**Korean Chem. Eng. Res.**, 54(2), 163-170 (2016)
http://dx.doi.org/10.9713/kcer.2016.54.2.163
PISSN 0304-128X, EISSN 2233-9558

# 실란커플링제 종류가 친수성 코팅 필름의 물성에 미치는 영향

이병화† · 김은기 · 이 슬 · 임형준 · 이인표

대흥화학공업(주) 부설연구소
17746 경기도 평택시 산단로 64번길 68
(2015년 9월 7일 접수, 2015년 9월 10일 수정본 접수, 2015년 9월 17일 채택)

# Effect of the Types of Silane Coupling Agents on the Properties of the Hydrophilic Coating Films

**Byoung-Hwa Lee†, Eun-Ki Kim, Sul Lee, Hyung-Jun Lim and In-Pyo Lee**

*Research Institute of Daehung Chemical Co., Ltd, 68, Sandan-ro 64beon-gil, Pyeongtaek, Gyeonggi, 17746, Korea*
(Received 7 September 2015; Received in revised form 10 September 2015; accepted 17 September 2015)

## 요 약

고분자 필름의 친수성을 향상시키기 위하여 우수한 친수성을 보이는 코팅 용액을 졸-겔법으로 합성하였다. 코팅 용액은 입자 직경이 15 nm 크기의 콜로이드 실리카에 다양한 실란커플링제인 아미노실란, 에폭시실란과 아크릴실란을 각각 반응시켜 제조하였다. 콜로이드 실리카에 아미노실란을 첨가한 코팅 용액은 바로 겔화가 진행되어 코팅 용액을 제조할 수 없었다. 반면에 에폭시실란을 첨가한 코팅 용액은 실란커플링제/콜로이드 실리카의 질량분율(R값)이 0.10~0.15에서 접촉각 10~15$^o$의 우수한 친수성을 나타내었다. 또한 아크릴실란을 첨가한 코팅 용액은 R값이 0.03~0.07에서 5~10$^o$의 접촉각을 나타내어 아미노실란과 에폭시실란을 사용했을 때 보다 우수한 친수성을 나타내었다.

**Abstract** – In order to improve the hydrophilic property of polymer films, coating solutions which showed a good hydrophilic property, were prepared by the sol-gel method. The coating solutions were prepared by adding different types of silane coupling agents (aminosilane, epoxysilane and acrylsilane) to a colloidal silica (15 nm diameter). The solutions prepared by adding aminosilane resulted in gels which could not be used as coating solutions. On the other hand, the coating solutions prepared by the addition of epoxysilane showed contact angles of 10~15$^o$ and good hydrophilic property at R=0.10~0.15 (R=silane coupling agent/colloidal silica weight ratio). In addition, the coating solutions prepared by the addition of acrylsilane at R=0.03~0.07, exhibited contact angles of 5~10$^o$, which means better hydrophilic property than aminosilane or epoxysilane.

Key words: Hydrophilic, Coating Solution, Aminosilane, Epoxysilane, Acrylsilane

## 1. 서 론

졸-겔법을 이용한 유-무기 하이브리드 재료는 80년대 초에 처음 제안되어서 ORMOSIL (organically modified silicate), ORMOCER (organically modified ceramic), CERAMER (ceramic polymer), POLYCREAM (polymeric ceramics) 등으로 불리며 다양한 분야에 적용되어 왔다[1]. 졸-겔법을 통하여 제조된 유-무기 하이브리드 재료는 용액 상태에서 제조되어 용액의 코팅 공정의 적용이 가능하기 때문에 다양한 코팅에 활용되고 있다[2]. 그러나 형성되는 코팅 면이 건조 과정 중에 쉽게 수축되어 크랙이 발생하는 등 개선의 소지가 많이 나타나기도 한다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 이미 일정 크기의 나노입자를 가지고 있는 콜로이드 실리카를 실란커플링제와 반응시켜 표면 흡착률을 높여 건조 중의 크랙을 방지하는 기술이 제안되고 있다[3-5].

일반적으로 대부분의 플라스틱 표면은 소수성기를 갖고 있다. 이러한 성질로 인하여 수분이 표면에 생성되어 플라스틱 렌즈나 전자 재료 부품 등에 김서림 현상이 발생되어 결함을 일으키기도 한다. 이러한 결함은 위에서 언급한 졸-겔법을 통하여 플라스틱 표면에 친수성을 부여하여 개선시킬 수 있다[6]. 친수성 코팅은 물방울과 코팅 표면의 접촉각을 최소화 함으로서 수분의 응집을 약하게 하고, 코팅 표면에서 수분이 잘 흘러 내리도록 하는 데에 목적이 있다. 친수성 코팅이 응용되는 분야는 김서림 방지용 유리, 콘택트 렌즈, 안경렌즈, 전자 패키징 분야, 수술용 재료 등의 여러 분야가 있으며, 물성 보완만 된다면 향후 적용할 수 있는 분야는 더 넓어질 수 있다.

박 등은[7] 졸-겔법에 의해 콜로이드 실리카와 에폭시실란을 사용하여 친수성을 보이는 유-무기 혼성 코팅 용액을 합성하여 PET 필름 위에 코팅한 후 산성 조건으로 제조된 코팅 용액이 우수한 친수성을

†To whom correspondence should be addressed.
E-mail: onda100@dhcbond.com

보인다고 주장하였다. 또한 이 등은[6,8] 콜로이드 실리카와 아미노실란을 사용하여 친수성 코팅 용액을 제조하였으며 이때 염기성 조건으로 제조된 코팅 용액이 우수한 친수성을 보인다고 주장하였다. 이상에서 알 수 있듯이 콜로이드 실리카와 실란커플링제를 사용하여 친수성 코팅제를 제조 시에는 실란커플링제의 종류가 코팅 필름의 친수성 특성에 큰 영향을 미친다. 그러나 우리가 아는 한 실란커플링제의 종류 변화가 코팅 필름의 친수성에 미치는 영향을 규명한 논문은 없었다.

본 연구에서는 고분자 필름의 장기 친수성을 향상시키기 위한 방법으로 무기물인 콜로이드 실리카에 유기 관능기를 가지고 있는 아미노실란, 에폭시실란, 아크릴실란과 같은 다양한 종류의 실란커플링제를 반응시켜 졸-겔법에 의해 유-무기 혼성 코팅 용액을 제조하였고, 이때 실란커플링제의 종류 변화가 코팅 필름의 친수성 정도에 미치는 영향을 조사하였다.

## 2. 실 험

### 2-1. 코팅 용액 및 코팅 필름의 제조

친수성을 나타내기 위한 무기물 나노입자로서 상업용으로 제조된 콜로이드 실리카(SS-Sol 30E, S-CHEMTECH Co.)를 사용하였다. 처음에 콜로이드 실리카, 증류수 및 에탄올(EtOH, 99.5%, Samchun Chemical)을 1:1:1 (30 g: 30 g: 30 g) 중량 비로 혼합하고, 그 혼합액을 1 hr 동안 교반하였다. 그 후 질산(60%, Samchun Chemical) 또는 암모니아수(28%, Samchun Chemical)를 첨가하여 용액의 pH를 원하는 값으로 조절한 후, 이 용액에 Fig. 1로 나타낸 것과 같은 다양한 종류의 실란커플링제인 3-aminopropyl triethoxysilane (APS, aminosilane, 97%, Esung Materials), glycidoxypropyl trimethoxysilane (GPTMS, epoxysilane, 97%, Esung Materials), methacryloxypropyl trimethoxysilane (MPTMS, acrylsilane, 97%, Esung Materials) 일정량을 첨가하고 40 °C로 유지되는 항온조에서 2 hr 동안 교반하였다. 탄소 이중결합이 있는 실란커플링제인 아크릴실란과 에폭시실란을 사용한 용액은 가교제인 ethylene diamine (EDA, 98.0%, Samshun Chemical)을 첨가하여 최종의 코팅 용액을 제조하였다. 제조된 코팅 용액을 사용해 100 mm×100 mm 크기의 PET Film(3M) 위에 일정한 두께로 바코팅(bar-coating, 32 μm) 시키고 80 °C로 유지되는 건조기 또는 UV경화기(Rx-C25, Raynics) 내에서 경화시켜 코팅 필름을 제조하였다. 이상의 제조 공정을 Fig. 2로 나타내었다.

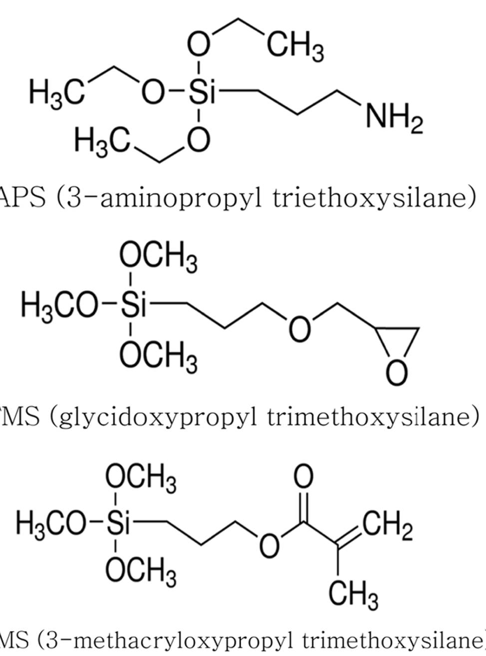


**Fig. 1. The chemical structures of silane coupling agents used in this experiment.**

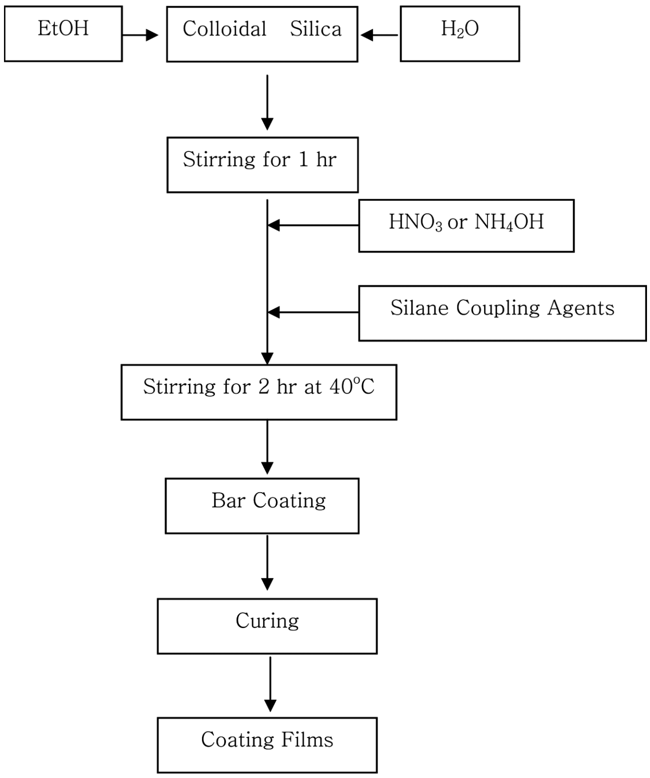


**Fig. 2. The process for preparing the hydrophilic coating films.**

### 2-2. 코팅 필름의 특성 평가

#### 2-2-1. 코팅 필름의 접촉각 평가

친수화된 필름의 물성을 평가하는 중요한 요소 중의 하나가 접촉각 평가이다. 보통 친수성이 발현되었다고 하면, 접촉각이 20° 이하로 측정 될 때를 말한다. 코팅 층의 친수성 정도를 알기 위하여 Contact angle goniometer (Phoenix150, Surface Electro Optics)를 이용하여 접촉각을 측정하였다. 10회 이상의 값을 읽어 최대값과 최소값을 제외하고 평균치를 취하였다.

#### 2-2-2. 코팅 필름의 투과율 평가

가시광선 영역에서의 코팅 층의 투과율을 측정하기 위하여 UV-Visible spectrometer (T60 U, PG Instrument)를 사용하여 300 nm에서 1,100 nm의 영역에서 코팅 층의 투과율을 측정하였다.

#### 2-2-3. 코팅 필름의 연필경도 평가

연필경도는 경도 측정기(CT-PC1, CORE TECH.)에 연필경도 측정용 연필을 45° 각도로 끼우고, 일정한 하중(1 kg)을 가하면서 이것을 밀어 측정하였다. 연필은 Mitsubishi 연필을 사용하였는데, H-9H, F, HB, B-6B 등의 강도를 나타내는 연필을 사용하였다.

2-2-4. 코팅 필름의 부착력 평가

ASTM D 3359[7]에 근거하여 경화된 코팅 층에 cutter로 바둑판 모양의 홈을 낸 후 그 위에 3M 테이프를 잘 밀착시켜 일정한 힘으로 수회 떼어내어 코팅 층과 기재와의 밀착 정도를 관찰하였다. 코팅된 지지체 표면에 1 mm 간격으로 11×11로 십자형으로 칼집을 내어 100개의 정방형을 만들고, 그 위에 테이프(3M Tape)를 부착한 후 급격히 잡아당겨 표면을 평가하였다. 남은 눈 수의 개수가 100개면 5B, 95개 이상은 4B, 85개 이상은 3B, 65개 이상은 2B, 35개 이상은 1B, 그 이하는 0B로 나타내었다.

2-2-5 코팅 필름의 내수성 평가

코팅 필름의 내수성을 확인하기 위하여 시편을 40 °C로 유지된 항온조에 7 day 동안 담근 후 꺼내 건조시켜 Contact angle goniometer (Phoenix150, Surface Electro Optics)를 이용하여 접촉각을 측정하

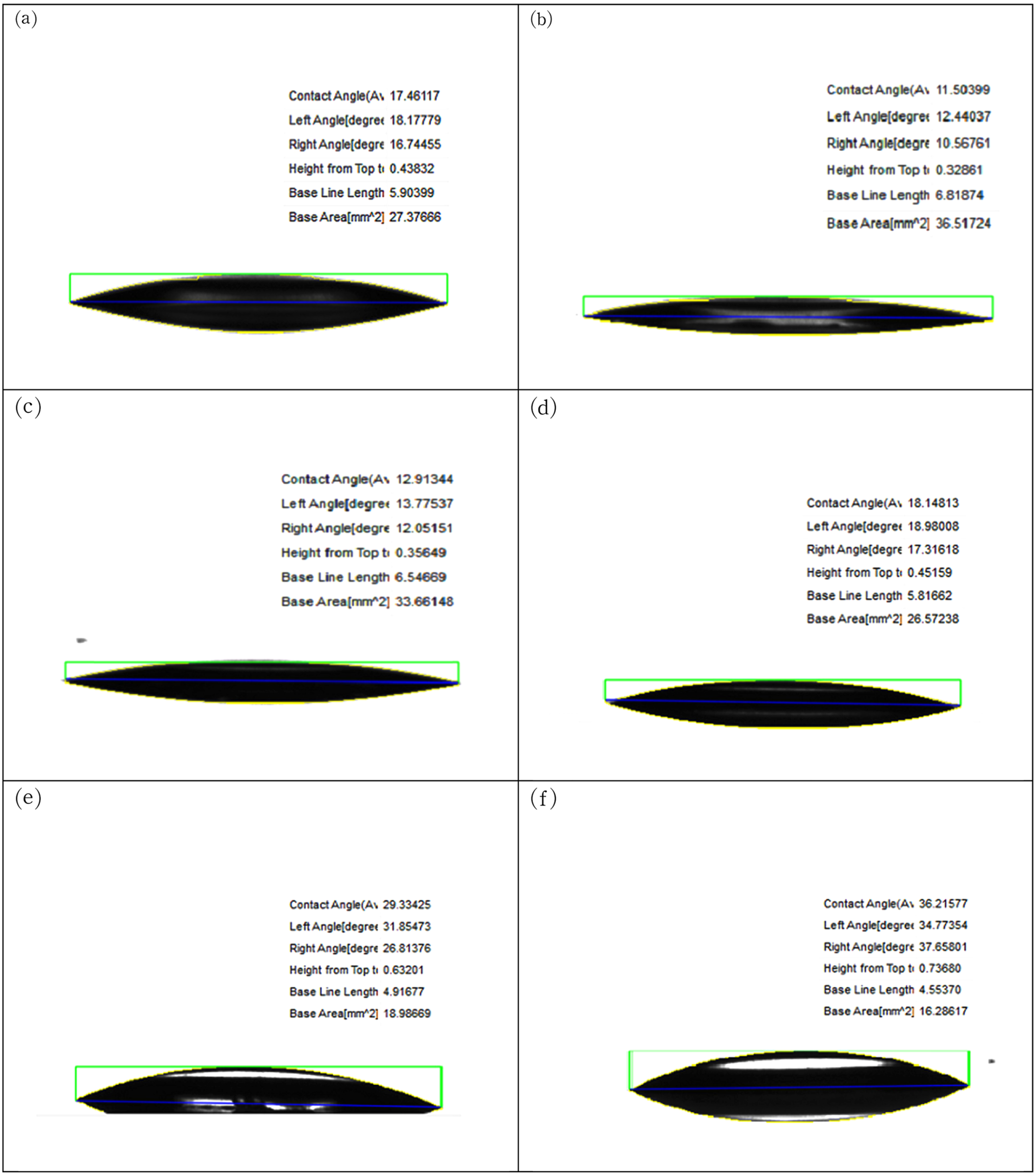


**Fig. 3. Change of contact angles of the coating films prepared with different amounts of GPTMS at pH 4. (a) R=0.05, (b) R=0.10, (c) R=0.15, (d) R=0.20, (e) R=0.25, (f) R=0.30 (R=GPTMS/colloidal silica weight ratio).**

였다. 10회 이상의 값을 읽어 내어 최대값과 최소값을 제외하고 평균치를 취하고, 초기 접촉각과 비교하여 코팅필름의 내수성을 평가하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3-1. 아미노실란 사용 시 코팅 막의 물성

아미노실란인 3-aminopropyl triethoxysilane (APS)을 사용하여 실험하였을 때, 콜로이드 실리카, 증류수와 에탄올을 혼합한 후 용액의 pH를 1~10의 다양한 영역으로 조정하였다. 모든 pH 영역에 있어 아미노실란을 가함과 동시에 겔이 되거나 또는 약 5 min 이내에 겔이 되는 경향을 보였다. 따라서 아미노실란은 용액의 안정성에 문제가 있어 친수성 코팅제의 합성 시 사용할 수 없음을 확인할 수 있었다.

### 3-2. 에폭시실란 사용 시 코팅 막의 물성

콜로이드 실리카, 증류수와 에탄올을 혼합한 후, 용액의 pH를 4로 조정한 후 에폭시실란인 glycidoxypropyl trimethoxysilane (GPTMS)을 첨가하였을 때는 비교적 안정한 코팅제를 합성할 수 있었다. GPTMS/colloidal silica의 질량분율인 R값을 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30으로 다양하게 조정하여 코팅 용액을 합성하여, 실란커플링제인 GPTMS의 함유량 변화가 코팅 필름의 물성에 미치는 영향을 살펴보았다. Fig. 3은 pH 4의 일정 조건 하에서 GPTMS의 첨가량을 달리하여 제조된 용액으로 코팅 된 필름의 접촉각 변화를 살펴본 그림이다. GPTMS의 첨가량이 R=0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30인 경우 코팅 필름의 접촉각은 각각 17.5$^o$, 11.5$^o$, 12.9$^o$, 18.1$^o$, 29.3$^o$, 36.2$^o$를 보임을 알 수 있다. 이 결과는 R=0.05인 경우를 제외하고는 GPTMS의 첨가량이 증가함에 따라 코팅 필름의 접촉각이 증가하여 친수성

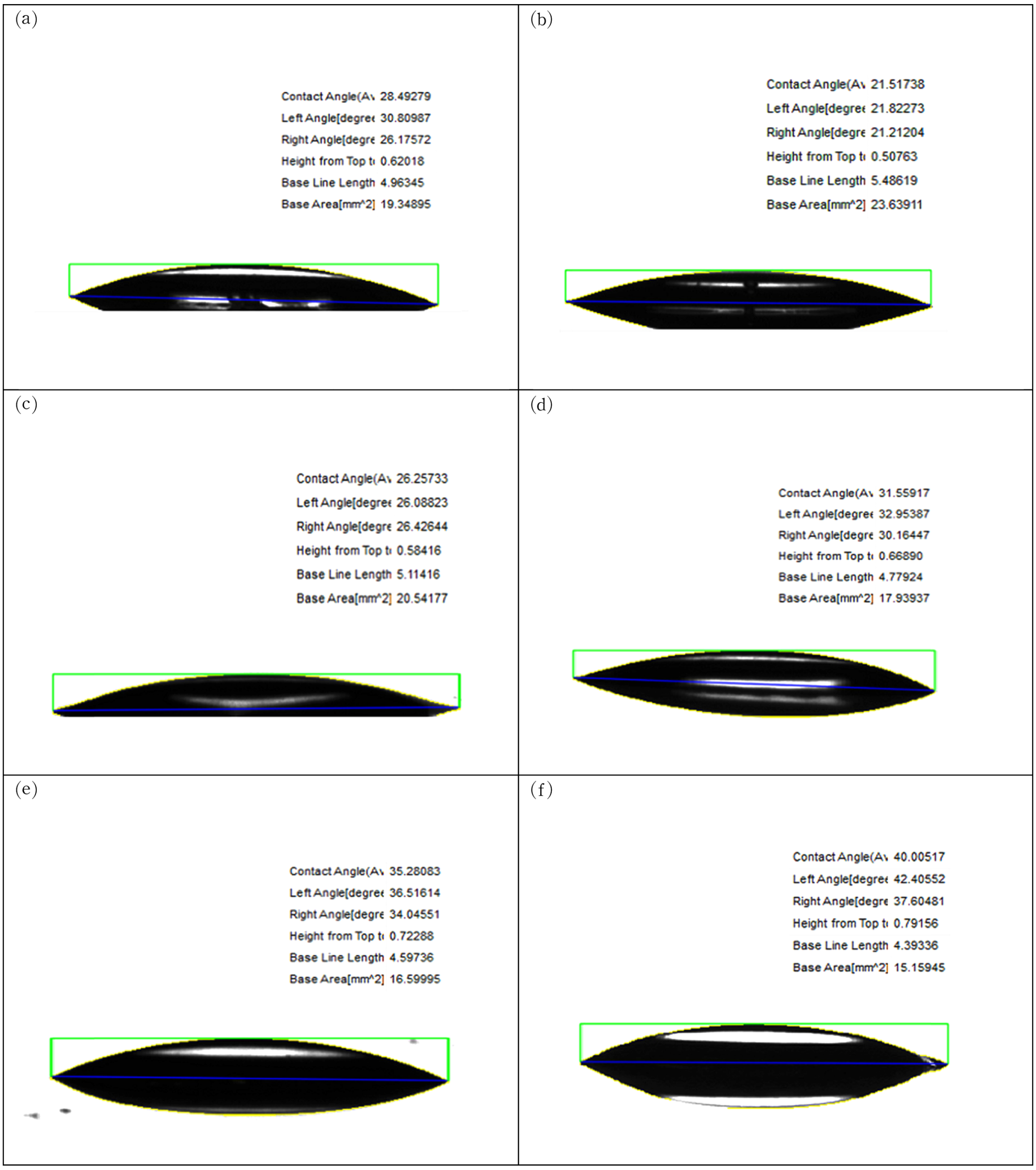


**Fig. 4. Contact angles of the coating films from GPTMS after water soaking (40 $^o$C, 7day). (a) R=0.05, (b) R=0.10, (c) R=0.15, (d) R=0.20, (e) R=0.25, (f) R=0.30 (R=GPTMS /colloidal silica weight ratio).**

이 떨어짐을 의미한다. 이러한 현상은 Park 등의 실험결과[8]와 일치되는 현상으로 GPTMS의 첨가량이 증가할수록 콜로이드 실리카 표면에 GPTMS가 많이 흡착되므로 친수성을 나타내는 콜로이드 실리카 표면의 자유 실라놀기의 갯수가 적어지므로 코팅 필름의 접촉각이 증가한다고 판단된다. 그러나 적정량의 GPTMS가 첨가된 R값이 0.10~0.15의 조건에서는 10~15º의 접촉각을 보여 우수한 친수성을 나타냄을 알 수 있다.

Fig. 4는 코팅 필름의 물에 대한 내구성을 평가한 그림이다. 코팅 필름을 40 ºC의 증류수에 7 day 동안 담근 후 꺼내 건조시켜 접촉각을 측정 하였을 때 R=0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.15, 0.30인 경우 코팅 필름의 접촉각은 각각 28.5º, 21.5º, 26.3º, 31.6º, 35.3º, 40.0º를 나타내었다. 이는 코팅 직후의 필름의 접촉각 결과인 Fig. 3과 비교하여 볼 때 R값이 0.05, 0.10, 0.15, 0.20인 경우에는 접촉각이 각각 11.0º, 10.0º, 13.4º, 13.5º 씩 증가하였고, R값이 0.25, 0.30인 경우에는 접촉각이 각각 6.0º, 3.8º 씩 증가하였음을 알 수 있다. 이 결과는 R값이 0.05~0.20인 경우에는 접촉각이 10º 이상 떨어져 친수성이 많이 저하되어 내구성이 좋지 못함을 알 수 있었으나, R값이 0.25~0.30인 경우에는 접촉각 변화가 10º 이하로 친수성 변화가 크지 않음을 의미한다.

Fig. 5는 pH 4의 조건하에서 GPTMS/colloidal silica의 질량 분율인 R값변화에 따른 코팅 필름의 가시광선 영역에서의 투과율 변화를 살펴본 그림이다. 그림에서와 같이 R값이 증가함에 따라 코팅 필름의 투과율은 약간 감소하나 기재의 투과율과 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

Table 1은 pH 4 조건에서 GPTMS의 첨가량 변화에 따른 코팅 필름의 연필경도와 부착력을 나타낸 표이다. GPTMS 첨가량이 적은

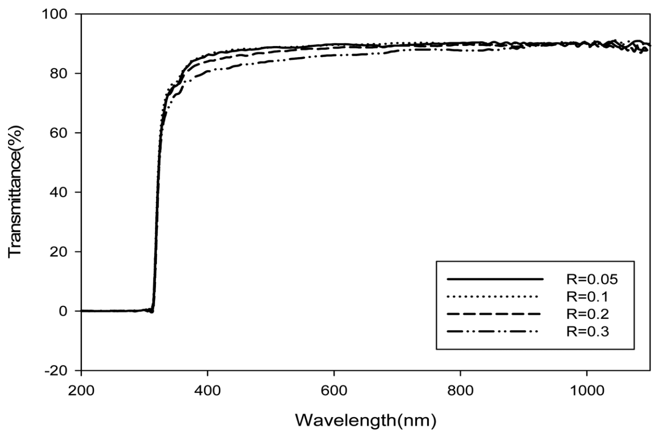


**Fig. 5. Transmittance of coating films prepared from different amounts of GPTMS at pH 4 in the UV-Visible range.**

**Table 1. Properties of coating films obtained from coating solutions with different amounts of GPTMS at pH 4**

| R (GPTMS/colloidal silica weight ratio) | State of Coating Solution | Pencil Hardness | Adhesion |
|---|---|---|---|
| 0.05 | Transparent solution | H | 0B |
| 0.10 | Transparent solution | H | 0B |
| 0.15 | Transparent solution | H | 0B |
| 0.20 | Transparent solution | H | B |
| 0.25 | Transparent solution | 2H | 2B |
| 0.30 | Transparent solution | 3H | 5B |

R값이 0.05~0.20인 경우에는 코팅 막은 좋지 못한 연필경도(H)와 부착력(0B 또는 B)을 나타내었다. 그러나 R값이 증가될수록 연필경도와 부착력이 증가하여 R=0.30에서는 3H와 5B로 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 현상은 실란커플링제인 GPTMS의 역할을 설명해 주는 것으로 용액 내에 GPTMS가 첨가되면 콜로이드 실리카와 기재인 PET Film과의 화학적 결합을 견고히 해줘 건조 및 경화 과정에서의 필름 표면의 균열현상을 방지하게 되고, 코팅 막의 연필경도와 부착력을 향상시킨다[9]. 따라서 GPTMS가 많이 첨가될 수록 화학적 결합이 견고히 하게 되어 GPTMS가 적게 첨가될 경우 보다 연필경도와 부착력이 향상된다고 판단된다.

### 3-3. 아크릴실란 사용 시 코팅 막의 물성

콜로이드 실리카, 증류수와 에탄올의 혼합 후, 용액의 pH를 4로 조정한 후 아크릴실란인 methacryloxypropyl trimethoxysilane (MPTMS)을 첨가하였을 때는 에폭시실란인 GPTMS를 첨가하였을 때와 비슷한 현상을 보였다. Fig. 6은 MPTMS/colloidal silica 질량분율인 R값을 0.011~0.25로 변화시켜 제조된 코팅 필름의 접촉각 측정 결과이다. R=0.011, 0.033, 0.066, 0.10, 0.20, 0.25인 경우 코팅 필름의 접촉각은 각각 12.9º, 5.8º, 9.2º, 12.2º, 23.1º, 33.3º를 보임을 알 수 있다. MPTMS가 적게 첨가된 R값이 0.011~0.10인 조건에서는 20º 이하의 접촉각을 보여 친수성을 나타내며 특히 R값이 0.033~0.066인 조건에서는 5~10º의 접촉각을 보여줘 초친수성을 나타냄을 알 수 있다. 그러나 R값이 0.20 이상으로 과량 첨가된 경우에는 필름의 접촉각이 20º 이상으로 친수성이 좋지 못함을 알 수 있다.

Fig. 7은 코팅 필름의 물에 대한 내구성을 평가한 그림이다. 코팅 필름을 40 ºC의 항온조에 7 day 동안 담근 후 꺼내 건조시켜 코팅 필름의 접촉각을 측정 하였을 때 MPTMS의 첨가량이 R=0.011, 0.033, 0.066, 0.10, 0.20, 0.25인 경우 코팅 필름의 접촉각은 각각 21.5º, 17.4º, 20.5º, 26.7º, 32.4º, 36.5º를 나타내었다. 이는 코팅 직후의 필름의 접촉각 결과인 Fig. 6과 비교하여 볼 때 R값이 0.011, 0.033, 0.066, 0.10, 0.20, 0.25인 경우에 접촉각이 각각 8.6º, 11.6º, 11.3º, 14.5º, 9.3º, 3.2º씩 증가하였음을 의미한다. 이 결과는 R값이 0.033~0.10의 경우에는 접촉각이 10º 이상씩 증가하여 친수성이 많이 저하되어 내구성이 좋지 못하나, R값이 0.011, 0.20, 0.25인 경우에는 접촉각 증가가 10º 이하로 친수성 변화가 크지 않음을 의미한다.

Fig. 8은 pH 4의 조건하에서 R값을 변화시켰을 때 코팅 필름의 가시광선 영역에서의 투과율 변화를 살펴본 그림이다. 그림에서와 같이 R값이 0.011~0.066인 경우에는 필름의 투명성은 코팅 후에도 감소되지 않고 기재와 비슷한 투과율을 나타내었다. 반면에 R값이 0.10 이상으로 증가할수록 코팅 표면의 백화현상으로 인해 기재 보다 낮은 투과율을 보여주고 있다.

Table 2는 pH 4 조건에서 MPTMS의 첨가량 변화에 따른 코팅 필름의 연필경도와 부착력을 나타낸 표이다. MPTMS의 첨가량이 적은 R값이 0.011 ~0.066인 경우에는 코팅 막은 좋지 못한 연필경도와 부착력인 H와 0B 값을 나타내었다. 그러나 R값이 증가할 수록 연필경도와 부착력이 증가해 R=0.25인 경우에는 3H의 연필경도와 5B의 우수한 부착력을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 9는 에폭시실란(GPTMS)과 아크릴실란(MPTMS)의 첨가량을 다르게 하여 제조된 코팅 필름의 코팅 직후(0 day)와 40 ºC의 항온조에서 7 day 경과 후의 코팅 필름의 접촉각을 비교한 그림이다. 전반적으로 실란커플링제의 첨가량의 척도인 R값이 증가할수록 접촉

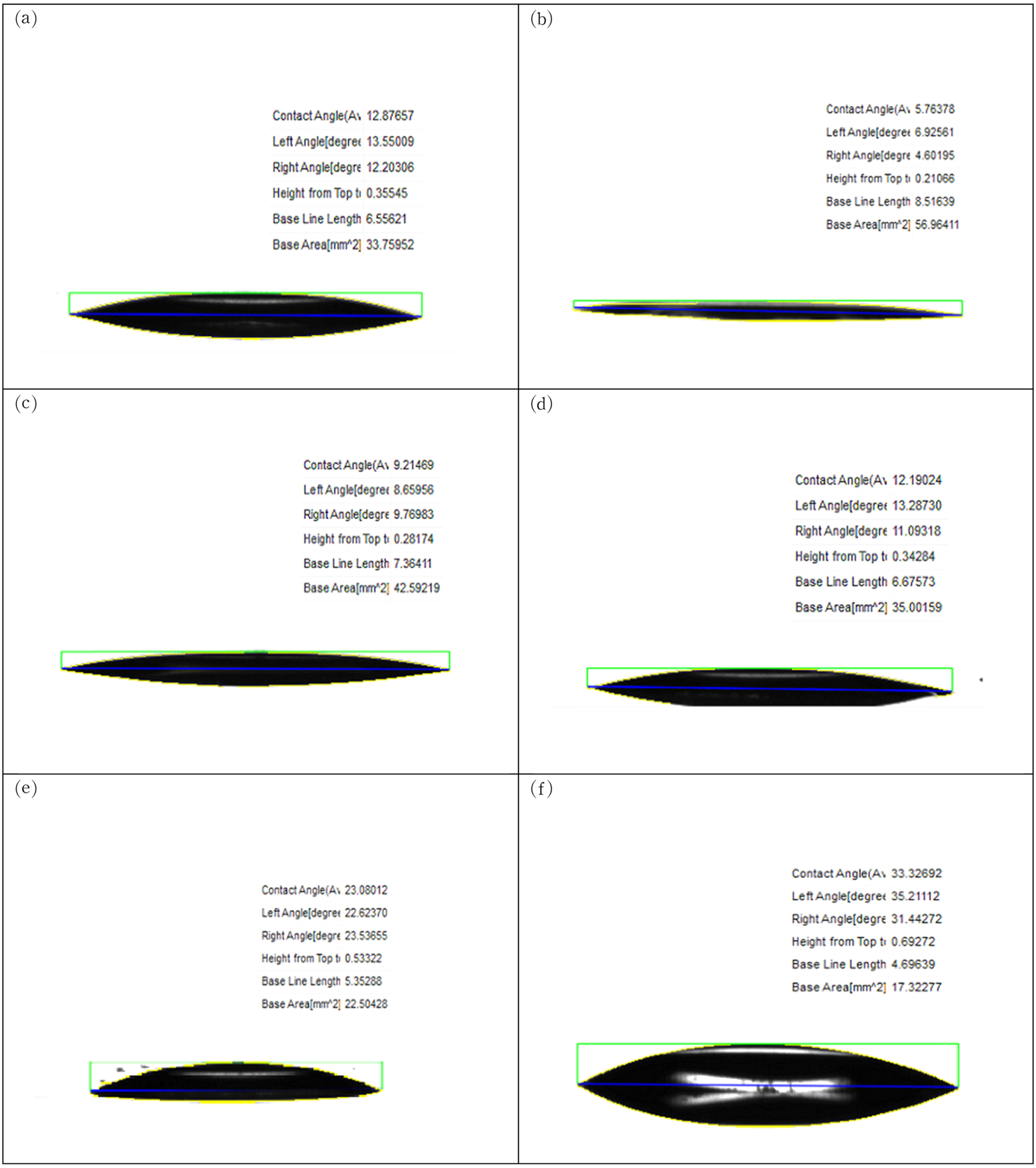


**Fig. 6. Change of contact angles of the coating films prepared with different amounts of MPTMS at pH 4. (a) R=0.011, (b) R=0.033, (c) R=0.066, (d) R=0.10, (e) R=0.20, (f) R=0.25 (R=MPTMS/colloidal silica weight ratio).**

각이 증가하여 친수성이 저하되며, R=0.10 미만인 조건에서는 MPTMS가 첨가된 코팅 필름이 GPTMS가 첨가된 경우 보다 더 낮은 접촉각을 보여 친수성이 우수함을 알 수 있다. 특히 코팅 직후(0 day)에서는 MPTMS가 적게 첨가된 R=0.033, 0.066의 조건에서 $10^{o}$ 이하의 초친수성을 나타내었으나 GPTMS의 경우에는 모든 조건에서 $10^{o}$ 이상의 접촉각을 보임을 확인할 수 있다. 40 $^{o}$C의 항온조에서 7 day 경과 후의 코팅 필름은 코팅 직후(0 day)의 필름에 비해 전반적으로 10~$20^{o}$의 접촉각의 증가를 보여 내수성의 보완이 필요한 것으로 판단된다.

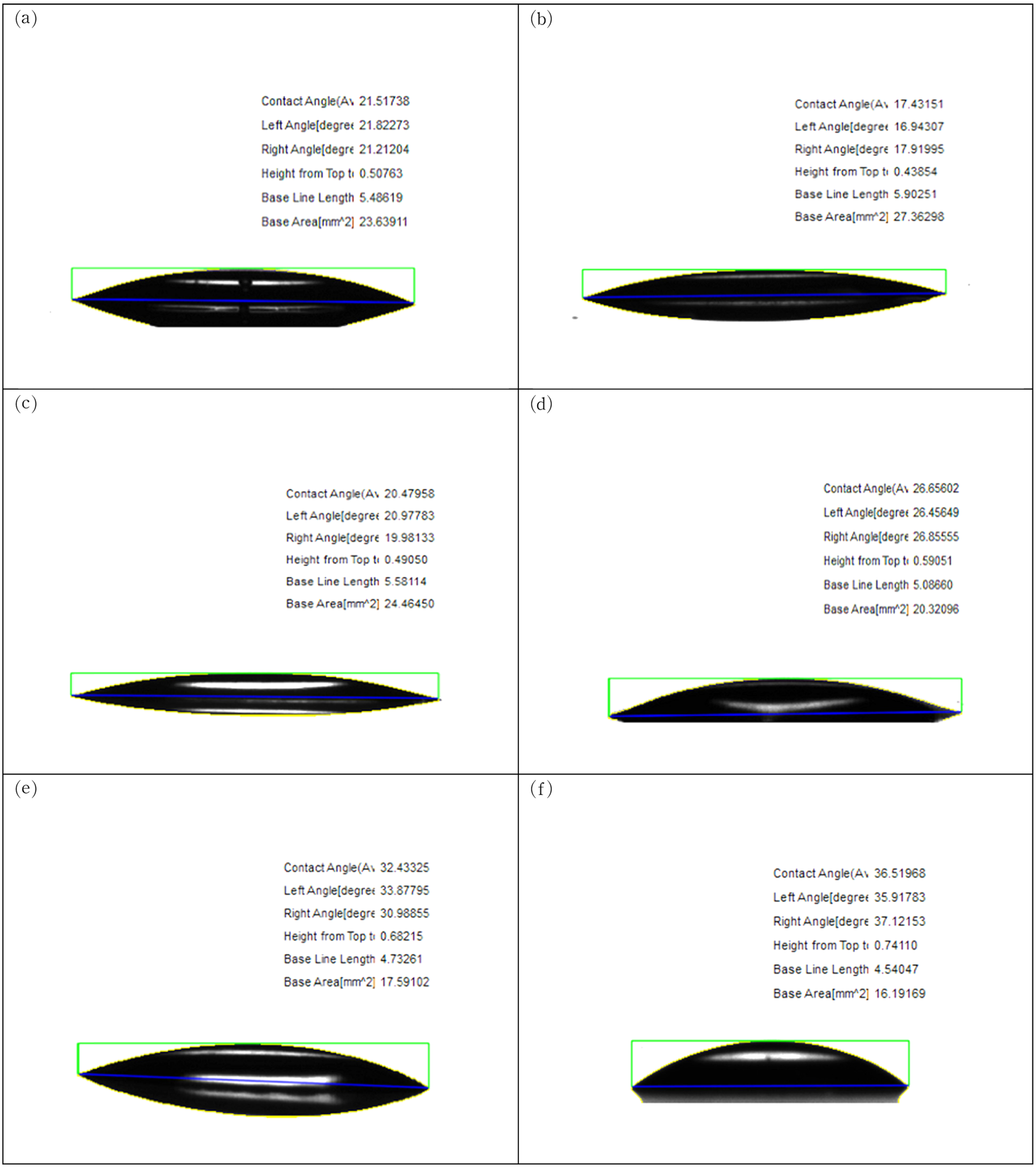


**Fig. 7. Contact angles of the coating films from MPTMS after water soaking (40 °C, 7 day). (a) R=0.011, (b) R=0.033, (c) R=0.066, (d) R=0.10, (e) R=0.20, (f) R=0.25 (R=MPTMS/colloidal silica weight ratio).**

## 4. 결　　론

무기물인 콜로이드 실리카와 다양한 실란커플링제인 아미노실란(APS), 에폭시실란(GPTMS) 및 아크릴실란(MPTMS)을 각각 반응시켜 유-무기 혼성 코팅 용액을 합성하였다. 합성된 코팅제를 기재인 PET 필름 위에 바코팅하여 얻어진 코팅 필름의 친수성, 투과율, 연필경도 및 부착성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 콜로이드 실리카 용액에 아미노실란을 첨가하면 모든 pH 조건에서 용액이 겔이 되어 코팅 용액을 제조할 수 없어, 안정성에 문제가 있음을 알 수 있었다.

(2) 콜로이드 실리카 용액에 pH 4의 조건에서 에폭시실란을 첨가

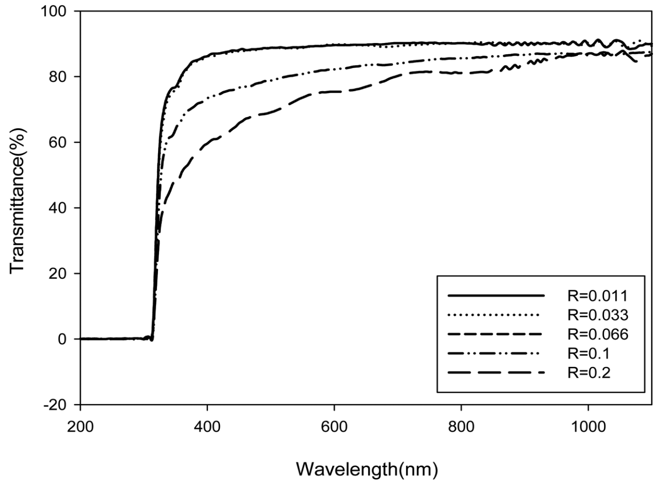


**Fig. 8. Transmittance of coating films prepared from different amounts of MPTMS at pH 4 in the UV-Visible range.**

**Table 2. Properties of coating films obtained from coating solutions with different amounts of MPTMS at pH 4**

| R(MPTMS/colloidal silica weight ratio) | State of Coating Solution | Pencil Hardness | Adhesion |
|---|---|---|---|
| 0.01 | Transparent solution | H | 0B |
| 0.033 | Transparent solution | H | 0B |
| 0.066 | Transparent solution | H | 0B |
| 0.10 | Transparent solution | 2H | 2B |
| 0.20 | Transparent solution | 2H | 3B |
| 0.25 | Transparent solution | 3H | 5B |

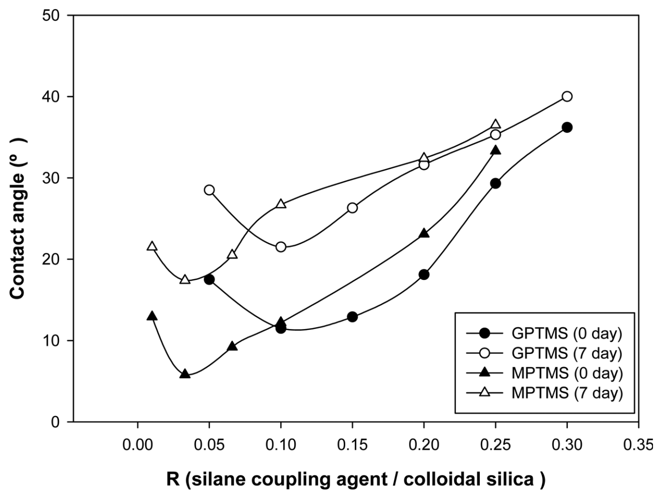


**Fig. 9. Comparison of contact angles of the coating films prepared with several amounts of GPTMS and MPTES at different times of water soaking (40 °C).**

하면 R값이 0.25 이상일 경우에 접촉각이 20° 이상으로 친수성이 좋지 않았으나, R값이 0.10~0.15에서는 10~15°의 낮은 접촉각을 보여 친수성이 우수하였다.

(3) 콜로이드 실리카 용액에 pH 4의 조건에서 아크릴실란을 첨가하면 R값이 0.20 이상일 경우에 접촉각이 20° 이상으로 친수성이 좋지 못하였으나, R값이 0.033~0.066에서는 5~10°의 낮은 접촉각을 보여 초친수성을 나타내었다.

(4) 에폭시실란과 아크릴실란이 사용된 코팅 용액의 경우 실란커플링제의 양이 증가할수록 부착력과 연필경도가 향상되었다.

(5) 에폭시실란과 아크릴실란이 사용된 코팅 필름의 내수성을 확인한 결과 전반적으로 접촉각이 10~20° 증가하여 내수성의 보완이 필요한 것으로 판단된다.

## 감 사

본 연구는 중소기업청 기술혁신개발사업(과제번호 : S2219716)의 연구지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## References

1. Brinker, J. C. and Scherer, G. W., *Sol-Gel Science: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing*, Academic Press, Boston (1990).
2. Kim, S. W., "Characterization of UV Curable Hybrid Hard Coating Materials Prepared by Sol-Gel method," *Korean J. Chem. Eng.*, **28**(1), 298-303(2011).
3. Schmidt, H., "Inorganic-Organic Composites by Sol-Gel Techniques," *J. Sol-Gel Sci. Tech.*, **1**, 217-231(1994).
4. Lee, M. S. and Jo, N. J., "Abrasion-Resistance and Optical Properties of Sol-Gel Derived Organic-Inorganic Hybrid Coatings," *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **12**(6), 643-648(2001).
5. Kang, D. P., Park, H. Y., Ahn, M. S., Myung, I. H., Lee, T. J., Choi, J. H. and Kim, H. J., "Properties of Sol-Gel Materials Synthesized from Colloidal Silica and Alkoxy Silanes," *Polymer (Korea),* **29**(3), 242-247(2005).
6. Lee, D. I., Jang, S. H. and Song, K. C., "Preparation of Hydrophilic Inorganic-Organic Hybrid Coating Solutions by Sol-Gel Method," *HWAHAK KONGHAK*, **41**(6), 768-772(2003).
7. ASTM D3359, "Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test," ASTM International, 927-929(1997).
8. Park, J. K., Song, K. C., Kang, H. U. and Kim, S. H., "Preparation of Hydrophilic Coating Film Using GPS(Glycidoxypropyl Trimethoxysilane)," *HWAHAK KONGHAK*, **40**(6), 735-740(2002).
9. Kim, D. H., Song, K. C., Chung, J. S. and Lee, B. S., "Preparation of Hard Coating Solutions Using Colloidal Silica and Glycidoxypropyl Trimethoxysilane by the Sol-Gel Method," *Korean Chem. Eng. Res.*, **45**(5), 442-447(2007).