

# 膨潤-延伸法によるポリエチレンの高強度・高弾性繊維化に関する研究

藤松 仁・宇佐美久尚  
信州大学 繊維学部 精密素材工学科

## 1. 緒言

我々は、真空プレス法により成形した超高分子量ポリエチレンシートを混合溶媒中で膨潤し、それを直接超延伸することによって高強度・高弾性繊維化できることを明らかにしてきた。

そこで本研究では、溶解行程を要しない本法の利点を生かし、極めて分子量の高い試料（重量平均分子量：330万）を用い、特にシート成形プロセスに注目して、高強度・高弾性化の最適条件について検討した。

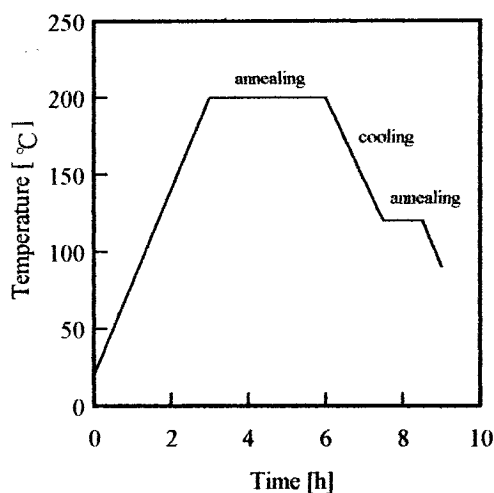


Fig.1 Heating program profile for molding UHMWPE sheet.

## 2. 実験方法

実験に使用したポリエチレンは昭和電工より提供された重量平均分子量330万の超高分子量ポリエチレン（UHMWPE）である。UHMWPE試料はFig.1に示す種々のシート成形プログラムで真空プレス法により成形した。シート成形は、1°C/min

で室温から200°Cまで昇温し、融解過程、降温過程、120°Cでの結晶化のアニーリング過程を経て、室温まで降温する一連のプロセスにより行われた。これらのシートをダンベル状に切り出したものを混合溶媒とともに密閉型試験管に入れ、104°Cの油浴中にて一定荷重下で膨潤・伸長した後、-50°Cの冷メタノールで急冷した。試験管から取り出した試料は収縮を防ぐため、試料の両端を固定して所定の時間乾燥した後、115°Cの熱媒中において一定の巻き取り速度で延伸した。得られた繊維を蒸留水で洗浄し、30時間以上真空乾燥させた後、引っ張り試験機により力学的特性を測定した。繊維の配向状態は偏光FT-IR測定により求めた。

## 3. 結果と考察

Fig.2は、シート成形時の融解時のアニーリング時間の異なる試料を超延伸し、得られた繊維の強度および弾性率を融解時間に対してプロットしたものである。比較的短いアニーリング時間では、強度および弾性率ともに低い値を示すが、アニーリング時間とともに次第に増加し、強度および弾性率とも8時間で極大となり、いずれもその後次第に減少する傾向を示している。強度および弾性率が極大を示すのは、8時間融解温度でアニーリングすることで適度な分子鎖の絡み合いをもった均一な成形物ができるためであると考えられる。また、アニーリング時間がこれ以上長くなると、延伸時の分子鎖の引き出しをスムーズに行うことが困難になるからであると考えられる。

超延伸後の試料の分子鎖の配向状態を調べるため、偏光FT-IR測定を行った。分子鎖の配向度は、

結晶、非晶それぞれのバンドに対応する $1896\text{cm}^{-1}$  (結晶性の $\text{CH}_2$ 横揺れ振動)および $1368\text{cm}^{-1}$ (非晶性の $\text{CH}_2$ 縦揺れ振動)に基づく二色比から求めた。得られた配向度を融解時のアニーリング時間に対してプロットしたものがFig.3である。これを見るとFig.2の強度・弾性率の増減に類似の傾向を示すことが明らかで、極大点は結晶部で94.8%、非晶部では45.3%という高い値を示すことがわかる。以上の結果から、シート成形時の融解時間は8時間にするのが最適であることが明らかとなった。

次に降温に伴う結晶化の状態が延伸性に強く影響すると考えられることから、成形時のアニーリング時間が超延伸後の試料の力学特性に及ぼす影響について調べた。Fig.4は種々のアニーリング時間で調製した試料を超延伸し、得られた繊維の強度および弾性率をアニーリング時間に対してプロットしたものである。図を見ると、強度および弾性率いずれも結晶化のアニーリング時間とともに急激に減少し、その後ゆるやかに減少する傾向を示すことがわかる。これは、アニーリング時間が長くなると結晶化が進行し、結晶同士を結ぶタイ分子の数が減るため、延伸性が低下したものと考えられる。したがって、融解後の冷却は速やかに行うのがよいことがわかった。

#### 4. 結論

以上の結果から、330万という超高分子量のポリエチレンでもシートを適切な条件で成形することにより超延伸が可能であり、本実験の範囲内では最大強度3.8GPa及び弾性率168GPaの繊維が得られることが明らかとなった。

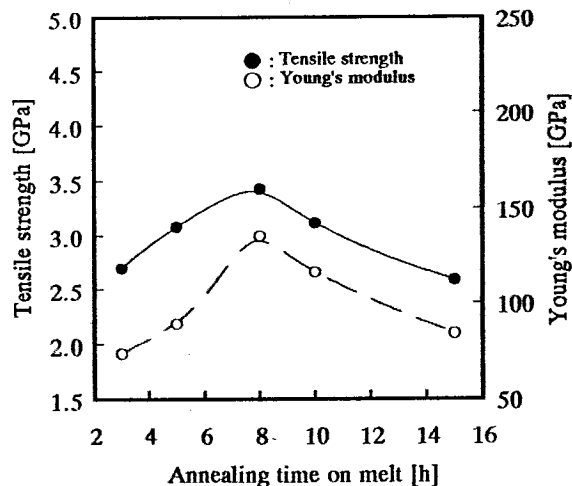


Fig.2 Plots of tensile strength and Young's modulus against annealing time.

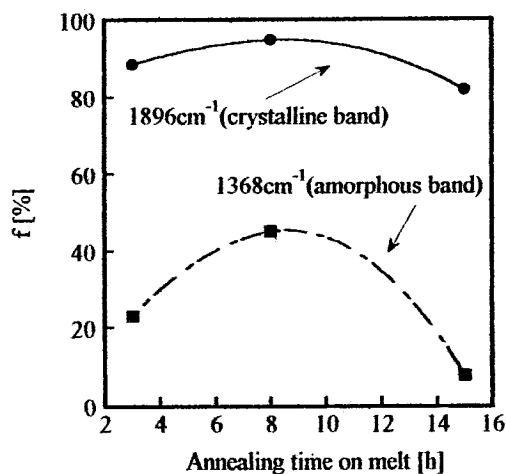


Fig.3 Plots of degree of orientation against annealing time.

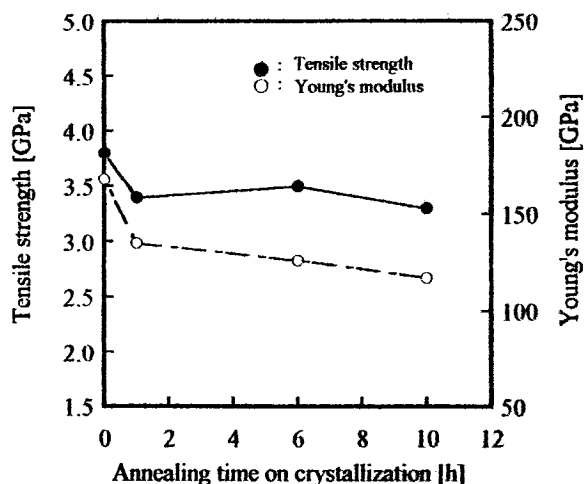


Fig.4 Plots of tensile strength and Young's modulus against annealing time.