

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による  
次世代化成品創出」  
課題名「革新的合成法による高性能な高分子多糖  
類バイオプラスチックの創製と高機能部材化」

## 終了報告書

研究開発期間 平成27年10月～令和2年3月

研究開発代表者:岩田 忠久  
(国立大学法人東京大学  
大学院農学生命科学研究科、教授)

## ○報告書要約 (和文)

研究開発代表研究者 : 東京大学 教授 岩田 忠久

研究開発課題名 : 革新的合成法による高性能な高分子多糖類バイオプラスチックの創製と高機能部材化

### 1. 研究開発の目的

現在、日常生活で大量に使用されているポリエチレンやポリプロピレンに代表されるプラスチックは、石油を出発原料として合成されている。本研究では、二酸化炭素と水から光合成により生合成される高分子多糖類(セルロース、パラミロンなど)を出発原料として、エステル化の手法を用いて熱成形可能なバイオマスプラスチックを創製する技術の開発を目的とした。さらに、環境に優しい合成方法として、金属触媒に頼らない酵素触媒重合による新規な高分子多糖類の生合成に関する革新的技術の開発を目的とした。高分子多糖類の種類、導入する官能基の位置、種類、量を制御することにより、目的に応じた強度、耐熱性、寸法安定性、耐久性を有する高機能部材へと成形加工するための樹脂開発や複合材料化技術の開発も合わせて行い、真の実用化に耐えられる高性能バイオマスプラスチックの創製と具体的な製品例を作製することを目的とした。高分子多糖類を出発原料とした高性能バイオマスプラスチックの創製は、石油資源の有効利用およびカーボンニュートラルを念頭に置いた二酸化炭素排出削減に大きく貢献すると期待される。

### 2. 研究開発の概要

#### (1)内容:

東京大学と日本電気で開発したエステル化法を用いて、セルロース、パラミロン、カードラン、プルランなどの高分子多糖類を長さの異なるエステル基で置換することにより、熱可塑性を有するバイオマスプラスチックの合成を行った。一方、京都大学と東京大学は、酵素を用いて天然には存在しない完全直鎖状の $\alpha$ -1,3-グルカンの合成を行うとともに、分子量制御、生産性の向上などに取り組んだ。日本電気と東京大学で、長鎖・短鎖セルロースエステル誘導体の大量合成技術の開発を行うとともに、装飾性に優れた高付加価値な利用用途に展開するため、日本の伝統工芸の漆器の美観(漆ブラック)を目指して、高級漆器の光学特性(明度=黒さ、光沢度=反射性)の実現を検討した。

#### (2)成果:

- ・射出成形や溶融紡糸などの熱成形加工が可能な多糖類エステル誘導体の合成に成功した。
- ・ポリエチレンテレフタレートやナイロンよりも熱的に優れた材料を合成することに成功した。
- ・ゼロ複屈折を有する優れた光特性を有する材料の創製に成功した。
- ・分子量の制御された $\alpha$ -1,3-グルカンの試験管内合成に成功した。
- ・100Lスケールでの大量合成に成功し、1000Lスケールでの合成に向けての準備ができた。
- ・高級漆器の光特性と高耐傷性を備えた高装飾性品の制作に成功した。

#### (3)今後の展開:

- ・開発した多糖類エステル化法の最適化
- ・大量生産技術の開発
- ・それぞれの特性を活かした利用展開の検討

## ○Report summary (English)

Principal investigator: Tadahisa IWATA, Professor, The University of Tokyo

R & D title: Study on high-performance polysaccharide ester derivatives

### 1. Purpose of R & D

At present, plastics represented by polyethylene, polypropylene, etc., which are used in a large amount in daily life, are synthesized from petroleum. In this project, thermoformable biomass-based plastics synthesized from polysaccharides (cellulose, paramylon, pullulan, etc.) were developed by innovative esterification methods. Furthermore, an enzymatic polymerization technique to biosynthesize novel polysaccharides in water condition were also developed as an environmentally friendly synthetic method. By controlling the type, amount, and position of ester groups to be introduced in polysaccharides, it is aimed to generate the desirable properties of strength, heat resistance, long-stability, and durability. The creation of high-performance biomass-based plastics from a variety of polysaccharides is expected to make a significant contribution to the effective use of petroleum and the reduction of carbon dioxide emissions with carbon neutral concept.

### 2. Outline of R & D

#### (1) Contents:

Thermoformable biomass-based polymers from polysaccharides such as cellulose, curdlan, paramylon and pullulan were synthesized with different lengths of ester groups by the esterification method developed by The University of Tokyo and NEC. On the other hand, Kyoto University and The University of Tokyo succeeded to synthesize unnatural polysaccharide,  $\alpha$ -1,3-glucan, by enzymatic polymerization method, and investigated to control molecular weight and productivity improvement. Furthermore, NEC and The University of Tokyo developed a large-scale production procedure for cellulose long-short ester derivatives. Aiming to achieve Urushi-black, we studied the realization of optical properties (lightness=blackness, gloss=reflection) of high-quality lacquerware.

#### (2) Achievements:

- Succeeded in synthesizing polysaccharide ester derivatives that can be thermoformed such as injection molding and melt spinning
- Succeeded in synthesizing materials with thermally superior to PET and nylon
- Succeeded in creating materials with excellent optical properties of zero birefringence
- Succeeded in enzymatic polymerization of  $\alpha$ -1,3-glucan
- Succeeded in mass synthesis at 100L scale and was ready for synthesis at 1000L scale
- Succeeded in producing highly decorative products “Urushi-black” with the optical characteristics and high scratch resistance

#### (3) Future developments:

- Optimization of the developed polysaccharide esterification method
- Establishment of mass production for polysaccharide ester derivatives
- Examination of usage development utilizing each characteristic