美味しさを包む高分子：食品包装と高分子包装材料

吉井 詢二 呉羽プラスチック(株)
Junji YOSHII

初めに食品市場の現状を概観し、次に美味しさを保持する食品包装に要求される諸課題について言及した。さらに包装分野における技術革新での高分子化学との関わりの一端に触れ、環境との調和重要性に強調し、最後に今後の動向を展望した。

1. はじめに

食の市場は年々成長を続けてきて、今や 80 兆円に達する勢いである。食品・食品産業を取り上げても、その出荷額は全製造業のその約 1 割、約 36 兆円（包装資材として 3 兆円）も占め、また、その内訳は飲料（酒、ビールを含む）、畜産食品、パン・菓子、水産食品、油脂、調味料、果実等缶詰、漬物、他と多岐にわたる。鮮度指向の強い商品であるため、加工・流通・消費に至る一貫した技術の体系化が不可欠である所に特徴が見られる。

食品の包装には、古くから、硝子、金属などのガスバリアー性の材料・容器が使われてきた。しかしこれらの古典的とも言える材料に代わって、ここ数十年、機能面で優れた利点が認められた、プラスチック包装材料へと置き代わってきている。

プラスチック包材がかくも食品分野に普及したのはそれが食品メーカーや消費者のニーズに対応できるフレキシビリティを備えていたからである¹⁾。

これまで、包装に機能性、保護性、便利性、経済性などが求められてきたが、ここにきて、環境問題（包装ゴミ廃棄物）の問題がクローズアップされてきた。

今、全世界で 1 億トン以上のプラスチックが生産されている。包装市場はその主要な需要セクターである。しかも、現状、その使用は大部分がワンウェイ（使い捨て）であるという点に特徴があり、ゴミ公害問題と言われる所以である。環境に調和した包装材料として、省資源・省エネルギーの観点から、包装材料の減量・減容化が可能で、回収分別が容易なもの、再利用・再資源化が可能なものに移行せざるを得ない。また、生分解性樹脂も検討されている。さらに、包装材料・容器の設計に際して、「揺り籠」から「墓場」の全生涯（ライフサイクル）にわたって、環境に与える負荷を考慮した所謂、LCA（ライ

フサイクルアセスメント）的アプローチが必要になっている。社会・環境との共生という点で、使用済容器・包装の再資源化を含め、本来の包装に求められた機能の見直しが必要になってきている。

2. 食品包装の役割と機能

包装は商品の一部であり、またその顔でもある。包装の役割と機能は：①中身の保護・保全 ②取り扱いの便利 ③販売の促進にある。

食品包装の場合、安全・衛生性が重視されるのが特徴である他はその役割と機能は一般包装の場合と同じである。

食品と一口にいっても、多岐にわたり、その変質も①微の発生や腐敗など微生物的変質 ②酸化・変色・成分の分解などの化学的変質 ③蛋白質の変性、凝固、脂肪の固相—液相転移やデンプンの老化などの物理的変質、あるいはこれらの併合系があげられる。

腐りやすい食品の包装材に求められる第一の機能はバリアー性であるが、表 1 に示したように、バリアー性にはいくつかの種類がある²⁾。

これらの内で、食品の腐敗、酸化変質防止に重要な

表 1 包材のバリアー性要求例²⁾

要求バリアーの種類	要 求 内 容
酸 素	製品の酸化、腐敗防止
湿 度	製品の吸湿防止（鮮度、クリスピー）
光（紫外線）	製品の酸化、変質防止
ア ロ マ	製品のアロマ、フレーバー維持

吉井 詢二 呉羽プラスチック(株) (311-34 茨城県新治郡玉里村大字上玉里 2221) 生産技術センター部長、参事
1962 年京都工繊大繊維化学科卒、同年呉羽化学(株)入社、合成樹脂製造改良プラント輸出に従事、1980 年本社包材技術部にて食品包材の開発・技術サービスに従事、1993 年より呉羽プラスチック。〈趣味〉観世流謡曲

High Polymers which Package Deliciousness
Food Packaging and High Polymer Packaging
Materials

は、酸素バリアー性であるが、場合によっては湿度バリアー、紫外線バリアー、アロマバリアー（保香）等が単独でまたは酸素バリアー性と複合して要求される場合も多い。

食品の酸素ガスバリアー性といっても、対象となる食品の種類によって、要求される酸素バリアーのレベルは千差万別である。25℃、65% RH 条件で1年間のシェルフライフ（賞味期間）を得るために必要な許容酸素レベルの例を図1に示した³⁾。

これらの酸素に敏感な、腐りやすい食品を、安全に輸送し、保管し、消費者に安定して、美味しい状態で、しかも妥当な価格で提供するのが食品包装に課せられた使命であり、その課題である。

表2に典型的な各種食品の例をあげ、それらの鮮度保持、品質保全の実例を例示した⁴⁾。どの食品ジャンルをみても、酸素ガスバリアー性包材が見られその重要性が改めて認識されよう。

表3に現在使用されているポリマーの酸素および水蒸気透過度の例を示した。ここで高分子ガスバリアー性樹脂包材の寄与するところが大きい。ガスバリアー性樹脂包材の単体のみでは、現在の高度化した包装分野でのすべての要求特性を満足しうるものはありえず、そ

図1 食品の種類別の一年間シェルフライフを得るための酸素(O₂)許容濃度(at 25℃, 65% RH)³⁾

表2 食品保存対策の実状⁴⁾

食品区分	食品名	包装材料	品質保全対策
生肉	コンシューマー用生肉	トレーとプラスチックフィルム	包材のバリアー性、ガス充填包装、脱酸素剤添加
	業務用生肉	共押し多層フィルム	包材のバリアー性、真空包装、ガス充填包装
生鮮魚	切身	トレーとプラスチックフィルム	スキンバック、ガス充填包装
食肉加工品	スライスハム	プラスチックフィルム	包材のバリアー性、ガス充填包装、真空包装、無菌化包装
	ロースハム(1本もの)	プラスチックフィルム	包材のバリアー性、真空包装、加熱(ボイル)
乳製品	ロングライフミルク	紙器	包材のバリアー性、無菌充填包装
	ドライミルク	金属缶	包材の遮光性、バリアー性、ガス充填包装
粉末食品	ふりかけ	プラスチックフィルム	包材のバリアー性、吸湿剤添加
嗜好製品	コーヒー	ガラス瓶、金属缶、プラスチックフィルム	包材の遮光性、バリアー性、ガス充填包装
	日本茶	金属缶、プラスチックフィルム	包材の遮光性、バリアー性、ガス充填包装
レトルト食品	調理加工食品	アルミ箔プラスチックラミネートフィルム	包材のバリアー性、レトルト殺菌
	魚肉ソーセージ	魚肉ソーセージ	包材のバリアー性、レトルト殺菌
菓子	カステラ	プラスチックフィルム	ガス充填包装、脱酸素剤添加
	油菓子	プラスチックフィルム	包材のバリアー性、ガス充填包装

表3 現在使用されているポリマーのガス透過度

ポリマー	25℃における透過度 ¹⁾	
	O ₂	H ₂ O
ポリビニルアルコール(dry)	0.065	—
ポリビニルアルコール(wet)	310	1,079(95%RH)
エパールF(dry)	0.3	—
エパールF(wet)	31	38
ポリアクリロニトリル(結晶化)	0.65	5.5
PVDC(ホモポリマー)	1.6	0.07
PVDC(コポリマー)	4	0.5
セロハン(dry)	2	—
ポリアクリロニトリルコポリマー(70%AN)	16	19
ナイロン6(dry)	18	—
ナイロン6(wet)	78	47
PET(2軸延伸フィルム)	47	5
PET(2軸配向ボトル)	78	8
ポリクロロトリフクロエチレン	47	1.6
ナイロン6-10(dry)	93	—
ナイロン6-10(wet)	155	22
PVC(硬質)	124	5.5
PVC(ボトル用)	168	7
ポリアセタール	155	47
ポリメチルメタアクリレート	260	41
PETコポリマー(PETG)	414	26
ポリビニルアセテート(dry)	910	—
SAN(25%AN, 75%ST)	1,010	44
ABS	1,550	33
PE(d=0.955)高密度	1,710	0.5
PP	2,330	1.6
ポリカーボネート	3,620	44
ポリスチレン	6,730	30
ポリエチレン(d=0.29)低密度	7,510	2.7
テフロン	7,770	1.2
ポリブタジエン	38,840	58
ポリ4-メチルペンテン-1	62,140	47
シリコンエラストマー	1,398,060	823

¹⁾ O₂: cc·25.4μ/m²·24 hr·atm
H₂O: g·25.4μ/m²·24 hr·atm

図2 食品保存と食品包装技術⁶⁾

れに加え、強度保持層樹脂、接着樹脂、シール層（シラント層）等高分子樹脂の改良・進歩、さらに、フィードブロックで代表される多層化、共押出加工技術やラミネート技術等フィルム・シート製膜技術の技術革新、コンバーテング等2次加工技術の進歩、レトルト、無菌（化）包装、ガス置換包装等の包装技法の進歩、微生物制御技術や包装システム等の各種の技術革新が一体となって、初めて、市場ニーズとも合致した今日の食品包装が存在すると言える⁵⁾。

これらの関係を図示した例が図2（食品保存と食品包装技術）である⁶⁾。

3. 美味しさを包む包装技術分野での技術革新

美味しさを包む包装技術分野での技術革新が高分子科学と関連して、どういう点で行われているかの実例を表4に示した。ここでは、それぞれのセクターでの最近の技術革新の一端に触れる。

3-1. 原料製造技術分野

ガスバリアー性樹脂としては、塩化ビニリデン(PVDC)樹脂、エチレン・ビニルアルコール共重合体(EVOH)樹脂で代表されるガスの拡散、透過を物理的に制御する従来の物理的ガスバリアー樹脂の他に酸素を積極的に捕捉しようとするいわば化学的ガスバリアー材が新たに登場し始めている⁷⁾。

さらに、これらの材料を組み込んだActiveないしはReactive Packagingなるものが使用されはじめ、美味しさの向上に寄与している。また、単なるガスバリアー材でなく、必要なガスのみを透過させ、食品保存での諸悪の根源である酸素ガスを遮断すると言った所謂「選択透過性ガスバリアー材」も登場している⁸⁾。

エンブラ分野で盛んなポリマーアロイ技術も形状制御技術をはじめとして、ガスバリアー樹脂の改質に応用されはじめている⁹⁾。

表4 包装関連分野での技術革新

原料樹脂製造技術	成形・加工技術	2次加工技術	包装技法
重合触媒・分子設計(メタロセン触媒) 重合プロセス 新しいバリアー材	ポリマーアロイ 多層化技術 延伸・薄膜化 相溶化・加工助剤	蒸着・薄膜形成 高速ラミ・製袋・印刷 表面処理	MAP包装 高圧処理 鮮度保持包装 脱酸素包装 真空調理 無菌(化)包装

従来のチグラナット触媒使用ポリオレフィンに代わって、シングルサイト触媒（触媒がメタロセン遷移金属であるところからメタロセン触媒、またはこの触媒の発見者の名をとって、カミンスキー触媒ともいわれる）により作られた強靱性、透明性、低温シール性、ホットタック性、低抽出性、低臭性等に優れた新しい性能と可能性とを秘めたポリエチレンやポリプロピレン樹脂等が単層フィルム或多層フィルムのシラント層他に登場してきた。また、ブロー容器でも置き換えが始まろうとしている¹⁰⁾。

3-2. 成形加工・2次加工分野

表5に用途別バリアー包装材の加工法、構成、用途例の現状を示した⁵⁾。

従来の物理的ガスバリアー材でもより高度のガスバリアー性を追求して開発されたシリカ蒸着フィルム等無機酸化化合物の透明・ガスバリアー性薄膜蒸着フィルムでは熱や折り曲げ、伸び等によるクラックの発生等の障壁にぶつかり、その用途に限界が見られたが、最近、蒸着加工の表面処理による改質が進んで長足の進歩が見られる⁸⁾。また、電子レンジの普及は耐熱性樹脂を採用した容器を産み、耐熱性樹脂とガスバリの組合せ容器も見られる。しかし、電子レンジの泣き所は、食品の内部から発熱するので、その表面に焦げ目につかない、ハンバーガーやピザ、フライ等が電子レンジ加熱により、べとべとし、サクサクした或いはパリパリ、カリッとした歯ざわり(crispy)感が失われるという欠点がある。そのため、電子レンジで焦げ目を付けられるフィルム（マイクロウェーブサセプター）や食品が電子レンジ加熱によっても、べとつかない電子レンジ加熱用包装材が開発されている。後者は、メルトブロー不織布やポリエチレンフィルムなどが紙、アルミ等とドッキングした多層構造のものとなっている。

3-3. 包装技法分野

昨年4月からスタートした日付け表示問題は食品衛生法、JAS改正法の趣旨に沿って、「製造年月日」表示から順次「賞味期限(Sell-by date)」表示に切り代わり、2年後には全て「期限」表示に統一される予定であるが、食品保存技術においては単にガスバリアー性包材等包材に関する知識だけでなく温度管理や中身に関する（ソフ

トの) 知見が重要である。

包装技法分野では、従来からのレトルト、真空包装、ガス置換 (MAP) 包装、無菌 (化) 包装の他に、鮮度保持包装、脱酸素包装、真空調理など新しい包装技法が随所にガスバリアー包材との組合せで用いられている。これらの技法も食品の保存に寄与するところが大きい。

さらに、賞味期限に関連して、腐りやすい食品の温度・時間の効果を監視できる T/TI (Time/Temperature/Indicator) ラベルもその鮮度管理に役に立つべく検討されている¹¹⁾。

ガス置換 (MAP) 包装もすでにいきわたっているが、ガスバリアー性包材でパックされたものは一般消費者が気が付かないところで美味しさの保持に寄与している。

表 5 用途別バリアー材の構成と加工法の例

加工法	応用	構成
キャスト共押出	畜肉加工品、ナチュラルチーズ、スナック	PET/Barrier/EVA Nylon/Barrier/Nylon/Surlyn OPP/EVA/Barrier/EVA PVC/Barrier/EVA
ブロー共押出	BIB、生肉	LLDPE/Barrier/LLDPE EVA/Barrier/EVA
ラミネート	茶、香辛料、スナック	OPP/Barrier/LDPE OPET/Barrier/LDPE
共押出コーティング	無菌包装	LDPE/Paper/Barrier/PP/Surlyn
熱成形	ヨーグルト、ジュース、レトルト野菜、果物	PP/Barrier/PP PC/Barrier/PP ON/Barrier/LDPE HIPS/Barrier/PS
共押出ブロー成形	ケチャップソース、サラダドレッシング、マヨネーズ、食用油、農薬	PE/Barrier/PE PP/Barrier/PP PC/Barrier/PP
共押出シート	化粧品、医薬品	LDPE/Barrier/LDPE HDPE/Barrier/HDPE HDPE/Barrier LDPE/Barrier/LDPE Barrier/LDPE

また、食品の長期保存には、微生物制御技術がガスバリアー包材との組み合わせで大きい役割を果たしている。

4. 今後の展望

今、食品産業が当面している課題は、昨年 4 月からスタートした日付け表示問題、7 月から実施された PL 法対策、容器包装リサイクル法案の行方であり、さらに新価値商品の開発である。時代は変わり、働く女性が増え、夕飯の支度に何時間もかけなくなってきた。しかし、美味しいものへの追求は止まない。そのキーワードは「新鮮、手早く、簡単に、しかも美味しく」で、クックレス、包丁レス化に拍車がかかる。電子レンジの普及はさらに調理に変化をもたらす。「美味しさの追求」に答えるものとしての、ガスバリアー性包材を始めとする機能性高分子包装材料、そして機能性包装容器の重要性は今後益々増すものと思われる。機能性包装材料を始めとする新しく開発される食品包装材料は、安全・衛生性の点で問題なく、かつ、LCA 等に照らし合わせても、環境保全に調和したものが要求されるであろう。

文 献

- 1) 吉井詢二: *JPI Journal*, 26[5], 81 (1988)
- 2) 吉井詢二: コンバーテック, 20[4], 1 (1992)
- 3) M. Salame: The Use of Low Permeation Thermoplastics in Food & Beverages, 167th ACS Meeting. Div. of Org. Coatings and Plastics Chemistry. Preprints, 34[1]. April (1974)
- 4) 芝崎 勲, 横山理雄: 新版食品包装講座, 日報, (1993) 261 頁
- 5) 吉井詢二: 食品と科学, 28[8], 89 (1986)
- 6) 横山理雄: 食品衛生研究, 39[1], 39 (1989)
- 7) 吉井詢二: PACPIA: 10, 126 (1990); Rick Folland: Proceeding of Future Pak '89, p. 483 (1989)
- 8) 吉井詢二: コンバーテック, 23[12], 28 (1995)
- 9) P. M. Suburamanian, V. Meher: Technical Papers, 44th ANTEC of SPE. p. 301 (1986), 秦 功夫: 高分子, 40[4], 244 (1991)
- 10) 例えば, USP, 5427807, 吉井詢二: ジャパンフードサイエンス, 35[1], 72 (1996)
- 11) Food Engineering, April, p. 52 (1988), Fresh-Check Indicator Labels: (Life Lenex Technologies 社技術資料)