

과제 #2 - Solutions

제출기한: 10/16 12:00(정오)

* 과제는 여러분들의 자가학습을 위한 것으로, 정답을 기준으로 채점하지 않고 본인이 직접 문제를 해결했는지 여부로 평가합니다. 문제풀이를 한 노력이 보이면 감점은 전혀 없습니다. 답안 작성을 하지 않았을 경우 해당 문제는 0점, 킨닝의 경우 과제#2에 대하여 수강생 최저점수의 80%를 부여합니다(최저점수가 0점일 경우는 0점).

1. 어떤 과학자가 실험실에서 벤젠을 이용한 실험을 20년 동안 진행하였다. 만 20년째 실험하던 날 이 과학자는 실험실의 벤젠 농도가 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이라는 것을 알고 즉시 실험실 출입을 중단하고 은퇴를 선언하였다. 이 과학자가 벤젠 농도 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 실험실에서 10년 동안 하루에 8시간씩 주 5회, 연간 45주를 근무하였다고 가정할 때, 이 과학자의 공기 내 벤젠 흡입으로 인한 발암 독성은 얼마인가? 다음 정보를 활용하시오. (15점)

$$\text{Averaging time} = 70 \text{ years} \times 365 \text{ days} = 25550 \text{ days}$$

$$\text{과학자의 체중} = 65 \text{ kg}$$

$$\text{과학자의 일일 공기 흡입량} = 11.3 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$\text{벤젠의 흡입에 의한 cancer slope factor} = 0.029 \text{ kg-day}/\text{mg}$$

답)

$$CDI = C \left[\frac{CR \cdot EFD}{BW} \right] \cdot \frac{1}{AT}$$

$$C = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$CR = 11.3 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$EFD = EF \times ED = 8 \text{ hr}/\text{day} \cdot 5 \text{ days}/\text{week} \cdot 45 \text{ weeks}/\text{year} \times 20 \text{ years} = 36000 \text{ hrs} = 1500 \text{ days}$$

$$BW = 65 \text{ kg}$$

$$AT = 25550 \text{ days}$$

$$\therefore CDI = (10 \mu\text{g}/\text{m}^3) \left[\frac{11.3 \text{ m}^3/\text{day} \cdot 1500 \text{ days}}{65 \text{ kg}} \right] \cdot \frac{1}{25550 \text{ days}} = 0.102 \mu\text{g}/\text{kg-day}$$

$$\text{Carcinogenic risk} = 0.102 \mu\text{g}/\text{kg-day} \cdot 0.029 \text{ kg-day}/\text{mg} \cdot 10^{-3} \text{ mg}/\mu\text{g} = 2.96 \times 10^{-6}$$

2. 카드뮴으로 오염된 지역에 2년간 거주한 3인 가족이 있다. 2년 거주 동안의 카드뮴 오염토양 섭취가 이 가족의 유일한 오염물질 노출경로일 때, “모” 및 “자녀”의 비발암위해도(Hazard Index; HI)는 각각 “부”의 몇 배로 계산되는가? 세 가족구성원 모두 2년 내내 거주지에 체류하였다고 가정하고, 다음의 자료를 활용하시오.

구분	모	부	자녀
체중량(body weight)	60 kg	75 kg	20 kg
토양 섭취율(soil ingestion rate)	50 mg/day	50 mg/day	100 mg/day

* 토양 섭취율은 미국 EPA에서 제시하는 6세 초과(모 및 부 해당) 및 1-6세(자녀 해당) 값임.

** Averaging time은 exposure duration과 같다고 가정.

(15점)

답)

$$HI = \frac{CDI}{RfD} \text{ 이고, } CDI = C \left[\frac{CR \cdot EFD}{BW} \right] \cdot \frac{1}{AT}$$

여기서, [C = 토양 내 카드뮴 농도]와 [EFD = exposure frequency and duration], [AT = averaging time]은 가족구성원 모두 동일함.

따라서, $\frac{CR}{BW}$ 으로 상호 비교가 가능.

구분	모	부	자녀
BW	60 kg	75 kg	15 kg
CR	50 mg/day	50 mg/day	100 mg/day
CR/BW	0.833 mg/kg-day	0.667 mg/kg-day	6.67 mg/kg-day

따라서, 모는 부의 1.25배, 자녀는 부의 10배

3. 7월 한 달간 총 면적 20 km²인 팔당호에 300 mm의 비가 내렸으며, 이 한 달 동안 팔당호 수위는 23 cm가 상승하였다. 팔당호에 유입되는 북한강과 남한강의 유량은 각각 평균 45.2 m³/s, 75.5 m³/s이고, 유출되는 한강의 유량은 평균 70.1 m³/s이며, 수도권 식수 공급을 위해 취수하는 양은 평균 50.0 m³/s이다. 7월의 기상 관측 자료를 통하여 예측한 팔당호의 증발량은 한 달 간 45 mm로 나타났다. 이 때, 7월에 팔당호의 침투를 통한 유실량을 mm 단위로 구하시오. (단, 제시된 항목 이외에 팔당호의 수위에 영향을 미치는 요소는 없다고 가정) (20점)

답)

Input processes:

- inflow: 북한강+남한강 = 120.7 m³/s
- precipitation: 300 mm/month

Output processes:

- outflow: 한강+취수량 = 120.1 m³/s
- evaporation: 45 mm/month
- seepage: unknown

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = (Q_{in} + P) - (Q_{out} + E + I_{out})$$

$$I_{out} = (Q_{in} - Q_{out}) + \left(P - E - \frac{\Delta S}{\Delta t} \right)$$

$$= \frac{(120.7 - 120.1) \text{ m}^3/\text{s} \cdot (86400 \times 31) \text{ days/month}}{20 \text{ km}^2 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{km}^2} \cdot 10^3 \text{ mm/m} + (300 - 45 - 230) \text{ mm/month}$$

$$= 105.4 \text{ mm/month}$$

4. 폐기물 매립지 하부에는 매립지에서 발생하는 침출수의 유출을 방지하기 위한 차수층을 설치한다. 국내 매립지 차수층 설계기준에 따르면, 이 차수층은 1) 2 mm 두께 이상의 합성수지막과 50 cm의 점토층으로 이루어지거나 2) 100 cm의 점토층만으로 이루어질 수 있다. 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. (10점)

답)

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

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

$$\text{Time for seepage, } T = \frac{L}{v'} = \frac{100 \text{ cm}}{1.82 \times 10^{-7} \text{ cm/s}} = 5.49 \times 10^8 \text{ s} = 17.4 \text{ years}$$

5. 어떤 하수 시료를 채취하여 20°C에서의 BOD₅ 값을 구하고자 한다. 그러나 실험실 조건 및 시간의 제약으로 25°C에서 3일간 BOD 실험을 진행하여 4.0 mg/L (BOD₃, 25°C)의 결과값을 얻었다. 실험 결과와 20°C에서 하수의 일반적인 BOD

rate constant (k) 0.12 day^{-1} 를 이용하여 20°C 에서의 BOD_5 값을 추정하시오.

(단: temperature coefficient $\theta = 1.056$ 사용) (10점)

답)

$$\text{BOD}_t = L_0(1 - e^{-kt}), \quad L_0 = \frac{\text{BOD}_t}{1 - e^{-kt}}$$

25°C 에서의 BOD rate constant를 구해야 하므로,

$$k_T = k_{20}\theta^{T-20}$$

$$k_{25} = 0.12 \text{ day}^{-1} \cdot 1.056^{25-20} = 0.158 \text{ day}^{-1}$$

$$L_0 = \frac{4.0 \text{ mg/L}}{1 - e^{-0.158 \text{ day}^{-1} \times 3 \text{ days}}} = 10.6 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD}_5 = L_0(1 - e^{-kt}) = 10.6 \text{ mg/L} \cdot (1 - e^{-0.12 \text{ day}^{-1} \times 5 \text{ days}}) = 4.8 \text{ mg/L}$$

6. 관련 참고문헌을 활용하여 오염물질에 대한 다음 질문에 답하시오.

- 1) 병원균으로 작용하는 바이러스, 박테리아, 원생동물을 각각 2종씩 열거하고, 각 병원균에 감염되었을 때 사람에게 나타나는 증상 또는 병명을 제시하시오. (10점)

답) 병원균에 속하는 바이러스, 박테리아, 원생동물은 매우 다양한 종류가 있음. 이 중 대표적인 것들은 다음과 같음

a) 바이러스

Coronavirus: causes colds, one strain that belongs to Coronarirus causes SARS (severe acute respiratory syndrome)

Rhabdovirus: one species that belongs to this family, Rabies virus, causes rabies

Orthomyxoviridae: a family of viruses that cause influenza

Norovirus: gastroenteritis

Hepatitis A-E: vial hepatitis (liver inflammation)

b) 박테리아

Salmonella: typhoid fever, food poisoning

Escherichia coli O157:H7: hemorrhagic diarrhea, kidney failure

Shigella: dysentery

Campylobacter jejuni: food poisoning

Vibrio cholerae: cholera

Helicobacter pylori: gastritis, nausea, peptic ulcers, stomach cancer

c) 원생동물

Giardia lamblia: diarrhea, malaise, steatorrhea

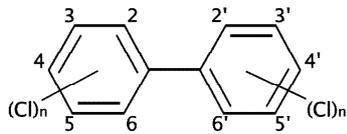
Cryptosporidium parvum: diarrhea, anorexia, nausea

Entamoeba histolytica: dysentery and liver abscess

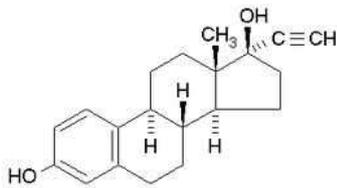
2) 내분비계교란물질(Endocrine disrupting chemicals)을 최소 5가지 열거하고, 각 물질의 화학구조를 그리시오. (10점)

답) 잘 알려진 내분비계교란물질에는 다음과 같은 것들이 있음.

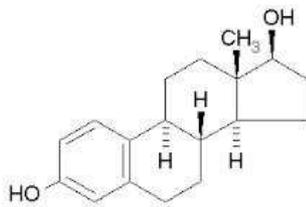
Polychlorinated biphenyls (단일물질이 아니라 비슷한 구조를 가진 여러 화합물의 총칭임에 유의. polychlorinated biphenyls는 biphenyl 구조에 1~10개의 염소가 수소 대신 치환된 구조로, 총 209개 화합물의 집합임)



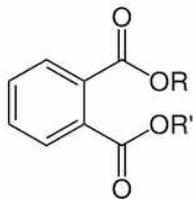
17- α ethynylestradiol (EE2)



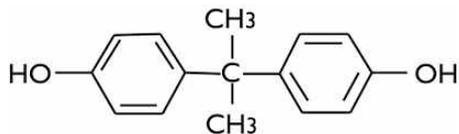
17- β estradiol (E2)



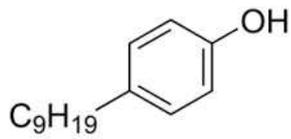
Phthalates (단일물질이 아니라 비슷한 구조를 가진 여러 화합물의 총칭임. R 또는 R'은 탄화수소 작용기를 의미)



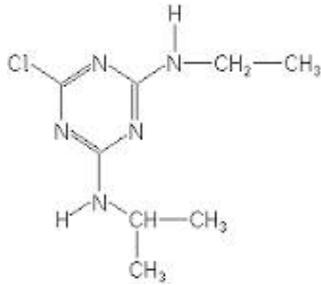
Bisphenol A



Nonylphenol



Atrazine



3) Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs)로 분류될 수 있는 화합물을 최소 5가지 열거하고, 각 화합물의 용도를 간단히 설명하시오. (10점)

답) PPCPs에 해당하는 수많은 화합물 중 대표적인 예는 아래와 같음.

- caffeine: ingredients in coffee and soft drinks
- ibuprofen: pain relieving / fever controlling drug
- triclosan: soaps, shampoos, deodorants, and toothpastes
- carbamazepine: mood-stabilizing drug
- acetaminophen: pain relieving / fever controlling drug
- codeine: analgesic
- 17- α ethynylestradiol: contraceptive pills
- bisphenol A: plasticizer
- triclocarbon: anti-microbial disinfectant
- cotinine: nicotine metabolite