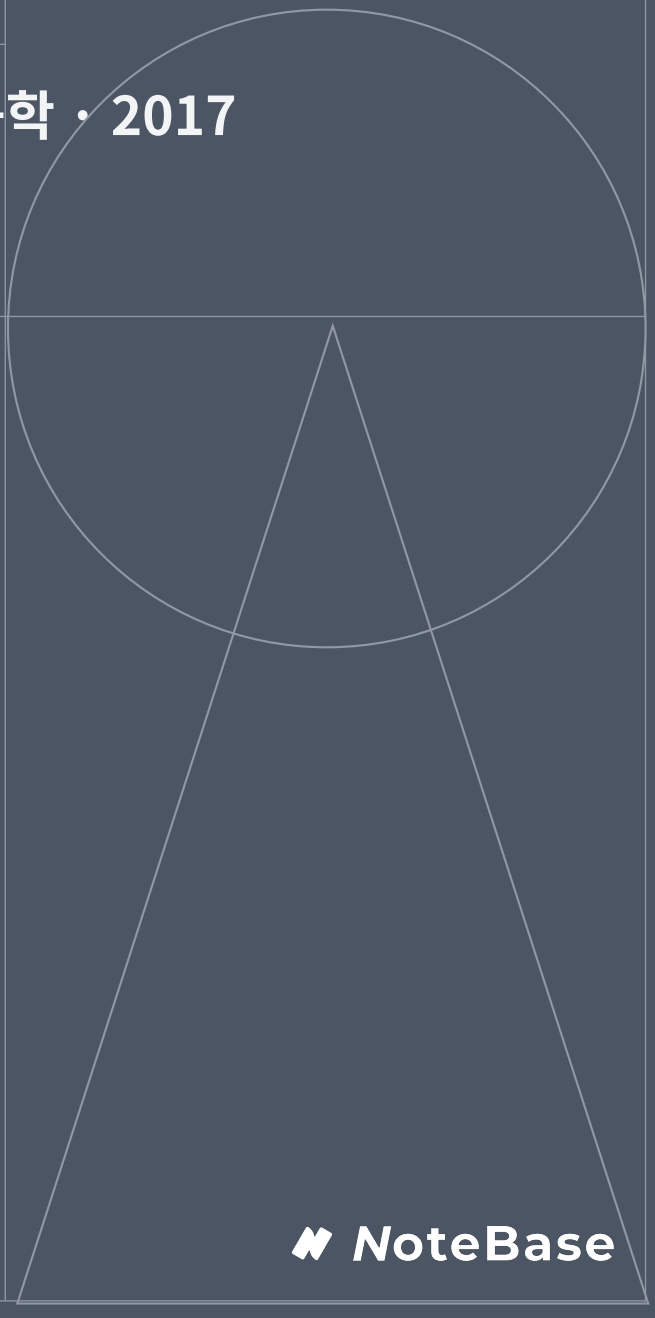
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 환경공학 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 환경공학 · 2017

공무원/서울시/7급 · 환경공학 · 2017

문 1. 활성슬러지의 질산화 과정 중 암모늄 이온(NH_4^+)을 아질산염 이온(NO_2^-)으로 산화시키는 Nitrosomonas의 ㉠ 전자공여체, ㉡ 전자수용체, ㉢ 탄소원이 옳게 나열된 것은?

① ㉠: NH_4^+, ㉡: O_2, ㉢: HCO_3^-

② ㉠: NO_2^-, ㉡: 유기물, ㉢: HCO_3^-

③ ㉠: NH_4^+, ㉡: 유기물, ㉢: CO_2

④ ㉠: NO_2^-, ㉡: O_2, ㉢: 유기물

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 질산화 1단계를 담당하는 Nitrosomonas의 전자공여체, 전자수용체, 탄소원을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

전자공여체는 미생물이 산화하여 전자를 얻는 물질이다.
전자수용체는 방출된 전자를 최종적으로 받는 물질이다.
탄소원은 세포물질 합성에 쓰이는 탄소 공급원이다.
Nitrosomonas는 암모늄을 산화하는 화학독립영양균이므로 전자공여체는 NH_4^+, 전자수용체는 O_2, 탄소원은 HCO_3^- 같은 무기탄소이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
NH_4^+를 산화해 전자를 얻고, O_2가 그 전자를 받으며, 세포 합성에는 HCO_3^-를 탄소원으로 이용하므로 옳다.

② X
틀린 부분은 '전자공여체 NO_2^-'와 '전자수용체 유기물'이다.
Nitrosomonas의 실제 전자공여체는 NH_4^+이고, 전자수용체는 O_2이다. NO_2^-는 암모늄 산화의 생성물이며, 유기물은 이 균의 전자수용체가 아니다.

③ X
틀린 부분은 '전자수용체 유기물'이다.
Nitrosomonas는 호기성 질산화균이므로 실제 전자수용체는 O_2이다. 탄소원으로 제시된 CO_2는 무기탄소라는 점에서는 질산화균의 성격과 맞지만, 이 선지는 전자수용체를 잘못 적어 오답이다.

④ X
틀린 부분은 '전자공여체 NO_2^-'와 '탄소원 유기물'이다.
Nitrosomonas의 실제 전자공여체는 NH_4^+이고 탄소원은 유기물이 아니라 HCO_3^- 같은 무기탄소이다. NO_2^-를 전자공여체로 쓰는 것은 아질산을 산화하는 다른 질산화균의 성격에 가깝다.

오답 포인트

질산화균을 '산소를 쓰는 균' 정도로만 외우면 전자공여체와 탄소원을 뒤섞기 쉽다. 특히 NO_2^-를 전자공여체로 보는 선택지는 Nitrosomonas와 Nitrobacter를 바꿔 외운 경우에 잘 걸린다.

다시 나오면 이렇게 판단

질산화균 문제는 먼저 '무엇을 산화하는가'로 전자공여체를 정하고, 호기성 여부로 전자수용체를 확인한 뒤, 독립영양 여부로 탄소원이 유기물인지 무기탄소인지 판단하면 된다.

암기 포인트

Nitrosomonas는 NH_4^+ 산화, O_2 수용, HCO_3^- 동화의 조합이다.

NoteBase

문 2. 생분해성 유기물의 분해속도는 1차반응($\frac{dL}{dt} = -kL$)을 따른다. 이때 유기물 농도가 초기 조건의 절반($L = \frac{1}{2}L_0$)이 되는 데 걸리는 시간, 즉 반감기는 얼마인가? (단, L: 유기물의 농도, L_0: 유기물의 초기 농도, k: 반응속도 상수 (t^{-1}), t: 시간이다.)

① $e^{\frac{k}{2}}$
② $\frac{e^k}{2}$
③ $\frac{\ln k}{2}$
④ $\frac{\ln 2}{k}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 1차 반응식 $\frac{dL}{dt} = -kL$에서 농도가 절반이 되는 시간, 즉 반감기 $t_{1/2}$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $\frac{dL}{dt} = -kL$이다.
초기 농도는 L_0이다.
반감기 조건은 $L = \frac{1}{2}L_0$이다.
구해야 할 값은 시간 t이다.

사용할 공식

1차 반응의 적분형은 $L = L_0e^{-kt}$이다.
이 식을 쓰는 이유는 반응속도가 현재 농도 L에 비례하는 전형적인 1차 반응이기 때문이다.

계산 과정

1. $\frac{dL}{dt} = -kL$을 적분하면 $L = L_0e^{-kt}$가 된다.
2. 반감기 조건 $L = \frac{1}{2}L_0$를 대입하면 $\frac{1}{2}L_0 = L_0e^{-kt}$이다.
3. L_0를 약분하면 $\frac{1}{2} = e^{-kt}$이다.
4. 양변에 자연로그를 취하면 $\ln\frac{1}{2} = -kt$이다.
5. $-\ln 2 = -kt$이므로 $t = \frac{\ln 2}{k}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $e^{k/2}$는 시간 차원이 없는 지수함수 값일 뿐 반감기 식이 아니다. 1차 반응의 반감기는 지수함수 값으로 쓰지 않고 $t = \frac{\ln 2}{k}$로 쓴다. 틀린 표현은 $e^{k/2}$이고, 올바르게는 $\frac{\ln 2}{k}$이다.
② X: $\frac{e^k}{2}$도 적분 결과를 잘못 정리한 식이다. 반감기에서는 $e^{-kt} = \frac{1}{2}$에서 로그를 취해 시간을 풀어야 하므로 $\frac{e^k}{2}$가 나올 수 없다. 틀린 표현은 $\frac{e^k}{2}$이고, 올바르게는 $\frac{\ln 2}{k}$이다.
③ X: $\frac{\ln k}{2}$는 로그의 대상과 나눗셈 위치를 잘못 잡은 식이다. 반감기 유도에서는 $\ln 2$가 나오고, 전체를 k로 나누어야 한다. 틀린 표현은 $\frac{\ln k}{2}$이고, 올바르게는 $\frac{\ln 2}{k}$이다.
④ O: $\frac{1}{2} = e^{-kt}$에서 $\ln \frac{1}{2} = -kt$, 즉 $-\ln 2 = -kt$이므로 $t = \frac{\ln 2}{k}$가 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

지수식 e^{-kt}를 본 뒤 바로 e가 포함된 보기를 고르는 실수가 잦다. 이 문항의 핵심은 지수식을 로그로 바꾸어 시간을 푸는 단계이며, $\ln \frac{1}{2} = -\ln 2$를 놓치면 ③처럼 잘못 정리하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

1차 반응 반감기 문항은 적분형 $L = L_0 e^{-kt}$를 먼저 쓴 뒤, 절반 조건 $L = \frac{1}{2}L_0$를 대입하고, 마지막에 자연로그로 시간을 분리하는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

1차 반응의 반감기는 초기농도와 무관하며 항상 $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}$이다.

NoteBase

문 3. 토양오염복원기술에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 토양세척법(Soil Washing)은 첨가제가 함유된 물을 토양 공극 내에 주입함으로써 용해도가 증가된 오염물질을 추출하여 처리하는 방법이다.

② 토양증기추출법(Soil Vapor Extraction)은 불포화 대수층 위에 추출정을 설치해 토양을 진공상태로 만들어 줌으로써 휘발성 유기물질을 제거하는 방법이다.

③ 고형화 및 안정화(Solidification/Stabilization)는 물리적, 화학적인 방법을 통해 독성물질과 오염물질의 유동성을 감소시키는 방법이다.

④ 탈할로겐화법(Dehalogenation)은 화학약품을 이용하여 오염물질 분자로부터 할로겐 원자를 제거하는 방법이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 토양세척법, 토양증기추출법, 고형화·안정화, 탈할로겐화법의 적용 방식과 제거 원리를 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

토양세척법은 굴착한 토양을 세척액과 접촉시켜 입도 분리와 탈착으로 오염물질을 제거하는 외부 처리 공정이다. 토양증기추출법은 불포화대에 진공을 걸어 휘발성 오염물질을 기상으로 뽑아내는 방법이다. 고형화·안정화는 결합재나 화학적 처리를 통해 오염물질의 용출성과 이동성을 낮추는 방법이다. 탈할로겐화법은 화학반응으로 유기염소계 오염물질의 할로겐을 떼어 독성이나 안정성을 낮추는 방법이다.

선지별 해설

1번 X: 제시문에서 틀린 부분은 "첨가제가 함유된 물을 토양 공극 내에 주입"하는 방식이다. 이는 일반적인 토양세척법이라기보다 토양 내부를 세정액으로 씻어내는 토양세정 또는 토양플러싱에 가까운 설명이다. 토양세척법은 보통 오염토를 굴착한 뒤 지상 설비에서 세척액으로 오염물질을 분리한다.
2번 O: 토양증기추출법은 불포화대 토양에 추출정을 설치하고 진공으로 토양가스를 빨아들여 휘발성 유기오염물질을 제거하는 방법이므로 설명이 타당하다.
3번 O: 고형화·안정화는 물리적 고형화와 화학적 안정화를 통해 오염물질의 용출성 및 이동성을 줄이는 기술이므로 설명이 맞다.
4번 O: 탈할로겐화법은 화학약품이나 환원반응 등을 이용해 오염물질 분자에서 할로겐 원자를 제거하는 처리기술이므로 설명이 맞다.

NoteBase

오답 포인트

토양세척법과 토양세정·토양플러싱을 같은 것으로 보면 1번에 속기 쉽다. 이 문항은 "굴착 후 지상 세척"과 "지중에 세정액 주입"을 바꿔 놓은 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

토양복원기술 문제는 먼저 처리 위치가 지중 처리인지 굴착 후 외부 처리인지부터 구분하고, 그다음 제거 원리가 휘발, 세척, 고정화, 화학분해 중 무엇인지 연결하면 판단이 빨라진다.

암기 포인트

토양세척은 굴착 후 세척, 증기추출은 진공으로 휘발분 제거, 고형화·안정화는 이동성 억제, 탈할로겐화는 할로겐 제거이다.

NoteBase

문 4. 연소를 위한 연료의 종류 중 고체연료의 특징으로 옳은 것은?

① 매장량이 풍부하고 저렴하며 대개 전처리 없이 바로 사용할 수 있다.

② 연소효율이 높고 적은 과잉공기로 완전연소가 가능하다.

③ 회분이 거의 없지만 재 속의 금속산화물이 장해의 원인이 될 수 있다.

④ 점화 및 소화가 곤란하여 연소관리가 어렵고 부하변동에 바로 대응하기 어렵다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 고체연료의 연소 특성을 액체연료·기체연료의 특성과 구별할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

고체연료는 석탄처럼 일정한 형상을 가진 연료로서 회분이 남고 점화·소화와 연소제어가 상대적으로 어렵다는 특징이 있다.
액체연료는 유동성이 있어 취급과 연소조절이 비교적 쉽고, 기체연료는 공기와의 혼합이 좋아 완전연소가 쉽다는 특징이 있다.
구별 기준은 회분 발생 여부, 필요한 과잉공기량, 점화·소화의 난이도, 부하변동 대응성이다.

선지별 해설

① X: 고체연료는 매장량이 풍부하고 비교적 저렴한 편이라는 설명은 가능하지만, 대개 전처리 없이 바로 사용하는 연료는 아니다. 틀린 표현은 "대개 전처리 없이 바로 사용"이다. 올바르게는 분쇄·건조·이송 및 회처리 설비가 필요해 사용과 연소관리가 단순하지 않다.
② X: 고체연료는 연소효율이 높고 적은 과잉공기로 완전연소가 쉬운 연료가 아니다. 틀린 표현은 "적은 과잉공기로 완전연소가 가능"이다. 올바르게는 기체연료가 공기와의 혼합이 쉬워 적은 과잉공기로 완전연소가 유리하고, 고체연료는 상대적으로 더 많은 과잉공기가 필요하다.
③ X: 고체연료는 일반적으로 회분이 적지 않고, 이 회분이 연소 후 남아 클링커나 슬래깅 등의 문제를 일으킬 수 있다. 틀린 표현은 "회분이 거의 없지만"이다. 올바르게는 회분이 존재하며, 재 속 금속산화물이 장해의 원인이 될 수 있다.
④ O: 고체연료는 점화 및 소화가 어렵고 연소속도 조절이 쉽지 않아 연소관리가 까다롭다. 따라서 부하변동이 생겨도 액체연료나 기체연료처럼 즉시 대응하기 어렵다.

오답 포인트

①은 경제성만 맞고 운전 특성을 틀리게 섞은 선지이고, ②는 기체연료의 장점을 고체연료에 바꿔 붙인 선지이다. ③은 뒤 문장 일부가 그럴듯해 보여도 앞의 "회분이 거의 없지만"이 틀리므로 전체가 오답이 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

연료 종류 비교 문제에서는 먼저 회분이 남는지, 점화·소화가 쉬운지, 과잉공기량이 적은지, 부하변동에 즉응하는지를 본다. 회분이 남고 연소제어가 어렵다면 고체연료의 특징으로 판단할 수 있다.

암기 포인트

고체연료는 회분이 남고 점화·소화가 어렵고, 기체연료는 혼합이 쉬워 완전연소에 유리하다.

NoteBase

문 5. 지하수를 채취하여 수질분석을 실시해보니, 칼슘 이온 Ca^{2+}의 농도는 120mg/L로 나타났다. 이 지하수에서 칼슘 이온만으로 유발되는 경도(hardness)는 얼마인가? (단, 원자량은 Ca=40, C=12, O=16이다.)

① 100mg/L as $CaCO_3$

② 200mg/L as $CaCO_3$

③ 300mg/L as $CaCO_3$

④ 400mg/L as $CaCO_3$

정답 3번

출제 포인트

칼슘 이온 농도를 경도 표기인 $CaCO_3$ 환산농도로 바꾸는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 칼슘 이온 농도는 $120mg/L$이다.
구해야 할 값: 칼슘 이온만으로 유발되는 경도를 $CaCO_3$ 기준 mg/L로 나타낸 값이다.
주의할 조건: 경도는 이온 자체의 질량농도가 아니라 $CaCO_3$ 환산농도로 표시한다.

사용할 공식

경도 ($as\ CaCO_3$)는 이온 농도×CaCO_3의 당량해당 이온의 당량으로 구한다.
이 문제에서 $CaCO_3$의 분자량은 100, 당량은 100/2 = 50이고, Ca^{2+}의 원자량은 40, 당량은 40/2 = 20이다.
이 공식을 쓰는 이유는 경도를 여러 2가 양이온 농도를 공통 기준인 $CaCO_3$로 환산해 비교하는 값으로 정의하기 때문이다.

계산 과정

1. Ca^{2+}의 당량은 20이다.
2. $CaCO_3$의 당량은 50이다.
3. 따라서 칼슘 경도는 $120 \times \frac{50}{20} = 120 \times 2.5 = 300mg/L$이다.
4. 같은 전하수이므로 $120 \times \frac{100}{40} = 300mg/L$로 계산해도 같은 결과가 나온다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과는 $300mg/L$이므로 "100mg/L as CaCO_3"라는 표현이 틀리다. 올바르게는 "300mg/L as CaCO_3"이다. Ca^{2+}를 $CaCO_3$로 환산하면 값이 $120mg/L$보다 커져야 하므로 100은 성립하지 않는다.
② X: 계산 결과와 일치하지 않으므로 틀리다. 틀린 표현은 "200mg/L as CaCO_3"이고, 올바르게는 "300mg/L as CaCO_3"이다. 환산계수는 $\frac{50}{20} = 2.5$인데 이를 더 작게 잡으면 이런 오답이 나온다.
③ O: $120 \times \frac{50}{20} = 300mg/L$이므로 "300mg/L as CaCO_3"가 맞다. 칼슘 이온만으로 유발되는 경도는 $300mg/L$이다.
④ X: 계산 결과보다 크게 잡은 값이므로 틀리다. 틀린 표현은 "400mg/L as CaCO_3"이고, 올바르게는 "300mg/L as CaCO_3"이다. 당량 계산이나 환산비를 잘못 적용해 2.5보다 큰 계수를 쓰면 이런 오답이 나온다.

오답 포인트

칼슘 이온 농도 mg/L와 경도 ($as\ CaCO_3$)를 같은 단위처럼 보는 실수가 가장 흔하다. 이 문제는 원자량과 분자량만 보고 바로 비례식을 세우면 되는데, 당량 개념을 놓치면 200이나 400 같은 값으로 흔들리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

경도 환산 문제는 먼저 이온의 전하수를 확인하고, 다음에 해당 이온의 당량과 $CaCO_3$의 당량을 비교해 환산계수를 구한 뒤 최종 값을 선지와 대조하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

2가 양이온 경도 환산은 as CaCO_3 = 농도×50이온 당량이며, Ca^{2+}는 120 → 300처럼 2.5배가 된다.

NoteBase

문 6. 여러 가지 변수가 유독물질의 대기확산에 영향을 주게 되는데, 다음 중 확산모델에 영향을 주지 않는 변수는?

① 대기안정도
② 누출지점의 높이
③ 유독물질 저장 탱크의 두께
④ 누출된 초기물질의 부력과 운동력

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 대기확산모델에 반영되는 확산 영향인자와 모델과 무관한 저장설비 자체의 물성·구조 요소를 구별하는지를 묻는다.

핵심 개념

대기확산모델은 기상조건, 배출높이, 초기 플룸의 상승 특성을 통해 오염물질이 공기 중에서 어떻게 퍼지는지를 계산하는 개념이다.
대기안정도는 연직 혼합 정도를 좌우하고, 누출지점의 높이는 유효배출고도를 바꾸며, 초기 부력과 운동력은 플룸 상승과 확산 범위를 바꾼다.
반면 저장 탱크의 두께는 설비의 구조적 특성일 뿐 대기 중 확산식의 직접 입력변수로 쓰이지 않는다.

선지별 해설

1번: O. 대기안정도는 난류 혼합과 연직 확산 정도를 결정하므로 확산모델의 핵심 입력변수이다.
2번: O. 누출지점의 높이는 오염물질이 어느 고도에서 방출되는지를 정하므로 지표 농도와 확산범위에 직접 영향을 준다.
3번: X. 틀린 표현은 "유독물질 저장 탱크의 두께"이다. 탱크 두께는 저장설비의 강도·안전성과 관련된 설계 요소이지, 방출된 물질의 대기확산을 계산하는 모델 변수는 아니다. 올바르게는 "누출량, 방출속도, 방출높이 같은 방출조건"이 확산모델에 영향을 준다.
4번: O. 누출된 초기물질의 부력과 운동력은 플룸 상승 높이와 초기 확산거동을 바꾸므로 확산모델에 영향을 준다.

오답 포인트

설비와 관련된 말이 나오면 모두 확산변수처럼 느껴지기 쉽다. 그러나 이 문제는 저장 전 상태가 아니라 누출 후 공기 중에서 퍼지는 과정의 변수만 고르는 문제이므로, 3번처럼 설비 구조 자체를 묻는 표현에 흔들리면 틀리게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

확산모델 변수인지는 "누출 후 대기 중 농도분포를 바꾸는가"로 판단한다. 기상조건, 방출높이, 방출량, 초기 부력·운동력은 포함되고, 저장용기 재질이나 두께처럼 설비 구조만 나타내는 값은 제외된다.

암기 포인트

대기확산은 기상과 방출조건의 문제이고, 탱크 두께는 설비구조의 문제이다.

NoteBase

문 7. 유기물 분해 시 혐기성 소화 공정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 산생성균은 혐기상태에서 아세트산(acetic acid) 등의 발효산물을 생성한다.

② 메탄생성 반응이 저해를 받게 되면 pH가 상승한다.

③ 혐기성 소화 공정의 효율은 온도, 암모니아NH_3 등의 환경인자 변화에 민감하다.

④ 발생하는 바이오가스를 신재생에너지로 활용할 수 있다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 혐기성 소화의 단계별 생성물과 메탄생성 저해 시 pH 변화, 그리고 공정의 운전 특성을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

산생성 단계는 유기물이 휘발성 지방산과 아세트산 같은 발효산물로 전환되는 단계이다. 메탄생성 단계는 이 산물들을 메탄과 이산화탄소로 전환하는 단계이다. 메탄생성이 저해되면 앞 단계에서 생성된 산이 축적되어 pH가 낮아진다.

선지별 해설

① O
산생성균은 혐기 조건에서 유기물을 분해하여 아세트산 등 휘발성 지방산을 생성하므로 옳다.

② X
틀린 부분은 "pH가 상승한다"이다. 메탄생성 반응이 저해되면 소비되지 못한 휘발성 지방산이 축적되어 pH는 상승이 아니라 하강한다.

③ O
혐기성 소화는 미생물 반응에 의존하므로 온도 변화와 유리 암모니아 같은 저해물질의 영향에 민감하다. 따라서 공정 효율이 환경인자 변화에 크게 좌우된다는 설명은 옳다.

④ O
혐기성 소화에서 발생하는 바이오가스는 메탄을 포함하므로 연료나 발전원으로 이용할 수 있어 신재생에너지 활용이 가능하다.

NoteBase

오답 포인트

메탄생성은 최종적으로 가스를 만드는 단계이므로 반응이 멈추면 산이 줄어들 것처럼 착각하기 쉽다. 실제로는 앞단의 산생성은 계속되는데 메탄생성이 이를 소비하지 못해 유기산이 쌓이고 pH가 떨어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

혐기성 소화 문제는 먼저 산생성 단계와 메탄생성 단계를 분리해서 본다. 산이 축적되는 상황이면 pH 하강, 메탄으로 전환이 원활한 상황이면 안정화로 판단하면 된다.

암기 포인트

산생성은 산을 만든다, 메탄생성은 산을 없앤다, 메탄생성 저해는 pH 저하로 이어진다.

NoteBase

문 8. 하수처리 과정에서 인을 추가로 제거하기 위해 인 응집 반응조를 운영하고 있다. 인 응집 반응조로 유입되는 처리수의 유량이 4,000 m^3/시이고 수리학적 체류시간이 30분이라면, 인 응집 반응조의 유효부피는?

① $1{,}000\mathrm{m}^3$

② $2{,}000\mathrm{m}^3$

③ $3{,}000\mathrm{m}^3$

④ $4{,}000\mathrm{m}^3$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 인 응집 반응조의 유효부피를 $Q \times t$로 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 유량 $Q = 4{,}000m^3/h$, 수리학적 체류시간 $t = 30min$이다.
구해야 할 값은 인 응집 반응조의 유효부피 V이다.
주의할 조건은 체류시간 30분을 0.5시간으로 바꾼 뒤 같은 시간 단위로 계산해야 한다는 점이다.

사용할 공식

사용 공식은 $V = Q \times t$이다.
이 공식은 반응조의 부피가 유입유량과 체류시간의 곱으로 정해지는 완전혼합 반응조의 기본 관계이기 때문에 사용된다.

계산 과정

1. 체류시간을 시간 단위로 바꾸면 $30min = 0.5h$이다.
2. 유효부피는 $V = Q \times t$이므로 $V = 4{,}000m^3/h \times 0.5h$이다.
3. 따라서 $V = 2{,}000m^3$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과는 $2{,}000m^3$이므로 틀리다. $1{,}000m^3$은 체류시간을 30분이 아니라 15분처럼 잘못 적용했을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 부피값 $1{,}000m^3$이고, 올바르게는 $2{,}000m^3$이다.
② O: $V = 4{,}000m^3/h \times 0.5h = 2{,}000m^3$이므로 옳다.
③ X: 계산 결과보다 $1{,}000m^3$ 크게 잡은 값이므로 틀리다. $3{,}000m^3$은 체류시간 환산이나 곱셈을 부정확하게 처리한 오답이다. 틀린 표현은 부피값 $3{,}000m^3$이고, 올바르게는 $2{,}000m^3$이다.
④ X: 유량값 $4{,}000m^3/h$를 그대로 부피로 착각한 값이므로 틀리다. 유량은 단위시간당 유입량이고, 부피는 여기에 체류시간을 곱해 구해야 한다. 틀린 표현은 부피값 $4{,}000m^3$이고, 올바르게는 $2{,}000m^3$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 유량과 부피를 같은 값으로 보는 착각과 분 단위를 시간 단위로 바꾸지 않는 실수이다. 특히 ④처럼 유량 Q 자체를 부피로 오해하면 바로 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

체류시간이 주어진 반응조 문제는 먼저 시간 단위를 맞춘 뒤 $V = Q \times t$를 적용해 계산한다. 계산이 끝나면 유량 단위가 사라지고 최종 단위가 m^3인지 검산하면 된다.

암기 포인트

반응조 유효부피는 유량 × 체류시간이므로 $V = Q \times t$이다.

NoteBase

문 9. 활성탄을 이용한 고도정수처리 공정에서 맛과 냄새를 유발하는 물질의 흡착이 Freundlich 등온흡착식을 따른다고 한다. 다음 중 Freundlich 등온흡착식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 흡착제의 단위질량당 흡착되는 물질의 질량을 정의하는 데 사용된다.

② $x/m = k \cdot C^{1/n}$로 나타낼 수 있다. 여기서 x/m는 흡착제의 단위질량당 흡착되는 물질의 양, k와 n은 실험으로 얻어지는 상수, C는 흡착되는 물질의 용액 중 평형농도를 나타낸다.

③ 흡착제 표면에 흡착되는 물질이 단분자층으로 부착된다고 가정한다.

④ 어떤 물질을 흡착공정에 의해 제거하려 할 때 필요한 흡착제의 양을 산정하는 데 도움이 된다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 Freundlich 등온흡착식의 의미와 Langmuir 등온흡착식의 가정을 구별하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

Freundlich 등온흡착식은 불균일한 흡착표면에서 평형농도와 단위질량당 흡착량의 관계를 나타내는 경험식이다.
Langmuir 등온흡착식은 균일한 표면에서 단분자층 흡착이 일어난다고 가정하는 이론식이다.
두 식의 핵심 차이는 Freundlich는 경험식이고 단분자층을 전제하지 않으며, Langmuir는 단분자층 흡착을 전제로 한다는 점이다.

선지별 해설

① O: Freundlich 식은 흡착량을 보통 x/m으로 나타내며, 이는 흡착제 단위질량당 흡착된 물질의 양을 뜻한다.
② O: Freundlich 식은 $x/m = kC^{1/n}$으로 쓴다. 여기서 k와 n은 실험으로 정하는 상수이고, C는 용액 중 흡착질의 평형농도이다.
③ X: 틀린 부분은 '단분자층으로 부착된다고 가정한다'이다. 단분자층 흡착 가정은 Langmuir 등온흡착식의 전제이고, Freundlich 식은 불균일 표면에서의 경험식으로 단분자층 흡착을 전제로 하지 않는다.
④ O: Freundlich 식은 평형농도와 흡착량의 관계를 이용해 목표 농도까지 제거하는 데 필요한 흡착제량을 추정하는 데 활용된다.

오답 포인트

Freundlich와 Langmuir를 모두 흡착 등온식으로만 기억하면 ③의 '단분자층' 표현을 놓치기 쉽다. 이 문항의 함정은 식의 이름이 아니라 가정의 차이를 바꿔 끼운 데 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

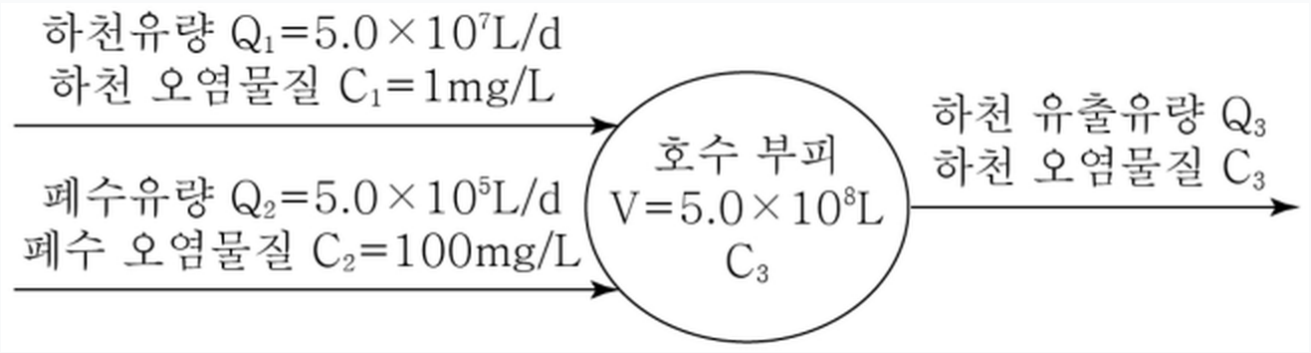
흡착 등온식 문제에서는 먼저 식의 용도와 가정을 분리해서 본다. 평형농도와 흡착량의 경험적 관계를 묻는다면 Freundlich이고, 균일표면·단분자층 가정을 묻는다면 Langmuir로 판단할 수 있다.

암기 포인트

Freundlich는 경험식·불균일표면, Langmuir는 단분자층·균일표면이다.

NoteBase

문 10. 다음 그림과 같이 5.0×10^8L 크기의 호수에 BOD 농도 1mg/L인 하천수가 5.0×10^7L/d의 유량으로 유입되고 있으며, BOD 농도 100mg/L인 공장폐수는 5.0×10^5L/d의 유량으로 호수에 직접 배출되고 있다. 이때 호수에서 유출되는 오염물질의 농도 C_3 근삿값은? (단, 전체 물질수지는 정상상태를 유지하고, 호수는 부피변화가 없으며, 완전혼합상태이다. 오염물질 분해는 1차 반응 $k = 0.1\text{d}^{-1}$을 따른다.)



① 0.3mg/L

② 1.0mg/L

③ 1.5mg/L

④ 2.0mg/L

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 정상상태 완전혼합 호수에서 1차 반응을 고려한 물질수지로 유출 BOD 농도 C_3를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 하천 $Q_1 = 5.0 \times 10^7 L/d$, $C_1 = 1mg/L$, 폐수 $Q_2 = 5.0 \times 10^5 L/d$, $C_2 = 100mg/L$, 호수 부피 $V = 5.0 \times 10^8 L$, 반응속도상수 $k = 0.1d^{-1}$이다.
구해야 할 값: 유출 농도 C_3이다.
주의할 조건: 전체 물질수지는 정상상태이고 호수는 완전혼합이므로 유출수 농도도 C_3이며, 부피 변화가 없으므로 $Q_3 = Q_1 + Q_2$이다.

사용할 공식

정상상태 완전혼합 반응조의 물질수지는 $Q_1C_1 + Q_2C_2 = Q_3C_3 + kVC_3$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 유입 2개, 유출 1개, 1차 분해반응 1개가 동시에 존재하고 축적량이 0인 완전혼합 호수이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 유출유량은 $Q_3 = Q_1 + Q_2 = 5.0 \times 10^7 + 5.0 \times 10^5 = 5.05 \times 10^7 L/d$이다.
2. 총 유입부하는 $Q_1C_1 + Q_2C_2 = (5.0 \times 10^7 \times 1) + (5.0 \times 10^5 \times 100) = 1.0 \times 10^8 mg/d$이다.
3. 반응항 계수는 $kV = 0.1 \times 5.0 \times 10^8 = 5.0 \times 10^7 L/d$이다.
4. 따라서 $C_3 = \frac{Q_1C_1 + Q_2C_2}{Q_3 + kV} = \frac{1.0 \times 10^8}{5.05 \times 10^7 + 5.0 \times 10^7} = 0.995 mg/L \approx 1.0 mg/L$
5. 계산 결과의 근삿값은 $1.0 mg/L$이므로 2번이 맞다.

선지별 해설

① X

계산 결과는 $0.995 mg/L$이므로 $0.3 mg/L$는 지나치게 작다. 유입부하를 일부 누락하거나 분해항을 과대평가하면 이런 과소값이 나온다. 틀린 표현은 "유출농도는 0.3 mg/L"이고, 올바르게는 "유출농도는 약 1.0 mg/L"이다.

② O

정상상태 물질수지와 1차 반응을 함께 반영하면 $C_3 \approx 0.995 mg/L$이므로 근삿값 $1.0 mg/L$가 맞다.

③ X

$1.5 mg/L$는 실제 계산값보다 크다. 분해항 kV를 충분히 반영하지 않거나 유출항만으로 나누면 실제보다 크게 계산된다. 틀린 표현은 "유출농도는 1.5 mg/L"이고, 올바르게는 "유출농도는 약 1.0 mg/L"이다.

④ X

$2.0 mg/L$는 반응을 무시하고 단순 혼합만 했을 때의 농도 $\frac{Q_1C_1 + Q_2C_2}{Q_1 + Q_2} \approx 1.98 mg/L$와 비슷한 값이다. 이 문제는 1차 분해가 있으므로 그보다 더 낮아져야 한다. 틀린 표현은 "유출농도는 2.0 mg/L"이고, 올바르게는 "1차 분해를 고려한 유출농도는 약 1.0 mg/L"이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 완전혼합만 보고 $\frac{\sum QC}{\sum Q}$까지만 계산한 뒤 ④처럼 고르는 것이다. 이 문항은 정상상태이면서 1차 반응이 함께 있으므로 유출항 Q_3C_3뿐 아니라 반응항 kVC_3까지 반드시 분모에 함께 들어간다.

다시 나오면 이렇게 판단

이런 호수 완전혼합 계산형은 먼저 수량평형으로 Q_{out}을 구하고, 다음에 오염물질 정상상태 수지 $\sum QC = (Q_{out} + kV)C_{out}$를 세운 뒤, 마지막으로 선택지와 근삿값을 비교하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

정상상태 완전혼합 1차반응은 $C_{out} = \frac{\sum QC}{\sum Q + kV}$ 형태로 정리된다.

NoteBase

문 11. 배출 가스를 여과재(filter)에 통과시켜 입자를 분리 · 포집하는 여과집진장치에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 집진 원리 중 관성충돌은 입경이 비교적 큰 분진입자가 기체유선에 관계없이 섬유에 직접 충돌하여 포집되는 집진기전으로 $1\mu m$ 이상의 입자를 포집한다.

② 집진효율은 90~99% 정도이고 처리가스 속도는 $0.3 \sim 0.5 m/s$이며, 여과속도가 느릴수록 효율이 떨어진다.

③ 여과포는 매연의 성상, 먼지의 탈락방식을 고려하여 선정해야 한다.

④ 여과포는 손상이 쉬워서 폭발성, 부식성 물질 처리에 문제가 있다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 여과집진장치의 집진 메커니즘과 여과속도 변화에 따른 효율 특성을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

여과집진은 가스를 여재에 통과시켜 입자를 포집하는 방식이며, 관성충돌은 비교적 큰 입자가 기체유선을 따라가지 못하고 섬유에 부딪혀 포집되는 메커니즘이다. 여과속도는 집진성능과 압력손실에 직접 영향을 주며, 일반적으로 너무 빠르면 효율이 떨어지고 느릴수록 포집에는 유리하다.

선지별 해설

1번: O. 관성충돌은 비교적 큰 입자가 유선을 이탈해 섬유에 직접 충돌하면서 포집되는 원리이므로 설명이 맞다. 여과집진에서 대체로 큰 입자일수록 이 메커니즘의 영향을 크게 받는다.
2번: X. 틀린 부분은 "여과속도가 느릴수록 효율이 떨어진다"이다. 실제로는 일반적으로 여과속도가 너무 빠를수록 분진 통과가 쉬워져 효율이 떨어지고, 느릴수록 포집에는 유리하다. 여과집진은 보통 고효율 장치로 분류된다.
3번: O. 여과포는 분진의 입도와 점착성 같은 성상, 그리고 역세식·진동식·펄스제트식 등 먼지 탈락방식에 맞추어 선정해야 한다.
4번: O. 여과포는 고온, 화재, 폭발, 부식성 가스에 의해 손상되기 쉬우므로 폭발성·부식성 물질 처리에서 제약이 생길 수 있다.

오답 포인트

2번은 수치보다 마지막 판단문이 함정이다. 수험생이 처리속도가 느리면 성능도 떨어진다고 기계적으로 연결하면 틀린다. 여과집진은 체류와 접촉이 충분할수록 포집에는 유리하다는 방향을 기억해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

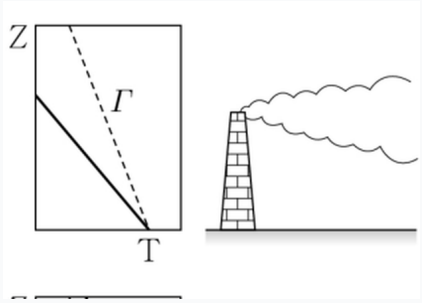
여과집진 문제가 나오면 먼저 집진 원리를 관성충돌·직접차단·확산 등으로 나누고, 운전조건 선지는 여과속도가 빨라질 때 효율과 압력손실이 어떻게 변하는지를 기준으로 판단한다. 속도를 높여도 항상 효율이 좋아진다고 쓰이면 우선 의심한다.

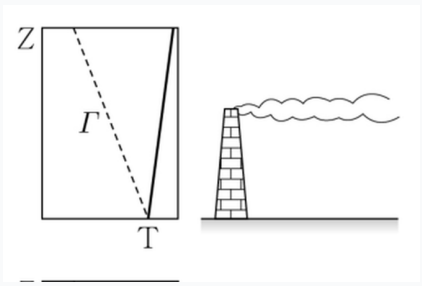
암기 포인트

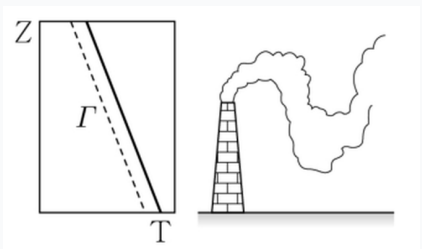
여과집진은 고효율 장치이며, 큰 입자는 관성충돌로 잘 잡히고 여과속도를 지나치게 높이면 효율이 불리해진다.

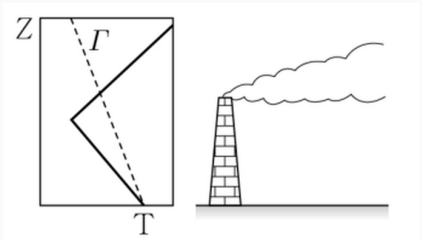
NoteBase

문 12. 바람이 굴뚝의 왼쪽에서 오른쪽으로 분다고 가정할 때, 대기 상태와 굴뚝에서 발생한 연기가 퍼져나가는 형태를 바르게 짝지은 것은? (단, 그래프에서 T는 온도, Z는 고도이며, 실선은 현재의 환경체감률, 점선(Γ)은 건조단열감률을 나타낸다.)

① 

② 

③ 

④ 

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 기온감률 그래프에서 대기 안정도를 읽고 그에 대응하는 굴뚝 연기의 확산 형태를 연결하는 문제이다. 건조단열감률보다 환경체감률이 작거나 기온역전이면 안정, 같으면 중립, 크면 불안정이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
왼쪽 그래프의 실선은 하층에서 건조단열감률보다 큰 환경체감률을 뜻하므로 불안정 대기에 가깝다. 불안정 대기에서는 연기가 상하로 심하게 흔들리는 looping이 나타나며, 그림처럼 비교적 완만하게 퍼지는 형태와는 맞지 않는다.
틀린 표현은 "이 대기상태에서 그림의 연기 형태가 나타난다"이다. 올바르게는 "불안정 대기이면 looping형 확산이 나타난다"이다.

② O
왼쪽 그래프는 기온이 높이와 함께 증가하는 기온역전 상태이므로 매우 안정한 대기이다. 안정 대기에서는 연직 혼합이 억제되어 연기가 얇은 수평층으로 퍼지는 fanning이 나타난다.

③ X
왼쪽 그래프의 실선은 건조단열감률보다 작은 환경체감률을 뜻하므로 안정한 대기이다. 안정 대기에서 오른쪽처럼 상하로 크게 요동하는 looping형 확산은 나타나지 않는다.
틀린 표현은 "안정한 대기에서 looping형 확산이 나타난다"이다. 올바르게는 "looping형 확산은 불안정 대기에서 나타난다"이다.

④ X
왼쪽 그래프는 하층은 불안정하고 상층은 역전으로 안정한 구조로 볼 수 있다. 이런 경우는 상층이 덮개 역할을 하여 연기가 아래쪽으로 혼합되는 fumigation 쪽이 되기 쉽고, 그림처럼 위쪽으로만 퍼지는 형태와는 맞지 않는다.
틀린 표현은 "이 대기상태에서 그림의 상향 확산 형태가 나타난다"이다. 올바르게는 "하층 불안정·상층 안정이면 fumigation, 하층 안정·상층 불안정이면 lofting이다"이다.

오답 포인트

연기 모양 이름만 외우면 틀리기 쉽다. 먼저 그래프에서 실선과 건조단열감률의 상대 기울기로 안정도부터 판정해야 한다. 기온역전은 안정, 건조단열감률보다 큰 환경체감률은 불안정이라는 대응을 놓치면 ①, ③, ④가 모두 그럴듯해 보인다.

다시 나오면 이렇게 판단

그래프에서 환경체감률과 건조단열감률을 먼저 비교한 뒤 안정이면 fanning, 중립이면 coning, 불안정이면 looping으로 연결한다. 상하층의 안정도가 갈리면 하층 안정·상층 불안정은 lofting, 하층 불안정·상층 안정은 fumigation으로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

역전은 안정이라 fanning, 중립은 coning, 불안정은 looping, 하층 안정·상층 불안정은 lofting, 하층 불안정·상층 안정은 fumigation이다.

NoteBase

문 13. 다음 중 토양 구성 물질인 2차광물(점토광물) 중 수분이 결정단위와 단위 사이를 이동하면서 팽창과 수축이 자유로운 2차광물은?

① 일라이트(illite)

② 클로라이트(chlorite)

③ 카올리나이트(kaolinite)

④ 몬모릴로나이트(montmorillonite)

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 점토광물의 층상구조와 층간 결합력 차이에 따른 팽창·수축성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

카올리나이트는 1:1형 점토광물로 층간 결합이 비교적 강하여 물이 거의 들어가지 않는 비팽윤성 광물이다.
일라이트는 2:1형 점토광물이지만 층간의 K+가 구조를 고정하여 팽윤이 크게 나타나지 않는다.
클로라이트는 2:1:1형 점토광물로 층간 수산화물층 때문에 팽창이 거의 없다.
몬모릴로나이트는 2:1형 스멕타이트로 층간 결합이 약하고 교환성 양이온 주위로 물이 들어가 큰 팽창과 수축이 일어난다.

NoteBase

선지별 해설

① X
일라이트는 2:1형이지만 층간 K+가 결합을 고정하므로 수분이 자유롭게 층간으로 드나드는 광물이 아니다.
틀린 부분은 팽창과 수축이 자유롭다고 본 점이다.
올바르게는 일라이트는 제한적 팽윤만 나타내는 2:1형 점토광물이다.

② X
클로라이트는 2:1:1형으로 층간에 수산화물층이 끼어 있어 구조가 안정적이므로 팽창성이 거의 없다.
틀린 부분은 수분이 층간에 자유롭게 들어가 팽윤한다는 취지이다.
올바르게는 클로라이트는 비팽윤성에 가까운 점토광물이다.

③ X
카올리나이트는 1:1형 점토광물로 층간 결합이 강하여 층간수에 의한 팽창·수축이 매우 작다.
틀린 부분은 층간수 이동이 자유롭다는 판단이다.
올바르게는 카올리나이트는 대표적인 비팽윤성 점토광물이다.

④ O
몬모릴로나이트는 2:1형 점토광물이며 층간 결합이 약해 물이 층간으로 들어갈 수 있으므로 팽창과 수축이 매우 크다.
문제에서 묘사한 수분의 층간 이동과 자유로운 팽창·수축에 정확히 해당한다.

오답 포인트

2:1형이라는 말만 보고 일라이트와 몬모릴로나이트를 같이 팽윤성으로 묶는 함정이 자주 나온다. 이 문항의 핵심은 층 수 자체보다 층간을 무엇이 고정하는지이다. 일라이트는 K+가 층간을 고정하고, 몬모릴로나이트는 물이 들어갈 여지가 커서 큰 팽윤을 보인다.

다시 나오면 이렇게 판단

점토광물 문제는 먼저 1:1형, 2:1형, 2:1:1형을 구분한 뒤 층간에 K+나 수산화물층처럼 구조를 고정하는 것이 있는지 본다. 층간이 고정되면 비팽윤성이고, 교환성 양이온과 함께 물이 쉽게 들어가면 몬모릴로나이트처럼 팽윤성이 큰 광물로 판단한다.

암기 포인트

몬모릴로나이트는 2:1 팽윤, 일라이트는 K+ 고정, 카올리나이트는 1:1 비팽윤, 클로라이트는 2:1:1 비팽윤이다.

NoteBase

문 14. 10%의 수분을 함유한 폐기물을 열량계로 측정한 발열량은 4,000cal/kg이다. 1kg의 시료가 열량계에 놓여지고, 연소 후에 0.2kg의 회분이 시료 용기에 남았다. 이때 수분이 제외된 열량 값과 수분 및 회분이 제외된 열량 값을 구하면? (단, 소수점 첫째 자리에서 반올림한다.)

① 4,444cal/kg, 5,714cal/kg

② 5,000cal/kg, 5,714cal/kg

③ 4,444cal/kg, 6,666cal/kg

④ 5,000cal/kg, 6,666cal/kg

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 측정 발열량을 기준으로 건조기준 열량과 수분·회분이 모두 제거된 가연분기준 열량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 측정 발열량은 $4{,}000 cal/kg$이다.
- 시료는 $1kg$이고 수분이 10%이므로 수분 질량은 $0.1kg$, 건조 질량은 $0.9kg$이다.
- 연소 후 남은 회분은 $0.2kg$이다.
- 수분과 회분을 모두 제외한 가연분 질량은 $1 - 0.1 - 0.2 = 0.7kg$이다.
- 소수점 첫째 자리에서 반올림한다.

사용할 공식

수분 제외 열량은 총 발생열량을 건조 질량으로 나눈 값이므로 $H_d = \frac{Q}{W-M}$이다.
수분 및 회분 제외 열량은 총 발생열량을 가연분 질량으로 나눈 값이므로 $H_{daf} = \frac{Q}{W-M-A}$이다.
이 문제에서는 $1kg$ 시료의 총 발생열량이 $4{,}000cal$로 같고, 기준이 되는 질량만 바뀐다.

계산 과정

1. $1kg$ 시료의 총 발생열량은 $4{,}000cal$이다.
2. 수분 제외 열량은 $\frac{4{,}000}{0.9} = 4{,}444.4cal/kg$이므로 반올림하면 $4{,}444cal/kg$이다.
3. 수분 및 회분 제외 열량은 $\frac{4{,}000}{0.7} = 5{,}714.3cal/kg$이므로 반올림하면 $5{,}714cal/kg$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산값이 4,444cal/kg, 5,714cal/kg이므로 두 값이 모두 맞다.
② X: 첫 값 5,000cal/kg이 틀렸다. 수분 제외 열량은 회분을 빼는 값이 아니라 건조 질량 0.9kg으로 나누는 값이므로 올바르게는 4,444cal/kg이다. 둘째 값 5,714cal/kg은 맞다.
③ X: 둘째 값 6,666cal/kg이 틀렸다. 수분과 회분을 제외한 가연분 질량은 0.6kg이 아니라 0.7kg이므로 올바르게는 5,714cal/kg이다. 첫 값 4,444cal/kg은 맞다.
④ X: 첫 값과 둘째 값이 모두 틀렸다. 수분 제외 기준은 4,444cal/kg이고, 수분 및 회분 제외 기준은 5,714cal/kg으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

회분 0.2kg을 건조기준 계산에도 바로 빼거나, 가연분 질량을 0.6kg으로 잘못 잡는 실수가 자주 나온다. 이 문항은 총 발생열량은 그대로 두고 분모가 되는 기준 질량만 바뀐다는 점을 놓치면 오답으로 이어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

발열량 기준 전환 문제는 먼저 1kg 시료의 총 발생열량을 고정하고, 그다음 건조 질량과 가연분 질량을 각각 구해 나누면 된다. 건조기준은 수분만 제외하고, 가연분기준은 수분과 회분을 모두 제외한다.

암기 포인트

건조기준은 분모에서 수분만 뺀 질량이고, 가연분기준은 수분과 회분을 모두 뺀 질량이다.

NoteBase

문 15. 퇴비화가 진행되는 동안 온도와 pH의 변화에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 분해 초기에는 유기산이 형성되어 pH를 5까지 떨어뜨린다.

② 분해 초기에는 24~45°C에서 최고의 성장을 하는 중온성 미생물이 열을 발생시키며 온도를 상승시킨다.

③ 온도가 45°C에 이르면 중온성 미생물의 활동은 멈추고 호열성 미생물이 분해를 시작한다.

④ 퇴비단 더미의 온도가 24시간 이상 45°C 이상 지속되면 병원체와 잡초 씨는 사멸한다.

정답 4번

출제 포인트

퇴비화 과정에서의 온도 단계 전환과 pH 변화, 그리고 병원체·잡초 종자 사멸에 필요한 고온 조건을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

퇴비화 초기는 중온성 미생물이 유기물을 분해하며 유기산을 만들어 pH를 낮추고 열을 발생시켜 온도를 올리는 단계이다.
고온 단계는 온도가 약 45°C 이상으로 올라가면서 호열성 미생물이 우세해지는 단계이며, 이 단계에서 병원체와 잡초 종자의 불활성화가 진행된다.
병원체와 잡초 종자의 사멸은 단순히 45°C에 잠깐 도달하는 것만으로는 부족하고, 더 높은 온도가 일정 시간 유지되어야 한다.

선지별 해설

① O: 분해 초기에 생성되는 유기산 때문에 pH가 일시적으로 내려간다. 따라서 초기 pH가 약산성 쪽으로 떨어진다는 설명은 타당하다.
② O: 초기에는 24~45°C 범위에서 잘 자라는 중온성 미생물이 활발히 작용하며 분해열을 내어 퇴비 더미의 온도를 상승시킨다.
③ O: 온도가 약 45°C에 이르면 중온성 미생물의 활성이 약해지고 호열성 미생물이 우세해지면서 고온 분해 단계로 넘어간다.
④ X: 틀린 부분은 "24시간 이상 45°C 이상 지속되면 병원체와 잡초 씨는 사멸한다"는 표현이다. 실제로는 병원체와 잡초 종자의 사멸을 위해 보통 45°C보다 더 높은 고온이 일정 시간 이상 유지되어야 하므로, 45°C에서 24시간만 지속된다는 조건만으로는 충분하지 않다.

오답 포인트

③과 ④를 함께 보면 둘 다 45°C가 등장해서 같은 기준처럼 보이기 쉽다. 그러나 ③의 45°C는 미생물상이 중온성에서 호열성으로 바뀌는 전환 기준에 가깝고, ④는 병원체·잡초 종자 사멸 조건을 말하므로 요구되는 온도 수준과 지속시간이 더 엄격하다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

퇴비화 문제에서 45℃ 전후는 주로 중온성 단계와 호열성 단계의 전환점으로 판단한다. 반면 병원체 사멸, 잡초 종자 사멸처럼 위생화 조건을 묻는 문장은 더 높은 온도가 충분한 시간 유지되는지를 따로 본다.

암기 포인트

초기 유기산 생성으로 pH는 내려가고, 45℃ 전후는 고온단계 진입점이며, 위생화는 45℃ 하루보다 더 강한 고온 조건이 필요하다.

NoteBase

문 16. 생물학적 원리를 이용하여 유입 하수 내 유기물질과 영양물질을 제거하는 A^2/O 공법에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?

① 반송슬러지 내 질산성 질소로 인해 인 방출이 촉진되어 인 제거 효율이 증가한다.

② 혐기조(Anaerobic)에서 인의 방출이 일어난다.

③ 호기조(Oxic)에서 질산화와 인의 과잉흡수가 일어난다.

④ 질소와 인의 동시 제거가 가능하다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 A2/O 공법에서 혐기조, 무산소조, 호기조의 기능과 질소·인의 제거 메커니즘을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

A2/O 공법은 혐기조-무산소조-호기조를 연속 배치하여 질소와 인을 함께 제거하는 생물학적 처리공정이다.
혐기조는 인축적미생물이 유기물을 흡수하면서 인을 방출하는 구간이고, 무산소조는 질산성 질소를 전자수용체로 써서 탈질이 일어나는 구간이며, 호기조는 유기물 산화·질산화와 함께 인의 과잉흡수가 일어나는 구간이다.
따라서 혐기조에는 질산성 질소가 유입되지 않아야 인 방출이 원활해진다.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 '반송슬러지 내 질산성 질소로 인해 인 방출이 촉진되어'이다. 혐기조에 질산성 질소가 유입되면 혐기 조건이 깨지고 탈질이 먼저 일어나 탄소원이 소모되어 인 방출이 억제될 수 있다. 올바르게는 '반송슬러지 내 질산성 질소는 혐기조의 인 방출을 저해하여 인 제거 효율을 떨어뜨릴 수 있다'이다.
② O: 혐기조(Anaerobic)에서는 인축적미생물이 세포 내 인을 방출하면서 쉽게 분해되는 유기물을 저장하므로 인 방출이 일어나는 설명이 맞다.
③ O: 호기조(Oxic)에서는 암모니아성 질소의 질산화가 진행되고, 앞 단계에서 저장한 탄소원을 이용한 인축적미생물의 과잉흡수로 인이 제거된다.
④ O: A2/O 공법은 무산소조의 탈질과 혐기·호기조의 생물학적 인 제거를 결합하므로 질소와 인의 동시 제거가 가능하다.

오답 포인트

혐기조와 무산소조를 혼동하면 ①을 맞는 설명처럼 보기 쉽다. A2/O에서 질산성 질소는 무산소조에서는 필요하지만 혐기조에서는 오히려 인 방출을 방해하는 요소라는 점이 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

A2/O 선지는 먼저 각 조의 산소 조건과 대표 반응을 연결하면 판단이 된다. 혐기조는 인 방출, 무산소조는 탈질, 호기조는 질산화와 인 과잉흡수로 대응시키면 된다.

암기 포인트

A2/O는 혐기-무산소-호기의 순서이며 인 방출-탈질-질산화·인 과잉흡수로 기억하면 된다.

NoteBase

문 17. 폐기물매립지에서 폐기물의 안정화 과정에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 매립폐기물의 안정화 과정은 가용화, 무기화, 안정화 단계를 거치면서 생분해성 물질과 난분해성 물질이 순차적으로 분해된다.

② 매립폐기물의 가용화 단계에서는 생분해성 물질의 가수분해에 의해 유기산이 생성되고 pH가 낮아진다.

③ 매립지에서 발생하는 탄산가스는 안정화 단계에서 발생량이 가장 많다.

④ 매립지에서 발생하는 가스 성분 중 메탄을 에너지로 회수하여 발전 사업을 추진할 수 있다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 매립폐기물 안정화 과정의 단계별 특징과 매립가스 발생 특성을 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

올바른 순서

1. 가용화 단계 - 생분해성 유기물이 가수분해되어 유기산이 생성되고 pH가 낮아진다.
2. 무기화 단계 - 앞 단계에서 생긴 유기산이 메탄과 탄산가스 같은 가스로 전환되면서 pH가 중성 쪽으로 회복된다.
3. 안정화 단계 - 분해가 대부분 끝나 가스와 침출수의 발생이 점차 줄고 난분해성 물질이 주로 남는다.

왜 이 순서인가: 앞 단계에서 생성된 유기산이 뒤 단계 미생물의 기질이 되므로 가용화 다음에 무기화가 오고, 그 뒤에 발생량이 감소하는 안정화 단계가 온다.

선지별 해설

1번 O - 안정화 과정은 가용화, 무기화, 안정화로 진행되며 분해가 쉬운 생분해성 물질이 먼저 줄고 상대적으로 난분해성 물질이 뒤에 남는다.

2번 O - 가용화 단계에서는 복잡한 유기물이 가수분해되고 유기산이 축적되어 pH가 떨어진다. 산성화가 나타나는 초기 특징을 정확히 짚은 선지이다.

3번 X - 틀린 표현은 '안정화 단계에서 발생량이 가장 많다'이다. 올바르게는 안정화 단계에서는 매립가스 발생이 점차 감소하며, 탄산가스는 초기 가용화·산성화 구간에서 상대적으로 많이 나타나고 이후 메탄 생성기에도 함께 발생한다.

4번 O - 매립가스의 주성분인 메탄은 포집하여 연료로 이용할 수 있으므로 발전이나 열회수 사업의 에너지원이 될 수 있다.

오답 포인트

3번은 '안정화'라는 말 때문에 가스 생성도 가장 활발하다고 착각하기 쉽다. 그러나 안정화 단계는 분해가 마무리되는 단계이므로 보통 가스 발생이 최대가 아니라 감소 국면으로 본다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

매립지 단계 문제는 먼저 초기 산성화로 pH가 낮아지는 가용화 단계를 잡고, 다음으로 메탄 생성이 본격화되는 무기화 단계를 놓은 뒤, 마지막을 발생량 감소의 안정화 단계로 연결하면 판단이 쉬워진다.

암기 포인트

가용화는 유기산과 pH 저하, 무기화는 메탄 생성, 안정화는 발생량 감소로 정리된다.

NoteBase

문 18. 수질오염 측정 시 BOD와 COD의 관계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 생물학적으로 분해 불가능한 유기물이 있는 경우, COD 값이 BOD 값보다 크다.

② BOD 측정 실험 중 질산화가 발생한 경우, COD 값이 BOD 값보다 작은 경우가 있다.

③ 미생물에 독성을 끼치는 물질을 함유한 상태인 경우, COD 값이 BOD 값보다 작은 경우가 있다.

④ 일반적으로 COD 값이 BOD 값보다 크다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 BOD와 COD가 각각 무엇을 포함하는지, 그리고 질산화나 미생물 독성처럼 BOD값을 변동시키는 조건을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

BOD: 미생물이 분해할 수 있는 유기물을 생물학적으로 산화할 때 필요한 산소량이다. 결정 차이축은 생분해 가능성 및 미생물 활성 여부이다. 키워드는 생물학적 산화, 생분해성 유기물이다.
COD: 물속의 산화 가능한 물질을 화학적으로 산화하는 데 필요한 산소량이다. 결정 차이축은 생물 분해 여부와 무관하게 화학적으로 산화되느냐이다. 키워드는 화학적 산화, 총 산화가능물질이다.
질산화가 일어나면 BOD에는 질소성 산소요구량이 추가되어 값이 커질 수 있고, 미생물 독성물질이 있으면 BOD는 억제되어 작아질 수 있다.

NoteBase

선지별 해설

① O
생물학적으로 분해 불가능한 유기물이 있으면 BOD에는 잘 반영되지 않지만 COD에는 포함될 수 있다. 따라서 COD가 BOD보다 크게 나타나는 설명은 옳다.

② O
BOD 측정 중 질산화가 발생하면 탄소성 산소요구량 외에 질소성 산소요구량까지 포함되어 BOD가 커질 수 있다. 이 경우 COD가 BOD보다 작게 나오는 경우가 있을 수 있다는 설명은 옳다.

③ X
미생물에 독성을 끼치는 물질이 있으면 미생물 활성이 억제되어 BOD가 작아지기 쉽다. 따라서 COD가 BOD보다 작아지는 것이 아니라, 오히려 BOD가 더 낮아져 COD가 BOD보다 크게 나타나는 쪽이 일반적이다. 틀린 표현은 "COD 값이 BOD 값보다 작은 경우가 있다"이고, 올바르게는 "미생물 독성물질이 있으면 BOD가 억제되어 COD가 BOD보다 크게 나타날 수 있다"이다.

④ O
일반적으로 COD는 생분해성 여부와 무관하게 더 넓은 범위의 산화가능물질을 포함하므로 BOD보다 크게 나타난다. 일반적 경향을 묻는 설명으로 옳다.

오답 포인트

②와 ③은 모두 "COD가 BOD보다 작을 수 있다"는 표현이 들어 있어 비슷해 보이지만, 원인이 다르다. ②의 질산화는 BOD를 증가시키는 요인이고, ③의 독성물질은 BOD를 감소시키는 요인이다. 독성물질이 있으면 미생물 반응이 막히므로 BOD가 더 작아진다는 점을 놓치면 ③을 맞는 선지처럼 오인하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

BOD는 미생물이 실제로 분해한 만큼만 반영되고, COD는 화학적으로 산화 가능한 범위까지 반영된다고 먼저 잡으면 판단이 쉬워진다. 이후 조건이 BOD를 키우는지 줄이는지 본다. 질산화는 BOD를 키우고, 독성물질은 BOD를 줄인다고 연결하면 선지 판단이 정리된다.

암기 포인트

비생분해성 유기물은 COD 쪽, 질산화는 BOD 증가, 독성물질은 BOD 감소로 정리된다.

NoteBase

문 19. 대기오염모델 중 분산모델과 수용모델에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?

① 분산모델 중 상자모델은 대류현상이 활발한 실내, 즉 면오염원에 적합하다.

② 수용모델은 수용체에서 오염물질의 특성을 분석한 후, 오염원의 기여도를 평가하는 것이다.

③ 분산모델은 지형 및 오염원의 조업 조건에 따라 영향을 받으므로 새로운 오염원이 있을 때마다 재평가를 할 필요가 있다.

④ 수용모델은 수용체의 정보를 바탕으로 하므로 미래의 대기질을 예측할 수 있으며, 그 종류로는 현미경분석법, 화학분석법 등이 있다.

정답 4번

출제 포인트

분산모델은 오염원과 기상조건을 입력해 농도를 예측하는 모델이고, 수용모델은 수용체에서 측정된 자료로 오염원 기여도를 역추정하는 모델이라는 차이를 묻는 문제이다.

핵심 개념

분산모델은 배출량, 굴뚝 조건, 풍향·풍속, 대기 안정도, 지형 등을 입력해 특정 지점의 오염농도를 계산하는 모델이다. 미래 배출조건 변화에 따른 대기질 예측에도 사용된다.
수용모델은 수용체에서 채취한 시료의 화학적·물리적 특성을 바탕으로 어떤 오염원이 얼마나 기여했는지를 역으로 추정하는 모델이다. 원인 규명과 기여도 평가가 핵심이다.
구분축은 입력자료이다. 오염원 정보와 기상장을 넣으면 분산모델이고, 수용체 측정자료를 넣으면 수용모델이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
상자모델은 공간 전체가 잘 혼합된 하나의 상자라고 가정하는 단순 분산모델이다. 실내 공간이나 도시 대기권처럼 혼합이 활발하고 면적으로 퍼진 오염원을 평균농도로 다루기 쉬운 조건에 적합하다.

② O
수용모델은 수용체에서 측정한 성분 조성이나 입자 특성을 분석하여 각 오염원의 기여율을 평가한다. 진술의 핵심인 '오염원의 기여도 평가'가 수용모델의 본질과 일치한다.

③ O
분산모델의 계산 결과는 지형, 기상조건, 오염원의 위치·높이·배출량 같은 입력조건에 따라 달라진다. 새로운 오염원이 생기면 입력자료가 바뀌므로 다시 계산하여 영향을 재평가할 필요가 있다.

④ X
틀린 부분은 '미래의 대기질을 예측할 수 있으며'이다. 수용모델은 수용체에서 이미 관측된 자료를 바탕으로 현재 또는 과거의 오염원 기여를 역추정하는 모델이지, 미래 농도를 예측하는 모델이 아니다. 올바르게는 '수용모델은 수용체 자료로 오염원 기여도를 추정하고, 미래 대기질 예측은 분산모델이 수행한다'이다. 뒤에 나온 현미경분석법, 화학분석법 등의 수용체 분석기법 언급과 별개로, 미래 예측 기능을 수용모델에 붙인 점이 오류이다.

오답 포인트

분산모델과 수용모델은 모두 대기오염 해석에 쓰이므로 역할이 비슷해 보인다는 점이 함정이다. 4번처럼 수용모델에도 분석기법 이름이 붙어 있으면 그럴듯해 보이지만, 예측 모델인지 기여도 역추정 모델인지를 먼저 구분하면 함정에서 벗어날 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 미래 농도 예측, 배출량 변화 시나리오, 기상조건 입력이 나오면 분산모델 쪽 진술로 본다. 반대로 수용체 시료, 성분조성, 오염원 기여율 평가가 나오면 수용모델 쪽 진술로 판단한다.

암기 포인트

분산모델은 배출원에서 수용체로 예측하고, 수용모델은 수용체에서 배출원을 거꾸로 추적한다.

NoteBase

문 20. 소독제를 주입하는 정수처리 과정에서 의도하지 않게 인체에 해로운 소독부산물이 생성될 수도 있다. 소독부산물에 관한 설명 중 옳지 않은 것은?

① 소독제가 주입된 이후 배수 과정에서는 소독부산물이 생성되지 않는다.

② 염소와 같이 산화력이 강한 소독제를 사용할 때 발생할 가능성이 높다.

③ 소독제가 휴믹산 등과 같은 용존성 자연유기물과 반응하여 생성되기도 한다.

④ 요오드 및 브롬 이온이 소독제와 반응하여 생성되기도 한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 소독부산물의 생성 시점과 대표 전구물질을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

소독부산물은 염소 등 소독제가 천연유기물이나 브롬화물·요오드화물 같은 전구물질과 반응해 생기는 부산물이다.
생성 반응은 소독제 주입 직후에만 끝나는 것이 아니라 잔류 소독제와 전구물질이 남아 있으면 배·급수 과정에서도 계속 진행될 수 있다.
휴믹산 같은 용존성 자연유기물과 브롬 이온·요오드 이온은 대표적인 소독부산물 전구물질이다.

선지별 해설

① X
소독부산물 생성은 소독제 주입 순간에만 끝나지 않는다. 잔류 염소와 유기물, 브롬화물 등이 남아 있으면 배수지와 관망의 체류시간 동안에도 계속 생성될 수 있다. 틀린 표현은 "배수 과정에서는 소독부산물이 생성되지 않는다"이고, 올바르게는 "배수 과정에서도 추가 생성될 수 있다"이다.

② O
염소와 같이 산화력이 강한 소독제는 천연유기물과의 반응성이 커서 트리할로메탄류 등 소독부산물 발생 가능성이 높다.

③ O
휴믹산은 대표적인 용존성 자연유기물로서 염소 소독 시 소독부산물의 주요 전구물질로 작용한다.

④ O
원수에 요오드 이온과 브롬 이온이 있으면 소독 과정에서 요오드계·브롬계 소독부산물이 생성될 수 있으므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

오답 포인트는 ①의 "이후"와 "생성되지 않는다"라는 단정 표현이다. 소독부산물은 주입 직후에만 생기는 것이 아니라 잔류 소독제와 체류시간의 영향을 받아 관망에서도 계속 형성될 수 있는데, 이 과정을 끊어 생각하면 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

소독부산물 문제는 먼저 전구물질과 잔류 소독제의 존재를 확인한다. 천연유기물이나 브롬화물·요오드화물이 남아 있으면 주입 후 시간 경과와 함께 배·급수 계통에서도 생성 가능하다고 판단한다.

암기 포인트

소독부산물은 "강한 소독제 + 유기물·할로겐 이온 + 체류시간" 조합에서 증가한다.

NoteBase