

8 汚水処理特論

(令和6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。以下に示す答案用紙記入上の注意事項をよく読んでから記入してください。

- (1) 答案用紙には、氏名、受験番号を記入してください。
さらにその下のマーク欄の該当数字にマークしてください。
最初の2桁はあらかじめ印字されています。
受験番号やマークが誤っている場合及び無記入の場合は、採点されません。
- (2) 答案用紙には、HB又はBの鉛筆(シャープペンシル可)で濃くマークしてください。

(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。

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(シャープペンシル可)でマークしてください。

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

② マークする場合、[]の枠いっぱいにはみ出さないように[4]のようにしてください。

(良い例) [1] [2] [3] [4] [5]

③ 塗りつぶしが薄い、解答に消し残しがある場合は、解答したことにならないので注意してください。

(悪い例) ~~[1]~~ [2] ~~[3]~~ [4] ~~[5]~~

④ 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。

⑤ 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。

この試験問題では、関係法令及び JIS に関しては、特に断りがない限り、本年4月1日現在、施行されているものとします。

問1 汚水等処理計画において、排水処理系への負荷を減らすために採用される対策として、一般に適切でないものはどれか。

- (1) 新しい製造プロセスを採用する場合、使用する化学物質が環境に及ぼす影響を、毒性その他様々な角度から考察する。
- (2) 重金属を水酸化物として不溶性の物質に変えて沈殿分離する場合、濃厚排水の系統と低濃度排水の系統を統合して処理する。
- (3) めっき工場で、めっき浴と水洗槽との間に回収槽を設けて、めっき液のすくい出し量を減少させる。
- (4) 生物処理をするのが適当な有機性の排水に、有毒物質、強アルカリ性や強酸性の排水を混合することは避ける。
- (5) 排水の濃度や流量の時間変動が大きい場合は、調整槽を設けて流量や排水濃度を平均化する。

問2 凝集分離に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 水に懸濁している粒子のうち、10 μm 程度の大きさの粒子はコロイド粒子又は単にコロイドとも呼ばれ、凝集処理の対象となる。
- (2) 無機凝集剤には、硫酸アルミニウム、ポリ塩化アルミニウム、硫酸鉄(Ⅱ)などがある。
- (3) 高分子凝集剤には、アルギン酸ナトリウム、水溶性アニリン樹脂、ポリアクリルアミドなどがある。
- (4) 注入する凝集剤の種類と量は、処理すべき懸濁系の水質によって決まり、凝集剤の添加量は、ジャーテストによって実験的に決定する。
- (5) 攪拌が強すぎると、凝集したフロックが剪断力によって破壊されて再分散してしまうので、各々の凝集反応系に特有の最適攪拌条件が存在する。

問3 清澄ろ過に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 砂ろ過機には重力式と圧力式があり、重力式のろ過機は上部が開かれているので機内の様子が観察でき、保守や管理が容易である。
- (2) 上下向流ろ過では、下向流は砂層からアンスラサイト層へと通り、上向流はアンスラサイト層から砂層へと通る。
- (3) 下向流ろ過における理想的なろ層の構成としては、常に上層に粗粒がきて、下層にいくほど細粒となり、しかも逆洗によってこれが逆転しないことである。
- (4) 水がろ材層を通過するとき生じる水頭差は、ろ過損失水頭あるいはろ過抵抗と呼ばれ、ろ過時間の経過とともに増大する。
- (5) マイクロフロック法の利点の一つは、原水の懸濁物濃度が低ければ凝集沈殿池を必要としないことである。

問4 塩素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) 塩素を溶かした水の pH が上昇すると、水中の Cl_2 は減少する。
- (2) 塩素を溶かした水の pH が 9.5 以上では、 HClO はほとんど存在しない。
- (3) 塩素剤の酸化力は、主として HClO によるものと考えられている。
- (4) 遊離塩素には、 Cl_2 、 HClO 及び ClO^- が含まれる。
- (5) アンモニアを含む水に塩素を入れていくと残留塩素は次第に増加するが、不連続点 (break point) と呼ばれる点から急に減少し始める。

問5 活性炭吸着における吸着平衡を表す式として、以下に示すフロイントリッヒの式がある。

$$X = kC^n$$

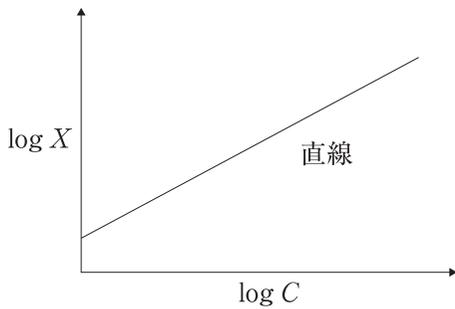
ここで、 C ：水中の有機物濃度 (g/cm^3)

X ：活性炭の単位質量当たりの吸着有機物量 (g/g)

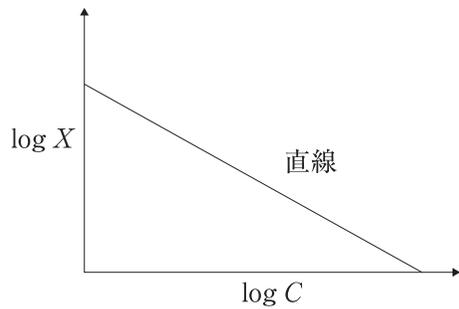
k と n ：正の定数

この式における C と X の関係を表す図として、正しいものはどれか。

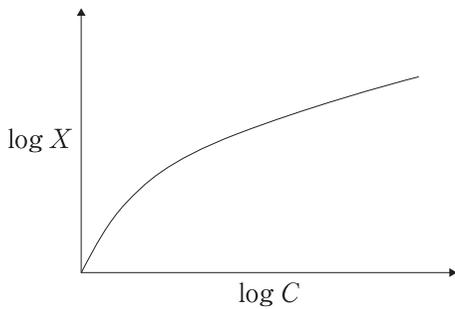
(1)



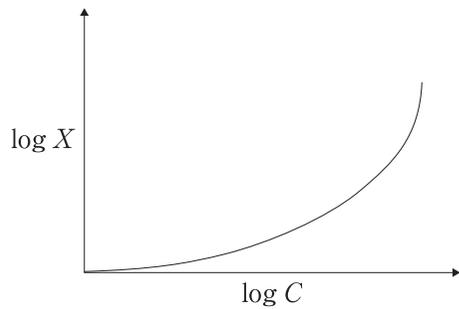
(2)



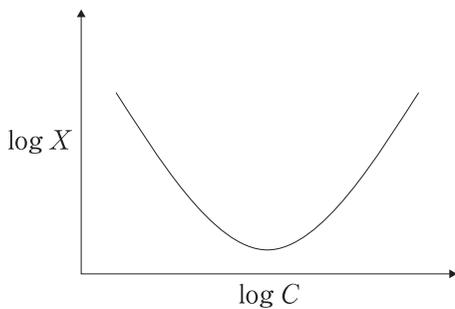
(3)



(4)



(5)



問6 活性炭吸着処理に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 固定層吸着では、活性炭の吸着容量を有効に利用するために多段吸着方式がとられることがある。
- (2) 固定層吸着では、活性炭層内の微生物やその代謝産物が処理水中に流出するという問題がある。
- (3) 移動層吸着の長所は、装置を小型化でき、設置面積を小さくできること、さらに、処理水水質を一定にできることである。
- (4) 移動層吸着の欠点は、装置が複雑で、運転操作が煩雑になることなどである。
- (5) 活性炭の再生方法としての乾式加熱再生は、ほとんどすべての有機物を対象として利用でき、しかも活性炭の損失がないという長所がある。

問7 イオン交換に関する記述として、正しいものはどれか。

- (1) 当モル数のナトリウムイオン(Na^+)あるいはカルシウムイオン(Ca^{2+})がH形の強酸性陽イオン交換樹脂に吸着された場合、イオン交換樹脂より放出される水素イオンのモル数は等しい。
- (2) 固定層のイオン交換装置では、破過点まで吸着できるイオン量を意味する貫流容量は、イオン交換可能な全活性基の量を表す全イオン交換容量と等しい。
- (3) イオン交換の対象となる原水は、イオン濃度が10000 mg/L程度以上の濃厚なものが適している。
- (4) 通水速度を表す空間速度は、流量を充填樹脂層の体積(樹脂と樹脂の間の空隙を含む)で除して求められる。
- (5) イオン交換樹脂の再生剤としては、次亜塩素酸ナトリウム、オゾン水などが用いられる。

問8 膜分離に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 精密ろ過(MF)膜は孔径が0.05～数 μm 程度で、微細な懸濁粒子や細菌などの除去に用いられる。
- (2) 限外ろ過(UF)膜は分子量1000～100万程度の溶質又は粒子をろ過によって分離するためのもので、多糖類やたんぱく質のような水溶性の高分子物質の除去などに用いられる。
- (3) 逆浸透法では、希薄溶液側に浸透圧以上の圧力をかけ、希薄溶液中の水を濃厚溶液側に透過させる。
- (4) 現在実用されている逆浸透膜には、酢酸セルロース系、芳香族ポリアミド系などがある。
- (5) ナノろ過法は逆浸透法に比べて、操作圧力が低く、塩化ナトリウムの除去率が低い。

問9 脱水に関する記述として、正しいものはどれか。

- (1) 一般に、沈殿分離によって発生する汚泥の固形物濃度は0.1 wt%以下のものが多く、まだ流動性を有するので、脱水することが必要である。
- (2) 前処理のための無機凝集剤としては、塩化鉄(Ⅲ)、水酸化カルシウム(消石灰)などが用いられる。
- (3) 凝集沈殿汚泥や活性汚泥などのケーキは圧縮性を有するので、ろ過圧力を上げれば、それに比例してろ過速度は大きくなる。
- (4) ヌッチェ試験によって、加熱時間とケーキ含水率との関係を求めることにより、ケーキ比抵抗などを求めることができる。
- (5) 一般に使用されているろ過助剤としてはケイ藻土、おがくず、セルロースなどがあるが、これらは少量の添加で効果が現れるので、脱水ケーキの量はほとんど増えない。

問10 流動焼却炉に関する記述として、最も不適切なものはどれか。

- (1) ダイオキシン類の発生を抑制するためには、適正な燃焼温度管理に留意する必要がある。
- (2) 流動媒体としては砂などを用いる。
- (3) 炉に供給された脱水汚泥は、流動媒体と接触し、水分蒸発と燃焼分解が起こる。
- (4) 排ガス中の臭気成分は熱によって分解されにくいので、脱臭装置を通す必要がある。
- (5) 排ガスは熱回収装置(空気予熱器)などを通して、熱効率を向上させる。

問11 活性汚泥法の操作条件に関する記述として、最も不適切なものはどれか。

- (1) BOD を効率的に酸化分解するのに必要な栄養塩類の質量比については、経験則を基に、 $BOD : N : P = 100 : 5 : 1$ 程度の窒素、りんが必要とされる。
- (2) 活性汚泥法における曝気には、「BOD の酸化及び生物の呼吸に必要な酸素の供給」、及び「曝気槽内の汚泥混合液の均一な混合」の二つの目的がある。
- (3) 曝気槽の pH は、中性付近(pH 6.0~8.0 の範囲)に維持することが望ましい。
- (4) 汚泥滞留時間は、活性汚泥の固形分が系内に滞留している平均日数を示すものである。
- (5) 正常な活性汚泥の SVI は 5 ~ 50 mL/g の範囲にあり、100 mL/g を超えると沈殿池で汚泥界面が水面近くまで上がり、汚泥が処理水中に流出するおそれがある。

問12 BOD 容積負荷 $0.6 \text{ kg BOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{日})$, BOD 汚泥負荷 $0.3 \text{ kg BOD}/(\text{kg MLSS} \cdot \text{日})$ で標準活性汚泥法の処理を行っている。返送汚泥濃度 7000 mg/L で運転する場合、返送汚泥率はいくらにすればよいか。ただし、曝気槽への流入排水の SS は無視するものとする。

- (1) 0.2 (2) 0.3 (3) 0.4 (4) 0.5 (5) 0.6

問13 BOD 濃度 140 mg/L , 流量 $260 \text{ m}^3/\text{日}$ の排水を、曝気槽容積 100 m^3 , BOD 汚泥負荷 $0.2 \text{ kg BOD}/(\text{kg MLSS} \cdot \text{日})$ で処理している。 SV_{30} (30 分間静置後の汚泥容積) が 295 mL/L であった。汚泥容量指標 $SVI(\text{mL/g})$ はおよそいくらか。

- (1) 162 (2) 168 (3) 174 (4) 180 (5) 184

問14 BOD 濃度 240 mg/L , 流量 $400 \text{ m}^3/\text{日}$ の排水を、曝気槽容積 140 m^3 , MLSS 濃度 2000 mg/L で処理している。処理水の BOD 濃度が 10 mg/L で運転されているとき、1 日当たりの汚泥生成量 ($\text{kg}/\text{日}$) を次式より求めよ。ただし、 a は 0.5 , b は 0.05 とする。

$$\Delta S = aL_r - bS_a$$

ここに、 ΔS : 汚泥生成量 ($\text{kg}/\text{日}$) L_r : 除去 BOD 量 ($\text{kg}/\text{日}$)

S_a : 曝気槽内汚泥量 (kg) a : 除去 BOD の汚泥への転換率

b : 内生呼吸による汚泥の自己酸化率 ($1/\text{日}$)

- (1) 30 (2) 32 (3) 34 (4) 35 (5) 37

問15 生物学的硝化脱窒素法における硝化槽(水理学的滞留時間8時間)に、アンモニア態窒素(NH₄-N)濃度52 mg/Lの排水が流入し、アンモニア態窒素(NH₄-N)濃度10 mg/Lで流出している。単位容積(L)、単位時間(h)あたりに硝化のために消費される酸素量(mgO₂/(L·h))として最も適切なものはどれか。なお、流出水に亜硝酸は含まれないものとし、アンモニアの硝酸への酸化は次式で表されるものとする。

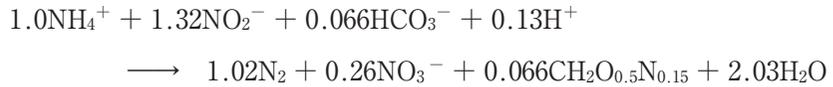


- (1) 12 (2) 16 (3) 20 (4) 24 (5) 36

問16 生物学的硝化脱窒素法における脱窒素反応に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 一般に、排水中のBOD成分などの有機物の消費を伴う。
- (2) 分子状の酸素が存在すると反応が抑制される。
- (3) 反応の進行とともにpHが低下するため、アルカリ剤の添加が必要である。
- (4) 硝酸や亜硝酸を主に窒素ガスへ還元して水中から除去する反応である。
- (5) 脱窒素反応には内生呼吸型もある。

問17 生物学的窒素除去法の一つとして、次式に示されるようなアンモニアと亜硝酸から窒素ガスなどを生成する細菌を用いた方法が提案されている。次式で表される反応に関する記述のうち、誤っているものはどれか。



- (1) アナモックス細菌と呼ばれる細菌による反応である。
- (2) 嫌気的な条件で反応が進行するため曝気を必要としない。
- (3) 有機物を摂取して細胞を合成する従属栄養的な反応である。
- (4) 窒素ガスのほかに硝酸などが生じる。
- (5) 水素イオンが消費されることから pH は上昇する。

問18 りん除去に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 有機物除去を目的とした活性汚泥法においても、菌体合成に利用された分のりんは水中から除去される。
- (2) 生物処理水を対象としたりん除去法の一つとして、無機凝集剤による凝集分離処理が行われている。
- (3) HAP 法や MAP 法は、りん酸を回収して肥料化する技術としても期待されている。
- (4) 生物学的脱りん法は、嫌気条件下でりんを過剰摂取した余剰汚泥を引き抜くことで行われる。
- (5) 嫌気無酸素好気法は、りんと窒素を共に除去することを目的とした処理法である。

問19 嫌気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) 二相嫌気処理装置の酸生成槽で有機酸の生成により pH が低下した場合は、アルカリを添加して過度な pH の低下を防止し、メタン発酵槽への悪影響を防ぐ。
- (2) 嫌気処理では処理水が黒色で透明度が低いため、汚泥の流出を見逃しやすい。
- (3) 固定床の嫌気処理では、担体の閉塞により短絡流が発生すると、処理効率が低下する。
- (4) 嫌気処理では水温の維持がきわめて重要であり、中温消化では 30～38℃程度、高温消化では 50～55℃程度に保持する。
- (5) 排水の流入が停止し、無負荷の状態が継続したときの生物活性への影響は、高温消化より中温消化のほうが大きい。

問20 ICP 発光分光分析法に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) ICP 発光分光分析装置は、励起源部、試料導入部、発光部、分光測光部、データ処理部及び制御部から構成される。
- (2) プラズマの中心部の温度は、一般的に 6000～10000℃程度と高温である。
- (3) プラズマを形成するためのガスには、通常、アセチレンが用いられる。
- (4) ICP 発光分光分析装置のプラズマは、弱電離プラズマと呼ばれる。
- (5) 分光測光部は、集光系、分光部及び検出器から構成される。

問21 流れ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。

流れ分析法は、⁽¹⁾ポンプを利用して水試料、⁽²⁾試薬を細管中に流し、反応操作などを行った後、検出部で分析成分を検出して定量する方法である。この方法は、手分析に比べて試薬などの使用量が⁽³⁾少ない。流れ分析法は、⁽⁴⁾全窒素などの測定に利用されている。⁽⁵⁾フローインジェクション分析では、試薬又は試料の流れの中に気体を導入して分節する。

問22 光学式センサ法による溶存酸素の測定に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) センサキャップに塗布された蛍光物質やりん光物質は、センサ内の励起光源からの光により蛍光やりん光を発する。
- (2) 溶存酸素による消光作用は、発光の位相差や持続時間などから測定される。
- (3) 消光作用は溶存酸素量に反比例する。
- (4) ゼロ調節には、亜硫酸ナトリウム溶液などを用いる。
- (5) 光学式センサを試料に浸して攪拌しながら測定する場合には、大気から酸素が混入しないように注意する。

問23 紫外線吸光度法による全窒素の検定に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 試料にペルオキシ二硫酸カリウムのアルカリ性溶液を加えて加熱酸化分解を行う。
- (2) 試料中の窒素化合物を硝酸イオンに変える。
- (3) 吸光度を測定する前に、試料溶液の pH を 2～3 に調節する。
- (4) 共存する有機物が多い試料の測定に適している。
- (5) 海水のように多量の臭化物イオンを含むような試料には適さない。

問24 全りん検定に関する記述中、下線を付した箇所のうち、誤っているものはどれか。

試料はペルオキシ二硫酸カリウム分解法で分解し、あるいは、分解されにくい有機りん化合物や多量の有機物を含む試料の場合には、硝酸-過塩素酸分解法⁽¹⁾又は硝酸-硫酸分解法⁽²⁾を適用して、生成したオルトリン酸イオン⁽³⁾をモリブデン青吸光度法⁽⁴⁾で波長 220 nm⁽⁵⁾の吸光度を測定する。

問25 酸化還元電位計(ORP 計)に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) ORP は状態を表す指標ではなく、濃度指標である。
- (2) 指示電極と参照電極との電位差は、ネルンストの式で表される。
- (3) 指示電極には、白金電極、金電極などを用いる。
- (4) 電極の汚れは、随時薬剤で洗浄する。
- (5) 標準酸化還元電位は、水素電極を基準に算出される。

