

第4回午前の部

【問題1】 次のうち正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) 電磁波は縦波の一種である。
- 2) 振動数 4.0 Hz の正弦波の周期は 0.50 s である。
- 3) 波は屈折しても波長は変わらない。
- 4) 2つの音波が入ってきたときの媒質の変位は、両者の変位の和になる。
- 5) 管楽器の音程(振動数)は、夏よりも冬の方が高くなる。

【正解】 ① = 4)

【解説】 波の性質に関する問題である。1) ~ 5) までのそれぞれの記述について正しいかどうかを見てみる。

- × 1) 電磁波では、電気波と磁気波の振動面は互いに垂直であるが、いずれの振動面も進行方向と垂直である。すなわち、電磁波は横波である。
- × 2) 正弦波の振動数を f 、周期を T とすると、 $f = 1/T$ の関係がある。したがって、振動数 4.0 Hz の正弦波の周期は、 $T = 1/f = 0.25$ (s) となる。
- × 3) 波における波長 λ 、振動数 f 、速度 v との間には、 $v = f\lambda$ の関係がある。波が屈折すれば速度は変わるが(波は速度が異なる媒体の境面で屈折を生じる)、振動数そのものは変わらない。したがって、 $\lambda = v/f$ において、 v が変われば、当然 λ も変わることになる。
- 4) 音波など波では、媒質の中にある点か、同時に二つまたはそれ以上の波動の影響を受けて振動する場合、その点の変位は、それぞれの波動を別々に受けた時の変位を合成したものに等しく、これを波動の重ね合わせの原理という。
- × 5) 管内の基本振動数 f は、管の長さを L とすると、閉管では $f = v/4L$ (ただし、 v は空気中の縦波の伝わる速度)、開管では $f = v/2L$ となるが、夏の方が冬よりも温度が高いため、波の速度が速くなり、したがって管の振動数 f も大きくなる。すなわち、管楽器の音程(振動数)は冬よりも夏の方が高くなる。

第4回午前の部

【問題2】 解答欄 ～ に適当な数字や語句を記入し、文章を完成せよ。[1×6=6]

- 2-1 ラドン(Rn)の原子番号は86、質量数は222で、3.83日の半減期で α 崩壊し、ラジウムA(RaA)となるが、このときのRaAの原子番号は , 質量数は である。
- 2-2 この時の崩壊で、Rnの原子核は を放出する。この は、最後には を捕獲して電氣的に中性である 原子になる。
- 2-3 Rnの原子核の数が最初の1/8になるのは 日後である。

【正解】 A=84 B=218 C= α 線 D=電子 E=ヘリウム F=11.5

【解説】 原子核の自然崩壊および半減期に関する基本的な問題である。原子核の自然崩壊については、 α 崩壊により α 線が放出され、原子番号は2、質量数は4だけ減少し、 β 崩壊では、 β 線が放出されるため、原子番号が1だけ増加し、質量数は変化しない。これらのうち、 α 線は+2eの電荷(ただし、eは一つの電子のもつ電荷で、電子の場合は通常、負の電荷をもつ)の原子核をもつヘリウムであり、また β 線は電子である。

次に半減期は、放射性原子の数が元の半分になるまでに要する時間のことである。いま半減期をT、はじめにあった原子核の数を N_0 、時間tの後に残っている原子核数をNとすると、 $N=N_0(1/2)^{t/T}$ となる。

これらより、

- ① Rnの α 崩壊により、原子番号は2減少するから、これによりできるRaAの原子番号は、 $86-2=84$ となる。
- ② α 崩壊により質量数は4減少するから、RaAの質量数は、 $222-4=218$ となる。
- ③ α 崩壊の定義より α 線
- ④、⑤ α 線は+2eの電荷をもつヘリウムの原子核であり、これが空気中の電子の電荷-eを捕獲して電氣的に中性になる。したがって、それぞれの解答は電子、ヘリウムである。
- ⑥ $N=N_0(1/2)^{t/T}$ の式において、 $N=1/8$ 、 $N_0=1$ 、 $T=3.83$ を代入することにより、 $1/8=(1/2)^{t/3.83}$ が得られ、これより $t/3.83=3$ となる。ゆえに、 $t=11.5$ となる。

第4回午前の部

【問題3】 成分分離の原理として膜を用いる方法はどれか。番号を解答欄②にマークせよ。[4]

- a. 吸着
- b. イオン交換
- c. 限外濾過
- d. 塩析
- e. 透析

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

【正解】 ②= 9)

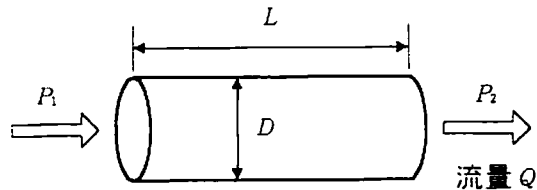
【解説】 生体内物質の分離、定量などにさまざまな成分分離法が用いられている。中でも細孔によるふるい分けを原理とした膜分離法が種々利用されている。

- × a. 吸着は吸着材と分離対象物質である被吸着材の親和力を利用した分離法で、親和力には静電結合、水素結合、疎水結合、抗原抗体結合などがある。膜材料表面に各種タンパクが吸着することがあるが、これは膜分離ではなく吸着と考えるべきである。
- × b. イオン交換はイオンを含む溶液とイオン交換体とを接触させることにより、溶液中のイオンと交換体中のイオンを反応によって交換することをいう。イオン交換体として合成高分子が用いられる場合、イオン交換樹脂と呼ばれる。
- c. タンパクの分離などを目的とする膜分離法を限外濾過という。限外濾過膜には数 nm から数十 nm のオーダーの平均細孔径が存在する。膜で阻止されたタンパクが濃度分極層、ゲル層を形成し濾過の抵抗となる。
- × d. ヒト血漿のようにタンパクを含む高分子溶液に塩類を添加すると、タンパク成分の溶解度が低下し沈殿を生じる。これを塩析という。沈殿物を膜で分離するが、塩析そのものは膜分離ではない。
- e. 膜を介した拡散分離操作を透析という。膜の細孔によるふるい分けに加え膜内拡散速度の差違により、物質間の粗分離が可能である。

第4回午前の部

【問題4】 図に示すような内径 D 、長さ L のチューブがある。いま、チューブに水を流し、両端の圧力をそれぞれ P_1 、 P_2 ($P_1 > P_2$) とした時、チューブ内の流れは層流で流量は Q であった。チューブ内の流体の体積を変えずにチューブの内径を $1/2$ にすると、 Q は何倍になるか。番号を解答欄 にマークせよ。
[4]

- 1) 1/4 2) 1/8 3) 1/16 4) 1/32 5) 1/64



【正解】 ③ = 5)

【解説】 流体力学の基本的な公式の一つであるポアズイユの式を利用する。この式は流体が管路を層流の状態で流れるときに成立する。設問の文字を使って示すと、

$$Q = \pi D^4 (P_1 - P_2) / 128 \mu L \dots\dots\dots(1)$$

となる。ただし π は円周率、 μ は流体の粘性率である。一般には管の内径を半径 r で表し、

$$Q = \pi r^4 (P_1 - P_2) / 8 \mu L \dots\dots\dots(2)$$

で示されることが多い。ここで設問に従ってチューブ内の体積を変えずに内径を $1/2$ とする。内径が一定の管では体積は断面積 \times 長さである。内径が $1/2$ になると断面積は $1/4$ となる。体積が一定の時、長さは 4 倍になる。(1)式、(2)式のいずれを使っても良いが、 D または r が $1/2$ になり、 L が 4 倍になったとすると、

$$Q \text{ は } (1/2)^4 \times (1/4) = 1/64$$

第4回午前の部

となる。

この問題には直接関係ないが流体力学の基本的な公式に連続の式がある。連続の式は管路を流れる流体に切れ目がない場合に適用され、水のような非圧縮性の流体および空気のような圧縮性の流体のいずれにも使用できる。また、流れについての条件は無く、層流、乱流いずれにも適用できる。流れを考えている管のある断面の面積を A 、その部分での流速を v とすると、非圧縮性の流体では、管内のどの部分でも $A \cdot v = \text{一定}$ となる。また、圧縮性流体では考えている部分での流体の密度 ρ を与え、 $A \cdot v \cdot \rho = \text{一定}$ となる。ポアズイユの式と組み合わせると断面積の変化が流速にどのような変化を与えるかを考えることができる。

例えば、問題文の最後の部分を流速はどのようになるかと変えた設問を考えてみよう。この場合、流量は $1/64$ になるが、同時に断面積が $1/4$ となるので流速は断面積が変わらなかった場合の4倍になる。したがって、問題文の条件下での流速は、

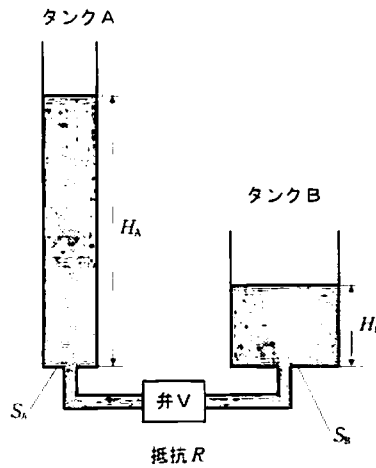
$$1/64 \times 4 = 1/16$$

となる。

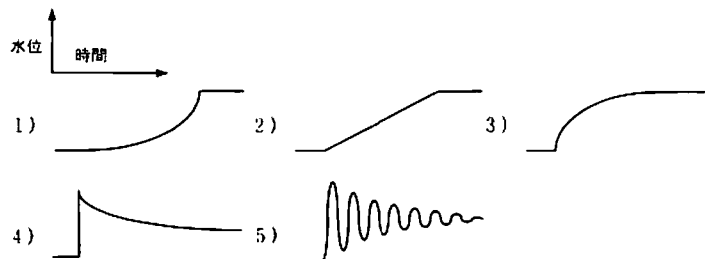
第4回午前の部

【問題5】 図のように水の入ったタンクAとタンクBが固いチューブでつながっている。それぞれのタンクは円筒形で、水の高さは、タンクAは H_A 、タンクBは H_B である。またタンクAの底面積は S_A 、タンクBは S_B である。タンクAとタンクBをつなぐチューブには弁Vがあり、閉鎖されている。

いま、弁Vを開放するとタンクBの水の高さはどのように変化するか。ただし、水の慣性は無視できるものとし、弁およびチューブを合わせた流体抵抗は R とする。



- 5-1 弁Vを開放して、水の移動がなくなるまで時間が経過すると、タンクBの水の高さは最終的にいくらになるか。解答欄 に当てはまる式を記入せよ。[4]
- 5-2 弁Vを開放した後、タンクBの水位は時間とともにどのように変化するか。最も近い変化を示す図の番号を解答欄 にマークせよ。[3]



第4回午前の部

[正解] $\textcircled{C} = \{(S_A \times H_A) + (S_B \times H_B)\} / (S_A + S_B) \quad \textcircled{4} = 3)$

[解説]

5-1

最初にあった水は弁を開くと同時に圧力の高い方から低い方へと移動する。この過程で、タンク A の水位は次第に低下し、一方、タンク B の水位は増加する。両方のタンクの水位が等しくなると水の移動は停止し、両方のタンクは等しい水位で平衡する。

水の移動に関わらず、全体の水の量に変化がない。タンク以外の部分の水の量を一定と考え計算から除外して考えると、はじめにあった水の量は、

$$(S_A \times H_A) + (S_B \times H_B) \dots\dots\dots(1)$$

となる。平衡時での水位を H とすると、タンク A には $S_A \times H$ 、タンク B には $S_B \times H$ の水が入っていることになる。

したがって、

$$(S_A \times H) + (S_B \times H) = (S_A \times H_A) + (S_B \times H_B) \dots\dots\dots(2)$$

が成立するので、この方程式を H について解くと、

$$H = \{(S_A \times H_A) + (S_B \times H_B)\} / (S_A + S_B) \dots\dots\dots(3)$$

となる。

5-2

タンク B の水位を h_B とすると、微小時間 dt にタンク B に流れ込む水の量は、タンクの水位変化から見れば、 $S_B \cdot dh_B/dt$ となる。

一方、弁の抵抗部を流れる流量から考えれば、流量は両者のタンクの圧力の差と抵抗 R の積で表せる。すなわち、流量は $(h_A - h_B)/R$ となる。したがって、

$$S_B \cdot dh_B/dt = (h_A - h_B)/R \dots\dots\dots(1)$$

の微分方程式を h_B について解けばよい。この時 h_A は h_B の関数となるので問題 5-1 に示したように、平衡時での水位を H としてタンク B の水位が h_B のときのタンク A の水位 h_A を h_B についてまとめて、

$$h_A = \{(S_A + S_B)H - S_B \cdot h_B\} / S_A \dots\dots\dots(2)$$

と計算しておく。

第4回午前の部

これを(1)式に代入してまとめれば h_B についての方程式を次のように与えることができる。

$$\{S_A \cdot S_B \cdot R / (S_A + S_B)\} \cdot dh_B / dt = H - h_B \dots\dots\dots(3)$$

方程式は一次系であるので、 h_B は時定数 $T = S_A \cdot S_B \cdot R / (S_A + S_B)$ で次第に一定値 H に近づくような変化を呈する。 h_B の初期値を 0 として時間変化を考えると、

$$h_B(t) = H \cdot \{1 - \exp(-t/T)\} \dots\dots\dots(4)$$

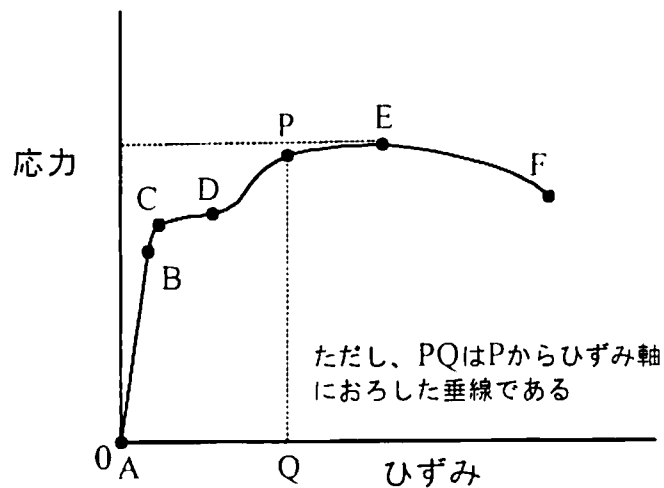
が得られる。

以上、解析的に設問に対する解答を求めたが、このような問題は定性的に考えれば簡単に正解を導くことができる。はじめの状態では、両方のタンクの圧力差が大きいため弁を流れる流量は大きくなり、タンク B の水位の上昇速度は大きい。しかし、水の移動に伴って、両者の水位の差が次第に小さくなるので、タンク B の水位上昇も次第にゆっくりとしたものとなる。この後、平衡点に達すれば水位の変化は見られない。解答欄のグラフでこのような時間経過を示しているのは 3) のみである。

第4回午前の部

【問題6】 図はある材料の応力とひずみの関係を示したものである。次の説明で誤っているのはどれか。番号を解答欄⑤にマークせよ。ただし、Bは比例限界、Cは弾性限界である。[4]

- 1) C点の状態にある物体から応力を完全に除去すると、ひずみも完全に消去される。
- 2) CD間では応力の増加がなくてもひずみが増加するが、この状態を降伏点という。
- 3) E点における応力と、この材料が実際の使用に際して安全と考えられる許容応力との比を安全率という。
- 4) P点で応力を完全に除去すると、応力が0になった後に、この材料に残されるひずみはQ点に示される大きさとなる。
- 5) EF間で応力の減少にもかかわらずひずみが増大しているのは、材料が引き延ばされて細くなっているからである。



【正解】 ⑤= 4)

【解説】 材料が外から力を受けると、物体の内部では物体自身の連続的な形状を維持するように抵抗力が働く。これを応力(ストレス)という。この言葉は日常的に使われる「ストレス」の元となった言葉で、機械工学で言う外力を外界からの不快な刺激にたとえ、応力に対応して身体に生ずる不快な刺激に抵抗する力をストレスと表現したわけである。

応力には荷重に対応して圧縮応力、引張応力、せん断応力がある。力が作用したときの物体の変形はこの応力に対するひずみとして考えることができる。材料全体で見れば、物体の変形を伸び、縮み、曲がりなどと表現できる。ひずみとは変形した量を元の寸法で割って変形の割合として表したものである。応力とひずみの関係はひずみの大きさに依存し、必ずしも比例した関係にはない。

設問の図はある材料を引っ張ったときの応力とひずみの関係を図示した(応力-ひずみ図)である。応力が増加するにつれひずみも増大するが、特徴的な点があくつも出現する。A-Bの間では、ひずみが応力に比例して増加する。B点はその最大限度を示す点で、この点の応力を比例限度という。さらに応力が増加してC点に達するまで、ひずみは応力に応じて増大する。応力がC点以下の範囲で変化した場合には、応力を取り去ればひずみは0に戻り、変形は残らない。この点の応力を弾性限度といい、このようなひずみを弾性ひずみという。

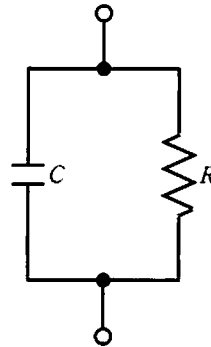
応力がCを越えると、荷重(応力)を取り除いても伸び(ひずみ)は0に戻らず、変形が完全に回復することはない。この点以上のひずみによる変形を塑性変形という。この状態で荷重をさらに増加すると、応力が余り増加していても関わらず、ひずみが大きくなる現象が発生する。このような現象は応力がC-D間で現れる。問題図には示していないが、この点は降伏点とも呼ばれ、材料がこれ以上の応力に対して抗しきれないことを示す。材料が弾性限度内にあったときと比べ、これより先では応力が増加するとひずみが著しく増大し、材料は必ずと伸びていく。

応力が最大になる点Eはこの材料に対する最大応力である。この材料の破壊点はF点であり、荷重による応力が最大応力以下に留まれば、材料は破壊されない。しかし、このような応力の下では材料の変形が大きくなるので、実際の機械を設計するときには応力が弾性限界点より十分小さい値になるように寸法を決める。

今、ある材料に図中のP点までの応力を与え、変形を起こさせたとしよう。変形後に応力を0に戻すと、材料の変形は点Pに対応したひずみ(図中Qの位置)からCに対応したひずみ分だけ回復した位置に戻る。この点に復帰する過程を考えると、この材料が弾性の分だけ変形が回復していることが分かる(点PからA-Bに平行に線を引いて応力が0となる点を求めると残留したひずみの大きさが分かる)。

【問題7】 角周波数 ω における図の回路のインピーダンス Z の実数部はどれか。
 番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- 1) $\frac{R}{\sqrt{1+\omega^2 C^2 R^2}}$
- 2) $\frac{\omega C}{\sqrt{1+\omega^2 C^2 R^2}}$
- 3) $\frac{\omega^2 C^2 R^2}{\sqrt{1+\omega^2 C^2 R^2}}$
- 4) $\frac{-\omega C R^2}{1+\omega^2 C^2 R^2}$
- 5) $\frac{R}{1+\omega^2 C^2 R^2}$



【正解】 ⑥ = 5)

【解説】 始めにこの問題に限る方法で簡単に答を求めてみよう。インピーダンス Z の逆数であるアドミタンスを $Y (=1/Z)$ とすると、

$$Y = 1/R + j\omega C = (1 + j\omega CR) / R$$

したがって、

$$Z = 1/Y = R / (1 + j\omega CR)$$

分母の共役複素数を分母に掛けて有理化し、

$$\begin{aligned} Z &= R(1 - j\omega CR) / (1 + j\omega CR)(1 - j\omega CR) \\ &= R(1 - j\omega CR) / (1 + \omega^2 C^2 R^2) \\ &= R / (1 + \omega^2 C^2 R^2) - j\omega C R^2 / (1 + \omega^2 C^2 R^2) \dots\dots\dots(1) \\ &\equiv \text{Re}(Z) \text{ [実数部]} + j \cdot \text{Im}(Z) \text{ [虚数部]} \end{aligned}$$

より答が得られる。

次に、この問題をやや一般的に考えてみる。抵抗の並列接続と同様、2つのインピーダンス Z_1 , Z_2 を並列接続するときの合成インピーダンス Z の計算は、それぞれの逆数であるアドミタンスを加算し、再度逆数をとってインピーダンスに

戻せばよい。つまり、

$$Z = 1 / (1/Z_1 + 1/Z_2) \dots\dots\dots(2)$$

である。しかし抵抗のみの場合と異なり、一般にインピーダンスは複素数であつて、抵抗成分の実数部とリアクタンス成分の虚数部を持つ量である。したがって、合成結果 Z を再び実数部 R_0 と虚数部 X_0 とに分けて表現するには、まず(2)式を通分し、

$$\begin{aligned} Z &= 1 / \{ (Z_2 + Z_1) / (Z_1 \cdot Z_2) \} \\ &= Z_1 \cdot Z_2 / (Z_1 + Z_2) \end{aligned}$$

とした上で分母の共役複素数 (*印で表現) を分子に掛ける。

$$\begin{aligned} Z &= Z_1 \cdot Z_2 \cdot (Z_1 + Z_2)^* / (Z_1 + Z_2) \cdot (Z_1 + Z_2)^* \\ &= \{ |Z_1|^2 \cdot Z_2 + |Z_2|^2 \cdot Z_1 \} / |Z_1 + Z_2|^2 \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

ここで、複素インピーダンス Z_1, Z_2 を実数部 R_1, R_2 と虚数部 X_1, X_2 に分けて書く。

$$\begin{aligned} Z &= \{ |Z_1|^2 \cdot (R_2 + jX_2) + |Z_2|^2 \cdot (R_1 + jX_1) \} / |Z_1 + Z_2|^2 \\ &= (|Z_1|^2 \cdot R_2 + |Z_2|^2 \cdot R_1) / |Z_1 + Z_2|^2 + j (|Z_1|^2 \cdot X_2 + |Z_2|^2 \cdot X_1) / |Z_1 + Z_2|^2 \dots\dots(4) \end{aligned}$$

となる。(4)式は一般に2つのインピーダンスの並列結合について成立する。この式の第1項(実数部)に、

$$R_1 = 0, X_1 = -1/(\omega C), Z_1 = jX_1, R_2 = R, X_2 = 0, Z_2 = R$$

を代入すれば、答が得られるので確かめてほしい。

なお、この回路の特性として、 $\omega \rightarrow 0$ のとき $|Z| \rightarrow Re(Z) = R$ 、 $\omega \rightarrow \infty$ のとき $|Z| > Re(Z) \rightarrow 0$ であることを理解していれば答は1)か5)のいずれかで、1)が $|Z|$ であることを知っていれば正解は5)しかない。

- × 1) Z の大きさ $|Z| (= R / |1 + j\omega CR|)$ を表す。
- × 2) アドミタンスの次元になり、 ω が0から ∞ まで変化するとき0から $1/R$ までの値をとる。
- × 3) $\omega \rightarrow \infty$ のとき ∞ に発散する。
- × 4) Z の虚数部を表す。[(1)式参照]
- 5) Z の実数部を表す。[(1)式参照]

第4回午前の部

【問題8】 形質膜(細胞膜)の厚さ d を6.0 nm, 真空中の誘電率 ϵ_0 を 8.854×10^{-12} F/m, 比誘電率 ϵ_s を10とすると, 膜の面積 S が 1.0 cm^2 当りの静電容量 C はおよそいくらか。計算式および計算結果を有効数字2桁で解答欄 $\boxed{\text{㉞}}$ に記入せよ。[4]

【正解】 $\text{㉞} = C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_s \cdot S/d [\text{F}] \approx 1.5 \mu\text{F}$

【解説】 生体物性のうち, 細胞膜の実際の寸法に沿って, 膜 cgs 単位面積当たりの電気容量を実際に計算させる問題である。一般に細胞を取り巻く形質膜では, 膜の両面から脂質の分子が親水基を外側に, 疎水基を内側にして整然と並んでいる。膜の内側は脂質の疎水基が並ぶので, 電気的絶縁性が高く, 誘電体の性質を示す。他方, 膜の両面は親水基が並び細胞内外液と接するので導電性が高く電気的には平行平板コンデンサが形成されると見なすことができる。電気的絶縁性の高い部分を主体とする膜は, 厚さ5~10 nmと極めて薄く, 小さい面積でも大きな電気容量となる。並行平板コンデンサ C の容量は, 極板面積 S に比例し, 極板間距離 d に反比例する。比例係数は誘電率 $\epsilon (= \epsilon_0 \cdot \epsilon_s)$ であり,

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_s \cdot S/d \text{ (F)}$$

と求められる。この式より,

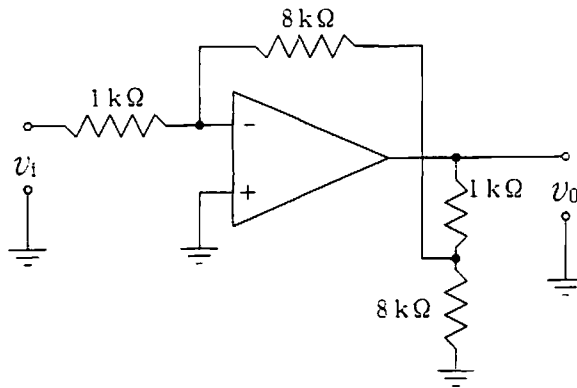
$$C = 8.854 \times 10^{-12} \times 10 \times (1.0 \times 10^{-4}) / (6.0 \times 10^{-9}) \text{ (F)}$$

$$\approx 1.5 \times 10^{-6} \text{ (F)} = 1.5 \text{ (}\mu\text{F)}$$

となる。なお, 比誘電率 ϵ_s は, 真空中(空気中においてもほぼ等しい)の誘電率 ϵ_0 に対する誘電体の誘電率 ϵ の倍率をいう。

第4回午前の部

【問題9】 図に示す理想演算増幅器を用いた増幅回路の増幅率は何dBか。解答欄⑩に記入せよ。[4]



【正解】 ⑩=20 dB

【解説】 マイナス端子の電位は0V(イマジナリーショート)であるから、二つの8kΩの抵抗には等しい電流が流れる。これらの電流は出力端子に接続されている1kΩを流れることになる。入力抵抗である1kΩを流れる電流*i*₁は

$$i_1 = V_i / 1\text{ k}\Omega \dots\dots\dots(1)$$

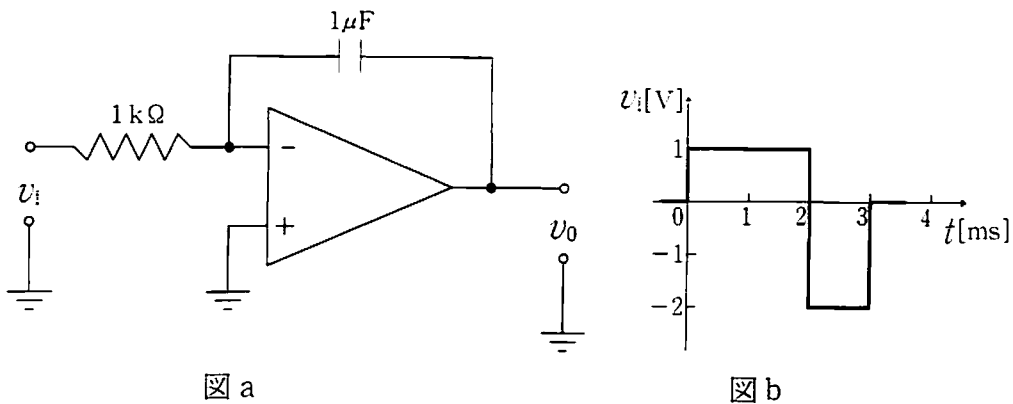
この電流は1kΩにマイナス端子のところで接続されている8kΩの抵抗を流れることになる。したがって、8kΩでの電位降下は*i*₁×8kΩとなる。また、出力端子に接続されている1kΩでの電位降下は*i*₁×1kΩ×2となるから、

$$V_o = -(i_1 \times 8\text{ k}\Omega + i_1 \times 1\text{ k}\Omega \times 2) \text{ となる。}$$

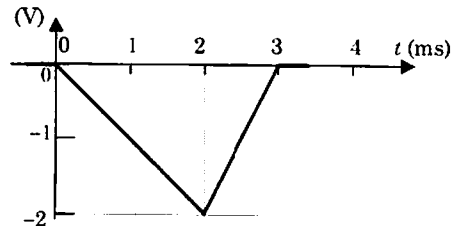
(1)式を代入すれば $V_o / V_i = -10\text{ k}\Omega / 1\text{ k}\Omega = -10$ となる。

したがって、増幅率は20 dBとなる。

【問題10】 図aに示す理想演算増幅器を用いた電子回路に図bに示す波形の電圧を入力した。出力電圧波形を図bにならって目盛りと単位をつけて解答欄①に示せ。ただし、コンデンサ両端の始めの電圧は0Vとする。[5]



【正解】 ①



【解説】 この電子回路は積分回路であるから、入出力間には次式の関係がある。

$$V_o = -1/CR \int V_i dt \quad \dots\dots\dots(1)$$

(1)式に入力信号を代入すると、 $t=0$ から 2ms まで次式が得られる。

$$V_o = -1/CR \int 1 dt = -t/CR \quad \dots\dots\dots(2)$$

$CR=1\text{ms}$ であるから、 V_o は 0V から始まって直線的に変化し、 2ms 後に -2V に到達する。

また、 $t=2\text{ms}$ から 3ms までは同様に

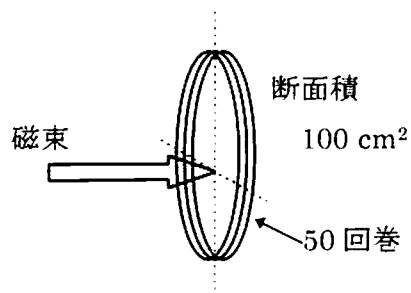
$$V_o = -1/CR \int -2 dt + a = 2t/CR + a \quad \dots\dots\dots(3)$$

a の値は $t=2\text{ms}$ の時 $V_o = -2\text{V}$ になるように与えると $a = -6\text{V}$ となる。

したがって、 V_o は -2V から始まって直線的に変化し、 1ms 後に 0V に到達する。

第4回午前の部

【問題 11】 磁束密度が 0.02 T/s の割合で増加している空間に，下図に示すような断面積が 100 cm² の 50 回巻きの円形コイルが磁束に対して垂直になるように置かれている。コイルの抵抗値を 0.5 Ω とするとコイルに流れる電流はいくらか。解答欄 に記入せよ。[4]



【正解】 ①=0.02 A

【解説】 電磁誘導の問題である。コイルに誘起する逆起電力 V は電磁誘導の法則より，

$$V = -d\phi/dt \dots\dots\dots(1)$$

となる。ここで， ϕ は鎖交磁束である。 ϕ はコイルの面積 S と磁束密度 B とコイルの巻き数 N より次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \phi &= S \times N \times B \\ &= 100 \text{ [cm}^2\text{]} \times 50 \times 0.02 \text{ [T/s]} \\ &= 0.01 \text{ [m}^3\text{]} \times 50 \times 0.02 \text{ [T/s]} \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

したがって， $V = -0.01 \text{ V}$ となる。

したがって，電流 I は $0.01 \text{ V} / 0.5 \Omega = 0.02 \text{ A}$ となる。

第4回午前の部

【問題12】 解答欄①～③に当てはまる数式を記入せよ。[3×3=9]

図に示す回路は平衡条件より電源の周波数を求めるブリッジである。ブリッジの平衡条件より、

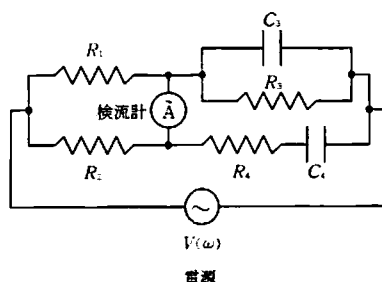
$$R_2/R_1 = \text{①}$$

左辺と右辺の実数部と虚数部がそれぞれ等しいと置くと、

$$R_2/R_1 = \text{②}$$

$$\omega = \text{③}$$

となり、平衡条件より電源周波数が求まることになる。



【正解】 ① $= R_1/R_3 + C_3/C_4 + j(\omega R_4 C_4 - 1/\omega R_3 C_3)$

② $= R_1/R_3 + C_3/C_4$

③ $= 1/(R_4 R_3 C_3 C_4)^{1/2}$

【解説】 ブリッジの平衡状態とは検流計がゼロ、すなわち、検流計の両端の電位が等しく検流計に電流が流れていないことである。すなわち、抵抗 R_1 と R_2 での電位降下が等しいことになる。

抵抗 R_1 での電位降下 V_1 は

$$V_1 = V(\omega) \times R_1 / \{R_1 + R_3 / (1 + j\omega C_3 R_3)\} \dots\dots\dots(1)$$

抵抗 R_2 での電位降下 V_2 は

$$V_2 = V(\omega) \times R_2 / \{R_2 + R_4 + 1/j\omega C_4\} \dots\dots\dots(2)$$

(1)式と(2)式が等しいと置くと

$$R_1/R_3 + C_3/C_4 + j\omega R_4 C_4 + 1/j\omega R_3 C_3 = R_2/R_1 \dots\dots\dots(3)$$

となり、実数部と虚数部がそれぞれ等しいとすると、

$$R_2/R_1 = R_1/R_3 + C_3/C_4 \dots\dots\dots(4)$$

また、 $j\omega R_4 C_4 + 1/j\omega R_3 C_3 = 0$ より

$$\omega^2 = R_3 C_3 R_4 C_4 \dots\dots\dots(5)$$

となり、 $\omega = (R_3 C_3 R_4 C_4)^{1/2}$ が得られる。

第4回午前の部

【問題 13】 正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. bps はデジタル信号を変調してデータを伝送する場合の伝送速度を表す単位である。
- b. 搬送波を使った情報通信において、変調方法にかかわらず伝送速度と変調速度は等しい。
- c. 伝送速度は使用する伝送媒体によって異なり、電流、電波、光の順に大きくなる。
- d. 電話回線(帯域 300~3400 Hz)を利用したデータ通信では、デジタル信号を直接伝送する。
- e. パリティチェック方式は、データ伝送中の誤りを検出するのに用いられる。

- 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】 ⑦ = 4)

【解説】 最近の情報通信技術は、さまざまなネットワークシステムの中で、リアルタイムでの高速化、大容量化へと進んでいる。こうした中で、分野や使用目的に応じたデータ伝送方式、伝送速度、伝送精度などに関して理解しておく必要がある。

- a. bps は (bit per second)、つまり、1 秒間あたり何 bit のデジタル信号の伝送が出来るかという伝送速度を表す単位である。デジタル信号を離れたところへ伝送するには、デジタル電気信号を直接伝送することは少なく、デジタル電気信号で変調した搬送波 (carrier) によって伝送する。また、1 秒間あたりの変調回数を変調速度という。
- × b. 伝送信号を振幅変調や周波数変調する伝送方式の場合は、変調速度と伝送速度とは等しくなるが、PCM (符号化したパルス信号による変調) 方式

第4回午前の部

等を用いるなどの変調方式によると、複数の信号による変調が可能なので、変調速度と伝送速度とは一致しない。

- × c. 伝送媒体（搬送波：carrier キャリア）自身の速度が異なるが、変調速度によって伝送速度が異なるので、電流・電波・光の順で伝送速度が大きくなるとは限らない。
- × d. デジタル信号を直接伝送（ベースバンド伝送という）するには直流信号の伝送可能な伝送路が用いられる。電話回線（帯域 300～3400 Hz）は直流伝送が出来ないため、電話回線で伝送可能な搬送波（交流電流）を用い、これをデジタル信号で変調して伝送する。
- e. パリティチェック方式は、データビットの他にパリティチェック用のビットを付加し、データ伝送中の誤りを検出したり訂正したりする誤り制御方式である。パリティチェック方式には、データ中ビットの「1」の数が、偶数になるようにした偶数パリティと奇数になるようにした奇数パリティとがある。

【問題 14】 通信用光ファイバについて正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. 搬送波に赤外線レーザー光を用いることはできない。
- b. コア径の大きいものほど光の伝送損失が大きい。
- c. コア径と伝送周波数帯域とは無関係である。
- d. 伝送路のカーブの曲率と光の伝送損失とは無関係である。
- e. 伝送路の距離が長いほど伝送周波数帯域は狭くなる。

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

【正解】 ⑧ = 7)

【解説】 前問の解説でも述べたように、データ伝送技術が高速化、大容量化している中でデータ伝送路の主流になってきた光通信ケーブル（光ファイバ）の特性、特質を理解しておく必要がある。

- × a. 波長 $1.1\ \mu\text{m}$ 付近の近赤外レーザー光線は、石英ガラスを材料とした光ファイバ内の伝送損失が最も小さい。また、レーザー光線は優れた単色光であるため広帯域の変調が可能であるから高速で大容量の情報伝送が可能である。したがって、赤外線レーザー光線は光通信の搬送波として最適と言える。
- b. レーザー光線は光ファイバのコア界面で全反射を繰り返しながら伝搬する。光ファイバコア径が大きいと、光の回折拡散により、コア界面での全反射の際の反射損失と回折損失が加わるため伝送損失が大きくなる。
- × c. レーザー光線がコア径の大きなファイバを伝搬する場合、レーザー光線は回折現象により、コア界面への入射角が様々な方向に拡散する。このとき全反射を多数繰り返して伝搬する成分と反射回数が少ない成分とができ、光線の両成分間に光路長の差が生じることで、デジタル変調成分に位相差が

第4回午前の部

生じる。この光線間の位相差は信号周波数成分が高いほど無視できなくなる。このことから、コア径が大きいと、通常は伝送周波数帯域が小さくなる。つまり、コア径と伝送帯域とは無関係ではない。

- × d. 光ファイバのカーブの曲率半径が小さいほど、光が伝搬するときのコア界面での全反射繰り返し数が増えることによる反射損失増加となり、伝送損失が大きくなる。また、光ファイバのカーブの数が多いほど、同様の理由で伝送損失が大きくなる。
- e. 光ファイバ伝送路の周波数帯域はコア径にも依存するが、伝送路の距離にも依存する。特に多モードタイプの光ファイバでは、ファイバ内で異なる光路を通る光線成分ができるため、光線間に位相差が生じ、伝送周波数帯域を制限する。したがって伝送距離が長いほど伝送周波数帯域は小さくなる。シングルモード光ファイバを用いた場合は伝送路が長くても伝送帯域幅の減少は多モード形に比べて少ない。

【問題 15】 周波数分析と関係のないのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) テブナンの定理
- 2) ウィナー・ヒンチンの定理
- 3) 自己回帰(A R)モデル
- 4) 窓関数
- 5) 定常確率過程

【正解】 ⑨= 1)

【解説】

- × 1) 電気回路網の計算をするときの定理で周波数分析とは無関係。
- 2) 周波数分析をする上でパワースペクトル密度と自己相関関数とは互いにフーリエ変換および逆変換の関係があるという定理がウィナー・ヒンチンの定理である。例えばある時系列の自己相関関数が解れば逆変換でパワースペクトル密度を算出できる。
- 3) 周波数分析法の一つで、過去の離散的データの線形結合によって現在のデータが表現されているという仮定に基いた分析法である。過去の何個かのデータを自己回帰モデルの次数といい、その次数分だけの係数を最小自乗誤差法により求めてデータをモデル化することによって分析する方法である。
- 4) 周波数分析をする上でフーリエ級数の有限項をどこまでに設定するか(窓の幅)が重要である。この窓の幅を与える関数を窓関数という。よく使われる窓関数としてハミング窓等がある。
- 5) 脳波等の一見不規則な波は定常と非定常の確率過程に分類できるが、一般に周波数分析を行う場合はこれらの時系列の統計的性質が時間的に不変であるという所謂定常性を仮定した分析法である。したがって、 α 波や β 波等の周期関数として考えられるものの分析には都合が良いが、スパイク波等の突発波の分析には向かない。

第4回午前の部

【問題 16】 INS 64*の伝送線を使用して心電図波形を伝送したい。この心電図を1秒間あたり250バイトのレートでA/D変換するとした場合、10秒間の心電図波形を伝送するのに要する時間はおよそ何秒か。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

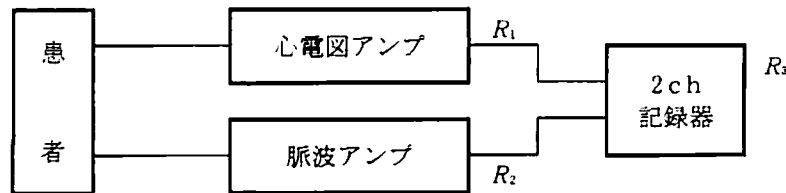
(注)* INS 64 はNTT(株)のISDNの商品名である。

- 1) 0.1 秒
- 2) 0.3 秒
- 3) 0.5 秒
- 4) 1.0 秒
- 5) 5.0 秒

【正解】 ⑩= 2)

【解説】 INS 64 は、NTT(株)のISDNの商品名であるが、これは、1秒間あたり64kビットの情報量を伝送することができる。一方、10秒間の心電図を1秒間あたり250バイトのレートでA/D変換する場合の情報量は、 $250 \times 10 = 2500$ (バイト) $= 2500 \times 8$ (ビット)であるから、これを伝送するのに要する時間は、 $2500 \times 8 \div 64000 = 0.31$ (s)となる。

【問題 17】 不整脈のない患者の心拍数(脈拍数)を測定するため、心電図アンプおよび脈波アンプからの波形信号を2チャンネルの記録器で読み取ることにした。ここで、心電図アンプ、脈波アンプの信頼度を R_1 、 R_2 、記録器の信頼度を R_3 とすると、少なくとも心拍数あるいは脈拍数の一方が測定できる信頼度はいくらになるか。解答欄 \textcircled{M} に式で記入せよ。[5]



【正解】 $\textcircled{M} = (R_1 + R_2 - R_1 R_2) R_3$

【解説】 不整脈がないので、心電図から求めた心拍数と脈波から求めた脈拍数は同じである。したがって、少なくとも心電図アンプと脈波アンプの一方が動作していればよい。しかし、記録器は2チャンネルであっても一台なので必ず動作しなければならない。このことから全体の信頼度は、 R_1 と R_2 はOR、これに R_3 がANDで構成される。

1) R_1 と R_2 のORの信頼度

心電図アンプと脈波アンプの両者が同時に故障しない確率(信頼度)であるが、信頼度 R と不信頼度 F は $R + F = 1$ という関係から、両者が故障する確率(不信頼度)を求め、これを1から引くことから求めることもできる。

このような並列モデルの場合には、不信頼度 F はAND、すなわちそれぞれのユニットの不信頼度の積で表すことができるので計算が簡単となる。

すなわち、心電図アンプの不信頼度 $F_1 = 1 - R_1$ 、脈波アンプの不信頼度 $F_2 = 1 - R_2$ とすると、

・不信頼度 $F = F_1 F_2 = (1 - R_1)(1 - R_2) = 1 - (R_1 + R_2) + R_1 R_2$ から

・信頼度 $R = 1 - F = R_1 + R_2 - R_1 R_2$ となる。

2) 全体の信頼度

全体の信頼度は上記の信頼度に記録器の信頼度 R_3 を乗じて求められる。

・全体の信頼度 $= (R_1 + R_2 - R_1 R_2) R_3$

第4回午前の部

【問題18】 病院内で使用されている医療機器の中で、本来の治療目的のために必要な出力が、結果として電磁妨害を他の機器に与えてしまう可能性の高い機器を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、除細動器、高周波治療器、マイクロ波治療器など

【解説】 病院内で使用されている医療機器の中で、本来の治療目的のために必要な出力が、結果として電磁妨害を他の機器に与えてしまう可能性の高い機器には、電気メス、ハイパーサーミア、除細動器、高周波治療器、マイクロ波治療器などが挙げられる。MRIは診断機器で治療器ではないので該当しない。また、コンピュータなどから発生する電磁波や商用交流も電磁妨害を他の機器に与えるが、「本来の治療目的のために必要な出力」ではないので該当しない。

第4回午前部

【問題 19】 携帯電話端末など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 にマークせよ。[5]

- a. 出力 1 mW 程度の医用テレメータ送信機による他の医用電気機器への影響は無視できない。
- b. アマチュア無線機は携帯電話端末と比較して医用電気機器に影響を与える可能性が高い。
- c. 携帯電話端末の送信出力は電源オンの状態で常に一定である。
- d. 医療機関の屋内に設置される PHS 基地局は、送信バースト出力 160 mW (平均出力 20 mW) 以下のものに限る。
- e. 補聴器への影響は無視できる。

- 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] ⑩ = 6)

[解説]

- × a. 医用テレメータ送信機も特定小電力無線局 (10 mW 以下) に該当するが、実際の出力は 1 mW 程度である。この位の電力では他の医用電気機器への影響は無視できる。
- b. アマチュア無線機の出力は携帯電話端末の出力と比較して大きく、したがって、医用電気機器に影響を与える可能性が高い。また、そのような実験結果も得られている。
- × c. 携帯電話端末の送信出力は最寄りの基地局との距離によって変化する。つまり、基地局が近いと、電波が弱くても届くので、省エネのために出力は小さくなる。また逆に基地局が遠いと、電波が強くないと届かないので、出力は大きくなる。
- d. 一般に使用されている PHS 高出力基地局は屋内用、屋外用ともに、その出力は 4 W であるが、医療機関の屋内に設置される PHS 基地局は、送信バースト出力 160 mW (平均出力 20 mW) 以下の PHS 低出力基地局に限る。
- × e. 補聴器の近くでデジタル携帯電話または PHS を使用すると、雑音が混入することが分かっている。アナログ携帯電話では雑音の混入はないが、若干の利得抑圧の影響を受ける。

第4回午前部

【問題 20】 周波数 100 kHz 以上の電磁波曝露とその人体に対する作用について正しいのはどれか。番号を解答欄 ⑫ にマークせよ。[4]

- 1) 神経・筋に対する刺激作用は熱的作用より強い。
- 2) 刺激作用は主として人体組織に吸収されるエネルギー量に比例する。
- 3) 比吸収率とは単位時間当たりに吸収されるエネルギー量のことである。
- 4) 人体の比吸収率は人体の導電率に比例する。
- 5) 3 GHz 以上の周波数では、眼への作用は無視できる。

【正解】 ⑫ = 4)

【解説】 電磁界の生体作用は、その強さばかりでなく周波数によって異なる。通常、100 kHz を境界として、それより以上の周波数の電磁界では、熱吸収が主体であるが、それ以下では神経・筋刺激作用が主体となる。ただし、100 kHz 以上では全く刺激作用がないとか、100 kHz 以下では全く熱吸収がないということではない。

- × 1) 100 kHz 以上の高周波帯では、刺激作用より熱的作用が主体となる。
- × 2) 人体組織に吸収されて起こる現象は熱的作用である。刺激作用は、吸収ではなく、活動電位の誘発で起こる。
- × 3) 比吸収率 (SAR: Specific Absorption Rate) とは、生体内の電界強度によって、単位質量当たり単位時間内に発生するジュール熱、すなわち、単位質量当たりの吸収電力のことである。

$$\text{SAR} = \sigma E^2 / \rho \quad [\text{W/kg}]$$

σ : 導電率 [S/m]


ρ : 密度 [kg/m³]


E : 体内電界強度の実効値 [V/m]


- 4) 上式で示すように、比吸収率 SAR は導電率 σ に比例する。
- × 5) 3 GHz を超える高い周波数では、波長が cm から mm となり、熱吸収し易い眼球や睪丸への影響が問題となる。


第4回午前の部


【問題 21】 間違っている組み合わせはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]


1)  = 同一押しボタンで電源入, 電源切


2)  = 押している間だけ電源入


3)  = スタンバイ


4)  = 回路の即時切断


5)  = 部分回路入

6)  = 部分回路切

7)  = 始動

8)  = 停止

9)  = 即時停止

10)  = 休止, 中断

第4回午前の部

【正解】 ⑬ = 4)

【解説】 問題の図記号はすべて JIS T 1006「医用電気機器図記号」の分類番号 01 の「一般に医用電気機器以外の機器にも使用するもの」という分類に属するものである。4) 以外はすべて正しいのであるが、JIS T 1006 に従って解説を書いておく。

- 1) 同一押しボタンで電源入、電源切：電源への接続又は電源からの切離しの状態が持続され、押すごとに接続又は切離しの状態が切り換えられるスイッチを示す。
- 2) 押している間だけ電源入：押している間だけ電源への接続状態が持続し、手を離せば自動的に切離しの状態になるスイッチを示す。プッシュボタン。
- 3) スタンバイ：機器の機能が待機状態にあることを示す。
- ×4) 部分回路スタンバイ：部分回路又は機能ブロックが待機状態にあることを示す。
- 5) 部分回路入：部分回路又は機能ブロックが動作している状態を示す。
- 6) 部分回路切：部分回路又は機能ブロックが動作していない状態を示す。
5) の部分回路入の記号と対で使用する。
- 7) 始動：動作の開始（スタート）を示す。
- 8) 停止：動作の停止（ストップ）を示す。
- 9) 即時停止：著しい遅延がなく停止させる制御を示す。ファーストストップ。
- 10) 休止、中断：駆動機構からの分離制動によって駆動を中断させる制御を示す。ポーズ。

第4回午前の部

【問題 22】 SI 単位により生体組織の抵抗率を測定し、次表を得た。空欄に当てはまる語句を語群から選び、番号を解答欄 , にマークせよ。[3×2=6]

組 織	抵抗率 [$\Omega \cdot m$]
⑭	1.5
骨 格 筋	4
腎 臓	6
脾 臓	10
⑮	20

- 1) 肺 2) 肝臓 3) 脂肪 4) 血液 5) 神経

【正解】 ⑭ = 4) ⑮ = 3)

【解説】 生体組織の抵抗率は大きく4つないし5つのグループに分けることができる。血液など液状のもので細胞外液に相当する液体が大勢を占め、抵抗率が1~2 $\Omega \cdot m$ と極端に低いもの、筋、神経、実質臓器など4~10 $\Omega \cdot m$ と中庸なもの、空気の影響で多少抵抗率の高い肺、それらより約2倍高い抵抗率を示す脂肪組織、そして100 $\Omega \cdot m$ 以上と極端に高い骨、表皮組織などである。一般に生体軟組織では、組織を形成する細胞の細胞膜が直流に対し絶縁性を示し、細胞内外液の総量と比率で抵抗率が変わる。細胞内液の比率が高い実質臓器では細胞膜の絶縁性により、血液より高い抵抗率を示す。空気を抱える肺ではさらに導電路が絞られるため、抵抗率が高くなる。脂肪が電気を通し難いことはよく知られて

第4回午前の部

いる。また、細胞内外液の総量が少ない皮下組織や骨では当然、抵抗率が極めて高くなる。

⑭

- × 1) 中庸の抵抗率を示す記入済の実質臓器、骨格筋～脾臓に比べ肺は抵抗率に大差ない。
- × 2) 肝臓は記入済の群に入る。
- × 3) 脂肪は記入済の群より2～3倍高い抵抗率を示す。
- 4) 血液は細胞膜（この場合血球の膜）の影響をほとんど受けず、一様な電解液とみなすことができ、抵抗率が低い。
- × 5) 神経も記入済の群に入る。

⑮

- × 1) 記入済の実質臓器に比べ肺は抵抗率がわずかに高いのみで、むしろ脾臓より低い。
- × 2) 肝臓は記入済の群に入る。
- 3) 脂肪は記入済の群より2～3倍高い20 $\Omega \cdot m$ 程度の抵抗率を示す。
- × 4) 血液は一様な電解液とみなされ、抵抗率が低い。
- × 5) 神経も記入済の群に入る。

第4回午前部

【問題 23】 立位姿勢の人体に電磁波を照射した場合、全身で吸収されるエネルギーが最も大きくなる可能性のある周波数帯はどれか。番号を解答欄 ⑩ にマークせよ。[5]

- 1) 300 kHz ～ 3 MHz
- 2) 3 MHz ～ 30 MHz
- 3) 30 MHz ～ 300 MHz
- 4) 300 MHz ～ 3 GHz
- 5) 3 GHz ～ 30 GHz

【正解】 ⑩ = 3)

【解説】 電磁波が照射される対象の寸法が電磁波の波長に近づくと、吸収が増すことがある。立位姿勢の人体では偏波が身長方向（垂直）の場合、電磁波の波長が身長の2～4倍に近づくと、共振を生じ生体に大きな電流が流れることによってエネルギー吸収が増大する。取りあえず単純に考えて、身長を1.7mとすれば、波長では3.4～6.8mとなり、これを周波数に換算すると44～88MHzになる。またこれより少し高い周波数では身体が部分的に共振することもあり得る。例えば頭部と体心部とでは、これより高い周波数で共振が生じ、頸部で著しいエネルギー吸収が生じる恐れがある。これらの異常なエネルギー吸収は、人体のサイズからみて、30～300MHzで起こるものと考えて良い。

- × 1) 人体全体が同電位で励振され、エネルギー吸収は少ない。
- × 2) 波長が人体長軸方向の長さより十分に長く、吸収は体表面で最大となり、体内への侵入とともに減少し、共振によるエネルギー吸収は少ない。
- 3) 波長1～10mには身長の数倍を含み、共振によるエネルギー吸収の可能性が高い。
- × 4) 局所的な共振は考えられるが、全身で吸収されるエネルギーはさほど大きくなる。しかし、この周波数帯では、体内の予測しにくい局所にホットスポットが生じ易い。
- × 5) 電波の生体内侵入がわずかになり、エネルギー吸収は体表面の浅部に限られ、共振も見られない。

第4回午前の部

【問題 24】 前眼部を損傷しないで、網膜に到達する可能性のあるレーザー光はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. ルビー
- b. Ho : YAG
- c. CO₂
- d. ArF エキシマ
- e. Ar

- 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 = 4)

【解説】 表に主な医用レーザーの種類、発振様式、波長を示す。前眼部での吸収が少なく、損傷を与えないためには、可視光の必要がある。

- a. ルビーレーザーは、パルス発振で用いられる固体レーザーで、赤色の可視光のため眼球の水晶体や硝子体で吸収されずによく透過するので、眼科での網膜手術に用いられる。
- × b. Ho : YAG レーザーは、YAG (yttrium aluminum garnet : Y₃Al₅O₁₂) 結晶に、活性イオンとしてホロミウム (Ho) をドープした固体レーザーで、2100 nm の、生体によく吸収される波長の長い赤外光が得られる。
- × c. CO₂ レーザーは、レーザーメスとして最もよく利用される連続発振の気体レーザーで、10600 nm の波長の長い赤外光が得られる。
- × d. 種々の媒質ガスのうち、アルゴン、フッ素を用いる ArF エキシマレーザーは、波長 193 nm の高いエネルギーの紫外線を発し、炭素二重結合を切るなど光化学反応を示す。
- e. アルゴン (Ar) レーザーは、連続発振で緑色の可視光を発し、途中での吸収が比較的少なく網膜に達するので、眼科で光凝固術に用いられる。

表 主な医用レーザーの種類と波長

種類	発振様式	波長 (nm)	波長領域	
気体	アルゴン	連続波	454.5~514.5	可視光
	クリプトン	連続波	457.7~805	可視~赤外光
	N ₂	連続波	337.1	紫外光
	He-Ne	連続波	632.8	可視光
			1150, 3390	赤外光
	CO	連続波	5000~5400	赤外光
	CO ₂	連続波	9620, 10600	赤外光
	液体	He-Cd	325	紫外光
			441.6	可視光
		金蒸気	パルス	628
エキシマ (XeCl) (KrF) (ArF)		パルス	308	紫外光
	パルス	248		
	パルス	193		
液体	色素	連続波, パルス	320~1200	紫外~赤外光
固体	ルビー	パルス	694.3	可視光
	Nd: ガラス	パルス	1060	赤外光
	Nd: YAG	連続波, パルス	1064	赤外光
	Ho: YAG	連続波, パルス	2100	赤外光
半導体	GaAs	準連続波	840	赤外光
	GaAlAs	準連続波	780, 830	可視~赤外光
		パルス	904	赤外光

【問題 25】 骨の硬さを表すのに適切なのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- 1) レイノルズ数
- 2) ポアソン比
- 3) ずり弾性率
- 4) 体積弾性率
- 5) ずり粘性率

【正解】 ⑱ = 3)

【解説】 生体の力学的特性を表す量のうち、骨のように硬いものでは圧縮や伸張など縦方向の力に対する弾性や硬さを表すヤング率、或いは横方向の剪断力に対する弾性を表すずり弾性率で硬さを表すことができる。したがって、ここでは解答肢 3) だけが正解であり、その他の解答肢は粘性流体などについてむしろ柔らかさを表すものや、全く無関係なものである。

× 1) レイノルズ数 $Re = \rho v d / \mu$ 管内など制限される領域を流れる流体の流れ方に関係のある量である。例えば血管を流れる血液の場合、血液の密度 ρ 、平均流速 v 、血管径 d 、粘性係数 μ など上記のように決まる無次元数である。レイノルズ数が約 2000 以下では層流、約 2000 以上では乱流になると言われている。

× 2) ポアソン比 $\sigma = (\text{横方向収縮率}) / (\text{伸び率})$
固体材料を縦方向に短縮または伸張すると、横方向に膨張または収縮する比率をいう。

○ 3) ずり弾性率 $G = (\text{ずり応力}) / (\text{ずり歪率})$
横方向の力による可逆的な変形の度合いを表す量で、材料の硬さに関係がある。

× 4) 体積弾性率 $K = (\text{応力}) / (\text{体積変化率})$
材料を表面全体から圧縮しようとしたときの圧力と体積変化との関係を表す。

× 5) ずり粘性率 $\eta = (\text{ずり応力}) / (\text{ずり速度勾配})$
水あめのように、横方向の力により、どこまでも移動する粘性の大きさを示し、ずり応力とずり速度勾配の関係で表す。

【問題 26】 超音波の生体への影響について正しいのはどれか。番号を解答欄 ⑱ にマークせよ。[5]

- 1) 生体内の伝搬は距離に対し直線的減衰特性を示す。
- 2) キャビテーションは音圧が一定ならば周波数が低いほど生じ易い。
- 3) 超音波による発熱は骨より脂肪の方が少ない。
- 4) 動脈硬化は血管壁の音速を低下させる。
- 5) 体温上昇は固有音響インピーダンスを低下させる。

【正解】 ⑱ = 2)

【解説】

- × 1) 生体組織内では超音波は距離に対して「指数関数的 (エクスポネンシャル)」に減衰する。伝達特性は平面波の場合、 P を超音波音圧、 P_0 を初期入力音圧、 x を距離とすると

$$P = P_0 \cdot e^{-\alpha x}$$

と表せる。この式の α を吸収係数 (dB/cm) という。

- 2) キャビテーションとは、強力超音波によって媒質内に空洞ができることで、空洞化現象とも呼ばれる。キャビテーションの起こし易さの指標として、 P_r/\sqrt{f} が使われるが、これより、キャビテーションは音圧が同じなら、周波数が低いほど発生しやすい。なお、 P_r は体内での陰圧方向の圧力で、引き裂き音圧 (rarefractional pressure) 呼ばれる。 f は超音波の周波数 [MHz] である。

- × 3) 超音波の吸収は骨のほうが大きい。
 × 4) 動脈硬化は血管壁の弾性率を増加させる。均一媒質中の波動伝搬速度 C は、近似的に次のように表せる。

$$C = \sqrt{K/\rho} = \sqrt{\gamma P_0/\rho}$$

K : 体積弾性率

ρ : 密度

γ : 定圧比熱/定容比熱

P_0 : 静圧

動脈硬化は K の増加であり、伝搬速度を上昇させる。

- × 5) 生体等の固有音響インピーダンス z は、

$$z = \rho c$$

ρ : 密度

c : 音速

と表せるが、温度が上昇すると音速を上昇させるのでインピーダンスは増加する。

第4回午前の部

【問題 27】 次の文章の ～ に当てはまるもの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。[5]

生体組織における導電率および比誘電率は、数 10 Hz～数 kHz、数 kHz～数 MHz、約 20 GHz 付近の 3 つの周波数帯において、階段状に導電率が し、比誘電率が する。これらは α 、 β 、 γ 分散と呼ばれる。 α 分散は数 kHz 以下の周波数帯において生じ、生体組織内の各種イオンの集散時間などに起因するものと考えられる。 β 分散は細胞膜の電気容量と細胞内外液抵抗に起因しているため、細胞や組織の に大きく関係している。このため とも呼ばれている。 γ 分散は 20 GHz 付近で起こり、水の水分子双極子モーメントに原因する によるものである。

- | a | — | b | — | c | — | d | — | e |
|-------|---|----|---|-------|---|------|---|------|
| 1) 減少 | — | 増大 | — | 経時変化 | — | 分子分極 | — | 構造分散 |
| 2) 増大 | — | 減少 | — | 不均質構造 | — | 構造分散 | — | 誘電緩和 |
| 3) 増大 | — | 減少 | — | 経時変化 | — | 分子分極 | — | 構造分散 |
| 4) 減少 | — | 減少 | — | 不均質構造 | — | 構造分散 | — | 誘電緩和 |
| 5) 減少 | — | 増大 | — | 不均質構造 | — | 構造分散 | — | 誘電緩和 |

【正解】 ⑳ = 2)

【解説】 生体組織の電気的導電率（正確には複素導電率）の周波数特性に関する問題である。生体組織の電気的導電率の周波数特性には主に α 、 β 、 γ 分散と 3 つの分散特性がある。 α 分散の原因は正確には理解されていないがイオン雰囲気によっていることは解っている。生体組織に外部電界をかけ、電界をゆっくり変化させる（約 1 kHz 以下）。組織内の各種イオンは電界に引かれ、または、反発し移動し分極する。この結果、外部電界は弱められてしまう。すなわち、生体組織

第4回午前の部

の導電率が見かけ上小さくなり(抵抗は高くなる)、組織内に電流が流れ難くなってしまふ現象が起こる。電界の変化を徐々に上げていくと(周波数を上げる)、イオンの動きが電界の変動速度に追従できなくなり始める。したがって、組織内の外部電界は次第に大きくなり、電流が流れ易くなる。すなわち、見かけの導電率は増加し始める。さらに周波数を増加していくと、イオンの移動がなくなってしまい、組織を構成している電解液の導電率と細胞膜とで決まる組織の導電率(細胞外液抵抗)に到達する。この現象を α 分散と呼ぶ。この状態では、細胞膜が(主にたんぱく質と、脂肪によりできています)電氣的に絶縁物と考えられるため電流は細胞外液部分を流れている。細胞膜は非常に薄いため、大きな電気容量を持っている。このため、さらに周波数を上げていくと電流が細胞膜を通して細胞内に流れ込み始める(厳密には細胞膜を通して電流は流れることはできず、見かけ上流れている。この電流を変位電流と呼ぶ)。電流は組織内を流れ易くなる。さらに周波数を上げていくと細胞膜の影響がなくなり、組織の導電率は細胞内外液の導電率で決定される。この現象を β 分散と呼ぶ。上記の説明から解るように、この現象は組織を形成している細胞の形状、配列等に関係しているため、構造分散とも呼ばれている。さらに周波数を増加させていくと、水の分子に関係した現象が現れてくる。周知のごとく、水の分子は2つの水素と1つの酸素よりできており、対称でなくアンバランスに分子同士が結合しているため、電氣的には電気双極子を形成していることになる。周波数が低い間はこの電気双極子は電界の変動に追従し分極しているのであるが、周波数の増加と共に電気双極子は早い電界の変動に追従できなくなりさらに電流が流れ易くなる。この現象を γ 分散と呼ぶ。このように生体組織の導電率には主に3つの分散特性がある。

第4回午前の部

【問題 28】 骨結合性材料として用いられているのはどれか。番号を解答欄

⑳にマークせよ。[4]

- a. チタン
- b. ポリアミド
- c. ポリカーボネート
- d. バイオガラス
- e. ポリスチレン

- 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】 ㉑ = 3)

【解説】

- a. チタン：人工骨，人工関節など骨結合性材料として用いられている。
- × b. ポリアミド：合成高分子の1つで，血液浄化膜などに利用されている。
- × c. ポリカーボネート：硬質のプラスチック材料の1つで，例えば，人工肺などの外筒に用いられている。
- d. バイオガラス：生体活性セラミックス材料の1つで，骨結合性材料として用いられている。
- × e. ポリスチレン：プラスチック樹脂の1つで，シャーレなどの容器に用いられる。

第4回午前の部

【問題 29】 次の高分子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 ㉔ にマークせよ。[5]

- | | | |
|-----------------|---|--------|
| a. コラーゲン | － | 人工皮膚 |
| b. 再生セルロース | － | ダイアライザ |
| c. ポリアクリロニトリル | － | 人工肺 |
| d. ポリメチルメタクリレート | － | 眼内レンズ |
| e. ポリ塩化ビニル | － | 注射筒 |

- 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】

- a. コラーゲン：生体結合組織に存在する天然繊維で、人工皮膚や止血材に利用されている。
- b. 再生セルロース：天然高分子であるセルロースを再合成した材料で、血液透析器(ダイアライザ)用分離膜に利用されている。
- × c. ポリアクリロニトリル：合成高分子材料の1つで、血液透析器、血液濾過器用分離膜に利用されている。人工肺としてはシリコンゴムやポリプロピレンが用いられる。
- d. 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。
- × e. 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プレイ製品に広く利用されている。注射筒はポリプロピレンなどが用いられる。

第4回午前の部

【問題 30】 医用材料の滅菌法の1つにエチレンオキサイドガス(EOG)滅菌がある。他に知っている滅菌法を2つ挙げ、解答欄 , に記入せよ。
[3×2=6]

【正解】 ㊸, ㊹=オートクレーブ滅菌, γ 線照射滅菌など

【解説】 滅菌 (sterilization) とは病原性・非病原性を問わずすべての微生物を死滅させることをいう。主な滅菌法を以下に列挙する。

①加熱滅菌

a 高圧蒸気滅菌 (オートクレーブ)

条件: 121°Cで20~30分または132°Cで7~10分

特徴: 水を含む材料でも滅菌でき、残留物がなく安全である。耐熱性材料でなければならない。

機序: 微生物の構成蛋白質の変性

対象: 湿熱できる材料 (鋼製手術器, 綿・ガーゼ類, 薬液, 培地など)

b 乾熱滅菌 (高熱空気を対流)

条件: 160~170°Cで2~4時間, 180~200°Cで30~60分

機序: 酸化作用

対象: 湿熱しにくい材料 (油脂, 粉末, 試験管, ガラスなど)

②ガス滅菌 (温度 40~60°C, 湿度 50~60%程度でガスに暴露)

a エチレンオキサイドガス (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

③放射線照射滅菌

条件： γ 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ポーザブル医療用具
などの滅菌に利用

④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。但し、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4回午後の部

【問題1】 解答欄 ～ に適当な語句を記入し，病院管理における医療機器管理に関する文章を完成せよ。[3×5=15]

医療機器管理の場合，通常の商品管理とは異なり，単に員数がそろっているのみならず，必要時に機器の が十分に発揮され，しかも と の安全が確実に保たれる管理がなされなければならない。これが機器の と の概念である。

【正解】 A=機能または性能 B=患者 C=操作者，医療従事者など D=保守点検 E=安全管理(BとC，DとEの答えが相互に代わっていてもよい。)

【解説】 講習会テキストの“A. ME総論第1章1-1医療機器と病院管理”における“(4)医療機器・設備と病院管理”のところに記述されている“物品管理の対象としての医療機器は，単に員数が揃っているというだけでなく，必要時にその有する機能が十分に発揮され，しかも患者ならびに操作者の安全が確実に保たれているように管理がなされていなければならない。これは，機器の保守点検と安全管理の概念であるが，このように医療機器の場合，物品管理の中でも保守管理に関することが最も重要な項目になる。”という文章からも明らかである。

第4回午後部

【問題2】 次に示す医療用具についての薬事法に関する事項のうち、誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[4]

- 1) 市販後の有効性・安全性確保対策として、既存品と明らかに異なる高度で複雑な新医療用具については再審査制度が導入された。
- 2) 既承認医療用具の種類に応じて、再評価制度が導入された。
- 3) 医療用具等の適正使用のため、製造業者等は医療関係者に対して、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。
- 4) 高度かつ複雑な医療用具の適正な修理を確保するため、製造業者以外のものも修理業の許可を取得できるようになった。
- 5) 特定修理業者はどの医療用具でも修理できる。

【正解】 ①=5)

【解説】 平成6年6月29日に公布され、平成7年7月1日から施行に移された改正薬事法における医療用具に関する問題である（講習会テキストの“第Ⅲ部A、ME総論第1章1-3医療機器と関連医療法規”のところを参照）。この改正に伴い、関連法令等も制定されたが、その主な内容は、①市販後の医療用具の安全確保対策の充実、②医療用具等の適正使用の推進、③医療用具の審査事務の改善である。本問は、このうちの①における市販後の有効性・安全性確保対策としての再審査・再評価制度の導入、②における医療用具等の適正使用のための情報提供と活用と、適正な修理の確保のための修理業に関するものである。

本問におけるそれぞれの事項について、改正薬事法の内容から正しいかどうかを見てみる。

- 1) 前述したように、市販後の有効性・安全性確保対策として、既存品と明らかに異なる高度で複雑な新医療用具について、医薬品と同様、再審査制度が導入された。
- 2) また、既承認医療用具について、医薬品と同様、科学技術の進歩に伴って

第4回午後の部

見直しを行う再評価制度が導入された。

- 3) 前述した医療用具等の適正使用の推進の一つとして、医療用具等の適正使用のための情報の提供と活用をはかるため、添付文書への保守点検に関する記載など、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くなった。
- 4) 医療用具等の適正使用の推進の一環として、適正な修理を確保するため、高度で複雑な医療用具の修理が迅速かつ適正に行われるよう、新たに製造業者以外の者も修理業の許可を取得できるようになった。
- ×5) 修理業者は、修理に専門的な知識を必要とする医療用具を修理できる「特定修理業者」とそれ以外の修理業者に分けられるが、修理業の許可は、施行令の規定による「修理する物及びその修理の方法に応じた区分」である9つの区分（テキストの第Ⅲ部A、ME総論第1章の末尾に掲載の施行規則別表第1の4参照）ごとに与えられる。また、特定修理業者のみが行える修理機器は、同じく第1章の末尾に示す施行規則別表1の2の一覧表に示す機器と定められている。

第4回午後部

【問題3】 1997年9月に改正されたわが国の健康保険制度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) 健康保険本人の薬剤費を除く医療費の自己負担率は2割である。
- 2) 社会保険の家族の薬剤費を除く医療費の自己負担率は以前と変わらない。
- 3) 新たに薬剤費を負担しなければならないが、その負担額は投与される薬の種類が2種類までは一定である。
- 4) 老人保健制度による医療の対象者は、以前と変わらない。
- 5) 老人医療費の自己負担額は増額され、その負担額は入院と外来では異なる。

【正解】 ② = 3)

【解説】 平成9年9月1日に施行された健康保険法の一部負担の改正に関する問題である(第1種ME技術実力検定試験講習会テキスト参照)。

本問におけるそれぞれの事項について、改正された内容から正しいかどうかを見てみる。

- 1) 被保険者に対する医療費の給付率は、従来の9割から8割に変更されたほか、外来の薬剤費に対する一部負担金が新設された。
- 2) 被扶養者の給付率は変わらないが、外来の薬剤費については、同様に一部負担金が新設された。
- ×3) 新設された薬剤費の一部負担金は、投与される薬が1種類のみの場合は無料であるが、2種類以上の場合、その種類の数に応じて、1日あたりの負担金が異なる。
- 4) 老人保健制度による医療の対象者は、従来通り、70歳(寝たきりの場合は65歳の)以上の高齢者である。
- 5) 老人医療費の自己負担金は、外来については、従来の同一保険医療機関等ごとに1月あたり1,020円が、1回につき500円(ただし、同一保険医療機関等ごとに1月4回を限度)となった。また入院については、従来の1日あたり710円が、入院1日につき、平成9年度は1,000円、平成10年度は1,100円、平成11年度は1,200円と変更された。さらに、外来の薬剤に対する一部負担金が新設された(健康保険法の一部改正と同じ内)。

第4回午後の部

【問題4】 漏れ電流測定の際の「単一故障状態」の1つに「保護接地線の断線」があるが、これ以外を3つ、解答欄⑦に記入せよ。[6]

【正解】 次の中から3つを記述する。

- ・機器の電源導線の1本の断線
- ・F形（絶縁）装着部に外部の電圧が現れる
- ・信号入力部又は信号出力部に外部の電圧が現れる
- ・二重絶縁の一方の短絡
- ・危害を生じる恐れのある電気部品の故障

第4回午後の部

【問題5】 あるCF形機器の患者漏れ電流Iを周波数別に測定した。直流値が $1\mu\text{A}$ 、50 Hz値が $2\mu\text{A}$ 、500 kHz値が 1mA であった。漏れ電流測定値として、試験表にはいくらと書くべきかについて、次の手順に従って考えた。適切な数値を解答群から選び、番号を解答欄③、④にマークせよ。[$5\times 2=10$]

手順1：500 kHz値は、高周波漏れ電流に対する緩和条件に従って③
[μA]とみなせる。

手順2：実効値 $=\sqrt{\sum(\text{各要素の実効値})^2}$ だから、全体の漏れ電流を計算して
④ [μA]と試験表に書いた。

- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4 5) 5
6) 6 7) 7 8) 8 9) 9 10) 10

【正解】 ③=2) ④=3)

【解説】 漏れ電流の許容値は高周波成分に対して緩和されている。JIS T 1001には「周波数が1 kHzを超える場合の許容値は、その周波数をキロヘルツ単位で表した数を乗じた値とする。」と規定されている。また、JIS T 1002では、このことを考慮した漏れ電流測定回路となっている。

手順1：500 kHz値は 1mA であったので、1 kHz以下の低周波に換算すると、
 $1\text{mA}\times 500\text{kHz}/1\text{kHz}=1/500\text{mA}=2\mu\text{A}$ 、と考えてよいことになる。

手順2：複数成分の混合した交流の実効値は、問題文に書かれているように、「各成分要素の実効値の2乗の和の平方根」になるから、直流値 $=1\mu\text{A}$ 、50 Hz値 $=2\mu\text{A}$ 、実効的な500 kHz値 $=2\mu\text{A}$ を問題文の式に入れて

$$\sqrt{(1^2+2^2+2^2)}=\sqrt{(1+4+4)}=3\mu\text{A} \text{ となる。}$$

第4回午後の部

【問題6】 JIS T 1005「医用電気機器取扱説明書の様式」に照らして許容されないのはどれか。番号を解答欄⑤にマークせよ。[5]

- a. 他の機器に接続する場合には自社製品以外の機器を認めないと記述した。
- b. 詳しい取扱説明書の他に機器におら下げておく1枚パネルの簡易説明書を付けた。
- c. 米国製の機器なので英文での取扱説明を主とし、専門用語のみ()を付けて日本語を付記した。
- d. 点検の手順を明確に記述すると内部修理も許容しているように誤解されるので、点検要領は書かないことにした。
- e. 修理はすべて製造業者もしくは修理業者に依頼することと、使用者側での修理を禁止する記述を入れた。

- 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】 ⑤= 8)

【解説】

- a. 安全性や性能を仕様通りに保つために、その機器に接続する相手機器を特定するのは許されることである。
- b. 「使用上の便宜のため取扱説明書の抜粋を作る場合、その寸法は機器を収納する容器に適合する寸法とし、常に機器に附属させておくことが望ましい。」と規定されており、詳しい取扱説明書の他に1枚パネルの簡易説明書を附属させることは望ましいこととしている。
- × c. 「文章は、漢字仮名交じり文による横書きとする。」と規定されており、米国製の機器といえども「英文の取扱説明書」は認められない。
- × d. 「取扱説明書には、取扱説明及び点検要領を含めるものとする。」と規定され

第4回午後の部

ており、点検要領書としては「使用者が行う随時及び定期的な保守、点検、並びに専門家が行う再調整や修理に関する手順などについて記載する。再調整や修理によって機器の安全性を損なうおそれがあることを考慮して記述を明確にし、禁忌事項を明記する。」と規定しており、点検や修理に関しての情報提供を明確に行うことを要求している。もちろん、十分な理由があれば、「禁忌事項」として、ある範囲の点検や修理を制限することはできる。

- e. 上記d.と同様であるが、禁忌事項として「修理はすべて製造業者もしくは修理業者に依頼すること」として「使用者側での修理を禁止する記述」を入れることは許容される。

【問題7】 心電図検査時に心電図信号に混入する雑音についてS/Nを改善できないのはどれか。番号を解答欄⑥にマークせよ。[6]

- 1) 検査用のベッドの幅を広いものに交換し、被験者をリラックスさせた。
- 2) 誘導コードのリード線を束ね、配置するようにした。
- 3) 心電計の感度を1/2に下げた。
- 4) 心電計のフィルタ(35 Hz)をオンにした。
- 5) 電極接触抵抗が下がるように電極ペーストを用いた。

【正解】 ⑥=3)

【解説】 心電計を例にして生体用増幅器のS/N特性を問う問題。解答にあたっては、筋電図混入や交流障害、信号源インピーダンスと弁別比の関係などを考える必要がある。

- ×1) ベッドが狭いために被検者の四肢に力が入り筋電図が発生する。実際の検査ではよくあることである。筋電図の場合、心電図信号と同様に差動信号として入力されるため、増幅器などの工夫によって除外することは出来ない。障害信号の発生そのものを止めさせるか、適切なフィルタをかけるしかない。この場合は筋電図信号の発生を止めることを考えた。
- ×2) 検査室にある電灯線などから50 Hzあるいは60 Hzの交流信号が電磁波として誘導コードにカップリングし、心電計に交流障害(いわゆるハムの混入)を発生させる。生体と誘導コードで出来るループ面積を小さくする事によって電磁波のカップリングを軽減させる。
- 3) 感度を下げると雑音は1/2になるが信号も同様に1/2になるので、信号と雑音の比率は感度を下げても変わらず、信号を顕在化させることはできない。
- ×4) 上記1)と同様に筋電図を除外することである。QRS信号成分は一般的に30 Hz以下であり、筋電図成分は20あるいは30 Hzから高域側にある。よって、どうしても軽減することの出来ない筋電図などの障害信号をフィルタによって軽減させS/N比を改善することが出来る。ただし心電図信号にも波形歪を与えるのでなるべく用いない方がよい。
- ×5) 電極接触抵抗(インピーダンス)は生体用増幅器の信号源インピーダンスとして扱われる。これが大きいと誘導コードを含む入力インピーダンスとの関係から電極間にアンバランスが生じて全体としての弁別比を悪化させることになる。よって電極ペーストなどを皮膚に塗布して電極接触抵抗(インピーダンス)を下げる。

【問題8】 医用テレメータ心電図モニタについて正しいのはどれか。番号を解答欄⑦にマークせよ。[6]

- 1) 時定数を小さく設定すると基線の動揺が大きくなる。
- 2) 電波が弱いときには送信機のアンテナを長くする。
- 3) ゾーン配置は高調波による干渉を防ぐ手段である。
- 4) 病棟に受信アンテナを張り巡らせるのは違法である。
- 5) 使用周波数帯域は短波帯である。

【正解】 ⑦=3)

【解説】

- ×1) 「時定数が小さい」ということは、低域遮断周波数が高いということで、低い周波数を増幅しないことである。よって、超低周波成分である「基線の動揺」を抑えることができる。
- ×2) 送信電波の強さは「特定小電力医用テレメータ」として電波法で定められているので、「送信機のアンテナを長くする」などの手段で電波を強くすることは禁止されている。
- 3) 「ゾーン配置」とは、高調波同士の干渉による混信や受信妨害を防ぐために、干渉を起こしにくいチャンネル同士の組合せを1グループとして、一定の領域（ゾーン）で使うように設定したものである。9つのゾーンが定められ、それぞれ色分けしたラベルが送信機に貼ってある。
- ×4) 受信機の受信能力を高めるために、病棟に受信アンテナを張り巡らせるのは問題がなく、むしろ利用範囲を広げる意味で推奨されている。
- ×5) 使用周波数帯域は420～450 MHz（波長はおよそ0.7 m付近）の極超短波（UHF）領域の周波数を使っている。ちなみに、短波帯（HF）は周波数が3～30 MHz（波長では100～10 m）の領域である。

【問題9】脳波計の構造について誤りはどれか。番号を解答欄⑧にマークせよ。[6]

- 1) 入力換算雑音の許容値は $3\mu\text{V}_{\text{p-p}}$ である。
- 2) 電極接続箱内にはインピーダンス変換器が内蔵されている。
- 3) 増幅器の入力インピーダンスとして $1\text{M}\Omega$ 以上必要である。
- 4) 商用交流雑音の除去にはアクティブフィルタが使用されている。
- 5) デジタル脳波計にはファイリング機能がある。

【正解】 ⑧= 3)

【解説】

- 1) 脳波計の JIS によれば入力換算雑音は $3\mu\text{V}_{\text{p-p}}$ 以上の雑音が1秒間の1回以上あってはならないと規定している。
- 2) 電極接続箱から誘導コードを介して直接信号が脳波計に入ると外部雑音の影響を受け易いため、電極接続箱の中でインピーダンス変換をすることによって脳波計入力部から患者側を見た信号源抵抗をさらに低くして、外部雑音の影響を少なくしている。
- × 3) 脳波計の入力インピーダンスは接地に対して $5\text{M}\Omega$ 以上、したがって2入力端子間では $10\text{M}\Omega$ と規定されている。
- 4) 通常の単なる CR 構成のみによる商用交流雑音除去フィルタでは、商用交流とその付近の周波数まで除去されるため、OP アンプと CR 素子の構成によるフィルタやデジタルフィルタ等によってできるだけ商用交流雑音に限定して除去するフィルタ (アクティブフィルタ) が使用されている。
- 5) 最近の脳波計は A/D 変換された脳波信号を MO に記録し、ファイリングする機能を持っている。

【問題 10】 呼吸流量計について誤りはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- 1) 流量は単位時間に移動する体積 [l/s] で示される。
- 2) 差圧式は呼吸流量の方向を判別できる。
- 3) リリー式は直線範囲が狭く露滴しやすい。
- 4) 熱線式では熱せられたタングステン線が使われている。
- 5) 熱線式では呼吸流量の方向を知るために別の熱線が必要である。

【正解】 ⑨ = 4)

【解説】

- 1) 呼吸流量計ではフロー（気速）を流量と定義しており、流量は単位時間に移動する気体の量（体積）で定義され、体積速度ともいわれている。したがって流速 [m/s] と本質的に区別しなければならない。流速に断面積を掛けたものが流量で単位は [m^3/s] で示され、呼吸では体積を l で表わすため、流量は l/s で示される。ちなみに気量 [l] を微分したものが気速であり、F-V 曲線とは縦軸にフロー [l/s]、横軸に気量 [l] をプロットして得られた曲線図である。
- 2) 体気圧を基準に気流の中に置かれた抵抗体の両端の圧力差によって呼吸流量を測定する。流量の方向によって圧力差の符号が反転するので、方向の判別が可能である。
- 3) リリー式は気流の中に置かれたメッシュ様の抵抗体の前後の圧力差より流量を求める方式であるが、フローの直線範囲は狭く、かつメッシュに露滴が付着しやすい。
- × 4) 熱線式では白金線が使われている。
- 5) 呼吸流量の方向を知るために熱線から奪われる熱の移動を検出するために、別の熱線が必要である。

第4回午後の部

【問題 11】 次の生体計測について当てはまる語句の番号を解答群から選び、解答欄⑩～⑭にマークせよ。[6×5=30]

11-1 経皮的酸素分圧測定では⑩による酸素解離曲線の⑪方向への移動と拡散による酸素の移動を利用したものである。

- 1) 加圧 2) 分圧 3) 加温 4) 体温
5) 上 6) 下 7) 左 8) 右

11-2 パルスオキシメータは可視光および⑫の吸光特性の変化と⑬成分より動脈血の酸素⑭を計測する装置である。

- 1) 紫外光 2) 近赤外光 3) 遠赤外光 4) 血圧 5) 呼吸
6) 脈波 7) 直流 8) 飽和度 9) 含量 10) 濃度

【正解】 ⑩= 3) ⑪= 8) ⑫= 2) ⑬= 6) ⑭= 8)

【解説】

11-1

経皮的酸素分圧測定は皮膚の上を 43～44 度付近の温度で加温することによって、血流の増加に伴い毛細管より皮膚表面に拡散してくる酸素を皮膚表面に置いたクラーク電極で酸素分圧を測定するものである。拡散する過程で周囲の組織により酸素が取り込まれるため、皮膚表面における酸素分圧は低下する。しかし一方で加温することで酸素解離曲線を分圧が高くなる右方に移動させることでその低下分を補償している。

11-2

パルスオキシメータは 660 nm 付近の可視光と 910 nm 付近の遠赤外光の 2 つの波長を用いてオキシヘモグロビンとデオキシヘモグロビンのこれら 2 つの波長の吸光特性の違いにより、非侵襲的にしかも経皮的に酸素飽和度を求める装置である。しかし皮膚表面より求める吸光特性の変化を動脈血によるもの限定して測定する必要があるため、動脈の脈拍動部分について計測が行われている。

第4回午後の部

【問題 12】 水銀圧力計を使って聴診法で血圧を測る場合の誤差とその要因について正しいのはどれか。番号を解答欄⑮にマークせよ。[6]

- a. 水銀圧力計の上端の空気フィルタが目詰まりすると、最高血圧は高めに測定される。
- b. 水銀圧力計の位置をマンシエツト部より高いところに置くと、最低血圧は低めに測定される。
- c. マンシエツトの脱気速度が速すぎると、最高血圧は低めに測定される。
- d. 計測者が難聴の場合、最低血圧を低めに測定することがある。
- e. マンシエツトの幅が広すぎると、最低血圧は高めに測定される。

- 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】 ⑮ = 2)

【解説】

- a. 水銀圧力計（水銀柱の高さで圧力を計測・表示するもの）の上端は空気フィルタを介して大気に開放されている。この空気フィルタが水銀や埃で目詰まりすると、空気の入りが遅くなるため、水銀柱の下がりが悪くなる。このため、水銀柱はマンシエツト内圧より高めを示すことになり、最高血圧は高めに測定される。
- × b. 水銀圧力計の位置は、圧力測定にはほとんど影響しない。腕より高いところに置いても、高々その高さの差の空気の重さしか余計に腕にかかっていないので、血圧測定値には影響しない。
- c. マンシエツトの脱気速度が速すぎると、最高で脈の1周期分の脱気圧力分だけ、最高血圧は低めに測定される。
- × d. 最高血圧を定めるコロトコフ音の第1点は、音の無かったところに「トン」と聞こえる音であるので、明瞭に判断できる。しかし、最低血圧は音が消える第5点を見極める必要があるため、難聴者には難しい。よって最低血圧は高めに測定されることは有りうるが、低めに測定されることは有り得ない。
- × e. マンシエツトの幅が広すぎても測定値には大きな影響はない。影響しても、最高・最低血圧とも、ほんの少し低めに測定される。高めになることはない。

【問題13】 除細動器に関する記述で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) モニタをもたない除細動器は心房細動の除去に使用される。
- 2) 体外電極からモニタ用心電図を導出してもよい。
- 3) 同じ機器を使用しても毎回の放電波形が一定とは限らない。
- 4) 本体の電源を切ったとき蓄積エネルギーは自動的に放電される。
- 5) 出力は $50\ \Omega$ の負荷抵抗への供給エネルギーとして表示される。

【正解】 ⑩ = 1)

【解説】 いずれの設問も除細動器についての基本的な事項である。

- × 1) 心房細動の除去には R 波同期装置が確実に動作していることをモニタ上の同期マークで確認する必要があるのでモニタ付き除細動器が使用される。心室細動の除去は R 波に同期する必要がないのでモニタをもたない除細動器も使用できる。
- 2) モニタ用の心電図信号はモニタ専用の電極部を用いて患者の胸部や四肢から誘導するか、あるいは通電用の体外電極を利用して誘導する。
- 3) 放電波形はコイルのインダクタンス、キャパシタの静電容量およびコイルに含まれる直流抵抗と生体の負荷抵抗によって規定される。機器の電気的特性が一定でも生体の抵抗（標準値は $50\ \Omega$ ）が装着状態によって常に変化するので毎回の放電波形の形状は一定とは限らない。
- 4) 本体の電源を切った後も蓄積エネルギーが残っていると危険であるので JIS T 1355 では 10 秒未満の時定数で自動的に内部放電するように規定されている。
- 5) 生体の負荷抵抗は放電ごとに変わるが標準値として $50\ \Omega$ を採用し、この抵抗値への供給電力量を出力エネルギーとして表示する。

【問題 14】 心臓ペースメーカーに関する記述で誤りはどれか。番号を解答欄
⑰にマークせよ。[6]

- 1) 心電図 QT 時間はレート応答型の身体活動情報として使われる。
- 2) 緊急ペーシングとして胸部体表に貼った電極から刺激する方法がある。
- 3) 頻脈治療用として高頻度ペーシング機能が備わっている機種がある。
- 4) DDD 型では心房，心室の両方から自発心電図が検知できる。
- 5) 単極刺激では体内に植込んだ本体の金属外装部を陰極とする。

【正解】 ⑰ = 5)

【解説】 心臓ペースメーカーに関しては機器の知識だけでなく，心臓の電気生理，不整脈の発生機序についても基本的知識を学んでおくのが望ましい。

- 1) レート応答型ペースメーカーの身体活動情報として，体温(血液温度)，呼吸数や換気量，身体活動度(加速度)，心電図 QT 時間が使われる。
- 2) 心停止には心室細動と心静止があり，前者は電氣的除細動の適応であるが後者は心肺蘇生法に続いて緊急ペーシングが胸部体表電極や食道電極を用いて行われる場合がある。除細動器の中には，通電電極を用いてペーシングできるような機能を持った機種もある。
- 3) ペースメーカーは通常除脈性不整脈に適応されるが，薬剤抵抗性の頻脈性不整脈の患者に植え込まれることがある。頻脈は心臓内で興奮が巡回して発生することが多いので，電気刺激を加えて興奮回路に不応期を作り巡回を遮断して治療する。
- 4) DDD 型の第 2 文字は自発心電図の検出部位を表し，D のコードは心房と心室の両方(double : D) から検出できることを意味する。
- × 5) 一般的に興奮性細胞に細胞外刺激を加える場合は陰極の方が閾値が低く興奮しやすい(極興奮の法則という)。したがって，単極刺激では心室内の刺激電極を陰極にとるので，本体の金属外装部は陽極となる。

第4回午後の部

【問題 15】 透析装置に関して、空欄に当てはまる語句を解答群から選び、番号を解答欄 ～ にマークせよ。[6×3=18]

透析装置においては、各種の安全機構が備えられているが、特に透析液に関連して下記の3つの事項が重要である。

- ・透析液の : 異常時には患者血液中の電解質バランスが崩され、特に低い場合には溶血を引き起こす。
- ・透析液の : 患者の体温と密接な関係にある。
- ・ 制御 : ダイアライザの透水性の向上に伴い、 制御機能を持った透析装置が主流となった。

- 1) 温度 2) 気泡 3) 液圧 4) 除水
5) 湿度 6) 脱気 7) 漏血 8) コンピュータ
9) 濃度 10) 粘度

[正解] ⑱=9) ⑲=1) ⑳=4)

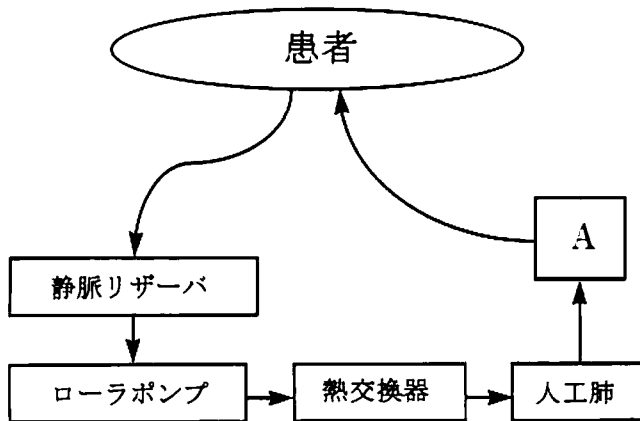
[解説] 透析装置の透析液系における安全機構には、濃度監視機構、温度監視機構、透析液圧監視機構などがある。

濃度監視は通常、電導度による監視が行われ、%または ms/cm 表示が使用されている。温度監視では“透析型人工腎臓装置承認基準”において下記関連規定がある。

- ・透析液供給部：液温度過昇防止装置の作動温度が 41℃以下に設定されていること。
：空だき防止機構を有すること。
- ・監視装置：液温度調整範囲は少なくとも 36～40℃の範囲で調整可能であること。
：液温度過昇防止装置は、温度検出部を加温する時 41+0.5℃以下で作動すること。

また、ダイアライザの透水性が向上するにつれて、すなわち、高 UFR のダイアライザを使用する機会が多くなるにつれて、透析液圧監視機構と同様に、より精度の高い除水管理と安全な制御を目的とした除水制御機能を持った透析装置が主流となっている。

【問題 16】 図は人工心肺装置の構成を血液の流れに沿って示したブロック図である。図中Aは主に患者体内への気泡混入を防止する目的の装置である。Aに当てはまるものはどれか。番号を解答欄 ㉑ にマークせよ。[6]



- 1) 動脈フィルタ
- 2) チューブクランプ
- 3) 気泡検出器
- 4) たこ管
- 5) ドリップチャンバ

人工心肺装置の構成図

【正解】 ㉑=1)

【解説】 人工心肺装置の送血回路から患者へ気泡を送り込む原因としては、貯血槽（図では静脈リザーバ）の液面低下による気泡の引き込み、熱交換器による血液加温時の溶存気体の気化、血液回路（三方活栓などを含む）の接続不備などである。

また、心停止中は人工心肺装置により患者の生命維持を行っているので、どのような場合でも送血を停止することはできない。

したがって、送血回路内に混入した気泡はフィルタにより分離する方法が用いられる。

○1) 送血回路に取り付けるので、送血フィルタと呼ばれることもある。フィルタ膜は孔径 20~40 μm のものが用いられる。微小凝血塊や回路中の異物の捕捉も行う。気泡除去を主目的としたエアートラップと呼ばれるものも

第4回午後の部

ある。

- ×2) 患者の生命維持に関わるので、送血回路をクランプすることはできない。
- ×3) モニタ部を気泡が通過したことは検出できるが、これだけでは気泡の除去はできない。
- ×4) 点滴回路における微小な気泡をトラップするもので、人工心肺回路には用いられない。
- ×5) 人工透析回路などでは気泡の分離に用いられるが、人工心肺のような高流量の回路では逆に気泡を巻き込んでしまう。

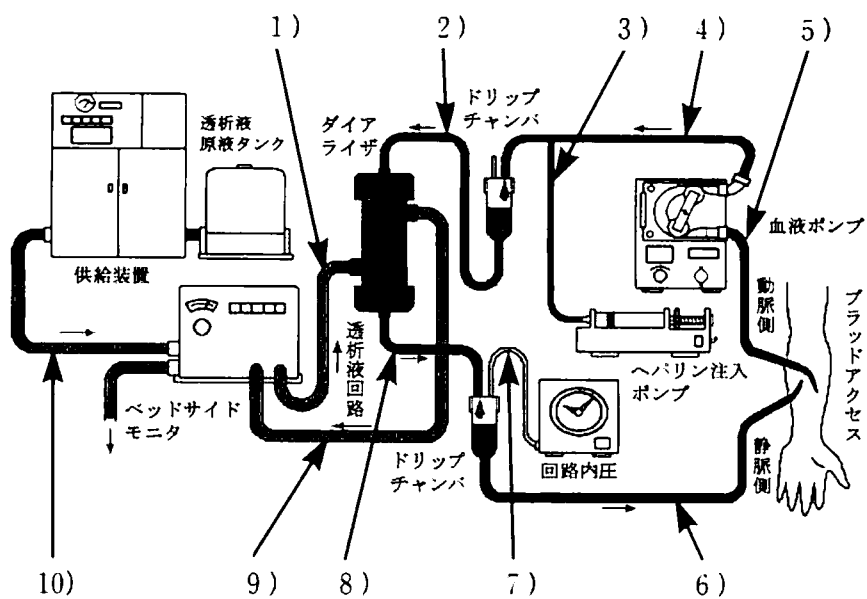
選択肢の装置はどれも患者への気泡混入を防止する目的で用いられる装置であるが、人工心肺回路に適用できるものは1)のみである。

[備考] 気泡除去装置の性能に関する研究は以下の文献などがある。

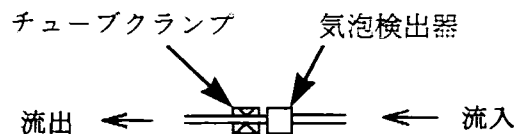
佐々木 孝 他：各種気泡除去装置 (bubble trap) の比較検討, 人工臓器 11(3), 767-771, 1982

第4回午後の部

【問題17】 図aに標準的血液透析の回路構成を示す。この回路に安全のため図bに示す気泡検出器とチューブクランプを追加したい。どこが最も適当か、番号を解答欄 ② にマークせよ。[6]



図a 標準的血液透析の回路構成



図b 追加回路

【正解】 ㉔ = 6)

【解説】 安全のために図bに示す気泡検出器とチューブクランプを組み込む理由は、患者への気泡混入を防止することである。気泡混入の主たる原因は回路のプライミングの不備、補液回路(図では示されていない)よりの空気の引き込み、返血操作の誤りなどである。

図aに示す回路での血液の主な流れは

患者→5)→血液ポンプ→4)→ドリップチャンバ→2)→ダイアライザ→8)→
ドリップチャンバ→6)→患者

であり、図bの回路の追加場所は最後に患者に返血される直前の6)が最も適当である。

ただし、図aの回路では回路内圧測定部にドリップチャンバが用いてあり、この部分で気泡の分離が行えるので、操作者が適切に監視していれば図bの回路は必ずしも必要ではない。しかし、安全性を高めるためには用いることが望ましい。また、チューブクランプの動作と連動して、血液ポンプを停止させる必要がある。

【備考】 気泡検出器には超音波の減衰率変化を利用したものや、光の透過率変化を利用したものがあり、現在は前者のものが多い。チューブクランプにはソレノイドを利用したものが多い。

第4回午後の部

【問題18】 病棟より、人工呼吸器の回路内圧の異常上昇アラームが突然鳴るようになったとの電話連絡があった。直ちに取りるべき対応として適切なのはどれか。番号を解答欄⑳にマークせよ。[6]

- a. とりあえずアンビュバッグで換気するように依頼した。
- b. メーカーに連絡するよう依頼した。
- c. 気管チューブと呼吸回路に異常がないかの確認を依頼した。
- d. 換気量を減少するように依頼した。
- e. 回路内圧上昇アラームの設定値を上げるように依頼した。

- 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】 ㉓=2)

【解説】 生命維持管理装置である人工呼吸器で見られるトラブルとしては、本設問のような回路内圧の異常上昇の他に回路内圧の異常低下があり、いずれの場合にも迅速に対応しなければならない。そのためには、人工呼吸器のそばにはアンビュバッグと酸素が必ず準備されていなければならない。

- a. 人工呼吸療法で何か異常事態が発生した場合、まず考えなければならないのが患者の換気と酸素加に問題がないかを確認し、換気が適切に行われていなければアンビュバッグで人工呼吸を行うようにしなければならない。酸素が供給されず低酸素状態になっている場合は、医療ガス配管設備の酸素の配管端末器または酸素ポンプから酸素を供給するようにしなければならない。
- × b. 人工呼吸器に異常が発生して、それが機器本体の故障の場合には、メーカーへ連絡しなければならないことがあるが、「直ちに取りるべき処置」としては適切ではない。
- c. 回路内圧の異常上昇の原因としては、気管チューブや呼気回路の閉塞(ま

第4回午後の部

- たは狭窄), 呼気弁の異常 (閉塞したまま), PEEP レベルの上げすぎ, 過剰な換気量の設定などが考えられ, 特に気管チューブや呼気回路のトラブルはよく見られるため, これらに異常がないか確認することは適切である。
- × d. 上記のように換気量の過剰な設定の場合には回路内圧の異常上昇が見られるが, 他に原因がない場合は, 換気量の設定を減少させることはよいが, 他の原因を検討しないでいきなり減少させることは適切でない。
- × e. 回路内圧のアラームが作動することは, 設定した値より回路内圧が上昇したことを意味するため, 設定値を上げればアラームは停止するが, 上記のようないろいろな原因を検討しないでいきなり設定値を上げることは適切でない。

第4回午後の部

【問題19】 病棟より、輸液ポンプ(ペリスタルティック方式)が設定通り作動しないとの電話連絡があった。確認すべき事項として適切でないのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[6]

- a. 輸液ピンと輸液ポンプの距離
- b. 指定輸液セット使用の有無
- c. 輸液セットの使用時間
- d. 静脈内留置針のサイズ
- e. 周囲における携帯電話の使用の有無

- 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】 輸液ポンプはストップウォッチを用いて滴数を数えたりする必要がなく、医療関係者の業務の効率化に役立っているが、本設問で述べられているようなことは常識として知っていなければならない。

- a. 輸液ポンプを使用しないで落差により輸液をしている際には、輸液ピンの高さは輸液量に影響を与えるが、輸液ポンプの場合には、輸液ピンとの距離は影響を与えない。
- × b. 輸液ポンプにより使用する輸液セットを指定している場合があり、指定していないものを使用すると設定通りの輸液が行われないことがある。
- × c. ペリスタルティック方式の輸液ポンプでは、長期間にわたって使用しているとフィンガ部やローラ部が当たっている輸液セットの部分が変形、劣化を起し、設定した量の輸液が行えなくなるため、使用時間を確認することは適切である。
- d. 使用する静脈内留置針のサイズにより流れる量は変化するが、現在使用されている輸液ポンプは静脈内留置針のサイズに関係なく設定した量を一定に維持できるように作られている。当然であるが、サイズが小さくなれば回路内の圧は上昇する。
- × e. 携帯電話の出す電磁波により、輸液ポンプは影響を受け設定通りに輸液されないことがあるため、使用の有無を聞くことは適切である。

【問題 20】 電気メスに関して誤っているのはどれか。番号を解答欄 ㉕ にマークせよ。[6]

- a. JIS での正式名称は「電気手術器」である。
- b. 「フローティング形」とはメス先電極部がケースから浮いた形式を示している。
- c. 表面を薄い絶縁物で覆った方式の対極板も使われる。
- d. 電気メスの出力は負荷抵抗として $10\text{ k}\Omega$ を想定して設計している。
- e. メス先電極はアクティブ電極とも呼ばれる。

- 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】 ㉕ = 6)

【解説】

- a. JIS T 1453 では「電気手術器 (電気メス)」と呼ばれている。英語の名称 “Electro-Surgical Unit” (ESU) の訳語である。
- × b. 「フローティング形」とは対極板回路が、接地より高周波的に浮いた (絶縁された) 方式のことで、高周波分流を少なくするために考えられた方式である。1998 年に改訂された JIS では、「高周波非接地形」と呼んでいる。なお、メス先電極部は、フローティング形、接地形いずれもケース (接地) から浮いている。
- c. 最近は何れも見掛けなくなったが、表面を薄いプラスチック膜で覆った、絶縁物形の対極板もある。高周波的にはコンデンサの原理で身体と電氣的結合がある。なお、ゼリーを塗ったウェットなタイプの対極板より対極板接触抵抗は高いので、フローティング形の本体との併用が望ましい。
- × d. 電気メスの負荷抵抗値は製造業者が設定して設計することができるが、実際のモノポーラ方式の電気メスの場合、切開・凝固時のメス先電極接触抵抗は、およそ $500\ \Omega$ 前後である。バイポーラ方式の場合は $50\sim 200\ \Omega$ 程度になる。よって $10\text{ k}\Omega$ は不適當である。
- e. メス先電極は電気メス作用を行う電極という意味で、働く電極すなわち「能動電極」とも呼ばれ、これを英語にすると「アクティブ電極」となる。なお、改訂 JIS では、「アクティブ電極」の名称が正式採用されている。

【問題 21】 JIS T 1022「病院電気設備の安全基準」の1996年度版で接地センタに関して新たに設けられた規定はどれか。番号を解答欄 にマークせよ。

[8]

- 1) 非接地配線方式の医用室には設置しなくてもよい。
- 2) 等電位化の必要な ICU や CCU では複数の接地センタを設置してはいけない。
- 3) 隣接する医用室との床面積の合計が 50 m^2 以下の場合は共用してもよい。
- 4) 非常電源に接続された電源コンセントを持つ医用室には設置しなくてもよい。
- 5) 永久設置形機器のみを使う医用室には設置しなくてもよい。

[正解] ②6 = 3)

[解説]

- × 1) 非接地配線方式を行った場合でも医用接地方式による設備を設けることになっている。
- × 2) 一患者に対する患者環境内の等電位接地に用いる医用接地センタは、同一のものとすることになっているが接地センタの数に関する規定はない。
- 3) 隣接する医用室との床面積の合計が 50 m^2 以下の場合は、医用接地センタを共用してもよい。
- × 4) 医用電気機器を使用する医用室には医用室ごとに、保護接地のための医用接地センタ、医用コンセント及び医用接地端子を設けることになっている。
- × 5) X線装置など据置形の医用電気機器などの保護接地もその露出導電性部分を、JIS C 3307 に適合する電線で医用接地センタに接続することになっている。

第4回午後の部

【問題 22】 病院の電気設備の定期的な点検項目として適切でないのはどれか。

番号を解答欄 にマークせよ。[8]

- a. 接地抵抗の測定(10 Ω 以下の確認)
- b. 絶縁変圧器の短絡試験
- c. 絶縁監視装置の動作試験
- d. 病室のコンセントを短絡した時の非常電源の動作確認
- e. 商用電源から非常電源への切替時間の測定

- 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 = 6)

【解説】 JIS T 1022「病院電気設備の安全基準」には 8.(検査及び保守)の(2)の備考に、次のような「定期点検の項目例(一般の電気設備の点検項目は除く)」が載っている。

- (1) 接地抵抗の測定(10 Ω 以下の確認)(ただし、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、その場所の大地抵抗率を測定して計算によって求めてもよいとしている。)
- (2) 絶縁変圧器の漏れ電流の測定。
- (3) 絶縁監視装置の動作試験。
- (4) 等電位接地設備の接地線の緩み、外れなどの点検。
- (5) コンセント接地極の保持力が著しく低下しているものの有無の点検。
- (6) 商用電源から非常電源への切替時間の測定。

よって、a, c, e, は試験すべき項目であるが、次の項目は「破壊試験」であり、設備を損傷したり、使用中のME機器の停止や故障を招くので、試験しない。

× b. 絶縁変圧器の短絡試験

× d. 病室のコンセントを短絡時の非常電源動作の確認

第4回午後の部

【問題 23】 下記の空欄を埋めよ。解答欄 ～ に記入せよ。[4×3=12]

	医療ガス配管の色	医療ガスポンペの色
酸素	㊦	黒色
二酸化炭素	だいたい色	㊧
亜酸化窒素	㊨	ねずみ色

【正解】 ㊦=緑 ㊧=緑 ㊨=青

【解説】 医療ガスの識別色として覚えておかなければならないのが医療ガス配管の色と医療ガスポンペの色が異なることである。酸素の色が配管とポンペで異なっていること、酸素の配管の色と二酸化炭素（炭酸ガス）のポンペの色が同じであることが医療ガス事故の原因となりやすいため、操作するものは特に注意する必要がある。

医療ガス配管の色は JIS T 7101-1997「医療ガス配管設備」、酸素は緑、亜酸化窒素（笑気）は青、治療用空気は黄、二酸化炭素はだいたい、吸引は黒、窒素は灰、駆動用空気は褐とそれぞれ規定されている。

一方、医療ガスポンペの色は高圧ガス保安法で、酸素は黒、二酸化炭素は緑、亜酸化窒素はねずみとそれぞれ規定されている。

【備考】 臨床の現場でわれわれの目に触れるポンペに充てんされたガスは酸素、亜酸化窒素、空気、二酸化炭素などである。酸素ポンペの色は黒、炭酸ガスポンペの色は緑であるが、それ以外のガスのポンペの色はすべてねずみ色と高圧ガス保安法で規定されている。ただし、亜酸化窒素のポンペについては容器の表面積の2分の1以上についてねずみ色が用いられているが、上の部分には他のガスと間違えないように青色が塗られている（この青色については正式に決められたものではなく、医療ガス業者間の暗黙の了解で決められているようである）。

第4回午後の部

【問題 24】 医療ガスについて誤りはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。

[7]

- a. 定置式超低温液化ガス貯槽による供給装置のことをCEシステムという。
- b. マニフォールドとは移動式の医療ガス供給装置のことである。
- c. 圧縮空気のかわりに酸素と窒素を人工的に混合したガスが用いられることがある。
- d. 医療ガスを供給する配管の塗色は高圧ガス保安法で規定されている。
- e. ピン方式は配管端末器に設けられた医療ガスの誤投与防止装置である。

- 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] ㉘ = 6)

[解説] 医療ガスは医療現場でなくてはならない存在であるため、その供給の実態、起こり得る異常、それに対する対応方法などについて理解を示しておく必要がある。

- a. CEシステムは定置式超低温液化ガス貯槽による供給装置のことをいい、医療ガスの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、圧力調整器及び制御装置から構成され、ここから配管により院内各部門に医療ガスが供給される。普通液化酸素および液化窒素に用いられている。
- × b. マニフォールドとは、複数の高圧ガス容器（ボンベ）や可搬式超低温液化ガス容器（LGC：liquid gas container）を集めて一本にまとめて供給する装置をいい、ここから配管により院内各部門に医療ガスが供給される。左右それぞれ複数のボンベ（バンクと言う）を連結して、中央に左右バンクの切り換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。
- c. 圧縮空気供給装置で作られる圧縮空気は、空気取り込み口付近の空気中の

第4回午後の部

塵や水分などが混入する可能性がある。これらの異物は通常フィルタや除湿装置などで除去されることになっているが、圧縮空気供給装置の保守管理が不適切な場合、医療現場に圧縮空気と共に供給され、人工呼吸器などの故障の原因となる。このようなことを防ぐ目的で、液化酸素と液化窒素を気化混合させた空気と同じような組成の混合ガス（酸素：22％，窒素：78％）が使われ始めている。

- × d. 配管の塗色は JIS T 7101「医療ガス配管設備」で規定されている。高圧ガス保安法で規定されているのはガスボンベの色である。
- e. 配管端末器では異種ガスの誤供給を防止するための工夫が施されている。その一つがピン方式で、ガスの種類によりホースアセンブリのアダプタプラグのピンが入るべき孔の位置および数が異なっている。同じ目的で用いられているのがシュレーダ式で、これは配管端末器とホースアセンブリのアダプタプラグとの接続部の口径が医療ガスにより異なっている。

第4回午後の部

選択問題 A {計測診断機器} 解答欄 ㉑ ~ ㉒, ㉓ ~ ㉔

【問題 A 25】 表は心電計の仕様書の一部である。不適當と思われるのはどれか。番号を解答欄 ㉑ にマークせよ。[5]

1) 安全性	クラス I および内部電源機器, CF 形
2) 入力回路電流	$5 \times 10^{-6} \text{A}$ 以下
3) 同相信号の抑制	8 mm(p-p) (JIS による)
4) 周波数特性	0.05 Hz ~ 150 Hz, -3 dB 以内
5) 記録方式	サーマルアレイ (波形・印字), 8 dot/mm

[正解] ㉑ = 2)

[解説] 心電計は安全と性能について、それぞれ JIS T 1001 及び T 1202 を基準に製造している。したがって JIS の規格値と比較して考えればよい。

○ 1) T 1001 による、電撃に対する保護の形式はクラス I 及び内部電源を持つ機器に該当し、保護の程度は CF 形機器であることを示している。

× 2) 入力回路電流は、増幅器の入力部電流と電源回路よりの漏れ電流の総和として扱い、T 1202 では $0.1 \mu\text{A}$ 以下と規定している (今回の改正 JIS では患者測定電流とした)。この $0.1 \mu\text{A}$ は、直接心臓に適用する機器の漏れ電流の許容値 $10 \mu\text{A}$ を 2 桁も小さい電流値となっているが、これは電極インピーダンスを数 $10 \sim 100 \text{k}\Omega$ 想定した場合の基線動揺 ($100 \text{k}\Omega \times 0.1 \mu\text{A} \times 1/10$ (変動分) = 1mV) をも考慮し決めている。

第4回午後の部

- 3) T 1202 の試験法により、同相信号による振れの大きさは標準感度で 10 mm(p-p) 以下と規定している。
- 4) T 1202 によって、10 Hz を基準に 0.5~60 Hz で 90~105%以内、75 Hz で 71~105%以内と規定している。
- 5) 最近の心電計の記録部には、サーマルレイ式を採用しているものが多い。そこで、今回の T 1202 の改正で、記録の分解能について次のように規定された。規格 (7.4.7(4)) : 25 Hz, 振幅 20 mm を 25 mm/s の速度で記録し、最初の 5 サイクル間に、記録の上昇線と下降線が明瞭に分離して記録されること。この規格を基に、5) を考えてみる。サーマルヘッドの記録分解能を、振幅方向分解能 8 dot/mm, 時間軸方向分解能 1 ms とすると、紙送り速度 25 mm/s で時間軸方向の記録紙上での分解能は $1000 \text{ ms}/25 \text{ mm} = 40 \text{ ms/mm}$ となる。したがって、紙送り速度 25 mm/s で $f=25 \text{ Hz}$, 振幅 20 mm の波形を記録すると、試験波形の 1 周期 (記録長 1 mm, 40 ms) の間に 40 dot/mm の粗さで記録することができる。また、振幅方向の試験波形 1 周期 (振幅 20 mm) のドットの粗さは、 $160 \text{ dot}/20 \text{ mm}$ となり、時間軸方向、振幅方向ともに十分なドット密度を有しているので上昇線と下降線は区別つく。このことから振幅方向記録密度 8 dot/mm の値で問題ない。

【問題 A 26】 観血式血圧測定法の記述で誤っているのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- 1) カテーテルの先端部に凝血が生ずると高周波成分が減少する。
- 2) 血圧波形の周波数成分は、通常の用途で 0~30 Hz である。
- 3) カテーテル-圧力トランスデューサ系の共振周波数は、カテーテルが細いほど高くなる。
- 4) 動特性の改善方法として、カテーテルと圧力トランスデューサの間に粘性抵抗を持つダンパを挿入することもある。
- 5) カテーテル系の共振が問題になる血圧測定の場合は、カテーテル先端型圧力トランスデューサを使用するとよい。

【解答】 ③ = 3)

【解説】

- 1) カテーテルの先端部に凝血が生ずると高周波成分が減少する。
先端部に凝血が生じると、カテーテルの導管系の圧伝搬特性を決定する粘性抵抗分が増加し、高周波分を伝達しにくくなる。この凝血を防止するためにフラッシュシステムと呼ばれる、カテーテル先端部から超微量のフラッシュ液を血管内に流し込む手法を用いる。
- 2) 血圧波形の周波数成分は、通常の用途で 0~30 Hz である。血圧波形の周波数成分は基本波（脈拍と同一の周期）の、10 倍までの高調波成分までを考慮すれば良いと言われている。脈拍は 180 回/分（3 Hz）程度までが通常考えられる範囲であるので、0~30 Hz の周波数成分ということになる。
- × 3) カテーテル-圧力トランスデューサ系の共振周波数は、カテーテルが細い程高くなる。カテーテルの太さが細いほど、共振周波数は低くなる。一方カテーテルが長い程、共振周波数は低くなる。血圧測定では適切なカテー

第4回午後の部

テルを選ぶことが重要である。

- 4) 動特性の改善方法として、カテーテルと圧力トランスデューサの間に粘性抵抗を持つダンパを挿入することもある。

カテーテルに液を充填する際に、小さな気泡が混入すると高域周波数特性の低下と、血圧波形に共振波形が混入することがあります。このような血圧波形にリングング現象が発生する時には、粘性抵抗を持つダンパを挿入して、無用な共振波形の混入を防ぐ方法が用いられることがある。

- 5) カテーテル系の共振が問題になる血圧測定の場合は、カテーテル先端型圧力トランスデューサを使用すると良い。

カテーテル先端型圧力トランスデューサを使用すれば、カテーテル自身の特性の影響は無くなるので、より忠実な血圧波形を得ることができる。しかしながらカテーテル先端型圧力トランスデューサは血管系を傷つける恐れがあること、操作に注意を要すること、高価であることなどの現実的な問題も有り、臨床的には用いられていない。

【問題 A 27】 脳波・筋電図の計測処理技術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. 脳波のスパイク(棘)波の検出にはFFTが有効である。
- b. 脳波の等電位マッピングには線形補間法も使われる。
- c. 筋電図のNMUの分類にはテンプレートマッチング法が使われる。
- d. 誘発筋電図のM波の検出には加算平均法が必要である。
- e. 脳波の発生源の推定に最小自乗法も使われる。

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

【正解】 ③=3)

【解説】

- × a. 高速フーリエ変換 (FFT) を用いた周波数分析は通常ある一定期間信号が定常性があるという仮定で、しかも周期関数であるという前提に立った分析であり、脳波のスパイク波のような突発的に出現する波の検出には向かない。
- b. 脳波の等電位マッピングでは、電極が接着されていない部位の電位を隣接する電極部位の電位を用いて直線補間 (線形補間ともいう) することで電位を推定し、頭皮上に電位マップを作成している。
- c. 筋電図の神経・筋単位 (NMU) の自動分類では最初に出現した NMU のいくつかの波形 (時に加算平均することがある) を雛形として、これにマッチした波形を次々と検出し、分類する方法が用いられている。
- × d. 運動神経を刺激することによって検出される誘発筋電図の M 波は数 100 μV ~ 数 mV の電位であるので、加算平均法を使用しなくても検出できる。
- e. 脳内から発生する各電極部位の理論上仮定した電位と、実際にそれぞれの電極部位で検出した電位との誤差の二乗値が最小になるように何回も計算を繰り返して、脳波の発生源位置を求める方法が脳波計測で用いられている。

第4回午後の部

【問題A 28】 超音波パルスドプラ血流計において、パルス繰り返し周波数を f_r 、超音波入射周波数を f_0 、血流速を v 、超音波ビーム方向と血流方向とのなす角度を θ 、ドプラ効果によるシフト周波数を f_d 、音速を c としたとき、次の解答欄 ①～④ に記入せよ。数値の場合は有効数字2桁とする。[4×4=16]

A 28-1 血流速 v は ① のような式で示される。

A 28-2 $f_r=4.0$ kHz, $c=1520$ m/s としたとき、最大計測深度は ② [m] となる。

A 28-3 A 28-2 の場合の最大検出ドプラシフト周波数 f_{dmax} は理論上 ③ [kHz] となる。

A 28-4 A 28-3 の場合の計測可能最大血流速度は ④ [cm/s] である。
(ただし、 $\theta=60^\circ$ および $f_0=2.0$ MHz とする。)

【正解】 ① $=c \cdot f_d / (2 f_0 \cdot \cos \theta)$ ② $=0.19$ ③ $=2.0$ ④ $=1.5$

【解説】

A 28-1

ドプラ法ではドプラ効果によるシフト周波数 f_d は、

$f_d = 2 \cos \theta \cdot f_0 \cdot v / c$ によって示される。

したがって $v = c \cdot f_d / (2 f_0 \cdot \cos \theta)$

A 28-2

パルスドプラ法ではパルス繰り返し周波数 (f_r) によって、最大計測深度が異なる。すなわち超音波を入射して、それが同じ距離を反射して返って来るまでの時間によって最大計測深度(距離)が決まる。したがって最大計測深度は音波が往復する距離を考慮に入れる必要があるため、 $c / (2 \cdot f_r)$ で示され、 $f_r=4.0$ kHz, $c=1520$ m/s を代入すると、0.19 m を得る。

A 28-3

パルス繰り返し周波数 f_r は 4 kHz であるから、これによって標本化される最大検出ドプラシフト周波数は理論上 $f_r/2$ 、すなわち 2.0 kHz である。

A 28-4

問題A 28-3 より最大検出ドプラシフト $f_{dmax}=2.0$ kHz

これを問題A 28-1 の血流式の f_d の部分に代入し、かつ $\theta=60^\circ$ 、 $f_0=2.0$ MHz を代入すると計測可能最大血流速度 1.5 cm/s を得る。

第4回午後の部

【問題 A 29】 サーモグラフィーに関する記述で空欄に当てはまる適切な語句・数値を解答欄 ～ に記入せよ。[3×5=15]

常温の物体の表面からは赤外線が放射されている。表面温度が絶対温度 T の時、放射性赤外線のパワー W は $W = kT^4$ (ただし k は定数) の式で与えられる。この式は の法則という。もしパワー W が計測できれば、式より温度 T を知ることができる。

ヒトの体表面より放射されているのは波長 [μm] を中心とする赤外線であるが、この付近の波長の赤外線センサ物質として InSb や HgCdTe がある。これらの物質には光により導電性を増す 効果と呼ばれる性質がある。これらの素子を用いて赤外線の強度測定ができるが、より精度の高い測定のためにはセンサ素子そのものから発する 雑音を下げる必要がある。この目的のため普通、センサ素子を で冷却して用いる。

【正解】 = ステファン・ボルツマン = 10 = 光導電 = 熱 = 液体窒素

【解説】 サーモグラフィーの基本原理に関する問題である。

温度を持つ物体の表面から放射されている電磁波 (体温程度の温度では波長 $10 \mu\text{m}$ 付近に最大のエネルギーを持つ遠赤外線) を計測し、温度に換算して表示している。

表面温度と放射赤外線のパワー W との間にはステファン・ボルツマンの法則が成り立っている。

$$W = \sigma \varepsilon T^4$$

σ : ステファン・ボルツマン定数

ε : 物体の表面によって定まる定数 (放射率)

T : 絶対温度

記述通り、赤外線 (= 電磁波, 光) の検出には、光により導電性を増す光導電効果を持つ InSb や HgCdTe が主に使用される。この赤外線センサ (InSb, HgCdTe) は、常温では熱雑音を多く発し計測制度に影響を与える。そのため、実際には赤外線センサを冷却して用いる。多くの場合、その冷却には、液体窒素を使用している。

【問題 A 30】 生体電気計測において、電極特性が測定結果に及ぼす影響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) インピーダンス式呼吸モニタの場合、電極の種類によって計測不能になるのは、電極接触インピーダンスが設計時と大幅に違うためである。
- 2) 乾燥したディスポーザブル電極で心電図のモニタリングを行うと、心電図波形が微分形に変化することがある。
- 3) 生体電気計測で異種電極を混用すると波形が歪むことがあるのは、電極の種類によって分極電圧が大きく異なることが原因である。
- 4) 差動増幅の実質的な同相弁別比は電極接触インピーダンスによらない。
- 5) テレメータ心電図モニタの送信機の電極リード接続部が生理食塩液で濡れると QRS 波が小さくなることがある。

【正解】 ③ = 4)

【解説】

- 1) インピーダンス式呼吸モニタは、胸部にはりつけた心電図モニタ電極間に微小電流を流して、電極間インピーダンスを測定して、そのインピーダンスの呼吸に伴う微小変化から呼吸曲線を描かせ、呼吸をモニタするものである。この場合、電極の種類によっては、電極部実効直径やペースト剤の材質の違いによって、電極接触インピーダンスが違う。その値が、設計時の値と大幅に異なると計測不能になることがある。
- 2) 乾燥したディスポーザブル心電図モニタ電極を使用すると、電極金属と生体内部組織との間に絶縁物の層ができて、一種のコンデンサ (C) を形成することになる。この C と心電図モニタの入力抵抗 (R) とで、一種の CR 高域通過フィルタを形成することになる。CR 高域通過フィルタは不完全ながら微分動作をするので、このような電極では、心電図波形が微分されたような形に変形することがある。

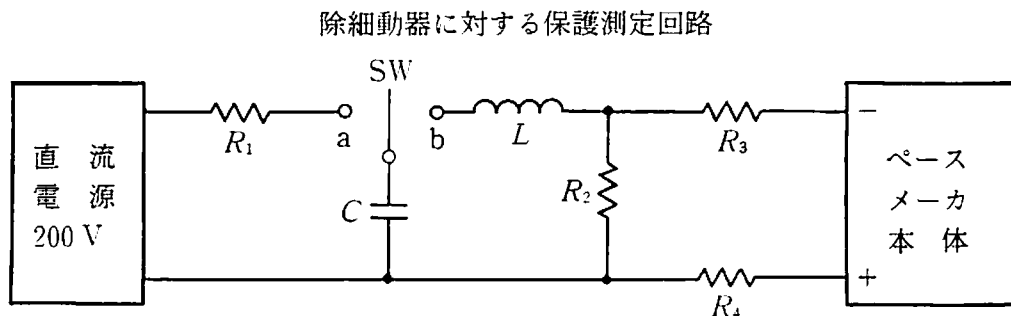
第4回午後の部

- 3) 電極材質が異なる電極を心電図モニタで一緒に使うと、波形が歪むことがある。これは、2つの電極の電極電位の差が、増幅器の初段の直流増幅器の直流バイアスの許容値を超えて、増幅器の正常動作領域を外れるためである。心電計の場合この電圧が ± 300 mV までは、正常に動作しなければいけないことになっているが、電極が異なるとこの値を超えることもある。
- ×4) 心電計の実質的な同相弁別比は、電極接触インピーダンスと入力インピーダンスとの関係で、使用差動増幅器の同相弁別比より一般に小さくなる。これは、使用電極の電極接触インピーダンスに差があると、それぞれの電極に同相同電圧の信号が入力しても、差動増幅器の2つの入力端子には異なった電圧として入力するため、その差が増幅されしまうためである。
- 5) テレメータ心電図モニタの送信機の電極リード接続部が生理食塩液で濡れる、その入力インピーダンスが極端に小さくなり、心電図信号が、電極接触インピーダンスと入力インピーダンスによって分圧されるため、増幅器への入力信号が小さくなり、その結果、表示されるQRS波が小さくなることがある。また、電極の接触インピーダンスの周波数特性によって、心電図波形は微分波形になり、ST部分の変形が見られることもある。

第4回午後の部

選択問題B {治療機器} 解答欄 ~ , ~

【問題B 25】 下図は、体外式心臓ペースメーカーの除細動器に対する保護機能を試験するための、JIS T 1356 で決められた測定回路である。測定手順は、スイッチSWをa側に倒し、出力200Vの直流電源によってコンデンサに充電した後、スイッチSWをb側に切り換え、ペースメーカー本体にパルス電圧を印加する。次に、60秒内の休止期間後にペースメーカー本体の極性を変えて同様のことを行う。この試験を行った後もペースメーカーは規定の性能を満足しなければならない。この一連の試験においてペースメーカーに最大何Vの電圧が加えられるかを以下に解析する。



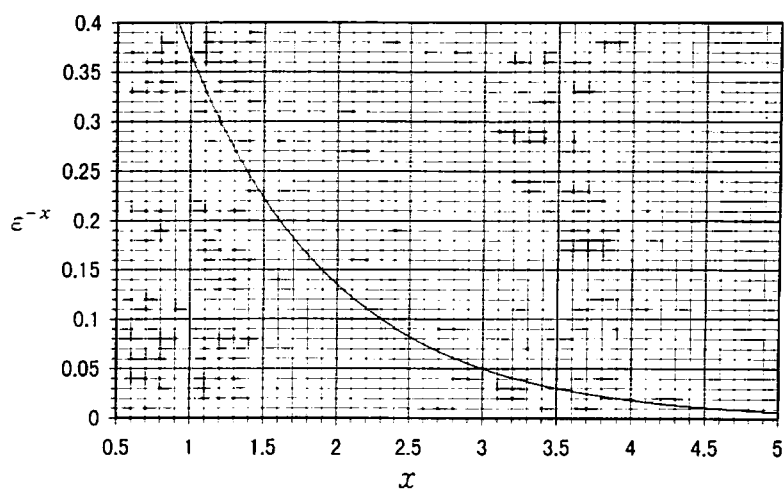
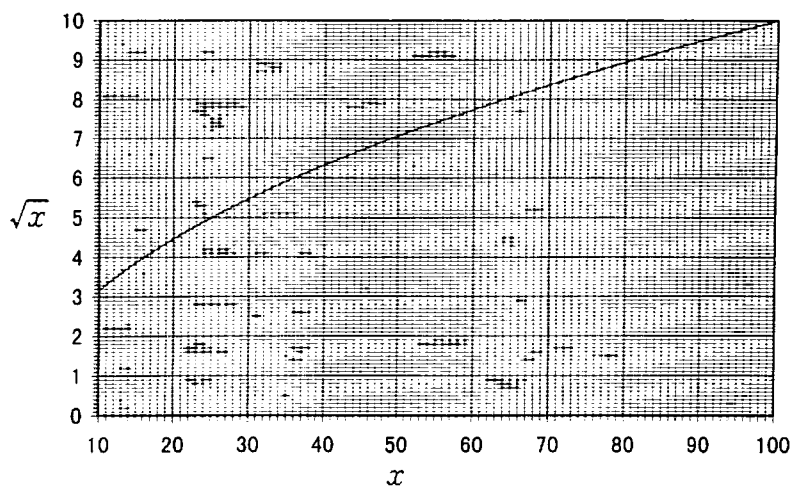
$R_1 : 300 \Omega$	$R_4 : 300 \Omega$
$R_2 : 10 \Omega$	$L : 13.3 \text{ mH}$
$R_3 : 300 \Omega$	$C : 330 \mu\text{F}$

上の測定回路において、スイッチを $t=0$ でb側に切り換えた後に LR_2C を流れる電流 i [A] は L , C , R の単位をそれぞれ [H], [F], [Ω] で表し, ε を自然対数の底 ($\varepsilon=2.72$) とすると次式が与えられる。ただし, ペースメーカー本体の入力抵抗は R_3 , R_4 に比べ十分大きいとする。以下の設問に答えよ。数値は有効数字2桁まで求め, 必要があれば計算図表を使ってよい。[4×5=20]

$$i(t) = \frac{200}{\sqrt{\frac{L}{C} - \left(\frac{R_2}{2}\right)^2}} \varepsilon^{-\alpha t} \sin \beta t$$

第4回午後の部

$$\alpha = \frac{R_2}{2L} \quad \beta = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{L}{C} - \left(\frac{R_2}{2}\right)^2}$$



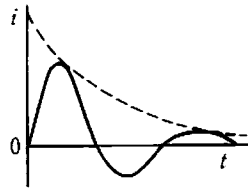
B 25-1 電流 i の式中の減衰項の時定数はおよそいくらか。番号を解答欄

③ にマークせよ。

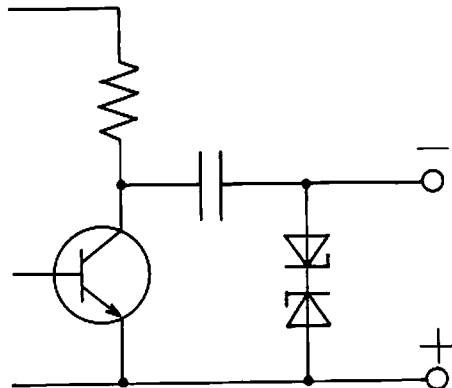
- 1) 0.38 ms 2) 2.7 ms 3) 11 ms 4) 27 s 5) 376 s

第4回午後の部

- B 25-2 電流 i は減衰振動(不足制動)を呈し、下図のような過渡曲線を描く。
振動成分の周期はおよそいくらか。番号を解答欄 にマークせよ。



- 1) 2.5 ms 2) 10 ms 3) 21 ms 4) 1.6 s 5) 3.9 s
- B 25-3 電流 i が最大値(極大値)をとるときの t の値を求め、その値と単位を解答欄 に記入せよ。
- B 25-4 R_2 の端子電圧、すなわちペースメーカにかかる電圧の最大値を計算して、その値と単位を解答欄 に記入せよ。
- B 25-5 下図はあるペースメーカの出力回路の一部である。この回路において除細動器に対する保護の働きをする部品の名称を解答欄 に記入せよ。



第4回午後の部

[正解] ㉓=2) ㉔=3) ㉕=2.3 ms ㉖=140 V ㉗=ツェナーダイオードまたは定電圧ダイオード

(B 25-3, B 25-4 の設問は解法に必要な三角関数表が示されていないので解が得られない。したがって、本問は問題として不完全であるが参考のために正解を示しておく。)

[解説]

B 25-1

減衰項の α の式に R^2 , L の値を代入してその値を求める。その逆数が時定数となる。 $1/\alpha=2.66\approx 2.7$ ms が得られる。

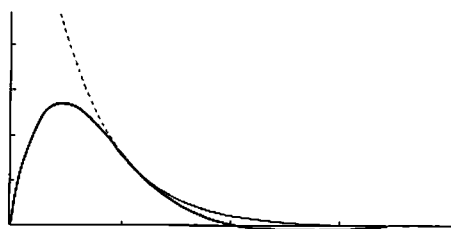
B 25-2

LCR の直列回路は回路定数によって非振動的、臨界振動、減衰振動の3つの過渡現象を示す。1) $R^2-4L/C>0$ の場合は非振動的(過制動), 2) $R^2-4L/C=0$ では臨界振動(臨界制動), 3) $R^2-4L/C<0$ の場合は減衰振動(不足制動)となる。

設問の条件では $R^2-4L/C<0$ となるので減衰振動を呈し、固有振動数が $\beta/2\pi$ で $1/\alpha$ の時定数で減衰する波形が表れる。 β の式に LCR_2 の値を代入し計算図表も使って振動数を求め、その逆数から周期=21.4 \approx 21 ms が算出される。

B 25-3

電流式 $i(t)$ を微分して極大値の条件を求めると $\tan\beta t=\beta/\alpha(=0.782)$ が得られ、 $\tan^{-1}0.782=0.664$ rad から $t=2.26$ ms が算出される。 $i(t)$ のグラフを図1に示す。



第4回午後の部

B 25-4

式 $i(t)$ に極大値をとる $t=2.26 \text{ ms}$ を代入して電流値を求めると $i=13.5 \text{ A}$ が得られるので、 $R_2(10 \Omega)$ の端子電圧は $135(=13.5 \times 10) \approx 140 \text{ V}$ となる。

B 25-5

放電時にはペースメーカーの出力回路に高電圧が印加されるのでそのままでは部品が破損する恐れがある。設問の回路図に示すように出力回路の両端に、ツェナーダイオードを極性を逆にして直列接続したものを挿入しておくことで出力端子間の電圧は、ほぼツェナー電圧（2～100 V）で制限されるので、2個のツェナーダイオードは保護回路の働きをする。

第4回午後の部

【問題B 26】 除細動器の同期回路の動作，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 にマークせよ。[4]

- 1) 同期パルスはQRS波の立上り部分で発生させるのが望ましい。
- 2) 放電は同期パルスから200 ms以内に行われる。
- 3) 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。
- 4) 放電は心筋の絶対不応期の時相で行われる。
- 5) 心室細動の波形でも同期パルスが発生することがある。

【正解】 ③ = 2)

【解説】 心電図のT波の頂上付近の時相は受攻期と呼ばれ，心筋の再分極の進み具合が不揃いなため，この時相に電気刺激を受けると心室細動が誘発される危険性が高い。したがって，心房細動患者に電気刺激を加える場合はこの受攻期を避け，R波直後の絶対不応期に通電するのである。心室細動除去はどの時点で通電しても差し支えない。

- 1) R波同期がどの時点であるかはモニタ上の同期マークで確認できる。JIS T 1355では同期パルスはQRSの立上がり部分が望ましいとしている。
- × 2) JISでは放電は同期パルスから30 ms以内に行うのが望ましいとしている。
- 3) 心室細動の治療のために緊急に使用されることがあるので，電源投入時には必ず非同期モードになるようになっていなくてはならない。
- 4) 絶対不応期の早期に行う。
- 5) R波の認識はR波の立ち上がりが急峻であることを利用しているが，心室細動波形でも部分的に急峻な波形を呈するために同期パルスが発生することがある。したがって，心室細動患者に誤ってR波同期装置をオンにして操作しても放電することがあり得る。

第4回午後の部

【問題B 27】 次の文章の空欄に当てはまる最も適当なものを解答群から選び、番号を解答欄⑶～⑸にマークせよ。[4×3=12]

次の条件で、前希釈法による HDF(血液透析濾過)療法を行った。

希釈前の血液流量：250 ml/min

ヘマトクリット値：24%

HDF 実施時間：5 h

総補液量：15 l

除水目標量：3 l

濾液速度(補液量と除水量の和)を一定としたとき、補液速度は⑶ [ml/min]、濾液速度は⑷ [ml/min] となる。また、ダイアライザ(ヘモフィルタ)の出口でのヘマトクリット値は⑸ [%] になる。

- 1) 15 2) 20 3) 25 4) 30 5) 35
6) 40 7) 45 8) 50 9) 55 10) 60

[正解] ⑶=8) ⑷=10) ⑸=3)

[解説] HDF療法には、ダイアライザ(ヘモフィルタ)の手前で補液する前希釈法と、ダイアライザ(ヘモフィルタ)の後で補液する後希釈法がある。一般的に、患者から取り出した血液をそのまま透析濾過する後希釈法の方が、希釈された患者の血液を透析濾過する前希釈法より効率が良くとされている。ただし、短時間で大量補液による効果的な血液浄化を行おうとする場合には、ダイアライザ(ヘモフィルタ)による過度の血液濃縮によるトラブルの心配の少ない前希釈法が採られている。

第4回午後の部

本問題において提示された条件から、

$$\text{補液速度} = (\text{総補液量}) / (\text{HDF 実施時間}) = 15/5 = 3 \text{ l/h} = 50 \text{ ml/min}$$

ところで、HDF療法において実際の濾過量は、前希釈法・後希釈法にかかわらず、補液された量と設定された除水量との和になる。この場合、時間あたりの補液量と除水量の和を濾液速度と定義すると

$$\begin{aligned} \text{濾液速度} &= (\text{総補液量} + \text{除水目標量}) / (\text{HDF 実施時間}) \\ &= (15+3)/5 = 3.6 \text{ l/h} = 60 \text{ ml/min} \end{aligned}$$

また、体外循環中の血球成分量は、血液希釈や血液濃縮が行われても変化しないと考えれば、ダイアライザ（ヘモフィルタ）の出口でのヘマトクリット値（ Ht ）は、ダイアライザ（ヘモフィルタ）の出口血液流量（ QB_0 ）を算出することによって次式から求められる。

$$QB_0 \times Ht = (\text{希釈前の血液流量}) \times (\text{ヘマトクリット値})$$

ここで血液流量は、補液による希釈により一旦は増加するが、ダイアライザ（ヘモフィルタ）を通過する間に補液量相当分および除水量分が濾過され、減少する。結果として、希釈前の血液流量から除水量分だけ減少することになる。除水速度 = $0.6 \text{ l/h} = 10 \text{ ml/min}$ から

$$QB_0 = 250 - 10 = 240 \text{ ml/min}$$

よって

$$Ht = 250 \times 24 / 240 = 25\%$$

【問題B 28】 電動式吸引器について正しいのはどれか。番号を解答欄 にマークせよ。[5]

- a. ダイアフラム形ポンプでは気密性を維持するためにポンプ内にオイルが入っている。
- b. 回転翼形ポンプでは吸引物がポンプ内に入っても作動するようになっている。
- c. ビンやチューブの接続が不完全な場合でも吸引圧は変わらない。
- d. J I S では吸引圧は -30 cmHg 以上と規定されている。
- e. J I S では吸引流量は蒸留水 200 ml を 6 秒以下で吸引する流量と規定されている。

- 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】 ③=10)

【解説】 吸引器は手術室やICUではなくてはならない機器で、その構造、取り扱い、トラブル時の対応方法については十分理解していなければならない。

- × a. ダイアフラム形ポンプにはオイルは入っていない。オイルが入っているのは回転翼形ポンプである。
- × b. 回転翼形ポンプでは、吸引物がポンプ内にはいると故障の原因となる。したがってポンプ内に吸引物が入らないように、過貯溜防止装置、複数の貯留容器(吸引ビン)、フィルタなどが設けられている。
- × c. ビンやチューブの接続が不完全な場合、吸引圧は上昇しなくなり吸引器としての役割を果たさなくなる。接続の不完全は吸引器で見られるもっとも多いトラブルである。
- d. JIS では吸引圧は -30 cmH₂O (-40 kPa) 以上と規定されている。
- e. JIS では吸引流量は蒸留水 200 ml を 6 秒以下で吸引する流量と規定されている。

第4回午後の部

【問題B 29】 使用中の人工呼吸器の圧縮空気接続口に備えられているウォータートラップ(エアードライナ)内に水分の貯留が認められた。行うべき処理として不適切なのはどれか。番号を解答欄④⑩にマークせよ。[4]

- a. 医療ガス設備を管理する部門へ連絡する。
- b. 水分の量が少ない場合はそのままにする。
- c. 人工呼吸器の作動状況を点検する。
- d. 吸気酸素濃度の異常の有無を点検する。
- e. 吸気ガスの加湿に都合が良いのでそのまま使用する。

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

【正解】 ④⑩= 7)

【解説】 大気中の空気を圧縮する空気圧縮供給装置では、除湿、除塵装置が備えられているが、その管理が不適切な場合、水分や塵など異物が圧縮空气中に混入する可能性がある。特に水分が人工呼吸器や麻酔器に入り込むと誤作動を引き起こし患者に致命的な影響を与える危険性があるため、医療関係者は注意する必要がある。

- a. ウォータートラップに水分が貯留するということは、その施設の圧縮空気供給装置の除湿装置が適切に作動していないことを意味するため、それを管理する部門へ連絡することは適切なことである。
- × b. 水分が少ないからといって放置しておいた場合、水分が人工呼吸器本体に入り込み、人工呼吸器の故障の原因となるため、そのままにせず水分の除去、人工呼吸器の作動状況の点検、医療ガス設備を管理する部門への連絡など迅速に対応しなければならない。
- c. 水分が人工呼吸器内に入り込むと人工呼吸器の誤作動（作動停止、吸気酸素濃度異常など）を引き起こす危険性があるため、作動状況を点検するこ

第4回午後の部

とは適切である。

- d. 人工呼吸器内の吸気酸素濃度を調節する部分に水分が入り込むと、酸素濃度異常を引き起こす可能性がある。
- × e. 人工呼吸する場合、吸気ガスの加湿は必要であるが、圧縮空気の配管を介して供給される空気中に水分があっても加湿には役立たず、かえって人工呼吸器の故障の原因となる可能性がある。

[備考] 圧縮空気のこのような問題点を解決するために用いられているのが合成空気システムである。これでは、液化酸素と液化窒素を気化混合させて、空気と同じような組成の混合ガス（酸素：22%、窒素：78%）を作るもので、一部の医療施設で使われ始めている。

【問題B 30】 電気メスの規格に関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。[5]

- a. 主要搬送波の周波数は0.3～5 MHzと定められている。
- b. 混合というモードは切開波形と凝固波形を1：1の割合で混合して作る。
- c. 神経・筋の刺激防止のため出力回路には直列に2000 pF以下のコンデンサを挿入する。
- d. 高周波漏れ電流の値は10 mAを超えてはいけない。
- e. 対極板回路の切断時には自動的に出力を停止しなければならない。

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

【正解】 ⑩= 6)

【解説】

- a. 主要搬送波の周波数は0.3～5 MHzと規定されている。500 kHz近辺のものが多く「無線救難信号(500±5 kHz)は使用しないことが望ましい」とも規定されている。
- × b. 混合とは混合切開モードのことを示しており、凝固しつつ切開できるモードである。断続波である凝固波形の持続時間を伸ばしていくと、凝固性から切開性へと連続的に移り変わっていく。実際の混合出力は、このように凝固波形を変形して作っている。切開波形と凝固波形を実際に混合しているわけではない。ただし、古い真空管式電気メスでは、実際に波形を混合していたものもあったが、混合比が1：1と決まっていたわけではない。
- c. 低周波電流が流れると神経・筋の刺激が起こる。電気メスでは、メス先での火花放電の整流作用により、低周波が発生することがある。この防止のため出力回路に直列に5000 pF以下のコンデンサを挿入することになっている。当然、2000 pF以下でもよい。
- × d. 高周波の漏れ電流値は高周波接地形も高周波非接地形も150 mAを超えてはいけないとされている(試験方法は異なる)。
- e. 対極板回路(コードや接続部)の断線時には、自動的に出力を停止して、可聴音および可視光により警報を発する回路を備えることになっている。

小論文試験問題

少子高齢化社会、高度先進医療、経済基調の変化などに伴って医療財政は危機に直面している。MRIに代表される先端医療機器の不適正な配置や過剰な使用などが医療費を高騰させる原因の一つになっているが、優れた機器の開発やその使用を制限することは国民の福祉を妨げることにもなる。限られた医療資源を有効に利用するには、個々の医療機器・システムの診断や治療に対する貢献度に関して、その有効性、安全性、信頼性あるいは経済性などの項目について総合的に技術評価(テクノロジーアセスメント)を行い、これに基づいて的確で効率的な医療への適用を実施することが急務といえる。

そこで、医療機器・システムを一つあるいは複数個例示して、技術評価に関するあなたの考えを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。