

緑藻微生物を直接樹脂化する 新規バイオマスプラスチック—細胞プラスチック—の開発

Development of Novel Biomass Plastics —Cell Plastics— by Resinification of Green Algae Microorganism

有賀竣太¹⁾

指導教員 山下俊^{1),2)}, 研究協力者 入谷康平^{1),2)}, 小林亜由美^{1),2)}

1) 東京工科大学 工学部 応用化学科 高分子・光機能材料学研究室

2) 東京工科大学 先端リグニン材料研究センター

キーワード：バイオマスプラスチック，緑藻細胞，クロレラ，熱硬化性樹脂，硬化剤

1. 研究背景

プラスチックは我々の生活を支える必要不可欠な高分子材料であるが、それらの多くは石油を原料として作製されており、二酸化炭素排出の増加や石油の枯渇、マイクロプラスチックによる環境破壊など様々な問題を引き起こしている。近年、石油資源に依存しないバイオマスプラスチックの研究が進められているが、バイオマスからプラスチックを作製するには莫大なエネルギーを要するため未だに広い普及に至っていない。これらの問題を解決するために、当研究室では、光合成により大気中の二酸化炭素を利用し増殖する緑藻細胞を直接樹脂化して得られる「細胞プラスチック」の研究開発を行っている。廃棄時に発生する二酸化炭素を再び原料として利用できるだけでなく、従来のバイオマスプラスチックに比べると著しく簡便に作製できるメリットがある。これまでに緑藻としてクロレラ(Fig. 1)を用い、ポリマー母材と複合化して、フレキシブルな自立フィルムを得ることに成功している。また、エポキシドモノマーとクロレラを混合した後、加熱圧縮により作製する熱硬化性クロレラ樹脂も作製した。本研究では、熱硬化性クロレラ樹脂において、より高強度の樹脂を得ることを目的として、市販の芳香族系や、大きな分子量をもつエポキシ主剤を用いて樹脂を作製し、加熱圧縮条件に依存する樹脂の力学特性を評価した。

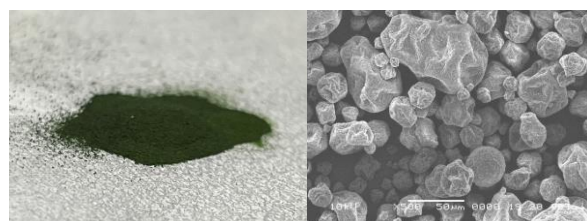


Fig. 1 使用したクロレラの外観およびSEM像

2. 実験と結果

〈熱硬化性クロレラ樹脂の調製〉

主剤として、ナガセケムテックス社製の XNR6830 を用いた。¹H NMR に基づき XNR6830 の構造を推察し、その分子構造からエポキシ当量は 170 であることが示唆された。

次に、クロレラとエポキシ主剤を攪拌機により、2000 rpm で 1 分間の攪拌を 3 回行い、その混合物を金属鋳型に入れ、加熱圧縮することで樹脂化した。なお、予備的な実験からクロレラの含有率が小さい場合は十分に樹脂化できなかったことから、すべての場合でクロレラ含有率を 80 wt% とした。

〈熱硬化性クロレラ樹脂の 3 点曲げ試験〉

3 点曲げ試験により熱硬化性クロレラ樹脂の力学特性を評価した。Fig. 2 に、XNR6830 主剤を用い、加熱圧縮の温度と圧力を変えて硬化した樹脂の 3 点曲げ試験より得られた最大曲げ応力と曲げ弾性率を示す。いずれの物性値も成形時の圧力が大き

くなると増加する傾向にあるが、温度の影響はほとんどみられないことが分かった。また、150℃ 15MPa で作製した樹脂以外は、データのばらつきが大きかったことから、均一な樹脂が得られていないことが示唆された。

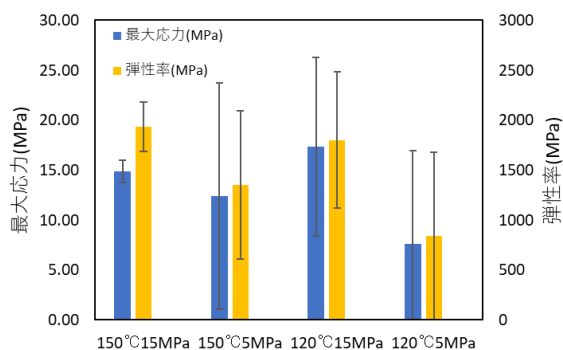


Fig.2 3点曲げ試験により得た弾性率と最大応力

〈クロレラ樹脂の SEM 観察〉

それぞれの樹脂の内部構造を SEM によって観察した (Fig. 3)。150℃、15MPa の加熱圧縮条件ではクロレラの粒子は観察されず比較的均一な樹脂となっていたが、それ以外の条件では粒子状のクロレラが残存し、低密度で不均一な構造体となっていることがわかった。これは力学試験におけるデータのばらつきの大きさの傾向と一貫性のある結果であった。

〈クロレラ樹脂の IR スペクトル測定〉

エポキシ-クロレラ樹脂の IR スペクトルを測定した (Fig. 4)。XNR6830 主剤 (Fig. 4 黒線) と未加熱の混合物 (Fig. 4 青線) では 910 cm⁻¹ にエポキシ基の C-O 伸縮に相当するピークが観測されたが、加熱圧縮した樹脂 (Fig. 4 赤線) では、そのピークが観測されなかった。このことから、樹脂化にはエポキシ基の開環反応が関係していることが示唆された。ただし力学試験のばらつきが大きく不均一であった樹脂では、加熱圧縮後もエポキシ基の吸収が観測され、反応性と樹脂の力学特性にも相関性が見られた。

3. 結論

サステイナブル社会に適する環境負荷が小さい

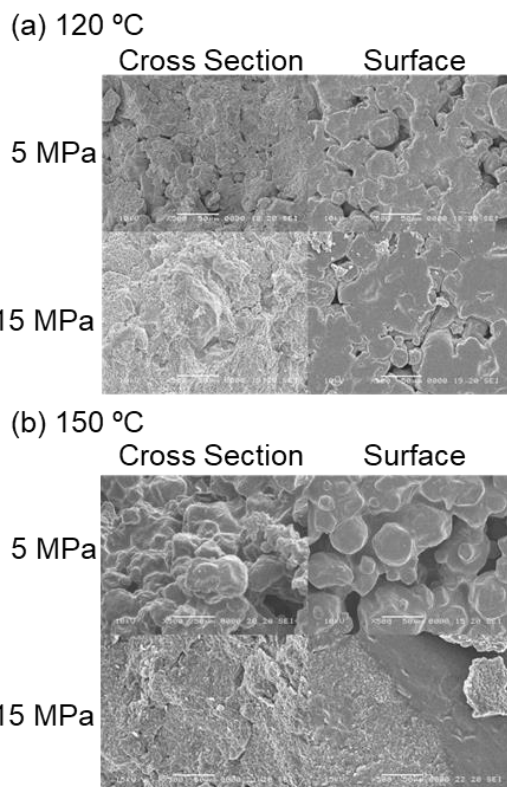


Fig. 3 各条件で調製したクロレラ樹脂の SEM 像

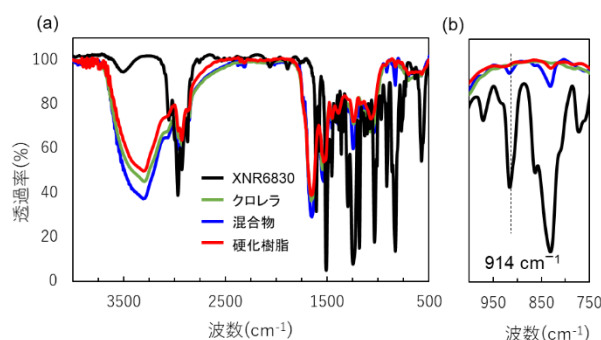


Fig. 4 IR スペクトル

材料の開発のため、クロレラ含有熱硬化性エポキシ樹脂の作製を試みた。結果として、クロレラが硬化剤となり、クロレラを 80 wt%含有という高いバイオマス度で硬化できることを見出した。さらに加熱圧縮時の温度と圧力が高いほど樹脂の力学特性が向上し、またデータのばらつきが小さい比較的均一な樹脂が得られることが分かった。十分にばらつきを抑えることはできていないが、本研究で得られた知見は、省エネルギーで得られる新たなバイオマスプラスチックの開発の足掛かりになると期待される。