

【産業界のニーズと研究開発の狙い】

■軽量化TYPE4容器の要求
⇒極薄肉ライナー材料開発（九州大学 ～2024年度事業）

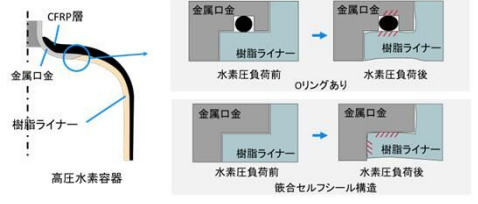
■TYPE4容器の設計方法論の確立（手戻り無し&試作レス）
・破裂強度保証
⇒「最適設計システム」による容器形状とCFRP積層構成の同時最適化（東京大学 ～2024年度事業）
・圧力サイクル信頼性保証 ⇒ **本事業：口金/ライナー嵌合セルフシール構造による最適設計手法の開発**



CFRP 口金 嵌合部 樹脂ライナー

現行TYPE4容器（トヨタMIRAI）
<https://global.toyota.jp/download/25343035>

**極薄肉ライナー＋セルフシール最適構造を含めたTYPE4最適設計容器で
2040年ロードマップ目標（水素貯蔵密度15wt%）の達成に貢献**



CFRP層 金属口金 樹脂ライナー 水素圧負荷前 水素圧負荷後

口金/ライナー嵌合部の極薄肉化に有利なセルフシール構造

口金/ライナー嵌合セルフシール構造により軸対称有限要素モデルを修正し最適CFRP積層構成を再計算

本研究成果により嵌合部の詳細設計が可能に

口金/ライナー嵌合セルフシール構造最適化
① スムアップ領域設定
② 境界条件設定
③ 設計変数設定
④ 漏洩クライテリア設定
⑤ レベルセット法による嵌合形状最適化

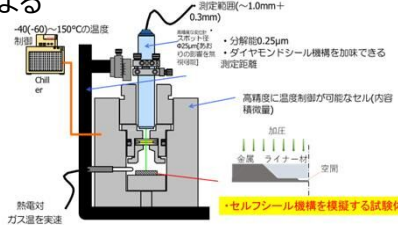
最適容器設計システムへのシール構造最適化の組み込み

【開発内容】 試験体の試作・実験は再委託先の九州大学で実施

(1) ライナー材料の非線形劣化モデルの同定
・温度と水素圧力の依存性および高圧水素サイクルによる劣化の効果を含む材料モデル
・高圧水素下変形計測装置による実験検証

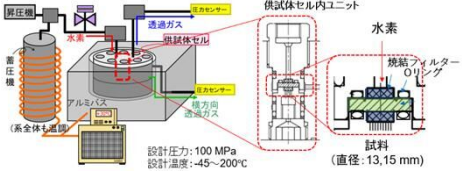
(2) 嵌合シール構造漏洩クライテリアの導出
・シミュレーションと実験の融合
・高圧水素下漏洩性能検証装置による実験検証

(3) シール構造最適設計法の開発
・レベルセット法による嵌合形状の最適化
・開発済みの最適設計システムへの組み込み



キーンズ光干渉変位計 測定範囲(～1.0mm±0.3mm) 分解能0.25μm ダイアモンドシール機構を加味できる 測定範囲

高圧水素下変形計測装置（九州大学）



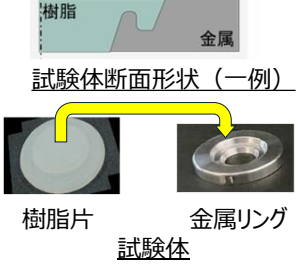
高圧水素下漏洩性能検証装置（九州大学）

【2025年度の主な成果】

汎用ライナー材料（HDPE）による樹脂片と金属リングとを組み合わせた断面形状違いの試験体を用いて解析・実験を実施

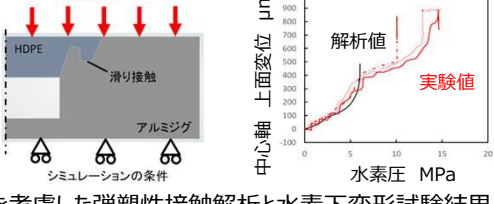
(1) ライナー材料の非線形劣化モデルの同定

(2) 嵌合シール構造漏洩クライテリアの導出



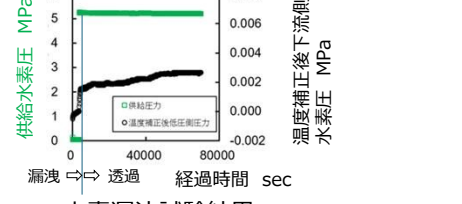
樹脂 金属 試験体断面形状（一例） 樹脂片 金属リング 試験体

熱変形を考慮した弾塑性接触解析と水素下変形試験結果との比較



解析値 実験値

水素圧 MPa



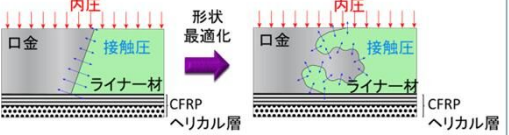
供給水素圧 MPa 漏洩⇒透過 経過時間 sec

水素漏洩試験結果

【今後の取組とその課題】

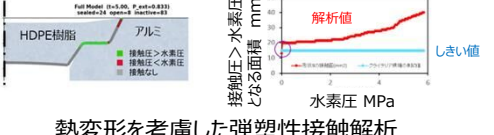
(1)・(2) 極薄肉ライナー開発材（EVOH/m-HDPEブレンド材）による
モデル同定・クライテリア導出と試験体による実験検証
→温度と水素圧力の依存性および高圧水素サイクルによる劣化特性の把握

(3) レベルセット法による嵌合形状最適化計算と試験体による実験検証
→大変形を伴うライナー材料と金属ボス界面の接触問題の解法



内圧 接触圧 ライナー材 形状最適化 口金 接触圧 ライナー材

CFRPヘリカル層



HDPE樹脂 アルミ 接触圧 水素圧 接触圧 水素圧 接触なし

熱変形を考慮した弾塑性接触解析

国立大学法人東京大学 生産技術研究所 基礎系部門 吉川暢宏
連絡先：nobyoshi@iis.u-tokyo.ac.jp

容器開発統合プラットフォーム プロトタイプ