

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：車体構造用樹脂強靱化プロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 7 年 度

研究開発課題名：

ナノ触診原子間力顕微鏡によるタフポリマーの局所力学物性計測

研究開発機関名：

国立大学法人 東京工業大学

研究開発責任者

中嶋 健

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

研究開発責任者が開発し、現在も精力的に発展的改良を続けているナノ触診原子間力顕微鏡を「しなやかなタフポリマー」の実現に向けて、本プログラム内各研究開発プロジェクトが必要としている技術課題の解決に必要不可欠なツールとして応用する。特に変形や破壊といった現象にナノスケール力学物性という観点から肉薄する。さらに「粘弾性体の局所力学物性計測」が可能となるような発展的改良をナノ触診原子間力顕微鏡に実装する。具体的には下記3つの課題を行う。

- ・ 課題1: 「粘弾性体の局所力学物性計測を実現するナノ触診 AFM の発展的改良」については、Johnson 標準線形粘弾性モデルをナノ触診 AFM に実装し、ゴムブレンド試料をモデル試料として、その緩和弾性率像および緩和時間像を取得することを目標とする。
- ・ 課題2: 「ナノ触診 AFM 応力緩和像による局所的破壊エネルギー計測への応用」については、モデル試料であるゴムブレンド試料および東レ株式会社より提供される各種試料について、約1秒間の応力緩和計測を試料各点で行い、応力緩和像を取得することを目標とする。
- ・ 課題3: 「ナノ触診 AFM のエラストマー複合体の破壊挙動の測定への応用」については、粘弾性仕事像あるいは正接損失像によって株式会社ブリヂストンから提供を受けるフィラー充填ゴムの界面の粘弾性挙動を明らかにすることを目的とする。

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

課題1: 「粘弾性体の局所力学物性計測を実現するナノ触診 AFM の発展的改良」

計画通り、標準粘弾性モデルにおけるクリープ関数とヘルツ接触力学を組み合わせた Johnson 標準線形粘弾性モデルをナノ触診 AFM に実装し、緩和弾性率像および緩和時間像を取得する方法を確立した。モデル試料について行った実証実験結果については「成果」に記載する。

課題2: 「ナノ触診 AFM 応力緩和像による局所的破壊エネルギー計測への応用」

東レ株式会社からの依頼により、応力緩和像ではなく弾性率像で研究をスタートした。結果として、ポリロタキサンの樹脂マトリックス中での振る舞いを可視化することに成功した。詳細は「成果」に記載する。

課題3: 「ナノ触診 AFM のエラストマー複合体の破壊挙動の測定への応用」

課題1を実現する中でエラストマー複合体に関する研究は独自に行った（課題1の「成果」参照）。また G1-3 「フィラーとポリマー界面での破壊機構」が設立されたので、この課題については G1-3 の枠組みで今後研究を推進する考えである。

2-2 成果

課題1: 「粘弾性体の局所力学物性計測を実現するナノ触診 AFM の発展的改良」

図1に示したように、カーボンブラックをフィラーとして充填したゴム（SBR）の粘度像を取得することができた。これは Johnson モデルを採用することで緩和弾性率像と緩和時間像が得られた結果である。フィラー界面ではマトリックスに比べ、粘度が高いという興味深い結果を得た。

課題2: 「ナノ触診 AFM 応力緩和像による局所的破壊エネルギー計測への応用」

東レ株式会社より提供を受けた末端カルボン酸修飾ポリロタキサン含有ナイロン試料について、1) 末端修飾率の影響、2) 伸長比の影響をナノ触診 AFM 弾性率像で調べた。1)については修飾率5%の試料で界面厚の増加を観察し、相容性制御がカルボン酸修飾で可能となっていることを確認した。2)については未伸長および120%伸長試料の比較によって、伸長後のマトリックスに弾性率の不均一性を検出した。この結果は、マトリックスが純粋なナイロンではないことを示唆している。またポリロタキサンリッチ相がマクロ伸長度よりも伸長されており、伸長過程に架橋点の滑りが関係あることも示唆された（図2）。

課題3: 「ナノ触診 AFM のエラストマー複合体の破壊挙動の測定への応用」

上述のように課題3は課題1と結合する形で研究を展開した。

今後、この観察を応力下で行い、変形や破壊の影響が界面の粘弾性にどのような影響を与えるのか調べていきたい。

2-3 新たな課題など

上述のどの課題においても、今年度はソフトウェア的な改良に注力することとなった。来年度は今年度得た知見を元に、ハードウェアレベルの改良を加えることで、より確度の高い装置開発を行っていききたい。また今年度は主に「車体構造用樹脂強靱化プロジェクト」に貢献してきたが、その他のプロジェクトからも試してみたいとの声をいただいているところであるので、何らかの形で貢献できればと考えている。

3. アウトリーチ活動報告

特になし

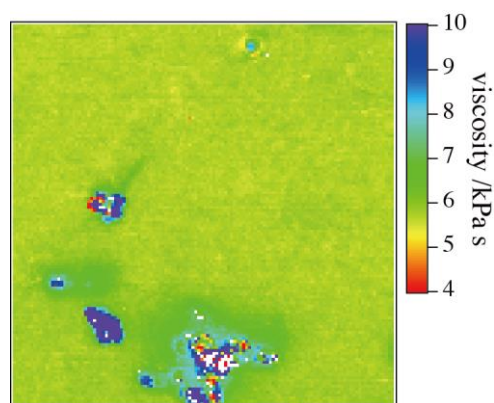


図1 カーボンブラック充填 SBR の粘度像（走査範囲 1.0 μm ）

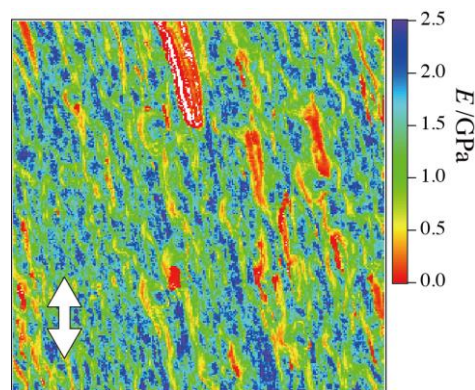


図2 末端カルボン酸修飾ポリロタキサン含有ナイロン試料の弾性率像（走査範囲 3.0 μm ）