

ポリエチレン その特性と用途分野

TANAKA Masato

田中 雅人

日本ポリエチレン株式会社 研究開発部

プラスチックは、世界での生産体積が素材の大先輩である鉄と肩を並べるに到っているが、その1/4はポリエチレンである。各種重合法で製造されたそれぞれ特徴あるこのポリエチレンが、各種成形法との組み合わせで包装材や各種資材など如何に多方面の製品に加工され、産業活動や日常生活に貢献をしているかを紹介する。

1 はじめに

各種重合手法（触媒選択、プロセス技術、モノマー制御など）を駆使してポリエチレンの物質的な特性（分子量分布や分子構造、結晶化度など）を制御することで市場で求められる樹脂の性能を得ることができる。前号ではこの製法による特徴をその歴史とともに紹介させていただいたので、本稿では得られた樹脂が各種成形法により如何に最終製品として市場に用途展開されているか、その一端を紹介させて頂く。

2 ポリエチレンの分類

最終製品の基本的要求特性として硬さ・柔らかさがある。エチレンとともに共重合させる α -オレフィン由来の短鎖分岐数が増えるとポリエチレン主鎖の結晶化が阻害され非晶部分が増えることで柔軟になり、一般的に密度も低下する。市場での用途をベースにしたポリエチレンの分類としては、この柔軟性に対応する密度をベースにしたものが一般的である（表1）。

HDPEは 0.93 g/cm^3 以上の高密度領域だが、 $0.93\sim 0.942\text{ g/cm}^3$ を中密度ポリエチレンとして分けることもある。 $0.91\sim 0.93\text{ g/cm}^3$ の低密度領域では、各種性能差からラジカル重合によるLDPEと、直鎖状のイオン重合によるLLDPE、さらにメタロセン触媒を用いたものをmLLDPEと分けることが多い。超低密度ポリエチレンでは、 0.87 g/cm^3 以下になるとエラストマー（いわゆるゴム）となる

表1 ポリエチレンの分類。

ポリエチレンの分類	よくある略称
高密度ポリエチレン	HDPE
高圧法低密度ポリエチレン	LDPE
直鎖状低密度ポリエチレン	LLDPE
メタロセン触媒でのLLDPE	mLLDPE
超低密度ポリエチレン	プラストマー
	エラストマー
エチレン系極性コポリマー	EVA、EMA・・・

が、 $0.91\sim 0.87\text{ g/cm}^3$ の密度領域では、挙動が 0.91 g/cm^3 以上のプラスチック（塑性変形*1体）とエラストマー（弾性変形*2体）の中間の性質を持つことからプラストマー（業界造語）と呼ばれることが多くなった。

3 高密度ポリエチレン/HDPE

ポリエチレンで一番使用量の多い用途はフィルムであるが、押し出された筒状の溶融樹脂に空気を吹き込むことで2軸に延伸しながらフィルム状にするインフレーション成形法により、HDPEでは薄くかつ強度のある少し白っぽく固めのフィルムが得られる。この技術は日本で開発されたもので、家庭での小袋から大きなゴミ回収袋、小売店でのレジ袋や各種産業の部品・製品の包装などにその便利さから大量に使われている。残念ながらレジ袋を対象にCO₂排出低減の旗印としての削減活動が行われているが、樹脂としては多段重合で分子量分布などを調整し高性能化するなど技術難度は高い。

また、型の中で筒状の溶融樹脂に空気を吹き込み、ボトル形状に賦形する中空成形法により、シャンプーやリンス等の容器や家庭用灯油容器、さらには大型の樹脂製ドラム缶や自動車のガソリタンク（写真1）まで幅広く作られている。大型製品ではより高い賦形性能が樹脂に要求されるため、長鎖分岐があり分子量分布も広いことで溶融時の張力が高いフィリップス触媒を使用したHDPEが良く使われる。

押し出された筒状の溶融樹脂をそのまま固めるパイプ成形法では、都市のインフラとして欠かせないガス管や水道水の配水管*3などが作られている。近年の樹脂設計の進化により埋設後の長期耐久性が大幅に改良されたことのほか、日本のように地震が多い地域ではポリエチレンの変形に強い性質により被災時に破壊が防げることが評価されている。

その他、型に溶融樹脂を打ち込む射出成形法や型で溶融樹脂を押し潰し賦形するコンプレッション成形法によりペットボトルの蓋やポリバケツ、パレットなどが、また、フラットヤーン成形法（これも日本で開発）で得るヤーン

(燃られていない糸)を編んだブルーシートや土のう用のクロスシート、あるいは熔融押し出しで得た単繊維を温度調整しながら延伸することで強度を上げさらにこれを熱の高強度のロープなど、非常に多くの用途に展開されている。

4 低密度ポリエチレン/LDPE・LLDPE

LDPE・LLDPEは柔軟性・透明性に優れることから全般的には包装資材など薄い製品としての用途が多く、米袋や肥料袋、家庭用のゴミ袋からシュリンクフィルムや業務用ラップなどに使用されている。この用途は強度やさらなる薄肉化が常に要求されるため、LDPEから、より高性能なLLDPE、さらにmLLDPEへと使用樹脂が変わる傾向にある。

しかしながら元祖ポリエチレン用途である電線被覆用途は特徴ある分野として健在で、特に触媒の残渣成分がなくクリーンなLDPEは日本の誇る超高压電線*4技術を支えている。

このクリーン性でLDPEはフィルムとしても電子部品向け包装のほか、製造工程で光学部品を保護するプロテクトフィルムなどにも使われる。また、牛乳紙パック(内面)や写真の印画紙(表面)などにも、熔融樹脂を紙や他樹脂などの基材表面にコーティングする押出ラミネーション成形法により使用されている。この成形法では基材上に熔融樹脂を膜状に垂らすため、LDPE特有の高い熔融張力が良い製品を得るために有効であり、好まれている。

その他、射出成形法により各種の蓋材(樹脂製食品密閉容器や、牛乳瓶、調味料瓶など)に使用されている。

5 超低密度ポリエチレン

超低密度の領域では、物性・製造時の経済性ともに優れたメタロセン触媒を用いたものが支配的である。プラストマーではその融点の低さからヒートシール(樹脂表面を融解接着)時に低温でも強度が出せるため、押出ラミネーションなどでの多層化により紙容器のコーティング材や納豆の販売時に付属するタレなどの液体小袋のヒートシール層によく使用される。また、さらに密度の低いエラストマー



写真1 自動車ガソリタンク。



写真2 電線被覆。

領域では防振材などのほか、ポリプロピレンなど他樹脂に混ぜる改質用途で強度改良(ゴム成分を微分散させて衝撃を吸収)や低温でのヒートシール性・接着強度の改良を目的に使用されている。

6 エチレン系極性コポリマー

エチレン・酢酸ビニル共重合体(EVA)では透明性・柔軟性から、酢酸ビニルが低含量のものは農業用フィルムなどの用途に多く使われるが、透明性が似ていて強度も高いmLLDPEやプラストマーでの代替が進んでいる。一方で、高含量ではホットメルト用途(熔融させてシール材や接着剤として使用)や発泡させてゴム草履などに使用されるが、最近の太陽電池市場の拡大で素子の封止材としての出荷も急増している。

エチレン・アクリル酸エチル共重合体(EEA)はEVAに近い物性だがより高温成形が可能かつ低温での柔軟性が優れ、Mg(OH)₂などの無機物を練りこむことで難燃化電線・ケーブル被覆に使用されている。

また、これらを含めた幾つかの極性基を有する共重合体が、金属との接着性など他のポリエチレンにはない特徴を生かした用途に利用されている。

7 おわりに

ポリエチレンの需要量は、世界で今も毎年5%程度の拡大が見られる。成形法や用途には日本で開発・発展し、世界で活用されているものも多い。戦後、欧米よりの技術導入で始まった日本のポリエチレン産業は、原料ソースを海外に依存することから常に厳しい環境にはおかれてはいるものの、年間300万ton以上が生産されている。その耐久性や使いやすさから、ポリエチレンは幅広い用途分野で使用される産業・生活に必要な材料と言っても過言ではないだろう。用途分野のさらなる拡大のほか、脱石油原料化や再利用システムの開発など、今後のさらなる技術発展を期待したい。

参考文献

- 1) ポリエチレン読本, 松浦一雄ほか 編著, 工業調査会, 2001.

用語解説

- *1 塑性変形: 力を加えた際の変形が力を除いた後も残る変形。但し、現在の「プラスチック」はより広い意味で使用されている。
- *2 弾性変形: 力を加えると容易に変形するが力を除くと元に戻る変形。
- *3 配水管: 道路の下などに埋められ地区に水を配る水道管。従来、鑄鉄管や塩ビ管が使われてきたが、ポリエチレン製に換わりつつある。
- *4 超高压電線: 高電圧送電用のもので電力減衰を抑えた送電ができる。

[連絡先] 108-0014 東京都港区芝4-14-1(勤務先)。