

새로운 모자이크하전막을 사용하여 중금속이온의 분리

양 원 강

동국대학교 자연과학 대학 화학과

Elimination of Heavy Metal Ions across Novel Charged Mosaic
Membrane

Wongkang Yang*

*Department of Chemistry, College of Natural Science,
Dongguk University, Gyeongju 780-714, Korea

1. 서론

모자이크하전막을 사용한 분리법은 1932년에 Sollner와 그의 공동연구자의 보고가 처음이었다. 이 하전막을 투과하는 물질수송의 현상에 대한 Kimizuka등에 의한 연구가 비평형열역학에 기초하여서 용질수송과 용매 투과에 대한 결과가 보고되었다. 하전모자이크막의 특성은 기능성으로 생체막에 가깝고, 전해질/비전해질의 투과분리의 기능이 생체유사성이다. 이온플락스는 평형상태에서 해석하던 중전의 해석을 비평형상태의 열역학식으로 해석한다. 생체유사성의 현상은 비평형열역학 상태방정식을 도입하여 물질의 수송팩터를 해석하였다. 고전 막이론과 새로운 모자이크막의 응용으로 생체기능막의 해석에 근접하는 센서막의 관계식을 유도하는데 있다[1,2]. 막의 구조는 양/음의 이온교환기가 고분자 기질 내에 Nano크기의구상하전기가 병렬로 자리한다[3]. 이 막을 이온화/비이온화하는 이온성 물질의 투과를 현상론적 방정식을 적용시켜서 하전모자이크막의 수송센서능을 연구하였다.

2. 이론

생체유사성 기능성막의 중요성은 물질의 필요 할 때에 필요한 곳에 공

수급이 이루어지는 생명체 막현상과 동일한 기능을 발휘하는 인공막을 목표로 한다. 비평형상태에서 전해질/비전해질의 물질의 혼합용액서 하전모자익막의 분리특성을 용질과 용매에 수송특성에 대한 관계식으로 Dr. Kimura, Dr. Kimizuka, Dr. Kedem & Katchalsky[4,5,6]식을 정리하였다.

$$J_v = L_p (\Delta P - \sigma_s \Delta \Pi_s) \quad (1)$$

$$J_s = C_s (1 - \sigma_s) J_v + \omega_s \Delta \Pi_s \quad (2)$$

여기서 volume flux, J_v 와 solute flux, J_s 는 각각 부피와 농도변화이고 시간에 대한 변화값이다. L_p 는 여과계수이다. σ_s 는 water permeability로 반발계수이고, ω_s 는 투과계수이다. volume flux 의 방향은 기계적 압력의 차이가 제로상태에서, 이온성물질의 흐름이 막에서 용액쪽으로 가역적 일 때 식은 다음과 같이 쓴다.

$$J_v = \sigma_s L_p \Delta \Pi_s \quad (3)$$

$$J_s = \omega_s \Delta \Pi_s - C_s L_p (1 - \sigma_s) \sigma_s \Delta \Pi_s \quad (4)$$

$$L_p = (J_v / \Delta \Pi_s) \quad \Delta P = 0, \sigma = 1 \quad (5)$$

$$\sigma = \frac{1}{L_p} (J_v / \Delta \Pi_s) \quad \Delta P = 0 \quad (6)$$

$$\omega = (J_s / \Delta \Pi_s) \quad J_v = 0 \quad (7)$$

결국 식에 따르면 막과 수용액의 비가역현상에서 다음의 세가지 막팩터를 해석하여야 하는 결과이다. 즉, L_p , σ , 및 ω 는 용액에서 각각 화학퍼텐셜의 차이로 환산한다. 하전모자익막을 투과하는 물의 해석은 당이 존재하는데서 조사하였다. 게다가 비가역적인 열역학에 의한 현상론 방정식은 전해질용액 + sucrose || 모자익막 || water system을 이용하였다. volume flux와 solute flux 의 분석은 σ 와 ω 을 측정한다. 하전모자익막을 투과하는 물의 흐름은 염의 확산이 원인이고, 당에 의해 물의 삼투흐름이 먼저 일어나는 결과를 확인하였다[7].

3. 실험

그림은 Salts / mosaic membrane / water 와 Salt+ sucrose / mosaic membrane / water system 2개의 system에서 금속이온의 특성을 측정하였다.

- (1) 물경계에서 염의 섞임
- (2) 염의 이동에 의한 물의 흐름
- (3) 삼투압에 의한 물의 투과.
- (4) sucrose 에 의해 물의 투과가 발생 예상하여 염의 확산

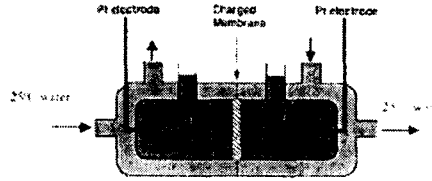


그림.A schematic apparatus of charged mosaic membrane system

방향은 solvent flux가 역으로 일어나 염의 농축이 발생한다. 결과 용질과 초기 용매인 물흐름에서 염수송의 메카니즘을 해석하였다. 표1은 막의 특성이다.

Table. 1 L_p and Active Layer Thickness or membrane thickness

	$L_p / 10^{-14} \text{m}^3 \text{N}^{-1} \text{s}^{-1}$	Thickness $\delta / \mu\text{m}$
Raw	7.07	50
Composite	19.1	18.5

4. 결과 및 토론

Fig.1은 용질농도에 대한 여과계수 값이다. 모자이크하전막에서 염의 농도 변화에 따른 대한 물의 투과값은 거의 일정하여 결과적으로 물질투과에 대한 삼투영향은 일정한 결과를 나타내었다. L_p 는 간단한 전해질수용액의 경우에 하전모자이크 막을 통과하는 선택적인 염과 용매와 용질사이의 분리계수로 더구나 비전해질인 당의 존재하에 물과 염의 이동은 system II에서 실험하였다. 같은 용질의 농도에서는 삼투 흐름을 system I,II에서 모두 측정하였다. 하전모자이크막이 크게 나타났다[7].

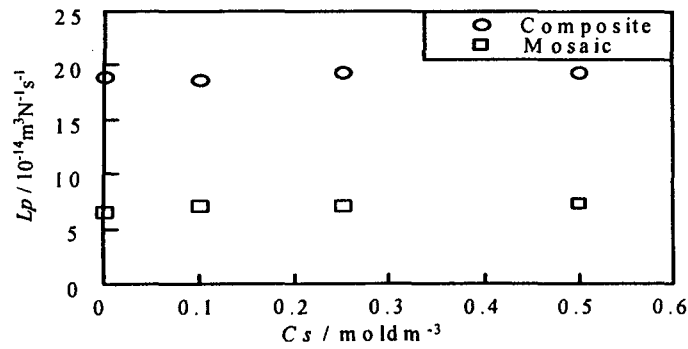
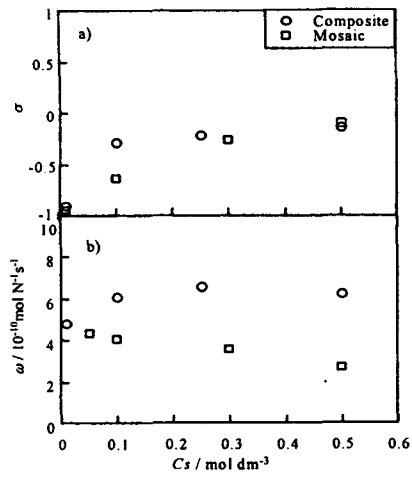


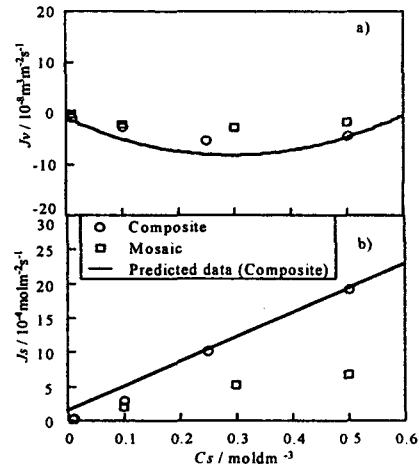
Fig.1 Dependence of Water Permeabilities L_p on Salt concentrations in System I

volume flux는 막유효 면적에 대한 부피의 변화로 $J_v=0$ 에서 염농도로 해석하였다. system I에서 volume flux는 negative flow값이 나타났다. 이것은 염의 확산이 물분자와 동시에 하전모자이크막을 가로질러 염농도에서 발생하는 삼투압이 원인으로 단정하였다. 그리고 특이한 변화는 driving force가 최소에서 평형상태를 확인하였다. 이 모자이크하전막을 투과하는 Sucrose분자의 수송은 매우 느린 현상을 보였다. 결과 이론과 실험의 해석이 모두 타당한 결과였다. σ_s 의 값은 volumeflux에서 계산하였다. 염은 solute flux가 증가하였고 반면에 투과 계수값은 감소할 보였다. 두 system에서 용질수송과 투과계수는 현저한 차는 보이지 않았다. 비록 volume flux에 절대값은 같으나 방향의 차가 나타났고 하전 모자이크막을 가로질러는 염의 확산은 용매의 영향은 없는 것으로 확인하였다.

실험 system I,II에서 염확산의 원인은 ω 이다. 반사계수 σ_s 는 음의 값이다. 이 값의 차이는 항상 양이다. 이것은 systemII의 용질흐름 값보다 systemI의 용질흐름이 큰 값으로 나타났다. 이것은 막내의 대류흐름이 원인이었다.



Figs.2a) and b) Reflection Coefficients σ and Salt Permeabilities ω



Figs.3a) and b) Comparison of experimental data with predicted data of composite membrane in Volume and Salt Fluxes.

Acknowledgement

이 과제는 과학재단 국제공동연구(JR 020)지원과제로 이루어졌음을 감사한다.

5.References

- 1.K. Sollner, *Biochem.Z.*,244(1932) 370
- 2.R. Neihof and K.Bollner, *J.Phys.Coll.Chem.*54(1950)157
- 3.O. Kedem and A.Katchalsky, *Trans. Faraday Soc.*,59(1962)1931
- 4.H. Kimizuka and K.Koketsu, *J.Theoret.Biol.*,6(1964)290
- 5.A. Katchalsky and P.F.Curran, "Non-equilibrium Thermodynamics in Biophysics", Harvard Univ.Press(1965)
- 6.S.Kimura and S.Sourirajan, *AIChE.J.*,13(1967)497
- 7.T. Fukuda W.K.Yang & A. Yamauchi, *J. Membrane Sci.*,212(2003)255
- 8.S.Jeong, W.Lee and W.Yang, *Bull.Korean Chem.Soc.*24(7)(2003) 937