

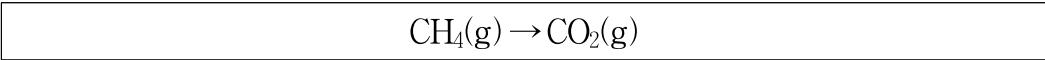
환경 화학

2019년도 국가공무원 5급(기술) 공개경쟁채용 제2차시험

응시번호 : 성명 :

제 1 문. 메탄(CH₄)은 온실가스로서 온실효과가 이산화탄소의 72배에 달한다. 메탄은 지표환경에서 미생물들의 메탄생성반응에 의해 생성되어 대기로 방출되고, 최종적으로 산소에 의해 이산화탄소로 산화된다. 대기에서 측정된 메탄의 분압(P_{CH_4})은 $10^{-5.7}$ atm이다. 다음 물음에 답하시오. (단, 대기 중 각 기체분자의 표준생성에너지값(ΔG_f^0)은 CH₄(g) = -50.7 kJ/mol; CO₂(g) = -394.4 kJ/mol; H₂O(g) = -228.6 kJ/mol이며, $\Delta G_r = \Delta G_r^0 + RT\ln Q$ 이다. 여기서 기체상수 $R = 8.314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$ 이다) (총 20점)

1) 대기 중에서 메탄이 산소에 의해 이산화탄소로 산화되는 아래 반응식을 완성하시오. (5점)



- 2) 대기 중 이산화탄소의 분압(P_{CO_2})이 $10^{-3.4}$ atm이고 25 °C에서 포화수증기의 분압(P_{H_2O})은 0.031 atm이며, 산소의 분압(P_{O_2})은 0.21 atm이다. 이때, 대기 중 평형상태에 있는 메탄의 분압을 구하시오. (10점)
- 3) 위에서 구한 메탄의 평형분압과 실제 대기에서 측정된 분압을 비교하면 이 중 한 값이 매우 큰 것을 알 수 있다. 그 주된 이유를 메탄의 생성과 산화반응의 차이로 설명하시오. (5점)

제 2 문. 경도는 비누의 사용량에 큰 영향을 미치며 물의 농업적 이용 및 식수로서의 이용에 많은 문제점을 일으킨다. 다음 물음에 답하시오. (총 15점)

- 1) 경도를 간단히 정의하고 물에 경도물질이 존재할 경우 비누 사용량이 증가하는 이유를 설명하시오. (5점)
- 2) 다음과 같은 이온들이 물에 용해되어 있을 때 경도를 구하시오. (단위: mg/L as CaCO₃) (5점)

이온	농도(mg/L)	원자량
Sr ²⁺	25.0	87.6
Mg ²⁺	50.0	24.3
Ca ²⁺	65.0	40.1
Na ⁺	80.0	23.0
K ⁺	30.0	39.1
SO ₄ ²⁻	35.0	S: 32.1; O: 16.0

- 3) 탄산경도와 비탄산경도를 정의하고, 다음의 조건에서 탄산경도와 비탄산경도를 구하시오. (단위: mg/L as CaCO₃) (5점)

이온	농도(mg/L)
Mg ²⁺	75.0
Ca ²⁺	82.0
CO ₃ ²⁻	60.0
HCO ₃ ⁻	30.5
SO ₄ ²⁻	35.0

제 3 문. 25℃에서 오염되지 않은 공기와 평형을 이루는 순수한 물에 대한 다음 물음에 답하시오. (단, 건조한 공기 중 CO₂의 농도는 350 ppm(0.035 %)이며, [H⁺] = [HCO₃⁻] 라고 가정한다) (총 15점)

$\text{H}_2\text{O(l)} \leftrightarrow \text{H}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$	$K_w = 1 \times 10^{-14}$
$\text{CO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(l)} \leftrightarrow \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$	$K_{a1} = 4.45 \times 10^{-7}$
$\text{HCO}_3^-(\text{aq}) \leftrightarrow \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq})$	$K_{a2} = 4.69 \times 10^{-11}$
$\text{CO}_2(\text{g}) \leftrightarrow \text{CO}_2(\text{aq})$	$K_H = 3.38 \times 10^{-2}(\text{M atm}^{-1})$

- 1) 물의 pH값을 계산하시오. (10점)
- 2) 공기 중 CO₂의 농도가 5배가 되었을 경우 순수한 물의 pH값을 구하시오. (5점)

제 4 문. 어느 호소수에 가수분해가 일어나는 오염물질 A가 있다. pH7의 조건에서는 오염물질 A의 가수분해 반응의 반감기는 10일이고, pH8의 조건에서는 오염물질 A의 가수분해 반응의 반감기가 5일이다. 다음 물음에 답하시오. (총 25점)

- 1) pH값이 7과 8인 호소수에서 오염물질 A의 겉보기 가수분해 속도상수(1차반응 속도상수)를 각각 구하시오. (단위: day⁻¹) (5점)
- 2) 오염물질 A의 가수분해는 동시에 일어나는 아래 두 반응에 의한 것으로 밝혀졌다.

(1) $\text{A} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{k_1} \text{B}$
(2) $\text{A} + \text{OH}^- \xrightarrow{k_2} \text{B}$

반응식 (1)과 (2)의 2차반응 속도상수(k₁, k₂)를 각각 구하시오. (단위: M⁻¹ day⁻¹) (10점)

- 3) pH가 7.5인 호소수에서 오염물질 A의 반감기를 구하시오. (10점)

제 5 문. 소규모 저수지(저수량 12,000 m³)에 인근 축사로부터 폐수가 유입되어 BOD가 급증하는 사고가 발생하였다. 다음 물음에 답하시오. (단, 폐수의 유입은 일시적 사고로 밝혀졌으며, 초기 저수지 물의 평균 BOD는 5 ppm, 폐수의 BOD는 50,000 ppm 이다. 또한, 저수지 내에서 오염물질은 완전히 혼합되었고 BOD 감소속도는 탈산소계수 0.2/day인 1차반응 속도식을 따른다고 가정한다) (총 25점)

- 1) 유출사고 3일 후 저수지에서 채취한 물의 BOD 농도는 320 ppm이었다. 저수지에 유입된 폐수의 양을 구하고, BOD가 95 % 이상 제거되는 데 필요한 시간을 구하시오. (단, 저수지로 유출입되는 물은 없으며 축산폐수 외에 추가 오염원은 없다고 가정한다) (10점)
- 2) 저수지 상류에서 1,200 m³/day의 하천수가 유입되어 완전 혼합된 후 동일한 유량으로 유출되는 조건에서 BOD가 95 % 이상 제거되는 데 걸리는 시간을 구하시오. (단, 유입되는 하천수의 BOD 농도는 무시한다) (8점)
- 3) 저수지 하류 어떤 지점의 하천수를 조사하였더니 DO가 2.8 ppm, 산소 소비율이 분당 0.74 ppm임을 알 수 있었다. 이 하천수의 DO 농도가 정상상태를 유지하고 있다고 가정하고 포화 DO 농도가 8.5 ppm일 경우 총괄산소전달계수를 구하시오. (7점)

인사혁신처 시험출제과장