

2020年8月22日 14時30分～16時

都市工学専門 (専攻分野：都市環境工学)

- (1) 専門科目1～7の7科目の中から5科目を選択し、解答しなさい。解答にあたり電卓や計算用のソフトウェアを使用してもよい。
- (2) 答えは1科目につき1ファイルとし、科目毎に別々のpdfファイルとすること。
- (3) それぞれの解答用紙の所定の欄に、科目・問題名(「専門科目1」～「専門科目7」)、受験番号を記入しなさい。受験番号以外に受験者を特定可能な事項(氏名など)を記入してはならない。
- (4) 答えは試験終了時刻30分前(15時30分)から下記の答え提出サイトで提出できる。試験終了時刻10分後(16時10分)までに提出を完了すること。

答え提出サイト(都市工学専門):

<https://>【以下略】

- (5) 問題(このファイル)と、解答に関わる中間生成物は、紙か電子ファイルかに関わらず、答えアップロード完了後直ちにすべて削除あるいは破棄すること。
- (6) 解答用紙と提出したファイルは、指示があるまで保管しておき、指示があり次第直ちにすべて削除あるいは破棄すること。

専門科目 1 上水道学・下水道学

問題1 浄水処理における砂ろ過法は緩速ろ過法と急速ろ過法に大別される。それぞれの処理原理と特徴を説明しなさい。

問題2 下水汚泥の有効利用の例として、以下が挙げられる。それぞれどのような利用方法か簡潔に説明し、さらに、利点と課題を述べなさい。

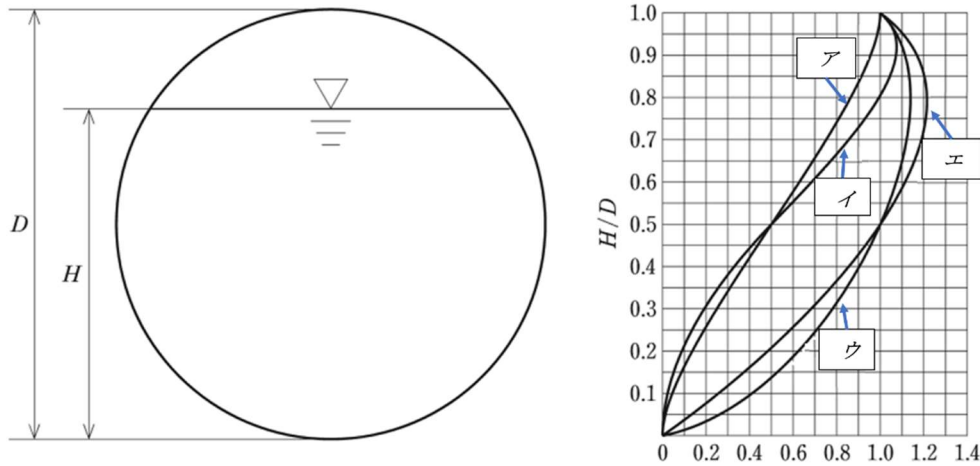
- (1) コンポスト利用
- (2) 消化ガス利用
- (3) 建設資材利用

専門科目 2 水理学

問題 1 以下のア～オの記述のうち、最も不適切なものを選び適切な表現に下さい。

- (1) ア. 層流は、粘性力が支配的であり、滑らかで安定した流れが特徴である。
イ. 層流は、流体が層状になって運動する流れであり、乱流は、流体が不規則に乱れながら運動する流れである。
ウ. レイノルズ数は、流体の重力と粘性力との比で定義される無次元量である。
エ. 開水路の流れの場合では、層流から乱流に遷移するレイノルズ数は、500～1,000 程度が一つの目安である。
オ. 円管内の流れの場合では、層流から乱流に遷移するレイノルズ数は、2,000～4,000 程度が一つの目安である。
- (2) ア. 比エネルギーとは、単位体積重量の水の持つ全エネルギーである。
イ. 比エネルギーの $3/2$ が限界水深である。
ウ. ある比エネルギーに対して最大流量となる水深が限界水深である。
エ. ある流量において比エネルギーが最小となる水深が限界水深である。
オ. 限界水深は、長波の伝搬速度に等しい流速を流しうるときの水深である。
- (3) ア. 等流は、定常流のうち流れ方向に変化しない流れである。
イ. 幅広長方形水路における等流水深は、単位幅流量の $3/5$ 乗に比例する。
ウ. 等流水深が限界水深と等しくなる時の水路勾配が限界勾配である。
エ. 急勾配では、等流水深は限界水深より小さい。
オ. 急勾配から緩勾配へと遷移する場合、勾配変化点の位置では限界流となる。
- (4) ア. マニングの平均流速公式は、実験により経験的に導き出されたものである。
イ. 粗度係数、径深および動水勾配がわかれば、マニングの平均流速公式を用いて平均流速を求めることができる。
ウ. マニングおよびシェジエの平均流速公式とも、平均流速は動水勾配の平方根に比例する形で表現される。
エ. シェジエの平均流速公式におけるシェジエ係数 C は $[m^{1/2} s^{-1}]$ の次元を有する。
オ. シェジエ係数 C とマニングの粗度係数 n との関係は、 $C = \frac{1}{n} R^{1/5}$ で示される。
なお、 R は径深である。

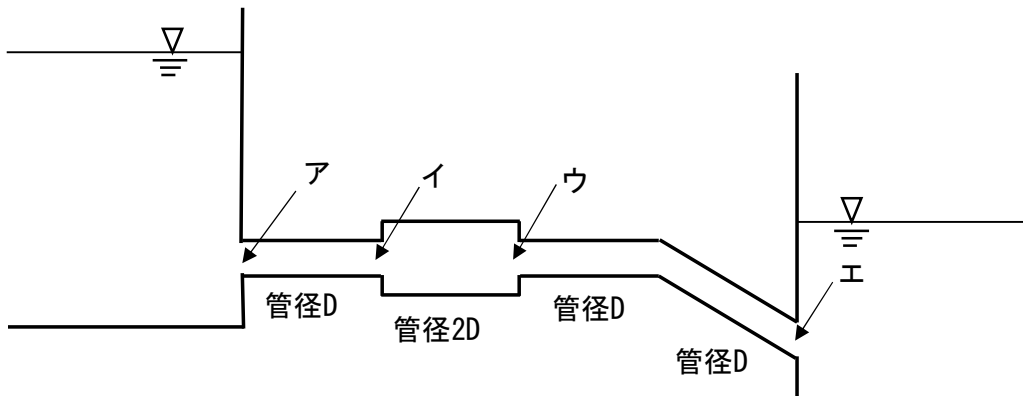
問題2 管径 D の円形断面水路の水力特性曲線は下図のように示される。ここで、任意の水深 H における流積を A 、流量を Q 、潤辺を S 、水面幅を B 、径深を R 、流速を v として、満管の場合の流積を A_0 、流量を Q_0 、潤辺を S_0 、水面幅を B_0 、径深を R_0 、流速を v_0 とする。



- (1) 図中の **ア** と **イ** に当てはまるものを以下の選択肢からそれぞれ選びなさい。
 選択肢： A/A_0 , Q/Q_0 , S/S_0 , B/B_0 , R/R_0 , v/v_0
- (2) 図中の **ア** と **イ** が、 $H/D=0.5$ で値が一致する根拠を説明しなさい。

問題3 下図のような水位の異なる二つの水槽を異径管路で連結して、水位を保ちながら水を流している。異径管の径はそれぞれ D と $2D$ であり、屈曲箇所が一か所ある。

- (1) この管路のエネルギー線と動水勾配線について、それらの特徴を反映して描きなさい。なお、エネルギー線は実線、動水勾配線は破線とすること。
- (2) この管路の **ア**、**イ**、**ウ**、**エ** における形状損失水頭について、大小関係を答えなさい。



専門科目 3 水環境学

問題1 ある開発途上国A国に大都市B市がある。B市は各種の工業が発達している。B市における河川水、地下水については、十分な水質調査が行われておらず、汚染の実態が把握できていないとする。以下の問いに答えよ。

- (1) どのような水質項目もしくは水質項目群について水質調査を行うべきか。B市市民への健康影響を考えた場合に、重要度が高いと思われる項目(群)を2つ挙げ、その理由とともに答えよ。なお、それぞれ異なる理由になるように項目(群)を選ぶこと。
- (2) (1)で行った調査の結果、問題が明らかになった場合、(1)で挙げた2つの項目(群)それぞれについて、考えられる排出源を挙げ、どのような対策を取るべきか、説明せよ。

問題2 日本の閉鎖性水域における水質保全のため、家庭でできる対策として以下(1)、(2)が紹介されている。これらの対策で得られる主な効果について、家庭から排出される物質が閉鎖性水域に到達するまでの経路に注意しながら、それぞれ説明せよ。

- (1) 台所の三角コーナーに水切りネットを使用する
- (2) 廃食用油を排水口に流さない

専門科目 4 環境微生物工学

問題1 次に挙げる用語について、括弧内の用語をすべて使用して説明せよ。

- (1) BOD₅ (窒素、有機物)
- (2) メタン生成 (硫酸還元菌、水素)

問題2 ある排水を微生物によって好氣的に処理したい。この排水には微生物(菌体)が利用できる有機物として、グルコースのみが含まれている事がわかっている。ケモスタット型の反応槽(単槽、連続流入、完全混合の反応槽)でこの排水を処理するための実験を行ったところ、希釈率 $D=0.50 \text{ h}^{-1}$ 、流入グルコース濃度 $1000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ の場合、流出グルコース濃度 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、菌体濃度 $600 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。なお、本問題ではグルコース濃度ならびに菌体濃度はすべて COD 換算値として表してある。

次の問いに答えよ。

- (1) 菌体 1 g あたりのグルコース消費速度 v (g グルコース \cdot g 菌体 $^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) を求めよ。なお、導出過程も示すこと。
- (2) 菌体 1 g あたりの酸素消費速度 Q (g 酸素 \cdot g 菌体 $^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) を求めよ。なお、導出過程も示すこと。
- (3) D を増大させていくと、やがて排水の処理が行われなくなる現象が起こる。この現象が起こる理由を説明せよ。

専門科目 5 環境化学・反応論

問題 1

(1) 以下の説明文中的下線部 a)~d)について、不適切な表現を2つ選び、それらについて適切な表現を答えなさい。

溶液中のイオン種 A の化学ポテンシャル μ_A は、a)標準化学ポテンシャル μ_A° 、活量{A}を用いて、以下のように表される。

$$\mu_A = \mu_A^\circ + RT \ln\{A\} = \mu_A^\circ + RT \ln \left(\frac{[A]}{\gamma_A} \right)$$

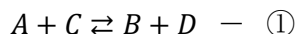
ここで、R:気体定数、T:温度、 γ_A :活量係数、[A]:_{c)}モル濃度。

活量係数は、溶液が理想溶液に近づけば 1 に近づく。活量係数は溶液中のイオン強度に依存し、_{d)}イオン強度が増加すると活量係数は増加する。

(2) 以下の説明文中的下線部 a)~d)について、不適切な表現を2つ選び、それらについて適切な表現を答えなさい。

酸化還元反応において、a)酸化剤は相手の物質に電子を与え、還元剤は相手の物質から電子を獲得する。

酸化還元を伴う反応



は、以下の2つの半反応式として表すことができる。 E_1^0 、 E_2^0 は各半反応の _{b)}標準電極電位である。各成分の活量が{A} = {B}、{C} = {D}のとき、式①の酸化還元電位は _{c)}+0.18 [V] である。この反応は式①の _{d)}右に進みやすい。



(3) 以下の説明文中的 (ア) ~ (エ) に入る用語を答えなさい。

固相-気相、固相-液相などの組合せの系での吸着現象における吸着量は、系の温度と、気相の (ア) または液相の溶質の (イ) に依存する。温度一定で吸着量と (ア) (気相) または (イ) (液相) との関係を表したものを (ウ) といい、吸着の量論を示す一般的な方法である。

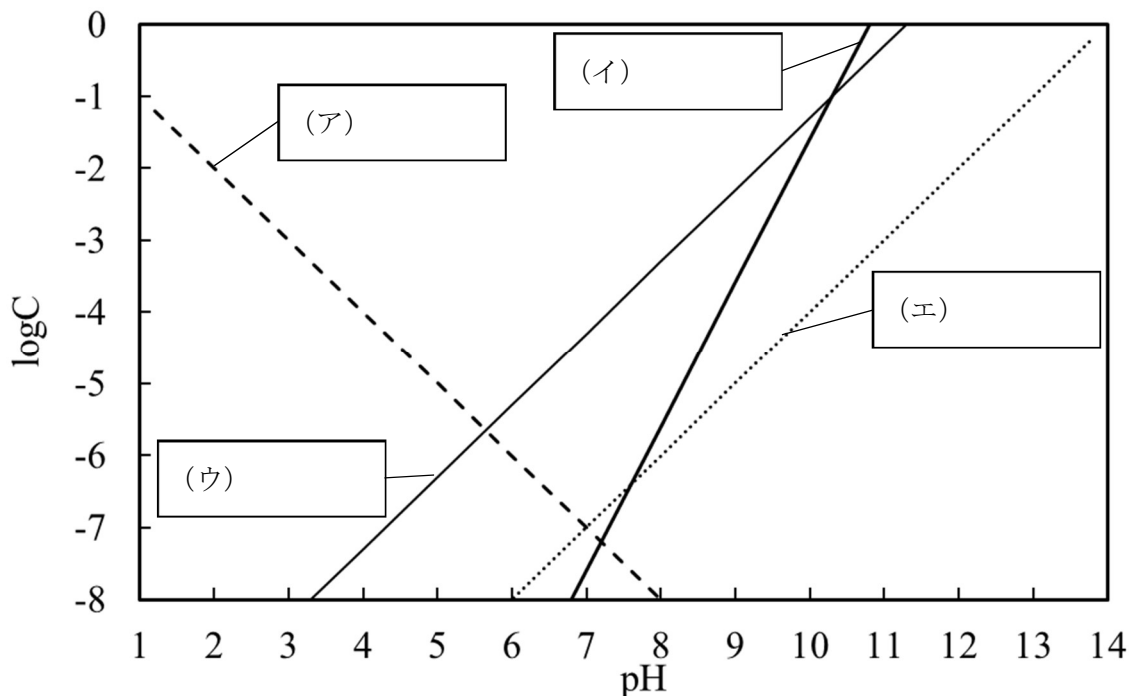
界面では分子やイオンは時間的に吸着と脱着を繰り返している。吸着する量と脱着する量とが時間平均的に等しい状態を (エ) という。

問題2 大気開放された水面を持つ水中における炭酸平衡について考える。水中の H_2CO_3^* 濃度と大気中の二酸化炭素分圧 p_{CO_2} との関係、および各化学種の解離反応は以下の通りである。なお $[\text{H}_2\text{CO}_3^*] = [\text{CO}_2(\text{aq})] + [\text{H}_2\text{CO}_3]$ であり、 K_1 、 K_2 は平衡定数、 K_W は水のイオン積である。

$$\begin{aligned}
 p_{\text{CO}_2} &= 10^{-3.4} \text{ [atm]} \\
 [\text{H}_2\text{CO}_3^*] &= K_H p_{\text{CO}_2} & K_H &= 10^{-1.5} \text{ [mol L}^{-1} \text{ atm}^{-1}] \\
 \text{H}_2\text{CO}_3^* &\rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ & K_1 &= 10^{-6.3} \text{ [mol L}^{-1}] \\
 \text{HCO}_3^- &\rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ & K_2 &= 10^{-10.3} \text{ [mol L}^{-1}] \\
 \text{H}_2\text{O} &\rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^- & K_W &= 10^{-14} \text{ [mol}^2 \text{ L}^{-2}]
 \end{aligned}$$

下図には、この炭酸平衡に関わる化学種のうち4種を pH-logC 図(C はモル濃度 $[\text{mol L}^{-1}]$)に示している。

- (1) 各直線が示す化学種 ~ を以下の中から答えなさい。
 H_2CO_3^* 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 H^+ 、 OH^-
- (2) (1) で選ばなかった化学種について、濃度と pH の関係を説明しなさい。
- (3) (2) の化学種と化学種 の直線の交点の pH を答えなさい。導出過程も示すこと。



専門科目 6 地球環境工学

以下の文章を読んで（１）～（４）の問いに答えなさい。

(a)家庭からの温室効果ガス削減に向けた新たな消費形態への転換が求められている。シェアリングサービスも新たな消費形態のひとつに挙げられる。広義での「シェアリング」は昔からよくある消費形態である。しかし、近年の「シェアリング」は「誰もがいつでもどこでもインターネットを介して商品やサービスを交換できる IT プラットフォームを提供するサービス」として定義され、新たな市場を創出している。

シェアリングサービスは、大きく「モノ」「移動」「空間」「スキル」「お金」の5つの分野に分類できる。この中でも (b)特に「モノ」と「移動」の分野では、「シェアリング」によって温室効果ガスを削減できると言われている。例えばアメリカの消費者の80%近くが「シェアリングは環境に良い」と答えたという報告もある。しかし、(c)「シェアリング」が本当に温室効果ガス削減に貢献しうるかは議論の的となっている。

こうした中で、実際に各シェアリングサービスが温室効果ガス削減にどれだけ貢献するのかを定量化することは重要である。また (d)得られた科学的知見を基に、消費者に対しより温室効果ガス排出の低い消費形態への移行を促す施策構築が求められる。

- (1) 下線部(a)に関して、家庭からの温室効果ガス削減が必要だとされる根拠を説明せよ。
- (2) 下線部(b)に関して、車のシェアリングには、2つのタイプのサービスがある。民間会社が複数の車をそろえ、駐車場などに専用スペースを設けて車をシェアする「カーシェアリング」と1回の車利用を複数人でシェアする「ライドシェアリング」である。この2つのシェアリング形態のそれぞれにおいて、温室効果ガスを削減できる仕組みを説明せよ。
- (3) 下線部(c)に関して、「モノ」や「移動」のシェアリングにおいて温室効果ガスの排出を増大させる要因を列挙し説明せよ。
- (4) 下線部(d)に関して、温室効果ガス排出の低い消費形態への転換を促すための、科学的知見に基づく施策の設計手順を説明せよ。

専門科目 7 廃棄物管理・資源循環

問題1 以下の問いに答えなさい。

(1) わが国で廃棄物が主に焼却処理されてきた理由について、以下の①～③の高度経済成長期以降の時系列で、社会経済環境的要件が変化するとともに焼却処理の意味が変化してきたことがわかるように説明せよ。

①高度経済成長期

②1990年代

③2000年以降

(2) ストーカ炉を用いる廃棄物の処理について、市民や事業者による廃棄物発生から処理、最終処分に至るまでの流れを以下の用語をすべて用いて説明せよ。

埋め立て 焼却炉 ごみ分別 収集・運搬 汚水処理
ごみバンカー 集塵 資源回収 熱利用

問題2 以下の「プラスチック資源循環戦略」の記述に関連し、(1)(2)の問いに答えなさい。

近年プラスチックほど短期間で経済社会に浸透し、我々の生活に利便性と恩恵をもたらした素材は多くありません。また、プラスチックはその機能の高度化を通じて食品ロスの削減やエネルギー効率の改善等に寄与し、たとえば我が国の産業界もその技術開発等に率先して取り組むなど、こうした社会的課題の解決に貢献してきました。

一方で金属等の他素材と比べて有効利用される割合は①わが国では一定の水準に達しているものの、世界全体ではいまだ低く、また、不適正な処理のため世界全体で年間数百万tを超える陸上から海洋へのプラスチックごみの流出があると推計され、(中略)世界全体の取り組みとして、プラスチックの廃棄物の②リデュース、③リユース、徹底回収、④リサイクル、⑤熱回収、適正処理等を行うためのプラスチック資源循環体制を早期に構築するとともに、海洋プラスチックごみによる汚染の防止を実効的に進める必要があります。

(環境省他(2019)プラスチック資源循環戦略 より抜粋)

(1) 「①わが国では一定の水準に達している」と述べる理由について、具体的に説明せよ。

(2) プラスチックについての下線部②～⑤の取り組み例について説明するとともにそれぞれについて技術的課題と社会経済的課題を述べなさい。

以下、白紙