

8 汚水処理特論

(令和5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。

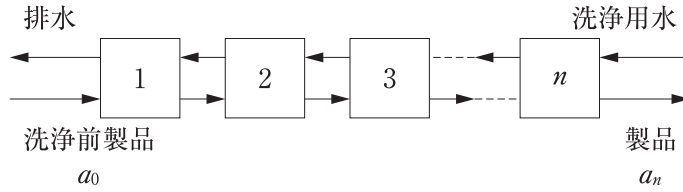
(悪い例) ~~[1]~~ [2] ~~[3]~~ [4] ~~[5]~~

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。

問1 図に示すような n 段の向流多段洗浄においては、下に示す理論式が成り立つ。



$$\frac{a_n}{a_0} = \frac{r - 1}{r^{n+1} - 1}$$

ただし、 a_0 ：洗浄前製品中に含まれる不純物質量

a_n ：第 n 段の洗浄槽を出る製品中の不純物質量

r ：洗浄水量 V と製品が各段で持ち出す水量 v の比 ($r = V/v$)

今、 r が 50 である洗浄工程において、製品中に含まれる不純物質量を洗浄前の $1/10000$ 以下に減らしたいとき、向流多段洗浄の段数を最低いくつにすればよいか。以下の選択肢から適切なものを選びなさい。

- (1) 2 段 (2) 3 段 (3) 4 段 (4) 5 段 (5) 10 段

問2 横流式沈殿池に 1 日当たり 600 m^3 の排水(沈降速度 1 cm/分 の粒子が懸濁)が流入している。粒子除去率 70 % を得るための面積 (m^2) として、最も近いものはどれか。ただし、池内に乱れや短絡がなく、水の流れは平行であり、かつ粒子は沈降の過程で沈降速度が変わることがないとする。

- (1) 24 (2) 26 (3) 29 (4) 34 (5) 38

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) 天然産のろ材としては、アンストラサイト、砂などがある。
- (2) 砂ろ過においては、懸濁物質はろ材間の空隙に捕捉されるが、捕捉可能な粒子の大きさはろ材空隙の大きさ程度以上である。
- (3) 重力式砂ろ過機では、ろ過池の上部が開かれているので池内の様子が観察でき、保守や管理が容易である。
- (4) 上水道のろ過機に使われるろ材としての砂は有効径 0.5 ~ 0.7 mm 程度のものが望ましいとされている。
- (5) 繊維質のろ材を用いたろ過機もあり、アクリル系の繊維を捲縮^{けんしゆく}加工したろ材はその一つである。

問4 粒状層を通して水が流れるときのろ過抵抗を表す式としては、コゼニー-カルマンの式があるが、その式の中で、清浄ろ層のろ過抵抗と正比例の関係にある要素として、誤っているものはどれか。

- (1) ろ過速度
- (2) ろ材層の厚さ
- (3) 水の粘性係数
- (4) ろ材粒子径
- (5) 空隙率関数 $\frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3}$ (ϵ : ろ層の空隙率)

問5 酸化還元電位を定義する次のネルンストの式の空欄(ア)~(エ)のうち，組合せとして正しいものはどれか。

$$E = \boxed{\text{(ア)}} + \frac{\boxed{\text{(イ)}} T}{n \boxed{\text{(ウ)}}} \ln \boxed{\text{(エ)}}$$

ここに， E ：酸化還元電位， E_0 ：標準酸化還元電位， R ：気体定数， F ：ファラデー定数， T ：絶対温度， n ：移動する電子のモル数， $[\text{Ox}]$ ：酸化剤の活量(濃度)， $[\text{Red}]$ ：還元剤の活量(濃度)である。

- | | (ア) | (イ) | (ウ) | (エ) |
|-----|-------|-------|-----|------------------------------------|
| (1) | E_0 | R | F | $\frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]}$ |
| (2) | E_0 | F | R | $\frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]}$ |
| (3) | E_0 | F | R | $\frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$ |
| (4) | R | E_0 | F | $\frac{[\text{Ox}]}{[\text{Red}]}$ |
| (5) | R | E_0 | F | $\frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$ |

問6 活性炭吸着に関する記述として、不適切なものはどれか。

- (1) 活性炭は、木材や石炭などの原料を高温下で炭化及び賦活化し、多孔質構造を形成させたものである。
- (2) 活性炭は、高い比表面積を持ち、高い吸着能を有する。
- (3) 活性炭は、その粒子径により粉末炭(1 mm 程度以下)と粒状炭(1 mm 程度以上)に分類される。
- (4) 活性炭の賦活化には、高温の水蒸気と反応させる水蒸気賦活化法などが用いられる。
- (5) 活性炭は、一般に、疎水性の強い物質ほど吸着しやすい。

問7 イオン交換に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 樹脂母体に結合している活性基がカルボキシ基(カルボキシル基)のものは強酸性陽イオン交換樹脂である。
- (2) キレート樹脂は、微量の重金属を選択的に吸着するものである。
- (3) 硬度成分で飽和した樹脂の再生に、塩化ナトリウム水溶液を用いることがある。
- (4) 通常、イオン交換の対象となる原水は、イオン濃度が1000 mg/L 程度以下のものであり、高濃度のものは逆浸透法などを検討するほうがよい。
- (5) イオン交換処理においては、通常、通水速度は見掛けの接触時間の逆数を意味する空間速度で表示される。

問 8 膜分離法に関する記述として、正しいものはどれか。

- (1) 逆浸透法では、通常、対象とする原水の浸透圧の 30 % ～ 50 % 程度の圧力を加える。
- (2) スパイラル型の膜モジュールは、NF 膜や逆浸透膜に用いられる。
- (3) 全量ろ過式は、排水処理や海水淡水化に用いられることが多い。
- (4) 次亜塩素酸ナトリウムを用いる薬液洗浄は、金属酸化物を対象として行われる。
- (5) 電気透析法は、水溶性電解質ではない有機物の除去に用いられる。

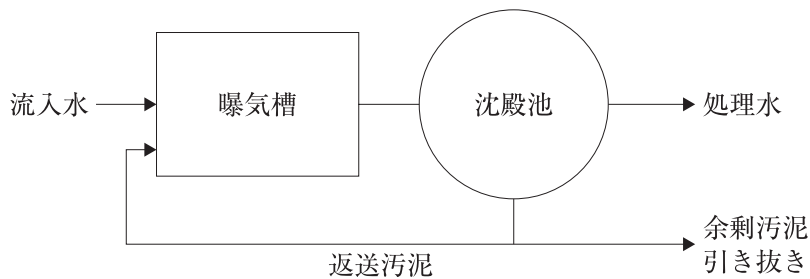
問 9 脱水機に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) フィルタープレス脱水機では、ろ過機の各ろ過室に汚泥を押し込み、圧搾脱水した後各ろ過板を外してケーキを排出する。
- (2) ベルトプレス脱水機は、遠心脱水機に比べ運転騒音が小さく動力が小さい。
- (3) スクリュープレス脱水機は、スクリューの回転によってスラッジを次第に狭隙部へ送り込み、そのときに発生する圧搾圧力によって圧搾脱水する。
- (4) 遠心脱水機では、供給汚泥中の砂やきょう雑物等は脱水機の摩耗を促進したり、閉塞を起こすので、事前に砂を除去し、きょう雑物を破碎する。
- (5) 回転加圧脱水機では、高速度で回転する 2 枚の金属円盤フィルターの中に汚泥を供給し、回転によって生じる遠心力によって脱水する。

問10 汚泥焼却に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 有機質の汚泥は焼却によって著しく減量する。
- (2) ダイオキシン類の発生を抑制するため、適正な燃焼温度管理(850℃程度)などに留意する必要がある。
- (3) 流動焼却炉では、横型の回転する筒形の炉の中に砂などの流動媒体を入れて流動化させ、この流動層内に汚泥を供給して燃焼させる。
- (4) 流動焼却炉では排ガスは高温となるので、臭気成分は熱によって分解される。
- (5) 階段式ストーカー炉では、脱水汚泥の攪拌作用がないため、高含水率汚泥に対しては、予備乾燥が必要となる。

問11 下図に示すような標準活性汚泥法で以下の条件で処理している。汚泥滞留時間を10日で運転するための余剰汚泥引き抜き量($\text{m}^3/\text{日}$)はいくらか。



運転条件

流入水量：200 $\text{m}^3/\text{日}$

曝気槽容積：50 m^3

曝気槽 MLSS：2000 mg/L

返送汚泥率：0.5

沈殿池と配管内の汚泥量：40 kg

処理水 SS：5 mg/L

- (1) 0.8 (2) 1.0 (3) 1.6 (4) 2.2 (5) 2.8

問12 BOD 300 mg/L, 流量 100 m³/日の汚水を曝気槽容量 50 m³, MLSS 濃度 2000 mg/L, BOD 除去率 95 %で処理している活性汚泥処理施設がある。この施設の1日当たりの必要酸素量(kg/日)として最も近い値はどれか。ただし, 必要酸素量は次式により求めるものとして, a' は0.5, b' は0.1とする。

$$X = a'L_r + b'S_a$$

ここで, X は必要酸素量(kg/日), L_r は除去 BOD 量(kg BOD/日), S_a は曝気槽内汚泥量(kg MLSS), a' は除去 BOD のうち, エネルギー獲得のために利用される酸素の割合, b' は汚泥の内生呼吸に利用される酸素の割合(1/日)である。

- (1) 19 (2) 24 (3) 29 (4) 34 (5) 39

問13 下記の排水を活性汚泥法により処理するとき, 不足しているりんをりん酸溶液で補給するとすれば, その必要量(kg/日)はいくらか。ただし, りん酸溶液のりん含有率は 20 % (質量パーセント濃度)とし, 活性汚泥法の栄養必要条件は, 質量比で BOD : N : P = 100 : 5 : 1 とする。

排水量	1000 m ³ /日
BOD 濃度	400 mg/L
全窒素(N)濃度	20 mg/L
全りん(P)濃度	2 mg/L

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

問14 好気ろ床法に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 固体表面に付着した微生物を用いて処理を行う方式であり、生物膜法に分類される。
- (2) 下向流式では、支持体を充填したろ床の上部から排水を流入させ、ろ床下部から空気を吹き込む。
- (3) ろ材間を排水が通過する間に、ろ材表面に増殖した微生物による酸化分解とSSの捕捉が同時に行われる。
- (4) 処理時間に伴って、捕捉されたSSなどによるろ床の閉塞が進行するため、一般に空気と処理水を用いた逆洗を行う。
- (5) 増殖速度の遅い硝化細菌などはほとんど保持できない。

問15 メタン発酵によるでんぷんからのガス発生量を求める次式において、

に入る(ア)~(ウ)の数値の組合せとして、正しいものはどれか。



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

問16 硝化脱窒素法における硝化工程に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 好気条件下でアンモニア態窒素を微生物処理により亜硝酸態あるいは硝酸態窒素まで酸化する工程のことである。
- (2) 関与する微生物は、アンモニア態窒素や亜硝酸態窒素の酸化によりエネルギーを獲得し、有機化合物を利用して増殖する従属栄養細菌である。
- (3) 関与する微生物として、アンモニア態窒素の酸化を担う *Nitrosomonas* sp. や亜硝酸態窒素の酸化を担う *Nitrobacter* sp. が知られている。
- (4) アンモニア態窒素を硝酸態窒素に酸化する際は次式に従うことから、窒素 1 g 当りおよそ 4.6 g の酸素を必要とする。
$$\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 = \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$$
- (5) アンモニア態窒素を亜硝酸態窒素に酸化する際には H^+ が生成されるので、pH の過剰な低下を防ぐため、アルカリの添加が必要となる場合がある。

問17 生物的脱りん法の原理に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 前段の嫌気槽と後段の好気槽を経て、りんを高濃度に蓄積した活性汚泥を余剰汚泥として系外に取り除くことで行われる。
- (2) 嫌気状態では、細胞中のポリりん酸が加水分解されて正りん酸として混合液中に放出される。
- (3) 嫌気状態では、蓄積した PHB (ポリ-β-ヒドロキシ酪酸) などの有機物を用いた細胞増殖が行われる。
- (4) 好気状態では、正りん酸を混合液中から摂取し、ポリりん酸として再蓄積する。
- (5) 好気状態では、嫌気状態での放出量以上にりんを蓄積するため、活性汚泥のりん含有量が増大する。

問18 加圧浮上装置の維持管理において、調整又は監視する項目として、該当しないものはどれか。

- (1) 加圧水ポンプの流量と圧力
- (2) 溶解させる空気中の酸素濃度
- (3) 空気溶解槽内の気液界面の高さ
- (4) 加圧水の吹き出し状態及び微細気泡の発生状況
- (5) フロックへの気泡の付着状態及び浮上性スカムの安定性

問19 清澄ろ過装置及びその維持管理に関する記述として、不適切なものはどれか。

- (1) 排水処理の分野でろ過装置が使用されるのは、放流水質の規制強化に伴う高度処理の必要性や再利用を目的とする場合などである。
- (2) ろ過によって除去される浮遊物質は、凝集沈殿処理後のフロックや生物処理後の微生物フロックが主なものである。
- (3) 高濃度の浮遊物質を含む排水をろ過すると、短時間でろ層が閉塞するため、凝集沈殿などの前処理により浮遊物質濃度を下げておく必要がある。
- (4) ろ材が相互に固着して形成されるマッドボールは、ろ層の逆転や混合を引き起こし、ろ過機能に悪影響を与えるので、洗浄を十分にしてその形成を防止する必要がある。
- (5) 洗浄に使用する洗浄水には、水道水を使用する。

問20 分析方法に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 吸光光度法は、試料溶液、あるいはそれに適切な発色試薬を加えて発色させた溶液などの吸光度を測定して、その濃度を求める方法である。
- (2) フレーム原子吸光法は、バーナーを用いてフレームをつくり、そこに試料溶液を噴霧して原子蒸気を生成させ、その中に中空陰極ランプなどからの光を透過させ、そのときの吸光度を測定する方法である。
- (3) ICP 発光分光分析装置のプラズマは完全に電離しているので、完全電離プラズマという。
- (4) イオン電極は、溶液中の特定イオンの量(活量)に応答して電位を発生する電極である。
- (5) 流れ分析法は、ポンプを利用して水試料、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。

問21 pH 計のスパン校正に関する記述中、(ア)と(イ)の の中に挿入すべき語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

試料の pH 値が 7 以下の場合、検出部を (ア) あるいはしゅう酸塩 pH 標準液に浸し、pH 指示値がこれらの標準液の温度に対応する pH 値になるように調節する。7 を超える場合は、ほう酸塩 pH 標準液あるいは (イ) を用いて同様に調節する。

(ア)

(イ)

- | | |
|------------------|--------------|
| (1) 炭酸塩 pH 標準液 | りん酸塩 pH 標準液 |
| (2) フタル酸塩 pH 標準液 | 炭酸塩 pH 標準液 |
| (3) りん酸塩 pH 標準液 | 炭酸塩 pH 標準液 |
| (4) フタル酸塩 pH 標準液 | りん酸塩 pH 標準液 |
| (5) りん酸塩 pH 標準液 | フタル酸塩 pH 標準液 |

問22 BOD 試験における溶存酸素の定量に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) よう素滴定法は、溶存酸素の標準的な定量法であるが、酸化性及び還元性物質、懸濁物、着色物質の影響を受けやすい欠点がある。
- (2) よう素滴定法では、試料に硫酸マンガ(Ⅱ)溶液とアルカリ性よう化カリウム-アジ化ナトリウム溶液を加え、溶存酸素との反応により水酸化マンガ(Ⅲ)を生成させる。
- (3) ミラー変法は、アルカリ性で、酒石酸塩の存在下で試料中の溶存酸素が鉄(Ⅱ)を酸化し、鉄(Ⅲ)とする反応を利用する方法である。
- (4) 隔膜電極法には、ガルバニ電池方式と非分散型赤外線方式とがある。
- (5) 光学式センサ法では、蛍光物質やりん光物質などが塗布されたセンサキャップ、励起光源、光検出部等から構成されている光学式センサを試料に浸して溶存酸素濃度を測定する。

問23 ノルマルヘキサン抽出物質及びその試験に関する記述中、下線を付した箇所のうち、誤っているものはどれか。

ノルマルヘキサン抽出物質とは、試料を pH 8 以上の弱アルカリ性⁽¹⁾としヘキサンを加えて混合してヘキサン層に分配する物質を抽出した後、約 80℃⁽²⁾でヘキサンを揮散させたときに残留する物質をいう。この試験は、約 80℃⁽²⁾、30 分間⁽³⁾の乾燥で揮散しない動植物油脂類⁽⁴⁾、グリースなどの鉱物油類⁽⁵⁾を対象としているが、炭化水素誘導体、脂肪酸類、エステル類、アミン類、フェノール類、界面活性剤などもヘキサンによって抽出されるため、これらも測定値に含まれる。

問24 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。

総和法では、二つの試料をとり、その片方で亜硝酸イオンと硝酸イオン⁽¹⁾に相当する窒素量を求め、他方でアンモニアと有機体の窒素化合物⁽²⁾に相当する窒素量を求め、それらの和を全窒素とする。紫外線吸光光度法では、試料にアルカリ性ペルオキシ二硫酸塩⁽³⁾を添加し、120℃、30分間⁽⁴⁾で加熱酸化分解して、すべての窒素化合物をアンモニウムイオン⁽⁵⁾に変換して、その紫外部の吸収を測定して全窒素を求める。

問25 濁度計に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 透過光方式では、試料槽の一方から光を入射させ、その反対側で、試料中の懸濁物によって減衰した光を測定する。
- (2) 散乱光方式では、試料槽の一方から光を入射させ、試料中の懸濁物による散乱光を測定する。
- (3) 散乱光・透過光方式は、透過光方式に比べ試料の着色、気泡、窓の汚れによる影響が大きい。
- (4) 表面散乱光方式は、試料をオーバーフローさせながら連続測定できる。
- (5) 積分球方式では、積分球を用いて試料中の懸濁物による散乱光と透過光を測定し、その比から濁度を求める。

