

## 1. 評価対象研究課題

- (1) 研究課題名：高強度 CNT を母材とした耐衝撃緩和機構の解明と超耐衝撃材の創出
- (2) 研究代表者：筑波大学 藤田 淳一
- (3) 研究期間：令和元年度～令和5年度（予定）

## 2. 中間評価の実施概要

日時：令和3年10月19日、令和4年1月20日  
場所：三菱総合研究所本社（東急キャピトルタワー）  
評価委員：未来工学研究所 理事長、上席研究員／東京大学 名誉教授  
平澤 洽（委員長）  
長崎海洋産業クラスター形成推進協議会 副理事長  
／東京大学 名誉教授  
木下 健  
東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所 教授  
佐藤 千明  
宇宙航空研究開発機構 航空技術部門  
次世代航空イノベーションハブ 特任担当役  
嶋 英志  
大阪大学大学院 工学研究科 マテリアル生産科学専攻 教授  
中野 貴由  
公共投資ジャーナル社 論説主幹  
吉葉 正行  
千葉工業大学 先進工学部 未来ロボティクス学科 教授  
米田 完

（委員長以外は五十音順・敬称略）

## 3. 研究の進捗状況

### 研究の概要

高品質・高強度の CNT 線材を母材としたナノ複合構造をモデルとし、CNT ナノ複合構造の破壊緩衝現象を分子動力学や第一原理計算解析と、実験的なナノレベルでの破壊現象の計測解析、複合 CNT 材料合成とを平行して進め、相互に補完し合いながら耐衝撃緩和機構の学理的解明と次世代炭素系超耐衝撃材を創出する。

### 進捗状況

主な実施項目に対する進捗は以下の通り。

- (1) 分子シミュレーションによるダイラタント現象および粘弾性体破壊の解明と

## 材料予測

分子動力学法 (MD) をベースとしたレオロジーシミュレータによって、ポリカチオン/ポリアニオン溶液における高速剪断下でダイラタント現象を再現することができた。また、ピコ秒程度の剪断速度により単独分子が引っ張られて分子結合/結合角に変化が強いられてその反発で粘弾性が上昇し、ダイラタント現象が発生する領域を発見した。

### (2) その場高速現象観測技術の開発による CNT の耐撃力構造変化過程、微視的ダイラタント過程の解明

現象の解明に向けて、従来型の高周波ブランキング法による 300kHz 超の動体可視化を実証するとともに、フェムト秒レーザーを用いてパルス幅が約 2 ピコ秒の超高速電子パルス波の発生を実証し、この電子パルス波を用いた 100kHz 変調電位印加電極の電位ストップモーションを SEM 画像として取得した。

### (3) 高配向高品位 CNT の安定大量合成技術の開発

流体解析により、キャリアガスの流れを制御しながら CNT 線維の自己集合化を最適化させるハニカム構造を見出した。また、クロロスルホン酸溶液を用いた液浸法により線維化した CNT を再分散させ、不純物の除去と配向制御を行うことで、10GPa を超える破断強度をもつ CNT 線維の合成に成功した。

## 4. 中間評価の評点

B 進捗は順調であり、研究計画に沿って進めてよい。
---------------------------

## 5. 総合コメント

個々の研究要素は順調に進捗しており、特に CNT の合成については顕著な進捗がみられる。また、現段階までの成果は CNT の合成に片寄っているものの、ダイラタント材料と複合材双方の進捗が期待できる研究体制への強化が示されたことにより、目標とする衝撃吸収材料の飛躍的な性能向上も達成可能性があるものと判断する。CNT とダイラタント材料の研究に終始することなく、両材料の組み合わせによる特性の相乗効果的な研究も期待する。

## 6. 主な個別コメント

- コロイド流体の専門家を加え、具体的な衝撃吸収材料が示されたことで、目標の達成可能性は十分と考える。その一方で、期待している応答メカニズムによるダイラタント現象を示す複合的な物質系の開発と実証には困難性が予想される。
- 成形プロセス技術の専門家も交えて、高度な超耐衝撃吸収性能を有する複合材の創製基盤が確立されることを期待する。
- 利用予定の超高速衝撃試験施設により想定材料の有効性を早期に確認することが期待される。
- テーマ自体は重要でかつ興味深いものである。耐衝撃緩和機構を学術的に解明し、複合材としての性能で研究成果が上がることを期待する。