

# 최신 해외기술자료

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

## 특집 : 기능성 필름의 개발 동향

### ● 최신 기능성 필름의 동향

金井 俊孝 (KT Polymer)

식품 포장 필름, 의료품, 전지 패키지 등의 포장 필름, IT 기기용 필름, 디스플레이용 플렉서블 필름 등 최신 기능성 필름의 동향에 관해서 설명한다. 게다가 필름 제조에 빼놓을 수 없는 필름 성형기, 평가 기술에 관해서도 최근의 연구 개발 동향에 대해서 알아본다.

### ● 높은 열전도성을 갖춘 혁신 PET 필름의 개발

青山 滋 (도레이)

절연성과 높은 열전도성을 양립시킨 PTE 필름 개발에 관해서 소개한다. 통상의 PTE 필름처럼 핸들링할 수 있기 때문에 기존의 방열 재료가 적용할 수 없을 것 같았던 절연부에 대한 응용이 기대된다.

### ● 자동차 외장용 표면장식 필름 「PLANEXT® Film」의 개발

山中 克浩 / 新田 英昭 (테이진)

최근, 의장성이나 기능을 부여하는 방법으로서 도장이나 도금 등을 대신해서 플라스틱 필름에 의한 표면 장식 기술 개발이 진행되고 있다. 테이진에서는 독자적인 분자 설계에 따라서 자동차 외장용 표면장식 필름에 적합한 「PLANEXT® Film」의 개발에 성공하였다. 본문에서는 PLANEXT® Film의 특성에 관해서 소개한다.

### ● Low-CTE 유리와 동등한 치수 안정성을 가진 폴리이미드 필름의 개발

土屋 俊之 (도요방직)

당사가 개발한 신규 폴리이미드 필름은 기존의 폴리이미드 필름으로는 불가능했던 Low-CTE 유리와 동등한 높은 치수 안정성을 가지고, 고도 정보화 사회에 불가결한 소형 경량의 전자 기기, 얇고 플렉서블한 디스플레이의 배면 기판으로서 기대되고 있다. 이 제품의 특징과 그 용도 전개에 관해서 말한다.

# 총론 - 최신 기능성 필름의 동향

金井 俊孝\*

## 머리말

플라스틱 필름은 포장 분야, 농업용 분야, 디스플레이, 전자 정보 분야, 의약품 포장 분야 등 대단히 많은 분야에 사용되고 플라스틱 성형품의 39%가 필름 용도로서 사용되고 있다<sup>1)</sup>. 그중에서도 특히 중요한 용도인 포장용 필름은 오랜 세월, 비닐 봉투, 쓰레기 봉투, 과자, 레토르트 등의 식품 포장, 섬유의 포장, PET 병이나 컵라면 등의 슈링크 필름 등에 널리 사용되고 있다. 식품 포장 분야에서는 내용물 보호 뿐만 아니라, 식품 산화에 의한 열화 방지나 상미기간을 길게 만드는 (Long Life) 기능도 담당하고 있다. 이러한 것을 제조하는 필름 성형 기술의 최근 경향으로는 코스트다운을 위한 고생산화, 박막화, 배리어성이나 기능성을 높이기 위한 다층·공압출 성형, 라미네이트, 코팅, 증착 등의 개발이 진행되고 있다.

식품 포장 뿐만 아니라, 디스플레이용의 광학 제어 필름, 휴대전화로부터 EV 자동차용 전지 세퍼레이터나 패키지의, 의약품 포장에 달하기까지 방대한 양의 필름이 사용되면서, 일상 생활에 없어서는 안되는 존재가 되고 있다. 또한, 최근에는 전자 재료인 유기 EL,

LCD, 태양 전지 등은 미량의 수분 존재에 의해서 손상을 받고 수명이 크게 짧아지기 때문에 전자 부재의 보호도 필름 기능으로서 중요해지고 있다.

그래서 활발히 연구가 진행되고 있는 기능성 필름으로서 특히, 포장에 의해서 내용물을 장기간 유지시키기 위해서 배리어성을 높인 식품 포장 필름, 의약품, 전지 패키지 등의 포장 필름, IT 기기용 필름, 디스플레이용 플렉서블 필름 등을 다룬다. 더욱이 필름 제조에 빼놓을 수 없는 필름 성형기나 평가 기술에 관해서 최근의 연구 개발 동향에 관해서 개관한다.

## 1. 기능성 포장용·의료용·IT용 필름·시트

최근, 고기능 필름이 주목을 받으면서 관련된 전시회, 연구회, 강연회 개최나 많은 책들<sup>2), 3), 4)</sup>도 출판되고 있다. 이하에, 최근 보고되어 있는 기능성 필름을 다루어 본다.

### 1.1 배리어 필름

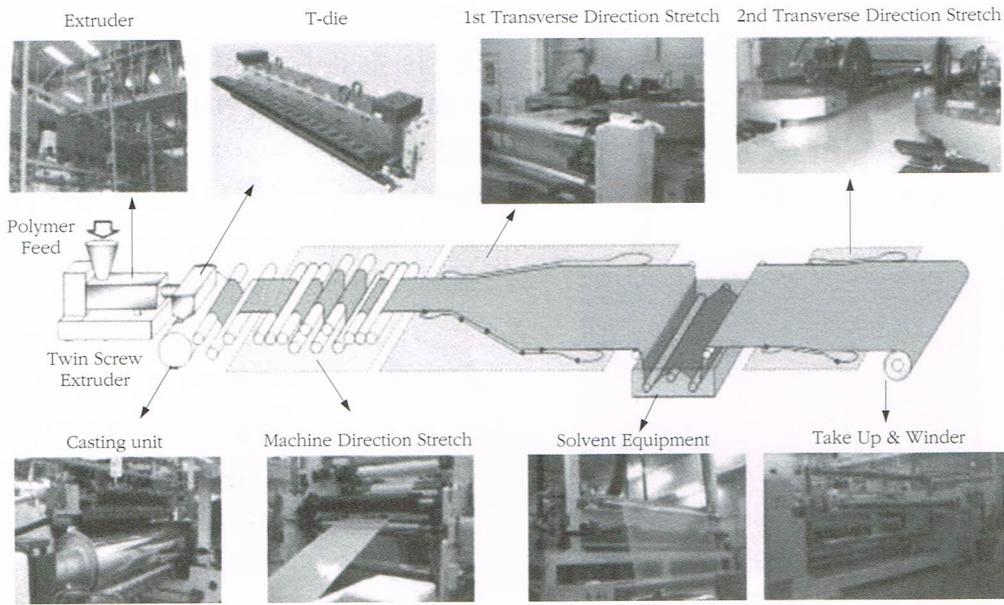
배리어 성능을 가진 필름은 오랜 세월 동안 식품 포장을 중심으로 요청되어 온 필름이다. 식품의 장기보존, 의약품을 안전하게 장기 보호할 수 있는 시트, 유기 EL이나 전지 패키지 등으로 대표되는 전자·공업 용도에서의 고도

한 배리어성 필름은 그 대표적인 예이다.

배리어성 수지라고 불리는 PVA·PVDC·PAN은 모두 용접과 분해점이 접근하고 있기 때문에 열용융 가공에 어려운 점이 있었지만, 이 점을 더욱 더 유리하게 극복하고 실용화된 것이 에틸렌과 비닐 알코올의 공중합체 EVOH이다. 다층 필름의 배리어층으로서 식품 포장 시장에 대한 도입으로부터 시작된 용도는 의약품이나 비식품 포장 등 내용물의 다양화나 대상 가스의 종류도 산소 뿐만 아니라 이산화탄소나 냄새 성분·유기 증기 등으로 종류도 늘어나고 또 EVOH의 2축 연신 필름은 라미네이트 기재로서도 이용되고 있다. 배리어성을 높이면 열성형성 등의 2차 가공성이나 PP와의 공압출 2축 연신성이 떨어진다는 문제가 있지만, 이 결점을 개량하여 성형성이 우수한 EVOH를 개발하였다는 보고가 되어 있다<sup>5)</sup>.

선도 유지 포장의 일례로서, 야마사 간장의 간장 용기<sup>6)</sup>는 부드러운 필름제의 2중 봉투 구조 용기 (PID / Pouch in dispenser)가 있다. 특수한 얇은 필름의 주입구로부터 간장을 쏟아내면 봉투는 찌그러지지만 체크 밸브 덕택에 내부에 공기가 들어가기 어려워 산화를 막고 상온에서도 장기간 선도를 유지할 수 있다. 기포망은 유연한 밀봉 병을

\* Toshitaka Kanai  
KT Polymer 代表  
Tel./ Tax. 0438-62-4411

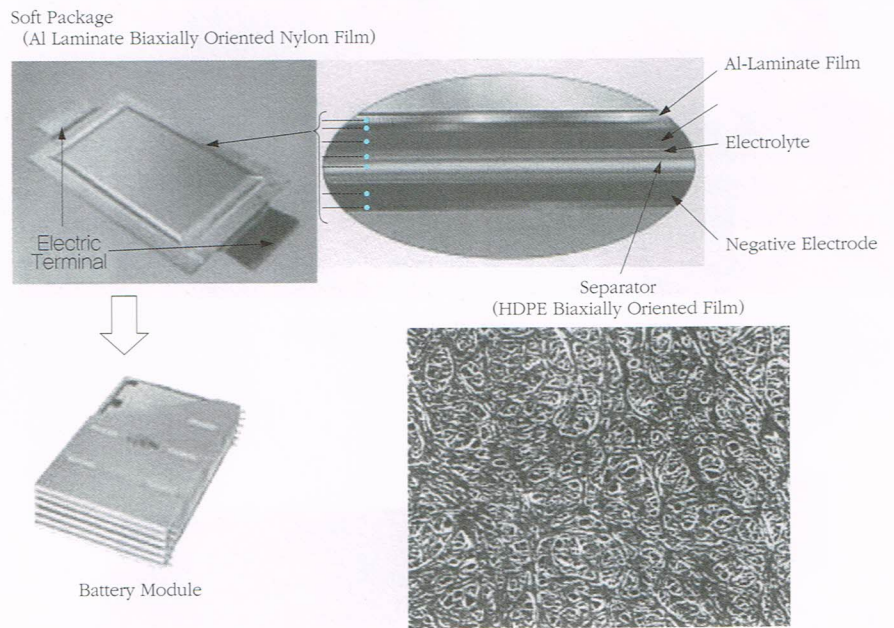


<그림 1> 세퍼레이터 제조 라인의 장치 구성

채용한 상품을 발매하고 있다<sup>7)</sup>. 이 간장병은 이중 구조로 되어 있어서 유연성과 강성을 더불어 갖춘 외부 용기 안쪽에 필름제 봉투를 넣고 봉투 안에 간장을 충전하였다. 이 용기의 내부 봉투 재질은, 다층 구조로서 배리어층과 산소 포착층이 있다고 추정된다.

1.2 LiB 전지용 필름과 컨덴서 필름

Li 이온 전지 (LiB)의 세계 전체 시장 규모는 약 2조 2,000억 엔(2016년 실적)이고 앞으로의 평균 성장률은 15%/해 정도가 예상되고 있다<sup>8)</sup>. 모바일 PC, 스마트폰이나 태블릿 단말 등으로 대표되는 스마트 디바이스 대두에 의한 소형 LiB의 수요에 가하여, 자동차의 전장화 진전·보급에 따른 대형 LiB의 수요 증대가 기대되어 장래적으로 크게 신장을 기대할 수 있는 분야로서 주목받고 있다. HIS Automotive의 예측으로는 EV 자동차의 세계 판매 대수가 2015년의 35만대로부터 2025년에는 256만 대로 급증할 것으로 예측되어 소재 기업의 투자가 활발화하고 있다.



<그림 2> 리튬 이온 전지 (세퍼레이터, 소프트 패키지)

EV 자동차 개발이 활발화하고 있어서 세퍼레이터는 2,000억 엔 규모로 되어 있어서 Li 이온 전지에 사용되는 세퍼레이터의 개발·제조·저코스트화가 점점 더 중요해지고 있다.

도시바기계는 LiB용 습식 세퍼레이터 필름 제조 라인 (SFPU-32014XW)

을 2018년 동사의 솔루션 페어에서 일반 공개하였다. 전지의 제조를 강화하고 있는 중국 시장에서 강점을 발휘하고 있다<sup>9)</sup>. 일본제강소나 브루크너사에서도 판매되고 있다. 일본제강소가 개발한 성형기(그림 1)도 보고되어 있고<sup>10)</sup>, 특징은 기재 수지인 고분자량 PE와

함께 다량의 유동 파라핀(LP)을 공급하여 균질화하는 점에 있다. LP의 역할은 PE를 팽윤시켜서 가스화를 쉽게 하거나, LP를 제거한 뒤에 형성되는 미세

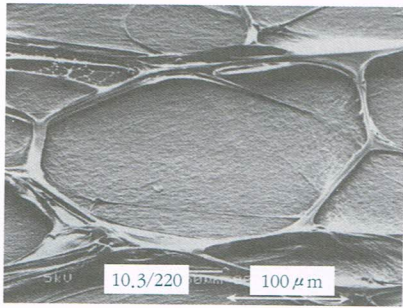
구멍을 형성시키거나 하는 점이다. 유동 파라핀의 배합 비율은 60~70wt%로 높기 때문에 PE와 균일하게 혼련 분산시키기 위해서 혼련 성능이 높은 2축

스크류 압출기 TEX를 채용하고 있다. 2축 연신 필름 성형기 최대기업인 브루크너사도 세퍼레이터용 연신기를 개발하여 테스트기를 설치하고, 시작 체제도 갖추고 있다.

전지 세퍼레이터(그림 2)는 미세한 구멍을 균일하게 배치하는 구조로 되어 있으며, EV 자동차로의 이행에 따라 많은 수요가 예상된다.

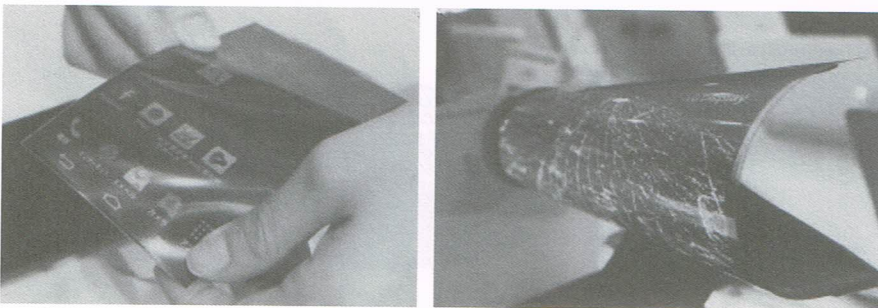
LIB 포장재용 알루미늄 라미네이트 필름(그림 2)은 고강도, 하이 배리어성이 요구되는 용도에 적합해서 시장 규모는 앞으로 전기 자동차(EV 자동차)가 본격화되면 급격한 수요량이 될 것으로 기대되고 있다. 라미네이트 필름으로서 Nylon 25 $\mu$  / AL 40 $\mu$ m / PP 50 $\mu$ m의 필름 구성이지만, 박육·경량화의 요청이 높아져 해마다 박육화 경향이 되고 있다. PP의 히트씰층 구성이나 씰 조건에 노하우가 있다<sup>11)</sup>. PP는 내부 압력에 강하지만, 장시간 압력에는 약하다. PP의 씰성은 안전면으로부터도 대단히 중요하다. 또한 나일론 필름은 배리어층으로서의 AL 층에 대하여 강도·열 성형성을 부여하고 변형 추종성을 갖도록 하여 딥드로잉성을 향상시키는 기능을 부여하는 것이어서 필름의 모든 방향에서의 신장, 강도의 균일성이 필요하다.

PET는 연신성이 뛰어나기 때문에 전자 재료용, 박막 필름에도 적합해서 0.5 $\mu$ m의 컨덴서 필름 성형이 가능하다. PP는 내전압 성능이 우수하기 때문에 하이브리드차용 등에 박막 필름이 사용되고 있고, 고정전 용량이기 때문에 2.51 $\mu$ m 레벨의 박막이 가능해지고 있다. 컨덴서 필름에 관련한 수지 특어도 출원되어 있다<sup>12)</sup>. PP 컨덴서는 표면

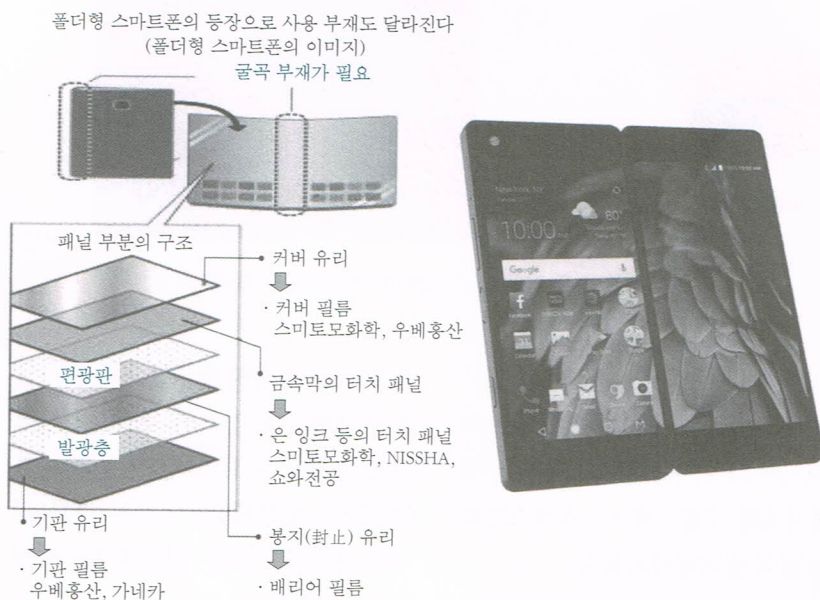


범위 내 수치: 10점 평균 조도 Rz( $\mu$ m) / 크레티 지름( $\mu$ m)

<그림 3> 필름 표면의 요철 제어 (SEM 사진)



<그림 4> 플렉서블한 유기 EL 디스플레이



<그림 5> 폴더형 스마트폰

요철 형성도 중요해서 크레터 구조를 가진 구조도 보고되어 있다<sup>13), 14)</sup> (그림 3).

### 1.3 IT·디스플레이용 필름

액정 디스플레이(LCD)는 휴대전화, 노트북 등의 모바일 기기에 폭넓게 응용되고, TV에서는 더욱 고시야각 필름 개발에 의해서 어떤 방향에서도 잘 보이게 되었고, 또한 박형이 되면서 대형 화면으로 대량 생산에 의해서 저코스트로 입수할 수 있게 되었다. LCD는 사용하고 있는 플라스틱의 광학 부재에 의해서 빛의 도광, 반사, 확산, 프리즘 효과, 편광, 시야 확대, 반사 억제 기술 등을 교묘하게 제어하고 있다. 도요방적은 PET의 연신 필름으로 초복굴절에 의한 무지개 얼룩을 해소한 필름을 개발하여, 액정 디스플레이의 편광자 보호 필름으로서 채용이 확대하고 있다<sup>15)</sup>.

한편, 유기 EL은 선명한 색상을 뚜렷

하게 보여주는 선명한 화상과 백라이트가 불필요하기 때문에 얇고, 가볍고, 그리고 광원을 상시 빛나게 할 필요가 없어서 소비전력도 억제되고 구부리기 쉬운 특징이 있다<sup>16)</sup>(그림 4). LG는 이 데미쓰코산의 유기 EL 재료를 사용한 유기 EL의 TV를 개발 판매하고, 일본의 가전 메이커도 LG 제 패널을 사용하고 있다. 중국의 국유 패널 최대 기업인 BOE도 거액 투자를 하여 유기 EL·대형 패널 공장을 청두에 건설한다.

Apple 사는 스마트폰 i-Phone X에 유기 EL 디스플레이(OLED)를 채용하고 있다. 유기 EL의 특징을 살린 박막화·경량화·플렉서블이라는 기능을 이용한 굴곡 타입의 스마트폰도 개발 단계<sup>17)</sup>(그림 5)이며, OLED는 LCD 이상으로 하이 배리어 성능이 요구되기 때문에 플렉서블한 특징을 살리기 위해서 유기·무기 하이브리드 배리어 필름을 각사가 개발중에 있다.

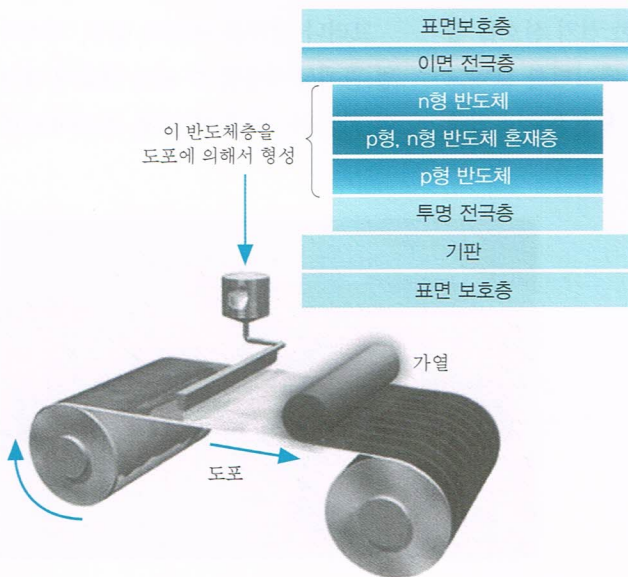
후지 필름은 다층 도포 기술로, 뛰

어난 굴곡성 ( $\phi 10\text{mm} \times 100$ 만회의 굴곡 회수의 반복 굴곡 시험에서의 수증기 투과성에 변화 없음)과 고배리어  $10-6\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ 에서 유기 EL용으로도 적용할 수 있는 레벨의 배리어 필름을 개발하였다<sup>18)</sup>.

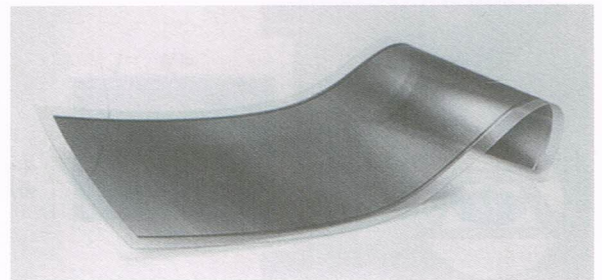
토레이는 심플한 단층의 배리어층으로  $10-4\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ 의 배리어성을 달성하였다. 500회의 반복 굴곡에도 품질 유지가 가능하고, 기재 위에 도포에 의한 코팅층을 마련한 타입이다. 또한, 전자 페이퍼용 CNT 투명 도전성 필름은 2층 구조에 의해서 CNT 끼리의 응집을 방지하여 CNT의 분산성을 비약적으로 향상시키고, 나노 오더의 CNT를 독립으로 분산할 수 있는 구조로 만들어서 투명성 90%와  $0.00044\Omega \cdot \text{cm}$ 의 도전성을 달성하여, 고투명 도전성 필름에 대한 용도 전개를 하고 있다. CNT의 전자현미경의 분산 상태 사진으로부터 CNT의 외경은 1.5~2.0nm이고 또한 분산성이 양호하다. 앞으로, 얇고 접을 수 있는 타입이 판매될 전망이다 따라서 디스플레이 산업의 세계시장이 변화될 가능성이 높다.

자발광이기 때문에 백라이트가 불필요하고, 경량이고 플렉서블한 배리어 필름의 특성을 살려서 대형 선전 광고 표시용에 대한 응용<sup>19)</sup>이나 디자인성에

· 유기 박막 태양 전지의 층 구조와 제조사의 이미지



<그림 6> 유기 박막 태양 전지<sup>21)</sup>



<그림 7> 플렉서블 유기 박막 태양 전지<sup>22)</sup>

메리트가 있는 유기 EL의 면 조명 분야도 본격화될 가능성이 현실성을 띄고 있다.

### 1.4 태양 전지용 필름·시트

#### (1) 태양 전지용 백시트

LCD 반사 필름의 기술을 응용하여 태양광의 반도체 패널 밑에 설치하여, 반사 효율을 높이는 필름이 개발 판매되고 있다. 원리적으로는 미세 다공의 PET 연신 필름이다. 봉지(封止) 수지와 일체 접합되기 때문에 내후성, 수증기·가스 배리어성, 전기 절연성, 접착성 등의 특성이 중요하다. 그래서 잡다한 기능을 만족시키기 위해서 다층 필름 구성으로 되어 있다<sup>20)</sup>.

#### (2) 유기 박막 태양 전지

최근에는 실리콘계 뿐만 아니라, 프라렌 유도체를 이용한 유기 박막 태양 전지의 에너지 변환 효율도 10%의 레벨에 달해서 현실성을 띄고 있다. 유기 화합물을 이용하고 있기 때문에 경량 또한 플렉서블한 태양 전지가 만들어진다. 인쇄 기술을 응용하여 태양 전지가 만들어지기 때문에 간단한 프로세스로 태양 전지가 만들어진다고 한다(그림 6)<sup>21)</sup>.

모바일·자동차·창문 유리·건재 등에도 응용할 수 있기 때문에 기존에 없었던 태양 전지 분야의 활용이 가능하다. 앞으로는 장수명이고, 효율 높은 유기 박막 태양 전지 개발이 기대되므로 박막으로 플렉서블한 전지로 하기 위해서는 배리어성, 특히 수증기 배리어성이나 내후성이 뛰어난 기재도 필요하게 된다(그림 7)<sup>22)</sup>.

### 1.5 웨어러블 디바이스용 필름

컴퓨터의 소형화, 경량화에 따라, 스마트폰 보급에 의한 모바일 네트워크 환경이 정비되어, 신체에 부착해서 이용하는 웨어러블 디바이스가 주목받고 있다. 예를 들어, Apple Watch 등으로 대표되는 손목 시계 디바이스, 안경형 디바이스, 의복 매립형 디바이스 등이 개발되고 있다. 얇고 잘 늘어나는 특성을 살려서 내의 안감에 부착하여 심박수 등을 측정할 수 있는 필름상의 소재를 개발하여 신체 상태를 알아야 하는 스포츠웨어나 의료 분야에서의 이용 등이 상정되고 있다. 피부에 접하는 부분에서 근육의 미약한 전기 신호를 잡아서 스마트폰 등에 데이터를 보내고 표시한다. 심박수 외에 호흡수나 땀을

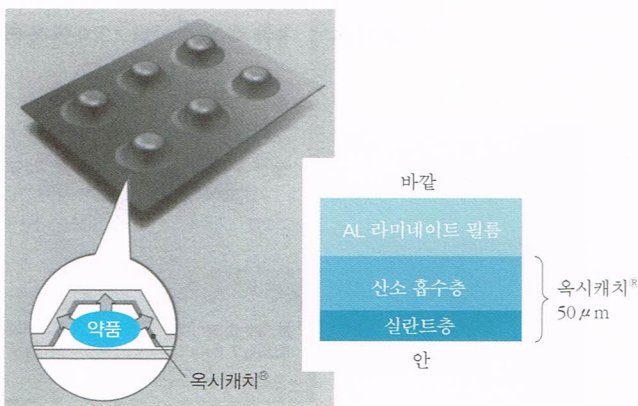
흘리는 정도 등, 멘탈 트레이닝이나 졸음 운전 방지 등에 대한 응용 전개가 기대된다. 도쿄대학 소메야 다카시 부교수 등의 그룹에서 발표된 초유연한 유기 LED 연구도 흥미롭다. 초유연한 유기광 센서를 부착하는 것만으로 혈중 산소 농도나 맥박 계측이 가능해져서 피부가 디스플레이가 된다<sup>23)</sup>.

극박의 고분자 필름 상에 유기 LED와 유기광 검출기를 집적화하여 피부에 직접 부착하는 것으로서 장착감 없이 혈중 산소 농도나 맥박수의 계측에 성공하였다. 앞으로 헬스케어, 의료, 복지, 스포츠, 패션 등 다방면의 응용이 기대된다<sup>23)</sup>.

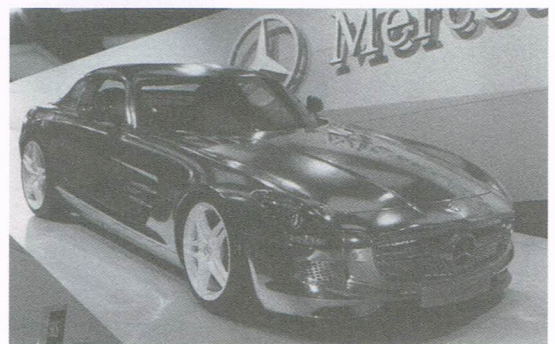
### 1.6 의료용 필름

의약품 포장에는 환원철과 염화나트륨 촉매를 수지에 블렌드한 산소 흡수 배리어재(예: 옥시카드) 필름이나 알루미늄 라미네이트 필름이 사용되고 있다. 의약품의 점적제에는 아미노산 제제, 고칼로리 영양제, 산소 영양으로 변질되어 버리는 약제 등이 있다.

그러나 의약품 포장의 경우, 약제사법 관계상 사용할 수 있는 재료에 제약이 따른다. 이것 때문에, 폴리에틸렌



<그림 8> 알루미늄 라미네이트 산소 흡수 PTP 포장



<그림 9> Mercedes-Benz SLS AMG Electric Drive : Paris 2012

(PE)계 수액 병을 양면 알루미늄박 구성의 외장 파우치에 넣고 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, 다른쪽은 PET / 패시브 배리어층 / 씰층이고, 투명 다층 필름이 사용되고 있다<sup>24)</sup>.

앞으로, 정제의 PTP (press through pack) 포장은 배리어성에서 더욱 엄격한 요구가 요구되고 있고, <그림 8>에서 볼 수 있는 나타낸 알루미늄·연신 나일론 라미네이트 / 옥시캐치층 / 씰(Seal)층으로 이루어지는 다층 시트 등이 검토되고 있다.

### 1.7 표면장식 필름

표면장식 필름은 자동차 부품, 가전 제품, 주택 설비, 스마트폰 / 태블릿 단말 등, 폭넓은 용도로 전개되어, 현재 1,112억 엔 규모의 시장이 되었다<sup>25)</sup>.

성형 방법으로는 사출 성형에 의한 인몰드 성형이 중심이지만, 성형품에 나중에 접합, 전사시키는 오버레이법이 개발되어<sup>26)</sup>, 형상 적응성이 더욱 확대되고 있다. 인몰드 성형은 인몰드 라미네이션과 인몰드 전사로 분류된다.

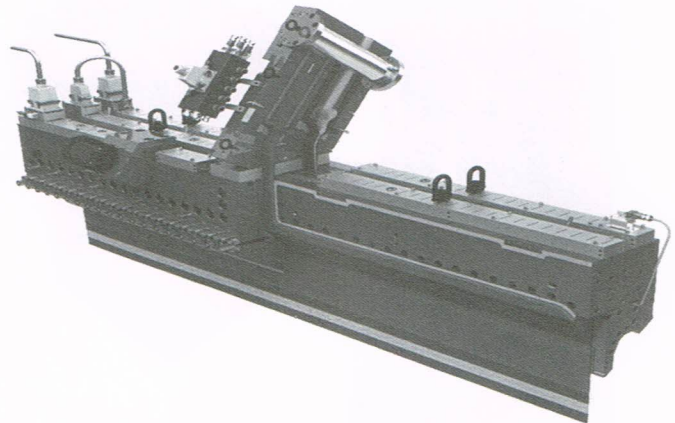
인쇄, 도장, 진공 증착, 착색 등으로 표면장식한 필름 또는 시트를 이용해서 필름을 성형품 표면에 접합시키고 또는 인쇄 도장, 진공 증착 등의 표면장식면을 전사시키는 표면장식 기술은 모바일 기기, 통신 기기, 소프트감을 필요로 하지 않는 자동차 내장품 등에 적용하기 쉽다. 진짜 나무같은 외관을 내기 위해서 3M은 인테리어 트림 필름

을 개발하였다. 이 필름은 진공 압공 성형에 의해서 기재에 부착하는 방식을 잡아서 모든 곡선에 필름이 추종할 수 있도록 되어 있고, 인쇄 패턴은 미리 늘려진 상태로 나무처럼 보이도록 설계되어 있다<sup>27)</sup>. Mercedes Benz는 자동차의 보드를 필름으로 랩핑하는 것으로 의장성을 갖춘 자동차를 발표하였다<sup>28)</sup> (그림 9). 표면장식 기술 이용에 의해서 각종 패턴, 색상 등을 만들 수 있어서 활발한 움직임이 있는 기술이다.

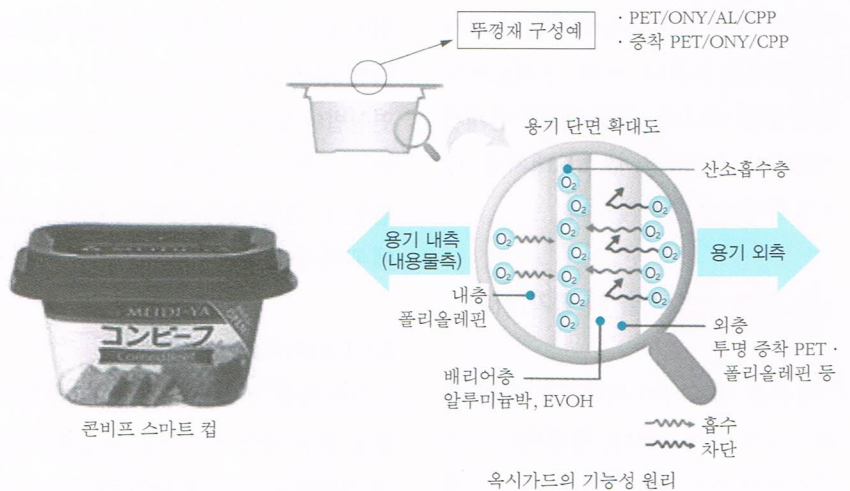
최근에는 조에쓰 신간선의 겐비(現

美) 신간선에도 표면장식 필름이 사용되어 선명하게 디자인된 차체가 주목받고 있다. 디자이너에 의한 현대미술을 신간선에 적용하여 세련되고, 보다 임팩트가 높은 것으로 완성되었다<sup>29)</sup>.

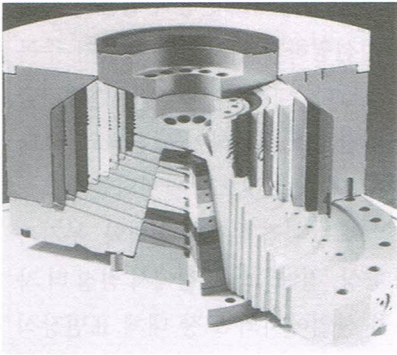
앞으로, 환경 문제나 절력화, 부가가치 향상, 경량화의 관점에서 점점 더 자동차 산업에서의 도장 대체 표면장식 필름 요구가 커져, 도장 라인이나 도금 라인이 필요한 자동차 제조도 가까운 장래에 실현될 가능성이 높다. 장래, 독자적으로 디자인한 표면장식 필름을



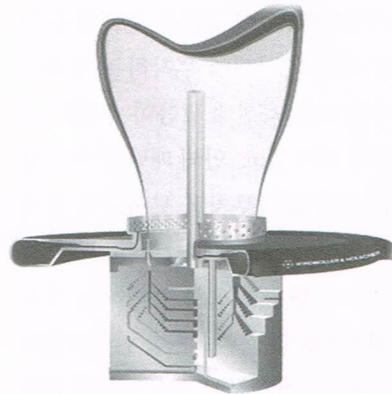
<그림 10> 피드 블록을 가진 멀티 매니폴드 다이 (Cloeren Incorporated)



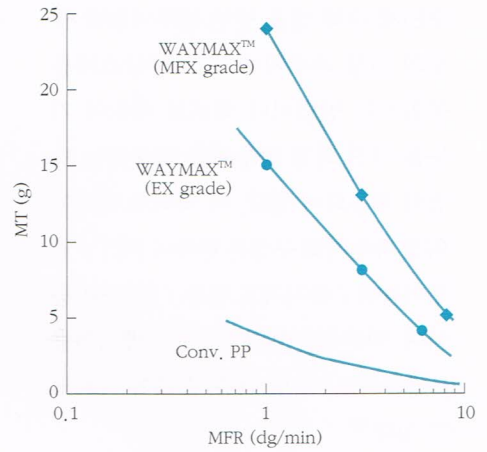
<그림 11> 다층 하이 배리어 구성에 의한 금속 대체의 스마트 컵과 옥시가드의 원리<sup>32)</sup>



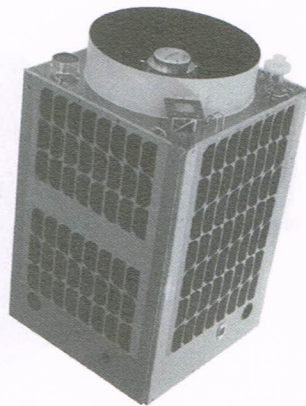
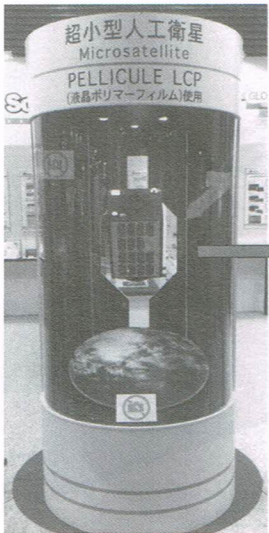
〈그림 12〉 9층의 스파이럴 다이스 구조<sup>36)</sup>  
(Gloucester Engineering Inc.)



〈그림 13〉 9층 구성의 인플레이션 성형<sup>36)</sup>  
(Windmoller and Hoscher)



〈그림 14〉 고용용 장력 PP (WAYMAX)와 일반 PP의 MFR-MT의 비교



〈그림 15〉 LCP 필름의 인공위성 용도에

외장에 쓰는 것도 가능해지는 시대가 도래할지도 모른다. 또한, 건재로서도 내장 뿐만 아니라, 외장으로의 전개가 기대되어 내상부성, 내스크래치성, 내후성 향상이 중요하게 된다.

방법이 있고, 연신 필름에는 텐타법 2축 연신 (순차 2축, 동시 2축)이나 튜블러 연신법이 있다<sup>30), 31)</sup>. 여기서는 최근 개발이 진행되고 있는 필름 성형기나 2축 연신기, 연신 평가 시험기, CAE 기술에 관해서 소개한다.

## 2. 필름 성형 기술 및 평가 기술

필름을 제조하기 위해서는 필름 제조 기술이 불가결하다. 필름에는 미연신 필름과 연신 필름이 있다. 미연신 필름은 T 다이캐스트법이나 인플레이션

### 2.1 T 다이캐스트 성형

기능성을 부여하기 위해서 배리어층을 필름 중에 배치하는 공압출 기술이 진행되고 있다. T 다이로는 멀티 매니폴드나 피드 블록 다이(그림 10)<sup>31)</sup>

가 일반적으로 사용되고 있다. 전자는 다이스 출구 앞에서 수지가 합류하기 때문에 각 층의 두께 분포에 뛰어나지만, 구조상 층수는 최대 5층까지가 주류라서 층수가 많아지는 경우에는 적합하지 않다. EVOH를 배리어층으로서 사용하여 양쪽 표층에 폴리올레핀을 사용하는 경우, 접착층이 필요하기 때문에 5층 이상이 된다. 후자는 많은 층이라도 다층화가 가능하지만, 합류하고 나서 다이스 출구까지의 유로가 길어서 점도차가 큰 수지를 흘려보내면 계면 불안정 유동 등에 의해서 각 층의 두께 정밀도, 외관이 악화하는 경우가 있다<sup>2)</sup>. 양자를 조합한 멀티 매니폴드와 피드 블록 다이를 조합한 공압출 기술도 사용되고 있다. 이러한 기술을 사용하여 금속판 대체 플라스틱 용기 등도 개발되고 있다. 이 겹은 차광성이 높은 4층의 다층 구조 용기로, 중간층에 산소 흡수층, 그 외층에 배리어층 (EVOH), 안쪽·바깥층에 PE나 폴리프로필렌(PP)을 적층하고 있다 (그림 11)<sup>32)</sup>. 이 구성에 의해서 바깥층에서의 투과 산소는 배리어층으로 차단하

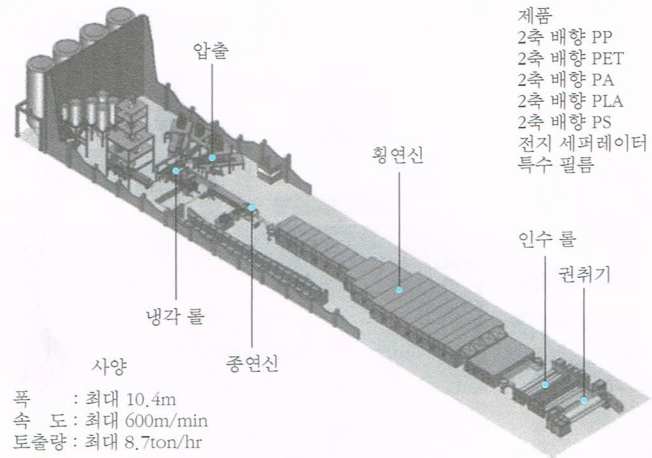


고, 차단되지 못했던 산소도 산소 흡수층에서 흡수하는 것이 가능하다. 또한, 용기 내의 잔존 산소는 내면측에서 산소 흡수층에서 흡수하여 장기 보존이 가능해졌다. 또한, 기존의 금속판과 비교하여 개봉이 용이하고, 뚜껑을 벗기면 전자레인지 가열이 가능, 폐기가 용이, 경량화 등의 메리트가 있다. 식품 포장 기능을 갖추기 위해서 많은 다층 필름이 개발되고 있다<sup>3)</sup>.

고투명화 기술로서 기존, 결정성 수지는 고투명성을 가진 분야에는 적합하지 않다고 생각했었지만 PP에서도 시트 성형으로 양면을 급냉한 뒤, 열처리하는 것에 의해서 구정(球晶) 사이즈를 작게 하고, 또한 구정(球晶)과 매트릭스의 굴절률을 거의 같게 하는 것에 의해서 고투명화가 가능하다<sup>33)</sup>. 또한, 표면에 저점도 수지를 흘리는 것에 의해서 전단 응력을 낮추고 배향 결정화를 억제<sup>34)</sup>하고, 더욱 굴절률이 같은 제3성분을 첨가하여 구정(球晶) 생성을 억제하는 것에 의해서 투명성이 향상하여 PP라도 유리같은 시트가 만들어진다<sup>35)</sup>.

## 2.2 인플레이션 성형

인플레이션 성형은 블로우비와 드로우다운비를 조정하는 것으로서 밸런스를 필름을 성형하는 데 적합하다. 단, 일반적으로 공냉 방식이 사용되기 때문에 냉각 효율의 관점에서 고생산성을 얻는 것이 어렵고, 스파이럴 다이스를 사용하기 때문에 두께 정밀도도, T다이 성형보다도 떨어지는 경향이 있다. 그 때문에, 두께 정밀도를 향상시키기 위해서 에어링의 풍량을 국소적으로 제어하거나, 히트 볼트 방식으로, 최종 필름



〈그림 16〉 순차 2축 연신 라인

두께를 계측하여 피드백하는 자동 두께 제어 방식이 개발되어 있다.

인플레이션 성형에서도 공압출 다층화 기술이 고기능 필름 분야에서 많이 사용되고 있다<sup>36), 37)</sup>. 인플레이션 성형용의 다층 다이는 〈그림 12〉<sup>36)</sup>에 나타내는 것 같은 형상의 다이스가 일반적으로 사용되고 있어서 다층화를 비교적 용이하게 할 수 있다. 다이스를 나가고 나서 MD 및 TD의 양방향에 응력이 가해지기 때문에 균형잡힌 필름 성형이 가능하다. 접착층이 필요한 경우에는 더욱 접착층을 배리어 수지의 양측에 배치해야 하므로 층수가 커진다.

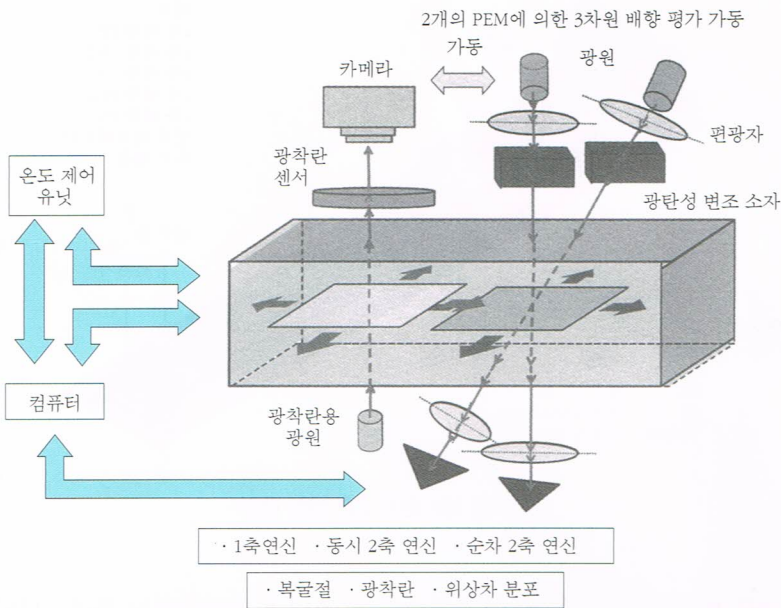
다층 필름 성형(그림 13)<sup>36)</sup>으로 제조한 배리어성을 가진 기능성 필름·시트에 의해서 내용물의 식품·의약품·IT 부품의 열화가 억제되어 Long life화가 가능해지므로 우리 생활에 있어서 필요 불가결한 것이 되고 있다<sup>37)</sup>.

버블 안정성을 향상시키기 위해서 메타로센 촉매를 사용하여 장쇄 분기를 도입한 고용용 장력 PP(그림 14) 개발에 의해서<sup>38)</sup>, 버블 안정성 향상이나 발포 필름·시트가 개발되어 있다.

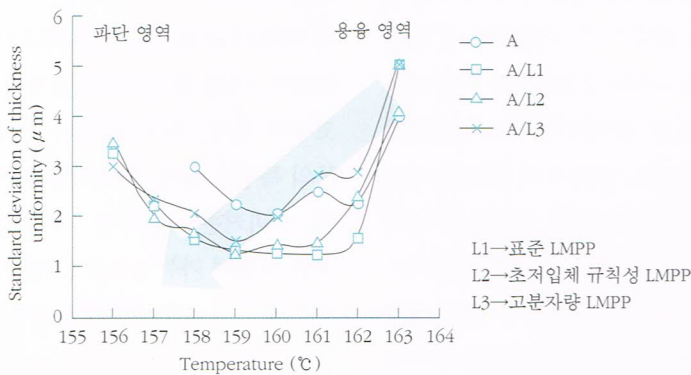
고내열 엔지니어링 플라스틱인 액정 폴리머는 다이스 내에서 배향하기 쉬워서 밸런스를 필름을 성형하기 어려운 디메리트가 있었지만, 특수 성형에 의해서 균형잡힌 필름 제조가 가능해졌다. 액정 폴리머의 저선팅창 계수, 고주파 특성, 하이 배리어성, 내열성 등의 특징을 살려, 플렉서블 프린트 기판, 스피커코어나 항공·우주 분야에 대한 적용이 가능해져서(그림 15), 새로운 용도 전개가 주목받고 있다<sup>39)</sup>.

## 2.3 2축 연신기

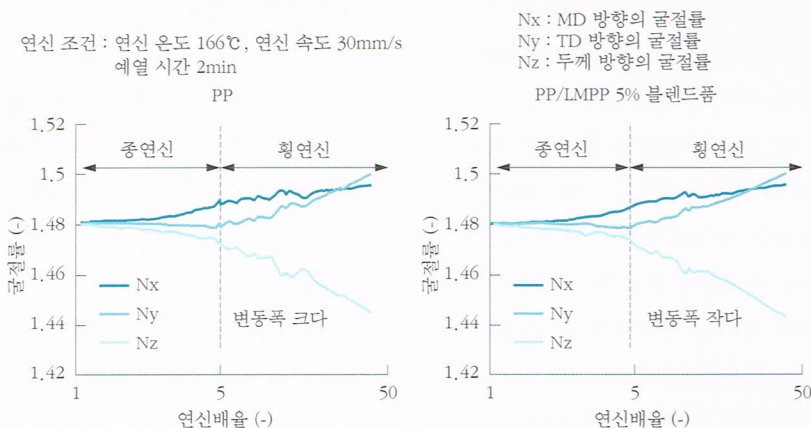
2축 연신 필름의 제조 능력은 세계에서 2,000만 ton/해에 달하고 있어서 대단히 많이 생산되고 있다. 식품, 담배, 섬유 포장 등에 많이 사용되는 폴리에틸렌 수지의 2축 연신 필름 연구 개발이 이루어지고 있다. 예를 들어, PP에서는 고속화가 진행하여, 최근의 2축 연신기는 유효폭 10m 폭, 권취 속도 약 600m/min이 개발되어, 1기에서 3만 5,000ton/해의 생산량에 달하고 있다(그림 16)<sup>31)</sup>. 포장 용도로서 더욱 더 고속화에 의한 고생산성이나 공업 용도로



〈그림 17〉 2축 연신 필름 시험기



〈그림 18〉 연신 가능 온도폭과 편육 정밀도



〈그림 19〉 3차원 굴절률 (초저입체 규칙성 PP 첨가 유무의 비교)

서 컨테이너 필름으로 대표되는 박막·균일화·고차 구조 제어에 의한 표면 요철 제어 기술<sup>13), 14)</sup>, 세퍼레이터 등의 균일하고 미세한 구멍 지름이 제어된 필름 개발 등이 주목받고 있다<sup>40)</sup>. 또한, 배리어성을 가진 수지를 공압출한 BOPP 필름 개발도 이루어지고 있다.

최근에는 PP 뿐만 아니라, 직쇄상 저밀도 폴리에틸렌(LLDPE)의 2축 연신 필름으로는 튜블러 연신법에 의한 고강도 슈링크 필름이 제조되고 있다. 이것은 밀도가 다른 수지의 블렌드로 조성 분포를 확대하는 것에 의해서 연신 가능한 온도 범위가 좁은 LLDPE의 연신성을 개량하여 피어싱 강도나 충격 강도가 높은 슈링크 필름이 개발되어, 폴리에틸렌의 슈링크 필름 수요도 신장하고 있다<sup>41), 42)</sup>. 더욱이 PBT를 이용한 튜블러법 고강도 2축 연신 필름의 개발도 이루어져서 PA6의 결점인 고온에서의 배리어성도 뛰어나고, 레토르트 분야나 전지 패키지 분야에 대한 응용도 생각되고 있다<sup>43)</sup>.

생산성이 높은 순차 2축 연신 텐타법으로서 PP나 PET 뿐만 아니라, PA6이나 LLDPE의 연신 필름이 생산되고 있다. LLDPE의 연신 필름은 미연신 용융 캐스트 필름과 비교하여 박막화 30%에서도 충격 강도가 높고 인장 특성도 높기 때문에, PE 필름으로서 뿐만 아니라, PE 실란트로서 전개되고 있다.

또한, PET 병용 슈링크 필름에서도 저융점의 공중합 PET 등을 이용하고, 순차 2축 연신의 제조 방법을 연구하는 것에 의해서 MD와 TD의 물성 밸런스를 유지하면서 MD에 슈링크하기 쉬운 PET 필름이 개발되고 있다<sup>44)</sup>.

2축 연신기의 톱메이커인 Bruckner

사는 보잉 없이 필름을 제조할 수 있는 리니어 모터에 의한 동시 2축 연신기 LISIM 판매를 전개하고 있다<sup>30), 31)</sup>. 광축이나 폭 방향의 수축 편차가 발생하기 어렵고, 제품 비율도 좋아서 고품질이고 균질한 필름용에 적합하다. LISIM은 상전도를 이용하여 세로 / 가로의 레일 패턴을 임의로 변경 가능한 동시 2축 연신기로서, 상처가 발생하기 어렵기 때문에 광학 용도 · 전자 재료 용도를 타겟으로 고부가가치 분야의 광학 · 전자 재료 필름 용도로 전개되고 있다. 광학용으로서 보잉을 억제하기 위해서 자유롭게 연신시의 레일 패턴이나 처크(chuck) 간격을 변경하여 TD 연신시의 레일 형상 및 MD의 처크(chuck) 간격 변경에 의해서 양방향의 연신으로 유사한 연신 거동이 가능하며 연신 종료시의 MD 처크 간격을 좁히는 것으로서 보잉을 저감하고 있다. 또한, 열처리 준에서 MD 및 TD의 이완율을 동시에 변경할 수 있다.

동시 2축 연신 텐타법은 순차 2축 연신으로는 수소 결합이 강하고, 결정화 속도가 빨라서 연신하기 어려운 PA6이나 EVOH 등의 필름 생산에 이용되고 있다. 식품 분야나 IT 분야에서 PA6 계에서 열수축이 적고, 보잉도 거의 없는 2축 필름 제조가 가능해졌다. 또한, EVOH 층을 포함한 공압출 PP/EVOH에 의한 다층 배리어 2축 연신 필름, 난연성 필름, PLA 연신 필름 등의 테마 연구 개발도 이루어지고 있다.

## 2.4 평가 기술

### (1) 2축 연신 시험기에 의한 연신성 평가

2축 연신성 평가와 동시에 연신중의 고차 구조 변화 관찰이 가능한 연신기

가 개발되고 있다<sup>45), 46)</sup>. 이 2축 연신 시험기는 <그림 17>에서 보는 것처럼 연신중의 S-S 곡선을 채취할 수 있을 뿐만 아니라 3축 굴절률을 평가할 수 있도록 두개의 광탄성 변조기(PEM)를 가진 광학계, 구정(球晶) 구조의 변화를 관찰할 수 있는 광산란 장치를 설치하여 연신한 필름의 위상차 분포를 신속하게 평가할 수 있는 설비를 일체화하고, 또한 임의인 다단 연신이나 연신 후의 완화를 임의로 제어할 수 있는 사양으로 되어 있어서 단시간에 대량의 정보를 in-situ로 평가할 수 있다.

결정화 속도를 억제할 수 있는 초저입체 규칙성 PP(LMPP)<sup>47)</sup>를 통상의 PP에 소량 블렌드한 샘플을 사용해서 종연신 후의 TD 연신 과정의 고차 구조 변화나 2축 연신성에 대한 영향이 보고되어 있다<sup>45)</sup>. 초저입체 규칙성 PP(LMPP)의 미량 블렌드에 의해서 PP의 결정화 속도를 느리게 하면 MD 연신으로부터 TD 연신으로 이행시의 굴절률 불안정 영역이 억제되어 변동폭이 작고, 변동 영역도 짧아진다. LMPP의 블렌드는 네크 연신을 약하게 하고 불안정 영역을 좁게 하여, 편육 정밀도를 향상시키고 있는 것을 평가할 수 있다. 또한, 광산란을 in-situ 측정할 수 있기 때문에 구정(球晶)의 변형이나 붕괴 등의 고차 구조 변화도 동시에 알 수 있다. 연신 종료시의 위상차 분포를 관찰할 수 있기 때문에 광학 균일성이나 편육 정밀도도 동시에 측정 결과로서 얻을 수 있다. S-S 곡선, 3차원 배향, 구정(球晶) 구조 변화 모두 평가하는 것으로서 수치 정상, 연신 중의 구조 변화나 편육 정밀도 등의 관계도 평가할 수 있다<sup>45)</sup> (그림 18, 19).

소량 샘플이라도 2축 연신 성능을 평가할 수 있고, 또한 연신 조건의 영향, 연신간의 완화 시간 영향이나 다단 연신 효과를 평가할 수 있다. 더욱이 수치 차이에 의한 동시 2축이나 순차 2축 연신의 적용성 판단에서도 구조면과 연신성 면에서 평가할 수 있다.

이 2축 연신 시험기를 이용해서 PP<sup>45), 46)</sup>, PE<sup>48)</sup>, PA6<sup>49)</sup> 등의 연신성 개량을 위한 수치 디자인이나 연신 조건 등이 보고되어 있다. 앞으로의 2축 연신 필름 수치 설계나 연신 조건을 탐색하는 데에 있어서 유력한 평가 수단이 될 것으로 기대된다.

PET의 연구에서는 Hassan, Cakmak 등이 in-situ 해석에 의한 순차 2축 연신 중의 응력 변화, 고차 구조 변화를 연신 배율이나 연신 온도를 변화시켜서 해석한 결과, 연신 프로세스가 3개의 STEP으로 나누어지는 것을 보고하고 있다<sup>50)</sup>. 연신 후의 완화 현상은 연신 중의 조건이나 배향에 영향을 받는다<sup>51)</sup>. 또한, 열처리에 관해서는 저배율 연신에서는 복굴절이 완화할 뿐이지만, 연신 배율이 커짐에 따라 복굴절 완화 후에 배향 결정화도가 진행되는 것을 보고하고 있다<sup>52)</sup>.

PLA에 관해서도 Cakmak 등이 같은 연신 거동 해석을 하고 있고<sup>53)</sup>, Chinsirikul 등은 고속의 연신 속도로 고연신 배율(MD5×TD5)의 조건에서는 고배향이고 또한 10nm 레벨의 미세한 결정 구조를 가진 고강도 2축 연신 PLA 필름이 만들어진다고 보고하고 있다<sup>54)</sup>.

### (2) CAE 기술

T 다이캐스트 성형으로 다중 완화의 PTT 모델을 사용하고 유한요소법 해

석에 의해서 네크인 거동이나 드로우 레조넌스 거동을 예측하고 있다. 분자량 분포가 좁고, 장시간 완화 성분이 적어서, 신장 점도의 시작도가 작은 수지는 네크인량이 크지만 드로우 레조넌스가 발생하기 어려운 것을 정량적으로 예측하고 있다<sup>55)</sup>.

2축 연신 과정 중의 응력-스트레인 곡선이나 변형 패턴, 응력 패턴이나 보잉의 거동을 예측하는 해석도 이루어지고 있다. <그림 20>에는 동시 2축 연신에서의 해석예를 제시하고 있지만, 처크(chuck)에 가해지는 응력이나 필름의 두께 분포, 변형 패턴을 예측할 수 있고, 실험으로는 여간해서 얻을 수 없는 연신 과정의 거동을 파악하는 것이 가능해서 연신기 개발, 연신 조건의 최적화 등 중요한 역할을 담당하는 것이

가능하다<sup>56)</sup>.

### 2.5 필름용 재료

투명 고분자 재료는 경량이라서 복잡한 형상도 성형하기 쉽고, 유연성이 있어서 깨지기 어렵고, 인쇄가 용이하다는 등의 특징이 있어서 유리로는 할 수 없는 분야에도 널리 응용 전개되고 있다.

비결정성 PET는 클리어감이 있어서 과자, IT 부품이나 화장품의 케이스에 이용되고 있다. PMMA는 고분자 중에서 가장 투명성이 뛰어난 수지이며 각종 렌즈, 액정 디스플레이, 표면장식 필름 등 다양한 용도에 이용되며 앞으로도 고투명 재료로서 기대되고 있다. 단, 내열성은 비교적 낮아서 전자레인지 대응 용도에는 사용할 수 없다.

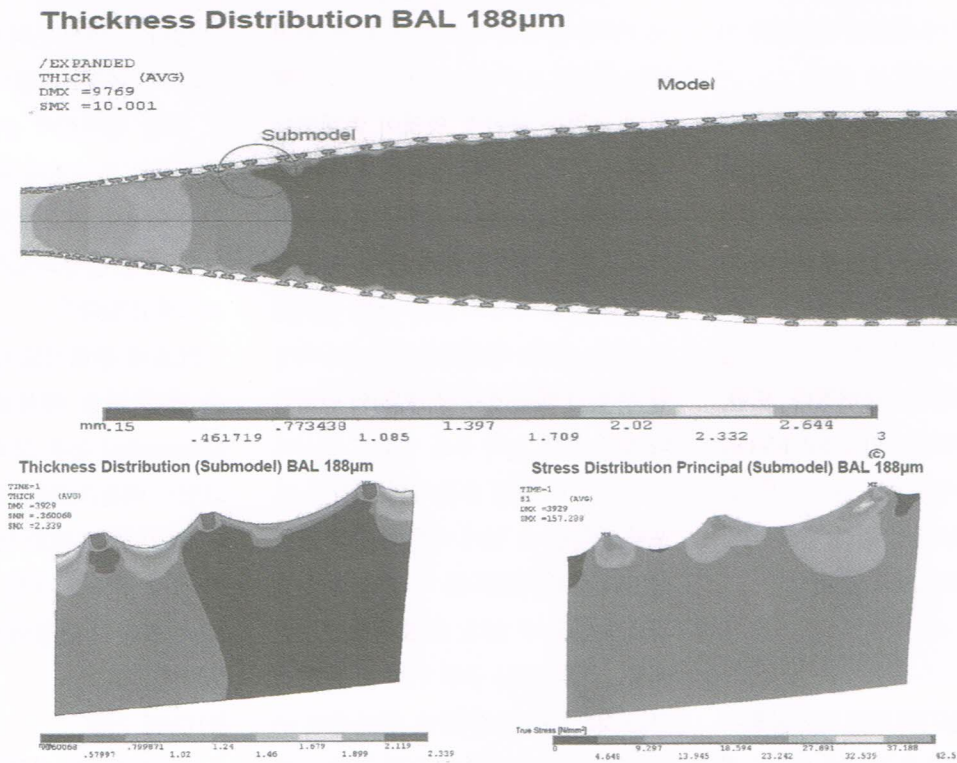
PC는 고강도, 내열성, COP나 COC

등은 부형성, 내열성, 배리어성, 저복굴절, PET는 저코스트 또한 2축 연신성에 우수하다. PS는 내열성은 낮지만 저코스트로 2차 가공성에 뛰어나고 PP는 결정화 제어 기술에 의해서 고투명하고, 또한 전자레인지 내열이 있는 등, 각각의 특징을 살려서 앞으로의 성장이 기대된다.

게다가 최근에는 카본 뉴트랄의 관점에서 폴리유산(PLA), 셀룰로오스 나노 파이버나 고도전성이나 고방열 특징을 살린 카본 나노 튜브 등의 소재도 주목 받고 있어서 이하에 간단히 말하려고 한다.

#### (1) 폴리유산(PLA)

PLA의 결정화속도나 내열성은 D체의 농도로 크게 좌우되기 때문에 이 값을 4% 이하로 제어한 PLA를 용융 압출



<그림 20> 동시 2축 연신 중의 두께와 응력 해석예<sup>56)</sup>

하여 시트화하고, 더욱 더 연신하는 것으로서 필름을 제작할 수 있다<sup>57)</sup>. PLA는 비교적 결정 사이즈를 작게 제어할 수 있기 때문에 투명하고 배향하는 연신 필름을 제작할 수 있는 것이다. 통상, 70~80℃ 정도의 내열성을 갖는다.

PLA를 사용하여 의료용 플라스틱이나 생분해 플라스틱 연구가 추진되고 있고, PLA (Tm 160~170℃)는 PET(Tm260℃)와 비교하여 내열성이 낮은 결점이 있었다. 그것을 해결하기 위해서 폴리-L-유산과 폴리-D-유산의 스테레오 콤플렉스가 새로운 구조를 형성하는 것에 의한 내열성 향상(200~230℃)이 발견되어 제품이 개발되고 있다. 마즈다의 카시트, 바스타월, 전자 기기의 하우징체, TV 틀에 사용되기 시작하고 있다<sup>58)</sup>.

(2) 나노 셀룰로오스 파이버

식물 유래 재료이며 환경형 자원인 셀룰로오스 나노 파이버도 목질 바이오매스의 응용예로서 최근 주목받고 있다. 셀룰로오스 나노 파이버는 셀룰로오스 분자 사슬이 규칙적으로 배열된 결정성 마이크로 피브릴 구경 3~4nm, 길이 서브 μm~수μm의 사이즈로 이루어지고 있고, 저선팡창 계수, 고강도·고탄성률, 고투명성을 가지고 있어서 자동차 부재의 보강, 스피커 콘, 미세 발포 용기, 포장 재료의 배리어 부여, 디스플레이의 유리 대체 등의 응용이 기대되고 있다<sup>59)</sup>.

(3) 카본 나노 튜브를 이용한 필름

나노 재료로서의 카본 나노 튜브도 미분산 기술을 활용한 전자 페이퍼나 굴곡 성형하더라도 센서 기능을 발현

할 수 있는 CNT 투명 전극으로서 스마트폰이나 자동차의 터치패널에 대한 응용, 또한 고열전도성의 성질을 이용한 고집적 회로용 고방열 필름으로의 응용 전개가 기대된다<sup>60)</sup>.

(4) 그밖의 재료

증착이나 코팅 기술에 의해서 투명성을 유지하면서 고배리어화, 표면 손상 방지 등의 기술도 고도화하고 있고, 연료 소비율 향상의 자동차 창문 유리, 가전, 자동차나 오토바이 등에 고급감을 부여하는 미려한 인쇄를 하는 성형품의 표면장식 필름, 빛의 어떤 방향에서의 입사라도 성형품 내의 굴절을 없애는 제로·제로 복굴절 재료<sup>61), 62)</sup>, 유기 EL 등에 적용할 수 있는 플렉서블한 배리어 필름, 의료용 투명 용기, 금속관 대체로서 간편 개봉으로 전자레인지에

[표 1] 고기능 필름·시트 테마

필름 종류	고기능 필름	용도	요구 특성	생산상의 과제
액정용	편광, 이형(離型) 위상차 시야 확대, 반사 프리즘, 확산 프로젝트	대형 TV, PC, 휴대전화, PDA	고투명, 치수 정밀도, 저잔류 응력, 저위상차, 휘도·장기수명, 내열·투명 박막, 저이물, 하이 배리어	두께 균일성, 코팅, 전사성, 배향 균일성, 제품 비율, 양호한 표면 외관, 저보잉, 표면 처리 기술
	유기 EL용 초하이 배리어	휴대, TV, 조명		
표시용	도전성 필름	터치 패널	하이 배리어	표면 처리 기술
	전자 페이퍼	전자서적		
	백 시트	태양 전지(무기, 유기)		
봉지재 시트	내광성, 내열, 저온봉지, 저흡수			
전자 관련	제너레이터	리튬이온 전지	균일 구멍 지름, 용접, 자기수복	고강도, 히트셀, 딥드로잉, 배리어
	소프트 패키징			
환경 대응	초박막 필름	대용량 컨덴서	박막, BDV, 요철	연속 성형성, 두께 균일성, 가공 안정성
	PLA, 생분해성 식물 유래 재료, CNF	쓰레기 봉투, 농업자재, 스피커 콘, 미세 발포체	가공성, 생분해, 고탄성, 고강도	
식품 포장	하이 배리어 포장	장기 보존 식품	하이 배리어, 투명성	간편 찢음성, 충격성, 보일 특성
	레토르트 필름	레토르트 식품		
투명 포장·트레이	고투명 필름	분구, 화장품 패키지, 전자레인지 대응 트레이	고투명, 강성	급냉, 결정 제어, 열성형성
표면장식	표면장식 필름	가전, IT, 자동차, 오토바이, 건재	고투명, 인쇄성, 내상성, 내후성	부형성, 두께 균일성
의료	하이 배리어	PTP (양면 하이 배리어) 수액 백	하이 배리어, 성형성, 투명성, 안전성	부형성, 이물 프리

도 이용할 수 있다. 폐기가 간단한 고배리어식품 용기, 각종 주류의 병화 등<sup>63)</sup>, 고투명 고분자 재료<sup>65)</sup>의 용도는 앞으로 점점 확대할 것이라고 기대된다.

### 3. 앞으로의 기능성 필름 개발

식품 포장에 의한 식품의 장기 수명화는 편의점이나 슈퍼마켓 등으로부터의 요망이 높다. 또한 전자레인지 사용 가능한 투명 필름·시트로 금속관에 가까운 레벨까지 배리어성을 달성할 수 있으면 상미기한을 길게 늘려서 낭비를 감소할 수 있고, 식품, 도시락, 음료 분야 등 각종 포장이나 용기로의 전개를 기대할 수 있다. 키워드로서 하이 배리어, 탈산소, 다층 구조 등, 기존의

기술을 혁신해야 한다.

PP, PET의 2축 연신 필름은 대부분이 순차 2축 연신기로 성형되고 그 생산 능력은 각각 1,152만 ton/해, 660만 ton/해에 달하고 있다.

PP, PET 필름은 식품 포장을 주체로 폭넓게 사용되고 있어서 식품의 장기 수명 관점에서 배리어성을 요구하는 용도는 많다. 공압출 하이 배리어 2축 연신 필름 개발이 이루어지고 있다. EVOH 수지의 개량과 2축 연신기의 개량 개발로 배리어성이 높은 공압출 2축 연신 필름 개발에 의해서 식품의 장기 수명, 저코스트의 투명 필름 제조가 기대된다. 평가 기술로는 우선 작은 스케일, 소량 샘플에서의 2축 연신 시험기에서의 검토를 하여 연신성 평가, 연신

메커니즘의 연구, 연신성 가동적인 관찰, CAE 해석 등을 포함한 연구에 의해서 효율적이고 단기간의 개발 연구로, 조기의 개발이 필요하다고 생각하고 있다.

하이 배리어 성능이라는 관점에서는 IT 분야에서 유기 EL용의 유기·무기 적층 구조를 가진 투명 배리어 필름을 비롯하여 액정 디스플레이, 태양 전지 등의 분야에서 배리어성의 향상 검토를 적극적으로 하고 있고, 분야는 다르지만 배리어 기술에서는 공통 기술이다.

마지막으로 기능성 필름·시트로서 활발히 연구 개발이 진행되고 있는 흥미로운 고기능 필름 테마의 일람표를 [표 1]에 나타낸다.

일본 "PLASTICS AGE" 2018년 9월호 전자

### 참고문헌

- 1) 経済産業省生産動態統計年報「2015年プラスチック製品統計」.
- 2) 産業を支える機能性フィルム, 機能性フィルム研究会編 (2013).
- 3) 機能性包装フィルム・容器の開発と応用, 監修 金井俊孝 (CMC出版, 2015).
- 4) 高性能フィルムの開発と応用, 監修 金井俊孝 (CMC出版, 2016).
- 5) 小室綾平, 古川和也, 松井一高, 小野裕之, 成形加工シンポジウム'17, 249 (2017).
- 6) ヤマサ醤油(株)ホームページ 商品情報.
- 7) キッコーマン(株)ホームページ 商品情報.
- 8) 富士経済, 二次電池の市場調査 (2017).
- 9) コンバーテック, 46 (6), 29 (2018).
- 10) 山澤隆行, 藤原幸雄, 木村嘉隆, 益谷敏夫, 兼山政輝, 井上茂樹, 柿崎淳, 福島武, 日本製鋼所技報 No.66, 1-22 (2015.10).
- 11) 奥下正隆, 成形加工, 22 (6), 279-286 (2010).
- 12) 特許 4653852, 2011.3.16, 王子製紙, 石渡忠和, 松尾祥直, 荒木哲夫, 穴戸雄一 (2011).
- 13) S.Tamura, K.Takino, T.Yamada, T.Kanai, *J. Appl. Polym. Sci.*, 126, 501 (2012).
- 14) S.Tamura, T.Kanai, *J. Appl. Polym. Sci.*, 136 (5), 3555 (2013).
- 15) 日本経済新聞社 朝刊, 2018年2月27日付.
- 16) 日本経済新聞社 ホームページ, 2016年6月13日.
- 17) 日本経済新聞社 朝刊, 2018年2月12日付.
- 18) 鈴木信也, 成形加工, 27 (2), 61 (2015).
- 19) LG 有機ELテレビのホームページ (2015).
- 20) 小山松 敦, 高分子学会第46回フィルム研究会講座 (2010).
- 21) 有機薄膜太陽電池 三菱ケミカルホールディングスホームページから引用.
- 22) Engadget 日本語版, 2016年1月5日.
- 23) 米国「Science Advances」誌, オンライン速報版, 2016年4月15日 (米国時間).
- 24) 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, 164-175 (Andtech出版, 2013年1月).
- 25) 富士経済, 加飾フィルム関連市場の展望とメーカー戦略 2013年.
- 26) 榊井捷平, 加飾技術概論, コンバーテック, 43 (9), 46-52 (2015). 日本写真印刷ホームページ, [http://www.nissha.co.jp/industrial\\_m/index.html](http://www.nissha.co.jp/industrial_m/index.html)
- 27) 佐々木信, 加飾フィルム・材料・加工技術の最新開発と自動車用途展開 第2章3項 (Andtech出版, 2015.3)
- 28) 湯澤幸代, 吉田 耕, 塗料の研究, (156), 32 (2014).
- 29) JR 東日本ホームページ, 現美新幹線
- 30) フィルム成形のプロセス技術, 監修 金井俊孝 (Andtech社, 2016).
- 31) Polymer Processing Advances, T.Kanai, G. A. Campbell (Eds.) (Hanser Publications, 2014).
- 32) 久保典昭, 食品と開発, 49 (7), 21-23 (2014).
- 33) A.Funaki, T.Kanai, Y.Saito, T.Yamada, *Polym.Eng.Sci.*, 50(12)2356-2365(2010).
- 34) 船木章, 蔵谷祥太, 山田敏郎, 金井俊孝, 成形加工, 23 (5), 229-235 (2011).
- 35) A. Funaki, K. Kondo, T. Kanai, *Polym. Eng.Sci.*, 51 (6), 1066-1077 (2011).
- 36) K.Xiao, M.Zatloukal, Chapter 3 P81 in Polymer Processing Advances, T.Kanai, G.A.Campbell (Eds.), (Hanser Publications, 2014).

- 37) 伊藤忠マシンテクノス, コンバーテック, 519, 72 (2016).
- 38) 梅森昌樹, 堀田幸生, 飛鳥一雄, 高橋邦宣, 北浦慎一, 成形加工2015 要旨集, 267 (2015).
- 39) 中島義明, 吉田正樹, 浜中裕司, コンバーテック, 521, 88 (2016).
- 40) 伊藤達也, フィルムの機能性向上と成形加工・分析・評価技術 第4章2項 (Andtech出版 2013.3).
- 41) H.Uehara, K.Sakauchi, T.Kanai, T.Yamada, *Int.Polym.Process*, **19** (2), 163-171 (2004).
- 42) H.Uehara, K.Sakauchi, T.Kanai, T.Yamada, *Int.Polym.Process*, **19** (2), 172-179 (2004).
- 43) 永江修一, 日本食品包装協会, 152号, 10月, 1 (2016). コンバーテック, 516, 108 (2016).
- 44) 春田雅幸, 向山幸伸, 多保田規, 伊藤勝也, 野々村千里, 成形加工, **22** (3), 160-167 (2010).
- 45) T.Kanai, K.Egoshi, S.Ohno, T.Takebe, *Advances in Polymer Technology*, Sep.17, 2017 DOI: 10.1002/adv.21884 (2017).
- 46) K.Egoshi, T.Kanai, K.Tamura, *J. Polym. Eng. Doi:10.1515/polyeng-2017-0210* (2018).
- 47) 武部智明, 南 裕, 金井俊孝, 成形加工, **21** (4), 202-207 (2009).
- 48) 平松吉孝, 山田敏郎, 武部智明, 金井俊孝, 成形加工シンポジア2012要旨集, 221-222 (2012).
- 49) 奥山佳宗, 中山夏実, 山田敏郎, 高重真男, 金井俊孝, 成形加工シンポジア2012要旨集, 113-114 (2012).
- 50) M.K.Hassan, M.Cakmak, *Polymer*, **55**, 5245 (2014).
- 51) M.K.Hassan, M.Cakmak, *Macromolecules*, **48**, 4657 (2015).
- 52) M.K.Hassan, M.Cakmak, *Polymer Engineering and Science*, **57**, 550 (2017).
- 53) X.Ou, M.Cakmak, *Polymer*, **51**, 783 (2010).
- 54) P.Jariyasakoolroj, K.Tashiro, H.Wang, H.Yamamoto, W.Chinsirikul, N.Kerddonfag, S.Chirachanchai, *Polymer*, **68**, 234 (2015).
- 55) 大槻安彦, 成形加工, **28**, 446 (2016).
- 56) J.Breil, Chapter 8, *Polymer Processing Advances*, T.Kanai, G.A.Campbell (Eds.) (Hanser Publications, 2014)
- 60) 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, 第10章第2節 (Andtech出版, 2013.3)
- 58) 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 第10章第4節 218-223 (Andtech出版, 2010.8)
- 59) ナノセルロース, ナノセルロースフォーラム 編, 日刊工業新聞社, 2015.8.28.
- 60) ナノカーボンのすべて, 新エネルギー・産業技術総合開発機構編, 日刊工業新聞社, 2016.12.26.
- 61) 多加谷明広, 小池康博, 成形加工, **20**(3), 144 (2008).
- 62) 旭化成ホームページ, プレスリリース 2014年6月19日.
- 63) 凸版印刷, 2011年7月1日付ニュースリリース.
- 64) 白鶴酒造, ホームページ 2011年07月08日付ニュースリリース.
- 65) 金井俊孝, 高分子材料の高透明化技術, 高分子, **64** (7), 421-423 (2015)



알기쉬운

# 압출성형과 성형불량대책

크기 : A5 / 페이지 : 270페이지 / 정가 : 25,000원

♣ 플라스틱넷([www.plasticnet.kr](http://www.plasticnet.kr)) 쇼핑몰에서 상세한 내용 확인 및 구매 가능!

▶ 우리은행 1005-103-502186 예금주 박인자(한국플라스틱정보센터) 구입신청&문의 ▶ 한국플라스틱정보센터 출판사업국 T. 02-831-0083

서울시 마포구 양화로67, 나동 301호(서교동, 삼양빌딩) TEL 02) 831-0083 FAX 02) 831-0088  
E-mail [ps1987@plasticnet.kr](mailto:ps1987@plasticnet.kr) 플라스틱산업포털 플라스틱넷 [www.plasticnet.kr](http://www.plasticnet.kr)

한국플라스틱정보센터