



Title: Development of Epoxy and Urethane Thermosetting Resin Using *Chlorella* sp. as Curing Agent for Materials with Low Environmental Impact

(低環境負荷材料を志向した硬化剤としてクロレラを用いたエポキシおよびウレタン熱硬化樹脂の開発)

Authors: Kohei Iritani, Akihito Nakanishi, Rinka Nihei, Shiomi Sugitani, Takashi Yamashita

(入谷康平 (東京工科大工学部助教、同先端リグニン材料研究センター)、
中西昭仁 (東京工科大応用生物学部助教)、仁平梨花 (東京工科大工学部学生)、
杉谷汐美 (東京工科大工学部修士学生)、
山下俊 (東京工科大工学部教授、同先端リグニン材料研究センター センター長))

Journal: Polymers 15 (2023) 2968

掲載年月: 2023 年 7 月

研究概要: サステイナブル社会の構築を目指して、緑藻細胞であるクロレラそのものを硬化剤とする熱硬化性クロレラ-エポキシおよびクロレラ-ウレタン樹脂の開発を行いました。エポキシド誘導体とイソシアネート誘導体をそれぞれクロレラと混合した後、加熱圧縮すると樹脂化することを見出しました。樹脂化にはクロレラの含有率が少なくとも 70 wt% 必要であり、必然的にバイオマス度が高い樹脂を得ることに成功しました。また赤外分光法や走査型電子顕微鏡観察から樹脂の硬化性を評価しました。

研究成果: 緑藻細胞であるクロレラを用いたエポキシ樹脂およびウレタン樹脂の作製のために、エポキシド誘導体 (図 1a) とイソシアネート誘導体 (図 1b) を主剤として用いました。今回はクロレラ含有率を 80wt% に固定し、加熱温度と圧力を変えて樹脂化を試みました。表 1 にそれぞれの条件で作製した樹脂の引張試験における力学特性をまとめています。180°C の高温では試験が実施できないほど脆い樹脂が得られました。樹脂の SEM 観察から、クロレラ粒子が観察されたことから (図 2)、樹脂化より先にタンパク質の変性が起き、クロレラが硬化したのみであると考えました。また 120°C、150°C では、圧力が高い方がより高強度の樹脂が得られることを見出しました。SEM 観察では高压で作製した樹脂の方が、クロレラが変形し、より高密度の樹脂に変化したことを明らかにしました (図 2)。さらに樹脂の IR スペクトルを測定したところ、主剤として用いた化合物のシグナルが消失したことから、主剤の化学構造が変化することにより樹脂化が進行したことを見出しました。

社会への影響: 本論文では高いバイオマス度の熱硬化性樹脂の作製、およびその力学特性の制御に成功しました。サステイナブルな材料として社会への普及が期待されます。

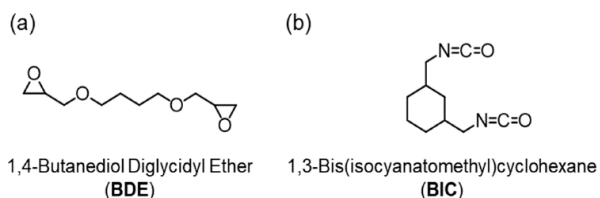


図 1: エポキシドおよびイソシアネート誘導体の化学構造

Resin	Temperature (°C)	Pressure (MPa)	Young's Modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation at Break (%)
Epoxy	120	5	- ^a	- ^a	- ^a
		10	390 ± 40	6.3 ± 0.8	2.1 ± 0.3
		20	610 ± 90	8.9 ± 1.4	2.5 ± 0.9
	150	5	- ^a	- ^a	- ^a
		10	620 ± 70	11 ± 3	2.6 ± 0.7
		20	710 ± 180	16 ± 4	3.0 ± 0.4
180	5	- ^a	- ^a	- ^a	
	10	- ^a	- ^a	- ^a	
	20	- ^a	- ^a	- ^a	
Urethane	120	5	600 ± 55	11 ± 2	2.5 ± 0.4
		10	680 ± 44	13 ± 2	2.5 ± 0.6
		20	760 ± 80	16 ± 2	2.9 ± 0.4
	150	5	480 ± 80	10 ± 3	2.4 ± 0.2
		10	610 ± 120	8.4 ± 2.9	1.6 ± 0.5
		20	800 ± 80	18 ± 6	4.0 ± 1.0
180	5	510 ± 60	9.6 ± 3.2	2.3 ± 0.6	
	10	- ^a	- ^a	- ^a	
	20	- ^a	- ^a	- ^a	

表 1: 加熱圧縮条件と熱硬化性クロレラ樹脂の力学特性

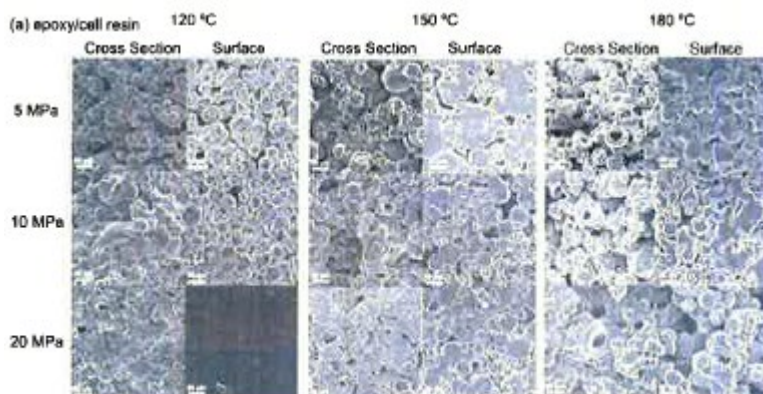


図2: クロレラ-エポキシ樹脂のSEM像