



# 酸素バリア性コーティング剤

## 「エコステージ GB」について

サカタインクス株式会社 研究開発本部 開発企画部  
久下 沼 梨紗

### 1. はじめに

2015年9月、国連総会で持続可能な開発目標(SDGs)が掲げられて以降、世界中の国や企業ではその達成に向けて様々な取り組みが行われている。当社は「今、私たちにできること、ひとつずつ積み重ねていく」をテーマに、廃棄物の削減、食品ロス削減、地球温暖化ガス排出抑制、プラスチック循環システムの構築・実現、海洋汚染対策に取り組み、SDGs達成に貢献すべく製品開発を行っている。(図1)



図1. サカタインクスのSDGsへの取り組み

我々の暮らしに欠かせないパッケージには、ガラス、金属、紙、プラスチックなどの素材が用いられている。その中でもプラスチックは軽量かつ様々な形態に加工可能であることのほか、多くの特長を持っているため、包装材料として非常に多く使用されている。プラスチック材料には特性の異なる種々のものがあり、これらを組み合わせることで多様な機能を付与した複層構成のフィルムが開発され、我々の生活を豊かにしてきたという歴史がある。一方で、異種フィルムの複層構成が主体となっていることにより、リサイクルが難しく、単純焼却・埋め立てという処理が一般的に行われてきた。



こういった状況を改善するため、政府は1995年に「容器包装リサイクル法」を制定し、家庭からの一般廃棄物として排出される容器包装のリサイクルシステム構築を進めた。現在もサーマルリサイクル・マテリアルリサイクル・ケミカルリサイクルについて多くの企業群が技術開発に取り組んでいる。また、2017年の中国を皮切りにアジア各国で廃プラスチックの輸入を禁止・制限する動きが進んできた結果、自国での処理の必要性が高まっている。「持続可能な社会の実現」のためにはより有効なリサイクル技術の確立が求められている状況にある。

持続可能な社会の実現に向けて、プラスチック包材業界の取り組みとして代表的なものは以下の2つが挙げられる。

- ① モノマテリアル化 ⇒ 単一素材構成によるリサイクル適性の向上
- ② 紙化 ⇒ 紙包材への転換によるプラスチック使用量削減

しかし、上記の構成には課題点もある。いずれも既存のプラスチック複層構成に比較し、様々な機能が低くなることにあり、その機能の1つが酸素バリア性である。食品の内容物保護・品質保持という重要な役割を担う包材として幅広く展開するには、酸素バリア性は必須の機能である。この課題を解決する手段の一つとして、当社の「エコステージ GB」の市場展開を進めていきたい。

本稿では「エコステージ GB」を用いたモノマテリアル化・紙化の可能性について提案する。

## 2. 「エコステージ GB」について

「エコステージ GB」の特長を以下に挙げる。

- ・ ウェットコート可能なコーティング剤 (水/アルコール系)
- ・ 非塩素系材料のみで構成
- ・ 有機/無機ハイブリッド型組成
- ・ 薄膜で高い酸素バリア性を発現

### 2.1 樹脂組成

「エコステージ GB」は酸素バリア性を付与するために樹脂成分として EVOH(エチレン・ビニルアルコール共重合体)を採用している。酸素バリア性を有する樹脂として代表的なものは PVDC(ポリ塩化ビニリデン)、PVA(ポリビニルアルコール)、EVOH である。PVDC は酸素バリア性が良好かつ湿度依存性が少ないという特長を持つが、リサイクルプロセスにおいてリサイクル品の品質に影響を及ぼすことが指摘されている。それに対し

PVA と EVOH はリサイクルに対応できる環境にやさしい酸素バリア材料である。PVA は乾燥状態では最も優れた酸素バリア性を発現する材料であるが、高湿度条件では酸素バリア性が低下する。EVOH は PVA に次ぐ良好な酸素バリア性を示す材料である。EVOH は疎水性であるエチレン鎖を分子構造中に含むため耐水性があり、加湿条件下でのガスバリア性の低下が PVA よりも小さい。しかし、EVOH は溶液状態での安定性が非常に悪く、溶液化した EVOH を安定供給することは非常に難しいとされてきた。そこで当社は鋭意検討を重ねた結果、特殊な処理を行うことにより長期安定性のある溶液とすることに工業的に成功し、ウェットコート可能なガスバリア剤の樹脂材料として EVOH を採用した。

## 2.2 酸素バリア性発現メカニズム

EVOH は高極性樹脂であり、その極性基間の緻密なパッキング効果により酸素バリア性を発現する。「エコステージ GB」は溶液化した EVOH に、さらにガスバリア性能をもつ無機板状フィラーを分散させたコーティング剤である。

「エコステージ GB」塗膜断面の電子顕微鏡写真および概念図を以下に示す。

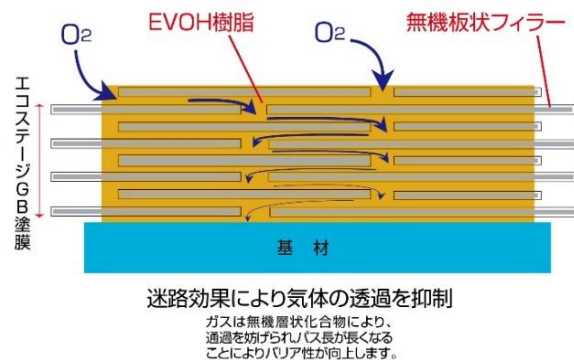
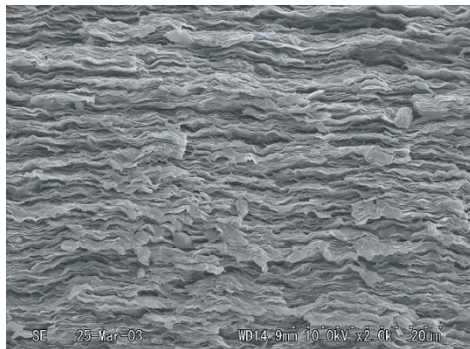


図 2. エコステージ GB 塗膜電子顕微鏡写真

図 3. エコステージ GB 塗膜概念図

図 2 の電子顕微鏡写真より、無機板状フィラーは「エコステージ GB」の塗膜内で層状に配列していることを確認した。図 3 に示すように、「エコステージ GB」の塗膜を通過しようとする酸素ガスは層状に配した無機板状フィラーによって最短経路で透過できなくなる(迷路効果)。

EVOH と無機板状フィラーを合わせて使用した有機・無機ハイブリッド構成にて高い酸素バリア性を発現するというメカニズムである。



## 2.3 安全性・衛生性・使用上の注意

以下に食品包装に関わる法律・各種規制への適合状況を示す。

- ・ 厚生省告示第 370 号 : 適合
- ・ 印刷インキ工業会 NL 規制 : 準拠
- ・ 改正食品衛生法暫定 PL : 収載材料で構成
- ・ 消防法危険区分 : 危険物第四類第二石油類水溶性液体Ⅲ

## 3. 環境配慮型包材への展開

### 3.1 モノマテリアル化の可能性

2021 年 6 月、プラスチックごみの削減とリサイクルの促進を目的とする「プラスチック資源循環促進法」が参院本会議で可決、成立した。製品の設計からプラスチック廃棄物の処理に至るまでに関わる、あらゆる主体におけるプラスチック資源循環等の取り組み（3R+Renewable）を促進するための措置を講じる法案である。具体的には、メーカー等が努めるべき環境配慮設計に関する指針を策定し、この指針に適合した製品であることを認定する制度が新設される。今後、リサイクル可能な包材設計がより強く求められる状況にある。

上述したように現在の多くのパッケージは複数のプラスチック等を組み合わせることによって必要な機能を付与させている。一方で、複層化した構成はリサイクルが困難である。そこでリサイクルを容易にするため、パッケージのモノマテリアル化(単一の素材で複層構成と同程度の機能を持たせる)が検討されている。モノマテリアル包材の中でも PP(ポリプロピレン)系や PE(ポリエチレン)系といったオレフィン系フィルムに注目が集まっている。しかしながらオレフィン系フィルムは酸素バリア性が低位である為、「エコステージ GB」によって酸素バリア性を付与することによるモノマテリアル化への展開の可能性について提案する。

#### 3.2.1 オレフィン系フィルムへの酸素バリア性付与

モノマテリアルである OPP/CPP 構成および BOPE/LLDPE 構成のラミネートフィルムは、酸素バリア性能が非常に低位であるが、エコステージ GB を使用（OPP、BOPE に塗布）することで、高い酸素バリア性能が発現し、PET、NY を使用した一般的な包装フィルム構成と比較しても優れたバリア性能となっている(表 1)。



表 1. モノマテリアル化を想定したフィルム構成の酸素バリア性

		OTR	
		(cc/m <sup>2</sup> ·day·atm)	
		25°C/0%RH	25°C/70%RH
一般的な 包装フィルム構成	PET (12 μ) / CPP (25 μ)	107.8	91.8
	NY (15 μ) / CPP (25 μ)	24.8	29.2
	OPP (25 μ) / VM-CPP (25 μ)	15.9	16
	OPP (25 μ) / CPP (25 μ)	>400	>400
モノマテリアル化を 想定したフィルム構成	① OPP (25 μ) / AC剤 / エコステージGB / CPP (25 μ)	0.6	2.7
	② BOPE (25 μ) / AC剤 / エコステージGB / LLDPE (30 μ)	0.7	2.2
参考	BOPE (25 μ) / LLDPE (30 μ)	>400	>400

BOPE : 三井化学東セロ社様ご提供開発品

< 塗布条件 >

印刷機 : 当社小型グラビア印刷機  
 AC剤 : エコステージAC dry塗布量 0.1 g/m<sup>2</sup>  
 バリア剤 : エコステージGB-7RA dry塗布量 0.5 g/m<sup>2</sup>  
 刷版 : AC剤 彫刻版(ヘリオ) 200 L/inch, 1度刷り  
 バリア剤 彫刻版(ヘリオ) 175 L/inch, 2度刷り

< ラミネート条件 >

接着剤 : エーテル系 dry塗布量 2.5g/m<sup>2</sup>

※上記結果は測定値であり、保証値ではありません

### 3.2.2 各バリアフィルムとの比較

図 4 は湿度条件を変えた際の酸素透過度について、表 1 のエコステージ GB を使用したモノマテリアル構成①(PP系)およびモノマテリアル構成②(PE系)と各種フィルムを比較した結果である。

PVA コート OPP に対し、モノマテリアル構成①(PP系)およびモノマテリアル構成②(PE系)は湿度依存性が小さく、良好な酸素バリア性を発現している。さらに PVDC コート OPP と比較すると、湿度 80%未満ではモノマテリアル構成①(PP系)およびモノマテリアル構成②(PE系)の方が酸素バリア性は優位であった。高湿度条件下でのバリア性能については今後の課題と考えている。

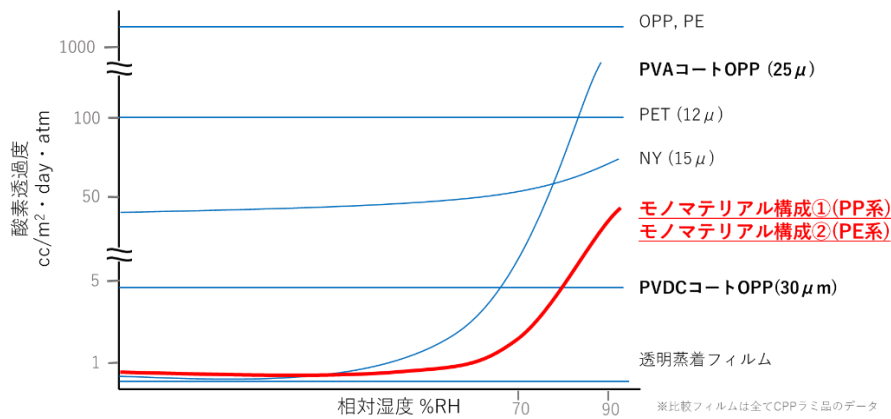


図4. 湿度依存性評価

### 3.2.3 実包試験

「エコステージ GB」を使用した PP 系モノマテリアル構成(表 1 のモノマテリアル構成①)を用いて実包試験を行った。実包直後と 1 週間後を比較したところ、モノマテリアル構成①で実包した場合、餅についてはカビの発生を抑制、リンゴ・味噌・ウインナーについては変色を抑制することが観察された。これらの結果からも、「エコステージ GB」の酸素バリア性能により、パッケージのリサイクル性とともにもフードロス対策といった観点も加え、食品パッケージのモノマテリアル化への展開が期待できる。

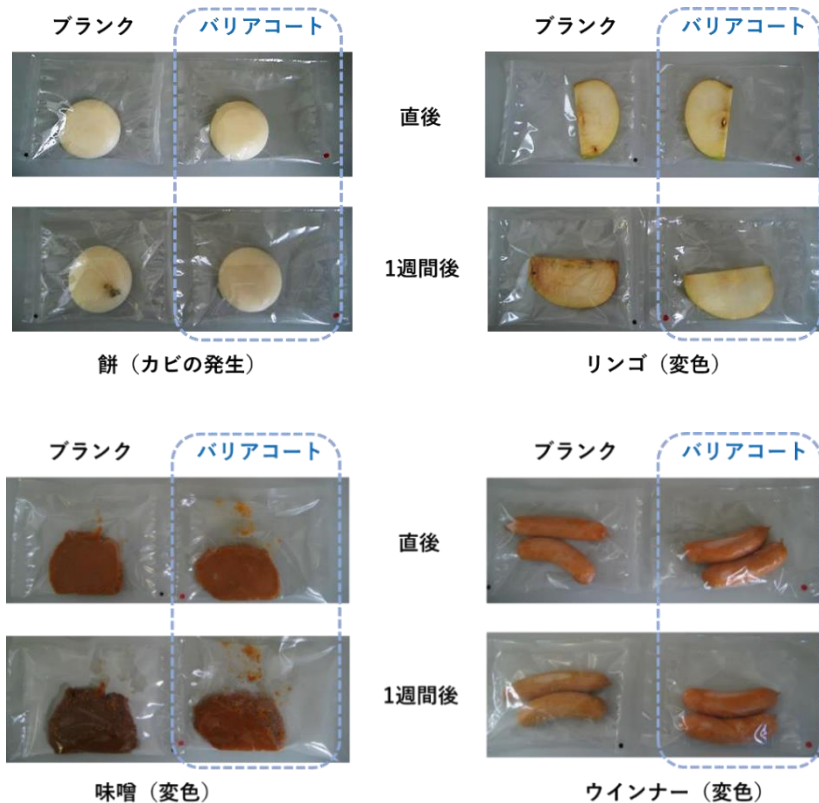


図5. 実包試験結果



### 3.2.4 保香性試験

モノマテリアル化検討時において課題として挙げられる保香性についても評価を行った。内容物はカレーパウダー・インスタントコーヒー・入浴剤について検討した(表 2)。

「エコステージ GB」を使用した PP 系モノマテリアル構成(表 1 のモノマテリアル構成①)は未塗布の構成と比較すると保香性が付与されていることを確認した。

保香性能は内容物の影響が大きいため、今後、他の内容物についても確認を進める予定である。

表 2. 保香性評価結果

構成	カレーパウダー	インスタントコーヒー	入浴剤
OPP (25 μ) / CPP (25 μ)	×	×	×
<b>モノマテリアル構成①</b> <b>OPP (25 μ) / エコステージGB / CPP (25 μ)</b>	○-△	○-△	△
PET (12 μ) / CPP (25 μ)	△	△	△
PET (12 μ) / AL (9 μ) / CPP (25 μ)	○	○	○-△
PVDCコートOPP (30 μ) / CPP (25 μ)	△	△	×
VM-PET (12 μ) / CPP (25 μ)	○-△	○	○-
OPP (25 μ) / VM-CPP (25 μ)	×	×	×

試験条件：内容物 5g を封入した三方シール袋 (12 cm × 9 cm) を密閉したガラス瓶中で 40°C にて 7 日間保管し、ガラス瓶を開封した際の匂いの程度を評価




官能評価：○：臭わない ○-△：わずかに臭う △：臭う ×：かなり臭う

### 3.3 紙化の可能性

近年、脱プラスチックの流れの中で、商品の包装・容器をプラスチックから紙へ代替する取り組み(紙化)を進める企業が増えている。プラスチックから紙への代替が可能となれば、プラスチック資源循環等の取り組み (3R+Renewable) のリデュース(プラごみ削減)およびリサイクル(紙ごみとして)に貢献できると考えられている。しかしながら紙単独では発現できない機能も多く、その 1 つとしてモノマテリアル化と同様に酸素バリア性が挙げられる。

そこで当社は「エコステージ GB」を使用した以下の 3 つの構成を提案する(表 3)。

表 3. 紙構成例

印刷構成	メリット	今後の課題
 <ul style="list-style-type: none"> <li>・HS剤</li> <li>・エコステージGB</li> <li>・プレコート剤</li> <li>・防湿剤</li> <li>・紙</li> </ul>	◎ フィルムレス	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 目止め層必須</li> <li>✓ 防湿剤要</li> <li>✓ 塗工量大</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>・フィルム</li> <li>・接着剤</li> <li>・エコステージGB</li> <li>・プレコート剤</li> <li>・紙</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 完全紙化への可能性</li> <li>◎ フィルム使用</li> <li>⇒ 防湿剤なしで水蒸気バリア性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 目止め層必須</li> <li>✓ 塗工量大</li> </ul>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>・紙</li> <li>・接着剤</li> <li>・エコステージGB</li> <li>・AC剤</li> <li>・フィルム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 低塗工量</li> <li>◎ フィルム使用</li> <li>⇒ 防湿剤なしで水蒸気バリア性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 完全紙化への展開難</li> </ul>

構成 A はフィルムを使わない完全紙化を訴求できる構成である。ヒートシール層として当社のヒートシール剤(開発品)を使用した構成となっている。デメリットとしては各コーティング剤を紙へ塗工する構成であるため、目止め層が必須であること・防湿剤が必要となること・コーティング剤の総塗工量が大きくなることが挙げられる。課題は多いものの、今後脱プラスチックを達成するには必要な構成と考えており、当社でも鋭意検討中である。

構成 B, C はヒートシール層にシーラントフィルムを採用しており、一部紙化(減プラ)の構成となっている。

構成 B は紙へ各コーティング剤を塗工し、シーラントフィルムをラミネート加工することを想定している。メリットとしては完全紙化(構成 A)に展開できる可能性があること・フィルムを併用しているため、防湿剤なしでも水蒸気バリア性を付与できることが挙げられる。デメリットとしては目止め層が必須であること・構成 A と同様に紙への塗工となるため総塗工量が大きくなることが挙げられる。

構成 C はシーラントフィルムに各コーティング剤を塗工し、紙とラミネート加工する構成である。この構成のメリットはフィルムへの塗工であるため基材への浸透の影響がないことから総塗工量が構成 A, B と比較して少ないこと、構成 B と同様にフィルム使用のため防湿剤なしでもある程度の水蒸気バリア性を付与できることである。デメリットとしては完全紙化(構成 A)への展開が難しいことが挙げられる。

構成 B, C についてバリア性能を測定した結果を以下に示す(表 4)。





表 4. 紙化構成の酸素バリア性

	紙にコート層を塗工後 フィルムと貼り合わせ	フィルムにコート剤を塗工後 紙と貼り合わせ	(参考) 紙とフィルムの貼り合わせ
	構成B	構成C	リファレンス
ベース基材	片艶紙	CPP 50 $\mu$ m	片艶紙
サブ基材	CPP 50 $\mu$ m	片艶紙	CPP 50 $\mu$ m
構成図			
コート層総ドライ塗布量 (接着剤は除く)	8.2 g/m <sup>2</sup>	0.6 g/m <sup>2</sup>	-
OTR (cc/m <sup>2</sup> ·day·atm) 25°C/0%RH	<b>1.5</b>	<b>0.8</b>	>400
WVTR (g/m <sup>2</sup> ·day) 40°C/90%RH	紙側加湿	9	9
	フィルム側加湿	6	9

※PC剤(プレコート剤)：開発中のコーティング剤(目止め層として使用)

※接着剤はすべてフィルム側に塗工

※上記結果は測定値であり、保証値ではありません

構成 B, C の酸素バリア性は一般的なラミネートフィルム構成(表 5)と比較しても遜色ない結果であった。プラスチック構成から紙構成へ代替の可能性を示す結果と考えている。

表 5. 一般的なラミネートフィルム構成の酸素バリア性

		OTR	
		(cc/m <sup>2</sup> ·day·atm)	
		25°C/0%RH	25°C/70%RH
一般的な 包装フィルム構成	PET (12 $\mu$ ) / CPP (25 $\mu$ )	107.8	91.8
	NY (15 $\mu$ ) / CPP (25 $\mu$ )	24.8	29.2
	OPP (25 $\mu$ ) / VM-CPP (25 $\mu$ )	15.9	16
	OPP (25 $\mu$ ) / CPP (25 $\mu$ )	>400	>400

各構成の選択については加工いただくお客様の塗工条件や包材の目標性能に合わせて提案させていただきます。



#### 4. まとめ

「エコステージ GB」を用いた環境配慮包材について、以下の可能性を見出した。

モノマテリアル化の可能性：

- ✓ オレフィン系フィルムへの酸素バリア性付与
- ✓ オレフィン系フィルムへの保香性付与

紙化の可能性：

- ✓ 紙および紙/フィルム構成への酸素バリア性付与

当社は、パッケージのモノマテリアル化・紙化に向けたソリューションとして「エコステージ GB」を提案する。「エコステージ GB」は酸素バリア性を付与することができるウェットコート可能なコーティング剤であるので、モノマテリアル化・紙化に対し柔軟に対応することができる。今後、「エコステージ GB」によるモノマテリアル化・紙化を通して、持続可能な社会の実現に貢献していきたいと考えている。

#### 5. お問い合わせ先

サカティンクス株式会社 研究開発本部 開発企画部

<https://ssl.inx.co.jp/CGI/inquiry/form.cgi>

TEL 072-785-7769