

## 二軸延伸用ポリプロピレンの延伸性評価と樹脂設計

### Evaluation of stretchability and resin designing of polypropylene for biaxially oriented film

(株式会社プライムポリマー) ○(賛)田村聡、(賛)倉本格、(出光興産株式会社) (正)金井俊孝

The Biaxially oriented polypropylene films are widely used for food packaging and industrial films. Recently machine speed has been increasing much faster to obtain high production rate and film thickness has become much thinner to reduce an environmental load. The customers' demands for better production ability and thinner films are becoming more severe, but due to lack of stretchability, our products can't meet those demands. In order to meet the demands, we began to do the research of finding the good material design to improve a new product by analyzing stretching force pattern using a table tenter. It was found that low crystallinity and wide molecular weight distribution were effective to improve the stretchability. By running some tests with a sequential stretching machine, we verified that samples produced using those methods indicated proper thickness accuracy which was considered to be the barometer of machine speed and film thickness. Therefore, it was concluded that stretching force using a table tenter analysis is a good method to predict machine speed and film thickness.

*Key words: BOPP, stretch, crystallinity, molecular weight distribution, thickness accuracy*

#### 1. 緒言

ポリプロピレン二軸延伸(OPP)フィルムは機械特性等の諸物性に優れているため、食品や工業用等様々な分野で使用されている。近年生産性向上のため製膜機の超高速化(~500m/分)や、環境負荷低減のため薄膜化が要望されているが、延伸時の破断や膜厚の不均一化が生じ、製膜が困難となる場合がある。そこでこれらの要求を満足し得る材料開発のため、テーブルテナー延伸機を用いた延伸性の予測検討と連続の逐次二軸延伸機を用いた検証実験を行った。

#### 2. 実験

##### 1) サンプル

OPP フィルム製膜時に生じる破断は膜厚の不均一化(偏肉の増大)が更に助長した結果と考え、本研究ではOPP フィルムの厚み精度を指標として検討を行った。これまで有限要素法による粘弾性の異なるサンプルの変形挙動予測とテーブルテナーによる歪み-延伸応力の解析から厚み精度予測の試みが行われ、厚み精度改良には延伸初期に観測される降伏力の低減と延伸後期での延伸力の立ち上がりが効果的と推測された<sup>1)</sup>。

降伏力は結晶相の破壊に起因するため、その低減には結晶性低下が有望と考えられる。また延伸後期の延伸力

は長時間緩和成分増加で立ち上がりを示すため、広分子量分布化が有望と推察した。そこで本検討では高速製膜領域(400m/分)において商業ベースで安定的に使用されている A-1 をリファレンス、超高速製膜領域(450m/分)で使用されている A-2 を目標品とし、前者については立体規則性を制御した B-1 とエチレン共重合部を制御した B-2 をサンプルとして準備した。後者については分子量分布を広げた C-1 及び更に分子量分布を広げた C-2 を準備し、計4 サンプルでの検討を行った(表1)。

表1 各サンプルの特性

サンプル	MFR (g/10分)	mmm (mol%)	Et 量 (wt%)	Mw/Mn (-)
A-1	3.0	89	0	4.6
A-2	3.1	-	0.4	4.1
B-1	3.0	-	0.5	3.6
B-2	2.9	88	0	4.6
C-1	2.7	90	0	5.4
C-2	3.2	90	0	5.6

##### 2) テーブルテナー延伸機による検討

35mmφシート成形機(田辺プラスチック製)にて幅約270mmの無延伸原反を作製した。その後加熱ロール式一軸延伸機(岩本製作所製)にて147°Cで縦方向に4.6倍延伸し、一軸延伸原反を作製した。

得られた一軸延伸原反を縦290mm×横82mmに切断し、テーブルテナー(岩本製作所製)にて164°Cで約1分間予熱した後に横方向に9.2倍延伸し、厚さ約24μmのOPPフィルムを得た。またチャック部に装備したロー

Satoshi TAMURA\*, Itaru KURAMOTO (Prime Polymer Co., Ltd.),  
and Toshitaka KANAI (Idemitsu Kosan Co., Ltd.)

\*580-30, Nagaura, Sodegaura-city, Chiba, 299-0265 JAPAN

TEL: 0438-64-2457 FAX: 0438-64-2451

E-mail: Satoshi1.Tamura@primepolymer.co.jp

ドセルを用いて延伸時の延伸力を観測し、各サンプルの延伸性について予測した。

### 3) 連続式逐次二軸延伸機による検討

三菱重工業(株)所有の連続式逐次二軸延伸機を用い、上記サンプルの OPP フィルム作製及び延伸性の検証実験を行った。HM タンデム型押出機により吐出量約 390kg/hr、引取速度約 55m/分にて幅約 270 mm の無延伸原反を作製した。その後加熱ロール式一軸延伸機にて 138℃で縦方向に 5.0 倍延伸後、テンターにて 160℃で横方向に約 9.5 倍延伸し、厚さ約 15 μm 幅約 1m(膜厚均一部)の OPP フィルムを得た。この時の製膜速度は約 270m/分、横延伸速度は約 423%/秒であり、実機での 450m/分に相当する横歪み速度にて検討を行った。得られた OPP フィルムの厚さ分布を測定することにより、厚み精度の評価を行った。

## 3. 結果及び考察

### 1) テーブルテンター延伸機による検討

縦一軸延伸原反をテーブルテンターで延伸した際に得られる延伸力-延伸倍率曲線を図 1 に示した。サンプル B-1、B-2 は両者とも降伏力 Fy がリファレンスサンプル A-1 よりも低くなり、結晶性低下の効果が得られていることが判った。また C-1、C-2 は最大延伸倍率 9.2 倍で観測される最大力 Fm が A-1 よりも増加し、広分子量分布化の効果が得られていることを確認した。

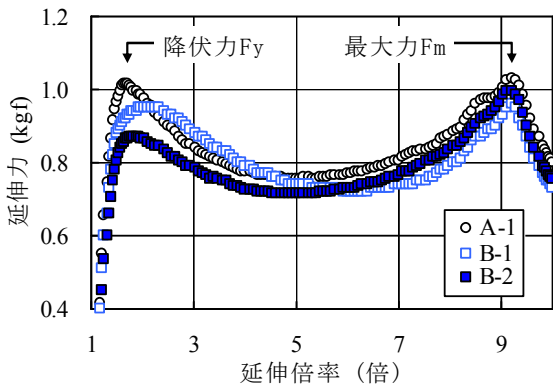


図 1 各サンプルの延伸力-公称歪み曲線

そこで各サンプルの最大力 Fm と降伏力 Fy の比 Fm/Fy を延伸力比として算出し、延伸性の予測を行った(表 2)。その結果、B-1 以外はどれも A-1 よりも延伸力比が増加したため、延伸性の改良が見込めると推察された。一方 B-1 の延伸力比が予想より低かった原因は、分子量分布が A-1 より狭かったためと推察した。

表 2 各サンプルの延伸力比 Fm/Fy

A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2
1.02	1.06	1.02	1.14	1.12	1.13

### 2) 連続式逐次二軸延伸機による検討

次に連続式逐次二軸延伸機にて上記で使用した各サンプルの厚み精度の検証実験を行った。巻取りロールに採取したフィルムを切出し、横方向に 2000 箇所と縦方向に 10 箇所の厚さ  $\tau$  を測定した。横方向の厚さの標準偏差算出により横方向の厚み精度が得られるが、原反横方向の厚み精度調整は時間の制約でサンプル毎に異なることから、式(1)により得られる縦方向の変動係数  $\delta$  を厚み精度の主な指標とした。

$$\delta = \frac{1}{2000} \sum_{j=1}^{2000} \sqrt{\frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 (\tau_{i,j} - \tau_{i+1,j})^2} \quad \text{式(1)}$$

各サンプルの変動係数  $\delta$  を求めた結果、 $\delta$  はテーブルテンターで求めた延伸力比 Fm/Fy と良い相関性を示すことが判った(図 2)。また C-1、C-2 は目標サンプル A-2 より  $\delta$  が小さく延伸性の改良効果が認められたことから、製膜速度 450m/分以上の領域においても良好な製膜性を示すと予想した。

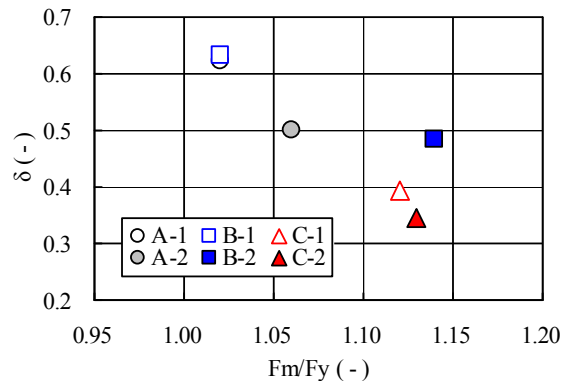


図 2 各サンプルの厚み精度検証結果

## 4. 結言

- 1) テーブルテンターにて得られる延伸力比 Fm/Fy を解析した結果、結晶性低下と広分子量分布化により延伸性改良が見込めると推察した。
- 2) 連続式逐次二軸延伸機による検証実験の結果、高速製膜性と薄膜化の指標と考える厚み精度は Fm/Fy と良い相関を示し、テーブルテンターでの延伸力解析が製膜性予測の有効策になると考察した。

## 参考文献

- 1) 金井：成形加工 18,155(2006)