

専 門 科 目

# 環境システム工学

## 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題用紙を開いてはいけません。
- 2 問題用紙は9ページで、解答用紙は3ページあります。試験開始の合図があつてから確かめなさい。  
※ 環境システム工学を受験する際の注意
  - ① 試験問題は、問題1から問題7まであります。
  - ② 受験者は、問題1を必ず解答すること。
  - ③ 受験者は、問題2から問題7までの6問の中から2問を選択して、解答すること。
  - ④ 解答用紙は、1枚目は問題1用で、2枚目及び3枚目は選択問題用です。2枚目及び3枚目については、どの問題を選択したのかを左肩の欄に記入後、解答すること。
- 3 監督者の指示に従い、解答用紙の各ページに受験番号を記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
- 4 文字などの印刷に不鮮明なところがあった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 問題用紙の余白は下書きとして利用してかまいません。
- 7 試験終了後、配付された問題用紙、下書用紙は持ち帰りなさい。

# 問題用紙

( 環境システム工学 )

## 【問題 1】 (共通問題)

問 1 次の文章を読み、(a)～(g)に、下の解答群から文意に合う語句を重複なく選びなさい。

近年の人間活動の拡大に伴って (a)、(b) 等の温室効果ガスが人為的に大量に大気中に排出されることで、地球が過度に温暖化するおそれが生じています。特に (a) は、化石燃料の燃焼などによって膨大な量が人為的に排出されています。

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) が 2007 年 (平成 19 年) に取りまとめた第 4 次評価報告書によると、世界 (c) は 1906～2005 年の間に 0.74℃ 上昇し、20 世紀を通じて (d) は 17cm 上昇しました。また、最近 50 年間の気温上昇の速度は、過去 100 年間のほぼ 2 倍に増大しており、(d) の上昇速度も近年ではより大きくなっています。

また、同報告では、世界全体の経済成長や人口、技術開発、経済・エネルギー構造等の動向について複数のシナリオに基づく将来予測を行っており、1980 年から 1999 年までに比べ、21 世紀末の (e) の上昇は、環境の保全と経済の発展が地球規模で (e) する社会では、約 1.8℃ と予測する一方、高度経済成長が続く中で化石エネルギー源を (f) した社会では約 4.0℃ と予測しています。

同報告では、新しい知見として、地球温暖化により、大気中の (a) の陸地と海洋への取り込みが減少するため、地球温暖化が一層進行すると予測されています (気候-炭素循環のフィードバック)。また、大気中の (a) 濃度の上昇に伴って海洋は (g) しており、すでに産業革命前に比べて海面の平均 pH は 0.1 低下し、21 世紀中にさらに pH が 0.14～0.35 低下して (g) が進行すると予測されています。

(「平成 25 年版 環境・循環型社会・生物多様性白書」の一部を改編)

解答群： 富栄養化， 酸性化， 水素， 独立， 平均地上気温， リン， 平均海面水位， 重視， 軽視， 平均地表面気圧， メタン， 平均地表面湿度， 両立， 二酸化炭素， 相反， 塩基性化
--

# 問題用紙

## ( 環境システム工学 )

問2 表1は主要国の2009年の人口と年間一次エネルギー消費量を示している。表中のデータを使って次の問いに答えなさい。

- (1) 一人あたりの年間一次エネルギー消費量の世界平均を小数点1桁まで求めなさい。
- (2) 日本の一人あたりの年間一次エネルギー消費量は世界平均の何倍かを小数点1桁まで求めなさい。
- (3) 12か国の中で一人あたりの年間一次エネルギー消費量の多い順から2位と11位の国の名前を答えなさい。
- (4) 温暖化対策としてエネルギー消費量削減に関する国際的枠組みを考える際に、各国の総消費量の一律削減を求めるべきでないという意見がある。表1と(1)～(3)の結果を分析し、160字以内でこの意見を考察しなさい。

表1 主要国の2009年の人口と年間一次エネルギー消費量

国名	人口 (億人)	人口比率 (%)	消費量 (億トン)	消費量比率 (%)
中国	13.5	19.7	21.8	19.5
インド	12.0	17.5	4.7	4.2
アメリカ	3.1	4.6	21.8	19.5
ブラジル	1.9	2.8	2.2	2.0
ロシア	1.4	2.1	6.4	5.7
日本	1.3	1.9	4.7	4.2
ドイツ	0.8	1.2	2.9	2.6
フランス	0.6	0.9	2.5	2.2
イギリス	0.6	0.9	2.0	1.8
イタリア	0.6	0.9	1.7	1.5
韓国	0.5	0.7	2.3	2.1
カナダ	0.3	0.5	3.2	2.9
その他	31.7	46.3	35.5	31.8
世界合計	68.3	100.0	111.7	100.0

注：消費量は石油換算年間一次エネルギー消費量である。

(「State of World Population 2009」と「BP Statistical Review of World Energy June 2010」のデータに基づいて作成)

# 問題用紙

( 環境システム工学 )

問3 囲み内の文章は「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」の仕組みを示している。次の箇条書きの条件に従い、下の問いに答えなさい。

- 電力会社は再生可能エネルギーによる発電量を全量買い取るとする。電気料金  $P$  [円/kWh] と買取価格  $Q$  [円/kWh] は一定とし、 $Q > P$  である。
- 制度導入  $t$  年後の「再生可能エネルギーによる発電量の全発電量に占める比率  $R$ 」を  $R(t)$  [%] とする。
- $R(t)$  は線形的に定数  $a$  [%/年] で毎年増加する。
- 制度導入時の  $R$  を定数  $R_0$  [%] とし、 $R_0$  分の発電量は本制度での買取の対象としない。 $R_0$  分の発電量は  $P$  での買取とする。
- 制度導入の最終目標は「 $R$  を  $R_T$  [%] まで引き上げること」とする。

- (1)  $R(t)$  [%] を式で表しなさい。
- (2) 制度導入  $t$  年後に消費者が支払う賦課金  $F(t)$  [円/kWh] を式で表しなさい。
- (3)  $R_T$  [%] に達するまでの年数  $T$  を式で表しなさい。
- (4)  $R_T$  に達した時の賦課金  $F_T$  [円/kWh] を式で表しなさい。

今はまだコストの高い再生可能エネルギーの普及を社会全体で支え、普及を進めるのが固定価格買取制度です。太陽光、風力、水力、地熱、バイオマスによって発電者が発電した電気を、電力会社に、一定の期間・価格で買い取れることを義務づけます。

電力会社が買い取った再生可能エネルギーの電気は、送電網を通じて皆さんが使う電気となります。このため、再生可能エネルギーによる電気を電力会社が買い取る費用は、電気を使用する皆さんから、電気料金に上乗せして、「賦課金」という形で集められています。

(「政府広報オンライン」の一部を改編)

# 問題用紙

( 環境システム工学 )

## 【問題2】 (情報分野)

下図のような1次元バーコードに関する囲み内の説明文[1]～[8]を読みながら、下の問いに答えなさい。

開始	1文字目	2文字目	中央	3文字目	4文字目	終了
	1 0 0 0 1 1 0 1	0 0 0 0 1 0 1 0	1 0 1 0	1 1 0 0 1 1 0	1 1 0 0 1 0 0 1	
	7ビット	7ビット		7ビット	7ビット	
パーツ数が4 パーツごとの ビット数	3 2 1 1	4 1 1 1		2 2 2 1	2 2 1 2	

- [1] スキャン方向単位長さの白い帯を0, 黒い帯を1として2進数で表現する。
- [2] 開始, 終了は1とし, 文字数は偶数個(上図では4文字)とし, 010を中央に挟む。
- [3] 連続した白(0, 00, 000, ...)をスペース, 黒(1, 11, 111, ...)をバーと呼ぶ。
- [4] 文字を表すコードは任意の個数のスペースとバー(ここではまとめてパーツと呼ぶ)の「白黒交互」の組み合わせで構成する。
- [5] ビット数とパーツ数を決め(上図では7ビットでパーツ数4), そのひと組のコードで1文字を表す。

問1 3ビットでパーツ数が2のとき, 条件を満たすコードは001, 011, 100, 110である。さて, 5ビットでパーツ数が4のとき, 条件を満たすコードをすべて示しなさい。

- [6] 左右逆にスキャンしても誤らないようにしなければならない。上図の4文字目を例に取れば, 1100100に対し, 左右逆にみた0010011というコードは使わないことにすれば, それが読めた時点で逆にスキャンしたことがわかる。

問2 前問で求めたすべてのコードのうち, 上記[6]の条件を満たすように, 使えないコードを排除した組み合わせを1組示しなさい。

- [7] 中央から左側の文字は0から, 右側は1から始まるコードを用い, かつ偶数個のパーツ数を選ぶと, 必ずスペースとバーが隣り合うことになり判読しやすい。

問3 上図最下行のように「パーツごとのビット数」を並べることで, 0001101と1110010は3211と表現できる。3211が2コードあって, 逆に並べた1123も2コードあるはずである。1文字に対し左用と右用の2コードが必要であることを考えると, 3211か1123のどちらか1つを取れば, 1文字分の2コードを確保できることを示しなさい。

- [8] 表現したい文字の種類は数字(0~9)の10種類である。

問4 上記[8]を満たすためには7ビットでパーツ数が4であればよいことを, 前問の考え方をを用いて示しなさい。

# 問題用紙

( 環境システム工学 )

## 【問題3】 (物理分野)

問1 図1(A)のように、ばね定数  $k$  [ $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$ ]のばねが鉛直に立てられている。この時のばねの長さ(自然長)を  $z$  [m]として、次の問いに答えなさい。ただし、重力加速度を  $g$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ]とし、ばねの質量と空気抵抗は無視する。

(1) 質量  $m$  [kg]の小球をばねの上に置き、小球を上から押し、ばねを自然長から  $d$  [m]押し縮めた(図1(B))。この時、小球がばねから受ける力 [N]を  $k, z, g, m, d$ のうち必要なものを用いて表しなさい。

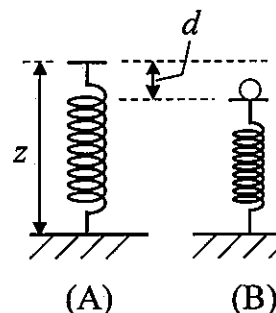


図1

(2) (1)の状態から小球を鉛直真上に発射した。ばねが自然長の時、小球がばねから離れたとする。この時、小球の速度 [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]を  $k, z, g, m, d$ のうち必要なものを用いて表しなさい。

(3) 鉛直真上に発射された後、小球が最高点に達した。自然長のばねの上端から小球までの高さが1.0 m以上になる、 $d$  [m]の条件式を表しなさい。

問2 図2のように、光が真空中から屈折率  $n_1, n_2$ の媒質に入り再び真空中にでてくる場合について、次の問いに答えなさい。ただし、光は媒質に垂直に入り、真空中の光速度を  $c$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]とする。

(1) 屈折率  $n_1$ の媒質中の光の速度を  $n_1, n_2, c, d$ のうち必要なものを用いて表しなさい。

(2) 地点 AB 間の距離を  $l$  [m], 媒質の厚さをそれぞれ  $d$  [m]とした場合、地点 AB 間の光路長を  $n_1, n_2, c, d, l$ のうち必要なものを用いて表しなさい。

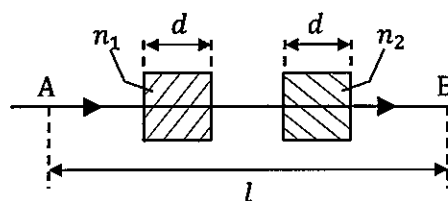


図2

問3 電熱器に100 Vの電圧を加えたところ、2 Aの電流が流れた。この電熱器に熱容量  $100 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ の容器を取り付け、温度290 Kの液体を入れて加熱する。この液体の質量が0.35 kgの場合、その温度を10 K上昇させるのに何秒かかるか答えなさい。ただし、液体の比熱はその温度によらず  $4000 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ 、電熱器で発生する熱は損失しないとする。

# 問題用紙

( 環境システム工学 )

## 【問題 4】 (生物分野)

問 1 次の説明に最も適切な語句を答えなさい。

- (1) 植物細胞に存在する光合成を行う細胞小器官の名称
- (2) 酵素が有するある特定の基質に対してのみ働く性質
- (3) 核膜に包まれた核を持たない細胞の名称
- (4) 生物の形や性質などを変える DNA 塩基配列上の変化
- (5) 生物に対して生殖器異常や正常なホルモン作用のかく乱を引き起こす環境中に存在する化学物質の総称

問 2 次の文章を読み、下の問いに答えなさい。

フラスコにグルコース溶液と酵母菌を入れ、脱気して無酸素状態にしたのち、 $35^{\circ}\text{C}$ で保温したところ気体が発生した。

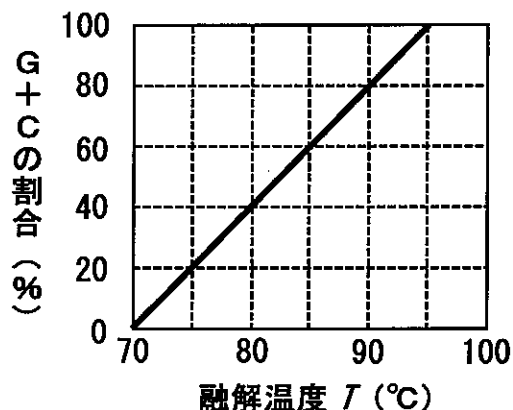
- (1) 発生した気体の化学式を答えなさい。
- (2) 発生した気体以外に、酵母菌により生成される化学物質の名称を答えなさい。
- (3) 酵母菌により行われた化学反応の名称を答えなさい。
- (4) 酵母菌により行われた化学反応の反応式を答えなさい。

問 3 次の文章を読み、下の問いに答えなさい。

DNA は、( ア )、( イ )と五単糖の一種である ( ウ ) が結合したヌクレオチドが多数つながり、長い二本鎖を形成している。( ア )には、G (グアニン)、A ( エ )、T (チミン)、C ( オ ) の4種がある。

- (1) 文中の空欄 ( ア ) ~ ( オ ) に入る適切な語句を答えなさい。

- (2) 右図は、二本鎖 DNA において G と C の合計が占める割合 (%) と二本鎖 DNA が分かれて一本鎖になる温度 (融解温度  $T$ ) との関係を示したものである。ある DNA において G のみが占める割合は 20%であった。この DNA の  $T$  は約何度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) になるか答えなさい。



# 問題用紙

( 環境システム工学 )

## 【問題 5】 (化学分野)

問 1 次の問いに答えなさい。

- (1) 8 個の陽子と 8 個の中性子と 10 個の電子からなる単原子イオンを記号で答えなさい。
- (2) 次の 5 つの物質のうち、単体でないものを 1 つ選び答えなさい。  
黒鉛, オゾン, 水, ナトリウム, 赤リン
- (3) 原子内の電子のうち、最も外側の電子殻にあり、化学結合に深く関与する電子の名称を答えなさい。
- (4) セメント固化の代表的反応として  $\text{CaO}$  と  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と水から  $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_{12}$  となる反応がある。この化学反応式を書きなさい。
- (5) 次の 4 つの化合物のうち、下線を引いた原子の酸化数が最も小さいものの化学式を書きなさい。



問 2 図 1 はクロムの結晶格子を示す。

- (1) 図 1 の結晶格子の名称を答えなさい。
- (2) 図 1 の単位格子内に含まれる原子の数を答えなさい。
- (3) 単位格子の 1 辺を  $a$  [cm], アボガドロ定数を  $N_A$  [/mol], クロムのモル質量を  $M_{\text{Cr}}$  [g/mol] としたとき、結晶の密度を表す式を書きなさい。

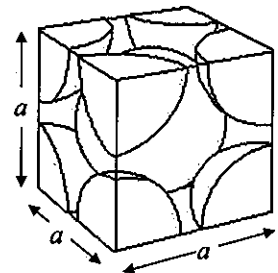


図 1

問 3 図 2 は水の蒸気圧曲線である。気体は全て理想気体とし、答えは有効数字 2 桁で記入しなさい。ただし、気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ , 絶対温度  $T$  [K] とセルシウス温度  $t$  [°C] の関係は  $T = t + 273$  とする。

- (1) ピストン付き容器の内容積を 0.83 L に調節し、この容器を真空にして、水を 0.0010 mol 入れ、27°C に保ったときの圧力は何 Pa になるか答えなさい。
- (2) さらに温度を 27°C に保ったまま、ピストンをゆっくり押し、容器内に液体の水が生じ始めるときの容器の内容積は何 L になるか答えなさい。
- (3) (2) と同じ温度でさらにピストンを押し、容器内の容積を 0.50 L にしたときの圧力は何 Pa になるか答えなさい。

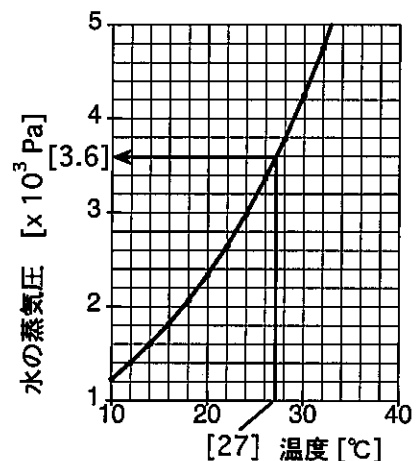


図 2



**問題用紙**  
( 環境システム工学 )

**【問題6】 (環境分野)**

問1 水道水を給水する際に行われる塩素消毒について、次の文章を読み、下の問いに答えなさい。

日本においては、水道法によって水道水として給水する水は、塩素で消毒を行うことが決められている。この塩素消毒は、(i)式に示すように塩素を水に注入すると、加水分解して生じる次亜塩素酸によるものである。



次亜塩素酸の一部は、水中では次のようにイオンとして存在している。



この水中の次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンとを合わせて[ C ]塩素、または[ C ]残留塩素と呼ぶ。

- (1) (i)式および(ii)式中の  $\boxed{\text{A}}$  と  $\boxed{\text{B}}$  に入る物質を化学式で答えなさい。
- (2) [ C ]に入る最も適切な語句を以下の中から一つ選びなさい。  
[ 固定, 自由, 遊離, 消費, 有機 ]
- (3) 塩素消毒の長所を 150 字以内で説明しなさい。
- (4) 塩素消毒の短所を 150 字以内で説明しなさい。

問2 次の文章を読み、下の問いに答えなさい。

水中の植物プランクトンや魚類は、環境水中の重金属や化学物質を水中濃度に比べて著しく高い濃度にまで蓄積することが多い。生態系では、そのような物質を蓄積した生物を食物として摂取することで $\boxed{\text{ア}}$ の上位の生物ではより高濃度の蓄積が起こる。このように、特定の物質が、環境中に比べて高濃度に生物の体内に取り入れられ、蓄積することを $\boxed{\text{イ}}$ という。 $\boxed{\text{イ}}$ の度合いを示すものとして、ある物質の生物の体内濃度を環境中濃度で割った値を濃縮係数と言う。

- (1)  $\boxed{\text{ア}}$ と $\boxed{\text{イ}}$ に入る最も適切な語句を答えなさい。
- (2) ある魚に対して濃縮係数 10,000 で蓄積する化学物質 X があるとする。いま、X の環境水中濃度が 0.001 mg/kg だとすると、X の魚における濃度を答えなさい。
- (3) 前問に示した魚を通して、人が X を摂取する場合を考える。X の人の健康へ悪影響を及ぼさない 1 日当たりの最大摂取量が 5 mg だとする。X の人の 1 日当たりの摂取が最大摂取量になるとき、その魚の摂取量は 1 日何 kg になるか答えなさい。ただし、他の経路からの X の摂取は無いものとする。

**問題用紙**  
( 環境システム工学 )

**【問題 7】 (統計分野)**

次に示すデータに関する下の問いに答えなさい。

$i$	$x_i$	$y_i$
1	0	2
2	1	0
3	-1	3

- 問 1  $x_i$  と  $y_i$  の散布図( $i=1, 2, 3$ )を図示しなさい。
- 問 2  $x_i$  と  $y_i$  には,  $y_i = ax_i + b + \varepsilon_i$  の関係があると仮定する。  
この時,  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$  を,  $a$  と  $b$  を用いた式で表しなさい。
- 問 3 残差平方和  $Q = \sum_{i=1}^3 \varepsilon_i^2$  を求めなさい。
- 問 4 残差平方和が最小値をとるとき,  $a$  と  $b$  が満たすべき条件 (連立方程式) を,  
偏微分を用いて求めなさい。
- 問 5 問 4 で求めた連立方程式を解き, 回帰式の係数である  $a$  と  $b$  を求めなさい。ま  
た, 求めた回帰式のグラフを, 問 1 の散布図上に図示しなさい。
- 問 6 問 5 で求めた回帰式の決定係数を求めなさい。