

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 〕  〔 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  のようにしてください。

(良い例) 〔 1 〕 〔 2 〕 〔 3 〕  〔 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 処理プロセスの検討及び選定に関する記述として、不適切なものはどれか。

- (1) 浮遊物質を含む有機性排水をろ紙でろ過し、ろ液のBODまたはCODが目的値以下になれば、物理化学的方法による浮遊物質の除去を試みる。
- (2) 浮遊物質を含む有機性排水をろ紙でろ過し、ろ液のBODまたはCODが目的値より高い場合は、生物処理が必要と判断する。
- (3) 浮遊物質を含む無機性排水に静置沈降試験を行い、数時間以内に目的の浮遊物質濃度以下になれば、普通沈殿法による処理を試みる。
- (4) 浮遊物質を含む無機性排水に静置沈降試験を行い、数時間以内に目的の浮遊物質濃度より高い場合は、イオン交換法を試みる。
- (5) 浮遊物質を除去した後の無機性排水が有害物質を含有しているときは、pH調整、酸化、還元などの化学的方法による有害物質の不溶化または分解を検討する。

問2 上昇流式沈殿池に下記の2系統の粒子含有排水を完全混合した後、流入させ、沈降分離している。排水中の粒子を完全に除去するための上昇流式沈殿池の必要最低限の表面積(m^2)に近いものはどれか。ただし、2系統の粒子は混合しても凝集せず、池内の流れは均一な上昇流で、乱れや短絡がなく、粒子は沈降の過程で沈降速度が変わらないものとする。

第1系統 500 m^3 /日 粒子の沈降速度 1.9 cm/分

第2系統 300 m^3 /日 粒子の沈降速度 2.2 cm/分

- (1) 10 (2) 20 (3) 30 (4) 40 (5) 50

問3 凝集沈殿装置に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 一般的に、水平流形凝集沈殿装置はフラッシュミキサー、フロキュレーター、沈殿池から構成される。
- (2) 水平流形凝集沈殿装置のフロキュレーターは、通常 30 分～1 時間程度の緩速攪拌かくはんを行い、フロックの成長に伴って攪拌強度を段階的に上げるよう設計される。
- (3) 接触凝集沈殿装置は、既成フロック(母フロック)を懸濁させることで凝集反応速度を上げ、フロック形成時間を短縮し、高速で沈降分離を行う装置である。
- (4) 接触凝集沈殿装置は、固液分離機構や固体接触の方法により、スラリー循環形、スラッジブランケット形、複合形の三つに大別される。
- (5) 接触凝集沈殿装置は、原水の水温変動があると槽内で対流が起こり、高濃度のスラリーが流出する可能性があるため注意が必要である。

問4 酸化還元電位及び酸化還元反応に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 酸化還元対を含む溶液に白金電極と水素電極とを入れると、両極間に酸化還元電位が生じる。
- (2) 標準酸化還元電位では、酸化剤の活量(濃度)と還元剤の活量(濃度)は等しい。
- (3) 酸化還元電位と標準酸化還元電位の差は、絶対温度に比例する。
- (4) ある酸化反応と還元反応について、両反応(両系)の標準酸化還元電位値が近いほど反応が進行しやすい。
- (5) Fe^{2+} は還元剤として、使用可能である。

問5 活性炭吸着に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 活性炭製造の木質系原料として、ヤシ殻、木材、おがくずなどが用いられている。
- (2) 活性炭の表面は疎水性が強いため、一般に、疎水性が強く分子量が大きい物質ほど吸着されやすい。
- (3) 排水の溶質濃度と活性炭に吸着された溶質量との間の吸着平衡を表す式として、フロイントリッヒの式がよく用いられる。
- (4) 除去対象物質の排水からの除去速度は、反応槽の単位容積当たりの活性炭の表面積に比例するモデルで表現される。
- (5) 乾式加熱法による活性炭の再生では、賦活温度は 150 ～ 300 ℃ 程度である。

問6 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) H 形の強酸性陽イオン交換樹脂とナトリウムイオンとの反応では、ナトリウムイオン 1 個と樹脂の水素イオン 1 個が置換する。
- (2) 通常のイオン交換装置では、樹脂が持っている全交換容量の 50 ～ 80 % 程度しか利用されず、実用上のイオン交換容量は破過点まで吸着できるイオン量を意味する。
- (3) 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、2000 mg/L 程度を超えるものについては、処理コストの面から電気透析法あるいは逆浸透法を検討すべきである。
- (4) 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、流量を、樹脂と樹脂との間の空隙を含まない充填樹脂体積で割ることで算出できる。
- (5) 脱塩装置の再生剤としては、塩化ナトリウム、硫酸、塩酸、水酸化ナトリウムなどが利用される。

問7 膜分離法に関する記述として、正しいものはどれか。

- (1) 膜の物理洗浄には、膜の透過方向と同じ方向へ高圧で水を流す方法や、膜の透過側で曝気^{ばっき}を行い、気泡流の洗浄力で膜表面に付着した固形物等を除去する方法などがある。
- (2) 膜の化学洗浄には、膜の運転を完全に停止し、膜を配管系統から切り離して、薬液によって洗浄するオフライン洗浄や、膜を配管系統から切り離さずに、運転を長期間停止することなく薬液によって洗浄をするインライン洗浄がある。
- (3) 薬液強化逆洗とは、膜を薬液に浸漬させ、さらに薬液を逆流させて逆流洗浄の効果を高める方法のことである。
- (4) 金属酸化物などを対象として実施する化学洗浄では、次亜塩素酸ナトリウムなどの酸化剤を使用する。
- (5) 有機物を対象として実施する化学洗浄では、クエン酸や硫酸などを使用する。

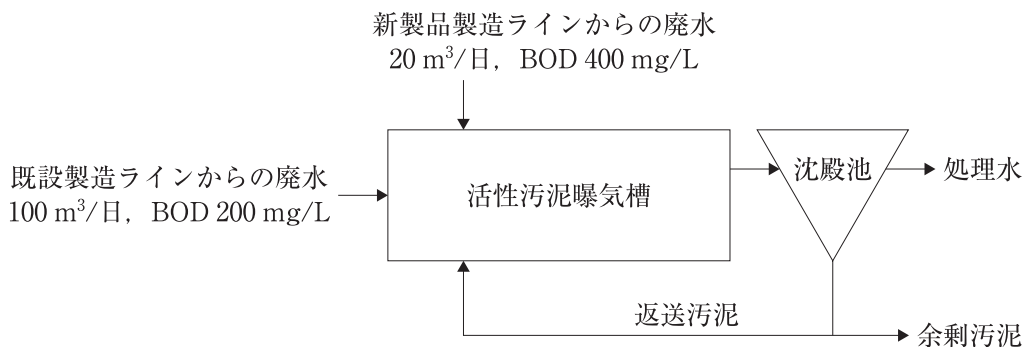
問8 活性汚泥法より発生する汚泥の脱水に関する記述として、正しいものはどれか。

- (1) ベルトプレスは、目の粗いベルト状のろ布の上で重力によって自然脱水して脱水ケーキを得るものである。
- (2) スクリュープレスは、スクリューによって汚泥を回転させ、発生する遠心力によって脱水するものである。
- (3) 遠心脱水機は、回転体の中に、回転体と一定の速度差を持たせたスクリューを内蔵して、ケーキを機外に排出する。
- (4) ろ過脱水において、活性汚泥などのケーキは圧縮性があるので、ろ過圧力を上げればそれに比例してろ過速度も大きくなる。
- (5) 凝集剤としては、水酸化アルミニウムがよく用いられる。

問9 有機汚泥の有効利用に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 乾燥汚泥は、肥料、セメント原料として用いられるほか、焼却、炭化等の処理工程における燃料として利用することができる。
- (2) 汚泥の乾燥工程では、脱水汚泥に含まれる水分が蒸発し、同時に有機物も大幅に減少する。
- (3) 炭化された有機汚泥は、燃料代替として用いられるほか、多孔質としての性質も有することから、土壌改良を目的とした農地利用も可能である。
- (4) 汚泥発酵(コンポスト)は、汚泥中の易分解性有機物を好氣的条件下で微生物によって分解(発酵)させ、利用可能な形態・性状にまで安定化することをいう。
- (5) 有機汚泥からエネルギーを回収する手段として、焼却廃熱の利用や嫌気性消化によるガス化などがある。

問10 BOD 200 mg/L, 流量 100 m³/日の食品工場廃水を, BOD 汚泥負荷 0.2 kgBOD/(kgMLSS・日), 曝気槽 MLSS 1500 mg/L の標準活性汚泥法で処理している。新製品製造ラインが新たに稼働し, BOD 400 mg/L, 流量 20 m³/日が流入することになった。同一の汚泥負荷 0.2 kgBOD/(kgMLSS・日)で運転するためには, 曝気槽の MLSS 濃度をおおよそいくらにすればよいか。



- (1) 2000 (2) 2100 (3) 2200 (4) 2300 (5) 2400

問11 曝気槽容量 200 m^3 ，MLSS 濃度 1800 mg/L ，除去 BOD 80 kg/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流入水中及び処理水中の 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) 12 (2) 14 (3) 16 (4) 18 (5) 20

問12 膜分離活性汚泥法に関する記述として，最も適切なものはどれか。

- (1) 沈殿槽の代わりに膜により気液分離する。
- (2) 曝気槽と膜分離槽を分けた方式と一体式がある。
- (3) 膜には逆浸透膜が多く用いられる。
- (4) 一般に，汚泥濃度を $1500 \sim 2000 \text{ mg/L}$ に制御して運転する。
- (5) バルキングによる汚泥流失がある。

問13 好気的な生物処理における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，曝気により支持体の流動状態を維持しながら酸化分解する方式である。
- (2) 支持体に微生物を保持する結合固定化法や，微生物をゲルに閉じ込める包括固定化法がある。
- (3) 支持体表面の微生物活性が低下すると付着力が弱くなり，微生物が剥離するので，硝化処理に用いることはできない。
- (4) 他の生物膜法(固定床など)で見られる充填材の閉塞などのトラブルは少ない。
- (5) 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。

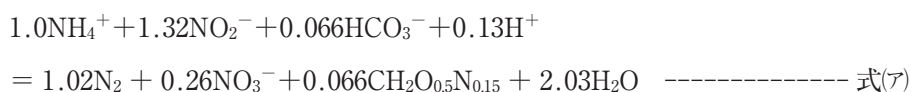
問14 メタン発酵処理の原理及びプロセス構成に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 一般的に、メタン発酵における排水・廃棄物中の有機物は、多くの嫌気性細菌が関与する逐次反応系で分解される。
- (2) 有機物の一部は細胞の合成に使用され、また発生するメタンの一部は液中に塩として吸収されるため、有機物からの実際のガス発生量は理論値より低い値を示す。
- (3) 前処理では、投入排水に混入する夾^{きょう}雑物の除去、pH・濃度・流量などの調節制御、必要に応じた栄養源の補給、阻害物の除去などが行われる。
- (4) 発酵槽の攪拌方式にはポンプや攪拌機による機械的攪拌と、生成ガスの一部を液中に吹き込むガス攪拌がある。
- (5) 後処理では、生成ガス、処理液及び消化汚泥の気・液・固の3系統について、それぞれ処理や利用設備が設置される。

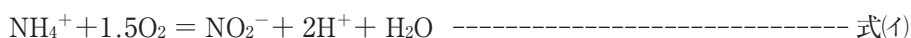
問15 窒素成分としてアンモニアのみを含む排水からアンモニアを全量除去する二つの方法（A 及び B）について，理論的な必要酸素量を比較する。方法 A は，式(ア)に示すアナモックス反応によりアンモニアを除去し，アナモックス反応に必要な亜硝酸のみを式(イ)の反応を用いて排水中のアンモニアから生成する方法である。方法 B は，式(ウ)に示す硝酸までの酸化反応を用いる方法である。同じアンモニア量を除去するとして，方法 A の必要酸素量を a ，方法 B の必要酸素量を b とした場合の b/a の値として最も近いものはどれか。なお，増殖や内生呼吸等に伴うアンモニアの変化は無視し，排水には，生物反応に必要な窒素以外の成分をすべて含んでいるものとする。

【方法 A】

アナモックス反応式

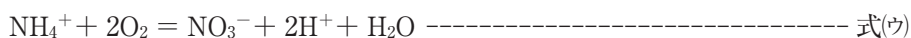


アンモニアから亜硝酸への酸化反応式



【方法 B】

アンモニアから硝酸への酸化反応式



- (1) 1.7 (2) 1.9 (3) 2.1 (4) 2.3 (5) 2.5

問16 生物的硝化脱窒素法の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) 硝化工程は水温の影響を受けやすく、特に水温が 15℃ 以下になると、硝化速度は著しく低下する。
- (2) 増殖速度の遅い硝化菌を処理系内に維持するための方法として、汚泥滞留時間(SRT)を長くすることが挙げられる。
- (3) 硝化菌の増殖は pH の影響を受けるため、硝化の進行に伴う pH の低下に注意し、槽内の pH を中性付近に保つことが望ましい。
- (4) 硝化工程に関与する微生物は、独立栄養細菌(自栄養細菌)であり、主に水中の二酸化炭素を炭素源として増殖する。
- (5) 硝化工程で生成した硝酸は、BOD として検出されることがあるため、脱窒素工程を組み合わせることで除去することが必要となる。

問17 曝気式酸化池法(曝気式ラグーン)を用いた BOD 除去に関する記述として、誤っているものはどれか。なお、曝気式酸化池法における BOD 除去率と滞留時間との関係は、次式で与えられるものとする。

$$E = 100 \times \left(1 - \frac{1}{1 + kt} \right)$$

E : BOD 除去率(%), k : BOD 除去速度定数(1/日), t : 滞留時間(日)

- (1) 滞留時間が 2 日で、BOD 除去速度定数 0.8(1/日)のとき、除去率は約 62 %である。
- (2) 滞留時間が 4 日で、BOD 除去率 80 %のとき、BOD 除去速度定数は 1.0 (1/日)になる。
- (3) BOD 除去率は水温の影響を受け、特に低水温域では滞留日数を長くする必要がある。
- (4) BOD 除去速度定数の値が小さいほど、同じ除去率を得るために長い滞留時間を必要とする。
- (5) 滞留時間を 1 日にした場合、BOD 除去速度定数が 2 倍になると除去率も 2 倍になる。

問18 中和・pH 調整装置の運転と維持管理に関する記述として、不適切なものはどれか。

- (1) pH 調整槽では排水を攪拌しながら、pH 計と連動するポンプ又はバルブにより中和剤を添加する。
- (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) pH 計の電極は、排水中の油分や浮遊物質の付着によって応答性が悪化し、誤差を生じる原因となる。
- (4) 中和剤として炭酸ナトリウムを使用する場合は、水酸化カルシウムを使用する場合より反応時間を要するので、中和槽の容積を十分に大きくする。
- (5) 中和剤の濃度は、極度に濃厚であると pH 制御が難しいため、ある程度希薄なものとする。

問19 活性炭吸着装置の運転と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) 充填塔型(固定層)吸着装置では、浮遊物質による目詰まりを避けるため、できる限り清澄な水を通水する必要がある。
- (2) 充填塔型吸着では、直列の複数の塔に通水する多段吸着方式が採用されることが多い。これは、初段が飽和に達したら、新炭に入れ替えて最後段にし、第二段を初段にして通水するもので、メリーゴーランド方式と呼ばれる。
- (3) 目詰まりを避けるため粒状活性炭充填塔に上向流で通水する場合、活性炭層が膨張し、上下がよく混合するような通水速度とすることが好ましい。
- (4) 流動層による吸着装置では目詰まりのおそれがないので、充填塔より小粒径の活性炭が使用でき、同量の COD を処理する場合、活性炭の充填量、消費量ともに少なく済む。
- (5) 活性炭を新たに充填した槽の内部に作業のため入るときは、活性炭が酸素を吸収し、槽内部が酸欠になるので、十分な換気が必要である。

問20 計測機器と関連する語句との組合せとして、誤っているものはどれか。

(計測機器)	(関連する語句)
(1) 分光光度計	ランバート-ベールの法則
(2) 電気伝導率計	セル定数
(3) TOC 計	燃焼酸化-赤外線式
(4) DO 計	ネブライザー
(5) ICP 質量分析装置	スペクトル干渉

問21 吸光光度分析法に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 検量線を用いて、試料溶液中の測定対象成分の濃度を求めることができる。
- (2) 酸，アルカリ，緩衝液，マスティング剤，発色試薬などを正しい順序で加える。
- (3) 吸収セルの液層の厚さを一定にしておけば，透過度は濃度に比例する。
- (4) 光源部には，タングステンランプ，重水素ランプなどが用いられる。
- (5) 市販の分光光度計には，大別して単光束方式と複光束方式がある。

問22 フレーム原子吸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。

フレーム原子吸光分析法では，トーチと誘導コイル⁽¹⁾を用いてフレームを作り，そこに試料溶液を噴霧⁽²⁾して原子蒸気⁽³⁾を生成させ，その中を中空陰極ランプ⁽⁴⁾などからの光を透過させた際の吸光度⁽⁵⁾を測定する。

問23 流れ分析法の一つである連続流れ分析(CFA)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。

細管内の試薬または試料の流れの中に気体⁽¹⁾を導入して分節⁽²⁾し、それぞれ試料または試薬を導入することによって、反応操作⁽³⁾などを行った後、下流⁽⁴⁾に設けた検出部で分析成分を検出して定量する。分節⁽²⁾を行う主な理由は、管の中の流れが層流⁽⁵⁾となり、試料や試薬がよく混合されるからである。

問24 水質環境基準における大腸菌数の試験に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 試料は、滅菌した密封できる容器に採取する。
- (2) 試料採取後、直ちに試験ができないときは、0～5℃(凍結させない)の暗所に保存し、72時間以内に試験する。
- (3) 酵素基質(X-GLUC)を含む培地で培養する。
- (4) 培養後、フィルター上の青色のコロニーを数える。
- (5) 大腸菌数の単位はCFU(Colony Forming Unit)/100 mLを用いる。

問25 全りん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。

試料にペルオキシ二硫酸カリウム溶液⁽¹⁾を加え、高圧蒸気滅菌器⁽²⁾中で120℃、30分間加熱酸化分解して種々の形態のりんをりん酸イオン⁽³⁾とする。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、硝酸-硫酸分解法⁽⁴⁾を適用する。分解によって得られたりん酸イオン⁽³⁾は、インドフェノール青吸光光度分析法⁽⁵⁾により定量する。

