

## 해외 최신기술 자료특집

본지에 게재되는 해외최신기술자료 등은 일본 [PLASTICS AGE社]와의 기사특약에 의한 자료 및 당사의 각국 CHECK POINT를 통하여 입수되는 자료이므로 국내 정보와 함께 해외의 신기술과 정보를 빠르고 폭넓게 접하실 수 있습니다.

### 기능성 필름의 기술 개발과 시장 전개

#### 기능성 필름, 그 기술과 시장의 조류

金井 俊孝

본문에서는 기능성 필름을 중심으로 스마트폰이나 태블릿형 단말 등에 사용되는 터치 패널용 필름, 모바일기나 수송기기에 중요한 Li 이온전지, 태양전지 등에 사용되는 기능성 필름, 에너지 효율을 높이는 열차단 필름이나 의료 포장의 배리어성 필름 등을 중심으로 다룬다.

#### 플렉서블한 카본 나노 튜브(CNT) 투명 도전 필름의 개발

Kim Yeji

이번에 개발한 CNT 투명 도전 필름은 진공이나 고온 프로세스를 필요로 하지 않고 자원 절약, 에너지 절약, 또한 실온에서 성막(成膜)할 수 있는 용액 프로세스로 제작할 수 있다. 이 투명 도전 필름은 기재 필름의 투과율에 대하여 89~98%의 투과율일 때 표면 저항률 68~240Ω/sq라고 하는 웨트코팅법에 의한 투명 도전 필름으로서, 지금까지 보고된 것과 비교하여 세계 최고 레벨의 투명성과 도전성을 가진다. 또한 CNT 특유의 굴곡성이나 밀착성에 의해서 굴곡저항성, 내충격성이 우수해서 접을 수 있게 된다.

#### 내열성과 간편 성형성을 양립한 이형 필름

真鍋 功 / 坂本 光隆 / 高橋 弘造

성형 전사는 기재(이형) 필름에 도공(塗工)한 기능성 성막을 대상이 되는 제품(피착체)에 전사, 부착시키는 기술이다. 본문에서는 표면장식 분야를 중심으로 주목받고 있는 성형 전사 기술의 기재 필름에 요청되는 특성과 그 특성을 충족시키는 올레핀계 이형 필름에 대해서 소개한다.

#### 도금 느낌도 포함한 다양한 표면장식 기술을 가능하게 하는 「테프렉스」간편 성형 필름

半田 昌史

플라스틱 제품의 표면장식 기술 진보는 현저하다. 표면장식 성패의 열쇠를 쥐고 있는 표면장식 필름으로서 개발되어 다양한 용도로 전개되고 있는 테프렉스 간편 성형 필름에 대해서 그 개요와 특징, 용도에 대해서 말한다.

#### 수압 전사용 필름에 의한 온디맨드 표면장식

伊藤 勝仁

입체물에 대한 표면장식에서 소로트를 향하여 사진 화상 등 섬세한 표면장식을 실현할 수 있는 것은 별로 없었다. 이번에 잉크젯 프린터를 사용한 온디맨드 수압 전사의 수압인 리얼 프린트 시스템에 적합한 미디어(WTP)를 개발하였다.

#### 생산 라인용 고속 위상차 맵핑 시스템 (KAMAKIRI)의 개발

大沼 隼志

세계 최초의 편광 고속 이미지 센서 개발에 의해서 기존의 복굴절점 계측을 면 계측으로 확장하였다. 또한 리얼타임 검사나 반송 방향으로의 맵핑 데이터 작성 등 새로운 검사 방법을 소개한다.

# 기능성 필름, 그 기술과 시장의 조류

金井俊孝\*

## 머리말

본문에서는 장래에도 성장이 기대되는 기능성 필름을 중심으로 iPhone이나 iPad로 대표되는 스마트폰이나 태블릿형 단말 등에 사용되는 터치 패널용 필름, 모바일 기기나 하이브리드 자동차, EV 자동차, 항공기에 중요한 Li 이온전지, 동일본 대지진 이후 주목받고 있는 태양전지 등에 사용되는 기능성 필름, 에너지 효율을 높이는 열 차단 필름, 화석연료를 사용하지 않는 PLA 필름이나 식품 포장, 의료포장의 barrier성 필름 등을 중심으로 다룬다. 또한 필름 제조에 빼놓을 수 없는 필름 성형기나 필름을 성형가공하는 데에 있어서 기반이 되는 고차 구조 해석, 광학물성 평가기술에 관해서도 개관하였다.

## 1. 최근의 필름 개발 동향

플라스틱 필름은 용도별로 본 플라스틱 전체의 약 35%를 차지하고 있는데 대단히 큰 비율이다. 그 중에서도 2축 연신 PP 필름은 포장 필름 용도를 중심으로, 2009년 실적에서는 전 세계에서 총수요량 500만 톤, 제조능력은 650만 톤에 달하고 있다. 최근에는 매년 100만 톤/년의 비율로 능력 증강이 이루어졌고, 그 절반 이상을 중국이 차지하며 2013년 말의 제조능력은 1,000만 톤 규모에 달한다고 예상된다.

1900년대는 구미, 일본이 2축 연신 필름 제조의 중심이었지만, 현재는 크게 양상이 달라지고 있다. PET 필름도 기존에는 기록용 자기테이프가 큰 비율을 차지했었지만, 현재는 포장용, 광학필름이나 태양전지의 팩 시트 등으로 시프트하고 있다.

코스트면에서는 지금까지 일본의 엔화 상승 문제에 있어서 동남아시아로 제조기지가 옮겨졌지만, 일본의 필름

에 대한 연구개발력은 여전히 우위의 입장에 있다. 또한 최근, 아베노믹스 효과로 인해서 1달러가 약 100엔이 되어 일본에서의 고부가가치 상품제조도 기대된다.

이번에 다루는 각 항목은 일본에서 신규연구로서 활발히 연구개발이 진행되고 있는 것이다.

## 2. 기능성 필름 용도

### 2.1 자동차·모바일용 필름

최근, 수요의 신장이 현저한 Li 이온전지용 필름으로서 세퍼레이터나 전지용 소프트 패키지가 있다.

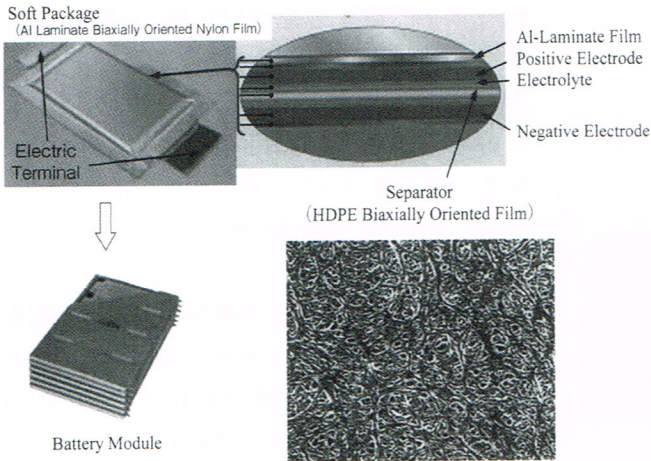
#### (1) 세퍼레이터

세퍼레이터용 HDPE 필름은 Li 이온전지에서 135℃ 이상의 폭주 반응을 방지하기 위해서 안전면에서 필수적인 재료이다.<sup>1)</sup> HDPE와 PP의 원료는 촉매 금속 잔사를 저장한 고분자량 원료가 사용되고, 성형법에서는 습식과 건식법이 있다.

습식법은 HDPE/WAX계의 2성분계, 또는 3성분계의 스피노달 분해의 후기 상구조 제어를 해서 연신(延伸)하고, 그 후 WAX를 씻어내는 건조 공정이 필요해서 상당히 복잡한 제조 공정으로 이루어지고 있다.<sup>2)</sup> HDPE 필름의 내열성도 부족하기 때문에 PP와 HDPE의 다층 구조를 쓰고 있는 경우가 많다(그림 1). 가열 폭주 온도에 달할 때 HDPE의 용점(HDPE 필름은 안전 대응)에서 녹아 버리면 전지를 사용할 수 없게 되는 문제가 있다. 그래서 내열성을 향상시키기 위해서 PP(예: PP/HDPE/PP)나 내열성이 있는 필름층을 마련하고 있는 것이 현상이다.

미쓰비시케미컬의 세퍼레이터는 PP/HDPE/PP의 건식 방식이고, 결정(結晶)의 라멜라 구조인 비결정부를 2축 연신 텐터(Tenter)법으로 나노미터 오더 레벨의 미세 구멍을 여러 개 가진 3차원 구조를 형성시키는 독자적인 기술로 제조하고 있어서 이온을 막 전체에 균일하게 이동시킬 수 있다.<sup>3)</sup> 과열방지 퓨즈 효과를 기대하며, 135℃를 용점으로 하는 고분자량 HDPE와 160℃의 PP 구성인데,

\* Toshitaka Kanai  
KT Polymer  
Tel./Fax. 0438-62-4411  
兼任 京都工芸繊維大学 特任教授



〈그림 1〉 Li 이온전지 (세퍼레이터, 소프트 패키지)

최근에는 더욱 향상된 고내열성이 요구되고 있다.

Li 이온전지 제조는 한국이나 독일, 중국의 맹추격이 있어서 일본의 생산량 비율은 저하하는 경향에 있다. Li 이온전지의 신장은 모바일 신장으로 지탱되어 왔지만, 앞으로의 큰 수요 신장은 전기 자동차가 어떻게 되느냐에 따라 결정된다.

앞으로의 Li 이온전지의 과제는 ① 대전류 충방전, ② 급속 충전, ③ 절대 안전성, ④ 저코스트화인데, 현재의 세퍼레이터 제조 속도가 느려서 전기 자동차가 각 사에서 시작될 경우에는 충분한 생산 속도를 확보할 수 없게 될 가능성이 높다. 연신(延伸)하기 어려운 고분자량 HDPE에 가하여 첨가한 성분의 용제에 의한 제거와 건조 공정의 속도가 애로 사항이 된다.

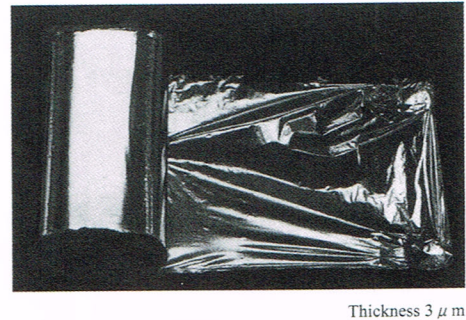
(2) 소프트 패키지

Li 이온전지의 정극, 세퍼레이터, 전해액, 음극의 구성을 감싸는 소프트 패키지가 사용되고 있다. 휴대 단말이나 태블릿형 단말에서의 수요 신장이 커서, 장래적으로는 가솔린차로부터 EV 자동차로의 비율이 높아짐에 따라 큰 신장을 기대할 수 있는 분야이다.

라미네이트 필름으로서 모바일용은 Nylon 25 $\mu$ m/AL 40 $\mu$ m/PP 50 $\mu$ m의 필름 구성이고, 차량 탑재용은 PET 12 $\mu$ m/Nylon 15 $\mu$ m/AL 40 $\mu$ m/PP 80 $\mu$ m의 필름 구성이다. PP의 히트씰층의 구성이나 씰 조건에 노하우가 있다.<sup>4), 5)</sup> PP의 씰성은 안전면에서도 대단히 중요하고, 또한 나일론 필름은 배리어층으로서의 AL층에 대하여 강도·딥드로잉 성형성을 부여하여 변형 추종성을 갖게 하는 것이며, 필름의 모든 방향에서의 신장, 강도의 균일성이 필요하다.

(3) 컨덴서용 극박 필름

컨덴서의 시장은 약 1.5조 엔이지만, 필름 컨덴서의 시장은 1,700억 엔 정도이다. 앞으로 하이브리드 자동차,



〈그림 2〉 필름 컨덴서

전기 자동차가 신장하여 고전압이 기대되는 분야가 신장하면, 또한 그에 따른 큰 신장을 기대할 수 있다. 필름 컨덴서는 주로 PET, PP, PPS, PEN이 사용되고 있다.

〈그림 2〉에 나타내는 PP 필름 컨덴서의 메리트는 절연 저항이 높고, 자기회복성이 뛰어나서 고압 캐퍼시터용으로서 적합하고 내구성도 우수하다.

캐퍼시터의 정전 용량(C/V)은 유전체(필름) 두께의 2승에 반비례하기 때문에 필름의 박육화는 대단히 중요하다. 2축 연신 PP(BOPP)는 하이브리드 자동차의 캐퍼시터 형상에서 3 $\mu$ m가 필수로 되고 있지만, 이미 개발 품은 2.5 $\mu$ m의 레벨로 되어 있다. 제조는 순차 2축 텐터(Tenter)법이지만, 손상 방지나 필름 물성의 밸런스로부터 동시 2축법도 적용되고 있다. 인플레이션법은 기름의 함침성(含浸性)은 우수하지만 편육 정밀도나 박막화에 문제가 있기 때문에 수  $\mu$ m두께로 전력용 컨덴서로써 주로 사용되고 있다.

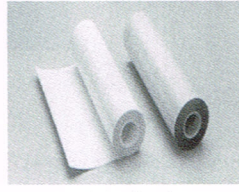
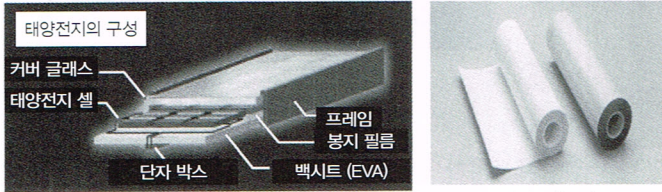
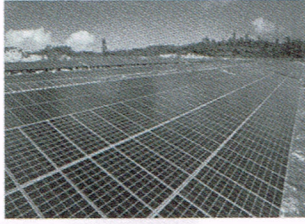
필름의 박막화에 따른 성형성, 연신성, 반송 주름, 정전기 제어, 표면 조도 및 치수 정밀도가 중요한 포인트가 된다.

① 내열성 향상

자동차 분야에 채용되기 위해서는 내열성이 중요한 인자인데, PP에서는 고입체 규칙성이 사용된다. 입체 규칙성 향상에 의해서 고내열화를 꾀하지만, 내열 온도 150 $^{\circ}$ C 이상이 요구되면 내열 PET, 엔지니어링 플라스틱을 이용한 박막 컨덴서의 개발이 필요하게 된다.

② 표면의 조면화

박막화에서 절연 파괴 전압(BDV : Break Down Voltage)에 대한 필름 표면 조도는 무시할 수 없다. 표면 조도(粗度)가 지나치게 크면 조도의 홈 부분이 전기적인 약점이 되어 BDV가 저하된다. 한편, 필름 캐퍼시터의 제조공정에서는 필름을 길게 감지만, 필름에 적절한 윤활성이 없으면 소자 형성이 안정되지 않아서 전기 특성에 영향을 줄 우려가 있으므로 적절한 표면 조도가 요청된다. 표면 조도의 제어기술이 대단히 중요하기 때문에  $\beta$



백시트 (PET)

<그림 3> 태양전지 부재

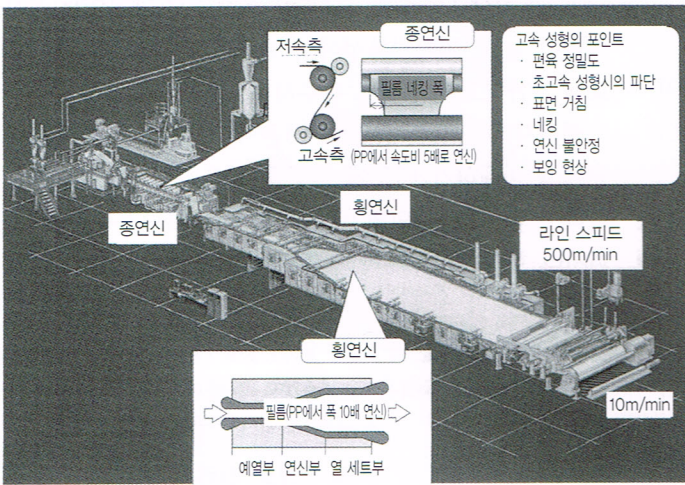
하고, Si 태양전지 셀을 봉지할 때, 고온하 155℃에서 100% 가교제를 소비시켜서 가교 반응을 일으켜서 3차원 가교 구조로 하여 내열성을 부여함과 동시에 Si 커플링으로 유리와의 밀착성을 부여한다. 내후성을 부여하기 위해서 UV 흡수제도 첨가하고 성형시의 산화방지제도 첨가하는 것이 일반적이다.<sup>10)</sup>

오랜 세월 사용하여도 황변되지 않고 투명성을 유지하는 것이 중요하고, 수증기 배리어성, 100℃ 이상의 내습열, 내열성이나 겨울철 환경의 내한성, 절연성도 중요사항이라서 오랫동안 널리 사용되어 왔지만 최근에는 더욱 급성장을 이루고 있다.

EVA의 대체 재료 검토도 이루어지고 있고, 가교 반응, 반응에 의한 투명성 유지, 내한성까지 고려한 검토도 이루어지고 있다.

(2) 태양전지용 백시트

LCD 반사 필름의 기술을 응용하여 태양전지의 반도체 패널 밑에 설치하여(그림 3), 반사 효율을 높이는 필름이 개발, 판매되고 있다. 원리적으로는 미세 다공의 PET 연신 필름이다. 봉지 수지와 일체 접합되기 때문에 내후성, 수증기·가스 배리어성, 전기 절연성, 접착성 등의 특성이 중요한데, 잡다한 기능을 만족시키기 위해서 다층 필름 구성으로 되어 있다.<sup>11)</sup>



<그림 4> PP 텐터(Tenter) 2축 연신기술의 재료 & 성형기술의 포인트

결정 제어<sup>6)~9)</sup>나 트랜스 크리스탈 구조의 결정을 크게 해야 하므로 냉각 률 온도는 높게 설정해야 한다.

③ 소형 박막화

에코카에서 사이즈를 1/2로 하기 위해서는 3.0 → 2.5 → 2.0μm를 개발해야 하고, 이미 BOPP의 박막화 기술은 실용화 레벨까지 이루어져 있지만, 핸들링 기술이 어렵고 제품 비율은 나쁘다. 내전압은 600V/μm → 700V/μm가 목표가 되어 있다.

④ 증착 전극막의 박막화도 중요한 테마이다.

2.2 태양전지용 필름·시트

(1) 봉지재

태양전지의 봉지재료는 95%가 EVA이다. EVA는 에틸렌과 초산비닐(VA)의 공중합체인데, VA량으로 융점, 유연성, 배리어성 등이 변화된다. 융점 70℃의 EVA가 일반적이고, 압출성형시에는 저온 성형으로 시트성형(450μm)

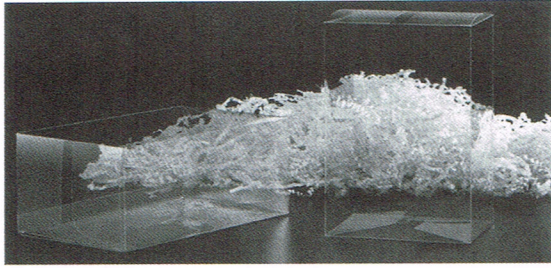
2.3 포장용 및 의료용 필름·시트

(1) PE, PP의 포장용 연신 필름

폴리올레핀에서도 연구개발이 이루어지고 있는데, 예를 들면 LLDPE의 2축 연신 필름에서는 튜블러(tubular) 연신법에 의한 고강도 슈링크 필름이 제조되고 있다. 이것은 수지의 조성 분포를 확대하는 것에 의해서 연신 가능한 온도 범위가 좁은 LLDPE의 연신성을 개량하여 돌삭 강도나 충격 강도가 높은 슈링크 필름이 개발되어 있다.<sup>12), 13)</sup>

게다가 생산성이 높은 순차 2축연신 텐터(Tenter)법에서도 LLDPE의 연신 필름 생산이 시작되고 있다. 미연신 용융 캐스트 필름과 비교해서 30% 박막화해도 충격 강도가 높고, 인장 특성도 높기 때문에 PE 쉐란트로써 전개되고 있다.

PP에서는 고속화가 진행되고 있는데, 최근의 연신기는 유효폭 8m, 권취 속도 500m/min이 중심이 되고 있고, 1기에 3만 톤/년의 생산량에 달하는 것도 있다(그림 4). 앞으로는 포장 용도로서 더욱 기대되는 고속화에 의한 고



〈그림 5〉 고투명 PP 시트

생산성이나 컨테이너 필름으로 대표되는 박막·균일화·표면요철 제어기술, 세퍼레이터 등의 균일하고 미세한 구멍 지름이 제어된 필름 개발 등이 주목받고 있다.

(2) 고투명 PP 시트

기존에는 결정성 수지가 고투명성이 필요한 분야에는 적합하지 못하다고 생각되었지만 결정성 수지라도 시트성형의 양면 급냉으로 열처리를 하여 구정(球晶) 사이즈를 최대한 작게 하고, 구정(球晶)과 매트릭스의 굴절률을 똑같이 하는 것에 의해서 고투명화가 가능하다.<sup>14)</sup> 또한 표면에 저점도 수지를 흘리는 것에 의해서 전단응력을 떨어뜨려 배향 결정화를 억제<sup>15)</sup>하고, 굴절률이 같은 제3성분을 첨가하여 구정(球晶) 생성을 억제하는 것으로서 더욱 투명성이 향상한다. 〈그림 5〉에서 보는 것처럼 PP에서도 유리와 같은 시트가 만들어진다.<sup>16)</sup>

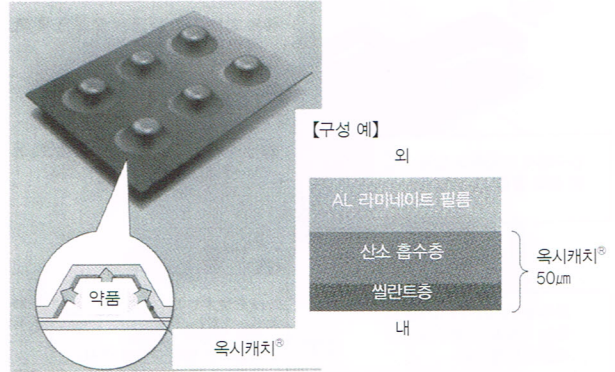
(3) 다층 배리어성 필름

배리어 성능을 갖춘 필름은 오랜 세월 동안 바라던 필름이다. 식품의 장기보존, 의약품의 안전하게 보호하는 시트, 유기 EL이나 전지 패키지 등으로 대표되는 전자·공업용도에서의 고도한 배리어성 필름은 그 대표적인 예이다.

이러한 하이 배리어성 수지라고 불리는 PVA, PVDC, PAN은 모두 용점과 분해점이 접근해 있기 때문에 열용융 가공이 어려웠다. 이 점을 가장 유리하게 극복하고 실용화시킨 것이 EVOH이며, 최초의 응용분야인 식품포장 시장으로의 도입부터 시작된 용도는 의약품이나 비식품포장 등 내용물의 다양화, 대상 가스의 종류도 산소뿐만 아니라 이산화탄소, 냄새 성분, 유기 증기 등으로 종류를 늘렸고, 또 포장 이외의 자동차(가솔린 탱크)·전자재·지구 환경 관련 등의 분야로도 널리 응용 범위를 확대하고 있다.

(4) 이열성(易裂性) 나일론 필름<sup>17)</sup>

이열성(易裂性) 나일론 필름은 환경문제 대응의 일환으로서 탈염소화로서의 이용, 편리성이나 제품안전(PL법) 대응으로서 개봉성의 관점에서 이열성(易裂性)·직선 커트성의 향상, 출입구 컬성의 향상에 의한 자동충전기계 적성의 개량, 내열성 향상화 등이 주요 채용 동기로 되어 있다. 이열성 나일론 필름을 사용하는 것에 의해서 이



〈그림 6〉 AL 라미네이트 산소흡수 PTP 포장<sup>18)</sup>

열성과 고강도를 단층 필름으로 만족할 수 있기 때문에 2층 구성의 라미네이트·제대품으로 목적을 달성할 수 있게 되었다. 이것에 의해서 라미네이트층 수를 줄일 수 있고, 코스트 메리트도 있어서 배리어성도 부여할 수 있다.

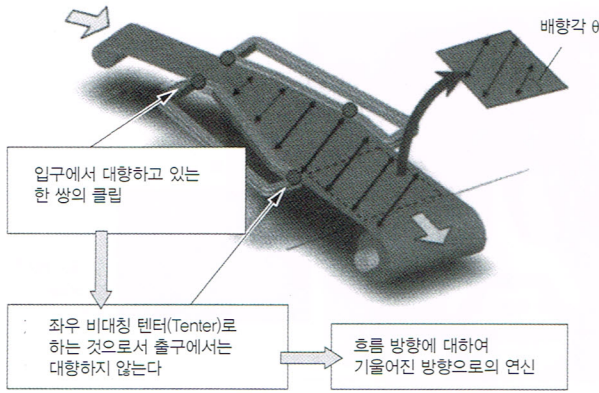
(5) 의료용 필름<sup>18)</sup>

의약품 포장에는 옥시가드 필름이나 알루미늄 라미네이트 필름이 사용되고 있다. 의약품의 점적제에는 아미노산 제제, 고칼로리 영양제, 또는 산소의 영향으로 변질되어버리는 약제 등이 있다. 식품 플라스틱 용기의 경우에 패시브 가스 배리어재나 액티브 배리어재와 복합화하는 방법이 일반적으로 적용되고 있다. 그러나 의약품 포장의 경우, 약제사법과 관련해서 사용할 수 있는 재료로서 제약이 있다. 이것 때문에 폴리에틸렌제 수약병을 양면 알루미늄박 구성의 외장 파우치에 넣어 탈산소제를 봉입하는 방법이나 액티브 배리어 기능을 가진 외장 파우치를 적용하는 방법이 채용되어 있다. 이 액티브 배리어 외장 파우치의 구성은 한쪽이 PET/알루미늄박/옥시가드 필름/씰(Seal)층이며, 다른 쪽은 PET/패시브 배리어층/씰층으로 투명 다층 필름이 사용되고 있다. 앞으로 정제의 PTP 포장은 배리어성에서 더욱 엄격한 요구가 요청되고 있고, 〈그림 6〉에서 나타난 PTP 포장이나 알루미늄 라미네이트의 시트 등이 검토되고 있다.

2.4 환경 대응 필름

(1) PLA의 내열화

PLA는 D체와 L체가 있는데 결정화 속도나 내열성은 D체의 농도로 크게 좌우되기 때문에, 이 값을 4%이하로 제어한 PLA를 용융 압출하고 시트화해서 더욱 연신하는 것으로 필름을 제작할 수 있다.<sup>19)</sup> PLA는 비교적 결정 사이즈를 작게 제어할 수 있기 때문에 투명하게 배향한 연신 필름을 제작할 수 있는 것이다. 통상 70~80℃ 정도의 내



〈그림 7〉 기울기 연신 텐터의 개념도<sup>23)</sup>

열성을 갖는다.

폴리유산을 사용하여 의료용 플라스틱이나 생분해 플라스틱 연구가 추진되고 있고, 폴리유산( $T_m$  160~170°C)은 PET( $T_m$  260°C)와 비교하여 내열성이 낮은 결점이 있었다. 이를 해결하기 위해서 폴리-L-유산과 폴리-D-유산의 스테레오 콤플렉스가 새로운 구조를 형성하는 것에 의한 내열성 향상(200~230°C)이 발견되어 제품이 개발되었고, 마쯔다의 카시트, 바스타일, 전자기기의 하우징체, TV의 테두리에 사용되고 있다.<sup>20)</sup>

(2) 열차단 필름<sup>21)</sup>

당초, 알루미늄 증착을 행한 미러 필름에 내부식성 개선으로서 폴리에스테르 필름을 라미네이트한 열차단 성능이 높은 필름이 개발되었다. 그 후, 투과율 향상책으로서 알루미늄으로부터 귀금속(Ag, Au, Cu 등)을 사용한 단체 또는 합금의 금속막과 금속 산화물을 다층 적층하여, 가시광선 투과율이 높고 근적외선 투과율이 낮은 광선택성을 가진 창문 필름이 개발되었다. 또한 코스트 대책으로부터, 금속 산화물막을 웨트 도공(塗工)으로 하는 기술개발이 실시되어 왔다. 한편, 근적외선 흡수 성능이 있는 재료로서 유기계 흡수재의 미립자 타입이 시장에서의 지위를 확보하였고, 최근에 와서 품질이 상당히 개선되고 가격면에서의 우위성도 있어서 앞으로 신장할 재료라고 여겨진다.

광간섭을 이용한 나노 레벨 각 층의 막두께에서 다층막으로 만든 필름이 개발되어, 근적외선역의 특정 파장 범위에서 높은 반사 성능이 있는 필름이 시장에 투입되고 있다.

최근의 신규 재료로서 금속이나 금속 산화물, 흡수재 등을 전혀 사용하지 않는 나노 중공 실리카 입자(중공 벌룬)를 사용한 단열화 기술이 개발되어 시장에 전개되고 있다. 바인더 수지 내에서의 고분산화, 고안정화에 의해서 고밀도 충전이 가능해져서 공기에 가까운 열전도성을 실현하여 유리의 열전도성을 떨어뜨리는 효과를 앞으로

기대할 수 있다.

2.5 IT-디스플레이용 필름

(1) 유기무기 하이브리드 슈퍼 배리어 필름

Sony에서 유기 EL의 11인치 TV가 출시되고, 유기 EL 패널을 두께 0.3mm로 박육화한 TV도 개발되었지만<sup>22)</sup>, 그 후 유기 EL의 TV는 판매되지 않는다. 한편, 한국의 Samsung그룹은 유기 EL용의 양산공장을 건설하여 고세밀하고, 얇고, 가볍고, 깨지지 않는 특징으로, Full HD의 약 4배에 상당하는 고해상도 영상을 표시할 수 있는 85형의 액정 텔레비전을 판매한다고 발표하였다. 또한 대형 텔레비전 발매뿐만 아니라 스마트폰, 태블릿 PC, 3D TV에 플렉서블이나 투명성을 특징으로 한 용도에 중점을 둔 전개를 하고 있다.

유기 EL의 디스플레이·조명 용도에 대한 최신기술 동향도 빼놓을 수 없다. 저소비 전력, 고휘도, 부자재 삭감 가능, 초박형 경량화 가능 등의 특징을 살린 장래 디스플레이나 면광원의 특성을 살린 조명 분야에 널리 활용할 수 있는 대단히 높은 포텐셜을 가지고 있다.  $10^{-6}g/m^2/day$  레벨의 슈퍼 하이 배리어 필름이 실용화되면 플렉서블한 유기 EL 디스플레이나 조명에 응용할 수 있게 된다.

후지필름에서는 다층 도포 기술로, 유기·무기의 하이브리드 구조에 의한 하이 배리어 플렉서블 필름을 개발하여 고배리어  $10^{-6}g/m^2/day$ 에서 유기 EL용에도 적용할 수 있는 레벨의 배리어 필름을 개발하여 특정사용자에게 제공하고 있다.

도레이도 배리어재 개발을 하고 있고 심플한 단층의 배리어층으로서  $10^{-4}g/m^2/day$ 의 배리어성을 달성하고 있다. 500회의 반복 굴곡에도 품질유지가 가능한데, 기재상 도포에 의한 코팅층을 마련하는 타입이다. 또한 전자 페이퍼용 CNT 투명 도전성 필름은 2층 구조에 의해서 CNT끼리의 응집을 방지하여 CNT의 분산성을 비약적으로 향상시키고, 나노 오더의 CNT를 독립으로 분산할 수 있는 구조로 하여 투명성 90%를 달성하고,  $0.00044\Omega \cdot cm$ 의 도전성을 달성하여 고투명 도전성 필름에 대한 용도를 전개하고 있다.

(2) 위상차 필름

니혼제은은 자사의 COP를 사용하여 광학 기관에 광학 필름을 처음으로 용융 압출성형으로 제조하고, 또한 45° 기울기 편광 필름을 용융법으로 기울기 연신의 연속 제조 기술을 확립하였다(그림 7).<sup>23)</sup> 게다가 마이너스 굴절률의 PS를 다층 구조의 일층에 사용하여 3축의 굴절률  $N_x$ ,

Ny, Nz의 크기를 자유롭게 제어할 수 있는 필름 개발이 이루어지고 있다.<sup>24)</sup>

(3) WV 필름

시야 확대 필름(WV)은 판상 분자가 만드는 디스코텍틱한 액정을 TAC 필름에 적층한다(그림 8).<sup>25)</sup> 편광판의 일체화나 시야 확대 등의 개량, LCD 코너부 빛의 누설 현상의 프레임 문제 해소를 위한 필름 두께 삭감 등으로서 저코스트, 고성능화를 달성하였다.

더욱 향상된 개량으로서 TAC 필름의 복굴절 제어를 목적으로 굴절률 이방성을 가진 무기물 등의 첨가제를 첨가하여 굴절률을 자유롭게 제어하는 연구를 하고 있다. 편광 보호 필름, WV, AR 필름으로서의 TAC 필름은 용액 유연법(流延法)으로 성형되어 있지만 코스트 및 환경 문제의 관점에서 제조 설비의 개조도 필요해지고 있다.

(4) 터치 패널용 부재<sup>26)</sup>

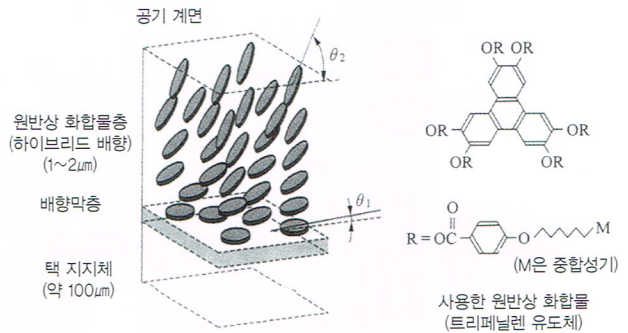
터치 패널 용도는 지금까지 소형 모바일 기기의 PDA, 터치 패널, 전자 페이퍼, iPhone 등에 이용되고, 휴대전화에서 터치 패널 기능이나 줌인, 줌아웃 기능을 가지면서 급성장하고 있다. 기판의 필름(180 $\mu$ m 전후)에서 제막(製膜)은 위상차를 10nm이하로 억제해야 하기 때문에 PET, PES는 용융법이, PC, APO, PAR는 용액 캐스트법이 주류이지만 성형 가공법 개량에 의해서 용융법으로의 이행이 진행되고 있다.

3. 성형기/연신 시험기 및 미세 표면 요철 제어기술

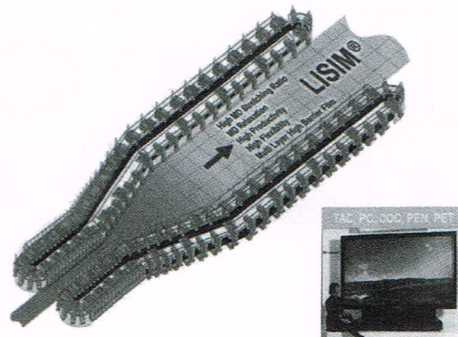
3.1 2축 연신기

Bruckner사는 보잉(필름 폭 방향의 중앙부와 단부에서 변형이 다른 현상) 없이 필름을 제조할 수 있는 리니어 모터에 의한 동시 2축 연신기 LISIM의 판매를 전개하고 있다(그림 9). 광축이나 폭 방향의 수축 편차가 잘 발생하지 않아서, 제품의 제품비율이나 고품질로 균질한 필름용으로 적합하다.

LISIM은 세로/가로 레일 패턴을 임의로 변경할 수 있는 동시 2축 연신기로서, 광학 용도 & 전자재료 용도를 타겟으로 동남아시아 중심의 판매 전개가 진행 중이다. 통상의 순차 2축 연신기보다도 두 배의 가격이기 때문에 고부가가치 분야의 광학·전자재료 필름 용도로 전개되어 있다. 광학용으로서 보잉을 억제하기 위해서 자유롭게 연신시의 레일 패턴이나 척크(chuck) 간격을 변경하여, TD 연신시의 레일 형상 및 MD의 척크 간격 변경에 의해서 양방향의 연신과 유사한 연신이 가능하고, 연신 종료시의 MD



<그림 8> 시야 확대 필름(WV)의 구조<sup>23)</sup>



<그림 9> 상전도(常電導) 동시 2축 연신기 (LISIM)

척크 간격을 좁혀서 보잉을 저감하고 있다. 또한 열처리 구역에서 MD & TD의 이완율을 동시에 변경할 수 있다.

LISIM에서는 균일 온도 상승이 가능하기 때문에 굽힘이나 상처가 발생하기 어렵다. PP에서도 세로로 강하고, 또한 가로도 강해서 어떤 축으로도 균일한 연신(다축연신)을 제어할 수 있다.

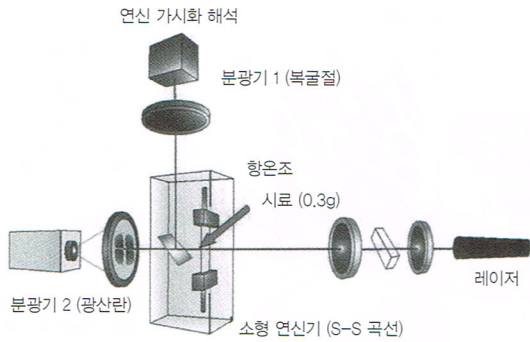
전자 재료용, 특히 박막 필름에도 적합한데 PET 0.5 $\mu$ m의 컨덴서 필름 성형이 가능하고, PP에서도 2 $\mu$ m 레벨의 박막도 파단 없이 연속 성형할 수 있다고 보고되어 있다.

기존의 순차 2축 연신 필름으로는 할 수 없었던 미세한 배향 제어를 필요로 하는 LCD 필름, 광학 필름, 컨덴서, 세퍼레이터 분야, 점착·접착 필름 분야 및 초박막, 초후물(超厚物) 연신 필름으로의 전개가 진행되고 있다.

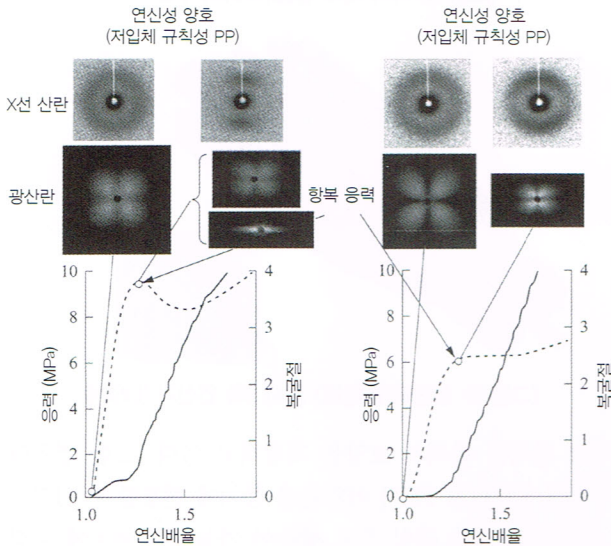
일반적으로 포장 재료용 필름 분야는 안정적인 수요로 지탱되고 있고, 그다지 경기를 타지 않는다. 그 때문에 EVOH층을 포함한 다층의 배리어성 필름 분야, 난연성 필름, PLA 연신 필름 등의 테마에서의 개발도 이루어지고 있다. 또한 세퍼레이터나 컨덴서 등의 고기능 필름용 2축 연신기 개발도 이루어지고 있다.

3.2 2축 연신 시험기

기존의 옵토레오미터(Opto-rheometer)에 의한 1축연신 평가(그림 10)를 응력 스트레인 곡선과 고차 구조 변



〈그림 10〉 1축 인장 시험 장치

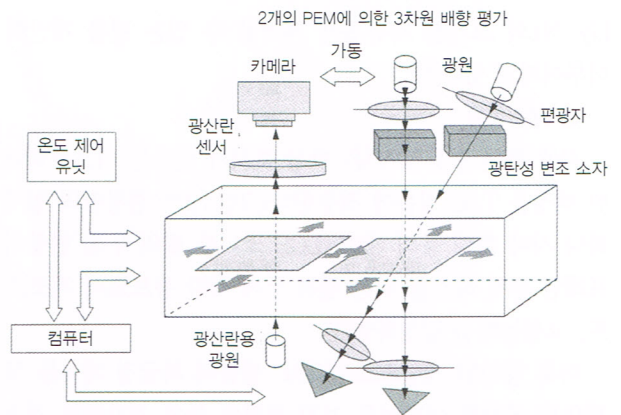


〈그림 11〉 연신성과 구조 변화의 관계

화(그림 11)의 관점에서 평가해 왔지만, 최근 가나자와대학 그룹과 에토(주)의 공동 대응으로 인해서 신속하게 2축 연신성을 평가할 수 있고, 동시에 연신중의 고차 구조 변화가 가능한 연신기가 개발되었다.<sup>27), 28)</sup> 이 2축 연신 시험기는 〈그림 12〉에서 보는 것처럼 연신중의 S-S 곡선을 채취할 수 있을 뿐만 아니라, 3축의 굴절률을 평가할 수 있도록 2개의 광탄성 변조기(PEM)를 가진 광학계, 구정(球晶) 구조의 변화를 관찰할 수 있는 광산란 장치를 설치하여(그림 13), 연신한 필름의 위상차 분포를 1,000점 이상 연신 직후에 평가할 수 있는 설비를 일체화하였다. 또한 임의의 다단 연신이나 연신 후의 완화를 임의로 제어할 수 있는 사양으로 되어 있어서 단시간에 대량의 정보를 in-situ로 평가할 수 있기 때문에 앞으로의 유력한 평가 수단이 될 것이라고 판단된다.

### 3.3 미세 표면 요철 제어

최근 사이즈의 초미세화나 3차원 형상의 전사 정밀도가 더욱 중요해지고 있다. 여기서는 모스아이(moth-eye) 구조<sup>29)</sup>, 고세밀 표면 기술 및 다층 광학 필름<sup>30)</sup>, 크레이터



〈그림 12〉 2축 연신 필름 시험기

(crater) 구조 제어<sup>31), 32)</sup>에 관해서 간단히 언급한다.

#### (1) 모스아이(moth-eye) 구조<sup>29)</sup>

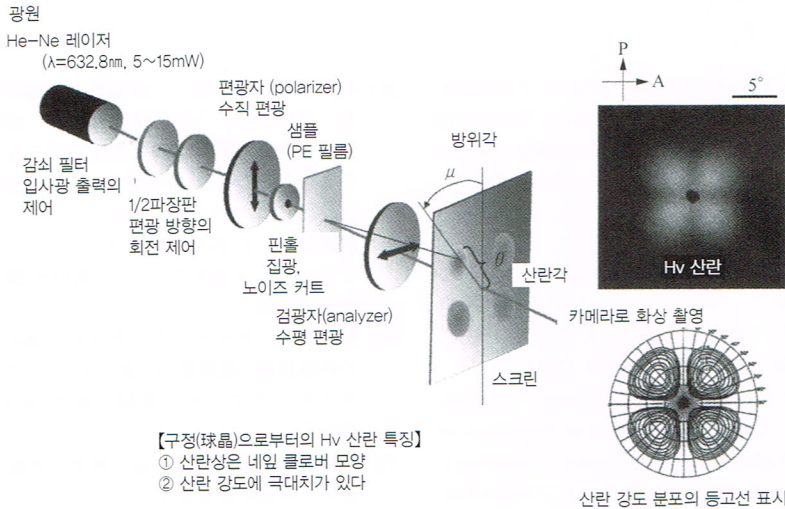
나방이나 나비의 눈 표면은 수백nm 사이즈의 요철 구조를 가지고 있어서 외부에서의 반사를 방지하여 자신의 존재를 외부의 적에게 눈에 띄지 않게 하거나, 외광(外光)을 유효하게 받아들일 수 있게도 한다. 표면에 나노오더의 미세한 요철 구조를 표면에 형성하는 것으로서(그림 14), 공기와의 접면에서 기재의 계면까지 굴절률을 연속적으로 변화시키는 것에 의해서 대단히 낮은 반사율 및 가시광 파장역 전역의 반사를 방지할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

모스아이(moth-eye) 필름의 제작 프로세스로서 우선은 알루미늄 나노홀 어레이 금형에 광경화성 수지를 충전하고 PET 등의 투명한 기재 필름을 피복한다. 이어서 기재 필름측에서 UV광을 조사해서 광경화성 수지를 경화시킨다. 마지막으로 기재 필름과 일체화한 형상을 부여한 수지를 금형으로부터 박리하는 것에 의해서 모스아이(moth-eye) 필름이 제작된다. 지름이 약 100nm인 테이퍼상의 세공(細孔)이 깔끔하게 배열된 형상으로 되어 있다.

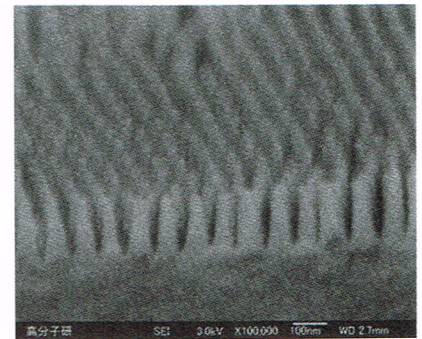
#### (2) 고세밀 표면 기술 및 다층 광학 필름<sup>30)</sup>

3M은 고세밀 표면 기술 및 다층 광학 필름 기술을 가지고 있고, 액정용 휘도 상승 광학 필름은 액정 디스플레이의 고휘도화·전력 저감면에서 중요한 역할을 담당하고 있다. BEF는 고세밀 표면 기술에 의해서 투명성이 뛰어난 폴리에스테르 기재의 표면에 아크릴 수지의 프리즘 패턴을 균일하게 정밀성형한 광학 필름이다. 백라이트 전면에 조립함에 따라 광원으로부터 조사된 빛 중에서 시야각 외의 이용되지 않는 빛을 광학 조건(굴절률차와 입사각 조건)을 이용한 반사 굴절로 리사이클하고, 최적의 각도로 사용자의 방향에 집광함으로써 정면에서의 휘도를 약 2배로 향

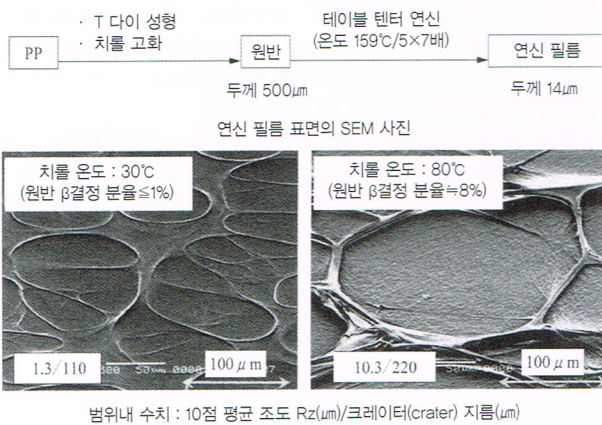




〈그림 13〉 in-situ로 조립한 광산란 장치



〈그림 14〉 모스아이(moth-eye) 반사 방지 필름<sup>24)</sup>



〈그림 15〉 표면 요철 형상에 대한 원반 냉각 온도의 영향

상시킬 수 있다(직교(直交) 2장 사용하는 경우). 다층 광학 필름 기술에 의해서 굴절률차가 있는 계면에서 일어나는 빛의 반사를 광학 다층막으로 위상을 갖춰서 최대화해서 수지인데도 경면(鏡面) 상태를 만들 수 있다.

### (3) 크레이터(crater) 구조

공업용으로 사용되는 PP 박막 연신 필름에서는 기능성을 유지하기 위해서 첨가제를 사용하지 않고 필름끼리의 브로킹을 방지시키는 기술 개발이 중요하다. 첨가제 무첨가, 나노오더의 고차 구조 제어로 미세 표면 요철의 기능을 발휘하는 크레이터 생성 기구, 그리고 크레이터의 제어 방법에 관해서 제막 조건과 수지 특성의 관점에서 검토가 이루어지고 있다.<sup>31), 32)</sup>

PP 연신 필름의 표면 요철 형성 기구(그림 15)에 관해서 원반 물폴로지 및 형성 과정의 관점에서 검토를 했더니, 연신 필름의 크레이터 원반의 반(反) 치를측 표층에 생성한 결정 입자의 형상과 좋은 상관관계에 있다는 것이 발견되었다. 저(低) 연신 배율에서의 표면 변형 거동을 관

찰하는 것에 의해서 크레이터는 연신 초기에 생긴 응이를 기점으로 해서 연신 배율 증가와 동시에 크레이터가 변화되는 것이 알려져 있다. 또한 연신력 곡선에서 항복력이 지나쳐서 넥(neck) 현상이 발생하고, 전파하는 연신 배율 2배로부터 표면 조도가 감소한다. 이것과 동시에 원반 내부의 구정(球晶)이 붕괴되기 시작하였기 때문에 크레이터는 원반 내부 구정(球晶)의 붕괴 거동과도 관련성이 있다고 보고되어 있다.

## 맺음말

동일본 대지진이 발생하고서 원자력 발전에 대한 시시비비가 문제되는 가운데 앞으로 대체 에너지의 개발이나 에너지 절감기술이 중요해지고 있다. 원자력의 대체 에너지로서의 태양광 발전용 봉지재나 백시트, 에너지 절감으로서의 유기 EL 디스플레이·조명용 수퍼 배리어 필름, 휘도 향상 필름이나 열 차단 필름, 터치 패널용 고투명 도전성 필름, 전기 자동차나 플러그인 하이브리드 자동차용 Li 이온전지용 세퍼레이터, 패키징이나 컨덴서 등 일본이 선행하고 있는 기술을 연마해서 더욱 선형하면서 경쟁력 있는 기술 발전이 기대된다. 이를 달성하기 위한 설계, 소재의 촉매·중합기술, 기반 평가기술, 초정밀 가공기술과 CAE 해석기술을 연마해 가는 노력의 필요성을 절실히 느끼고 있다.

본문은 필자가 감수하고 있는 「필름의 기능성 향상과 성형가공·분석·평가 기술」(주)AndTech 출판, 2013.1)에 게재된 줄고(拙稿)인 『기능성 필름의 조류』를 기초로 간단히 재정리한 것이다.

参 考 文 献

- 1) 吉野 彰, “次世代リチウム二次電池と高分子,” *22* (6), 成形加工, 274-278 (2010).
- 2) 辻岡則夫, 高分子学会フィルム研究会 第108回講演会 (2009).
- 3) 中島孝之, リチウムイオン電池の開発とセパレータの最新動向, プラスチック成形加工学会 第125回講演会 (2011年7月27日).
- 4) 奥下正隆, 将来のエネルギーの技術を担う太陽電池・二次電池の開発の最前線, プラスチック成形加工学会 第112回講演会 (2009).
- 5) 奥下正隆, “リチウム二次電池のラミネート外装材,” *22* (6), 成形加工, 279-286 (2010).
- 6) M.Fujiyama, Y.Kawamura, T.Wakino, T.Okamoto, *J.Appl.Polym.Sci.*, **36** (5), 985 (1988).
- 7) M.Fujiyama, Y.Kawamura, T.Wakino, T.Okamoto, *J.Appl.Polym.Sci.*, **36** (5), 995 (1988).
- 8) M.Fujiyama, Y.Kawamura, T.Wakino, T.Okamoto, *J.Appl.Polym.Sci.*, **36** (5), 1011 (1988).
- 9) M.Fujiyama, Y.Kawamura, T.Wakino, T.Okamoto, *J.Appl.Polym.Sci.*, **36** (5), 1025 (1988).
- 10) 瀬川正志, 高分子学会 第45回フィルム研究会講座 (2009).
- 11) 小山松 敦, 高分子学会 第46回フィルム研究会講座 (2010).
- 12) H.Uehara, K.Sakauchi, T.Kanai, T.Yamada, “Stretchability and Properties of Linear Low Density Polyethylene Blends for Biaxially Oriented Film,” *Int. Polym.Process*, **19** (2), 163-171 (2004).
- 13) H.Uehara, K.Sakauchi, T.Kanai, T.Yamada, “Processability of Oriented Film for Linear Low Density Polyethylenes,” *Int.Polym.Process*, **19** (2), 172-179 (2004).
- 14) A.Funaki, T.Kanai, Y.Saito, T.Yamada, “Analysis of Contributing Factors to Production of Highly Transparent Isotactic Polypropylene Extrusion Sheets Part 1,” *Polym.Eng.Sci.*, **50** (12), 2356-2365 (2010).
- 15) 船木 章, 蔵谷祥太, 山田敏郎, 金井俊孝, “ポリプロピレンシートの透明性に対する多層押し出しの効果,” 成形加工, **23** (5), 229-235 (2011).
- 16) A.Funaki, K.Kondo, T.Kanai, “Analysis of Contributing Factors to Production of Highly Transparent Isotactic Polypropylene Extrusion Sheets Part 2,” *Polym.Eng.Sci.*, **51** (6), 1066-1077 (2011).
- 17) M.Takashige, T.Kanai, “Easy Tear Multilayer Film of Biaxially Oriented PA6/MXD6 by Double Bubble Tubular Film Process,” *Int.Polym.Process*, **20** (1), 100-105 (2005).
- 18) 葛良忠彦, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術Ⅱ (監修: 金井俊孝) 第6章第2節 (株AndTech, 2013).
- 19) 角川仁人, 上田一恵, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術Ⅱ 第10章第2節 (株AndTech, 2013).
- 20) 遠藤浩平, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術 (監修者: 金井俊孝) 第10章第4節, 218-223 (株AndTech, 2010).
- 21) 新宮 公, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術Ⅱ (監修者: 金井俊孝) 第10章第1節 (株AndTech, 2013).
- 22) 帯川 崇, 有機ELディスプレイのTVへの応用展開, プラスチック成形加工学会 第101回講演会 (2007).
- 23) 荒川公平, 山崎正弘, 川田敬一, 宮城孝, 浅田 毅, “斜め延伸による位相差フィルム製造技術開発,” 成形加工, **21** (9), 540-542 (2009).
- 24) 荒川公平, 川田敬一, 豊嶋哲也, 滝澤忠, 黒崎勝尋, “多層押し出し・同時二軸延伸を用いた厚み方向に高屈折率を有する位相差フィルムの開発,” 成形加工, **24** (9), 531-533 (2012).
- 25) 西浦陽介, LCD用視野角大フィルム, プラスチック成形加工学会 第82回講演会 (2005).
- 26) 板倉義雄, タッチパネル及びその部材の市場動向, 技術動向, 高分子学会 プラスチックフィルム夏期交流会2008 (2008).
- 27) 平松吉孝, 山田敏郎, 金井俊孝, 武部智明, 直鎖状低密度ポリエチレンの二軸延伸性と高次構造変化, 成形加工シンポジウム2012 (2012).
- 28) 奥山佳宗, 中山夏実, 山田敏郎, 高重真男, 金井俊孝, ポリアミド6延伸フィルムの各種延伸方法の挙動解析と高次構造解析, 成形加工シンポジウム2012 (2012).
- 29) 魚津吉弘, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術Ⅱ (監修者: 金井俊孝) 第7章1項 (株AndTech, 2010).
- 30) 榛澤文久, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術Ⅱ (監修者: 金井俊孝) 第7章2項 (株AndTech, 2010).
- 31) S.Tamura, K.Ohta, T.Kanai, *J.Appl.Polym.Sci.*, **124** (4), 2725 (2011).
- 32) S.Tamura, K.Takino, T.Yamada, T.Kanai, *J. Appl. Polym. Sci.*, **126** (S2), E501 (2012).

\*일본 'PLASTICS AGE' 2013년 8월호 게재