

【問1】（環境工学1）

次の問題1～2に答えよ。

問題1 次の文章を読んで、括弧内 ①～⑫を埋めよ。回答は語群から選べ。

高校生のころ雑貨を扱うお店に行くのが好きだった。素敵な雑貨に混じって、ピンクと水色のラインがきれいなデザインのペットボトル入りの水を見かけた。原産地はヨーロッパの国だった。大学生になって、水質に関する実験実習を履修して、私は初めてこのペットボトルに封入された水の特徴を知ることになった。実験実習では、このヨーロッパ原産の水と、屋久島産の水を試水としてある試験を行った。

試験ではシアン化カリウム溶液を用い、EDTA 溶液を用いて滴定した。指示薬のエリオクロムブラック T によって試水が青色に呈した時を終点として、(①) を求めた。シアン化カリウムは強酸と混ざると (②) が発生して危険と習い、その扱い方に大いに気を使った。

日本の水道法に基づく水質基準では (①) を、水中の (③) と (④) の量をこれに対応する (⑤) の量に換算して表している。水道水質基準として (⑥) mg/L が定められている。

一般的に日本の水は (①) が (⑦) く、(⑧) であることが多い。屋久島産の水も (⑧) であった。一方、ヨーロッパ原産の水は (⑨) であることが多いとされる。(⑨) は油脂石鹼の泡立ちを悪くし、その使用量を (⑩) なければ洗浄力が期待できない。油脂石鹼の泡立ちを悪くするのは石鹼を (⑪) するためである。また、(⑨) は湯沸かし器への (⑫) の付着を生じさせる。

語群

青さび	カルシウムイオン	ナトリウムイオン	マグネシウムイオン
炭酸水素イオン	炭酸カルシウム	300	100 200
海水	硬水 軟水	中水	中程度で 酸性に
総硬度	アルカリ度	電気伝導率	蒸発残留物 青酸ガス
スケール	スムージー	残留塩素	増やさ 減らさ

問題2 次の文章を読んで、括弧内 ①～⑬を埋めよ。回答は語群から選べ。

「最近、近所の川（生活環境の保全に関する環境基準 類型 C）の水に、色がついているのだが、調べてくれないか。」

ある日、電話がかかってきた。工場Aがあやしいとのことだ。調べると、工場Aは食肉処理施設であった。工場Aからの排水を調べるために、工場Aの排水溝の上流側の河川水と工場Aの排水が流入した後の河川水の2試料を採取することにした。試水中のpH、色相、懸濁物質（SS）、全窒素、全リン、溶存酸素（DO）、生物化学的酸素要求量（BOD）、100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量（COD）を測定した。

まず、現地に赴いて試料を採取するとともに、DOの固定操作を行った。酸素瓶に試水を静かに流し込み、気泡が残らないように密栓した。栓をとり、硫酸第一マンガン溶液、アルカリ性ヨウ化カリウム-アジ化ナトリウム溶液をそれぞれ1 mLずつ添加して再び静かに密栓した。酸素瓶を転倒させてよく混合すると、DO濃度が（①）場合は褐色の強い凝集物を生じ、DO濃度が（②）場合は、褐色は弱く白色気味の凝集物を生じる。持ち帰った酸素瓶に硫酸を加え、（③）で滴定した。工場Aの排水が流入した後の河川水の色相は赤であった。また、pHとSSは、生活環境保全に関する環境基準類型Cの範囲内であったが、DOについては範囲を下回り、有機汚濁のある試料であると考えられた。

全窒素の定量には、紫外線吸光光度法を用いた。試水に（④）を加え密栓したのち、（⑤）で120℃で30分間、加熱分解した。その後この溶液をpH 2～3とし、紫外領域である（⑥）nmの吸光度を測定して定量した。全リンの定量はペルオキシ二硫酸カリウム分解法-モリブデン酸青吸光光度法を用いた。ペルオキシ二硫酸カリウムを加えた試料について（⑤）を用いて有機物を分解した。この溶液についてモリブデン酸アンモニウム-アスコルビン酸混合溶液を加えて、可視領域である（⑦）nm付近の吸光度を測定して定量した。

試水を何段階かに希釈して定量した結果、全窒素と全リンの濃度は、工場Aの排水溝の上流側の河川水では、現在の日本でみられる一般的な中・下流河川水の水質レベルであった。一方、工場Aの排水が流入した後の河川水では、水質汚濁防止法に基づく排水基準を超過する窒素含有量、リン含有量であった。

BODは、水中の（⑧）が水中の（⑨）を分解する際に消費する酸素量を測定することで、水質の有機物による汚濁状態を評価する指標である。具体的には試水を20℃で5日間培養した前後の溶存酸素量の差を測定して求める。有機汚濁の大きい水では20℃で5日間培養した際に、酸素瓶内の溶存酸素が消費されつくしてしまう恐れ（溶存酸素が1 mg/L以下）があり、この場合はあらかじめ試料水を希釈することが望ましく（⑩）を作成して希釈する。また、一般に工場排水などは（⑧）が存在してもわずかな場合がある。このような試料では（⑧）を他より加える必要があり、この溶液を（⑪）と言う。希釈倍率はあらかじめ求めた（⑫）による酸素消費量から見当をつけた。BODと（⑫）

は、それぞれ水中の有機物汚濁の評価の指標となるが、BODの場合は（⑧）に頼った定量法であり、（⑧）が利用できない有機物は分解されない。BODの定量には、（⑩）を使用した希釈倍率、（⑪）を使用した溶液の使用の有無等を考慮して定量に臨む必要がある。

このようにして今回定量した2試料のBODの結果のうち、工場Aの排水が流入した後の河川水では、生活環境の保全に関する環境基準で指定された河川の水域類型Cとして定められているBODの（⑬）mg/L以下）を大幅に超過した。

語群

高い	低い	中程度	水酸化ナトリウム水溶液	チオ硫酸ナトリウム水溶液
フタル酸水素カリウム水溶液	水酸化カリウム-ペルオキシ二硫酸カリウム水溶液			
でんぷん水溶液	硝酸銀水溶液	植種希釈液	窒素化合物	ウォーターバス
マイクロウェーブ	高圧蒸気滅菌器	定温乾燥機	インキュベーター	硝化生物
好気性微生物	嫌気性微生物	大腸菌群	有機物	無機物
希釈水	混合水			
家庭生下水	メスフラスコ	-220	1	5
20	220	880		
1200	COD	窒素	リン	DO
SS	pH			

【問2】（環境工学2）

次の問題1～4に答えよ。

問題1 以下の（1）～（5）の問いに答えよ。

（1）原子を構成する3種の粒子の名前を挙げよ。

（2）2s 軌道、2p 軌道、sp 混成軌道、sp² 混成軌道、sp³ 混成軌道をエネルギーの順に不等号をつけて示せ。ただし、軌道はL殻までとする。

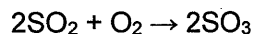
（3）次の変化について「吸熱」「発熱」かを示せ。

- ・グルコースの燃焼反応
- ・エンタルピー変化が+100 kJの化学反応
- ・液体の蒸発
- ・気体の液化
- ・結晶の融解

（4）1 mol の理想気体が 25℃の条件下で自由膨張するとき、熱として流れ込むエネルギー[J] を求めよ。

（5）一次反応で変化する物質の濃度が1時間で1/8になった。この物質の半減期を求めよ。

問題2 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。



上記の反応を用い、流通式反応器入口に SO₂ と空気を連続的に供給し、SO₃ を生産している工場がある。この反応の反応率は 70%である。空気は、酸素が量論比の 2 倍となるよう供給されている。ただし、空気は酸素 20%、窒素 80%からなるとする。各元素の原子量は、窒素：14、酸素：16、硫黄：32 とする。また、計算結果に小数点以下が現れる場合は、小数点第 3 位を四捨五入し、小数点第 2 位までを解答すること。

（1）反応器入口に SO₂ を 100 mol/h で供給するとき、反応器出口での各成分（SO₂、O₂、SO₃、N₂）の物質流量 [mol/h] を求めよ。

（2）SO₃ を 1 ヶ月あたり 7 トン生産したい。ただし、この工場の反応器の 1 ヶ月の稼働時間は 625 時間である。このとき、SO₂ と空気の供給速度 [kg/h] を求めよ。

問題3 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

ポリプロピレンを 1.0×10^3 kg/年、電気を 2.0×10^3 kWh/年 使用してプラスチック製品を製造している工場がある。ただし、ポリプロピレンを 1 kg 製造するまでの CO₂ 排出量の合計は 0.60 kg、電力 1 kWh の CO₂ 排出量は 0.40 kg、1 kg のポリプロピレンを燃焼した際には 0.30 kg の CO₂ が発生するものとする。また、計算結果に小数点以下が現れる場合は、小数点第3位を四捨五入し、小数点第2位までを解答すること。

(1) このプラスチック製品の全てが単純焼却される場合、製品1トンあたりのライフサイクル全体での CO₂ 排出量を求めよ。

(2) このプラスチック製品の 20% が原料としてマテリアルリサイクルされ、残りは単純焼却されとする。この時の製品 1 トンあたりのライフサイクル全体の CO₂ 排出量を求めよ。ただし、マテリアルリサイクルするためのエネルギー消費は無視するものとする。

(3) このプラスチック製品の 20% が原料としてマテリアルリサイクル、残りの 80% がサーマルリサイクルされ発電されとする。この時の製品1トンあたりのライフサイクル全体の CO₂ 排出量を求めよ。ただし、ポリプロピレンの発熱量を 44 MJ/kg、発電効率を 15%、エネルギー単位熱量は 4.4 MJ/kWh とする。

問題4 以下の問いに答えよ。

(1) 循環型社会形成推進基本計画では、物質フロー（「もの」の流れ）の3つの断面である「入口」「循環」「出口」を代表する指標に対し、それぞれ数値目標を設定している。物質フローの入口の指標となる直接物質投入量（DMI）であるが、この DMI では表すことができない隠れたフロー（HF）がある。HF とは、どのようなものか金属資源に着目して説明せよ。

(2) 再生可能エネルギーを3つ挙げよ。また、再生可能エネルギーが日本において、化石燃料や原子力に代わる「主要電力源」となった場合、どのような問題点や課題があるか日本の地理的と経済的な状況を踏まえて説明せよ。