

## 分子側鎖の絡み合いを利用した自己修復ゲルの合成

(山形大院・有機材料) ○青木聡志, 高田友幸,  
(山形大工・高分子) 森田純, 門間孝一郎, (山形大院・有機材料) 宮瑾

## 【緒言】

現在世界的問題と化したマイクロプラスチック汚染や頭打ち状態のプラスチック再利用などの社会的課題を解決するため、高分子材料に高靱性・長寿命が求められている<sup>1</sup>。様々なアプローチが研究されている<sup>2</sup>がその中に自己修復材料がある。自己修復機能は材料の強度回復、割れても材料の再接着が可能にするため、材料に高靱性・長寿命が付与でき、商品価値の向上や省資源化等につながると考えられる。本研究では、非共有結合であり常温常圧で起こる、分子側鎖が面ファスナーのように絡み合う機構をもつ分子側鎖の絡み合いを利用した自己修復ゲルを合成し、その分子構造を変化させることによるゲルの自己修復特性への影響を調査した。

## 【実験方法】

一つ目のモノマー(M1)に2-(Dimethylamine) ethyl methacrylate (DMAE)を使用し、二つ目のモノマー(M2)に側鎖の長さ、形状がそれぞれ異なるモノマーである Octyle Acrylate(OA)、分岐構造をもつ Octyle Acrylate(BOA)、Dodecyl Acrylate(DA)、Tetradecyl Acrylate(TA)、Stearyl Acrylate(SA)を用い5種類のコポリマーゲルを合成した。このとき M1 および M2 の量は、それぞれ 3 mol および 1 mol に固定された。また、比較のため、6種類のモノマーDMAE、OA、BOA、DA、TA、SAを用いてホモポリマーゲルも合成した。架橋剤および開始剤に1,6-Hexanediol diacrylate(HDDA)、2-Hydroxy-2-methylpropiophenone(HMPP)を使用した。これら合成されたゲルについて引張試験による力学物性や自己修復特性評価を行った。

## 【結果と考察】

Figure 1 に合成したコポリマーゲルの引張について典型的な応力-ひずみ曲線を示す。力学物性について、M2 を変えることによるひずみの変化は大きくなかったが強度の変化については P(DMAE-co-SA)\_gel が著しく高い結果となった。Figure 2 に合成したコポリマー5種類の12時間修復におけるひずみ、強度、靱性の修復率を示す。M2 のメチル基の数および側鎖の形状による修復率の違いが見られた。メチル基の数が減少するほど修復率が高くなる傾向にあった。分岐構造を持たない配合である P(DMAE-co-OA)\_gel、P(DMAE-co-DA)\_gel、P(DMAE-co-TA)\_gel にこのような傾向が見られた。側鎖に分岐構造を持つ P(DMAE-co-BOA)\_gel はの修復率は側鎖に分岐構造を持たず、メチル基の数が同じである P(DMAE-co-OA)\_gel と比較すると高くなる結果となった。これらの結果より分子側鎖の長さ、および形状が自己修復特性へ影響を与えることが分かった。

今後は動的粘弾性測定から緩和時間、末端緩和<sup>3</sup>を求め、分子側鎖の自己修復性への影響の調査を行う。

## 【参考文献】

1. Lebreton L, Van Der Zwet J, Damsteeg J et. al., Nature Communications 2017, 8.
2. (a) Wang Q, Mynar J, Yoshida M, et. al., Nature 2010, 463, 339. (b) Deng G, Tang C, Li F et al., Macromolecules 2010, 43, 1191. (c) S. Tamesue, Y. Takashima, et. al., Angewandte Chemie 2010, 122, 7623.
3. (a) QiuHong Zhang, Xiangyang Zhu, et. al., Macromolecules 2019, 52, 660. (b) Feng-Min Nie, Jing Cui, et. al., Macromolecules 2019, 52, 5289.

Synthesis of self-healing gels using entanglement of molecular side chains, Satoshi Aoki<sup>1</sup>, Tomoyuki Takata<sup>1</sup>, Jun Morita<sup>2</sup>, Koichiro Momma<sup>2</sup>, Jin Gong<sup>1</sup> (<sup>1</sup> Department of Organic Materials Science, Graduate School of Organic Materials Science, Yamagata University, 4-3-16 Jonan, Yonezawa, Yamagata 992-8510, Japan; <sup>2</sup> Department of Polymeric and Organic Materials Engineering, Faculty of Engineering, Yamagata University, 4-3-16 Jonan, Yonezawa, Yamagata 992-8510, Japan. <sup>1</sup>Tel: 0238-26-3135, E-mail: t221997m@st.yamagata-u.ac.jp (S.A.), jingong@yz.yamagata-u.ac.jp (J.G.).)

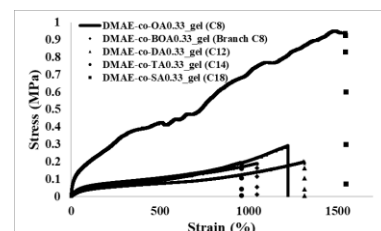


Figure 1. The tensile strain-stress curves of five gels synthesized from M2 different in the length of alkyl chains.

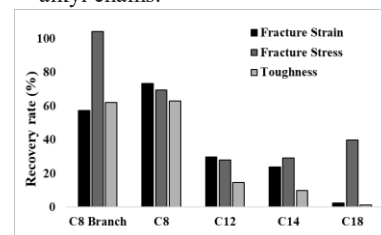


Figure 2. The 12-hour recovery rate of fracture stress, toughness, and fracture strain for five gels synthesized from M2 different in the length of alkyl chains.