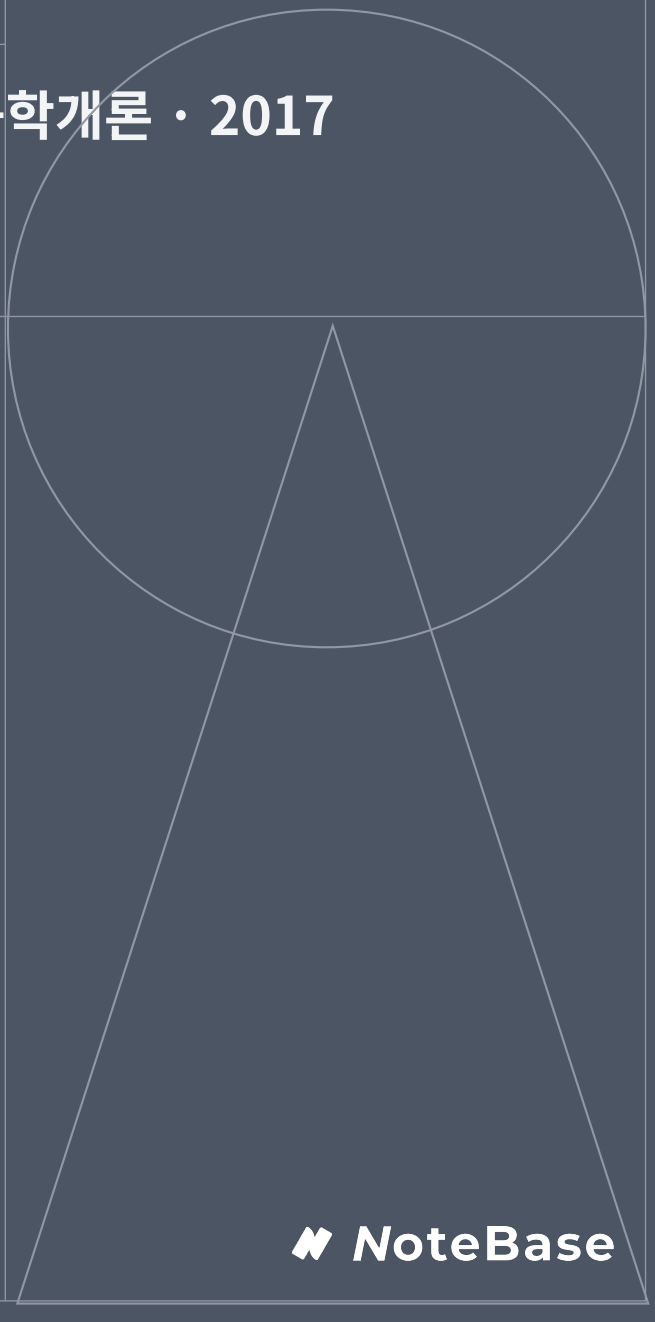
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 환경공학개론 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 환경공학개론 · 2017

공무원/서울시/9급 · 환경공학개론 · 2017

문 1. 물의 산소전달률을 나타내는 다음 식에서 보정계수 β가 나타내는 것으로 옳은 것은?

$$\frac{dO}{dt} = \alpha K_{La}(\beta C_S - C_t) \times 1.024^{T-20}$$

① 총괄산소전달계수

② 수중의 용존산소농도

③ 어느 물과 증류수의 C_S 비율(표준상태에서 시험)

④ 어느 물과 증류수의 K_{La} 비율(표준상태에서 시험)

정답 3번

간단한 해설

β는 표준상태에서 **시험수의 포화용존산소농도를 증류수의 포화용존산소농도로 나눈 비**이다. 식에서 C_S에 곱해져 수질에 따른 포화농도의 차이를 보정한다.

공통 해설

포화용존산소농도는 주어진 온도와 압력에서 물이 산소와 평형을 이룰 때의 용존산소농도이다. 보정계수 β는 같은 표준상태에서 측정한 **시험수의 포화농도와 증류수의 포화농도의 비**로 정의한다. 즉, β=C_S,시험수C_S,증류수이며, 같은 단위의 농도를 나누므로 무차원이다.

제시된 식에서 C_S는 증류수의 포화용존산소농도이고, βC_S는 수질의 영향을 반영한 시험수의 포화용존산소농도이다. 여기서 현재 수중의 용존산소농도 C_t를 뺀 $\beta C_S - C_t$가 산소전달을 일으키는 농도 차이이다. 따라서 β는 **농도 자체가 아니라 포화농도를 보정하는 비율**이다. 총괄산소전달계수 K_{La}나 그 계수의 비율과도 구별된다.

NoteBase

문 2. 화학적 처리 중 하나인 응집에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 침전이 어려운 미립자를 화학약품을 사용하여 전기적으로 중화시켜 입자의 상호 부착을 일으킨다.

② 콜로이드 입자는 중력과 제타전위(zeta potential)에 영향을 받고, Van der Waals힘에는 영향을 받지 않는다.

③ 상수처리 공정에서 일반적으로 여과 공정 이전에 적용된다.

④ 산업폐수 처리에서 중금속이나 부유물질(SS) 성분을 제거하기 위해 이용된다.

정답 2번

간단한 해설

콜로이드 입자에는 전기적 반발뿐 아니라 **반데르발스 인력**도 작용한다. 응집제는 입자 사이의 반발을 줄여 서로 접근하고 부착하기 쉽게 하므로, 반데르발스 힘의 영향을 받지 않는다는 설명은 틀리다.

선지별 해설

① O: 물속의 미세한 콜로이드 입자는 대체로 같은 부호의 전하를 띠어 서로 반발하므로 쉽게 뭉치거나 침전하지 않는다. 응집제를 넣어 **전하를 중화하고 반발력을 줄이면** 입자들이 서로 부착하여 더 큰 덩어리인 플록을 형성할 수 있다.

② X: 콜로이드 입자 사이에는 전기이중층에 의한 반발력과 **반데르발스 힘에 의한 인력**이 함께 작용한다. 제타전위는 입자 주변 전기이중층의 미끄럼면에서의 전위로, 입자의 전기적 반발과 분산 안정성을 판단하는 지표이다. 전하 중화로 제타전위의 절댓값이 작아지면 반발이 약해져 입자들이 가까이 접근하고 인력에 의해 부착하기 쉬워진다. 따라서 'Van der Waals힘에는 영향을 받지 않는다'는 'Van der Waals힘의 영향도 받는다'로 고쳐야 한다.

③ O: 일반적인 상수처리에서는 **응집·플록 형성 및 침전 후에 여과**한다. 미세입자를 먼저 큰 플록으로 만들어 침전시키고, 침전에서 제거되지 않은 입자를 여과로 제거하면 여과에 걸리는 부하를 줄일 수 있다.

④ O: 산업폐수의 부유물질(SS)은 응집으로 플록을 형성시킨 뒤 침전 등의 고액분리 공정으로 제거할 수 있다. 중금속도 수질과 금속 종류에 맞게 처리하여 **불용성 침전물로 만들거나 플록에 흡착·포집**시킨 뒤 함께 분리할 수 있으므로, 응집은 중금속과 SS 제거에 이용된다.

NoteBase

문 3. 배출가스 분석 결과 CO_2=15%, CO=0%, N_2=79%, O_2=6%일 때, 최대 탄산가스율 $(CO_2)_{max}$는?

① 8.4%

② 15.0%

③ 21.0%

④ 28.0%

정답 3번

간단한 해설

CO가 0%이므로 불완전연소에 대한 보정 없이 **과잉공기에 의한 희석**을 보정한다. 측정된 이산화탄소 15%를 잔류 산소 6%에 따라 보정하면 최대 탄산가스율은 21.0%이다.

계산 과정

최대 탄산가스율은 같은 연료를 **이론공기량으로 완전연소**시켰을 때 건조 배출가스에 포함되는 이산화탄소의 부피 백분율이다. 과잉공기를 공급하면 연소에 쓰이지 않은 산소와 그에 동반된 질소가 배출가스를 희석하므로, 실제로 측정한 이산화탄소 농도는 최대 탄산가스율보다 낮아진다. 이 문항은 수분을 제외한 가스 조성이며, CO가 0%이므로 CO의 불완전연소 보정은 필요하지 않다.

공기의 산소 함량을 21%로 두면, 측정 농도와 최대 탄산가스율의 관계는 $CO_2 = (CO_2)_{max} \cdot \frac{21 - O_2}{21}$이다. 여기서 CO_2와 O_2에는 각각 측정한 부피 백분율의 수치를 넣는다. 이를 최대 탄산가스율에 대해 정리하면 $(CO_2)_{max} = CO_2 \cdot \frac{21}{21 - O_2}$가 된다. 분수 부분은 잔류 산소로 나타난 **과잉공기의 희석 영향을 제거하는 보정계수**이다.

측정값 $CO_2 = 15$, $O_2 = 6$을 대입하면 $(CO_2)_{max} = 15 \cdot \frac{21}{21 - 6} = 21.0\%$이다. 따라서 최대 탄산가스율은 21.0%로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 선택적 촉매환원(SCR)은 소각로에서 발생하는 배출가스 중 어떤 물질을 처리하는 방법인가?

① 분진

② 중금속

③ 황산화물

④ 질소산화물

정답 4번

간단한 해설

선택적 촉매환원(SCR)은 암모니아 같은 환원제를 촉매와 함께 이용하여 **질소산화물을 질소와 물로 전환**하는 배출가스 처리 방법이다.

공통 해설

선택적 촉매환원(SCR)은 배출가스 속 질소산화물을 줄이는 탈질 방법이다. 배출가스에 암모니아 같은 환원제를 주입하면 촉매가 환원 반응을 촉진하여 **질소산화물을 질소와 물로 전환**한다. 즉, 오염물질을 단순히 걸러 내는 것이 아니라 화학 반응으로 다른 물질로 바꾸어 제거한다.

소각로 배출가스에서도 이 반응의 처리 대상은 질소산화물이다. 분진·중금속·황산화물은 이 탈질 반응의 처리 대상에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 5. 대기오염 방지시설에서 여과 집진장치에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 주요 분진 포집 메커니즘은 관성충돌, 접촉차단, 확산이다.

② 수분이나 여과속도에 대한 적응성이 높다.

③ 다양한 여재를 사용함으로써 설계 및 운영에 융통성이 있다.

④ 가스의 온도에 따라 여과재 선택에 제한을 받는다.

정답 2번

간단한 해설

여과 집진장치는 **수분과 여과속도에 대한 적응성이 낮다**. 수분이 응축되면 분진이 여재에 달라붙어 막힘을 일으키고, 여과속도가 지나치게 높으면 압력손실이나 분진 누출이 증가할 수 있으므로 운전 조건을 관리해야 한다.

선지별 해설

① O: 주요 포집 메커니즘은 관성충돌, 접촉차단, 확산이다. 관성충돌은 입자가 기류의 방향 변화를 따라가지 못하고 관성으로 여재 섬유에 부딪히는 현상이다. 접촉차단은 기류를 따라 움직이는 입자가 섬유 가까이를 지나다가 접촉하여 포집되는 현상이며, 확산은 미세입자가 **브라운 운동**으로 불규칙하게 움직이다가 섬유에 닿아 포집되는 현상이다.

② X: 여과 집진장치는 수분이나 여과속도에 대한 적응성이 높지 않다. 특히 **수분이 응축되면** 분진이 젖어 여재에 굳게 달라붙고 통로를 막아 압력손실을 높이며, 포집된 분진을 털어 내는 탈진도 어려워진다. 여과속도가 지나치게 높아져도 압력손실이나 여재를 통한 분진 누출이 증가할 수 있으므로, 분진과 여재의 특성에 맞는 여과속도를 유지해야 한다.

③ O: 여재는 재질과 구조가 다양하므로 가스와 분진의 특성에 맞춰 선택할 수 있다. 예를 들어 내열성이나 내약품성이 서로 다른 여재를 선택하여 처리 조건에 대응할 수 있어 **설계 및 운영에 융통성**이 있다. 이는 적합한 여재를 고를 수 있다는 뜻이며, 모든 여재가 어떤 조건에서도 사용 가능하다는 뜻은 아니다.

④ O: 여재마다 **견딜 수 있는 온도 범위**가 다르므로 처리 가스의 온도에 따라 사용할 수 있는 여재가 제한된다. 여재의 허용온도를 넘으면 손상되거나 수명이 짧아질 수 있어, 고온 가스에는 내열성이 높은 여재를 쓰거나 가스를 적절히 냉각해야 한다.

NoteBase

문 6. 생물막을 이용한 처리법 중 접촉산화법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 비교적 소규모 시설에 적합하다.

② 미생물량과 영향인자를 정상상태로 유지하기 위한 조작이 쉽다.

③ 슬러지 반송이 필요하지 않아 운전이 용이하다.

④ 고부하에서 운전 시 생물막이 비대화되어 접촉재가 막히는 경우가 발생할 수 있다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '정상상태로 유지하기 위한 조작이 쉽다'는 설명이 잘못되었다. 접촉재에 붙은 생물막은 유기물 부하와 증식·탈락에 따라 양이 달라지므로, **미생물량을 일정하게 조절하기 어렵다**.

선지별 해설

접촉산화법은 반응조 안에 잠긴 접촉재 표면에 생물막을 형성시키고, 산소를 공급하여 부착 미생물이 하수의 유기물을 분해하도록 하는 처리법이다.

① O: 접촉산화법은 슬러지 반송을 위한 설비와 조작이 필요하지 않아 유지관리가 비교적 단순하다. 이러한 특성 때문에 **소규모 처리시설에 적합**하다.

② X: 미생물이 접촉재에 붙어 자라므로 부착된 미생물량을 원하는 수준으로 직접 조절하기 어렵다. 생물막의 양은 유기물 부하와 증식·탈락 등에 영향을 받으며, 접촉재 전체에 균일하게 산소를 공급하고 교반하는 조건을 맞추기도 어렵다. 따라서 미생물량과 영향인자를 **정상상태로 유지하기 위한 조작은 어렵다**고 고쳐야 한다.

③ O: 처리에 필요한 미생물이 접촉재 표면에 부착되어 유지되므로, 활성슬러지법처럼 침전된 슬러지를 반응조로 되돌려 미생물을 확보할 필요가 없다. **슬러지 반송이 불필요**하여 운전이 비교적 용이하다. 다만 생물막에서 떨어져 나온 슬러지는 침전·분리하여 배출해야 한다.

④ O: 유기물 부하가 높으면 생물막이 과도하게 성장하여 접촉재 사이의 빈 공간을 좁힐 수 있다. 이로 인해 물과 공기의 흐름이 방해되고 **접촉재가 막히는 폐색**이 발생하여 처리효율이 떨어질 수 있다.

NoteBase

문 7. 오염지역 내 지하수계의 동수구배(動水勾配)가 없다고 가정하는 경우, 누출된 수용성 오염물질이 지하수 내에서 확산되는 메커니즘을 설명하기 위하여 사용할 수 있는 법칙은?

① 픽의 법칙(Fick's law)

② 다시의 법칙(Darcy's law)

③ 라울의 법칙(Raoult's law)

④ 헨리의 법칙(Henry's law)

정답 1번

간단한 해설

동수구배가 없어 지하수의 흐름이 없더라도, 오염물질의 **농도구배**가 있으면 고농도 영역에서 저농도 영역으로 분자확산이 일어난다. 이때 확산에 의한 물질 이동을 설명하는 것이 **픽의 법칙**이다.

공통 해설

픽의 법칙은 **농도구배에 의해 일어나는 분자확산**을 설명한다. 분자들의 불규칙한 운동으로 인해 오염물질은 전체적으로 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동한다. 한 방향의 확산 플럭스는 $J = -D\frac{dC}{dx}$로 나타낸다. J는 단위 면적·단위 시간당 이동하는 오염물질의 양, D는 확산계수, C는 오염물질 농도, x는 위치이다. 음의 부호는 순이동 방향이 농도가 감소하는 방향임을 뜻한다.

동수구배는 수두가 위치에 따라 달라지는 정도로, 지하수 흐름의 구동력이다. 문제에서 동수구배가 없다는 것은 그 구배에 의한 지하수 흐름과 이에 따른 오염물질의 이류 이동이 없다는 뜻이며, **오염물질의 농도구배까지 없다는 뜻은 아니다**. 누출 지점 주변에 농도 차이가 있으면 물이 흐르지 않아도 오염물질이 확산되므로, 이 메커니즘에는 픽의 법칙을 적용한다.

NoteBase

문 8. 바닥 면이 4m×5m이고, 높이가 3m인 방이 있다. 바닥, 벽, 천장의 흡음률이 각각 0.2, 0.4, 0.5일 때 평균흡음률은? (단, 소수점 셋째 자리에서 반올림한다.)

① 0.17

② 0.27

③ 0.38

④ 0.48

정답 3번

간단한 해설

평균흡음률은 흡음률 세 값을 단순 평균하지 않고 **각 면의 면적으로 가중평균**한다. 바닥·벽·천장의 총흡음력 35.6 m^2를 전체 표면적 94 m^2로 나누면 약 0.38이다.

계산 과정

평균흡음률은 각 면의 흡음률을 **면적을 가중치로 하여 평균**한 값이다. 각 면의 면적을 S_i, 흡음률을 α_i라 하면 $\bar{\alpha} = \frac{\sum S_i \alpha_i}{\sum S_i}$이다. 흡음률은 입사한 소리에너지 중 흡수되는 비율이므로 단위가 없다.

바닥과 천장은 각각 $4 \times 5 = 20$ m^2이다. 벽 네 면의 면적 합은 방의 둘레에 높이를 곱한 $2 \times (4 + 5) \times 3 = 54$ m^2이다. 따라서 전체 표면적은 $20 + 54 + 20 = 94$ m^2이다. 높이 3 m는 벽 면적을 구하는 데 사용하며, 방의 체적을 분모로 쓰지 않는다.

각 면의 면적에 해당 흡음률을 곱하면 바닥은 $20 \times 0.2 = 4$ m^2, 벽은 $54 \times 0.4 = 21.6$ m^2, 천장은 $20 \times 0.5 = 10$ m^2의 흡음력을 갖는다. 이를 더한 총흡음력은 $4 + 21.6 + 10 = 35.6$ m^2이다.

총흡음력을 전체 표면적으로 나누면 $\bar{\alpha} = \frac{35.6}{94} \approx 0.3787$이다. **소수점 셋째 자리에서 반올림**하면 평균흡음률은 0.38이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 9. 정수처리 과정에서 이용되는 여과에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 완속여과는 부유물질 외에 세균도 제거가 가능하다.

② 급속여과는 저탁도 원수, 완속여과는 고탁도 원수의 처리에 적합하다.

③ 급속여과의 속도는 약 120~150m/d이며, 완속여과의 속도는 약 4~5m/d이다.

④ 여과지의 운전에 따라 발생하는 공극률의 감소는 여과저항 증가의 원인이 된다.

정답 2번

간단한 해설

②는 적용 원수의 탁도를 반대로 설명했다. **완속여과는 저탁도 원수**에 적합하며, 고탁도 원수는 보통 **응집·침전 후 급속여과**하는 방식으로 처리한다.

선지별 해설

① O: 완속여과에서는 모래층의 물리적 포착 작용과 표면에 형성되는 **생물여과막의 작용**이 함께 일어난다. 이 과정에서 부유물질뿐 아니라 세균도 제거된다.

② X: 완속여과는 **탁도가 낮은 원수**의 처리에 적합하다. 탁도가 높으면 부유물질이 여과층에 많이 쌓여 쉽게 막히므로 완속여과에 불리하다. 고탁도 원수에는 보통 응집·침전으로 부유물질을 먼저 줄인 뒤 급속여과하는 방식을 적용한다. 고탁도 원수를 전처리 없이 급속여과지에 바로 유입한다는 뜻은 아니다.

③ O: 대표적인 여과속도는 급속여과가 약 120~150 m/d, 완속여과가 약 4~5 m/d이다. 여과속도는 단위 여과면적을 하루 동안 통과하는 물의 부피를 나타내므로, **같은 여과면적에서 급속여과의 처리수량이 더 많다**.

④ O: 여과를 계속하면 포착된 부유물질 등이 여재 사이에 쌓여 공극률, 즉 여과층에서 빈 공간이 차지하는 비율이 감소한다. 물이 통과할 공간이 좁아지므로 **같은 유량을 유지하는 데 필요한 손실수두가 커지고** 여과저항이 증가한다.

NoteBase

문 10. 유량이 1,000m^3/d이고, SS농도가 200mg/L인 하수가 1차침전지로 유입된다. 1차슬러지 발생량이 5m^3/d, 1차슬러지 SS농도가 20,000mg/L라면 1차침전지의 SS 제거효율은 얼마인가? (단, SS는 1차침전지에서 분해되지 않는다고 가정한다.)

① 40%

② 50%

③ 60%

④ 70%

정답 2번

간단한 해설

SS가 분해되지 않으므로 **슬러지로 빠져나간 SS 질량**을 제거량으로 본다. 유입 SS 200 kg/d 중 100 kg/d가 제거되므로 제거효율은 50%이다.

계산 과정

SS는 물속의 부유물질이다. SS가 침전지에서 분해되지 않는다는 조건에서, 슬러지로 배출되는 SS가 하수에서 제거된 양에 해당한다. 제거효율은 **유입 SS 질량에 대한 제거 SS 질량의 비율**로 구하므로, 하수와 슬러지의 유량에 각각의 SS 농도를 곱해야 한다.

유입 SS 질량: 1 m^3 = 1,000 L, 1 kg = 1,000,000 mg이므로 200 mg/L = 0.2 kg/m^3이다. 유입 유량이 1,000 m^3/d이므로 하루에 들어오는 SS는 1,000 × 0.2 = 200 kg/d이다.

제거 SS 질량: 슬러지의 SS 농도 20,000 mg/L는 20 kg/m^3이다. 슬러지 발생량이 5 m^3/d이므로 슬러지로 제거되는 SS는 5 × 20 = 100 kg/d이다. 이 값은 슬러지 전체의 질량이 아니라 **슬러지에 포함된 SS의 질량**이다.

제거효율: 유입 SS 200 kg/d 중 100 kg/d가 제거되므로, 제거효율은 $\frac{100}{200} \times 100 = 50\%$이다. 이는 ②의 50%에 해당한다.

NoteBase

문 11. 유기물을 다량 함유하고 있으면서 산분해가 어려운 시료에 적용하기 위한 전처리법으로 옳은 것은?

① 질산법

② 질산－염산법

③ 질산－과염소산법

④ 질산－과염소산－불화수소산

정답 3번

간단한 해설

유기물이 많고 산분해가 어려운 시료에는 **질산－과염소산법**을 적용한다. 과염소산의 강한 산화력을 이용해 질산만으로 분해하기 어려운 유기물을 처리한다.

개념 구분

질산－과염소산법: 산분해는 산을 넣고 가열하여 시료의 유기물과 방해물질을 분해하는 전처리이다.
질산－과염소산법은 **유기물을 다량 함유하면서 산분해가 어려운 시료**에 적용한다. 질산과 과염소산의 산화 작용을 이용하므로, 문제의 두 조건을 함께 충족하는 방법이다.

질산법·질산－염산법: 두 방법은 기본적으로 **유기물 함량이 비교적 높지 않은 시료**에 적용한다. 이 중 질산－염산법은 금속의 수산화물·산화물·인산염·황화물을 함유한 시료에 사용한다. 따라서 유기물이 많고 분해도 어려운 이 문제의 시료에는 질산－과염소산법이 적합하다.

질산－과염소산－불화수소산: **다량의 점토질 또는 규산염**을 함유한 시료에 적용하는 방법이다. 불화수소산의 추가는 이러한 무기 성분의 분해와 관련된다. 문제에는 점토질·규산염이 많다는 조건이 없으므로, 유기물이 많고 산분해가 어렵다는 이유만으로 이 방법을 선택하지 않는다.

NoteBase

문 12. 고형폐기물의 발열량에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 고위발열량은 연소될 때 생성되는 총 발열량이다.

② 저위발열량은 고위발열량에서 수증기 응축잠열을 제외한 발열량이다.

③ 소각에 대한 타당성 조사 시 저위발열량에 대한 자료가 필요하다.

④ 열량계는 저위발열량을 측정한다.

정답 4번

간단한 해설

폐기물의 발열량 측정에 쓰는 봄베 열량계는 수증기가 응축하며 내놓는 열까지 포함한 **고위발열량**을 측정한다. 저위발열량은 이 측정값에서 **수증기 응축잠열을 제외**하여 구한다.

선지별 해설

① O: 고위발열량은 폐기물을 완전연소시킨 뒤 연소가스를 냉각하여 수증기를 물로 응축시킬 때 얻는 총 발열량이다. 따라서 연소 반응에서 나오는 열뿐 아니라 **수증기의 응축잠열도 포함**한다.

② O: 저위발열량은 연소 후의 물이 수증기로 남는 조건에서의 발열량이다. 수증기가 물로 바뀌며 내놓는 열을 회수하지 않으므로, 고위발열량에서 **수증기 응축잠열을 뺀 값**이다.

③ O: 일반적인 소각에서는 배기가스에 포함된 물이 수증기 상태로 배출되어 응축잠열을 회수하기 어렵다. 따라서 실제 소각 조건에 맞는 열수지를 검토하고 안정적인 연소가 가능한지 판단하려면 **저위발열량 자료**가 필요하다.

④ X: 폐기물의 발열량을 측정하는 봄베 열량계는 시료를 산소 중에서 연소시키고, 발생한 열에 따른 주변 물의 온도 상승을 이용한다. 이때 연소로 생긴 수증기가 응축하며 방출하는 열도 측정에 포함되므로, 측정하는 것은 **고위발열량**이다. 저위발열량은 측정된 고위발열량에서 수증기 응축잠열을 제외하여 산정한다.

NoteBase

문 14. 함수율 99%인 하수처리 슬러지를 탈수하여 함수율 70%로 낮추면, 탈수된 슬러지의 최종 부피는 탈수 전의 부피(V_0) 대비 얼마로 줄어드는가? (단, 슬러지의 비중은 탈수 전이나 후에도 변함없이 1이라고 가정한다.)

① $\frac{1}{5}V_0$
② $\frac{1}{10}V_0$
③ $\frac{1}{20}V_0$
④ $\frac{1}{30}V_0$

정답 4번

간단한 해설

탈수 전후에 **고형물의 질량은 보존**되고, 고형물의 질량 비율은 1%에서 30%로 증가한다. 슬러지의 비중이 같으므로 최종 부피는 처음 부피의 $\frac{1}{30}$이 된다.

계산 과정

함수율은 슬러지 전체 질량에서 물이 차지하는 비율이다. 따라서 고형물의 질량 비율은 탈수 전 $100 - 99 = 1\%$, 탈수 후 $100 - 70 = 30\%$이다. 탈수에서는 물이 제거되고 **고형물의 질량은 보존된다**.

탈수 전 부피를 V_0, 탈수 후 부피를 V_1, 슬러지의 밀도를 ρ라 하자. 비중이 탈수 전후 모두 1이므로 **밀도가 같아 질량비와 부피비가 같다**. 전체 질량은 각각 ρV_0, ρV_1이고, 고형물 질량 보존식은 $0.01\rho V_0 = 0.30\rho V_1$이다.

양변의 공통 밀도를 약분하면 $\frac{V_1}{V_0} = \frac{0.01}{0.30} = \frac{1}{30}$이다. 이 비는 단위가 없는 부피비이며, 최종 부피는 $V_1 = \frac{1}{30}V_0$로 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 굴뚝에서 오염물질이 배출될 때, 지표 최대착지농도를 $\frac{1}{4}$로 줄이고자 한다면, 유효굴뚝 높이를 몇 배로 해야 하는가? (단, 배출량과 풍속은 일정한 것으로 가정한다.)

① $\frac{1}{4}$배
② $\frac{1}{2}$배
③ 2배
④ 4배

정답 3번

간단한 해설

배출량과 풍속이 일정할 때 지표 최대착지농도는 **유효굴뚝 높이의 제곱에 반비례**한다. 따라서 높이를 2배로 하면 최대착지농도는 $\frac{1}{2^2} = \frac{1}{4}$로 줄어든다.

계산 과정

1. 적용 관계: 같은 대기 확산 조건에서 배출량과 풍속이 일정하면 지표 최대착지농도 C와 유효굴뚝 높이 H 사이에는 $C \propto \frac{1}{H^2}$의 관계가 성립한다. 유효굴뚝 높이는 실제 굴뚝 높이에 연기의 상승높이를 더한 값이다. 이 문제에서는 **실제 굴뚝 높이가 아니라 유효굴뚝 높이**의 변화 배수를 구한다.

2. 농도비 설정: 변화 전의 농도와 높이를 C_1, H_1, 변화 후를 C_2, H_2라 하면 $\frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^2$이다. 목표 농도는 원래의 1/4이므로 $\left(\frac{H_1}{H_2}\right)^2 = \frac{1}{4}$이다.

3. 높이비 계산: 높이는 양수이므로 양의 제곱근을 취하면 $\frac{H_1}{H_2} = \frac{1}{2}$이고, 따라서 $\frac{H_2}{H_1} = 2$이다. 이 비는 변화 후 유효굴뚝 높이가 원래 높이의 몇 배인지를 나타내는 무차원 값이다.

유효굴뚝 높이를 원래의 2배로 해야 하므로 ③의 2배에 해당한다.

NoteBase

문 16. 대기 중의 광화학 스모그 또는 광화학 반응에 직접적으로 관계되는 오염물질이 아닌 것은?

① 암모니아(NH_3)

② 일산화질소(NO)

③ 휘발성유기화합물(VOCs)

④ 퍼옥시아세틸니트레이트(PAN)

정답 1번

간단한 해설

암모니아는 광화학 스모그를 만드는 질소산화물·유기화합물 반응계의 **대표적인 전구물질이나 생성물에 해당하지 않는다**. 주로 대기 중 산성 물질과 반응하여 암모늄염 입자를 형성하는 데 관여한다.

공통 해설

광화학 스모그는 **질소산화물과 휘발성유기화합물이 햇빛 아래에서 반응**하여 오존 등의 산화성 오염물질을 만드는 현상이다. 직접 관련되는 물질에는 반응의 출발 물질인 전구물질뿐 아니라 그 과정에서 만들어지는 이차오염물질도 포함된다.

일산화질소(NO)는 질소산화물의 하나로, 이산화질소와의 전환을 통해 광화학 반응계에 참여한다.

휘발성유기화합물(VOCs)은 산화 과정에서 반응성 중간체를 만들어 오존 생성에 관여한다.

퍼옥시아세틸니트레이트(PAN)는 유기화합물의 산화 과정에서 생긴 퍼옥시아세틸 라디칼이 이산화질소와 결합하여 만들어지는 **광화학 반응 생성물**이다. 따라서 세 물질은 전구물질 또는 생성물로 이 반응계와 직접 연결된다.

암모니아는 이 광화학 반응계의 대표적인 전구물질이나 생성물로 분류하지 않는다. 대기 중 황산·질산 같은 산성 물질과 반응하여 **황산암모늄·질산암모늄 등의 입자**를 형성하는 역할과 구분해야 한다. 이 문항에서 광화학 스모그와 직접 관계되지 않는 물질은 암모니아이다.

NoteBase

문 17. 「대기환경보전법」 상의 특정대기유해물질로 옳지 않은 것은?

① 오존

② 불소화물

③ 시안화수소

④ 디클로로메탄

정답 1번

간단한 해설

오존은 「대기환경보전법 시행규칙」 별표 2의 **특정대기유해물질에 포함되지 않는다**. 대기에 유해한 물질이라는 사실만으로 이 법적 분류에 해당하는 것은 아니다.

공통 해설

특정대기유해물질 여부는 「대기환경보전법 시행규칙」 제4조에 따른 **별표 2의 지정 목록**을 기준으로 판단한다. 물질의 명칭이나 일반적인 유해성만으로 지정 여부를 판단해서는 안 된다.

이 목록에는 시안화수소가 제2호, 불소화물이 제10호, 디클로로메탄이 제28호에 각각 규정되어 있다. 반면 **오존은 목록에 규정되어 있지 않으므로** 특정대기유해물질에 해당하지 않는다.

NoteBase

문 18. 침전지 내에서 용존산소가 부족하거나 BOD부하가 과대한 폐수처리 시 사상균의 지나친 번식으로 나타나는 활성슬러지 처리의 운영상 문제점으로 가장 옳은 것은?

① Pin-floc 현상

② 과도한 흰 거품 발생

③ 슬러지 부상(Sludge rising)

④ 슬러지 팽화(Sludge bulking)

정답 4번

간단한 해설

사상균의 과도한 증식으로 슬러지가 조밀하게 가라앉지 못하고 부피가 커지는 현상을 **슬러지 팽화**라고 한다. 길게 자란 사상균이 미생물 덩어리 사이를 연결하여 침전과 압밀을 방해한다.

공통 해설

슬러지 팽화(Sludge bulking)는 활성슬러지가 잘 침전되지 않고 조밀하게 압축되지 않아 큰 부피를 차지하는 현상이다. 문제에서 제시한 사상성 팽화에서는 실 모양의 사상균이 지나치게 자라 미생물 덩어리인 플록 사이를 연결한다. 이 구조가 **플록의 침전과 압밀을 방해**하여 침전지에서 슬러지와 처리수의 분리가 어려워진다.

용존산소가 부족하거나 유입 BOD부하에 비해 산소 공급이 충분하지 않으면 일부 사상균이 우세해질 수 있다. BOD부하가 커지면 유기물 분해에 필요한 산소도 많아지므로 산소 부족이 심해질 수 있다. 따라서 이 문제의 결정적 기준은 단순한 거품이나 수면 상승이 아니라 **사상균의 지나친 번식에 따른 침전·압밀 불량**이며, 이에 해당하는 명칭이 슬러지 팽화이다.

NoteBase

문 19. 공장폐수에 대해 미생물 식종(seeding)법으로 생물화학적 산소요구량(BOD)을 측정하고자 한다. 식종희석수의 초기 용존산소(DO)는 9.2mg/L였으며, 식종희석수만을 300mL BOD병에 5일 간 배양한 후 DO는 8.6mg/L이었다. 실제 시료의 BOD 측정을 위해 공장폐수와 식종희석수를 혼합하여 다음 표와 같이 2가지 희석 배율로 테스트를 진행하였을 때, 해당 폐수의 BOD는? (단, 실험은 수질오염공정시험기준에 따르며, DO는 용존산소-전극법에 따라 측정하였다.)

실험	폐수 시료량 (mL)	식종희석수량 (mL)	초기 DO (mg/L)	5일 후 최종 DO (mg/L)
#1	50	250	9.2	3.7
#2	100	200	9.1	0.1

① 27.0mg/L

② 27.7mg/L

③ 30.0mg/L

④ 32.4mg/L

정답 3번

간단한 해설

실험 #2는 산소 소비율이 기준을 벗어나므로 제외한다. 실험 #1의 DO 감소량에서 **식종희석수의 산소 소비분을 보정**하면 5.0 mg/L이고, 이를 희석배수 6배로 환산한 폐수의 BOD는 30.0 mg/L이다.

NoteBase

계산 과정

1. 사용할 실험 결과: 수질오염공정시험기준의 BOD 분석에서는 5일간 산소 소비율이 **초기 DO의 40~70%**인 희석검액을 선택한다. 표의 실험 #1은 DO가 9.2 mg/L에서 3.7 mg/L로 감소하므로 산소 소비율은 $\frac{9.2-3.7}{9.2}\cdot 100 \approx 59.8\%$이다. 실험 #2는 $\frac{9.1-0.1}{9.1}\cdot 100 \approx 98.9\%$로 기준을 벗어나므로 제외하고, 실험 #1만 사용한다.

2. 식종희석수의 산소 소비분 보정: 식종희석수만 넣은 병의 DO 감소량은 9.2 - 8.6 = 0.6 mg/L이다. 실험 #1에서는 총 300 mL 중 식종희석수가 250 mL이므로, 혼합액의 DO 감소량에 포함된 식종희석수의 기여분은 $C = 0.6 \cdot \frac{250}{300} = 0.5$ mg/L이다. **식종희석수가 차지하는 부피 비율**을 반영하므로 0.6 mg/L를 그대로 빼지 않는다.

3. 폐수에 의한 DO 감소량: 식종한 시료의 BOD는 전체 DO 감소량에서 식종에 의한 소비분을 빼고 원시료 농도로 환산한다. 식은 $\mathrm{BOD} = [(D_1 - D_2) - C]P$이며, D_1과 D_2는 각각 희석시료의 초기 DO와 5일 후 DO(mg/L), C는 식종 보정량(mg/L), P는 희석배수이다. 실험 #1의 전체 DO 감소량은 9.2 - 3.7 = 5.5 mg/L이므로, 폐수에 의한 감소량은 5.5 - 0.5 = 5.0 mg/L이다.

4. 원시료 농도로 환산: 5.0 mg/L는 폐수 50 mL를 총 300 mL로 희석한 혼합액을 기준으로 한 값이다. 따라서 **총 혼합액 부피를 폐수 시료량으로 나눈 희석배수** $P = \frac{300}{50} = 6$을 곱한다. $\mathrm{BOD} = 5.0 \cdot 6 = 30.0$ mg/L이므로, 선택지 ③의 30.0 mg/L와 일치한다.

NoteBase

문 20. 토양 내에서 오염물질의 이동에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 투수계수가 낮은 점토 토양에서 침출이 잘 일어난다.

② 토양 공극 내에서 농도구배에 의해 오염물질이 이동하는 현상을 확산(diffusion)이라고 한다.

③ 토양 공극의 불균질성으로 인해 물질 이동 경로의 불규칙성과 토양 공극 사이 이동 속도의 차이로 인해 분산(dispersion)이 일어나게 된다.

④ 양전하를 가진 분자는 음전하를 띤 토양에 흡착되어 이동이 지체된다.

정답 1번

간단한 해설

점토 토양은 **투수계수가 낮아 물의 통과가 어렵기 때문에** 물에 녹은 오염물질의 침출이 억제된다. 다른 조건이 같다면 침출은 일반적으로 모래처럼 투수계수가 큰 토양에서 더 쉽게 일어난다.

선지별 해설

① X: 침출은 토양의 오염물질이 물에 녹아 물과 함께 빠져나가는 현상이다. 점토는 입자가 작고 공극이 미세하여 투수계수가 낮으므로, 같은 수리경사에서 통과하는 물의 양이 적다. 따라서 '침출이 잘 일어난다'는 **'물의 흐름에 의한 침출이 억제된다'**로 고쳐야 한다. 투수계수가 큰 모래 토양에서는 물이 더 쉽게 통과하므로 오염물질의 침출도 상대적으로 쉽게 일어난다.

② O: 확산은 오염물질이 분자 운동에 의해 **농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로** 순이동하는 현상이다. 이동의 원동력은 공간에 따른 농도 차이인 농도구배이며, 물의 전체적인 흐름이 없어도 일어날 수 있다.

③ O: 토양에서는 공극의 크기와 연결 상태가 일정하지 않아 이동 경로가 구불구불하고, 경로마다 물의 이동 속도도 다르다. 이 때문에 같은 지점에서 출발한 오염물질도 서로 다른 시각과 위치에 도달하여 퍼지는데, 이것이 기계적 분산이다. 확산이 농도구배에 의해 일어나는 데 비해, 기계적 분산은 **이동 경로와 유속의 차이**로 일어난다.

④ O: 음전하를 띤 토양 표면은 양전하를 가진 오염물질을 정전기적으로 끌어당겨 흡착한다. 오염물질이 토양 표면에 붙어 있는 동안에는 흐르는 물과 함께 이동하지 못하므로, 전체적인 이동은 **물의 이동보다 지체**된다.

NoteBase