

457.210A.001

환경공학 기말고사 - Solutions

2015. 12. 09.

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 120점입니다.

1. 다음 명제에 대하여 옳고 그름을 O/X로 표시하시오.

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

1) 콜로이드 용액의 이온 강도가 클수록 용액 내 콜로이드의 안정성은 높아진다.

답) X

2) 클로라민(chloramine)은 반응성이 높지 않은 대신 잔류성이 높으므로 급수배관 등에서 발생하는 병원균 유입에 대비한 잔류소독(residual disinfection) 용도로의 활용성이 높다.

답) O

3) 대형 산업단지가 하천변에 위치하여 발생하는 공업폐수를 처리, 하천으로 직방류하는 경우 방류수의 수질은 “수질 및 수생태계 보전에 대한 법률” 시행규칙에 따른 “수질 오염물질의 배출허용기준”을 따른다.

답) X

4) 활성슬러지(activated sludge) 공정에서 2차침전조(secondary clarifier)를 통하여 침전된 슬러지가 폭기조(aeration basin)로 반송될 경우, 이 시스템의 solids retention time은 hydraulic detention time 보다 크다.

답) O

5) Polychlorinated biphenyls (PCBs)는 209개 이성질체의 총칭이다.

답) X

6) 혐기성 상태의 토양으로부터 황화수소(H_2S)가 대기 중으로 발생하여 그 산화에 의해 SO_x 가 생성되었을 경우, 생성된 SO_x 는 secondary pollutants로 분류할 수 있다.

답) O

7) 폐지를 이용하여 재생화장지를 만드는 작업은 closed-loop recycling으로 분류할 수 있다.

답) X

8) Sound intensity가 2배 차이인 두 소리의 sound intensity level 차이는 약 0.3 dB이다.

답) X

9) Sound pressure가 2배 차이인 두 소리의 sound pressure level 차이는 약 1.5 dB이다.

답) X

10) MLE(Modified Ludzack-Ettinger) 공정은 하수로부터 질소를 제거하는 데는 효과적이
나, 인 제거에는 큰 효과가 없다.

답) O

2. 다음 물음에 답하시오. (각 5점)

1) 상수처리의 여과(filtration) 공정에서 모래(sand)의 단일여재(single media) 대신
sand-anthracite의 이중여재(dual media)를 사용하였을 때, 여과효율 측면에서 얻을 수
있는 이점을 간략히 설명하시오.

답) Dual media의 경우 입경이 큰 입자가 상부에 위치하여 유입수 내 부유물질의 일부를
여과하고, 하부의 sand 층에서 추가 여과 작용을 함으로써 여과층 전체를 보다 효율
적으로 사용하게 되어 backwash cycle을 늘릴 수 있다.

2) 하수처리의 전처리 과정으로 유량 조절조(flow equalization basin)를 설치하였을 때 얻
을 수 있는 장점을 간략히 기술하시오.

답) 유량의 평준화를 통하여 뒤따르는 처리 시설의 용량 축소 가능, 유량 및 부하량(특히
in-line equalization의 경우) 변동량 감소로 처리 시설의 안정성 증가

3) 미국 유해폐기물 관련 법제 중 Resource Conservation and Recovery Act (RCRA)와
Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (CERCLA, 일
명 Superfund 법)의 차이를 그 규제 대상을 바탕으로 간략히 논하시오.

답) RCRA는 유해폐기물의 생산부터 관리, 처분에 이르기까지를 규제하는 것으로 실제 운
영 중인 부지를 대상으로 하는 반면, CERCLA는 운영이 종료되어 책임 소재가 불분
명한 부지를 대상으로 함.

4) 다음의 토양·지하수 정화 공법을 in-situ 방법과 ex-situ 방법으로 구분하시오.

Permeable reactive barrier (PRB)	Pump-and-treat
Landfarming	Thermal desorption
Soil vapor extraction (SVE)	Soil washing

답)

in-situ: PRB, pump-and-treat, SVE

ex-situ: landfarming, thermal desorption, soil washing

5) 오존층 파괴에 있어 chlorofluorocarbons (CFCs)를 hydrochlorofluorocarbons (HCFCs)와 hydrofluorocarbons (HFCs)로 대체하였을 때 얻을 수 있는 효과에 대하여 각각 간략히 설명하시오.

답)

HCFCs로 대체하였을 경우: 대류권 내에서의 반응성이 증가하여 소량만이 성층권으로 도달, Cl radical을 냄

HFCs로 대체하였을 경우: Cl radical 자체를 생산하지 않아 오존층 파괴 능력을 갖지 않음

6) Radiation inversion의 발생 원인을 간략히 설명하시오.

답) 고기압 또는 지형 등의 이유로 상부의 공기가 하부로 천천히 하강하면서 단열압축이 발생, 기온이 상승하여 하부면의 기온보다 높아짐으로써 발생

7) 폐기물 소각 처리의 장단점을 각각 두 개 이상 열거하시오.

답)

장점: 매립 등으로 처분하여야 하는 폐기물 양 감소, heating value가 높은 폐기물의 경우 열에너지 회수가 가능

단점: heating value가 낮은 폐기물의 경우 추가 에너지 소모, 유독가스, 분진, 다이옥신 등 발생

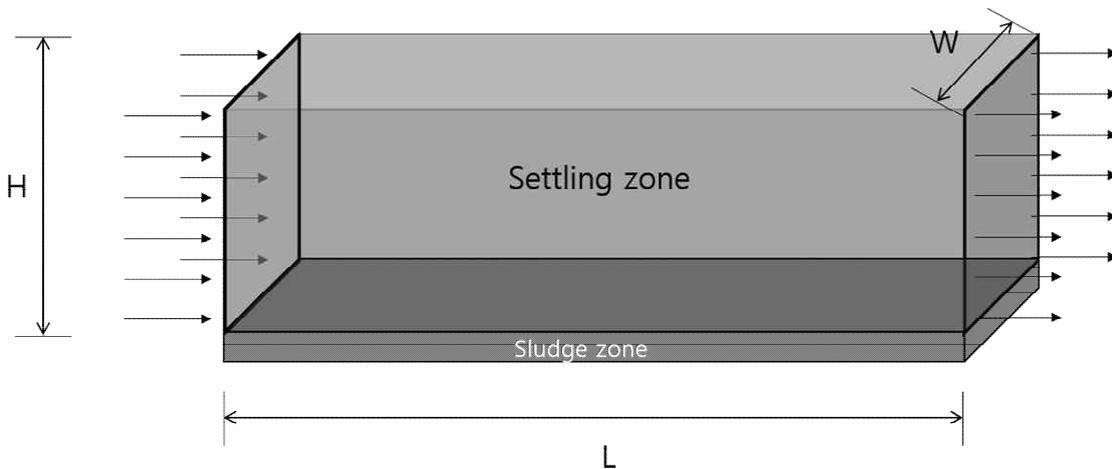
8) 고속도로 등에 건설하는 생태다리(eco-bridge)의 기능에 대하여 간략히 서술하시오.

답)

서식지를 관통하여 도로가 건설되면 기존 서식지의 단편화(defragmentation)가 발생하게 되며, 이를 해소하기 위하여 단편화된 서식지를 상호 연결

3. 다음과 같이 유입수 내 부유물질을 침전, 제거하는 침전조가 있다. 유량 3000 m³/d이 침전조 전면을 통하여 유입, 유출되고, 침전이 일어나는 setting zone의 크기는 길이(L) 50 m, 높이(H) 2 m, 너비(W) 2.5 m이다. 유입수의 부유물질(suspended solids) 분석을 통하여 네 가지 입자 type에 대하여 아래 표와 같은 침강 속도(settling velocity)를 가지는 것으로 분석되었다. 이 때, 이 침전조의 전체 부유물질 제거효율(%)을 구하시오.

(15점)



<부유물질 침강속도 분석 결과>

입자 type	밀도, g/cm ³	평균입경, mm	침강속도, m/s	전체 부유물질에 대한 중량비, %
A	1.3	2.0	8.0×10^{-4}	20
B	1.3	0.5	3.0×10^{-4}	30
C	1.05	5.0	5.0×10^{-4}	30
D	1.05	1.0	1.0×10^{-4}	20

답)

이 침전조의 overflow rate을 구하면,

$$v_o = \frac{Q}{A_c} = \frac{3000 \text{ m}^3/\text{day}}{50 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}} = 24 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{day} = 2.78 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{s}$$

입자 A, B, C에 대하여서는 $v_s > v_o$ 이므로 100% 제거됨.

입자 D에 대하여서는

$$\frac{v_s}{v_o} = \frac{1.0 \times 10^{-4} \text{ m/s}}{2.78 \times 10^{-4} \text{ m/s}} \times 100 = 36.0\%$$

가 제거됨.

따라서, 전체 입자에 대한 제거효율은

$$20\% + 30\% + 30\% + 20\% \times 0.36 = 87.2\%$$

87.2% 제거.

4. 1000 m³ 용량의 활성슬러지 공정 폭기조(activated sludge aeration basin)에 BOD₅가 200 mg/L인 유입수가 5000 m³/d의 유량으로 유입되고 있다. 미생물 성장과 관련된 다음의 계수를 이용하여 물음에 답시오.

yield coefficient, $Y = 0.50 \text{ mg VSS}/\text{mg BOD}_5$

maximum specific growth rate, $\mu_m = 2.6 \text{ day}^{-1}$

half saturation constant, $K_s = 50 \text{ mg BOD}_5/\text{L}$

decay rate, $k_d = 0.06 \text{ day}^{-1}$

- 1) 이 공정의 유출수 BOD₅ 농도를 5 mg/L로 유지하기 위한 sludge retention time을 구하시오. (8점)

답)

$$S = \frac{K_s(1 + k_d\theta_c)}{\theta_c(\mu_m - k_d) - 1}$$

각 수치를 대입하면,

$$5 \text{ mg/L} = \frac{50 \text{ mg/L} \times (1 + 0.06 \text{ day}^{-1} \cdot \theta_c)}{\theta_c \times (2.6 - 0.06) \text{ day}^{-1} - 1}$$

$$\theta_c = 5.7 \text{ days}$$

- 2) 이 활성슬러지 공정에서 MLSS/MLVSS 비율은 1.3으로 유지된다고 가정할 때, 위에서 계산한 sludge retention time을 이용하여 이 공정으로부터 슬러지로 배출되는 MLSS 양을 g SS/day 단위로 구하시오. (12점)

답)

$$X = \frac{\theta_c Y(S_0 - S)}{t_0(1 + k_d\theta_c)}$$

$$t_0 = \frac{V}{Q} = \frac{1000 \text{ m}^3}{5000 \text{ m}^3/\text{day}} = 0.2 \text{ day}$$

$$X = \frac{5.7 \text{ days} \times 0.50 \times (200 - 5) \text{ mg/L}}{0.2 \text{ day} \times (1 + 0.06 \text{ day}^{-1} \times 5.7 \text{ days})} = 2070 \text{ mg VSS/L}$$

공정으로부터 배출되는 MLVSS 양은

$$Q_w X_r = \frac{VX}{\theta_c} = \frac{1000 \text{ m}^3 \times 2070 \text{ mg VSS/L} \times 10^3 \text{ L/m}^3}{5.7 \text{ days}} = 3.63 \times 10^8 \text{ mg VSS/day} = 3.63 \times 10^5 \text{ g/day}$$

공정으로부터 배출되는 MLSS 양은

$$Q_w X_r' = 1.3 \times Q_w X_r = 1.3 \times 3.63 \times 10^5 \text{ g VSS/day} = 4.72 \times 10^5 \text{ g SS/day}$$

5. 100.0 m 높이의 화력발전소 굴뚝으로부터 SO₂ 가스가 100 g/s의 비율로 배출되고 있다. 굴뚝으로부터 배출되는 가스와 대기의 조건이 다음과 같을 때, 맑은 겨울날 밤 굴뚝으로부터 바람 방향으로 3 km 떨어진 지역 지상 2 m의 관측소에서 관측되는 SO₂ 가스의 농도를 μg/m³ 단위로 예측하시오. (단, SO₂ 가스는 지표면에서 100% 반사됨을 가정; stability category의 결정 방법과 그에 따른 각 계수는 문제지 마지막 장을 참조)

Stack parameters

Diameter = 2.0 m
 Exit velocity = 15.0 m/s
 Temperature = 350°C

Atmospheric conditions

Pressure = 102 kPa
 Temperature = -2°C
 Wind speed = 4.5 m/s

(15점)

답)

“맑은 날 밤”, wind speed = 4.5 m/s 조건을 이용하면 Stability class = E.

$x = 3 \text{ km}$ 이므로,

$a = 50.5, c = 55.4, d = 0.305, f = -34.0.$

$$\sigma_y = ax^{0.894} = 50.5 \cdot (3 \text{ km})^{0.894} = 135 \text{ m}$$

$$\sigma_z = cx^d + f = 55.4 \cdot (3 \text{ km})^{0.305} - 34.0 = 43.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \Delta H &= \frac{v_s d}{u} \left[1.5 + \left(2.68 \times 10^{-2} \cdot P \cdot \left(\frac{T_s - T_a}{T_s} \right) \cdot d \right) \right] \\ &= \frac{15.0 \text{ m/s} \cdot 2.0 \text{ m}}{4.5 \text{ m/s}} \left[1.5 + \left(2.68 \times 10^{-2} \cdot 102 \text{ kPa} \cdot \left(\frac{623 \text{ K} - 271 \text{ K}}{623 \text{ K}} \right) \cdot 2.0 \text{ m} \right) \right] = 30.6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H = h + \Delta H = 100.0 \text{ m} + 30.6 \text{ m} = 130.6 \text{ m}$$

오염물질이 100% 반사될 경우,

$$C = \left(\frac{E}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \right) \left[\exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right) \right] \left(\left[\exp\left(\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] + \left[\exp\left(\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \right)$$

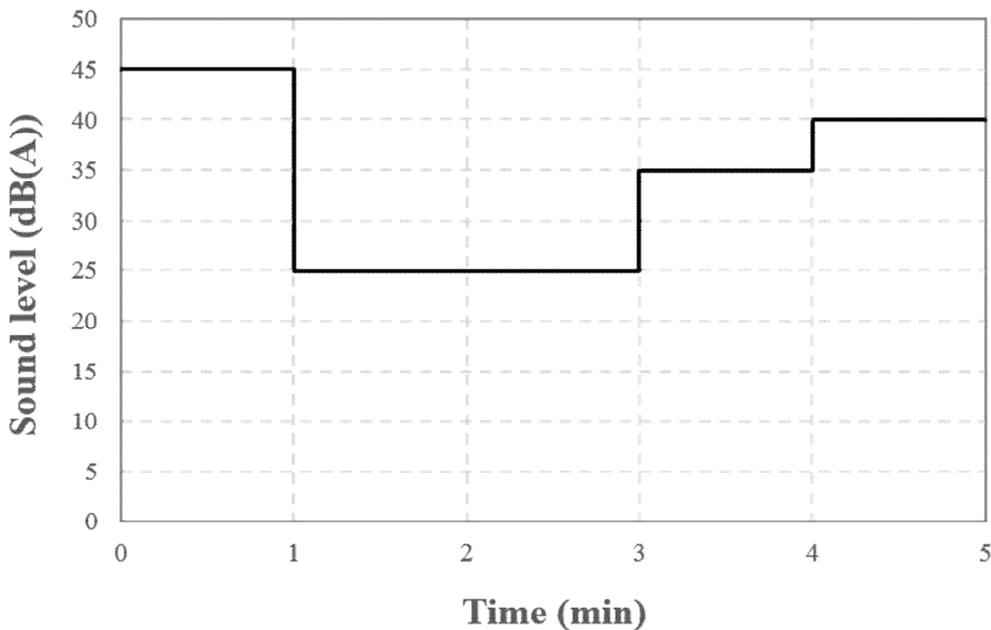
$y = 0$ 이므로,

$$\begin{aligned}
 C &= \left(\frac{E}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \right) \left(\left[\exp\left(\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] + \left[\exp\left(\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \right) \\
 &= \frac{100 \text{ g/s}}{2\pi \cdot 4.5 \text{ m/s} \cdot 135 \text{ m} \cdot 43.5 \text{ m}} \left[\exp\left(\frac{-(2 \text{ m} - 130.6 \text{ m})^2}{2(43.5 \text{ m})^2} \right) + \exp\left(\frac{-(2 \text{ m} + 130.6 \text{ m})^2}{2(43.5 \text{ m})^2} \right) \right] \\
 &= 1.34 \times 10^{-5} \text{ g/m}^3 \\
 &= 13.4 \text{ } \mu\text{g/m}^3
 \end{aligned}$$

6. 어떤 사람이 윗층에서 들려오는 TV 소리에 잠을 이루지 못한 나머지 소음 측정기를 구입, 5분 동안 들려오는 TV 소리를 측정하여 다음의 결과를 얻었다. 이 결과를 바탕으로 보았을 때, 윗층에서 들려오는 TV 소리는 우리나라 층간소음 기준을 초과하였는가? 우리나라 층간소음에 대한 아래 기준을 참조하시오.

(10점)

<측정 결과>



<우리나라 층간소음 법적기준(야간)>

(단위: dB (A))

직접충격 소음		공기전달 소음
1분간 L_{eq}	L_{max}^*	5분간 L_{eq}
38	52	40

* 1시간에 해당 값을 3회 이상 초과하였을 경우 기준을 초과한 것으로 간주.

답)

$$\begin{aligned}
 L_{eq} &= 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \cdot t_i \right] \\
 &= 10 \log_{10} \left(10^{45/10} \cdot \frac{1}{5} + 10^{25/10} \cdot \frac{2}{5} + 10^{35/10} \cdot \frac{1}{5} + 10^{40/10} \cdot \frac{1}{5} \right) \\
 &= 39.6 \text{ dB(A)}
 \end{aligned}$$

따라서, 층간소음 기준을 초과하지 않았음.

Key to stability categories					
Surface wind speed (at 10 m) (m/s)	Day ^a			Night ^a	
	Incoming solar radiation			Thinly overcast or	
	Strong	Moderate	Slight	≥ 1/2 Low cloud	≤ 3/8 Cloud
<2	A	A-B	B	—	—
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

^aThe neutral class, D, should be assumed for overcast conditions during day or night. Note that “thinly overcast” is not equivalent to “overcast.”

Notes: Class A is the most unstable and class F is the most stable class considered here. Night refers to the period from one hour before sunset to one hour after sunrise. Note that the neutral class, D, can be assumed for overcast conditions during day or night, regardless of wind speed.

“Strong” incoming solar radiation corresponds to a solar altitude greater than 60° with clear skies; “slight” insolation corresponds to a solar altitude from 15° to 35° with clear skies. Table 170, Solar Altitude and Azimuth, in the Smithsonian Meteorological Tables, can be used in determining solar radiation. Incoming radiation that would be strong with clear skies can be expected to be reduced to moderate with broken (5/8 to 7/8 cloud cover) middle clouds and to slight with broken low clouds.

(Source: Turner, 1967.)

Values of <i>a</i> , <i>c</i> , <i>d</i> , and <i>f</i> for calculating σ_y and σ_z							
Stability class	<i>a</i>	<i>x</i> ≤ 1 km			<i>x</i> > 1 km		
		<i>c</i>	<i>d</i>	<i>f</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>f</i>
A	213	440.8	1.941	9.27	459.7	2.094	-9.6
B	156	100.6	1.149	3.3	108.2	1.098	2
C	104	61	0.911	0	61	0.911	0
D	68	33.2	0.725	-1.7	44.5	0.516	-13.0
E	50.5	22.8	0.678	-1.3	55.4	0.305	-34.0
F	34	14.35	0.74.0	-0.35	62.6	0.18	-48.6

(Source: Martin, 1976.)

$$\sigma_y = ax^{0.894}, \sigma_z = cx^d + f$$