

## 使用時には分解しない 高分解性ポリマー材料

神奈川大学 理学部理学科  
教授 木原 伸浩

2024年2月22日

## 分解性ポリマーの社会的ニーズ 1

- (海洋)プラスチックゴミ、マイクロプラスチックが社会問題化し、その解決策が求められている
- 解決策として生分解性ポリマーが有力視されている

## 分解性ポリマーの社会的ニーズ 2

- ポリマー材料のケミカルリサイクル、マテリアルリサイクルが求められている
- ケミカルリサイクル
  - 分解のコストを抑える必要
- マテリアルリサイクル
  - 塗装の除去
  - 複合材料はリサイクルできない

## 従来の分解性ポリマーの問題点

- 生分解性ポリマー
  - 供給量の制限、高い製造コスト、限られた物性
  - 分解に伴う衛生上の懸念、倫理的懸念
  - 生分解性ポリマーの適用範囲は極めて限定される
    - 農業用シート、釣り糸、手術用糸、など、回収しないことを前提にした非耐久材、のみ

## 従来の分解性ポリマーの問題点

- 光/熱/加水分解性ポリマー
  - 分解性と安定性(耐熱性・耐候性・耐薬品性)は両立しない
    - 一時的な用途以外には使用できない
    - 分解性が高いと実用ポリマーにならない
  - 分解しても消滅するわけではなく、材料表面に残存して、除去されない

## 分解性ポリマーの解決すべき課題

- 分解性と安定性の高いレベルでの両立
  - 高耐熱性、高耐候性で化学的に安定な、高分解性ポリマーの実現
  - 従来の分解性ポリマーでは、分解性と安定性はトレードオフの関係にあり、両立は不可能である
- 高強度材料であること

## 新規分解性ポリマーの特徴

### 酸化分解性ポリマー

- 従来の分解性ポリマーと異なり、

高い分解性  
使用時の安定性  
優れた物性 が両立

- 分解生成物は消失する  
– 分解液(水溶液)に溶解

### 新規分解性ポリマー

分解性

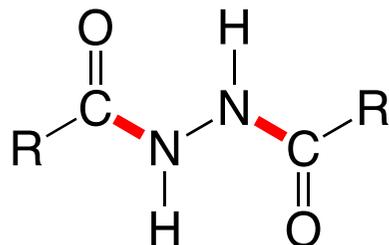
安定性

高物性

## 酸化分解性ポリマーのしくみ

### ジアシルヒドラジンの特性と反応

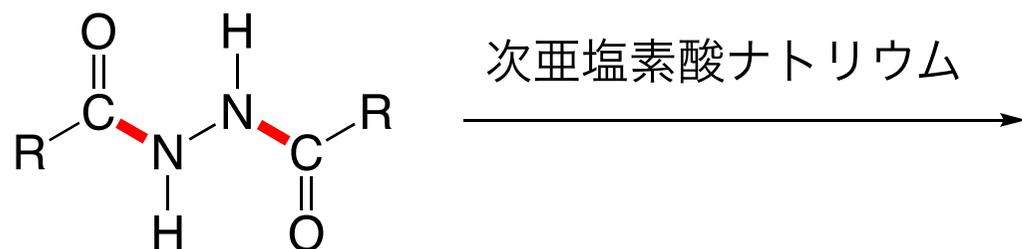
- アミドである
  - アミドは、ナイロンやアラミドの主官能基
  - 高強度、高耐熱性、耐候性、耐薬品性をもたらす



## 酸化分解性ポリマーのしくみ

### ジアシルヒドラジンの特性と反応

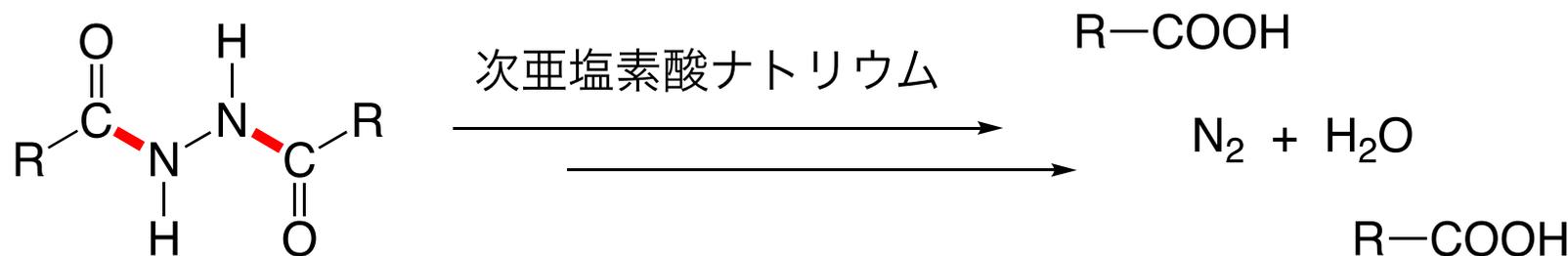
- 酸素に対して安定
  - 空気中で使用中は分解しない(酸化されない)
- 次亜塩素酸ナトリウムなどを作用させると速やかに酸化される



## 酸化分解性ポリマーのしくみ

### ジアシルヒドラジンの特性と反応

- 酸化されると、**直ち**に加水**分解**される
  - 酸化されないと、全く加水分解しない
- 生成物は**安全**な窒素ガスとカルボン酸（明確）
  - 生成物は**水溶性**で、そのまま除去される



## 酸化分解性ポリマーのしくみ

### ジアシルヒドラジンの特性と反応

- 次亜塩素酸ナトリウムは**非天然の刺激**
  - 刺激を与えるまで(使用中は)分解しない
  - 刺激が与えられると(使用后)直ちに分解消滅
- ジアシルヒドラジンを主鎖に組み込む
  - ⇒ **使用中は安定な高速分解性ポリマー**
    - 高い力学的特性

## 酸化分解性ポリマーの応用

### 酸化分解性接着剤

- 酸化分解性エポキシ樹脂



次亜塩素酸ナトリウム



自発的な剥離

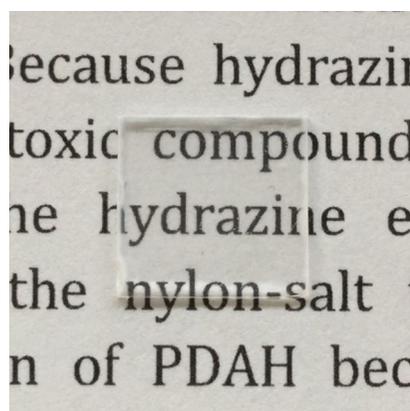


清浄な表面

## 酸化分解性ポリマーの応用

### 酸化分解性架橋体

- 酸化分解性高強度透明板
- 可逆的架橋-脱架橋



次亜塩素酸ナトリウム



消失

溶媒不溶架橋板

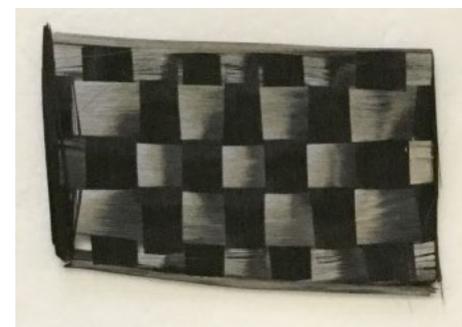
## 酸化分解性ポリマーの応用

### 酸化分解性炭素繊維強化プラスチック(CFRP)

- 酸化分解性透明架橋体をマトリックスとする



次亜塩素酸ナトリウム



回収CF

## 酸化分解性ポリマーの応用

### 酸化分解性高吸水性ポリマー(SAP)

水で膨潤した高吸水性ポリマーを  
次亜塩素酸ナトリウムで瞬間可溶化



## 酸化分解性ポリマーの応用

- 熱可塑性ビニルポリマー（主鎖が炭素-炭素結合）へも酸化分解性が導入可能
- 過酸化水素系酸化剤で酸化分解するポリマー
  - 非水素結合性で柔軟な構造のポリエステル
- 気相での酸化分解

## 想定される用途

- 分解性接着剤（エポキシ樹脂など）
- 分解性塗料（ウレタン樹脂など）
- 分解性筐体・パッケージ（ポリエステルなど）
- 分解性架橋体（高吸水性ポリマーや FRP など）
- 上記以外にも、使用中は高い安定性と力学的強度が必要とされながら、使用後は直ちに分解除去することが望ましいあらゆる分野

## 実用化に向けた課題

- 分解性（ジアシルヒドラジン）の導入に伴う物性の変化がある
  - ジアシルヒドラジンを導入しても必要な物性を出すための分子設計を必要とする
  - 個別対応
- 酸化分解性のために、材料の合成から行なう必要がある

## 企業への期待

- 既存の材料がベースでも、用途に応じた分子設計によって新しい材料を開発する
- 新規材料の開発を目標にする企業
  - 自社で新材料の合成が難しい場合は、受託合成会社との三者共同研究が必要
- 成形・商品開発を目標とする企業
  - 用途・製品に応じた材料を開発・提供する素材メーカーとの三者共同研究が必要

## 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : ポリ(ジアシルヒドラジン)の製造方法、及びポリ(ジアシルヒドラジン)
- 出願番号 : 特開2011-052075
- 出願人 : 学校法人神奈川大学
- 発明者 : 木原 伸浩

他8件、未公開特許もあり

## 産学連携の経緯

- 秘密保持契約、共同研究・受託研究・学術指導契約を締結の上で、産学連携による材料開発を行なう
- 共同研究の成果は、共同名義による特許出願

## お問い合わせ先

**神奈川大学**

**研究推進部 産学官連携課**

**T E L 045-481-5661**

**F A X 045-481-6077**

**e-mail [sakangaku-renkei@kanagawa-u.ac.jp](mailto:sakangaku-renkei@kanagawa-u.ac.jp)**