NEDO脱炭素技術分野成果報告会2025　（分野：カーボンリサイクル_化学品・燃料）
発表No.：2-9-4

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／カーボンリサイクル・次世代火力推進事業／カーボンリサイクル技術の共通基盤技術開発

CO_2マルチユーズ基幹化合物とバイオポリマー製造法の研究開発

団体名：（国）九州大学、（国）東北大学、CHEMIPAZ（株）

事業の目的・目標

バイオマス・CO_2由来の基幹化合物やポリマー製造技術の開発

課題1: バイオマス由来基幹化合物

非可食原料からの変換スキーム

原料 → セルロース（成分分離） → 糖（糖化） → 基幹化合物

大半の既往基幹化合物の原料は糖（グルコース）

遅速でコスト高な成分分離や糖化がボトルネックとなり化石由来品との競合に難

課題2: CO_2由来基幹化合物

従来ターゲットの例（H/C比）
- メタン　CH_4（4）
- メタノール　CH_3OH（4）
- オレフィン　C_nH_{2n}（2）
- ギ酸　H_2CO_2（2）　等

エネルギー目的が多い
貯蓄がやや困難
多量の水素が必要

課題3: バイオポリマー

バイオプラスチック導入基本方針（現状の課題）
- ○国産非可食原料へのシフト
- ○低コスト化
- ○機能の多様化（ラインナップ拡大）
- ○使用後のフロー
- ○持続可能性

CO_2導入も求められる

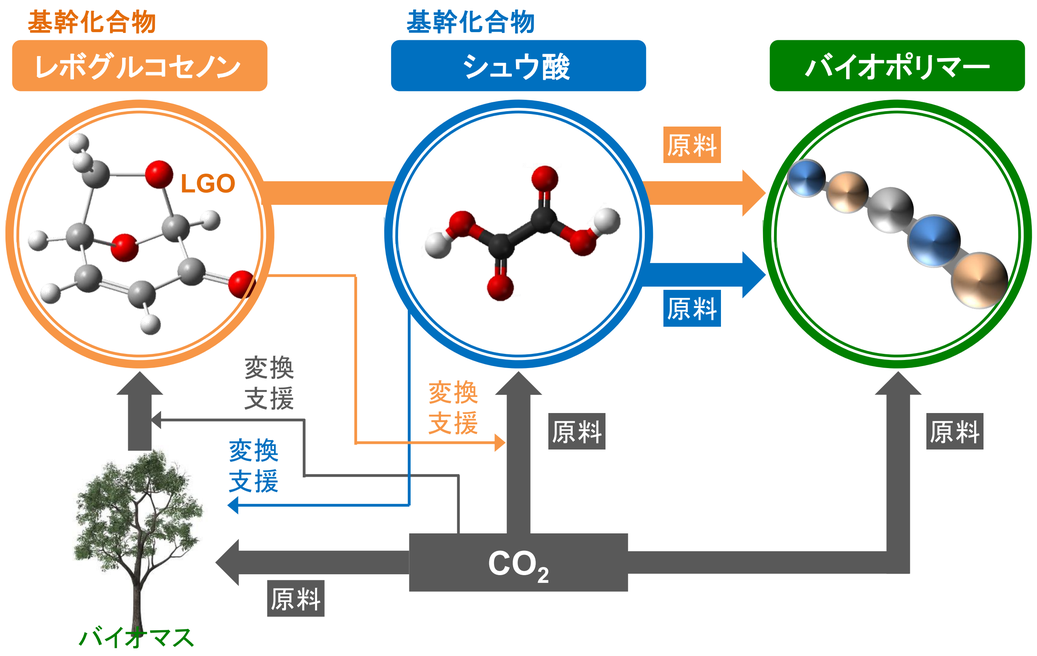
提案者が有する技術

瞬時に小分子に分解
選択的分解も可
他の試薬不要

シュウ酸　$H_2C_2O_4$（H/C = 1）
- CCUのターゲットとして稀
- 低H/C
- 貯蓄性に優れる（常温で固体）
- 多様な用途

開発・販売実績

異分野融合研究体制：高分子化学、化学工学、有機化学



「CO_2マルチユーズ基幹化合物とバイオポリマー製造法の研究開発」

CO_2が起点、原料、及び直接的あるいは間接的な支援剤として機能するプロセスによりレボグルコセノン（LGO）、シュウ酸、バイオポリマーを製造するための基盤技術をそれぞれのプロダクトに該当する項目に分けて開発

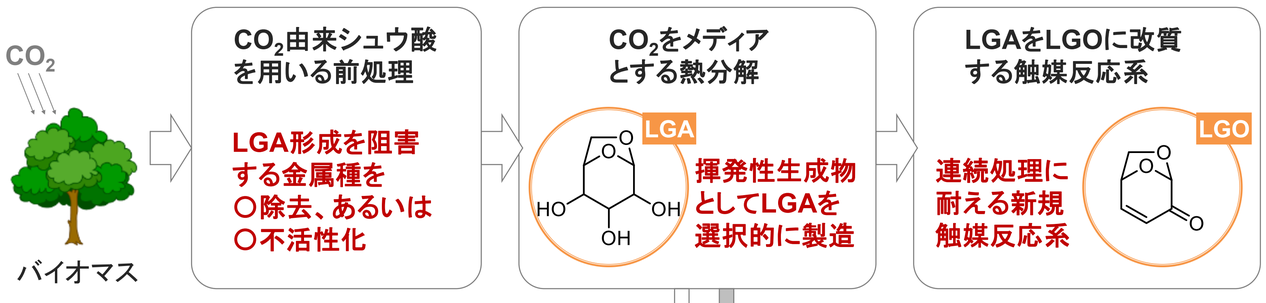
目的

課題1～3を克服してCO_2由来バイオマスとCO_2を原料とする新たな基幹化合物、バイオポリマー製造技術を開発

主な成果

A　レボグルコセノン製造法の開発

CO_2の支援を経るセルロースの熱分解特性を最大限に活かしたLGO製造法



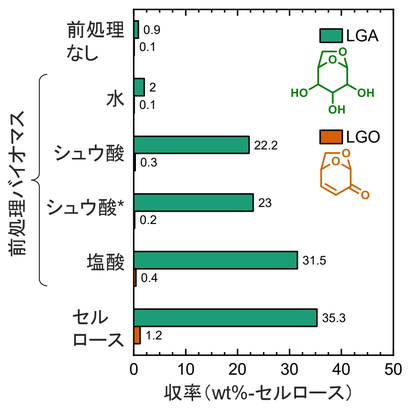
高カロリー燃料、炭素材料原料、炭素固定、等 ⇦ リグニンリッチ半炭化物

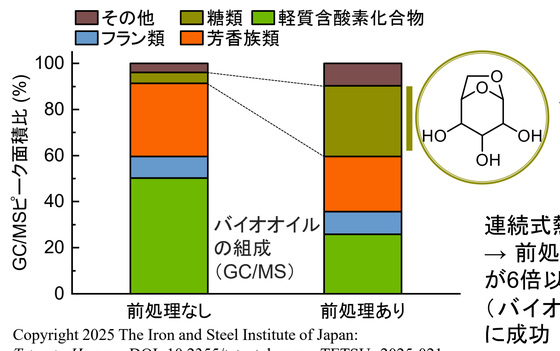
LGAリッチバイオオイル → 項目Bへ

※LGA：レボグルコサン

LGA製造

前処理条件や熱分解条件がLGA収率に及ぼす影響を小型固定層熱分解で分析
→ 前処理による飛躍的な収率向上、CO_2を媒体とすること可





LGA：LGO の前駆体、項目Bのギ酸原料

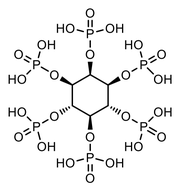
連続式熱分解試験
→ 前処理でLGA収率が6倍以上向上、LGA（バイオオイル）製造に成功

Copyright 2025 The Iron and Steel Institute of Japan:
Tetsu-to-Hagane, DOI: 10.2355/tetsutohagane. TETSU- 2025-021

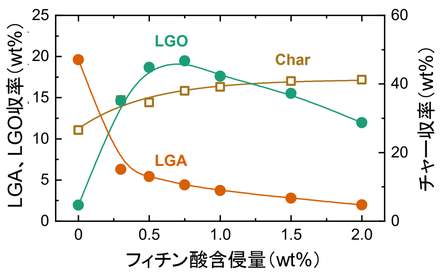
LGO製造

複数種の触媒（液状触媒、分子触媒、固体触媒二種類）を開発、LGO収率や連続式反応系への適用性の観点で比較

- ◻ バイオリニューアブルな触媒としてフィチン酸を用いて連続式試験で高収率LGO製造に成功
- ◻ 固体触媒を用いる消耗性の試薬を使わない反応系を提案、試験

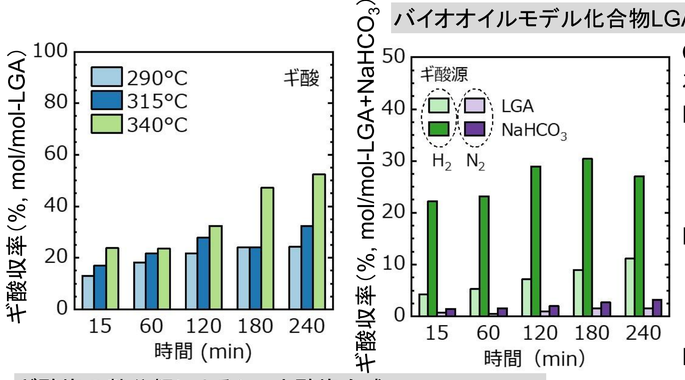


バイオマス由来触媒：フィチン酸



Copyright 2025 Royal Society of Chemistry:
RSC Sustainability 3 (2025) 1366

バイオオイルモデル化合物LGAを還元剤として用いるCO_2アルカリ水熱変換

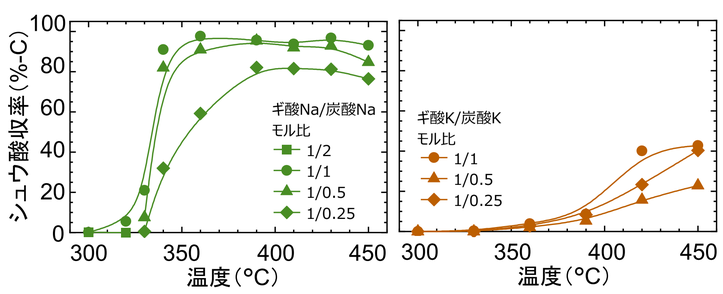


CO_2とNaOH水溶液から生成する重炭酸Na水溶液にLGAを添加して水熱試験

- ◻ LGAは重炭酸イオン還元剤及びギ酸源となる。これまでに報告のあるバイオマス由来化合物と比べても優れた添加物。乳酸がギ酸の主な中間体となることを解明
- ◻ ただし重炭酸イオン由来のギ酸収率が極めて低かったため、水素を加圧添加して反応を行ったところギ酸収率を飛躍的に向上させることに成功
- ◻ アルカリ水熱変換に要する水素はギ酸塩の熱分解で副生する水素で補えることが示唆

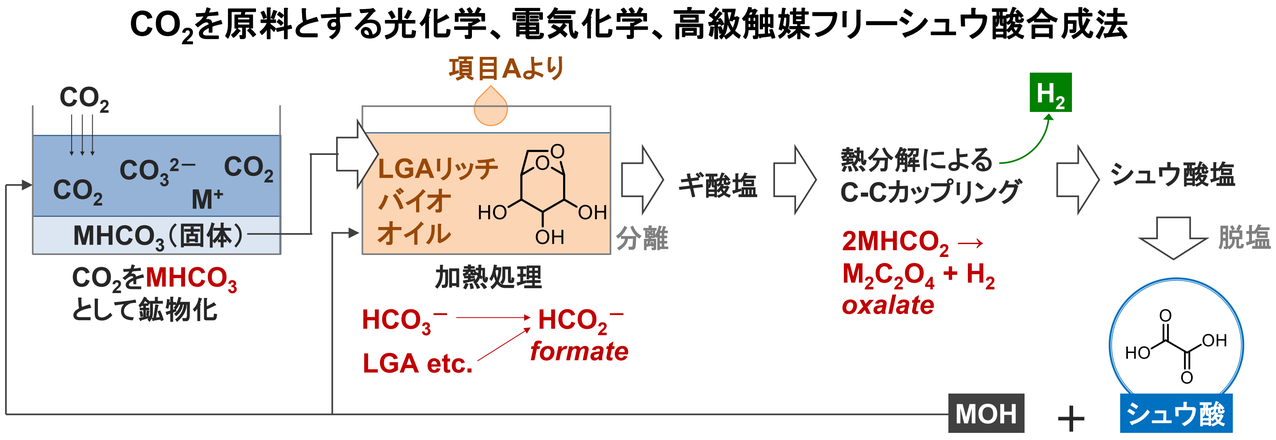
ギ酸塩の熱分解によるシュウ酸塩合成

- ◻ 多様な条件でのギ酸塩熱分解を行い、添加する触媒の種類、量や反応条件がシュウ酸塩収率に及ぼす影響を整理。ほぼ100%の収率でシュウ酸塩を得ることに成功
- ◻ 実バイオオイルを用いたCO_2アルカリ水熱変換でもLGAの場合と同等のギ酸収率を示すことに成功。水溶液からのギ酸塩回収、シュウ酸塩化も実施



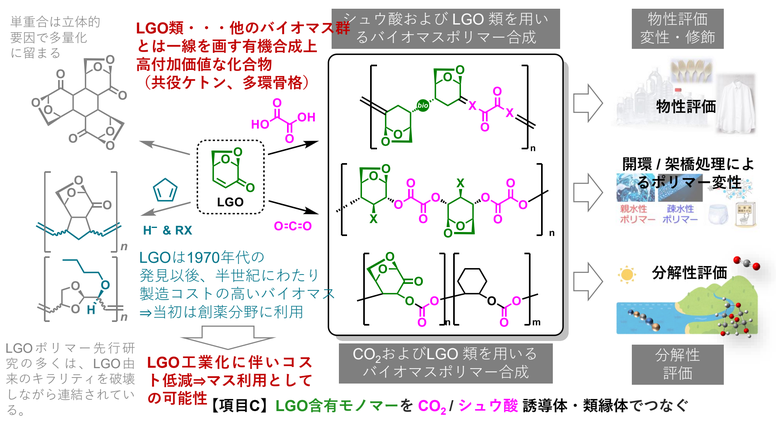
B　シュウ酸製造法の開発

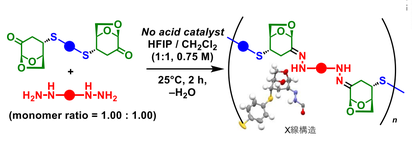
CO_2を原料とする光化学、電気化学、高級触媒フリーシュウ酸合成法

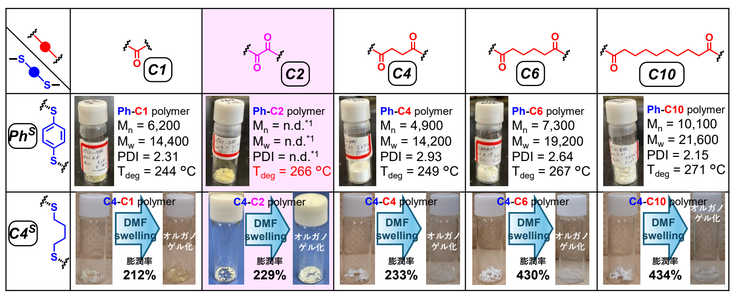


C　バイオポリマー合成法の開発

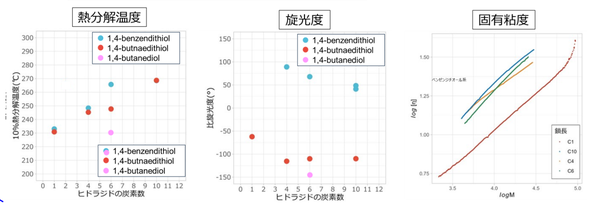
CO_2/シュウ酸/バイオマスコポリマーの開発/物性・分解性評価





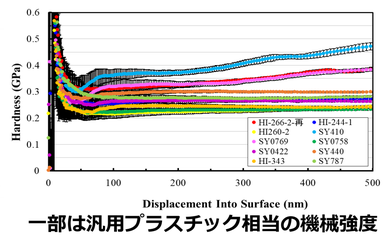


LGOバイオポリマーの物性(抜粋)



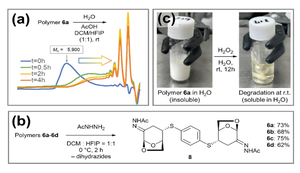
モノマーの組成に応じた多様な物性

LGOバイオポリマーの機械物性



一部は汎用プラスチック相当の機械強度

LGOバイオポリマーの分解



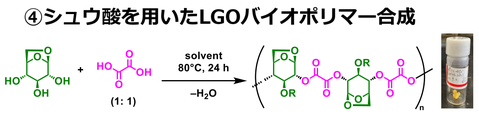
簡便な化学処理による水分解

- •室温、2時間、無触媒での交互縮合重合を実現。立体選択的 (S:*exo*-,C=N:*trans*-) に高分子鎖を形成(NMR, X線) ⇒ LGO本来のキラリティを保持したキラルポリマー
- •シュウ酸/LGO ポリマーを合成するとともに、類縁体となる種々の炭素数 (1~10) の架橋剤を用いた LGO バイオポリマーを合成し、構造物性交換について議論
- •架橋剤の構造によって多様な物性を発現　①**芳香族ジチオール架橋**…高い熱安定性　②**脂肪族ジチオール架橋**…オルガノゲル特性

③ジオール架橋…高いバイオマス質量含有率ポリマー

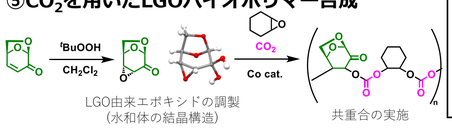
"All-biomass" LGO/シュウ酸ポリマーを合成

④シュウ酸を用いたLGOバイオポリマー合成



高粘性ポリマー

⑤CO_2を用いたLGOバイオポリマー合成



LGO由来エポキシドの調製（水和体の結晶構造）　共重合の実施

実用化・事業化にむけての今後の課題

- ◻ 項目A：LGOの連続合成については高収率、低コストで製造するための要点が明らかになり、それを実現するための技術（触媒）はあと若干の反応操作の低温下が必要。実用化にむけては、出口（本事業ではポリマー）の明確化も重要。
- ◻ 項目B：基礎研究としては、バイオオイルの適用により中間体であるギ酸の収率が向上すること、水素を用いるアルカリ水熱変換、プロセス全体では水素フリーのシュウ酸合成、など見どころは多い。実用化に向けては、さらなるギ酸の収率向上が求められ、加えて、高温高圧反応であることからプロセス全体をCN技術として評価することが事前の必須事項として求められ、前提となる。
- ◻ 項目C：LGO含有バイオポリマーの合成については、シュウ酸分子やLGO分子の剛直性から、得られたポリマーの溶解性や加工性が課題。またポリマー鎖を構成するLGOやその他の炭素資源の回収・再利用に向けたプロセス設計が必要。
- ◻ 全体：CO_2が基の原料であるため、各プロダクトが異なる場所、事業主体で生産されても、それらを互いに融通あるいは売買すれば全体プロセスが実質的に成立するため個々の技術（項目）だけでも技術が確立すれば実用化できる。

連絡先：（国）九州大学　　工藤　真二
MAIL：kudo.shinji.641@m.kyushu-u.ac.jp