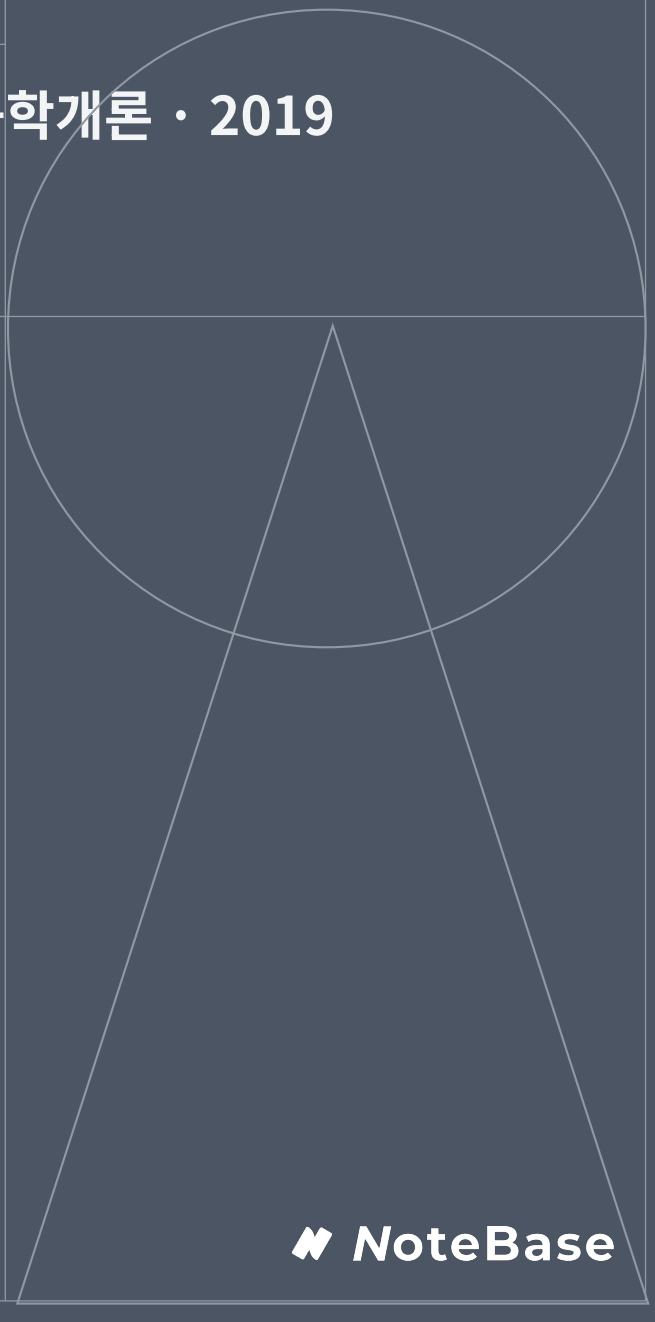
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 환경공학개론 · 2019



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 환경공학개론 · 2019

공무원/지방직/9급 · 환경공학개론 · 2019

문 1. 평균유량이 1.0 m^3/min인 Air sampler를 10시간 운전하였다. 포집 전 1,000 mg이었던 필터의 무게가 포집 후 건조하였더니 1,060 mg이 되었을 때, 먼지의 농도[μg/m^3]는?

① 25

② 50

③ 75

④ 100

정답 4번

간단한 해설

먼지 농도는 **필터에 포집된 먼지 질량을 채취한 공기의 총부피로 나눈 값**이다. 필터의 질량 증가량 60,000 μg을 총 채취 부피 600 m^3로 나누면 100 μg/m^3이다.

계산 과정

농도의 기준: 먼지의 질량농도는 공기 단위 부피에 포함된 먼지 질량이다. 포집된 먼지 질량을 m, 채취한 공기의 총부피를 V라 하면 농도는 $C = \frac{m}{V}$로 구한다. 요구 단위가 μg/m^3이므로 질량은 μg, 부피는 m^3로 맞춘다.

포집된 먼지 질량: 필터 자체의 질량을 제외해야 하므로 **포집 후 건조 질량에서 포집 전 질량을 뺀다**. 따라서 m = 1,060 − 1,000 = 60 mg이다. 1 mg = 1,000 μg이므로 60 mg = 60,000 μg이다.

총 채취 부피: 평균유량은 1분 동안 채취하는 평균 공기 부피이므로 운전시간을 곱하면 총부피가 된다. 유량의 시간 단위에 맞추어 10시간을 10 × 60 = 600분으로 바꾼다. 따라서 V = 1.0 × 600 = 600 m^3이다.

먼지 농도: $C = \frac{60{,}000}{600} = 100$ μg/m^3이다. 이는 채취한 공기 1 m^3당 먼지 질량이 100 μg이라는 뜻이며, ④의 100에 해당한다.

NoteBase

문 2. 호소의 부영양화로 인해 수생태계가 받는 영향에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 조류가 사멸하면 다른 조류의 번식에 필요한 영양소가 될 수 있다.

② 생물종의 다양성이 증가한다.

③ 조류에 의해 생성된 용해성 유기물들은 불쾌한 맛과 냄새를 유발한다.

④ 유기물의 분해로 수중의 용존산소가 감소한다.

정답 2번

간단한 해설

부영양화가 심해지면 일부 조류가 대량 증식하여 우점하고, 빛과 산소가 부족해져 다른 생물의 서식이 어려워진다. 따라서 생물종의 다양성은 증가하는 것이 아니라 일반적으로 **감소한다**.

선지별 해설

부영양화는 호소에 질소와 인 등의 영양염류가 과도하게 공급되어 조류 등 수생생물의 생산이 증가하는 현상이다.

① O: 사멸한 조류의 유기물이 미생물에 의해 분해되면 질소와 인 등의 영양소가 다시 물속으로 방출된다. 이렇게 **재생된 영양소**는 다른 조류의 생장과 번식에 이용될 수 있다.

② X: 부영양화가 심해지면 증가한 영양염류를 이용하는 일부 조류가 우점한다. 조류의 대량 증식은 수중으로 들어오는 빛을 줄이고, 사멸한 조류의 분해는 산소 부족을 일으켜 여러 생물의 서식을 어렵게 한다. 따라서 '생물종의 다양성이 증가한다'는 **'생물종의 다양성이 일반적으로 감소한다'**로 고쳐야 한다. 일부 조류의 개체수가 늘어나는 것과 다양한 생물종이 공존하는 것은 다르다.

③ O: 조류는 생장하거나 사멸하는 과정에서 **맛과 냄새를 유발하는 용해성 유기물**을 물속에 방출할 수 있다. 따라서 조류가 대량 증식한 호소에서는 이러한 물질로 인해 불쾌한 맛과 냄새가 발생할 수 있다.

④ O: 사멸한 조류 등으로 유기물의 양이 늘어나면 이를 분해하는 호기성 미생물의 산소 소비도 증가한다. 이때 **분해 과정에서 용존산소가 소비**되므로 수중 용존산소 농도가 낮아질 수 있다.

NoteBase

문 3. 수중 용존산소(DO)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 물에 용해되는 산소의 양은 접촉하는 산소의 부분압력에 비례한다.

② 수온이 높을수록 산소의 용해도는 감소한다.

③ 수중에 녹아 있는 염소이온, 아질산염의 농도가 높을수록 산소의 용해도는 감소한다.

④ 생분해성 유기물이 유입되면 혐기성 미생물에 의해서 수중의 산소가 소모된다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '혐기성 미생물'은 **호기성 미생물**로 고쳐야 한다. 생분해성 유기물을 호기적으로 분해할 때 미생물이 수중의 용존산소를 소비한다.

선지별 해설

① O: 일정한 수온과 물의 조성에서 기체와 물이 평형에 이르면, 물에 녹는 산소의 농도는 접촉하는 기체의 **산소 부분압력에 비례**한다. 이는 헨리의 법칙으로 설명되며, 산소 부분압력이 커지면 산소의 포화용해도도 커진다.

② O: 산소 부분압력과 염분 조건이 같을 때 **수온이 높아질수록 산소의 포화용해도는 감소**한다. 따라서 따뜻한 물은 차가운 물보다 평형 상태에서 녹여 둘 수 있는 산소의 양이 적다.

③ O: 염소이온과 아질산염 등 용존 염류의 농도가 높아지면, 같은 수온과 산소 부분압력에서 산소의 용해도는 감소한다. 이는 염류가 녹아 있을 때 기체의 용해도가 낮아지는 **염석효과**이다. 여기서 용해도는 실제 산소 소비량이 아니라 평형 상태에서 물에 녹을 수 있는 산소의 양을 뜻한다.

④ X: 생분해성 유기물이 유입되면 **호기성 미생물의 유기물 분해** 과정에서 용존산소가 소비된다. 미생물이 유기물에서 에너지를 얻는 호기성 호흡에 산소를 이용하기 때문이다. 혐기성 분해는 용존산소를 이용하지 않는 과정이므로, 선지의 '혐기성 미생물'을 '호기성 미생물'로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 4. 호소에서의 조류증식을 억제하기 위한 방안으로 옳지 않은 것은?

① 호소의 수심을 깊게 해 물의 체류시간을 증가시킴

② 차광막을 설치하여 조류증식에 필요한 빛을 차단

③ 질소와 인의 유입을 감소시킴

④ 하수의 고도처리

정답 1번

간단한 해설

①의 체류시간 증가는 조류가 호소에 머물며 증식할 시간을 늘린다. 조류증식을 억제하려면 체류시간을 늘리기보다 **적절한 물 교환으로 체류시간을 줄이는 방향**이 유리하다.

선지별 해설

① X: 체류시간은 물이 호소 안에 머무르는 평균 시간이다. 이를 늘리면 물과 함께 외부로 배출되는 조류가 줄어들고, 호소 안에서 증식할 시간이 길어질 수 있다. 따라서 수심을 깊게 하여 체류시간을 늘리는 것은 적절한 억제 방안이 아니며, **적절한 물 교환으로 체류시간을 줄이는 것**이 조류의 축적을 억제하는 데 유리하다.

② O: 조류는 빛을 이용해 광합성을 한다. 차광막으로 **광합성에 필요한 빛을 제한**하면 조류의 생장과 증식을 억제할 수 있다.

③ O: 질소와 인은 조류의 생장에 필요한 영양염류이다. 이들이 과도하게 유입되면 부영양화와 조류의 대량 증식을 일으킬 수 있으므로, **질소와 인의 유입량을 줄이면** 조류가 이용할 영양염류가 감소하여 증식 억제에 도움이 된다.

④ O: 하수에는 조류의 영양원이 되는 질소와 인이 포함되어 있다. 하수의 고도처리에서 **질소·인 제거 공정**을 적용하면 방류수를 통해 호소로 들어가는 영양염류를 줄여 조류증식을 억제할 수 있다.

NoteBase

문 5. 완전혼합반응기에서의 반응식은? (단, 1차 반응이며 정상상태이고, r_A: A물질의 반응속도, C_A: A물질의 유입수 농도, C_{A0}: A물질의 유출수 농도, θ: 반응시간 또는 체류시간이다)

① $r_A = \frac{C_{A0} - C_A}{\theta}$
② $r_A = \frac{C_{A0} - C_A}{C_A}$
③ $r_A = \frac{C_A - \theta}{C_A}$
④ $r_A = \frac{C_A - C_{A0}}{\theta}$

정답 4번

간단한 해설

정상상태에서는 반응으로 제거되는 양이 유입량과 유출량의 차이와 같다. 문제에서 유입수 농도는 C_A, 유출수 농도는 C_{A0}이므로, 반응속도는 **유입수 농도에서 유출수 농도를 뺀 값을 체류시간으로 나눈** $r_A = \frac{C_A - C_{A0}}{\theta}$이다.

공통 해설

완전혼합반응기에서는 내부 농도가 균일하고 유출수 농도도 내부 농도와 같다. 이 문제의 정의에 따라 C_A는 유입수 농도, C_{A0}는 유출수이자 반응기 내부의 농도로 둔다. r_A는 A물질의 제거속도를 양수로 나타낸 값이며, 단위는 농도/시간이다.

정상상태에서는 **반응기 내 축적량이 0**이므로 '유입량 − 유출량 − 반응에 의한 제거량 = 0'이 성립한다. 유입·유출 유량을 같은 Q, 반응기 부피를 V로 두면 $QC_A - QC_{A0} - Vr_A = 0$이다. 체류시간 $\theta = \frac{V}{Q}$를 적용하면 $r_A = \frac{Q}{V}(C_A - C_{A0})$, 즉 $r_A = \frac{C_A - C_{A0}}{\theta}$를 얻는다.

이 관계에서 분자는 **반응으로 감소한 농도**이므로 유입수 농도에서 유출수 농도를 빼야 한다. 분모는 시간이어야 농도/시간의 단위가 된다. 농도 차이를 농도로 나누면 무차원량이 되며, 농도에서 체류시간을 빼는 것은 서로 다른 차원의 양을 빼는 것이어서 성립하지 않는다.

1차 반응의 제거속도는 반응기 내부 농도에 비례한다. 따라서 반응속도상수를 k라 하면 $r_A = kC_{A0}$이고, 물질수지와 함께 쓰면 $kC_{A0} = \frac{C_A - C_{A0}}{\theta}$이다. 여기서 k의 단위는 시간의 역수이다.

NoteBase

문 6. BOD_5 실험식에 대한 설명으로 옳은 것은?
(단, $BOD_5 = \frac{(DO_i - DO_f) - (B_i - B_f)(1-P)}{P}$)

① P는 희석배율이다.

② DO_i는 5일 배양 후 용존산소 농도이다.

③ DO_f는 초기 용존산소 농도이다.

④ B_i는 식종희석수의 5일 배양 후 용존산소 농도이다.

정답 1번

간단한 해설

이 식에서 P는 **희석시료 중 원시료의 부피비**를 나타낸다. 식종희석수의 산소소비량을 보정한 뒤 P로 나누면 원시료 기준의 BOD_5로 환산된다.

선지별 해설

① O: 이 문항에서 '희석배율'로 표현한 P는 **희석시료 중 원시료가 차지하는 부피비**이다. P = 원시료 부피희석 후 전체 부피이며, 보정한 산소소비량을 P로 나누어 희석 전 원시료의 BOD_5를 구한다. 따라서 '몇 배 희석'이라고 할 때의 배수는 $1/P$에 해당한다.

② X: DO_i는 시료와 식종희석수를 섞은 희석시료의 **배양 전 초기 용존산소 농도**이다. 아래첨자 i는 initial을 뜻하므로, '5일 배양 후'를 '배양 전'으로 고친다.

③ X: DO_f는 희석시료의 **5일 배양 후 용존산소 농도**이다. 아래첨자 f는 final을 뜻한다. 따라서 $DO_i - DO_f$는 희석시료에서 5일 동안 소비된 산소량을 농도로 나타낸 값이다.

④ X: B_i는 **식종희석수의 배양 전 초기 용존산소 농도**이며, 5일 배양 후 농도는 B_f이다. $B_i - B_f$는 식종희석수 자체의 산소소비량이고, 여기에 희석시료 중 식종희석수의 부피비인 $1 - P$를 곱한 값을 빼서 원시료 이외의 산소소비를 보정한다.

NoteBase

문 7. 대기오염 방지장치인 전기집진장치(ESP)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 비저항이 높은 입자(10^{12} ~ 10^{13} Ω · cm)는 제어하기 어렵다.

② 수분함량이 증가하면 분진제어 효율은 감소한다.

③ 가스상 오염물질을 제어할 수 없다.

④ 미세입자도 제어가 가능하다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '감소한다'는 수분의 영향을 반대로 설명한 것이다. 일반적으로 수분은 분진 표면의 전기전도성을 높여 **비저항을 낮추므로**, 고비저항 분진의 집진효율을 높이는 데 도움이 된다.

선지별 해설

전기집진장치(ESP)는 가스 속 입자에 전하를 부여하고, 전기장 안에서 집진극으로 이동시켜 포집한다.

① O: 비저항은 물질이 전류의 흐름을 방해하는 정도이다. 비저항이 $10^{12} \sim 10^{13} \Omega \cdot \mathrm{cm}$로 높으면 집진극에 쌓인 분진층을 통해 전하가 잘 빠져나가지 못한다. 이 때문에 분진층에 큰 전압이 걸려 **역전리**가 발생할 수 있고, 입자의 전하가 중화되어 집진효율이 낮아진다.

② X: 수분이 증가하면 일반적으로 분진 표면에 수분이 흡착되어 전류가 흐르기 쉬워지고 **비저항이 낮아진다**. 따라서 고비저항 분진에서는 역전리가 억제되어 집진효율이 개선된다. '효율은 감소한다'는 '적절한 가습으로 효율을 높일 수 있다'로 고쳐야 한다. 다만 수분과 효율의 관계는 분진의 성질과 가스 온도 등 운전 조건에 따라 달라지므로, 수분이 많을수록 언제나 효율이 높아진다는 뜻은 아니다.

③ O: 전기집진장치는 코로나 방전으로 입자를 대전시킨 뒤 전기력으로 집진극에 모으는 장치이다. 기본적인 제거 대상은 **입자상 오염물질**이며, 기체 분자로 존재하는 가스상 오염물질은 이 집진 원리만으로 제거하지 못한다. 가스상 물질의 제거에는 흡수·흡착 등 별도의 처리 원리가 필요하다.

④ O: 전기집진장치는 입자의 관성만으로 분리하는 장치가 아니라, **대전된 입자에 작용하는 전기력**을 이용한다. 미세입자도 이온과의 충돌로 대전되어 집진극으로 이동할 수 있으므로 제어가 가능하다. 다만 입경에 따라 대전 특성과 이동속도가 달라져 모든 크기의 입자가 같은 효율로 제거되는 것은 아니다.

NoteBase

문 8. 입자상 오염물질 중 하나로 증기의 응축 또는 화학반응에 의해 생성되는 액체입자이며, 일반적인 입자 크기가 0.5~3.0 μm인 것은?

① 먼지(dust)

② 미스트(mist)

③ 스모그(smog)

④ 박무(haze)

정답 2번

간단한 해설

증기가 응축하거나 화학반응을 거쳐 생성된 미세한 **액체입자**는 미스트(mist)에 해당한다. 제시된 0.5~3.0 μm는 이 문항에서 미스트의 대표적인 입경으로 주어진 범위이다.

공통 해설

미스트(mist)는 **미세한 액체방울이 공기 중에 떠 있는 것**을 말한다. 증기의 응축은 기체 상태의 물질이 액체로 바뀌는 과정이므로, 응축으로 생긴 작은 액체방울이 공기 중에 분산되면 미스트가 된다. 화학반응을 통해 생긴 액체가 미세한 방울로 존재하는 경우도 여기에 해당한다.

문항의 0.5~3.0 μm는 제시된 대표 입경 범위이다. 용어를 고르는 핵심 기준은 입경 수치만이 아니라 **응축 또는 화학반응으로 생성된 액체입자**라는 물질의 상태와 생성 과정이며, 이 정의에 대응하는 명칭은 미스트이다.

NoteBase

문 9. 지하수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 저투수층(aquitard)은 투수도는 낮지만 물을 저장할 수 있다.

② 피압면 지하수는 자유면 지하수층보다 수온과 수질이 안정하다.

③ 지하수는 하천수와 호소수 같은 지표수보다 경도가 낮다.

④ 지하수는 천층수, 심층수, 복류수, 용천수 등이 있다.

정답 3번

간단한 해설

지하수는 토양과 암석 속을 이동하면서 칼슘·마그네슘 성분을 녹여 받아들이므로, 일반적으로 지표수보다 **경도가 높다**. ③의 '경도가 낮다'는 이러한 경향을 반대로 설명한 것이다.

선지별 해설

① O: 저투수층은 물이 잘 통과하지 못하는 지층이지만, 내부의 공극에 물을 저장할 수 있다. 점토층처럼 물을 머금으면서도 물의 이동은 느린 경우가 있으므로, **투수도가 낮다는 것이 물을 저장하지 못한다는 뜻은 아니다**.

② O: 피압면 지하수는 대수층 위를 덮는 저투수성 지층으로 인해 지표의 영향을 상대적으로 적게 받는다. 자유면 지하수는 강우와 지표 오염물질의 유입 등에 더 직접적인 영향을 받으므로, 일반적으로 피압면 지하수가 **수온과 수질의 변동이 작다**.

③ X: 경도는 물에 녹아 있는 칼슘·마그네슘 이온 등에 의해 나타나는 성질이다. 지하수는 토양·암석과 접촉하는 동안 이들 성분이 용출되므로, 일반적으로 하천수·호소수 같은 지표수보다 **경도가 높다**. 따라서 '경도가 낮다'를 '경도가 높다'로 고쳐야 한다. 다만 실제 경도는 지층의 광물 조성과 물의 체류 시간 등에 따라 달라진다.

④ O: 지하수에는 얕은 지층의 천층수, 깊은 지층의 심층수, 하천 바닥의 모래·자갈층 등을 따라 흐르는 복류수, 지하수가 지표로 자연스럽게 솟아 나오는 용천수 등이 있다. **존재 깊이와 흐름·용출 형태**에 따라 구분한 명칭들이다.

NoteBase

문 10. 일반적인 매립가스 발생의 변화단계를 바르게 나열한 것은?

① 호기성 단계→혐기성 단계→유기산 생성 단계(통성 혐기성 단계)→혐기성 안정화 단계

② 혐기성 단계→유기산 생성 단계(통성 혐기성 단계)→호기성 단계→혐기성 안정화 단계

③ 호기성 단계→유기산 생성 단계(통성 혐기성 단계)→혐기성 단계→혐기성 안정화 단계

④ 혐기성 단계→호기성 단계→유기산 생성 단계(통성 혐기성 단계)→혐기성 안정화 단계

정답 3번

간단한 해설

매립 초기에는 폐기물 속 산소를 이용한 분해가 일어나고, 산소가 고갈되면 **유기산 생성이 메탄 생성보다 먼저** 진행된다. 이후 유기산이 소비되며 메탄 생성이 활발해지고, 가스 조성과 발생 속도가 비교적 일정한 상태로 이어진다.

올바른 순서

호기성 단계 → 유기산 생성 단계(통성 혐기성 단계) → 혐기성 단계 → 혐기성 안정화 단계

호기성 단계: 매립된 폐기물 사이에 남아 있는 산소를 이용하여 호기성 미생물이 유기물을 분해한다. 이때 주로 이산화탄소가 발생하며, **산소가 소모**되면서 다음 단계로 넘어간다.

유기산 생성 단계(통성 혐기성 단계): 산소가 고갈되면서 유기물이 유기산 등으로 분해되고 이산화탄소와 수소가 발생한다. **유기산이 축적되어 pH가 낮아지는** 시기로, 메탄 생성이 본격화되기 전에 나타난다.

혐기성 단계: 앞 단계에서 만들어진 유기산이 소비되고 pH가 회복되면서 **메탄 생성 미생물의 활동**이 활발해진다. 산소가 없는 조건에서 메탄과 이산화탄소가 주요 가스로 생성된다. 이 문항의 단계 구분에서 유기산 생성 다음에 오는 메탄 생성 단계에 해당한다.

혐기성 안정화 단계: 산 생성과 메탄 생성 과정이 균형을 이루면서 **가스 조성과 발생 속도가 비교적 일정**해진다. 안정화는 가스 발생이 즉시 끝난다는 뜻이 아니라, 혐기성 분해가 안정적으로 지속되는 상태를 뜻한다.

NoteBase

문 11. 콜로이드(colloids)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 브라운 운동을 한다.

② 표면전하를 띠고 있다.

③ 입자 크기는 0.001 ~ 1 μm이다.

④ 모래여과로 완전히 제거된다.

정답 4번

간단한 해설

콜로이드는 입자가 매우 작고 물속에서 안정하게 분산되어 있어 **모래여과만으로 완전히 제거할 수 없다**.
일반적으로 응집·플록형성으로 입자를 크게 만든 뒤 침전·여과로 제거한다.

선지별 해설

① O: 콜로이드 입자는 물 분자들의 불규칙한 충돌을 받아 끊임없이 불규칙하게 움직인다. 이것이 **브라운 운동**이며, 미세한 입자가 물속에 분산되어 있는 데 기여한다.

② O: 콜로이드 입자는 표면 작용기의 해리나 이온의 흡착 등으로 표면전하를 띤다. 같은 부호의 전하를 띤 입자 사이에는 **정전기적 반발력**이 작용하므로 입자들이 쉽게 뭉치지 않고 분산된 상태를 유지한다.

③ O: 수처리에서 콜로이드 입자의 크기는 일반적으로 **0.001~1 μm** 범위로 본다. 이는 1~1,000 nm에 해당하는 미세한 크기이다.

④ X: 콜로이드는 매우 작고 안정하게 분산되어 있으므로 **모래여과만으로 완전히 제거되지는 않는다**. 일반적으로 응집제를 넣어 입자 사이의 반발력을 줄이고, 플록형성으로 입자들을 큰 덩어리로 만든 뒤 침전·여과로 제거한다.

NoteBase

문 12. 해양에 유출된 기름을 제거하는 화학적 방법에 해당하는 것은?

① 진공장치를 이용하여 유출된 기름을 제거한다.

② 비중차를 이용한 원심력으로 기름을 제거한다.

③ 분산제로 기름을 분산시켜 제거한다.

④ 패드형이나 롤형과 같은 흡착제로 유출된 기름을 제거한다.

정답 3번

간단한 해설

분산제는 기름을 작은 방울로 나누어 물속에 퍼지게 하는 약제이다. 이처럼 **약제의 작용으로 기름을 분산**시키는 처리는 화학적 방제방법에 해당한다.

공통 해설

유출유 방제에서 화학적 방법은 약제를 사용하여 기름의 분산 등 처리에 필요한 작용을 일으키는 방법이다.
기름을 장치로 빨아들이거나 분리하고, 흡착재에 붙여 회수하는 물리적 방법과 구별한다.

분산제는 계면활성 작용으로 **기름과 물 사이의 계면장력을 낮추어** 기름이 작은 방울로 나뉘어 물속에 퍼지도록 돕는다. 따라서 분산제를 사용하는 방법이 화학적 방법에 해당한다. 여기서 분산은 수면의 기름을 수중에 퍼지게 하는 처리이며, 기름 자체를 즉시 소멸시킨다는 뜻은 아니다.

진공장치는 압력 차로 기름을 빨아들이고, 원심분리는 기름과 물의 비중 차를 이용하여 분리한다. 패드형·롤형 흡착제는 기름을 붙잡아 회수한다. 이들은 모두 **물리적 힘이나 재료를 이용한 분리·회수**이므로 화학적 방법에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 13. 도시폐기물 소각로에서 다이옥신이 생성되는 기작에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 투입된 쓰레기에 존재하던 PCDD/PCDF가 연소 시 파괴되지 않고 대기 중으로 배출된다.

② 전구물질인 CP(chlorophenols)와 PCB(polychlorinated biphenyls) 등이 반응하여 PCDD/PCDF로 전환된다.

③ 유기물(PVC, lignin 등)과 염소 공여체(NaCl, HCl, Cl_2 등)로부터 생성된다.

④ 전구물질이 비산재 및 염소 공여체와 결합한 후 생성된 PCDD는 배출가스의 온도가 600 °C 이상에서 최대로 발생한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '600 °C 이상에서 최대로 발생한다'는 설명이 잘못되었다. 비산재 표면에서 일어나는 다이옥신 재생성은 배출가스가 냉각되는 과정의 **약 300 °C 전후**에서 활발하다.

선지별 해설

① O: 쓰레기에 원래 들어 있던 PCDD/PCDF가 연소 과정에서 완전히 분해되지 않으면 배출가스에 실려 대기로 나갈 수 있다. 이는 새로 합성되는 반응과 구별되는 **기존 다이옥신의 미분해·통과 배출** 경로이다. 충분한 연소 온도와 체류시간, 산소 공급 및 혼합이 확보되면 이 경로의 배출을 줄일 수 있다.

② O: 전구물질은 화학반응을 거쳐 특정 생성물로 바뀔 수 있는 선행 물질이다. CP(클로로페놀)와 PCB(폴리클로리네이티드 비페닐) 등은 염소를 포함한 방향족 화합물로, **축합·산화 등의 반응을 거쳐 PCDD/PCDF로 전환**될 수 있다. 이미 존재하던 다이옥신이 그대로 배출되는 ①과 달리, 전구물질에서 다이옥신이 새로 만들어지는 경로이다.

③ O: PVC·리그닌 등의 유기물은 다이옥신의 탄소 골격을 이루는 재료가 되고, NaCl·HCl·염소 등은 염소를 공급할 수 있다. 이처럼 **유기물과 염소 공급원이 반응하여 다이옥신이 생성**될 수 있으므로, 투입 쓰레기에 다이옥신 자체가 들어 있어야만 배출되는 것은 아니다.

④ X: 비산재는 배출가스에 실려 이동하는 미세한 재 입자이다. 비산재 표면에서는 전구물질이 흡착하고 금속 성분 등이 촉매로 작용하여 PCDD/PCDF가 생성될 수 있다. 이러한 표면 반응은 연소가 끝난 배출가스가 냉각되는 비교적 낮은 온도 영역에서 활발하며, 대표적으로 **약 300 °C 부근에서 생성이 최대**가 된다. 따라서 비산재가 관여하는 재생성을 '600 °C 이상에서 최대'라고 설명한 온도 조건이 잘못되었다.

NoteBase

문 14. 지구 대기에 존재하는 다음 기체들 중 부피 기준으로 가장 낮은 농도를 나타내는 것은?(단, 건조 공기로 가정한다)

① 아르곤(Ar)

② 이산화탄소(CO_2)

③ 수소(H_2)

④ 메탄(CH_4)

정답 3번

간단한 해설

건조 공기에서 **수소의 부피 농도는 약 0.5 ppm**으로, 약 2 ppm인 메탄보다도 낮다. 따라서 제시된 네 기체 중 수소가 차지하는 부피 비율이 가장 작다.

선지별 해설

건조 공기는 수증기를 제외한 공기이다. 농도는 각 기체가 전체 건조 공기에서 차지하는 부피 비율로 비교하며, 1%는 10,000 ppm에 해당한다. 아래 수치는 대표적인 근삿값이며, 이산화탄소와 메탄 등의 농도는 시기와 장소에 따라 달라진다.

① 아르곤(Ar): 부피 농도는 약 0.934%, 즉 약 9,340 ppm이다. 제시된 네 기체 중 농도가 가장 높다.

② 이산화탄소(CO_2): 부피 농도는 약 0.04%, 즉 약 400 ppm 수준이다. 아르곤보다는 낮지만, 메탄과 수소보다 훨씬 높다.

③ 수소(H_2): 부피 농도는 **약 0.5 ppm**이다. 메탄도 소량 존재하지만 약 2 ppm이므로, 수소의 농도가 그보다 낮다.

④ 메탄(CH_4): 부피 농도는 약 2 ppm이다. 아르곤과 이산화탄소보다 낮지만 **수소보다는 높다**.

부피 농도가 낮은 순서는 수소 < 메탄 < 이산화탄소 < 아르곤이다. 가장 낮은 농도를 나타내는 기체는 ③의 수소이다.

NoteBase

문 15. 환경위해성 평가와 위해도 결정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 96 HLC_{50}은 96시간 반치사 농도를 의미한다.

② BF는 유해물질의 생물농축 계수를 의미한다.

③ 분배계수(K_{ow})는 유해물질의 전기전도도 값을 의미한다.

④ LD_{50}은 실험동물 중 50%가 치사하는 용량을 의미한다.

정답 3번

간단한 해설

분배계수 K_{ow}는 유해물질의 전기전도도가 아니라 **n-옥탄올과 물 사이의 평형 농도비**이다. 물보다 옥탄올 쪽에 얼마나 잘 분포하는지를 나타내는 지표이다.

선지별 해설

① O: 96시간 반치사 농도는 시험생물을 유해물질에 96시간 노출했을 때 **시험생물의 50%를 사망하게 하는 농도**이다. 선지의 96 H는 노출시간을, LC_{50}은 반치사 농도를 뜻한다.

② O: BF는 생물농축 계수로, **주변 환경의 농도에 대한 생물체 내 농도의 비**로 생물농축 정도를 나타낸다.
수생생물의 경우 물속 유해물질 농도와 생물체 내 농도를 비교하여 물질이 체내에 얼마나 농축되는지 평가한다.

③ X: K_{ow}는 **n-옥탄올/물 분배계수**이다. 평형 상태에서 n-옥탄올 중 유해물질 농도를 물 중 농도로 나눈 값이며, $K_{ow} = \frac{C_o}{C_w}$로 나타낸다. 여기서 C_o는 옥탄올 중 농도, C_w는 물 중 농도이다. 따라서 전류가 얼마나 잘 흐르는지를 나타내는 전기전도도가 아니라, 두 액체 사이에서 유해물질이 어떻게 분포하는지를 나타낸다.

④ O: LD_{50}은 시험동물 집단의 50%를 사망하게 하는 반치사 용량이다. 보통 시험동물의 체중 1 kg당 투여한 물질의 질량인 mg/kg으로 나타낸다. LC_{50}이 노출 매체의 **농도**를 기준으로 하는 데 비해, LD_{50}은 동물에게 투여한 **용량**을 기준으로 한다.

NoteBase

문 16. 온실효과와 지구온난화지수(GWP)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, GWP의 표준시간 범위는 20년)

① 아산화질소(N_2O)의 지구온난화지수는 이산화탄소에 비하여 15,100배 정도이다.

② 수증기의 온실효과 기여도는 약 60%이다.

③ 메탄은 이산화탄소에 비하여 62배 정도의 지구온난화지수를 갖는다.

④ 온실가스가 단파장 빛은 통과시키나 장파장 빛은 흡수하는 것을 온실효과라 한다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '15,100배'는 아산화질소의 값이 아니다. 이 문항에서 사용하는 20년 기준에서 아산화질소의 GWP는 이산화탄소를 1로 할 때 **약 275**이다.

선지별 해설

지구온난화지수(GWP)는 어떤 기체를 일정 질량 배출했을 때 정해진 기간 동안 누적되는 복사강제력을, 같은 질량의 이산화탄소를 배출한 경우와 비교한 값이다. 이산화탄소의 GWP는 1이며, 평가 시간 범위와 평가보고서에 따라 다른 기체의 값은 달라질 수 있다. 이 문항의 수치는 IPCC 제3차 평가보고서의 20년 기준 값과 같다.

① X: 아산화질소의 20년 기준 GWP는 **약 275**이다. 15,100은 같은 기준에서 육불화황의 값이므로, 아산화질소의 값으로 제시한 부분을 275로 고쳐야 한다.

② O: 수증기는 대기에 풍부하고 지구가 방출하는 적외선을 흡수하므로 자연적 온실효과에 크게 기여한다. 약 60%는 **구름이 없는 조건의 자연적 온실효과**에 대한 대표적인 추정치이다. 모든 대기 조건에서 일정한 비율이라는 뜻은 아니다.

③ O: 이 문항에 사용된 20년 기준에서 메탄의 GWP는 **약 62**이다. 같은 질량의 메탄과 이산화탄소를 각각 배출했을 때, 이후 20년간 누적되는 복사강제력을 비교하면 메탄 쪽이 약 62배라는 뜻이다. 대기 중에서 제거되는 속도가 기체마다 다르므로 평가 시간 범위를 바꾸면 GWP도 달라진다.

④ O: 온실가스는 태양에서 들어오는 단파 복사에는 비교적 투명하지만, 지구가 방출하는 **장파 적외선을 흡수하고 다시 방출**한다. 이 중 일부가 지표 방향으로 방출되어 지표와 하층 대기를 따뜻하게 하는 것이 온실효과이다. 선지는 이러한 파장에 따른 흡수 특성을 간략히 설명한 것이다.

NoteBase

문 17. 유해폐기물의 용매추출법은 액상폐기물로부터 제거하고자 하는 성분을 용매 쪽으로 이동시키는 방법이다. 용매추출에 사용하는 용매의 선택기준으로 옳은 것은?

① 낮은 분배계수를 가질 것
② 끓는점이 낮을 것
③ 물에 대한 용해도가 높을 것
④ 밀도가 물과 같을 것

정답 2번

간단한 해설

끓는점이 낮은 용매는 추출 후 **증발·증류로 분리·회수하기 쉽다**. 제거 대상 성분을 용매 쪽으로 옮기는 성능뿐 아니라, 사용한 용매를 다시 회수할 수 있는지도 선택기준이 된다.

선지별 해설

① X: 분배계수는 평형에서 제거 대상 성분의 수상 농도에 대한 용매상 농도의 비이다. 이 값이 클수록 대상 성분이 수상보다 용매상에 더 많이 분포하므로, 추출용매는 **높은 분배계수**를 갖는 것이 바람직하다.

② O: 끓는점이 낮은 용매는 추출 후 비교적 낮은 온도에서 기화시켜 분리·회수하기 쉽다. 특히 **제거 대상 성분보다 끓는점이 충분히 낮으면** 용매를 먼저 증류하여 회수하고, 대상 성분은 농축된 상태로 남길 수 있다.

③ X: 추출용매 자체의 **물에 대한 용해도는 낮아야** 한다. 용매가 물에 많이 녹으면 처리수에 남아 손실되고 별도의 회수·처리가 필요해진다. 제거 대상 성분이 용매에 잘 녹는 것과 용매 자체가 물에 잘 녹는 것은 구별해야 한다.

④ X: 추출 후 수상과 용매상을 중력으로 쉽게 분리하려면 **두 상의 밀도 차이가 충분해야** 한다. 용매의 밀도는 물보다 크거나 작을 수 있지만, 물과 같으면 밀도 차이를 이용한 침강·부상 분리가 어렵다.

NoteBase

문 18. Sone은 음의 감각적인 크기를 나타내는 척도로 중심주파수 1,000 Hz의 옥타브 밴드레벨 40 dB의 음, 즉 40 phon을 기준으로 하여 그 해당하는 음을 1 Sone이라 할 때, 같은 주파수에서 2 Sone에 해당하는 dB은?

① 50

② 60

③ 70

④ 80

정답 1번

간단한 해설

음의 크기가 1 Sone에서 2 Sone으로 두 배가 되면 음의 크기레벨은 **10 phon 증가**한다. 따라서 40 phon에서 50 phon이 되며, 주어진 1,000 Hz에서는 50 dB에 해당한다.

계산 과정

Sone은 감각적으로 느끼는 음의 크기를 나타내며, 1 Sone은 40 phon에 해당한다. 1 Sone 이상에서 음의 크기가 두 배가 될 때마다 음의 크기레벨은 10 phon씩 증가한다. Sone으로 나타낸 수치를 N, phon으로 나타낸 수치를 P라 하면 이 관계는 $P = 40 + 10\log_2 N$으로 나타낸다.

2 Sone은 기준인 1 Sone의 두 배이므로 **40 phon에 10 phon을 더한다**. 식에 대입하면
$P = 40 + 10\log_2 2 = 50$이므로 음의 크기레벨은 50 phon이다.

1,000 Hz에서는 phon과 dB의 수치가 같다. 따라서 이 문제에서 2 Sone에 해당하는 레벨은 50 dB이며, ①의 50과 일치한다.

NoteBase

문 19. 오염된 토양의 복원기술 중에서 원위치(in-situ) 처리기술이 아닌 것은?

① 토양세정(soil flushing)

② 바이오벤팅(bioventing)

③ 토양증기추출(soil vapor extraction)

④ 토지경작(land farming)

정답 4번

간단한 해설

토지경작은 오염토양을 **굴착하여 지상에 펼친 뒤** 주기적으로 갈아엎어 미생물의 오염물질 분해를 촉진하는 기술이다. 따라서 토양을 원래 위치에 둔 채 처리하는 원위치 기술이 아니라 **비원위치(ex-situ) 처리기술**로 분류한다.

공통 해설

원위치(in-situ) 처리는 오염토양을 굴착하지 않고 원래 위치에서 처리하는 방식이다. 비원위치(ex-situ) 처리와의 구분 기준은 **오염토양의 굴착·이동 여부**이다. 굴착한 토양을 같은 오염부지 안에서 처리하더라도 비원위치 처리에 해당한다.

토양세정(soil flushing)은 토양에 물이나 세정액을 주입하고 오염물질이 섞인 용액을 회수한다.

바이오벤팅은 토양에 공기를 공급하여 미생물의 분해활동을 촉진하고,

토양증기추출은 진공을 이용하여 휘발성 오염물질을 토양가스와 함께 추출한다.

세 기술은 모두 **토양 자체를 굴착하지 않고** 처리할 수 있으므로 원위치 처리기술에 해당한다.

토지경작(land farming)은 굴착한 오염토양을 처리장에 얇게 펼치고 주기적으로 갈아엎어 산소를 공급함으로써 미생물에 의한 유기오염물질 분해를 촉진한다. 처리 전에 **토양을 굴착하여 옮기는** 방식이므로 비원위치 생물학적 처리기술에 해당한다.

NoteBase

문 20. 소음에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 소리(sound)는 비탄성 매질을 통해 전파되는 파동(wave) 현상의 일종이다.

② 소음의 주기는 1초당 사이클의 수이고, 주파수는 한 사이클당 걸리는 시간으로 정의된다.

③ 환경소음의 피해 평가지수는 소음원의 종류에 상관없이 감각소음레벨(PNL)을 활용한다.

④ 소음저감 기술은 음의 흡수, 반사, 투과, 회절 등의 기본개념과 밀접한 상관관계가 있다.

정답 4번

간단한 해설

소음저감은 **음의 에너지와 전달 경로를 제어**하는 기술이다. 흡음재로 반사음을 줄이거나 방음벽으로 소리의 전달을 줄이려면 흡수·반사·투과·회절 특성을 고려해야 한다.

선지별 해설

① X: 소리는 **탄성 매질**을 통해 전파되는 역학적 파동이다. 매질 입자가 진동하면 탄성에 의한 복원력이 이웃 입자에 작용하여 진동이 전달된다. 따라서 '비탄성 매질'을 '탄성 매질'로 고쳐야 한다.

② X: 주기와 주파수의 정의가 서로 바뀌었다. **주기**는 한 사이클에 걸리는 시간으로 단위는 초(s)이고, **주파수**는 1초당 사이클의 수로 단위는 헤르츠(Hz)이다. 주기가 짧을수록 같은 시간에 더 많이 진동하므로 주파수는 높아진다.

③ X: 감각소음레벨(PNL)은 주파수별 소음에 대한 사람의 지각 특성을 반영한 지수로, **항공기 소음 평가**에 활용된다. 환경소음은 A특성 소음레벨 등으로도 평가하며, 소음원의 특성과 평가 목적에 맞는 지수를 사용한다. 따라서 소음원 종류와 관계없이 PNL을 일률적으로 활용한다는 설명은 잘못이다.

④ O: 흡수는 음에너지가 열 등으로 전환되는 현상이고, 반사는 경계면에서 소리가 되돌아오는 현상이다. 투과는 소리가 벽이나 경계면을 통과하는 현상이며, 회절은 장애물 가장자리 뒤쪽으로 소리가 돌아 들어가는 현상이다. 흡음재는 반사음을 줄이고, 방음벽은 직접 전달되는 소리를 차단하지만 벽을 투과하거나 가장자리로 회절하는 소리는 남을 수 있다. 따라서 소음저감 기술은 **흡수·반사·투과·회절 특성**과 밀접하게 관련된다.

NoteBase