

2026.05

HAMAMATSU
PHOTON IS OUR BUSINESS

マテリアルリサイクル向け製品

光で持続可能な社会の実現に貢献



光技術でマテリアルリサイクルを支援

浜松ホトニクスが提供するキーデバイス

世界の経済活動では大量の資源が消費されていますが、その多くは非再生資源です。資源採掘、加工、生産の拡大は、将来的な資源枯渇や供給リスクを高めるとともに、温室効果ガス排出や生態系破壊の主な要因となっています。このような資源制約・気候変動・廃棄物問題を背景に『マテリアルリサイクル』は、持続可能な循環型社会を実現するために、世界的に重要性が高まっています。

浜松ホトニクスは、長年にわたり培った光技術をもとに、マテリアルリサイクルのキーデバイスとなる光デバイスを開発・製造しています。これら光デバイスは、混在する材料や添加物といった従来は識別が難しかった素材の選別を高精度に実現し、質の高いリサイクルを可能にします。



INDEX

マテリアルリサイクルに活用される光技術	P04
浜松ホトニクスが貢献できるマテリアルリサイクルの市場分野	P06
製品ラインアップ	P07
廃棄物の回収・分別工程	
デュアルエネルギーX線ラインセンサカメラ	P08
再生プラスチックの選別・製造工程	
ミニ分光器 / 高速ゲートイメージインテンシファイアユニット	P10
InAsSb光起電力素子アレイ	P12
InGaAsリニアイメージセンサ	P13
InGaAsエリアイメージセンサ	P14
小型近赤外分光モジュール	P16
FT-NIR分光器 (FTIRエンジン)	P18
拡散反射光源	P20
ラマン分光モジュール	P21
関連情報のご案内	P22

マテリアルリサイクルに活用される光技術

持続可能な循環型経済の実現に向けて、世界各地でさまざまな取り組みが進められる中、使用済み製品や廃棄物を原料として再資源化し、新たな製品の材料として再利用する「マテリアルリサイクル」は、資源循環の中核を担う取り組みとして注目を集めています。

EUでは、WEEE*1指令やELV*2規則により、回収から再利用までを含む対応が法的に定められており、高品質なマテリアルリサイクルが不可欠となっています。特に、大量の素材を使用し、廃棄物の回収量が多い「小型家電」や「自動車」分野では、その高度化が強く求められています。

浜松ホトニクスは、マテリアルリサイクルにおける回収から製造までの各工程において、材料識別や選別の高精度化に貢献する光技術およびキーデバイスを提供しています。

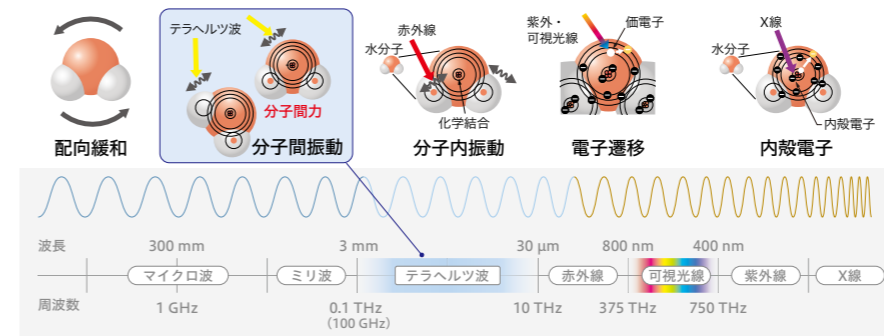


*1: Waste Electrical and Electronic Equipment (EUにおける電気・電子機器の廃棄物を回収・リサイクルするための制度/規制)

*2: End-of-Life Vehicle (使用済み自動車)

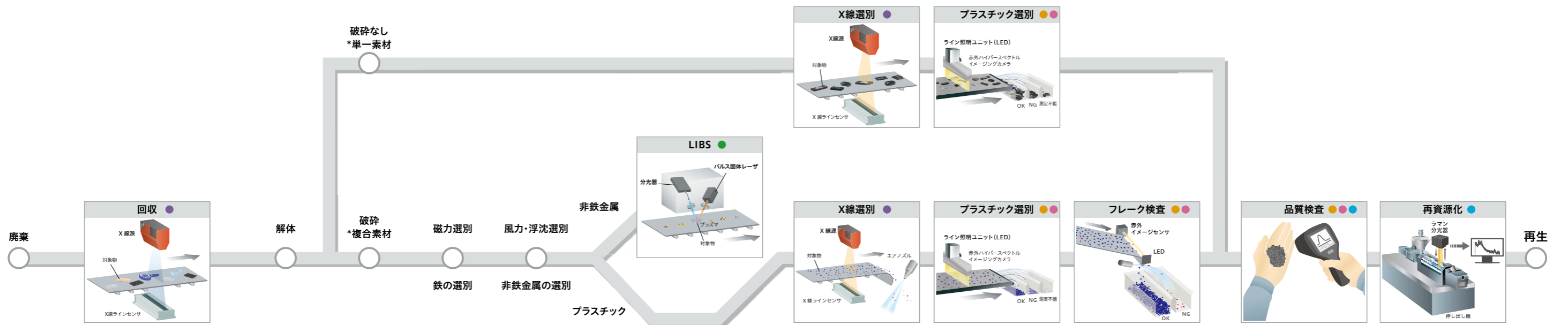
Topics

テラヘルツ(THz)波によるマテリアルリサイクル



本研究は、環境省・(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20253RB1)により実施しました。

浜松ホトニクスは、物質内部まで浸透可能なテラヘルツ波(THz)の特性と機械学習を活用し、廃プラスチック由来の再生プラスチックの強度や組成を非破壊で評価・推定する技術の研究を進めています。本研究を通じて、将来的には資源循環型社会の実現に貢献することを目指しています。



X線イメージング

- ・LiB (リチウムイオンバッテリー)の除去
- ・臭素系難燃剤入りプラスチックの除去
- ・繊維入りプラスチックの除去

- デュアルエネルギー X線ラインセンサカメラ P.8

LIBS(レーザー誘起ブレークダウン分光)

- ・非鉄金属の分別

- ミニ分光器 P.10
- 高速ゲートイメージインテンシファイアユニット P.10

近赤外分光

- ・プラスチックの選別 例:PP、PE、PVC

- InGaAsエリアイメージセンサ P.14
- InGaAsリニアイメージセンサ P.13

中赤外分光

- FT-NIR分光器 (FTIRエンジン) P.18
- 拡散反射光源 P.20
- 小型近赤外分光モジュール P.16

中赤外分光

- ・黒色プラスチックの選別 例:PP、PE、PVC
- InAsSb光起電力素子アレイ P.12
- 中赤外LED P.14

ラマン分光

- ・エンジニアリングプラスチックの選別 例:PC、PA、POM、PBT
- ・成分モニタ 例:添加剤(タルク・強化剤など)
- ラマン分光モジュール P.21

浜松ホトニクスが貢献できるマテリアルリサイクルの市場分野

自動車

自動車市場は、EUのELV*1規則により製品設計段階から廃車の回収・選別・再資源化までの循環型設計が最も進んでいる市場の一つです。一般的に車両は多種多様な樹脂や金属、プラスチックなどが集約されて製造されています。近年では、高機能化や軽量化、EV化などにより材料の多様化が進み、従来の金属中心のリサイクル方法では精度の高いリサイクルができなくなってきています。こうした背景から、高い選別精度や再資源品質の均一化が求められています。



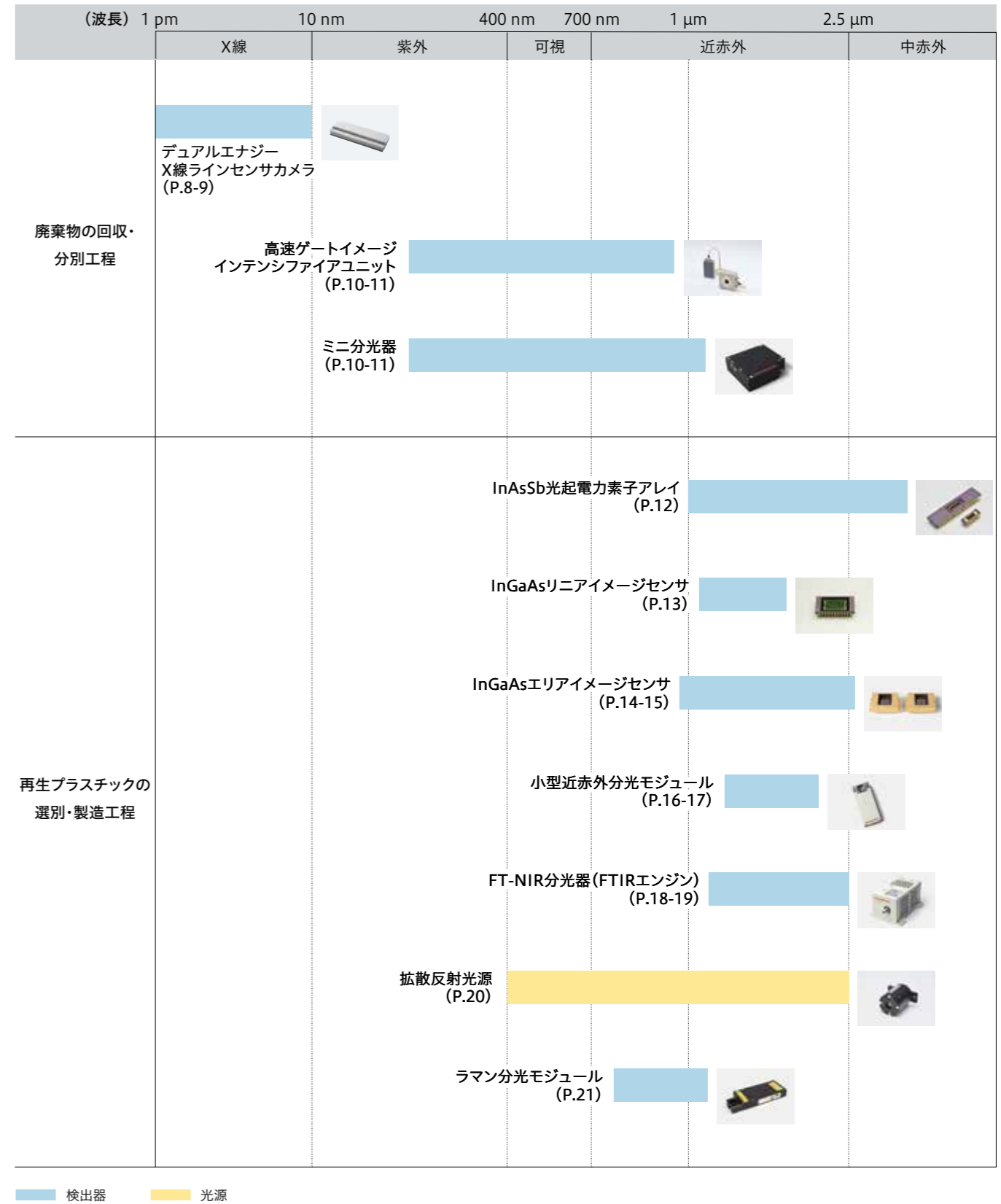
小型家電

小型家電市場は、EUのWEEE*2指令により生産者責任として電気・電子機器廃棄物の回収・選別・再利用までが求められています。小型家電は自動車に比べ、廃棄量が多く回収率が低い一方で、レアメタルや貴金属、有害物質を多く含んでいます。そのため、効率よく回収から再利用まですることが資源確保と環境負荷低減の両面から重要となっています。こうした背景から、混在する多様な廃棄物から高精度に選別するための識別が求められています。



*1: End-of-Life Vehicle (使用済み自動車)
 *2: Waste Electrical and Electronic Equipment (EUにおける電気・電子機器の廃棄物を回収・リサイクルするための制度/規制)

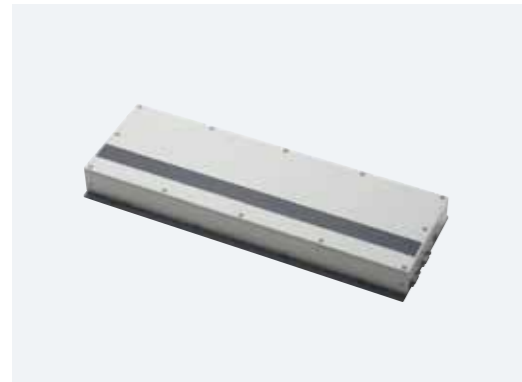
製品ラインアップ



廃棄物の回収・分別工程

X線イメージング

デュアルエネルギー X線ラインセンサカメラ C11800-08U/-09U



プラスチックに含まれる異物除去に適した X線ラインセンサカメラ

異なる材質の分別を可能にするデュアルエネルギー X線ラインセンサカメラは、高/低2つのエネルギーのX線吸収を測定し、対象物の違いによるコントラストを高めず。プラスチック選別において、異物として混入する金属片、臭素、グラスファイバーを含んだ複合プラスチックの検知に最適です。

型名	C11800-08U	C11800-09U	単位
カメラタイプ	デュアルエネルギー X線ラインセンサカメラ		—
推奨使用(X線感度)範囲	約25 ~ 160		kV
検出素子ピッチ	0.4		mm
検出幅	409.6	460.8	mm
対応ラインスピード	4 ~ 100		m/分
A/Dコンバータ	14		bit
制御インターフェース	USB 3.0		—
電源	DC +15 ~ +24		V

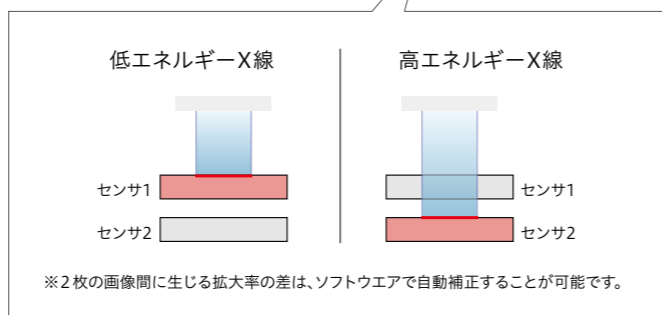
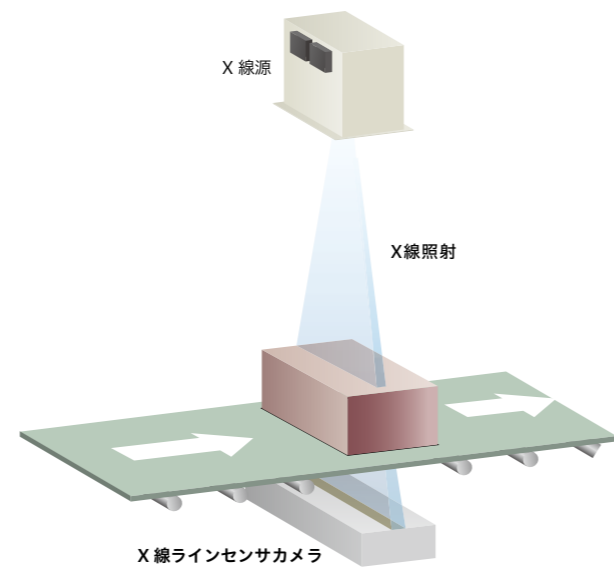
主な特長

検出の“能力”を上げる技術

「DUAL XTRAX™」を搭載した次世代X線検出器

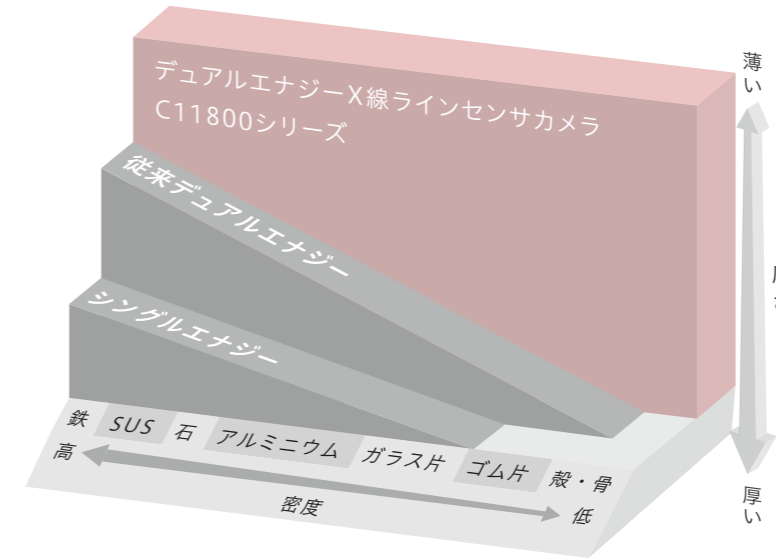
通常のインラインX線非破壊検査では、X線透過像の濃淡の差により、材質・異物を検出しますが、実際の対象物の中には、複雑な形状やさまざまな物質の混在に起因してX線の透過度が不均一となり、濃淡だけでは材質・異物の判別が困難な場合があります。本製品は、高感度なX線検出器と次世代の演算技術を融合した技術である「DualXTRAX®」を搭載しています。高いハードウェア性能を活かした演算技術により、高/低2つのエネルギー画像による検出能力を大幅に向上させるとともに、背景などの不要情報の除去が可能となり、判別能力が飛躍的に向上しました。

これにより、これまで難しかった「低密度」や「薄い」対象物の高度な素材判別が可能になりました。



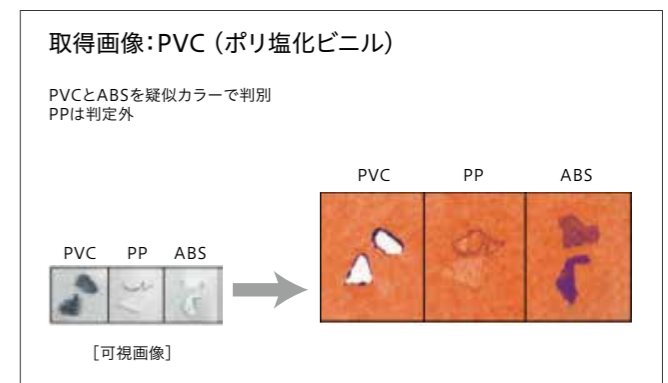
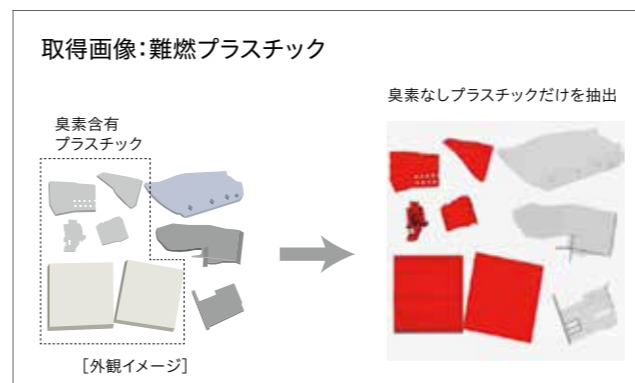
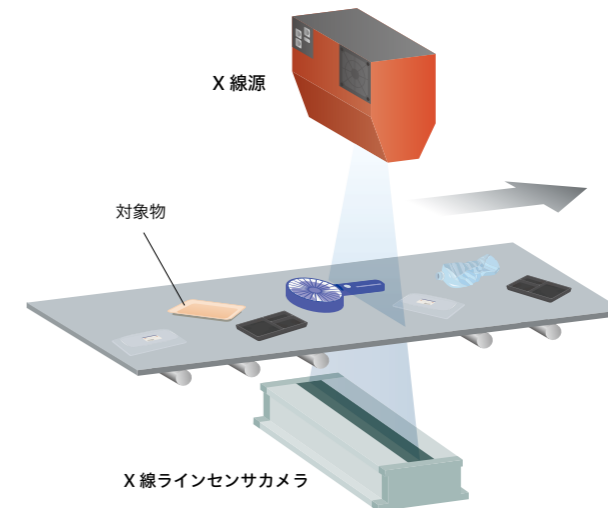
対応異物比較図

高密度から低密度まで、また薄いサンプルから厚みのあるサンプルまで、さまざまな状態の材料判別を可能にしました。



撮像例

可視画像では区別できないプラスチックを、材質の含有量により選別して疑似カラー表示することが可能です。



LIBS

ミニ分光器 C16449MA-02

高速ゲートイメージンシファイアユニット C14245シリーズ

製品ラインアップ

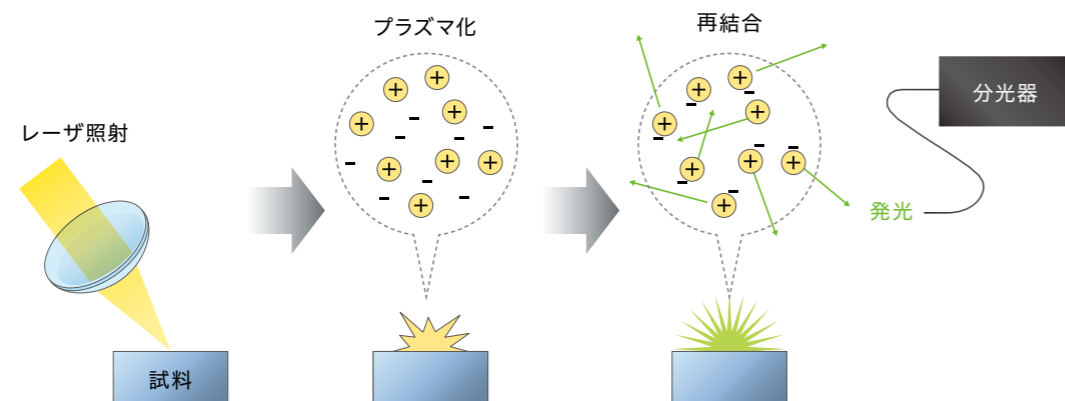
項目	分光器	受光デバイス
製品名	ミニ分光器	高速ゲート イメージンシファイアユニット
型名	C16449MA-02	C14245シリーズ
製品写真		
使用環境	インライン	インライン
計測距離*1	～ 約30 cm	約4 m ～ 8 m
特長	<ul style="list-style-type: none"> ● 広い感度波長範囲 ● 高分解能 ● 高感度CMOSイメージセンサ内蔵 ● トリガ機能付き ● 外部電源不要 (USBバスパワー駆動) 	<ul style="list-style-type: none"> ● ゲート動作で高速現象観察が可能 ● 微弱光イメージングが可能 ● 紫外域から近赤外域まで対応 ● CMOSカメラ (C11440-36U) と組み合わせることで I-CMOSカメラとして使用可能 

*1: 測定ユニットとサンプルの測定距離。組み込まれる装置によって計測距離は変動します。

LIBSの原理

LIBS*は試料中の元素を高速に分析する分光方式です。高いエネルギーのレーザー光を試料に照射して試料の一部をプラズマ化し、その後のプラズマの再結合時に生じる含有元素固有の発光スペクトルを測定します。試料形質（気体・液体・固体）を問わず、前処理も不要なため、プラスチック（黒色含む）や金属、ガラスなど幅広い物質の選別が可能です。

* Laser Induced Breakdown Spectroscopy

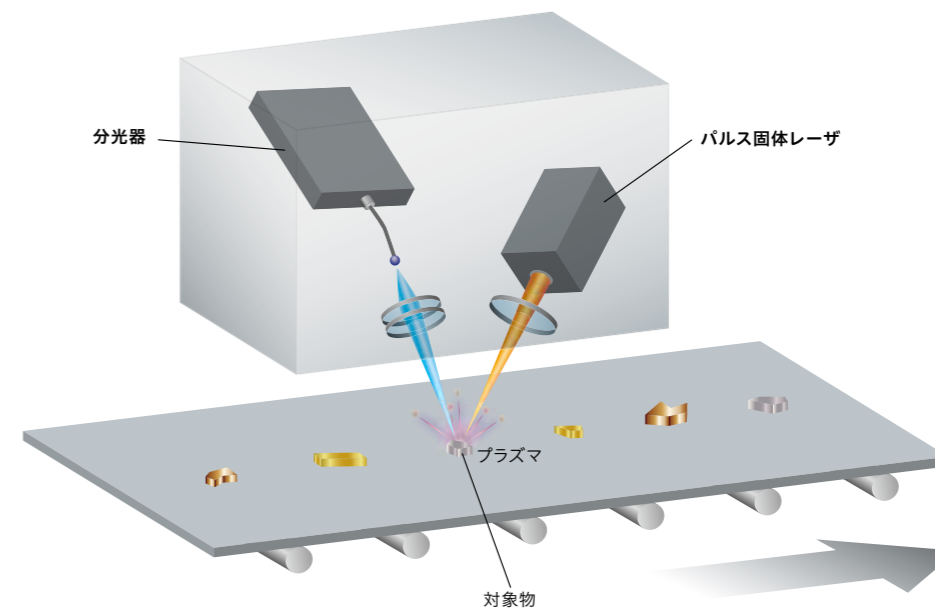


応用例

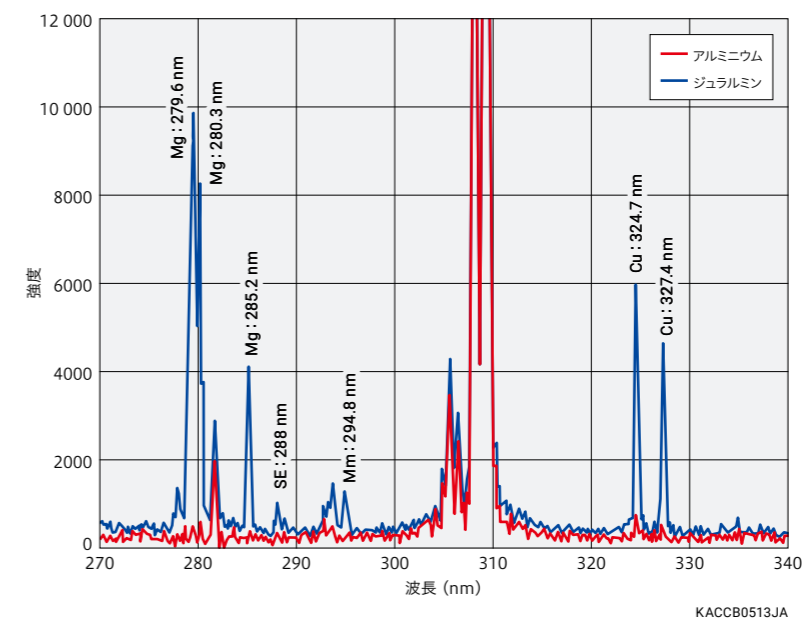
金属選別

LIBS技術を使用した選別装置によって、対象物を元素レベルで成分分析できます。含有成分の違いに着目することで、アルミニウム（純アルミニウム）やジュラルミン（アルミニウム合金）など、合金の選別も可能です。

■ 測定イメージ



■ 測定結果



KACCB0513JA

再生プラスチックの選別・製造工程

中赤外分光

InAsSb光起電力素子アレイ P15742-016DS, P15742-046DS



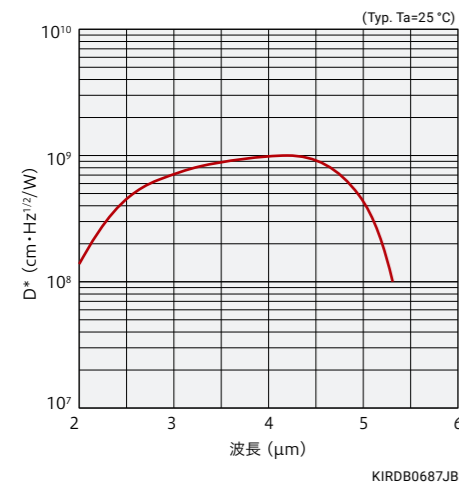
黒色プラスチックの選別が可能な 中赤外受光デバイス

黒色プラスチックに含まれる顔料カーボンブラックは近赤外光を吸収してしまうため、5 μmまでの中赤外域の光を利用することで黒色プラスチックの選別が可能です。

型名	P15742-016DS	P15742-046DS	単位
素子数	16	46	—
素子サイズ	0.45 × 0.7	0.2 × 0.7	mm
パッケージ	18ピンセラミックDIP	48ピンセラミックDIP	—
カットオフ波長	5.3 typ.		μm

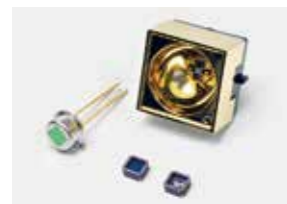
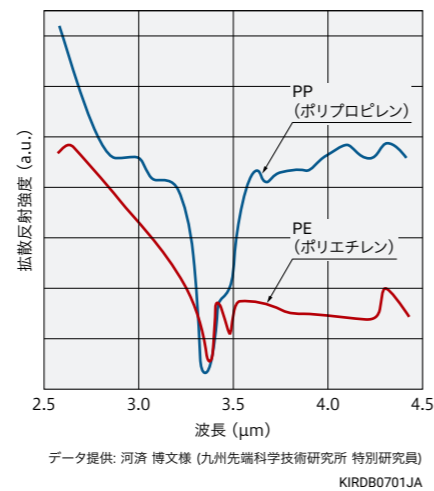
■ 分光感度特性

中赤外域で高感度



■ 測定例

黒色プラスチック (PP, PE) の吸収スペクトル

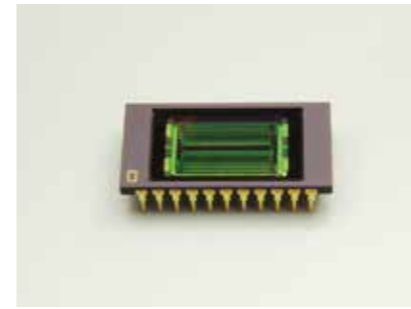


中赤外 LED L15893 / L15894 / L15895 シリーズ

複数波長を組み合わせることで、プラスチック選別に必要とされる広い波長範囲に対応します。また、中赤外ハイパースペクトルイメージングに搭載することで、黒色プラスチックの選別用途への活用が検討されています。

近赤外分光

InGaAsリニアイメージセンサ G14006-512DE



単一のプラスチック選別が可能な 近赤外イメージセンサ

1.12 μm ~ 1.9 μmの近赤外域において高感度、高速読み出しを実現した近赤外イメージセンサです。複数種類が混在したプラスチックから特定のプラスチック以外(異種プラスチック)を除去することにより、単一プラスチックの選別が可能です。

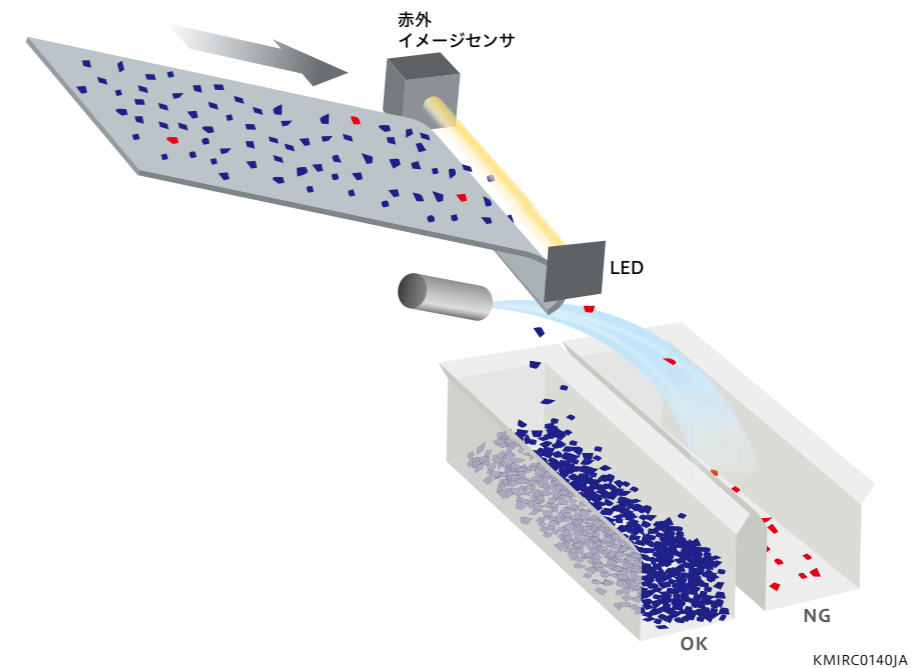
項目	仕様	単位
感度波長範囲	1.12 ~ 1.9	μm
画素ピッチ	25	μm
総画素数	512	画素
暗電流	10 max.	pA
ラインレート	8150 max.	lps

応用例

近赤外分光による異種プラスチックの選別

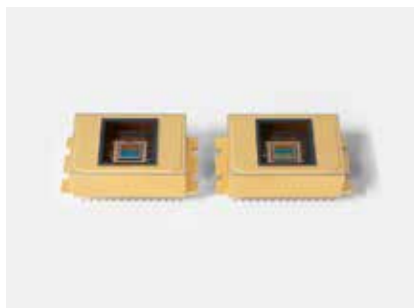
プラスチックに光を照射し、その透過光から異物を識別し、高圧空気の噴射によって除去します。

■ 測定イメージ



近赤外分光

InGaAsエリアイメージセンサ G16561-0909T, G16562-0909T, G17242-0808T, G17243-0808T

複数種類のプラスチック選別が可能な
近赤外イメージセンサ

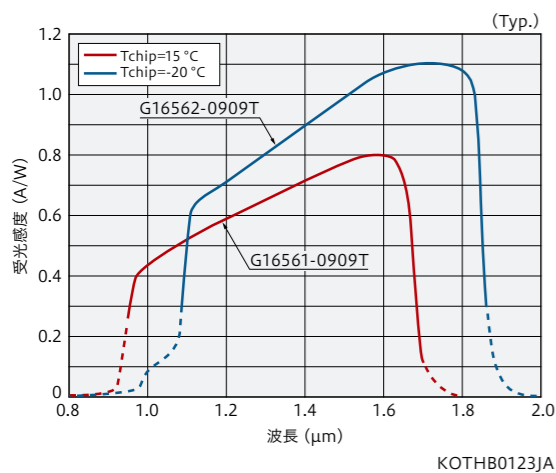
0.9 ~ 2.55 μm の波長に対応し、全画素読み出し時 503 fps max.の高速フレームレートを
実現したInGaAsエリアイメージセンサです。ハイパースペクトルカメラに搭載し近赤外
画像を解析することにより、可視画像では難しいプラスチックの選別が可能です。

型名	G16561-0909T	G16562-0909T	G17242-0808T	G17243-0808T	単位
感度波長範囲	0.95 ~ 1.69	1.12 ~ 1.85	0.9 ~ 2.15	0.9 ~ 2.55	μm
画素サイズ	20 × 20				μm
総画素数	640 × 512		320 × 256		画素
暗電流	0.03 typ.	0.3 typ.	0.01 typ. (1.7 μm エリア) 3.0 typ. (2.2 μm エリア)	0.01 typ. (1.7 μm エリア) 3.0 typ. (2.2 μm エリア) 30 typ. (2.6 μm エリア)	pA
フレームレート	116 max.		503 max.		fps

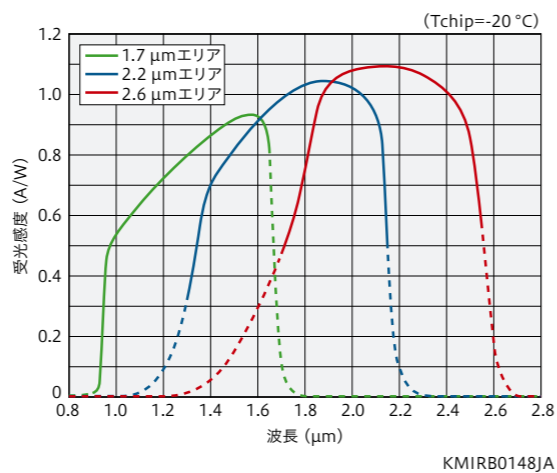
主な特長

- 2.55 μm までの感度をもつ製品をラインアップ

G16561-0909T, G16562-0909Tの分光感度特性



G17242-0808T, G17243-0808Tの分光感度特性



InGaAsエリアセンサモジュール C16090シリーズ

InGaAsエリアイメージセンサを搭載したモジュールです。駆動回路、温度制御部、高速通信
制御部から構成され、InGaAsエリアイメージセンサのアナログビデオ信号をデジタル出力
します。

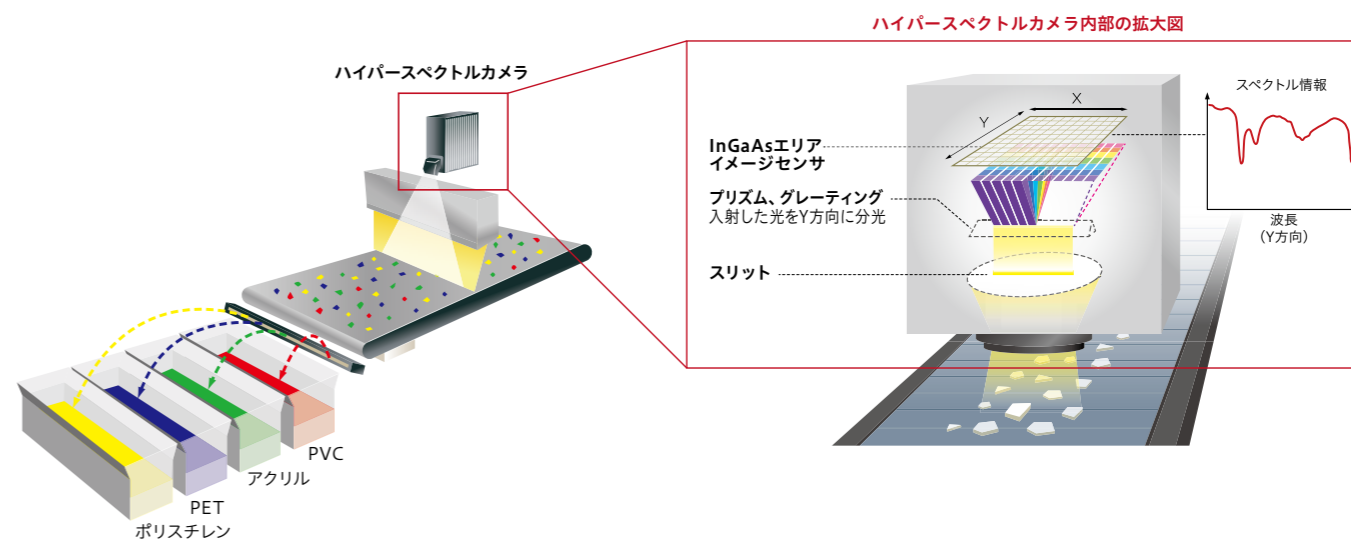
応用例

ハイパースペクトルイメージングを用いたプラスチック選別

ハイパースペクトルイメージングとは、物体の撮影の際に、画素ごとのスペクトル情報も同時に取得するイメージング方法です。肉眼では見分け
にくい物質の特定や分類に有効です。

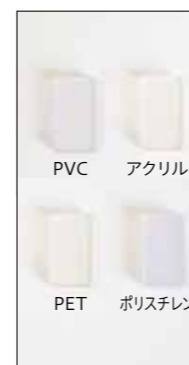
通常のラインカメラと同様に、対象物（またはカメラ）を移動させてスキャン撮影します。入射した光はスリットを通り、プリズム、グレーティングで
センサのY軸方向に分光して測定を行うため、エリアイメージセンサが用いられます。プラスチックは、近赤外波長で特徴のあるスペクトルが得ら
れるため、近赤外エリアイメージセンサを搭載したハイパースペクトルカメラを用いることで高精度な識別が可能となります。

■ 測定イメージ

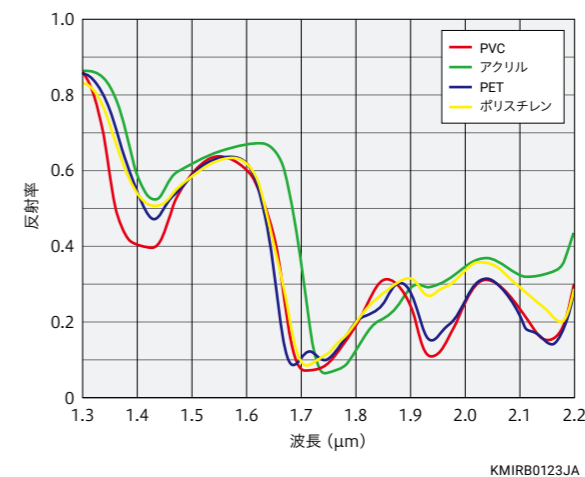


■ 測定結果 (4種類のプラスチックの測定比較)

可視画像



スペクトル分布



ハイパースペクトル画像



近赤外分光

小型近赤外分光モジュール C17553



タングステンランプ MEMS-FPI分光センサ

簡易なプラスチック選別が可能な
小型分光モジュール

小型分光モジュールは、MEMS-FPI*チューナブルフィルタとInGaAs PINフォトダイオードから成るMEMS-FPI分光センサと光源、制御回路を内蔵しています。回収ボックス内の食品トレイやペットボトルなどが、プラスチックの種類ごとに正しく回収されているかを、その場で確認できるポータブル機器への組み込みが期待されています。

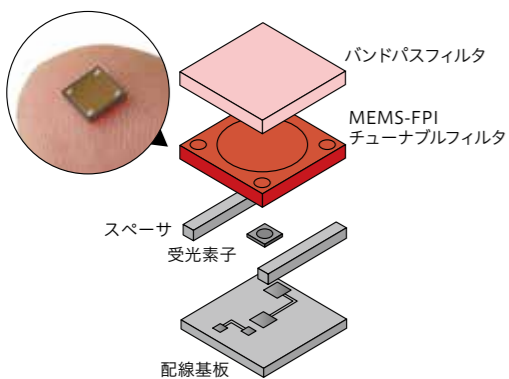
* Fabry-Perot Interferometer: ファブリペロー干渉計

項目	仕様	単位
センサ	MEMS-FPI分光センサ	—
感度波長範囲	1.55 ~ 1.92	μm
波長分解能 (FWHM)	21 Max.	nm

構造 (MEMS-FPI分光センサ)

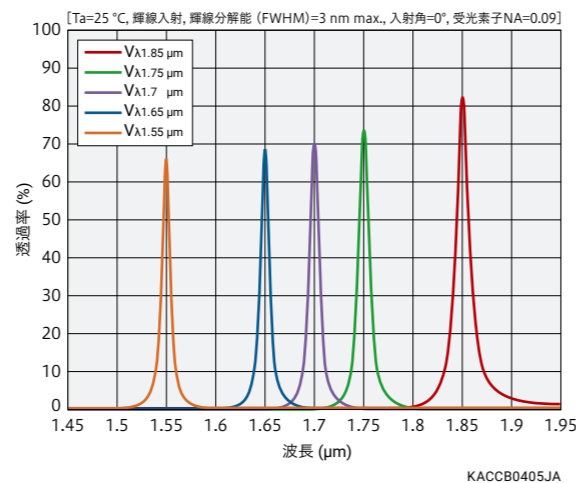
MEMS-FPI分光センサは、分光センサでありながら単素子の受光素子を使用しており、高価な多チャンネルの受光素子 (フォトダイオードアレイ、イメージセンサ) を使用していません。光入射方向と同軸上にMEMS-FPIチューナブルフィルタと受光素子を配置するシンプルな構成でありながら、アパーチャサイズも広くできるため、光のスループットが高いというメリットもあります。

内部構造



KIRD00108JA

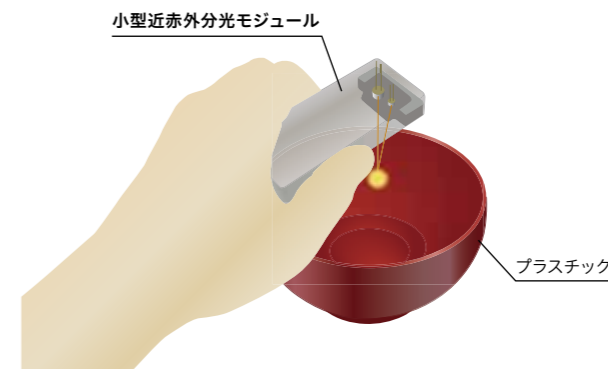
MEMS-FPIチューナブルフィルタの透過率 — 波長



応用例

タングステンランプをプラスチックに照射し、反射光を小型近赤外分光モジュールで検出します。

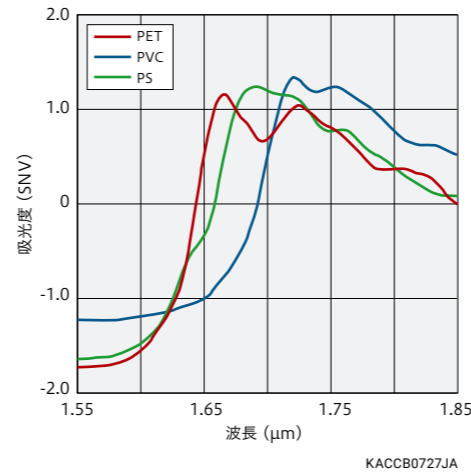
測定イメージ



KACCC1194JB

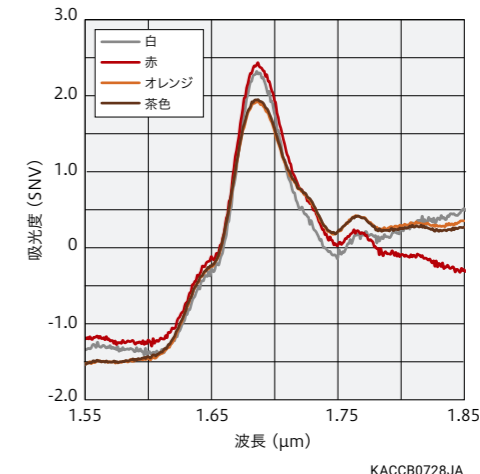
白色プラスチック (PET, PVC, PS) の測定

種類の異なる白色プラスチック (PET: ポリエチレンテレフタラート, PVC: ポリ塩化ビニル, PS: ポリスチレン) の測定例です。



食品用着色プラスチック (PS) の測定

着色の異なる (白、赤、オレンジ、茶色) 同一プラスチック (PS) の測定例です。



白 赤 オレンジ 茶

近赤外分光

FT-NIR分光器 (FTIRエンジン) C16511-01

添加化合物を含んだプラスチックの選別が可能な
近赤外分光器

プラスチックには、着火を防いだり強度を上げるため、難燃剤や強化剤などを含んだものが多くあり、家電製品などで広く使われています。

FT-NIR分光器C16511-01は、2.5 μmまでの近赤外領域をカバーする手のひらサイズのフーリエ変換方式の分光器です。

難燃剤の有無でスペクトルに差が出る2.4 μm付近まで検出できるため、難燃剤を含むプラスチックの選別が可能です。

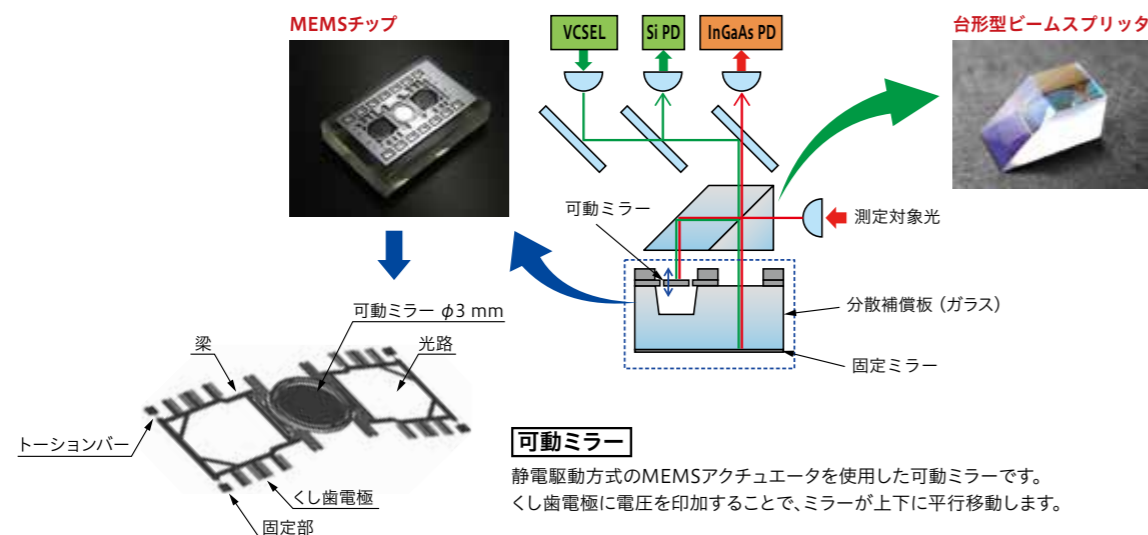
項目	仕様	単位
感度波長範囲	1.1 ~ 2.5	μm
光干渉計	マイケルソン干渉計 (φ3 mm 可動ミラー内蔵)	—
光検出器	InGaAs PINフォトダイオード	—
光入射方式*1	光ファイバ入射型 (SMAコネクタ付き)	—
インターフェース	イーサネット通信 (GigE Vision)	mm
外形寸法図 (W × H × D)	124 × 68 × 66 (突起部除く)	mm
波長分解能 (FWHM)*2	5.7	nm
信号雑音比	10000:1	—
質量	580	g

*1: 光ファイバ(コア径: 600 μm, NA: 0.22)

*2: λ=1533 nm

構造

測定対象光 (入射光) をビームスプリッターで分割し、それぞれ可動ミラーと固定ミラーで反射して再び合成すると、干渉光が生じます。可動ミラーの位置によって変化する干渉光の強度を光検出器 (InGaAs PINフォトダイオード) で検出し、その信号を演算処理 (フーリエ変換) することで分光スペクトルを取得します。また、光検出器 (Si PINフォトダイオード) と半導体レーザ (VCSEL) を用いて同一干渉計内で可動ミラーの位置を測定することで、波長再現性の高い分光スペクトルが得られます。

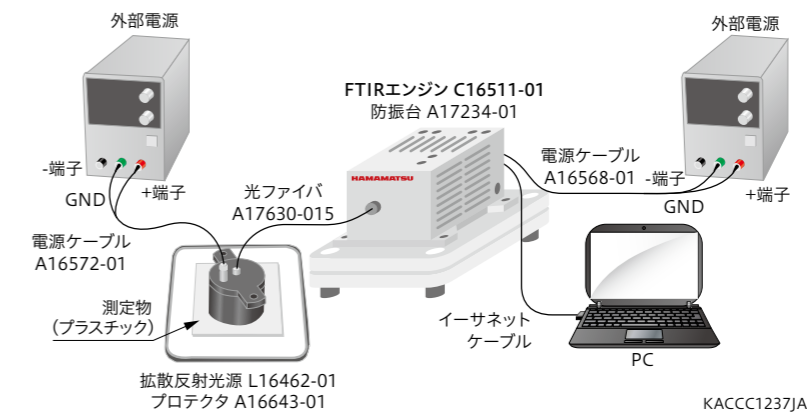


測定例

難燃剤を含んだプラスチックの選別

2 ~ 2.5 μm帯のスペクトルの違いをみることで、プラスチックに含まれる難燃剤の選別が可能です。

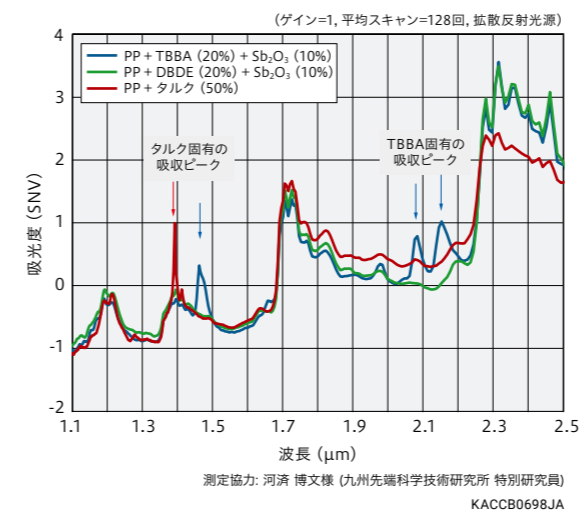
■ 測定系



【白色プラスチック (PP: ポリプロピレン) の選別】

難燃剤のTBBA (テトラプロモビスフェノールA)、DBDE (デカプロモジフェニール)、タルクの吸収スペクトルを示します。1.4 μm付近にピークがあるので、赤色のスペクトルはタルク固有の成分であると推測できます。また、TBBAとDBDEは近似したスペクトルですが、2.1 μm付近のピークの違いにより、それぞれの成分を推測することが可能です。

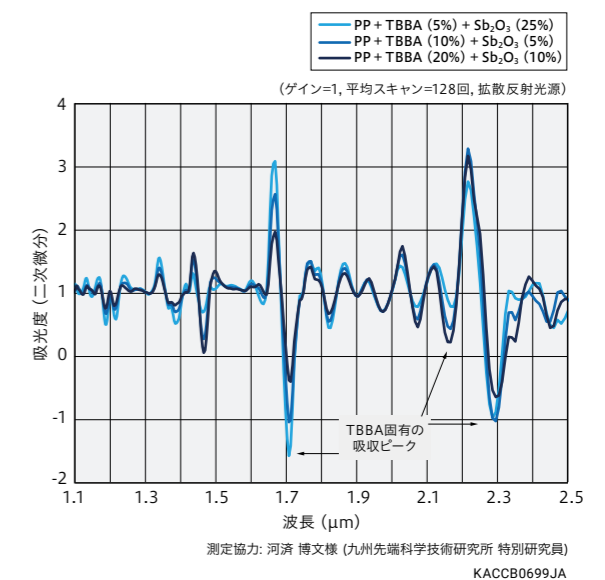
■ 測定結果



【濃度レベルの推定】

濃度の異なる添加化合物のTBBA (テトラプロモビスフェノールA) とSb₂O₃ (三酸化アンチモン) を含む白色プラスチックの吸収スペクトルを示します。TBBAの濃度は、1.7 μm、2.2 μm、2.3 μmの吸光度の違いにより推定することが可能です。

■ 測定結果



近赤外分光

拡散反射光源 L16462-01



バイオプラスチックの選別に使用可能な 近赤外分光分析用光源

拡散反射光源L16462-01は、近赤外分光器とペアで使用する小型光源です。照射用のタングステンランプと導光用のファイバを一体化した構造により、試料から放出される光を効率よく検出できます。バイオプラスチックの選別に使用可能です。

項目	仕様	単位
外形寸法（突起物を除く）	φ28 × 35.5	mm
内蔵ランプ （タングステンランプ）	数量	4
	推奨印加電圧	+5
	平均寿命	7000
		hr

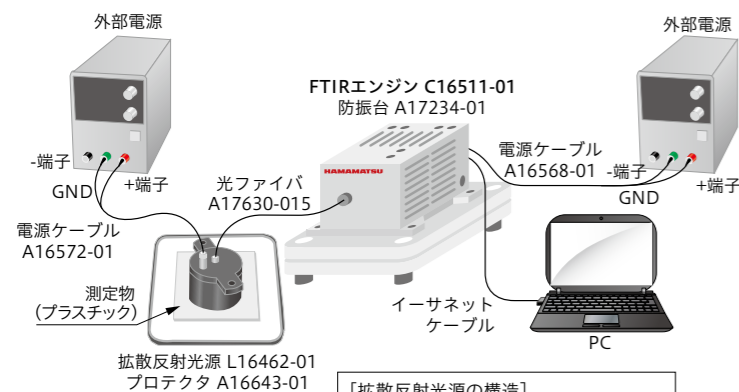
測定例

生分解性バイオプラスチックの選別

生分解性バイオプラスチックは、地球環境への負荷を著しく軽減できる素材として注目されています。

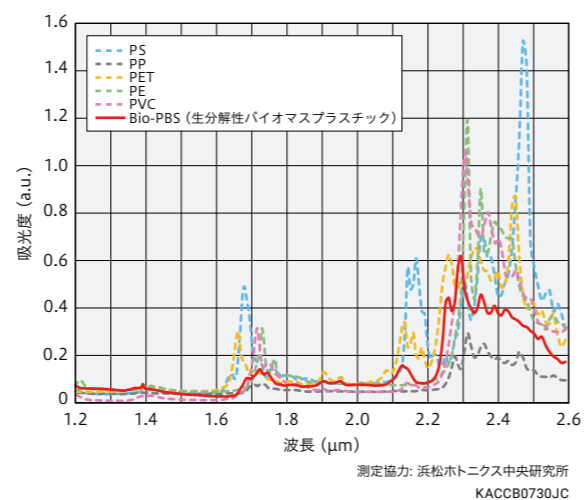
非生分解性プラスチックと生分解性プラスチックの選別により効率的なリサイクルが可能となり、廃棄するプラスチックごみの削減が期待されています。

■ 測定系



KACCC1176JB

■ 測定結果



近赤外分光

分光モジュール C15471



黒色プラスチックの選別が可能な ラマン分光モジュール

ラマン分光分析は、黒色プラスチックに含まれる顔料カーボンブラックの影響を近赤外光ほど大きく受けないため、黒色プラスチックの成分分析が可能です。吸収スペクトルのピークが鮮明に現れるため、高精度な選別が可能になり、レンズなどに使われる高性能樹脂の選別への活用が検討されています。

項目	仕様	単位
スペクトルレンジ	200 ~ 2500	cm ⁻¹
分解能	10	cm ⁻¹
外形寸法 (W × H × D)	130 × 20 × 60	mm

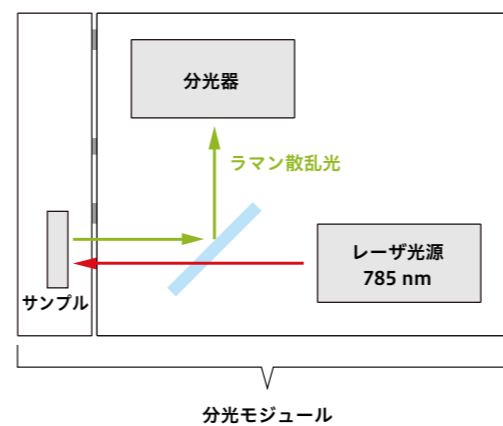
測定例

黒色プラスチック (PC) の測定

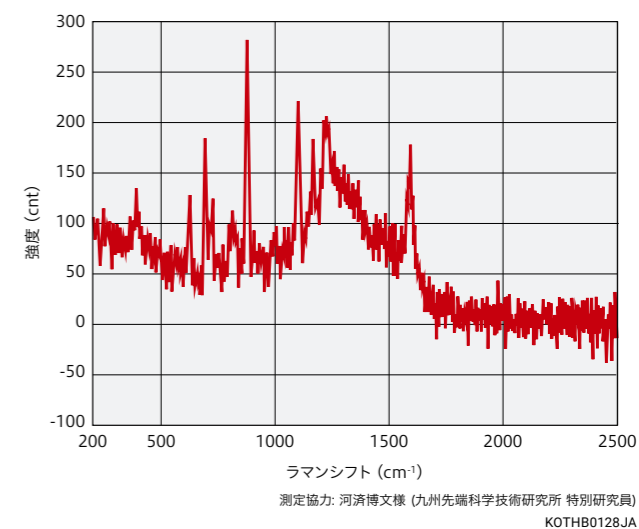
分光モジュール C15471 を使用して、黒色プラスチック (PC: ポリカーボネート) のラマン散乱光のスペクトルを測定した例です。

785 nm レーザを黒色プラスチックのサンプルに照射し、ラマン散乱光を分光モジュールで検出します。

■ 構造



■ 測定結果



- DualXTAXiは、浜松ホトニクス(株)の登録商標です。
- この資料の内容は、2026年5月現在のものです。製品の仕様は、改良のため予告なく変更することがあります。
- 本製品の設置、ご使用に関しましては取り扱い説明書などに記載されている注意事項や禁止事項をよくお読みの上、必ずお守りください。