

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4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枚目及び2枚目は問題1用で、3枚目及び4枚目は選択問題用です。3枚目及び4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、下の問いに答えなさい。

我が国は、一次エネルギー自給率が低く、ほとんどのエネルギー源を海外からの輸入に頼っています。我が国は、1973 年度の第一次 (ア) 危機以降、様々な省エネルギー対策に取り組んだことから、2010 年度でみると、エネルギー消費量は、1973 年度の (A) _____ 倍の増加にとどまっています。

世界のエネルギー需要量は、2000 年に石油換算で 98 億トンであったものが、2011 年には 127 億トンとなり、さらに 2035 年には 169 億トンに達すると見込まれています。石油、天然ガス、石炭の埋蔵量は、2000 年代後半から、北米の (イ) 革命を始めとする (B) 非在来型資源の開発進展等により増加傾向にあります。

温室効果ガスについてみると、京都議定書の基準年の (ウ) には世界全体のエネルギー起源二酸化炭素排出量は 203 億トンでしたが、2011 年には 300 億トンに増加しました。国際エネルギー機関の予測によれば、世界全体のエネルギー起源二酸化炭素排出量は、2035 年には 357 億トンへと増加すると予測されています。

2013 年から 2014 年にかけて公表された気候変動に関する政府間パネルの第 5 次評価報告書は、「1880 年から 2012 年において、世界平均地上気温が (エ) °C 上昇」したとの評価を公表しました。

(エネルギー白書 2014 から抜粋・改編)

(1) 上記文章中の空欄 (ア) ~ (エ) に入る最も適切な語句や数字を次の解答群から選択し答えなさい。

解答群： 1980 年, 1990 年, 2000 年, 0.35, 0.85, 1.35, 金融, 石油, 食料, シェール, メタン, 水素

(2) 表 1 は、我が国の実質 GDP とエネルギー消費量の推移を表している。表のデータを用いて、下線部(A)の数値を小数点以下第 1 位まで求めない。

(3) 下線部(B)の非在来型資源は、従来とは異なる方法で生産される石油・天然ガス等の資源である。非在来型資源のうち、天然ガス資源の名称を一つ挙げなさい。

(4) 表 1 のデータを用いて、実質 GDP 当たりのエネルギー消費量が 1973 年度から 2010 年度までに何%減少したか整数で答えなさい。

問題用紙

(環境システム工学)

問2 次の文章を読み、下の問いに答えなさい。

我が国では、「生物多様性の保全と持続可能な利用」に向けて取り組んでいます。野生生物の現状について、平成3年に『日本の絶滅のおそれのある野生生物』を発行して以降、定期的に(c)_____を見直しています。

(平成26年版 環境・循環型社会・生物多様性白書から抜粋・改編)

- (1) 下線部(C)は、国際自然保護連合が公表している絶滅危惧種のリストと同じ名称である。その名称を答えなさい。
- (2) 絶滅のおそれのある野生動植物の輸出入を規制する条約名を答えなさい。

問3 表2と表3は、それぞれ地域別の1人当たりの水資源量の推移・予測と世界人口の推移・予測を表している。これらの表と次の文章を読み、下の問いに答えなさい。

国連世界水アセスメント計画が2014年に発表した『世界水発展報告書2014』によれば、世界の1人当たりの利用可能な水資源量は平均6,100 m³/年(2010年)であり、農業、工業、エネルギーおよび環境に必要な年間1人当たりの水資源量1,700 m³/年を大きく上回っている。

(平成26年版「日本の水資源」から抜粋・改編)

- (1) 2010年から2050年までに1人当たりの水資源量がどう推移するか、世界全体および地理的な状況を踏まえ100文字以内で答えなさい。
- (2) アフリカ地域は、北アフリカと南アフリカの2つの地域に分けられ、それぞれの地域の人口を P_1 、 P_2 とする。2010年において、北アフリカ地域と南アフリカ地域の1人当たりの水資源量がそれぞれ、284 m³/年、4,541 m³/年であった。この時、 P_2 は P_1 の何倍になるか整数で答えなさい。ただし、アフリカ全体の1人当たりの水資源量は3,851 m³/年である。

問4 図1と図2は、それぞれ電気使用量の季節変化の推移と最大使用電力発生日の使用電力の推移を表している。これらの図について、次の問いに答えなさい。

- (1) 1965年度以降、1年間の電気使用量がどのように変化したのか60文字以内で説明しなさい。
- (2) 発電設備の利用効率を上げるには、使用電力の日中変化をどのようにするのが望ましいか、100文字以内で答えなさい。

問題用紙

(環境システム工学)

表1 我が国の実質 GDP とエネルギー消費量の推移
(エネルギー白書 2014 から抜粋・改編)

年度	実質 GDP (兆円)	エネルギー 消費量(10 ¹⁸ J)
1965	108	4.54
1970	177	8.84
1973	214	11.10
1975	225	10.51
1980	272	11.07
1985	337	11.33
1990	430	13.89
2000	477	15.98
2005	507	16.00
2010	513	14.97

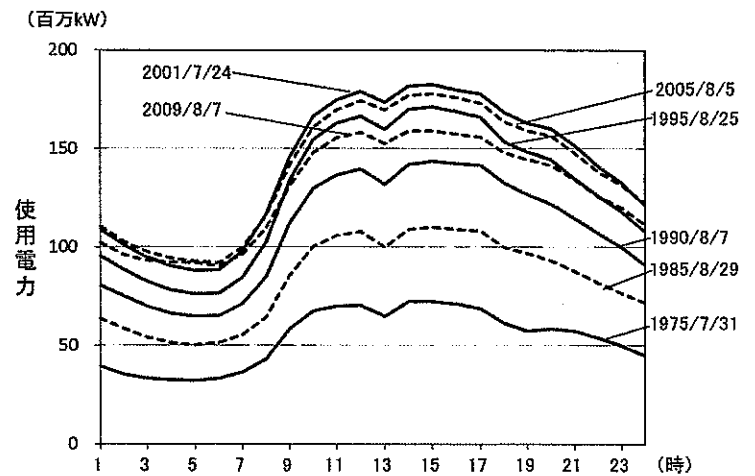
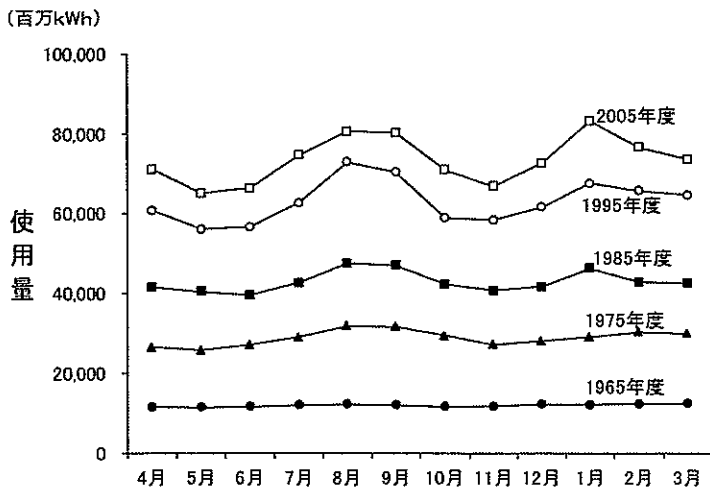
表2 地域別の1人当たりの水資源量の推移・予測
(平成26年版「日本の水資源」から抜粋・改編)

	単位 : m ³ /年			
	2000年	2010年	2030年	2050年
アフリカ	4,854	3,851	2,520	1,796
アメリカ	22,930	20,480	17,347	15,976
アジア	3,186	2,845	2,433	2,302
ヨーロッパ	9,175	8,898	8,859	9,128
オセアニア	35,681	30,885	24,873	21,998
世界全体	6,936	6,148	5,095	4,556

表3 世界人口の推移・予測

(World Urbanization Prospects: The 2014 Revision から作成)

	単位 : 百万人			
	2000年	2010年	2030年	2050年
アフリカ	808	1,031	1,634	2,393
アメリカ	842	943	1,120	1,228
アジア	3,717	4,165	4,887	5,164
ヨーロッパ	729	740	736	709
オセアニア	31	37	47	57
世界全体	6,127	6,916	8,424	9,551



問題用紙

(環境システム工学)

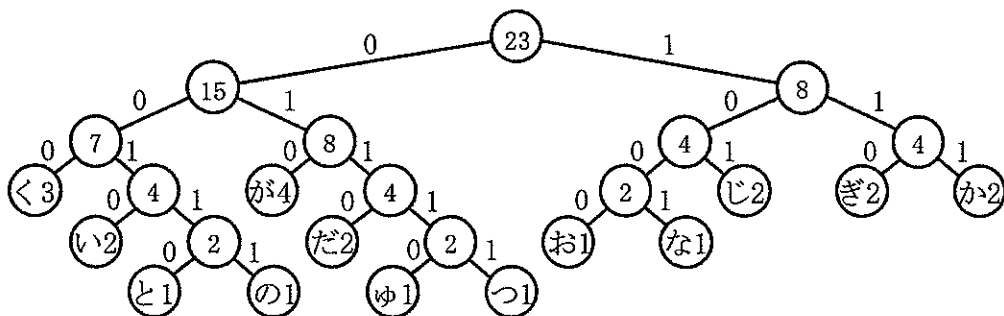
【問題 2】 (情報分野)

まず初めに、文字列①を「ながおかぎじゅつかがくだいがくとぎがくのじだい」、
文字列②を「NAGAOKAGIJUTUKAGAKUDAIGAKUTOGIGAKUNOJIDAI」とする。
文字列①は 13 種類の文字、文字列②は 10 種類の文字が使われており、各文字の出現文字数を数えることができる。これを基に、文字列①を次の 2 つの方法で符号化した。

(方法 1) 文字列①について出現文字数が多い順に各文字を並べ、(a) 上位と下位の文字数がだいたい半分になる場所を区切りとして分け、それぞれに 0, 1 のラベルを付ける。分けられた上位と下位の部分にそれぞれ下線部(a)の処理を行い、各文字がすべて区切れるまで再帰的に繰り返し行う。すると、「が」は 000, 「い」は 1011, 「の」は 11111 というように、13 文字がそれぞれ異なる 2 進数で符号化でき、それを使えば文字列①は 83 ビットの長さで符号化できる。全体の結果の例は下表のようになった。

文字	が	く	か	ぎ	じ	だ	い	な	お	ゆ	つ	と	の	
文字数	4	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
1 ビット目	0							1						
2 ビット目	0			1	0					1				
3 ビット目	0	1	0	1	0	1	0				1			
4 ビット目			0		1	0		1	0		0	1		
5 ビット目									0		1	0		1

(方法 2) 文字列①に出現する 13 文字を並べ、次のルールで二分木を作成する。初めに、13 個の各文字を「ノード」とする。(b) ノードのうち出現文字数の少ない物 2 個を 0, 1 のラベルを付けた 2 つの枝でつなぎ、それらの文字数の合計値を新しいノードとし、つなぐ前の 2 つのノードは考慮から外す。この下線部(b)の処理を、ノードが 1 つになるまで再帰的に繰り返し行う。すると、「が」は 010, 「い」は 0010, 「の」は 00111 のように符号化され、文字列①は 83 ビットの長さで符号化できる。全体の結果の例は下図のようになった。



以上のことを踏まえ、下の問いに答えなさい。

- 問 1 (方法 1) で文字列②を符号化し、上表と同等なものを作成しなさい。また、符号化後に文字列②は何ビットの長さとなるかを求めなさい。
- 問 2 (方法 2) で文字列②を符号化し、上図と同等なものを作成しなさい。また、符号化後に文字列②は何ビットの長さとなるかを求めなさい。

問題用紙
(環境システム工学)

【問題3】 (物理分野)

問1 図1に示すように、水平な床の上で質量 m [kg]の物体を初速度 v_0 [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]で勢いよく押し出したところ、距離 x [m]を滑ったあと静止した。この時、下の問いに答えなさい。ただし、物体の空気抵抗は無視できるものとする。

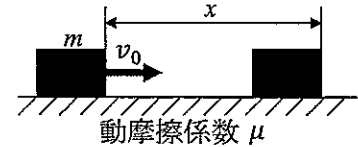


図1

(1) 物体を押し出した時の物体の運動エネルギーを表す式を答えなさい。

(2) 重力加速度 g [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]と床の動摩擦係数 μ を用いて、物体が床から受けた動摩擦力を表す式を答えなさい。

(3) 動摩擦力による仕事と上記(1)で答えた運動エネルギーが等しいとした場合、移動距離 x [m]を表す式を答えなさい。

(4) $m = 1.0$ kg, $g = 10$ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, $\mu = 0.30$ の時, $x = 1.5$ m以上とするための最低の初速度を求めなさい。

問2 超音波のドップラー効果を利用して移動物体の速度を測定する装置がある。この装置に向かって一直線上に物体が移動している時、下の問いに答えなさい。ただし、物体の移動速度を V [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] ($V > 0$) , 装置から物体に照射される超音波の周波数を f_0 [Hz], 音速を V_s [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]とする。

(1) 物体で観測される超音波の周波数 f_1 [Hz]を表す式を答えなさい。

(2) 装置で観測される物体から反射された超音波の周波数 f_2 [Hz]を表す式を答えなさい。

(3) $f_0 = 100$ kHz, $V_s = 320$ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ とした時, $f_2 = 102$ kHzであった。物体の移動速度 V [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]の値を求めなさい。ただし、解答は小数点以下第1位まで求めなさい。

問題用紙

(環境システム工学)

【問題 4】 (生物分野)

問 1 次の説明に最も適当な語句を答えなさい。

- (1) 有機物を酸化してエネルギー生産する細胞内小器官の名称
- (2) 塩基, 糖とリン酸が結合した DNA 分子の基本構成単位の名称
- (3) 酵素の働きを助ける非タンパク質性の有機化合物の名称
- (4) 生物群集内における捕食-被食の連続的なつながりを表す用語
- (5) 成層圏に主に存在し, 太陽からくる有害な紫外線を吸収し生物を守る層の名称

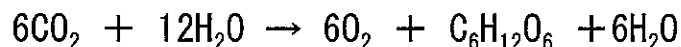
問 2 次の文章を読み, 下の問いに答えなさい。

地中において生物の遺体や排泄物は細菌により分解され, アンモニアが生成される。生成したアンモニアはある種の細菌により好氣的に酸化され亜硝酸へと変換され, さらに硝酸へ酸化される。酸素が存在しない条件下において, 硝酸はある種の細菌により還元され, 一酸化窒素, 一酸化二窒素や窒素に変換され大気中に放出される。

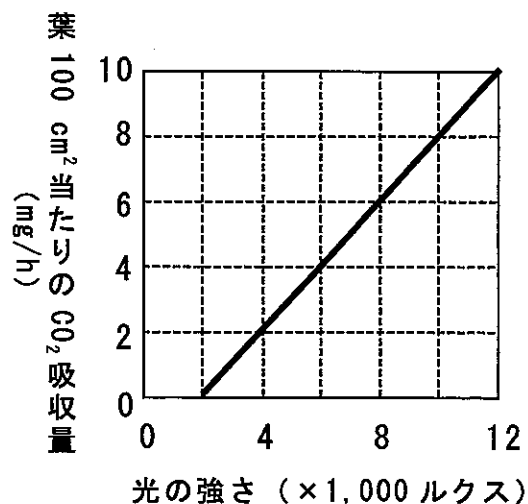
- (1) 下線部を化学反応式で示しなさい。
- (2) アンモニアを好氣的に酸化して硝酸へと導く反応を何と呼ぶか答えなさい。
- (3) 硝酸が還元され窒素や窒素酸化物となって大気中へ放出される反応を何と呼ぶか答えなさい。

問 3 次の式は植物の光合成による大気中の CO_2 のグルコースへの変換反応を示したものである。この式を参考に下の問いに答えなさい。

なお, 原子量は $\text{C}=12, \text{H}=1, \text{O}=16$ とする。



- (1) 右図は, ある植物に異なる強さの光を照射した時の CO_2 吸収量を示したものである。この植物の葉 100 cm^2 に $6,000$ ルクスの光を 11 時間照射したときに吸収される CO_2 の物質質量 (mol) を求めなさい。
- (2) (1) で吸収された CO_2 から生成されるグルコースの量 (mg) を求めなさい。ただし, 吸収された二酸化炭素は全てグルコースに変換されるものとする。



問題用紙

(環境システム工学)

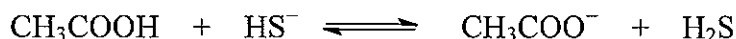
【問題 5】 (化学分野)

問 1 次の文中の ア～ウ には適当な数字を, A～C には適当な化学式を, a～d には適当な語句をそれぞれ答えなさい。

大気は, 主に窒素, 酸素, アルゴン, 二酸化炭素, 水 (水蒸気) からなる。希ガスのアルゴンは安定な電子配置をもった原子であるため (A) の形で存在している。原子番号がアルゴンより 1 小さい塩素は, 最外殻の電子数が (ア) であるため電子を 1 つ受け取り (B) というイオンになりやすく, ナトリウムイオンと塩を形成している。酸素は最外殻の電子数が 6 であるため, (a) 結合により (C) の形で存在し, 共有電子対の数は (イ), 非共有電子対の数は (ウ) である。二酸化炭素は電荷の偏りのない (b) 分子であり, そのため分子間の力が弱く, 固体のドライアイスでは (c) と呼ばれる直接気化する現象が観察される。一方, 水は, 水分子の正電荷を帯びた水素原子と (d) が高く負電荷を帯びた酸素原子が, 異なる分子間で水素結合して液体の水を形成している。

問 2 次の問いに答えなさい。

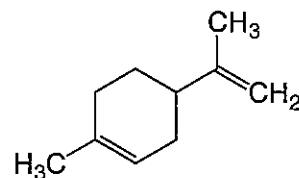
(1) 次の反応において, 酸および塩基を化学式で答えなさい。



(2) 次の a), b) の物質を水に溶解した時, 水溶液は酸性, 中性, 塩基性のいずれを示すか答えなさい。

a) 硝酸アンモニウム b) 塩化カリウム

(3) 右の化合物を構成している水素の数を答えなさい。



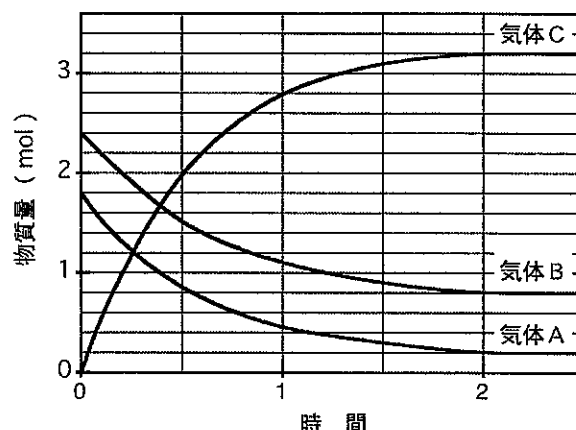
リモネン (柑橘類の香り物質)

問 3 気体 A と気体 B を反応させると気体 C が生成される反応で, 一定温度, 一定体積に保ちながら反応させた場合, 物質量の時間変化は次の図のようになり, 2 時間で平衡に達した。次の問いに答えなさい。

(1) この反応 $a\text{A} + b\text{B} \rightleftharpoons c\text{C}$ の係数 a, b, c を求めなさい。

(2) この反応の平衡定数 K を求めなさい。

(3) 温度や圧力は同じで, 気体 A および気体 B の初期濃度を両方とも 2.5 mol にした場合, 平衡時の気体 C の物質量 [mol] を求めなさい。

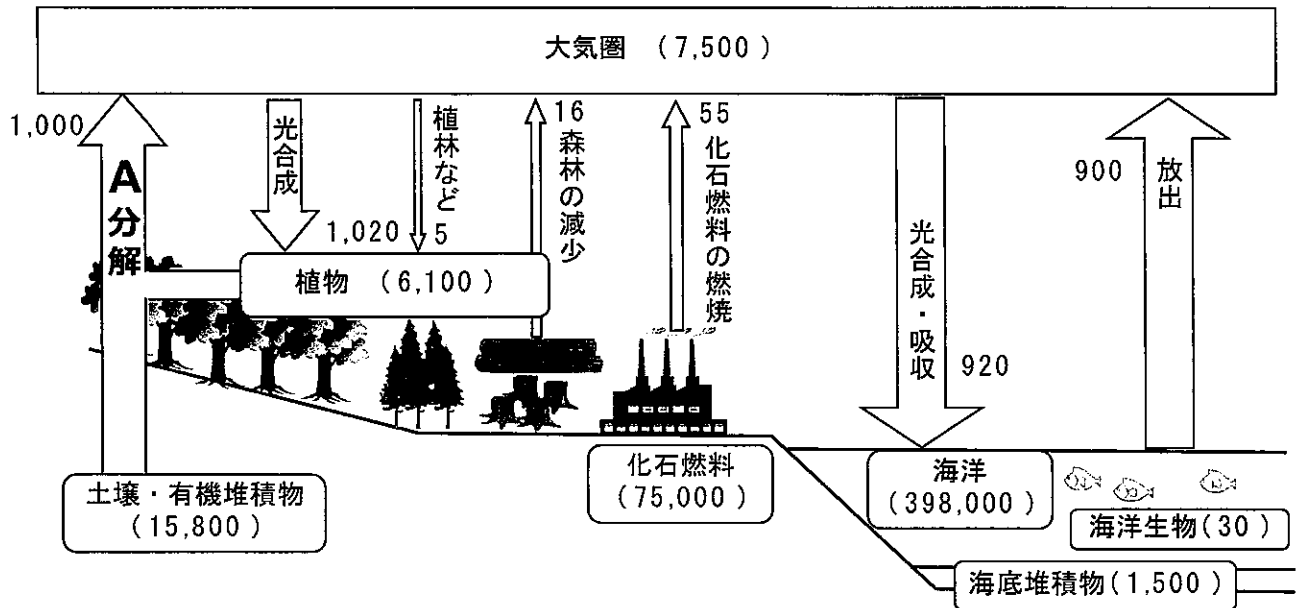


問題用紙

(環境システム工学)

【問題6】 (環境分野)

地球温暖化などの地球規模の環境問題の原因や対策を考える上で、地球規模の炭素の循環を理解することが重要である。次の図は、地球規模の炭素循環を簡単に図示したものである。炭素は、二酸化炭素の形態のほかに水に溶け込んだり、生物体の有機成分、石炭や石油などとして地球上で存在している。図中の数値は、年間移動量 [億 t/年]、カッコ内の数値は炭素の貯留量 [億 t]を表している。次の図を見て、下の問いに答えなさい。



保田仁資著「やさしい環境科学」(化学同人 2003) 改編

(参考) Global Carbon Project "The Global Carbon Cycle" (2006)

- 問1 図中の **A** の分解過程について、土壌微生物による分解は酸素を利用する分解(好気性分解)と酸素を利用しない分解(嫌気性分解)とに分けられる。好気性分解における炭素の最終形態を化学式で示しなさい。
- 問2 大気圏の炭素貯留量は、1年間に何億t増加あるいは減少するか答えなさい。
- 問3 今後も化石燃料を現在の速度で消費し続け、化石燃料貯留量の1パーセントを消費したと仮定する。このとき、大気中の炭素貯留量[億t]はいくらになっているか答えなさい。ただし、年間移動量に変化はないものとする。
- 問4 いま、二酸化炭素(CO_2)、エタン(C_2H_6)、二硫化炭素(CS_2)、ベンゼン(C_6H_6)が、それぞれ炭素換算で1t存在するとき、次の問いに答えなさい。
ただし、原子量は $\text{H}=1$, $\text{C}=12$, $\text{O}=16$, $\text{S}=32$ とする。
- (1) 各物質が標準状態の気体で存在するとき、容積が最も小さい物質を答えなさい。
 - (2) 各物質を質量の小さい順に左から並べなさい。

問題用紙
(環境システム工学)

【問題 7】 (統計分野)

問1 n 個のデータ $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_n)$ からなる母集団がある。このデータの相加平均を \bar{x} , 母集団の標準偏差を S とするとき、次の問いに答えなさい。

(1) \bar{x} , S を表す式を、数学記号 \sum を用いて答えなさい。

(2) $\bar{x} = 6$, $S^2 = 4$ であった場合、 $x_i = 11$ を標準化した値を求めなさい。

問2 離散型確率変数 X が、下の表に示す確率分布 $f(x)$ に従うとき、次の問いに答えなさい。ただし、求める値は小数点以下第1位までとする。

(1) $f(x)$ のグラフを解答用紙に描きなさい。

描画はフリーハンドで良い。

(2) 平均の値を求めなさい。

(3) 標準偏差の値を求めなさい。

X	$f(x)$
0	0.1
1	0.3
2	0.1
3	0.1
5	0.2
6	0.2
その他	0.0