

第6回午前の部

【問題1】 道路脇に停止している宣伝カーが振動数 440 Hz の音を出しているとき、そのそばを速さ 10.0 m/s の速さで通過するオートバイに乗った人が、宣伝カーを通過後に聞く音の振動数は何 Hz か。解答欄 に記入せよ。ただし、音速を 340 m/s とする。[5]

【正解】 ㉔ = 427 Hz

【解説】 ドプラ効果に関する問題である。音源や観測者が移動すると、観測される音の振動数は音源から出ている音の振動数とは異なり、音源の音の高さよりも高く（大きく）、あるいは低く（小さく）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、次のような式により表される。

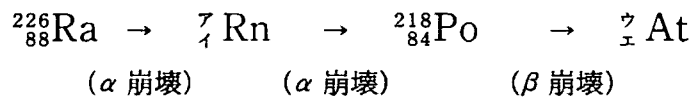
$$f = f_0(c - u_o) / (c - u_s)$$

題意より、 $f_0 = 440$ Hz、 $c = 340$ m/s、 $u_s = 0$ 、 $u_o = 10.0$ m/s を代入すれば、

$$f = 440 \times (340 - 10.0) / 340 = 427 \text{ [Hz]}$$

【問題2】 ウラン系列に属する自然放射性元素の崩壊過程の一部は次のとおりである。

(半減期)



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]

- 1) アは222である。
- 2) イは86である。
- 3) ウは218である。
- 4) エは85である。
- 5) この系列の最後の原子番号が82のPbになって安定するが、その質量は206, 207, 208のうち、208になる。

【正解】 ①=5)

【解説】 原子核の自然崩壊に関する問題である。まず元素記号に関しては、Raはラジウムで、ラドンの記号はRnである。また、原子核の書き方 A_ZX において (Xは元素記号)、A=質量数、Z=原子番号=陽子の数、A-Z=中性子の数である。

次に、原子核の自然崩壊については、α崩壊により原子番号は2、質量数は4だけ減少し、β崩壊では原子番号が1だけ増加し、質量数は変化しない。

以上より、1)～5)までのそれぞれの記述について正しいかどうかをみてみる。

- 1) Rn(ラドン)はRa(ラジウム)のα崩壊により生じるため、その質量数は4だけ減少することになるから、222となる。
- 2) α崩壊では原子番号は2だけ減少するから、Rnの原子番号は86となる。
- 3) 1)と同様に、α崩壊によりPoの質量数は222から4だけ減少するから、

第6回午前の部

218となる。また β 崩壊では質量数は変化しないから、Atの質量数は218のままである。

- 4) β 崩壊では原子番号が1だけ増加するから、Atの原子番号はPoのそれより1増加して、85となる。
- ×5) 原子番号85のAtから原子番号82のPbになることは、Atから α 崩壊が2回、 β 崩壊が1回行われているか、または α 崩壊が3回、 β 崩壊が3回行われていることになる。前者の場合、質量数は、 $4 \times 2 = 8$ だけ減少するから、 $218 - 8 = 210$ 、後者では $218 - 4 \times 3 = 206$ となるので、与えられた解答のうちでは206が正解となる(質量数は α 崩壊により2だけ減少するのみであるから、207のような奇数にはなりえない)。

第6回午前の部

【問題3】 生体内の酸塩基平衡に関する記述について、空欄に当てはまる語句を解答群から選び、番号を解答欄②、③にマークせよ。 [3×2=6]

生体内で最も多く産出される酸は②である。この酸の体内処理に働く重炭酸緩衝系の水素イオン指数 (pH) は次式で表される。

$$\text{pH} = 6.1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.03 [\text{③}]}$$

ここで、6.1は②のpK' (K' 解離定数)、0.03は②の溶解係数である。

② 解答群

- 1) 酢酸 2) リン酸 3) アミノ酸 4) 炭酸 5) 乳酸

③ 解答群

- 1) H⁺ 2) H₂CO₃ 3) CO₃²⁻ 4) CO 5) Pco₂

〔正解〕 ②= 4) ③= 5)

〔解説〕 体内で産生される酸には、炭酸、アミノ酸、リン酸、乳酸などがある。この中で量として最も多いのが、炭酸 H₂CO₃ である。体内で生じた二酸化炭素 CO₂ は、水 (血液) に溶けて CO₂ + H₂O → H₂CO₃ と反応が進み、炭酸となる。血液中の炭酸は赤血球内でヘモグロビンにより再び CO₂ に還元され、呼気により排出される。

循環血液の酸塩基平衡を是正する緩衝系には、炭酸・重炭酸緩衝系、ヘモグロビン緩衝系、血漿蛋白緩衝系、リン酸緩衝系などの緩衝系が関与するが、炭酸・重炭酸緩衝系が支配的である。したがって、血液の pH は、上記の Henderson-Hasselbalch の式で通常求められる。

第6回午前の部

【問題4】 長さ、質量、時間の基本単位をそれぞれ L , M , T としたとき、例えば加速度は [加速度] = [長さ] / [時間]² となるので $[L \cdot T^{-2}]$ として次元を表すことができる。ただし、単位のない次元は $[0]$ で表すものとする。

この方法で次の物理量の次元を表すとどのようなになるか。解答群から選び、番号を解答欄 ~ にマークせよ。[2×3=6]

- a. 応力 —————
- b. 仕事 —————
- c. レイノルズ数 —

- 1) $[0]$ 2) $[T^{-1}]$ 3) $[L^2 \cdot M]$ 4) $[M \cdot T^{-2}]$
5) $[L \cdot M \cdot T^{-1}]$ 6) $[L^{-1} \cdot M \cdot T^{-2}]$ 7) $[L \cdot M \cdot T^{-2}]$
8) $[L^2 \cdot M \cdot T^{-2}]$ 9) $[L^2 \cdot T^{-1}]$ 10) $[L^2 \cdot M \cdot T^{-3}]$

[正解] ④=6) ⑤=8) ⑥=1)

[解説] 様々な物理量はそれに応じた単位によって定量的な扱いができる。単位はその量のもつ物理的な意味を表すと同時に、他の物理量との関係を表している。したがって、単位を単に標準的に使用される記号で覚えるだけでなく、基本的な単位に置き換えて考えるトレーニングをすると、異なった物理量の間にある関係を容易に理解できる。

- a. 応力とは物体の内部に作用する力のことで、単位面積あたりの力として表される。力は $[N]$ の単位をもつが、同時に質量と加速度の積として表現できるので、基本単位系で表すと、

$$\text{力} = [M] \times [L \cdot T^{-2}] \text{ となる。}$$

$$\text{応力} = \text{力} / \text{面積} = [M] \times [L \cdot T^{-2}] \times [L^{-2}] \text{ なので、}$$

$$= [L^{-1} \cdot M \cdot T^{-2}]$$

が得られる。

- b. 仕事量は力×距離である。

$$\text{これを基本単位で表すと、力} = [M] \times [L \cdot T^{-2}] \text{ なので、}$$

第6回午前の部

$$\begin{aligned}\text{仕事} &= [M] \times [L \cdot T^{-2}] \times [L] \\ &= [L^2 \cdot M \cdot T^{-2}]\end{aligned}$$

となる。

- c. レイノルズ数は無次元量であり、単位をもたない。単位をもたない量は比率を表していると考えてよい。レイノルズ数の場合には、流れに対する慣性力と抵抗力の比率と考えることができる。

第6回午前の部

【問題5】 容積10ℓのタンクに20°C、ゲージ圧で1気圧の空気を入れ、密閉した。タンクを加熱して内部の圧力をゲージ圧で2気圧にしたとき、タンク内の温度は何°Cになるか。最も近い値を解答群から選び、番号を解答欄⑦にマークせよ。[4]

- 1) 30 2) 40 3) 100 4) 170 5) 300

【正解】 ⑦=4)

【解説】 ゲージ圧とは、大気圧を基準にした圧力であり、真空を0とした絶対圧で表すと1気圧を加えなくてはならない。また、温度°Cは絶対温度で表すと273を加えてK(ケルビン)の単位をもつ。気体の状態を考える場合には、ボイル・シャルルの式が絶対圧力P、絶対温度Tで体積Vとの関係が、

$$P \cdot V / T = \text{一定}$$

となることを示している。

したがって、問題の条件に当てはめ、左辺を加熱前、右辺を加熱後として、

$$(1+1) \cdot 10 / (273+20) = (2+1) \cdot 10 / (273+x)$$

として、加熱後の温度を得ることができる。左辺の(1+1)は加熱前の気圧を絶対圧で表したものの、10は体積、273+20は20°Cを絶対温度で表したものである。

同様に、右辺の(2+1)はゲージ圧の2気圧を絶対圧にしたものの、(273+x)は摂氏x°Cの温度を絶対温度で表したものである。この方程式を解くと、

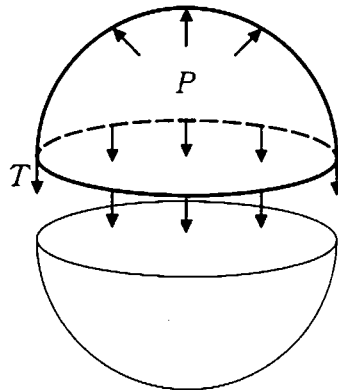
$$x = 166.5$$

となるので、4)が最も近い温度となる。

第6回午前の部

【問題6】 以下の説明を参考に、半径 r の弾性体の薄膜で作られた球体の内圧を P としたとき、表面張力 T を与える式を解答欄 に記入せよ。ただし、外圧は0とする。[6]

図のように薄い膜でできた球体の内圧を P としたとき、球体を上下半分に分けて考えると、球体の上半分は上向きに加わる圧力で押し上げられる。一方、張力は球面を構成している膜の断面に加わるので、球体の上半分は外周に働く張力 T により下方向に引っ張られる。球体が安定しているとき、これらの力は平衡している。



【正解】 ㊸ = $T = r \cdot P / 2$

【解説】 設問にある方法をそのまま式の形で表現すれば解答を得ることができる。

球体の上半分は圧力 P によって上に押し上げられるが、この力は $P \times$ 断面積となる。圧力は壁に対して法線方向に作用する。球体の場合には凹状になっているので、圧力が複雑に作用するように思えるが、球体はどの方向に対しても左右方向が対称であるから、圧力によって上の方向以外に発生する力がすべて打ち消されてしまう。したがって、実際に作用する力は下方向から球体を見込んだ断面積 S に加わることになる。すなわち、球体の半径を r として、

$$S = \pi \cdot r^2$$

なので、上に向かって作用する力は、

第6回午前の部

$$P \times S = P \cdot \pi \cdot r^2$$

となる。

一方、下方向には球体の表面の張力 T が切り口の円周に作用するので、円周の長さを L とすると、

$$L = 2 \cdot \pi \cdot r$$

となり、下に向かって作用する力は、

$$T \cdot L = T \cdot 2 \cdot \pi \cdot r$$

となる。

上方向と下方向の力の釣り合いから、

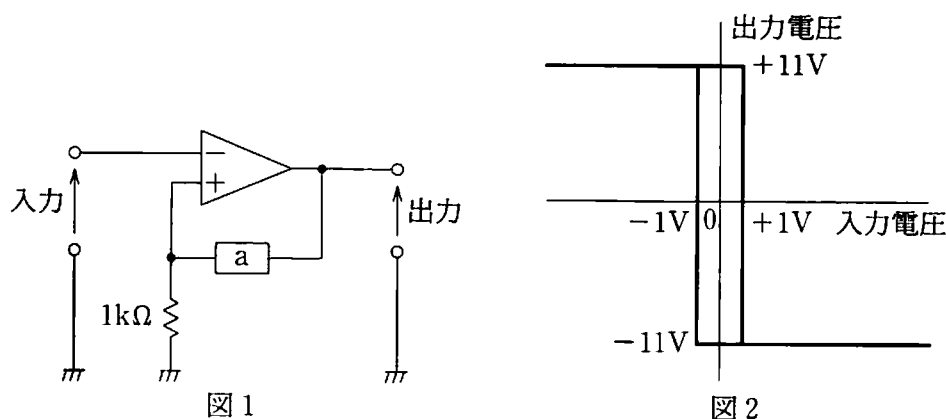
$$P \cdot \pi \cdot r^2 = T \cdot 2 \cdot \pi \cdot r$$

が成立するので、これを整理して、

$$T = P \cdot r / 2$$

を得ることができる。

【問題7】 図1の回路で図2に示すヒステリシス特性をもつ零交差検出回路を作りたい。図1の中のaに用いるべき素子名を解答欄③に、その値を解答欄④に記入せよ。ただし、オペアンプの動作は理想的とするが、出力電圧の最大は $\pm 11\text{V}$ とする。[$3 \times 2 = 6$]



【正解】 ③=抵抗 ④= $10\text{ k}\Omega$

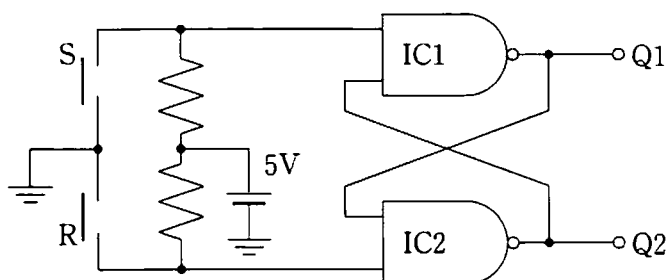
【解説】 シュミットトリガの動作に関する問題である。オペアンプの動作が理想的とされているので、増幅度は無窮大と考えてよく、正帰還増幅器では出力が飽和であり得ない。図2をみれば、正帰還は瞬時に動作し、かつ持続する必要があるため、帰還回路は周波数選択性をともなわない直流結合、つまり素子aは抵抗でなければならない、これを $R_a[\text{k}\Omega]$ とする。入力が十分に負の電圧の場合、出力は正の最大値に至り飽和する。飽和した出力電圧が $1/(1 + R_a)$ に分割されて入力に帰還される。したがって、これにより出力をますます飽和させる方向に入力電圧が増大されることになる。+入力に帰還された電圧を打ち消すだけの正の電圧が-入力端子に加えられて初めて出力の飽和が解かれるが、さらにわずかも正の方向に入力電圧が増大すると出力は負の最大値に至り、再び飽和する。この電圧は先程と同様に+入力に帰還されて、飽和を助長する。次には、+入力に帰還された負の電圧を打ち消すだけ負の電圧が-入力に加えられて

第6回午前の部

初めて出力の飽和が解かれるとともに、直ちに反転して正の最大値に飽和することになる。図2をみると、入力電圧が $\pm 1\text{ V}$ のときに反転が起こるので、飽和電圧 $\pm 11\text{ V}$ が帰還回路で $1/11$ に減衰される必要がある。つまり、 R_a は $10\text{ k}\Omega$ でなければならない。

増幅器の出力を飽和させるこのような結合は、シュミットトリガのほかにマルチバイブレータ等にもみられる。その中でも、この問題の場合には抵抗結合だけであって、時間要素あるいは周波数選択性が全く入らないので、双安定型のフリップフロップ（回路的には反転増幅器2段を通じたの正帰還）とやや似た動作をすることになる。比較検討してほしい。

【問題8】 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。



回路1

時間 $t=0$ のとき、 $Q1$ が 1 とする。スイッチ S を off, R を on とすると、 $Q2$ は と成るから、 $Q1$ は で、この回路は安定する。

次にスイッチ S を on, R を off させると、 $Q1$ は となり、 $Q2$ は となりこの回路は安定する。

8-1 空欄 ~ の値 1 か 0 を下記の例にならって解答欄 に記述せよ。[4]

(例) $a = 1, b = 1, c = 1, d = 1$

8-2 この回路の名称は何か。解答欄 に記入せよ。[3]

[正解] = $a = 1, b = 0, c = 1, d = 0$ = RS フリップフロップ

[解説] この回路は NAND を使用したフリップフロップ回路である。スイッチ S と R はそれぞれ回路をセット (set)、リセット (reset) するためのもので、頭文字 S と R を取って、RS フリップフロップと呼ばれている。したがって、 の解答は RS フリップフロップとなる。

回路の動作を知るためには NAND 回路の真理値表を知る必要がある。

第6回午前の部

NAND回路の2つの入力をA、Bとし出力をOとすると、真理値表は次のようになる。

A	0	1	0	1
B	0	0	1	1
O	1	1	1	0

この表をもとにRSフリップフロップの動作を考えてみることにする。

スタート時点での回路の状態はスイッチSとRの状態によって決定される。問題が示すように、スイッチSがoffでRがonであるとする。Q1が1とすると、IC2の入力の1つが1となる。スイッチRがonであるから、IC2のもう一方の入力は0となる。IC2の出力Q2は真理値表より1となる。このため、IC1の入力の一方が1となる。スイッチSがoffであるから、IC1の2つの入力とともに1となり、真理値表より出力Q1は0（bの答）となる。このため、IC2の1であった入力が0となるが、真理値表より出力Q2の1（aの答）は保たれることになる。したがって、この状態で回路は安定になる。

この状態からスイッチSとRをそれぞれon、offに切り換えることにする。IC1の入力は0、1となるから、出力Q1は真理値表より1となる。このため、IC2の入力は1、1となるから、出力Q2は真理値表より0（dの答）となる。IC1の入力は0、0と変化するが、真理値表より出力Q1が1（cの答）を保つことがわかる。

【問題9】 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

心電図や脳波を測定中、患者近くにある装置のスイッチを入れた瞬間しばしば雑音の混入が認められる。この原因には以下のことが考えられる。

図1に示すように電流 I の流れている銅線の微小長さ ds の部分により、距離 r の点 P に ㉘ 強さの磁界が発生する。このように、装置内の各部の電流により生じた磁界を加えた磁界が装置外に発生する。今、図2に示すように、発生した磁界が測定器の入力回路の作る閉曲面（斜線部位）と交わっている。閉曲面での磁束密度が一様に B で、閉曲面の面積を $S[\text{m}^2]$ とすると、閉曲面を貫く磁束（鎖交磁束） ϕ は ㉙ となる。 ϕ が変化するとき、閉曲面には ϕ の時間変化を ㉚ 方向の電流を生じる方向に起電力 $e[\text{V}]$ が発生する。起電力の大きさは $e = -\frac{d\phi}{dt}$ で与えられる。装置内の電流が $\sin(\omega t)$ で変動すると B も $\sin(\omega t)$ で変動することになる。 B の振幅が $1 \times 10^{-4} \text{ T}$ 、 S が $1 \times 10^{-1} \text{ m}^2$ のとき、起電力の振幅は約 ㉛ $[\text{mV}]$ となる。ただし、 $\omega = 2\pi f$ 、 $f = 50 \text{ Hz}$ 、 $\frac{d\sin(\omega t)}{dt} = \omega \cos(\omega t)$ である。この起電力は測定器の入力端に生じる雑音電圧なる。この測定器の利得が 40 dB であるとする、起電力による出力雑音の振幅は ㉜ $[\text{V}]$ となる。

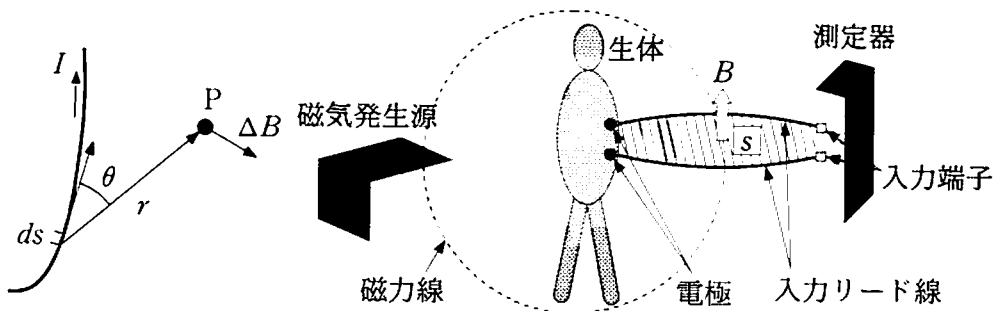


図1

図2

第6回午前の部

9-1 空欄⑧, ⑨に当てはまる語句を解答群から選び, 解答欄⑧, ⑨にマークせよ。[2×2=4]

⑧ 解答群

- | | |
|------------------|-------------------|
| 1) I の平方根に比例した | 2) I の平方根に反比例した |
| 3) r に比例した | 4) r に反比例した |
| 5) r の2乗に比例した | 6) r の2乗に反比例した |
| 7) I の3乗に比例した | 8) r の3乗に反比例した |
| 9) I に無関係の | 10) I に反比例した |

⑨ 解答群

- 1) 増加させる 2) 反転させる 3) 持続させる 4) さまたげる
5) 変調する

9-2 空欄⑦ ~ ⑩に当てはまる式や値を解答欄⑦ ~ ⑩に記入せよ。[3×3=9]

9-3 このような環境下で上記による雑音をできるだけ小さくするにはどのようなすればよいか。30字以内で解答欄⑪に説明せよ。[4]

[正解] ⑧=6) ⑨=4) ⑦= SB ⑥= 3.1 ⑩= 0.31 ⑪=(例) リード線を束ねるなどして、面積 S をできるだけ小さくする。

[解説] この問題は、生体からの微弱な電気信号(脳波等)を検出する際、しばしば問題になる雑音についての問題である。信号に混入する雑音は、主に静電的な雑音と磁気的な雑音とに分類される。ここでは、磁気的な雑音の混入するメカニズムを説明している。

図1に示すように銅線に電流 I が流れているとする。電流 I の微小長 Δs の部分が距離 r 離れたところに発生する磁束密度 ΔB は次式で表される。

$$\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I\Delta S}{r^2}$$

これはビオ・サヴァールの法則と呼ばれ、図中の矢印で示した $I\Delta S$ の方向から P 点の方向へ右ねじを回したときに、ねじが進む方向に磁束密度ができる。強度は電流 I に比例し、距離の2乗に反比例することがわかる。□⑧の解答は6)となる。

問題図2に示すような面積 $S[\text{m}^2]$ をもった閉回路を考える。上記の説明のごとく、生じた磁界が閉回路の閉曲面 S と交わっているとす。理解を容易にするため、この面内での磁束が一様で B であるとする、面 S を貫く磁束密度は SB となる。これを鎖交磁束と呼び一般に ϕ で表す。□⑨の解答は SB となる。

鎖交磁束 ϕ が変化すると、その変化を阻止する現象が現れる。回路に起電力 v が生じ回路内に電流（渦電流と呼ぶ）が流れる。この電流により鎖交磁束 ϕ の変化を妨げる方向に磁界が発生する。これを、ファラデーの電磁誘導の法則と呼ぶ。□⑩の解答は4)となる。起電力 v の大きさは次式で示される。

$$v = -\frac{\partial \phi}{\partial t}$$

この起電力は回路内の特定な部分に発生するのではなく、閉回路全体として生じるのである。言い換えると、回路内のどの部分にも v が生じていることになる。したがって、問題図2に示す測定器の入力に磁氣的に生じた雑音電圧 v が生じることになる。上式から容易に、閉曲面の面積 S が小さければ起電力 v が小さくなり雑音の影響が小さくなることが理解できる。この文章が□⑪の解答の1例となる。

問題にしたがって起電力を計算してみる。

$$\phi = SB = 1 \times 10^{-4}[\text{T}] \times 1 \times 10^{-1}[\text{m}^2] = 1 \times 10^{-5}[\text{Tm}^2] \text{ となる。}$$

起電力の振幅はこの値を ω 倍してあげればよい。

$$\omega = 2\pi f, f = 50 \text{ Hz であるから}$$

$$v = \omega SB = 3.1 \times 10^2 \times 10^{-5} = 3.1[\text{mV}] \text{ となり、□⑫の解答は3.1となる。}$$

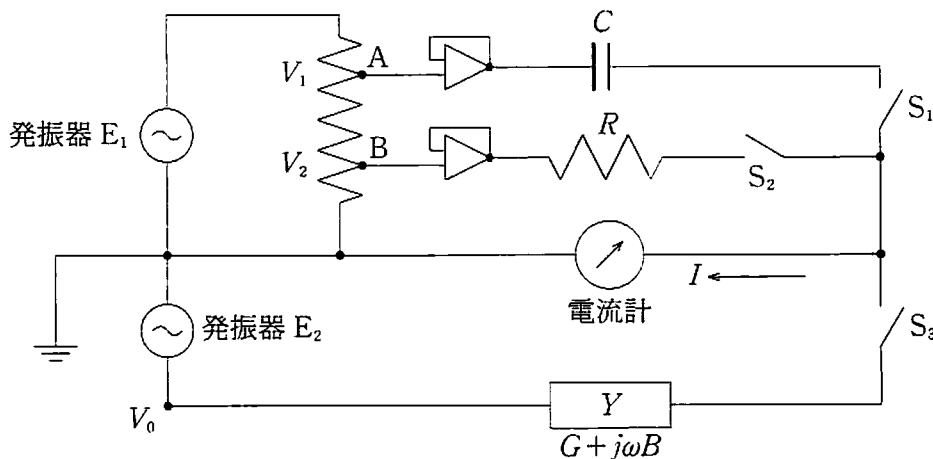
第6回午前の部

この雑音電圧が利得 40 dB の増幅器で増幅されると、40 dB は 100 倍であるから出力電圧は 0.31[V] となり、 ㊦ 解答は 0.31 となる。

【問題10】 次の文章の空欄に当てはまる数式を解答群から選び，番号を解答欄
 ⑩ ~ ⑭ にマークせよ。[2×5=10]

下図の電気回路において E_1 、 E_2 は角周波数 ω の正弦波発振器で、 E_1 と E_2 の位相差は 180° である。 E_2 の電圧は V_0 、接点Aでの電圧は V_1 、接点Bでの電圧は V_2 である。 C 、 R は既知である。未知のアドミタンス Y は $G+j\omega B$ で表現されるものとする。

- 10-1 スイッチ S_1 を閉じ，スイッチ S_2 、 S_3 を開く。このときの電流 I は ⑩ である。
- 10-2 スイッチ S_2 を閉じ，スイッチ S_1 、 S_3 を開く。このときの電流 I は ⑪ である。
- 10-3 スイッチ S_3 を閉じ，スイッチ S_1 、 S_2 を開く。このときの電流 I は ⑫ である。
- 10-4 スイッチ S_1 、 S_2 、 S_3 全てを閉じると，電流計の振れは0となった。 G 、 B の値はそれぞれ ⑬， ⑭ となる。



第6回午前の部

⑩～⑫ 解答群

- 1) $\frac{V_0}{R}$ 2) $\frac{V_1}{R}$ 3) $\frac{V_2}{R}$ 4) $j\omega CV_0$ 5) $j\omega CV_1$
 6) $j\omega CV_2$ 7) $(G+j\omega B)V_0$ 8) GV_0 9) $j\omega BV_0$
 10) $(\frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega C})V_0$

⑬, ⑭ 解答群

- 1) $\frac{V_1}{RV_0}$ 2) $\frac{V_2}{RV_0}$ 3) $\frac{V_2}{RV_1}$ 4) $\frac{V_0}{RV_2}$ 5) $\frac{V_1}{RV_2}$
 6) $\frac{V_0}{V_1}C$ 7) $\frac{V_1}{V_0}C$ 8) $\frac{V_1}{V_2}C$ 9) $\frac{V_2}{V_1}C$ 10) $\frac{V_0}{V_1+V_2}C$

[正解] ⑩=5) ⑪=3) ⑫=7) ⑬=2) ⑭=7)

[解説] この回路は、未知のアドミタンスを測定するアドミタンス計として実存するものである。このような測定器に使用されている発振器、電流計、コンデンサ、抵抗そしてICは理想に近く、発振器と電流計の内部抵抗、コンデンサの損失、抵抗での位相ずれは無視できるように設計、製作されている。

スイッチ S_1 を閉じ、他のスイッチを off とすると、電流計を流れる電流はコンデンサを流れる変位電流だけとなる。コンデンサに加わる交流電圧は、コンデンサに接続されている電子回路が電圧ホロワ（バッファ）であるから V_1 となる。したがって、変位電流は $j\omega CV_1$ となる。⑩の解答は5)となる。

同様に、スイッチ S_2 を閉じ、他のスイッチを off とすると、電流計を流れる電流は抵抗を流れる電流だけとなる。抵抗に加わる交流電圧は V_2 であるから、電流は V_2/R となる。⑪の解答は3)となる。したがって、スイッチ S_1 と S_2 を同時に閉じ、 S_3 を off とすると、電流計を流れる電流は $V_2/R + j\omega CV_1$ となる。

スイッチ S_3 を閉じ、他のスイッチを off とすると、電流計を流れる電流はアドミタンス Y を流れる電流だけとなる。アドミタンスに加わる交流電圧は V_0

第6回午前の部

であるから、電流は YV_0 すなわち $(G+j\omega B)V_0$ なる。□(12)の解答は7)となる。

すべてのスイッチ S_1 、 S_2 、 S_3 を同時に閉じると、電流計に流れる電流はすべての電流の和となる。ここで、 E_1 と E_2 が逆相であることを考慮すると、 V_0 は V_1 、 V_2 と逆相になるので、電流計を流れる電流は $V_2/R+j\omega CV_1-(G+j\omega B)V_0$ となる。電流計の振れが0になったのであるから、電流の実数部、虚数部がそれぞれ0となったことになる。したがって、 $V_2/R-GV_0=0$ 、 $j\omega CV_1-j\omega BV_0=0$ の関係が得られる。これより、 $G=V_2/RV_0$ 、 $B=CV_1/V_0$ が得られる。□(13)、□(14)の解答はそれぞれ2)、7)となる。

第6回午前の部

【問題 11】 L, C, R の直列回路に関する次の問いに有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 $L = 5 \text{ mH}$ 、 $C = 0.005 \mu\text{F}$ 、 $R = 100 \Omega$ とする。

11-1 共振周波数 f_0 はいくらか。解答欄 に記入せよ。[4]

11-2 印加電圧が $100 \sin(2\pi f_0 t) [\text{V}]$ であった。電流の実効値はいくらか。解答欄 に記入せよ。[4]

【正解】 ① = $3.2 \times 10^4 \text{ Hz}$ ② = 0.71 A

【解説】 L, C, R の直列共振回路の問題である。インピーダンスは $R + j\omega L + 1/j\omega C$ である。共振時には虚数部が 0 であるから、 $j\omega L + 1/j\omega C = 0$ したがって、 $\omega^2 = (2\pi f_0)^2 = 1/LC$ となる。

この式に数値を代入すると

$$2\pi f_0 = 1/(5 \times 10^{-3} \times 0.005 \times 10^{-6})^{1/2}$$

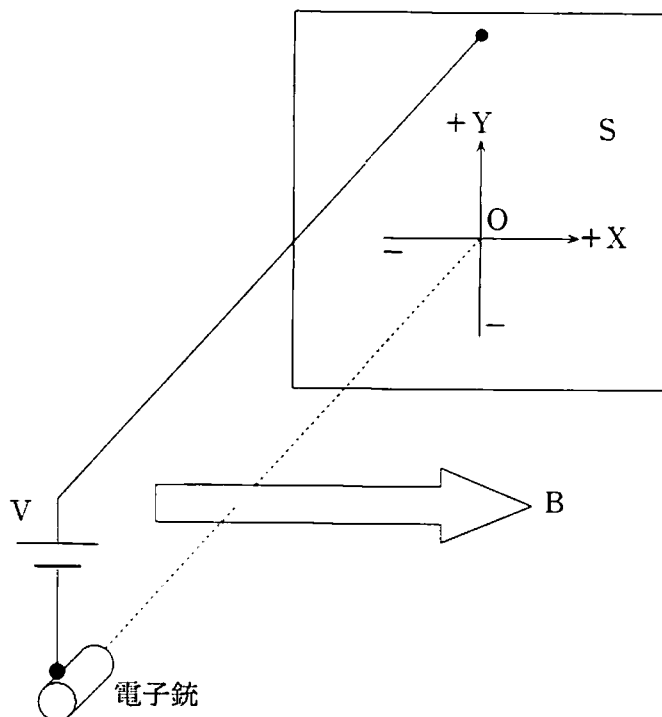
$$\therefore f_0 = 3.2 \times 10^4 \text{ Hz となる。}$$

共振時のインピーダンスは R となるから、回路を流れる電流は印加電圧を V とすると、 V/R となる。数値を代入すると、電流の最高値は 1 A となる。実効値は 0.71 倍 ($\frac{1}{\sqrt{2}}$) すればよいから、解答は 0.71 A となる。

第6回午前部

【問題 12】 図のように、真空中でスクリーンSの中心に向かって垂直に置かれた電子銃より電子を発射した。途中スクリーンに平行にX軸のプラス方向の磁界を横切ってスクリーンに電子が衝突するときの位置はどの方向か。番号を解答欄 にマークせよ。ただし、地磁気の影響はないものとする。[5]

- 1) X軸のプラス方向にずれる。
- 2) Y軸のプラス方向にずれる。
- 3) X軸のマイナス方向にずれる。
- 4) Y軸のマイナス方向にずれる。
- 5) Oに当たる。



[正解] ⑮ = 2)

[解説] 磁界に垂直に流れる電流に働く力の向きをたずねる問題である。磁界中を流れる電流に働く力の向きはフレミングの左手の法則によって表される。つまり、左手の親指、人差し指、中指を下図のようにそれぞれ垂直になるようにすると、中指の向きを電流の方向、人差し指の向きを磁界の方向としたとき、電流に働く力の方向は親指の向きとなる。

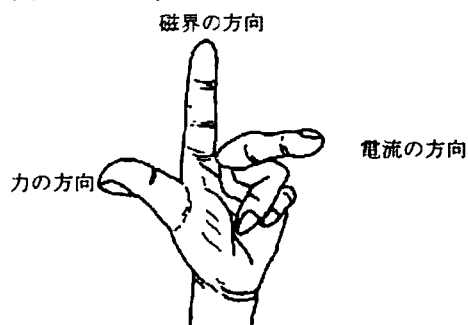


図 フレミング左手の法則

電子銃から発射されてスクリーンに向かうのは電子である。電子は負の電荷であるから、電流はその逆方向、スクリーンから電子銃に向かって流れている。したがって、フレミングの左手の法則に示すように3本の指をそれぞれ垂直にして、中指をスクリーンから電子銃の方向、人差し指を磁界の方向、つまりX軸のプラスの方向に合わせると、親指は上を向くことになる。つまり、電流は上向きの力を受けることを表している。したがって、この電子の流れは上向きの力を受けるので、スクリーンに到達するときはY軸のプラス方向に変位する。

[備考] フレミングの左手の法則は、磁場中の電流に作用する力の向きを示すものである。現実には、電子顕微鏡やCRTなどの電子線が受ける力の向や、電動機（モータ）の回転方向を表す。

一方、磁場中の導体に力を加えて動かすと電流が発生する。つまり発電機である。このとき発生する電流の向きは、フレミングの右手の法則で表される。右手の親指、人差し指、中指を互いに垂直にして左手の法則と同じ意味をもたせると、中指の方向が発生する電流の向きとなる。電動機と発電機の関係が対称になっていることが興味深い。

第6回午前の部

【問題 13】 通信ネットワークの分類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。[4]

- a. WANとは、都市間にわたり全国規模で情報を交換する通信サービス網である。
- b. GANとは、世界規模で情報を交換する通信網である。
- c. VANとは、私設回線を利用した、音声・データ・画像を統合的に扱える情報交換通信網である。
- d. MANとは、2つの特定の病院間で相互の情報を交換する通信網である。
- e. LANとは、1つの組織（企業、病院、学校、研究所）の構内で情報を交換する通信網である。

- 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 = 8)

[解説] コンピュータを中心とする情報機器の発展と従来の法的規制の撤廃により、様々な業種が種々の情報通信サービス業に参入し、個人の生活、企業活動、医療活動、研究活動等を取り巻く通信網は、ますます高機能で複雑なものとなっている。情報通信ネットワークは、利用目的、利用分野、提供されるサービスの内容、交換方式、ネットワークの規模、伝送方式等の違いでいくつかに分類されている。

- a. WANとは、Wide Area Network の略号で、公衆回線（第1種電気通信者の回線）を利用し、都市間などの広い地域にわたり全国規模でLANを接続するなど、情報を交換する通信サービス網のことである。
- b. GANとは、Global Area Network の略号で、世界規模で情報を交換する通信網のことである。
- × c. VANとは、Value Added Network の略号で、付加価値通信網とも呼ばれ、第1種通信事業者より回線を借り、コンピュータと組み合わせること

第6回午前の部

により、情報の蓄積・処理・加工を行って付加価値をつけた音声・データ・画像が統合的に扱えるネットワークのことである。

- × d. MANとは、Metropolitan Area Network の略号で、LANより広域の1つの都市内で情報を交換する通信網で、音声、データ、画像などが総合的に扱えるようなネットワークとして標準化がはかられ、WANへのアクセス網として利用できるような使用となっている。
- e. LANとは、Local Area Network の略号で、1つの組織（企業、病院、学校、研究所等）の限られた構内でコンピュータやOA機器などを結んだネットワークで、短距離・高速・低コストが特徴である。複数のコンピュータ端末の接続は1本のケーブル（ペアケーブル：pair cable）を共用することが多い。通信ケーブルには、目的により同軸ケーブル、光ファイバ、赤外線、電波が使われる。また、LANは法律の制約がない私的ネットワークでユーザーの自由度が高い。

第6回午前の部

【問題 14】 電気通信事業法について誤っているのはどれか。番号を解答欄

⑰にマークせよ。[4]

- a. 第一種電気通信事業者とは、電気通信設備を設置して電気通信役務を提供する事業者である。
- b. パソコン通信やインターネット接続事業（インターネット電話を含む）は、第一種電気通信事業である。
- c. 第二種電気通信事業者は電気通信役務を提供するための電気通信回線設備を設置しない通信事業者である。
- d. 第一種電気通信事業は公共的な事業を行うので、設立時には郵政省の許可が必要である。
- e. 第一種電気通信事業者は、通信内容によって特別業務と一般業務とに分類されて運用されている。

- 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】 ⑰= 7)

【解説】 電気通信事業法には、電気通信事業の公共性にかんがみ、運営を適正かつ合理的なものとするにより、電気通信役務の円滑な提供を確保するとともにその利用者の利益を確保し、もって電気通信の健全な発達および国民の利便の確保をはかり、公共の福祉を増進することを目的とする、とされている。

電気通信事業法の総則には、通信の検閲の禁止、秘密の保護に関する事項、電気通信事業の種類、事業の許可・登録ならびに届け出、契約約款の認可、電気通信設備の規定、端末設備の接続、工事担任者に関する事項について定めている。

電気通信事業の種類としては、電気通信事業者を、電気通信サービスを提供するための基盤となる電気通信回線設備（利用者端末を除く）を自ら設置しサービスを行う第1種電気通信事業者と、第1種電気通信事業者から電気通信回線設備の提供を受けてVANサービスなどを行う第2種電気通信事業に大別している。

第6回午前の部

さらに、第2種電気通信事業を、特定の企業グループを対象とする一般第2種事業と全国規模のネットワークか国際ネットワークを持ち、不特定多数の企業等を対象とする特別第2種事業とに分類されている。また、電気通信事業者の資格を取得するための手続きとして、第1種電気通信事業者については許可制、一般第2種については届け出制、特別第2種については登録制を採用することと規定している。(政令・郵政省令)

- a. 電気通信事業法による第1種電気通信事業者とは、自ら電気通信設備（利用者端末を除き）を設置して電気通信役務を提供する（サービスを行う）事業者のことである。
- × b. パソコン通信やインターネット接続事業（インターネット電話を含む）は第1種電気通信事業者の設置する通信回線の提供を受けて通信等のサービスを行う通信事業者であり、これらは第2種電気通信事業者に相当する。
- c. 電気通信事業法による第2種電気通信事業者は、電気通信役務を提供するための電気通信回線設備を自ら設置しない通信事業者である。
- d. 第1種電気通信事業は公共的な事業を行うので、設立時には郵政省の許可が必要である。
- × e. 電気通信事業法による第2種は、通信内容（特定の企業等間か不特定多数の企業等を対象にするか）によって特別業務と一般業務とに分類されて運用されている。

【問題 15】 ISDN 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。[4]

- a. ISDN 端末との接続には、電話機、データ端末、画像端末ごとに規格化された専用の通信用コンセントを使用する。
- b. モデムを介した電話網でのデータ通信に比べて通信速度が速く、高品質な通信能力を持っている。
- c. 利用者は回線交換とパケット交換の両方が利用できる。
- d. 多彩な通信機能を持っているので、インターネットアクセステレビ会議に利用できる。
- e. 光ケーブル回線を利用しているため、ハイビジョン映像分配サービスができる。

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

【正解】 ⑱ = 4)

【解説】 ISDN (Integrated service digital network) は、1本の契約回線(2本の銅線:ペアケーブルとも呼ばれる)に、音声、コンピュータデータ、映像などの多様な情報をデジタル信号に変換して高速で送受信することのできる総合デジタル網である。ISDN 網は従来の電話網を共用するように構築されており、加入者側に設置された DSU (digital service unit) からの信号は市内交換機を経て電話網と同様に相手側に接続される。また、ISDN には、用途によりパケット交換と回線交換との2種類の交換方式があり、広域の基幹デジタル通信網であるといえる。

ISDN の利用は、マルチメディア会議、通信カラオケ、ファクシミリ、インターネットアクセス等へも用途拡大し、ユーザーの利便性が向上している。さらに、ISDN は世界標準規格が定められており、世界規模の広域共通サービスの提供、高品質・高信頼のサービスが可能である。

第6回午前の部

- × a. ISDN と端末の接続は、電話機、データ端末、画像端末それぞれ規格化された通信用コンセントを直接使用することはできず、加入者側に設置された回線接続装置 DSU (digital service unit) を利用して接続する仕様となっている。
- b. デジタル化通信によりプロトコル変換が行えるので、モデムを介した電話網でのデータ通信に比べて通信速度が速く高品質な通信能力をもっている。
- c. 利用者は、用途に応じて回線交換とパケット交換のいずれかを選択利用でき、インターネットアクセスなど個人的な利用へも拡大している。
- d. 情報をデジタル化し処理することで多彩な通信機能をもっているので、64 Kbps を基本として数 Mbps 程度までの伝送ができ、高品質オーディオ伝送が可能である。
- × e. ISDN は、電話契約回線（2本の銅線：ペアケーブル）を利用し単一ネットワーク上で統合し情報の処理と伝送を行うもので、端末接続ケーブルには通常、光ケーブル回線を利用していない。

【問題 16】 携帯電話に利用される電波の送受信では、セルラー（半径 3 km 程度の小ゾーン方式）が使われている。最も大きな理由はなにか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- 1) UHF帯の高い周波数を使うので、電波が遠くまで伝搬しないため。
- 2) 携帯電話機の放射電波の電界強度（電力）に制限があるため。
- 3) 離れたゾーンでも同じ周波数が使用できるので、電波帯域の有効利用ができるため。
- 4) 基地局のアンテナを大規模にする必要がなく、設置コストが低いため。
- 5) 変調方式にFM（周波数変調）を使っているので、電波の干渉を起こすため。

[正解] ①= 3)

[解説] 携帯電話には、現在 800 MHz、(1~3 GHz) の周波数帯が使われている。携帯電話のみならず、無線通信に使用される周波数は有限であり、同一地域で同じ周波数を使うことは混信などのトラブルを起こす。特に、携帯電話の普及・発達につれて周波数の配分方法に関する問題が考慮されなければならない。

電波の利用の観点から移動端末の制御の形態に着目し分類すると、サービスエリア内を基地局 1 つでカバーする、いわゆる大ゾーン方式と小ゾーン方式とに分類される。携帯電話相互間に提供される移動通信には、小ゾーンによるセルラー・システムである。このシステムは、無線基地局が半径 1.5~3 km（地方では 5~10 km）エリアをゾーンまたはセルと呼ぶ。小ゾーン方式では、電話機が異なるゾーン間を移動するにつれ、通信する無線基地局を自動的に切り替える方式をとっている。こうすることで、周波数利用度を最大にし、同時に、省電力・小型化（電磁妨害低減につながる）をはかっている。

さらに、限りある無線周波数の有効利用のために、経済性、技術的実現性が考慮されながら、次の 3 つの最適化がはかられている。

- ①周波数上の有効利用：通信情報をいかに狭い周波数帯域幅で伝送するか（帯域圧縮技術、ビットレート低減技術、狭帯域変調技術）

第6回午前の部

- ②空間上の有効利用 : 同一周波数の無線チャネルを同時にいかに多くの無線ゾーンで使用するか(無線ゾーン構成技術)
- ③時間上の有効利用 : 同一周波数の無線チャネルを同一無線ゾーンでいかに多くの移動機に空き時間なしに使用させるか(マルチアクセス技術)
- ×1) 小ゾーン方式は、電波の特性上電波が遠くまで伝搬しないという伝搬範囲に制限があるからではなく、上述②が主たる目的である。
- ×2) 携帯電話機の放射電波の電界強度(電力)に制限があることが理由ではなく、前問同様、②が主たる目的である。
- 3) 離れたゾーンでも同じ周波数が使用できるので、周波数の有効利用ができるからである。
- ×4) 小ゾーン方式は、むしろ基地局の数が増えることになり、高速ハンドオーバー(高速で隣の基地局へ無線チャネルを切り替えること)の機能を付加するなど大ゾーン方式より設置コストが高くなると考えられる。
- ×5) 変調方式がFM(周波数変調)を使っているが、FM変調技術の進歩により、周波数チャネルセパレーションが向上し、電波の干渉はほとんど起きないよう、配慮されている。

第6回午前の部

【問題17】 医療情報システムやネットワーク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) OSI (Open System Interconnection) は、ISO によって制定された異機種間の通信を実現するためのネットワークアーキテクチャの標準規格モデルである。
- 2) OSI の7層は、物理層、データリンク層、ネットワーク層、トランスポート層、セッション層、プレゼンテーション層、アプリケーション層である。
- 3) TCP/IP は、インターネットで使われている標準的な通信手順（プロトコール）である。
- 4) HL7 とは、OSI 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アプリケーション特有のエラーの通信を定義するものである。
- 5) Linux は、ソースプログラムを公開せず、一切の改変を認めない OS である。

【正解】 ⑳ = 5)

【解説】

- 1) OSI は、あくまでもモデルであって、実在するボードやチップの規格ではないが、この選択肢の内容のとおりである。
- 2) 上記の選択肢の解説の教育的記述であり、内容は正しい。
- 3) これもそのとおりで、情報に関心のある人には易しい問題。
- 4) 電子カルテが医療の現場に入ってくる。その際に医療情報の交換規約が必要となるが、世界的な標準になりつつあるのが HL7 であり、日本支部もある。HP は、<http://www.hl7japan.gr.jp/index.html>
- ×5) これが全く逆の記述をしている間違いの文章。日本医師会が、Linux のオープンソースの特徴を活かし、医師会共通の電子カルテと電子レセプ

第6回午前の部

トコンピュータを開発していることも注目であろう。

第6回午前部

【問題18】 情報ネットワークへの不正アクセスが大きな社会的問題になり、平成12年2月13日より「不正アクセス行為の禁止等に関する法律（不正アクセス禁止法）」が施行された。不正アクセス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。[4]

- 1) 他人のIDやパスワードなどを無断で使用する行為は不正アクセス行為であり、懲役または罰金に処せられる。
- 2) 他人の識別符号（IDやパスワードや署名など）を、無断で第三者に提供する行為は、不正アクセス行為を助長する行為として禁止・処罰される。
- 3) 善意の第三者や知人のアドレスを不正利用（なりすまし）する電子メールの不正な利用が不正アクセスの最初の一步であることも多い。
- 4) ネットワークに接続されたコンピュータの管理者（アクセス管理者）は、当該コンピュータを不正アクセス行為から防御するため、必要な措置を講ずるよう努めなければならない。
- 5) パケット盗聴プログラムを何らかの方法でシステムに送り込まれてしまっても、ワクチンプログラムを追加するとセキュリティは回復する。

【正解】 ㉑=5)

【解説】 インターネットサーバへの不正アクセスが大きな社会的問題になっている。不正アクセスによりそのサイトが障害されるのみでなく、そこを「踏み台」として、さらに他のサイトへの不正アクセスを繰り返され、知らないうちに不正侵襲者への協力をさせられる場合も多い。主なものを類型化すると、おおよそ次のパターンに分類できる。

(1) 管理者権限詐取

出荷時のパスワードのまま使用したり、電話での問い合わせに不用意に答えたり、容易に推測されるパスワードがあると、リモートから検出されて侵入される。システムに侵入されるとセキュリティ上の弱点を悪用され、システム管

理者 (root) の権限を詐取される。通常、侵入者は管理者権限を入手すると、裏口 (back door) やトロイの木馬プログラムを設置し、これらを完全に除去しない限り再び侵入される。

(2) システムの弱点の探査 (プローブ、スキャン)

不正アクセスを目的とした自動化ツールを用いて、大規模かつ無差別的に探査が行なわれる。セキュリティ上の弱点を放置していると、弱点の存在を検出されホストへの不正侵入を受ける。これは HP などからダウンロードしたソフトを用いると高度なプログラミング技術を持たないものも侵入を試みられるので、被害件数は多い。

(3) 電子メールの不正な利用

電子メール配送プログラム (sendmail 等) を悪用したり、送信ヘッダを詐称することにより、他のサイトへ不正に電子メールを中継させる攻撃が行われる。この攻撃を受けると、電子メール爆撃で他のサイトにも迷惑をかけるのみでなく、計算機資源が大量に消費されたり、不正なメールの発信元という疑いをもたれる。

(4) プロキシサーバの不正利用

アクセス制御を行っていないプロキシサーバは、不特定多数から探索を受ける。存在を探知されると予期しないアクセスの中継に悪用される。アクセス制御の実施も含め、プロキシサーバの悪用を防止するための対策が必要である。

(5) POP サーバを悪用した攻撃

POP サーバプログラムのセキュリティ上の弱点が悪用されると、リモートから管理者権限で任意のコマンドを実行されたり、あるいは任意のプログラムを送り込まれた上でそれらを実行される。(Post Office Protocol : SMTP サーバから送られてきたメールを受け取って、ユーザーからリクエストがあったときにそのメールをユーザーに送るための通信プロトコル)

(6) Web サーバの cgi-bin プログラムを悪用した攻撃

セキュリティ上の弱点が含まれている cgi-bin プログラムが動作する状態で Web サーバを運用していると、外部から不正なコマンドの実行を仕向けられ

る。弱点を含む cgi-bin プログラムは、Web サーバの配布キットに含まれている場合もある。この弱点を悪用されると、パスワードファイルを盗用される。

(7) ネットワークやホストの運用を妨害しようとする攻撃

大量のパケットや不正なデータの送信によって、サイトのネットワークやホストのサービス運用を妨害しようとする攻撃である。

(8) パケット盗聴プログラムによる攻撃

パケット盗聴プログラムをインストールされてしまうと、そのホストに接続されているネットワーク上を流れるパケットが盗聴され、遠隔ログイン時に入力するホスト名、ユーザ名、パスワード（平文）が盗用される。

(9) RPC サーバを悪用した攻撃

rpc.cmsd, rpc.ttdbserverd 等のサーバプログラムに含まれる弱点が悪用されると、リモートから管理者権限で、任意のコマンドを実行されたり、あるいは任意のプログラムを送り込まれた上でそれらを実行される。

(10) IMAP サーバプログラムを悪用した攻撃

IMAP サーバプログラムのセキュリティ上の弱点が悪用されると、リモートから管理者権限で、任意のコマンドを実行されたり、あるいは任意のプログラムを送り込まれた上でそれらを実行される。

したがって、誤っているのは、5) で後からワクチンプログラムで対策を講じても、セキュリティは回復しない。直ちにルート（管理者）のパスワードからすべてをリセットしておく必要がある。

医療の情報化が急速に進む中、専任の職種がないので、ME 技術者にその対応を迫られることも多いのである程度の情報技術の修得は今後必須である。

第6回午前の部

【問題 19】 植込み型心臓ペースメーカーへの電磁波障害に関する記述について、空欄に当てはまる数値および装置名を解答欄 ， に記入せよ。[3×2=6]

- 19-1 平成9年4月に不要電波問題対策協議会から出された「医用電気機器への電波の影響を防止するための携帯電話端末等の使用に関する指針」には、「携帯電話端末の使用及び携行に当たっては、携帯電話端末を植込み型心臓ペースメーカー装着部位から cm 程度以上離すこと。」と記述されている。
- 19-2 携帯電話端末等の無線通信機器、高周波ウェルダ等の工業用装置、電子レンジ等の家庭用装置ならびに電気メス等の医療機器以外で、植込み型心臓ペースメーカーに影響を及ぼす可能性があるとしてされている装置には、 がある。

【正解】 ㊦=22 ㊧=盗難防止装置（万引き防止装置）、金属探知機

【解説】 携帯電話の爆発的な普及にともない大きな問題となってきたことの1つに、医療機器への電磁波障害の問題がある。特に植込み型心臓ペースメーカーは、医療スタッフの目が届かない一般環境で使用される生命維持管理装置なので、当初から最も心配されたものである。

19-1

不要電波問題対策協議会から発表された携帯電話・PHS 端末による植込み型心臓ペースメーカーへの影響に関する調査では、ペースメーカーの全機種についての実験が行われた。この結果から、植込み型心臓ペースメーカーの最大干渉距離が15 cmということがわかったので、これに安全係数 $\sqrt{2}$ を掛けた 22 cm を使用安全距離とし、不要協の指針文の「携帯電話端末の使用および携行に当たっては、携帯電話端末を植込み型心臓ペースメーカー装着部位から 22 cm 程度以上離すこと。」となったのである。

19-2

一般環境では、携帯電話以外にも、アマチュア無線機や衛星携帯電話など携帯電話よりも強力な電磁波を出力する移動体無線通信機器、さらには車載の違法無線機などがペースメーカー患者の近くで使用される可能性がある。また、ビニール溶着用の高周波ウェルダやアーク溶接機などの工業用装置、電子レンジや電磁調理器などの家庭用装置、電気メスや高周波治療器などの医療用装置も植込み型心臓ペースメーカーに影響を及ぼす可能性がある。それ以外に、植込み型心臓ペースメーカーに影響を及ぼす可能性があるものとして最近報告されたものに、図書館やCDショップで使用される盗難防止装置（万引き防止装置）、空港で使用される金属探知機などがある。

第6回午前の部

【問題 20】 ISM 装置とは、その装置内で高周波エネルギーを発生し、そのエネルギーを装置内あるいはその周辺の限られた範囲内で、工業・科学・医療用の目的のために利用する装置で、ISM は Industrial, Scientific and Medical の略である。これには、特定の周波数帯（ISM 周波数帯）を利用するものとそうでないものがある。前者には、無線通信の保護の観点からの制限はない。後者には、医療用の場合、装置から 30 m 離れた場所、あるいは装置が設置されている敷地の境界線で、電界強度は 100 mV/m 以下とわが国の電波法で定められている。

医療用の ISM 装置にはどのようなものがあるか。具体的な装置を 3 つ挙げ、解答欄 に記入せよ。[6]





【正解】 ㊦=電気メス、ハイパーサーミア装置、高周波治療器、MRI 装置など

【解説】 工業用の ISM 装置には、ビニール溶着用の高周波ウェルダ、木材乾燥用の誘電加熱装置、金属焼き入れ用の誘導加熱装置、食品加工用の高周波加熱装置、アーク溶接機、超音波加工機などの装置がある。科学用の ISM 装置には、スペクトラムアナライザ、周波数カウンタ、高周波信号発生器などがある。家庭用の ISM 装置には、電子レンジ、電磁調理器、超音波洗浄機などがある。医療用の ISM 装置には、電気メス、高周波治療器、MRI 装置、ハイパーサーミア装置などがある。

第6回午前の部

【問題 21】 以下に示す 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。


[4]

- a.  ——— 部分回路切
- b.  ——— 始動
- c. IPX 7 ——— 防浸形機器
- d.  ——— 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

【正解】 ㉒ = 1)

【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ともない、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。


- × a.  ——— 「部分回路切」ではなく「部分回路入」


第 6 回午前の部

× b.  —— 「始動」ではなく「停止」

○ c. IPX 7 —— 防浸形機器

JIS T 0601-1 では防滴形機器、防まつ形機器、防浸形機器の名称と要求事項が、IEC 60529 による IPX 0～IPX 8 になった。防浸形としては、IPX 8 が要求されている。

○ d.  —— 電離放射線

○ e.  —— 緊急警報

第6回午前の部

【問題 22】 品質管理のQC手法（統計的手法）として誤っているのはどれか。

番号を解答欄 ㉓ にマークせよ。[4]

- a. パレート図
- b. 折れ線グラフ
- c. ディレーティング
- d. 特性要因図
- e. FMEA

- 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 = 9)

【解説】 品質管理をする上で重要なことは、計測したデータを整理・分析して事実をつかむことである。このためにいくつかのQC手法が用いられている。それぞれの用語の意味は次のとおりである。

- a. パレード図は、不具合、故障などの発生件数等を項目別に分け、件数の多い順に並べた図であり、問題点の所在を見出すために有効なQC手法である。
- b. 折れ線グラフは、時間軸を横にとった通常の折れ線グラフであり、バラツキ等の時間的变化をみるのに有効なQC手法である。
- × c. ディレーティングは、信頼性を高めるために、計画的に負荷を定格から軽減することであり、QC手法ではない。
- d. 特性要因図は、結果と原因の因果関係を表した図であり、故障の原因の整理などに有効なQC手法である。その形からフィッシュボーンともいう。
- × e. FMEA は、機器の一部が故障した場合、それが周囲の機器やシステム等にどのような悪影響を招くか分析し、対策をたてるために有効な手法であり、QC手法ではない。

第6回午前の部

【問題 23】 アベイラビリティ (availability) について JIS では、"修理可能なアイテムがある規定の時点で機能を維持している確率、またはある期間中に機能を維持する時間の割合"と定義し、その1つである"固有アベイラビリティ"を次式で示している。空欄に当てはまる正しい語を解答群から選び、番号を解答欄 , にマークせよ。[3×2=6]

$$\text{固有アベイラビリティ} = \frac{\text{④}}{\text{④} + \text{⑤}}$$

- 1) MTTF (mean time to failure)
- 2) 保全時間 (maintenance time)
- 3) MTBF (mean time between failure)
- 4) MTTR (mean time to repair)
- 5) 待機時間 (stand-by time)

[正解] ④ = 3) ⑤ = 4)

[解説] JIS Z 8115 では“アベイラビリティ”について、“修理可能なアイテムがある規定の時点で機能を維持している確率、またはある期間中に機能を維持する時間の割合”と定義し、さらに“瞬間アベイラビリティ”、“平均アベイラビリティ”、“運用アベイラビリティ”および“固有アベイラビリティ”の3つに分類をしている。

ここで、固有アベイラビリティについては、次のように定義をしている。したがって、正解は MTBF と MTTR である。

$$\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

なお、それぞれの用語の意味は、次のとおりである。

- 1) MTTF：平均故障寿命といい、非修理系アイテムの故障寿命の平均値 (mean life) である。修理系には用いられない。

第6回午前の部

- 2) 保全時間：予防保全および事後保全に要する時間である。
- 3) MTBF：平均故障間隔ともいい、修理系の相隣る故障間の動作時間の平均値である。
- 4) MTTR：平均修復時間ともいい、修理時間の平均値である。
- 5) 待機時間：アイテムの動作必要時間中の動作可能時間の一部で、動作させていない時間である。

第6回午前の部

【問題 24】 安全性を確保するためには、各種のハザードの原因に対する安全対策が必要である。その例として、電気的ハザード対策や機械的ハザード対策があるが、そのほかにどのようなハザード対策があるか。3つを挙げ、解答欄 に記入せよ。[6]

【正解】 ㊦＝化学的対策、熱対策、放射線対策など

【解説】 各種のハザードの原因に対する安全対策として、次のものがある。ともすれば、共通性が高く、危険度が高いことから、電気的対策が重要視されるが、他の対策についても十分留意する必要がある。

- ①電気的対策
- ②機械的（力学的）対策
- ③化学的対策
- ④熱的対策
- ⑤光学的対策
- ⑥音響的ハザード対策
- ⑦放射線対策
- ⑧気体対策
- ⑨人的ハザード対策
- ⑩システム対策

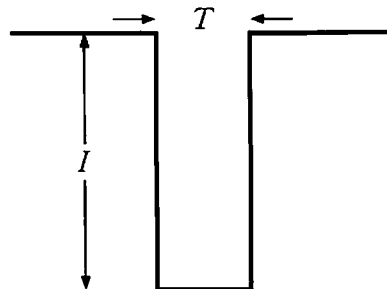
第6回午前の部

【問題 25】 次の文章の空欄に当てはまる数式・用語を解答欄 ~ に記入せよ。[2×4=8]

図に示す方形パルス波形を用いて神経の電気刺激を行ったところ、興奮を生じる通電時間（利用時間） T と電流の大きさ I との間にはほぼ、

$$I = a + b/T \quad (a, b > 0)$$

の関係があった。エネルギー効率の最も高い刺激電流値 I は で、そのときの通電時間は である。また、この通電時間を表す用語を と言い、式中の a を表す用語を と言う。



【正解】 = $2a$ = b/a = クロナキシー、時値 = レオベース、基電流

【解説】 電気刺激では、外部からの電流で神経や筋の膜電位を脱分極の方向へ強制的に修正し、興奮を起こさせるので、刺激電極の近傍の細胞膜で電流が細胞内から細胞外へ向けての電流を流す必要がある。このとき、細胞膜には細胞内が+、細胞外が-の逆起電力が生じ、静止電位を相殺する方向に膜電位が修正される。したがって、関電極側が-になるように電気パルスを加えるのが普通である。ただし、逆向きでは刺激されないかという決してそうではなく、微細構造の神経や筋では、すぐ近くに逆向きの構造があり、マクロな電流路においては、過分極

側に修正される部分のすぐそばに脱分極側に修正される部分があり、逆向きのパルスであっても容易に興奮を生じさせることができる。

ところで、問題に記された式

$$I = a + b/T \quad (a, b > 0) \dots\dots\dots(1)$$

の関係がある通電時間 T と通電電流 I について、生体を抵抗負荷 R とみなして刺激エネルギーを計算してみると、

$$\begin{aligned} E &= RI^2T = R(a + b/T)^2T \\ &= R(a^2T + 2ab + b^2/T) \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

となる。ここで T をいろいろに変えてみたときのエネルギー E の大きさを調べるため、(2)式を T で微分してみよう。

$$dE/dT = R(a^2 - b^2/T^2) = R(a + b/T)(a - b/T) \dots\dots\dots(3)$$

$a, b > 0$ なので(3)式が0になるのは、 $a - b/T = 0$ であり、通電時間 T が、

$$T = b/a \dots\dots\dots(4)$$

のとき、 E は最小値 $4 Rab$ をとり、そのときの刺激電流値 I は

$$I = a + b/T = 2a \dots\dots\dots(5)$$

となる。

この通電時間のことをクロナキシーまたは時値という。また、式中の a は、無限に長い時間刺激して、初めて興奮する通電電流値であり、レオベースまたは基電流という。最も効率的な刺激はレオベースの2倍の電流でクロナキシーに相当する通電時間で刺激することによって得られる。

第6回午前の部

【問題26】 生体組織の熱伝導率 $k[\text{J}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$ を測定するために、断面積 $S[\text{m}^2]$ 、厚さ $d[\text{m}]$ の組織片を切り出し、対向する2断面の温度差を $T[\text{K}]$ としたときに、厚さ方向に流れる熱流 $Q[\text{J}/\text{s}]$ を測定した。熱流は2断面の間に限られ、周囲への熱の出入りはないように工夫されている。熱伝導率 k を求める式を、解答欄 に記入せよ。[6]

【正解】 $\text{ⓐ} = k = d \cdot Q / (S \cdot T)$

【解説】 熱伝導率の定義は、単位の立方体の1面と対向面との間に単位温度の温度差があるとき、その2面の間には流れる熱流であり、別の言い方をすれば、熱流 Q は、断面積 S 、温度差 T に比例し、厚さ d に反比例し、その比例係数が熱伝導率 k ということである。つまり、

$$Q = k \cdot (S \cdot T / d)$$

この式より容易に解答が求められる。なお、この問題ではすべて単位が与えられているから、式の確認も容易である。また、電気量でのアナロジーとしては、 Q を電流、 T を電位差、 S および d を組織片など抵抗体の断面積および厚さとすれば、 k は電気量のコンダクタンス G に対応する。

【問題 27】 大動脈基始部に比べ、下流の方が脈圧が大きくなることがある。その原因として考えられるものはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]

- a. 血管内中心部の流れが周辺部より速いという流速分布の存在
- b. 弾性のある血管壁の伸縮性
- c. 血球の集軸作用
- d. 乱流の発生
- e. 血液質量による慣性の存在

- 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】 心臓から大動脈に送り込まれる血液は流速が一定な流れではなく、脈流になることは周知のとおりである。特に大動脈付近は血管に弾性があり、心臓からの急激な流入により大動脈が膨らみ、いったん血液を貯め込む性質がある。これにより心臓ポンプの弛緩動作を緩和し、血流が平滑化されて心拡張期においても末梢側に血液の供給が可能となる。また、これにより心臓自身を養う冠状動脈流が確保できるわけである。この血管の弾性は血液の質量とともに力学的な共振系を構成し、それにより下流の脈圧が大動脈基始部より高くなる可能性も生じてくる。

他方、動脈中の脈圧は血液の粘性のために末梢に進むにつれて徐々に低下するものと考えられる。しかし、脈流によって生じる圧力波として考えると、大動脈基始部から動脈中を伝搬し、末梢側の分岐部等で反射して、粘性によって減衰するものの幾分かは戻ってくる。これが進行する圧力波に重畳すると、心拍出部より末梢側で圧が高くなる可能性がでてくる。

以上の2つが大動脈基始部より下流で脈圧が大きくなる理由と考えられているが、いずれが主因かについては、研究者によって意見が異なる。

× a. 血流の進行方向の流速分布と血管を膨らます方向へ働く脈圧とは無関係と

第6回午前の部

考えられる。

- b. 血液質量との共振に寄与する。
- × c. 血球が血管の中心部を多く流れ、管壁付近には血漿が主に流れる現象であるが、これによって脈圧が変化するほどの影響はないと考えられる。
- × d. 乱流が発生すると血管内の流速分布が層流でみられる回転放物面からほぼ一様な分布に変化し、また流線が形成されなくなるが、脈圧に影響を与えるとは考えがたい。
- e. 慣性の存在が、血管壁の弾性ととも共振に寄与する。
なお、b, eは圧力波の伝搬にも関係し、反射波の重畳にも寄与する。

【問題 28】 生体の電磁波（光を含む）の伝搬特性について正しいのはどれか。
番号を解答欄 にマークせよ。[3]

- a. 体表面の2ヶ所に電極を装着し、100 kHz 程度の電流を流した場合、電流は2電極を結ぶ直線上に集中して流れる。
- b. 100 MHz 程度の電磁波を体表面より照射した場合、周波数の上昇とともに透過深度が浅くなる。
- c. 赤外光から紫外光に至る広範囲の光の透過・吸収特性は、基本的に水の透過・吸収の影響を強く受ける。
- d. 波長 800 nm の光では、オキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンによる光吸収の差が最も大きい。
- e. X線領域のビーム状電磁波を体表面より照射した場合、臓器の境界での散乱が多く、このためにX線透過量が大きく左右される。

- 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】 ②7 = 5)

【解説】 生体の臓器ないし組織に、広範囲な種々の波長の電磁波（光を含む）を照射したときの伝搬特性について問う問題である。各項目がいずれも広義の電磁波に分類される波動エネルギーに関するものである以外には、共通性のないバラバラな内容で、電磁波全体のイメージが把握されているかどうかをたずねるものといつてよい。

× a. 100 kHz 程度の高周波電流は波長が空気中で 3 km、また生体組織中でも数 100 m にもなり、生体中を電磁波が進行するというイメージでは捉えられない。直流電流と同様に、導電体と誘電体の性質をもつ組織の中を十分に広がって流れ、直線上に集中して流れる理由はない。逆に、もし生体のような通電媒質の中で電流が広がらずに2電極を結ぶ直線上に局限して流れるのであれば、いわゆるインピーダンス CT が簡潔な形で容易に実現

第6回午前の部

できることになる。残念ながら現実にはそのようなことはない。

- b. 100 MHz 付近の電磁波は超高周波 (VHF) といわれ、波長が空気中で 3 m、また生体組織中では数 10 cm であり、体表面に照射された電磁波が波動として組織内に侵入し伝搬するというイメージで捉えてもよい。VHF 帯からさらに波長の短い極超高周波 (UHF や SHF) に至るまで、周波数の上昇とともに生体組織での電磁波吸収が増大し、それとともに透過深度は浅くなってしまふ。透過深度とは体表面に照射され、組織内に侵入した電磁波による電界が侵入部の $1/e$ (≈ 0.37) にまで減衰する距離をいう。なお、VHF 帯ないしそれより若干高い帯域では、波長が生体のサイズに近くなるため、生体内やその境界で複雑な共振や反射が予想される周波数帯である。
- c. この部分の問題文には記述がないが、本問題の冒頭の記述より、生体組織の光透過・吸収特性と考えるべきで、ヘモグロビンの影響ももちろん受けるが、より基本的には、多量に含まれる水の影響を無視できない。
- × d. 酸素を抱えるオキシヘモグロビンは動脈血として鮮やかな赤色を示し、酸素を失ったデオキシヘモグロビンは静脈血として深く暗い赤色を示す。これらのヘモグロビンで波長 620 nm 付近の赤色光の吸光度が極端に異なることを示している。しかし、波長 800 nm 付近の赤外光では両者の吸光度はほとんど変わらないとされる。厳密には波長ほぼ 810 nm で両者の吸光度曲線が交差する。
- × e. X 線は、古くから影絵のように、生体を透過させてフィルムに感光させ、レントゲン写真として利用されてきた。また、X 線 CT ではビーム状の X 線を種々の方向から生体組織に照射し、測定された透過光より生体内部各点での吸光度を逆算する。これらが可能なのは、臓器の境界での散乱が少なくその影響を受けないからにほかならない。

【問題 29】 次の文章の空欄に当てはまる語句や数式を解答群から選び、番号を解答欄 ～ にマークせよ。[2×6=12]

粘性係数 μ の血液が図に示すように一様な管半径（内半径） R の血管中を定常的な層流で左から右に向かって流れている。管内の血流の様子を調べるために、この血管中に中心軸を一致させた半径 r 、長さ L の円柱状の領域をとり、この部分にかかる力の釣り合いを考える。ここで流れは、管壁でノースリップ条件を満たす層流なので を、また定常流なので を無視しうる。さらに、速度分布は軸対称であると仮定することができる。なお、この円柱状の領域の両端の断面積はいずれも πr^2 、円柱周囲の面積は $2\pi rL$ である。左右の断面にかかる圧力をそれぞれ P_1 、 P_2 とし、円柱周囲での軸に平行な方向の流速を v とする。

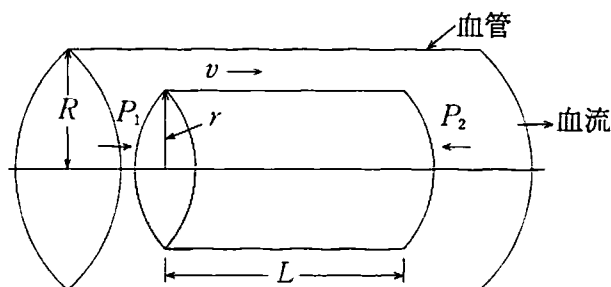
血流方向（管軸に平行な方向）について、血液を左から右に押し進めようとする力 と、これを引きとめようとする力 との釣り合いを考える。これらの力が等しいと置いて、円柱周囲での流速 v を求めると、

$$v = \frac{P_1 - P_2}{4\mu L} \cdot (R^2 - r^2)$$

となる。円柱の領域を $r=0$ から R まで変えてみると、流速分布が となることが分かる。この流速分布を管の断面積 S 内で積分すると、血液が単位時間に血管を通過する総量、つまり血流量 Q を求めることができる。

$$Q = \int_S v dS = \int_0^R v \cdot 2\pi r dr = \frac{\pi R^4}{8\mu} \cdot \frac{P_1 - P_2}{L}$$

となる。この式は血流量 Q が粘性 μ に反比例し、管の内半径 R の4乗および圧力勾配 $(P_1 - P_2)/L$ に比例することを示しており、 としてよく知られている。



第6回午前の部

⑳, ㉑ 解答群

- 1) 剪(せん)断応力 2) 管径方向の力 3) 管壁の弾性
4) 血液の圧縮性 5) 血液の慣性

㉒ 解答群

- 1) $2\pi r(P_1 - P_2)$ 2) $\frac{P_1 - P_2}{2\pi r}$ 3) $\frac{P_1 - P_2}{2\pi rL}$
4) $\pi r^2(P_1 - P_2)$ 5) $\frac{P_1 - P_2}{\pi r^2}$

㉓ 解答群

- 1) $-\mu v \frac{P_1 - P_2}{\pi r^2}$ 2) $-2\pi rL\mu \frac{dv}{dr}$ 3) $-\pi r^2L\mu \frac{dv}{dr}$
4) $\frac{2\mu v}{\pi r(R^2 - r^2)}$ 5) $\frac{4L\mu v}{\pi r^2(R^2 - r^2)}$

㉔ 解答群

- 1) 一様 2) 円錐状 3) つりがね状
4) 回転放物面 5) 回転楕円面

㉕ 解答群

- 1) ベルヌーイの法則 2) ファラデーの法則 3) レイノルズ数の式
4) ポアズイユの式 5) アルキメデスの原理

[正解] ㉒ = 2) ㉑ = 5) ㉒ = 4) ㉓ = 2) ㉔ = 4) ㉕ = 4)

[解説] 粘性を有する血液が血管中を流れる様子は、現実にはいろいろな非線形現象が重なり合っかなり複雑だが、近似として血液がニュートン流体、つまり粘性 μ が速度 v に依存せず一定の値に定まると仮定できる範囲で、この問題に示される解析が可能である。

管径 R の管の中の流体が一定の長さ L を流れるときの力の関係を考えて、

L の両側の差圧によって生じ、血液を血管の管軸方向に押し流そうとする力と血管壁に粘性のある血液がへばり付いて流れを引き止めようとする力が釣り合っていないければならず、また、釣り合うように血流速度が決まらねばならない。血液が管壁にへばり付く状態をノースリップ条件を満たすといい、静かな層流では一般に管壁でのスリップが起こらないものと考えられる。管壁では流速0だが、粘性のために管の中心部に行くに従い流速が大きくなるのが容易に予想できよう。また、層流であれば流れが乱れず、流れは管軸方向にのみ生じ、管径方向の力やそれによる流れは考えなくてもよい。また、定常流であることは速度変化、つまり加速度が0であり、血液の慣性およびそれによって生ずる力を無視しうることになる。この問題では、圧力 P や粘性係数 μ 等が与えられたときに具体的に力の釣り合いを定式化でき、流れの問題を解き得るかどうか問われている。

定式化には血管内に半径 r 、長さ L の円柱形の領域を考え、力の釣り合いの式を作ってみる。このとき半径 r は固定せず変数としておく。圧力は面に垂直な応力で、単位面積あたりの力であるから、力の量に直すには、差圧が作用する面積、つまり円柱の底面積 πr^2 を乗ずる必要がある。また、粘性によって生じる応力 σ は作用面に平行であり、剪断応力または、ずり応力といわれ、流れの管径方向の速度勾配 dv/dr に比例し、その比例定数が粘性係数 μ で、流れを引き止める向きのために負号が付き、 $\sigma = -\mu \cdot dv/dr$ と定式化される。この応力が円柱側面全体に作用するので、力としてはこれに円柱周囲の面積 $2\pi rL$ を乗ずる必要がある。このようにして求められた力が釣り合っているのだから、等しいとおくと、微分方程式 $dv/dr = -\{(P_1 - P_2)/(2\mu L)\}r$ が得られ、積分し、境界条件（ノースリップ条件） $v(r) = 0 (r = R)$ を用いれば、問題中の第1式が求められる。この流速分布は明らかに管軸で軸対称であり、同心円状の分布である。また、半径方向を1つ固定してみると、原点（管軸）が最大値をとり、管壁で0になる放物線であることがわかる。したがって、流速分布は回転放物面である。

この流速分布を血管断面内で積分して血流量が求まることは問題文のとおりであり、粘性流体では血流量が管径 R に大きく依存することが示される。最初にこの式を導いた流体力学の創始者 Poiseuille にちなみ、ポアズイユの式という。

第6回午前の部

㉘、㉙ 解答群

- × 1) 剪断応力は解説のとおり、無視できない。
- 2) 層流において、流れが乱れず流線になって下流に流れるのは、管径方向の力がなんらの作用も及ぼしていないことであり、無視してかまわない。
- × 3) 定常流であっても管壁に弾性があれば、圧により管径が変化する非線形性が生じるので、これを無視することができない。したがって、管壁が十分に硬い等の仮定が必要になる。
- × 4) 3) と同様、線形性が保証できなくなるので、非圧縮流体を仮定しなければならぬ。現実には血流解析では血液の圧縮性を無視するが、層流や定常流であることが理由にはならない。
- 5) 定常流では運動方程式の中の加速度項が無視できる。

㉚ 解答群

- × 1) 圧力差は円周のみにかかるのではない。面で受け、力となる。
- × 2) 1) と同様。かつ次元に誤りあり。
- × 3) 流れを押し進めようとする力は、考えている円柱の両底面に流れの方向にかかる力の合計、つまり圧差であり、円柱側面の面積は関係ない。かつ次元に誤りあり。
- 4) 差圧（応力）に作用面積が乗じてあり、正しい。
- × 5) 作用面積は正しいが、次元に誤りあり。

㉛ 解答群

- × 1) 引き止めようとする応力（剪断応力、ずり応力）は粘性と速度勾配によって決まり、力はそれにさらに作用面積を乗じて求められる。粘性係数に比例することは正しいが、円柱側面の流速 v に直接比例はしないし、分数の部分は押し進めようとする力に関するらしいが全く意味をなさない。

㉚ 5) 参照。

- 2) 解説のとおり正しい。
- × 3) 剪断応力が円柱の体積に作用するのではない。
- × 4) 理屈がわからずに問題中の式から逆算しようとする、このような意味不

第6回午前の部

明の式がでてくる恐れがある。

× 5) 同上。

㉓ 解答群

- × 1) 流速分布が一樣ということは、問題中の第1式において、 v が r に依存しないということで、明らかに誤り。
- × 2) 円錐状ということは、問題中の第1式のカッコの中が $(R-r)$ のことで誤り。
- × 3) 釣り鐘状の分布は、2次元正規分布といわれ、分布式に指数関数を含み、確率計算などでみられる。
- 4) 問題中の第1式は、管軸上の流速 $v(r=0)$ が最大、管壁の流速 $v(r=R)$ が0の回転放物面となる。
- × 5) 回転面のことは正しいが、問題中の第1式は楕円を表さない。

㉔ 解答群

- × 1) 粘性のない理想流体で成り立つエネルギー保存則。
- × 2) 電磁気学の法則で流体には無関係。
- × 3) 乱流か層流かの評価に用いられる無次元数の式： $Re = 2 \rho R v / \mu$
ただし、 ρ ：流体密度、 R ：管の半径、 v ：流速、 μ ：粘性係数。
関係はあるが、問題中の第2式ではない。
- 4) 解説のとおり正しい。
- × 5) 浮力の原理で、流体には関するものの、本問に直接関係しない。

【問題 30】 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。ただし、真空中の誘電率を ϵ_0 とする。

図1に示すように面積 S の電極にはさまれた2層構造をした物質を考える。物質Iは細胞膜、物質IIは細胞内液であるとする。物質I, IIの厚さをそれぞれ t, d 、比誘電率を ϵ_1, ϵ_2 、導電率を σ_1, σ_2 とすると、 $t \ll d$ 、 $\epsilon_1 \approx \epsilon_2$ 、 $\sigma_1 \ll \sigma_2$ である。この2層構造物質の等価回路は図2で与えられる。ここで、細胞膜容量 C_1 は $\epsilon_0 \epsilon_1 \frac{S}{t}$ で与えられる。細胞膜コンダクタンス G_1 は $\sigma_1 \approx 0$ であるからゼロとみなせる。細胞内液容量 C_2 は $\epsilon_0 \epsilon_2 \frac{S}{d}$ で与えられる。 G_2 は細胞内液コンダクタンスで $\sigma_2 \frac{S}{d}$ で与えられる。電極間に電流を流して組織の組織のアドミタンス Y_m を測定し、その結果を電気回路で示すと図3となる。ここで、 $Y_m = G_m + j\omega C_m$ である。測定された導電率を σ_m 、比誘電率を ϵ_m とすると、 G_m は $\sigma_m \frac{S}{d+t} \approx \sigma_m \frac{S}{d}$ となり、 C_m は $\epsilon_0 \epsilon_m \frac{S}{d+t} \approx \epsilon_0 \epsilon_m \frac{S}{d}$ となる。

図2の回路のアドミタンスは、周波数が低いときには ㉔ で近似できるから、 $j\omega C_m = \text{㉔}$ となる。ここで、 t を 6 nm 、 d を $6 \mu\text{m}$ とすると、 ϵ_m は ㉕ となる。

周波数を上げていくと、図2のアドミタンスは ㉖ と近似できるから、 C_m 、 G_m はそれぞれ ㉗ となり、 ϵ_m 、 σ_m はそれぞれ ㉘ となる。

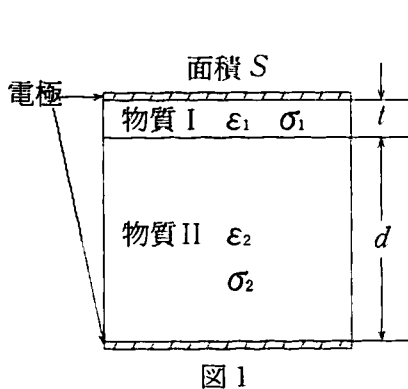


図1

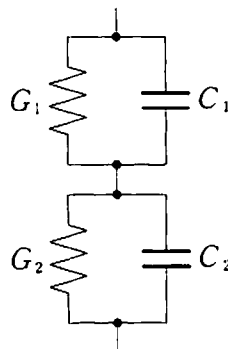


図2

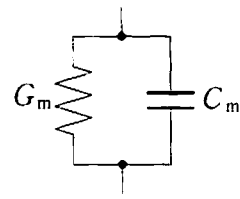


図3

第6回午前部

30-1 空欄 ～ に当てはまる数式を解答群から選び、解答欄 ～ にマークせよ。[2×4=8]

解答群

- 1) $j\omega C_1$ 2) $G_2 + j\omega C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$ 3) $G_2 + j\omega C_2$
 4) $G_2 - j\omega C_2$ 5) $G_2 + j\omega C_1 + j\omega C_2$

解答群

- 1) $G_2 + j\omega C_1$ 2) $G_2 + j\omega C_1 + j\omega C_2$ 3) $G_2 + j\omega C_2$
 4) $G_2 - j\omega C_2$ 5) $G_2 + j\omega C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$

解答群

- 1) $C_1 + C_2, G_2$ 2) $C_1 C_2 / (C_1 + C_2), G_2$ 3) C_2, G_2
 4) C_1, G_2 5) $(C_1 + C_2) / C_1 C_2, G_2$

解答群

- 1) $\epsilon_1 + \epsilon_2, \sigma_2$ 2) $\epsilon_1 \epsilon_2 / (\epsilon_1 + \epsilon_2), \sigma_2$ 3) ϵ_2, σ_2
 4) ϵ_1, σ_2 5) $(\epsilon_1 + \epsilon_2) / \epsilon_1 \epsilon_2, \sigma_2$

30-2 空欄 に当てはまる数値を解答欄 に記入せよ。[4]

[正解] = 1) = 3) = 3) = 4) = $10^3 \epsilon_1$

[解説] 生体の電気特性で、特に重要な β 分散領域での生体組織の誘電率に関連した問題である。生体組織の誘電率は低周波領域（数 kHz 前後）で 10^3 から 10^4 のオーダーに達する大きな値を示す。細胞膜、細胞内外液等の組織を形成する物質個々の誘電率は数 10 程度の大きさであるにもかかわらず、なぜこのような大きな値を示すのか。以下に問題の図面を利用して解説する。

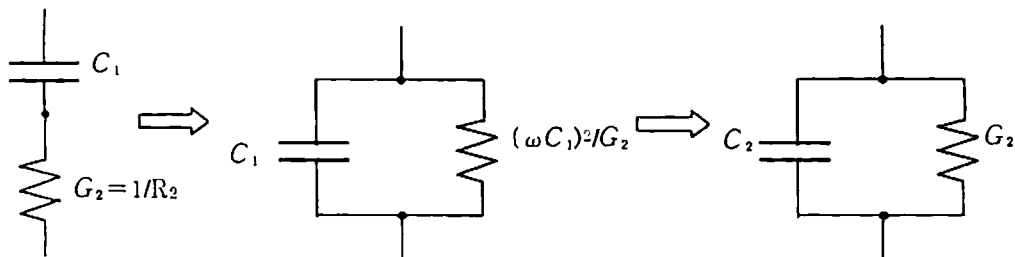
生体細胞（組織）を直方体と考え、問題図 1 に示す細胞断面の模式図を考えて

みることにする。細胞は細胞膜に包まれているが、電流がサイドの細胞膜に平行に流れているとすれば、サイドの細胞膜は考慮しなくてもよい。

問題文より低周波領域での細胞膜の G_1 が無視できることが容易にわかる。細胞内液の誘電率はほぼ水の誘電率（約 80）に等しい。細胞内液の導電率はほぼ生理食塩水の導電率（ $60 \Omega\text{cm}$ ）に等しいため、細胞内液の誘電率の影響は数 MHz 以上の周波数領域でなければ現れてこないで C_2 が無視できる。このため、細胞の低周波領域での電氣的等価回路（問題図 2）は解説図 1 に示すように簡単化される。

この等価回路のインピーダンスは $G_2 = 1/R_2$ とすれば $R_2 + 1/j\omega C_1$ である。この回路の低周波領域でのインピーダンスは $1/j\omega C_1$ の値が R_2 に比較して十分大きくなるので、アドミタンスは $j\omega C_1$ で表される。したがって、低周波領域での細胞のアドミタンスは、解説図 2 に示すように非常に簡単になる。この等価回路と測定された細胞のアドミタンス（問題図 3）とが等しいわけであるから、低周波領域で測定されたサセプタンス ωC_m は ωC_1 に等しくなる。

したがって、 $\epsilon_m = d/t\epsilon_1$ となる。問題に与えられた数値を代入すると、 $\epsilon_m = 10^3 \epsilon_1$ の値が得られる。



解説図 1

解説図 2

解説図 3

周波数が高くなると膜のインピーダンス $1/j\omega C_1$ は無視できるほど十分小さくなるため、細胞のインピーダンスは細胞内液のインピーダンスだけで現されることになる。解説図 1 によると、細胞内液のインピーダンスは $1/G_2 = R_2$ となるはずであるが、細胞内液の誘電率の影響が現れてくるため低周波領域で無視した

第6回午前の部

C_2 を考慮する必要がでてくる。そこで、中程度に高い周波数帯域（数 100 kHz 以上）での電氣的等価回路は解説図 3 に示すように問題図 2 と同様の等価回路が得られる。

この等価回路よりアドミタンスは $G_2 + j\omega C_2$ となり、 G_m 、 C_m はそれぞれ G_2 、 C_2 となる。これより、 ϵ_m 、 σ_m はそれぞれ ϵ_2 、 σ_2 となる。

β 分散領域での電気特性が構造分散と呼ばれるのは、その特性がここに示すメカニズムによって決定されているからである。以上の理由から、 β 分散領域での電気特性から生体組織に関する情報が得られことが理解できると思う。 β 分散領域での生体組織の電氣的特性は特に重要であるのは以上の理由からである。

第6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誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- a. ポリウレタン———人工心臓
- b. ポリスルフォン———人工腎臓
- c. シリコーンゴム———人工肺
- d. ポリ塩化ビニル———人工血管
- e. ポリカーボネート———人工皮膚

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

【正解】 ③=10)

【解説】

- a. ポリウレタン：軟質高分子材料の1つで、人工心臓、大動脈バルーンカテーテルや血液浄化器の接着剤などに利用されている。
- b. ポリスルフォン：合成高分子の1つで、血液透析膜や血液濾過膜などに利用されている。
- c. 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、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。
- × d. ポリ塩化ビニル：軟質高分子材料の1つで、血液バッグ、血液回路などのディスポーザブル製品に広く利用されている。
- × e. ポリカーボネート：硬質のプラスチック材料の1つで、たとえば、人工肺の外筒などに用いられている。

第6回午前の部

【問題 32】 医用材料の滅菌・殺菌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。[4]

- a. EOG 滅菌後エアレーションが必要である。
- b. プラスチックの滅菌にオートクレーブ滅菌が適している。
- c. γ 線滅菌の線源はコバルト60である。
- d. プラズマ滅菌では過酸化水素を気化させ、高周波をかける
- e. 紫外線殺菌灯には通常波長 420 nm の紫外線が用いられる。

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

【正解】 ㉔ = 7)

【解説】

- a. 酸化エチレンは人体に有害なガスであるため、滅菌後エアレーションが不可欠である。
- × b. プラスチックは一部の素材を除くと熱に弱く、通常オートクレーブなどの熱滅菌には不向である。
- c. 正しい。
- d. 正しい。
- × e. 紫外線殺菌灯には波長 253.7 nm の紫外線が用いられる。

【問題 33】 以下の設問に答えよ。

33-1 次の説明文の空欄に該当する生体反応を解答群から選び、番号を解答欄 にマークせよ。[3]

「移植した医用材料はコラーゲン繊維性結合組織によって包み込まれ薄い膜に覆われる。これを という。」

- 1) 補体の活性化 2) 炎症反応 3) カプセル化
4) 組織肥厚化 5) 腫瘍化

33-2 この生体反応は次のどれに分類されるか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]

- 1) 急性毒性反応 2) 急性異物反応 3) 慢性毒性反応
4) 慢性異物反応 5) アレルギー反応

[正解] ④ = 3) ④ = 4)

[解説]

33-1

- × 1) 補体活性化：免疫タンパクの補体が活性化されると、アナフィラトキシンという低分子ペプチドが産生され免疫系細胞に情報伝達が行われる。この結果、好中球の凝集性、粘着性や走化性などが亢進され、同時に MAC (細胞膜攻撃体) が形成される。
- × 2) 炎症反応：医用材料を体内に植え込むと、その創傷部の血管壁や血小板からサイトカインなどが放出され炎症が引き起こされる。
- 3) 正しい。
- × 4) 組織肥厚化：人工弁や人工血管のように、生体組織に固定する必要のある

第 6 回午前の部

材料の場合、その生体との接合部に連続的負荷が加えられることにより肉芽組織が過剰増殖することがある。これを組織肥厚化という。

× 5) 腫瘍化：生体に植え込んだ材料は腫瘍化することがある。

33-2

「毒性反応」は植え込んだ材料から放出される物質が生体細胞に直接作用することによって生じる生体反応であり、「アレルギー」は材料などの異物を植え込んだときに生じる過剰かつ障害をともなう生体反応をさす。カプセル化はそのどちらにも属さない「異物反応」で、しかも緩やかな慢性反応である。

第6回午後の部

【問題1】 次の文章の空欄に当てはまる語句を解答欄 ～ に記入し、病院管理の立場からの医療機器・システムの管理業務に必要な事項に関する文章を完成せよ。[2×5=10]

1-1 医療機器・システム（以下、機器と称する）の管理にあたっては、機器の使用が必要な際に、単に機器の員数をそろえるのみならず、必要時に機器の有する が十分に発揮されるとともに、 および の安全が保たれるよう管理されなければならない。

1-2 機器の購入時には、機器の使用者である臨床スタッフのほかに、機器の にあたる職員も加わり、機器の仕様を決定した後、種々の面から購入する機器の を多角的に行う。

【正解】 ㉠＝機能、性能など ㉡＝患者 ㉢＝操作者、医療従事者など ㉣＝保守管理 ㉤＝評価（㉡と㉢は入れ代わっていてもよい。）

【解説】 病院管理の一環として、医療機器を対象とした物品管理の考え方であるが、講習会テキストにも記載されているとおりで、いずれも常識の範囲内であり、特に解説の必要性はなかろう。

【問題2】 医療用具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) 動物の診断・治療に用いられる器具・器械も薬事法でいう医療用具に含まれる。
- 2) 医療用具に関する規格の主務大臣となるのは厚生大臣のみである。
- 3) 医療用具に関する国際規格には、ISO と IEC がある。
- 4) 医療用具の製造品目の承認審査事務の一部について指定調査機関へ委託することも行なわれている。
- 5) 医療用具の適正使用のため、製造業者は医薬関係者に対して、高度で複雑な医療用具の保守点検に関する情報提供を行わなければならない。

【正解】 ① = 2)

【解説】 薬事法における医療用具に関する問題である。薬事法では、医療用具とは、「人もしくは動物の疾病の診断、治療もしくは予防に使用されること、または人もしくは動物の身体の構造、もしくは機能に影響を及ぼすことが目的とされている器具器械であって政令で定めるものをいう」と定義されており、この法律には、医療用具に関する承認許可や品質基準などいくつかの基本的かつ重要な事項が制定されている。本問題は、この内容そのものに関するものであり、テキストに記載されている事項については、知っていることが望まれる。なお、内容に関しては、特に解説を要するものはない。

本問題におけるそれぞれの事項について、薬事法の内容から正しいかどうかをみってみる。

- 1) 上述した薬事法の定義の内容そのものである。
- × 2) 医療用具の規格については、日本工業規格 (JIS) に基づいており、厚生労働大臣が規格の主務大臣となるのが通常であるが、少数ながら一部の規格に関しては、経済産業大臣が主務大臣であるものも存在する。
- 3) 医療用具に関する国際規格は、ISO (国際標準機構) および IEC (国際電

第6回午後の部

気会議)に基づいている。

- 4) 平成7年に施行された改正薬事法によると、承認審査の迅速化をはかるため、医療用具の製造品目の承認審査事務の一部については、指定調査機関へ委託することができるようになり、実施に移されている。
- 5) 改正薬事法では、医療用具等の適正使用を推進するため、添付文書への保守点検に関する事項の記載など、製造業者等は医薬関係者に対して、高度で複雑な医療用具の保守点検に関する情報提供を的確に行わなければならないことになっている。

【問題3】 法令に基づく医療用具の修理業務および保守点検業務で正しいのはどれか。番号を解答欄②にマークせよ。[4]

- 1) 修理業には医療用具の清掃や消耗品の交換なども含まれている。
- 2) 医療用具は、修理する物およびその修理の方法に応じて、診断、治療およびその他の3つの区分に分けられている。
- 3) 医療用具の修理に関する業務に従事した年数が3年未満の者は、特定修理業者の責任技術者になることができない。
- 4) 修理業の業許可を有する者が医療機器の保守点検を行う場合、新たに保守点検業の業許可を得なければならない。
- 5) 医療機器の保守点検業務に関する施行規則などは修理業と同様、薬事法に基づいている。

[正解] ②=3)

[解説] 平成7年7月1日から施行に移された改正薬事法では、第20条の2において、「医薬品、医薬部外品、化粧品または医療用具の1つに品目の製造工程が2以上の製造所にわたる場合、および医療用具の製造の内容が既存の医療用具の修理である場合については、政令で、この節の規定の一部の適用を除外し、その他必要な特例を定めることができる。」という条項が設けられた。そして、これを受けて、薬事法施行令には、製造業の特例として既存の医療用具を修理する修理業が定められ、薬事法施行規則には、修理業者の具体的な要件が定められた。また、平成4年7月に公布された改正医療法により、保守点検業務を外部委託することができるようになり、平成5年4月から施行された改正医療法施行令により、外部委託可能な8種類の業務が定められた。さらに改正厚生労働省令では、この業務を適正に行う能力のある者として、厚生労働省令に適合する業者に委託することができるようになり、保守点検対象機器については、薬事法との整合をはかり、改正薬事法でいう「特定修理業者のみが修理を行える機器」に示すものが対象になっている。

第6回午後の部

本問は、この改正薬事法に関わる薬事法施行令および薬事法施行規則における修理業に関する要件、機器の区分、修理責任技術者の資格などに関する事項と、改正医療法に関わる医療法施行令などによる医療用具の保守点検業務に関する事項についてであるが、各問について内容の正誤をみってみる。

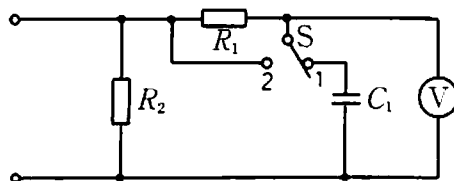
- × 1) 薬事法施行規則によると、医療用具の修理とは、「故障、破損、劣化等の箇所を本来の状態、機能に復帰させること（当該箇所の交換を含む）をいうものであり、故障等の有無に関わらず、解体の上点検し、必要に応じて劣化部品の交換等を行うオーバーホールを含むものであるが、（中略）ただし、清掃、校正（キャリブレーション）、消耗品の交換等の保守点検は修理に含まれないものであり、修理業の許可を必要としない。」と定義されている。
- × 2) 薬事法施行令の規定による「修理する物およびその修理の方法に応じた区分」は、施行規則別表第1の4に次のような9区分が掲げられ、許可は区分ごとに与えられる。第1区分：画像システム関連、第2区分：生体現象計測・監視システム関連、第3区分：治療用・施設用機器関連、第4区分：人工臓器関連、第5区分：光学機器関連、第6区分：理学療法用機器関連、第7区分：歯科用機器関連、第8区分：検体検査用機器関連、第9区分：鋼製器具・家庭用医療機器関連
- 3) 特定修理業者以外の修理業者の責任技術者資格としては、医療用具の修理に関する業務に3年以上従事した後、基礎講習および厚生労働大臣が指定する専門講習を修了した者、というように定められている。
- × 4) 改正医療法に関わる施行規則の改正では、薬事法でいう「修理業の業許可を有する者」の特例を定め、医療法上の「医療機器の保守点検業務を適正に行う能力のある者として取り扱って差し支えないこと」として、修理業の業許可を有する者の保守点検適合基準の認定を免除している。
- × 5) すでに述べたとおり、医療機器の保守点検業務に関する施行規則などは、改正されて医療法に基づいている。

第6回午後の部

【問題4】 図は JIS T 1002 に定められた連続漏れ電流および患者測定電流の測定用器具である。ある機器の漏れ電流の 50 Hz 成分が 0.1 mA で、10 kHz 成分が 1 mA であるとする、スイッチ S が 1 側のときの電圧計の読みはいくらになるか。単位をつけて解答欄 ㊦ に記入せよ。

また、スイッチ S が 2 側のときの電圧計の読みはいくらになるか。単位をつけて解答欄 ㊧ に記入せよ。

ただし、複合波の実効値 $= \sqrt{\Sigma(\text{各要素の実効値})^2}$ である。[4×2=8]



【正解】 ㊦ = 0.141 V ㊧ = 1.00 V

【解説】 連続漏れ電流および患者測定電流の測定用器具は、問題図に示すように、人体の代表抵抗 R_2 (1 k Ω) と、低域通過フィルタを構成する R_1 (10 k Ω)、 C_1 (0.015 F) よりなる。 R_2 に流れた漏れ電流により発生した両端の電圧を、1 kHz をカットオフ周波数とする低域通過フィルタを通して、電圧計 V で測定し、これを R_2 で割った値を漏れ電流値とするのである。1 kHz 以上では、人体の感電閾値が周波数に比例して上昇する（感電しにくくなる）ことを考慮した測定方法である。

スイッチ S は、上記の低域通過フィルタをオンオフするスイッチで、1 側でオンになり、フィルタが有効になる。2 側でオフになり、 R_2 の両端の電圧がそのまま電圧計 V に入る。

周波数 f での低域通過フィルタの通過率 G は、フィルタのカットオフ周波数を f_c とすると、 $G = 1/\sqrt{(f/f_c)^2 + 1}$ と表わされるので、 $f_c = 1$ kHz のフィルタの 50 Hz に対する通過率は、およそ 0.999 で、ほとんど減衰しないといつてよい。

第 6 回午後の部

一方、10 kHz に対する通過率は、およそ 0.0995 で、ほぼ 1/10 に減衰するとみてよい。

そこで、スイッチ S が 1 側では（すなわち、低域通過フィルタがある場合）、漏れ電流の 50 Hz 成分の 0.1 mA による電圧成分 0.1 V (=1 kΩ×0.1 mA) は、ほぼそのまま電圧計 V に現れるが、1 kHz 成分の 1 mA による電圧成分 1 V (=1 kΩ×1 mA) は 1/10 の 0.1 V になる。

電圧計が実効値指示形であるから（JIS で指定されている）、2 つの正弦波電圧 V_1 、 V_2 の複合波の実効値 V は、問題文に与えられているように、 $V = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$ であるから、この場合、電圧計の指示は $\sqrt{0.1^2 + 0.1^2} = 0.141$ V となる。

一方、スイッチ S が 2 側では（すなわち、低域通過フィルタがない場合）、漏れ電流の 50 Hz 成分の 0.1 mA による電圧成分 0.1 V も、1 kHz 成分の 1 mA による電圧成分 1 V も、そのまま電圧計に入るので、この場合の電圧計の指示は $\sqrt{0.1^2 + 1^2} = 1.00$ V となる。

もちろん、記録する漏れ電流値は、それぞれの電圧を 1 kΩ で割った値になる。

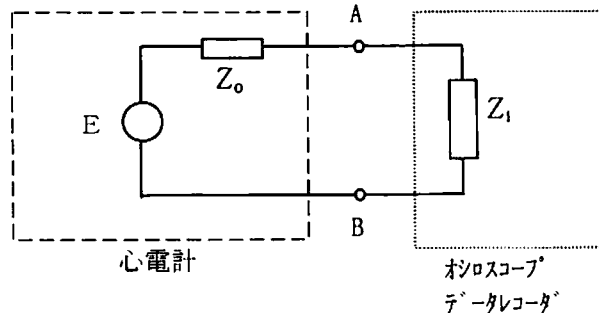
なお、JIS T 1002 は JIS T 1001 とともに、1999 年 12 月改訂されて JIS 0601-1 になった。ただし 5 年間は新旧の JIS が併存するので、この問題は成立する。また、漏れ電流測定回路や測定法については、変更はない。

【問題5】 ある心電計の外部出力端子の信号出力を入力インピーダンス $10\text{ M}\Omega$ のオシロスコープで測ったら 1 V であった。この出力端子に入力インピーダンス $5\text{ k}\Omega$ のデータレコーダを接続したところ 0.8 V と記録された。この心電計の外部出力端子の出力インピーダンスはいくらか。単位をつけて解答欄 に記入せよ。[6]

【正解】 ㊦ = $1.25\text{ k}\Omega$

【解説】 問題を図示すると、以下のようになる。ここで、

- Z_o : 心電計の出力インピーダンス
- Z_i : 接続機器の入力インピーダンス
- E : 信号電圧 (電圧源と考える)
- AB : 心電計の外部出力端子



図の状態での外部出力端子 A、B 間の電圧 (V_{out}) は、次のように表すことができる。

$$V_{\text{out}} = \frac{Z_i}{Z_i + Z_o} E$$

ここで、 $Z_i \gg Z_o$ であれば、 $V_{\text{out}} \approx E$ となる。

1) オシロスコープ ($Z_i = 10\text{ M}\Omega$) で測定する場合は、 $Z_i \gg Z_o$ の条件に当てはまるので、 $V_{\text{out}} \approx E$ となる。よって、 $E \approx 1\text{ V}$ である。

2) データレコーダ ($Z_i = 5\text{ k}\Omega$) を接続した時に記録された出力は、 $V_{\text{out}} = 0.8\text{ V}$ であるから、上式は次のように表せる。

$$0.8[\text{V}] = \frac{5[\text{k}\Omega]}{5[\text{k}\Omega] + Z_o[\text{k}\Omega]} 1[\text{V}]$$

3) よって、心電計の外部出力端子の出力インピーダンス Z_o は、 $Z_o = 12.5[\text{k}\Omega]$ と計算される。

【問題6】 JIS T 1031「医用電気機器の警報通則」に定義されている「警報の自動復帰」とはどのような機能か。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- 1) 警報を停止させた後、一定時間後に自動的に警報が出せる状態に戻る機能
- 2) 機器の電源スイッチを切ったときに工場出荷時の警報設定に戻る機能
- 3) 警報が出た後、警報状態が消滅した場合に機器が自動的に警報を止める機能
- 4) 警報が出た後、一定時間後に機器が自動的に警報を止める機能
- 5) 警報を停止できないように設定する機能

[正解] ③=1)

[解説] JIS T 1031では、「警報の自動復帰」とは「警報を操作者が停止させた後で、一定時間経過後に、機器が自動的に警報を再設定すること。」と定義されている。

- 1) 正解肢。警報の自動復帰の定義そのものである。
- ×2) 警報条件は患者に合わせて任意に設定するので、一般に「機器の電源スイッチを切ったとき」は警報条件はリセット（警報が設定されていない状態）される。「工場出荷時の警報設定に戻る」わけではない。
- ×3) これは「警報の自動解除」の機能の1つである。
- ×4) これも「警報の自動解除」の機能の1つである。
- ×5) 「警報音は、一時的に停止、又は減衰できる手段を備えることが望ましい」とJISに規定されている。

なお、警報に関する用語や、その発生や停止に関する規定については、第5回午後【問題5】の解説を参照願いたい。

【問題7】 ホルター心電計に関する記述で誤っているのはどれか。番号を解答欄
④にマークせよ。[5]

- 1) ホルター心電計のことを ambulatory electrocardiograph ともいう。
- 2) 電極の装着部位として、体動に強く、P波が強調される誘導として NASA の誘導がよく使われる。
- 3) ホルター心電計は、大動脈弁逆流の診断に有用である。
- 4) デジタル型の記録器は、JIS T 1117「ホルター心電計」の適用範囲に含まれない。
- 5) スーパーインポーズ波形は、P波やST部の変化を視覚的に把握するのに便利である。

【正解】④=3)

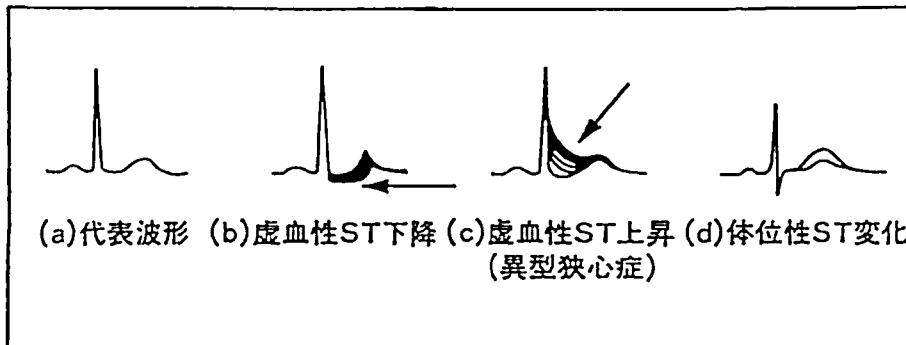
【解説】ホルター心電図法は日常生活中心電図を約24時間にわたって、携帯型の記録器を用いて記録し、後でこの記録した心電図を高速再生解析装置で分析し、その間の心電図異常を検出・診断する方法である。

- 1) 長時間にわたる心電図を、これまでの無線方式のものに代えてオープンリール型の磁気テープで記録する方式を考案した(1961年)、N. J. Holterの名を冠して、ホルター心電計と呼んでいるが、ほかに、Dynamic ECG. Ambulatory ECG などとも呼ばれている。
- 2) 誘導法は一般に双極誘導が用いられている。どの誘導を選ぶかは検査の対象により異なるが、標準誘導でSTの低下または上昇が予測される誘導、またはP波のよく見える誘導(V_1 に類似した誘導)を選ぶことが多い。なお、NASAでは、体動による影響(電極の動き)をできるだけ避ける意味から胸骨部の上端部と下端部に電極を装着した誘導法が用いられている。
- ×3) ホルター心電計は、諸種の一過性不整脈、狭心症、特に異型狭心症の診断、心筋梗塞後の運動処方などの判定に際して利用されている。大動脈弁閉鎖

第6回午後の部

不全などによる血流の逆流の診断にはむしろ心エコー図の検査が適する。

- 4) JIS T 1117「ホルター心電計」は1988年に制定されている。当時のホルター心電計用記録器のほとんどがカセットテープ型である。したがって、JISもこれを基に（適用範囲）作られている。デジタル型の記録器が本格的に普及し始めたのは1995年以降である。
- 5) スーパーインポーズ波形はP波あるいはST部の変化を「動き」で観察するために、この部分の心電図波形を加算平均して10数秒毎に1ブロック数分間にわたって重ね書きした表示法である。図にその一例を示した。たとえば、虚血性ST下降は、コントロールの代表波形(a)に比べST部分が経時的に下方偏位することから、ST部分がベースラインより下方に厚みをもった太い線として記録される(b)。また、異型狭心症では、ST部分が上方に偏位した特徴的なST上昇が記録される(c)。



【問題8】 汎用の超音波診断装置の性能に関する記述で適切なのはどれか。番号を解答欄⑤にマークせよ。[5]

- a. 超音波動画の撮影は、最高毎秒30枚が限界である。
- b. 3次元超音波撮影はオフラインでの画像処理が必要であり、臨床利用は難しい。
- c. 超音波断層装置の距離分解能は、主に音速と超音波の周波数帯域幅に制約される。
- d. 深部の臓器には周波数の低い探触子を用いる。
- e. ドプラ法は、静止した血液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】 ⑤=8)

【解説】

- × a. ハイフレームレート（1秒間に30枚以上の超音波断層像やカラードプラ信号を構成できる手法の総称。多いものでは画角を狭くすると1秒間に200枚近くのBモード画像を得られる機種もある。もちろん、画像の再生は、スローモーションで検者の目にわかるように行う）とか、マルチビーム（同時に数本の超音波ビームを打ち出すことに等しい送受の開口合成手法）などの手法で可能である。
- × b. 従来はオフラインしかなかったが、現在ではオンラインで数秒の時間遅れ以内で、リアルタイムのオンライン再構成が可能であり、産婦人科領域では胎児の3次元診断に愛用されている。
- c. 超音波診断装置の距離分解能を決めるのは、主に超音波周波数と打ち出しパルスの帯域幅。また、原理的に超音波の伝播速度が遅いことも本質的な超音波診断装置の距離分解能の悪さの原因。もし、超音波が毎秒150 kmの速度で伝わり、その他の性質が同じなら現在よりも100倍高精度に高分

第6回午後の部

解能な診断装置が設計できる。したがって、これは正しい記述。少し工学的に専門的すぎて難しいかもしれない。

○d. これは減衰の少なさから正しく、常識問題。

×e. コントラストエコー法の利用の最も注目されている現象の1つが、血液内の超音波用コントラスト剤の超音波による破壊現象である。これは誤った記述。

【問題9】 パルスオキシメータについて正しいのはどれか。番号を解答欄

⑥にマークせよ。[5]

- a. 血中の酸素含有量を測定している。
- b. 赤色光と赤外光を用いる。
- c. 動脈血酸素分圧が下がった場合、測定値は真値より低い値を示す。
- d. 血中の一酸化炭素量が誤差の要因となる。
- e. 静脈性の拍動がある場合、測定値は真値より高い値を示す。

- 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

【正解】 ⑥= 6)

【解説】 パルスオキシメータ、およびこれに関する知識を問う問題。個別にみると、a、b、d、eは比較的理解しやすいが、cについては注意が必要。

× a. 非侵襲的・連続的に動脈血の酸素飽和度を計測する。酸素化ヘモグロビン（オキシヘモグロビン）と脱酸素化ヘモグロビン（デオキシヘモグロビン）の光の吸光スペクトルの違いを利用して動脈血の酸素飽和度を測定する。

○ b. 赤色光（660 nm 近辺）と赤外光（910 nm 近辺）を用いる。前者で脱酸素化ヘモグロビンを、後者で酸素化ヘモグロビンの吸光度を測定し、両者の比より酸素飽和度を得る。光源には発光ダイオード（LED）、受光にはフォトダイオードを用いる。

× c. 脱酸素化ヘモグロビンと酸素化ヘモグロビンの吸光度の比より酸素飽和度を得ているので、直接は影響を受けない。しかし、正常な状態と呼吸障害や代謝障害により酸素分圧が下がった場合を比較すると話は異なる。呼吸障害や代謝障害により酸素分圧が下がる時、多くの場合、二酸化炭素分圧が上昇する。このとき、酸素解離曲線は右方にシフトし、同一の酸素分圧では酸素飽和度は低くなる。

○ d. 一酸化炭素は酸素よりヘモグロビンと親和力が強い（210倍以上）。一酸

第6回午後の部

化炭素と結合したヘモグロピンはカルボキシヘモグロピン (HbCO) となり、透過した光の強度に影響を与える。一般的には、実際よりも高めの値を示す。

- × e. 動脈血の酸素飽和度を計測するために、透過光の強度が心拍動に同期して変化（脈動）することを利用している。通常、静脈流は定常流なので影響を与えないが、静脈流に脈動がある場合、影響が出てくる。一般的には、静脈流に脈動がある場合、低めの値を示す。

第6回午後部

【問題10】 MRI装置について誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 1 T 以上の静磁場形成には超電導磁石が用いられている。
- 2) 被験者からの応答シグナルは 1~10 MHz 程度である。
- 3) 高周波コイルにより 10 mV 程度の応答シグナルを検出する。
- 4) 高周波の送信出力は数 kW から十数 kW 程度の放送設備と同程度である。
- 5) 電磁波シールドには、銅、アルミニウムなどを用いる。

【正解】 ⑦ = 3)

【解説】 MRI装置の基礎知識を問う問題。

- 1) 強力な静磁場を発生させるために永久磁石や超伝導磁石を用いる。前者では 0.3 T 程度まで、後者では 0.5~2 T 程度の磁場を得ることができる。
- 2) 応答シグナル (FID 信号) = 共鳴信号: 1~10 MHz 程度、数百 pV 程度。
- × 3) 上述。検出には高周波コイルを用いる。
- 4) 記述とおり、送信出力は数 kW から 10 kW 程度と非常に大きく、これはテレビなどの放送施設と同程度である。
- 5) 記述のとおりである。電波シールドは比較的容易だが、磁場シールドは容易ではない。

【問題 11】 直接血圧計測法（water filled 方式）について誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 通常の計測系では 20~50 Hz 付近に共振点を持つ。
- b. 共振点においては、相対感度が 2~5 倍程度に増加する。
- c. 計測系のダンピング定数が 0.7 程度になるようにダンピング装置を用いる。
- d. ダンピング定数が大きいほど計測波形は振動しやすい。
- e. 半導体ストレインゲージ型トランスデューサにはドリフトがない。

- 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】 ⑧=10)

【解説】 計測系の動特性は、導管の長さ、太さ、カテーテル、およびトランスデューサ受圧面における容積変化などにより決定される。血圧波を脈波と同一周期の基本波とその高調波成分に分解すると、たとえば、心拍数を 120 回/分 (2 Hz)、必要な高調波を第 10 高調波までとすると、計測系には 0~20 Hz (2 Hz×10) の平坦な動特性が必要となる。一般的には、0~30 Hz 程度の動特性があれば十分とされている。

- a. 記述とおり、一般的な計測系の共振周波数は 20~50 Hz 付近である。一般的に用いられるカテーテルでは、径が太いほど共振周波数が高い。
- b. 共振点においては、共振周波数と同じ周波数成分が 2~5 倍程度相対的に大きくなって出力される。また、その波形は振動的になる。
- c. 共振の影響を防ぐためには、共振周波数の非常に高い計測系で計測するか、仮に共振しても、すぐに減衰するような計測系を用いる。
- × d. 適正なダンピングは 0.6~0.7 程度である。オーバーダンピング (1.0 以上) では波形がなまり、アンダーダンピング (0.4~0.2 程度) では波形が振動的になる。
- × e. ストレインゲージには、金属細線抵抗体 (コンスタンタン、ニクロム：

第6回午後の部

0.02 mm) や半導体を用いる。温度による影響は、金属細線抵抗体に比して半導体の方が1桁程度悪い。

【問題 12】 脳波計測用の電極について誤っているのはどれか。番号を解答欄

⑨にマークせよ。[5]

- a. 針電極は皿電極に比較して接触インピーダンスが小さい。
- b. 電極はイオン電流を電子電流に変換する働きがある。
- c. 皿電極として白金電極より銀-塩化銀電極が適している。
- d. 分極電圧の大きな電極の使用が望ましい。
- e. エージングされた電極を使うと基線変動が少ない。

- 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】 ⑨= 3)

【解説】 生体電気現象の導出には分極電圧の小さい不分極電極である銀-塩化銀電極の使用が望ましい。

- × a. 接触インピーダンスは電極表面と組織の接触面積に反比例する。通常の針電極刺入時の皮膚組織との接触面積は皿電極と比較して小さく、そのために皿電極と比較して高インピーダンスとなる。
- b. 生体の電気現象は電解質などによるイオン電流であり、電極リード線内を流れる電流は電子電流であるので、電極はその仲介をする変換器としての役割を果たしている。
- c. 銀-塩化銀電極は銅、白金、銀等の金属電極に比較して、前述した分極電圧が小さく、現段階では理想的な生体電気現象導出用の電極である。
- × d. 前述のように、分極電圧の小さい電極が望ましいが、分極電圧が大きいほど、体動等による分極電圧の変動が大きくなるため、ドリフト雑音の混入が大きくなる。
- e. 新しい電極を電解質を含んだペーストを使って長く使用していると、電極表面に塩化膜が形成し、これが電極表面での分極電圧を軽減する大きな役割を果たしている。このため、使い古した電極（エージングされた電極）

第 6 回午後の部

は基線の変動（ドリフト雑音）が少ない。エージングを早く進行させるため通常は新しい電極を一昼夜、生理食塩液に浸して、塩化膜を形成させてから使用する。

【問題13】 テレメータのアンテナについて誤っているのはどれか。番号を解答欄⑩にマークせよ。[5]

- a. 直接波と反射波が受信アンテナ付近で干渉するとフェージングが起きる。
- b. ダイバーシティアンテナとは、2本のアンテナの一方または両方を使って受信が維持できるアンテナをいう。
- c. フロアアンテナシステムではテーブル等の損失補償を行うために、アンテナコンセントを用いる。
- d. 複数の電波が同時に受信器に入力し、新たな周波数の信号が合成されることを相互変調という。
- e. 心電図テレメータの受信用アンテナには、指向性の強いアンテナを用いる。

- 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】 ⑩=9)

【解説】

- a. 送信器から直接アンテナに入る直接波と壁や床などで反射してくる反射波とがあり、反射波はいろいろな部位で反射するため、電波の位相がずれてくる。その結果、両者がアンテナに入ったときに、互いに逆位相であれば打ち消し合って、結果として電波が受信されないような現象が起きる。これをフェージングという。
- b. 2本のアンテナを使って電波の強い方を選択するようにすることによって、フェージング等による電波の途切れを防止するようにしたアンテナシステム。
- ×c. 問題の [テーブル] は [ケーブル] の誤りであり、ケーブル等の損失補償を行うために漏洩ケーブルやブースタ等を用いるが、アンテナコンセントは損失補償とはあまり関係ない。
- d. 複数の電波が同時に受信器に入力した場合、新たな周波数の信号が合成さ

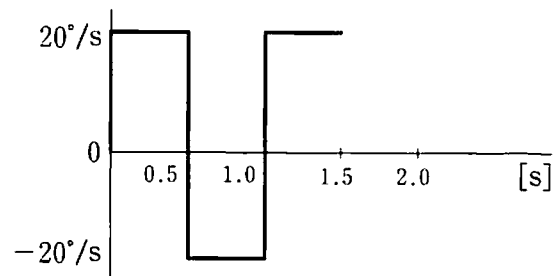
第6回午後の部

れる現象を相互変調という。

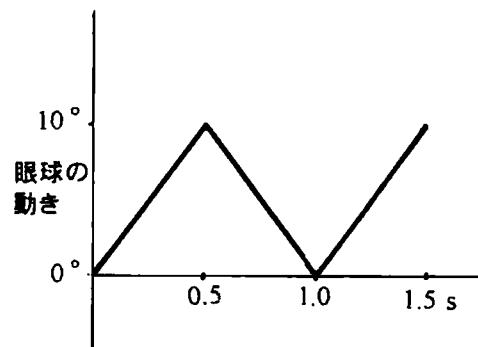
- × e. 一定方向にだけ感度の良いアンテナを指向性アンテナといい、すべての方向からの電波を受信できるアンテナを無指向性アンテナという。心電図テレメータ用の受信アンテナではいろいろな方向のベッドサイドから電波を受信する必要がある。そのため、一般に用いられているホイップアンテナなどは水平面において、無指向性である。

第6回午後の部

【問題 14】 図は眼振計の速度波形である。眼球の動き（回転角度）を示す原波形を目盛と単位をつけて解答欄 に示せ。ただし、原波形の初期値は 0° である。[10]



【正解】 ㉞ =



【解説】 眼振計では目の動きによる電位変化を原波形、その波形の微分波形を速度波形という。問題の波形は速度波形であるから、原波形を得るためには積分を行えばよい。すなわち、 $0 \sim 0.5$ 秒 [s] までは $20^\circ/\text{s}$ の等速運動波形であり、 $0.5 \sim 1.0$ s では $-20^\circ/\text{s}$ の等速運動波形であるので、上記の原波形が得られる。

【問題 15】 人工呼吸器の呼気回路に水分が貯留しているのが分かった。行った処置として正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 吸気ガスの加湿に都合が良いからそのまま処置した。
- b. ウォータートラップの位置が不適切のため、その位置を正した。
- c. 加湿効果をおさえるため加温加湿器の設定を変更した。
- d. 気管チューブに入らないよう水分を加温加湿器に戻した。
- e. 細菌の繁殖を抑えるため加温加湿器に抗生物質を注入した。

- 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】 ⑩ = 5)

【解説】 人工呼吸器呼吸回路でみられるトラブルの1つとして、呼吸回路内への水分の貯留がある。貯留した水分は、気管チューブに入り込む、換気の度ごとに騒音を発する、細菌の繁殖のもととなり得るなどの問題を引き起こすため、注意する必要がある。

- × a. 水分が貯留することは、加湿が過剰に行われていることを示すが、上で述べたような問題点があるため防止する必要がある。
- b. ウォータートラップの位置が不適切な場合、呼吸回路内に水分が貯留しやすくなる。ウォータートラップは呼吸回路の中で最も低い位置で垂直になるように保つ。
- c. 水分が貯留することは過剰加湿の可能性があるので、加温加湿器の設定を変更することは正しい。
- × d. 貯留した水分が気管チューブに入らないようにすることは正しいが、水分を加温加湿器に戻すことは正しくない。貯留した水分を加温加湿器に戻した場合、加温加湿器内の水分が白濁したり、細菌で汚染される可能性があるため、水分はウォータートラップに入れるか、あるいは呼吸回路内から排除する。

第6回午後部

× e. 呼吸回路内に水分が貯留すると細菌が繁殖しやすくなるが、それを抑えるために抗生物質を加温加湿器内に注入することは適切でない。まず、水分が貯留しないような配慮がされなければならない。

[備考] 人工呼吸療法では吸気ガスを適切に加湿する必要があるが、何を指標にして加湿したらよいだろうか。吸気ガスの温度が32~34°Cで、相対湿度が95~100%あれば十分といわれている。温度計を内蔵した人工呼吸器では、それを指標にして加温加湿器を調節すればよいが、温度計がない場合は、吸気時に呼吸回路内面がうっすらと結露する程度に維持するとよい。

第6回午後の部

【問題 16】 血液透析療法において、目的として適切でないのはどれか。番号を解答欄⑫にマークせよ。[5]

- a. 血液中からタンパク代謝産物を除去する。
- b. 血液中の電解質濃度を是正する。
- c. 血液中からアルブミンを除去する。
- d. 血液中の酸塩基平衡を是正する。
- e. 血液中のホルモン濃度を是正する。

- 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】 ⑫= 9)

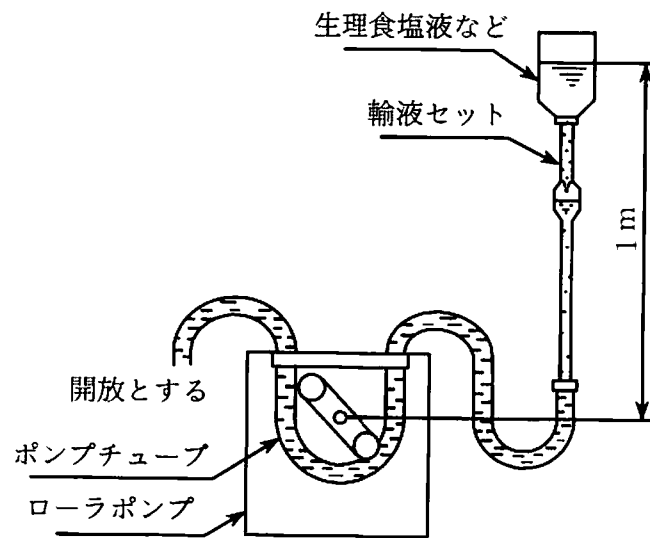
【解説】 血液透析療法は腎臓機能の主たる部分を代行する治療方法で、その主な目的は、拡散・濾過・吸着による血液中に蓄積された老廃物の除去、圧力差による余分な水の除去、および血液中の崩れた電解質バランスと pH を是正することである。

- a. 老廃物の主なものはタンパク代謝産物である。
- b. 血液透析療法の目的の1つ。
- × c. 血液中のアルブミンはできるだけ除去（漏出）しないことが望ましい。
- d. 血液透析療法の目的の1つ。
- × e. 血液透析療法に使われるダイアライザはホルモンを透過しない。

第6回午後の部

【問題17】 人工心肺用ローラポンプは使用前に、図に示す回路などを用いて、滴下が毎分5～10滴になるようにローラの圧閉度を調節する。このように、わずかなすき間を作る微調整はなぜ必要か。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) ポンプ効率を増し、発熱を軽減させる。
- 2) 騒音や振動の発生を軽減させる。
- 3) 鉗子などをかみ込む危険性を軽減させる。
- 4) 過剰な出口圧による回路の破損を防止する。
- 5) 溶血量を最小限に抑える。



圧閉度試験回路

【正解】⑬=5)

【解説】人工心肺装置の送血装置としてはローラポンプや遠心ポンプが用いられる。ローラポンプの場合はポンプヘッドにポンプチューブを装着して用いる。ポンプヘッドではこのチューブをローラでしごいて、血液を送り出す。同じ径および肉厚のチューブを使用する場合においても、チューブごとに寸法のばらつきがあり、使用前にチューブの圧閉度（オクルージョン）を調節する必要がある。

- ×1) ローラポンプのポンプ効率は何%程度であり、オクルージョンの調整程度ではほとんど変化がない。ポンプヘッドやモータの発熱を軽減させるためには冷却ファン等を用いる。
- ×2) オクルージョンの調節では騒音や振動を軽減できない。機械的雑音の確認はチューブを装着しない状態で、最高回転数で運転して行う。
- ×3) 鉗子などの噛み込み防止は、運転時には必ずポンプヘッドにふたをすることで行う。
- ×4) ローラポンプは定量吐出型のポンプであるため、オクルージョンの調節後においても、出口側回路の閉塞などにより、過剰な圧力が発生する場合があるので、送血中は注意が必要である。
- 5) オクルージョンの微妙な調整により、血液の損傷を示す溶血量が激しく変化する。オクルージョンが高すぎると、血液の擦り潰し現象が発生して、溶血量が増加する。逆にオクルージョンが低すぎると、血液の逆流が生じ溶血量を増加させる。最適な状態は問題のような調節を行った場合である。

手術中における溶血量の大小は、患者の術後の快復状態に影響を与える。使用前のオクルージョンの調節は繁雑な作業であるが、血液の損傷を最小限に抑えるために必要な作業である。実際のオクルージョン調節では、図に示した方法以外にも、液面の低下により調節を行う方法や、圧力計を用いる方法などがある。

【備考】ローラポンプの溶血量に関する研究は以下の文献などがある。

黒木常泰他：人工心肺による体外循環の臨床的研究、特に名大VI型人工心肺装置の灌流成績ならびに適正灌流の考案、日胸外会誌、14(11) .P 1153-、1966

【問題18】 次の文章の空欄にあてはまる語句を解答群から選び、番号を解答欄

□(14)～□(16)にマークせよ。[3×3=9]

図は、ある体外衝撃波結石破碎装置（ESWL）の模式図である。

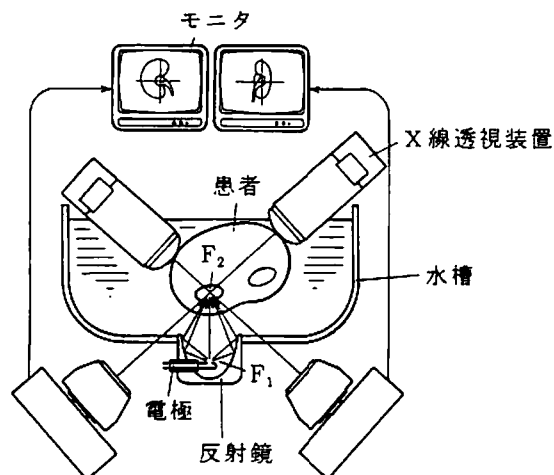
この装置は水槽内に楕円形のカップ状反射鏡があり、その一方の焦点 F_1 に設置した電極から、20 kV、 $1\mu\text{s}$ 程度の放電を起こし、このときに発生する衝撃波を他方の焦点 F_2 に収束させる構造である。

患者は体を水槽内に入れ、X線透視装置により結石部位を焦点 F_2 にあわせる。

電極部で発生させた衝撃波が結石に当たると、音響インピーダンスの差により、結石にひび割れが生じ、これを1000～1500回繰り返すことで結石は破碎される。

この装置の衝撃波の発生源は□(14)であり、衝撃波の収束法は□(15)である。また、人体とのカップリング方式は□(16)であり、結石位置の確認方式はX線透視方式である。

- | | | | |
|---------------|---------------|------------|---------|
| 1) 水中放電 | 2) 微小発破 | 3) 電磁振動板 | 4) 圧電素子 |
| 5) 球面方式 | 6) 放物面方式 | 7) 回転楕円体方式 | |
| 8) ウォーターバッグ方式 | 9) ウォーターベース方式 | | |
| 10) バスタブ方式 | | | |



体外衝撃波結石破碎装置(ESWL)

[正解] ⑭=1) ⑮=7) ⑯=10)

[解説] 体外衝撃波結石破碎装置 (ESWL: extracorporeal shock wave lithotripter) は Dornie 社と Ludwig-Maximilians 大学により開発された上部尿路結石に対する非観血的な治療法である。上部尿路結石に対し皮膚切開を加えず、体外から衝撃波を照射することで破碎し、尿流によって体外に排出させる。

ESWL は衝撃波の発生方式により電極放電方式、微少発破方式、電磁方式、および圧電素子方式に分類される。それぞれの方式により、衝撃波の発生源は水中放電、微少発破、電磁振動板、および圧電素子である。20 kV, 1 μ s 程度の放電により衝撃波を発生させるものは電極放電方式で、衝撃波の発生源は水中放電である。

衝撃波の収束法は回転楕円体方式、放物面方式、球面方式、および音響レンズ方式がある。電極放電方式や微少発破方式のように、衝撃波の発生源が一点に集中しているものは、回転楕円体方式を用いる。また、電磁方式では放物面方式や音響レンズ方式が用いられ、超音波方式では球面方式が多く用いられている。

人体とのカップリング方式は、バスタブ方式、ウォーターベース (ミニタンク、またはミニバス) 方式、ウォーターバック (メンブレン) 方式がある。患者の体を水槽に入れるものはバスタブ方式である。現在は取り扱いの簡便さから、ウォーターバック方式が多く使用されている。

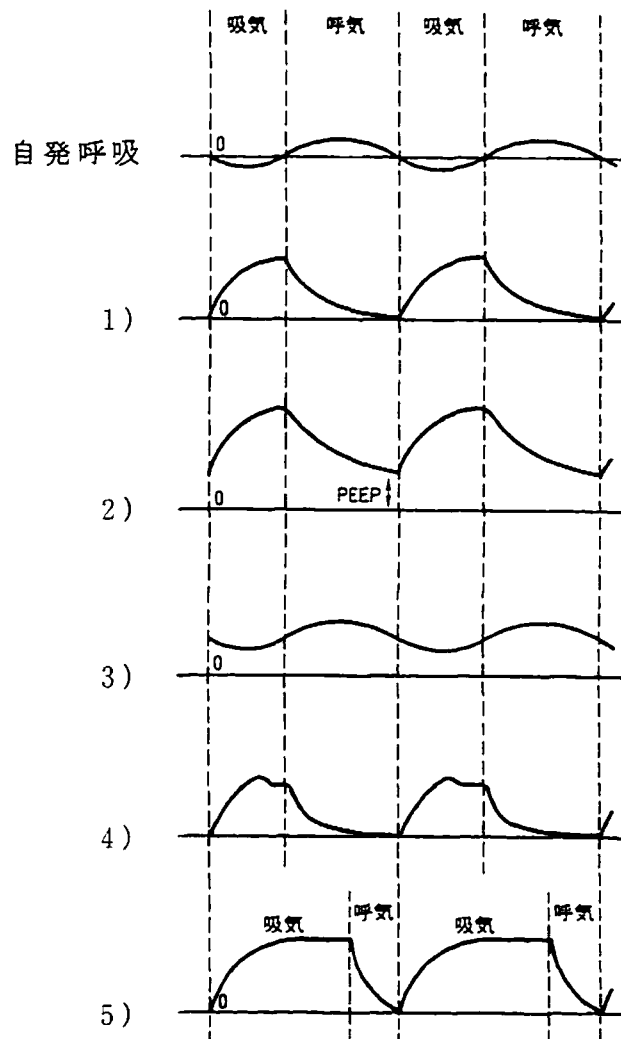
結石の位置確認と照準方法は X 線透視方式と超音波断層方式が用いられている。

[備考] ESWL に関する参考書は以下のものなどがある。

阿曾佳郎、東原英二編：医工学治療機器マニュアル⑤ 結石破碎、金原出版、1991

第6回午後の部

【問題 19】 最近自発呼吸をできるだけ残した状態で呼吸管理を行うことが多いが、下図の気道内圧曲線で持続的気道陽圧（CPAP）と呼ばれる換気法はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]



[正解] ⑰ = 3)

[解説] CPAP (continuous positive airway pressure : 持続的気道陽圧) は自然(発)呼吸をしている患者の気道内圧が常に陽圧になるように、自然呼吸に PEEP を付加したものである。CPPV (continuous positive pressure ventilation) に比べ、最高気道内圧が低いために圧外傷や循環障害が少ない点が長所である。CPAP は換気補助を行わないので、換気障害のある患者には適応とならない。酸素化改善が目的である。

- × 1) 間欠的陽圧換気 (IPPV : intermittent positive pressure ventilation)
- × 2) 持続的陽圧換気 (CPPV)
- 3) CPAP は自然呼吸を残す呼吸法なので、最上段の自発呼吸と位相が一致することも問題を解く鍵となる。
- × 4) 吸気終末休止 (EIP : end-inspiratory pause)
- × 5) 吸気・呼気逆比換気 (IRV : inversed ratio ventilation)

【問題 20】 心室細動除去に対する操作として誤っているのはどれか。番号を解答欄⑩にマークせよ。ただし、患者は成人で、電極は体外式を使用する。

[5]

- a. 患者に麻酔を行う。
- b. R波同期スイッチをONにする。
- c. 除細動の効果をモニタで確認する。
- d. 出力を200～360 Jに設定する。
- e. 不成功なら出力を上げて再度行う。

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

【正解】 ⑩= 1)

【解説】 心室細動 (VF: ventricular fibrillation) が発生すると心拍出量は0となり、その状態が数分以上持続すると非可逆的な脳障害を起こす危険がある。VFは一刻も早く治療をしなければならない致命的不整脈であるが、電気的除細動法が最も有効でもある。

- × a. 心房細 (粗) 動などの除細動では、患者の意識もあり麻酔を行うことが多いが、心室細動では意識は障害されており麻酔は行わない。一刻も早く除細動することである。
- × b. QRS波形が認められる心房細動や心室性頻拍の除細動では、R波に同期して通電しなければならないが、心室細動にはR波は存在しないので、R波同期スイッチはOFF (非同期) にする。
- c. 除細動の効果は必ずモニタで確認して不成功であれば再度除細動を行う。
- d. 成人患者に胸壁から除細動を行う場合 (体外式) のエネルギーは200～360 Jが使用される。
- e. モニタで確認して心室細動が除去されていなければエネルギーを上げて再度通電を行う。

【問題 21】 VVI の条件設定項目として不適切なのはどれか。番号を解答欄

⑩にマークせよ。[5]

- a. 心室刺激出力
- b. 心室刺激数
- c. 房室伝導時間
- d. 心室センシング感度
- e. 心房刺激出力

- 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】 ペースメーカーの設定項目には、パルスレート、パルス出力、パルス幅、センシング感度、不応期、房室伝導間隔、ヒステリシスなどがある。VVI は R 波抑制型心室ペーシング様式なので、右心室に留置した刺激電極で R 波を感知して自発心拍があれば刺激を抑制する。

- a. 刺激パルスの出力電圧 [mV] または出力電流 [mA] を調節する。
- b. ペーシングするときの 1 分間の刺激回数を設定する。
- × c. 房室伝導間隔は心房心室順次ペーシング (DDD) の際に必要な設定項目である。
- d. デマンド型でパルスを抑制するには R 波を感知しなければならない。R 波を感知するのに必要な最低電圧をセンシング閾値といい、刺激電極から得られる心内心電図の波高値 [mV] で表す。センシング感度はセンシング閾値より必ず感度を上げて (レベルを下げて) 設定する。感度を上げ過ぎると T 波を誤って感知して誤動作する。
- × e. VVI は心室刺激であるので心房刺激は関係ない。

【問題 22】 電気メスの出力測定は無誘導抵抗を使用して行うが、無誘導とはどの成分がないことか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) レジスタンス
- 2) コンダクタンス
- 3) キャパシタンス
- 4) インダクタンス
- 5) 容量性リアクタンス

【正解】 ⑳ = 4)

【解説】 除細動器の出力波形の測定は、出力に通常 $50\ \Omega$ の無誘導抵抗 (100 W 程度のホーロー抵抗) を接続して行う。電気回路の受動素子にはレジスタ (抵抗器)、キャパシタ (コンデンサ)、インダクタ (コイル) があり、それぞれの量記号 (と名称) を R (抵抗、レジスタンス)、 C (容量、キャパシタンス)、 L (インダクタンス) と呼ぶ。また、それぞれのインピーダンスは R 、 $1/(j\omega C)$ 、 $j\omega L$ で表され、インピーダンスの虚数部である $1/(\omega C)$ を容量性リアクタンス、 ωL を誘導性リアクタンスという。インダクタンスの性質をもつことを誘導性という。コンダクタンスは R の逆数である。

- × 1) 抵抗。
- × 2) 抵抗の逆数。
- × 3) 容量。
- 4) インダクタンスの性質をもたないことを無誘導という。
- × 5) 容量性の大きさを表す。

【問題 23】 医療ガスのうち、薬事法で医薬品と規定されていないのはどれか。

番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 酸素
- b. 亜酸化窒素
- c. 二酸化炭素
- d. 治療用空気
- e. 吸引

- 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】 医療現場で使用される医療ガスはすべて薬事法で医薬品と規定されていない。

- a. 医薬品と規定されている。
- b. 医薬品と規定されている。
- c. 医薬品と規定されている。
- × d. 医薬品と規定されていない。
- × e. 医薬品と規定されていない。

【備考】 医療ガスに関する法律、規格等により、それぞれ取り扱うガスが決められている。薬事法では、医薬品として規定されている医療ガスの品質や有効性および安全性が確保するために必要な規制が行われていて、その中には酸素、窒素、亜酸化窒素、二酸化炭素、これらの混合ガスと酸化エチレンがあるが、吸引や治療用空気は薬事法では医薬品と規定されていない。高圧ガス保安法では、高圧ガスによる災害を防止するため、高圧ガスの製造、販売、貯蔵、移動その他の取扱および消費ならびに容器の製造および取扱にいたるまで保安について厳しく規定されていて、その中で医療に関係するガスとしては、酸素、亜酸化窒素、二酸化炭素、窒素および上記の混合ガス、空気、ヘリウム、酸化エチレンがある。

第6回午後の部

【問題 24】 高圧ガス保安法で、常温において高圧ガスと言われる圧縮ガスの圧力はいくら以上か。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- 1) 150 MPa
- 2) 2 MPa
- 3) 1 MPa
- 4) 150 kPa
- 5) 10 kPa

【正解】 ㉔ = 3)

【解説】 高圧ガス保安法で「高圧ガス」といわれるのは、常用の温度において圧力が1 MPa(10 kg/cm²) 以上となる圧縮ガスであって、現にその圧力が1 MPa(10 kg/cm²) 以上であるもの、または温度35度において圧力が1 MPa(10 kg/cm²) 以上となる圧縮ガスである(圧縮アセチレンガスを除く)。

【備考】 なお、液化ガスについては、高圧ガス保安法では、常用の温度において圧力が0.2 MPa(2 kg/cm²) 以上となる液化ガスであって、現にその圧力が0.2 MPa(2 kg/cm²) 以上であるもの、または圧力が0.2 MPa(2 kg/cm²) となる場合の温度が35度以下である液化ガスを「高圧ガス」と規定している。

第6回午後の部

【問題 25】 医療ガス供給システムに関する記述について、空欄に当てはまる設備の名称を解答欄①～㊀に記入せよ。[3×3=9]

医療施設の決められた場所に医療ガスの供給源を設置して、そこから各部所に設けられた配管を介して医療ガスを供給する方式を中央配管方式といい、次のもので構成される。

- ・ ①：液化した医療ガスの貯蔵タンク、気化器、圧力調整器および制御装置で構成されている。
- ・ ㊀：複数の高圧の容器を1本にまとめて供給する装置。
- ・ 圧縮空気供給装置：院内各部門に供給される圧縮空気を作る。
- ・ 吸引装置：院内各部門に供給される吸引力を作る。
- ・ ㊁：配管を通して供給される医療ガスの院内各部門での取り出し口。
- ・ ホースアセンブリ：医療ガス配管設備の㊂，ポンペなどから麻酔器や人工呼吸器へ医療ガスを供給するフレキシブルなホース。

【正解】 ①=CE システム ㊀=マニホールド ㊁=配管端末器、アウトレット

【解説】

・ CE システム

定置式超低温液化ガス貯槽による供給装置（CE システム）は液化したものを貯蔵するタンク、それを気化させる蒸発器、圧力調整器および制御装置から構成され、ここから各部署に設けられた配管を介して医療ガスが供給される。普通は液化酸素および液化窒素に用いられている。

・ マニホールド

マニホールドは複数の高圧ガスの容器を集めて1本にまとめて供給する装置をいい、ここから各部署に設けられた配管を介して医療ガスが供給される。左右それぞれ複数のポンペ（バンクという）を連結して、中央に左右バンクの切

第6回午後の部

り替え装置が付けられていて、片方のバンクが空になると、もう一方のバンクから自動的にガスが供給される仕組みになっているものもある。マニホールドで用いられるポンペは転倒しないようにチェーンで固定されるが、地震などで転倒しないためにはポンペの上下（3/4 上部と 1/4 下部）の2ヶ所でゆるみがないように固定されなければならない。

・配管端末器（アウトレット）

配管端末器（アウトレット）は医療ガス供給源から配管を通して供給される医療ガスの院内各部門での取り出し口をいい、壁取付式（シーリングコラム、ウォールユニットなど）およびホース取付式（天井つり下げ式、天井巻き上げ式など）がある。医療ガスを使用する際には、配管端末器に麻酔器や人工呼吸器のホースアセンブリのアダプタプラグを接続するが、その場合に誤接続を防止するため、配管端末器の口の周りに2～3の小さな孔を開けるピン方式やホースアセンブリのアダプタプラグの接続部の口径を変えるシュレーダ式などの接続方式を採用している。

第6回午後の部

【問題 26】 JIS T 1022 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]

- a. この JIS の名称は「医用接地設備通則」である。
- b. 接地極の接地抵抗が $10\ \Omega$ 以下にできない場合は、全ての医用室に等電位接地設備を設ける。
- c. 隣接する医用室との床面積の合計が $50\ \text{m}^2$ 以下の場合は、医用接地センタは共用してもよい。
- d. ICU には必ず特別非常電源を設けなければならない。
- e. 一分岐回路に接続するコンセントの口数は 10 個以下を原則とする。

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

【正解】 = 3)

【解説】 JIS T 1022 は「病院電気設備の安全基準」であり、1982 年に制定され、1996 年に小規模な改訂がされて現在に至っている。病院の電気設備のうち、医用接地方式、非接地配線方式、非常電源、医用室の電源回路等が規定されている。

- × a. この JIS の名称は「病院電気設備の安全基準」である。
- b. 病院の接地極の接地抵抗は原則的に $10\ \Omega$ 以下と定められているが、これが実現できない場合には、すべての医用室に等電位接地配線を行えば、 $100\ \Omega$ 以下でもよいことになっている。
- c. 医用室には「医用接地センタ、医用コンセント、医用接地端子」の 3 点セットを備えることとしているが、1996 年の改訂の際、「隣接する医用室との床面積の合計が $50\ \text{m}^2$ 以下の場合は、医用接地センタは共用してもよい。」と規定が変更になった。
- × d. 非常電源としては、一般非常電源、特別非常電源、瞬時特別非常電源の 3 種類が規定されているが、ICU には必ず非常電源を備えなければならないが、これは一般非常電源でも特別非常電源でもよい。

第6回午後の部

- e. 1996年の改訂時に、「医用室の電源回路」の項目が追加された。使い過ぎによるブレーカ遮断事故を防ぐため、「一分岐回路に接続するコンセントの口数は10個以下」を原則とすることが規定された。

【問題 27】 鉄筋・鉄骨コンクリート造の病院はその地下部分を接地極に使用するが、その場合、その接地抵抗は実測が困難であるので、JIS T 1022 では $R = 3 \times 0.4 \rho / \sqrt{A}$ と計算で出してよいことになっている。ここで、 ρ は地下周囲の土壌の抵抗率、 A は地下部分の有効表面積である。係数 3 は何を意味しているか。100 字以内で解答欄 ㉔ に説明せよ。[10]

【正解】 ㉔ = (例) 地下部分を半球として計算した接地抵抗 ($0.4 \rho / \sqrt{A}$) を実測値の代わりに適用する場合の理論値に対する安全係数

【解説】 医用接地の接地極の抵抗 (接地抵抗) は 10Ω 以下となっている。接地極は普通、銅棒や銅板を地中に埋設するのだが、このような低い接地抵抗は実現しにくい。そこで、基準では「鉄筋鉄骨コンクリート造の建築構造体の地下部分を接地極として使用」を推奨している。これによって、容易に数 Ω の接地抵抗は実現できる。この場合、各医用室の接地センタは、鉄筋鉄骨 (接地幹線として利用) に接続する。実際の大きな建築物で接地抵抗を測定すると、 0.1Ω 以下というような非常に低い値が得られている。

しかし、このような測定は容易ではない。なぜなら、接地抵抗の測定には、補助電極を接地極の大きさの 10 倍以上離して埋設する必要がある、都会の病院では実測はほとんど不可能である。そこで、地下部分の表面積から、問題文で示した式で計算することになっている。

この計算式は、「建物の地下部分を“半球”に見立てて計算したもの」である。以下に手順を示す。

半径 r の半球の埋設電極の拡がり抵抗 (接地抵抗) は、次式で与えられる。

$$R = \rho / (2 \pi r) \dots\dots\dots (1) \quad \text{ただし } \rho \text{ は土壌の抵抗率である。}$$

ここで、地下部分表面積 A と同じ面積の半球の半径を求めると

$$r = \sqrt{A / 2 \pi} \quad \text{となる。}$$

これを (1) 式に代入すると、次式のようなになる。

$$R = \rho / \sqrt{2 \pi A}$$

ここで、 $1 / \sqrt{2 \pi}$ は約 0.4 だから、上式は次のように

第6回午後の部

$R=0.4 \rho/\sqrt{A}$ と簡単な表現になる。

なお、この計算によって求めた接地抵抗は、建物の地下部分が全部は有効でない場合や、理論式の適用の不確かさ等を勘案して、この理論式の3倍が 10Ω を下回れば十分安全性は達成できるとみなして「安全係数」3を掛けて、問題文の計算式、 $[3 \times 0.4 \rho/\sqrt{A}]$ としたものである。

【問題 28】 片側接地配線方式の電源コンセントのニュートラル（100 V の接地側）端子と接地端子の電位差を測定したら 30 V もあった。以下に示すトラブルの中で、その原因として考えられないのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- 1) 電源コンセントのニュートラル線と接地線の誤接続。
- 2) 電源配線コード被覆の破損による建物鉄骨との絶縁不良。
- 3) 電気機器の電源プラグのニュートラル線と接地線の誤接続。
- 4) 電気機器の電源トランスの絶縁不良。
- 5) 絶縁監視装置（アイソレーションモニタ）の故障。

【正解】 ② = 5)

【解説】 片側接地配線方式の電源コンセントのニュートラル端子(N)と接地端子(E)の電位差は N-E 間の抵抗とこの抵抗を流れる電流の積で表される。正常時、この電流は同じ接地系を流れる漏れ電流の合計（通常数 100 mA 以内）となり、N-E 間の電位差も数 V 以内である。これが 30 V もあるということは、異常な漏れ電流、つまり地絡が発生していることを示す。

- 1) 電源コンセントに負荷となる機器を接続したときに、その負荷抵抗を介しての地絡が発生する。通常の地絡に比べて、負荷抵抗を流れる分、N-E 間電圧は小さい傾向にある。
- 2) 建物鉄骨は接地されているので、電源配線コード被覆の破損で 100 V 側が接触すると、大きな地絡電流が流れ、最悪では停電の危険もある。
- 3) この電気機器を電源コンセントに接続したときに、1) と同等な状況が発生し地絡になる。
- 4) 電気機器の内部で電源トランスの 100 V 部分が接地部分に接触すると、2) と同等の状況が発生し地絡になる。
- × 5) 絶縁監視装置は非接地配線方式に使用されるもので、片側接地配線方式における地絡とは関係ない。

第6回午後の部

選択問題 A {計測診断機器} 解答欄 ㉔ ~ ㉘、 ㉙ ~ ㉛、 ㉜

【問題 A 29】 デジタル脳波計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。[7]

- a. システムレファレンス電極は接地極に接続されている。
- b. 記録終了後でも自由に導出法を変えることが可能である。
- c. 判読時にフィルタ設定が可能である。
- d. 主増幅器の出力が記録プリンタに接続されている。
- e. 電極単位ごとに記録チャンネルを設定することが可能である。

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

【正解】 ㉔ = 3)

【解説】 デジタル脳波計ではアナログ信号を A/D 変換した後、フィルタ設定や導出法はすべてソフトウェアによる演算によって行われている。

- × a. デジタル脳波計では最初に接地極とは別に頭のどこかを基準に頭部全体の脳波電位を導出するようになっている（この基準をシステムレファレンスと呼ぶ）。たとえば、C3-A1 の単極導出が必要な場合は Fz と Cz の中間位置 Fcz をシステムレファレンスとして用い（C3-Fcz）と（A1-Fcz）の導出電位を減算することで C3-A1 を得ている。
- b. システムレファレンスで最初に耳垂を含めて頭部全体の電位が導出され、メモリされているため、測定終了後でも種々の導出法による記録が可能である。
- c. 導出され、メモリされた脳波は一般にできるだけ広帯域で記録されているため、後から種々のフィルタ設定によって脳波記録をみることができている。
- × d. 主増幅器で電流増幅してペンを駆動する従来のアナログ型の脳波計と異なり、A/D 変換後のデジタル信号をプリンタに出力している。

第6回午後の部

- e. システムレファレンス電極を基準とした脳波記録を電極単位ごとの記録といい、デジタル脳波計では頭皮上の電極の数だけチャンネル数を設定することができる。

【問題 A 30】 デジタル心電計の誘導法について誤っているのはどれか。番号を解答欄

②⑤ にマークせよ。[7]

- a. 単極胸部誘導は全て必要である。
- b. ゴールドバーガーの抵抗網は必要である。
- c. ウイルソンの抵抗網は必要である。
- d. aV_R , aV_F 誘導と $V_1 \sim V_4$ 誘導が必要である。
- e. I, II などの2つの双極肢誘導が必要である。

- 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】 ②⑤ = 6)

【解説】 デジタル心電計では Goldberger の基準点に必要な抵抗網はなく、計算により係数を乗算するだけで波形を構成している。

- a. 単極胸部誘導の6個の電極位置はすべて必要である。
- × b. 前述したように、抵抗網は必要としない。たとえば、右手の電位を V_R とした場合、 aV_R は右手の電位 V_R に $3/2$ の係数を乗じて求めている。
- c. 右手、左手、左足の電位 (V_R , V_L , V_F) を求めるために、Wilson 抵抗網は必要であり、これにより $(V_R + V_L + V_F)$ に $1/3$ を乗じて Wilson の基準点を作っている。
- × d. 胸部誘導は $V_1 \sim V_6$ であるため、残りの V_5 , V_6 は電極を付けなければ求まらない。
- e. 四肢誘導すべてを求めるためには、I, II 誘導あれば残りの III 誘導および aV_R , aV_L , aV_F はすべて計算で求めることができる。

第6回午後の部

【問題 A 31】 酸素分圧測定用電極について正しいのはどれか。番号を解答欄

㉔ にマークせよ。[8]

- a. セバリングハウス (Severinghaus) 型電極ともよばれる。
- b. テフロン膜が用いられている。
- c. ガラス膜面はスペーサで覆われている。
- d. ポリプロピレン膜が用いられている。
- e. 陰極に白金線が用いられている。

- 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=10)

【解説】 酸素分圧測定電極をクラーク電極ともいい、動脈血のガス分析用として使用されている。

- × a. セバリングハウス型電極は、pH ガラス電極を応用した炭酸ガス分圧測定用電極である。
- × b. 炭酸ガスを透過させる半透膜としてテフロン膜が使われている。
- × c. 炭酸ガス分圧測定用電極は、pH ガラス膜面にテフロン膜によって透過してきた炭酸ガスによって pH を変化させるスペーサがある。
- d. 白金線を覆うように酸素を透過させる半透膜としてポリプロピレン膜が使われている。
- e. 陰極に白金、陽極に銀-塩化銀を用いてこの間に -0.6 V の直流電圧を印加して酸素の量に比例した還元電流を計測する、いわゆるアンペロメトリック法が用いられている。

【問題 A 32】 機能的残気量測定と関係ない装置はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[8]

- a. He メータ
- b. 血液ガス分析装置
- c. N₂ メータ
- d. 体プレチスモグラフ
- e. CO メータ

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

【正解】 ㉘ = 7)

【解説】 機能的残気量は予備呼気量の和で表されるが、安静呼気位の肺容量をガス希釈法によって求める方法とボディプレチスモによる安静呼気位のボックス内容積または圧力を検出することによる方法がある。

- a. He ガス希釈法による閉鎖回路法が用いられ、He メータが必要である。
- × b. 血液ガス分析装置は一般に pH, Pco₂, Po₂などを測定するが、肺気量分画は測定できない。
- c. N₂ ガスを用いた開放回路法がある。酸素ガスを吸入して、希釈される呼気 N₂ ガスをダグラスバッグ内に集めて、その平均 N₂ 濃度から求める方法で N₂ メータが必要。
- d. ボックス内でパンテング呼吸することによって、ボックス内の圧変化を計測して求めることができる。
- × e. CO ガスは肺のガス拡散能力を測定するガスとして使用する。機能的残気量測定とは無関係。

第6回午後の部

【問題 A 33】 網膜電位計について正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[8]

- a. 周波数特性は 0.5~100 Hz (-3 dB) の範囲である。
- b. 閃光刺激用にキセノン放電管が用いられている。
- c. 入力換算雑音は 0.1 mV_{P-P} 以下である。
- d. リング型金属電極が用いられる。
- e. 同相弁別比は 40 dB 以上である。

- 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 = 6)

【解説】 網膜電位は光刺激によって網膜の視細胞（肝体、錐体細胞等）の興奮による活動電位を記録するもので、直流成分から交流成分の a 波、b 波、OP 波（律動様小波）等がある。

- × a. 周波数特性は、通常、交流成分として 0.5~300 Hz は必要である。
- b. 光刺激として閃光刺激とパターン刺激があるが、通常キセノン放電管によって 0.3~20 J のエネルギーが用いられる。
- × c. 弱い刺激時の a 波、強い刺激時の OP 波は数 10 μ V のオーダであるため、0.1 mV (100 μ V) の雑音レベルは大き過ぎる。
- d. 網膜細胞の活動にともなう電位変化を角膜上に置いたリング電極（白金電極）によって検出する。
- × e. c で解説したように、脳波計や筋電計並の同相弁別比（60 dB 以上）が必要である。

【問題 A 34】 筋電計について正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[7]

- a. $10\ \mu\text{V}$ ~ $10\ \text{mV}$ 程度の信号を扱う。
- b. 通常、加算平均装置が内蔵されている。
- c. 通常、クリッパ回路が内蔵されている。
- d. 負性容量回路が入力部に使用されている。
- e. 周波数特性は $30\sim 1000\ \text{Hz}$ ($-3\ \text{dB}$) 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 = 1)

【解説】

- a. 針筋電図の線維自発電位は数 $10\ \mu\text{V}$ の電位であり、脊髄疾患などでみられる高振幅電位は $10\ \text{mV}$ にもなる。
- b. 順行性の感覚神経伝導速度の測定や大脳感覚神経誘発電位測定のために、筋電計には加算平均装置が内蔵されている。
- × c. クリッパ回路は電気眼振計に内蔵されており、通常の測定では筋電計にはクリッパ回路は内蔵されていない。
- × d. 針筋電図計測では、単一筋繊維電位を記録する数十 μm オーダの微小電極を使用することがある。この場合に、細胞内電位記録時に生ずる容量成分の歪みを補償する負性容量回路は通常用意されていない。
- × e. 針筋電図に必要な周波数帯域は $5\ \text{Hz}\sim 10\ \text{kHz}$ ($-3\ \text{dB}$) である。ちなみに、時定数は $0.03\ \text{秒}$ (低域遮断周波数 $5\ \text{Hz}$ を使用) を用いる。

【問題 A 35】 超音波診断装置の操作と造影検査法について正しいのはどれか。
番号を解答欄 にマークせよ。[7]

- a. パルスドプラ法では、折り返し現象を考慮しなければならない。
- b. Bモード画像は、使用周波数を切り替えても、空間分解能や計測可能深度は変わらない。
- c. 診断用超音波は安全なので胎児にも制約なく、繰り返し何度も検査してもよい。
- d. 超音波造影剤はマイクロカプセルあるいはマイクロバブルであるため、心臓や肺など重要臓器に達する血管内に用いてはならない。
- e. 超音波造影剤（マイクロバブル）を用いると、照射超音波の中心周波数よりも高いハーモニックと呼ばれる周波数が検出される。

- 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】 ㊸ = 4)

【解説】

- a. ドプラ法（カラードプラ法）の検査では、折り返し現象を考慮しなければならないことは、常識で正しい。
- × b. Bモード画像は、使用周波数を切り替えても空間分解能や計測可能深度は変わらないというのは、全くの誤りで易しい問題。
- × c. 診断用超音波は安全なので胎児にも制約なく、繰り返し何度も検査できる。と昔はいわれていたが、超音波によるラディカルの発生やマイクロカプセルの破裂現象があることがわかり、やはり無用な照射は超音波といえども避けるべきだということが近年の認識。したがって、誤った記述。
- × d. 超音波造影剤はマイクロカプセルあるいはマイクロバブルであるが、心臓など重要臓器の検査にも極めて有用である。したがって、選択肢の記述は誤り。

第6回午後の部

- e. 超音波造影剤を用いると、照射超音波の中心周波数よりも高いハーモニックと呼ばれる周波数が検出される。これは正しい。しかし、さらに追加すると、超音波造影剤を用いなくても超音波の非線形性から、照射した超音波の中心周波数が高い方にシフトする現象や狭く打ち出した超音波の周波数帯域が進行するにつれて広がる現象などもある。

第6回午後の部

【問題 A 36】 心電計 JIS T 1202 の中で、安全に関する事項のうち、患者漏れ電流について次のように規定している。空欄に当てはまるものを解答群から選び、番号を解答欄 ㉓～㉖ にマークせよ。[2×5=10]

機能接地端子をもつ心電計の装着部から大地に流れる漏れ電流は、㉓と大地間に㉔の110%の電圧を、また、㉕形の場合は60 Hz、250 Vの電圧を加えたとき、㉖形装着部では5 mA、CF形装着部では㉗を超えないこと。

- | | | | |
|------------|-------------|---------|-----------|
| 1) BF | 2) B および BF | 3) 筐体 | 4) 保護接地端子 |
| 5) 0.05 mA | 6) 0.1 mA | 7) 内部電源 | 8) 機能接地端子 |
| 9) 定格電圧 | 10) 最大定格電圧 | | |

〔正解〕 ㉓= 8) ㉔=10) ㉕= 7) ㉖= 2) ㉗= 5)

〔解説〕 機能接地とは、JIS T 1001 の用語の定義にあるように、機器の機能上の目的で接地することを意図したものである。たとえば、機器の安定した作動のための電位の基準としての接地、商用交流障害の除去のために測定対象の電位を大地の電位に近づけるための接地などがある。かつて2P電源方式で右足接地方式をとった心電計で、誘導コード差込口の近傍に機能接地端子を設けたものもあったが、現在ではほとんどの心電計が機能接地と保護接地を機器の内部で接続する接地方式をとっているので、出題に示した規格を適用することはない。しかし、機能接地を設置することの可能性、IEC 601-2-25 (1993年に制定された「心電計の安全」に関する国際規格)との整合をはかるなどの考えから、この記述となった。

なお、この連続漏れ電流は単一故障状態での患者漏れ電流Ⅲを想定している。そこで、B形装着部、BF形装着部は体表にのみに適用する機器であることから、この電流が直接心臓に流れることはないので、マクロショックでの最小感知電流1 mAの5倍の5 mA、一方、直接心臓に適用できるとしているCF形装着部を

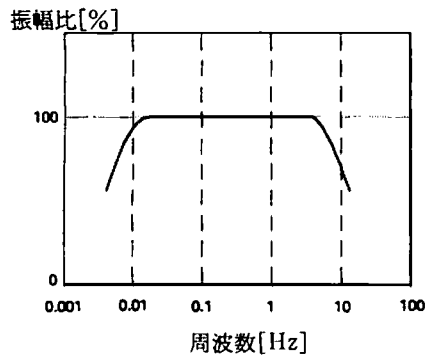
第 6 回午後の部

もつ心電計はマイクロショックでの心室細動誘発電流 0.01 mA の 5 倍の 0.05 mA を患者漏れ電流 III の許容値としている。

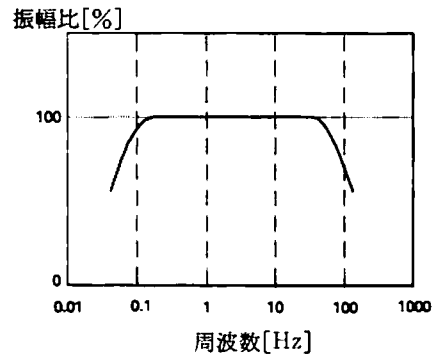
第6回午後の部

【問題 A 37】 心電計について、以下の設問に答えよ。

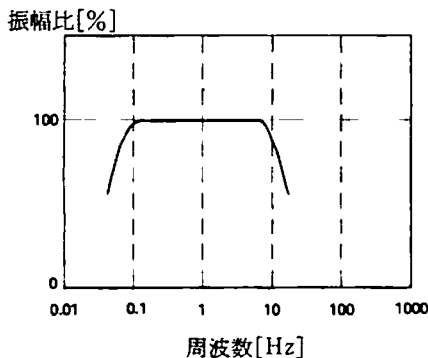
A37-1 心電計の周波数特性図として適当なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]



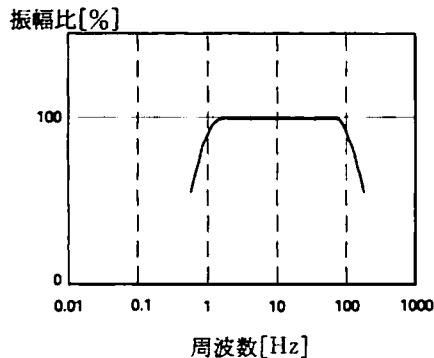
1)



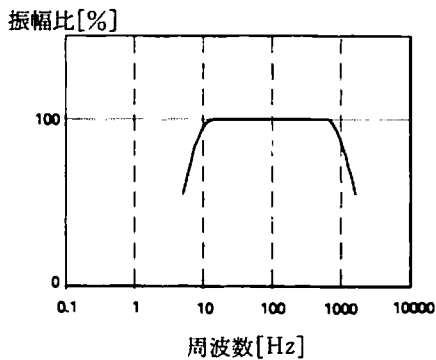
2)



3)



4)



5)

第6回午後の部

A37-2 正しいのはどれか。番号を解答欄(38)にマークせよ。[3]

- a. 除細動器併用時、除細動放電後 10 秒以内に心電図が読み取れること。
- b. 電源スイッチは両切構造でなければならない。
- c. 誘導電極の接触抵抗は 200 k Ω 以下が望ましい。
- d. 補助出力の出力インピーダンスは 5 M Ω 以下でなければならない。
- e. 内部電源を持つ心電計の場合、内部電源で 10 分以上作動しなければならない。

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

A37-3 装置の入力部にバッファ増幅器が用いられているが、これを用いる目的は何か。解答欄(㉞)に説明せよ。[10]

[正解] ㉞= 2) ㉟= 1) ㊦= (例) 電極の接続端子からみた入力回路のインピーダンスが低くなることを防ぐこと。

[解説]

A37-1

心電計の周波数特性（正弦波特性）は、標準感度において 10 Hz を 100% としたとき、75 Hz で 71~105% 以内、0.5~60 Hz で 90~105% 以内とされている。

A37-2

- a. 心電計の保護と回復時間が規定されている。生理食塩液とスポンジにより生体を模擬し、回復時間測定する。
- b. JIS T 0601-1:1999 57.1 電源（商用）からの切り離しを参照。
- × c. 接触抵抗は 30 k Ω 以下が望ましい。
- × d. 補助出力に関しては 50 V/mV、または 1.0 V/mV、100 Ω 以下、誤差

第 6 回午後の部

±10%

× e. 内部電源で 30 分以上作動しなければならない。また、電池の放電状態の表示も行わなければならない。

A37-3

バッファ増幅器は信号をほとんど増幅しないが、インピーダンス変換を行う回路である。皮膚の接触インピーダンスが高いと波形に歪みが生じるが、このような場合、バッファ増幅器はインピーダンス変換を行って増幅器の入力側からみた信号側の抵抗を低くし、抵抗回路網とのマッチングをスムーズに行う役目をする。

第6回午後の部

【問題 A 38】 次の文章の空欄に当てはまる式を解答欄 ㊶ ， ㊷ に記入せよ。[6×2=12]

気流に対する粘性抵抗と肺・胸郭の摩擦抵抗による気道抵抗 R は、プラトー期間中の気道内圧の低下を ΔP ，呼気流量を F とすると、 $R = \text{㊶}$ によって算出することができる。

また、肺・胸郭のひろがりやすさを示す指標であるコンプライアンス C_T は、1回換気量 V_T ，プラトー期間の終わりの圧を P_E とすると、 $C_T = \text{㊷}$ で算出することができる。

【正解】 $\text{㊶} = \Delta P / F$ $\text{㊷} = V_T / P_E$

【解説】 気道抵抗は記述とおり、 $R = \Delta P / F$ で算出できる。一般的に単位は $\text{cmH}_2\text{O} / \ell / \text{sec}$ である。成人では数 $\text{cmH}_2\text{O} / \ell / \text{sec}$ 以下、小児では $20 \sim 30 \text{ cmH}_2\text{O} / \ell / \text{sec}$ である。

肺コンプライアンスとは「肺のひろがりやすさ」を示す指標である。算出は記述とおりである。成人の場合 $40 \sim 100 \text{ ml} / \text{cmH}_2\text{O}$ 、小児の場合 $20 \sim 40 \text{ ml} / \text{cmH}_2\text{O}$ 、新生児の場合 $5 \text{ ml} / \text{cmH}_2\text{O}$ 程度である。

第6回午後の部

選択問題B {治療機器} 解答欄 ~ , ~ ,

【問題B 29】 人工呼吸器使用に見られるトラブルとその原因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. 停電による停止——内蔵電池の充電忘れ
- b. 本体への水分流入による停止——圧縮空気供給装置内の除湿装置の故障
- c. 気道内圧上昇による気胸——吸気弁の故障
- d. 低換気——ネブライザの蓋の閉め忘れ
- e. 水中毒——加温加湿器の空焚き

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

【正解】 = 9)

【解説】 人工呼吸器は生命維持管理装置であるため、その作動異常や停止は患者の生命に直接影響を与える。日頃より、人工呼吸器で起こり得るトラブルについて学習するとともに、発生時に迅速かつ適切に対応できるように努めなければならない。

○ a. 人工呼吸器の多くはその動力源が電気であるため、停電時には停止する危険性をもつ。これを防止するために一部の機種では内蔵電池をもち、停電時に備えているが、充電のし忘れや電池そのものの劣化があるとせっかくの電池が役立たなくなる。

○ b. 圧縮空気供給装置の除湿装置の故障や不完全な保守により、水分が圧縮空気と一緒に送られることがある。通常、水分は圧縮空気ホースアセンブリの人工呼吸器への接続部に設けられた除水装置で除去されるが、そこで除去しきれない場合、水分は人工呼吸器本体に入り込み、作動異常や停止をもたらす。

× c. 人工呼吸器で見られるトラブルの1つに気道内圧の異常な上昇による圧外

第6回午後の部

傷があるが、これは呼気弁の故障（閉鎖したまま）、呼吸回路（呼気回路）の閉鎖、換気量の過剰、PEEPレベルの上げ過ぎなどで起こる。

- d. 人工呼吸器で最もよくみられるトラブルに呼吸回路のリークがある。呼吸回路はホース、加温加湿器、ネブライザなど多くの部品から構成されるため、その不完全な接続、各部品の亀裂や破損などでリークが起こる。また、加温加湿器やネブライザへの水分や薬剤注入後の蓋の閉め忘れ、接続部のパッキングの脱落などでもリークが起こり得るため、注意する必要がある。
- × e. 加温加湿器は水分を入れずに空焚きすると、吸気ガスの異常加熱により気道熱傷や発火を引き起こす危険性があるため、使用時には必ず水分を入れなければならない。逆に、過剰加湿になると、水分が肺胞から吸収されて水中毒になる危険性があるため、加湿の程度を適切に調節する必要がある。

第6回午後の部

【問題B 30】 現場の担当者が人工心肺装置の機能と装置名を表に作成した。この表をチェックし、機能に対して装置が適切に選択されていないのはどれか。番号を解答欄④〇にマークせよ。[6]

	機 能	装置名
1)	全身への血液供給を維持する。	遠心ポンプ
2)	胸腔内出血血液を人工心肺装置に戻す。	血液回収装置
3)	静脈血を酸素加し、炭酸ガスと交換する。	人工肺
4)	安定した血液循環を維持する。	貯血槽
5)	血液中に混入した異物を除去する。	血液フィルタ
6)	体温調節をする。	熱交換器
7)	体内への気泡混入を防止する。	気泡検出器
8)	落差脱血量を調整する。	エレベータ
9)	循環血液を濃縮する。	ヘモコンセントレータ
10)	患者と人工心肺回路をつなぐ。	カニューレ

【正解】④〇 = 7)

【解説】人工心肺装置は様々な構成要素から成り立っている。人工肺、血液ポンプ、および貯血槽などがその主要構成要素であるが、それぞれについて新たなものが次々開発されており、その構成方法も様々である。したがって、人工心肺装置において必要な機能を理解し、そのために、どのような構成要素を組み合わせ使用したらよいかを知っていることが必要である。

- 1) 全身への血液供給の維持には、血液ポンプが用いられる。血液ポンプにはチューブをローラでしごいて血液を送り出すローラポンプと、血液を高速で回転させ、遠心力で血液を送り出す遠心ポンプが使用されている。
- 2) 胸腔内に出血した血液は、血液回収装置により、人工心肺回路内に戻される。方式はローラポンプにより出血した血液を貯血槽に戻す方法が多く用いられている。貯血槽内のフィルタにより、凝血塊やその他の異物が除去

第6回午後部

される。このほか、貯血槽内を陰圧にして血液を引き込む方式も開発されている。

- 3) 静脈血を酸素加し、炭酸ガスと交換するのは人工肺である。人工肺には膜型肺と気泡型肺があるが、現在多く使用されているものは中空糸型の膜型肺である。
- 4) 安定した血液循環を維持するのは貯血槽の役目である。貯血槽の液面の高さを目安にして、循環血液量をコントロールする。
- 5) 血液中に混入した異物の除去には血液フィルタが用いられる。血液フィルタは患者に送血する最後の部分に設置される動脈フィルタのほか、貯血槽などにも組み込まれている場合が多い。また、患者に気泡を送り込まないためには、このフィルタを用いて気泡を濾しとる方法が用いられる。
- 6) 循環血液の温度制御により、患者の体温調節を行うのは熱交換器の役目である。現在は人工肺と一体になっているものが多い。熱交換器は冷温水供給装置と接続して用いる。
- ×7) 気泡検出器はチューブ内に気泡が通過したことを検出するのみで、体内への気泡混入を防止することはできない。仮に気泡検出後、チューブをクランプする装置を取り付けたとしても、回路内の流速が早いと間に合わない。さらに、体外循環中は患者の生命維持のため、血液循環を停止できない。気泡混入を防止するためには動脈フィルタなどを用いる。
- 8) エレベータと呼ばれる装置を用いて、脱血量を調節する。エレベータは静脈側の貯血槽の高さを電動で変える装置であり、高くすると脱血量は減少し、低くすると脱血量は増加する。このほかに脱血量を調節する装置としては、脱血側のチューブを圧閉する構造のオクルーダと呼ばれる装置もある。
- 9) 体外循環中希釈された血液を濃縮するためには、ヘモコンセントレータが用いられる。構造は中空糸を用い、濾過または限外濾過により血液中から水分を除去するものが多い。
- 10) 患者の血管系と人工心肺回路をつなぐものはカニューレである。主要な

第6回午後の部

接続は2ヵ所で、一方は静脈血を体外に誘導する脱血部、もう一方は酸素加された血液を体内へ送り込む送血部である。それぞれ脱血カニューレ、送血カニューレと呼ばれる。カニューレの形状は様々であるが、できるだけ外形が小さく、内径が大きいものを選択することが望ましく、一般に送血カニューレよりも脱血カニューレの方に大径のものが使用される。

〔備考〕人工心肺に関する参考書は以下のものなどがある。

阿部稔雄：最新人工心肺 理論と実際，名古屋大学出版会，1999

【問題B 31】 次の文章の空欄に当てはまる語句を解答欄㊸～㊾に記入せよ。[4×3=12]

IABPはバルーンを㊸内に留置し、左心室の心周期に同期してバルーンを収縮、拡張させる。これにより収縮期の㊹を減少させ、拡張期に㊾を増加させることを目的とした治療法である。

【正解】 ㊸=胸部下行大動脈 ㊹=心仕事量など ㊾=冠動脈血流量など

【解説】 大動脈内バルーンパンピング法 (IABP: intra-aortic balloon pumping) は心筋梗塞などによる心源性ショック等の治療に使用される。

ポリウレタン製のバルーン付きカテーテルを、大腿動脈(まれに鎖骨下動脈)から胸部下行大動脈内に挿入し、心臓の拡張期にバルーンを膨らませ、収縮期にしばませるように駆動する。

正常な冠動脈の血流は心臓の拡張期に増加する。心臓の拡張期にバルーンを膨らませると、バルーンにより押しつけられた血液が拡張期の上行大動脈血圧を上昇させ、冠動脈血流が増加する。これにより、虚血になった心筋の酸素供給を増加させる。

また、心臓の収縮期にバルーンをしばませると、その部分に血液が流れ込みやすくなり、心臓の収縮期血圧が低下する。これにより、左心室の仕事量の血圧成分を減少させ、心筋酸素消費量を低下させる。

このようにIABPの作用は心筋の仕事量を減少し、さらに心筋の酸素供給量を増加させる。これらをまとめて、systolic unloading, diastolic augmentationという。

したがって、バルーンの挿入位置は胸部下行大動脈である。これ以外、たとえば上行大動脈や腹部大動脈では十分な効果が得られないばかりか、重要臓器の灌流障害を併発する可能性がある。

収縮期に減少するものは心仕事量、心筋酸素消費量、左室後負荷、および大動脈圧などがある。ただし、心拍出量は減少しない。

第6回午後の部

拡張期に増加するものは冠動脈血流量、心筋酸素供給量、および冠動脈流入圧などがある。

[備考] IABP に関する参考書は以下のものなどがある。

岡田昌義，中村和夫編：補助循環法大動脈内バルーンパンピング（IABP）を中心として，金原出版，1988

第6回午後の部

【問題 B 32】 モニタ付除細動器の点検を行ったところ以下の結果が得られた。
JIS T 1355 に照らして不具合なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。

[6]

- a. 通電電極と除細動器外装との間の静電容量が 1.5 nF であった。
- b. 100 Ω の負荷抵抗器に対する最大出力電圧が 7 kV であった。
- c. 電源を切った際に 14 秒で内部放電が完了した。
- d. 完全放電の後、最大エネルギーまでに充電させるのに 12 秒を要した。
- e. 放電後 8 秒で QRS 疑似信号の全波形がモニタに現れた。

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

[正解] ④ = 5)

【解説】 除細動器は電気エネルギーを患者に放電する装置であるが、そのエネルギー量が極めて大きいので、高出力によって操作者や患者に不測の損傷を起こさないように JIS T 1355 で規格が決められている。

- a. 体外電極部の電極と除細動器本体との間の浮遊容量は、2 nF 以下と定められている。
- × b. 100 Ω の負荷抵抗器に対する最大出力電圧は、5 kV 以下である。
- × c. 停電または電源を切ったときに 10 秒未満の時定数で内部放電する手段を備えていなければならない。
- d. 完全に放電されたコンデンサが最大エネルギーまで充電される時間は、15 秒以内である。
- e. エネルギー放電後 10 秒以内に元の振幅の 50% 以上の大きさの信号が表示されなければならない

【問題B 33】 電気メス（電気手術器）について、以下の設問に答えよ。

B33-1 電気メスには、対極板回路が高周波的に接地された接地形と高周波接地されていない非接地形がある。高周波接地に関する記述で誤っているのはどれか。番号を解答欄〔42〕にマークせよ。[5]

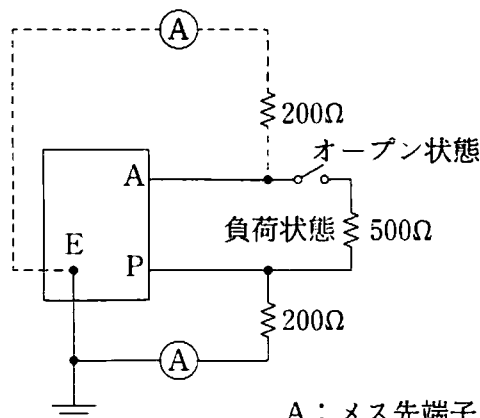
- a. 接地形も非接地形も、対極板は電源周波数に対して大地から絶縁されている。
- b. 接地形の対極板は30 kHzを超える高周波数に対して接地されている。
- c. 非接地形の対極板は主要搬送周波数に対して大地から絶縁されている。
- d. 接地形のメス先電極は高周波接地されている。
- e. 非接地形は接地形に比べ高周波分流による熱傷が起こりにくい。

- 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

第6回午後の部

B33-2 非接地形の高周波漏れ電流は下図に示すように、漏れインピーダンスを疑似する無誘導抵抗 $200\ \Omega$ を通じて大地に流れる電流を、各作動モードで出力を最大に設定し、指定の高周波電流計で測定する。JIS T 1453「電気手術器/電気メス」では、漏れ電流の値を何 mA 以下と定められているか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 0.5
- 2) 1
- 3) 10
- 4) 50
- 5) 150



A：メス先端子 P：対極板端子
E：接地端子

B33-3 非接地形電気メスを用いて手術中、アクティブ電極を握った術者が出力を作動させたままもう一方の手で誤って対極板に一瞬触れ、指に熱傷を負った。このとき、電気メスの使用周波数は $490\ \text{kHz}$ で、端子電圧は $1\ \text{kV}$ であった。アクティブ電極と生体間の静電容量を $10\ \text{pF}$ 、人体の抵抗を $1\ \text{k}\Omega$ 、対極板に接触時の抵抗と接触時間をそれぞれ、 $1\ \text{k}\Omega$ 、 $0.3\ \text{秒}$ としたとき、熱傷をもたらしたエネルギーを計算し、解答欄 に記入せよ。ただし、電極コードのインダクタンスは無視する。[5]

【正解】 ㉔ = 6) ㉕ = 5) ㉖ = 0.28 J

【解説】

B 33-1

電気メスの出力回路には、対極板回路がコンデンサを介して高周波的に接地されている接地形と、出力回路がフローティングされた非接地形がある。接地形は患者の体が手術台の金属部に接したりすると、高周波分流による熱傷を起こす恐れがある。非接地形は対極板以外へ高周波が分流しにくいので、熱傷に対する安全性は高い。しかし、トランスなどの浮遊容量による高周波漏れ電流を完全に除くことは不可能である。

- a. 接地形も非接地形も対極板回路は、電源周波数（低周波）に対しては大地から絶縁されている。
- × b. 接地形は 30 kHz ではなく主要搬送周波数に対して接地されている。
- c. 非接地の意味は、高周波すなわち主要搬送周波数（300 kHz～5 MHz）に対して絶縁されていることである。
- × d. 対極板回路が接地されるのでメス先電極側は接地されない。
- e. 解説参照

B 33-2

非接地形の高周波漏れ電流は、図のように負荷を接続しない状態において、各作動モードで出力調整器の設定を最大出力にして 200Ω の漏れインピーダンスを通して接地へ流れる電流を高周波電流計で測定する。絶縁材料製の外装をもつ手術器は、底面積と等しい面積をもつ接地した金属板の上において試験する。JIS では 150 mA 以下と規定されている。

B 33-3

アクティブ電極と生体間の容量性リアクタンスを X_c 、人体の抵抗 R_1 ($=1 \text{ k}\Omega$)、対極板との接触抵抗を R_2 ($=1 \text{ k}\Omega$) とおくと、等価回路は図のようになる。

$$X_c = 1/(\omega C) = 1/(2 \times 3.14 \times 490 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-12}) = 32.5 \text{ k}\Omega$$

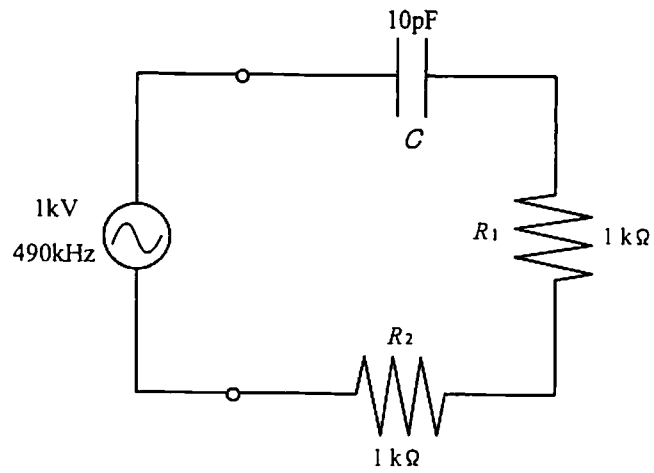
接触時に流れる電流を I とすると、

第6回午後の部

$$I = 1000 / \sqrt{(32.5^2 + 2^2)} \times 10^6 = 30.7 \text{ mA}$$

エネルギー W は、 $W = R_2 \times I^2 \times t$ から、

$$W = 10^3 \times (30.7 \times 10^{-3})^2 \times 0.3 = 0.283 = 0.28 \text{ J}$$



【問題B 34】 超音波吸引手術器（超音波メス）に関する記述で正しいのはどれか。番号を解答欄④④にマークせよ。[6]

- a. 使用周波数は20～30 MHzである。
- b. メス先端から超音波を発射し、非接触で組織を切開する。
- c. メス先端は10～30 μm 程度伸縮振動する。
- d. 破碎された組織はハンドピース先端から吸引する構造になっている。
- e. メスの伸縮振動には電歪素子や磁歪素子が用いられる。

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

【正解】 ④④=10)

【解説】 超音波メスはメス先（プローブ）先端を除去したい組織に直接押しあて、超音波周波数で振動させて組織を破碎、細分化して吸引除去する。電気メスやレーザーメスのような鋭い切開には適さないが、肝臓や脳などの実質性器官において血管をあまり損傷することなく組織を吸引・除去できる点が優れている。

- × a. 使用周波数は20～30 kHzである。
- × b. メス先は組織に直接接触させて使用する。
- × c. メス先端は100～300 μm 程度伸縮振動する。
- d. 破碎された組織は中空のプローブを通して体外に排出し、同時にプローブも冷却する構造になっている。
- e. 正しい。

【問題B 35】 マイクロ波メスについて誤っているのはどれか。番号を解答欄

④5にマークせよ。[6]

- 1) 使用周波数は2450 MHzの極超短波である。
- 2) マイクロ波の発生にはマグネトロンが用いられる。
- 3) 組織中の水分子が激しく振動するときの摩擦熱（誘電熱）を利用する。
- 4) 発生したマイクロ波は同軸ケーブルでメス先まで伝送する。
- 5) 電気メスと同じ電磁波を使用している所以对極板が必要である。

[正解] ④= 5)

【解説】 マイクロ波（極超短波）は周波数が300 MHz～3 GHzの電磁波を指し、家庭用の電子レンジには2450 MHzのマイクロ波が使用されている。組織にマイクロ波が作用すると組織中の水分子が激しく振動し、分子間に摩擦熱（誘電熱）が発生して組織の凝固や止血が行われる。マイクロ波メスは切開作用よりも肝臓などの実質器官の止血、凝固に向いている。

- 1) 正しい。
- 2) マグネトロンはマイクロ波を発生させる真空管の1種。
- 3) 水分子は+と-の極性を帯び電界を加えると配向し、電界の極性に合わせ向きを変えるので、極超短波が作用すると激しい分子運動が起こる。
- 4) 高周波の伝送には同軸ケーブルが使用される。
- ×5) 電気メスはメス先と対極板の間に高周波電流（0.3～5 MHz）を流し電流密度の高いメス先に発生するジュール熱を利用する。極超短波のような波長が短い電磁波はテレビ電波のようにアンテナから放射が可能で、対極板を必要としない。

第6回午後の部

【問題B 36】 図1は植込式心臓ペースメーカ（単極刺激式）の出力回路の一部である。この回路の出力に $500\ \Omega$ の負荷抵抗を接続し、抵抗間の電圧をオシロスコープで観測したところ図2の刺激パルス波形が得られた。この図で、充放電中の波形が指数関数的に変化するのは、出力回路のコンデンサCが挿入されているためである。なお、トランジスタ Tr は充・放電を切り換えるスイッチングを、ツェナー・ダイオードは除細動に対する保護の作用をする。

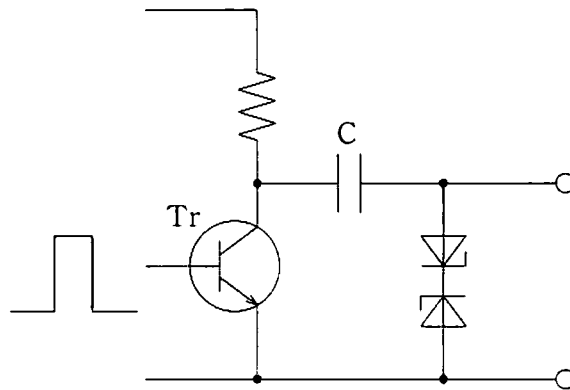


図1

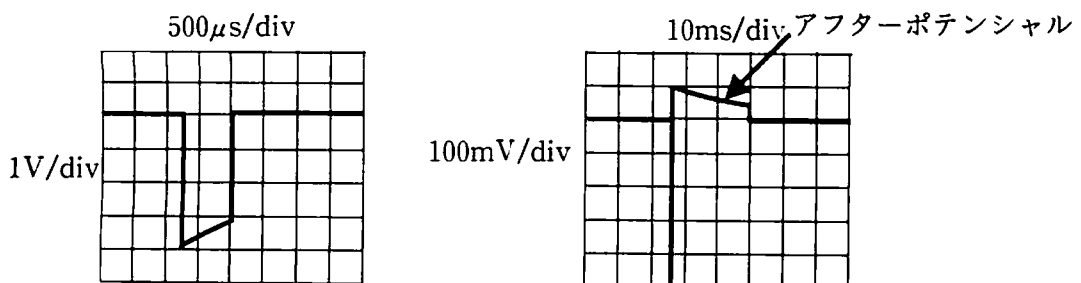


図2

第6回午後の部

B 36-1 図2の出力波形に関する記述で誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[3]

- 1) パルスが下方に記録されているので、ペースメーカー本体の金属部分を基準電位 (GND) に取って計測している。
- 2) 1回の刺激エネルギーはおよそ $15 \mu\text{J}$ である。
- 3) 刺激後の電位変化 (アフターポテンシャル) の時定数は刺激パルスのそれに比べ小さい。
- 4) アフターポテンシャルが途中で中断されているのは、自発心電図検出の障害にならないようするためである。
- 5) アフターポテンシャルは、通常パルス発生後の不応期の期間内に終了するように設計されている。

B 36-2 出力回路にコンデンサCを挿入する理由を解答欄 に記述せよ。
[10]

B 36-3 図2の出力パルス波形の時定数と負荷抵抗 (500Ω) の値から概算すると、図1のコンデンサCのおよその容量はいくらになるか。番号を解答欄 にマークせよ。ただし、トランジスタ Tr のオン (on) 抵抗は無視する。[3]

- 1) 100 pF 2) 360 pF 3) 2 nF 4) $7 \mu\text{F}$ 5) $47 \mu\text{F}$

[正解] ④6 = 3) ④7 = 4) ⊕ = (例) 直流成分が刺激電極に加えられると電気化学変化が生じ、電極が磨耗する原因となるため。

[解説] 図1はペースメーカーの出力部分の基本回路である。コンデンサCは直流成分をカットし、刺激電極の電気分解を阻止するために挿入されている。トランジスタ Tr は充・放電を切り替えるスイッチングの役割をする。すなわち、Tr

第6回午後の部

のベースにパルス入力加わらないときは、TrはOFF状態（コレクターエミッタ間は遮断状態）となり、コンデンサCは充電される。一方、Trのベースにパルス電圧が加えられると、TrはON状態（コレクターエミッタ間の抵抗は数 Ω ～数十 Ω ）となり、コンデンサに蓄積された電荷は負荷抵抗（500 Ω ）を通じて時定数500 μ sで放電する（TrのON抵抗は500 Ω に比べ小さいので無視できる）。

ツェナー・ダイオードは除細動に対する保護回路で、出力端子に極性の異なる大電圧が加わってもツェナー電圧（数V）で抑えられ出力回路に過大な電圧がかからない。

B 36-1

- 1) 興奮性組織を電気刺激するときは、極興奮の法則にしたがって刺激部位を陰極電極で刺激する。したがって、ペースメーカー本体の金属部分は陽極（不関電極）になっている。不関電極を基準にとるのでパルスは下方に記録される。
- 2) 刺激エネルギー $= V^2 t / R = 3.5^2 \times 750 \times 10^{-6} / 500 \approx 18 \mu\text{J}$
- ×3) 図2の放電曲線および充電曲線から、放電時の時定数は約3.5ms、充電時の時定数は約30msである。時定数は、放電あるいは充電曲線の開始点から接線を引き0Vに達するまでの時間を計測して求める（指数曲線の経過が短いので、 $1/e=0.37$ に達する時間から時定数を求めると誤差が大きくなる）。
- 4) アフターポテンシャルがペースメーカーの不応期終了後も残っていると、自発心電図の検出に影響が出る。
- 5) 通常、アフターポテンシャルは不応期内に終了するようになっている。

B 36-3

図2から出力時の時定数は約3.5msであるので、 $500 \mu\text{s} = 3.5 \text{ms}$ から、 $C = 7 \mu\text{F}$ となる。

【問題B 37】 ダイアライザのクリアランスを高める条件として不適切なのはどれか。番号を解答欄④⑧にマークせよ。[5]

- a. 血液と透析液の流れを並流にする。
- b. 透析液流量を増加させる。
- c. 透析液の流れを均一にする。
- d. 血液流量を増加させる。
- e. 透析液を再循環させる。

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

[正解] ④= 4)

[解説] ダイアライザのクリアランスを高めるためにとられる手段は、拡散という物理現象をいかに効率良くするか、である。その条件として考えられることは、血液側または透析液側の境膜抵抗を減らすこと、血液側と透析液側の濃度差を大きくすることがあげられる。具体的には、血液側または透析液側の流量を増やすことによって境膜抵抗は減少し、また、除去を目的とする物質の透析液における濃度を小さくすれば、血液側と透析液側の濃度差は大きくなり、その物質の除去能は増加する。

- × a. 血液と透析液の流れは、向流の方が並流より濃度差の推進力が大きくなり効率がアップする。
- b. 境膜抵抗を減少させるため、ダイアライザのクリアランスを高める。
- c. 透析液のチャネリングを防いでデッドスペースをなくすことが不可欠。
- d. 境膜抵抗を減少させるため、ダイアライザのクリアランスを高める。
- × e. 再循環により透過した物質の透析液側濃度が高くなるため、クリアランスは低下する。

第6回午後の部

【問題B 38】 次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

血液透析装置には、治療中の重要な監視項目の1つである透析液濃度を測定するため ㊞ が広く用いられ、ある許容範囲を越えた場合には、警報音および表示灯の点灯などで知らせるとともに ㊤ の供給を停止させる安全機構を有している。

また、体外循環中の血液温度を一定に保つため、透析液温度を制御する機構も備えられている。安全機構として、透析液温度過昇防止装置があり、透析型人工腎臓装置承認基準により作動する温度は ㊹ °C以下に設定されている。

B 38-1 空欄 ㊞ ， ㊤ に当てはまる語句を解答欄 ㊞ ， ㊤ に記入せよ。[4×2=8]

B 38-2 空欄 ㊹ に当てはまる数値を解答群から選び、番号を解答欄 ㊹ にマークせよ。[4]

- 1) 37 2) 39 3) 41 4) 43 5) 45

【正解】 ㊞ ＝電気伝導度計 ㊤ ＝透析液 ㊹ ＝3)

【解説】

B 38-1

透析液はNa、K、Clなどの種々の電解質とブドウ糖を含む多成分水溶液である。1回の血液透析で100ℓを超える大量の透析液が必要なことから、通常濃縮された透析液原液を透析施設内で希釈して使用する。原液は液状のままもしくは原薬を溶解して使用するが、製薬メーカーで厳格に品質管理しているため、その組成で異常を示すことは考えにくい。透析液の濃度異常は原液と希釈水との混合比の異常に起因する。この混合方式には定容量タンク方式など種々の方法があるが、必ず混合後の透析液濃度を監視して患者の安全を確保してい

第6回午後の部

る。濃度計としては Na や K などの個々の電解質濃度を電極や分光光度計などを使って測定すればよいが、単一項目だけのモニタリングでは不十分であり、また連続測定に不向き面がある。前述のごとく、透析液組成の異常は考えにくく、またブドウ糖以外の成分はすべて電解質であることから、電気伝導度計が通常用いられている。すなわち、電気伝導度は総電解質濃度に相関することから、わずかな濃度異常にも簡便に対応でき、しかも連続的に測定することが可能である。濃度異常が生じた場合は、ダイアライザを介して患者に悪影響を及ぼす可能性があるため、瞬時に透析液の供給を止め、透析を中断する。

B 38-2

透析液供給装置における温度監視機構としては、空焚き防止機構を有することと、透析液温度過昇防止装置によって 41°C以下に設定しなければならないことが、透析型人工腎臓装置承認基準（厚生省薬務局長通知、薬発 494 号）で規定されている。

小論文試験問題

平成11年4月22日に、厚生省から厚生省健康政策局長・厚生省医薬安全局長・厚生省保険局長の3局長合同で「診療録等の電子媒体による保存について」という通知が出された。これがいわゆる「電子カルテ」を正式に認知した通知である。その中で「電子カルテ」には、真正性・見読性・保存性が要請されるなど高度情報通信社会に対処した方針が示されている。通知の本文を以下に引用するので、これを読んで電子カルテによって今後の医療がどのように変わる可能性があるか、あなたの考えを600字以上1200字以内にまとめよ。ただし、600字に満たない論文は不合格となる。

——以下通知本文からの引用——

1 電子媒体による保存を認める文書等

- (1) 医師法（昭和23年法律第201号）第24条に規定されている診療録
- (2) 歯科医師法（昭和23年法律第202号）第23条に規定されている診療録
- (3) 保健婦助産婦看護婦法（昭和23年法律第203号）第42条に規定されている助産録
- (4) 医療法（昭和23年法律第205号）第21条、第22条及び第22条の2に規定されている診療に関する諸記録及び同法第22条及び第22条の2に規定されている病院の管理及び運営に関する諸記録
- (5) 歯科技工士法（昭和30年法律第168号）第19条に規定されている指示書
- (6) 薬剤師法（昭和35年法律第146号）第28条に規定されている調剤録
- (7) 救急救命士法（平成3年法律第36号）第46条に規定されている救急救命処置録
- (8) 保険医療機関及び保険医療養担当規則（昭和32年厚生省令第15号）第9条に規定されている診療録等

第6回午後の部

- (9) 保険薬局及び保険薬剤師療養担当規則（昭和32年厚生省令第16号）第6条に規定されている調剤録
- (10) 歯科衛生士法施行規則（平成元年厚生省令第46号）第18条に規定されている歯科衛生士の業務記録

2 基準

法令に保存義務が規定されている文書等に記録された情報（以下「保存義務のある情報」という。）を電子媒体に保存する場合は次の3条件を満たさなければならない。

- (1) 保存義務のある情報の真正性が確保されていること。
 - 故意または過失による虚偽入力，書換え，消去及び混同を防止すること。
 - 作成の責任の所在を明確にすること。
- (2) 保存義務のある情報の見読性が確保されていること。
 - 情報の内容を必要に応じて肉眼で見読可能な状態に容易にできること。
 - 情報の内容を必要に応じて直ちに書面に表示できること。
- (3) 保存義務のある情報の保存性が確保されていること。
 - 法令に定める保存期間内，復元可能な状態で保存すること。

3 留意事項

- (1) 施設の管理者は運用管理規程を定め，これに従い実施すること。
- (2) 運用管理規程には以下の事項を定めること。
 - 1) 運用管理を総括する組織・体制・設備に関する事項
 - 2) 患者のプライバシー保護に関する事項
 - 3) その他適正な運用管理を行うために必要な事項
- (3) 保存されている情報の証拠能力・証明力については，平成8年の高度情報通信社会推進本部制度見直し作業部会報告書において説明されているので，これを参考とし十分留意すること。
- (4) 患者のプライバシー保護に十分留意すること。