

専門科目（上下水道部門） 2017（H29） 問題・正解と解説

Ⅲ 次の35問題のうち25問題を選択して解答せよ。（解答欄に1つだけマークすること。）

Ⅲ－1 リスク管理の観点から施設整備等に当たって留意すべき点に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 震災時にも可能な限り給水を行うため、水道システム全体としての耐震化が必要である。耐震化の優先順位として基幹施設や重要施設、社会的役割等を考慮し、耐震化計画を立案することが望ましい。
- ② テロ行為、不審者などへの対策として、施設のセキュリティ強化を進めていくことも重要である。例えば、ろ過池等の覆蓋化や無人施設における監視体制の強化など、その必要性を勘案してセキュリティ確保のための設備や方法を選定する。
- ③ 水質事故等により、浄水中の有害物質の濃度が一時的にでも水質基準値を超過する水質異常が生じた場合、長期的な健康影響をもとに基準値が設定されている物質についても、ただちに給水を停止する必要がある。そのため、応急給水等代替手段を確保する施設の整備と運用の体制づくりを進めることが望ましい。
- ④ 水道施設におけるリスクは、震災やテロ行為以外にも、水質事故、渇水、水害、新型インフルエンザなど様々なリスクが考えられ、こうしたリスクに起因する非常事態に際しても、極力給水を確保することが必要となる。そのため、水安全計画や事業継続計画などを策定し、リスクに対応するための体制づくりを進めることが望ましい。
- ⑤ 大規模地震などにより水道施設が甚大な被害を受けた場合に備えた飲料水の確保策として、震災対策用貯水施設の整備、事業体間の送配水管接続による相互融通機能の確保などがある。同時に、こうした施設が非常時に確実に機能できる体制の整備が必要である。

正解は③

水質基準値のうち、長期的な健康影響をもとに基準値が設定されている物質は、一時的に基準値を超過しても直ちに健康被害が生じるものではないため、ただちに給水を停止する必要はない。給水停止の判断は、物質の性質と超過の程度・期間に応じて行う。「ただちに給水を停止する必要がある」とする記述は不適切である。

- ①：○震災時の給水確保のため水道システム全体の耐震化が必要であり、基幹施設や重要施設等を考慮して優先順位を定めた耐震化計画を立案するという記述で正しい。
- ②：○テロ行為や不審者への対策として、ろ過池等の覆蓋化や無人施設の監視体制強化などセキュリティ確保の設備・方法を選定するという記述で正しい。
- ④：○水道施設のリスクは震災・テロのほか水質事故、渇水、水害、新型インフルエンザ等があり、水安全計画や事業継続計画の策定が望ましいという記述で正しい。
- ⑤：○震災対策用貯水施設の整備や事業体間の送配水管接続による相互融通が飲料水の確保策であり、非常時に確実に機能する体制の整備が必要であるという記述で正しい。

Ⅲ－２ 地下水の取水に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 浅井戸において、井筒の底部から取水する場合、井底には下部から順次、大砂利、中砂利、小砂利を敷き均す。
- ② 地下水の揚水試験のうち、帯水層試験は、複数井戸のある地域の安全揚水量を把握することを目的とする。
- ③ 地下水の揚水試験のうち、段階揚水試験は、透水係数や貯留係数を把握することを目的とする。
- ④ 深井戸において、スクリーン（ストレーナ）は最も重要な要素の１つであり、スクリーン（ストレーナ）に流入する地下水の速度はできるだけ遅くする。
- ⑤ 集水埋きよは、伏流水の平行方向にできるだけ水平に近い勾配となるように布設する。

正解は④

スクリーン（ストレーナ）への流入速度が大きいと、砂の吸い込みや目詰まり、井戸の寿命低下を招くため、流入速度はできるだけ遅く（一般に 3cm/s 以下）する。④は正しい記述である。

- ①：×井底の敷き均しは、下部から順次小砂利、中砂利、大砂利とする。細かいものを下にして砂の流入を防ぐのであり、「下部から大砂利、中砂利、小砂利」は逆である。
- ②：×帯水層試験は、透水係数や貯留係数といった帯水層の水理定数を把握することを目的とする。
- ③：×段階揚水試験は、揚水量を段階的に変えて水位降下を測り、井戸の能力（限界揚水量・井戸効率）を把握することを目的とする。②と③は目的が入れ替わっている。
- ⑤：×集水埋きよは伏流水の流れの直角方向に布設する。平行方向では集水量が確保できない。

Ⅲ－３ 富栄養化した湖沼水を水道水源として利用する場合の影響に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① アンモニア態窒素による塩素要求量の増加
- ② プランクトン等の繁殖によるクリプトスポリジウムの発生
- ③ 凝集沈殿処理への障害
- ④ 底質からの鉄、マンガンの溶出に起因する赤水等の障害
- ⑤ プランクトン等によるろ過池の閉塞

正解は②

クリプトスポリジウムは人や家畜のふん便に由来する原虫であり、富栄養化によるプランクトン等の繁殖で発生するものではない。②は富栄養化の影響として不適切である。

- ①：○富栄養化した水源ではアンモニア態窒素が増加し、塩素要求量が増えるという記述で正しい。
- ③：○藻類の増殖は凝集沈殿処理を阻害し、フロック形成不良や沈降障害を生じるという記述で正しい。
- ④：○成層の形成により底層が貧酸素となると、底質から鉄・マンガンが溶出し赤水等の障害を生じるという記述で正しい。
- ⑤：○プランクトンの増殖はろ過池の閉塞（ろ過持続時間の短縮）を招くという記述で正しい。

Ⅲ－４ 微生物の消毒について，以下の Chick－Watson 式が用いられることが多い。 $\ln (N_t/N_0) = -k \cdot C^n \cdot t$ ここで N_t , N_0 , C , t はそれぞれ，反応時間 t 時間後の微生物濃度，反応開始時の微生物濃度，消毒剤濃度（時間に依存しないことを仮定している。） ， 反応時間である。また， k と n は定数である。いま，ある微生物について塩素による消毒を考える。 k は正の定数， $n=1$ と仮定できるとして，次の処理条件（ア）～（ウ）の消毒効果の大小関係について，最も適切なものはどれか。（ア） $C=1\text{mg/L}$, $t=5$ 時間 （イ） $C=2\text{mg/L}$, $t=3$ 時間 （ウ） $C=3\text{mg/L}$, $t=2$ 時間

- ① ア＞イ＞ウ
- ② イ＞ウ＞ア
- ③ ウ＞イ＞ア
- ④ ア＞イ＝ウ
- ⑤ イ＝ウ＞ア

正解は⑤

$n=1$ と仮定できるので，式は $\ln (N_t/N_0) = -k \cdot C \cdot t$ となり，消毒効果の大小は $C \cdot t$ (CT 値) の大小で決まる。

（ア） $C \cdot t=1 \times 5=5$ ， （イ） $C \cdot t=2 \times 3=6$ ， （ウ） $C \cdot t=3 \times 2=6$

したがってイとウが等しく，いずれもアより大きいので， $イ＝ウ＞ア$ となり⑤が正しい。

消毒効果を濃度と接触時間の積 (CT 値) で評価する考え方は，クリプトスポリジウム対策など実務でも用いられる。

Ⅲ－５ 浄水処理における沈殿池について，次の（ア）～（エ）の説明に当てはまる沈殿池の組合せとして，最も適切なものはどれか。（ア）薬品注入，急速攪拌，フロック形成，沈殿処理を 1 つの槽の中で行う。（イ）薬品注入，混和，フロック形成を経て大きく成長したフロックをできるだけ沈殿させ，急速ろ過池への負担を軽減する。（ウ）緩速ろ過池と組合せて設けられるもので，自然沈降によって懸濁物質を除去する。（エ）フロックの沈降距離を短くすることによって，沈殿時間を減少させ，沈殿池の処理能力を向上させる。

- ① ア：高速凝集沈殿池 イ：薬品沈殿池 ウ：普通沈殿池 エ：傾斜板沈殿池
- ② ア：薬品沈殿池 イ：普通沈殿池 ウ：傾斜板沈殿池 エ：高速凝集沈殿池
- ③ ア：傾斜板沈殿池 イ：薬品沈殿池 ウ：普通沈殿池 エ：高速凝集沈殿池
- ④ ア：普通沈殿池 イ：高速凝集沈殿池 ウ：薬品沈殿池 エ：傾斜板沈殿池
- ⑤ ア：高速凝集沈殿池 イ：普通沈殿池 ウ：傾斜板沈殿池 エ：薬品沈殿池

正解は①

（ア）薬品注入から沈殿処理までを 1 つの槽で行うのは高速凝集沈殿池である。

（イ）薬品注入・混和・フロック形成を経たフロックを沈殿させ，急速ろ過池への負担を軽減するのは薬品沈殿池である。

（ウ）緩速ろ過池と組合せ，薬品を使わず自然沈降で懸濁物質を除去するのは普通沈殿池である。

（エ）沈降距離を短くして沈殿時間を減らし処理能力を高めるのは傾斜板沈殿池である。

したがって①の組合せが正しい。

Ⅲ－6 浄水処理の緩速ろ過に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 有効径とは、砂をふるい分けして、その粒度加積曲線を作成したとき、その 10%通過径に当たるもので、砂層で用いるろ過砂では 0.30～0.45mm の範囲内とする。
- ② 均等係数とは、粒度加積曲線における通過径 60%と 10%の粒径の比で、砂層で用いるろ過砂では 2.00 以下とする。
- ③ ろ過面積は、計画浄水量をろ過速度で除して求め、池数は予備池を含めて 2 池以上とする。
- ④ ろ過速度は、120～150m／日が標準とされており、大量に処理しなければならない場合には、砂層の表面積が大きくなり、必要な用地面積も広がる。
- ⑤ 砂利層は砂層を支持し、砂が水とともに下部に流出しないために設けるもので、順次下方に向けて粒径を増し、四層に分けて敷く。

正解は④

緩速ろ過のろ過速度は 4～5m／日を標準とする。④の「120～150m／日」は急速ろ過の値であり不適切である。なお緩速ろ過は速度が小さいため、同じ浄水量では広い用地を要するという後半の記述自体は緩速ろ過の特徴として正しい。

- ①：○有効径は粒度加積曲線の 10%通過径であり、緩速ろ過の砂層では 0.30～0.45mm とするという記述で正しい。
- ②：○均等係数は 60%通過径と 10%通過径の比で、緩速ろ過の砂層では 2.00 以下とするという記述で正しい。
- ③：○ろ過面積は計画浄水量をろ過速度で除して求め、池数は予備池を含めて 2 池以上とするという記述で正しい。
- ⑤：○砂利層は砂層を支持して砂の流出を防ぐもので、下方に向けて粒径を増し四層に分けて敷くという記述で正しい。

Ⅲ－7 我が国におけるオゾン処理を用いた高度浄水処理方法について、適用可能な処理フローの組合せとして、最も適切なものはどれか。（ア）凝集沈殿 → オゾン処理 → 粒状活性炭処理 → 砂ろ過 → 塩素処理 → 浄水池・配水池 （イ）凝集沈殿 → 砂ろ過 → オゾン処理 → 粒状活性炭処理 → 塩素処理 → 浄水池・配水池 （ウ）凝集沈殿 → 砂ろ過 → 粒状活性炭処理 → オゾン処理 → 塩素処理 → 浄水池・配水池 （エ）凝集沈殿 → 粒状活性炭処理 → 砂ろ過 → オゾン処理 → 塩素処理 → 浄水池・配水池

- ① ア、イ
- ② イ、ウ
- ③ ウ、エ
- ④ ア、エ
- ⑤ イ、エ

正解は①

オゾン処理と粒状活性炭処理を組み合わせた高度浄水処理では、オゾンで分解した有機物を後段の粒状活性炭で除去する必要があるため、オゾン処理の後に粒状活性炭処理を置く。この条件を満たすのは（ア）と（イ）であり、①が正しい。

（ア）凝集沈殿の後にオゾン・粒状活性炭を置き、最後に砂ろ過で活性炭の流出を捕捉するフローで、オゾンの後に粒状活性炭があるので成立する。

（イ）凝集沈殿・砂ろ過で濁質を除いた後にオゾン・粒状活性炭を置くフローで、我が国で最も一般的である。

（ウ）（エ）：×粒状活性炭処理の後にオゾン処理を置いており、オゾンで生成した易分解性有機物を除去できないため適切でない。

Ⅲ－８精密膜ろ過に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 定圧制御は、ろ過水量が原水水温に左右されないが、時間の経過とともに、目詰まりによりろ過水量が減少するため、取水や配水池運用などを含めて検討する必要がある。
- ② 薬品洗浄は、ファウリング物質を明らかにせず不適切な洗浄剤で洗浄すると、膜性能の低下やファウリング物質と洗浄剤の化学変化による膜劣化を起こす場合がある。
- ③ 加圧方式は、膜ろ過水中の溶存ガスが気泡となって起こるエアロックを防ぐために、通常、差圧の最大値は－40kPa 以上（絶対値で 40kPa 以下）とする。
- ④ 精密ろ過膜は、ふるい分け原理に基づいて粒子の大きさと分離を行うろ過法である。浄水処理に使用される精密ろ過膜の孔径は、一般的に $0.01\mu\text{m}$ 以下と定義され、分離性能は分画分子量で表す。分子量 1,000～300,000Da 程度の領域を分離対象とする。
- ⑤ 無機膜は、有機膜に比較して熱耐性や耐薬品性がよく、物理強度もある一方で、膜の前段では必ず凝集剤を注入しなければならない。

正解は②

薬品洗浄では、ファウリング（膜汚染）物質の性状に合った洗浄剤を選ぶ必要があり、不適切な洗浄剤を用いると膜性能の低下や膜の劣化を招く場合がある。②は正しい記述である。

- ①：×定圧制御は膜間差圧を一定に保つ制御であり、水温が下がると水の粘度が増してろ過水量が減る。「原水水温に左右されない」のは定流量制御の側で、記述が逆である。
- ③：×溶存ガスの気泡によるエアロックは吸引（負圧）方式で問題となるもので、加圧方式の説明として適切でない。
- ④：×精密ろ過膜の孔径は一般に $0.01\mu\text{m}$ 以上であり、分画分子量で分離性能を表すのは限外ろ過膜である。
- ⑤：×無機膜でも前段に必ず凝集剤を注入しなければならないわけではなく、原水水質や処理目標に応じて決める。

Ⅲ－９配水管に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 配水管から給水管に分岐する箇所での配水管内の最小動水压は、150kPa（0.15MPa）以上を確保し、最大静水压は、740kPa（0.74MPa）を超えないことを原則とする。
- ② 配水管の管径の算定に当たっては、配水池、配水塔及び高架タンクの水位はいずれも高水位をとる。
- ③ 配水管を他の地下埋設物と交差又は近接して布設するときは、少なくとも 0.3m 以上の間隔を保つ。
- ④ 軟弱地盤や構造物との取合い部など不同沈下のおそれのある箇所には、可とう性のある伸縮継手を設ける。
- ⑤ 沿岸部で津波被害の想定される地域において、重要な管路を河川、運河、水路等に横断させる場合、伏越しすることが望ましい。

正解は②

配水管の管径算定に当たっては、配水池、配水塔及び高架タンクの水位はいずれも低水位をとる。最も条件の厳しい状態で必要水量を送れることを確かめる必要があるため、「高水位をとる」とする記述は不適切である。

- ①：○分岐箇所の最小動水压は 150kPa（0.15MPa）以上、最大静水压は 740kPa（0.74MPa）以下を原則とするという記述で正しい。
- ③：○他の地下埋設物と交差又は近接する場合は 0.3m 以上の間隔を保つという記述で正しい。
- ④：○不同沈下のおそれのある箇所には可とう性のある伸縮継手を設けるという記述で正しい。
- ⑤：○津波被害が想定される沿岸部では、重要管路を河川等に横断させる場合、橋梁添架よりも伏越しが望ましいという記述で正しい。

Ⅲ－10 給水装置に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 給水方式には、直結式、受水槽式及び直結・受水槽併用式があり、その方式は、給水栓の高さ、使用水量、使用用途、維持管理、需要者の要望、配水管の整備状況等を考慮して決定する。
- ② 給水装置の構造及び材質の基準適合の確認は、第三者認証機関の証明並びに給水装置の構造及び材質基準を満足する製品規格に適合している製品でその証明のあるものとし、製造者などが自らの責任で基準適合性を消費者等に証明する自己認証は認められていない。
- ③ 水道水を受水槽のようなもので一旦受けて、圧力を解放してから後に布設されている給水管等や、配水管に直結していない給水管は給水装置ではない。
- ④ 給水装置は、水道施設と異なり需要者個人の財産であり、その管理が需要者に委ねられてはいるが、配水管と一体となって給水システムを構成している。
- ⑤ 水道事業者は、当該水道によって水の供給を受ける者の給水装置の構造及び材質が、政令の定める基準に適合していないときは、供給規程の定めるところにより、その者の給水契約の申込みを拒み、又はその者が給水装置を基準に適合させるまでの間その者に対する給水を停止することができる。

正解は②

給水装置の構造及び材質の基準適合の確認には、第三者認証機関による認証のほか、製造者等が自らの責任で基準適合性を証明する自己認証も認められている。「自己認証は認められていない」とする記述は不適切である。

- ①：○給水方式には直結式、受水槽式及び直結・受水槽併用式があり、給水栓の高さ、使用水量、用途、維持管理、需要者の要望、配水管の整備状況等を考慮して決定するという記述で正しい。
- ③：○受水槽で一旦受けて圧力を開放した以降の給水管等や、配水管に直結していない給水管は給水装置に該当しないという記述で正しい。
- ④：○給水装置は需要者個人の財産であるが、配水管と一体となって給水システムを構成しているという記述で正しい。
- ⑤：○水道法第 16 条により、給水装置が政令の基準に適合していないときは、給水契約の申込みを拒み、又は給水を停止することができるという記述で正しい。

Ⅲ－11 上水道のポンプ設備に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 管路の状況によっては水撃圧の検討が必要となり、その対策としてポンプ場内設備だけでなく、サージタンク等を管路に設ける必要が生じる場合もあるので、管路を含めたシステムとして検討する必要がある。
- ② 取水及び送水ポンプは、ポンプ効率の高い点で定量運転が可能な容量、台数とし、配水ポンプは、水量の時間的変動に適合した容量、台数とする。
- ③ キャビテーションに対して安全なためには、利用できる有効吸込水頭は、ポンプが必要とする必要有効吸込水頭より小でなければならない。
- ④ 計画給水量、動水圧及び管路特性により、ポンプ運転範囲を把握し、キャビテーション発生の有無を検討の上、最適な制御方式を採用する。
- ⑤ ポンプの形式は、使用条件に最も適した比速度（Ns）となるようなポンプとする。

正解は③

キャビテーションを防ぐには、利用できる有効吸込水頭（利用可能 NPSH）がポンプの必要有効吸込水頭（必要 NPSH）より大きくなければならない。③は大小関係が逆で不適切である。

- ①：○水撃圧対策はポンプ場内設備だけでなくサージタンク等を管路に設ける場合もあるため、管路を含めたシステムとして検討する必要があるという記述で正しい。
- ②：○取水・送水ポンプは効率の高い点で定量運転できる容量・台数とし、配水ポンプは時間変動に適合した容量・台数とするという記述で正しい。
- ④：○計画給水量、動水圧及び管路特性からポンプ運転範囲を把握し、キャビテーション発生の有無を検討して制御方式を選ぶという記述で正しい。
- ⑤：○ポンプ形式は使用条件（吐出量と全揚程）に最も適した比速度となるものを選ぶという記述で正しい。

Ⅲ－12 上水道の計装設備に関する次の記述の、〔 〕に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。計装は、設備だけでなく、それを生かす〔ア〕が重要な要素になる。その〔ア〕が不完全であると十分に機能しない。また、計装設備は、他の土木施設や電気設備のように、浄水処理に直接的に必要な機能を〔イ〕ところに大きな特徴がある。さらに、計装設備は〔ウ〕と〔エ〕との間の会話を行う設備で、運転指令を〔ウ〕から〔エ〕に伝えたりするものである。このように、プラント全体に関連し、各施設の運転管理を行っていることから、十分な安全対策が要求され、故障や誤作動に対するバックアップや〔オ〕の対策が必要である。

- ① ア：ソフトウェア イ：有している ウ：人間 エ：プラント オ：フル・プルーフ
- ② ア：既存ハードウェア イ：有していない ウ：プラント エ：人間 オ：フル・プルーフ
- ③ ア：既存ハードウェア イ：有している ウ：プラント エ：人間 オ：フル・プルーフ
- ④ ア：ソフトウェア イ：有していない ウ：人間 エ：プラント オ：フェールセーフ
- ⑤ ア：ソフトウェア イ：有している ウ：コンピューター エ：プラント オ：フェールセーフ

正解は④

計装は設備（ハードウェア）だけでなく、それを生かすソフトウェアが重要な要素になる（ア＝ソフトウェア）。計装設備は、土木施設や電気設備と違って浄水処理に直接的に必要な機能そのものは有していない（イ＝有していない）ところに特徴がある。

計装設備は人間とプラントとの間の会話を行う設備で、運転指令を人間からプラントへ伝える（ウ＝人間，エ＝プラント）。故障や誤作動に対しては、異常時に安全側で止まるフェールセーフの対策が必要である（オ＝フェールセーフ）。したがって④が正しい。

フル・プルーフは誤操作をしても事故に至らないようにする考え方で、故障・誤作動に対する対策としてはフェールセーフが対応する。

Ⅲ－13 上水道における漏水防止対策と具体的な施策を示す下表において，〔 〕に入る語句の組合せとして，最も適切なものはどれか。（表：対策／項目／具体的施策）基礎的対策：準備＝施工体制の確立，図書・機器類の整備／基礎調査＝配水量・漏水量・水圧の把握／技術開発＝管及び付属設備の改良，漏水発見法・埋設管探知法・漏水量測定法の開発。〔ア〕対策：〔ウ〕作業（地上漏水の修理）＝即時修理／〔エ〕作業（地下漏水の修理）＝早期発見，修理。〔イ〕対策：他工事立会い＝管路の巡視・立会い／配・給水管の改良＝布設替，給水管整備，腐食防止／〔オ〕調整＝管網整備，ブロック化，減圧弁の設置。

- ① ア：直接的 イ：間接的 ウ：配水量分析 エ：機動的 オ：技術
- ② ア：予防的 イ：対症療法的 ウ：計画的循環 エ：機動的 オ：漏水量
- ③ ア：予防的 イ：対症療法的 ウ：機動的 エ：計画的循環 オ：漏水量
- ④ ア：対症療法的 イ：予防的 ウ：計画的循環 エ：配水量分析 オ：水圧
- ⑤ ア：対症療法的 イ：予防的 ウ：機動的 エ：計画的循環 オ：水圧

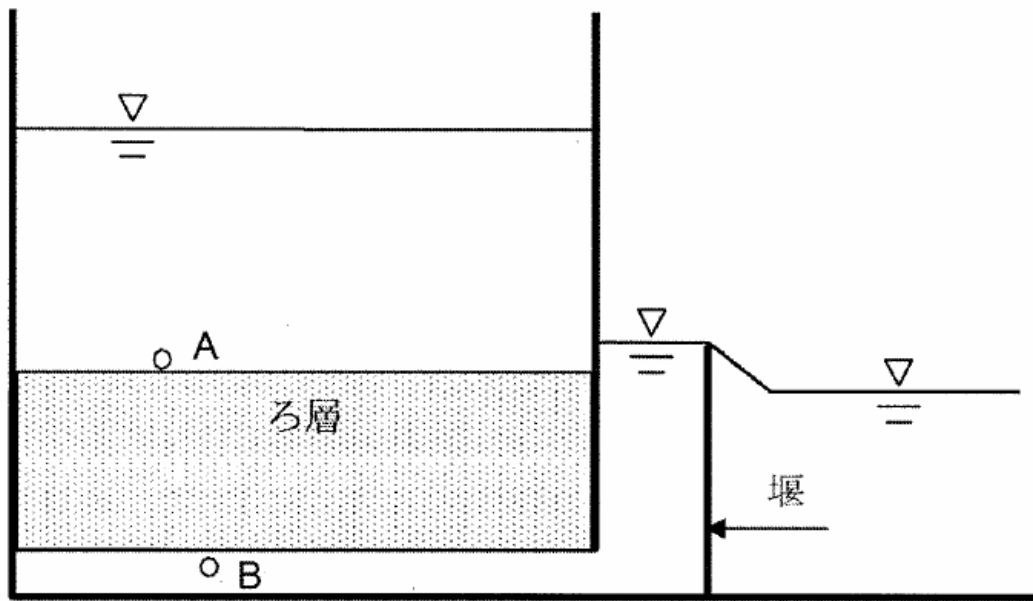
正解は⑤

漏水防止対策は，すでに起きた漏水を修理する対症療法的対策と，漏水を起こさないようにする予防的対策に分けられる。

表で「地上漏水の修理＝即時修理」「地下漏水の修理＝早期発見，修理」を含むのは対症療法的対策であるから，ア＝対症療法的となる。地上漏水に対応するのが機動的作業（ウ＝機動的），地下漏水を計画的に探して回るのが計画的循環作業（エ＝計画的循環）である。

他工事立会いや配・給水管の改良を含むイは予防的対策であり，管網整備・ブロック化・減圧弁の設置は水圧調整である（オ＝水圧）。したがって⑤が正しい。

Ⅲ－14 下図は、自然平衡形の急速ろ過池であり、ろ過池出口のせき（堰）の高さは一定である。点 A と点 B にはマンノメータが設置されている。それぞれのマンノメータの値に関する次の（ア）～（エ）について、その正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、点 A 及び点 B における流速は十分に小さく、また、流量の変化によるせき（堰）の越流水深への影響は無視できるものとする。（ア）流量を大きくすると、点 A のマンノメータの値は大きくなる。（イ）流量を大きくすると、点 B のマンノメータの値は大きくなる。（ウ）ろ層の目詰まりが進行すると、点 A のマンノメータの値は大きくなる。ただし、流量は一定とする。（エ）ろ層の目詰まりが進行すると、点 B のマンノメータの値は大きくなる。ただし、流量は一定とする。



- ①ア：正 イ：誤 ウ：正 エ：誤
 ②ア：誤 イ：正 ウ：正 エ：正
 ③ア：正 イ：正 ウ：誤 エ：誤
 ④ア：正 イ：誤 ウ：誤 エ：正
 ⑤ア：誤 イ：誤 ウ：正 エ：誤

正解は①

点 A はろ層より上の池内水位に対応し、点 A のマンノメータの値は池の水位で決まる。点 B はろ層の下の集水部にあり、出口のせき（堰）とつながっているので、点 B のマンノメータの値はせきの高さ（と越流水深）で決まる。

（ア）：正 流量を大きくするとろ層の損失水頭が増え、自然平衡形では池内水位が上がるので、点 A の値は大きくなる。

（イ）：誤 点 B の値はせきの高さで決まり、越流水深への影響は無視できるとされているので、流量を変えても変わらない。

（ウ）：正 目詰まりが進むと損失水頭が増え、流量一定なら池内水位が上がるので、点 A の値は大きくなる。

（エ）：誤 目詰まりが進んでも、点 B の値はせきの高さで決まるので変わらない。

したがって①が正しい。損失水頭の増加が水位上昇として現れるのが自然平衡形の特徴である。

Ⅲ－15 水道の貯水施設に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 水質が必ずしも良好とはいえない地点にやむを得ず貯水施設を設置しなければならない場合には、貯水施設周辺からの流入汚濁負荷量に対する監視を行うとともに、貯水池内の曝気循環設備や選択取水設備の整備等を進めることが必要である。
- ② 貯水施設を形態から分類すると、ダム、湖沼、遊水池、河口堰、溜池、地下ダムなどになり、専ら水道用のために建設される専用貯水施設と洪水調節、発電、灌漑、工業用水道などの水道以外の用途と共同で建設される多目的貯水施設とがある。
- ③ ダムの型式は、堤体材料からコンクリートダムとフィルダムに分類される。一般にフィルダムはコンクリートダムに比べ、ダムから受ける荷重をより広い地盤に伝えるので、基礎の強さからの制約条件は少ない。
- ④ コンクリートダムはその力学的特性により重力式ダム、アーチ式ダムに分類される。アーチ式ダムは、主としてアーチ作用により水压などの大部分の荷重をダム両岸の基礎岩盤に伝達し、ダム内部の力は大部分が圧縮力となるため、コンクリートの特徴である強い圧縮強度を利用でき、その結果堤体の体積は重力式ダムに比べて小さくなる。
- ⑤ ダムの洪水吐きは、設計洪水流量を処理する規模、型式、配置を有し、施設の安全が図られるものである必要があり、コンクリートダムの場合は、洪水越流による安全上の問題が、フィルダムの場合に比べはるかに大きいことから、原則として、ダム堤体とは別に洪水吐きを設ける。

正解は⑤

洪水越流に対して安全上の問題が大きいのはフィルダムである。フィルダムは堤体を越流させると洗掘・決壊のおそれがあるため、原則としてダム堤体とは別に洪水吐きを設ける。コンクリートダムは堤体を越流させても安全なので堤体に洪水吐きを設けることができる。⑤は両者が入れ替わっており不適切である。

- ①：○水質が良好でない地点にやむを得ず設置する場合、流入汚濁負荷量の監視と曝気循環設備・選択取水設備の整備等が必要であるという記述で正しい。
- ②：○貯水施設は形態からダム、湖沼、遊水池、河口堰、溜池、地下ダム等に分類され、専用貯水施設と多目的貯水施設があるという記述で正しい。
- ③：○フィルダムは荷重をより広い地盤に伝えるため、基礎の強さからの制約条件が少ないという記述で正しい。
- ④：○アーチ式ダムはアーチ作用で荷重を両岸の基礎岩盤に伝え、堤体の体積を重力式より小さくできるという記述で正しい。

Ⅲ－16 上水道における排水処理に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 排水処理施設のフローは、調整、濃縮、脱水、乾燥、処分のフローの全部、又は一部をもって構成される。
- ② 回分式濃縮槽は、スラッジが間欠的に排出される場合や処理すべきスラッジが少量の場合に用いる方式である。水位変動が大きいため、可動式の上澄水取り出し装置が必要だが、一般的に運転管理が容易である。
- ③ 加圧脱水の前処理として消石灰を注入した場合には、脱水効率はよくなるが、発生ケーキ量が増加するほか、発生ケーキの pH が低くなり、管理型の最終処分場での廃棄が必要となる。
- ④ 焼成は、スラッジに高熱を加えて、スラッジの有害成分を無害化するために行う。生成物は、コンクリート人工骨材、埋戻し用砂、路盤材、緑農地資材等に有効活用可能である。
- ⑤ セメント製造原料の 1 つである天然の粘土原料の代替としてケーキを利用する場合には、原料粘土の化学成分に近いことが望ましいが、ある程度組成範囲をはずれても他原料と組合せて調合使用することができる。

正解は③

加圧脱水の前処理として消石灰（水酸化カルシウム）を注入すると、発生ケーキはアルカリ性となり pH は高くなる。「pH が低くなり」とする記述は不適切である。なお消石灰の注入により脱水効率が向上する一方、ケーキ量が増加する点は正しい。

- ①：○排水処理施設のフローは調整、濃縮、脱水、乾燥、処分の全部又は一部で構成されるという記述で正しい。
- ②：○回分式濃縮槽はスラッジが間欠的に排出される場合や少量の場合に用い、可動式の上澄水取り出し装置が必要だが運転管理は容易であるという記述で正しい。
- ④：○焼成はスラッジに高熱を加えるもので、生成物はコンクリート人工骨材、埋戻し用砂、路盤材、緑農地資材等に活用できるという記述で正しい。
- ⑤：○セメント原料の粘土代替としてケーキを利用する場合、組成が多少はずれても他原料と組合せて調合使用できるという記述で正しい。

Ⅲ－17 水道においてクリプトスポリジウム等対策指針における、水道原水がクリプトスポリジウム等により汚染のおそれがある場合の水質管理に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 水道原水が地表水、地表水以外であるかに関係なく、ろ過池又はろ過膜（以下、「ろ過池等」という）の出口の濁度を 0.1 度に維持することが可能なろ過設備を必ず整備しなければならない。
- ② クリプトスポリジウム等は結合塩素では容易に不活化できないため、遊離塩素による消毒を行うための適切な設備を整備する必要がある。
- ③ 原水が低濁度である場合は、急速砂ろ過池でろ過するのみでクリプトスポリジウム等を含めコロイド・懸濁物質が十分に除去できるので、急速ろ過法においては凝集剤を加えなくてもよい。
- ④ ろ過池等の出口の濁度を 0.1 度以下に維持している場合、その後の配水過程において濁りを生じる可能性はなく、給水栓においても濁度は 0.1 度を超えることはない。
- ⑤ ろ過池等の出口の濁度を 0.1 度以下に維持する場合、ろ過池等の出口の水の濁度はろ過池等ごとに測定することとするが、不可能な場合は、処理系統ごとに測定することとする。

正解は⑤

ろ過池等の出口の濁度は、原則としてろ過池等ごとに測定することとし、構造上それが不可能な場合は処理系統ごとに測定することとされている。⑤は正しい記述である。

- ①：×指針が 0.1 度以下の維持を求めるのは、原水が地表水などクリプトスポリジウム等による汚染のおそれがある場合であり、原水の区分に関係なく一律に義務づけられているわけではない。
- ②：×クリプトスポリジウムは塩素に強い耐性を持ち、遊離塩素でも容易に不活化できない。ろ過の徹底や紫外線処理で対応する。
- ③：×原水が低濁度であっても、凝集剤を加えずに急速砂ろ過池を通すだけではクリプトスポリジウム等を十分に除去できない。急速ろ過では凝集剤の注入が前提である。
- ④：×ろ過池等の出口で 0.1 度以下を維持していても、配水過程で管内の堆積物の巻き上げ等により濁りを生じることがあり、給水栓で 0.1 度を超えないとはいえない。

Ⅲ－18 下水道の計画目標年次及び計画区域に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 下水道計画の目標年次は、基準年次から概ね 20～30 年の範囲で、計画策定者が定めることを原則とする。
- ② 一般に、下水道整備は長期にわたるため、事業計画の策定に当たっては、事業効果を早期に発揮するように段階的な建設計画を検討しなければならない。
- ③ 処理区域を地形条件・市街化の状況等から、複数の処理区に分割する必要がある場合は、その区割りについて十分に検討して定める。
- ④ 浸水の防除を図る区域は、地形地物、地勢、河川基本計画及び既存の雨水排除施設等を考慮して定める。
- ⑤ 1 つの処理場には、汚泥処理施設、水質試験施設を設置及び監視制御施設を完備しなければならない。

正解は⑤

処理場に汚泥処理施設や水質試験施設、監視制御施設を必ず完備しなければならないわけではない。汚泥は他の処理場へ集約して処理することもあり、水質試験や監視制御も複数処理場で集約できる。「完備しなければならない」とする記述は不適切である。

- ①：○下水道計画の目標年次は基準年次から概ね 20～30 年の範囲で計画策定者が定めることを原則とするという記述で正しい。
- ②：○整備が長期にわたるため、事業効果を早期に発揮するよう段階的な建設計画を検討するという記述で正しい。
- ③：○地形条件・市街化の状況等から処理区を分割する必要がある場合は、区割りを十分検討して定めるという記述で正しい。
- ④：○浸水の防除を図る区域は、地形地物、地勢、河川基本計画及び既存の雨水排除施設等を考慮して定めるという記述で正しい。

Ⅲ－19 下水道における計画汚濁負荷量及び計画流入水質に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 計画流入水質は、計画汚濁負荷量を計画 1 日平均汚水量で除した値である。
- ② 計画汚濁負荷量は、生活污水、営業汚水、工場排水、観光汚水等の汚濁負荷量の合計値とする。
- ③ 生活污水の汚濁負荷量は、1 人 1 日当たりの汚濁負荷量に計画人口を乗じて求める。
- ④ 観光汚水による汚濁負荷量は、宿泊観光客数とその原単位から推定する。
- ⑤ 工場排水の汚濁負荷量は、下水道に受け入れる工場のうち、排出負荷量が大きいと予測されるものについては、実測することが望ましい。

正解は④

観光汚水による汚濁負荷量は、宿泊観光客だけでなく日帰り観光客も対象とし、それぞれの客数と原単位から推定する。「宿泊観光客数とその原単位から推定する」とだけするのは不適切である。

- ①：○計画流入水質は計画汚濁負荷量を計画 1 日平均汚水量で除した値であるという記述で正しい。
- ②：○計画汚濁負荷量は生活污水、営業汚水、工場排水、観光汚水等の汚濁負荷量の合計値とするという記述で正しい。
- ③：○生活污水の汚濁負荷量は 1 人 1 日当たりの汚濁負荷量に計画人口を乗じて求めるという記述で正しい。
- ⑤：○排出負荷量が大きいと予測される工場については、原単位によらず実測することが望ましいという記述で正しい。

Ⅲ－20 雨水排除のため下水道管きよの布設が計画されている排水区域において、排水面積が 0.8ha、流出係数が 0.6 であるとき、合理式による最大計画雨水流出量 $[\text{m}^3/\text{秒}]$ に最も近い値はどれか。ただし、流入時間は 5 分、流下時間は 1 分とし、また、流達時間内の平均降雨強度は、式 1 で計画されているものとする。 $I=6,300/(T+50) \cdots \text{式 1}$ I : 流達時間内の平均降雨強度 $[\text{mm}/\text{時}]$, T : 流達時間 $[\text{分}]$

- ① 0.05 $[\text{m}^3/\text{秒}]$
- ② 0.15 $[\text{m}^3/\text{秒}]$
- ③ 0.35 $[\text{m}^3/\text{秒}]$
- ④ 0.45 $[\text{m}^3/\text{秒}]$
- ⑤ 0.65 $[\text{m}^3/\text{秒}]$

正解は②

合理式は $Q=1/360 \times C \times I \times A$ (Q : 最大計画雨水流出量 $[\text{m}^3/\text{秒}]$, C : 流出係数, I : 降雨強度 $[\text{mm}/\text{時}]$, A : 排水面積 $[\text{ha}]$) である。

流達時間 T = 流入時間 5 分 + 流下時間 1 分 = 6 分

降雨強度 $I=6,300/(6+50)=6,300/56=112.5$ $[\text{mm}/\text{時}]$

$Q=1/360 \times 0.6 \times 112.5 \times 0.8=0.15$ $[\text{m}^3/\text{秒}]$

したがって②が正しい。合理式では排水面積を ha で、降雨強度を mm/時で与えると 1/360 の係数で $\text{m}^3/\text{秒}$ が得られる。

Ⅲ－21 雨水流出抑制対策に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 雨水流出抑制対策は、雨水貯留及び雨水浸透並びに土地利用の計画的管理に分類される。
- ② オンサイト貯留とは、流出した雨水を集水して別の場所で貯留し、比較的大規模に雨水流出を抑制するもので、河川管理者や下水道管理者が管理することが一般的である。
- ③ 雨水流出抑制の導入は、当初計画から考慮する場合、都市化の進展等による雨水流出量の増大に対応する場合、計画目標をグレードアップする場合等に分けられる。
- ④ 雨水流出抑制施設は、その維持管理が担保され、貯留・浸透機能の継続性を確保できる場合、雨水管理計画に位置付けることができる。
- ⑤ 雨水浸透施設の設置に当たっては、地域特性を考慮し、必要に応じて浸透適地マップを作成して、浸透適地の把握を行うことが望ましい。

正解は②

オンサイト貯留は、雨水が降ったその場所で一時貯留して流出を抑制するものである。②の「流出した雨水を集水して別の場所で貯留し、比較的大規模に雨水流出を抑制する」のはオフサイト貯留の説明であり不適切である。

- ①: ○雨水流出抑制対策は雨水貯留及び雨水浸透並びに土地利用の計画的管理に分類されるという記述で正しい。
- ③: ○雨水流出抑制の導入は、当初計画から考慮する場合、都市化の進展等による流出量増大に対応する場合、計画目標をグレードアップする場合等に分けられるという記述で正しい。
- ④: ○維持管理が担保され貯留・浸透機能の継続性を確保できる場合、雨水管理計画に位置付けることができるという記述で正しい。
- ⑤: ○浸透適地マップを作成して浸透適地を把握することが望ましいという記述で正しい。

Ⅲ－22 活性汚泥法の設計・操作指標に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 活性汚泥沈殿率（SV）は、反応タンク内の活性汚泥混合液又は返送汚泥を容量 1L のメスシリンダーの中で 1 時間静置したときの沈殿汚泥体積を、その試料 1L に対する百分率で表したものである。
- ② 水理的滞留時間（HRT）は、下水や汚泥が池や槽に滞留する平均的な時間を表したものである。
- ③ 固形物滞留時間（SRT）は、反応タンク、あるいはそれと最終沈殿池、返送汚泥系に存在する活性汚泥が、それらの系内に滞留する時間を表したものである。
- ④ 有機物負荷は、BOD として測定され、生物による分解が可能な有機物の 1 日当たりの負荷量を意味する。BOD－SS 負荷、BOD 容積負荷等の指標がある。
- ⑤ MLSS は、反応タンク内の活性汚泥混合液の浮遊物質濃度を表したものである。

正解は①

活性汚泥沈殿率（SV）は、試料を 1L のメスシリンダーで 30 分間静置したときの沈殿汚泥体積を試料量に対する百分率で表したものである（SV30）。「1 時間静置」とする記述は不適切である。

- ②：○水理的滞留時間（HRT）は下水や汚泥が池や槽に滞留する平均的な時間であるという記述で正しい。
- ③：○固形物滞留時間（SRT）は反応タンク、あるいはそれと最終沈殿池・返送汚泥系に存在する活性汚泥が系内に滞留する時間であるという記述で正しい。
- ④：○有機物負荷は BOD として測定され、BOD－SS 負荷や BOD 容積負荷等の指標があるという記述で正しい。
- ⑤：○MLSS は反応タンク内の活性汚泥混合液の浮遊物質濃度であるという記述で正しい。

Ⅲ－23 固定化担体を用いた下水処理法の特徴に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 固定化担体を用いた処理法は、活性汚泥法の反応タンクに添加した担体に微生物を保持させることにより、反応タンク内の微生物濃度を高く保持する方法である。
- ② 固定化担体を用いない通常の処理法と比較して、反応タンクの容量の削減が可能である。
- ③ 固定化担体を用いない通常の処理法と比較して、反応タンクの滞留時間の短縮が可能である。
- ④ 固定化担体を用いた処理法は、主に生物学的窒素除去プロセスに適用され、有機物除去の目的には適用されない。
- ⑤ 担体が反応タンク内から引き抜かれることがないため、担体に固定化された硝化細菌により安定した硝化反応を維持することができる。

正解は④

固定化担体を用いた処理法は、硝化細菌を保持して窒素除去に用いられるだけでなく、微生物濃度を高めて有機物除去（BOD 除去）の高速化にも適用される。「有機物除去の目的には適用されない」とする記述は不適切である。

- ①：○反応タンクに添加した担体に微生物を保持させ、タンク内の微生物濃度を高く保つ方法であるという記述で正しい。
- ②：○微生物濃度を高くできるため、通常の処理法より反応タンク容量を削減できるという記述で正しい。
- ③：○同様に反応タンクの滞留時間を短縮できるという記述で正しい。
- ⑤：○担体は引き抜かれないため、増殖の遅い硝化細菌を系内に保持でき、安定した硝化反応を維持できるという記述で正しい。

Ⅲ－24 窒素除去法は主に微生物の硝化反応，脱窒反応を組合せた生物学的方法が用いられる。硝化反応は，硝化細菌によってアンモニア性窒素を硝酸性窒素へと酸化する反応で次式で表すことができる。 $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$ 1g のアンモニア性窒素が硝酸性窒素に酸化されるのに必要な酸素量として，最も適切なものはどれか。水素，窒素，酸素の原子量は，それぞれ 1，14，16 とする。

- ① 2.29g
- ② 2.86g
- ③ 3.43g
- ④ 3.56g
- ⑤ 4.57g

正解は⑤

反応式 $\text{NH}_4^+ + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$ より，窒素 1mol の酸化に酸素 2mol を要する。

窒素の原子量は 14 であるから窒素 1mol は 14g，酸素分子の分子量は 32 であるから 2mol は 64g である。

必要酸素量 $= 64 / 14 = 4.571 \dots \div 4.57$ [g]

したがって⑤が正しい。実際の硝化では菌体合成に窒素の一部が使われるため必要酸素量はこれよりやや小さくなるが，本問は反応式どおりに計算する。

Ⅲ－25 標準活性汚泥法による下水処理において，MLSS が 1,500mg/L，汚泥返送率が 20% のとき，返送汚泥の浮遊物質濃度に最も近い値はどれか。ただし，反応タンクに流入する浮遊物質濃度は考慮しなくてよい。

- ① 3,000mg/L
- ② 6,000mg/L
- ③ 9,000mg/L
- ④ 12,000mg/L
- ⑤ 15,000mg/L

正解は③

反応タンクへの流入水の SS を無視すると，最終沈殿池での固形物の物質収支から，返送汚泥濃度 X_r と反応タンクの MLSS (X) の間には

$X = X_r \cdot r / (1 + r)$ (r : 汚泥返送率)

の関係が成り立つ。したがって

$X_r = X \cdot (1 + r) / r = 1,500 \times (1 + 0.2) / 0.2 = 1,500 \times 6 = 9,000$ [mg/L]

したがって③が正しい。返送率が小さいほど返送汚泥を濃くしなければ同じ MLSS を保てないことが式からわかる。

Ⅲ－26 標準活性汚泥法の反応タンクの設計に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① タンクの有効水深は、標準式の場合は 4～6m、深槽式の場合は 10m 程度とする。
- ② タンクの幅は、標準式の場合は水深と同程度以下、深槽式の場合は水深の 2 倍以上とする。
- ③ タンクの数、清掃、補修等の場合を考慮して、2 槽以上とする。
- ④ 短絡流の防止とタンク内の均質化を目的として、タンクの流れ方向に対して直角に阻流壁を設ける。
- ⑤ 深槽式でエアレーション方式が旋回流式の場合は、タンクの流れ方向に対して平行に導流板を設ける。

正解は②

反応タンクの幅は、標準式の場合は有効水深と同程度以下とし、深槽式の場合は水深が大きいため幅は水深より小さく（おおむね水深の $1/2$ 程度以下）とする。②の「深槽式の場合は水深の 2 倍以上」は不適切である。

- ①：○有効水深は標準式で 4～6m、深槽式で 10m 程度とするという記述で正しい。
- ③：○清掃・補修等を考慮してタンクの数、2 槽以上とするという記述で正しい。
- ④：○短絡流の防止とタンク内の均質化のため、流れ方向に対して直角に阻流壁を設けるという記述で正しい。
- ⑤：○深槽式で旋回流式のエアレーションとする場合は、流れ方向に平行に導流板を設けて旋回流を保つという記述で正しい。

Ⅲ－27 下水道の管路施設における耐震設計に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 「重要な幹線等」は、レベル 1 地震動に対して終局限界状態設計法あるいは使用限界状態設計法によって耐震設計を行い、レベル 2 地震動に対して許容応力度法により照査する。
- ② 「その他の管路」の管きょ本体とマンホール本体等の部材断面及び強度に対する検討としては、レベル 1 地震動に対して最小限の流下機能を確保できるように耐震設計を行う。
- ③ 差し込み継手の小口径管きょ（ $\phi 700\text{mm}$ 以下）の耐震設計は、一定の地盤条件等を満足すれば地震動に対する照査は省略することができる。
- ④ マンホールと管きょの接続部及び管きょと管きょの継手部はともに、地震動による影響として、その屈曲角を検討する。
- ⑤ 液状化の判定は、「重要な幹線等」、「その他の管路」とともに、レベル 1 地震動に対して行う。

正解は③

差し込み継手の小口径管きょ（ $\phi 700\text{mm}$ 以下）は、一定の地盤条件等を満足すれば地震動に対する照査を省略できるとされている。③は正しい記述である。

- ①：×「重要な幹線等」は、レベル 1 地震動に対して許容応力度法等で耐震設計を行い、レベル 2 地震動に対して終局限界状態設計法等で照査する。記述は地震動のレベルと手法が逆である。
- ②：×「その他の管路」でレベル 1 地震動に対して確保するのは所要の機能であり、「最小限の流下機能」はレベル 2 地震動に対する要求である。
- ④：×屈曲角を検討するのはマンホールと管きょの接続部であり、管きょ同士の継手部では抜け出し量を検討する。
- ⑤：×液状化の判定は、「重要な幹線等」ではレベル 1 及びレベル 2 地震動に対して行う。ともにレベル 1 だけとするのは誤りである。

Ⅲ－28 下水道管きよの改築に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 複合管は、既設管と更生材が構造的に一体となって、新設管と同等以上の耐荷能力及び耐久性を有するものである。
- ② 二層構造管は、更生材単独で自立できるだけの強度を発揮させ、新設管と同等以上の耐荷能力及び耐久性を有するものである。
- ③ 製管工法は、既設管きよ内に表面部材となる硬質塩化ビニル樹脂材やポリエチレン樹脂材等をかん合させながら製管し、製管させた樹脂パイプと既設管の間げきにモルタルなどを充てんすることで複合管として一体化した更生管を構築する方式である。
- ④ さや（鞘）管工法は、既設管きよより小さな管径で製作された管きよを牽引挿入し、間げきに充てん材を注入することで管を構築するものである。
- ⑤ 反転工法・形成工法（熱硬化タイプ）は、含浸用基材（ガラス繊維又は有機繊維等）に熱硬化性樹脂を含浸させた筒状の更生材を反転又は引込方式により既設管きよ内に挿入し、更生材内部から空気圧や水压等で既設管内面に密着した状態のまま、温水や蒸気等で樹脂を硬化させて更生管を構築する方式である。

正解は②

更生材単独で自立できるだけの強度を発揮させ、新設管と同等以上の耐荷能力及び耐久性を有するものは自立管である。二層構造管は、更生材が既設管と一体化はしないものの、既設管に拘束された状態で既設管と分担して外力に抵抗するものであり、②の説明は自立管のものである。

- ①：○複合管は既設管と更生材が構造的に一体となって新設管と同等以上の耐荷能力・耐久性を有するものであるという記述で正しい。
- ③：○製管工法は硬質塩化ビニル樹脂材等をかん合させながら製管し、既設管との間げきにモルタル等を充てんして複合管とする方式であるという記述で正しい。
- ④：○さや（鞘）管工法は既設管より小さな管径の管を牽引挿入し、間げきに充てん材を注入する方式であるという記述で正しい。
- ⑤：○反転工法・形成工法（熱硬化タイプ）は含浸用基材に熱硬化性樹脂を含浸させた更生材を挿入し、温水や蒸気で硬化させる方式であるという記述で正しい。

Ⅲ－29 下水道のポンプ場に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 雨水ポンプ場は、できるだけ放流水域に近接して位置し、放流管きょが短い方が望ましい。
- ② 中継ポンプ場は、管きょ計画が地表勾配を最大限利用でき、できるだけ設置数が少なくなるように、その位置を定める。
- ③ ポンプ場は、護岸や堤防からのいっ水、決壊によるはん濫等による浸水や、計画雨水量を超える降雨による浸水を考慮しなければならない。
- ④ 汚水ポンプ場の計画下水量は、分流式下水道の場合は計画時間最大汚水量、合流式下水道の場合は雨天時計画汚水量を考慮して定める。
- ⑤ 合流式下水道の雨水ポンプ場の計画下水量は、合流管きょの計画下水量から計画時間最大汚水量を差し引いた量とする。

正解は⑤

合流式下水道の雨水ポンプ場の計画下水量は、合流管きょの計画下水量（雨天時計画下水量）から、遮集して処理場へ送る雨天時計画汚水量を差し引いた量とする。⑤の「計画時間最大汚水量を差し引いた量」は不適切である。

- ①：○雨水ポンプ場はできるだけ放流水域に近接させ、放流管きょが短い方が望ましいという記述で正しい。
- ②：○中継ポンプ場は管きょ計画が地表勾配を最大限利用でき、設置数ができるだけ少なくなる位置に定めるという記述で正しい。
- ③：○ポンプ場はいっ水・はん濫による浸水や計画雨水量を超える降雨による浸水を考慮しなければならないという記述で正しい。
- ④：○汚水ポンプ場の計画下水量は、分流式では計画時間最大汚水量、合流式では雨天時計画汚水量を考慮して定めるという記述で正しい。

Ⅲ－30 下水污泥処理プロセスと、その目的に関する次の組合せのうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 濃縮 …………… 固形物の減少
- ② 脱水 …………… 量の減少（水分除去）
- ③ 消化 …………… 固形物の減少，質的安定化
- ④ 焼却 …………… 固形物の減少，質的安定化
- ⑤ コンポスト化 …… 質的安定化

正解は①

濃縮の目的は污泥の水分を減らして量を減少させることであり、固形物そのものが減るわけではない。①の「固形物の減少」は不適切である。固形物が減るのは、有機物を分解する消化や、有機物を燃焼させる焼却である。

- ②：○脱水は水分除去により量を減少させる工程であるという組合せで正しい。
- ③：○消化は有機物を嫌気性分解して固形物を減らすとともに、污泥を質的に安定化させるという組合せで正しい。
- ④：○焼却は有機物を燃焼させて固形物を大きく減らし、質的にも安定化させるという組合せで正しい。
- ⑤：○コンポスト化は好気性発酵により污泥を質的に安定化させるという組合せで正しい。

Ⅲ－31 下水汚泥の汚泥濃縮に関する次の記述の下線部のうち、最も不適切なものはどれか。濃縮する汚泥には、①最初沈殿池で発生する最初沈殿池汚泥（生汚泥）と②最終沈殿池で発生する余剰汚泥とがある。汚泥の濃縮が不十分なときは、あとの汚泥処理の効率低下を招くばかりでなく、懸濁物を多量に含んだ③分離液が水処理施設に戻り、処理水の水質悪化の原因となることがある。特に濃縮汚泥の④有機分が⑤98%以上となった場合には、生汚泥と余剰汚泥を各々別に濃縮する分離濃縮について検討することが必要である。

正解は④

分離濃縮の検討が必要になるのは、濃縮汚泥の含水率が高くなって十分に濃縮できていない場合である。下線部④は「有機分」ではなく「含水率」であり、濃縮汚泥の含水率が98%以上（固形物濃度2%未満）となった場合に、生汚泥と余剰汚泥を各々別に濃縮する分離濃縮を検討する。したがって④が不適切である。

- ①②：○濃縮する汚泥は最初沈殿池で発生する生汚泥と、最終沈殿池で発生する余剰汚泥であるという記述で正しい。
- ③：○濃縮が不十分だと懸濁物を多量に含んだ分離液が水処理施設に逆流され、処理水の水質悪化の原因となることがあるという記述で正しい。
- ⑤：○98%という数値自体は分離濃縮を検討する目安として用いられており、下線部としては適切である。

Ⅲ－32 下水汚泥の消化方式に関する次の記述の、[]に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。消化方式には一段消化と二段消化がある。一段消化では、汚泥消化タンクで[ア]を行わないで[イ]のみを行うため、脱離液が発生しない。そのため、二段消化に比べ、システム全体の固形物回収率が[ウ]なり、その結果、水処理施設の負荷が軽減されるという特徴がある。また、汚泥消化タンクへの投入汚泥濃度が[エ]と投入汚泥量を少なくできる。

- ① ア：固液分離 イ：生物反応 ウ：高く エ：高い
- ② ア：固液分離 イ：生物反応 ウ：高く エ：低い
- ③ ア：固液分離 イ：生物反応 ウ：低く エ：低い
- ④ ア：生物反応 イ：固液分離 ウ：高く エ：高い
- ⑤ ア：生物反応 イ：固液分離 ウ：低く エ：低い

正解は①

一段消化では汚泥消化タンクで固液分離を行わず、生物反応（メタン発酵）のみを行う（ア＝固液分離、イ＝生物反応）。脱離液が発生しないため、二段消化に比べてシステム全体の固形物回収率が高くなり（ウ＝高く）、その分だけ返流水による水処理施設の負荷が軽減される。

また、汚泥消化タンクへの投入汚泥濃度が高いほど、同じ固形物量に対する投入汚泥量を少なくでき、タンク容量を小さくできる（エ＝高い）。したがって①が正しい。

Ⅲ－33 下水汚泥の緑農地利用に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 下水汚泥は窒素，りん等の肥料成分のほか，各種有用な無機物で構成されていることから，有機質資材として利用されている。
- ② 緑農地利用を行う汚泥の形態は，コンポスト，乾燥汚泥，脱水汚泥，焼却灰及び炭化汚泥等が考えられる。
- ③ コンポスト化は，製造時の発酵熱により，有害な微生物等の死滅が可能で，品質，衛生面からも緑農地利用に適している。
- ④ 乾燥処理を行うと，運搬，貯留，保管等の作業性及び取扱い性が改善される。
- ⑤ 乾燥工程は，脱水汚泥の含有水分を減ずるのが目的であるが，汚泥中の有機分も基本的に減量化される。

正解は⑤

乾燥工程は脱水汚泥の含有水分を減らすことが目的であり，有機分は基本的にそのまま残る。有機分が減量化されるのは焼却や炭化などの熱処理であって，乾燥では減らない。⑤は不適切である。

- ①：○下水汚泥は窒素，りん等の肥料成分を含み，有機質資材として緑農地に利用されているという記述で正しい。
- ②：○緑農地利用を行う汚泥の形態にはコンポスト，乾燥汚泥，脱水汚泥，焼却灰及び炭化汚泥等があるという記述で正しい。
- ③：○コンポスト化は発酵熱により有害な微生物等を死滅させることができ，品質・衛生面から緑農地利用に適しているという記述で正しい。
- ④：○乾燥処理により運搬，貯留，保管等の作業性及び取扱い性が改善されるという記述で正しい。

Ⅲ－34 下水道における水質試験項目に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 大腸菌群は，グラム陽性の短桿菌で乳糖を分解してアルカリとガスを発生する通性嫌気性の細菌群をいう。
- ② COD（化学的酸素要求量）は，水中の被酸化性物質が，一定の条件の下で酸化剤によって酸化されるのに要する酸素量を mg/L で表したものをいう。
- ③ BOD（生物化学的酸素要求量）は，水中に含まれる有機物質が，溶存酸素が十分存在し 20°C で 5 日間という条件下で，好気性微生物の働きによって分解されるときに消費される酸素量を mg/L で表したものをいう。
- ④ SS（浮遊物質）は，流入下水，処理水等を一定規格のろ紙（孔径 $1\mu\text{m}$ ）でろ過したとき，ろ紙の上に残留する物質のことをいい，水中に懸濁する物質を意味する。
- ⑤ 有機性窒素は，アミノ酸，たん白質及びその他の様々な有機化合物に含まれている窒素分を意味する。水中の有機性窒素は，処理が進むにつれ加水分解，酸化され，アンモニア性窒素，亜硝酸性窒素，硝酸性窒素へと変化する。

正解は①

大腸菌群は，グラム陰性の無芽胞短桿菌で，乳糖を分解して酸とガスを発生する通性嫌気性の細菌群である。①は「グラム陽性」「アルカリとガスを発生」の 2 点が誤りで不適切である。

- ②：○COD は水中の被酸化性物質が一定条件下で酸化剤によって酸化されるのに要する酸素量を mg/L で表したものであるという記述で正しい。
- ③：○BOD は溶存酸素が十分存在し 20°C で 5 日間という条件下で好気性微生物により分解されるときに消費される酸素量であるという記述で正しい。
- ④：○SS は一定規格のろ紙（孔径 $1\mu\text{m}$ ）でろ過したときにろ紙上に残留する物質であるという記述で正しい。
- ⑤：○有機性窒素は処理が進むにつれ加水分解・酸化され，アンモニア性窒素，亜硝酸性窒素，硝酸性窒素へと変化するという記述で正しい。

Ⅲ－35 下水道施設の腐食対策に関する記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 海の近くに設置する処理場及びポンプ場は、地下水の塩分及び風によって運ばれる塩分による障害が生じやすいので、鉄筋コンクリート構造物については、鉄筋のかぶりを増加させるなどの検討を行うことが望ましい。
- ② ビルピット排水は、貯留槽内での堆積物がポンプ稼働時に一気に排出され、硫化水素が大量に発生し、悪臭の発生や管路施設の劣化の原因となる場合がある。
- ③ 腐植性土壌や不均一な土質に配管する場合は金属腐食が発生しやすいため、ポリエチレン系など絶縁抵抗の低い被覆材料等で防食対策を行う必要がある。
- ④ 汚水の圧送管に空気を注入したり、過酸化水素、塩化第二鉄及びポリ塩化第二鉄を添加することにより、硫化水素の発生を抑制する方法もある。
- ⑤ 水流に乱れが生じないような水路の構造とすることや、段落ち、せき（堰）落ちなどは必要最小限とすることが必要である。

正解は③

土壌中の金属腐食を防ぐための被覆材には、絶縁抵抗の高い材料を用いる。ポリエチレン系被覆はまさに絶縁抵抗が高いために使われるものであり、「絶縁抵抗の低い被覆材料等で防食対策を行う」とする記述は不適切である。

- ①：○海に近い処理場・ポンプ場は塩分による障害が生じやすいため、鉄筋のかぶりを増加させる等の検討が望ましいという記述で正しい。
- ②：○ビルピット排水は堆積物がポンプ稼働時に一気に排出され、硫化水素が大量に発生して悪臭や管路施設の劣化の原因となる場合があるという記述で正しい。
- ④：○圧送管への空気注入や、過酸化水素・塩化第二鉄・ポリ塩化第二鉄の添加により硫化水素の発生を抑制する方法があるという記述で正しい。
- ⑤：○硫化水素の気相への放散を抑えるため、水流の乱れが生じない構造とし、段落ちやせき落ちは必要最小限とするという記述で正しい。