

6. 研究内容及び成果

ポリウレタンエラストマーの炭酸を用いたケミカルリサイクル法の開拓

国立大学法人長崎大学大学院工学研究科 本九町 卓

はじめに

高分子材料が我々人類の生活の質を著しく向上させたことは、述べるまでもないと考えられる。高分子材料の生産量は年間4億トンを超えて今後も伸び続けてゆくことは容易に予想される。しかしながら高分子材料の生産量の増大とともに様々な地球環境への影響(SDGs Goal 13, 14)が懸念されており、高分子材料には作る責任と使う責任が生じている(SDGs Goal 12)。以前より高分子材料のリサイクルは、強く叫ばれており、直近では85%の高い値を示している。しかし、ポリウレタンエラストマーに目を向けるとことなり、リサイクル率はわずかに22%、残りの78%は埋め立てや焼却処理がなされており地球環境へ及ぼす影響が懸念されている。

ポリウレタンのケミカルリサイクルについて述べるとその多くは、硫酸や水酸化ナトリウムといった強酸や強塩基を用いており、分解生成物の二次分解を誘起しており、再利用のためには原料へと精製が必要である。

本研究では、上記の通りリサイクル率の低いポリウレタンエラストマーの新規ケミカルリサイクル法の開拓を目的とし、環境に負荷のかからない炭酸水を用いることを特徴とする。

結果と考察

本研究に用いたポリウレタンエラストマーの合成

本研究に用いたポリウレタンエラストマーは、ポリテトラヒドロフラン、4,4'-ジフェニルメタンジイソシアネート(MDI)、1,4-ブタンジオールからワンショット法により合成した(Figure 1)。

得られたポリウレタンエラストマーは、弾性を有する乳白色固体であった。化学構造

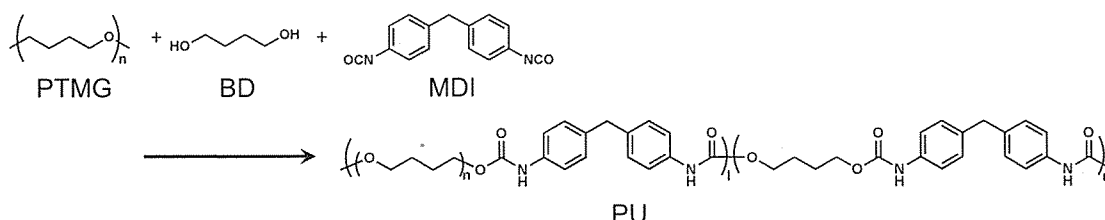


Fig. 1. Synthesis of polyurethane elastomer from PTMG, BD and MDI.

の同定には、フーリエ変換赤外分光測定、 ^1H ならびに ^{13}C 核磁気共鳴スペクトル、分子量の測定にはゲルパーミエーションクロマトグラフィーにより行った。これらの測定により、得られた試料は、ウレタン結合を有し、一般的なポリウレタンエラストマーとして十分な分子量を有することを確認できている。以上より、Fig. 1 に示す化学構造を有するポリウレタンエラストマーを本研究では用いた。

ポリウレタンエラストマーの炭酸を用いた加水分解

ポリウレタンエラストマーを所定量の水とともに所定の圧力の二酸化炭素下にて加熱加圧を行なった。一定時間、温度と圧力を保持することで、元のポリウレタンエラストマーの形状はなくなり、黄色味を帯びた水溶液と乳白色の粘稠な水不溶物が得られた。この水不溶部と可溶部をそれぞれ分けて回収し、ロータリーエバポレーターを用いて濃縮した(Figure 2)。水可溶部には、用いたポリウレタンエラストマーの加水分解によって生成すると考えられる 1,4-ブタンジオール (BD) と 4,4'-ジフェニルメタンジアミン (MDA) のみが含まれていた。この際、副生成物に由来するシグナルは観測されなかった。

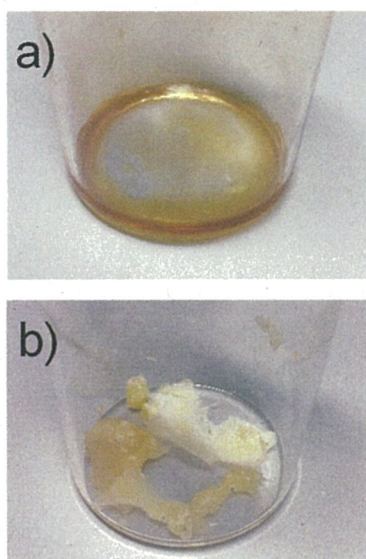


Fig. 2. Photo of a) water soluble component and b) water insoluble component.

またその回収量も加水分解反応に用いたポリウレタンエラストマーから生成すると見積もられる BD, MDA の重量とほぼ一致していた。次に水不溶部について説明する。水不要物は、 $^1\text{H-NMR}$ 測定により、PTMG の骨格を有することが明らかとなった。また、GPC 測定の結果は、わずか 30 分程度で原料の PTMG とほぼ同じプロファイルを示した。反応時間を延長することで分子量は低下し、12 時間反応することで原料と同じ溶出時間を示した。以上より、本加水分解反応を Fig. 3 に示す。用いたポリウレタンエラス

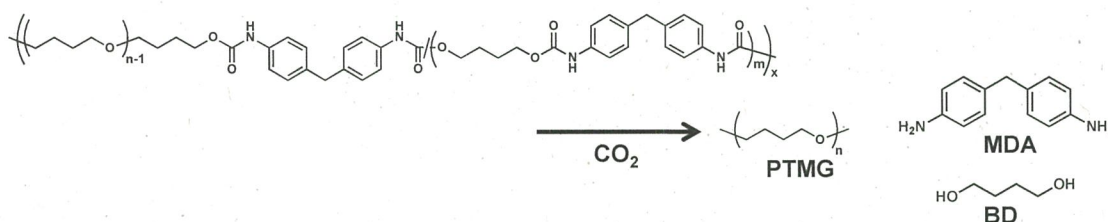


Fig. 3. Hydrolysis of polyurethane elastomer.

トマーは、加水分解により BD と MDA が水可溶成分として、PTMG が水不溶物として得られた。この際に副生成物に由来する化合物は、検出されなかった。

まとめ

本研究では、ポリウレタンエラストマーの加水分解を炭酸水を用いて行なった。本手法では、環境低負荷な、水と二酸化炭素から発生する炭酸を用いるだけでポリウレタンエラストマーの加水分解が可能である。本報告書では、ポリウレタンエラストマーのウレタン結合の加水分解について報告した。炭酸による加水分解法は水を溶媒とし、二酸化炭素と水が反応することで容易に調製可能な炭酸を酸として用いている。炭酸は、様々な特長をもたらす酸触媒としてのみならず、環境保護の観点から極めて重要な反応媒体である。