

## 延伸フィルムの位相差の幅方向プロファイル測定

次の2種の延伸フィルムの幅方向サンプルについて、位相差および配向角のプロファイルを測定した結果を報告いたします。

・試料

PET フィルム・・・逐次2軸延伸品、t15 $\mu$ m、幅5200mm

偏光板・・・・・・幅400mm(エドモンド・オプティクス・ジャパン、商品コード45204)

### 1)PET フィルム測定結果

・測定装置・・・・位相差測定装置 KOBRA-WR

・使用ソフト・・・・位相差測定 RE ソフト(入射角依存性)

R(0)、R(40)、配向角測定、3次元屈折率計算、面配向係数算出

・試料・・・・全幅から200mmごとに40mmのカットサンプルを27点切出し

MD方向を角度基準にして表した配向角の幅方向プロファイルは図1のようになります。この結果より、面内における屈折率最大( $N_x$ )方向は中央部では90°すなわちTD方向になり、フィルムの両端ではTD方向から約35°ずれた方向になり、かつずれ量はフィルム中心位置に対して対称になっていることが分かります。

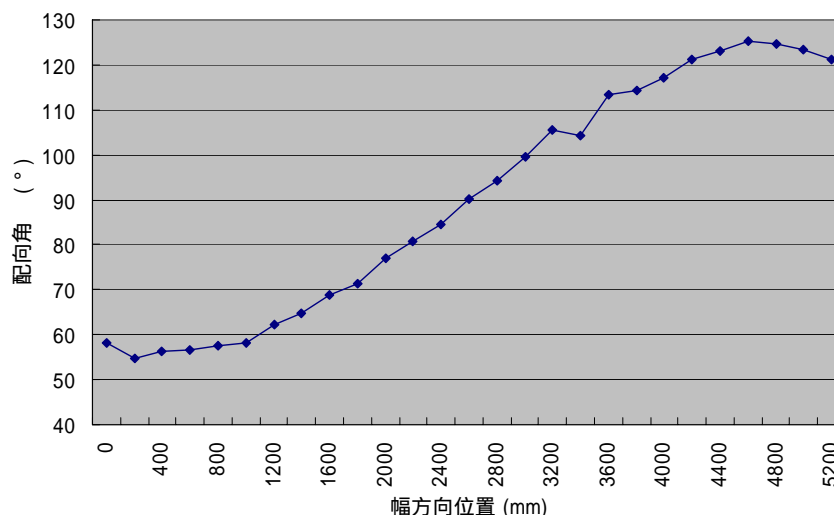


図1 PET フィルムの配向角の幅方向プロファイル

図2は、試料の $N_x$ を傾斜中心軸にして入射角を0°および40°にして測定したときの位相差R(0)、R(40)の幅方向プロファイルを表したものです。いずれの値もフィルム中央部で最小になり、両端で大きくなる弓形をしており、典型的なボーイング現象を示しています。

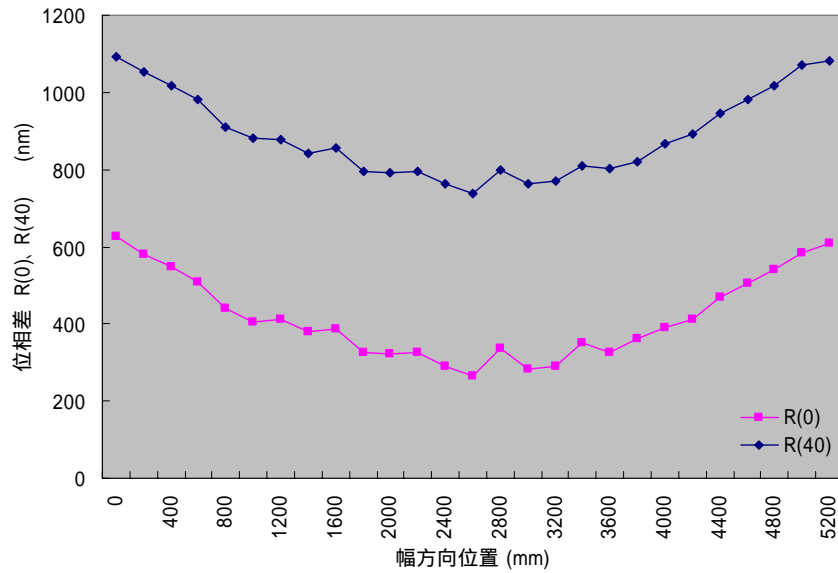


図2 PET フィルムの位相差の幅方向プロファイル

図 2 の R(0)、R(40)の各測定値とフィルム厚さ d および平均屈折率 (PET;1.66) から幅方向位置ごとに 3 次元屈折率を計算し、さらに面内複屈折  $\Delta N_{xy}$  と面配向係数  $\Delta P$  を算出して、グラフにすると図 3 のようになります。

$$\Delta N_{xy} = N_x - N_y = R(0) / d$$

$$\Delta P = (N_x + N_y) / 2 - N_z$$

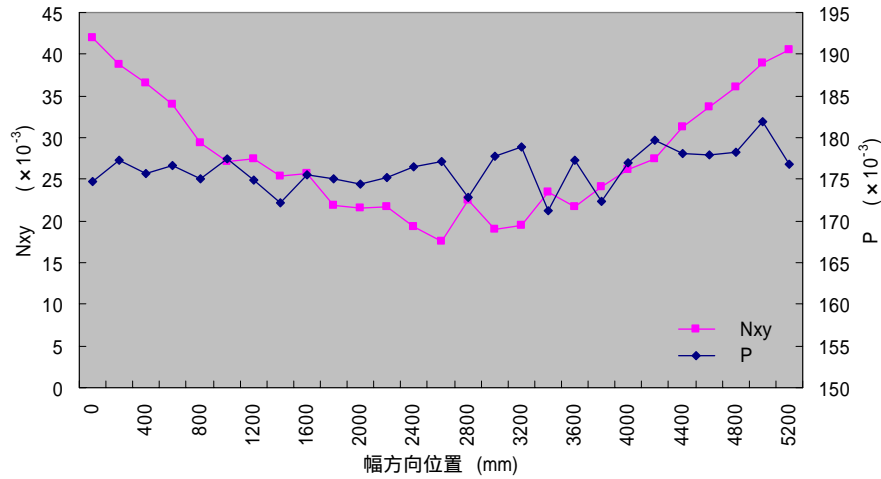


図3 PET フィルムの面内複屈折、面配向係数の幅方向プロファイル

図 1 の配向角および図 3 の  $\Delta N_{xy}$  の幅方向分布を基に、フィルム面内の屈折率楕円を模式的に描くと図 4 のようになります。

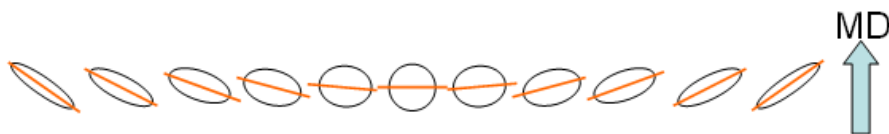


図 4 幅方向のフィルム面内の屈折率楕円模式図

この結果は、次の論文に記載されている内容と合致します。

- 1) 坂本：「ポリエチレンテレフタレート2軸延伸フィルムの光学的異方性とその発生の解明」高分子論文集、Vol.48,No.11,671(1991)
- 2) 坂本：「新しい尺度によるフィルムの配向と機械的性質との関係」高分子論文集、Vol.48,No.3,181(1991)

2)の論文では、機械的性質である強度や伸度と複屈折との関係が記述されています。このとき、例えば  $N_x$  方向の機械的性質との関係付けをする場合は、次の式で得られる複屈折を尺度とすべきとしています。

$$\Delta N_{//} = N_x - (N_y + N_z) / 2$$

また、 $N_y$  方向の機械的性質との関係付けをする場合は、次の式で得られる複屈折を尺度とすべきとしています。

$$\Delta N_{\perp} = N_y - (N_x + N_z) / 2$$

これらは、いずれも  $N_x$  あるいは  $N_y$  の方向すなわち配向角の方向を調べた上で機械的性質を調べる必要があるということを意味しています。

しかし、実際に機械的あるいはその他の性質を調べるとき、試験片はMD方向あるいはTD方向を基準にして切り出されることが多く、上述の $\Delta N_{//}$ 、 $\Delta N_{\perp}$ との関係付けは当てはまらなくなります。この場合は、 $N_x$ 、 $N_y$ の代わりにMD方向、TD方向の屈折率 $N_{md}$ 、 $N_{td}$ を使用することになります。

今回の測定は、図5(左)のように試料をサンプルホルダーにセットして測定しましたので、 $N_x$ 、 $N_y$ 、 $N_{md}$ 、 $N_{td}$ および配向角の関係は図5(中)のようになります。

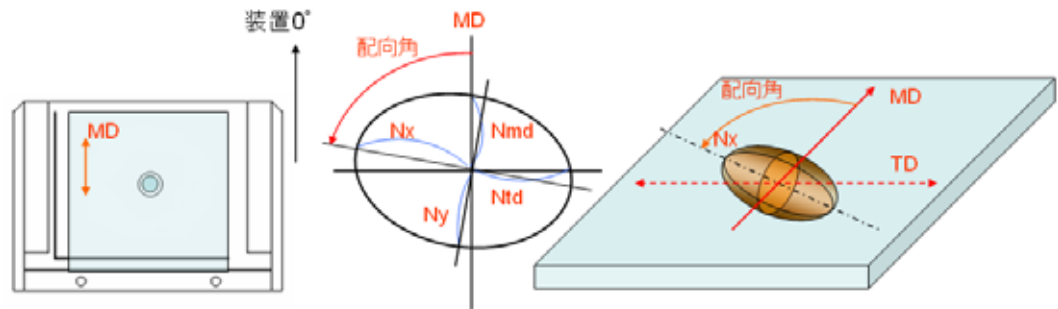


図5 試料セット方法と各屈折率の説明

位相差測定値より計算で得た3次元屈折率を基にして $\Delta N_{xy}$ の代わりに次式の $\Delta N'$ 、また $\Delta P$ の代わりに次式の $\Delta P'$ を計算して、図3の $\Delta N_{xy}$ および $\Delta P$ との差をグラフにすると図6のようになり、フィルムの両端部では $\Delta N'$ は $\Delta N_{xy}$ に対して約0.025、 $\Delta P'$ は $\Delta P$ に対して約0.0003小さくなるのが分かります。これは、フィルム端部の配向角がTD方向に対して約35°ずれていることに起因します。

$$\Delta N' = N_{md} - N_{td}$$

$$\Delta P' = (N_{md} + N_{td}) / 2 - N_z$$

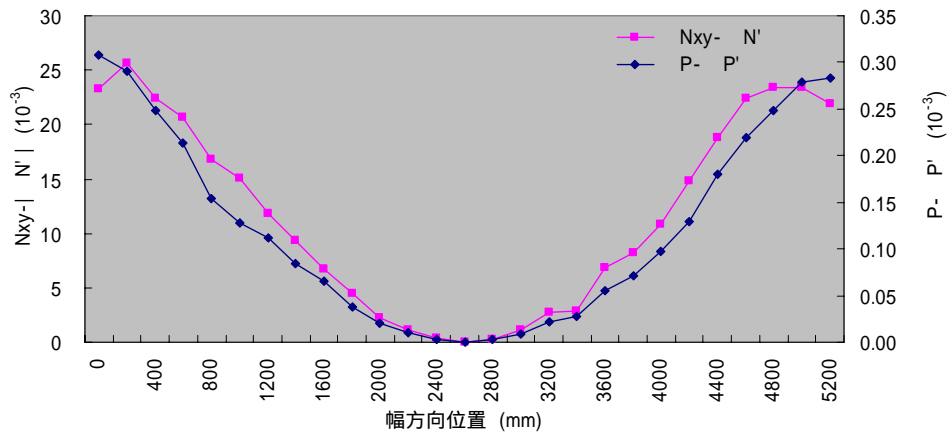


図6 ( P - P' ), ( Nxy- N' ) の幅方向プロファイル

仮に、屈折率楕円体を  $N_x=1.73$ 、 $N_y=1.69$ 、 $N_z=1.56$  と固定したとき、 $\Delta P=0.15$  に対して上式の  $P'$  が配向角によってどの程度ずれるかを計算すると図 7 のようになり、配向角が  $45^\circ$  のときに約  $0.00035$  小さくなるのが分かります。この値は  $0.15$  に対して  $0.23\%$  ですから無視できる差異とも言えます。

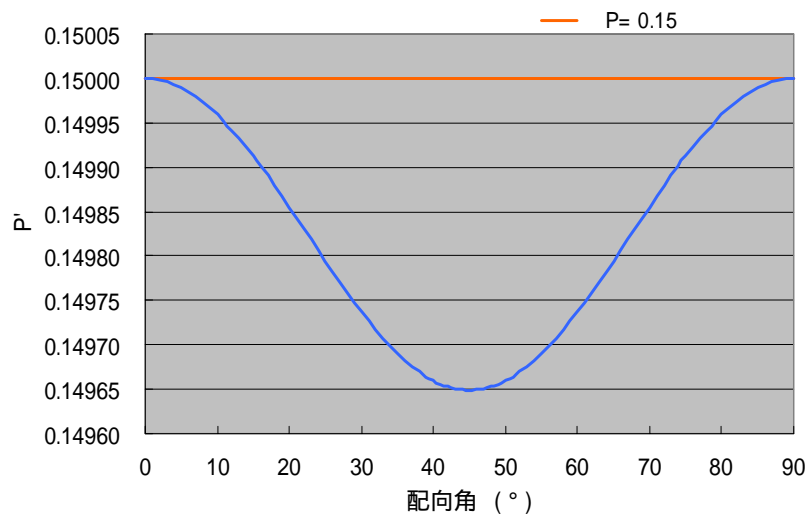


図7 屈折率楕円体を固定したとき P の配向角による変化の一例

## 2) 偏光板測定結果

- ・測定装置・・・偏光板用位相差測定装置 KOBRA-WX100/IR (近赤外)
- ・試料・・・・・・・・全幅 400mm、5mm ピッチで測定

MD 方向を角度基準にして表した配向角の幅方向プロファイルは図 8 のようになります。この結果より、1 軸延伸品であってもフィルムの両端では 0.6°程度の変化があることが分かります。

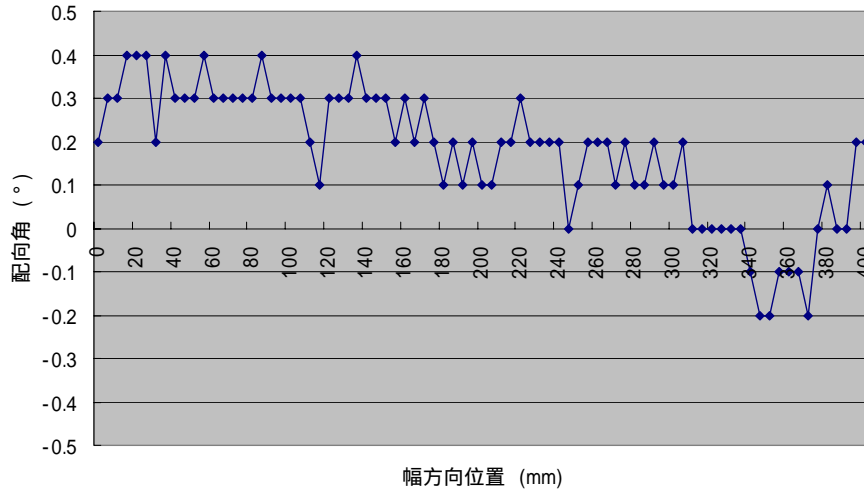


図 8 偏光板の配向角のプロファイル

近赤外域での複数波長に対する位相差を測定し、波長分散特性を次式で表して偏光板を構成する PVA フィルムの位相差  $R_{pva}$  とヨウ素の位相差  $RI$  とを分離し(ただし、波長 1000nm での値)、それぞれの値の幅方向プロファイルをグラフにすると図 9 のようになり、両端部で  $R_{pva}$  の値が大きくなっているのがよく分かります。

$$R_{total} = R_{pva} + RI = a + b / (\lambda^2 - 600^2)$$

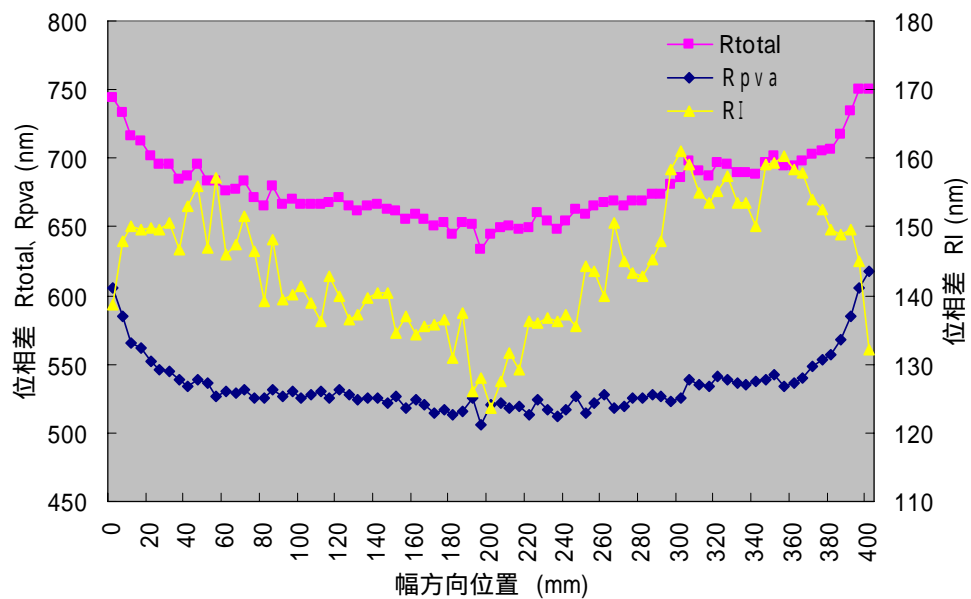


図 9 偏光板の位相差の幅方向プロファイル

図 9 の R<sub>pva</sub> を横軸に、RI を縦軸にして測定値をプロットすると図 10 のようになります。殆どの偏光板では、R<sub>pva</sub> は 500 ~ 1300nm の範囲に、また RI は 40nm 以下になっており、図 10 のグラフにおいてどの位置に点が集まるかで、PVA フィルムの延伸の程度やヨウ素の吸着量の違いが分かります。また、横軸の R<sub>pva</sub> の値の広がりや PVA フィルムの延伸ムラを表しており、1 箇所すべての測定値の点が集まっているほど均一性に優れていると言えます。

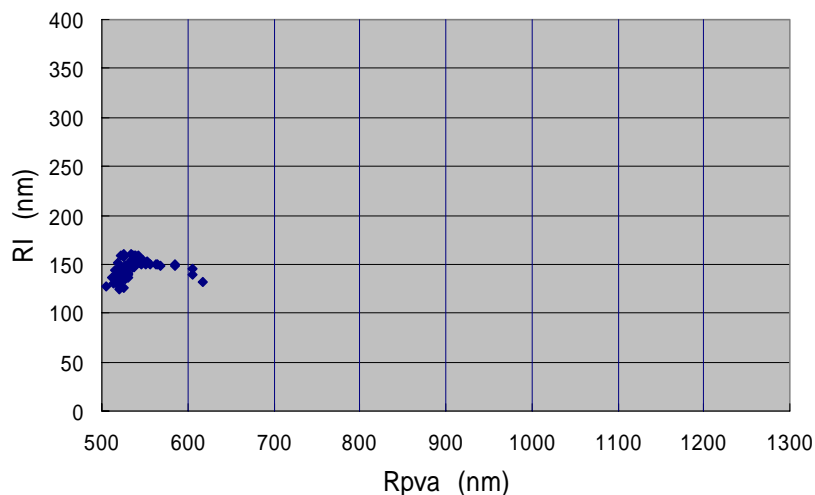


図 10 偏光板の R<sub>pva</sub> と RI のプロット

図 11 は単体透過率が約 32%から 44%の 7 種の偏光板について測定した R<sub>pva</sub> と RI をプロットしたもので、単体透過率が高いものほど RI が小さくなっていることが分かります。

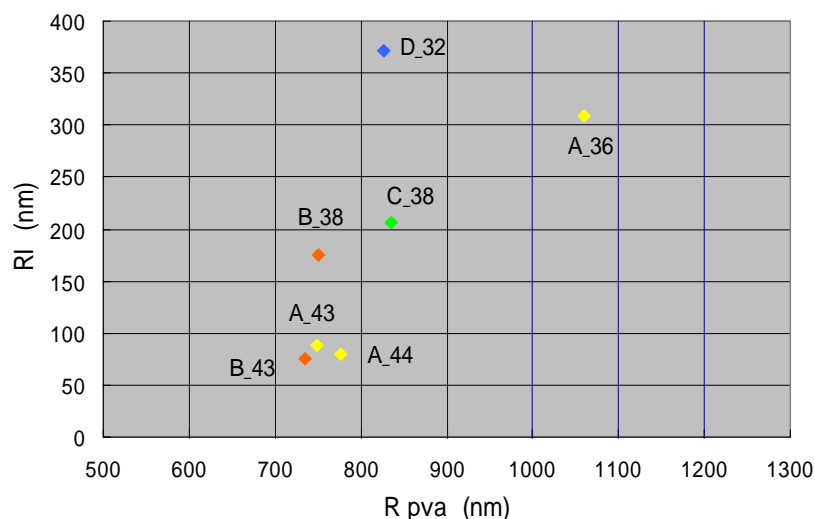


図 11 各種偏光板の R<sub>pva</sub> と RI のプロット

以上