

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：丸本 一弘]

[筑波大学 数理物質系・准教授]

[研究開発課題名：CFRP 複合材劣化のオペランドマイクロ計測分析法と  
余寿命推定モデル]

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)「丸本」グループ(筑波大学)

① 研究開発代表者:丸本 一弘 (筑波大学数理物質系、准教授)

② 研究項目

- ・ESR 分光を用いた CFRP 複合材の劣化箇所の特定と定量評価
- ・理論計算を用いた CFRP 複合材の劣化状態の解明
- ・CFRP 複合材の余寿命の推定モデルの構築

## §2. 研究開発実施の概要

本研究開発の探索研究では、初めに、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)複合材等の疲労破壊など、これまで未解明の劣化機構を分子レベルの微視的な観点から解明することを目的としている。負荷疲労材料の電子スピン共鳴(ESR)分光測定による劣化箇所の特定および定量的評価を行い、並行して理論計算による解析も進め、局所的な劣化状態について解明をする。そして、この分子レベルの微視的な劣化機構解明に基づいて CFRP 複合材の余寿命推定モデルを確立することを最終的な達成目標とする。

今年度は、荒井グループから提供された共通サンプルの CFRP 複合材(0/90 材)の ESR 測定を実施した。初めに、試料加工による ESR 信号のサイズ依存性を調べ、試料加工損傷で新たに生じる材料表面のスピン数がバルク複合材のスピン数より非常に小さいことを明らかにし、ESR 法が CFRP 複合材の評価に適用できることを確認した。提供された共通サンプル CFRP 複合材の ESR 信号(スペクトル)を測定し、得られた ESR スペクトルより ESR パラメータの負荷回数依存性を明らかにした。負荷回数増加と共に CFRP 複合材のスピン数が増加し、スピン間距離の増加を意味する ESR 線幅の減少が観測され、複合材中の空隙の生成が明らかになった。また、共通サンプルの結果を深く理解するために、横関グループから提供された CFRP 複合材(45/-45 材)、小柳グループから提供されたポリアミド樹脂(PA6)、研究協力者の産総研グループで作製した CFRP 複合材(クロス材)、CFRP 複合材(90 材)、炭素繊維、エポキシ樹脂(jER)についても ESR 研究を実施した。得られた結果を共通サンプルの結果と比較し、議論を進めた。

産総研作製の CFRP 複合材と構成材料の ESR 研究成果については、電子スピンサイエンス学会と応用物理学会で発表を行った 1,2)。応用物理学会の発表は【注目講演】に選出された 2)。

- 1) 中村友映、稲井聡志、金子侑樹、秋山陽久、三浦俊明、下位幸弘、今井祐介、島本太介、杉本慶喜、丸本一弘、「炭素繊維強化プラスチック(CFRP)複合材料の劣化状態の ESR 分光研究」、第 59 回電子スピンサイエンス学会年会、東北大学(オンライン)、2020 年 11 月 14 日
- 2) 【注目講演】 薛冬、中村友映、稲井聡志、金子侑樹、秋山陽久、三浦俊明、下位幸弘、今井祐介、島本太介、杉本慶喜、丸本一弘、「電子スピン共鳴分光を用いた CFRP 複合材料の劣化状態のスピン状態観測と劣化機構研究」、第 68 回応用物理学会春季学術講演会、オンライン、2021 年 3 月 19 日