

【問題1】 解答欄 ～ に適当な語句，数字，数式などを記入し，文章を完成せよ。[2×3=6]

- (1) 踏切で待っている人のそばを，警笛を鳴らしながら電車が通り過ぎるとき，警笛音の高さが急に変わることをよく経験するが，これは に基づくものである。
- (2) いま音速を c ，電車の警笛の振動数を f_0 ，電車の速度を u_s ，観測者の速度を u_o とし，これらが一直線上で同じ向きを動くものとするとき，観測者が聞く音の高さを表す振動数 f は， のような式で表される。
- (3) この電車の速度が時速 72 km，警笛の振動数が 500 Hz であるとするとき，電車が近づくときに踏切で待っている観測者の聞く音の高さを表す振動数は Hz となる。ただし，音速は 340 m/s とし， は有効数字 3 桁まで表すこととする。

[正解] ①=ドプラ効果 ②= $f_0(c-u_0)/(c-u_s)$ ③=531

[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。

この問題は、音源である電車が速度 u_s で、観測者が速度 u_o で、一直線と同じ向きに動く場合の波長と振動数を考えるものである。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、

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

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

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。

- (1) 上記の解説より、この現象はドプラ効果に基づくものである。
- (2) 音の向き、音源の速度 u_s の向き、観測者の速度 u_o の向きは、いずれも同じ向きであるから、上記の(2)式のように、 $f_0(c-u_0)/(c-u_s)$ となる。
- (3) $f_0=500$ (Hz), $c=340$ (m/s), $u_o=0$, $u_s=72$ (km/時) = 20 (m/s) を代入し、有効数字を3桁とすると、 $f=531$ (Hz) となる。

【問題2】 次のうち、誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 波は波長が長いほど指向性が強い。
- b. 生体内での音速は、大きい順に頭蓋骨、筋肉、肺となる。
- c. 大きく高い建物の裏側でも表側からの音がよく聞こえるのは、音波の屈折による。
- d. 空気中のように一つの媒質中でも音波の屈折を生じる。
- e. 電磁波は横波の一種である。

- 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= 2

【解説】 波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. 波は振動数が大きいほど、すなわち波長が短いほど指向性が強い。
- b. 音速は、大きい順に固体、水(生体軟部組織)、空気であるから、生体内では頭蓋骨、筋肉、肺の順となる。
- × c. 大きく高い建物の裏側でも表側の音がよく聞こえるのは、音波の回折によるものである。
- d. 波の速さが場所によって異なると波面が曲がるがこれを波の屈折という。いま空気中のように同じ媒質でも上空と地上のように温度が異なると、空气中に伝わる音波の速さが異なるため、屈折を生じることになる。
- e. 電磁波は代表的な横波である。

【問題3】 血液の浸透圧計は、通常凝固点降下度の測定を原理としている。これは、溶液の凝固点の水より低い性質を利用したもので、ちなみに1 molの溶質を含む溶液は -1.86°C で凝固することが知られている。

3-1 ある血液の凝固点を測ったところ -0.54°C であった。この血液の浸透圧濃度(Osmolality) [mOsm/kg-H₂O] はいくらか。小数第1位を四捨五入して、解答欄 に記入せよ。[3]

3-2 この血液に等張なブドウ糖液(C₆H₁₂O₆)の濃度はおよそ何%か。小数第2位を四捨五入して第1位まで求め、解答欄 に記入せよ。[3]

【正解】 =290 mOsm/kg-H₂O =5.2%

【解説】 血液の浸透圧に関する問題である。

3-1 血漿浸透圧の凝固点降下度 ΔT [$^{\circ}\text{C}$] は1 molあたりの溶質を含む溶液で 1.86°C であるので、求める浸透圧濃度(Osmolality) [mOsm/kg-H₂O] は、

$$(0.54/1.86) \times 1000 = 290 \text{ mOsm/kg-H}_2\text{O}$$

となる。

3-2 ブドウ糖(C₆H₁₂O₆)の分子量は $12 \times 6 + 1 \times 12 + 16 \times 6 = 180$ である。

ブドウ糖は非電解質なので

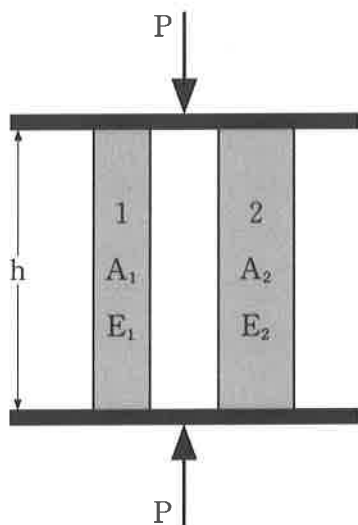
$$290 \text{ mOsm}/\ell = 290 \text{ mmol}/\ell = 0.29 \text{ mol}/\ell = 0.29 \times 180 = 52 \text{ g}/\ell$$

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

$$52 \text{ g}/\ell = 5.2 \text{ g}/\text{dl} = 5.2\%$$

が求める答えである。

【問題 4】 同じ長さの金属製の丸棒 1, 2 が, 図のように剛体によってつくられた平行な板の間にはさまれている。この板によって 2 本の丸棒に圧縮荷重 P を加えたとき, 以下の設問に答えよ。ただし, 圧縮したときの丸棒は 2 本とも同じ長さ h であり, 断面積およびヤング率(縦弾性係数)はそれぞれ A_1 および E_1 , A_2 および E_2 とする。



4-1 丸棒 1 に発生する応力 σ_1 と丸棒 2 に発生する応力 σ_2 , およびヤング率 E_1, E_2 にはどのような関係があるか。関係式を解答欄 に記入せよ。
[3]

4-2 丸棒 1 に生じる圧縮応力 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。[3]

- 1) $Ph / (A_1E_1 + A_2E_2)$
- 2) $Ph / (A_1E_2 + A_2E_1)$
- 3) $PE_1 / (A_1E_1 + A_2E_2)$
- 4) $PE_2 / (A_1E_1 + A_2E_2)$
- 5) $PE_2 / (A_1E_2 + A_2E_1)$

[正解] $\sigma_1 / E_1 = \sigma_2 / E_2$ (2) = 3)

[解説]

4-1 同じ長さの丸棒1と2を鋼体(変形しないとみなせる)の板によって圧縮荷重Pを加えて、丸棒1と2のいずれも長さが同じhになったことは、圧縮荷重によって丸棒1と2に生じる縮みが同じであり、元の長さも設問で同じとしているからひずみも同じである。

ヤング率(E) = 応力(σ) / ひずみ(ϵ)の式から、丸棒1は $E_1 = \sigma_1 / \epsilon_1$ であり、丸棒2は $E_2 = \sigma_2 / \epsilon_2$ である。したがって、それぞれの式を変形すると丸棒1については $\epsilon_1 = \sigma_1 / E_1$ となり、丸棒2については $\epsilon_2 = \sigma_2 / E_2$ となる。

ここで、丸棒1と2のひずみが等しいから $\epsilon_1 = \epsilon_2$ であり、両式の左辺が等しいことになる。したがって、丸棒1と2に発生する応力およびヤング率には $\sigma_1 / E_1 = \sigma_2 / E_2$ の関係がある。

4-2 丸棒1, 2の両方によって圧縮荷重Pに対抗しているから、それぞれの丸棒に発生する応力(σ_1, σ_2)と丸棒の断面積(A_1, A_2)と圧縮荷重Pとの間には、

$$\sigma_1 A_1 + \sigma_2 A_2 = P \dots\dots\dots (1)$$

の関係がある。

上述(4-1)の解 $\sigma_1 / E_1 = \sigma_2 / E_2$ から

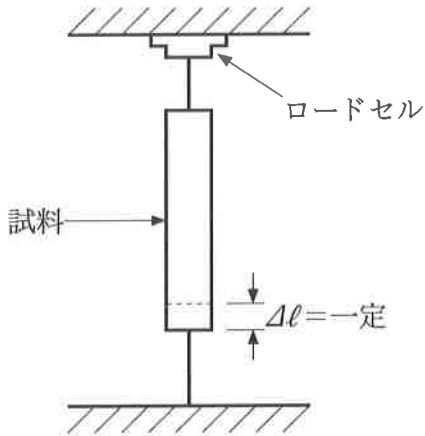
$$\sigma_2 = (E_2 / E_1) \sigma_1 \dots\dots\dots (2)$$

である。

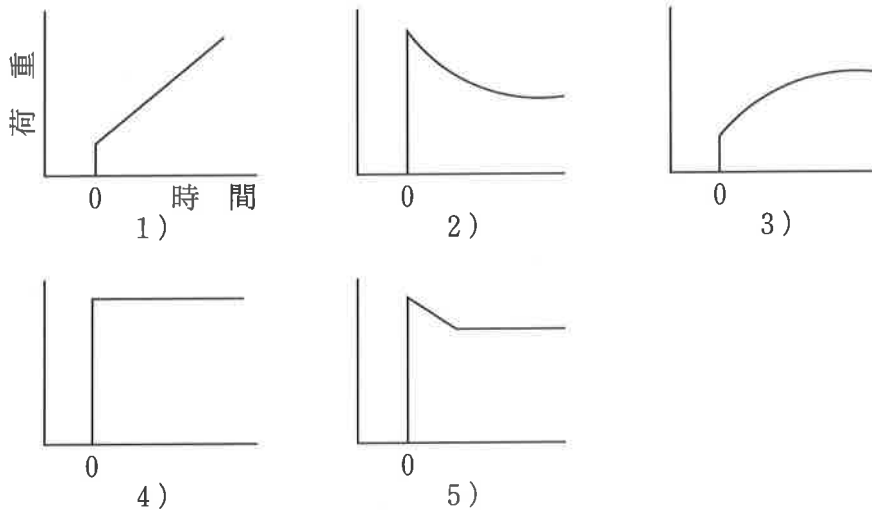
(1)の式へ(2)の式を代入して σ_2 を消去すれば、丸棒1に生じる圧縮応力 σ_1 を表す式は

$$PE_1 / (A_1 E_1 + A_2 E_2) \text{ となる。}$$

【問題5】 下図の装置は、試料に弾性限界を超える一定のひずみを加えて保持し、そのときの荷重をロードセルで計測している。以下の設問に答えよ。ただし、図の横軸が時間で縦軸が荷重を表している。



5-1 伸び Δl を一定に保っている場合、下図の時間に対する荷重の変化で正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]



5-2 この現象は と呼ばれる。適切な語句を解答欄 に記入せよ。
[3]

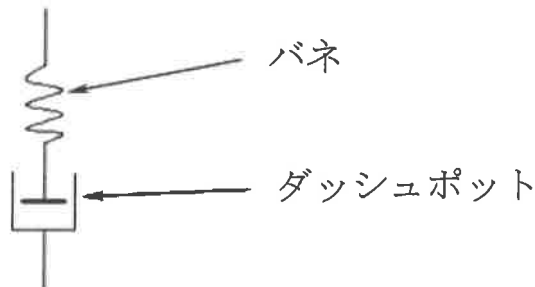
[正解] ③ = 2) ㊦ = 応力緩和

[解説]

5-1 設問の図は、引張り荷重を加えた試料を上下の斜線の部分で固定(伸び Δl が一定)した時の荷重の変化を、ロードセルによって連続的に計測している。

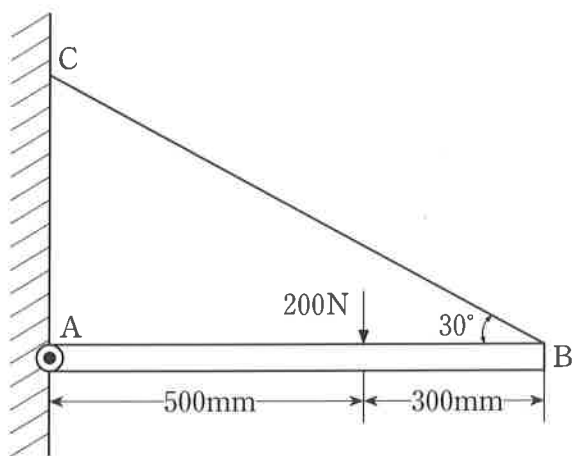
ある瞬間(図の時間軸0の位置)、試料に一定のひずみを与えたことによって試料内に応力が発生するが、この応力は指数関数を含む式で減少していく。したがって、正解は2)である。

5-2 この現象は応力緩和と呼ばれるもので、ひずみを与えた試料内に生じていた応力がクリープ変形によって減少する現象で、図のようにマクスウェルモデルで表される。すなわち試料にひずみを与えられた瞬間、ダッシュポットは瞬間的に動かないが、ばねが伸びるためにその伸びに対応する力が次第にダッシュポットを伸ばしていくので応力が減少していく。



このようなモデルで表される材料であれば応力緩和が生じることになり、金属はじめ多くの種類の材料で生じる。また、常温時に締め付けたボルトが、高温になって締め付ける力が減少することも応力緩和と呼ばれている。

【問題6】 下図のように、一端Aが壁に回転支持されて他端Bが壁Cからのロープで水平に支えられた棒に下向きの力(矢印)が加わっている。ただし、ロープと棒とは 30° の角度をなしており、棒とロープの重さは無視する。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。



- 6-1 ロープにかかる張力は何 N になるか。解答欄 に記入せよ。[2]
- 6-2 支点 A の垂直反力は何 N になるか。解答欄 に記入せよ。[2]
- 6-3 支点 A の水平反力は何 N になるか。解答欄 に記入せよ。[2]

[正解] ㊦=250 N ㊩=75 N ㊪=217 N

[解説] 各設問において、棒を回転させようとするモーメント(加えられた力×支点から力の作用点までの長さ)や、力のつりあいを考えればよい。

6-1 棒が回転支持されているA点を中心にして、棒を左右に回転させるモーメントを考える。矢印で示されている荷重は棒を右回りに回転させようとするので、その右回りのモーメントは力×長さ=200[N]×0.5[m]=100[Nm]である。

この回転をロープで引っ張ることによって止めているわけであるから、ロープの張力をFとするとFsin 30°の力がB点に上向きに作用している。その力がA点を中心にして棒に左回りのモーメントを生じており、その値はFsin 30°[N]×(0.5+0.3)[m]=0.8F[Nm]である。

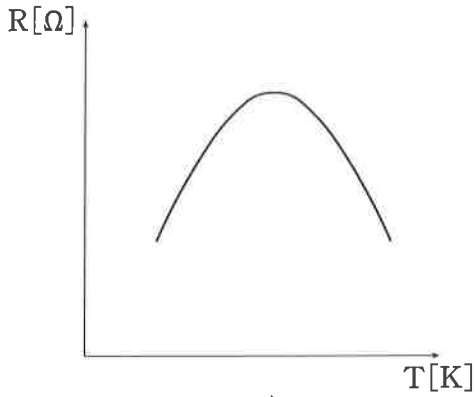
棒はこの状態で回転しないから、両者のモーメントはつりあっているから、 $0.8F\sin 30^\circ[\text{Nm}] = 100[\text{Nm}]$ の式から、 $F = 250[\text{N}]$ である。

6-2 支点Aの垂直反力を R_y とすると、この反力は下から上に向かって働き、Bを中心にして考えれば棒を右回りに回転させようとする右回りのモーメントを生じている。また、荷重PはBを中心にして考えれば棒を左回りに回転させようとする左回りのモーメントを生じている。この状態で棒が回転することなくつりあっているから、両者のモーメントは同じである。したがって、 $R_y \times 0.8[\text{m}] = 200[\text{N}] \times 0.3[\text{m}]$ の式から $R_y = 75[\text{N}]$ である。

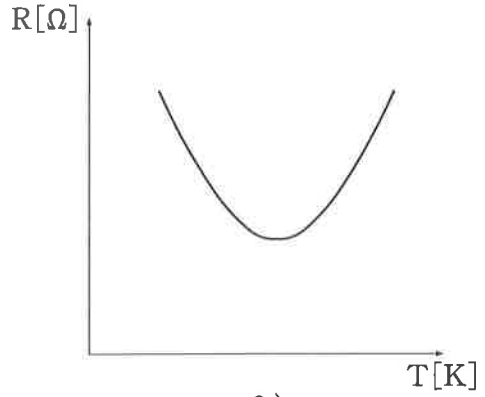
6-3 支点Aの水平反力を R_x とすると、この反力は棒を支えるためにロープにかかる力のうち、壁向きの力に対抗している。この状態でつりあっていることは、水平反力 R_x とロープが棒を壁に押す左向きの力($F \times \sin 60^\circ$)が等しいことである。

したがって、 $R_x = F \times \sin 60^\circ = 250[\text{N}] \times (\sqrt{3}/2) \approx 217[\text{N}]$ である。

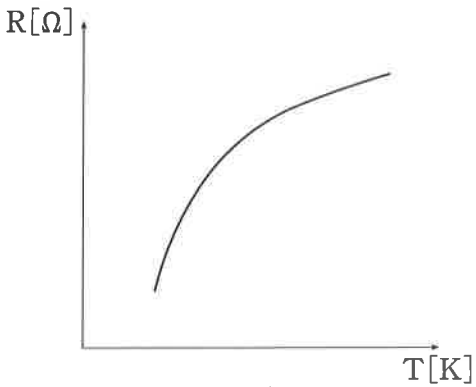
【問題7】 図はいろいろな物質の、温度と抵抗の関係を表している。半導体の性質に最も近いのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]



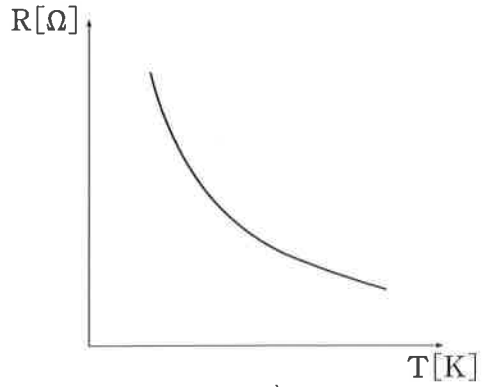
1)



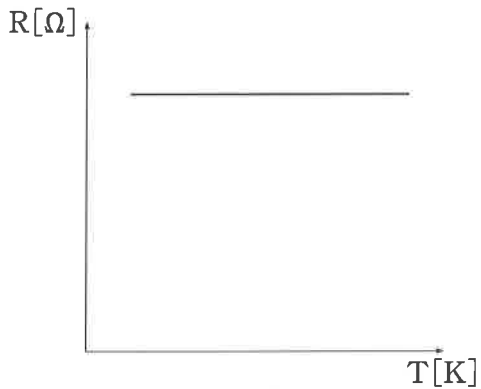
2)



3)



4)



5)

[正解] ④ = 4)

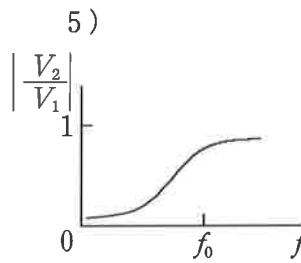
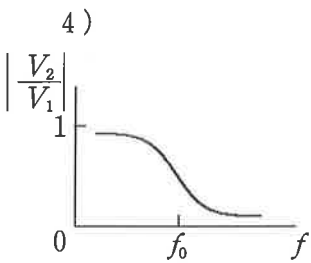
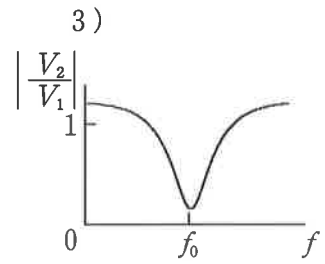
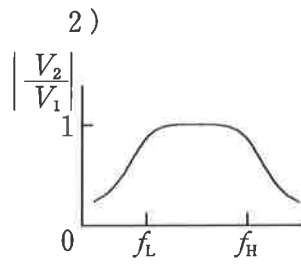
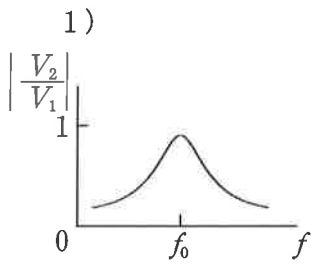
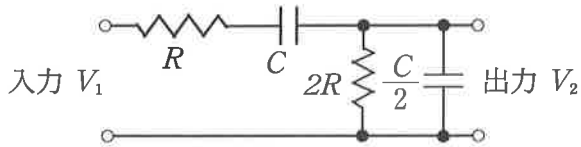
[解説] 金属などの物質は標準的な温度の範囲で、温度の上昇と共に格子振動が活発となり、流れる電流を構成する電子と衝突する確率が上昇するため、電流は流れにくくなる。そのため、抵抗値は温度と共に上昇する。

半導体は金属と異なる性質を持っている。温度と共に電荷が衝突する確率が増加することは同様であるが、それ以上に温度と共に電荷が増加し、結果として抵抗値が減衰する。電荷は、電子(負電荷)とホール(正電荷)の2種類があり、温度が高くなると電荷密度が上昇することが半導体の特徴である。

従って、正解はグラフの形状から4)となる。

【問題8】 図に示す回路の伝達特性(大きさ)の概形はどれか。番号を解答欄

⑤ にマークせよ。[6]



f : 周波数 縦軸 : 直線目盛
 f_0 : $\frac{1}{2\pi RC}$ 横軸 : 対数目盛
 f_L : $\frac{4}{\pi RC}$
 f_H : $\frac{1}{\pi RC}$

問題文中、図面右下の注記3行目に何故か、分母にあたるべき数字が分子にあるという、誤植があります。図中に記載の f_0 , f_L , f_H の大小関係から明らかと思われま

す。

$$f_L : 1/(4\pi RC)$$

です。

またこの注記の中の RC はすべて RC (斜体) です。

[正解] ⑤ = 1)

[解説] RC フィルタなど、多少とも信号処理の電子回路に経験があれば容易な問題と思われる。問題の回路は上部のコンデンサ C と右部の抵抗 $2R$ とで構成される CR ハイパスフィルタと、同じく上部と右部の抵抗 R とコンデンサ $C/2$ とで構成されるローパスフィルタを重ね合わせたものである。上部が直列、右部が並列の場合にはこれら2つのフィルタを共に通過する帯域が残っていればバンドパス型のフィルタになる。ついでながら上部を並列に、右部を直列にするとバンドエリミネート(帯域消去)型に近い特性をもつフィルタを作ること

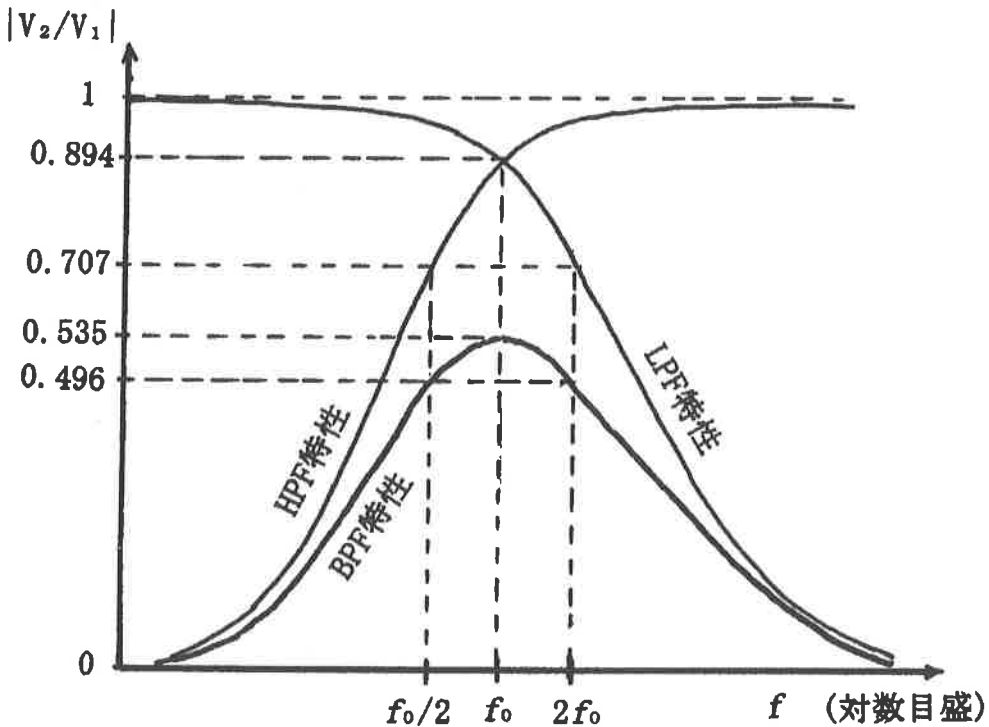
もできる。回路理論の助けを借りれば、「重ね合わせの理」により、見通しよくその伝達特性を求めることができるであろうが、ここでは定性的な考察にとどめる。

先ず、 C 及び R によって定まる周波数(例えば遮断周波数)より十分に離れた周波数での、問題文の回路の振舞いを見よう。非常に低い周波数では、入力から流れ込む電流は、上部の C の存在により小さい値になる。従って、上部の R での電圧降下は無視しうるほど小さい。また、右部の $C/2$ に流れる電流も同様に無視しうるほど小さくなるので、結局、上部の C と右部の $2R$ で構成されるハイパスフィルタの特性に漸近する伝達特性にならざるを得ない。逆に、非常に高い周波数では、上部の C のインピーダンスは殆ど0となり、従って C の両端に生ずる電位差は無視しうるほど小さい。また、右部の $C/2$ のインピーダンスも同様に小さくなり、これに流れる電流に比べて右部の抵抗 $2R$ に流れる電流も無視しうるほど小さくなるので、結局、上部の R と右部の $C/2$ で構成されるローパスフィルタの特性に漸近する伝達特性にならざるを得ない。従って低い周

波数帯では時定数 $2CR$ のハイパス特性, 高い周波数帯では時定数 $RC/2$ のローパス特性に漸近することになる。従って, 解答枝 1), 2) のいずれかが正解であることが明らかで, 3), 4), 5) の可能性は無い。ここに到達できなければ, 再度電気回路を勉強して頂きたい。

この問題の核心は解答枝 1), 2) にあり, 実は 2 者択一問題である。RC 回路の遮断周波数を f_0 とすれば, 上記で述べたハイパス特性の遮断周波数は $f_0/2$, ローパス特性の遮断周波数は $2f_0$ となり, 2 つの遮断周波数の間隔は, 周波数で 4 倍の違いである。対数尺度でその中央になる周波数 f_0 は, 両方の特性の遮断周波数の 2 倍及び半分に当たるが, f_0 において, すでに伝達特性の上に減衰が始まっていることは, このような簡単な RC フィルタで雑音や体動の除去を試みた経験のある方はご存知の筈で, 帯域の切り出しがクリアカットに行かず悩まれたことと思う。

(直線目盛)



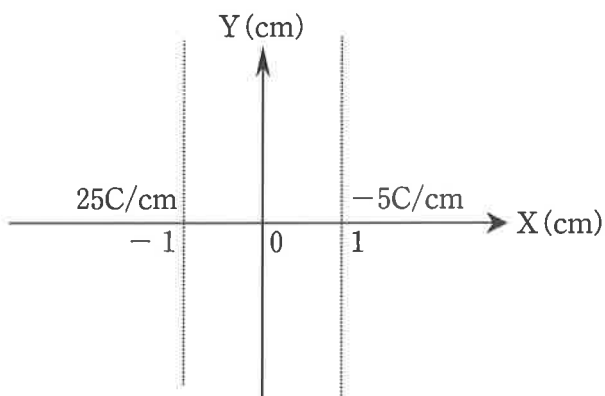
問題文の回路の伝達特性は周波数 f_0 における伝達比の大きさを計算すれば、図に示すようにハイパス及びローパスの2つの伝達特性に対し下側から漸近することが知られ、特性曲線の概形が、図示の「BPF 特性」の通り求まる。この曲線が解答枝 1), 2) のいずれに近いかには議論の余地があるかもしれないが、周波数軸を対数目盛で図示した場合、少なくとも平坦部は存在しない。解答枝 2) の特性は、増幅器などでよく見かけるが上下2つの遮断周波数が十分に離れているときであり、周波数で僅か4倍の違いでは平坦な通過帯域があるとは認め難い。従って、正解は 1) と見るのが妥当である。なお解答枝において各波形の裾野部分が 6 dB/oct 或いは -6 dB/oct の直線になっていないのは、縦軸が直線目盛であって、対数目盛でないためである。

参考までにこの回路の伝達特性を表す式と、 $f_0/2$, f_0 , $2f_0$ における値を記しておく。

$$\begin{aligned} \text{伝達比 } |V_2/V_1| &= 2X/\sqrt{1+12X^2+X^4} && \text{ただし } X=2\pi fRC \\ |V_2/V_1| &\simeq 0.535 (f=f_0) \\ &\simeq 0.496 (f=f_0/2 \text{ 及び } 2f_0) \end{aligned}$$

また、この回路の伝達特性(伝達比の大きさ)の漸近線は、低域側において、 C 及び $2R$ から成るハイパスフィルタの漸近線に一致し、高域側において、 R 及び $C/2$ から成るローパスフィルタの漸近線に一致することを確かめてほしい。

【問題9】 図に示すように X 軸上の -1 cm と 1 cm 点で Y 軸に平行の無限長線 (点線) 上にそれぞれ線密度 25 C/cm , -5 C/cm の電荷が分布している。電界がゼロとなる場所は X 軸上ではどこか。解答欄 に記入せよ。[6]



【正解】 Ⓚ = 1.5 cm

【解説】 無限長線上に線密度 σ [C/m] の電荷が分布している場合、無限長線から距離 r の点での電界 E [V/m] は $E = \frac{\sigma}{2\pi\epsilon_0 r}$ である。(距離の 2 乗に反比例しているのではなく、距離に反比例していることに注意)

電界がゼロとなる点の座標を x とすると、 25 C/cm の電荷が分布している線電荷による x 点での電界 E_1 は

$$E_1 = \frac{25}{2\pi\epsilon_0(x+1)}$$

-5 C/cm の電荷が分布している線電荷による x 点での電界 E_2 は

$$E_2 = \frac{-5}{2\pi\epsilon_0(x-1)}$$

$E_1 = E_2$ であれば、 x 点での電界はゼロとなる。従って、 $x = 1.5\text{ cm}$ となる。

【問題10】 図1に示す回路の負荷抵抗 Z に流れる電流 i を鳳-テブナンの定理を用いて解くと図2の回路が得られ、 $i = \frac{V_1}{Ra + Z}$ が求まる。ここで、 Ra の正しい式を解答欄 に、また V_1 の正しい式を解答欄 にマークせよ。

[3×2=6]

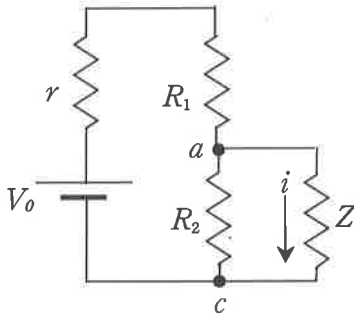


図1

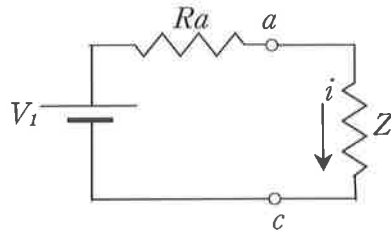


図2

の解答群

- 1) $\frac{R_2(R_1+r)}{r+R_1+R_2}$ 2) R_1+R_2+r 3) $\frac{r(R_1+R_2)}{r+R_1+R_2}$
 4) $\frac{R_1(R_2+r)}{r+R_1+R_2}$ 5) $\frac{R_1R_2r}{R_1R_2+R_2r+R_1r}$

の解答群

- 1) $\frac{V_0}{R_1+R_2} R_2$ 2) $\frac{V_0}{R_1+R_2+r} R_1$ 3) $\frac{V_0}{R_1+R_2+r} R_2$
 4) $\frac{V_0}{R_1+R_2} R_1$ 5) $\frac{V_0}{R_1R_2} (R_1+R_2)$

【正解】⑥= 1) ⑦= 3)

【解説】 R_a の値は図1のa,cから回路側を見た抵抗値である。定電圧源 V_0 の内部抵抗はゼロであるから、a,cから回路側を見た抵抗値を考える場合には、 V_0 部分は抵抗値ゼロすなわちショートすればよい。従って、図1に示す R_2 と R_1+r の並列抵抗が R_a になる。

$$\text{従って、 } R_a = \frac{R_2(R_1+r)}{R_1+R_2+r} \text{ となる。}$$

V_i の値は、図2に示すようにac間に接続されている抵抗 Z を取り外しac間をオープンにした時のac間電圧である。

$$\text{従って、 } V_i = \frac{V_0}{R_1+R_2+r} R_2 \text{ となる。}$$

図1

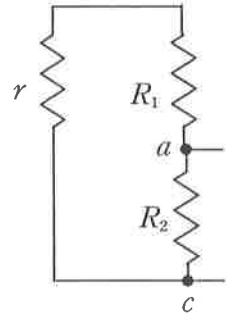
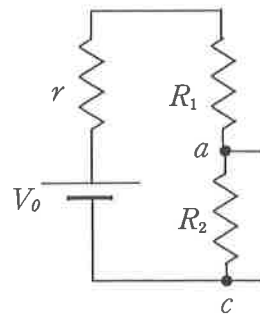


図2



【問題 11】 生体組織内で磁束密度が時間的に変化すると、による電流が磁力線を取り巻くように流れ、磁束密度の変化を軽減するように働く。この軽減する効果は生体組織のが大きいほど、時間的変化が速いほど強く、磁力線(電磁波)が生体組織内に入り難くなる。骨格筋と脂肪に同じ強さの電磁波を照射したとき脂肪組織内のほうが深くまで電磁波が到達するのはこのためである。空欄にあてはまる正しい番号を以下の解答群からえらび解答欄～にマークせよ。[3×2=6]

の解答群

- 1) 静電誘導 2) 電磁誘導 3) 変位電流
- 4) 磁束密度 5) 電束密度

の解答群

- 1) 透磁率 2) 導電率 3) 比誘電率
- 4) 誘電率 5) 抵抗率

[正解] ⑧ = 2) ⑨ = 2)

[解説] 磁束密度が変動するとその変動を起こさせない様にするため、言い換えると磁束密度の変動する前の磁束密度を維持するように逆起電力が生じる。この現象を電磁誘導とよぶ。逆起電力 V が生じた場所での導電率が σ [S/m] とすると、その場所に $i_c = \sigma V \frac{V}{\rho}$ なる電流が流れる。ここで、 ρ は抵抗率である。この電流は磁力線を取り巻くように流れる。この電流は渦電流と呼ばれ、この電流により磁界が発生し磁束密度の変化を軽減しようとするのである。

ここで、理解を深めるため、非常に大雑把な説明をする。

一本の電線中を電流 i が流れたとすると、電線の回りに右ねじの法則*に従って磁界 H が生じる。従って、電流が変化すると H も変化することになる。 H が生じている所の透磁率が μ 、面積が S とすると磁束 ϕ が次式で定義される。

$$H \propto i$$

$$B = \mu H$$

$$\phi = BS$$

電流 i が時間と共に変動すると、磁束 ϕ も時間と共に変動することになる。逆起電力 V は

$$V = -\frac{\partial \phi}{\partial t} \text{ であらわされる。}$$

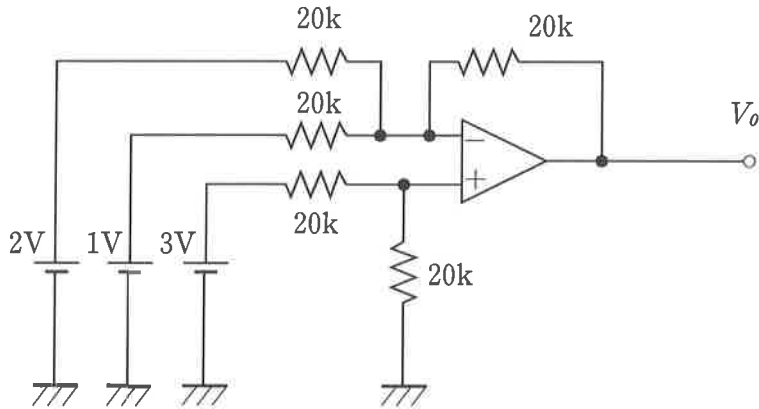
電流 i が正弦波的に変動 ($i = \sin \omega t$) する場合、逆起電力 V と渦電流 i_c はそれぞれ次式で与えられる。

$$V \propto -\frac{\partial \sin \omega t}{\partial t} = -\omega \cos \omega t,$$

$$i_c = -\frac{\omega \cos \omega t}{\rho} = -\sigma \cos \omega t,$$

となり、 V は電流の周波数に比例して大きくなる。すなわち、磁界の変動が速いほど逆起電力が大きくなり渦電流が大きくなる。この結果、渦電流 i_c による磁界は周波数と共に増加しもとの磁界を軽減する。

【問題 12】 図の回路の出力 V_o は何ボルトか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]



- 1) -3
- 2) -1.5
- 3) 0
- 4) 1.5
- 5) 3

【正解】 ⑩ = 4)

【解説】 演算増幅器の出力電圧は、原則として以下の通り計算する。

- ・非反転入力端子の電位 V_A を求める。
- ・バーチャルショートが成り立てば、反転入力端子電位 V_B も同じになる。
- ・各入力電位と反転端子の電位から総入力電流 I_F が求まる。
- ・その電流がすべて、抵抗 R_F を通って出力に流れるので、

$$I_F = (V_B - V_O) / R_F$$

$$V_O = V_B - I_F \times R_F$$

となる。

問題の回路の場合、入力が 3 V、二つの 20 k の直列抵抗の midpoint より

$$V_A = 1.5 \text{ V} \quad \text{従って } V_B = 1.5 \text{ V}$$

V_B に関して、2 V と 1 V の入力電流は大きさが同じで向きが反対である。

従って、出力に流れる電流 I_F は、 $I_F = 0$

故に式より、 $V_O = V_B = 1.5 \text{ V}$

【問題 13】 電子メールの使用において、ウイルス感染を予防するための知識として誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 添付ファイルを開かなければ、ウイルスに感染することはない。
- b. 拡張子が exe, bat, scr, pif などの添付ファイルは安易に開かない。
- c. HTML メール of 自動表示を無効にする。
- d. OS のアップデートでセキュリティホール対策をする。
- e. プレビュー機能を有効にする。

- 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] ① = 4)

[解説] 電子メールの使用により、ウイルス感染をおこさない知識を整理するための問題である。

- × a. Nimda や Badtrans など、メールを受信しただけで感染してしまう「ダイレクトアクション型」ウイルス/ワームで世界中に深刻な被害をもたらしたことから、添付ファイルを開かなければ、ウイルスに感染することはないと考えるのは危険である。
- b. 実行形式ファイルの拡張子 .exe, .bat, .scr, .pif などが電子メールに添付されている場合は、ウイルスが入っている可能性があるため、安易に開かない。
- c. 現在の Windows 用電子メールソフトにおける HTML メール の処理方法は、Internet Explorer と同じシステムコンポーネントで処理するものと、メールソフト側で前処理を行ってから Internet Explorer に引き渡すものに大別できる。前者は Internet Explorer のセキュリティホールに影響するので、HTML メール の自動表示を有効にすることは避けるべきである。
- d. ウイルスは日々新種が現れている。Windows に代表されるように OS のセキュリティホールの脆弱性をなくすには、最新の OS となるようアップデートを行うことが重要である。
- × e. メールを開封しなくてもメールの中身が確認できる「プレビュー機能」を使うと、もしメールにウイルスファイルが付いていた場合、自動的にウイルスが実行されてしまう危険があるため、プレビュー機能を有効にして使わない。

【問題 14】 RFID タグ(IC タグ)に関する記述で誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) RFID リーダを医療機器に近接させても医療機器の動作に影響を及ぼすことはない。
- 2) RFID タグの近くに金属があると正確に読み取れないことがある。
- 3) 複数枚の RFID タグが重なり合っている状態では読み取れないことがある。
- 4) RFID リーダのアンテナが通信範囲外の場合、RFID のデータは読み取れない。
- 5) RFID タグ自体に電源を持っているものもある。

【正解】 ⑫ = 1)

【解説】 RFID(IC タグ)の原理に基づく、読み取りの可否や医療機器への影響を尋ねた問題である。

- × 1) RFID リーダが近接すると、その電磁波により医療機器の動作に影響を及ぼすことがあるので気をつけなければならない。
- 2) RFID タグの近くに金属があると、電磁波がタグのアンテナを正常に横切らないため、タグに起電力が発生しないため正確に読み取れないことがある。
- 3) 複数枚の IC タグが重なり合っている状態では、b) と同様に電磁波が正常に横切らないため、読み取れない場合がある。
- 4) RFID リーダのアンテナが通信範囲外の場合、電磁波が弱くなるため、RFID のデータは読み取れないことがある。
- 5) RFID の多くは、タグ自体に電源をもたないパッシブ方であるが、最近では RFID タグ内に自らが電源を持つアクティブ型が開発され、通信距離を長くする状況においては威力を発揮している。

【問題 15】 誤っているのはどれか，番号を解答欄 にマークせよ。 [6]

- a. WiFi : ペアケーブルを利用した LAN で使う通信規約。
- b. CDMA : 同一の周波数帯域内で複数の通信を行うために使う通信方式。
- c. DSL : 電話用銅線ケーブルを使う高速デジタル伝送方式。
- d. FDDI : 同軸ケーブルを利用した LAN で使う通信方式。
- e. IrDA : 赤外線を利用したデータ通信の規約。

- 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 = 3)

【解説】 無線および有線の通信規約等についての問題である。

- × a. WiFi (Wireless-Fidelity, Wi-Fi と書くこともある。ワイファイと読む) は、無線 LAN の規格 IEEE 802.11 シリーズに準拠し、相互接続性が確認された製品に与えられる業界団体の認定マークである。
- b. CDMA (Code Division Multiple Access。符号分割多元接続) は、送信信号に異なった符号を乗算して送信することによって同じ周波数帯を使いながら同時に複数の通信を可能にする技術で、携帯電話で広く使われている。
- c. DSL (Digital Subscriber Line, デジタル加入者線) は、電話回線を使って双方向の高速データ伝送を行う技術をいう。加入者と電話局の間では、上りと下りで伝送速度が異なる非対称 DSL (Asymmetric DSL, ADSL) が一般的である。
- × d. FDDI (Fiber-Distributed Data Interface) は、光ファイバを利用して 100 Mbps の通信が可能な LAN 規格の一つである。基幹のネットワークに使われる。
- e. IrDA (Infrared Data Association) は、赤外線を利用した近距離データ通信を行なうための規格、またはそれを定めた業界団体の名称である。パソコンや携帯電話の赤外線通信に使われている。

【問題 16】 プログラミング言語について誤っているのはどれか、番号を解答欄

⑭ にマークせよ。[6]

- a. 高水準言語で記述したプログラムを実行するには、コンパイラやインタプリタ等のソフトウェアが必要になる。
- b. 高水準言語は、CPU に依存した処理を簡単に記述できることにメリットがある。
- c. 機械語を人間にわかりやすい記号列に変換したアセンブリ言語は、低水準言語である。
- d. スクリプト言語とは、シミュレーション用の言語の総称である。
- e. マクロ言語とは、アプリケーションソフトの機能をキーやマウスなどの直接操作に代わってプログラム化して利用するための言語である。

- 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】 ⑭ = 6)

【解説】

- a. コンパイラは高水準言語で記述されたプログラムを単独で実行可能な機械語のプログラムに変換する。インタプリタは元のプログラムの記述に沿ってその処理を解釈して実行するソフトウェアである。
- × b. 高水準言語ではより人間の思考に近い形式でプログラムを記述でき、その形式(文法)は規格等で定められており、特定の CPU(機械)に依存しない。
- c. 問題文の通り。
- × d. スクリプト言語とは、いくつかの命令を組合せたひと塊の処理(スクリプト)を記述する簡易的な言語の総称である。ウェブ文書の記述に使われる Javascript, PHP などがあるが、さらに機能が豊富なスクリプト言語もある。
- e. 身近な例として、表計算(スプレッドシート)における処理の自動化がある。

【問題 17】 コンピュータに使用されるメモリ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. メインメモリは基本的に RAM で構成される。
- b. CPU 内にキャッシュメモリを持つことによって、処理を高速化することができる。
- c. コンピュータの起動時に最初に必要となるプログラムなどは、ROM に格納されている。
- d. 紫外線を当てることによって書き換えができる ROM をマスク ROM という。
- e. USB フラッシュメモリは、SRAM の一種である。

- 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=10)

【解説】

- a. RAM(Random Access Memory)は、任意に番地(アドレス)を指定して、その内容を読んだり書き換えたりすることのできるメモリである。
- b. CPUとメモリ間でのデータ転送速度が高速化のボトルネックになる。キャッシュメモリで転送データを一時保持することで、実効的なデータ転送を高速化している。
- c. ROM(Read Only Memory)は、読出し専用メモリである。
- × d. マスクROMとは、製造段階でフォトマスクによって記憶内容が固定されたROMで、書き換えは不可能である。紫外線で消去可能なROMは、現在ではフラッシュメモリで置き換えられている。
- × e. フラッシュメモリは、電氣的に書き換え可能なEEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM)の一種である。SRAM(Static RAM)は、記憶保持にリフレッシュ動作が必要ない半導体メモリで、高速(キャッシュメモリなど)または低電力が要求される場合に使われる。

【問題 18】 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. 心電図や脳波などのような時系列データの交換／表示を MFER 規格で共通化する。
- b. データの入出力のプロトコールには、ハードウェア的にもソフトウェア的にも一般性・互換性の高い規格を採用する。
- c. ソフトウェアはハードウェアを製造しているメーカーのソフトウェアを採用しなければならない。
- d. 現在の医療機器のほとんどはソフトウェアで制御されているので、機器導入直後に独自の改良を加えたソフトウェアに変え使用する。
- e. 医療機関の必要に応じて、システムに蓄積された全データを CSV 形式で自動出力できる機能を仕様の一つとする。

- 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】 ⑩ = 8)

【解説】

- a. レントゲン写真や X 線 CT そして MRI や超音波画像など、いわゆる医療画像に関しては DICOM 規格があり、診療現場への普及が進んでいるが、この問題にあるような時系列データについては統一規格が少ない。MFER 規格とは医用波形標準化記述規約(MFER: Medical waveform Format Encoding Rule)の頭文字で、心電図、脳波、呼吸波形など医用波形を相互利用するための標準規約である。医用波形は、HL 7, DICOM, IEEE 1073(ISO 11073)などでも記述できるが、利用範囲は限られていたり、複雑な仕様を実装しなければならない。MFER は手軽に利用できる標準化である。MFER 規約の基本方針は、1) 単純であること：手軽で安価に実装でき、またトラブルを防ぎ、検証を容易にするためである。

2) 医用波形にのみに特化し、患者情報の記述、メッセージ交換、データベース管理などはそれを得意とするシステムと容易に協調できることを前提にしている。3) 医用波形は検査、電子カルテなど治療、臨床で使用されるのみならず各種研究に利用できる。の3点である。記述できる医用波形は、ほとんどすべての種類の心電図、一般的な脳波、筋電図、血圧波形、脈波、心拍出量、呼吸、麻酔ガス波形、(O)CRG、CTGなどであり、さらに今後の追加が検討されている。参考資料：<http://ecg.heart.or.jp/Jp/Index.htm>

- b. ソフトウェア、ハードウェアともに、一般性・互換性の高いものを使わないと必ず発生する補修・改良・更新の際の大きな足かせとなる。部品が無いのでもう修理できないとか、ソフトウェアのサポートが終了したのでセキュリティが確保出来ないなどから始まり、特殊部品なので高いとか、1社のみしか取り扱えないなどである。汎用性の高いものを上手く使うことができるのがME技術者の底力である。
- ×c. この方針は相性も良く、一見正しいようにも思え、そのような特殊な場合もあるが、一般論としては間違いである。ハードウェアから独立してソフトウェアを選定・調達するという認識がないと、選択肢が狭まり、結果的に低機能高価格のものを選ぶこととなる。ただしハードウェア依存性(例えば、ディスクやメモリ容量とか、チップセットの種類)のソフトウェアの存在は言うまでもないので、選定にはそれらに関する知識が必要であることは言うまでもない。
- ×d. 先の選択肢b.の解説を読めば自ずと明らかであろう。特殊にすればするほど後が大変である。また、改正薬事法の間から推奨されるものではない。
- e. 汎用性のたかいフォーマットでデータを確保できることは、日々のメンテナンス、バックアップ、研究資料、経営分析資料、機器更新の際の検討材料、機器更新の際のメーカー横暴抑止、など大いに有用である。

【問題 19】 日本の EMC 規格である JIS T 0601-1-2 では、一般の医用電気機器の放射無線周波電磁界に対するイミュニティ(妨害排除能力)の許容値は とされている。この許容値を満足させるためには、第 3 世代携帯電話を医用電気機器から 以上離す必要がある。空欄にあてはまる最も近い値の番号を解答欄 ~ にマークせよ。ここで、放射する電波の電界成分 $E[V/m]$ は $E=7 \times \frac{\sqrt{P}}{r}$ (理想的な半波長ダイポールアンテナの場合) の式で表せるとし、第 3 世代携帯電話の最大出力 P は 250 mW であるとする。ただし、実際の携帯電話端末では相対利得が -2 dB 程度あることを考慮せよ。[$3 \times 2 = 6$]

の解答群

- 1) 0.3V/m 2) 1V/m 3) 3V/m 4) 10V/m 5) 30V/m

の解答群

- 1) 10cm 2) 60cm 3) 90cm 4) 110cm 5) 150cm

【正解】 = 3) = 3)

【解説】 日本の EMC 規格である JIS T 0601-1-2 では、一般の医用電気機器の放射無線周波電磁界に対するイミュニティ(妨害排除能力)の許容値は 3 V/m と規定されている。第 3 世代携帯電話の場合で、この許容値を満足させる最大干渉距離 r を求めるためには、理想的な半波長ダイポールアンテナの場合に放射する電波の電界成分 $E[V/m]$ を表す式 $E=7 \times \frac{\sqrt{P}}{r}$ に第 3 世代携帯電話の最大出力 $P=250$ mW, ならびに $E=3$ V/m を代入して r を求めればよい。その結果, $r \doteq 1.16$ m となるが、これは理想的な半波長ダイポールアンテナの場合であって、実際の携帯電話端末では相対利得が -2 dB ($\doteq 0.79$) 程度あることを考慮すると, $r \doteq 1.16$ m $\times 0.79 = 0.92$ m となる。

このことから、JIS T 0601-1-2 を満足している医用電気機器と第 3 世代携帯電話の組み合わせならば、1 m 程度を使用安全距離と設定できることを示唆しているものと考えられる。

【問題 20】 フェイルセーフの機能を持つ医療機器を1つ挙げ、どのような機能がフェイルセーフなのかを100～150字で解答欄 に説明せよ。〔6〕

【正解】 (例)

電気メスの対極板コード断線時に高周波出力を遮断する機構。対極板コードが断線すると高周波分流の増大を惹起し、熱傷事故発生の危険性が生ずる。断線という故障状態(フェイル)を検知した時に、出力を停止すれば熱傷事故は起こらないので安全性(セーフ)は確保される。(126字)

【解説】 「フェイルセーフ」は fail(故障, 失敗など)が発生しても、それをいち早く察知して、システム全体を危険のもっとも少ない(safe)方向に自動的に導く安全対策の一手法である。

キーワードとして、「故障・失敗などの検知」→「自動的に」→「危険性の最も少ない状態にする」の3つがこのシステムの必須要素である。

しかし、このシステムを構築するには、「あらかじめ故障・失敗を予測する」ことが必要で、いわゆる「想定外」の事象には対処できない。また、「危険性の最も少ない状態」は、事象によって違うので、システムの性質によって、「機器の全停止」、「機器の機能の一部停止」、「機器の機能の一部低下」、「代替機能の活性化」などがある。よって、「何があっても安全になるシステム」というわけではない。なお、もう1つの要素の「自動的に」は、時間的なファクタとして「瞬時に」「徐々に」「段階的に」などのシステムに応じた安全上の配慮が入る。

一般機器では、「転倒すると自動消化する石油ストーブ」や「信号を見落としでも自動的にブレーキが掛かる列車自動停止装置」などがある。

医療機器としては、正解例のほか、「輸液ポンプの気泡検知の際の輸液停止機構」などがある。

【問題 21】 ヒューマンエラー対策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. 人がエラーを起こすことを前提とする。
- b. 工学的に人間の特性を変更する。
- c. ヒヤリ・ハット事例を収集・分析する。
- d. ヒューマンエラーに対する罰則を設ける。
- e. 注意喚起のための標語を作る。

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

【正解】 ⑱ = 6)

【解説】 ヒューマンエラーとは、人間の過誤(ミス)のこと、人為ミスとも呼ばれる。ヒューマンエラー対策は、人間は必ず過誤を犯すとの前提で、完璧な対応策はないといった観点に基づいて講じる必要がある。また人間の生来の特性を変えることは困難なので、人間の特性を受け入れ、その特性がマイナスで現れないようにシステムで対応する。

- a. ヒューマンエラー対策の大前提。
- × b. 現在はまだ不可能なこと。工学的に人間の間違いを防止したりその被害を最小にすることができる。
- c. 最も効果的な対策と考えられる。
- × d. 個人を攻めるのではなく、逸脱した行為を取り巻く環境、条件などに目を向けて追及することが必要。
- e. 対策の一つだが、気付かなければ効果は少ない。

【問題 22】 品質管理で用いられる QC 手法(道具)の説明として誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. パレート図 : 結果と原因の因果関係を表した図でありフィッシュボーンともいう
- b. 特性要因図 : 不具合, 故障などの発生件数等を項目別に分け, 件数の大きい順に並べた図
- c. ヒストグラム : データ(計量値)の区間幅ごとの度数を棒グラフで表した図
- d. チェックシート : データ(計量値)が分類項目別のどこに集中しているかを見やすく整理したもの
- e. 散布図 : 2つの対になったデータをグラフ上に点で表した図

- 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 = 1)

[解説] 正しい説明はつぎのとおりであり、問題の a と b の説明が逆になっている。

- × a. パレート図：不具合，故障などの発生件数等を項目別に分け，件数の大きい順に並べた図であり，問題点がどこにあるかを見出すために有効である。
- × b. 特性要因図：結果と原因の因果関係を表した図でありフィッシュボーンともいう。故障の原因の整理あるいは品質管理のために出された多くの意見を1枚の図に整理して表すことができる。
- c. ヒストグラム：データ(計量値)の区間幅ごとの度数を棒グラフで表した図であり，グラフ全体の形からバラツキや異常を知ることができる。
- d. チェックシート：データ(計量値)が分類項目別のどこに集中しているかを見やすく整理したものであり，チェック状況の姿から異常な箇所を知ることができる。
- e. 散布図：相関図ともいう。2つの対になったデータをグラフ上に点で表した図であり，このデータ間にどのような関係があるかを知ることができる。

【問題 23】 図 a と同じ意味を持っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]



図a

1)



2)



3)



4)



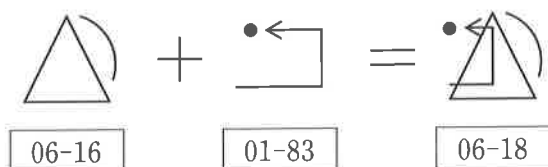
5)



【正解】⑳ = 1)

【解説】問題図は、JIS T 1006「医用電気機器図記号」の06-18に規定されている「警報一時切り」を意味する図記号である。「アラームオフの状態」を示す図記号である。

一方、正解肢である1)の記号は、06-16に規定されている「警報」の記号と01-83の「初期状態への復帰」を示す図記号が組み合わされたもので、「警報状態を初期状態(すなわち、警報が発報していない状態)に戻すこと」を意味しており、「警報一時切り」を意味する図記号となる(06-18に規定されている)(下図参照)。



このほかの図記号の意味は

2)「03-02：注意，付属文書参照」この記号がついたツマミやコネクタなどの操作には患者や操作者の危険性が伴うので，付属文書の詳細な操作方法などの説明を熟読して理解したうえで操作するようにとの注意記号である。

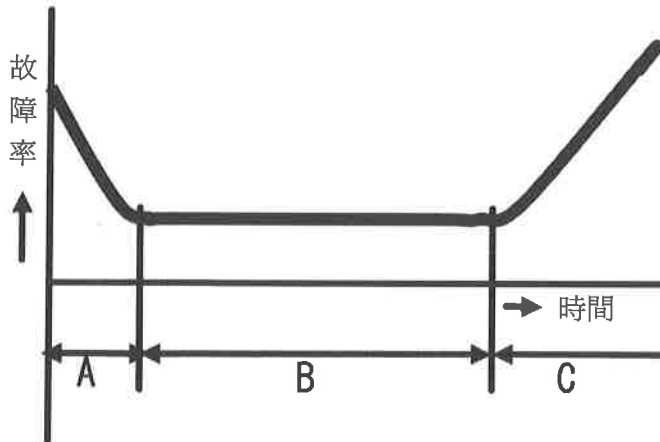
3)「01-27：段階調節」音量調節や速度調節のようなツマミに表示するものであるが，機能が連続的に変わるのではなく「段階的」にカチ・カチと変わっていくものの表示記号である。

4)「03-04：非電離放射線」放射線のうち，電離作用(物体をイオン化する作用)のない放射線を放射する機器につける記号である。普通の電磁波や可視光線や赤外線などがこれに属する。

5)「01-11：即時停止」モータなどを緊急に停止させるためのスイッチで，一般の「停止」より一段上の「緊急停止スイッチ」などを表示する図記号である。

なお，JIS T 1006「医用電気機器図記号」は2006年11月に廃止になったが，現在運用されている医療機器の表示は，このJISに従って作られているので，ユーザとしては旧JISといえども知らなければならない。

【問題 24】 下図は ME 機器の典型的な故障率を示すバスタブ曲線で、A, B, C の 3 期間に分けられる。A の期間に起こる故障の特徴として誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]



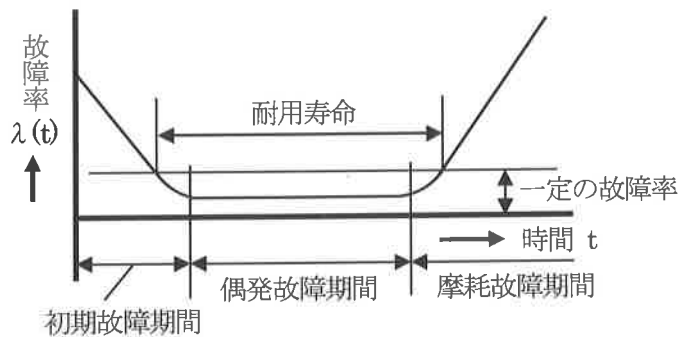
- a. 不良部品によるもの
- b. 設計上の欠陥によるもの
- c. 製造過程の不具合によるもの
- d. 疲労や摩耗によるもの
- e. 偶発的に起こるもの

- 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=10)

[解説] バスタブ(bath-tub)曲線は、経時的に変化する人間(生物)の死亡率のパターンをME機器の故障率の変化にあてはめたもので、下図のように縦軸に故障率、横軸に時間をとると、故障率が西洋の浴槽に似た形になることからバスタブ曲線と言われる。

このバスタブ曲線は、下図のように初期故障期間、偶発故障期間、摩耗故障期間の3期からなる。



初期故障期間：ME機器の使用開始後、比較的早い時期に故障(初期不良)が発生する期間のことで、時間の経過とともに故障率が減少する。主な原因は設計の欠陥や製造過程の不具合、不良部品の採用、不適切な使い方によりなどにより生じる。

偶発故障期間：初期故障期間の後の通常使用期間にわたって故障が偶発的・散発的に発生する期間のことである。故障率は初期故障の原因が取り除かれるとほぼ一定になるが、ゼロにはならない。

摩耗故障期間：製品や部品などの磨耗や疲労などにより故障し故障率が時間とともに増加していく期間のことである。この期間では年月とともに性能・安全性が低下するため、機器の性能水準を維持し、安全性を確保するためには、日常点検や定期点検などが非常に重要である。

なお耐用寿命とは、部品などの磨耗や疲労などにより故障率が上昇し、保全への投資が経済的に引き合わなくなるまでの期間(一定の故障率を上回る期間)のことをいう。

以上から正解は次のようになる。

- a. 初期故障期間に起こる故障原因
- b. 初期故障期間に起こる故障原因
- c. 初期故障期間に起こる故障原因
- × d. 摩耗故障期間に起こる故障原因
- × e. 偶発故障期間の起こる故障の特徴

【問題 25】 次の電磁放射線の中で、両者ともに光子エネルギーが炭素の共有結合(C-C)の共有結合エネルギー(2.6 eV/分子)を超えないものはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. γ 線
- b. X 線
- c. 紫外線
- d. 赤外線
- e. マイクロ波

- 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】ねらい：分子間共有結合を解離しうるエネルギーを有する電磁波を問うている。電磁波の生体に対する危険性・有害性を知る上で、有機物の基本骨格を破壊しうる電磁波エネルギーがどの波長帯に位置するのかは知っておいて欲しい。電磁波が生体に作用する際の、一次的な反応を予測するのに重要な知識である。

電磁波の光子エネルギー(E)は、よく知られた次式で求めることができる。

$$E = hv \quad \text{ただし, } v = c/\lambda$$

h はプランク定数($6.63 \times 10^{-34}(\text{J}\cdot\text{S})$), c は光速($3.0 \times 10^8(\text{m/s})$), v は電磁波の振動数(Hz), λ は電磁波の波長(m^{-1})

上式から、電磁波の光子エネルギーは、その波長に反比例して大きくなることがわかる。

各光子エネルギー(eV)は、以下の通りである。

γ 線	$10^{11} \sim 10^5$
X 線	$10^6 \sim 10^1$
紫外線	$10^1 \sim 3$
赤外線	$2 \sim 10^{-2}$
マイクロ波	$10^{-2} \sim 10^{-5}$

これより、 γ 線、X 線、紫外線の光子エネルギーは、2.6 eV より大きいことが明らかで、これらの電磁波の光子1個で、炭素-炭素の共有結合を解離させうる。生体構成主要元素であるC, H, O, Pなどの組み合わせによる分子間の共有結合エネルギーは、おおむね $10^0 - 10^1$ eV程度なので、 γ 線、X 線、紫外線などの電磁波は、生体分子同士を解離させ、生体基本骨格に損傷を与える。一方、近赤外線よりも長い波長の電磁波では、これらの分子間共有結合を解離するに足る光子エネルギーを持たない。

【問題 26】 肺胞でのガス交換について正しいのはどれか。番号を解答欄 ②4 にマークせよ。[6]

- a. ガス交換は能動的に行われる。
- b. 拡散量は肺胞壁を介した分圧差に比例する。
- c. 拡散量は肺胞壁の厚さに比例する。
- d. 拡散量は肺胞面積に反比例する。
- e. 炭酸ガスは酸素より拡散能が高い。

- 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】 ②4 = 7)

【解説】 ガス交換は、肺胞内の空気と肺毛細血管内の血液との間で行われる。それぞれの圧較差によって、酸素は肺胞内から血液中へ、二酸化炭素は血液中から肺胞内へ移動する。肺胞では肺胞壁を介して肺胞気と血液との間でガス交換が行われる画、このガス交換は能動的に行われるのではなく、受動的な拡散による。

× a. 上述の通り「拡散」現象(分圧差)により行われる。

○ b. 上述の通り。

× c. 拡散量(V_d)は、肺胞壁の面積(A)と酸素や炭酸ガスの分圧差($P_1 - P_2$)に比例し、肺胞壁の厚さ(l)に反比例する。

$$V_d = \frac{A}{l} \cdot D \cdot (P_1 - P_2)$$

× d. 上記 c. 参照。

○ e. 二酸化炭素は酸素より拡散効率が約 25 倍と大きい。

参考文献

CE 技術シリーズ 呼吸療法 (南江堂)

よくわかる人工呼吸管理テキスト (南江堂)

【問題 27】 パルスレーザー照射による組織蒸散について ～ に入る言葉の正しい組み合わせはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

「パルスレーザーのパルスエネルギー(J/pulse)と繰り返し周波数(Hz)が一定ならば、パルス幅(s)が ほど、蒸散作用は一般に , 蒸散する組織の量は 。

- | <input type="text" value="①"/> | <input type="text" value="②"/> | <input type="text" value="③"/> |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1) 短い | 強く | 増える |
| 2) 短い | 強く | 減る |
| 3) 短い | 弱く | 減る |
| 4) 長い | 弱く | 増える |
| 5) 長い | 強く | 増える |

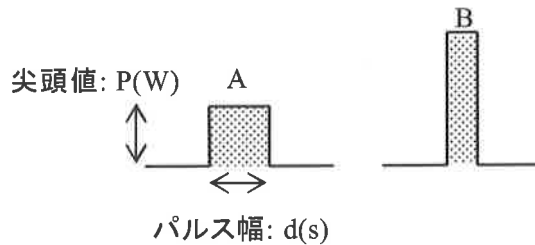
【正解】㉔=1)

【解説】ねらい：パルスレーザーによる生体組織の蒸散に関する基礎的な知識を問う。

レーザーの発振モードは二通りあり、Continuous wave(CW) laser(連続波レーザー)と、Pulsed laser(パルスレーザー)に分けられる。前者は、発振強度が時間によらず一定の発振モードを持つレーザーで、後者は、発振強度が時間とともにパルスの変化する発振モードをもつレーザーのことである。パルスレーザーとして、エキシマーレーザーとかYAGレーザーなどが挙げられる。

パルスレーザーの医学用途としては代表的なのは、LASIKによる角膜除去がある。その他、美容形成の分野で、しみ、ほくろ、そばかすなどの除去にも多用される。

パルス一発あたりのエネルギー(パルスエネルギー： $E(J)$)が一定、の仮定においては、下図に示すように、パルス幅($d(s)$)が短いほど、パルスON時におけるパルス光強度(尖頭値： $P(W)$)が大きくなる。そして一般的には、尖頭値が大きいほど蒸散作用が強く、蒸散する組織量も増える。



$$A \text{ のパルスエネルギー: } E_A(J) = P_A(W) \times d_A(s)$$

$$B \text{ のパルスエネルギー: } E_B(J) = P_B(W) \times d_B(s)$$

$$\text{なので、} E_A = E_B, d_A > d_B \text{ ならば、} P_A < P_B$$

上記が理解できていれば、正答の1)を導くことは容易い。ちなみに選択肢4)においては、IIIが、「減る」ならば正しい。

【問題 28】 超音波が、音響インピーダンスの異なる媒質の境界を越えて進行するとき、超音波の一部が境界で反射する。媒質 1 から媒質 2 に向けて超音波が進行するとき、それぞれの音響インピーダンスを Z_1 、 Z_2 とすれば、超音波の反射係数 S は、

$$S = (Z_1 - Z_2) / (Z_1 + Z_2)$$

となる。

超音波が筋組織から脂肪組織に入射するときの反射係数はいくらか。

下表を参考にして、有効数字 2 桁で解答欄 に記入せよ。[6]

物 質 (37°C)	伝搬速度 [$\times 10^3$ m/s]	密 度 [$\times 10^3$ kg/m ³]
空気(1 atm)	0.352	0.0011
脂肪組織	1.45	0.95
水	1.49	0.99
筋組織	1.59	1.06

【正解】 ㉒=0.10

【解説】 反射係数 S を表す式は問題中に記されているので、音響インピーダンス Z_1 , Z_2 を、問題に引用されている表から算出できるかどうかの問題である。

一般に、媒質に振動(平面波)を加えたとき、応力と変位の間には一定の比例関係が生ずる。これは電圧と電流の場合のオームの法則及び振動に対する位相差も含めた電気インピーダンスや、機械系のコンプライアンスなどと同様な関係に他ならない。平面波の超音波が媒質中を x 方向に伝搬する様子は、 u を変位、 A を超音波の強度を表す定数、 ω を超音波の角周波数、 v を伝搬速度とすると、減衰を無視できる x の範囲では、

$$u = Ae^{j\omega(t-x/v)}$$

のように表すことができる。この変位 u は、波面に次式の応力 T を生ずる。

$$T = A\rho ve^{j\omega(t-x/v)}$$

ただし、 ρ は媒質の密度である。この応力と変位の比 T/u は、

$$T/u = \rho v (= Z)$$

と一定値に定まり、媒質に固有な量なので、音響インピーダンスまたは固有インピーダンス Z と言われる。

以上のように、音響インピーダンスは伝搬媒質によって決まり、伝送線路などにおける特性インピーダンスに相当している。従って、超音波における変位 u は伝送線路の電流 I に、応力 T は電圧 V に対応する。

問題文中の表には伝搬速度 v 及び密度 ρ について、比較のために空気や水の値とともに筋組織及び脂肪組織のデータが載っており、

$$\text{筋組織の音響インピーダンス } Z_1 = 1.69 \times 10^6 \text{ kg/(m}^2\text{s)}$$

$$\text{脂肪組織の音響インピーダンス } Z_2 = 1.38 \times 10^6 \text{ kg/(m}^2\text{s)}$$

と求まるので、問題文中の反射係数(無次元数) S の式に代入して、

$$S = (1.69 - 1.38) / (1.69 + 1.38) \doteq 0.10$$

が得られる。

【問題 29】 血管の脈波伝搬速度に関して正しいのはどれか。番号を解答欄

にマークせよ。[6]

- a. 血圧が高くなると上昇する。
- b. 血液の密度に比例する。
- c. 血管内径が細いほど低下する。
- d. 血管壁の弾性率が大きいほど低下する。
- e. 血管中膜のエラスチンの比率が増加すると低下する。

- 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] ⑳ = 4)

[解説] 心臓の収縮による血管容積の時間的変化を脈波(容積脈波)と呼ぶ。この脈波が身体の特定の部分に伝わる速度を「脈波伝搬速度(Pulse Wave Velocity: PWV)」として表す。

血管内の PWV は,

$$v = \sqrt{\frac{E \cdot h}{\rho \cdot D}}$$

で近似的に表せる(メーンズ・コルテヴェークの式)。ここで、 D は血管の直径、 E は血管壁のヤング率(弾性率)、 h は血管壁の厚さ、 ρ は密度である。

- a. 血圧が高くなるということは、動脈硬化等にて血管壁の弾性が大きくなっている、あるいは、冷気に触れた時に神経反射により四肢体表面の血管が収縮して血管系が小さくなった場合など PWV の上層が考えられる。上式では動脈圧の依存性の項目は無視されているが、大動脈での微小擾乱圧力波について、内圧 80 mmHg で伝搬速度 4~5 m/s に対し、200 mmHg で約 2 倍の 8~10 m/s にも達するという報告もあり、血圧の上昇により、PWV は高くなる。
- × b. 上式より、密度 ρ の平方根に反比例する。
- × c. 上式より血管内径 D の平方根に反比例する。
- × d. 上式より弾性率(ヤング率) E の平方根に比例する。
- e. エラスチンは弾性線維の主な構成タンパク質であり、エラスチンが増加することにより、血管が柔らかくなり、弾性率(ヤング率) E が小さくなるため、PWV は低下する。

(参考文献)

臨床工学ライブラリーシリーズ 2 生体物性/医用機械工学 秀潤社

【問題 30】 電磁波の周波数が 100 MHz 以上になると、体内臓器のように水を多く含む生体組織の比誘電率 ϵ_s は水の比誘電率に近づく。そのような状況で、生体組織の導電率の影響を無視すれば、電磁波の伝播速度や波長は真空中のほぼ、 $1/\sqrt{\epsilon_s}$ になることが知られている。体内臓器の中での電磁波伝播速度として、考えられるのは次のうちどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) $4 \times 10^5 \text{m/s}$
- 2) $4 \times 10^6 \text{m/s}$
- 3) $4 \times 10^7 \text{m/s}$
- 4) $4 \times 10^8 \text{m/s}$
- 5) $4 \times 10^9 \text{m/s}$

【正解】 ⑳ = 3)

【解説】 電磁波の伝播速度 v は、マックスウェルによって、媒質の誘電率を ϵ_0 、透磁率を μ_0 として、

$$v = 1/\sqrt{(\epsilon_0\mu_0)}$$

であることが示されている。この式はマックスウェルの方程式を解くことにより求められ、この式より、例えば真空中の電磁波の伝播速度 v_0 が $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ であって、光速に一致することが知られる。生体の透磁率は真空中と殆ど変わらず、 μ_0 としてよく、生体組織の比誘電率を $\epsilon_s (= \epsilon/\epsilon_0)$ とし、かつ、導電率の影響を無視すれば、光速に対する生体組織内電磁波伝播速度比 v/v_0 は、

$$v/v_0 \doteq 1/\sqrt{\epsilon_s} \quad \text{ただし、} v_0 : \text{光速}$$

となることが分かるであろう。伝播速度と波長は比例するので波長についても同じ比率になることは言うまでもない。

水の比誘電率は 60 程度であり、このヒントに頼れば、伝播速度や波長は真空中のその 1/7.7 程度になる。従って、

$$v \doteq v_0/\sqrt{\epsilon_s} \doteq 3.0 \times 10^8/7.7 \doteq 4 \times 10^7 \text{m/s}$$

が得られる。実際、問題文にあるように、超短波以上の周波数領域における生体組織の比誘電率は 50 ~100 の程度である。

【問題 31】 天然高分子材料について以下の設問に答えよ。

31-1 材料とその用途との組み合わせで、誤っているのはどれか。番号を解答欄

にマークせよ。[3]

材料	用途
a. コラーゲン	創傷被覆材
b. 絹(シルク)	吸収性縫合糸
c. セルロース	透析膜
d. キチン・キトサン	人工血管
e. ヒアルロン酸	関節症に対する潤滑剤

- 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

31-2 上の5つの材料で、主成分が蛋白からなるものはどれか。番号を解答欄

にマークせよ。[3]

- 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 = 6) ㉕ = 1)

[解説]

31-1

- a. コラーゲン：生体結合組織に存在する天然繊維で，生分解性の特性を有しており，人工皮膚，創傷被覆材に用いられる。
- × b. 絹(シルク)：絹は蚕が作り出す天然糸であり，高い機械的強度及び生体内非吸収性の特性を有し，非吸収性外科手術用縫合糸として用いられる。
- c. セルロース：植物を生産源とした多糖類で，化学的安定性，湿潤状態でも高い機械的強度を有する。人工腎臓用透析膜としては再生セルロースが用いられている。
- × d. キチン・キトサン：甲殻類，昆虫類，菌類より生産される多糖類で，生分解性の特性を有し，吸収性縫合糸，創傷被覆材として用いられている。
- e. ヒアルロン酸：ムコ多糖の1つで，関節液など結合組織の構成成分として存在し，大量の水を保持することで関節の潤滑作用などの役割を果たす。関節症に対する潤滑剤としてしばしば利用される。

31-2 コラーゲン，絹(シルク)は蛋白，セルロース，キチン・キトサン，ヒアルロン酸は多糖類である。

【問題 32】 高分子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. ポリ塩化ビニル ————— 輸血バッグ
- b. ポリウレタン ————— 透析膜
- c. ポリプロピレン ————— 人工肺
- d. ポリメチルメタクリレート ——— 眼内レンズ
- e. ポリテトラフルオロエチレン —— 大動脈バルーン

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

【正解】 ⑩ = 7)

【解説】 a. ~ e. にあげられたのは、医用材料のうちの高分子材料として代表的なものであるが、それぞれの応用例をあげて、問題の組み合わせの正誤を見てみる。

- a. ポリ塩化ビニル：血液回路，輸液・血液バッグ
- × b. ポリウレタン：人工心臓，カテーテル，大動脈バルーン
- c. ポリプロピレン：注射器，人工肺(多孔質膜)
- d. ポリメチルメタクリレート：歯科用接着剤，眼内レンズ
- × e. ポリテトラフルオロエチレン：人工血管，人工腱・靭帯

【問題 33】 医用材料から生体組織への溶出(溶解ならびに分散)によって生じる生体反応を一般に毒性反応という。これに対し、医用材料表面と生体組織(蛋白、細胞など)との相互作用によって引き起こされる生体反応を何というか。適切な語句を解答欄 に記入せよ。[6]

【正解】 ㊸=異物反応

【解説】 異物反応は医用材料表面と生体組織(蛋白、細胞など)との相互作用によって材料が異物として認識された場合に生じる。初期(急性期)反応としては、補体活性化、血液凝固、血栓形成など、後期(慢性期)反応としては石灰化、カプセル化(肉芽形成)、組織肥厚化などがある。

【問題 34】 高分子材料の化学的分解要因はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 膨 潤
- b. 軟 化
- c. 酸 化
- d. 収 縮
- e. 熱分解

- 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】 高分子材料の分解要因は次のとおりである(中村宣男ほか：日本エム・イー学会編 バイオマテリアル p-66 コロナ社 1999)。

物理的分解

吸着 膨張・収縮 軟化 溶解 結晶化 石灰化 非晶化 応力欠陥
疲労破壊 衝撃破壊

化学的分解

熱分解 酸化 光分解 放射線分解

したがって、9) c と e が化学的分解である。

【問題 1】 病院管理の一環としての医療機器管理に関する次の文の空欄にあてはまる適当な語句を解答欄 ～ に記入し、文章を完成せよ。

[1×5=5]

- 1-1 医療機器の員数がそろっていることや、 管理などの物品管理がなされているほか、必要時に機器の が十分発揮され、患者と操作者の が確実に保たれるようにしなければならない。
- 1-2 医療機器の保守管理に関連する事項として、機器の購入時の評価や 試験の実施も重要であるが、この購入時の評価項目としては、性能や安全性、経済性のほかに、 などがある。

[正解] ①=所在またはアリバイ ②=性能または機能 ③=安全 ④=受け入れ ⑤=信頼性, 耐久性, 保守管理の容易さなど

[解説] 病院管理の目的は, 患者の診療や看護を的確かつ安全に実施するとともに, 病院の合理的な運営・経営を行うことである。

医療機器管理に関しては, 保守点検と安全管理を十分に実施することにより, 診療時に機器の性能を十分に発揮できるようにするとともに, 患者と操作者である医療従事者の安全を確実に保つようにはからう。このためには, 臨床工学技士など, それに必要な人員の確保と実施のための組織・体制も重要となる。

また運用・経営管理の立場からは, 所在管理(アリバイ管理)を行うことにより, 医療機器の員数の確認や機器の所在場所を明らかにし, 紛失を防ぐのみならず, 機器が使われずに眠っているような事態を防ぐことが肝要である。

さらに, 医療機器の購入時には, 機器の使用者のみならず保守管理にあたる職員も加わり, 機器の仕様の検討を行うとともに, 性能, 安全性, 経済性, 耐久性, 信頼性, 保守管理の容易性など, 購入機器の多角的な評価から購入すべき機種を決定するほか, このようにして決定した機器が意図した性能, 安全性, 操作性などを有しているかどうか, 受け入れ試験によって評価することが必要である。

なお, 地域の中核病院などでは, 他の医療機関との連携に関連して, 医療資源の有効利用の立場から, 他の機関の医療スタッフに対して共同利用の機会を提供することを考慮し, このような観点に立った医療機器の購入や管理も必要となる。

【問題2】 現行の医療保険制度に関する次の記述のうち、誤っているのはどれか。
番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 自己負担割合は、所属する保険組合等の保険者や年齢にかかわらず3割である。
- b. 農業従事者や自営業者の属する保険の種別は国民健康保険である。
- c. 従業員が5人以上の小規模事業所の従業員は政府管掌健康保険に加入する。
- d. 診療報酬点数表に収載済みの診療行為と未収載の診療行為の両者を受けた場合、後者についてのみ患者の自己負担となる。
- e. 現在、特定機能病院などで実施されている診療報酬の包括支払い方式は、米国のそれとは異なる方式である。

- 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 = 3)

[解説] 平成19年度現在の医療保険制度に関する内容であるが、それぞれの事項について正しいかどうかをしてみる。

- × a. 平成19年度における自己負担割合は、3歳未満では2割負担、3歳以上70歳未満では3割負担、70歳以上の高齢者では1割負担(ただし、現役並みの所得者については3割負担)となっている。
- b. 農業従事者や自営業者の属する保険の種別は国民健康保険である。
- c. 従業員が5人以上の小規模事業所の従業員は政府管掌健康保険に加入する。
- × d. 診療報酬点数表に収載済みの診療行為と未収載の診療行為の両方を受けると、混合診療を受けたことになるが、現行では混合診療は保険の適用とはならないため、すべて患者の自己負担となる。
- e. 現在、わが国の特定機能病院などで実施されている診療報酬の包括支払い方式はDPC(Diagnosis Procedure Combination)といい、入院患者のみを対象にして、手術やカテーテル検査など医師の技術を要する診療を除いて実施されている包括払いであるが、アメリカのそれはDRG/PPS(Diagnosis-Related Group/Prospective Payment System)と呼ばれ、1969年にエール大学で開発された疾病の診断群(DRG)の各グループごとに支払い料金が決まっている制度で、わが国とは異なっている。

【問題 3】 JIS T 0601-1 において、導線の絶縁皮膜の色に黄と緑を用いないのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 保護接地線
- 2) 機器内部の保護接地の配線
- 3) 等電位化導線
- 4) 機能接地線
- 5) 電源コードにおける中性線

【正解】 ② = 5)

【解説】 JIS T 0601-1 の 6.5 項「導線の絶縁被覆の色」につぎの規定がある。
(要旨)

- a) 保護接地線は、緑と黄の絶縁被覆で区別する。
- b) 接触可能金属部などを保護接地端子に接続するための機器内部の導線は、少なくとも末端部分を緑と黄の絶縁被覆で区別する。
- c) 緑と黄の絶縁被覆による区別はつぎのものに限って使用する。
 - ・ 保護接地線
 - ・ 上記 b) の機器内部配線
 - ・ 等電位化配線
 - ・ 3 芯電源コードによる、クラス II 機器の内部シールドの機能接地線
- d) 電源コード内の電源系の中性線に接続する導線の絶縁被覆の色は“薄い青色”とする。

したがって、

× 5) 上記 d) のとおり、緑と黄の絶縁被覆の導線は用いない。

なお、4) はクラス II 機器での限定的な使用であることに留意すること。

【問題4】 介護保険で正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。

[5]

- a. 要介護度は1から5までの5段階である。
- b. 要介護1がもっとも重度である。
- c. 介護保険限度額内ならば患者負担はない。
- d. 在宅酸素療法の費用は介護保険でまかなえる。
- e. 介護プランはケアマネージャーが作り、実行する。

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

【正解】 ③ = 4)

【解説】

- a. 要支援1, 2と要介護1～5の区分がある。
- × b. 要支援1がもっとも軽く、要支援2, 要介護1の順で要介護5はもっとも介護を要する区分である。
- × c. 要支援1の支給限度月額49,700円、要介護5では358,300円である。この範囲内では原則1割負担である。また、範囲を超えた分をすべて自費でまかなえば希望する介護支援を受けることができる。
- × d. 在宅酸素療法は医療保険にて医師の指示のもとで行われる治療である。
- e. 介護プラン(ケアプラン)はケアマネージャー(介護支援専門員)が介護を受ける本人および家族と作り、ケアマネージャーが事業所へケアの依頼を行う。ケアプランの実行はケアマネージャーのみしか行うことができない。

【問題5】 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

④ にマークせよ。[5]

- 1) 修理業の許可を受けた者でなければ、業として、医療機器の修理はできない。
- 2) 製造業者が自ら製造をする医療機器の修理は、修理業の許可を得なくてもよい。
- 3) 特定保守管理医療機器(特管)第一区分の修理業の許可があれば、非特管第一区分の許可がなくても、非特管第一区分の医療機器の修理ができる。
- 4) 販売業者が医療機器の修理は修理業者に委託して行うとの条件があっても、医療機関はその販売業者と修理契約を結ぶことができない。
- 5) 修理業の許可は、修理をしようとする事業所ごとに与えられ、有効期間は5年である。

[正解] ④=3)

[解説] 従来、製造業の一類型と位置づけられてきた修理業は、平成17年施行の改正薬事法により、一定の構造設備の具備等を要件とした許可制として、法律上明確に位置づけられ、設問事項について明示されている。

- 1) 医療機器の修理は、業の許可を得た修理業者だけに許される。
- 2) 特例として、製造業者が自ら製造する医療機器の修理は、修理業の許可を得なくてもよいとされている。
- ×3) 修理業者は修理する医療機器に対応した区分(特管9区分および非特管9区分計18区分がある)ごとに修理業の許可が必要であるとされている。したがって特管区分の許可だけでは、非特管医療機器の修理はできない。
- 4) 医療機関と修理契約を結ぶことは、修理された医療機器の安全性等に責任を有することとなり、修理を自ら行わない販売業者が修理契約を結ぶことはできない。
- 5) 修理業の許可は修理する物及びその修理する方法に応じた区分に従い、修理する事業所ごとに与えられ、有効期限は5年であるとされている。

【問題 6】 人工呼吸器の音声(音や声)による警報について、厚生労働省が平成 13 年に制定した「人工呼吸器警報基準」に照らして、誤っているのはどれか。番号を解答欄 ⑤ にマークせよ。[5]

- 1) 手動式人工呼吸器には適用されない。
- 2) 呼吸回路が外れた場合の音声による警報は、一時的な消音措置の後 5 分以内に自動的に当該警報を発する機能を有する。
- 3) 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。
- 4) 使用中、電源プラグが脱落した場合は、音声による警報を発する。
- 5) 本基準に適合しない外国製の人工呼吸器は輸入できない。

【正解】 ⑤ = 2)

【解説】 厚生労働省基準とは、平成 13 年 7 月 30 日に出された厚生労働省告示第 264 号の「人工呼吸器警報基準」のことである。

「人工呼吸器警報基準」の主要内容は次のとおりである。

「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。

- (1)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。
- (2)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。
- (3)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。
- (4)給電が停止した場合には、音声による警報を発すること。
- (5)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。

ただし、以下の左表に掲げる人工呼吸器については、上記の(1)～(5)のうち中欄に掲げる項目を適用しないこと。(表は省略するが、適用除外人工呼吸器は、手動式人工呼吸器、CPAP(持続気道陽圧)専用装置、蘇生器(ガス圧式)、体外式

人工呼吸器、麻酔専用人工呼吸器、ガス圧式人工呼吸器、蘇生器(電気駆動式)である)』

上記の「人工呼吸器警報基準」に照らして選択肢を吟味する。

- 1) 上記の()のように適合除外例として「手動式人工呼吸器」(アンビュバッグなど)が入っている。
- ×2) 上記の(2)項に「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。」と規定されている。緊急状態であるので、一刻も早い報知が必要なため、2分という短い時間が規定されている。なお、上記基準の中で「音声」と表示されているのは「人の声」という意味ではなく「音や声」という意味であるので注意すること(以下同様)。
- 3) 上記(3)に規定されている。
- 4) 上記(4)に「給電停止」の際に警報を発することになっているので、電源プラグが抜けた場合もこれに該当する。
- 5) 本省令の中で、省令の実施時期を平成13年8月1日としているが経過期間が設けられ、輸入等に関しては、「平成14年8月1日以降は、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。」としている。よって、本基準は輸入機器にも適用される。

【問題7】 個人情報保護法の医療関係者における運用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) 法の目的は、個人情報の有用性に配慮しつつ、個人の権利利益を保護することである。
- 2) 個人情報とは生存する個人に関する情報であるが、医療においては死亡後も同等に扱う。
- 3) 特定の個人を識別できない情報は、個人情報ではない。
- 4) 個人情報保護のために、病室入り口の患者氏名を明示してはならない。
- 5) 大災害や事故の際には、患者に関する問い合わせには答えてよい。

[正解] ⑥ = 4)

[解説]

- 1) その通りである。
- 2) 遺伝や体質等の疾病情報の特殊性に鑑み、このように取り扱う。
- 3) 重要なポイントである。検査データや処方データ等の研究用データセットで、特定の患者あるいは個人を容易に特定できないものは、個人情報として扱わない。仮にそれらをすら、個人情報と見なすと、国際的ベンチマーキングはおろか、国内での医療機関あるいは診療科どおしの比較対照試験や研究など一切の医学医療研究を実質的に中止することになり、愚かしい結果を招来するばかりである。
- ×4) 病室のドアの外側に患者氏名を記載することは、従来当たり前のことであったが、個人情報保護法の行きすぎた解釈として、患者氏名を病室前に挙げるなどというものがある。病院での実際問題として、医療者がどの部屋のどのベッドに誰が入院しているかを全て丸暗記あるいは、病棟を回る前に調べてから診療に赴くのでは能率が悪いばかりか、患者取り違えのリスクも増え、著しい不便を来す。有名人のプライバシーを守るためにそうせざるを得ないことも例外としてはあろうが、画一的に病室に患者氏名を出してはならないという過剰反応をしてはならない。迷ったときには法律の策定時の精神に立ち返ると問題が発生しにくかる。
- 5) 上記と同根の過剰適応の問題である。個人情報保護法への過剰反応のために、災害時にマスコミ取材はおろか、病院が警察や親類家族からの問い合わせにすら答えず大混乱を来す事例が相次いだ。そこで、急遽大災害や緊急状況では、臨機応変に情報提供をせねばならないという理解と認識がようやく広まり、愚かしい事態の收拾に向かっている。医療人が守るべきは患者の生命と安全とそれを懸念する家族達であり、杓子定規なルールではない。

【問題8】 ある機器 A, B がある。A は患者に接続されている医用電気機器である。B は A と信号線につながっている非医用電気機器で、一般電気機器の JIS に適合している。JIS T 0601-1-1(システム基準)に照らして誤っているのはどれか。番号を解答欄 ⑦ にマークせよ。[5]

- 1) A は JIS T 0601-1 に適合していなければならない。
- 2) B を患者環境に置く場合、B は JIS T 0601-1 に適合していなければならない。
- 3) B を患者環境に置くので、B の電源は分離変圧器からとった。
- 4) A の電源プラグを B の 3P 電源ソケットに差し込んだので、B に追加保護接地線を接続した。
- 5) A と別の部屋に置いた B を接続する信号線を光結合方式とした。

[正解] ⑦=2)

[解説] JIS T 0601-1-1 は「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」と呼ばれる機器の組み合わせに関する安全基準(以下、「システム基準」と略記)である。この中で、この基準に適合する方法を端的にまとめたものが次頁に示した「表 BBB.201 医用電気機器及び非医用電気機器の組合せ」である。この表にしたがって考える。

- 1) 患者に接続される医用電気機器は当然ながら JIS T 0601-1 に従わなければならない。
- ×2) B は非医用電気機器であるので、患者に接続されることはないので、JIS T 0601-1 に従わなくともよいが、該当する他の JIS や IEC 基準に適合している必要はある。また、A と接続されるので、安全上「追加保護接地又は分離変圧器(絶縁のよい1:1の電源トランスを機器の前に置く)」が義務付けられる。表の1bに相当。
- 3) 上記2) に解説したとおりである。表の1bに相当。
- 4) この状況は表の1cに相当する。この場合、B は「追加保護接地又は分離変圧器」が義務付けられる。
- 5) この状況は表の3a, 3bに相当するが、題意のような「光結合方式の信号線結合」はシステム基準の求めている「分離装置」に相当するので、許容される。

システム基準の基本的な考え方は

- a) 患者環境内では、基本的に JIS T 0601-1 と「同等」の要求事項を満たすこと。
 - b) 患者環境外では、該当する JIS や IEC 規格を満足すること。
- であるが、これを実現する手段として「追加保護接地」「分離変圧器」「分離装置」などが規定されている。

表 BBB.201 医用電気機器及び非医用電気機器の組合せ

状態 No.	診療用に使われる部屋		診療用以外に使われる部屋	可能な解決方法
	患者環境	患者環境外		
1	1a 機器 A 及び B は、 患者環境内			
	1b 機器 A 及び B は、 患者環境内			機器 B：追加保護 接地又は分離変圧 器
	1c 患者環境で、機器 A は、機器 B の 指定電源から電 力の供給を受ける			機器 B：追加保護 接地又は分離変圧 器
2	2a 機器 A は患者環 境内、機器 B は 診療室内			
	2b 機器 A は患者環 境内、機器 B は 診療室内			機器 B：19.201 及 びその理論的説明 参照
3	3a 機器 A は患者環 境内、機器 B は 非診療室内			機器 B：19.201 及 びその理論的説明 参照
	3b 機器 A は患者環 境内、機器 B は 非診療室内			機器 B：追加保護 接地又は分離装置

表の要点

- 追加保護接地：必要に応じ、永久的に接続された追加保護接地を設ける（58.201 も参照）。
備考 機器の改造が必要かもしれない。
- 分離変圧器：必要に応じ、附属書 EEE に従って、追加分離変圧器を用いて外装漏れ電流を制限する。
備考1. 機器の改造は必要ない。
2. 分離変圧器とは、少なくとも基礎絶縁によって出力巻線から分離された一つ以上の入力巻線をもつ変圧器である [IEC 60989]。
- 分離装置：必要に応じ、分離装置を適用する。
- JIS T 0601：JIS T 0601-1 又は IEC 60601-1 に適合した医用電気機器
- IEC XXXXX：関連する IEC 安全規格に適合した非医用電気機器又は関連する JIS の安全規格、電気用品安全法の技術基準が若しくはそれらと同等の安全性をもつ非医用電気機器

【問題 9】 JIS T 1022「病院電気設備の安全基準」についての記述で誤っているものはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 適用範囲は医用接地方式, 非接地配線方式, 非常電源及び医用室の電源回路である。
- b. 医用室の床上高さが 2.7 m を超えない位置の照明器具の電源回路には高速高感度形漏電遮断器を設ける。
- c. 隣接する医用室の場合床面積の合計が 50 m^2 以下であれば接地センタを共用できる。
- d. 医用室の配電盤には非常電源の色表示を付けなくてはならない。
- e. 接地幹線に鉄筋・鉄骨を利用することができる。

- 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】 ⑧ = 6)

【解説】

- a. 適用範囲(医用接地方式, 非接地配線方式, 非常電源及び医用室の電源回路)
- × b. 床上高さが 2.3 m を超えない位置に取り付ける照明器具への電源回路には高速高感度形漏電遮断器を設けること
- c. 隣接する医用室との床面積の合計が 50 m^2 以下の場合, 医用接地センタを共用してもよい
- × d. 医用室の非常電源が供給される コンセントの外枠 は赤で表示しなければならない
- e. 接地幹線(鉄筋・鉄骨の利用, または断面積 14 mm^2 以上の電線)

【問題 10】 平成 14 年 6 月 1 日出荷品より、医療用二酸化炭素容器用バルブがガス別特定化され、高圧ガス容器(ボンベ)に二酸化炭素を充てんする際の充てん定数(容器内容積を充てん量で除した値)が 1.34 から 1.5 に変更された。次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。[5]

- a. 内容積 40ℓ 未満の容器にはヨーク型(ヨーク締付式)の充てん口を用いる。
- b. 内容積 40ℓ 以上の容器にはおねじ(A₂)の充てん口を用いる。
- c. 充てん定数が大きくなることは、より高い温度で安全弁が作動することになる。
- d. 充てん定数が大きくなることにより、充てんされる二酸化炭素の量は増加する。
- e. この法令の変更により、医療用のボンベのバルブはすべてガス別特定になっている。

- 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] ⑨=10)

[解説]

1. 医療用ガスボンベの充てん口の規格について

医療用ガスボンベの充てん口の規格は、JIS B 8246 高圧ガス容器用弁により規定されているが、現時点で、現場で使用されている医療用ガスボンベの充てん口が実際にガス別特定になっているのは、亜酸化窒素と二酸化炭素のボンベのみで、それ以外の酸素、窒素等のボンベの充てん口はガス別特定になっていないのが現状である。

二酸化炭素のガスボンベについては、平成13年8月日本医療ガス協会(現日本産業・医療ガス協会)からの通知「医療用二酸化炭素の充てん定数変更について」によって、平成14年6月1日出荷分より医療用二酸化炭素容器用バルブのガス別特定化が実施された。なお、その際には容器の内容積とバルブの区分が下記のように決められた。

(1) ヨーク弁は、内容積10リッター未満の容器に用いる。

(2) A₂弁は、40リッター以上の容器に用いる。

以上より、選択肢aとbの記述は正しいが、選択肢eは誤っていることになる。ただし、この問題の選択肢のeの中に「この法令の変更により」の表現があるが、この表現も正しくない。すなわち、すなわち、「法令」ではなく「日本医療ガス協会(現日本産業・医療ガス協会)からの通知」である。

2. 充てん定数について

上記通知によって、医療用二酸化炭素容器用バルブのガス別特定化の実施に併せて、容器に充てんする二酸化炭素の充てん定数(容器内容積を充てん量で除した値)の変更も実施された。高圧ガス保安法(容器保安規則)では二酸化炭素の充てん定数は1.34であるが、この数値では図に示すように安全弁が47°C以下で作動することになる。一方、消防法で規定する二酸化炭素消火器の充てん定数は1.5としてあるため、56°C以下と10°C近くも高い温度域で安全弁が作動することになる。医療用二酸化炭素は医療現場で安全弁が作動すると二酸化炭素が噴出するなど混乱を招くことはなるが、このような事態を極力防止するため充てん定数が1.5に変更された。なお、充てん定数を求める式からも明らかのように、定数が

大きくなれば充てん量は減少することになる。

以上より、選択肢のcは正しいが、選択肢dは誤っていることになる。

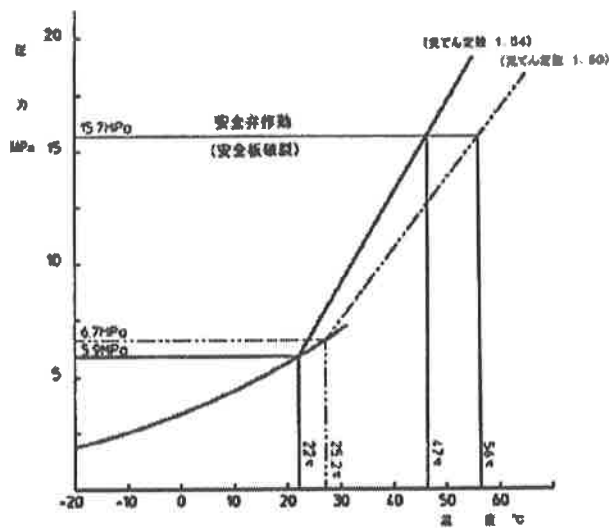


図 容器内の二酸化炭素の温度と圧力の関係

【問題 11】 JIS T 1022「病院電気設備の安全基準」は 2006 年 11 月に改正されたが、その中で、瞬時特別非常電源の中に、新たに「交流無停電電源装置 (UPS)」が規定された。従来、非常電源から電源供給を受ける電源コンセントの外郭表面の色は「赤」のみと決められていた。この改正により交流無停電電源装置から電源供給を受けている電源コンセントを識別しやすくするために、その外郭表面の色として赤以外に使用して良いのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 黒 2) 黄 3) 紫 4) 緑 5) 青

[正解] ⑩ = 4)

[解説] 題意のように、2006年11月に改正された新しいJIS T 1022では、非常電源のうちの「瞬時特別非常電源」の中に新たに「交流無停電電源装置」がはっきり明示されるようになった。

「交流無停電電源装置」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。瞬時特別非常電源の立ち上がり時間は0.5秒以内であった、この交流無停電電源装置は、その際上限の0秒での立ち上る非常電源とすることができる。

最近の医療機器は、コンピュータ制御されるものが多く、停電によって電力が停止してから0.5秒程度で非常電源が供給されても、いままでの設定がリセットされたり、イニシャライズに時間が掛かったり、すぐに診断や治療が再開できないことがあるので、その対策として求められた非常電源である。そのため、他の非常電源と区別できたほうが良いという考えの下に、8)e)4)に次のような規定が追加された。

「4) 瞬時特別非常電源から供給されるコンセントの外郭表面の色は赤とし、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こと。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。」

これは、「赤」は非常電源のカラーであるので、非常電源が供給されているコンセントの表示は原則「赤」であるが、交流無停電電源装置から供給されるものは「緑でもよい」と許容されたことを意味している。

【問題 12】 JIS T 1022 「病院電気設備の安全基準」では、鉄筋・鉄骨コンクリート造の建物の接地極の抵抗 R は次式で計算することになっている。

$$R = 3 \times \frac{0.4 \rho}{\sqrt{A}}$$

この式の中の A は何か。番号を解答欄 ⑪ にマークせよ。[5]

- 1) 建物の地下部分のうち基礎杭(くい)を除いた部分の表面積
- 2) 地中に埋められた基礎杭(くい)の表面積の合計
- 3) 建物の全表面積
- 4) 建物の地下部分を球体に換算したときの表面積
- 5) 建物の底面の面積

[正解] ①= 1)

[解説] 題意の接地極の接地抵抗の式のそれぞれの記号・数値は次を意味している。

ρ (Ωm): 建物が建っている土壤の抵抗率 ($50 \times 50 \text{ m}^2$ ごとに抵抗率を測定して、
これらを平均する)

A (m^2): 建物地下部分の延べ表面積

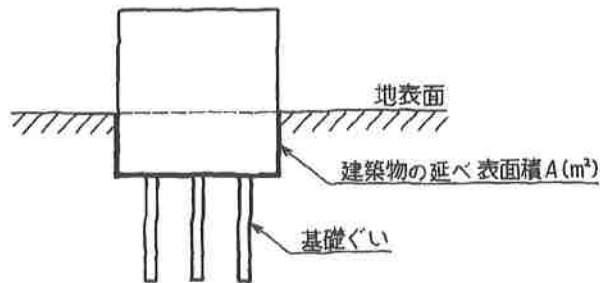
0.4: 建物地下部分を等価な表面積を持つ半球体と仮定して接地抵抗を計算する
過程で出てくる係数で、

$[1/\sqrt{(2\pi)} = 0.339]$ の概数である。

3: 仮定に基づく計算によって算出された値の危険率のようなもので、その計算
値の3倍が規定値を超えていなければ良しとする「安全係数」である。

なお、建築物地下部分の延べ表面積の算定は附属書(参考)建築構造体の接地抵抗
の計算に次のように規定されており、 A は基礎ぐいなど除いた部分の全表面積
である。

「3. 建築物地下部分の延べ表面積の算定 建築物が大地と接触している部分の
全表面積を算定する。ただし、基礎ぐい(附属書図3参照)などの表面積は除く。」



附属書図 3

【問題 13】 下記は厚生省健康政策局長通知「医療の用に供するガス設備の保安管理について」（平成5年10月5日健政発第650号）の別添1に記載されている医療ガス安全・管理委員会の業務項目の一部である。以下の設問の空欄に該当する番号を解答欄 ～ にマークせよ。[1×5=5]

13-1 委員会は、医療ガス設備について、医療ガスの保守点検指針に基づいて、 に保守点検業務を行わせること。

の解答群

- 1) 監督責任者 2) 実施責任者 3) 薬剤師
- 4) 臨床工学技士 5) MR

13-2 委員会は、帳簿を備え、行った について記録を作成し、保存すること。保存期間は 年間とすること。

の解答群

- 1) 医療ガス消費量 2) 医療ガス教育活動 3) 保守点検業務
- 4) 医療ガス関連事故記録 5) 医療ガス品質検査業務

の解答群

- 1) 0.5 2) 1 3) 2 4) 3 5) 5

13-3 委員会は、医療ガス設備に係わる新設及び増設工事，部分改造，修理等に当たっては，**⑮**にその旨周知徹底を図り，使用に先立っては厳正な**⑯**を行い安全を確認すること。

⑮の解答群

- 1) 臨床各部門 2) 患者及びその家族 3) 医療ガス納入業者
4) 医療ガス点検業者 5) 医療機器納入業者

⑯の解答群

- 1) 試験，評価 2) 検定 3) 試験，判定
4) 審査 5) 試験，検査

[正解] ⑫ = 2) ⑬ = 3) ⑭ = 3) ⑮ = 1) ⑯ = 5)

[解説] この問題は、厚生省健康政策局長通知「医療の用に供するガス設備の保安管理について」（平成5年10月5日健政発第650号）に記載されている医療ガス安全・管理委員会の業務項目について尋ねたものである。

- 13-1 保守点検業務の実施については、本通知の別添1「医療ガス安全・管理委員会について」の中で、実施責任者に行わせることとなっているため、**⑫**の正解は2)である。
- 13-2 委員会が行った業務の内容と保存期間については、業務は実施した保守点検業務で、記録の保存期間は2年となっているため、**⑬**と**⑭**の正解はそれぞれ3)と3)である。
- 13-3 医療ガス設備に係わる新設及び増設工事，部分改造，修理等の際に委員会として行うべきことについては、新設及び増設工事，部分改造，修理等のことを関係する臨床各部門に周知徹底を図ると同時に，工事等の終了後は使用に先立っては厳正な試験，検査を行って安全を確認することとなっているため，**⑮**と**⑯**の正解はそれぞれ1)と5)である。

【問題 14】 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

⑰ にマークせよ。[5]

- a. マニフォールドの片側バンクのガス貯蔵量は予想される使用量の 7 日分以上の量でなければならない。
- b. CE 装置のガス貯蔵量は満量時の 2/3 の量で予想される使用量の 10 日分以上の量でなければならない。
- c. 手術器械駆動用窒素の配管の色は赤でなければならない。
- d. 配管端末器での酸素の標準圧力は少なくとも 200 kPa でなければならない。
- e. 配管端末器での亜酸化窒素の最大流量は標準状態で 40ℓ/min 以上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】 ⑰ = 8)

【解説】 医療ガス配管設備については JIS T 7101 で規定している(2006 年に改訂)。

- a. マニフォールドとは 1 本以上の高圧ガス容器(ボンベ)または可搬式超低温液化ガス(LCG)の集合装置で、左右に第一供給装置、第二供給装置(それぞれをバンクという)に分けて設置し、その中央に切換器を設け、片側のバンクが消費により圧力が低下した時に他方のバンクから供給できる構造になっている。それぞれのバンクの供給は 7 日以上供給できなければならない。
- b. 定置式超低温液化ガス貯槽による供給装置(CE 装置)からのガス供給は、貯槽の満量時の 2/3 の量で 10 日以上供給できなければならない。
- × c. 医療ガス配管の表示および識別色は表の通りである。手術器械駆動用窒素の配管は灰色である。

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

× d. 医療ガスの配管末端での標準送気圧力は下記の通りで、酸素の標準圧力は 400±40 kPa である。

	酸素	亜酸化窒素	治療用空気	吸引		手術機器 駆動用	圧縮空気	
				水封式	油 回転式		治療用	手術機器 駆動用
標準送気圧力	400±40	400±40	400±40	40～70	50～80	600～900	400±40	600～900
配管末端器 最大流量 (NL/min)	≥60	≥40	≥60	≥40	≥40	≥300	≥60	≥300

○ e. 医療ガスの配管末端での最大流量は上記の通りで、亜酸化窒素は 40ℓ/min もしくはそれ以上でなければならない。

【問題 15】 パルスオキシメータで赤色光(660 nm)と赤外光(940 nm)を用いる理由として正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 2つの波長でオキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンの吸光度の特性が逆で差が大きいため
- 2) 660 nm はオキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンの吸光度が同じになるため
- 3) 660 nm より短波長では組織における光吸収が大きくなるため
- 4) 940 nm より長波長では水における光吸収が小さくなるため
- 5) 受光素子としてLD(レーザダイオード)が使用できるため

[正解] ⑩ = 1)

[解説] パルスオキシメータは、基本的に2つの波長(赤色光 660 nm と赤外光 940 nm)のLEDを用いて、オキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンの吸光特性の差と光電式容積脈派との組み合わせで、1心拍ごとの動脈血酸素飽和度を連続モニタするものである。

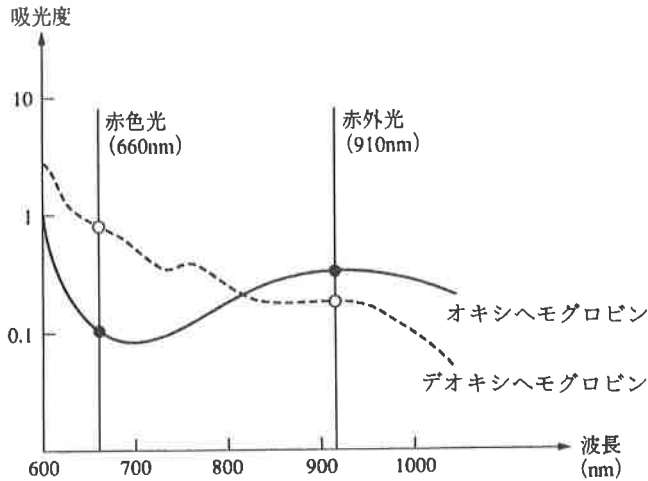


図9 オキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンの吸光度の違い (波長 660 nm と 910 nm の比較)

- 1) 上記説明の通り。
- × 2) 図の通り、660 nm では、デオキシヘモグロビンの吸光度がオキシヘモグロビンの吸光度より大きい。
- × 3) 660 nm より短波長では、400 nm ぐらいに吸収極大があり、短波長側での吸収は小さくなる。また短波長側では、オキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンの吸光特性に差が出ないため。
- × 4) 940 nm より長波長がわでは水による吸収が大きくなる。
- × 5) 受光素子には、フォトダイオード (PD) が用いられている。レーザダイオードは、受光素子ではなく、発光素子である。

【問題 16】 人工呼吸器使用中の点検項目として不適切なものはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。〔6〕

- a. 人工呼吸器本体の動作音
- b. 設定条件通りの換気状態
- c. 人工呼吸器本体の接地漏れ電流
- d. 加温加湿器内の滅菌水の温度
- e. 酸素濃度計の較正

- 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 = 9)

【解説】 人工呼吸器の使用中心点検として実施できる項目は、外観点検項目と作動点検項目の一部である。測定器具や設定変更を要する項目は不適切である。

- a. 適切。動作音が正常で異常音がないことを確認する。
- b. 適切。人工呼吸器のモニタリング項目から設定通りに換気が行われているか確認する。
- × c. 不適切。測定器具が必要である。漏れ電流測定中には患者に不要な漏れ電流が流入する危険性もある。
- d. 適切。加温加湿器の作動点検項目である。
- × e. 不適切。較正には酸素濃度の変更が必要なため、使用中の設定を変更することになる。

【問題 17】 光学式の呼気炭酸ガス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]

- a. 赤外線を利用している。
- b. 炭酸ガスの分子の数が多いほど吸収光量は多い。
- c. 麻酔中は亜酸化窒素の影響を受けるので補正する。
- d. メインストリーム方式はサイドストリーム方式より応答速度が遅い。
- e. サイドストリーム方式はセンサ部を 40°C前後に温めている。

- 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】 ⑳=10)

【解説】 光学式の呼気炭酸ガスモニタは赤外線の吸収特性を利用している。測定原理は、炭酸ガスや笑気などの多原子分子が特定の周波数の赤外線を強く吸収する性質を持っていることを利用している。炭酸ガスの場合は $4.3\ \mu\text{m}$ 付近での赤外線の吸収が強くおき、吸収される光量は存在する炭酸ガスの分子数に比例する。カプノメータの測定方式には、①サイドストリーム方式、②メインストリーム方式に分けられる。サイドストリーム方式は、呼吸ガスを気道からサンプルチューブを介して装置本体まで吸引し測定する。この際のサンプル量は1分間あたり、50 mL～250 mL と機種により差があり、新生児、小児に使用する場合は留意する必要がある、サンプルガスを吸引して測定する間の遅延時間がある。メインストリーム方式は、呼吸ガスを吸引することなく測定チャンバを患者の口元に装着して、チャンバ内を通過するガス濃度の変化を測定する。したがって、応答速度が速く、ガスを吸引しないので換気条件に影響を及ぼすことがない。しかし、湿度の影響をなくすためチャンバ部分(トアランスデューサ)を 40°C程度に加熱しておく必要がある。両方式ともに、赤外線の吸収特性を利用しているため、炭酸ガスに吸収特性に近いガス(亜酸化窒素の吸収スペクトル $3.9\ \mu\text{m}$ 等)が同時に測定される場合は補正をする必要がある。

- a. 赤外線を利用している。
炭酸ガスの吸収スペクトルが強い $4.3\text{ m}\mu\text{m}$ を使用している。
- b. 炭酸ガスの分子の数が多いほど吸収光量が多い。
吸収される光量は分子の数に比例する。したがって、測定チャンバ内を通過してくる赤色光は、分圧が高ければ少なく、分圧が低ければ多くなる。
- c. 麻酔中は亜酸化窒素の影響を受けるので、補正する必要がある。
赤外線の吸収スペクトルが特に近い亜酸化窒素は補正する必要がある。
- × d. メインストリーム方式はサイドストリーム方式より応答速度が遅い。
メインストリーム方式のセンサは口元にあり、サイドストリーム方式のように呼気ガスを吸引する必要がないので応答速度は速い。
- × e. サイドストリーム方式はセンサ部を 40°C 前後に温めている。
メインストリーム方式のセンサ部が湿度の影響をなくすために 40°C 前後に温めている。

【問題18】 パルスオキシメータのノイズ除去で用いられている方法を2つ解答欄 に記入せよ。[6]

【解説】 パルスオキシメータのノイズ除去には、大きく分けて、

1. 原理・構造上によるノイズ除去
2. 測定方法によるノイズ除去

があげられる。

上記2つの分類によるノイズ除去の方法として、以下の方法があげられる。

- ・ シールド or 二重シールド, ファラディシールド(ケーブル, 受講回路など)
- ・ フィルタ
- ・ 差動増幅
- ・ アース(or 接地)
- ・ 微分演算
- ・ 最小2乗法
- ・ パターン認識
- ・ フーリエ変換
- ・ 遮光, など

【問題 19】 心臓カテーテル検査において、圧較差から弁狭窄の評価ができない組み合わせはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

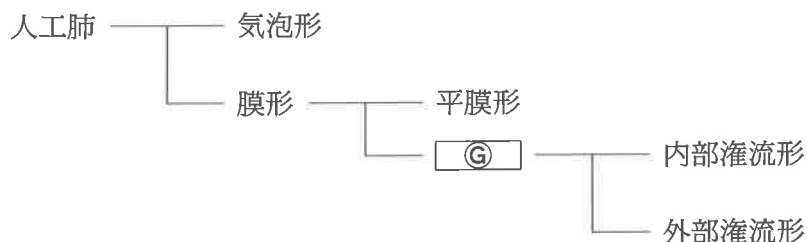
- 1) 左室圧と大動脈圧
- 2) 肺動脈楔入圧と左室圧
- 3) 右室圧と肺動脈圧
- 4) 左房圧と大動脈圧
- 5) 右房圧と右室圧

【正解】 ⑳ = 4)

【解説】 心臓カテーテル検査において、心臓内もしくは血管内の同時圧もしくは引き抜き圧を測定する主な目的は、血流の経路に沿って隣接する心臓内もしくは血管内の2箇所の収縮期もしくは拡張期の圧較差から、その2箇所の間にある弁の狭窄の程度を評価することがその主な目的である。

- 1) 左室圧と大動脈圧：大動脈弁狭窄の評価。カテーテルを左室から大動脈へ引き抜く。
- 2) 肺動脈楔入圧と左室圧：僧房弁狭窄の評価。肺動脈楔入圧は左房圧にほぼ等しいことを利用して、左室圧との同時圧測定を行う。
- 3) 右室圧と肺動脈圧：肺動脈弁狭窄の評価。カテーテルを肺動脈から右室へ引き抜く。
- × 4) 左房圧と大動脈圧：両箇所を隔てる弁はない。
- 5) 右房圧と右室圧：三尖弁狭窄の評価。カテーテルを右室から右房へ引き抜く。

【問題 20】 図は人工肺を構造により分類したものである。図中の空欄にあてはまる人工肺の形式を解答欄 に記入せよ。〔6〕



【正解】 ㊦=中空糸形，ホローファイバ(hollow fiber)形

【解説】 人工肺は静脈血を酸素加し，二酸化炭素を除去する装置である。構造により分類すると，気泡形と膜形がある。気泡形は酸素ガスを小気泡として血液中に吹き込み，直接血液と気泡表面で酸素と二酸化炭素を交換する。膜形は薄い膜を介してガス交換を行う。膜形は膜の形態により，平膜形と中空糸形に大別される。平膜形はさらにコイル形と積層形がある。中空糸形はストロー状のファイバを束ねた構造で，血液を中空糸内に通す内部灌流形と，中空糸の外を通す外部灌流形がある。

現在多く使用されている人工肺は，中空糸形で，外部灌流形のものである。

【問題 21】 除細動器の電極面に導電性ゼリーを塗布しないで通電を行った場合、人体の抵抗を $50\ \Omega$ 、総接触抵抗を $20\ \Omega$ とすると、コンデンサにチャージされたエネルギー $150\ \text{J}$ のうち何 J が有効に人体に加わるか。解答欄 に記入せよ。ただし、除細動器の出力回路の直流抵抗を $5\ \Omega$ とする。[6]

【正解】 = 100 J

【解説】 除細動器の通電電極面に導電性ゼリーを塗布する目的は、電極の接触抵抗を小さくして、接触部位におけるジュール熱の発生を少なくすることであるが、このことは皮膚の火傷ならびにその部位での通電エネルギーの損失を防止することになる。設問では、人体の抵抗 $50\ \Omega$ 、接触抵抗 $20\ \Omega$ 、除細動器の出力抵抗 $5\ \Omega$ であるが、それぞれの抵抗で消費されるエネルギーは、通電電流ならびに通電時間は変わらないので、各抵抗値に比例する。したがって、コンデンサにチャージされたエネルギー $150\ \text{J}$ のうち $50\ \Omega / (5\ \Omega + 20\ \Omega + 50\ \Omega)$ である $100\ \text{J}$ が人体に加わることになる。

【問題 22】 心電図情報とその収集および解析手法の組合せで、不適切なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. ベクトル心電図—————フランク誘導
- b. ホルター心電図—————単極胸部誘導
- c. ヒス束心電図—————圧縮記録
- d. レートポテンシャル(遅延電位)—————加算平均
- e. 心拍変動周波数解析—————FFT(高速フーリエ変換)

- 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 = 5)

【解説】

- a. 時間的，空間的に変動する心房と心室の興奮と回復の心ベクトルを，直交座標軸の 3 平面すなわち前頭面，水平面および矢状面に投影しループ(環)として表したものをベクトル心電図という。解剖学的に直交すると思われる部位に電極を装着しても，人体は均一導体ではないので電氣的に直交した電位変化が必ずしも得られない。そこで電氣的に直交するように抵抗分割によって修正した抵抗網を補直交系と呼び，広く採用されているのがフランク誘導である。
- × b. ホルター心電図では通常，CM 5，CC 5，NASA 誘導が用いられ，下表に示す部位に電極を装着する。これらの誘導は，Wilson の中心電極を使用しない双極胸部誘導である。

	(+)電極	(-)電極	中性電極
CM 5	V 5 近傍肋骨上	胸骨柄(胸骨上端)	右胸部最下肋骨上
CC 5	V 5 近傍肋骨上	V 5 R 近傍肋骨上	
NASA	剣状突起(胸骨下端)	胸骨柄(胸骨上端)	

- × c. His束心電図は、His束およびその近傍の電位変化を心腔内に挿入したカテーテル電極で誘導し、通常 30~500 Hz の帯域通過フィルタを通して体表表面心電図と同時に紙送り速度 100 mm/s で高速記録する。圧縮記録はホルター心電図の解析に利用される。
- d. レートポテンシャル(late potential：遅延電位)は不整脈発生の条件である興奮の伝導遅延の存在を検査する方法で、ベクトル心電図から空間心ベクトルを求め、QRS波の終末部に存在する微小電位の高周波成分(50~250 Hz)を加算平均して求める。心室遅延電位は通常健常者には認められないが、心室頻拍の患者でよく検出され突然死の予測に有用とされている。
- e. R-R 間隔の経時的変動をFFT(高速フーリエ変換)を用いて周波数解析したもので、低周波領域(0.05~0.15 Hz)と高周波領域(0.15~0.5 Hz)にピークが認められる。前者は交感神経および副交感神経活動を、後者は副交感神経活動を反映することが明らかになっており、自律神経機能検査に用いられる。

【問題 23】 透析開始時の点検で、実測が必要なものはどれか。番号を解答欄

にマークせよ。[6]

- a. 透析液の電導度
- b. 透析液の糖濃度
- c. 透析用希釈水の電導度
- d. エンドトキシン濃度
- e. TMP (Trans-Membrane Pressure)

- 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】

・透析液の組成

市販されている透析液の組成は、ナトリウム 135~143 mEq/l, カリウム 2.0~2.5 mEq/l, カルシウム 2.5~3.75 mEq/l, マグネシウム 1.0~1.5 mEq/l, アルカリ剤 33~38 mEq/l, 塩素 105~114 mEq/l, ブドウ糖 0~200 mg/dl の範囲内にあるが、実際には、患者の状態(体重, 血圧, 体液の電解質など)や、透析の条件によって、透析液が選定されている。

・重曹型透析剤

重曹型透析剤は、アルカリ化剤として主に炭酸水素ナトリウムを用いているが、カルシウムやマグネシウムなどの炭酸塩生成による結晶析出を防ぐために、pH 調整剤として少量の酢酸が添加されている。

酢酸には心機能抑制作用や末梢血管拡張作用があるため、透析中の血圧低下原因の一つとも考えられている。この透析中の血圧低下の原因の一つである酢酸を除去した透析用剤が市販され、クエン酸-クエン酸ナトリウム緩衝系で透析液の pH を調整する酢酸を含まない製剤が販売され、関心を集めている。

2001 年に平沢が「透析医療事故防止のための標準的透析操作マニュアル」で、

透析開始時の点検に関して、次のように示されている。透析液の原液または粉末製剤を新しく開封し、装置の操作手順にしたがい溶液を作製および準備する。特に重炭酸ナトリウム溶液(B液)は透析液作製直前に準備するものとし、前回治療の残留液を使用しない。透析液供給装置により透析液を作製し、透析液供給装置と透析用監視装置双方で濃度(透析液浸透圧あるいはナトリウム濃度)温度が規定値にあることを確認する。このほか、患者さんの一般状態の確認のほか、透析装置側のおもな点検項目として静脈圧の確認、透析液圧の確認、TMPの確認、積算除水量の確認、抗凝固薬注入量の確認、透析液流量の確認、透析液温度の確認、血液流量の記録などがあげられている。

・エドトキシシン(ET)の管理

透析液のET濃度の管理は、ET活性値、生菌数など処理水と供給透析液の濃度を定期的に測定するが、測定間隔は月に1~2回の頻度で行なわれているので現状である。

・TMP

限外濾過圧は(膜間圧力差、TMP: Trans Membrane Pressure)、透析膜にかかる濾過圧力を現しており、血液側の静脈圧(返血圧)と透析液側の透析液圧の差によって決定される。次の(1)式で求められる。

$$\text{TMP} = V_p - D_p \dots \dots \dots (1)$$

TMP: 膜に実際にかかる圧力(mmHg)

V_p: 静脈圧(返血圧), D_p: 透析液圧

最近の透析装置では、モ連続的にモニタリングされ、透析中の過度な圧力変化から異常を検知することができ、定時的に観察することが望まれる。

文献

- 1) 平成12年度厚生科学特別研究班(主任研究者: 平沢由平): 透析医療事故防止のための標準的透析操作マニュアル。2001

【問題 24】 各血液浄化療法の特長として正しいのはどれか。その番号を解答欄

にマークせよ。[6]

- a. 血液透析 : 大分子溶質の除去
- b. 血液透析濾過 : 小分子溶質の除去
- c. バイオフィльтраーション : 酢酸不耐症予防
- d. 高ナトリウム透析 : 循環血液量の減少防止
- e. 低温透析 : 血圧上昇防止

- 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 = 8)

【解説】

- × a. 血液透析(Hemodialysis, HD)は分子拡散を物質移動の主たる原理とするため、拡散係数の低い大分子溶質の除去は一般に低い。しかし、最近ではダイアライザ内部で生じる濾過現象を意識的に促進して、限外濾過による積極的な溶質除去を可能とする内部濾過促進型ダイアライザが開発されるようになってきている。このようなダイアライザを用いたHDは内部濾過促進型血液透析(Internal-filtration Enhanced Hemodialysis, IFEHD)と呼ばれ、大分子溶質の除去効率も増大してきている。
- b. 血液透析濾過(Hemodiafiltration, HDF)は透析液を流しながら補充液による積極的な濾過置換を行う血液浄化法である。分子拡散と限外濾過により小分子溶質から大分子溶質まで広範囲にわたって効率のよい除去が可能である。
- c. バイオフィльтраーションは酢酸を含まない透析液と補充液を使用するHDFのことである。通常のHDやHDFに使用される透析液中には酢酸が含まれているため、これに過敏な患者では酢酸不耐症(血圧低下、気分不快など)が生じることがある。これは酢酸のもつ末梢血管拡張作用と心機能抑制作用による。
- d. 通常の維持透析(週3回のHD)を受ける患者の場合、1回4時間程度の治療で2-3ℓの過剰水分の除去が行われる。短時間で急激な除水を行うため循環血液量BV減少にともなう末梢循環障害にしばしば陥る。BVを少しでも維持するために高ナトリウム透析(患者血液もしくは透析液にNaを付加)が行われる。但し、口渇感により飲水を助長しやすいため注意を要する。
- × e. HDやHDFにおける透析液は通常体温近い温度に加温されてダイアライザに供給される。これを意識的に低温(35°C程度)化することにより血管収縮による血圧上昇を図り、除水に伴う血圧低下を未然に防ぐ方法である。

【問題 25】 血液透析施行中のアラームとその原因の関係で正しいのはどれか。

その番号を解答欄 にマークせよ。[6]

アラーム内容	原因
a. 漏血検知	穿孔不良
b. 気泡検知	回路断裂
c. 脱血圧低下	実血流量増加
d. 返血圧上昇	血液凝固
e. 濃度異常	透析膜破損

- 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】 25 = 6)

【解説】

- × a. 漏血検知器はダイアライザの膜破損(リーク)により透析液へ漏出する血液を、透析液出口側で光透過度の減衰を測定することにより検出する機器である。現在、発光ダイオードとホトトランジスタで構成する透過型が広く利用されている
- b. 気泡検知器には通常超音波センサが用いられる。すなわち空気が回路内血液中を通過すると音響インピーダンスが大きく減衰することを利用して検知する。その原因としてはチャンバー内血液量の低下、回路断裂、リークなどが考えられる。
- × c. 脱血圧低下の原因としては脱血針穿孔不良や抜針が考えられる。いずれも実血流量は低下する。
- d. 返血圧上昇の原因としては、返血針穿孔不良、抗凝固薬注入不足による血液凝固などが考えられる。
- × e. 透析液濃度異常は透析液供給装置における透析液原液と希釈水の混合時に発生する。

【問題 26】 在宅中心静脈栄養で輸液注入ポンプを用いた場合の利点でないのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。〔6〕

- 1) 薬剤(輸液バッグ)の交換時間が設定できる。
- 2) 高血糖などの副作用が防止できる。
- 3) 薬剤(輸液バッグ)の高さを気にする必要がない。
- 4) 感染のリスクを軽減できる。
- 5) 閉塞などの異常をアラームで早期に知ることができる。

【正解】 ② = 4)

【解説】 点滴は、一般に自然落下で行われている。自然落下でも慣れればほぼ正確な流量が得られ問題はないといわれるが、空気塞栓や短時間の大量輸液の危険性に常に注意が必要である。輸液バッグが空になったのに気づかずにいると、注入針を詰まらせる原因となる。また、空気塞栓も起こりやすく、中心静脈栄養ではとくに注意が必要である。自然落下に頼っていると、患者の体位によっては輸液速度が速すぎたり不規則になったりすることがある。とくに誤って短時間で大量に輸液が投与されてしまうと、高血糖や心不全を起こす危険がある。輸液ポンプは、自然落下による点滴を手動で調整する代わりとして、自動的かつ正確に輸液を行うための機器である。輸液ポンプには一般に流量や速度のトラブル等の各種警報装置がついているので、これらのトラブルを極力避けることができる。ただし、操作手順を誤ると輸液ポンプに起因する事故(ドアオープンによるフリーフローや設定間違いによる輸液の過不足、バッテリー切れによる停止等)が発生する可能性もあり、注意が必要なことは言うまでもない。

- 1) 交換時間を設定することで輸液切れを防ぐことができる。
- 2) 高濃度ブドウ糖液の短時間大量輸注を防ぐことができる。
- 3) 自然落下ではないので輸液バッグと患者との間の相対的な高さには無関係。
- × 4) 輸液バッグやライン交換時の感染のリスクは同等と考えられる。
- 5) 気泡混入や注入抵抗の上昇(ラインの閉塞や屈曲)等の異常を早期に感知できる。

【問題 27】 気流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. 流量は気体の量そのものである。
- b. 流量は単位時間に移動する気体の量である。
- c. 流速は単位時間あたりの気体の量である。
- d. 流量を時間積分したものが気体の量である。
- e. 流量は平均流速×断面積で示される。

- 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 = 2)

【解説】 肺活量 = (予備吸気量) + (一回換気量) + (予備呼気量) または (最大吸気量) + (予備呼気量) で示されるが、ここで言う気量とは流量 (Flow) を時間積分したものであり、単位は ml または l そのものである。肺の容積や呼気速度などを扱う場合には気体の量や流速などの定義を把握しておくことが必要である。

- × a. 流量とは単位時間に移動する気体の量であり、量すなわち ml または l ではない。
- b. 単位時間に移動する気体の量、すなわち流量の単位は ml/s または ml/min である。
- × c. 流速とは気体が移動する速度であり、単位は cm/s または m/s である。
- d. 流量 (F) = 流速 × 断面積 で示され、単位は $(\text{cm/s}) \times \text{cm}^2 = \text{cm}^3/\text{s} = \text{ml/s}$ である。
- e. 流量を求める場合の流速は通常平均流速が使われる。

【問題 28】 図の図記号がついた電気メスの特徴について解答欄  に 100 字以内で説明せよ。[6]



【正解】〔例〕高周波漏れ電流(高周波分流)対策として、対極板回路が高周波的に非接地(フローティング)になった電気メスの図記号で、高周波漏れ電流が 150 mA 以下と定められているので、分流熱傷が起こりにくい。〔95 字〕

キーワードとして「非接地」「高周波フローティング」「対極板回路」「高周波分流」「高周波漏れ電流」「熱傷対策」などが含まれること。

【解説】JIS T 0601-2-2:2005「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」に定められた図記号で、次の要求事項を満足する出力回路を持っていることを示す。

「高周波的に大地から絶縁した対極板患者回路は、高周波及び低周波の両方で大地から絶縁され、かつ、その絶縁は、次の試験によって各々の電極から 200 Ω の無誘導抵抗器を通して大地に流れる高周波電流が 150 mA を超えてはならない。」

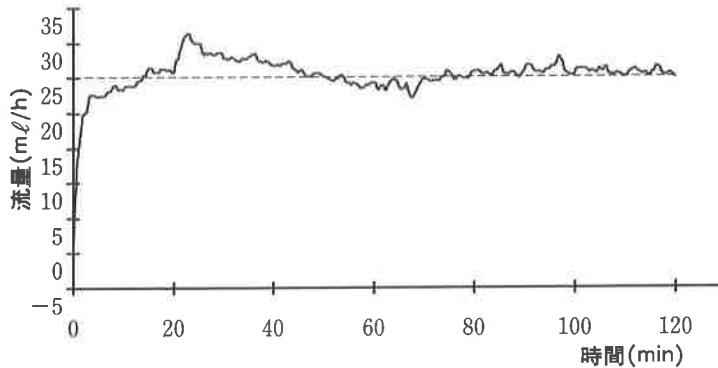
なお、現在市販されている電気メスはほとんどがフローティング方式で、高周波分流が起こりにくい。

【問題 29】 次の空欄にあてはまる番号を解答欄 , にマークせよ。

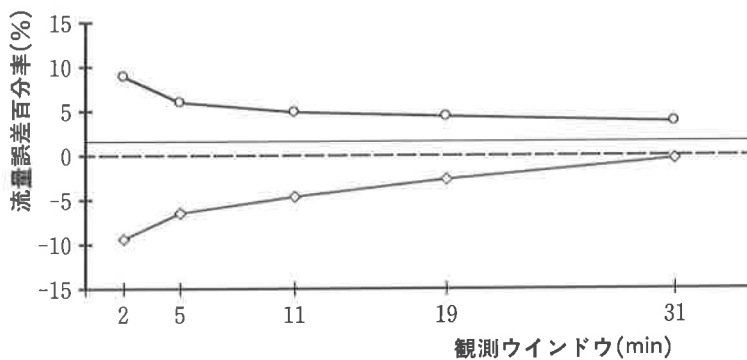
図は JIS T 0601-2-24 に従って測定した輸液ポンプの正確度試験の結果である。スタートアップカーブは機器の動作開始と同時にサンプリング間隔 でプロットした流量を示しており、動作開始から流量が安定するまでの状態を確認できる。トランペットカーブは観測ウインドウごとの流量誤差百分率の をプロットしており、観測ウインドウが短期間の場合では、流量の脈動の様子を確認でき、観測ウインドウが長期間のときは総輸液量の正確さを確認できる。

[3×2=6]

- 1) 1秒 2) 30秒 3) 60秒 4) 120秒 5) 240秒
 6) 標準偏差 7) 標準偏差の2倍 8) 最大と最小
 9) 平均値 10) 推定値



スタートアップカーブ



トランペットカーブ

[正解] ㉔ = 2) ㉕ = 8)

[解説] JIS T 0601-2-24(以下、輸液ポンプのJIS)では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)で表すことを求めている。

a. スタートアップカーブ

ポンプスタート直後から120分間に送り出された液の質量を30秒間隔で測定する。各サンプリング間で増加した液の質量から30秒間の平均流量を求める。ポンプのスタート直後から流量が安定するまでの流量変化の状態を知ることができる。

b. トランペットカーブ

ポンプスタート60分後から120分まで送り出された液の質量を30秒間隔で測定する。2分、5分、11分、19分および31分間の観測ウインドウの平均流量を計算する。解析期間60分内で30秒ずつ観測ウインドウを移動させ、移動平均を計算する。平均流量を各観測ウインドウ時間毎に比較し、それぞれの観測ウインドウ時間での流量誤差百分率の最大値と最小値を求めグラフを作成する。観測ウインドウが短時間の場合ではポンプ流量の脈動の状態が評価でき、観測ウインドウが長時間の場合には流量が安定後の全体誤差百分率の状態を知ることができる。

[備考] 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、2005年に制定された輸液ポンプの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。

【選択問題1】 差圧を用いる呼吸流量計はどれか。番号を解答欄(選1)にマークせよ。[6]

- a. リリー型流量計
- b. 超音波流量計
- c. 熱線型流量計
- d. フライシュ型流量計
- e. レーザ流量計

- 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] (選1) = 3)

[解説] 換気量や肺容量区分の計測に用いる呼吸流量計には気量を直接測定できるローリングシール型スパイロメータの他に、気流量に比例して回転するタービン型流量計、気体の圧力差を検出する差圧型流量計、気体の流れによる熱線の冷却時に生ずる電気抵抗の変化を検出する定温度法(熱線の温度が一定になるように電流を流す方法)を用いた熱線流量計、超音波の送受信センサー間の伝搬速度の差から流速を検出する超音波流量計などがある。

- a. 気体の流れる回路に抵抗体を挿入しその抵抗体前後の気体の圧差を測定する差圧型流量計には層流式と乱流式がある。通常気体の流れを層流状態にしてハーゲンポアズイユの原理に従った流量検出を行っている。リリー型は抵抗体がステンレス製の金網(メッシュ状)であるものをいう。
- × b. 超音波流量計は送受信センサー間の超音波の伝搬速度差や周波数偏移を検出するもので差圧を検出しているものではない。
- × c. 電流を通して加熱した白金線(約 400°C)に気流があたると、熱が奪われて白金線の電気抵抗が下がるが、常に 400°Cになるように電流で補償するような回路構成にしておくと、この電流値が流量の関数になることがキングの式によって知られている。すなわち流量は電流の 4 乗の関係があることを利用している。
- d. a 項で述べたように気体の流れる回路に挿入する抵抗体として細いステンレス管を束ねたものを使用しているものがフライッシュ型流量計である。
- × e. レーザ流量計は現在臨床の現場で使用されているか不明であり差圧とは無関係である。

【選択問題 2】 麻酔器に組み込まれている安全機構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]

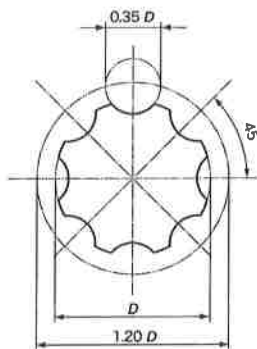
- a. 流量計が横並びのとき酸素流量計は向かって一番左端にある。
- b. 酸素流量調節ノブの形状は規格化されている。
- c. 流量計の操作により吸気酸素濃度を 25%以下にすることはできない。
- d. 酸素供給圧低下警報は 7 秒間以上鳴り続ける。
- e. 酸素供給停止時に亜酸化窒素は遮断されない。

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

[正解] (選2) = 4)

[解説] 麻酔器で起こる最も危険な事故は、酸素供給圧の低下、酸素供給の途絶などによる酸素欠乏である。そのため麻酔器には酸素欠乏事故を防止するために人間工学の立場から考えた配置や形状、各種の安全機構が組み込まれている。

- × a. 流量計の配列は一連の流量計の中で向かって最右端とされ、操作者が最も操作しやすい位置にあり、酸素流量計の誤操作を防止している。
- b. 酸素流量計の調節ノブの形状は他の医療ガスの流量ノブの形状と区別することで、流量計の誤操作を防止している。



- c. 低酸素防止装置によって、麻酔中いかなる場合でも、酸素濃度が25%を下回らないような安全機構を持っている。この低酸素防止装置には連動ギア方式と混合比設定方式がある。
- d. 酸素供給圧低下警報音は55 dB(A)の背景白色騒音において、2 dB(A)以上の音圧差を付けた音で、少なくとも7秒間以上発し続けなければならない。
- × e. ガス遮断装置(酸素圧不良時の安全装置)によって酸素の供給圧が低下した場合に、酸素以外のガスの供給を遮断する。つまり酸素供給停止時には亜酸化窒素は遮断される。

【選択問題 3】 圧規定換気(pressure controlled ventilation: PCV)で人工呼吸
施行中に分時換気量低下アラームが鳴った。原因として考えられるのはどれか。
番号を解答欄(選3)にマークせよ。[6]

- a. 吸気側回路のピンホール
- b. 加温加湿器内の水位レベルの低下
- c. 呼吸回路内損失量の増加
- d. 気道チューブ内への分泌物の貯留
- e. 肺コンプライアンスの低下

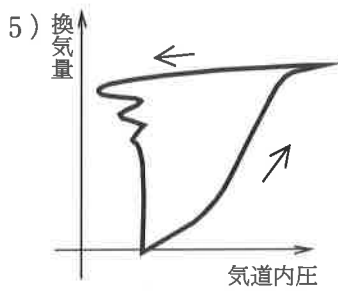
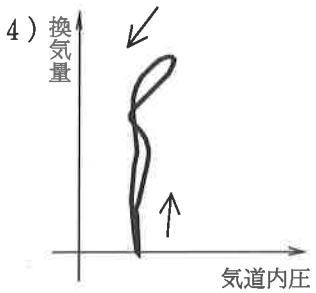
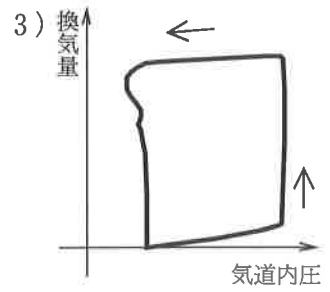
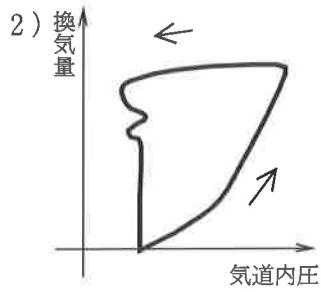
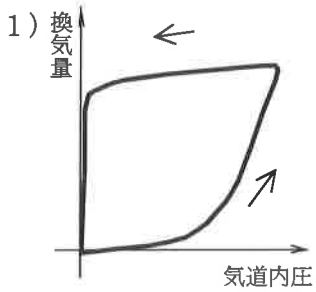
- 1) a, b 2) a, c 3) a, d 4) a, e 5) b, c
6) b, d 7) b, e 8) c, d 9) c, e 10) d, e

【正解】(選3) = 10)

【解説】圧規定換気(PCV)は、あらかじめ設定した吸気時間の間、気道内圧が設定圧に維持される換気法である。

- × a. チューブの亀裂や外れの場合には気道内圧が設定圧値に維持されないために低換気アラームが鳴る。ピンホールの場合には回路からのリークが少量のため気道内圧は設定圧値に維持される。このため換気量は低下しないために低換気アラームは鳴らない。
- × b. 気道内に圧力が加わった場合には、呼吸回路内のコンプライアンスの存在と、加温加湿器内のガススペースでのガスの圧縮により患者の気道に到達するガス量が減少する。これを呼吸回路内損失量という。量規定では加温加湿器内の水位レベルが低下した場合には、加温加湿器内のガス相の増加により呼吸回路内損失量は増加し、患者に送られるガス量は減少する。これは、気道内圧が高くなればなるほど換気量はより減少する。しかし圧規定では、気道内圧が設定圧に維持されるために、呼吸回路内のコンプライアンスや水位レベルの低下による換気量の低下はない。そのため低換気アラームは鳴らない。
- × c. 上記 b の解説を参照。低換気アラームは鳴らない。
- d. 急に肺コンプライアンスが低下した場合や気道抵抗が上昇(気道チューブ内へ分泌物が多量貯留している場合も含む)する場合は、その変化に対して1回換気量が追従できなくなり低換気になり低換気アラームが鳴ることがある。圧補正従量式換気(PCRV)は、これを補うために開発された。
- e. 1回換気量は、 $1 \text{ 回換気量 (ml)} = \text{肺コンプライアンス (ml/cmH}_2\text{O)} \times \text{設定圧 (cmH}_2\text{O)}$ で求められる。設定圧が一定の場合、肺コンプライアンスが低下したならば1回換気量は低下する。そのため低換気アラームは鳴る。

【選択問題 4】 気道内圧と換気量のグラフで従量式換気(PEEP 有り)の設定が適切に行われているのはどれか。番号を解答欄(選4)にマークせよ。[6]



【正解】選4 = 2)

【解説】グラフは圧-量曲線といい、気道内圧(横軸)と換気量(縦軸)の変化を同時に示す。換気様式より吸気相の波形に特徴がある。従量式換気の場合、気道内圧は換気量が設定値に達するまで漸増する。従圧式換気の場合は気道内圧が設定値で一定のまま換気量が増加する。自発呼吸では気道内圧は大きな変化をせず換気量が増加する。さらに PEEP を加えている場合、ループの起点は気道内圧が設定された PEEP レベルとなる。

- × 1. 従量式のパターンを示しているが、ループの起点がゼロ点となっており PEEP は無い状態である。
- 2. 従量式のパターンを示し、ループの起点が PEEP レベルとなっている。
- × 3. ループの起点は PEEP レベルとなっているが、従圧式のパターンを示している。
- × 4. ループの起点は PEEP レベルとなっているが、自発呼吸のパターンを示している。
- × 5. 従量式で PEEP の加わったパターンを示すが、吸気相の後半で換気量の変化を伴わない気道内圧の上昇が見られ不適切な設定である。この波形は「くちばし様波形」といわれ、過剰な換気量を設定した場合に見られる。肺・胸郭のコンプライアンスが低下した症例や過度の吸気圧を設定した場合にも見られ、過剰な陽圧が肺損傷を引き起こす恐れもある。

【選択問題5】 人工呼吸器に関する基準や規格とし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. 1回換気量は設定値の±10%以内でなければならない。
- b. 酸素濃度は設定値の±3 vol%以内でなければならない。
- c. 吸気側呼吸回路の接続部の外径は 30 mm でなければならない。
- d. 加温加湿器の絶対湿度は患者接続口で 20 mg/l 以上でなければならない。
- e. 警報は一時消音時から2分以内に自動復帰しなければならない。

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

[正解] 選5 = 8)

[解説] 人工呼吸器に関する基準としては厚生労働省の人工呼吸器警報基準（厚生労働省告示第264号：平成13年7月30日）があり、規格としてはJIS T 7204「医療用人工呼吸器」がある。

- a. いかなる設定下でも効果的に機能し続け、1回換気量または分時換気量の誤差や変動は±10%居ないでなければならない。また、電源電圧が最高定格電圧の105%から最低定格電圧の90%までの範囲、湿度条件下や10°C～37°Cの範囲内でも同様である。
- b. 吸入気酸素濃度は、人工呼吸器の換気回数および1回換気量の設定範囲内において、設定値の±10%であり、酸素濃度は±3 vol%以内で安定していなければならない。
- × c. 人工呼吸器から患者へ通ずる呼吸回路のすべての接続部は外径22 mmの接合でなければならない。また患者との接続部は22 mm/15 mmの同軸円錐の接合でなければならない。
- × d. JIS や国際標準化機構(ISO)では指定された呼吸回路を使用し、規定された分時換気量(成人では5～20 l/分、小児では2～10 l/分)を流した場合、患者接続部(気管チューブ)で33 mg/lを超える湿度が供給できなければならない。
- e. JIS T 7204にも警報システムとして規定されているが、現在は厚生労働省の人工呼吸器警報基準が施行されている。一時消音については、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分以内に当該警報が自動的に復帰する機能をもたなければならない。

【選択問題 6】 高気圧酸素治療装置(JIS T 7321)の規定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. 第1種装置の内容積は 2 m^3 以下でなければならない。
- b. 第2種装置の内容積は収容人員1人に対して 2 m^3 以上でなければならない。
い。
- c. 最高使用圧力はゲージ圧で 0.54 MPa を超えてはならない。
- d. 装置内の二酸化炭素分圧は 0.00098 MPa (0.01 kgf/cm^2) を超えてはならない。
- e. 第2種装置内部の床は絶縁性材料を使用しなければならない。

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

【正解】選6 = 7)

【解説】 高圧下では空気中の酸素濃度は不変であるが酸素分圧は圧力によって上昇するため、酸素の持つ支燃性が大気圧下よりも高くなる。また、高い酸素濃度により閉鎖循環で行われることなどから、装置の構造、性能、材料などの安全性に関して 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」がある。

- a. 第1種装置は1名の患者を収容する装置で、内容積(気積)は 2 m^3 以下でなければならない。
- × b. 第2種装置は2名以上の患者、または治療に従事する医療従事者も患者とともに収容できる装置であり、内容積(気積)は収容人員1名に対して 4 m^3 以上でなければならない。
- c. 装置の最高使用圧力はゲージ圧力で 0.54 MPa (5.5 kgf/cm^2)を超えてはならない。なお、ゲージ圧力とは、絶対圧力(通常の大気圧)と大気圧の差のことである。
- d. 装置内の二酸化炭素分圧については第1種装置、第2種装置とも 0.00098 MPa (0.01 kgf/cm^2)を超えないような構造(換気系)にしなければならない。操作上では日本高気圧環境医学会の「高気圧酸素治療の安全基準」で、特別な理由がない限り 0.0005 MPa を超えないことを規定している。
- × e. 万一患者や医療従事者が帯電した場合に、高濃度酸素環境下では静電気のスパークによる発火の危険性がある。これを防止するために、第2種装置内部の床材は、難燃性材料で、かつ静電気を逃がすような導電性の材料を用いなければならない。

【選択問題 7】 CRT (Cardiac Resynchronization Therapy) 用ペースメーカー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]

- a. 電極リードは2本である。
- b. 左室と右室の収縮の同期がずれている心不全の治療に使用される。
- c. 左室ペーシングリードは冠静脈洞から挿入する。
- d. 動作の基本原理はデュアルチャンバペースメーカーと同一である。
- e. 有効症例ではQRS幅は増大する。

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

【正解】 **選7** = 4)

【解説】 CRT (Cardiac Resynchronization Therapy) は心不全治療のために開発されたペースメーカーで、通常のデュアルチャンバペースメーカー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、さらに左室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ものである。

- × a. 電極リードは2本ではなく、右房、右室、左室の3本である。
- b. 左室と右室の収縮の同期がずれている心不全の場合に、ほぼ同じタイミングでペーシングすることによって治療する。
- c. 左室ペーシングリードを大動脈から左室へ挿入するのは、動脈系からのアプローチになり侵襲性も高いので、静脈系からのアプローチである冠静脈洞が使用される。
- d. 右房と右室に挿入した電極リードによる動作は、デュアルチャンバペースメーカーと同一である。
- × e. 有効症例では右室と左室の収縮の同期が取れるので、QRS幅は減少する。

【選択問題 8】 心電図モニタ(JIS T 1304)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]

- 1) 心拍数 30~360 bpm の計数表示ができなければならない。
- 2) 時定数は 0.3 s 以上である。
- 3) 入力インピーダンスは 5 M Ω 以上である。
- 4) 高域周波数特性は 40 Hz までである。
- 5) 基本構成として記録部は備えなくてもよい。

【正解】(選 8) = 1)

【解説】心電図モニタの性能は JIS T 1304(心電図監視装置)によって以下のように規定されている。

- × 1) 標準感度で 0.3 mV, 3 mV の正負両極性の信号を入力したとき、30~200 拍/分の心拍数を計数表示できれば規格を満たしている。
- 2) 心電図モニタリングにおいては、体動、筋電図、交流障害などのアーチファクトを極力軽減し波形や計測値を確実に監視できるようにしなければならない。そのために時定数を標準心電図のおよそ 1/10 の 0.3 秒(約 0.5 Hz)以上と定め、より早い過渡応答を得ている。
- 3) 各電極取付け端子間のインピーダンスは 5 M Ω 以上必要である。
- 4) 周波数特性は 10 Hz を基準にして 0.5~40 Hz の範囲で振幅変化は -30~+10%と定めている。
- 5) 装置は入力増幅部、表示部、記録部で基本構成されるが、記録部は備えなくてもよい。

【選択問題9】 カテーテルアブレーション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]

- a. アブレーションの至適組織温度は 60°C前後である。
- b. 定電圧方式は定電力方式に比べ抵抗上昇時に過剰電流が流れる。
- c. 組織の抵抗値はおよそ 50~300 Ω である。
- d. 過焼灼防止のためカテーテル先端にサーモスタットが内蔵されている。
- e. 血流量が多いと同じ出力でも焼灼領域が小さくなる。

- 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

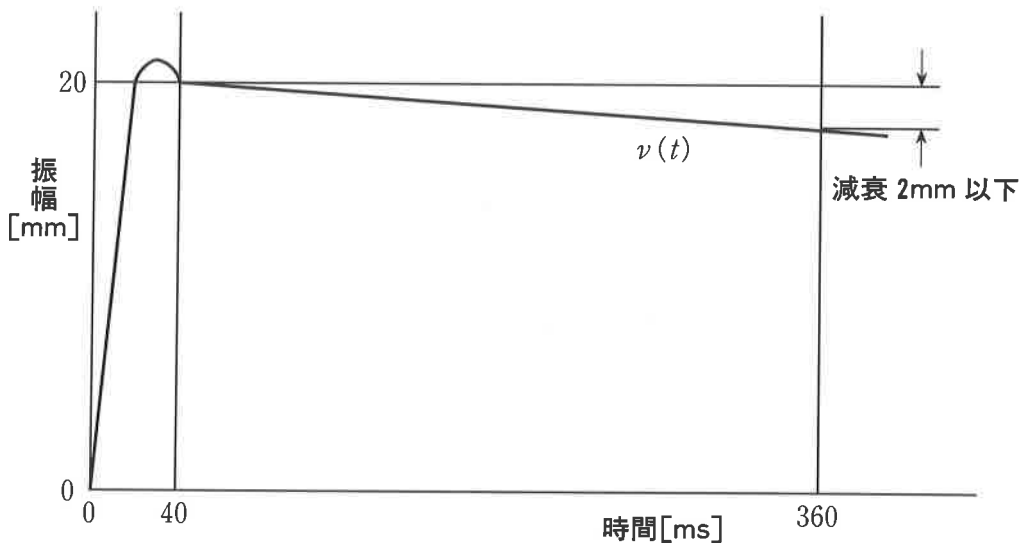
【正解】 (選9) = 6)

【解説】

- a. 記述の通り。
- × b. 通電状態は焼灼部位組織の抵抗値の影響を受ける。焼灼部位の抵抗上昇時、定電圧方式の方が定電力方式に比べ過剰電流が流れる危険性が少ない。高周波微弱電流を流すことにより組織の抵抗値を適宜測定出来る機種が存在する。
- c. 記述の通り。
- × d. 過焼灼防止のために設定温度と tip 先端(組織)の温度のモニタリングが重要である。tip 先端(組織)の温度のモニタリングのために、カテーテル先端にサーミスタが内蔵されているカテーテルが市販されている。
- e. 血流により十分に温度が上がらないこと (cooling effect) があり、これが大きいと同じ出力でも十分な焼灼が得られない。

【選択問題 10】 心電計(JIS T 1202)の低周波特性は、「標準感度で、2 mV の振幅をもつステップ電圧を入力したとき、入力後 0.04 s から 0.36 s の減衰は 3.2 s の時定数によって生じる値を超えてはならない」と定められ、減衰は 2 mm 以下となっている(図参照)。ここで、3.2 s の時定数によって生じる減衰が 2 mm 以下になる理由は以下のように説明できる。

いま、時定数が 3.2 s の心電計にステップ電圧を入力したとき、応答式は時間を $t(t \geq 0.04 \text{ s})$ とすると、 $v(t) = 20 \times \text{選10}$ [mm] である。0.36 s の時点の振幅は、 $t = 0.32 \text{ s}$ を $v(t)$ の式に代入して、 $v(0.32) = 20 \times 0.90 = 18 \text{ mm}$ が得られる。したがって、減衰は $20 - 18 = 2 \text{ mm}$ となる。ただし、 $\exp 0.1 = 1.11$ である。空欄にあてはまる番号を解答欄 **選10** にマークせよ。[6]



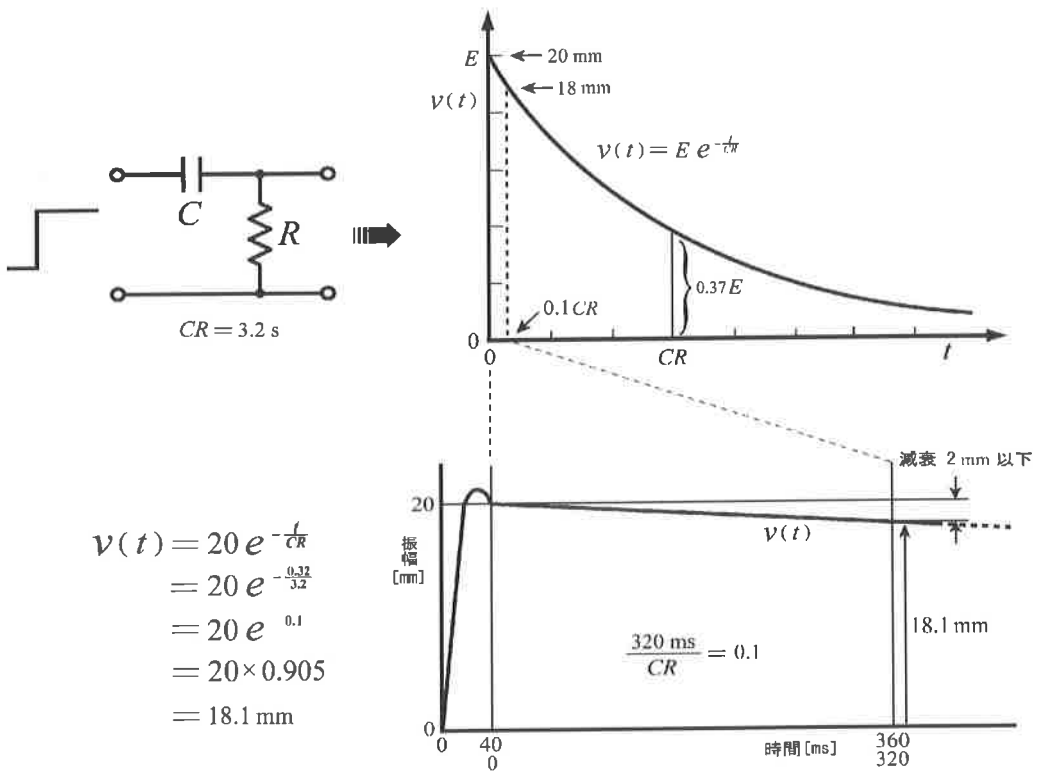
- 1) $e^{-\frac{t}{3.2}}$
- 2) $e^{\frac{t}{3.2}}$
- 3) $e^{-\frac{3.2}{t}}$
- 4) $e^{\frac{3.2}{t}}$
- 5) $e^{-0.32t}$

【正解】 選10 = 1)

【解説】 最近のデジタル心電計は基線安定化処理がなされるために、校正電圧ボタンを押し続けて振幅が37%に減少するまでの時間から時定数を測定することが出来なくなっている。そこで旧 JIS T 1202 では下図に示すように短時間(時定数 3.2 秒の 1/10)の応答から低周波特性を求めることを定めている。

心電計の入力部には分極電圧やドリフトの影響を軽減する目的で高域通過フィルタが挿入されている。このフィルタの時定数を CR とすると、ステップ電圧 E に対する応答式は、 $v(t) = E \exp(-t/CR)$ で表される(底が自然対数 e である指数関数 e^x を $\exp(x)$ と書く)。この式に、題意から $E = 20 \text{ mm}$, $CR = 3.2 \text{ s}$, $t = 0.32 \text{ s}$ を代入すると $v(t) = 20 e^{-0.32/3.2} = 20 e^{-0.1}$ が得られ、減衰量が定まる。

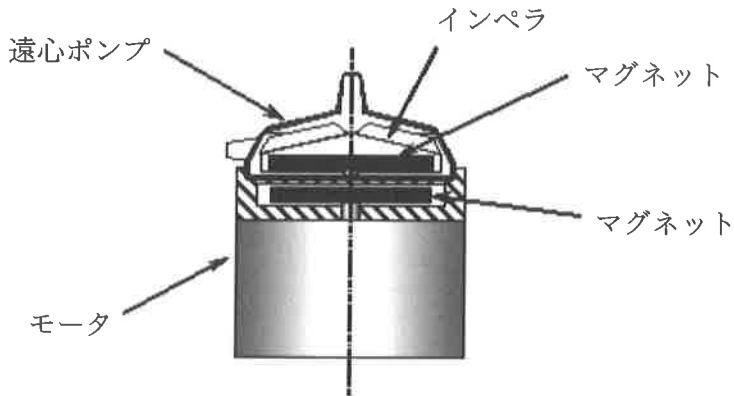
【備考】 第 8 回試験の【選択問題 12】も参照されたい。



【選択問題 11】 人工心肺装置に使用される遠心ポンプは、図に示すようにマグネット・カップリングで動力を伝達する構造のものが多い。この理由として正しいものはどれか、番号を解答欄 **選11** にマークせよ。[6]

- a. 雑菌混入の防止
- b. 溶血の防止
- c. 過負荷の防止
- d. 漏血の防止
- e. 逆転の防止

- 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 = 3)

【解説】遠心ポンプはハウジング内で血液を強制的に回転させ、その遠心力で血液を駆出する機構である。遠心ポンプの回転部分とモータは、お互いに磁石の吸引力を利用した、マグネットカップリングを使用することで、間接的に動力を伝達する。これにより、血液回路が繋がった状態ではポンプ内部を外界と完全に遮断できる構造である。さらに、ポンプ部をモータから容易に取り外しでき、滅菌も容易になったが、このほかにもマグネットカップリングを用いる理由がある。

- a. 遠心ポンプの回転軸がポンプハウジングを貫通する直構造では機械的な軸シール機構が必要であるが、完全に密閉構造にはできないので、外部から雑菌が混入する可能性が生じる。
- × b. マグネットカップリングと溶血は無関係。
- × c. 過負荷の防止にマグネットカップリングを使用することはない。
- d. 機械的な軸シールだけでは、漏血を完全に防止することが難しい。
- × e. マグネットカップリングの伝達トルクは、回転方向に依存しないので、逆転の防止にはならない。

【選択問題 12】 超音波診断で用いられるハーモニックイメージの原理について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. 多重反射の影響が少ない。
- b. サイドローブが減少し方位分解能が改善する。
- c. コントラスト分解能が改善する。
- d. 距離分解能が向上する。
- e. 時間分解能が低下する。

- 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)=10)

【解説】 ハーモニックイメージング(harmonic imaging：非線形音響イメージング)では、線形伝搬を仮定した無限小振幅超音波ではなく、有限振幅超音波として超音波を扱い、超音波の伝搬に伴って波形が歪み、それに伴い発生する高調波(ハーモニック、基本波の周波数の整数倍にあたる波)成分を画像化する。画像化する信号の種類により1) ティッシュハーモニックイメージング(tissue harmonic imaging、組織非線形音響イメージング)と2) 造影ハーモニックイメージングの二つに分けられる。1) は超音波が組織を伝搬するときに組織自身から発生する高調波を画像化するものであり、2) は超音波造影剤である微小気泡が共振、崩壊するときに発生する高調波を画像化するものである。2次高調波成分の代表的な映像化方法にはフィルタ法と位相反転法の二つの方法がある。

ハーモニックイメージング利点と欠点には以下のようなものがある。

【利点】 多重反射の影響が少ない。

サイドローブが減少し方位分解能が改善する。

コントラスト分解能が改善する。

【欠点】 距離分解能が低下する(フィルタ法)。

時間分解能が低下する(位相反転法)。

【選択問題 13】 透析液用希釈水を作製するシステムの構成要素で、エンドトキシン除去に有効なものはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 沈殿フィルタ
- b. 活性炭装置
- c. 軟水化装置
- d. 逆浸透装置(RO装置)
- e. 限外濾過フィルタ

- 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) = 10)

[解説]

1. 逆浸透装置 (RO 装置) からリザーブタンクまでの透析液作製フローラインの消毒

・沈殿フィルタ (プレフィルタ)

原水 (水道水) 中の鉄さび、砂などの粗いゴミを除去するもので水処理装置前に設置する。フィルタのサイズは、通常 1~25 μm のものが多く使用されている。管理上の注意点としてフィルタおよび容器 (ハウジング) には藻類や細菌が繁殖するため、定期的なフィルタ交換が必要であり、水質に応じて交換時期を設定する。また、定期チェックと記録が必要であり、一定以上の圧力上昇が認められた場合は、適宜交換を行う。

・硬水軟化装置 (軟水装置)

軟水装置は、原水中の硬度成分をイオン交換樹脂で Na イオン交換により除去する装置で、処理量の増加とともにイオン交換能力が低下するため交換樹脂の再生が必要となる。

・活性炭濾過装置

活性炭の吸着能力を利用し、残留塩素、クロラミン、有機物を吸着除去する装置で、活性炭の吸着能力には限界があり、定期的な洗浄、交換が必要となる。容器に活性炭を充填したものとカートリッジ化され交換が容易になっている装置もある。吸着能力の判定は通常、遊離塩素濃度で管理し、毎日透析開始前と終了時に測定することが推奨される。活性炭濾過装置は原水の塩素を除去するため、装置内やラインでの細菌繁殖に注意しなければならない。

・逆浸透装置 (RO 装置)

RO 膜に高圧を加え、水成分が濾過してくる現象を利用した膜分離法である。この方法により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完全に除去することが可能で、透析用の希釈水を作製する主要な装置である。水質は電導度 (数 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 程度) を監視することで行われているが、毎日の点検、調整、記録が必要となる。清浄度については、逆浸透のみで 50 EU/L 未満のエンドトキシン値を到達できないケースもあるが、原水中のエンドトキシン (ET)

のほとんどが除去される。

・限外濾過フィルタ(水処理用)

逆浸透に加えて限外濾過処理を行うフィルタで、限外濾過膜は透析膜とほぼ同様の膜孔径を有し、ET に対して検出感度以下を、安定的に維持することが可能である。

限外濾過フィルタの管理は、ET 活性値、生菌数など処理水をモニターし必要に応じて定期的に交換する。(交換時期は、処理水の水質にもよるが通常2～3年)また、限外濾過フィルタの出入り口の圧力差(ΔP)を観察し、過度な圧力上昇を認めた場合は交換が必要となるため、毎日のチェックが必要となる。

最近、透析液の水質に関する国際的な標準化の試みが ISO の基準として論議されているが、これまでわが国では ET 濃度が重視され、多くの施設で希釈水、透析液清浄化の指標として普及している。

《文献》

1) 川西秀樹ら：新たな透析液水質基準と血液浄化器の機能分類，透析会誌 38(2)：149-154，2005

2) 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)：透析液清浄化ガイドライン Ver 1.05：2006年8月22日

【選択問題 14】 血液透析濾過法(HDF)について正しいのはどれか。番号を解答欄(選14)にマークせよ。[6]

- a. 後希釈法では、前希釈法よりも大量の液置換が可能である。
- b. 血液透析に比べて、高分子量物質の除去に優れる。
- c. 溶質除去性能は、置換液量に依存する。
- d. 透水性の低い透析膜が適している。
- e. ふるい係数が小さいほど除去性能が高い。

- 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14) = 5)

【解説】

- × a. 後希釈法では血液が濃縮されるため、大量の液置換ができない。前希釈法では、後希釈法と同程度の除去性能を得るためには大量の液置換が必要であり、実際に大量の置換液が用いられる。
- b. HDF法は、血液透析に比べて、高分子量物質の除去に優れる。HDFでは濾過による溶質除去の割合が増えているためである。拡散による除去では、分子量の増加に伴い徐々に除去性能が低下する。一方、濾過による除去では、分子量が大きくなっても、ある程度の分子量までは除去性能がほとんど低下しないが、その後急激に除去性能が低下する。
- c. 溶質除去性能は、置換液量に依存する。高分子量物質の除去性能は置換液量が多いほど大きい。小分子量物質の除去性能は、透析液流量が低下するため、置換液量が増加すると若干低下する。
- × d. 透水性の高い透析膜が適している。
- × e. ふるい係数は、濾過による膜の性能を表す定数で、濾過によって除去される溶質の割合(透過液濃度/原液濃度)を表す。したがって、ふるい係数が大きいほど除去性能が高い。

【選択問題 15】 腹膜透析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]

- a. 半数以上の患者に腹膜炎の発症が見られる。
- b. 長期治療では非嚢性腹膜硬化症を発症しやすい。
- c. 夜間自動的に液交換する方法(APD)が大部分である。
- d. イコデキストリン透析液が市販されている。
- e. もっとも高張な透析液のグルコース濃度は6.0%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】(選15) = 6)

【解説】

- × a. 腹膜炎発症率は20%であり、80%の患者は発症していない(日本透析医学会統計調査結果 2005 年末)。
- b. 非嚢性腹膜硬化症は長期腹膜透析におけるもっとも重篤な合併症である。
- × c. 60%がCAPDであり、APDは35%程度である。
- d. 非嚢性腹膜硬化症予防を目的として、バクスター社よりイコデキストリン透析液が市販されている。
- × e. もっとも高張なグルコース濃度は、4.25%である。

【選択問題 16】 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したとき、透析中の溶質濃度について正しいのはどれか。番号を解答欄 **選16** にマークせよ。[6]

- a. 溶質濃度は時間の経過にともなって直線的に減少する。
- b. 体液量が大きいほど、溶質の濃度低下は速い。
- c. クリアランスが大きいほど、溶質の濃度低下は速い。
- d. 体液量に対するクリアランスの比(K/V)が大きいほど、溶質の濃度低下は速い。
- 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16 = 8)

[解説] 体液量，クリアランスが一定という条件で，透析中の血中濃度変化を表す微分方程式を解くと，

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

となる。したがって，

- × a. 溶質濃度の対数が時間の経過にともなって直線的に低下する。
- × b. 体液量 (V) が大きいほど，溶質の濃度低下は遅い。
- c. クリアランス (K) が大きいほど，溶質除去速度は大きい。
- d. K/V (時定数の逆数に相当) が大きい程，溶質の濃度低下は速い。
- × e. 溶質濃度が半分になる時間は初期濃度に依存しない。 K/V の値で決まる。

【選択問題 17】 透析液中のエンドトキシン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. 日本透析医学会基準では透析液中の上限濃度が 500 EU/ℓ である。
- b. グラム陽性菌外膜に存在する。
- c. エンドトキシン濃度と細菌数は相関しない。
- d. リポポリサッカライドの構造を有する。
- e. 透析膜を透過しない。

- 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17) = 8)

【解説】

- × a. 2001年の日本透析医学会コンセンサスカンファレンスでは最大許容濃度が 50 EU/ℓ, 達成目標濃度が 10 EU/ℓ である。250 EU/ℓ はそれ以前の基準値である。
- × b. エンドトキシンはグラム陰性菌外膜に多量に存在しており, グラム陽性菌にはほとんど存在していない。
- c. 透析液中にはグラム陰性菌, グラム陽性菌双方が存在しているため, エンドトキシン濃度と細菌数は相関しない。
- d. エンドトキシンの構造はリポポリサッカライド(LPS)である。分子量は 2000 程度から存在しているが, 通常は複数の LPS が結合した状態で存在している。
- × e. 分子量的に透析膜を透過しうる。高濃度溶液を用いた in vitro 実験では実際に透析膜を透過している。

【選択問題 18】 以下の条件で、前希釈法による血液透析濾過療法を行った。脱血血液のヘマトクリットが24%のとき、ダイアライザ出口でのヘマトクリットは何%か、番号を解答欄(選18)にマークせよ。[6]

脱血流量：220 ml/min

体外循環実施時間：4.0 時間

総補液量：20ℓ

除水目標量：4.0ℓ

濾液流量：補液流量，除水流量とも一定で実施

- 1) 24 2) 26 3) 28 4) 30 5) 32

【正解】 選18 = 2)

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

除水流量が一定であるので、

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

となり、数値を代入して、

$$Q_F = \frac{V_F}{t_D} = \frac{4.0}{4.0} = 1.0 \text{ [l/hr]} \rightarrow 16.7 \text{ ml/min}$$

また、

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

なので、

$$Q_{\text{Bout}} = Q_{\text{Bin}} - Q_F = 220 - 16.7 = 203.3 \text{ [ml/min]}$$

さらに、体外循環回路中で

$$\text{血球成分流量} = \text{脱血流量 } Q_{\text{Bin}} \times \text{脱血血液のヘマトクリット } Hct_{\text{in}}$$

は変化がないから、

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

に数値を代入して、

$$Hct_{\text{out}} = \frac{Q_{\text{Bin}} \times Hct_{\text{in}}}{Q_{\text{Bout}}} = \frac{220 \times 0.24}{203.3} = 0.260 \rightarrow 26\%$$

【選択問題 19】 栄養摂取の観点から好ましい栄養法はどの順か。番号を解答欄

〔選19〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 静脈栄養, 経管栄養, 経口栄養
- 2) 静脈栄養, 経口栄養, 経管栄養
- 3) 経口栄養, 静脈栄養, 経管栄養
- 4) 経口栄養, 経管栄養, 静脈栄養
- 5) 経管栄養, 経口栄養, 静脈栄養

〔正解〕 〔選19〕 = 4)

〔解説〕 栄養法の種類には、経口栄養法、経管栄養法(経腸栄養法)、経静脈栄養法があり、栄養機能が完全に保たれている場合は経口栄養法が、摂食・咀嚼・嚥下に障害がある場合や部分的に消化機能が低下している場合は経腸栄養法が、消化・吸収機能が著明に低下している場合は経静脈栄養法が用いられる。

○4) 経口栄養が最も生理的で経管栄養がこれに次ぐ。消化管を介した投与は腸管粘膜の機能と生態防御機構の維持に重要である。これに対し、静脈栄養は非生理的投与方法で腸管粘膜の萎縮を来たす可能性があり、また、厳密な無菌的処置が必要で重篤な合併症も多い。

【選択問題 20】 ガス検出に赤外線の利用しているものはどれか。番号を
解答欄(選20)にマークせよ。[6]

- a. CO₂
- b. CO
- c. He
- d. O₂
- e. Ne

- 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) = 1)

〔解説〕 医療で使用するガスとして CO_2 , CO , He , O_2 などがある。呼吸機能の測定には機能的残気量や肺拡散能力、肺内ガス分布などがあるが、これらの測定には N_2 , He , CO ガスなどの指示ガスの濃度測定が必要である。また血液中や空気中の O_2 や CO_2 分圧の測定も頻繁に行われる。さらに呼吸中の呼気 CO_2 ガス濃度の連続測定も患者の麻酔管理や呼吸管理をする上で重要である。

- a. 呼気ガス中の CO_2 濃度の測定はカプノメータで知られている装置で連続測定が行われている。 CO_2 ガスが赤外線領域で吸収帯をもっていることを利用した装置で基準ガスと CO_2 ガス両者の赤外線吸収の差を検出している。検出法には赤外線による温度差による金属膜の可動変位や金属膜間の容量変化を検出する方法などがある。
- b. CO ガスも CO_2 ガス同様赤外線領域に吸収帯をもつので同じ測定原理が用いられる。無論これらのガスは連続測定ではないがガスクロマトグラフやショランダー微量分析装置などによっても測定ができる。
- × c. He 濃度の測定にはカタヒロメータで知られているように、 He ガス濃度の熱伝導度の差から検出する方法が用いられている。加熱した導線(導体)に He ガスが触れると電線は熱が奪われ冷却し抵抗が変化する。この抵抗の変化は He 濃度の関数となることから、抵抗変化をブリッジ回路に組み込んで電流または電圧計測している。
- × d. O_2 ガスは白金を用いた酸素電極によるアンペロメトリック法によって計測することが多い。その他磁気 O_2 分析装置や前述のガスクロマトグラフなどによっても測定できる。
- × e. 生体計測には Ne ガスはあまり用いられず、赤外線の吸収を測定原理として利用していない。

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

- a. RF 波の周波数は静磁場中の歳差運動周波数の 2 倍である。
- b. スライス面の選択には静磁場に重畳させた傾斜磁場が必要である。
- c. X 線 CT と比較して石灰化病変の診断に有用である。
- d. T_2 強調像では脂肪組織より脊髄液で信号強度が大きい。
- e. X 線 CT と比較して軟部組織間のコントラストが高い。

- 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 21 = 2)

[解説] 現在の MRI 装置は強力な磁場中に置かれた生体の水の構成原子である水素原子の原子核(プロトン)の振る舞いを画像化したものである。MRI の白黒濃淡は得られる信号強度の強さによって表現される。得られた MRI の画像にはプロトン密度画像, T_1 強調像, T_2 強調像などがある。

- × a. 外部から生体に与えるラジオ周波数(RF)の周波数は $\omega = \gamma B$ のラーモアの歳差運動周波数によって決められた周波数でなければならない。水素原子の磁気回転比 γ は $\gamma = 42.5 \text{ MHz/T}$ で定数(T はテスラ)であるので, 静磁場強度 B がもし 2 T であれば ω は 95 MHz となる。従って RF 周波数は静磁場強度中の歳差運動周波数と同じ周波数なければ共鳴(核磁気共鳴)が起こらない。言い換えると共鳴周波数はラーモアの式による周波数である。
- b. MRI 画像構築とスライス面の選択には一定の静磁場強度(B)に加えて前後, 左右方向など任意の方向に傾斜磁場を加えることにより, ラーモアの式による共鳴周波数が場所により異なるため, 周波数分析によってその周波数を測定すれば MRI の信号が何処から発生しているかが分析できるため, その位置の信号強度に白黒濃淡を付ければあらゆる断面像の画像が得られる。
- × c. X線 CT は組織の X線吸収係数を画像化したものであり, 軟部組織から骨等の硬い組織(石灰化組織を含む)までを水の吸収係数を基準とした CT 値によって画像かしている。しかし MRI は水の構成原子核である水素原子の振る舞いを画像化したものであるから, 石灰化病変のような水分の極端に少ない組織の画像診断はあまり期待できない。
- d. T_2 緩和(横緩和)曲線の時定数は脳脊髄液 > 大脳皮質 > 脂肪層の順に長い。そのため T_2 時間における信号強度は脳脊髄液で最も強い。 T_1 強調像ではこれと逆になる。
- e. X線 CT も軟部組織も良く見えるが, MRI の画像のほうがその軟部組織間のコントラストが高い。ちなみに MRI は X線 CT と異なりあらゆる断面像を描出することができる。

【選択問題 22】 電気メスについて正しいのはどれか。番号を解答欄 **選 22** にマークせよ。[6]

- a. 搬送周波数はほぼ 400 MHz である。
- b. ブレンド切開は切開波形と凝固波形を加算した波形が使われる。
- c. 通常凝固のバースト波の繰り返し周波数は 20 kHz 程度である。
- d. スプレー凝固波形のピーク電圧は最大出力では 100 kV 近くに達する。
- e. 高周波分流の許容値は 150 mA 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) = 9)

[解説] JIS T 0601-2-2:2005「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」に照らして考える。

- × a. 通常, 500 kHz 付近の高周波が用いられるが, 上記 JIS には規定はない。しかし, 400 MHz を使用する電気メスは存在しない。なお, 上記 JIS では「搬送周波数」という言葉は使用していない。「基本周波数」という言葉が使用されている。
- × b. JIS に規定されているわけではないが, ブレンド切開とは, 切開波形と凝固波形との中間的な波形を持ちうる切開波形で, 「凝固しながら切開できる波形」という意味である。ブレンド(混合)という名称から, 切開波形と凝固波形を混合(加算)して出力するように誤解されるが, ブレンド切開波形はそれ用の波形を内部発振回路で作っているものである。なお, 凝固性の強さによって, ブレンド切開波形はいくつかの種類を持つものがある。また, 凝固性を連続的に調整できるブレンド切開もある。
- c. 凝固には, 通常, 断続波形が使われる。これをバースト波と称する。そのバーストの連続時間は 10~20 μs で, その繰り返し周波数は 20 kHz(周期は 50 μs)程度が使われる。
- × d. スプレー凝固とは, バースト波のピーク電圧を上げて, 火花が遠くまで飛ぶようにして, 広範囲の面凝固を目的とした凝固波形である。このため, ピーク電圧は最高が 10 kV 近くが使われる。100 kV を使うものはない。
- e. 上記 JIS では高周波漏れ電流(高周波分流)の上限値は 150 mA と規定されている。

【選択問題 23】 法的脳死判定時の脳波記録で誤っているのはどれか。番号を解答欄 **選 23** にマークせよ。[6]

- a. 脳波計の感度は $10 \mu\text{V}/4 \text{ mm}$ 以上でなければならない。
- b. $3 \mu\text{Vp-p}$ 以上の脳波活動が全く認められない脳波を ECI (又は平坦脳波) という。
- c. 記録電極間距離は 3 cm 以下でなければならない。
- d. 2つの電極間抵抗は $10 \text{ k}\Omega$ 以下, 100Ω 以上でなければならない。
- e. 電極は白金材質の皿状電極を使用しなければならない。

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

[正解] (選 23) = 9)

[解説] 法的脳死判定のための脳波記録では大脳皮質の電気活動が全くない (Electro cerebral inactivity : ECI) 状態であるかを判定することが重要で、当時の厚生省の脳死判定マニュアルによると脳波記録の感度を少なくとも標準感度の4倍以上で記録することになっている。そうなると脳波信号か脳波計の雑音かの区別が記録時に重要な問題となり、できるだけ雑音混入のない記録が必要となる。

- a. 脳波記録の標準的感度は通常 $50 \mu\text{V}/5 \text{ mm}$ ($10 \mu\text{V}/1 \text{ mm}$) であるため、脳死判定では4倍以上すなわち $10 \mu\text{V}/4 \text{ mm}$ 以上で記録しなければならない。しかし現在の脳波計には4倍の感度はなく、そのため最も新しい学会基準では $10 \mu\text{V}/5 \text{ mm}$ 以上で記録するようになっている。5倍であるから当時の厚生省の脳死判定マニュアルを満足している。
- b. $3 \mu\text{Vp-p}$ は JIS で定められている脳波計の内部雑音の許容値であるので、脳死判定では $3 \mu\text{Vp-p}$ 以上の脳波活動が残っているかを判定することになる。従って $3 \mu\text{V}$ 以下であれば脳波活動がないことを意味する。記録の上ではまったくペンの振れない平坦な記録となるので、日本の脳死判定マニュアルでは平坦脳波の用語が用いられている。しかし国際脳波・臨床神経生理学会連合では ECI の用語が用いられており、日本臨床神経生理学会の「脳死判定に関する脳波検査」では ECI と平坦脳波を併記している。
- × c. 記録間電極は単極導出および長距離双極導出でいずれも 10 cm 以上離さなければならない(脳死判定マニュアルでは 7 cm 以上となっている)。
- d. 脳死判定ではできるだけ周囲環境からの雑音の軽減が重要であるため2つの電極間の接触抵抗(電極間抵抗)は最近の学会基準では $5 \text{ k}\Omega$ 以下、 $1 \text{ k}\Omega$ 以上でなければならないとしている(脳死判定マニュアルでは $10 \text{ k}\Omega$ 以下、 100Ω 以上となっている)。
- × e. 電極はできるだけ分極電圧の低い銀一塩化銀(Ag-AgCl)電極を用いる。白金電極は分極電圧が高いため、体動などによるドリフト雑音が大きく混入し記録の安定も悪い。

【選択問題 24】 誘発筋電図の測定について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選 24)にマークせよ。[6]

- a. 運動神経伝導速度測定には筋の活動電位記録が必要である。
- b. 電気刺激に用いる矩形波の持続時間は0.1秒以上である。
- c. 神経を電気刺激する場合には必ずアイソレータを介して行う。
- d. 感覚神経伝導速度の測定には神経の活動電位記録が必要である。
- e. 加算平均装置は運動神経伝導速度の測定に使われる。

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

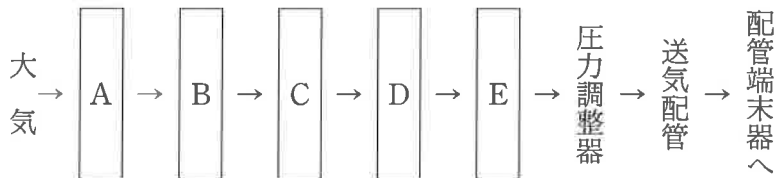
[正解] 選 24 = 7)

[解説] 誘発筋電図は骨格筋を支配している運動神経を皮膚表面より電気刺激することによって生ずる筋の複合活動電位であるが、この筋複合活動電位を用いて運動神経の伝導速度の計測が行われている。しかし運動神経を電気刺激する場合にその刺激強度によって感覚神経やその両方が同時に刺激されるため、通常誘発筋電図検査といえば筋複合活動電位ばかりではなく感覚神経活動電位や感覚神経伝導速度の測定まで含める。

- a. 運動神経を電気刺激するとその支配筋の活動に伴う複合筋活動電位(Compound muscle action potential : CMAP)が出現する。しかし刺激時点と CMAP の立ち上がりまでの時間(潜時)の中には神経・筋接合部の化学伝達物質による伝達時間と筋線維の興奮伝導時間が含まれている。そのため実際の運動神経伝導速度の測定には運動神経の 2 点部位を刺激することで神経・筋接合部の伝達時間などを除く 2 点刺激法が用いられている。
- × b. 電気刺激は通常 0.1~0.2 ms の持続時間を持つ矩形波が用いられる。例えば上肢の CMAP の立ち上がり潜時は数 ms であるので 0.1 秒(100 ms) は長過ぎるし、刺激による雑音も大きく記録に混入する。
- c. 神経の電気刺激には刺激箇所のみを効率的に刺激し、かつ刺激雑音が記録に混入しないように刺激出力をアースと無関係にするアイソレータを介して行う。
- d. 感覚神経伝導速度の測定には神経は両側伝導であるため末梢部(遠位部)を刺激し近位部(中枢側)で記録する順行性測定法と近位部を刺激し遠位部で記録する逆行性測定法がある。順行性測定法では検出される神経の活動電位は小さいので加算平均法を併用することが多い。
- × e. 運動神経伝導速度の測定に必要な CMAP 波形の電位は数 mV と大きいいため加算平均の必要はない。

【選択問題 25】 下図の A から E は、JIS T 7101「医療ガス配管設備」で規定した圧縮空気供給装置の構成要素である。A から E の順序が正しいのはどれか。

解答欄 **選25** にマークせよ。[6]



- 1) バクテリアフィルタ → 圧縮機 → ドライヤ → アフタークーラ → リザーバタンク
- 2) バクテリアフィルタ → リザーバタンク → 圧縮機 → アフタークーラ → ドライヤ
- 3) 圧縮機 → ドライヤ → アフタークーラ → リザーバタンク → バクテリアフィルタ
- 4) 圧縮機 → リザーバタンク → ドライヤ → アフタークーラ → バクテリアフィルタ
- 5) リザーバタンク → バクテリアフィルタ → 圧縮機 → ドライヤ → アフタークーラ

[正解] 選25 = なし (解説参照)

[解説] 圧縮空気の供給方法は、圧縮空気供給装置により供給する方法、ポンペにより供給する方法、混合ガス供給設備(液化酸素と液化窒素を気化混合[酸素が22%、窒素が78%]したもの)により供給する方法がある。圧縮空気供給装置による供給の場合は圧縮空気供給装置を2基以上設置しなければならない。また、合成空気の場合は、バックアップ用の合成空気のマニフォールドを備えなければならない。

圧縮空気の製造工程は、自然界の湿気を持つ空気を圧縮するために、乾燥(除湿)、清浄化し製造される。そのため、圧縮空気供給装置は以下のような要素の順序で構成されなければならない。

- A. 圧縮機(空気圧縮機)：取り込んだ空気を圧縮する装置
- B. アフタークーラ：圧縮によって温度上昇した空気を冷却し温度を下げることで、空気中の水蒸気を凝縮し除去する装置である。
- C. リザーバタンク(レシーバタンク)：圧縮された空気の脈動をとり、一時的に保存するタンク。
- D. ドライヤ(エアードライヤ)：リザーバタンクから供給される圧縮空気を冷却して更に水分を除去し、配管内での凝縮を防止する装置(冷凍式、吸着式、浸透膜式など)である。
- E. バクテリアフィルタ(フィルタ装置)：圧縮空気中の水分、油分、塵埃などの不純物(微粒子)を除去する装置で、複数のフィルタを使用している。

つまり、構成要素の順序は圧縮機→アフタークーラ→リザーバタンク→ドライヤ→バクテリアフィルタの順序になるため、選択肢には正解がない。

小論文試験問題

平成19年4月1日に医療法が改正され、病院、診療所又は助産所の管理者は、医療機器の保守点検・安全使用に関する体制を確保することが義務付けられた。この中で、管理者は医療機器の安全使用のための責任者(以下、「医療機器安全管理責任者」という。)を配置することになった。この「医療機器安全管理責任者」は、医療機器に関する十分な知識を有する常勤職員であり、医師、歯科医師、薬剤師、看護師、歯科衛生士、臨床検査技師、診療放射線技師又は臨床工学技士のいずれかの資格を有していることとなっている。

また、この「医療機器安全管理責任者」は、管理者の指示もしくは安全管理委員会との連携の下に、次に掲げる体制を確保することとなっている。

- ① 従業者に対する医療機器の安全使用のための研修の実施
- ② 医療機器の保守点検に関する計画の策定及び保守点検の適切な実施
- ③ 医療機器の安全使用のために必要となる情報の収集その他の医療機器の安全確保を目的とした改善のための方策の実施

そこで、この法律を有効に実施するためには具体的にどのようにすればよいか、①、②、③についてのあなたの考えを800字以上1200字以内にまとめよ。
ただし、800字に満たない論文は小論文の評価が0点になる。[50]