

第5回多元技術融合光プロセス研究会

# ラマン分光法を用いた プラスチックの高精度選別

キヤノン株式会社

光学機器事業本部

計測機器事業推進センター

山崎 剛資

**Canon**

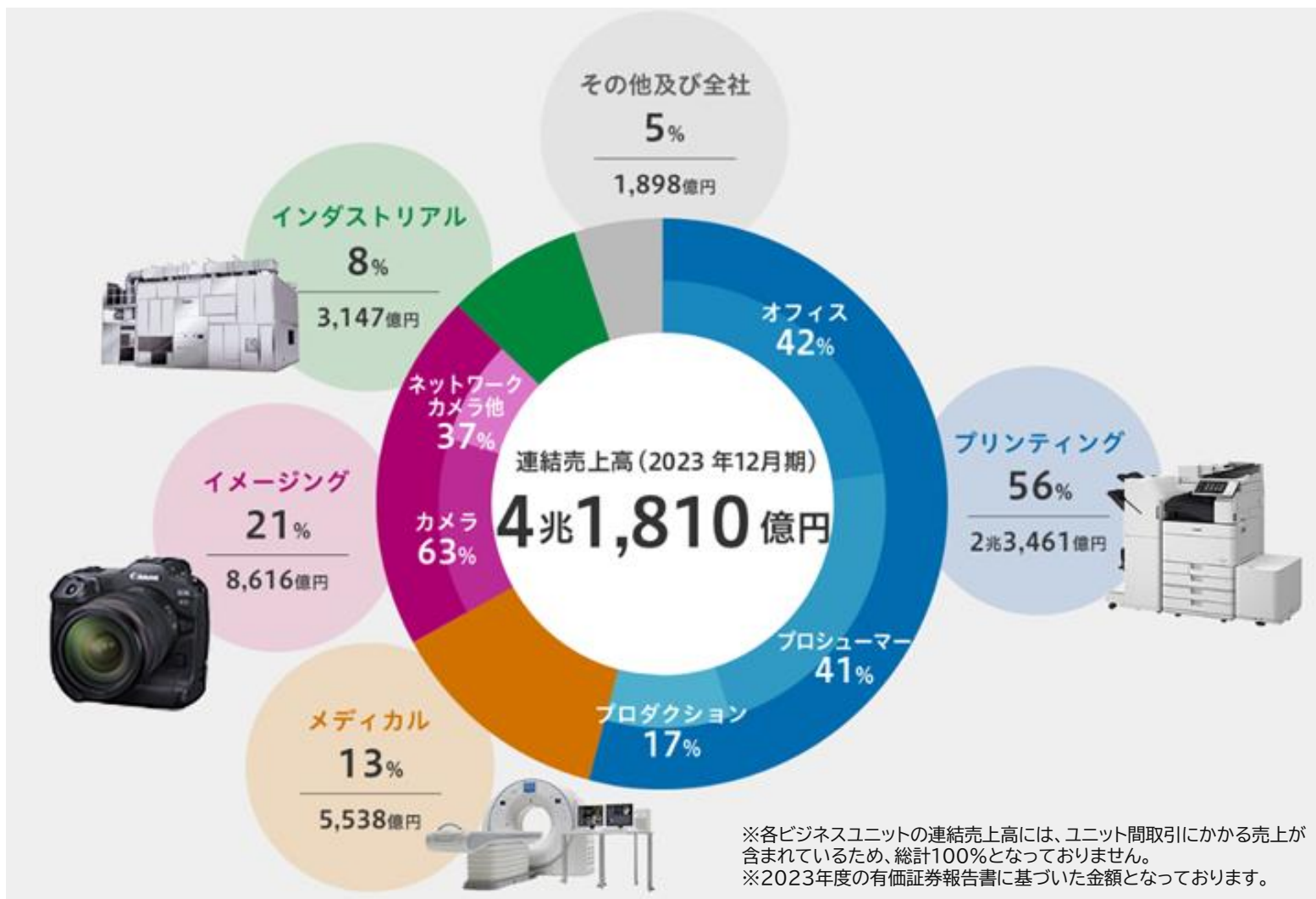
CANON INDUSTRIAL GROUP

## 本日のアジェンダ

1. 会社紹介
2. プラスチックリサイクルと従来技術の課題
3. キヤノン独自の光学式選別技術
4. 導入事例
5. まとめ

# キヤノンの事業セグメントと製品群

プリンティング、メディカル、イメージング、インダストリアルその他の主要4事業で構成





# 光学機器事業本部の事業

## 半導体露光装置



i線露光装置



KrF露光装置



ナノインプリント半導体製造装置

## FPD露光装置



中小型パネル用露光装置



大型パネル用露光装置

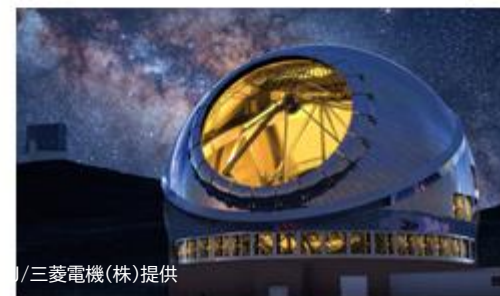
## 計測機器



コンポーネント

汎用測定器

## 天文・宇宙分野



三菱電機(株)提供

すばる 望遠鏡

# トラッキング型ラマンプラスチックソーター

独自のトラッキング型ラマンプラスチック選別技術を開発  
→2024年1月にプラスチック選別機の初号機を出荷

## トラッキング型ラマンプラスチックソーター



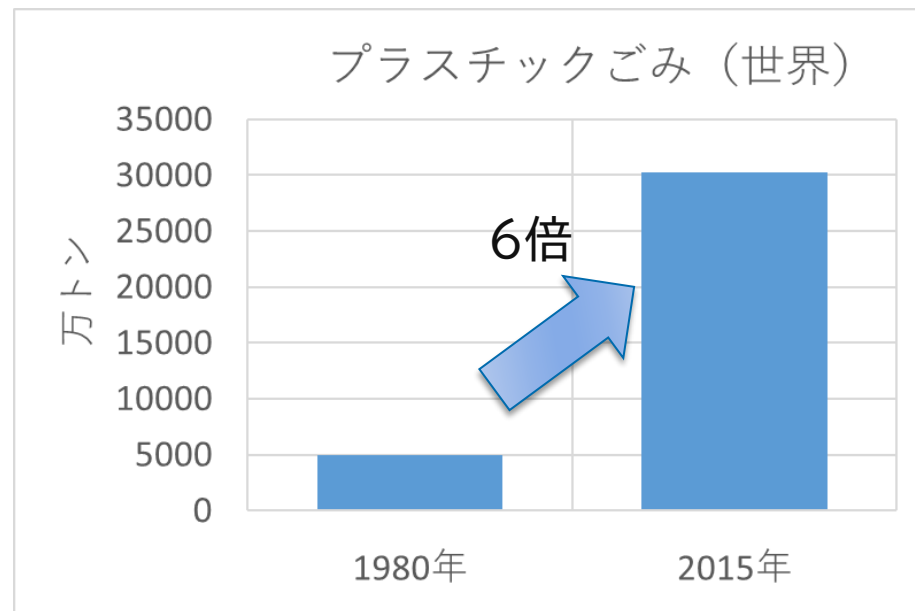
**TR-S1510**

# 本日のアジェンダ

1. 会社紹介
2. プラスチックリサイクルと従来技術の課題
3. キヤノン独自の光学式選別技術
4. 導入事例
5. まとめ

# プラスチックリサイクルの現状

## プラスチックごみの急増



約5000万トン → 約3億200万トンに急増

## 各国の法律・政策による対策強化

- EU:
  - 2015年:循環経済行動計画および各種廃棄物指令改定案  
→ プラ容器包装材に高リサイクル率目標設定
  - 2023年:欧州ELV指令  
→2031年までに新車の再生プラ使用率25%以上を提案
- 日本:
  - 2022年:プラスチック資源循環(促進)法  
→ プラ容器包装だけでなくプラ製品にまで拡大

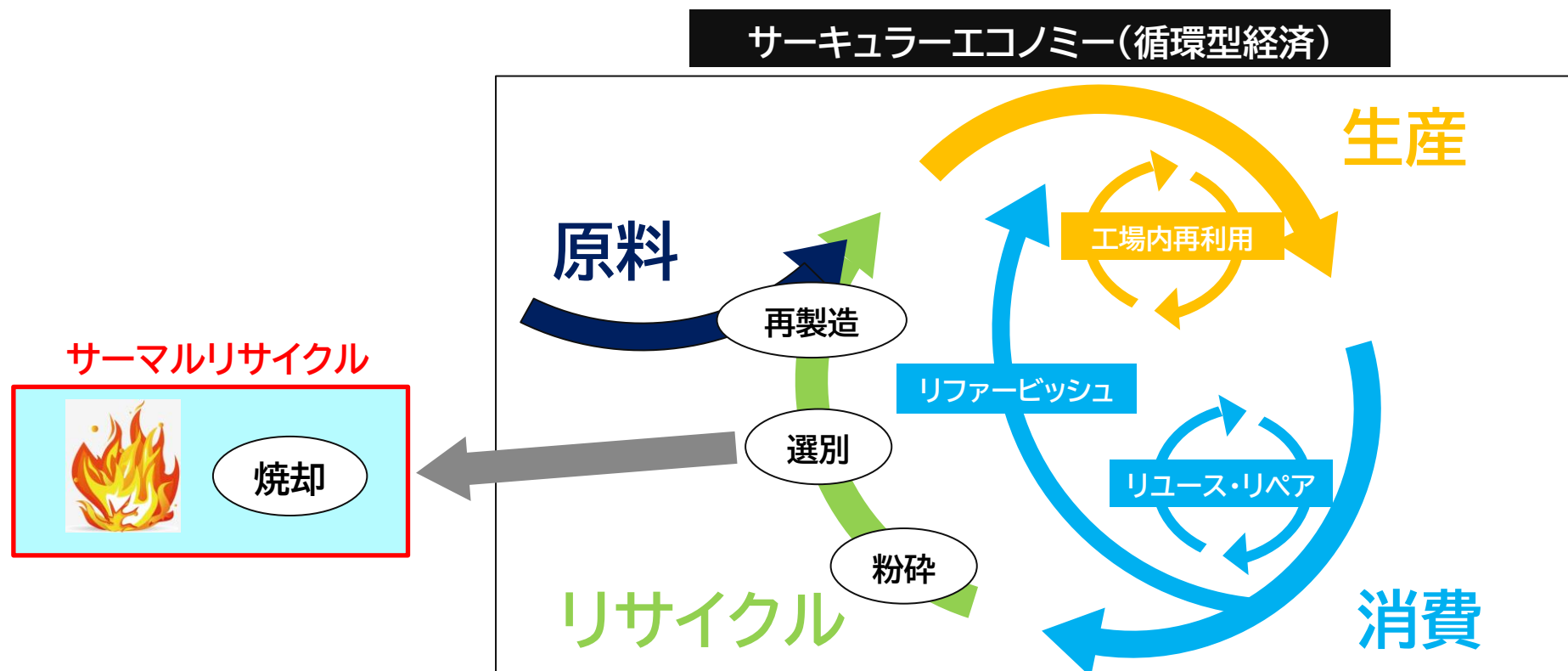
プラスチック排出量が増え、各種法規制によりプラスチックリサイクルニーズが高まっている



# プラスチックリサイクルの課題

プラスチックリサイクルでは回収した製品を粉砕し、再利用可能なプラスチック片を選別  
しかし、プラスチックの再利用は限定的で、大部分は燃やされ熱源として利用

※日本のプラスチックの排出量は822万トン。そのうち、マテリアルリサイクルは21%(173万トン)のみで、大多数は熱源(サーマルリサイクル)として利用。



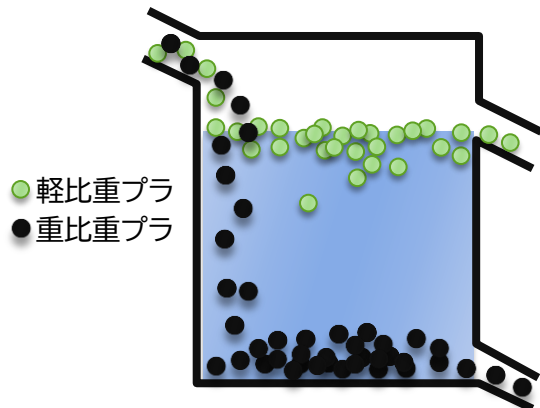
従来のプラスチック選別技術では不十分で、マテリアルリサイクルは進んでいない



# プラスチック選別技術

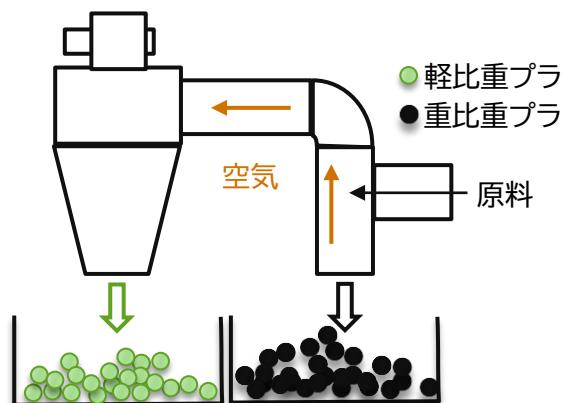
プラスチックリサイクルでは回収した製品を粉砕し、再利用可能なプラスチック片を選別

浮沈選別



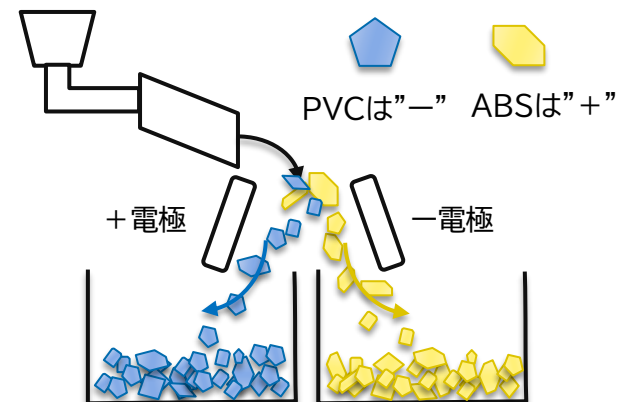
- ・**シンプル**な機械装置
- ・水を使用する為、**環境負荷が高い**
- ・近い比重の場合、**選別困難**

風力選別



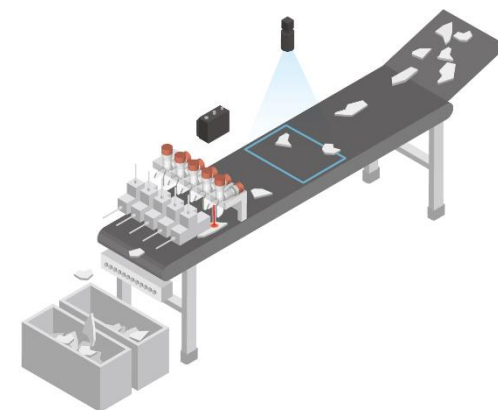
- ・風力を利用する為、**環境にやさしい**
- ・比重差が小さい場合、**選別困難**

静電選別



- ・比重差がない場合でも、**選別可能**
- ・安定選別の為に**精密な装置調整が必要**
- ・静電性が似ていると**選別困難**

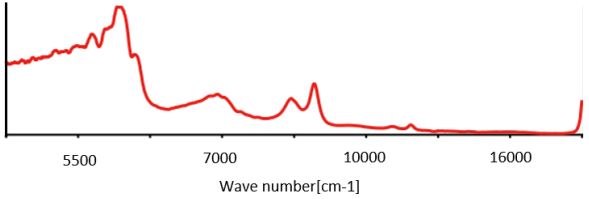
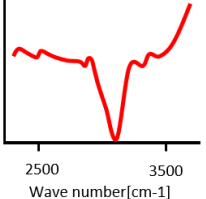
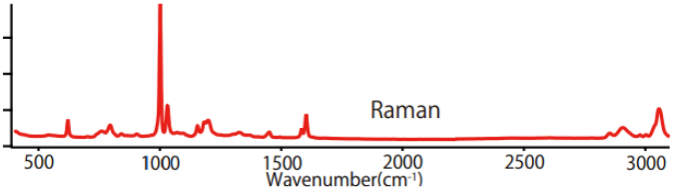
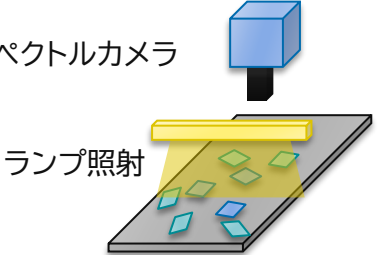
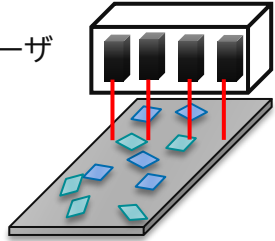
光学選別



- ・プラスチック毎の多様な分光スペクトル違いから**分離識別可能なプラスチック種類が多い**
- ・プラスチックの**色の制約**

従来のプラスチック選別技術において万能な方式が無い

# 光学選別方式

	赤外分光		ラマン分光
検出原理	<p>近赤外吸収ピークを検出</p> 	<p>中赤外吸収ピークを検出</p> 	<p>ラマン散乱ピークを検出</p> 
装置構成	<p>ハイパースペクトルカメラ</p>  <p>ランプ照射</p> <p>面照明とハイパースペクトルカメラ → <b>ライン状一括計測可能</b></p>		<p>レーザー</p>  <p>励起レーザーの集光が必要 → <b>点計測</b></p>
メリット	<p>ライン状一括計測</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>大量プラスチックを並列処理可能</b></li> <li>→ <b>光学選別方式の主流</b></li> </ul>		<p>励起光と信号光の波長が異なる為、微弱信号の検出が可能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>黒プラスチック計測可能</b></li> </ul> <p>低波数から高波数までの幅広い信号の計測が可能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>多様なプラスチック種類に対応可能</b></li> </ul>
デメリット	<p>吸収計測:微弱信号の検出困難</p> <p>ライン一括計測+赤外センサのためダイナミックレンジが低い</p> <p>中赤外はセンサの感度で計測帯域が制限</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>近赤外:カーボンブラック吸収が大きく黒プラ計測困難</b></li> <li>→ <b>中赤外:黒プラは計測できるが同時計測できる色や種類に制約</b></li> </ul>		<p>点計測 → 選別機適用には、多数のレーザーが必要 &amp; レーザ照射位置にプラスチックを流すことが必要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>プラスチック投入位置の制約</b></li> </ul> <p>微弱信号検出為の測定時間確保が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ <b>コンベアのスPEEDに制約</b></li> </ul>

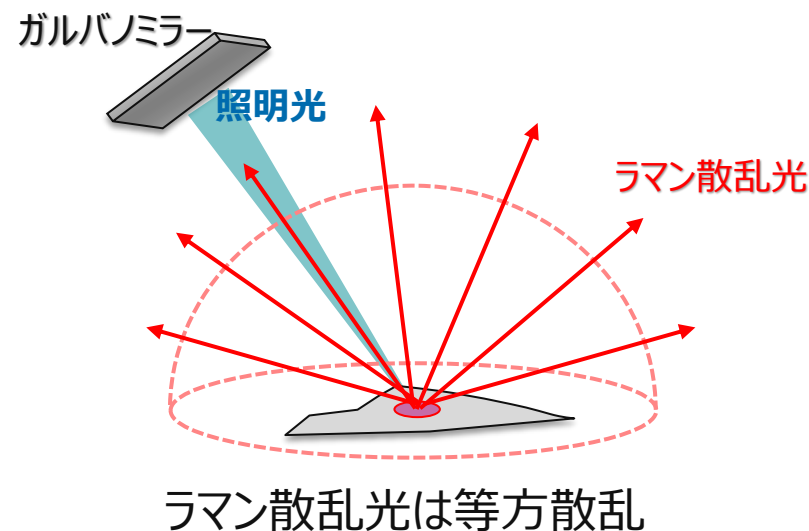
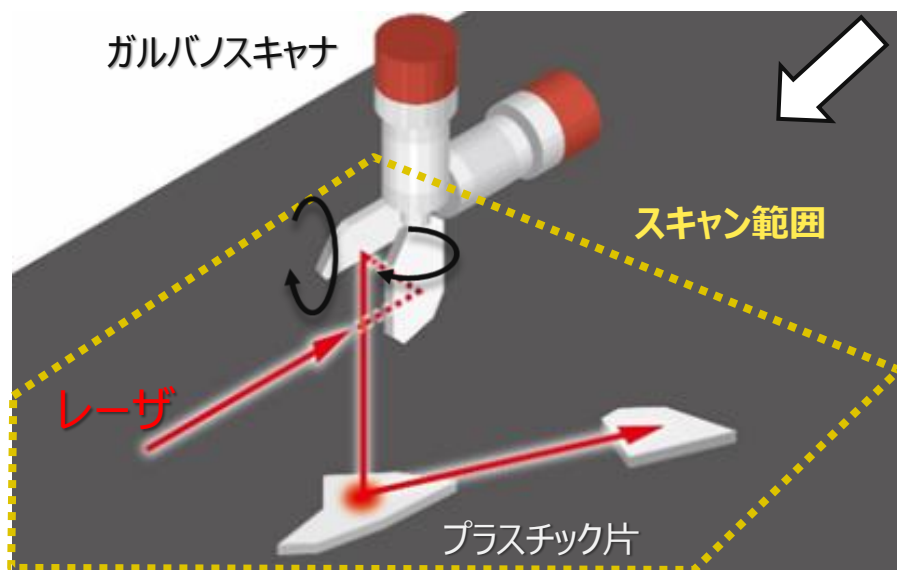
# 本日のアジェンダ

1. 会社紹介
2. プラスチックリサイクルと従来技術の課題
3. キヤノン独自の光学選別技術
4. 導入事例
5. まとめ

# トラッキング型ラマン分光方式

選別機への適用制約なく、多様なプラスチックを識別可能な選別方法を開発

- ✓ 「ガルバノスキャナ」と「ラマン分光法」を組合せたトラッキング型ラマン分光方式
- ✓ 点計測の最大の課題である「**プラスチック投入位置の制約**」を解決



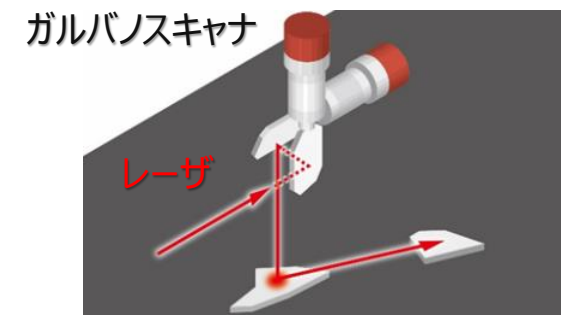
- ・2軸のガルバノスキャナで、コンベヤ上の任意の位置にあるプラスチック片に照射可能
- ・ラマン散乱光は等方的に発生するので、照明光の入射角度によらず受光可能



# トラッキング型ラマン方式の技術のポイント

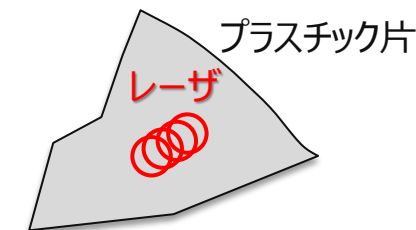
## ① プラスチック選別機対応

- 2軸のガルバノスキャナで、コンベヤ上の任意の位置にあるプラスチック片に照射可能
- 高速移動するプラスチック片にレーザトラッキングし、計測時間を確保



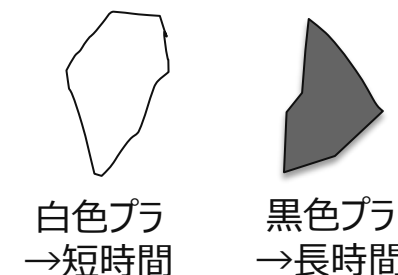
## ② 黒色プラスチック対応

- レーザの高出力化 & 高効率光学系の採用
- レーザを微小揺動させ、プラスチック片への熱ダメージを抑制



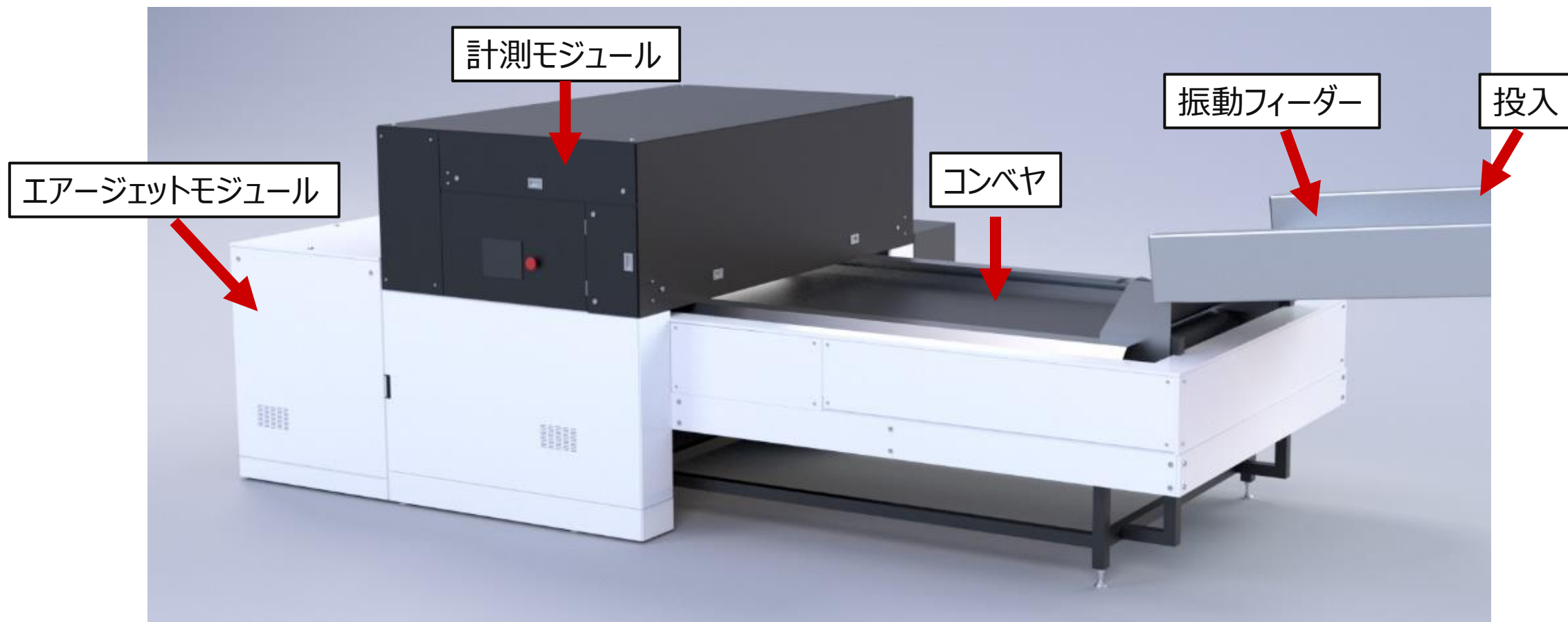
## ③ ダイナミックレンジの拡大

- プラスチック片ごとに計測時間を変更し、1個ずつ個別に計測



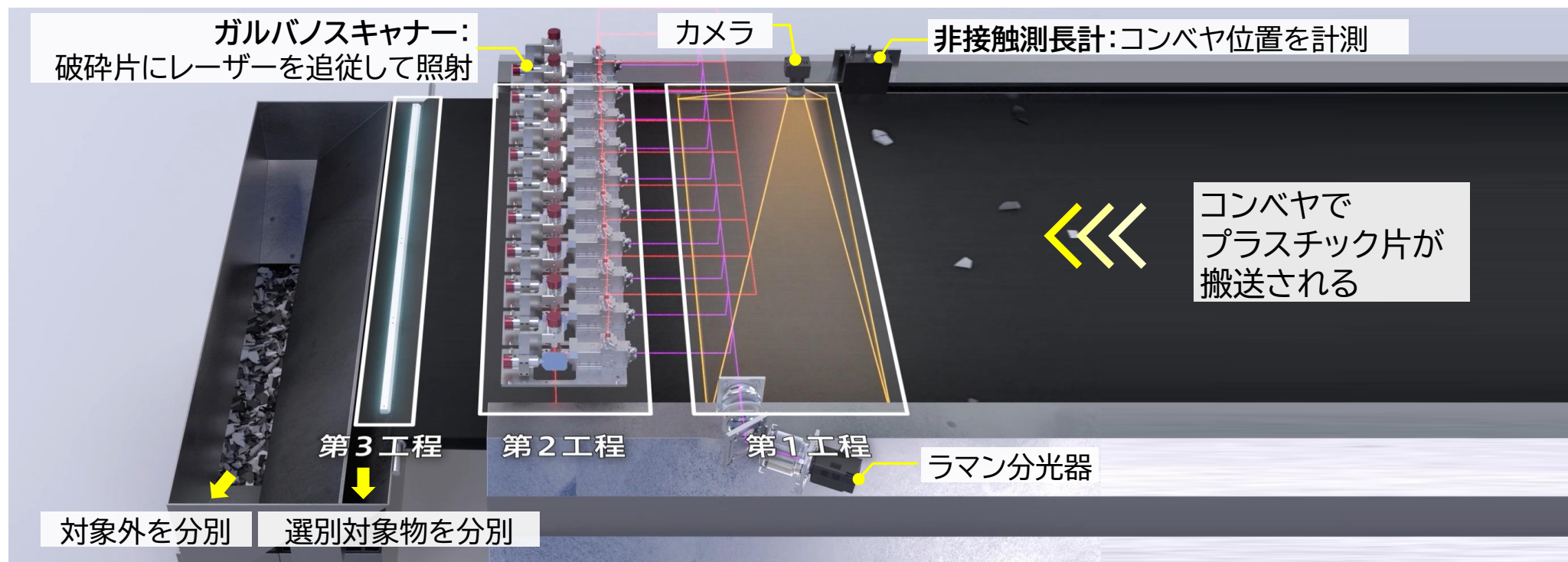
# 選別機全体

振動フィーダーからコンベヤにプラスチック片を投入し、選別処理



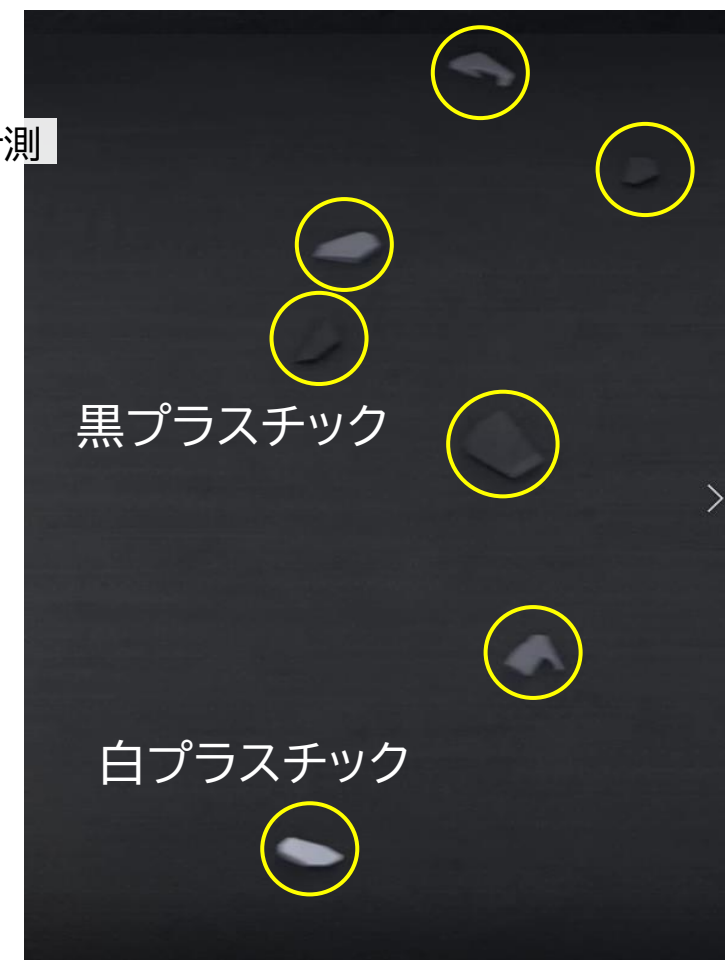
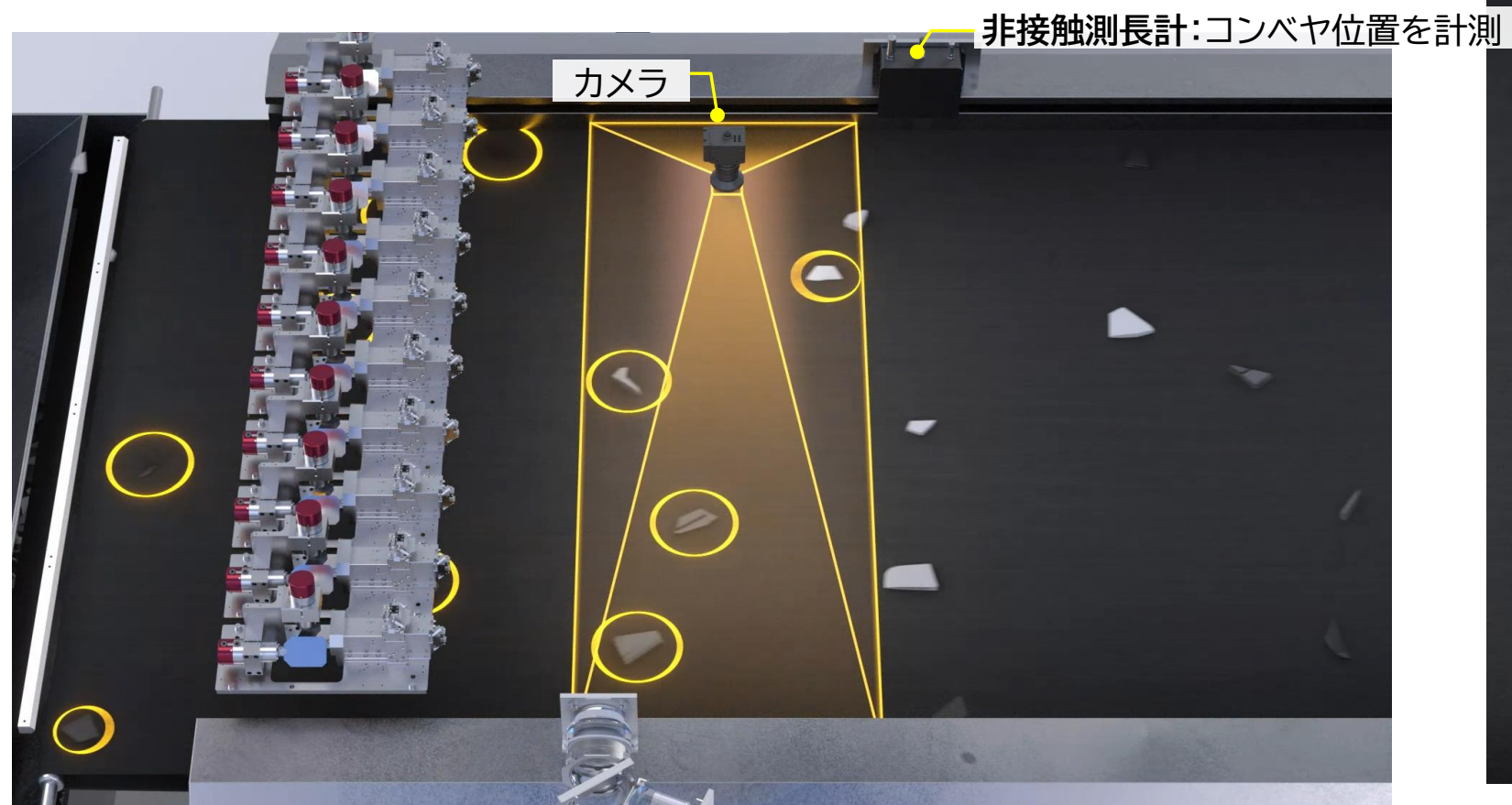
# 選別動作フロー 全体

- 第1工程 : カメラでプラスチック片の認識
- 第2工程 : レーザートラッキングして分光計測・解析
- 第3工程 : エアージェットで対象物を分別



# 第1工程:カメラで樹脂認識

- カメラでプラスチック片の位置と色を検出
- **非接触測長計**でコンベヤ位置を計測





# 第1工程：非接触測長計でコンベヤ位置計測

プラスチック片を正確にトラッキングする為にコンベヤ位置計測が重要

## 非接触測長計

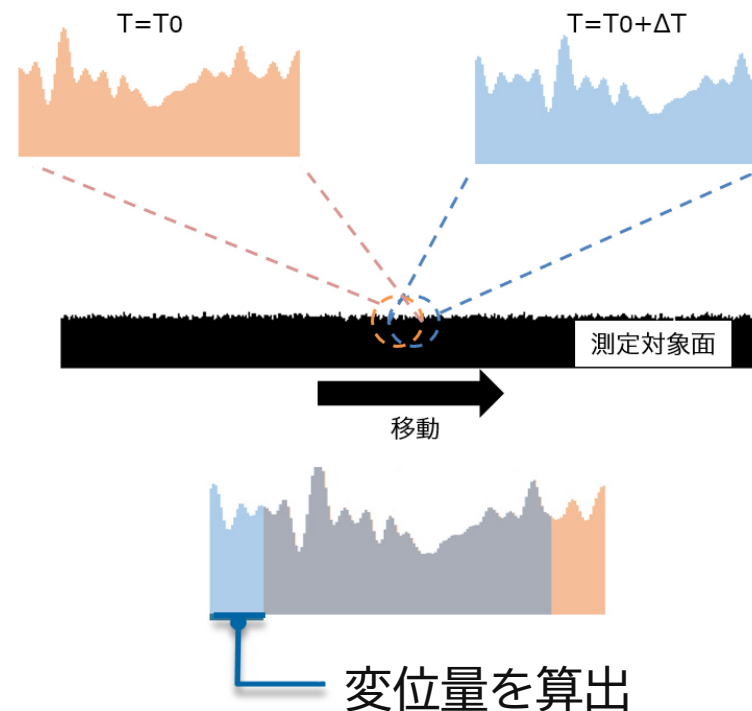


### 仕様

	PD-704
最大速度[mm/s]	4000
測定精度[%]	0.2 トラッキング精度 サブmm相当

### 原理：

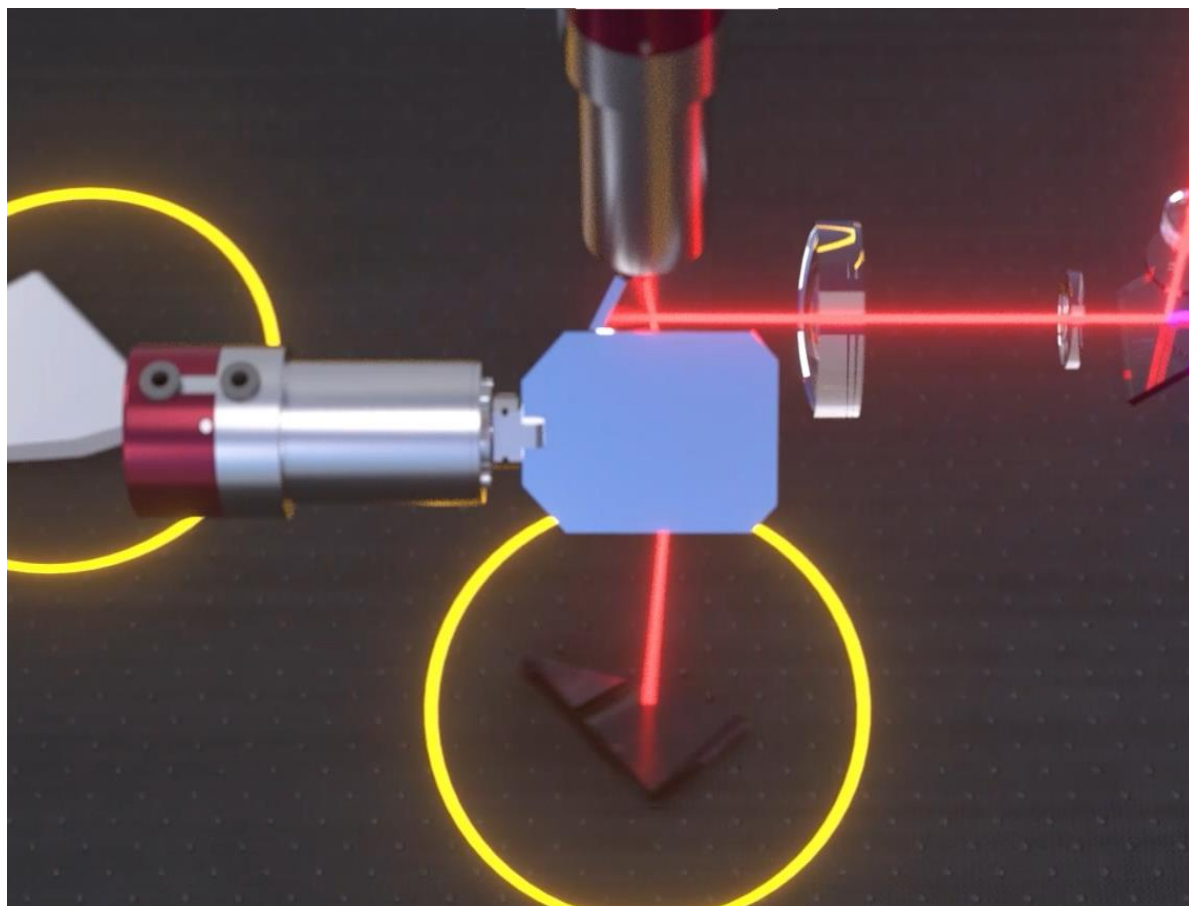
画像プロフィールをマッチングさせ、変位量を算出



コンベヤ位置計測をし、搬送方向のプラスチック片の位置検出を高精度に実現

## 第2工程:レーザートラッキング

- コンベヤとプラスチック片の位置情報からレーザー照射位置を決定
- X/Yの2軸の**ガルバノスキャナ**より広範囲にあるプラスチック片を追従照射



### プラスチック選別機への対応

- ✓ 高速移動するプラ片にレーザートラッキングし、計測時間を確保

### 黒色プラスチック選別への対応

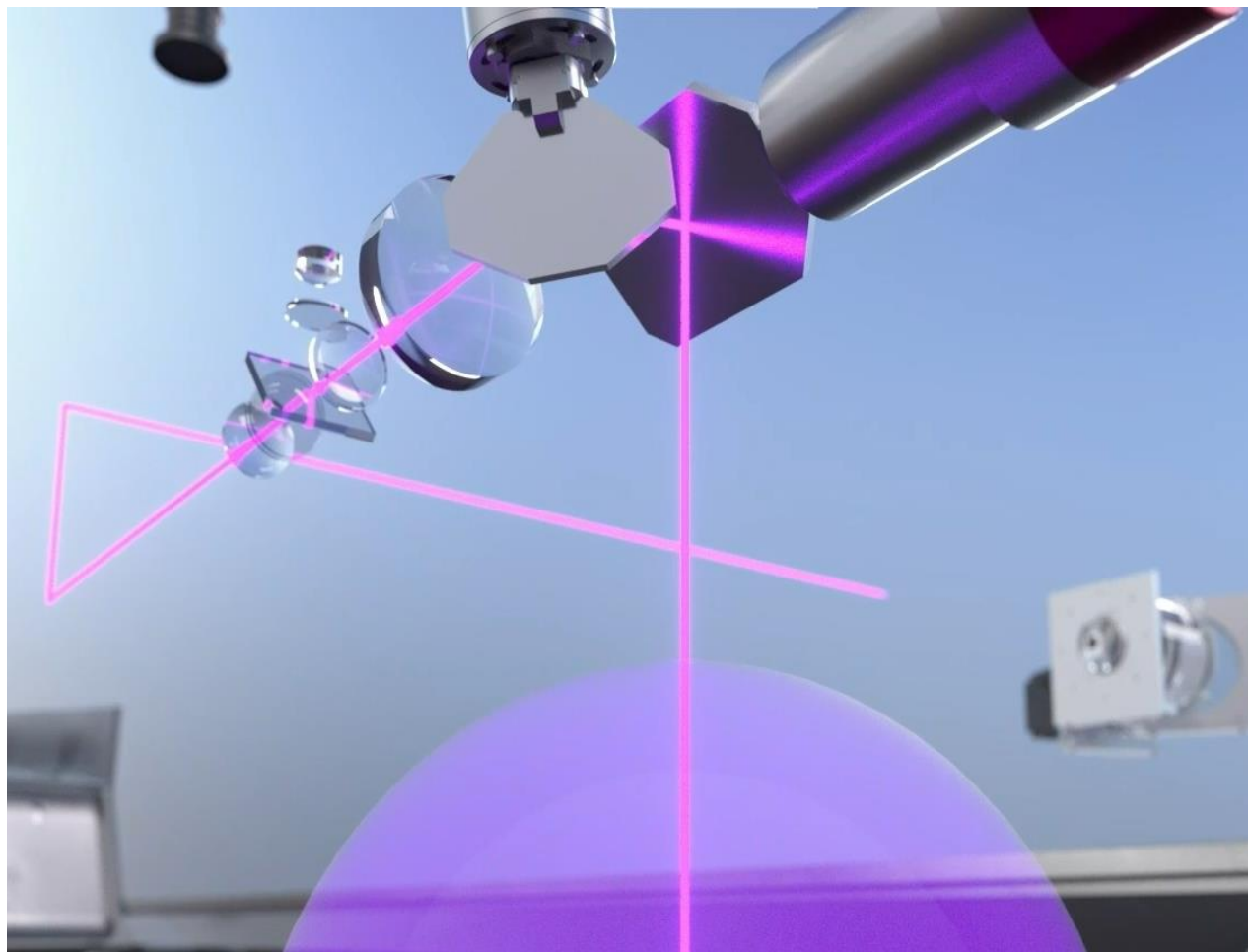
- ✓ レーザーを微小揺動させ、プラスチック片への熱ダメージを抑制

### 白黒混在プラスチック選別への対応

- ✓ プラスチックの色毎に照射時間を変えて、ダイナミックレンジ拡大を実現

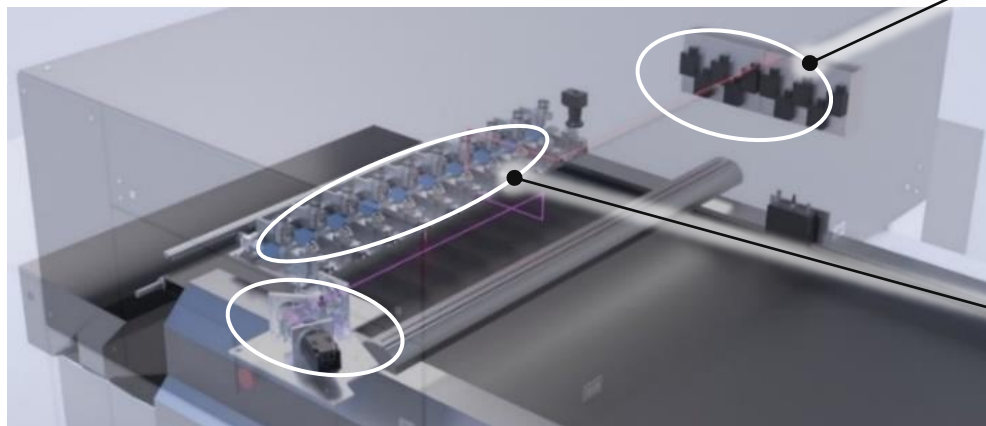
## 第2工程:分光計測

- 各プラスチック片から発生するラマン散乱光を分光計測



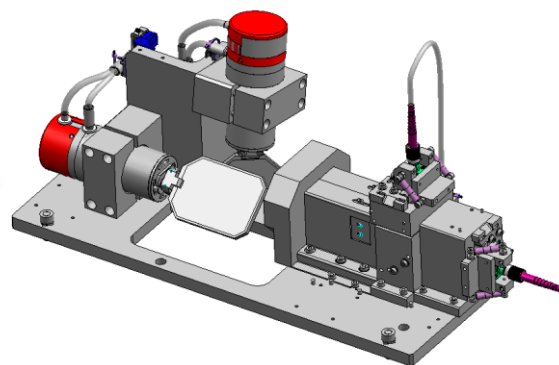
# 第2工程:分光計測

- 微弱なラマン散乱光を高効率に分光計測する光学系



①光源 高出力半導体レーザー

②ラマンプローブ(選別機用)



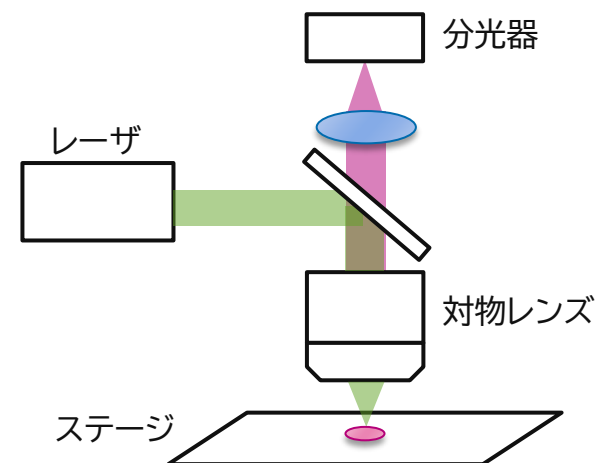
## ガルバノ仕様

	GM-1020
スキャン角度	$\pm 10^\circ$
指令分解能	$0.51 \mu\text{rad}$
位置再現性	$3 \mu\text{rad}$



- ・ガルバノスキャナによる照射位置の高速走査
- ・スキャンエリア確保の為、取り込み効率は低下するが、高出力レーザーで補完

## 一般的な顕微ラマン

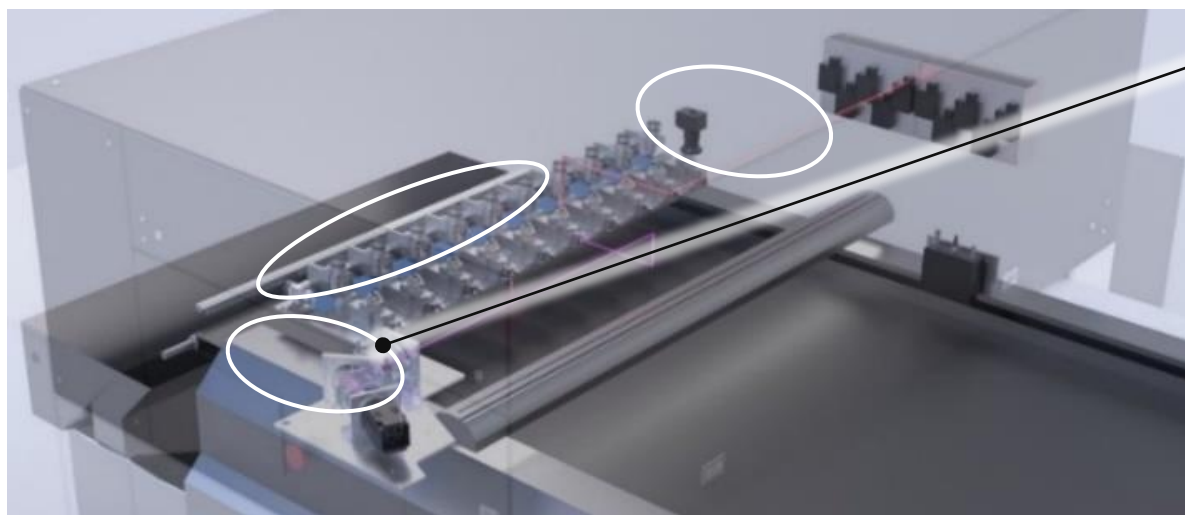


- ・ステージ駆動による照射位置の低速走査
- ・正確なフォーカス位置が必要であるが、高い取り込み効率

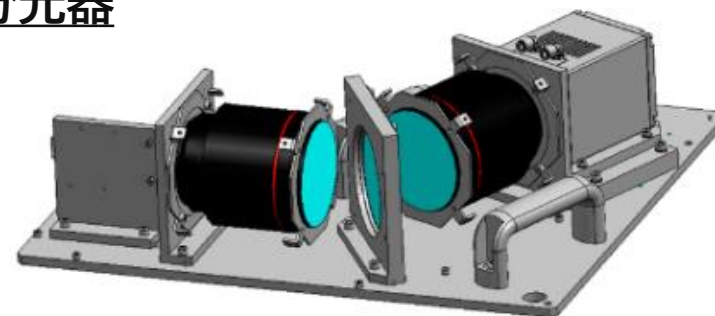


## 第2工程:分光計測

- 微弱なラマン散乱光を高効率に分光計測する光学系



③分光器

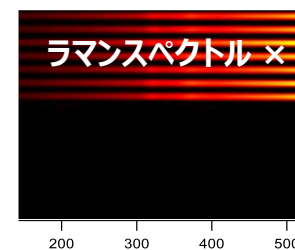


- ・大口径レンズにより、微弱なラマン散乱光を効率よく分光

プローブ1

⋮

プローブ10

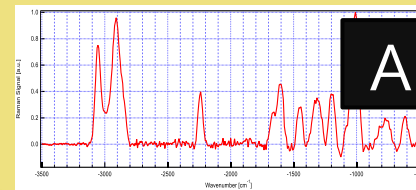


# 第2工程:分光解析

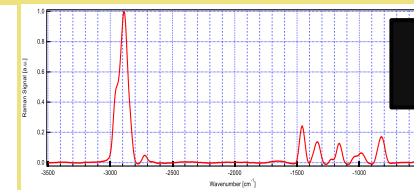
- 計測スペクトルと基準サンプルスペクトルとの一致度からプラスチックの種別を識別

基準サンプル  
データ

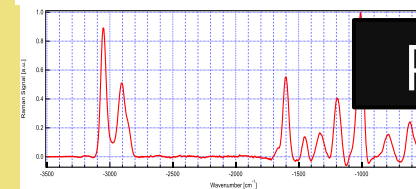
計測データ



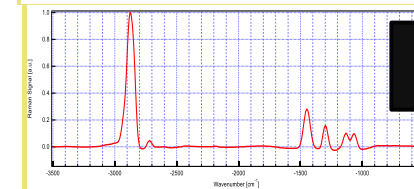
ABS



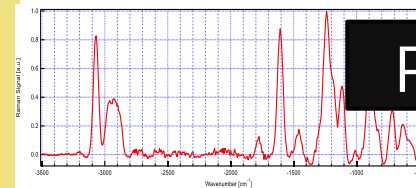
PP



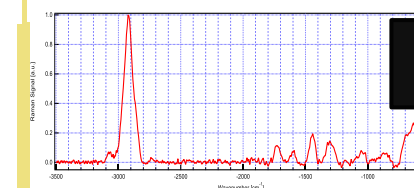
PS



PE

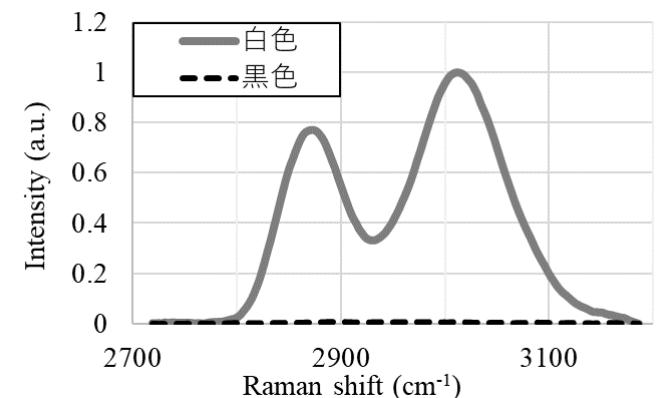
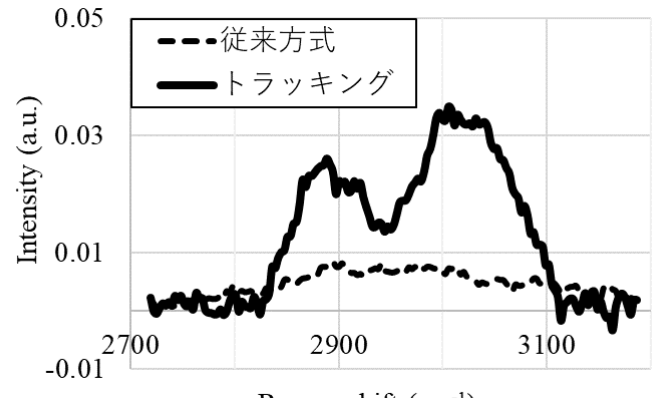
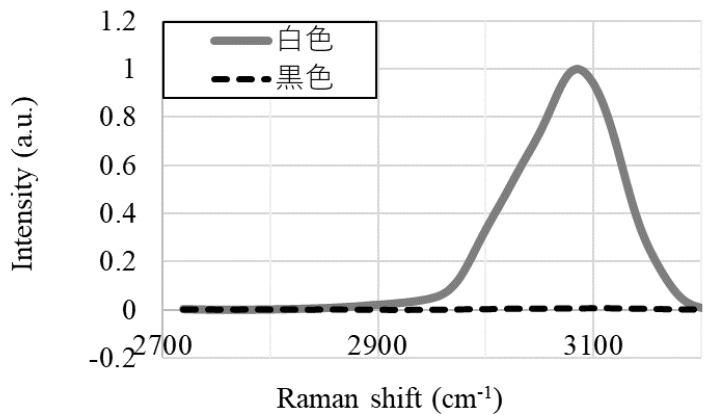
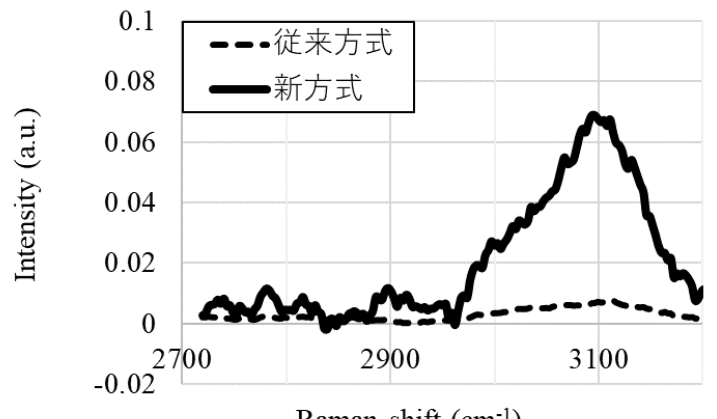


PC



PVC

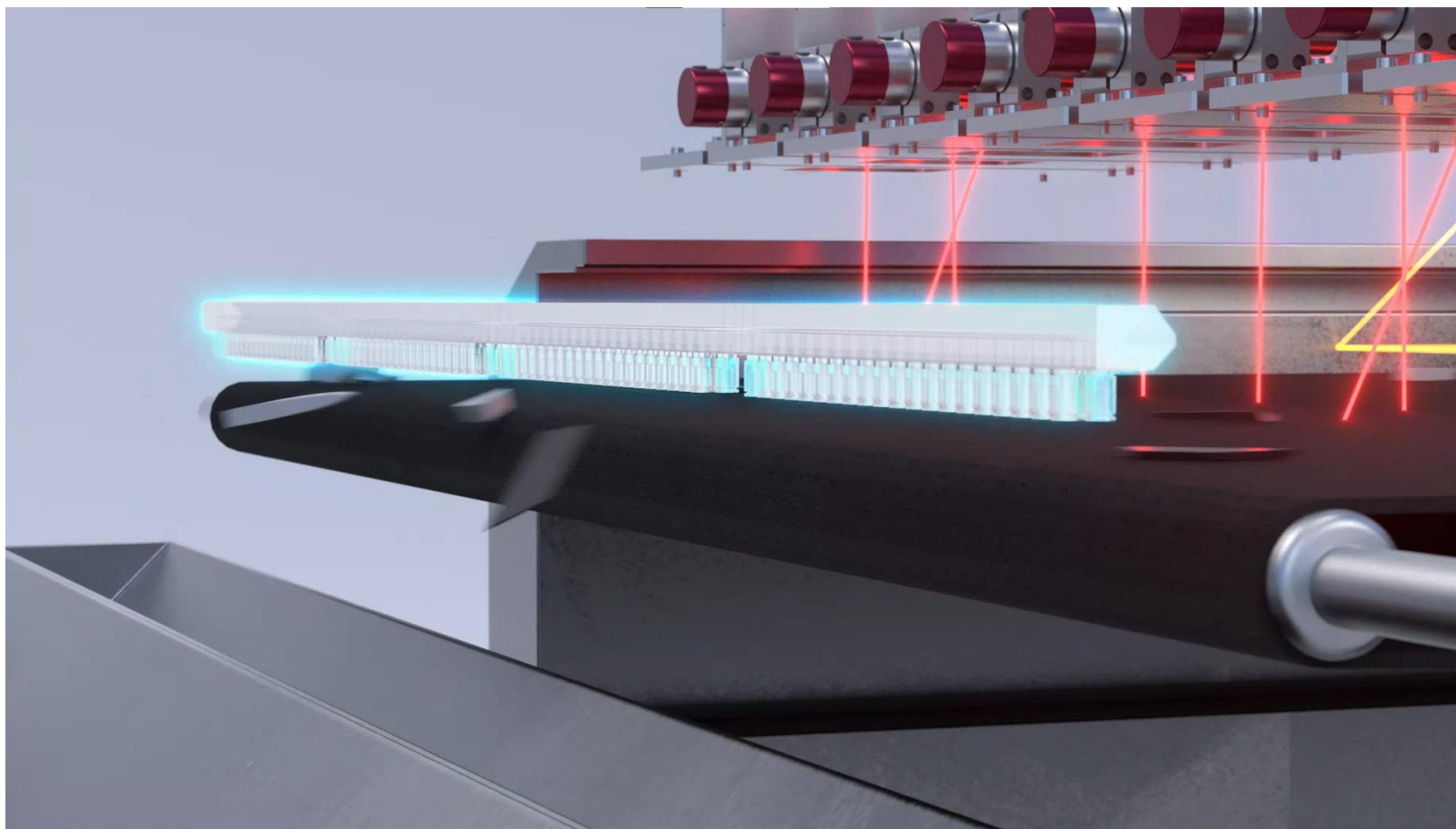
# 第2工程:分光解析

	従来方式（白色 vs 黒色）	黒色（従来 vs トラッキング）
ABS		
PP		

3桁信号量の異なる白色と黒色プラ片の識別を実現

## 第3工程:エアージェットによる分別

- 選別対象のプラスチック片をエアで分別し、対象物を打ち落とす
- それ以外は対象外の排出口に排出

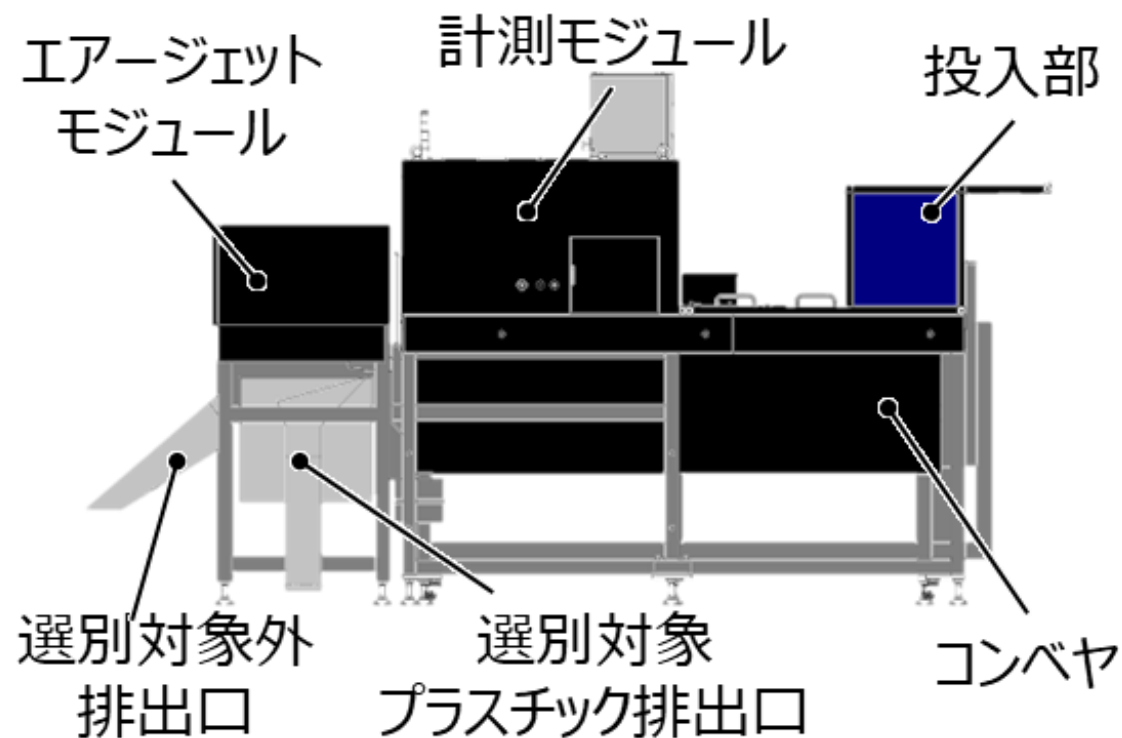




# 本日のアジェンダ

1. 会社紹介
2. プラスチックリサイクルと従来技術の課題
3. キヤノン独自の光学式選別技術
4. 導入事例
5. まとめ

# 導入装置仕様



## TR-S1510の仕様

Ch数	10Ch
最大処理量	1t/時間
最大処理能力	166個/秒
対応物	硬質プラスチック(黒色含む)
サイズ	Φ15～100mm
コンベヤ速度	1500mm/秒
本体サイズ	3000×4300×2200mm





# 導入効果

- ✓ 導入効果1: プラスチックリサイクルの生産性向上  
従来の光学式選別では識別困難であった黒色プラスチックを白色プラスチックと同時に回収することで、プラスチックの回収量の増加を実現
- ✓ 導入効果2: CO<sub>2</sub>排出量を削減  
従来は焼却処理していた樹脂をマテリアルリサイクルすることで、燃焼時のCO<sub>2</sub>排出量を削減



# 本日のアジェンダ

1. 会社紹介
2. プラスチックリサイクルと従来技術の課題
3. キヤノン独自の光学式選別技術
4. 導入事例
5. まとめ

# まとめ

- ✓ キヤノンは、これまで難しかった黒色のプラスチック選別技術を開発
- ✓ 本技術を導入したプラスチック選別機を受注開始(2024年6月～)

## 【お問い合わせ】

プラスチック選別機に関するお問い合わせは、下記URL/QRコードよりお願いします。

<https://global.canon/ja/contact/inquiry/inquiry-form.html>

※お問い合わせの際は、件名に「トラッキング型ラマン分光技術」とご記入をお願いいたします。



お問い合わせ用  
QRコード

# Leading the Future with Technology

Canon Industrial Group