

戦略的創造研究推進事業(ALCA)
特別重点技術領域「ホワイトバイオテクノロジー」
課題名「環境適応型プロセスによるリグニン抽出お
よび高機能素材への展開」

終了報告書

研究開発期間 平成28年11月～令和2年3月

研究開発代表者：敷中一洋
((国研)産業技術総合研究所化学プロ
セス研究部門、主任研究員)

○報告書要約（和文）

研究開発代表研究者：産業技術総合研究所 主任研究員 敷中 一洋
研究開発課題名：環境適応型プロセスによるリグニン抽出および高機能素材への展開

1. 研究開発の目的

現在の社会において、化成品・樹脂などの日常に用いられる製品は石油化学工業（オイルリファイナリー）を経て生産されている。これらの製品は最終的に燃焼・焼却され、二酸化炭素（CO₂）として環境に排出され、地球温暖化を引き起こす。これに対し非可食植物バイオマスの燃料・化成品変換（リグノセルロースリファイナリー）による製品は、利用されても正味の CO₂ 排出量がゼロ（カーボンニュートラル）であるため、化石資源からの脱却・温暖化ガス削減 = 低炭素社会実現に寄与する。

本研究では CO₂ 削減と化石資源代替を目的に、石油由来のポリマーを非可食植物バイオマスであるリグニン由来に代替するための新規抽出技術・加工技術を開発する。石油系プラスチックを非可食植物バイオマスに置き換えた場合の CO₂ 削減効果は、少なくとも生産重量の 1.4～5 倍である（日本有機資源協会による試算）。具体的には、石油由来ポリマー 500 万トン非可食植物バイオマス由来に変更することで CO₂ 削減効果は 700 万～2,500 万トンとなる。

2. 研究開発の概要

(1) 内容:

本研究課題では環境適応型プロセスにより植物から抽出したリグニンの用途開発をおこなった。具体的には強酸・強塩基・強熱を一切使用しない非可食植物バイオマス抽出法「同時酵素糖化粉碎【SESC】」で得られるリグニン誘導体【SESC リグニン】の抽出高効率化・高純度化およびその機能素材としての用途開発を実施した。研究課題は産業技術総合研究所敷中のグループ・東京農工大学富永のグループでおこなった。

(2) 成果:

敷中グループでは第一に SESC リグニンの高純度をめし SESC 工程における糖化率（ここでは植物多糖の単糖・二糖への変換率で算出）を 78%から 84%に向上させた。第二に SESC リグニンの用途開発の一環として SESC リグニンと各種高分子を複合し、膜素材を作成した。特に粘土鉱物ないしポリビニルアルコールと SESC リグニンの膜素材については、紫外線カット透湿不燃膜などの高付加価値素材として扱える可能性が見出された。

富永グループでは SESC リグニンの用途開発の一環として、その耐熱フィラーとしての機能を見出した。具体的にはポリエチレンカーボネート（PEC）への SESC リグニンの僅か 5 wt%の添加で PEC の 5%質量分解温度が 70 °C程度上昇するという高性能な耐熱フィラーとしての効果を見出した。以上の結果は既存の有機物／無機物／リン／ハロゲン由来素材に比して SESC リグニンが高性能な耐熱フィラーとして機能することを示唆する。第二に SESC リグニン-PEC ブレンドフィルムにおける熱印加に応じた形状記憶能を発見した。更に形状記憶能をブレンドフィルムの組成により制御できることを定量的に実証した。

(3) 今後の展開:

以上の取り組みを通じ、環境適応型プロセス SESC によるリグニンの機能素材としての用途可能性を実証した。今後 JST 未来社会創造事業における研究課題実施などを通じ SESC リグニンを元とした機能素材の社会実装を目指し、継続した取り組みを実施していく。

○Report summary (English)

Principal investigator: Kazuhiro SHIKINAKA, Senior Researcher, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

R & D title: Extraction of Lignin and its Utilization as Functional Materials via Sustainable Process

1. Purpose of R & D

In today's society, products used in daily life, such as chemical products and resins, are produced through the petrochemical industry (oil refinery). These products are eventually burned and incinerated and discharged to the environment as carbon dioxide (CO₂), causing global warming. In contrast, utilization of non-edible plant biomass as fuels, chemicals, and products (lignocellulose refinery) have zero net CO₂ emissions (carbon neutral) that induces the reduction of greenhouse gas and the realization of a low-carbon society.

In this study, we will develop new extraction and processing technologies to replace petroleum-derived polymers with non-edible plant biomass, lignin, for the purpose of reducing CO₂ and fossil resources. The CO₂ reduction effect of replacing petroleum-based plastic with non-edible plant biomass is at least 1.4 to 5 times the production weight (estimated by the Japan Organic Resource Association) Specifically, by changing 5 million tons of petroleum-derived polymer to non-edible plant biomass, the CO₂ reduction effect will be 7 to 25 million tons.

2. Outline of R & D

(1) Contents:

In this research project, we developed the utilization of lignin extracted from plants by an environmentally adaptive process. Specifically, the extraction efficiency of the lignin derivative (SESC lignin) obtained by the non-edible plant biomass extraction method “simultaneous enzymatic saccharification and communitation [SESC]” which does not use any strong acid, strong base, or high heating is improved. Furthermore, we developed applications of SESC lignin as functional materials. The research topics were carried out by the SHIKINAKA's group of the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, the TOMINAGA's group of Tokyo University of Agriculture and Technology.

(2) Achievements:

In the SHIKINAKA's group, the saccharification rate in the SESC process (calculated here by the conversion rate of plant polysaccharides to monosaccharides and disaccharides) was improved from 78% to 84%, aiming at the high purity of SESC lignin. Secondly, SESC lignin and various polymers were combined to develop self-standing films of SESC lignin. In particular, blends of clay minerals or polyvinyl alcohol and SESC lignin have been found to be able to be treated as high-value-added materials such as UV-cut moisture-permeable non-flammable films.

The TOMINAGA's Group discovered a function of SESC lignin as a high-performance heat-resistant filler as part of the development of its applications. Specifically, the addition of only 5 wt% of SESC lignin to poly(ethylene carbonate) (PEC) has found an effect as a strong heat-resistant filler that increases the 5% mass decomposition temperature of PEC by about 70 °C. The above results suggest that SESC lignin acts as a high-performance heat-resistant filler compared to existing organic / inorganic / phosphorus / halogen-derived materials. Secondly, a shape memory behavior of SESC lignin-PEC blend film in accordance with heating/cooling was found. It was further demonstrated that the shape memory behavior can be controlled by the composition of the blend film.

(3) Future developments:

Through the above efforts, we demonstrated the applicability of lignin as a functional material by the environmentally adaptive process, SESC. Going forward, we will continue to work on the implementation of functional materials based on SESC lignin through the implementation of research issues in the JST-Mirai Program.