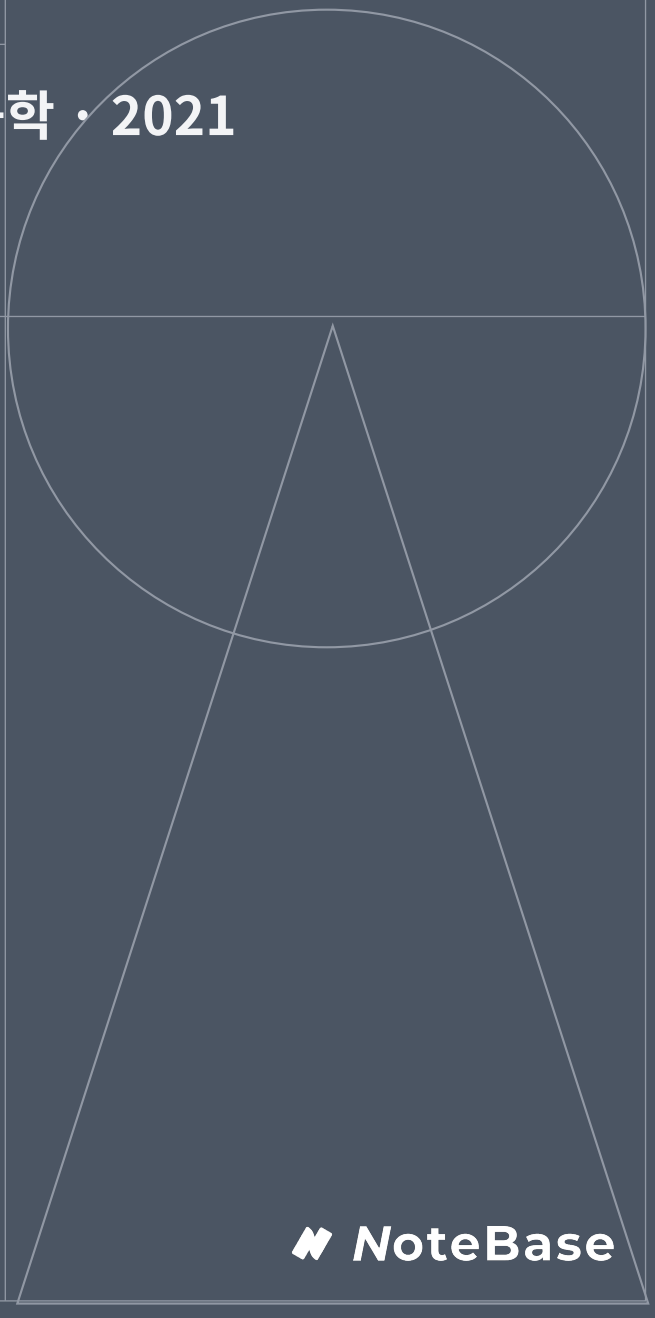
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 환경공학 · 2021



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 환경공학 · 2021

공무원/서울시/7급 · 환경공학 · 2021

문 1. 깊이가 2.5m이고 장방형 길이가 20m인 침전지의 평균 수평유속이 10m/h이다. 이 침전지에 침전유속이 1m/h인 입자가 유입된다면 이 입자의 평균 제거율[%]은? (단, 기타 조건은 이상적인 침전지를 가정한다.)

① 50

② 60

③ 70

④ 80

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 장방형 침전지에서 한계침전속도와 제거율의 관계를 이용해 평균 제거율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:

깊이 = $2.5m$

길이 = $20m$

평균 수평유속 = $10m/h$

입자 침전유속 = $1m/h$

구해야 할 값:

평균 제거율(%)

주의할 조건:

이상적인 침전지에서는 한계침전속도 $v_c = \frac{uH}{L}$ 이고, $v_s < v_c$ 이면 제거율은 $\frac{v_s}{v_c} \times 100$ 이다.

사용할 공식

$v_c = \frac{uH}{L}$

$\eta = \frac{v_s}{v_c} \times 100$

이 공식을 쓰는 이유:

장방형 이상 침전지의 평균 제거율은 표면부하율, 즉 한계침전속도와 입자 침전유속의 비로 결정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 한계침전속도를 구한다.

$v_c = \frac{10 \times 2.5}{20} = 1.25 m/h$

2. 입자 침전유속 $1 m/h$ 는 $1.25 m/h$ 보다 작으므로 100% 제거가 아니다.

3. 제거율을 구한다.

$\eta = \frac{1}{1.25} \times 100 = 80\%$

따라서 평균 제거율은 80%이다.

선지 판단

① X

- 계산 결과 50%가 아니므로 틀리다. 평균 제거율은 50%가 아니라 80%이다.

② X

- 계산 결과 60%가 아니므로 틀리다. 평균 제거율은 60%가 아니라 80%이다.

③ X

- 계산 결과 70%가 아니므로 틀리다. 평균 제거율은 70%가 아니라 80%이다.

④ O

- 계산 결과와 일치한다. 이상적인 침전지에서 이 입자의 평균 제거율은 80%이다.

오답 포인트

침전유속이 한계침전속도보다 작을 때도 일부는 제거되므로 0%나 100%처럼 이분법으로 보면 틀리기 쉽다. 또 체류시간만 계산하고 제거율을 비율로 환산하지 않으면 오답 선지로 흔들리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

장방형 이상 침전지는 먼저 $v_c = \frac{uH}{L}$ 를 구한 뒤, $v_s \geq v_c$ 이면 100%, $v_s < v_c$ 이면 $\frac{v_s}{v_c} \times 100$ 으로 판단한다.

암기 포인트

이상 침전지 제거율은 입자 침전유속 ÷ 한계침전속도이다.

NoteBase

문 2. $\mu g/m^3$ 단위의 농도값이 가장 높은 것은? (단, 원자량으로 H는 1, C는 12, N는 14, O는 16, S은 32.1을 사용한다.)

① 1ppm NO(1atm, 35℃ 조건)

② 1ppm NO_2(1atm, 20℃ 조건)

③ 1ppm O_3(1atm, 10℃ 조건)

④ 1ppm SO_2(1atm, 5℃ 조건)

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 1 ppm을 $\mu g/m^3$로 환산할 때 같은 압력에서는 분자량이 클수록, 절대온도가 낮을수록 질량농도가 커진다는 점을 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 1 ppm, 1 atm

분자량: NO=30, NO_2=46, O_3=48, SO_2=64.1

온도: ① 35℃, ② 20℃, ③ 10℃, ④ 5℃

주의할 조건: 같은 1 ppm이라도 $\mu g/m^3$ 환산값은 분자량과 절대온도에 따라 달라진다.

사용할 공식

공식은 $C(\mu g/m^3) = \frac{ppm \times MW \times 273 \times 1000}{22.4 \times (273 + T)}$이다.

이 공식을 쓰는 이유: 1 ppm은 부피비이므로 질량농도로 바꾸려면 기체의 몰부피 보정과 분자량 반영이 함께 필요하다. 같은 압력에서는 MW가 클수록, T가 낮을수록 농도값이 커진다.

계산 과정

1. 각 물질의 분자량을 구한다. NO는 30, NO_2는 46, O_3는 48, SO_2는 64.1이다.

2. 각 선택지에 T를 대입해 1 ppm을 $\mu g/m^3$로 환산한다.

① NO, 35℃: $\frac{1 \times 30 \times 273 \times 1000}{22.4 \times 308} \approx 1187$

② NO_2, 20℃: $\frac{1 \times 46 \times 273 \times 1000}{22.4 \times 293} \approx 1912$

③ O_3, 10℃: $\frac{1 \times 48 \times 273 \times 1000}{22.4 \times 283} \approx 2066$

④ SO_2, 5℃: $\frac{1 \times 64.1 \times 273 \times 1000}{22.4 \times 278} \approx 2808$

3. 환산값이 가장 큰 것은 ④이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. NO의 분자량은 30으로 가장 작고 온도도 35°C로 가장 높아 환산값이 약 1187 $\mu g/m^3$에 그친다. '1번이 가장 높다'는 판단이 틀렸고, 올바르게는 4번 SO_2(5°C)가 가장 높다.
2번: X. NO_2는 분자량이 46으로 1번보다 크지만 환산값은 약 1912 $\mu g/m^3$로 3번과 4번보다 작다. '2번이 가장 높다'는 표현이 틀렸고, 올바르게는 4번이 가장 높다.
3번: X. O_3는 분자량 48, 10°C 조건이라 환산값이 약 2066 $\mu g/m^3$까지 올라가지만 SO_2보다 분자량이 작고 온도도 더 높아 최대값이 아니다. '3번이 가장 높다'는 판단이 틀렸고, 올바르게는 4번 SO_2(5°C)가 더 크다.
4번: O. SO_2는 분자량이 64.1로 가장 크고 온도도 5°C로 가장 낮아 환산값이 약 2808 $\mu g/m^3$로 가장 크다. 따라서 가장 높은 농도값은 4번이다.

오답 포인트

같은 1 ppm이면 농도값도 같다고 처리하거나, 분자량만 보고 온도 보정을 빼먹으면 틀리기 쉽다. 이 문항은 분자량이 가장 큰 SO_2가 가장 낮은 온도 조건까지 함께 가져가므로 두 조건을 동시에 봐야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 ppm, 같은 압력의 기체 비교 문제는 먼저 분자량이 큰지 확인하고, 다음으로 절대온도가 낮은지 확인한 뒤, 마지막에 $\mu g/m^3 \propto MW/T(K)$ 관계나 환산공식으로 검산한다.

암기 포인트

같은 ppm, 같은 압력에서는 $\mu g/m^3$ 값이 대체로 $MW/T(K)$에 비례하므로 분자량이 크고 온도가 낮을수록 유리하다.

NoteBase

문 3. 하수관로가 손상되는 관정부식에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 하수의 유속을 증가시키면 하수관 내 유기물의 퇴적을 방지하여 관정부식을 줄일 수 있다.

② 관정부식은 유기물의 혐기성 분해과정에서 발생하는 부패물질인 암모니아 및 황화수소로 인해 발생한다.

③ 하수관 내를 호기성 상태로 유지하면 관정부식 원인 물질의 발생을 줄일 수 있다.

④ 관 내부를 부식에 강한 PVC와 같은 합성수지를 이용하여 피복하는 것도 대책 중 하나이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 하수관도 관정부식의 발생 메커니즘과 저감 대책을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

관정부식은 하수 내 유기물 침전으로 관 내에 혐기 상태가 형성되고, 여기서 발생한 황화수소가 관 상부에서 산화되어 황산을 만들면서 관 상부를 부식시키는 현상이다. 핵심 구별점은 단순한 부패가스의 발생이 아니라 실제로 관 상부 부식을 일으키는 황화수소-황산 계열의 반응 경로이다.

선지별 해설

① O

유속이 증가하면 관 바닥의 유기물 퇴적이 줄어들고 혐기성 상태 형성이 완화된다. 그 결과 황화수소 발생이 감소하여 관정부식 저감에 도움이 된다.

② X

틀린 부분은 "암모니아 및 황화수소로 인해 발생한다"이다. 관정부식의 대표적 직접 원인은 황화수소가 관 상부에서 산화되어 생기는 황산성 부식이다. 올바르게는 "관정부식은 혐기성 분해로 발생한 황화수소가 관 상부에서 산화되어 생성된 황산 등에 의해 발생한다"이다.

③ O

하수관 내부를 호기성 상태로 유지하면 황화수소를 만드는 혐기 조건이 약해진다. 따라서 관정부식 원인물질의 발생을 줄일 수 있다.

④ O

관 내부를 PVC 같은 내식성 합성수지로 피복하면 부식성 환경이 직접 관체에 닿는 것을 줄일 수 있다. 이런 라이닝 공법은 관정부식 대책으로 활용된다.

NoteBase

오답 포인트

②는 악취를 유발하는 부패가스를 한꺼번에 묶어 관정부식 원인으로 적어 놓아 그럴듯해 보이지만, 시험에서는 직접적인 부식 메커니즘을 묻는 경우가 많다. 관정부식은 암모니아 일반론이 아니라 황화수소의 산화와 황산 생성으로 연결되는지를 기준으로 판단하는 문항이다.

다시 나오면 이렇게 판단

하수관도 관정부식이 나오면 먼저 퇴적물로 인한 혐기 상태 형성 여부를 본다. 다음으로 황화수소 발생, 관 상부 산화, 황산 생성이라는 연쇄를 떠올리면 원인 선지와 대책 선지를 안정적으로 구분할 수 있다.

암기 포인트

관정부식은 퇴적물 축적 → 혐기화 → 황화수소 발생 → 관 상부 산화 → 황산 부식의 흐름으로 기억한다.

NoteBase

문 4. 온도 역전에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 온도 역전의 주요 원인으로는 지표면의 냉각과 고압 공기의 하강이 있다.

② 전선 역전(frontal inversion)은 복사 역전(radiation inversion)과 침강 역전(subsidence inversion)에 비하여 지표면 대기오염에 미치는 영향이 작다.

③ 단열감률의 특징인 고도 차이에 의한 대기 온도 변화는 지상의 지리학적 특성과 무관하다.

④ 복사 역전은 대체로 짧은 순간에, 지표면에서, 그리고 여름보다 겨울에 자주 일어나는 현상이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 온도 역전의 발생 원인과 유형별 특징, 그리고 지형과의 관련성을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

온도 역전은 일반적인 기온 감소와 반대로 고도가 높아질수록 기온이 높아지는 층이 형성되는 현상이다.
복사 역전은 야간 지표 냉각으로 지표 부근에 생기며, 맑고 바람이 약한 겨울밤에 잘 나타난다.
침강 역전은 고기압권에서 공기가 하강하면서 상층 공기가 단열가열되어 형성된다.
전선 역전은 성질이 다른 공기 덩어리의 경계면에서 형성되며 대체로 지표에서 떨어진 상층에 나타난다.
한편 단열감률(건조 약 9.8°C/km, 습윤 약 6°C/km)은 공기 덩어리가 단열적으로 상승·하강할 때의 온도 변화율을 나타내는 물리 상수로 지형과 무관하지만, 실제 대기의 기온 분포와 역전 현상의 발생 빈도·강도는 분지·계곡 등 지형 조건에 크게 영향을 받는다.

선지별 해설

1번: O. 지표면의 복사냉각은 복사 역전의 대표 원인이고, 고기압성 하강기류는 침강 역전의 대표 원인이다. 온도 역전의 주요 원인을 맞게 적은 선지이다.
2번: O. 전선 역전은 전선면을 따라 비교적 높은 층에 형성되는 경우가 많아 오염물질을 지표 부근에 직접 가두는 효과가 복사 역전이나 침강 역전보다 작다.
3번: X. 틀린 부분은 "무관하다"이다. 단열감률(건조 약 9.8°C/km, 습윤 약 6°C/km) 자체는 단열 과정에서의 온도 변화율을 나타내는 물리 상수로 지형과 무관하다. 그러나 선지가 말하는 실제 대기의 기온 분포와 역전 현상의 형성은 계곡, 분지, 사면 같은 지형과 지표 특성에 크게 영향을 받는다. 즉 상수인 단열감률과 실제 역전이 잘 생기는 공간 조건을 혼동하여 "고도 차이에 의한 대기 온도 변화가 지형과 무관하다"라고 단정한 점이 오류이며, 올바르게는 "고도에 따른 실제 대기 온도 분포와 역전 현상은 지상의 지형적 특성과 관련이 있다"이다.
4번: O. 복사 역전은 지표면 부근에서 밤사이 빠르게 형성되고 일출 후 비교적 빨리 약화되거나 소멸한다. 밤이 길고 지표 냉각이 큰 겨울에 여름보다 더 자주 나타난다.

NoteBase

오답 포인트

3번은 단열감률을 기계적으로 외우면 속기 쉽다. 단열감률 자체의 개념과 실제 역전이 잘 생기는 공간 조건은 다르며, 특히 지표 부근 역전은 분지·계곡 같은 지형 조건과 밀접하다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 역전 유형을 원인과 위치로 구분한다. 지표 야간 냉각이면 복사 역전, 고기압 하강이면 침강 역전, 공기 덩어리 경계면이면 전선 역전이다. 이어서 선지에 지형과 무관하다는 식의 단정 표현이 나오면 실제 역전 형성 조건과 맞는지 다시 본다.

암기 포인트

복사 역전은 야간·지표·겨울, 침강 역전은 고기압 하강, 전선 역전은 공기 경계면 상층이다.

NoteBase

문 5. <보기>에서 설명하고 있는 독성물질은?

<보기>
• 인체에 부족 시 당뇨, 고혈당증 등을 일으킨다.
• 피혁공장의 무두질, 도금 등에 많이 이용된다.
• 산화도가 높은 이온(+6)의 독성이 더 강하며, 발암 및 DNA 손상에 의한 돌연변이를 일으킨다.

① 석면
② 크롬
③ 비소
④ 수은

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 필수 미량원소로서의 크롬의 생리작용, 산업적 사용처, 그리고 +6가 상태의 독성을 함께 연결할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

크롬은 당대사와 관련된 필수 미량원소이며 무두질과 도금에 널리 쓰이고, 특히 *Cr*(*VI*)가 *Cr*(*III*)보다 독성이 강한 물질이다.
석면은 규산염 섬유로서 흡입 시 석면폐증과 악성중피종을 일으키는 분진성 유해물질이다.
비소는 대표적인 중금속성 독성물질로서 만성 노출 시 피부, 신경, 혈관계 이상과 발암성을 보인다.
수은은 금속 수은, 무기수은, 유기수은 형태로 신경계와 신장에 독성을 나타내는 물질이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
석면은 인체에 부족해서 대사질환을 일으키는 필수원소가 아니다.
틀린 표현은 보기 전체의 설명을 석면에 대응시킨 점이다.
올바르게는 석면은 무두질·도금과 관련된 물질이 아니라 흡입성 섬유 분진으로서 폐질환과 중피종을 유발하는 물질이다.

② O
크롬은 당대사와 인슐린 작용에 관여하는 필수 미량원소이므로 부족 시 내당능 이상, 고혈당 증상이 나타날 수 있다.
또한 피혁공정의 무두질과 금속 도금에 널리 사용되며, *Cr*(*VI*)는 *Cr*(*III*)보다 산화력이 커서 발암성과 돌연변이성이 더 강하다.

③ X
비소는 필수 미량원소로서 부족 증상을 중심으로 외우는 물질이 아니다.
틀린 표현은 당뇨·고혈당증, 무두질·도금, +6가 독성이라는 크롬의 특징을 비소에 붙인 점이다.
올바르게는 비소는 만성 노출 시 피부병변, 말초신경장애, 발암성을 일으키는 대표적 독성물질이다.

④ X
수은도 필수원소 부족 문제로 접근하는 물질이 아니며, +6가 상태의 독성 비교로 대표되는 물질도 아니다.
틀린 표현은 보기의 핵심 단서를 수은의 특징처럼 연결한 점이다.
올바르게는 수은은 특히 메틸수은 형태에서 신경독성이 크고, 환경오염 문제에서는 생물농축과 중추신경계 장애가 핵심이다.

오답 포인트

무두질·도금이라는 산업 키워드와 발암성이라는 독성 키워드를 따로 외우면 비소나 수은과 혼동하기 쉽다. 이 문항은 '필수 미량원소', '무두질·도금', '+6가 독성 강화'를 한 묶음으로 연결해야만 크롬으로 확정된다.

다시 나오면 이렇게 판단

선택지 판단에서는 먼저 필수 미량원소인지 여부를 본다. 그다음 무두질·도금 같은 산업적 사용처를 대조하고, 마지막으로 *Cr*(*VI*)의 강한 독성과 발암성을 확인하면 크롬을 빠르게 고를 수 있다.

암기 포인트

크롬은 당대사-무두질·도금-6가 독성 강화로 연결되고, 석면은 폐, 비소는 발암, 수은은 신경독성으로 정리된다.

NoteBase

문 6. 토양 및 지하수 오염 특성에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 농업용수 내 Ca^{2+}와 Mg^{2+} 양이 Na^{+} 양에 비해 과다하면 Na^{+}가 Ca^{2+} 혹은 Mg^{2+}에 의해 치환되어 토양의 배수 능력이 낮아지는데, SAR은 이러한 현상에 사용되는 척도이다.

② 유기물은 토양 내 미생물에 의해 분해되고 중금속류는 물에 쉽게 용해되므로 비교적 낮은 축적성을 나타낸다.

③ 토양에 의한 흡착 및 탈착은 오염물질의 이동속도에 큰 영향을 주지 못하므로 토양 내 오염물질의 이동속도는 지하수의 이동속도와 대동소이하다.

④ 지하수는 오염영역이 국소적이고, 용존 산소농도가 낮아 생화학적 자정능력이 높지 않으며, 일단 오염이 발생하면 회복이 느리고 기술적으로 복원되기 어렵다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 SAR의 의미, 중금속의 토양 축적성, 흡착에 따른 이동 지연, 지하수의 낮은 자정능력을 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

SAR은 관개수에서 Na가 Ca와 Mg에 비해 얼마나 우세한지를 나타내는 지표로, Na 비율이 높을수록 토양 분산과 투수성 저하 위험이 커진다.
중금속은 분해되지 않고 토양 입자와 유기물에 흡착되어 축적되기 쉽다.
오염물질은 토양에 흡착될수록 지하수보다 느리게 이동하며, 지하수는 용존 산소가 낮아 자정과 복원이 느리다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 "Ca2+와 Mg2+ 양이 Na+ 양에 비해 과다하면"과 "Na+가 Ca2+ 혹은 Mg2+에 의해 치환되어 배수 능력이 낮아진다"이다. 실제로는 Na+가 상대적으로 많을 때 토양 교환성 자리의 Ca2+와 Mg2+가 Na+로 치환되어 토양이 분산되고 투수성 및 배수성이 저하된다. SAR은 이러한 나트륨 위해도를 평가하는 척도이다.
2번: X. 틀린 부분은 "중금속류는 물에 쉽게 용해되므로 비교적 낮은 축적성"이다. 실제로는 중금속은 생물학적으로 분해되지 않고 토양의 점토광물이나 유기물에 흡착되어 장기간 잔류하고 축적되기 쉽다. 유기물은 미생물에 의해 분해될 수 있으나 중금속과 같은 거동을 보이지는 않는다.
3번: X. 틀린 부분은 "흡착 및 탈착은 오염물질의 이동속도에 큰 영향을 주지 못한다"와 "지하수의 이동속도와 대동소이하다"이다. 실제로는 토양 흡착은 오염물질 이동을 지연시키는 핵심 요인이며, 흡착성이 큰 물질일수록 지하수 유속보다 훨씬 느리게 이동한다.
4번: O. 지하수는 산소 공급이 제한되어 용존 산소농도가 낮고 생화학적 자정작용이 활발하지 않다. 또한 오염이 발생하면 지하의 국소적 오염운 형태로 장기간 잔류하기 쉬워 자연 회복이 느리고 기술적 복원도 어렵다.

NoteBase

오답 포인트

1번은 SAR의 방향을, 2번은 중금속의 축적성을, 3번은 흡착에 따른 지연효과를 서로 뒤집어 놓은 선지이다. 용어가 익숙하다는 이유만으로 키워드를 대충 읽으면 정반대로 판단하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

관개수 문제는 Na가 많아질수록 SAR 위험이 커진다고 본다. 토양오염 문제는 중금속은 축적, 유기물은 분해 가능, 흡착이 크면 이동은 지연, 지하수는 자정과 복원이 느리다는 네 축으로 판단한다.

암기 포인트

Na 과다이면 SAR 위험이 커지고, 중금속은 축적되며, 흡착이 크면 이동은 느려지고, 지하수는 오염 후 회복이 느리다.

NoteBase

문 7. 어떤 방사성 물질의 반감기가 7년이라면 이 물질이 2% 남는 데 걸리는 시간[년]은?

① $\frac{\ln 2}{\ln 7}$
② $\left(\frac{\ln 50}{\ln 2}\right) \times 7$
③ $(\ln 0.02) \times 7$
④ $\left(\frac{\ln 2}{\ln 50}\right) \times 7$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 반감기 식 $N = N_0\left(\frac{1}{2}\right)^{t/7}$을 이용해 남은 비율이 2%가 되는 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반감기 7년, 남은 비율 2%
구해야 할 값: 처음 양의 2%만 남는 시간 t
주의할 조건: 2%는 $0.02 = \frac{1}{50}$로 바꾸고, 반감기 식의 지수 $t/7$를 로그로 풀어야 한다.

사용할 공식

반감기 식은 $\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{t/7}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 7년마다 양이 절반으로 줄어드는 방사성 붕괴가 지수감소이기 때문이다.

계산 과정

1. 남은 비율 2%를 $0.02 = \frac{1}{50}$로 둔다.
2. $\left(\frac{1}{2}\right)^{t/7} = \frac{1}{50}$을 세운다.
3. 양변에 자연로그를 취하면 $\frac{t}{7}\ln\left(\frac{1}{2}\right) = \ln\left(\frac{1}{50}\right)$이다.
4. $\ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\ln 2$, $\ln\left(\frac{1}{50}\right) = -\ln 50$이므로 $\frac{t}{7} = \frac{\ln 50}{\ln 2}$이다.
5. 따라서 $t = 7 \times \frac{\ln 50}{\ln 2}$이다.

선지별 해설

① X: $\frac{\ln 2}{\ln 7}$은 반감기 7년을 로그의 분모로 잘못 넣은 식이다. 틀린 표현은 시간 t를 반감기 자체의 로그비로 처리한 점이고, 올바르게는 $t = 7 \times \frac{\ln 50}{\ln 2}$로 계산한다.
② O: $7 \times \frac{\ln 50}{\ln 2}$는 $\left(\frac{1}{2}\right)^{t/7} = \frac{1}{50}$을 로그로 푼 정확한 결과이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.
③ X: $(\ln 0.02) \times 7$은 양변에 로그를 취한 뒤 $\ln\left(\frac{1}{2}\right)$로 나누는 과정을 빠뜨린 식이다. 틀린 표현은 로그값에 7만 곱한 점이고, 올바르게는 $t = 7 \times \frac{\ln 0.02}{\ln(1/2)} = 7 \times \frac{\ln 50}{\ln 2}$이다.
④ X: $7 \times \frac{\ln 2}{\ln 50}$는 ②의 분자와 분모를 뒤집은 식이다. 틀린 표현은 $\frac{\ln 50}{\ln 2}$를 역수로 바꾼 점이고, 올바르게는 $7 \times \frac{\ln 50}{\ln 2}$이다.

NoteBase

오답 포인트

2%를 그대로 로그에 넣고 끝내거나, $\ln\left(\frac{1}{2}\right)$로 나누는 단계를 빼먹으면 ③ 같은 오답이 나온다. 또 반감기 7년은 로그 안으로 넣는 값이 아니라 마지막에 곱해지는 시간척도라는 점을 놓치면 ①, ④ 같은 분모·분자 혼동이 생긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

방사성 붕괴 문제는 먼저 남은 비율을 분수나 소수로 정리하고, 다음에 $\left(\frac{1}{2}\right)^{t/T}$ 꼴의 반감기 식을 세운 뒤, 마지막에 로그로 지수 t/T를 푼다고 판단한다.

암기 포인트

반감기 T에서 남은 비율이 r이면 시간은 $t = T \times \frac{\ln(1/r)}{\ln 2}$ 꼴로 정리된다.

NoteBase

문 8. 2021년 현재 「물환경보전법 시행규칙」에서 규제하고 있는 공공폐수처리시설의 방류수 수질기준 항목에 해당하지 않는 것은?

① 화학적 산소요구량(COD)

② 생물화학적 산소요구량(BOD)

③ 총질소(T-N)

④ 총대장균군수

정답 1번

쟁점

이 문제는 2021년 기준 공공폐수처리시설 방류수 수질기준 항목을 구별하는 문제이다.
핵심은 유기물 지표가 COD가 아니라 TOC로 바뀌었다는 점을 구별하는 것이다.

용어 풀이

COD = 화학적으로 산화될 수 있는 유기물량을 산소요구량으로 나타낸 지표이다.
TOC = 물속 유기물을 총유기탄소량으로 나타낸 지표이다.

핵심 구분

2021년의 공공폐수처리시설 방류수 수질기준은 2020년 1월 1일부터 적용되는 기준을 따른다. 이 기준에서는 유기물 항목을 COD가 아니라 TOC로 관리한다.
따라서 BOD, 총질소, 총대장균군수는 기준 항목에 포함되지만 COD는 해당 항목이 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- COD는 2021년 기준 공공폐수처리시설 방류수 수질기준 항목이 아니다. 유기물 지표는 TOC로 규정된다.

② X
- BOD는 2021년 기준 공공폐수처리시설 방류수 수질기준 항목에 포함된다.
- 틀린 판단: BOD가 기준 항목에 해당하지 않는다고 보면 틀린다.
- 올바른 표현: BOD는 방류수 수질기준 항목에 해당한다.

③ X
- 총질소(T-N)는 영양염류 관리 항목으로서 2021년 기준 공공폐수처리시설 방류수 수질기준에 포함된다.
- 틀린 판단: 총질소가 기준 항목에 해당하지 않는다고 보면 틀린다.
- 올바른 표현: 총질소는 방류수 수질기준 항목에 해당한다.

④ X
- 총대장균군수는 미생물 오염을 관리하는 항목으로 2021년 기준 공공폐수처리시설 방류수 수질기준에 포함된다.
- 틀린 판단: 총대장균군수가 기준 항목에 해당하지 않는다고 보면 틀린다.
- 올바른 표현: 총대장균군수는 방류수 수질기준 항목에 해당한다.

오답 포인트

이 문제를 틀렸다면 예전 수질기준의 COD 항목을 그대로 기억했을 가능성이 높다. 출제자는 유기물 지표가 COD에서 TOC로 전환된 점을 묻고 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

공공폐수처리시설 방류수 수질기준 문제에서는 먼저 유기물 항목이 COD인지 TOC인지부터 확인하면 된다. 2020년 이후 기준을 묻는다면 COD가 아니라 TOC를 떠올리면 정답 판단이 빨라진다.

암기 포인트

2021년 공공폐수처리시설 유기물 기준은 COD가 아니라 TOC이다.

NoteBase

문 9. 2015년에 채택된 파리협정에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 협약의 목표는 지구 평균 기온 상승을 산업화 이전 대비 2°C보다 상당히 낮은 수준으로 유지하는 데 있다.
ㄴ. 각 나라마다 자발적으로 감축목표를 설정하도록 하였다.
ㄷ. 온실가스 감축목표는 5년 단위로 새로 제출하도록 하였다.
ㄹ. 우리나라는 2015년의 배출량 대비 37%의 감축목표를 제시하였다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄷ, ㄹ
③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 파리협정의 온도목표, 국가결정기여 방식, 5년 제출 주기, 우리나라 감축목표의 기준값을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

파리협정 목표: 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승을 2°C보다 상당히 낮은 수준으로 억제하고, 1.5°C로 제한하려는 노력을 추구하는 체제이다.
국가결정기여(NDC): 각 국가가 자국 여건에 따라 감축목표를 스스로 정해 제출하는 방식이다. 제출 자체는 의무이지만 목표 수준은 국가가 결정한다.
제출 주기와 한국 목표: 감축목표는 5년마다 새로 제출하며, 우리나라가 2015년에 제시한 목표는 2015년 배출량 기준이 아니라 2030년 BAU 대비 37% 감축이다.

선지별 해설

① X: ㄱ, ㄴ은 옳지만 ㄷ도 옳으므로 빠진 보기이다. 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.
② X: ㄷ은 옳지만 ㄹ이 틀리다. 우리나라 목표는 '2015년 배출량 대비 37%'가 아니라 '2030년 BAU 대비 37%'이다. 또한 ㄱ, ㄴ이 빠져 있으므로 올바르게는 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.
③ O: ㄱ, ㄴ, ㄷ을 모두 포함하고 틀린 ㄹ을 제외하였으므로 옳다.
④ X: ㄹ이 틀려 전체 조합이 성립하지 않는다. 올바르게는 ㄹ을 제외한 'ㄱ, ㄴ, ㄷ'이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 함정은 우리나라 감축목표의 기준을 실제 배출량 기준으로 착각하는 점이다. 2015년 한국 제출안은 '2030 BAU 대비 37% 감축'이지 '2015년 배출량 대비 37% 감축'이 아니다. 또 '자발적'이라는 표현만 보고 ㄴ을 틀렸다고 보기 쉬운데, 파리협정은 국가가 목표 수준을 스스로 정하는 국가결정기여 방식을 채택한다.

다시 나오면 이렇게 판단

기후협약 문제는 먼저 ① 온도목표 ② 감축목표 설정 방식 ③ 제출 주기 ④ 각국 목표의 기준연도·기준지표를 분리해서 본다. 숫자가 나오면 특히 '배출량 대비'인지 'BAU 대비'인지부터 확인하면 오답을 줄일 수 있다.

암기 포인트

파리협정은 well below 2°C, NDC는 국가결정, 5년마다 갱신, 한국 2015 목표는 BAU 37%이다.

NoteBase

문 10. 정수장에서 활용되는 정수 방식에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 완속여과방식은 원수 수질이 양호한 경우 채택되며, 주로 탁도나 미량 유기물 제거를 목표로 하므로 염소 소독 과정은 배제한다.

② 고도정수처리는 기존 완속여과 혹은 급속여과 방식만으로 적절한 수질 기준을 달성할 수 없을 경우 도입되며, 고농도 염소를 활용한 전처리를 부가하는 방식이 일반적이다.

③ 급속여과 시스템은 플록 형성, 응결, 침전, 살균, 급속여과의 순서로 운전된다.

④ 침전지는 수중 고형물을 중력에 의해 침강시켜 분리하는 시설이며, 여과지는 인공 모래층 투과를 통해 원수 내 콜로이드, 세균, 용존성 물질을 제거하는 시설이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 완속여과, 고도정수처리, 급속여과, 침전·여과 공정의 기능과 순서를 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

완속여과는 수질이 비교적 좋은 원수에 적용하며 생물막과 여과 작용으로 탁도와 세균 등을 줄이는 방식이다.
고도정수처리는 기존 정수공정만으로 부족할 때 오존, 활성탄, 막 공정 등을 추가해 미량유기물, 맛·냄새 등을 더 제거하는 방식이다.
급속여과계의 기본 순서는 응결 → 플록 형성 → 침전 → 여과 → 소독이다.
침전은 중력에 의한 고형물 분리이고, 여과는 여층 통과를 통해 미세 입자와 미생물 등을 제거하는 공정이다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 "염소 소독 과정은 배제한다"이다. 완속여과는 원수 수질이 양호한 경우 적용하는 방식이라는 점은 맞지만, 정수장에서는 미생물 안전성을 위해 최종 소독 공정을 함께 두는 것이 일반적이다. 올바르게는 "완속여과는 좋은 원수에 적용되며, 소독 공정을 병행한다"이다.
2번: X. 틀린 부분은 "고농도 염소를 활용한 전처리를 부가하는 방식이 일반적이다"이다. 고도정수처리의 핵심은 오존, 입상활성탄, 막여과 등으로 기존 공정이 잘 처리하지 못하는 미량오염물질과 맛·냄새를 추가로 제거하는 데 있다. 올바르게는 "기존 공정만으로 수질 기준 달성이 어려울 때 오존·활성탄 등의 고도처리 공정을 추가한다"이다.
3번: X. 틀린 부분은 공정 순서이다. 급속여과 시스템은 응결이 먼저이고, 플록 형성은 그 다음이며, 소독은 여과 뒤에 온다. 올바르게는 "응결 → 플록 형성 → 침전 → 급속여과 → 살균"이다.
4번: O. 침전지는 수중 고형물을 중력 침강으로 분리하는 시설이고, 여과지는 인공 모래층 등을 통과시키며 콜로이드, 세균과 같은 미세 오염물질을 제거하고 일부 용존성 불순물 저감에도 기여하는 시설이라는 설명으로 공정 기능의 구분이 타당하다.

NoteBase

오답 포인트

1번은 앞부분의 "원수 수질이 양호한 경우 채택"이라는 맞는 설명으로 시선을 끈 뒤 뒤쪽의 "염소 소독 배제"를 붙여 틀리게 만든 선택지이다. 3번은 응결과 플록 형성의 선후, 여과와 소독의 선후를 뒤섞는 전형적인 공정 순서 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

정수 공정 문제는 각 시설의 목적과 공정 배치 순서를 분리해 보면 빠르게 판별된다. 침전은 중력 분리, 여과는 여층 통과, 소독은 최종 미생물 제어, 고도정수는 오존·활성탄 등의 추가 공정이라는 축으로 정리하면 된다.

암기 포인트

급속여과계는 응결-플록-침전-여과-소독의 흐름이고, 고도정수는 염소 강화가 아니라 오존·활성탄 추가라는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 11. 하수처리공정 중 인 제거에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 생물학적 인 제거는 슬러지 폐기를 통해 바이오매스를 제거할 때 함께 이루어지며, 가장 대표적인 A^2/O 공법은 무산소조-혐기조-호기조 순서로 구성된다.

② 혐기성 반응조에서는 인 축적 미생물이 아세트산과 같은 물질을 소비하여 세포 내에 PHA(poly-hydroxyalkanoate)와 같은 고분자물질을 저장한다.

③ 무산소 반응조에서는 질산성 질소를 이용하여 세포 내 PHA를 분해하고, 이때 생성된 에너지를 poly-P 결합을 형성하는 데 이용한다.

④ 대표적인 인 축적 미생물은 Actinobacteria 및 Candidatus 등이 있다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 생물학적 인 제거 공정에서 혐기조·무산소조·호기조의 역할과 A2/O 공정의 배열을 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

생물학적 인 제거는 인 축적 미생물(PAO)이 혐기 조건에서 휘발성 지방산을 흡수해 PHA를 저장하고 인을 방출한 뒤, 무산소 또는 호기 조건에서 PHA를 에너지원으로 써 인을 다시 과잉 흡수하게 하는 공정이다.
대표적인 A2/O 공정의 배열은 혐기조-무산소조-호기조이다.
혐기조에서는 VFA 흡수와 PHA 저장, 무산소조에서는 질산성 질소를 전자수용체로 한 탈질성 인 흡수,
호기조에서는 산소를 이용한 인 흡수가 일어난다.

선지별 해설

1번 X: 틀린 부분은 "A2/O 공법은 무산소조-혐기조-호기조 순서"라는 표현이다. 실제로 대표적인 A2/O 공정은 혐기조-무산소조-호기조 순서로 구성된다. 생물학적 인 제거가 잉여슬러지 배출과 함께 이루어진다는 앞부분 취지는 맞지만, 공정 배열을 바꿔 적어 전체 선지가 틀린다.
2번 O: 혐기성 반응조에서 PAO는 아세트산 등 휘발성 지방산을 흡수해 세포 내에 PHA 형태로 저장한다. 이 과정에서 필요한 에너지는 세포 내 poly-P 분해와 글리코겐 대사에서 얻는다.
3번 O: 무산소 반응조에서는 탈질성 PAO가 질산성 질소를 전자수용체로 이용하면서 저장된 PHA를 분해하고, 그 에너지로 인을 흡수해 poly-P를 다시 형성한다. 따라서 무산소 조건에서도 탈질과 인 제거가 함께 진행될 수 있다.
4번 O: 대표적인 PAO로는 Candidatus Accumulibacter와 Actinobacteria 계열의 Tetrasphaera 등이 알려져 있다. 선지는 대표적인 인 축적 미생물 군을 가리키는 취지이므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

1번은 앞부분 설명이 자연스러워 보여서 A2/O 배열만 바꿔 넣은 함정을 놓치기 쉽다. 또 발문이 "가장 옳지 않은 것"이므로 맞는 설명을 고르는 문제로 착각하면 2번이나 3번을 답으로 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

생물학적 인 제거 문항은 먼저 발문이 옳은지 옳지 않은지를 확인한 뒤, 각 조의 기능을 순서대로 대입하면 판단이 쉬워진다. 혐기조는 인 방출과 PHA 저장, 무산소조는 질산 이용 탈질과 인 흡수, 호기조는 산소 이용 인 흡수로 정리하면 된다.

암기 포인트

A2/O는 혐기-무산소-호기이고, PAO는 혐기에서 PHA 저장 후 무산소·호기에서 인을 다시 과잉 흡수한다.

NoteBase

문 12. 구형 모양의 물방울 지름이 3.096μm(=1.8×1.72μm)이고, 이 물방울이 3,096m(=18×172m) 상공에 균일하게 분산되어 있다고 가정할 때, 대기 중 체류 시간[초]은? (단, 물방울 침전속도는 스토크스(stokes) 법칙을 따르며, 공기의 점도는 $0.0172 g/m \cdot s$이고 물의 밀도는 $10^6 g/m^3$이며 중력 가속도는 $10 m/s^2$이라고 가정한다.)

① 10^7

② 10^8

③ 10^9

④ 10^{10}

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스토크스 법칙으로 구형 물방울의 침전속도를 계산한 뒤, 높이를 그 속도로 나누어 대기 중 체류시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 물방울 지름 3.096μm, 분산 높이 3096m, 공기 점도 0.0172 g/(m·s), 물의 밀도 $10^6 g/m^3$, 중력가속도 $10 m/s^2$이다.
구해야 할 값은 체류시간 t이다.
주의할 점은 지름을 m 단위로 바꾸어 $d = 3.096 \times 10^{-6} m$로 넣어야 한다는 점이다.

사용할 공식

구형 입자의 스토크스 침전속도는 $v_s = \frac{(\rho_p - \rho_f) g d^2}{18\mu}$ 이다.
이 문제의 물방울은 매우 작은 구형 입자이고, 공기 밀도는 물 밀도에 비해 매우 작으므로 $(\rho_p - \rho_f) \approx \rho_p$로 보아 스토크스 법칙을 적용할 수 있다.

계산 과정

1. 지름을 m로 바꾸면 $d = 3.096 \times 10^{-6} m$이다.
2. 침전속도는 $v_s = \frac{(10^6)(10)(3.096 \times 10^{-6})^2}{18 \times 0.0172} = 3.096 \times 10^{-4} m/s$ 이다.
3. 체류시간은 $t = \frac{H}{v_s} = \frac{3096}{3.096 \times 10^{-4}} = 10^7 s$ 이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과 체류시간이 정확히 $10^7 s$이므로 맞다.
2번 X: 2번의 $10^8 s$는 실제 값보다 10배 크다. 선지의 수치가 틀렸고 올바른 값은 $10^7 s$이다.
3번 X: 3번의 $10^9 s$는 실제 값보다 100배 크다. 지름의 단위 변환이나 제곱 계산을 잘못하면 이런 과대값이 나올 수 있다. 올바른 값은 $10^7 s$이다.
4번 X: 4번의 $10^{10} s$는 실제 값보다 1000배 크다. 스토크스 식에 d^2가 들어간다는 점을 놓치거나 계산 순서를 흐리면 생길 수 있는 오답이다. 올바른 값은 $10^7 s$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 미세한 지름 값을 그대로 μm로 넣거나, 스토크스 식의 d^2를 빠뜨리는 데 있다. 3.096×10^{-6}을 제곱하면 10^{-12} 차수가 되므로, 단위와 지수 처리를 틀리면 체류시간이 한두 자릿수 이상 크게 어긋난다.

다시 나오면 이렇게 판단

미세입자 체류시간 문제는 지름 단위 변환, 스토크스 침전속도 계산, 높이를 침전속도로 나누는 순서로 판단한다. 계산 결과의 차수가 너무 크거나 작으면 d^2와 10^{-6} 변환을 먼저 다시 점검한다.

암기 포인트

스토크스 침전속도는 $v_s \propto d^2$이고, 체류시간은 $t = H/v_s$이므로 입자가 작을수록 체류시간이 급격히 길어진다.

NoteBase

문 13. 정수 및 폐수처리 과정에서 분리된 슬러지 처리 방법에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 슬러지 처리의 목적은 유기물의 무기물 전환을 통한 생물학적 안정화, 병원성 미생물 제거를 통한 위생적 안전화, 처분 부피 감량화, 그리고 고위험성 중금속 제거 등이다.

② 슬러지 처리는 농축, 개량, 탈수, 안정화, 처분의 순서로 이루어진다.

③ 슬러지 안정화를 위해 혐기성 소화를 택하는 경우 이용가치가 높은 메테인CH_4 생성이 예상되며, 단백질이나 지방질보다는 탄수화물 성분이 높아야 유리하며 비교적 낮은 pH(3~4)를 유지하며 운전하는 것이 좋다.

④ 슬러지 개량은 슬러지의 탈수효율을 높이기 위한 기법으로 슬러지 세척, 개량제 주입, 열처리, 동결법 등이 있다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 슬러지 처리의 목적, 표준 처리 순서, 혐기성 소화 조건, 슬러지 개량의 의미를 구분하는 문항이다.

핵심 개념

슬러지 안정화는 부패하기 쉬운 유기물을 분해해 악취와 위생 위험을 줄이는 처리이다 / 결정 차이축: 목적이 안정성 확보인가 성상 개선인가 / 키워드: 소화, 부패성 감소, 위생성 향상
슬러지 개량은 탈수 전에 약품, 열, 동결 등의 방법으로 슬러지의 탈수성을 높이는 전처리이다 / 결정 차이축: 안정화가 아니라 탈수효율 향상 / 키워드: 조건조정, 응집, 탈수성 개선
혐기성 소화는 산소 없이 유기물을 분해해 메테인을 생성하는 안정화 공정이다 / 결정 차이축: 메탄 생성과 중성 부근 pH 유지 / 키워드: CH4, 중성 pH

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 '유기물의 무기물 전환'과 '고위험성 중금속 제거'를 일반적인 슬러지 처리 목적처럼 단정한 표현이다. 슬러지 처리의 주목적은 유기물의 부패성 저감에 따른 안정화, 병원성 저감, 부피 감량, 탈수성 개선과 최종 처분의 용이화이다. 올바르게는 '슬러지 처리의 목적은 안정화, 위생적 안전성 확보, 감량화 및 처분성 향상이다'이다.
② X: 틀린 부분은 처리 순서이다. 일반적으로는 농축 후 안정화를 거치고, 탈수 전에 개량을 실시한 뒤 최종 처분으로 간다. 올바르게는 '농축 → 안정화 → 개량 → 탈수 → 처분'의 흐름으로 본다.
③ X: 틀린 부분은 '탄수화물 성분이 높아야 유리'와 '낮은 pH(3~4)'이다. 혐기성 소화의 메탄 생성 잠재력은 보통 지방질이 가장 크고 그다음이 단백질, 탄수화물 순이며, 운전 pH도 강산성이 아니라 중성 부근이 적절하다. 올바르게는 '메탄 생성은 지방질이 유리하고, 혐기성 소화는 대체로 pH 6.8~7.2 부근에서 운전한다'이다.
④ O: 슬러지 개량은 슬러지의 탈수효율을 높이기 위한 전처리라는 설명이 맞다. 슬러지 세척, 개량제 주입, 열처리, 동결법 등은 대표적인 개량 방법에 해당한다.

NoteBase

오답 포인트

②는 공정 순서를 섞어 놓고, ③은 메탄 생성 기질과 pH를 반대로 제시한 점이 함정이다. 특히 '개량'을 안정화와 같은 뜻으로 착각하거나, 혐기성 소화를 산성 발효처럼 기억하면 오답으로 이어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

슬러지 문항은 먼저 각 단계의 목적을 분리해서 본다. 농축은 양을 줄이는 단계, 안정화는 부패성을 낮추는 단계, 개량은 탈수성을 높이는 단계, 탈수는 수분을 줄이는 단계로 구분하면 선지의 순서와 개념을 빠르게 판정할 수 있다. 혐기성 소화가 나오면 메탄 생성과 중성 부근 pH를 함께 떠올리면 된다.

암기 포인트

슬러지 처리 흐름은 농축-안정화-개량-탈수-처분이며, 개량은 탈수 전 성상 개선이고 혐기성 소화는 메탄과 중성 pH가 핵심이다.

NoteBase

문 14. 사방이 탁 트인 공연장 맨 앞에 스피커 한 대가 놓여 있다. 이 스피커로부터 50m 떨어진 자리에서 측정한 소리의 세기(sound intensity)가 70dB일 때, 이 스피커로부터 100m 떨어진 자리에서 측정한 소리의 세기에 가장 가까운 값[dB]은? (단, log2는 0.3, log3은 0.5, log5는 0.7로 한다.)

① 64

② 67

③ 70

④ 73

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 점음원의 거리 변화에 따른 음의 세기 감소와 음의 세기 레벨 공식을 이용해 100m 지점의 dB 값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 50m 지점의 음의 세기 레벨은 70dB이다.
구해야 할 값: 100m 지점의 음의 세기 레벨이다.
주의할 조건: 음의 세기 I는 거리 r의 제곱에 반비례하므로 거리가 2배가 되면 세기는 1/4가 된다.

사용할 공식

음의 세기 레벨 차는 $L_2 - L_1 = 10\log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$이다.
또한 점음원에서는 $I \propto \frac{1}{r^2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 같은 스피커에서 거리만 50m에서 100m로 바뀐 경우이므로 먼저 세기비를 거리비로 구한 뒤, 그 세기비를 dB 차이로 바꾸면 된다.

계산 과정

1. 거리가 50m에서 100m로 2배가 되므로 세기는 $\left(\frac{50}{100}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$배가 된다.
2. 따라서 레벨 차는 $L_2 - L_1 = 10\log\left(\frac{1}{4}\right) = -10\log 4$이다.
3. $\log 4 = \log(2^2) = 2\log 2 = 2 \times 0.3 = 0.6$이므로 $L_2 - L_1 = -10 \times 0.6 = -6dB$이다.
4. 따라서 $L_2 = 70 - 6 = 64dB$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과가 64dB이므로 옳다.
② X: 67dB는 세기가 절반으로 줄었다고 보고 $-3dB$만 감소시킨 값에 가깝다. 이 문제는 거리가 2배가 되면 세기가 1/4배가 되므로 67dB가 아니라 64dB가 된다.
③ X: 70dB는 거리 변화에 따른 세기 감소를 반영하지 않은 값이다. 거리가 멀어졌으므로 레벨은 그대로일 수 없고 64dB로 낮아진다.
④ X: 73dB는 거리가 멀어졌는데도 레벨이 커진 값이라서 물리적으로 맞지 않는다. 올바르게는 세기가 감소하므로 64dB가 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 거리 2배를 세기 1/2로 착각하는 점이다. 음의 세기는 거리의 제곱에 반비례하므로 2배 멀어지면 1/4배가 되고, dB 차이는 $-6dB$가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

점음원 거리 문제는 먼저 거리비를 보고 세기비를 $1/r^2$로 바꾼 다음, 그 세기비를 $10\log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$에 넣어 dB 차이를 계산하면 된다.

암기 포인트

점음원에서 거리 2배는 세기 1/4배, 음의 세기 레벨은 $-6dB$ 감소이다.

NoteBase

문 15. <보기>에서 설명하는 생물의 필수 원소는?

<보기>
• DNA, RNA 및 단백질에 비교적 많이 함유되어 있다.
• 에너지 대사에 관여한다.
• 자연상태에서는 물에 거의 용존되지 않으므로, 무기물의 형태로 생체에 흡수되어 순환한다.

① 철
② 인
③ 황
④ 질소

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 생물의 필수 원소 중 인의 생체 내 기능과 자연계 순환 특성을 질소, 황, 철과 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

인은 핵산, ATP, 인지질의 핵심 구성 원소이며 생물은 주로 무기 인산염 형태로 흡수한다.
질소는 단백질과 핵산의 주요 성분이지만 자연계에서 질산염, 아질산염, 암모늄처럼 물에 용존된 형태로 많이 순환한다.
황은 시스테인, 메티오닌 등 황 함유 아미노산과 일부 조효소의 성분이다.
철은 산화환원 효소의 보조인자로 중요하지만 생체의 주된 구조 원소는 아니다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: 철은 전자전달계와 여러 효소 반응에 필요한 미량원소이지만 DNA, RNA, 단백질의 공통적인 주성분은 아니다. 틀린 표현은 'DNA, RNA 및 단백질에 비교적 많이 함유'이다. 올바르게는 철은 주로 효소의 보조인자나 헤모 단백질 성분으로 소량 필요하다.
2번 O: 인은 DNA와 RNA의 골격, ATP를 통한 에너지 대사, 인지질 구성에 관여한다. 또한 자연 상태에서는 물에 잘 녹지 않는 경우가 많아 생물은 주로 무기 인산염 형태의 인을 흡수하여 이용한다.
3번 X: 황은 일부 단백질 아미노산과 조효소에는 들어가지만 DNA와 RNA의 공통 골격 원소가 아니며, 보기의 '무기물의 형태로 생체에 흡수되어 순환'이라는 특징은 인산염 중심의 인 순환을 가리킨다. 올바르게는 황은 주로 황산염이나 황화물 형태로 순환하며 황 함유 아미노산의 성분으로 중요하다.
4번 X: 질소는 단백질과 핵산의 구성 원소라는 점에서는 비슷하지만 자연계에서 물에 거의 용존되지 않는 원소가 아니다. 틀린 표현은 '자연상태에서는 물에 거의 용존되지 않으므로'이다. 올바르게는 질소는 질산염, 아질산염, 암모늄 등 용존 무기질소 형태로 활발히 순환한다.

오답 포인트

첫 문장만 보면 질소도 단백질과 핵산의 구성 원소이므로 흔들리기 쉽다. 그러나 에너지 대사에서 ATP와 직접 연결되고 자연계에서 무기 인산염 형태로 흡수된다는 단서까지 묶으면 인으로 좁혀진다.

다시 나오면 이렇게 판단

생물 필수 원소 문제는 공통 특징보다 구별 단서를 먼저 잡는다. 핵산과 단백질이라는 공통 단서에 멈추지 말고, ATP와 인산염 흡수처럼 특정 원소만 가리키는 표현이 있는지 확인하면 된다.

암기 포인트

인은 핵산·ATP·인산염, 질소는 용존 무기질소, 황은 황아미노산, 철은 효소 보조인자이다.

NoteBase

문 16. 호수 및 저수지의 오염 현상에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 빛 전달 효율이나 온도차에 의해 수심에 따라 호수 및 지하수가 여러 층으로 구분되는 현상을 성층현상이라 하며, 각 층의 밀도차에 의해 발생하는 수직혼합현상은 여름에 활발히 발생한다.

② 호수와 저수지의 부영양화는 외부의 영양염류 유입에 의한 식물성 플랑크톤의 과잉성장 및 그에 따른 용존산소 급감에 의해 일어나는 오염 사례로, 자연적으로 발생하지 않는다.

③ 호수의 생산성에 따라 빈영양호와 부영양호로 구분되며, 부영양호는 영양순환이 빠르고 수생식물 양이 많으나 수생식물의 종이 적다.

④ 제한영양소인 질소와 인의 증가를 통해 부영양화가 일어나며 이 과정에서 조류의 번식이 급격히 이루어져 조화현상(algae bloom)이 나타난다. 이때 조류 광합성에 의한 산소 발생과 고등생물의 먹이인 조류의 공급은 수생식물의 장기적 번성을 유발한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 호수의 성층과 순환, 부영양화의 발생 특성, 빈영양호와 부영양호의 차이를 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

성층현상은 수온과 밀도 차이로 호수의 수층이 위아래로 나뉘어 안정하게 유지되는 현상이다.
수직혼합은 밀도 차가 작아질 때 수층이 뒤섞이는 현상이며, 보통 봄과 가을의 전도기에 활발하다.
부영양화는 질소와 인 같은 영양염류가 과다 유입되어 조류와 식물플랑크톤이 과잉 증식하는 현상이다.
빈영양호는 영양염류가 적고 생산성이 낮은 호수이며, 부영양호는 영양염류가 많고 생산성이 높은 호수이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 성층현상 자체 설명은 대체로 맞지만, 수직혼합이 여름에 활발하다는 부분이 틀리다. 여름은 수온 성층이 강해져 층이 안정하므로 혼합이 잘 일어나지 않는다. 틀린 표현은 '여름에 활발히 발생한다'이며, 올바르게는 '봄과 가을의 전도기에 활발히 발생한다'이다.
② X: 부영양화가 외부 영양염류 유입과 식물성 플랑크톤 과잉성장, 용존산소 고갈과 관련된다는 설명은 맞지만, 자연적으로 발생하지 않는다는 부분이 틀리다. 호수는 장기적으로 자연적 노화 과정을 거치면서도 부영양화될 수 있다. 틀린 표현은 '자연적으로 발생하지 않는다'이며, 올바르게는 '인위적으로 촉진되지만 자연적으로도 진행될 수 있다'이다.
③ O: 호수는 생산성에 따라 빈영양호와 부영양호로 구분된다. 부영양호는 영양염류가 풍부하여 영양순환이 빠르고 수생식물과 조류의 양은 많아지지만, 환경이 특정 종에 유리해져 종다양성은 낮아지기 쉽다.
④ X: 질소와 인의 증가로 부영양화와 조화현상이 나타난다는 전반부는 맞지만, 그것이 수생식물의 장기적 번성을 유발한다는 결론이 틀리다. 조류 번성은 수면 차광과 사멸 후 분해 과정에서의 산소 소모를 일으켜 오히려 수생식물과 수생생물에 불리하게 작용한다. 틀린 표현은 '수생식물의 장기적 번성을 유발한다'이며, 올바르게는 '광투과 저하와 산소 부족을 유발하여 수생식물 쇠퇴와 수질 악화를 초래할 수 있다'이다.

오답 포인트

①은 성층과 수직혼합을 한 선지에 섞어 두고 계절을 바꿔 놓은 함정이다. ②는 부영양화의 원인 설명은 맞게 제시한 뒤 자연발생 가능성만 틀리게 처리했다. ④는 조류의 광합성으로 일시적 산소 증가가 있을 수 있다는 점을 이용해 전체 결과도 긍정적일 것처럼 오인하게 만든 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

호수 오염 선지는 먼저 성층과 순환의 계절을 구분하고, 다음으로 부영양화가 영양염류 과다, 조류 번성, 광투과 저하, 사멸 후 분해에 따른 산소 부족으로 이어지는지를 보면 된다. 마지막으로 빈영양호와 부영양호는 생산성과 종다양성의 방향이 반대로 움직인다는 점을 대입하면 정리된다.

암기 포인트

부영양호는 영양 많고 생산성 높으며, 성층기 여름에는 혼합이 아니라 정체가 강하다.

NoteBase

문 17. 함수율이 98%인 하수슬러지 $100m^3$을 함수율이 90%인 $10m^3$의 슬러지 고형물로 만드는 탈수 공정에서 발생하는 슬러지 탈수액의 고형물 농도[g/L]는? (단, 탈수과정에서 전체 부피의 변화는 없으며, 슬러지 비중은 1.0으로 가정한다.)

① 약 0.1

② 약 1

③ 약 11

④ 약 111

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 함수율 변화에 따른 고형물 질량수지와 탈수액 농도를 계산할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 초기 슬러지 $100m^3$, 초기 함수율 98%, 탈수 후 슬러지 $10m^3$, 탈수 후 함수율 90%, 슬러지 비중 1.0이다.
구해야 할 값은 탈수액의 고형물 농도이다.
비중이 1.0이므로 $1m^3$는 1000 L이고, 함수율은 물의 비율이므로 고형물 비율은 초기 2%, 최종 10%이다.

사용할 공식

고형물 질량수지와 농도식은 탈수액 고형물 농도 = 초기 고형물량 - 탈수 후 케이크 고형물량탈수액 부피이다.
이 공식을 쓰는 이유는 탈수 공정에서 빠져나간 고형물이 모두 탈수액으로 이동한다고 보고, 그 고형물량을 탈수액 부피로 나누면 농도가 되기 때문이다.

계산 과정

1. 초기 고형물량은 $100m^3 \times 1000L/m^3 \times 0.02 = 2000L$이고, 비중 1.0이므로 2000 kg이다.
2. 탈수 후 케이크의 고형물량은 $10m^3 \times 1000L/m^3 \times 0.10 = 1000L$이고, 비중 1.0이므로 1000 kg이다.
3. 탈수액으로 빠져나간 고형물량은 $2000 - 1000 = 1000kg$이다.
4. 전체 부피 변화가 없으므로 탈수액 부피는 $100 - 10 = 90m^3 = 90000L$이다.
5. 따라서 탈수액 고형물 농도는 $1000kg/90000L = 0.0111kg/L = 11.1g/L$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 1번의 '약 0.1'은 계산값과 맞지 않는다. 올바르게는 탈수액 고형물 농도는 약 11.1 g/L이다. 이 값은 $0.0111 kg/L$를 g/L로 바꾸지 못하거나 단위를 혼동하면 나올 수 있는 과소값이다.
2번 X: 2번의 '약 1'도 계산값보다 10배 작다. 올바르게는 약 11 g/L이다. 고형물량 1000 kg를 100 kg로 잘못 두거나 자리수를 하나 빠뜨리면 이런 값에 가까워진다.
3번 O: 3번의 '약 11'은 계산 결과 $11.1 g/L$와 일치한다. 초기 고형물 2000 kg 중 1000 kg이 케이크에 남고, 나머지 1000 kg이 $90 m^3$의 탈수액에 분산되므로 맞는 선택지이다.
4번 X: 4번의 '약 111'은 탈수액 부피 $90 m^3$ 대신 더 작은 부피를 잘못 분모에 넣을 때 나오는 값이다. 올바르게는 케이크 내부 수분량이 아니라 탈수액 전체 부피 $90 m^3$를 사용해야 하므로 약 11 g/L이다.

오답 포인트

함수율을 바로 고형물 비율로 쓰거나, 탈수액 부피를 케이크 부피와 혼동하면 틀리기 쉽다. 이 문항의 함정은 초기 함수율 98%와 최종 함수율 90%를 각각 고형물 2%, 10%로 바꾼 뒤 질량수지를 세워야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

슬러지 탈수 계산은 함수율을 먼저 고형물 비율로 바꾸고, 초기 고형물량과 최종 케이크 고형물량을 구한 뒤, 빠져나간 고형물량을 탈수액 부피로 나누는 순서로 판단한다.

암기 포인트

함수율 문제는 물의 비율을 빼서 고형물 비율을 만들고, 고형물 질량수지 후 탈수액 부피로 농도를 계산한다.

NoteBase

문 18. 유효굴뚝높이가 30m인 굴뚝에서 대기오염물질을 배출하고 있으며, <보기>의 지점에서 이 오염물질의 농도를 측정하려고 한다. (가)~(다)의 값이 나타내는 위치 중 오염물질의 농도가 가장 높은 곳은? (단, 이 오염물질의 확산은 가우시안 분포(Gaussian distribution) 모형을 따르며, 지표에 도달한 오염물질은 전혀 반사되지 않는다.)

<보기>

굴뚝에서 바람 방향으로 (가) km, 바람 직각방향으로 (나) m 떨어진 고도 (다) m 지점

① (가): 1, (나): 30, (다): 30

② (가): 1, (나): 0, (다): 30

③ (가): 1, (나): 0, (다): 0

④ (가): 3, (나): 0, (다): 0

정답 2번

출제 포인트

가우시안 플룸 모형에서 지면 반사가 없을 때 농도는 횡방향 중심선인 $y = 0$, 유효굴뚝높이와 같은 고도인 $z = H$에서 가장 커지고, 하류로 멀어질수록 확산으로 중심농도는 낮아진다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

- 유효굴뚝높이 $H = 30m$이다.
- 반사가 없으므로 지면 반사항을 더하지 않는다.
- 비교할 지점은 (x, y, z)만 다르고 배출량과 풍속은 같으므로 상대적인 농도 크기만 비교하면 된다.

사용할 공식

$C(x, y, z) \propto \frac{1}{\sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right)$

이 문제는 모든 보기에서 공통인 배출량과 풍속을 제외하고 x, y, z에 따른 상대 크기만 보면 된다. 반사가 없으므로 수직방향 최대는 지표면이 아니라 플룸 중심고도 $z = H$에서 나타난다.

계산 과정

1. 횡방향 항 $\exp(-y^2/(2\sigma_y^2))$는 $y = 0$일 때 최대이다. 따라서 같은 x와 z라면 ②가 ①보다 크다.
2. 수직방향 항 $\exp(-(z-H)^2/(2\sigma_z^2))$는 $z = H = 30m$일 때 최대이다. 따라서 같은 $x = 1km, y = 0$라면 ②가 ③보다 크다.
3. 하류거리 x가 커지면 σ_y, σ_z가 커져 분모 $\sigma_y\sigma_z$가 증가하므로 중심농도는 희석된다. ④는 $x = 3km$로 더 멀고, 동시에 $z = 0$이라 플룸 중심고도와도 일치하지 않아 ②보다 작다.
4. 따라서 제시된 위치 중 농도가 가장 높은 곳은 $x = 1km, y = 0m, z = 30m$인 ②이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- $x = 1km$, $z = 30m$는 유리하지만 $y = 30m$로 중심선에서 벗어나 있어 횡방향 지수항이 1보다 작아진다.
- 틀린 표현은 "바람 직각방향으로 30m 떨어진 지점이 최고농도 지점"이라는 판단이다. 올바르게는 같은 x, z 조건에서는 $y = 0$인 중심선에서 농도가 가장 높다.

② O

- $x = 1km$, $y = 0m$, $z = 30m$는 중심선이면서 유효굴뚝높이와 같은 고도이다.
- 반사가 없을 때 수직방향 최대는 $z = H$에서 나타나므로 보기 중 가장 큰 농도를 준다.

③ X

- $y = 0$이라 횡방향으로는 최대 조건이지만 $z = 0m$라서 플룸 중심고도 $30m$와 어긋난다.
- 틀린 표현은 "지표면이 최고농도 위치"라는 판단이다. 올바르게는 지면 반사가 없으면 $z = 30m$에서 수직방향 농도가 최대이다.

④ X

- $y = 0$, $z = 0$인 데다 $x = 3km$로 더 멀어 확산이 더 진행된 지점이다.
- 틀린 표현은 "더 먼 하류 지표면이 최고농도 위치"라는 판단이다. 올바르게는 제시된 보기 중 최고농도 위치는 $x = 1km$, $y = 0m$, $z = 30m$이다.

오답 포인트

지표면 반사가 없다는 조건을 놓치면 ③이나 ④처럼 지표면 농도가 크다고 착각하기 쉽다. 또한 중심선 조건 $y = 0$만 보고 ③을 고르면 수직방향 최대가 $z = H$라는 점을 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

가우시안 플룸 위치 비교 문제는 먼저 반사 유무를 확인하고, 다음으로 $y = 0$인지와 $z = H$인지로 최고농도 위치를 잡은 뒤, 마지막에 x가 더 멀어져 희석되는지를 비교하면 된다.

암기 포인트

반사 없음이면 최고농도는 중심선 $y = 0$, 플룸 중심고도 $z = H$에서 나타난다.

NoteBase

문 19. 염소 소독의 부산물로 가장 옳지 않은 것은?

① 클로로포름(chloroform)
② 디브로모클로로메탄(dibromochloromethane)
③ 디클로로아세틱에시드(dichloroacetic acid)
④ 브롬산염(bromate)

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 염소 소독 부산물과 오존 처리 부산물을 구분하는지 묻는 문제이다.

핵심 개념

클로로포름은 대표적인 트리할로메탄류로 염소 소독 시 생성된다.
디브로모클로로메탄은 브롬이 포함된 트리할로메탄류로 역시 염소 소독 부산물에 속한다.
디클로로아세트산은 대표적인 할로아세트산류로 염소 소독 과정에서 생성된다.
브롬산염은 주로 브롬이온이 존재하는 물을 오존 처리할 때 형성되는 무기성 부산물이다.

선지별 해설

1번 O: 클로로포름은 천연유기물과 염소가 반응해 생기는 대표적 트리할로메탄이므로 염소 소독의 부산물에 해당한다.
2번 O: 디브로모클로로메탄도 소독 과정에서 생성되는 브롬화 트리할로메탄류이므로 염소 소독의 부산물에 해당한다.
3번 O: 디클로로아세트산은 염소 소독 시 생성되는 대표적 할로아세트산류이므로 염소 소독의 부산물에 해당한다.
4번 X: 틀린 부분은 '염소 소독의 부산물'이다. 브롬산염은 주로 오존 처리에서 브롬이온이 산화되어 생성된다. 올바르게는 '브롬산염은 오존 처리의 대표적 부산물이다'가 된다.

오답 포인트

트리할로메탄류와 할로아세트산류처럼 유기물이 염소와 반응해 생기는 유기 할로겐화 부산물과, 브롬산염처럼 산화공정에서 생기는 무기 부산물을 섞어 놓은 점이 함정이다. 이름에 브롬이 들어간다고 모두 같은 소독 공정의 부산물은 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

물질이 트리할로메탄류나 할로아세트산류처럼 유기염소화 부산물인지, 브롬산염처럼 산화에 의해 생기는 무기 부산물인지부터 구분하면 된다. THM과 HAA는 염소 소독, 브롬산염은 오존 처리로 판단된다.

NoteBase

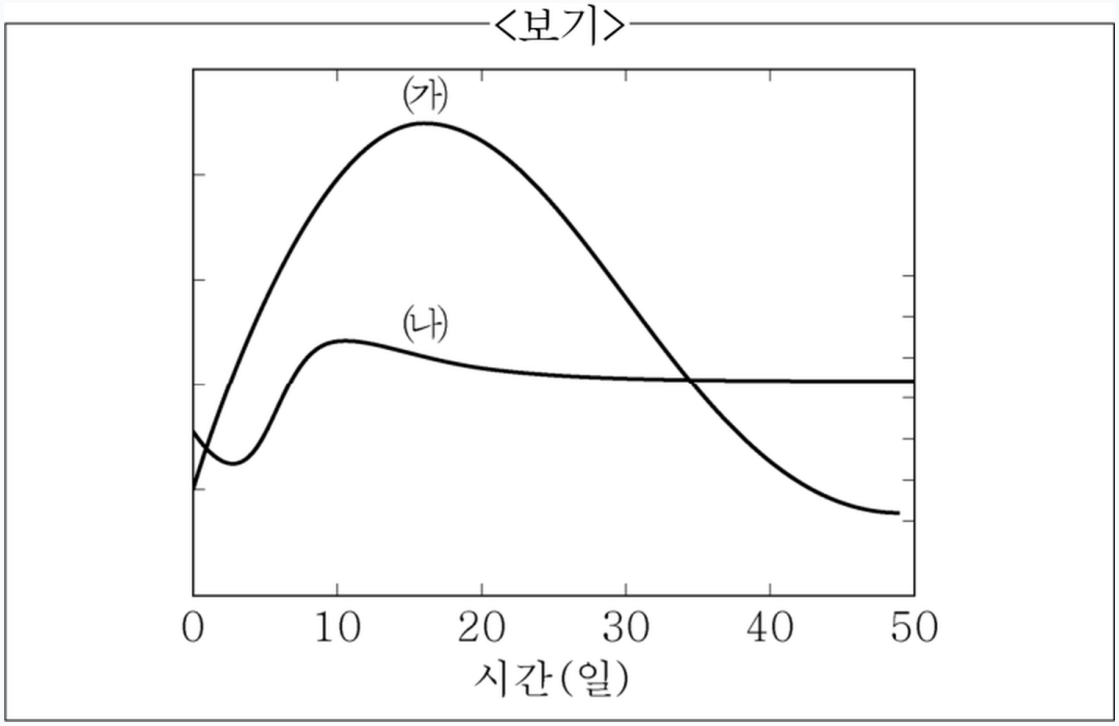
암기 포인트

THM·HAA는 염소 소독, 브롬산염은 오존 처리로 정리된다.

NoteBase

문 20. 환경의 제어하에 유기물질의 호기성 분해를 통해 시장성 있는 토양 개량제나 퇴비를 생산하는 것을 퇴비화(composting)라고 하는데, <보기>의 그림은 퇴비 더미의 시간에 따른 환경변수들의 증감을 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

<보기>



① (가)는 시간에 따른 온도의 변화 양상을 나타낸다.

② (나)는 시간에 따른 pH의 변화 양상을 나타낸다.

③ (나)의 값이 반응 초기에 감소하는 것은 산 생성 미생물의 유도기(lag phase)와 관련이 있다.

④ 미생물의 상태는 C/N 비와 밀접한 관련이 있다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 퇴비화 과정의 시간 경과에 따라 온도와 pH가 어떻게 변하는지를 그래프에서 읽고, pH 초기 하강 원인을 정확히 구분하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
(가)는 초기에 급격히 상승해 중온기와 고온기를 거친 뒤 다시 낮아지는 전형적인 퇴비 더미의 온도 변화와 맞는다. 퇴비화에서는 미생물 활성 증가에 따라 온도가 먼저 크게 오른다.

② O
(나)는 반응 초기에 약간 낮아졌다가 이후 상승하고 안정화되는 형태이므로 pH 변화 양상으로 볼 수 있다. 초기에는 유기산 생성으로 pH가 내려가고, 이후 암모니아 생성 등으로 pH가 다시 올라간다.

③ X
틀린 표현은 "산 생성 미생물의 유도기(lag phase)와 관련이 있다"이다. (나)의 값이 반응 초기에 감소하는 주된 이유는 산 생성 미생물이 유기산을 만들어 pH를 낮추기 때문이지, 유도기라서 pH가 감소하는 것은 아니다. 올바르게는 "(나)의 초기 감소는 유기산 생성에 따른 pH 저하와 관련이 있다"이다.

④ O
퇴비화에서 미생물의 활성과 분해 상태는 C/N 비와 밀접한 관련이 있다. C/N 비가 너무 크면 질소가 부족해 분해가 늦어지고, 너무 작으면 질소 손실과 악취 문제가 커질 수 있다.

오답 포인트

③은 "초기 pH 하강"이라는 현상을 맞게 짚어 놓고 원인을 "유도기"로 바꿔 놓은 선지이다. 수험생이 초기 변화라는 말만 보고 미생물 증식 단계와 연결하면 틀리기 쉽지만, 실제 핵심은 단계명이 아니라 유기산 생성 여부이다.

다시 나오면 이렇게 판단

퇴비화 그래프가 나오면 먼저 크게 올라갔다가 내려오는 곡선을 온도로 본다. 그다음 초기에 잠시 내려갔다가 다시 올라 안정되는 곡선을 pH로 보고, 초기 pH 하강 원인은 유기산 생성으로 판단한다.

암기 포인트

퇴비화 초기는 온도 상승, pH는 유기산 때문에 일시 하강 후 회복이다.

NoteBase