

【問題 1】 二酸化炭素は水に溶けて炭酸になり、重炭酸(炭酸水素)イオンと水素イオンに解離し、以下のような平衡関係になる。



この溶液に乳酸を加えると、平衡が移動して、重炭酸イオン濃度は  し、pH は  する。一方、溶液に二酸化炭素を加えると、重炭酸イオン濃度は  し、pH は  する。濃度や pH の増減について空欄に当てはまる語句を解答欄  ～  に記入せよ。[2×4=8]

【正解】 ① 減少 ② 減少 ③ 増加 ④ 減少

【解説】 乳酸を加えると、平衡が左に移動して、重炭酸イオン濃度は減少、pH も減少する。また、この溶液に二酸化炭素を加えると、平衡が右に移動して、重炭酸イオン濃度は増加、pH は減少する。

【問題 2】 ブドウ糖( $C_6H_{12}O_6$ )1.8 g を  $37^\circ C$  の純水 100 ml に溶解したときの浸透圧は何 kPa か。有効数字 2 桁で解答欄  に記入せよ。ただし、気体定数  $R$  を  $8.31 \times 10^3 \text{ l} \cdot \text{Pa} / (\text{K} \cdot \text{mol})$  とする。[ 4 ]

【正解】   $2.6 \times 10^2$

【解説】  $\pi = CRT$  なので、次のように計算すればよい。

濃度  $C$

分子量は 180 なので、 $1.8/180 \times (1,000/100) = 0.1 \text{ mol/l}$

温度  $T$

$$37 + 273 = 310 \text{ K}$$

したがって、

$$\begin{aligned}\pi &= 0.1 \times 8.31 \times 10^3 \times 310 \\ &= 2.58 \times 10^5 \text{ Pa} \\ &= 2.6 \times 10^2 \text{ kPa}\end{aligned}$$

【問題 3】 SI の 7 種の基本単位のひとつである物質量の単位を  といい、  
0.012 kg の  $^{12}\text{C}$  に含まれる炭素原子と同数の基本粒子を含む系の物質量を 1  
 と定義している。0.012 kg の  $^{12}\text{C}$  に含まれる炭素原子の数を  とい  
う。空欄に当てはまる語句を解答欄  ～  に記入せよ。[2×2=4]

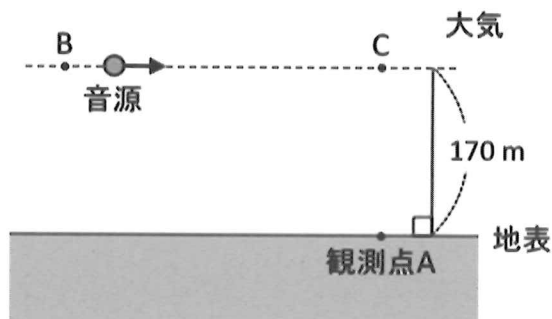
【正解】 ㉔ mol

㉖ アボガドロ定数

【解説】 国際単位系とその基本単位の一つである化学において重要な物質量の概  
念と単位 mol およびそれに関する定数の問題である。アボガドロ定数は 1969 年  
以前は呼称であるアボガドロ数といわれていた。

アボガドロ定数  $N_A = 6.02214129 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  である。

【問題 4】 図のように、地表から高度 170 m の大気中を 20 m/s で水平に等速度運動する周波数 1 kHz の音源を考える。大気中の音速は 340 m/s とする。この音源が地表の観測点 A からの距離 340 m の点 B より、距離 170 m の点 C に移動するとき、観測される音の周波数はおよそ  $f_1$  から  $f_2$  まで変化する。 $f_1$ ,  $f_2$  の組み合わせで正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 4 ]



- a. 1100 Hz
- b. 1050 Hz
- c. 1000 Hz
- d. 950 Hz
- e. 900 Hz

- 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】 移動音源によるドップラー効果に関する問題である。

音源の周波数と速度をそれぞれ  $f_0$  および  $V$ 、音源の進行方向と観測者・音源がなす角を  $\theta$  とするとき、ドップラーシフトした観測周波数  $f'$  は

$$f' = \frac{C}{C - V \cos \theta} f_0$$

となる。

B 地点では  $\theta = 30^\circ$  であり, C 地点では  $\theta = 90^\circ$  である。

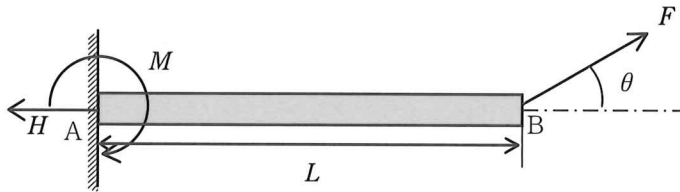
よって

$$f_B' = \frac{340}{340 - 20 \cos 30^\circ} \times 1000 \cong 1054 [\text{Hz}]$$

$$f_C' = \frac{340}{340 - 20 \cos 90^\circ} \times 1000 = 1000 [\text{Hz}]$$

【問題 5】 図に示すような左端 A が固定された長さ  $L=7\text{ m}$  の片持ち梁(はり)がある。右端 B において梁に対して斜め上方向に引っ張った。この引っ張り力  $F$  は  $5\text{ N}$  であるが、梁からの引っ張り角度  $\theta$  は不明である。

梁の A 点に左方向にかかる水平力  $H$  が  $4\text{ N}$  のとき、A 点にかかるモーメント  $M$  の大きさは何  $\text{N}\cdot\text{m}$  か。解答欄  に記入せよ。[ 5 ]



【正解】 Ⓗ  $21(\text{N}\cdot\text{m})$

【解説】 力とモーメントのつり合いに関する問題である。二つのつり合いの式の連立方程式を解くことによって答えは容易に求まるが、三角関数の最小限の知識が必要である。

A 点での水平方向(右が正とする)のつり合いの式は

$$F \cos \theta - H = 0 \quad (1)$$

A 点回りのモーメント(時計回りが正とする)のつり合いの式は

$$M - LF \sin \theta = 0 \quad (2)$$

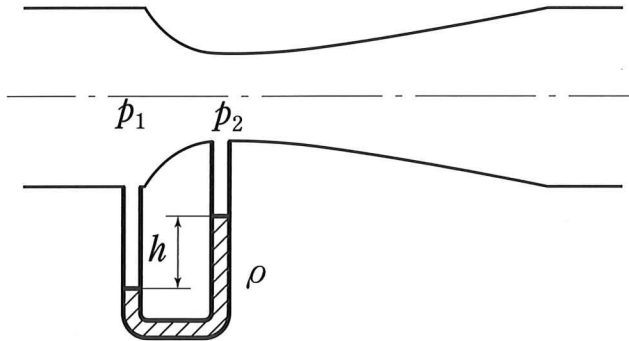
(1)に  $F$  と  $H$  を代入することにより  $\cos \theta = \frac{4}{5}$  が求まり、三角関数の公式より

$$\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta} = \frac{3}{5} \text{ となる。}$$

よって(2)より以下のようにモーメント  $M$  が求まる。

$$M = LF \sin \theta = 7 \cdot 5 \cdot \frac{3}{5} = 21(\text{N}\cdot\text{m})$$

【問題 6】 図のようにベンチュリ管の入口およびのど部に U 字管水銀柱計を連結した。水銀柱計の読み( $h$ )が 300 mm を示すとき、入口と のど部の差圧( $p_1 - p_2$ )はおおよそ何 kPa か。解答欄  に記入せよ。ただし、水銀の密度( $\rho$ )は 13,600 kg/m<sup>3</sup> とする。[ 5 ]



【正解】 ① 40

【解説】 流量をはかるために使用されるベンチュリ管についての問題であるが、本問題は血圧計にも利用されている水銀柱の読み、すなわち mmHg を SI 単位である Pa に変換する問題と同義である。

水銀柱の水面の高さの差は  $p_2$  と  $p_1$  の圧力差によって引き起こされるため、ベルヌーイの定理より

$$p_1 - p_2 = \rho_{\text{Hg}} g h$$

となる。よって、

$$p_1 - p_2 = 13550 \times 9.8 \times 0.3 = 39,837 \text{ Pa} \approx 40 \text{ kPa}$$

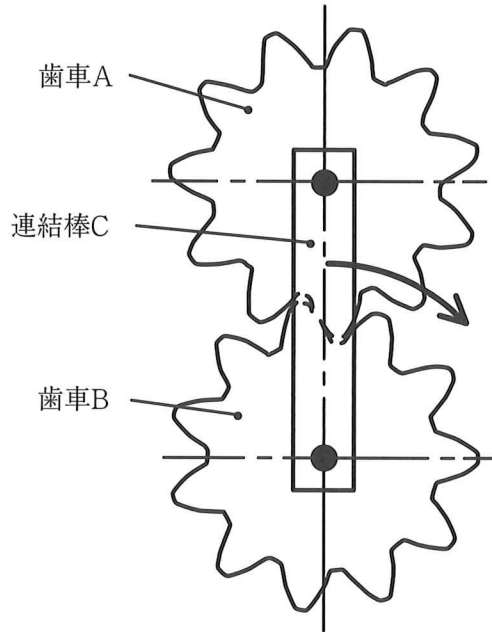
となる。

【備考】

1 mmHg = 133 Pa を憶えておけば簡単に解ける問題である。

【問題 7】 同じ歯数の歯車 A, B が連結棒 C により回転自在に噛み合っ組み立てられている。歯車 B を固定して連結棒 C を 1 回転させた場合、歯車 A は何回転するか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 5 ]

- 1) 0
- 2) 0.5
- 3) 1
- 4) 1.5
- 5) 2



【正解】 ② 5)

【解説】 遊星歯車の基本的な構造である。

解法 1. 歯車 A の回転数は

$$n_A = \left( 1 + \frac{Z_B}{Z_A} \right) n_C$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n_A : \text{歯車 A の回転数} \\ n_C : \text{連結棒 C の回転数} \\ Z_A : \text{歯車 A の歯数} \\ Z_B : \text{歯車 B の歯数} \end{array} \right.$$

となり、 $Z_B/Z_A=1$ 、 $n_C=1$  の時、 $n_A=2$  となる。

解法 2. 式を利用しないで解くには、まず、歯車 A, 連結棒 C, 歯車 B を固定して全体を 1 回転させる。これで歯車 A は 1 回転したことになる。次に、設問では歯車 B は固定されているので、固定を解除して歯車 B だけを今と逆方向に 1 回転させ元の位置に戻す。この時、歯車 A は更に 1 回するので、合計 2 回転することになる。



【問題8】  $-20^{\circ}\text{C}$  で冷凍しておいた  $200\text{ g}$  のスープを出力  $500\text{ W}$  の電子レンジで加熱して、 $60^{\circ}\text{C}$  にするのに必要な時間はおよそ何秒か。番号を解答欄  にマークせよ。ただし、冷凍したスープの比熱を  $2.1\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、解凍したスープの比熱を  $4.2\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、スープの融点を  $0^{\circ}\text{C}$ 、融解熱を  $334\text{ kJ}/\text{kg}$  とし、電子レンジで与えたエネルギーは全てスープを温めるために使用されるものとする。  
[5]

- 1) 100 秒
- 2) 150 秒
- 3) 200 秒
- 4) 250 秒
- 5) 300 秒

【正解】 ③ 4)

【解説】 スープに与えたエネルギーはスープの温度を上昇させるためと冷凍状態にあるスープを解凍するために使用される。そこで、3つの状態に分けて考える。

まず、固相の状態では食品の比熱は  $2.1\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  であるため、 $-20^{\circ}\text{C}$  から  $0^{\circ}\text{C}$  まで温度を上昇するためには、 $0.2 \times \{0 - (-20)\} \times 2.1 = 8.4\text{ kJ}$  の熱量が必要である。

食品の融点は  $0^{\circ}\text{C}$  であるため、その温度において融解熱を利用して食品は固相から液相へ相変化する。融解熱を  $334\text{ kJ}/\text{kg}$  であるため、スープを完全に解凍するためには、 $0.2 \times 334 = 66.8\text{ kJ}$  の熱量が必要である。

液相の状態では食品の比熱は  $4.2\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  であるため、 $0^{\circ}\text{C}$  から  $60^{\circ}\text{C}$  まで温度を上昇するためには、 $0.2 \times (60 - 0) \times 4.2 = 50.4\text{ kJ}$  の熱量が必要である。

以上の過程で必要な熱量を加算すると、 $50.4 + 8.4 + 66.8 = 125.6\text{ kJ}$  となる。

一方、電子レンジでは  $500\text{ W}$ 、すなわち1秒あたり  $500\text{ J}$  の熱量が供給されるため、 $125.6\text{ kJ}$  を供給するには、 $125.6 \times 10^3 \div 500 = 251$  秒の時間が必要である。

**[備考]**

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

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

となる。

【問題 9】 図 1 のような電気力線で表される生体組織内の一様な電界中に導体球を挿入したとき導体球近辺での電気力線の変化で正しいのはどれか。番号を解答欄  ④  にマークせよ。[ 6 ]

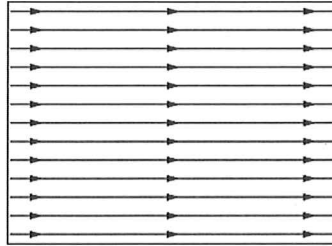
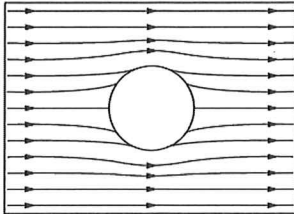
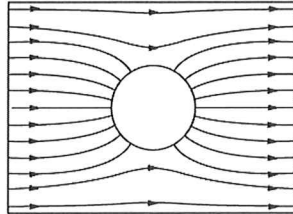


図 1

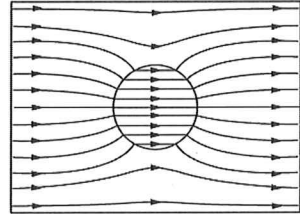
1)



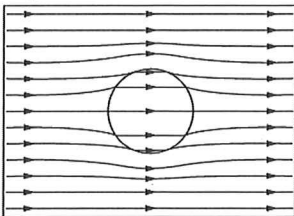
2)



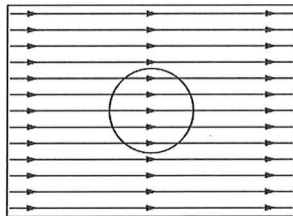
3)



4)



5)



【正解】 ④ 2)

【解説】 この問題は、電気力線が導電率の違う場所で乱れる、すなわち電流の流れる方向が変化すること、その変化が導電率の異なる部分からの距離により異なることを理解することを目的としている。インピーダンスプレティスモグラム

(インピーダンス脈波)などでの分野で体表の電位変化が、生体内部での電位変化と同じであると解釈している人が非常に多い。解答が示す様に電流分布の乱れは、導電率変化近辺と遠く離れた部分で異なっていることがわかる。すなわち電位分布変化も場所によって異なるということである。

導体の定義は、

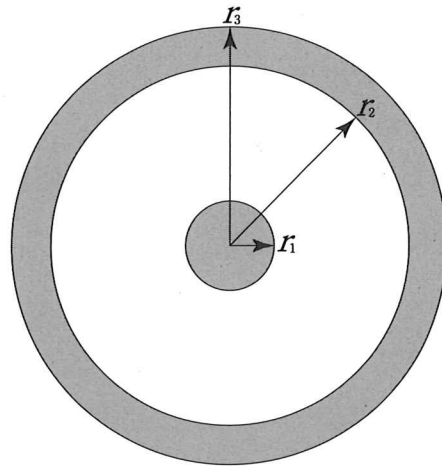
1. 導体の内部には電界が生じない。
2. 導体の表面での電気力線は導体に垂直である。
3. 導体は等電位である。

これらの定義を元に解答図を眺めてみると以下の様になる。

- × 1) 導体内に電界がないのであるが、導体の表面で電気力線が垂直になっていない。
- 2) 正解である。導体内に電界がない。電気力線が導体の表面で垂直である。
- × 3) 導体の表面で電気力線が垂直になっているのであるが、導体内部に電界が生じている。
- × 4) 導体の表面で電気力線が垂直になっていない。導体内部に電界が生じている。
- × 5) 導体の表面で電気力線が垂直になっていない。導体内部に電界が生じている。

【問題10】 図は同軸ケーブルの断面を表したものである。いま、内側の導線を電流  $I$ 、外側のシールド線を電流  $-I$  が流れている。内側の導線の半径を  $r_1$ 、外側のシールド線の内半径を  $r_2$ 、外半径を  $r_3$  とする。中心からの距離  $r$  ( $r_1 < r < r_2$ ) における磁界の大きさを解答欄 ⑤ に、また、 $r > r_3$  における磁界の大きさを解答欄 ⑥ にそれぞれマークせよ。[3×2=6]

- 1) 0
- 2)  $\frac{I}{2\pi r_1}$
- 3)  $\frac{I}{2\pi(r-r_1)}$
- 4)  $\frac{I}{2\pi r}$
- 5)  $\frac{I}{2\pi|r-r_3|}$



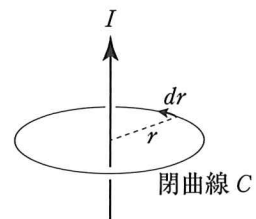
同軸ケーブルの断面

【正解】 ⑤ 4), ⑥ 1)

【解説】 電流  $I$  とその周りにできる磁界  $H(r)$  の間には、

$$\oint_C H(r) dr = I$$

というアンペールの法則が成り立つ。ここで積分は  $I$  の周りを図の様にひとまわりする任意の閉曲線  $C$  上で線積分することを意味する。この問題の場合、直線電流  $I$  および  $-I$  によって距離  $r$  の位置に生じる磁界の大きさを求めるのであるから、半径  $r$  の円周上で線積分すればよい(線積分の結果は一周の長さ  $2\pi r$  になる)。



・  $r_1 < r < r_2$  の領域の場合

求める磁界の大きさを  $H_1$  とすると、閉曲線内に含まれる電流は  $I$  のみなの

で、アンペールの法則より、 $2 \pi r H_1 = I$  となる。したがって、

$$H_1 = \frac{I}{2 \pi r}$$

が求める磁界の大きさとなる。

・  $r > r_3$  の領域の場合

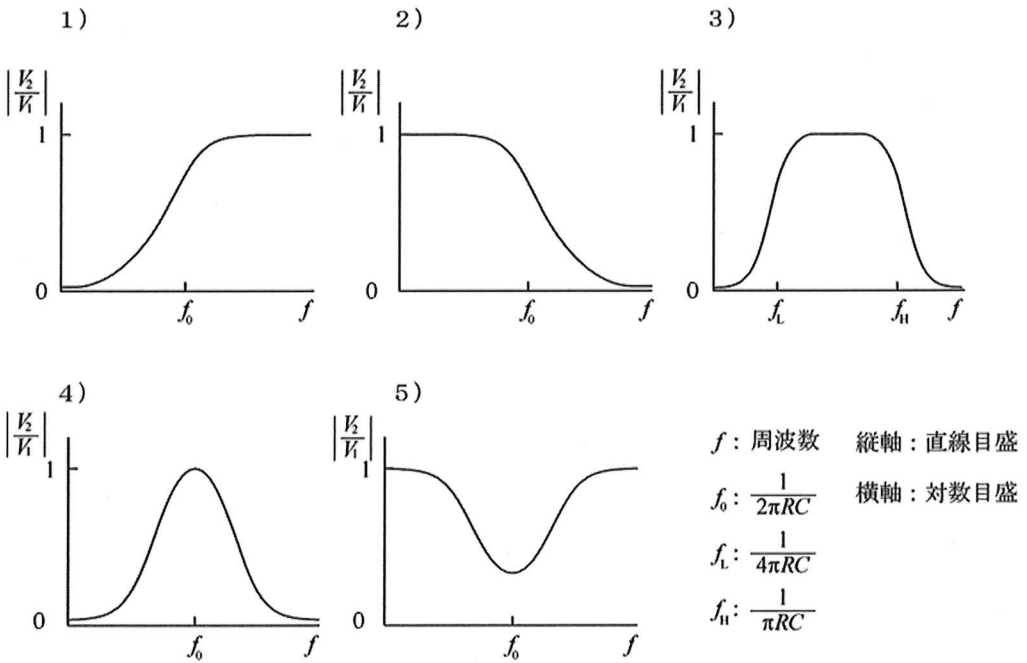
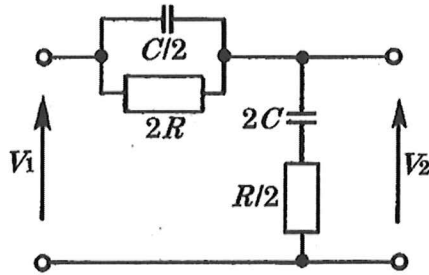
求める磁界の大きさを  $H_2$  とすると、閉曲線内に含まれる電流は  $I$  と  $-I$  なので、アンペールの法則より、 $2 \pi r H_2 = I - I = 0$  となる。したがって、

$$H_2 = 0$$

が求める磁界の大きさとなる。

このように同軸ケーブルは外部に磁界が漏れないので高周波信号の伝送に適している。

【問題 11】 図に示す回路の伝達特性の概形はどれか。番号を解答欄 ⑦ にマークせよ。[ 6 ]



【正解】 ⑦ 5)

【解説】  $C/2$  と  $2R$  の並列部分を  $Z_1$ ,  $2C$  と  $R/2$  の直列部分を  $Z_2$  とすると, 伝達関数の大きさ  $|F|$  は,

$$|F| = \left| \frac{V_2}{V_1} \right| = \left| \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \right| = \frac{|Z_2|}{|Z_1 + Z_2|} \quad (1)$$

となり、2つの枝のインピーダンス  $Z_1$ 、 $Z_2$  は、角周波数  $\omega$  の関数として、

$$Z_1(\omega) = \frac{2R}{1 + j\omega CR} \quad (2R \text{ と } C/2 \text{ の並列回路}) \quad (2)$$

$$Z_2(\omega) = (R/2) \cdot \left\{ \frac{1 + 1}{(j\omega CR)} \right\} \quad (R/2 \text{ と } 2C \text{ の直列回路}) \quad (3)$$

となるので、 $|F|$  を周波数の関数として伝達比の変化の概形を調べれば正解肢が求まるが、計算はかなり煩雑で、この一問にかけられる時間内には終わりそうにない。

この問題は、その繁雑な計算を要求しているのではない。解答肢の5つの関数形の特徴をつかみ、消去法で正解肢に到達すべきである。その際、横軸の周波数が0に近いところ、周波数が十分に高いところ、そしてできれば特徴点として周波数が記載されているところに着目してほしい。コンデンサは周波数0ではインピーダンスが無限大になり、無いに等しく、また周波数無限大ではインピーダンスが0となり、短絡に等しくなることと、抵抗ではインピーダンスが周波数に依存せず一定のことを考慮するだけで、正解は解答肢5) 以外にはあり得ないことが判ってしまう。さらに中庸の周波数では2つの枝のインピーダンスが有限の値に収まり、この回路には共振を起こす部分がないので、これらインピーダンスの大きさによって、 $|F|$  は1を越さない有限の値になる筈である。以上を満たすものは解答肢5) 以外には無い。

ちなみに解答肢5) の周波数  $f_0$  での伝達比を求めてみる。角周波数  $\omega = 2\pi f$  なので、問題に記載されている周波数  $f_0$  のとき、 $\omega_0 = \frac{1}{CR}$  となり、これを上記(2)、(3)式に代入して(1)式より  $|F(\omega_0)|$  が得られる。

$$Z_1(\omega_0) = \frac{2R}{1 + j} \quad (2)'$$

$$Z_2(\omega_0) = (R/2) \cdot (1 - j) \quad (3)'$$

$$\therefore |F(\omega_0)| = \frac{1}{3} \quad (1)'$$

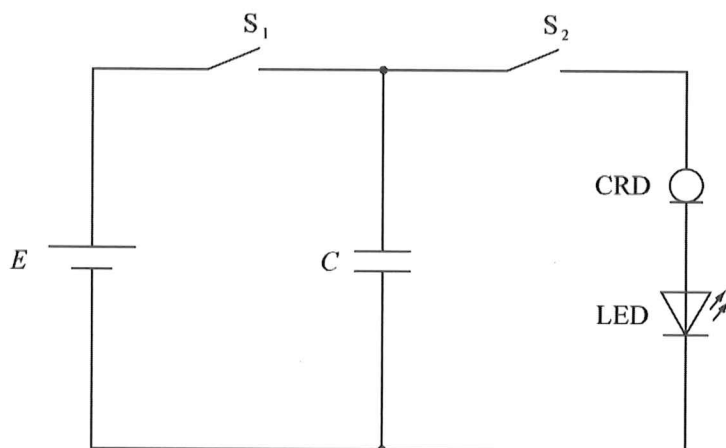


となって、正解の解答肢 5) の最小値が  $\frac{1}{3}$  のことが知られる。

- × 1) 周波数 0 付近では抵抗  $2R$  のみが係わり、入力電圧がそのまま出力端子に現れる。
- × 2) 高い周波数に於いては 2 つのコンデンサがそれぞれ短絡状態にあり、入力電圧は抵抗  $R/2$  が負荷になっているにも拘わらず、そのまま出力端子に現れる。
- × 3) 解答肢 1), 2) と同じ理由でバンドパス型の特性にはなり得ない。
- × 4) 解答肢 3) に同じ。
- 5) 解説参照。

【問題 12】 図の回路において、スイッチ  $S_2$  を開いた状態でスイッチ  $S_1$  を閉じて、コンデンサ  $C$  を満充電した。その後  $S_1$  を開き、次いで  $S_2$  を閉じて理想的な定電流ダイオード CRD を通して理想的な LED に電流を流した。電源電圧  $E = 5 \text{ V}$ 、 $C = 1 \text{ F}$  とした場合、LED はおよそ何秒間点灯するか。番号を解答欄  にマークせよ。

ただし、CRD は  $10 \text{ mA}$  の定電流ダイオードで、LED の順方向電圧は  $3 \text{ V}$  とする。[6]



- 1) 30    2) 50    3) 100    4) 200    5) 500

【正解】 ⑧ 4)

【解説】 定電流ダイオード CRD (Current Regulative Diode) での損失が無く、定電流源として回路が理想的に動作するのであれば、コンデンサの電圧  $V_C$  が LED の順方向電圧  $V_D = 3 \text{ V}$  を超えている間のみ LED に一定の電流が流れる。コンデンサを  $5 \text{ V}$  に満充電した場合に LED に流すことのできる電気量  $Q$  は、 $Q = C \times (V_C - V_D) = 1 \times (5 - 3) = 1 \times 2 = 2 \text{ C}$  (クーロン) として求められる。電流  $I$  は単位時間に移動する電気量 ( $\text{A} : \frac{\text{C}}{\text{s}}$ ) であるから、この電気量を一定電流で消費する場合、
$$z t = \frac{Q}{I} = \frac{2}{(10 \times 10^{-3})} = 200 \text{ s}$$
 として電流の流れる時間が求められる。

【問題 13】 起電力を生じない物理現象はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) ピエゾ効果
- 2) ホール効果
- 3) ツェナー効果
- 4) ゼーベック効果
- 5) ペルチェ効果

【正解】 ⑨ 3), 5) [本問は本来 10 択組合せ問題とすべきところを単純 5 択問題としてしまった出題ミスである]

【解説】

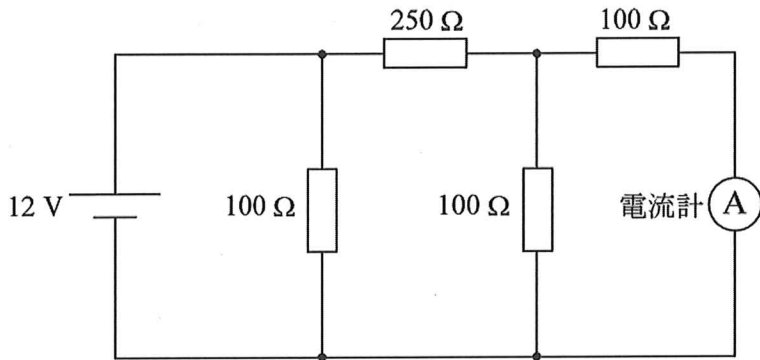
- × 1) ピエゾ効果：物質に圧力を加えると、圧力に比例した分極(表面電荷)が生じて電位差(電圧：起電力)が発生する現象で、圧電効果と呼ばれる。振動発電として利用されている。
- × 2) ホール効果：p 型または n 型の半導体に電流を流し、電流と直交する方向に磁場をかけると、電流と磁場に直交する方向に荷電粒子(キャリア)が力を受けて電圧(起電力)が発生する現象である。
- 3) ツェナー効果：pn 接合に逆方向に電圧を加えたときには電流がほとんど流れないが、ある電圧を超えると降服現象(電子なだれ)が起きて急に電流が流れるようになる現象である。電流が変動しても電圧の変動が小さいため定電圧電源回路の基準電圧として用いられるが、起電力は生じない。
- × 4) ゼーベック効果：2 種類の異なる金属でループを作り、その接合点に温度差を与えると電圧(起電力)が発生する現象であり、熱電効果と呼ばれる。熱電対として用いられているほか、温度差を利用した発電としての注目されている。
- 5) ペルチェ効果：異なる導体を接合させて電流を流すと、片方の導体からもう片方の導体に熱の移動が生じる現象で有り、ゼーベック効果と対になる逆の現象である。ペルチェ素子として、CPU の冷却や小型の冷却装置に

第 19 回午前の部

使われている。ペルチェ素子に温度差を与えると発電ができるが、これはゼーベック効果を利用した現象であり、ペルチェ効果による発電ではない。

【問題 14】 図の回路で電流計に流れる電流は何 mA か。番号を解答欄  にマークせよ。ただし、電流計の内部抵抗は  $0 \Omega$  とする。[6]

- 1) 12.6    2) 20.0    3) 25.2    4) 30.0    5) 40.0



【正解】 ⑩ 2)

【解説】 図の回路から、電流計 A に流れる電流は、電源 E 側の  $250 \Omega$  と電流計に並列に接続されている  $100 \Omega$  は無視してよい。したがって、残りの 3 つの抵抗を考え、 $250 \Omega$  と 2 つの  $100 \Omega$  の並列合成抵抗値 ( $50 \Omega$ ) との直並列合成抵抗値は  $300 \Omega$  であるから、回路の合成抵抗に流れる電流は、 $\frac{12 \text{ V}}{300 \Omega} = 0.04 \text{ A}$  である。ここで、電流計 A に流れる電流は 2 つの  $100 \Omega$  の並列抵抗の一方の  $100 \Omega$  に分岐する電流であるから、

$$\frac{0.04 \text{ A}}{2} = 0.02 \text{ A} = 20 \text{ mA} \text{ となる。}$$

なお、第 1 種 ME レベルとしては簡単な問題であるが、電気回路における基本的なオームの法則の応用力と、やや複雑に見える 4 端子回路でも単純な回路に置き換えて考えるための訓練の問題である。

また、この問題で解答を求めているが、図の回路の電流計 A のところに  $E = 12 \text{ V}$  を接続し、電源 E のところに電流計 A を接続(接続交換)したときの電流計 A に流れる電流は「相反の定理」によって、接続交換前の電流値と同じ  $20 \text{ mA}$

であることも知って欲しい。

**[参考]**

電気回路(4端子回路網)における「相反の定理」とは、「定電圧源が線形受動回路網中にある分路に挿入され、回路網の第2の分路に電流が生じるならば、同じ電源が第2の分路に挿入されると、第1の分路に同じ電流を生じさせる」というものである。

【問題 15】 厚生労働省通知で製造販売業者が出荷段階で特定保険医療材料に表示しているバーコードで正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。

[ 6 ]

- a. 特定保険医療材料は GS1-128 での表示が指定されている。
- b. 商品コードには包装インジケータに JAN を加えた GTIN が使われている。
- c. グローバルに使える標準バーコードと互換性がない。
- d. ロット番号またはシリアル番号の表記は不要である。
- e. トレーサビリティ管理には利用できない。

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

【正解】 ⑪ 1)

【解説】 2007 年 6 月、内閣府の規制改革会議「規制改革推進のための 3 ヶ年計画」において、医療材料への標準コードの表示を整備推進することが閣議決定された。これを受けて厚生労働省医政局経済課が 2008 年 3 月に製造販売業者に対して「医療機器等へのバーコード表示の実施について」（医政経発第 0328001 号）を通知している。

この通知内容には、表 1、表 2 のように医療機器の個装、中箱・外箱に商品コード、有効期限または使用期限、ロット番号またはシリアル番号から構成される標準バーコード表示 GS 1-128 を用いることが記述されている。なお、商品コードには、包装インジケータ(1 桁)に JAN(13 桁)を加えた GTIN(Global Trade Item Number)が使われている。

以上のことが理解できていると、選択肢 a, b が正しい記述であることから、正答は 1) となる。

一方、選択肢 c は GS 1-128 がグローバルな利用を前提としていることから「互換性がない」は誤りである。また選択肢 d のロット番号またはシリアル番号の何れかの表記が必要であるため、誤りである。選択肢 e は GTIN とロット番号

表 1. 医療機器などの個装におけるバーコード表示項目

医療機器などの種類	商品コード	有効期限 使用期限	ロット番号 シリアル番号	対象となる 出荷表示時期
高度管理医療機器など (特定保守管理医療機器を含む)	◎	◎	◎	2010年3月～
特定保険医療材料	◎	◎	◎	2009年3月～
上記以外の医療機器	◎	○	○	2011年3月～
体外診断用医薬品	◎	◎	◎	2009年3月～

表 2. 医療機器などの中箱・外箱におけるバーコード表示項目

医療機器などの種類	商品コード	有効期限 使用期限	ロット番号 シリアル番号	対象となる 出荷表示時期
高度管理医療機器など (特定保守管理医療機器を含む)	◎	◎	◎	2010年3月～
特定保険医療材料	◎	◎	◎	2009年3月～
上記以外の医療機器	◎	◎	◎	2011年3月～
体外診断用医薬品	◎	◎	◎	2009年3月～

またはシリアル番号の利用が前提であれば、トレーサビリティ管理ができることから、「利用できない」は誤りである。



【問題 16】 RAID (Redundant Arrays of Inexpensive Disks) についての説明を解答欄  に 100 字程度で記入せよ。[ 6 ]

【正解】 ア 下線部のような内容を含み、キーワード(太文字)が含まれているかどうかを採点の基準とした。

【解説】 RAID(レイド)は **Redundant Arrays of Inexpensive Disks** の略で、ディスクアレイの代表的な実装形態で、主に信頼性・可用性の向上を目的として用いられる技術である。

**RAID 0** は 2 台以上のディスクを組み合わせ、ディスクに対する読み書きの処理を複数のディスクに対して同時並行的に実行することで、アクセス速度を高速化する。これを「**ストライピング**」と呼ぶ。映像系などの高速記録などに用いられる。一般的に RAID 0 では、ディスクの台数を増やすほどデータ転送速度も高まる。また、複数のディスクをあたかも 1 台のディスクであるかのように扱い、大容量の単一ストレージを実現できるが、冗長性をまったく備えていないため、各ディスクのうち 1 台でも壊れてしまうとアクセス不能になってしまう。

**RAID 1** は 同一のデータを複数のディスクに書き込み、一方のディスクが故障しても、他方で処理を続行でき、最も単純な手法でディスクの耐障害性を高めている。通常は 2 台のディスクを使って実現する。RAID 1 は「**ミラーリング**」とか「**二重化**」と呼ばれる。

**RAID 5** は耐障害性の向上と高速化、大容量化のすべてを実現できる RAID 技術で、ディスクの故障時に記録データを修復するために「**パリティ**」と呼ばれる冗長コードを全ディスクに分散して保存する。どれか 1 台のディスクが故障しても、それ以外のディスクのデータとパリティ情報から、元の完全なデータを生成して回復できる。ただし、回復可能なのは 1 台のディスクが故障したときまでで、同時に 2 台以上が壊れると回復は不可能になる。

**RAID 10** は RAID 0 と RAID 1 を組み合わせた構成で、速度、容量、耐障害性の向上を図ることができる。RAID 0+1(RAID 01)および RAID 1+0 と呼ぶ。

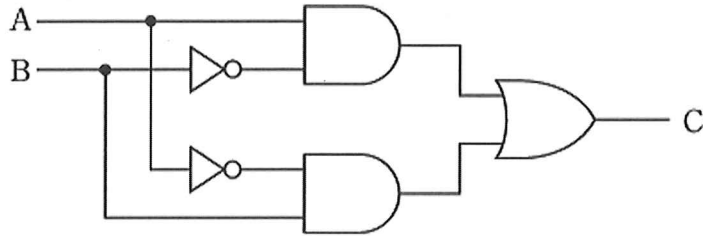
**RAID 50** は、RAID 0 と RAID 5 を組み合わせた技術で、RAID 0+5、RAID 5+0 などと呼ぶものもあり、単なる RAID 5 に比べ、RAID 0 によるストライピング

によりデータ転送速度が向上するのがメリットである。他にも複数の RAID レベルを組合せたものがある。

RAID 1/5 などでディスクが故障した際に、着脱可能なディスクを、システムが通電された状態のまま取り外して、交換・装着する操作のことを「ホットスワップ」という。ユーザに対するサービスを中断させずにシステムの修理や機能向上を図ることができる。

【問題 17】 次の論理回路の入力端子 A, B に下図のタイミングで入力した。その際の出力 C として正しいものはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。

[ 6 ]



入力


A	1	[Timing diagram for A: High for 2 units, Low for 3 units, High for 1 unit]				
	0	[Timing diagram for A: High for 2 units, Low for 3 units, High for 1 unit]				
B	1	[Timing diagram for B: High for 1 unit, Low for 1 unit, High for 1 unit, Low for 3 units]				
	0	[Timing diagram for B: High for 1 unit, Low for 1 unit, High for 1 unit, Low for 3 units]				

出力 C

1)	1	[Timing diagram for C: High for 2 units, Low for 3 units, High for 1 unit]				
	0	[Timing diagram for C: High for 2 units, Low for 3 units, High for 1 unit]				
2)	1	[Timing diagram for C: High for 1 unit, Low for 1 unit, High for 1 unit, Low for 3 units]				
	0	[Timing diagram for C: High for 1 unit, Low for 1 unit, High for 1 unit, Low for 3 units]				
3)	1	[Timing diagram for C: High for 1 unit, Low for 1 unit, High for 1 unit, Low for 3 units]				
	0	[Timing diagram for C: High for 1 unit, Low for 1 unit, High for 1 unit, Low for 3 units]				
4)	1	[Timing diagram for C: High for 2 units, Low for 3 units, High for 1 unit]				
	0	[Timing diagram for C: High for 2 units, Low for 3 units, High for 1 unit]				
5)	1	[Timing diagram for C: High for 2 units, Low for 3 units, High for 1 unit]				
	0	[Timing diagram for C: High for 2 units, Low for 3 units, High for 1 unit]				

【正解】 ⑫ 2)

【解説】 この論理回路は、AND、OR、NOT 回路の組み合わせにより構成され、全体として XOR 回路として機能する。

XOR 回路の MIL 記号は、 であり、その真理値表は以下のようである。

入力		出力
A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

この真理値表に、各タイミングでの A、B の値を当てはめて、5つのタイミングでの出力 C を得る。

【問題 18】 公開鍵暗号化方式について正しいのはどれか。番号を解答欄 ⑬ にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 暗号化と復号化を同じ鍵で行う。
- 2) 複数相手とのやり取りでも自分の秘密鍵だけを管理しておけばよい。
- 3) 秘密鍵が漏れた場合、共通鍵暗号化方式に比べ解読される危険性が高い。
- 4) 暗号化と復号化の処理は共通鍵暗号化方式に比べ高速である。
- 5) 相手ごとに鍵を用意する必要がある。

【正解】 ⑬ 2)

【解説】 公開鍵暗号方式は公開鍵と秘密鍵の対になる 2 つの鍵を使ってデータの暗号化/復号化を行う暗号方式で電子証明書などに利用されている。公開鍵暗号方式では、暗号文を作り出す鍵と暗号文を元に戻す鍵が異なる。暗号通信をする場合、まず独自に 2 つの鍵のペアを作成する。1 つは公開鍵と呼ばれる暗号文を作り出す鍵でこれを通信相手に知らせる。通信相手はこの公開鍵で暗号文を作成し、鍵を公開している人に暗号文を送る。暗号文の受け手は、はじめに作成した公開鍵とペアになっている自分しか知らない秘密鍵を使って受け取った暗号文を復号する。

- × 1) 暗号化と復号化とで異なる 2 つの鍵(公開鍵と秘密鍵)を使用する。
- 2) 記述の通り、複数の相手とのやり取りを行う場合でも、自分の秘密鍵だけを管理しておけば良く、鍵の管理が煩雑にならない。
- × 3) 共通鍵暗号方式では第三者に鍵が漏れた場合に解読されてしまう危険性が高いが、公開鍵暗号化方式ではその危険性は極めて低い。
- × 4) 共通鍵暗号方式は暗号化と復号に同じ鍵を使うことから比較的高速に行えるが、公開鍵暗号化方式はアルゴリズムが非対称で、数学的に難しい処理が多いことなどにより、高速での処理が難しい。
- × 5) 多数の相手とのやり取りを行う場合でも 1 つの鍵を公開しておけばよく、相手ごとに用意する必要はない。

【問題 19】 無線 LAN におけるセキュリティ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) WPA では暗号化に公開鍵暗号方式を用いている。
- 2) WEP では暗号化のための鍵長は 32 bit である。
- 3) WPA ではデータの改ざん検知機能をもつ。
- 4) WPA 2 では暗号化方式に AES が採用されている。
- 5) セキュリティの高いものから WEP>WPA>WPA 2 の順になる。

【正解】 ⑭ 3), 4) [問題校正ミスにより 2 重解答となった]

【解説】 WEP(Wired Equivalent Privacy)は、無線 LAN 用に最初に登場したセキュリティ通信方式で、暗号化規格に秘密鍵暗号方式(共通鍵暗号方式)である RC 4 が用いられ、鍵長は、64 bit もしくは 128 bit である。現在では、暗号解読技術が公表されており、使用しないことが推奨されている。

WPA(Wi-Fi Protected Access)は脆弱な WEP の暗号化技術に代わり、TKIP(Temporal Key Integrity Protocol)、(オプションに AES)を採用して、セキュリティを強化した通信方式である。データの完全性の保証には、TKIP に含まれるビット誤りや改ざんを検出する MIC(Message Integrity Code)を使用している。WPA は、脆弱な WEP に代わる IEEE802. 11i が標準化されるまでの暫定的な規格として作られた経緯がある。

WPA 2(Wi-Fi Protected Access 2)は、IEEE802. 11i に準拠した WPA のセキュリティをより強化した規格である。アメリカ標準技術局(NIST)が定めた AES に基づく CCMP と呼ばれる暗号化方式が採用されている。データの完全性の保証には、CCMP に含まれる CCM(Counter with CBC-MAC)を用いた改ざん検知機能を持っている。

なお、選択肢「3) WPA ではデータの改ざん検知機能をもつ」は本来「3) WEP ではデータの改ざん検知機能をもつ」と出題すべきところを校正ミスで WEP→WPA としてしまったので 2 重解答となってしまった。

【問題20】 情報セキュリティにおいて「フィッシング」を説明するのはどれか。  
番号を解答欄⑮にマークせよ。[6]

- 1) 架空の Web サイトや偽サイトに誘導し、ユーザの情報を不正に取得する。
- 2) コンピュータにウイルスを感染させ、ネットワークを介して外部から不正に操作する。
- 3) ファイル共有ソフトを利用している PC を感染させ、PC 内部の情報の漏洩をはかる。
- 4) キーボードの入力操作を自動的に記録・送信して、パスワードなどを盗み出す。
- 5) PC に不正なプログラムを常駐させ、データや PC 操作の情報を取得する。

【正解】 ⑮ 1)

【解説】 フィッシング(phishing)は、銀行やクレジットカード会社などを装った偽の Web ページを開設し、金融機関や公的機関などを装った偽の電子メールなどで利用者を巧みに誘導し、暗証番号やクレジットカード番号などの個人情報を盗み取る行為をいう。

その他にも、ネットカフェなど複数の人間が利用するパソコンにインストールしパスワードやクレジットカード番号などを収集するキーロガーや、Winny 等のファイル共有ソフトを利用しているパソコンに感染し、パソコン内部の情報を漏えいさせる暴露ウイルス(Antinny G など)など、情報漏えいの脅威は多い。

【問題 21】 心電図モニタリング中の静電気によるドリフトの対策として適切でないのはどれか。番号を解答欄 ⑩ にマークせよ。[ 6 ]

- a. 導電性繊維でできたカーテンを使用する。
- b. アルコール綿で皮脂を取って電極の接触インピーダンスを下げる。
- c. 空調の設定を変えて室温を上げる。
- d. 加湿器を使用して湿度を上昇させる。
- e. CF 形装着部の心電図モニタを使用する。

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

【正解】 ⑩ 9)

【解説】 静電気によるドリフトを防ぐには静電気を発生させない、もしくは発生しても除去できることが重要である。前者の対策としては、測定環境の湿度を上げる、周りで使用するものを導電性にするなどが考えられる。

- a. 銀メッキ繊維などの導電性の繊維でできたカーテンを使用することで、カーテン開閉時の空気との摩擦による静電気発生を防げる。
- b. 電極の接触インピーダンスが大きいと差動増幅器の同相入力に電圧差ができ、実質的な同相弁別比(CMRR)を下げることになる。
- × c. 室温を上げても静電気発生を防げない。
- d. 加湿器を使用すれば湿度が上昇し、静電気発生を防げる。
- × e. CF 形装着部の心電モニタは患者回路をフローティング(非接地)にしてあるので、接地形に比べて静電気などの雑音が逃げ難い。



【問題 22】 信頼性用語の説明で誤っているのはどれか。番号を解答欄 ⑰ にマークせよ [6]。

- a. 冗長：アイテム中に、要求機能を遂行するための二つ以上の手段が存在する状態
- b. 偶発故障：初期故障期間で発生する予測困難な故障
- c. デイレーティング：アイテムのストレス比の低減、信頼性を改善するために、計画的にストレスを軽減する行為
- d. 限界試験：使用できる限界を確かめるために行う試験
- e. フェールセーフ：フォールトが存在しても、機能または性能を縮退しながら要求機能を遂行するようにしたシステム

- 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 7)

【解説】 信頼性用語および定義については JIS Z 8115:2000 デイペンダビリティに示されているので参照のこと。なお、この JIS は国際規格である IEC 60050 を基に作成されたものである。

○ a. c. d.

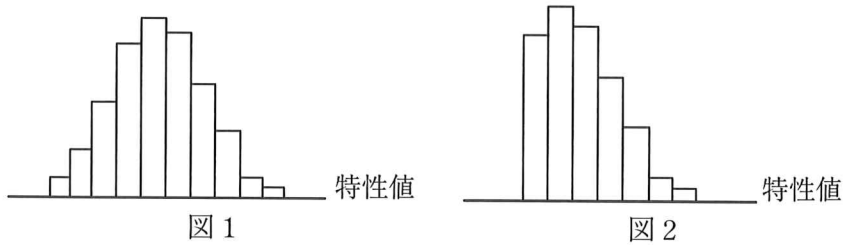
× b. 偶発故障とは、初期故障期間後で摩耗故障期間に至る以前の時期に偶発的に起こる故障であり、初期故障期間で発生する予測困難な故障は初期故障である。

× e. フェールセーフとは、アイテムが故障したとき、あらかじめ定められた一つの安全な状態をとるような設計上の性質をいい、フォールトが存在しても機能または性能を縮退しながら要求事項を遂行するようにしたシステムはフェールソフトである。

【備考】

JIS Z 8115 について、テキストに抜粋があるが、全文は日本工業標準調査会のホームページ([www.jisc.go.jp](http://www.jisc.go.jp))の「JIS 検索」ページから閲覧することもできる。

【問題 23】 製品や部品の品質特性値(寸法など)のヒストグラムは工程がしっかり管理されている場合、図 1 に示すように正規分布となる。図 2 のようなヒストグラムが出現した場合の説明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) 二人の作業者によって加工したものが混ざっている場合
- 2) 規格外のものを取り除いた場合
- 3) 検査の途中で測定器の精度が狂った場合
- 4) 2つの異なった設備で加工したものが混ざっている場合
- 5) 作業者の測定器の目盛の読み方に偏りがある場合

【正解】 ⑩ 2)

【解説】 ヒストグラムとは、データが存在する範囲をいくつかの区間に分割し、各区間に含まれる出現度数を数え、度数分布表を作って、これを棒状図で示したものをいう。ヒストグラムは、データの集合の平均値及び分布を直感的に読み取り、全体の傾向を理解するために使用される。

- × 1) 作業者の熟練度が異なるため 2 つの山ができる。
- 2) 正解。
- × 3) 幅が広くなったり、離れ小島ができる。
- × 4) 設備ごとに精度が異なったり個性があるため 2 つの山ができる。
- × 5) 歯抜けの形となる。

【問題 24】 信頼度  $R(t)$  は使用時間  $t$  に応じて低くなり、故障率  $\lambda$  が一定とすると指数関数  $R(t) = e^{-\lambda t}$  で表される。

MTBF 10,000 時間、故障率一定の装置において、信頼度が 0.5 に低下するのは使い始めてからほぼ何時間後か。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 1,000
- 2) 3,000
- 3) 5,000
- 4) 7,000
- 5) 9,000

【正解】  4)

【解説】 信頼度  $R(t)$  は使用時間(無故障動作時間) $t$  とともに 1(無故障)から 0 へ向かって減少する関数である。

故障率  $\lambda$  が一定の場合(偶発故障期間に相当する)、この減衰曲線は  $R(t) = e^{-\lambda t}$  という指数関数となり、故障率  $\lambda = \frac{1}{\text{MTBF}}$  から  $\lambda = \frac{1}{10000}$  となる。

なお、このような指数関数曲線の場合、50% まで減衰する時間は  $\text{MTBF} * 0.7$ 、37% まで減衰する時間は  $\text{MTBF} * 1.0$  であることは常識として覚えておきたい。

【問題 25】 医療機器のアラームについて不適切なのはどれか。番号を解答欄

㉔ にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 夜間は音量を下げる。
- 2) 患者ごとに設定する。
- 3) 音だけでなく光も用いる。
- 4) 標準的な設定値を用意しておく。
- 5) 緊急度に関わらず速やかに対応する。

【正解】 ㉔ 1)

【解説】 医療機器に備えられたアラームの機能はまだ完璧なものではなく、全てのものが適切に動作している訳ではない。生命維持に直結する治療用の医療機器でも同様でありアラームに関連した医療事故も報道されている。医療機器の操作者は機器本体の機能に関する知識とともにアラームの機能についても研修を行い適切なアラーム設定とアラーム対応を心がけなければならない。

- × 1) 昼夜に関わらずアラーム聞逃しを防ぐため、アラーム音量を低減することは基本的に避けるべきである。夜間に患者からのクレームで音量を下げていたため、アラームを聞逃したという事例も報告されている。
- 2) 無駄なアラームを鳴らすことを避けるため、患者の状態に適したアラームの設定に変更することが望ましい。
- 3) 多数の装置を同時に使用するような環境(ICU や透析室など)では音だけではアラーム発生装置の識別が困難なことも有る。このような環境では装置の識別に光が用いられている。
- 4) アラームを設定し忘れる要因の一つとして、アラーム設定範囲が明確に出されていないことがある。この対策として標準的なアラーム設定値を用意しておくことは有効である。
- 5) アラーム機能がまだ不十分なものであることから、最終確認は人間が行なうべきである。従ってアラームは緊急度に関わらず速やかに対応すべきである。

【問題 26】 ある調査期間内での心電図モニタの故障率が 0.5[件/1000 時間]で、アベイラビリティが 0.999 であった。この期間内の平均修復時間(MTTR)はおおよそ何時間か。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 0.5
- 2) 1
- 3) 2
- 4) 5
- 5) 10

【正解】 ⑳ 3)

【解説】 機器の故障率と固有アベイラビリティ(稼働率)から修理に要した平均時間(平均修復時間または平均動作不可能時間)を求める問題である。過去にも、このような機器やシステムの信頼性の尺度を計算で求めるような問題は多く出題されている。

信頼性を時間の関数としてとらえるときには、以下のような指標と計算式が用いられる。

- ・信頼度：単位時間内にシステムや機械が動いている確率のこと。
- ・故障率：単位時間内でどの程度故障するかの確率を示したもの。

$$\text{故障率} = \frac{1}{\text{MTBF}}$$

また故障率と信頼度の間には「信頼度 = 1 - 故障率」のような関係がある。

- ・MTBF(mean time between failures)：平均故障間隔のことで、機器やシステムが故障するまでの時間の平均値を示す。

$$\text{MTBF(時間/件)} = \frac{\text{総稼働時間}}{\text{総故障件数}}$$

- ・MTTR(mean time to repair)：平均修復時間のことで、修理にかかった時間の平均値を示す。

$$\text{MTTR(時間/件)} = \frac{\text{総修復時間}}{\text{総故障件数}}$$

- ・アベイラビリティ (availability) : 機器やシステムなどが利用できる時間割合を示す。

$$\text{アベイラビリティ} = \frac{\text{MTBF}}{(\text{MTBF} + \text{MTTR})}$$

上記から、故障率はこの MTBF 値の逆数で表されることから、この問題の心電図モニタの MTBF は  $\left(\frac{1}{0.5}\right) \times 1000 = 2000[\text{h}]$  になる。また、アベイラビリティ (A) は、 $\frac{\text{MTBF}}{(\text{MTBF} + \text{MTTR})}$  で表されることから、

$$\text{MTTR} = (1 - A) \times \frac{\text{MTBF}}{A} = (1 - 0.999) \times \frac{2000}{0.999} = \frac{2}{0.999} \doteq 2[\text{h}]$$

になる。解答は 3) の 2 時間になる。

アベイラビリティを高めるには、システムを構成する個々の要素の信頼性と耐久性を高める、故障率の変化を経過時間により管理して適切な時期に部品交換を実行する、特に脆弱な部分の構成を多重化して故障期間を減じる、などの対策が取られる。

【問題 27】 生体に次の物理的エネルギーを加えた時、生体が受ける障害が最も大きいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 腹部にエネルギー密度  $1 \text{ kW/m}^2$  の超音波を 10 分間加えた。
- 2) 電磁波により深部組織を  $50^\circ\text{C}$  で 40 分間加温した。
- 3) 立位で水平方向に  $2 \text{ G}$  の加速度を 5 分間加えた。
- 4)  $10 \text{ kV/m}$  の商用交流電界中で作業を 1 時間行った。
- 5) 1 年間に  $0.1 \text{ Sv}$  の放射線を浴びた。

【正解】 ㉒ 2)

【解説】 臨床検査や治療において、機械的な力や振動、超音波、電磁界、電磁波、放射線、加温など、種々の物理的なエネルギーを生体に加えることがある。さらに、健康人であっても、それらのエネルギーに曝される環境での作業が必要なこともある。種々の物理的エネルギーについて、安全性の面から被曝のおおよその限界値を知っておくことは極めて重要である。

- × 1) 診療に於いては超音波診断装置に関し、生体組織を通過する超音波のエネルギー密度を  $10 \text{ mW/cm}^2$  以下にすることが要求される。 $100 \text{ mW/cm}^2$  ( $=1 \text{ kW/m}^2$ ) 程度迄は、超音波による発熱があっても循環系等を介して熱が運び去られ、生体への影響は少ないが、 $1 \text{ W/cm}^2$  ( $=10 \text{ kW/m}^2$ ) 程度以上になると発熱の他にキャビテーションなど、生体に障害を与える現象が生じ始めるとされる。なお「単位面積当たり」の表現に注意する必要がある。
- 2) 温熱療法の一つの、癌治療を目的としたハイパーサーミアの基礎研究では、生体組織、とくに癌組織の加温の効果が良く研究され、癌組織では約  $43^\circ\text{C}$  を境に、それ以上の加温では正常組織より速やかに生存率が低下することが知られている。しかし癌組織と正常組織の熱感受性の差はわずかで、例えば  $50^\circ\text{C}$  の加温では癌、正常を問わず、組織は短時間で死滅するという大きな障害を与える。
- × 3) 設問のような状況は、多数の被験者が載れる大型のターンテーブルを床と

して、周囲は床と一体になって回転する円筒形の壁で囲われた装置で実現できる。回転数が次第に上昇し、遠心力が重力の 2 倍になると、被験者は立位のままで居ることが出来ず、体重の 2 倍の力で円筒の壁に押し付けられるが、命には別条ない。宇宙飛行士の訓練はさらに厳しい条件で行われる。

- × 4) 高圧送電線の直下では、しばしば数 kV/m の電界強度になると言われ、電界強度の基準の一つでは、地表上 1 m における電界強度を 3 kV/m 以下にしなければならないとされる。また、ボランティアによる実験では、電界強度 20 kV/m 迄は生理機能に何等の異常も認められなかったとの報告がある。
- × 5) 放射線大量被曝時の半数致死量(被爆者の半数が死亡する放射線量)は 4～5 Sv(シーベルト)といわれ、0.25 Sv 以上の被曝で、白血球の産生が減少し、2 Sv を越える被曝で脱毛や潰瘍などが生じるとされる。年間を通しての被曝量が 0.1 Sv 程度であれば、直ちに重大な障害が生ずるとは考え難い。



【問題28】 電気メスを使って0.20 kWで10秒間の凝固を行った。計算を簡単にするために、熱が加えられた組織の容積を10 mlと仮定し、組織の温度上昇[°C]を計算して、解答欄  に記入せよ。ただし、生体組織の密度を1.0 g/cm<sup>3</sup>、比熱を4.2 J/(g・K)とし、加えられたエネルギーのすべてが温度の上昇につながるものとする。[6]

【正解】 ㉔ 48°C

【解説】 物体にエネルギーを供給し、そのエネルギーが全て熱に変換されるとすれば、その物体には与えられたエネルギーに応じた温度の変化が起こる。

温度の上昇は当該組織に与えた熱量(エネルギーに相当する)とその部分の熱容量によってきまり、

$$\text{温度の上昇分} = \frac{\text{供給熱量}}{\text{熱容量}}$$

となる。熱容量はある物体の温度を1 K(1°Cに等しい)上昇させるのに必要な熱量のことを意味する。

設問では熱容量が直接与えられていないので、問題文に記述されている比熱と当該組織の質量から熱容量を計算しておく。

比熱とは質量1 gの物体の温度を1°C上昇させるための熱量である。

したがって、熱容量=比熱×質量となり、質量は密度×体積から得られるので、当該部分の熱容量は

$$4.2[\text{J/g}\cdot\text{°C}] \times 1.0[\text{g/cm}^3] \times 10[\text{ml} = \text{cm}^3] = 42[\text{J/°C}] \text{である。}$$

一方、加えた熱量は  $0.2 \times 1000[\text{W}] \times 10[\text{s}] = 2000[\text{w}\cdot\text{s} = \text{J}]$  である。

したがって上昇温度は、

$$\Delta T = 2000 \div 42 = 48[\text{°C}] \text{と計算できる。}$$

【問題 29】 生体組織について誤っているのはどれか。番号を解答欄 ㉓ にマークせよ。[6]

- a. 弾性係数が高いほど，弾性に富み，軟らかい。
- b. 一般に応力とひずみの関係は非線形である。
- c. 組織を伸張して破断したときの応力を引っ張り強さという。
- d. 組織に一定の力をかけたとき，時間とともに伸びることをクリープ現象という。
- e. 組織を一定の長さに伸ばしたとき，時間とともに力が減少することを降伏現象という。

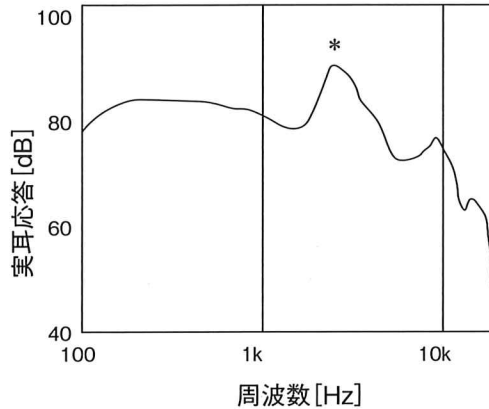
- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ㉓ 4)

【解説】 生体組織の力学的特性に関する問題である。

- × a. 弾性係数が高いほど，硬い組織である。弾性係数のことをヤング率ともいう。
- b. 応力とひずみの関係が線形な組織も存在するが，ほとんどの生体組織は非線形である。
- c. ひずみが大きくなると材料は破断するが，破断する直前に材料に現れる最大の引っ張り応力，あるいは材料が耐えうる最大の引っ張り応力を引っ張り強さという。引っ張り強さの大きい材料は強い材料であり，小さい材料は弱い材料である。
- d. クリープ現象は生体組織の粘弾性により引き起こされる。
- × e. 組織を一定の長さに伸ばしたとき，時間とともに力が減少することを応力緩和という。これも生体組織の粘弾性により引き起こされる。

【問題 30】 下図は、音入力に対する鼓膜の応答(実耳応答)を示す。応答ピーク(\*)が出現する要因として、もっとも影響の大きいものはどれか。番号を解答欄  ②4  にマークせよ。[ 6 ]



- 1) 外耳道の気柱共鳴
- 2) 耳介での反射
- 3) 頭部による回折
- 4) 鼓膜界面の屈折
- 5) 蝸牛の周波数応答

【正解】 ②4 1)

【解説】 外耳道は気柱として機能するため、音の気柱共鳴がおこる。成人では外耳道の長さが 30 mm 程度なので、2.5 kHz 付近に共鳴( $\lambda/4$  共振)がおこり、音圧が 10 dB ほど上昇することが知られている(図の\*)。ただし、個人差あり、再現性にも乏しい。

- 1) 正しい。もっとも影響が大きい。
- × 2) 影響を与える要因ではあるが、寄与は小さい。
- × 3) 影響を与える要因ではあるが、寄与は小さい。
- × 4) ナンセンス選択肢である。媒質中の音速は一般に周波数によらず一定であるため、周波数の違いによる屈折の違いはない。
- × 5) ナンセンス選択肢である。蝸牛は、蝸牛管の納まる、側頭骨の空洞を指す。

【問題 31】 400 MHz から 10 GHz 帯の電磁加温式ハイパーサミア(RF 加温は除く)で、単位体積当り電力の吸収量の最も少ない組織はどれか。番号を解答欄

にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 骨格筋
- 2) 心臓
- 3) 肝臓
- 4) 腎臓
- 5) 脂肪

【正解】 ㊸ 5)

【解説】 電力の吸収量は導電率  $\sigma$  (抵抗率  $\rho$  の逆数) と電界  $E^2$  に比例する。すなわち  $\sigma E^2 = E^2 / \rho$  に比例する。

400 MHz から 10 GHz 間で導電率の最も小さい(抵抗率の最も大きい)のは脂肪で、解答欄に示された他の臓器の約  $\frac{1}{10}$  である。

斎藤正男, 山浦逸雄: 解説, 電磁界と生体, 日本 ME 学会誌 医用電子と生体工学, 第 12 巻 第 6 号, pp. 1-8 1974 を参照。

参考のため 2, 3 の組織の 400 MHz から 10 GHz 間での抵抗率を示しておく。

骨格筋: 90~75  $\Omega\text{cm}$

脂肪: 2800~670  $\Omega\text{cm}$

他の臓器はほぼ骨格筋と同程度か 10 数%大きめである。

【問題 32】 生体内の血液の流体力学的特性で正しいのはどれか。番号を解答欄

②6 にマークせよ。[ 6 ]

- a. 血液は近似的に理想流体である。
- b. 総頸動脈の血流は層流である。
- c. 血液の粘性はずり速度の増加とともに大きくなる。
- d. 血管壁部分よりも中心部分の方が血流速度は遅い。
- e. ハーゲン・ポアゼイユの式は層流に適用できる。

- 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】 ②6 7)

【解説】 生体内血液の流体力学的特性に関して、基本的理解を問う問題である。

- × a. 血液は非ニュートン流体としての特性を示す。
- b. 生体内の血流のレイノルズ数は、大動脈起始部を除いて臨界レイノルズ数 (2,000~3,000) を超えることはなく、一般に層流のふるまいを示す。
- × c. 血液の粘性はずり速度の増加とともに小さくなる。
- × d. 血管内では層流であれば、管壁部分よりも中心部分の方が速度は速い。
- e. 層流域にある血液はハーゲン・ポアゼイユの法則に従い、円管内の流量は円管の半径の 4 乗に比例する。

【問題 33】 医用材料とその用途の組み合わせ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. ポリウレタン(PUR)—————膜型血漿分離器
- b. ポリプロピレン(PP)—————輸液バッグ
- c. ポリメチルメタクリレート(PMMA)—————眼内レンズ
- d. ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)—————人工骨
- e. セルローストリアセテート(CTA)—————人工肺

- 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】 医用材料に関する問題である。材料とその主な用途の組み合わせを以下に示す。

- a. ポリウレタン(PUR)：膜型血漿分離器のポッティング材，人工血管などに使用される。
- b. ポリプロピレン(PP)：輸液バッグ，注射器，人工肺用膜などに使用される。
- c. ポリメチルメタクリレート(PMMA)：眼内レンズ，血液透析膜，歯科用材料などに使用される。
- × d. ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)：人工血管，人工腱・人体などに使用される。人工骨には，ヒドロキシアパタイトやリン酸カルシウムなどが使用される。
- × e. セルローストリアセテート(CTA)：血液透析膜などに使用される。人工肺膜には，ポリプロピレンやポリオレフィン，あるいはそれらとシリコーンとの複合膜が使用される。

従って，d, e の 10) が「使用されていない」組み合わせである。

【問題 34】 動脈瘤が発生した大動脈を人工血管で置き換えた。6 ヶ月以降に最も注意して観察しなければならない生体反応は次のうちどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 石灰化
- 2) 組織肥厚化
- 3) カプセル化
- 4) 偽内膜形成
- 5) 組織壊死

【正解】 ⑳ 2)

【解説】 後期(慢性)の異物反応には、カプセル化、擬内膜形成、石灰化、組織肥厚化がある。

人工血管置換術において術直後には血液凝固や血小板凝集、いわゆる血栓が発生して人工血管を閉塞してしまうことに注意が必要である。それを回避した後は、人工血管の表面を血管内皮細胞が覆い、擬内膜が形成される。そうになると血栓が生じる可能性は低くなる。一方で、擬内膜が肥厚する現象(組織肥厚化)が生じ、6 ヶ月以降には肥厚した擬内膜が人工血管を閉塞させてしまうことがある。そのため、6 ヶ月以降には組織肥厚化の程度を定期的に観察する必要がある。人工血管の石灰化は数年後位に発生する現象である。

【問題 35】 人工腎臓の透析膜に使用されていない高分子材料はどれか。番号を  
解答欄  にマークせよ。[6]

- a. ポリウレタン(PUR)
- b. ポリメチルメタクリレート(PMMA)
- c. ポリエチレンテレフタレート(PET)
- d. ポリスルホン(PS)
- e. セルローストリアセテート(CTA)

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

【正解】 ㊟ 2)

【解説】 医用材料に関する問題である。材料とその主な用途の組み合わせを以下に示す。

- a. ポリウレタン(PUR)：人工腎臓のポッティング材，人工血管などに使用されるが，透析膜には使用されていない。
  - × b. ポリメチルメタクリレート(PMMA)：透析膜，コンタクトレンズ，骨セメントなどに使用されている。
  - c. ポリエチレンテレフタレート(PET)：人工血管などに使用されるが，透析膜には使用されていない。
  - × d. ポリスルホン(PS)：最近では最も頻用されている透析膜材料である。
  - × e. セルローストリアセテート(CTA)：透析膜に使用されている。
- 従って，a, cの2)が「使用されていない」組み合わせである。



【問題 36】 脳動脈瘤のコイル塞栓術で用いられるコイルの材質として最も適しているものはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) チタン合金
- 2) ステンレス鋼
- 3) 金銀パラジウム合金
- 4) プラチナ
- 5) ジルコニア

【正解】 ③ 4)

【解説】 「プラチナ」は初出だが、第 15 回以降の知識があれば、正解にたどり着くことができる。

- × 1) チタンおよびチタン合金は耐食性に富み、骨組織との結合・癒着性に優れており、人工骨やボーンプレートに利用されている。(第 17 回午前 問題 35)
- × 2) ステンレス鋼は加工硬化しやすいので、骨折固定用プレートなどに用いられる。(第 15 回午前 問題 34)
- × 3) 金銀パラジウム合金は高価な金合金の代用合金として、古くから健康保険指定の合金となっており、歯科用材料として用いられている。(第 15 回午前 問題 34)
- 4) プラチナ製コイルは X 線透視下での視認性や、動脈瘤の形状に合わせられる柔軟性に優れており、脳動脈瘤治療用として使用されている。
- × 5) ジルコニアは高強度、耐磨耗性、破壊靱性にすぐれており、人工関節や人工歯根などに用いられている。(第 17 回午前 問題 35)

【問題 37】 体外循環により血液と医用材料を接触させたときに起こる生体反応でないのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。〔6〕

- 1) アナフィラキシー様ショック
- 2) 血小板の活性化
- 3) 補体の活性化
- 4) ヘパリン起因性の血小板数減少
- 5) ヘマトクリット値の増加

【正解】 ③ 5)

【解説】

- 1) ACE 阻害剤を服用している患者の血液が陰性荷電の強い材料と接触した際起こることが知られている。
- 2) 血小板は、医用材料のような異物と接触すると活性化する。
- 3) 人工心肺を使用した体外循環や再生セルロースを用いた血液透析で補体が活性化することが知られている。
- 4) 抗凝固薬としてヘパリンを使用したとき、ヘパリンに対する自己抗体ができてしまった患者で血小板減少と血栓形成を合併することがある。血小板起因性血小板減少症(HIT)と呼ばれる。
- × 5) 材料との接触によってヘマトクリットは増加しない。材料との接触の際に、溶血によりヘマトクリットが低下する可能性はあるが、増加することはない。人工心肺を使用した体外循環の際には血液希釈をすることがあり、その場合は、ヘマトクリットを低下させるが、これは生体反応によるものではない。

【問題 38】 溶出物試験において、フタル酸ジ(2-エチルヘキシル)(DEHP)溶出リスクのある医用材料はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) ポリジメチルシロキサン(PDMS)
- 2) ポリカーボネート(PC)
- 3) ポリ塩化ビニル(PVC)
- 4) ポリエチレン(PE)
- 5) ヒドロキシアパタイト(HAp)

【正解】 ③ 3)

【解説】 医用材料の安全性試験(溶出物試験)の特性に関する問題である。

ポリ塩化ビニル(PVC)は医用材料において汎用されている一つであるが、軟質性をもたせるため可塑剤である可塑剤(フタル酸ジ(2-エチルヘキシル), diethylhexylphthalate; DEHP)が 30~40% 程度添加されている。DEHP を混ぜた軟質ポリ塩化ビニルは、柔軟性、加工性、耐久性などに優れ、輸血、輸液、体外循環用のチューブやバッグなど、ディスプレイの医療機器として大量に用いられている。可塑剤である DEHP は、一時期内分泌かく乱物質の候補として議論されていたが、現在は主として精巣毒性を有する一般毒性物質とされている。

【問題 1】 JIS T0601-1 の保護接地線等の適合性試験について、以下の設問に答えよ。

(1) 保護接地線等の適合性試験において、50 Hz 又は 60 Hz の電流源から定められた電流値  $X$  [A] か又は定格電流の 1.5 倍の電流のうちどちらか大きい方の電流値を少なくとも 5~10 秒間保護接地線に流し、この電流値と保護接地線の両端の電圧降下値からインピーダンスを求めている。電流値  $X$  の値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) 10
- 2) 15
- 3) 20
- 4) 25
- 5) 30

(2) また、(1) で接触抵抗の影響を受けないでインピーダンスを測定する方法を何というか。解答欄  に記入せよ。[3]

【正解】 ① 4)

② 四端子法

【解説】 JIS T 0601-1 では、保護接地線等のインピーダンスを接続方式により  $0.1 \Omega$  または  $0.2 \Omega$  以下と規定し、適合性を上記問題文の方法で試験するよう定めている。

【補足説明】

1) インピーダンスの測定法として二端子法と四端子法がある。前者はリード線の抵抗や接触抵抗の影響のため低インピーダンスの測定はできない。一方、四端子法では試料に電流を流すリード線と電圧降下を検出するリード線が分かれているため、これらの影響がなく低インピーダンスの測定ができる。

- 2) 試験に 25 A という大きな電流を流す理由を「付属書 A 概説及び解説」で述べている。すなわち基礎絶縁の不良に起因する事故等の電流を保護接地線に流すことができる場合に限って、保護機能を果たすことができからである。このような電流は、電気設備中の保護装置(ヒューズ, 配線遮断器, 漏電遮断器など)を適切に短時間で作動させるに十分な大きさをもつと考える。試験電流について要求される最小時間は、細い配線や接触不良による接続部分の過熱の発見を意図している。このような“弱い個所”は、抵抗の測定だけでは発見できないかもしれない(以下略)。

【問題 2】 薬事法で誤っているのはどれか。番号を解答欄 ② にマークせよ。

[ 5 ]

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

[正解] ② 2)

[解説]

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

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

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

【問題 3】 JIS T 1022 「病院電気設備の安全基準」で非接地配線方式が必須となっていない医用室はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 5 ]

- a. 内科診察室
- b. 心臓カテーテル室
- c. 救急処置室
- d. MRI 室
- e. 内視鏡室

- 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 3)

【解説】 「病院電気設備の安全基準」では「電源の遮断による機能停止が医療に重大な支障をきたすおそれがある医用電気機器を使用する医用室のコンセント用分岐回路には、非接地配線方式を使用しなければならない。」と規定されている。具体的には、電極などを体内に挿入又は接触し使用する体内処理、外科処置などを行う医用室では非接地配線方式が必須とされている。例としては、手術室、集中治療室、心臓カテーテル室、準集中治療室、人工透析室などがあげられる。通常の検査室や病室、診察室などでは電極を体内に挿入することは少なく、生命維持装置も必須とはいえないため、必要に応じて非接地配線方式を採用すればよいとされる。

- a. 病室や診察室で電極を使用すること、体内に挿入して使用することは少ない。
- × b. 電極などを心臓区域内に挿入又は接触して使用する。
- × c. 電極などを体内に挿入して使用し、生命維持装置が使われることも多い。
- d. 各種検査室では電極を使用するが、体内に挿入して使用することは少ない。
- × e. 電極などを体内に挿入し体内処置、外科処置を行う。



【問題 4】 外装の接触可能部分がプラスチック材料で覆われている医療機器の外装からの漏れ電流の測定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) プラスチックは導電性がないので測定の必要はない。
- 2) 外装の任意の 5 か所にテストの端子を当てて測定し最大値をとる。
- 3) 10 cm×20 cm のアルミホイルを貼りつけて測定する。
- 4) 医療機器のアース端子で測定する。
- 5) 外装をはずし金属部分を露出させて測定する。

【正解】 ④ 3)

【解説】 絶縁外装からの漏れ電流測定について、JIS T 0601-1:2012 には次のように書かれている。(なお、外装からの漏れ電流は、JIS T 0601:1999 では「外装漏れ電流」と称していたが、JIS T 0601-1:2012 では「接触電流」と名称を変更している。)

#### 〔8.7.4.6 接触電流の測定〕

接触電流の測定は、次による。

- a) ME 機器は、図 14 に従って適切な測定用電源回路を使用して試験する。  
MD を使用して、保護接地していない外装と大地との間を測定する。  
MD を使用して、保護接地していない外装の部分の相互間を測定する。  
保護接地線の断線という単一故障状態[該当する場合、8.1b)参照]においては、MD を使用して、保護接地している外装の各部分と大地との間を測定する。  
注記 保護接地した複数の部分の測定は、2 か所以上で行う必要はない。  
内部電源 ME 機器の接触電流は、c)を適用する場合を除いて、外装の部分間だけを測定するが、外装と大地との間は測定しない。
- b) ME 機器が絶縁材料製の外装又は外装の部分をもつ場合には、最大 20 cm×10 cm の金属はくをその外装又は外装の該当する部分に密着させる。  
接触電流の最大値を決定するために、可能な場合は、金属はくをずらして

みる。保護接地している場合は、外装の金属部分に金属はくが触れないことが望ましい。ただし、保護接地していない外装の金属部分は、その全体又は一部を金属はくで覆ってもよい。

保護接地線の断線という単一故障状態での接触電流を測定する場合は、通常、金属はくを保護接地した外装の部分に接触するように配置する。

患者又は操作者と外装との接触面積が、20 cm×10 cm よりも大きい場合には、金属はくの寸法をその接触面積に対応して増加する。

- c) 信号入出力部をもつ ME 機器は、該当する場合は、[8.1 a)参照] 変圧器 T 2 を使用して追加の試験をする。変圧器 T 2 で設定した電圧の値は、最高電源電圧の 110% に等しくする。外部電圧の印加時に用いる指定したピン配置は、試験又は回路の解析に基づいて最悪状態となるように決定する。」

この規定より、次のことがわかる。

- × 1) 表面がプラスチックで覆われていても、その下は金属である場合があり、触れた手のひらとの静電容量で漏れ電流が流れる可能性があるので、上記のように「20 cm×10 cm の金属はくをその外装又は外装の該当する部分に密着」させて測定する。
  - × 2) 絶縁材料の 1 点ではなく、面接触(20 cm×10 cm)で測定する。なお、この選択肢の分中の「テスト」は一般的な回路計としてのテストなのか、漏れ電流測定専用テストなのかははっきりしないが、題意としては後者であろう。
  - 3) 10 cm×20 cm の大きさの金属はく(アルミホイルでよい)を密着させて測定する。病院等で点検するには、粘着剤つきのアルミホイルを使用するとよい。
  - × 4) 「医療機器のアース端子で測定する」のは「接地漏れ電流」である。なお「保護接地線の断線という単一故障状態での接触電流を測定する場合は、通常、金属はくを保護接地した外装の部分に接触するように配置する。」となっているので、この状態では、ほぼ接地漏れ電流と同じになる。
  - × 5) 「絶縁外装をはずして金属部分を露出させる」という要求はない。
- なお、接触電流には「外装から大地」と「外装から外装」の 2 つの経路がある。

【問題 5】 EBM(Evidence-Based Medicine)の実践手順に含まれない項目はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 疑問点の抽出の具体化
- 2) 文献検索による情報収集
- 3) 情報の公開
- 4) 情報の実地臨床での適用
- 5) 事後評価

【正解】 ⑤ 3)

【解説】 EBM の実践手順は以下のように定められており、「3) 情報の公開」ではなく、情報を批判的に吟味することが必要である。

① 手順 1：疑問点の抽出，患者の問題の定式化

臨床上の情報を必要とする問題を回答可能な質問に変える。

② 手順 2：能率的で質の高い情報収集

その質問に答えるために最も効率的な方法で，理学所見や臨床検査，文献，その他の情報源のいずれかより最良の根拠(Evidence)を検索する。

③ 手順 3：情報の批判的吟味

妥当性や有用性という点でその根拠を批判的に検証評価する。

④ 手順 4：情報の患者への適用

この評価の結果をわれわれの臨床的専門技量と統合し，実地臨床にその結果を応用する。

⑤ 手順 5：研究課題の抽出

自分たちの実行したことを事後評価する。

【問題 6】 ME 機器の装着部でない接触可能部分を、正常状態及び単一故障状態において許容漏れ電流を超えないようにしながら、機器の生きている部分から電氣的に分離する方法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) 基礎絶縁だけで生きている部分から分離し、かつ保護接地する。
- 2) 保護接地した金属部分によって、生きている部分から分離する。
- 3) 保護接地した強化絶縁によって、生きている部分から分離する。
- 4) 二重絶縁又は強化絶縁によって、生きている部分から分離する。
- 5) 部品のインピーダンスを利用して、漏れ電流を阻止する。

[正解] ⑥ 3)

【解説】 JIS T 0601-1:1999「医用電気機器-第 1 部：安全に関する一般的要求事項」の「第 3 章 電撃の危険に対する保護(17.分離)」において、装着部でない接触可能部分は、正常状態及び単一故障状態において許容漏れ電流を超えないような応報で、機器の生きている部分から電氣的に分離する方法が定められている。

- 1) 接触可能部分を、基礎絶縁だけで生きている部分から分離し、かつ、保護接地する。
- 2) 接触可能部分を、保護接地した金属部分によって生きている部分から分離する。この金属部分は、全体を覆う金属シールドであってもよい。
- × 3) 接触可能部分を保護接地せず、かつ、絶縁不良を生じても許容値を超える外装漏れ電流が流れないように、保護接地した中間回路によって、生きている部分から分離する。
- 4) 接触可能部分を、二重絶縁又は強化絶縁によって、生きている部分から分離する。
- 5) 部品のインピーダンスによって、接触可能部分に許容値を超える外装漏れ電流が流れることを阻止する。

[参考]

JIS T 0601-1:2012「医用電気機器-第1部：基礎安全及び基礎性能に関する一般的要求事項」の「8 電撃に対する保護の基本原則」には以下のように補足されている。

- 1) 患者接続部及び他の接触可能部分は、基礎絶縁だけで、大地(接地)電位と異なる部分から分離し、更に、それらの部分は、保護接地し、かつ、正常状態及び単一故障状態における漏れ電流が許容値を超えない低い内部インピーダンスで接地する。
- 2) 患者接続部及び他の接触可能部分は、基礎絶縁及び保護接地した中間金属部分によって、大地(接地)電位と異なる部分から分離する。この金属部分は、全体を覆う金属スクリーンでもよい。
- 3) 患者接続部及び他の接触可能部分は、二重絶縁又は強化絶縁によって大地(接地)電位と異なる部分から分離する。
- 4) 患者接続部及び他の接触可能部分は、許容値を超える漏れ電流及び患者測定電流が流れることを部品のインピーダンスによって阻止する。

【問題 7】 医用室に設けなければならないものはどれか。番号を解答欄 ⑦ にマークせよ。[5]

- a. 医用接地極
- b. 医用コンセント
- c. 医用プラグ
- d. 医用接地端子
- e. 等電位接地

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

【正解】 ⑦ 6)

【解説】 医用室の電気設備については JIS T 1022 「病院電気設備の安全基準」に規定されている。

医用室ごとに「医用接地センタ、医用コンセント、医用接地端子」の“3点セット”を設備しなければならない。

● 医用接地センタ

医用接地センタは「医用コンセント」の接地刃受けと  $0.1 \Omega$  以下の「接地分岐線」で接続されている。また接地幹線を介して接地極に接続され、大地へと繋がっている。

● 医用コンセント

医用室では JIS T 1021 「医用差込接続器」に規定する接地極付 2 極コンセント・プラグを使用することになっている。これらは通称 3 P コンセント・3 P プラグと呼ばれている。

● 医用接地端子

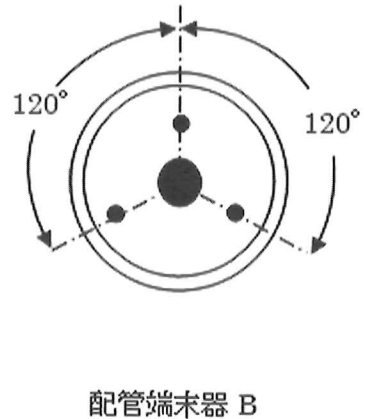
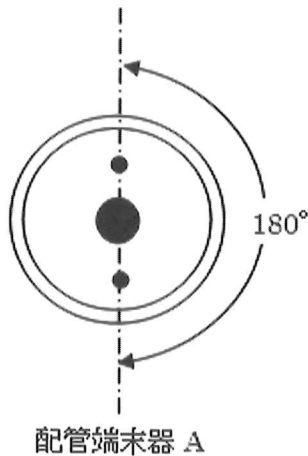
3 P の電源コードを持たない機器を接地するための医用室の設備。

× a. 医用接地極は接地幹線を大地に繋ぐ部分で通常は建築構造体の地下部分を使用する。

- b. 上記解説の通り。
- × c. 医用プラグは設備ではなく機器側の電源コードの部品。
- d. 上記解説の通り。
- × e. 心臓に直接アプローチするような検査室や治療室では、マイクロショック対策の為  $0.1 \Omega$  以内の電線で、接地センタに接続する構成を指す。  
EPR システムとも言われ、一部の医用室で行われるマイクロショック対策の構成であり設備ではない。

【問題 8】 ピン方式の配管端末器で供給圧を静止状態で点検した。配管端末器 A では 410[kPa]であった。配管端末器 B の供給圧はどの程度でなければならないか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 5 ]

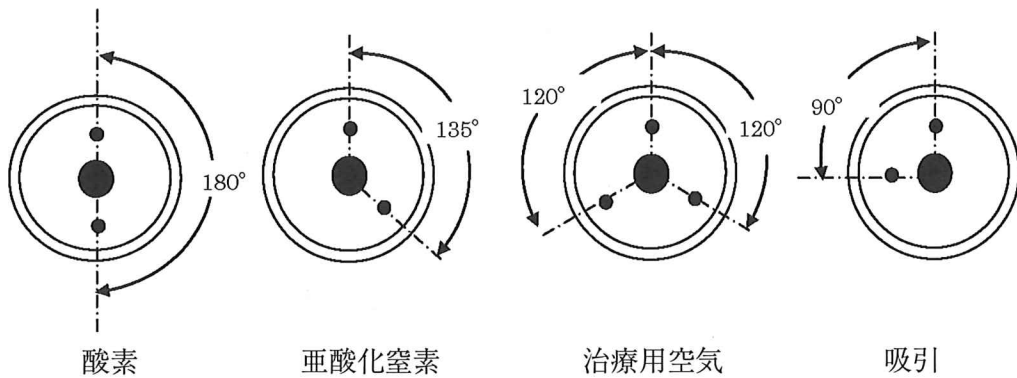
- 1) 350 kPa
- 2) 380 kPa
- 3) 410 kPa
- 4) 440 kPa
- 5) 470 kPa



【正解】 ⑧ 2)

【解説】 医療ガス設備については JIS T 7101-2006「医療ガス配管設備」で規定されている。この規定は、供給される各種の医療ガスを使用者が常に安定した状態で使用できるように安全基準を確保し、供給失調や途絶の危険を適切に知らせる警報装置の完備、および万一の事態に備えて予備供給装置の保有などについて規定している。配管端末器では異種ガスとの誤接続を防止するために、ソケット（ガス取り出し口）とアダプタプラグ間是一对のはめ合いによるガス別特定コネクタ（ピン方式やシュレーダ方式など）が使用されている。ピン方式の配管端末器（図を参照）ではピン孔の数と配列角度を規定し、シュレーダ方式では配管端末器でのリング溝の外径や内径を規定している。





この問題の配管端末器 A は酸素，配管端末器 B は治療用空気の配管端末器である。双方の標準供給圧とも JIS T 7101 「医療ガス配管設備」では  $400 \pm 40$  kPa と規定されているが，酸素は他のガスよりも 30 kPa 程度高いことが規定されている(表)。そのため配管端末器 A の酸素が 410 kPa であることから，配管端末器 B の治療用空気は配管端末器 A の酸素より 30 kPa 低い 380 kPa になる。解答は 2) になる。

配管端末器の種類	標準圧力 kPa(吸引は -kPa)	最大流量 (NL/min)
酸素	$400 \pm 40$	$\geq 60$
亜酸化窒素	$400 \pm 40$	$\geq 40$
治療用空気	$400 \pm 40$	$\geq 60$
吸引	水封式	$\geq 40$
	油回転式	$\geq 40$
二酸化炭素	$400 \pm 40$	$\geq 40$
手術器械駆動用窒素	600~900	$\geq 300$
圧縮空気	治療用	$400 \pm 40$
	手術器械駆動用	600~900

【問題 9】 医用ガスおよび容器(ボンベ)に関連するもの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) 高圧ガス保安法では酸素ボンベから 5 m 以内では火気厳禁である。
- 2) 高圧ガス保安法による亜酸化窒素ボンベの塗色はねずみ色である。
- 3) ヨーク形バルブはピンインデックスで誤接続を防止している。
- 4) 内視鏡外科手術装置の気腹用ガスとして二酸化炭素が用いられる。
- 5) 完全に充填された酸素ボンベの内圧は 150 MPa 程度である。

【正解】 ⑨ 5)

【解説】 医療ガスに関連する事故は患者の生命に対する影響が大きいことから、医療ガスの品質保持、医療ガスの誤用防止、また供給失調の防止などに関して法令(医療法、薬事法、高圧ガス保安法など)や日本工業規格(JIS)などで厳しく規定されている。

医療ガスについては、ガス性医薬品(医療ガス=「薬」)として、酸素、窒素、亜酸化窒素、二酸化炭素、これらの混合ガス、酸化エチレンが規定され、純度については「日本薬局方」で酸素、窒素、二酸化炭素がそれぞれ 99.5 vol% 以上、亜酸化窒素が 97 vol% 以上と規定している。

高圧ガス容器(ボンベ)については高圧ガス保安法で、製造、販売、貯蔵、移動およびその取扱いや消費などについて規定している。また、容器の誤使用や誤接続による事故を防止するために容器のバルブ(充填口の部分)の形状(外径、内径、奥行きなど)が JIS B 8246-2004「高圧ガス容器用弁」にてガス別特定化されている。

○ 1) ボンベを使用(消費)する際の注意事項については高圧ガス保安法の関連法規である一般高圧ガス保安規則で以下のように規定されている。

- ① 容器のバルブは、静かに開閉しなければならない。
- ② 充填容器等(含む残ガス容器)は常に温度 40℃ 以下に保つ。
- ③ 可燃性ガスまたは酸素を消費する設備から 5 m 以内は、喫煙および火気を使用しないこと。

- ④可燃性ガスまたは酸素の消費設備には消火設備を設けること。
  - ⑤酸素の消費は，バルブおよび使用する器具の石油類，油脂類その他可燃性を除去した後に行うこと。
  - ⑥高圧ガスを消費するときは，使用開始時および終了時に消費設備の異常がないか点検するほか，1日1回以上作動状況について点検する。など。
- 2) 高圧ガス保安法の関連法規である容器保安規則により充填する高圧ガスの種類に応じた塗色を容器の外面の見やすい箇所に，容器の表面積の $\frac{1}{2}$ 以上について塗ることが決められている(表)。

表 容器の塗色区分

ガスの種類	塗色の区分
酸 素	黒 色
水 素	赤 色
液化二酸化炭素	緑 色
液化アンモニア	白 色
液 化 塩 素	黄 色
アセチレン	褐 色
その他のガス	ねずみ色

- 3) 前述の説明通りに，誤使用と誤接続を防止するために容器の接続部(充填口)はガス別特定になっている。その形式には「ヨーク形」と「おねじ」の2種類がある。「ヨーク形」ではバルブにあるピンホール寸法と位置がそれぞれガス別特定(異なっている)になっている。「おねじ」ではガス充填口の寸法がガス別特定になっている。なお，二酸化炭素のバルブは，内容量40ℓ未満(小・中型)の容器は「ヨーク形」に，内容量40ℓ(大型)の容器は「おねじ」が使用されている。
- 4) 内視鏡外科手術では作業空間を確保するために気腹用ガスとして二酸化炭素が用いられる。これは二酸化炭素が不燃性であること，誤ってガスが血管内に入っても血液に溶解しやすいため空気塞栓を起こしにくい，また溶解した二酸化炭素が肺から速やかに排泄されるなどの理由から二酸化炭素が用いられる。通常，気腹時の圧力は8~12 mmHg程度である。

- × 5) 通常使用される酸素ポンベの最高充填圧(納品時)は 15 MPa(150 kgf/cm<sup>2</sup>)  
である。在宅酸素療法用に最高充填圧が 20 MPa(200 kgf/cm<sup>2</sup>)のポンベも  
ある。

【問題 10】 非接地配線方式の絶縁監視装置の警報が鳴った。原因として考えられるのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[5]

- a. 同時に多数の機器が使用されていた。
- b. 接地極の接地抵抗が  $10 \Omega$  以上になっていた。
- c. 絶縁抵抗が  $50 \text{ k}\Omega$  以下の機器が使用されていた。
- d. 絶縁トランスの許容量を超えた消費電流が流れた。
- e. 接地分岐線が断線していた。

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

【正解】 ⑩ 2)

【解説】 非接地配線方式の絶縁監視装置は、その電源回路内で使用されている機器ならびに設備の絶縁抵抗が  $50 \text{ k}\Omega$  以下(潜在的な漏れ電流が  $2 \text{ mA}$  以上)になった時に警報が出る。従って、多数の正常な機器を使用している場合でも、使用台数が多いと警報が出ることがある。

- a. 同時に多数の機器が使用されていると、潜在的な接地漏れ電流の合計が  $2 \text{ mA}$  を超えることがあり、その場合は警報が出る。
- × b. 接地極の接地抵抗とは無関係である。
- c. 絶縁抵抗が  $50 \text{ k}\Omega$  以下(潜在的な接地漏れ電流値は  $2 \text{ mA}$  以上)の機器では警報が出る。
- × d. 過負荷による警報ではない。
- × e. 接地分岐線が断線しても絶縁抵抗が下がることはない。

【問題 11】 在宅酸素療法関連機器につい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) 設置型液体酸素容器は定期的に交換が必要である。
- 2) 呼吸同調式デマンドバルブで酸素が節約できる。
- 3) 酸素濃縮器はクラス I 機器である。
- 4) 吸着型酸素濃縮器では 90% 程度の酸素濃度が得られる。
- 5) 酸素濃縮器の周囲 2 m 未満は火気厳禁である。

【正解】 ⑪ 3)

【解説】

- 1) 容器は完全密閉型ではないために、自然蒸発によるガスの喪失で 1 日あたり 2~3% の目減りがある。そのためには定期的(最低月 2~3 回)に液体酸素を充填した容器と交換する必要がある。
- 2) 呼吸同調器式デマンドバルブは、酸素の節約のために、患者の吸気を検知した時のみにデマンドバルブが開き酸素が流れ、息を吐くときにはデマンドバルブが閉じて酸素が停止する機構になっている。
- × 3) クラス I 機器では接地形 2 極コンセント(3 P コンセント)が必要であるが、一般家庭では JIS T 7101「病院電気設備」で規定する接地極抵抗(10 Ω 以下)を実現することが難しいことや特別な電気工事が必要になる。そのため電撃に対する保護を基礎絶縁だけに依存しないクラス II 機器(追加保護手段が二重絶縁または強化絶縁)になっている。そのため通常の電源コンセント(2 P コンセント)で使用できる。
- 4) 酸素濃縮器には膜型と吸着型がある。膜型は窒素よりも酸素に対する透過性が良い高分子膜を用いているが、流量を得るために酸素の分離係数の低い膜が用いられるために 40% 以上の酸素濃度を得ることができない。一方の吸着型は、窒素を選択に吸着する吸着剤(アルミノ珪酸塩またはゼオライトなど)を内蔵した吸着筒内に圧縮空気を送り込むことで 90% 程度の高濃度酸素を得ることができる。

- 5) 平成22年1月15日付けの厚生労働省医政局総務課長・医政局指導課長・医薬食品局安全対策課長連名通知(医政総発0115第1号・医政指発0115第1号・薬食安発0115第1号)で「在宅酸素療法における火気の取扱いについて(注意喚起及び周知依頼)」で酸素濃縮装置, 酸素ボンベ, 液化酸素容器からは2 m以上離すことが注意喚起として通知されている。

【問題 12】 ネブライザについて正しいのはどれか。番号を解答欄 ⑫ にマークせよ。[6]

- a. ジェット式では超音波式より粗大な粒子が発生する。
- b. 超音波式の作用水は水道水が望ましい。
- c. ジェット式は超音波式より装置を小型にできる。
- d. 超音波式はベンチュリー効果によるものである。
- e. ジェット式は圧縮ポンプを用いる。

- 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】 ⑫ 4)

【解説】

- a. 一般に吸入薬剤を気管支から肺胞までの領域に沈着させるに望ましい薬剤粒子の径は、1～5  $\mu\text{m}$  程度とされている。ジェット式で得られるの粒子径は1～15  $\mu\text{m}$  で不揃いである。このため時間をかけてゆっくり吸入する必要が有る。一方、超音波式で発生する粒子は、径が1～5  $\mu\text{m}$  前後となり肺胞まで到達すると考えられる。なお、超音波振動により薬理活性が失われる薬剤(抗生物質や去痰薬の一部)が有るので注意が必要である。
- × b. CDC ガイドラインでは作用水槽に入れる水は滅菌蒸留水が望ましいとされている。
- × c. ジェット式は、薬液を噴霧する圧縮空気を作る圧縮ポンプが必要なため、一般的には小型化が難しい。この圧縮ポンプから発生する音が大きいため、夜間や、施設や病室など共有の部屋での使用の際に注意が必要となる。
- × d. 圧縮空気の気流によるベンチュリー効果で薬液を微小粒子にするのはジェット式である。超音波式は薬液に超音波振動を加えてキャビテーション効果により粒子を発生させる。
- e. ジェット式が薬液を噴霧する圧縮空気を作る圧縮ポンプを用いる。超音波式は圧電セラミックスなどの超音波振動子による超音波振動を用いる。



【問題 13】 パルスオキシメータ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. 長時間装着する場合は低温ヤケドの発生を予防するため定期的に測定部位を変更する。
- b. 精度の校正は基準ガスを用いて行う。
- c. 不整脈を解析することができる。
- d. 動脈管開存症の患者では四肢での測定値が異なることがある。
- e. 脈波同期音の音色が  $SpO_2$  の値と連動して変化する機器もある。

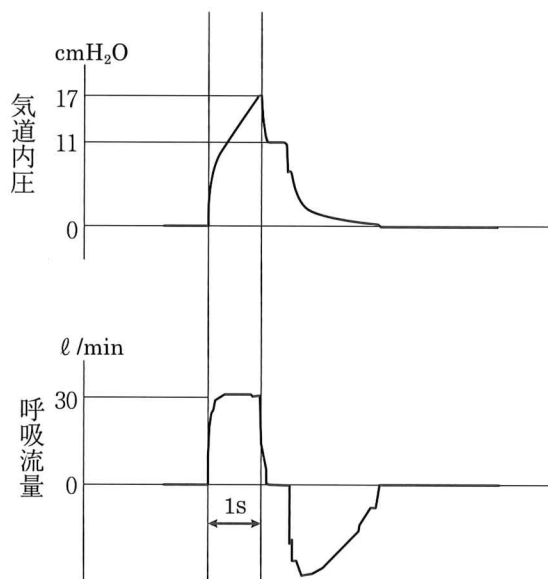
- 1) a, b    2) a, c    3) a, d    4) a, e    5) b, c  
6) b, d    7) b, e    8) c, d    9) c, e    10) d, e

【正解】 ⑬ 5)

【解説】

- a. 正しい。弱い装着圧や少ない LED の発熱でも、長時間同じ状態が維持されると、皮膚障害を引き起こすことがある。赤ちゃんなどに使用されるディスプレイタイプでは 8 時間以内に装着部位を変更することが推奨されている。
- × b. パルスオキシメータは校正不要である。測定精度を確認するためには、動脈血を採血して CO オキシメータで  $SaO_2$  を測定し確認する必要がある。
- × c. 不整脈をモニタすることはできない
- d. 正しい。動脈管とは胎児期において肺動脈と大動脈とを繋ぐ血管であり、出生後は収縮して閉鎖する。動脈管開存症とはこの動脈管が出生後も遺残している病態であり、動脈管を介する右左短絡のため下半身の酸素飽和度が上半身よりも低下する。
- e. 正しい。 $SpO_2$  値が低下するとそれに応じて同期音の周波数を下げることにより、音による  $SpO_2$  変化を知ることができる。手術中などで術者がベッドサイドのモニタを見ることができない場合などに有用である。

【問題 14】 従量式人工呼吸器使用中の気道内圧波形および呼吸流量波形を示す。これらの波形より静的コンプライアンスは  [ $\ell/\text{cmH}_2\text{O}$ ]，動的コンプライアンスは  [ $\ell/\text{cmH}_2\text{O}$ ]となる。解答欄 ,  に値を記入せよ。  
[3×2=6]



【正解】  0.045  0.029

【解説】 静的コンプライアンス，動的コンプライアンスの定義は下記のごとくである。

静的コンプライアンス = 1 回換気量 ÷ 気道内圧のプラトー圧

動的コンプライアンス = 1 回換気量 ÷ 最高気道内圧

したがって，図の波形より

1 回換気量は，流量波形より 30  $\ell/\text{min}$  で 1 sec の吸気流量であるので

$$\begin{aligned} 1 \text{ 回換気量} &= \text{流量} \times \text{時間} \\ &= 0.5 (\ell/\text{sec}) \times 1 (\text{sec}) \\ &= 0.5 \ell \end{aligned}$$

$$\text{静的コンプライアンス} = 0.5 (\ell) \div 11 (\text{cmH}_2\text{O})$$

第 19 回午後部

$$\div 0.045(\ell/\text{cmH}_2\text{O})$$

$$\text{動的コンプライアンス} = 0.5(\ell) \div 17(\text{cmH}_2\text{O})$$

$$\div 0.029(\ell/\text{cmH}_2\text{O})$$

【問題 15】 血圧モニタリング中の動脈圧波形に共振による波形歪が生じた。その対策の一つを解答欄  に記入せよ。[ 6 ]

【正解】 以下のどれか一つが書かれていれば正解である。

ダンピングデバイスを使用する。

血圧測定ラインを短くする。

血圧測定ラインチューブの材質を硬いものにする。

血圧測定ラインを太くする。

光ファイバ型のトランスデューサを使用する。

先端チップ型トランスデューサを使用する。

【解説】 血圧測定ラインはその物理的な特性により、LCR の共振系を形成する。そのことにより程度の差はあるが、必ずアンダーダンピングの波形歪を生じる。特に波形の立ち上がり部分には共振によるオーバーシュートが見られ、ピーク値が異常に高くなることをしばしば経験する。対策としては、血圧測定ラインの共振周波数を高くする、ダンピングデバイスを用いて共振歪を補正する、歪の原因となる血圧測定ラインを使用しないタイプのトランスデューサを用いるなどがある。

【問題 16】 心臓ペースメーカーの電極リードを留置し、VVI ペーシングにて出力電圧を 2 V から 0.25 V ずつ下げていったとき、0.5 V までは心室の捕捉を認めたが、0.25 V では捕捉されなかった。また、心室の心内心電図波高値は 6 mV であった。出力電圧およびセンシング感度の設定値の組合せとして最も適切なものはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。〔6〕

- 1) 出力電圧 1 V, センシング感度 12 mV
- 2) 出力電圧 1 V, センシング感度 6 mV
- 3) 出力電圧 1 V, センシング感度 3 mV
- 4) 出力電圧 0.5 V, センシング感度 6 mV
- 5) 出力電圧 0.5 V, センシング感度 3 mV

【正解】 ④ 3)

【解説】 題意より、心室ペーシングにおける刺激閾値は、心室を捕捉できた最低電圧値となる 0.5 V である。出力電圧は刺激閾値より高値である必要があり、2 倍程度に設定するのが一般的である。センシング感度は、計測された心内波高値(心内電位)より低値に設定する必要があり、 $\frac{1}{2}$  倍程度に設定するのが一般的である。

- × 1) 出力電圧は刺激閾値の 2 倍であり適切である。センシング感度は心内波高値を上回っており、この設定では適切に心内電位をセンシングすることはできずアンダーセンシングとなってしまう。
- × 2) 出力電圧は 1) と同様。センシング感度は計測された心内波高値と同値であると、心内電位が変化した場合にアンダーセンシングになる可能性があり不適切である。
- 3) 出力電圧は刺激閾値の 2 倍、センシング感度は心内波高値の  $\frac{1}{2}$  倍であり適切な設定である。
- × 4) 出力電圧は刺激閾値と同値であると、刺激閾値が変化した場合にペーシングによる心室の捕捉を適切に得られないペーシング不全となる可能性があり不適切である。センシング感度は 2) と同様。
- × 5) 出力電圧は 4) と同様。センシング感度は 3) と同様。

【問題 17】 AED 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) AC 電源からの交流電圧をダイオードにより整流する。
- 2) 心房細動に対して R 波同期回路が自動的に機能する。
- 3) 放電回路のインダクタにより出力波形をダンピングする。
- 4) 誤操作を防ぐため、2つのボタンが押されないと通電されない。
- 5) 通電前後の心電図が内蔵メモリに保存される。

【正解】 ⑮ 5)

【解説】 AED は医療施設以外の場で心室性頻脈による心停止が発生しても、一般市民救助者による蘇生を可能とする医療機器である。そのため、安全を確保されつつ使用方法は簡易であり、小型軽量であることが求められる。

- × 1) AED はバッテリー駆動であり、交流電圧は供給されない。ただし、バッテリーは充電機能のない一次電池である。
- × 2) AED の適応は心室細動、心室頻拍であり、心房性不整脈は対象外である。
- × 3) AED の出力は二相性切断指数(BTE; biphasic truncated exponential)波形であり、放電回路においてインダクタによるダンピングは行われぬ。放電回路にインダクタを含まないことで装置の小型軽量化が可能ともなる。
- × 4) 一般市民救助者による操作の単純化のため、通電ボタンは1つである。
- 5) 頻拍時のエピソードとそれに対する AED の作動状況は内蔵メモリに記録される。疾病者の頻拍時の心電図は蘇生後の治療に有益な情報ともなる。

【問題 18】 PCPS で不要なのはどれか。番号を解答欄 ⑯ にマークせよ。[ 6 ]

- 1) 経皮的に挿入可能なカニューレ
- 2) 遠心ポンプ
- 3) 貯血槽
- 4) 膜型人工肺
- 5) 抗血栓療法

【正解】 ⑯ 3)

【解説】 経皮的心肺補助装置(PCPS)の最大特徴は、経皮的にカニューレを挿入することで短時間に装着できることにある。血液ポンプは長時間の循環補助を行うためと、回路の折れ曲がりなどで回路が破裂しないよう遠心ポンプを用いる。心臓手術に用いる人工心肺は出血を回収するため貯血槽を用いるが、PCPSは手術に用いないので不要であり、むしろ常時監視ができないPCPSでは貯血槽があると空気を引き込むので危険である。長期の補助には膜型人工肺が適す。また現在我が国では膜型人工肺しか販売されていない。PCPSには抗血栓性の材料が用いられるが、完全に凝固を防ぐには至らず、必ずヘパリン等の抗血栓療法が必要となる。

【問題 19】 個人用透析装置の定期点検項目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. 漏血検知器感度の確認
- b. 血液ポンプ流量の確認
- c. ダイアライザ耐用圧の確認
- d. 透析液温度計の精度確認
- e. 消毒液残量の確認

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

【正解】 ⑰ 9)

【解説】 個人用透析装置は「特定保守管理医療機器」であり、保守点検に関する計画の策定及び保守点検が適切に実施される必要がある。保守点検に関する計画の策定に当たっては、薬事法の規定に基づき添付文書に記載されている保守点検に関する事項を参照することなど、他の「特定保守管理医療機器」と同様である。

個人用透析装置における定期点検の項目は大きく較正と消耗部品の交換に分けられる。較正が必要な項目は透析液温度、透析液流量、除水速度、漏血検知感度、血液ポンプ流量、静脈圧計、透析液圧計、注入ポンプ、気泡検知感度などがある。

また、透析装置はポンプ、電磁弁など定期的に交換を要する多くの消耗部品で構成されており、メーカーの指定する期間で交換する必要がある。

- a. 感度に変化するので、較正用フィルタを用いて定期的に確認する必要がある。検知器内の清拭や電圧の調整が必要となることもある。
- b. 流量 200 ml/分での実流量をメスシリンダ等で実測する。通常、許容範囲は ±10% 以内である。
- × c. ダイアライザは患者ごとに交換するもので、定期交換部品ではない。また、ダイアライザごとに決められた耐圧があり、透析中は常に血液回路内圧を監視しながら耐圧以下で施行する必要がある。



- d. 温度計を用いて透析液出口での温度を実測する。許容範囲は $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$  以内である。
- × e. 毎治療後、透析液回路内は必ず消毒するものであり、日常点検にて残量は確認されるべきものである。

【問題 20】 血液側入口流量 200 ml/min, 透析液入口流量 500 ml/min, 除水流量 10 ml/min で血液透析を施行した。このとき, 血液側入口の尿素窒素濃度が 80 mg/dl, 出口の尿素窒素濃度が 4 mg/dl であった。血液側から透析液側に除去された尿素が, すべて透析液側に移動している(膜への吸着がない)とすると, 透析液出口の尿素窒素濃度[mg/dl]はいくらになるか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) 4
- 2) 18
- 3) 30
- 4) 40
- 5) 80

【正解】  3)

【解説】 血液側から単位時間に除去される尿素窒素の量

$$2 \text{ dl/min} \times 80 \text{ mg/dl} - 1.9 \text{ dl/min} \times 4 \text{ mg/dl} = 152.4 \text{ mg/min}$$

透析液の尿素窒素濃度は

$$152.4 \text{ mg/min} \div 5.1 \text{ dl/min} = 30.08 \text{ mg/dl}$$

【問題21】 血液透析器の使用目的はどれか。番号を解答欄⑲にマークせよ。

[6]

- a. アミノ酸を除去する。
- b. 水分量を調節する。
- c. リンを補給する。
- d. 電解質濃度を調節する。
- e. エリスロポエチンの産生を促す。

- 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

【解説】 ⑲ 6)

【解説】 血液透析は基本的に腎不全患者を対象とした治療である。腎不全では体内への水分貯留，電解質バランスの異常，代謝物の蓄積をきたすため，血液透析器において半透膜である透析膜を介して血液と透析液を接触させ，過剰水分と代謝物の除去，電解質の改善を行っている。

- × a. アミノ酸は体タンパクを補う有用成分であり，除去される場合はあるが，除去することが目的ではない。アミノ酸の供給源である血清アルブミンも有用タンパクであり，漏出する場合はあるが，除去することは目的ではない。
- b.
- × c. 透析液にリンは含まれない。
- d.
- × e. 良質な透析を長時間続けることによって，結果的に末梢循環の改善やヘマトクリットの上昇がみられることがあるが，血液透析治療そのものの目的とは言えない。

【問題 22】 中空糸型ダイアライザ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. 外筒にはポリカーボネートが用いられている。
- b. 血液流入側は青色で表示されている。
- c. 中空糸の固定にはエポキシ樹脂が用いられる。
- d. 中空糸の内側を透析液が流れる。
- e. 中空糸の内径は 180～240  $\mu\text{m}$  程度である。

- 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】 ⑳ 4)

【解説】

- a. 外筒には透明のポリカーボネートが用いられることが多い。
- × b. 血液流入側は赤色で表示されている。人工心肺とは逆なので注意する。
- × c. 中空糸の固定にはポリウレタン樹脂が用いられる。
- × d. 中空糸の外側を透析液が流れる。
- e. 中空糸の内径は 180～240  $\mu\text{m}$  の範囲のものが多い。

【問題 23】 早期胃がんの治療に用いられる機器について、不適切なものはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 6 ]

- a. ESWL
- b. 電気メス
- c. ガンマナイフ
- d. 内視鏡
- e. 超音波凝固切開装置

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

【正解】 ② 2)

【解説】 早期胃がんの治療方法として、内視鏡的処置や腹腔鏡手術が広まってきている。軟性内視鏡(胃カメラ)を用いた処置としては、EMR(内視鏡的粘膜切除術)とESD(内視鏡的粘膜下層剥離術)の2種類がある。また、軟性内視鏡では取り切れない粘膜下層まで癌が浸潤したものには腹腔鏡手術が行われている。

- × a. ESWLは集束超音波を用いて腎臓結石や胆嚢結石などを細かく破碎して体外に排出させる治療装置である。
- b. EMRやESDには電気メスと専用の電極(処置具)が用いられている。
- × c. 脳腫瘍の治療装置であり、患部のみを狙って集中的に放射線を照射する。
- d. 軟性内視鏡による処置や腹腔鏡手術が行われている。
- e. 切開と止血が同時に可能であるため、胃がん、肝臓がん、大腸癌などの消化器分野のみではなく腹腔鏡手術全般で用いられている。

【問題 24】 X 線 CT 装置と MRI 装置について誤っているのはどれか。番号を解答欄 ⑳ にマークせよ。[ 6 ]

- a. どちらも撮影時はほとんど無音である。
- b. どちらも金属製人工股関節の周囲はうまく撮影できない。
- c. MRI 装置は石灰化病変をより明瞭に描出できる。
- d. 酸素ポンペを MRI 装置に近づけると危険である。
- e. 撮影時にはどちらも検査室を暗くする必要はない。

- 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】 ⑳ 2)

【解説】

- × a. MRI 装置では、強い静磁場との相互作用で傾斜磁場コイルが振動するため、騒音が生じる。X 線 CT 装置は、装置内部で X 線管や X 線検出器などが高速回転するために機械音や風切り音が聞こえる。
- b. 金属製人工股関節の周辺を撮影する際、X 線 CT 装置では金属の周囲にアーチファクト(偽像)が現れることが多く、うまく撮影できないことがしばしばある。また、MRI 装置では、金属中に流れる渦電流のために、金属の周囲からは信号が得られない。
- × c. 石灰化病変は密度が高く、X 線 CT 装置で明瞭に描出される。MRI 装置では石灰化病変に水分が少ないために多少低信号の像として描出される。
- d. 酸素ポンペは通常鉄製で、MRI 装置に近づけると静磁場に吸引されるため非常に危険であり、死亡事故例がある。X 線 CT 装置に近づけても問題ない。
- e. どちらの装置も、部屋の明るさには関係なく撮影できる。なお、MRI 装置では、画像にノイズを生じないように、ノイズフィルタを通した電源を使った照明だけを用いる必要があり、撮影中だけ通常の電源を使った照明を消灯する施設が多い。

【問題 25】 耳用赤外線体温計について誤っているのはどれか。番号を解答欄

⑳ にマークせよ。[6]

- a. サーモパイルが用いられる。
- b. 器差の測定には標準黒体炉が用いられる。
- c. プローブカバーを用いるものがある。
- d. 鼓膜温の測定に必要な時間は約1分である。
- e. センサの冷却が必要である。

- 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】 ㉑ 10)

【解説】

- a. センサにサーモパイルが用いられるものが多い。
- b. 器差の測定には標準黒体炉が用いられる。
- c. 光学系の清浄を保つ目的でプローブカバーを用いるものがある。使用者の感性予防の目的も併せもつ。
- × d. 鼓膜温の測定に必要な時間は1秒程度である。
- × e. サーモパイルを用いたものではセンサの冷却は必要ない。

【備考】

JIS T 4207:2005 耳用赤外線体温計

【問題 26】 シリンジポンプの機能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. 送液中であることの表示
- b. シリンジサイズの検出
- c. サイフォニング発生の検出
- d. 送液回路閉塞の検出
- e. 送液終了時刻の表示

- 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)

【解説】

- a. 送液動作が遅いので確認のため送液中であることを表示する機能がある。
- b. シリンジのストッパを用いシリンジの太さからサイズを検出する機能がある。
- × c. サイフォニングの発生を検出する機能はない。
- d. スライダの反力やモータ電流により送液回路の閉塞を検出する機能がある。
- × e. 送液終了までの時間を表示するものはあるが、送液終了時刻を表示する機能はない。



【問題 27】 腹腔鏡手術について誤っているのはどれか。番号を解答欄 ㉔ にマークせよ。[6]

- a. 胆嚢摘出が代表的な適応である。
- b. 単孔式手術は臍に開けた孔から硬性鏡や処置具を挿入する。
- c. バイポーラの電気メスを使用するときは対極板が必要である。
- d. 術野を確保するため空気で腹腔を膨らませる。
- e. 開腹手術と比べて術創が小さい。

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

【正解】 ㉔ 8)

【解説】 腹腔鏡手術は 1980 年代から産婦人科の処置に利用されていたが、1987 年に考案された腹腔鏡下胆嚢摘出術から急速に発展してきた。現在も、新たな手技や、バイポーラ高周波を用いた血管のシーリングデバイスなどの新たな機器の開発が行われている。

- a. 日本では、年間 4 万件以上の腹腔鏡下胆嚢摘出術が実施されている。
- b. 単孔式手術は、臍に挿入したポートから腹腔鏡や器具を挿入して行うため、従来の腹腔鏡手術が腹部に 3~4 つの孔(トロッカー)を要する手術方式に比べて傷が少なく、術後の回復や整容性に優れている。
- × c. モノポーラの場合は対極板を要するが、バイポーラでは不要である。
- × d. 炭酸ガスが用いられている。空気に比べ人体への吸収が早いいためガス塞栓症の恐れが少なく、また、発火の恐れが少ないためである。
- e. お腹に 5 mm~10 mm 程度の孔を開けて行うため、開腹手術にくらべ傷が小さく、入院期間も短いという利点があり急速に普及してきた。

【問題 28】 高圧蒸気滅菌法について誤っているものはどれか。番号を解答欄

②⑥ にマークせよ。[ 6 ]

- a. 乾熱滅菌に比べ低温・短時間で滅菌できる。
- b. 滅菌後にエアレーションが必要である。
- c. タンパクの凝固変性および酵素系の不活化が生じる。
- d. 100℃ で缶腔内圧を 2 気圧以上にすることができる。
- e. 酸化エチレンガス滅菌法よりも短時間で滅菌できる。

- 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】 ②⑥ 6)

【解説】

× a. 乾熱滅菌に比べ低温・短時間で滅菌できる。

乾熱滅菌法は、160～200℃ で 30～120 分ほどであり、低温であれば長い滅菌時間が必要である。これらの値は高圧蒸気滅菌法より高温・長時間である。

○ b. 滅菌後にエアレーションが必要である。

酸化エチレンガス(EOG)滅菌法と異なりエアレーションは必要でない。

× c. 高圧蒸気滅菌法では、タンパクの凝固変性および酵素系の不活性化により滅菌を行う。

○ d. 100℃ で缶腔内圧を 2 気圧以上にすることができる。

100℃ では飽和水蒸気圧は 1 気圧であることから缶腔内圧を 2 気圧以上にするためには 100℃ より高い温度が必要である。2 気圧, 121℃, 20 分間で滅菌を行うことができる。

× e. 酸化エチレンガス滅菌法よりも短時間で滅菌できる。

EOG 滅菌の所要時間は 2～4 時間である。

【選択問題 1】 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。リークを見つけられない部分はどこか。番号を解答欄〔選1〕にマークせよ。〔6〕

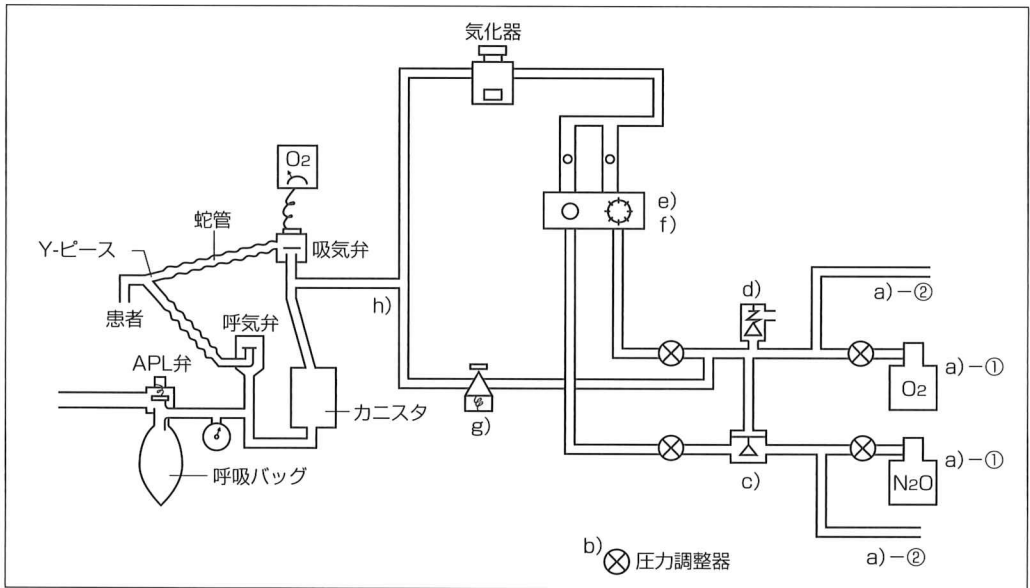
- a. カニスタ部
- b. 気化器部
- c. 呼吸回路吸気部
- d. 流量計部
- e. ポップオフ弁部

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

【正解】 〔選1〕 6)

【解説】 酸素フラッシュ g) を作動させると酸素は図の h) で示したガス共通流出口から患者呼吸回路に流れ込む。この時 Y ピースの患者接続部を閉塞するとガスの出口は無くなり患者呼吸回路内の圧が上昇し呼吸バッグが膨らむ。このバッグを手で押すと回路内圧はさらに高まり漏れ(リーク)の発見が容易になる。これがリークテストといわれるものである。ガス共通流出口 h) に逆止弁が備えられていれば圧が高くなったガスはそこでブロックされ、麻酔器内回路へのガスの逆流はない。従ってそのような麻酔器でリークテストを行った場合リークが見つかるのは患者呼吸回路内のみとなる。回答は気化器部と流量計部という事になる。(図の回路では逆止弁は描かれていない)

第 19 回午後の部



【選択問題 2】 換気力学に関する組み合わせで誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選2〕にマークせよ。〔6〕

- 1) コンプライアンス：換気量の変化÷圧力の変化
- 2) エラスタンス：圧力の変化÷換気量の変化
- 3) 気道抵抗：2点間の圧力差÷吸気流量
- 4) 気道内圧：1回換気量÷コンプライアンス+気道抵抗×吸気流量
- 5) 時定数：気道抵抗÷コンプライアンス

【正解】 (選2) 5)

【解説】

○1) コンプライアンスとは、肺や胸郭の伸び易さを表す指標で、圧変化に対する容量変化の割合である。横軸に肺を伸展させる圧力( $\Delta P$ )、縦軸に肺の容量変化( $\Delta V$ )をとると、圧-量曲線が得られる。この傾き( $\Delta V/\Delta P$ )が肺コンプライアンス[ml/cmH<sub>2</sub>O]である。人工呼吸器下で、呼気回路を遮断して気流を停止させたときのコンプライアンスを静肺コンプライアンス、吸気から呼気に移行するときの圧から求められるコンプライアンスを動肺コンプライアンスという。動肺コンプライアンスには気道抵抗の因子が加わることになる。肺胸郭コンプライアンス( $Crs$ )と肺コンプライアンス( $Cl$ )、胸郭コンプライアンス( $Ccw$ )の関係は

$$1/Crs = 1/Cl + 1/Ccw \text{ で表される。}$$

○2) エラスタンス(弾性抵抗)とは肺自体が縮まろうとする力のことで、コンプライアンスの逆数で表される。エラスタンス( $Ers$ )とコンプライアンス( $Crs$ )との関係は

$$Ers = 1/Crs \text{ で表される。}$$

○3) 気道を1本の管とすると、その管を空気が通るとき、管の入口の圧( $P_1$ )と、出口の圧( $P_2$ )の圧格差( $\Delta P$ )によって空気が流れる。その時の空気の流速は管の抵抗( $R$ )によって規定される。この関係は

$$R = \Delta P/\text{流速} \text{ で表される。}$$

- 4) 一定の吸気流速で肺が膨らむとき、その気道内に生じる圧( $P$ )は呼吸器系の抵抗( $Rrs$ )と肺・胸郭のコンプライアンス( $Crs$ )またはエラスタンス( $Ers$ )によって決まる。単位は[cmH<sub>2</sub>O/ℓ/sec]である。

$$P = 1 \text{ 回換気量} \div Crs + \text{吸気流速} \times Rrs$$

$$P = 1 \text{ 回換気量} \times Ers + \text{吸気流速} \times Rrs$$

で表される。

つまり、気道内圧は肺・胸郭を膨らませるために必要な圧(力)と気道抵抗に打ち勝つための圧(力)の和になる。

- × 5) 呼気にどれだけ時間がかかるかの目安は時定数( $\tau$ )という概念で表現され、気道抵抗( $R$ )とコンプライアンス( $C$ )を掛け合わせたもので、

$$\tau = R \cdot C$$

で表される。時定数が高いと呼気に時間がかかり、低いと呼気時間は短縮することになる。

【選択問題 3】 低圧持続吸引器に体内留置廃液用チューブ及びカテーテルを装着して低圧持続吸引を行う時の注意点として正しいのはどれか。番号を解答欄〔選3〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 延長チューブと逆流防止用一方弁とを接続する。
- 2) 逆流防止用一方弁の使用の有無を確認する。
- 3) 吸引開始時に延長チューブのクランプを開放する。
- 4) 吸引開始時に廃液チューブのローラクランプを開放する。
- 5) 患者側の吸引圧は廃液バッグ水封部の吸引圧と同等として設定する。

【正解】 (選3) 2)

【解説】 平成 19 年のヒヤリ・ハット事例報告に、以下のような低圧持続吸引器を用いた事例があげられた。

「間質性肺炎の患者トロッカーアスピレーションキットを挿入し、低圧持続吸引を行っていたが、体位変換時に延長チューブと逆流防止用アスピレーションバルブ(一方弁)の接続が外れていることに気付いた。接続外れを知らせる警報は鳴らなかった。」

上記事例を踏まえて、各選択肢について、以下のように考える。

- × 1) 低圧持続吸引を行う際には、逆流防止用一方弁(アスピレーションバルブ)は使用しないこと、という禁忌事項がある。
- 2) 1) と関係するが、逆流防止弁の使用の有無を確認しなければならない。
- × 3) 吸引開始時には、延長チューブのクランプは閉じておく必要がある。
- × 4) 3) と同様、吸引開始時には、廃液チューブのローラクランプは閉じておく必要がある。
- × 5) 患者側に実際にかかる吸引圧は、一定圧に対して廃液バッグの水封部の水圧差分(約 2 cmH<sub>2</sub>O)が低下するため、その分を含めて吸引圧を設定する必要がある。

【選択問題4】 経皮的血液ガス分圧モニタについて正しいのはどれか。番号を解答欄(選4)にマークせよ。[6]

- a.  $\text{Po}_2$  測定にはアンペロメトリック法を用いる。
- b.  $\text{Pco}_2$  測定にはポテンシオメトリック法を用いる。
- c.  $\text{Po}_2$  測定にはガラス電極を用いる。
- d.  $\text{Pco}_2$  測定にはクラーク電極を用いる。
- e.  $\text{Pco}_2$  の測定にはポリプロピレン膜を用いる。

- 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4) 1)

【解説】  $\text{Po}_2$  測定,  $\text{Pco}_2$  測定それぞれの測定法と使用電極および膜は下表の通りである。またガラス電極は pH 測定に用いる。

	測定法	電極	膜
$\text{Po}_2$	アンペロメトリック法 (還元電流測定)	クラーク電極	ポリプロピレン膜
$\text{Pco}_2$	ポテンシオメトリック法 (電圧測定)	セバリングハウス型電極	テフロン膜

- a.  $\text{Po}_2$  測定にはアンペロメトリック法を用いる。
- b.  $\text{Pco}_2$  測定にはポテンシオメトリック法を用いる。
- × c.  $\text{Po}_2$  測定にはクラーク電極を用いる。
- × d.  $\text{Pco}_2$  測定にはセバリングハウス型を用いる。
- × e.  $\text{Pco}_2$  測定にはテフロン膜を用いる。



【選択問題 5】 高気圧酸素療法装置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]

- 1) 第 1 種装置の内容積は  $2 \text{ m}^3$  以下である。
- 2) 第 2 種装置の内容積は収容人員 1 名当たり  $4 \text{ m}^3$  以上である。
- 3) 第 2 種装置の内装床は絶縁性材料が用いられる。
- 4) 装置の最高使用圧力はゲージ圧で  $0.54 \text{ MPa}$  である。
- 5) 排気系は直接屋外に放出する仕組みになっている。

【正解】 (選5) 3)

【解説】 高気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、酸素の支燃性が大気圧より高くなる。そのため装置の構造、性能、材質などの安全性について JIS T 7321-1989「高気圧酸素治療装置」や日本高気圧環境医学会(現日本高気圧環境・潜水医学会)の「高気圧酸素治療の安全基準(2002)」で規定している。

- 1) 第 1 種装置の内容積(気積)は  $2 \text{ m}^3$  以下と規定している(JIS T 7321-1989)。
- 2) 第 2 種装置の内容積(気積)は収容人員 1 人あたり  $4 \text{ m}^3$  以上でなければならない(JIS T 7321-1989)。
- × 3) 収容される患者もしくは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でなければならない(高気圧酸素治療の安全基準 付属書 5)。
- 4) 装置の最高使用圧力は容器規定(労働安全衛生法施行令第 1 条第 7 号に定める第 2 種圧力容器)で定められている。この最高圧力時( $0.54 \text{ MPa}$ )には装置内で使用する電気機器も正常に機能しなければならない(JIS T 7321-1989)。なお、ゲージ圧とは、その計測場所における計測時の大気圧を基準(ゼロ)にしたものである。
- 5) 排気の場合に火気のないことを確認し、排気の場合に「火気厳禁」とする標示を行い、排気系からの排気は直接屋外に誘導放出できる仕組みになっていなければならない(高気圧酸素治療の安全基準第 27 条, 第 46 条)。

【選択問題 6】 次の設問で空欄に入る番号を解答欄〔選 6〕にマークせよ。[ 6 ]

人工呼吸中における換気量は、室温、測定時の大気圧、室温での水蒸気飽和状態(ATPS)として計測し、これを体温(37℃)、測定時の気圧、37℃での水蒸気飽和状態(BTPS)での気体量に換算する。

ATPS での気体の容積  $V_{\text{ATPS}}$  から BTPS での気体の容積  $V_{\text{BTPS}}$  への変換式は、測定時の室温を  $t$  [℃]、測定時の大気圧を  $P_{\text{B}}$  [mmHg]、測定時の飽和水蒸気圧を  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  [mmHg]、37℃における飽和水蒸気圧を 47 mmHg とすると

$V_{\text{BTPS}} = V_{\text{ATPS}} \times$  〔選 6〕となる。

- 1)  $\frac{37}{t} \times \frac{P_{\text{B}} - P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{B}} - 47}$
- 2)  $\frac{t}{37} \times \frac{P_{\text{B}} - P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{B}} - 47}$
- 3)  $\frac{273 + 37}{273 + t} \times \frac{P_{\text{B}} - P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{B}} - 47}$
- 4)  $\frac{273 + t}{273 + 37} \times \frac{P_{\text{B}} - P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{B}} - 47}$
- 5)  $\frac{273 + t}{273 + 37} \times \frac{P_{\text{B}} - 47}{P_{\text{B}} - P_{\text{H}_2\text{O}}}$

〔正解〕 〔選 6〕 3)

〔解説〕 ボイル・シャルル(Boyle・Charles)の法則より、圧力( $P$ )、体積( $V$ )、温度(絶対温度： $T$ )の間に、 $P_1 \cdot \frac{V_1}{T_1} = P_2 \cdot \frac{V_2}{T_2}$ の関係が成立する。

$$\frac{(P_{\text{B}} - P_{\text{H}_2\text{O}}) \times V_{\text{ATPS}}}{(273 + t)} = \frac{(P_{\text{B}} - 47) \times V_{\text{BTPS}}}{(273 + 37)}$$

上式より  $V_{\text{BTPS}}$  を求めると、3) の式となる。

【選択問題7】 IABPに関する記述で正しいのはどれか。番号を解答欄〔選7〕にマークせよ。〔6〕

- a. 血圧トリガは不整脈患者には不適である。
- b. 心電図トリガは体動によるアーチファクトに強い。
- c. He ガスはバルーンラプチャ時の生体への安全性が高い。
- d. バルーンカテーテルが折れるとガス漏れアラームが出る。
- e. He ガスは頻脈発生時の追従性に優れる。

- 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7〕 4)

【解説】 IABPにおいては、トリガ信号として使用される心電図の質の確保、He ガスの通り道であるIABPカテーテルの状態確保が重要である。

- a. 心電図トリガに比べて血圧トリガは時間遅れが生ずるので、不整脈発生時には迅速なバルーン収縮が行われず心臓の負荷になる。従って、原則的には禁忌である。
- × b. 心電図トリガはアーチファクトが発生すると誤トリガになり得る。
- × c. He ガスは血液への溶解性は高くないので、バルーンラプチャー時にはガス栓塞を生じる可能性があり、生体への危険性が高まる。
- × d. カテーテルが折れると、バルーンにガスが送り込まれず、カテーテル内が高圧になり、高圧アラームが発生する。
- e. 軽くて応答性のよいヘリウムは頻脈発生時にも追従性がよい。

【選択問題 8】 完全体外循環中の人工心肺の圧力を低い順に並べた場合、正しいのはどれか。番号を解答欄(選 8)にマークせよ。[ 6 ]

- A : 送血カニューレ流出部
- B : 貯血槽流入部
- C : 送血フィルタ流出部
- D : 送血ポンプ流出部

- 1)  $C < B < A < D$
- 2)  $B < A < C < D$
- 3)  $B < C < D < A$
- 4)  $D < B < C < A$
- 5)  $A < C < D < B$

【正解】 (選 8) 2)

【解説】 人工心肺の基本である人工心肺回路の流れ、そして昇圧ポンプと部材の圧力損失から回答を導き出す問題である。

人工心肺の血液の流れは脱血カニューレ→脱血回路→貯血槽→送血ポンプ→人工肺→送血フィルタ→送血カニューレとなる。患者から静脈血を落差圧あるいは吸引して脱血するので選択肢の中では貯血槽の流入部の圧力が最も低い。圧力発生部は送血ポンプであるので、圧力はポンプ流出部が最も高くなる。人工肺、送血フィルタ、送血カニューレにはそれぞれ圧力損失があるので、流れに従い圧力は減少して行く。

よって、貯血槽流入部(B) < 送血カニューレ流出部(A) < 送血フィルタ流出部(C) < 送血ポンプ流出部(D)となる。

【選択問題9】 経皮的冠動脈インターベンション(PCI)について誤っているのはどれか。番号を解答欄(選9)にマークせよ。[6]

- a. ステントを拡張するときはバルーン内圧を5気圧程度にする。
- b. バルーン拡張には造影剤を用いる。
- c. ステントの再狭窄部位に重ねてステントを再挿入することは禁忌である。
- d. ロータブレードの使用でしばしば血圧低下が起こる。
- e. 治療部の確認には血管内エコー(IVUS)を使用する。

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

【正解】 (選9) 2)

【解説】 カテーテルによる冠動脈治療を以前は「PTCA」と呼んでいたが、現在では「PCI(Percutaneous Coronary Intervention)」という。DESの登場でその治療対象範囲が広がった。

- × a. ステントを拡張する場合は15～20気圧程度にする。
- b. バルーンの拡張は圧縮性の気体では難しい。非圧縮性の液体である必要があるが、拡張と同時に血管の内腔の広がりを観察したいので造影剤が用いられる。
- × c. BMS(Bare Metal Stent)挿入後に再狭窄した部位に対して、再度DES(Drug Eluting Stent)を再挿入することはごく一般的な方法である。
- d. ロータブレードの回転ヘッドにはダイヤモンド粉が使用されており、石灰化した病変部を高速回転で粉砕するが、その粉砕片で末梢血流が阻害され、血圧低下が起こることがある。
- e. 病変部の確認には血管内エコー(IVUS)を使用する。

【選択問題 10】 人工心肺に関する日本体外循環技術医学会の安全装置設置基準において必須項目はどれか。番号を解答欄〔選 10〕にマークせよ。〔6〕

- a. 混合静脈血酸素飽和度をモニタする。
- b. 送血圧力計を送血フィルタの後に装着する。
- c. アラーム付レベルセンサを貯血槽に設置する。
- d. 気泡検出器を脱血回路に取り付ける。
- e. ローラポンプ送血では流量計を取り付ける。

- 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) 2)

【解説】 日本体外循環技術医学会から、人工心肺における安全装置設置基準 必須推奨分類(第四版)が出ている。

必須項目としては以下のものがある。推奨項目に関しては医学会 HP を参照されたい。

- レベルセンサ(アラーム付き)を貯血槽に設置する。
- 送血圧力計は送血ポンプと人工肺の間に設置し常時モニターする。
- 送血フィルタ入口圧は切り替えもしくは追加的にモニターできること。
- 遠心ポンプ送血では流量計を取り付ける。
- 送血フィルタもしくはエアトラップを送血回路へ取り付ける。
- 心筋保護液の注入圧力をモニターする。
- 静脈血酸素飽和度(SvO<sub>2</sub>)をモニタする
- 送血ポンプの手動装置を常備する。
- 送血ポンプではバッテリーを内蔵する。

○ a. 混合静脈血酸素飽和度のモニタは必須項目である。

- × b. 必須項目の送血圧力計は送血ポンプと人工肺の間に設置する。送血フィルタ後の圧力計は推奨項目である。
- c. アラーム付レベルセンサは必須項目である。
- × d. 気泡検出器は脱血側ではなく送血側に設置する。(推奨項目)
- × e. ローラポンプでは流量計は不要である。回路内圧計による高圧時の制御が推奨項目となっている。

【選択問題 11】 心電図テレメータのゾーン配置の目的はどれか。番号を解答欄

〔選 11〕にマークせよ。〔6〕

- a. 隣接チャンネルを避ける。
- b. 心電図への雑音の混入を防ぐ。
- c. 同一チャンネルの混信を避ける。
- d. 相互変調を避ける。
- e. 受信感度を改善する。

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

【正解】 (選 11) 3)

【解説】 テレメータの無線チャンネル管理で重要なことは、同一施設で同一チャンネルの送信機を絶対に使用しないということと、ゾーン配置を適切に行うことである。

- a. 隣接チャンネルは混信の可能性があるため、同一ゾーンには入れない。
- × b. 心電図に混入する雑音対策にはなりえない。
- × c. 同一チャンネルの混信は無線チャンネルの管理の問題である。
- d. チャンネルが異なっても、高調波との関係で同一の周波数が出現することがあるので、その可能性のある組み合わせを避けている。
- × e. 受信アンテナシステムを適切に敷設することで受信感度は改善される。



【選択問題 12】 超音波診断法における B モード画像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〕

- 1) 肋骨によって、それより深部の輝度が低下する。
- 2) 肺によって、それより深部の輝度が上昇する。
- 3) 空気塞栓は高輝度に表示される。
- 4) 脂肪塞栓は高輝度に表示される。
- 5) 心室中隔は左心室腔より高輝度に表示される。

【正解】 (選12) 2)

【解説】 生体観察に用いられる超音波診断装置は、生体が水に近似できることを基に構成されている。音の振動は空気や骨でも伝わるが、肺や骨によって超音波のほとんどが反射される。反射は、物質の境界面で起こり、その音響インピーダンス(密度 x 音速)の差によって決定される。そして音の反射波の強弱は音響インピーダンスの差によって決まり、それを輝度変化としてモニタ表示するのが B モード画像(Brightness mode)である。

よって生体中では音響インピーダンスの最も小さな組み合わせは、「空気」の場合で 0.004[kg/m/sec]で、最大の「骨」は 4.8[kg/m/sec]である。これが基本的な音響インピーダンスの「水」の 1.53[kg/m/sec]との差を考えると、筋肉や脂肪と比較すると大きく反射することが分かる。よって骨や空気のある場所では超音波は強く反射されるので、B モードでは高輝度に表示される。場合によっては、空気などは周りの水に近い組織からは大きく反射されるので真っ白く(高輝度)表示されるだけになることもある。よって、この双方の影響を受けるのが心エコー検査で肋骨を避けながら観察しなくてはならない。狭い肋間から超音波を走査し、同時に空気の塊である肺による超音波の反射を避けなくてはならない。そのために呼吸による調節も必要になる。(場合によっては何も無いように表示される。)

経食道エコーは手術中モニタとして使用され、開心術後の心室腔内には高輝度の粒子(空気)が舞っている像が得られる。よって空気塞栓は高輝度に表示され、

血管以外でも胆管内に空気が入ると高輝度に表示される。脂肪は音響インピーダンスが血液より小さいが、結局は水と比べ差があるので高輝度である。血管壁の脂肪は、IVUSのような高周波超音波では分解能が高く、動脈硬化組織内に脂肪が高輝度に表示される。同様に脂肪塞栓も高輝度に観察される。また、皮下脂肪が多いと臓器の観察の前に超音波が反射してしまい臓器の観察に支障を来すこともある。一方で、臓器に脂肪が沈着している脂肪肝では、肝臓が腎臓(腎皮質には脂肪組織がない)を比較すると肝臓が高輝度に表示される。また脂肪以外にもアミロイドの沈着した心臓アミロイドーシスでも高輝度に表示されることが知られている。このように代謝性の変成も診断できる。

また、心室腔や血管内は、水と音響インピーダンスの差が少ないので、低輝度で黒い画像である。しかし腹水等と違い血球成分のために微小な高輝度の混ざった画像である。よって、静脈のような低流速であれば赤血球の塊も観察できるので、血流速もドップラ法並みに分かる場合もある。ドップラ効果は超音波ビーム方向にしか検出できないが、赤血球の流れはビームと直角でも分かるので、Bモード画像のほうが有用な場合もある。

- 1) 肋骨によって、それより深部の輝度が低下する。
- × 2) 肺によって、それより深部の輝度が上昇する。
- 3) 空気塞栓は高輝度に表示される。
- 4) 脂肪塞栓は高輝度に表示される。
- 5) 心室中隔は左心室腔より高輝度に表示される。

**[参考]** (臓器の各数値は平均的なものを選択した。)

媒 質	空気	水	血液	筋	脂肪	骨
密度[kg/m <sup>3</sup> ]	1.29	1000	1060	1070	920	1500
伝搬速度[m/sec]	330	1530	1560	1580	1480	3200
音響インピーダンス[10 <sup>6</sup> kg/m/sec]	0.004	1.53	1.65	1.69	1.36	4.8

【選択問題 13】 透析治療開始時に回路内の生理食塩液が血液に置き換わるまで通常より時間を要した。原因とならないのはどれか、番号を解答欄〔選13〕にマークせよ。〔6〕

- a. オクルージョンの不良
- b. 透析液の濃度異常
- c. 除水誤差
- d. ポンプ表示値と血液流量との乖離
- e. ポンプチューブの選択間違い

- 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13〕 5)

【解説】 透析治療開始時の血液回路内は生理食塩水で満たされており、バスキュラーアクセスからの脱血により、徐々に血液と置き換わる。置き換わる時間は血液ポンプの流量に依存しており、流量が少なければ、より多くの時間を要することになる。

また、血液流量は血液ポンプの回転数とポンプチューブの内径から算出された計算値である。血液流量の表示値はポンプの回転数に比例した数値であり、流量を計測したものではない。幾つかの条件により、表示値と実際の流量に乖離が生ずることがある。通常より、時間を要したと言うことは、表示値よりも実際の流量が少なかったことを意味している。

なお、透析治療開始直後は、ダイアライザに透析液を還流させることはないの  
で、透析液系の要因が血液流量に影響を与えることはない。

○ a. オクルージョンの不良は血液流量の低下につながる。この場合、血液ポンプの設定値通りに流量が得られず、血液に置換されるまでの時間が通常より長くかかることになる。

× b. 透析治療開始時に透析液は流れておらず、透析液系の影響は受けない。

- × c. 除水量は透析液系で制御するため、透析治療開始時に除水誤差の影響は受けない。
- d. 血液流量は血液ポンプの回転数とポンプチューブの内径から算出された数値である。何らかの理由で表示値が実際の流量よりも多めに表示された場合、治療時の血液流量の設定は、表示値を基準とするため、実際の血液流は表示値よりも少なくなる。
- e. 血液流量は回転数とチューブの内径に比例するため、チューブ径が規定値より細かい場合、実際の血液流量は表示値よりも少なくなる。

【選択問題 14】 以下の条件で前希釈法により濾液流量一定でオンライン HDF を行った。患者の血液のヘマトクリット値が 30% であった場合、ダイアライザ入口でのヘマトクリット値は何%か。番号を解答欄〔選 14〕にマークせよ。〔6〕

血液流量	200 ml/min
実施時間	4 時間
総透析液流量	500 ml/min
総補液量	36 l
除水目標量	3 l

- 1) 10    2) 17    3) 25    4) 30    5) 34

【正解】 (選 14) 2)

【解説】 総濾液量 36 l が 4 時間で使用されるので、1 分間あたりの補液量は

$$\frac{(36000)}{(4 \times 60)} = 150 \text{ ml/min}$$

前希釈ではダイアライザに入る前に希釈されるので、

$$30\% \times 200 \div (200 + 150) = 17.1\%$$

【選択問題 15】 オンライン HDF の説明として誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選 15〕にマークせよ。〔6〕

- a. HD に比べ小分子量物質除去能が向上
- b. オフライン HDF に比べ大量の液置換が可能
- c. ハイフラックスダイアライザが使用可能
- d. 無酢酸透析液が使用可能
- e. 高度な透析液水質管理が必要

- 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〕 2)

【解説】 オンライン HDF を理解しているかどうかを問う問題である。

- × a. 低分子タンパク質領域(分子量で 1~3 万)の除去に優れている。
- b. 透析液を補充液として使用するため、20 ℓ/透析以上の大量液置換が可能である。
- × c. ハイフラックスダイアライザーをオンライン HDF で使用して「透析」として保険請求する場合もあるだろうが、HDF で保健請求する場合には HDF モジュールを使用する。
- d. 無酢酸透析液(クエン酸入り)は通常の透析と同様に使用する。
- e. 透析液を補充液とするため、極めて高度な透析液細菌管理が要求される。

【選択問題 16】 透析液水質管理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〕

- 1) シリコンチューブ配管にはバイオフィームが形成されない。
- 2) 逆浸透膜面上の細菌は高圧のため死滅している。
- 3) 高濃度洗浄液を流すと菌は完全に除去できる。
- 4) 逆浸透水には栄養がないため、菌は繁殖できない。
- 5) 死滅したグラム陰性菌からエンドトキシンが遊離する。

【正解】 (選 16) 5)

【解説】

- × 1) シリコンチューブ表面は菌が付着しやすく、バイオフィームができやすい。
- × 2) 逆浸透膜 1 次側の圧力は 1 MPa 程度であり、菌が死滅することはない。
- × 3) 薬液が届きにくいすり合わせ部分などでは薬液濃度を上げても菌は死滅せず、透析時に再び菌が遊離してくる。高温での滅菌が有効である。
- × 4) 栄養がない状態でも繁殖する菌が RO 水中に存在する。また、その菌が死滅するとそれを栄養として菌の繁殖が加速される。
- 5) エンドトキシンは死滅したグラム陰性菌から多く放出される。これは、エンドトキシンが菌体の外膜に存在しており、死滅によって外膜が分解、エンドトキシンが剥離しやすくなるためである。

【選択問題 17】 肝疾患に対するアフェレシス療法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. 移植までの bridge use として単純血漿交換(PE)が実施される。
- b. 劇症肝炎患者へのメシル酸ナファモスタットの使用は禁忌である。
- c. C型肝炎ウイルスは血漿成分分離膜を通過する。
- d. C型慢性肝炎には二重膜濾過血漿交換(DFPP)は実施できない。
- e. 持続血液濾過透析(CHDF)の目的には小分子量物質の除去がある。

- 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】 (選17) 4)

【解説】

- a. 劇症肝炎などに対する代表的なアフェレシス療法である。肝性脳症がコントロールされ全身状態が比較的良好に保たれていることが前提であるが、移植までの bridge use として重要視されている。
- × b. 劇症肝炎は出血傾向が認められる疾患のためメシル酸ナファモスタットが用いられる。
- × c. C型肝炎ウイルス(HCV)の直径は約 55～65 nm で、DFPP に用いられる血漿成分分離器(血漿分画器)の膜孔径(約 30 nm)よりも大きいため通過できない。
- × d. インターフェロン(IFN)治療にDFPPを併用する治療法が2008年4月より保険認可されている。
- e. CHDFの主な目的は肝性昏睡起因物質をはじめとする小分子量物質の除去である。その他、厳密な水分電解質管理および酸塩基平衡の是正や臓器不全の原因となるメディエーターの除去と考えられている。



【選択問題 18】 有効膜面積  $1.8\text{ m}^2$  のダイアライザの濾過係数を求めるため、ECUM 法を用いて濾液量を測定した。測定では血液流量  $200\text{ ml/min}$ 、ダイアライザの血液側入口圧力  $119\text{ mmHg}$ 、血液側出口圧力  $75\text{ mmHg}$  の条件において、5 分間で  $290\text{ ml}$  の濾液が得られた。このときの濾過係数はおよそ何  $\text{ml}/(\text{hr}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mmHg})$  か。番号を解答欄〔選 18〕にマークせよ。ただし  $TMP$  の計算には、血液側の圧力を出入口の単純平均とし、濾液側の圧力を  $0\text{ mmHg}$ 、膠質浸透圧を  $25\text{ mmHg}$  とする。〔6〕

- 1) 14    2) 21    3) 27    4) 48    5) 72

【正解】 (選 18) 3)

【解説】 膜間圧力差  $TMP$  は

$$TMP = \frac{119 + 75}{2} - 0 - 25 = 72[\text{mmHg}]$$

濾過係数  $L_p$  は

$$L_p = \frac{60 \times 290}{5 \times 72 \times 1.8} = 26.9 \approx 27[\text{ml}/(\text{hr}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mmHg})]$$

(72 は  $TMP$ ，48 は限外濾過率  $UFRP$ )

【選択問題 19】 ピークフローメータ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. 呼気の最大流量[ $\ell/\text{min}$ ]を計測する。
- b. 成人男子のピークフロー値の標準範囲はほぼ 10~80[ $\ell/\text{min}$ ]である。
- c. ピークフロー値は肺胸郭コンプライアンスにより決定される。
- d. ピークフロー値の標準範囲は体重に依存する。
- e. 毎日記録することは気管支喘息の発作の予知に役立つ。

- 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) 4)

【解説】

- a. 呼気の最大流量[ $\ell/\text{min}$ ]を計測する。  
ピークフローメータは呼気の最大流量[ $\ell/\text{min}$ ]を計測する装置である。
- × b. 成人男子のピークフロー値の標準範囲はほぼ 10~80[ $\ell/\text{min}$ ]である。  
成人男子(40 歳, 身長 165 cm)のピークフロー値の正常範囲はほぼ 600 ( $\ell/\text{min}$ )である。
- × c. ピークフロー値は肺胸郭コンプライアンスにより決定される。  
ピークフロー値は気道抵抗と大きく関係する。
- × d. ピークフロー値の標準範囲は体重に依存する。  
ピークフロー値は年齢と身長に関連し, 男女とも 40 歳代が最大値を示し, また, 身長が高いほど高値を示す。
- e. 毎日記録することは気管支喘息の発作の予知に役立つ。  
標準値の 80% 以下ならば注意が必要であり, 毎日記録することにより喘息発作の予知に役立つ。

【選択問題 20】 体温について誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選 20〕にマークせよ。〔6〕

- a. 深部体温は環境の影響を受けにくい身体核心部の温度である。
- b. 手術中は麻酔により深部体温は急速に上昇する。
- c. 直腸用温度プローブは手術中の深部体温測定に使用される。
- d. 鼓膜温度計は赤外線を鼓膜に照射しその反射量を検出する。
- e. 脳低体温療法は脳障害の進行を防止するために使用される。

- 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 20〕 6)

【解説】

- a. 正しい。
- × b. 間違い。麻酔により末梢の血管が開き血液の分布が身体を中心から末梢に広がる。それに伴い深部の熱が末梢に移動し、深部体温は急速に低下する。
- c. 正しい。
- × d. 鼓膜から放射される赤外線量を検出している。
- e. 正しい。最近では心肺停止後、重症の頭部外傷や脳血管障害に対して積極的に脳低体温療法が施行されている。水冷式ブランケットなどを用いて患者の体温を 33℃ 程度に下げることによって、代謝機能を低下させて、脳内での有害な反応の進行速度を抑え、組織障害の進行を抑制する。

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

- 1) 撮影中に X 線管電流を自動的に調整して被ばく線量を減らしている。
- 2) マルチスライス CT は体軸方向に 1 列の検出器を持つ。
- 3) 水の CT 値は -1000 である。
- 4) X 線管電流を減らすと画像ノイズが減少する。
- 5) 血管撮影時に造影剤は用いない。

【正解】 (選 21) 1)

【解説】

○ 1) 撮影中に X 線管電流を自動的に調整して被ばく線量を減らしている。

X 線 CT は人体の周囲を X 線管が回転しながら一定の強度の X 線を照射して、人体透過後の投影データを取得する。X 線 CT 検査は他の X 線検査に比べて被ばく線量が多いことから、低線量化が望まれている。しかし、X 線量を減らすと画像ノイズが増加し画質が劣化する。そこで最近の装置では、人体の体厚の変化によって透過する X 線の減弱が異なることから、X 線管を回転しながら体厚の変化による X 線透過率の変化を測定し、同じ SD 値(画像ノイズの標準偏差値)になるように X 線管電流を連続して調整し照射することによって、画質を損なうことなく被ばく線量を減らす工夫がされている。

- × 2) マルチスライス CT は体軸方向(患者さんの頭から足方向)に複数の検出器列を持つ。検出器と DAS(Data Acquisition System : データ収集システム)の組み合わせによって、4 列、16 列、64 列、256 列、最大 320 列のものが実用化され、多列化が進んでいる。マルチスライス CT と言っても、正確には検出器の列数がスライス数を定めるものではなく、DAS の数で再構成画像数が決まる。
- × 3) 水の CT 値はゼロである。CT 値の単位はハンスフィールド単位(Hounsfield Unit ; HU)で示す。CT 値は水の 0 HU を基準として空気を -1000 HU

と規定している。他の物質はこれらとの X 線吸収度の相対値で示される。正しい CT 値が適用できるのは空気から水の範囲および軟組織の範囲のみで、硬組織においては CT 値が高い領域ほど誤差が生ずる。体内や体外の金属(義歯等)は非常に高い CT 値(数千 HU)となる。骨もカルシウムを多く含んでいることから、数百 HU 程度の高吸収値を示す。一般に固い骨などを +1000 HU としている。

- × 4) X 線管電流を減らすと被ばく線量は減るが、画像ノイズは増加する。  
画質と X 線量は相反する関係にあるが、少ない X 線量で撮影が行われるように装置の開発が進んでいる。
- × 5) CT においても、血管撮影時にはヨード系造影剤を使用する。血管以外でも、小さな病変や正常部位との X 線透過性がほとんど変わらない病変は、CT 検査でも診断が困難なことがある。造影剤を用いることによってこれらの病変も明瞭に描出され、より正確な診断が可能となる。造影剤は、通常、腕の静脈から注入してスキャンを行う。自動注入器を用いて急速に注入することが多い。造影剤を静脈注射して撮影する CT 検査のことを「造影 CT 検査」、造影剤を使わない CT 検査のことを「単純 CT 検査」と呼んでいる。

【選択問題 22】 MRI の安全に関し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〕

- 1) MRI の安全性は IEC (International Electrotechnical Commission) で規定されている。
- 2) 静磁場中で患者が動くともめまいを生じることがある。
- 3) 傾斜磁場は時間的な磁場変動によって心臓を刺激することがある。
- 4) RF 波は誘起した渦電流で直接神経を刺激することがある。
- 5) 聴力保護を行うことがある。

【正解】 (選 22) 4)

【解説】 MRI 装置は非侵襲な機器ではあるが、注意を怠ると患者や検査者、開発や保守を行う技術者に危険が伴う。この問題では、MRI の安全に関する規格とその内容について問う。

- 1) MRI の安全に関する規格は IEC 60601-2-33 と JIS Z 4951 による。前者は 2010 年、後者は 2012 年に改訂されており、内容は同一である。
- 2) 静磁場中での人の動きが、めまいや吐き気などを引き起こすことがある。磁場の時間的な変化が 3 T/s 以内と規定されている。
- 3) 傾斜磁場の時間的な変化により誘起した電流が、末梢神経や心筋を刺激することがある。
- × 4) RF 波は渦電流を誘起するが、細胞膜のもつ時定数に比べて十分に速く変化するため神経を刺激するほどの電圧を生じない。ただし、その熱作用は大きく、体温上昇を引き起こすことがある。
- 5) 傾斜磁場の切換によって騒音が発生する。騒音が著しく大きな場合には、等価騒音レベル 99 dB(A) 未満となるような聴力保護を行う必要がある。

【選択問題 23】 ダブルバルーン内視鏡について誤っているものはどれか。番号を解答欄〔選 23〕にマークせよ。〔6〕

- 1) 上部消化管には適用できない。
- 2) バルーンの膨張と収縮を繰り返して消化管内を進ませる。
- 3) クロウン病などの小腸病変診断に有用である。
- 4) 手元の操作部で先端のカメラを自在に動かすことができる。
- 5) 観察のみでなく治療も可能である。

【正解】 (選 23) 1)

【解説】 小腸病変は、従来バリウム造影検査であったが、小腸の襞や、長い小腸は重なって病変部が見にくく、細かい変化は捉えきれない欠点があった。CT等でバーチャルコロノスコーピーなどが開発されているが、形態情報による診断であるので、ポリープや隆起や陥凹がはっきりしているものは診断ができるが、内視鏡のように輝度や色情報から粘膜表面の潰瘍や癌の粘膜病変検出にはまだ至らないのが現状である。

これを打破したのは、FUJI のダブルバルーン内視鏡(オリンパスはシングルバルーン型も開発している。)とカプセル内視鏡である。後者は患者負担が小さい利点はあるものの、移動は主に重力や蠕動運動なので見落としや、異常が見つかったても詳しい検査や治療はできない欠点があった。一方、ダブルバルーン内視鏡は、従来の内視鏡とほぼ同じ構造であり、外側に拡張・収縮のできるバルーンを備えており、手元でカメラを操作できるため、小さな病変部まで詳しく検査することができる。よって、上部消化管内視鏡としても使えるが、小腸疾患が疑われるときに使用すべきものである。

上部消化管内視鏡検査は、食道、胃、十二指腸の観察・治療を行うが、口から横隔膜までが食道なので、胃と十二指腸までの到達には、それほど長さや操作技術を要しない。しかし、下部消化管(大腸)内視鏡検査では、肛門から逆行性に挿入するには到達距離が長く、腸は押すと伸びてしまうので操作技術を要する。その操作は押し込むのではなく、「引っ張りながらたぐり一直線にする」イメージ

で、手前の腸を観察すると、そこを手前にたぐり寄せて、さらにその先を観察する。これを、2つのバルーンで摩擦を使って、たぐり寄せる操作を簡単にして、「尺取虫」のように進んでいくのがダブルバルーン内視鏡である。よって、ダブルバルーン内視鏡を口からと、肛門からのアプローチを組み合わせると、小腸にも挿入が可能になり、全消化管を観察できる。さらに、基本は内視鏡と同じなのでバイオプシーも可能で、診断の難しいクローン病と腸結核の鑑別も、腫瘍の診断も病理学的に確実に診断ができ、止血，ポリープ切除，閉塞部分の拡張などの治療も可能になった。

クローン病は潰瘍性大腸炎同様に炎症性腸疾患として難病指定されている疾病で国内に2万人以上存在し、潰瘍性大腸炎は国内に11万程存在し、全消化管に生じるクローン病と異なり、基本的に大腸限定で大腸癌の合併頻度が高い。クローン病は潰瘍や炎症を繰り返し、狭窄を起こしていることがあり、カプセル内視鏡使用は注意を要する。

- × 1) 上部消化管には適応できない。
- 2) バルーンの膨張と収縮を繰り返して消化管内を進ませる。
- 3) クローン病などの小腸病変診断に有用である。
- 4) 手元の操作部で先端のカメラを自在に動かすことができる。
- 5) 観察のみで治療も可能である。



【選択問題 24】手術中の脳波記録に商用交流雑音が一定レベルで連続的に混入した。原因はどれか。番号を解答欄〔選 24〕にマークせよ。〔6〕

- 1) パルスオキシメータのプロープ断線
- 2) 電動手術台保護接地線の断線
- 3) 電気メスの使用
- 4) 超音波メス出力の過大
- 5) 心電図モニタ電極の接触不良

【正解】 (選 24) 2)

【解説】

- × 1) 脳波計に商用交流雑音が一定レベルで連続的に混入することはない。
- 2) 電動手術台電源部からの漏れ電流が静電容量を介し患者に乗り、記録部から脳波計に流れ込み一定レベルで連続的な商用交流雑音が混入する恐れが有る。
- × 3) 不規則に高振幅雑音が混入する。
- × 4) 脳波計に商用交流雑音が一定レベルで連続的に混入することはない。
- × 5) 心電図モニタに商用交流雑音が混入するが、脳波計に商用交流雑音が混入することはない。

【選択問題 25】 筋電計の仕様として適切なのはどれか、番号を解答欄(選 25)にマークせよ。[6]

- a. 入力インピーダンス : 10 M $\Omega$  以上
- b. 入力換算雑音 : 50  $\mu$ V<sub>P-P</sub> 以下
- c. 最大感度 : 50  $\mu$ V/5 mm
- d. 同相弁別比 : 50 dB 以上
- e. 周波数特性 : 5 Hz~10 kHz

- 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 25) 4)

【解説】 旧 JIS 規格 (JIS T 1150 筋電計) の要求事項では、

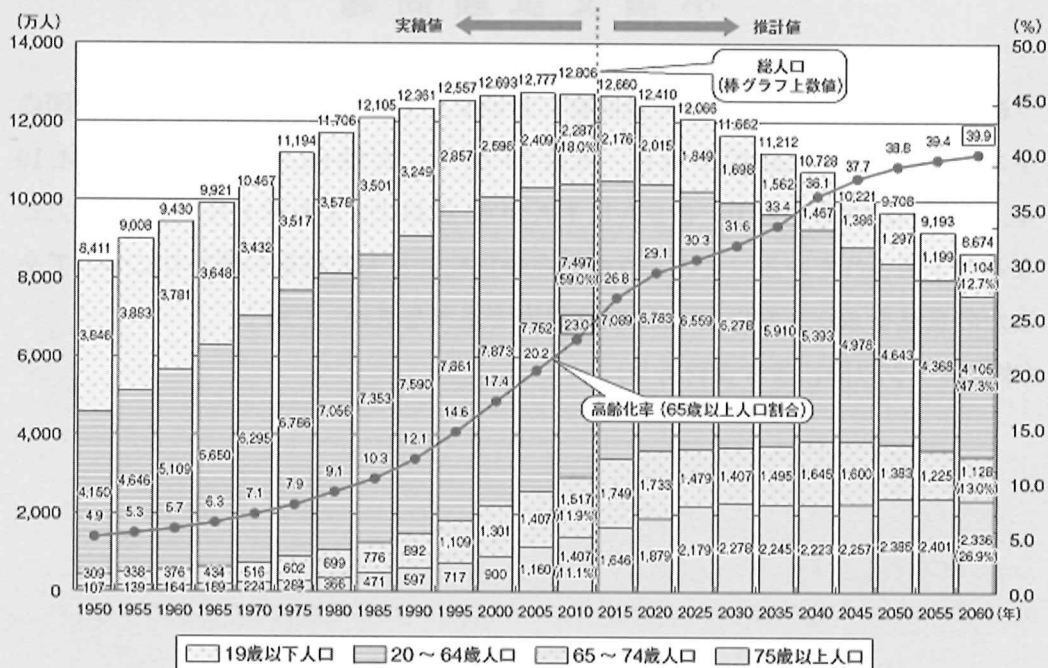
- a. 10 M $\Omega$  以上とされている。
- × b. 10  $\mu$ V<sub>P-P</sub> を超える雑音が 1 秒間に 1 回以内であることとされている。
- × c. 標準的には 500  $\mu$ V または 1 mV の校正電圧をディスプレイ上で 1 cm とすることとされている。「50  $\mu$ V/5 mm」は脳波計の標準感度である。
- × d. 60 dB 以上とされている。
- e. 5 Hz~10 kHz(-3 dB)とされている。

## 小論文試験問題

総務省の平成 24 年版高齢社会白書において、平成 72(2060)年には、我が国の平均寿命(平成 22(2010)年現在、男性 79.64 年、女性 86.39 年)が、男性 84.19 年、女性 90.93 年となり、2.5 人に 1 人が 65 歳以上、4 人に 1 人が 75 歳以上となると予測されている。このような超高齢化社会と ME 技術の関わりについてあなたの意見を 800 文字以上 1000 文字以内で述べなさい。[ 30 ]

〈※次ページ以降に参考資料あり〉

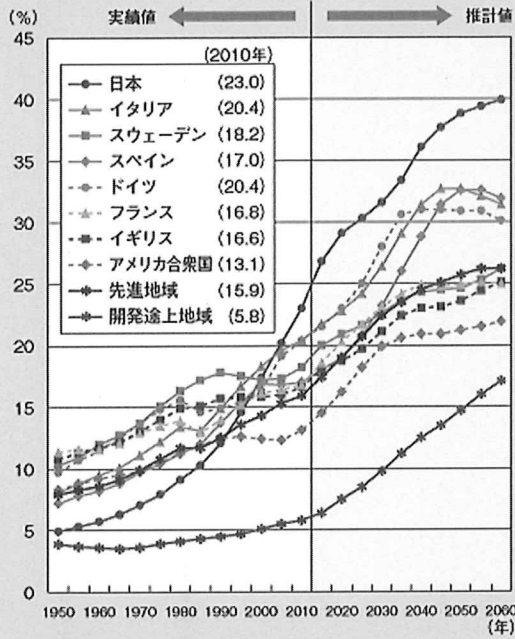
図 1-1-2-(1) 高齢化の推移と将来推計



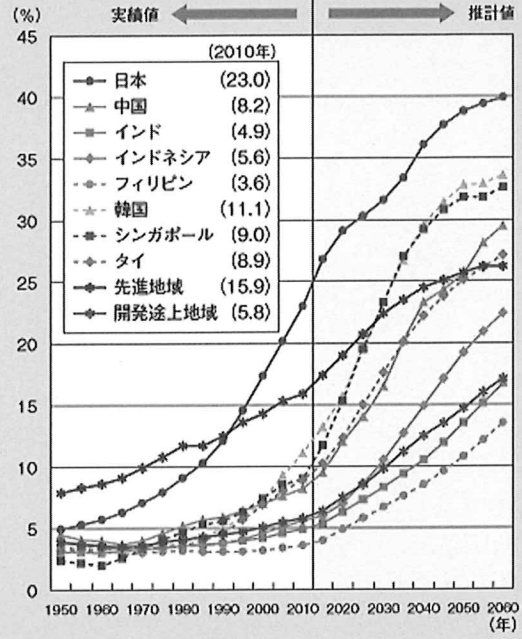
資料：2010年までは総務省「国勢調査」、2015年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成24年1月推計）」の出生中位・死亡中位仮定による推計結果  
 (注) 1950年～2010年の総数は年齢不詳を含む

図 1-1-7 世界の高齢化率の推移

1. 欧米



2. アジア



資料：UN, World Population Prospects : The 2010 Revision

ただし日本は、2010年までは総務省「国勢調査」、2015年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成24年1月推計）」の出生中位・死亡中位仮定による推計結果による。

(注) 先進地域とは、北部アメリカ、日本、ヨーロッパ、オーストラリア及びニュージーランドからなる地域をいう。  
開発途上地域とは、アフリカ、アジア（日本を除く）、中南米、メラネシア、ミクロネシア及びポリネシアからなる地域をいう。

参考資料 総務省 平成 24 年版高齢社会白書より

