

## K02

## 高分子間界面のレオロジーとすべり

(九大工) ○ (学) 片岡 聖康, (正) 名嘉山 祥也, (正) 梶原 稔尚\*

## 1. はじめに

異種高分子を複合した機能性高分子複合材料の一つとして多層フィルムがある。その用途として光学、食品、防犯などに幅広く用いられている。近年、フィルムの更なる高機能化のために総数の増加、および各層の薄膜化が進められている。多層フィルムの積層数を増加させると層間界面の割合が増し、材料間界面の寄与が重要となる。さらに、高分子間界面のレオロジーは多層フィルムの成形条件に大きな影響を与える。しかし、異種高分子間の力学やレオロジーについてメカニズムの十分な解明はなされていない。

本研究では、界面形状がよく定義された系で、積層高分子間の界面のレオロジーを測定し、異種材料間の物性を明らかにすることを目的とする。そのために、平行円板レオメータを用いて高分子多層フィルムの粘弾性を測定し、高分子材料間界面の粘弾性の測定法とレオロジーについて議論する。

## 2. 動的粘弾性

試料に正弦的歪み $\gamma$ を与えて応答せん断応力 $\sigma$ を測定する。歪み振幅が適当に小さい領域では応答応力は歪みに比例する。線形領域において複素歪み $\gamma$ に対する複素応力 $\sigma$ を $\sigma = G^* \gamma$ としたとき  $G^*$ を複素動的弾性率とよぶ。<sup>(1)</sup>

## 3. 高分子フィルムの作製

測定のためにフィルム状の試料をペレットから成形する。100度で約24時間真空乾燥したペレットを、ホットプレス上で融点の60度以上に加熱したのち、適当な圧力で圧縮成形した。離形のためにテフロン®シートを用いた。成形したフィルムは、測定前に100度で約24時間真空乾燥した。

## 4. 測定

測定サンプルはLDPE, PMMA, PP, PSとした。二層の組み合わせとしてPS/LDPE, PS/PMMA, PS/PP, PS/PSを用いた。測定温度は、融点と熱分解温度の間で任意に設定した。融点と熱分解温度はTG-DTAにより測定した。レオロジー測定中はせん断下でのサンプルの劣化を抑制するために、不活性な窒素ガスをチャンバー内に通気した。

まず、単層の試料について線形、非線形領域の境界歪みを測定し、線形領域での動的弾性率を測定した。次に、二積層フィルムについて、線形、非線形領域の境界歪みを測定し、その後、線形領域、線形・非線形の境界領域、非線形領域での動的弾性率を測定した。

## 5. 界面のレオロジー

高分子多層構造モデル<sup>(2)</sup>に基づいて界面のレオロジーを定義する(Fig.1)。このモデルでは、異種材料間に陽に界面層を考慮する。各層は粘着しているとする。高分子多層構造モデルから界面の動的弾性率を導出した。

$$|G_I^*| = \frac{C_I}{\sqrt{D_R^2 + D_I^2}} \dots (1)$$

$$\tan \delta_I = \frac{D_I}{D_R} \dots (2)$$

ここで  $D_R, D_I$  は各層の複素弾性率  $\{G_k^*\}$  ( $k=T, A, B$ )、および、厚み比  $\{C_k\}$  ( $k=A, B$ ) の関数である。これらは、単層、二層での動的弾性率測定より得られる。

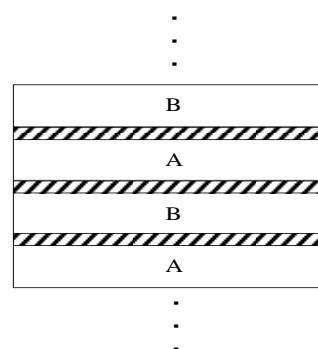


Fig.1 Multilayer structure of polymers A and B. The hatched region indicates the A-B interface of finite thickness.

## 5. 測定結果

Fig. 2 に LDPE/PS 二層において歪み振幅を線形領域、線形・非線形の境界領域、非線形領域としたときの積層の複素粘度を示す。線形範囲から非線形範囲へと歪み振幅を増加させると複素粘度が低下するという結果を得た。

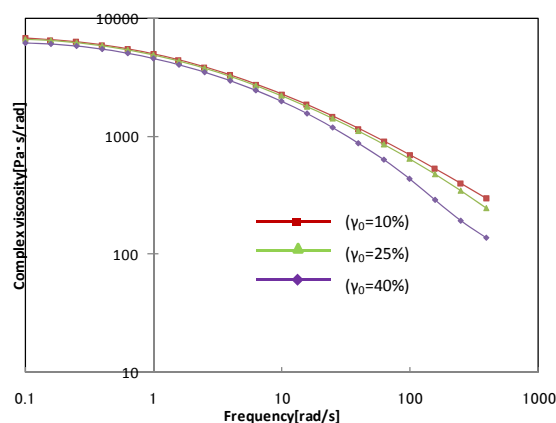


Fig.2 Complex viscosity of LDPE/PS under strain amplitude: 10[%], 25[%], 40[%] at 190[°C]. Increasing strain amplitude decreases complex viscosity.

## 6. まとめ

積層系のレオロジーにおける界面領域の評価を行うために、まずサンプルの作成および測定前処理法、レオメータでの測定条件の選定など、レオメータの測定までの測定手技を確立した。単層、二層の粘弾性測定と界面の動的弾性率の関係を導出し、これを用いて界面のレオロジーの評価を行った。高分子の組み合わせと界面のレオロジーの関係について議論する。

## 参考文献

- 1) 松本 孝芳 コロイド科学のためのレオロジー(2004)など。
- 2) L.Jiang, Y.C.Lam, J.Zhang J. Polym. Sci. Part B: Polym Phys, Vol.43, 2683-2693(2005)。

\* E-mail: kajiwara@chem-eng.kyushu-u.ac.jp  
Tel: 092-802-2746, Fax: 092-802-2796