

(物質研) ^{たなべかずとし} ○田辺和俊・^{まつもとたかし} 松本高利 (富山工技セ) ^{さえきかずみつ} 佐伯和光

(富士通) ^{うえさかひろゆき} 上坂博亨 (オプト技研) ^{あまのとしお} 天野敏男

1. 目的

プラスチックは国内で年間 1400 万トン生産され、ほとんどが廃棄（埋め立て (38%)、焼却 (51%)）され、リサイクルはわずか (11%) である。しかし、プラスチックは軽くて嵩張るため、廃棄物の中で大きな容積を占め、廃棄物処理場の逼迫など廃棄物処理問題の元凶となっている。また、焼却の際に発生するダイオキシンも大きな問題になっている。したがって、廃棄物処理という地球環境の点からも、また原料（原油）の枯渇という地球資源の点からもプラスチックのリサイクルが不可避である。

プラスチックのリサイクルには、ポリマーに再製品化（マテリアルリサイクル）、原料モノマーに分解（ケミカルリサイクル）、熱・エネルギーとして回収（サーマルリサイクル）など色々な方法があるが、どのリサイクルにおいてもプラスチックの分別が不可欠である。

プラスチックの分別にはこれまで比重の差を利用する方法、X線や近赤外線を利用する方法などが実用化されている。我々も以前に近赤外分光測定とニューラルネットワーク解析を組み合わせることにより、汎用的な 5 種類のプラスチックを迅速に判別する技術を開発した [1]。近赤外分光測定を利用すると、試料の前処理が不要であり、非破壊で測定できるので、迅速な（1 秒以内の）測定が可能である。また、ニューラルネットワーク解析 [2] を用いると、スペクトルのような図形処理の問題に 2 つの利点がある。第 1 は、従来の図形処理の方法では人間が各図形の特徴を認識してコンピュータに覚え込ませる必要があったが、このニューラルネットワークを用いるとコンピュータが自動的に図形を学習してその

特徴を抽出して記憶してくれる点である。第 2 は、ニューラルネットワークでは同一種類のプラスチックでもメーカーやグレードの違いによるスペクトルの違いを柔軟に処理してくれる点である。

しかし、比重差、X線、近赤外線を利用するこれまでの方法では数種類程度のプラスチックの分別が限界であった。しかし、国内では容器包装リサイクル法や家電リサイクル法の本格的施行を眼前にして、多種種類のプラスチックを分別する技術が求められている。プラスチックは数十種類以上ある（JIS には 93 種類が規定）が、このような多種種類のプラスチックを判別する技術はこれまで国外でも皆無であった。

そこで、我々は今回、近赤外分光測定とニューラルネットワーク解析を組み合わせることにより、多種種類のプラスチックを迅速に判別する手法を検討した。

2. 方法

今回は 51 種類のプラスチックについてオプト技研の PlaScan 装置を用いて近赤外スペクトルを測定し、波長 1.3 ~ 2.3 μm 域の 200 点の反射率の実測スペクトルを二次微分し規格化したものをニューラルネットワークに入力した。

ニューラルネットワークのソフトには富士通の NEUROSIM/L を使い、Windows PC 上で学習を行った。51 種類のプラスチックを判別するためにニューラルネットワークの出力層を 6 ユニットに設定し、プラスチックの識別番号を 2 進数に変換したものを教師データとして学習を行った。また、主

〒305-8565 つくば市東 1-1

Tel/FAX: 0298-54-4432

E-mail: ktanabe@home.nimc.go.jp

成分分析やクラスター分析などの統計解析には Infometrix 製の Ein*Sight を用いた。

3. 結果と考察

今回検討した 51 種類のプラスチックの平均スペクトルのデータを用いて主成分分析を行った結果、各プラスチックの点は空間内にかなりよく分散しており、このことから今回検討した 51 種類のプラスチックの判別が可能であると予想された。

そこで、本法による判別テストとして、試料数が 10 点以上あるプラスチックについてクラスター分析を行って試料を 2~4 個のクラスターに分類し、それぞれのクラスターについて算出した平均スペクトルを用いてニューラルネットワークの学習を行った後、個々の試料のスペクトルを入力して的中率を求めた結果を表 1 に示す。

表 1 各プラスチックについての判別テストの結果

試料	学習数	的中数/試料数	的中率(%)
PS	4	39/44	89
PE	3	34/43	79
PP	3	21/31	68
ABS	3	8/21	38
PVC	3	12/15	80
POM	3	15/15	100
AS	2	11/11	100
PET	3	8/10	80
PC	2	8/10	80
PC/ABS	3	6/10	60
平均		162/210	77

テストしたプラスチック 10 種類全体の平均的中率は 77% となるが、これは今回の判別テストでは学習データ数がわずか 2~4 個だったためであり、的中率が低かった ABS などについては学習データを増やすこ

とによりの中率は向上すると思われる。

4. 結論

今回、近赤外分光測定とニューラルネットワーク解析を組み合わせるにより、50 種類以上のプラスチックを迅速に判別する手法を検討し、80% 近い的中率で多種類のプラスチックを迅速に判別する手法を開発することができた。今回の方法を用いればプラスチックの種類が 100 種類以上にさらに増えてもプラスチックの判別は可能であると思われる。また、ユーザーが判別したいプラスチックの種類を自由に追加できる拡張性にすぐれたシステムの開発も可能であると考えられる。今回用いた装置はきわめて小型で廉価であり、かつきわめて迅速に多種類のプラスチックの判別を行うことができ、プラスチック廃棄物処理の現場で利用可能な実用的な装置の開発も可能であると考えられる。

欧米ではプラスチック廃棄物のリサイクルにはマテリアルリサイクルが真剣に検討され、そのためのプラスチック判別技術の研究開発が活発に行われている。それに対して我が国ではプラスチック廃棄物の処理は焼却あるいはサーマルリサイクルが主流になろうとしており、マテリアルリサイクルは経済的、技術的理由などから困難視されている。我々の今回の成果はそのような国内の動向に対してプラスチック廃棄物のマテリアルリサイクルの技術的可能性を実証したものである。

文献

- [1] 田辺和俊, 上坂博亨, 相川克明, 天野敏男, "ニューラルネットワークによる近赤外スペクトルからのプラスチック廃棄物の分別", 化学とソフトウェア, vol.17, no. 3, p.127 (1995)
- [2] 田辺和俊, 長塚義隆 (訳), "化学者のためのニューラルネットワーク入門", 丸善 (1996)