

Active Transport Characteristics of Anions through a Cell Membrane Model which Irradiated by γ -ray

In-Ho Ko^{*}, Jin-Dong Yeo^{**}

Dept. of Radiotechnology, Cheju Halla University^{*}, Dept. of Radiotechnology, Sorabol University^{**}

감마선이 조사된 세포막모형을 통한 음이온의 능동 전달 특성

고인호*, 여진동**

제주한라대학교 방사선과*, 서라벌대학교 방사선과**

ABSTRACT

The active transport characteristics of anions of cell membrane model which irradiated by ^{60}Co γ -ray was investigated. The cell membrane model used in this experiment was a sulfonated copolymerized membrane of poly(1-methyl-4-vinylpyridinium iodide-co-divinylbenzene : MeVP-DVBI). First, the initial flux of OH^- and Cl^- , Na^+ of membrane which was not irradiated was decreased with increase of thickness of membrane 80-200 μm , increased with increase of NaOH concentration 0-0.5mol/L and MeVP-DVBI concentration 20-80% was increased with initial flux of OH^- and Cl^- , decreased with initial flux of Na^+ . Second, the initial flux of membrane which was irradiated was less than that. And the driving force of pH of irradiated membrane was significantly increased more than membrane which was not irradiated. The initial flux of the OH^- ion was decreased with increase of H^+ ion concentration. As selective transport of OH^- and Cl^- of cell membrane model were abnormal, cell damages were appeared at cell.

Key words : ^{60}Co γ -ray, OH^- , Cl^- , Na^+ , pH, membrane of polysulfone and MeVP-DVBI

요약

감마선이 조사된 세포막 모델에서 음이온의 능동전달특성을 연구하였다. 이 실험에 사용된 세포막 모델은 세포막의 구형단백질, 당단백질 등의 기능을 지니고 있는 친수성의 극성인 poly(1-methyl-4-vinylpyridinium iodide-co-divinylbenzene: MeVP-DVBI)분말을 세포막의 인지질에 해당하는 소수성의 극성인 polysulfone과 결합시킨 불균질의 복합막을 사용하였다. 첫 번째 조사되지 않은 막에서 OH^- , Cl^- , Na^+ 의 초기플럭스는 실험조건을 막의 두께 80-200 μm 로 할 때 정비례로 감소하였고, MeVP-DVBI의 농도를 20-80%로 할 때 OH^- , Cl^- 는 지수 값으로 증가하였고 Na^+ 는 지수 값으로 감소하여 음이온(OH^- , Cl^-)의 능동전달을 증대시키고 NaOH의 농도를 0-0.5mol/L로 할 때 0-2mole/cm²·h로 지수 값으로 증가하였다. 두 번째 조사된 막에서 OH^- , Cl^- , Na^+ 의 초기플럭스는 대체적으로 조사되지 않은 막과 비교해서 감소하여 음이온의 능동전달이 감소하였는데 이는 방사선조사로 H^+ 이온 농도의 증가를 가져와 음이온의 초기플럭스가 감소하였기 때문으로 생각된다. 조사된 막의 pH의 추진력은 조사되지 않은 막보다 유의성 있게 증가하였고 세포막모델에서 OH^- 와 Cl^- 의 능동전달특성이 비정상적이기 때문에 세포장해가 세포에서 발현된다.

중심단어 : 감마선, 1-메틸-4-비닐피리딘 요오드-디비닐벤젠 복합막, 수소이온농도지수, 음이온

(고정 전달자 : SO_3^{2-} , 금속: OH^- , Cl^- , Na^+)

I. INTRODUCTION

세포막의 유동모자이크설은 1971년 S.J. Singer가 지질과 단백질 모형을 제안하고, 1972년 G.L. Nicolson과 함께 유동 특성을 제시함으로써 확립되었다. 즉, 인지질과 단백질로 구성된 세포막을 통해서 세포외부와 세포내부사이의 물질전달이 이루어지고 있다는 것이다. 또한, 세포내부에 있는 세포소기관 중 미토콘드리아, 핵, 엽록체 등도 세포막처럼 이중막으로 되어 있어 세포내부에서도 상호간의 물질교환이 이루어지고 있다^{[1],[2]}. 이와 같이 세포막은 세포외·내부의 생리적 대사에 중요한 역할을 담당하고 있으며 세포의 구조와 생명현상을 유지하는데 없어서는 안되는 세포의 구성성분이며 유·무기질의 물질전달은 능동수송(active transport), 수동수송(passive transport)에 의해서 이루어진다^[2].

여기서 세포막의 능동수송(active transport)은 물질수송이 저 농도에서 고농도로 이동할 때 발생하며 또한 에너지가 부가되어야하는데 이 때 사용되는 생화학적 에너지로는 ATP이며 그리고 조효소, 효소 등 막 단백질이 작용한다. 또한 능동수송(active transport)은 병류수송(co-transport)과 향류수송(counter-transport)으로 나누고 음이온의 전달시 H^+ 이온과 음이온이 동시에 이온쌍을 만들어 전달자와 복합체를 형성하여 병류수송이 이루어지고 양이온의 전달시는 H^+ 이온이 에너지를 제공하여 H^+ 이온과 양이온이 각각 전달자와 복합체를 형성하여 반대방향으로 전달되는 향류수송이 있다^{[3]-[5]}.

한편 Yoshikawa(6)는 고정전달자가 있는 고분자 막에서의 능동전달에 대한 관계식으로 아래 식을 제안하였다.

$$J = \frac{k}{L} \times \frac{k[C]_o [S] [S']}{1 + k[S]}$$

여기서

J : 초기플럭스

k : 복합체 생성상수

L : 막 두께

[C]_o : 막 내부의 고정이온 농도

[S] : 금속이온의 농도

k : 켈보기 속도 상수

[S'] : H^+ 의 농도(구동력이 되는 성분)

상기 식으로부터 H^+ 의 농도가 증가되면 플럭스가 증가됨을 알 수가 있다.

세포막의 수동수송(passive transport)은 물질수송이고 농도에서 저 농도로 이동하는 물질전달현상으로 에너지가 부가될 필요가 없는데 삼투, 확산 등이 이에 해당된다^{[7]-[9]}.

막에 대한 방사선의 작용연구는 주로 적혈구 막에서 이루어지고 있는 실정이며 세포막의 작용 중 물질수송은 투과성에의해서 결정되는데 세포내부는 칼륨(K^+)농도가 높고 세포외부는 나트륨(Na^+)농도가 높는데 방사선 조사로 인하여 적혈구 막의 이온 투과성이 상실되어 세포내부는 나트륨(Na^+) 농도가 높아지고 세포외부는 칼륨(K^+)농도가 높아져서 막의 구조변화로 적혈구가 치사된다^{[10]-[12]}.

1961년 Bacq와 Aloxander등의 “효소방출설”에 의하면 고 선량의 방사선이 생물 막에 조사되면 막을 구성하고 있는 효소가 방출되어 세포내의 구성성분인 핵산, 단백질 등을 분해하여 결국에는 세포가 치사된다는 이론이며 이 이론은 선량이 고 선량이 일 때만 가능하고 저 선량에는 발생하지 않는 이론이어서 어느 정도의 한계를 지닌 이론이다. 본 연구는 최근에 생물 막과 유사한 이온투과성막(양 이온교환막, 음 이온교환막)을 이용한 물질의 능동수송(active transport)에 대한 연구보고가 많이 있으나 고 선량의 방사선조사로 인한 이온투과성변화에 대한 연구는 미비한 실정이다^[13].

이에 따라서 방사선이 조사된 세포막이 물질의 능동전달(active transport)에 의해서 발생하는 음이온투과성변화에 어느 정도의 영향을 미치는가를 구명하기 위하여 세포막과 유사한 이온투과성막을 고분자로 제

조한 후 이 생물 막의 이온투과성 변화가 방사선조사 전·후에 어떻게 변화하는가를 알아보기 위하여 물질의 능동전달(active transport)을 통하여 실험을 하였다.

II. EXPERIMENTAL MATERIAL AND METHOD

1. 실험재료

1.1 고분자막의 구성

고분자막은 OH, Cl, Na⁺이온투과성을 선택적으로 측정할 수 있는 이온투과성 막으로서 세포막의 구형 단백질, 당단백질 등의 기능을 지니고 있는 친수성의 극성인 poly(1-methyl-4-vinylpyridinium iodide-co-divinylbenzene)분말을 세포막의 인지질에 해당하는 소수성의 극성인 polysulfone 과 결합시킨 불균질의 복합막을 사용하였다.

1.2 실험기기

반응기, Magnetic Stirrer, 분광광도계(Shimadzu UV-2401PC, Japan), 전도도측정기(suntex, model Sc-17A), pH meter(Union prix, model GP-55), 원자흡광분석기(Nippon Jarell Ash, A.A-845), 저울(Mettler AT201, USA), 향온수조(Eyela SB-9, Japan), IR(Infra-Red)(JAS.CO IR-810), ⁶⁰Co γ선 조사기 등을 사용했다.

1.3 전해질 용액의 OH 농도와 Cl 농도변화

고분자막은 세포막에 대응되는 생물 막으로서 좌측 cell에 0.1N HCl solution과 우측cell에 0.1N NaCl, 0.1N NaOH solution사이의 OH, Cl, Na⁺이온투과성에 대하여 5Gy의 고 선량조사를 한 후 이온투과성과 방사선 조사 전의 이온투과성을 비교 연구하기 위하여 사용하였다.

좌측cell에 0.1N HCl solution과 우측cell에 0.1N NaCl, 0.1N NaOH solution는 water jacket으로 인체의 체온과 같은 36.5℃를 유지하였고 OH농도와 Cl농도는 방사선 5Gy로 조사한 생물 막과 조사하지 않은 생물 막으로 각각 상호교환을 하여 마이크로피펫으로 각각 샘플링을 하고 그 농도를 원자흡광분석기로 검량선을 통하여 측정하였다.

2. 실험 장치

본 실험에서는 전해질 용액에서 다양한 변수들의 변화가 OH와 Cl의 플럭스에 어느 정도의 영향을 미치는가를 정량화하기 위하여 Fig.1과 같은 실험장치를 pyrex유리로 제작하여 실험하였다.

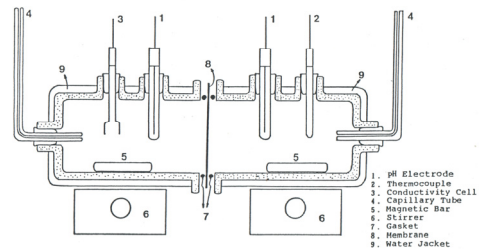


Fig. 1. Experimental apparatus for active transport measurement.

Left cell : 0.1 N HCl

Right cell : 0.1 N NaCl, 0.1 N NaOH

3. 실험 방법

3.1 막의 특성 실험 : 가교 결합된

poly(1-methyl-4-vinylpyridinium iodide-co-divinylbenzene: MeVP-DVBI)의 특성

먼저 중합체(4-vinylpyridine-Divinylbenzene: VP-DVB)의 구조 및 4차 암모늄을 평가하기 위하여 IR

(Infra-Red)(JAS.CO IR-810)을 사용하여 분석하였다. 세포막에 사용하기 위해서 분쇄한 MeVP-DVBI의 입자크기 및 분포는 particle analyzer(Heriba CAPA-300 particle analyzer)를 이용하여 측정하였으며, pore의 크기 및 분포, 공극률은 pore sizer (micromertics pore sizer 9300)를 이용하여 분석하였다.

Table 1. Polymerization condition of VP-DVP

Item	Condition
Divinylbenzene mole fraction(%)	2, 4, 8
Decaline ratio (Vol. of Decaline/ Vol. of Monomer)	0.93
Benzoylperoxide ratio (wt. of BOP/ wt. of Monomer)	0.026
Temperature(°C)	80°C
Polymerization time(h)	12h

3.2 합성막의 특성

합성된 막의 고정 전달자의 농도는 막제조에 사용한 MeVP-DVBI의 고정 전달자 농도와 막내의 중량비로부터 계산하였다.

막의 pore의 크기 및 분포는 역시 pore (micro meritics pore sizer 9300)을 이용하여 분석하였고 비표면적은 surface analyzer(micromeritics surface analyzer)를 이용하여 분석하였으며, 제조막의 기계적 강도는 인장강도 측정기를 이용하여 인장강도(Ts)측정을 하였다. 막의 함수율은 24시간 팽윤시킨 막을 진공건조 시킨 후의 전·후 무게차를 건조막의 단위무게 기준으로 나타내었다.

3.3 능동전달 특성 실험

(1) 투과 실험 장치

본 실험에서는 유기 음이온인 Cl⁻의 능동전달 특성을 실험하기 위해 Fig. 1와 같은 실험장치를 poly(methyl methacrylate)로 제작하였으며, 측정셀은 이중벽으로 펌프를 사용해 물을 셀내벽과 외벽 사이로 순환시켜 온도를 일정하게 유지토록 하였다.

셀의 한쪽 부피는 380cm³, 막의 유효면적은 12.5cm²이다. 셀의 바닥은 평평하게 제작하였으며 자력교반기로 500rpm으로 용액을 충분히 교반시켜 위치에 따른

측정오차를 제거하였다.

(2) OH⁻와의 항류수송에 의한 Cl⁻의 능동 전달 제막변수에 따른 영향으로서 막 두께, MeVP-

DVBI 함량 및 고정전달자의 농도가 이온의 플릭스에 미치는 영향을 알아보기 위해 양측 셀에 각각 같은 농도(0.1mol/L)의 HCl과 NaCl을 이용하여, 능동 전달시 Na⁺, OH⁻, Cl⁻의 플릭스를 비교하였다.

또한, 제조된 막은 polarity가 큰 막에서 항류수송이 주된 수송방법이 될 것이므로 OH⁻에 의한 항류수송의 영향을 고찰하기 위해 양측셀에 HCl과 NaCl을 0.1mol/L로 고정하고 NaCl을 포함한 셀에 NaOH를 0.05, 0.1, 0.15, 0.2mol/L로 변화시켜 넣은 후 각 이온의 이동을 측정하였다.

이 때 H⁺의 농도는 pH meter(Union Pric, Model GP-55)를 사용하여 기록계로 연속적으로 기록하였으며, Na⁺는 A.A(Nipp on Jarell Ash, A.A-845), Cl⁻는 argento metric method로 분석하였다. 막에 대한 실험으로서 온도는 36.5°C로 고정된 후 pH를 3으로 하고 좌측셀의 용질로는 HCl을 사용하였으며 우측 셀은 NaOH를 사용하였다.

III. EXPERIMENTAL RESULT

1. 막의 특성

MeVP-DVBI는 FT-IR(Infra-Red) 피크가 VP-DVB의 경우와는 달리 alkylation 한 경우는 1640cm⁻¹ 근방에서 4차 암모늄의 예리한 피크를 확인할 수 있었고 제막에 사용하기 위해 분쇄한 MeVP-DVBI 분말의 입자크기 및 분포를 particle analyzer를 이용하여 측정된 결과를 Table 2에 나타 내었으며 이때 측정조건은 Fritsch pelverisette 02-102 type으로 24시간 분쇄한 후 메탄올을 분산제로 하여 입자의 밀도(0.79g/cm³), 점도(0.68cp)를 측정하였고, 입자크기의 측정간격은 5 μ m, 분석범위는 0-70 μ m였다. 제막에 사용한 분말의 크기는 0.1-70 μ m (60% 정도의 2-20 μ m의 크기를 갖는)이었고, 측정된 평균 입자의 크기는 17.18 μ m 였다.

Table 2. Particle size distribution of MeVP-DVBI powder

Da(μm)	2mol% DVB		8mol% DVB	
	Fb(%), Rc(%)		Fb(%), Rc(%)	
70 <	14.8	14.8	0	0
70-65	0	14.8	0.2	0.2
60-55	0.4	15.2	0	2.3
50-45	3.3	19.2	3.5	5.8
40-35	0	22.1	2.6	13.2
30-25	8.6	35	5.1	18.3
20-15	15.6	56.8	25.1	56.6
10-5	16.5	89.3	33.6	100
5-0	10.7	100		
powder (median)	17.18(μm)		16.32(μm)	

a Diameter of MeVP-DVBI powder

b Percentage of MeVP-DVBI powder in the given range

c Cumulative percentage of MeVP-DVBI

2. 막의 특성 측정

합성막에서 고정전달자의 농도는 중합된 VP-DVBI에 iodomethane을 과량으로 반응시켜 100% alkylation 하였으므로, VP-DVB 중합에 사용된 VP의 몰비를 통해 제막에 사용된 MeVP-DVBI 혼합비를 연관시켜 계산한 결과 막에서 MeVP-DVBI %(w/w)에 대한 DVB %의 몰분율은 4%이고 막의 MeVP-DVBI %(w/w)는 50%이고 고정 전달자의 농도(mol/cm^3)는 3.99×10^{-3} 이고 수분(%)은 22.7%이다. Dichloroethane에 용해한 고분자로부터 성형한 막의 두께는 7cm^3 를 casting하였을 경우 MeVP-DVBI 혼합비에 따라 차이가 있으나 약 $100\mu\text{m}$ 정도였다. 용매로 사용된 DMF와 DMF, dichloroethane 혼합물의 경우에는 상변환시 MeVP-DVBI와 PS가 거의 분리되어 막 제조가 불가능하였는데 이는 DMF가

구조적으로 부분극성(partial polarity)를 갖고 있어 친수성인 MeVP-DVBI와 소수성인 PS를 쉽게 결합시키며 PS와 용해도변수도 비슷한 dichloroethane과는 다른 구조와 용해도 변수를 갖고 있는 것에 기인한다고 생각된다.

3. 능동전달

3.1 방사선 조사를 하지 않은 세포막model의 능동 전달 특성

(1) 제막 변수의 영향

막을 각각 80, 100, 180, $200\mu\text{m}$ 두께로 제조한 후, 이를 통한 Na^+ , OH^- , Cl^- 의 초기 플럭스를 Fig.2.에 나타내었다. 이 때 Cl^- 는 NaCl 쪽으로 농축되고 Na^+ , OH^- 는 이와 반대 방향으로 투과되었으며, 막 두께가 증가함에 따라서 모든 이온의 플럭스가 거의 반비례로 감소함을 알 수 있었다. 또한, 각 이온의 플럭스 비는 막 두께에 관계없이 거의 일정함을 알 수 있었다.

Fig.3.에는 고정전달자인 4차 암모늄의 농도 (MeVP-DVBI %)에 따른 이온의 이동을 나타내었다. OH^- , Cl^- 는 고정전달자의 농도가 증가할수록 향류수송되는 양이 증가함을 알 수 있었으며, Na^+ 이온의 플럭스는 감소함을 알 수 있었다.

이는 4차 암모늄의 농도가 증가될수록 막상의 염기성 부분이 증가하여 양이온을 배제하는 경향이 증가한 결과로 생각된다.

(2) Cl^- 이온의 능동 전달

막을 이용하여 OH^- 와의 향류 수송에 의한 Cl^- 의 능동전달을 Fig.4.에 나타내었다.

Fig.4.에서 초기 플럭스는 NaOH 의 농도 증가시 그 증가 폭이 줄어드는 전형적인 포화 속도론적 경향을 나타내었다.

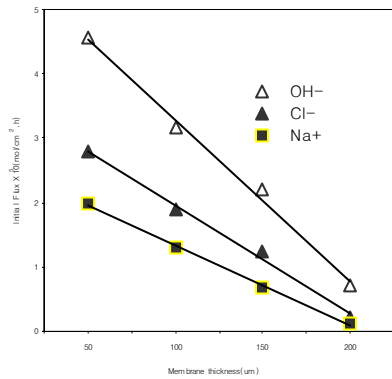


Fig.2. Effect of membrane thickness on ion flux
 ([HCl]_{L,O} = [NaCl]_{R,O} = 0.1M, [NaOH]_{R,O} = 0.1M)

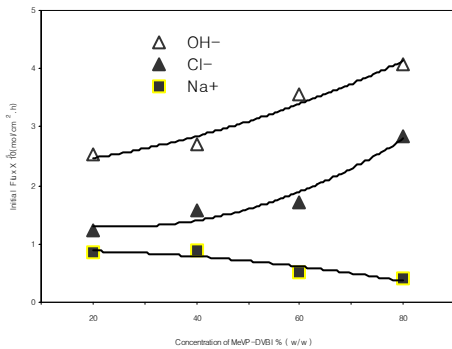


Fig.3. Effect of fixed carrier concentration on ion flux
 ([HCl]_{L,O} = [NaCl]_{R,O} = 0.1M, [NaOH]_{R,O} = 0.1M)

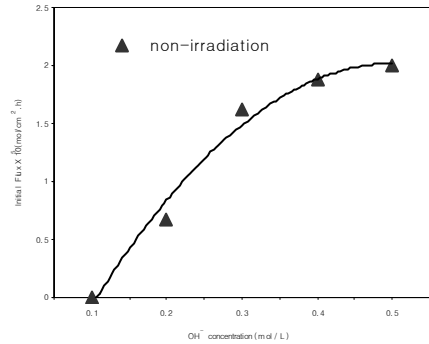


Fig.4. Effect of OH⁻ concentration on Cl⁻ flux
 ([HCl]_{L,O} = [NaCl]_{R,O} = 0.1M, [NaOH]_{R,O} = 0.05-0.3M)

2) 방사선 5Gy로 조사한 세포막model의 능동전달 특성

(1) 제막 변수의 영향

막을 각각 80, 100, 180, 200 μ m 두께로 제조한 후, 이 막에 각각 방사선 5Gy를 조사한 다음에 Na⁺, OH⁻, Cl⁻의 초기 플럭스를 Fig.5에 나타내었다. 이 때 Cl⁻는 NaCl쪽으로 농축되고 Na⁺, OH⁻는 이와 반대 방향으로 투과되었으며, 막 두께가 증가함에 따라 모든 이온의 플럭스가 거의 반비례로 감소함을 알 수 있었는데 특히, 방사선조사로 모두 이온의 플럭스가 방사선조사를 안할 때 보다 더 감소함을 나타내었다. 이는 방사선조사로 이온의 플럭스에 저해작용을 하였음을 알 수가 있었다. 또한, 각 이온의 플럭스 비는 막 두께에 관계없이 거의 일정함을 알 수 있었다. Fig.6.에는 고정 전달자인 4차 암모늄의 농도(Mev-DVBI %)에 따른 이온의 이동을 나타내었다. OH⁻, Cl⁻는 고정전달자의 농도가 증가할수록 향류수송되는 양이 증가함을 알 수 있었으며, Na⁺이온의 플럭스는 감소함을 알 수 있었는데 특히, 방사선조사로 모두 이온의 플럭스가 방사선조사를 안할 때 보다 더 감소함을 나타내었다. 이는 방사선조사로 이온의 플럭스에 저해작용을 하였음을 알 수가 있었다.

이는 4차 암모늄의 농도가 증가될수록 막상의 염기성 부분이 증가하여 양이온을 배제하는 경향이 증가한 결과로 생각된다.

(2) Cl⁻ 이온의 능동 전달

방사선 5Gy를 조사한 막을 이용하여 OH⁻와의 향류 수송에 의한 Cl⁻의 능동전달을 Fig.7에 나타내었다. Fig.7.에서 초기 플럭스는 NaOH의 농도증가시 그 증가 폭이 줄어드는 전형적인 포화 속도론적 경향을 나타내었다. 특히, 방사선조사로 Cl⁻의 이온플럭스가 방사선 조사를 안할 때 보다 더 감소함을 나타내었다. 이는 방사선조사로 이온의 플럭스에 저해작용을 하였음을 알 수가 있었다.

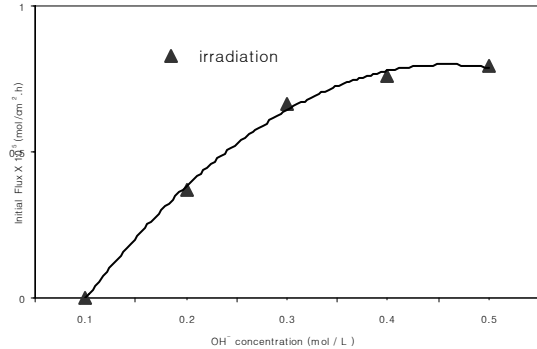


Fig.7. Effect of OH⁻ concentration on Cl⁻ flux by irradiation ([HCl]_{L,O} = [NaCl]_{R,O} = 0.1M, [NaOH]_{R,O} = 0.05-0.3M)

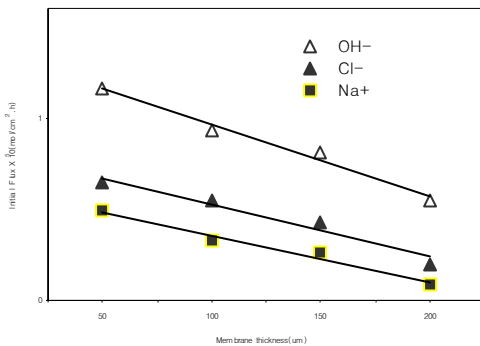


Fig.5. Effect of membrane thickness on ion flux by irradiation ([HCl]_{L,O} = [NaCl]_{R,O} = 0.1M, [NaOH]_{R,O} = 0.1M)

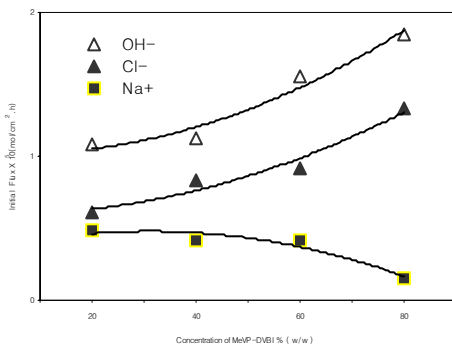


Fig.6. Effect of fixed carrier concentration on ion flux by irradiation ([HCl]_{L,O} = [NaCl]_{R,O} = 0.1M, [NaOH]_{R,O} = 0.1M)

IV. DISCUSSION

고분자막은 1960년대에 CA계통의 비 대칭고분자막이 개발되었고 1970년대에는 polyamide계의 공중사막이 1980년대에는 복합막이 개발되었으며 복합막은 기계적 강도보존 층인 지지층과 선택적 투과성을 갖은 활성 층으로 이루어진 복합적 구조를 지닌 고분자막이다^[14,15,16].

복합막의 지지층은 용매투과속도를 빠르게 하는 기능 층이며 활성 층은 용질분리를 담당하는 비 공성의 기능 층이다. 이온투과성막은 선택적반투과성막인 세포막과 같은 특성을 지녀야 하므로 이온교환막으로 복합막 구조를 하고 있다.

Sourirajan, S^[17]은 대기의 온도와 습도는 용매의 증발속도에 영향을 주며, 온도의 증가와 상대습도의 감소에 따라 세공의 크기가작아진다고 하였는데 이는 온도와 습도가 실험과정에도 변화를 주지 않고 일정해야 세공의 크기가 일정하게 된다는 보고가 있어 본 실험에서는 용액의 온도를 인체의 온도 36.5°C에 맞추었다.

Marr와 Kopp^[18]는 액막에서 일어나는 전달현상과 매카니즘을 보고하였는데 이 보고에 의하면 능동전달을 병류수송(co-transport)과 향류수송(counter-transport)

으로 나누는데 음이온의 전달시 H⁺이온과 음이온이 동시에 이온쌍을 구성하여 전달자와 복합체를 형성하는 병류수송(co-transport)과 양이온의 전달시 H⁺이온이 에너지를 제공하여 H⁺이온과 양이온이 각각 전달자와 복합체를 형성하여 반대방향으로 전달되는 항류수송(counter-transport)이 있는데 본 실험에서는 음이온(OH⁻, Cl⁻)의 능동전달이므로 병류수송에 해당함을 알 수 있었다.

Yoshikawa, M^[19] 등에 의해 poly(1-propenoyl-9-acridinyl-co-acrylonitrile)을 통한 할로젠 이온의 투과는 항류수송과 병류수송에 의하여 이루어지며 poly(1-vinylimidazole-co-styrene)을 통한 할로젠 이온의 투과 또한 항류수송과 병류수송에 의해서 세포막에서 물질의 능동수송이 있음을 보고하고 있으며 또한 Koyama, K^[20] 등은 poly(1-butyl-2-vinyl pyridinium chloride-co-styrene)을 역삼투공정에 응용시켜 89-95% 정도의 배제효과가 있었음을 연구보고로 볼 때 음이온의 능동전달이 병류수송으로 발생하였음을 알 수가 있어 본 실험과 유사한 연구 결과를 나타내었다.

본 실험은 세포막의 구형단백질, 당단백질 등의 기능을 지니고 있는 친수성의 극성인 poly(1-methyl-4-

vinyl pyridinium iodide-co-divinyl benzene) 분말을 세포막의 인지질에 해당하는 소수성의 극성인 polysulfone과 결합시킨 불균질의 복합막을 사용하였다.^[21,22,23] 또한, 방사선조사로 고분자막의 구조적 변화에 따른 OH⁻, Cl⁻, Na⁺이온투과성의 변화를 실험을 하였다.

방사선이 조사된 세포막모델에서는 비정상적으로 OH⁻, Cl⁻, Na⁺이온투과성변화에 의한 능동전달이 발생하고 비정상적인 물질전달이 이루어지므로 실제로 세포의 기능에 커다란 영향을 미쳐서 세포기능과 구조적변화 등 다양한 형태의 장해를 유발하는 것으로 사료된다.

V. CONCLUSION

세포막모델은 OH⁻, Cl⁻, Na⁺이온투과성을 선택적으로 측정할 수 있는 이온투과성 막으로서 세포막의 구형단백질, 당단백질 등의 기능을 지니고 있는 친수성의 극성인 poly(1-methyl-4-vinyl pyridinium iodide

-co-divinylbenzene)분말을 세포막의 인지질에 해당하는 소수성의 극성인 polysulfone과 결합시킨 불균질의 복합막을 사용하였다. 또한, 방사선조사로 고분자막의 구조적 변화에 따른 OH⁻, Cl⁻, Na⁺이온투과성의 변화를 실험을 한 결과 아래와 같은 결론을 추론하게 되었다.

첫째, 방사선을 조사하지 않은 고분자 막(세포막모델)의 OH⁻, Cl⁻, Na⁺이온투과성의 변화에 대하여 알아본 결과로 다음과 같았다.

1. 막을 각각 80, 100, 180, 200 μ m 두께로 변화할 때 OH⁻, Cl⁻, Na⁺의 초기 플럭스는 각각 $4.56 \times 10^5 - 0.7 \times 10^5 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$ 및 $2.79 \times 10^5 - 0.21 \times 10^5 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$, $2 \times 10^5 - 0.12 \times 10^5 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$ 이었다.

2. 고정전달자인 4차 암모늄의 농도 [Mev-DVBI % (w/w)]:20-80%에 따른 OH⁻, Cl⁻, Na⁺의 초기플럭스는 각각 $2.52 \times 10^5 - 4.08 \times 10^5 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$ 및 $1.25 \times 10^5 - 2.85 \times 10^5 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$, $0.84 \times 10^5 - 0.4 \times 10^5 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$ 이었다.

3. OH⁻이온의 항류 수송에 의한 Cl⁻의 능동전달을 살펴보면 NaOH의 농도증가 (0-0.5mol/L)시 초기플럭스는 $0.2 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$ 로 증가한다.

둘째, 5Gy의 선량을 조사한 고분자 막(세포막모델)의 OH⁻, Cl⁻, Na⁺이온투과성의 변화에 대하여 알아본 결과로 다음과 같았다.

1. 막을 각각 80, 100, 180, 200 μ m 두께로 변화할 때 OH⁻, Cl⁻, Na⁺의 초기 플럭스는 각각 $1.165 \times 10^5 - 0.551 \times 10^5 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$ 및 $0.645 \times 10^5 - 0.202 \times 10^5 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$, $0.497 \times 10^5 - 0.093 \times 10^5 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$ 이었다.

2. 고정전달자인 4차 암모늄의 농도 [Mev-DVBI % (w/w)]:20-80%에 따른 OH⁻, Cl⁻, Na⁺의 초기플럭스는 각각 $1.08 \times 10^5 - 1.85 \times 10^5 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$ 및 $0.61 \times 10^5 - 1.33 \times 10^5 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$, $0.48 \times 10^5 - 0.15 \times 10^5 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$ 이었다.

3. OH⁻이온의 항류 수송에 의한 Cl⁻의 능동전달을 살펴보면 NaOH의 농도증가(0-0.5mol/L)시 초기플럭스는 $0.0793 \text{ mole/cm}^2 \cdot \text{h}$ 로 증가한다.

상기의 실험 결과를 종합해 보면 방사선 5Gy의 조

사로 세포막모델(고분자막)의 구성 성분 중 H^+ 가 전리가 되어 전해질의 H^+ 이온 함량을 증가시킨다. 전해질의 H^+ 이온 함량의 증가는 OH^- 이온의 능동전달의 구동력을 감소시켜서 조사되지 않은 고분자 막보다 급속도로 Cl^- 의 초기 플럭스 감소를 가져왔다. 이는 Na^+ 이동량의 감소를 가져와 정상적인 물질의 능동전달에 큰 장애를 준다. 결국에는 세포막의 기능이 정상적으로 작동을 하지 못하므로 다양한 형태의 세포장해를 발생할 것으로 사료된다.

Reference

- [1] Brasitus, T. A. and Schachter, D.: " lipid dynamics and lipid protein interaction in rat enterocyte basolateral and micro-villus membrane", *Biochemistry*, 19, 2763-2769, 1980.
- [2] Brockman, H. : " Dipole potential of lipid membranes", *Chem, Phys, Lipids.*, 73, 57-79, 1994.
- [3] Perderson, C. J., *Am Chem Soc*, 89, 2495, 1967.
- [4] Kobuke Y., Hanjik., Horiguchi, K., Asada M., Nakayama and Furukawa.: *J. Am Chem Soc*, 98, 7414, 1976.
- [5] Sasidhar, V. and Ruckenstein, E. : *J. Colloid and Interface Sci.*, 85(2), 332, 1982.
- [6] Yoshikawa, M., Shudo, S., Sanui, K., and Ogata, N. : *Jl. Membrane SCI.*, 26, 1986.
- [7] Whidby, J. F. and Morgan, W, M., *J. Phys, Chem.*, 77(25), 2999, 1973.
- [8] Davies, M., " Function of Biological Membrane, " Chapman and Hall, London. p, 21, 1979.
- [9] Dahl, J. L. and Hokin, L. E. *Ann. Rev Biochem.* 43, 327-356. 1974.
- [10] Mohandas, N., Phillips, W. M. and Bessis, M. : " Red blood cell deformability and hemolytic anemias", *Semin, Hematol.*, 16, 95-114, 1979.
- [11] Swdlack. B. and Kahovec, J : " Synthetic polymeric membrane, " walter de Grvyter, Berlin, New York, 1987.
- [12] Hwang, S. T.: " Membrane in eparation, " John and Sons, Inc New York 1982.
- [13] Bretscher, M. S.: "The molecules of the cell membrane", *Sci, Amer.*, 253(4), 100-109, 1985.
- [14] Choy, E, M., Evans, D. F and Cussier, E. L., : *J. Am Chem Soc*, 96, 7085, 1974.
- [15] Adamson, A. W. : " Physical chemistry of surface " John wiley and Sons, New York, 1982.
- [16] Schiffer, D. K., Hochhauser, A. Evans, D. F and Cussier, E. L., :*Nature(London)*, 250, 484, 1974.
- [17] Sourirajan, S. : " Reverse Osmosis and Synthetic Membranes", National Research Council of Canada. 1977.
- [18] Marr, R. and A. Kopp, " Liquid membrane technology a survey of phenomena, mechanism, and model," *Inter Chem. Eng.*, 22, 44, 1982.
- [19] M. Yoshikawa, S. Shudo, K. Sanui and N. Ogata, *Active tansport of organic acid roughpoly Membrane Sci.* 26 ,1986.
- [20] Koyama, K. : *Nippon Kagaku Kaishi*, 2(281), 1983.
- [21] Helfferich, F. : " Ion exchange, " Mc Graw-Hill, New York, 1962.
- [22] Matayoshi, E. D. : "Distribution of shape-changing compounds across the red cell membrane", *Biochemistry*, 19, 3414-3422 ,1980.
- [23] Harrison, R. and Lunt, G. G. : " Membrane asymmetry in Biological membrane", *JohnWiley and sons*, New York, 102-129, 1980.