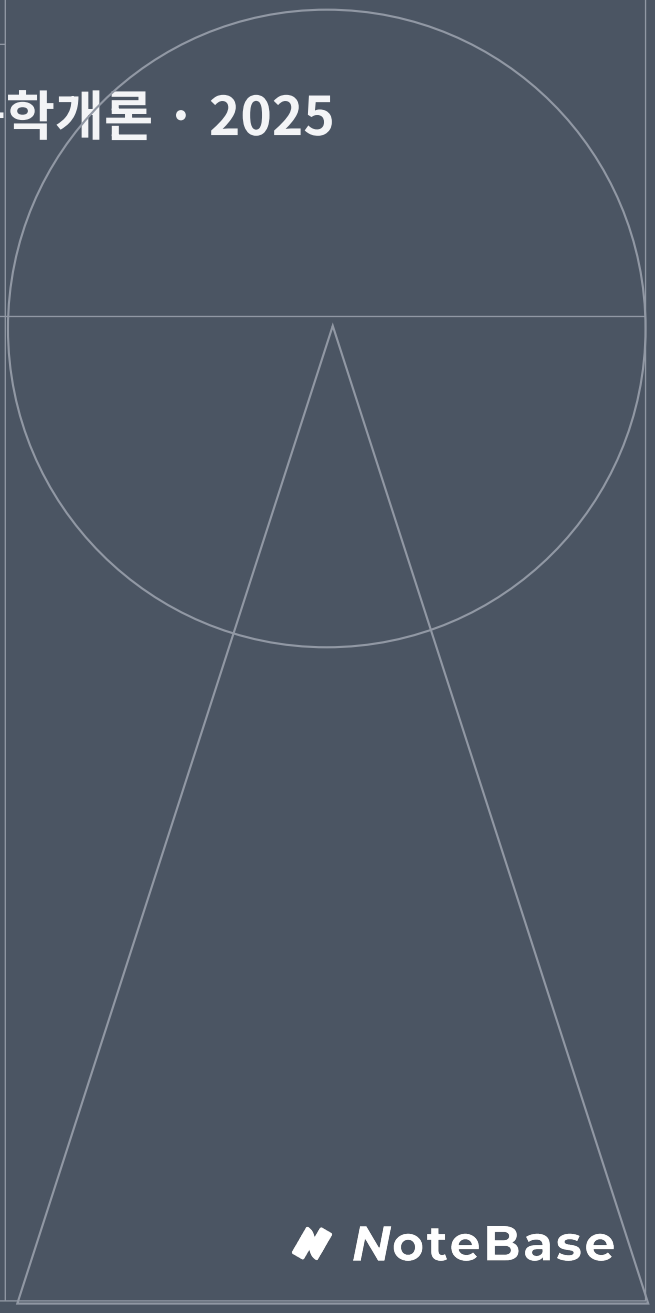
기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 환경공학개론 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/9급 · 환경공학개론 · 2025

공무원/국가직/9급 · 환경공학개론 · 2025

문 1. 기상오염물질(gaseous pollutant) 제거에 적합한 처리설비는?

① 사이클론집진기

② 여과집진기

③ 중력침강기

④ 흡수 및 흡착장치

정답 4번

간단한 해설

기상오염물질은 **액체에 흡수**시키거나 **고체 표면에 흡착**시켜 제거할 수 있다. 먼지 같은 입자를 분리하는 집진설비와 처리 대상이 다르다.

개념 구분

흡수: 기상오염물질을 액체와 접촉시켜 **액체 내부로 이동**시키는 방법이다. 대상 오염물질이 잘 녹거나 반응할 수 있는 흡수액을 선택하여 기체 흐름에서 제거한다.

흡착: 기상오염물질을 활성탄 같은 흡착제의 **고체 표면에 붙잡는** 방법이다. 흡수와 흡착은 모두 기상오염물질을 다른 물질로 옮겨 제거하지만, 흡수는 액체 내부로의 이동이고 흡착은 고체 표면에서의 포집이라는 차이가 있다. 따라서 문제에서 요구하는 처리설비는 '흡수 및 흡착장치'이다.

집진설비와의 구분: 사이클론집진기는 원심력을 이용하여 입자를 분리하고, 여과집진기는 여과재로 입자를 걸러내며, 중력침강기는 입자가 중력에 의해 가라앉도록 한다. 이들은 기본적으로 **입자상 오염물질을 제거**하는 설비이므로, 기체 분자로 존재하는 오염물질을 제거하는 흡수·흡착장치와 구별한다.

NoteBase

문 2. 다음 설명에 해당하는 연기 확산 모형은?

◯ 대기안정도가 중립인 약안정상태에서 발생한다.
◯ 굴뚝에서 배출된 연기는 지표 가까이에는 도달하지 않고, 연기 속의 오염농도 분포는 가우시안(Gaussian) 분포로 나타난다.

① 부채형
② 상승형
③ 원추형
④ 환상형

정답 3번

간단한 해설

대기가 **중립에 가까우면** 연기가 수직·수평 방향으로 비슷하게 퍼져 **원추형**을 이룬다. 연기 중심축에서 농도가 높고 바깥쪽으로 갈수록 낮아지는 가우시안 분포도 이 설명과 부합한다.

공통 해설

원추형은 중립에 가까운 대기에서 굴뚝 연기가 바람을 따라 이동하면서 **수직·수평 방향으로 비슷하게 확산**하여 원뿔 모양으로 퍼지는 형태이다. 따라서 지문의 중립인 약안정상태라는 조건을 이 확산 형태와 연결하면 원추형으로 식별할 수 있다.

연기 속 오염물질의 농도는 중심축 부근에서 가장 높고, 중심축에서 멀어질수록 낮아지는 종 모양의 가우시안 분포로 설명한다. 지문은 이러한 연기가 지표 가까이에 닿지 않은 상태를 제시하고 있다. 대기안정도와 농도 분포에 관한 두 설명은 각각 별개의 모형을 뜻하는 것이 아니라, 같은 원추형 확산의 조건과 특성을 나타낸다.

NoteBase

문 3. 매립물질의 생분해 안정화 단계를 순서대로 바르게 나열한 것은?

(가) 메탄 생성 단계
(나) 산 생성 단계
(다) 호기성 단계

① (가) – (다) – (나)
② (나) – (다) – (가)
③ (다) – (가) – (나)
④ (다) – (나) – (가)

정답 4번

간단한 해설

매립 초기에는 남아 있는 산소를 이용해 유기물이 분해되며, **산소가 고갈되면 혐기성 분해**가 진행된다. 이때 만들어진 유기산 등의 분해산물이 메탄 생성에 이용되므로 **산 생성이 메탄 생성보다 앞선다**.

올바른 순서

(다) → (나) → (가)

(다) 호기성 단계: 매립물질 사이에 남아 있는 산소를 호기성 미생물이 소비하면서 유기물을 분해하고 이산화탄소 등을 생성한다. **이용 가능한 산소가 고갈되면** 호기성 분해가 끝나고 혐기성 조건으로 전환된다.

(나) 산 생성 단계: 산소가 없는 조건에서 유기물이 분해되어 아세트산 등의 유기산이 생성된다. **유기산이 축적되어 산성화**되며, 이 과정에서 만들어진 물질은 뒤이은 메탄 생성의 기질, 즉 미생물이 이용하는 원료가 된다.

(가) 메탄 생성 단계: 혐기성 조건에서 메탄 생성 미생물이 아세트산이나 수소·이산화탄소를 이용하여 메탄을 만든다. 앞 단계에서 생성된 유기산이 소비되면서 산성이 완화되고, 매립물질의 안정화가 진행된다. 따라서 **메탄의 원료를 만드는 산 생성 단계가 먼저 필요**하다.

NoteBase

문 4. 다음 설명에 해당하는 소각로는?

◯ 소각로 하단에 가스를 주입하여 모래를 띄운 후, 이를 약 700 ℃로 가열하고 폐기물을 투입하여 소각한다.
◯ 열용량이 커서 운전 중단 상황에서도 대처할 수 있으며, 주로 슬러지류 등의 소각에 사용된다.

① 다단로식(multiple hearth) 소각로
② 유동상(fluidized bed) 소각로
③ 화격자(stoker) 소각로
④ 로타리킬른(rotary kiln) 소각로

정답 2번

간단한 해설

하부에서 주입한 가스로 **모래층을 유동화**하여 폐기물을 소각하는 장치가 유동상 소각로이다. 뜨거운 모래가 폐기물과 잘 섞이면서 열을 전달한다.

공통 해설

유동상 소각로는 하부에서 가스를 불어 넣어 모래 입자를 떠오르게 하고, 모래층이 액체처럼 움직이는 상태에서 폐기물을 태우는 장치이다. 이처럼 **고체 입자층을 가스로 유동화**하는 것이 장치를 식별하는 기준이다. 제시된 설명의 '가스를 주입하여 모래를 띄운다'는 과정이 바로 유동화이며, 약 700 ℃로 가열한 모래층에 폐기물을 투입하여 소각한다. 움직이는 모래 입자가 폐기물과 접촉하며 열을 전달하므로 혼합과 열전달이 활발하다.

모래층은 많은 열을 저장하므로 일시적으로 운전이 중단되어도 온도가 급격히 떨어지는 것을 완화한다. 또한 뜨거운 모래가 수분을 포함한 폐기물의 건조와 연소에 열을 공급하므로, 슬러지류의 소각에 사용된다는 설명과도 부합한다.

NoteBase

문 5. 음의 세기(sound intensity)에 정비례하는 물리량은?

① 음속의 제곱

② 음압의 제곱

③ 주파수

④ 파장

정답 2번

간단한 해설

같은 매질에서 진행하는 음파의 세기는 **음압의 제곱에 정비례**한다. 음압이 2배가 되면 음의 세기는 4배가 된다.

핵심 풀이

음의 세기 I는 음파의 진행 방향에 수직인 단위 면적을 단위 시간에 통과하는 음에너지이며, 단위는 W/m^2이다. 평면 진행파에서 음압의 실효값을 p, 매질의 밀도를 ρ, 음속을 c라고 하면 $I = \frac{p^2}{\rho c}$이다. **같은 매질에서 밀도와 음속이 일정할 때** 음의 세기는 음압의 제곱에 정비례한다. 따라서 음압이 2배가 되면 음의 세기는 4배가 된다.

음속은 위 관계식의 분모에 있으므로 음의 세기가 음속의 제곱에 정비례하는 것은 아니다. 주파수 f와 파장 λ는 $c = f\lambda$의 관계로 연결되지만, 이것만으로 음압의 크기가 정해지지는 않는다. 따라서 주파수나 파장 자체가 음의 세기에 정비례한다고 할 수 없다.

NoteBase

문 6. 해수의 물성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 기체의 용해도는 수온이 낮을수록 증가한다.

② 염분의 농도는 전기전도도로 측정할 수 있다.

③ 해수의 음파 전달 속도는 수온에 영향을 받는다.

④ 염분(salinity)이란 해수 100 mL에 녹아 있는 염류(고형물질)의 총량을 의미한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '해수 100 mL'는 염분의 기준을 잘못 제시한 것이다. 염분은 **해수 1 kg에 녹아 있는 염류의 질량**을 g으로 나타낸 값으로, 부피가 아닌 질량을 기준으로 한다.

선지별 해설

① O: 같은 기체에 대해 압력과 염분 등 다른 조건이 같으면, 산소·질소와 같은 기체의 용해도는 일반적으로 **수온이 낮을수록 커진다**. 따라서 차가운 해수는 따뜻한 해수보다 기체를 더 많이 녹일 수 있다.

② O: 해수에 녹아 있는 염류는 이온으로 존재하며 전류를 운반한다. 다른 조건이 같으면 이온의 양이 많을수록 전기전도도가 커지므로, 이를 이용해 염분을 구할 수 있다. 전기전도도는 수온에도 영향을 받으므로 **수온을 함께 측정하여 보정**한다.

③ O: 해수의 음파 전달 속도는 수온·염분·압력에 따라 달라진다. 염분과 압력이 같으면 일반적인 해수의 수온 범위에서 **수온이 높을수록 음속이 증가**한다.

④ X: 염분의 질량 기준 정의는 **해수 1 kg에 녹아 있는 염류의 질량을 g으로 나타낸 값**이다. '해수 100 mL'는 '해수 1 kg(1,000 g)'으로 고쳐야 한다. 예를 들어 해수 1 kg에 염류 35 g이 들어 있다면 염분은 35‰로 나타낸다. 이는 해수의 부피를 기준으로 한 농도와 구별된다.

NoteBase

문 7. 혐기성 암모늄이온 산화(Anammox)공정에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 기존 질산화－탈질화 공정보다 산소소모량이 많다.

② 최적 운전조건은 고온(50~55 ℃)조건이다.

③ 안정적인 운전을 위해 메탄올을 외부탄소원으로 주입해야 한다.

④ Anammox균은 암모늄이온(NH_4^+)을 전자공여체로, 아질산이온(NO_2^-)을 전자수용체로 사용한다.

정답 4번

간단한 해설

Anammox균은 산소가 없는 조건에서 **암모늄을 전자공여체**로, **아질산을 전자수용체**로 이용한다. 암모늄의 산화와 아질산의 환원을 결합하여 질소가스를 생성한다.

선지별 해설

① X: 기존 질산화－탈질화 공정보다 **산소소모량이 적다**. Anammox 반응 자체는 산소를 사용하지 않는다. 아질산을 공급하기 위해 부분 아질산화를 결합하더라도, 암모늄 전량을 질산까지 산화하는 기존 공정보다 산소 요구량이 작다.

② X: 일반적인 폐수처리용 Anammox균은 **약 30~40 ℃의 중온 조건**에서 활성이 높다. 최적 온도는 균종과 순응 상태에 따라 달라질 수 있지만, 50~55 ℃의 고온을 일반적인 최적 운전조건으로 보지는 않는다.

③ X: Anammox균은 이산화탄소나 중탄산이온 같은 무기탄소를 세포 합성에 이용하는 독립영양 미생물이다. 암모늄에서 전자를 얻으므로 **메탄올 같은 외부 유기탄소원을 필수적으로 주입할 필요가 없다**. 유기물을 전자공여체로 이용하는 종속영양 탈질과 구별해야 한다.

④ O: 암모늄이온 NH_4^+은 산화되면서 전자를 내놓는 **전자공여체**이고, 아질산이온 NO_2^-은 환원되면서 전자를 받는 **전자수용체**이다. 이 산화·환원 반응이 결합하여 산소가 없는 조건에서 질소가스가 생성된다.

NoteBase

문 8. 「수질오염공정시험기준」상 산성 과망간산칼륨법(COD분석)에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 아질산염의 방해가 우려되면 황산은을 첨가한다.

② 염소이온의 방해가 우려되면 설파민산을 첨가한다.

③ 반응시료(100 mL)의 염소이온 농도가 2,000 mg/L 이상인 경우에 적용한다.

④ 정밀도는 측정값의 상대표준편차로 산출하며 측정한 결과 25 % 이내이어야 한다.

정답 4번

간단한 해설

산성 과망간산칼륨법의 정밀도는 반복 측정값이 얼마나 고르게 나오는지를 나타내며, **상대표준편차가 25% 이내**이어야 한다. 상대표준편차는 측정값의 표준편차를 평균값으로 나누어 백분율로 나타낸 값이다.

선지별 해설

① X: 아질산염의 방해를 제거할 때는 **설파민산**을 첨가한다. 아질산염도 과망간산칼륨을 소비하여 COD 측정에 영향을 주므로 이를 제거해야 한다. 황산은은 염소이온의 방해를 줄이는 시약이다.

② X: 염소이온의 방해를 줄일 때는 **황산은**을 첨가한다. 은이온이 염소이온과 반응하여 염화은 침전을 형성하므로 염소이온에 의한 과망간산칼륨의 소비를 억제할 수 있다. 설파민산은 아질산염의 방해를 제거할 때 사용한다.

③ X: ES 04315.1b의 1.2 적용범위 주 1에 따르면, 반응시료(100 mL)의 염소이온 농도가 **2,000 mg/L 미만**인 경우에 적용한다. 선지의 '이상'은 '미만'으로 고쳐야 한다. 염소이온 농도가 높으면 산성 조건에서 염소이온의 산화가 COD 측정을 방해한다.

④ O: ES 04315.1b 6.2.3은 정밀도를 측정값의 상대표준편차(RSD)로 산출하고, 그 결과가 **25% 이내**이어야 한다고 규정한다. 상대표준편차는 반복 측정값의 표준편차를 평균값으로 나누어 백분율로 나타내며, 값이 작을수록 측정값 사이의 흩어짐이 작아 정밀도가 높다.

NoteBase

문 9. 25 °C에서 pH 9.0인 물속에 존재하는 NH_4^+과 NH_3의 비($\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$)는? (단, 25 °C에서 K_a는 5.6×10^{-10}이며, 소수점 둘째 자리에서 반올림한다)

① 1.8

② 3.8

③ 6.4

④ 9.3

정답 1번

간단한 해설

암모늄 이온과 암모니아의 농도비는 **수소 이온 농도를 산 해리 상수로 나눈 값**이다. pH 9.0의 수소 이온 농도를 적용하면 약 1.8로, 암모늄 이온의 농도가 암모니아의 약 1.8배이다.

계산 과정

1. 해리 평형과 공식: 암모늄 이온은 양성자를 내놓아 암모니아가 되므로, 해리 평형은 $NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + H^+$이다. 대괄호는 각 물질의 몰 농도를 나타내며, 산 해리 상수는 $K_a = \frac{[NH_3][H^+]}{[NH_4^+]}$이다. 문제의 온도와 같은 25 °C에서 주어진 값을 적용한다.

2. 수소 이온 농도: $pH = -\log_{10}[H^+]$이므로, pH 9.0에서 $[H^+] = 10^{-9}$mol/L이다. 이 값이 해리 평형식에 대입할 수소 이온 농도이다.

3. 농도비 계산: 평형식을 구하려는 비로 정리하면 $\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} = \frac{[H^+]}{K_a}$이다. 즉, **암모늄 이온 농도를 분자로 둔 비**에서는 수소 이온 농도를 산 해리 상수로 나눈다. 주어진 값을 대입하면 $\frac{10^{-9}}{5.6 \times 10^{-10}} = 1.7857\ldots$이다.

4. 결과 해석: 소수점 둘째 자리에서 반올림하면 1.8이므로 ①의 값과 일치한다. 두 몰 농도의 비이므로 단위가 없으며, 암모늄 이온의 농도가 암모니아의 약 1.8배라는 뜻이다.

NoteBase

문 10. 기체연료인 프로판(C_3H_8) 1 Sm^3를 공기비 2.0으로 완전연소시킬 때 실제공기량[Sm^3]은? (단, 공기 중 산소의 부피비는 0.2로 가정한다)

① 10.0

② 20.0

③ 40.0

④ 50.0

정답 4번

간단한 해설

프로판 1 Sm^3의 완전연소에 필요한 이론공기량은 25 Sm^3이다. 공기비 2.0은 **이론공기량의 2배**를 공급한다는 뜻이므로 실제공기량은 50.0 Sm^3이다.

계산 과정

이론산소량: 프로판의 완전연소 반응식은 $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$이다. **같은 온도·압력에서 기체의 부피비는 몰수비와 같으므로**, 프로판 1 Sm^3를 완전연소시키는 데 필요한 산소는 5 Sm^3이다.

이론공기량: 이론공기량은 완전연소에 필요한 산소를 정확히 공급하는 공기의 양이다. 공기 중 산소의 부피비가 0.2이므로 **필요한 산소 부피를 0.2로 나누어** 공기량을 구한다. 따라서 이론공기량은 $\frac{5}{0.2} = 25Sm^3$이다.

실제공기량: 공기비는 **실제공기량을 이론공기량으로 나눈 비**이다. 공기비가 2.0이므로 실제공기량은 이론공기량의 2배이며, $25 \times 2.0 = 50.0$ Sm^3이다.

계산한 실제공기량 50.0 Sm^3는 ④의 50.0에 해당한다.

NoteBase

문 11. BOD 200 mg/L인 폐수 1,000 m^3/day를 처리하기 위한 폭기조의 적정 용적[m^3]은? (단, BOD 용적부하는 0.5 kg/m^3 · day이다)

① 20

② 40

③ 200

④ 400

정답 4번

간단한 해설

필요한 폭기조 용적은 **하루 유입 BOD 질량을 BOD 용적부하로 나눈 값**이다. 하루 BOD 유입량이 200 kg/day이므로, 용적부하 0.5 kg/(m^3·day)를 적용하면 400 m^3가 필요하다.

계산 과정

BOD 용적부하는 **폭기조 단위 용적에 하루 동안 유입되는 BOD 질량**이다. 따라서 주어진 용적부하를 적용하려면 먼저 유량과 유입 BOD 농도로 하루 BOD 유입량을 구한 뒤, 이를 용적부하로 나눈다.

농도 단위 환산: 1 m^3 = 1,000 L이고 1 kg = 1,000,000 mg이므로, 1 mg/L = 0.001 kg/m^3이다. 따라서 유입 BOD 농도 200 mg/L는 0.2 kg/m^3이다.

하루 BOD 유입량: 유량 1,000 m^3/day에 농도 0.2 kg/m^3를 곱하면 1,000 × 0.2 = 200 kg/day이다. 이는 폭기조로 하루에 유입되는 BOD 질량을 뜻한다.

폭기조 용적: 용적부하 0.5 kg/(m^3·day)는 폭기조 1 m^3당 하루 0.5 kg의 BOD를 유입시키는 조건이다. 필요한 용적은 $V = \frac{200}{0.5} = 400 m^3$이다. 따라서 계산한 400 m^3는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 수처리 공정에서 발생하는 침전현상의 종류를 옳게 짝지은 것은?

① Type I - 압축침전

② Type II - 독립입자침전

③ Type III - 간섭침전

④ Type IV - 응집침전

정답 3번

간단한 해설

Type III는 입자 농도가 높아 서로의 침강을 방해하면서 입자군이 함께 가라앉는 **간섭침전**이다. 입자들이 개별적으로 내려가기보다 하나의 층을 이루어 침강한다는 점이 특징이다.

선지별 해설

① X: Type I은 압축침전이 아니라 **독립입자침전**이다. 입자 농도가 낮고 입자 사이의 상호작용이 작아, 입자가 서로 응집하지 않고 각자 침강한다. 압축침전은 Type IV에 해당한다.

② X: Type II는 독립입자침전이 아니라 **응집침전**이다. 침강하는 동안 입자들이 서로 뭉쳐 크기가 커지고 침강속도가 달라진다. 입자가 응집하지 않고 독립적으로 침강하는 것은 Type I이다.

③ O: Type III는 간섭침전이다. 입자 농도가 높아 입자들이 서로의 침강에 영향을 주므로, 입자들이 상대적 위치를 대체로 유지하면서 **하나의 층을 이루어 침강**한다. 이러한 특성 때문에 지역침전 또는 층상침전이라고도 한다.

④ X: Type IV는 응집침전이 아니라 **압축침전**이다. 입자 농도가 매우 높아 입자들이 서로 접촉하여 구조를 이루고, 위에 쌓인 고형물의 무게로 아래층이 압축되면서 물이 빠져나온다. 응집침전은 Type II에 해당한다.

NoteBase

문 13. 기체크로마토그래피(gas chromatography)로 측정하기 부적합한 오염물질은?

① 벤젠

② 시안

③ 트리클로로에틸렌

④ 페놀

정답 2번

간단한 해설

시안은 수중에서 이온이나 금속 착물 형태로 존재할 수 있어 **일반적인 GC의 직접 분석에 부적합**하다. 통상 증류로 분리한 뒤 발색시켜 흡광도를 측정한다.

핵심 풀이

기체크로마토그래피(GC)는 시료를 기화시킨 뒤 운반기체로 칼럼에 통과시켜 성분을 분리하는 방법이다. 따라서 분석 조건에서 **분해되지 않고 기화할 수 있는지**가 중요한 적용 기준이다.

시안: 수중에서 시안화 이온이나 금속과 결합한 착물 형태로 존재할 수 있으므로, 이를 그대로 기화시켜 분리하는 일반적인 GC 직접 분석에는 적합하지 않다. 대표적인 분석법은 시안을 시안화수소로 증류하여 알칼리 용액에 포집한 다음, 발색 반응을 거쳐 흡광도를 측정하는 방법이다. 시안화수소가 휘발한다는 사실과 **수중 시안을 그대로 GC로 직접 분석할 수 있다는 것은 구별**해야 한다.

벤젠·트리클로로에틸렌·페놀: 벤젠과 트리클로로에틸렌은 휘발성 유기화합물로 GC 분석 대상이다. 페놀도 적절한 추출과 분석 조건을 갖추면 GC로 측정할 수 있다. 따라서 **상온에서 기체인 물질만 GC로 분석할 수 있는 것은 아니다**.

NoteBase

문 14. 밀도가 0.2 ton/m^{3}인 폐기물을 0.8 ton/m^{3}로 압축하였을 때 부피 감소율[%]은? (단, 압축 전후 폐기물의 질량 변화는 없다)

① 25

② 40

③ 75

④ 80

정답 3번

간단한 해설

질량이 일정하면 **부피는 밀도에 반비례**한다. 밀도가 4배가 되면 부피는 처음의 25%가 되므로, 부피 감소율은 75%이다.

계산 과정

압축 전후의 밀도를 각각 ρ_1, ρ_2, 부피를 각각 V_1, V_2라 하자. 밀도는 단위 부피당 질량이므로 질량은 밀도와 부피의 곱이다. **압축 전후 질량이 같으므로** $\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2$가 성립한다.

따라서 압축 후 부피가 처음 부피에서 차지하는 비율은 $\frac{V_2}{V_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{0.2}{0.8} = 0.25$이다. 두 밀도의 단위가 모두 ton/m^{3}이므로 별도의 단위 환산은 필요 없다. 이 값은 압축 후 **남은 부피가 처음의 25%**라는 뜻이다.

부피 감소율은 **압축 전 부피를 기준**으로 줄어든 부피의 비율을 구한다. 따라서 $\frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100 = (1 - 0.25) \times 100 = 75\%$이다. 계산한 부피 감소율 75%는 ③의 75에 해당한다.

NoteBase

문 15. 호소의 부영양화도를 평가하는 Carlson 지수 산정에 적용되는 항목만을 모두 고르면?

ㄱ. 투명도
ㄴ. 클로로필-a(Chl-a)
ㄷ. 총인(TP)
ㄹ. 총질소(TN)

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

정답 1번

간단한 해설

Carlson 지수는 조류량을 기준으로 호소의 영양상태를 평가한다. 총질소(TN)도 조류 성장에 관여하지만 **기본 산정 항목에는 포함되지 않는다**.

보기별 해설

Carlson 지수(TSI)는 호소의 조류량을 기준으로 영양상태를 수치화한 것이다. 조류량을 나타내거나 간접적으로 추정할 수 있는 항목을 이용한다.

ㄱ. 투명도: **세키 원판이 보이는 깊이**로 나타내며, Carlson 지수의 산정에 쓰인다. 조류가 많아져 빛의 투과를 방해하면 일반적으로 투명도가 낮아지므로, 조류량을 간접적으로 추정하는 지표가 된다.

ㄴ. 클로로필-a(Chl-a): 조류가 가진 광합성 색소로, 그 농도는 **조류량을 나타내는 지표**이다. 클로로필-a 농도가 높을수록 이를 이용해 산정한 Carlson 지수도 커진다.

ㄷ. 총인(TP): 조류 성장에 필요한 영양염류인 인의 총량을 나타내며, Carlson 지수의 산정에 쓰인다. 총인과 조류량 사이의 경험적 관계를 이용하므로, 총인 농도가 높을수록 이를 이용해 산정한 지수도 커진다.

ㄹ. 총질소(TN): 질소도 조류 성장에 필요한 영양소이지만, **Carlson의 기본 세 항목에는 포함되지 않는다**.
총질소를 이용하는 영양상태지수는 별도로 제안된 확장 지수이므로 기본 Carlson 지수와 구별한다.

따라서 적용되는 항목은 ㄱ·ㄴ·ㄷ이며, 이 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 16. 다음 제시문 중 (가), (나)에 들어갈 숫자를 바르게 연결한 것은?

파리협정은 산업화 전 수준 대비 지구 평균 기온 상승을 (가) °C 보다 현저히 낮은 수준으로 유지하고 (나) °C 이하로 제한하기 위한 노력을 추구한다.

① (가): 1.5, (나): 1.0
② (가): 2.0, (나): 1.5
③ (가): 2.5, (나): 2.0
④ (가): 3.0, (나): 2.5

정답 2번

공통 해설

산업화 전 수준 대비 지구 평균 기온 상승을 **2°C보다 현저히 낮게 유지**하고, **1.5°C로 제한하기 위한 노력을 추구**하는 것이 온도 목표이다.

파리협정 제2조 제1항 가목
가. 기후변화의 위험 및 영향을 상당히 감소시킬 것이라는 인식하에, 산업화 전 수준 대비 지구 평균 기온 상승을 섭씨 2도 보다 현저히 낮은 수준으로 유지하는 것 및 산업화 전 수준 대비 지구 평균 기온 상승을 섭씨 1.5도로 제한하기 위한 노력의 추구

NoteBase

문 17. 토양의 이온교환(ion exchange)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 양이온 교환반응은 비가역적이다.

② pH가 감소하면 토양의 양이온 교환용량도 감소한다.

③ 토양 1 kg이 보유하는 교환성 양이온의 총량은 cmol(centimole)로 표시한다.

④ 콜로이드 표면에 대한 흡착력이 큰 양이온을 순서대로 나열하면 Al^{3+}, Mg^{2+}, NH_4^+, Na^+이다.

정답 1번

간단한 해설

양이온 교환반응은 **가역적**이다. 토양 콜로이드에 붙어 있던 양이온은 토양용액의 다른 양이온과 교환되며, 용액의 이온 농도가 달라지면 교환 방향도 바뀔 수 있다.

선지별 해설

① X: 양이온 교환은 토양 콜로이드 표면에 흡착된 양이온과 토양용액 속 양이온이 서로 자리를 바꾸는 **가역반응**이다. 특정 양이온의 용액 중 농도가 높아지면 그 이온이 표면의 다른 양이온을 밀어내고 흡착될 수 있으며, 농도 조건이 달라지면 역방향 교환도 일어난다. 따라서 '비가역적'을 '가역적'으로 고쳐야 한다.

② O: pH가 낮아지면 수소 이온이 유기물이나 점토 표면의 작용기에 결합하여 **pH에 의존하는 음전하가 감소**한다. 양이온을 붙잡을 음전하 자리가 줄어들므로 양이온 교환용량도 일반적으로 감소한다. 이는 pH에 따라 변하는 전하에 관한 설명이며, 점토의 결정구조에서 생기는 영구전하까지 없어지는 것은 아니다.

③ O: 토양 1 kg을 기준으로 교환성 양이온의 총량을 센티몰 단위로 나타낸다는 뜻이다. 이때 기준은 이온 자체의 몰수가 아니라 **양전하의 양**이므로, 이를 명확히 표시한 단위는 cmol(+)/kg이다. 예를 들어 1가 양이온 1 cmol과 2가 양이온 1 cmol은 각각 양전하 1 cmol과 2 cmol에 해당한다.

④ O: 일반적인 양이온 흡착력 순서는 $Al^{3+} > Mg^{2+} > NH_4^+ > Na^+$이다. 음전하를 띤 콜로이드에는 대체로 **전하수가 큰 양이온이 더 강하게 흡착**되고, 같은 전하수에서는 수화된 이온의 크기도 영향을 준다. 암모늄 이온은 나트륨 이온보다 일반적으로 강하게 흡착된다.

NoteBase

문 18. 지하수 상류와 하류 두 지점의 수두차 2.0 m, 두 지점 사이의 수평거리 100 m, 투수계수(permeability coefficient) 50 m/day일 때, 대수층의 단면적이 10 m^2인 지하수의 유량[m^3/day]은? (단, Darcy 법칙을 이용하고, 공극률은 고려하지 않는다)

① 1

② 5

③ 10

④ 20

정답 3번

간단한 해설

Darcy 법칙에 따른 유량은 **투수계수 × 단면적 × 동수경사**이다. 수두차를 거리로 나눈 동수경사가 0.02이므로 유량은 10 m^3/day이다.

계산 과정

Darcy 법칙에서 유량의 크기는 $Q = KAi$로 구한다. Q는 유량, K는 투수계수 50 m/day, A는 대수층의 단면적 10 m^2, i는 동수경사이다. 유량은 단위 시간에 단면을 통과하는 물의 부피이며, **대수층 전체 단면적**을 기준으로 계산하므로 공극률을 따로 곱하거나 나누지 않는다.

동수경사는 **흐름 방향의 거리당 수두 감소량**이다. 수두차가 2.0 m이고 두 지점 사이의 수평거리가 100 m이므로 $i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{2.0}{100} = 0.02$이다. 길이를 길이로 나누므로 동수경사에는 단위가 없다.

투수계수에 동수경사를 곱하면 50 × 0.02 = 1 m/day이다. 이는 대수층의 단위 단면적당 통과 유량을 나타낸다. 여기에 단면적 10 m^2를 곱하면 Q = 1 × 10 = 10 m^3/day이다. 주어진 단위가 m와 day로 일치하므로 별도의 단위 환산은 필요하지 않으며, 계산한 10 m^3/day는 ③의 값에 해당한다.

NoteBase

문 19. 진동에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 주파수가 높은 파동일수록 진동레벨의 거리감쇠가 작다.

② 지반을 통해 전파되는 진동파의 종류에는 종파, 횡파, 표면파가 있다.

③ 지반 내에서 파동이 전파될 때, 진동원에서 멀어지면 파동의 진폭이 작아진다.

④ 철도 궤도에 자갈을 두는 것은 진동 제어를 위해 유효한 방법이다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '주파수가 높을수록 거리감쇠가 작다'는 관계가 반대이다. 같은 지반 조건에서는 일반적으로 **주파수가 높을수록 내부 감쇠가 커져** 거리에 따른 진동레벨 감소가 더 크다.

선지별 해설

① X: 진동의 거리감쇠에는 파동이 퍼지면서 생기는 기하학적 감쇠와 지반 내부에서 에너지가 소산되어 생기는 내부 감쇠가 있다. 같은 지반 조건에서는 일반적으로 주파수가 높을수록 내부 감쇠가 커지므로, '거리감쇠가 작다'를 **'거리감쇠가 크다'**로 고쳐야 한다.

② O: 지반을 통해 전달되는 진동파에는 종파, 횡파, 표면파가 있다. 종파는 지반 입자가 파동 진행 방향과 **평행하게** 진동하는 파이고, 횡파는 진행 방향과 **수직으로** 진동하는 파이다. 표면파는 지표면 부근을 따라 전파되며, 대표적으로 레일리파와 러브파가 있다.

③ O: 진동원에서 멀어질수록 파동 에너지가 더 넓은 영역으로 퍼지고, 지반 내부의 마찰 등으로 일부 에너지가 소산된다. 이러한 **기하학적 감쇠와 내부 감쇠** 때문에 일반적으로 거리가 증가하면 파동의 진폭이 작아진다.

④ O: 철도 궤도에 까는 자갈층을 자갈도상이라고 한다. 자갈 입자 사이의 상대 운동과 마찰로 **진동 에너지의 일부가 소산**되므로, 열차 운행으로 생기는 충격과 진동의 전달을 줄이는 데 유효하다.

NoteBase

문 20. 「환경영향평가법 시행령」상 환경영향평가의 생활환경 분야 세부평가 항목에 해당되지 않는 것은?

① 소음·진동
② 악취
③ 위락·경관
④ 친환경적 자원 순환

정답 2번

①
소음·진동은 환경영향평가의 **생활환경 분야** 세부평가 항목이다.

환경영향평가법 시행령 [별표 1] 환경영향평가등의 분야별 세부평가항목(제2조제1항 관련)
2) 소음 · 진동

②
악취는 생활환경 분야가 아니라 **대기환경 분야**의 세부평가 항목이다.

환경영향평가법 시행령 [별표 1] 환경영향평가등의 분야별 세부평가항목(제2조제1항 관련)
3) 악취

③
위락·경관은 환경영향평가의 **생활환경 분야** 세부평가 항목이다.

환경영향평가법 시행령 [별표 1] 환경영향평가등의 분야별 세부평가항목(제2조제1항 관련)
3) 위락 · 경관

④
친환경적 자원 순환은 환경영향평가의 **생활환경 분야** 세부평가 항목이다.

환경영향평가법 시행령 [별표 1] 환경영향평가등의 분야별 세부평가항목(제2조제1항 관련)
1) 친환경적 자원 순환

NoteBase