

# ポリエチレングレードの識別に関する研究

機械システム課 佐伯 和光\* 生活工学研究所 水野 渡

## 1. 緒言

プラスチックは国内では年間 1500 万トン以上生産されているが、近年では環境問題からそのリサイクルが必須の課題となっている。プラスチックのリサイクルにおいては、プラスチックを種類によって分別するだけではなく、再生品の特性を向上させるために、同一種類のプラスチックをその特性すなわちグレードによって分別する事も要求されている。なぜなら、再生品はそのグレードによって価格が大きく異なるからである。

PE はプラスチックの中でも最も汎用的であり、優れた基本物性を有しているため、極めて広範囲に渡って利用されている。しかし用途によって異なる特性が要求されるために、高密度ポリエチレン(HDPE)、低密度ポリエチレン(LDPE)、直鎖状低密度ポリエチレン(LLDPE)などのグレードの製品が製造されている。そのため、リサイクルを推進するためには PE をグレードごとに分ける技術が非常に重要である。

そこで本研究では、近赤外スペクトルから PE のグレードを識別する方法について検討を行った。

## 2. 実験方法

試料は市販のポリエチレン 23 種類(HDPE: 9, LDPE: 8, LLDPE: 6)を使用した。

上記の試料について 1.1~2.2 $\mu\text{m}$  領域の近赤外反射スペクトル 1200 点の吸光度を積算回数 10 回で測定した。23 種の試料について場所をかえて 5 回ずつ測定し、合計 115 本のスペクトルパターンデータを得た。得られた近赤外スペクトルは、試料の測定した場所によりベースライン及び強度の変動があった。そのため、1200 点の吸光度について最小値を 0、最大値を 1 にする規格化を行い、さらにノイズ除去のため、1200 点のデータを 10 点毎に平均して 120 点のデータを作成した。

さらに、ピークの先鋭化とベースラインの傾き補正をするために、120 点のデータの二次微分スペクトルを計算し、さらに絶対値の最大値が 1 となるように規格

化した。このデータを解析に用いる入力するデータとした。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 主成分分析結果

近赤外スペクトルから HDPE, LDPE および LLDPE の分析が可能であるかを見極めるために 115 本のスペクトルについて主成分分析を行い、データの散布状況を調べた。図 1 に第 1 主成分を横軸に第 2 主成分を縦軸に図示した結果を示す。図より、HDPE のグループと LDPE および LLDPE のグループに分離していることが分かる。

次に LDPE および LLDPE のスペクトルのみで主成分分析を行った。図 2 に第 2 主成分を横軸に、第 3 主成分を縦軸に図示した結果を示す。図より、LDPE と LLDPE は明確に分離していることが分かる。これらのことより、近赤外スペクトルから HDPE, LDPE および LLDPE の分析が可能であると期待される。

### 3.2 識別テスト

次に PE のグレードの識別テストを行った。テストにはニューラルネットワークを用い、Leave-one-out 法により行った。すなわち、全 23 種類の試料のうち 1 種を被検試料として取り除き、残りの 22 種類(110 本のスペクトル)のデータを用いてニューラルネットワークを学習し、学習完了後に被検試料(5 本のスペクトル)をテストデータとして入力して、HDPE, LDPE および LLDPE の識別が的中するかどうかを判定する操作を繰り返した。

その結果、23 種 115 本のデータについてすべての中した。1.1~2.2 $\mu\text{m}$  領域の近赤外スペクトルの二次微分スペクトルより HDPE, LDPE および LLDPE を完全に識別できることを確認した。

### 3.3 従来法との比較

従来 HDPE, LDPE および LLDPE の識別には、中赤

※現 生活工学研究所

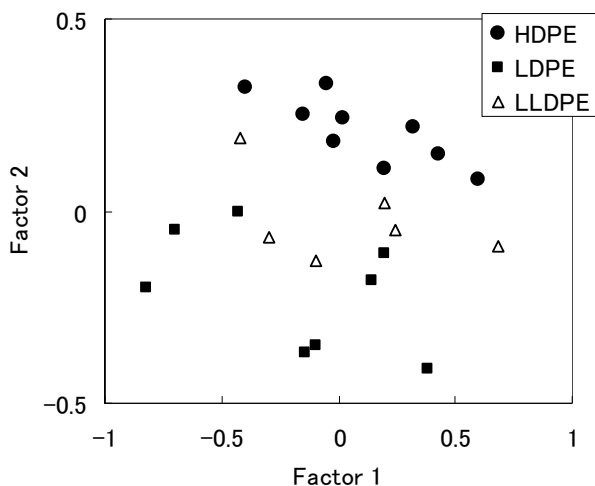


図 1 HDPE, LDPE および LLDPE の主成分分析結果

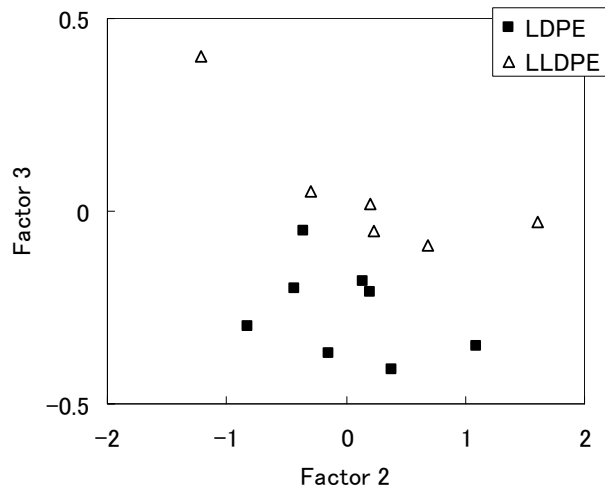


図 2 LDPE および LLDPE の主成分分析結果

外スペクトル、NMR スペクトル、DSC 融解パターン  
の測定などの方法が用いられる。しかしこれらの方法  
では迅速な測定は不可能であり、リサイクルを目的と  
した迅速な識別には適さない。

一方、今回用いた近赤外スペクトルでは、中赤外  
スペクトルほどに吸収が強くなく、倍音や結合音が適  
当な強度で現れるために試料の前処理が不要であり、材  
料の迅速な非破壊測定に適している。

また、ニューラルネットワーク解析を用いること  
により、グレードの違いによるスペクトルのわずかな違  
いを明確にとらえることが可能になった。

これまでは PE のグレードの違いは、中赤外スペク  
トルの CH<sub>2</sub> 基や CH<sub>3</sub> 基の変角振動の領域に現れるのみで、

近赤外スペクトルには明確に現れないと考えられてい  
た。しかし、著者らは近赤外スペクトルに現れるわず  
かな違いを、ニューラルネットワークにより明確にと  
らえることにより、PE のグレードを迅速に識別する手  
法を開発することができた。

#### 4. まとめ

本研究では、PE の 3 種類のグレード(HDPE, LDPE お  
よび LLDPE)を近赤外スペクトルから識別可能であるこ  
とを確認した。

本手法を用いることにより、中赤外スペクトル測定や  
NMR スペクトル測定などの従来法に比較して短時間  
(数秒以内)に PE のグレードを識別可能である。

キーワード：ポリエチレン、グレード、識別、近赤外スペクトル

### Discrimination of polyethylene grades by near-infrared spectroscopy

Mechanical System Section: Kazumitsu SAEKI

Human Life Technology Research Institute: Wataru MIZUNO

In plastic recycling, it is required not only to discriminate among all types of plastics, but also to discriminate among all grades. For this purpose, a rapid and intact method has been developed for discriminating polyethylene grades by a near-infrared reflection spectra measurement. The near-infrared spectra in the 1.1-2.2 μm wavelength region was measured five times for each sample of 9 kinds of high-density polyethylene, 8 kinds of low-density polyethylene and 6 kinds of linear low-density polyethylene ; a total of 115 spectra were obtained. Normalized spectral data were analyzed by a principal component analysis, which showed a possibility to discriminate between polyethylene grades. Although only a small number of spectral data were used for training, a leave-one-out test of a neural-network analysis revealed an overall performance of 100% to discriminate high, low and linear low-density polyethylene samples.