



耐ピンホール性に優れる

二軸延伸PBTフィルムのご紹介

興人フィルム&ケミカルズ株式会社

フィルム事業本部 商品開発部

小川 太樹

1. はじめに

ポリブチレンテレフタレート（以下、PBT）樹脂は、優れた機械的強度、耐熱性、耐油性・耐薬品性、柔軟性、透明性、表面光沢性および低吸水性等の特性を有しており、代表的なエンジニアリングプラスチックとして幅広い分野、用途で利用されている。

PBT樹脂は、上記特性とその結晶化速度が著しく速いことから主に自動車部品や電気製品・電子部品などの成型部品用途に使用されているが、結晶化速度が速いことは逆に二軸延伸フィルムを製造する上では相当困難な樹脂であるといえる。

当社は二軸延伸PPシュリンクフィルムや二軸延伸ナイロンフィルムで培った独自の製造方法（チューブラー法同時二軸延伸）によりこの難題を克服し、PBT樹脂のみの二軸延伸フィルムを工業化するに至った（商品名：ポブレット）。

2. ピンホールについて

食品包装分野においては、ピンホールは非常にやっかいな存在であると認識している。包材のピンホールは、内容物の漏れやガスバリアフィルム構成であれば内容物の劣化などの不具合を発生させる要因であり、食品メーカー及び食品包材メーカーとしては大きな課題の一つと考える。

一般的には、耐ピンホール対策として二軸延伸ナイロンフィルム（以下ONY）が使用されるケースが多いが、それでも完全にピンホールが防げない場合、フィルムを厚番手に変更したり、更には二枚重ねしたりと、近年話題となっているプラスチックの削減とは逆の対応になっているケースも見受けられる。

ピンホールの発生要因としては、①段ボール等外装材との擦れ、②輸送時に包材が揺れることによる屈曲疲労、③内容物あるいは外部からの突刺、④落下等による衝撃が挙げられるが、①や②の複合要因が多いと想定している。

当社が開発したポブレットの特性を調べていくと、ポリエステル系フィルムでありながら耐ピンホール性（特に①や②はONY以上）が非常に優れることが確認され、食品用途に最適と判断し約3年前より市場ワークを開始した。ピンホールでお困りのアイテムについて改善の一助となるものと自負している。

3. 二軸延伸PETフィルム(以下、ボブレット)について

3-1 ボブレットの製造方法

当社のコア技術であるチューブラー法同時二軸延伸製造フローの概略を図1に示す。

熔融混練した樹脂を円形ダイより押し出した後、冷却し未延伸原反を得る。次にその未延伸原反の内部に圧空を吹き込み、外部加熱しながらある一定の圧力になったところで内部の空気を閉じ込めて縦横同時に二軸延伸を行う。その後、熱処理工程で不要な残留応力を除去した後、マスターロールに巻き取る。チューブ状で出てきたフィルムは端面をカットすると2枚に分かれるため、上下段一度に2本のマスターロールが製造できる。これをオフラインのスリッターでお客様の要望のサイズに裁断し、最終製品が得られる。得られたフィルムは、延伸配向により光沢性や透明性が高く、機械的強度や寸法安定性に優れたフィルム特性を有している。また、チューブラー法に起因したフィルムの等方性が高い(全方向の異方性が少ない)ことが特長である。

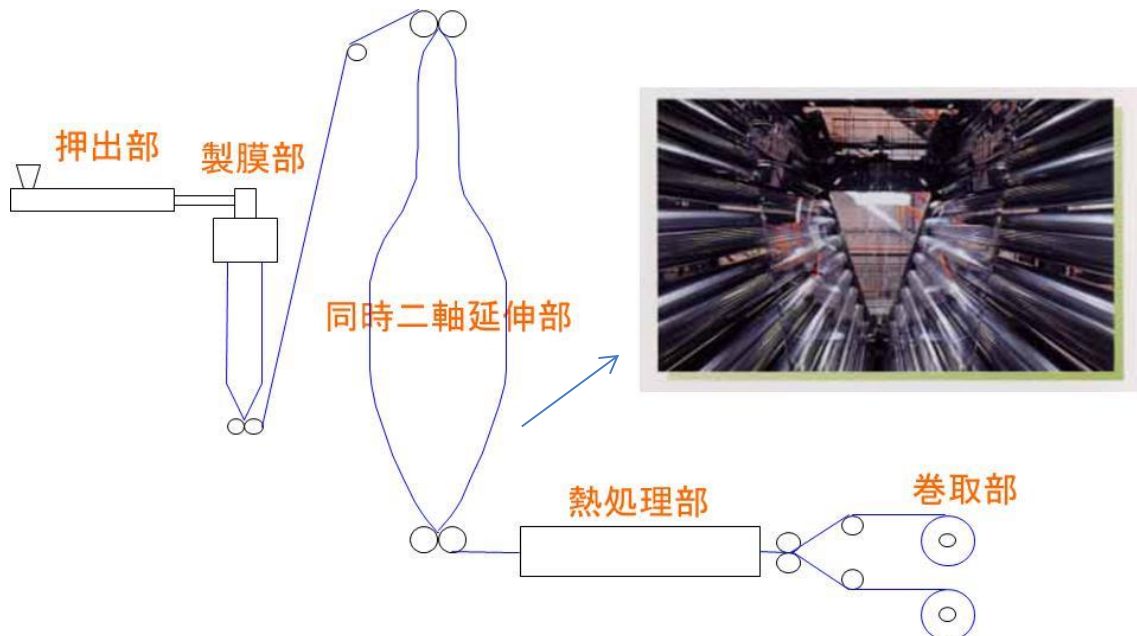


図-1 チューブラー法同時二軸延伸フロー図

3-2 ボブレットの一般特性比較

表-1にボブレットと他基材フィルム(ONY、OPET)との特性比較を示す。

OPETは一般的に使用される厚みは $12\mu\text{m}$ であるが、厚みを揃えるためにあえて $16\mu\text{m}$ を使用した。

ボブレットが、他基材フィルムと比較して耐ピンホール性に優れていることがお解り頂けると思う。また、OPETとONYの双方の長所も兼ね備えていると考えている。

表-1 フィルム特性比較

	耐ピンホール性				寸法安定性		バリア性			透明性		滑り性		加工適性、実用特性				耐溶剤性	
	衝撃強度	突刺強度	屈曲	摩耗	ボイル後	シトルト後	酸素	水蒸気	保香性	ヘーズ	グロス	常態	高湿度化	吸湿寸法	インキ接着	耐着色性	手引裂性	過酸化水素	その他溶剤
ポブレット (15μm)	◎	◎	◎	◎	○	○	△	○	○	○	○	○	○	◎	○	◎	△	◎	◎
ONY (15μm)	◎	◎	○	○	△	△	◎	△	△	◎	○	○	△	△	○	△	○	△	◎
OPET (16μm)	△	△	△	◎	◎	◎	△	○	◎	○	◎	○	○	◎	◎	◎	○	◎	◎

◎:他素材より優れる ○:他素材と同等 △:他素材より劣る

3-3 ポブレットの主な耐ピンホール性データ

3-3-1 耐屈曲性

図-2に耐屈曲性の指標として試験したゲルボフレックステストの結果を示す。LLDPEフィルムとのラミネート品で、ピンホール数が少ない方が耐屈曲性は良好である。

ONYは当社ナイロンフィルムで、耐屈曲性は良好との市場評価を得ているが、ポブレットはそれと同等以上の耐屈曲性を持ち合わせている。

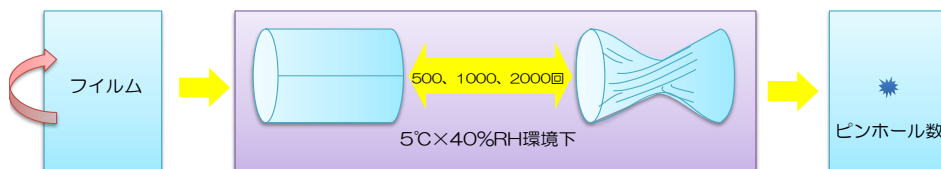
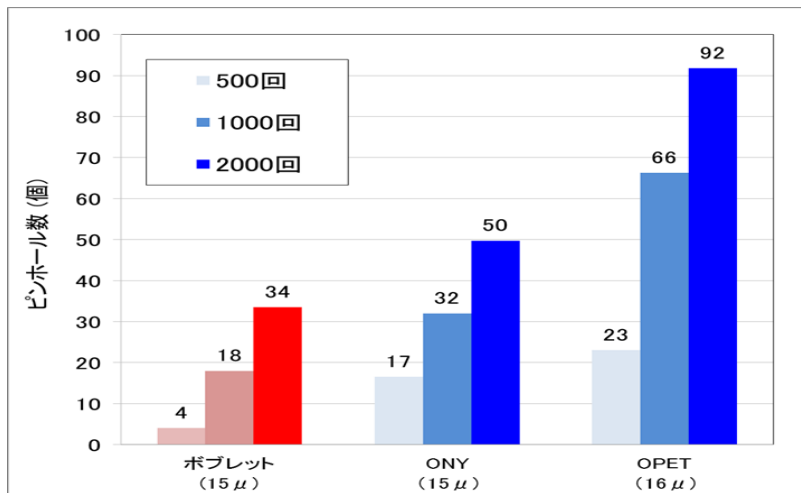
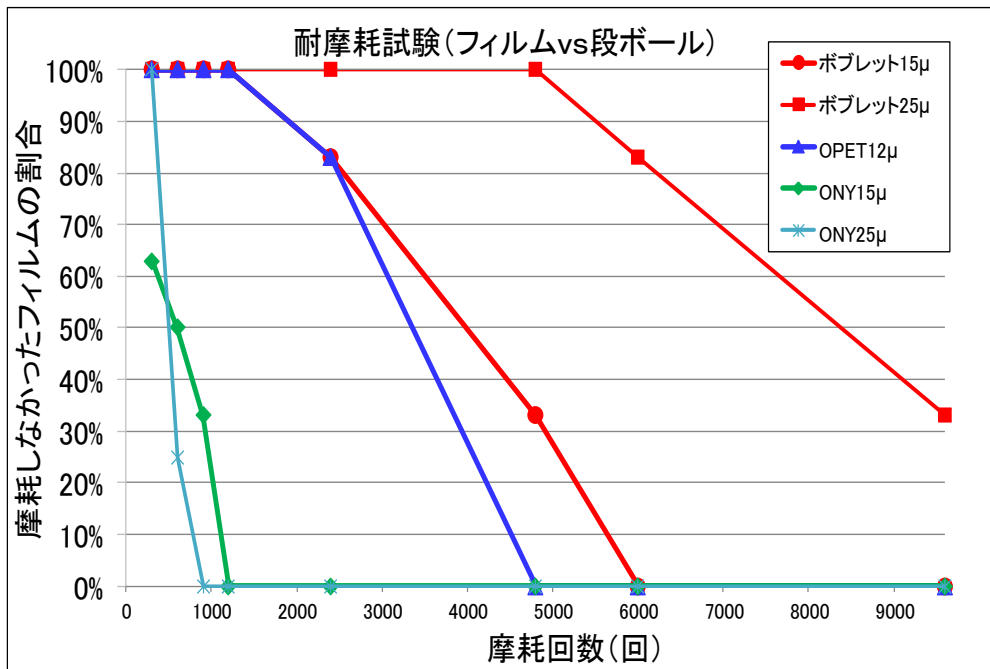


図-2 ゲルボフレックス試験結果

3-3-2 耐摩耗性

図-3に社内法であるがフィルムと段ボールとの摩耗試験結果を示す。縦軸は摩耗しなかったフィルムの割合を示しており、100%を維持しているほど摩耗しにくい結果である。

ONYも比較的耐摩耗性は良いと認識しているが、この評価方法ではすぐに摩耗してしまう結果であった。実用上ONYの場合柔らかいため、同一箇所に摩耗が集中することが少ないためと考える。



基材/段ボール間の摩耗テスト (社内法)

※5℃×40%RH、荷重 200 g、往復速度 60 回/min

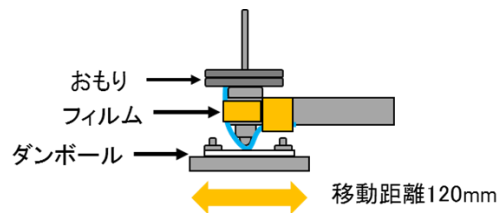


図-3 耐摩耗性試験結果

4. ボブレットの用途展開

これまでボブレットの耐ピンホール性についてご紹介してきたが、ボブレットは、OPETの持つ耐熱性（レトルト耐性）、耐摩耗性やONYの持つ耐ピンホール性、耐破袋性などの特長を併せ持っており、以下の用途に適していると想定している。

4-1 レトルトパウチ

一般的なレトルトパウチの構成では耐レトルト性と耐ピンホール性の観点からOPETとONYを貼り合わせた構成にシーラントフィルムを貼り合わせた3層から4層となっている。

ボブレットは、前述のようにOPETとONYの両方の長所を持っており、この2層を1層にすることでレトルトパウチの減容化やラミネート工数の削減が図れる可能性がある。

以下弊社想定例としての構成を示す。また、想定構成とのハイレット処理前後の強度比較をグラフに示す。

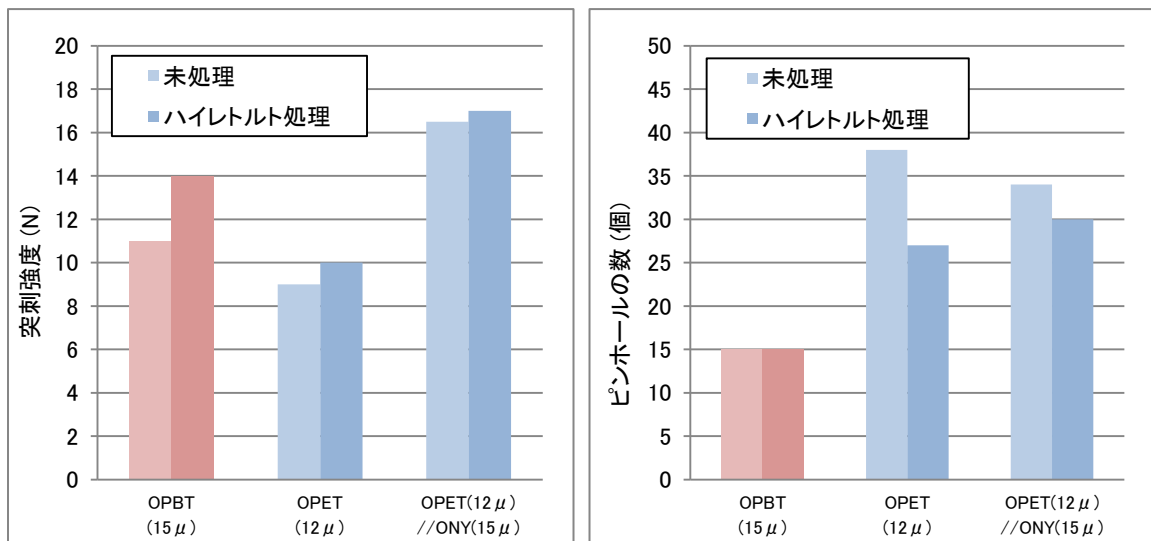
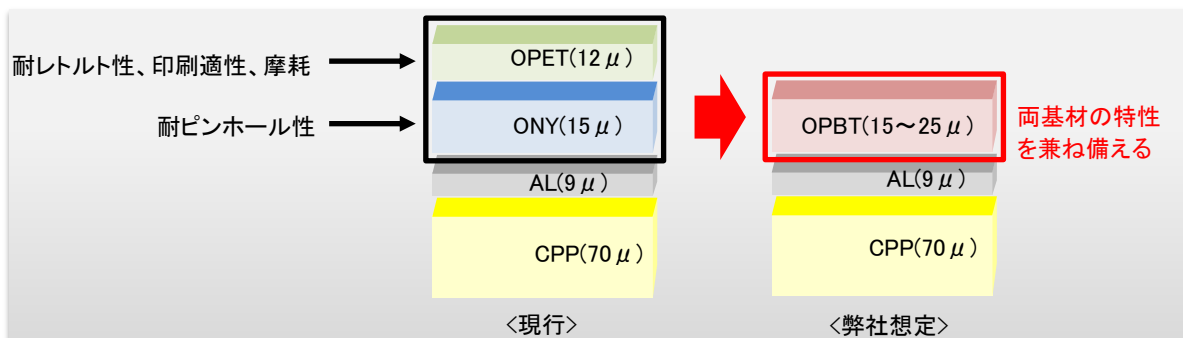


図-4 基材//AL9//レトルト CPP70 構成のハイレット処理(135°C×30分)前後の特性比較

突刺強度においては、OPET12//ONY15 構成には不足するが、レトルトパウチの規格である 10N 以上は確保できている。また処理前後の屈曲ピンホールについてはボブレット構成が処理前後とも優位であることが確認できる。

また、弊社想定構成でボブレット 15μm を使用した場合で、レトルトカレー用スタンダードパウチを想定して減容化による試算をした結果を以下に示すが、以下の計算の通り、プラスチック削減率及びCO₂削減率ともに10%を超える削減率となる。

対象面積：幅110mm×高さ180mm×底マチ60mmの場合

【プラスチックの削減量】

パウチ1袋当たりの削減量

現行構成	5.7g/枚	
想定構成OPBT15	4.8g/枚	※削減率17%

【CO₂の削減量】¹⁾

現行構成	31g-CO ₂ e/枚	
想定構成OPBT15	28g-CO ₂ e/枚	※削減率11%

1) 産業環境管理協会「カーボンフットコミュニケーションプログラム」Ver.4.01より試算

4-2 冷凍用途

図-5に常温及び低温化でのONYとの特性比較データを示す。

耐屈曲性については、常態では同等であるが、低温に行くほどONYよりも良好な値を示す。また、衝撃強度は常態ではONYよりもやや低い値であるが、-30℃においては逆転する結果である（低温での低下が小さい）。ONYは吸湿した水分の影響で低下が大きいものと判断する。

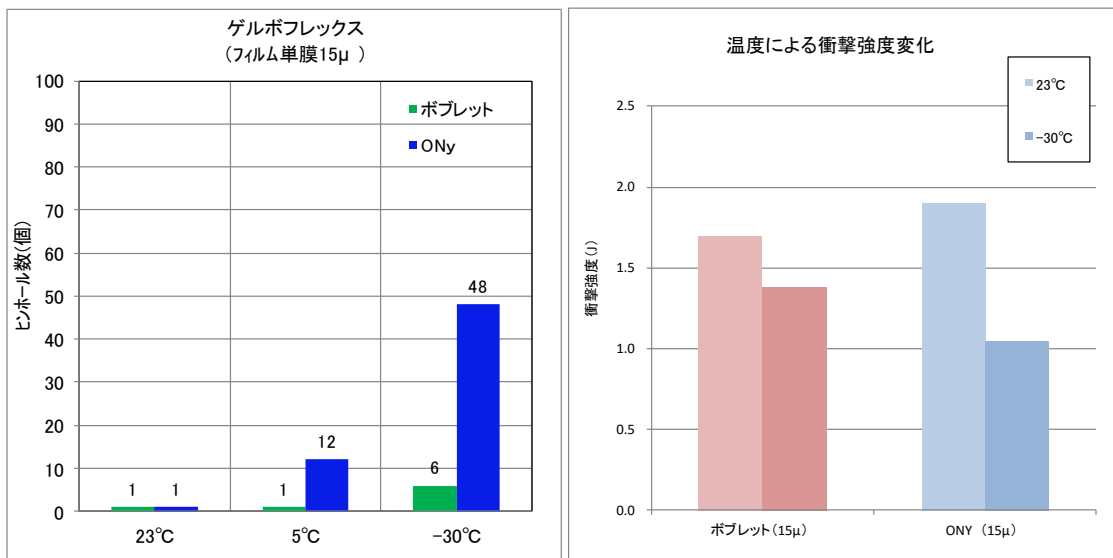


図-5 低温化によるONYとの特性比較

また、冷凍下においてはONY構成袋の場合、吸湿したナイロンの水分の影響で冷凍状態で段積みした場合、袋同士が密着・ブロッキングし破袋を起こすケースもある。これを防止するため吸湿性の小さい、OPPやOPE TをONYの外側に貼り合わせる対応をしていることもある。

この現象を比較するため以下のようなモデル試験を行った。フィルム上に氷を固着させて、フィルムと氷をせん断的に剥離させた時の強度を比較した。その結果、POBRETも

OPPやOPE T同様、吸湿性が低いことから、上記密着現象を防止できるのでONY構成袋の破袋防止に効果があると考える。

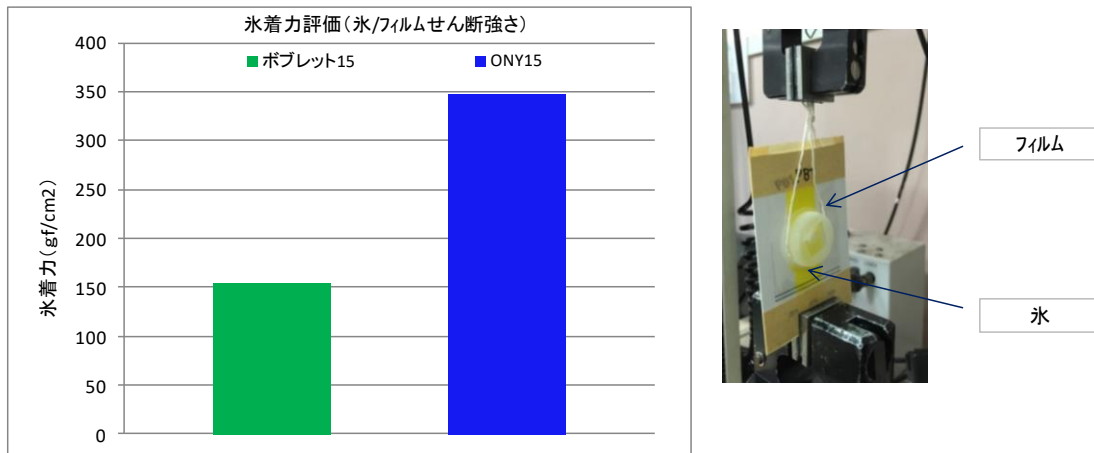


図-6 非氷着性モデル試験

4-3 高湿度環境下での充填包装適性改善

ONYフィルムは吸湿性があり、吸湿によって寸法変化が起こる。シール層として使用するオレフィン系のフィルムは寸法変化がないため、結果としてONYが吸湿するとカールが発生する。

またONYは湿度が高くなると滑り性が低下し、その影響で充填包装時のトラブルが発生するケースがある。図-7に関連データを示す。

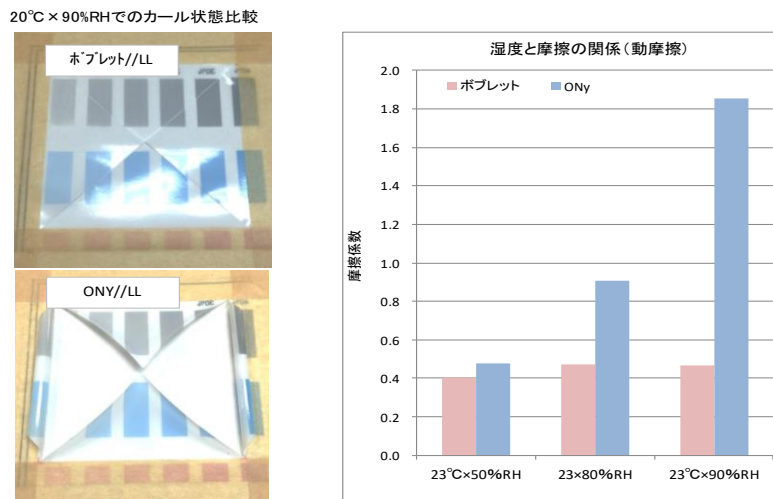


図-7 ボブレットの湿度依存性比較



4-4 ボブレットの採用例

表-2にボブレットの採用例の一部を示す。

従来構成とボブレット構成の比較、及びボブレットの採用理由について記載している。これまで述べてきたように耐ピンホール性に優れていることが主な採用理由となっており、レトルト袋・業務袋・冷凍袋等に採用頂いている。また、口元カールの防止や非氷着性でも採用頂いているケースもある。

表-2 ボブレットの採用例

NO.	用途	内容物	従来構成	ボブレット構成	ボブレット採用理由
1	レトルト	カレー200g	PET/NY共押(15)//AL(7)//CPP(70)	OPBT(15)//AL(7)//CPP(70)	耐ピン、開封性安定化
2		いか飯2尾	PET/NY共押(25)//EP50	OPBT(25)//EPI(50)	耐ピン
3		豚足	ONY(25)//バリアONY(15)//CPP(70)	OPBT(15)//バリアONY(15)//CPP(70)	耐レトルト性、耐ピン
4		うずらの卵	ONY(15)//バリアONY(15)//耐熱LL(60)	OPBT(15)//バリアONY(15)//耐熱LL(60)	耐レトルト性、耐ピン
5		非常食米	OPET(12)//AL//ONY(15)//CPP	OPET(12)//AL//OPBT(15)//CPP	ONY印刷/製袋加工不具合改善
6		軸付きコーン	ONY(15)//バリアONY(15)//CPP(50)	OPBT(15)//バリアONY(15)//CPP(50)	耐レトルト性、口元カール
7	業務用重量袋	あんこ5kg	OPET(12)//ONY(15)//LL(70)	OPBT(15)//ONY(15)//LL(70)	耐ピン
8		たれ2kg	OPET(12)//ONY(25)//PE(15)//LL(50)	OPBT(15)//ONY(15)//LL(70)	耐ピン
9		味付ねじりこんにゃく950g	OPET(12)//ONY(15)//LL(80)	OPBT(15)//ONY(15)//耐熱LL(60)	耐ピン
10		たれ500g	ONY(15)//LL(60)	OPBT(15)//LL(60)	耐ピン
11	冷凍	乳酸菌原体200g	ONY(25)//LL(50)	OPBT(25)//LL(50)	冷凍下(-80℃)耐ブロッキング 冷凍下耐ピン
12		冷凍海藻	-	OPBT(15)//PE(15)//LL	-
13		骨付きラム肉	ONY(15)//延伸LL(50)	OPBT(15)//延伸LL(50)	冷凍下耐ピン、非氷着
14	蓋材	米飯	OPET(12)//ONY(25)//EPI(50)	OPBT(15)//ONY(25)//EPI(50)	耐ピン、印刷適性
15	規格袋	-	-	OPBT(15)//PE(15)//LL(50)	耐ピン、冷凍
16	一般	佃煮、黒豆	ONY(15)//LL(60)	OPBT(15)//耐熱LL(60)	耐ボイル性
17		めかぶ	ONY(25)//LL(100)	OPBT(15)//LL(80)	耐ピン
18		つゆ	PET/NY共押(15)//ONY(15)//LL	OPBT(15)//ONY(15)//LL	耐ピン
19		ヨーグルト用ソース	OPET(12)//AL(7)//ONY(15)//LL(50)	OPBT(15)//AL(7)//LL(50)	コストダウン、充填適性
20		こんにゃく	OPET(12)//ONY(15)//LL(50)	OPBT(15)//LL(50)	コストダウン、一定の強度

5. 終わりに

二軸延伸のPBTフィルムはこれまで工業化されていないものであり、まだまだ認知度の低いフィルムであるが、逆にまだ色々な可能性を持っているフィルムだと考えている。約3年前からワークを開始し、少しずつではあるが採用件数も増えてきている。

今後、このボブレットのしっかりした地盤を固めてから、更なる顧客ニーズへの改良を目指していきたいと考える。