

〈一般研究課題〉 木材素材の色材としての有効利用

助成研究者 名古屋大学 竹岡 敬和



木材素材の色材としての有効利用

竹岡 敬和
(名古屋大学)

Valorization of Wood Materials as Functional Colorants

Yukikazu Takeoka
(Nagoya University)

Abstract :

We have demonstrated that monodisperse submicron-sized particles with uniform diameters can be prepared from enzymatically degraded lignin. When these monodisperse particles are assembled into spherical aggregates with an ordered internal structure, the combination of this structural order and the inherent dark brown color of lignin enables selective scattering or reflection of specific wavelengths of light. Such spherical aggregates exhibiting unique optical properties have the potential to function as structurally colored pigments.

By tuning the particle size to produce structural colorants that reflect red (R), green (G), and blue (B) wavelengths, and mixing them in appropriate ratios, it becomes possible to develop environmentally friendly pigments capable of displaying a wide range of colors. The aim of this study is to utilize lignin, a natural polymer derived from wood, as a sustainable colorant material. In this research, we successfully prepared monodisperse lignin particles and demonstrated that their particle size can be controlled.

1. はじめに

我々はこれまでに、リグニンの酵素分解物から、サブミクロンサイズで粒径の揃った単分散微粒子を調製できることを明らかにしてきた。これらの単分散微粒子を球状に集合させて秩序構造を形成させることで、その構造的な周期性とリグニン特有の焦げ茶色の光学特性により、特定波長の光を選択的に散乱または反射することが可能となる。このような光学特性を有する球状集合体は、構

造発色性色材としての応用が期待される¹⁻⁶。さらに、微粒子のサイズを制御することで、赤(R)、緑(G)、青(B)の三原色に対応した構造発色を実現することができ、これらを適切な比率で組み合わせることにより、さまざまな色調を発現する構造発色性色材の開発が可能となる。本研究の目的は、木材から得られるリグニンを環境調和型の色材として有効に活用することである。本研究では、リグニンから単分散な微粒子を得ることができ、その粒径を自在に制御できることを明らかにした。

2. 試料および実験方法

酵素分解したリグニンは、以下の手順(図1)によって精製し、単分散な粒子の調製を行い、得られた粒子の状態を観測した。

- 1) 酵素分解リグニン(F2)の分画 10.1mgを使用した。
Acetone：精製水=7:3混合溶媒5mlに溶解した。
↓ 500rpmにて4時間、室温で攪拌した。
- 2) 0.8 μm のフィルターを通し不溶物を除去した。
- 3) 2)に対して精製水12.5mlを分液漏斗で滴下し攪拌を続けた。
①5mlを42secで滴下(8.3ml/min)
↓ 500rpm 60min
②5mlを90secで滴下(3.33ml/min)白濁を確認
③2.5mlを20secで滴下(7.5ml/sec)
↓ 500rpm 48時間室温で攪拌
- 4) コンビニエバポレーターでAcetoneを除去(35°C 8時間)
↓ 20000rpm 30min遠心分離
- 5) 沈殿を回収し精製水1000 μl で溶解(a)、75°C 24時間静置
↓ 上清(b)を回収し、沈殿に精製水 1000 μl 加えピペティング
↓ 75°C 20min静置し上清を回収(c)
↓ 沈殿に500 μl 精製水を加えサンプリング(d)
↓ (c)を超音波16時間行い、上清をサンプリング(e)
- 6) 得られたサンプルを、反射スペクトル測定、顕微鏡観察、SEM撮影による粒径測定を行った。

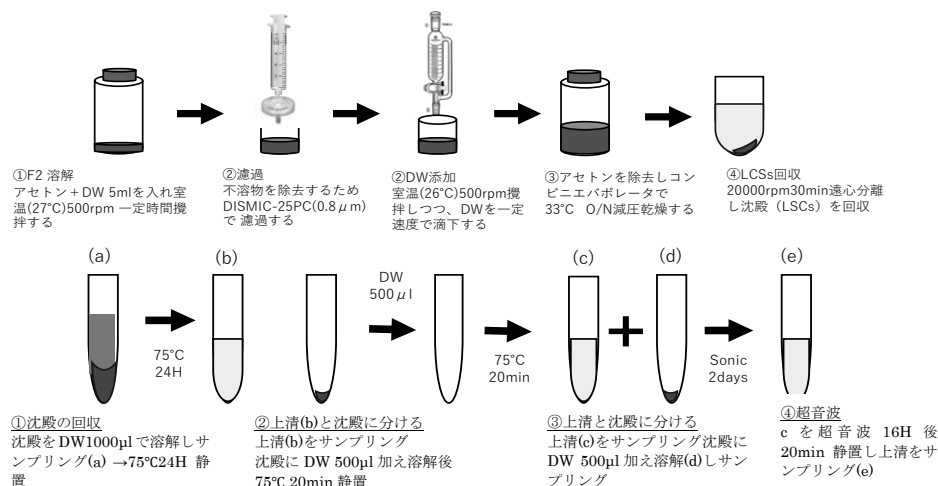


図1 酵素分解したリグニンを精製し、単分散な粒子を調製する手順

3. 実験結果

リグニンから成る粒径の揃った微粒子の合成とその集合体による構造発色性材料の構築

リグニンは、メタノールおよびアセトンを用いた溶媒抽出法により、粒径の揃ったコロイド球として調製できることが明らかとなった(図2左)。得られた微粒子を集合化することで、特定の波長域の可視光を反射して発色する構造発色性材料を構築できることも確認した(図2右)。さらに、溶媒の滴下速度の調整により、粒径の異なるリグニンコロイド球が得られることから、集合体を設計することで、構造色の色調を制御できた。

今後は、安全性が高く、安価で、優れた耐久性を有するリグニン微粒子を用いてフォトニックボールを構築し、環境調和型構造発色性材料の開発をさらに推進する(図3)。

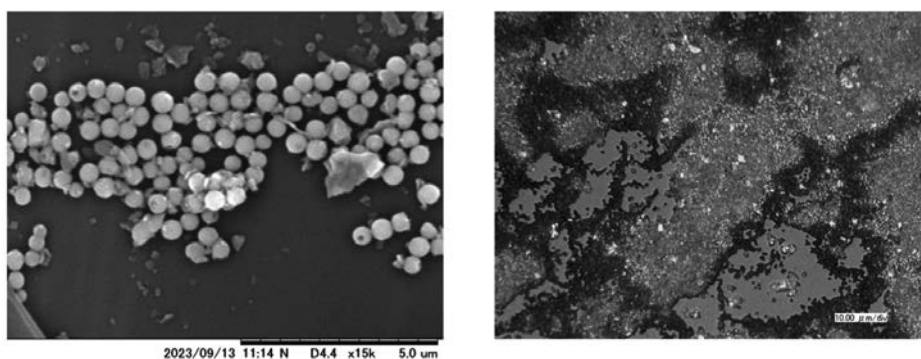


図2 左：リグニンからなる単分散な微粒子の電子顕微鏡写真、右：左の微粒子が集合することで形成された構造発色性材料の写真

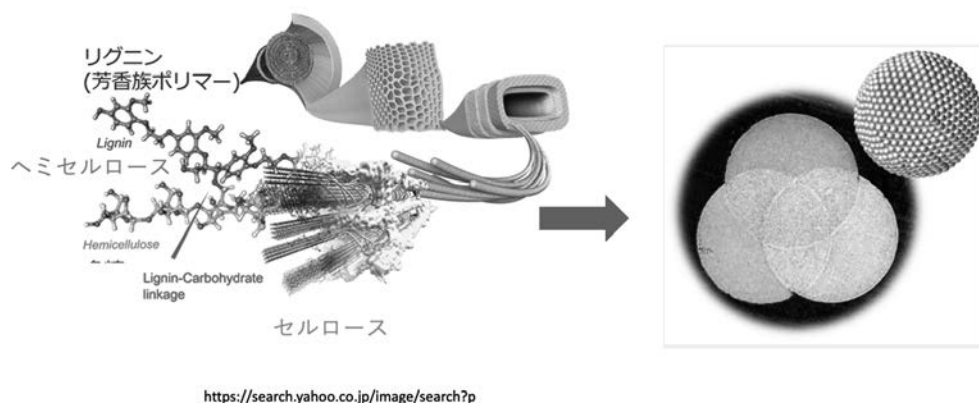


図3 木質成分を利用した構造発色性材料の開発

4. まとめ

本研究は、研究代表者が過去25年間にわたり蓄積してきた研究経験と、自然界に存在する構造色に着想を得たものであり、木材由来の安全な素材を活用して、従来の色材とは異なる新しい発色原理に基づく高機能性色材の創出を目指すものである。本研究は、以下に述べる基礎および応用の観点から、新たな学理の構築へと発展する可能性を有している。まず、環境対応型構造発色性材料の分野においては、環境負荷の低い、かつ耐久性と彩度に優れた色材の開発に加え、構造発色の原理を活用することで、太陽光中の近赤外線を選択的に反射する材料の創製も可能となる。これによ

り、近赤外線による室内温度の上昇を抑制し、空調負荷の軽減を通じて、家庭における電力消費の約8%を占めるエアコン使用の削減に貢献し、持続可能な省エネルギー社会の実現に寄与できる。

参考文献

1. Naoki Tarutani, Ryo Uesugi, Kensuke Uemura, Kiyofumi Katagiri, Kei Inumaru, **Yukikazu Takeoka**; “Understanding the Electrophoretic Deposition Accompanied by Electrochemical Reactions toward Structurally Colored Bilayer Films” *ACS Applied Materials & Interfaces*, **14**, 20, 23653-23659 (2022)
2. Pei Shi, Eiji Miwa, Jialei He, Miki Sakai, Takahiro Seki, and **Yukikazu Takeoka**; “Bioinspired Color Elastomers Combining Structural, Dye, and Background Colors” *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **13**, 46, 55591 – 55599 (2021).
3. Yumiko Ohtsuka, Miki Sakai, Takahiro Seki, Ryosuke Ohnuki, Shinya Yoshioka, and **Yukikazu Takeoka**; “Stimuli-Responsive Structural Colored Gel That Exhibits the Three Primary Colors of Light by Using Multiple Photonic Band Gaps Acquired from Photonic Balls” *ACS Applied Materials & Interfaces*, **12**, 48, 54127 – 54137 (2020).
4. Miki Sakai, Hyunji Kim, Yusuke Arai, Takuya Teratani, Youhei Kawai, Yuichi Kuwahara, Keisuke Abe, Yasuhiro Kuwana, Katsuji Ikeda, Kazuhiko Yamada, and **Takeoka, Y.**; “Monodisperse Silica Nanoparticle–Carbon Black Composite Microspheres as Photonic Pigments” *ACS Applied Nano Materials*, **3**, 7047-7056 (2020).
5. Sakai, M., Seki, T., **Takeoka, Y.**; “Colorful Photonic Pigments Prepared by using Safe Black and White Materials” *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, **7**, 14933-14940 (2019).
6. **Takeoka, Y.**; “Environment and human friendly Colored Materials Prepared Using Black and White Components” *Chemical Communications*, **54**, 4905-4914 (2018).