



状態及び単一故障状態での患者漏れ電流及び患者測定電流の許容値」の表からは削除され、別表に規定されている。

- c. 2012 年版には、医用電気機器と非医用電気機器の組み合わせの「システム」(16 章 ME システム)の規定が取り込まれた。1999 年版では、医用電気機器を「以下、機器という」というように「機器」はそのままで「医用電気機器」を表すことになっていたのが、1999 年版では「クラス I 機器」は「医用電気機器」であったが、2012 年版では、単に「機器」といった場合は、システムの中の医用電気機器も非医用電気機器も表すことになり、医用電気機器の略称として使えなくなったのである。そこで、医用電気機器の略称として新たに「ME 機器」という語が導入された。そこで、クラス I の保護形式(基礎絶縁+保護接地)を持つ医用電気機器は、「クラス I の医用電気機器(略称としては、クラス I の ME 機器)」となったのである。2012 年版で「クラス I 機器」といった場合は、「クラス I の ME 機器」と「クラス I の非医用電気機器」の両方を含むことになる。
- × d. 接地漏れ電流の許容値は、1999 年版では、連続漏れ電流及び患者測定電流の許容値の表の中に含まれ、機器の種類によって 3 種類に分類されて、それぞれ正常状態で、0.5 mA, 2.5 mA, 5 mA と定められていたが、2012 年版では、表中に書かれずに、8.7.3 d)に「接地漏れ電流の許容値は正常状態で 5 mA(5,000  $\mu$ A)とし、単一故障状態で 10 mA(10,000  $\mu$ A)とする。永久設置形 ME 機器が、その ME 機器だけに給電する電源回路に接続している場合には、更に高い値の接地漏れ電流を許容する。」と規定され、1 種類になった。
- e. SIP/SOP とは Signal Input Part/Signal Output Part のことで「信号入出力部」である。1999 年版では、「信号入出力部に外部電圧を印可した状態」は「単一故障状態」と定義されていたので、この状態の患者漏れ電流は単一故障状態のみで正常状態はなかった。しかし、2012 年版では、「附属文書に従って接続することによって信号入出力部に他の電気機器からの電圧又は電流が存在するか、又は附属文書でそのような他の電気機器との接続を制限していない場合は、8.5.3 で規定した最高電源電圧が存在する。」

#### 第 20 回午後の部

ことは「正常状態」とされた。そこで、表「正常状態及び単一故障状態での患者漏れ電流及び患者測定電流の許容値」の中には、患者漏れ電流として「SIP/SOP へ外部電圧を印加した場合の電流」は、正常状態も単一故障状態も規定された。

【問題 3】 薬事法で誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。

[ 6 ]

- 1) 副作用又は機能の障害が生じた場合においても、人の生命及び健康に影響を与えるおそれがほとんどないものは一般医療機器に分類される。
- 2) 認証基準に適合する医療機器の製造は都道府県知事の承認が必要である。
- 3) 医療機器の添付文書に記載しなければならない事項が定められている。
- 4) 医療機器の製造販売業者は副作用と疑われる事項を知ったときに厚生労働大臣に報告する義務がある。
- 5) 医療機器の治験は厚生労働大臣への初回届出後 30 日経過してからでなければ実施できない。

【正解】 ③ 2)

【解説】

- 1) 薬事法第二条第七項では『「一般医療機器」とは、高度管理医療機器及び管理医療機器以外の医療機器であって、副作用又は機能の障害が生じた場合においても、人の生命及び健康に影響を与えるおそれがほとんどないものとして、厚生労働大臣が薬事・食品衛生審議会の意見を聴いて指定するものをいう。』(抄)とされている。
- × 2) 薬事法第二十三条の二第一項では『厚生労働大臣が基準を定めて指定する管理医療機器の製造販売をしようとする者は、厚生労働省令で定めるところにより、品目ごとにその製造販売についての厚生労働大臣の登録を受けた者の認証を受けなければならない。』(抄)とされている。
- 3) 薬事法第六十三の二では「医療機器は、これに添付する文書又はその容器若しくは被包に、次に掲げる事項が記載されていなければならない。」(抄)とされている。
- 4) 薬事法第七十七の四の二第一項では「医療機器の製造販売業者又は外国特例承認取得者は、その製造販売をし、又は承認を受けた医療機器について、当該品目の副作用その他の事由によるものと疑われる疾病、障害又は死亡

の発生、当該品目の使用によるものと疑われる感染症の発生その他の医療機器の有効性及び安全性に関する事項で厚生労働省令で定めるものを知ったときは、その旨を厚生労働省令で定めるところにより厚生労働大臣に報告しなければならない。」(抄)とされている。

- 5) 薬事法第八十条の二第三項では「前項本文の規定による届出をした者(当該届出に係る治験の対象とされる薬物又は機械器具等につき初めて同項の規定による届出をした者に限る。)は、当該届出をした日から起算して30日を経過した後でなければ、治験を依頼し、又は自ら治験を実施してはならない。この場合において、厚生労働大臣は、当該届出に係る治験の計画に関し保健衛生上の危害の発生を防止するため必要な調査を行うものとする。」とされている。

注)

薬事法は2014年11月25日に改称となり、「医薬品、医療機器医療機器等法の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」(「医薬品医療機器等法」又は「薬機法」と略記)が施行され、名称に「医療機器」が含まれた大きな改正となった。

本問題含め今回の試験問題では、特に断りが無い限りは、改正前の薬事法として取り扱う。

【問題 4】 医用接地に関する JIS について正しいのはどれか。番号を解答欄

④ にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 非着脱電源コードの場合、電源プラグの保護接地刃と保護接地した部分の抵抗値は  $100\text{ m}\Omega$  以下でなければならない。
- 2) 医用接地端子に接続した部分の接触抵抗は  $3\text{ m}\Omega$  以内でなければならない。
- 3) 患者等電位電圧 (EPR 電圧) は  $10\text{ mV}$  以下でなければならない。
- 4) 等電位接地を施した導電性部分と医用接地センタとの間の電気抵抗は  $0.1\ \Omega$  以下でなければならない。
- 5) 医用コンセントの接地刃受の保持力は  $15\sim 60\text{ N}$  でなければならない。

【正解】 ④ 4)

【解説】 医用接地に関する JIS は、医用電気機器側では JIS T 0601-1:2012(2014)「医用電気機器—第 1 部：基礎安全及び基本性能に関する一般要求事項」があり、設備側としては JIS T 1022:2006 病院電気設備の安全基準」および JIS C 2808:2006「医用接地センタボディー及び医用接地端子」がある。また両者のインターフェイスとして JIS T 1021:2008「医用差込接続器」がある。これらの詳細を理解していないと解けない問題で、かなり難解な問題の部類に入るが、正解肢は易しい。

× 1) JIS T 0601-1 には、「機器電源ソケットを備えた ME 機器の場合、機器電源ソケットの保護接地刃と保護接地した全ての部分との間のインピーダンスは、b) で許容した場合を除き、 $100\text{ m}\Omega$  を超えてはならない。非着脱電源コードを備えた ME 機器の場合、電源プラグの保護接地刃と保護接地した全ての部分との間のインピーダンスは、b) で許容した場合を除き、 $200\text{ m}\Omega$  を超えてはならない。」と規定されている。本選択肢は上記の後半に関するもので「 $200\text{ m}\Omega$  以下」となる。なお、ここで b) とは「b) 保護接地接続のインピーダンスは、関連する絶縁を短絡したとき単一故障状態における接触電流及び患者漏れ電流の許容値を超えないように関連する回路の通電能力が制限されている場合は、上記 a) の規定値を超えてもよ

い。」という緩和条項である。

- × 2) 「医用接地端子に接続した部分」は、使用者が接続するのであるから、接触抵抗は、機器や設備の規格で規定しようがない。JIS C 2808 には「電気抵抗は、5.4 によって試験を行ったとき、 $3\text{ m}\Omega$  以下でなければならない。」とし、試験は「(1)医用接地センタボディーでは、各リード線と試験端子間。(2)医用接地端子では、リード線と接続端子間。」となっており、ここには「 $3\text{ m}\Omega$  以下」の規定はある。これは接触抵抗ではなく、その間の全抵抗である。
- × 3) 患者等電位電圧(いわゆる EPR 電圧)に関する規定はない。 $10\text{ mV}$  以下は概念的な努力目標である。JIS T 1022 では「等電位接地を施した導電性部分と医用接地センタ間の電気抵抗は、無負荷電圧が  $6\text{ V}$  以下の交流電源によって約  $25\text{ A}$  の電流を流し、電圧降下法で測定したとき、 $0.1\ \Omega$  以下とする。」と定めてあり、電圧を規定している訳ではない。いわゆる EPR 電圧は「 $0.1\ \Omega$  の抵抗接続に、マイクロショックの心室細動電流  $100\ \mu\text{A}$  が流れた場合、等電位度が  $10\text{ mV}(=100\ \mu\text{A}\times 0.1\ \Omega)$  になる」ことから、接地センタと接触可能金属部との間の電位差をこの値以下にしておけばマイクロショックによる心室細動を防げるという発想からでてきている。しかし、ME 機器が内部ショートを起こし、接地端子から接地センタに  $1\text{ A}$  の電流が流れれば、簡単に  $100\text{ mV}$  の電位差になってしまい、いわゆる EPR 電圧は保てない。接地系にいくら漏れ電流が流れるか分からないのに、電圧を規定するわけにはいかないのである。よって、規格では、接地センタまでの抵抗( $0.1\ \Omega$ )で規定しているのである。
- 4) 上記に示したとおり、JIS T 1022 では「等電位接地を施した導電性部分と医用接地センタとの間の電気抵抗は  $0.1\ \Omega$  以下でなければならない。」と規定されている。
- × 5) JIS T 1022 では、「 $15\text{ A}$  用の医用コンセントと医用プラグ同士の保持力は  $15\sim 60\text{ N}$ 」と規定されているが、医用コンセントの接地刃受だけの保持力は「質量  $115\text{ g}$  の標準接地ピンを下向きに差し込んで落ちないこと」という規定になっている。これを力に換算すると約  $1\text{ N}$  である。

【問題5】平成20年4月1日に施行された「医療機関等における医療機器の立会いに関する基準」について、自社の取り扱う医療機器の適正使用の確保のための立会いの目的として規定されていないのはどれか。番号を解答欄⑤にマークせよ。[5]

- 1) 新規に納入した医療機器の適正使用の確保
- 2) 既納入品のバージョンアップ等の際の適正使用の確保
- 3) 保証期間外の医療機器の適正使用の確保
- 4) 医療担当者の交代があった際の適正使用の確保
- 5) 緊急時又は災害時の対応における自社の取り扱う医療機器の適正使用の確保

【正解】 ⑤ 3)

【解説】本基準で規定する立会いとは、医療機関等の管理下にある患者に対して、医師等の医療担当者が診断や治療を行う際に、事業者がその医療現場に立ち入り、医療機器に関する情報提供や便益労務の提供を行うことをいい、在宅医療においては、事業者が医療担当者、在宅患者等に対して医療機器の使用・操作方法等の情報提供や便益労務の提供を行うこと、を指す。その中で、制限されない立会いとして、自社の取り扱う医療機器の適正使用の確保のための立会いとして、立会いの目的と無償でできる回数と期間が定められている。

選択肢1), 2), 4), 5)の4項目以外には、

「医療機関等に対する医療機器の貸し出しに関する基準」に定める医療機器の「試用のための貸し出し」の際の適正使用の確保のための立会いが定められている。

○1)

○2)

×3) 故障修理後の動作確認は、自社の取り扱う医療機器の安全のための立会いとして行う。

○4)

○5)

**[参考文献]**

篠原一彦，出淵靖志編，臨床工学講座 医用機器安全管理学，p. 196-200，医歯薬出版，2014。

中島章夫，他編，臨床工学講座 関係法規，p. 99-100，医歯薬出版，2013。



【問題 6】 誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[5]

- a. 医療機器のオーバーホールは保守点検には含まれない。
- b. 医療機器の修理業務は医療法施行令により規定されている。
- c. 医療機器に関する JIS の主務大臣は厚生労働大臣のみである。
- d. 臨床工学技士の医療機器の保守点検業務は名称独占行為にあたる。
- e. 医療機器に関する国際規格として国際電気標準化会議による規格がある。

- 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】 ⑥ 5)

【解説】 医療機器、及びその保守点検に関する各種法令(薬事法, 医療法, JIS 等)に関する問題である。

- a. 医療機器の修理とは、故障、破損、劣化等の箇所を本来の状態・機能に復帰させること(当該箇所の交換を含む。)をいうものとされており、故障等の有無に関わらず、解体の上点検し、必要に応じて劣化部品の交換等を行うオーバーホールを含むとされている。
- × b. 薬事法施行規則第 188 条第一号イ及び第二号イに基づく医療機器修理業責任技術者により規定されている。
- × c. 医療機器に関する JIS の主務大臣は厚生労働大臣、又は経済産業大臣、及びその両者。
- d. 臨床工学技士法第 37 条により、保健師助産師看護師法(第 31 条の 1, 第 32 条)に関わらず、生命維持管理装置の操作は診療の補助行為として認められたが(名称独占業務)、保守点検業務はうたわれていない。医療機器の保守点検業務は医療法の規定による。
- e. 日本での規格(JIS)は国際電気標準化会議(IEC)の規格を元にしてているものが多い。例えば、「JIS T 0601-1:2012 医用電気機器—第 1 部:基礎安全及び基本性能に関する一般的要求事項」は、2005 年に第 3 版として発行された「IEC 60601-1」を元として編纂されている。

**[参考文献]**

薬事法及び採血及び供血あっせん業取締法の一部を改正する法律等の施行に伴う医療機器修理業に係る運用等について，平成 17 年 3 月 31 日，薬食機発第 0331004 号。

中島章夫，他編，臨床工学講座 関係法規，p. 9-12，医歯薬出版，2013。

【問題 7】 非常電源設備について正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[5]

- a. 瞬時特別非常電源は 1 秒以内に起動する。
- b. UPS 電源のコンセント外郭の色は緑でもよい。
- c. 非常用コンセントは非常電源が働いた時のみ使用できる。
- d. 一般非常電源と特別非常電源の連続運転時間の規定は同じである。
- e. 病院には一般非常電源と特別非常電源の両方を備えなければならない。

- 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】 ⑦ 6)

【解説】 非常電源については JIS T 1022 「病院電気設備の安全基準」に規定されている。

非常電源は起動して規定の電圧が出てくるまでの「立ち上がり時間」と連続運転時間によって「一般非常電源」と「特別非常電源」, 「瞬時特別非常電源」の 3 種類に分けられる。

非常電源の種類	立ち上がり時間	連続運転時間	外枠の色
一般非常電源	40 秒以内	10 時間以上	赤
特別非常電源	10 秒以内	10 時間以上	赤
瞬時特別非常電源	0.5 秒以内	10 分以上	赤
UPS(交流無停電電源装置)	無瞬断	10 分以上	赤又は緑

- × a. 瞬時特別非常電源は立ち上がり時間が 0.5 秒以内でなければならない。
- b. UPS は瞬断も許されない機器のための非常電源で外枠の色は緑でもよい。
- × c. 非常用コンセントは通常時, 商用交流電源から供給されている。商用交流

電源が停電し非常電源装置が起動すると自動的に非常電源装置からの供給に切り替わる。

- d. 一般非常電源と特別非常電源の連続運転時間はいずれも 10 時間以上と規定されている。
- × e. 一般非常電源と特別非常電源は立ち上がりの時間が異なるのみなので、必要な発電容量がまかなえれば特別非常電源のみでもかまわない。

【問題8】 厚生労働省が規定する「特定集中治療室施設基準」で常時備える装置はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[5]

- a. IABP
- b. 脳波計
- c. 心電計
- d. 体外式ペースメーカー
- e. 血液浄化装置

- 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 8)

【解説】 この問題は特定集中治療管理室料の所定算定するための基準である。記載されているもの以外にも特定治療室の広さは1床当たり15平方メートル以上、専任医師が常時常勤していること等7項目が求められている。

4. 当該管理を行うために必要な次に掲げる装置および器具を特定集中治療室内に常時備えている。

- (1) 救急蘇生装置(気管内挿管セット, 人工呼吸装置等)
- (2) 除細動器
- (3) ペースメーカー
- (4) 心電計
- (5) ポータブルエックス線撮影装置
- (6) 呼吸循環監視装置

となっている。よってIABP, 脳波計, 血液浄化装置の常備は求められていない。

【問題 9】 非接地配線方式には絶縁監視装置が必須の機器である，その理由を 80 文字以内で解答欄  に記述せよ。〔6〕

【正解】 ㊦ 非接地配線方式では機器が地絡を起こしても電源供給が継続される，地絡が起きた時検出して警報を出すため。

【解説】 一般の片側接地配線方式では機器が絶縁破壊を起し，電源導線が直接接地されると過電流遮断器が働き停電が起きることがある。停電によって同一コンセントの機器が止まり，手術室や ICU などの重要な生命維持監視装置が使われているところでは人命に関わる事故も起きかねない。

こうした絶縁破壊(地絡)を起した機器の影響が他機器まで影響しない電源供給システムが非接地配線方式である。

非接地配線方式では設備側に絶縁変圧器を入れ，コンセントに繋がる二次側の電源導線はいずれも接地しない。

このため機器が絶縁破壊(電路の一線地絡)を起しても片側接地配線方式と同様な状態に変わっただけで過電流状態は起きず停電は起きない。同一コンセント内の他の機器への影響はでない。

しかし絶縁破壊が起こった機器によって，片側接地配線方式に変わっているので，さらに他の機器でも絶縁破壊が起きれば停電事故に繋がる危険性をはらんでいる。

非接地配線方式では一線地絡が起きると電力は供給し続けることができが，停電の危険性が発生している状態にある。危険性を認識し停電時に備えるためにも非接地配線方式では地絡を検出する絶縁監視装置は必要不可欠な装置である。

### 絶縁トランス

コンセントの手前，設備側に設けられるものでトランスの一次側は片側接地配線，二次側は非接地配線になる。トランスは一次・二次間の漏れ電流は 0.1 mA 以下，定格容量は 7.5 kVA を超えない，一次・二次電圧は同じとするなどの規格が定められている。一次・二次間は絶縁されているが 0.1 mA までの漏れ電流が許されているのでマイクロショック対策には十分とは言えない。

### 絶縁監視装置

電源導線と大地の間に高周波の電圧をかけてインピーダンスを監視している。絶縁抵抗が  $50\text{ k}\Omega$  以下になって  $2\text{ mA}$  以上流れる危険性が出てくると表示し警報音を出す。警報を出すための監視装置であって予防する機能は無い。

【問題 10】 下記の医療ガスに対する配管の識別色を解答欄  ,  に記入せよ。[ 2×2=4 ]

ガスの種類	識別色	記号
二酸化炭素	Ⓐ	CO <sub>2</sub>
窒素	Ⓑ	N <sub>2</sub>
酸素	緑	O <sub>2</sub>
駆動用空気	褐色	STA

【正解】 Ⓐ だいたい(だいたい色) Ⓑ 灰(灰色)

【解説】 医療ガス配管設備の増築や改築工事の際の交差配管などによるトラブルを防止するために、JIS T 7101「医療ガス配管設備」で配管(配管端末器を含む)はガス別識別色と表示を規定している。JIS T 7101 は 2014 年度に改訂され、2014 年度以前の識別色について「～色」という記載であったものが色のみの記載になった。また 2014 年度から二酸化炭素の配管端末器(ピン方式、シュレーダ方式)が追加された。

表 配管の識別色および表示  
(JIS T 7101-2014「医療ガス配管設備」)

ガスの種類	識別色	ガス名	記号
酸素	緑	酸素	O <sub>2</sub>
亜酸化窒素	青	笑気	N <sub>2</sub> O
治療用空気	黄	空気	AIR
吸引	黒	吸引	VAC
二酸化炭素	だいたい	炭酸ガス	CO <sub>2</sub>
窒素	灰	窒素	N <sub>2</sub>
駆動用空気	褐	駆動空気	STA
非治療用空気	うす黄	非治療用空気	LA
麻酔ガス排除	マゼンタ	排ガス	AGS

STA : air for driving surgical tools

LA : low air pressure

AGS : anesthetic gas scavenging



【問題 11】 医療用電動式吸引器について誤っているのはどれか。番号を解答欄

⑨  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) ピストン形ポンプはシリンダ内でのピストン往復運動によって気体輸送を行う。
- 2) ダイヤフラム形ポンプではダイヤフラムの往復運動によって気体輸送を行う。
- 3) 吸引流量は蒸留水 200 ml を 6 秒以下で吸引できる。
- 4) 吸引圧は -100 kPa 以上必要である。
- 5) 電撃に対する保護の程度は B・BF 形機器でよい。

【正解】 ⑨ 4)

【解説】 「JIS T 7327:1989 医療用電動式吸引器」において、問題に関連している部分を示す。

医療用電動式吸引器：手術及び処置のために、吸引ポンプ(以下、ポンプという。)によって吸引容器内に、血液・のう(膿)汁・その他の分泌物など(以下、吸引物という。)を吸引する機器。

#### 1. 構造

ポンプ本体：ポンプ本体は電動機に直結又はベルト掛けしており、次の形式のいずれかのもので、ポンプ吸気口及びポンプ排気口を備えていなければならない。

- (1) 回転翼形ポンプ：ばね又はロータ(回転子)の回転する遠心力によってステータ(外囲器)に押し付けられている数枚の翼板(しゅう動板)の回転によって、翼板、ロータ及びステータで囲まれた空間の容積を変化させて、気体輸送を行う容積移送式ポンプ。
- (2) ダイヤフラム形ポンプ：ゴム製などのダイヤフラムの往復運動によって気体輸送を行う容積移送式ポンプ。
- (3) ピストン形ポンプ：シリンダ内でのピストンの往復運動によって気体輸送を行う容積移送式ポンプ。
- (4) カム形回転ポンプ：偏心ロータ(カム)がステータに付いている翼板(しゅう

動板)によって押さえ付けられながら回転し、翼板、ロータ及びステータで囲まれた空間の容積を変化させて、気体輸送を行う容積移送式ポンプ。

2. 吸引器の吸引流量：吸引器の吸引流量は、蒸留水 200 ml を 6 秒以下で吸引しなければならない。

3. 吸引器の吸引圧：吸引器の吸引圧は、真空計によって  $-40.0 \text{ kPa}$  { $-30.0 \text{ cmHg}$ } 以上。

#### 4. 電気的安全

(1) 電撃に対する保護の形式クラス I 機器、クラス II 機器、又は内部電源機器。

(2) 電撃に対する保護の程度 B 形機器又は BF 形機器。

上記 JIS より、

○ 1) ピストン形ポンプはシリンダ内でのピストン往復運動によって気体輸送を行う。

○ 2) ダイアフラム形ポンプではダイアフラムの往復運動によって気体輸送を行う。

○ 3) 吸引流量は蒸留水 200 ml を 6 秒以下で吸引できる。

× 4) 吸引圧は  $-100 \text{ kPa}$  以上必要である。

○ 5) 電撃に対する保護の程度は B・BF 形機器でよい。

\*なお、電動吸引器の JIS は平成 24 年 3 月 1 日付で JIS T 7208-1:2012 として新たに制定された。

【問題 12】 パルスオキシメトリによる SpO<sub>2</sub> 値に影響を及ぼさないのはどれか。  
番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 血中メトヘモグロビン量が多くなった。
- 2) 新生児保温用赤外線ヒータの近くで使用した。
- 3) 検査のためインドシアニングリーンが静脈に投与された。
- 4) 末梢循環不全の状態で測定した。
- 5) プローブを心臓より高い位置におき測定した。

【正解】 ⑩ 5)

【解説】 パルスオキシメータによる動脈血酸素飽和度(SpO<sub>2</sub> 値)に影響を及ぼす原因や測定方法に関する問題である。

- × 1) 一酸化炭素やメトヘモグロビン, その他生体色素や検査のための静脈製剤(インドシアニンググリーン, メチレンブルーなど)の静脈投与により測定値は影響をうける。
- × 2) パルスオキシメータの測定には赤色光・赤外光を用いているため, プローブに対して外部から測定光以外の光=外乱光(太陽光や赤外線)の保温装置, 蛍光灯, 無影灯などが混入すると, 脈波成分を正確に捉えきれず酸素飽和度を測定できないことがある。
- × 3) 1) と同じく, 色素(ICG)影響を受ける。
- × 4) 患者の状態により血管が収縮したり, 低体温, ショックなどによる低灌流をおこしている状態では, 容積脈波の信号が小さく測定できないことがある。
- 5) プローブの高さは, SpO<sub>2</sub> 値には直接影響しない。

【参考文献】

石原謙編, 生体計測装置学, 医歯薬出版, p. 158-162, 2013。

(一社)日本生体医工学会 ME 技術教育委員会監修, 第1種 ME 技術実力検定試験テキスト, p. 129-132, 第1種 ME 技術実力検定試験テキスト編集委員会, 2014。

【問題 13】 在宅酸素療法関連機器で正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 設置型液体酸素容器は定期的な交換は不要である。
- 2) 吸着型酸素濃縮器使用時には加湿器は不要である。
- 3) 酸素濃縮器は火気から 2 m 以上離して取り扱う必要がある。
- 4) 航空機に持ち込める酸素ボンベは 1 年の耐用証明検査を受けたものである。
- 5) 液体酸素を充填した容器は航空機に持ち込むことができる。

【正解】 ⑪ 3)

【解説】 在宅酸素療法(Home Oxygen Therapy : HOT)は、慢性呼吸不全患者の生命予後の改善などを目的としている。HOTでの酸素の供給装置または器具には酸素濃縮器、携帯酸素発生器、液体酸素容器、酸素ボンベなどがある。また、酸素は強い支燃性をもつガスであることから、酸素投与時の火気の使用に伴う重篤な事故事例が繰り返し発生しており、装置の使用時の注意が必要である。

- × 1) 充填や消費などが長年繰り返されることや、容器や付属品本体に傷がついたり、容器の内外面に腐食が生じ時に容器の強度低下も考えられる。そのため保守を含めて容器の定期的な交換は必要である。
- × 2) 吸着型酸素濃縮器は窒素を選択的に吸着する吸着剤(アルミノ珪酸塩など)を内蔵した吸着筒内にコンプレッサから圧縮空気を送り、濃縮酸素ガスを作り出すものである。この工程は酸素を濃縮する生産工程(圧縮吸着)と、窒素で飽和状態になった吸着剤の機能の再生工程(減圧脱着)が交互に繰り返され、90% までの高濃度の酸素ガスを得ることができる。窒素吸着の際に空気中の水分も吸着するため、使用する際には濃縮酸素ガスの加湿が必要になる。
- 3) 平成 22 年 1 月 15 日に厚生労働省医政局から「在宅酸素療法における火気の取扱いについて」で 2 m 以上離すことが注意換気として通知されている。
- × 4) 航空機の場合、国内線・国際線のいずれも在宅酸素療法用機器の使用は可

能であるが、持ち込める酸素ボンベのサイズや重量に制限が設けられている。一部の国際線などで患者自身の酸素ボンベの持ち込みを禁止している場合もある。また、日本では高圧ガス保安法により容器は3年(一部5年)の耐用証明検査が義務付けられており、その証明があるものが持ち込める条件のひとつである。詳細については各航空会社に問い合わせることが必要である。

- × 5) 航空機内へ持ち込むことができる酸素ガスはガス状のもののみで、液状のものは持ち込みや預けることもできない。機内への持ち込みへの対応は各国によって異なるため各航空会社に問い合わせることが必要である。

【問題 14】 人工呼吸器の呼吸回路内コンプライアンスが、 $2.5 \text{ ml/cmH}_2\text{O}$ であった。この回路を使用して、人工呼吸器本体より  $450 \text{ ml}$  のガスを送りだした時の回路内圧は  $20 \text{ cmH}_2\text{O}$  であった。この呼吸回路の圧縮容積は   $\text{ml}$  であり、実際に呼吸回路の先端部より出されたガス量は   $\text{ml}$  である。解答欄 ,  に値を記入せよ。[  $3 \times 2 = 6$  ]

【正解】 ◎ 50 ④ 400

【解説】 圧縮容積(コンプレッションボリューム)の問題である。呼吸回路内に圧力がかかると、とくに呼吸管などは圧力により広がり気体が圧縮して貯められ、呼吸回路の先端より出ていなくなる。

呼吸回路内圧が  $20 \text{ cmH}_2\text{O}$  の時のコンプレッションボリュームは下記のごとくである。

$$2.5(\text{ml/cmH}_2\text{O}) \times 20 \text{ cmH}_2\text{O} = 50 \text{ ml}$$

であるので、

$$450 \text{ ml} - 50 \text{ ml} = 400 \text{ ml}$$

となる。

【問題 15】 カプノメータで正しいのはどれか。番号を解答欄 ⑫ にマークせよ。[6]

- a. 呼気ガスに照射した超音波の反射により二酸化炭素濃度を検出する。
- b. サイドストリーム方式は気管挿管されていない患者へは使用できない。
- c. メインストリーム方式はサイドストリーム方式より死腔量が多い。
- d. カプノグラム上の呼気二酸化炭素濃度は呼気開始と同時に上昇する。
- e. 麻酔器の二酸化炭素吸収剤の劣化状態を把握することができる。

- 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】 ⑫ 9)

【解説】 カプノメータは呼気ガス中の二酸化炭素濃度(分圧)を測定する装置の総称である。測定原理は、二酸化炭素が特定の波長(4.3  $\mu\text{m}$  付近の赤外線)エネルギーを吸収し、かつ吸収される赤外線量が二酸化炭素濃度(分圧)に比例することを利用している。カプノメータでは人工呼吸管理中の換気状態の確認(体外への二酸化炭素排出)、気道の閉塞状態の確認、肺血流量(肺循環)の状態の確認、二酸化炭素産生量などの生体情報が得られる。1呼吸ごとに連続測定ができ、かつ肺胞低換気や肺塞栓などの異常が早期に把握できるため、人工呼吸管理には不可欠なモニタである。

- × a. 二酸化炭素が波長 4.3  $\mu\text{m}$  の赤外光を強く吸収するという性質を利用して二酸化炭素濃度(分圧)を測定している。
- × b. センサを配置する位置によって、サイドストリーム方式とメインストリーム方式とがある。サイドストリーム方式ではセンサまで一定流量で呼気ガスを吸引するため、マスクや鼻孔の位置でも使用できる。
- c. メインストリーム方式は呼吸回路にアダプタを装着するために、サイドストリーム方式よりも死腔量が増える。
- × d. 呼気の始めはセンサ部に死腔部分のガスが呼出されるため二酸化炭素濃度

はゼロであり、その後急激に呼気中の二酸化炭素濃度が増加し、さらに呼気が進むと緩やかに上昇(プラトの状態になる)する。吸気が開始すると口元の二酸化炭素濃度は急激にゼロになる。呼気ガスの一番濃度の高い値を呼気終末二酸化炭素濃度(分圧)で動脈血二酸化炭素濃度(分圧)に近似している。

- e. 麻酔器は再呼吸式の構造になっている。そのため患者から排出される二酸化炭素は呼吸回路のカニスタ内に充填されている二酸化炭素吸収剤で吸収される。この二酸化炭素吸収剤の効果が低下すると、患者に送気されるガス中に二酸化炭素が含まれるためにカプノグラムの基線が上昇する。このため二酸化炭素吸収剤の劣化を把握することができる。



【問題 16】 上腕にカフを巻いて測定するオシロメトリック方式の自動血圧計で、収縮期血圧が実際の血圧より高く測定される可能性がある場合はどれか。番号を解答欄 ⑬ にマークせよ。〔6〕

- 1) 上腕を肩の高さまで上げて測定した。
- 2) 小児に成人用のカフを用いて測定した。
- 3) ワイシャツの上からカフを巻いて測定した。
- 4) 厚地のセーターを着た上からカフを巻いて測定した。
- 5) 着衣の袖をきつくまくり上げてからカフを巻いて測定した。

【正解】 ⑬ 4)

【解説】 オシロメトリック法で血圧を測定する場合は、カフを巻いて圧力をかけることで血管を圧迫していったん血流を途絶させ、その後カフの圧力を徐々に下げていく。圧力の低下とともに血流が再開し、血管が振動を始める。さらにカフの減圧を続けていくと血管がさらに広がり、血流量が増えて振動も多くなる。さらに減圧を続けると振動は減少し、最終的に消滅する。振動幅が急速に大きくなる時点の圧力を収縮期血圧、振動幅が急速に低下する時点の圧力を拡張期血圧と見なして計測する。

カフの幅は上腕の太さの 1.2～1.5 倍が良いとされ、体格によって適切な幅のカフを用いる必要がある。また、カフは指が 1～2 本這い入る程度のきつさで巻き、カフの中心が心臓の高さと同じくらいになるようにして測定する。

- × 1) 測定部位が心臓の高さより上になるので実際の血圧より低く測定される。
- × 2) 測定部位に対してカフの幅が広すぎることになるので、血管内圧より低い圧力で血管がつぶれることから、実際の血圧より低く測定される可能性が高い。
- × 3) 通常のワイシャツなどの薄手の生地の場合は測定値にほとんど影響を与えない。
- 4) セーターの生地により圧力が分散されるため、より高い圧力をかけなければ血管を圧迫できず、その結果、実際の血圧より高く測定される可能性が

高い。

- × 5) 袖をきつくまくり上げることで上腕の動脈の血流を阻害し、実際の血圧より低く測定される可能性がある。

【問題 17】 動脈圧モニタリング中に共振によって波形が振動的になり、間接法に比べて最高血圧値が異常に高くなっていた。対応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. 微小気泡を除去した。
- b. 間接法の値を採用した。
- c. 血圧測定ラインチューブを硬いものに替えた。
- d. 血圧測定ラインチューブを細いものに替えた。
- e. 血圧測定ラインチューブを長いものに替えた。

- 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】 ⑭ 10)

【解説】 血圧モニタリング中の動脈圧波形に共振によるアンダーダンピングで波形が振動的になることは、しばしば経験することである。これは使用する血圧モニタリングラインの物理的な特性により、LCR の共振系を形成し、そのことで本来の血圧波形に共振的な歪が生じるものである。特に、最高血圧値が異常に高く表示される。

- a. 血圧波形の周波数成分は 10 Hz~20 Hz 程度までの低い周波数帯にあるので、気泡の混入によって C が増加し、共振周波数  $(\frac{1}{2}\pi\sqrt{LC})$  が低下するとアンダーダンピングの原因になる。したがって、気泡の除去は有効である。
- b. 間接法は共振現象とは関係ない測定法なので、共振歪が大きい場合はこちらの測定値を採用する。
- c. 血圧測定ラインが柔らかいと C が増加、共振周波数が低下し、アンダーダンピングの原因になるので、硬いものに替えることは対策になる。
- × d. 血圧測定ラインが細いと L が増加、共振周波数が低下しアンダーダンピングの原因となる。
- × e. 血圧測定ラインが長いと L が増加、共振周波数が低下しアンダーダンピングの原因となる。

【問題 18】 PCPS の説明で正しいのはどれか。番号を解答欄 ⑮ にマークせよ。[6]

- a. 脱血流量と送血流量は同じである。
- b. 充填量は 1500 ml 程度である。
- c. 装着したまま救急車での搬送が可能である。
- d. 数ヶ月の連続使用が可能である。
- e. 抗凝固療法は不要である。

- 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】 ⑮ 2)

【解説】

- a. PCPS のような閉鎖回路は送血流量と脱血流量が等しくなる。
- × b. 成人用でも充填量は 500 ml 程度である。
- c. 装着したまま救急車やドクターヘリで患者搬送が行えるよう小型化されている。
- × d. 人工肺の限界のため、おおよそ 10 日程度が治療の限界である。
- × e. 抗血栓材料が用いられているが、抗凝固療法は必須である。

【問題 19】 心房細動発生時の除細動(Cardioversion)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. R波同期スイッチをオンにする。
- b. 通電スイッチを押してから実際に通電されるまで時間遅れがある。
- c. 出力エネルギーの設定は 300 J 以上にする。
- d. 麻酔下で行う。
- e. AED には Cardioversion 機能が備わっている。

- 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 9)

【解説】 心房細動は心室細動と違って、致命的な不整脈ではないので、即時対応する必要はない。

- a. 通電のタイミングが重要である。Pulse on T を防ぐために必ず R 波に同期させて通電する。
- b. 通電スイッチを押した後の最初に出る R 波に同期して通電されるため、若干の時間遅れがある。通電スイッチを押した後、胸にパドル電極を押し付ける力を緩めないようにする。
- × c. 出力エネルギーの設定は 50～150 J 位にする。
- d. 心房細動発生時は意識があるので麻酔下で行う必要がある。
- × e. AED にはこの機能はない。

【問題 20】 透析液水質管理で正しいのはどれか。番号を解答欄 ⑰ にマークせよ。[6]

- 1) 逆浸透水中では菌が繁殖しない。
- 2) 100 ppm の次亜塩素酸でバイオフィームが除去できる。
- 3) 酢酸洗浄で重炭酸ナトリウムを除去する。
- 4) 逆浸透膜が正常に機能すればエンドトキシン捕捉フィルタは不要である。
- 5) 透析液中ではグラム陽性菌とグラム陰性菌の両方が繁殖する。

【正解】 ⑰ 5)

【解説】 透析液の水質管理を正しく把握しているかどうかを問う問題である。

- × 1) 貧栄養菌は逆浸透水中でも繁殖する。
- × 2) 次亜塩素酸はタンパク質を分解するが、カルシウムなどを含むバイオフィームは除去できない。
- × 3) 酢酸は炭酸カルシウム、炭酸マグネシウムなどの炭酸塩の除去を目的としている。
- × 4) 逆浸透装置以降で繁殖した菌を除去するために、エンドトキシン除去フィルタは必要である。
- 5) 透析液は細菌の培地に似ており、グラム陽性、陰性にかかわらず繁殖する。

【問題21】 個人用透析装置には血液側機器部と透析液側機器部とがある。血液側機器部に含まれるのはどれか。番号を解答欄⑱にマークせよ。〔6〕

- a. 漏血検出器
- b. 陰圧検出器
- c. 脱気装置
- d. 3方向電磁弁
- e. 気泡検出器

- 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 7)

【解説】 透析治療を安全かつ正確に行なうために透析装置には各種安全装置が装備されている。透析装置は透析用監視装置(ベッドサイドコンソール)と個人用透析装置の2つに大別される。透析用監視装置は多人数用透析液供給装置より透析液を供給され透析治療を行なう装置である。個人用透析装置は単独に透析液を作成し、治療を行なうことができる機能をもっている。個人用透析装置の基本構成は、①血液側機器部②透析液側機器部に分けられる(図参照)。

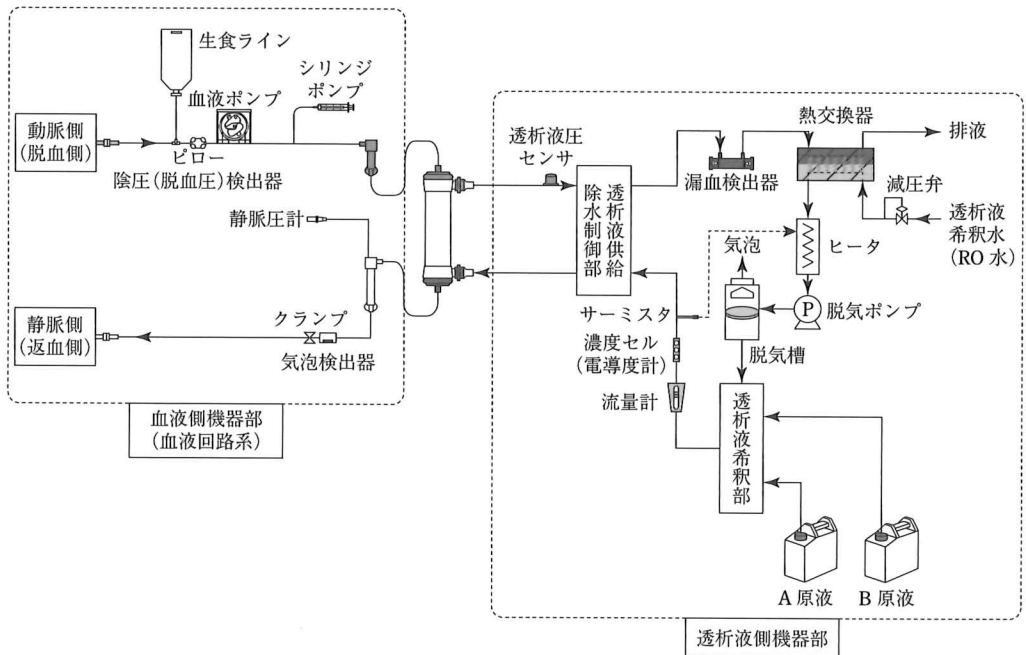


図 個人用透析装置の基本構成

- × a. 透析液排液側ラインにある。
- b. 陰圧(脱血压)検出器は血液回路(ピロー)である。
- × c. 透析液の給水ラインにある。RO水に陰圧をかけ、発生した気泡を脱気槽で除去する。
- × d. 透析液希釈部や透析液供給部を通る透析液の流れを制御するのに用いられる。
- e. 気泡検出器は血液回路の静脈側チャンバ下側に取り付ける。



【問題 22】 透析中の尿素に関する物質収支から、透析開始後の体内尿素濃度の経時変化は以下の微分方程式で表される。

$$\frac{d(VC_B)}{dt} = G - C_L C_B$$

ここで、 $V$  は溶質の体内分布スペース、 $C_B$  は時間  $t$  における血液中の溶質濃度、 $C_0$  は時間 0 における血液中の溶質濃度、 $G$  は溶質産生速度、 $C_L$  は透析器のクリアランスを表す。この微分方程式をある仮定に基づいて解くと、以下の解が得られる。

$$C_B = C_0 \exp\left(-\frac{C_L}{V} t\right)$$

このときの仮定として適切なのはどれか、番号を解答欄  にマークせよ。

[ 6 ]

- a. 溶質の体内分布スペースが一定である。
- b. 体内分布スペースは細胞膜で隔てられている。
- c. クリアランスは治療時間に依存する。
- d. クリアランスは溶質濃度に依存する。
- e. 溶質産生速度が 0 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】 ① 4)

【解説】 溶質の体内動態解析(コンパートメントモデル)を利用して、患者血液中の溶質に関する物質収支式から透析開始後の体内溶質濃度の経時変化を推算する。

- a. 実際の治療中は除水により  $V$  が変化するが、これを一定とみなす。
- × b. 体内分布スペースを 1 つの完全混合槽(コンパートメント)とみなす。
- × c.  $C_L$  は一定とみなす。理論的には  $C_L$  は治療時間には依存しない。
- × d. 理論的にはクリアランスは溶質濃度に依存しない。

- e. 実際の治療中も溶質は産生するが、 $C_L$ に比べて極めて遅いため、溶質生産速度を無視する。

【問題 23】 4時間の透析治療中に、透析液を全量貯留した。治療条件は、血流量 200 ml/min, 透析液流量 500 ml/min で、総除水量は 4 l であった。得られた透析液を十分に攪拌して尿素窒素濃度を測定したところ、80 mg/l であった。4時間の透析で除去された尿素窒素の量として、正しいのはどれか。番号を解答欄  ㉔ にマークせよ。ただし、尿素の膜への吸着はないものとする。[6]

- 1) 0.38 g
- 2) 2.7 g
- 3) 4.2 g
- 4) 6.9 g
- 5) 9.9 g

【正解】 ㉔ 5)

【解説】 4時間の透析治療中に得られた透析排液の総量は

$$500 \times 60 \times 4 \div 1,000 + 4 \text{ l} = 120 + 4 = 124 \text{ l}$$

したがって、除去された物質の質量は、

$$80 \text{ mg/l} \times 124 = 9920 \text{ mg}$$

正解は、5) の 9.9 g

【問題24】 滴下制御方式の輸液ポンプにおいて流量誤差発生要因はどれか。番号を解答欄⑳にマークせよ。〔6〕

- a. フィンガ部分のチューブ内径の誤差
- b. チューブを強く引いて取り付ける。
- c. 長時間使用によるチューブの変形
- d. 薬液の表面張力が低い。
- e. 点滴筒の傾き

- 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】 ⑳ 10)

【解説】

- × a. 滴下数を検出してフィードバック制御を行っているので、内径の誤差は流量誤差発生要因とならない。
- × b. チューブを強く引っ張って取り付けるとチューブ内径が減少するが、aと同様に流量誤差発生要因とならない。
- × c. 長時間使用するとチューブがへたり、元の円形に戻らなくなり断面積が減少するが、aと同様に流量誤差発生要因とならない。
- d. 薬液の表面張力が低いと点滴筒内を滴下する液敵の体積が減少し、流量が低下する。
- e. 点滴筒が傾くと点滴筒内を滴下する液敵の体積が減少し、流量が低下する。

【問題 25】 検査装置と検査目的の組み合わせで不適切なものはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) CT…………… てんかんの焦点の同定
- 2) MRI…………… 脳梗塞範囲の同定
- 3) PET…………… 高次脳機能障害の診断
- 4) SPECT…………… 脳血流量測定
- 5) 超音波断層装置…… 新生児水頭症の診断

【正解】 ② 1)

- × 1) てんかんの焦点は、形態を見ただけでは判別できない。
- 2) 脳梗塞は MRI による拡散強調画像(DWI)で明瞭に高信号域として描出できる。また、脳梗塞や脳浮腫は、T2 強調画像で高信号域になる。
- 3) 被験者に放射性トレーサを投与した上で、たとえば言語を使う、絵を見るなどの、高次脳機能を必要とする作業(タスク)を課して、脳の機能が働くことに伴う代謝の増加をイメージングすることで、脳のどの部分で異常が生じているかが分かる。
- 4) 放射性トレーサを血液中に投与して、トレーサが脳に蓄積して分布した状態、あるいは蓄積する過程の経時変化を撮影することで、脳の各所の血流量(局所脳血流量)が計算できる。
- 5) 新生児には頭蓋骨の縫合が閉じていない部分(大泉門、小泉門)があるので、骨に妨げられずに超音波断層装置で脳内をイメージングでき、脳脊髄液が充満して脳室が拡大している状態(水頭症)を確認できる。

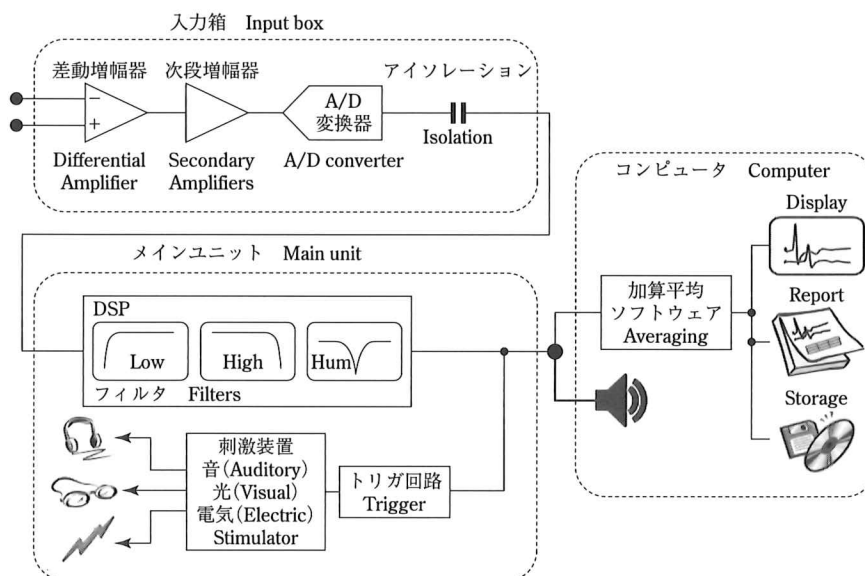
【問題 26】 針筋電図は測定できたが、同じ筋電計ですぐに同じ患者で誘発筋電図を測定すると反応波が得られなかった。原因として考えられるのはどれか。番号を解答欄 ㉓ にマークせよ。〔6〕

- a. 電気刺激装置の故障
- b. 増幅器の故障
- c. スピーカの故障
- d. 電極リードの断線
- e. 記録装置の故障

- 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 3)

【解説】 筋電計のブロック構成を理解していると故障箇所を推定することの手助けとなる。



- a. 電気刺激装置によって測定する筋肉を支配する神経を十分刺激できないと、振幅が得られない事があるので原因の可能性はある。
- × b. 針筋電図では問題が無ければ、増幅器の感度は原因では無い。
- × c. スピーカは筋電図を音として聞く機能なので故障箇所には含まれない。
- d. 針筋電図と誘発筋電図は電極が異なるため、原因として考えられる。
- × e. 記録装置は描出された波形を印字する機能なので故障箇所には含まれない。

【問題 27】 全身麻酔手術患者の体温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. 腋窩温は直腸温よりも高い。
- b. 体温の低下を防ぐために輸液を加温する。
- c. 術中の低体温はシバリングの原因となる。
- d. 麻酔中の患者は末梢の血管が開くため中枢温が低下する。
- e. 悪性高熱症の患者では体温を保つため全身を保温する。

- 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】  4)

【解説】

× a. 体温は健康状態を知る重要な指標の一つだが、測る場所によって差があり、体の内側である核心部から外側の表層部へいくほど体温は低くなる。腋窩温は体の表層部の温度を示し、環境の変化に影響されやすい。一方、核心部の体温の測定部位として鼓膜温と直腸温があるが、鼓膜温は耳垢等の影響を受けて測定値がばらつきやすく、また頭頸部を冷やすとその影響を受ける。直腸温は環境の変化を最も受けにくい安定した測定部位で、腋窩温に比べて約 0.8℃ 高いのが一般的である。

○ b.

○ c.

○ d.

× e. 悪性高熱症は全身麻酔の重篤な合併症で、揮発性吸入麻酔薬、筋弛緩薬などを用いた全身麻酔を受けると、素因のある患者では悪性高熱症を発症する。筋硬直、頻脈・不整脈、代謝性アシドーシス、血圧不安、呼気炭酸ガス分圧上昇・低酸素血症等が出現し、その後急激な体温上昇(15分間に 0.5℃ 以上、40℃ 以上の体温)が始まる。治療として誘因薬物の投与中止、ダントロレンの静注、そして全身冷却を行う。



【問題 28】 オートクレーブ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. 乾燥した環境で高温・高圧に曝露して滅菌する。
- b. 滅菌物は包装したうえで滅菌し使用時まで包装された状態で保存する。
- c. 密閉されたものは滅菌できない。
- d. 液体は滅菌できない。
- e. 滅菌温度を高くすれば暴露時間を短くできる。

- 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】 ② 3)

【解説】 オートクレーブとは、内部を飽和蒸気によって高温高圧にできる機器のことである。オートクレーブを用いた滅菌を高圧蒸気滅菌と呼び、オートクレーブ内の圧力を高温の蒸気で上げることによって、細菌や微生物の蛋白質を変性させ死滅させる滅菌法である。高圧蒸気滅菌は飽和蒸気を用いることで、その他の熱による滅菌(煮沸滅菌, 乾熱滅菌)よりも低温・短時間で滅菌することができる。

- × a. 高温高圧の飽和水蒸気で微生物を殺菌する。
- b.
- c.
- × d. 液体も滅菌できる。但し、液体を滅菌する際は蓋を完全に閉めてしまうと内圧が高まり容器が破損することがあり、蓋は緩めておく。
- e.

【選択問題 1】 成人用人工呼吸器の点検に用いる標準的なテスト肺の抵抗とコンプライアンスは JIS T 7204-1989 で規定されている。コンプライアンスの基準値は  $50 \text{ ml/cmH}_2\text{O}$  である。時定数が  $0.25 \text{ s}$  であるとき、気道抵抗 [ $\text{cmH}_2\text{O}/(\ell/\text{s})$ ] の値はどれか。番号を解答欄〔選 1〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 0.5
- 2) 2.5
- 3) 5.0
- 4) 25
- 5) 50

【正解】 (選 1) 3)

【解説】 医療用人工呼吸器 JIS T 7204-1989 により、人工呼吸器の試験方法が記載されている。その中でテスト肺について、コンプライアンスと気道抵抗の組み合わせが規定されている。本問題は、コンプライアンス C 50 で気道抵抗が R 5 の場合である。コンプライアンスと気道抵抗は時定数  $T_c$  で表される。

したがって、

時定数  $T_c = \text{コンプライアンス} \times \text{気道抵抗}$  より

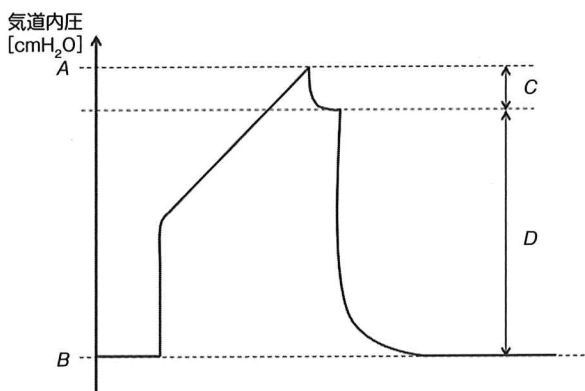
気道抵抗 = 時定数  $\div$  コンプライアンス

$$= 0.25 \text{ s} \div 50 \text{ ml/cmH}_2\text{O}$$

よって、 $R = 5 \text{ cmH}_2\text{O}/(\ell/\text{s})$

【選択問題 2】 VCV のコンプライアンスの測定において、図中の記号における各気道内圧，及びコンプライアンスを表す式として誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選2〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 最高気道内圧 = A
- 2) PEEP = B
- 3) 抵抗成分による圧力降下 = C
- 4) 静的コンプライアンス  
=  $\frac{\text{一回換気量}}{D}$
- 5) 動的コンプライアンス  
=  $\frac{\text{一回換気量}}{C}$



【正解】 (選2) 5)

【解説】 換気力学モニタでの VCV における，コンプライアンスや抵抗を算出するための，各部位の気道内圧の考え方を問う問題である。換気力学におけるコンプライアンスとは，肺や胸郭が縮まろうとする性質(弾性)の逆数(=膨らみやすさ)で表される。

- 1) 最高気道内圧は，気道にガスが流れた時に，呼吸回路の抵抗によって生じる圧力と気道抵抗によって生じる圧力，静的コンプライアンスによって生じる圧力の和で表せる。
- 2)
- 3)
- 4)
- × 5) 動的コンプライアンスは，

$$\text{動的コンプライアンス} = \frac{\text{一回換気量 [L]}}{(A(\text{最高気道内圧}) - B(\text{PEEP}))}$$

で表す。

**[参考文献]**

(一社)日本生体医工学会 ME 技術教育委員会監修, 第 1 種 ME 技術実力検定試験テキスト, p. 198-199, 第 1 種 ME 技術実力検定試験テキスト編集委員会, 2014。

【選択問題 3】 高気圧酸素治療装置の安全基準について誤っているのはどれか。  
番号を解答欄〔選3〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 装置内のスイッチは防爆型のものを使用する。
- 2) 装置内の警報ブザーは2系統以上の電源を設ける。
- 3) 排気系は直接屋外に誘導放出する仕組みになっている。
- 4) 第1種装置内ではバッテリー駆動のシリンジポンプが使用できる。
- 5) 第2種装置の酸素吸入時の加圧上限は3絶対気圧である。

【正解】 (選3) 4)

【解説】 酸素療法には一般に施行されている低圧酸素療法と、高い気圧下で高濃度の酸素を吸入させて行う高気圧酸素療法がある。前者は血中のヘモグロビンとの化学的な結合酸素量の増加を期待し、後者は血漿への物理的な溶解酸素量の増加を期待するものである。

高気圧下では酸素の支燃性が大気圧下より高くなる。そのため装置の構造、性能、材質などの安全性について JIS T 7321「高気圧酸素治療装置」や日本高気圧環境医学会の「高気圧酸素治療の安全基準」で規定している。

- 1) 治療中に純酸素を投与することや、高気圧下では空気中の酸素濃度では不変であるが酸素分圧は圧力によって上昇することから、酸素の支燃性が大気圧下より高くなる。このためスイッチを入れた瞬間に起こる火花による発火(火災)事故を防止するために、装置内に取り付けるスイッチは、無接点式、無火花式または火花に着火能力がない防爆型のスイッチを使用する。
- 2) 装置内の患者や医療従事者と装置外の操作者との通話装置および警報ブザーは治療の安全確保のために重要である。通話装置の電源系統の異常が発生する可能性もあるため、異なる電源系統(2系統以上)からも電源が供給される構造にしなければならない。
- 3) 排気の場所に火気のないことを確認し、排気の場所に「火気厳禁」とする標示を行い、排気系からの排気は直接屋外に誘導放出できる仕組みになっていなければならない(高気圧酸素治療の安全基準第 27 条, 第 46 条)。

- × 4) 第1種装置内に設けられるものは心電計および脳波計の電極、通信装置のみである。人工呼吸器による呼吸管理を必要とする場合は、第1種装置では患者の安全確保が困難な状況にあるため平成15年に禁止されている。
- 5) 治療圧とは高気圧酸素治療での治療(酸素投与)のために保持する圧力のこと、第2種装置の治療圧は2絶対気圧以上3絶対気圧以下としている。

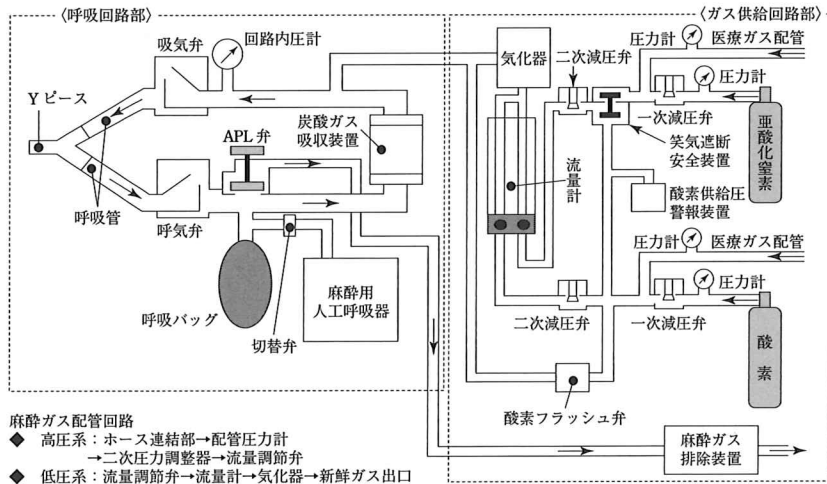
【選択問題 4】 麻酔器本体のガス共通流出口のところに逆止弁(一方向弁)を備えた麻酔器について、酸素フラッシュを用いて呼吸バッグを膨らませ、リークテストを行った。リークを見つけることができる部分はどこか。番号を解答欄【選4】にマークせよ。[6]

- a. カニスタ部
- b. 気化器部
- c. 減圧弁部
- d. APL 弁部
- e. 酸素フラッシュ弁部

- 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4】 3)

【解説】 麻酔器の基本構造を示す。麻酔器本体のガス共通流出口のところに逆止弁(一方向弁)があるので、フラッシュをして呼吸回路内にガスを溜めることになり、麻酔器本体からのリークは考えられない。選択肢で呼吸回路内にある部分は、カニスタ(二酸化炭素吸収装置)、APL 弁(adjustable pressure limiting valve)である。



【選択問題 5】 クラーク電極で測定するのはどれか。番号を解答欄〔選5〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 酸素解離度
- 2) 酸素飽和度
- 3) 酸素分圧
- 4) 酸素濃度
- 5) 酸素含量

【正解】 (選5) 3)

【解説】 クラーク電極は、陰極(白金線)と陽極(銀-塩化銀電極)の間に 0.6 V の直流電流を流し、ポリプロピレン膜を透過した  $O_2$  の陰極での消費による還元電流から  $O_2$  分圧( $P_{O_2}$ ) を測定する。 $P_{O_2}$  の変化による電流を検出するため、アンペロメトリック法という。



【選択問題 6】 人工呼吸器の基準・規格について正しいのはどれか。番号を解答欄(選6)にマークせよ。[6]

- a. 換気量の誤差は設定値の $\pm 15\%$ 以内である。
- b. 酸素濃度の安定度は $\pm 10\%$ 以内である。
- c. 患者に送られるガスの温度は $41^{\circ}\text{C}$ 以下である。
- d. 警報の自動復帰時間は消音から2分以内である。
- e. 電源異常警報の確立時間は異常発生から30秒以内である。

- 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6) 8)

【解説】 人工呼吸器の規格「JIS T 7204:1989(1995 確認)医療用人工呼吸器」, および人工呼吸器の警報音:「人工呼吸器警報基準(厚生労働省告示第264号)」により下記のごとくである。

- × a. 1回換気量または分時換気量の誤差および変動は設定値の $\pm 10\%$ 以内でなければならない。
- × b. 酸素濃度誤差は設定値の $\pm 10\%$ 以内であり, 安定度は $\pm 3 \text{ vol}\%$ で安定していなければならない。
- c. 呼吸回路の患者側端でのガス温度は, 周囲温度より $5^{\circ}\text{C}$ 以上低くならず, また $41^{\circ}\text{C}$ を超えないように維持されなければならない。
- d. 呼吸回路が外れた場合など発せられる警報を一時消音した場合には, 警報消音時から2分以内に自動的に当該警報を発する機能(自動復帰能)をもたなければならない(厚生労働省告示)。
- × e. 電源または医療ガス供給源の異常によって作動する警報は, 即時に作動し, 異常が回復しない限り少なくとも2分間は作動しなければならない。

したがって, 問題の選択肢 8) c, d が正しい。

【選択問題7】 植込み型ペースメーカーの機能について誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選7〕にマークせよ。〔6〕

- 1) DDDR では運動をするとペーシングレートが上昇する。
- 2) 心房性頻脈が生じた場合に DDD から DDI へ自動的にモードが切り替わる。
- 3) 房室ブロックが生じた場合に AAI から DDD へ自動的にモードが切り替わる。
- 4) 心室性頻脈が生じた場合に高いレートでのペーシングにより頻拍を停止する。
- 5) ペースメーカー起因性頻脈を防止するため心室イベント後心房不応期を設定できる。

【正解】 (選7) 4)

【解説】 植込み型ペースメーカーは徐脈性不整脈に対する治療デバイスであるが、心拍数の改善だけでなく、より生理的な心拍を実現し、QOLを向上させる機能が開発されている。

- 1) NBG コードの4文字目のRは心拍応答機能を示す。洞不全症候群では、運動時でも心拍数は増加しない。そこでペースメーカーの本体に搭載されたセンサーにより身体活動を検出し、人工的に心拍数を上昇させることにより、QOLの改善を得る。
- 2) 心房性頻脈発生時における房室順次性の心室ペーシングを抑制し、心室の頻拍を回避するための機能。DDDで作動中、心房性頻脈を検出すると、DDIへ自動的にモードが切り替わり、心室ペーシングは心房と同期せず設定レートで行われる。
- 3) 洞不全症候群に対して、自己の房室伝導を温存し、可能な限り心室ペーシングを抑制するための機能。AAI作動を基本とし、心拍の1拍以上の欠落(RR間隔の延長)によりDDDモードへと自動的に切り替わる。右室心尖部ペーシングでは、右室あるいは心室中隔は左室(自由壁)に先行して興奮することとなり、これが長期に続く場合、左室収縮能の低下をきたすこと

が分かっている。そこで現在のペースメーカーにおいては、心室ペーシング率を減少させる機能が備わっている。

- × 4) 心室性頻脈に対する治療デバイスは、植込み型除細動器 ICD である。心室頻拍に対し、抗頻拍ペーシング治療(anti-tachycardia pacing ; ATP)が施行される。
- 5) 心室興奮が逆行性伝導により心房リードでセンシングされると、それに同期した心室ペーシングが行われる。これが繰り返されペースメーカー起因性頻拍(pacemaker mediated tachycardia ; PMT)が発生する。これを回避するため、心室ペーシング直後の心房側のセンシングを制限する心室イベント後心房不応期(post ventricular atrial refractory period ; PVARP)を設定する。

【選択問題 8】 経皮的冠動脈インターベンション(PCI)について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選 8)にマークせよ。[6]

- a. ステントを拡張するときはバルーン内圧を 10~20 気圧程度にする。
- b. BMS ステントの再狭窄部位に重ねて DES ステントを挿入することがある。
- c. ロータブレードには粉砕片を吸引する機能がある。
- d. ロータブレードの使用で心電図の ST 変化が起こることがある。
- e. 治療部位の状態は超音波プローブを体表に当てて確認する。

- 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 8) 9)

【解説】 経皮的冠動脈インターベンション(PCI)は以前 PTCA と呼ばれていたものである。PCI の進歩は目覚ましく、新しいデバイスが次々に登場してきている。

- a. ステントを拡張するときは通常 10~20 気圧程度にする。バルーンのみでの拡張ではこれ以下の圧力で行うこともある。
- b. 正しい。
- × c. 記載されている機能はない。
- d. ロータブレードの回転ヘッドにはダイヤモンド粉が使用されており、石灰化した病変部を高速回転で粉砕するが、その粉砕片で末梢血流が阻害され、ST 変化や血圧低下が起こることがある。
- × e. 病変部の確認には、微小な超音波プローブをカテーテルにより血管内に挿入し、血管の狭窄の程度や性状を観察する血管内エコー装置(IVUS)を使用する。

【選択問題 9】 胸部大動脈手術で用いられる体外循環として誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選9〕にマークせよ。〔6〕

- a. 左室心尖部から挿入した送血カニューレで体外循環を行う。
- b. 下大静脈に挿入した脱血カニューレから酸素加血を逆行性に灌流する。
- c. 人工肺を使用せず右房から脱血し下半身へと送血する。
- d. 大動脈弓部 3 分枝のそれぞれに挿入したカニューレから送血を行う。
- e. 心拍動を温存したまま下半身のみ体外循環を行う。

- 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9) 5)

【解説】 胸部大動脈手術では、大動脈瘤や大動脈解離の病変部位や範囲、無血視野を得るための大動脈遮断の有無、大動脈遮断や離断の場所により体外循環法が異なってくる。

- a. 上行大動脈置換術における体外循環開始から、冷却、そして循環停止に移行するまでに用いられる送血法のひとつである。左室心尖部に 1 cm ほどの切開を入れ、そこから送血カニューレを挿入し、先端を上行大動脈内に留置する。確実に真腔への順行性送血が可能となり、カニューレも十分な太さのものが使用できる。
- × b. 循環停止中の脳保護を目的として逆行性脳灌流法 (retrograde cerebral perfusion ; RCP) が用いられる。上大静脈に挿入した脱血カニューレから、16～20℃ 程度の酸素加された血液を、中心静脈圧が 15～25 mmHg に維持されるように送血し、脳に対し逆行性に灌流する。
- × c. 下行大動脈手術において、病変部の前後に遮断ができ、生体の心肺機能が温存できる場合には、左房から脱血して、遠心ポンプで下半身へと送血する左心バイパス法が用いられる。左房からは動脈血を脱血するため、人工肺は不要となる。

- d. 弓部大動脈置換術における脳保護の目的で、全身への灌流とは別に、弓部分枝へ選択的にカニューレを挿入し、順行性に送血を行う選択的脳分離体外循環法(selective cerebral perfusion ; SCP)が用いられる。
- e. 下行大動脈手術では、上半身と下半身の循環が分断される。そこで、脳を含む上半身の循環は生体の心拍動を温存した状態で心臓が行い、下半身の循環を大腿動静脈からの送脱血による人工心肺(F-Fバイパス)で行う、心拍動下部分体外循環法が用いられる。

【選択問題 10】 心電図テレメータの混信の原因として考えられないのはどれか。  
番号を解答欄(選 10)にマークせよ。[6]

- a. 送信機の電源をオンにした状態で他病棟に移動する。
- b. 受信用敷設アンテナとして漏洩同軸ケーブルを使用している。
- c. 異なるチャンネルの受信電波を同一ブースタで増幅している。
- d. 異なるゾーンの送信機を同一病棟で使用している。
- e. 同一チャンネルの送信機を異なる病棟で使用している。

- 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 10) 5)

【解説】 医用テレメータは電波を利用しているので、様々な電波利用機器からの影響(混信)を受ける可能性があるが、同じテレメータ同士の混信には、相互変調、隣接チャンネル、同一チャンネルの同時使用の3つの原因が考えられる。相互変調と隣接チャンネルの対策としてゾーン配置がある。いずれにしろ、病院内での無線チャンネル管理が重要である。

- a. 異なるゾーンの病棟に行った場合は混信の可能性がある。
- × b. 正しい使用方法である。
- × c. 問題ない。
- d. 異なるゾーンの送信機を同一病棟で使用すると混信の可能性がある。同じゾーンの送信機を使用しなくてはならない。
- e. 同一チャンネルの送信機を同一病院内で使用すると混信の可能性がある。

【選択問題 11】 貯血槽について正しいのはどれか。番号を解答欄〔選11〕にマークせよ。〔6〕

- a. ハードシェルリザーバにはレベルセンサが内蔵されている。
- b. 貯血槽には熱交換器が内蔵されている。
- c. ソフトリザーバは押しつぶすことで脱血量を調整する。
- d. ハードシェルリザーバ中の血液は空気に触れている。
- e. 吸引補助脱血を行う場合は陽圧防止弁を使用する。

- 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11〕 10)

貯血槽には静脈貯血槽と心腔内貯血槽がある。心腔内貯血槽には、ベント回路、サクシオン回路から、気泡、組織片、凝血塊等が混じるため、フィルタが内蔵されている。ハードシェルリザーバはポリカーボネート製で、この2つが一体化されている。ソフトリザーバは塩化ビニル製で静脈血を貯める機能のみがあり、フィルタは内蔵されていない。

- × a. ハードシェルリザーバには液面レベルセンサを装着できるようになっているが、内蔵されているわけではない。レベルセンサは貯血レベルが低下するとアラームが鳴る機構になっている。
- × b. 体外循環中は、血液の温度を調節することで患者の体温を調整している。熱交換器には冷温水槽から温水や冷水が贈られるが、人工肺部分に内蔵されているタイプが多い。
- × c. ソフトリザーバは2つの板ではさみこむことで貯血量を調整できる機構を持つ。脱血量は脱血管をチューブ鉗子ではさんだり、患者との落差を変えることで調節する。
- d. ハードシェルリザーバはオープンタイプであり、血液は空気と触れている。ソフトリザーバの血液は空気と触れていない。



- e. 吸引補助脱血はハードシェルリザーバを密閉して陰圧をかける方法であり、少ない落差で十分な量の脱血が可能である。その反面陰圧源のトラブルでリザーバ内が陽圧になると脱血不良を起こすばかりか、脱血回路から患者に空気を送ってしまうので、陽圧防止弁を装着する。

【選択問題 12】 IABP のタイミング調整と同期モード設定で誤っているのはどれか。番号を解答欄(選12)にマークせよ。[6]

- a. 心電図の R 波の直前でバルーンを収縮させる。
- b. 心電図の P 波はタイミング調整に用いない。
- c. 心電図の T 波の直前でバルーンを拡張させる。
- d. 心房細動発生時は血圧トリガモードにする。
- e. 電気メス使用時は血圧トリガモードにする。

- 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】 (選12) 8)

【解説】

- a. IABP は心臓の収縮期の直前に大動脈内のバルーンを収縮することにより心臓の収縮期の最大動脈圧を低下させて心臓の後負荷を軽減させるので、タイミング調整においては、心電図の R 波の直前でバルーンを収縮させる。
- b. 心電図の P 波は R 波の出現を予測する上で指標になるが、正確な検出が難しく装置としては P 波をタイミングの調整には使用していない。
- × c. 心電図の T 波の直前では心臓はまだ収縮期にあるのでバルーンが拡張すると心臓への後負荷が増大してしまう。バルーンの拡張は、拡張期に移行し大動脈弁が閉じる T 波の頂点あるいは頂点から少し遅れたタイミングが良い。
- × d. 心房細動発生時は心拍が不整となり R 波の出現が予測できなくなるので、R 波を検出した時点でバルーンを収縮させる「不整脈トリガ」モードにする。
- e. 電気メス使用時は心電図にノイズが混入し R 波同期が行えないので、血圧波形で同期させる血圧トリガモードにする。

【選択問題 13】 個人用透析装置では何らかの警報が発生した場合、透析液系と血液系および各種周辺機器が連動して安全性を確保するようになっている。誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選 13〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 給水圧異常警報発生時には透析液系全体が停止する。
- 2) 透析液濃度異常警報発生時には血液ポンプと除水ポンプが停止する。
- 3) 静脈圧モニタ異常警報発生時には血液ポンプと除水ポンプが停止する。
- 4) 気泡異常警報発生時には血液回路はクランプされ血液ポンプが停止する。
- 5) 漏血異常警報発生時には血液ポンプが停止し透析液はバイパスされる。

【正解】 (選 13) 2)

【解説】 個人用透析装置では、透析液系と血液系及び各種周辺機器がシステムとして一体化されている。このことは安全面において有用であり、何らかのトラブルにより警報が発生した場合、それぞれの安全装置が機能的に連携し作動することにより高い安全性を確保することができる。

- 1) 断水や水処理装置の異常などにより給水圧が低下した場合、警報を発し、透析液系のみをいったん停止させる。
- × 2) 透析液の電導度が警報設定範囲を超えた場合、警報を発し、自動的に透析液がバイパスされる。透析液系の異常であり、透析液をバイパスすることで血液系への影響はなくなるため、血液ポンプを停止する必要はない。
- 3) 透析中治療中最も頻度の高い警報である。静脈圧が設定範囲を超えた場合、警報発生と共に、血液ポンプが停止する。血液系のトラブルであるが、血液ポンプが停止し、ダイアライザに血流がない状態であるため、除水している場合は除水を停止させる必要がある。最近の装置は血液ポンプが停止した場合、透析液はバイパスされ、除水ポンプが停止する。
- 4) 血液の体外循環中において気泡混入は最も起こしてはならない事象の一つであり、返血側回路には気泡検知器と連動する回路クランプが装備されている。気泡を検知した場合、警報音を発生、表示灯を点灯させると同時に血液回路をクランプし、血液ポンプは電源が遮断され停止する。気泡検

出器は光透過式と超音波方式があるが、比較的検出精度の高い超音波方式が多く採用されている。

【選択問題 14】 血液透析中に発生するトラブルとその原因との組合せで誤っているのはどれか。番号を解答欄(選14)にマークせよ。[6]

- a. 静脈側圧力の上昇 ————— 動脈側回路の屈曲
- b. 静脈側圧力の下降 ————— 脱血不良
- c. 透析液圧の上昇 ————— 静脈側回路の屈曲
- d. TMP(膜間圧力差)の上昇 —— ダイアライザの目詰まり
- e. TMP(膜間圧力差)の下降 —— 静脈側チャンバの目詰まり

- 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】 血液透析は、血液を体外循環させて施行している。透析が安全に行なわれるためには、回路内の状態を把握することが重要となるため、静脈圧・透析液圧・膜間圧力差(TMP)などをモニタリングする必要がある。これらの圧力が上昇・低下する原因を知り、その処置が出来る知識を身につけることが重要である。

表 各異常の原因

異常の種類		原因
静脈圧	上昇	静脈側回路(静脈側チャンバより先)の屈曲 静脈側穿刺針の穿刺ミス(針先のつまり) 静脈側回路(Vチャンバ含む)より先での血液凝固
	低下	血流の低下(送血不足) 動脈側回路(静脈側チャンバより手前)の屈曲 動脈側穿刺針の接続不良(針の離脱) ダイアライザ内の目詰まり・凝固
透析液圧	上昇	静脈側回路(ダイアライザより先)の屈曲 Vチャンバ内での凝固 静脈側穿刺針内部の血栓(針先のつまり) 密閉回路(透析液側機器部)内からの漏れ
	低下	ダイアライザ内の目詰まり・凝固 ガスパージ不足によるエア残留
膜間圧力差(TMP)	上昇	血流の低下(送血不足) 限外濾過量のミス(短時間での急激な除水→過除水による血液濃縮) ダイアライザの目詰まり・凝固
	低下	透析液排液ライン(ホース)の詰まりや屈曲 限外濾過の停止(除水ポンプ停止) 動脈側回路(ダイアライザより手前)の屈曲

× a. 静脈側回路の屈曲などが原因となる。

○ b.

○ c.

○ d.

× e. 動脈側回路の屈曲などが原因となる。

【選択問題 15】 血液流量  $Q_B = 200 \text{ ml/min}$ , 透析液流量  $Q_D = 500 \text{ ml/min}$ , 濾過流量  $Q_F = 0 \text{ ml/min}$  の条件下で透析を施行した。1 時間経過したときの尿素窒素濃度は血液入口側で  $100 \text{ mg/dl}$ , 血液出口側で  $20 \text{ mg/dl}$ , 透析液出口側で  $30 \text{ mg/dl}$  であった。また透析終了時の血液入口側尿素窒素濃度は  $25 \text{ mg/dl}$  であった。正しいのはどれか。番号を解答欄【選 15】にマークせよ。[ 6 ]

- a. 尿素のクリアランスは  $160 \text{ ml/min}$  である。
- b. マスバランスエラーは  $6.3\%$  である。
- c. 透析開始からの尿素の除去率は  $75\%$  より小さい。
- d. 血液流量を  $400 \text{ ml/min}$  にすると, クリアランスは 2 倍になる。
- e. 血液側出口の尿素窒素濃度が大きいほどクリアランスは大きい。

- 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 15) 1)

【解説】 ダイアライザでの尿素除去に関する計算問題である。

- a. クリアランスは下記の式により算出される。C : 濃度, 添字 I : 入口, O : 出口である。

$$CL = \frac{C_{BI} - C_{BO}}{C_{BI}} Q_B$$

- b. 物質収支式より実験精度を表すマスバランスエラーは次式で定義される。

$$\%MBE = \frac{M_B - M_D}{M_B} \times 100 \quad \begin{array}{l} M_B = Q_{BI}C_{BI} - Q_{BO}C_{BO} \\ M_D = Q_D \times C_{DO} \end{array}$$

$M_B$ (血液側から失われた溶質の移動量) =  $160,000 [\text{mg/min}]$ ,  $M_D$ (透析液側に得られた溶質の移動量) =  $150,000 [\text{mg/min}]$  を代入して,  $6.3\%$  となる。理論的には  $0\%$  であるので, %MBE は小さいほど実験精度が高く, %MBE <  $10\%$  などの基準が定められている。

- × c. 溶質の除去率は次式にて計算できる。 $75\%$  と算出されるので, 「 $75\%$  より

小さい」は誤文となる。

$$R = \left[ 1 - \frac{C_B(t)}{C_B(0)} \right] \times 100$$

- × d. 血液流量を 200 ml/min から 400 ml/min にしても, クリアランスが 2 倍になるとは限らない。むしろ a 式の右辺の一部である除去効率は小さくなるので, 2 倍よりは小さい。

$$\frac{C_{BI} - C_{BO}}{C_{BI}}$$

- × e. a 式により, 血液側出口の尿素窒素濃度が大きいほどクリアランスは小さい。



【選択問題 16】 On-line HDF で正しいのはどれか、番号を解答欄〔選 16〕にマークせよ。〔6〕

- a. 日本透析医学会基準によれば、補液として使用する透析液のエンドトキシン濃度は 0.001 EU/ml 未満でなければならない。
- b. 同一濾過量ならば、後希釈の方が前希釈よりも低分子タンパク質除去効率はよい。
- c. 低分子タンパク質のふるい係数は透析開始時と終了時で変わらない。
- d. 前希釈法での補液量は 5~10 l である。
- e. 濾過量と補液量は重量バランス機構により調節されている。

- 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 16〕 1)

【解説】 オンライン HDF の方法、注意点を把握しているかどうかを問う問題である。

- a. オンライン HDF 用の透析液は超純水透析液に該当し、エンドトキシン濃度は検出下限である 0.001 EU/ml 未満とされている。
- b. 後希釈の方が同一濾過量ならば溶質除去効率はよいが、前希釈では大量の濾過が可能のため、除去量を増やすには前希釈がよい。
- × c. ファウリングは透析直後に発生し、ただちにふるい係数は低下する。
- × d. 後希釈の補液量は 20 程度、前希釈では 60 以上に及ぶ。
- × e. 濾過補液量は密閉系の容量バランス方式によって自動的に調節されている。

【選択問題 17】 血液浄化療法に用いられる分離法の説明で誤っているのはどれか。番号を解答欄(選 17)にマークせよ。[6]

- a. 拡散速度は溶質の分子量が大きいほど大きい。
- b. 濾過では圧力差を推進力として溶媒が移動する。
- c. 浸透では濃度の高い液体から濃度の低い液体へ溶媒が移動する。
- d. 溶質と吸着材との親和性が高いほど吸着が起こりやすい。
- e. 血漿分離に遠心分離法が用いられる。

- 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】 (選 17) 2)

【解説】

- × a. 拡散速度は溶質の分子量が小さいほど大きい。
- b. 濾過では、圧力差を推進力として、溶媒が移動する。血液透析、血液濾過、血漿分離などにおける分離の原理である。
- × c. 浸透とは、浸透圧差により溶媒が移動する現象で、濃度の低い液体から濃度の高い液体へ溶媒が自然に移動する現象をいう。腹膜透析の除水の原理である。
- d. 吸着は、溶質と材料との相互作用により起こる。血漿吸着療法や、血液吸着療法で用いられる。
- e. 血漿分離には、膜分離法と遠心分離法の療法が用いられている。

【選択問題 18】 個人用透析装置の始業点検項目でないのはどれか、番号を解答欄(選 18)にマークせよ。[ 6 ]

- a. 電源コードの接続確認
- b. 給水管の接続確認
- c. ダイアライザの TMP(膜間圧力差)の確認
- d. 除水ポンプの動作確認
- e. 装置からの異音の確認

- 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】 医療機器を安全に使用するためには、保守管理を確実に実施することが重要であり、大きくは日常点検と定期点検に分けられる。更に日常点検においては、始業点検、使用中点検、終業点検がある。

始業点検では医療機器の使用前に機器の安全性や基本性能を確保するために実施するもので、外観点検と作動点検が主体となる。点検で異常を認めた場合は即座に調整・修理等を行い、使用上安全性及び性能が確保できないと判断した場合は装置の使用を中止する。

- a. ほこりの有無、アースピンの有無や差し込み状態などを目視で確認する。
- b. 給水圧計で給水圧を確認することや液漏れなどないか目視で確認する。
- × c. TMP はダイアライザの膜の状態を表すものであり、透析治療中にモニタリグし、規定値以内であることを確認する。
- × d. 除水制御系の点検は定期点検時に擬似回路を用いた除水試験として実施され、毎回始業点検として行うものではない。また、透析終了後には治療前後の体重差と除水量を比較して除水精度の確認を行う。
- e. 装置内からの異音がないか確認する。

【選択問題 19】 Dual Energy CT の撮像について正しいのはどれか。番号を解答欄(選 19)にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 2 種類のエネルギーのガンマ線で撮影した画像を用いる。
- 2) 2 種類の管電圧で撮影した画像を用いる。
- 3) 透視と撮影の 2 種類の画像を用いる。
- 4) 単純撮影と造影撮影の 2 種類の画像を用いる。
- 5) PET-CT 装置で得られる 2 種類の画像を用いる。

【正解】 (選 19) 2)

【解説】 Dual Energy CT は最近注目されている X 線 CT 撮影法である。

Dual Energy CT は、物質が X 線のエネルギーによって線減弱係数(X 線の透過度)が異なる作用に着目し、その差を応用して画像化する技術である。異なる 2 つの管電圧によって、骨、造影剤、脂肪、軟部組織などは組織組成に依存した異なるコントラスト差を生じるため、それぞれを適切に分離した画像を作ることができる。通常の CT 画像では、白黒画像の濃淡(グレイスケール)で CT 値を表現しているが、これに対し Dual Energy CT では、異なる X 線エネルギー帯域に対する線減弱係数の違いを画像情報に加えることが可能となる。このような原理を応用することで、臨床的には次のような利点がある。

- ・物質弁別画像を生成することで、造影剤を使用した画像から骨を除去したり、腎結石の組成を同定し治療方針を判定することができる。また、心臓血管造影 CT では、冠状動脈のカルシウムスコアリング(冠動脈の石灰化の度合)や、脂質成分の同定によるプラーク(動脈硬化巣に存在する内膜の斑状肥厚性病変)評価などがある。
  - ・低エネルギー撮影と高エネルギー撮影の両方の画像を合成することにより、アーチファクトの抑制やビームハードニング(線質硬化)の抑制、コントラストの向上による画質の向上が期待できる。
- × 1) 使用するのは、X 線管から発生させた X 線で、ラジオアイソトープ(RI)から発生するガンマ線ではない。

- 2) 一般的には、70 kV と 140 kV の 2 種類の管電圧を用いて撮像する。2 つの X 線管を用いて、それぞれ 70 kV と 140 kV を発生させるものや、管電圧を高速で切換ながら撮像を行うものがある。
- × 3) X 線 TV 装置や血管造影装置では、透視と撮影の 2 種類の画像を診断に用いる。
- × 4) X 線 CT においても単純撮影と血管内に造影剤を注入した造影撮影を行うが、特に Dual Energy CT に限ったことではない。
- × 5) PET-CT 装置では、放射性同位元素 (RI) を体内に注入し、陽電子消滅ガンマ線 (エネルギー 511 keV) を用いて断層撮影を行うもので、Dual Energy CT ではない。

【選択問題 20】 デジタル脳波計を使用して術中皮質脳波測定を行う際に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]

- a. 脳波の直記をせずデータのファイリングを行った。
- b. システムリファレンスを接続する必要はない。
- c. 高域遮断フィルタは検査室で行う頭皮脳波と同じ120 Hzとした。
- d. ノイズが混入したので、サンプリング周波数を100 Hzに変更した。
- e. 時定数は検査室で行う頭皮脳波と同じ0.3秒とした。

- 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20) 6)

【解説】 デジタル脳波計とアナログ脳波計の違いについては、各メーカーが提供している資料や臨床神経生理学会技術者講習会などから情報を得ることが出来る。

- a. ディスクへのファイリングが行われれば、計測後に印字することができるので正しい。
- × b. デジタル脳波計ではシステムリファレンスを外すと正しく脳波を計測出来ないなので誤り。
- c. デジタル脳波計ではサンプリング周波数に応じて広域遮断周波数を測定後変更することが可能であり正しい。
- × d. サンプリングを低くすると、スパイクなどの高い周波数の波形が鈍ってしまい、発作波を見落とす可能性があるので誤り。
- e. デジタル脳波計では測定後時定数を変更する事が出来るので正しい。

【選択問題 21】 睡眠時無呼吸症候群の診断のために終夜ポリソムノグラフィー (PSG) 検査を行った。日本循環器学会、日本呼吸器学会より提示されている「循環器領域における睡眠呼吸障害の診断・治療に関するガイドライン」で求められていない計測項目はどれか。番号を解答欄〔選 21〕にマークせよ。〔6〕

- a. 筋電図
- b. 心音図
- c. 胸郭・腹部運動
- d. 酸素飽和度
- e. 血圧(非観血)

- 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) 7)

【解説】 日本循環器学会のホームページに問題に出ている「循環器領域における睡眠呼吸障害の診断・治療に関するガイドライン」が掲載されているので、検索してみると良い。

<http://www.j-circ.or.jp/guideline/pdf/JCS2010,momomura.h.pdf>

そのガイドラインにて問題の各選択枝の有無を確認すると以下のようになる。

- a. 筋電図はオトガイより導出し、夜間の覚醒状態の鑑別に使用するために必要。
- × b. 心音図は計測しない。心電図は必要であるが、四肢電極では無く、胸郭に脳波用皿電極を装着するのが通常である。
- c. 呼吸運動センサは呼吸による胸郭、腹部の動きを測定するために必要。
- d. SpO<sub>2</sub> センサは無呼吸時の血中酸素飽和度を測定するために有用。
- × e. 非観血血圧測定は終夜ポリソムノグラフィーには必須では無い。

【選択問題 22】 静磁場を発生している超電導 MRI 装置本体の上部にほこりがたまっているので、脚立に乗って清掃させたい。清掃作業の指示として不適切なもののはどれか。番号を解答欄〔選 22〕にマークせよ。〔6〕

- 1) アルミニウム製脚立を MRI 装置にゆっくり近づける。
- 2) MRI 装置の静磁場を OFF にしてから清掃する。
- 3) 複数人で作業をおこなう。
- 4) 家庭用電気掃除機の使用を禁止する。
- 5) プラスチック製ヘルメットを着用して作業する。

【正解】 (選 22) 2)

- 1) 静磁場に吸引されるおそれがある磁性体を、作業者が所持しないようにさせるべきであるが、アルミ製ならば非磁性である。ただし、たとえ主な材料が非磁性体でも、外から見えない部分に大型の鉄製部品が使われているかも知れないので、あらかじめいろいろな部分に磁石を近づけてみて確認すると良い。さらに、MRI 装置に近づけるときには、もし吸引力を少しでも感じたらすぐに引き離せるように、しっかりと持ってゆっくり移動すべきである。
- × 2) 超伝導磁石で生じている静磁場を OFF にするには、超伝導静磁場コイルを流れる永久電流のエネルギーをすべて熱として放出する(クエンチ)しかない。その熱で、冷媒である液体ヘリウムが蒸発して失われてしまう。その後 MRI 装置を再度使えるようにするには、ヘリウムの充填や励磁の作業が必要で、相当の日数がかかる。
- 3) 高所作業なので、転落等の事故に備えて単独での作業は避けるべき。さらに、もしヘリウムガスが少しずつ漏れていると、天井付近にたまることがある。ヘリウムガスは無色無臭で無毒であるが、ヘリウムが混入した空気はそのぶん酸素濃度が低いため、吸入すると昏倒することがある。
- 4) 電気掃除機はモータが静磁場に吸引されることでけがをする危険性があり、使うべきでない。
- 5) 高所作業なので、ヘルメットを着用するよう指示すべきである。



【選択問題 23】 JIS T 0601-2-24<sup>:2005</sup> 輸液ポンプ及び輸液コントローラの安全に関する個別要求事項におけるトランペットカーブについて正しいものはどれか，番号を解答欄〔選 23〕にマークせよ。〔6〕

- a. 実測流量は送液された液の質量から計算する。
- b. 解析期間はポンプスタート直後からの 60 分間である。
- c. サンプル抽出間隔は 10 秒である。
- d. 設定流量はフィンガポンプの場合 25 ml/h である。
- e. 流量の全体誤差百分率は 10% 以下でなくてはならない。

- 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】 (選 23) 3)

【解説】

- a. 実測流量はサンプル抽出間隔で送液された液の質量から計算する。
- × b. 解析期間はポンプスタート後 60 分から 120 分までである。
- × c. サンプル抽出間隔は 30 秒である。
- d. 設定流量は中間流量と規定されており，市販のフィンガポンプはボルメトリック形輸液ポンプとなり中間流量は 25 ml/h である。
- × e. 流量の全体誤差百分率の上限に規定はない。

【選択問題 24】 超電導型 MRI 装置において、クエンチ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〕

- 1) クエンチは何らかの原因により超電導状態が維持できなくなることをいう。
- 2) 人為的に緊急磁場停止ボタンが押された場合、クエンチが発生する。
- 3) クエンチ発生時には検査を中断し被験者を MRI 室外に待避させる。
- 4) クエンチ発生時には検査室内の窒素濃度計を確認する。
- 5) クエンチ発生時には検査室内にヘリウムガスが充満する恐れがある。

【正解】 (選 24) 4)

【解説】 超伝導現象とは、特殊な金属などの導電物質の温度を絶対零度(−273℃)に向けて下げて行くと、ある温度で電気抵抗がゼロになる現象を言う。超伝導型 MR 装置では、この超伝導現象を利用し、マグネットコイルの電気抵抗をゼロにし、永久にコイル内に大電流を流し続け、強い磁場を発生させている。

超伝導型 MR 装置に使用されている超伝導マグネットは、極低温(約−269℃)に冷却して、超伝導状態(電気抵抗がゼロの状態)にして大電流を流している。何らかの原因で内部の温度が上昇したり、過剰な電流や磁界にさらされるとバランスが崩れ、超伝導状態を維持できなくなる。超伝導状態を維持できなくなると、コイルに電気抵抗が生じ、この抵抗に流れる数百アンペアの電流によって熱が発生し、冷媒である液体ヘリウムを気化させる。この冷媒の気化により、コイルの温度が上昇し、ますます発熱量も増えて、冷媒の気化を加速させる。このように、コイルに抵抗が生じる事により、発熱、冷媒の気化により磁場が消滅する。これがクエンチである。冷媒の液体ヘリウムは水や液体窒素に比べて非常に蒸発熱(液体を気化するのに必要な熱量)が小さい。これは、水が 540 cal/ml、液体窒素が約 40 cal/ml に対し、液体ヘリウムはわずか 0.6 cal/ml であるから、発生した熱であつというまに大量の液体ヘリウムが気化してしまうことになる。

発生した大量のヘリウムガスは強制排気ダクトを通じて屋外に排出されるが、その一部は MR 検査室内に充満する可能性もある。この時、室内の酸素濃度が低下し危険である。検査室内の被験者をすぐに避難させ、人のいないことを確認し

て扉を閉める。このため、定期的な酸素濃度計(モニタ)の動作確認が必要である、屋外では大量の白煙が発生するため、外見的には大きな事故が発生したように見えるが、冷静に対応することが必要である。

- 1) クエンチは何らかの原因により超伝導状態が維持できなくなることをいう。
- 2) 人為的に緊急磁場停止ボタンが押された場合、クエンチが発生する。
- 3) クエンチ発生時には検査を中断し被験者を MR 室外に待避させる。
- ×4) クエンチ発生時には検査室内の窒素濃度計ではなく、酸素濃度計を確認する。
- 5) クエンチ発生時には検査室内にヘリウムガスが充満する恐れがある。

## 小論文試験問題

医療機器を総合的に管理する立場から、病院での医療サービスにおける安全性と経済性との両立について、あなたの考えを 800 字以上 1000 字以内で述べなさい。ただし、空白欄は文字数にカウントされないので注意すること。[ 30 ]