

第8回午前の部

【問題1】 いま、自動車が20 m/sの速さで、800 Hzの警笛を鳴らしながら、静止している人に近づいているとき、風速6.0 m/sの風が自動車の進行方向と同じ向きに吹いているものとする。音速を340 m/sとすると、以下の設問に答えよ。

1-1 見かけの音の速さはいくらか。解答欄  に記入せよ。[4]

1-2 静止している人の聞く警笛の振動数はいくらか。解答欄  に記入せよ。  
[4]

【正解】 ㉔=346 m/s ㉕=849 Hz

【解説】 ドプラ効果に関する問題である。音源が動いたり、観測者が動くと、観測される音の高さに関する振動数は音源から出ている音とは異なり、音源の音の振動数(高さ)よりも高く、あるいは低く観測される。

いま、音速を  $c$ 、音源の振動数を  $f_0$  とし、音源が速度  $u_s$ 、観測者が速度  $u_o$  で一直線上を同じ向きに動くとき、観測者が観測する音の振動数  $f$  は、次のような式で表される。

$$f = f_0(c - u_o) / (c - u_s)$$

以上より、

1-1

見かけの音の速さは、音速に風速を加えたものになるから、 $340 + 6 = 346$  [m/s]となる。

1-2

上の式に  $f_0 = 800$ 、 $c = 346$ 、 $u_s = 20$ 、 $u_o = 0$  を代入すればよいから、求める直接音の振動数  $f_d$  は、

$$f_d = 800 \times 346 / (346 - 20) = 849 [\text{Hz}] \text{となる。}$$

第8回午前の部

【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。

[4]

- a. 物体が電磁波や粒子の形で放出するエネルギーを、一般に放射線という。
- b.  $\beta$  線は短波長の電磁波である。
- c. 原子番号 88, 質量数 226 の Ra が  $\alpha$  崩壊を起こすと, 原子番号 86, 質量数 222 の Rn になる。
- d. ガイガーカウンタの放射線検出の原理は, 放射線による気体(空気)の電離作用を利用したものである。
- e. 放射線を照射された物質の一部が単位質量あたりに受ける放射線のエネルギーである吸収線量の単位はレントゲン[R]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 = 7)

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

- a. 放射線とは、電磁波や粒子の形で放出されるエネルギーのことをさす。
- × b.  $\beta$  線は高速の電子線の流れである。
- c. 原子番号 88, 質量数 226 の Ra が  $\alpha$  崩壊を起こすと, 原子番号 86, 質量数 222 の Rn になる。
- d. ガイガーカウンタの放射線検出の原理は, 放射線による気体(空気)の電離作用によって流れるイオン電流を測定することにより行われる。
- × e. 放射線を照射された物質の1部が質量単位あたりに受ける放射線のエネルギーである吸収線量の単位は, グレイ[Gy]で表される。

第8回午前の部

【問題3】 ナトリウムイオン( $\text{Na}^+$ )濃度  $138 \text{ mEq}/\ell$  の薬液  $1 \ell$  がある。これに塩化ナトリウム注射液を加えて  $143 \text{ mEq}/\ell$  にしたい。以下の設問に答えよ。ただし、 $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$  への電離度は  $100\%$  とする。

3-1 添加する  $\text{NaCl}$  の量[g]はおよそいくらか。番号を解答欄  にマークせよ。ただし、 $\text{Na}$  と  $\text{Cl}$  の原子量はそれぞれ  $23$ 、 $35.5$  とする。[2]

- 1) 0.15    2) 0.29    3) 0.59    4) 42.7    5) 85.5

3-2  $10\%$   $\text{NaCl}$  液から添加する場合、添加量[mℓ]はいくら必要か。番号を解答欄  にマークせよ。[2]

- 1) 0.029    2) 0.059    3) 2.9    4) 5.9    5) 15

3-3 このとき、薬液の浸透圧濃度[mOsm/ℓ]はおよそいくら上がるか。番号を解答欄  にマークせよ。[2]

- 1) 2.9    2) 5.0    3) 5.8    4) 10    5) 20

第8回午前の部

[正解] ②= 2) ③= 3) ④= 4)

[解説]

3-1

厳密には添加する注射液の量[mℓ]を考慮すべきであるが、薬液の量(1ℓ)に比べてきわめて少量であるため、これを無視して考える。Na<sup>+</sup>濃度 143-138=5 mEq/ℓ上げるのに必要な NaCl の量は、以下の手順で求められる。

- ・ Na<sup>+</sup>は1価のイオンであるので Na<sup>+</sup>濃度 5 mEq/ℓは 5 mmol/ℓに等しい。
- ・ NaCl → Na<sup>+</sup>+Cl<sup>-</sup>であるから、Na<sup>+</sup>濃度 5 mmol/ℓ上げるには、5 mmol/ℓ分の NaCl が必要である。
- ・ NaCl の分子量は 23+35.5=58.5である。
- ・ よって、求める NaCl の量は  $5 \times 58.5 / 1000 = 0.29 \text{ g}$  となる。

3-2

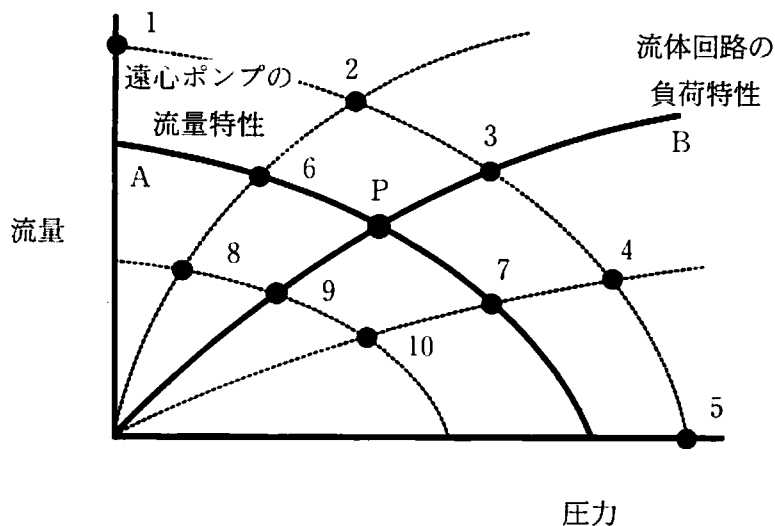
1%濃度は 1 g/dℓにほぼ等しい。1 dℓ=100 mℓであるから、求める添加量は  $0.29 / 10 \times 100 = 2.9 \text{ mℓ}$  となる。

3-3

ブドウ糖のような非電解質濃度 1 mmol/ℓから引き起こされる浸透圧と同じ浸透圧を引き起こす溶質濃度を 1 mOsm/ℓと表す。これを浸透圧濃度という。NaCl → Na<sup>+</sup>+Cl<sup>-</sup>より、NaCl 5 mmol/ℓから Na<sup>+</sup>と Cl<sup>-</sup>がそれぞれ5 mmol/ℓずつ電離するため、浸透圧濃度としては 5+5=10 mOsm/ℓ上がることになる。

【問題4】 図に遠心ポンプの圧力-流量特性（A）とそれに接続される負荷の特性（B）を示す。流体回路は点Pで示す平衡点で動作している。

いま、負荷が変わらない状態で遠心ポンプの回転数を増加させたとき、平衡点は図のどの位置に移動するか。番号を解答欄⑤にマークせよ。[5]



【正解】 ⑤= 3)

【解説】 ポンプと負荷とが接続されているとき、その動作状態はポンプの特性と負荷の特性の平衡状態から考えることができる。

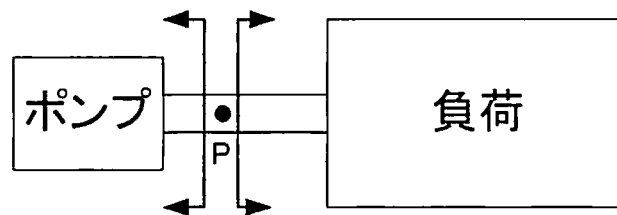
ポンプの特性はポンプの流量が負荷となる圧力に対してどのように変化するかを示すグラフとして表現できる。設問図の遠心ポンプの流量特性は一般的な遠心ポンプの圧-流量特性を示す。

一方、負荷特性とはポンプにつながる負荷(たとえば、流体回路網)に流体を流したときの流量と圧力の関係を示すもので、通常、負荷の入り口の圧力を高くすれば、流量が増加する。これも設問に示すグラフのように圧-流量特性として与

第8回午前の部

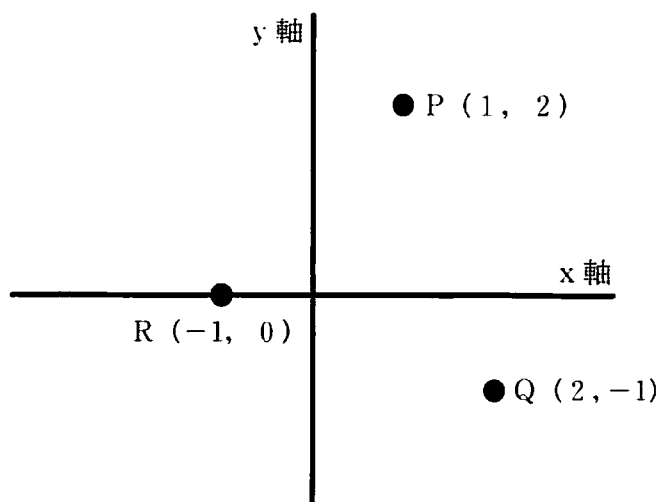
えることができる。負荷が層流状態で成立するポアズイユの式を満たす場合には流量は圧力に比例して変化する。

下図の点Pにおいて、この点からポンプ側をみても、あるいは負荷側をみても、平衡状態では共通の流量と圧力となるので、この両者の特性曲線の交点が平衡状態での動作点となる。遠心ポンプの回転数を増加すると、一定の圧力負荷に対して流量が増加するので、ポンプの流量特性曲線は元の曲線を上に移動した形になる。このとき負荷が変わっていないので、新しい平衡点は設問図のP点から3の点に移動する。



第8回午前の部

【問題5】  $xy$  座標系で下図に示す位置に3個の荷重センサ (P, Q, R) を並べ、この上に重さを無視できる板を置いてその上に乗って体重を測った。このとき、3個の荷重センサはいずれも 25 kgw を示した。以下の設問に答えよ。



5-1 体重は何 kgw と判定できるか。解答欄  ③ に記入せよ。[4]

5-2 重心の位置はどこにあるか。座標を (X, Y) で示し、解答欄  ④ に記入せよ。[4]

[正解] ㉔ = 75 kgw ㉕ = (2/3, 1/3)

[解説]

5-1

体重は 3 個の加重センサに分散されて加わるので、それぞれの示す重さを加えれば全体の重さ、すなわち体重が算出できる。設問ではセンサの加重が等しい値となっているが、それぞれの示す値が異なっても単純に加算すればよい。

5-2

この設問では各センサに加わっている加重が等しいので、重心の位置はそれぞれのセンサの幾何学的中心と一致する。中心点は PQR の x 座標、y 座標の平均となるので、

x 座標は  $\{1+2+(-1)\}/3=2/3$  となり、

y 座標は  $\{2+(-1)+0\}/3=1/3$  となる。

もし、PQR の各センサの示す値が等しくない場合は、重心点はセンサ群の中心とは異なる位置となる。この場合、それぞれのセンサに加わる加重を考慮して重心点を計算しなくてはならない。この場合、たとえば、はじめに PQ 2 つのセンサの加重だけを考えて、直線 PQ 上に仮の重心点を計算する。それぞれの位置を  $(x_p, y_p)$ 、 $(x_q, y_q)$  として加重を  $W_p$ 、 $W_q$  とすると、P と Q だけで考えた重心点の x 座標は

$$(x_p \times W_p + x_q \times W_q) / (W_p + W_q)$$

となる。また y 座標は

$$(y_p \times W_p + y_q \times W_q) / (W_p + W_q) \text{ となる。}$$

この点を S として S 点での加重を  $W_p + W_q$  とし、次に S 点と R との 2 つの点の重心を同様の手順で計算する。この結果、

$$x = (x_p \times W_p + x_q \times W_q + x_r \times W_r) / (W_p + W_q + W_r)$$

$$y = (y_p \times W_p + y_q \times W_q + y_r \times W_r) / (W_p + W_q + W_r)$$

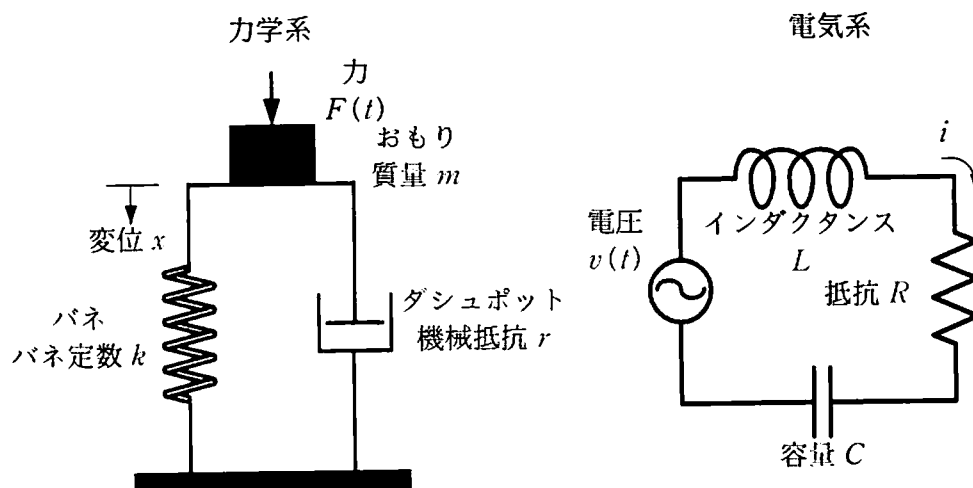
が得られる。



第8回午前の部

【問題6】 図のように、バネ、ダッシュポット、おもりにより構成された力学的な振動系を、 $LCR$  直列回路による等価回路で表現した。

いま、力学系における力  $F(t)$  を  $LCR$  回路の電圧  $v(t)$  に対応させたとき、誤った対応関係となるのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[5]



力学系		電気系	
1) 速度	$v$ [m/s]	——— 電流	$i$ [A]
2) 変位	$x$ [m]	——— 電荷	$\int idt$ [A·s]
3) 質量	$m$ [kg]	——— インダクタンス	$L$ [H]
4) 機械抵抗	$r$ [N·s/m]	——— 抵抗	$R$ [ $\Omega$ ]
5) バネ定数	$k$ [N/m]	——— 容量	$C$ [F]

[正解] ⑥=5)

[解説] 力学系では外力はバネの変位による反発力, ダシュポットに働く抵抗力, およびおもりに働く慣性力の総和と等しい。一方, 電気系では与えられた電圧はインダクタンス, 抵抗, キャパシタに生ずる電圧の和に等しくなる。

各部に共通に現れる変位を  $x$  としたとき,

バネの反発力は  $k \times x$

ダシュポットに働く抵抗力は速度に比例するので,  $r \times dx/dt$

慣性力は加速度に比例するので  $m \times d^2x/dt^2$

となる。

一方, 電気系では各部に共通に現れる電流  $i$  を考えると,

インダクタンスに対する電圧として,  $L \times di/dt$

抵抗の両端に現れる電圧として,  $R \times i$

キャパシタの電圧として,  $(1/C) \times \int i dt$  となる。

電気系について電荷  $I$  を考えると,  $I = \int i dt$  となるので,  $I$  を使って

インダクタンスに対する電圧は,  $L \times d^2I/dt^2$

抵抗の両端に現れる電圧は,  $R \times dI/dt$

キャパシタの電圧は,  $(1/C) \times I$

と示すことができる。これらを機械系のそれぞれの式と比較すると, 慣性力がインダクタンスに, ダシュポットの抵抗力が電気抵抗に, バネ定数が容量の逆数に対応することがわかる。このとき, 変位は電荷  $I$  と対応していることになる。

また, 速度は電流と対応する。

したがって, 解答肢 5) が誤りである。

第8回午前の部

【問題7】 可変コンデンサに電荷が蓄えられたまま、コンデンサの容量を1/2に減じたとき、蓄えられている電気エネルギーは何倍になるか。番号を解答欄  にマークせよ。[4]

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

【正解】 ⑦ = 5)

【解説】 外部からの電荷の出入りを遮断しておけば、何らかの方法でコンデンサの電気容量  $C$  を変えた前後でも、もちろんコンデンサに貯まっている電荷(電気量)  $Q$  に変化はない。この問題で「電荷が貯えられたまま」とは、電荷の出入りがないことを意味しており、電荷(電気量)の保存則が成り立つことを暗に示している。これを式で表せば、コンデンサの端子電圧  $V$  との間に、

$$Q = CV = \text{一定}$$

となる。他方、コンデンサに貯えられる電気エネルギー  $E$  は、

$$E = (1/2)CV^2 = (1/2)Q^2/C$$

であり、これらの式より、

$$CE = (1/2)Q^2 = \text{一定}$$

であるから、 $C$  が1/2になれば  $E$  は2倍にならねばならない。

なお、コンデンサの2つの極板にはそれぞれ  $+Q$ 、 $-Q$  の等量の電荷が存在し引力が働いている。コンデンサの容量を減ずるには、たとえば、平行平板コンデンサであれば、この引力に逆らって電極間距離を2倍に拡げる必要がある。このとき、電気エネルギーの増分は、これに要した仕事に等しい。他の形式の可変コンデンサ、たとえば、回転式の可変容量コンデンサ(いわゆるバリコン)でも事情

第8回午前の部

は同じである。

- × 1) エネルギーは電圧や電流の2乗に比例する量との連想から早計に1/4になると勘違いする恐れあり，要注意。
- × 2)  $E = (1/2)CV^2$ の関係式より  $E$  と  $C$  が比例すると思われがちだが， $V$  が不変とはならないことに注意せよ。
- × 3) 正弦波交流実効値，遮断周波数などで  $1/\sqrt{2}$  または  $\sqrt{2}$  がしばしば現れ，うる覚えでは見破りにくいであろう。
- × 4) 同上。
- 5) コンデンサの容量を変えるだけで，エネルギーが増加するとは，一見考えにくいかもしれないが，電荷の貯えられているコンデンサが低容量になるときには外から仕事をされる必要があり，また高容量になるときはコンデンサが外に向かって仕事をする事になり，いずれにもエネルギーの出入りがあることに注目したい。

第8回午前の部

【問題8】  $15\Omega$ の抵抗がなかったので、手元にあった $5\Omega$  (1W形) と $10\Omega$  (1W形) の抵抗を直列に接続して間に合わせた。最大何W形として用いてよいか。番号を解答欄  にマークせよ。[4]

- 1) 1
- 2)  $\sqrt{2}$
- 3) 1.5
- 4) 2
- 5)  $2\sqrt{2}$

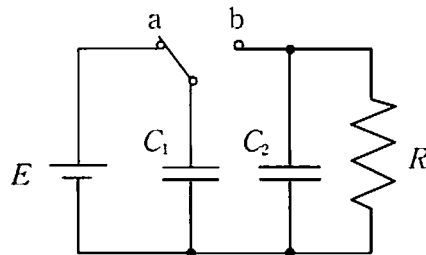
【正解】 ⑧ = 3)

【解説】 抵抗に電流が流れると、 $P=RI^2$ の電力(つまり単位時間当たりのエネルギー発生量)が熱となって抵抗自身を加熱することになる。抵抗素子はこれに耐えるだけの放熱容積を必要とし、小型のものは小電力にのみ対応でき、大型のものは大電力にも対応できるように放熱を考慮して製造される。ここでは同じ1W形の $5\Omega$ と $10\Omega$ の抵抗素子が問題になっており、これらを直列に接続した場合にはいずれの抵抗にも常に同一の電流が流れるので、電力発生は上式により抵抗に比例する。したがって、 $5\Omega$ と $10\Omega$ とでは後者の方が2倍の電力を生じ、後者の抵抗 $10\Omega$ で電力発生の許容最大値1Wとなる電流では、前者の抵抗 $5\Omega$ ではその半分の $0.5\text{W}$ となるに過ぎず、まだ余裕があるものの、それ以上の電流では後者の抵抗が許容値を超えてしまう。したがって、後者が1Wの電力発生となる電流値が許容できる最大電流であり、このとき後者の1Wに前者の $0.5\text{W}$ を加え、全体として $1.5\text{W}$ の電力に耐えうる。したがって、 $1.5\text{W}$ 形として利用できる。

3) 以外の解答肢は、実効値やpp値などとの連想で、ありそうな数値も含むが、ここで問われていることは正弦波交流に限るわけではなく、とくに意味はない。ただ、2個の抵抗がそれぞれ1Wまで使用できるので、単純に合計して2Wと考え、4) と答えることも起こるであろう。

第8回午前の部

【問題9】 抵抗値  $R[\Omega]$ の抵抗体と電気容量  $C_1, C_2[F]$ をもつ2つのコンデンサと  $E[V]$ の直流電源により、図に示す電気回路を構成した。時刻  $t=0$  にスイッチを端子 a から端子 b に切り換えた。以下の設問に答えよ。



9-1 スイッチを切り換えた直後の抵抗の両端の電圧  $V_0$  はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[4]

- 1)  $\frac{EC_2}{C_1+C_2}$       2)  $E$       3)  $\frac{EC_1}{C_1+C_2}$   
 4)  $\frac{E(C_1+C_2)}{C_1}$       5)  $\frac{E(C_1+C_2)}{C_2}$

9-2 抵抗の両端の電圧  $V[V]$  は時間の経過とともにどのように変化するか。番号を解答欄  にマークせよ。ただし、 $V_0$  は前問に示すスイッチを切り換えた直後の抵抗の両端の電圧である。[4]

- 1)  $V = V_0 \exp(-t/\tau)$       ただし、 $\tau = RC_1$   
 2)  $V = V_0 \{1 - \exp(-t/\tau)\}$       ただし、 $\tau = RC_2$   
 3)  $V = V_0 \exp(-t/\tau)$       ただし、 $\tau = R(C_1 + C_2)$   
 4)  $V = V_0 \exp(-t/\tau)$       ただし、 $\tau = RC_1 C_2 / (C_1 + C_2)$   
 5)  $V = V_0 \{1 - \exp(-t/\tau)\}$       ただし、 $\tau = R(C_1 + C_2) C_1 / C_2$

[正解] ⑨=3) ⑩=3)

[解説] コンデンサに蓄積した電荷が抵抗を通してどのように放電するかを問題としている。

コンデンサ  $C$  の両端の電圧  $V$  とコンデンサに蓄積している電荷量  $Q$  との間には衆知のごとく  $V = \frac{Q}{C}$  の関係がある。したがって、コンデンサ  $C_1$  [F] に電源電圧  $E$  [V] を接続すると、コンデンサには  $EC_1$  [C] の電荷が瞬時に蓄積される(ただし、電源の出力インピーダンスを  $0 \Omega$  とする)。コンデンサ  $C_1$  にコンデンサ  $C_2$  と抵抗  $R$  との並列回路(回路Aとする)を問題の回路図のように接続すると、 $C_1$  に蓄積された電荷がコンデンサ  $C_1$  とコンデンサ  $C_2$  の電圧が等しくなるように分配され、それぞれのコンデンサに蓄積される。言い換えると、この現象は回路Aが接続された瞬間に電荷量  $EC_1$  はどこへも逃げようがないから、コンデンサ  $C_1$  と  $C_2$  との並列接続による容量  $(C_1 + C_2)$  [F] をもったコンデンサ  $C_0$  に蓄積した状態となる。したがって、 $C_0$  の両端の電圧  $V_0$  は

$$V_0 = \frac{EC_1}{C_1 + C_2} \text{ [V] となる。}$$

$EC_1$  [C] の電荷が抵抗  $R$  を通していかに放電するかは微分方程式を解けばよいが、そのような計算をするまでもなく放電電荷量  $Q$  [C] はよく知られた

$Q = EC_1 \left\{ 1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) \right\}$  という形で与えられる。この結果、コンデンサに残っている電荷量  $Q_0$  [C] は

$$Q_0 = EC_1 - EC_1 \left\{ 1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) \right\} = EC_1 \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right) \text{ となる。}$$

ここで、 $\tau$  は時定数で  $(C_1 + C_2)R$  [s] で与えられるので、コンデンサの両端の電圧  $V$  [V] は

$$V = \frac{EC_1 \exp\left(\frac{-t}{(C_1 + C_2)R}\right)}{(C_1 + C_2)} = V_0 \exp\left(\frac{-t}{(C_1 + C_2)R}\right) \text{ となる。}$$

【問題 10】 図 1 は理想演算増幅器を使用して構成された増幅器である。図 2 はこの増幅器の利得  $\left| \frac{V_o}{V_i} \right|$  の周波数特性を示す。以下の設問に答えよ。

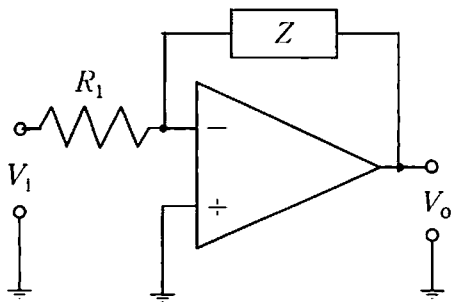


図 1

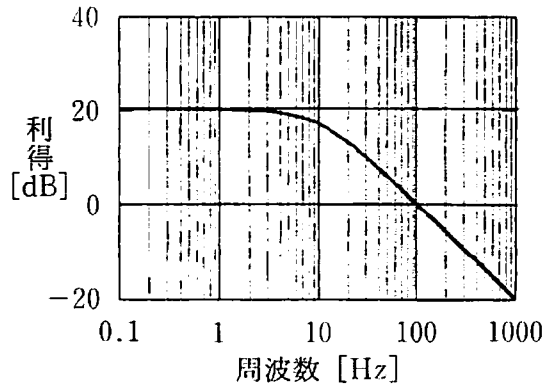


図 2

10-1 Z はどのような回路か。番号を解答欄  ① にマークせよ。[ 4 ]

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

10-2 Z を構成する回路素子の値はいくらか。解答欄  ② に記入せよ。ただし、 $R_1$  は  $1 \text{ k}\Omega$ 、 $10 \text{ Hz}$  での利得は  $17 \text{ dB}$  である。[ 6 ]



[正解] ①=1) ②:  $C=1.6\ \mu\text{F}$ ,  $R_2=10\ \text{k}\Omega$

[解説] 図1に示された回路は反転増幅器の回路であるから、反転増幅器の周波数特性の問題である。この回路は、しばしばローパスフィルタや積分器として用

いられる重要な回路である。回路の利得の絶対値  $|G|$  は  $\left| \frac{Z}{R_1} \right|$  で与えられる。

$Z$  に設問10-1の解答である1)のコンデンサと抵抗の並列回路を挿入する。信号が直流の場合や周波数が極めて低い場合、コンデンサのインピーダンスは  $\frac{1}{j\omega C}$  であるから非常に大きな値となる。 $\frac{1}{j\omega C} \gg R_2$  の場合、 $Z$  の値は  $R_2$  と考えら

れるから、 $Z$  を流れる電流は  $R_2$  を流れることになり、回路の利得  $G$  は  $-\frac{R_2}{R_1}$  となり周波数に関係なく一定値となる。図2により、低周波帯での利得は20 dB (10倍)であるから、 $|G| = \left| \frac{R_2}{R_1} \right| = 10$  となり、 $R_1 = 1\ \text{k}\Omega$  であるので、 $R_2 = 10\ \text{k}\Omega$  となる。

信号の周波数が増加するとコンデンサのインピーダンスが次第に減少しだす。これに伴って、 $Z$  の値が減少し始める。

$\frac{1}{\omega C} = R_2$  のとき、すなわち、 $1 = \omega C R_2$  のとき

$Z = \frac{R_2}{1 + j\omega C R_2} = \frac{R_2}{1 + j}$  となり  $|Z| = \frac{R_2}{\sqrt{2}}$  となる。したがって、このときの  $|G|$  は

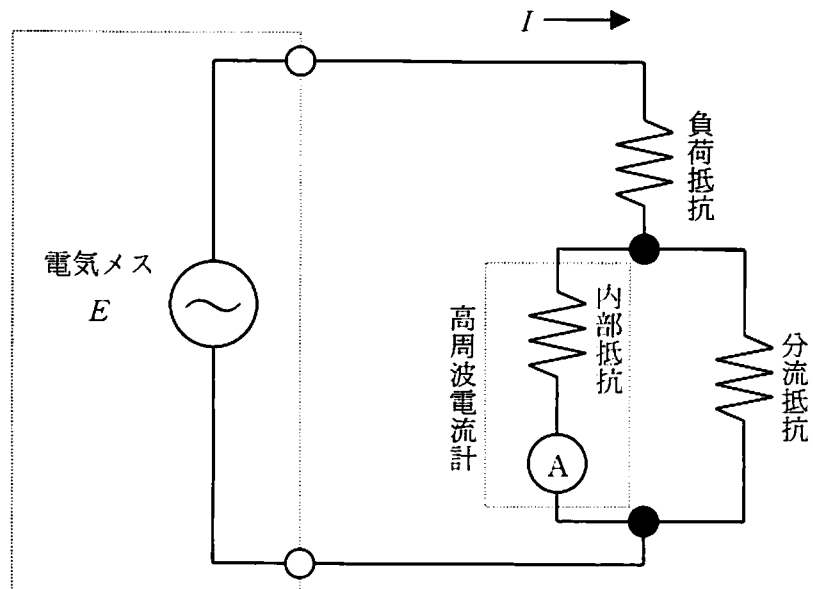
$\left| \frac{R_2}{R_1 \sqrt{2}} \right|$  となる。 $\frac{1}{\sqrt{2}}$  は -3 dB であるので、 $|G|$  は 17 dB となる。

問題が示すように、10 Hz で利得が 17 dB であるから、10 Hz でのコンデンサのインピーダンスが  $R_2$  に等しくなる。以上の結果より、

$C = \frac{1}{2\pi \times 10 \times 10 \times 10^3} = 1.6[\mu\text{F}]$  となる。

第 8 回午前の部

【問題 11】 最大 50 mA まで測定できる高周波電流計を用いてフルスケール 1 A の高周波電流計を作成し、電気メスの出力電力を求めるために図の回路を使用した。負荷抵抗  $300 \Omega$ 、高周波電流計の内部抵抗は  $10 \Omega$  であり、すべての抵抗は無誘導であるとして、以下の設問に答えよ。



11-1 分流抵抗の値はいくらか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 4 ]

- 1)  $0.315 \Omega$     2)  $0.526 \Omega$     3)  $3.150 \Omega$     4)  $5.260 \Omega$   
 5)  $10.526 \Omega$

11-2 電流計の指示値が  $30 \text{ mA}$  のとき、電気メス出力はいくらか。番号を解答欄  にマークせよ。[ 4 ]

- 1)  $57 \text{ W}$     2)  $75 \text{ W}$     3)  $97 \text{ W}$     4)  $108 \text{ W}$   
 5)  $119 \text{ W}$

第 8 回午前の部

[正解] ⑫ = 2) ⑬ = 4)

[解説] 回路に最大電流 1 A を流す場合の分流器の抵抗を求める。電流計に 50 mA が流れた場合、電流計の内部抵抗が  $10 \Omega$  であるので、電圧は

$$0.05 \text{ A} \times 10 \Omega = 0.5 \text{ V}$$

である。このときに分流抵抗には 0.95 A が流れることになるので、分流抵抗は

$$0.5 \text{ V} \div 0.95 \text{ A} \approx 0.526 \Omega$$

となる。

次に、電流計に 30 mA 流れたときに分流抵抗に流れる電流は、

$$(0.03 \text{ A} \times 10 \Omega) \div 0.526 \Omega = 0.570 \text{ A}$$

であり、電気メスの出力電流は、

$$0.570 \text{ A} + 0.03 \text{ A} = 0.60 \text{ A}$$

となる。したがって、電気メスの出力は、

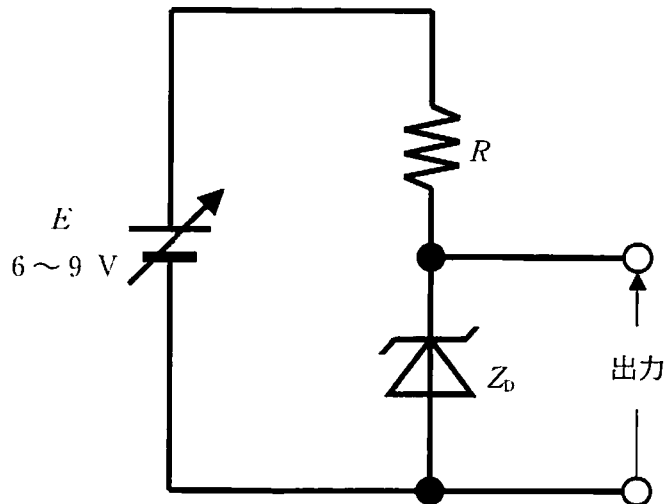
$$\text{出力} = 0.06 \text{ A} \times 0.06 \text{ A} \times 300 \Omega = 108 \text{ W}$$

となる。

第8回午前部

【問題 12】 許容電流 10 mA、電圧 4 V のツェナーダイオード  $Z_0$  を使用し、図のような回路を構成して定電圧出力を得たい。電源電圧  $E$  が 6~9 V の範囲で変動する場合、直列抵抗  $R$  はいくらの範囲にすればよいか。番号を解答欄  にマークせよ。ただし、 $Z_0$  は許容電流の 20% 以上の電流領域で 4 V 一定の特性が得られるものとし、出力電流は無視できるものとする。[ 4 ]

- 1) 0.2~0.5 k $\Omega$
- 2) 0.5~1.0 k $\Omega$
- 3) 1.0~1.2 k $\Omega$
- 4) 1.2~1.5 k $\Omega$
- 5) 1.5~1.8 k $\Omega$



【正解】  = 2 )

【解説】 電源電圧  $E_1 = 9$  V、ツェナー電圧  $V_Z = 4$  V、許容電流  $I_Z = 10$  mA のときは、

$$I_Z = (E_1 - V_Z) / R$$

より  $R = (E_1 - V_Z) / I_Z$

$$= (9 - 4) / (10 \times 10^{-3})$$

$$= 0.5 [\text{k}\Omega]$$

次に、 $E_2 = 6$  V、 $V_Z = 4$  V、許容電流 10 mA の 20% の電流

$$I_{Z2} = 10 \times 0.2 = 2 [\text{mA}] \text{ のときは}$$

$$R = (6 - 4) / (10 \times 10^{-3} \times 0.2)$$

$$= 1.0 [\text{k}\Omega]$$

したがって、抵抗  $R$  の範囲は 0.5~1.0 k $\Omega$

【問題 13】 伝送信号が  $V_s \sin(\omega t + \phi)$  と書けるとき、正しいのはどれか。番号を解答欄 ⑮ にマークせよ。ただし、 $\omega = 4.8 \pi \times 10^6$  である。[6]

- a. 信号に応じて  $V_s$  を変化させる方式を振幅変調 (AM) と呼ぶ。
- b.  $V_s$  の周波数と  $\frac{\omega}{2\pi}$  はなるべく近い値を選ぶ。
- c. この方式は周波数変調と比較して外部雑音に強い。
- d. 信号に応じて  $\phi$  を変化させる方式を PCM と呼ぶ。
- e. 搬送波の周波数は 2.4 MHz 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 = 4)

【解説】 この問題は振幅変調に関するものである。いろいろな変調方式が実用化されているのは、電送したい信号の性質、伝送距離、環境、使用できる搬送波周波数、経済性などで、変調方式による利点が異なるためである。

- a. 送りたい信号によって振幅 ( $V_s$ ) を変化させるので振幅変調 (AM) と命名された。NHK 第一、第二などのラジオ放送に使用されている。
- × b.  $\omega = 2\pi f$  であるから、 $\omega/2\pi$  は搬送波周波数 ( $f$ ) である。信号周波数に比較し搬送波周波数は高いほど、復調後の信号に歪みが少なくなる。ラジオ放送では 20 倍から 100 倍高い周波数の搬送波が用いられている。
- × c. 振幅変調では電送信号の振幅に送りたい信号が乗っているため、伝送中に振幅が変化すると歪みを生むことになる。外部雑音は振幅に影響をするので、振幅変調は外部雑音には強くない。一方、周波数変調は振幅には意味はないので、外部雑音を受けても歪みが生じにくく、雑音には強い変調方式である。
- × d. 信号によって  $\phi$  を変化させるのは位相変調と呼ばれる。PCM はデジタル変調方式の 1 種で、Pulse Code Modulation の略である。
- e. 搬送波周波数は、 $f = \omega/2\pi$  であるから、 $\omega = 4.8 \pi \times 10^6$  を代入すれば、 $f = 2.4 \times 10^6$  (2.4 MHz) になる。

【問題 14】 通信・情報システムについて誤っているのはどれか。番号を解答欄  ⑩ にマークせよ。[6]

- 1) HL 7 (Health Level 7) は、OSI (Open System Interconnection) モデルの第7層において、医療施設での電子的データ交換を目的として、交換データの定義や交換タイミングやエラー情報の通信を定義するものである。
- 2) MPEG (Moving Picture coding Experts Group) は、動画像の蓄積用符号化方式の標準化作業を進める組織のこと。その符号化方式の呼称としても使われ、動画像圧縮だけでなく、オーディオ符号化なども含まれる。
- 3) 銅線の一般的な電話回線を用いて高速通信を実現するインターネットの通信方法である ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) では、高速な上り通信に比べて、下り通信は遅い。
- 4) VPN (Virtual Private Network) は、公衆網を特別に設置した専用網のように利用できる仮想閉域網または仮想私設網と呼ばれる通信サービスの総称である。
- 5) IPSEC (Security Architecture for Internet Protocol) は、TCP/IP での通信のセキュリティを強化するための技術の総称である。

【正解】 ⑩ = 3)

【解説】 略称のフルスペルの括弧付きや、5択での誤っているのはどれかという形であるから出題者の教育的出題という意図が読みとれる。問題そのものは、誤っている選択肢 3) 以外の文章は、そのまま解説になる内容である。

○ 1) この文章は正しい。もともと米国で開発された規格であるが、医療はその国独自の制度において実施されるものであるので採用する国ごとに協会があり、その国の医療の実情にあわせた開発と世界全体の規格へのフィードバックが進められている。我が国での最新の情報は、日本 HL 7 協会の

ホームページなどから無料でダウンロードできる。

- 2) この文章は正しい。オーディオ符号化でよく知られているのがMP3である。
- ×3) この文章は誤り。前半のADSLの修飾部分は正しいのであるが、肝心の後半が逆を述べている。ADSLでのインターネット利用者も増えていることであるから実体験をしている人も多いだろうが、web頁を次々と見てゆくインターネットサーフィンやまとまったファイルや写真を自分のパソコンに取り込む、いわゆるダウンロードをして、さすがADSLと導入直後には感動するものである。ADSLはこういう通常のインターネット利用である下り通信はできる限り高速であるように設計されている。一方、メールを出したり、たかだか添付書類を添えて送信したりする程度に利用することが多い上り通信では、下りの数分の1から数十分の1程度に設定されていることが普通である。とはいうものの、従来のISDNなどに比べると十分に高速であるので、インターネット放送で動画を自らブロードキャストしたいというようなことさえなければ、実用上の問題はほとんどない。
- 4) この文章は正しい。もともとアナログ回線でも用いられていた一般用語であるが、現在はインターネットでの用語のごとく頻用されている。誰でも使える公開された公衆網を使うことは、コストが安くて済むのでありがたいが、公開されていることはセキュリティ上の問題が大きい、という相剋を解決するための技術である。誰でも使える安い公衆回線あるいは公衆網を、あたかも他人がその中に入り込めないのみならずさらにはその存在すら外からは見えないような専用線として設定できる技術がVPNである。
- 5) この文章は正しい。この中で、SSLとはSecure Sockets Layerの略で、ネットスケープ社によって開発されたインターネットを上でプライベートな文書をやりとりするための公開鍵暗号技術を用いた通信プロトコルである。現在、インターネットエクスプローラもこの技術を採用している。SSLプロトコルでは、公開鍵(public key)を用いて暗号化されたデータ

---

#### 第 8 回午前の部

を送受する。詳細は省くが、公開鍵で暗号化されたデータの解読は、当該公開鍵とペアを組む秘密鍵でしか復号化できないので守秘の安全性が保たれる。この技術を用いて通信することを SSL を張るともいうことがある。多くのウェブサイトがこの技術を、顧客の秘密情報、たとえばクレジットカード番号などを受け付けるときに利用している。慣例によって、SSL を利用している URL は通常の http:ではなく、https:で始まるアドレスをもつ。



【問題 15】 プロトコルについて誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) プロトコルとは、データをやりとりするときの一連の通信規則である。
- 2) IP は、パケットの確実な伝送を保証するプロトコルである。
- 3) HTTP は、HTML 文書をインターネット内で伝送するためのプロトコルである。
- 4) TCP は、IP の上位で信頼性を高めるプロトコルである。
- 5) TCP/IP は、LAN 間などにも応用されているプロトコルである。

【正解】 ⑰ = 2)

【解説】 データや情報のやり取りをするのに通信のやり方についての取り決めや規則を作っておことが大事である。プロトコルは、もとは外交文書の付属議定書の中で、条約本文の意味を互いに取り違えないように、条約を実行する際の取り決めや約束のことである。このことから通信規則をプロトコルと呼ぶようになった。

- 1) プロトコルの定義そのものを表しており、正しい。
- × 2) IP は、インターネット・プロトコルの略号で、パケットの書式と伝送手続きを定めるものである。伝送そのものを保証するものではない。
- 3) HTTP は、ハイパーテキスト・トランスファー・プロトコルの頭文字をとって作った略号で、ウェブの各ページを、TCP/IP にしたがって伝送するためのプロトコルである。HTML は、ハイパーテキスト・マークアップ・ランゲージの略で、文字の大きさや位置、画像の位置などを含め、ページの成り立ちを指示するものである。
- 4) TCP は、トランスミッション・コントロール・プロトコルの頭文字で、その目的は送りたい中身をパケットに組み、パケットの正誤の確認と整列による確実な伝送を保証するもので、信頼性を高めるプロトコルである。  
IP は、インターネット・プロトコルの略で、パケットの書式と伝送の手

---

第 8 回午前の部

続きを定めるものである。

- 5) TCP/IP は、2つのプロトコルであるが、常に一緒に使われるものであるから、一続きのものとして呼ばれ、LAN 間、インターネットで使われる代表的なプロトコルである。

【問題16】 電子記録媒体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. DRAM (Dynamic RAM) は、コンデンサの電荷蓄積効果を利用したメモリーである。
- b. フラッシュメモリーは、電源なしで記憶が保たれる半導体メモリーである。
- c. SRAM (Static RAM) は、デスクトップ型コンピュータ専用の外部メモリーである。
- d. キャッシュメモリーは、主メモリーのコピーを格納するために用いるメモリーである。
- e. PROM (Programmable ROM) は、書き換えのできないメモリーである。

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

【正解】 ⑩=9)

【解説】 情報通信, 情報処理, マルチメディアなどにおいて, 記録媒体は非常に重要な役割を果たしている。いま使われている記録媒体には, 磁気記録媒体, 光学式記録媒体, 半導体集積回路に大別される。これらの記録媒体の特質を十分理解し活用することが今後の技術進歩につながるといえる。

- a. DRAM(Dynamic RAM)は, ダイナミック・ランダムアクセス・メモリの略で, コンデンサに電荷が蓄積(電荷蓄積効果)されているかいないかで, 1, 0を記憶するものである。したがって, 漏れ電流によって電荷が放電し記憶が失われるので, 常にリフレッシュしなければならない。
- b. フラッシュメモリーは, 電源なしで記憶が保たれる半導体メモリーで, カードの形で私たちの身の回りでも利用が増加している。
- × c. SRAM(Static RAM)は, 基本的にはトランジスタで回路を構成され, 構造が複雑であるが, DRAM のようなリフレッシュの必要がなく, データの読み書きが高速化できる。高速なCPUの速度に追随する必要のある

---

第8回午前の部

キャッシュメモリーなどに利用される。デスクトップ型コンピュータ専用とは限らず、外部メモリーとして使われることはあまりない。

- d. キャッシュメモリーは、コンピュータの処理速度の向上のために主メモリーとCPU間に置かれる記憶装置で、CPUが使用したコピーを一時的に格納するために用いるメモリーである。
- ×e. PROM(Programmable ROM)は、EPROM(Erasable Programmable ROM)ともいい、データやプログラムを書き込んだり、その内容を消去できるROMのことである。チップの窓から紫外線を一定時間以上照射することで内容を初期化することができる構造になっている。

【問題 17】 情報通信ネットワークの接続形状とその特徴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. メッシュ型は、すべてのノードが中継交換機能を必要とする。
- b. スター型は、中心のノードに中継交換機能をもたせる。
- c. ループ型は、1つのノードが中継交換不能になっても他のノードには通信できる。
- d. バス型は、すべてのノードに中継交換機能が必要である。
- e. ツリー型は、従来の電話ネットワークの基本となっている。

- 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】 ⑬ = 3)

【解説】 ネットワークの型(タイプ)は、ノードをリンクでどうつなぐかによって、次の3つに大別できる。

メッシュ型は、すべてのノードをつなぐ方式で、どのノードとも通信可能で、信頼性が高い。ただし、回線の本数が多くなるため設備費用負担が大きい。スター型は、中心のノードに中継交換の機能を持たせる。スターの中心のノードを別のスターとつなげれば、ツリー(木)になる。従来の電話ネットワークの基本で、経済的である。ループ型は、中継交換を中心の1つのノードに集中させず、すべてのノードに分散して持たせることで、1つのノードが故障してもすべてのノードが通信不能になることはない。バス(母線)型は、1本の母線にコンピュータをぶら下げる方式で、校内や社内をつなぐLANに多く使われる。

実際のネットワークでは、メッシュ型は存在しない。ほとんどは、ループとスターの組み合わせになっている。

× a. 解説のとおりで、すべてのノードが中継交換機能を必要としない。

○ b. 解説のとおりである。中心の交換機能をもつノードが故障するとすべて通信不能となる。

---

第8回午前の部

- c. ループ型は、1つのノードが中継交換不能になっても、データを流す方向を変えれば他のノードには通信できる。
- × d. バス型は、すべてのノードは母線を共用しているので、交換機能は必要ない。
- e. 従来の電話ネットワークの基本で、回線の数が少ない分だけ経済的である。

【問題 18】 情報通信におけるセキュリティについて誤っているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1) パスワードは、ネットワーク利用の資格を有する本人を確認するための記号である。
- 2) ファイアウォールは、防火壁のように情報を護る機能をもつものである。
- 3) 暗号化は、情報通信におけるセキュリティの1つの方法である。
- 4) ワクチンは、ソフトウェアに被害を与えるウィルスを取り除くプログラムである。
- 5) ID は、通信ネットワークで情報盗聴防止のパスワードである。

【正解】 ②= 5)

【解説】 データを第3者からの不正な使用から守るための方策は、次の4項目にまとめられる。

- ①パスワード：コンピュータシステムの安全性や信頼性を維持するために使用される数字や文字列による符号。パスワードは正当な利用者かどうかを確認するためのユーザIDと組み合わせて使用することが多い。
- ②ファイアウォール：呼んで字のごとく、防火壁、不審な者の侵入を防ぐ手立てのことである。インターネットとLANとの間に置くことでデータ通信を管理し、外部からの攻撃や不正アクセスから内部ネットワークを守る仕組みである。
- ③暗号：データそのものを第3者が理解できないように暗号に変換する(暗号化)もの。ちなみに、暗号化されたデータを解読可能なデータへ変換することを復号化という。
- ④ワクチン、対ウイルス警報システム、ウィルス対策ソフト：ネットワークを通じて進入し増殖して悪さをするコンピュータウィルスを検出、駆除するためのユーティリティ・ソフトすでに発見されたウィルス・パターンを登録したデータベースを元に、ディスクやメモリーに潜むウィルスを検出し、必要に応じ警報を出す。

---

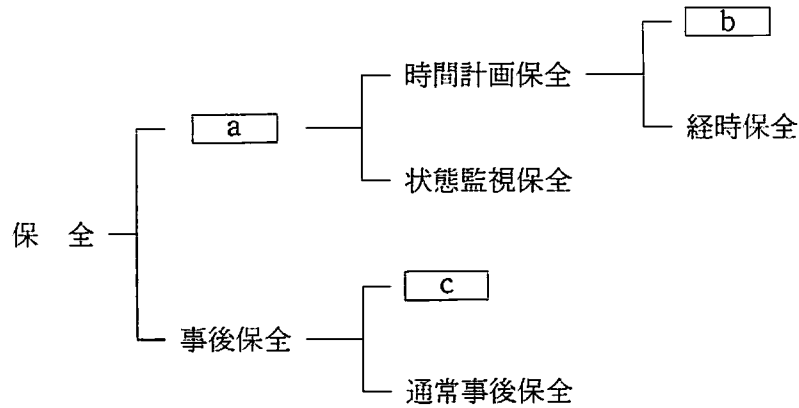
第8回午前の部

ほかに、ID(ユーザID)がある。IDは、識別子のことで情報システムの利用者を識別するための符号で、正当な利用者であることを確認するのが目的である。

- 1) 解説のとおり正しい。
- 2) 解説のとおり正しい。
- 3) 解説のとおり正しい。
- 4) 解説のとおり正しい。
- ×5) IDは、正当な利用者の識別が目的で、情報盗聴防止のパスワードではない。



【問題 19】 次の体系図は、JIS Z 8115：2000「ディペンダビリティ（信頼性）用語」による「保全」の管理上の分類である。空欄に当てはまる語句の組み合わせで正しいのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]



	a	b	c
1)	管理保全	非計画保全	定期保全
2)	管理保全	定期保全	緊急保全
3)	管理保全	緊急保全	現地保全
4)	予防保全	非計画保全	緊急保全
5)	予防保全	定期保全	緊急保全

第8回午前の部

[正解] ②=5)

[解説] 問題にある用語は次のとおりである。

- ①「管理保全」、「非計画保全」という用語はこの体系図では用いられない。
- ②「緊急保全」とは事後保全の1種であるが、通常、事後保全に対応して用いられる。
- ③「定期保全」とは予定の時間間隔で行う保全であり、累積の動作時間が一定値に達したときに行う経時保全に対応して用いられる。
- ④「予防保全」とは機器の使用中の故障の発生を未然に防止するために、規定の間隔または基準にしたがって行い、機能劣化または故障の確立を低減するために行う保全である。また対応して用いられる「事後保全」とは、故障等が発生してから行うものである。

したがって、は予防保全、は定期保全、は緊急保全である。

第 8 回午前の部

【問題 20】 2 種類の部品 A, B で構成された装置がある。それぞれの部品の使用数量は, A: 10 個, B: 2 個である。またそれぞれの故障率は, A: 5 FIT, B: 25 FIT である (FIT = 個(回)/10<sup>9</sup>時間)。この装置の MTBF はほぼ何時間となるか。番号を解答欄  ②  にマークせよ。[ 6 ]

- 1)  $4 \times 10^5$
- 2)  $1 \times 10^7$
- 3)  $3 \times 10^7$
- 4)  $7 \times 10^7$
- 5)  $1 \times 10^{11}$

【正解】 ② = 2)

【解説】 MTBF (平均故障間隔動作時間) は, 故障間動作時間の期待値と JIS で定義されとている。

また, ある特定期間中の MTBF は, その期間中の総動作時間を総故障数で除した値であり, 一般的には故障率の逆数になる。

この問題の解答を求めるためには, まず故障率を求め, その逆数から MTBF を求めればよい。

故障率  $\lambda$  は, 使用されている部品の故障率の総和で求まる。

$$\lambda = 10 \times 5(\text{FIT}) + 2 \times 25(\text{FIT}) = 100(\text{FIT}) = 100 \times 10^{-9}$$

したがって,

$$\text{MTBF} = 1/\lambda = 10^9/100 = 1 \times 10^7$$

が求まる。

第8回午前の部

【問題 21】 装置の信頼性に関する試験方法の1つに「加速試験」があるが、この「加速試験」とはどのような試験であるか。解答欄  に記述せよ。〔6〕

【正解】 ㉞ = (例) 試験に要する時間を短縮するために、試験条件を規定値より厳しくして行う試験。

【解説】 JIS では「アイテムのストレスへの反応に対する観測時間の短縮、または与えられた期間内のその反応増大のため、基準条件の規定値を超えるストレス水準で行う試験」と定義している。

機器の設計段階において、設計の妥当性を短期間で判断するため、温湿度環境を高めて試験をすることがよく行われる。

【備考】 ストレスを逆に下げると信頼性が向上する。このため、強制空冷により機器の内部温度を下げたり、1W の消費電力のところを5W の抵抗器を用いて発熱温度を下げるにより、機器の信頼性を高めることも行われる。これを「ディレーティング」という。

第8回午前の部

【問題 22】 電磁波による医用電気機器への影響に関する記述で正しいのはどれか。番号を解答欄⑳にマークせよ。〔6〕

- a. 携帯電話端末の出力は基地局との距離によらず一定である。
- b. アマチュア無線機は医用電気機器に対してほとんど影響を及ぼさない。
- c. 出力 1 mW の医用テレメータ送信機は植込み型心臓ペースメーカへ影響を及ぼすことがあるので、22 cm 以上離して使用する。
- d. 院内無線通信として PHS 端末が使用されるのは、携帯電話端末に比べて医用電気機器への影響が格段に少ないからである。
- e. 心臓ペースメーカ植込み患者は、盗難防止装置の近くで立ち止まるのは避けた方がよい。

- 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】 ㉑=10)

【解説】 電磁波による医用電気機器への影響に関する問題である。

- × a. 携帯電話端末の出力は基地局との距離によって変化する。基地局が近ければ近いほど出力は低くなる。
- × b. アマチュア無線機は携帯電話に比べて、医用電気機器に対する影響はむしろ大きいので、注意が必要である。
- × c. 出力 1 mW の医用テレメータ送信機は植込み型心臓ペースメーカへ影響を及ぼすことはない。
- d. 不要協指針では、手術室、ICU・CCU 等において、PHS 端末の電源を切ることになっているが、携帯電話端末に比べて医用電気機器への影響が格段に少ないことから、院内無線通信として PHS 端末が使用されている。
- e. CD ショップや図書館等に設置されている盗難防止装置から出る電磁波が、植込み型心臓ペースメーカに影響を与えることがあることは、実験により確認されている。したがって、心臓ペースメーカ植込み患者は、盗難防止

---

第 8 回午前の部

装置の近くで立ち止まるのは避けた方がよい。なお、盗難防止装置は正式名称を電子商品監視(EAS: Electronic Article Surveillance)機器となった。

【問題 23】 「フルプルーフ」と考えられるのはどれか。番号を解答欄 ㉔ にマークせよ。[6]

- a. 電気メスに対極板接触不良監視機構が備わっている。
- b. IABP 装置では何か重大なトラブルを感知すると、必ずバルーンを収縮状態にして停止するようになっている。
- c. ICU セントラルモニタで特殊設定画面に移行するには、パスワードの入力が必要である。
- d. 輸液ポンプに滴下異常が発生した場合、センサが感知して作動を停止する。
- e. 人工呼吸器の操作パネル面にカバーがされている。

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

[正解] ㉔=9)

[解説] 「フルプルーフ」と「フェイルセーフ」の違いに関する問題である。

「フルプルーフ」: 誤った行為を行えない(行いにくい)もしくは受け付けない。


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


- × a. 電気メスの対極板接触不良監視機構や対極板断線監視機構は、熱傷事故を未然に防ぐことができるので「フェイルセーフ」である。
- × b. IABP のバルーンは膨張状態で停止するより収縮状態で停止する方がより安全であるので、これは「フェイルセーフ」である。
- c. 不特定の使用者が、勝手にもしくは誤って特殊な設定を変更してしまうことを防ぐために、パスワードの入力が必要な場合があるが、これは「フルプルーフ」である。
- × d. 輸液ポンプの滴下異常状態が続けば非常に危険な事態になり得る。これを早期に感知して作動を停止するのは「フェイルセーフ」である。
- e. 人工呼吸器の使用者が不用意に設定を変更してしまうことを防ぐために、操作パネル面にカバーがされているものがあるが、これは「フルプルーフ」である。

第8回午前の部

【問題24】 JIS T 1006 で規定されている医用電気機器図記号とその名称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.  —— 部分回路入

b.  —— 停止

c.  —— 接地

d.  —— 非電離放射線

e.  —— 緊急警報











- 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



第8回午前の部

【正解】⑤=6)

【解説】安全通則が JIS T 1001/1002 から JIS T 0601-1 に改訂されたことに伴い、図記号に関しても従来の JIS T 1006 で規定されていたものに若干の変更があったが、ここで出題されているものには変更はない。

- a.  “部分回路入” で正しい。      これに対して “部分回路切” は 
- × b.  これは “始動” である。      “停止” は 
- c.  “接地” で正しい。      これに対して “保護接地” は 
- × d.  これは “電離放射線” である。      “非電離放射線” は 
- e.  “緊急警報” で正しい。      これに対して “警報一時切” は 

第8回午前の部

【問題 25】 健常成人において、生体組織に短時間に重大な影響があるとされる強度はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[4]

- 1) 静磁界 ——— 0.1 T
- 2) 静電界 ——— 1 kV/m
- 3) 直流電流 ——— 1 kA/m<sup>2</sup>
- 4) 超音波 ——— 1 kW/m<sup>2</sup>
- 5) 放射線 ——— 0.01Sv

【正解】 ㉔ = 3)

【解説】 生体組織に対し、短時間に重大な影響を与えるとされる各種物理エネルギーの強度については、具体的な数値が多くの教科書や文献に示されている。しかし必ずしも SI 単位で示されているとは限らず、より常識的、便宜的な cgs 単位を含む単位系が使われている。ここでは常識として知っておくべき、おおよその数値を、さらに SI 単位に正しく換算しうるかも含めて問われている。逆に SI 単位で表すと極めて直感的でない数値になってしまう場合があることも事実である。

- × 1) 静磁界については、短時間に重大な影響がある強度が十分に解明されていないが、検査機器である MRI で 1 T (テスラ) 程度の静磁界が利用されている事実から、0.1 T の静磁界強度では重大な影響は見られず、十分に安全と考えるべきであろう。
- × 2) 静電界については、200 kV/m 以上になってはじめて、体毛に微風が当たった感じが、また、2000 kV/m 以上になると生体先端部からコロナ放電を生じ灼熱感や痛みを感じるとされる。したがって、1 kV/m の程度の静電界は感知できず、重大な影響は見られない。上記の事実により、逆に 1 kV の高電圧がかかった導体に、空気中で 1 mm 以下まで接近してはじめてコロナ放電を起こし、異常に高い電流が流れることになる。ちなみに、生活環境の中で 1 kV/m 程度ないしそれを越す静電界や低周波電

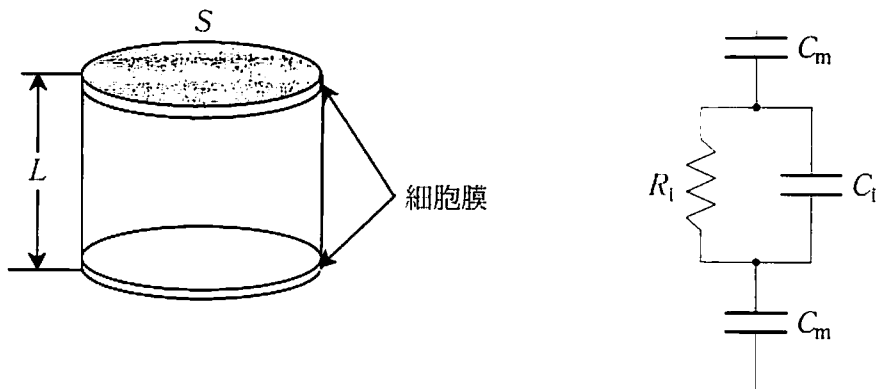
第8回午前の部

界に曝されることは多く、それらの例には、パソコンやテレビのブラウン管面付近、高圧送電線や交流電化鉄道架線の直下などがある。

- 3) 直流電流についてSI単位で示すと常識的でない表現になるが、 $1\text{ m}^2 = 10000\text{ cm}^2$ だから、 $1\text{ kA/m} = 0.1\text{ A/cm}^2 = 100\text{ mA/cm}^2$ となり、マクロショックのレベルと考えられ、生体組織とくに心筋においては短時間に重大な影響がありうる。
- ×4) 超音波については一般に $100\text{ mW/cm}^2$ が安全限界とされ、 $1\text{ W/cm}^2$ 程度からキャビテーションの発生が懸念される。これをSI単位に換算するとそれぞれ $1\text{ kW/m}^2$ 、 $10\text{ kW/m}^2$ となる。
- ×5) 放射線の生体影響には従来、線量当量のcgs単位であるrem(レム)が用いられてきたが、 $1\text{ rem}$ 程度の線量当量では重大な影響が見られない。SI単位Sv(シーベルト)では $1\text{ rem} = 0.01\text{ Sv}$ となる。

第8回午前の部

【問題 26】 図は細胞の円筒模型とその電氣的等価回路である。電界は上面に垂直であるとし、側面の細胞膜は考えないものとする。細胞の長さ  $L$  は 1 mm, 面積  $S$  は  $1 \text{ mm}^2$ , 細胞膜の厚さは 10 nm, 細胞膜の導電率は 0, 電気容量は  $1 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ , 細胞内液の導電率は  $2 \text{ S/m}$ , 誘電率は  $50 \times 10^{-10} \text{ F/m}$  とするとき, 以下の設問に答えよ。



- 26-1 細胞内液抵抗  $R_1$  の値はいくらか。解答欄  ㉔ に記入せよ。[3]
- 26-2 細胞膜の電気容量  $C_m$  の値はいくらか。解答欄  ㉕ に記入せよ。[3]
- 26-3 細胞内液の電気容量  $C_i$  の値はいくらか。解答欄  ㉖ に記入せよ。[3]
- 26-4  $\beta$  分散周波数はいくらか。解答欄  ㉗ に記入せよ。[3]

第8回午前の部

[正解] ㊦=500 Ω ㊧=0.01 μF ㊨=5 pF ㊩=32 kHz

[解説] 脳波、心電図など生体の電気現象は病気の診断に極めて重要であり、この現象を正確に理解するためには生体の電気的特性の基礎を理解しておく必要がある。また、臨床工学技士としては患者をマクロショック、マイクロショックなどから守らなければならない義務がある。すなわち、電気安全の観点からも生体の電気特性を充分理解しておく必要がある。

生体組織のインピーダンスは衆知のごとく α, β, γ 分散と呼ばれる緩和現象があり、このうち、細胞の形状、配列、組織の構造に関係している構造分散とも呼ばれている β 分散が特に重要である。

β 分散は電気的特性を異にした組織の層状構造等が関係し、組織インピーダンスが周波数とともに変化する現象である。ここでの問題は、細胞膜と細胞内液との層状構造による β 分散に関する問題である。

26-1

細胞内液抵抗  $R_i$  を求める問題である。 $R_i$  は細胞内液抵抗率(導電率  $\sigma_i$  の逆数)と細胞の断面積  $S$  と長さ  $L$  から次式のように示される。

$$R_i = \frac{L}{\sigma_i S} = \frac{1 \times 10^{-3} \text{m}}{1 \times 10^{-6} \text{m}^2 \times 2 \text{S/m}} = 500 \Omega \text{ となる。}$$

26-2

細胞膜容量  $C_m$  を求める問題である。細胞膜の誘電率は測定が困難であるため、問題文に示すように、独特の単位を示しているので充分注意する。本来、誘電体の電気容量  $C$  は誘電率を  $\epsilon$ 、面積を  $S$ 、長さを  $L$  とすると次式で表される。

$$C = \epsilon \frac{S}{L}$$

しかし、細胞膜容量  $C_m$  は、誘電率の代わりに電気容量  $\epsilon_m$  [F/cm<sup>2</sup>]を与え、次式のようになることに気をつける。

$$C_m = \epsilon_m S = 10^{-2} \frac{\text{F}}{\text{m}^2} \times 1 \times 10^{-6} \text{m}^2 = 0.01 \times 10^{-6} \text{F} = 0.01 \mu\text{F} \text{ となる。}$$

26-3

細胞内液の電気容量を求める問題。電解液の電気容量ということではなんだろうと考えてしまう人もいると思う。物質は誘電的性質をもっているが、一般に電解液では導電的性質が主に現れてきてしまうため不思議に思われる。たとえば、純水は導電率が零に近いので絶縁物と考えられていたり、0.9%の食塩水では約  $1.7 \text{ S/m}$  ( $20^\circ\text{C}$ ) であるため良導体と考えられていたりする。しかし、水は約 50 という大きな比誘電率をもっている。水は衆知のごとく水素と酸素でできている。この水素と酸素が対称に結合されていないため電気的雙極子を形成しているためである。細胞内液は水溶液であるから、この水の性質をもち問題文中の誘電率  $\epsilon_i$  を示す。細胞内液の電気容量  $C_i$  は次式のように示される。

$$C_i = \epsilon_i \frac{S}{L} = 50 \times 10^{-10} \frac{\text{F}}{\text{m}} \times \frac{10^{-6} \text{m}^2}{10^{-3} \text{m}} = 5 \times 10^{-12} \text{F} = 5 \text{ pF}$$

26-4

$\beta$  分散周波数  $f_\beta$  とは、細胞膜容量による細胞膜インピーダンスと細胞内液抵抗が等しくなる周波数をいうので、次式で与えられる。

$$\frac{1}{\omega_\beta C_m} = R_i,$$

$$f_\beta = \frac{1}{2\pi C_m R_i} = \frac{1}{2\pi \times 0.01 \times 10^{-6} \text{F} \times 500 \Omega} = \frac{1}{\pi \times 10^{-5}} \text{ Hz} = 32 \text{ kHz}$$

【問題 27】 生体の電磁波伝搬特性について正しいのはどれか。番号を解答欄

②7 にマークせよ。[6]

- a. 体表面の2箇所に電極を装着し、100 kHz 程度の高周波電流を流した場合、電流は表皮に集中して流れる。
- b. 10 GHz の電磁波を体表面より照射した場合、透過深度（電磁界強度が  $1/e$  に減衰する深さ。ただし、 $e$  は自然対数の底）は約 3 cm である。
- c. 血液の可視光後方散乱強度が最大になるヘマトクリット値が存在する。
- d. 紫外線では、波長が長くなると体表面からの透過深度が深くなる。
- e. X 線は、体内で生体作用が極大になる深さをもつ。

- 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】 ②7 = 8)

【解説】 下限周波数に近い高周波から、X 線に至る広範囲な電磁波の生体組織内の伝搬特性について、熟知して欲しい事項を集めた雑多内容の問題である。

- × a. 表皮効果により電流が主に体表面を流れるような状況は、100 kHz よりはるかに高い周波数でみられ、100 kHz 程度の長波の領域では、電流は、やはり主に導電性の高い生体内部を流れる。
- × b. 10 GHz の電磁波の波長は空気中で約 3 cm、生体組織中で約 4 mm の程度である。このとき透過深度は皮膚や筋で 1～5 mm といわれる。
- c. 血液中で前方に光を照射したとき、血球など血液に含まれる微粒子に反射散乱して照射部位の周囲に戻ってくる光を後方散乱光という。ヘマトクリット値が低いと反射散乱粒子が少ないために後方散乱光は減少し、またヘマトクリット値が高いと光路に介在する粒子に遮られて後方散乱光はやはり減少する。そのために光の波長や後方散乱光の検出部位によっては最大になるヘマトクリット値が存在する。
- d. 一般に光の波長が短いほど生体表面からの透過深度(定義は解答肢 b を参

---

第 8 回午前の部

照)は浅くなる。これは紫外線だけの性質ではないが、日焼けのメカニズムに関連して紫外線ではとくに重要視され、紫外線を波長により UVa (320~400 nm), UVb(290~320 nm), UVc(190~290 nm) の 3 段階に分けて皮膚での透過深度の違いによる紫外線の生体影響が論じられ、UVc は皮膚の上部構造である角質層ないし顆粒層まで、UVb は真皮内まで、そして UVa は深部の皮下組織まで到達するといわれる。

- × e. 放射線の中でも、陽子線のような重粒子線では 10 cm 程度の或る深さで生体作用が最大になる、いわゆる Bragg peak が見られるが、X 線のような電磁波では Bragg peak が見られず深さとともに単調に低下して行く。



【問題 28】 イオンの能動輸送が関係しているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. 糸球体での水の濾過
- b. 尿細管での水の再吸収
- c. 細胞膜電位の維持
- d. 肺胞でのガス交換
- e. 白血球の貪食作用

- 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】  = 5)

【解説】 生体内での機能の維持や物質の輸送には、濃度差による拡散現象のほか、生体に特徴的な、イオンの能動輸送が関与し、巧みな生命現象を展開している。その代表例に細胞膜電位の維持と尿細管での水の再吸収に、イオンの能動輸送を利用したメカニズムがある。細胞膜電位を保ち細胞膜が活動電位を発生できる状態に置くためには、細胞内液と細胞外液のナトリウムイオンおよびカリウムイオンに濃度差があることが必要である。細胞膜には能動的に細胞内の  $\text{Na}^+$  を細胞外へ汲み出し、それと交換に  $\text{K}^+$  を汲み入れる機構が働いている。また、尿細管での水の再吸収は、低濃度から高濃度へのナトリウムイオンの能動輸送に伴って、水が拡散に反し高濃度側へ輸送されることを利用している。

- × a. 糸球体での水の濾過は、水の拡散による。
- b. 尿細管では、ナトリウムイオンの能動輸送に伴い、これに付随して水が輸送され再吸収されて、数百倍に及ぶ尿の濃縮が行われる。
- c. 細胞膜電位の維持のために、細胞膜ではナトリウムイオンとカリウムイオンを能動輸送する、ナトリウム-カリウムポンプが働く。
- × d. 肺胞でのガス交換は、ガス濃度差に伴う拡散による。
- × e. 白血球の貪食作用は、生体に特異な免疫反応の1つである。

【問題 29】 レイノルズ数は流れのもつ慣性力と粘性力の比を表し、血管内での血液の流れの状態を示すのによく利用されている。次に示す血管系のパラメータのうちの1つのみが変化したとき、レイノルズ数を低下させるのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[4]

- 1) 血圧の上昇
- 2) 血管径の増大
- 3) 血管壁の硬さの増大
- 4) 血流速度の上昇
- 5) 血液粘性の増加

[正解] ②=5)

[解説] レイノルズ数  $Re$  は、

$$Re = \rho \cdot L \cdot v / \mu$$

で表される無次元数で、 $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] は流体の密度、 $L$  [m] は代表的な長さ(ここでは血管の内径)、 $v$  [m/s] は血流速度、 $\mu$  [kg/(m·s)] は血液の粘性率である。レイノルズ数  $Re$  は流れのもつ慣性力と粘性力の比を表すといわれる。慣性力が優位であれば流体は暴れ、乱流に向かうし、粘性力が優位であれば流体は穏やかな層流となる。乱流に至る境界(臨界レイノルズ数)は  $Re \approx 2000$  の付近といわれ、これを越すと乱流に移行しやすい。血管系のパラメータの1つが変化したことが他のパラメータをも変化させるので、レイノルズ数への影響は複雑になるが、この式に直接表れているパラメータのうち流体の密度  $\rho$  は現実にはほとんど変化しないので、1つのパラメータのみが変化したときレイノルズ数を低下させるものには  $L$ 、 $v$  の減少と  $\mu$  の増加がある。そのほかに、血圧なども間接的にレイノルズ数を変化させうる。

- × 1) 血圧が上昇すると  $L$  や  $v$  が増大し、上式よりレイノルズ数が上昇する。
- × 2) 血管径の増大は  $L$  の増大であり、上式よりレイノルズ数が上昇する。
- × 3) 血管壁の硬さの増大は直接レイノルズ数を変化させる要因ではない。

---

第 8 回午前の部

- × 4) 血流速度  $v$  の上昇は上式よりレイノルズ数が上昇する。
- 5) 血液粘性の増加は  $\mu$  の増加であり、上式よりレイノルズ数が低下する。

第8回午前の部

【問題 30】 熱伝導率を  $k$ 、距離  $x$  の方向への温度勾配を  $dT/dx$  とするとき、 $q = -k \cdot dT/dx$  で表される  $q$  はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。

[ 4 ]

- 1) 温度上昇
- 2) 熱容量
- 3) 熱流量
- 4) 単位面積あたりの熱流
- 5) 熱抵抗

[正解] ⑩ = 4)

【解説】 従来から慣用されてきた cgs 単位および cal(カロリー)を使い熱伝搬での諸量の単位を考えると、熱伝導率  $k$  は  $[\text{cal}/(\text{cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})]$ 、温度勾配  $dT/dx$  は  $[^\circ\text{C}/\text{cm}]$  である。以上を設問の式に代入すると  $q$  の単位として  $[\text{cal}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2)]$  が得られる。これは単位時間、単位面積当たりの熱の移動を表しており、単位時間当たりの熱の移動  $\equiv$  熱流なので、単位面積当たりの熱流、つまり熱流密度となる。熱の関連ではあまり一般的でない SI 単位でも結果は同様である。

- × 1) 温度上昇：単に  $T [^\circ\text{C}]$  の次元である。
- × 2) 熱容量：単位の体積の物質を単位の温度だけ上昇させるに要するエネルギー  $[\text{cal}/(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})]$  で、生体組織など物質の物性量であって比熱に近い概念である。
- × 3) 熱流量：全体の熱流  $[\text{cal}/\text{s}]$  である。
- 4) 単位面積当たりの熱流：熱流密度  $[\text{cal}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2)]$  のことで、設問の式の右辺と単位が合致する。
- × 5) 熱抵抗：温度差/熱流量  $[\text{s} \cdot ^\circ\text{C}/\text{cal}]$  で、生体組織など物質の物性量であって熱の伝わりにくさを表す。

第8回午前の部

【問題 31】 次の医用材料とその使用目的との組み合わせで正しいのはどれか。

番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- a. ポリメチルメタクリレート —— コンタクトレンズ
- b. ハイドロキシアパタイト —— 人工肺
- c. シアノアクリレート —— 接着剤
- d. シリコーンゴム —— 人工血管
- e. ポリテトラフルオロエチレン —— 大動脈バルーンカテーテル

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

【正解】 ① = 2)

【解説】

- a. ポリメチルメタクリレート：硬質プラスチックの1つで、義歯、ハードコンタクトレンズ、眼内レンズなどに用いられる。
- × b. ハイドロキシアパタイト：歯、骨の成分であり、骨組織に埋めると材料と骨組織が結合し、結晶を生じる。生体適合性に優れ、人工骨、歯科材料などに用いられる。
- c. シアノアクリレート：液状高分子材料の1つで、医用接着剤に利用されている。
- × d. シリコーンゴム：弾性材料や繊維材料として利用されており、前者ではバルーンカテーテル、後者では気体透過性のよいことから人工心肺膜としても使用されている。
- × e. ポリテトラフルオロエチレン：耐熱性・耐薬品性に優れ化学的に安定した材料で、生体適合性にも優れる。人工血管、人工腱・靭帯に使用されているが、成形加工しにくいため大動脈バルーンカテーテルには用いられない。

【問題 32】 熱に弱い医用材料に適した、現在使用されている滅菌法を2つ挙げ、  
解答欄  ,  に記入せよ。[3×2=6]

【正解】 ①, ② = E.O.G. 滅菌,  $\gamma$ 線照射滅菌など

【解説】 熱に弱い材料に対しては、ガス滅菌、放射線滅菌などが適用される。

①ガス滅菌(温度 40~60°C, 湿度 50~60%程度でガスに暴露)

a. エチレンオキシドガス(酸化エチレン, EOG)滅菌

条件: EO 濃度 500~600 mg/l, 温度 55°C, 湿度 50~55%で2~3時間

特徴: 残留ガスの毒性が指摘されている。滅菌後のエアレーションが  
1時間以上必要。

機序: 微生物の核酸や蛋白質の官能基と結合し不活化およびアルキル化反  
応など

対象: 加熱滅菌できない内視鏡等の各種医療用具の滅菌に利用

b. ホルムアルデヒドガス滅菌

②放射線照射滅菌

条件:  $\gamma$ 線(コバルト 60)による照射。通常, 約 25 kGy 照射

特徴: 滅菌が確実で, 残留物がなく安全である。大規模装置が必要。

機序: 微生物の核酸への障害

対象: プラスチック注射筒など加熱できないディスposable医療用具などの  
滅菌に利用

③プラズマ滅菌

条件: 過酸化水素を気化させ, 高周波をかけてプラズマを発生させて滅菌する。

特徴: 低温での滅菌ができ, 残留物がなく安全である。ただし, 液体や布類な  
どの滅菌はできない。

機序: 過酸化水素から発生したフリーラジカルの作用

対象: 加熱できない医療用具や湿度を嫌う医療機器などの滅菌に利用

第8回午前の部

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

- a. 組織吸収
- b. 遅延アレルギー
- c. 石灰化
- d. 悪性腫瘍化
- e. 炎症反応

- 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 = 6)

[解説]

- × a. 組織吸収：慢性異物反応
- b. 遅延アレルギー：慢性毒性反応
- × c. 石灰化：慢性異物反応
- d. 悪性腫瘍化：慢性毒性反応
- × e. 炎症反応：急性毒性反応

第8回午後の部

【問題1】 医療機器の購入にあたり、購入すべき機種選定の評価のため、検討すべき項目として、性能（機能）以外に3つの項目を挙げ、解答欄  ～  に記入せよ。[2×3=6]

【正解】 A～C=安全性、経済性、耐久性、信頼性、操作性、保守管理の容易性など

【解説】 医療機器を購入するにあたっての機種選定のための評価に関する問題である。

この評価は、病院管理の立場から行うことが不可欠である。すなわち、医療機能維持の面から、性能、安全性、信頼性、耐久性、操作性などが求められ、経営面からは経済性が、さらには機器管理の面から保守管理の容易性などについての検討が必要となる。



【問題2】 医療機器の保守管理について誤っているのはどれか。番号を解答欄

① にマークせよ。[5]

- a. 医療機器の保守点検業務に関しては、薬事法に基づく政令により規定されている。
- b. 医療機器の保守点検業務に関する厚生労働省令で定める基準に適合するものの認定は、「医療関連サービスマーク制度」の中で行う。
- c. 故障の有無にかかわらず、解体の上点検し、必要に応じて劣化部品の交換等を行うことは、保守点検の業務に含まれる。
- d. 医療機器の保守点検業務は、PL法という製造物にあたらぬ。
- e. 医療機器の保守点検は、臨床工学技士の名称独占行為である。

- 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] この問題は、薬事法に基づく修理業および医療法による医療機器の点検業務、PL法と医療機器の保守点検との関係などに関する問題である。それぞれの事項について正しいかどうかをしてみる。

- × a. 医療機器の保守点検業務に関しては、医療法に基づく政令により規定されている。
- b. 医療法施行令という厚労省令で定める基準に適合するものの認定は、(財)医療関連サービス振興会が厚労省の委託を受け、いわゆるマル適マークである「医療関連サービスマーク制度」の中で行うこととなっており、医療機器の保守点検業務もこれに含まれる。
- × c. 故障の有無にかかわらず、解体の上点検し、必要に応じて劣化部品の交換等を行うことは、医療法によると保守点検の業務には含まれない。
- d. 医療機器の保守点検や修理に関する業務は、PL法にいう製造物にはあたらないと解されている。

---

第 8 回午後の部

- e. 医療機器の保守点検は、臨床工学技士の名称独占行為であるから、実際には職種にかかわらず行うことができる。

第8回午後の部

【問題3】 JIS T 0601-1 中で規定されている「保護接地線の抵抗」の試験は、商用交流を流して行うが、定格電流が 20 A の機器の場合、最低いくらの電流を流して行うべきか。番号を解答欄  ②  にマークせよ。[6]

- 1) 10 A
- 2) 20 A
- 3) 25 A
- 4) 30 A
- 5) 40 A

【正解】 ② = 4)

【解説】 保護接地線の抵抗測定法は、JIS T 0601-1 の 18. 保護接地、機能接地および等電位化の f) に次のように述べられている。

「無負荷時の電圧が 6 V を超えない、周波数 50 Hz または 60 Hz の電流源から 25 A かまたは機器の定格電流の 1.5 倍の電流の内どちらか大きい方の電流値 ( $\pm 10\%$ ) を少なくとも 5~10 s 間、保護接地端子、電源ソケットの保護接地刃 (保護接地端子) または電源プラグの保護接地刃と、基礎絶縁の不良時に生きとなるおそれのある各接触可能金属部との間に流す。」

そこで、題意の被測定機器の定格電流 (機器の仕様で決められた電源に流れる電流の最大値) が 20 A であることを考えると、その 1.5 倍は 30 A であるから、上記の「25 A かまたは機器の定格電流の 1.5 倍の電流の内どちらか大きい方の電流値」としては、30 A で試験しなければならないことが分かる。

【問題4】 JIS T 0601-1 中で規定されている「連続漏れ電流および患者測定電流の許容値」で、装着部の形に関係なく、共通で同じ値が定められている電流の種類名を2つ挙げ、解答欄  ,  に記入せよ。[3×2=6]

【正解】 ㉑, ㉒ = 「接地漏れ電流」「外装漏れ電流」「患者漏れ電流 I の直流値」「患者測定電流の直流値」のうちのいずれか2つ(順序は問わない)

【解説】 JIS T 0601-1 中の「連続漏れ電流および患者測定電流の許容値」の表の中で、装着部の形(B形, BF形, CF形)にかかわらず同じ値をとるのは、「接地漏れ電流」「外装漏れ電流」「患者漏れ電流 I の直流値」「患者測定電流の直流値」の4つである。これを書けばよい。

ただし、その理由についてのしっかりした理解が必要である。

- 接地漏れ電流 : 保護接地線を通る電流であるから装着部の形には関係がない。保護接地線断線時にはこの電流は外装漏れ電流になる。
- 外装漏れ電流 : 機器外装に触れた人に流れる電流で、基本的には「マクロショック」だけを考えればいいので、すべての形についてB形と同様の値をとる。すなわち、正常状態で、最小感知電流1mAの1/10の0.1mA、単一故障状態では最小感知電流1mAの1/2の0.5mAである。
- 患者漏れ電流 I : 患者漏れ電流は当然、装着部が体表適用か心臓適用かで違う。  
の直流値 : 前者はマクロショック対策で十分だが、後者にはマイクロショック対策が必要だからである。しかし、直流値は、わずかでも化学熱傷(電気分解によってできる化学物質による組織損傷)が起こる可能性があるため、厳しく規制した。このため、すべての形で、CF形の交流規制値と同じ値になっている。
- 患者測定電流 : この電流は、患者に直接流れるということにおいては上記の患者漏れ電流 I と同じであるので、同じような規制値が決められている。  
の直流値

第8回午後の部

【問題5】 ある機器の警報システムを調べた。JIS T 1031「医用電気機器の警報通則」の規定に反しているのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。

[6]

- 1) 警報音を減衰できる手段を備えていた。
- 2) 緊急警報が自動解除できなかった。
- 3) 警報音の最大音圧レベルが100 dBであった。
- 4) 警戒警報の減衰された最小音圧レベルは60 dBであった。
- 5) 警報の一時停止の設定停止時間は20分間であった。

【正解】 ③ = 5)

【解説】 JIS T 1031の主要な規定に関する問題で、基本的な考え方を理解していれば容易に解ける。(「第1種ME技術実力検定試験」講習会テキスト、第III部A. ME総論、第2章2-2共通規格、(F) JIS T 1031「医用電気機器の警報通則」参照)

- 1) 「警報音は、一時的に停止、または減衰できる手段を備えていることが望ましい。」と規定されている。
- 2) 「緊急警報は、自動解除できないこと。」と規定されている。
- 3) 「警報音の最大音圧レベルは70 dB以上であること。」と規定されている。  
なお、100 dBとは別表に示すように「電車の通るガード下」であるから、かなりの音量である。
- 4) 「警戒警報および注意報の減衰された最小音圧レベルは、40 dBであること。」と規定されている。
- ×5) 警報音の一時停止に関して「停止時間は10分を超えてはならない。」と規定されている。

第8回午後の部

[表] 音（騒音など）のレベル [dB] と音の例示

音レベル[dB]	音の例
120	飛行機のエンジンの近く
110	自動車の警笛(前方2m)
100	電車が通るときのガード下
90	大声による独唱, うるさい工場の中, カラオケ
80	地下鉄の車内, ピアノ
70	電話のベル, うるさい街道, うるさい事務所の中
60	静かな乗用車, 普通の会社, クーラ
50	静かな事務所
40	市内の深夜, 図書館, 静かな住宅地の昼
30	郊外の深夜, ささやき声
20	木の葉のふれあう音, 置き時計の秒針の音(前方1m)

【問題6】 JIS T 0601-1-1:1999「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」について正しいの  
はどれか。番号を解答欄  ④  にマークせよ。[5]

- 1) 医用電気システムは市販のVTRなどの一般機器を含んでいてもよい。
- 2) システムを構成する医用電気機器はクラスⅠ機器でなければならない。
- 3) この規格での「患者環境」の範囲はJIS T 1022「病院電気設備の安全  
基準」の規定と同じである。
- 4) 保護接地線の断線時における許容外装漏れ電流は0.5 mA を超えてはな  
らない。
- 5) 正常状態における患者漏れ電流は、すべての形の装着部で0.01 mA を  
超えてはならない。

[正解] ④=1) または4) [正解肢が2つになってしまって、不適切な問題であ  
る。]

[解説] 複数の機器が組み合わされて1つの装置になっているものを「システム」  
と呼ぶが、問題のJISは、そのシステムの安全性に関する基準である。

- 1) 「医用電気システム」の定義は「次の接続によって指定した機能をもつ、  
複数の医用電気機器の組合せまたは医用電気機器と他の非医用電気機器と  
の組合せ。カップリングおよび/またはマルチタップ」となっており、市  
販のVTRなどの一般機器を含んでいてもよい。
- ×2) システム内の医用電気機器のクラス分類に対する制限はない。
- ×3) この規格での「患者環境」の範囲(例)は周囲1.5 m、高さ2.5 mで、JIS  
T 1022「病院電気設備の安全基準」の規定の周囲2.5 m、高さ2.3 mと若  
干の違いがある。
- 4) 「非永久設置の保護接地線の断線時における、患者環境でのシステムの部  
分からのまたは部分間の許容外装漏れ電流は、0.5 mA を超えてはならな  
い。」と規定されているので正しい。

---

第8回午後の部

- ×5) 「正常状態における患者漏れ電流は、B形装着部およびBF形装着部では0.1mA、CF形装着部では0.01mAを超えてはならない。」と装着部の形別に規定されている。



第8回午後の部

【問題7】 JIS T 1022 の中では、接地極の接地抵抗は原則  $10\ \Omega$  以下と規定している。土壌の質などの関係でこれが実現できない場合の緩和条件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) 等電位接地をすれば  $100\ \Omega$  まで許容する。
- 2)  $50\ \text{m}^2$  未満の部屋の場合は  $15\ \Omega$  まで許容する。
- 3) 水道管を利用して接地極とした場合は  $50\ \Omega$  まで許容する。
- 4) 床を導電床にすれば  $20\ \Omega$  まで許容する。
- 5) 非接地配線をすれば  $1\ \text{k}\Omega$  まで許容する。

【正解】 ⑤ = 1)

【解説】 JIS T 1022 「病院電気設備の安全基準」では、接地極の抵抗に関しては、「医用接地方式に用いる接地抵抗値は、原則として  $10\ \Omega$  以下とすること。ただし、 $10\ \Omega$  以下とすることが困難な場合には、医用室に等電位接地配線を行うことによって、接地抵抗値を  $100\ \Omega$  以下とすることができる。」と、規定されている。

よって、「1) 等電位接地をすれば  $100\ \Omega$  まで許容する。」が正しい。

【問題8】 建物の建築構造体の地下部分の接地抵抗  $R[\Omega]$  は、大地の抵抗率  $\rho[\Omega\text{m}]$ 、建物地下部分の延べ表面積  $A[\text{m}^2]$  を求めて式によって計算してよいことになっている。その式はどれか。場番号を解答欄  にマークせよ。[6]

- 1)  $R=3 \times 0.4 \rho / \sqrt{A}$
- 2)  $R=2 \pi \times 0.4 \rho / \sqrt{A}$
- 3)  $R=2 \pi \times \rho / (3 \sqrt{A})$
- 4)  $R=0.4 \rho / \sqrt{A}$
- 5)  $R=0.4 \rho / (3 \sqrt{A})$

【正解】 ⑥=1)

【解説】 JIS T 1022「病院電気設備の安全基準」では、接地極に関して、「建物の建築構造体の地下部分を使用した接地極の接地抵抗値は、附属書に示す方法によって計算してもよい。」とされており、付属書には、「建物の建築構造体の地下部分の接地抵抗  $R[\Omega]$  は、大地の抵抗率  $\rho[\Omega\text{m}]$ 、建物地下部分の延べ表面積  $A[\text{m}^2]$  を求め、次の式によって計算する。

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

【備考】 式中の数値3は、「理論値に対する安全係数である。」と書かれている。

これは、大きな建築物で接地抵抗を測定することは容易ではない。そこで、地下部分の表面積から、概略計算をしてもよいことにしたのである。

なお、この理論式(式の「3×」以降)は、同じ表面積をもった半球電極を仮定して計算されている。

半径  $r$  の半球電極の接地抵抗  $R$  は、 $R=\rho/(2 \pi r)$  である。半球の表面積  $A$  は  $2 \pi r^2$  であるから、

$$r^2=A/(2 \pi) \text{ となり、 } 2 \pi r=2 \pi \sqrt{A/(2 \pi)}=\sqrt{2 \pi} \cdot \sqrt{A} \text{ で、結局、}$$

$$R=\rho/(\sqrt{2 \pi} \cdot \sqrt{A}) \text{ となる。ここで、 } 1/\sqrt{2 \pi} \doteq 0.4 \text{ であることに着目すると}$$

$$R=0.4 \rho/\sqrt{A} \text{ という、付属書の式の(3×)以降の式(理論式)になるのである。}$$

---

第8回午後の部

また、“3”は付属書の備考に書かれているように、「理論値に対する安全係数」で、さまざまな仮定の上の理論式であることから、その理論が当てはまらないことを想定して、計算式の3倍が規定値(10Ω以下)以下であれば間違いはないであろうという意味の数である。そこで、付属書の式でも、 $3 \times 0.4 = 1.2$ と計算してしまわないで、「3×」とわざわざ書いているのは、この3が「安全係数」であることを示すためである。

以上のことより1)が正しい。

第8回午後の部

【問題9】 次のバイオフィクリーン環境に関する文章の空欄に当てはまる語句、数値を解答群から選び、番号を解答欄⑦、⑧にマークせよ。[3×2=6]

空中の浮遊細菌は塵埃に付着して存在し、0.5 $\mu$ m以上の粒子数にほぼ比例するといわれている。手術室やICU、免疫力の低下した患者の病室などではエアボーンインフェクションの危険性を低減するため、空調の⑦に高性能なHEPA (High Efficiency Particulate Air) フィルタを使用してNASAクリーンルームの基準、クラス100やクラス10,000に準じた環境を整えるところが多い。このとき使用されるHEPAフィルタは、IESの規格IES-RP-CC-001-83-Tで粒径⑧ $\mu$ m以上の塵埃を99.97%以上補足することができるとされている。

⑦の解答群

- 1) 外気取り入れ口      2) プレフィルタ      3) 再循環回路  
4) 噴出口                5) 排気口

⑧の解答群

- 1) 0.03      2) 0.1      3) 0.3      4) 0.5      5) 1.0

【正解】⑦=4) ⑧=3)

【解説】空調設備は感染対策の面からも重要な設備である。手術室やICU、滅菌材料を扱うところでは、塵埃を除去し清潔な空気環境を維持するため、濾過効率が低い高性能なHEPA (High Efficiency Particulate Air) フィルタを使用することが不可欠となっている。空気の清浄度はバクテリアが付着すると考えられる0.5 $\mu$ m以上の塵埃の数によってクラス分けされ、一般的にはNASA (National Aeronautics and Space Administration)が決めた1ft<sup>3</sup>の空気中に含まれる粒子の数を基準に示される。クラス100あるいはクラス10,000といわれ

---

#### 第8回午後の部

るのは空気 1 ft<sup>3</sup> 中に塵埃の数がそれぞれ 100 個以内あるいは 10,000 個以内であることを意味している。ちなみに普通の部屋の清浄度はクラス 100 万，地下街ではクラス 1000 万程度である。

粒径 0.3 μm 以上の塵埃を 99.97% 補足することができるフィルタを HEPA フィルタとして分類している。空調用外気の塵埃を HEPA フィルタのみで取り除くと、すぐ目詰まりを起こすため、HEPA フィルタの前に 1 段あるいは 2 段のプレフィルタを置いて、粒径の大きなものをあらかじめ取り除いた後、HEPA フィルタで粒径の小さな塵埃を取り除いている。したがって、HEPA フィルタは吹き出し口に近い位置にセットされる。100%フレッシュエアーで空調すると熱効率が悪く、フィルタの寿命も短くなるので、一般的には清浄度の高い排気を吸気側に戻す再循環回路を設けた空調システムが多い。

第8回午後の部

【問題10】 一般用より強度や性能を強化した規格になっている医用コンセントは、医用差込接続器として JIS T 1021 で規定している。接地端子（接地ピンの刃受）についてはリード線付き、保持力（抜け難さ）は 15 A 用では 15～60 N と規定されている。以下の設問に答えよ。

10-1 「リード線付き」と規定されている理由を 100 字以内で解答欄 ⑦ に記述せよ。[4]

10-2 保持力に範囲（15～60 N）が規定されている理由を 100 字以内で解答欄 ⑧ に記述せよ。[4]



図 医用コンセントの写真（裏側から見た写真）  
接地極受け刃にリード線がリベット止めしてある。

【正解】㉗=(例)接続部をネジ止めにするると経年劣化による接触抵抗の増加によって、機器間に電位差が生じ、漏れ電流による事故が起きる恐れがある。

㉘=(例)保持力の下限は接触抵抗を充分低く押さえるためで上限はコードを引っ掛けたとき、抜けることで人が転倒する事故を起きにくくするため。

【解説】接地端子のリード線がネジ止めされていると、コンセントの経年劣化により接地リード線接続部分の接触抵抗が増加した場合、EPR(Equipotential Patient Reference)環境が保てなくなりマイクロショックが発生する危険性がある。このような危険性を防ぐため、医用コンセントの接地端子がリード線付きと規定されており、溶接あるいはリベット止めなどの方法で固定されている。

また、コンセントの歯受けが抜けやすくなると接触抵抗の増加によって接地線の電位上昇や電源電圧の低下などが起こる。接触抵抗を低く抑えておくためにはある程度の強さでプラグの歯を保持する必要がある。この最低の基準として15 Nが決められている。上限の60 Nは、不用意に電源プラグが抜けて機器が止まる事故を防ぐためと思われがちである。しかし、もし床を這った電源コードに足をとられたとき、プラグがコンセントから抜けなかったら転倒して事故が起こりかねない。このため電源コードが足に絡んだときには、プラグが抜けて転倒事故を未然に防げるように上限の60 Nが決められている。

【問題 11】 JIS T 7101「医療ガス配管設備」で規定されている医療ガスの標準圧力と配管端末器最大供給量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. 手術器械駆動用圧縮空気の標準圧力は治療用圧縮空気のそれより低いこと。
- b. 静止圧状態において、酸素の標準圧力は亜酸化窒素のそれより約 30 kPa 高いこと。
- c. 酸素の配管端末器最大流量は 30 Nℓ/min 以上あること。
- d. 配管端末器の数が多い場合、標準圧力低下防止目的で配管の途中で圧力調整器を設けることができる。
- e. 酸素、亜酸化窒素、治療用空気の標準圧力は  $392 \pm 49$  kPa である。

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

[正解] ⑨ = 7)

[解説]

- × a. 手術器械駆動用圧縮空気の標準圧力は  $883 \pm 294$  kPa で治療用圧縮空気より高い。
- b. 静止圧状態において酸素の標準圧力は他の医療ガスより約 29.4 kPa 高いことが JIS で規定されている。
- × c. 酸素の配管端末器最大流量は JIS で 60 Nℓ/min 以上と規定されている。
- × d. 配管端末器の数が多くても、末梢の配管端末器で標準圧力を維持するように管径が調整され、途中で圧力調整器を設けるようなことは行われぬ。
- e. 酸素、亜酸化窒素、治療用空気の標準圧力は  $392 \pm 49$  kPa であるが、人工呼吸器等を介して他のガスが酸素配管に逆流しないように酸素ガスの標準圧力は治療用空気や亜酸化窒素より約 29.4 kPa 高くしてある(選択肢 b の解説参照)。



【問題 12】 医療ガスの供給システムの順序として正しいはどれか。番号を解答欄⑩にマークせよ。[4]

- 1) CE システム→圧力調整器→送気操作用遮断弁→区域別遮断弁→配管端末器
- 2) CE システム→区域別遮断弁→圧力調整器→送気操作用遮断弁→配管端末器
- 3) CE システム→送気操作用遮断弁→区域別遮断弁→圧力調整器→配管端末器
- 4) CE システム→圧力調整器→区域別遮断弁→送気操作用遮断弁→配管端末器
- 5) CE システム→送気操作用遮断弁→圧力調整器→区域別遮断弁→配管端末器

【正解】 ⑩= 1)

【解説】 医療ガスは下記の順序にしたがって供給される。

- ①CE システム : 定置式超低温液化ガス貯槽による供給装置のことで、液化ガスを貯蔵するタンク、それを気化させる蒸発器、制御装置等から構成される。
- ②圧力調整器 : 高い圧を必要にして安全、かつ安定した供給圧まで落とすための装置をいう。
- ③送気操作用遮断弁 : 送気配管設備の保守点検、または送気制御のために専任の職員だけが操作する手動の遮断弁で、医療ガスの供給源に近いところに設けられる。
- ④区域別遮断弁 : 配管端末器の管理を区域化することにより、保守点検または非常時の管理を便利にするために設けられた手動の遮断弁をいう。
- ⑤配管端末器 : 医療ガス配管の端末口をもつ器具であって、使用者がホー

---

第8回午後の部

スアセンブリや医療用具(酸素流量計など)の着脱を行うガス別特定の接続具をいう。

【問題13】 超音波計測について正しいのはどれか。番号を解答欄⑩にマークせよ。[4]

- a. 生体内の超音波は、周波数が低いほど減衰が大きい。
- b. 生体内の超音波は、周波数が高いほど遅い速度で進む。
- c. 超音波伝搬における生体組織の非線形性により、パルス波形が変形する。
- d. セカンドハーモニックは、探触子から発振した超音波の基本周波数より高い。
- e. ドプラ法は、静止した血中内マイクロバブルの破裂消滅を検出できない。

- 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】 ⑩= 8)

【解説】 基本的な問題である選択肢(a, b, c)に混じって、いくつかの新しいキーワードや概念が記述されている。

- × a. これが誤りなのは、初歩中の初歩。
- × b. これは、少し難しい問題。というのは、従来の臨床現場での感覚であれば、超音波の速度は媒質と温度が一定であれば、周波数に依存せず同じ速度と考えて良かった。しかし、セカンドハーモニックのような高度に精密な波形に関わるパラメータを取り扱うようになってくると、厳密には超音波の速度は周波数によらず一定ではなく、周波数によって少し音速が異なる。高周波数ほど音速がわずかに速い。これが、次の選択肢cの非線形性の大きな原因であり、超音波が進むに連れて波形が変わってゆく。たとえば、綺麗なサインカーブをした超音波を生体内に打ち込んでも、計測対象である焦点付近になるとノコギリの歯の形をした鋸歯状波になる。
- c. この文章は前述のように正しい。
- d. この文章は正しい。ハーモニックという振動の分野で用いられる一般用語は高周波と低周波を両方とも含むが、臨床超音波領域でのセカンドハーモ

---

第8回午後の部

ニックといえ、第二高調波のことである。

- × e. これは、体験者にはすぐに分かるが、想像ではなかなか分からない難問かもしれない。超音波ドプラ法には、いろいろな手法があるがいずれも超音波波形の変化を検出する。そのために、マイクロバブルが破裂消滅するときには超音波波形が送信波形と大きく異なるために、何らかの形で検出が可能である。たとえば、カラードプラ法では、マイクロバブルの破裂消失は当該部位での赤青のモザイク状の信号を検出できる。

第8回午後の部

【問題 14】 脳波計の入力換算雑音の許容値はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。ただし、周波数帯域は 0.5~60 Hz とする。[ 4 ]

- 1)  $0.1 \mu\text{V}_{\text{P-P}}$
- 2)  $0.3 \mu\text{V}_{\text{P-P}}$
- 3)  $1.0 \mu\text{V}_{\text{P-P}}$
- 4)  $3.0 \mu\text{V}_{\text{P-P}}$
- 5)  $10.0 \mu\text{V}_{\text{P-P}}$

【正解】 ⑫ = 4)

【解説】 脳波計の雑音は臓器移植法に基づく脳死判定を行うようになってから ECI (Electro cerebral inactivity) 記録の精度が問題になっている。ECI は厚労省の脳死判定マニュアルに用いる平坦脳波に相当するもので、平坦脳波記録のための脳波計の雑音は JIS で定められている  $0.3 \mu\text{V}_{\text{P-P}}$  以下でなければならないとしている。すなわち、JIS では周波数帯域 0.5~60 Hz (-3dB) において  $0.3 \mu\text{V}_{\text{P-P}}$  以上の雑音が 1 秒間に 1 回以上あってはならないとしている。

このため新しい脳死判定のための学会基準では、先の ECI とは「脳波計の JIS T 1203 による測定装置(電極部位を含む)に許容されている内部雑音レベル  $3 \mu\text{V}_{\text{P-P}}$  以上の脳波活動が全く認められない状態」であると解釈されている。

【問題 15】 経皮的血液ガス分圧測定装置について誤っているのはどれか。番号を解答欄⑬にマークせよ。[4]

- 1) 酸素の他に炭酸ガス分圧も同時に測定できる。
- 2) 酸素電極には白金電極が使用されている。
- 3) 電極の校正は通常2点校正を行う。
- 4) 3～4時間ごとに電極装着位置を移動する。
- 5) 電極装着時からの90%応答時間は数秒である。

【正解】 ⑬= 5)

【解説】 経皮的血液ガス分圧測定装置は皮膚の角質層が薄く、また採血が難しく、頻繁に採血もできない未熟児や新生児の動脈血ガス分圧測定に有用な装置である。前胸部の皮膚に加温機構を備えた電極を接着するだけで、経時的に血液ガス分圧値をモニタすることができる。

- 1) 血液ガス分圧測定には酸素分圧と炭酸ガス分圧用の電極センサを用いるが、メーカーによってはこれらの両方のガス分圧を同時に測定できる複合型のコンビセンサが市販されている。
- 2) 酸素電極はクラーク電極ともいわれ、陰極部に白金電極、陽極部 Ag-AgCl 電極が用いられている。
- 3) 電極本体や電極膜交換時には必ずキャリブレーション(校正)を行うが、通常2点校正を行う。たとえば、酸素分圧であれば空气中(大気圧)157 Torr と N<sub>2</sub>ガスまたは還元性物質を含む液を用いて0校正を行う。
- 4) 43～44℃で加温するため、低温ヤケドを防ぐ意味で3～4時間毎に電極位置を移動する。
- × 5) 電極自身の90%応答時間は30秒程度であるが、実際に生体に接着した場合の応答は2～5分程度である。

【問題 16】 筋電計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。[4]

- 1) 表面電極は MUP (運動単位電位) の導出に有効である。
- 2) 標準的な感度は  $0.5\sim 1$  mV/DIV である。
- 3) 最大感度は  $20\ \mu\text{V}/\text{DIV}$  である。
- 4) テンプレートマッチングは MUP (運動単位電位) の自動分類に用いられる。
- 5) スピーカは波形の持続時間を推定する上で必要である。

[正解] ④ = 1)

[解説] 筋電図には針電極を用いた針筋電図と表面電極を用いた表面筋電図とがある。表面筋電図は筋肉全体の収縮や弛緩の状態を観察する上で有効である。

- × 1) 1本の運動神経に支配されている筋線維の活動電位(運動単位電位: MUP)の導出には針電極が用いられる。表面電極では MUP を分離導出することは難しい。
- 2) 筋電位は数  $10\ \mu\text{V}$  から  $10$  mV 程度であるが、通常用いられている標準的な感度として  $100\ \mu\text{V}\sim 1$  mV/DIV にセットして検査を行う。数  $10\ \mu\text{V}$  の低電位であれば、その都度感度を上げて測定する。
- 3) 安静時に出現する異常筋電図の中には数  $10\ \mu\text{V}$  の低電位を示すものがあるので、少なくとも筋電計に要求されている最大感度は  $20\ \mu\text{V}/\text{DIV}$  が必要である。
- 4) 1本の針筋電図では収縮の程度によって、また挿入された針電極の位置によって、いくつかの波形の異なった MUP が同時に導出される。この MUP の筋電図波形の自動分類のためにはテンプレートマッチング法によるパターン認識法などが採用されている。
- 5) 針筋電図では音によって針筋電図波形の振幅(大きな音)、持続時間(高い音)、放電間隔(頻度)をモニタすることができる。

【問題 17】 熱希釈法による心拍出量測定時の誤差の要因とならないのはどれか。  
番号を解答欄  ⑮ にマークせよ。[4]

- 1) 注入速度
- 2) カテーテルサイズ
- 3) 注入量
- 4) サーミスタ位置
- 5) 再循環量

【正解】 ⑮ = 5)

【解説】 心拍出量の測定にはフィック法、超音波画像による方法、指示薬希釈法による方法等がある。指示薬希釈法として、色素、熱、RIなどの指示薬がある。色素希釈法は1度に頻回の検査ができないこと、色素の再循環による影響が大きいことなどで、最近では測定系も安定になったことから、また頻回測定が可能な熱希釈法が多用されるようになった。RI希釈法は設備が高く、どこでもできる検査法ではないのであまり普及していない。

- × 1) 注入速度が遅いと血液温度との混和が1度に行われず、希釈曲線の振幅が低くだらだらしたものになる。
- × 2) 通常のカテーテルはバルーン付のカテーテル(スワン・ガンツカテーテル)を用いるため、小児用、成人用血管径などを考慮したものを使用する。細すぎると注入時間や注入量などに影響が生ずる。
- × 3) 通常、0°Cに冷却した5%ブドウ糖液10mlを1~3秒で一気に注入する。注入量が少なかったり、注入速度が遅いと希釈曲線の振幅は低下する。
- × 4) サーミスタの位置が適切でないと希釈曲線の振幅の低下や歪が生ずる。
- 5) 熱希釈法では再循環成分が現れないので誤差要因とはならない。



【問題 18】 ベッドサイドモニタの主な計測項目の表示範囲の上限を示した。不適切なのはどれか。番号を解答欄  ⑩ にマークせよ。[4]

- 1) 心拍数 ————— 300 拍/分
- 2) 呼吸数 ————— 150 回/分
- 3) 非観血式血圧 ——— 300 mmHg
- 4) 体温 ————— 50°C
- 5) SpO<sub>2</sub> ————— 60%

【正解】 ⑩ = 5)

【解説】 これは、あるメーカーのベッドサイドモニタのカタログに記載している製品仕様書の1部である。選択肢5) SpO<sub>2</sub> の計測上限値の記述に誤りがあり、100%とすることが正しい。

一般に、メーカーが製品仕様を決める際には、当該規格(国内：JIS など、海外：IEC, ISO などの規格)があれば、これを基準にしている。その中で、まず JIS を考慮するが、JIS の1部には現在の進んだ技術に合わない古い規格もあるので注意しなければならない。そこで、実際には現行の JIS, IEC, ISO などの規格を両睨みしながら各規格をカバーする値を選択している。これは、ME 機器市場の国際化と多様な要請に応えるためでもある。

以下、当該規格を挙げて説明する。

○1) 心拍数

- ・ JIS T 1304 「心電図監視装置」：(患者区分なし) 30~200 bpm
- ・ IEC 60601-2-27 「心電図モニタの安全」：成人 30~250 bpm  
小児, 新生児 30~300 bpm
- ・ ANSI/AAMI EC-13 「心臓モニタ, 心拍計およびアラーム」：  
成人 30~200 bpm  
小児, 新生児 30~250 bpm
- \* ANSI/AAMI : AAMI(米国における医療機器の業界)が制定した規格

第8回午後の部

を ANSI(米国規格協会)が国家規格と定めている。

○2) 呼吸数

・ JIS T 1304 「心電図監視装置」: 10~90 bpm

\* なお、人工呼吸器による高頻度換気などで、60~150 bpmの高頻度で間歇的陽圧換気を実施する場合もあるので、これらへの対応も考慮したとも考えられる。

○3) 非観血式血圧

・ JIS T 1115 「非観血式電子血圧計」: 指針式(表示器)20~300 mmHg  
自動送気式(加圧の制限値) 330 mmHg

・ IEC 60601-2-30 「繰返し測定形非観血血圧計の安全」: 血圧値の計測範囲を定めず、JISと同様に、自動送気時の加圧制限値(330 mmHg)を設け、これを超えたときはただちに急速排気させること、と定めている。

○4) 体温

・ JIS T 1306 「電子体温モニタ」: 32~42°C

・ EN 12470-4 「連続測定用電気体温計」: 25~45°C

\* EN: 欧州規格

×5) SpO<sub>2</sub>

規格として、ISO 9919 「医療用パルスオキシメータ」があるが、この規格の中で計測範囲を定めている箇所はない。

酸素飽和度は血液中のヘモグロビンのうち、酸素と結合しているヘモグロビンの比率を%で表わしたものであるから100%を超えることはなく、この値は正常者の場合 97~98%だといわれている。

したがって、SpO<sub>2</sub> の上限値を 100%とすることが正しい。

【問題 19】 パルスオキシメータ使用中に表示値が不安定であるとの連絡を病棟より受け、使用方法の指示および確認をした。不適切なのはどれか。番号を解答欄  ⑰  にマークせよ。[4]

- a. プローブを測定部位に強く巻きつけるように指示
- b. 蛍光灯や外光がプローブに直接当たらないように指示
- c. 体動の有無の確認を指示
- d. 目視で光が交互に出ているかどうかの確認を指示
- e. 脈拍と同期して脈波が表示されているかの確認を指示

- 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

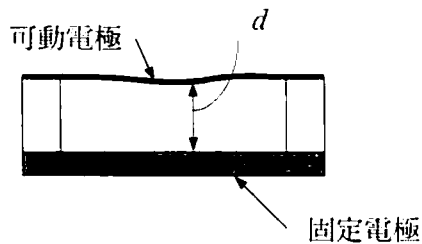
【正解】 ⑰ = 3)

【解説】 パルスオキシメータの基本原理を理解していれば簡単であろう。

- × a. 測定部位にプローブを強く巻くと圧迫により容積脈波が検出されず動脈と静脈の区別がつかず測定できない。
- b. プローブに蛍光灯や外光が直接あたると外乱となり測定ができなくなるので、プローブに直接光が当たらないようにする。とくに、ディスプレイタイプのものは光に弱い。
- c. 体動があると、体動により容積脈波が正しく検出できなくなり酸素飽和度を測定できない。
- × d. パルスオキシメータプローブの発光部からは赤色光と赤外光が交互に発光している。その周波数は、一般に1~2 kHz程度であり目視では交互に発光していることは確認できない。周波数を小さくしても赤外光の発光は目視では確認できない。
- e. プローブが正しく装着されていれば、脈拍と同期した容積脈波が検出される。

第8回午後の部

【問題20】 図のようなコンデンサ形変位センサを使って変位を測るために、あるインダクタと組み合わせて直列共振回路を構成して発振器を作った。電極間距離を  $d$  とすると、この発振器の発振周波数は理論的には次のどれに比例すると考えられるか。番号を解答欄  ⑮  にマークせよ。[4]



- 1)  $d^2$
- 2)  $d$
- 3)  $\sqrt{d}$
- 4)  $1/\sqrt{d}$
- 5)  $1/d$

【正解】 ⑮ = 3)

【解説】 図は平行平板コンデンサ形の変位センサである。可動電極および固定電極の面積を  $S$  とし、電極間距離を  $d$ 、電極間の空気の誘電率を  $\epsilon$  とすると、そのキャパシタンス(静電容量)  $C$  は、 $C = \epsilon S/d$  と表せる。

一方、インダクタンス  $L$  のインダクタと、キャパシタンス  $C$  とで作る直列共振回路の共振周波数  $f_0$  は、 $f_0 = 1/\sqrt{LC}$  である。よって、この式に上記の  $C = \epsilon S/d$  を代入すれば、この  $C$  と  $L$  との共振回路で構成した  $LC$  発振器の発振周波数  $f_0$  は、

$$f_0 = 1/\sqrt{LC} = 1/\sqrt{L\epsilon S/d} = \sqrt{d}/\sqrt{L\epsilon S}$$

となる。

よって、3)  $\sqrt{d}$  に比例することになる。

第8回午後の部

【問題 21】 ハイパーサーミアの加温法に用いられないのはどれか。番号を解答欄 ⑱ にマークせよ。[3]

- 1) RF 波
- 2) マイクロ波
- 3) 超音波
- 4) 紫外線
- 5) 遠赤外線

【正解】 ⑱ = 4)

【解説】 ハイパーサーミアは温熱療法、または加温療法ともいわれ、悪性腫瘍の温度を人為的に上昇させることにより、悪性腫瘍の制御をめざす治療法である。全身および局所ハイパーサーミアに大別され、前者は遠隔転移を有する進行癌を対象に全身温を 41.5～42°C にして 2～10 時間保ち、1～2 週おきに 2～5 回加温する。加温法としてはワックス浴、温水浴、体外循環による血液加温、遠赤外線による体外からの加温がある。後者は温水灌流、超音波、あるいはマイクロ波 (300 MHz～30 GHz)、RF 波 (数 MHz～数十 MHz) などの電磁波を用いて癌を局所的に 42～44°C、40～60 分間、週 1～2 回の間隔で計 5～10 回加温する。局所進行癌、悪性黒色腫、軟部組織腫瘍などの難治癌が対象となる。

【問題 22】 電気メスを使用する際、高周波接地形電気メスは高周波非接地形電気メスに比べてどのようなことが不利になるか。80 字以内で解答欄  に記述せよ。[4]

【正解】 ㊦ = (例) 出力(対極板側)が高周波接地されているので、他の ME 機器と併用する際に高周波分流による熱傷の可能性が高くなる。

【解説】 電気メスの出力形式には、出力側の片方を静電容量によって高周波的に接地してあるものを高周波接地形、出力側の両方を接地から浮かしてあるものを高周波非接地形としている。

電気メス本来の機能については双方変わりはないが、手術室などで電気メスが使用される場合には、電気メス単独で使用されることはなく、他の治療機器や心電・血圧モニタをはじめとする機器と併用される。このような状態では、他の治療機器や心電・血圧モニタなどを生体に装着することにより生体の対地インピーダンスが低下する。したがって、高周波接地形電気メスを使用した場合には、アクティブ電極から出た高周波電流が対極板を経由して本体に戻ってくるルート以外に、電気メス本体⇒アクティブ電極⇒生体⇒モニタ装置(患者ケーブル⇒本体)⇒接地(アース)⇒電気メス本体というルートができて高周波電流が対極板以外のルートをとり、最悪の場合は熱傷を発生させることとなる。

第8回午後の部

【問題 23】 麻酔器点検時に本体に装着している亜酸化窒素 ( $\text{N}_2\text{O}$ ) の高圧ガス容器内の残量を求めたい。高圧ガス容器全体の質量 7.5 kg であり、室温は  $25^\circ\text{C}$  として容器内の残量は何  $\ell$  になるか。解答欄  に記入せよ。ただし、容器のみの質量が 6.5 kg、亜酸化窒素の分子量 = 44、大気圧は 1 気圧とし理想気体とする。[4]

【正解】 ㊦ = 555  $\ell$

【解説】 亜酸化窒素 ( $\text{N}_2\text{O}$ ) の分子量が 44 g であるので、亜酸化窒素 1 kg のモル数を計算して体積を求める、 $0^\circ\text{C}$  標準状態における残量は、

$$\{(7.5 - 6.5) \text{ kg} \times 1000 \div 44 \text{ g}\} \times 22.4 \ell \approx 509.0 \ell$$

この体積が  $25^\circ\text{C}$ 、1 気圧の場合は、

$$509.0 \times \{(273 + 25) \div 273\} \approx 555 \ell$$

または、気体の状態方程式、 $PV = nRT$  より体積  $V$  は

$$V = nRT/P$$

$$= \{(7.5 - 6.5) \times 1000 \div 44\} \times 0.082 \times 298 \div 1$$

$$\approx 555 \ell$$

【問題 24】 フィンガ式の輸液ポンプを使用中にアラームが発生した。対応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。[4]

- 1) 輸液開始後、閉塞アラームが発生した。輸液ポンプと患者間にあるローラクレンメの開け忘れであったため、ただちにローラクレンメを開き、輸液を再開した。
- 2) 輸液中、バッテリー低下のアラームが発生した。電源コードのコンセントがはずれていたため、ただちにコンセントを差し込み、商用電源に切り替わったことを確認し、輸液を続行した。
- 3) 輸液終了近くに、輸液完了アラームが発生した。輸液量の表示と薬液の残量を確認し、輸液を終了した。
- 4) 輸液中、気泡検出アラームが発生した。一旦輸液を中止し、チューブを軽くたたき、気泡を点滴筒まで逆流させ、輸液を再開した。
- 5) 輸液中、輸液ポンプのドアを開いてしまい、ドアオープンアラームが発生した。内蔵のクランプが作動し、点滴筒内の滴下がないことを確認し、輸液を再開した。

【正解】 ②=1)

【解説】 輸液療法は臨床の場において、最も一般的に行われているものの1つであり、輸液ポンプはどの病棟でも見ることのできる治療機器である。しかしながら、使用者がその構造や特性を理解していないため発生する操作ミスがある。使用中にアラームが発生した場合、何が原因なのかを正しく把握し、適切な処置を行うためには原理、構造の理解は不可欠となる。また、輸液ポンプは精密機器であることを認識して使用しなくてはならない。

×1) ポンプと患者間で閉塞があった場合、フィンガポンプの閉塞アラームは、輸液セットのチューブがポンプの送液圧力で膨張することを検出している場合が多い。したがって、ただちにローラクレンメを開くと、膨張したチューブ内の薬液が患者へ一気に注入されることになる。薬液にカテコラ



#### 第8回午後の部

ミン等が含まれている場合など、患者の状態が急変することがあり危険である。このような場合は3方活栓などを用い、患者側のラインを閉じた後に上昇した回路内の圧力を大気側へ解放する。その後、輸液を再開しなくてはならない。

- 2) バッテリ低下のアラームが発生しても、輸液ポンプはすぐに停止することはないので、速やかに原因を確認し、問題箇所の対応ができれば、輸液を続行できる。同様の警報は電源アラームと表示される場合がある。この場合、商用電源に問題があるのではなく、機器とコンセント間の電源コードの接続不良である場合が多い。目視では確認できない場合もあるので、再度接続部を押し込んで確認すると良い。
- 3) 総輸液量の設定ができるポンプでは、設定量が輸液されると、輸液完了を知らせるアラームが発生する。これは正常の動作であるので、薬液の残量から総輸液量を確認して、輸液を終了する処置を行う。
- 4) 長時間の輸液を行う場合など、気温の変化等で、チューブ内に気泡が発生することがある。気泡が少量の場合は、チューブを軽くたたき、気泡を点滴筒まで逆流させ、輸液を再開できる。なお、大量に空気が混入した場合は輸液ラインに問題がある場合があるので、輸液セットを交換するなどの対応が必要となる。
- 5) 輸液中にポンプのドアが開いた場合、最も問題になるものがフリーフローである。輸液ポンプにはこれを防止するためのクランプが内蔵されている場合が多い。クランプがきちんと動作した場合は、輸液バック内の薬液の減少量と輸液量が同じことを確認した後、輸液を再開できる。

[備考] 輸液ポンプに関する参考書は以下のものなどがある。

加納隆編：輸液ポンプとうまくつき合おう，クリニカルエンジニアリング，11(5)：371-412,2000

(社)日本電子機器工業会編：ME 機器ハンドブック 1，コロナ社，281-284，1988

(社)日本エム・イー学会 ME 技術教育委員会監：ME の基礎知識と安全管理 改訂第4版，南江堂，2002

第8回午後の部

【問題 25】 除細動器の出力エネルギーを図1のような構成で測定した。出力エネルギーを 200 J に設定し、充電完了直後に放電させたときの出力波形は、出力電圧  $v(t)$ 、時間を  $t$  とすると、図2のようになった。以下の設問に答えよ。

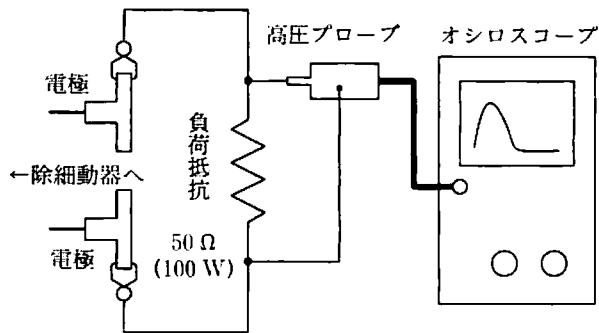


図 1

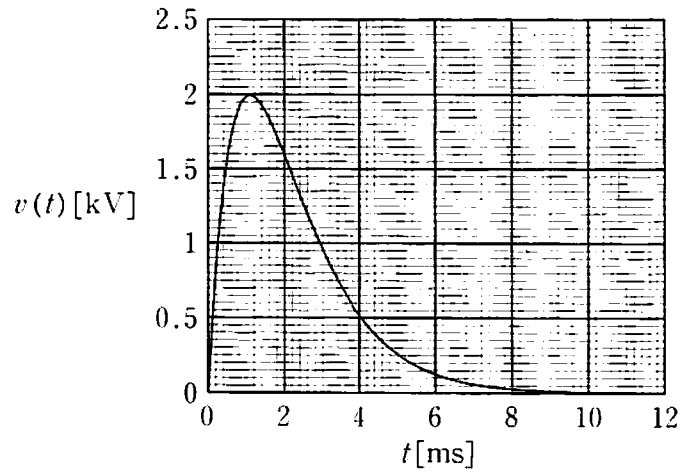


図 2

第8回午後の部

25-1  $v(t)$ の二乗波形を $v^2(t)$ 、負荷抵抗を $R$ とおくと、出力エネルギー $W$ [J]は次式から算出できる。

$$W = A \int v^2(t) dt$$

$A$ に入るべき正しい数式はどれか。番号を解答欄  にマークせよ。

[2]

- 1)  $R$     2)  $1/R$     3)  $R^2$     4)  $1/R^2$     5)  $\sqrt{R}$

25-2 図2の $v(t)$ の値を二乗すると図3に示すような $v^2(t)$ と $t$ の関係が得られる。この図における一辺が1mm(最小目盛)のマス目の面積( $1\text{mm}^2$ )は何 $\text{V}^2\text{s}$ に相当するか。解答欄  に記入せよ。[2]

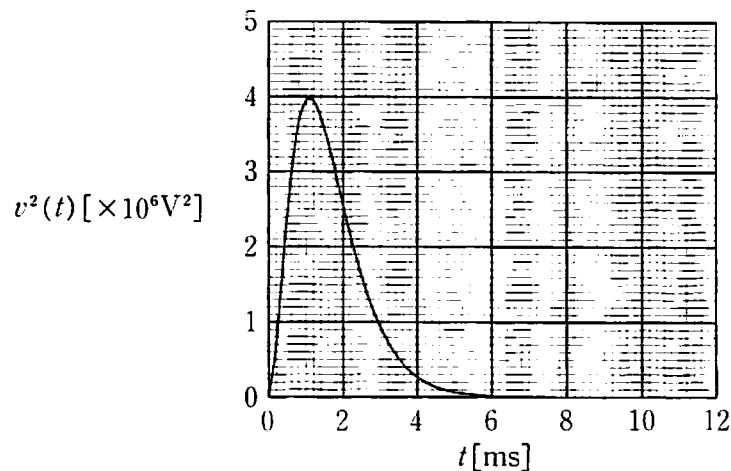


図3

25-3 図3において、 $v^2(t)$ と時間軸で囲まれた平面に含まれるマス目( $1\text{mm}^2$ )の数は406個であった。出力エネルギー[J]を有効数字3桁まで計算し、解答欄  に記入せよ。ただし、 $R=50\Omega$ とする。[2]

[正解] ㉑ = 2) ㉒ = 20 V<sup>2</sup>s ㉓ = 162 J

[解説] 除細動器の出力エネルギーの測定は定期点検項目として重要である。点検には抵抗値が 50 Ω、定格電力が 50~100 W の無誘導抵抗を使用する。出力波形のピーク電圧は数 kV にも達するので、波形の観察は図 1 のようにオシロスコープに高圧プローブを接続するか、あるいは分圧回路を挿入し電圧を圧縮して行う。出力エネルギーの算出は市販の測定器を使用すれば簡単な操作でデジタル値が得られるがここではグラフから算出する。

出力波形は負荷抵抗  $R$  の大小によって過制動(例:  $R=100\ \Omega$ )、あるいはやや振動的な不足制動( $R=25\ \Omega$ )の形状になるが、最近の除細動器は  $R=50\ \Omega$  のときに図 2 のような臨界制動の波形が得られるように設計されている。

25-1

直流回路の  $R[\Omega]$  の抵抗に  $I[A]$  の電流が流れ  $V[V]$  の電圧降下が生じたとき、電力  $P[W]$  は

$$P = VI = V^2/R$$

と表せる。 $t$  時間[s]になされる仕事量(エネルギー)  $W[J]$  は、

$$W = Pt = V^2t/R$$

となる。しかし、図 2 のように変化する波形では十分小さい時間  $\Delta t$  のエネルギー  $\Delta W = V^2 \cdot \Delta t/R$  を積分して(寄せ集めて)計算しなければならない。よって、

$$W = 1/R \cdot \int v^2(t) dt$$

の式が導かれる。

25-2

上式の二乗積分をする代わりにマス目の数から  $W$  を計算する。そのためにマス目 1 個の物理量を求める。マス目の縦の 1 mm は  $10^6 V^2 \times 1/10 = 10^5 V^2$ 、横の 1 mm は  $2 \times 10^{-3} s \times 1/10 = 2 \times 10^{-4} s$  であるので、マス目の面積(1 mm<sup>2</sup>)は  $(10^5 V^2) \times (2 \times 10^{-4} s) = 20 V^2s$  に相当する。

25-3

上式に、 $R=50\ \Omega$ 、マス目の値  $20 V^2s$ 、マス目の数 406 個を代入すると、

---

第 8 回午後の部

$$W = 1/50 \cdot 20 \times 406 = 162 \text{ J}$$

が得られる。この値は設定エネルギー200 Jに対して-38 Jあるいは-19%の誤差になる。JIS T 1355「除細動器」では、出力エネルギーの誤差は±4 Jまたは設定エネルギーの±15%のいずれか大きい値と定めているので、測定値は規格を満たさないことになる。

第8回午後の部

【問題 26】 病院内で火災が発生した。ICU でただちに行う行為のうち不適切なのはどれか。番号を解答欄  にマークせよ。[4]

- a. 火災を増悪させないため、医療ガスのシャットオフバルブをすぐ止めた。
- b. 酸素吸入中の患者のベッドに予備の酸素ポンペを準備した。
- c. 人工呼吸中の患者のベッドにアンビュバックを準備した。
- d. 各患者のベッドに懐中電灯を準備した。
- e. 消火目的で二酸化炭素ポンペを準備した。

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

【正解】 ② = 4)

【解説】

- × a. 火災を広げないために、酸素を止めることはよいと思われるが、止める前に、その区域の配管端末器から酸素を用いている患者がいらないかどうか確認する必要がある。確認しないまま、供給を止めると患者に致命的な影響を与える危険性がある。したがって、この答は不適切である。
- b. 停電により酸素の供給が止まるかもしれないため、予備の酸素ポンペを準備することは適切である。
- c. 停電により人工呼吸器が止まる危険性があるため、アンビュバックを準備することは適切である。
- d. 停電により ICU 内は真っ暗になる危険性があるため、懐中電灯を準備することは適切である。
- × e. 病院内の火災に対して、消火目的で二酸化炭素を用いることは不適切である。

第8回午後の部

【問題 27】 人工呼吸器のスイッチを入れたところ、作動音は聞かれるが十分な呼吸回路内の圧上昇がみられなかった。原因として考えにくいのはどれか。番号を解答欄⑳にマークせよ。[3]

- a. 設定換気量の不足
- b. 呼吸回路の亀裂
- c. PEEP レベルの上げ過ぎ
- d. 呼気弁の閉鎖
- e. 気管チューブのカフもれ

- 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 = 8)

【解説】

- a. 設定換気量が充分ないと回路内圧の上昇が見られなくなるため、この答は原因として考えてもよい。
- b. 人工呼吸器から設定した換気量が送られても、呼吸回路に亀裂があると回路内圧の上昇が見られなくなるため、この答は原因として考えてもよい。
- × c. PEEP レベルを上げ過ぎると、回路内圧の持続的な上昇が見られるため、この答は原因として考えにくい。
- × d. 呼気弁が閉鎖すると呼気ガスが呼出されなくなり、回路内圧が持続的に上昇するため、この答は原因として考えにくい。
- e. 気管チューブのカフもれによりガスが気管チューブの回りから漏れ、回路内圧の上昇が見られなくなるため、この答は原因として考えてもよい。

【選択問題1】 病棟で人工呼吸器を装着している患者の動脈血酸素分圧が、人工呼吸器の酸素濃度調整器で設定した吸入酸素濃度値に対して異常に高値を示していた。点検すべき箇所はどれか。番号を解答欄〔選1〕にマークせよ。[12]

- a. 本体の酸素供給側配管の逆流防止弁
- b. 本体の空気供給側配管の逆流防止弁
- c. 本体の防湿・除湿装置
- d. 呼吸回路内の吸気弁
- e. 人工呼吸器の酸素ブレンダ

- 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

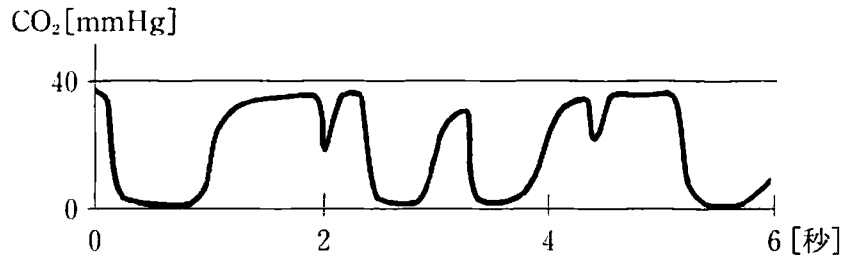
〔正解〕 〔選1〕 = 7)

〔解説〕 人工呼吸器の酸素ブレンダで設定している吸入酸素濃度に対して動脈血酸素分圧が高くなっているのであるから、まず、酸素ブレンダの故障が疑われる。

また、酸素ブレンダには空気および酸素が各々の配管より入ってくるが、これより前の段階で空気配管に酸素配管から酸素が混入していれば、吸入酸素濃度は高くなる。したがって、病院設備の配管端末からホースアセンブリを經由して人工呼吸器本体内にガスが入ってくる逆流防止弁の部分が疑われる。一方、医療ガス配管では、酸素の供給圧力が他のガスの供給圧力より高くしてある。したがって、空気側の逆流防止弁が故障すると、空気より圧力を高く設定してある酸素が空気配管内に入りこみ、空気配管の酸素濃度を高くしてしまう。この現象は、人工呼吸器の構造によって発生するものとしめないものがあるが、問題のような状態が発生したら、ブレンダと逆止弁を疑う必要がある。



【選択問題2】 人工呼吸器の警報が作動すると同時に、カプノメータの波形が図のようになった。考えられる原因として適切なのはどれか。番号を解答欄  選2  にマークせよ。[12]



- 1) 呼吸回路がはずれた。
- 2) ファイティングを起こした。
- 3) 気管チューブが分泌物で閉塞した。
- 4) 自発呼吸が消失した。
- 5) 人工呼吸器が停止した。

【正解】  選2  = 2)

【解説】

- × 1) 呼吸回路が気管チューブから外れ、呼気ガスが測定部まで到達しない場合、波形は消失する。また、気管チューブから呼吸回路がはずれても、サイドストリーム方式でサンプリングチューブが気管チューブに接続されている場合やメインストリーム方式で測定ヘッドが気管チューブに接続されている場合には、呼気ガスが測定部まで到達して通常見られる波形が得られるため、原因としては考えにくい。ただ、呼吸回路がはずれた場合には警報装置が作動する。
- 2) ファイティングが起こると、図のような不規則な波形が見られるため、考えられる原因として適切である。
- × 3) 気管チューブが分泌物で不完全に閉塞すると、波形の立ち上がりが緩徐に

第8回午後の部

なると同時に、波形の肺胞相が見られなくなる。また、分泌物により気管チューブが完全に閉塞すると波形は平坦になるため、この答は原因として考えにくい。

×4) 自発呼吸が停止した場合、二酸化炭素が呼出されず、波形は平坦になるため、この答は原因として考えにくい。ただ、自発呼吸停止の後、調節呼吸が引き続き行われた場合には、通常見られる波形が得られる。

×5) 人工呼吸器が停止し、自発呼吸がなければ波形は平坦になるため、この答(○)は原因として考えにくい。人工呼吸器停止時、自発呼吸があり呼吸回路が大気に開放される機種では通常の波形が見られるため、この答は原因として考えにくい。呼吸回路が大気圧に開放されない機種では、患者は呼吸できなくなり、ファイティングのような現象が見られるため、図のような波形が見られる可能性がある。

以上より、正解は2)と5)となり、適切な問題とはいえないかもしれないが、5)の解答肢には正解とならない場合も含まれるため、1つ正解を選ぶとすれば2)となる。

第8回午後の部

【選択問題3】 人工呼吸器において、吸気側と呼気側に各々差圧方式による流量トランスデューサで換気量をモニタしている機器がある。終業点検時に呼気側トランスデューサに多量の分泌物が付着しているのが確認された。このような状態で使用すると、正常状態に比べてモニタの表示にどのような現象がみられるか。番号を解答欄〔選3〕にマークせよ。[12]

- 1) 吸気側の換気量が減少して表示される。
- 2) 吸気側の換気量が増加して表示される。
- 3) 吸気・呼気の換気量表示は変化しない。
- 4) 呼気側の換気量が減少して表示される。
- 5) 呼気側の換気量が増加して表示される。

[正解] 〔選3〕= 5)

[解説] 流量トランスデューサが差圧方式とある。差圧方式は、管の中に流体を通過させる際、抵抗となるものを置き、その前後の圧力の差が流量に比例することを利用している。したがって、正常状態であれば流量が増加すると差圧が大きくなる。問題は、このトランスデューサ部に分泌物が付着していたのであるから、これが抵抗となって差圧が大きくなり、本来の流量より大きな値となり、これより換気量を計算するので換気量が増加して表示される。

【選択問題4】 呼吸流量計の比較で正しいのはどれか。番号を解答欄(選4)にマークせよ。[12]

- a. フライシュ型はリリー型より死腔量が小さい。
- b. リリー型はフライシュ型より直線性が良い。
- c. 熱線型はフライシュ型よりダイナミックレンジが広い。
- d. ローリングシール型はガス組成の影響を受けにくい。
- e. ローリングシール型はリリー型より低肺気量に対する精度が低い。

- 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4) = 5)

【解説】 呼吸流量(気量)の測定法には、主に気量をそのまま測定できるベネディクトロス型スパイロメータやローリングシール型スパイロメータと流速(気流量)を測定し、それを電氣的に積分することで気量を得る方法とがある。

- × a. フライシュ型は抵抗体となる細管を束ねた構造をしているため、リリー型のメッシュによる抵抗体の構造に比較して流速センサ部は若干大きくなっている。このためフライシュ型はリリー型より死腔量が大きい。
- × b. リリー型は抵抗体に目の細かなステンレス製金網を使用しているため、抵抗体に厚みがなく選択肢 a のように死腔量は小さいが、直線範囲はフライシュ式より狭く、したがって、直線性はあまり良くない。
- c. 熱線型はキングの式により流速は電流の4乗の関数となっているため、低流量域における分解能が高く、したがって、フラッシュ型より広い範囲で精度の高い測定が可能である。
- d. ローリングシール型は、構造的に差圧式や熱線式に比較して周波数特性は若干悪いが、測定するガス組成の影響を受けにくい。
- × e. リリー型は流量から電氣的な積分回路を介して気量を求めるため、その際の誤差は低肺気量で大きくなるが、ローリングシール型は臨床で用いる程度の低肺気量域での誤差は小さい。

【選択問題5】 輸液ポンプ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。[12]

- a. チューブが閉塞した場合、チューブの柔らかさによって警報装置が作動するまでの時間が異なる。
- b. 硬い材質のチューブを使用すると、チューブの閉塞を解除したときポラス量は増える。
- c. 長時間使用により輸液ポンプのローラ部に当たっている部分が変形すると輸液量が減少する。
- d. 滴数制御型輸液ポンプは、滴下筒部分が薬液で汚れていても使用できる利点がある。
- e. メーカー指定の輸液セットを使用しないときには、設定した輸液量が投与されないことがある。

- 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5〕 = 6)

【解説】

- a. 輸液ポンプ作動状態でチューブを閉塞するとチューブ内が一定の圧に達し、警報装置が作動して輸液ポンプが停止する。チューブの柔らかさによりチューブ内の圧上昇速度が異なるため、警報装置作動までの時間が異なってくる。
- × b. 硬いチューブを使用した場合、チューブが閉塞するとチューブ内圧の上昇がはやく警報装置が早期に作動するため、ポラス量は少なくなる。
- c. 長時間使用によりチューブが劣化すると、チューブは変形して断面積が小さくなるため、輸液量は減少することになる。
- × d. 滴数制御型輸液ポンプでは、滴下筒部分が薬液で汚れていると設定どおりの輸液が行えなくなるため、使用時には汚れがないか注意する必要がある。
- e. メーカー指定の輸液セットを使用しないと設定した輸液量を投与できない。

第8回午後の部

【選択問題6】現在の透析治療は、患者のQOLを考えた至適透析の重要性が認識されている。透析量の指標として尿素の除去という観点からみた透析量である  $Kt/V$  ( $K$ :ダイアライザの尿素クリアランス,  $t$ :透析時間,  $V$ :総体液量)が臨床的に広く用いられている。ここで、尿素クリアランスが  $180 \text{ m}\ell/\text{min}$  のダイアライザを用いて、体重  $60 \text{ kg}$  の患者に4時間透析を行った場合の  $Kt/V$  はいくらか。解答欄(選A)に記入せよ。ただし、総体液量は透析治療前体重の60%とし、血流量、透析液流量、ダイアライザのクリアランス低下は考えないものとする。[12]

【正解】(選A)=1.2

【解説】計算方法

$$Kt/V = (180 \text{ m}\ell/\text{min} \times 4 \text{ h} \times 60 \text{ min}) / (60 \text{ kg} \times 0.6 \times 1000 \text{ m}\ell) = 1.2$$

現在の透析療法では患者のQOLを配慮した至適透析の重要性が認識されている。このような血液透析による溶質除去を示す1つの指標として  $Kt/V$  が透析指数として用いられるようになった。計算方法にはさまざまなものがあるが、一般には以下の式が簡易的に用いられる。

$$Kt/V = -\ln((\text{透析後 BUN 値})/(\text{透析前 BUN 値}))$$

一般的には  $Kt/V$  値を1.0以上に保つことで、死亡リスクが低減されるといわれている。ただし、この数理モデルは透析治療で溶質すべてに当てはまるものではなく、小分子量物質である尿素除去のみを対象にしているため、臨床においては総合的な判断が必要となる。

第8回午後の部

【選択問題7】 透析中の除水状況を確認するため、TMP (Transmembrane Pressure) を定時的にチェックすることが必要となる。いま、以下の条件で透析している患者がいる。この患者のTMPはおよそいくらか。番号を解答欄 **選6** にマークせよ。ただし、透析中の除水速度は一定で以下の条件は変わらないものとする。[12]

- ・透析時間：4 h                      ・目標除水量：3600 mℓ
- ・血流量：200 mℓ/min              ・透析液流量：500 mℓ/min
- ・ダイアライザ：限外濾過率 UFR (Ultrafiltration Rate) =  $30.0 \frac{\text{m}\ell}{\text{mmHg}\cdot\text{h}}$

- 1) 10 mmHg
- 2) 20 mmHg
- 3) 30 mmHg
- 4) 40 mmHg
- 5) 50 mmHg

【正解】 **選6** = 3)

【解説】 計算式  $\text{TMP} = \text{除水速度} / \text{UFR} = (3600/4) / 30.0 = 30 \text{ mmHg}$

透析装置の除水コントローラの自己診断機能の搭載や精度の向上により、故障による除水トラブルは従来に比較して大幅に減少している。しかし、定期的にTMPをチェックすることで除水トラブルを未然に防ぐことができる。実際の臨床現場においてはダイアライザのUFRは経時的に低下するため透析後半はTMPは上昇する。

第8回午後の部

【選択問題8】 血液透析では多量の透析液が半透膜を介して血液と接触している。そのため、透析液用水の清浄化が重要なポイントとなっている。水処理装置において、除去装置と除去すべき物質の組み合わせで不適当なのはどれか。番号を解答欄(選7)にマークせよ。[12]

- a. 硬水軟水化装置 —— クロラミン、銅、ナトリウム
- b. 活性炭濾過装置 —— アルミニウム、マグネシウム
- c. RO モジュール —— フッ素、アルミニウム、細菌、パイロジェン
- d. 濾過用プレフィルタ —— けん濁物
- e. 除鉄装置 —— 鉄、マンガン

- 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] (選7) = 1)

[解説] 通常、人の水分摂取量は15ℓくらいである。しかし、血液透析患者は週に450ℓもの大量な透析液が半透膜を介して血液と接触している。したがって、水道水でも無処理で透析液作成に使用すると、有害効果が発生する危険性がある。とくに透析性能に優れたハイパフォーマンス膜血液浄化器を多用する傾向になっており、透析液用水の純化は重要視されなくてはならない。水処理システムの構成は施設で使用される上水の水質により選択されることが望ましい。

- ・硬水軟水化装置：陽イオン樹脂を用い、カルシウムやマグネシウムをナトリウムと置換する。
- ・活性炭濾過装置：活性炭を利用した吸着濾過装置である。遊離塩素、クロラミンの除去を目的とする。活性炭自体は有機物、パイロジェンの除去するが、装置内部で微生物が繁殖してしまうため定期的な交換が必要になる。
- ・RO モジュール：原水に圧力を加えることで半透膜を通過させる逆浸透の原理を利用している。溶解イオンの95%、細菌やパイロジェン



---

第8回午後の部

についてはほぼ除去することが可能となっている。

- ・除鉄装置 : 水分中の鉄分が多い場合に使用することがある。軟水効果装置と同じくイオン交換法または酸化法が用いられる。

【選択問題9】 心房細動の治療に用いられる除細動器のR波同期回路の動作、性能に関する記述で誤っているのはどれか。番号を解答欄(選8)にマークせよ。

[12]

- a. R波が陰性では同期パルスが発生しないので誘導を変える。
- b. 放電はR波の頂点から0.06秒以内に行われなくてはならない。
- c. 同期点は放電スイッチを押した時点に合わせてモニタ上に心電図と重畳して表示する。
- d. 心室細動の波形でも同期点が表示されることがある。
- e. 電源投入時は必ず非同期モードになっていなければならない。

- 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8) = 2)

[解説] R波同期回路は心房細動除去の際に放電エネルギーによって心室細動が誘発されないように、心周期の絶対不応期に放電制御信号を発生させるための回路である。

- × a. 同期回路は陽性あるいは陰性のいずれのR波に対しても信号を発生するようにつくられているので誘導を変える必要はない。
- b. JIS T 1355「除細動器」では、心電図のR波の頂点から0.06s以内にエネルギー放電しなければならない、と規定されている。
- × c. 同期点は、同期回路がR波を正しく検出しているかどうかを確認するためにモニタ上に心電図と重畳して表示することに決められている。放電は、放電スイッチが押された直後の同期点から0.06s以内に行われる。
- d. 心室細動の波形は、通常は正弦波がつぶれたような形状を呈しているが、波形によってはQRS波のような急峻な成分を含むことがあり、同期モードに設定されていると同期点が表示されることがある。
- e. 除細動は心停止などの緊急時に使用されるので、心室細動の除去がただち

---

第8回午後の部

に行えるように電源投入時には同期モードになってはならないと決められている。

【選択問題 10】 携帯電話によるペースメーカーへの影響には具体的にどのようなものがあるか。番号を解答欄〔選9〕にマークせよ。[12]

- a. ペースメーカーの出力設定が変化する。
- b. 携帯電話の電磁波を感知 (sensing) して刺激 (pacing) が休止する。
- c. ペーシングモード (DDD, VVI など) の設定が変化する。
- d. ペースメーカーが不可逆的に停止する。
- e. 自発の心電図が出ても感知 (sensing) されず、刺激 (pacing) が行われる。

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

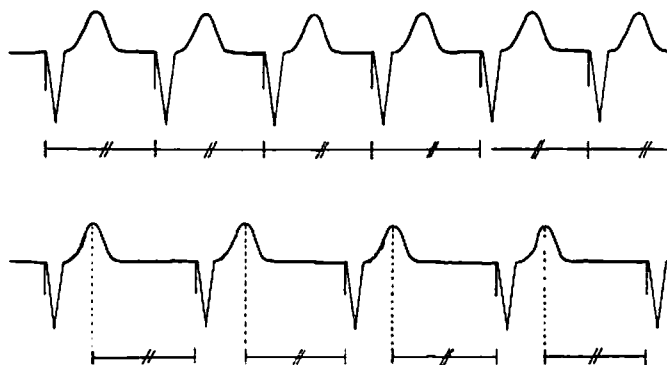
【正解】〔選9〕= 7)

【解説】 携帯電話によるペースメーカーへの影響には具体的にどのようなものがあるかを問う問題である。ペースメーカーは高エネルギー出力の電気メス等からも影響を受け、設定が変わってしまったり、停止してしまったりという不可逆的な障害も報告されているが、携帯電話の場合はそれほど大きな出力ではないので、可逆的な障害に限られる。

- × a. 携帯電話でペースメーカーの出力設定が変化するような現象は報告されていない。
- b. ペースメーカーのデマンド機構への影響の1つとして、携帯電話の電磁波を感知 (sensing) して刺激 (pacing) が休止する現象が見られることがある。
- × c. 電気メスではペーシングモード (DDD, VVI など) の設定が変化する場合もあり得るが、携帯電話ではこのような現象は報告されていない。
- × d. 電気メスではペースメーカーが不可逆的に停止する場合もあり得るが、携帯電話ではこのような現象は報告されていない。
- e. ペースメーカーのデマンド機構への影響の1つとして、自発の心電図が出ても感知 (sensing) されず、刺激 (pacing) が行われる現象が見られることがある。

第8回午後の部

【選択問題 11】 下図の上段は VVI モードのペースメーカーが正常に動作しているときの心電図である。下段は先行心拍の T 波を R 波と誤認（オーバーセンシング）したために RR 間隔が延長し徐脈になった例である。このような誤動作を防ぐためにペースメーカーに備わっている機構はどれか。番号を解答欄(選10)にマークせよ。[12]



- 1) デマンド形 (機構)
- 2) ヒステリシス
- 3) 不応期
- 4) レート応答形 (方式)
- 5) EMI 防御機構

【正解】選10 = 3)

【解説】図の下段は人工ペースメーカーが先行心拍のT波をR波と誤認してパルスレート発生部のカウンタがリセットされRR間隔が延長して徐脈になった例である。この誤動作を防ぐには、ペーシングの時点から(あるいは、P波やR波を感知した時点から)T波の終わり付近までの期間はペーシング(あるいは感知)しないように設定しておけばよい。この期間を不応期と呼ぶ。

- × a. 自発心拍が感知されたときにペーシングを抑制する抑制(I)型と、心拍検出直後(絶対不応期)に刺激を出しておく同期(T)型がある。
- × b. 自発心拍を感知した直後の刺激間隔を少し延長して自己調律を優先する機構。
- c. 不応期
- × d. 患者の身体活動度に応じて刺激レートを自動的に変えられるペーシング方式。
- × e. ペースメーカーの誤動作の原因となる心電図以外の雑音信号(EMI)に対処するために、検出回路を工夫したり、検出中断時は固定レートで刺激するなどの方法がとられている。

【選択問題 12】 心電計の時定数の測定は、JIS T 1202 では低周波特性として次のような方法で行われる。

標準感度で5 ms 以下の立ち上がり時間で2 mV の振幅をもつステップ電圧を心電計に入力する。ステップ電圧入力後0.04 s から0.36 s の期間にわたる記録振幅の減衰は、3.2 s の時定数によって生じる値を超えてはならない(図1 参照)。

図1 に示す減衰量 A mm の値を有効数字2 桁まで計算して解答欄(選B) に記入せよ。必要があれば図2 (図中の  $e$  は自然対数の底を表す) を使ってもよい。

[12]

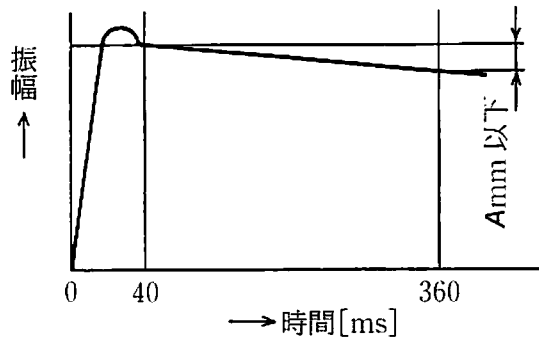


図1

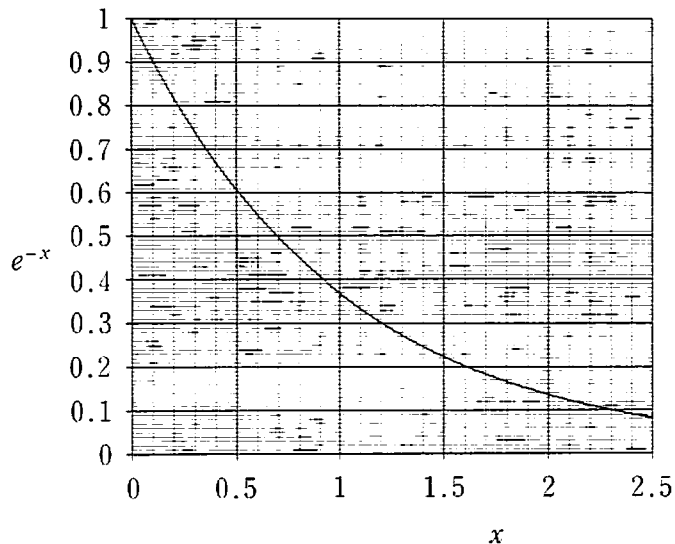


図2

【正解】 (選B) = 1.9, 2.0, 2.1

【解説】 これまで心電計の時定数は 1 mV の校正電圧ボタンを押しつつ電圧が 37% ( $=1/e$ ) に減少するまでの時間から求めていたが、最近のデジタル心電計では基線安定化処理がなされるためにこの方法では測定できない。そこで JIS T 1202 では設問のように短時間の応答から低周波特性を測定することになっている。

ステップ電圧の応答曲線は 3.2 s 以上の時定数で指数関数的に減少するが、図 1 では入力直後の短時間の観察であるので直線を呈している。図 1 において 0.32 s ( $=0.36 - 0.04$ ) 経過後の振幅は  $e^{-(0.32/3.2)} = e^{-0.1}$  になるはずである。  $e^{-0.1}$  の値は図 2 から 0.90 と読みとれるので、振幅は  $20 \times 0.90 = 18$  mm、求める減衰量は 2 mm となる。採点は読みとり誤差を考慮して 2.0 mm の前後も正解とした。

なお、指数曲線の任意の時点の接線が横軸(基線)と交わる点と接点の時間間隔は時定数(3.2 s)に等しいことを応用しても求まる。図 1 において、直線を接線とみなすと比例関係から振幅は  $20 \times (0.32/3.2) = 18$  mm となり、減衰量は 2 mm が得られる。

【備考】 デジタル心電計のステップ応答の  $1/e$  から時定数を求めるには、心電計の基線安定化回路を OFF にして設問の要領でステップ電圧を入力すればよい。



第8回午後の部

【選択問題 13】 あるデジタル心電計を調べたら次のようであった。不適切なのはどれか。番号を解答欄(選11)にマークせよ。[12]

- 1) サーマルアレイ式記録器のサーマル素子の密度は 16 個/mm
- 2) 心電図のサンプリング周期は 4 ms
- 3)  $aV_L$ 誘導を  $(2 II - I)/2$  で記録
- 4) 直流患者測定電流は  $0.1 \mu A$
- 5) 入力インピーダンスは  $5.2 M\Omega$  相当

【正解】 (選11) = 3)

【解説】

○1) 最近の心電計の記録部にはサーマルアレイ式記録器を利用しているものが多い。そこで JIS T 1202 「心電計」では記録波形の分解能について、次のように定めている。「25 Hz, 振幅 20 mm の正弦波を 25 mm/s の紙送り速度で記録し、上昇線と下降線が明瞭に分離され記録されていること」。この規格を基に、この問題を考えてみる。

サーマル素子の描画分解能を、振幅方向分解能：16 ドット/mm, 印字の時間軸分解能：1 ms とすると、紙送り速度 25 mm/s の記録紙上での時間軸方向分解能は、1 mm ( $1000 \text{ ms}/25 \text{ mm} = 40 \text{ ms/mm}$ ) が 40 ms になるので、1 mm 当たり 40 ドットで記録される。したがって、 $f = 25 \text{ Hz}$  は 1 期は 40 ms であるから、記録長 1 mm の間に 40 ドットの粗さで記録される。次に振幅方向には、振幅方向分解能が 16 ドット/mm であるから、振幅 20 mm に  $320 (= 20 \times 16)$  ドットの粗さで記録される。

したがって、この描画密度であれば波形の上昇線と下降線は明瞭に分離され記録されるのでまったく問題ない。

○2) 原波形の特徴を復元できるサンプリング間隔( $T_{sam}$ )は最大周波数成分( $f_{max}$ )の 2 倍以上であるという、サンプリング定理から

$T_{sam} = 4 \text{ ms}$  であるから

第8回午後の部

$$f_{\max} = 1/2 \times T_{\text{sam}} = 1/2 \times 4 \times 10^{-3} = 125 [\text{Hz}]$$

となる。しかし、実際には回路要因などから 125 Hz を復元することは難しいが、サンプリング間隔(周期)が 4 ms あれば、JIS T 1202 「心電計」で要求する正弦波特性は略満足する。

× 3) 一般に、デジタル心電計では Einthoven の法則から、ゴールドバーガ誘導を四誘導の演算で行っている。すなわち、 ${}_aV_L = R - (R + F)/2$  から、 ${}_aV_L = (2 I - II)/2$  となり、 ${}_aV_L$  誘導は第 I 誘導と第 II 誘導の演算で記録されている。

○ 4) 患者測定電流は、JIS T 1001 「安全通則」(JIS T 1202 「心電計」の引用規格)で CF 形の場合その許容値を心臓へのマイクロショック対策の意味から直流で  $10 \mu\text{A}$  と定めているが、JIS T 1202 「心電計」では、この安全を強化する意味に加え次の理由から、この値を  $0.1 \mu\text{A}$  と定めている。

その 1 つは、電極インピーダンスと基線動揺の関係にある。すなわち、電極インピーダンスは装着直後(装着の仕方によっても)は高く、安定するまで数分はかかる(この間心電図の記録を待つわけにはいかない)。また電極インピーダンスは体動によっても大きく変化する。たとえば、電極インピーダンスの変動が  $1 \text{ k}\Omega$  としても、患者測定電流  $10 \mu\text{A}$  もあれば  $10 \text{ mV}$  になり、これが基線動揺となって現れれば心電図の記録は不安定で使いものにならない。これが  $0.1 \mu\text{A}$  にできれば  $0.1 \text{ mV}$  となり記録紙上一目盛り程度に抑えることができるので心電図記録に際し、ほとんど問題にならなくなる。また、患者測定電流は温度や電源の変動による影響も受けるので、これを見込む必要もあった。(心電図記録時の電極インピーダンスに対する配慮に重要な意味をもつ理由)

さらに、もう 1 つの理由として、患者入力に直接接続される誘導選択器(最近では入力にバッファアンプを設け、この出力の組合せによって心電図 12 誘導を得ているが、この場合は問題にならない)をもつ心電計に対して考慮したことである。この方式では各誘導端子間に数  $10 \sim$  数  $100 \text{ k}\Omega$  以上で構成した誘導選択(抵抗)回路網が接続されるので、この選択器の切り

---

第8回午後の部

替えの都度、増幅器入力側の抵抗値が変化する。そこで患者測定電流が大きいと、これによる電位の変動で基線が動揺し心電図記録の安定性が損なわれことにもなる。

- 5) 心電計の入力インピーダンスは、JIS T 1202 で電極インピーダンス、分極電圧および誘導回路網の影響などを考慮し、2.5 M $\Omega$  相当値を要求している。

第8回午後の部

【選択問題 14】 表はある人工肺の仕様書である。誤っている仕様はどれか。番号を解答欄(選12)にマークせよ。[12]

番号	項目	仕様
1	灌流方式	外部灌流方式
2	膜材質	ポリプロピレン
3	膜面積	2.0 m <sup>2</sup>
4	ファイバ内径	200 μm
5	ポアサイズ	7 μm
6	ファイバ本数	13,000 本
7	実用血流量域	1~7ℓ/min
8	圧力損失 (4ℓ/min)	60 mmHg
9	プライミングボリューム	480 mℓ
10	滅菌方法	EOG 滅菌

【正解】 (選12) = 5)

【解説】 人工肺には気泡型人工肺と膜型人工肺があり、後者にはフィルム型とホローファイバ型がある。現在主に使用されている人工肺はホローファイバ型人工肺であり、問題の人工肺も項目の内容からこの種に分類されるものであると考えられる。

- 1) ホローファイバ型人工肺には中空のファイバ内部を血液が流れ、外部を酸素等の気体が行ける内部灌流型(方式)と、ファイバ内部を気体が行け、外部を血液が行ける外部灌流型(方式)がある。
- 2) 透過膜には多孔質膜、均質膜および複合膜があり、材質にはそれぞれポリプロピレン、シリコンおよびそれらの複合型などが用いられる。
- 3) 材質がポリプロピレンの外部灌流型人工肺の膜面積は1.8~2.5 m<sup>2</sup>程度の

ものが用いられている。

- 4) ファイバ内径は 200~400  $\mu\text{m}$  程度である。
- ×5) ポアサイズとは多孔質膜に空いている微少空孔の大きさの平均値を表し、ポリプロピレン多孔質膜では 0.03~0.07  $\mu\text{m}$  程度である。7  $\mu\text{m}$  は桁外れに大きすぎ、赤血球が通過してしまう。
- 6) 外部灌流型人工肺のファイバは 2,800~15,000 本程度使用されている。
- 7) 実用血流量は 1~7  $\ell/\text{min}$  としているものが多い。
- 8) 外部灌流型人工肺の圧力損失は 4  $\ell/\text{min}$  の流量では 40~120 mmHg 程度である。
- 9) プライミングボリュームは 250~1300  $\text{m}\ell$  程度であるが、小児用ではさらに小型のものもある。
- 10) 現在、人工肺の滅菌方式はほとんど EOG (ethylene oxide gas) 滅菌であるが、今後変更される可能性が高い。

[備考] 人工肺に関しては以下の参考書などがある。

草川實編：体外循環の実際，南江堂，1991

井野隆史, 安達秀雄編：最新体外循環 基礎から臨床まで，金原出版，1997

阿部稔雄編：最新人工心肺 理論と実際，名古屋大出版会，1999

第8回午後部

【選択問題 15】 人工心肺装置において、脱血チューブに内径10 mm、長さ1.8 mのものを使用し、落差脱血により4ℓ/minの血液流量を得ている。

このとき、中心静脈圧は8 mmHg、脱血カニューラ部分の圧力損失は50 mmHg、脱血チューブ部分の圧力損失は13 mmHg、脱血回路の落差は0.75 mであった。

中心静脈圧、脱血カニューラは同じ条件のまま、脱血チューブを内径8 mmで同じ長さのものに交換した場合に、同じ血流量を得るためにはどれほどの落差が必要か。番号を解答欄(選13)にマークせよ。ただし、脱血チューブにおける圧力損失はポアズイユの式に従うものとし、各定数は以下のものとする。[12]

- ・血液粘度：3.5 mPa・s
- ・水の粘度：1.0 mPa・s
- ・水の密度： $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
- ・水銀の密度： $13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

- 1) 0.8 m
- 2) 1.0 m
- 3) 1.2 m
- 4) 1.4 m
- 5) 1.6 m

【正解】(選13) = 2)

【解説】人工心肺装置は回路が複雑であり、使用状態を理論的にシミュレーションすることは難しいが、ある程度単純化すると、改良結果を事前に計算することも可能である。

チューブでの圧力損失がポアズイユの式に従うと、半径の4乗に反比例することになる。したがって、内径8 mmの脱血チューブでの圧力損失 $\Delta P$ を求めるが、計算は直径を用いた方が楽なので、

$$\Delta P = 13 \cdot 10^4 / 8^4 \approx 32 [\text{mmHg}]$$

脱血チューブと脱血カニューラの圧力損失の合計から中心静脈圧を引くと必要な圧力 $P$ が求まるので、

第8回午後の部

$$P = 32 + 50 - 8 = 74 [\text{mmHg}]$$

したがって、これを落差に置き換えるため水柱  $H$  に換算すると

$$H = 74 \times 10^{-3} \cdot 13.6 \approx \underline{1.0 [\text{m}]}$$

(別解)

ポアズイユの式に数値をそのまま代入すると、

$$\begin{aligned} \Delta P &= 8 \cdot \eta \cdot L \cdot Q / (\pi \cdot r^4) \\ &= 8 \cdot 3.5 \times 10^{-3} \cdot 1.8 \cdot 4 \times 10^{-3} / \{ \pi \cdot (8 \times 10^{-3} / 2)^4 \cdot 60 \} \\ &= 4178 [\text{Pa}] \rightarrow 4178 / 133 = 31.4 [\text{mmHg}] \end{aligned}$$

$$P = 31.4 + 50 - 8 = 73.4 [\text{mmHg}] \rightarrow \therefore H = 73.4 \times 10^{-3} \cdot 13.6 = \underline{0.998 [\text{m}]}$$

前と解答が違うのは、内径 10 mm の脱血チューブの圧力損失 13 mmHg をポアズイユの式を用いて計算すると 12.87 mmHg となるため。

[備考] この問題で、さらに脱血チューブを内径 6 mm のものに交換すると必要な落差は 1.94 m となり、チューブの長さが足りなくなる。したがって、プライミングボリュームを少なくしようとして、チューブを細くしすぎると十分な脱血ができなくなることが、事前の計算で求まることになる。

第8回午後の部

【選択問題 16】 IABP 装置を使用している際に、“高圧アラーム”（ガス回路内の圧力が異常に高くなったときに出るアラーム）が発生した。原因として考えられないのはどれか。番号を解答欄〔選14〕にマークせよ。[12]

- 1) IABP カテーテルが折れ曲がっている。
- 2) 下行大動脈が狭窄している。
- 3) バルーン内に血液が浸入して凝血している。
- 4) カテーテル軸に巻きつけてあったバルーンが正常に開かない。
- 5) 下行大動脈圧が高い。

【正解】〔選14〕= 5)

【解説】 IABP 装置の代表的なアラームの1つに、“高圧アラーム”がある。これは何らかの原因でガス回路内の圧力が異常に高くなったときに出るアラームである。IABP のポンピングは一定の容量のガスを回路内に送り込むので、バルーン膨張時の回路内容積が減少するような場合に回路内圧が高くなる。

- 1) IABP カテーテルが折れ曲がっているとバルーンの方にガスが行かずバルーンが膨張しないので、回路内容積が減少し回路内圧が高くなる。
- 2) 下行大動脈が狭窄しているとバルーンが十分に膨張しないので、回路内容積が減少し回路内圧が高くなる。
- 3) バルーン内に血液が浸入して凝血しているとバルーンが十分に膨張しないので、回路内容積が減少し回路内圧が高くなる。
- 4) IABP のバルーンは経皮的な挿入を容易にするために、最初はカテーテル軸に巻きつけてある。挿入後に自然に開くようになっているが、稀に正常に開かないことがあり、その場合には回路内容積が減少し回路内圧が高くなる。
- × 5) 下行大動脈圧が高くなっても、回路内容積はほとんど変わらないので、高圧アラームは出ない。機種によっては十分に膨張しないこともあるが、その場合も下行大動脈圧以上にはならないので、高圧アラームが出るようなことはない。



【選択問題 17】 超音波造影剤につい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。[12]

- a. 半径  $8\mu\text{m}$  以上の粒子が浮遊するけん濁液である。
- b. 生体組織に比して、強い非線形な振動特性がある。
- c. 界面活性剤・蛋白質・多糖類などを主成分とした殻あるいは膜をもつ。
- d. 振動時に発生する高調波成分は、殻あるいは膜の特性には依存しない。
- e. 微小な気泡を含むことが音響学的な特性を発揮する要因である。

- 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〕 = 3)

【解説】 これらは、選択問題だけのことはある難問といえよう。臨床現場に超音波造影剤が増えてきた以上、一定の知識は必要である。

- × a. 基本的に赤血球のサイズより大きいものは、肝臓や肺や心臓自体の毛細血管を通過できないので、これより小さい。
- b. マイクロカプセルやマイクロバブルは、綺麗な単振動のみをするわけではないので、そのとおりである。物理学的な現象自体は大変興味深い分野であるが、研究者による最先端分野であるのでここでは深入りしない。
- c. もしもたなければ、ただの水中気泡になるわけで、数ミクロン以下のサイズの水中気泡は、その表面張力と界面での気体の液体側への拡散効果のために、一瞬にして消失してしまう。サイズにもよるが、数ミクロンでもせいぜい数秒しか存在できない。これを防ぐために各種の殻あるいは膜をもつ。
- × d. もちろん固い殻や膜なら、伸縮しにくいので、高周波側へ共振周波数はシフトする。
- e. そのとおりである。微小な油滴や、微小な液性カプセルでは、音響インピーダンスも非線形性も不足し、超音波造影剤の著しい効果は期待できない。

【選択問題 18】 ヘリカル X 線 CT 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。[12]

- a. 心拍動をリアルタイムに観察できる。
- b. 画像の再構成の必要がない。
- c. 走査方式は、通常の X 線 CT と同じである。
- d. 同質の 3 次元情報を得る場合、通常の X 線 CT に比べ被曝線量が少ない。
- e. 通常の X 線 CT より造影剤は少なくてよい。

- 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16) = 10)

【解説】 ヘリカル X 線 CT (スパイラル X 線 CT) では連続回転による撮像が可能  
なため、高速かつ広範囲にわたって呼吸停止下に体動や呼吸にずれのない画像が  
得られる。しかし、機械的な回転部を伴うため 0.5 s 以下での撮像は難しい。

- × a. 高速とはいえ、心拍動の観察はできない。
- × b. 通常の X 線 CT と同じく画像の再構成は必要である。通常の X 線 CT に  
比べ検出器が多く、したがって、多量のデータを扱うのでより高速のコン  
ピュータを必要とする。
- × c. ヘリカル X 線 CT は通常の X 線 CT とは異なり、体軸を中心に連続的に  
ら旋状の走査を行う。通常の X 線 CT では隣り合ったデータに連続性が  
なく、再構成画像に凸凹が生じるが、ヘリカル X 線 CT では 3 次元連続  
性があり滑らかな 3 次元画像の作成が可能。
- d. ヘリカル X 線 CT は短時間に広い範囲を撮像できるため被曝線量を軽減  
することが可能である。
- e. 高速に撮像できるため、1 回の造影剤注入により多くのスライス画像を得  
ることができ、通常の X 線 CT より造影剤の量を減らすことができる。

【選択問題 19】 誘発電位で1000回以上の加算回数が必要なものはどれか。番号を解答欄(選17)にマークせよ。[12]

- 1) 視覚誘発電位
- 2) 体性感覚誘発電位
- 3) 聴覚脳幹誘発電位
- 4) 事象関連電位
- 5) 網膜活動電位

【正解】 (選17) = 3)

【解説】 光、音、電気刺激によって誘発される大脳誘発電位は頭皮上で記録される脳波の中に埋もれた微弱な電位である。この場合、誘発電位という信号に対して脳波は雑音となる。脳波のような雑音の中から誘発電位をS/N良く検出する方法に刺激に同期して行う同期加算平均法が用いられる。通常、誘発電位が小さいほど同期加算回数は多くなる。

- × 1) フラッシュ光やパターン刺激によって後頭部に誘発される1~10  $\mu\text{V}$  の電位であり、通常50~200回程度の加算回数で検出することができる。
- × 2) 上肢や下肢の末梢神経を電気刺激することで頸椎レベルや大脳の感覚野に誘発される電位で1  $\mu\text{V}$  前後の電位であり、通常500~1000回程度の加算回数で検出できる。
- 3) クリック音によって脳幹の聴覚路を起源として誘発される電位で、通常の大脳誘発電位とは異なり、その起源は大脳皮質から深い部位にあることから、頭皮上より検出される電位は0.1~0.5  $\mu\text{V}$  と誘発電位の中でも最も微弱な電位である。加算回数は通常1000~2000回が必要である。
- × 4) 音や光など種々の刺激を用いたオドボール課題を被験者に与えることによって誘発される電位で、大脳の認識、判断、記憶に関係した電位とされている。加算回数は通常20~50回程度である。
- × 5) 光刺激によって網膜に誘発される活動電位で、通常、角膜周辺にリング状電極を装着して検出する。1回の光刺激によって100~500  $\mu\text{V}$  の高振幅な電位が検出されるため加算平均を必要としない。

【選択問題 20】 脳波計による耳垂（朶）を基準とする単極導出で側頭部で上向きの振れをもつはずの異常波が下向きに記録された。この現象に合うのはどれか。番号を解答欄  選18  にマークせよ。ただし、脳波計の2つの入力端子をそれぞれ  $G_1(-)$ 、 $G_2(+)$  とする。[12]

- a.  $G_2$ より  $G_1$ の電位が低かった。
- b. システムレファレンス電極を耳垂に装着した。
- c.  $G_2$ より  $G_1$ の電位が高かった。
- d.  $G_1$ に側頭部電極、 $G_2$ に反対側の耳垂電極を接続した。
- e.  $G_2$ に側頭部電極、 $G_1$ に同側耳垂電極を接続した。

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

【正解】  選18  = 9)

【解説】 脳波導出には単極導出法と双極導出法がある。単極導出法は耳垂を脳波電位の波及していない零電位と仮定して耳垂電極を  $G_2$ に接続して導出する方法である。また脳波記録の振れは、差動増幅器の2つの入力端子  $G_2(+)$ に対して  $G_1(-)$ が負のとき、上向きの振れになるように設定されている。

- × a.  $G_2$ より  $G_1$ の電位が低い場合は  $G_2$ に対して  $G_1$ が負の電位をもつことと同じであるから上向きの振れとなる。
- × b. デジタル脳波計のシステムレファレンス電極は、通常どこにつけても同じであるから、選択肢 b は波形の振れとは無関係。
- c.  $G_2$ より  $G_1$ が高いということは逆に  $G_2$ に対して  $G_1$ 電極部位の電位が正の電位であることを意味しており、このときは下向きの振れになる、すなわち、実際には耳垂に波及する異常波が側頭部の電位より大きな電位(負の大きな電位をもっていることを意味する)である場合である。
- × d.  $G_1$ に側頭部位の電極(負の電位)を接続し、 $G_2$ に反対側の耳垂電極を接続することは反対側には  $G_1$ の側頭部電位がほとんど波及していないことが

---

第 8 回午後の部

普通であるから、実際には  $G_2$  電極は零電位に近い値となる。そのため  $G_1$  が  $G_2$  に対して負となるため上向きの振れとなる。

- e. 単極導出法では  $G_2$  に耳垂電極を接続し、 $G_1$  に側頭部電極を接続するが、この場合単に接続を逆にした場合であり、したがって、記録の振れは下向きに記録される。

【選択問題 21】 デジタル脳波計と関係ないのはどれか。番号を解答欄(選19)にマークせよ。[12]

- 1) リフィルタリング
- 2) リモニタージュ
- 3) ナイキスト周波数
- 4) 自己回帰モデル
- 5) エイリアシング

【正解】 (選19) = 4)

【解説】 デジタル脳波計はシステムリファレンス電位を基準として導出した脳波を通常サンプリング周波数 200 Hz 以上で A/D 変換した後に 1 度メモリに格納される。そしてディスプレイ装置を用いた判読時に必要なモニタージュを再現し、また適当なフィルタを使用して最も判読に適した波形を構成するようになっている。

- 1) A/D 変換する前にはできるだけ広帯域なフィルタ設定で導出し、判読時に種々のフィルタを自由に使って判読しやすい脳波波形を作り出すことをリフィルタリングという。
- 2) 判読時にいろいろなモニタージュ設定ができる機能をリモニタージュという。
- 3) サンプリング周波数の 1/2 の周波数をナイキスト周波数という。
- × 4) 自己回帰モデルは直接には脳波計と無関係である。脳波信号の周波数分析法の 1 つである。通常はデータ処理ソフトウェアの 1 つとして FFT による周波数分析法と並んで用いられる。
- 5) 選択肢 3) のナイキスト周波数よりも高い周波数の信号が含まれている場合にはサンプリング周波数が低すぎるため、ナイキスト周波数を中心にそれより高い周波数は低い方に折り返され(折り返し現象という)、結果としてこの折り返された信号が雑音として現れる現象をエイリアシング雑音という。脳波に限らず生体信号を A/D 変換する場合にはこのエイリアシングは特に気をつけなければならない。

【選択問題 22】 バイオセンサ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。[12]

- a. イオン電極に酵素を固定化して用いる。
- b. 免疫センサは微生物を生きのまま用いる。
- c. グルコースセンサの触媒酵素はウレアーゼである。
- d. 酸素電極や炭酸ガス電極などが組み合わされている。
- e. ISFET はセンサの小型化に役立つ。

- 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20 = 5)

【解説】 バイオセンサは pH 電極、PO<sub>2</sub>電極、PCO<sub>2</sub>電極などのイオン電極(化学センサ)を主体としたセンサで、これらの化学センサに酵素、微生物、抗原・抗体などの生態機能膜を固定化したものがバイオセンサである。グルコース、尿酸あるいはアルコールなどのいろいろな物質を電極法によって測定するセンサ技術である。

- a. イオン電極(たとえば O<sub>2</sub>電極)に酵素(たとえばグルコースオキシダーゼ)を固定化するとグルコースを検出するグルコース電極ができる。この場合、次式によって O<sub>2</sub>が消費されるため O<sub>2</sub>電極の値を観察することでグルコースが定量できる。 $\text{グルコース} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{グルコースオキシダーゼ}} \text{グルコノラクトン} + \text{H}_2\text{O}_2$  この場合、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(過酸化水素)電極を用いても定量できる。
- × b. 免疫センサは抗体を化学センサに固定化したセンサである。微生物を生きのまま固定化したセンサを微生物センサという。この場合、微生物が O<sub>2</sub>を消費し代謝することによって生ずる CO<sub>2</sub>を検出する場合と O<sub>2</sub>の消費を検出する場合がある。
- × c. グルコースセンサの酵素は選択肢 a で示したように、グルコースオキシダーゼである。ウレアーゼは尿素センサの酵素である。

---

第 8 回午後の部

- d. 酸素電極( $\text{PO}_2$ 電極)や炭酸ガス( $\text{PCO}_2$ 電極)などに固定化する技術によって、いろいろな酵素や微生物を電極膜として使用したものがバイオセンサである。
- e. FET のゲート部分に種々のイオン透過性膜を装着した電極(ISFET)で、FET は半導体技術によって微小に加工することができるため、今後 ISFET を用いたバイオセンサの超小型化が期待されている。



【選択問題 23】 電気眼振図記録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。[12]

- 1) 記録校正は通常眼球偏位  $10^{\circ}/10\text{ mm}$  で行う。
- 2) 原波形の記録には 3.0 秒の時定数を用いる。
- 3) 速度波形の記録には 0.03 秒の時定数を用いる。
- 4) 増幅器の記録感度は  $50\sim 200\ \mu\text{V}/10\text{ mm}$  が必要である。
- 5) 速度波形の校正は通常眼球偏位  $10^{\circ}/\text{秒}$  の三角波を用いる。

【正解】 選21) = 5)

【解説】 電気眼振図は眼球の水平・垂直運動を記録するものである。眼振には急速相と緩徐相があり、これらの眼球の動きがどのような速度で動いているのか、あるいは動きの方向がどうであるかを記録波形にすることができる。速度の記録にはもとの眼球の動き(原波形)を時間で微分することによって得られる。

- 1) 原波形の記録の校正として眼球偏位  $10^{\circ}$  の動きの位置が 10 mm の振れになるように記録感度を調整する。
- 2) 原波形の記録には DC 記録が望ましいが、種々の要因で記録の基線が揺れて不安定になることがあるため、3.0 秒の時定数を用いて記録しても良いことになっている。
- 3) 原波形を微分して速度波形を記録するためには原波形の電位を 0.03 秒の時定数回路を通すことで得られる。
- 4) 差動増幅器を含めた記録感度は通常  $50\sim 200\ \mu\text{V}/10\text{ mm}$  が必要である。
- × 5) 速度波形の校正には三角波を用いる。三角波の上向きの頂点に達する時間が 1 秒でその頂点の振幅は  $10^{\circ}$  の眼球偏位を意味しており、その頂点に達するまでは 1 秒であるので、その速度波形としての微分値は  $10^{\circ}/\text{秒}$  頂点から下向きの速度波形は  $-10^{\circ}/\text{秒}$  となり、結局 1 つの三角波の速度波形の振幅は  $20^{\circ}/\text{秒}$  となる。

【選択問題 24】 生体の温度と温度計測について誤っているのはどれか。番号を解答欄〔選22〕にマークせよ。[12]

- a. サーミスタの抵抗値は絶対温度に比例する。
- b. 健常者の体温の日内変動は成人で $1^{\circ}\text{C}$ 程度である。
- c. 鼓膜温は内頸動脈血温を反映している。
- d. 熱流補償型深部温度計のプロープにはヒータが組み込まれている。
- e. サーモパイルを用いた温度計測法では環境温度による補正を必要としない。

- 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22〕= 4)

【解説】

- × a. サーミスタ(=半導体抵抗温度センサ)は、感度が小型で白金抵抗体の10倍程良く、広く利用される。サーミスタにはNTCとPTCの2種類の素子があり、前者は温度上昇とともに抵抗値が減少する負の温度係数を、後者は温度上昇とともに抵抗値が増大する正の温度係数(スイッチング特性)をもつ。一般的な温度測定にはNTCが用いられる。PTCは温度センサには不向きだが、NTCに比べて温度係数が1桁近く大きいので、定温温度センサとして利用される。他に、ある温度で内部抵抗が急変する負の温度係数(スイッチング特性)をもつCTRもある。
- b. 記述のとおり。体温は1日のうちで明け方は低く、夕方は高くなる。
  - c. 記述のとおり。体温調節を司る視床下部に流れ込む血液の温度を反映する。
  - d. 体表面からの熱の放散を見かけ上0にすると、体内部から体表面への熱流がなくなり、体表面と体深部が熱平衡状態になる。この状態で体表面温度を測れば深部と同じ温度を計測できる。熱流補償型深部温度計は断熱材を挟んで2つの温度センサとヒータからなる。一方が体表面温度を、他方がヒータ温度を測る。2つのセンサの温度差が0に近づくようにヒータの温

---

第 8 回午後の部

度を上げる。熱流補償による計測は外気温の影響が少ない。

- × e. サーモパイルは熱型赤外線センサの 1 種である。サーモパイルは、応答速度が早く高速検温(1~3 秒)が可能である。実際の計測は、赤外線センサにより計測対象の温度(赤外線)を微小電圧に変換(熱起電力効果)、もう 1 つの環境温度センサで赤外線センサ自身の温度を計測、2 つのセンサの出力を AD 変換後、CPU に入力し計測対象の温度を演算する。

## 小論文試験問題

あなたの職場（あるいは学校）で ME 機器の安全に関するキャンペーンを行うことになった。この目的で「ME 機器の安全を確立するための 3 カ条」を示したい。ME 機器に関わるあなたの立場（たとえば、医療機器の使用、開発など）を明らかにして「3 カ条」を具体的に作成しなさい。さらに、それぞれの項目について、その意義を説明しなさい。ただし、論文は 1200 字以内とし、800 字に満たない論文は不合格となる。[50]