EE6

고상(固相)에서 전기적 거동현상연구(이론) : 막내에서의 전기여과
Study of Electric Transport Phenomena in the Solid Phase : Electrofiltration in the membrane

박영규
대진대학교 화학공학과

서론 : 이온성물질의 막분리는 심한 막오염등으로 막수명이 단축되거나 장치의 제한이 많으며 분자량이 큰 이온성물질을 분리하기는 더욱 더 어렵다. 근본적인 이유는 이온성물질의 흡착과 거대이온성 물질의 크기가 세공에 비해 너무 크기 때문에 기존의 여과방식에 의한 투과분리는 거의 실현 가능성이 없다. 이러한 문제점을 해소하기 위해 전기를 이용한 분리장치가 개발되었고 본 연구에 적용한 Pulsed Field 전기를 이용한 장치가 한 예이다. 그러나 ㄱ에서 언급한 문제점의 근본적인 해결은 새로운 고분자메디아의 개발과 이를 이용한 장치개발(예: Perfusion Technique)이 필요한데 국내연구는 이러한 분야의 장치개발이 미진한 상태이다. 발표되는 논문은 Pulsed Field를 이용하여 거대이온성 분자의 거동현상을 이론적으로 연구하는 것이다.

이론 : 막분리 시스템에서 이온성분자물질의 거동을 위한 전기화학적 모델은 다음과 같다.

$$\frac{\partial c_{i,k}}{\partial t} = \nabla\cdot(D_{i,k}\nabla c_{i,k}) - \nabla\cdot(c_{i,k}\mathrm{F}\, u_{i,k}\nabla\Psi_{i,k})$$

또한 액상과 고상의 물질전달은 아래와 같은 Total Flux 경계조건으로 나타낼 수 있다.

$$-D_{i,k+1}\nabla c_{i,k+1} + c_{i,k+1}(u_{i,k+1}zF\nabla\Psi_{i,k+1}) = -D_{i,k}\nabla c_{i,k} + c_{i,k+1}(u_{i,k}zF\nabla\Psi_{i,k})$$

$$\beta_{i,k+1}\, c_{i,k+1} = \beta_{i,k}\, c_{i,k} \quad at \quad x' = x'_k\ ,\ k = 1,\ 2$$

$$c_{i,k}\ (t=0) = 0 \quad ,\quad k = 1,\ 2,\ 3$$

세공내에서 물질이동거동을 위한 분자하적인 확산방정식으로 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial\Psi}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial Q}\cdot\left\{[k\cdot Q] - \frac{2kT}{\xi}\frac{\partial}{\partial Q} - \frac{2}{\xi}[F_1^{(\Psi)} - F_2^{(\Psi)}] + \frac{1}{\xi}[F_1^{(e)} - F_2^{(e)}]\right\}\Psi$$

결론 : 이온분자성물질 (예: 석유고분자물질, 계면활성제, 미생물, 단백질 등)에 전기를 가하게 되면 globular random-walk형상에서 이온분자성물질의 한끝이 실처럼 풀어지면서 흔히 엉켜진 형상에서 두 개의 팔이 자라기 시작한다. 전기힘과 분자상의 탄력성이 서로 평형에 도달하게 되면 이온성물질은 "pulley"모양을 갖게 되고 U자형이 된다. 전기힘은 약간 긴 분자chain이 먼저 전기의 양극 방향으로 움직이게되면 이온성 물질가지는 점점 길어지게 되면서 완전히 뱀모양으로 길게 뻗게되어 I자형이 된다. 전기힘이 계속되면 I자형이온분자성물질은 다시 벽(Barrier)에 부딪치게 되고 이온분자성물질의 끝은 J자형으로 구브러져 원래의 모양으로 돌아온다. 그러므로 O-U-I-J-I 모양으로 이온분자성물질의 거동은 일어나게 된다. 이와같이 막내에서 Pulsed Field를 적용하게 되는 이유는 거대 이온분자성물질이 잦은 Pulley모양이 Pulsed Field에서 만들어지므로 분자량이 큰 이온성물질은 자주 이러한 pulley현상 때문에 이동(Mobility)현상이 늦어지고 분자량이 작은 이온성물질은 작은 I자형으로 탑내공극사이의 대류속도가 증가하게 되어 물질의 제거나 분리가 일어나게 하는 것이다.