

プラスチック選別の実現による リサイクルの高度化

芝浦工業大学 デザイン工学部
教授 田邊 匡生

2023年9月21日

世界の廃棄物処理事業社が抱える 資源プラスチック回収時の問題



- 巣ごもり需要による廃プラ排出が増加
- 分別されていない資源プラは転売価格が安い
- 爆発燃焼するリチウムイオン電池の混入

テラヘルツ波とは？

テラヘルツ波は、透過性と直進性を併せ持ち、見えない物が見える

→ プラスチックの材質を非接触で識別

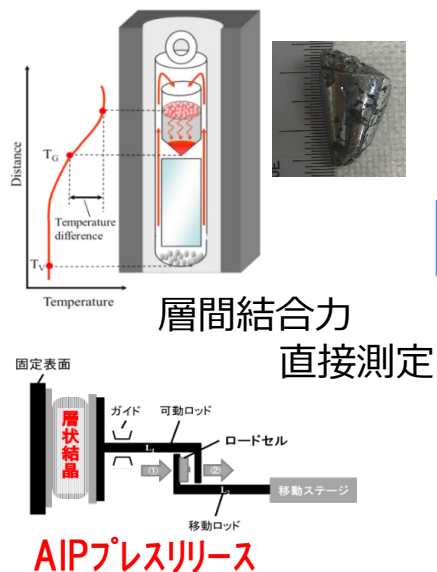
→ コンクリート内部の欠陥を非破壊で検出



20年を超える研究が実現するテラヘルツ計測技術

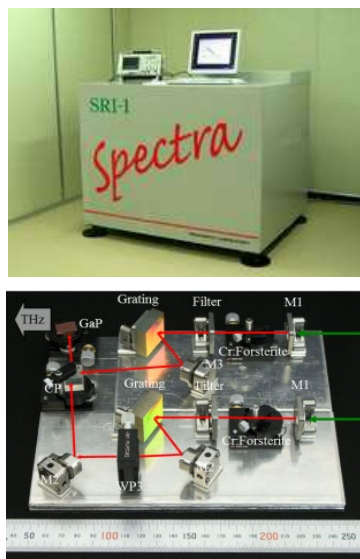
2000～ 光学結晶開発

半導体結晶成長
2002 テラヘルツ光発生



学術創成研究
(2001～2005)
科研費・若手B
(2002～2005)

2005～ 分光装置構築

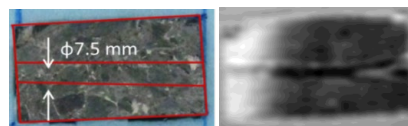


光源製品化
(株)テラヘルツ研究所

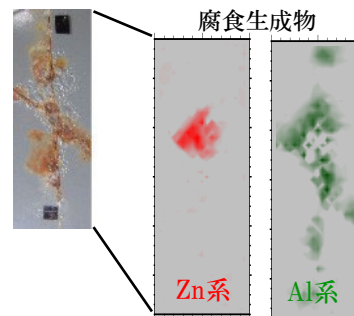
NEDO産業技術研究助成
(2006～2008)
科研費・若手A
(2006～2007)

2010～ 非破壊検査応用

コンクリート内部の
鉄筋検査



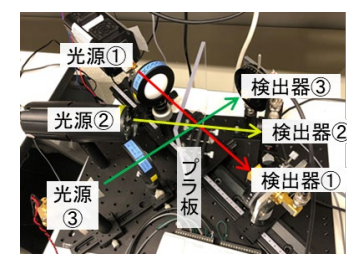
塗膜下鋼板腐食



多くの企業との共同研究

科研費・基盤C
(2011～2013)
JST未来社会創造事業
(2017～2019)

2019～ 廃プラ高度選別装置



開発したプロトタイプ



リサイクル現場での実証試験

2019 JST-SCORE
(社会還元加速プログラム)
2021 JST-START
(大学発新産業創出プログラム)

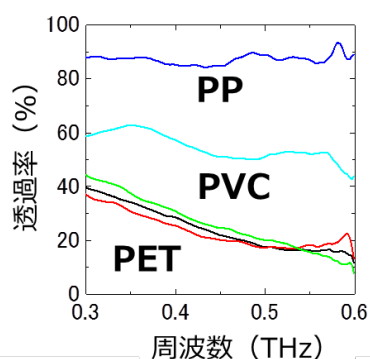
2018 第4次循環型社会形成推進基本計画（閣議決定）

2019 プラスチック資源循環戦略（環境省）



リサイクル現場を視察
（国内外30社以上）

着色されていても
プラの素材を識別



廃棄プラスチック

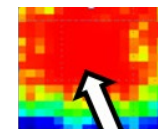
輸出できない（2018から中国が受入を制限）

燃やせない（焼却できない塩ビの分別が必要）

処分場が危険（小型リチウム電池の混入による火災）

→ 国内における埋め立て地の拡大

プラに隠れている
リチウム電池を検出



JST-SCOREでの活動

特願：2020-13597



2035年 使用済プラスチックを100%リユース・リサイクル
2050年 CO2排出実質ゼロ

廃棄物処理・リサイクルの世界市場規模

3300億円

(日本：11万社 × 300万円)

資源プラの転売価格

(素材分別による違い)

日本例

5円/kg → 50円/kg

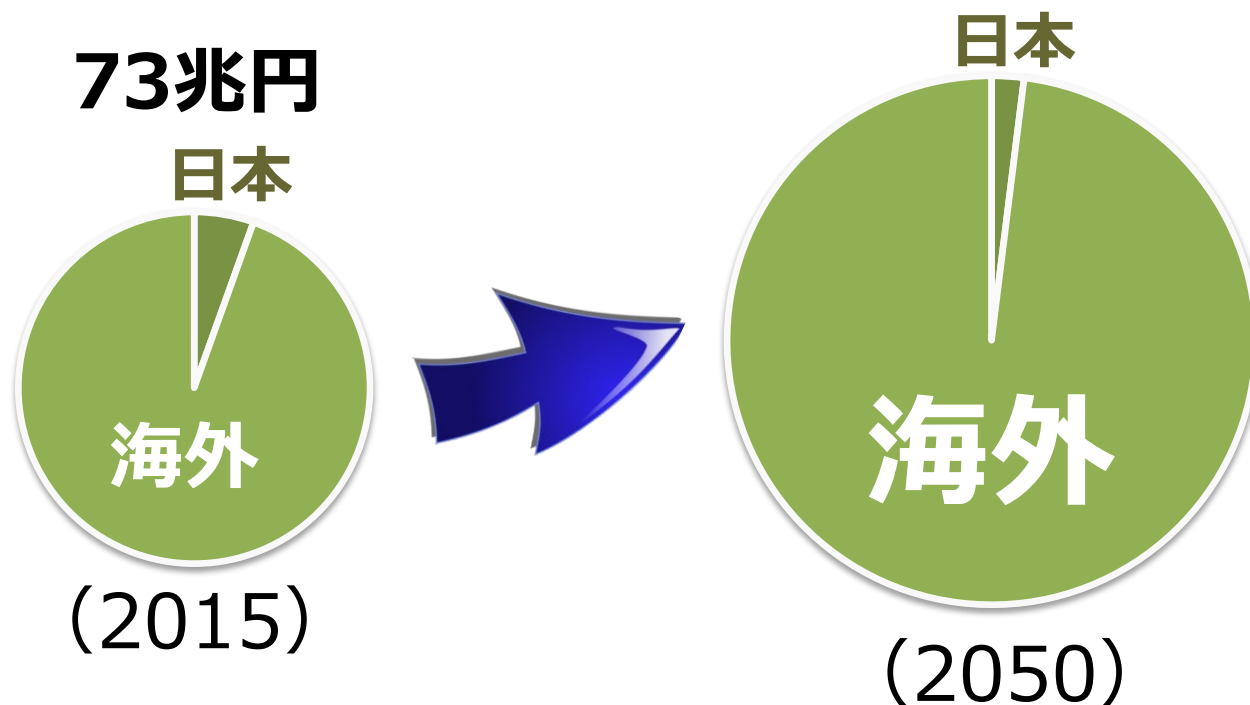
インド例

3ルピー/kg → 30ルピー/kg

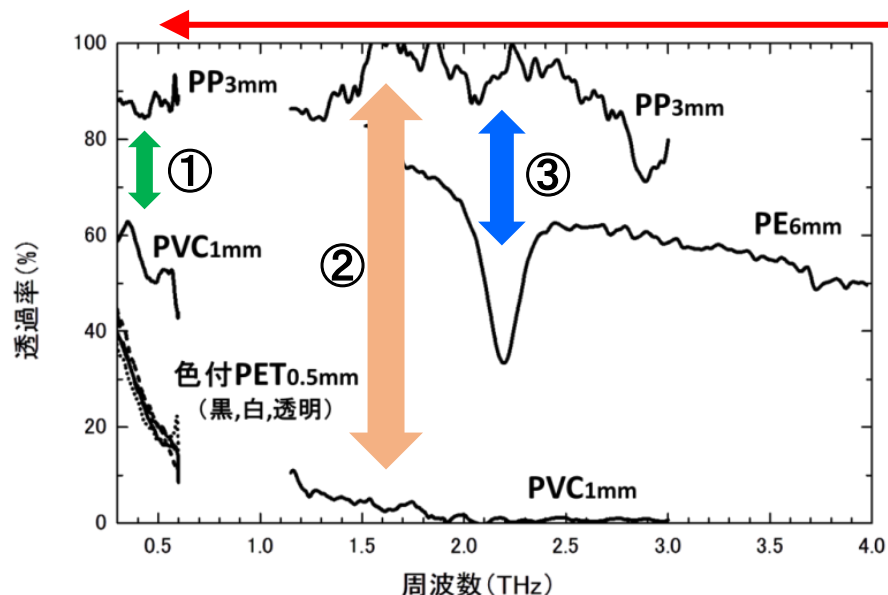


経済産業省

Ministry of Economy, Trade and Industry



広帯域テラヘルツ波(独自GaP光源): 0.5~7THz



独自光源での高周波識別 (3ステップ方式) より
高い精度で分別できる

【検出原理】

テラヘルツにおけるプラの誘電率

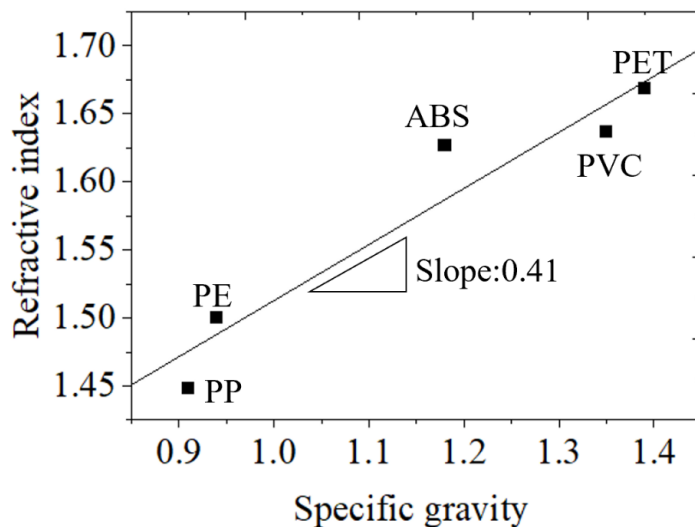
素材で異なる

⇒透過率・反射率・吸収ピークが異なる

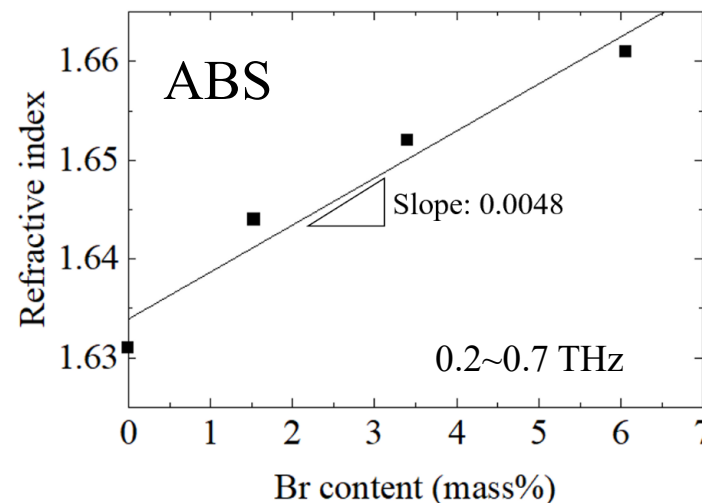
⇒素材や添加剤による分別が実現

T. Tanabe et. al. Opt. Photo. J **10** (2020) 265.

素材識別



添加剤評価



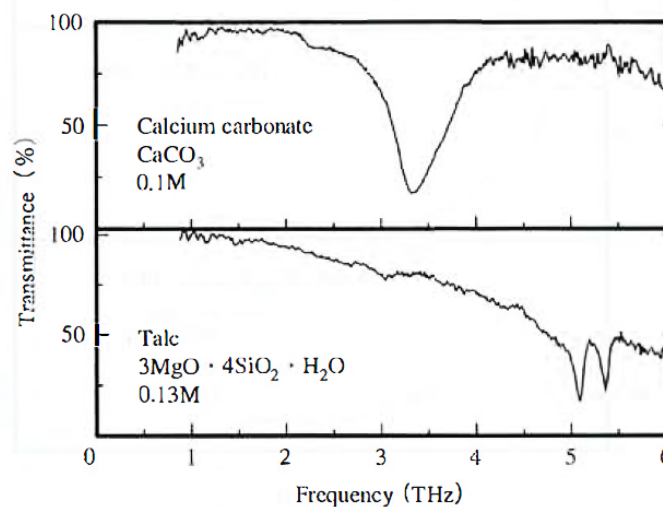
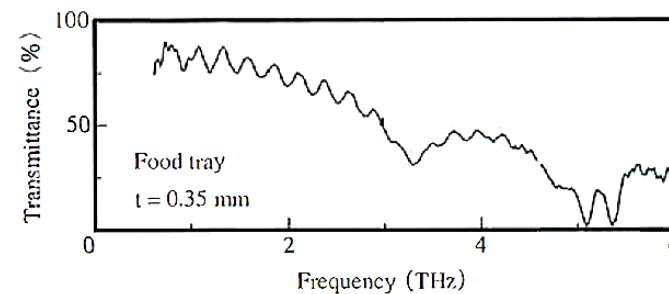
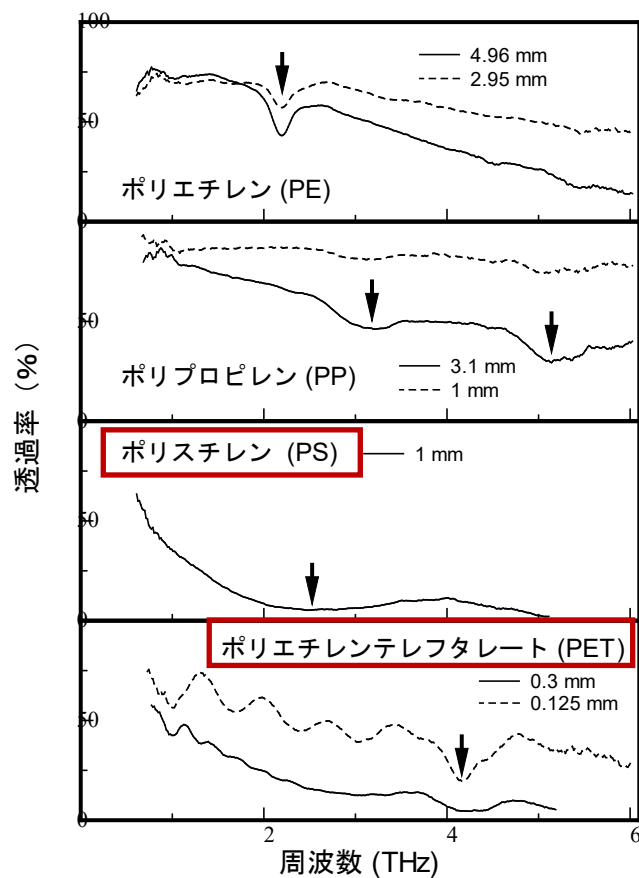
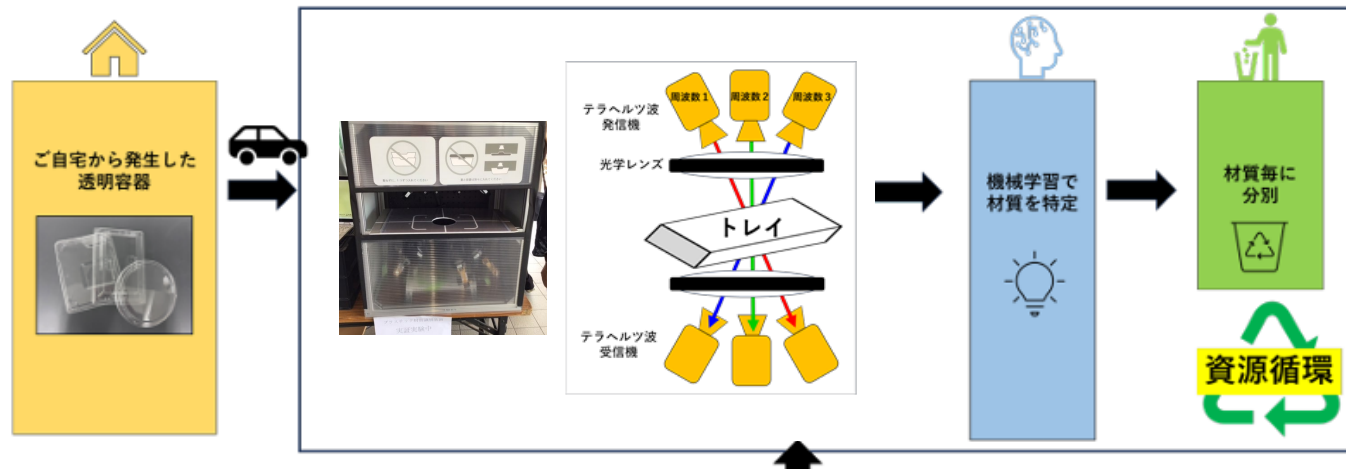
サブテラヘルツ
デバイス

- ・スマホサイズ
- ・周波数固定
- ・数十~百万円

特願2021-144654

特願2021-122665

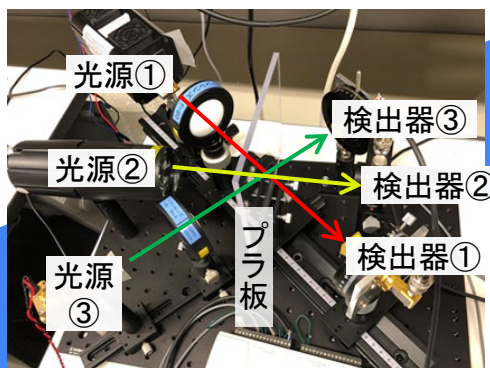
特願2020-13597



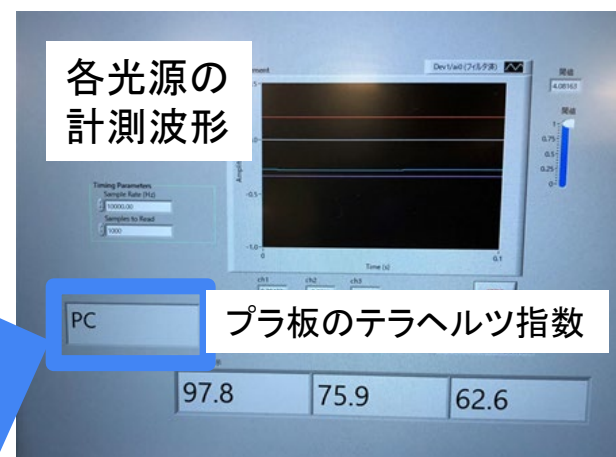
飛沫防止スクリーン（単一素材）のマテリアルリサイクル

postコロナにおいて、飲食店などから大量に廃棄され、回収されるであろう対コロナ用プラ品の素材識別・分別装置を開発

回収されるコロナ禍で使用されたプラスチック



装置外観
(プロトタイプ)



計測結果の例
(PC:ポリカーボネート)

開発技術の特徴

光・材料技術に基づく
独自のテラヘルツ分光技術を活用し
(テラヘルツ特有の干渉現象を回避)

・ 小型テラヘルツ分光装置を開発 特願(2021-122665)

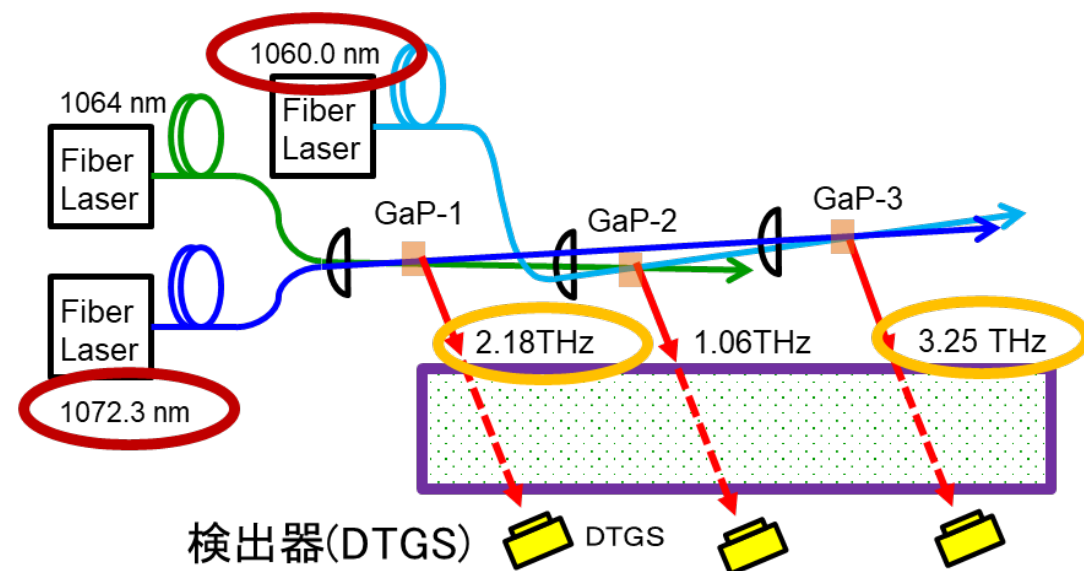
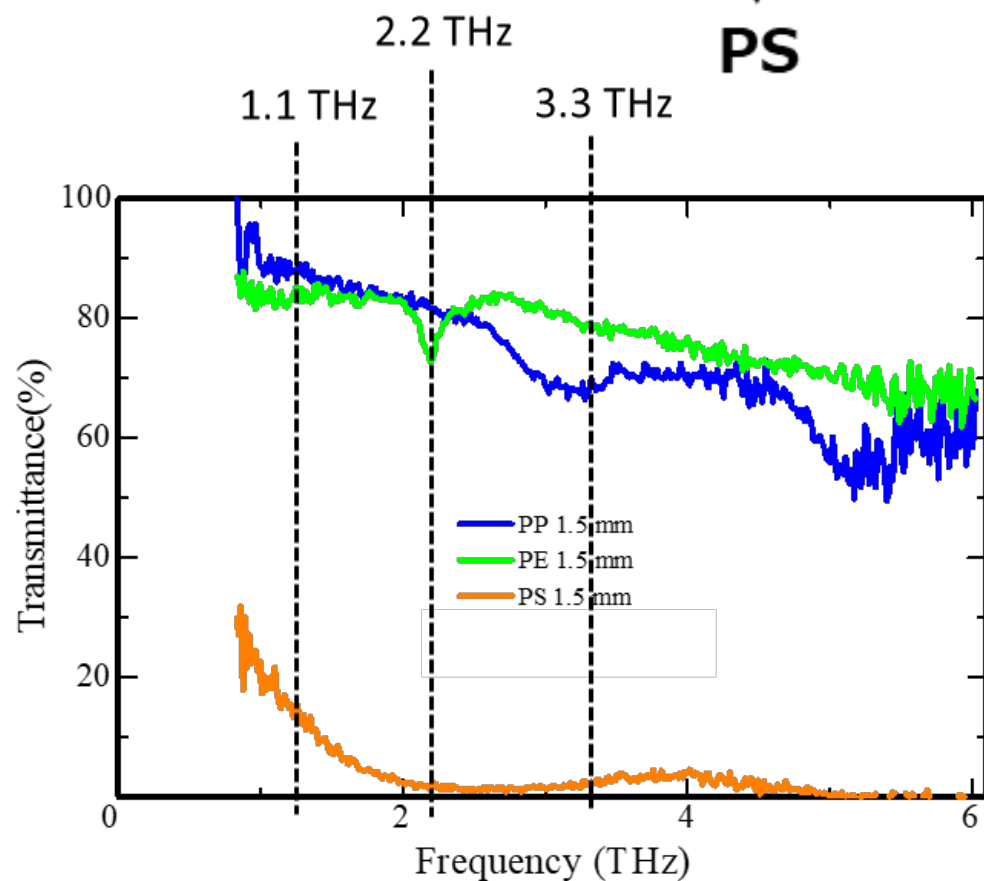
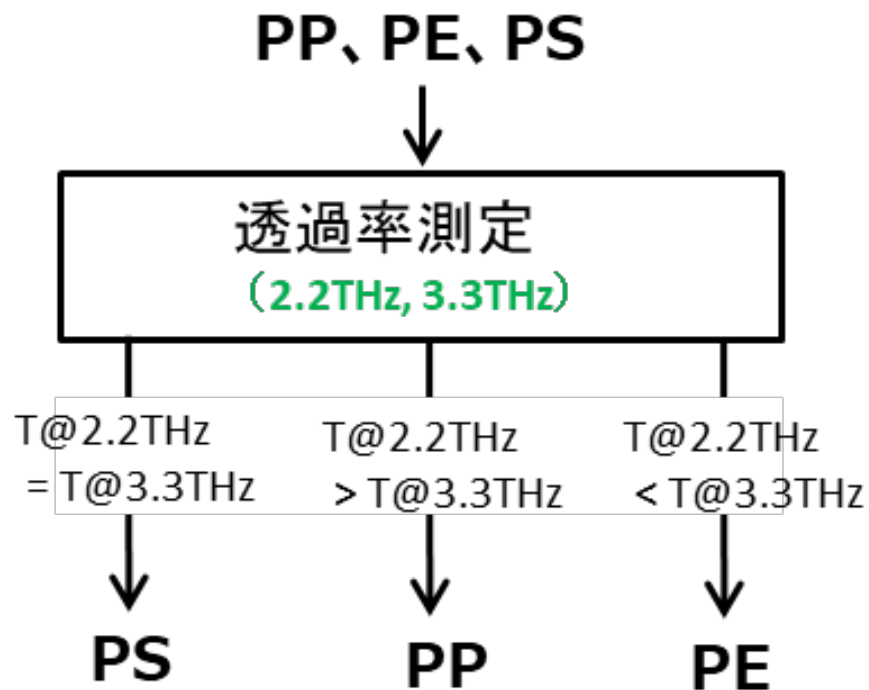
これまで困難だった

・ プラスチックの素材を識別 特願(2021-144654)

・ プラスチック内の金属を検出 特願(2020-13597)

できる。

テラヘルツ 識別原理



競合比較

	色付プラ識別	添加剤 素材識別	金属除去 (非磁性体)
T社 (ノルウェー)	×	×	×
F研究所 (ドイツ)	△	×	△
芝浦工大 (日本)	○	○	○

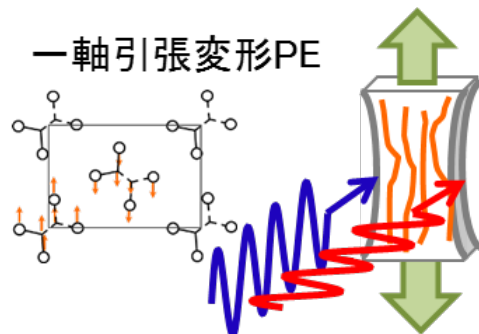
従来からのテラヘルツ・材料研究

想定される他用途

- テラヘルツ波はコンクリートに透明なことに着目すると、インフラ構造物の非破壊診断技術（コンクリート内部の空隙や鉄筋のさび）として展開することも可能。
- 上記以外に、本技術を原材料の劣化診断や生産プロセスに適用することで歩留まりを高めるメリットが大きい。

ものの状態・劣化を診断、安全・安心、生産プロセス管理

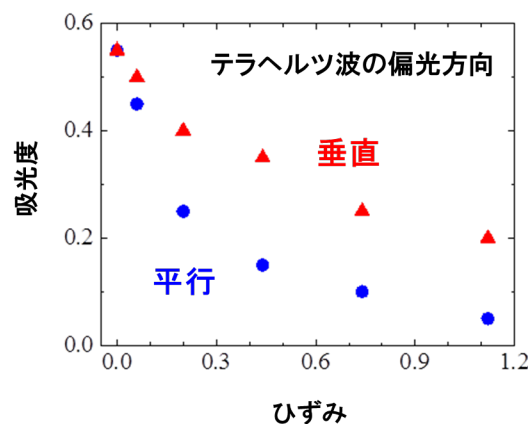
樹脂の歪み



(a) 平行偏光 (b) 垂直偏光

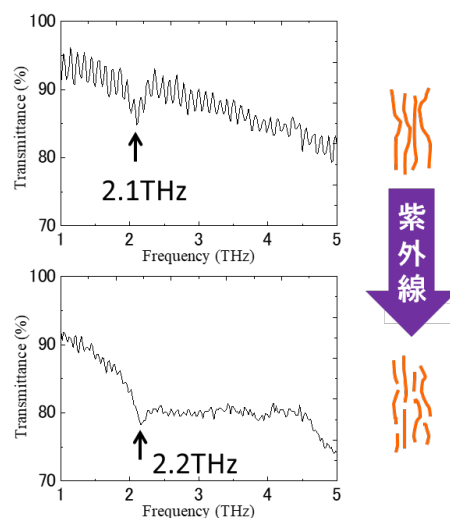
B_{1u} 並進格子振動モード
(中心周波数: 2.1 THz)

結晶化度
(XRD測定と相関あり)



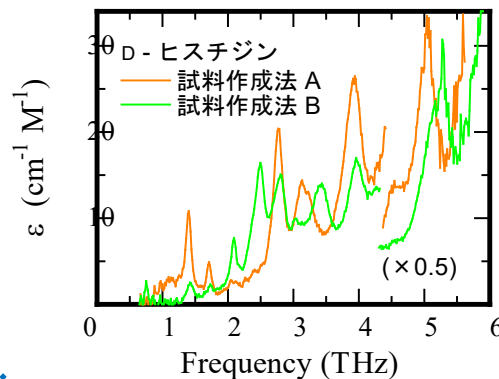
NDT&E Int. 43 (2010) 329.

樹脂の紫外線劣化

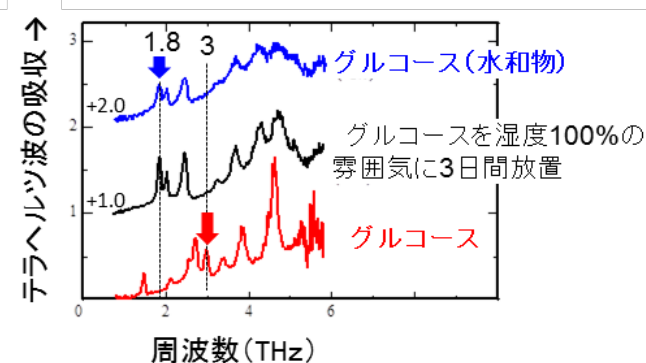


プラスチックエージ 3 (2018) 72.

有機分子の結晶構造

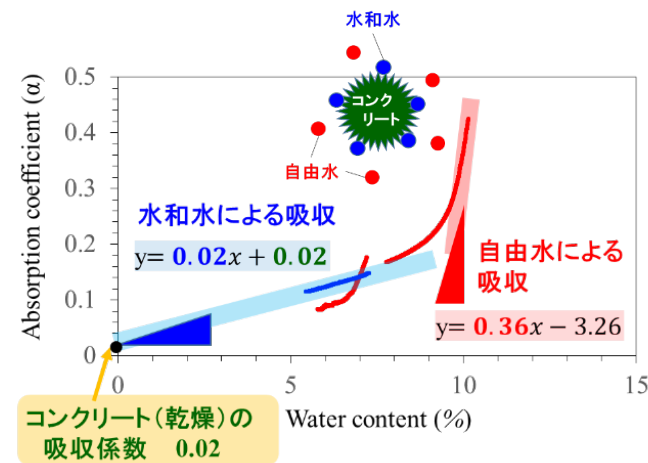


吸湿・酸化劣化評価



レーザー研究 47 (2019) 6.

表面含水率の定量評価



World J. Eng. Tech. 6 (2018) 268.

実用化に向けた課題

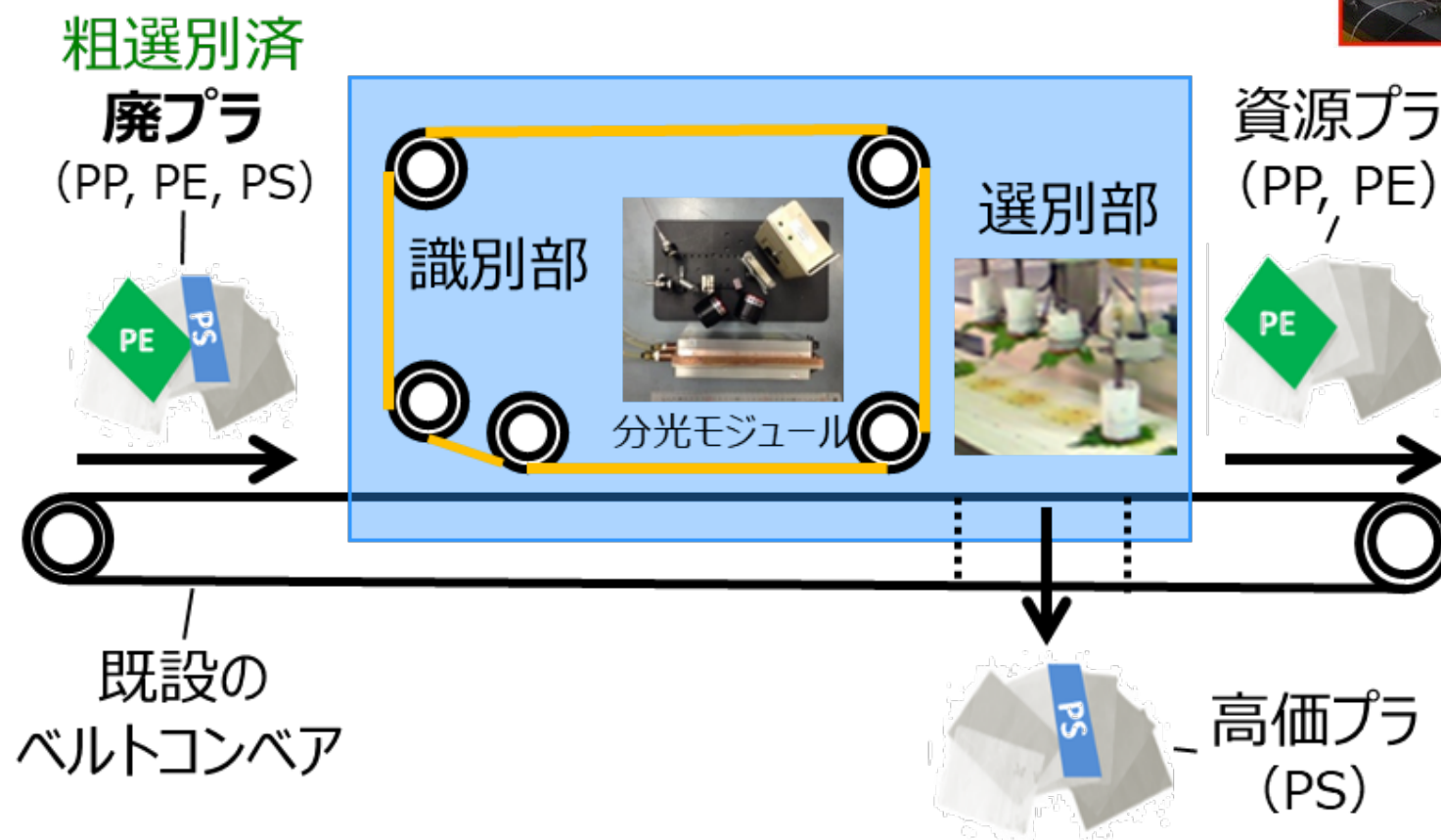
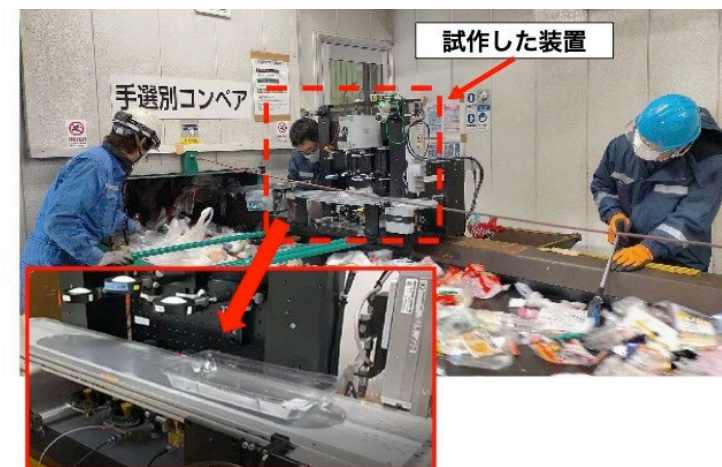
- 現在、プラスチックについて素材・添加剤識別が可能のところまで開発済み。しかし、プラスチックフィルムの多層構造識別が未解決である。
- JST-STARTプロジェクト（芝浦工大、東北大、静岡大）で家庭から排出された多様な廃プラの実験データを取得し、データベースを構築するとともにスーパーマーケットでの実証試験を行い、リサイクル現場に適用するための条件設定を検討している。

3大学の分野横断的研究が実現する廃プラ高度選別装置

芝浦工大：装置設計と構築

東北大：社会ニーズ把握と社会実装

静岡大：分光モジュール製作



透明プラスチック容器の回収モデル実証を開始



3月10-12日 フレスコキクチ矢本店
(宮城県東松島市)



8月4-5日 ベイシア伊勢崎駅前店
(群馬県伊勢崎市)

93%の識別精度を実証

企業様への期待

- ①プラスチックの素材・添加剤識別や②異物金属の検出に、本非接触検査技術が有効です。
- 検査機器開発の技術を持つ、企業様との共同研究を希望。
- 非破壊検査装置を開発されている企業様、リサイクル分野への展開を考えている企業様は、本技術の導入を是非ご検討ください。

本技術に関する知的財産権

- 発明名称 : 物質識別装置、物質識別方法
- 出願番号 : 2021-144654
- 出願人 : 芝浦工業大学
- 発明者 : 田邊匡生

世界にないモノづくりをめざして



幅広い工学分野を基盤とする
設計・製造・保守管理・廃棄物減量・リサイクル技術の融合

産学連携の経歴

- 2019年-2020年 JST SCORE事業に採択
- 2021年-2022年 JST START事業に採択

20社を越える企業や自治体との共同研究実施

お問い合わせ先

芝浦工業大学 研究推進室 研究企画課

T E L 03 - 5859 - 7180

F A X 03 - 5859 - 7181

メールアドレス

sangaku@ow.shibaura-it.ac.jp