

第 58 回臨床検査技師国家試験の設問、 正答に対する疑問(医用工学分野)

川 澄 岩 雄*

[要 旨] 第 58 回臨床検査技師国家試験の合格発表では、午後に実施された 95 番の設問に条件設定、用語の使い方に疑問があるにもかかわらず、この設問に対して採点除外等の取扱いがなされていなかった。そこで、それらのどこが問題になるのかを具体的に示すとともに、どのように出題すべきかなどについて論じた。

設問を行うには正確な条件設定を行い、正しく用語を使用するように、国家試験の試験委員会に要望を出すしかない。あるいは、たとえば「交流」といえば「正弦波交流」のことだけでよいというように、臨床検査の分野における教育の範囲を限定すべきである。しかし、後者は教育の質の低下を引き起こす可能性があるため、前者の要望が必要である。

[キーワード] 正弦波交流、振幅、電力、力率

はじめに

第 58 回臨床検査技師国家試験の合格発表が厚生労働省からあり、その中で、採点除外等の取扱いをした設問(原文は「問題」となっているが、ここでは答えるべき事項を設問、解決すべき事項を問題と表す。)が 200 問中 1 問あったが医用工学の分野の設問ではなかった。しかし、午後に行われた設問の 95 番に条件設定と用語の使い方に問題があった。これらの問題点については、臨床検査技師国家試験の出題基準と実際に行われた国家試験との整合性、出題分野別の内容についての総括と試験科目別の評価などの検討依頼が日本臨床検査学教育協議会事務局からあったので、事務局に検討結果を提出していた。しかし、その結果は厚生労働省の発表に影響せず、厚生労働省が採点除外等の取扱いをしなかったのは、指摘した問題点は問題ではなかったことになる。そこで、どん

な点を問題にしているのか、どう出題すべきか考察した。

I. 第 58 回臨床検査技師国家試験午後 95 番

図 1 に、第 58 回臨床検査技師国家試験午後 95 番を示す。

95 交流回路における、電圧および電流の最大振幅値の積に対する平均電力の割合として正しいのはどれか。

1. $\frac{1}{2}$
2. $\frac{1}{\sqrt{2}}$
3. 1
4. $\sqrt{2}$
5. 2

図 1 第 58 回臨床検査技師国家試験午後 95 番

*杏林大学保健学部 物理学・医用工学教室 kawasumi@ks.kyorin-u.ac.jp

図1に示した設問は、交流回路における電力に関するものであり、厚生労働省の発表によると、正答は「1」である。しかし、この設問文だけでは条件が不足しているため、正答は「解なし」であり、したがって採点除外されて然るべき設問である。

不足している条件とは、設問では「交流回路における」とあるが、どのような交流(あるいは、交流電圧源)か、また回路を構成する素子は何かを示していないことである。正答を「1」とするには、交流は正弦波交流(あるいは、正弦波交流電圧源)であり、回路は正弦波交流電圧源と抵抗器とから成る回路であるとしなければならない。ところが、このようなことを設問文から読み取ることが不可能である。

また、設問文に「電圧および電流の最大振幅値の積」と表現されていることからわかるように、振幅が地震の波のように時々刻々変わる電圧、電流であり、それらの最大値の積と表現しているため、交流が正弦波交流であるとは考えられない。

以上のようなことから、この設問(第58回臨床検査技師国家試験午後95番)を解くことはできず、正答は「解なし」とするべきであり、原文を活かし、かつ正答を「1」としようとするならば、少なくとも以下のような設問文にする必要がある。

「一つの抵抗器と正弦波交流電圧源から成る交流回路における、電圧および電流の振幅の積に対する平均電力の割合として正しいのはどれか。」

上記の設問文において、下線部が追加、訂正された部分であり、抵抗器については、それが複数あると、どこの電圧、電流なのかを示さなくてはならないので一つとした。また、振幅については、最大振幅という用語は地震学の用語¹⁾であり、振幅が変動することを想起させること、正弦波交流の振幅は常に一定であることから、単に振幅とした。

一つの抵抗器と正弦波交流電圧源から成る交流

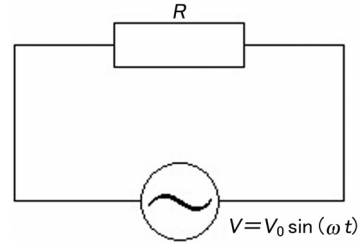


図2 抵抗器と正弦波交流電圧源とから成る交流回路

回路は、図2に示すような回路であり、抵抗器の抵抗を $R [\Omega]$ 、正弦波交流電圧 $V [V]$ は、

$$V = V_0 \sin(\omega t) \quad (1)$$

で表されるとして、この設問を解く。

図2に示した交流回路では、回路に流れる電流 $I [A]$ はオームの法則と正弦波交流電圧の式(1)より、

$$I = \frac{1}{R} V_0 \sin(\omega t) \quad (2)$$

となる。式(2)において、 $V_0/R = I_0$ とおくと、抵抗器(あるいは、回路)を流れる電流 $I [A]$ は次式で表される。

$$I = I_0 \sin(\omega t) \quad (3)$$

式(3)において、 I_0 は電流の振幅である。

また、交流における電力 $P [W]$ は一周期の時間的平均で与えられるので(図1の設問では、これを平均電力といている)、電力 $P [W]$ を求める式は次式となる。ただし、 $T (= 2\pi/\omega) [s]$ は正弦波交流電圧の周期である。

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T IV dt \quad (4)$$

式(4)に、式(3)、および正弦波交流電圧の式(1)を代入すると、次式が得られる。

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T [I_0 \sin(\omega t)] [V_0 \sin(\omega t)] dt = \frac{1}{2} I_0 V_0 \quad (5)$$

式(5)より、図2の交流回路においては、抵抗器(あるいは、回路)で消費される電力は、(電流の振幅) × (電圧の振幅) の $\frac{1}{2}$ 倍となる。

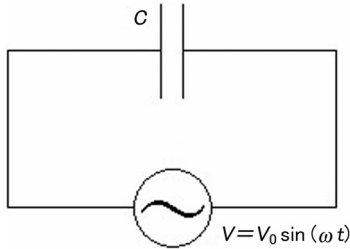


図3 コンデンサーと正弦波交流電圧源とから成る交流回路

ところが、交流回路でも、図3に示すような、電気容量 C [F] のコンデンサーと $V = V_0 \sin(\omega t)$ [V] で表される正弦波交流電圧源とから成る交流回路では、抵抗器の場合とは様子が異なる。

一般に、コンデンサーを流れる電流 I とコンデンサー両端の電位差 V との関係は

$$I = C \frac{dV}{dt}, \text{ または } V = \frac{1}{C} \int I dt \quad (6)$$

で与えられる。したがって、図3において、コンデンサー(あるいは、回路)を流れる電流 I [A] は、式(6)に正弦波交流電圧の式(1)を代入すると求められ、次式で与えられる。

$$I = (\omega C) V_0 \cos(\omega t) = (\omega C) V_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \quad (7)$$

式(7)を正弦波交流電圧の式(1)と比べてみると、電流の位相は $\omega t + \frac{\pi}{2}$ であるのに対して、電圧の位相は ωt であり、電流の位相が電圧の位相より $\frac{\pi}{2}$ だけ進んでいることがわかる。このとき、コンデンサー(あるいは、回路)で消費される電力は、式(4)に式(7)、および正弦波交流電圧の式(1)を代入すると、次式が得られる。

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T [(\omega C) V_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})][V_0 \sin(\omega t)] dt = 0 \quad (8)$$

式(8)より、図3の交流回路においては、コンデンサー(あるいは、回路)で消費される電力は、(電流の振幅) × (電圧の振幅) の0倍となる。このことはコイル(電流の位相が電圧の位相より $\frac{\pi}{2}$ だけ遅れる)においても同様であり、コンデンサー

やコイルは電力を消費しない。つまり、交流回路が図3に示すような回路であったならば、図1に示した設問には解答の選択肢がないことになる。

ここでは2つの交流回路について回路で消費される電力を求めてきたが、これらのことから、図1に示した設問のように、単に「交流回路における」と指定されただけでは設問を解くことはできないことがわかる。また、一般的に、抵抗器、および正弦波交流電圧源以外に、コンデンサー、あるいはコイルが構成要素の一部に含まれる交流回路では、回路(あるいは、抵抗器)で消費される電力は、(電流の振幅) × (電圧の振幅) の $\frac{1}{2}$ 倍未満である。これは、回路にコンデンサーやコイルが入ることによって、電流と電圧の間に位相差が生じるためである。このとき、電流と電圧の位相差を θ とすると、電力は、

$$(\text{電力}) = \frac{1}{2} \times (\text{電流の振幅}) \times (\text{電圧の振幅}) \times \cos \theta \quad (9)$$

で与えられる。ここで、 $\cos \theta$ は力率(power factor)といわれ、その最大値はコンデンサーやコイルが回路に含まれないときに1であり、それ以外では1より小さくなる。これらの内容は高等学校の物理 II²³⁾でも扱われているので、詳細は省略する。

さらに、前述までの説明では正弦波交流電圧を扱ってきたが、正弦波以外の波形をもつ交流電圧もあり、そのような場合においては、波形ごとに式(4)を用いて電力を求め、電流、電圧の振幅と電力の関係を調べる必要がある。

II. ま と め

第58回臨床検査技師国家試験午後95番の設問は、条件設定に問題があるばかりか、最大振幅という用語の使い方にも問題があり、設問文からは正答を導くことができない。ところが、正答が解答の選択肢の中に必ずあるとすると、また厚生労働省の正答から判断すると、設問を作成した意図、設定条件などを汲み取ることができる。しかし、試験であるかぎり、設問文を読んで正答が求めら

れなければならず、是正されなければならない問題である。この一問で合否が分かれるような状態が起こっていただければ良いが、そうでないと受験生にとっては不公平となる可能性がある。国家試験の試験委員会に、正確な条件設定、正しい用語の使用など、さらなる正確性、厳密性を求めるものである。

かつて、電気伝導度の単位を問う国家試験問題があり、正答をシーベルト(記号 S)とする時代があった。その当時から、電気伝導度の単位はシーベルト毎メートル(記号 S/m)とするのがふつうであったが、やむを得ず、臨床検査の分野では「電気伝導度の単位はシーベルト」とするように講義してきたことがある。図 1 に示した設問にもそれに類似した部分があり、「交流」といえば「正弦波交流」のことであると限定されていて、「力率」のことは教育の範囲外であるかのように受け取られる。もしそういう前提があったならば、「交流回路における」と表現するだけで、少なくとも抵抗器と正弦波交流電圧源とから成る交流回路であると理解できる。

本学では正弦波交流以外の交流のことも力率のことも講義しているが、臨床検査技師教育用の書籍「臨床検査学講座 医用工学概論⁴⁾」では力率に関しては触れ、正弦波交流以外の交流については触れていないようである。また、抵抗器とコンデンサー、コイル、および正弦波交流電圧源を直列に接続した交流回路を扱い、電流と電圧の位相

差について触れてはいるが、それらの回路における消費電力、力率については触れられていない。もし、たとえば、「交流」といえば「正弦波交流」のことだけでよいというようなことであれば、もっと明確に臨床検査の分野における教育の範囲を限定すべきである。しかし、国家試験に出題されるところだけを教育するようになってしまえば、当然のことながら教育の質の低下、ひいては臨床検査技師の質の低下に繋がるのではと危惧される。教育内容を限定的にするよりは、国家試験問題の出題を正確に、厳密に行うべきである。

文 献

- 1) オンライン学術用語集. 国立情報学研究所 学術基盤推進部 学術コンテンツ課.
<http://scitern.nii.ac.jp/cgi-bin/reference.cgi>.
- 2) 國友正和, 滝川 昇, 牧島一夫, 河本敏郎, 黒田橋彦, 小林雅之, その他. 第 2 編 第 4 章 4 節 交流回路. 改訂版高等学校 物理 II. 東京: 数研出版 2008: 152-60.
- 3) 大槻義彦, 小牧研一郎, 長岡洋介, 原 康夫, 岩谷直之, 右近修治, その他. 第 2 章 3 節 3C, 3D, 物理学 II 新訂版. 東京: 実教出版 2009: 156-61.
- 4) 嶋津秀昭, 若松秀俊, 北村清吉, 石川敏三, 石山陽事, 野島一雄. 第 2 章 VII. 交流路, 臨床検査学講座 医用工学概論. 東京: 医歯薬出版株式会社 2006: 40-50.