

## 수분저항성 및 방호성능을 가지는 선택투과막 재료의 특성평가

### Characterization of Several Selectively Permeable Membrane Materials with Water Resistance and Protective Performance

강재성\*  
Jae-Sung Kang

서현관\*  
Hyeon-Kwan Seo

권태근\*  
Tae-Geun Kwon

김진원\*  
Jin-Won Kim

박현배\*\*  
Hyen-Bae Park

이해완\*\*  
Hae-Wan Lee

#### ABSTRACT

We make several membranes with multilayer structure and characterize protective performance in various ways. Multilayer membrane is composed of shell fabric, support membrane, functional polymer membrane and liner fabric. In this research, we apply cellulose acetate derivatives as base polymer in functional polymer membrane and characterize water resistance, water vapor permeation, protective performance against DMMP and aerosol. Test results show that cellulose based polymer with polyethyleneimine possess performance with good water vapor permeation and excellent protective capability against DMMP equivalent to Saratoga type's protective suits. Also, these materials possess aerosol protective performance and water resistance.

Keywords : Selectively Permeable Membrane(선택투과성막), Protection Performance(방호성능), Water Resistance(수분 저항성)

#### 1. 서론

대량살상무기로 알려져 있는 화학 및 생물학 작용제와 방사능에 대한 위협은 제 1~2차 세계 대전 이후 급속히 증가하였다.

화생방 위협은 핵, 화학작용제, 방사성 동위원소, 생물학병원체, 공업용 화학물질, 생물독소 등으로 구분할 수 있으며, 후자로 갈수록 개발 및 취급이 용이하기 때문에 각종 테러나 무기에 사용될 수 있어 큰 위협으로 다가오고 있다(Fig. 1)<sup>[1]</sup>.

화생방 보호장비는 크게 방독면, 보호의, 보호장갑, 보호덧신으로 구분하고 있다. 이 중 화생방 보호의는 1990년대 말까지 수포, 신경 작용제의 방호를 위한 화학보호의가 주를 이루고 있다. 하지만 2000년대에 들어서서는 작용제의 살포 형태(증기상, 액상, 에어로졸 상)

† 2013년 3월 25일 접수~2013년 6월 21일 게재승인

\* 삼양화학공업(Samyang Chemical Co., Ltd)

\*\* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 서현관(protec@samyangchem.com)

와 생물학 작용제, 그리고 방사능 입자에 대한 방호를 추가로 보유한 화학방 보호의가 개발되어 운용되고 있다.

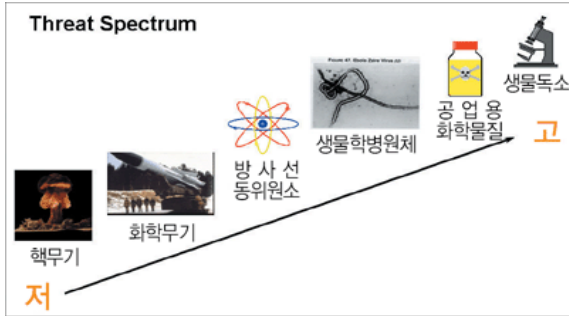


Fig. 1. Threat spectrum of NBC weapon

특히 생물학 작용제의 방호를 위해 선택투과막이 적용되었는데, 대표적인 제품 중에는 미군의 JC3(JSLIST Chemical/Biological Coverall for Combat Vehicle Crewman)가 있으며, 전차 승무원 등을 위한 특수군에 적용 중인 것으로 알려져 있다<sup>[2]</sup>.

선택투과막은 화학 및 생물학 작용제, 방사능 입자를 차단할 수 있어 기존의 침투성 화학보호의에 비해 방호 기능이 향상되고 인체에서 발산되는 수증기가 배출될 수 있도록 기공성 이거나 확산 효과를 가지도록 제작된 소재이기 때문에, 기존의 불침투성 소재에 비해 열적 피로도를 획기적으로 개선시켰으며, 기존 소재에 비해 경량화된 소재로 주목받고 있다. 하지만 화학방보호의용 재료로 사용되기 위해서는 방호성과 착용감이 항상 상대적인 요소로 작용하기 때문에 적당한 임계점을 찾아내는 것이 중요하다.

현재 미국 육군 산하 연구소인 NDEC(Natick Research Development & Engineering Center)<sup>[3]</sup>, ARL(Army Research Laboratory)<sup>[4]</sup> 및 Gore Associate<sup>[5]</sup>, MTR(Membrane Technology and Research)<sup>[6]</sup>, Dupont<sup>[7]</sup> 등의 관련 기업에서 선택투과막을 화학방 보호의에 적용하기 위해 많은 기초연구를 진행 중이다. 이들 연구자료 중에서, 화학방 보호의 소재로 적합한 선택투과막의 화학 및 생물학 방호, 투습도 및 수증기 저항성에 대한 목표값을 확인하였다(Table 1)<sup>[3]</sup>.

화학방 보호의용 선택투과막의 설계방안은 외피/지지막/기능성 고분자막/보강천의 형태로 구성하였다. 본 연구에서는 화학구조에 친수성 작용기를 가지면서 물에 용해되거나, 친수성기를 가지지 않아 물에 녹지 않

는 기본 고분자와 염기성 가수분해 기능을 가지는 기능성 고분자를 기능성 고분자막의 기준 물질로 선정하여 여러 가지 선택투과막 소재를 제조하였다. 그리고, DMMP(Dimethyl Methylphosphonate)에 대한 방호성능 및 수분저항성에 대한 평가를 실시하여, 향후 선택투과성 화학방 보호의에 적용하기에 적합한 소재를 찾는 것을 주요 연구목표로 하였다.

Table 1. Performance goals of SPM in US Army(2002)

시험 항목	목표 성능
화학방호	수포작용제(HD), 신경작용제(GD, VX)
생물학방호	미생물(0.001~10 $\mu$ m)
투습도	1,800g/m <sup>2</sup> ·24hr 이상
수증기 저항성	24N/cm <sup>2</sup> 이상

## 2. 실험방법

### 가. 시약

선택투과막을 제조하기 위하여 외피는 폴리에스터(Polyester)/레이온(Rayon) 재질의 디지털 위장무늬 원단에 발수 및 발유 기능을 부여하여 준비하였다. 지지막은 expanded Polytetrafluoroethylene(ePTFE) 또는 Polyurethane(PU) 재질의 두께 약 30 $\mu$ m 고분자막을 외피에 라미네이팅된 상태로 사용하였고, 보강천은 약 30g/m<sup>2</sup> 중량의 부직포를 사용하였다. 통기성 및 방호성을 부여하는 기능성 고분자막을 제조하기 위해 여러 가지 고분자를 사용하였다. Cellulose Acetate Butyrate(CAB), Cellulose Acetate Propionate(CAP)는 Eastman의 제품, Polyvinyl alcohol(PVOH), Polyethyleneimine(PEI 50wt% in H<sub>2</sub>O Solution), Glutaraldehyde(GA)는 Sigma-Aldrich의 시약을, Polycup 172는 Ashland의 제품, Surfynol 104H는 Air Products의 제품을 구입하여 추가적인 정제과정 없이 그대로 사용하였다. 그리고, 유사 화학작용제인 DMMP는 Fluka에서 시약급의 제품을 구입하여 사용하였고, 증류수는 탈이온화처리한 2차 증류수를 사용하였다.

### 나. 기구

기능성 고분자막의 제조를 위해 Sheen사의 Film

Applicator(1117-100 및 300) 또는 (주)지스트의 Wire bar applicator(# 22(50 $\mu$ m), 44(100 $\mu$ m) 및 70(160 $\mu$ m))를 이용하여 기능성고분자를 도포하였다. 중량 변화는 AND 사의 HR-200 전자저울을 사용하여 측정하였다. 기능성 고분자막과 외피 및 보강천의 합지를 위해서는 GMP사의 Lamiar 320LSI Laminator, 제조한 막의 두께를 측정하기 위해 Mitsutoyo사의 마이크로미터를 사용하였다. 기능성 고분자막의 건조 및 증기 투과시험을 위해서는 온도 조절이 가능한 오븐(대한과학, Wiseven WOF-305)을 사용하였고, 온도와 습도 확인을 위해서는 측정 Probe 연장형인 Dickson사의 TM-325 데이터 로거를 사용하였다. DMMP 투과량 분석은 Agilent사의 5890 Gas Chromatograph(GC)/Flame Photometry Detector (FPD), 선택투과막의 표면 상태를 확인하기 위해 JEOL의 JSM-5600 Scanning Electron Microscope(SEM)을 이용하였다.

다. 기본 고분자 용액의 제조

PVOH 및 CAB, CAP 기본 고분자의 용액 제조 방법은 다음과 같다. 먼저, PVOH는 물에 녹여 15wt%의 용액을 제조하였다. CAB 및 CAP는 알콜계 용매(Isopropyl Alcohol(IPA)/H<sub>2</sub>O = 85/15(wt%))와 유기용매인 Dimethylformamide(DMF)를 사용하였으며, 각 용매에 대해 20 wt%의 용액을 제조하였다.

라. 선택투과막의 제조

먼저 PVOH 및 CAB, CAP의 기본 고분자, 아민기를 포함한 PEI 기능성 고분자 및 기타 첨가제를 용매에 교반혼합하여 고분자 혼합용액을 준비하였다. 지지막이 라미네이팅된 외피에 미리 준비한 고분자 혼합용액을 Film Applicator 또는 Wire bar applicator로 도포하고, 대기 중에서 1차 건조하였다. 그 후, ePTFE 막을 합지하고, 온도 100 $^{\circ}$ C 이상의 오븐에서 추가로 소성 건조하고, 보강천을 합지하여 선택투과막 완성품을 제조하였다. 제조된 선택투과막의 기능성 고분자층에 대한 기공, 결점 여부 등의 표면 상태는 SEM을 이용하여 관찰하였다.

마. 수분 저항성

선택투과막 소재에 대한 수분 저항성 시험은 OECD 105의 용해도 시험방법<sup>[8]</sup>에 따라 시험하였다. 제조한 선택투과막 소재는 100cm<sup>2</sup> 면적으로 채취하여 80 $^{\circ}$ C 오븐에서 1시간동안 건조 후 중량을 측정하고, 이를 초

기 값으로 한다. 그 후, 건조한 시료를 증류수 500ml가 담긴 비이커에 24시간동안 침지 한 후, 표면에 묻은 수분을 닦아내고 80 $^{\circ}$ C 오븐에서 1시간동안 건조시킨 후 최종 중량을 측정하였다. 시험은 3회 반복한 후 평균값을 기록하였다. 선택투과막 시료에 대한 침지 전후의 중량 변화를 통해 소재의 수분저항성 정도를 판단하였다.

바. 수증기 투과시험

수증기 투과시험은 참고문헌<sup>[4]</sup>에 수록된 시험방법을 적용하였다. 선택투과막 시료를 포함한 개방형 바이알에 증류수 10ml를 주입한 후, 온도가 32  $\pm$  1 $^{\circ}$ C로 설정된 오븐에서 1시간동안 안정화시킨 후, 24시간동안 저장전후의 바이알의 중량 변화를 기록한다(바이알법). 이 때 바이알 내부와 외부 사이의 농도구배가 발생하여, 수증기의 이동이 원활하게 이루어진다. 각각의 막에 대해 시험은 3회 이상 실시하여 수증기 투과율의 평균값을 계산하였다. 한편, KS K 0594 섬유제품의 수증기 투과성능 시험방법(2008) 중 염화칼슘법(온도 40  $\pm$  2 $^{\circ}$ C, 상대습도 90  $\pm$  5%의 조건)을 적용하여, 바이알법을 이용한 수증기 투과시험법과 비교하였다.

사. DMMP 투과시험

1) 시험방법

DMMP 투과시험은 보호재료에 관한 특허에서 제시한 방법<sup>[9]</sup>을 적용하였다. 선택투과막 시료를 포함한 개방형 바이알에 증류수 5ml를 주입한 후, 시료 위에 DMMP를 1 $\mu$ l씩 2방울(10g/m<sup>2</sup> 이상 농도) 적하하고, 32  $\pm$  1 $^{\circ}$ C로 설정된 오븐에 보관한다. 24시간 경과 후 시료를 투과하여 증류수에 용해된 DMMP 함량은 FPD가 장착된 GC로 분석하였다(Fig. 2).

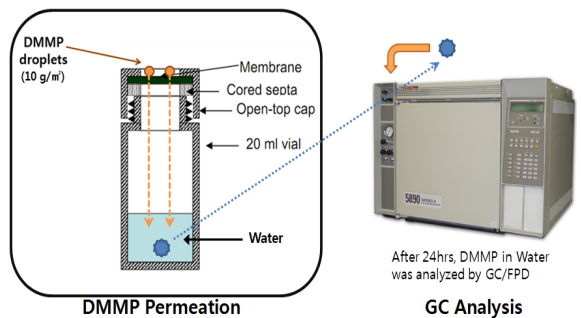


Fig. 2. Test Scheme of DMMP Permeation

2) DMMP 함량 분석

DMMP 함량 분석은 1~10ppm 농도범위에서 표준 물질을 사용한 검량선법으로 실시하였다. 시험장비 중 검출기는 인(P), 황(S)을 포함한 물질에 특화된 FPD를, 분석용 컬럼은 비극성 물질이 충전된 모세관 컬럼을 사용하였고, 분석조건은 화학작용제 분석을 위한 GC 조건을 제시한 인용문헌<sup>10)</sup>을 참고하여 설정하였으며, 설정 값은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Analysis Conditions of DMMP with GC/FPD

구분	시험 조건
분석용 컬럼	HP-1 capillary column (25m * 0.20mm * 0.33µm)
GC 오븐 온도	100°C(1min) → (20°C/min) → 200°C(5min)
주입부 온도	200°C
검출부 온도	240°C(FPD)
주입량	3µl

아. 공기투과도 및 에어로졸 투과시험

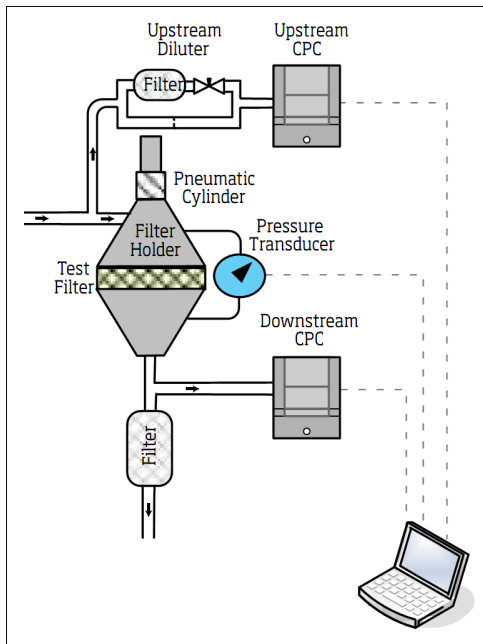


Fig. 3. Aerosol Penetration Testing (TSI's 3160 Automated Filter Tester)

여러 가지 선택투과막에 대해 KS K ISO 9237(2011)의 방법을 적용하여 직물의 공기투과도를 시험하였고, 에어로졸 투과시험은 BS EN 1822 시험방법에 준하는 TSI 3160 필터 여과효율 시험장비를 사용하여 시험하였다. 시료 크기 100cm<sup>2</sup>, NaCl 에어로졸에 대해 입자 크기 0.1 및 0.6µm, 유입유량 5L/min의 시험조건에서 시료가 설치된 전단과 후단의 입자수 및 차압을 측정하여 에어로졸 투과효율을 평가하였다(Fig. 3).

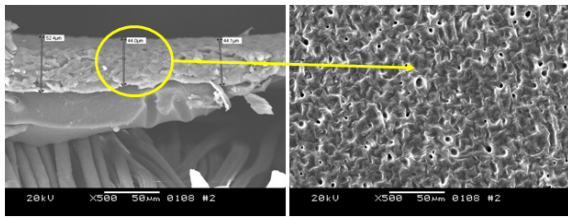
3. 결과 및 고찰

가. 선택투과막의 제조결과

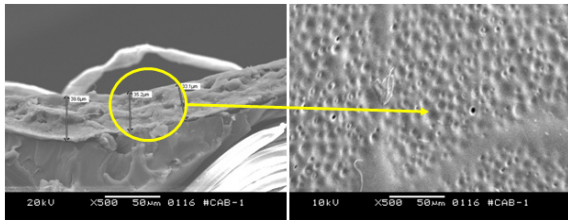
수증기 투과성능 및 DMMP 방호성능이 우수한 몇가지 고분자 조성물에 대하여 액체오염/증기투과 방식의 DMMP 방호성능, 에어로졸 투과성능, 수분 저항성 및 기타 시험을 통해 실제 보호의용 소재로서의 운용 적합성에 대한 사전평가를 실시하고자 하였다.

먼저 기본 고분자 용액을 제조하는 용매에 따라 막 형성 정도를 확인하기 위해 CAB를 IPA/H<sub>2</sub>O(85/15)와 DMF에 각각 20wt%를 용해시킨 기본 고분자 용액 및 물에 PVOH 15wt%를 용해시킨 기본고분자 용액, PEI 50wt% 용액을 준비하고, 각 기본 고분자와 PEI의 중량비를 6 : 4 조성으로 배합한 후 기능성 고분자막을 제조하였다. 그리고 이를 ePTFE 지지막에 코팅한 후 막 형성도를 SEM(500x)을 이용하여 관찰하였다(Fig. 4).

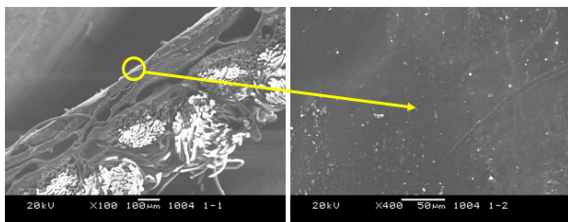
측면 관찰결과 용매의 종류에 관계없이 지지막에 기능성 고분자가 흡수되어 무공이며 균일한 선택투과막이 형성되었다는 것을 확인했다. 하지만 표면 관찰 결과에서는 각 용매별로 다른 현상을 보였는데, IPA 혼합용매를 사용한 경우에는 많은 수의 깊은 홈이 형성되었으며, DMF를 용매로 사용했을 경우에는 비교적 얇은 홈이 형성되었는데, 이는 용매의 표면장력<sup>[11]</sup>의 차이로 인해 발생하는 것으로 판단된다. 즉, 용매의 표면장력이 낮은 IPA(23.3dynes/cm)를 적용한 경우에는 고분자의 침투가 많아지고, 표면장력이 보다 높은 DMF(34.4dynes/cm)를 적용할 경우 침투성이 눈에 띄게 줄어든다(Fig. 4. a~b). 그리고, 물에 용해시킨 PVOH의 막 형성도를 동일하게 비교한 결과, 물의 표면장력이 72.7dynes/cm로 매우 높기 때문에 지지막에 침투하지 않고, 지지막 표면에 떠 있게 되는데, 표면 관찰결과에서도 매우 균일한 무공성막이 형성되는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 4. c).



(a) CAB/PEI(6/4) with IPA mixed solvent



(b) CAB/PEI(6/4) with DMF



(c) PVOH/PEI(6/4) with water

Fig. 4. SEM images of several polymer membranes (left : cross sectional view, right : front view)

Table 3. Composition of several SPMS

구분	Base Polymer <sup>1)</sup>			F. P. <sup>2)</sup>	Additive <sup>3)</sup>	
	PVOH	CAB	CAP	PEI	CL	DF
A	50	-	-	50	-	1
B	50	-	-	50	2	1
C	-	60	-	20	1	1
D	-	60	-	30	1.5	1
E	-	60	-	40	2	1
F	-	-	60	20	1	1

- 주 1) Base Polymer : Polyvinyl alcohol(PVOH), Cellulose Acetate Butyrate(CAB), Cellulose Acetate Propionate(CAP)  
 2) Functional Polymer : Polyethyleneimine(PEI)  
 3) Additive : Crosslinking Agent(CL) - Polycup 172(p)  
 Defoamer(DF) - Surfynol 104H

다음으로 선택투과막 제조를 위해 기능성 고분자 용액은 PVOH 및 CAB, CAP 기본 고분자용액, 기능성 부여를 위해 아민기를 함유한 PEI, 가교제로 polycup 172, 소포제로 surfynol 104H를 배합하여 준비하고. 이를 ePTFE 지지막에 도포하여 선택투과성 막을 제조하였다. 여러 조성물의 구성성분의 비율은 아래의 Table 3에 나타내었다. 상세하게는 PVOH 15wt% 용액과 PEI 50wt% 용액을 이용하여 PVOH와 PEI를 50 : 50의 중량 비율로 제조 후 첨가제의 양을 조절하였고, DMF에 CAB 및 CAP를 20wt% 용해시킨 용액과 PEI는 60 : 20 ~ 60 : 40의 중량 비율에서 PEI의 양에 비례하여 가교제의 양을 조절하여 기능성 고분자막을 제조하였다.

#### 나. 수분 저항성 시험

선택투과막 소재는 향후 화생방 보호의 기본 원단으로 적용해야 하므로, 기본적으로 물에 대한 용해 저항성을 가져야 하며, 세탁과 같은 상황에서 소재의 변형이 최소화되어야 한다.

Table 3에 나타낸 기능성고분자에 대하여 수분 저항성 시험을 실시하였고, 그 결과를 다음의 Table 4에 나타내었다.

PVOH 기반의 고분자막은 물과 접촉 시 팽윤현상이 두드러지게 나타나며, 이를 억제하기 위해 가교제를 다량 사용할 경우, 선택투과막 소재의 유연성이 낮아지는 문제점이 있는데, 수분 저항성 시험에서 PVOH/PEI 조성의 고분자막은 가교제를 포함할 경우에도 필름 유지성이 낮게 나타났다.

Table 4. Water resistance and WVTR of several SPMS

구분	수분 저항성			수증기 투과율 (g/m <sup>2</sup> /day)
	초기중량 (g)	중량 감소량 (g)	필름유지성 (Mean ± S.D.)	Mean ± S.D.
A	1.34	1.02	23.9 ± 4.6%	-
B	1.29	0.58	55.0 ± 3.2%	1,575 ± 28
C	1.25	0.02	98.4 ± 0.3%	1,516 ± 08
D	1.31	0.09	93.1 ± 0.4%	1,503 ± 56
E	1.28	0.12	90.6 ± 0.8%	1,492 ± 21
F	1.41	1.38	2.1 ± 0.4%	-

한편, CAB/PEI 조성의 고분자막은 소량의 가교제 존재하에서도 고분자막이 초기상태와 가깝게 유지되는 것을 확인하였다. 하지만, CAP/PEI 조성의 고분자막은 물과 접촉 직후부터 필름이 용해되기 시작하며, 분해 정도가 가장 심하였다.

다. 수증기 투과시험

수증기투과율(WVTR : Water Vapor Transfer Rate)은 32℃ 저장시에 단위면적당 24시간동안 감소한 수증기의 양으로 다음과 같이 표현한다<sup>5)</sup>.

$$WVTR = \frac{G}{(t * A)} \quad (1)$$

G : 투과한 수증기의 양(g), t : 시간(day)

A : 시료 면적(1.54cm<sup>2</sup>)

수증기투과율이 높으면 땀의 배출이 쉽게 되며 체열을 감소시키므로, 열적 스트레스를 극복할 수 있어 우수한 선택투과막 소재가 될 수 있다.

상기 선택투과막 소재 중 필름 유지성능이 비교적 양호한 시료(B~E)에 대하여 바이알법으로 수증기 투과율을 측정하였는데, 약 1500g/m<sup>2</sup>/day를 나타내었다(Table 4). 한편, 낮은 수증기 투과율을 나타낸 D 시료에 대해 KS K 0594의 염화칼슘법으로 시험한 경우 2,493g/m<sup>2</sup>/day의 값을 나타내었는데, 바이알법 대비 약 1.6배 높은 값이다. 따라서, 바이알법으로 수증기 투과율을 측정한 모든 시료(B~E)를 염화칼슘법으로 시험할 경우, 1800g/m<sup>2</sup>/day의 수증기 투과성능 목표 값을 상회할 것으로 예상된다. 한편, 기존에 알려진 선택투과성 소재인 Gore의 Chempak Ultrabarrier 제품의 수증기 투과율은 200g/m<sup>2</sup>/day 정도이므로, 상기 선택투과막이 보호의 소재로 적용시 열피로도를 더욱 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

라. DMMP 투과시험

우선 제조한 선택투과막 시료 중 수분 저항성 및 수증기 투과율이 우수한 C~E의 시료에 대해 24시간 경과 후의 DMMP 투과시험을 실시하였는데, 비교 시료 시험을 위해 지지막(PU, ePTFE)이 라미네이팅된 외피 2종 및 Saratoga형 활성탄 보호의 소재를 사용하였다.

시험결과를 Table 5에 나타내었는데, 외피/지지막의 경우 최소 600µg의 투과량을 나타내었고, CAB/PEI 기반의 기능성 고분자막의 경우에는 PEI 비율의 증가에

따라 DMMP 투과량이 감소하여 CAB/PEI(6/4) 시료에서 낮은 결과 값을 보였다.

Table 5. DMMP permeation result of several SPMs

구분	DMMP 투과량 (µg after 24hrs)
외피/지지막(PU)	701
외피/지지막(ePTFE)	605
활성탄형 보호의	0.5
CAB/PEI(6/2)	12.9
CAB/PEI(6/3)	6.2
CAB/PEI(6/4)	4.9
CAB/PEI(6/4)_A.C. <sup>4)</sup>	5.5
CAB/PEI(6/4)_Z.L. <sup>5)</sup>	4.5
CAB/PEI(5/5)	1.4
CAB/PEI(3/5)	9.1

주 4) Active Carbon(A.C.) : Surface Area 1600~1700m<sup>2</sup>/g, Particle Size ~30µm(JEChem's FP-3)

5) Zeolite(Z.L.) : IEC >300mg CaCO<sub>3</sub>/g, Particle Size 3µm (Zeobulider's 4A Type)

기능성 고분자막에 활성탄(A.C.), 제올라이트(Z.L.) 등의 다공성 흡착물질을 첨가하면, 기능성 고분자에 의한 작용제의 가수분해 시 반응하는 표면 접촉을 증가시킬 수 있다. 따라서, DMMP 투과량이 가장 낮았던 CAB/PEI(6/4) 시료를 기준으로 첨가제를 활성탄, 제올라이트로 적용한 경우에 DMMP 투과량이 더 낮아질 것으로 예측하고, DMMP 투과시험을 실시하였지만, 다공성 흡착물질을 첨가한 후에도 DMMP 투과량의 뚜렷한 차이를 확인할 수 없었다.

한편, CAB/PEI 조성에서 PEI 비율을 더 높인 경우, CAB/PEI(5/5) 조성의 기능성 고분자막에서 활성탄형 보호의 DMMP 투과량에 근접하는 최저 1.4µg의 우수한 투과율 값을 나타내었고, PEI 비율이 더 높은 경우 오히려 DMMP 투과량은 증가하였다.

마. 에어로졸 투과 및 기타시험

선택투과막 소재에 대한 에어로졸 투과성능은 외피/PU 및 외피/ePTFE 지지막을 적용한 시료 2종과 PVOH/PEI 및 CAB/PEI 조성의 선택투과막 소재 2종

등 총 4종에 대하여 시험하였다. 이와 함께, KS K ISO 9237(2011)에 의해 직물의 공기투과도를 시험하였다(Table 6). 공기투과도 시험결과 상기 시료 모두에 대해 공기투과성이 전혀 나타나지 않았고, 에어로졸 투과시험에서는 에어로졸이 전혀 투과하지 않음을 확인하였다.

Table 6. Aerosol permeation result of SPMs

구분	Test Result		비고
	Filter Efficiency(%)	Differential Pressure	
외피/지지막 (PU)	100	N/A	공기투과성 없음
외피/지지막 (ePTFE)	100	N/A	"
PVOH/PEI	100	N/A	"
CAB/PEI	100	N/A	"

주 6) N/A : Not Applicable

이상의 결과를 바탕으로 고분자 조성은 CAB/PEI (6/4~5/5)를 적용하고, 가교제는 Polycup 172를, 소포제는 surfynol 104H로 구성된 기능성고분자는 통기성, 방호성 및 수분 저항성을 확보한 선택투과막 소재로서 적합하다고 판단된다.

향후에는 위의 조성을 바탕으로 A4 크기의 선택투과막 소재를 제작하여, 정적확산시험(Static diffusion)을 통해 DMMP 증기 투과율 값을 확보한 후 실제 화학작용제 방호성능시험에 적용할 예정이다.

#### 4. 결론

PVOH와 CAB, CAP의 기본고분자 용액으로 하고, PEI 용액의 배합비를 달리하여 막을 형성하고, 이 선택투과막 재료를 사용하여 세탁성을 확보한 보호재료로서의 성능을 평가하기 위해 수분 저항성, 수증기 투과성능, 모의 화학작용제 방호성능, 에어로졸 투과성능 시험 등을 실시하였다. 시험결과, PVOH를 기반으로 하는 기능성 막은 수분 저항성이 낮아 필름 유지성이 낮기 때문에 화생방보호의용 선택투과막 재료로 부적절하고, CAB/PEI 조성의 기능성막이 수분 저항성 및 수증기 투과성능을 만족하면서 DMMP 및 에어로졸 방호

성능을 확보하기 때문에 보다 우수한 화생방보호의용 선택투과막의 재료로 활용할 수 있음을 확인하였다.

#### 후 기

본 연구는 국방과학연구소의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

#### References

- [1] 문 일, “화학산업의 테러방지 기술 및 전략”, 위협관리지, Vol. 97, pp. 36~39, 2005.
- [2] “Chemical Biological Defense Program Fiscal Year (FY) 2012 Budget Estimates, US Department of Defense, p. 40, 2011.
- [3] Wilusz E., “Advanced Material Technologies for Lightweight, Chemical/Biological Protective Clothing”, 1998.
- [4] Napadensky, E., ARL-TR-3235, “Breathability and Selectivity of Selected Materials for Protective Clothing”, pp. 3~4, 2004.
- [5] Maples A. B., “Chemical Protective Covering”, US Patent 6,395,383B1, p. 10, 2002.
- [6] Gottschlich D. L., “Protective Clothing Based on Permselective Membrane and Carbon Adsorption”, Membrane Technology and Research, 1996.
- [7] Crawford D. M., “Flexible Composite Membranes for Selective Permeability”, Army Research Laboratory, 2006.
- [8] “Water Solubility at OECD Guideline for the Testing of Chemicals”, p. 2, 1995.
- [9] Howard E. G., “Protective Articles Containing n-halochitosan”, US Patent 2010/0223716 A1, p. 7, 2010.
- [10] Rogers, J., EPA/600/R-08/125, “Decontamination of Toxic Industrial Chemicals and Chemical Warfare Agents on Building Materials using Chlorine Dioxide Fumigant and Liquid Oxidant Technologies”, p. 14, 2008.
- [11] “www.dynesonline.com/visc\_table.html, Diversified Enterprises.