

# ラマンライダによる水圏マイクロプラスチック計測技術の

## 実現に向けた基礎検討

大井 信彦, 朝日 一平

四国総合研究所 (〒761-0192 香川県高松市屋島西町 2109-8)

### Fundamental study towards the realization of a technique for measuring microplastics in the hydrosphere using Raman LIDAR

Nobuhiko OI, and Ippei ASAHI

Shikoku Research Institute Inc., 2109-8 Yashima-nishimachi, Takamatsu-shi, Kagawa-ken 761-0192

Abstract: Marine microplastics are considered a serious global environmental problem, and there is a need to measure their distribution in real time. In this study, we examined the possibility of using Raman LIDAR to measure microplastics in water. By analyzing the Raman scattering light emitted from plastics in water, it was found that it is possible to identify the type of plastic and measure the distance. Furthermore, it was confirmed that a similar method can also be used to measure microplastics in seawater.

**Key Words:** Raman scattering, LIDAR, Micro plastic, Underwater remote sensing

#### 1. 背景

マイクロプラスチック(以下 MP)による海洋汚染は世界的な環境問題となっており、現在も各国において様々な対策が進められている。MP は、プラスチックの劣化に伴い生成された、或いは研磨剤や洗顔料等の生産、使用過程において環境中に流出し蓄積された、5 mm 以下程度の微小なプラスチック粒子である。現在、海洋中の MP のモニタリングは、サンプリングした海水を化学分析することによって行われている。実態を把握する手法が、局所的な分析結果に基づく広域における分布状況の推定となっているため、より信頼性の高いエビデンスの獲得に向け、オンサイト、リアルタイムで広域の MP 分布を計測できる新たな技術の開発が求められている。本稿では、水圏 MP のラマンライダによる計測実現の可能性について検討を行ったので報告する。

#### 2. プラスチックラマンスペクトル計測試験

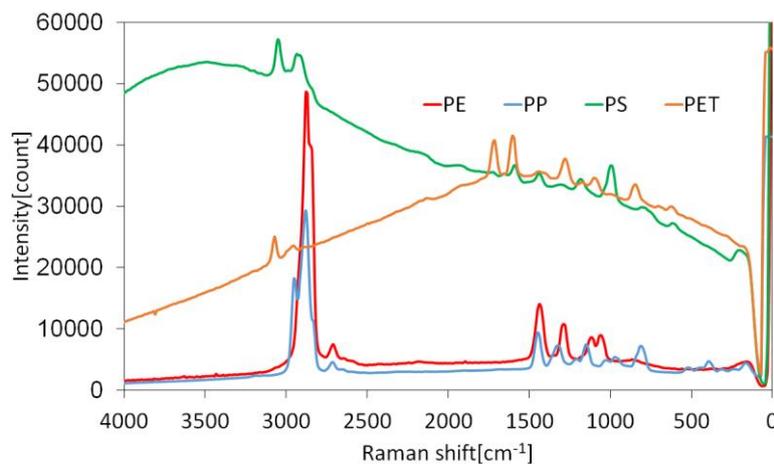


Fig.1 Raman spectra of plastic plate.

プラスチックのラマンスペクトルを確認するための基礎試験を行った。プラスチック板にレーザー光 (Spectra-Physics 社製, ICD-532-200-E, 波長:532 nm, PRF:60 kHz, パルスエネルギー:200  $\mu$ J, パルス幅:15 ns)を照射し, レーザ光軸に対し 90° 方向からラマン散乱光を計測した。Fig.1 に計測したプラスチック板 (PE:ポリエチレン, PP:ポリプロピレン, PS:ポリスチレン, PET:ポリエチレンテレフタレート)のラマンスペクトルを示す。ポリエチレンとポリプロピレンのように, プラスチックの種類によってはスペクトルパターンが類似するものもあるが, 概ねそれぞれについて固有のピーク或いはパターンを示していることから, ラマンスペクトルを観測することで, MP の検知や種類の識別が可能であると言える。また, ポリスチレンとポリエチレンテレフタレートのように, 種類によっては, 蛍光と思われるブロードな波形にラマンスペクトルが重畳することが確認できた。

### 3. 水中プラスチックラマンライダー計測試験

#### 3.1 装置構成及び実験概要

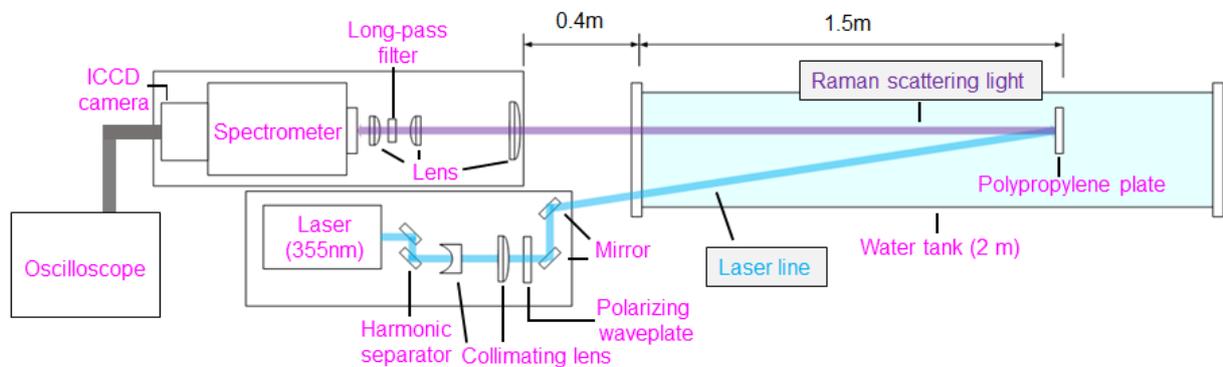


Fig.2 Raman LIDAR system for measuring underwater plastics.

Fig.2 に水中プラスチック計測用ラマンライダーの装置構成を示す。励起光源には DPSS レーザ(Crylas 社製, FTSS355-Q4\_1k, 波長:355 nm, PRF: $\leq$ 1 kHz, パルスエネルギー: $>$ 42  $\mu$ J, パルス幅: $\leq$ 1.4 ns)を用い, ビームをコリメートして放射した。空間分解能は約 20cm である。受信光学系の集光レンズには $\phi$ 50 mm の石英平凸レンズを用い, 受光器には分光器及び ICCD 検出器(Princeton Instruments 社製, IsoPlane320, PI-MAX4)を用いた。水道水で満たしたアクリル水槽(長さ 2 m)前面から 1.5 m の位置に設置したポリプロピレン板にレーザーを照射し, 発生したラマン散乱光の計測を行った。

#### 3.2 計測結果

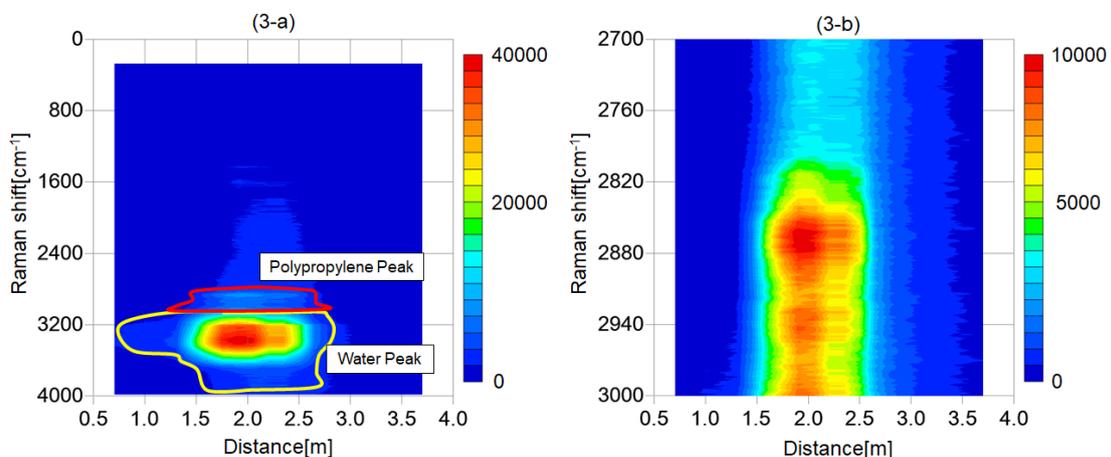


Fig.3 Spatial profile of underwater polypropylene Raman spectra.

Fig.3 に水中ポリプロピレンのラマンスペクトル空間プロファイルを示す。左側(3-a)のプロファイルはスペクトル全体を示すものであるが、 $3400\text{ cm}^{-1}$  付近を中心に明瞭に確認できるスペクトルは、主に水由来の応答である。右側(3-b)のプロファイルは  $2900\text{ cm}^{-1}$  付近を拡大したものであるが、受光系前面からポリプロピレン板までの距離(1.9 m)前後でポリプロピレン由来のピーク強度が最大になっており、水中でのプラスチックの検知及び測距が可能であることが確認できた。

### 3.3 海中 MP ラマンライダ計測試験

水槽を海水(香川県高松市屋島西町の浦生海岸で採集)で満たし、より実環境に近い条件での海中 MP 計測試験を行った。計測対象はポリエチレン粉末とし、石英板で挟んだサンプルを水槽前面から 1 m の位置に設置した。受光器の構成は Fig.2 と同様とし、励起光源にはフラッシュランプ励起 Nd:YAG レーザ(Quantel 社製, Q-smart850, 波長:355 nm, PRF:10 Hz, パルスエネルギー:230 mJ, パルス幅:5 ns)を用いた。また集光系には Ritchey-Chrétien 式望遠鏡(Orion 社製 #8268)を用いた。

Fig.4 に海水中ポリエチレンのラマンスペクトル計測結果(4-a)と、その海水ラマンスペクトルとの差分(4-b)を示す。海水中ではレーザー光の減衰が水道水よりも大きくなるため信号強度もそれに伴い小さくなったが、ポリエチレン粉末に由来するピークが確認できた。海水のラマンスペクトルをバックグラウンドとし、 $3\sigma$ 法から検出限界に当たる信号強度を計算すると 316 count となった。これは、約 $\phi 5.6\text{ mm}$  のポリエチレン片が 1 m 先の海水中で検出できることに相当する。

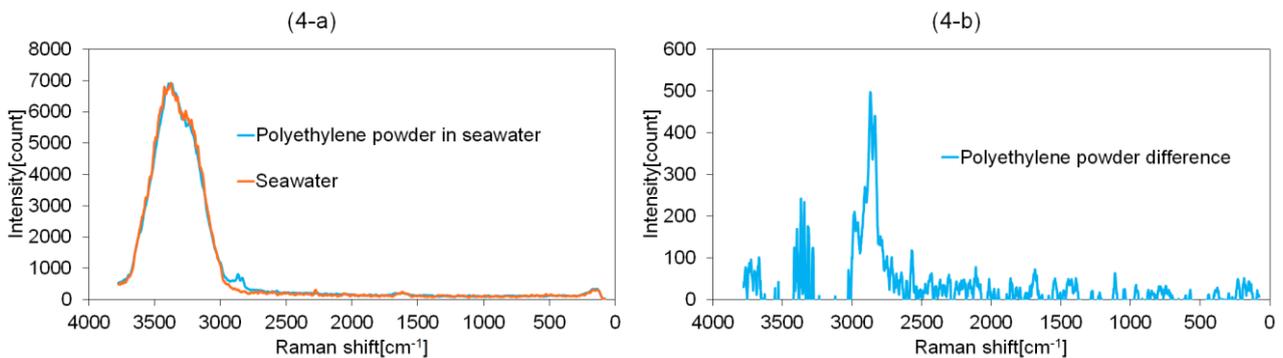


Fig.4 Raman spectra of polyethylene powder in seawater (underwater distance 1 m) measured by Raman LIDAR and its difference from seawater.

## 4. まとめ

ラマンライダによる水圏 MP 計測技術の実現可能性について検討を行った。ラマンライダを用いて水中に存在するポリプロピレン板のラマンスペクトルを計測し、プラスチック種の同定、測距が可能であることが確認できた。また海水中に於いても MP(ポリエチレン粉末)を対象とし、信号強度は減衰するが同様に計測が可能であることが確認できた。今後は検出限界の向上を目標とした最適な励起波長の検討や、MP 量評価方法についての考察等を行っていく予定である。