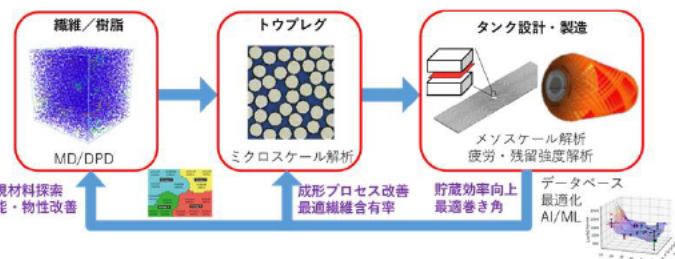


CFRP製水素タンクの疲労寿命・残存強度などの性能推算を容易に行えるシミュレーションツール・仮想実験DXツールの構築を目指した事業。熱硬化・熱可塑、カーボンニュートラル材料など多様な素材からの選択や資源循環設計を支援するモデリング基盤によるデジタル化を推進。分子スケール～CFRP～水素タンクをつなぐマルチスケール統合シミュレーション技術。

事業目的・研究概要

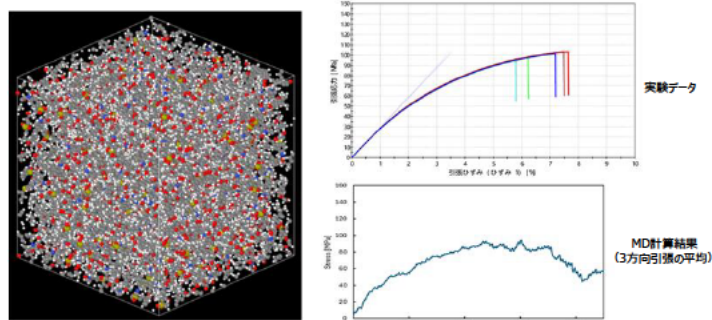
水素貯蔵容器の質量貯蔵密度の向上のための最適設計の実現、多様な新規材料や新技術を用いた将来のCFRPタンクの開発支援のため、仮想実験によるCFRP水素タンク性能設計ツールやデジタル化・インフォマティクス基盤の構築を実施する。CFRPの特性は、炭素繊維・樹脂・界面特性、製造方法・成形条件、積層角などにより大きく変化し、破壊メカニズムも繊維破断、樹脂割れ、層間剥離といった複雑な破壊モードを示しながら最終破壊に至る。本研究開発では、分子シミュレーション／ミクロ・メゾスケール有限要素解析による、素材（繊維・樹脂）からタンク性能（破裂圧やサイクル後の破裂圧等）を予測するマルチスケール解析手法を構築することを目的とし、構築した手法による仮想実験により、多様な素材、製造条件を想定したCFRPタンク性能のデータベースを構築することでCFRP水素貯蔵タンクの材料探索、最適設計を支援するDXツールの開発を目指す。



2025年度の研究成果

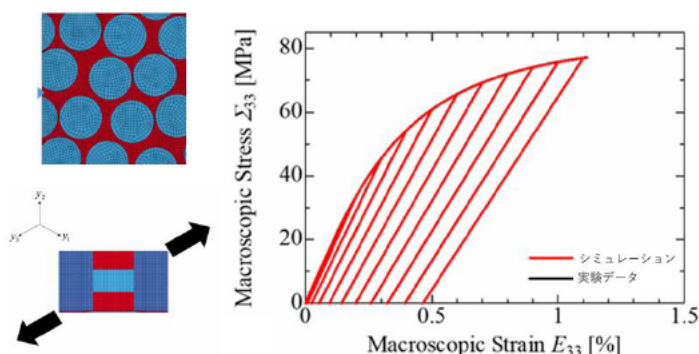
分子動力学シミュレーションによる樹脂の応力ひずみ線図予測

モノマーの分子モデルから樹脂特性を予測する分子動力学シミュレーションにより、樹脂の弾性率・強度・破断ひずみ（破断までの応力ひずみ線図）を予測するため、緩和条件や用いる力場・分子間の破断条件の検討を進めた。典型的なエポキシ樹脂について、弾性率だけでなく、破断ひずみ及び強度も実験結果と比較し精度よく予測可能な手法を確立した。



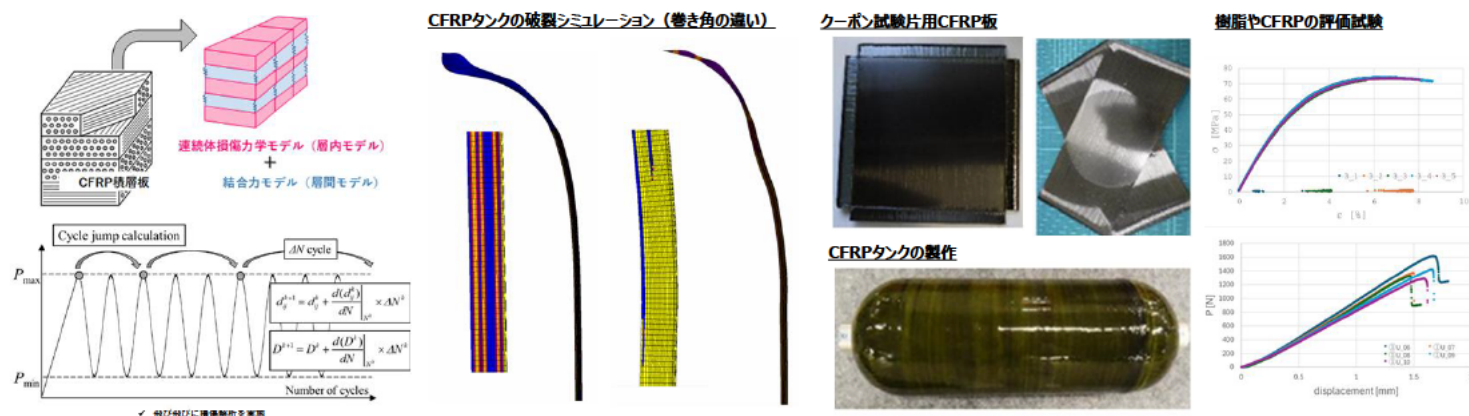
クーポンレベルのCFRP解析ツール

炭素繊維と樹脂特性からCFRPの特性を予測するミクロスケール解析、及び、トウブレイクのグリブや巻き角を考慮したメゾスケール解析を用い、フィラメントワインディング(FW)製CFRPの弾性率や強度特性（応力ひずみ線図）を予測するツールを開発した。



CFRPタンク用疲労損傷・残留強度シミュレーション

CFRPの層内特性や層間特性をモデリングし、荷重やサイクル負荷による損傷進展とそれに伴う剛性低下を組み込んだ有限要素モデルを用い、タンク性能（破裂圧やサイクル後の破裂圧）を予測する手法を構築した。また、各種積層パターンの破裂圧等のデータベースを構築するための制約考慮型のサンプリング手法の検討を行い、サロゲートモデルの作成を開始した。種々の樹脂を用いたCFRP試験片やタンク製作も進めている。



課題と今後の取組

- 分子シミュレーション、ミクロ・メゾCFRPシミュレーション、タンクシミュレーションの連携により、なるべく実験レスでタンク性能を予測する一貫貫通型のDXツールの構築を目指している。
- 各スケールのシミュレーションの高精度化とスケール間連携手法の構築を実施中。
- 種々の熱硬化樹脂や熱可塑樹脂やそのCFRPを用いたタンク性能に関するデータベース構築を行う予定である。

実用化・事業化の見通し

- 本事業を通じ、CFRP水素タンク設計やタンク製造、その材料選択を支援し、高効率・高耐久・低コストの燃料電池システムを実現するための基盤技術を確立。
- 分子～タンクレベルまでの各解析ツールの開発とその連携プラットフォームを構築し、企業利用や社会実装のための解析基盤を整備する。
- 設計解析や実験手法の手順を定め、設計手法としての標準化を目指す。
- 水素タンク以外のCFRP構造の設計解析手法への応用。