

東京理科大学
理学部第一部 応用化学科 教授

古海 誓一 Seichi Furumi

東京理科大学
理学部第一部 応用化学科 助教

岩田 直人 Naoto Iwata

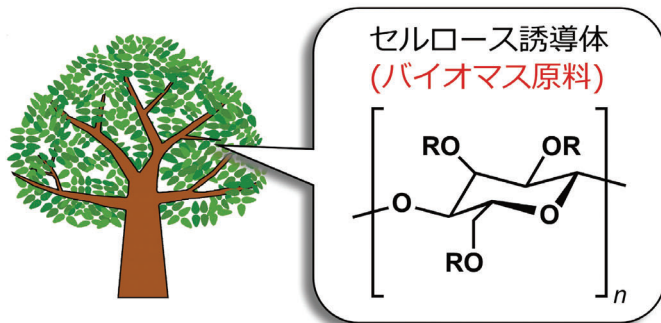
研究概要

本研究では、地球上で最も多く存在するバイオマスのセルロースに着目して、サステナブルな自己修復材料の創製に成功しました。動的共有結合を導入したセルロースの自己修復材料は、切断・損傷した状態から簡単に復元できるため、SDGsにおける第12番目の開発目標「つくる責任 つかう責任」に貢献できます。

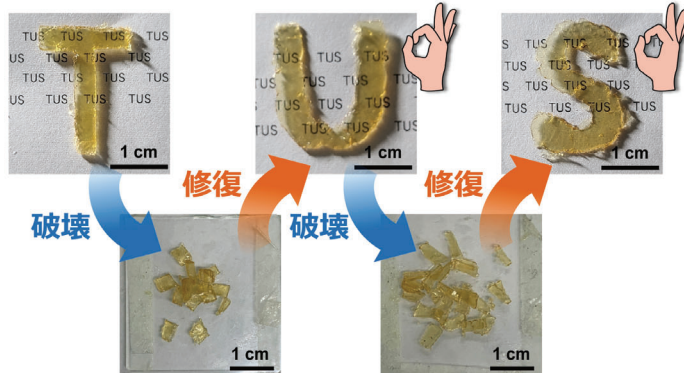
バイオマスを用いた自己修復材料

Biomass-Based Self-Healing Materials

一般的な樹脂は、石油資源から合成された高分子を共有結合で強固に架橋しているため、リサイクルができないという欠点があります。一方で、私たちは、架橋性セルロース誘導体と動的共有結合を有する架橋剤から新しい自己修復材料を創り出しました。この自己修復材料の固体膜を加熱すると、動的共有結合の交換反応が活性化され、架橋結合の組換えが連続的に起こった結果、切断・損傷した状態から簡単に復元できる自己修復性を示しました。



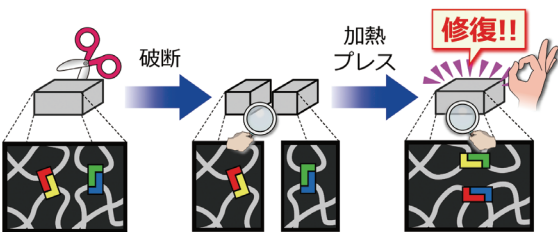
自己修復性のデモンストレーション



循環型社会、石油資源の保護、さらには
海洋プラスチック問題などに貢献できる!!

【特許出願】特願2022-185974, 特願2022-164356,
特願2023-044719, 特願2023-074857.

動的共有結合で架橋した自己修復材料の 破断・修復プロセスの模式図



※ などは動的共有結合を意味しており、
 は高分子鎖を表している。

POINT

- 地球上に豊富に存在するセルロースを原料として、サステナブルな自己修復材料の作製に成功しました。
- 自己修復する際の加熱温度は、セルロース誘導体や架橋剤の化学構造によりコントロールできるため、材料設計の自由度が多彩です。
- 1年以上放置した後でも、自己修復性を維持していることを発見しました。

セルロースを用いたサステナブルな自己修復材料の開発

Sustainable Self-Healing Materials from Cellulose

現状

- 本研究では、地球上で最も多く存在するバイオマスのセルロースに着目して、サステナブルな自己修復材料の創製に成功しました。動的共有結合を導入したセルロースの自己修復材料は、切断・損傷した状態から簡単に復元できるため、SDGsにおける第12番目の開発目標「つくる責任 つかう責任」に貢献できます。

The conventional self-healing materials have been prepared from the petrochemical polymers. Such mass-consumption of petroleum resources is undesirable for a sustainable society in the future.

- さらに、従来の自己修復材料には毒性のある前駆体や触媒が含まれていることが多く、安全性の面でも懸念があります。

Furthermore, the conventional self-healing materials often contain toxic precursors and catalysts, raising safety concerns.

新技術

- 架橋性セルロース誘導体に加えて、動的共有結合であるボロン酸エステル結合部位を有する架橋剤も新たに合成し、多種多様な自己修復材料を創製しました。

We synthesized a series of crosslinkable cellulose derivatives and newly-designed crosslinkers with dynamic covalent bonds of boronic ester for fabrication of a wide variety of self-healing materials.

- セルロース誘導体と架橋剤の化学構造を系統的に変化させ実験すると、自己修復する際の加熱温度を任意にコントロールできました。

We found on-demand control of the heating temperature for the self-healing process by our systematic experiments using various cellulose derivatives and cross-linkers..

- 興味深いことに、1年以上放置した後でも、セルロース誘導体の固体膜は自己修復性を維持していることを発見しました。

Interestingly, we demonstrated the self-healing properties in the solid-state films of cellulose derivatives even after storing for one year or more.

今後

活用例

- **社会インフラで使われる構造材料**
Construction materials used in the social infrastructures.
- **コーティング材料や接着材料**
Coating and adhesion materials.
- **パッケージ、容器、繊維など使われる樹脂**
Resins used in packages containers, and fibers.

研究展開

今後、全てバイオマスを原料にした自己修復材料の作製に関する方法論を模索しながら、社会的ニーズに応じた物性の向上や制御を試みます。これと平行して、自己修復性のみならず他の機能特性も付与した新しい自己修復材料の開発も行います。
このような基礎研究だけでなく、さまざまな民間企業と連携することで、私たちが開発したサステナブルな自己修復材料の実用化を目指していきます。

