

異なる超高分子量ポリエチレン原料のフィルム成形性 および熔融延伸性の比較

(群馬大院理工) ○渡邊希、東宮大貴、山延健、上原宏樹

＜緒言＞ 超高分子量ポリエチレン (UHMW-PE) は分子量 100 万以上を有するポリエチレンであり、耐摩耗性、自己潤滑性、高機械強度といった優れた特性を示すことが知られている。しかしながら、分子鎖が長いことは必然的に絡み合いを多く発生させ、熔融粘度が高くなるため、射出成形や押出成形といった通常分子量ポリエチレンで可能な加工法を適用できなくなる。したがって、多量の有機溶剤によって分子鎖絡み合いを解きほぐした状態で加工を行うゲル延伸法が、高強度繊維やリチウムイオン電池セパレーター膜の製造に用いられている。

一方、このような UHMW-PE が有する分子鎖絡み合いを、応力の伝達点として有効利用する加工法が「熔融延伸法」である。この方法で加工したフィルムは分子配向により高強度化できるとともに、一軸延伸のみならず二軸延伸による薄膜化も可能であることがわかっている。この場合、原料 UHMW-PE パウダーの分子量だけでなく、その形状や絡み合い量といったパウダー特性も加工性を支配する重要な因子となっていると予想される。そこで、本研究では、分子量が同程度の市販 UHMW-PE 原料について、パウダー特性を調べるとともに、圧縮によるフィルム成形性および熔融延伸性を比較した。

＜実験＞ 分子量が $3.0 \times 10^6 \text{ g mol}^{-1}$ 程度の市販 UHMW-PE パウダー 4 種類 (Hizex、Sunfine、Hostalene Mipelon) を用いた。これらの原料パウダーの形状を走査型顕微鏡 (SEM) にて観察した。示差走査型熱量計 (DSC) 測定により融点を見積もったところ、 140°C 程度でほぼ同じであった。そこで、 190°C で保持した状態でパルス NMR 測定を行い、熔融状態における各 UHMW-PE 原料の分子運動性を比較した。

また、融点以上の 190°C で圧縮成形したフィルムを準備し、室温で引張試験、引裂き試験を行った。さらに、これらのフィルムについて、 150°C における熔融一軸延伸を行い、応力・ひずみ挙動を解析した。

＜結果＞ まず、各 UHMW-PE 原料フィルム成形性を比較するために、圧縮成形フィルムの引き裂き強度を測定した。得られた結果を、原料パウダーの平均粒径とともに Fig.1 にまとめた。引き裂き強度は Hostalene が最も高く、次に、Mipelon、Sunfine、Hizex の順であった。パウダー粒径は、Mipelon、Sunfine、Hizex の順で大きくなっており、パウダーの粒径が小さいほどパウダー界面が多いため圧着しやすく、引裂き強度が大きくなったと考えられるが、Hostalene の場合、フィルム断面の SEM 観察から、パウダー自体が変形しやすく、これが高強度化に起因していると考えられる。

次に、これら圧縮成形フィルムの熔融延伸性を比較した。Fig.2 に、各 UHMW-PE 原料から調製した圧縮成形フィルムについて、 150°C で記録した応力・歪み曲線を示した。どの試料も、応力が降伏した後に、ひずみ硬化が起こっており、UHMW-PE の熔融延伸に特有の応力・ひずみ曲線が得られている。ここで、Fig.1 において低い引き裂き強度を示した Hizex および Sunfine では降伏応力が高かった。熔融延伸における応力の高さは、分子鎖絡み合いによる応力伝達の程度を示しており、パルス NMR 測定から見積もった絡み合い特性の傾向と一致していた。

以上のことから、UHMW-PE のフィルム成形性および熔融延伸性は、原料パウダーの圧着性・変形性ととともに、熔融状態における分子鎖絡み合いの形成度合に支配されると考えられる。

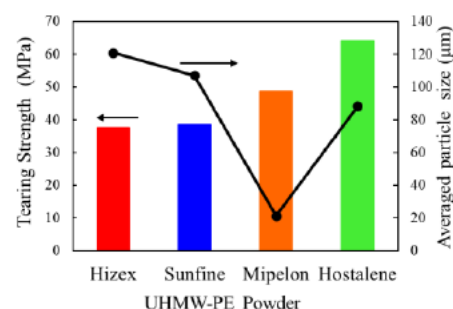


Fig.1 Comparison of tearing strength for the molded films (bar, left axis) and averaged particle size for the initial powder (plot, right axis).

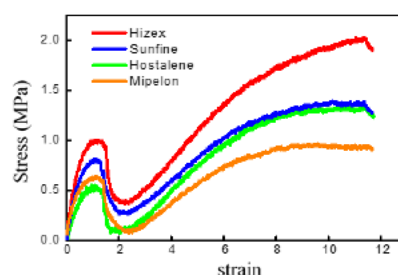


Fig.2 Stress-strain curves recorded at 150°C for the films molded from different UHMW-PEs.

Comparisons of mold-ability and melt-drawability for different ultra-high molecular weight polyethylene materials

Nozomi WATANABE, Daiki TOMIYA, Takeshi YAMANOBE, Hiroki UEHARA (Graduate School of Science and Technology, Gunma University, 1-5-1 Tenjin-cho, Kiryu, Gunma 376-8515, Japan)

TEL: +81-277-30-1332, FAX: +81-277-30-1333, E-mail: hirokiuehara@gunma-u.ac.jp