

에멀전 액막을 이용한 김포매립지 침출수의 처리

노윤찬^{*}, 김종국^{**}, 박함용, 김우식
연세대학교 공과대학 화학공학과
^{*} 연세대학교 산업기술연구소 화학공학부
^{**} 건양대학교 공과대학 화학공학과

Treatment of Kimpo Landfill Leachate by Emulsion Liquid Membrane

Ro Y.C.^{*}, Kim J.K.^{**}, Park H.Y. and Kim W.S.

Dept. of Chem. Engi., Yonsei Univ., Seoul 120-749, Korea

^{*} Dept. of Chem. Engi., Yonsei Univ., Engi. Rese. Insti., Seoul 120-749, Korea

^{**} Dept. of Chem. Engi., Keunyang Univ., Nonsan 320-800, Korea

서론

에멀전 액막이란 서로 섞이지 않는 유기 용매와 수용액이 계면활성제에 의해 안정한 에멀전 상태로 제조된 막을 의미한다. 고분자막에 의한 분리가 대부분 용액 중의 용매를 투과시키고 용질의 투과를 저지하는 막의 특성을 이용하는 반면, 액막에 의한 분리는 막을 통하여 용매가 아닌 용질을 다른 상으로 투과 이동시키는 조작이라 할 수 있다. 그러므로, 상변화 없이 물질을 분리, 농축할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 액막법에 의한 분리 기술은 1968년 Li N.N.[1]에 의해 탄화 수소의 분리에 응용된 이래 중금속 추출[2~4], 폐수 처리[5] 및 단백질 분리[6] 등 많은 분야에서 다양한 연구가 이루어지고 있으며, 이 중 아연 추출 공장과 페놀 폐수 처리 공장은 이미 호주와 중국 등에서 가동 중에 있다[8].

액막에 의한 분리 방법은 고분자막에 비하여 막의 접촉 면적이 크고 두께가 얇아 투과 및 추출 속도가 빠르며, 액막상에 상전이 촉매인 담체(carrier)를 함유시킬 경우, 생체막을 통해 일어나는 능동 수송의 기능을 모방하여 고선택성과 고농축성을 동시에 가질 수 있다는 장점이 있다. 또한 종래의 용매 추출법과 비교할 때 탈리 조작이 필요치 않아 장치를 소규모화 할 수 있다. 본 실험에서는 양이온 교환체인 Aliquat336을 사용하여 음이온성 물질을 제거하는 실험을 행하였으며, 음이온 교환체인 DEHPA를 사용하여 양이온성 물질의 제거 실험을 행하였다. 이러한 실험을 통하여 침출수 처리의 최적 조건을 확립하고자 하였고, 이 조건 하에서 김포 매립지에서 채취한 침출수의 처리 실험을 행하여 실용화 단계의 공정개발의 가능성을 검토하고자 하였다.

이론

DEHPA에 의한 양이온 물질의 투과 기구를 Fig. 1에 도시화하여 나타낸것과 같이 양이온 형태의 물질은 외부수용액상으로부터 내부수용액상으로 이동하게 되며, 동반 이온인 H⁺이온은 반대 방향인 내부수용액상으로부터 외부수용액상으로 이동하게 된다. 여기서 이온이 이동되는 추진력은 양상 간의 동반 이온의 농도차라고 할 수 있으며, 이 경우 외부수용액의 이온의 농도가 내부수용액의 농도에

비해 낮을지라도 능동 수송(active transport)이 일어나게 되어 외부수용액내 이온 물질의 제거가 효과적이다.

실 험

침출수 원수는 서울시에서 도시쓰레기 매립이 진행중인 김포매립지의 원수의 수집관에서 '94.10~12, '95.10~12월에 각각 3회에 걸쳐 임의 채취하여 부유물질을 여과한 후 냉장고에 저장하여 각종 실험에 사용하였다.

본 실험의 공정도를 Fig. 2에 나타내었다. Homogenizer로 제조한 W/O 에멀전 액막을 연속상에 균일하게 분산시키고 난류에 의한 물질 전달 효과를 촉진시키기 위하여 회분식 추출조에 3개의 날개를 가진 impeller와 baffle을 설치하였으며, digital tachometer를 이용하여 mpeller의 교반 속도를 제어하였다.

오일상으로 유동파라핀(Paraffin liquid, Duksan co.)을, 유화제로서 비이온계면활성제인 Arlcel 80(sorbitanmonooleate, ICI Americas)을 사용하였고, 담체로서 양이온 교환체인 Aliquat 336(methyltrioctylammoniumchloride, Aldrich chem.), 음이온 교환체인 DEHPA(di(2-ethylhexyl)phosphoricacid, Tokyo chem.)를 사용하였다.

결과 및 토론

1. 추출 시간의 영향

침출수의 추출 시간에 따른 처리 효과(COD)를 Fig. 3에 나타내었다. 먼저 Aliquat(2.7%)를 함유한 액막으로 음이온성 물질을 처리한 후 DEHPA(3%)를 함유한 액막으로 양이온성 물질을 처리하는 두단계의 공정을 거치는 경우 반응 개시 12~14분 후에 추출 평형에 도달하였으며 이때 COD는 630mg/L로 75%의 COD제거율을 얻었으며, 반응 후 14분까지 막의 팽윤현상에 의한 내수상 및 막상의 유출 현상은 관찰되지 않았다. DEHPA에 의한 양이온 물질만의 처리 실험에 있어서는 800mg/L로 Aliquat에 의한 음이온성 물질제거 실험의 970mg/L에 비하여 효과적임을 알 수 있다.

2. 계면활성제 농도의 영향

양이온 교환체인 Aliquat 336의 일정농도(2.7%)에 대한 Arlcel 80의 농도 영향을 Fig. 4에 나타내었다. Arlcel 80의 양을 증가시킬 경우, 초기 제거 효과는 감소하였지만, 시간의 경과에 따라 최종 제거 효과는 증가하였으며 반응 14분 까지 막의 팽윤 현상은 관찰되지 않았다. 그러므로 반응시간 및 COD제거율을 함께 고려한 Arlcel 80의 최적 농도는 8% 정도인 것으로 생각된다.

음이온 교환체인 DEHPA(3%)를 사용하여 양이온성 물질의 제거 실험을 행한 경우에 있어서는 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 Arlcel 80의 농도 6%인 경우에는 초기 제거 효과는 우수하였지만, 반응이 진행됨에 따라 팽윤 현상에 의한 막의 파괴로 내수상의 유출 현상이 일어나 COD제거율이 감소하였다. 이후 양이온성 물질의 제거실험의 경우에 있어서는 Arlcel 80의 농도 8%로 실험을 행하였다. 반응이 평형에 도달하는 시간인 12분 후의 침출수 농도에 대한 Arlcel 80 농도의 최종 제거 효과는 6~8% 농도 범위에서 큰 차이가 나타나지 않아 이에 대한 영향이 적음을 알 수 있다.

3. 동반이온 농도의 영향

막상에 담체와 결합된 이온물질을 내부수용액상으로 이동시키기 위한 stripping 물질로 음이온성 물질의 처리의 경우 본 실험에서는 NaCl을 사용하였으며, 이 경

우 Cl^- 이온이 동반 이온으로 작용한다. 음이온성 물질의 경우 내부 수용액의 NaCl 의 농도가 증가할수록 초기 제거 효과가 우수하였다. 이는 반응 초기에는 동반 이온인 Cl^- 이온의 증가로 액막내 착체의 분해 반응이 촉진된 것으로 생각되며, 최종 제거 효과가 거의 같은 이유는 반응이 경과함에 따라 분해 반응에 필요한 동반 이온의 농도가 감소하였기 때문으로 생각된다.

이로부터 액막의 안정성을 고려한 최적 Na_2SO_4 의 농도는 약 0.6mol/L임을 알 수 있었으며, 이는 음이온성 물질의 처리의 경우와는 다른 경향을 나타내는 것으로 DEHPA를 담체로 사용한 경우 내수상의 Na_2SO_4 가 막의 안정성에 미치는 영향이 큼을 나타낸다고 할 수 있다.

또한 Fig. 5에 최적 제막조건에서의 침출수의 처리결과를 나타내었다. 먼저 Aliquat를 함유한 액막으로 음이온성 물질을 처리한 후, DEHPA를 함유한 액막으로 양이온성 물질을 처리하는 두 단계의 실험을 행하였다. 침출수의 전도도는 초기 29.5ms/cm에서 20.5ms/cm로 감소하였으나 추출이 진행됨에 따라 내수상에 포함된 동반이온이 외수상으로 이동하기 때문에 전도도가 20.5ms/cm이하로는 떨어지지 않는 것으로 생각된다. 그리고 침출수의 420nm에서의 초기흡광도는 2.30이었으며, 이를 두 단계로 처리한 후의 흡광도는 0.9로 감소시켜 60%의 색도 제거율을 얻었다. 처리 후 남아있는 미량의 성분은 난분해성 유기물의 영향으로 생각된다.

참고문헌

1. Li N.N. : *Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.*, **10**, 215(1971).
2. Kataoka T. and Nishiki T. : *J. Memb. Sci.*, **46**, 67(1989).
3. Flyles T.M. : *J. Memb. Sci.*, **24**, 229(1985).
4. Draxler J. and Furst W. : *J. Memb. Sci.*, **38**, 183(1988).
5. Goswami A.N. and Sharma A. : *J. Memb. Sci.*, **70**, 283(1992).
6. Hong S.A. and Yang J.W. : *J. Memb. Sci.*, **86**, 181(1994).
7. McKetta J.J. and Cunningham W.A. : "Encyclopedia of Chemical Processing and Design", Marcel Dekker Inc. New York(1988).

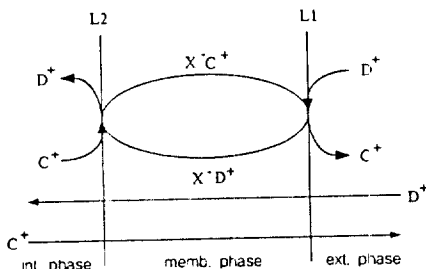


Fig. 1. Transport of cationic materials through ELM.
 D^+ : cationic materials, X^- : carrier(DEHPA), C^+ : counter ion(H^+)

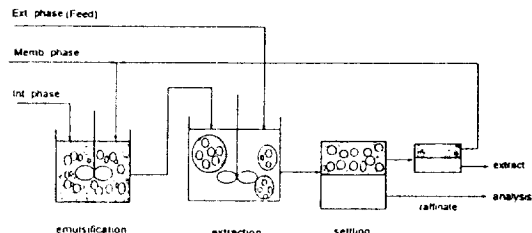


Fig. 2. Schematic diagram of ELM process.

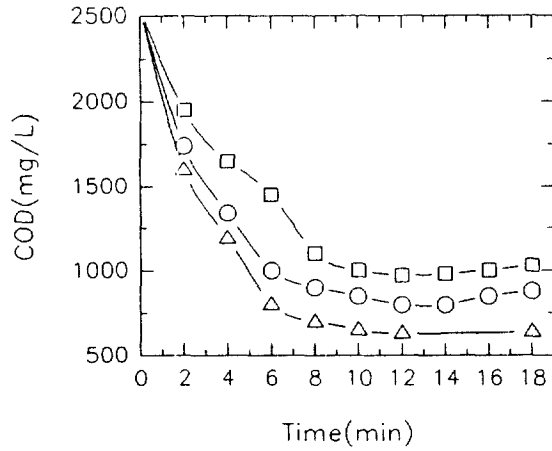


Fig. 3. Extraction effects in respect to reaction time.

□: Aliquat 2.7%, ○: DEHPA 3%, △: Aliquat 2.7% + DEHPA 3%

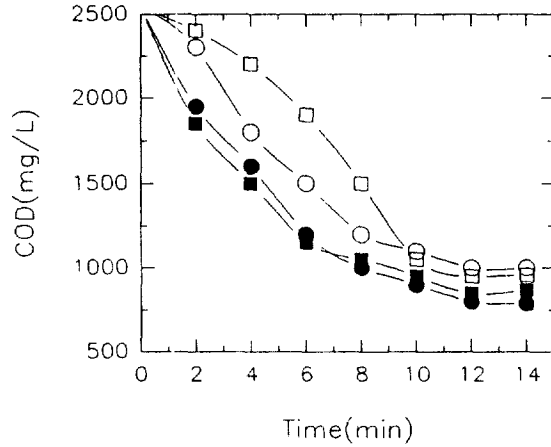


Fig. 4. Effect of surfactant concentration on leachate extraction.

○: Aliquat 2.7% + Arlachel 6%, □: Aliquat 2.7% + Arlachel 8%
 ●: DEHPA 3.0% + Arlachel 6%, ■: DEHPA 3.0% + Arlachel 8%

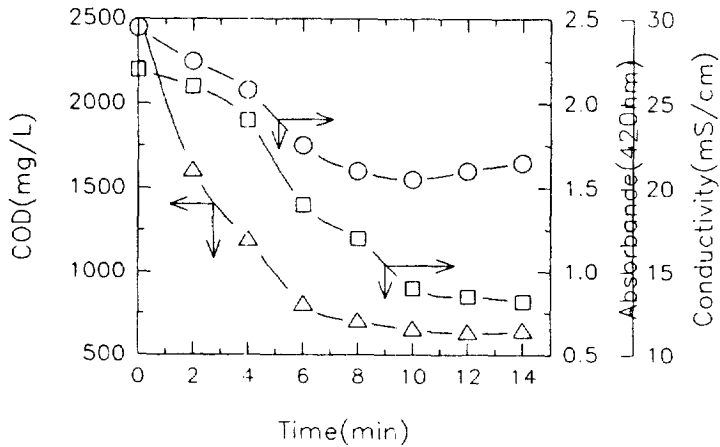


Fig. 5. Removal efficiency in two step extraction of leachate.

○: conductivity, □: absorbance, △: COD