

### プロジェクトの背景

燃料電池自動車に搭載している高圧水素容器には高価格の**高強度炭素繊維**が大量に使用されている。燃料電池自動車の高価格化の一因となっており、燃料電池自動車の普及を阻害している。

#### 大量使用の理由

理由1: 現状の製造法(フィラメントワインディング法による一体成型)では、強度上必要がない部分にも余分な炭素繊維を配置する必要がある

理由2: 高圧水素容器の損傷検査法が未確立である。使用期限に至るまで、無検査で破裂する容器が発生しないようにする必要があり、高い安全率にする必要がある

#### 本事業

炭素繊維使用量低減

⇒ 高圧水素容器 (= 燃料電池自動車) の低価格化

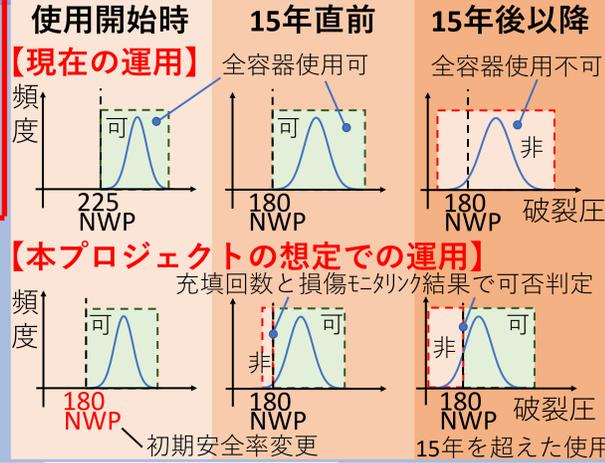
⇒ 燃料電池自動車の飛躍的普及

### 使用量削減のための構想及び戦略

分割型タンクの製造を可能とし、余分な炭素繊維の使用量を削減

検査法を確立し、検査結果に基づいて継続使用可否を決定

- ・安全率を現状よりも低く設定可能
- ・寿命の限界まで使い切ることが可能



### 研究の目的

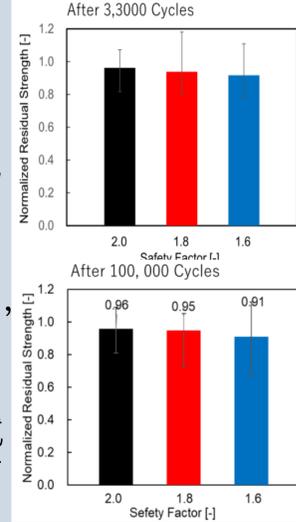
- ・胴部余寿命予測に必要な材料データの取得, 簡易余寿命予測技術開発
- ・接合型容器の設計に必要な材料データの取得
- ・損傷と強度の関係を明確にした上でのオンラインモニタリングに資する技術の開発
- ・容器の安全率を下げるための構想および戦略
- ・オンラインモニタリングにかかわる国内規格のドラフト作成



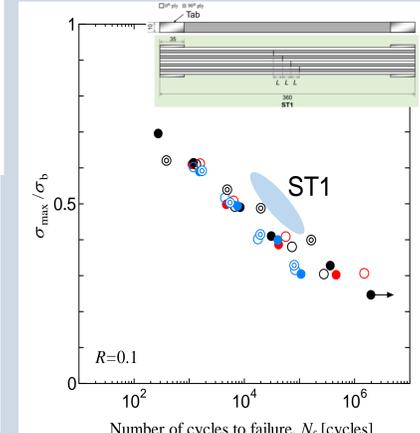
### 主な成果 (材料データ取得)

#### 胴部余寿命予測のための材料データ取得と簡易余寿命予測技術

- ・安全率1.6, 1.8, 2.0を想定したクロスプライCFRP試験片の疲労試験データを拡充
- ・33,000回の疲労試験後の残存強度は、疲労試験後でも90%以上に維持。100,000回の疲労試験後でも、残存強度の平均値は33,000回と同程度
- ・残留強度低下量と繰返し回数依存性が小さいことから、現状想定される充填回数に対しては、試験片の疲労試験に基づく余寿命予測は不必要な可能性を見出す



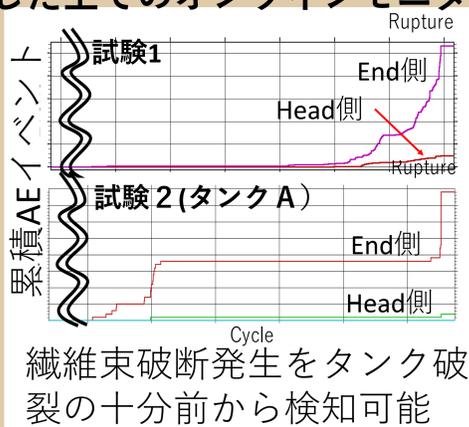
#### 接合型容器の設計に必要な材料データの取得



- ・接着剤種や積層構成を変えた場合の疲労データを拡充
- ・応力振幅を引張強度で正規化することで継手条件の違いを超えて1本のS-N線図に整理できることの再確認
- ・継手の外層に連続層を1層導入した試験片(図中ST1)では、他の継手のS-N線図より高寿命側に外れ、疲労強度向上に有効となる可能性を示唆

### 主な成果 (オンラインモニタリング技術, 規格)

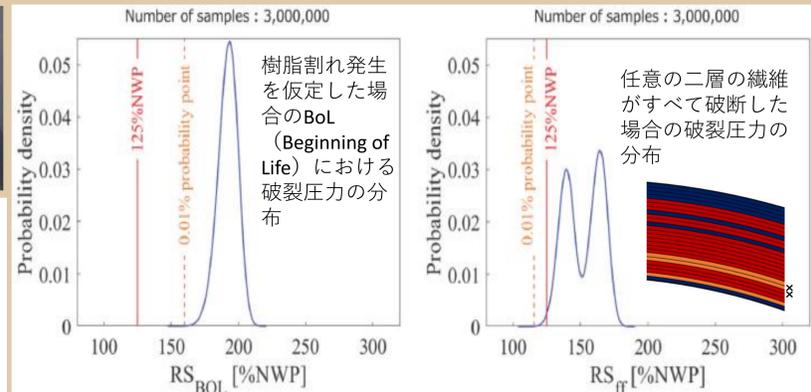
#### 損傷と強度の関係を明確にした上でのオンラインモニタリングに資する技術の開発



- ・繊維束破断に起因するAE信号を安価かつ確実に検出するため、センサ選定と配置最適化を実施
- ・実際の水素充填中および走行中に発生する環境ノイズを計測し、繊維束破断によるAE信号と明確に識別できることを確認
- ・エアガンを用いたBB弾衝突によるセンサの校正法を確立し、繊維束破断量を定量的に評価するための基盤を構築。AE試験規格の骨子を作成

#### 容器の安全率を下げるための構想および戦略

- ・各種損傷の発生を剛性低下で考慮し、損傷モードとその規模が破裂圧に及ぼす影響を明確化
- ・樹脂割れは設計で許容し、繊維束破断のみを損傷モニタリングの対象とし、その発生を容器が破裂する前に検知できることを前提とした設計手法を開発
- ・Monte Carloシミュレーションにより繊維強度の発現率と損傷発生時の剛性低下のばらつき、積層構成などを考慮した確率的破裂確率評価モデルを提案。このモデルを最適化に利用することで任意の破裂確率に対する最適な積層数と積層構成を決定可能



### 実用化を見据えた今後の主な課題

- ① 損傷モニタリングのPOD (Probability of Detection)を考慮した容器破裂確率の推定法開発
- ② 損傷モニタリングシステムの実適用化 (信頼性向上と判定方法の高度化)
- ③ 繊維束破断以前 (容器寿命の初期~中期) の破壊の検査/モニタリング法開発
- ④ モニタリングの実施を前提とする場合の設計に関する標準化・制度化

