

スポットライト

～第8回「高校生・高専学生ポスター発表」優秀賞～

植物由来の生分解性素材の作製 —植物廃棄物からプラスチック代替品へ—

岡山県立岡山一宮高等学校(2023年3月卒業)

枝松野花 永木妃菜 横川慈樹
笹山裕翔 梅野義貴 白石暁良

1. 目 的

近年、海洋ごみの改善やカーボンニュートラルの実現などの環境に関する目標が国際的な会議で取り上げられている。図1に示すように人間活動によるCO₂排出がそれほど多くない時代までは炭素の自然界の流れ(サイクル①)および人の活動に関わる流れ(サイクル②)はカーボンニュートラルなサイクルを描いていた。ところが20世紀に入り、化石燃料から様々なプラスチックが作られ始め、人間生活に役立ってきたが、プラスチックは使用後には自然の力では分解不可能な廃棄物となり、蓄積されるため現在大きな問題となっている。またプラスチックを燃焼処理するときには発生する二酸化炭素および化石燃料を直接燃料とするときに発生する二酸化炭素は、左のカーボンニュートラルなサイクルに組み込まれることはなく、大気中に蓄積されることになり、これも大きな問題になっている。このような問題の改善のため、本研究では植物性の廃棄物を利用して海洋環境でも分解され、かつ撥水性を持つプラスチック代替品を作製したいと考えた。

2. 実 験 方 法

(1) 材料および薬品

素材：植物廃棄物としておがくず、トウモロコシの皮、ク

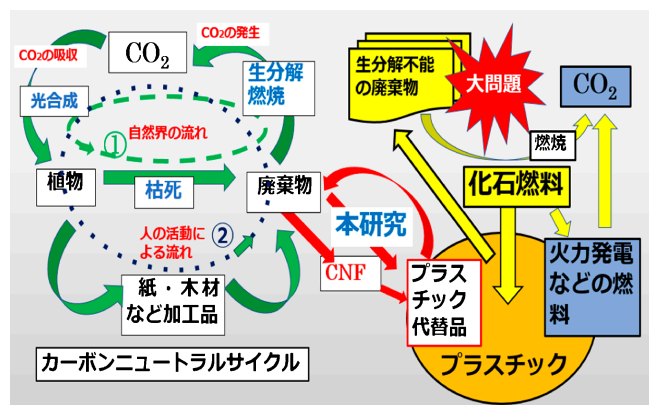


図1 自然界の中での炭素。(オンラインカラー)

ズの葉、塩素系漂白剤：市販の台所用塩素系漂白剤、デンプンのり：市販のコーンスターチの8%水溶液を加熱して調製、重曹：市販品、2,2,6,6-テトラメチルピペラジニル-1-オキシラジカル(TEMPO)：市販の1級試薬、NaBr：市販品、柿渋：市販の塗料用、亜麻仁油：市販の塗料用

(2) セルロースナノファイバー(CNF)の作製：おがくずからCNFの作製に関する報告

おがくずはコーヒー粕より廃棄量が多くセルロースの含有量が多いという特徴をもつ。なおコーヒー粕の脱脂にヘキサンを用いていたが⁽¹⁾、おがくずではヘキサンによる脱脂がうまくいかなかったため、ここでは塩素系漂白剤を用いた。おがくず10gに塩素系漂白剤を50%に希釈した水溶液200gを加えて室温で放置した。2日後におがくずを取り出し塩素系漂白剤の25%に希釈した水溶液200gを加え、さらに3日間放置した。これをもう一度繰り返した。おがくずを金網で濾別し、水道水でよく洗った。水切りをおこなった脱色おがくずを200mLの三角フラスコに入れ、1/4に希釈した塩素系漂白剤100mLを加えさらにNaBr2gを加えて図2のようにマグネチックスターラーの上にセットした。

反応液を攪拌しながらTEMPO0.2gを加えるとすぐにpHが低下し始めたので、pHが9以下にならないように2mol・L⁻¹の水酸化ナトリウム水溶液を少量ずつ加えた。ポリエチレン製の袋状の茶こしを用いて反応生成物を取り出した。これを三角フラスコに入れ、水100mLを加えて、マグネチックスターラーで激しく攪拌すると白濁液から半透明状態に変化した。

(3) 植物廃棄物からの素材作製

おがくずは目の粗い金網で濾して用いた。トウモロコシの皮とクズの葉は水を加えミキサーにかけ細かくしたのちに乾燥させた(図3左)。それぞれの材料30gに重曹5gを加え、8%のデンプンのり20gを加えて板状に成形した(図3右)。おがくずを用いる場合は先行研究⁽²⁾を参考にした。

(4) 植物廃棄物からの素材作製

容器用素材のトウモロコシの皮は繊維を切るようにはさみで切断した後、クズの葉は約2cm角になるように切断し、ミキサーでさらに細かくした。おがくずと前処理したトウモロコシの皮とクズの葉を塩素系漂白剤で脱色した(図4上)。



図2 TEMPO酸化の実験装置。(オンラインカラー)

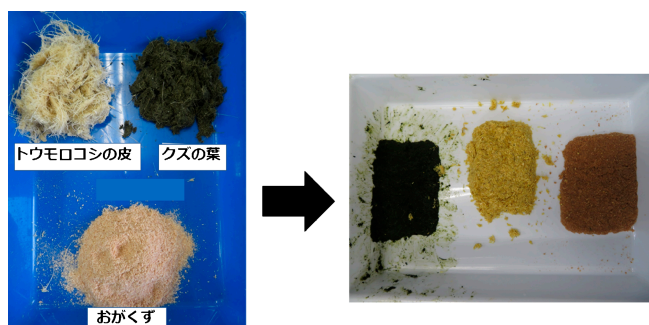


図3 前処理した材料と成形した素材。(オンラインカラー)



図4 漂白した材料と成形した素材。(オンラインカラー)

これらの材料に重曹を加えデンプンのりで固めて板状にした(図4下)。この方法の一部は論文⁽³⁾を参考にした。

(5) 紙と容器用素材の表面処理

CNF懸濁液、柿渋、亜麻仁油、CNFと柿渋、CNFと亜麻仁油の5種類を刷毛で、ろ紙、キムワイプ、おがくずからの素材、トウモロコシからの素材およびクズの葉からの素材に塗布して乾燥させた。

(6) 植物由来のフィルムの作製

大阪大学で開発された「海で溶けるプラスチック」⁽⁴⁾を参考に、CNF懸濁液と8%デンプンのりを混合し薄く延ばして乾燥させた。さらに柿渋および柿渋とCNF懸濁液の1:1混合液を薄く広げて乾燥させた。

3. 結 果

(1) おがくずを塩素系漂白剤で脱色(脱脂)し、TEMPOで酸化することにより⁽⁵⁾、セルロースナノファイバーを作製した。

(2) おがくずやトウモロコシの皮やクズの葉を細かくしたものをデンプンのりで固めて、断熱性をもつ建築用の生分解



図5 柿渋とCNFで作製したフィルム。(オンラインカラー)

表1 表面処理と撥水性。

素材	未処理	CNF	柿渋 +水	柿渋 +CNF	亜麻 仁油	亜麻仁油 +CNF
キムワイプ	×	×	○	○	○	○
ろ紙	×	×	△	○	○	○
おがくず	×	×	—	△	—	—
トウモロコシ	×	×	—	○	—	—
クズ	×	×	—	○	—	—

×：撥水性なし，△：撥水性不十分，○：撥水性あり，—：未実験

性の素材を試作した。

(3) おがくずやトウモロコシの皮とクズの葉を裁断したものを塩素系漂白剤で脱色し、さらにミキサーで細かくしたものをデンプンのりで固めることにより容器用の素材を試作した。

(4) 紙容器などのような生分解性の容器作製のための植物由来のコーティング剤としてCNFと柿渋や亜麻仁油の組み合わせを見つけた。撥水性は水を入れて放置したのち、質量変化を測定し吸収量を測定した。

(5) 植物由来のフィルムの作製に成功した(図5)。

文 献

- (1) コーヒー粕からセルロースナノファイバーを作成することに成功—ごみから作る次世代バイオナノ素材—横浜国立大学 Press Release https://www.ynu.ac.jp/hus/koho/23838/34_23838_1_1_200402023653.pdf.
- (2) おがくずを用いた新しい耐火性および断熱性素材の開発と生分解性食器への応用：岡山一宮高校令和1年度理科課題研究論文集，(2019)，45-51.
- (3) 小川 誠：身近な植物で紙を作る新手法，徳島県立博物館報告，No. 26，(2016)，87-96.
- (4) 海で分解されるプラスチック開発植物材料使い：日本経済新聞(nikkei.com).
- (5) 磯貝 明：TEMPO酸化セルロースナノファイバーの調製と特性解析：東京大学農学部演習林報告，126号，(2012)，1-43.

(2023年1月30日受理)[doi:10.2320/materia.62.549]
(連絡先：〒701-1202 岡山市北区植津221)