

Seoul National University

M1586.001500

Engineering Solutions for Water Pollution

FINAL EXAMINATION

TIME ALLOWED: 80 MINUTES

May 31, 2023

-
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 내장되어 있으면 안됩니다.
 3. 부정행위는 절대 용납하지 않습니다.
 4. 해당사항이 있을 경우, 꼭 단위를 기입하고, 정확한 단위를 사용하십시오. 답은 논리적이고 이해하기 쉽게 기재하십시오.
 5. 풀이과정을 반드시 보이십시오. 풀이과정을 명확히 확인할 수 없는 오답에는 부분 점수를 부여하지 않습니다.
 6. 전체 문항수는 6개, 총점은 105점입니다.

1. 다음 명제에 대하여 맞고 틀림을 O/X로 표기하시오.

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

- 1) 우리나라 공공하수처리시설의 방류수 수질기준은 물환경보전법 시행규칙을 통해 공포한다.
- 2) 물 시료의 총고형물량(Total Solids; TS) 값은 i) 휘발성부유고형물량(Volatile Suspended Solids; VSS), ii) 강열잔류부유고형물량(Fixed Suspended Solids; FSS), iii) 휘발성용존고형물량(Volatile Dissolved Solids; VDS), iv) 강열잔류용존고형물량(Fixed Dissolved Solids; FDS)의 합으로 나타낼 수 있다.
- 3) 탁도(turbidity)를 통해 총부유고형물량(Total Suspended Solids; TSS) 값을, 전기전도도(electrical conductivity)를 통해 총용존고형물량(Total Dissolved Solids; TDS) 값을 추정할 수 있다.
- 4) 물 시료의 유기질소 함량은 총킬달질소함량(Total Kjeldahl Nitrogen; TKN)과 암모니아성 질소(ammonia-N 또는 $\text{NH}_4\text{-N}$) 함량의 차로 구할 수 있다.
- 5) 나트륨(sodium, Na^+) 함량이 높은 물을 관개용수로 사용할 경우 토양의 투수성이 지나치게 높아져 작물 생산에 악영향을 끼친다.
- 6) 하천에 암모니아가 다량 유입되어 생물학적 질산화(nitrification) 반응이 과도하게 일어날 경우 용존산소 고갈 우려가 있다.
- 7) 일반적인 물의 화학적산소요구량(Chemical Oxygen Demand; COD) 값은 총유기탄소량(Total Organic Carbon; TOC) 값과 동일하다.
- 8) 원핵세포(prokaryotic) 내에는 염색체가 존재하지 않는다.
- 9) 환경시료의 메타게놈(metagenome) 분석은 실험실에서 배양 가능한 미생물의 DNA만 검출 가능하다.
- 10) 하수도 시설의 용량을 결정할 때 계획인구수는 계획기간(현재~최종연도) 인구의 평균 값을 사용한다.
- 11) 구형 입자의 최종 침강속도는 laminar, transient, turbulent region 모두에서 입자 지름의 제곱근(0.5제곱)에 비례한다.

- 12) 정삼투(forward osmosis) 공정에서 물의 흐름은 삼투압이 작용하는 방향과 동일한 방향으로 발생한다.
- 13) Coagulation-flocculation 공정에서 응집제(coagulant)를 물에 혼합하는 과정에는 상대적으로 높은 velocity gradient (G) 값이, 전하가 중성화된 입자의 플록화(flocculation) 과정에는 상대적으로 낮은 velocity gradient 값이 적용된다.
- 14) Struvite 침전 반응에 참여하는 Mg^{2+} , NH_4^+ , PO_4^{3-} 이온의 몰비는 1 : 1 : 1이다.
- 15) 고도산화공정(advanced oxidation process)에서 수산화 라디칼과 반응한 모든 화합물은 무기물화되어 이산화탄소와 물로 분해된다.
- 16) 일반적인 활성슬러지 공정 호기조(aeration tank)의 하부에는 기계식 혼합장치 (mechanical mixer)가 설치되어 미생물과 하수의 혼합을 촉진한다.
- 17) 살수여상(trickling filter)은 일반적으로 후단에 침전조를 두지 않는다.
- 18) 혐기성 소화 과정에서 산 생성균(acidogen)과 수소이용 메탄생성균(hydrogenotrophic methanogen)은 서로 공생 관계에 있다.
- 19) Anammox 미생물은 전자공여체(electron donor)로 암모니아성 질소(NH_4-N)을, 전자수용체(electron acceptor)로 아질산성 질소(NO_2-N)을 사용하여 성장한다.
- 20) 우리나라는 수돗물 공급에 생활하수 직접 음용 재이용(direct potable wastewater reuse)을 활용하고 있다.

2. 다음 물음에 답하시오.

- 1) Modified Ludzack-Ettinger (MLE) 공정의 호기조(aeration tank)에서 질산화(nitrification)를 담당하는 주요 미생물과 무산소조(anoxic tank)에서 탈질(denitrification)을 담당하는 주요 미생물을 각각 탄소원(carbon source), 에너지원(energy source), 산소 이용 여부에 따라 분류하시오. (6점)

<답안 예시>

i) 질산화 미생물

(탄소원) heterotroph, autotroph 중 택일

(에너지원) phototroph, chemotroph 중 택일

(산소 이용 여부) obligate aerobe, facultative aerobe, anaerobe 중 택일

ii) 탈질 미생물

(탄소원) heterotroph, autotroph 중 택일

(에너지원) phototroph, chemotroph 중 택일

(산소 이용 여부) obligate aerobe, facultative aerobe, anaerobe 중 택일

2) 입상활성탄(granular activated carbon; GAC) column (bed)을 두 개를 직렬로 연결하여 충분한 수질의 유출수를 지속적으로 얻으면서 입상활성탄을 포화 조건까지 경제적으로 사용할 수 있는 방안을 설명하시오. (7점)

3) Coagulation-flocculation 공정에서 양이온계 응집제(coagulant) 투입을 통해 본래 표면이 음전하로 하전된 콜로이드 입자들 간의 에너지 장벽을 해소하는 두 가지 원리를 간략하게 설명하시오. (4점)

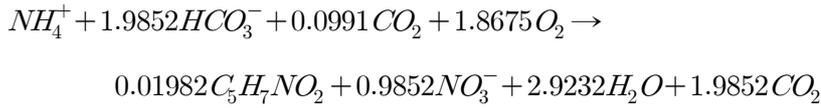
4) A²O 공정의 공정도를 그리고, 이 공정에서 질소와 인 제거가 일어나는 원리를 설명하시오. (8점)

3. 하수도 시설기준에 의하여 신도시에 하수처리 시설을 설계하고자 한다. 이 지역에는 분류식 관거(separate sewer)가 설치되어 있다. 이 도시의 계획인구수는 300,000명, 상수도계획 상의 1인1일최대급수량은 360 L/인-일이다. 이 하수처리 시설은 주거지역에서 발생하는 생활오수와 도시 내 공업단지에서 발생하는 폐수를 병합처리하며, 이 폐수의 유량은 10,000 m³/일이며, BOD 농도는 60 mg/L이다. 이때, 다음 물음에 답하시오.

1) 이 하수처리시설의 계획1일평균오수량을 구하시오. 생활오수에 대한 PF_{season}은 1.4를 적용하고, 공장폐수는 연중 일정하게 발생한다고 가정하며, 불명수량(I/I)은 없다고 가정하시오. (8점)

2) 이 하수처리시설의 계획유입수질 BOD 값을 구하시오. 생활오수와 공장폐수의 기여분을 모두 고려하고, 생활오수 오염부하량 원단위는 BOD 100 g/인-일을 사용하시오. (7점)

4. 암모니아 함량이 50 mg NH₄-N/L인 오염수를 생물학적 질산화(nitrification)로 처리하고자 한다. 이 반응을 다음의 화학식으로 표현 가능하다고 할 때, 이 반응을 통해 소모되는 산소량(단위: mg/L)과 알칼리도(단위: mg as CaCO₃/L)를 각각 구하시오. (12점)



5. 편의점에서 판매하는 250 mL 들이 “고농도 산소수”를 사서 내부 직경이 8 cm인 원통형 컵에 따랐다. 이 고농도 산소수의 초기 용존산소 농도가 60 mg/L일 때, 산소수의 농도가 20 mg/L가 될 때까지 걸리는 시간을 계산하시오. 컵 내부를 완전혼합형 batch reactor로 가정하고, 포화용존산소농도(saturated dissolved oxygen concentration)로 8.3 mg/L, 총괄물질전달계수(overall mass transfer coefficient)로 1.00×10⁻² m/h를 사용하시오. (15점)

6. 호기조(aeration tank)의 부피가 1000 m³인 어떤 완전혼합형 활성슬러지 공정이 bsCOD (biodegradable soluble COD) 농도 200 mg/L, nbVSS (non-biodegradable VSS) 농도 15 mg/L인 유입수 4000 m³/d를 처리하여 내보내고 있다. 이 공정은 solids retention time (SRT) 10 d로 운전되고 있으며, 미생물 관련 인자값이 아래와 같을 때, 다음 물음에 답하시오.

$$\mu_m = 6.0 d^{-1} \qquad K_s = 8.0 g/m^3$$

$$Y = 0.45 g VSS/g bCOD \qquad b = 0.12 d^{-1}$$

$$f_d = 0.15$$

- 1) 호기조 내 mixed liquor volatile suspended solids (MLVSS) 농도를 구하시오. SRT 값이 충분히 크므로, 계산의 편의를 위해 유입수의 bsCOD 농도는 유출수의 bsCOD 농도보다 충분히 크다고 가정하시오(즉, S₀ ≫ S). (10점)
- 2) 이 공정에서 발생하는 총 고형물(total suspended solids; TSS) 양을 g/day 단위로 구하시오. 미생물의 VSS/TSS 비율을 0.85로 가정하시오(active biomass, inert biomass 모두). (8점)