

(岐阜大院・工) ○堀口結以、高橋紳矢、武野明義

[緒言] クレーズとは高分子に力学的負荷を掛けた際や貧溶媒が付着した際に発生する、高分子破壊挙動の初期現象である。クラックと異なり、内部にナノメートルオーダーのフィブリル (繊維束) とボイド (微細孔) から成る多孔構造を有している。クレーズは他の高分子多孔体と異なり、クレーズの緩和・消滅が融点以下の温度領域で発生する「クレーズ消滅 (ヒーリング) 温度」が存在する。本研究では、クレーズ内ボイドが有している界面張力に着目し、クレーズ内ナノボイドの収縮力を利用した高分子の機能化について検討した。

[実験] 試料としてポリプロピレン (PP) を使用した。フィルム状に成形し、局所的な曲げと張力を加えることでクレーズ相を発生させた。試料断面の電子顕微鏡 (SEM) 観察、液体・気体透過試験からクレーズ内部の多孔相構造評価を、引張試験、動的粘弾性測定 (DMA) からクレーズ発生による力学特性の温度依存性を調査した。

[結果と考察] 高分子固体中に生じるナノ孔を利用して、視点により透明性の異なる異方光散乱フィルム、気体透過性とヒーリングを利用した電池セパレータがあるが、今回は固気界面での界面張力に着目し、ボイドの収縮力の応用について検討を行った。動力源となる界面張力は、多孔 PP フィルムの断面 SEM 観察より求めた孔径評価より、Young-Laplace の式より算出した。Fig. 1 は、フィルム内の孔径分布とフィルムの破断強度の温度依存性を示している。ボイド径の頻度分布に対応する横軸は、ボイドの直径とラプラス圧の両方で示した。クレーズ内ボイドは平均径 13nm であり、その際にボイドが有するラプラス圧は 8.5MPa であった。室温であればボイド周囲の変形は起こらない。一方、ボイドの閉孔が観察できる 80°Cでの母材破断強度は約 16 MPa であった。上記温度領域では PP の力学強度が界面張力を上回っている状態であるが、ボイドの閉孔が発生する。PP/空気界面には「高分子鎖の力学的強度」「ラプラス圧による界面張力」「フィルム成形時の残留応力」などが作用している。室温の段階ではボイドの自己収縮力がその周囲の PP に支えられた状態にある。ここで環境温度が上昇すると PP の力学強度が低下、力のつり合いが崩れ変形が起こる。試料の片面のみ多孔化することで、ボイドの収縮力によって 80°C前後でフィルムが屈曲することが確認できた。クレーズにより生じたボイドの界面張力を利用したアクチュエータに関する初めての報告となる。

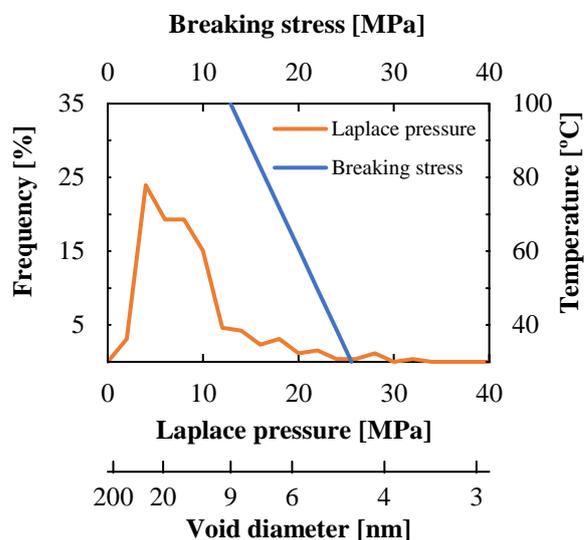


Fig. 1 Frequency of void diameter and temperature dependence of breaking stress for PP film.