

# バリアフィルム包装と開発動向

大日方野枝

Gas Barrier Films for Food Packaging

Noe Obinata

キーワード: 食品包装、バリアフィルム、透明蒸着フィルム

Keyword: Food packaging, Gas barrier film, Transparent vacuum-coated film

所属: 凸版印刷株式会社 総合研究所 事業開発研究所

埼玉県北葛飾郡杉戸町高野台南 4-2-3

0480-33-9543

## 1. はじめに

人類は古くから抗菌作用や調湿作用のある木の葉や皮、藁などを包装材料として利用してきた。19世紀に加圧加熱殺菌技術が開発されると、食品の微生物による腐敗や酸化劣化を防止し長期保存を可能にする容器としてガラス瓶や缶詰が使用されるようになった。その後、20世紀半ばに初めてプラスチックフィルムが食品包装に用いられると、プラスチックの成形しやすい、軽くて割れにくい、透明である、比較的安価である、などの特性により使用量は急激に増加した。しかし、プラスチック容器はガラス瓶や金属缶と比べてガスや水蒸気バリア性に劣る。このため、プラスチック材料にガスバリア性を付与する種々の研究開発がなされてきた。当社は1987年に透明蒸着バリアフィルム「GLフィルム」を実用化し、様々なバリアフィルム包装の研究開発を行ってきた。本稿では、バリアフィルムの歴史に触れ、「GLフィルム」の紹介とともにバリアフィルムの開発動向を紹介する。

## 2. 食品包装とバリア性

包装の主な役割は梱包 (containment)、保護 (protection)、便利 (convenience)、コミュニケーション (communication) である<sup>1)</sup>。特に、保護機能は食品が消費されるまで、内容物を安心・安全に保存する重要な役割である。外部から微生物や酸素、水蒸気、害虫、異物などが侵入したり、物理的な衝撃から内容物が破損したりするのを防止することが求められる。この様な外的要因から内容物を保護するために様々な包装技術が開発され、それに伴い包装材料にもガスバリア性などの機能が求められてきた。表1にガスバリア性を必要とする包装技術をまとめた。

表1 ガスバリア性を必要とする包装技術

包装技術	主な機能	食品例
真空包装	静菌作用、酸化防止	魚・畜肉製品
ガス置換包装	静菌作用、酸化防止	生肉、菓子製品
脱酸素包装	静菌作用、酸化防止	食用油、油製品、菓子、ナッツ類
無菌（アセプティック）包装	加熱変性低減	液体食品、食肉加工品、米飯類
レトルト包装	加熱殺菌	レトルト食品
防湿包装	乾燥防止、吸湿防止	菓子類、食肉加工品、液体食品

### 3. ガスバリアフィルム

ガスバリアフィルムには、主にガスバリア性樹脂を用いたものと基材フィルムにバリアコート層を付与したものがある。前者ではポリ塩化ビニリデン（PVDC）フィルムやエチレンービニルアルコール共重合体（EVOH）フィルム、MXD ナイロンフィルムなどが用いられている。1950年代に魚肉ソーセージの包装フィルムとして初めて使用されて以来、PVDC フィルムはバリアフィルムとして最も使用されてきた。その後、環境問題への配慮から PVDC に替わり EVOH フィルムの使用量が増加してきている。また、MXD ナイロンフィルムは PVDC コート 2 軸延伸ナイロン（KOP）フィルムの代替として使用されるようになった。EVOH や MXD ナイロンフィルムはナイロンや直鎖状低密度ポリエチレン（LLDPE）との共押出しフィルムとしても使用されており、数社から上市されている<sup>2)</sup>。

基材フィルムにバリアコート層を形成したものとして、バリア材料をウェットコートしたアクリル酸系樹脂コートフィルムや PVA コートフィルム、また PVA などに層状無機化合物であるモンモリロナイトなどを分散したハイブリッドコートフィルムなどが実用化されている。一方、当社「GL フィルム」をはじめとして、無機系材料を蒸着した透明蒸着フィルムも数社から上市されている。蒸着層はアルミナ、シリカ、またはこれらの混合であり真空中で蒸着材料を気化して基材フィルム上に薄膜層を形成する。主な製膜方法は 2 種類あり、電子線の照射などにより蒸着材料を加熱、気化して蒸着層を形成する PVD（物理蒸着）と蒸着装置内に反応性ガスを導入して化学反応によって薄膜を形成する CVD（化学蒸着）である。図 1 に PVD 方式によるアルミナ蒸着プロセスの一例を、表 2 に上市されている主な透明蒸着フ

イルムの一覧を示す<sup>2)</sup>。これらの透明蒸着フィルムはアルミ箔や PVDC コート代替として、生産量が着実に伸びてきている。

表2 透明蒸着フィルム一覧

製造メーカー	製品名	蒸着材料
凸版印刷	「GL フィルム」、「GX フィルム」	アルミナ、シリカ
東レフィルム加工	BARRIALOX	アルミナ
大日本印刷	IB フィルム	シリカ、アルミナ
三菱樹脂	テックバリア	シリカ
東洋紡	エコシアール	シリカ・アルミナ混合
三井化学東セロ	TL	アルミナ
尾池工業	MOS	シリカ
麗光	ファインバリアー	アルミナ

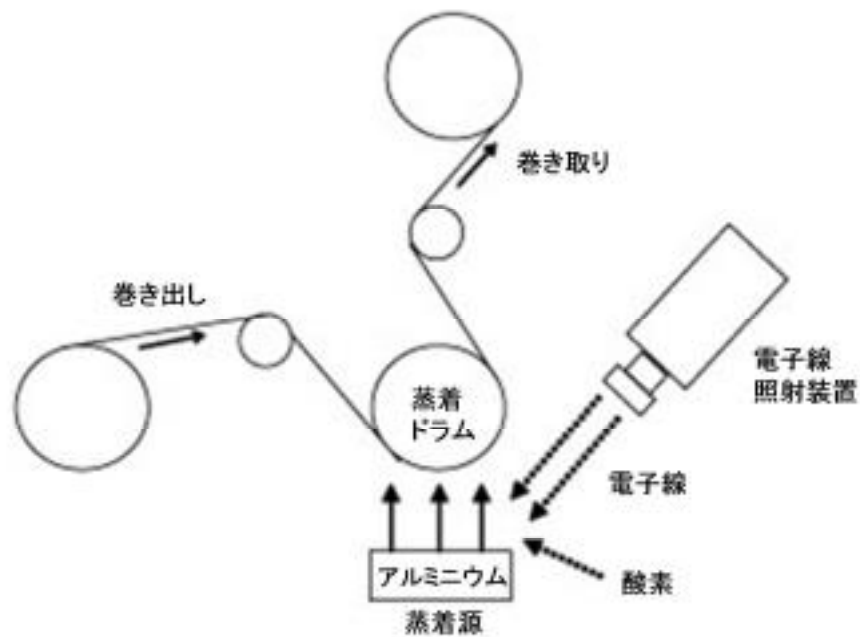


図1 アルミナ蒸着プロセスの一例

#### 4. 「GL フィルム」

##### 4. 1 概要

「GL フィルム」はポリエチレンテレフタレート (PET) または2軸延伸ナイロン (ONY) フィルムにPVD方式によりアルミナまたはシリカ蒸着層を形成し、さらにバリアコート層を積層した透明蒸着フィルムである。独自の積層構造により印刷、ラミネートなどの後加工がしやすく、かつ安定したバリア性を有している。表3に「GL フィルム」と主なバリアフィルムについて機能比較を示した<sup>3)</sup>。

「GL フィルム」の主な特徴はハイバリア性、温湿度依存性が小さいこと、非金属性と透明性である。「GL フィルム」は酸素透過度が $1 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm}$ 以下、水蒸気透過度が $1 \text{ g/m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm}$ 以下 (ラミネート品の測定値) であり、高いバリア性能を有している。特に、2002年に上市された「GX フィルム」はアルミ箔に近いバリア性を有している。図2に「GL フィルム」と主なバリアフィルムの酸素透過度、水蒸気透過度の比較を示した<sup>3)</sup>。GL-AE (一般用グレード)、GX-P-F (アルミ箔代替グレード) は酸素透過度および水蒸気透過度が低い特性を示している。また、「GL フィルム」は温度、湿度の変化に対してもバリア性がほとんど変化しないことが確認されており、日本のような年間を通じて温湿度変化の激しい条件下でも安定してバリア性を発現することができる。さらに、金属材料を使用していないため、中身を移し変えることなく容器ごと電子レンジで温めることができる、金属探知機にかけられるという利点がある。フィルムが透明であるため充填後も中身を見ることができ、安全性、店頭における訴求力の点でも有利である。

表3 「GL フィルム」と主なバリアフィルムの機能比較<sup>3)</sup>

	酸素バリア	水蒸気バリア	バリアの温湿度依存性	透明性	レトルト適性	電子レンジ適性	金属探知機
「GL フィルム」(PET 基材)	○	○	◎	○	○	○	○
EVOH	○	×	× (湿度)	○	△	○	○
PVA	○	×	× (湿度)	○	×	○	○
MXD 6	△	×	× (湿度)	○	△	○	○
PVDC	△	△	× (温度)	○	○	○	○
アルミ箔	◎	◎	◎	×	◎	×	×
アルミ蒸着	○	○	○	×	×	×	×

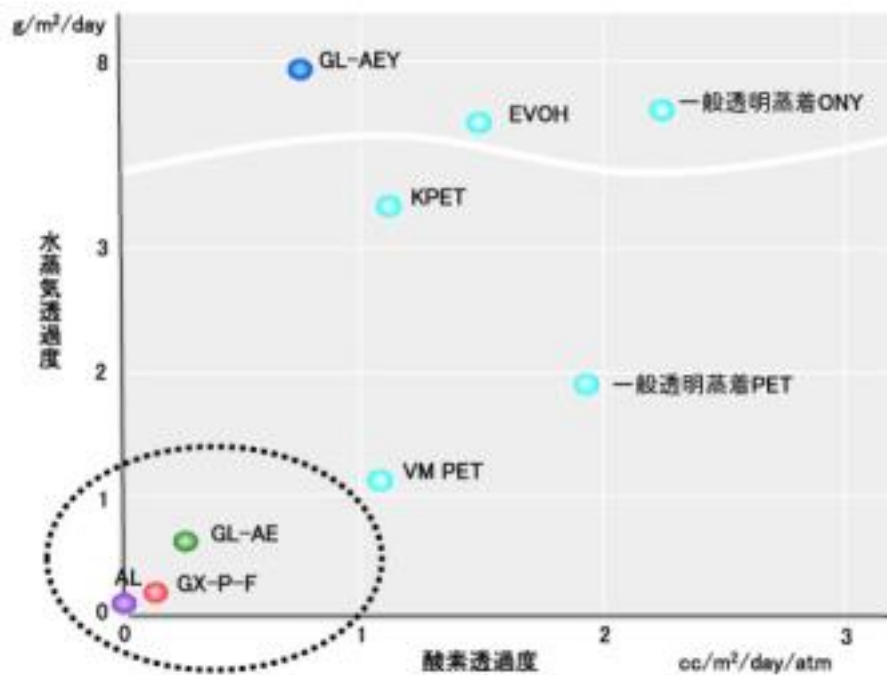


図2 GLフィルムのガスバリア性能

測定条件:酸素透過度 JIS K7126B 法 30°C70%RH、水蒸気透過度 JIS K7129B 法 40°C90%RH

※数値はラミネート品の測定値であり、保証値ではない。

GL-AE:GLフィルムの一般用グレード(PET 基材)、GX-P-F:アルミ箔代替グレード(PET 基材)、GL-AEY:ナイロン基材を使用した一般用グレード、AL:アルミ箔、VM-PET:アルミ蒸着 PET、KPET:ポリ塩化ビニリデン(PVDC)コートPET、EVOH:エチレン-ビニルアルコール共重合体フィルム。

## 4.2 用途

「GLフィルム」は現在までに様々な食品包材として採用頂いている。以下、代表的なものを紹介する。

### 4.2.1 「カートカン」

カンの形状をした、紙で作られた飲料容器であり1996年より販売されている。金属缶と同様に自動販売機にも対応している。「GLフィルム」をバリア層として使用しており、1容器あたりの酸素透過度は0.01cc/package・day・atm以下である。常温流通および長期保存においても安定した内容物保護性を発揮し、酸素透過を抑えることで賞味期限が延長できた。また、「カートカン」では無菌充填法を採用しておりホット充填やレトルト殺菌に比べて高温短時間殺菌であり食品本来の風味を維持することができる。使用後は牛乳パックと同様にトイレットペーパー等にリサイクルでき、環境

にも配慮している。図3に「カートカン」の外観とサイド材の構成を示した。

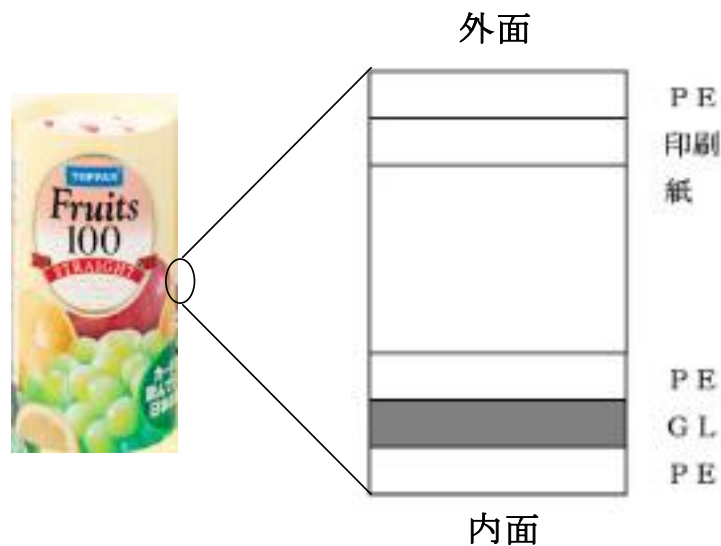


図3 カートカンの外観及び包材構成例(サイド材)  
 左: カートカンの外観; 右: カートカンのサイド材の構成例。

#### 4. 2. 2 「EP-PAK」

EP-PAKは当社が開発した口栓付の紙製液体容器であり(図4)、「GLフィルム」などのバリアフィルムを積層することで内容物の保護性に優れ、常温での長期保存を可能とした。清酒や焼酎などのアルコール飲料を中心に採用頂いている。「GLフィルム」を積層した「EP-PAK・GL」グレードでは、内容物が飲料の場合、飲料用紙パックとしてリサイクルが可能であり、また古紙ルートでも回収が可能でリサイクル適性に優れている。アルミ箔が入っていないため、生産ライン上で金属探知機による異物検知が可能である。



図4 EP-PAK

#### 4. 2. 3 「蒸できパウチ」

当社で開発した電子レンジ対応・蒸気抜きレトルトパウチである（図5）。電子レンジでの加熱時に、パウチの内圧上昇に対し蒸気を逃がすことのできる設計となっており、購入したレトルト食品を皿などに移し変えることなく電子レンジにかけることができる。バリア層には「GL フィルム」を使用しており、長期常温保存が可能である。また、新しい電子レンジ専用パウチとして、あらかじめ封入された調味液や具材に新鮮食材を加えて電子レンジで加熱、調理ができるチャック付きパウチ「スマデリバッグ」を新たに上市している<sup>4)</sup>。一般家庭での電子レンジ普及率は95%を超えており、今後電子レンジ対応型パッケージは需要が増加すると予想される。



図5 蒸できパウチ

## 5. バリアフィルムの開発動向

バリアフィルムはすでに食品包装に欠かせない材料となっており、更なる改良・開発が進められている。今後のトレンドとして、バリア性向上、耐性付与、環境対応があげられる。

バリア性向上の手法としてアクティブバリアがある。アクティブバリアとは、フィルムが“能動的”に酸素などを吸収するという意味であり、従来のパッシブ（受動的）バリアに対してこう呼ばれている。プラスチック素材ではガスの透過を完全に遮断することができず、わずかに透過してくるガスを吸収することで容器内のガス濃度をほぼゼロに保つことができる。鉄系材料や有機系材料を練り込んだ酸素吸収フィルムが開発されており、パッシブバリアとアクティブバリアを組み合わせることで実用化されている。今後、このようなアクティブバリアの実用例が増えてくると予想される。一方、新しい製膜方法を用いた超ハイバリアフィルムの研究開発が進められているが、主にはエレクトロニクス部材用途であり、本稿では割愛する。

食品包装では熱殺菌や真空包装などにより包装材料に負荷がかかり、バリアフィルムにも耐熱性や耐屈曲性、耐水/耐湿性が求められるケースがある。最近の研究事例では、粘度を用いた自己修復機能を持つガスバリアフィルムが報告されている<sup>5)</sup>。ガスバリア層が屈曲などにより傷ついても、大気中の湿度による膨潤で傷が修復するものである。当社では「GL フィルム」とベセーラフィルムの融合により耐熱性、耐屈曲性を備えたバリアフィルムを開発した。「GL フィルム」の高いバリア性と「ベセーラ」フィルムのバリア性、耐屈曲性により熱殺菌後のガスバリア性向上に成功し、2012年に「PRIME BARRIER」として上市した。ベセーラフィルムのコート層はレトルト殺菌処理によってバリア性を発現する。このため、レトルト以前の工程、すなわち印刷、ラミネート、製袋、充填などの工程で起こる得るバリア劣化を回避することができる。また、加熱処理時に食品中の含硫アミノ酸が分解して発生する臭気成分を吸着する特性があり、内容物の風味を保持することができる<sup>6)</sup>。

環境意識の高まる中、植物由来材料を用いたバリア材料の開発が進められている。植物由来のセルロースナノファイバーの分散液をフィルム基材に塗布することで酸素バリア性が発現することが分かってきており、実用化を目指して研究開発が進められている<sup>7)</sup>。また、ポリグリコール酸樹脂（PGA）は酸素や炭酸ガスに対してバリア性がある一方、加水分解しやすい樹脂でありリサイクル性の点で注目されてきている。

## 6. おわりに

1950年代に食品包装へプラスチックフィルムが使用されて以来、プラスチック容器包装は目覚ましい進歩を遂げた。それに伴いバリアフィルムも様々な研究開発が進められてきた。バリアフィルムの開発は食品保存期間を延長する画期的な技術開発であったといえる。今後はバリア性向上に加え、様々な使用環境においてもバリア性が維持できる



ような耐久性の付与、また環境に配慮した材料設計など一層の発展が期待される。

#### 参考文献

- 1) Gordon L. Robertson、Food Packaging: Principles and Practice, Marcel Dekker Inc、3 (1998)
  - 2) 葛良忠彦、食品の包装、44(2)、3 (2013)
  - 3) 中込顕一、食品の包装、44(2)、19 (2013)
  - 4) 矢島俊輔、日本包装学会、第23回年次大会研究発表会予稿集、68 (2014)
  - 5) 蛭名武雄、日本接着学会誌、48(5)、19 (2012)
  - 6) 黒瀬圭史、機能材料、2、24 (2015)
- 磯貝拓也、日本包装学会、第22回年次大会研究発表会予稿集、12 (2013)