

【問題 1】 ある建物のサイレンから一定振動数の音が出されている。この建物に向かって 36 km/h の速さで進んでいる自動車を運転している人は、この音を 440 Hz に観測した。気温を 15°C とするとき、建物のサイレンから出ている音の振動数はいくらか。数値を解答欄 に記入せよ。ただし、気温 t °C のときの音速は、 $331+0.6t$ [m/s] で表されるものとする。[5]

【正解】 = 427 Hz

【解説】 ドプラ効果に関する基本的な問題である。音源が動いたり、観測者が動いたりすると、観測される音の振動数は、音源から出ている音の振動数とは異なってくるが、この現象をドプラ効果という。

いま音源が速度 u_s で、観測者が速度 u_o で、一直線を同じ向きに動く場合の波長と振動数を考えると、音源が動くことにより波長が変化するが、その変化した波長 (λ') の音波については、観測者が動くことによって観測するその振動数が変動する。すなわち、

$$\text{音源が動くことによって、} \quad \lambda' = (c - u_s) / f_0 \quad (1)$$

$$\text{観測者が動くことによって、} \quad f = (c - u_o) / \lambda' = f_0 \cdot (c - u_o) / (c - u_s) \quad (2)$$

この符号は、観測者に近づく音の向き (c の向き) を基準として、 u_s と u_o の向きがこれと同じ場合は上式のままとし、 c の向きと反対の場合は上式の負号を正にする。

これをこの問題にあてはめてみると、音源であるサイレンは移動しないため、 $u_s = 0$ 、また、観測者の乗っている自動車の速さを秒速に直すと 10 m/s となり、気温 15°C のときの音速は、 $c = 331 + 0.6 \times 15 = 340$ [m/s] となる。また $f_0 = 440$ [Hz] である。

これらの値を観測者の動く方向を考慮して (2) 式に代入すると

$$f = f_0 \cdot (c - u_o) / c = 440 \times (340 - 10) / 340 = 427 \text{ [Hz]}$$

となる。

【問題 2】 正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 波長の短い X 線ほど透過能が小さい。
- b. α 線は He の原子核の高速度の流れである。
- c. 原子番号が同じで、質量数の異なる元素をアイソトープという。
- d. ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ が ${}^{218}_{86}\text{Po}$ に変わる崩壊は β 崩壊である。
- e. X 線の波長は γ 線のそれより短い。

- 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 = 5)

[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. 波長の短い X 線ほど透過能が小さい。

X 線は波長が短いほど、物質に吸収されにくい、すなわち透過能が大きい。なお、X 線の透過能のことを X 線硬度という。

○ b. α 線は He の原子核の高速の流れである。

α 線は He の原子核の高速の流れであり、ある元素が α 崩壊を起こすと、 α 線である He が出ることにより、原子番号が 2 減少し、質量数が 4 減少することになる。

○ c. 原子番号が同じで、質量数の異なる元素をアイソトープという。

たとえば水素と重水素は、原子番号は同じ 1 であるが、質量はそれぞれ 1, 2 と異なる。このように、原子番号が同じで、質量数の異なる元素をアイソトープ(放射性同位元素)という。

× d. ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ が ${}^{218}_{84}\text{Po}$ に変わる崩壊は β 崩壊である。

この崩壊では、原子番号が 2 減少し、質量数が 4 減少していることから、b. で述べたように α 線が出る α 崩壊である。

× e. X 線の波長は γ 線のそれより短い。

X 線は物理学では波長が 1 pm-10 nm 程度の電磁波であり、 γ 線は波長が 10 pm 以下の電磁波である。このように波長が一部、重なってはいるが、X 線の波長が γ 線の波長よりも短いということはできない。なお、X 線と γ 線の区別は波長ではなく、発生機構による。すなわち、軌道電子の遷移を起源とするものを X 線、原子核内のエネルギー準位の遷移を起源とするものを γ 線と呼ぶ。

[備考]

Po(ポロニウム)の原子番号は 84 であるので、選択肢 d. の ${}^{218}_{86}\text{Po}$ は誤記で ${}^{218}_{84}\text{Po}$ が正しい。ただし、間違い選択肢であるので、解答には影響しない。

【問題 3】 平均分子量が 29 の窒素と酸素からなる混合気体がある。窒素の含有率(%)はおよそいくらか。少数点以下を四捨五入して数値を解答欄 に記入せよ。ただし、窒素ならびに酸素の原子量をそれぞれ 14, 16 とする。[5]

【正解】

【解説】 混合気体の平均分子量(MW_{av})は、それぞれの気体ガスの含有率(x_j)と分子量(MW_j)の積の和に等しい。

$$MW_{av} = \sum_{j=1}^n \sum x_j MW_j$$

いま窒素の含有率を y とおくと、窒素ガス N_2 、酸素ガス O_2 の分子量はそれぞれ $14 \times 2 = 28$ 、 $16 \times 2 = 32$ であるから、以下の式が成り立つ。

$$28y + 32(1 - y) = 29$$

$$\therefore y = 0.75$$

よって、求める窒素の含有率は 75 % である。

【問題4】 誤っているのはどれか。番号を解答欄②にマークせよ。[5]

- a. 水素イオン濃度の対数の逆数を水素イオン指数という。
- b. プロトン供与体をアルカリという。
- c. 酸やアルカリ添加による pH 変化を妨げる作用を緩衝という。
- d. pH によって陽イオンや陰イオンになる物質を両性電解質という。
- e. 酸性の電離とアルカリ性の電離が等しくなる pH を等電点という。

- 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】 ②=1)

【解説】 血液などの体液中にはアミノ酸やタンパクをはじめとする種々の電解質が存在する。電解質と酸塩基平衡の関連についての問題である。

- × a. 水素イオン濃度の逆数の対数(または水素イオン濃度の対数の絶対値)を水素イオン指数(pH)という。
- × b. プロトンの供与体を酸, 受容体を塩基(アルカリ)という。
- c. 酸やアルカリなどを添加しても pH 変化を抑える作用を緩衝という。緩衝作用をもつ溶液を緩衝溶液といい, リン酸緩衝液などがある。
- d. アミノ酸やタンパクは, アルカリ性を示すアミノ基(-NH₂)と酸性を示すカルボキシル基(-COOH)などを共有しており, 両性電解質とみなせる。
- e. 通常, pI と表示する。pI より pH が高くなる(アルカリ性が強くなる)と陰イオンとして振る舞うことになる。

【問題 5】 内半径が 10 cm の円筒状シリンダを加熱して温度を上昇させた。シリンダ内の圧力が 100 kPa になってピストンが 10 cm だけ動いた。このとき、ピストンによって外部になされた仕事は何 J になるか。数値を解答欄 に記入せよ。[5]

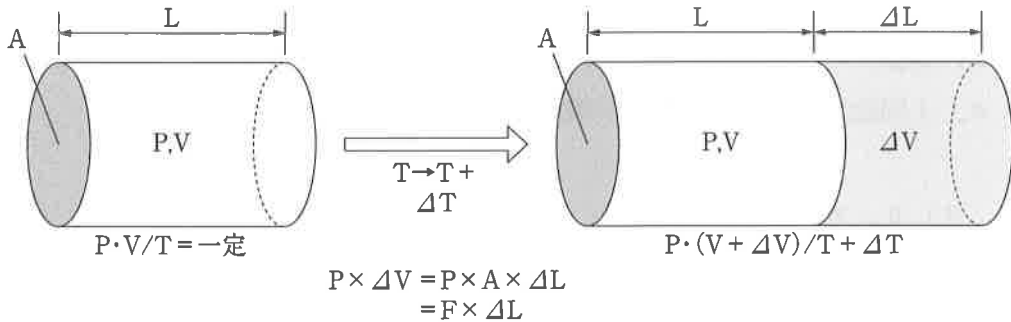
【正解】 ©=314(J)

【解説】 外部仕事は $P \times \Delta V$ なので、

仕事 = $P \times$ 断面積 \times 移動距離

$$= 100 \text{ kPa} \times 0.1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} \times 3.14 \times 0.1 \text{ m}$$

$$= 314 \text{ [J]}$$



熱による気体の体積変化と仕事

図のように断面積 A 、長さ L の円筒のシリンダ(体積 V)を考える。内部に圧力 P で気体を封入したとする。気体はボイル・シャルルの式に従うので、圧力を一定に保ちながら気体の温度を初期の温度 T から ΔT 上昇させると、これに伴って ΔV の体積変化を生ずる。このときシリンダの端に物体を置いて物体に作用する運動を考える。筒の断面には断面積と圧力の積($A \cdot P$)なる力 F が作用する。シリンダの長さは $\Delta L (= \Delta V / A)$ だけ伸びるので圧力と体積変化の積 $P \cdot \Delta V$ は

$$P \cdot \Delta V = P \cdot A \cdot \Delta L = F \cdot \Delta L$$

となる。式に示されるように圧力と容積変化の積は力と距離の積に変換できる。力が作用して移動した物体には $F \cdot \Delta L$ の仕事になされたことになる。

このように熱による気体の体積変化は仕事に変換でき、これがエネルギーの変換によるものであるとわかる。同じ温度変化を与えても体積を一定に保って圧力を上昇させる場合には仕事はなされない。

【問題6】 循環諸因子の1つが変化したときの大動脈血圧の変動で、流体力学的に正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. ヘマトクリットの増大により平均血圧が低下した。
- b. ヘマトクリットの増大により脈圧が低下した。
- c. 動脈コンプライアンスの増大により平均血圧が低下した。
- d. 動脈コンプライアンスの増大により最高血圧が低下した。
- e. 1回拍出量の増加で脈圧が増加した。

- 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】③=10)

【解説】 血圧は次のような式を使って簡単に表現することができる。

血圧＝心拍出量×末梢循環抵抗

ただし、血圧は平均血圧、心拍出量は1分間当りの心拍出量である。

この式は電気のオームの法則と同じで、循環系の諸因子を最も単純な比例関係で表したものである。心拍出量は「1回拍出量と心拍数の積」で表わせ、1回拍出量の増大は心拍出量を増やし、結果として血圧を上昇させる。1回拍出量は心臓の収縮力と静脈圧によって決まる。静脈圧が高くなると、心臓の拡張に際して心腔内への血液の流入量が大きくなり、心臓が拡張期に引き伸ばされ、より強く収縮する。この性質は「スターリングの心臓法則」と呼ばれる。

血圧は末梢血管の抵抗によっても変化する。末梢血管の抵抗の総和が、心臓に対する血管抵抗となる。末梢血管抵抗は、血管の太さ、中を流れる血液の粘性によって変わる。血管の太さは、特に末梢の細動脈で大きく変わる。

血液の粘性は、主として血液中に含まれる赤血球の量によって決まる。血中の有形成分の割合は「ヘマトクリット」と呼ばれ、血液の粘性は、ヘマトクリット値が高いと大きくなり、したがって循環の抵抗も大きくなる。この結果、血圧も高くなる。

脈圧とは、1回の拍出によって血液が動脈にどれほどの圧力変化を与えるかというもので、脈圧は1回拍出量と血管の弾性力によって決まる。

血管の柔らかさのことを「血管コンプライアンス」と呼び、血管のコンプライアンスが大きければ、動脈内に送り込まれた血液による圧力変化は、それほど大きくなる。コンプライアンスの大小は平均血圧には関係せず、血圧の脈圧に大きく関与する。

【問題 7】 図は長さ L の中空円筒を 2 枚の剛体のワッシャにはさんで、ボルトとナットで締め付けようとする状態で、右図は左図の $X-X'$ 部分の断面図である。締め付け始めて、ワッシャが円筒の両端に接してからさらに 1 回転締めたとき、以下の設問に答えよ。

ただし、

ボルトの断面積： A_1

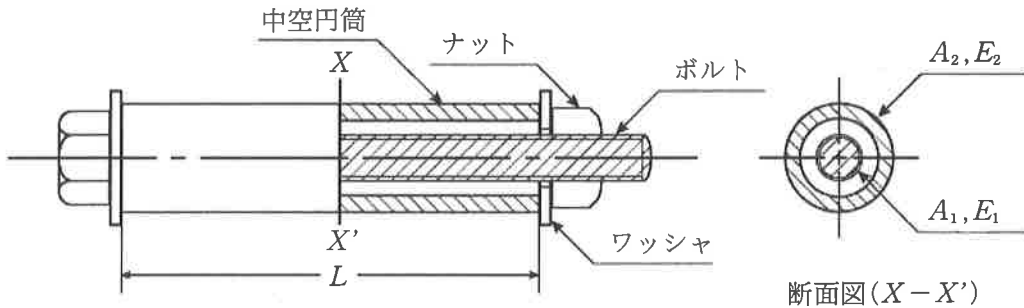
ボルトのヤング率(縦弾性係数)： E_1

中空円筒の断面積： A_2

中空円筒のヤング率(縦弾性係数)： E_2

ねじのピッチ(ねじ山の間隔)： p

とする。また、2 枚の剛体のワッシャは変形することなくお互いに平行に移動し、ワッシャの厚みは無視する。



- 7-1 ボルトに発生する引張り応力 σ_1 と中空円筒に発生する圧縮応力 σ_2 、およびそれぞれの断面積 A_1 、 A_2 にはどのような関係があるか。関係式を解答欄 ① に記入せよ。[3]

7-2 σ_1 を表す式として正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。

[2]

1) $\frac{pA_2E_1E_2}{(A_1E_1+A_2E_2)L}$

2) $\frac{pA_1E_1E_2}{(A_1E_1+A_2E_2)L}$

3) $\frac{A_1E_1E_2L}{p(A_1E_1+A_2E_2)}$

4) $\frac{A_2E_1E_2L}{p(A_1E_1+A_2E_2)}$

5) $\frac{(A_1E_1+A_2E_2)L}{pA_1E_1E_2}$

[正解] ④= $[\sigma_1A_1=\sigma_2A_2]$ ④=1)

[解説]

7-1 解答するには、ヤング率=応力/ひずみ、応力=力/断面積、ひずみ=伸び(縮み)/もとの長さ、の基本的な関係式を理解しておく必要がある。

問題は、通しボルトとナットによって中空円筒を締め付ける場合に、ワッシャが円筒の両端に接してからさらに1回転させて円筒を締め付けた状態である。この時、ボルトとナットがワッシャを介して円筒を締め付けるために円筒は圧縮力を受け、同時にボルトは引張り力を受ける。

そのために、ボルト内部には引張り応力 σ_1 が発生し、一方の円筒には圧縮応力 σ_2 が発生する。ボルトの断面積は A_1 であるから、円筒を締め付けるボルトの力は応力と断面積の積から σ_1A_1 であり、円筒は断面積が A_2 であるから同様に σ_2A_2 という力によって、締め付ける力とつり合っている。したがって、 $\sigma_1A_1=\sigma_2A_2$ の関係がある。

7-2 締め付けた状態で、ボルトは引張り力を受けるので伸びが生じ、逆に中空円筒は圧縮力を受けるので縮みが生じる。ネジを1回転させて締め付けた

ことによって、ボルトに対してナットは1つの山の間隔すなわち1ピッチ (p) ほど移動することになるが、それはボルトの伸びと円筒の縮みの両方を加えた長さと同じである。つまり、ネジのピッチ(ネジ山の間隔)が p であるから、円筒に生じた縮みとボルトに生じた伸びを加えた長さが p ということになる。

ボルトの伸びはボルトのヤング率が E_1 であるから $(\sigma_1 / E_1) L$ であり、一方の円筒の縮みはヤング率が E_2 であるから $(\sigma_2 / E_2) L$ である。この両者を加えたものが p であるから、

$$(\sigma_1 / E_1 + \sigma_2 / E_2) L = p$$

である。

一方、問題(-1)で述べたように、この時 $\sigma_1 A_1 = \sigma_2 A_2$ の関係があるから、 $\sigma_2 = \sigma_1 A_1 / A_2$ として上式に代入すると、

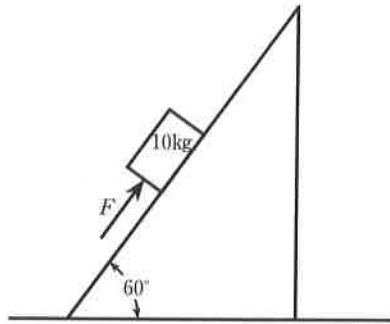
$$(\sigma_1 / E_1 + \sigma_1 A_1 / A_2 E_2) L = p$$

となる。この式をさらに変形していけば、

$$\sigma_1 = p A_2 E_1 E_2 / (A_1 E_1 + A_2 E_2) L$$

として σ_1 が得られる。

【問題 8】 図に示すように、角度が 60° の斜面に質量 10 kg の重量の物体がある。この物体を力 F で支える場合、物体が滑り落ちない最小の力 F_{\min} は N に、上に昇らないための最大の力 F_{\max} は N になる。空欄にあてはまる数値を解答欄 , に記入せよ。ただし、物体と斜面の間の静止摩擦係数は 0.2 とし、重力加速度は 9.8 m/s^2 とする。[$3 + 2 = 5$]



[正解] ㉔ ≈ 75.1 ㉕ ≈ 94.7

[解説] 物体と斜面に摩擦力が働かなければ、物体は垂直下向きに質量×重力加速度 $= 10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2$ の力が働き、これを支える力 F が垂直方向上向きに $F \sin 60^\circ$ で働き、この2式がつりあうとすれば、

$10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 = F \sin 60^\circ$ であるから、この式から物体を支える力 F が求められる。

しかし、問題では物体と斜面の間に摩擦があるとしているから、摩擦力を考慮しなければならない。静止摩擦係数とは、物体が移動しようとする面に垂直に働く反力に比例して発生し、物体が移動しようとするのを妨げる力である。

したがって、上式で得られた力 F を小さくしても静止している物体は摩擦力のためにただちに滑り落ちないし、逆に F を大きくしても静止している物体は同じく摩擦力のためにただちに昇りはじめない。つまり、 F を小さくして滑り落ちる直前の力(物体が滑り落ちない最小の力)を F_{\min} 、 F を大きくして昇りはじめる直前の力(上に上らないための最大の力)を F_{\max} とすると、摩擦力のために F_{\min} と F_{\max} の値はわずかに異なるわけである。

1) 物体が滑り落ちない最小の力 F_{\min} :

物体が斜面に及ぼす抗力は斜面に直角に $(10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2) \cos 60^\circ$ であり、これに静止摩擦係数をかけたものが、物体の移動に対し摩擦力として抵抗になるので、

$(10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2) \cos 60^\circ \times 0.2$ である。

したがって、最小の力 F_{\min} とこの抵抗を加えた力が物体を支えることから、

$F_{\min} + (10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2) \cos 60^\circ \times 0.2 = 10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times \sin 60^\circ$ である。

この式から、 $F_{\min} \approx 75.1 \text{ N}$ である。

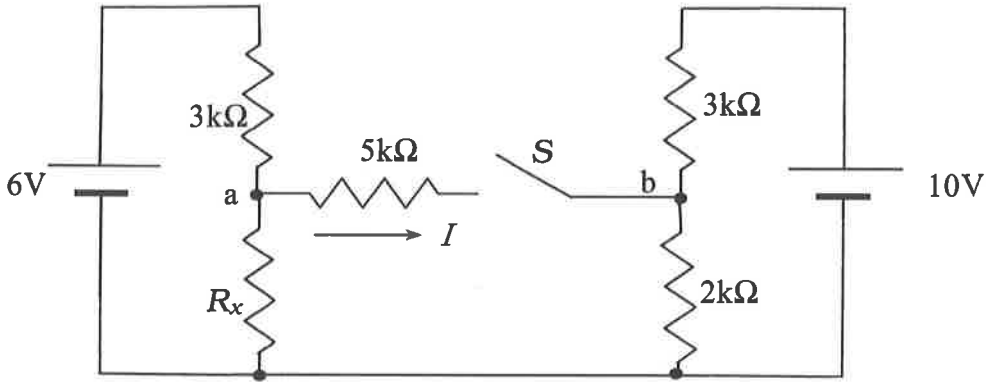
2) 物体が上に昇らないための最大の力 F_{\max} :

同様に摩擦力が抵抗として働くが、これは押し上げる力に対して抵抗になることから、

$F_{\max} - (10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2) \cos 60^\circ \times 0.2 = 10 \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times \sin 60^\circ$ である。

この式から、 $F_{\max} \approx 94.7 \text{ N}$ である。

【問題9】 図に示す回路でスイッチ S を閉じたが ab 間に電流 I が流れなかった。
 抵抗値 R_x はいくらか。数値を解答欄 に記入せよ。[6]



【正解】 ㉔ = 6 kΩ

【解説】 電流が流れないということは、a 点と b 点の電位が等しいことである。

b 点の電位 V_b は $V_b = \frac{10}{3\text{k} + 2\text{k}} \times 2\text{k} = 4[\text{V}]$

a 点の電位 V_a は $V_a = \frac{6}{3\text{k} + R_x} \times R_x$ であるから、 $V_a = V_b$ から $R_x = 6\text{k}\Omega$ となる。

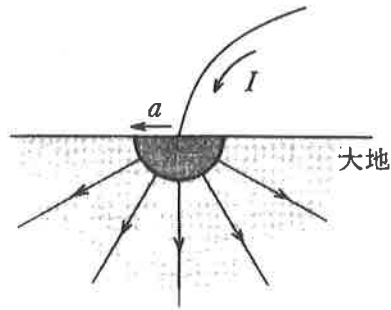
【問題 10】 断面積が $S[\text{m}^2]$ ，長さが $l[\text{m}]$ ，抵抗率が $\rho[\Omega \cdot \text{m}]$ の金属線の抵抗 R を表す式を解答欄 に記入せよ。[6]

【正解】 $\oplus = \left[R = \rho \frac{l}{S} \right]$

【解説】 断面積が変化しない金属線の抵抗は，長さ l に比例し断面積 S に反比例する。このとき比例定数を ρ で表し「抵抗率」と呼ぶ。
従って，式で表せば $R = \rho \frac{l}{S}$ となる。

【問題11】 図に示すように半径 a の金属半球(完全導体半球)を一様な導電率 σ の土地に埋め、接地抵抗を測定する。電流 I を金属半球から無限遠に向かって流したとき、金属半球の無限遠に対する電位を V とすると接地抵抗 R は $R = \frac{V}{I}$ である。金属半球の中心から距離 r 離れた点での電界は $E = \frac{I}{2\pi\sigma r^2}$ なので無限遠に対する金属半球電位 V は $-\int_{\infty}^a E dr$ で求められる。接地抵抗をあらわす式はどれか。番号を解答欄 ⑤ にマークせよ。[6]

- 1) $\frac{1}{2\pi\sigma a}$
- 2) $\frac{a^3}{6\pi\sigma}$
- 3) $\frac{1}{\pi\sigma a^2}$
- 4) $\frac{1}{\pi\sigma a^3}$
- 5) $\frac{a^2}{4\pi\sigma}$



【正解】 ⑤ = 1)

【解説】 金属半球の電位をまず求める。問題文に示されているように、金属半球の電位は

$V = -\int_{\infty}^a \frac{I}{2\pi\sigma r^2} dr$ であるから、この式を計算すると

$V = \frac{I}{2\pi\sigma a}$ となる。電流 I を流した時、半球の電位が V になったのであるから、

$\frac{V}{I}$ が接地抵抗 R を表す。したがって、 $R = \frac{1}{2\pi\sigma a}$ となる。

【問題 12】 トランジスタに関する記述で誤っているのはどれか。番号を解答欄

⑥ にマークせよ。[6]

- 1) FET はバイポーラトランジスタに対応して、ユニポーラトランジスタとも呼ばれる。
- 2) pnp 形トランジスタと npn 形トランジスタの電源の極性は逆である。
- 3) $\alpha = \frac{I_c}{I_E}$ はベース接地電流増幅率と呼ばれる。
- 4) ベースとコレクタを接続するとエミッタとの間にダイオードができる。
- 5) コレクタ電流はベース電流とエミッタ電流の和である。

【正解】⑥ = 5)

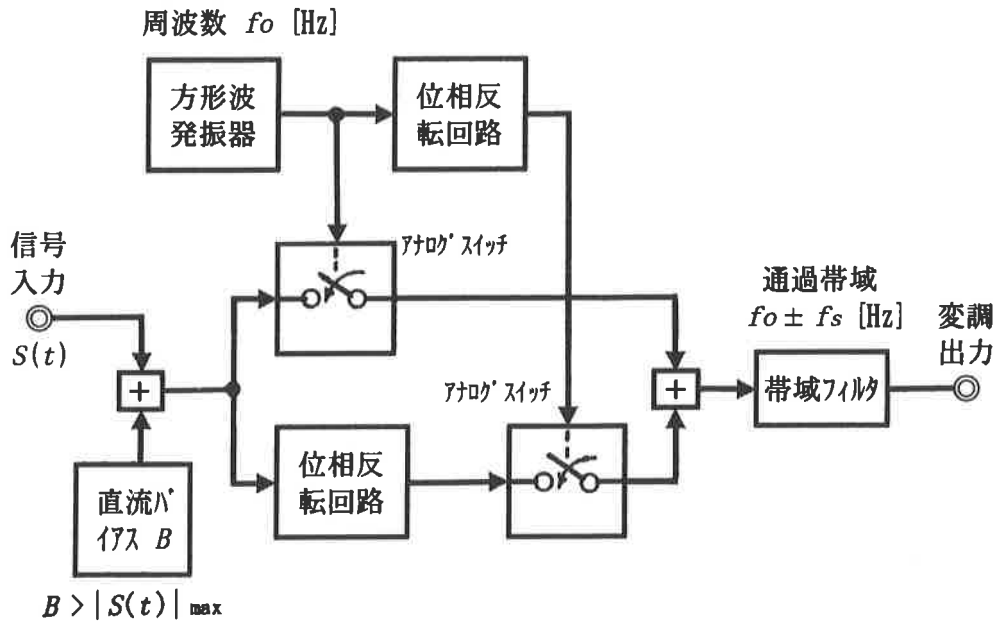
【解説】半導体には、電気伝導に関与するキャリアが正の極(正孔)を持つ p 形半導体と負の極(電子)を持つ n 形半導体がある。他に真性半導体があるがこの問題には関係していない。p 形と n 形を組み合わせると半導体デバイスが構成されている。

- 1) バイポーラトランジスタは動作するとき正孔と電子の両方のキャリアが動作に関与する。そのためバイポーラ(2つの極)トランジスタと呼ばれる。一方 FET は n チャネルまたは p チャネルと呼ばれるようにどちらか一方のキャリアで動作する。そのためユニポーラ(1つの極)トランジスタとも呼ばれる。
- 2) pnp と npn では電流の流れる方向が反対なので、電源の向きを逆にする。
- 3) トランジスタ動作が発見されたときの定義であり、エミッタに流した電流がどれだけコレクタに到達するかを表した定数である。
- 4) 例えば npn トランジスタのベースとエミッタを pn 接合として電流を流すとベースの電流容量が小さくダイオードの役をなさない。そこでベースをコレクタに接続するとベース電流が流れ、その β 倍の電流がコレクタからエミッタに向かって流れる。逆バイアスの時はベース電位が負になりベース電流が流れないのでトランジスタに電流が流れない。従ってこの接続にするとダイオードの動作をし、実際に集積回路の中で用いられている。
- × 5) ベース電流とその β 倍のコレクタ電流が一緒になってエミッタに流れる。

【問題 13】 図の回路で実現される変調はどれか。最も適切なものの番号を解答欄 ⑦ にマークせよ。ただし、 $S(t)$ は帯域が $0 \sim f_s$ [Hz] に制限された任意の信号で、

$$f_0 > 2f_s > 0$$

とし、直流バイアス B は信号入力 $S(t)$ の最大値より大きいものとする。[6]



- 1) 位相変調 (PM)
- 2) 周波数変調 (FM)
- 3) 振幅変調 (AM)
- 4) パルス振幅変調 (PAM)
- 5) パルス幅変調 (PWM)

【正解】⑦=3)

【解説】問題中の図をみると、搬送波の原信号が方形波発振器で作られているので、正弦波を搬送波とするアナログ変調の解答枝1), 2), 3)ではなく、解答枝4), 5)のパルス変調であると判断しがちかもしれない。しかし、変調出力に至る最終段階で変調波の基本波成分のみを通過する帯域フィルタがあることに注目すれば、全体としては正弦波を搬送波とするアナログ変調になっていることを見て取れると思う。

2つのアナログスイッチの上段を SW_1 、下段を SW_2 とする。入力信号 $S(t)$ に、その最大振幅より大きい直流バイアス B を加えるので、 SW_1 には入力信号が正方向にシフトされて、常に正の値をとる信号 $S(t)+B>0$ が加えられている。この正方向にシフトされた信号は、そのまま位相反転されるので、 SW_2 には $-[S(t)+B]<0$ の、時間軸に対して鏡像関係にある信号が加えられている。アナログスイッチは矢印の部分に加えられる制御信号が正のときスイッチがONになって導通、負のときスイッチがOFFになって開放の動作をするので、2つのアナログスイッチ SW_1 、 SW_2 が正にシフトされた入力信号と、その入力信号と鏡像関係にあって負にシフトされた信号とを交互にサンプルすることになる。

これら2つのサンプルされた信号を加算すれば、入力信号 $S(t)$ によって、方形波が正負両方向に振幅変調を受けた平均値0のPAM信号が得られる。ここまですれば、解答枝4)が正解かと思われよう。しかし、帯域フィルタによって、このPAM信号の基本波成分 $f_0 \pm f_s$ のみを通過して変調出力とするので、最終的には搬送波の基本波である正弦波を振幅変調した、AM波が得られることになる。

なお、設問中にある数式は、サンプリング定理を満たすための条件であり、変調の考えからすれば、変調波のスペクトル成分が、原信号 $S(t)$ のスペクトル成分や変調波の高調波のスペクトル成分と重ならないための条件となる。

また、最近のようにパルスや方形波のような2値信号を基本とするデジタル的な回路構成がもてはやされる時代には、正弦波を基本とするアナログ的な回路構成をなるべく避けたいとの風潮があるようで、同様な考えのリング変調などと

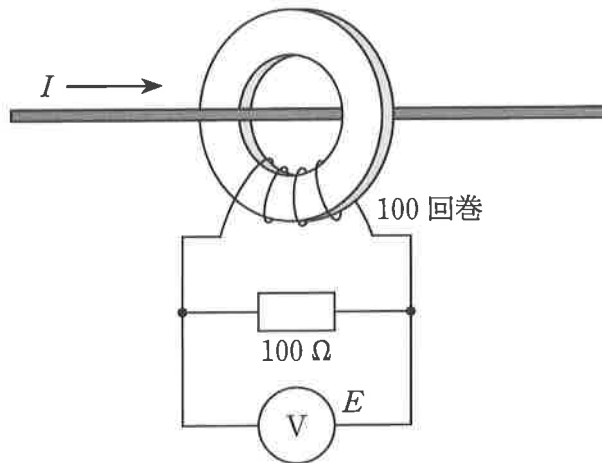
ともに振幅変調(AM)の回路方式としては、教科書にあるオーソドックスな変調回路より、問題中にあるような回路構成の方がむしろ一般的のように思われる。

- × 1) 位相変調(PM)は搬送波の振幅でなく、位相を入力信号によって変化させる。周波数変調とともに搬送波である正弦波の角度部分を変化させるので、両方をまとめて角度変調と言う。入力信号をいったん積分し位相変調をかけたものは周波数変調となり、逆に、入力信号をいったん微分して周波数変調をかけたものは位相変調となる。しかし位相変調の復調には送信周波数とともに送信側の基準位相が必要になる。そこで上記の関係より周波数変調と類似なので、基準位相を必要としない周波数変調の方が一般的に利用される。位相変調では周波数確度の高い水晶発振器が搬送波の発生に使用できるので、上記の関係より入力信号をいったん積分して位相変調をかけることにより周波数変調波を発生させるのが、放送施設など周波数確度への要求が厳しい応用では一般的であるが、この方法では直流信号を変調できないことは明らかであろう。
- × 2) 周波数変調(FM)も前項のとおり、搬送波の振幅は変化させない。搬送波の周波数を入力信号によって変化させるので、問題中の図の左上部分にある方形波発振器の周波数 f_0 を入力信号に応じて変化させねばならない。同図にはそのような手順は見当たらない。
- 3) 振幅変調(AM)上記解説参照
- × 4) パルス振幅変調(PAM)上記解説参照
- × 5) パルス幅変調(PWM)では入力信号振幅を搬送波パルス信号の周波数でサンプルし振幅情報(電圧)を、時間情報(パルス幅)に順次変換する手順が必要となる。そのような手順は問題中の図の中には見当たらない。また、帯域フィルタの存在のため、出力がパルス波であり得ない。

【問題14】 比透磁率が十分に大きいトロイダルコアを用い，図のように2次コイルを100回巻き，交流電流 I (実効値)の流れる導線をコアに通して1次コイルとして，交流電流測定プローブ(クランプ電流計)を作成した。2次コイルには，負荷抵抗 $100\ \Omega$ と高入力抵抗の交流電圧計 V (実効値指示)を並列に接続した。トロイダルコアと巻線で構成する変圧器は理想的とする。以下の設問の空欄に当てはまる適切な語句，数値を解答欄 ， に記入せよ。

14-1 電流 I の流れる導線に生ずる見かけの抵抗 R の値を求め，解答欄 に記入せよ。[3]

14-2 交流電圧計 V の読み E から導線に流れる電流 I を求める式を解答欄 に記入せよ。[3]



[正解] ①=0.01 Ω ②={I=E[A]}

[解説] コイルの作る磁束を鉄心(コア)の中に閉じ込めることができれば、トロイダルコア(問題中の図に示すようなドーナツ状の磁路材)などを用いて理想的な変圧器を作ることができる。そのためには、空気中に比べて極端に大きな透磁率を持ち、残留磁気が極端に小さいコア材料が必要になる。

トロイダルコアに電線を通すと、見掛けは1/2回巻のコイルに見えるが、電流路は閉じていることを考えれば、鎖交は1回であり、1回巻のコイルと考えるべきである。トロイダルコアにあらかじめ巻いておいた巻線は2次コイルとなる。理想的に考えれば、2次コイルを $n(=100)$ 回巻として1次、2次電圧を E_1, E_2 、1次、2次電流 I_1, I_2 とすると、 $E_2/E_1=I_1/I_2=n$ であり、このとき、2次側に加えられた負荷抵抗 $R_2(=100\Omega)$ で消費される電力 P は、理想的には1次側から供給された電力に他ならない。理想的とは、他に損失が無いことを意味するからである。1次側の電流 I が流れる導線に生ずる見かけの抵抗 $R_1(=R)$ とは、この電力を供給するために1次側導線に抵抗 R_1 があると考えた量で、 $P=I_1^2 \cdot R_1$ を満たす量である。電力 P は他に無損失との条件のために、

$$P=I_1^2 \cdot R_1=I_2^2 \cdot R_2$$

であるから、ただちに、

$$R_1=(I_2/I_1)^2 \cdot R_2=R_2/n^2$$

従って、 $R=100/100^2=0.01\Omega$ となる。

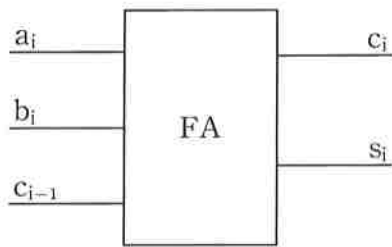
次に、1次導線に生ずる電圧 E_1 は1次導線の電流 $I_1(=I)$ によって見かけの抵抗 R_1 の両端に生じる電圧であるから、 $E_1=I_1 \cdot R_1=I_1 \cdot R_2/n^2$ であり、これによって2次側に生ずる電圧 $E_2(=E)$ は、 $E_2=n \cdot E_1=I_1 \cdot R_2/n$ となる。従って、 $I_1=(n/R_2) \cdot E_2$ であり、 $I=(100/100) \cdot E=E[A]$ となって、電圧計の指示値をそのまま電流に読み替えればよいことになる。

なお、トロイダルコアの部分を分割して電線を挿入しやすくし、通電中の回路を切断せずに電流の測定を可能にしたものがクランプ電流計として市販されている。

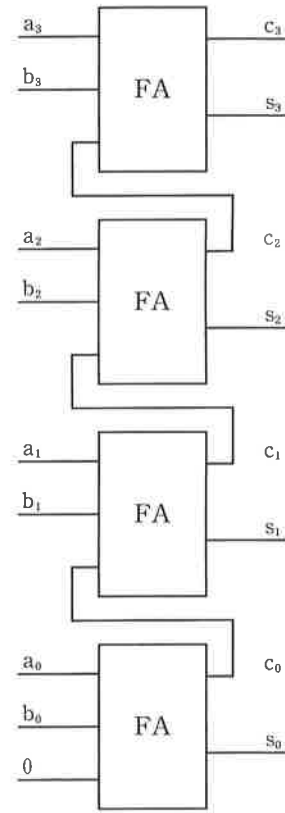
【問題 15】 図Aは全加算回路(Full Adder)である。図Bは全加算回路を使って 4 ビットの 2 進数 $a_3a_2a_1a_0$ と $b_3b_2b_1b_0$ を並列加算する回路を示している。全加算回路の真理値表として正しいのはどれか、番号を解答欄 にマークせよ。

[6]

c_{i-1}	a_i	b_i	1)		2)		3)		4)		5)	
			s_i	c_i	s_i	c_i	s_i	c_i	s_i	c_i	s_i	c_i
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



図A



図B

[正解] ⑧=5)

[解説] 一桁の 2 進数の加算を行う基本的な回路を半加算回路(Half Adder)という。半加算回路は図 C に示すように加算する 2 つの桁 a, b を入力, その和 s と桁上がり c を出力とする回路であり, 真理値表は表 A のようになる。特に, 入力が両方とも 1 (a=b=1) のときは, 和が 0 (s=0) となり, 桁上がり (c=1) が起こる。

図 A の全加算回路は半加算回路に下位からの桁上りの入力を加えたものであり, 図 B のように接続すれば複数桁の 2 進数を加算する回路が構成される。なお, 図 D に示すように全加算回路は 2 つの半加算回路(と論理和ゲート)を使って構成することができる。



図 C

a	b	s(和)	c(桁上がり)
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	1	1	1

表 A 半加算回路の真理値表

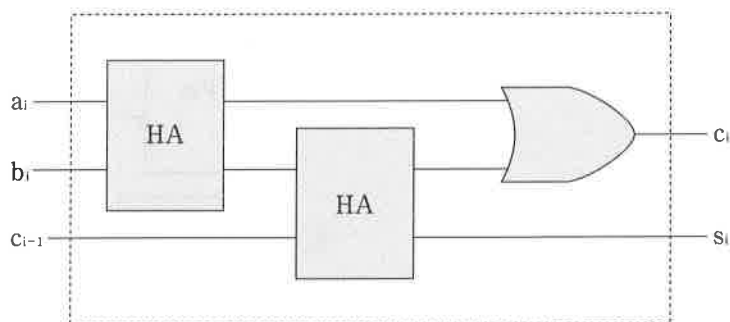


図 D

【問題16】 情報システムにおけるユーザ認証技術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. ワンタイムパスワード技術ではユーザはアクセスごとに異なるパスワードを記憶しておく必要がある。
- b. 生体認証技術のうち、指紋認証は偽装される危険性がある。
- c. 生体認証技術のうち、虹彩認証は結膜充血があると誤認識が起こりやすい。
- d. 生体認証技術のうち、静脈認証は偽装される危険性が低い。
- e. ネットワークによる商取引では、ユーザ認証とともにサーバ認証が必要である。

- 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] ⑨=2)

[解説]

- × a. あらかじめ決められたパスワードを繰り返し使う通常の認証方式では、パスワードが類推されたり、ネットワークを経由する場合は途中で盗聴される危険性がある。これらの危険を避けるためワンタイムパスワード方式ではアクセスごとに異なるパスワードを使用するが、そのパスワードはサーバから送られた「種」となるデータから専用のハードウェアまたはソフトウェアによって一定の計算でアクセスごとに生成して利用する。
- b. 指紋認証方式は、生体認証技術(バイオメトリクス認証)のうちで、コストや操作性に優れていて最も普及している技術であるが、残された指紋を比較的容易に採取することができるので、他の生体認証方式に比較して偽装される危険性が高い。
- × c. 虹彩認証は、虹彩の模様が個人で異なることを利用する方式であるので、結膜充血があるかどうかは認証に影響しない。
- d. 静脈認証は、手のひらや指先、網膜等の静脈像を近赤外光で読みとることによって識別する方式であり、体の中の情報であるため撮影、録音、痕跡などの手段では盗まれない。
- e. サーバ認証とは、ユーザがサーバにアクセスするとき相手サーバが偽者でないことを確認する手続きである。特にインターネットを利用した電子商取引では、サーバのなりすましを防ぐことが重要である。

【問題 17】 無線 LAN 搭載のパソコンを使い，病棟の無線 LAN スポットに接続しようとしたが，うまく接続できなかった。その原因として考えられないのはどれか。番号を解答欄 ⑩ にマークせよ。[6]

- 1) 無線 LAN スポットに同時接続中のパソコンの台数が利用可能な数を超えていた。
- 2) パソコンで IP アドレス，デフォルトゲート，DNS サーバを設定していなかった。
- 3) 無線 LAN のアクセスポイントでパソコンの MAC アドレスが登録されていないため，フィルタリング機能により拒否された。
- 4) アクセスポイントに接続中の他のパソコンと ESS-ID(Extended Service Set ID)の設定が同じであった。
- 5) パソコンで WEP(Wired Equivalent Privacy)暗号化キーが設定されていない。

【正解】⑩ = 4)

【解説】

- 1) 無線 LAN スポットで接続できるパソコンの台数は無制限ではなく、各無線 LAN(親機)の仕様で決定される。そのため、受信可能な電波があっても接続できない場合が生じる。
- 2) この設問の環境は病棟であり、医療スタッフにおける業務用として使用されることを前提としており、患者や外部業者が利用することはデータセキュリティの問題から行わないのが一般的である。したがって、外部侵入者からのデータセキュリティ確保の観点から WEP のほか、パソコンの IP アドレス、デフォルトゲート、DNS サーバーを設定する 경우가一般的であり、接続できなくとも不思議ではない。
- 3) 無線 LAN 内蔵パソコンを限定するため、パソコンの MAC アドレスが登録されたパソコンだけを使用できるようにした無線 LAN スポットもあり、MAC アドレスの登録がないとフィルタリング機能により拒否される場合がある。
- × 4) ESS-ID(Extended Service Set ID)は、IEEE 802.11 シリーズの無線 LAN におけるネットワークの識別子であり、混信を避けるために付けられるネットワーク名となる。そのため、アクセスポイントに同一の ESS-ID で設定されたパソコンが複数台数存在しても受信可能な制約台数を超えない限り使用可能である。
- 5) WEP(Wired Equivalent Privacy)とは、無線 LAN において第三者から通信を盗聴されることを守るために使用している暗号化技術である。WEP において、64 ビットまたは 128 ビットの暗号化キーが使われ、この設定が無線 LAN(親機)に設定されている場合、接続するパソコン上に設定されていないと通信ができない。

【問題 18】 医療機関における個人情報の保護に関して誤っているのはどれか。
番号を解答欄 ⑪ にマークせよ。[6]

- 1) 外来などで、呼び出しのために患者氏名を呼ぶことは個人情報保護法で禁止されている。
- 2) USB メモリなどに診療情報を記録するときは指紋認証や暗号化保存を使う。
- 3) 倫理委員会を経た匿名化データは大規模治験などに活用してもよい。
- 4) プライバシーの権利とは一人で放っておいてもらう権利と言われる。
- 5) 個人情報保護法によって自分の情報に限り開示・訂正を要求できる。

【正解】 ⑪ = 1)

【解説】 個人情報保護法は、本来、国の行政機関のコンピュータに入れられている個人情報を保護して、プライバシーの保護を図る法律であり、最初は「行政機関の保有する電子計算機処理に係る個人情報の保護に関する法律」で、1990 年に施行され、以来地方行政での規則を含め、個人情報の保護に関する法律が整備されてきた。

これらの法律では、個人情報ファイルの利用・提供の制限、自己情報の開示・訂正請求など、取り扱いに関する基本的な手続や原則を定めている。この法律に基づいて、国民は自分の情報に限って開示を請求できる。開示された個人情報に誤りがあれば、その訂正を申し出ることができる。1980 年の経済協力開発機構 (OECD) の勧告や 83 年の「臨時行政調査会最終答申」など、国内外の要請から制定されてきた。

- × 1) 外来などで、呼び込みのために患者氏名を呼ぶことは個人情報保護法で禁止されているものではないが、医療機関によっては番号札を渡してその番号で呼ぶところもある。ただ、番号での呼び出しはことに高齢者などの場合に気付かなかつたり勘違いミスを誘発しかねない場合もあるので、無条

件に推奨できるものではない。

- 2) USB メモリの医療機関内での利用が増えており、それにもなつて遺失物として多くの USB メモリが拾得されている。これに含まれる診療情報が誤って悪用されると甚大な被害を発生させるので、USB メモリの所在管理を厳重にするとともに、万一紛失・盗難にあつてもその中の患者情報や診療情報が読み取られぬような安全対策が望まれる。そこで患者情報や診療情報等を記録する可能性のある USB メモリは指紋認証や暗号化保存が組み込まれたものを使うことが必要となる。ことに医学生や看護学生等の居る医育期間では重大な問題であるので慎重な対応が必須である。
- 3) 倫理委員会を経た匿名化データは、大規模治験などに活用してもよいと厚生労働省等からも説明されている。そもそも匿名化データは、通常の方法では患者個人との関係づけ(ヒモ付け)が出来ないので、仮に公開されてもプライバシーが侵害されることは考えにくい。
- 4) プライバシーの権利とは「一人で放っておいてもらう権利」right to be let alone である。
- 5) 自分の情報に限り開示・訂正を要求できることは、前文解説の通り。

【問題19】 医療情報ネットワークに接続される医療機器導入の選定と仕様策定上の方針に関して適切でない考え方はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 心電図データの交換／表示を MFER 規格で共通化する。
- b. ハードウェアとソフトウェアともに汎用性・互換性の高い規格を採用する。
- c. データの構造は企業秘密なので開示されぬことを予め了解しておく。
- d. オータ情報と実施情報は、電子カルテ側のみから出力する。
- e. 一般的なファイル形式でデジタルデータが出力できるような仕様を含める。

- 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 = 8)

【解説】 医療情報システムや、それと接続される部門システムあるいは機器のデータは近年ほとんどデジタル情報化されて相互に情報交換されている。この情報交換こそが蓄積データの再利用あるいは分析等の有効活用の源泉である。従って、医療機関内で日々蓄積されるデータは、医療機関と患者の貴重な資産・情報資源として保護され、かつ医療機関が自由に活用されねばならない。

この視点から見て、忘れがちなのがシステムや機器の導入と運用の数年後に発生する更新の際への配慮である。蓄積されたデータを新システムへスムーズに移行せねばならないが、それを無料で旧システムから新システム用に出力する企業はまだ極めて少ない。むしろ悪しき慣行として、システムの中でのデータフォーマットや活用の方法そしてデータ交換のタイミング等々がユーザにとってブラックボックスであるのを良い事に、合理的でない高額の移行費用を請求することが多い。これを回避するために、最初の導入時点から、「データの構造は企業秘密なので開示されぬことを予め了解しておく」姿勢とは全く逆に「医療機関側の求めに応じて、蓄積データの構造や利用手順そして各種マスターファイル等々を、

蓄積データの他システム移行をも含めた全ての運用の際に、無料で速やかに汎用性のあるデジタル情報として提供することをあらかじめ確認しておく(仕様書に文書で含めておく等)ことが必須である。この注意点は専門家や診療情報技師やシステムコンサルタントというような人々にもまだ十分認識されていないので、ME 関係者は強く認識しておく必要がある。

- a. 心電図データの交換／表示を MFER 規格で共通化する。」ことはシステム構築と更新の際に有効な方針である。Medical waveform Format Encoding Rules は、各種 ECG 以外にも脳波等の波形データの交換や共通表示に極めて有用な規格として認識されたい。
- b. ハードウェアとソフトウェアともに汎用性・互換性の高い規格を採用する。」のもシステムを低廉に導入し、維持メンテナンスを容易にする重要な事柄である。病院だけは特別なもので、とか、私の所では特注の工夫に富んだ高機能システムにする、などの発想は一見良さそうであるが、ほとんどの場合結果的にシステム更新時に負の遺産となって大きな経済的負担を医療機関と新規導入システム供給者に強いる事となる。
- × c. データの構造は企業秘密なので開示されぬことを予め了解しておく。」前述の通り、医療機関と患者の権利を守れない全く誤った姿勢である。
- × d. オーダ情報と実施情報は、電子カルテ側のみから出力する。」実施情報や検査結果が部門システムから電子カルテシステムに送られることは常識なので誤り。易しいサービス選択肢。
- e. 一般的なファイル形式でデジタルデータが出力できるような仕様を含める。」前述の通りシステム導入時の仕様に記述しておくべき重要なポイントである。

【問題 20】 誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) IPv6 は 128 bit のアドレス空間を持つ。
- 2) MAC アドレスは 16 進数の 12 桁で記述されている。
- 3) プライベートアドレスのクラス C は 10.0.0.0~10.255.255.255 である。
- 4) ルータは LAN と LAN または WAN とを接続してネットワーク層の中継をする。
- 5) スイッチングハブは MAC アドレスを見て、選択したセグメントにデータを中継する。

【正解】⑬ = 3)

【解説】

- 1) IPv 6(Internet Protocol Version 6)は、現在主流の IPv 4 にかわるインターネットプロトコルの次世代版となる通信プロトコルである。IPv 4 では最大 2^{32} (=4,294,967,296)個であった IP アドレスを 2^{128} (=340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456)個まで使える。
- 2) MAC アドレス(Media Access Control address)は、物理アドレス、Physical Address、またはハードウェアアドレスとも呼ばれる。ネットワーク上で、各ノードを識別するために設定されている LAN カードなどのネットワーク機器のハードウェア固有のアドレスである。48 ビット(6 バイト)の長さがある。
- × 3) プライベートアドレスは、外部から利用できない LAN(社内、家庭内など)のアドレスとして使うことができる IP アドレスである。プライベートアドレスで使用できるアドレスは以下の表のアドレスである。

クラス	範囲
クラス A	10.0.0.0 - 10.255.255.255
クラス B	172.16.0.0 - 172.31.255.255
クラス C	192.168.0.0 - 192.168.255.255

- 4) ルータは LAN-LAN、LAN-WAN など異なるネットワーク同士を相互接続するネットワーク機器である。OSI 基本参照モデルの、第 1 層「物理層」から第 3 層「ネットワーク層」までの接続を担う。
- 5) 通常のハブ(集線装置)はリピータとして働くため、ある端末から送られてきたデータをすべての端末に対して送信し、データの取捨選択は各端末が行なう。これに対しスイッチングハブはブリッジとして働き、端末から送られてきたデータを解析してあて先(MAC アドレス)を検出し、送り先の端末にしかデータを送信しない。このため、ネットワーク全体の負荷が軽減し、セキュリティが向上する。

【問題 21】 ハインリッヒは、多数の労働災害を統計学的に調べた結果、「重傷」以上の災害が1件あると、その背後には29件の「軽傷」をともなう災害が起こり、さらに、件の「ヒヤリ・ハット」が起きていると報告している。正しい番号を解答欄にマークせよ。[6]

- 1) 60
- 2) 300
- 3) 900
- 4) 1500
- 5) 3000

[正解] ⑭ = 2)

【解説】 これはアメリカの技師ハインリッヒが1930年に発表した法則で、労働災害の事例の統計を分析した結果、導き出されたものである。同様な調査はそれ以降にも発表され、1969年に発表された「バードの法則」では、米国の21業種297社のデータから「ニアミス：物損事故：軽傷事故：重大事故=600：30：10：1」という比率が示された。数値自体は、時代や業種によって変わるので大切ではなくこれらの法則から学ぶべきなのは、人命にかかわる重大事故を防ぐには、常日ごろのささいな取り組みが不可欠ということである。かつて凶悪犯罪が多発した米国ニューヨーク市では、90年代半ば以降ジュリアーニ市長のもとで軽犯罪の取り締まりを強化し、無数の軽犯罪を厳しく取り締まることで結果的に凶悪犯罪の発生まで抑止した。ニューヨーク市での取り組みは「割れた窓を1カ所放置しておけば、残りの窓も次々割られてしまう」という「割れ窓理論」に基づくものであり、ハインリッヒの法則を実践したものといえる。重大な事故が発生する前に、既にそれを予感させる「ヒヤリ」「ハット」する体験が多発しているはずであり、重大事故を防止するためにはインシデントおよびアクシデントを分析し、リスクの芽を見逃さずに摘んでいく風土および組織体制を築くことが不可欠である。

【問題 22】 医療機器の安全手段の1つに「フルプルーフ」があるが、これが採用されている医療機器を1つあげ、それがなぜフルプルーフなのかを150字以内で解答欄 に説明せよ。[6]

【正解】（正解例）

㊦⇒心電図モニタ用の電極リードは、本体の誘導コネクタへの接続部の金属部がむき出しにならないようにゴムカバーなどで覆われている。これは、うっかり他のコネクタに差し込んでも電気的な接続ができないようにして、誰が使っても安全性を確保するためである。思慮のない行為を未然に防止する機構である。

【解説】 フールプルーフ (fool proof) とは、「使用者が誤った操作をしても危険な状況を招かないような、または、誤った操作ができないような特性をもつこと」である。

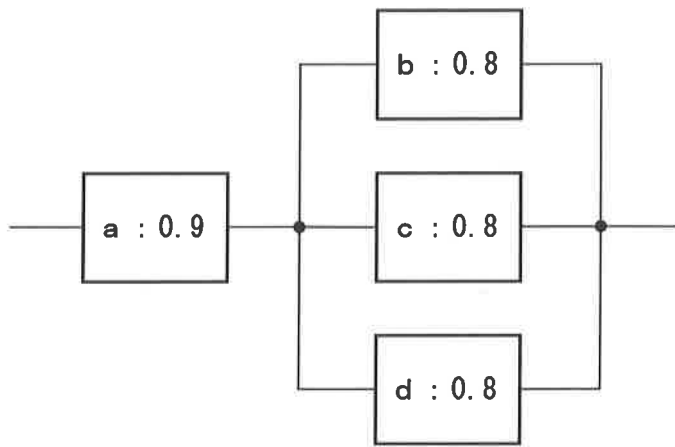
fool とは「愚か者、思慮のない人」という意味であり、proof はこの場合、「防止、耐性」という意味で使っている。fool はその器具・機器を使う十分な知識や技術のないことを意味するが、熟練者でも、疲れたり注意が散漫になったりすると操作を誤る危険性がある。そのようなことを想定して、設計段階に人間工学的な事故防止設計をすることを意味する。

日常的にみられるものとして、フタを閉めないで回転しない洗濯機・脱水機、人が座っていないと噴射されないウォシュレット、ギアをパーキングに位置させないとエンジンがからない自動車、あるいは、キャップがなくならないように、あるいは乳幼児が飲み込まないように、ボトルと一体化しているボトルキャップ、などがフールプルーフに該当する。

医療機器としては、正解例のほかに、代表的なフールプルーフ例として、「医療ガスの配管端末機のピン方式」がある。ガス別にピン配置が特定されていて、間違っても他の端末機につなごうとしてもつなぐことはできないようにして、誤接続を防いでいる。

なお、JIS Z 8115「ディペンダビリティ (信頼性用語)」の中では、「フールプルーフ：人為的に不適切な行為や過失などが起こっても、アイテムの信頼性・安全性を保持する性質」と説明されている。

【問題23】 図に示すように、4台の機器(aの信頼度：0.9, b, c, dの信頼度：0.8)で構成したシステムがある。このなかで、並列接続した3台の機器b, c, dには、3台中少なくとも2台が正常ならば正常動作をする $\frac{2}{3}$ -冗長機構をとっている。このシステムの信頼度はいくつか。番号を解答欄 に記入せよ。[6]



- 1) 0.46
- 2) 0.60
- 3) 0.72
- 4) 0.81
- 5) 0.89

【正解】⑮＝4)

【解説】信頼性設計に用いられる m-out-of-n(m/n)冗長に関する問題である。この冗長については「JIS Z 8115 ディペンダビリティ」において、「n個の同じ機能の構成要素中、少なくとも m 個が正常に動作していれば、アイテムが正常に動作するように構成してある常用冗長。(備考：m>n/2 となるように構成した場合を多数決冗長という)」と定義されている。

このシステムの信頼度は、並列接続された機器 b, c, d の信頼度と、これに直列に接続された機器 a の信頼度を乗ずることにより求められる。

(1) 並列部分の信頼度

つぎの4つのモードの信頼度(確率)を求め、その総和をとる。

$$\textcircled{1} \text{ b, c, d の全てが正常動作する確率} : 0.8 * 0.8 * 0.8 = 0.512$$

$$\textcircled{2} \text{ bc が正常で d が故障する確率} : (0.2 * 0.8 * 0.8) = 0.128$$

$$\textcircled{3} \text{ cd が正常で b が故障する確率} : (0.2 * 0.8 * 0.8) = 0.128$$

$$\textcircled{4} \text{ bd が正常で c が故障する確率} : (0.2 * 0.8 * 0.8) = 0.128$$

$$\text{並列部分の信頼度は} \textcircled{1} + \textcircled{2} + \textcircled{3} + \textcircled{4} = 0.512 + 0.384 = 0.896$$

(2) 機器 a の信頼度 = 0.9

(3) システム全体の信頼度 = (1) × (2) = 0.896 × 0.9 = 0.8064 ≒ 0.81

【問題 24】 我が国の指針では、携帯電話をペースメーカーの植込み部位から cm 以上離して使用することになっている。この安全距離は、ペースメーカーに影響が出た最大距離 15 cm の場所における携帯電話からの電波の電力が、 $\frac{1}{2}$ になる距離に相当する。つまり、電波の電力は距離の 2 乗に反比例するので、その安全距離は 15 cm に を掛けた値となる。それぞれに当てはまる値を解答欄 , に記入せよ。[3×2=6]

【正解】 ㊀=22 ㊁= $\sqrt{2}$

【解説】 携帯電話によるペースメーカーへの影響に関する国の調査では、すべての機種 of ペースメーカーを対象に実験を行い、その中で最も長い距離で影響が出た機種の最大干渉距離が 15 cm であったという結果が得られた。国の指針ではこの実験結果をもとに、最大干渉距離 15 cm に安全係数 $\sqrt{2}$ を掛け小数点以下を切り上げた 22 cm を安全距離としたのである。この安全距離は、問題文にあるように、ペースメーカーに影響が出た最大干渉距離 15 cm の場所における携帯電話からの電波の電力が、さらに $\frac{1}{2}$ になる距離に相当する。つまり、電波の電力は距離の 2 乗に反比例するので、その安全距離は 15 cm に $\sqrt{2}$ を掛けた値となるのである。

【問題 25】 電磁誘導雑音の対策として有効なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 雑音源に静電シールドをする。
- b. 被害装置を接地する。
- c. 雑音源から被害装置を遠ざける。
- d. 磁気シールドをする。
- e. 被害装置にラインフィルタを接続する。

- 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】⑩＝8)

【解説】電界と磁界が時間的に変化すると相互に作用を及ぼすことを電磁誘導という。磁束がコイルを貫いている場合、その磁束の時間的変化率がコイルに発生する起電力に比例し(ファラデーの電磁誘導の法則)、電磁誘導によって生じる起電力の方向は、起電力によって流れる電流が発生する磁束が元の磁束の変化を妨げる方向となる(レンツの法則)ことが知られている。外部の磁界の影響を除くため、透磁率の高い物質で囲むと内部に入り込む磁束を減らすことができる(磁気シールド)が、静電シールドのように完全ではない。

- × a. 静電シールドは静電界に対して成立するが、電界に時間的変化がある(電磁誘導)場合には有効でない。
- × b. 接地は静電シールドの応用であり電磁誘導には有効でない。
- c. 電界の強度はその電界を生じる電荷からの距離の二乗に反比例するため、距離を離すほど電磁誘導による影響が小さくなり、有効である。
- d. 磁気シールドは電磁誘導による表皮効果を利用しており、静電界に対しては無効であるが、変化する電界や磁界に対して有効である。
- × e. ラインフィルタは共通の電源ラインを通して伝搬するノイズ成分を除去するためのもので、電磁誘導によるノイズには無効である。

【問題 26】 異常が発生したときに信頼性を維持する技術の説明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) フェイルセーフ (fail safe) : あらかじめ定められた安全な状態にすること
- 2) フェイルソフト (fail soft) : あらかじめ定められている縮小した範囲の機能が続行できるようにしておくこと
- 3) フォールトマスキング (fault masking)
: 異常を認識させないような状態にすること
- 4) フェイルブランチ (fail branch)
: 異常に対処するのではなくシステム構成要素の信頼性を高めること
- 5) フォールトトレラント (fault tolerant)
: 全体が機能停止することなく動作し続けるようなシステム設計

【正解】⑰＝４)

【解説】システム(医療機器)の信頼性を維持するためには、システム(医療機器)の機能異常や人的ミスなどによる異常をどのように対応するかについて、構築(設計)段階から考えなければならない。信頼性に関する技術用語については JIS Z 8115-2000 [ディペンダビリティ(信頼性)用語] で定義されている。

- 1) 異常状態またはその兆候を検知または検出し、異常状態の結果が生じる危険が最小の状態になるようにした設計上の性質である。
- 2) 異常状態でも機能や性能を縮退しながら、あらかじめ定められた範囲で機器が機能を遂行し続ける設計上の性質である。
- 3) 異常が発生したときに、その影響が誤りとなって外部に出ないように訂正、または異常の存在を認識させないような状態をいう。
- × 4) フェイルブランチとは、システムの中心機能が停止してしまった場合にも、端末機の機能は運転続行が可能なようにしておくことをいう。
故障が発生したときに対処するのではなく、品質管理などを通じてシステム構成要素の信頼性を高めることをフォールトアボイダンス(fault avoidance)という。
- 5) 放置しておけば故障にいたるような異常や誤りがあっても、システム全体の機能が遂行できるようなシステム設計のことである。

【問題 27】 携帯電話で使われる 2 GHz 程度の高周波の電流は、生体の表面しか流れない。これを表皮効果というが、その効果の及ぶ範囲の表皮の厚さ d [m] は、次式で与えられる。

$$d = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}$$

ここで、 ρ : 生体の抵抗率 [$\Omega \cdot \text{m}$]

μ : 透磁率 [H/m]

$\omega = 2\pi f$: f は周波数 [Hz]

2 GHz の高周波における表皮の厚さはどの程度か。最も近いものの番号を選んで解答欄 ⑩ にマークせよ。ただし、2GHz 付近では、 $\rho = 0.5 \Omega \cdot \text{m} = 50 \Omega \cdot \text{cm}$ とし、 μ は真空透磁率 μ_0 と同じで、 $\mu = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ [H/m] とする。なお、必要があれば、 $\pi \sqrt{10} \doteq 10$ として計算せよ。 [6]

- 1) 250 mm
- 2) 25 mm
- 3) 2.5 mm
- 4) 0.25 mm
- 5) 0.025 mm

【正解】 ⑩ = 正解肢なし [もっとも近いのは 3)]

【解説】 表皮効果とは「交流電流が、導体内部には流れにくく、表面に集まって流れる状態」をいう。この効果の発生機構は次のように説明されている。

電線の場合がわかりやすいので、これを例にしてその起序を説明する。電線に電流を流すとその直角方向に磁界が生じる(電磁誘導)。交流電流の場合、発生する磁界は交流磁界であるので、この交流磁界によって導体中に起電力が発生する(発電の原理)。この起電力は、流した交流電流と逆方向に発生する(逆起電力)。よって、この逆起電力により、電流が阻止され、電流が流れにくくなる。発生する交流磁界は、導体の中心部分が一番大きく、導体表面にいくほど小さくなる。

よって、導体の中心部分は流れにくく、表面が流れやすくなり、電流が表面付近に集中的に流れるようになる。これが「表皮効果」である。逆起電力は、周波数が高いほど大きくなるので、高周波ほど表皮効果の影響を受けやすいことになる。

表皮効果が及ぶ範囲を、問題文に説明されているように「表皮の厚さ： d 」というが、導体の表面に流れる電流の $1/e=0.37$ になる深さを意味する。問題文の式に、与えられた諸定数を代入して、桁に注意して計算すると、約 8 mm となる。携帯電話で使われる 2 GHz 程度の高周波では、表面から 8 mm 程度の深さで、電流の強さは約 $1/3$ になることを意味する。

なお、式に示されるように、 d は抵抗率(導電率の逆数)のルートに比例するので、抵抗率の非常に小さい銅(抵抗率： $1.7\times 10^{-8}\Omega\text{m}$)では、 2 GHz で $47\ \mu\text{m}$ になってしまう。

計算例

$$d = \sqrt{(2 \times 0.5\ \Omega \cdot \text{m}) / (2 \times \pi \times 2 \times 10^9 [\text{Hz}] \times 4 \times \pi \times 10^{-7} [\text{H/m}])} = 1 / (40\ \pi) [\text{m}]$$

よって、 $d = \text{約 } 8\text{ mm}$ と計算できる。この計算例で、数値計算は難しくないが、上記の諸単位が打ち消されて、ルート式の中は m の 2 乗の単位になることは、次のことがわかっていないとできない。すなわち、 $[\text{H}] = [\text{V}] / ([\text{A}][\text{T}]) = [\Omega/\text{s}]$ 、および $[\text{Hz}] = [1/\text{s}]$ である。ここで、 $[\text{s}]$ は当然ながら[秒]のことである。

なお、解答肢に 8 mm はなく、もっとも近いのが 2.5 mm であるが、これは 8 mm を $\sqrt{10}$ で割ったものになる。題意に「 $\pi\sqrt{10}=10$ として計算せよ」となっていることを考えると、出題者が計算違いをしたものである。

さて、この問題で使われている「生体の抵抗率： $\rho = 0.5\ \Omega \cdot \text{m} = 50\ \Omega \cdot \text{cm}$ 」は小さいと感じたかもしれない(通常、筋肉で $200\sim 400\ \Omega \cdot \text{cm}$ 、血液でも $150\ \Omega \cdot \text{cm}$ 程度である)。これは、 2 GHz 付近の分散によるもので、周波数別のデータを見ると、数 100 Hz 付近、数 MHz 付近、数 GHz 付近で、それぞれ 1 オクターブ(10 倍)ずつ下がっていくのが分かる。そこで、この問題では、計算のしやすい $0.5\ \Omega \cdot \text{m}$ ($50\ \Omega \cdot \text{cm}$) としている。

【問題 28】 凍結していない構造の均質な生体組織 1.0 kg に放射線が照射され、10 Gy の吸収線量が確認されたとき、この生体組織の温度上昇は最大で約何°C になりうるか。番号を解答欄 にマークせよ。ただし、この生体組織の比熱を $3.6 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ とする。[6]

- 1) $2.8 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}$
- 2) $2.8 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$
- 3) $2.8 \times 10^{-1} \text{ }^\circ\text{C}$
- 4) $2.8 \times 10^0 \text{ }^\circ\text{C}$
- 5) $2.8 \times 10^1 \text{ }^\circ\text{C}$

【正解】 ⑲ = 1)

【解説】 吸収線量の定義、ならびに、放射線エネルギーによる熱作用の多寡を理解する。

$1.0 \times 10^1 \text{ Gy}$ の吸収線量のとき、生体組織には $1.0 \times 10^1 \text{ J/kg}$ のエネルギーが吸収されるので(吸収線量の定義)、このエネルギーが 100 % 熱に変換されたと仮定すると、下式が成り立つ。

$$(\text{単位質量当りの})\text{吸収エネルギー}(\text{J/kg}) = \text{温度上昇}(\text{K}) \times \text{比熱}(\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$$

よって、本設問の条件を代入すると

$$1.0 \times 10^1 (\text{J/K}) = \text{温度上昇}(\text{K}) \times 3.6 \times 10^3 (\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1})$$

$$\text{温度上昇}(\text{K}) = 2.8 \times 10^{-3} (\text{K})$$

が導かれる。

【問題 29】 生体への作用と生体の反応が一定の範囲内でほぼ正比例関係にあるのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 神経への刺激電流の大きさと活動電位の振幅
- 2) 筋への刺激パルスの頻度と筋の収縮力
- 3) 筋への後負荷の大きさと筋の収縮速度
- 4) 心臓への通電電流の大きさと細動の持続時間
- 5) 視覚刺激の強度と脳波の α 帯域成分の大きさ

【正解】 ⑳ = 2)

【解説】 生体への作用量に対する生体の反応量は、多くの場合、非線形的であるといわれる。極端な場合には、明確な閾値を持ち、作用量を増していくと突然反応を示すこともあり、神経や筋の興奮はその代表的な例である。同じメカニズムが介在するマクロショックやマイクロショックといった電撃もまた同様である。基本的には非線形素子である神経や筋が絡んでいる生体の刺激応答系の中には、外部からは一定の作用量の範囲でほぼ線形動作をしているように観測される現象も多い。例えば、感覚神経の神経束に刺激電極を接近させ、神経束の外部から電気刺激した場合、生ずる感覚が刺激電流にほぼ比例するような刺激の範囲がある。神経束には非常に多数の神経線維が走行しており、神経束の外側から刺激電流を加えると、刺激閾値電流を超えたところで、まずは最も近い部位の神経線維がインパルスを発し、その後は刺激電流の増加とともに刺激される神経線維の数が増えるものと考えられる。そのことを感覚としては刺激が次第に強くなったと感ずるために、巨視的に見れば刺激量と感覚量が線形関係にあるかの様に感じられるのであろう。この様な“大数の法則”に支配された線形性もあり得る。

× 1) 神経細胞の興奮、つまり活動電位の発生は、定まった閾値を刺激電流が超えた段階で発生し、自らの活動電位のポジティブ・フィードバックによって、活動電位の一過性の時間経過が決まるので、その後の刺激電流の増大

と活動電位の振幅とは殆ど無関係と言ってよい。神経の興奮は生体の非線形性の典型例であることは上記解説で述べたとおりである。

- 2) 上記に述べた例で、見かけの線形性が離散的現象の空間的加算によって生ずると考えられたが、刺激パルスの頻度を高めたときに筋の収縮力が増す現象では、個々の刺激パルスの反応が時間的に加算され、巨視的にはパルス頻度に比例した反応として認識されることになるであろう。当然、このような比例関係は一定の範囲の刺激条件に於いてのみ、観測される。
- × 3) 筋への後負荷の大きさ F と筋の収縮速度 v との間には、Hill の式：

$$v = b(F_0 - F) / (F - a)$$

の関係が知られている。ここで、 a は熱定数、 b は正の定数、 F_0 は最大収縮力であって、定数である。この関係は双曲線の一部で表され、正比例ではなく、反比例に近い関係となる。後負荷が大きいほど収縮速度が遅くなることは、重い荷物を背負うときによく経験するところである。

- × 4) 通電電流の大きさに依存して細動が終焉するものではなく、心臓に細動が起こってしまえば、除細動のための適切な処置を施さぬ限り細動は停止せず、細動部位によっては死に至ることは、よく知られるところである。
- × 5) 閉眼安静時の脳波に α 帯域成分 (α 波) が顕著に見られ、開眼し視覚刺激が加えられると α 帯域成分は消失するとされる。従って視覚刺激強度と α 帯域成分の大きさには少なくとも逆、或いは負の関係があるが、決して正比例や反比例で表現される様な単純な関係ではない。

【問題30】 肺のコンプライアン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]

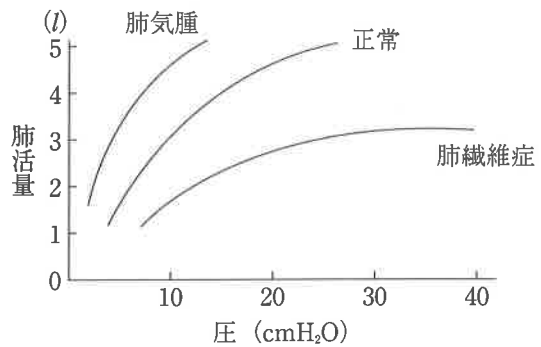
- a. 体積弾性率を指す。
- b. 肺のふくらみやすさを示す。
- c. 肺線維症では正常より高くなる。
- d. 成人の標準値は $2 \text{ l/cmH}_2\text{O}$ 程度である。
- e. 肺気量の変化と肺内外圧差の変化との比で表される。

- 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】②=7)

【解説】肺，胸郭にはたえず縮まろうとする性質(弾性)があり，コンプライアンスは弾性の逆数で表される。つまり，肺，胸郭の膨らみやすさ(C：コンプライアンス)は，ある圧力(ΔP)をかけたときにどの程度容量(ΔV)が変化するかで表される($C = \Delta V / \Delta P [l / \text{cmH}_2\text{O}]$)。肺コンプライアンス(C_L)は，ある時点の肺の容量を(ΔV)，肺胞内圧(P_A)と胸腔内圧(P_{pl})との差($\Delta P = P_A - P_{pl}$)で除して算出する。このときの肺胞内圧は気流をゼロにしたときの気道内圧，胸腔内圧は食道内圧で代用する。

- × a. 体積弾性率は，応力が作用した時に体積変化が生じる際，これを応力に対する体積歪みと考え，体積に対する弾性率と定義される。
- b. 上述解説の通り。
- × c. 肺線維症では正常よりも圧が高くなるため，コンプライアンスは低くなる。
(下図参照)
- × d. 成人の正常値は $0.2 \text{ l} / \text{cmH}_2\text{O}$ 程度である。
- e. 上述解説の通り。



【問題 31】 音波は異なる固有音響インピーダンスを持つ媒質を横切るときに反射する。それぞれの音響インピーダンスを Z_1 , Z_2 とすると、入射波と反射波の振幅比 S は、

$$S = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

で表せる。

このとき、音波の入射波と反射波のエネルギー比はどのように表せるか。当てはまる式を に記入せよ。[6]

【正解】 $M = (Z_1 - Z_2)^2 / (Z_1 + Z_2)^2$

【解説】 音波のエネルギーは振幅の2乗に比例する。

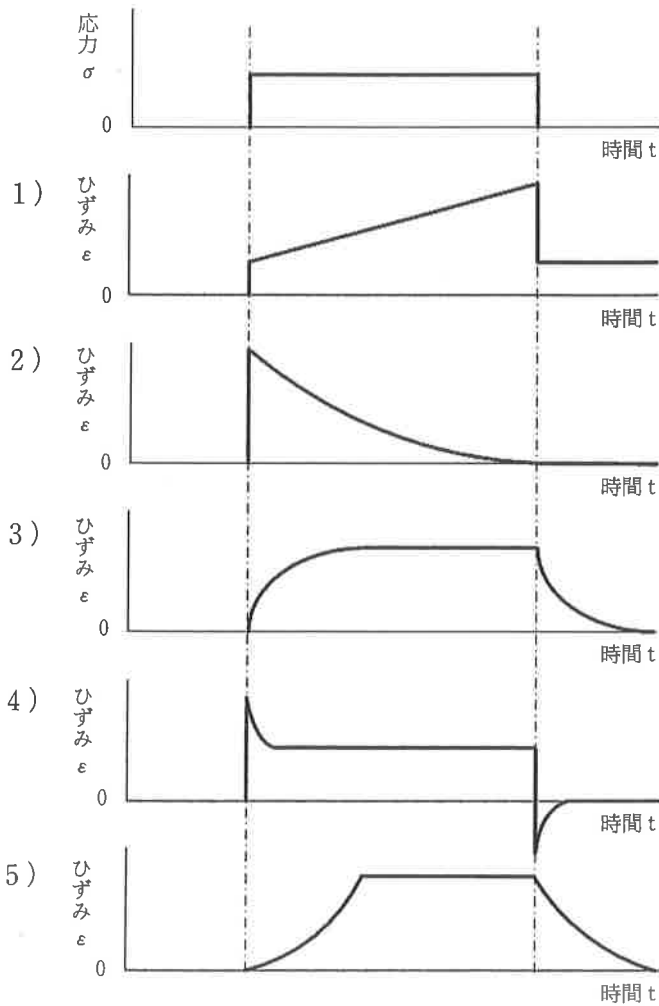
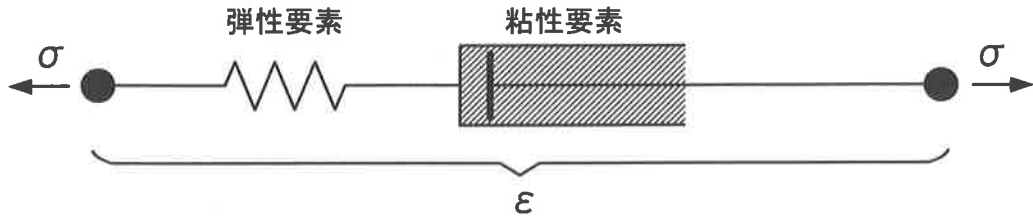
音波だけでなく、波の強さとは波動によって単位時間に運ばれる単位体積あたりのエネルギーの量のことであり、運動エネルギーを考えればよい。波の単位時間の移動量は波の速度 v に相当するので、正弦波の場合、波の強さ(エネルギー) I は

$$I = 2\pi^2 \cdot \rho \cdot f^2 \cdot a^2 \cdot v \quad \text{または} \quad I = a^2 \cdot \omega^2 \cdot \rho \cdot v / 2$$

となる。ただし、 ρ は媒質の密度、 f は周波数(ω は角速度： $\omega = 2\pi f$)、 a は振幅、 v は速度であり、振幅の2乗に比例することがわかる。この式から、 I の単位は $(\text{J}/\text{m}^3) \cdot (\text{m}/\text{s}) = \text{J}/(\text{s} \cdot \text{m}^2) = \text{W}/\text{m}^2$ となる。

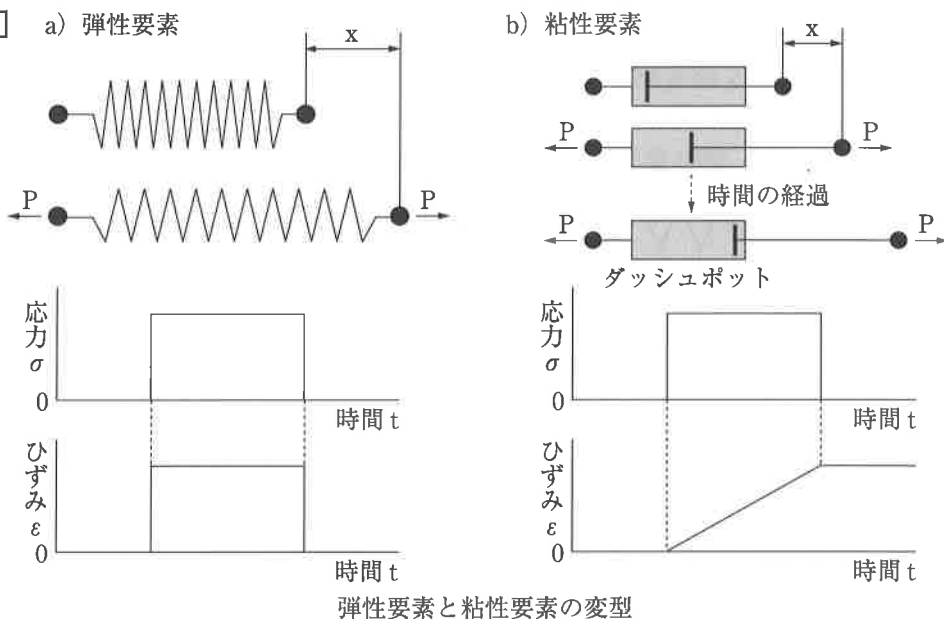
設問では反射波の振幅比が与えられているので、エネルギー比はこれを2乗した値となる。

【問題 32】 ある生体組織を弾性要素と粘性要素の直列モデルで表した。この組織の両端を一定の応力 σ で引張ると、ひずみ ε の時間に対する変化はどのようなになるか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]



[正解] ② = 1)

[解説]



図は弾性要素と粘性要素のそれぞれについて一定の応力変化に対するひずみの変化を示したものである。弾性要素では応力に比例したひずみが時間の遅れなしに現れる。一方、粘性要素は応力の変化に対して、ひずみが時間に対して直線的に増加する。

設問では弾性要素と粘性要素が直列に接続されている。このような接続では与えられた応力がそれぞれの要素に共通に作用するので、ひずみはそれぞれの要素のひずみを加えあわせたものとなる。

図の a) と b) のひずみを同じ時間軸にして加えあわせると、解答の 1) となることがわかる。

弾性要素と粘性要素を並列に接続した場合にはそれぞれの要素のひずみが等しくなるので、一定の応力を加えた場合、初期の段階では粘性要素によってひずみは小さく、このため弾性要素にはあまり応力が作用しない。ひずみが次第に大きくなるに従って、弾性要素に作用する応力が次第に増加するので、粘性要素に対する応力はこの分だけ小さくなる。

この場合、ひずみの変化は解答欄 3) のようになる。

【問題 33】 医用材料における生体適合性の説明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. ブタなど動物の臓器などを医用材料に利用しうる性質
- b. 生体に有害な作用を及ぼさない性質
- c. 本来の機能を果たしながら長期にわたって生体と共存できる性質
- d. 生体の性質に合わせて医用材料の加工が容易になる性質
- e. 医用材料が生体内で分解しやすい性質

- 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 = 5)

【解説】 生体適合性は医用材料における必要条件のうちでも基本的なものであるが、その定義は次の通りである。すなわち、生体適合性とは、“長期にわたって生体に悪影響も強い刺激も与えず、本来の機能を果たしながら生体と平和共存できる材料の性質” というように定義されている。これから、各事項の正誤は以下のようなことになることは明らかである。

- × a. ブタなど動物の臓器などを医用材料に利用しうる性質
- b. 生体に有害な作用を及ぼさない性質
- c. 本来の機能を果たしながら長期にわたって生体と共存できる性質
- × d. 生体の性質に合わせて医用材料の加工が容易になる性質
- × e. 医用材料が生体内で分解しやすい性質

【問題34】 次を示す医用材料の機械的性質を表す文章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. 弾性：ひずみ(変形)を生じさせる外力を取り除くと、元の状態に復元する性質
- b. 展性：一定の外力を加え続けると変形を続ける性質
- c. 延性：外力によって引き伸ばされたあと断裂する性質
- d. 靱性：粘り強く衝撃によく耐える性質
- e. 脆性：衝撃に対して弱くもろい性質

- 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 = 5)

【解説】 次を示す医用材料のそれぞれについて正しい機械的性質をしてみる。

- a. 弾性：外力によりマテリアルに生じたひずみ(変形)が、外力を取り除くと完全に消滅して元の状態に復元する性質
- b. 展性：材料に荷重を负荷した場合、破壊されることなく薄い板状ないし箔に伸ばすことのできる性質
- c. 延性：材料に引張加重を负荷して塑性変形を与え、これを線状に引き伸ばすことのできる性質
- d. 靱性：粘り強くて、衝撃によく耐える性質
- e. 脆性：衝撃に対して弱く、もろい性質

以上より、誤っているのは、b. と c. である。

【問題 35】 次は医用材料が生体内で受ける変化について述べた文章である。空欄に当てはまる語句を解答群から選び、番号を解答欄 ， にマークせよ。[3×2=6]

生体中には水，酸素，塩が多く存在するために，材料はそれらによってそれぞれ ，酸化，腐食を受け劣化することがある。また，人工骨や人工関節のように繰り返し負荷がかかると材料は機械的に劣化する。また高分子材料の中のシリコーンゴムは を吸着してもろくなることがある。

解答群

- 1) 中和
- 2) 還元
- 3) 加水分解
- 4) 置換
- 5) 活性化
- 6) 血小板
- 7) 白血球
- 8) ナトリウムイオン
- 9) タンパク質
- 10) 脂質

【正解】⑳＝3) ㉔＝10)

【解説】医用材料は生体または生体成分と接触することになるが、その両者が接する境界面において水分、酵素、応力、熱などいろいろな因子によって相互反応が生じて、材料が劣化を起こすと同時に生成物が生じて生体へなんらかの影響をおよぼす。

また、体内に入れられた材料は摩擦や衝撃、さらに繰り返し荷重などによって機械的な劣化を生じる。高分子材料は、材料内の低分子物質などは体液に溶出して劣化のもとになり、逆に体液中の水、脂質、タンパク質などが材料によって吸着され反応することによって劣化の原因となることがある。

問題の記述から生体中に水、酸素、塩が存在することによって材料が劣化するのは、加水分解である。加水分解とは材料と水が反応する分解反応で、このとき水は材料にH(プロトン成分)とOH(水酸化物成分)とに分割されて取り込まれ新たな生成物がつくられ、材料の劣化や生成物による生体への障害がある。

また、シリコーンゴムはシリコーン樹脂のゴム状のもので、耐熱性、耐薬品性、自己潤滑性、耐摩耗性に富んでいる。医療では弾性材料や気体透過性に優れた繊維材料として用いられ、前者の特徴を生かしたものがバルーンカテーテルなどに、後者の特徴を生かしたものが人工心肺膜に用いられている。しかし、シリコーンゴムは生体内に埋め込まれた場合には、脂質を吸着してもろくなることがある。

【問題 36】 次の金属材料とその用途との組み合わせで不適切なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. コバルトクロム合金 ———— 人工関節
- b. ステンレススチール ———— ステント材
- c. ニッケルチタン合金 ———— 骨折固定材
- d. 貴金属合金 ———— 歯科修復物
- e. チタン合金 ———— 人工骨

- 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】 ②7 = 5)

【解説】 医用に使用される代表的な金属材料の用途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見てみる。

- a. コバルトクロム合金は古くから医用材料として用いられており、歯科にも用いられるが、耐食性に優れ、生体との親和性もよいため、人工関節のように体内で長期間埋植されるインプラント材に適している。
- × b. ステンレススチールは機械的性質はあまり高いとはいえないものの、耐食性、加工性に優れ、骨折固定用プレートなどに用いられているが、形状記憶としての性質はない。
- × c. ニッケルチタン合金は形状記憶合金として知られ、機械的性質、耐食性および耐摩耗性に優れ、形状記憶ステントなどに用いられている。
- d. 金や銀を中心とした貴金属合金は、古くから歯科修復用金属材料としてよく知られている。
- e. チタン合金は耐食性に優れ、生体とのなじみ、とくに骨との結合がよいため、人工骨に用いられる。

【問題37】 次の医療機器の代表的な材料を1つずつあげ、解答欄 ，
 に記入せよ。[3×2=6]

- (1) 人工肺(均質膜型肺)。解答欄 に記入せよ。
(2) 血液浄化用吸着カラム。解答欄 に記入せよ。

【正解】 ㊦=シリコン膜(ジメチルシロキサン) ㊧=活性炭，デキストラン硫酸
など

【解説】

- (1) 人工肺のうちの膜型肺には、均質膜型肺、多孔質膜型肺、複合膜型肺、非対称膜型肺などがあるが、このうちの均質膜型肺は、生体の膜と同様に、血液とガスは完全に非接触でガス交換は拡散により行われる。このための膜材料として、汎用高分子化合物の中でももっとも良好なガス透過性を有するシリコン膜(ジメチルシロキサン)が用いられている。
- (2) 血液浄化の一つの方法としての血液吸着は、腎不全や薬物中毒の患者に対し、吸着材料を充填したカラムに患者血液を直接灌流し、目的物質を吸着除去する治療である。この吸着の用いられる材料としては、従来は活性炭しかなかったが、最近、吸着する目的物質(被吸着物質)に合わせて、デキストラン硫酸(LDL コレステロール，VLDL コレステロール)，多孔性セルロースビーズ(抗アセチルコリンレセプタ抗体)，フェニルアラニン(リウマチ因子，免疫複合体，抗DNA抗体)などが用いられている(かっこ内は被吸着物質)。

【問題 38】 天然高分子材料で臨床応用されているものの原材料名を 1 つあげ、
解答欄 ㊦ に記入せよ。[6]

【正解】 ㊦ = コラーゲン，セルロース，キチン・キトサン，シルクなど

【解説】 天然高分子は生体高分子とも呼ばれ，植物や動物から精製したタンパク質や多糖類からなる。また，これらを化学的に処理した半合成高分子も広い意味で天然高分子に含めて呼ぶことが多い。天然高分子には，石油由来の合成高分子にない優れた機能（細胞接着性・増殖性など）を持つものがあるが，動植物由来なため感染症のリスクが伴う。

【問題 1】 わが国の医療保険制度に関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]

- a. 医療保険制度は大別すると、職域保険と地域保険とに分類される。
- b. 政府管掌健康保険は主に自営業者を対象とするものである
- c. 被用者でないものは地域保険の国民健康保険に加入することになっている。
- d. 平成 20 年度からの後期高齢者医療制度(長寿医療制度)における 70 歳未満の患者の負担率は 2 割である。
- e. 原則として、保険診療に自費診療を継ぎ足した形での保険適用は許されていない。

- 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= 6)

【解説】医療保険制度に関する問題であるが、最近、小規模の変更がなされることが少なくないため、あくまでも平成 20 年 4 月の時点において実施されている事項であるとの認識を忘れてはならない。それぞれの事項について、正しいかどうかを見てみる。

- a. わが国の医療保険制度として、国民皆保健制度が取られているが、大別して職域保険(被用者保険)と地域保険(国民健康保険)とに分けられ、さらに前者には組合管掌健康保険、政府管掌健康保険、共済組合健康保険などがある。
- × b. 政府管掌健康保険(政管健保)は、健康保険組合を持たない中小企業の従業員や家族を対象とした健康保険である(2008 年 10 月から一連の医療保険制度の改革などに伴い、この保険は国の手を離れ、全国健康保険協会管掌健康保険(協会けんぽ)に移管された)。
- c. 国民健康保険は、自営業者や農業従事者、退職者など被用者保険に加入していない人々を対象とした医療保険であり、加入者が居住する市町村が保険者となるため、地域保険に分類される。
- × d. 平成 20 年度から実施された後期高齢者医療制度(長寿医療制度)の負担率は、75 歳以上および 65 歳以上で一定の障害のある人では 1 割、70~74 歳の人では 2 割、70 歳未満の人および現役並みの所得のある人は 3 割となっている。
- e. 保険診療に自費診療を継ぎ足した形での診療は混合診療と呼ばれ、現在は認められていない。すなわち、このような形での診療はすべて保険は適用されず、自費での支払いとなる。

【問題 2】 薬事法上の、医療機器の分類、クラス分類、製造販売承認・認証等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) 高度管理医療機器としての条件には「副作用又は機能の障害が生じた場合に人の生命及び健康に重大な影響を与えるおそれがあること」が含まれる。
- 2) 高度管理医療機器以外の医療機器は一般医療機器である。
- 3) 「クラスⅣ」及び「クラスⅢ」とされた医療機器は高度管理医療機器である。
- 4) 高度管理医療機器の製造販売は厚生労働大臣の承認を受けなければならない。
- 5) 認証基準に適合する医療機器は第三者認証機関の認証を受けてから製造販売できる。

【正解】 ② = 2)

【解説】

- 1) 「高度管理医療機器」は薬事法第二条第五項で次のように定められている。「医療機器であって、副作用又は機能の障害が生じた場合(適正な使用目的に従い適正に使用された場合に限る。次項及び第七項において同じ。)において人の生命及び健康に重大な影響を与えるおそれがあることからその適切な管理が必要なものとして、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。」
- × 2) 薬事法第二条第四項で「医療機器」は次のように定められている。「人若しくは動物の疾病の診断、治療若しくは予防に使用されること、又は人若しくは動物の身体の構造若しくは機能に影響を及ぼすことが目的とされている機械器具等であって、政令で定めるものをいう。」「高度管理医療機器」の定義は 1) の解説に記載したとおりである。また、「管理医療機器」は薬事法第二条第六項で次のように定められている。「高度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人の生命及び健康に影響を与えるおそれがあることからその適切な管理が必

要なものとして、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。」さらに、「一般医療機器」は薬事法第二条第七項で次のように定められている。「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。」

- 3) 平成 16 年 7 月 20 日付薬食発第 0720022 号厚生労働省医薬食品局長通知「薬事法第二条第五項から第七項までの規定により厚生労働大臣が指定する高度管理医療機器、管理医療機器及び一般医療機器(告示)及び薬事法第二条第八項の規定により厚生労働大臣が指定する特定保守管理医療機器(告示)の施行について」の中に、次のように記載されている。「高度管理医療機器に関しては、医療機器規制国際整合化会議(GHTF)において議論されているクラス分類ルールを基本にクラス分類ルールを定め、その分類ルールに基づき各一般的名称ごとにクラス分類を行った結果「クラス IV」及び「クラス III」とされた医療機器を指定したものであること。また、管理医療機器については「クラス II」と、一般医療機器については「クラス I」と分類された医療機器を指定したものであること。」
- 4) 薬事法第十四条第一項で「医療機器(一般医療機器及び同項の規定により指定する管理医療機器を除く。)の製造販売をしようとする者は、品目ごとにその製造販売についての厚生労働大臣の承認を受けなければならない。」とされている。
- 5) 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又は体外診断用医薬品の製造販売をしようとする者又は外国において本邦に輸出される指定管理医療機器等の製造等をする者であって次条第一項の規定により選任した製造販売業者に指定管理医療機器等の製造販売をさせようとするものは、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。」とされている。

【問題3】 医療機器の修理業について誤っているのはどれか。番号を解答欄

③ にマークせよ。[5]

- 1) 修理業の許可は修理区分に従い事業所ごとに与えられる。
- 2) 製造業者が自ら製造した医療機器の修理をする場合でも修理業の許可が必要である。
- 3) 修理区分には特定保守管理医療機器9区分と非特定保守管理医療機器9区分がある。
- 4) 修理業の責任技術者は厚生労働大臣が指定する講習を修了しなければならない。
- 5) 責任技術者は事業所ごとに置かなければならず兼務はできない。

[正解] ③=2)

[解説] 修理業の許可等に関わる事項は、薬事法、薬事法施行令、薬事法施行規則、告示・通知において定められている。

- 1) 薬事法第 40 条の 2 の 2 項において、修理業の許可は修理区分に従い、厚生労働大臣が修理をしようとする事業所ごとに与えるとされている。
- × 2) 薬事法第 40 条の 2 において、修理業の許可を受けた者でなければ、業として、医療機器の修理をしてはならないとされているが、薬事法施行令第 56 条において、製造業者が自ら製造をする医療機器の修理をする場合はこの規定は適用しないとの特例が設けられている。
- 3) 薬事法施行規則第 181 条および薬食機発第 0331004 号において、このように修理区分が定められている。
- 4) 薬事法施行規則第 188 条において、責任技術者の資格として①医療機器の修理に関する業務に 3 年以上従事し、特定保守管理医療機器の場合は基礎講習および専門講習を、非特定保守管理医療機器の場合は基礎講習を修了した者および②厚生労働大臣がこれらと同等以上の知識を有すると認めた者とされている。また、後者②の適用について薬食機発第 0331004 号では、第 1 回～17 回の第 2 種 ME 試験合格者などとしているが、以後の合格者には適用されていない。
- 5) 薬事法第 40 条の 3 において、第 17 条 5 項の準用規定があり、修理業者は事業所ごとに責任技術者を置かねばならないとされている。

【問題4】 患者環境にAとBの機器がある。AはJIS T 0601-1の規格に適合するCF形装着部を持つ医用電気機器である。Bは一般計測器のJISに適合する機器である。2つの機器でシステムを組む場合、JIS T 0601-1-1のシステム条件の1つ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。[5]

- 1) AとBとを接続した状態でBからの正常状態の外装漏れ電流は0.06 mAであった。
- 2) Bに追加保護接地を施して、Aからの信号を信号線で受け取った。
- 3) Bが基礎絶縁だけの機器であったので分離変圧器を使用した。
- 4) Bに追加保護接地を施して、Bを患者の体表に接続した。
- 5) AとBを接続する信号線を光結合とした。

【正解】④＝4)

【解説】JIS T 0601-1-1：2005「医用電気機器－第1部：安全に関する一般的
要求事項－第1節：副通則－医用電気システムの安全要求事項(Medical electrical
equipment-Part 1-1: General requirements for safety-Collateral standard:
Safety requirements for medical electrical systems)」に関する問題である。こ
れは、医用電気機器(JIS T 0601-1に適合)と非医用電気機器(一般機器のJIS
に適合)の組み合わせ(システム)の安全条件を定めたJISである。

このJISには、題意のような「JIS T 0601-1に適合したAとIEC XXXXX
に適合したBで作るシステム」の場合、「いかなる単一の保護接地線又は機器の
同等の導線が断線した場合、機器Bの外装漏れ電流に関してだけ制限する(正常
で0.1 mA、単一故障で0.5 mA)。「必要に応じて追加保護接地又は分離変圧器
を機器Bに適用する。」と規定している。

- 1) 一般計測器のBの外装漏れ電流は正常状態0.1 mA以下が規定である。
- 2) 機器Bは必要に応じ手追加保護接地を適用すればよい。
- 3) 機器Bを適合させるために分離変圧器(1：1の絶縁の良いトランス)を
使用する。
- ×4) 一般計測器をどのような条件にしても患者の接続してはならない。患者に
適用できるのはJIS T 0601-1を満足する医用電気機器のみである。
- 5) 医用電気機器Aと一般機器Bを接続する信号線は光結合などの電氣的絶
縁がとれるものにすべきである。

【問題 5】 次の中で医療機器のリスクマネジメントに関する JIS はどれか。番号を解答欄 ⑤ にマークせよ。[5]

- 1) JIS T 0601-1-1
- 2) JIS T 0601-1-2
- 3) JIS T 0601-2-2
- 4) JIS T 14971
- 5) JIS Q 9000

【正解】 ⑤ = 4)

【解説】 最近の JIS は、国際的整合をはかるために、IEC や ISO の国際規格をそのまま翻訳して国内規格とする方向である。問題文の JIS は実在する JIS で、代表的な国際規格対応規格であるので、番号や名称くらいは覚えておく。

なお、JIS の体系のなかで、番号の前にアルファベット記号は、種類別の分類になっており、T は医用電気機器(医療機器全般を含む)関係規格、Z は放射線・各医学機器規格、Q は品質管理規格になっている。また、JIS T xxxx は、その xxxx に相当する番号のうち、0601-1 が基本規格で、この下に 0601-1-1、0601-1-2、・・・のように枝分かれしたものを「副通則」と呼んでおり、0601-1 を補完するものとなっている。また、0601-2-1、0601-2-2、・・・のように 0601 の下に 2-1、2-2・・・と続くのが、医用電気機器の個別基準である。このような JIS 命名分類ルールは覚えておくと、JIS 番号を見ただけで、どのカテゴリーに入る JIS かが分かる。

このルールから見て、4) は医用電気機器のそのものの規格でないことがわかる。これは「医療機器ーリスクマネジメントの医療機器への適用」という名称の JIS である。

- 1) JIS T 0601-1-1「医用電気機器ー第 1 部：安全に関する一般的要求事項ー第 1 節：副通則ー医用電気システムの安全要求事項(Medical electrical

equipment-Part 1:General requirements for safety-1.Collateral standard : Safety requirements for medical electrical systems)」：医用電気機器と非医用電気機器を組み合わせてシステムを構成する時の安全上の要求事項である。

- 2) JIS T 0601-1-2「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－要求事項及び試験(Medical electrical equipment-Part 1 : General requirements for safety-2.Collateral standard : Electromagnetic compatibility - Requirements and tests)」：いわゆる EMC(電磁両立性)の規格で，医用電気機器からの出る妨害電磁波ならびに妨害に対する耐性の規格である。
- 3) JIS T 0601-2-2「医用電気機器－第 2 - 2 部：電気手術器(電気メス)の安全に関する個別要求事項(Medical electrical equipment - Part 2-2: Particular requirements for the safety of high frequency surgical equipment)」：電気メスの個別基準である。
- 4) JIS T 14971「医療機器－リスクマネジメントの医療機器への適用(Medical devices - Application of risk management to medical devices)」：この規格は，製造業者がインビトロ診断機器を含む医療機器及びその附属品に関連するハザードを特定し，リスクの推定と評価を行い，これらのリスクをコントロールし，そのコントロールの有効性を監視する手順について標準化を行い，生産及び使用の合理化，品質の向上を図るために制定するものである。主な規定項目は以下のとおりである。
 - 1.適用範囲，2.定義，3.リスクマネジメントの一般的要求事項，4.リスク分析，5.リスク評価，6.リスクコントロール，7.残留リスクの全体的評価，8.リスクマネジメント報告書，9.製造後の情報
- 5) JIS Q 9000「品質マネジメントシステム－基本及び用語(Quality management systems - Fundamentals and vocabulary)」：この規格は，JIS Q 9000 ファミリーの主題である品質マネジメントシステムの基本を説明し，関連する用語について規定したものである。

【問題6】 厚生労働省告示による「人工呼吸器警報基準」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。[5]

- 1) 適合しない人工呼吸器を輸入することはできない。
- 2) 手動式人工呼吸器には適用されない。
- 3) 使用中に電源プラグが抜けた場合は警報を発する。
- 4) 呼吸回路のはずれの警報は一時消音できてはいけない。
- 5) 電源スイッチは接触等により容易に切断されないようにする。

[正解] ⑥ = 4)

【解説】 厚生労働省告示による「人工呼吸器警報基準」とは医薬発第837号(平成13年7月30日)の厚生労働省医薬局長発の「人工呼吸器警報基準の制定について」という通知とのことである。本問題に関係のある部分を以下に抜き書きする。

イ) 人工呼吸器警報基準に適合しないものは、法第65条第2号に基づき、販売、製造、輸入等が禁止されること。

ロ) 基準の内容

- (1) 人工呼吸器は、次に掲げる基準に適合するものでなければならないこと。
- (2) 呼吸回路が外れた場合には、音声による警報を発すること。
- (3) 呼吸回路が外れた場合に発せられる音声による警報を一時的に消音し、かつ、当該警報の消音時から2分以内に自動的に当該警報を発する機能を有すること。
- (4) 呼吸回路が外れた場合に発せられる音声による警報は、一時的に消音する場合を除き、消音することができないこと。
- (5) 給電が停止した場合には、音声による警報を発すること。
- (6) 本体を駆動させるスイッチは、接触等により容易に切断されない構造又は機能を有すること。
- (7) ただし、以下の左表に掲げる人工呼吸器(手動式人工呼吸器など7機種が挙げられている)については、上記の(1)～(5)のうち中欄(省略)に掲げる項目を適

用しないこと。

- 1) 上記イ) に示したように、基準に適合しない人工呼吸器は輸入できない。
- 2) 上記ロ) の(7)に示すように、手動式人工呼吸器には(1)～(5)まで適用されない。
- 3) 上記ロ) の(5)に示すように、使用中に給電が停止した場合には警報を発する。
- ×4) 上記ロ) の(4)に示すように、「一時的に消音する場合を除き」となっているので、一時消音はできてもよい。完全消音はできないということ。
- 5) 上記ロ) の(6)に示すように、電源スイッチは接触等により容易に切断されないような構造・機能を有しなければいけない。

【問題7】 手術室では1線地絡事故が起きても電源供給を確保できるように、重要な機器は非接地配線方式のコンセントを使用する。手術中に絶縁監視装置が警報を発した時の対応で不適切なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。

[5]

- a. 停電に備えるため、機器の電源プラグを可能な限り非常用コンセントに差し換えた。
- b. 停止しても危険のない機器の電源プラグを順次抜いて、原因機器を探した。
- c. 使用中の機器に絶縁不良が発生していることを責任者に伝えた。
- d. 接地配線回路から接地配線回路へ差し換えた。
- e. 手術後に原因を究明することにして手術を続行した。

- 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] ⑦ = 3)

[解説] 非接地配線方式は電源回路の途中に 1 次, 2 次電圧比が 1 : 1 の絶縁変圧器を挿入し 2 次側のいずれの側も接地しない配線方式である。非接地配線方式の場合, 機器の電源回路の故障で 1 線が対地絶縁破壊(地絡)を起こしても電源線の 1 線を接地した接地配線に変わるだけで 1 つの機器の故障によって停電する事は無く, 電力を供給することができる。非接地配線方式では地絡が起こっても直ちに危険な状態とはならないが次にもう一方の電源線が地絡を起こすと停電事故が起こる。したがって地絡を検出するため常に電源導線の対地インピーダンスを測定する絶縁監視装置を設けなければならない。

- × a. 停電に備え非常電源に差し替えるのは良いが, 非常電源は許容量を超える負荷がかかると非常電源自体が停止する危険性がある。
- b. 早期に不良機器を取り除く目的で停止可能な機器の電源プラグを抜くことは原因機器を特定する有効な手段。
- c. 絶縁不良が発生していても直ちに危険な状態ではないがその場の責任者は事故を未然に防ぐため現状を把握しておく必要がある。
- × d. 地絡が起こっている場合安易に接地配線に繋ぎかえると差し替えた機器が原因で停電事故が発生する危険性がある。
- e. 直ちに危険な状態では無いので危険な状態を認識しつつ通常は手術を続行する。

【問題 8】 JIS T 1022 に則って作られた病院の医用コンセントで，外郭の色が「緑」のものがあつた。このコンセントは次のどの回路に接続されているか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 交流 200 V 用電源
- 2) 交流無停電電源
- 3) 直流 24 V 電源
- 4) 医用安全特別低電圧電源
- 5) 放射線機器用大容量電源

【正解】⑧= 2)

【解説】JIS T 1022「病院電気設備の安全基準」の非常電源に関する問題である。題意に関連した部分(8.e)を抜き書きすると、つぎのようになる。

8. 医用室の電源回路 医用室の電源回路は、次に適合しなければならない。
- e) 医用室のコンセントは、次に示す方法によって、電源の種別を明示する。
- 1) 商用電源だけから供給されるコンセントは、外郭表面の色を白とする。
 - 2) 一般非常電源から供給されるコンセントは、外郭表面の色を赤とする。
 - 3) 特別非常電源から供給されるコンセントは、外郭表面の色を赤とし、見やすい箇所に特別非常電源であることを表示する。
 - 4) 瞬時特別非常電源から供給されるコンセントは、外郭表面の色を赤とし、見やすい箇所に瞬時特別非常電源であることを表示する。ただし、交流無停電電源装置から供給されるコンセントは、外郭表面の色を緑としてもよい。
 - 5) 非接地配線方式によるコンセントは、他の配線方式によるコンセントと識別できるようにする。

よって、「緑」が指定(許容)されているのは「交流無停電電源」(JISには「整流装置、逆変換装置、エネルギー蓄積装置(例えば、蓄電池)などで構成され、この装置の入力電力が途絶えても、出力側の電力が途絶えることなく、連続的(無瞬断)に負荷へ電力の供給を行うことができる電源装置」と定義されている)のみである。

交流無停電電源は、一般にはUPS(Uninterruptible Power Supply)電源と呼ばれる。

【問題 9】 JIS T 7101(医療ガス配管設備)で規定された各種医療ガスの標準送気圧力(静止状態における)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]

- 1) 酸素と治療用空気は同じにする。
- 2) 亜酸化窒素は酸素よりも 30 kPa 程度高くする。
- 3) 酸素は治療用空気よりも 30 kPa 程度高くする。
- 4) 二酸化炭素は酸素よりも 30 kPa 程度高くする。
- 5) 酸素と亜酸化窒素は同じにする。

[正解] ⑨ = 3)

[解説] 医療ガス配管設備を介して供給される各種医療ガスの標準圧力は JIS T 7101 : 2006 医療ガス配管設備にそれぞれ規定されている。

- × 1) 酸素と治療用空気の標準圧力はともに 400 ± 30 kPa となっているが、静止圧状態において、酸素は治療用空気よりも 30 kPa 程高くすることになっている。
- × 2) 亜酸化窒素と酸素の標準圧力はともに 400 ± 30 kPa となっているが、静止圧状態において、酸素は亜酸化窒素よりも 30 kPa 程高くすることになっている。
- 3) 酸素と治療用空気の標準圧力はともに 400 ± 30 kPa となっているが、静止圧状態において、酸素は治療用空気よりも 30 kPa 程高くすることになっている。
- × 4) 酸素と二酸化炭素の標準圧力はともに 400 ± 30 kPa となっているが、静止圧状態において、酸素は二酸化炭素よりも 30 kPa 程高くすることになっている。
- × 5) 亜酸化窒素と酸素の標準圧力はともに 400 ± 30 kPa となっているが、静止圧状態において、酸素は亜酸化窒素よりも 30 kPa 程高くすることになっている。

[備考] 静止圧状態において、酸素の標準圧力を治療用空気、亜酸化窒素、二酸化炭素よりも 30 kPa 程高くするのは、人工呼吸器や麻酔器などを介して酸素以外のガスが酸素の配管内に逆流するのを防ぐため、酸素の標準圧力を他のガスよりも約 30 kPa 高くしてある。

なお、本問題文中の「静止状態」及び「標準送気圧力」は、JIS T 7101 : 2006 ではそれぞれ「静止圧状態」及び「標準圧力」となっているため、これらは「静止圧状態」及び「標準圧力」の間違いである。

【問題 10】 医療ガス配管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。[5]

- a. 配管端末器での酸素の最大流量は標準状態で 60 l/min 以上でなければならない。
- b. 配管端末器での油回転式吸引ポンプによる吸引圧力は -200 kPa 程度でなければならない。
- c. 同一配管区域内にある一つの配管端末器で 120 l/min のガスを流した時、配管端末器での送気圧力は 300 kPa 以上でなければならない。
- d. 手術機器駆動用圧縮空気の品質は治療用空気の品質と同等でなければならない。
- e. 麻酔ガス排除用の配管端末器の識別色は褐色でなければならない。

- 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] ⑩ = 7)

[解説] 医療ガス配管設備については、JIS T 7101-2005「医療ガス配管設備」で規定されている。この JIS では、医療ガスの品質保持、誤使用防止、供給失調の防止などについて規定している。なお、ガス供給条件(標準送気圧力、最大流量など)については、医療ガス配管設備諸元表にまとめられている。

- a. 酸素および治療用空気の最大流量は、標準状態(1 気圧, 0°C, 湿度 0%)で 60 l/min 以上でなければならない。また、亜酸化窒素や吸引は 40 l/min 以上でなければならない。
- × b. 油回転式吸引ポンプによる吸引圧力は -50~-80 kPa 程度である。また、水封式吸引ポンプによる吸引圧力は -40~-70 kPa 程度である。
- c. 「同一配管区域内の一つの配管端末器において、流量が 120 N l/min の場合、その圧力が 300 kPa まで低下することが許される。」と規定されている。N l/min は標準状態でのガス流量を示す。
- d. 「手術機器駆動用圧縮空気の品質についても、治療用空気と同等とする。」と規定されている。
- × e. 配管および配管端末器の識別色は以下の表のように規定されている。

ガスの種類	酸素	亜酸化窒素	治療用空気	吸引	二酸化炭素	窒素	駆動用空気	非治療用空気	麻酔ガス排除
識別色	緑	青	黄色	黒	橙色	灰色	褐色	うす黄色	マゼンタ

【問題 11】 高圧酸素療法について不適切なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 第2種装置には治療中に複数の人間が入ることができる。
- 2) 羊毛や合成繊維製品の着用を禁止する。
- 3) 減圧の速度は毎分0.08 MPa以下である。
- 4) 排気は直接屋外に誘導放出してはならない。
- 5) 閉塞性動脈硬化症は適用である。

[正解] ①= 4)

[解説]

- 1) 第2種装置には治療中に複数の人間が入ることができる。
- 2) 羊毛や合成繊維製品の着用を禁止する。
- 3) 減圧の速度は毎分0.08 MPa以下である。
- ×4) 排気は直接屋外に誘導放出してはならない。
- 5) 閉塞性動脈硬化症は適用である。

高圧酸素療法の適応には、潜函病、CO中毒、ガス壊疽、閉塞性動脈硬化症などがある。安全基準よりの抜き書き引用を以下にまとめる。

装置は、JIS T 7321「高気圧酸素治療装置」に従って製造しなければならない。装置のうち、第2種装置には治療中に複数の人間が入ることができる。つまり、患者2名以上か、患者と治療従事者が入ることができる。療法室は密閉された空間であり、高圧酸素により可燃性が高まるので内部に消火装置を設けることは必須である。

加圧・減圧の速度：装置に収容された患者に加圧・減圧を行う場合には、毎分0.08 MPa以下の速度で行わなければならない。

二酸化炭素の抑制：特別の理由のある場合のほかは、装置内の二酸化炭素の分圧が0.5 kPaを超えないようにしなければならない。

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させなければならない。

酸素は支燃性が強いため、僅少な点火源によっても容易に可燃物が発火することを十分に説明し、これを確実に理解させること。

持ち込み禁止物：マッチ、ライター、タバコ、各種使い捨て懐炉、保暖器具、時計、ラジオ、携帯電話、電気・電子器具、油脂類、消毒用アルコール、ベンジン、その他引火性物品

衣類の制限：羊毛製品及び合成繊維製品の着用を禁止する、並びに帯電防止能が木綿又は木綿と同等以上の衣類を着用しなければならない。帯電防止加工を施した衣類の着用が望ましい。

【問題12】 麻酔器の始業点検で得られた結果について異常なのはどれか。番号を解答欄 ⑫ にマークせよ。[6]

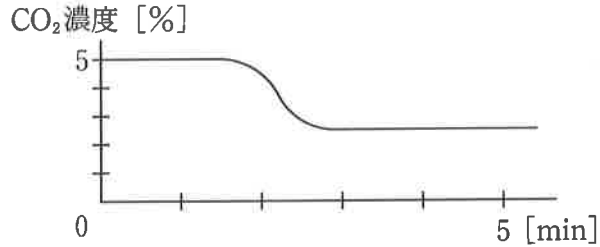
- 1) 酸素フラッシュ作動時の酸素流量が 50 ℓ/mm であった。
- 2) 酸素ポンベの残圧が 100 kgf/cm² であった。
- 3) 亜酸化窒素ポンベの残圧が 5 MPa であった。
- 4) 中央配管からの治療用空気供給圧が 200 kPa であった。
- 5) 呼吸回路の加圧テストをしたところ 30 秒間で 3 cmH₂O の圧低下があった。

【正解】 ⑫ = 4)

【解説】 麻酔器の始業点検については、日本麻酔科学会が作成した「麻酔器の始業点検」(http://www.anesth.or.jp/dbps_data/_material/_localhost/safety/pdf/guideline_checkout.pdf) に点検項目とその解説が述べられている。

- × 1) 酸素フラッシュが作動した際に 35~75 ℓ/分酸素が流れることとなっている。なお、流量を測定できないときには、閉鎖した呼吸回路に 5 リットルバッグ接続し酸素フラッシュを作動させると約 5 秒間で回路内圧が 20 cmH₂O 以上になれば、規定した流量が出ていることになる。
- × 2) 未使用の酸素ポンベの充てん圧は約 150 kgf/cm² を示すが、残圧が 10 kgf/cm² に低下したら直ちに新しいポンベと交換することになっている。
- × 3) 未使用の亜酸化窒素ポンベの充てん圧は約 50 kgf/cm² でこれは約 5 MPa に該当する。
- 4) 問題 9 の解説で述べたように治療用空気の供給圧は 400 ± 30 kPa であるため、この選択肢の値は異常である。
- × 5) 呼吸回路の加圧テストにおいて、閉鎖された呼吸回路に酸素を流し回路内圧を 30 cmH₂O にした後、酸素を止めて 30 秒間維持して回路内圧低下が 5 cmH₂O 以内であれば良いことになっている。

【問題13】 従量式人工呼吸器で補助調節換気を行っているときに、呼気終末二酸化炭素濃度が下図のように低下した。考えられる原因は何か。番号を解答欄 にマークせよ。ただし、患者の血行動態は変化がないものとする。[6]



- a. 呼吸回路の接続部の緩み
- b. 呼気弁の閉鎖不良
- c. 吸入気酸素濃度の低下
- d. オートサイクリングの発生
- e. 1回換気量の増加

- 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=10)

[解説] 呼気終末二酸化炭素(ETCO₂)濃度はカブノメータで測定ができ、換気と肺血流などの指標として、人工呼吸管理には不可欠なモニタである。呼気終末二酸化炭素濃度は、動脈血二酸化炭素濃度に近似しており、二酸化炭素分圧は以下の式(肺胞換気式)で求まる。0.863は係数である。

$$\text{二酸化炭素分圧} = 0.863 \times \frac{\text{二酸化炭素産生量}}{\text{肺胞換気量}}$$

つまり、二酸化炭素分圧は肺胞換気量に反比例することが分かる。また、肺胞換気量は(1回換気量-死腔)×呼吸数であらわされることから、人工呼吸管理中に呼気終末二酸化炭素濃度が低下する原因は、1回換気量の増加および換気回数の増加が考えられる。

- × a. ガスリークに肺胞換気量は低下するために ETCO₂濃度は上昇する。
- × b. 呼気弁の閉鎖不良により吸気時にガスが呼気弁からリークするために肺胞換気量が低下し ETCO₂濃度は上昇する。
- × c. 吸入気酸素濃度の低下は ETCO₂濃度に関係しない。
- d. オートサイクリングとはトリガ感度が鋭敏に設定された場合などに、患者の呼吸努力が無いにもかかわらず換気回数が増加する状態を言う。その結果、肺胞換気量は増加し ETCO₂濃度は低下する。
- e. 1回換気量の増加は肺胞換気量の増加につながり、ETCO₂濃度は低下する。

【問題14】 ピークフローメータについて誤っている説明はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 最大呼息時の気流速度の最大値を計測する装置である。
- b. フローセンサには赤外線吸収度を利用したものがある。
- c. 気道狭窄が大きいときは計測値が高くなる。
- d. 日中と夜間の計測値の変動から気管支喘息の病状を把握できる。
- e. フローセンサには羽根車式を用いたものがある。

- 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】⑭＝5)

【解説】ピークフローを測定する装置がピークフローメータである。ピークフローとは、十分息を吸い込んで思いっきり早く吐き出したときの最大の息の速さ(最大呼気流速)を指し、吐き出した息の量ではない。ピークフローは気管支の状態を表しており、気道が狭くなっている時はピークフロー値が低くなり、自覚症状のないような軽い発作も発見できる。また、数値を客観的に把握することで発作の予知や症状のコントロールに役立てることができる。ピークフローの測定は毎日朝と夜の二回か、朝昼夜の三回行い、数値の記録を継続することで、次のような判断ができる。

- ・数値が低くなってきたら、発作の前兆である(気道がせまくなってきている)。
- ・数値の変動が大きい時は気管支の状態が不安定と考えられる。
- ・一日内で変動幅が大きい時は気管支の状態が不安定で過敏性が高まっている。

○a. 記述のとおり。

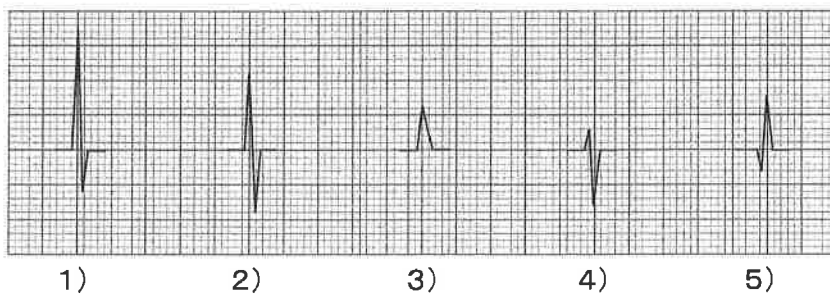
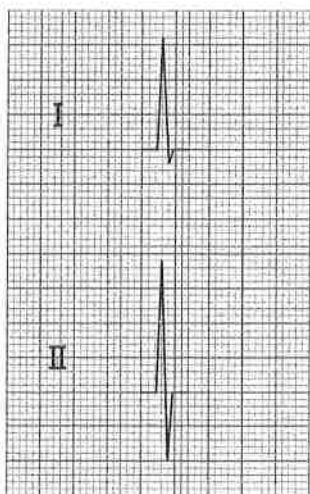
×b. パルスオキシメータやカプノメータでは赤外線吸収度を使用しているが、フローセンサには赤外線吸収度は使用されていない。

×c. 気道狭窄が生じた場合には、測定値が小さくなる。

○d. 記述のとおり。

○e. 風車のように流れにより回転する羽根車の回転数からフローを計測する方式。

【問題15】 デジタル心電計では、単極肢誘導(aV_R , aV_L , aV_F)の波形は、双極肢誘導(I, II, III)のいずれか2誘導から計算で求めている。いま、I, II誘導のQRS波形が図のようであるとき、 aV_F はどのような波形になるか。番号を解答欄 にマークせよ。なお、 $aV_F = (II + III) / 2$ である。[6]



【正解】⑮=2)

【解説】デジタル心電計では、I、II、および $V_1 \sim V_6$ の8誘導を測定し、残りのIII、 aV_R 、 aV_L 、 aV_F 誘導の波形は計算から求めている。 $aV_F = F - (R + L)/2 = \{(F - R) + (F - L)\}/2 = (II + III)/2$ の演算式が導かれるが、問題文にはIおよびIIの波形のみ呈示されているので、 $III = II - I$ の関係式を代入して $aV_F = (2II - I)/2$ の演算式を得る。QRS波形を初期と終期に2分して振幅を計測すると、I、IIの初期振幅値と終期振幅値はそれぞれ、16 mmと-2 mm、19 mmと-10 mmになる。これらの値から求める aV_F 波形の初期振幅値は $(2 \times 19 - 16)/2 = 11$ mm、終期振幅値は $(-10 \times 2 + 2)/2 = -9$ mmとなる。

【問題16】 人工肺が必須の構成要素であるものはどれか。番号を解答欄⑩にマークせよ。[6]

- a. P C P S (percutaneous cardiopulmonary support)
- b. I A B P (intra-aortic balloon pumping)
- c. L V A S (left ventricular assist system)
- d. E C M O (extracorporeal membrane oxygenation)
- e. P T C A (percutaneous transluminal coronary angioplasty)

- 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】

- a. P C P S は経皮的心肺補助のことで、心原性ショックなどに対し、緊急補助循環として用いられ、人工肺が必要である。
- × b. I A B P は大動脈内バルーンパンピングのことで、心不全患者の血行動態を改善させる目的で使用され、人工肺は必要としない。
- × c. L V A S は左心補助人工心臓システムのことで、左心室のポンプ機能を機械的に代行するもので、人工肺を必要としない。
- d. E C M O は膜形人工肺を用いた体外循環治療のことで、重傷の呼吸不全患者の呼吸機能を補助するもので、人工肺が必要である。
- × e. P T C A は経皮経血管的冠動脈形成術のことで、狭心症や心筋梗塞といった虚血性心疾患の治療のために行い、人工肺は必要としない。

【問題17】 IABPの動作原理から考えて適応禁忌はどれか。番号を解答欄

⑰にマークせよ。[6]

- a. 心原性ショック
- b. 人工心肺離脱困難
- c. 内科治療抵抗性心室不整脈
- d. 高度大動脈弁閉鎖不全
- e. 胸部大動脈瘤

- 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=10)

【解説】 IABPでは専用のバルーン付きカテーテルを大腿動脈などから挿入し、胸部下行大動脈に留置する。患者の心電図あるいは動脈圧波形に同期させてヘリウムガス等を出入りさせ、バルーンを膨張、収縮させる。これにより、収縮期には心臓の圧負荷を軽減し、拡張期には冠動脈等の循環血液量を増加させ、患者の血行動態を改善させる治療法である。

- a. 心原性ショックは適応対象である。
- b. 人工心肺離脱困難は適応対象である。
- c. 内科治療抵抗性心室不整脈は適応対象である。
- × d. 高度大動脈弁閉鎖不全があると、拡張時に心室内に血液が逆流するため、心臓の負荷が増加してしまうので、適応禁忌である。
- × e. 胸部大動脈瘤の場合は、バルーンを拡張させることで、症状を悪化させる可能性が高いので、適応禁忌である。

【問題 18】 スワングantzカテーテル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. 熱希釈法は再循環成分を考慮しなくてよい。
- b. 肺動脈楔入圧の測定で左房圧を代用している。
- c. 計測結果を急性心不全の診断治療に用いる。
- d. 動脈の狭窄を拡張することにも利用できる。
- e. 先端にバルーンがないものもある。

- 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】 スワングantzカテーテルの原理と運用に関する問題。計測には熱(カロリー計算)による方法と色素(濃度計算)による方法がある。ともに注入量が注入後に流体中に拡散し、それを下流で一定時間、一定量をサンプルすれば流速(流量)を反映し、この量を空間的・時間的合計すれば、始めの量に等しいとするフィック法を使うことは同じである。しかし、前者は血管(肺動脈)の外に熱量が散逸するが、色素による方法は血管外に溶出しないので精度は高い。ところが色素は一般に ICG(インドシアニングリーン)が利用されるが、肝臓によって 15 分間で数%まで胆汁に排泄される。ところが平均循環時間は約 1 分程度であるので、再循環成分が無視できなくなる問題を持っている。

心奇形がなければ右室から肺動脈への流量と左心室から大動脈への流量は等しいので、心拍出量(CO)を計測することができる。しかし、この値は成人と子供で心臓の大きさが違うので CO を体表面積で割った心係数(CI)を算出する。

この検査は右心系カテーテル検査とよばれ、静脈からカテーテルを挿入し、バルーンを膨らますと、カテーテルは流れに乗って右心室から肺動脈へとカテーテルが肺動脈とバルーンのサイズが一致する所まで運ばれていく。この状態は肺

動脈血流を遮断した状態(楔(くさび)を入れる)の圧を肺動脈楔入圧(PCWP)と呼ぶ。)これは血圧波形の脈が消えるので分かる。)これは僧帽弁閉鎖時には肺動脈から左心房までは閉空間になるので左房圧を反映している。すなわち CI と PCWP は左心室機能を反映し、それぞれ $2.2 \text{ l/min}\cdot\text{m}^2$ 以上と 18 mmHg 以下が正常とする「フォレスターの分類」によって、心筋力の低下した心不全と循環血液量の多い心不全に分類し、カテコラミンを投与するか利尿剤を投与する、もしくは両方投与するかを決定する。

- a. 熱希釈法は直ぐに散逸するので、再循環成分を考慮しなくてよい。
- b. 僧帽弁閉鎖時には理論的に等しい圧になる。
- c. フォレスターの分類を考慮して治療を行う。
- × d. インターベンションのように高圧をかける使い方はできない。
- × e. 肺動脈までカテーテルを運べず、かつ楔入圧を計測できない。

【問題 19】 電氣的除細動の成功率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) ゼリーを付けなかった。
- 2) 電極の押し付けが弱かった。
- 3) 電極の位置が不適切だった。
- 4) 胸部が汗で濡れていた。
- 5) 電極の極性を逆にした。

【正解】 ⑬ = 5)

【解説】 電氣的除細動の成功率を左右する要因として、心臓に対して通電エネルギーが有効に加わっているかどうかの問題がある。

- 1) ゼリーを付けないと、電極の接触抵抗が大きくなり、通電エネルギーの多くが接触面の発熱で消費されてしまう。
- 2) 電極の押し付けが弱いと、1)と同様に電極の接触抵抗が大きくなり、通電エネルギーの多くが接触面の発熱で消費されてしまう。
- 3) 2つの電極が心臓を囲むような位置にないと、心臓に流れる有効電流が少なくなる。
- 4) 胸部が汗で濡れていると電極間に通電される電流の一部が胸壁表面を流れてしまい、通電エネルギーの損失につながる。
- × 5) 電極の極性は一応指定されているが、逆にしても通電効果に差がないことが判明している。

【問題 20】 血液透析の治療目的として不適切なのはどれか。番号を解答欄

⑳ にマークせよ。[6]

- a. アルブミンの補充
- b. アシドーシスの改善
- c. リンの除去
- d. カルシウムの除去
- e. 血清ナトリウム濃度の調整

- 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 = 3)

【解説】 血液透析の治療目的に関する問題である。

- × a. 維持透析患者が栄養障害(低アルブミン血症)に陥ったとしても、原則として食事療法・指導が中心であり、血液透析中にアルブミンを補充することは一般的ではない。
- b. 透析液中に重炭酸などのアルカリ化剤を添加することにより代謝性アシドーシスを改善させる。
- c. 食物摂取に伴って増加した血清リンを相当量除去する必要がある。高リン血症を放置しておくと、二次性副甲状腺機能亢進症、異所性石灰化を合併しやすくなる。
- × d. 腎不全では、ビタミン D の不活性化などにより低カルシウム血症に陥りやすい。従って、血液透析の目的としてはカルシウムの除去は不適切である。
- e. 血液透析によって患者の血清ナトリウムは適正濃度に調整する必要がある。

【問題 21】 血液浄化療法で溶質の濃度差によって生じる現象はどれか。番号を
解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 拡散
- b. 濾過
- c. 浸透
- d. 吸着
- e. ファウリング

- 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 = 2)

【解説】 血液浄化療法で生じる移動現象に関する問題である。

- a. 溶質の濃度差を推進力とした自発的な移動現象を拡散という。
- × b. 膜の両側に圧力差をかけ、それを推進力として溶液の一部(溶媒と膜の細孔より小さな溶質)を膜の反対側に移動させる現象を濾過という。
- c. 溶質の濃度差を推進力とした溶媒の移動現象を浸透という。拡散と同時に生じる。
- × d. 溶質(被吸着体)と材料(吸着材)との親和性によって溶質が材料表面付近で濃縮される現象を吸着という。
- × e. 溶質が膜や吸着剤などの材料表面や内部に捕捉される現象をファウリングという。

【問題22】 体重65 kgの患者に3 ℓ除水の血液透析を施行したところヘマトクリット値が28%から35%に上昇した。この患者の透析中に生じた、組織間液から循環血液への水の移動量は何ℓか。番号を解答欄 にマークせよ。ただし、患者の循環血液量(ℓ)は透析開始時体重(kg)の $\frac{1}{13}$ とする。[6]

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

【正解】 ㉒ = 2)

【解説】 循環血液量(VB)は体重の $\frac{1}{13}$ であるから、この患者のおよそのVBは、

$$VB = 65/13 = 5 \text{ ℓ}$$

である。いま透析開始時を0、終了時を1とすると、血液透析前後の血球成分の量は不変であるから、次式が成り立つ。ここでHはヘマトクリット値である。

$$VB_0 H_0 = VB_1 H_1$$

ゆえに、血液透析終了時の循環血液量は

$$VB_1 = \frac{H_0}{H_1} VB_0 = \left(\frac{28}{35}\right) \times 5 = 4 \text{ ℓ}$$

となる。従って、透析による正味のVB減少量は

$$VB_0 - VB_1 = 5 - 4 = 1 \text{ ℓ}$$

であったことがわかる。

実際には3 ℓの除水を行ったので、この患者の組織間液から循環血液への水の移動量は $3 - 1 = 2 \text{ ℓ}$ ということになる。

【問題 23】 透析装置の水処理システムで、清浄化の点から推奨されている処理の順序はどれか、番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- A : プレフィルタ(マイクロフィルタ)
- B : 逆浸透装置(RO 装置)
- C : 限外濾過フィルタ(UF フィルタ)
- D : 活性炭吸着器
- E : 軟水装置

- 1) A → B → C → E → D
- 2) D → A → B → C → E
- 3) E → D → A → B → C
- 4) A → E → D → B → C
- 5) A → B → E → D → C

[正解] ㉓ = 4)

[解説]

A：プレフィルタ(マイクロフィルタ)

原水中の鉄さび、砂などの粗いゴミを除去する。通常、軟水装置の前に設置する。フィルタのサイズは、通常 1～25 μm のものが多く用いられている。

B：逆浸透装置(RO 装置)

水道水中の溶解イオン、有機物、バクテリア、パイロジェン等をほぼ除去する。透析用水を作製するうえで必要不可欠の装置である。

C：限外濾過フィルタ

限外濾過フィルタは最終的に処理水の清浄度を高めるために使用する。また、処理水をループ循環する場合、RO 水タンク直前に置き、循環による逆汚染防止用に設置する場合もある。出口側のエンドトキシン活性値、生菌数などをモニターし、必要に応じて定期的に交換する。

D：活性炭吸着器

活性炭濾過装置は原水の消毒を目的に用いられる塩素を除去する。水道水中の塩素からイオン交換樹脂劣化を防止する目的で軟水装置の前に設置する方法もあるが、活性炭吸着器以降の配管内や軟水装置内での細菌繁殖を助長するため清浄化対策上、RO 装置直前の設置が推奨されている。

E：軟水装置

イオン交換樹脂は原水中の残留塩素等で膨潤し、逆洗時の攪拌不良による再生不良を起こす場合がある。処理水をチェックするため、装置の出入り口で硬度を測定する。硬度測定には軟水化判定指示薬を用いて毎日行い記録する。

参考資料：透析液清浄化ガイドライン Ver 1.05：2006 年 8 月 22 日。日本臨床工学技士会。血液浄化関連標準化検討委員会 WG 2(透析液関連)

【問題 24】 誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. カプノメータは赤外光を利用して ET_{CO_2} を測定する。
- b. パルスオキシメータは可視光と赤外光を用いて SpO_2 を計測する。
- c. CO_2 レーザは赤外光である。
- d. CCD はステファン・ボルツマンの法則を応用している。
- e. OCT (光干渉断層計) はメラニンでの赤外光吸収を利用している。

- 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】 ④=10)

【解説】 光を利用した医療機器の問題で、カプノメータは二酸化炭素が特異的な波長 $4.3 \mu\text{m}$ (赤外線) を吸収することを利用して、呼気ガスの二酸化炭素分圧 ET_{CO_2} (end-tidal partial pressure of CO_2) を知るだけではなく、呼吸の有無や呼吸状態を知ることができる。応答特性の良いメインストリーム方式と、挿管を前提にしなくても良いサイドストリーム方式の 2 種類がある。しかし肺の毛細血管から肺胞へ二酸化炭素は一瞬に拡散し、呼気終末は二酸化炭素が気道内を充満している前提とを忘れてはならない。パルスオキシメータは可視光 (660 nm) と赤外光 (940 nm) を用いて SpO_2 を計測をしている。

レーザーは (LASER : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation の頭文字) 単色光で位相がそろった (波の山と谷の位置がそろっている) 光である。そのために伝送中に弱め合うことがなく大きなエネルギーと干渉性の良さを持っている。そしてレーザーは個体、液体、気体のそれぞれの媒体から誘導放出され、気体レーザーの CO_2 レーザは波長 $10.6 \mu\text{m}$ で水によって吸収される。その他、医療用の気体レーザーは He-Ne レーザ (630 nm), エキシマレーザー (193 nm), アルゴンレーザー (488-514 nm) がある。また、OCT (Optical Coherence Tomography) は、レーザーの干渉性を利用し、光速が $3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ で一定の速度であるこ

とを証明したマイケルソン・モーレの実験同様の方法(入射光と反射光が干渉する)で、1993年に非侵襲的に網膜の断面構造を光学顕微鏡の精度(光の波長に近い距離分解能 10~20 μm)で画像化する方法が開発された。

CCD(Charge Coupled Device)はビデオカメラやデジタルカメラに利用されている半導体固体撮像素子で、最近では本来は論理回路用で構造が簡単なCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)型の画像素子が多くなっている。

- a.
- b.
- c.
- d. ステファンボルツマンの法則とは温熱体は温度の 4 乗に比例した放射光を
発する。
- e. OCT は光の干渉を利用している。

【問題 25】 空欄にあてはまるのはどれか。番号を解答欄 , にマークせよ。[3×2=6]

ペリスタルティック方式の輸液ポンプにおいて、点滴筒内を滴下する滴数を検出して流量を制御するものを 制御方式といい、専用の輸液セットを使用しなくても良いが、薬液の表面張力や密度により、輸液量に差を生じることもある。また、専用の輸液セットを使用し、設定した流量に対応したチューブ変形を与え、送り出す薬液の量を制御するものを 制御方式という。

- 1) 濃 度
- 2) 容 積
- 3) 比 重
- 4) 圧 力
- 5) 滴 下

【正解】 = 5) = 2)

【解説】 ペリスタルティック (peristaltic : 蠕動的) 方式の輸液ポンプには、点滴筒内を滴下する滴数を検出して流量を制御する滴下制御方式と、専用の輸液セットを使用し、設定した流量に対応したチューブ変形を与え、送り出す薬液の量を制御する容積制御方式のものがある。

【備考】 滴下制御方式は滴数制御形などと示している場合もあり、容積制御方式は流量制御形などと示している場合もあるが、日本医療器材工業会の案内では問題の正解の名称が使用されている。

【問題26】 BIS (bispectral index) モニタ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) 患者の鎮静度が評価できる。
- 2) 脳波導出用電極は前額部に装着する。
- 3) BIS 値の算出には指先容積脈波の振幅も必要である。
- 4) 手術中の BIS 値は、40 から 60 前後とされる。
- 5) 使用する麻酔薬の濃度と BIS の変化は一致しないことがある。

【正解】 ② = 3)

【解説】 BIS モニタとは術中覚醒と麻酔薬の濃度調整をするための指標確率のために開発されたもの。単純な脳波モニタとは異なりメーカーが開発した独自の計算技術により脳波信号を処理し、複雑な解析法から得られたパラメータを使用し、脳波データベースを用いて脳波の出現様式を数値化したものを BIS 値という指標とする。この指標は 0～100 の数値で表され、数値が大きいほど覚醒度が高く、小さいほど意識レベルが低下していることを意味している。

- 1) 吸入麻酔薬やプロポフォールの鎮静作用を反映すると考えられている。
- 2) 手術侵襲に伴う脳波変化は前頭葉が中心とされている。
- × 3) 脳波信号を処理した結果を数値化して表示する。ただし、その算出方法は企業秘密として公開されておらず、ブラックボックスとして BIS 値が出てくる。
- 4) BIS 値の指標によると 40～60 適切な睡眠で意識がある可能性が低いとされている。ただし、60 はかなり覚醒に近い状態のことがある。
- 5) BIS 開発時にデータベースにデータが取り入れられなかった麻酔薬では BIS 値と催眠レベルが一致しないことがある。

【問題 27】 電気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]

- 1) 対極板の接触不良を検出する機構を備えていなければならない。
- 2) 電気メスの出力端子は CF 形装着部としなければならない。
- 3) F を四角(□)で囲ったマークは対極板回路接地形の電気メスを表す。
- 4) 電気メスの出力回路は除細動保護が義務付けられている。
- 5) 電極を接続した状態の電気メスの高周波漏れ電流の最大許容値は 150 mA である。

【正解】㉔＝4）および5）

【解説】電気メス(電気手術器)の規格としては、2005年に制定されたJIS T 0601-2-2「医用電気機器－第2－2部：電気手術器(電気メス)の安全に関する個別要求事項(Medical electrical equipment - Part 2-2: Particular requirements for the safety of high frequency surgical equipment)がある。これに則って解答解説をする。なお、JIS T 1453「電気手術器(電気メス)」は2006年11月に廃止され、上記JISに移行した。

- × 1) 「対極板回路又はその接続に故障が発生したとき、出力を停止し、かつ、可聴音による警報を発する回路を備える」と、いわゆる「対極板コード断線モニタ」は装備を義務付けているが、「対極板の接触不良を検出する機構」は義務ではない。
- × 2) 「電気手術器の装着部は、BF形装着部又はCF形装着部とする」と規定されている。
- × 3) Fを四角(□)で囲ったマークは「対極板回路非接地形(いわゆるフローティング形)」の電気メスを表す。
- 4) 旧JISにはなかった項目であるが、上記の新JISでは、新たに「耐除細動形装着部」であることを要求している。
- 5) 高周波漏れ電流は、対極板やメス先電極(アクティブ電極)をつなげた状態では、「150 mA を超えてはならない」としている。

なお、4)の選択肢は、旧JIS(JIS T 1453)によって出題してしまったもので、出題ミスである。

【問題28】 手術中に誘発電位計測をする際に、商用交流雑音が一定レベルで連続的に混入する原因となるのはどれか。番号を解答欄(29)にマークせよ。

[6]

- 1) パルスオキシメータプローブの断線
- 2) 筋弛緩モニタの実施
- 3) 電気メス対極板の接触不良
- 4) 超音波メス出力の過大
- 5) 手術台保護接地線の断線

【正解】 ②=5)

【解説】 誘発電位とは、刺激に同期して脳波に重畳する成分をコンピュータによる平均加算方で導出するものである。手術中には主に中枢神経系の部位同定や機能モニタリングの目的で誘発電位を計測する。手術中の誘発電位計測を成功させるには、手術室に存在する各種電磁障害原の識別とその雑音対策の知識が必要となる。

- ×1) パルスオキシメータのLED発光の切替えを高周波で行なうため、低レベルの高周波雑音の原因となる。
- ×2) 筋弛緩モニタリング用の末梢刺激用パルスが間欠的に雑音原となる。
- ×3) 電気メスは高電圧の高周波電流を出力するため、比較的高レベルで不安定な高周波雑音の原因となる。
- ×4) 超音波メスは超音波を発生させるため高周波電流を使用するため、過大な出力は高周波雑音の原因となる。
- 5) 手術台は動力源として商用交流を用いるため、保護接地線の断線は商用交流雑音の原因となる。手術中は手術台と患者の位置関係はほとんど変化しないため雑音レベルは一定となる。

【選択問題 1】 ポーラログラフィによる酸素分圧測定について不適切なのはどれか。番号を解答欄(選1)にマークせよ。[6]

- 1) PO_2 センサとしてクラーク電極を用いる。
- 2) 陰極に白金を用いる。
- 3) アンペロメトリック法である。
- 4) 酸素濃度に比例した限界拡散電流を測定する。
- 5) 両極間の印加電圧は 50 V 程度である。

【正解】(選1) = 5)

【解説】酸素分圧測定に用いられる polarography は、ノーベル化学賞を受賞したチェコスロバキアのヘイロウスキーが一般原理を発明した。1925 年当時ベルリン留学中の志方益三(しかたますぞう)との共同研究によって電流-電圧曲線の自動記録装置(ポーログラフ polarograph)を開発した。これから電流-電圧曲線のことをポーログラム polarogram とよび、またポーログラフィという名称が使われるようになった。

電流が流れてもその電位がほとんど変化しない電極を非分極性の電極とよび、このような電極を対極として用いて電解を行うのがポーログラフィの大きな特徴である。電解によって流れる電流は、おもに被電解物質の電極表面への拡散による拡散電流による。

加電圧が被電解物質の分解電圧に達するまでは電解電流はほとんど流れないが、分解電圧に達すると電解電流が急激に増大する。しかし、電解電流が増大してある限界値になると、加電圧の増加に対して電流値が増大しないようになる。したがって得られる電流-電圧曲線は階段状になり、この階段の高さが拡散電流であり、拡散電流の大きさは被電解物質の濃度に比例するので、これを測定することから物質の定量分析ができる。

- 1) PO₂ センサとして、クラーク電極を用いる。
- 2) 陰極に白金を用いる。
- 3) アンペロメトリック法である。以上はそれぞれその通り。
- 4) 酸素濃度に比例した限界拡散電流を測定する。ことは前記の解説にあるように、最大の特徴である。
- 5) 両極間の印加電圧は、50 V 程度である。というのが間違いで、印加電圧は、酸素では-0.3~-0.7 程度である。

【選択問題 2】 在宅で酸素濃縮装置を使用している患者，もしくはその家族による保守・点検項目として必要がないのはどれか。番号を解答欄 **選 2** にマークせよ。[6]

- 1) 空気取込み口フィルタの清掃
- 2) 充電式バッテリーパックの充電状態
- 3) コンプレッサフィルタの交換
- 4) 加湿器内精製水の交換
- 5) バクテリアフィルタの交換

[正解] (選 2) = 5)

[解説] 在宅酸素療法(HOT: Home Oxygen Therapy)の保守点検は、医療機関が事業者と在宅酸素供給装置の保守点検・賃貸借契約を結び、事業者は在宅酸素療法の指導管理が行われる患者宅に機器等を設置・説明し、保守管理を行っている。酸素濃縮装置は、管理医療機器、兼特定保守管理医療機器に該当する。

保守・点検は、下記に示すように使用者による事項と業者による事項に分かれている。

(使用者による保守点検事項)

[本体] 異物・水分付着の確認と清掃(良く水をしばった布による汚れの拭き取り)、高濃度塩素製品や油脂製品での清掃の禁止

[空気取入れ口フィルタ] フィルタの洗浄(平均して週1回以上)

[加湿器] 精製水の交換、加湿器の洗浄

[充電式バッテリーパック] 付属充電電池・専用充電電池の傷や汚れ、破損の確認

[コンプレッサフィルタ] 変色・変形・破損や目詰まりなどの目視確認、フィルタは定期交換の他に必要に応じて交換。

(業者による保守点検事項)

定期交換(3ヶ月毎など)や、オーバーホール(3000時間や3年以内などの定められた期間)、患者の交代時に、各種フィルタやコンプレッサ、充電式バッテリーパック、加湿器、配管類などの部品交換と確認・点検を行う。

確認・点検事項として、

- 酸素濃度の一回吐出量の確認
- 目視による本体・付属品の破損状況の確認
- 動作音以上の有無の確認
- 無呼吸アラームの動作確認、など

について、専用治工具や測定器を使用して調整や補修を行う。

× 1) ~ 4) 上記解説参照

○ 5) バクテリアフィルタは、業者によるオーバーホール時の交換となる。

【選択問題 3】 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位はどこか。番号を解答欄 **選 3** にマークせよ。[6]

- a. 吸気弁部
- b. カニスタ部
- c. 流量計部
- d. 気化器部
- e. 酸素ポンペ連結部

- 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 3) = 1)

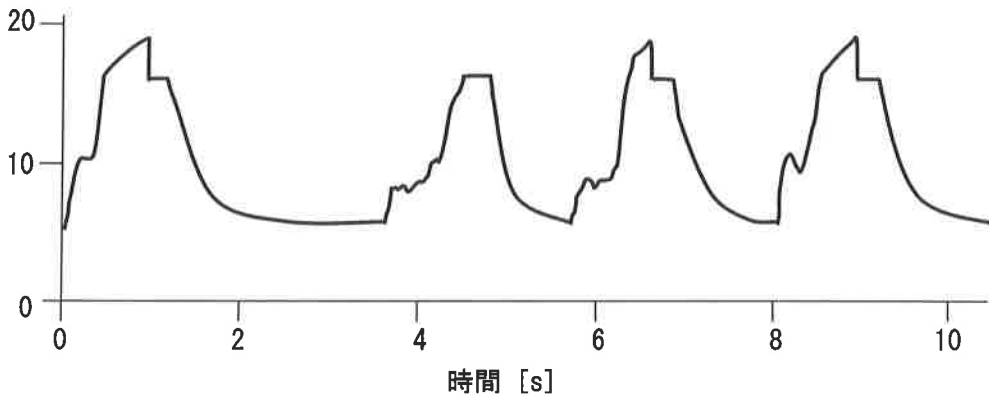
【解説】 麻酔器の呼吸回路及び麻酔器内配管のリークテストの詳細については日本麻酔科学会が作成した「麻酔器の始業点検」(http://www.anesth.or.jp/dbps_data/_material_/localhost/safety/pdf/guideline_checkout.pdf)に述べられている。ガス共通流出口の上流に逆止弁を備えた麻酔器では、呼吸回路内に加えられた圧力は逆止弁で阻止され麻酔器内配管に伝えられないため、麻酔器内配管部に生じたリークを見つけることができない。麻酔器内配管部のリークを見つけるには、問題文中のリークテストと同時に低流量によるリークテストを行う必要があるが、詳細は「麻酔器の始業点検指針」を参照されたい。

- a. 吸気弁部は呼吸回路内にあるため、リークを見つけることができる。
- b. カニスタ部は呼吸回路内にあるため、リークを見つけることができる。
- × c. 流量計部は麻酔器内配管部にあるため、リークを見つけることができない。
- × d. 気化器部は麻酔器内配管部にあるため、リークを見つけることができない。
- × e. 酸素ボンベ連結部のリークはリーク部への石けん水塗布またはガス漏れの音で見つけることができる。

【選択問題 4】 人工呼吸器の従量式換気で気道内圧波形が図のような状態が続いた。最も適切な設定変更はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 吸入気酸素濃度を増加させる。
- 2) 吸気流量を増加させる。
- 3) PEEP を低下させる。
- 4) 最高気道内圧を低下させる。
- 5) 吸気時間を増加させる。

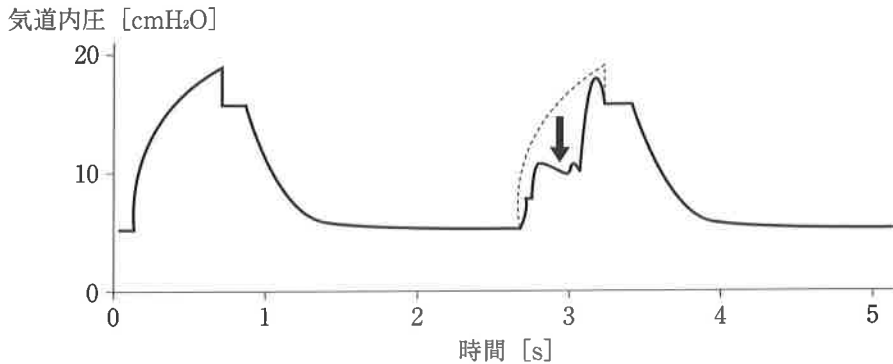
気道内圧 [cmH₂O]



[正解] (選 4) = 2)

[解説] 従量式の換気は設定された一回換気量に達するまで一定の吸気流量が供給される。このときの気道内圧は一回換気量，吸気時間，また呼吸回路の抵抗およびコンプライアンスに依存し，一般に図の左のような波形となる。しかし設定された吸気流量を超える患者の吸気努力が生じた場合は図の右(矢印)のように吸気中の気道内圧の上昇が鈍り，患者の要求する一回換気量が供給されない。

- × 1) 吸入酸素濃度は気道内圧に直接影響しない。
- 2) 患者の呼吸努力に応じた吸気流量まで増加させる。
- × 3) PEEP の低下は回路内圧の低下につながるため不適切である。
- × 4) 最高気道内圧の低下は換気量の低下につながるため不適切である。
- × 5) 吸気時間の増加は一回換気量を増加できるが吸気時の気道内圧の低下は防げない。



【選択問題5】 人工呼吸器の基準・規格について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選5)にマークせよ。[6]

- a. 換気量の誤差は設定値の±10 %以内である。
- b. 酸素濃度の安定度は±10 vol %以内である。
- c. 患者に送られるガスの温度は41°C以下である。
- d. 警報の自動復帰時間は消音時から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10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 5) = 7)

【解説】 人工呼吸器の規格としては JIS T 7204-1989(1995 確認)「医療用人工呼吸器」があり、医療用に使用される成人用、小児用または新生児用の人工呼吸器について規定し、麻酔専用に使われるものも含まれる。また、人工呼吸器の警報については、「人工呼吸器警報基準(厚生労働省告示第 264 号)」が平成 13 年 7 月 30 日に制定されている。

- a. 最高定格電圧の 105 % から最低定格電圧 90 % の範囲、いかなる湿度条件下(温度は 10~37°C の範囲)でも、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. 人工呼吸器に酸素ブレンダが組み込まれているときは、換気回数および 1 回換気量の設定範囲内で、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°C 以上低くならず、また 41°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に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(自動復帰機能)を持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 分間は作動し続けなければならない。

【選択問題 6】 無線式の心電図モニタリングについて誤っているのはどれか。番号を解答欄(選6)にマークせよ。[6]

- a. CM5 誘導の(-)電極装着部位は胸骨柄(胸骨上端)である。
- b. JIS T 1304 では、周波数特性は 10 Hz を基準にして 0.05 ~40 Hz である。
- c. スプリアス発射は搬送に必要な周波数帯域外からの不要な電波の発射のことである。
- d. 1/4 波長のアンテナの長さは、使用周波数が 420 MHz の場合約 10 cm である。
- e. 基線安定化処理を行うと、表示波形は実波形より 0.5~2.0 秒遅れる。

- 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6) = 6)

【解説】

- a. CM5誘導は双極胸部誘導として繁用されるが、CM5のCはchest誘導、Mはmanubrium(胸骨柄)、5は V_5 を表わし、胸骨柄に(-)電極、 V_5 の位置に(+)電極を装着する。第13回午後問題22の解説も参照されたい。
- × b. 心電図モニタリングでは体動などによる基線の動揺を早く復帰させなければならぬので、時定数は心電計の1/10の0.3秒以上と定められている。したがって、周波数特性の低域は0.5 Hzになる。
- c. スプリアス発射の強度は $2.5 \mu\text{W}$ 以下が許容される。
- × d. 420 MHzの電波の波長は $3 \times 10^8 \text{ m} / (420 \times 10^6) \text{ Hz} = 0.71 \text{ m}$ であるので、1/4波長では約18 cmになる。
- e. 基線安定化処理を行うと、3.2秒以上の時定数を保持したままで基線動揺を早く復帰させることが可能であるが、その処理に0.5~2.0秒を要するので波形は遅れて表示される。

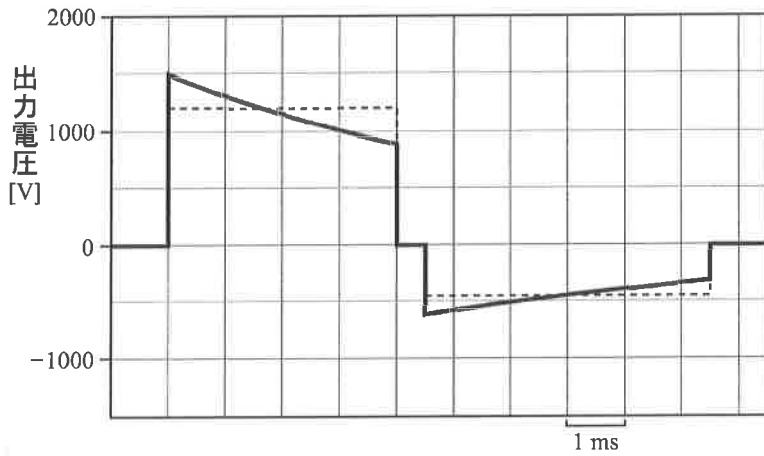
【選択問題 7】 入力換算雑音が $3\mu\text{Vrms}$ の心電計に、 $4\mu\text{Vrms}$ の外部雑音が混入した。標準感度の 2 倍で記録している場合、雑音の peak to peak 値は何 mm になるか。番号を解答欄(選 7)にマークせよ。ただし、雑音の peak to peak 値は $2 \times \text{peak 値}$ から求め、peak 値は雑音の実効値の 4 倍とする。[6]

- 1) 0.2 mm
- 2) 0.4 mm
- 3) 0.8 mm
- 4) 1.6 mm
- 5) 3.2 mm

【正解】 (選 7) = 3)

【解説】 雑音波形は、周波数、振幅、位相が不規則であるので 2 乗平均値あるいは実効値で表し、2 個以上の雑音の加算はそれぞれが独立であれば 2 乗和平方根で求める。入力換算雑音と外部雑音の 2 乗和平方根を v とすると、 $v = \sqrt{(3^2 + 4^2)} = 5\mu\text{Vrms}$ が得られる。一方、雑音の peak 値は経験(確率)的に雑音の実効値の 4 倍(波高率という)とされるので、peak to peak 値は $5 \times 4 \times 2 = 40\mu\text{V}$ となる。標準感度の 2 倍で記録すると、 $1\text{mV} = 20\text{mm}$ から $1\mu\text{V} = 0.02\text{mm}$ となり、これより $0.02 \times 40 = 0.8\text{mm}$ が雑音の大きさになる。

【選択問題 8】 図は 2 相式除細動器の標準負荷抵抗 (50Ω) に対する出力電圧波形である。陽性相と陰性相の出力電圧をそれぞれ 1200 V , -450 V の一定値とみなして計算したとき、出力エネルギー $[\text{J}]$ はおよそいくらか。番号を解答欄 **選 8** にマークせよ。[6]



- 1) 135
- 2) 150
- 3) 175
- 4) 190
- 5) 200

【正解】 (選 B) = 1)

【解説】 電圧 V が負荷抵抗 R に t 秒間加えられたときの消費エネルギーは $V^2/R \times t$ である。題意から、陽性相では 1200 V が 4 ms の間、陰性相では -450 V が 5 ms の間、 $50\ \Omega$ に印加されるので、出力エネルギーは $1/50(1200^2 \times 4 \times 10^{-3} + 450^2 \times 5 \times 10^{-3}) = 135\text{ J}$ となる。

出力回路を CR 放電回路とみなし、初期値を E とすると放電曲線は $E \exp(-t/CR)$ で表される。陽性相の初期値 1500 V が 4 ms 後に 850 V に減少することから、 $1500 \exp(-4 \times 10^{-3}/CR) = 850$ を解いて、 $CR = 7.04\text{ ms}$ が得られる。曲線で囲まれた各相の出力エネルギーは、 $E^2/R \int \exp(-2t/CR) dt = E^2/R (-CR/2)[\exp(-2t/CR)]$ の積分から算出できる。陽性相、陰性相について、それぞれ初期値を 1500 V 、 600 V 、積分区間を $0 \sim 4\text{ ms}$ 、 $0 \sim 5\text{ ms}$ として計算すると、 $108 + 19 = 127\text{ J}$ が得られる。

【選択問題9】 PCIについ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]

- 1) ロータブレータには、粉碎したプラーク細片を回収する機構はない。
- 2) DESは再狭窄抑制を目的とした薬剤溶出性ステントである。
- 3) ステント留置後の抗血小板療法にアスピリンが使われる。
- 4) DCA(方向性アテレクトミ)は石灰化病変の切除に有効である。
- 5) PTCAのバルーンは10気圧程度で拡張される。

【正解】(選9)=4)

【解説】

- 1) ロータブレータは微小人工ダイヤモンドを塗布したチップで病変部を高速粉碎するので、細片は5 μ m以下になり、末梢で閉塞を起こさないので回収機構は必要ない。
- 2) DESはdrug eluting stentの略で、免疫抑制剤や抗癌剤をステント(金属の筒)に塗布し、徐々に放出させることによって血管平滑筋細胞の増殖を抑え、留置後の再狭窄を防ぐ。最近、長期的にはDESのイベント発症率が従来の金属ステント(BMS:bare metal stent)に比べ高いことが問題提起され、DESの有用性を見直す動きがある。
- 3) ステントは金属でできているので血栓を生じやすくアスピリンやチクロピジンなどの抗血小板剤を服用する必要がある。特に、DESでは留置後1年以上経過しておこる遅発性ステント血栓症を防ぐために長期にわたる服用が必要である。
- ×4) DCAはカッターを内腔の粥腫に向けて回転させて切除するものなので石灰化病変には向かない。石灰化病変にはロータブレータが適応である。
- 5) バルーンの規定圧は製品によって異なるが5~10気圧である。

【選択問題 10】 人工心肺周辺装置の装置と機能の組み合わせで誤っているのはどれか。番号を解答欄(選10)にマークせよ。[6]

- a. 血液回収装置 ————— 胸腔内出血血液を人工心肺装置に戻す。
- b. 冷温水コントローラ ——— 循環血液温を調節する。
- c. 気泡検出器 ————— 体内への気泡混入を防止する。
- d. 遠心ポンプ ————— 落差脱血量を調整する。
- e. ヘモコンセントレータ ——— 循環血液を濃縮する。

- 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10)=8)

【解説】

- a. 血液回収装置は胸腔内出血血液を人工心肺装置に戻す働きをする。
- b. 冷温水コントローラは循環血液温を調節する働きをする。
- × c. 人工心肺回路内は血液の流速が高いため、気泡検出器で気泡を検出してからでは体内に送り込むことを防止する操作が間に合わない。また人工心肺装置は生命維持装置であるので、気泡が回路内に混入しても循環を停止できない。従って、体内への気泡混入を防止するためには、患者に返血する手前の回路にバブルトラップや動脈フィルタを使用して気泡を分離する。
- × d. 落差脱血量を調整するためには、静脈リザーバの高さを変えて落差を調節するエレベータ、または、脱血チューブを圧閉して流路抵抗を調節するオクルーダを使用する。
- e. ヘモコンセントレータは循環血液を濃縮する働きをする。

【選択問題 11】 植込み型ペースメーカーならびに植込み型除細動器(ICD)について、誤っているのはどれか。番号を解答欄(選 11)にマークせよ。[6]

- a. ICD にはペースメーカー機能がある。
- b. CRT には電極リードが 3 本必要である。
- c. EAS 機器の影響で ICD に不要除細動ショックが発生することがある。
- d. VDD ペースメーカーは心房ペーシングである。
- e. VOO の設定では電気メスの影響を受けやすくなる。

- 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】(選 11)=10)

【解説】植込み型ペースメーカならびに植込み型除細動器(ICD)についての基本的な問題である。

- a. ICD は植込み型除細動器のことであるが、除細動を行う時以外は、ペースメーカとして機能している。
- b. CRT は心不全治療に使用されるペースメーカである。通常のデュアルチャンパーペースメーカが右房と右室に電極リードを挿入してペーシングを行うのに対して、CRT ではさらに左室側にも電極リードを挿入して、右室と同期したペーシングを行うので、電極リードは、右房、右室、左室の 3 本必要である。
- c. 国の調査では、ICD 装着者(ファントム)が EAS 機器のゲート内で壁に正対して立ち止まると、45 cm の距離で不要除細動ショックが発生することが確認されている。
- × d. VDD ペースメーカは心室ペーシングのみで心房ペーシングは行わない。センシングは心房・心室の両方で行う。
- × e. VOO の設定では、ダイヤモンド機構が働かないので、その分電気メスからの影響も受け難くなる。したがって、電気メス使用時の対策として一時的に VOO モードに設定することがある。

【選択問題 12】 血液透析中の小分子量溶質の血中濃度変化は、以下の微分方程式で表される。

$$\frac{d(VC_B(t))}{dt} = -KC_B(t)$$

ここで、 V は体液量 [mℓ]、 $C_B(t)$ は時間 t [min] における血液中の溶質濃度 [mg/mℓ]、 K はクリアランス [mℓ/min] を表す。体液量、クリアランスが透析中一定であるとする、透析中の溶質濃度は、この微分方程式を解いて、

$$C_B(t) = C_B(0) \exp\left(-\frac{Kt}{V}\right)$$

と表される。

血液透析中の溶質濃度変化について正しいのはどれか、番号を解答欄(選12)にマークせよ。[6]

- a. 溶質濃度の対数値は時間の経過ともなって直線的に減少する。
- b. 体液量が大きいくほど、溶質の濃度低下は遅い。
- c. クリアランスが大きいくほど 4 時間後の溶質濃度は大きい。
- d. $Kt/V=1$ のとき、溶質濃度が初期濃度の半分になる。
- e. 溶質濃度が半分になる時間は、初期濃度に依存する。

- 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) = 1)

[解説]

- a) $\ln\left(\frac{C_B(t)}{C_B(0)}\right) = -\frac{K}{V}t$ となるので、溶質濃度の対数は、時間の経過にともな
って直線的に低下する。
- b) 体液量が大きいほど、濃度変化は少なくなる。
- × c) クリアランスが大きいほど、溶質除去速度が大きくなるので、4 時間後の
溶質濃度は小さくなる。
- × d) $Kt/V=1$ のとき、溶質濃度は初期濃度の 0.368 倍 ($1/e$) となる。
- × e) 溶質濃度が半分になる時間は初期濃度に依存しない。

【選択問題 13】 血液透析において、高分子量物質の除去性能を向上させるのに効果的な方法はどれか、番号を解答欄(選 13)にマークせよ。[6]

- a. 血液流量を増加させる。
- b. 透析膜の細孔径を大きくする。
- c. 透析膜の膜厚を厚くする。
- d. 透析器の膜面積を大きくする。
- e. 並流操作にする。

- 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 13) = 6)

【解説】

- × a. 高分子量物質では、溶質除去は膜律速となっているので、血流量を上げても溶質除去性能はそれほど大きくならない。
- b. 透析膜の細孔径が大きくなると、膜内拡散係数が大きくなるので、高分子量物質の除去性能は向上する。
- × c. 高分子量物質であっても、低分子量物質であっても、膜厚が厚くなると溶質除去性能は低下する。
- d. 高分子量物質では、溶質除去は膜律速となっているので、膜面積を大きくすることで、溶質除去性能を向上させることができる。
- × e. 高分子量物質であっても、低分子量物質であっても、並流操作より向流操作の方が除去性能は高い。

【選択問題 14】 濾過があるときのダイアライザのクリアランスを求めるのに使用しないのはどれか。番号を解答欄(選14)にマークせよ。[6]

- a. 血液側入口流量
- b. 血液側出口溶質濃度
- c. 濾過係数
- d. 血液側出口流量
- e. 膜面積

- 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) = 9)

【解説】 濾過があるときのダイアライザのクリアランスは、

$$CL = \frac{Q_{BI}C_{BI} - Q_{BO}C_{BO}}{C_{BI}} = \frac{C_{BI} - C_{BO}}{C_{BI}} Q_{BO} + Q_F$$

であり、クリアランスを求めるためには、ダイアライザ入口・出口における血流量および血液側溶質濃度の値が必要である。もしくは、血液側入口流量の代わりに、血液側出口流量および濾過流量でもよい。また、

$$CL = \frac{Q_{DO}C_{DO}}{C_{BI}}$$

でもあることから、血液側入口溶質濃度、ダイアライザ出口における透析液流量および透析液側溶質濃度からも求めることができる。

クリアランスを求める際に、濾過係数および膜面積は必要ない。

【選択問題 15】 血液透析液について正しいのはどれか、番号を解答欄(選 15)にマークせよ。[6]

- 1) 乳酸をバッファとした透析液が市販されている。
- 2) pH 調整にクエン酸を用いたものもある。
- 3) カリウム濃度は 0～1 mEq/l である。
- 4) グルコースの濃度は 10 mg/dl である。
- 5) 重曹透析液の HCO_3^- 濃度は 5～15 mEq/l である。

【正解】(選 15) = 2)

【解説】 血液透析液に含まれている組成と濃度を求める問題である。

血液透析液には、Na, K, Cl, Ca, Mg, 重炭酸, ブドウ糖が含まれている。Na 濃度は 140 mEq/l 前後, K は 2.0～2.5 mEq/l, Cl は 100～115 mEq/l, Ca は 2.5～3.5 mEq/l, 重炭酸は 25～30 mEq/l, ブドウ糖は 100～150 mg/dl ぐらいである。したがって, 3)～5) の選択肢は誤りである。

乳酸をバッファとした透析液は腹膜透析に使用されており, 血液透析には使用されていない。したがって, 1) も誤りである。

クエン酸をバッファとした透析液は, 酢酸を全く含まない透析液として 2007 年 7 月より味の素から販売されている。したがって, 2) が正解である。

【選択問題16】 透析療法について関連のないのはどれか。番号を解答欄(選16)にマークせよ。[6]

- a. 低温透析 ————— 代謝異常
- b. 高ナトリウム透析 ————— 口渇促進
- c. アセテートフリー透析 ————— 不均衡症候群発症の減少
- d. オンライン HDF ————— 高分子量物質除去能の向上
- e. ECUM ————— IgG の除去

- 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) = 4)

[解説] 血液透析療法に関する問題である。

- a. 低温透析は血圧低下を防ぐ目的で行われることがある。透析液温度をわずかに低くすることで、末梢血管の拡張を防ぎ、血圧を維持しようという試みである。代謝異常とは関係がない。
- b. 高ナトリウム透析は、透析中細胞内からの除水を促進する目的で行われることがある。透析では血液からの除水のみが行われるが、血液が濃縮されるに伴い組織間から水が血管内へ移動、そして組織間液が濃縮されると細胞内から組織間へと水が移動する。血液中のナトリウム濃度を上げることは細胞外のナトリウム濃度を上げることに等しく、細胞膜のナトカリポンプの働きから細胞内除水ができるが、血中ナトリウム濃度が上昇したまま透析を終了することがあり、結果的に患者が口渇を訴え、引水量が増えて悪循環に陥ることもある。
- c. アセテートフリー透析液は、酢酸不耐症患者に対して循環動態の安定を目的に行われる。
- d. オンライン HDF は透析液を補液的に使用した HDF であり、分子量の大きい物質を積極的に除去できる。
- e. ECUM は透析中除水不足となった患者に対し、透析終了後に透析液を流さず除水のみを行う方法である。透析液を流さないため、浸透圧の変化が少なく、血圧が安定した状態での除水が可能である。

以上のことから、関係がない選択肢は a と e である。

【選択問題17】 透析用の水処理装置について正しいのはどれか。番号を解答欄

〔選17〕にマークせよ。〔6〕

- a. 水道水中のエンドトキシンは逆浸透膜でほとんど除去される。
- b. 逆浸透処理水の電導度の適正な範囲は1~10 mS/cmである。
- c. 軟水化装置には、Na型強酸性陽イオン交換樹脂が用いられる。
- d. 活性炭濾過装置の日常点検は1日に1回、透析終了時におこなう。
- e. 水道水中の細菌はイオン交換樹脂でほとんど除去される。

- 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. 逆浸透膜で水道水中の溶解イオン、有機物、バクテリア、パイロジェン等をほぼ除去される。
- × b. 正しくは $1\sim 10\ \mu\text{S}/\text{cm}$
- c. 軟水化装置は、Na 型強酸性陽イオン交換樹脂により原水中の硬度成分 (主に二価以上の陽イオン Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 等) をイオン交換により除去する装置。この反応は、樹脂に Na^+ が残っている間は継続するが、 Na^+ が置換に消費されるとイオン交換能力が減衰する。この場合は濃厚食塩水を用いて、二価以上の陽イオンと Na^+ の再置換を行う。
- × d. 活性炭濾過装置の逆洗浄は年に 1～2 回の周期で実施する
残留塩素、クロラミン、有機物を吸着除去する。活性炭を充填したものと、繊維状活性炭カートリッジフィルタの 2 種が使用されている。活性炭濾過装置は濁質成分による活性炭表面の汚れや通水流路の詰まりを防止するために、定期的な逆洗浄または交換が必要となる。この工程は「処理水量」に応じて適宜行う。活性炭濾過装置は原水の消毒を目的に用いられる塩素を除去するため、装置内や以後のラインでの細菌繁殖に注意が必要である。))
- × e. 水道水中の細菌は軟水化装置でほとんど除去される
細菌ほとんどは逆浸透膜および限外濾過フィルタ (UF フィルタ) で阻止される。

参考資料：透析液清浄化ガイドライン Ver 1.05：2006 年 8 月 22 日。日本臨床工学技士会。血液浄化関連標準化検討委員会 WG 2(透析液関連)

【選択問題 18】 デジタル脳波計の使用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. リフィルタリング機能を有効に活用するためには DC 記録が望ましい。
- b. システムレファレンス電極位置はボディアース電極位置と同じにする。
- c. エリアシング対策としてサンプリング周波数にナイキスト周波数を用いる。
- d. 判読用ディスプレイ装置の解像度は 17 インチの画面で X 軸 640 ドット, Y 軸 480 ドットのものであればよい。
- e. リモニタージュ機能を使用すると脳波判読時に単極導出や双極導出を自由に設定できる。

- 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 18) = 4)

【解説】従来のアナログ脳波計では単極導出法のように耳垂を基準とした導出や頭皮上の 2 部位間の電位差を記録する双極導出法のようにはじめから導出する 2 電極部位間を定めて脳波を記録していた。しかしメモリー機能をもつデジタル脳波計では最初に頭のどこの部位でも良いからどこかなるべく筋電位雑音の混入しにくい部位を基準に耳垂電極部位を含めて頭皮上の全ての電極部位の脳波を記録して全てメモリーに格納するいわゆる電極単位の脳波を最初に記録する。この雑音混入の少ない頭部のどこかの電極部位をシステムレファレンス電極という。メモリーに格納された電極単位の脳波信号は電極単位同士の脳波を減算することで脳波判読時に単極導出法や種々の双極導出法に自由に変換して判読したり記録したりすることができる(これをリモニタージュ機能という)。またデジタル脳波計では後でいろいろなフィルター設定ができるように(これをリフィルタリング機能という)最初の電極単位の脳波記録時にはできるだけ広帯域のフィルタ設定を行うことが望ましい。従って施設によっては低域遮断周波数などは設定せず、DC 記録を行っている施設もある。

- a. 前述したように DC 記録をしておけば、後で脳波記録の標準時定数を 0.3 秒にして低域遮断周波数を 0.5 Hz に設定したり、記録に基線の動揺が大きい時には低域遮断周波数を 1.5 Hz に設定して脳波判読をすることができる。脳波判読時に汗腺の反応(SSR)や呼吸曲線を正しく観察したいなどのポリグラフ的判読が必要な場合には遮断周波数を 0.05 Hz または 0.01 Hz などに設定することができる。
- × b. システムレファレンス電極部位を基準に脳波を導出する場合にも最初の入力段の増幅器には差動増幅器が使われている(バッファアンプとしての使用する場合にも差動構成のオペアンプが使用されている)ので、差動増幅器のいわゆるニュートラル端子の電極(中性点端子電極)を生体のどこかに接着する必要がある(従来これをボディアース電極と呼んでいる)。脳波導出では一般に前額部が用いられている。従ってシステムレファレンス電極とボディアース電極とは同じ意味ではなく、もし問題のように同じ位置に

- した場合には差動増幅器の片方端子を短絡したシングル増幅器としての使用になり、差動増幅器としての弁別能を生かすことが出来なくなる。
- × c. A/D 変換に必要なサンプリング周波数はナイキスト周波数の 2 倍であるが、エリアシング雑音(信号にナイキスト周波数より高い周波数成分が混在していた場合にはナイキスト周波数を中心にそれより高い周波数成分が低い周波数の方に折り変えされ新たな周波数成分が A/D 変換時に生ずる雑音)の対策としては通常ナイキスト周波数の 3 倍以上の周波数をサンプリング周波数として設定している(一般に A/D 変換する前にデータの前処理としてアナログフィルタ処理おこなっていることが多い)。
 - × d. 国内の学会基準(ペーパーレス脳波計の性能と使用基準 2000)では判読用ディスプレイ装置の解像度は 17 インチの画面で X 軸 1600 ドット, Y 軸 1200 ドット以上でなければならず、それぞれ 2000 ドット, 1400 ドット以上が望ましいとしている。
 - e. 前述したように例えばシステムレファレンス電極を Rs, 耳垂を A, 頭頂部を P, 後頭部を O, とした場合, それぞれの電極単位の脳波は $(A-Rs)$, $(P-Rs)$, $(O-Rs)$ となり, 判読時に単極導出であれば, $(P-Rs) - (A-Rs) = P-A$ となり, 双極導出であれば $(P-Rs) - (O-Rs) = P-O$ となるように自由に導出法を設定できる。

【選択問題 19】 筋電計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]

- a. 周波数特性は 2～1000 Hz(−3 dB)である。
- b. 入力換算雑音は $10 \mu\text{V}_{\text{p-p}}$ 以下である。
- c. 同心一芯針電極の外殻は中性点端子に接続されている。
- d. 電流刺激装置の出力インピーダンスは $1 \text{ k}\Omega$ 以下である。
- e. CMAP(複合筋活動電位)記録用に加算装置が内蔵されている。

- 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19) = 5)

【解説】筋電図には表面筋電図と針筋電図がある。針筋電図には注射針そのものを電極として使う単極針電極と注射針の内空に細い金属線を 1 本または 2 本封入した同心一芯または同心二芯針電極などがある。さらに針先端が数十 μm の単一筋線維筋電図ようなマイクロ針電極がある。これらの電極は表面電極よりも生体組織との接触面積が小さいため、結果として電極接触インピーダンスは非常に高く $100 \text{ k}\Omega$ 以上になることがあり、また単一筋線維筋電図のようなマイクロ針電極では $1 \text{ M}\Omega$ 以上になることがある。通常筋電計の JIS による入力インピーダンスは $10 \text{ M}\Omega$ 以上となっており市販装置の中には $100 \text{ M}\Omega$ 以上のものもある。その他、筋電計には神経を電気刺激することによって神経の支配筋や神経そのものの活動電位を記録する複合筋活動電位(CMAP)や感覚神経活動電位(SNAP)を記録する機能も備えており、特に皮膚表面からは低電位な神経活動電位を検出するために必要な加算平均装置も内蔵している。

× a. JIS では 100 Hz を 100% とし、 $2 \text{ Hz} \sim 10 \text{ kHz}$ で $70 \sim 110 \%$ 以内で平坦な特性が要求されている。通常筋電図は低域遮断周波数を定義する時定数を $0.01 \sim 0.05$ 秒が選ばれ、標準的には 0.03 秒が使われるので、周波数特

- 性を 5 Hz~10 kHz(-3 dB)として表現している文献もある。
- b. 周波数を最高及び最低として(2 Hz~10 kHz), このときの入力換算雑音は $10 \mu\text{V}_{\text{p-p}}$ 以下でなければならない。臨床的には安静時に出現する異常筋電図(線維自発電位など)は数 $10 \mu\text{V}$ 程度のものもあるため, この程度の雑音レベルが要求されている。
 - c. 同心一芯針電極の内芯の針電極は通常差動増幅器の G 1(-)に接続され, 針の外殻は G 2(+)と差動増幅器の中性点端子に接続される。すなわち同心一芯針電極使用時には差動増幅器の入力端子の片方を中性点端子と短絡して使用する。このため比較的交流雑音が入りやすい。ちなみに同心二芯針電極の場合には二芯の針電極をそれぞれ G 1 と G 2 に接続して外殻は中性点端子に接続して差動入力構成とすることができる。
 - × d. 筋電計の電気刺激装置には電流刺激と電圧刺激用がある。組織と刺激電極部位の抵抗は時に数 $10 \text{k}\Omega$ となることがあるため, 刺激電極の接触抵抗が変化しても常に一定の電流で刺激(定電流刺激)するためには刺激装置の出力抵抗は刺激電極の接触抵抗より十分に高いことが必要である。最近はこの定電流刺激装置が多く用いられている。逆に定電圧刺激ではその出力抵抗は十分に小さく $1 \text{k}\Omega$ 以下であることが必要である。
 - × e. 運動神経を電気刺激してその支配筋より検出される複合筋活動電位(CMAP)は数 mV 以上であるので加算平均の必要はない。しかし末梢の指先などの感覚神経の電気刺激によってより中枢側に伝導する神経興奮に伴う感覚神経活動電位(SNAP)を皮膚上から検出する場合にはその検出電位は数 $10 \mu\text{V}$ と低電位である。このため刺激に同期して検出する同期加算平均法がときに必要である。

【選択問題 20】 内視鏡について正しいのはどれか。解答欄(選 20)にマークせよ。

[6]

- 1) 電子内視鏡は光ファイバで画像を本体へ転送しモニタ表示する。
- 2) 内視鏡スコープは EOG 滅菌しなければならない。
- 3) カラー画像を得るために赤, 青, 緑の各光源が用いられている。
- 4) 特定の帯域光を用いた内視鏡で食道癌の検査に特殊な染色を必要としない。
- 5) 内視鏡的粘膜下層剥離術(ESD)を用いれば進行胃癌も内視鏡で治療できる。

【正解】(選 20) = 4)

【解説】電子内視鏡は先端に CCD 等のイメージセンサがマウントされ光の信号は電気に変換された後に本体へ伝送される。ファイバースコープは光ファイバーを介して接眼レンズから対物レンズの向こうの対象物を観察する。画像に記録は接眼レンズ側で電気信号に変換する。現在でも血管内視鏡などのように極めて細い領域には使用されている。

使用後の汚染された内視鏡は管理はセミクリティカル(高水準消毒)に分類され、粘膜や創のある皮膚に接触するが、感染性は比較的低いとされている。そのために酵素入りの中性洗剤で洗浄後に、鉗子孔などをブラッシングした後に、洗浄機でグルタラール、フタラール、過酢酸などで消毒され洗浄される。すなわち長時間の使用で滅菌効果も出てくる高水準消毒薬が使用されている。この消毒よりもっと殺微生物効果のある EOG 滅菌可能な腹腔鏡等の硬性鏡は多いが、軟性内視鏡も不可能ではないが一般的ではない。

白色光源の光を RGB の回転カラーフィルターを通し、白黒の CCD で赤の輝度情報、緑の輝度情報、青の輝度情報毎に画像を撮影し、これらを合成してカラー画像にする面順次方式と RGB の CCD を持つ同時式とがあるが、後者の方がサイズが大きくなる。

最近ではオリンパスによって開発された NBI(Narrow Band Imaging(狭帯

域光観察)によって血液に強く吸収される光と、粘膜で強く反射・散乱される光を用いて中心波長 415 nm と 540 nm のスペクトル幅を狭帯域化し、粘膜表面の血管や粘膜の微細模様であるピットパターン等を強調表示する画像強調技術の開発により色素なしで食道・胃・大腸の早期癌診断の補助が可能となってきた。

胃の粘膜は、(2)粘膜筋版、(4)固有筋層、(6)(1)粘膜層、(3)粘膜下層、(5)漿膜下層、漿膜の 6 層構造である。癌細胞が(1)～(3)までに存在する場合を早期癌と呼んでいる。(4)より深部の場合は進行癌として扱う画、現在の内視鏡的粘膜剝離術(ESD)は早期癌に適応されている。

- × 1) 電子内視鏡は電線で本体へ画像を転送する。
- × 2) 内視鏡スコープは EOG 滅菌をしなくてもよい。
- × 3) カラー画像を得るために赤、青、緑の各光源が用いられる。
- 4) 特定の帯域光を用いれば食道癌検査にルゴール染色が必要ない。
- × 5) 内視鏡的粘膜剝離術(ESD)は現在は早期癌の治療法として普及。

【選択問題 21】 MRI について誤っているのはどれか。解答欄(選 21)にマークせよ。[6]

- 1) 核磁気共鳴を利用している。
- 2) 水素などの奇核を利用している。
- 3) オープン MRI は手術室でも用いられる。
- 4) 造影剤を用いなくても血管造影が可能である。
- 5) 解像度は静磁場強度と相関する。

【正解】 正解なし

【解説】 共鳴現象を利用している計測は一般に鋭敏で、電子にもスピンのように原子核にもスピンがある。ここに電磁波を照射してスピンの変化分と等しいエネルギーを与えるとスピンの状態が変化(励起状態)することを共鳴と呼んでいる。しかし、この状態は不自然な状態なので元に戻る際にエネルギーを放出し元の状態に戻る。この時の共鳴の緩和時間はその原子核の属する分子の運動状態を反映する。

詳しく述べると、物質が磁化されていなければ、核スピンの向きはばらばらで磁化を発生しない。外部から静磁場を作用させると、核スピンの磁化は磁場にわずかにそろう。ラジオ波照射で核磁化を静磁場から傾けると、核磁化は静磁場方向を軸に歳差運動(コマの首振り運動)を行う。その運動の周波数はラーモア周波数とよばれ、原子核に固有であり、かけた磁場の強さに比例し、照射を止めれば元の状態に戻る。この定常状態に戻るまでの緩和現象(relaxation)が、組織によって異なる。MRI では、戻りかたの違いを画像化する。さらに位置情報を確定するために静磁場とは別に、距離に比例した強度の傾斜磁場により、どの位置で共鳴が起こったかを特定する。

生体を構成している主な分子は水であるが、医用 MRI ではこの水素原子に注目している。原子の同位体ごとに固有の核スピン量子数があり、これがゼロである核は観測できない。例えば原子核の陽子数と中性子数で核スピンの種類に分

類でき、陽子、中性子ともに偶数である核は観測できない。すなわち ^{12}C や ^{16}O は観測できない。水素は陽子だけなので奇核である。(MRIはラジオ波(数MHz~数十MHz)の電磁波のエネルギーであるが、固体の状態の原子によるガンマ線の共鳴吸収現象をメスバウアー効果とよぶ。)

磁気共鳴血管画像(MRA: magnetic resonance angiography)血管内を動くプロトン(水素原子核)のみを高信号に描出する手法で血管造影の代わりが可能である。MRIにも造影剤はあり、常磁性のガドリニウムや鉄などが使用され水素原子との相互作用により造影効果を示す。

トンネル型ではないOpen MRI(開放型磁気共鳴画像診断装置)が開発され開放した環境で検査が可能なので術中検査などが可能になってきている。

- 1) ラジオ波のエネルギーを使った核磁気スピンの共鳴現象を利用
- 2) 水素や炭素や窒素の同位体 ^{13}C , ^{15}N なども可能
- 3) 既にナビゲーション手術などで使用されている。
- 4) ガドリニウム等の造影剤もある。
- △5) 解像度は様々な要因が考えられ、静磁場だけでは決まらないが、大きい方が画質は良い。

【選択問題 22】 JIS T 0601-2-24(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)について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選22)にマークせよ。[6]

- a. BF または CF 形装着部に限定されている。
- b. 輸液流量精度は設定値の±10%以内である。
- c. バッテリ消耗により停止する前 30 分間, 警告表示と警告音を出す。
- d. パネルのドアを開けたときに輸液セットをクランプする機能を備える。
- e. 作動中に操作者の一回の操作で設定変更が可能である。

- 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】(選 22) = 7)

【解説】JIS T 0601-2-24:2005 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では以下のように定められている。

- a. 装着部は、BF 又は CF 形とする。
- × b. 作動データの正確度をスタートアップカーブ(スタートアップグラフ)とトランペットカーブ(トランペットグラフ)で表し、取扱説明書に示すことを求めている。旧 JIS では輸液流量は設定値の±10%でなくてはならないとしていたが、上記 JIS では精度の上限を規定していない。使用者は輸液する薬剤の用量効果と、ポンプの正確度を総合的に評価して、使用する輸液ポンプを選択する必要がある。
- c. 主電源又は補助電源として内部電源をもつ機器は、バッテリー消耗のために輸液を停止する 30 分前に、警告音及び警報表示を出さなければならない。この間、機器は、連続的な警報表示及び間欠的な警告音を出さなければならない。
- d. 輸液ポンプのドアを開けたときに発生するフリーフローを防止する構造として、輸液セットをクランプする機能を備える。
- × e. 機器は、偶発、又は意図しない設定値の変化を防ぐ手段(輸液中には設定が変更できない機能、1 回の操作では設定値が変更できない機能など)を付けなければならない。

【選択問題 23】 JIS T 1140(電子体温計)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. 最高温保持機能とは、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。
- b. 測定終了をブザーで知らせなくてはならない。
- c. 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。
- d. 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。
- e. 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。

- 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) = 4)

【解説】JIS T 1140 : 2005 電子体温計には次のように規定されている。

- a. 最高温保持機能 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。
- × b. 測定終了(又は経過)を知らせるブザーについては、体温測定は基本的に医療行為であり、その時間は医療従事者に委ねる内容であり、工業規格が規定できるものでない内容であること、—中略— 規定するべきでない内容と判断して、規定しないこととした。(解説)
- × c. 上記 JIS では最高温保持機能付きのものについて規定しているので、表示温度が低下してゆくことはない、従って、体温変化を連続的にモニタすることはできない。
- × d. 実測式体温計の測定時間は、体の測定部位の温度変化が安定する時間で決められるので、感温素子の応答速度により決められているものではない。
- e. 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(本体)に表示しなくてはならない。

【選択問題 24】 あるフローティング形電気メスの切開出力の基本周波数が 500 kHz であり、内部最大電圧が 400 V であった。アクティブ電極側の対地浮遊容量が 100 pF であるとする、無負荷時の対極板側の高周波漏れ電流の最大値は何 mA か。番号を解答欄(選 24)にマークせよ。ただし、便宜上、この電気メスの内部抵抗は無視するものとする。[6]

- 1) 0.1
- 2) 10
- 3) 50
- 4) 125
- 5) 500

【正解】 (選 24) = 4)

【解説】 簡単な計算問題である。

電気メスの高周波漏れ電流の主な原因は、アクティブ電極(メス先電極)コードや対極板コードおよびその出力回路と電気メス本体筐体との間の浮遊容量である。これが 100 pF だとすると、そのインピーダンスは、基本周波数 500 kHz に対しては、 $3.2 \text{ M}\Omega$ となる。よって、この浮遊容量を通して漏れる高周波電流は、 $400 \text{ V} / 3.2 \text{ M}\Omega = 125 \text{ mA}$ と計算できる。JIS では、個の状態の高周波漏れ電流の最大許容値は、150 mA と定めているので、この電気メスは規格値内の漏れといえる。

なお、題意の内部最大電圧 400 V は、標準負荷抵抗 500Ω を仮定すると、その出力は 320 W となり、一般的な電気メスの最大出力である。

【選択問題 25】 FET イオンセンサ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) ポテンシオメトリックな測定法である。
- 2) ISFET はゲート部分でイオンを検出する。
- 3) 超小型バイオセンサの製作に有利である。
- 4) 低出力インピーダンスのセンサを作ることができる。
- 5) 参照電極としてガラス電極が必要である。

【正解】(選 25) = 5)

【解説】 イオンセンサは血液など電解液中のイオン濃度を測定するトランスデューサの1つであり、中でも pH 電極はガラス電極の内側と外側の水素イオン濃度の差を電位として測定することができる。本測定はガラス界面に生じた電位を検出する方法であるので、ポテンシオメトリック法ともいう。しかしガラス電極であるため電極インピーダンスが非常に高く、また小型化も難しい。FET イオンセンサーは絶縁ゲート形電解効果トランジスタを用いたイオンセンサである。通常 ISFET (ion sensitive field effect transistor) といわれている。FET イオンセンサーはゲート感応膜を介して特定のイオン濃度に対応した電位計測ができることからポテンシオメトリック法によるセンサーである。FET は入力インピーダンスが高く、特にソースホロアとして出力されると低インピーダンスに変換できることから計測装置からセンサー側を見た信号源インピーダンスを低くし電圧増幅を容易することができる。また FET は半導体構成であるためゲートを極めて小さくすることもできることから超小型化も用意に達成できる利点もある。

- 1) 被検溶液とゲート絶縁イオン感応膜間の界面電位をそのまま検出できるためポテンシオメトリックな測定法である。従来のセンサー自身が FET 構造であるため電圧増幅素子としてそのまま電気回路を構成することができる。
- 2) ISFET のゲート部分は半導体基板 (Si) の表面に絶縁膜として SiO₂ 薄膜

と金属(Alなど)薄層を形成させたものが使用されているMOS (metal-oxide-semiconductor) 構造となっている。金属のAlの代わりにいろいろなイオン感応膜をもちいると種々のガスセンサや化学センサを作ることが可能である。

- 3) ゲート絶縁膜の上に有機膜を塗布し、そこに酵素を固定化すると酵素の触媒作用による化学変化によって尿素、ペニシリン、グルコースなどのバイオセンサの製作が可能であるばかりか超小型半導体バイオセンサを作ることができる。
- 4) ISFET は前述で説明したように FET 出力をソースホロアとして低出力インピーダンスとして取り出すことができるためその後の電圧増幅が容易になる。
- × 5) 参照電極には通常 Ag-AgCl 電極が用いられる。ガラス電極は用いられない。

小論文試験問題

医療機器による事故(または故障)の報告を受けたあと、安全管理の責任者として、あなたがとる処置を「医療機器の種類と事故(または故障)の概要」、「原因調査」、「対策の立案と実施」の順で、800～1200 字の範囲で述べなさい。医療機器の種類、事故(または故障)の内容は自分で設定してよい。また、自分の立場はユーザ、メーカー等のいずれでもよい。なお、空白欄は字数にカウントされないので注意すること。[30]