

未来社会創造事業 探索加速型
「持続可能な社会の実現」領域
年次報告書(探索研究期間)

令和2年度 研究開発年次報告書

令和2年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：木村 正雄]

[高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所・教授]

[研究開発課題名：疲労・劣化の根源となる
欠陥/き裂の非破壊観察技術の実現]

実施期間：令和2年11月1日～令和3年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1)「木村」グループ(高エネルギー加速器研究機構)

① 研究開発代表者:木村 正雄 (高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所、教授)

② 研究項目

・き裂および化学状態のナノスケール観察技術の確立

(2)「上殿」グループ(筑波大学)

① 主たる共同研究者:上殿 明良 (筑波大学 大学院数理物質科学研究科、教授)

② 研究項目

・分子レベルの欠陥観察技術の確立

§2. 研究開発実施の概要

本提案では、き裂・劣化の根源的理解に不可欠ながら未だ観察されていない欠陥/き裂の起点をナノスケールの空間分解能で非破壊観察する実験的手法の実現を目指す。具体的には、CFRPやCMCの構成要素である炭素繊維、プラスチック、酸化物に存在する(a)分子レベルの欠陥(最高分解能 ~ 0.1 nm)、(b)化学結合の不均一性(同 \sim 数 10nm)、(c)ナノスケールのき裂起点(同 \sim 数 10nm)の評価を行う。そのために、(a)陽電子消滅法、(b)放射光軟 X 線透過型顕微鏡、(c)放射光硬 X 線4次元 X-CT 顕微鏡を組み合わせた新たな観察アプローチの確立に取り組む。

初年度(2020.10~2021.3)は、上記、(a)、(b)、(c)の計測技術の高度化に取り組み、当初の計画通りの性能(空間分解能等)を達成した。次に、確立した計測技術のメリットを最大限活用できる試料や実験条件を探索するために、機械的試験(疲労サイクル試験、単発応力印加)を実施したCFRPおよび樹脂を用いて検討を進めた。その結果、マルチスケール(空間分解能 $=0.1$ nm \sim 数 μ m、観察視野 $=100 \mu$ m \sim 数 10mm)で、樹脂、炭素繊維、両者の界面で発生する欠陥やき裂を観察することに成功した。その後、共通試料(異なる疲労サイクル試験後の試料)が提供され、速やかにその評価に着手した。疲労サイクルにより、(a)ナノレベルでの材料内の自由体積の分布の変化、(b)ナノレベルでの樹脂内き裂の発生および樹脂/炭素繊維界面での剥離、(c) μ mレベルでの繊維剥離、繊維切断、が進行していることが明らかになった。