

Henry's constants of TCE and PCE in surfactant solutions

양중석, 백기태*, 권태순, 양지원

한국과학기술원 생명화학공학과, *포항산업과학연구원 환경연구팀
(e-mail: jwyang@kaist.ac.kr)

<요약문>

Henry's law constants of trichloroethylene (TCE) and tetrachloroethylene (PCE) in air-aqueous surfactant systems were determined by gas chromatography headspace analysis of closed system. The effect of surfactant type and concentration was investigated.

key word : Surfactant, Henry's law, pervaporation

1. 서론

휘발성 유기화합물에 의한 토양과 지하수 오염이 최근에 심각한 환경문제로 대두되고 있다. 일반적인 양수처리나 토양증기 추출법이 이러한 유기 화합물을 제거하는데 많이 이용되는 복원 방법이나, 물에 대한 용해도가 낮고 토양에 잘 흡착하는 오염물의 성질로 인하여 처리가 쉽지 않다.

이를 해결하기 위해 최근에 계면활성제를 이용하여 오염물을 처리하는 기술이 도입되고 있다. 계면활성제는 임계농도 이상에서 미셀을 형성하고 이 미셀의 안쪽에 오염물을 용해함으로써 오염물의 용해도를 높이는 역할을 한다. 계면활성제를 이용하여 오염 토양을 정화하는 데 있어 경제적인 이유로 계면활성제를 회수하는 공정이 필요하며, 오염물을 제거하는데 solvent extraction, pervaporation 등의 방법이 일반적으로 이용되고 있다. 특히 pervaporation은 오염물을 진공으로 뽑아 낸 후 계면활성제 수용액을 바로 이용할 수 있어 많이 이용되는 방법이며, 계면활성제 수용액과 공기 내의 오염물의 평형 상태가 오염물의 증발 및 전체적인 pervaporation의 효율에 중요한 요소로 작용하게 된다. 본 연구에서는 계면활성제를 이용한 오염토양 복원시 계면활성제를 회수하기 위한 공정 중 pervaporation에서, 계면활성제의 종류와 농도에 따른 공기-수용액 간의 오염물의 평형을 알아보았다.

2. 실험 재료 및 방법

표 1. GC/FID 분석 조건

Carrier gas	He
Injector Temp	250°C
Detector Temp	280°C
Column flow rate	1 ml/min
Column	HP5 (30 m × 0.25 mm)
Temp. program	40°C (2min), 40°C to 170°C (rate: 20°C/min)

본 연구에 사용한 계면활성제는 표 2에 표시하였으며, Calfax 16L은 Pilot Chemical (USA)에서 기증 받았으며 다른 계면활성제와 trichloroethylene (TCE), tetrachloroethylene (PCE)는 Sigma-Aldrich (USA)에서 구입하였다. Henry's constant를 구하기 위하여 20 mL vial에 계면활성제 용액을 10 ml 넣은 후 TCE 5 µl나 PCE 0.5 µl를 넣고 25°C에서 6시간 교반하여 기액 평형에 도달하게 하였다. 기상에 존재하는 TCE와 PCE는 GC/FID (Hewlett Packard 6890, USA)를 이용하여 분석하였다. GC/FID 분석 조건은 표 1에 나타내었다.

표 2. Henry's constant in surfactant solutions

surfactant		TCE (C_{ex}/C_{water})			PCE (C_{ex}/C_{water})		
		0.5 wt%	1.0 wt%	1.5 wt%	0.5 wt%	1.0 wt%	1.5 wt%
SDS	sodium dodecyl sulfate	0.92±0.03	0.67±0.02	0.54±0.01	0.87±0.03	0.53±0.02	0.39±0.02
SDBS	sodium dodecyl benzyl sulfate	0.78±0.01	0.59±0.01	0.46±0.00	0.60±0.01	0.38±0.02	0.31±0.01
Calfax 16L	Sodium hexadecyl diphenyl oxide disulfonate	0.79±0.03	0.64±0.01	0.53±0.01	0.65±0.05	0.45±0.01	0.36±0.01
AOT	sodium dioctyl sulfosuccinate	0.79±0.00	0.58±0.01	0.42±0.01	0.65±0.01	0.40±0.02	0.29±0.01
Tween20	POE(20) sorbitan monolaurate	0.90±0.02	0.73±0.01	0.60±0.00	0.76±0.01	0.54±0.00	0.43±0.02
Tween40	POE(20) sorbitan monopalmitate	0.87±0.01	0.70±0.02	0.57±0.01	0.75±0.01	0.51±0.01	0.39±0.00
Tween60	POE(20) sorbitan monostearate	0.86±0.02	0.68±0.02	0.55±0.02	0.72±0.01	0.50±0.01	0.39±0.01
Tween80	POE(20) sorbitan monoleate	0.84±0.03	0.63±0.01	0.53±0.02	0.65±0.01	0.44±0.01	0.34±0.01

3. 결과 및 토의

계면활성제가 존재하지 않을 때(H)와 존재할 때 (H_{app}) 걸보기 Henry's constant는 아래의 식과 같이 표시할 수 있다.

$$H = \frac{C_{air}}{C_{water}}, \quad H_{app} = \frac{C_{air}}{C_{ex} + C_{mic}}$$

여기에서 C_{air} 는 공기 중의 오염물의 농도이고 C_{water} 는 물에 용해된 오염물의 농도, C_{ex} 는 계면활성제 수용액 중 미셀 이외의 부분에 존재하는 오염물의 농도, C_{mic} 는 미셀 내에 존재하는 오염물의 농도이다. 그러나 미셀내에 오염물이 존재하면 공기와 평형이 이루어지지 않으므로 실제 계면활성제 수용액 내에서의 Henry's constant는 다음과 같이 표현하는 것이 합당하다.

$$H = \frac{C_{air}}{C_{ex}}$$

Henry's constant는 동일물질에 대해 동일하므로 계면활성제가 존재할 때와 존재하지 않을 때의 공기 중의 농도를 비교함으로써 수용액상의 미셀과 미셀 외부의 오염물의 분배를 알 수 있다. 실험 결과는 표 2에 정리하였다. TCE와 PCE에 대해서는 실험한 계면활성제 중 AOT가 미셀내에 오염물이 가장 많이 용해할 수 있음을 알 수 있다.

사 사

본 연구는 국가지정연구실사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.