

8 汚水処理特論

(令和3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 2100198765

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									
2	1	0	0	1	9	8	7	6	5
[1] <input type="checkbox"/>	[1] <input type="checkbox"/>	[1] <input type="checkbox"/>	[1] <input type="checkbox"/>	[1] <input type="checkbox"/>	[1] <input type="checkbox"/>	[1] <input type="checkbox"/>	[1] <input type="checkbox"/>	[1] <input type="checkbox"/>	[1] <input type="checkbox"/>
[2] <input type="checkbox"/>	[2] <input type="checkbox"/>	[2] <input type="checkbox"/>	[2] <input type="checkbox"/>	[2] <input type="checkbox"/>	[2] <input type="checkbox"/>	[2] <input type="checkbox"/>	[2] <input type="checkbox"/>	[2] <input type="checkbox"/>	[2] <input type="checkbox"/>
[3] <input type="checkbox"/>	[3] <input type="checkbox"/>	[3] <input type="checkbox"/>	[3] <input type="checkbox"/>	[3] <input type="checkbox"/>	[3] <input type="checkbox"/>	[3] <input type="checkbox"/>	[3] <input type="checkbox"/>	[3] <input type="checkbox"/>	[3] <input type="checkbox"/>
[4] <input type="checkbox"/>	[4] <input type="checkbox"/>	[4] <input type="checkbox"/>	[4] <input type="checkbox"/>	[4] <input type="checkbox"/>	[4] <input type="checkbox"/>	[4] <input type="checkbox"/>	[4] <input type="checkbox"/>	[4] <input type="checkbox"/>	[4] <input type="checkbox"/>
[5] <input type="checkbox"/>	[5] <input type="checkbox"/>	[5] <input type="checkbox"/>	[5] <input type="checkbox"/>	[5] <input type="checkbox"/>	[5] <input type="checkbox"/>	[5] <input type="checkbox"/>	[5] <input type="checkbox"/>	[5] <input type="checkbox"/>	[5] <input type="checkbox"/>
[6] <input type="checkbox"/>	[6] <input type="checkbox"/>	[6] <input type="checkbox"/>	[6] <input type="checkbox"/>	[6] <input type="checkbox"/>	[6] <input type="checkbox"/>	[6] <input type="checkbox"/>	[6] <input type="checkbox"/>	[6] <input type="checkbox"/>	[6] <input type="checkbox"/>
[7] <input type="checkbox"/>	[7] <input type="checkbox"/>	[7] <input type="checkbox"/>	[7] <input type="checkbox"/>	[7] <input type="checkbox"/>	[7] <input type="checkbox"/>	[7] <input type="checkbox"/>	[7] <input type="checkbox"/>	[7] <input type="checkbox"/>	[7] <input type="checkbox"/>
[8] <input type="checkbox"/>	[8] <input type="checkbox"/>	[8] <input type="checkbox"/>	[8] <input type="checkbox"/>	[8] <input type="checkbox"/>	[8] <input type="checkbox"/>	[8] <input type="checkbox"/>	[8] <input type="checkbox"/>	[8] <input type="checkbox"/>	[8] <input type="checkbox"/>
[9] <input type="checkbox"/>	[9] <input type="checkbox"/>	[9] <input type="checkbox"/>	[9] <input type="checkbox"/>	[9] <input type="checkbox"/>	[9] <input type="checkbox"/>	[9] <input type="checkbox"/>	[9] <input type="checkbox"/>	[9] <input type="checkbox"/>	[9] <input type="checkbox"/>
[0] <input type="checkbox"/>	[0] <input type="checkbox"/>	[0] <input type="checkbox"/>	[0] <input type="checkbox"/>	[0] <input type="checkbox"/>	[0] <input type="checkbox"/>	[0] <input type="checkbox"/>	[0] <input type="checkbox"/>	[0] <input type="checkbox"/>	[0] <input type="checkbox"/>

(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 水理学的滞留時間4時間、容積 200 m^3 、深さ4mの横流式沈殿池に流入する沈降速度が(ア) 2 cm/min 、(イ) 1 cm/min 、(ウ) 0.2 cm/min の3種類の粒子の除去率(%)の組合せとして、正しいものはどれか。ただし、沈殿池内に乱れや短絡がなく、水の流れは平行であり、かつ沈降の過程で沈降速度が変わることがないものとする。

	(ア)	(イ)	(ウ)
(1)	100	100	90
(2)	100	90	18
(3)	100	60	12
(4)	90	45	9
(5)	60	30	6

問2 連続シックナーに関する記述中、(ア)~(ウ)の の中に挿入すべき語句の組合せとして、正しいものはどれか。

連続シックナーの内部で、汚泥濃度 C 、表面積 A の水平面を考え、重力による沈降速度を R とする。越流での汚泥濃度 $C_e = 0$ 、排泥量を Q_u とした場合、この水平面を通過して下向きに移動する質量沈降速度 G は、 (ア) となる。排泥量が一定であれば、給泥濃度 C_f から排泥濃度 C_u に至るまでのある濃度 C_L において G が (イ) になる。この G の値から連続シックナーの (ウ) が求まる。

- | | (ア) | (イ) | (ウ) |
|-----|-----------------------------------|-----|-------|
| (1) | $C(R + Q_u A)$ | 最大 | 必要表面積 |
| (2) | $C(R + Q_u A)$ | 最大 | 必要水深 |
| (3) | $C\left(R + \frac{Q_u}{A}\right)$ | 最大 | 必要水深 |
| (4) | $C(R + Q_u A)$ | 最小 | 必要水深 |
| (5) | $C\left(R + \frac{Q_u}{A}\right)$ | 最小 | 必要表面積 |

問3 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、大きさが $0.1\ \mu\text{m}$ 程度以上のものは凝集法を用いなくても普通沈殿や砂ろ過法で分離することができる。
- (2) ジャーテストでは、薬品添加後1～5分たったら、^{かくはん}攪拌羽根の回転数を下げる。
- (3) 凝集剤の添加によって表面電荷を電氣的に中和された粒子は互いに凝集してフロックを形成する。このとき凝集の速度は、単位体積中の粒子の個数が大きくなるほど増加する。
- (4) 水平流形の凝集沈殿装置は、基本的にはフラッシュミキサー、フロキュレーターと沈殿池から構成されている。
- (5) フロック形成の場において、径の大きい既成フロックを懸濁させておけば、粒子の接触による凝集反応の速度を上げることができる。

問4 水中における浮上速度が $0.12\ \text{cm/s}$ である油滴を、APIオイルセパレーターを用いて分離したい。水槽の深さが $2.0\ \text{m}$ 、槽内の平均水平流速が $0.72\ \text{m/min}$ であるとき、100%の油滴の分離に必要な最小限の理論的な槽の長さ(m)はいくらか。ただし、流れの乱れや短絡流の影響はなく、乱流係数及び短絡係数はともに1とする。

- (1) 16 (2) 18 (3) 20 (4) 22 (5) 24

問5 オゾン処理に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 酸化力は塩素より強い。
- (2) オゾン発生機には高圧無声放電法が用いられる。
- (3) オゾン発生機に供給する原料として加湿空気が用いられる。
- (4) オゾン発生量はオゾン発生機の電力の調節により制御できる。
- (5) 有機物と反応してトリハロメタンを生成しない。

問6 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) 活性炭の吸着速度は、活性炭表面積の2乗に比例する。
- (2) 活性炭には疎水性の強い物質ほど吸着されやすい。
- (3) 活性炭での吸着等温線がフロイントリッヒの式 $X = kC^n$ (X : 単位質量当たりの吸着量, C : 平衡濃度, k, n : 定数)に従うとき, k が大きく n が小さいほうが低濃度から高濃度にわたってよく吸着する。
- (4) 活性炭の使用量を節減し, 処理水の濃度を低くするには向流多段吸着が用いられる。
- (5) 活性炭の吸着速度は, 活性炭近傍の液境膜の総括物質移動係数が大きいほど大きくなる。

問7 ナノろ過法と逆浸透法に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 逆浸透法は, 水は透過するが, 溶質はほとんど透過しない性質を持つ逆浸透膜(半透膜)を用いる膜処理法である。
- (2) U字型の管の途中に半透膜を設置し, その膜の左右に濃厚溶液と希薄溶液をそれぞれ注ぐと, 浸透圧によって希薄溶液側から濃厚溶液側に水が移動して水位差が生じる。
- (3) U字型の管の途中に半透膜を設置し, その膜の左右に濃厚溶液と希薄溶液をそれぞれ注いだとき, 濃厚溶液側に, ある一定以上の圧力をかけると, 濃厚溶液側の水を, 半透膜を透過して希薄溶液側に移動させることができる。
- (4) 実用化されている逆浸透膜には, 酢酸セルロース, 芳香族ポリアミド系などが用いられる。
- (5) ナノろ過法は, 逆浸透膜より操作圧力が高くなるが, 塩化ナトリウムの除去率を高めることができる。

問 8 膜分離法に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 精密ろ過は微細な懸濁粒子や細菌などの除去に用いられる。
- (2) 限外ろ過膜は、分子量 1000 ～ 100 万程度の水溶性の高分子物質や微細な懸濁粒子などの除去に用いられる。
- (3) 電気透析法は溶解塩類の除去に用いられる。
- (4) 電気透析法では、水溶性電解質でないコロイド質や有機物は除去できない。
- (5) 海水淡水化などで用いられる多段式プロセスでは、前段逆浸透膜モジュールの膜透過水を後段逆浸透膜モジュールに通すことで、より多くの膜透過水が得られる。

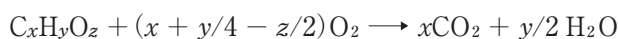
問 9 汚泥の脱水に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) ルースのろ過方程式に従う場合、スッチェ試験で求めたろ過時間 θ とろ液量 V は、 θ/V 対 V でプロットすると直線関係が得られる。
- (2) ろ過脱水のためには、ケーキ比抵抗は大きいほどよい。
- (3) ろ過助剤には、ケイ藻土、おがくず、セルロースなどがある。
- (4) ケーキに圧縮性がある場合、ケーキ比抵抗はろ過圧力が高くなると大きくなる。
- (5) 消化汚泥のろ過脱水の前処理として、汚泥の水洗が有効な場合がある。

問10 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) 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。
- (2) 凝集剤としては、ポリ塩化アルミニウムや硫酸アルミニウムがよく用いられる。
- (3) 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。
- (4) スクリュープレスは、スクリューの回転によって汚泥をスクリュー軸に沿って次第に挟隙部へ送り込み、発生する圧搾圧力によって圧縮脱水するものである。
- (5) 遠心脱水機は、回転体の中に、回転体と同じ回転速度で回るスクリューを内蔵して、ケーキを機外に排出する。

問11 有機性排水を活性汚泥処理するとき、その有機物(C_xH_yO_z)の酸化分解反応は、理論的に次式で示される。



グルコース(C₆H₁₂O₆)18 gが完全に分解されるとすると、二酸化炭素の発生量(g)として、最も近い値はどれか。ただし、水素、炭素、酸素の原子量はそれぞれ1, 12, 16とし、グルコース以外の有機物や栄養塩類などは反応に関与しないものとする。

- (1) 14 (2) 18 (3) 22 (4) 26 (5) 30

問12 BOD 300 mg/L, 流量 200 m³/日の排水を, 曝気槽容積 120 m³, MLSS 濃度 2000 mg/L の活性汚泥法で処理していたところ, 生産を拡張させ, 同じ濃度の排水をさらに 100 m³/日増加させて処理することとなった。曝気槽容積を 30 m³ 増加させ, BOD 汚泥負荷を変化させずに運転する場合, MLSS 濃度(mg/L)として適切なものはどれか。

- (1) 2200 (2) 2400 (3) 2600 (4) 2800 (5) 3000

問13 ある工場に2系統の排水があり, これらを合わせて活性汚泥で処理している。2系統のうち, 一方の排水は BOD 200 mg/L で, 水量が 250 m³/日, 他方は BOD 500 mg/L で, 水量が 80 m³/日である。また, 曝気槽の容積は 100 m³, 処理後の水質は BOD 20 mg/L, 及び BOD 汚泥負荷は 0.4 kg BOD/(kg MLSS・日)である。この活性汚泥の曝気槽の MLSS 濃度(mg/L)はいくらか。

- (1) 2090 (2) 2250 (3) 2350 (4) 2500 (5) 9000

問14 汚泥負荷 0.4 kg BOD/(kg MLSS・日), 容積負荷 0.8 kg BOD/(m³・日)で標準活性汚泥法の処理をしている。返送汚泥濃度 6000 mg/L で運転する場合, 返送汚泥率をいくりにすればよいか。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) 0.5 (4) 0.6 (5) 0.8

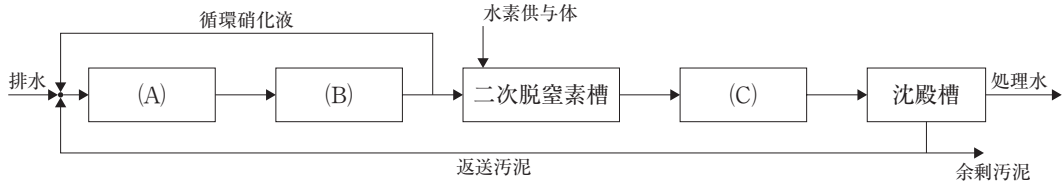
問15 嫌気処理法に関する記述として、正しいものはどれか。

- (1) 発酵槽の攪拌^{かくはん}方式には、表面攪拌式と水中攪拌式がある。
- (2) メタン発酵法における高温発酵法の最適温度は、36～38℃程度である。
- (3) メタン発酵の中間生成物である低級脂肪酸は、高濃度ではメタン生成の阻害の原因となる。
- (4) メタン発酵槽に流入する原水中に高濃度の糖類が含まれていると、その分解により過剰のアンモニアが生成し、メタン生成の阻害となる。
- (5) UASBでは、担体を投入し、上向流による排水の一過式流入、発生ガスの上昇による穏やかな攪拌下で、担体に付着した嫌気性微生物によって処理を行う。

問16 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) アンモニアから亜硝酸態窒素への反応では *Nitrosomonas* sp. が関与する。
- (2) 亜硝酸態窒素から硝酸態窒素への反応ではアルカリが消費される。
- (3) アンモニアから硝酸態窒素への反応では水素供与体を必要としない。
- (4) 亜硝酸態窒素から窒素への反応では通性嫌気性細菌が関与する。
- (5) 硝酸態窒素から窒素への反応ではアルカリが生成される。

問17 循環式硝化脱窒素法の処理プロセスを下図に示す。図中の(A)~(C)に入るべき最も適切な用語の組合せはどれか。



- | | (A) | (B) | (C) |
|-----|------|------|------|
| (1) | 硝化槽 | 再曝気槽 | 脱窒素槽 |
| (2) | 硝化槽 | 脱窒素槽 | 再曝気槽 |
| (3) | 脱窒素槽 | 再曝気槽 | 硝化槽 |
| (4) | 脱窒素槽 | 硝化槽 | 再曝気槽 |
| (5) | 再曝気槽 | 脱窒素槽 | 硝化槽 |

問18 アナモックス反応に関する記述中、下線を付した箇所のうち、誤っているものはどれか。

アナモックス反応では、嫌気性の従属栄養細菌により、アンモニア態窒素及び亜硝酸態窒素が窒素ガスへ変換され、その過程で水素イオンが消費され、少量の硝酸態窒素が生成する。

(1) 嫌気性の従属栄養細菌 (2) アンモニア態窒素 (3) 亜硝酸態窒素 (4) 窒素ガス (5) 硝酸態窒素

問19 凝集沈殿処理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) ジャーテストを異なる日時の排水に対して行い、水質指標と処理条件の関係を把握すれば、その後の運転管理が容易になる。
- (2) 液体の凝集剤を用いる場合、寒冷地では凍結温度以下にならないように注意する。
- (3) 沈殿池では、流入部における浮遊物質による詰まりの除去、流出部における越流堰傾きの調整、さらにスカムや藻類を清掃除去し、短絡流や偏流を防ぐ必要がある。
- (4) 沈殿した汚泥をできるだけ低濃度で排出するため、汚泥の引き抜き間隔はできるだけ短く設定した方がよい。
- (5) 傾斜板を入れた沈殿池では、傾斜板の上に汚泥が堆積して閉塞に至るので、適宜洗浄する必要がある。

問20 フレーム原子吸光法に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) バーナーを用いてフレーム(炎)を作り、そこに試料溶液を噴霧して原子蒸気を生成させる。
- (2) 試料原子化部は光源とガス流量制御部で構成される。
- (3) 測光方式には、シングルビーム方式とダブルビーム方式とがある。
- (4) 光源としては、中空陰極ランプ、高輝度ランプ、低圧水銀ランプなどが用いられる。
- (5) 検出部は、検出器への入射光の光強度を、その強度に応じた電気信号に変換する部分で、光電子倍增管、光電管又は半導体検出器が用いられる。

問21 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。

気体の温度を上げていくと、原子の外殻電子が離れてイオンが生成し、電子、
(1)
イオン、中性の原子及び分子が混合した状態となる。ICP のプラズマは完全には
電離していないので、弱電離プラズマという。ICP は、誘導コイルに高周波電流
(2) (3)
を流して生ずる電磁誘導によってプラズマを生成しているので「誘導結合プラズ
(4)
マ」と呼ばれ、その中心部の温度は 2000 ~ 3000 °C と高温である。
(5)

問22 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、フローインジェクション分析(FIA)法と連続流れ分析(CFA)
法に大別される。いずれも水試料、試薬を細管中に流し、反応操作などを行った
(1) (2)
後、検出部で分析成分を検出して定量する方法である。CFA 法は、細管内の試
(3) (1)
料又は試薬の流れの中に気体を導入して分節する。分節を行う主な理由は、管の
(4)
中の流れが層流となり、試料や試薬がよく混合されるからである。
(5)

問23 全窒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) 紫外線吸光光度法では、試料にペルオキシ二硫酸カリウムの酸性溶液を加えて、高圧蒸気滅菌器で加熱酸化分解を行い、試料中の窒素化合物を硝酸イオンに変える。
- (2) 紫外線吸光光度法では、分解終了後の試料溶液の pH を 2～3 に調節し、硝酸イオンによる波長 220 nm の吸光度を測定して硝酸イオン濃度を求め、窒素濃度に換算する。
- (3) 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に相当する窒素の量を、他方でアンモニアと有機体の窒素化合物に相当する窒素の量を求め、それらの和を全窒素とする。
- (4) 流れ分析法では、試料中の窒素化合物を酸化分解し、その結果生じる硝酸イオンの定量を流れ分析法によって行い、全窒素を定量する。
- (5) 流れ分析法は懸濁物質の多い試料をそのまま測定するのには適していない。

問24 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を加え、高圧蒸気滅菌器中で 120℃, 30⁽¹⁾
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とする。この分解法の代
わりに硝酸-過塩素酸分解法, 硝酸-塩酸分解法を適用してもよい。分解によっ
て得られたりん酸イオンは, モリブデン青吸光光度法により定量する。
⁽²⁾ ⁽⁵⁾

問25 TOC 計に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 水中の有機物に含まれている炭素を定量するものである。
- (2) COD, BOD に比べて短時間で測定値を得ることができる。
- (3) 燃焼酸化方式の TOC 計には 1 チャンネル方式と 2 チャンネル方式があり、いずれも生成した二酸化炭素を非分散形赤外線ガス分析計で測定している。
- (4) 1 チャンネル方式では、水酸化ナトリウム溶液等を添加して試料をアルカリ性とし、パージガスを通気して無機体炭素をあらかじめ除去する。
- (5) 2 チャンネル方式による測定では、全炭素(TC)から全無機体炭素(TIC)を減じて TOC を得る。

