

457.210A.001

환경공학 중간고사

2016. 10. 24.

유의사항:

1. 앞뒷면 모두를 사용하여 A4 용지 두 장에 필요한 내용을 적어 시험에 사용할 수 있습니다. 다만, 컴퓨터로 출력하거나 복사한 것은 불가합니다.
2. 계산기를 사용하되, 수업과 관련된 공식이 프로그램되어 있으면 안됩니다.
3. 주지한 바와 같이, 부정행위를 할 경우 학급 최저점수의 80%를 부여합니다. 부정행위는 절대 용납하지 않습니다.
4. 해당사항이 있을 경우, 꼭 단위를 기입하고, 정확한 단위를 사용하십시오. 답은 논리적이고 이해하기 쉽게 기재하십시오.
5. 본 시험은 6문항으로 구성되어 있으며, 총점은 100점입니다.

필요 시 다음의 원자량 값을 사용하십시오.

C: 12.0; H: 1.0; N: 14.0; O: 16.0; Ca: 40.1

1. 다음 명제에 대하여 옳고 그름을 O/X로 표시하십시오.

(주의! 답이 맞으면 +2점, 틀리면, -1점, 기입하지 않으면 0점임)

- 1) 물 분자를 ligand로 하는 착이온(complex ion)의 중앙에 위치한 금속 이온은 Lewis acid이다.
- 2) 온도가 동일한 10^{-4} M NaCl 용액과 0.1 M NaCl 용액에 고체 탄산칼슘(CaCO_3)을 과량 투입하였을 경우 침전-용해반응이 평형에 도달하였을 때 수용액 상의 Ca^{2+} 농도는 0.1 M NaCl이 더 높다.
- 3) 0차반응의 반감기는 초기 농도에 관계없이 일정하다.
- 4) DNA는 adenine, thymine, guanine, cytosine 등 염기를 단량체(monomer)로 하는 중합체(polymer)이다.
- 5) 바이러스는 DNA 또는 RNA를 보유하고 있는 생명체의 한 영역(domain of life)이다.
- 6) 생물다양성(biodiversity)과 생태계 각 구성요소 간의 복잡한 연결망 구조(network structure)는 생태계의 리질리언스(resilience; 외부 충격으로부터 회복하는 성질)를 향상시키는 주요 요인이 된다.
- 7) 모든 박테리아는 대기 중의 질소 가스(N_2)를 고정하는 능력을 가지고 있지 못하며, 암모니아(NH_3), 질산(NO_3^-), 아질산(NO_2^-), 유기질소(organic-N) 등의 형태로 질소가 공급되어야 생장이 가능하다.
- 8) 유역(watershed) 내에 불투수면이 늘어나면 그 유역을 배수시키는 하천에서 강우 시 첨두유량(peak flowrate)의 크기가 증가한다.
- 9) 미국 EPA의 위해성평가(risk assessment) 지침 상 비발암물질(non-carcinogen)의 경우 그 섭취량이 일정 수준 이하이면 독성이 없는 것으로 간주한다.
- 10) 나트륨(Na^+) 함량이 높은 물을 관개용수로 사용하였을 경우 토양의 투수성이 감소될 수 있다.

2. 다음 물음에 답하시오.

1) *Acidithiobacillus ferrooxidans*는 철과 황을 대사 작용에 활용하여 성장하는 박테리아로 알려져 있다. 이 박테리아 종은 원자 상태의 황(S⁰)을 황산 이온(SO₄²⁻)으로 산화시키고 3가 철 이온(Fe³⁺)을 2가 철 이온(Fe²⁺)으로 환원시키면서 에너지를 얻는다. 이 종은 생장에 필요한 탄소를 대기 중의 이산화탄소로부터 얻는다. 이 박테리아는 에너지원과 탄소원에 따라 각각 어떻게 분류되는가? (phototroph, chemolithotroph, chemoorganotroph, autotroph, heterotroph 중 각각 선택) (4점)

2) 저영양개발(LID) 시설의 사례를 세 가지 이상 제시하시오. (5점)

3) 몇 가지 수질 오염물질을 아래 상자에 제시하였다. 제시한 것들 중 가축 매몰지에서 발생하는 침출수에 존재할 개연성이 높은 것들을 선택하고, 선택한 이유를 간단히 서술하시오. (6점)

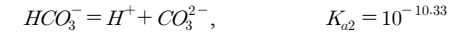
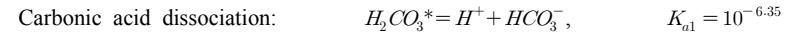
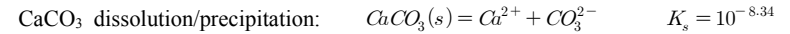
Oxygen demanding materials	Nutrients
Pathogens	Heavy metals
Chlorinated ethenes	antibiotics ¹
BTEX	

¹항생제

4) 일반적으로 BOD 측정값보다 COD 측정값이 높은 이유를 서술하시오. (단, 여기서 BOD는 최종BOD[ultimate BOD]를 말함) (5점)

3. 석회석(CaCO₃)과 평형을 이루고 있는 지하수를 양수하여 즉시 분석하였더니 온도가 25°C, pH가 8.0, Ca²⁺의 농도가 80 mg/L였다. 이 지하수를 묽은 용액으로 가정하고, 다음 물음에 답하시오.

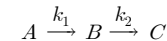
(참고)



1) 이 지하수의 bicarbonate(HCO₃⁻)와 carbonate(CO₃²⁻)의 몰농도를 예측하시오. (12점)

2) 이 지하수의 carbonate alkalinity를 mg/L as CaCO₃ 단위로 구하시오. (5점)

4. 어떤 독성물질 A가 다음의 순차적인 2단계 반응을 거쳐 무해한 물질 C로 변환되며, 이 각 단계의 반응은 각각 반응상수가 k₁, k₂인 1차반응이라고 한다.



이 물질을 유량 Q, A의 농도 C_{A0}, B 및 C의 농도 0인 유입수로부터 제거하기 위하여 부피 V인 completely mixed flow reactor(CMFR)를 사용하고자 한다. 이 때, 다음의 물음에 답하시오.

1) 이 CMFR의 물질 A에 대한 steady state에서의 물질수지식(mass balance equation)을 수립하고, 이를 이용하여 유출수에서의 A의 농도 C_A를 반응조의 체류시간(retention time) t₀, 반응상수 k₁, 유입수 농도 C_{A0}의 식으로 나타내시오. (5점)

2) 이 CMFR의 물질 B에 대한 steady state에서의 물질수지식(mass balance equation)을 수립하고, 이를 이용하여 유출수에서의 B의 농도 C_B를 반응조의 체류시간(retention time) t₀, 반응상수 k₁ 및 k₂, 유입수 농도 C_{A0}의 식으로 나타내시오. (15점)

5. 폐기물 매립지 하부에는 매립지에서 발생하는 침출수의 유출을 방지하기 위하여 합성 수지막+50 cm의 점토층 또는 100 cm의 점토층을 타설하며, 이 때 점토층의 수리전도도(hydraulic conductivity)는 10^{-7} cm/s 이하여야 한다. 동수경사(hydraulic gradient)가 1 cm/cm일 때, 침출수가 수리전도도 10^{-7} cm/s, 공극률(porosity) 55%, 두께 100 cm인 점토층을 통과하는 데 걸리는 시간(단위: 년)을 구하시오. (13점)
6. 6가크롬(Cr^{6+})은 공기 중 흡입으로 인한 발암독성이 있는 물질로, 이 경로에 대한 slope factor는 42.0 kg-day/mg이다. 30년 동안 하루에 8시간, 1주일에 5일, 연간 50주를 작업장에서 일하는 근로자의 평생 동안의 작업장 실내 공기 크롬 흡입으로 인한 발암위해도를 10^{-4} 이하로 하고자 한다. 이 작업장의 실내 공기 내 6가크롬 농도는 얼마 이하여야 하는가? (averaging time = 75 years, body weight = 70 kg, 공기 흡입률[inhalation rate] = $15.2 \text{ m}^3/\text{day}$ 로 가정하시오.) (15점)

457.210A.001

환경공학 중간고사 - Solutions

2016. 10. 24.

유의사항:

1. 앞뒷면 모두를 사용하여 A4 용지 두 장에 필요한 내용을 적어 시험에 사용할 수 있습니다. 다만, 컴퓨터로 출력하거나 복사한 것은 불가합니다.
2. 계산기를 사용하되, 수업과 관련된 공식이 프로그램되어 있으면 안됩니다.
3. 주지한 바와 같이, 부정행위를 할 경우 학급 최저점수의 80%를 부여합니다. 부정행위는 절대 용납하지 않습니다.
4. 해당사항이 있을 경우, 꼭 단위를 기입하고, 정확한 단위를 사용하십시오. 답은 논리적이고 이해하기 쉽게 기재하십시오.
5. 본 시험은 7문항으로 구성되어 있으며, 총점은 150점입니다.

필요 시 다음의 원자량 값을 사용하십시오.

C: 12.0; H: 1.0; N: 14.0; O: 16.0; Ca: 40.1

1. 다음 명제에 대하여 옳고 그름을 O/X로 표시하십시오.

(주의! 답이 맞으면 +2점, 틀리면, -1점, 기입하지 않으면 0점임)

- 1) 물 분자를 ligand로 하는 착이온(complex ion)의 중앙에 위치한 금속 이온은 Lewis acid이다.
답) O
- 2) 온도가 동일한 10⁻⁴ M NaCl 용액과 0.1 M NaCl 용액에 고체 탄산칼슘(CaCO₃)을 과량 투입하였을 경우 침전-용해반응이 평형에 도달하였을 때 수용액 상의 Ca²⁺ 농도는 0.1 M NaCl이 더 높다.
답) O
- 3) 0차반응의 반감기는 초기 농도에 관계없이 일정하다.
답) X
- 4) DNA는 adenine, thymine, guanine, cytosine 등 염기를 단량체(monomer)로 하는 중합체(polymer)이다.
답) X
- 5) 바이러스는 DNA 또는 RNA를 보유하고 있는 생명체(life)의 한 영역(domain)이다.
답) X
- 6) 생물다양성(biodiversity)과 생태계 각 구성요소 간의 복잡한 연결망 구조(network structure)는 생태계의 리질리언스(resilience; 외부 충격으로부터 회복하는 성질)를 향상시키는 주요 요인이 된다.
답) O
- 7) 모든 박테리아는 대기 중의 질소 가스(N₂)를 고정하는 능력을 가지고 있지 못하며, 암모니아(NH₃), 질산(NO₃), 아질산(NO₂), 유기질소(organic-N) 등의 형태로 질소가 공급되어야 생장이 가능하다.
답) X
- 8) 유역(watershed) 내에 불투수면이 늘어나면 그 유역을 배수시키는 하천에서 강우 시 첨두유량(peak flowrate)의 크기가 증가한다.

답) O

9) 미국 EPA의 위해성평가(risk assessment) 지침 상 비발암물질(non-carcinogen)의 경우 그 섭취량이 일정 수준 이하이면 독성이 없는 것으로 간주한다.

답) O

10) 나트륨(Na⁺) 함량이 높은 물을 관개용수로 사용하였을 경우 토양의 투수성이 감소될 수 있다.

답) O

2. 다음 물음에 답하십시오.

1) *Acidithiobacillus ferrooxidans*는 철과 황을 대사 작용에 활용하여 성장하는 박테리아로 알려져 있다. 이 박테리아 종은 원자 상태의 황(S⁰)을 황산 이온(SO₄²⁻)으로 산화시키고 3가 철 이온(Fe³⁺)을 2가 철 이온(Fe²⁺)으로 환원시키면서 에너지를 얻는다. 이 종은 성장에 필요한 탄소를 대기 중의 이산화탄소로부터 얻는다. 이 박테리아는 에너지원과 탄소원에 따라 각각 어떻게 분류되는가? (phototroph, chemolithotroph, chemoorganotroph, autotroph, heterotroph 중 각각 선택) (4점)

답) chemolithotroph, autotroph

2) 저영양개발(LID) 시설의 사례를 세 가지 이상 제시하십시오. (5점)

답)

식생체류지(bioretenion), 옥상녹화(green roof), 투수성 포장(permeable pavement), 식생수로 (grass swales, grass channels), 빗물저류조(rain barrels, rain cisterns), 나무여과상자(tree box filter), 식물재배화분(planter box) 등

3) 몇 가지 수질 오염물질을 아래 상자에 제시하였다. 제시한 것들 중 가축 매몰지에서 발생하는 침출수에 존재할 개연성이 높은 것들을 선택하고, 선택한 이유를 간단히 서술하십시오. (6점)

Oxygen demanding materials	Nutrients
Pathogens	Heavy metals
Chlorinated ethenes	antibiotics ¹
BTEX	

¹항생제

답)

Oxygen demanding materials: 가축 사체의 대부분은 생물학적 분해가 가능한 유기물이므로 이들이 산소를 소모

Nutrients: 가축 사체, 분뇨 등에는 상당한 질소, 인이 존재함

Pathogens: 병원균은 기본적으로 life cycle 상 생명체 기관에서 증식하므로 상당한 존재 가능성 있음

Antibiotics: 기업형 축사 등에서 가축 성장을 촉진하기 위하여 상당량의 항생제를 투여했을 수 있음

4) 일반적으로 BOD 측정값보다 COD 측정값이 높은 이유를 서술하십시오. (단, 여기서 BOD는 최종BOD[ultimate BOD]를 말함) (5점)

답)

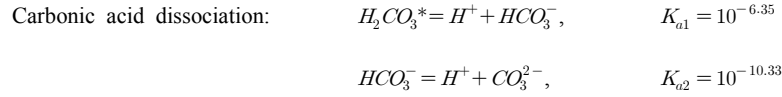
- 생물학적 분해가 어려운 유기물의 존재

- BOD 측정 시 미생물 성장으로 인하여 산소 소모 없이 유기물 소모

3. 석회석(CaCO₃)과 평형을 이루고 있는 지하수를 양수하여 즉시 분석하였더니 온도가 25°C, pH가 8.0, Ca²⁺의 농도가 80 mg/L였다. 이 지하수를 묽은 용액으로 가정하고, 다음 물음에 답하십시오.

(참고)





1) 이 지하수의 bicarbonate(HCO_3^-)와 carbonate(CO_3^{2-})의 몰농도를 예측하시오. (12점)

답)

$$[Ca^{2+}] = 80 \text{ mg/L} \times 10^{-3} \text{ g/mg} \times \frac{1}{40.1 \text{ g/mole}} = 2.00 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$10^{-8.34} = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}]$$

$$[CO_3^{2-}] = 2.29 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$10^{-10.33} = \frac{[CO_3^{2-}][H^+]}{[HCO_3^-]}$$

$$[H^+] = 10^{-8.0} \text{ M}$$

$$[HCO_3^-] = 4.90 \times 10^{-4} \text{ M}$$

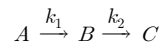
2) 이 지하수의 carbonate alkalinity를 mg/L as $CaCO_3$ 단위로 구하시오. (5점)

답)

$$Alk = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] = 4.90 \times 10^{-4} \text{ M} + 2 \times 2.29 \times 10^{-6} \text{ M} = 4.95 \times 10^{-4} \text{ eq/L} = 0.495 \text{ meq/L}$$

$$= 24.8 \text{ mg/L as } CaCO_3$$

4. 어떤 독성물질 A가 다음의 순차적인 2단계 반응을 거쳐 무해한 물질 C로 변환되며, 이 각 단계의 반응은 각각 반응상수가 k_1 , k_2 인 1차반응이라고 한다.



이 물질을 유량 Q, A의 농도 C_{A0} , B 및 C의 농도 0인 유입수로부터 제거하기 위하여 부피 V인 completely mixed flow reactor(CMFR)를 사용하고자 한다. 이 때, 다음의 물음에

답하시오.

1) 이 CMFR의 물질 A에 대한 steady state에서의 물질수지식(mass balance equation)을 수립하고, 이를 이용하여 유출수에서의 A의 농도 C_A 를 반응조의 체류시간(retention time) t_0 , 반응상수 k_1 , 유입수 농도 C_{A0} 의 식으로 나타내시오. (5점)

답)

$$0 = QC_{A0} - QC_A - k_1 C_A V$$

$$C_A = \frac{C_{A0}}{1 + k_1 t_0}$$

2) 이 CMFR의 물질 B에 대한 steady state에서의 물질수지식(mass balance equation)을 수립하고, 이를 이용하여 유출수에서의 B의 농도 C_B 를 반응조의 체류시간(retention time) t_0 , 반응상수 k_1 및 k_2 , 유입수 농도 C_{A0} 의 식으로 나타내시오. (15점)

답)

$$0 = -QC_B + k_1 C_A V - k_2 C_B V$$

$$C_B = \frac{k_1 t_0}{1 + k_2 t_0} C_A = \frac{k_1 t_0 C_{A0}}{(1 + k_1 t_0)(1 + k_2 t_0)}$$

5. 폐기물 매립지 하부에는 매립지에서 발생하는 침출수의 유출을 방지하기 위하여 합성수지막+50 cm의 점토층 또는 100 cm의 점토층을 타설하며, 이 때 점토층의 수리전도도(hydraulic conductivity)는 10^{-7} cm/s 이하여야 한다. 동수경사(hydraulic gradient)가 1 cm/cm일 때, 침출수가 수리전도도 10^{-7} cm/s , 공극률(porosity) 55%, 두께 100 cm인 점토층을 통과하는 데 걸리는 시간(단위: 년)을 구하시오. (13점)

답)

$$\text{Darcy's velocity, } v = K \cdot i = 10^{-7} \text{ cm/s} \times 1 \text{ cm/cm} = 10^{-7} \text{ cm/s}$$

$$\text{Seepage velocity, } v' = \frac{v}{\eta} = \frac{10^{-7} \text{ cm/s}}{0.55} = 1.82 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$$

$$\text{Time for seepage, } T = \frac{L}{v} = \frac{100 \text{ cm}}{1.82 \times 10^{-7} \text{ cm/s}} = 5.49 \times 10^8 \text{ s} = 17.4 \text{ years}$$

6. 6가크롬(Cr^{6+})은 공기 중 흡입으로 인한 발암독성이 있는 물질로, 이 경로에 대한 slope factor는 42.0 kg-day/mg 이다. 30년 동안 하루에 8시간, 1주일에 5일, 연간 50주를 작업장에서 일하는 근로자의 평생 동안의 작업장 실내 공기 크롬 흡입으로 인한 발암위해도를 10^{-4} 이하로 하고자 한다. 이 작업장의 실내 공기 내 6가크롬 농도는 얼마 이하여야 하는가? (averaging time = 75 years, body weight = 70 kg, 공기 흡입률[inhalation rate] = $15.2 \text{ m}^3/\text{day}$ 로 가정하시오. (15점)

답)

$$\text{Risk} = \text{CDI} \times \text{SF}, \quad \text{CDI} = \frac{C \times \text{CR} \times \text{EFD}}{\text{BW} \times \text{AT}}$$

$$\text{즉, Risk} = \frac{C \times \text{CR} \times \text{EFD}}{\text{BW} \times \text{AT}} \times \text{SF}$$

$$\text{또는 } C = \frac{\text{Risk}}{\text{SF}} \times \frac{\text{BW} \times \text{AT}}{\text{CR} \times \text{EFD}}$$

$$\text{Risk} = 10^{-4}, \quad \text{SF} = 42.0 \text{ kg-day/mg}, \quad \text{BW} = 70 \text{ kg}, \quad \text{AT} = 27375 \text{ days}, \quad \text{CR} = 15.2 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$\text{EFD} = 8 \text{ hrs/day} \times 5 \text{ days/week} \times 50 \text{ weeks/day} \times 30 \text{ years} = 60000 \text{ hrs} = 2500 \text{ days}$$

$$C = \frac{10^{-4}}{42.0 \text{ kg-day/mg}} \times \frac{70 \text{ kg} \times 27375 \text{ days}}{15.2 \text{ m}^3/\text{day} \times 2500 \text{ days}} = 1.20 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$$