包装材料の技術動向と展望

伊藤 勝也*

1. 序

包装の目的は食品などの内容物の品質劣化や汚染を防ぎ、流通工程でのハンドリング性をよくして、なおかつ、消費者に必要な事項を表示し、消費者に購買意欲を起こさせることである。それらの目的を満たすためにプラスチック成形加工技術は、材料および加工方法の進歩、ならびに他素材との複合化などと併せて進化しつつある。

本稿では筆者らの限られた知識に基づくものであるが、プラスチックフィルムを中心とした包装材料関連の技術のレビューと展望を行う。

2. 市場動向

2006年の国内における軟包装市場において、素材別ではプラスチックフィルムの生産量は重量ベースで全体の約40%のシェアを占め¹⁾、また、2006年から2011年までの平均成長率を図1に示すようにOPP（延伸ポリプロピレン）フィルム、PET（ポリエチレンテレフタレート）フィルムおよびONY（延伸ナイロン）フィルムを中心に今後の成長も期待されている²⁾。その背景には、プラスチックフィルムはコストパフォーマンスに優れ、幅広い多様性を持ち、バリア材料の開発やアクティブパッケージングの技術を通じて、製品のシェルフライフの延長や安全を達成できることなどにある。また、食品のみならず飲料、日用品およびメディカル関連の分野において、包装単位の個包装化や硬質包材から軟質包材への転換が起こっていることから、今後も軟包材としてのプラスチックフィルムが、紙やアルミ箔よりも大きなシェアを占め、その重要性は高まると考えられる。

3. 包装材を取り巻く環境の変化

- ①アジア近隣諸国を始めとする海外からの安価な製品の流入や原油価格の上昇などから低コスト化の要求は一段と増してきている。
- ②リサイクルに対する要求が強まる中で、容器包装リサイクル法におけるリサイクル委託単価が重量ベースになっている。そのためのコスト負担低減の観点、および省資

図1 熱可塑性樹脂の市場予測マップ(○の大きさは、2006年の市場規模)¹⁾

源、省エネルギー、LCA（ライフサイクルアセスメント）などの観点から、従来よりも軽量化できる容器包装を設計し、軽量化できる材料が求められている。

- ③安全・安心、改ざん防止、誤用防止、利便性、高品質の味覚保持などの観点から、個包装化が進展するとともに、消費者にとって容器包装が使用時に持ちやすく、開封しやすく、開けるときにケガをしない、また閉めやすく、再封入ができる、使用後は捨てやすい（分別廃棄性、減容化など）ことなどが要求されている。特に、少子高齢化に伴い、高齢者にも使いやすい材料が求められている。
- ④ガラス瓶や缶などから、軟包材であるフィルムへの流れが強くなっている。容器ラベルのフルボディ化やパウチのスタンドアップ化（スタンディングパウチ）が大幅に普及している。

4. 期待される機能性フィルムの分野

以上の点から、今後の成長が期待される機能性包装フィルムは、表1のようなものがあげられる³⁾。しかし、これらの機能を単独で有していても付加価値を得ることは難しく、複数の機能を併せ持ったものが期待されていくと思われる。また、それらは基材フィルムの薄肉化とラミネート数の低減など加工工程の省力化の上で実施される方向であるといえる。

5. ガスバリアフィルムを中心とした技術動向と展望

その中でも包装材として、今後もレベル向上が期待される機能の一つはガスバリア性であろう。近年さまざまな検

* Ito, Katsuya
東洋紡績株式会社 化成品開発研究所 敦賀フィルム開発部
敦賀市東洋町 10-24 (〒914-0047)
2008.5.15 受理

表1 包装用フィルムの開発動向（基材フィルム開発関連のみ抜粋）²⁾

社会環境の変化		包装用へのニーズ	包装用フィルムの開発方向の例
環境問題	持続可能な社会	再生可能資源を原料とする包装	生分解性フィルム（非化石原料使用）
	循環型社会形成（3R）	発生抑制	薄肉フィルム
			緩衝包装：ポリスチレン発泡体からフィルム使用へ（パウチ、サンドイッチ）
		再使用	詰替えパウチ用フィルム
		リサイクル	フルシュリンク ラベル用フィルム
	分別排出、焼却しやすい	分別排出しやすい包装材料	AL箔/PVCシートからオールプラスチック AL箔レトルトパウチから透明バリアフィルムのレトルトパウチ
ユニバーサルデザイン		ハサミなしで手軽に開封できる包装	易引き裂き性フィルム イージーピール性フタ材フィルム
		スクイズ性のあるパック	蛇腹状ボーションパック（共押出シートの真空成形品）
		内容物が絞りだしやすい包装	スタンディングパウチ+外装カートン
安全・衛生性		内容物が見える包装	AL箔や金属缶から、透明蒸着フィルムやPETボトルへ
		金属探知機にかかる包装	
		改ざん防止（いたづら防止）	オーバーラップ包装用シュリンクフィルム
		安全な缶エンド	缶エンド用フィルム（保護用フィルム）
		手を切りやすい金属缶の代替	レトルトパウチ用フィルム
おいしさの追求		ホット飲料での火傷防止包装	発泡構造（シート、フィルム）+シュリンクフィルム
		鮮度保持包装	MA（Modified Atmosphere）包装用フィルム 鮮度保持ラベル用フィルム
情報開示内容の増加		飲料缶の塗装代替	缶ラミネート用フィルム
		二層式ラベル	二層式ラベル用フィルム
		ICチップ保有	ICタグ用フィルム

図2 湿度依存性低減効果のイメージ図⁴⁾

討がなされてきたガスバリア機能を主題とし、それらの材料および加工技術に関する最近の技術動向を述べるとともに、ガスバリア+他の機能向上の流れについても記す。

5.1 コーティング

包装用材料として汎用フィルムであるPP、6ナイロン（6-Ny）およびPETの表面に塩化ビニリデン（PVDC）をコートしたものが主流であったが、環境の側面から敬遠されるとともに、他の構成が提案されてきた。ウェットコートによるものでは、ポリビニルアルコール（PVA）をコートしたものが現在でも多く使われている。高湿度域でのバリア性低下が懸念されるため、PVA中に無機粒子を添加することで解決したものがあげられる。図2に示すように、マトリクスであるPVAに平板状無機フィラーが高度に分

散され、緻密に積層されていることから、ガスがコート層を通過するとき、無機粒子により経路が長くなることによるものと考えられている⁴⁾。他にも、ウレタン結合に比率の高いポリウレタン樹脂のコートにより高湿度下でのバリア性の改善とともに水系インキでの印刷性も改善したものの⁵⁾、ポリアクリル酸コート品の開発⁶⁾などがある。

ウェットコートに対して、無機酸化物の蒸着やスパッタリングによるドライコート品の開発も著しい。シリカ（SiO₂）やアルミナ（Al₂O₃）を物理蒸着法（PVD）の真空蒸着法と化学蒸着（CVD）のプラズマ蒸着法によるコートにより、透明でガスバリア性に優れるフィルムが得られる。シリカの着色、アルミナの剛直性を改善するために、シリカとアルミナの二元蒸着膜層を持つものが開発された⁷⁾。図3に示すように、既存の蒸着膜に比べてフィルムの変形に対してバリア性の低下が生じにくいことが特徴である。耐屈曲性にも優れるため、ナイロンフィルム（ONY）への適用でも効果を出している。

ウェットコートとドライコートを組み合わせることにより、バリア性能をより向上させることが可能となる。無機酸化物層では劣る耐ピンホール性などを、ウェットコートによる有機物が補うことで解決している⁸⁾。組み合わせにより、お互いの弱点を補完しあい、高いバリア性を形成する技術が今後も展開されていくであろう。

5.2 共押出フィルム

バリア性を有する素材と汎用樹脂との多層構造をとる共押出フィルムとする方法も幅広く応用されてきた。ONYにエチレン-ビニルアルコール共重合体（EVOH）やメタ

図3 各蒸着層におけるフィルムの伸びと酸素透過度 (OTR) との関係

キシレンジアミンとアジピン酸との共重合体 (MXD 6) などを積層したものが多く使用されている⁹⁾。ONY/MXD 6 積層フィルムは、ガスバリア性と耐ピンホール性、熱安定性などを有するため、汎用性にも優れる。さらに基材フィルム中に異種のポリマーをブレンドする方法やフィルムの配向を制御する方法などで易引裂き性を付与することも可能であり¹⁰⁾、商品化も進んでいる。EVOH はエチレンとビニルアルコールの共重合比を変えることにより、ガスバリア性と湿度依存性、熱接着特性などをコントロールできる特徴を有する¹¹⁾。

共押出によるフィルムでは層数を多くすることによる多機能化が進んできている¹²⁾。そのための押出技術も進化している。技術的課題としては、各層の厚み安定性、各層の薄膜化、サージングやネックイン量の制御、各層間の連続性の維持などがある。原料素材の開発とあわせて、押出システム、ダイ、フィードブロックなどの開発も目覚ましい¹³⁾。

5.3 基材フィルム

包装材として使用される主要な材料は、1980 年代までに登場しており、1990 年代以降、実用的な新しい包装用材料は少ないが、基材フィルムそのもののバリア性の向上も進んでいる。5.1 項でも示したが、気体を透過しない無機粒子を基材ポリマー中に分散すると気体が透過する距離が長くなり結果的にガス透過性が小さくなる。そこで粒子のアスペクト比を大きくすることでガス透過性小さくし、粒子径、添加量の最適化と併せて、透明性の良好なガスバリアフィルムが検討されている¹⁴⁾。この技術は、MXD 6 などへ展開されていくものと考えられる。

液晶ポリマー (LCP) の高次構造、分子間力を制御することにより熔融粘度の温度依存性を小さくして加工適性と粘度、延伸ムラなどを抑えたフィルムも開発されている。耐熱性、湿度に対する寸法安定性および耐薬品性が良好なことから、食品はもとより工業用包材としての応用が期待される¹⁵⁾。

本分野においても、生分解性ポリマーに関する記述は避けて通ることはできない。ポリ乳酸 (PLA) に代表される生分解性ポリマーが伸びていくには、耐熱性や耐衝撃性の改良が必要である。また、食品包装用の展開としては、ヒートシール性とともなガスバリア性の付与は重要課題の一つといえる。生分解性素材のみで全ての機能を持った

フィルムが理想であるが、石油系材料とのアロイや組み合わせでの検討も行われ始めている¹⁶⁾。また、コーティングなどの技術は、PET や ONY などの素材で検討されているものが応用されていくであろう。

5.4 アクティブパッケージング

ここまで記したガスバリア樹脂やコート剤などで包装内部へのガスの侵入を防ぐ方法を「パッシブバリア材」、「物理的バリア材」と呼ばれるのに対し、主として化学反応によって、酸素やアルデヒドなどの品質阻害物質を捕捉するのが、「アクティブパッケージング」「化学的バリア材」と呼ばれるものである。

使用される材料は、無機系の還元鉄や亜硫酸ナトリウム、および有機系のアスコルビン酸類、ポリアミド/遷移金属触媒系、エチレン系不飽和炭化水素/遷移金属触媒系、シクロヘキセン側鎖含有/遷移金属触媒系などがある¹⁷⁾。

アクティブパッケージングで展開されている機能は、パッシブバリア材と比べ、臭いの吸収と香りの放出や微生物による品質劣化防止に優れるが、中でも容器内の酸素を高度に除去することに優位性がある。それらは包装用フィルムとしては、レトルトスタンディングパウチなどに展開されているが、飲料用の PET ボトルやマヨネーズ¹⁸⁾などへ採用されている。

アクティブパッケージングは、今後もパッシブバリアとの組み合わせで、食品包装材料のみならず、電子材料分野などで求められているようなさらに高度のバリア性を目指す方向にあるといえる。

5.5 ボトル、トレイ

ここまで主に軟包材のフィルムを中心に述べてきたが、当然これらの技術は他の包装用基材にも展開されている。PET ボトルは内容物により、ガスバリアの要求レベルは異なるが、最も高いレベルで要求されるのはビール用であり、酸素および二酸化炭素の両方を高度に除去することが求められる。そこで、前項までに述べた方法およびそれらの組み合わせで、特に MXD 6 や酸素吸収剤を含む樹脂と PET との多層化が行われている²⁰⁾。また、無機蒸着の分野ではダイヤモンドライクカーボン (DLC) のボトル表面への蒸着も実用化されている²¹⁾。これらは要求レベルの高さから開発途上であるが、飲料缶やガラス瓶からの移行ニーズもあわせて市場が大きいこともあり、積極的な開発が行われている。

トレイにおいては、ブレンド技術や結晶化核剤による結晶化の促進により、酸素バリア性や耐フレーバー性の向上などが実施されている²²⁾。

軟包装化が進む中で、ボトル、トレイのみが持てる優位性をどのように発揮していくかが、今後の課題となるであろう。

6. 結 言

食品用を中心とする包装材は、今後は医薬用や他の工業用も含めた機能性包装材としての開発が期待されるであろう。国内では量的な伸びに対して付加価値がとりにくといった意見もあるが、海外での開発動向には積極性も見られることもあり、今後も継続されていくもの考える。

参 考 文 献

- 1) プラスチックス, **58**(6), 2(2007)
 - 2) 村内一夫: 東洋紡パッケージングプランサービス PPS Report **April**(106), 2(2008)
 - 3) 村内一夫: 繊維機械学会, **55**(12), 471(2002)
 - 4) 戸田欽一: コンバーテック 11 月号, 90(2004), 戸田欽一: パックピア 11 月号, 24(2005)
 - 5) 今泉卓三: コンバーテック 9 月号, 86(2005)
 - 6) 大場弘行: ジャパンフードサイエンス 3 月号, 59(2001), 大場弘行: 日本包装学会, **12**(4) 189(2003)
 - 7) 大谷寿幸, 伊藤勝也, 石原英昭: 成形加工, **13**(10), 665(2001), 松田修成, 伊藤勝也: 食品包装 1 月号, 76(2006)
 - 8) 高原健: ジャパンフードサイエンス, **44**(7), 52(2005)
 - 9) 桂昌義: パックピア 11 月号, 34(2004)
 - 10) Takashige, M., Kanai, T. and Yamada, T.: *Intern. Poly. Proc.*, **19**(2), 147(2004)
 - 11) 村内一夫: 東洋紡パッケージングプランサービス PPS Report **April**(90), 2(2004)
 - 12) 丸山巧: パックピア 1 月号, 40(2005)
 - 13) 葛良忠彦: 成形加工, **17**(2), 62(2005)
 - 14) 安江健治: プラスチックエージ, **46**(9), 110(2000), 野中裕文: 第 104 回高分子学会プラスチックフィルム研究会予稿集, 1(2005)
 - 15) 山口登造: パックピア 5 月号, 46(2003)
 - 16) 杉正浩: 東洋紡パッケージングプランサービス PPS Report, **October**(100), 23(2006)
 - 17) 有田俊雄: パックピア 6 月号, 22(2003)
 - 18) 野田治郎: 食品包装 1 月号, 56(2007)
 - 20) 菊池淳: 成形加工, **16**(6), 370(2004), 村内一夫: 東洋紡パッケージングプランサービス PPS Report **October**(100), 46(2006)
 - 21) 村内一夫: 東洋紡パッケージングプランサービス PPS Report **July**(96), 19(2006)
 - 22) 阿部和洋: パックピア 6 月号, 22(2003), 稲畑産業, パックピア 12 月号, 44(2005)
-