

**Homework #3**

제출기한: 2023. 05. 22 (월), 23:59

1. 오염수에서 발견되는 대표적인 독성 미량유기오염물질 세 종에 대한 수산화 라디칼 ( $\cdot\text{OH}$ )의 2차반응상수(2nd order rate constant)가 아래 표에 제시되어 있다. 수산화 라디칼 반응을 이용하여 수리학적 체류시간(HRT)이 10분인 CSTR (continuously-mixed tank reactor)에서 제거효율 95%를 얻기 위한 CSTR 내의 수산화 라디칼 농도를 물질별로 각각 구하시오. CSTR은 정상 상태(steady-state)로 운영됨을 가정하시오. (15점)

물질	2차반응상수(L/mol-s)
methyl tertiary butyl ether (MTBE)	$1.6 \times 10^9$
n-dimethylnitrosamine (NDMA)	$4.0 \times 10^8$
trichloroethylene (TCE)	$4.2 \times 10^9$

Hint 1: 수산화 라디칼을 이용하는 CSTR 반응조에서 정상 상태라 함은 반응조 내의 제거대상 물질 농도뿐만 아니라 수산화 라디칼의 농도 또한 시간에 관계없이 일정하게 유지됨을 의미함.

Hint 2: 제거효율 =  $\left[1 - \frac{C_{eff}}{C_{in}}\right] \times 100$  (%), 여기서  $C_{eff}$  = 유출수 농도,  $C_{in}$  = 유입수 농도

2. 최근 수산화 라디칼( $\cdot\text{OH}$ )을 이용한 고도산화공정(advanced oxidation process; AOP)의 대안으로 과황산염(persulfate)을 이용한 고도산화공정이 활발하게 연구되고 있다. 과황산염을 이용한 고도산화공정으로 물속의 난분해성 유기오염물질을 제거하는 원리를 간단하게 설명하시오. (10점)
3. 다음 생물학적 하수처리공정에 대하여 한 문단 정도로 간단히 설명하시오: i) rotating biological contactor (RBC), ii) upflow anaerobic sludge blanket (UASB).

(10점)

4. 페놀을 함유한 폐수를 처리하기 위한 활성슬러지 공정을 운영하고 있다. 유입 폐수의 페놀 농도가 100 mg/L이고, 20 °C 조건에서 미생물 성장 관련 상수값들이 아래 제시한 바와 같을 때, 다음에 답하시오.

$$k = 0.80 \text{ g phenol/g VSS/d}$$

$$K_s = 0.15 \text{ mg phenol/L}$$

$$Y = 0.45 \text{ g VSS/g phenol}$$

$$b = 0.08 / \text{d}$$

- 1) 20 °C 조건에서 미생물의 페놀을 전혀 분해하지 못하고 공정으로부터 유실(wash out) 되지 않기 위한 최소 SRT 값을 구하시오. (5점)
- 2) 10 °C 조건에서 미생물의 페놀을 전혀 분해하지 못하고 공정으로부터 유실(wash out) 되지 않기 위한 최소 SRT 값을 구하시오. Modified van't Hoff-Arrhenius relationship의 계수값  $\theta$ 는 maximum specific substrate utilization rate ( $k$ )에 대하여 1.07을, decay coefficient ( $b$ )에 대하여 1.04을 사용하고, 이 두 상수 이외의 미생물 성장 관련 상수는 모두 온도의 함수가 아님을 가정하시오. (10점)
- 3) 공정의 수리학적 체류시간(HRT)은 24 hr, 고형물 체류시간(SRT)는 8 day로 운영되고 있다. 이때, 20 °C와 10 °C 조건에서 활성슬러지 공정의 페놀 제거효율  $R = \left[ 1 - \frac{C_{eff}}{C_{in}} \right] \times 100$  (%)과 포기조(aeration tank)에서의 미생물(active biomass) 농도를 구하시오. (15점)
5. 포기조의 수리학적 체류시간(HRT)이 24 hr이고, 폐슬러지 유량(waste sludge flowrate,  $Q^w$ )이 85.5 m<sup>3</sup>/day인 어떤 활성슬러지 공정이 bsCOD 농도 2,000 mg/L인 1차처리수 1000 m<sup>3</sup>/day를 처리하고 있다. 이 공정의 모니터링 결과 포기조의 MLSS 농도는 3,300 mg/L이고, 유출수의 TSS 농도는 20 mg/L이며, 반송슬러지의 MLSS 농도는 10,000 mg/L이고, 공정 내부의 MLVSS/MLSS 비는 0.80이었다. 유입수의 non-biodegradable VSS (nbVSS)는 없다고 가정하고, 아래 미생물 성장과 관련된 인자값을 이용하여 다음 물음에 답하시오.

$$k = 12.5 \text{ mg COD/mg VSS-d}$$

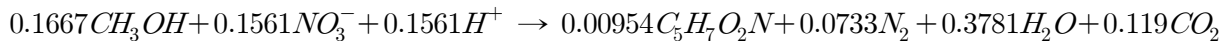
$$K_s = 10 \text{ mg COD/L}$$

$$Y = 0.40 \text{ mg VSS/mg COD}$$

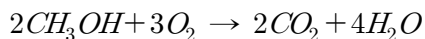
$$b = 0.10/d$$

$$f_d = 0.15$$

- 1) 이 공정의 SRT를 구하시오. (6점)
- 2) 이 공정 유출수의 COD 농도를 구하시오. 유출수 TSS의 구성은 공정 내부의 구성과 동일하다고 가정하고, TSS 중 VSS는 화학식  $C_5H_7O_2N$ 으로 표현 가능하다고 가정하시오. (10점)
- 3) 이 공정의 F/M 비(ratio)를 g bsCOD/g VSS-d 단위로 구하시오. (4점)
6. 메탄올을 전자공여체(electron donor)로 사용하는 미생물 탈질 반응의 전체 반응식을 다음과 같이 표현하였다. 반응식에서 볼 수 있듯이, 질산 이온(nitrate)는 전자 수용체(electron acceptor)뿐만 아니라 미생물 합성의 질소원으로도 활용된다. 이 반응식으로부터 다음을 구하시오.



- 1) 미생물 반응에 사용된 COD 대비 생산된 COD 비율, 즉, (생산된 미생물의 COD)/(소모된 메탄올의 COD). 메탄올의 산소에 의한 무기물화 반응은 다음과 같다.



(10점)

- 2) 소모된 전체 질산성 질소( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) 대비 “assimilatory nitrate reduction”으로 소모된 질산성 질소의 비율과 “dissimilatory nitrate reduction”으로 소모된 질산성 질소의 비율. 즉, (assimilatory nitrate reduction으로 소모된 질산성 질소의 양)/(전체 질산성 질소 소모량), (dissimilatory nitrate reduction으로 소모된 질산성 질소의 양)/(전체 질산성 질소 소모량)

(10점)