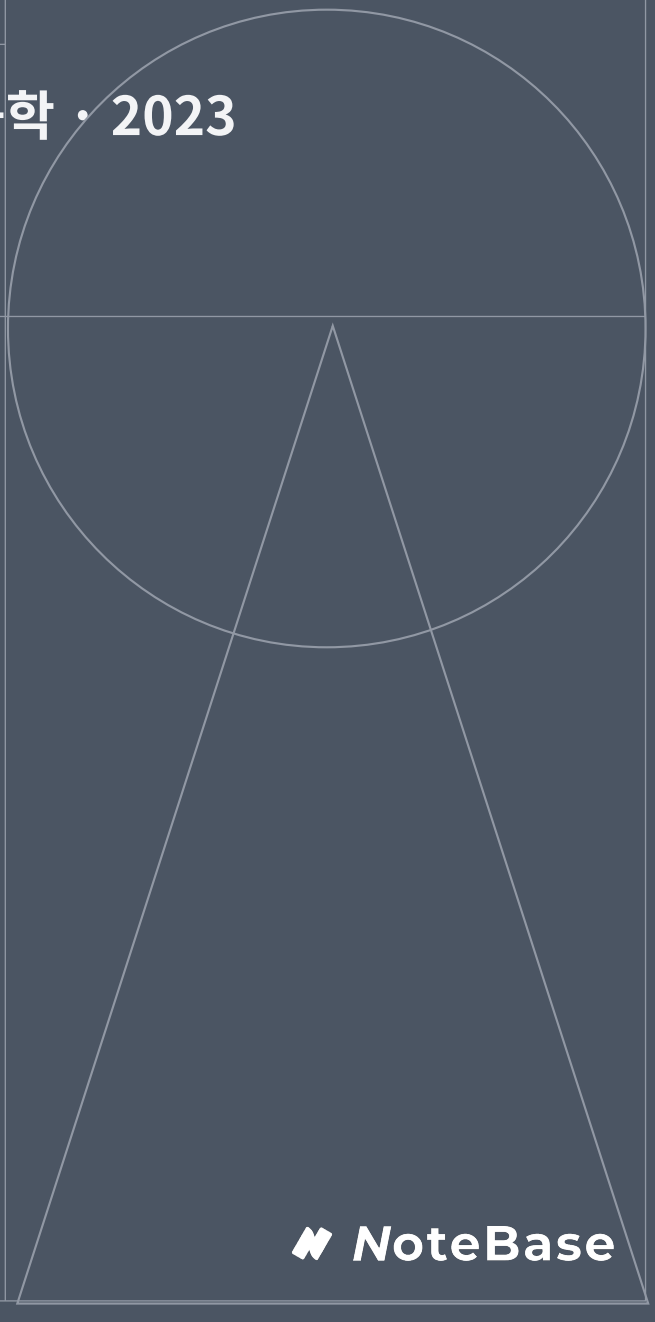
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 환경공학 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 환경공학 · 2023

공무원/서울시/7급 · 환경공학 · 2023

문 1. 생태계의 물질대사에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 호기성 호흡은 탄소원을 환원시킨다.

② 에너지의 흐름은 비순환적이고 영양물질의 흐름은 순환적이다.

③ 환경오염물질이 미생물의 기질이면 이 물질은 분해되면서 전자 수용체로 작용한다.

④ 유기탄소를 이용하여 무기탄소를 만드는 대표적 기작으로 광합성이 있다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 생태계에서 에너지는 일방향으로 흐르고 물질은 순환하며, 미생물 대사에서 전자공여체와 전자수용체의 역할이 어떻게 구분되는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

에너지 흐름은 생산자에서 소비자, 분해자로 이동하면서 열로 소산되므로 비순환적이다.
영양물질과 탄소 같은 물질은 생물권과 무생물권 사이를 반복 이동하므로 순환적이다.
유기오염물질이 미생물의 기질이면 대체로 전자를 내놓는 전자공여체로 작용하고, 광합성은 무기탄소를 유기탄소로 전환하는 과정이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 호기성 호흡에서는 유기탄소가 산화되어 이산화탄소로 바뀌고 산소가 최종 전자수용체로 환원된다. 틀린 표현은 "탄소원을 환원시킨다"이다. 올바르게는 "호기성 호흡은 유기탄소를 산화시키고 산소를 환원시킨다"이다.
② O: 에너지는 먹이사슬을 따라 이동한 뒤 최종적으로 열로 빠져나가 다시 원래 형태로 되돌아오지 않으므로 비순환적이다. 반면 질소, 인, 탄소 같은 영양물질은 분해와 동화를 거치며 생태계 안팎에서 반복 순환하므로 이 설명이 옳다.
③ X: 미생물이 어떤 오염물질을 기질로 이용한다는 말은 그 물질을 분해하며 에너지와 전자를 얻는다는 뜻이므로 그 물질은 전자공여체로 작용하는 경우가 일반적이다. 틀린 표현은 "전자 수용체로 작용한다"이다. 올바르게는 "기질이 되는 오염물질은 분해 과정에서 전자공여체로 작용한다"이다.
④ X: 광합성은 이산화탄소 같은 무기탄소를 이용하여 유기탄소를 합성하는 대표적 기작이다. 틀린 표현은 "유기탄소를 이용하여 무기탄소를 만드는"이다. 올바르게는 "무기탄소를 이용하여 유기탄소를 만드는 대표적 기작으로 광합성이 있다"이다.

오답 포인트

①은 환원과 산화의 대상을 바꾸어 놓은 선지이고, ③은 기질과 전자수용체를 뒤바꾼 선지이다. ④는 광합성의 탄소 전환 방향을 거꾸로 제시하여 호흡과 광합성을 혼동하게 만든 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

생태계 대사 문제에서는 먼저 에너지와 물질을 분리해 본다. 에너지는 한 번 흘러가며 소산되고, 물질은 저장고 사이를 돌기 때문에 순환한다. 이어서 기질은 대체로 전자공여체, 산소나 질산염 같은 것은 전자수용체인지 확인하면 선지 판단이 빨라진다.

암기 포인트

에너지는 흐르고 물질은 돈다. 광합성은 무기탄소에서 유기탄소, 호흡은 유기탄소에서 무기탄소이다.

NoteBase

문 2. 이온교환수지탑을 이용하여 지하수에 포함된 질산성 질소를 제거하는 공정을 위하여 <보기>의 실험으로 이온교환수지의 흡착능력을 평가하였다. 이때 이온교환수지의 흡착능력[mg/g]에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

<보기>
• 30mg/L의 질산성질소NO_3^-가 포함된 지하수 100mL를 250mL 병에 넣고, 0.5g의 음이온교환수지를 첨가한 후, 실온에서 24시간 동안 교반하였다.
• 상등액을 취하여 질산성질소 농도를 분석한 결과 10mg/L로 나타났다.

① 10mg/L의 평형농도에서 등온흡착능력은 4이다.
② 10mg/L의 평형농도에서 등온흡착능력은 40이다.
③ 30mg/L의 평형농도에서 등온흡착능력은 4이다.
④ 30mg/L의 평형농도에서 등온흡착능력은 40이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이온교환수지의 등온흡착능력 mg/g을 $q = \frac{(C_0 - C_e)V}{m}$로 계산하고, 평형농도와 초기농도를 구별할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 초기 질산성질소 농도 30 mg/L, 평형농도 10 mg/L, 용액 부피 100mL $= 0.1L$, 수지 질량 0.5 g이다.
구해야 할 값: 이온교환수지의 등온흡착능력 mg/g이다.
주의할 조건: 30 mg/L는 초기농도이고, 교반 후 상등액의 10 mg/L가 평형농도이다.

사용할 공식

사용 공식은 $q = \frac{(C_0 - C_e)V}{m}$이다.
이 공식은 용액에서 제거된 오염물질의 총량 $(C_0 - C_e)V$을 흡착제 질량 m으로 나누어 단위 질량당 흡착량을 구하는 상황에 해당한다.

계산 과정

1. 제거된 질산성질소 농도는 $30 - 10 = 20$mg/L이다.
2. 실제 제거량은 $20 \times 0.1 = 2$mg이다.
3. 등온흡착능력은 $\frac{2}{0.5} = 4$mg/g이다.

NoteBase

선지 판단

① O. 평형농도는 교반 후 상등액 농도인 10 mg/L이다. 흡착된 질산성질소량은 $(30 - 10) \times 0.1 = 2$mg이고, 이를 수지 0.5 g으로 나누면 등온흡착능력은 4 mg/g이다.
② X. 40 mg/g은 100mL를 1 L로 잘못 두어 제거량을 10배 크게 계산할 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 '등온흡착능력은 40'이고, 올바르게는 '등온흡착능력은 4 mg/g'이다.
③ X. 30 mg/L는 초기농도이지 평형농도가 아니다. 틀린 표현은 '30 mg/L의 평형농도'이고, 올바르게는 '평형농도는 10 mg/L'이다.
④ X. 이 선지는 평형농도를 30 mg/L로 잘못 읽고 흡착능력까지 40 mg/g으로 잘못 계산한 이중 오류이다. 틀린 표현은 '30 mg/L의 평형농도에서 등온흡착능력은 40'이고, 올바르게는 '10 mg/L의 평형농도에서 등온흡착능력은 4 mg/g'이다.

오답 포인트

평형농도 C_e를 상등액 분석값 10 mg/L로 읽지 않고 초기농도 30 mg/L를 그대로 넣거나, 100mL를 0.1 L로 바꾸지 않으면 30 mg/L 또는 40 mg/g 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

흡착 계산 문제는 초기농도와 평형농도를 먼저 구분하고, 부피를 L로 환산한 뒤, 제거량 $(C_0 - C_e)V$을 구해서 흡착제 질량으로 나누는 순서로 판단한다.

암기 포인트

등온흡착능력은 '제거된 양 ÷ 흡착제 질량'이며, 평형농도는 반응 후 상등액 농도이다.

NoteBase

문 3. <보기>에서 혐기성 소화에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 일반적으로 호기성 처리에 비해 긴 체류시간이 필요하다.
ㄴ. 주로 고농도 유기성 폐수 혹은 폐기물의 처리에 적합한 방법이다.
ㄷ. 소화과정에서 메탄이 주성분인 바이오가스가 발생한다.
ㄹ. 슬러지의 발생량이 호기성 처리에 비해 적다.

① ㄱ, ㄷ
② ㄱ, ㄴ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ, ㄹ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 혐기성 소화와 호기성 처리의 차이, 적용 대상, 부산물을 함께 묻는 문제이다.

핵심 개념

혐기성 소화는 산소 없이 미생물이 유기물을 분해하여 메탄이 포함된 바이오가스를 만드는 처리이다.
호기성 처리는 산소를 공급해 유기물을 산화시키는 방식이며 반응은 상대적으로 빠르지만 잉여슬러지 발생량이 더 크다.
혐기성 소화는 고농도 유기성 폐수나 유기성 폐기물에 유리하지만 시동과 안정화가 느려 일반적으로 체류시간이 더 길다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 틀린 부분은 'ㄱ, ㄷ'만 고른 조합이라는 점이다.
- ㄱ은 혐기성 소화가 일반적으로 호기성 처리보다 반응속도가 느려 더 긴 체류시간을 요구하므로 맞다.
- ㄷ은 소화 과정에서 메탄이 주성분인 바이오가스가 발생하므로 맞다.
- 실제로는 ㄴ과 ㄹ도 맞으므로 올바른 조합은 'ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ'이다.

② X
- 틀린 부분은 'ㄱ, ㄴ, ㄹ'만 고른 조합이라는 점이다.
- ㄴ은 혐기성 소화가 고농도 유기성 폐수나 유기성 폐기물 처리에 적합하므로 맞다.
- ㄹ은 유기물의 상당 부분이 가스로 전환되어 호기성 처리보다 슬러지 발생량이 적으므로 맞다.
- 실제로는 ㄷ도 맞으므로 올바른 조합은 'ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ'이다.

③ X
- 틀린 부분은 'ㄴ, ㄷ, ㄹ'만 고른 조합이라는 점이다.
- ㄷ은 메탄이 주성분인 바이오가스가 생성된다는 설명이므로 맞다.
- 실제로는 ㄱ도 맞다. 혐기성 소화는 대체로 호기성 처리보다 긴 체류시간이 필요하므로 올바른 조합은 'ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ'이다.

④ O
- ㄱ은 맞다. 혐기성 소화는 미생물 성장과 분해 속도가 상대적으로 느려 일반적으로 더 긴 체류시간이 필요하다.
- ㄴ은 맞다. 혐기성 소화는 고농도 유기물 부하를 받는 폐수와 폐기물 처리에 적합하다.
- ㄷ은 맞다. 소화 과정에서 생성되는 바이오가스는 메탄과 이산화탄소가 주성분이며, 메탄이 핵심 에너지원이 된다.
- ㄹ은 맞다. 유기물의 일부가 가스로 전환되므로 호기성 처리보다 잉여슬러지 발생량이 적다.

오답 포인트

혐기성 소화는 처리 속도가 느리다는 이유로 비효율적이라고 단정하거나, 바이오가스가 나온다는 사실만 알고 슬러지 감소와 고농도 유기물 적합성을 놓치기 쉽다. 또 '메탄이 주성분'을 '메탄만 생성된다'로 과장하면 개념을 잘못 잡게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

혐기성 소화가 나오면 산소 공급 여부, 고농도 유기물 적용성, 체류시간, 슬러지 발생량, 바이오가스 생성 여부를 호기성 처리와 대비해 판단하면 된다. 이 다섯 축에서 혐기성은 무산소, 고농도에 유리, 체류시간 김, 슬러지 적음, 메탄 생성으로 정리된다.

NoteBase

암기 포인트

혐기성 소화는 산소 없이 메탄을 만들고, 고농도 유기물에 강하며, 체류시간은 길고 슬러지는 적다.

NoteBase

문 4. 가로, 세로, 높이가 각각 $20m$, $10m$, $3m$인 직육면체 모양의 방에 대해 $1{,}000Hz$에서의 평균 흡음률과 가장 가까운 값은? (단, 바닥, 벽, 천장은 각각 카페트, 벽돌, 나무로 구성되어 있고, $1{,}000Hz$에서의 흡음률은 각각 0.3, 0.01, 0.05로 가정한다.)

① 0.06

② 0.12

③ 0.15

④ 0.20

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 각 면의 면적을 가중치로 하여 실내의 평균 흡음률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
가로 20m, 세로 10m, 높이 3m이다.
바닥 면적은 $20\times10=200\text{m}^2$이고 흡음률은 0.3이다.
천장 면적은 200m^2이고 흡음률은 0.05이다.
벽 전체 면적은 $2\times20\times3+2\times10\times3=180\text{m}^2$이고 흡음률은 0.01이다.
구해야 할 값:
1,000 Hz에서의 평균 흡음률이다.
주의할 조건:
평균 흡음률은 재질 흡음률의 산술평균이 아니라 면적가중 평균이다.

사용할 공식

평균 흡음률은 $\bar{\alpha}=\frac{\sum S_i\alpha_i}{\sum S_i}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유:
방의 평균 흡음률은 각 면의 흡음률을 그 면적만큼 반영한 등가흡음면적을 전체 표면적으로 나눈 값이기 때문이다.

계산 과정

1. 전체 표면적을 구하면 $S=200+200+180=580m^2$ 이다.
2. 등가흡음면적을 구하면 $A=200\times0.3+180\times0.01+200\times0.05=60+1.8+10=71.8$ 이다.
3. 평균 흡음률은 $\bar{\alpha}=\frac{71.8}{580}\approx0.1238$ 이다.
4. 따라서 가장 가까운 값은 0.12이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

0.06은 평균 흡음률이 아니다. 71.8을 방의 체적 $20 \times 10 \times 3 = 600m^3$ 또는 그와 유사한 값으로 잘못 나눌 때 나올 수 있는 값이며, 평균 흡음률은 반드시 전체 표면적 580m^2로 나누어야 한다. 틀린 값 0.06 → 올바르게는 약 0.124이다.

② O

각 면적을 가중치로 계산하면 평균 흡음률은 약 0.1238이므로 보기 중 가장 가까운 값은 0.12이다.

③ X

0.15는 벽 면적을 빠뜨리거나 총표면적을 작게 잡을 때 나올 수 있는 값이다. 벽도 전체 표면적과 등가흡음면적에 함께 포함해야 한다. 틀린 값 0.15 → 올바르게는 약 0.124이므로 0.12에 가깝다.

④ X

0.20은 재질별 흡음률을 단순 평균하거나 바닥의 큰 흡음률에 과도하게 끌려갈 때 고르기 쉬운 값이다. 이 문제는 면적가중 평균이므로 0.20까지 커지지 않는다. 틀린 값 0.20 → 올바르게는 약 0.124이다.

오답 포인트

바닥, 벽, 천장의 흡음률을 단순 평균하면 안 되고 반드시 각 면적을 곱한 뒤 전체 표면적으로 나누어야 한다. 특히 벽 전체 면적 $180m^2$ 를 누락하거나 체적으로 나누는 실수가 잦다.

다시 나오면 이렇게 판단

실내 평균 흡음률 문제는 먼저 바닥·천장·벽의 면적을 모두 구한 뒤, 각 면적에 흡음률을 곱해 등가흡음면적을 합산하고 마지막에 전체 표면적으로 나누는 순서로 판단한다.

암기 포인트

평균 흡음률은 재질 평균이 아니라 $\sum S\alpha / \sum S$ 형태의 면적가중 평균이다.

NoteBase

문 5. 하수의 고도처리에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 인의 생물학적 제거는 유기물이 부족한 호기성조에서 미생물이 인을 방출하고 혐기조에서 과잉섭취하도록 한 후 미생물을 제거하는 방법을 사용한다.

② A_2O와 같은 생물학적 고도처리 공정은 질소와 인을 동시에 제거할 수 있다.

③ 인의 화학적 제거는 철염, 알루미늄염, 석회 등을 이용한 응집침전법을 주로 사용한다.

④ 하수처리시설의 2차 처리에서 제거되지 않은 미량 유기물, 질소 및 인을 제거하는 공정을 3차 처리 또는 고도처리라 한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 하수 고도처리에서 질소·인의 제거 원리와 2차 처리 이후의 처리 목적을 정확히 구분하는지 묻는 문제이다.

핵심 개념

생물학적 인 제거는 혐기조에서 인방출균이 유기물을 흡수하면서 인을 방출하고, 이어지는 호기조에서 방출한 양보다 더 많은 인을 과잉섭취하게 하여 제거하는 공정이다.
A2O 공정은 혐기-무산소-호기 조건을 이용하여 인은 생물학적으로, 질소는 질산화·탈질로 제거하는 대표적인 생물학적 고도처리 공정이다.
인의 화학적 제거는 철염, 알루미늄염, 석회 등을 넣어 인산염을 불용성 침전물로 만들어 제거하는 방법이다.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 "유기물이 부족한 호기성조에서 미생물이 인을 방출하고 혐기조에서 과잉섭취"라는 표현이다. 실제로는 혐기조에서 유기물을 이용하며 인을 방출하고, 그 다음 호기조에서 인을 과잉섭취하여 슬러지와 함께 제거한다.
② O: A2O 공정은 혐기조에서 생물학적 인 제거의 조건을 만들고, 무산소조와 호기조에서 질산화·탈질을 진행하여 질소와 인을 동시에 제거할 수 있다.
③ O: 인의 화학적 제거는 철염, 알루미늄염, 석회 등을 주입해 인을 응집·침전시키는 방법이므로 설명이 맞다.
④ O: 2차 처리 후에도 남는 미량 유기물, 질소, 인 등을 추가로 제거하는 단계가 3차 처리 또는 고도처리이므로 설명이 맞다.

오답 포인트

①은 생물학적 인 제거의 핵심 조건인 혐기조와 호기조의 역할을 서로 뒤바꿔 놓은 선지이다. 인 방출은 혐기조, 인 과잉섭취는 호기조라는 순서를 혼동하면 정답을 놓치기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

인 제거 공정이 나오면 먼저 혐기조와 호기조의 역할을 구분한다. 혐기조는 인 방출과 유기물 흡수, 호기조는 인 과잉섭취라는 틀로 판단하면 뒤바뀐 선지를 바로 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

생물학적 인 제거는 혐기조 방출, 호기조 과잉섭취이다.

NoteBase

문 6. <보기>의 설명과 가장 일치하는 기체는?

<보기>
• 대표적인 온난화가스 중 하나이다.
• 의료용 마취제로 이용된다.
• 농지, 분뇨 및 하수처리시설에서 다량 발생한다.
• 「화학물질관리법 시행령」상 환각물질에 해당한다.

① 메탄(CH_4)
② 이산화탄소(CO_2)
③ 아산화질소(N_2O)
④ 암모니아(NH_3)

정답 3번

쟁점

이 문제는 온난화가스, 발생원, 의료용 사용, 환각물질 규제를 함께 묶어 아산화질소와 다른 기체를 구별할 수 있는지를 묻는다.

용어 풀이

온난화가스는 적외선을 흡수해 지구온난화를 유발하는 기체이다.
환각물질은 환각효과를 목적으로 흡입·섭취될 우려가 있어 법령으로 규제하는 물질이다.

핵심 구분

아산화질소는 대표적인 온난화가스이면서 의료 현장에서 흡입마취 보조와 진정·진통에 쓰이는 기체이다. 또한 농지, 분뇨, 하수처리 과정의 질산화·탈질 과정에서 많이 발생한다. 「화학물질관리법 시행령」 제11조는 아산화질소를 환각물질로 열거하되 의료용으로 사용되는 경우는 제외한다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: 메탄은 대표적 온난화가스이고 매립지, 축산분뇨, 하수처리 등에서 발생할 수 있으나 의료용 마취제로 쓰이지 않고 「화학물질관리법 시행령」상 환각물질도 아니다. 틀린 표현은 '의료용 마취제로 이용된다'와 '환각물질에 해당한다'이다. 올바르게는 '대표적 온난화가스이며 혐기성 분해 과정에서 발생한다' 정도가 맞다.
2번 X: 이산화탄소도 대표적 온난화가스이지만 의료용 마취제로 이용되는 기체가 아니고 시행령상 환각물질에도 해당하지 않는다. 틀린 표현은 '의료용 마취제'와 '환각물질'이다. 올바르게는 '대표적 온난화가스이지만 보기의 나머지 조건과는 맞지 않는다'로 고쳐야 한다.
3번 O: 아산화질소는 대표적 온난화가스이고 의료 현장에서 흡입마취 보조 및 진정·진통에 이용된다. 또한 농지의 질소비료 사용, 가축분뇨, 하수처리시설의 미생물 작용 과정에서 많이 발생한다. 시행령상으로도 의료용 사용을 제외하면 환각물질에 해당하므로 보기와 가장 잘 일치한다.
4번 X: 암모니아는 분뇨나 하수처리 과정에서 발생할 수 있는 자극성 기체이지만 대표적 온난화가스로 보지 않고 의료용 마취제로도 사용하지 않으며 시행령상 환각물질도 아니다. 틀린 표현은 '대표적인 온난화가스', '의료용 마취제', '환각물질'이다. 올바르게는 '악취와 부식성을 가진 알칼리성 기체로 분뇨·하수처리 과정에서 발생할 수 있다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

메탄과 암모니아도 농지·분뇨·하수처리와 연결되어 떠올리기 쉬워서 발생원만 보고 고르면 흔들린다. 이 문항의 결정타는 '의료용 마취제'와 '시행령상 환각물질'이라는 아산화질소 고유 단서이다.

다시 나오면 이렇게 판단

여러 단서를 묶어 기체를 고르는 문제는 가장 배타적인 단서부터 본다. 온난화가스 여부만으로는 메탄, 이산화탄소도 남지만 의료용 흡입마취 사용과 환각물질 규제까지 동시에 만족하는 것은 아산화질소뿐이다.

암기 포인트

아산화질소는 온난화가스, 웃음가스, 농지·분뇨·하수 발생, 환각물질 규제를 함께 묶어 기억하는 기체이다.

NoteBase

문 7. <보기>에서 기체크로마토그래피 또는 기체크로마토그래피-질량분석법 시험방법으로 측정이 가능한 토양오염물질을 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 벤젠 ㄴ. 페놀
ㄷ. 불소 ㄹ. 트리클로로에틸렌

① ㄱ, ㄷ
② ㄴ, ㄷ
③ ㄱ, ㄴ, ㄹ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 기체크로마토그래피(GC) 또는 기체크로마토그래피-질량분석법(GC-MS)으로 측정하는 유기성 토양오염물질과, 다른 분석법을 쓰는 무기성 항목을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

GC와 GC-MS는 주로 휘발성 또는 반휘발성 유기화합물을 분리·검출하는 방법이다. 벤젠과 트리클로로에틸렌은 대표적인 휘발성 유기오염물질이고, 페놀도 공정시험기준상 GC 계열 시험방법 대상이 되는 유기화합물이다. 반면 불소는 토양에서 보통 무기성 불화물 계열로 다루므로 GC 또는 GC-MS 측정 대상에 넣지 않는다.

선지별 해설

1번 X: ㄱ의 벤젠은 GC 또는 GC-MS로 측정할 수 있어 맞지만, ㄷ의 불소는 해당 계열 시험방법 대상이 아니어서 틀리다. 틀린 부분은 'ㄷ 포함'이며, 올바르게는 불소를 제외한 유기오염물질 조합이어야 한다.
2번 X: ㄴ의 페놀은 공정시험기준상 GC 계열 시험방법으로 다루는 유기화합물이지만, ㄷ의 불소가 포함되어 틀리다. 틀린 부분은 역시 'ㄷ 포함'이다.
3번 O: ㄱ 벤젠, ㄴ 페놀, ㄹ 트리클로로에틸렌은 모두 GC 또는 GC-MS 시험방법으로 측정 가능한 유기성 토양오염물질이므로 옳다.
4번 X: ㄴ의 페놀과 ㄹ의 트리클로로에틸렌은 맞지만, ㄷ의 불소가 들어가 전체 조합이 틀리다. 올바르게는 ㄴ, ㄹ에 더해 ㄱ을 포함하고 ㄷ은 제외해야 한다.

오답 포인트

불소를 벤젠·트리클로로에틸렌과 같은 유기오염물질 범주로 섞으면 틀리기 쉽다. 또 페놀은 극성이 있어 낯설다는 이유로 GC 계열 대상에서 빼기 쉬운데, 이 문항에서는 페놀도 측정 가능 항목으로 봐야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 물질이 유기성 휘발·반휘발 오염물질인지, 무기성 이온성 항목인지 나눈다. GC 또는 GC-MS는 전자에, 불소처럼 무기성 항목은 대체로 제외된다고 판단하면 빠르게 선지를 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

GC 계열은 유기오염물질, 불소는 무기성 항목이라는 구분이 핵심이다.

문 8. 화학적 산소요구량(COD)이 $46[g/L]$인 하수슬러지 $1[L]$를 습식산화법을 이용하여 완전 연소처리할 때 필요한 최소 공기량의 값$[g]$은? (단, 대기 중 산소의 농도는 23%로 가정한다.)

① 10

② 46

③ 92

④ 200

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 COD를 필요한 산소량으로 바꾸고, 공기 중 산소 질량분율 23%를 이용해 최소 공기량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 하수슬러지 1 L, COD 46 g/L, 공기 중 산소 농도 23%
구해야 할 값: 완전 연소에 필요한 최소 공기량(g)
주의할 조건: COD는 산화에 필요한 산소량으로 해석하고, 1 L이므로 총 필요 산소량은 46 g이다.

사용할 공식

필요 산소량 m_{O_2}는 COD와 같고, 필요한 공기량 m_{air}는 $m_{air} = \frac{m_{O_2}}{0.23}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 완전 연소에 필요한 산소는 COD만큼 필요하고, 공기 전체 중 산소가 23%만 차지하므로 필요한 산소량을 0.23으로 나누어 전체 공기량을 구해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. COD가 46 g/L이고 처리 대상이 1 L이므로 필요한 산소량은 $46 \times 1 = 46g$ 이다.
2. 공기 중 산소가 23%이므로 공기 100 g에는 산소가 23 g 들어 있다.
3. 따라서 46 g의 산소를 얻기 위한 최소 공기량은 $m_{air} = \frac{46}{0.23} = 200g$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 10 g은 필요한 최소 공기량이 아니다. 이 값은 $46 \times 0.23 \approx 10.6$처럼 산소량에 23%를 다시 곱한 계산에서 나오는 오답에 가깝다. 틀린 선택값은 10 g이고, 올바르게는 필요한 최소 공기량이 약 200 g이다.
② X: 46 g은 공기량이 아니라 필요한 산소량이다. 공기 전체 중 산소가 23%뿐이므로 실제 필요한 공기량은 46 g보다 훨씬 커야 한다. 틀린 선택값은 46 g이고, 올바르게는 필요한 최소 공기량이 200 g이다.
③ X: 92 g은 $46 \div 0.5$처럼 공기 중 산소를 50%로 잘못 본 경우에 가까운 값이다. 문제는 산소 농도를 23%로 가정하므로 0.23으로 나누어야 한다. 틀린 선택값은 92 g이고, 올바르게는 필요한 최소 공기량이 200 g이다.
④ O: COD 46 g/L인 슬러지 1 L의 필요 산소량은 46 g이고, 공기 중 산소가 23%이므로 필요한 공기량은 $46 \div 0.23 = 200g$이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

②처럼 COD 수치를 그대로 공기량으로 착각하거나, ①처럼 산소분율을 곱해야 할지 나누어야 할지를 거꾸로 처리하기 쉽다. 이 문항의 핵심 함정은 '산소량'과 '공기량'을 구분하지 못하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

산화·연소 계산형 문항은 먼저 COD나 요구량을 실제 필요한 산소량으로 읽고, 그다음 공기 중 산소분율로 나누어 전체 공기량으로 환산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

필요 공기량은 필요한 산소량을 공기 중 산소분율로 나눈 값이다.

NoteBase

문 9. 무산소조와 호기조로 구성된 생물학적 질소제거 하수 처리공정인 MLE(Modified Ludzack Ettinger) 공정에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 무산소조에서는 탈질(denitrification) 반응이, 호기조에서는 질산화(nitrification) 반응이 주로 이루어진다.

② 탈질효율을 높이기 위해 호기조에서 무산소조로 혼합액(mixed liquor)의 내부반송을 실시한다.

③ 유입하수의 COD/TN 비가 높을수록 질소제거율이 높다.

④ 무산소조에서는 알칼리도가 소모되지만 호기조에서는 알칼리도가 생성된다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 MLE 공정에서 무산소조와 호기조의 역할, 내부반송의 목적, 그리고 질산화·탈질에 따른 알칼리도 변화를 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

무산소조는 용존산소 없이 질산성질소를 전자수용체로 사용해 탈질이 일어나는 구간이다. 키워드는 질산성질소 제거와 알칼리도 생성이다.
호기조는 산소를 공급해 암모니아성 질소를 아질산·질산으로 산화하는 질산화가 일어나는 구간이다. 키워드는 암모니아 산화와 알칼리도 소모이다.
MLE 공정은 호기조에서 생성된 질산성질소를 무산소조로 내부반송해 유입하수의 유기물을 탄소원으로 써서 탈질시키는 공정이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
무산소조에서는 주로 탈질이, 호기조에서는 주로 질산화가 일어난다. MLE 공정의 기본 반응 구분을 그대로 설명한 선지이다.

② O
MLE 공정은 호기조에서 생성된 질산성질소를 무산소조로 보내야 탈질이 가능하므로 혼합액의 내부반송을 실시한다. 내부반송의 목적은 무산소조에 질산성질소를 공급해 탈질효율을 높이는 데 있다.

③ O
탈질에는 유기탄소원이 필요하므로 유입하수의 COD/TN 비가 높을수록 일반적으로 탈질에 유리하다. 탄소원이 충분할수록 총질소 제거율이 높아지기 쉽다.

④ X
틀린 부분은 "무산소조에서는 알칼리도가 소모되지만 호기조에서는 알칼리도가 생성된다"는 표현이다.
실제로는 호기조의 질산화 과정에서 알칼리도가 소모되고, 무산소조의 탈질 과정에서는 알칼리도가 회복되거나 생성된다.

오답 포인트

④는 질산화와 탈질의 반응 방향은 기억하면서도 알칼리도 변화 방향을 반대로 외운 경우에 틀리기 쉽다.
질산화는 수소이온을 만들어 알칼리도를 깎고, 탈질은 이를 일부 회복한다는 연결이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

생물학적 질소제거 공정 문제가 나오면 먼저 호기조=질산화, 무산소조=탈질로 반응을 나눈 뒤, 내부반송은 질산성질소를 무산소조로 보내기 위한 것인지, 알칼리도는 질산화에서 소모되고 탈질에서 회복되는지를 순서대로 대조하면 된다.

암기 포인트

호기조는 질산화와 알칼리도 소모, 무산소조는 탈질과 알칼리도 회복으로 연결된다.

NoteBase

문 10. 수질오염 지표 중 알칼리도(alkalinity)에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 알칼리도는 수중 수소이온을 중화하기 위해 반응할 수 있는 이온의 양이 어느 정도 포함되어 있는지를 나타낸다.

② 최초의 pH에서 pH 8.3까지 주입된 산의 양을 $CaCO_3$ 값으로 환산한 값을 페놀프탈레인 알칼리도라고 한다.

③ 하천수의 pH가 7.0보다 낮은 산성인 경우의 알칼리도는 존재하지 않는다.

④ 하천수의 pH가 9.5인 경우 알칼리도 값은 CO_3^{2-}나 OH^-보다 HCO_3^-에 의한 비중이 더 크다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 알칼리도의 정의와 페놀프탈레인 알칼리도, 그리고 pH에 따른 탄산계 알칼리도 성분의 우세 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

알칼리도는 수중의 염기성 성분이 수소이온을 중화할 수 있는 능력이다.
페놀프탈레인 알칼리도는 시료를 pH 8.3 종말점까지 산으로 적정했을 때의 산 소비량을 $CaCO_3$로 환산한 값이다.
탄산계 알칼리도에서는 일반적으로 pH 8.3 이하에서 HCO_3^-가 주로 작용하고, pH가 더 높아질수록 CO_3^{2-}, 매우 높으면 OH^-의 기여가 커진다.

NoteBase

선지별 해설

① O
알칼리도는 수중에서 H^+를 받아들여 산을 중화할 수 있는 성분의 총량 또는 능력을 나타내므로 설명이 옳다. 대표 성분은 HCO_3^-, CO_3^{2-}, OH^-이다.

② O
페놀프탈레인 알칼리도는 pH 8.3까지 적정하는 알칼리도를 뜻하므로 설명이 옳다. pH 8.3 종말점까지 주입된 산의 양을 $CaCO_3$로 환산하여 표시한다.

③ X
틀린 부분은 "하천수의 pH가 7.0보다 낮은 산성인 경우의 알칼리도는 존재하지 않는다"이다. 실제로는 pH가 7 미만이어도 HCO_3^- 등이 존재하면 알칼리도가 나타날 수 있다. 알칼리도는 pH 값 그 자체가 아니라 산 중화능으로 판단한다.

④ O
pH 9.5는 탄산계의 두 번째 해리평형점 부근보다 낮아 HCO_3^-가 여전히 우세한 영역이다. 따라서 알칼리도에 대한 기여는 OH^-보다 HCO_3^-가 크고, CO_3^{2-}도 일부 존재하지만 보통 HCO_3^- 비중이 더 크다.

오답 포인트

③은 pH와 알칼리도를 같은 개념처럼 섞어 놓은 함정이다. 산성이라고 해서 곧바로 알칼리도가 0이 되는 것은 아니며, 약산의 짝염기인 HCO_3^-가 있으면 산성 영역에서도 알칼리도가 남아 있을 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

알칼리도 문제는 먼저 "알칼리도는 pH가 아니라 산 중화능"이라는 기준을 잡고 판단한다. 그다음 종말점은 pH 8.3이면 페놀프탈레인 알칼리도, pH 4.5 부근이면 총알칼리도로 연결하고, 탄산계 성분은 pH가 높아질수록 $HCO_3^- \rightarrow CO_3^{2-} \rightarrow OH^-$ 순으로 비중이 이동한다고 본다.

암기 포인트

알칼리도는 "pH 숫자"가 아니라 "산을 받아내는 힘"이며, pH 8.3은 페놀프탈레인 알칼리도 종말점, pH 9.5에서는 HCO_3^-가 아직 우세하다고 기억한다.

NoteBase

문 11. <보기>에서 대기오염물질인 황산화물에 대한 설명을 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 금속 및 비철금속의 제련과정에서 발생한다.
ㄴ. 대기 중에서는 비교적 안정한 가스이며 물에 용해되어 산성비의 주요 원인물질로 작용한다.
ㄷ. 기관지에 유입될 경우 혈액에 녹아 혈액의 산소운반 능력을 저하시킨다.
ㄹ. 자외선에 의해 발생하는 강한 산화제로 광화학스모그 생성의 주요 인자이다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 황산화물의 대표 발생원과 인체·대기 중 작용을 다른 대기오염물질과 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

황산화물은 주로 황을 함유한 연료의 연소나 황 함유 광석의 제련 과정에서 발생하는 SO_2, SO_3 계열 오염물질이다.
황산화물은 물에 잘 녹아 산성비의 원인이 되지만, 혈액의 산소운반능력 저하는 일산화탄소의 특징이고, 광화학스모그의 주된 산화제는 오존이다.

선지별 해설

① O: ㄱ, ㄴ은 모두 맞다. ㄱ은 황을 포함한 광석을 제련하는 과정에서 황산화물이 배출된다는 설명이므로 옳다. ㄴ도 황산화물, 특히 SO_2가 대기 중에서 비교적 안정하게 존재하다가 물에 녹아 아황산·황산 계열 산성물질을 형성하므로 옳다.
② X: ㄹ이 틀렸으므로 오답이다. 틀린 표현은 "자외선에 의해 발생하는 강한 산화제로 광화학스모그 생성의 주요 인자"이다. 실제로는 이것이 오존 등의 광화학적 산화제 설명이지 황산화물의 설명은 아니다.
③ X: ㄷ이 틀렸으므로 오답이다. 틀린 표현은 "혈액에 녹아 혈액의 산소운반능력을 저하"이다. 실제로는 혈액의 산소운반능력을 떨어뜨리는 대표 물질이 일산화탄소이며, 황산화물은 주로 호흡기 점막 자극을 일으킨다.
④ X: ㄹ이 틀렸으므로 오답이다. 틀린 표현은 "광화학스모그 생성의 주요 인자"이다. 실제로는 황산화물이 아니라 오존, PAN 같은 광화학 산화제가 이에 해당한다.

NoteBase

오답 포인트

ㄷ의 "혈액의 산소운반능력 저하"를 보면 일산화탄소와 연결해야 하고, ㄹ의 "자외선", "강한 산화제", "광화학스모그"를 보면 오존 계열과 연결해야 한다. 황산화물의 특징을 다른 기체오염물질의 특징과 섞어 놓은 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

대기오염물질 문제는 먼저 발생원, 인체 영향, 2차 생성 여부를 나누어 본다. 산성비와 수용성은 황산화물, 혈액 산소운반 방해는 일산화탄소, 광화학스모그의 강한 산화제는 오존으로 대응시키면 빠르게 판단된다.

암기 포인트

황산화물은 산성비, 일산화탄소는 혈액 결합, 오존은 광화학스모그의 산화제이다.

NoteBase

문 12. 하폐수의 물리적 처리방법 중 침전(sedimentation)과 부상(flotation)에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① stokes 법칙을 따른다고 가정할 때, 침전조 내 층류조건에서 독립입자가 침전할 때 입자의 크기가 2배 증가하면 침전속도 역시 2배 증가한다.

② 부상법은 사용되는 메디아(media) 형태에 따라 단일(single) 메디아 부상법, 이중(double) 메디아 부상법, 다중(multi) 메디아 부상법으로 구분된다.

③ 이상적인 침전지의 경우, 월류속도(또는 표면적부하)가 독립입자 침전속도보다 낮을 때 입자 제거율은 100%이다.

④ 부상시스템 설계에 있어서 공기/고형물 비율(Air to solid ratio)은 가압 시 물에 용해되는 공기량이 증가할수록 감소한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 독립입자 침전의 침강속도 관계와 이상적인 침전지의 월류속도 조건, 그리고 부상공정의 분류와 A/S 비의 의미를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

침전은 입자가 중력에 의해 가라앉는 공정이며, 독립입자 침전에서는 침강속도와 월류속도의 비교로 제거 여부를 판단한다.
부상은 미세기포를 입자에 부착시켜 입자를 수면으로 떠오르게 하는 공정이며, 핵심 판단축은 기포 발생 방식과 공기/고형물 비율이다.
Stokes 법칙이 적용되는 층류 조건에서는 침강속도 V_s가 입자 직경 d의 제곱에 비례한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 부분은 "입자의 크기가 2배 증가하면 침전속도 역시 2배 증가한다"이다.
Stokes 법칙에서는 침강속도 $v_s \propto d^2$이므로 입자 직경이 2배이면 침전속도는 4배가 된다.
올바르게는 "입자의 크기가 2배 증가하면 침전속도는 4배 증가한다"이다.

② X
틀린 부분은 "메디아 형태에 따라 단일, 이중, 다중 메디아 부상법으로 구분된다"이다.
부상법은 일반적으로 기포를 발생시키는 방식에 따라 용존공기부상, 분산공기부상, 진공부상 등으로 구분한다.
단일·이중·다중 메디아는 여과공정에서 쓰는 분류에 가깝다.
올바르게는 "부상법은 기포 발생 및 가압 방식에 따라 분류된다"이다.

③ O
이상적인 침전지에서 월류속도 또는 표면적부하가 독립입자 침전속도보다 낮으면 그 입자는 유출단에 도달하기 전에 침전하므로 제거율은 100%가 된다.
이 선지는 이상침전지의 기본 판정식인 $v_s \geq v_0$를 정확히 설명하므로 옳다.

④ X
틀린 부분은 "가압 시 물에 용해되는 공기량이 증가할수록 감소한다"이다.
A/S 비는 단위 고형물량당 공급되는 공기량의 비이므로, 고형물 조건이 같다면 용해 공기량이 증가할수록 A/S 비도 증가한다.
올바르게는 "가압 시 물에 용해되는 공기량이 증가할수록 공기/고형물 비율은 증가한다"이다.

오답 포인트

①은 Stokes 법칙을 선형 비례로 착각하면 걸리기 쉽다. ②는 단일·이중·다중 메디아라는 여과 용어를 부상 분류에 섞어 놓은 함정이다. ④는 A/S 비의 방향을 뒤집어 놓은 선지로, 공기량이 늘면 비도 커진다는 기본 의미를 놓치면 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

침전 문제는 먼저 v_s와 v_0의 대소관계를 본다. Stokes 법칙이 보이면 직경과 침강속도의 관계가 d가 아니라 d^2인지 확인한다. 부상 문제는 기포 발생 방식과 A/S 비가 공기량 증가에 따라 같은 방향으로 움직이는지를 판단 기준으로 삼는다.

암기 포인트

Stokes 침전은 d^2, 이상침전은 $v_s \geq v_0$, 부상은 공기량 증가이면 A/S 비도 증가이다.

NoteBase

문 13. $6.0m^3$ **부피의 연못에 농도가** $50.0mg/L$**인 오염물을 포함하는 폐수가** $0.2m^3/hr$**의 유량으로 유입되고 있다. 오염물질의 분해반응상수(1차 소멸반응)가** $0.2/day$**일 때, 정상상태(steady state)에서 연못 내 오염물의 농도**[mg/L]**는? (단, 연못 내에서 오염물은 완전히 혼합되고 동일한 유량으로 연못을 빠져나가며, 증발 등 연못물의 손실은 없다.)**

① 38

② 40

③ 42

④ 44

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 완전혼합 연못의 정상상태 물질수지와 1차 분해반응을 함께 적용하여 연못 내 농도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 연못 부피 $6.0m^3$, 유입유량 $0.2m^3/hr$, 유입농도 50.0 mg/L, 1차 분해반응상수 0.2/day이다.
구해야 할 값은 정상상태에서 연못 내 오염물 농도이다.
주의할 조건은 연못이 완전혼합 상태이며 유출유량이 유입유량과 같고, 반응상수의 시간단위를 유량 단위와 맞춰야 한다는 점이다.

사용할 공식

정상상태 완전혼합조의 물질수지는 $QC_{in} - QC - kVC = 0$ 이다.
따라서 농도는 $C = \frac{QC_{in}}{Q + kV}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 유입, 유출, 1차 분해가 동시에 작용하는 완전혼합 연못의 정상상태 조건이기 때문이다.

계산 과정

1. 반응상수를 시간단위로 맞추면 $k = 0.2/day = \frac{0.2}{24} hr^{-1} = 0.00833 hr^{-1}$ 이다.
2. $kV = 0.00833 \times 6.0 = 0.05 m^3/hr$ 이다.
3. 따라서 $C = \frac{0.2 \times 50.0}{0.2 + 0.05} = \frac{10}{0.25} = 40 mg/L$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 틀린 표현은 '38 mg/L'이다. 계산 결과 정상상태 농도는 40 mg/L이므로 올바르게는 '40 mg/L'이다. 38 mg/L는 1차 분해항을 과대평가하거나 단위환산을 잘못한 경우의 오답이다.
② O: 정상상태 물질수지 $QC_{in} = QC + kVC$를 적용하면 농도는 40 mg/L가 된다. 유입으로 들어오는 오염물에 대해 유출과 1차 분해가 함께 제거항으로 작용한 결과와 일치한다.
③ X: 틀린 표현은 '42 mg/L'이다. 올바르게는 '40 mg/L'이다. 42 mg/L는 분해반응을 충분히 반영하지 않거나 $Q + kV$의 분모를 작게 잡았을 때 나오는 오답이다.
④ X: 틀린 표현은 '44 mg/L'이다. 올바르게는 '40 mg/L'이다. 44 mg/L는 분해에 의한 제거를 더 작게 보거나 체류 중 반응손실을 과소평가했을 때 가까워지는 값이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 반응상수 단위가 day 기준인데 유량은 hr 기준이라는 점이다. k를 시간단위로 바꾸지 않으면 분해항 크기를 잘못 넣게 되어 38, 42, 44 같은 오답으로 흔들리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

완전혼합 정상상태 계산형은 먼저 유입항, 유출항, 반응항을 물질수지로 세우고, 그다음 반응상수와 유량의 시간단위를 맞춘 뒤 $C = \frac{QC_{in}}{Q + kV}$ 형태로 정리해 계산하면 된다.

암기 포인트

완전혼합 1차 반응 정상상태는 '유입 = 유출 + 반응'이며, 단위부터 맞추면 $C = \frac{QC_{in}}{Q + kV}$로 바로 정리된다.

NoteBase

문 14. 방사능 폐기물에서 방출되는 방사선에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 알파(alpha) 방사선이 방출되면 양성자수는 2개 감소하고 질량수는 4만큼 감소한다.

② 베타(beta) 방사선이 방출되면 질량수는 2만큼 감소한다.

③ 감마(gamma)선은 인체를 투과할 수 있다.

④ 알파선, 베타선, 그리고 감마선 중 가장 멀리까지 갈 수 있는 방사선은 감마선이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 알파선, 베타선, 감마선의 방출 형태와 원자번호·질량수 변화, 투과력을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

알파선: 헬륨 원자핵이 방출되는 방사선으로 원자번호는 2, 질량수는 4 감소한다. 키워드: 무겁고 투과력이 약하다.
베타선: 전자 또는 양전자가 방출되는 방사선으로 질량수는 변하지 않고 원자번호만 1 변한다. 키워드: 질량수 불변.
감마선: 원자핵의 에너지 준위 변화에서 나오는 전자기파로 원자번호와 질량수 변화가 없다. 키워드: 투과력이 가장 크다.

선지별 해설

1번: O. 알파 붕괴는 헬륨 원자핵 $^{4}_{2}He$가 방출되는 것이므로 양성자수는 2 감소하고 질량수는 4 감소한다.
2번: X. 틀린 부분은 "질량수는 2만큼 감소한다"이다. 베타 붕괴에서는 핵자 수가 보존되므로 질량수는 변하지 않는다. 올바르게는 "베타 방사선이 방출되면 질량수는 변하지 않고 원자번호만 1 변한다"이다.
3번: O. 감마선은 투과력이 매우 큰 전자기파이므로 인체를 통과할 수 있다.
4번: O. 알파선, 베타선, 감마선 중 투과력과 도달거리가 가장 큰 것은 감마선이다.

오답 포인트

베타선을 입자 방출이라는 이유만으로 알파선처럼 질량수가 줄어든다고 착각하면 2번에 속기 쉽다. 베타 붕괴의 핵심은 핵자 수는 그대로이고 중성자와 양성자의 종류만 바뀐다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

방사선을 보면 먼저 무엇이 방출되는지부터 구분한다. 헬륨핵이면 알파선, 전자·양전자이면 베타선, 전자기파이면 감마선으로 판단하면 원자번호·질량수 변화와 투과력을 바로 연결할 수 있다.

NoteBase

암기 포인트

알파선은 2와 4가 줄고, 베타선은 질량수 변화가 없고, 감마선은 수 변화 없이 투과력만 가장 크다.

NoteBase

문 15. 반송이 있는 표준활성슬러지 공정에서 폭기조의 유효용량이 $1{,}000m^3$이고 잉여슬러지 배출량이 1일 $25m^3$이며 반송슬러지의 미생물 농도 X_R와 폭기조의 미생물 농도 X의 비 X_R/X가 4.0일 때, 이 공정의 고형물 체류시간(SRT)의 값[day]은?

① 10

② 15

③ 20

④ 25

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 반송이 있는 표준활성슬러지 공정에서 고형물 체류시간 SRT를 $\theta_c = \frac{VX}{Q_w X_R}$로 계산할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 폭기조 유효용량 $1,000\text{m}^3$, 잉여슬러지 배출량 $25\text{m}^3/\text{day}$, 농도비 $X_R/X = 4.0$이다.
구해야 할 값은 고형물 체류시간 SRT이다.
이 문제는 유출수 고형물은 무시하고 잉여슬러지로 빠져나가는 고형물만으로 SRT를 계산하는 전형적인 형태이다.

사용할 공식

사용 공식은 $\theta_c = \frac{VX}{Q_w X_R}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 폭기조 내 보유 고형물량을 하루에 배출되는 잉여슬러지 고형물량으로 나누면 고형물의 평균 체류일수가 되기 때문이다.

계산 과정

농도비 $X_R/X = 4.0$이므로 $X_R = 4X$이다.
따라서
$\theta_c = \frac{VX}{Q_w X_R} = \frac{1000X}{25 \times 4X} = \frac{1000}{100} = 10 \text{ day}$
즉 $SRT = 10$일이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 계산 결과가 10일이므로 옳다.
② X: 15일은 계산값과 다르므로 틀리다. 틀린 표현은 SRT를 15일로 본 점이며, 올바르게는 $SRT = 10$일이다. 이런 오답은 $X_R = 4X$를 분모에 정확히 반영하지 못해 배출 고형물량을 과소평가할 때 나오기 쉽다.
③ X: 20일은 계산값과 다르므로 틀리다. 틀린 표현은 SRT를 20일로 본 점이며, 올바르게는 $SRT = 10$일이다. 이런 오답은 농도비를 잘못 적용하거나 분자와 분모의 고형물량 관계를 절반만 반영할 때 생기기 쉽다.
④ X: 25일은 계산값과 다르므로 틀리다. 틀린 표현은 SRT를 25일로 본 점이며, 올바르게는 $SRT = 10$일이다. 이런 오답은 체류시간을 단순 유량비처럼 처리하여 고형물 농도 차이 $X_R/X = 4$를 놓칠 때 생기기 쉽다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 잉여슬러지 배출유량 Q_w만 보고 체류시간을 판단하거나, 반송슬러지 농도 X_R가 폭기조 농도 X보다 4배 크다는 조건을 분모의 배출 고형물량에 반영하지 않는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

활성슬러지의 SRT 문제는 먼저 폭기조 내 보유 고형물량 VX를 잡고, 다음에 하루 배출 고형물량 Q_wX_R를 만든 뒤, 마지막에 농도비 X_R/X가 소거되는지 확인하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

반송이 있는 활성슬러지 공정의 기본형은 $SRT = \frac{VX}{Q_wX_R}$이며, 농도비가 주어지면 먼저 $X_R = aX$로 바꿔 넣으면 된다.

NoteBase

문 16. 정수과정에서 소독제로 사용하는 염소로 인해 발생되는 소독부산물에 대한 설명으로 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 주로 유기물과 염소의 화학반응을 통해 생성된다.
ㄴ. 트리할로메탄(trihalomethanes)과 할로아세트산(haloacetic acids)이 주요 염소 소독부산물이다.
ㄷ. 염소 소독부산물은 암을 유발할 수 있다.
ㄹ. 염소 소독부산물 발생량을 줄이는 데 전염소 처리가 도움이 된다.

① ㄱ, ㄴ, ㄷ
② ㄱ, ㄴ, ㄹ
③ ㄱ, ㄷ, ㄹ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 염소 소독부산물의 생성 원인, 대표 물질, 건강영향, 저감 방법을 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

염소 소독부산물은 정수과정에서 염소계 소독제가 물속의 자연유기물과 반응하여 생기는 부산물이다.
대표 물질은 트리할로메탄과 할로아세트산이며, 저감을 위해서는 유기물 제거 전에 염소를 넣는 전염소 처리보다 유기물 제거 후 염소를 접촉시키는 방식이 유리하다.

선지별 해설 ①

O
①은 ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 포함한 조합이다.
ㄱ은 염소 소독부산물이 주로 유기물과 염소의 화학반응으로 생성된다는 설명이므로 옳다.
ㄴ은 트리할로메탄과 할로아세트산이 대표적인 염소 소독부산물이라는 설명이므로 옳다.
ㄷ은 일부 염소 소독부산물이 발암성과 연관될 수 있다는 설명이므로 옳다.

NoteBase

선지별 해설 ②

X

②는 ㄱ, ㄴ은 옳지만 ㄷ이 빠지고 ㄹ이 들어가 있으므로 틀리다.

틀린 표현은 "전염소 처리가 염소 소독부산물 발생량을 줄이는 데 도움이 된다"는 부분이다.

실제로는 전염소 처리는 유기물 제거 전에 염소가 먼저 접촉하므로 소독부산물 생성을 늘릴 수 있다. 올바르게는 ㄷ을 포함하고 ㄹ을 제외한 ㄱ, ㄴ, ㄷ의 조합이어야 한다.

선지별 해설 ③

X

③은 ㄱ, ㄷ은 옳지만 ㄴ이 빠지고 ㄹ이 들어가 있으므로 틀리다.

틀린 표현은 "ㄹ을 포함한 조합"이다.

실제로는 대표 염소 소독부산물로 트리할로메탄과 할로아세트산을 드는 ㄴ이 포함되어야 하고, 전염소 처리 저감설명인 ㄹ은 제외되어야 한다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.

선지별 해설 ④

X

④는 ㄴ, ㄷ은 옳지만 ㄱ이 빠지고 ㄹ이 들어가 있으므로 틀리다.

틀린 표현은 "ㄹ을 포함하고 ㄱ을 제외한 조합"이다.

실제로는 염소 소독부산물이 유기물과 염소의 반응으로 생성된다는 ㄱ도 옳고, 전염소 처리 저감설명인 ㄹ은 틀리다. 올바르게는 ㄱ, ㄴ, ㄷ의 조합이 된다.

오답 포인트

전염소 처리를 산화나 조류 제어 효과와 연결해 소독부산물까지 줄인다고 오해하기 쉽다. 그러나 이 문항의 핵심은 유기물 제거 전에 염소를 먼저 넣으면 반응 시간이 길어져 소독부산물 생성 위험이 커진다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

염소 소독부산물 문제는 생성 원인, 대표 물질, 건강영향, 염소 투입 시점을 순서대로 확인하면 판단이 정리된다. 유기물 제거 전에 염소를 먼저 투입하는 전염소 처리는 저감보다 생성 증가 방향으로 판단한다.

암기 포인트

염소 소독부산물은 유기물과 염소의 반응으로 생기고, 대표 물질은 THMs·HAAs이며, 전염소 처리는 증가 위험이 있다.

NoteBase

문 17. 연도가스(Flue gas)에 포함된 유해물질을 처리하기 위한 선택적 촉매환원법(Selective catalytic reduction, SCR)에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 주로 질소산화물인 NO_x를 처리하기 위한 방법이다.

② 환원제로 암모니아(NH_3)와 요소(urea)가 사용될 수 있다.

③ 처리 후 무해한 질소(N_2)가스로 전환된다.

④ 반응에 적합한 온도는 100 ~ 200°C이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 SCR의 처리 대상, 환원제, 반응 생성물, 적정 반응온도라는 핵심 운전 개념을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

SCR은 촉매 존재하에서 암모니아 등을 환원제로 사용하여 연도가스 중 질소산화물 NO_x을 질소 N_2와 물로 환원하는 배출가스 처리기술이다.
핵심 구분점은 처리 대상은 NO_x이고, 반응이 가장 잘 일어나는 온도대는 일반적으로 저온 100~200°C가 아니라 대체로 300~400°C 부근이라는 점이다.

선지별 해설

① O
SCR은 선택적으로 NO_x를 환원하는 공정이므로 주된 처리 대상이 질소산화물이라는 설명은 옳다.

② O
SCR의 대표 환원제는 암모니아 NH_3이며, 요소는 분해되어 암모니아를 공급하는 방식으로 사용될 수 있으므로 옳다.

③ O
SCR 반응의 목적은 NO_x를 무해한 질소 N_2와 물로 전환하는 것이므로 취지는 옳다.

④ X
틀린 부분은 "100~200°C"이다.
일반적인 SCR은 촉매 활성 때문에 대체로 300~400°C 범위에서 효율이 높다. 올바르게는 "반응에 적합한 온도는 일반적으로 300~400°C 정도이다"라고 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

④는 저온 촉매나 다른 탈질 공정의 온도 범위와 SCR의 일반적 운전온도를 섞으면 틀리기 쉽다. SCR은 NO_x 처리, NH_3/요소 사용, N_2 전환은 기본 개념이고, 온도대가 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

탈질기술 문제가 나오면 먼저 처리 대상이 NO_x인지, 환원제가 암모니아계인지, 생성물이 N_2인지 확인하고, 이어서 SCR의 대표 반응온도는 100~200°C가 아니라 300°C 이상대라는 기준으로 선지를 판단한다.

암기 포인트

SCR은 NO_x를 NH_3로 환원하여 N_2로 만들고, 대표 온도대는 300~400°C이다.

NoteBase

문 18. 어떤 지역의 이황산가스(SO_2) 농도가 1.12ppm(부피)으로 관측되었다. 이 농도를 온도 $27^\circ C$, 압력 1기압 조건하에서 $\mu g/m^3$ 단위로 환산한 값은? (단, 절대온도(K)=섭씨온도($^\circ C$)+273이고 $0^\circ C$, 1기압 조건에서 이상기체 부피=$22.4L$, SO_2 분자량=$64g/mole$이다.)

① 2,910

② 2,912

③ 2,914

④ 2,916

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 부피비 농도 ppm를 주어진 온도·압력 조건의 $\mu g/m^3$ 질량농도로 환산하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: $1.12ppm$, SO_2 분자량 $64g/mol$, 온도 $27^\circ C = 300K$, 압력 $1atm$
- 구해야 할 값: SO_2 농도의 $\mu g/m^3$ 값
- 주의할 조건: $0^\circ C$, $1atm$에서 몰부피가 $22.4L/mol$이므로, $27^\circ C$에서는 몰부피가 $22.4 \times \frac{300}{273} L/mol$로 보정된다.

사용할 공식

$C(\mu g/m^3) = ppm \times MW \times \frac{1000}{22.4 \times (300/273)}$

이 공식을 쓰는 이유는 부피비 농도 ppm를 실제 조건의 몰부피로 나누어 질량농도로 바꿔야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 절대온도는 $27 + 273 = 300K$이다.
2. $27^\circ C$, $1atm$에서의 몰부피는 $22.4 \times \frac{300}{273} = 24.615L/mol$ 이다.
3. 따라서 SO_2의 질량농도는 $1.12 \times 64 \times \frac{1000}{24.615} = 2912\mu g/m^3$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과는 $2912 \mu g/m^3$이므로 2,910은 일치하지 않는다. 틀린 표현은 "2,910"이고 올바르게는 "2,912\,\mug/m^3"이다.
- 중간 단계의 몰부피나 환산값을 임의로 반올림하면 이런 오차가 생길 수 있다.

② O
- 계산 결과가 정확히 $2912 \mu g/m^3$이므로 옳은 선택지이다.
- $ppm \rightarrow$ 조건부 몰부피 적용 $\rightarrow \mu g/m^3$ 순서가 맞게 적용된 값이다.

③ X
- 계산 결과는 $2912 \mu g/m^3$인데 2,914는 2만큼 크게 계산된 값이다. 틀린 표현은 "2,914"이고 올바르게는 "2,912\,\mug/m^3"이다.
- 온도 보정이나 중간 반올림을 부정확하게 처리하면 이런 근사 오차가 생길 수 있다.

④ X
- 계산 결과는 $2912 \mu g/m^3$인데 2,916은 더 큰 값이므로 맞지 않는다. 틀린 표현은 "2,916"이고 올바르게는 "2,912\,\mug/m^3"이다.
- $22.4L$를 조건 보정 없이 쓰거나 환산 과정에서 반올림을 거칠게 하면 오차가 누적될 수 있다.

오답 포인트

이 문항의 핵심 함정은 $22.4L/mol$를 $0^\circ C$ 기준값으로 준 뒤 실제 온도 $27^\circ C$ 보정을 요구한 점이다. 또한 mg/m^3에서 $\mu g/m^3$로 바꿀 때 1000을 곱하는 단위 변환을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

기체 농도 환산 문제는 먼저 섭씨를 절대온도로 바꾸고, $22.4 \times T/273$으로 그 조건의 몰부피를 만든 뒤, $ppm \rightarrow mg/m^3 \rightarrow \mu g/m^3$ 순서로 계산하면 된다.

암기 포인트

기체 농도 환산은 "$ppm \times$ 분자량 $\div$ 조건부 몰부피"가 핵심이며, 온도가 올라가면 몰부피가 커져 같은 ppm의 mg/m^3 값은 작아진다.

NoteBase

문 19. 알칼리도 30mg/L를 보유하고 있는 폐수에 명반 $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$을 투입하여 응집을 시켰더니 25mg/L의 알칼리도가 소비되어 유출수에는 5mg/L의 알칼리도가 검출되었다. 소석회 $Ca(OH)_2$, 분자량 74를 이용하여 유출수의 알칼리도를 15mg/L로 유지시키고자 할 때 폐수 $1m^3$에 추가로 넣어주어야 하는 소석회의 양[g]은? (단, $CaCO_3$의 분자량은 100이다.)

① 7.4

② 11.1

③ 22.2

④ 51.8

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 유출수의 부족한 알칼리도를 $CaCO_3$ 등가량으로 구한 뒤 $Ca(OH)_2$ 질량으로 환산하는 계산형 문제이다.

조건 정리

- 현재 유출수 알칼리도: 5 mg/L
- 목표 유출수 알칼리도: 15 mg/L
- 추가로 필요한 알칼리도: 10 mg/L
- 환산 기준: 알칼리도는 보통 $CaCO_3$ 기준으로 나타내며, $CaCO_3$의 분자량은 100, $Ca(OH)_2$의 분자량은 74이다.
- 폐수량: $1m^3 = 1000L$이다.

사용할 공식

필요한 Ca(OH)_2=필요 알칼리도 증가분×(74)/(100)
이 공식을 쓰는 이유는 알칼리도 증가분이 $CaCO_3$ 기준 mg/L로 주어졌고, 이를 같은 염기당량을 갖는 $Ca(OH)_2$ 질량으로 바꾸어야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 명반 주입 후 유출수 알칼리도는 $30 - 25 = 5mg/L$이다.
2. 목표 15 mg/L를 만들려면 추가로 필요한 알칼리도는 $15 - 5 = 10mg/L$이다.
3. 이를 $Ca(OH)_2$로 환산하면 $10 \times \frac{74}{100} = 7.4mg/L$이다.
4. 폐수 $1m^3$는 1000 L이므로 필요한 소석회는 $7.4mg/L \times 1000L = 7400mg = 7.4g$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 7.4 g이므로 옳다.
- 유출수의 알칼리도는 이미 5 mg/L가 남아 있으므로 부족한 10 mg/L만 $Ca(OH)_2$로 보충하면 된다.

② X
- 11.1 g은 필요한 증가분 10 mg/L가 아니라 목표 알칼리도 15 mg/L 전체를 그대로 환산한 값에 해당한다.
- 틀린 표현은 "15 mg/L 전체를 새로 넣어야 한다"는 전제이다. 올바르게는 "현재 5 mg/L가 있으므로 10 mg/L만 추가하면 된다"이다.

③ X
- 22.2 g은 목표 알칼리도 15 mg/L를 잘못된 기준으로 환산한 수치로, 유출수에 이미 남아 있는 알칼리도를 반영하지 못한다.
- 틀린 표현은 "목표치만 보고 질량을 계산한다"는 점이다. 올바르게는 "현재값과 목표값의 차이인 10 mg/L를 기준으로 계산한다"이다.

④ X
- 51.8 g은 필요한 알칼리도 증가분 10 mg/L를 기준으로 한 환산 결과와 전혀 맞지 않는 과대 계산값이다.
- 틀린 표현은 "알칼리도 부족분보다 훨씬 큰 값을 넣어야 한다"는 점이다. 올바르게는 "$CaCO_3$ 기준 10 mg/L 부족분을 $Ca(OH)_2$로 환산한 7.4 g만 추가하면 된다"이다.

오답 포인트

현재 유출수에 이미 5 mg/L의 알칼리도가 남아 있다는 조건을 놓치면 목표치 15 mg/L 전체를 다시 만들어야 한다고 착각하기 쉽다. 또한 알칼리도는 $CaCO_3$ 기준 값이므로 $Ca(OH)_2$ 질량으로 바로 읽지 말고 환산비 74/100을 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

알칼리도 보정 문제는 먼저 현재값과 목표값의 차이로 필요한 증가분을 구하고, 그다음 그 증가분을 기준 물질인 $CaCO_3$에서 실제 주입 약품으로 등가 환산한 뒤 부피를 곱해 질량을 계산하면 된다.

암기 포인트

알칼리도 보충량은 "목표값-현재값"을 먼저 구하고, $CaCO_3 \rightarrow Ca(OH)_2$ 환산은 74/100을 적용한다.

NoteBase

문 20. <보기>는 어느 하수처리시설의 생물반응조 운전조건이다. (가)와 (나)에 알맞은 값을 옳게 짝지은 것은?

<보기>
하수가 100[m^3] 부피의 생물반응조로 연속적으로 유입된다. 유입하수의 유량과 BOD가 각각 400[m^3/day] 그리고 100[mg/L]이라고 가정한다면, 생물반응조의 수리학적 체류시간은 (가) [hr]이며 BOD용적부하는 (나) [$kgBOD/(m^3 \cdot day)$]이다.

① (가): 4, (나): 0.4
② (가): 4, (나): 0.6
③ (가): 6, (나): 0.4
④ (가): 6, (나): 0.6

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 생물반응조의 수리학적 체류시간과 BOD 용적부하를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 반응조 부피 $100m^3$, 유량 $400m^3/day$, 유입 BOD $100mg/L$이다.
구해야 할 값은 (가) 수리학적 체류시간과 (나) BOD 용적부하이다.
주의할 조건은 체류시간을 day에서 hr로 환산하고, $100mg/L$를 $0.1kg/m^3$로 바꾸는 점이다.

사용할 공식

수리학적 체류시간은 $t = V/Q$이고, BOD 용적부하는 $L_v = QS_0/V$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 연속유입 반응조에서 체류시간은 반응조 부피를 유량으로 나눈 값이고, 용적부하는 하루에 유입되는 BOD 질량을 반응조 부피로 나눈 값이기 때문이다.

계산 과정

1. 수리학적 체류시간은 $t = V/Q = 100/400 = 0.25day$이다.
2. 이를 시간으로 바꾸면 $0.25 \times 24 = 6hr$이므로 (가)는 6이다.
3. 유입 BOD 농도 $100mg/L$는 $0.1kg/m^3$이다.
4. 하루 유입 BOD 질량은 $400 \times 0.1 = 40kg/day$이다.
5. BOD 용적부하는 $L_v = 40/100 = 0.4kgBOD/(m^3 \cdot day)$이므로 (나)는 0.4이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 틀린 표현은 "(가)=4"이다. 체류시간은 $100/400 = 0.25day$이고 이를 시간으로 바꾸면 $6hr$이므로 "(가)=6"으로 고쳐야 한다.
- "(나)=0.4"는 맞지만 ①은 (가)가 틀려 오답이다.

② X
- 틀린 표현은 "(가)=4, (나)=0.6"이다. 계산 결과는 (가)=6, (나)=0.4이므로 "(가)=6, (나)=0.4"로 고쳐야 한다.
- 특히 "(나)=0.6"은 $100mg/L$의 단위 환산이나 부하 계산식 적용을 잘못한 값이다.

③ O
- 체류시간은 $6hr$, BOD 용적부하는 $0.4kgBOD/(m^3 \cdot day)$이다. 두 값이 모두 일치하므로 옳다.

④ X
- 틀린 표현은 "(나)=0.6"이다. "(가)=6"은 맞지만 용적부하는 $0.4kgBOD/(m^3 \cdot day)$이므로 "(나)=0.4"로 고쳐야 한다.
- 0.6은 농도 환산이나 질량부하 계산을 잘못한 오답값이다.

오답 포인트

체류시간은 Q/V가 아니라 V/Q로 계산해야 한다. 또한 $100mg/L$를 그대로 대입하지 말고 $0.1kg/m^3$로 환산해야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

반응조 계산 문제는 먼저 V/Q로 체류시간을 구하고, 다음에 QS_0/V로 용적부하를 계산한 뒤, 마지막에 시간 단위와 농도 단위를 검산하면 된다.

암기 포인트

체류시간은 V/Q, 용적부하는 QS_0/V, $100mg/L = 0.1kg/m^3$이다.

NoteBase