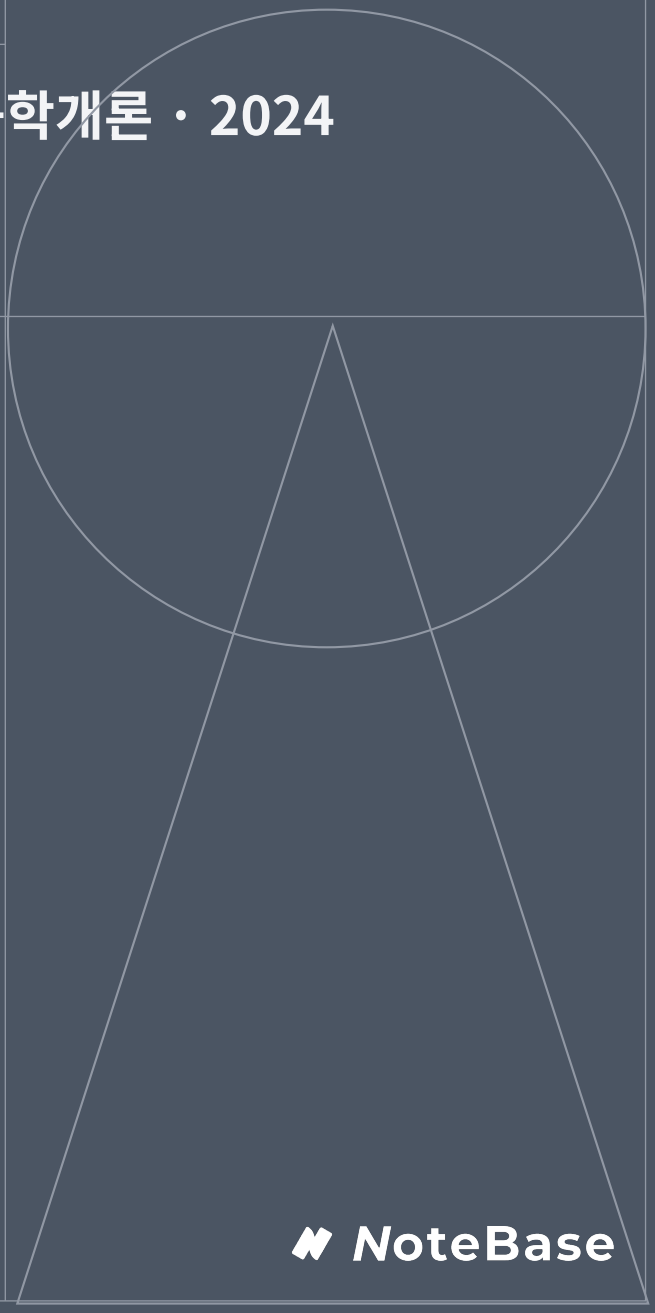
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 환경공학개론 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 환경공학개론 · 2024

공무원/지방직/9급 · 환경공학개론 · 2024

문 1. 「물환경보전법」상 점오염원과 비점오염원에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 농지는 점오염원에 속한다.

② 도시, 도로, 산지는 점오염원에 속한다.

③ 폐수 배출시설의 관로는 비점오염원에 속한다.

④ 비점오염원은 불특정 장소에서 불특정하게 오염물질을 배출하는 오염원이다.

정답 4번

①

농지는 불특정 장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 **비점오염원**에 속한다.

물환경보전법 제2조 제2호
물환경보전법 제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2016.1.27, 2017.1.17, 2018.10.16, 2021.4.13, 2024.2.27, 2025.10.1>
2. "비점오염원"(非點汚染源)이란 도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등으로서 불특정 장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 배출원을 말한다.

②

도시·도로·산지는 불특정 장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 **비점오염원**에 속한다.

물환경보전법 제2조 제2호
물환경보전법 제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2016.1.27, 2017.1.17, 2018.10.16, 2021.4.13, 2024.2.27, 2025.10.1>
2. "비점오염원"(非點汚染源)이란 도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등으로서 불특정 장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 배출원을 말한다.

NoteBase

③

폐수배출시설처럼 **관로·수로 등을 통하여 일정한 지점으로 수질오염물질을 배출하는 배출원은 점오염원**이다.

물환경보전법 제2조 제1호의2
물환경보전법 제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2016.1.27, 2017.1.17, 2018.10.16, 2021.4.13, 2024.2.27, 2025.10.1>
1의2. "점오염원"(點汚染源)이란 폐수배출시설, 하수발생시설, 축사 등으로서 관로 · 수로 등을 통하여 일정한 지점으로 수질오염물질을 배출하는 배출원을 말한다.

④

비점오염원은 도시·도로·농지·산지·공사장 등으로서 **불특정 장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 배출원**이다.

물환경보전법 제2조 제2호
물환경보전법 제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다. <개정 2016.1.27, 2017.1.17, 2018.10.16, 2021.4.13, 2024.2.27, 2025.10.1>
2. "비점오염원"(非點汚染源)이란 도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등으로서 불특정 장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 배출원을 말한다.

NoteBase

문 2. 공장폐수의 BOD_5 측정에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 시료를 결정된 희석 배율로 희석한다.

② 측정을 위해 호기성 미생물을 식종한다.

③ 질소산화물의 산화로 소비된 DO를 측정한다.

④ 20 °C에서 5일간 배양했을 때 소비된 DO를 측정한다.

정답 3번

간단한 해설

③의 '질소산화물의 산화'가 잘못된 설명이다. BOD_5는 호기성 미생물이 **생분해성 유기물을 분해·산화할 때 소비하는 용존산소(DO)**를 이용해 유기물 오염 정도를 평가한다.

선지별 해설

① O: 유기물 농도가 높은 폐수를 그대로 배양하면 산소가 모두 소모되어 산소요구량을 제대로 측정하기 어렵다. 따라서 배양 후에도 **DO가 남도록 적절한 배율로 희석**하고, 측정한 산소 소비량에 희석 배율을 반영한다.

② O: 식종은 유기물을 분해할 미생물을 시료나 희석수에 넣는 것이다. 공장폐수에 유기물 분해에 필요한 미생물이 부족하면 **호기성 미생물을 식종**하여 생물학적 분해가 일어나도록 한다. 식종한 미생물 자체의 산소 소비량은 보정한다.

③ X: BOD_5는 호기성 미생물이 **생분해성 유기물을 분해·산화하면서 소비하는 DO**를 측정하는 지표이다. '질소산화물의 산화로 소비된 DO'는 '유기물의 생물학적 분해·산화로 소비된 DO'로 고쳐야 한다.

④ O: BOD_5의 표준 배양 조건은 **20 °C에서 5일간**이다. 배양 전후의 DO 차이로 산소 소비량을 구하며, 광합성에 의한 산소 생성을 막기 위해 어두운 곳에서 배양한다. 필요한 희석 및 식종 보정을 거쳐 시료의 BOD_5를 산출한다.

NoteBase

문 3. 호수에서 부영양화가 증가하는 원인이 아닌 것은?

① 호수에 담긴 물의 체류 시간 감소

② 강우로 인한 영양염류의 유입 증가

③ 호수 주변에서 질소, 인의 유입 증가

④ 인간 활동에 의한 영양물질의 유입 증가

정답 1번

간단한 해설

물의 **체류 시간 감소**는 물의 교환을 빠르게 하여 조류가 호수 밖으로 유출되도록 한다. 다른 조건이 같다면 조류가 증식·축적할 시간이 줄어들므로, 일반적으로 부영양화를 억제하는 방향으로 작용한다.

선지별 해설

부영양화는 호수에 질소·인 같은 영양염류가 과도하게 공급되어 조류 등 수중 생물의 생산이 지나치게 증가하는 현상이다. 영양염류의 공급뿐 아니라 물이 호수에 머무는 시간도 조류의 증식과 축적에 영향을 준다.

① X: 체류 시간은 물이 호수 안에 머무는 시간이다. 다른 조건이 같을 때 체류 시간이 짧아지면 물의 교환이 빨라져 조류가 유출되고, 호수 안에서 증식·축적할 시간이 줄어든다. 따라서 체류 시간 감소는 일반적으로 부영양화를 억제하며, 부영양화를 촉진하는 조건은 **체류 시간의 증가**이다.

② O: 강우 시 빗물이 지표면을 따라 흐르면서 토양이나 비료 등에 있던 질소·인을 호수로 운반할 수 있다. 선지처럼 **영양염류의 유입이 증가**하면 조류의 성장에 필요한 영양분 공급이 늘어나 부영양화를 촉진한다.

③ O: 질소와 인은 **조류의 생장에 필요한 주요 영양원**이다. 호수 주변에서 이들의 유입이 증가하면 조류가 이용할 수 있는 영양염류가 많아져 과도한 증식이 일어나기 쉬워진다.

④ O: 생활하수의 배출, 비료 사용, 축산 활동 등은 호수로 들어가는 질소·인의 양을 늘릴 수 있다. 이러한 **인간 활동에 따른 영양물질 유입**은 호수의 부영양화를 촉진한다.

NoteBase

문 4. 폐기물 관리 시 폐기물 발생단계에서 최우선으로 고려해야 할 사항은?

① 폐기물의 소각

② 안정적인 매립

③ 발생 억제 및 최소화

④ 연소 시 발생하는 폐열 및 에너지의 회수

정답 3번

간단한 해설

폐기물 관리에서는 **발생 자체를 억제하고 발생량을 최소화**하는 것을 우선한다. 처음부터 폐기물을 줄이면 이후 수거·처리할 양과 그에 따른 환경부담도 줄어든다.

선지별 해설

비교 기준은 폐기물이 생기기 전에 발생을 줄이는 대책인지, 이미 생긴 폐기물을 처리하거나 이용하는 대책인지이다. 발생 억제는 이후 처리해야 할 양 자체를 줄이므로 우선한다.

① 폐기물의 소각: 이미 발생한 폐기물을 태워 부피를 줄이는 처리 방법이다. **발생 후의 처리**이므로 발생단계에서 폐기물 자체를 줄이는 대책보다 우선하지 않는다.

② 안정적인 매립: 이미 발생한 폐기물이나 처리 후 잔재물을 매립하여 관리하는 방법이다. 안전하게 관리하더라도 **발생량을 줄이는 대책은 아니므로** 발생 억제보다 후순위이다.

③ 발생 억제 및 최소화: 원료 사용이나 생산·소비 방식을 개선하여 **폐기물이 생기지 않게 하거나 그 양을 줄이는** 대책이다. 예를 들어 불필요한 포장을 줄이면 버려지는 포장재도 줄어든다. 처리 대상 자체를 줄인다는 점에서 가장 우선한다.

④ 연소 시 발생하는 폐열 및 에너지의 회수: 폐기물을 태울 때 나오는 열을 난방이나 발전 등에 이용하는 방법이다. 에너지를 회수할 수 있지만 **이미 발생한 폐기물을 이용**하므로 발생 억제보다 우선하지 않는다.

따라서 발생단계의 최우선 대책은 ③의 발생 억제 및 최소화이다.

NoteBase

문 5. 해양유류오염 발생 시 방제 조치로 옳지 않은 것은?

① 유출된 유류를 유흡착재로 회수하여 제거한다.

② 유처리제를 살포하여 유류를 분산시킨다.

③ 유류제거 선박을 이용하여 유류를 흡입 회수한다.

④ 깨끗한 심층수로 희석 확산시켜 유류의 농도를 낮춘다.

정답 4번

간단한 해설

유류는 물에 잘 녹지 않으므로 **깨끗한 심층수로 단순히 희석하는 방법**은 적절한 방제 조치가 아니다. 물을 더해 농도를 낮추려 해도 유류 자체가 제거되거나 분해되는 것은 아니며, 오염 범위가 넓어질 수 있다.

선지별 해설

① O: 유흡착재는 물보다 기름을 잘 붙잡는 성질을 이용한다. 수면의 유류를 흡착시킨 뒤 **유흡착재를 수거하여 유류를 함께 제거**하는 물리적 방제 방법이다.

② O: 유처리제는 유류와 물 사이의 계면장력을 낮추어 기름막을 **작은 기름방울로 분산**시킨다. 유류를 직접 회수하는 방법은 아니지만, 수면의 기름막을 줄이고 미생물에 의한 분해가 이루어지기 쉽게 한다. 실제 사용 여부는 유류의 성질과 해역 조건, 생태계 영향을 고려하여 결정한다.

③ O: 유류제거 선박은 수면의 기름을 모아 흡입하거나 유회수기로 거두어 저장한다. 유류를 바닷물에서 분리하여 회수하므로 **해양에 남아 있는 유류의 양을 줄이는** 물리적 방제 방법이다.

④ X: 유류는 물에 잘 녹지 않고 대체로 수면에 뜨므로, 깨끗한 심층수를 공급하는 것만으로 기름막을 효과적으로 희석·처리하기 어렵다. 단순한 희석은 유류를 제거하거나 분해하지 않으며 오염 범위를 넓힐 수 있다. 따라서 심층수로 희석하기보다 **유흡착재나 유회수기로 회수**하고, 필요한 경우 해역 조건에 맞는 유처리제 사용을 검토해야 한다. 유처리제로 작은 기름방울을 만드는 분산 처리와 물을 더하는 단순 희석은 구별한다.

NoteBase

문 6. 수질오염물질 지표인 COD와 TOC에 대한 내용으로 옳지 않은 것은?

① TOC는 유기물질 내의 탄소량을 CO_2로 전환하여 측정한다.
② COD값이 작을수록 오염물질이 많아 수질이 나쁨을 의미한다.
③ COD는 수중 유기물을 강한 산화제로 산화시킨 후 측정된 산소요구량이다.
④ 2024년 현재, TOC가 물환경보전법령상의 배출허용기준 항목으로 적용되고 있다.

정답 2번

①

TOC는 시료의 **유기탄소를 이산화탄소로 산화한 뒤 생성량을 측정**하여 유기탄소의 총량을 구한다.

②

COD는 유기물 등 피산화성 물질을 산화하는 데 필요한 산소량이다. 일반적으로 **COD값이 클수록 유기물 오염도가 높다**. 선지는 크고 작음의 관계를 반대로 설명한다.

③

COD는 과망간산칼륨이나 중크롬산칼륨 같은 강한 산화제로 수중 유기물 등을 산화시킬 때 **소모된 산화제의 양을 산소량으로 환산한 값**이다.

④

2024년 당시 총유기탄소량(TOC)은 **폐수배출시설의 수질오염물질 배출허용기준 항목**에 포함되어 있었다.

물환경보전법 시행규칙(2023. 4. 4. 일부개정, 환경부령 제1027호) 별표 13 제2호가목2)
https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/1h3n0ENe6hqK1IV4QzEUIglgSC-5QeacN.webp

NoteBase

문 7. 유기성 폐기물을 혐기성 소화 시 나오는 가스의 성분 중 에너지로 사용되는 것은?

① NO_2

② CH_4

③ HCHO

④ PAN

정답 2번

간단한 해설

혐기성 소화로 생성되는 바이오가스에서 **메탄**(CH_4)은 연소할 때 열을 내므로 연료로 이용된다.

핵심 풀이

혐기성 소화는 산소가 없는 조건에서 미생물이 유기물을 분해하는 과정이다. 이때 생성되는 바이오가스의 주요 성분은 메탄과 이산화탄소이며, 그중 **연료로 이용되는 성분은 메탄**(CH_4)이다. 메탄을 태우면 화학 에너지가 열로 방출되므로 난방에 이용하거나 발전하여 전기를 생산할 수 있다.

이산화질소(NO_2), 포름알데히드(HCHO), PAN은 혐기성 소화가스에서 에너지를 회수하는 주된 연료 성분에 해당하지 않는다. 유기물 분해로 가스가 발생한다는 점에 더해, 그 가스 중 **연소하여 에너지를 공급하는 성분**을 구별해야 한다.

NoteBase

문 8. 폐기물의 열분해에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 다이옥신류의 발생량이 소각에 비해 많다.

② 열분해는 흡열반응이고 소각은 발열반응이다.

③ 열분해생성물 수율은 운전온도와 가열속도에 영향을 받는다.

④ 폐기물을 무산소 또는 저산소 상태에서 가열하여 연료를 생산한다.

정답 1번

간단한 해설

열분해는 산소 공급을 제한하여 폐기물을 분해하므로 다이옥신류의 생성이 억제된다. 따라서 발생량이 소각보다 '많다'는 표현은 일반적으로 **'적다'**로 고쳐야 하며, 전혀 발생하지 않는다는 뜻은 아니다.

선지별 해설

① X: 열분해의 무산소·저산소 조건에서는 다이옥신류 생성에 관여하는 산소가 제한되므로, 소각에 비해 다이옥신류의 발생이 **일반적으로 적다**. 따라서 '발생량이 소각에 비해 많다'는 설명을 반대로 고쳐야 한다. 다만 폐기물의 조성과 산소 유입, 후단 연소·냉각 조건 등에 따라 생성될 수 있으므로 발생량이 항상 0인 것은 아니다.

② O: 열분해는 폐기물의 유기물을 열로 분해하기 위해 **열을 공급받는 흡열 과정**이다. 소각은 유기물이 산소와 반응하면서 열을 방출하는 발열 과정이다. 열분해에서 회수한 가스 등을 연소하여 필요한 열을 공급할 수 있지만, 그 연소와 열분해 자체는 구분해야 한다.

③ O: 수율은 투입한 폐기물에 대해 각 생성물이 얻어지는 비율이다. **운전온도와 가열속도**가 달라지면 유기물의 분해와 생성물의 추가 분해 정도가 달라지므로, 가스·액상유·고형 탄화물의 생성 비율도 달라진다.

④ O: 열분해는 폐기물을 **무산소 또는 저산소 상태에서 가열**하여 유기물을 분해하는 방법이다. 충분한 산소를 공급하여 태우는 소각과 달리, 가연성 가스·액상유·고형 탄화물 등을 얻어 연료로 이용할 수 있다.

NoteBase

문 9. 방음 대책 중 소음의 전파·전달 경로 대책으로 옳지 않은 것은?

① 음원을 제거한다.

② 음의 방향을 변경한다.

③ 발생원과의 거리를 멀리한다.

④ 방음벽을 설치하여 소리를 흡수한다.

정답 1번

간단한 해설

음원을 제거하는 것은 소음이 발생하는 원인 자체를 없애는 **음원 대책**이다. 전파·전달 경로 대책은 발생한 소음이 수음점에 도달하는 과정에서 전달되는 소리를 줄이는 방법이다.

선지별 해설

① X: 음원을 제거하면 소음의 발생 자체가 없어지므로 **음원 대책**에 해당한다. 소음이 발생한 뒤 전달되는 과정을 조절하는 경로 대책과 구별해야 한다.

② O: 음이 강하게 전달되는 방향을 수음점에서 벗어나도록 바꾸면 수음점에 도달하는 소음을 줄일 수 있다. 이는 **소리가 전달되는 방향**을 조절하는 경로 대책이다.

③ O: 발생원과 수음점 사이의 거리를 늘리면 소리가 전파되는 동안 에너지가 더 넓게 퍼져 수음점의 소음이 줄어든다. 따라서 **이격거리를 확보**하는 것은 전파 경로 대책이다.

④ O: 방음벽은 음원과 수음점 사이에서 **소리의 직접 전달을 차단**하는 경로 대책이다. 흡음재를 사용한 방음벽은 입사한 소리의 일부를 흡수하여 반사음도 줄인다. 모든 방음벽이 흡음만으로 소음을 줄이는 것은 아니며, 차음과 흡음의 작용을 구별한다.

NoteBase

문 10. 단위 시간당 진동속도의 변화량인 진동가속도 1 Gal과 같은 값은?

① 1 cm/s^2
② 1 m/s^2
③ 1 mm/s^2
④ 1 dm/s^2

정답 1번

간단한 해설

Gal은 **1 cm/s^2를 나타내는 가속도 단위**이다. 따라서 1 Gal은 진동속도가 1초당 1 cm/s만큼 변하는 가속도에 해당한다.

공통 해설

Gal은 CGS 단위계의 가속도 단위로, **1 Gal = 1 cm/s^2**로 정의된다. 이는 속도가 1초 동안 1 cm/s만큼 변할 때의 평균 가속도를 뜻한다. 속도의 단위 cm/s를 시간 단위 s로 나누므로 가속도의 단위는 cm/s^2가 된다.

이 문항의 후보들은 수치가 모두 1이고 시간 단위도 s^2로 같으며, 길이 단위만 다르다. 1 Gal의 정의에 쓰인 길이 단위는 cm이므로, 같은 값을 나타내는 것은 1 cm/s^2이다.

NoteBase

문 11. 물의 경도(hardness)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 경도가 큰 물은 물때(scale)를 생성하여 온수 파이프를 막을 수 있다.

② 경도가 50 mg/L as $CaCO_3$ 이하인 물을 경수라 한다.

③ Ca^{2+}와 Mg^{2+} 등의 농도 합으로 구한다.

④ 알칼리도가 총경도보다 작을 때 탄산경도는 알칼리도와 같다.

정답 2번

간단한 해설

경도가 50 mg/L as $CaCO_3$ 이하인 물은 경도가 낮은 **연수**에 해당한다. 경수는 칼슘·마그네슘 등 경도 유발 이온이 많이 들어 있어 경도가 큰 물이다.

선지별 해설

① O: 경도가 큰 물을 가열하면 탄산칼슘 등의 성분이 침전하여 관 안쪽에 **스케일이 쌓일 수 있다**. 침전물이 누적되면 관의 통수 면적이 줄어들어 온수 파이프가 막히거나 열전달이 저하될 수 있다.

② X: 경도가 50 mg/L as $CaCO_3$ 이하인 물은 경도 유발 이온이 적은 **연수**에 해당한다. 선지의 '경수'를 '연수'로 고쳐야 한다. 경수는 칼슘·마그네슘 등의 함량이 많아 경도가 큰 물을 뜻한다.

③ O: 경도는 주로 물에 녹아 있는 Ca^{2+}와 Mg^{2+} 등 다가 금속 양이온에 의해 생긴다. 각 이온이 유발하는 경도를 **$CaCO_3$ 환산 농도로 통일하여 합산**한다. 이온별 질량농도를 단순히 더하는 것이 아니라 같은 당량 기준으로 환산한 값을 더한다는 뜻이다.

④ O: 탄산경도는 총경도 중 탄산염·중탄산염 알칼리도에 대응하는 부분이다. 총경도와 알칼리도를 같은 mg/L as $CaCO_3$ 단위로 나타내면 탄산경도는 **총경도와 알칼리도 중 작은 값**이다. 따라서 알칼리도가 총경도보다 작으면 탄산경도는 알칼리도와 같고, 총경도의 나머지 부분은 비탄산경도가 된다.

NoteBase

문 12. 탄소중립 사회로의 이행에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 배출되는 온실가스를 흡수, 제거한다.

② 재생에너지인 천연가스 보급률을 높인다.

③ 탄소 순배출량을 0으로 하는 것이 목표이다.

④ 수력, 태양에너지를 이용해 탄소 배출량을 줄일 수 있다.

정답 2번

간단한 해설

천연가스는 **재생에너지가 아니라 화석연료**이다. 연소할 때 이산화탄소가 배출되므로, 천연가스 보급 확대를 재생에너지 확대와 같은 의미로 볼 수 없다.

선지별 해설

① O: 온실가스 배출을 줄이는 것과 함께, 남은 배출량을 **흡수·제거하여 상쇄**하는 것은 탄소중립의 실현 수단이다. 예를 들어 산림은 광합성을 통해 대기 중 이산화탄소를 흡수한다.

② X: 천연가스는 지하에 매장된 자원을 채굴하여 사용하는 **화석연료**이며, 자연적으로 지속해서 보충되는 재생에너지가 아니다. 연소할 때 이산화탄소를 배출하므로 '재생에너지인 천연가스'라는 분류가 잘못되었다. 재생에너지 확대의 예로는 태양에너지나 수력의 이용을 들 수 있다.

③ O: 탄소중립은 온실가스 배출량에서 흡수·제거량을 뺀 **순배출량을 0**으로 만드는 것을 목표로 한다. 모든 배출을 없애야 한다는 뜻이 아니라, 배출을 최대한 줄이고 남은 양을 흡수·제거하여 균형을 맞춘다는 뜻이다.

④ O: 수력은 물의 위치에너지를, 태양에너지는 태양에서 오는 에너지를 이용한다. 이를 통해 **화석연료의 연소를 줄이면** 에너지 공급 과정에서 발생하는 탄소 배출량을 줄일 수 있다.

NoteBase

문 13. 황 함유 화석연료의 완전연소 시 주로 발생하는 1차 오염물질로서 황화합물에 해당하는 물질은?

① SO_2

② H_2S

③ CH_3SH

④ $(NH_4)_2SO_4$

정답 1번

간단한 해설

황 함유 화석연료를 완전연소시키면 연료 속 황이 산소와 반응하여 주로 **이산화황**을 생성한다. 이산화황은 연소 과정에서 대기로 직접 배출되므로 1차 오염물질이다.

핵심 풀이

황 함유 화석연료의 완전연소에서는 연료 속 황이 산소와 결합하여 주로 이산화황 SO_2으로 배출된다. 1차 오염물질은 발생원에서 대기로 직접 배출되는 물질이므로, **완전연소와 직접 배출**이라는 두 조건에 해당하는 물질은 이산화황이다.

황화수소 H_2S와 메틸메르캅탄 CH_3SH도 황화합물이지만, 황이 환원된 형태의 물질이다. 이들은 **산소가 충분한 완전연소의 주된 황 생성물이 아니다**. 황을 포함한다는 조건만으로 고르면 연소 조건을 놓치게 된다.

황산암모늄 $(NH_4)_2SO_4$은 대기 중에서 이산화황의 산화로 생긴 황산 성분이 암모니아와 반응하여 형성될 수 있는 황산염 입자이다. 이러한 생성 경로는 배출된 물질의 대기 중 반응에 따른 **2차 오염물질 형성**에 해당하므로, 연소에서 직접 나오는 주된 황화합물과 구별한다.

NoteBase

문 14. 에틸렌 1 mol이 완전연소될 경우, 부피 기준 공연비(AFR)는? (단, 모든 기체는 이상기체 상태이며, 온도와 압력은 일정하고 공기 중 산소의 부피비는 0.21이다)

① 3.0

② 9.5

③ 1.4×10

④ 2.4×10

정답 3번

간단한 해설

에틸렌 1 mol의 완전연소에는 산소 3 mol이 필요하다. 공기의 **산소 부피비 0.21**을 반영하면 필요한 공기는 약 14.3 mol이며, 같은 온도·압력에서 부피 기준 공연비는 약 1.4×10이다.

계산 과정

공연비(AFR)는 연료에 대한 공기의 비이다. 이 문제에서는 완전연소에 필요한 이론 공기량을 구한 뒤, 공기 부피를 에틸렌 부피로 나눈다. 모든 기체가 이상기체이고 **온도와 압력이 같으므로 부피비는 몰수비와 같다**.

① 필요 산소량: 에틸렌의 분자식은 C_2H_4이며, 완전연소하면 이산화탄소와 물이 생성된다. 반응식은 $C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$이다. 탄소 2개와 수소 4개에 맞춰 생성물을 정하면 산소 원자 6개가 필요하므로, 에틸렌 1 mol당 산소 3 mol이 필요하다.

② 필요 공기량: 공기 중 산소의 부피비가 0.21이므로 몰수비도 0.21이다. 따라서 **필요 산소량을 산소 비율로 나누어** 전체 공기량을 구한다. 필요한 공기의 몰수는 n_공기 = (3)/(0.21) ≈ 14.29 mol이다. 이 값은 에틸렌 1 mol을 완전연소시키는 데 필요한 공기량이다.

③ 부피 기준 공연비: AFR = V_공기V_연료 = n_공기n_연료이므로, AFR = $\frac{14.29}{1} \approx 14.3$이다. 공기와 연료의 부피를 같은 단위로 나눈 비이므로 단위는 없다. 선택지의 유효숫자에 맞추면 1.4×10으로, ③과 일치한다.

NoteBase

문 15. 수소 분자가 10 wt%, 수분이 15 wt% 함유된 도시 폐기물의 고위발열량이 3600 kcal/kg일 때, Dulong식을 사용하여 계산한 저위발열량[kcal/kg]은? (단, 온도는 일정하고, 물의 증발열은 600 kcal/kg이다)

① 2730

② 2850

③ 2970

④ 3150

정답 3번

간단한 해설

저위발열량은 고위발열량에서 **수소의 연소로 생긴 물과 원래 함유된 수분의 증발열**을 뺀 값이다. 폐기물 1 kg당 물 1.05 kg의 증발에 630 kcal가 필요하므로, 저위발열량은 3600 − 630 = 2970 kcal/kg이다.

계산 과정

고위발열량은 연소 후 수증기가 응축할 때 회수되는 잠열까지 포함한다. 저위발열량은 이 잠열을 회수하지 않는 경우이므로, **연소로 생성된 물과 기존 수분을 모두 포함**하여 증발열을 뺀다. 수소와 수분의 질량분율을 각각 h, w라 하면, 주어진 증발열을 적용한 관계식은 $Q_L = Q_H - 600(9h + w)$이다. 여기서 Q_H와 Q_L의 단위는 kcal/kg이다.

폐기물 1 kg을 기준으로 하면 수소 10 wt%는 0.10 kg, 수분 15 wt%는 0.15 kg이다. 수소가 연소하여 물이 될 때 수소 2 kg당 물 18 kg이 생성되므로, 생성되는 물의 질량은 수소 질량의 $\frac{18}{2} = 9$배이다. 따라서 수소의 연소로 생성되는 물은 $9 \times 0.10 = 0.90$ kg이다.

증발하는 물의 총질량은 0.90 + 0.15 = 1.05 kg이다. 이는 **폐기물 1 kg당 증발하는 물의 양**이며, 여기에 물의 증발열 600 kcal/kg을 곱하면 차감할 열량은 $600 \times 1.05 = 630$ kcal이다.

따라서 저위발열량은 3600 − 630 = 2970 kcal/kg으로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 16. 토양증기추출법(Soil Vapor Extraction, SVE)의 장점이 아닌 것은?

① 통기대 깊이에서 유용하다.

② 오염된 본래의 장소에서 현장처리가 가능하다.

③ 제거되는 물질 일부는 활성탄으로 흡착할 수 있다.

④ 휘발성이 낮은 물질의 제거 효율이 높다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '휘발성이 낮은 물질의 제거 효율이 높다'는 설명은 반대이다. 토양증기추출법은 오염물질을 기체 상태로 이동시켜 추출하므로 **휘발성이 높은 물질의 제거에 적합하다**.

선지별 해설

① O: 통기대는 지하수위 위에 있어 토양 공극에 공기가 존재하는 불포화 영역이다. 토양증기추출법은 진공을 걸어 공극 속 공기의 흐름을 만들므로, **공기가 잘 통하는 통기대**의 오염물질 제거에 유용하다.

② O: 오염된 토양에 추출정을 설치하고 진공으로 오염 증기를 회수한다. 따라서 토양을 굴착해 다른 곳으로 옮기지 않고 **본래의 장소에서 현장처리**할 수 있다.

③ O: 토양에서 추출한 기체에는 휘발성 오염물질이 포함되어 있으므로 배출 전에 후처리한다. 이때 **활성탄 흡착**을 이용해 기체 속 오염물질 일부를 활성탄 표면에 붙잡아 제거할 수 있다.

④ X: 토양증기추출법은 토양에 있던 오염물질을 휘발시켜 기체로 이동시킨 뒤 공기와 함께 추출하는 방법이다. 휘발성이 낮으면 기체로 이동하기 어려워 제거에 불리하므로, '휘발성이 낮은 물질'을 **'휘발성이 높은 물질'**로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 17. 「환경정책기본법 시행령」 상 '수질 및 수생태계'에 대한 하천의 생활환경 기준에서 '좋음' 등급의 기준으로 옳지 않은 것은?

① 총유기탄소량(TOC): 3 mg/L 이하
② 용존산소(DO): 5.0 mg/L 이하
③ 총인(total phosphorus): 0.04 mg/L 이하
④ 총대장균군: 500 군수/100 mL 이하

정답 2번

①

하천 생활환경 기준의 '좋음(Ib)' 등급은 총유기탄소량(TOC)이 **3 mg/L 이하**이다.

환경정책기본법 시행령 별표 1 제3호가목2)
https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/13kSqdN-FIZ0-P-eCkH5V1R8Ry4p2IOeZ.webp

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/1EqpMyE3Lt6VeF_HUciCdd9DgvMGrt8RR.webp

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/1h_uy12M7WKO3HEaUjN6JCO7eTCWkvlSY.webp

4. 화학적 산소요구량(COD) 기준은 2015년 12월 31일까지 적용한다.

NoteBase

②

하천 생활환경 기준의 '좋음(Ib)' 등급은 용존산소량(DO)이 **5.0 mg/L 이상**이다. 선지는 '이상'을 '이하'로 뒤바꾸었다.

환경정책기본법 시행령 별표 1 제3호가목2)
https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/13kSqdN-FIZ0-P-eCkH5V1R8Ry4p2IOeZ.webp

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/1EqpMyE3Lt6VeF_HUciCdd9DgvMGrt8RR.webp

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/1h_uy12M7WKO3HEaUjN6JCO7eTCWkvlSY.webp

4. 화학적 산소요구량(COD) 기준은 2015년 12월 31일까지 적용한다.

③

하천 생활환경 기준의 '좋음(Ib)' 등급은 총인 농도가 **0.04 mg/L 이하**이다.

환경정책기본법 시행령 별표 1 제3호가목2)
https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/13kSqdN-FIZ0-P-eCkH5V1R8Ry4p2IOeZ.webp

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/1EqpMyE3Lt6VeF_HUciCdd9DgvMGrt8RR.webp

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/1h_uy12M7WKO3HEaUjN6JCO7eTCWkvlSY.webp

4. 화학적 산소요구량(COD) 기준은 2015년 12월 31일까지 적용한다.

NoteBase

④

하천 생활환경 기준의 '좋음(Ib)' 등급은 총대장균군이 **500 군수/100 mL 이하**이다.

환경정책기본법 시행령 별표 1 제3호가목2)
https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/13kSqdN-FIZ0-P-eCkH5V1R8Ry4p2IOeZ.webp

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/1EqpMyE3Lt6VeF_HUciCdd9DgvMGrt8RR.webp

https://d2u7om5rih5x7z.cloudfront.net/ox-images/drive-repair/1h_uy12M7WKO3HEaUjN6JCO7eTCWkvlSY.webp

4. 화학적 산소요구량(COD) 기준은 2015년 12월 31일까지 적용한다.

NoteBase

문 18. 다음 중 오존파괴지수(Ozone Depletion Potential, ODP)가 가장 큰 물질은?

① CFC-11

② CFC-113

③ CCl_4

④ Halon-1301

정답 4번

간단한 해설

Halon-1301의 오존파괴지수는 몬트리올 의정서 기준 **10**으로, CFC-11을 1로 놓았을 때 다른 후보보다 훨씬 크다.

선지별 해설

오존파괴지수(ODP)는 같은 질량의 물질을 배출했을 때 오존층에 미치는 영향을 CFC-11과 비교한 상대값이다. **CFC-11의 ODP를 1**로 정하며, 값이 클수록 단위 질량당 오존파괴 영향이 크다. 아래 수치는 몬트리올 의정서의 ODP 기준값이다.

① CFC-11: ODP는 1.0이다. 오존파괴지수를 정하는 기준 물질이므로 다른 물질의 상대적인 영향을 비교하는 출발점이 된다.

② CFC-113: ODP는 0.8이다. 같은 질량을 배출했을 때의 오존파괴 영향은 CFC-11의 0.8배로, 기준 물질보다 작다.

③ 사염화탄소(CCl_4): ODP는 1.1이다. CFC-11보다 오존파괴 영향이 약간 크지만 Halon-1301보다는 작다.

④ Halon-1301: ODP는 **10**이다. 성층권에서 분해되면서 오존파괴에 관여하는 브로민을 방출하는 물질이며, 이 기준에서 같은 질량의 CFC-11보다 오존파괴 영향이 10배 크다.

ODP를 비교하면 Halon-1301(10) > 사염화탄소(1.1) > CFC-11(1.0) > CFC-113(0.8)이므로, 가장 큰 물질은 ④ Halon-1301이다.

NoteBase

문 19. 공기희석관능법에 의한 복합악취의 악취판정에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 악취강도별 기준용액은 n-발레르산(n-valeric acid)을 사용하여 제조한다.

② 악취강도 1은 감지 냄새(threshold)로서 무슨 냄새인지 알 수 있는 정도이다.

③ 악취강도 4는 극심한 냄새(very strong)로서 병원에서 크레졸 냄새를 맡는 정도이다.

④ 악취강도 5는 참기 어려운 냄새(over strong)로서 호흡이 정지될 것 같이 느껴지는 정도이다.

정답 4번

간단한 해설

악취강도 5는 **참기 어려운 냄새**로, 호흡이 정지될 것 같이 느껴질 정도의 강렬한 냄새를 뜻한다. 이는 냄새의 세기를 표현한 판정 기준이다.

선지별 해설

① X: 악취강도를 익히기 위한 인식시험액은 **n-부탄올(n-butanol)**을 증류수로 희석하여 제조한다. 판정요원이 각 단계의 냄새 세기를 인식하도록 하는 용액이므로, 제조 물질을 n-발레르산으로 설명한 부분이 잘못되었다.

② X: 악취강도 1인 감지 냄새(threshold)는 **무슨 냄새인지는 알 수 없으나 냄새의 존재를 느끼는 정도**이다. 무슨 냄새인지 알아볼 수 있는 단계는 악취강도 2인 보통 냄새(moderate)이다. 냄새의 존재를 감지하는 것과 냄새의 종류를 알아보는 것을 구분한다.

③ X: 병원에서 크레졸 냄새를 맡는 정도는 **악취강도 3인 강한 냄새(strong)**의 예이다. 악취강도 4인 극심한 냄새(very strong)는 아주 강한 냄새로, 여름철 재래식 화장실에서 나는 심한 냄새가 그 예이다. 강도 4의 명칭에 강도 3의 예시를 연결한 것이 잘못이다.

④ O: 악취강도 5인 참기 어려운 냄새(over strong)는 견디기 어려운 강렬한 냄새로, **호흡이 정지될 것 같이 느껴지는 정도**이다. 악취강도를 0부터 5까지 구분하는 체계에서 가장 강한 단계이며, '호흡이 정지될 것 같다'는 표현은 냄새를 맡을 때 느끼는 세기를 나타낸다.

NoteBase

문 20. 환경오염도 조사에 적용되는 방법 중 산화－환원 반응을 이용하지 않은 것은?

① 유리막 전극전위에 의한 pH 측정

② 중화 적정법에 의한 알칼리도 측정

③ 과망간산칼륨법에 의한 화학적 산소요구량 측정

④ Winkler 아지드화나트륨변법에 의한 용존산소 측정

정답 2번

간단한 해설

알칼리도는 물이 산을 중화할 수 있는 능력이다. 알칼리도 적정에서는 탄산수소 이온·탄산 이온·수산화 이온 등이 첨가한 산과 **중화 반응**을 하며, 이 반응에서는 전자 이동에 따른 산화수 변화가 없다.

선지별 해설

① X: 유리막 표면의 pH 감응 자체는 수소 이온의 이온 교환에 따른 막전위 변화이다. 다만 통상적인 유리전극 측정계에는 은·염화은 내부전극과 기준전극이 사용되며, 이 금속전극의 전위에는 **산화·환원 평형이 관여한다**. 따라서 유리막의 감응 원리만을 전극계 전체의 원리와 동일하게 보아서는 안 된다.

② O: 알칼리도는 물이 산을 중화하는 능력으로, 시료에 표준 산 용액을 넣고 종말점까지 소비된 산의 양을 측정한다. 탄산수소 이온·탄산 이온·수산화 이온 등이 산과 반응하여 소모되지만, 성분의 산화수가 변하는 반응은 아니다. 측정의 바탕은 전자의 이동이 아닌 **산·염기 중화 반응**이다.

③ X: 과망간산칼륨법은 시료의 산화 가능한 물질을 과망간산칼륨으로 산화시키고, 소비된 산화제의 양을 산소량으로 환산하여 화학적 산소요구량을 구한다. 시료 성분이 산화되는 동안 **과망간산 이온은 환원**되므로 산화·환원 반응을 이용한다.

④ X: Winkler 아지드화나트륨변법에서는 용존산소가 망간(Ⅱ)을 더 높은 산화수의 망간으로 산화시키는 반응으로 산소를 고정한다. 산성화하면 이 망간 화합물이 요오드화 이온을 요오드로 산화시키며, 생성된 요오드를 티오황산나트륨으로 적정하여 용존산소량을 구한다. 이 과정은 **산소량을 요오드량으로 연결하는 산화·환원 반응**에 기초한다. 아지드화나트륨은 아질산 이온의 간섭을 제거하기 위해 넣는다.

NoteBase