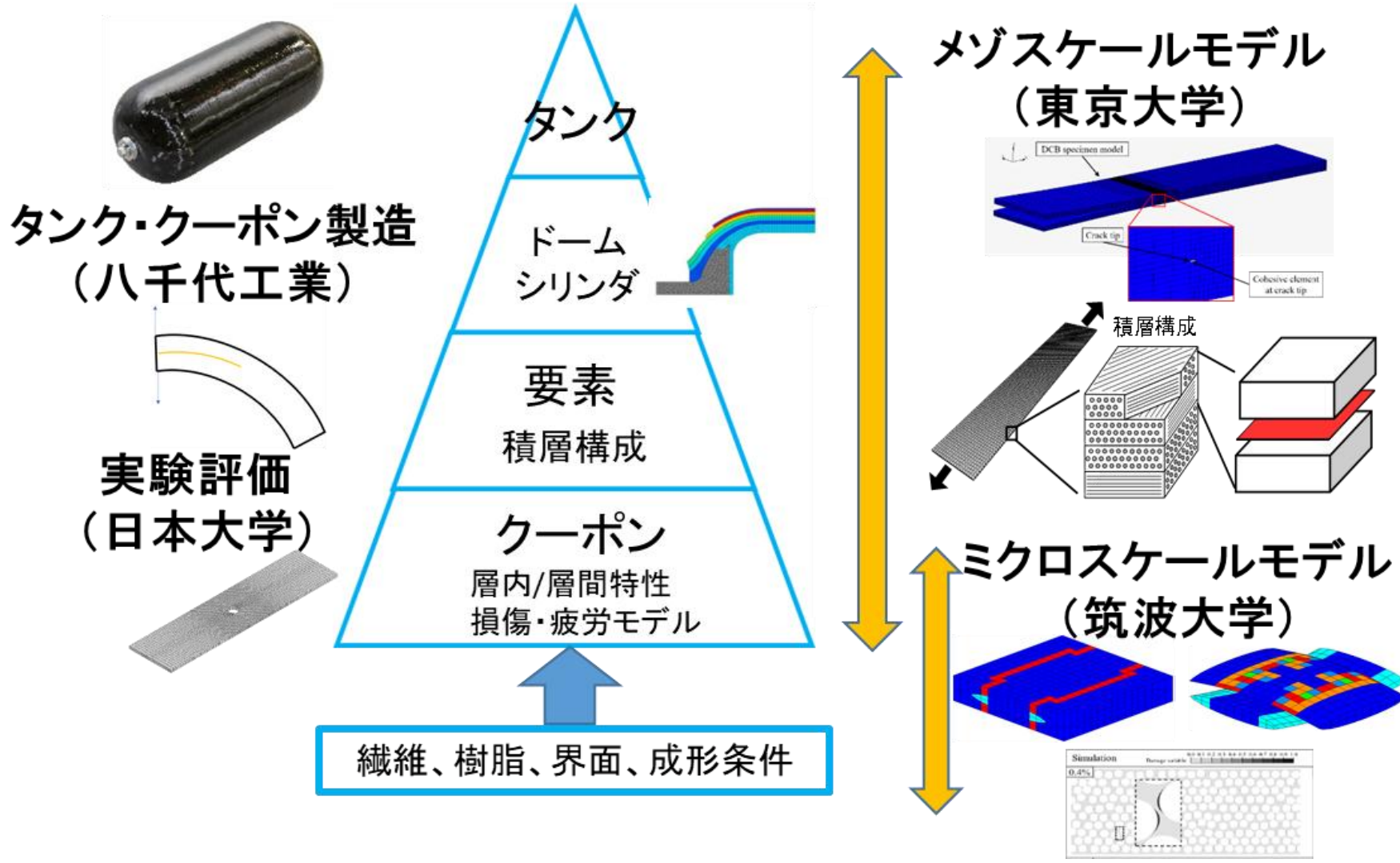


水素タンクの疲労寿命・残存強度を予測するためのマルチスケール解析ツールの構築を目指した事業。繊維・樹脂特性や製造条件・初期不整を考慮したCFRPの物性・特性予測と疲労損傷累積モデルによる力学的特性変化予測。解析のデータセットを得るための実験方法の確立とBuilding Block型の設計解析検証方法の構築。

事業目的・研究概要

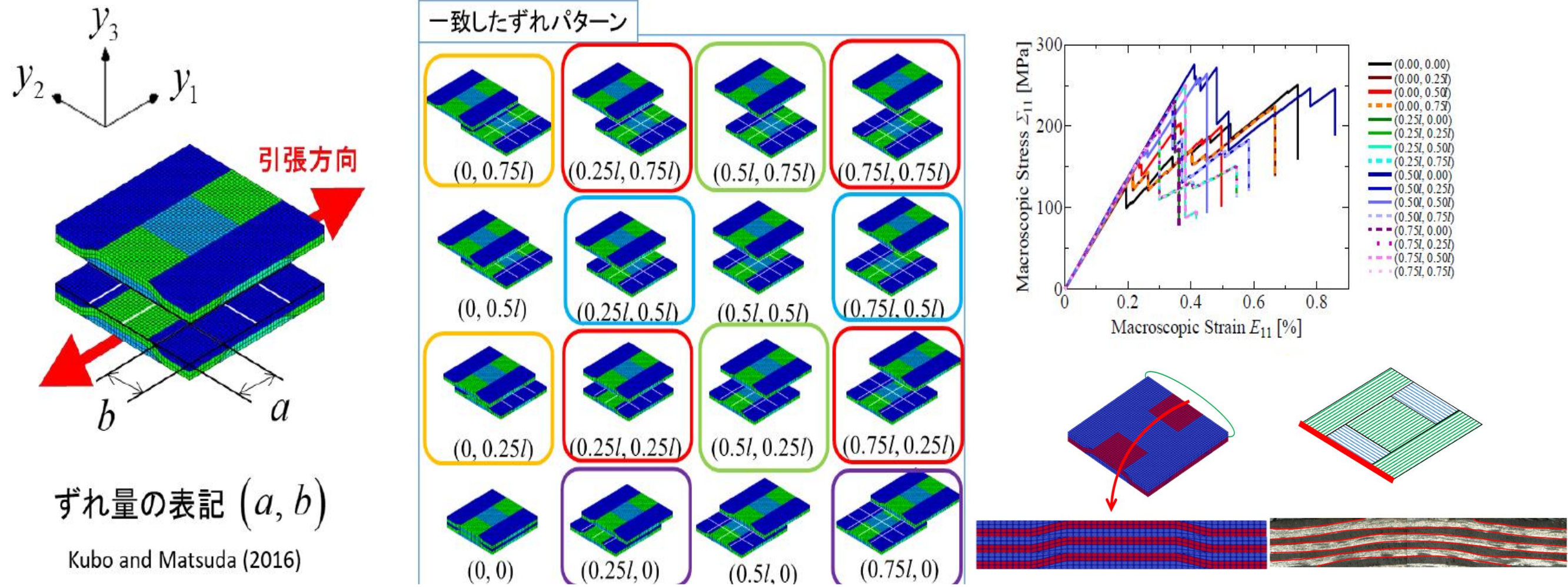
水素タンクの耐久性について、実使用を踏まえた残存強度・寿命の予測が困難なことから、安全性の担保のため、わずかな損傷であっても交換・廃却を必要としており、このコストのみならず、環境的にも改善が求められる。タンクの安全性の担保や残存強度・寿命予測には、材料特性・製造条件を反映した解析・設計手法が必要であり、同時にそのための実験評価手法の構築と標準化を裏付けるエビデンスが必要となる。本事業は、材料特性・製造条件を考慮したCFRPの損傷累積を予測するための設計解析手法（実験・評価手法とのセット）を構築し、Building Block型の検証方法を採用することにより、水素タンクの安全性の担保や疲労寿命・残存強度を予測できる評価解析技術基盤を確立することを目的として実施した。FW（Filament Winding）製CFRPタンク設計のための、マルチスケール型設計解析・評価手法を構築した。



研究成果

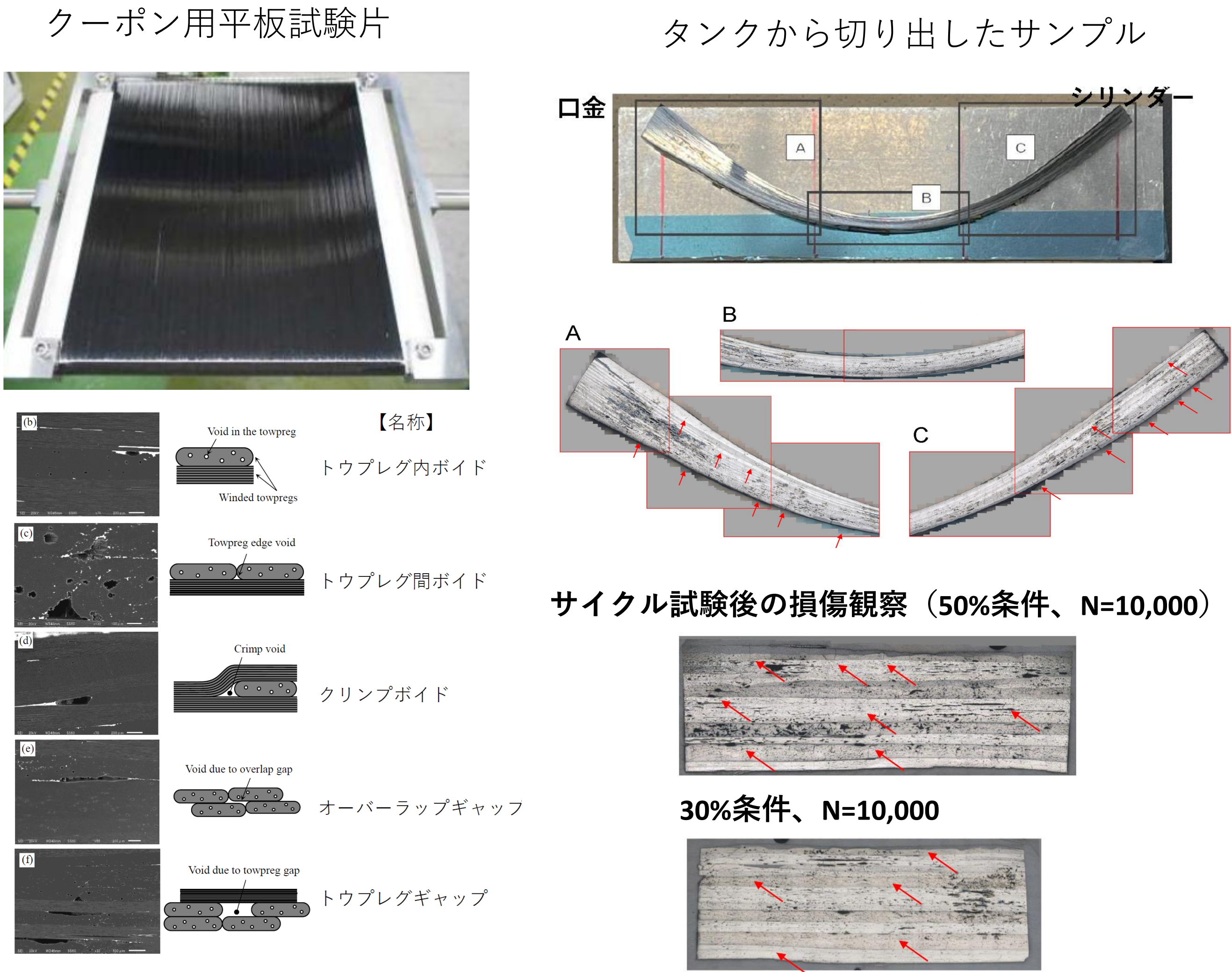
ミクロ構造を考慮したCFRP特性予測シミュレーション

繊維・樹脂特性、FWにおける繊維束の交差構造、ボイド形状を考慮したCFRPの力学的特性予測を実現するため、ミクロ（繊維・樹脂を別々に扱うモデル）・メゾ（繊維束を均質材として扱う）連携シミュレーションを開発した。また、FWプロセスシミュレーションから解析モデルを自動的に出力するスキームを構築した。繊維・樹脂特性、繊維束の織構造、初期不整が力学的特性に与える影響やそのばらつき評価が可能となり、設計段階からのFW製造プロセス検討に有用である。



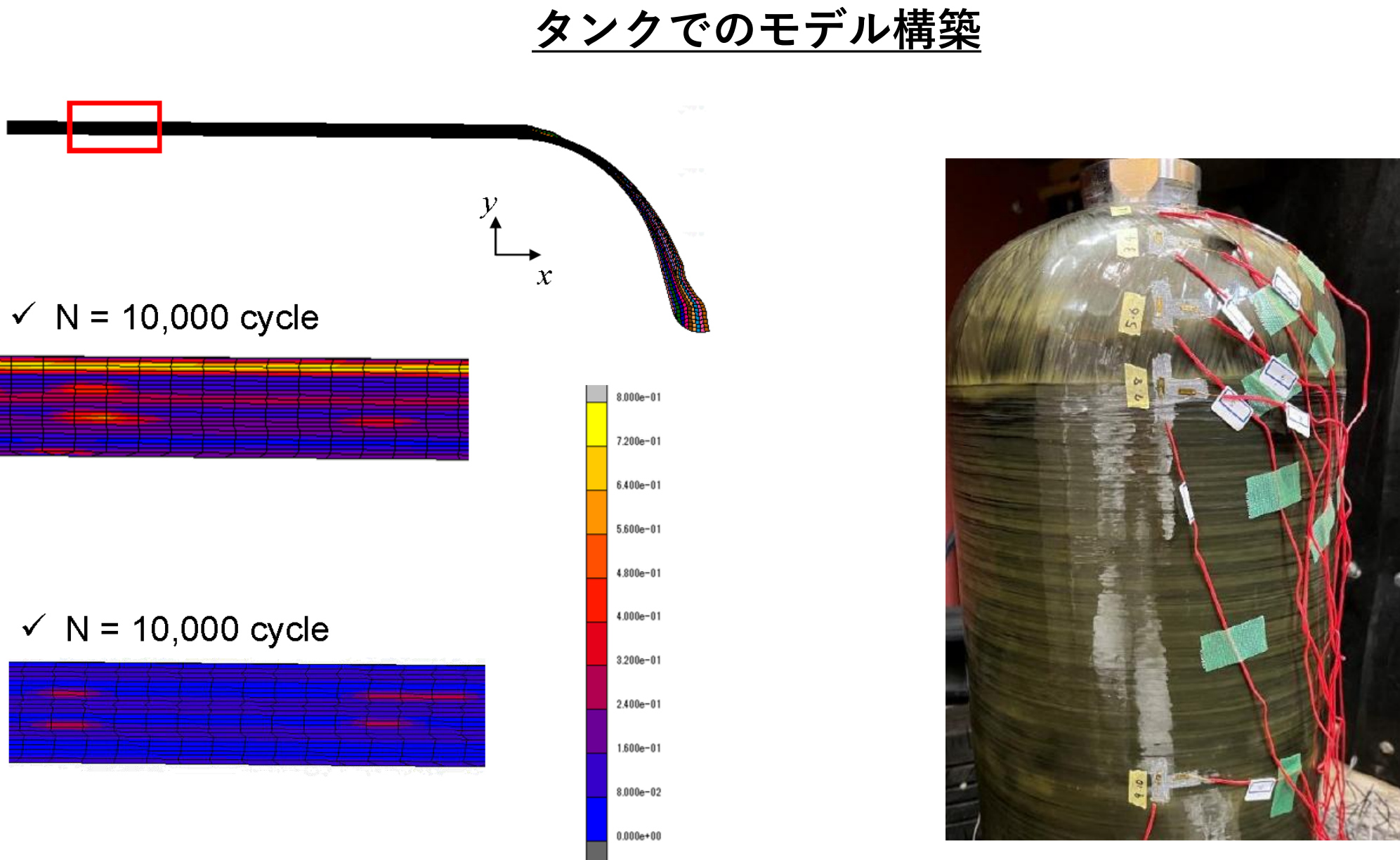
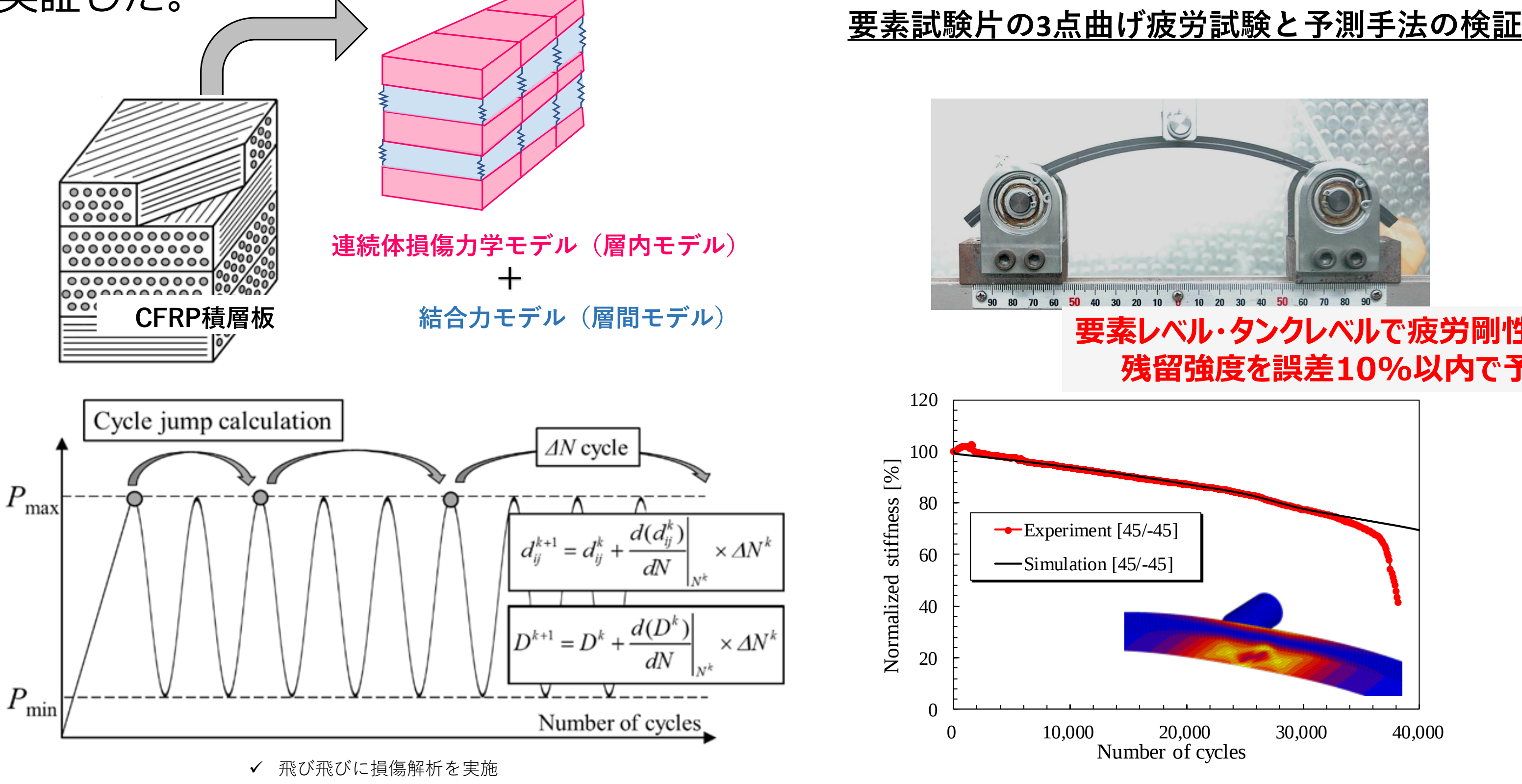
初期不整や力学的特性の高精度評価

FW製試験片やタンク構造に発生する初期不整（ボイド、繊維束クリンプ、繊維束のオーバーラップ／ギャップなど）を高精度に評価することで、FWプロセスの違いによる初期不整の形状・分布・量を評価することで、設計解析に考慮すべき初期不整を分類・定量化した。また、クーポン・要素試験片・タンクの強度や疲労損傷特性の詳細な計測を実施し、モデリング検証のための多数の実験データを取得した。



メゾスケールCFRP疲労損傷予測シミュレーション

連続体損傷力学と結合力モデルを用いた、疲労損傷累積による剛性低下モデルを開発し、疲労寿命や疲労後の残存強度を予測するシミュレーション手法を構築した。クーポンレベル、要素試験片レベルでの検証を完了後、タンクモデルに適用し、高精度で疲労寿命や残留強度を予測できることを実証した。



社会実装・将来展開・応用分野等

- 本事業を通じ、CFRP水素タンク設計やタンク製造を支援し、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。
- タンクレベルまで、各解析ツールの開発を完了し、企業利用や社会実装のための解析基盤（プラットフォーム）のためのコア技術を確立。
- 設計解析や実験評価手法の手順を定め、設計手法としての標準化を目指す。
- 水素タンクのみならず、他の軽量CFRP構造の設計解析手法としての応用も可能。