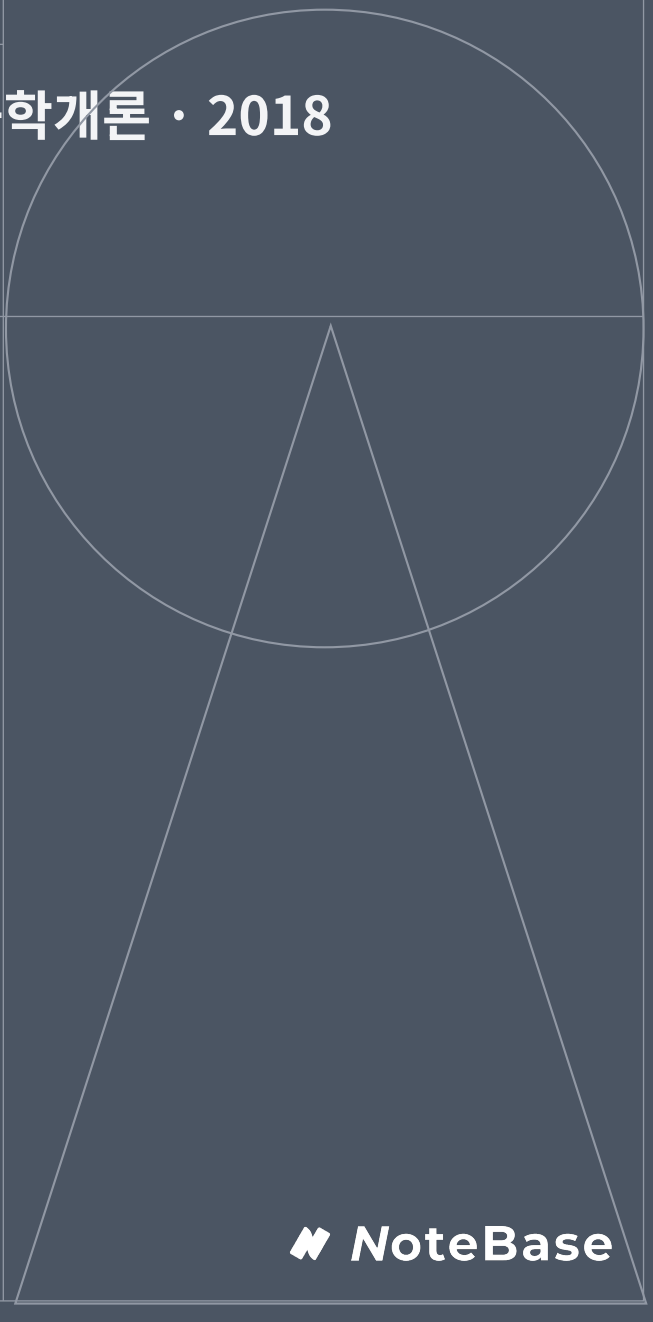
기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 환경공학개론 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/9급 · 환경공학개론 · 2018

공무원/지방직/9급 · 환경공학개론 · 2018

문 1. 다음 글에서 설명하는 것은?

지구 생태계의 가장 기본적인 에너지원은 태양광이다. 이 태양광 중 엽록체가 광합성을 할 때 흡수하는 주된 파장 부분을 일컫는다.

① 방사선
② 자외선
③ 가시광선
④ 적외선

정답 3번

간단한 해설

엽록체의 광합성 색소는 태양광 중 **가시광선 영역**의 빛을 주로 흡수하여 광합성에 이용한다.

공통 해설

엽록체에서는 엽록소 등의 광합성 색소가 빛을 흡수하여 그 에너지를 광합성에 이용한다. 이때 주로 이용하는 빛은 파장이 **약 400~700 nm인 가시광선**이다. 따라서 지문이 설명하는 주된 파장 영역의 명칭은 가시광선이다.

엽록소는 가시광선 중에서도 청색광과 적색광을 잘 흡수하고, 녹색광은 상대적으로 적게 흡수한다. 즉, 가시광선의 모든 파장을 똑같이 흡수한다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 2. 독립 침강하는 구형(spherical) 입자 A와 B가 있다. 입자 A의 지름은 0.10 mm이고 비중은 2.0, 입자 B의 지름은 0.20 mm이고 비중은 3.0이다. 입자 A의 침강 속도가 0.0050 m/s일 때, 동일한 유체에서 입자 B의 침강 속도[m/s]는? (단, 두 입자의 침강 속도는 스토크스(Stokes) 법칙을 따른다고 가정하며, 유체의 밀도는 1,000 kg/m^{3}이다)

① 0.015

② 0.020

③ 0.030

④ 0.040

정답 4번

간단한 해설

스토크스 법칙에서 침강 속도는 **입자와 유체의 밀도 차**와 **입자 지름의 제곱**에 비례한다. B는 A보다 밀도 차가 2배이고 지름이 2배이므로 침강 속도는 8배인 0.040 m/s이다.

계산 과정

스토크스 법칙을 따르는 구형 입자의 침강 속도는 $v = \frac{g(\rho_p - \rho_f)d^2}{18\mu}$이다. 여기서 g는 중력가속도, ρ_p는 입자 밀도, ρ_f는 유체 밀도, d는 입자 지름, μ는 유체의 점성계수이다. 두 입자는 **동일한 유체**에서 침강하므로 중력가속도와 점성계수는 같고, 속도의 비를 구하면 이들은 소거된다.

밀도 차 계산: 비중은 입자 밀도를 기준 물의 밀도로 나눈 값이다. 기준 물의 밀도 1,000 kg/m^{3}를 적용하면 A와 B의 밀도는 각각 2,000 kg/m^3, 3,000 kg/m^{3}이다. 따라서 유체와의 밀도 차는 A가 1,000 kg/m^3, B가 2,000 kg/m^{3}이다. 속도에 영향을 주는 것은 입자 밀도 자체가 아니라 **유체와의 밀도 차**이므로, 밀도 차에 따른 배율은 $\frac{2{,}000}{1{,}000} = 2$이다.

지름과 속도의 비 계산: 지름이 같은 단위로 주어졌으므로 단위 변환 없이 비를 구할 수 있다. 지름의 제곱에 따른 배율은 $\left(\frac{0.20}{0.10}\right)^2 = 4$이다. 밀도 차의 배율까지 곱하면 $\frac{v_B}{v_A} = 2 \cdot 4 = 8$로, B의 침강 속도는 A의 8배이다.

B의 침강 속도는 $v_B = 8v_A$이므로 $8 \times 0.0050 = 0.040$ m/s이다. 이는 ④의 0.040에 해당한다.

NoteBase

문 3. 수처리 공정에서 침전 현상에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 제1형 침전 - 입자들은 다른 입자들의 영향을 받지 않고 독립적으로 침전한다.

② 제2형 침전 - 입자들끼리 응집하여 플록(floc) 형태로 침전한다.

③ 제3형 침전 - 입자들이 서로 간의 상대적인 위치(깊이에 따른 입자들의 위 아래 배치 순서)를 크게 바꾸면서 침전한다.

④ 제4형 침전 - 고농도의 슬러지 혼합액에서 압밀에 의해 일어나는 침전이다.

정답 3번

간단한 해설

제3형 침전은 입자들이 서로 영향을 받으며 하나의 층을 이루어 함께 가라앉는 침전이다. 이때 입자 사이의 **상대적인 위치를 거의 유지**하므로, 그 위치를 크게 바꾼다는 설명은 잘못이다.

선지별 해설

① O: 제1형 침전은 독립침전이다. 입자 농도가 낮고 입자끼리 응집하지 않는 조건에서, 각 입자가 다른 입자의 영향을 거의 받지 않고 **개별적으로 침전**한다.

② O: 제2형 침전은 응집침전이다. 침전하는 동안 입자들이 서로 충돌하고 붙어 **더 큰 플록을 형성**한다. 이에 따라 입자의 크기와 침전속도가 변하므로, 서로 독립적으로 가라앉는 제1형 침전과 구별된다.

③ X: 제3형 침전은 간섭침전 또는 계면침전이다. 입자 농도가 높아 입자들이 서로의 침전을 방해하면서 하나의 층처럼 함께 내려간다. 이때 입자들은 **상대적인 위치를 거의 유지**하며, 침전하는 입자층과 위쪽의 맑은 물 사이에 뚜렷한 경계면이 형성된다. 따라서 '상대적인 위치를 크게 바꾸면서'는 '상대적인 위치를 거의 유지하면서'로 고쳐야 한다.

④ O: 제4형 침전은 압밀침전이다. 입자 농도가 매우 높아 입자들이 서로 접촉하며 지지 구조를 이룬 상태에서, **위에 쌓인 입자의 무게로 압밀**이 일어난다. 입자 사이의 물이 빠져나가면서 슬러지층의 부피가 줄어드는 현상으로, 침전지나 농축조의 바닥 부근에서 나타난다.

NoteBase

문 4. 음의 세기 레벨(sound intensity level, SIL) 공식은? (단, SIL은 dB 단위의 음의 세기 레벨, I는 W/m^2 단위의 음의 세기, I_0는 기준 음의 세기로서 10^{-12} W/m^2이다)

① $SIL = \log_{10} \frac{I_0}{I}$
② $SIL = \log_{10} \frac{I}{I_0}$
③ $SIL = 10 \cdot \log_{10} \frac{I_0}{I}$
④ $SIL = 10 \cdot \log_{10} \frac{I}{I_0}$

정답 4번

간단한 해설

음의 세기 레벨은 **측정 음의 세기를 기준 음의 세기로 나눈 비**에 상용로그를 취하고, dB로 나타내기 위해 **10을 곱한다**. 따라서 공식은 $SIL = 10\log_{10} \frac{I}{I_0}$이다.

공통 해설

음의 세기 레벨은 음의 세기 I가 기준 음의 세기 I_0의 몇 배인지를 로그 척도로 나타낸 값이다. 여기서 $I_0 = 10^{-12} W/m^2$이며, 두 세기를 같은 단위로 나타내면 비 $\frac{I}{I_0}$에는 단위가 없다.

이 비의 상용로그는 벨(B) 단위의 레벨에 해당한다. 1 B = 10 dB이므로, dB 단위의 공식은 $SIL = 10\log_{10} \frac{I}{I_0}$이다. 즉 **분자는 측정값, 분모는 기준값**이고, 로그 앞에는 **계수 10**이 필요하다.

예를 들어 음의 세기가 기준값의 10배이면 $\frac{I}{I_0} = 10$이므로 음의 세기 레벨은 $10\log_{10} 10 = 10$dB이다. 비를 거꾸로 쓰면 기준값보다 큰 세기에 음의 레벨이 나오고, 계수 10을 빼면 벨 단위의 수치가 되어 문제에서 요구한 dB 단위와 맞지 않는다.

NoteBase

문 5. 지표 미생물에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 총 대장균군(total coliforms)은 락토스(lactose)를 발효시켜 35 °C에서 48시간 내에 기체를 생성하는 모든 세균을 포함한다.

② 총 대장균군은 호기성, 통성 혐기성, 그람 양성 세균들이다.

③ E. coli는 총 대장균군에도 속하고 분변성 대장균군에도 속한다.

④ 분변성 대장균군은 온혈 동물의 배설물 존재를 가리킨다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '그람 양성'은 **그람 음성**으로 고쳐야 한다. 총 대장균군은 산소가 있는 조건에서도 자랄 수 있으며, 통성 혐기성은 산소가 없는 조건에서도 생장할 수 있다는 뜻이다.

선지별 해설

① O: 전통적인 발효시험에서 총 대장균군은 **35 °C에서 48시간 이내에 락토스를 발효하여 기체를 생성**하는 특성으로 확인한다. 그람 음성이고 포자를 만들지 않는 막대 모양의 세균군으로, 특정 한 종만을 뜻하지 않는다.

② X: 총 대장균군은 호기성 또는 통성 혐기성의 **그람 음성 세균**이다. 따라서 '그람 양성'이라는 표현이 잘못되었다. 통성 혐기성 세균은 산소가 있으면 산소를 이용해 생장하고, 산소가 없어도 생장할 수 있다.

③ O: E. coli는 사람과 온혈 동물의 장에 서식하는 대표적인 분변성 대장균이다. **분변성 대장균군은 총 대장균군의 일부**이므로 E. coli는 두 군에 모두 속한다.

④ O: 분변성 대장균군은 사람을 포함한 온혈 동물의 장과 분변에 많이 존재하므로 **분변 오염의 지표**로 이용한다. 검출되면 배설물에 의한 오염 가능성을 시사하지만, 그 자체로 특정 병원체의 존재를 확정하는 것은 아니다.

NoteBase

문 6. 액체 연료의 고위발열량이 11,000 kcal/kg이고 저위발열량이 10,250 kcal/kg이다. 액체 연료 1.0 kg이 연소될 때 생성되는 수분의 양[kg]은? (단, 물의 증발열은 600 kcal/kg이다)

① 0.75

② 1.00

③ 1.25

④ 1.50

정답 3번

간단한 해설

고위발열량과 저위발열량의 차이는 **생성 수분의 증발잠열**에 해당한다. 연료 1.0 kg에서 이 차이가 750 kcal이므로, 생성 수분량은 $\frac{750}{600} = 1.25$ kg이다.

계산 과정

발열량 차이의 의미: 고위발열량은 연소로 생성된 수증기가 물로 응축될 때 방출하는 잠열까지 포함하고, 저위발열량은 이 잠열을 제외한다. 따라서 두 발열량의 차이는 **생성 수분을 수증기로 유지하는 데 해당하는 열량**이다.

수분의 증발에 해당하는 열량: 연료 1 kg당 발열량 차이는 11,000 − 10,250 = 750 kcal/kg이다. 연료 1.0 kg이 연소하므로 해당 열량은 750 × 1.0 = 750 kcal이다.

생성 수분량: 물 1 kg의 증발에 600 kcal이 필요하므로, **해당 열량을 물의 증발열로 나누면** 수분의 질량을 구할 수 있다. 생성 수분의 질량을 m이라 하면 $m = \frac{750}{600} = 1.25$ kg이다. 생성 수분량 1.25 kg은 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 음속에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 공기의 경우 0 ℃, 1기압에서 약 331 m/s이다.

② 공기 온도가 상승하면 음속은 감소한다.

③ 물속에서 온도가 상승하면 음속은 증가한다.

④ 마하(Mach) 수는 공기 중 물체의 이동 속도와 음속의 비율이다.

정답 2번

간단한 해설

공기 중에서는 온도가 높아질수록 음속이 **증가한다**. 따라서 '온도가 상승하면 음속은 감소한다'는 설명은 온도와 음속의 관계를 반대로 서술한 것이다.

선지별 해설

① O: 0 ℃, 1기압의 공기 중 음속은 약 **331 m/s**이다. 음속은 온도에 따라 달라지므로 이 값은 제시된 온도 조건에서의 값이다.

② X: 공기 온도가 상승하면 음속은 **감소하는 것이 아니라 증가한다**. 보통의 대기 온도 범위에서 공기 중 음속은 $c \approx 331 + 0.6t$로 근사할 수 있다. 여기서 c는 m/s로 나타낸 음속이고, t는 ℃로 나타낸 공기 온도이다. 이 관계에 따르면 공기 온도가 1 ℃ 높아질 때 음속은 약 0.6 m/s 증가한다.

③ O: 압력과 염분 등 다른 조건이 같을 때, **일반적인 환경 수온 범위**에서는 물의 온도가 높아질수록 음속이 증가한다. 물속의 음속도 매질의 성질에 따라 달라지므로, 온도에 따른 변화는 다른 조건을 일정하게 두고 비교한다.

④ O: 마하 수는 **물체의 공기에 대한 이동 속도를 그 공기에서의 음속으로 나눈 값**이다. 물체의 상대 속도를 v, 주변 공기의 음속을 c라 하면 $M = \frac{v}{c}$이다. 같은 단위의 속도끼리 나눈 무차원수이며, 마하 1은 물체의 속도가 주변 공기의 음속과 같다는 뜻이다.

NoteBase

문 8. 펌프의 공동 현상(cavitation)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 펌프의 내부에서 급격한 유속의 변화, 와류 발생, 유로 장애 등으로 인하여 물속에 기포가 형성되는 현상이다.

② 펌프의 흡입손실수두가 작을 경우 발생하기 쉽다.

③ 공동 현상이 발생하면 펌프의 양수 기능이 저하된다.

④ 공동 현상의 방지 대책 중의 하나로서 펌프의 회전수를 작게 한다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '흡입손실수두가 작을 경우'는 **'클 경우'**로 고쳐야 한다. 흡입관에서 손실되는 에너지가 클수록 펌프 흡입부의 압력이 낮아져 물이 기화하고 기포가 생기기 쉽다.

선지별 해설

① O: 급격한 유속 변화, 와류, 유로 장애 등으로 국부 압력이 낮아질 수 있다. 이 압력이 **해당 수온의 증기압 이하**로 떨어지면 물이 기화하여 기포가 생기고, 기포가 압력이 높은 곳으로 이동하면 급격히 붕괴한다. 이것이 펌프의 공동 현상이다.

② X: 흡입손실수두는 물이 흡입관을 흐를 때 마찰이나 관의 굽힘 등으로 잃는 에너지를 물기둥 높이로 나타낸 것이다. 다른 조건이 같으면 **흡입손실수두가 클수록** 펌프 흡입부의 압력이 낮아져 공동 현상이 발생하기 쉽다. 따라서 '작을 경우'를 '클 경우'로 고쳐야 한다.

③ O: 발생한 기포가 펌프 내부의 물 흐름과 에너지 전달을 방해하여 **양정과 효율이 저하**된다. 또한 기포 붕괴에 따른 충격은 소음·진동과 임펠러 손상을 일으킬 수 있어 양수 기능을 떨어뜨린다.

④ O: 펌프의 **회전수를 낮추면** 일반적으로 유속과 흡입 측 압력 강하가 줄어들고, 공동 현상을 피하는 데 필요한 흡입 압력의 여유도 작아진다. 따라서 회전수 감소는 공동 현상을 방지하는 대책 중 하나이다.

NoteBase

문 9. 대기 오염 물질의 하나인 질소 산화물을 제거하는 가장 효과적인 장치는?

① 선택적 촉매환원 장치

② 물 세정 흡수탑

③ 전기집진기

④ 여과집진기

정답 1번

간단한 해설

선택적 촉매환원 장치는 촉매와 암모니아 같은 환원제를 이용하여 질소 산화물을 **질소와 물로 전환**한다. 기체상 질소 산화물을 직접 환원하므로 제시된 장치 중 제거에 가장 효과적이다.

선지별 해설

① 선택적 촉매환원 장치: 암모니아 같은 환원제를 배기가스에 주입하고, 적절한 반응 온도에서 촉매를 통과시켜 질소 산화물을 질소와 물로 전환한다. 촉매는 환원 반응을 촉진하며, **기체상 질소 산화물을 화학적으로 전환**하므로 높은 제거 효과를 얻을 수 있다.

② 물 세정 흡수탑: 오염가스를 물과 접촉시켜 물에 녹는 성분을 흡수한다. 질소 산화물 중 일산화질소(NO)는 **물에 잘 녹지 않으므로** 물 세정만으로는 효과적인 제거가 어렵다. 따라서 질소 산화물 제거 효과는 선택적 촉매환원 장치보다 낮다.

③ 전기집진기: 입자에 전하를 부여한 뒤 전기력으로 집진극에 모은다. **입자상 물질을 포집**하는 원리이므로 기체상 질소 산화물을 직접 제거하는 데에는 적합하지 않다.

④ 여과집진기: 가스를 여과재에 통과시킬 때 여과재와 그 표면의 먼지층에 입자를 붙잡는다. 일반적인 여과집진은 **먼지 입자를 분리**하는 방식이므로 기체상 질소 산화물을 효과적으로 제거하기 어렵다.

제시된 장치 중 질소 산화물을 직접 환원하여 제거하는 장치는 ① 선택적 촉매환원 장치이므로, 질소 산화물 제거에 가장 효과적인 장치에 해당한다.

NoteBase

문 10. 도시 고형폐기물을 소각할 때 단위 무게당 가장 높은 에너지를 얻을 수 있는 것은?

① 종이

② 목재

③ 음식물 쓰레기

④ 플라스틱

정답 4번

간단한 해설

플라스틱은 일반적으로 수분이 적고 탄소·수소를 주성분으로 하는 가연성 물질이어서 **단위 무게당 발열량이 높다**. 같은 무게의 종이·목재·음식물 쓰레기보다 소각으로 얻을 수 있는 에너지가 크다.

선지별 해설

비교 기준은 같은 무게의 폐기물을 태울 때 방출되는 열량인 '발열량'이다. 실제로 회수할 수 있는 에너지를 비교할 때는 가연성 성분뿐 아니라 수분을 가열·증발시키는 데 소비되는 열도 고려한다.

① 종이: 주성분인 셀룰로스는 탄소와 수소 외에 **산소를 많이 포함**한다. 탄소·수소 비중이 큰 대표적인 플라스틱에 비해 단위 무게당 발열량이 낮다.

② 목재: 셀룰로스와 리그닌 등을 포함하여 연료로 사용할 수 있지만, 산소를 포함한 유기물로 이루어져 있고 수분도 함유한다. 따라서 일반적인 폐목재의 단위 무게당 발열량은 플라스틱보다 낮으며, **수분이 많을수록 회수할 수 있는 열량이 줄어든다**.

③ 음식물 쓰레기: 가연성 유기물을 포함하지만 보통 **수분 함량이 높다**. 물 자체는 연소열을 내지 않고, 소각 중 물을 가열하고 증발시키는 데 열이 소비되므로 투입 무게당 얻을 수 있는 에너지가 작다.

④ 플라스틱: 폴리에틸렌·폴리프로필렌처럼 탄소와 수소를 주성분으로 하는 종류가 대표적이다. 이들은 종이·목재보다 산소 함량이 낮고 일반적으로 수분도 적어 **단위 무게당 발열량이 높다**. 플라스틱의 종류에 따라 발열량은 달라지지만, 도시 고형폐기물의 대표적인 성상 비교에서는 고발열량 성분에 해당한다.

네 후보 중 일반적으로 단위 무게당 가장 큰 에너지를 얻을 수 있는 것은 ④ 플라스틱이다.

NoteBase

문 11. 염소 소독법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 염소 소독은 THM(trihalomethane)과 같은 발암성 물질을 생성시킬 수 있다.

② 하수처리 시 수중에서 염소는 암모니아와 반응하여 모노클로로아민(NH_2Cl)과 다이클로로아민($NHCl_2$) 등과 같은 결합 잔류 염소를 형성한다.

③ 유리 잔류 염소인 HOCl과 OCl^-의 비율 $\left(\frac{HOCl}{OCl^-}\right)$은 pH가 높아지면 커진다.

④ 정수장에서 암모니아를 포함한 물을 염소 소독할 때 유리 잔류 염소를 적정한 농도로 유지하기 위해서는 불연속점(breakpoint)보다 더 많은 염소를 주입하여야 한다.

정답 3번

간단한 해설

pH가 높아지면 HOCl의 해리가 촉진되어 OCl^-의 비중이 커진다. 따라서 **HOCl/OCl^- 비율은 작아진다**.

선지별 해설

① O: 염소가 물속의 천연 유기물과 반응하면 **THM과 같은 소독 부산물**이 생성될 수 있다. THM은 장기간 노출 시 암 발생 위험 증가가 우려되는 물질군이다.

② O: 염소 소독으로 생성된 HOCl은 수중 암모니아와 반응하여 모노클로로아민(NH_2Cl), 다이클로로아민($NHCl_2$) 등을 형성한다. 이처럼 암모니아 등과 결합한 형태로 남는 염소를 **결합 잔류 염소**라고 하며, $HOCl \cdot OCl^-$ 형태의 유리 잔류 염소와 구별한다.

③ X: HOCl은 물속에서 $HOCl \rightleftharpoons H^+ + OCl^-$의 해리 평형을 이룬다. 같은 온도에서 pH가 높아지면 수소 이온 농도가 낮아져 해리가 촉진되므로 HOCl의 비중은 줄고 OCl^-의 비중은 커진다. 따라서 $\frac{[HOCl]}{[OCl^-]}$은 **커지는 것이 아니라 작아진다**.

④ O: 암모니아가 있는 물에 염소를 주입하면 먼저 클로로아민이 형성되고, 염소를 더 주입하면 클로로아민이 산화·분해되어 잔류 염소가 감소한다. 불연속점은 이러한 분해를 거쳐 잔류 염소가 최저 수준에 이르는 지점이며, **불연속점을 넘어서 주입한 염소**는 유리 잔류 염소로 남기 시작한다. 따라서 유리 잔류 염소를 적정 농도로 확보하려면 불연속점을 초과하는 양을 주입해야 한다.

NoteBase

문 12. 유기성 슬러지에 해당하지 않는 것은?

① 하·폐수 생물학적 처리공정의 잉여 슬러지

② 음식물 쓰레기 처리공정에서 발생하는 고형물

③ 정수장의 응집 침전지에서 생성된 슬러지

④ 정화조 찌꺼기

정답 3번

간단한 해설

정수장의 응집 침전지 슬러지는 점토·실트와 응집제에서 생긴 금속 수산화물 등 **무기성 성분이 중심**이므로 무기성 슬러지로 분류한다.

공통 해설

유기성 슬러지와 무기성 슬러지는 **고형물을 이루는 주된 성분**으로 구분한다. 미생물 세포, 음식물 잔재, 분뇨처럼 유기물이 풍부한 고형물은 유기성으로, 광물성 입자나 금속 수산화물 등이 중심인 고형물은 무기성으로 분류한다.

하·폐수 생물학적 처리공정의 잉여 슬러지는 유기물을 먹고 증식한 미생물 세포를 많이 포함한다. 음식물 쓰레기 처리공정의 고형물에는 탄수화물·단백질·지방 등의 음식물 유래 유기물이 많고, 정화조 찌꺼기에는 분뇨와 그 분해 잔재 등 유기물이 풍부하다. 따라서 이들은 같은 성분 기준에서 유기성 슬러지에 해당한다.

정수장의 응집 침전지에서는 원수의 점토·실트 등 미세 입자와 응집제에서 생긴 알루미늄·철의 수산화물 등이 함께 침전한다. 이렇게 생성된 슬러지는 **무기성 슬러지**로 분류하므로 유기성 슬러지에 해당하지 않는다.
원수에서 유래한 유기물이 일부 포함될 수 있지만, 유기물의 존재 여부만으로 유기성 슬러지로 분류하는 것은 아니다.

NoteBase

문 13. 광화학 스모그의 생성 과정에서 반응물과 생성물에 해당하지 않는 것은?

① 탄화수소

② 황 산화물

③ 질소 산화물

④ 오존

정답 2번

간단한 해설

광화학 스모그는 질소 산화물과 탄화수소가 햇빛 아래에서 반응하여 **오존 등의 2차 오염 물질**을 만드는 과정에서 발생한다. 황 산화물은 이 대표적인 생성 반응계의 반응물이나 생성물에 해당하지 않는다.

공통 해설

광화학 스모그는 **질소 산화물과 탄화수소가 햇빛을 받아 반응**하면서 오존 등의 2차 오염 물질을 생성하는 현상이다. 이산화질소가 햇빛에 의해 분해되면 산소 원자가 생기고, 이 산소 원자가 산소 분자와 결합하여 오존을 만든다. 탄화수소의 산화 반응은 이 과정에서 오존이 축적되는 데 관여한다.

이 생성 과정에서 탄화수소와 질소 산화물은 반응물에, 오존은 생성물에 해당한다. **황 산화물은 이러한 광화학 스모그의 대표적인 생성 반응계에 포함되지 않는다.**

NoteBase

문 14. 총 경도가 250 mg $CaCO_3$/L이며 알칼리도가 190 mg $CaCO_3$/L인 경우, 주된 알칼리도 물질과 비탄산 경도[mg $CaCO_3$/L]는? (단, pH는 7.6이다)

① 알칼리도 물질: CO_3^{2-}, 비탄산 경도[mg $CaCO_3$/L]: 60
② 알칼리도 물질: CO_3^{2-}, 비탄산 경도[mg $CaCO_3$/L]: 190
③ 알칼리도 물질: HCO_3^-, 비탄산 경도[mg $CaCO_3$/L]: 60
④ 알칼리도 물질: HCO_3^-, 비탄산 경도[mg $CaCO_3$/L]: 190

정답 3번

간단한 해설

pH 7.6에서는 **중탄산 이온(HCO_3^-)**이 주된 알칼리도 물질이다. 총 경도가 알칼리도보다 크므로 탄산 경도는 알칼리도와 같고, 비탄산 경도는 250 − 190 = **60 mg $CaCO_3$/L**이다.

계산 과정

주된 알칼리도 물질: 알칼리도는 물이 산을 중화하는 능력이다. 탄산계 알칼리도에서 pH 7.6은 탄산 이온(CO_3^{2-})보다 **중탄산 이온(HCO_3^-)의 기여가 큰 조건**이므로, 주된 알칼리도 물질은 HCO_3^-이다. 이는 CO_3^{2-}가 전혀 없다는 뜻은 아니다.

탄산 경도: 중탄산 이온과 탄산 이온에 의한 알칼리도에 대응하는 경도이다. 총 경도와 알칼리도를 **같은 $CaCO_3$ 환산 단위**로 나타내면, 탄산 경도는 두 값 중 작은 값이다. 이 문제는 두 값 모두 mg $CaCO_3$/L로 주어졌으므로 별도의 단위 환산이 필요 없다. 알칼리도 190이 총 경도 250보다 작으므로 탄산 경도는 190 mg $CaCO_3$/L이다.

비탄산 경도: 총 경도에서 탄산 경도를 뺀 나머지이다. 따라서 비탄산 경도 = 250 − 190 = 60 mg $CaCO_3$/L이다. 여기서 **190은 탄산 경도**이고, 비탄산 경도는 그 값을 뺀 60이다.

주된 알칼리도 물질 HCO_3^-와 비탄산 경도 60 mg $CaCO_3$/L의 조합은 ③에 해당한다.

NoteBase

문 15. 오염 물질로서의 중금속에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 크로뮴은 +3가인 화학종이 +6가인 화학종에 비하여 독성이 강하다.

② 구리는 황산 구리의 형태로 부영양화된 호수의 조류 제어에 사용되기도 한다.

③ 납은 과거에 휘발유의 노킹(knocking) 방지제로 사용되었으므로 고속도로변 토양에서 검출되기도 한다.

④ 수은은 상온에서 액체인 물질이다.

정답 1번

간단한 해설

크로뮴은 산화수에 따라 독성이 달라지며, 일반적으로 **6가 크로뮴이 3가 크로뮴보다 독성이 강하다**. ①은 두 화학종의 독성 크기를 반대로 설명했다.

선지별 해설

① X: 일반적으로 **6가 크로뮴의 독성이 3가 크로뮴보다 강하다**. 6가 크로뮴은 3가 크로뮴보다 세포 안으로 쉽게 들어가며, 세포 내에서 환원되는 과정에서 생성되는 활성산소 등이 세포 손상을 일으킨다. 따라서 '3가인 화학종이 6가인 화학종에 비하여 독성이 강하다'는 비교를 반대로 고쳐야 한다.

② O: 황산 구리는 물에 녹아 구리 이온을 공급하며, 구리 이온은 조류의 생장을 억제한다. 이러한 작용을 이용하여 부영양화된 호수에서 **조류를 제어하는 약제**로 사용하기도 한다.

③ O: 과거에는 납 화합물을 휘발유의 **노킹 방지 첨가제**로 사용했다. 차량 배기가스에 포함되어 배출된 납이 도로 주변에 침적되어 토양에 남을 수 있으므로, 고속도로변 토양에서 납이 검출될 수 있다.

④ O: 원소 상태의 **금속 수은은 상온에서 액체**이다. 녹는점이 약 −39 °C로 상온보다 낮기 때문이다. 이는 금속 수은의 성질이며, 모든 수은 화합물이 상온에서 액체라는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 16. 점도(viscosity)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 물의 점도는 온도가 상승하면 감소한다.

② 뉴턴 유체(Newtonian fluid)에서 전단응력은 속도 경사(velocity gradient)에 비례한다.

③ 공기의 점도는 온도가 상승하면 증가한다.

④ 동점도계수는 점도를 속도로 나눈 것이다.

정답 4번

간단한 해설

동점도계수는 점도를 **밀도로 나눈 값**이다. ④의 '속도로 나눈다'는 표현은 '밀도로 나눈다'로 고쳐야 한다.

선지별 해설

① O: 물과 같은 액체에서는 분자 사이의 응집력이 점성 저항에 중요한 역할을 한다. 온도가 올라가면 분자가 서로의 구속을 벗어나 이동하기 쉬워지므로 **물의 점도는 감소한다**.

② O: 뉴턴 유체는 **전단응력이 속도 경사에 비례**하는 유체이다. 그 관계는 $\tau = \mu \frac{du}{dy}$로 나타낸다. 여기서 τ는 전단응력, μ는 점도이며, du/dy는 흐름에 수직인 방향으로 거리가 변할 때 유속이 얼마나 달라지는지를 나타내는 속도 경사이다. 같은 온도와 압력에서 속도 경사가 두 배가 되면 전단응력도 두 배가 된다.

③ O: 공기와 같은 기체에서는 분자가 서로 다른 속도로 흐르는 층 사이를 이동하며 운동량을 전달하여 점성 저항을 만든다. 온도가 높아지면 분자 운동이 활발해져 운동량 전달이 커지므로 **공기의 점도는 증가한다**. 이는 온도 상승에 따라 점도가 감소하는 물과 구별된다.

④ X: 동점도계수는 **점도를 밀도로 나눈 값**으로, $\nu = \frac{\mu}{\rho}$이다. 여기서 ν는 동점도계수, μ는 점도, ρ는 밀도이다. 점도의 SI 단위는 Pa·s이고 동점도계수의 SI 단위는 m^2/s이다. 따라서 분모는 속도가 아니라 밀도이다.

NoteBase

문 17. 하수처리에서 기존의 활성 슬러지 공정과 비교할 때 막분리 생물반응조(membrane bioreactor, MBR) 공정의 특징으로 옳지 않은 것은?

① 일반적인 처리장 운전에서 슬러지 체류 시간을 짧게 하여 잉여 슬러지 발생량을 줄일 수 있다.

② 하수처리를 위한 부지 공간을 절약할 수 있다.

③ 수리학적 체류 시간을 짧게 유지할 수 있다.

④ 주기적인 막교체에 소요되는 비용이 발생한다.

정답 1번

간단한 해설

①의 '슬러지 체류 시간을 짧게'는 **'슬러지 체류 시간을 길게'**로 고쳐야 한다. MBR은 막으로 미생물을 반응조 안에 유지하면서 장기간 운전하여, 미생물의 내생호흡에 따른 분해로 잉여 슬러지 발생량을 줄일 수 있다.

선지별 해설

MBR은 미생물에 의한 생물학적 처리와 막을 이용한 고액분리를 결합한 공정이다. 막은 미생물 등 고형물을 반응조에 남기고 처리수를 통과시킨다.

① X: 슬러지 체류 시간(SRT)은 미생물 등 고형물이 처리계 안에 머무르는 평균 시간이다. 일반적인 운전에서 잉여 슬러지를 줄이는 방향은 SRT를 짧게 하는 것이 아니라 **길게 유지하는 것**이다. 미생물이 오래 체류하면 외부 유기물뿐 아니라 자신의 세포 성분을 에너지원으로 사용하는 내생호흡에 따른 분해가 진행되어, 제거한 유기물량에 비해 외부로 배출해야 할 잉여 슬러지량이 감소한다.

② O: MBR은 침전 대신 막으로 고액분리하므로 **최종침전지를 대체**할 수 있다. 또한 반응조에 높은 미생물 농도를 유지하여 같은 하수량을 더 작은 반응조에서 처리할 수 있으므로 부지 공간을 절약할 수 있다.

③ O: 수리학적 체류 시간(HRT)은 하수가 반응조에 머무르는 평균 시간이다. MBR은 높은 미생물 농도로 단위 반응조 부피당 처리부하를 높일 수 있어 HRT를 짧게 유지할 수 있다. 막이 미생물의 유출을 막으므로 **물은 짧게, 슬러지는 길게** 체류시키는 운전이 가능하다. 따라서 짧은 HRT가 짧은 SRT를 뜻하지는 않는다.

④ O: 막은 영구적으로 사용하는 설비가 아니다. 사용 중 오염과 성능 저하를 관리하기 위한 세정이 필요하며, 수명이 다하거나 성능 회복이 어려워지면 **막교체 비용**이 발생한다. 교체 주기는 막의 종류와 운전·관리 조건에 따라 달라진다.

NoteBase

문 18. RDF(refuse derived fuel)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 물리화학적 성분 조성이 균일해야 좋다.

② 다이옥신 발생을 줄이기 위하여 RDF 제조에 염소가 함유된 플라스틱을 60% 이상 사용하는 것이 바람직하다.

③ RDF의 형태에는 펠렛(pellet)형, 분말(powder)형 등이 있다.

④ 발열량을 높이기 위하여 함수량을 감소시켜야 한다.

정답 2번

간단한 해설

염소가 함유된 플라스틱을 많이 넣는 것은 다이옥신 저감 방법이 아니다. PVC 같은 **염소 함유 플라스틱을 선별·제거하여 염소 함량을 낮추는** 것이 바람직하다.

선지별 해설

① O: RDF는 폐기물에서 가연성 성분을 선별하여 연료로 가공한 것이다. **물리화학적 성분 조성이 균일하면** 발열량과 연소 특성의 변동이 작아져 연료 공급과 연소 조건을 안정적으로 관리하기 쉽다.

② X: PVC 등 염소 함유 플라스틱은 연소 과정에서 다이옥신 생성에 관여하는 염소의 공급원이 될 수 있다. 따라서 다이옥신 발생을 줄이려고 '염소가 함유된 플라스틱을 60% 이상 사용'한다는 설명은 부적절하다. 이러한 플라스틱을 **선별·제거하여 연료의 염소 함량을 낮추는** 것이 바람직하다.

③ O: RDF는 가공 방식에 따라 여러 형태로 제조할 수 있다. 가연성 물질을 잘게 분쇄한 **분말형**과, 이를 압축·성형한 **펠렛형** 등이 있다. 펠렛으로 성형하면 부피를 줄여 취급과 운반을 편리하게 할 수 있다.

④ O: 함수량은 연료에 포함된 수분의 비율이다. 수분은 연소열을 내지 않으며, 연소 과정에서 가열·증발하는 데 열을 소비한다. 따라서 **함수량을 낮추면** 수분을 포함한 연료의 단위 질량당 발열량이 높아지고, 수분 증발로 소모되는 열도 줄어 유용하게 회수할 수 있는 열이 늘어난다.

NoteBase

문 19. 지역 A의 면적은 1,000 km^2이고, 대기 혼합고(mixing height)는 100 m이다. 하루에 200톤(질량 기준)의 석탄이 완전 연소되었는데, 이 석탄의 황(S) 함유량은 4%이었고 연소 후 S는 모두 SO_2로 배출되었다. 지역 A에서 1주 동안 대기가 정체되었을 때 SO_2의 최종 농도[μg/m^3]는? (단, S의 원자량은 32, O의 원자량은 16이며, 지역 A에서 대기가 정체되기 이전의 SO_2 초기 농도는 0 μg/m^3이고 주변 지역과의 물질 전달은 없다고 가정한다)

① 56

② 112

③ 560

④ 1,120

정답 4번

간단한 해설

황이 모두 SO_2로 배출되면 산소가 결합하여 **SO_2의 질량은 황 질량의 2배**가 된다. 하루 16톤씩 7일 동안 누적된 SO_2 112톤을 혼합 대기 부피로 나누면 최종 농도는 **1,120 μg/m^3**이다.

계산 과정

1. 혼합 대기 부피: 혼합고는 오염물질이 섞이는 대기층의 높이이므로, 지역 면적에 혼합고를 곱하여 부피를 구한다. 1 $km^2 = 10^6$ m^2이므로 혼합 대기 부피는 $V = (1{,}000 \times 10^6) \times 100 = 10^{11}$ m^3이다.

2. 하루 황 연소량: 석탄의 황 함유량은 질량 기준 4%이므로, 하루에 연소되는 황의 질량은 200 × 0.04 = 8톤이다. 이는 석탄 전체가 아니라 **석탄에 포함된 황의 질량**이다.

3. 하루 SO_2 배출량: 황 1몰이 SO_2 1몰로 전환된다. S의 원자량은 32이고 SO_2의 분자량은 32 + 16 × 2 = 64이므로, **결합한 산소의 질량까지 포함**하여 SO_2 배출량을 구한다. 하루 배출량은 8 × (64)/(32) = 16 톤이다.

4. 1주 동안의 누적량: 초기 SO_2 농도가 0이고 대기가 정체되어 주변 지역과 물질 전달이 없으므로, 7일 동안 배출된 SO_2가 혼합 대기층에 누적된다. 누적 질량은 16 × 7 = 112톤이다.

5. 최종 농도: 질량 농도는 **누적된 SO_2 질량을 혼합 대기 부피로 나눈 값**이다. 1 톤 = 10^12 μg이므로, $C = \frac{112 \times 10^{12}}{10^{11}} = 1{,}120$ $\mu g/m^3$이다. 이는 ④의 1,120 μg/m^3에 해당한다.

NoteBase

문 20. 해수의 특성으로 옳지 않은 것은?

① pH는 일반적으로 약 7.5 ~ 8.5 범위이다.

② 염도는 약 3.5‰이다.

③ 용존 산소 농도는 수온이 감소하면 증가한다.

④ 밀도는 온도가 상승하면 작아지고, 염도가 증가하면 커진다.

정답 2번

간단한 해설

해수의 평균 염도는 **약 35‰, 즉 3.5%**이다. ②의 3.5‰는 퍼센트(%)와 퍼밀(‰)을 혼동한 값으로, 평균 염도의 10분의 1에 해당한다.

선지별 해설

① O: 해수는 일반적으로 **약알칼리성**이며, pH는 약 7.5~8.5 범위이다. 해수에 녹아 있는 탄산수소 이온과 탄산 이온 등은 산이나 염기가 유입될 때 pH 변화를 완화하는 완충 작용을 한다.

② X: 해수의 평균 염도는 3.5‰가 아니라 **약 35‰**이다. 이는 해수 1,000 g에 염류가 약 35 g 들어 있다는 뜻이며, 백분율로는 3.5%이다. ‰는 천분율, %는 백분율이므로 두 단위를 구별해야 한다.

③ O: 다른 조건이 같을 때 수온이 낮아지면 **산소의 용해도가 증가**하여 포화 상태에서 해수에 녹을 수 있는 산소량이 많아진다. 이 선지는 수온에 따른 일반적인 용해도 경향을 말하며, 실제 용존 산소 농도에는 생물의 호흡·광합성이나 해수 혼합 등도 영향을 준다.

④ O: 일반적인 해수 조건에서 다른 조건이 같다면, 수온이 상승할 때 열팽창으로 부피가 늘어나 **밀도가 감소**한다. 반대로 같은 온도와 압력에서 염도가 높아지면 단위 부피당 질량이 커져 밀도가 증가한다.

NoteBase