

EPS 代替を目的とした青果物用 MA 段ボールの開発

朝來壯一*・松尾秀規**

*食品産業担当・**山村産業株式会社

Development of EPS Alternative MA Cardboard for Vegetables

Shoichi ASAKI*・Hideki MATSUO**

*Food Industry Group・** Yamamura Sangyo Co., Ltd.

要 旨

青果用発泡スチロール容器を代替する容器開発を目的として、鮮度保持性能を高めるために必要な段ボールの機能について検討した。その結果、断熱性能では両者に顕著な差は認められなかったが、段ボールは青果物鮮度保持に係る酸素及び炭酸ガス透過性特性が著しく劣ることが判った。また、ガス透過特性の異なる段ボール原紙に対し、コーナー通気性を抑制する改良を行い、H字封かんして鮮度保持試験を行った。その結果、コーナーの改良とガス透過性の低い原紙を選択して気密性を高めることで青果物鮮度保持機能を高められた。

1. はじめに

卸売市場など大型包装の利用頻度が高い現場では、発泡スチロール（以下 EPS と記す）と段ボール（以下 DB と記す）が主体となっている。EPS は使用後の廃棄に課題があるが、DB は処理システムが整備されている上、断熱素材の分離回収が容易であり、リサイクルで有利である。さらに DB は折りたたみ可能で在庫・保管スペースを大幅に削減でき、使用後容器の減容化に有利である。青果物鮮度保持機能が確保されれば、DB を使うことへの市場での抵抗感やロジスティクス上の問題はない。

また、リサイクル可能な素材の採用で、環境への配慮による企業イメージアップが図れる。流通現場では、段ボールの低コスト性、省スペース性、形状対応の柔軟性などの評価は高いが、断熱性・保冷性で EPS よりも劣るといった評価傾向である。

これまで地場メーカーから県内 JA に EPS に替わる機能性 DB の提案が行われている。しかし、メーカー側に青果物鮮度保持に関する技術情報が乏しく、保存試験等で期待するような性能を発揮させるに至らなかった。そこで、地場企業と県による本企業二一ズ共同研究を実施したものである。

Table 1 熱伝導に関する特性

材料	密度等	熱伝導率 W/m.k
ビーズ法ポリスチレン	25kg/m ₃ 以上	0.037
アルミ箔入り空気層	-	0.03
段ボール	140g/m ₂	0.062
"	120g/m ₂	0.065
杉	330kg/m ₃	0.093
板ガラス	2600kg/m ₃	0.68

DB と EPS は、Table 1 に示すように、熱伝導特性において他の素材と較べても格段に性能が優れている。

青果市場等で使用される 4.8mm を基準とすれば、EPS が DB に勝るものの、同一の厚さであれば断熱性能の差はほとんどなく、今回対象としたコネギの鮮度を左右する要素は他に求めるのが妥当と考えられた。

一般に青果物の鮮度保持は、低温流通を前提として CA(Controlled Atmosphere Storage)貯蔵や MA(Modified Atmosphere)包装のように環境ガス制御によって青果物自体の呼吸を抑制してエネルギー消費抑える。すなわち高炭酸ガス + 低酸素を利用して老化ホルモンであるエチレンを抑制する方法が採られる。

そこで本研究では、青果物の鮮度保持に影響する要素として輸送中の青果物の環境ガス制御に有利な段ボールの高気密化について検討した。¹⁾²⁾³⁾

2. 実験方法

2.1 温度特性

青果物流通の現場では、EPS の特性を断熱保温性能が DB に較べて格段に優れているという声を聞くため、まず外部の温度変化に対する応答性を含む温度特性を調査した。実際に流通で使用されているほぼ同サイズ (60mm×23mm×19mm) で 4.8mm 厚と 15mm 厚の EPS を供試した。可能な限り熱貫通の影響を避けるため、両者テープ貼りで DB については角をシリコンコーキングし H 字貼りとした。函内部の温度変化は空間中央部で測定することとし、ボタン型温湿度データロガーをフィルムテープで宙吊り固定して測定した。温度プログラムはプログラムインキュベータ (タバイ) で 7 60min 30 60min 15 off (30) のプログラムで函内温湿度変化を測定した。

2.2 通気抑制と評価

2.2.1 供試 DB 原紙

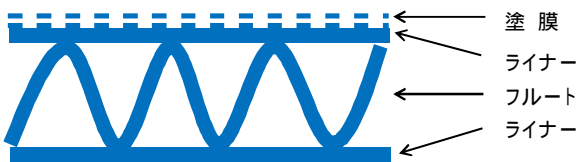


Fig.1 塗装原紙の構造

一般に段ボールの気体透過性は塗料の性質や原紙への浸透度によって異なるが、塗装によって透気度が抑制される。そこで DB の容器としての気密性向上を目的として、原紙被覆の効果を検討した。材料は、企業の取扱い塗装 DB から リサイクル (レンゴー)、 ダブルーフ (レンゴー)、 発泡ライナー (大王製紙)、 対照として 普通段ボールを供試した。

さらに供試材料原紙の表面の状態を比較するため、マイクロファイバースコープ (C&G システムズ製) を用いて撮影した。

2.2.2 供試原紙のガス透過性

ガス透過性については、JIS 規格のガーレー法による透気度で示すが、これは原紙一枚でのガス透過性であり、フルートを含む成形後の DB 自体のガス透過性を示すものではない。このため、本研究では著者がフィルム of のガ

ス透過性測定用に試作した簡易型ガスチャンバー測定器を用い、炭酸ガス分圧の変化でガス透過性の検証を行った。この方法で用いるチャンバー測定器は、Fig.2 に示すように、上下 2 室になったアクリル製で、上下 2 室の中間に 100mm 直径の正円開口部を設けている。そこに試料から 98mm 直径の円形ディスクを切り出し、周囲をシリコンシール成形しシリコングリースを塗布してセットした。上部チャンバーは 20~22% で炭酸ガス分圧を高めて充填し、上下チャンバーに圧力差が生じるようにし、ガスが試料ディスクを透過移動して上下チャンバー内ガス度が平衡状態に達するまでの変化パターンを経時的に比較した。ガス濃度測定にはジルコニア式ガスセンサー (DANSENSOR 社)

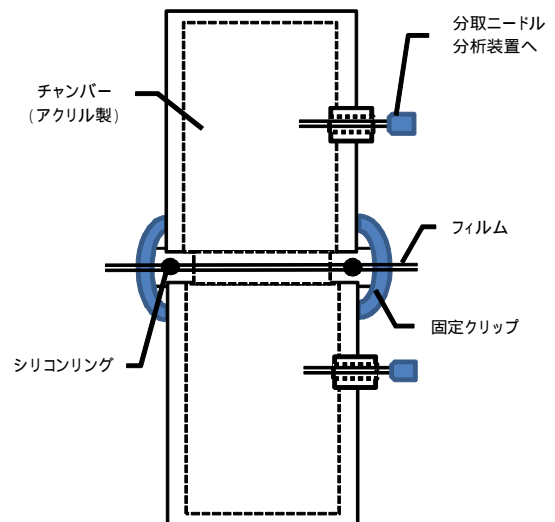


Fig.2 ガス透過性測定器

を用い 1 時間毎に内部のガス濃度を測定した。

函構造の開口部の改良はコスト面を考慮し改良は最小限にとどめ、手掛穴などを設けない無孔 DB のフラップ

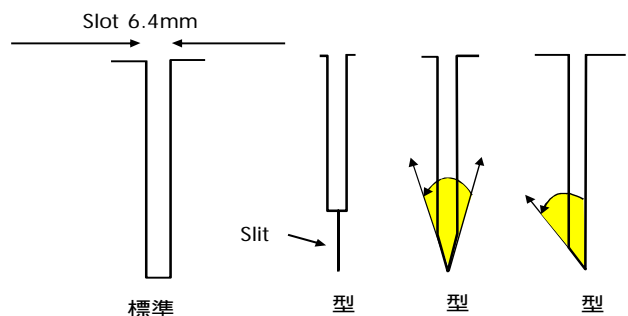


Fig.3 スロット先端のスリット形状

の切り込みであるスロット改良を行った。

DBのフラップ部分は最大の通気ポイントであり、通常90°で重なるが、スロットの元の部分に四角形空間が生じる。そこで隙間ができないようスロット先端部を加工した¹⁾。形状はフラップ同士の最大重なり角度30°~90°までの範囲で型、型、型とした。通気遮断の効果は、製函して実際の保存試験に供して評価することとした。また、DBは構造上テープ貼りで封かんすることになるが、I字貼りが主流である。しかし、ここでは気密性を高めるためH字貼り封かんを選択した。

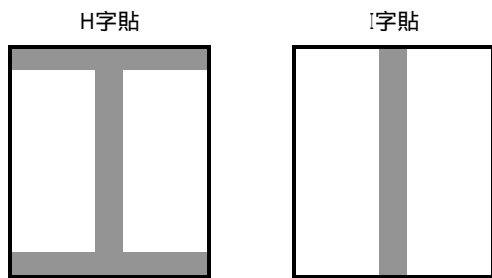


Fig.4 封かん方式

2.3 保存試験

青果物用の鮮度保持容器としての評価であるため、4.8mm厚の各種原紙で、スロットパターンと組み合わせ製函したDB容器と、同サイズの現行EPS容器(厚さ15mm密閉式)を加えて5種類の容器で保存試験を行った。保存試験は、コネギが変質しやすい25℃を選択した。保存温度に設定したプログラムインキュベータ(タバイ製)にコネギ10袋を1区とし2連性で保存した。供試したコネギは前日に収穫後穴あきフィルム包装で市場出荷され、冷蔵保存されたものを卸売市場から直接入手し5日保存後、翌日室温に馴化した後保存試験に供した。

フィルムは有孔包装でありMA包装ではない。保存試験の間の環境変化は函内ガス随時ジルコニア式ガスセンサー(DANSENSOR製)で分析した。保存開始後3日目の品質を1:腐敗~5:収穫時の品質とし5段階評価した。

3. 結果と考察

3.1 容器としての温度特性

Fig.5に示すよう7月 60min 30℃ 60min 15℃ off (30℃)の間の温度変化はDBとEPSでほぼ同一パタ

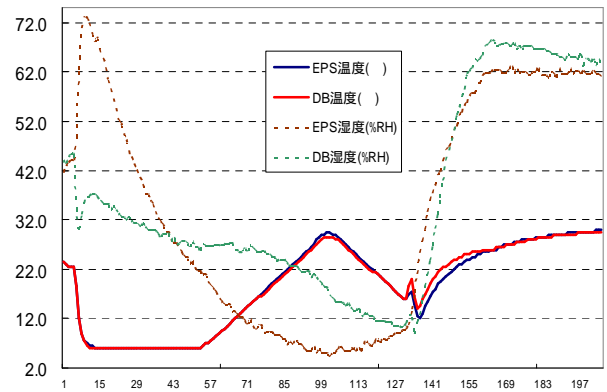


Fig.5 コネギ用DBとEPSの昇温冷却特性比較

ーンを示した。但し、DBは吸湿性があるため函内の湿度変化に差があり、吸湿性の小さいEPSの方が冷却と同時に急激に湿度が上昇するなど温度の変化に対する湿度の変化が早かった。これらのことからガス環境さえ考慮すれば鮮度保持上の条件は同等と考えられた。

DBの通気性と鮮度保持上の条件については現場ではあまり考慮されておらず、低温管理下の温度応答性や作業性を重視するあまり、手掛穴や四角の穴など多くの通気可能な隙間が開けられている。これらによって温度応答性は高まるが、逆に呼吸抑制は不可能となり、低温の途切れにより一気に青果物の品質低下が起きる。一般に低温の途切れは常在化しており、高温に晒される危険性は高く温度応答性を重視する意味は薄い。青果物の鮮度保持にとっては、低温管理に加えて呼吸を抑制すること、容器の気密性を高めることが重要である。⁶⁾

3.2 通気の抑制

3.2.1 コーナー通気性の抑制

通常のDBではフラップの折り込みを容易にするために、折り代を見込んで切り込みスロットが入っている。このスロットの先端形状を改良し、折り重なり面積を増やすことによって通気を抑制することを試みた。フラップの重なり角度が30°~90°の3種類の異なるスロットを比較した。切り込み角を大きく3つに分けて型、型、型(写真.1,写真.2,写真.3)とした。フラップを折り曲げたときのスリットの重なり角度は型が90°で最大である。写真.4に型の函内側の収まりを示したが、気密性を考慮すれば、角度の小さい方がフラッ

プの重なり面積が増えて通気の抑制に機能し、高気密化に有利と考えられる。これらを実際に製函し、鮮度保持試験で鮮度保持への影響を検討した。

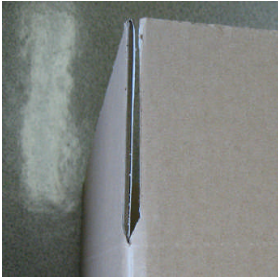


写真.1 型



写真.2 型

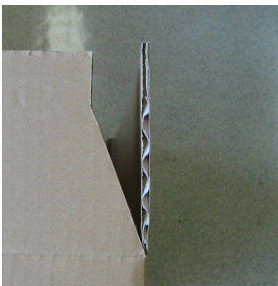


写真.3 型



写真.4 型の内部

3.2.2 改良型原紙の利用

各種原紙を供して製函し、スロットの改良と組み合わせさせてその効果を検討した。EPS は写真.5 に示すように予備発泡後のポリスチレンビーズが重なり合い圧縮された多層構造を形成している。ビーズ間は密着しており通気しにくい構造である。

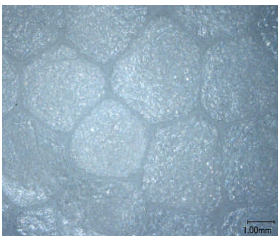


写真.5 EPS (×25)

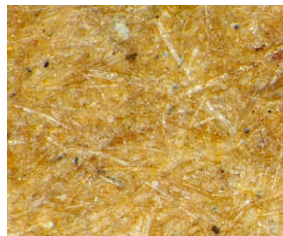


写真.6 DB原紙 (×175)

一方 DB は写真.6 のように紙繊維が重なりあった構造となっているが、目の荒いペーパーフィルターと同様に気体透過性は大きいと推定される。そこで塗装や断熱コーティングを施した各種素材 リサイクル(レンゴー)、

ダンブルーフ(レンゴー)、発泡ライナー(大王製紙)、普通段ボールの炭酸ガスの透過性を比較した。普通段ボールは Fig.6 に示すように CO₂ の透過が速い。原紙表面(写真.6)からも判るように紙の繊維が重層したフィルター構造をとっており、気密性に乏しい。発泡ライナー(Fig.7)は原紙表面に発泡性コーティングを施したもののだが、紙繊維の隙間を充填がガスの通気を妨げるまでには至っておらず、通気性は原紙と同程度であった。

ダンブルーフは紙繊維の隙間が充填されており通気が抑制されている。平衡状態に達するまで 5~6 時間程度を要した (Fig.8)。

また、リサイクルのガス透過性はさらに低下しており平衡状態に達するのに 10 時間以上を要した。リサイクルは EPS のガス透過性に近づいてきているが (Fig.9)、EPS はさらに 12 時間経過後も完全平衡には達せず、気密性の高さが認められた (Fig.10)。

これらのことから、塗装の性質にもよるが、紙繊維の隙間を埋める性質の強い塗料を選択すれば、十分に発泡

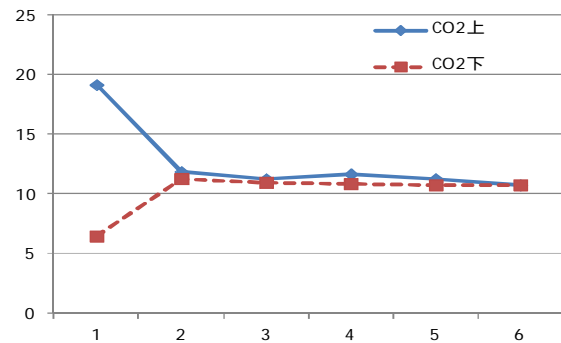


Fig.6 普通段ボールの CO₂ 移動

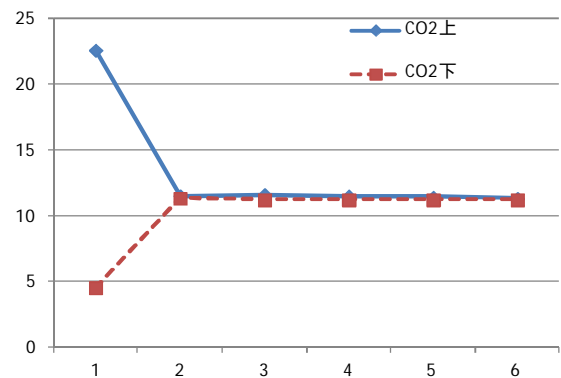


Fig.7 発泡ライナーの CO₂ 移動

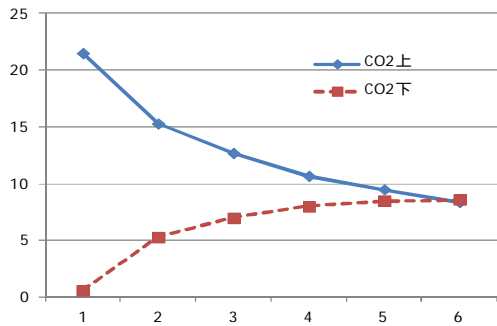


Fig.8 ダンプブルーの CO₂ 移動

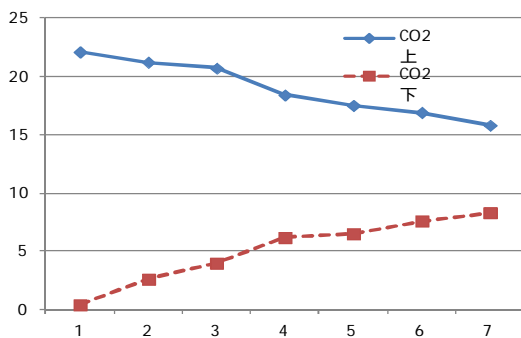


Fig.9 リサイクルの CO₂ 移動

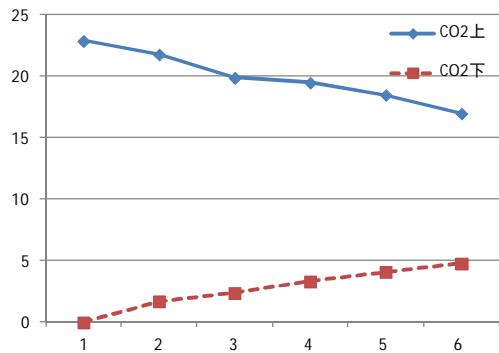


Fig.10 EPS の CO₂ 移動 (5mm厚)

スチロールの気密性に近づけることが可能と考えられた。無塗装と塗装の差は著しく、塗装によって炭酸ガスの移

動速度が遅くなる傾向が認められた。塗料の塗布によって原紙表面の通気性の隙間が少なくなる結果ガス透過抑制効果が高まるものと考えられた。中でもリサイクルがガス移動では発泡スチロール並のパターンを示した。

塗装は、原紙に浸透するタイプと表面を被覆するタイプがあるが、コストに関する塗料及びその量を含めてさらに検討する必要がある。

3.3 保存試験

実際の流通場面では夏場の流通温度に相当する 25℃ での実証試験を行った。味-ねぎを区分で封かんし、直ちに 25℃ のインキュベータに保管した。その後 24 時間毎に外装容器内の酸素濃度及び炭酸ガス濃度を測定したが、傷みの著しい保存 3 日目の包装内ガス濃度等の結果を Table 2 に示した。保存した試料の外観を写真.7, 8, 9 に示したが一様に先端部から黄化が認められたものの、炭酸ガス濃度が高い傾向にある区が外観上黄化程度が若干軽い等の差も認められた。

ガスバリア性が高く、気密性が高い区は、コネギの呼吸に伴って酸素濃度が低下する。一般に 1% 以下の無気呼吸に至らない低酸素は、コネギの呼吸抑制に働く。

試験区内では、EPS が高炭酸ガス、低酸素傾向であり、鮮度保持に一定の効果が認められたが、他の区ではリサイクルの 型を除いて顕著な効果は認められなかった。

これらのことから次のことが推定された。

- 1) EPS は断熱性に加えて、容器の構造及び EPS 容器自体の気密性により鮮度保持効果を発現。
- 2) 断熱特性は DB 単独では EPS と大差ないが、鮮度保持性はガス透過性は抑制で改良することが可能。
- 3) リサイクルなどの表面塗装は DB のガス透過抑制に一定の効果が認められ、Table 2 に示すようにスロ

Table 2 25℃ 保存試験結果

No	容 器	密封OPP	開孔OPP	束数	保存温度	ガス環境						評 価	備 考
						9月7日		9月8日		9月9日			
						O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂		
	対照：普通段ボール		開孔OPP	10	25	20.9	0	20.9	0	20.9	0	1	
	FS味-ねぎ用		開孔OPP	10	25	20.9	0	13.7	6.3	11	8.2	2	
	普通段ボール+スラット	型	開孔OPP	10	25	20.9	0	20.9	0.2	20.9	0.3	2	H字貼り
	普通段ボール+スラット	型	開孔OPP	10	25	20.9	0	20.9	0.1	20.9	0.1	1	
	リサイクル+スラット	型	開孔OPP	10	25	20.9	0	20.7	0.4	19	2	2	
	リサイクル+スラット	型	開孔OPP	5	25	20.9	0	20.7	0.2	20.2	1	1	
	リサイクル+スラット	型	開孔OPP	5	25	20.9	0	20.7	0.2	20.3	1	1	



写真.7 函内の25 3日目のコネギ (FSも黄化)



写真.8 函内の小ねぎ (全てに黄化が発現)



写真.9 包装内のコネギ (2: , 4: , FS: に相当)

ト型の効果が高かった。コーナー改良と塗装原紙の利用は、気密性向上に相乗効果が期待できる。

4) EPSはMA容器としては不充分だが、比較的早く高炭酸ガス、低酸素条件になる。このため、EPSの青果物

鮮度保持効果は主にその気密性によると考えられた。
また、今後安全性を含めて低コスト塗装を検討する必要があるが、塗装によって段ボールの気密性向上が可能であることが推察された。

5) 封かん方法は、気密性の点からH字貼りが有利であるが、流通の現場では作業性・コスト面からH字貼りを選択することは困難である。このためI字貼りで気密性向上を検討する必要がある。

3.4 今後の課題

本試験でDBのコーナー処理による気密性向上が予想できたので、今後改良をする上では、コーナー処理+I字貼りを前提とした検討が必要である。

近年異物混入対策等の理由からバリア性を付与した段ボール開発の事例が報告されているが、いくつかの問題点も指摘されている。PE被覆は効果が高いが、工程数が増え、製造コストの上昇、アルミ系バリアでは金属探知機が使用できない、石油由来では環境負荷が高い(LCAの問題)、また印刷現場では一般に印刷適性を水性塗装でコントロールしていることから、水性塗装技術で紙に酸素バリア性を付与できるとの報告もある。この場合シーラント層の積層も合わせて行うことも可能である。

参考文献

- (1)中部大王製紙：第49回全日本包装技術研究大会予稿集,P34(2011)
- (2)打田宏：日本包装学会誌 P33, Vol4, No.1(1995)
- (3)志水基修：フレッシュフードシステム,P28, Vol. 35, No.2(2006)
- (4)五十嵐清一：段ボール包装技術入門,日報出版, P208~217(2008)
- (5)仲川勤：包装材料のバリア性の科学,日本包装学会, P68~72,P115~P134 (2003)
- (6)大久保増太郎：野菜の鮮度保持,養賢堂,P25~32, P103~107(1982)