

光造形方式 3D プリンターを用いた メカノクロミック構造体の作製と工学特性評価

(山形大院・有機) ○飯島羅夢, (山形大・GMAP), Wichean Khawdas,
(山形大院・有機、GMAP) 伊藤浩志, (東工大・物質理工) 大沼弘, 大塚英幸

【背景】近年、複雑な構造を材料内部に組み込むことで製品の機能性を上昇させるデザインが注目されている。機能性デザインは 3D プリンターとともに自由度の高い設計が可能となった。設計する上で、構造と機能の関係を理解することが重要である。今まで、シミュレーションを活用した応力・ひずみ解析が多く行われてきた。本研究では、力学刺激に応答し、C-C 結合が開裂・ピンク色に変化するメカノクロミック特性を持つ架橋剤である DFMA を使った光硬化性樹脂を 3D 造形に応用することで、様々な構造に造形した材料のダメージを可視化できる手段として使えることを目標に、材料の調製と 3D 造形試験、引張試験時における色変化について調査した。

【実験】モノマーとして DMAA、開始剤として TPO、架橋剤として DFMA を用いた。開始剤、架橋剤はモノマーに対してそれぞれ 1.00 mol% ずつ加えた。これは、市販の光造形式 3D プリンター用樹脂の UV 硬化速度に近い組み合わせである。様々なモノマーを試した結果、見つけることができた。まずは、光造形方式 3D プリンターで造形可能なピラミッド形状の 3D モデルを用いて実証実験を行った。

また、マクロな変形において色変化が開始するひずみや応力の大きさを調査するために、架橋剤の量を 0.25 ~ 1.00 mol% に変化させた材料を調製し、板状に成形後、ダンベル試験片形状に打ち抜いた。このサンプルを用いて引張試験を行い、その様子をビデオカメラで撮影した。引張速度は 200mm/min に設定した。動画から抜き出した画像を RGB (赤緑青) で数値化した。色変化時、Green の値が大きく変化することから、Green の値をもとに評価を行った。

【結果・考察】Fig.1 に使用した 3D モデル (a) と造形物 (b) の画像を示す。調製した材料は市販樹脂と同じ造形条件で問題なく造形することができた。Fig.2 (a) に引張試験の結果、(b) に引張時の色変化イメージを示す。架橋剤の量が増加するほど、引張強度が大きくなり、破断ひずみは小さくなった。Fig.3 に色解析の結果を示す。色変化は架橋剤量の多いサンプルほど小さなひずみでも色変化が起こっている。一方で、応力に対してはほとんど同じ大きさで色変化が起こり始めた。色変化は、応力の寄与が大きいと考えられる。

【謝辞】本研究は JST CREST (ナノ力学 ; JPMJCR1991) の助成により遂行された。ここに謝意を表す。

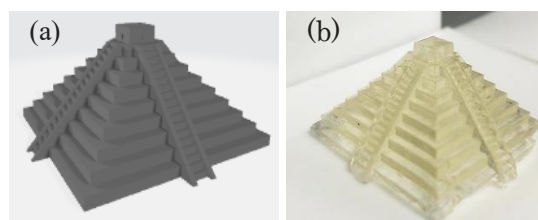


Fig. 1. 3D モデル (a) と造形物 (b)

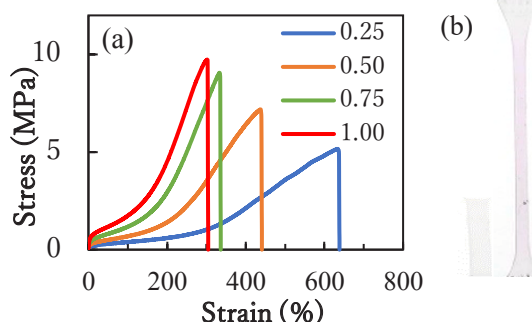


Fig. 2. 引張試験結果 (a) とサンプル (b)

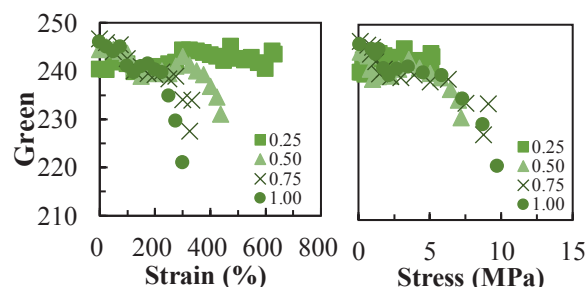


Fig. 3. 色解析結果

Fabrication and engineering characterization of mechanochromic structures using optical 3D printers, Ramu IJIMA¹, Wichean KHAWDAS², Hiroshi ITO^{1,2*}, Ko ONUMA³, Hideyuki OTSUKA³

¹Graduate School of Organic Materials Science, Yamagata University, ² Research Center for GREEN Materials and Advanced Processing, Yamagata University, 4-3-16, Jonan, Yonezawa, Yamagata, 992-8510, Japan, *Tel & Fax : 0238-26-3081, Email : ihiroshi@yz.yamagatau.ac.jp ³Department of Chemical Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, 2-10-1, Ookayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550, Japan