

プログラム名：超薄膜化・強靱化「しなやかなタフポリマー」の実現

PM名：伊藤 耕三

プロジェクト名：Li 電池セパレータ薄膜化プロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 2 8 年 度

研究開発課題名：

多孔高分子膜のメゾ構造と力学シミュレーション

研究開発機関名：

株式会社 MCHC R&D シナジーセンター

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

本研究開発では、バッテリーセパレータ(BS)に代表される高分子多孔膜のメゾスコピックな構造の観測技術と力学応答シミュレーション技術を確立及び活用し、“薄膜化且つタフ化”に対する多孔構造の設計指針確立を目指す。また、共通課題に対しては、G1「破壊機構の分子的解明」について関係機関の研究開発を取りまとめることで成果創出を支援し、プログラム全体への貢献を果たすことを目的としている。

【今年度の目標】

バッテリーセパレータ：前年度は、BSのメゾスコピックな3次元構造を定量化する構造解析技術、ならびに、再構成された3次元構造に基づく力学応答シミュレーション技術を確立した。かかる技術を活用し、本年度はBSの多孔膜構造と力学応答の因果関係解析を主たる目標とした。

共通課題：前年度は、G1-2「亀裂進展機構の解明」において、亀裂速度転移現象のシミュレーションによる再現に世界で初めて成功する成果を得た。本年度は、G1-1「モデル樹脂を用いた破壊機構の解明」の目標として、ポリカーボネート樹脂(PC)の強度発現機構に対する分子論的な仮説を立案し、関係アカデミアを先導することにより、実証のための解析的研究手法の検討を行った。

【今年度の計画】

バッテリーセパレータ：以下の検討に基づきLi電池セパレータ薄膜化プロジェクトにおける開発を支援する。

- ・ 多孔構造及び強度が異なる数種のBSについて前年度に確立した3次元構造解析技術を適用することで構造上の特徴を抽出し、力学挙動との相関を検討する。更に、力学応答シミュレーション技術により多孔構造と強度の因果関係について解析を行う。
- ・ BSにおける亀裂進展をお茶の水女子大学で実施されている解析手法により解析する。
- ・ BSの孔形成過程を解析し構造制御を支援する。

共通課題：以下の検討に基づき、「破壊機構の分子的解明」に資する基盤的研究手法開発を先導する。

- ・ 緩和強度で衝撃強度が説明されないPCの特異性に対する仮説立案
- ・ 上記仮説検証のための各アカデミア機関の課題設定(実験及びシミュレーション)

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

バッテリーセパレータ：多孔構造及び強度が異なる数種のBSについて3次元構造再構成、特徴量の定量化、力学応答シミュレーション、亀裂進展解析を実施した。これらの結果を踏まえ、高強度化の為の設計指針について検討を行った。また、孔形成過程については、X線散乱による解析を実施した群馬大学とサンプルを一部共有し、SEMによる実空間での観察を行うことで理解の深化を図った。共通課題：アモルファス樹脂の耐衝撃強度の発現メカニズムについて、先行研究を調査・整理し、延性脆性転移に着眼した仮説立案を行った。4回の検討会開催を通じて課題の深掘りと研究の方向性の議論を行い、アカデミアの連携を促進した。

2-2 成果

バッテリーセパレータ：多孔構造は空孔率や孔径分布などで特徴づけられるが、検討を行った BS の高強度化に対しては、構造の不均一性ならびに異方性の制御が有効であることが分かった(Fig.1)。更に、かかる構造の制御が亀裂進展速度にも大きな影響を与えることが判明した(Fig. 2)。力学挙動についてはこのように多孔構造との因果関係が示されたが、一方で、孔形成過程の解析からは、多孔構造が孔形成以前の結晶高次構造に依存することが示唆された。

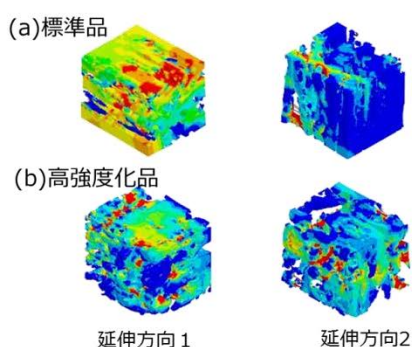


Fig.1 多孔構造が異なる高分子多孔膜の変形挙動

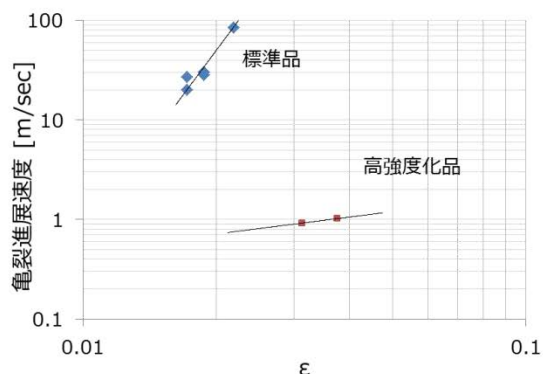


Fig.2 多孔構造が異なる高分子多孔膜の亀裂進展速度

また、力学挙動に加え、電池評価結果を理解する為の多孔構造の曲折率やパーコレーション等についても定量化がなされた。

共通課題：サブリーダーとしてアカデミアを先導することにより以下の成果に貢献した。

【モデル樹脂を用いた破壊機構の解明】

- ・ 粘弾性副緩和と破断現象を分子的にシミュレーションする技術確立し、PC および PMMA への適用を行った (名古屋大学)。
- ・ PC の熟老化現象に影響すると考えられる密度揺らぎを SPring8 を用いて世界で初めて観測することに成功した (山形大学)。

【亀裂進展機構の解明】

- ・ 亀裂速度転移を再現した FEM シミュレーション技術の特許出願を実施 (東京大学)。
- ・ 線形粘弾性モデルによる理論アプローチにより亀裂速度転移の本質理解にむすびつく厳密解を発見 (お茶の水女子大学)。
- ・ 実在ゴムの亀裂進展測定及び理論解析により非線形弾性パラメータで記述される普遍性を発見 (京都工芸繊維大学)。

2-3 新たな課題など

該当なし

3. アウトリーチ活動報告

バッテリーセパレータに対する研究成果については、国内における学会発表を 2 件実施した。また、共通課題に対する取組については高分子学会「高分子」における特集記事で紹介した。