

<연구논문(학술)>

## MPCE copolymer와 습식 폴리우레탄의 블렌드에 의한 투습방수 나일론 직물의 제반 물성변화에 관한 연구

이종우·채애정·배진석<sup>1,†</sup>

원창머티리얼(주), <sup>1</sup>경북대학교 섬유시스템공학과

### Property Evaluation of Breathable Blend Fabric of MPCE Copolymer and Wet Coagulated Polyurethane

Jong-Woo Yi, Ei-Jung Chae and Jin-Seok Bae<sup>1,†</sup>

Onechang Material Co. Ltd., Daegu, Korea

<sup>1</sup>Department of Textile System Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea

(Received: September 1, 2014 / Revised: October 14, 2014 / Accepted: November 5, 2014)

**Abstract:** The phospholipid-based MPCE(2-Methacryloxyethyl Phosphoryl Chlorine) copolymer was mixed with wet polyurethane for coating of nylon fabrics. The substitution rate of water in coagulation bath with DMF was changed under control of the size of formed hydrophilic microporous cell enable to manufacture excellent breathable, anti-bacterial and moisture control fabrics. Biocompatible property, vapor permeability, hydrostatic pressure, moisture management and anti-bacterial property were investigated for treated nylon fabrics. In result, increased moisture transmission rates, decreased water resistance and outstanding moisture control property could be confirmed by enhanced hydrophilicity of wet-coated nylon fabric with MPCE copolymer.

**Keywords:** MPCE, phospholipid, microporous, vapor permeability, water resistance, moisture management

## 1. 서 론

최근 국내 아웃도어 스포츠 산업분야의 시장규모가 2014년 7조 3천억 규모로 글로벌시장 2위를 점유하고 있으며, 이러한 시장규모와 성장세를 반영하듯이 아웃도어용 섬유소재의 기술적 트렌드는 경량화와 쾌적성을 추구하는 추세이다. 대표적인 기능성 소재인 아웃도어 투습방수 의류는 인체에서 발생하는 땀, 증기는 신체 밖으로 방출하고, 외부의 바람이나 비는 차단하는 특수 기능성 소재이며 이를 구성하는 섬유소재는 직물의 경량화와 투습성의 증대를 통해 쾌적성의 향상 등을 기술적으로 요구하고 있다. 이때 요구되는 투습성은 투습방수 직물에서 구현되는 내수압과 상반되는 특성이며 통상 8,000g/m<sup>2</sup>·24hr 이상의 투습도를 의미한다. 투습성을

향상시키기 위해 코팅 층을 얇게 하거나 공극율을 높이는 것이 유리하나 내수압이 저하되는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위한 방법으로 친수성 수지로 복층 피막 구조를 형성하거나 천연고분자 물질을 적용하는 방법이나 w/o형 에멀전에 의한 선택적 증발법으로 내수압을 유지하며 고투습성의 코팅 막을 얻을 수 있다. 투습성이 높아지면 결로 억제 효과가 높아지나 결로의 발생이 완전히 방지되는 것은 아니다.

한편, 투습성 향상 및 결로 방지를 위한 목적으로 고투습성, 흡습성, 흡·방습의 특성을 가지는 콜라겐, 키틴, 알부민, 울, 실크 등의 동물계 아미노산, 셀룰로오스, 펄프의 천연고분자를 10 $\mu$ m이하로 미세 분말화시켜 이를 수지에 혼입하여 쾌적성을 향상시킬 수 있다. 하지만, 생산현장에서 직경이 큰 분말을 혼합할 경우 코팅 층에 줄이 발생하는 원인이 될 수 있으므로 미립자화 기술 등이 필요하다<sup>1)</sup>.

<sup>†</sup>Corresponding author: Jin-Seok Bae (jbae@knu.ac.kr)  
Tel.: +82-53-950-7281 Fax.: +82-53-950-6617

본 연구에서 응용된 MPC(2-Methacryloyloxyethyl Phosphoryl Chlorine)는 머리에 해당하는 친수성의 인산성분과 소수성의 지방으로 이루어진 지질로 이루어져 있어 생체친화성의 흡·보습성이 우수한 고분자로 알려져 있다. 이는 세포막, 피부 외층과 유사한 구조로써 보습, 노화방지, 항균 등의 기능성과 우수한 안정성이 검증되어 있다.

따라서 인지질계의 lipidure 구조체를 섬유가공에 사용할 수 있도록 합성법 및 다양한 용도전개 등이 연구되고 있다<sup>2,4)</sup>. 최근 복합기능성 섬유 가공제 개발에 주력하고 있는 일본의 경우에는 인지질 폴리머에 대한 연구가 본격적으로 진행되고 있으나, 국내에는 아직까지 섬유소재에 대한 가공 및 코팅에 관한 연구가 미진하며 응용사례는 전무한 실정이다<sup>5-11)</sup>. 한편, MPC는 합성과정에서 저온 반응조건, 유해물질 사용 등의 문제점이 있다.

본 연구에서는 이러한 단점을 개선하기 위해 MPC의 말단을 Ethyl기로 치환시킨 MPCE (2-Methacryloyloxyethyl Phosphoryl Chlorine)를 합성하여 MPC에 비해 완화된 조건에서 제조할 수 있는 친수 보습성의 인지질계 copolymer를 합성하였다. 합성된 MPCE는 습식코팅용 폴리우레탄과 혼용하여 습식 코팅에 적용하고, 이들 수지 조성액은 MPCE-NIPAM수지의 흡수, 보습성으로 인해 유기용제인 DMF와 물과의 치환속도를 응고욕조에서 제어하여 형성되는 cell의 크기를 조절하였다. 또한 생성된 Polyurethane film의 cell 형상변화에 따른 내수압 투습도 및 항균성 등의 제반 변화를 관찰하였다.

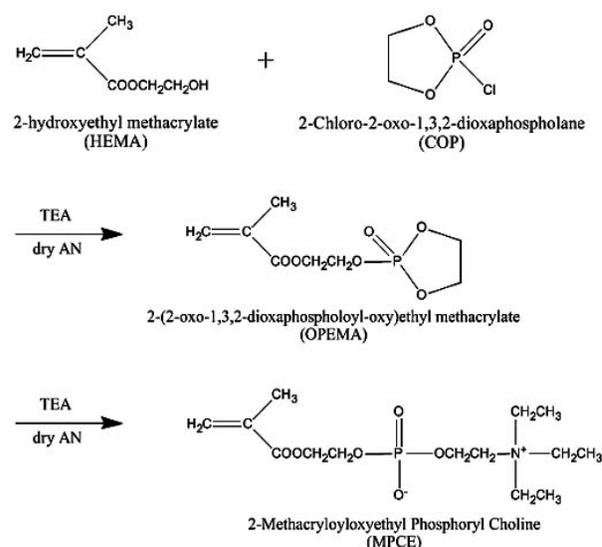
## 2. 실험

### 2.1 시약

실험에 사용되는 반응물인 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA), *N*-isopropylacrylamide(NIPAM), triethylamine (TEA), aminopropanoic acid은 Aldrich에서, 2-chloro-2-oxo-1,3,2-dioxaphospholane(COP), acryloyl chloride는 TCI에서 구입하여 별도의 정제과정 없이 사용하였다. 중합에 사용된 AIBN은 별도의 정제 없이 JUNSEI 제품을 사용하였다. 용매로 사용된 tetrahydrofuran (THF)과 acetonitrile(AN)은 각각 sodium과 calcium chloride를 첨가하여 24시간이상 교반시켜 잔존 산소를 모두 제거한 후 사용하였다.

### 2.2 OPEMA의 합성

500ml 이중 자켓을 순환식 항온수조에 설치하고 반응기 내부를 질소가스로 치환시킨다. 위 반응기에 용매로 dry THF 200ml를 넣고 HEMA 20g(0.154mol)을 투입한 후 10분간 교반한다. 그리고 TEA 15.6g (0.154mol)을 추가 투입하고 20분간 교반하여 각 반응물을 완전히 용해시킨 후 반응기의 온도를 0°C로 냉각시킨다. 냉각된 반응기에 dropping funnel을 설치하여 COP 24.1g(0.186mol)을 dry THF 100ml에 용해시킨 용액을 1시간 동안 적하시킨다. 적하가 완료되면 상온으로 서서히 승온 시킨 후 4시간동안 반응시킨다. 반응 종료 후 생성된 침전물인 triethylammonium chloride를 감압 필터를 통해 제거하고 여과액을 evaporation하여 휘발성 반응물 및 용매를 제거한다. 잔류물은 dry THF 100ml에 재용해 시키고 50ml의 diethyl ether를 첨가하여 잔여 triethylammonium chloride를 침전시킨다. 감압필터로 침전물을 제거하고 evaporation하여 무색점성 생성물인 2-(2-oxo-1,3,2-dioxaphospholoyloxy)ethyl methacrylate(OPEMA)를 얻는다 (Scheme 1)<sup>12)</sup>.

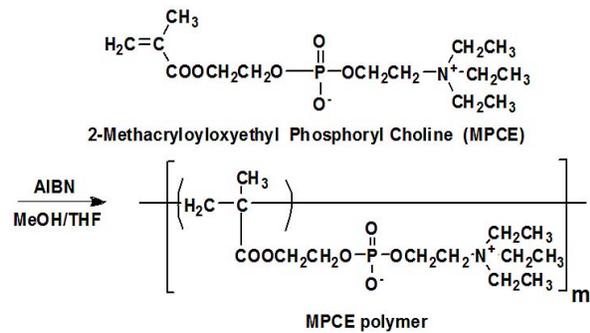


Scheme 1. Synthesis of MPCE

### 2.3 MPCE의 합성

500ml flask에 oil bath와 condenser를 설치하고 반응기 내부를 질소로 치환한다. 위 반응기에 dry AN 200ml를 넣고 OPEMA 35.0g(0.148mol)을 투입한 후 20분간 교반시켜 용해시킨다. 추가로 TEA 30.0g (0.296mol)를 투입하고 반응기를 밀봉한다. 밀봉된

반응기는 60°C로 서서히 승온 시킨 후 온도와 질소 조건이 유지된 상태에서 48시간 동안 반응시킨다. 반응 종료 후 용액을 evaporation하여 휘발성 반응물 및 용매를 제거하여 생성물인 갈색 점성의 2-Methacryloyloxyethyl Phosphoryl Chlorine(MPCE)를 얻는다(Scheme 2)<sup>12)</sup>.



Scheme 2. Synthesis of MPCE homopolymer

2.4 MPCE-NIPAM copolymer의 합성

MPCE와 NIPAM을 1:5의 몰비로 메탄올(MeOH)-THF 혼합액(3:7, v/v) 50ml에 용해시켜 6일간 반응시킨다<sup>12)</sup>. 다른 과정은 앞절과 동일하다(Scheme 3).

2.5 MPCE 고분자를 적용한 습식코팅

2.5.1 시료

습식코팅을 위한 수지액으로 NEOBRES MP-840 (습식우레탄수지, (주)강남화성), N,N-dimethylformamide (DMF), CL(가교제), Filler(TiO<sub>2</sub> Toner)를 배합하였으며, 나일론(PA 20/20 plain) 원단에 코팅하였다. 이때 첨가된 MPCE 고분자는 용해도 테스트 결과

DMF에 완전히 용해되는 MPCE-NIPAM 1:5 copolymer를 사용하였다.

2.5.2 습식 PU수지의 배합

습식코팅을 위해 습식 PU수지 중량대비 MPCE-NIPAM copolymer를 0, 1, 2, 3, 4, 5%로 수지액을 배합하였다(Table 1).

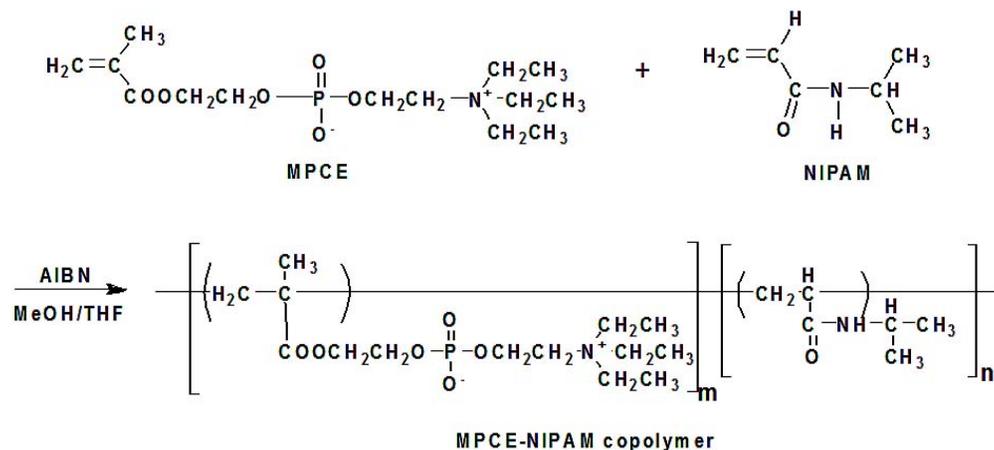
Table 1. Formulation of PU resin mixture blended with MPCE-NIPAM copolymer

No.of Recipe	Formulation(part)				
	MPCE -NIPAM	MP840	CL	Filler	DMF
1	-				
2	1.0%				
3	2.0%				
4	3.0%	100.0	2.0	10.0	15.0
5	4.0%				
6	5.0%				

2.5.3 습식코팅 과정

앞절의 Table 1에서 나타난 조건에 따라 배합된 6종의 코팅수지를 knife over roll방식을 사용하여 2.0mm의 두께로 나일론 20D 발수 가공 처리된 원단에 균일하게 도포하였다.

수지가 도포된 직물을 25°C의 물이 담긴 응고수조에 20분간 침지 후 우레탄 필름을 응고시킨 후 60°C에서 3분간 1차적으로 건조 후 170°C에서 120초간 열처리를 실행하였다.



Scheme 3. Synthesis of MPCE-NIPAM copolymer

## 2.6 습식 PU/MPCE-NIPAM 블렌드 조성물의 필름 물성평가

습식코팅후 MPCE-NIPAM 블렌드 비율에 따른 성막된 습식우레탄 필름의 후도, 인장강도, 신장율 및 탄성율을 측정하였다.

필름의 인장강도를 측정하기 위해 Gage length 50mm, width 15mm, thickness 100 $\mu$ m의 조건으로 시험편을 제작하여 인장시험기(Instron 5566)를 사용하여 실온에서 측정하였으며, 300mm/min의 인장속도로 5회 이상 측정하여 구해진 stress-strain curve에서 인장강도, Modulus(100%), 신장탄성율을 측정하였다.

## 2.7 습식코팅처리 직물의 성능평가

### 2.7.1 코팅원단의 측, 단면 cell 형상 평가

HITACHI S-3200N를 이용하여 코팅된 직물의 측면과 표면의 SEM(Scanning Electron Microscopy) 측정을 실시하였다. 측면, 표면은 각각 1.0kV  $\times$  250k, 1.0kV  $\times$  1.5k의 조건으로 측정하였다.

### 2.7.2 투습도 평가

JIS L 1099 A-1법(염화칼슘법) 의거하였으며 염화칼슘(흡습제), 물을 사용하여 온도(40 $\pm$ 2) $^{\circ}$ C, 상대습도(90 $\pm$ 5)% 공기가 순환하는 항온 항습기에서 측정하였다.

### 2.7.3 내수압 평가

코팅직물의 내수압 측정은 저수압인 JIS L 1092 법으로 TEXTTEST FX300을 이용하여 측정하였다.

### 2.7.4 코팅표면의 수분이동특성 평가

AATCC 195-2011 시험법에 의해 측정하였으며 이 시험법은 수분(땀)을 빠르게 흡수하여 외부로 배출 후 건조되는 특성을 평가하는 방법으로 시험편 안쪽에서 표면으로의 배출 성능, 시험편 표면에서의 퍼짐속도에 의해 결정된다.

시험장비는 SDL ATLAS의 MMT(Moisture Management Tester)를 사용하여 흡수시간(wetting time), 흡수율(absorption rate), 최대 흡수반지름(maximum wetted radius), 확산속도(spreading speed), 한 방향 이동성능(one way transport capability), 시험편 위쪽 표면에서의 액체수분 함유량의 시간당 면적곡선과 아래쪽 곡선과의 차이의 특성을 분석하였다<sup>13)</sup>.

### 2.7.5 항균성 평가

코팅면의 소수성으로 기인하는 항균성을 평가하

기 위해 AATCC 147-2004에 의거하여 포도상구균과 대장균 균주에 대한 항균도를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 인지질계 고분자의 합성

MPC는 2-(2-oxo-1,3,2-dioxaphospholoyloxy)ethyl methacrylate (OPEMA)와 trimethyl amine(TMA)의 합성을 통해 얻을 수 있다. 이때 TMA는 무색의 유독성기체로 끓는점이 2.87 $^{\circ}$ C이기 때문에 상온에서 기체로 존재하여 합성에 있어 취급이 곤란하다. 실제 합성 과정에서 압력용기를 설치해야 하며 -20 $^{\circ}$ C의 온도를 유지해야 하는 등 까다로운 조건에서 실행된다. 그러나 triethyl amine(TEA)는 TMA에 비해 매우 약한 독성을 가지며 끓는점이 89.7 $^{\circ}$ C이므로 취급이 용이하다.

따라서 TMA를 TEA로 대체하면 보다 완화된 조건에서 합성 할 수 있으며 OPEMA와 TEA를 통해 합성되는 MPCE는 MPC와 거의 흡사한 화학구조를 갖고 있어 유사한 복합기능성이 기대되는 바이다 (Figure 1, Figure 2).

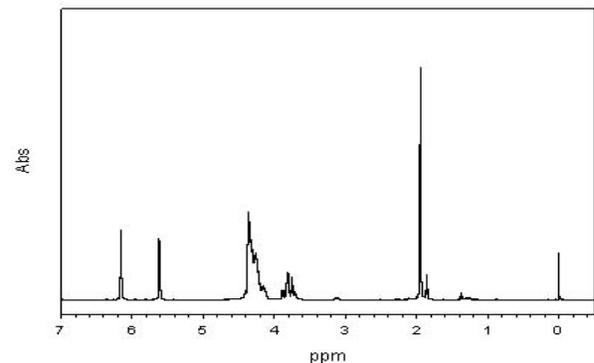


Figure 1.  $^1$ H-NMR spectrum of OPEMA.

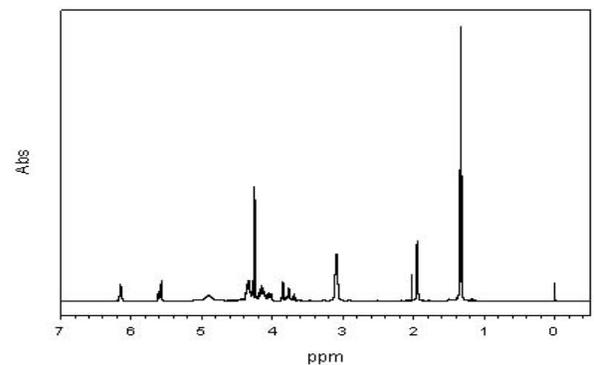


Figure 2.  $^1$ H-NMR spectrum of MPCE.

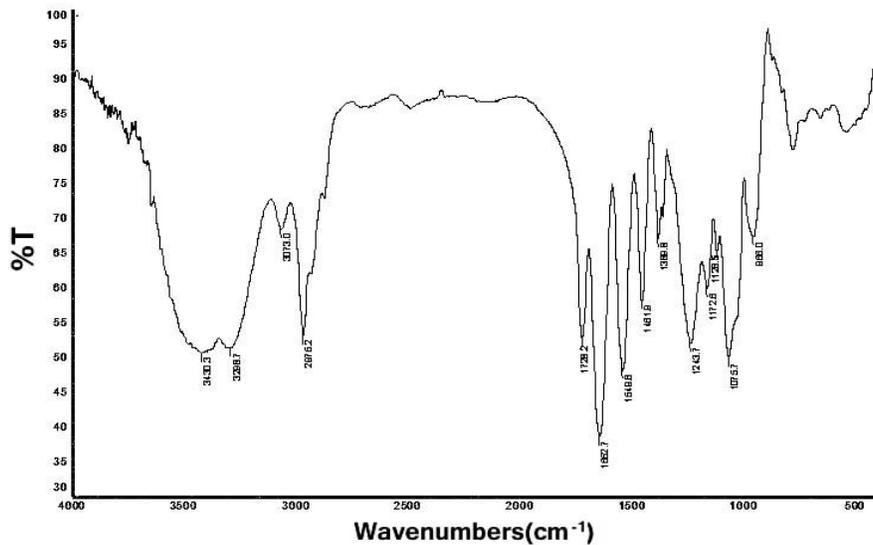


Figure 3. FT-IR spectrum of MPCE-NIPAM copolymer.

2-(2-oxo-1,3,2-dioxaphospholoyloxy)ethyl methacrylate  
(yield : 34.9g)

$^1\text{H-NMR}(\text{CDCl}_3)$ :  $\delta=1.95(-\text{CH}_3, 3\text{H})$ ,  $4.12\sim 4.40(-\text{CH}_2-, 8\text{H})$ ,  $5.61(-\text{CH}=\text{, } 1\text{H})$ ,  $6.18(-\text{CH}=\text{, } 1\text{H})$ .

2-Methacryloxyethyl Phosphoryl Chlorine(yield : 39.6g)

$^1\text{H-NMR}(\text{CDCl}_3)$ :  $\delta=1.30(-\text{CH}_3 \text{ in } \text{N}^+(\text{CH}_2\text{CH}_3)_3, 9\text{H})$ ,  $1.95(-\text{CH}_3, 3\text{H})$ ,  $3.05(-\text{CH}_2- \text{ in } \text{N}^+(\text{CH}_2\text{CH}_3)_3, 6\text{H})$ ,  $4.00\sim 4.50(-\text{CH}_2-, 8\text{H})$ ,  $5.60(-\text{CH}=\text{, } 1\text{H})$ ,  $6.18(-\text{CH}=\text{, } 1\text{H})$ .

IR( $\text{cm}^{-1}$ ):  $1716(\text{C}=\text{O})$ ,  $1635(\text{C}=\text{C})$ ,  $1000\sim 1300(-\text{CH}_2-)$ ,  $970(\text{N}^+(\text{CH}_2\text{CH}_3)_3)$ .

### 3.2 인체친화형 MPCE 공중체의 합성

*N*-isopropylacrylamide(NIPAM)은 인체친화성이 검증된 물질로서 의료분야에 널리 사용되고 있다. 주로 수화겔 형태로 적용되어 생체공학 분야에 이용되며 세포 친화성이 있어 약물 전달 시스템의 고분자로도 사용된다.

MPCE와 NIPAM의 공중합을 통해 얻어진 고분자물질도 이러한 인체친화성을 가질 수 있다. NIPAM에서 말단을 카르복시기로 치환시키면 보다 큰 흡수성과 보습성을 가질 것으로 기대된다(Figure 3).

2-hydroxyethyl methacrylate(HEMA)는 친수성 물질로서 인체친화성이 뛰어나 의료, 화장품, 건강 제품 등에서 각광받고 있는 재료이다. 실제로 함유율이 높고 가공성 및 광투과성이 뛰어나 콘택트렌즈, 인공수정체 등의 안구 광학 보조기에 가장 많이 사용되고 있다<sup>14)</sup>. 또한 접촉 시 인체부작용이 없어 창상 피복제 등 의료분야에서도 널리 사용되고 있다<sup>15)</sup>.

앞에서 살펴본 바와 같이 친수성과 인체친화성이 검증된 HEMA를 MPCE와 공중합 시키면 인지질계 폴리머에 하이드록시기를 부여할 수 있게 된다. 이러한 하이드록시기는 수소결합을 형성하여 MPCE의 지질 간에 작용되는 소수성 상호작용과 더불어 막을 형성시키는 화학적 인력으로 작용한다. 따라서 copolymer에 친수성, 보습성, 인체친화성 뿐만 아니라 가공제 피막 형성에도 유리하게 작용한다<sup>16,17)</sup>.

Table 2. Copolymerization of MPCE and NIPAM

Polymer	Composition(g)		AIBN (mg)	Solvent (MeOH/THF)	Time (days)	Yield (%)
	MPCE	Monomer				
MPCE	10.0	-	49	3 / 7	3	82.7
MPCE-NIPAM(1:5)	1.7	2.8	49	3 / 7	6	64.5
MPCE-NIPAM(1:1)	5.0	1.7	49	1 / 1	6	72.8

본 연구에서는 MPCE와 NIPAM을 가지고 인지질 고분자를 공중합하였으며, Table 2에 단량체의 종류와 개시제 사용량을 달리하여 합성된 copolymer를 정리하였다.

IR( $\text{cm}^{-1}$ ): 3300(-NH- stretch), 1728(C=O), 1652(-NH- bend), 1300~1000(-CH<sub>2</sub>-), 966(N<sup>+</sup>(CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>).

### 3.3 코팅직물의 단면 및 표면 SEM 측정

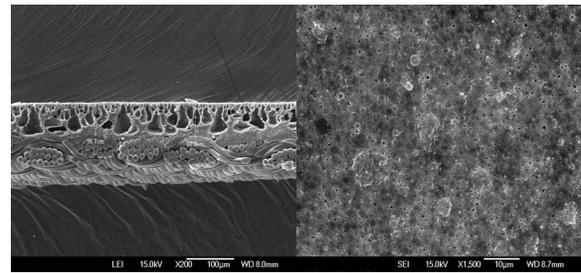
Figure 4는 다양한 배합조건으로 습식코팅 한 나일론 직물의 단면 및 표면의 SEM측정결과를 나타낸 것이다.

MPCE-NIPAM copolymer의 함량이 증가함에 따라 원단의 표면에서 중심부로 cell의 공극은 커졌으며 표면에서는 수지의 엉킴 및 핀홀의 크기가 커지는 것을 관찰하였다.

전술에서 확인한 MPCE-NIPAM copolymer의 첨가로 인해서 투습도의 증가 및 내수압이 감소하는 현상을 코팅 직물의 cell 모양 형상에 의해서도 확인하였다.

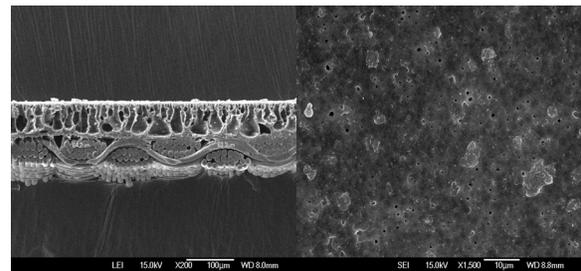
### 3.4 습식 PU/MPCE-NIPAM 블렌드 필름의 물성

Table 3은 MPCE-NIPAM copolymer의 블렌딩 비율에 따라 성막 되는 필름의 강·신도를 정리한 표이다. MPCE-NIPAM 함량이 5.0%인 Film F의 경우 MPCE-NIPAM를 첨가하지 않은 Film A와 비교하여 Tensile stress는 36.9%, Tensile strain은 54.3%, Modulus(100%)는 68.3% 수준으로 급격히 저하되었다. 이는 수지 조성액이 응고욕조에서 DMF와 물과 치환할 시 보습성분의 MPCE-NIPAM copolymer가 수분을 흡수하여 미세 다공 cell이 세로 방향으로 공극이 길어져 film의 제반 물성이 다소 저하되는 것으로 판단된다.



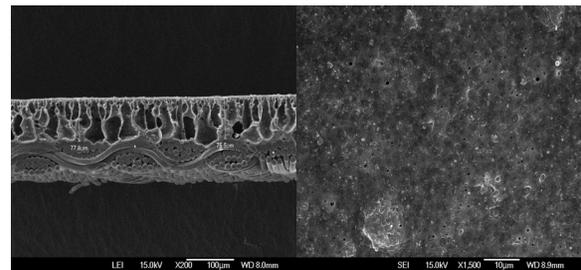
Cross section-NY20D A (MPCE-NIPAM 0%)

Surface-NY20D A (MPCE-NIPAM 0%)



Cross section-NY20D B (MPCE-NIPAM 1.0%)

Surface-NY20D B (MPCE-NIPAM 1.0%)



Cross section-NY20D C (MPCE-NIPAM 2.0%)

Surface-NY20D C (MPCE-NIPAM 2.0%)

Figure 4. Cross section(left) and surface(right) of breathable coating Nylon 20D fabric which is blended with MPCE-NIPAM copolymer by SEM( $\times 200/\times 1,500$ ).

Table 3. Physical properties of polyurethane film blended with MPCE-NIPAM copolymer

No.of Film	MPCE-NIPAM blended ratio (%)	Thickness ( $\mu\text{m}$ )	Tensile stress ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	Tensile strain (%)	Modulus 100% ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )
A	-	100.0	76.1	302.8	18.9
B	1.0%	100.0	39.4	189.6	16.8
C	2.0%	100.0	35.3	182.4	14.7
D	3.0%	100.0	32.7	174.8	14.7
E	4.0%	100.0	32.3	167.9	14.4
F	5.0%	100.0	28.1	164.4	12.9

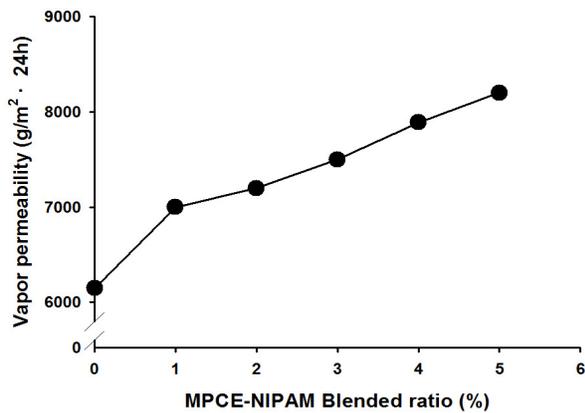


Figure 5. Vapor permeability of breathable coating Nylon 20D fabric coated with MPCE-NIPAM copolymer.

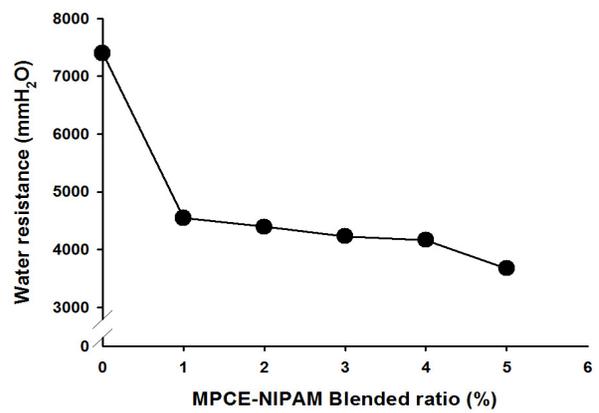


Figure 6. Water resistance of breathable coating Nylon 20D fabric coated with MPCE-NIPAM copolymer.

### 3.5 투습도

Figure 5는 MPCE-NIPAM copolymer의 블렌딩 비율에 따른 나일론 코팅직물의 투습도를 나타낸 것이다.

투습도는 MPCE-NIPAM copolymer를 1.0% 블렌딩 시 미처리직물과 비교하여 13.8% 증가하였으며 첨가량이 증가할수록 투습도가 향상되며, 5.0% 조건인 경우 투습도는 미첨가분과 비교할시 33.3% 증대하였다. 한편, MPCE-NIPAM copolymer를 6.0% 이상 블렌딩 시, 수지배합과정에서 엉김현상이 발생하여 균일한 도포가 형성되지 못하였다.

### 3.6 내수압

Figure 6은 MPCE-NIPAM copolymer의 블렌딩 비율에 따른 나일론 코팅직물의 내수압을 나타낸 것이다.

일반적으로 투습도가 증가되면 내수압은 감소한다. 코팅직물은 MPCE copolymer를 1.0% 블렌딩 시 미처리직물의 7,400mmH<sub>2</sub>O 비교하여 61.4% 수준으

로 급격히 저하되었으며 5.0% 조건에서는 50.0% 수준으로 저하되었다.

보습성의 MPCE-NIPAM copolymer가 코팅 후 수증의 응고욕조에서 침적 후 DMF와 치환 시 보습성이 강한 MPCE-NIPAM copolymer가 보다 많은 수분을 흡수하여 cell의 형상이 세로방향으로 커지며 이로 인해 공극이 커진다. 또한 표면은 친수성 고분자의 블렌드 함량이 높아질수록 표면의 적층, 핀홀의 크기가 증대되어 결과적으로 내수압이 감소되는 현상으로 관찰되었다.

### 3.7 MPCE-NIPAM 블렌드 투습방수 코팅원단의 수분거동특성

MPCE-NIPAM copolymer가 다양한 조건으로 블렌드 된 6종의 코팅물에 대한 수분제어특성을 관찰하였다. MMT(Moisture management tester) 시험기를 통한 분석결과는 Table 4에 정리하였다.

Table 4. Moisture management properties of breathable Nylon 20D fabric coated with MPCE-NIPAM copolymer

		A	B	C	D	E	F
Time in absorption (sec)	TOP	14.3	12.1	11.9	10.6	10.2	10.0
	BOTTOM	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0
Absorption ratio (%/s)	TOP	97.8	246.8	308.6	330.0	345.5	362.9
	BOTTOM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Max. of radius (mm)	TOP	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	BOTTOM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Diffusion (mm/s)	TOP	0.34	0.41	0.45	0.48	0.60	0.61
	BOTTOM	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Migration on one side(%)		-265.9	-220.4	-219.4	-179.2	-174.8	-165.5

Table 5. Anti-bacterial evaluation of breathable coating Nylon 20D fabric coated with MPCE-NIPAM copolymer

No. of Sample	Halo		Vinson rate	
	ATCC 9144	NCTC 8196	ATCC 9144	NCTA 8196
A	None	None	Observer Growth	Not
B	None	None	Observer Growth	Not
C	None	None	Observer Growth	Not
D	None	None	Observer Growth	Not
E	None	None	Not	Not
F	None	None	Not	Not

MPCE-NIPAM copolymer를 함유하지 않는 시료A와 비교하여 MPCE-NIPAM copolymer가 5.0% 함유된 시료F는 수분흡수시간이 약 4.3sec 단축되었다. MPCE-NIPAM copolymer의 비율이 높을수록 수분 이동 특성이 우수하여 인체내부에서 빠른 속도로 체외로 발산 할 수 있음을 확인하였다. 또한 수분 흡수율 확산 속도, 한 방향 이동성능 등의 수분거동 역시 긍정적으로 작용하는 결과를 확인하였다.

### 3.8 항균성

MPCE-NIPAM copolymer가 코팅된 시료 6종의 항균도 측정 결과를 Table 5에 정리하였다.

Halo는 모든 샘플에서 관찰되지 않았으며, Vinson rate 관찰 결과 대장균에서는 번식이 전혀 일어나지 않았지만 포도상 구균에서는 A, B, C, D 샘플에서 육안으로도 관측될 정도(Observer Growth)의 번식이 일어났으며 E, F에서는 관찰되지 않았다. 이는 코팅수지에 배합된 인지질계 폴리머의 항균특성이 발현되기 위해서는 4.0% 이상의 배합 비율이 되어야 함을 알 수 있었다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 인체 친화성의 인지질 고분자인 2-Methacryloxyethyl Phosphoryl Chlorine(MPCE) 및 N-isopropylacrylamide(NIPAM)과의 copolymer를 합성하고 습식 폴리우레탄 수지와 블렌딩하여 수지액을 만들고 이를 나일론에 습식코팅 하였다. 제조된 친수성의 미세 다공형 나일론 코팅직물은 물성, 투습성, 내수도, 수분거동특성 및 항균성 등을 평가하였다.

MPCE-NIPAM copolymer 수지 조성액에 포함된 유기용제인 DMF와 응고욕조 중의 물과의 치환속도를 제어하며 cell의 크기를 조절하고, 형성된 친수성의 미세 다공으로 인해 인체친화적 특성을 가진 필름제조가 가능하였다. MPCE-NIPAM copolymer의 블렌드 비율이 증가할수록 필름의 강도 및 신장률이 저하되었다. MPCE-NIPAM copolymer가 나일론 섬유에 코팅막을 형성한 후 친수능의 향상으로 인하여 투습도 및 수분거동이 증가하고 항균특성이 향상됨을 알 수 있었다.

이상의 결과로 부터 인지질계 copolymer를 블렌딩하여 코팅성막을 형성할 시 인지질계 copolymer가 가지는 인체친화성, 보습성이 우수한 성질로 인해 친수형의 마이크로 포러스를 형성하여 종전보다 우수한 투습능력을 지니며 통기성, 볼륨감, 쾌적성이 우수한 투습방수 의류소재를 제공 할 수 있다.

## 감사의 글

본 논문은 중소기업청 World Class 300 사업으로 지원된 연구결과입니다(10043171, 초저데니어 5De 급 고밀도 직물 개발을 통한 인체친화형 섬유제조 및 활용기술개발).

## References

1. The Polyurethane Society of Korea, "PU Science and Technology", Guduk Publishing, Busan, pp.186-199, 2006.
2. J. E. Browne, Preparation of Phospholipid Analogues using the Phosphoramidite Route, *J. Chem Soc*, **1**, 653(2000).

3. S. D. Stamatov, Synthesis of DL- $\alpha$ -tocopherol-ligated Phospholipids, *Chemistry and Physics of Lipids*, **91**, 12(1998).
4. K. Ishihara, T. Ueda, and N. Nakabayashi, Preparation of Phospholipid Polymers and Their Properties as Polymer Hydrogel Membranes, *J. Polymer*, **20**(5), 355(1990).
5. A. Z. Zhu, B. Shan, Y. Yuan, and J. Shen, Preparation and Blood Compatibility of Phosphorylcholine-bonded O-butrylchitosan, *Polym Int*, **52**, 81(2003).
6. Y. H. Ma, Well-Defined Biocompatible Block Copolymers via Atom Transfer Radical Polymerization of 2-Methacryloyloxyethyl Phosphorylcholine in Protic Media, *Macromolecules*, **36**, 3475(2003).
7. A. B. Lowe, Synthesis and Solution Properties of Zwitterionic Polymers, *Chem Rev*, **102**, 4177(2002).
8. A. L. Lewis, Phosphorylcholine-based Polymers and Their Use in the Prevention of Biofouling, *Colloids and Surfaces B*, **18**, 261(2000).
9. K. H. Chae, Anti-fouling Epoxy Coatings for Optical Biosensor Application based on Phosphorylcholine, *Sensors and Actuators B*, **124**, 153(2007).
10. Y. K. Hong, Functional Finishing of Nonwoven Filter for Dust-proof/Medical Masks by Corona Discharging Treatment, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korea Soc. Dyers and Finishers)*, **25**(3), 232(2013).
11. J. I. Hwang, K. S. Oh, and N. S. Yoon, Fluoroalkylation of the Surface of Hydrophilic Polyurethane Breathable Membrane, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korea Soc. Dyers and Finishers)*, **25**(1), 30(2013).
12. Y. I. Ko, J. W. Yi, S. H. Kim, and J. S. Bae, Synthesis of New Phospholipid Biocompatible Textile Finishing Agent, *Textile Coloration and Finishing(J. of Korea Soc. Dyers and Finishers)*, **22**(4), 293(2010).
13. FITI, "Testing Guide on Functionality Apparel Products", FITI Testing and Research Institute, Seoul, 2012.
14. D. Horak, The Use of Poly(2-hydroxyethyl methacrylate) in Medicine, *Chemische Listy*, **86**(9), 681(1992).
15. T. R. Burrow, R. Schmidt, Wound Dressings, GB Patent 2288736(1995).
16. X. Z. Zhang, Y. Y. Yang, and T. S. Chung, Effect of Mixed Solvents on Characteristics of Poly(*N*-isopropylacrylamide gels), *Langmuir*, **18**, 2538(2002).
17. R. A. Stile, W. R. Burghardt, and K. E. Healy, Synthesis and Characterization of Injectable Poly (*N*-isopropylacrylamide)-based Hydrogels that Support Tissue Formation in Vitro, *Macromolecules*, **32**, 7370(1999).