

機能性フィルムの新しい技術の潮流

金井俊孝*

はじめに

プラスチックの約35%がフィルムに使用されており、フィルムは生活する上で非常に重要な位置づけになっている。最近のプラスチックフィルムは液晶ディスプレイに代表されるような光学フィルム・光学部材、有機EL用の超ハイバリアーフィルム、タッチパネルなどに使用される透明導電性フィルム、太陽電池に使用される封止材やバックシート、電気自動車用にLiイオン電池に使用されるセパレータやソフトパック、薄膜コンデンサフィルム、植物由来のPLAや生分解性プラスチックフィルム、食品包装分野では長期保存ができるバリアー性の優れた包装材料や易開封性の易裂性フィルムなど、生活に密接に結びついたフィルムが次々と開発されてきており、その発展には目覚ましいものがある。

東日本大震災が3月11日に発生し、原子力発電の安全性が問われている中、自然エネルギーの活用が注目され、また省エネルギーの重要性が再認識されている。

今後は、これらに関連した太陽エネルギーの高効率化・低コスト化やエネルギーを蓄える二次電池、家電製品の省エネルギー関連の研究が急速に進む

ことが期待される。また、環境対応としての省エネルギー、CO₂排出抑制の技術が重要な位置づけとなっており、LCDの部材統合化、電子ペーパー、有機ELディスプレイ・照明用超バリアーフィルム、LED照明に伴う高放熱材料やテープ基材、高効率・薄膜軽量化太陽電池向け封止材やバックシート、タッチパネル用高透明導電性フィルム、電気自動車やプラグインハイブリッド車用電池用セパレータやコンデンサなど、日本が先行している技術に磨きをかけ、更なる発展が期待される。表1に主な高機能フィルムテーマを示した。

1. フィルム用材料

1.1 光学用材料

(1) 脂肪族環状ポリオレフィン (COP, COC)^{1)~4)}

この10年間で大きく伸長している材料に脂肪族環状ポリオレフィン(COP)やその共重合体(COC)がある。

COP及びCOCの原料であるC₅留分はまだ過剰状態で、現在の生産能力は約6万ton/年規模に達しており、製造各社は今後も積極的な光学材料開発を推進したい意向である。また、各種モノマーの構造を変化させて極性基を置換基に導入することにより、PVAとの相性を改良した研究も行われている。

更に、TAC/PVA/COPによる視野拡大機能を持たせた偏光フィルムの開発

も行われている。

光学材料の脂肪族環状オレフィンの共重合材料であるCOCも利用されている。この樹脂は他のCOPと比較し、屈折率が多少高く、またエチレンとの共重合のため複屈折が発生しにくいなどの特長があり、これを生かしたピックアップレンズ用途や高流動グレードの特性を生かした薄肉導光板などに展開されている。欠点は三級炭素直結の水素があり、熱分解されやすい問題があることで、着色、架橋防止のためにホッパ樹脂供給系で、N₂中で長時間の加熱乾燥が必要である。フィルム用途にはゲルが発生しやすい問題点もある。

(2) ポリカーボネート (PC)

PCの全世界の生産量約300万ton/年のうち、CDやDVDなどの光ディスクに占める割合は約20%になっている。

現行のPC光学射出グレード(T_g143℃、光弾性係数72×10⁻¹²Pa⁻¹)に対し、新規グレード(T_g146℃、光弾性係数46×10⁻¹²Pa⁻¹)として、複屈折を半減し、斜め入射も低く抑えられ、吸水率を抑える改良した例も発表されている⁵⁾。

光学用途の流延法ポリカーボネートフィルムは、等方性フィルムとしてのプラスチックセル基板、光学保護フィルム、異方性制御フィルムとしての位相差フィルム、光学補償フィルム、1/4波長板が上市され、特に波長分散制御可能な位相差フィルムWR(常人

* Toshitaka Kanai
出光興産(株)機能材料研究所
Tel. 0436-60-1831
Fax. 0436-60-1141

表1 高機能フィルムテーマ

	高機能フィルム	用途	要求特性	生産上の課題
液晶用フィルム	偏光, 位相差, 視野拡大, 反射, プリズム, 拡散, プロテクト, 離型	大型TV, パソコン, 携帯電話, PDA	高透明, 低位相差, 高表面外観, 低ゲル・異物, 各機能付与	厚み均一性 コーティング 表面処理技術 転写性
表示用フィルム	電子ペーパー	電子書籍	屈曲性, 高透明	配向均一性
	導電性フィルム	タッチパネル	導電, 高透明	良表面外観
	有機EL用バリアー	照明, TV, 携帯	超バリアー, 高透明	低ゲル・異物 低ポーリング
電池関係	バックシート	太陽電池	耐光性, 耐熱, 反射性, 低吸水性	連続性成形 厚み均一性 加工安定性
	封止材シート		低温封止, 高透明, 耐光性, 耐熱	
	セパレータ	Liイオン電池	均一孔径, 融点, シャットダウン機能	
	ソフトパック		高強度, バリアー性, ヒートシール, 深絞り	
	超薄膜フィルム	大容量コンデンサ	薄膜, BDV, 凹凸	
環境対応	PLA, 生分解性	軟包装, 農業資材	加工性, 生分解	
食品包装	ハイバリアー	長期保存食品	ハイバリアー	
	レトルトフィルム	レトルト食品	衝撃, ボイル特性, バリアー, 易裂性	
	高透明フィルム	化粧品, 文房具	高透明, 剛性	急冷, 結晶制御

化成)は、技術開発力を集中した開発品である。この分野もコストダウンを図る目的で、数年前から機械メーカーで溶融押出法によるフィルム成形の検討が進められてきたが、流延法から溶融法への検討がされ、溶融法でも位相差が10nm以下の光学フィルム・シートが得られている。

通常のPCよりも50℃耐熱性が高い T_g 200℃の耐熱PCフィルムも開発されている。一般に、高耐熱PCの場合は溶融温度と分解温度が近くなり、溶融押出が難しい場合が多く、成形は溶液流延法を利用するケースが多い。拡散板は当初PCが採用されていたが、ポリスチレン (PS) 採用が大型機種まで進んできている。

(3) ポリエステル (PET)

PETフィルムは2006年度においては、FPD用等の光学分野が使用量81万tonと、包装用などの非光学分野の119万tonに近づいてきており、PETの二軸延伸フィルムが幅広く使用されている。プリズムシート、拡散シート、反射シート、反射防止シート、近赤外

遮蔽フィルム、電磁波遮蔽フィルム及びプロテクトフィルムなど幅広く利用されている。

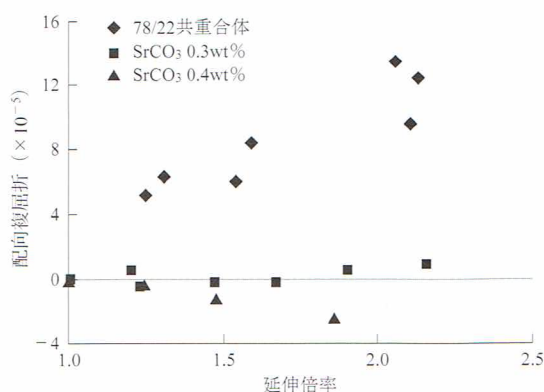
特に、PDPでは反射防止フィルム (AR)、近赤外線吸収フィルム (NIR)、電磁波遮蔽フィルム (EMI) など見やすさの向上や電子機器の誤動作防止などの役割を果たしている⁶⁾。

そのための技術としては、逐次二軸延伸フィルムの配向均一性、ポーリング低減、キズ・異物の低減、品質検査システムなどが共通して求められる。

また、高透明や易接着フィルムなどには三次元の表面粗さ制御のために、微細ファイラーの表面分散技術が求められ、透明性、接着性、すべり性を同時に満足するコーティング工程が入る。

(4) 複合化技術 (ゼロ・ゼロ複屈折)

成形加工工程を経て光学部材を成形する場合には、成形時の応力や配向による複屈折性を示すことが一般的である。そのため、光学材料として使用される場合、光学的な複屈折を生じない材料が求められることが多い。



SrCO₃ 添加 (MMA/BzMA = 78/22) 共重合体フィルムの配向複屈折
測定波長: 633nm, 延伸温度: 130℃, 延伸速度: 4mm/min

図1 複屈折ゼロ・ゼロフィルム

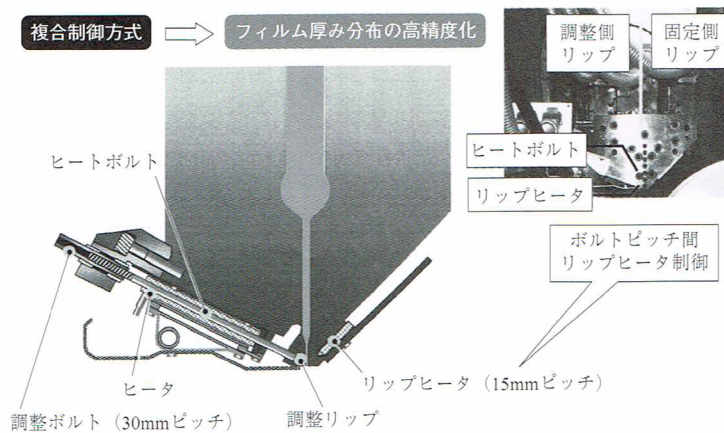


図2 ヒートボルト+リップヒーター厚み制御機構

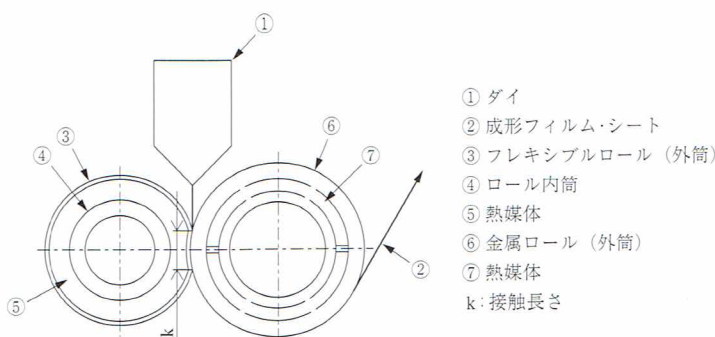


図3 弾性ロール

炭酸ストロンチウムのようなマイナスの複屈折性を示す針状無機結晶をナノ分散させ、正の複屈折性を有するポリマーの複屈折のゼロ化が検討されている^{7)~9)}。これにより、延伸配向しても光学複屈折を示さない材料を開発できることが報告されている(図1)⁹⁾。

また、ナノオーダーの光散乱粒子を樹脂内にブレンドすることにより、複雑なバックライトシステムを必要としない導光板の開発が可能であることが紹介されている⁹⁾。

2. 成形技術

2.1 光学フィルムの溶融押出成形^{10), 11)}

機械メーカーは最近、光学フィルム用として、コストダウン及び環境対策のため、溶液流延法から表面平滑性、低複屈折性、良転写性を有する溶融押

出法による成形機開発を進めている。

単軸押出機で、押出安定性を保つためバリヤータイプスクリュを用い、乾燥、チソパーズ、真空ホッパなどを採用している。

ダイの厚み制御はヒートボルト制御やリップヒーターを採用している(図2)。また、エア圧を利用した自動偏肉制御システムを開発、高応答性による短時間での偏肉制御が可能とのことで、PCフィルム90 μ mでは位相差10nm以下、厚み精度2 μ m以下を達成したデータも紹介されている。

フィルムの外観にはリップ先端仕上げが重要で、そのコーナー部の表面粗さR精度は30~50 μ mで、通常はクロムメッキだが、タングステンカーバイトの表面仕上げの方が目ヤニや表面荒れ防止にはメリットがあるとの報告もされている。また、コーナー部をシャープエッジにすることがフィルム表

面粗さを良好にするため重要であることも報告されている。

キャストイングロールでは、光学複屈折を極力抑えるため、薄い金属を利用したフレキシブルな弾性ロールの採用により、転写性と複屈折の低減の両方を満足させることが可能である(図3)¹¹⁾。従来は、300 μ m以下のフィルム成形の場合、従来金属ロールで均一に圧着することは難しく、ロール圧着しないキャストイング方式やゴムロールでの成形だった。しかし、弾性ロールの採用により、両面の光沢、透明性と低残留ひずみの同時効果がある。

PCフィルム90 μ mでリターデーション10nm以下を達成している。表面圧着効果もあるためゲルをフィルム内部に閉じ込め、またダイラインの矯正効果もあると報告されている。これらの技術を使用し、光学材料であるCOPやPCへの適用が進んでいる。

ベルトプロセスやスリーブタッチ方式(図4)での成形も同じ目的で、開発が進められており、表面平滑性や低位相のシートの成形が可能である。

2.2 フィルム延伸技術

溶融押出成形法と延伸技術を利用した位相差フィルムの開発も行われている。位相差フィルムの技術の中核は、押出機内での劣化防止、ダイラインの防止、偏肉精度の向上、ボーイングの低減から成り立っている。押出機は酸素の混入防止と押出機の飢餓フィード、ダイスはダイ先端の処理、偏肉の制御機構と延伸では延伸時のS-S曲線の右肩上がりのパターン温度領域での延伸温度設定、ボーイング防止は予熱、延伸工程の温度を高め設定し、延伸終了直後の熱処理工程の開始位置に冷却ゾーンを設けたり、再延伸して延伸時に発生するボーイングを極力低めにして、延伸終了時のラインを一直線にする工夫により、ボーイングを低減し、その後本来の熱処理工程に入るような設定も行われている。

PET二軸延伸フィルムやポリオレフィンの溶融押出によるプロテクトフィルムが開発されてきたが、最近では共押出BOPP（二軸延伸PPフィルム）や多層ポリオレフィン溶融キャストによるプロテクトフィルムへの展開も行われている。偏光フィルムやTACなどのプロテクトフィルム分野で、耐熱性が要求されない用途での適用が可能なかもしれない。テンター法の二軸延伸で、片側の接着層が表面にくるタイプでは、経時収縮率は80℃、15分で1%以下に抑えた熱処理が行われる場合もある。

薄膜フィルム成形技術はコンデンサフィルムなどに代表されるように、1/2に薄膜化できると同じ容積で4倍の高容量化ができるため、連続成形が可能で偏肉が良好な延伸成形技術が求められる。そのためには、薄膜化可能な延伸温度でのひずみ／応力曲線が、右肩上がりの樹脂の開発と同時にテンター内での温度の厳密な均一化が求められる。更に、表面粗度を制御するには、原反での球晶の生成と延伸後の微細な凹凸制御も求められることもある。現在BOPPは3 μ mで、7m幅まで可能で、BOPETは1 μ mレベルにあり、さらなる薄膜化が検討されている。エンジン周辺に使用したいとの要望もあり、更に耐熱性を高めるためにエンブラを使用した薄膜コンデンサの研究も進んでいる。

2.3 超臨界発泡

超臨界発泡の反射板への展開として、マイクロセルラー（MC）発泡体が電飾看板、照明及びLCDディスプレイ用反射板として展開されている。反射率を上げるためには発泡径を1 μ m程度に小さくすることが好ましく、溶融状態での発泡では発泡径が大きくなりやすいため、固体状態でのバッチ発泡が行われている（図5）¹²。PETのシートを成形し、巻き取り後、固体状態でCO₂を基材へ浸透させる際、浸透を

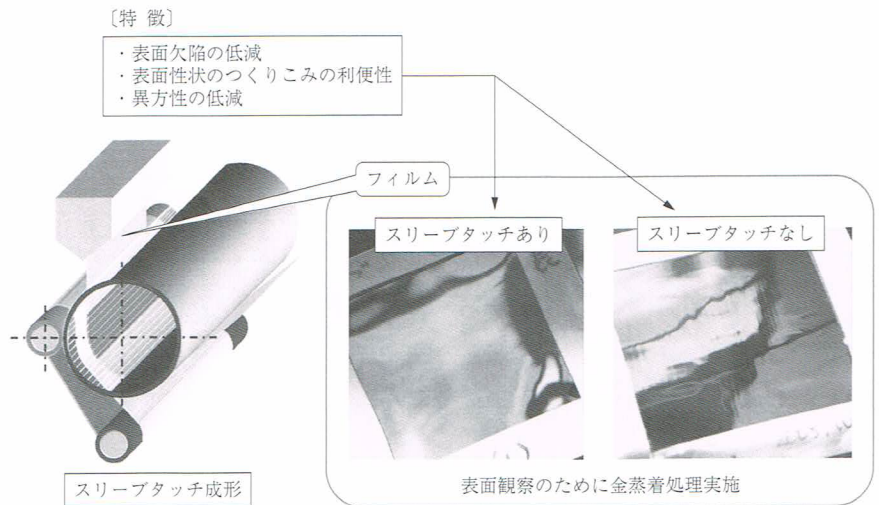


図4 光学用スリープタッチ方式

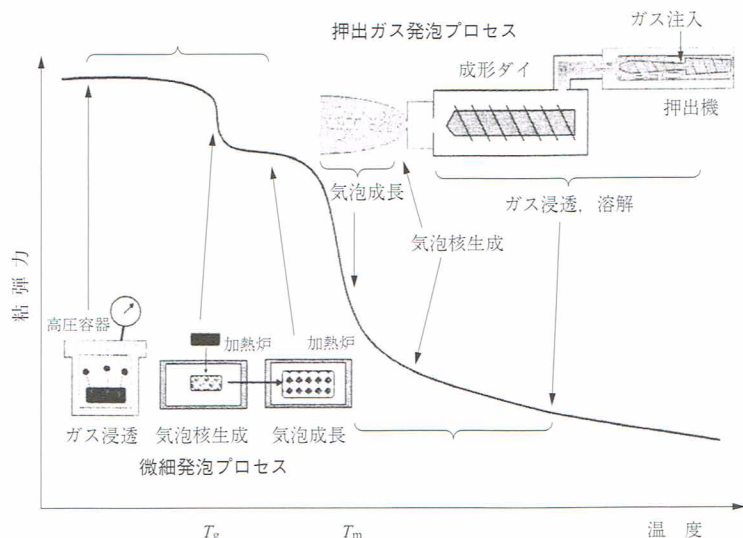


図5 樹脂の粘弾性からみた微細発泡プロセスと押出発泡プロセスの比較

促進させるため、エントレーナー効果を期待しシートをアセトンに浸析することを行っていたが、溶剤を除去する工程が煩雑になるため、アセトンでの浸漬は行わない方法も取られている。この場合はCO₂浸透時間が長い。

MC-PETは反射率が高く、特に400～700nmの可視光反射率が非常に高く550nmで99%であり、かつ波長依存性も小さいため、光の反射板による色の変化が小さいなどのメリットがある。発泡径は数～数十 μ m、厚さは0.8～1mm、最大幅1,000mmの製品がバッチ式プロセスの連続自動化したプロ

セスが採用され、電飾看板やLED-TVの反射板などに利用されている。

3. 二次加工、微細技術、塗膜

3.1 微細転写技術

薄型ディスプレイやバイオチップに応用可能な超微細転写の新成形技術として、超精密表面転写技術は液晶ディスプレイなどの表示材料、光学・電子部品やバイオチップの成形に必須の技術であり、近年サイズの超微細化や三次元形状の転写精度がますます重要になってきている。

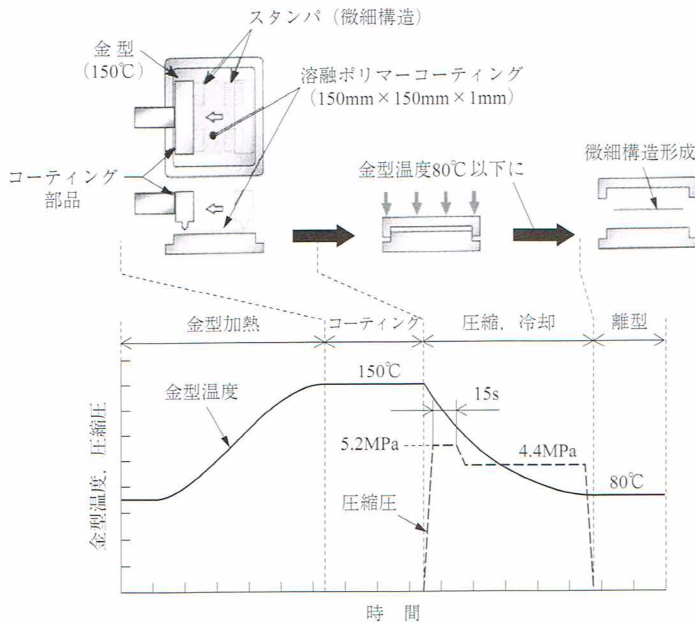


図6 微細転写技術

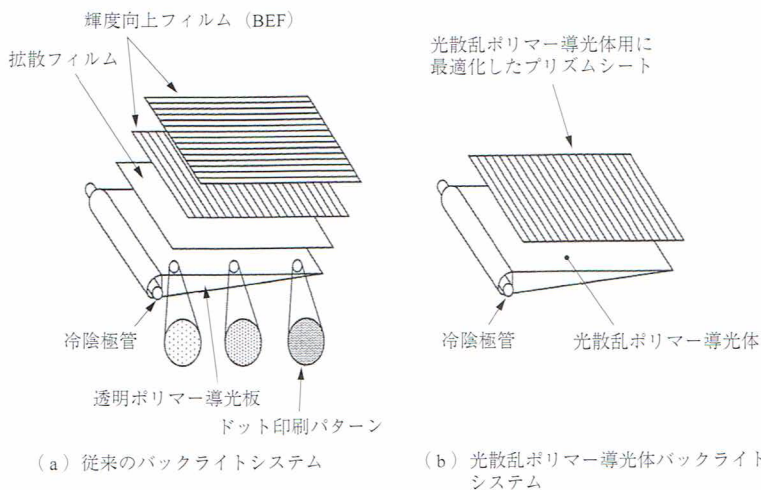
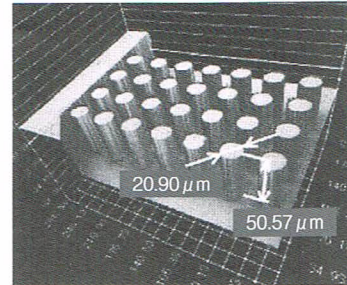


図7 LCD用エッジライト型バックライトシステム

従来、射出成形やナノインプリント技術が知られているが、前者は金型からの冷却による超微細転写性の困難さや、残留応力の発生による光学不均一性などの問題があり、後者のナノインプリントは相対的に長いサイクルタイムと高圧力での成形が必要である。

これらの問題を解決するために、各社いろいろな微細転写法が開発されている。例えば、“Melt-Transcription Process”と命名された新規成形法は、押出機及びフラットダイ全体を移動し、

ダイから押出されたフラットな溶融樹脂をあらかじめ作成した超微細表面形状を有した金属面にコーティングした後、比較的小さな圧力（10MPa）以下で溶融樹脂の上部から圧縮し、冷却固化することにより、三次元形状を精度良く転写することができる、という技術が文献の中で詳細に記載されている（図6）¹³⁾。

3.2 光散乱微粒子含有導光板

プラスチック光学素子の加工分野で

は、慶応の小池教授グループが提案した光散乱微粒子を利用した導光板の原理を利用し、ノートPCや携帯電話分野への展開が報告されている¹⁴⁾。光散乱粒子1%以下のわずかな量をPMMAの導光板に分散させることにより、透明性を悪化させずに光の散乱を制御できる。これにより輝度10～40%の向上が期待できること、プリズムシートを一枚削減できることがメリットとして挙げられる（図7）。輝度は向上できるが、輝度ムラは拡散板、プリズムシートを追加した系の方が均一化はしやすいようである。

3.3 超バリエーション性フィルム

フレキシブルディスプレイ用透明導電性フィルムに関して、バリエーション向上フィルムが検討されている。IZOは非晶質薄膜が形成可能なため、エッチング特性、低温製膜に由来する寸法安定性に優れる。IZOと耐熱PCと組み合わせることにより、耐熱・熱収縮の低減、寸法精度をもった優れたバリエーション透明導電性フィルム、有機薄膜半導体基材、有機EL用基材が製造可能であると報告されている。

ディスプレイを巻いて持ち運ぶ、あるいは電子ペーパー用として手軽に持ち運ぶことが可能なディスプレイの開発が期待されている。そのディスプレイの一つとして、コンパクトタイプの有機EL用フレキシブル基板がある。その実現のために重要な超バリアーフィルムの開発が必要である。

現在、耐熱性、水蒸気透過性、 SiO_x 膜との密着性などの観点を考慮すると、PESが一番可能性が高いとの観点から検討されている。 $10^{-4}\text{g/m}^2/\text{day}$ レベルの目標は達成している。有機EL素材は水分に非常に弱い、その水分による欠陥点であるダークスポットの発生は、製膜時に発生する小さな欠陥点が時間とともに拡大しており、その他の箇所からのダークスポットは発生しない。

プラズマCVD法による酸化ケイ素膜でPES/ SiO_x の試作品のレベルで、 SiO_x 200nmで $2.8 \times 10^{-4}\text{g/m}^2/\text{day}$ のレベルを達成し、得られた有機ELフィルムは均一な発光及び良好なフレキシビリティを示したことが報告されている。フレキシブル有機ELの構造はAl/陰極 (Ca + Ag)/有機EL層/陽極/バリアーフィルムで構成されている¹⁵⁾。

3.4 薄膜塗膜技術

タッチパネルの上部及び下部電極にガラスが用いられてきたが、モバイル機器に使用されることが多く、壊れやすく重いという問題点からフィルム基材に移行する傾向が見られる。

また、現在タッチパネル用のITOフィルムはPETが使用されることが多く、クリーンルーム内で透明電極はスパッタリング装置で薄膜製膜するのが通常のプロセスである。ITO膜は環境信頼性、筆記摺動性が要求され、結晶性タイプが一般に良好である。ITOフィルムの改良事項は透過率の向上 (PET/高屈折率層/低屈折率層/ITO)、耐指紋対策 (表面凹凸の制御) などである¹⁶⁾。

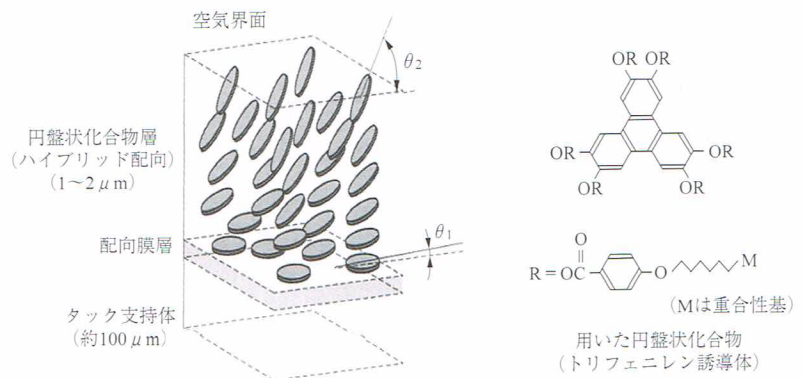


図8 視野拡大フィルム (WV) の構造

4. 製品化技術

4.1 ディスプレイ用部材

(1) LCD部材

① 液晶

液晶ディスプレイとして改善に取り組んでいるテーマとして、高輝度、高コントラスト化、高応答性、高視野角などである。コントラスト比は理論上、更に10倍向上できるはずだが、偏光板等で損失が大きい、高応答性は液晶の粘度が大きく影響し、低粘度化の検討を実施している。製品化としては、LCDの薄型・軽量化の検討を行う一方、PDPと同様、大型化が可能になってきている¹⁷⁾。

TV用のバックライトシステムとして、消費電力や寿命の観点でLED化が進んでおり、大型TVでは多くのLEDが使用されてきたが、最近ではLEDの光をサイドから入射させる超大型TVも実用化されている。更に画面の色や明るさに合わせて、それぞれのLEDバックライトの光の強さを制御し、黒を際立たせている液晶TVも開発されている。

② プリズムシート

プリズムシートでLCDにおける高輝度化技術と、輝度上昇フィルムを利用した光制御技術が紹介されている。光の性質を深く理解すると、無限の可能性を発見させることが可能である。光の制御の観点から、多くの特許が出

願されている。

プリズム用の表面の高精密成形、表面形状の処理だけできれいな色の発色法、光の干渉を応用した厚み $\lambda/4$ の積層膜による光の反射率の向上、多層光学フィルムによる光学パイプや可視光反射ミラー等、光の原理を幅広く活用した開発商品の事例が紹介されている¹⁸⁾。

③ 視野拡大・位相差フィルム

視野拡大フィルム (WV) はディスコタクティックな液晶 (円盤状の分子構造をもつ液晶) をTACフィルムに積層する (図8)¹⁹⁾。最近では偏光板の一体化や視野拡大などの改良、LCDコーナー部の光の漏れ現象の額縁問題の解消のためのフィルム厚みの削減などで、低コスト、高性能化を達成している。

更なる改良として、TACフィルムの複屈折の制御を目的に、屈折率異方性を有する無機物などの添加剤を添加し、屈折率を自由に制御する研究が行われている。

LCD用位相差フィルムのイノベーションとして、溶融押出法により原反を製造し、その後テンターの二軸延伸法により屈折率楕円体を制御している。2.2m程度の幅に対して、光学均一性を得るため両側30cmずつ以上はカットされる。

TAC/PVA/COPの系でTACフィルムの層を1枚削減でき、かつ位相差機能

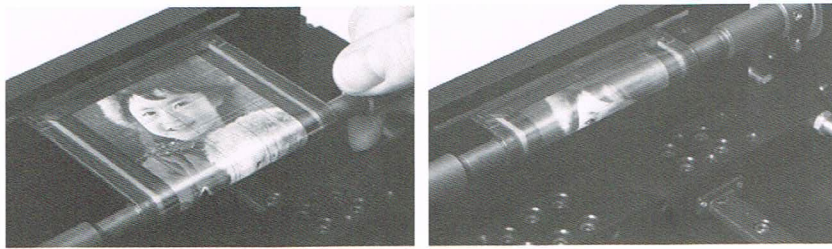


図9 フレキシブル有機ELディスプレイ
曲率半径4mmで巻き取りながら写真を表示（動画表示も可能）

と高視野角WVの機能を付与できる。ただし、TAC/PVA/COPの親水性の違いによるソリの問題の解決は、表面処理技術により対応している。

(2) 有機EL

有機ELの11インチTVが上市され、有機ELパネルが厚さ0.3mmに薄肉化したTVも開発された²⁰⁾。ソニー独自の電荷注入、消費電力の低減、高輝度化、色再現性、高コントラストを達成したSuper Top Emission (STE)方式で、高輝度で高寿命化が達成し小型TVへの適用に結びつけたが、有機ELのTVの大型機種は販売されていない。一方、韓国のSamsungは有機EL用の量産工場を建設し、携帯電話だけでなく、大型TVを販売していく計画も報道されている。

有機ELのディスプレイ・照明用途への最新技術動向も見逃せない。低消費電力、高輝度、部材の削減可能、超薄型軽量化可能などの特徴を生かした将来ディスプレイや、面光源の特性を生かした照明分野に広く活用できる非常に高いポテンシャルを持っている。

2010年6月には、ソニーからペンほどの太さに巻き取れる極めて柔軟性が高く、厚さ80 μ m、精細度121ppiの4.1型有機TFT駆動フルカラー有機ELディスプレイ（図9）の開発に成功したとの発表が新聞や同社のホームページで報道されている²¹⁾。

また、富士フィルムから10⁻⁶g/m²/dayレベルの超ハイバリアー・高透明・フレキシブルフィルムが開発されたと発表されており、実用化されればフレ

キシブル分野も有機ELの特徴を生かした分野になる。

(3) タッチパネル用部材²²⁾

タッチパネル用途は今まで、小型モバイル機器のPDA、電子ペーパーが主体であったが、今後は、iPhoneやiPad、iPad2などをはじめ携帯電話や電子端末でタッチパネル機能やズームイン、ズームアウト機能を備えたモバイル分野での急成長が期待される。基板のフィルム（180 μ m前後）で、製膜は位相差を10nm以下に抑える関係からPET、PESは熔融法、PC、APO、PARは溶液キャスト法が主流であったが、成形加工法の改良により熔融法への移行が進んでいる。透明電極はInの枯渇や原料高騰で、Inに代わるITO代替材が検討されている。

(4) 電子ペーパー

ブリヂストン²³⁾、E Ink、富士通が電子ペーパーで進んでいる。電子ペーパーは新聞、書籍、電車内やテパートの広告、駅の時刻表や電子カードなど幅広い用途があり、まだLCDほど鮮明ではないがカラー表示も可能で、表示の精細さが大幅に向上し、紙に印刷されたものか電子ペーパーなのかわからないレベルになってきている。電源を切ってもそのまま表示が残るため必要とされる消費電力が低く、かつ現在の紙の新聞を読んでいるのと同じレベルの表示が可能で、大型の薄いディスプレイが可能となっており目も疲れにくい。また、フレキシブル、薄肉・軽量のディスプレイとして期待されている。

4.2 太陽電池用フィルム・シート

CO₂排出削減の環境対応や福島原発事故による原発代替エネルギー確保の観点から、今後太陽電池の需要は大きく伸びることが予想され、それに伴い太陽電池用のフィルムや封止材の需要の伸びが期待される。

(1) 太陽電池用封止材

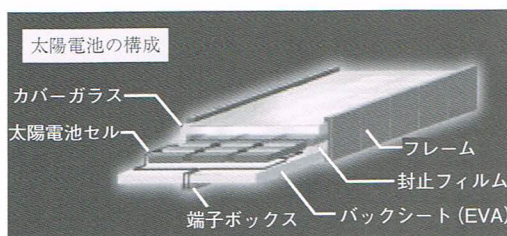
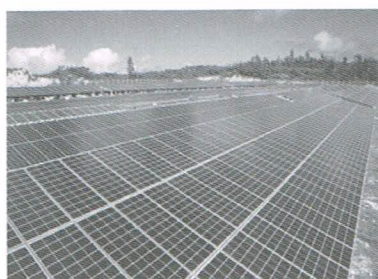
太陽電池の封止材として95%をEVAが占めている。EVAはエチレンと酢酸ビニル（VA）の共重合体で、VA量で融点、柔軟性、バリアー性などが変化する。太陽電池の封止材としては、VA25～33%、MFR4～30の範囲で有機過酸化物の架橋剤とSiカップリング材が添加されている。現在、製品サイズは1,800mm幅、4.5mm厚が主流で、一般にはシート成形ラインで製造されている。

融点70℃のEVAが一般的で、押出成形時には低温成形でシート成形（450 μ m）し、Si太陽電池セルの封止時に高温下135℃で100%架橋剤を消費させ、架橋反応を起こし、三次元架橋構造にして耐熱性を付与するとともに、Siカップリングさせてガラスとの密着性を付与する。耐候性を付与するため、UV吸収剤も添加し、成形時の酸化防止剤も添加されるのが一般的である。

長年使用しても黄変せずに透明性を維持することが重要で、水蒸気バリアー性、100℃以上の耐湿熱、耐熱性や冬の環境下での耐寒性、絶縁性も重要事項で、EVAはVA含量によっても値段が異なるが、ポリオレフィンの約2倍の低コストということもあり長年広く使用されてきたが、最近急成長を続けている。

(2) 太陽電池用バックシート²⁴⁾

LCDの反射フィルムを太陽光の半導体パネルの下に設置し（図10）、反射効率を上げるフィルムが凸版印刷で開発・販売されている。原理的には微細多孔のPET延伸フィルムである。封止樹脂と一体接合されるので、耐候性、



バックシート (PET)

図10 太陽電池部材

水蒸気・ガスバリアー性、電気絶縁性、接着性等の特性が重要であり、種々な機能を満足させるために多層フィルム構成になっている。

(3) 太陽電池用フレキシブルフィルム

富士電機システムは通常ガラス基板ではなく、プラスチック基板のフレキシブルフィルム型製品を開発している。ロールに巻きつけて生産するロール・ツー・ロール方式で、生産効率や運送効率が非常に高い。ガラスだと重量が重いので、屋根などのソーラーパネルの設置は最初からの設置が主体であるが、フィルム型は軽くて薄いので後からの設置も簡単に行える。また、携帯電話の表面や窓ガラス、衣服、カーテンなどの応用展開も考えられている。

4.3 次世代自動車用部材 (Liイオン電池, コンデンサ)

電気自動車や太陽光などの自然エネルギーの蓄電用などにLiイオン電池が大きく伸びる。2010年の1兆円規模が、2015年に3兆円、2020年には5兆円規模の市場になると言われており、それに関連して電池セパレーターやソフトパックなどの伸びも期待される。

(1) Liイオン電池セパレーター

2008年度のLiイオン電池セパレーターの市場規模は669億円、フィルム価格100円/m²となっている。2012年には1,110億円となる予想で、今後も順調に推移するものとみられる。

セパレーター用HDPEはLiイオン電池の135℃以上の暴走反応を防止するため、安全面から必須材料である。一部PPも使用されているが、その場合、約170℃で機能が発現する²⁵⁾。HDPEとPPは、触媒金属残渣を低減した高分子量原料が使用され、成形法としては湿式と乾式法がある。

乾式法は微細多孔フィルム製膜で球晶の延伸制御で行うが、孔径の制御が難しい。湿式法はHDPE/WAX系の2成分系あるいはHDPE/WAX/微細な無機フィラー系の3成分系のスピノーダル分解の後期の相構造の制御をして延伸し、その後WAXあるいはWAX、無機フィラーを洗い流し、更に乾燥工程も必要で、かなり複雑な製造工程で行われている。延伸フィルムを成形後、溶剤による抽出工程があり、溶剤回収工程も必要である。製造速度十数m/minの低速で同時二軸延伸(チューブラー法では偏肉精度不足で不利)の後には溶媒除去工程があり、企業により製

法が違う。ミクロンオーダーの微細多孔が必要である。ただし、不純物があると性能が大幅に低下するため、この工程に手間がかかる²⁶⁾。

Liイオン電池の伸びは、電気自動車今後どうなるかにより決まる。ハイブリッド車用にニッケル水素電池が使用されているが、今後電気自動車ではLiイオン電池になる。その理由はニッケル水素電池と比較し、蓄電容量が2倍で小型・軽量化(半分)が可能、出力が1.5倍、充電速度が速いなど多くの因子によるもので、Liイオン電池が進んでいる。Liイオン電池の安全性だけがまだ完全に保障できるかどうか、多少の心配が残っている。

今後のLiイオン電池の課題は、①大電流充放電、②急速充電、③絶対安全性、④低コスト化である。現在のセパレーターの製造速度が非常に遅く、電気自動車が各社立ち上がった場合は、十分な生産速度が確保できなくなる可能性が高い。延伸しにくい高分子量HDPEに加え、添加した成分の溶剤による除去と乾燥工程の速度がネックである。小型・軽量化、低コスト化のために、電気容量を上げるには正極と負極にもよるが、セパレーターの薄膜化と多孔径と数制御が重要である。

(2) ソフトパック

Liイオン電池の正極、セパレータ、電解液、負極の構成を包み込むラミネートフィルム（ソフトパック）が使用されている。市場規模は現在、数十億円であるが年20%の伸びになっており、本格的な電気自動車に搭載されれば、将来的に大きく伸びる期待できる分野であり注目されている。

ラミネートフィルムとして、BONylon 25 μm /AL 40 μm /PP 50 μm のフィルム構成で、車載用には更に安全のため、PET12 μm の層が加わっている。PPのヒートシール層の構成やシール条件にノウハウがある。PPは内部の圧力に強いが、長時間の圧力には弱い。PPのシール性は安全面からも非常に重要であり、またナイロンフィルムはバリアー層としてのAL層に対し、強度・熱成形性を付与し変形追随性を持たせることであり、フィルムのすべての方向での伸び、強度の均一性が必要である^{27), 28)}。

(3) コンデンサ用極薄フィルム

コンデンサの市場は約1.5兆円だが、フィルムコンデンサの市場は1,700億円程度で市場は小さい。ただし、今後ハイブリッド車、電気自動車が伸長し高電圧が期待される分野が伸びれば、それに伴い大きな伸びが期待できる。フィルムコンデンサは主にPET、PP、PPSが使用されている。

PPフィルムコンデンサは絶縁抵抗が高く、自己回復性に優れ、高圧キャパシタ用として優れている。また耐久性にも優れている。電圧変動の安定化のためには大容量キャパシタが必須である。自己回復性とはアルミニウム、亜鉛等の金属蒸着により電極を設け局部的に絶縁破壊しても、放電部周辺の蒸着膜が飛散することで絶縁を回復し、キャパシタ全体の機能を維持するものである²⁹⁾。

キャパシタの単位体積当たりの静電容量(C/V)は、誘電体(フィルム)の厚みの2乗に比例するため、フィルム

の薄肉化は極めて重要である。PPSやPETのフィルム厚みは1 μm の領域に達しているが、BOPPはハイブリッド車のキャパシタの形状から3 μm が必須になってきている。3 μm 、帯電圧600V/ μm が上市され、更に2.5 μm の開発も完了している³⁰⁾。製造は逐次二軸テンター法だが、傷つき防止やフィルム物性のバランスから同時二軸法も適用されている。インフレーション法は油の含浸性には優れるが、偏肉精度や薄膜化に問題があり、薄物には使えない。

絶縁破壊電圧(BDV)のアップが重要である。製造法は逐次二軸延伸法であったが、最近では表面欠点レス・物性の等方化を狙い、同時二軸延伸法も適用されるようになった。薄膜化に伴い、加工工程のハンドリングの悪化による歩留まりの低下もあるが、BDVの低下が大きな問題である。改善方法としては、フィルムの結晶化度アップ、ガラス転移温度のアップ、不純物の低減が例示される。

薄膜化において、BDVに対するフィルム表面粗さは無視できない。バルク耐電圧特性は同一であっても、表面粗さが大きすぎると粗さの谷部分が電気的な弱点となりBDVが低下する。一方で、フィルムキャパシタの製造工程ではフィルムを長く巻くが、フィルムに適度なすべりがないと素子形成が安定せず、電気特性に影響を与える恐れがあり、適正な表面粗さが求められる。表面粗さの制御技術が極めて重要である。粒子添加すると粒子周辺からボイドが発生しBDVが低下するため、フィルムの薄膜化とともにフィルムの片面は β 晶制御が必要と言われている。この技術が高耐電圧をブレイクスルーできたキー技術のひとつであり、80~100V/ μm くらいのアップができる。

5. 全体の流れと今後³¹⁾

東日本大震災の発生で日本経済が大

きな打撃を受けており、福島原発のトラブルから原子力発電政策も大きな岐路に立たされている現在、自然エネルギーの利用と蓄電システムがクローズアップされている。そこに大きなビジネスチャンスもあり、太陽光発電用の封止材、バックシート、有機色素系印刷可能で低価格が期待できる太陽電池フィルム、Liイオン電池用セパレータやソフトパッケージ、風力用の炭素繊維なども今まで以上に開発が進むものと考えられる。CO₂排出規制の観点からはPLAフィルムも重要である。

一方、多くの家庭で薄型TVが普及し、各国でアナログからデジタル化への移行が進み、フラットパネルの液晶TVの生産量が急増している。それと同時に、多くの企業がこの分野に参入してきたため、液晶パネルメーカーも大規模化によるコストダウンを行い、価格が大幅に下落している。

そのような状況下、コスト競争が激化している。液晶に使われる部材の枚数の削減と製造コストの削減が大きな課題であり、導光板、反射板、高輝度プリズムシート部材メーカーは量が増えても利益率は大きく落ち込んでいる。

プリズムシートの枚数を削減できる研究も広く行われるようになってきており、その一つは微粒子を用いた光散乱導光板であり、プリズム転写一体型導光板もその一つである。また、TACフィルムも大手2社の独占状況であるが、位相差フィルムのCOP化が進み、TACの必要枚数の削減化も同じ流れである。

そのため、低コスト材へのシフト、光学設計による機能の統合化(光散乱導光板、WV機能付き位相差フィルムのロール・ツー・ロール化)プロセスの低コスト化(溶液法→熔融法)が進んでいる。

光技術を支える技術として、光学部材の設計と開発、素材開発と素材同士との組合せ、素材を十分に生かすための

成形加工技術や微細転写技術が必要である。

例えば、光学材料面から言えば、従来からあった非晶性高透明樹脂に加え、光学分野で急速に利用が広がっている脂肪族ポリオレフィン樹脂の利用や従来からあったポリマーも精密な光学設計により置換基を工夫したり、A/Bの複合化技術で、複屈折をゼロにする工夫もなされている。

素材をフルに活用するという立場から、光学的に屈折率に傾斜をつけたGI光ファイバーによる高機能化やナノオーダーで転写性を制御する技術開発も活発に進められている。また、光学制御という観点からLCDの実用化に関して大きな影響を与える技術として、偏光技術や高視野角制御などの技術は製膜、延伸技術やコーティング技術をうまく応用した例であると言える。また、同時に光学設計や光のシミュレーション技術、それを生み出す製膜シミュレーション技術も進化している。

素材、複合化技術、精密加工技術、微細転写技術や印刷技術が確立されてはじめて我々が良く見る製品に仕上げられているが、これらの技術はもともと日本が得意とする技術であったし、技術立国日本の地位を維持するには今後も常にリードしていく必要がある。

我々は次世代に何の技術が必要であるかを考え、またそれを達成するための設計、基盤技術、素材の合成技術、超精密加工技術と成形・光学設計CAE技術を磨き上げていく努力が必要と感じている。

参考文献

- 1) 小宮 全, 環状ポリオレフィンポリマーの光学用途への展開, プラスチック成形加工学会 第82回講演会 (2005).
- 2) 渋谷 篤, 環状オレフィンコポリマーの光学用途への展開, プラスチック成形加工学会 第82回講演会 (2005).
- 3) 荒川公平, LCD用位相差フィルムのイノベーションと今後の動向, プラスチック成形加工学会 第86回講演会 (2005).
- 4) 金井裕之, 環状ポリオレフィンコポリマー (COC) の特性と用途, プラスチック成形加工学会 第94回講演会 (2006).
- 5) 長谷川欣治, 新規光学材料の光ディスク及びディスプレイの応用展開, 高分子学会 第38回プラスチックフィルム研究会講座 (2006).
- 6) 鈴木利武, 高性能・多機能二軸延伸PETフィルムの光学ディスプレイへの応用展開, プラスチック成形加工学会 第101回講演会 (2007).
- 7) 小池康博, 多加谷明広, ナノ粒子添加ゼロ複屈折性光学ポリマーと光散乱ポリマーの新展開, プラスチック成形加工学会 86回講演会 (2005).
- 8) 多加谷明広, 小池康博, 高分子と光の相互作用, 成形加工, 20, [3], 144-149 (2008).
- 9) 小池康博, 多加谷明広, オプティカルポリマー材料の開発・応用技術, 高分子学会編 ポリマーフロンティア21シリーズ (エヌ・ティー・エス, 2003).
- 10) 水沼巧治, 光学用シート・フィルム成形機の開発, プラスチック成形加工学会 86回講演会 (2005).
- 11) 古橋善男, 光学フィルム押出成形, プラスチック成形加工学会 第94回講演会 (2006).
- 12) 伊藤正康, 微細PET発泡体の開発とLCD用高反射板への展開, プラスチック成形加工学会 第94回講演会 (2006).
- 13) 焼本数利, 薄型ディスプレイやバイオチップに応用可能な超微細転写の新成形技術, *Intern.Polymer Process.*, 22, 155-165 (2007).
- 14) 加藤秀昭, プラスチック光学素子の加工について, プラスチック成形加工学会 第94回講演会 (2006).
- 15) 小森常範, フレキシブルディスプレイ向けバリアー基材, プラスチック成形加工学会 第94回講演会 (2006).
- 16) 稲守忠広, タッチパネル用ITOフィルム, プラスチック成形加工学会 第101回講演会 (2007).
- 17) 山田祐一郎, 液晶ディスプレイの現状と今後の展望, プラスチック成形加工学会 第101回講演会 (2007).
- 18) 佐野興一, LCDにおける高輝度化技術と輝度上昇フィルムの開発, プラスチック成形加工学会 第94回講演会 (2006).
- 19) 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).
- 20) 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).
- 21) SONYホームページ技術開発情報, “ペンほどの太さに巻き取れる有機TFT駆動有機ELディスプレイを開発” (2010年5月26日).
- 22) 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).
- 23) 田沼逸夫, 高分子学会 第42回プラスチックフィルム研究会講座要旨p.1-4 (2008).
- 24) 小山松 敦, 高分子学会 第46回フィルム研究会講座 (2010).
- 25) 吉野 彰, 次世代リチウム二次電池と高分子, 成形加工, 22, [6], 274-278 (2010).
- 26) 辻岡則夫, 高分子学会 フィルム研究会 第108回講演会 (2009).
- 27) 奥下正隆, プラスチック成形加工学会 第112回講演会-将来のエネルギ-の技術を担う太陽電池・二次電池の開発の最前線 (2009).
- 28) 奥下正隆, リチウム二次電池のラミネート外装材, 成形加工, 22, [6], 279-286 (2010).
- 29) 伊藤達也, プラスチック成形加工学会 第99回企画講演会 “最先端の二次電池・キャパシタの開発動向” (2007).
- 30) 鈴木伸夫, 第一回高機能フィルム技術展 基調講演要旨集 “東レグループのフィルム事業展開” (2010).
- 31) 金井俊孝監修, フィルムの機能向上と成形加工, 分析・評価技術 (AndTech社, 2010).

回転成形—古くて新しい成形技術

五十嵐敏郎 著

A5判 250頁 定価 3,000円
ISBN978-4-89263-007-1 C3043

〔主要目次〕

- 第1章 回転成形の基礎
- 第2章 回転成形の原料
- 第3章 回転成形機
- 第4章 回転成形用金型
- 第5章 成形技術
- 第6章 新しい製品コンセプト
- 第7章 デザイン運動
- 第8章 教育と研究活動
- 第9章 トレード・アソシエーション
- 第10章 社会貢献 (提言)

●お申込み先 (株)プラスチック・エージ
Tel. 03-3256-1951 Fax. 03-3256-1954