

# 8 汚水処理特論

(令和元年度)

水質第1種～第4種

試験時間 12:45～14:00 (途中退出不可) 全25問

## 答案用紙記入上の注意事項

この試験はコンピューターで採点しますので、答案用紙に記入する際には、記入方法を間違えないように特に注意してください。以下に答案用紙記入上の注意事項を記しますから、よく読んでください。

(1) 答案用紙には氏名、受験番号を記入することになりますが、受験番号はそのままコンピューターで読み取りますので、受験番号の各桁の下の欄に示す該当数字をマークしてください。

(2) 記入例

受験番号 1900198765

氏名 日本太郎

このような場合には、次のように記入してください。

氏名	日本太郎								
受 験 番 号									
1	9	0	0	1	9	8	7	6	5
<input type="checkbox"/>	[1]	[1]	[1]	<input type="checkbox"/>	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]
[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]	[3]
[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]	[4]
[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	[5]	<input type="checkbox"/>
[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	[6]	<input type="checkbox"/>	[6]
[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	[7]	<input type="checkbox"/>	[7]	[7]
[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	[8]	<input type="checkbox"/>	[8]	[8]	[8]
[9]	<input type="checkbox"/>	[9]	[9]	[9]	<input type="checkbox"/>	[9]	[9]	[9]	[9]
[0]	[0]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]	[0]

(3) 試験は、多肢選択方式の五者択一式で、解答は、1問につき1個だけ選んでください。したがって、1問につき2個以上選択した場合には、その問いについては零点になります。

(4) 答案の採点は、コンピューターを利用して行いますから、解答の作成に当たっては、次の点に注意してください。

① 解答は、次の例にならって、答案用紙の所定の欄に記入してください。


(記入例)

問 次のうち、日本の首都はどれか。

(1) 京 都 (2) 名古屋 (3) 大 阪 (4) 東 京 (5) 福 岡

答案用紙には、下記のように正解と思う欄の枠内を HB 又は B の鉛筆でマークしてください。

[ 1 ] [ 2 ] [ 3 ] [ ~~4~~ ] [ 5 ]

② マークする場合、[ ]の枠いっぱいには、はみ出さないようにのようにしてください。

③ 記入を訂正する場合には「良質の消しゴム」でよく消してください。

④ 答案用紙は、折り曲げたり汚したりしないでください。

以上の記入方法の指示に従わない場合には採点されませんので、特に注意してください。

問1 工程排水の管理に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 洗浄工程では、複数の原料や製品を連続的に向流洗浄することによって、個別のバッチ洗浄と比較して排水量を著しく減少させることができる。
- (2) 製品を精製することを目的とする工程からの汚濁物質(不純物など)は、排水量を減らすと汚濁物質濃度が高まるので、排水量を減らす必要はない。
- (3) 製品となるべき成分が排水に漏れることによって生じる汚濁物質は、工程の改良や管理の適正化により減らすことができる。
- (4) 工程から排出される汚濁物質量や濃度を減らす手段として、製造工程の変更による原料や薬品の変更、あるいは、それらの使用量削減がある。
- (5) 少量の濃厚排水と希薄で大量の排水がある場合、それらの排水系統を分けて個別処理することで、処理コストを下げる事が可能である。

問2 凝集沈殿法に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 陰イオン性ポリマーによる凝集効果は、主として負に帯電している懸濁粒子の表面電荷の中和による。
- (2) 非イオン性のポリマーは無機凝集剤と併用されることが多く、粒子間に吸着架橋してフロックの粗大化に効果がある。
- (3) 凝集に適した pH は、原水の性状や除去対象物によって異なり、目的に合った適切な pH で使用する必要がある。
- (4) 凝集剤の選定に当たっては、ジャーテストなどの凝集試験を行う必要がある。
- (5) 凝集沈殿法は、排水の清澄化だけでなく、COD、色、りん酸塩などの除去にも用いられる。

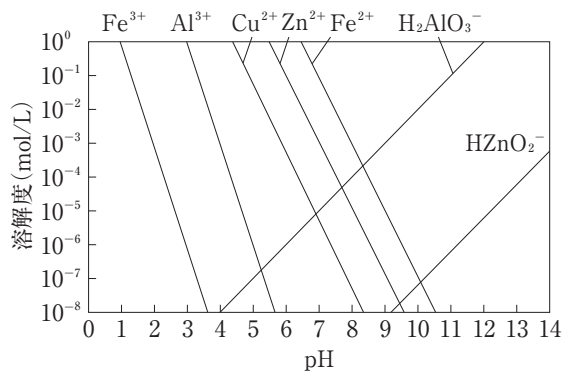
問3 工場排水の処理において、清澄ろ過が採用されている理由として、誤っているものはどれか。

- (1) 清澄ろ過は、多様な工場排水に対して、沈殿、凝集沈殿、活性汚泥法などによる処理を経ることなく、1段で溶存物質の除去を完了できるため。
- (2) 活性汚泥法や凝集沈殿法では、沈降分離における懸濁物質の除去が不完全なため。
- (3) 清澄ろ過の目的は懸濁物質(SS)の除去であるが、SSはBOD、COD、有害物質でもることが多く、SSの除去はこれらの削減にもなるため。
- (4) 活性炭吸着、イオン交換、逆浸透などの高度処理が必要な場合、これらに導入する排水は清澄であることが必要で、清澄ろ過がこの目的に利用できるため。
- (5) 工場内で水の循環再利用を進める際、清澄ろ過は化学的性質を変えずにSSの除去ができ、処理法として適する場合があるため。

問4 金属イオンを含む排水は一般に酸性で、アルカリを添加してpHを上げることにより金属を水酸化物として沈殿させることができる。このことに関連する記述として、誤っているものはどれか。ただし、[ ]は各イオンのモル濃度を表わす。

- (1) 金属イオン  $M^{n+}$  と水酸化物イオン  $OH^-$  の溶解度積  $K_{sp}$  は、水酸化物の種類ごとに一定値をとり、 $K_{sp} = [M^{n+}][OH^-]^n$  の式で表される。
- (2) 水のイオン積  $K_w$  は、 $K_w = [H^+][OH^-]$  の式で表される。
- (3) 金属イオン  $M^{n+}$  の溶解度は、 $\log[M^{n+}] = \log K_{sp} - n \log K_w + n \log[H^+]$  の式で表せる。
- (4)  $pH = \log[H^+]$  である。
- (5) 鉛などの両性金属は、高いpHで過剰の水酸化物イオンと反応して金属錯イオンを形成し、溶解性が高まる。

問5 各種金属イオンの溶解度と pH の関係は下図のように表わされる。図から読み取れる金属イオンを含む排水の処理に関する記述として、誤っているものはどれか。



- (1) 2価の鉄は、pH11付近でほぼ完全に除去される。
- (2) 3価の鉄は、pH4付近でほぼ完全に除去される。
- (3) アルミニウムは、pH6以上でほぼ完全に除去される。
- (4) 銅は、pH9付近でほぼ完全に除去される。
- (5) 亜鉛は、pH9～10の範囲でほぼ完全に除去される。

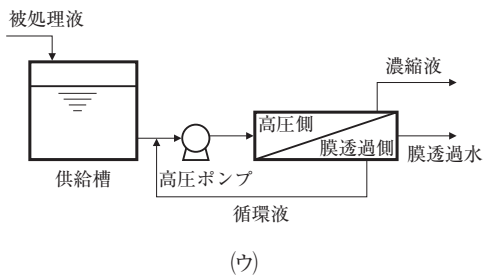
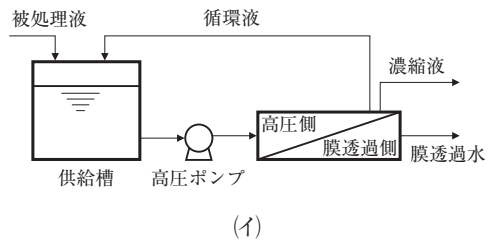
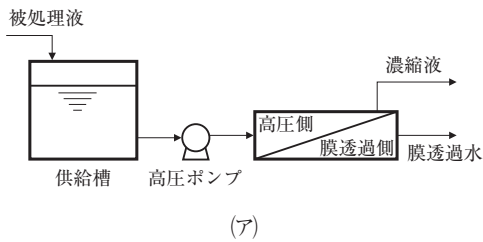
問6 次の酸化還元反応のうち、標準酸化還元電位が最も高いものはどれか。

- (1)  $\text{Cu}^{2+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Cu}^{+}$
- (2)  $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$
- (3)  $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{Cl}^{-}$
- (4)  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^{+} + 6\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$
- (5)  $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$

問7 オゾンによる酸化に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) オゾンは塩素よりも酸化力が強い。
- (2) 水中の有機物と結合して有機塩素化合物を生じる心配がない。
- (3) 排水の高度処理用として、窒素、りんの除去に用いられる。
- (4) オゾン発生機は、高圧無声放電法などを用いている。
- (5) 原料としての空気湿度は、露点  $-50^{\circ}\text{C}$  以下が望ましい。

問8 下図のうち、膜分離法における全量ろ過式プロセス及びクロスフロー式プロセスの図として、最も適切なものの組合せはどれか。



(全量ろ過式プロセス)

(クロスフロー式プロセス)

- |     |     |     |
|-----|-----|-----|
| (1) | (ア) | (イ) |
| (2) | (ア) | (ウ) |
| (3) | (ウ) | (ア) |
| (4) | (イ) | (ウ) |
| (5) | (ウ) | (イ) |

問9 汚泥の脱水に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 前処理においてろ過助剤を添加するときは、ケイ藻土、おがくず、繊維質、フライアッシュなどが用いられる。
- (2) 前処理において凝集剤を添加するときは、塩化鉄(Ⅲ)、水酸化カルシウムなどの無機凝集剤や高分子凝集剤が多く用いられる。
- (3) 遠心脱水(水平形デカンター)は間欠運転であるから、まず1サイクルの時間を決める必要がある。
- (4) ベルトプレスでは、液状の汚泥は重力による予備濃縮によって汚泥の流動性をなくしてからロールで圧搾する。
- (5) スクリュープレスは繊維分に富む汚泥の脱水に適しており、製紙工場の汚泥処理に多く用いられている。

問10 嫌気処理において、グルコース( $C_6H_{12}O_6$ )が全量バイオガス( $CH_4$ と $CO_2$ の混合気体)になった場合、グルコース 180 g から生成する  $20^\circ C$  でのバイオガス量(L)はいくらか。ただし、 $20^\circ C$  での気体のモル体積は 24 L とする。また、原子量は  $H = 1$ ,  $C = 12$ ,  $O = 16$  とする。

- (1) 48            (2) 72            (3) 96            (4) 120            (5) 144

問11 流入 BOD 量 100 kg/日、BOD 除去率 90 %、除去 BOD 量に対する汚泥生成量の割合 60 %とした場合の汚泥生成量( $m^3$ /日)として、正しい値はいくらか。ただし、汚泥の比重は 1、汚泥の含水率は 99 %とする。

- (1) 2.7            (2) 3.6            (3) 4.5            (4) 5.4            (5) 6.3

問12 水量  $1000 \text{ m}^3/\text{日}$ ，BOD  $200 \text{ mg/L}$  の排水を膜分離活性汚泥法(曝気槽・膜分離槽一体方式)で汚泥負荷  $0.25 \text{ kg BOD}/(\text{kg MLSS}\cdot\text{日})$  で運転している。工場増設により排水量が  $1500 \text{ m}^3/\text{日}$ ，BOD  $200 \text{ mg/L}$  になる見通しになり，曝気槽の活性汚泥濃度を増加させ運転したい。汚泥負荷を同じ条件で運転するためには，汚泥濃度 MLSS(mg/L)をいくりにすればよいか。なお，曝気槽の容積は  $200 \text{ m}^3$  とする。

- (1) 4800      (2) 5200      (3) 5600      (4) 6000      (5) 6400

問13 曝気槽容量  $100 \text{ m}^3$ ，MLSS 濃度  $2000 \text{ mg/L}$ ，除去 BOD 量  $72 \text{ kg}/\text{日}$  の活性汚泥法の SRT(日)は，およそいくらか。ただし，除去 BOD の汚泥への転換率を  $0.6$ ，内生呼吸による汚泥の自己酸化率を  $0.05$  ( $1/\text{日}$ ) とし，曝気槽以外の汚泥量と処理水中の SS 量は無視できるものとする。また，汚泥生成量と余剰汚泥量は等しいものとする。

- (1) 2      (2) 4      (3) 6      (4) 8      (5) 10

問14 種々の活性汚泥法に関する記述として，最も不適切なものはどれか。

- (1) 標準活性汚泥法の BOD 汚泥負荷は， $0.2 \sim 0.4 \text{ kg BOD}/(\text{kg MLSS}\cdot\text{日})$  である。
- (2) ステップエアレーション法の汚泥滞留時間は， $13 \sim 50$  日である。
- (3) 膜分離活性汚泥法では，汚泥濃度を  $8000 \sim 12000 \text{ mg/L}$  に制御することができる。
- (4) オキシデーシオンディッチ法の曝気時間は， $24 \sim 48$  時間である。
- (5) 超深層曝気法の反応槽の水深は， $50 \sim 150 \text{ m}$  である。



問15 生物処理の担体添加法に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 曝気槽にスポンジなどの支持体を添加し、支持体を曝気により流動状態を維持しながら酸化分解する方式である。
- (2) 曝気槽に流動している支持体を保持するため、支持体が通過しない目幅のスクリーンが設けられる。
- (3) 他の生物膜法(固定床など)で見られる閉塞などのトラブルは少ない。
- (4) 支持体に微生物を保持する結合固定化法のほか、微生物をゲルに閉じ込める包括固定化法がある。
- (5) 支持体表面の微生物の活性が低下すると付着力が弱くなり、微生物が剥離<sup>はくり</sup>するので、硝化処理には用いられない。

問16 嫌気処理法のメタン発酵に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 産業排水やし尿及び下水汚泥などに含まれる有機物を嫌気細菌の作用によりメタンや二酸化炭素などに分解するものである。
- (2) メタン発酵法の進歩したものとして、上向流式嫌気汚泥床法(UASB法)や、グラニュール汚泥膨張床式(EGSB)がある。
- (3) 活性汚泥法に比べ、メタン発酵法では、微生物の増殖速度が大きいため、微生物の自己分解により汚泥の発生量が少なくすむ。
- (4) 好気処理と比べ、メタン発酵法では、酸素供給のための曝気が不要なため、動力が少なくすむ。
- (5) メタン発酵法は、排水中の有機物をメタンガスに変換し、エネルギーとして利用できる特長がある。

問17 生物的硝化脱窒素法に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 硝化工程に関与する細菌は、独立栄養細菌である。
- (2) 脱窒素に関与する細菌は、通性嫌気性細菌である。
- (3) 循環式硝化脱窒素法では、沈殿槽から硝化液が循環される。
- (4) 硝化菌を処理系内に維持するために、SRTは7～10日以上に維持される。
- (5) 硝化菌の増殖速度は、BOD酸化菌に比べて温度により大きく影響を受ける。

問18 物理化学処理装置の維持管理に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 貯留槽用の曝気ブローは、専用とすることが望ましい。
- (2) pH計は、定期的な標準液による校正と、電極内部液の補給、電極の洗浄作業が必要である。
- (3) 凝集沈殿装置の最適な凝集条件は、排水を一定の条件下で攪拌しながら凝集剤添加量及びpH値を変えて凝集を行って決定する。
- (4) ろ過装置で捕捉できる浮遊物質の量は、被ろ過水の浮遊物質濃度とは無関係にほぼ一定である。
- (5) ORP計は、フタル酸水溶液を用いて校正する。

問19 嫌気処理装置の維持管理として、誤っているものはどれか。

- (1) 嫌気処理装置は一般に密閉された構造のため内部を見ることができず、処理水又は処理装置内の水質を監視しながら正常な状態を維持する。
- (2) 処理水の透明度は高いので、処理水の濁度を監視することによって、汚泥の流出がないよう管理する。
- (3) pHの低下は有機酸の蓄積を予測させるため、排水の流入停止などの対応をとる。
- (4) ガス発生量の低下は、メタン生成菌の活性低下が予想されるため、排水の流入停止などの対応をとる。
- (5) 高温消化では排水の流入が停止し、負荷のない状態が続くと急速に生物活性が低下してしまう。

問20 フレーム原子吸光法に関する記述中、下線を付した箇所のうち、誤っているものはどれか。

試料中に含まれる分析対象元素をフレーム(炎)中で励起状態<sup>(1)</sup>の原子とし、その原子蒸気層<sup>(2)</sup>に原子の共鳴線<sup>(3)</sup>を透過させたときの吸光度を測定することによって濃度を求める。測定用の光源には中空陰極ランプ(ホロカソードランプ)<sup>(4)</sup>が、紫外部全域にわたるバックグラウンド補正用の光源には重水素ランプ<sup>(5)</sup>が主に用いられる。

問21 pH標準液の保存方法に関する記述中、下線を付した箇所のうち、誤っているものはどれか。

pH標準液は、共栓ポリエチレン瓶又は共栓ほうけい酸ガラス瓶に入れ、密栓  
<sub>(1)</sub> <sub>(2)</sub> <sub>(3)</sub>  
して保存する。長期間保存した場合は、新しく調製したものと比較し有効性を確  
認する。りん酸塩標準液は空気中の二酸化炭素を吸収し変質しやすい。使用した  
<sub>(4)</sub>  
標準液は元の瓶には戻さず廃棄する。  
<sub>(5)</sub>

問22 ICP発光分光分析法に関する記述中、下線を付した箇所のうち、誤っているものはどれか。

ICP発光分光分析法では、誘導コイルに高周波電流を流し電磁誘導によって生  
<sub>(1)</sub>  
成する高温の誘導結合プラズマの中に試料を噴霧し、基底状態の原子から発する  
<sub>(2)</sub> <sub>(3)</sub> <sub>(4)</sub>  
個々の波長の発光強度を測定する。  
<sub>(5)</sub>

問23 紫外線吸光度法による全窒素の測定に関する記述中、下線を付した箇所のうち、誤っているものはどれか。

試料にペルオキソ二硫酸カリウムの酸性溶液を加えて高圧蒸気滅菌器中で  
<sub>(1)</sub> <sub>(2)</sub>  
120℃で30分間の加熱酸化分解を行う。終了後pHを調節した後、波長220nm  
<sub>(3)</sub> <sub>(4)</sub> <sub>(5)</sub>  
の吸光度から硝酸イオン濃度を求め、窒素濃度に換算する。

問24 ORP 計で酸化還元電位を測定する際の酸化還元反応において、酸化体を  $O_x$ 、還元体を  $Red$  とするとき、その反応が次式で表されるとする。



このときの参照電極に対する電位  $E$  を最も適切に表す式はどれか。

ただし、 $E_0$ ：測定系の基準電位

$R$ ：気体定数

$T$ ：絶対温度

$F$ ：ファラデー定数

$n$ ：反応に関与する電子の数

また、 $[ \quad ]$  は活量を表す。

$$(1) \quad E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[O_x]}{[Red]}$$

$$(2) \quad E = E_0 + \frac{nF}{RT} \ln \frac{[O_x]}{[Red]}$$

$$(3) \quad E = E_0 + \frac{nRT}{F} \ln \frac{[O_x]}{[Red]}$$

$$(4) \quad E = E_0 + \frac{nRT}{F} \ln \frac{[Red]}{[O_x]}$$

$$(5) \quad E = E_0 + \frac{F}{nRT} \ln \frac{[Red]}{[O_x]}$$

問25 濁度計に用いられる測定方式に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 透過光方式は、構造が簡単で試料や粒子の着色、窓の汚れなどの影響はない。
- (2) 散乱光方式は、入射光と直角方向で液中粒子による散乱光を測定する。
- (3) 表面散乱方式は、試料セルを用いないので、窓の汚れの問題がない。
- (4) 散乱光・透過光方式は、散乱光の強度と透過光の強度との比から濁度を求める。
- (5) 積分球方式は、散乱光の強度と全透過光の強度との比から濁度を求める。

