

**Homework #1**

제출기한: 2020. 04. 05 (수), 23:59

1. 국내에서 최근(2000년~현재) 발생하여 사회적 관심을 불러일으킨 수질환경 관련 사건 중 하나를 제시하고, 사건의 개요를 발생원인, 관련된 오염물질, 인간 또는 수생태계에 대한 영향, 적용된 해결방안(만약 적용된 것이 있다면) 등을 포함하여 간략하게 기술 하시오 (3문단 이하). (20점)
2. 1-naphthol이라는 화합물의 528 nm 파장에서의 molar absorptivity는 8500 L/mole-cm이다. 물 시료를 담는 용기(cuvette)의 내벽 간격은 1 cm이며, 528 nm 파장에서 순수한 물의 흡광도와 cuvette 벽의 흡광도는 모두 무시할 만큼 작다고 가정하여 다음 물음에 답하시오.
  - 1) 순수한 물에 1-naphthol을 녹인 1 mM 용액을 spectrophotometer (분광광도계)로 광원 파장 528 nm를 이용하여 측정하였을 때, 이론적인 흡광도(absorbance) 값을 구하시오. (5점)

답)

$$A(\lambda) = \epsilon(\lambda) \cdot C \cdot x$$

$$\epsilon(528 \text{ nm}) = 8500 \text{ L/mole} \cdot \text{cm}$$

$$C = 10^{-3} \text{ mole/L}$$

$$x = 1 \text{ cm}$$

$$A(528 \text{ nm}) = 8500 \text{ L/mole} \cdot \text{cm} \cdot 10^{-3} \text{ mole/L} \cdot 1 \text{ cm} = 8.5$$

- 2) 미지의 농도를 지닌 순수한 1-naphthol 수용액을 cuvette에 담고, 528 nm 파장의 광원을 60 mW/cm<sup>2</sup>의 세기로 조사한 결과, cuvette을 통과한 빛의 세기는 0.1 mW/cm<sup>2</sup>로 측정되었다. 이 수용액의 1-naphthol 농도를 mM 단위로 제시하시오. (5점)

답)

$$A(\lambda) = \log_{10}(I_0/I) = \epsilon(\lambda) \cdot C \cdot x$$

$$C = \frac{\log_{10}(I_0/I)}{\epsilon(\lambda) \cdot x} = \frac{\log_{10}(60/0.1)}{8500 \text{ L/mole-cm} \cdot 1 \text{ cm}} = 3.27 \times 10^{-4} \text{ mole/L} = 0.327 \text{ mM}$$

3. 물 시료 두 개에 포함되어 있는 주요 이온을 측정하여 아래의 결과를 얻었다. 이 때, 다음 물음에 답하시오. 단, 시료의 수온은 25 °C이고, 묽은 용액(몰농도=활성도) 가정이 성립한다고 가정하시오.

이온	시료 1	시료 2
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	76.0	120.0
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	26.8	75.0
Na <sup>+</sup> (mg/L)	23.0	1.86
K <sup>+</sup> (mg/L)	19.6	15.6
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	37.2	42.7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	192.0	?
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	10.4	0.00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	126.5	156.9
pH	?	7.0

- 1) 시료 1에서 주요 이온 측정결과의 정확도가 수용 가능한 범위인지 전기적 중성의 법칙(electroneutrality principle)에 입각한 경험식을 이용하여 판단하시오. (10점)

답)

각 시료의 양이온 및 음이온에 대해서, 그 농도를 mM (=mmole/L) 및 meq/L 단위로 환산하면,

양이온	이온량 (Ion weight) (g/mole)	시료 1		시료 2	
		in mM	in meq/L	in mM	in meq/L
Ca <sup>2+</sup>	40.1	1.90	3.79	2.99	5.99
Mg <sup>2+</sup>	24.3	1.10	2.21	3.09	6.17
Na <sup>+</sup>	23.0	1.00	1.00	0.08	0.08
K <sup>+</sup>	39.1	0.50	0.50	0.40	0.40
계		-	7.50		12.64

음이온	이온량 (Ion weight) (g/mole)	시료 1		시료 2	
		in mM	in meq/L	in mM	in meq/L
Cl <sup>-</sup>	35.5	1.05	1.05	1.20	1.20
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	96.1	2.0	4.00	?	?
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	60.0	0.17	0.35	0.00	0.00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	61.0	2.07	2.07	2.57	2.57
계		-	7.46	-	3.77

$$|\Sigma(anions) - \Sigma(cations)| = |7.46 - 7.50| = 0.04$$

$$0.1065 + 0.0155 \times \Sigma(anions) = 0.1065 + 0.0155 \times 7.46 = 0.22$$

따라서, 시료 1의 분석 결과는 다음의 경험식을 만족하므로

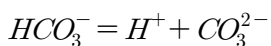
$$|\Sigma(anions) - \Sigma(cations)| \leq 0.1065 + 0.0155 \times \Sigma(anions)$$

정확도는 수용 가능한 범위임.

2) 시료 1의 pH를 추정하시오. (7점)

답)

25 °C에서 다음 약산의 해리반응에 대하여 해리상수는  $pK_{a2} = 10.33$ 으로 주어짐.



위 1)에서 계산한 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 및 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>의 몰농도를 이용하면,

$$K_{a2} = 10^{-10.33} = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$$

$$[H^+] = \frac{K_{a2}[HCO_3^-]}{[CO_3^{2-}]} = 10^{-10.33} \times \frac{2.07 \text{ mM}}{0.17 \text{ mM}} = 5.69 \times 10^{-10} \text{ M}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(5.69 \times 10^{-10}) = 9.24$$

3) 전기적 중성의 법칙(electroneutrality principle)을 이용하여 시료 2의 황산 이온( $SO_4^{2-}$ ) 농도를 mg/L 단위로 추정하시오. (8점)

답)

리스트에 있는 이온들로 전기적 중성의 법칙을 만족하려면(양이온의 equivalent = 음이온의 equivalent),  $SO_4^{2-}$ 의 농도는 meq/L 단위로 다음과 같아야 함

$$(SO_4^{2-}) = 12.64 - 3.77 = 8.87 \text{ meq/L}$$

$$SO_4^{2-} \text{ equivalent mass} = \frac{96.1 \text{ g}}{2 \text{ eq}} = 48.1 \text{ g/eq} = 48.1 \text{ mg/meq}$$

$$SO_4^{2-} \text{ concentration in mg/L} = 8.87 \text{ meq/L} \times 48.1 \text{ mg/meq} = 427 \text{ mg/L}$$

4) 시료 2의 탄산염 경도(carbonate hardness)를 mg/L as  $CaCO_3$  단위로 구하시오. (7점)

답)

우선, 총 경도(total hardness)를 meq/L 단위로 구하면,

$$\text{Total hardness} = (Ca^{2+}) + (Mg^{2+}) = 5.99 + 6.17 = 12.16 \text{ meq/L}$$

알칼리도를 meq/L 단위로 구하면,  $pH=7.0$ 에서  $H^+$ ,  $OH^-$ 의 기여량은 미미하고  $CO_3^{2-}$ 도 미미함을  $pH$ 로 추정 가능할 뿐만 아니라, 제시된 값 또한  $0.00 \text{ mg/L}$ 이므로,

$$\text{Alk} = (HCO_3^-) = 2.57 \text{ meq/L}$$

따라서, 총 경도 > 알칼리도이므로, 탄산염 경도 = 알칼리도.

탄산칼슘( $\text{CaCO}_3$ )의 equivalent mass 값인 50 mg/meq를 이용하여 단위를 환산하면,

$$C - \text{Alk} = 2.57 \text{ meq/L} \times 50 \text{ mg CaCO}_3/\text{meq} = 128.5 \text{ mg/L as CaCO}_3$$

5) 시료 2의 sodium adsorption ratio (SAR)을 구하시오. (3점)

답)

$$SAR = \frac{(\text{Na}^+)}{\sqrt{\frac{(\text{Ca}^{2+}) + (\text{Mg}^{2+})}{2}}} = \frac{0.08}{\sqrt{\frac{5.99 + 6.17}{2}}} = 0.032$$

4. 물 속에 존재하는 유기물질을 화학식  $\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}_3\text{N}$ 으로 표현할 수 있다고 가정하자. 환경 정책기본법 시행령 상 하천의 생활환경기준 중 TOC 기준으로 III등급을 겨우 만족하는 물의 COD 값은 얼마인가? 물 속에 존재하는 유기물질은 모두 COD에서 사용하는 산화제에 의해 산화될 수 있다고 가정하고, 다음의 화학식을 이용하시오. (10점)



답)

하천의 생활환경기준 중 III등급 TOC 기준은 5 mg/L임.

$\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}_3\text{N}$ 의 COD/TOC ratio를 구하면,

$$\frac{12.5 \times 32 \text{ g COD}}{10 \times 12 \text{ g C}} = 3.33 \text{ g COD/g TOC}$$

하천의 생활환경기준 중 III등급 TOC 기준은 5 mg/L로,  $\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}_3\text{N}$ 를 가정하여 COD로 환산하면 16.6 mg/L임.

5. 환경, 생물반응조 등 여러 종의 미생물이 존재하는 조건에서 최근 자주 활용되는 분자 생물학적 분석법인 메타지노믹스(metagenomics)의 개요와 그 장점에 대하여 간단히(한

문단 내외)로 설명하시오. (10점)

답)

여러 종으로 구성된 미생물 집단(microbial community)이 존재하는 시료에서 바로 유전체 (DNA, RNA 등)를 추출하여 그 염기서열을 분석하는 방법임. 미생물의 실험실 배양 후 유전체 분석 시 상당히 많은 종이 배양 불가능한 것으로 알려져 있어 결과에 큰 오류를 발생시킬 우려가 있는데, metagenomics 분석법은 이러한 “존재하나 배양 불가능한(viable but not culturable)” 미생물로 인한 오류를 배제할 수 있다는 장점이 있음. 또한, 분석을 통하여 시료 내의 미생물 집단의 구성, 종 다양성, 특정 종 또는 미생물 부류의 정량적 분포 정도를 파악할 수 있으며, 16S rRNA 외에도 유전체의 다양한 부분을 타겟으로 분석할 수 있어 미생물 집단의 유전적, 기능적 특성을 파악 가능함

6. 다음 병원성 원생동물(protozoa) 및 기생충(helminthes) 중 하나를 선택하여 선택한 생물의 생애주기(life cycle)를 도식화한 그림을 첨부하고, 각 생애주기 단계에 대해 한글로 간략히 설명하시오. (15점)

Pathogenic protozoa	Pathogenic helminthes
<i>Giardia lamblia</i>	<i>Hymenolepis nana</i> (a tapeworm species)
<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Diphyllobothrium latum</i> (a tapeworm species)
Malaria parasites (genus: <i>Plasmodium</i> )	