

硫黄の資源循環によるカーボンニュートラルへの貢献：廃棄硫黄を原料とした高機能プラスチック創出技術の開発

(阪大院理¹・ICS-OTRI²) ○小林 裕一郎^{1,2,3}・山口 浩靖^{1,2}

Contribution to Carbon Neutrality through Sulfur Resource Recycling: Development of High-Performance Plastic Production Technologies Using Waste Sulfur (¹Graduate School of Science, Osaka University, ²ICS-OTRI, Osaka University, ³PRESTO, JST) ○ Yuichiro Kobayashi,^{1,2,3} Hiroyasu Yamaguchi²

Every year, 7 million tons of sulfur are discarded, highlighting the need for new applications of this material. This presentation will discuss research aimed at achieving carbon neutrality through the valorization of waste sulfur by developing functional materials. Specifically, to enable sulfur polymers to achieve a level of development similar to carbon-based polymers, the presenter will introduce theoretical foundations in sulfur polymer chemistry, eco-friendly synthesis methods geared toward real-world applications, and the latest functional sulfur-based materials that have already been developed.

Keywords : Sulfur; Polysulfide; Polycondensation; Carbon neutral; SDGs



図 1. 廃棄硫黄を用いたポリマー材料開発を通し、硫黄の資源循環を実現する

持続可能な社会構築(SDGs)のため、年間 700 万トン地上廃棄されている硫黄の有効活用が求められている。その方法の一つとして硫黄を含むポリマー材料の開発が行われている(図 1)。硫黄ポリマーは高い静電容量や光屈性などの特異な性質を示すことから、次世代電池や LED などへの応用が期待されている。SDGs を達成しつつ高機能ポリマー材料を創製出来るにも関わらず硫黄ポリマーの社会実装が進んでいない。既存の硫黄ポリマーは高温にて合成する必要があったため、CO₂ や毒ガスである硫化水素が大量に発生することがボトルネックとなっていた。本発表では、発表者が近年開発した、室温合成可能な硫黄ポリマーに関する近年の開発状況に関して報告する(図 2)。

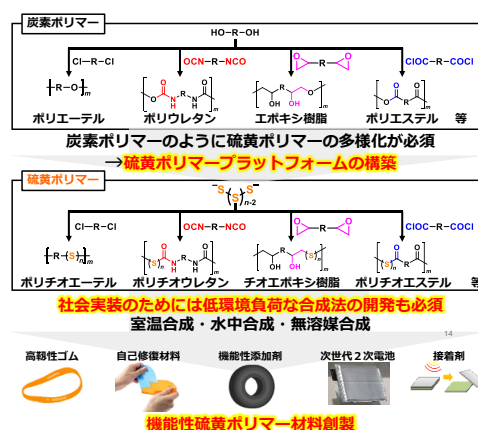


図 2. 本研究の目標

発表者の開発した低環境負荷で合成できる硫黄ポリマーの1種である硫黄含有チオエポキシ化合物 (SnEpo)は以下に示す手法で合成した(図3)。環状硫黄(S₈)と硫化ナトリウム 5水和物(Na₂S·5H₂O)を水中で混合することで直鎖状硫黄(LS)溶液を調製した。クロロホルムに溶解させた1,7-オクタジエンジエポキシド(OCtdiEpo)と室温で混合、24時間攪拌した。水層とクロロホルム層の界面に得られた析出物を60℃で24時間減圧乾燥し、硫黄含有チオエポキシ化合物を得た(SnEpo, 図3)。比較サンプルであるS1EpoはS₈を用いずに同様の操作を行うことで合成した。硫黄ポリマーSnEpoの合成はラマン分光法によりC-S結合とS-Sに由来するピークが観測されたこと、¹H NMR スペクトル中において原料であるOCtdiEpoのピークが消失し、OH基に由来するピークが出現したことから確認した。各ポリマーの硫黄数(*n*)は、元素分析から決定した。硫黄数(*n*)の異なる硫黄ポリマーはLSを作製する際のS₈とNa₂S·5H₂Oの混合比から制御した。

得られたSnEpoの引張試験を行うと、興味深いことに硫黄数(*n*)が増えるに従って、機会強度が増大する挙動が観察された(図4)。SnEpoはジスルフィド結合を有することから、SS結合を切断する試薬で分解出来ると考えた。S3.5EpoとSS結合を切断する試薬であるジチオスレイトール(DTT)をDMF中、室温で12時間攪拌した。得られたGPC測定を行うと、高分子量由来のピークが消失していた(図5)。この結果から、S3Epoは室温という温和な条件で分解できることが分かった。

当日はSnEpoに加えて、研究開発のモチベーションとなった、超分子硫黄ポリマー郡の各種物性や、最も単純な構造であるポリエチレン中に硫黄を複数導入した化合物を用いて、その機械物性を詳細に調査した結果や、硫黄ポリマーを電池や接着剤への応用に向けた各種評価などを報告する。

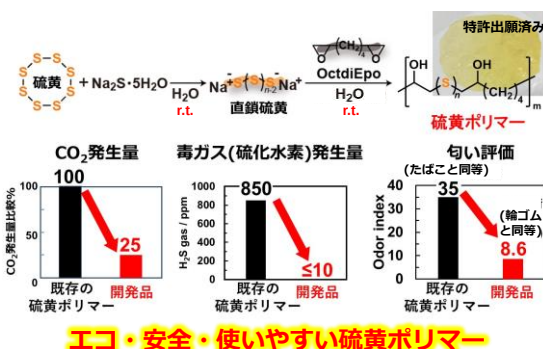


図3. 発表者の開発した室温合成可能な硫黄ポリマーの特徴

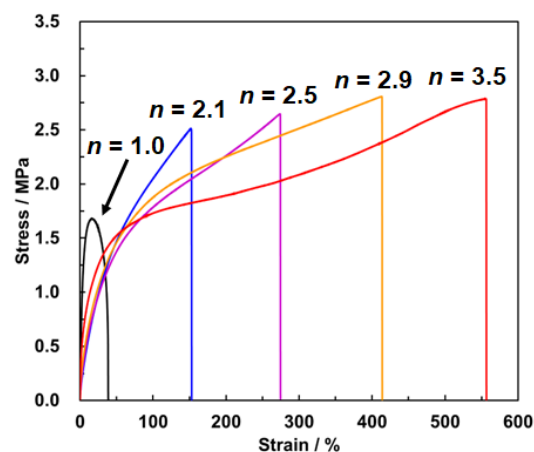


図4. 硫黄数(*n*)の異なる硫黄ポリマーの機械特性

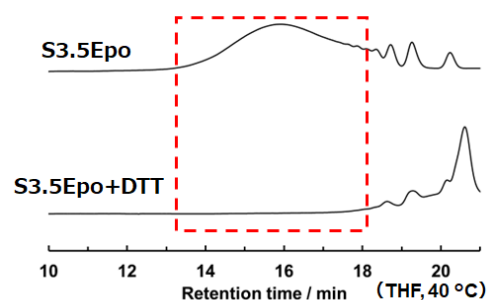


図5. 硫黄ポリマーとDTT添加後の硫黄ポリマーのGPCスペクトル