

# PEN필름에 대하여

이영진·이관형/(주)SKC 중앙연구소 필름개발실 책임·선임연구원

## 목 차

1. 서론
2. PEN이란
3. PEN Film 물성
4. 시장 동향 및 전망
5. 맺음말

### 1. 서론

전기·자기분야를 시작으로 각종 산업분야에 걸친 고기능화, 소형화 추세는 이들분야의 소재 및 원료로 사용되는 Film 및 Resin의 보다 향상된 기계적 강도, 내열성, 치수안정성, 내약품성 등의 특성을 요구해 왔으며, 이에 발맞추어 포장분야도 EVOH, EVA, PP, PE, PET, NYLON 등의 Multilayer 필름이 국내에서도 상품화되었으며, 보다 고기능성 Film 및 Resin의 개발이 시도되어 왔다.

지금까지 포장용으로 폭넓게 사용되고 있는 Resin으로 PET를 들수 있으며, 그 용도는 음료용 Bottle을 비롯하여, Tray, 각종 포장용 필름에 이르기까지 매우 다양하다.

PET라 함은 폴리에틸렌테레프탈레이트(Polyethyleneterephthalate)를 의미하며, 이는 테레프탈산(Terephthalic acid) 또는 디메틸테레프탈레이트(Dimethylterephthalate)와 에틸렌글리콜(Ethylene glycol)의

축중합에 의해서 만들어 진다.

PET는 기계적, 전기화학적 특성이 비교적 우수하고 가격이 저렴하여, 각종 산업분야에서 폭넓게 사용되고 있으며, 근래에 음료용 Bottle로서의 수요가 신장일로에 있다.

또한 폐기 처리시 환경오염물질 배출이 적어 PVC 대체용으로 필름 및 Tray 각종포장재로서 각광받고 있다. PET Film은 1958년

Dupont과 ICI가 상품화한 이래 국내에서는 SKC가 1978년 독자기술 개발에 의한 상업화에 성공, 설비증설 및 꾸준한 신기술개발을 추진한 결과 양적인 면에서나, 기술적인 면에서 세계 우수 Maker와 경쟁력을 가질수 있는 단계에 이르게 되었다.

그러나 1990년대에 들어서면서 환경문제가 보다 더 심각하게 되면서 유럽지역을 선두로 포장재의 회



▲ PEN 필름개발의 주역인 필름개발실 연구원

수 재사용이 강력히 요구되고 있으며 이에 대한 법적인 규제가 가해지게 되었다.

전세계적으로 연간 200만톤 이상의 PET Bottle이 사용되고 있으나, PET는 Resin의 고유물성인 유리전이온도가 70℃로 낮고 기계적 강도가 충분치 않아, 사용된 PET Bottle을 회수 고온·살균·소독·재사용이 어렵다.

또한 분해하거나 녹여서 다른 용도로 사용하는 방법이 일부 선진국에서 사용되고 있으나 그 비용이 매우 높아 경제성이 적으며, 이와같은 공정으로 처리된 PET는 제반 물성이 크게 저하되어 PET Bottle용으로 재사용이 어려우며, 기타 고급용도로의 재사용도 불가능하다.

국내적으로도 쓰레기 종량제 이후 급격히 증가한 PET Bottle의 폐기 처리문제로 고심하고 있으며, 환경오염을 줄일수 있는 방안으로 사용된 Bottle의 회수 재사용이 필수적이므로 PET 보다 기계적 강도 및 내열 특성이 보장된 Resin이 요구되게 되었다.

또한 프레온가스 대체냉매가 사용되는 냉장고 Motor 및 소형이면서 고용량인 Motor의 절연재로서 PET가 사용되고 있으나, 이보다 강화된 내열성 및 저올리고머성이 요구되고 있으며, 자기기록매체에서도 소형화 및 기록시간의 장시간이 요구되어, 자기기록매체의 베이스 필름으로 사용되고 있는 PET의 물성보강 및 새로운 Resin 개발에 대한 연구가 국내외적으로 계속되어왔다.

이런 문제를 일거에 해결해 줄 수 있는 새로운 Resin으로서 PEN이 등장했으며, 근래에 이에 대한 많은

연구가 국내외적으로 이루어져 그 가능성을 크게해주고 있다. SKC는 약 5년간의 실험실 및 Pilot 규모의 연구를 거쳐 생산설비로 1994년 PEN Resin 합성 및 PEN Film을 생산하는데 성공하여 국내적으로 수요확대가 예상되는 Film분야 및 Bottle 기타 기능성 포장재로서 PEN에 대한 관련 산업 종사자들의 이해를 도모하기 위한 것이 본 기사의 취지이다.

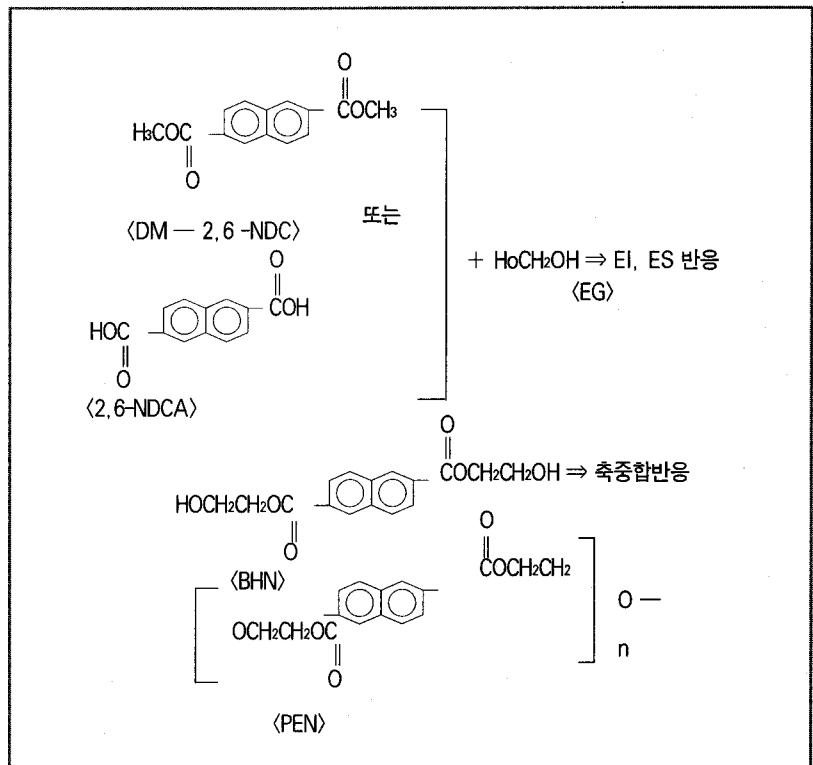
## 2. PEN이란

1990년 데이진에 의해 상업적으

(표1) PEN, PET 구조 및 반응식

| 구분 | PEN   |
|----|---|
| 원료 | Dimethyl-2, 6 - naphthalenedicarboxylate (DM - 2,6 - NDC)<br>2, 6 - Naphthalenedicarboxylic acid (2, 6 - NDCA)<br>Ethylene glycole (EG) |

분자 구조 및 반응식



로 필름 분야에 접목된 PEN(Polyethylenenaphthalate) Resin은 PET와 같은 폴리에스터의 일종으로서 기계적 물성이 PET의 1.5~2.0배 정도 우수하며, 내열특성이 양호하여 내구 사용온도가 PET보다 50℃ 이상 높다.

또한 Film의 박막화가 가능하여, 8mm, VHS-C Tape, Long-Play 용 등 자기용 Tape의 베이스 필름으로서 사용되고 있으며, 내열성 및 저올리고머이며 특성을 이용한 전기절연용 PEN 필름이 ICI에 의해서 상품화되어 수요가 증가일로에 있다.

(표2) PEN, PET 기본 물성

| 구 분                  | PEN                    | PET                    |
|----------------------|------------------------|------------------------|
| 유리전이온도               | 120℃                   | 70℃                    |
| 결정화 온도               | 220℃                   | 130℃                   |
| 융점                   | 257℃                   | 265℃                   |
| 결정화 속도, 반결정화시간(170℃) | 7.5분                   | 1분                     |
| 밀도 결정                | 1.407g/cm <sup>3</sup> | 1.455g/cm <sup>3</sup> |
| 비결정                  | 1.325                  | 1.331                  |

(표3) PEN 이성질체 물성

| 구 분     | Tg(℃) | Tm(℃)   |
|---------|-------|---------|
| 2,6-PEN | 115   | 268     |
| 1,5-PEN | 71    | 226-230 |
| 2,7-PEN | 119   | 220     |
| 1,4-PEN | 64    | 170     |
| PET     | 67    | 257     |

2-1. PEN 중합 방법

PEN Resin은 디메틸-2,6-나프탈렌디카복실레이트(Dimethyl-2,6-naphthalenedicarboxylate) 또는 2,6-나프탈렌디카복실산(2,6-Naphthalenedicarboxylic acid)을 에틸렌글리콜(Ethylene glycol)과 반응시켜 모노머(Monomer)를 제조한 후, 축중합시켜 PEN Polymer를 제조한다.

PEN은 PET원료로 사용되는 DMT를 디메틸-2,6-나프탈렌디카복실레이트 또는 TPA를 2,6-나프탈렌디카복실산으로 각각 치환한 형태이므로 PET와 같은 축중합방법을 이용, 합성이 가능하며, 따라서 PET 생산설비를 보완 개조함으로써 PEN 생산이 가능하므로, 기존 PET 제조업체들이 비교적 용이하게 상업화 할 수 있는 장점을 가지고 있다. [표1]에 구조 및 반응식을 나타냈다.

2-2. PEN Film 제조방법

필름을 제조하는 공정도 기본적으로 PEN과 PET의 기본 물성이 비슷하므로 용융압출, 축차 2축 연신법에 의해서 PEN Film 제조가 가능하다. 그러나 PEN은 PET보다 용융점도가 4~5배 높고, 결정화 온도가 높으며, 시간이 7.5배 정도 PET보다 많이 걸리는 특징을 가지고 있다. 또한 연신공정의 조건설정을 위한 기준이 되는 유리전이 온도가 PET보다 50℃ 높은 특징을 가지고 있기 때문에, PET와 동일한 공정조건 및 설비로서 생산이 불가능하다. 각 공정별로 특징을 보면 중합에서 생산된 PEN Chip을 연속식 또는 Batch식 건조기에 투입, 150℃ 이상에서 4시간이상 결정화 및 건조시킴으로서 Resin 내에 함유되어 있는 수분을 제거하는 것이 필요하다.

이렇게 건조된 Chip을 용융압출기 및 Die를 통해 Sheet 상태로 냉각 Casting 하게 되는데 PEN의 높

은 용융점으로 인하여, 압출기에 많은 부하가 걸리게 되므로 주의가 필요하다. 이렇게 생산된 미연신 Sheet를 여러개의 예열틀을 통과시켜 130℃이상 예열 중연신을 실시한 후, Tenter에서 횡연신을 실시하여 PEN Film을 제조하게 된다.

PEN은 PET보다 결정화 속도가 느리므로 고배율연신을 하는데 유리한 특징을 가지고 있으며, 연신비 및 온도를 조정하여 원하는 Film 두께 및 기계적 요구 물성에 맞는 PEN Film을 생산하게 되는데 균일한 두께의 Film을 생산하는 것이 가장 중요한 문제로 남아있다. 표2의 내용에서 알 수 있듯이 PEN과 PET의 용융온도가 비슷하여, PET와 거의 동일한 온도조건에서 축중합 PEN합성이 가능하다. 유리전이 온도가 PET와 상이하여 PEN은보다 높은 온도조건에서 연신이 필요하다. PEN, PET의 기본 물성은 다음 [표2]와 같다.

2-3. PEN 이성질체

PEN은 분자구조상 Naphthalene Ring에 Carboxyl Group이 붙어있는 위치에 따라 여러가지 이성질체를 갖는다. 이들 중 높은 대칭성을 갖는 2,6-PEN이 높은 융점과, 결정성을 가지고 있어 우수한 Polymer 물성을 보여준다. 그러므로 일반적으로 말하는 PEN은 2,6-PEN을 의미하며 본 자료의 PEN도 2,6-PEN을 의미한다. PEN도 PET와 같이 분자구조상 대칭성이 결여될수록 융점이 강화되고 결정성은 저하되어 기계적 물성이 불량해지므로 고강도를 요구하는 용도로는 사용이 불가

능하다. 각 이성질체의 물성을 다음 [표3]에 실었다.

### 2-4. 결정 구조

PEN의 결정구조는 단위격자 (Unit Cell)가 Triclinic 구조를 갖고 있으며, 두개의 결정구조를 가지고 있는 것으로 알려져 있다.

Mencik에 의해 밝혀진  $\alpha$ -form과 Zachmann에 의해 밝혀진  $\beta$ -form이 있으며, 다음 [표4], [그림1]에 이들 결정에 대한 Data 및 구조를 나타냈다. PEN은 결정화 속도가 느려 필름을 제조하는 공정에서 열에 의한 결정화가 이루어지기보다는 연신응력에 의한 결정화가 주로 이루어지는 것으로 실험결과 나타났으며, 연신배율과 온도에 따라서 다소 차이는 있으나, 일반적으로 PEN Film의 밀도는  $1.36\text{g/cm}^3$  정도이다. 그리고 이 정도의 결정화도에서 충분한 열안정성을 가지며, 열수축율이 작아 고온에서의 내구성을 유지할수 있다. 밀도를 이용하여 결정화도를 구하는 식은 다음과 같다.

[표4] PEN, PET 결정구조 비교

| 구분             | a(nm) | b(nm) | c(nm) | $\alpha^\circ$ | $\beta^\circ$ | $\gamma^\circ$ | Pc    | Pa    |
|----------------|-------|-------|-------|----------------|---------------|----------------|-------|-------|
| $\alpha$ -form | 0.651 | 0.575 | 1.32  | 81.33          | 144           | 100            | 1.407 | 1.325 |
| $\beta$ -form  | 0.926 | 1.559 | 1.273 | 121.6          | 95.57         | 122.52         | 1.439 | 1.325 |
| PET            | 0.448 | 0.589 | 1.071 | 99.8           | 117.6         | 111.5          | 1.501 | 1.335 |

[표5] PEN, PET 기계적 물성비교

| 구분        | 단위               | SKC PEN Film |     | SKC PET Film |     |
|-----------|------------------|--------------|-----|--------------|-----|
|           |                  | MD           | TD  | MD           | TD  |
| Film두께    | $\mu$            | 14           |     | 14           |     |
| 파단강도      | $\text{kg/mm}^2$ | 34           | 37  | 30           | 32  |
| 파단 신도     | %                | 86           | 75  | 110          | 120 |
| F-5치      | $\text{kg/mm}^2$ | 16           | 17  | 10           | 11  |
| Young 율   | $\text{kg/mm}^2$ | 680          | 690 | 500          | 530 |
| Stiffness | mg               | 1.6          | 1.7 | 1.3          | 1.3 |

$$\frac{dc(d-da)}{(Xc = d(dc - da))}$$

여기서 Xc는 결정화도

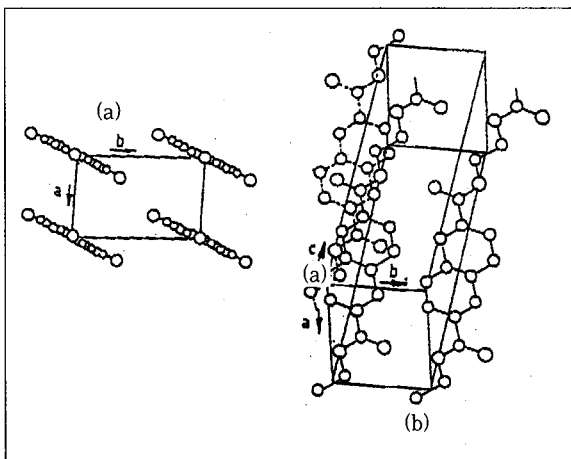
dc는 결정부분의 밀도, da는 비 결정부분의 밀도이고, d는 시료의 밀도이다.

### 3. PEN Film 물성

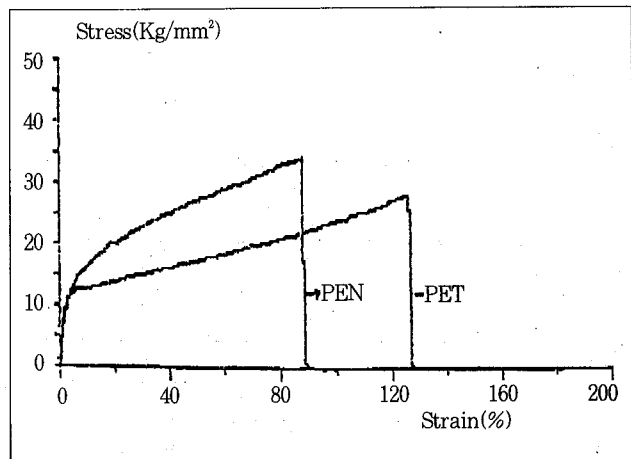
#### 3-1. 기계적 특성

PEN은 PET에 비해서 파단강도, F-5치, 영율이 동일 연신 배율로 연신한, 유사한 두께의 PET Film에 비해서 약 1.5~2.0배 높으며, 반대로 파단 신도는 낮게 나타나, 높은 기계적 강도를 요구하는 자기기록매체의 베이스 필름으로서 가장 먼저 상품화 되었다. 이렇게 PEN이 높은 기계적 강도를 나타내는 것은 분자 Chain내의 나프탈렌링이 PET의 벤젠링에 비해서 강한데 기인하며,

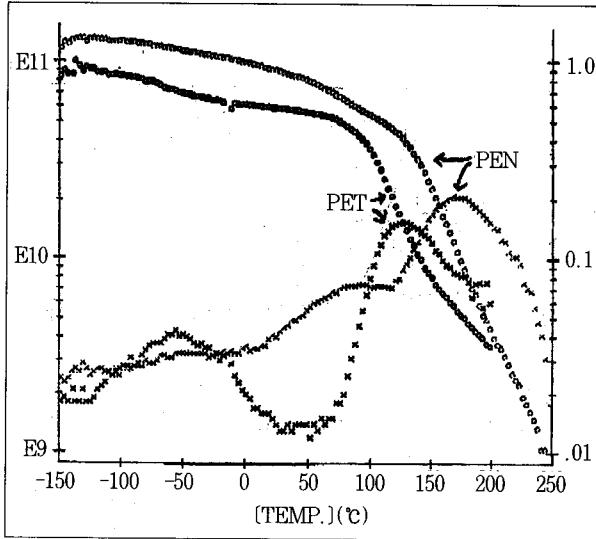
[그림1] PEN의 결정구조



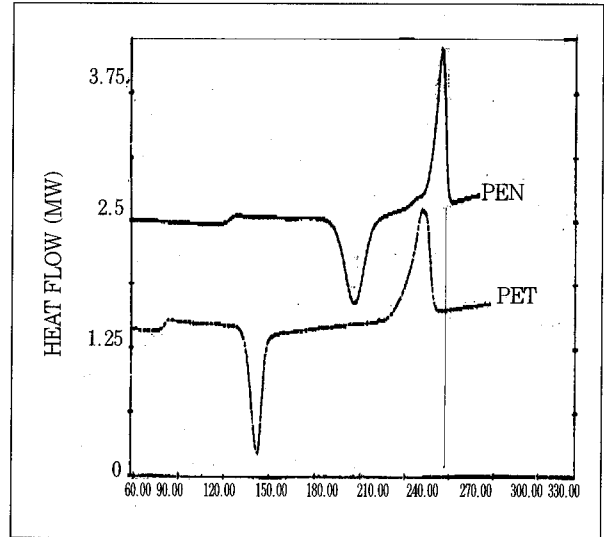
[그림2] Strain-Stress 곡선비교



(그림3) PEN, PET Elastic Modulus,  $\tan\delta$  비교



(그림4) PEN, PET DSC Curve 비교



또한 나프탈렌링의 부피가 벤젠링에 비해 크기때문에 PEN의 결정화 속도가 PET보다 늦으며, 고온에서 고배율로 연신이 가능하므로 높은 기계적 강도를 갖는 Film을 제조하는데 PET에 비해 유리하다. SKC에서 제조한 PEN과 PET의 물성을 다음 표5에 비교하였다. 그리고 아래 그림2에 Strain-Stress 곡선을 나타냈다.

PEN은 Film의 탄성계수가 PET에 비해 높고, 고온에서도 PET에 비해 급격한 저하가 없이 유지되므로 기계적 강도가 높고, 내열 특성이 우수한 것을 위 (그림3)을 통해서도 알수있다.

### 3-2. PEN의 내열 특성

전술한 바와 같이, PEN은 분자 Chain내에 강직한 나프탈렌링을 가지고 있기때문에 PET보다 융점은 10℃정도 높으나, 유리전이온도는 약 50℃ 정도 높아 PEN Film은

PET에 비해 내열 특성이 우수하고 특히 고온에서의 치수안정성이 양호하다. 열적특성과 관련된 물성을 아래 [표6]과 (그림4)에 나타냈다.

### 3-3. 전기적 특성

PEN Film의 전기적 용도로서는 Motor 전기절연용과 콘덴서용 필름을 들수 있으나, PEN의 내열 특성을 이용 기타 고온사용 전기재료로서의 용도가 개발되고 있다.

또한 PET와 같이 박막화가 가능하여 콘덴서용으로서의 수요확대가 기

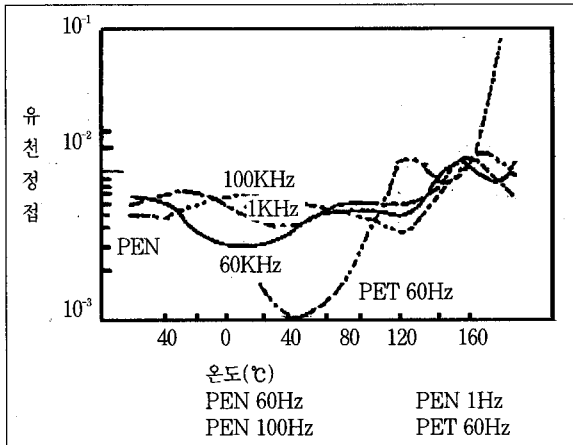
대된다. PEN Film의 전기적 특성을 아래 (그림 5,6)에서 보면 PEN의 유전율은 상온 근처에서는 PET에 비해 10% 정도 낮으며,  $\tan\delta$  쪽은 상온 근처에서는 PET보다 높지만 80~130℃ 구간에서는 PEN쪽이 낮아 고온에서의 사용에 적당한 것을 알 수 있다. Data는 [표7]에 실었다.

진공 및 절연유 중에서의 PEN Film의 절연과파 강도를 보면 내열성이 우수하여 온도에는 크게 영향을 받지않으며 Film의 두께에 의존

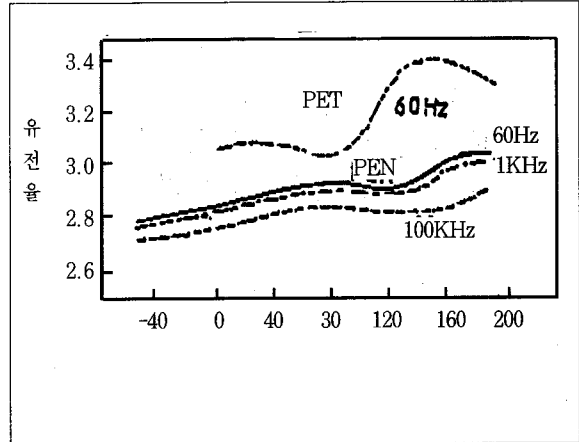
(표6) PEN, PET Film 내열특성 비교

| 구분     | 단위                    | PEN Film |      | PET Film |     |
|--------|-----------------------|----------|------|----------|-----|
|        |                       | MD       | TD   | MD       | TD  |
| 융점     | (℃)                   |          | 266  |          | 257 |
| 유리전이온도 | (℃)                   |          | 120  |          | 72  |
| 열수축율   | (%)                   |          |      |          |     |
|        | 100℃×30분              | 0.2      | 0    | 0.5      | 0   |
|        | 150℃×30분              | 0.9      | 0    | 1.5      | 1.2 |
|        | 200℃×30분              | 2.1      | 1.2  | 4.0      | 1.5 |
| 온도팽창계수 | 10 <sup>-6</sup> /℃   |          | 13   |          | 15  |
| 습도팽창계수 | 10 <sup>-6</sup> /RH% |          | 10.5 |          | 11  |

(그림5) 유전율의 온도 의존성



(그림6) 유전점점의 온도의존성



하는 것을 알수 있다. Film 두께 25 μm 에서 가장 높은 수치를 보이며, 그보다 두껍거나 얇으면 값이 작아진다. 그림7,8에 이러한 관계를 나타내었다.

3-4. 기타 특성

▲화학적 특성 : PEN도 Polyester 이므로 가수분해가 일어나지만 PET 보다 약 4배정도 안정성이 우수하다. 또한 산, 염기, 유기용매에 대한 내성이 뛰어나다. 아래 [표7]에 Data 를 실었다.

▲Gas Barrier성 : 수증기, 산소,

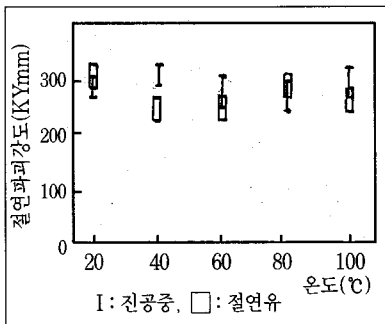
CO<sub>2</sub> 등의 Gas 투과도가 PET에 비해 1/3 ~ 1/5 정도로 PEN이 우수한 것으로 나타났으며, 이러한 특성을 이용 PEN Film이 식품 포장에 많은 용도로 적용될수 있을 것으로 판단된다.

▲광학적 성질 : PET Film은 340 nm 이하의 파장을 흡수하고 가시광선 영역에서는 투과율이 높아 투명하나, PEN은 300~380nm 영역에서 자외선과 일부 가시광선의 흡수가 있어 약간의 황색을 띤다. 이러한 자외선의 흡수로 인한 열화 현상을 고려할 수 있으나, 실험적으로 PEN이 PET보다 빨리 열화현상을 나타낸다면, 기계적 물성의 저

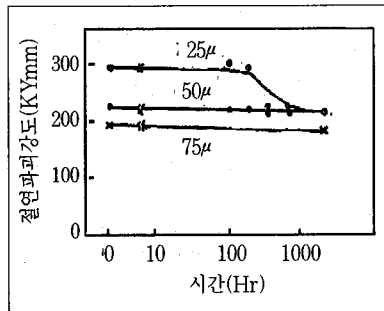
하를 보이지는 않는 것으로 알려져 있다. 그림9에 PEN과 PET의 파장에 따른 광투과율을 실었다.

▲표면특성 : Film 제조공정에서 Film과 Roll의 마찰 특성 및 Film의 주행특성을 개선하기 위해서 Resin 중합 공정 또는 압출 공정에서 무기입자를 투입, Film의 표면 특성을 조절하게 된다. 무기입자의 크기와 투입량을 조절하여 Film표면 돌기의 높낮이 및 갯수를 조정하게 되며, Film이 너무 평활할경우 Blocking현상이 발생해 공정성이 불량해지고, 표면이 너무 거친 경우 자기기록매체의 전자특성 및 Film의 투명성이 저하되는 문제를 야기

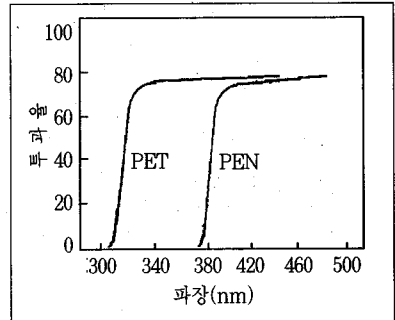
(그림7) 절연파괴 강도의 온도의 의존성



(그림8) 두께별 절연파괴 강도(200℃)



(그림9) PEN, PET 광투과율



(표7) PEN, PET Film 특성 비교

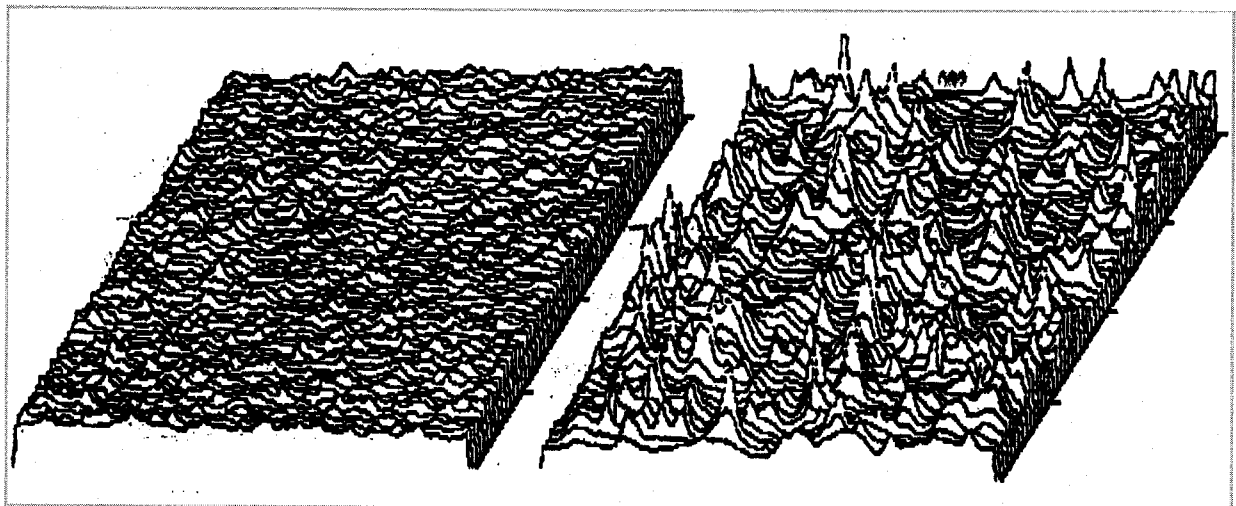
| 구 분             | 단 위                               | PEN Film<br>(축차 2축 연신)                                | PET Film<br>(축차 2축 연신) |       |
|-----------------|-----------------------------------|---|------------------------|-------|
| BDV             | (kv/mm)                           | 340   | 325                    |       |
| 유전율<br>(25℃)    | 60 Hz                             | 3.0   |                        |       |
|                 | 1 KHz                             | 2.9   |                        |       |
|                 | 1 GHz                             | 2.9   |                        |       |
| tan(δ)<br>(25℃) | 60 Hz                             | 0.003   | 0.002                  |       |
|                 | 1 KHz                             | 0.005   | 0.006                  |       |
|                 | 1 GHz                             | 0.005   | 0.008                  |       |
| 표면저항율<br>(25℃)  | 10 <sup>17</sup> Ω                | 2   | 6                      |       |
| 체적저항율<br>(25℃)  | 10 <sup>17</sup> Ω cm             | 10  | 7                      |       |
| 흡수율             | (%)                               | 0.3   | 0.4                    |       |
| 수증기투과율          | (g/m <sup>2</sup> )<br>(24hr)     | 6.7   | 21.3                   |       |
| 가스투과성           | CO <sub>2</sub><br>O <sub>2</sub> | (10 <sup>-12</sup> , cc. cm/cm <sup>2</sup> sec·cmHg) | 3.7                    | 13    |
|                 |                                   |   | 0.8                    | 2.1   |
| 표면조도            | Ra                                | nm  | 14                     | 17    |
|                 | Rz                                | nm  | 150                    | 180   |
|                 | Peak                              | 갯수/mm <sup>2</sup>                                    | 11740                  | 12000 |
| 마찰계수            | 정                                 |   | 0.42                   | 0.40  |
|                 | 동                                 |   | 0.40                   | 0.38  |
| 수 접촉각           | (°)                               |   | 70                     | 70    |
| Haze            | (%)                               |   | 12                     | 4.0   |
| 빛 투과율           | (%)                               |   | 82                     | 88    |
| 전올리고머           | (W%)                              |   | 1.0                    | 2.0   |
| 추출 올리고머         | (W%)                              |   | 0.4                    | 1.2   |

하므로, 표면특성 조절은 Film 제조 기술의 중요한 요소중의 하나이다. PEN의 경우도 기본적인 기술은 PET와 유사하며 [그림 10]은 표면조도가 차별화된 두가지 PEN Film의 표면형상이다. 관련 Data는 [표7]에 실었다.

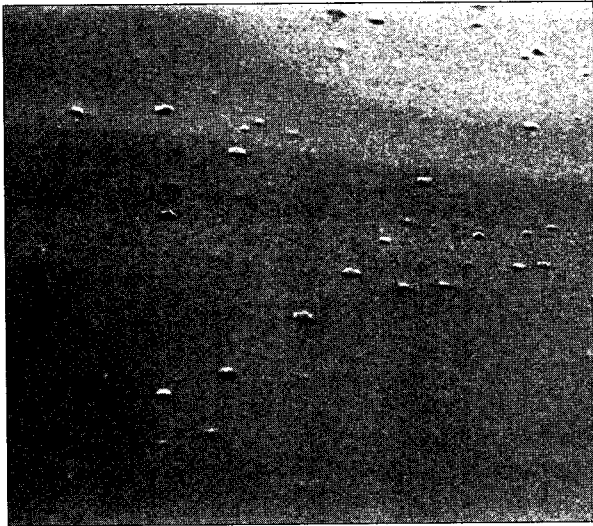
▲저 올리고머 특성 : PEN은 PET에 비해 폴리머 내에 분자량이 작은 올리고머의 함유량이 적어 Film 제조공정에서 표면에 올리고머가 석출되어 Roll 및 Film을 오염시키는 현상이 거의 나타나지 않는다.

특히 냉장고 Motor와 같은 밀폐형 Motor의 절연체로서 사용했을때 냉매에 의해 추출된 올리고머가 냉매순환 Nozzle을 막는 현상이 발생하지 않는 장점을 가지고 있다. [그림 11, 12]는 200℃에서 4시간 열처리한 PEN과 PET의 표면사진으로서 올리고머의 석출에 큰 차이가 있음을 보여주고 있다.

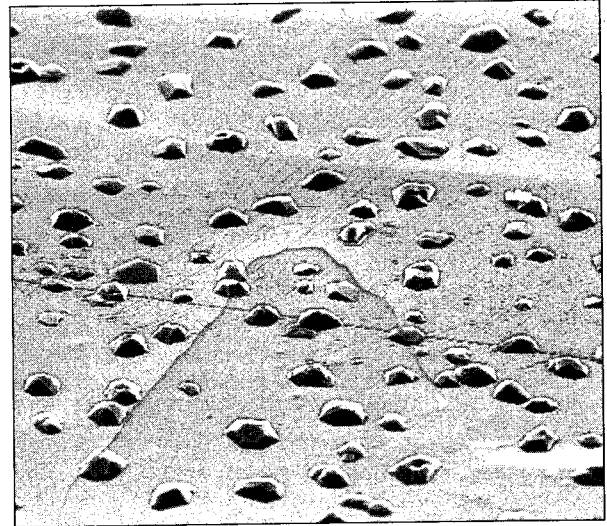
(그림 10) PEN Film의 3차원 조도



(그림11) PEN Film의 표면 올리고머 (1000배 확대 사진)



(그림12)PET Film의 표면 올리고머 (1000배 확대 사진)



#### 4. 시장 동향 및 전망

이와같은 우수한 조건에도 불구하고 PEN이 PET용도의 많은 부분을 대체하지 못한 것은 PEN원료 생산 설비가 초기 상업화 단계로 원료가 높아 특수 용도 이외에는 PET 대비 경쟁력을 갖지 못하기 때문이다. 아래 [표8]은 PEN의 수요확대 전망의 배경과 지연의 배경을 나타낸 것으로 양 항목의 균형에 따라 향후 PEN의 확대규모 및 속도가 다르게 될 것이다.

그러나 1995년 하반기 AMOCO사의 년 7만톤 생산규모의 PEN 원료 생산 신설비가 완공되어, 원료가격이 13불/kg에서 3불대로 하락할 예정이므로 수요의 급격한 증가가 예상된다.

또한 환경문제가 국내외적으로 심각해지면서 PEN의 내열성과 강도를 이용, 회수 재사용이 가능한 Bottle용 Resin으로서의 수요확장

이 기대된다. 또한 최근에 일본 데이진이 PEN Film의 가격을 원료가격하락에 발맞추어 현재의 2000-3000엔/kg에서 1000엔/kg으로 낮추어 생산 판매함으로써 수요확대를 촉진하겠다는 발표를 했다.

이럴 경우 8mm Tape용 등 고급 특수 품종에서 높게 형성된 PEN과 경쟁관계에 있는 PET Film의 가격도 하락이 불가피하며, PEN, PET의 가격경쟁이 심화될 것으로 예상된다. 그러므로 각 업체는 기존

[표8] PEN 수요확대 지연 배경 및 전망

| 구분    | PEN 수요 확대 전망 배경  | PEN 확대 지연 배경  |
|-------|--|---|
| 원료 수급 | Amoco 증설완료 ⇒ 가격하락 (3불/1kg) ⇒ 수요확대 예상   | ·PEN원료 가격이 높아 PET와의 Full 경쟁이 안됨<br>·지금까지 원료 생산 설비가 Pilot 규모임                                      |
| 생산 설비 | ·PET생산 설비를 개조하여 생산 가능하므로 투자비 절감  | ·모든 PET 생산 업체가 개발에 참여하여, 소규모시장에 출혈경쟁 우려, 관망상태   |
| 기술 측면 | ·PET 업체의 기술개발이 활성화 되고 있음.<br>·참여 업체의 증가  | ·초기 기술 개발, 경험축적이 어려움<br>·Pilot단계에서 생산설비로의 규모 확대의 어려움이 큼   |
| 경쟁 상품 | ·Film<br>물성적인 측면에서 PET와 고기능성 Film과 중간 위치, 요구 증대하고 있음, 가격하락시 경쟁우위 확보 전망<br>·Returnable Bottle<br>물성적인 측면에서 PET대비 경쟁우위에 있으며, 가격하락시 수요확대 전망 | ·Polyaramid, PPS와 HDTV용, 전기절연용 등의 용도에서 경쟁관계<br>·Heat Set PET Blow molded hot fill container와 경쟁관계 |



Film시장에서의 과당 경쟁을 피하기 위하여 차별화된 PEN 제품 개발에 주력할 것으로 전망되며, 특히 Film 개발을 마친 업체는 Copolymer 및 Blend를 이용한 새로운 제품의 용도 개발 및 Bottle, 섬유 및 성형수지 개발에 연구를 집중하고 있다. Fuji 등 카메라 Film Maker는 차세대 카메라용 고강도 박막 Film 개발을 진행중에 있으며, 제품 개발 추이는 다음 [표9]와 같다.

### 5. 결론

수십년간 Film, 섬유 등 기능성 소재로서 폭넓게 사용된 PET를 점진적으로 대체할 가능성을 가진 PEN 소재 개발은 일본 데이진을 필두로 많은 업체가 다년간의 연구를 진행해 상당한 성과를 얻은 것으로 알려져 있으며, 여러 용도에서 시제품 형식으로 상품화 되었다.

지금까지 시장동향 및 기술의 발

전 추이를 보면 PEN의 전망은 밝다고 볼 수 있으며, 특히 Bottle 및 기능성 포장용 Film으로서 PEN의 발전 가능성은 매우 크다 할 수 있다. 국내적으로 제일합성, 코오롱등 PET 제조 업체가 연구를 진행하고 있으나, 설비적, 기술적인 어려움이 있는 것으로 알려져 있다.

SKC는 1990년 개발에 착수, 실험실 및 Pilot 단계의 실험을 거친 다년간의 연구결과, PET중합 및 제막 설비의 일부를 보완, 데이진, ICI에 이어 국내최초로 생산 설비를 이용 이축연신 PEN Film 제조에 성공했다. PEN 필름개발의 핵심사항인 고점도 중합공정기술, 압출 및 고온 연신 기술 등의 공정상 기술적 난제를 해결, PET 필름 자체개발에 이어 차세대 엔지니어링 필름으로 주목받는 PEN 필름을 자체 개발함으로써, 특수 소재의 국산화로 향후 관련 산업에 좋은 영향을 미칠수 있으며, 수출의 발판을 마련한데 그

의의가 있다 하겠다.

현재로서는 PEN 시장이 성숙되지 않아 대량생산에 의한 가격경쟁력 확보, 다양한 용도 개발, PEN 생산의 기술적 미비점 보완, 또한 후가공 업체의 PEN소재 사용에 따른 공정조건 개선 등, 많은 문제가 남아 있지만, 이런 지면을 통한 방법, 또는 설명회 등 다른 방법을 이용해 정보를 공유함으로써 소재 생산업체와 후가공업체, 최종사용자가 PEN의 우수성에 공감대를 형성할 때, PEN의 수요확대는 보다 앞당겨질 것으로 생각한다.

아울러 SKC는 PEN 범용화에 중점적인 역할을 할 것을 천명하며, 국내 포장재의 질적향상 및 포장산업의 발전에 PET에 이은 PEN을 통해 다시한번 적지 않은 기여를 할 것으로 믿어 의심치 않는다. [K]

[표9] PEN을 이용한 제품개발 추이

