

※課題番号 : F-12-KT-0011
※支援課題名 (日本語) : 薄膜複合材料の機能性発現に関する微視的材料メカニクスの解明
※Program Title (in English) : Characterization of material micromechanics underlying the functionality of thin composite film
※利用者名 (日本語) : 西川 雅章
※Username (in English) : Masaaki Nishikawa
※所属名 (日本語) : 京都大学 大学院工学研究科 機械理工学専攻
※Affiliation (in English) : Kyoto University

※概要 (Summary) :

薄膜状の機能性先端複合材料の機械的特性や破壊特性について、微小領域に力学的負荷を与えた試験や変形の三次元的測定によって評価する手法を確立し、内部微視構造の変化と力学的特性の関係やそれらが機能性に及ぼす影響のメカニズムを明らかにすることを目的とする。蛍光分光法による機能性フィルム内への蛍光剤浸透量変化の測定による高分子内部構造変化の測定、および、細孔構造を有する多孔質材料の押し込み変形測定による細孔構造変化に起因する力学特性変化の測定を実施した。

※実験 (Experimental) :

【利用した装置】

- ・ 共焦点レーザー走査型顕微鏡 (FV1000)
- ・ 3D 測定レーザー顕微鏡 (OLS4000)
- ・ 超微小材料機械変形評価装置 (ENT-2100)

【実験内容】

特異な熱力学的変形特性を有する機能性高分子素材のフィルムが、熱力学的負荷サイクル下で機能劣化を生じるメカニズムの解明のため、共焦点レーザー走査型顕微鏡を用いた蛍光分光法により、蛍光剤浸透量の測定を実施した。また、細孔構造を有する薄膜状多孔質高分子系複合材料の細孔構造に起因する力学特性変化について検討するため、超微小材料機械変形評価装置による押し込み荷重-変位測定を実施した。この力学特性評価の妥当性の検証のため、3D 測定レーザー顕微鏡による表面性状の測定を実施した。

※結果と考察 (Results and Discussion) :

機能性高分子フィルムがガラス転移点近傍の熱力学負荷サイクルで機能劣化し、変形回復率が低下するとともに、それに対応して蛍光剤浸透量が低下し、定

量的に相関関係が見られた。これにより、熱力学的負荷サイクルによる高分子の機能劣化機構の支配的な要因がポリマー内部の自由体積変化によるものであることが検証された。一方、細孔構造を有する多孔質高分子系複合材料膜の繰返し押し込み変形について、細孔構造変化の影響と膜を構成する高分子の粘弾性変形の影響が現れており、理論的考察を基にすると、これらを分離して評価できる可能性が示された。これらの結果から、ポリマー素材や先端的機能性複合材料内部の微視構造（自由体積構造や細孔構造）の変化と力学的特性の関係について明らかにする手法を確立することができた。

※その他・特記事項 (Others) :

本研究の蛍光分光法による実験では、共焦点レーザー走査型顕微鏡により蛍光強度を局所的に測定しており、空間的分布についても測定が実施できているが、測定値のばらつきが大きく有意義な考察が行えていないため、平均的な評価での測定を実施しており、レーザー誘起の測定を実施している長所が活用できていない。空間的分布を精度よく評価するための方法については今後の課題である。超微小材料機械変形評価装置を用いた押し込み試験による評価では、押し込み荷重の選択によって評価対象とするスケールを変化させることができるが、スケールを小さくすると、表面性状によるばらつきの影響で評価が難しいケースが生じる。ミクロな細孔構造の影響を高感度に検出するためには、装置の制約を踏まえたうえで、押し込み条件を最適に選ぶ必要がある。

共同研究者等 (Coauthor) :

北條 正樹, Ying, Jia, 加藤 幹 (京都大学)

論文・学会発表

(Publication/Presentation) :

1. Ying Jia, Masaaki Nishikawa, Masaki Hojo, Effect of Thermal Annealing on the Performance of Shape Recovery of PU Film, 日本機械学会 M&M2012 材料力学カンファレンス, 2012 年 9 月, 松山市.
2. 加藤幹, 西川雅章, 田渕雄一郎, 北條正樹, PEFC 電極マイクロポラス層用薄膜構造体の細孔構造による押し込み変形への影響の評価, 電気化学会第 53 回電池討論会, 2012 年 11 月, 福岡市.
3. Ying Jia, Masaaki Nishikawa, Masaki Hojo, Analysis of Fluorescence Spectroscopy of PU Shape Memory Polymer with Different Thermal Cycles, The 9th SPSJ International Polymer Conference (IPC2012), 2012 年 12 月, 神戸市.

関連特許 (Patent) :

該当なし