

S19001

赤外自由電子レーザーによるファイバー型生体材料のマイクロ加工

Micro-processing of fiber-type biomaterials by using infrared free electron laser川崎 平康^a, 家路 豊成^b, 太田 俊明^b
Takayasu Kawasaki^a, Toyonari Yaji^b, Toshiaki Ohta^b^a東京理科大学赤外自由電子レーザー研究センター, ^b立命館大学 SR センター
^aIR-FEL Research Center, Tokyo University of Science, ^bSR Center, Ritsumeikan University

e-mail: kawasaki@rs.tus.ac.jp

セルロースはグルコースが β 1-4 結合で重合した生体高分子であり、材料分野において軽量かつ高強度という特性を有する先端材料として注目されている。また、セルロースを分解して得られるグルコースは、バイオエタノールの原料として用いられる。従って、セルロースを分解し加工する技術は新規な材料物性を生み出す上において重要であると同時に、石油代替として貴重なバイオエタノールの原料を生産する上においても有用である。本研究では、赤外自由電子レーザー(FEL)を用いてセルロースを分解する方法について検討した。

Cellulose is a biopolymer that is polymerized via β 1-4 glucoside bonds, and the cellulose fibers can be used as functional biomaterials. Furthermore, cellulose is most biomass in the earth and its degradation product, glucose, is used for the bioethanol production. Therefore, the processing technology of the cellulose polymers will be expected to lead to generation of novel functions of materials and sustainable system for the next-generation energy society. We propose here a novel physical approach using infrared free electron laser (IR-FEL) for the laser processing of the cellulose fiber materials.

Keywords: cellulose, infrared free electron laser, glucose, infrared microscopy

背景と研究目的

セルロースファイバーは紙パルプから製造され、軽量かつ高強度という特性を有する先端材料として注目されている。化粧品、抗菌・消臭シートなどのヘルスケア・医薬品分野や、電子デバイス、自動車部品などの工学分野においても幅広い利用が期待されている[1]。また、セルロースを分解して生じるグルコースや低分子量の糖類は、石油の代替燃料となるバイオエタノールの原料として有用である[2]。従って、これらのファイバー型材料を加工する技術は新規な材料物性を発現させる上において重要であると同時に、繊維質の強固な構造を分解し燃料として再生するためのリサイクル方法としても有用である。しかしセルロースの構造は一般的に水に不溶性であり、構造内には多数の水素結合が形成されている。加熱処理を施せば構造を破壊することができるが、多くの場合有機素子そのものが変性し、線維形成の再生が不可能となる。本研究では、赤外自由電子レーザー(FEL)を用いて効率よくセルロース材料を分解加工する方法の開発を行う。

実験

セルロースファイバーの赤外吸収スペクトルを測定し、FEL の照射波長を決定した。試料については市販品を用いた。試料をサンプル管に入れ、大気圧下、FEL の照射実験を実施した。セルロースの CH 基の伸縮振動に相当する波長 3.5 μ m、C-O 伸縮振動の 9.1 μ m、C-H-O 変角振動の 7.2 μ m に FEL の波長を合わせ、集光レンズもしくは放物面鏡を用いて試料に対する焦点距離を変えながら10分間レーザー照射を行った。照射後、立命館大学 SR センターの BL-15 赤外顕微鏡による観察を行い、グルコシド結合に対する FEL

の波長選択的振動励起反応の影響に関して解析した。

結果および考察：

セルロースのグルコシド結合は、赤外吸収スペクトルにおいて $1050\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$ 付近に観測されるが、 9.1 、 7.2 、 $3.5\text{ }\mu\text{m}$ いずれの波長の FEL 照射によっても、グルコシド結合領域の赤外吸収強度が大きく減少したことがわかった(**Fig. 1 左**)。また、水酸基の OH 伸縮振動を示す領域($3100\text{-}3700\text{ cm}^{-1}$)においては、 9.1 、 7.2 、 $3.5\text{ }\mu\text{m}$ での FEL 照射によって約 3400 cm^{-1} にピークを持つバンドの半値幅が非照射に比較して減少した(**Fig. 1 右**)。一方、波長 $3.0\text{ }\mu\text{m}$ (O-H 伸縮振動)の FEL 照射ではグルコシド結合領域と水酸基領域共にスペクトル変化が小さかった。このことから、グルコシド結合や糖骨格に対する振動モード選択的な赤外励起エネルギーの供与によってグルコシド結合が解離すると考えられる。

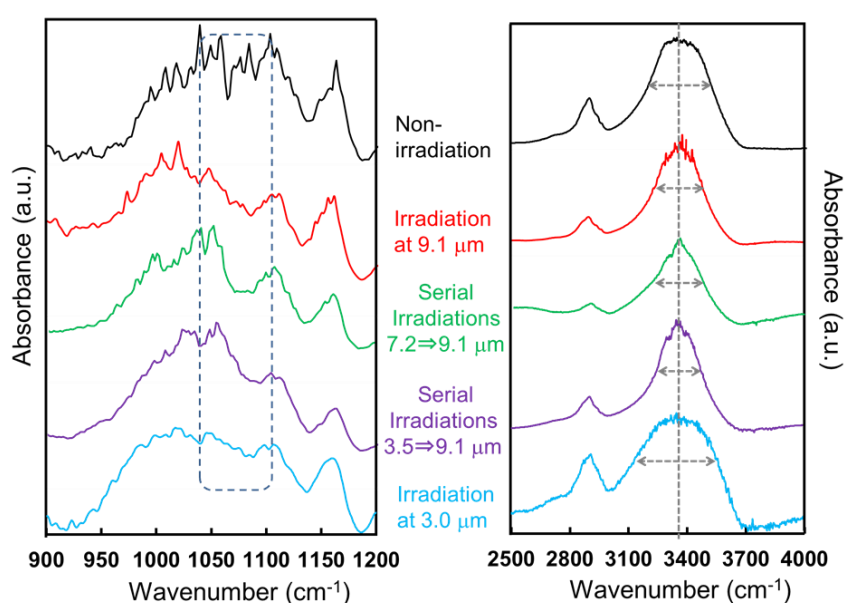


Fig. 1. SR-IRM spectra of cellulose aggregate before the laser irradiation (black) and after the irradiation at $9.1\text{ }\mu\text{m}$ (red), $9.1\text{ }\mu\text{m}$ following $7.2\text{ }\mu\text{m}$ (green), $9.1\text{ }\mu\text{m}$ following $3.5\text{ }\mu\text{m}$ (violet), and $3.0\text{ }\mu\text{m}$ (blue). Left: mid-infrared region, right: near-infrared region. Double-headed arrow: the half width of the infrared absorption peak.

参考文献

- [1] Hong, S., Sunwoo, J.H., Kim, J.S., Tchah, H., Hwang, C. Conjugation of carboxymethyl cellulose and dopamine for cell sheet harvesting, *Biomater. Sci.* **2019**, 7(1), 139-148.
- [2] Laluce, C., Schenberg, A.C., Gallardo, J.C., Coradello, L.F., Pombeiro-Sponchiado, S.R. Advances and developments in strategies to improve strains of *Saccharomyces cerevisiae* and processes to obtain the lignocellulosic ethanol--a review, *Appl. Biochem. Biotechnol.* **2012**, 166(8), 1908-26.

研究成果公開方法／産業への応用・展開について

- ・本研究成果はエネルギー環境系の国際ジャーナルに投稿中である(in minor revision)。
- ・バイオマスの分解方法として IR-FEL を用いた新規グリーン技術の開発に展開する。