

# ケミカルリサイクルを前提とした プラスチック材料の新設計指針

---

山口大学 創成科学研究科  
若手先進教授 西形 孝司

2024年1月16日

## プラスチックリサイクルの全般的な現状 産業的なリサイクルの現状は？

### ケミカル リサイクル

化学工場で分解し、モノマーやより付加価値の高いアップグレード品に化学変換する。**炭素循環可能な技術。**

プラスチックを化学的に分解する研究が必要

### マテリアル リサイクル

プラスチックを回収し、成型し直してもう一度同じ原料として使う。**再生にも限界がある。**

プラスチック由来CO<sub>2</sub>の発生は世界で8億トン(2019年)

### サーマル リサイクル

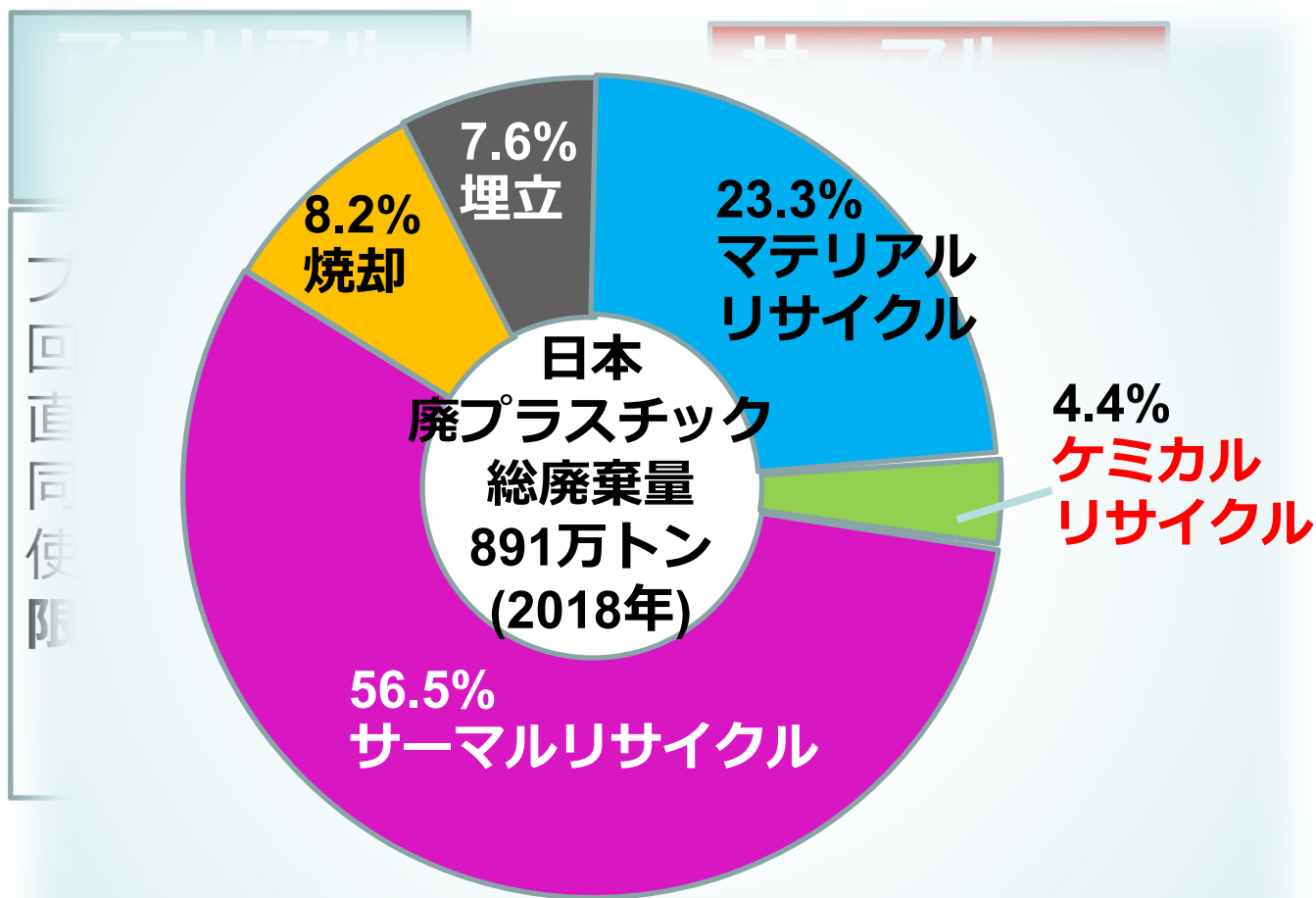
プラスチックを燃やして出た熱を回収し、エネルギーとして利用。電気やお湯として使う。**CO<sub>2</sub>大量発生。**

## プラスチックリサイクルの全般的な現状 産業的なリサイクルの現状は？

### ケミカル リサイクル

化学工場で分解し、モノマーやより付加価値の高いアップグレード品に化学変換する。炭素循環可能な技術。

プラスチックを化学的に分解する研究が必要



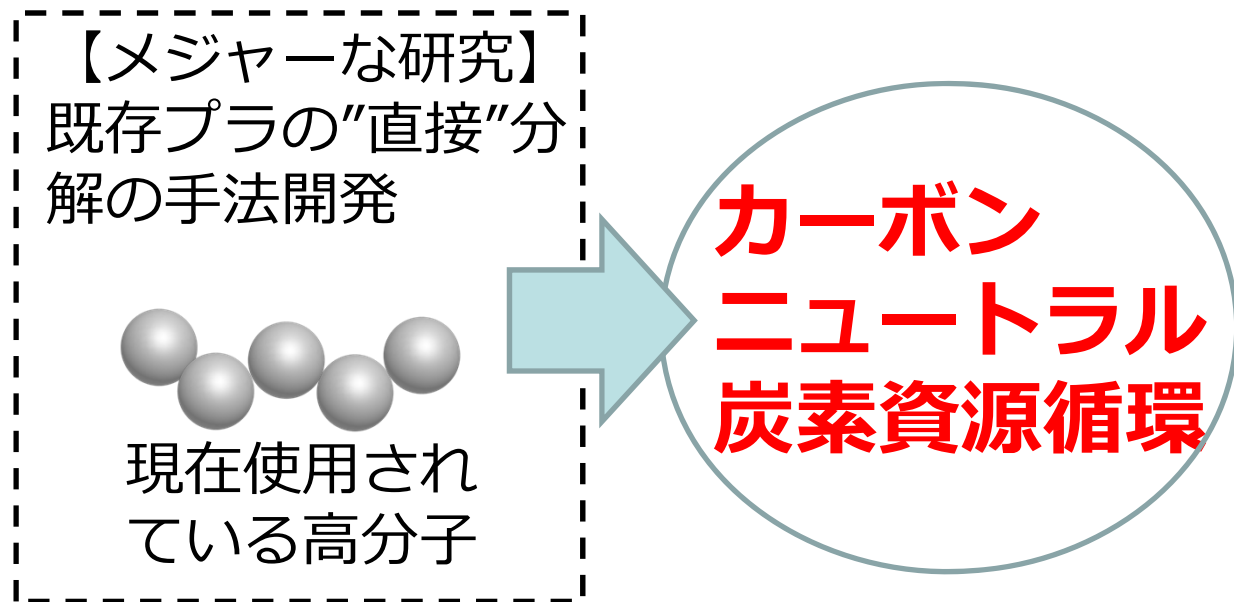
プラスチック由来CO<sub>2</sub>の発生は世界で8億トン(2019年)

出典) [温室効果ガスインベントリオフィス](#)

- ・ケミカルリサイクルの中で、サーマルリサイクルが最も経済性に優れる。しかし、**炭素資源の損失と温室効果ガスの排出**という二つの**環境問題**を抱えている。

- ・メカニカルリサイクルは、PETボトルで実用化に成功しているものの、**再生回数に限界**がある。これは最終的に焼却処分が避けられず、プラスチック問題の抜本的な解決策とはなり得ない。

→100年後も使えるリサイクル技術を確立するためには、プラスチックの分子構造そのものを見直す必要がある。



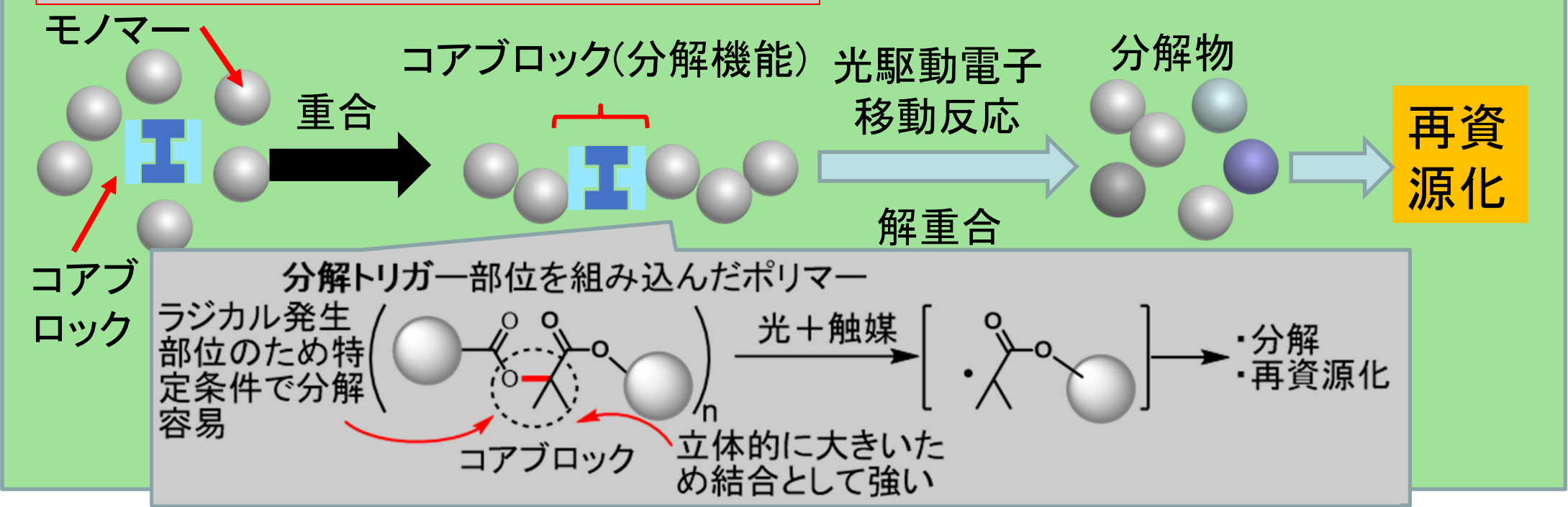
既に実用化されているケミカルリサイクルには、ビニル系ポリマーの熱分解法があるが、以下の問題が指摘されている。

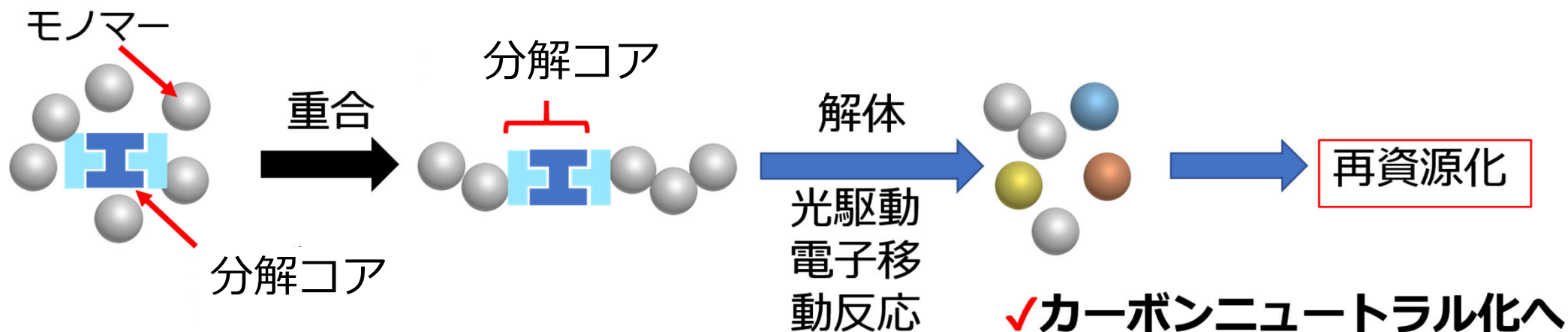
- ・ 炭素－炭素結合開裂に高エネルギー必須
    - ・ PE,PP,PSなどに限定
- プラスチック全般への適用は限定的

# 新技術の特徴・従来技術との比較



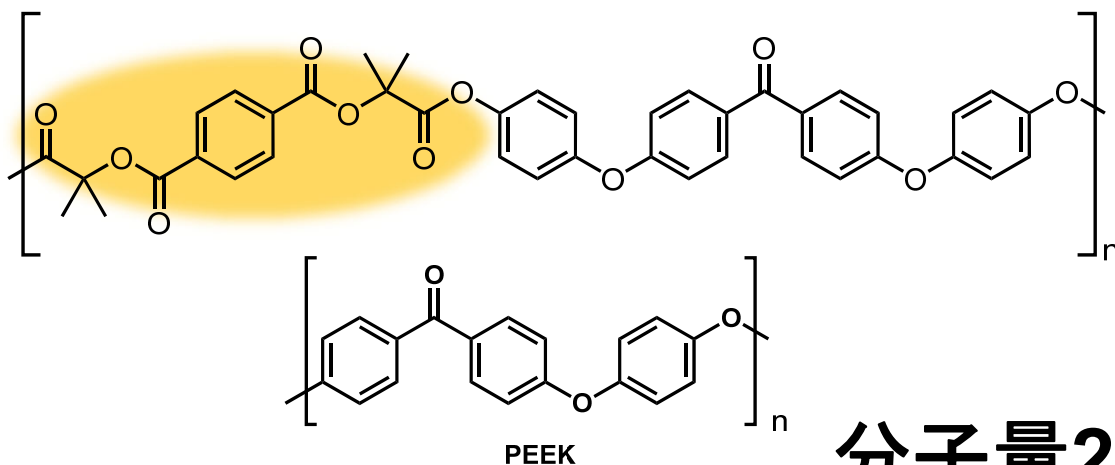
## 分解コアシステムによる次世代資源循環





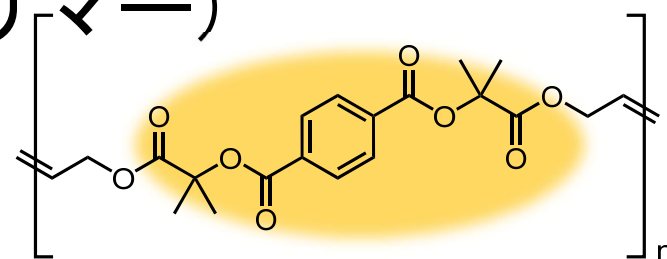
- 既存プラスチックの合成の際に、**分解コアをいれるだけで、分解性を付与**できる技術。
- 分解は、ごく微量の**光触媒存在下で対象に光照射（太陽光可）するだけで、原料またはアップグレード品へと分解**することが可能。
- 光触媒を使うので、**プラスチック自体は光のもとでも劣化しない。**

## 1. PEEK



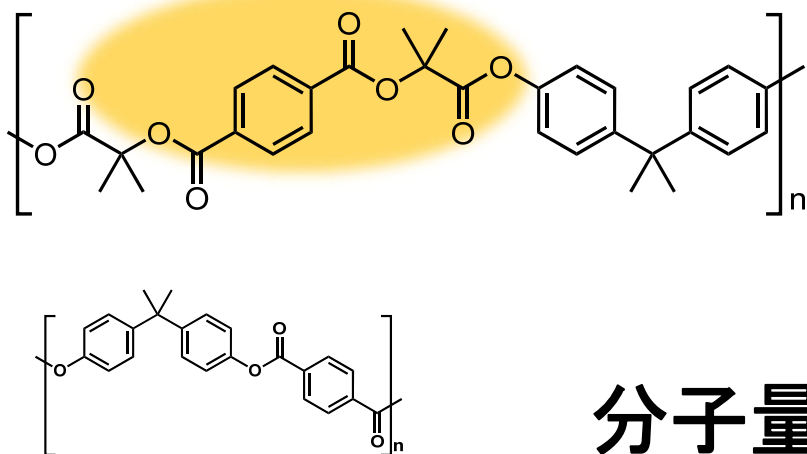
分子量2万

## 2. ポリエステル(モデルポリマー)



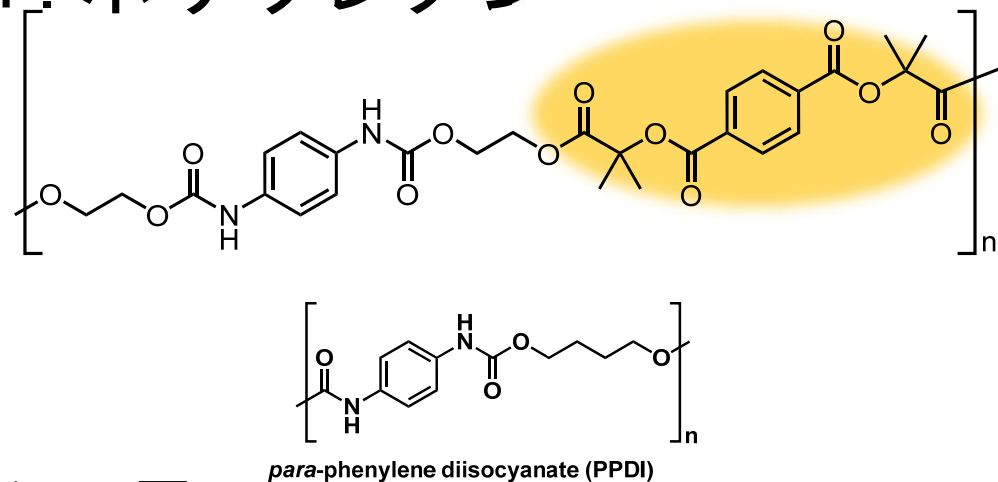
分子量1.2万

## 3. ポリアリレート



分子量4万

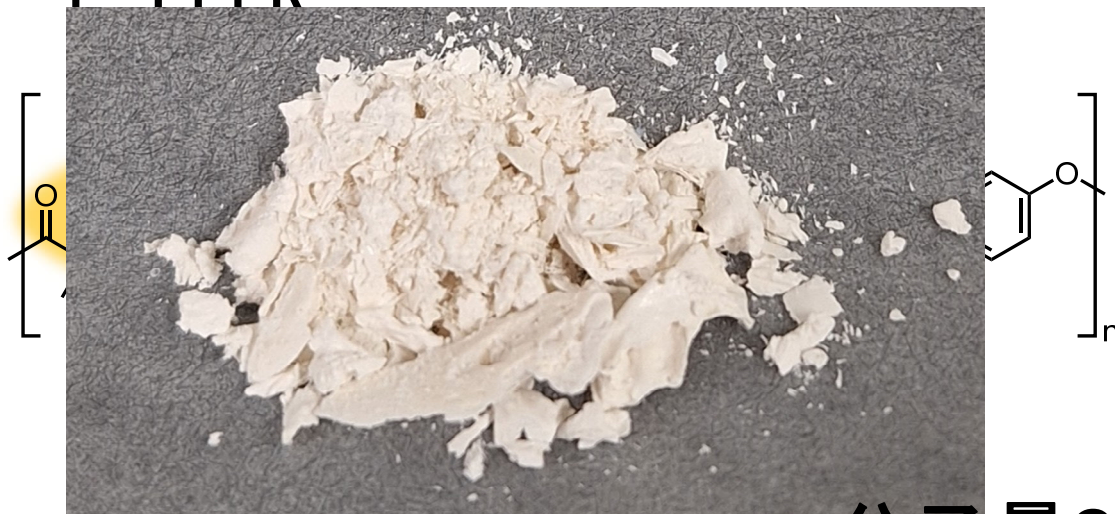
## 4. ポリウレタン



分子量5千



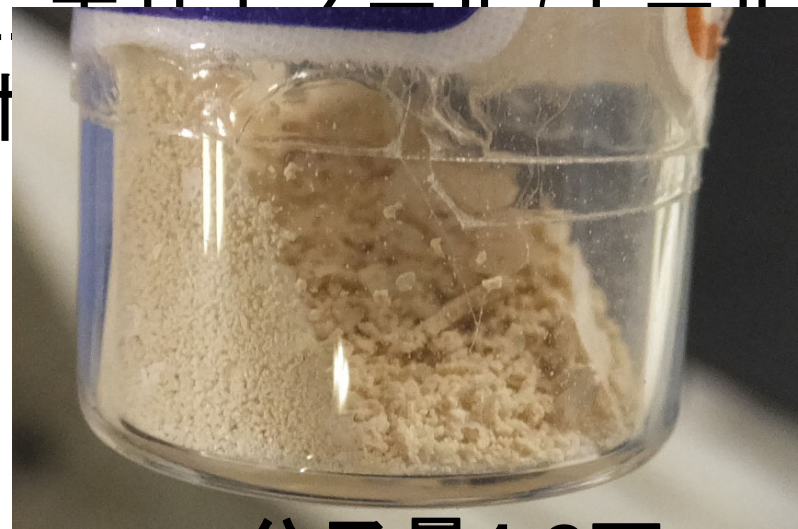
### 1. PEEK



PEEK

分子量2万

### 2. ポリエチレン (テトラ)



分子量1.2万

### 3. ポリアリレート



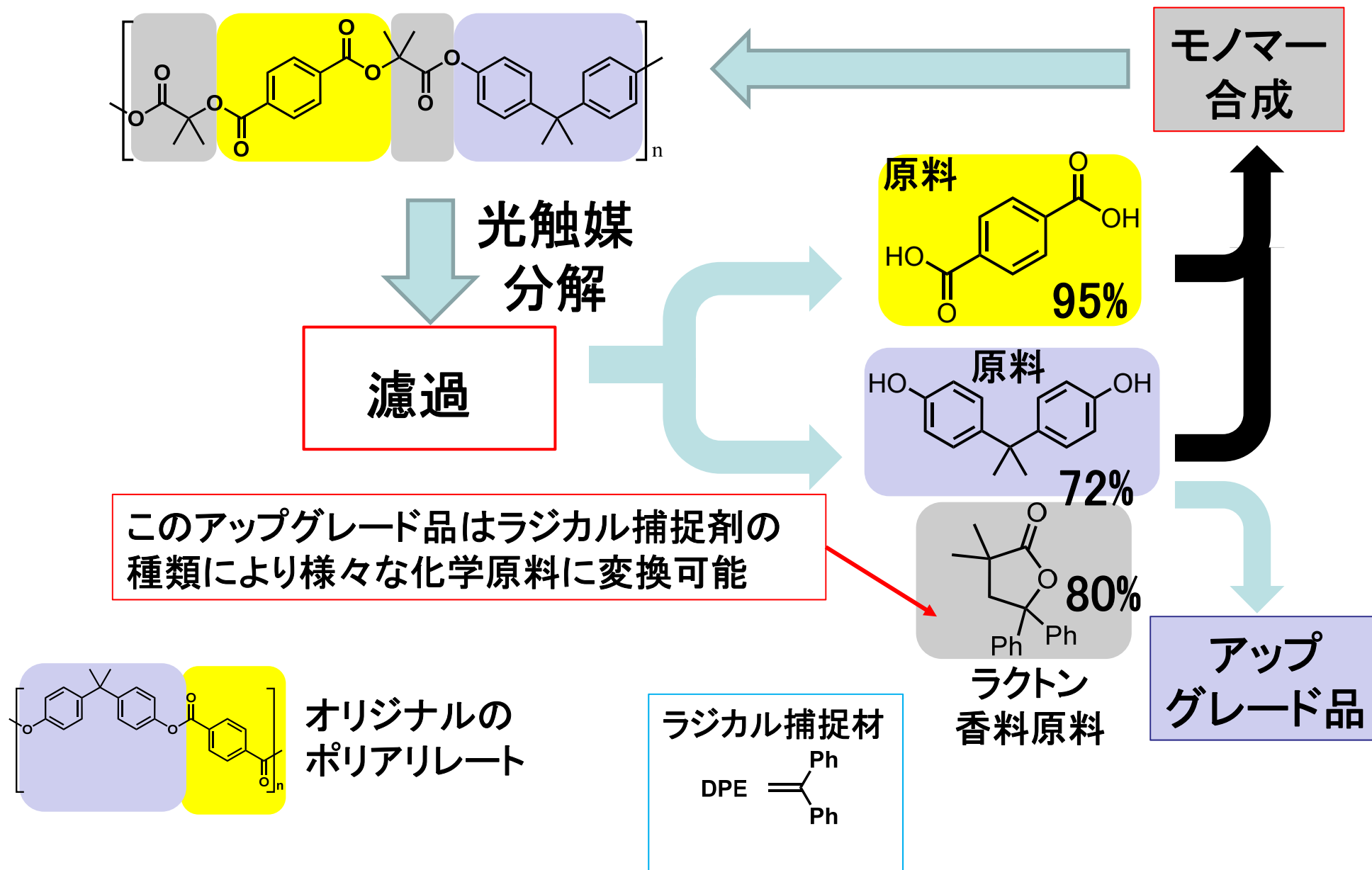
分子量4万

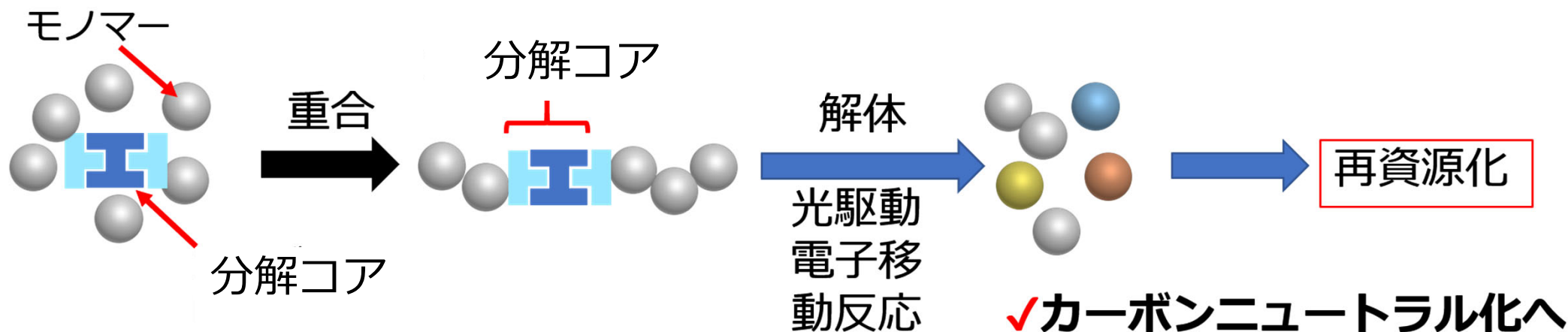
### 4. ポリウレタン



分子量

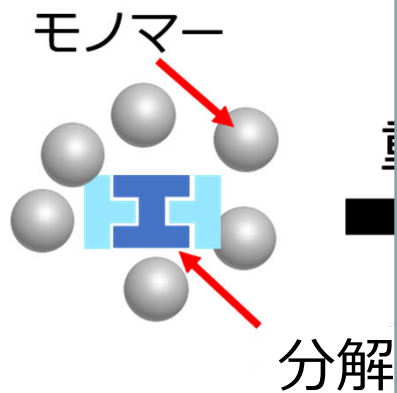
### 分解性ポリアリレートのリサイクルプロセス



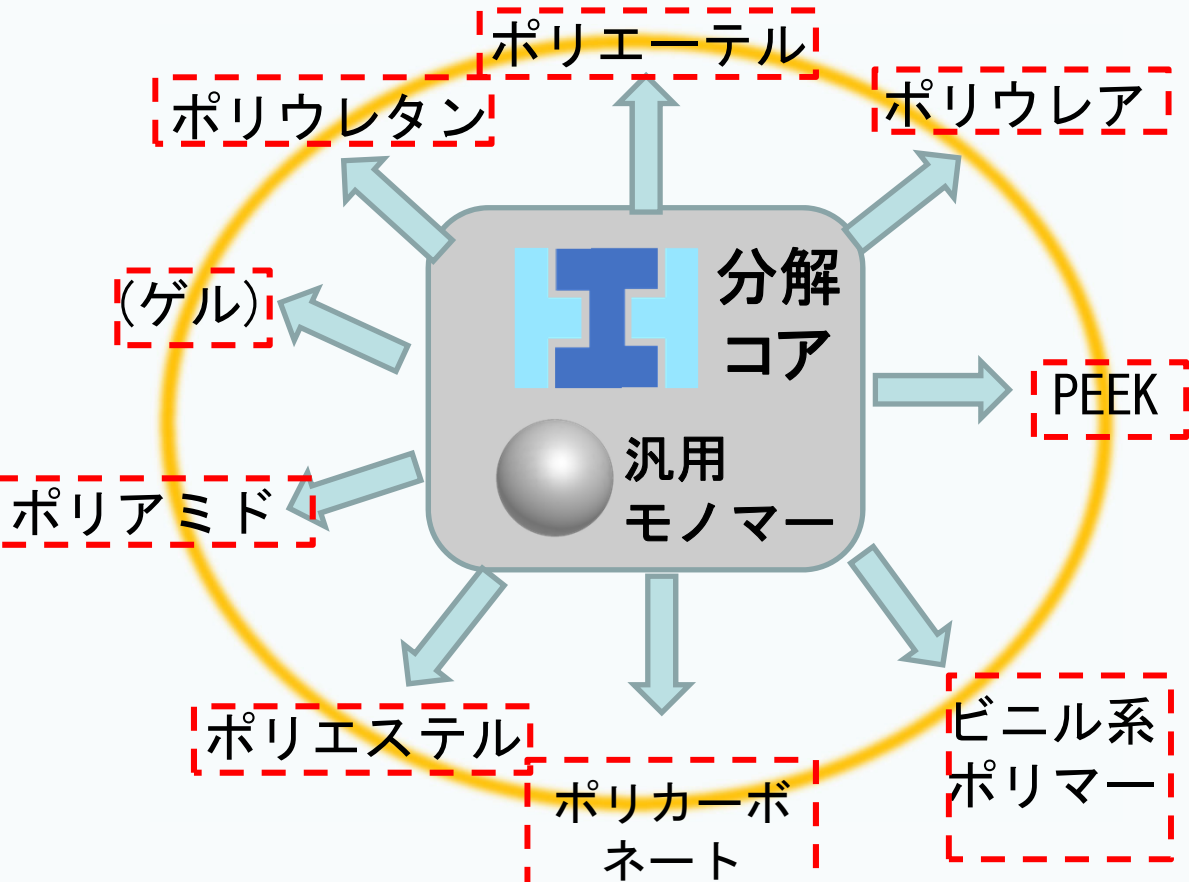


- 従来のケミカルリサイクル技術の問題点であった、**難分解性を克服**することに成功した。
- 従来のケミカルリサイクルは、個々のプラスチックに専用の分解手法開発が必要である。一方、本技術は、**全てのプラスチックに共通の分解手法を適用可能**となった。
- 本技術の採用で分解プロセスが統一化され、工場の標準化と**設備投資の効率化が実現**できる。

# 新技術の従来技術との比較



分解コアを既存モノマーを(共)重合し、**多様な分解性ポリマー**を迅速に創出可能



再資源化

ニュートラル化へ

であった、

プラスチック  
一方、本

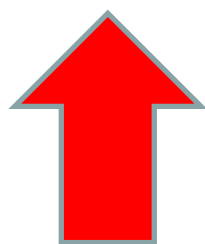
- 従来の**難分解**
- 従来の**ク**に専  
技術は、**全てのプラスチックに共通の分解手法を適用可能**となった。

- 本技術の採用で分解プロセスが統一化され、工場  
の標準化と**設備投資の効率化が実現**できる。

## 問題点

- ・炭素資源の浪費
- ・自然環境悪化
- ・再資源化困難

二酸化炭素などのガス



廃棄  
焼却  
流出  
etc...

## 現 状

生産  
(4億トン)

使用  
(年々増加)

炭素資源

回収・処理

再利用は9% (2019)

✓ 再資源化(ケミカルリサイクル)技術の不足

## 本技術: 分解コアシステム

生産  
(需要に対応)

完璧なケミカルリサイクル

炭素資源循環  
カーボン  
ニュートラル化

炭素資源  
(省資源化)

再資源化処理

回収 (分解コアシステム)

✓ 優れた再資源化技術

- ほぼすべてのプラスチックが対象。  
自動車メーカー、PC及び周辺機器メーカー、日用品、文具などプラスチックを素材として用いているメーカー全て。
- また、達成された分解性に着目すると、剥離やエッチングといった分野や用途に展開することも可能と思われる。

# 実用化に向けた課題

- 分解コアの導入、光触媒による分解、分解物のケミカルリサイクル性については技術開発を完了。
- しかし、**製品化に向けて**、分解機能を付加したプラスチックの**物性評価と分解コア導入率と分子量の調整**が課題。
- 前者は、プラスチックの種類によって必要な物性試験が大きく異なり、単一の研究室では対応が困難なため。
- 後者は、大型重合設備の問題。
- 技術実証が完了しているのは縮合系ポリマー。ビニル系ポリマーは、現在研究中。

今後、企業との共同研究にて上記実験データを共同で取得し、知財化しながら事業化を模索していく。

- 未解決の物性評価については、当該企業が扱っている技術により克服できると考えている。例えば、ポリアリレートを扱っていれば、その重合設備と物性評価は容易と想定している。その他のプラスチックも同様である。
- ケミカルリサイクル性を付与したいプラスチックをお持ちの企業、または、プラスチックの合成と物性評価技術を持つ、企業との共同研究を希望。



- 本技術は、プラスチックの資源循環を実現し、今後の環境規制に適合する素材を提供できる。これにより、企業のSDGs目標達成にも貢献できる。
- 低炭素化技術、カーボンニュートラル技術、資源循環技術を貴社に実装。
- 本格導入にあたってのプラスチック分子構造に関する本提案であるCoreTech技術指導等。

- 出願人 : 山口大学 (単独出願)
- 発明者 : 西形孝司

**知財 1 : 光分解性ポリマー (特願2023- 95714 )**

**知財 2 : 光分解性ポリマーの実施例追加と光分解触媒の改良  
公開前**

**知財 3 : 光分解性ポリマーの新しい分解コア  
公開前**

# お問い合わせ先

山口大学  
学術研究部 産学連携課

TEL 0836-85-9961  
e-mail [yuic@yamaguchi-u.ac.jp](mailto:yuic@yamaguchi-u.ac.jp)