



環境に優しいバリア素材 「シールドプラス®」

日本製紙株式会社 企画本部
パッケージング・コミュニケーションセンター
技術調査役 内村 元一

1. はじめに

近年、安心・安全に対する消費者の要求の高まり、食品ロス削減の動き、生活スタイルの多様化といった環境の変化から、パッケージに対しても様々な機能が求められている。一方で、地球温暖化対応の観点からも「サステナビリティ (持続可能性)」や「環境配慮 (再生可能資源の活用)」といった視点での対応が併せて求められており、パッケージにおいても3R (Reduce, Reuse, Recycle) を中心とした対策が進められている。

地球温暖化



枯渇資源



“SAVE FOOD”



当社では、長年培ってきた製紙技術を基に、再生可能な循環型素材である『紙』に様々な機能を付与する取組みを展開しているが、この度、紙にバリア性を付与した環境に優しい新たな包装材料「シールドプラス®」を開発した。以下、本開発品の特徴や展開の可能性について紹介する。

【Keyword】地球温暖化、枯渇資源、SAVE FOOD、鮮度延長、再生産可能原料、バリア素材

2. バリア性を有する食品包装材料

〈2. 1〉 パッケージへのガスバリア性要求

食品や飲料等に用いられる包装材料は、その用途に応じて強度や計量性、耐熱性など、様々な機能特性が要求される。特に、内容物保護の観点から、ガス (酸素・水蒸気・窒素・炭酸ガス等) に対するバリア性は最も重要な特性のひとつとなっている。

食品の包装容器内に酸素ガスが侵入すると、食品の酸素劣化や変色・退色の原因となったり、好気性菌の増殖やカビ発生を促進させる恐れがある。また、水蒸気に関しては、乾燥食品や医薬品などが流通過程で吸湿すれば、油脂・ビタミン・色素成分などの酸化、分解、褐変を伴う固結・硬化が進行したり、逆に多水分系の食品においては、乾燥による目減りや食感の変化などが生じる可能性がある。



上述で述べたような食品ロス削減やグローバル調達拡大に伴い、ガスバリア性を有する素材への期待・役割は年々高まってきており、今後は発展途上国も含め世界規模で拡大していくことが予想される。

＜2. 2＞ ガスバリア性を有する包装材料

現在、包装材料でガスバリア性を確保する方法として一般的に行われているものは、アルミ箔を基材としたガスを透過しない材料と複合化する方法、エチレンビニルアルコール共重合体（EVOH）に代表されるようなガスバリア性を有するプラスチックと多層化する方法、あるいはコーティングや蒸着などの2次加工によりガスバリア性を付与したプラスチックとの複合化などがある。これらの方法は、包装・容器の外から内部に透過してくるガスを物理的にバリアする技法である。

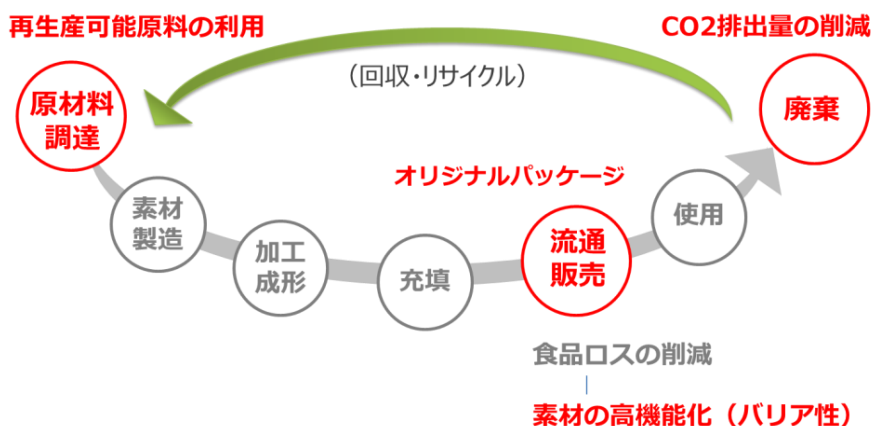
いずれにしても、それらバリア素材の多くは、枯渇資源である石油由来のプラスチックフィルムが基材であり、再生可能資源である「紙」を用いた包材（例えば、紙パックやカップなど）については、アルミ箔もしくはバリアフィルムを貼付してバリア性を確保するのが一般的である。

3. 紙製バリア素材の開発

＜3. 1＞ パッケージにおける「紙」素材の役割

紙素材は、環境に優しい循環型資源である反面、その機能については汎用プラスチックフィルムと比較して乏しいことから、パッケージ設計においてはその用途が限定されているのが実情と言える。特に一次包装に用いられる軟包装材料は、ヒートシール性や保存性（バリア性）が要求されることからプラスチックを選択せざるを得ず、紙素材はほとんど使用されていない。従って、軟包装材料など多くの包装形態で紙素材を使用するには、紙素材を高機能化することが重要となる。

パッケージのライフサイクルと「紙」素材の役割





再生産可能原料である木質資源から造られた「紙」がパッケージ設計でより選択され、広範囲に展開されるためには、パッケージのライフサイクル各工程において適切な対応が必要である。

【原材料調達】

ユーザーに対し、「紙」素材の特徴（特に環境適合性）を認知してもらうこと

【流通販売】

① 多様な包装サンプルの提示により、「紙」本来が持つ風合や紙化に伴う商品イメージの訴求を行うこと

② 「紙」に必要な応じた機能を付与すること (ex, バリア性、耐油・耐水性)

【廃棄】

「紙」を用いた包材への切換えにより、CO₂排出量抑制に繋げること

＜3. 2＞ 「紙」素材の特徴

「紙」は下記特徴を有する『木』を原料としていることから、石化資源からの転換として機能付与への期待は大きいと考えられる。

① カーボンニュートラル

生育過程において大気中の CO₂ を吸収・固定することから、木質資源を燃やして発生した CO₂ は生長過程で吸収した CO₂ を相殺し、大気中の CO₂ を吸収させない



伐期サイクルのイメージ

② 再生可能資源

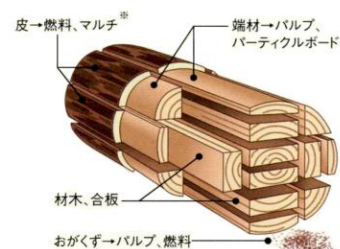
大きく成長した木を伐採した後、「再植林」や切り株から生える芽を育てる「萌芽更新」と呼ばれる方法により、森を再生（循環）させている

③ 紙の原料に使われる木材の部分

製紙原料の木材は、

- ・ 製材時に発生する残材
- ・ 幹の上部や長い枝
- ・ 外周部、木片、おがくず

など、他用途に向かないものが中心となっている。



※マルチ……木の根元など、土が乾かないように覆う木の葉、小枝、わら、木の皮などのこと。

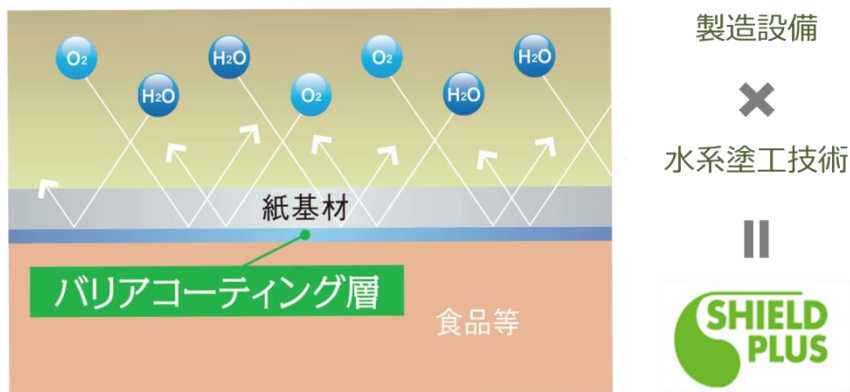


〈3. 3〉 紙素材の高機能化 … バリア性付与

かねてより当社は、循環型素材である木質バイオマス为原料とする「紙」をベースとした包装用素材やパッケージの開発を進めてきたが、先に述べたような環境変化も踏まえ、この度「紙」にバリア性を付与した素材「シールドプラス®」の開発に成功した。

「シールドプラス®」は、任意の厚みを有する紙基材に対し、酸素および水蒸気の透過を抑制するバリアコーティング層を設けることでバリア性能を発現しているが、これは当社が所有する抄紙および塗工設備とそれに伴う技術を駆使することで具現化している。

「シールドプラス®」の構成（イメージ）



なお、バリア層形成には下記を留意して設計・開発を進めた。

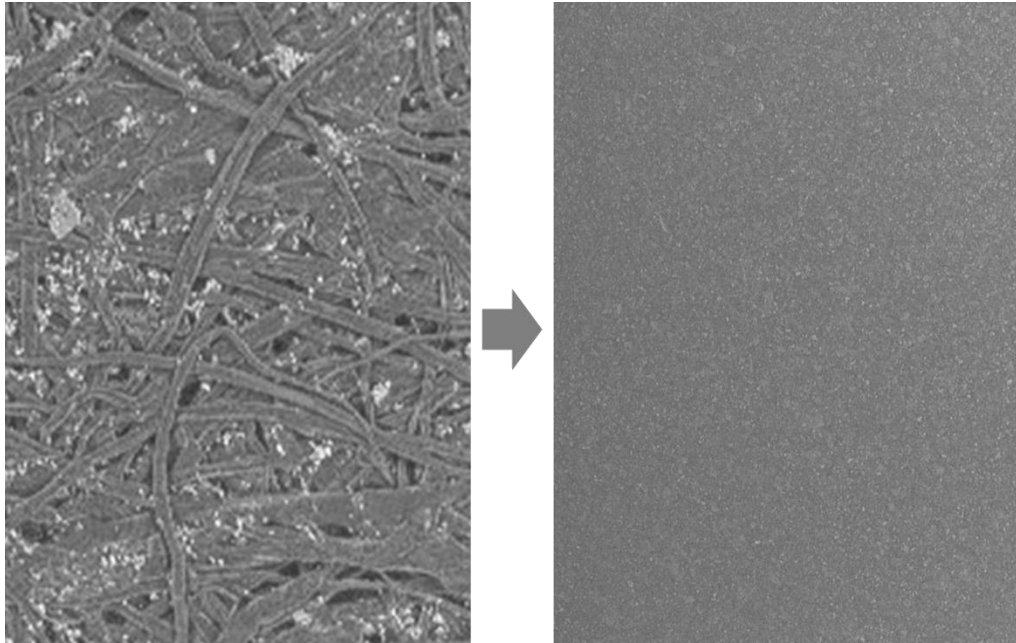
- ① 環境面に配慮し、水溶性高分子を用いること
- ② 原紙へのバリアコーティング剤浸透抑制および紙中・端面からの水分浸透に伴うバリア劣化を防止・抑制すること

抄紙設備



一般的に「紙」は繊維が絡み合っているが、多数の空隙が存在する。これらの空隙により、「紙」は酸素や水蒸気（およびフレーバー成分）などが通過しやすい（＝バリア性がない）性質を持っている。これに対し、「シールドプラス®」はこれらの“疎”を適切に埋め、かつ表面を平滑にすることで、機能を発現させている。

原紙拡大画像



バリア層塗工前

バリア層塗工後

4. 「シールドプラス®」の特徴

開発された「シールドプラス®」は、いくつかの特徴を有している。

① 酸素バリア性

「シールドプラス®」の最大の特徴は、開発当初からの目的の通りガスバリア性を有していることと言える。特に酸素透過度は $1 \text{ cc/m}^2 \cdot \text{day} \cdot \text{atm}$ を下回り、現在広く用いられている各種バリアフィルムに相当するレベルのバリア機能を実現している。

なお、「シールドプラス®」単体での水蒸気透過度は $100 \sim 300 \text{ g/m}^2 \cdot \text{day}$ 程度となるが、軟包装用途で用いられるシーラント層を積層することにより、一定レベルのバリア性を確保することが可能である。

これにより、従来まではアルミもしくはプラスチック基材を選択せざるを得なかったバリア素材に、「紙」をベースとする素材を選択することが可能となった、と言える。

各種素材の酸素透過度



(参考) 酸素透過率・水蒸気透過率 実測値

		酸素透過率 (cc/m ² ·day·atm)		水蒸気透過率 (g/m ² ·day)
		23℃、0%RH	25℃、85%RH	40℃、90%RH
シールドプラス	シールドプラス / PE (20)	0.8	55.9	14.2
	PE (20) / シールドプラス / PE (20)	1.1	14.7	13.8
参考	(『機能性包装の基礎と実践』葛良忠彦著,2011)		25℃、65%RH	40℃、90%RH
*樹脂は25μ換算	LDPE		7,900	36.0
	OPP		2,500	4.0
	PET		80	22.0
	紙		> 100,000	> 100,000

*上記は実測値であり、保証値ではありません

② フレーバーバリア性

2つ目の特徴としては、フレーバーバリア性を有していることである。








今回、様々な試験体にてフレーバーバリア性を評価したところ、試験体によって優劣はあるものの汎用フィルムと比較しても遜色ないバリア性能を確認することができた。特にチョコレートや粉末洗剤、バニラエッセンス等には高い性能を示し、今後の用途展開においても有益な結果が得られている。

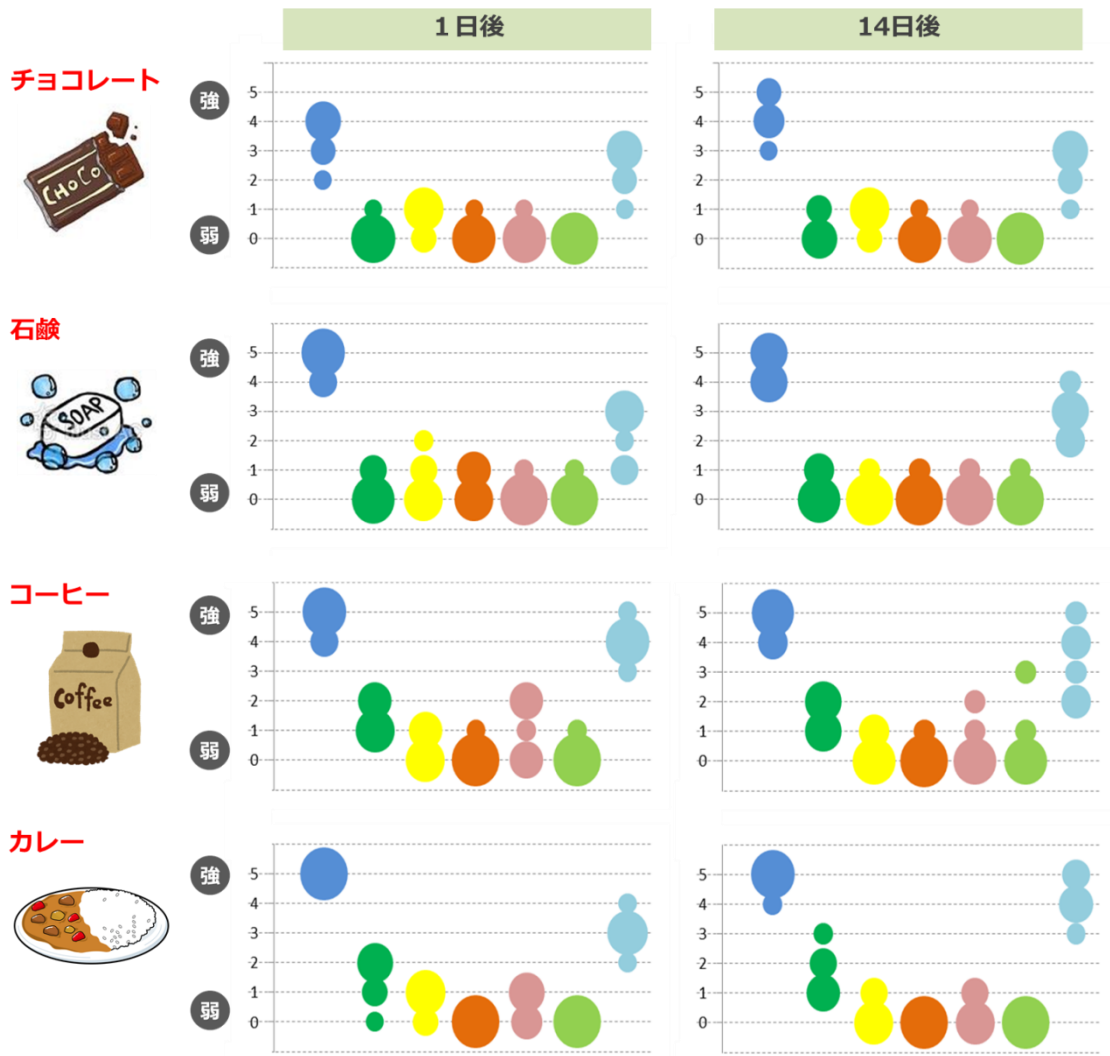


フレーバーバリア性評価 (代表的なもののみ抜粋)

【評価法】

- ・ 各フィルムで作成した三方シール袋において物質を充填し密封する
- ・ 検体をガラス瓶に入れ、アルミ蓋をした後、23℃×50%条件下に静置
- ・ 1日後・14日後に官能評価(*)にて、各検体のにおいて漏れ程度を評価
 - * パネラーとして、当社研究所内の嗅覚判定試験合格者を採用し、内容物のにおいの漏れ具合を0~5の6段階で評価(当社法)

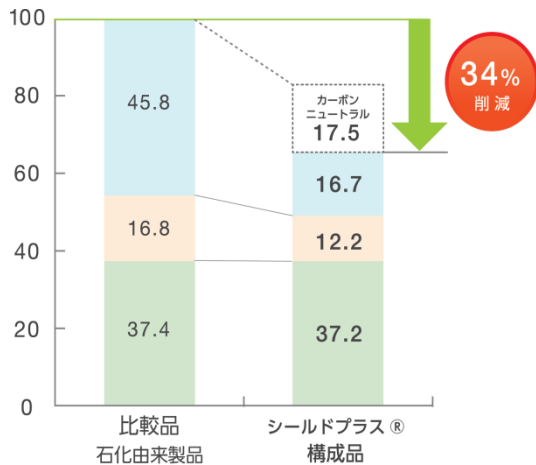
	: 上質紙		: PET/PE
	: シールドプラス/PE		: EVOH/PE *EVOH (ハイバリアグレード)
	: シールドプラス/ CPP		: アルミ蒸着PET/PE
			: OPP/PE



③ 環境適合性

一つの事例として「かつお節包材（EVOH使用）」を選定し、製品のライフサイクル環境評価を実施した（評価方法は下図内参照）。これより、34%のCO₂排出量削減という計算結果が導き出され、環境に優しいバリア素材としての効果を確認することができた。なお、この削減には「カーボンニュートラル」が大きく寄与している。

包材 1 m²あたりの CO₂ 排出量（比較品を 100 とした場合の相対比較）



補足1：LCA（ライフサイクルアセスメント）

製品のライフサイクル環境影響を図る手法

ここでは、原料製造・ラミネート加工・廃棄（焼却）の工程を評価

補足2：評価方法

LCA ソフトウェア MiLCA（社）産業環境管理協会

〔比較品〕MiLCA 実装データ、LCA 日本フォーラムDBを利用

〔シールドプラス® 構成品〕 自社操業データを使用

補足3：評価包材の構成

〔比較品〕OPP_{20μ} / EVOH_{12μ} / LLDPE_{25μ}（かつお節包材）

〔シールドプラス® 構成品〕 シールドプラス®_{60g/m} / PE_{30μ}

5. 展開の可能性

酸素バリア性・フレーバーバリア性を付与した「紙」の誕生により、現在用いられているパッケージに大きな変化をもたらすことができるものと考えている。

＜5. 1＞ 紙製パッケージへの機能付与

現在、市場で用いられている紙製パッケージに酸素・フレーバーバリア性が付与されることにより、下記表で示す通り、新たな市場価値を見出すことが期待される。

代表的な展開例を下記表に記す。

包装形態	市場価値	主な用途
紙管	バリア性を持つ紙管により、新しい販売法を提示	コーヒー、お茶、お香、 芳香剤 等
紙袋・包装紙 ギフトバック	「におい」漏れ抑制による購入機会ロスの減少	ファストフード・お弁当などの お持ち帰り用途
トイレットリー	外出先や家庭などで生じる不快な「におい」を抑制	使用済み紙おむつ、生ごみ、ペッ トシート、エチケット袋 等
郵送袋	郵送物の香り保持、外部からの「におい」移り抑制	封筒などの郵送袋



「シールドプラス®」の展開の可能性①：紙製パッケージへの機能付与



〈5. 2〉 石化由来パッケージの紙化（再生可能資源比率の向上）

コンビニエンスストアやスーパーマーケットで用いられている軟包装等のパッケージは主に石化由来の素材で構成されており、その多くが内容物の鮮度保持等の要求に伴いバリア層を有している。これらを適宜「シールドプラス®」に置換えることにより、パッケージの再生可能資源比率を向上させ、環境に優しいパッケージの拡大が期待される。

■ 想定されるメリット

- ・ 環境負荷の軽減
- ・ 紙化による商品の差別化
- ・ 金属検出器の使用が可能

「シールドプラス®」の展開の可能性②：石化由来パッケージの紙化





6. まとめ及び今後の取組

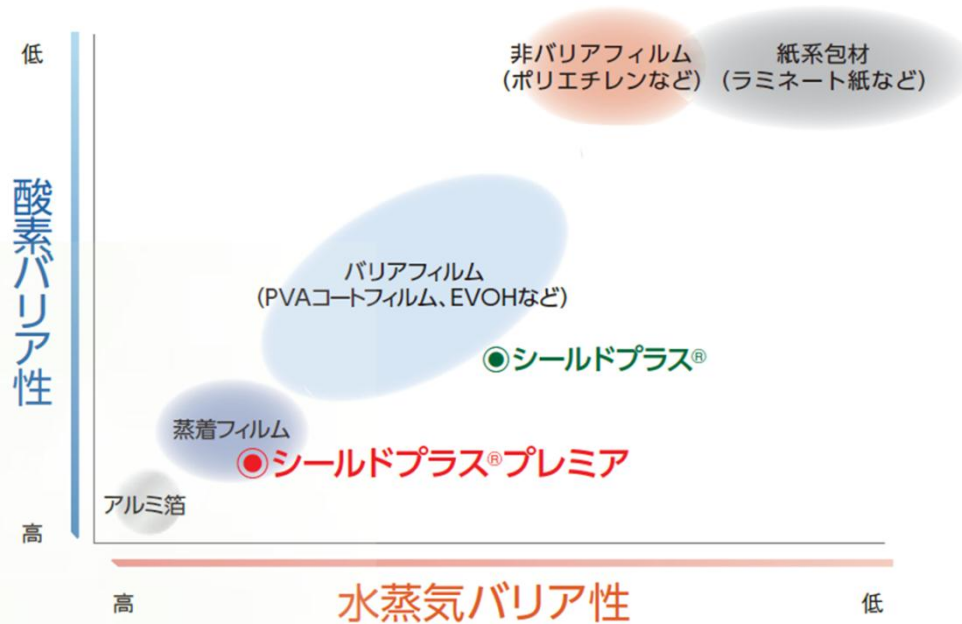
今回の検討より、以下の点を確認することができた。

- ・ 紙への水系塗工技術の応用により、酸素透過度：1 ml/m²・day・atm 未満、水蒸気透過度：10g/m²・day 未満（但し、PE 等のシーラント層を貼付の場合）を満たすレベルのバリア機能付与を実現
- ・ 各種プラスチックフィルムに相当するフレーバーバリア性を実現
- ・ 既存プラスチック積層パッケージと比較して、高い環境適合性を確認
- ・ 開発された「シールドプラス®」により、紙製パッケージへの付加価値提供ならびに既存プラスチック製パッケージからの切替えに大きな可能性

「シールドプラス®」のリリース以降、市場からの反応は想像以上に大きく、環境負荷軽減に対する市場からの関心の高さを感じることができた。現在当社では、「シールドプラス®」の水蒸気透過度を大幅に向上させた「シールドプラス® プレミア」の開発を行っており、紙製バリア素材の適用範囲拡大を進めている。

シールドプラス® プレミア

- ◎ 「シールドプラス®」に水蒸気バリア性を付与・湿度依存性を抑制
- ◎ 各種ハイバリアフィルムに相当する酸素・水蒸気バリア性を実現



2020年に開催される東京オリンピックに向け、「環境立国・ニッポン」をパッケージから訴求することに貢献できるよう、引き続き開発を進めていきたいと考えている。



一般社団法人 日本食品包装協会

「シールドプラス®」お問合せ先

日本製紙株式会社 企画本部パッケージング・コミュニケーションセンター

Tel : 03-6665-1070 (代表) 担当 : 内村

引用文献

- 1) 葛良忠彦 ; 機能性包装の基礎と実践, 日刊工業新聞社, 2011, 30
- 2) 愛産研食品工業技術センターニュース, 愛知県産業技術研究所食品工業技術センター,
2009, 1
- 3) 内村元一 ; 環境にやさしい紙製バリア素材『シールドプラス®』の開発とその可能性,
第 54 回全日本包装技術研究大会予稿集, 2016, 157-160

以上