2019年度NEDO次世代電池・水素成果報告会

発表No.H1-19

超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業／水素ステーションのコスト低減等に関連する技術開発／水素ステーション用高圧水素ホース加速耐久性評価法開発及び耐久性向上に関する研究開発

西村　伸（国立大学法人九州大学）
国立大学法人九州大学
一般社団法人日本ゴム工業会
（再委託）国立大学法人大阪大学
国立大学法人山形大学

発表日2019年7月18日

連絡先
国立大学法人九州大学　西村　伸
E-mail:nishimura.shin.691@m.kyushu-u.ac.jp
TEL:092-802-3248

事業概要

1. 期間

開始　　:2018年6月

終了（予定）:2023年2月（2021, 2022年度は参考）

2. 最終目標

2020年度中間目標: ・高圧水素ホース加速耐久性評価法の確立

・充填 2,200回以上の耐久性判断に資するデータ取得（注）

2022年度最終目標: ・高圧水素ホース加速耐久性評価法規格案の作成

(参考)　　・充填 30,000回以上の耐久性判断に資するデータ取得（注）

（注）ホース交換サイクルとしての充填回数

3.成果・進捗概要

実施項目	成果内容
①水素Imp試験法による高圧水素ホース評価結果とHRSにおける充填回数の相関解明	・2019/1北米HRS実証開始，使用済みホース回収調査実施中. ・耐久回数相関調査の結果，水素インパルス試験はHRSの100倍程度，　模擬実証試験はHRSの10倍程度であることが判明.
②高圧水素ホースの劣化・破壊加速因子の解明	・水素Imp試験の圧力パターン，ホース設定形状の影響は微小であることが判明→ホースの繰り返し屈曲を加速因子と想定 ・内層樹脂材の水素特性，高圧水素環境での破壊挙動，ソルベントクラック評価，高圧水素環境での結晶性高分子の構造変化（大阪大学），応力負荷パターンの疲労特性に対する影響（山形大学）調査を実施.
③高圧水素ホース加速耐久性評価法の開発及び加速耐久性評価法規格案の策定	・高圧水素ホース加速耐久性評価法の開発，規格案策定のため，JRMAにワーキングチーム(WT)を設置した. 2018/6/23, 2018/12/23, 2019/3/4にWT会合を実施し，議論を実施した.
④ホース交換サイクル設定に資するデータの取得及びホースメーカーへの提供	・HRSでの高圧水素ホース交換サイクルを設定するために必要となるデータについて，ホースメーカーと協議を実施.

HRS：水素ステーション，水素Imp試験：水素インパルス試験（ ISO FDIS 19880-5 ），JRMA: (一社)日本ゴム工業会

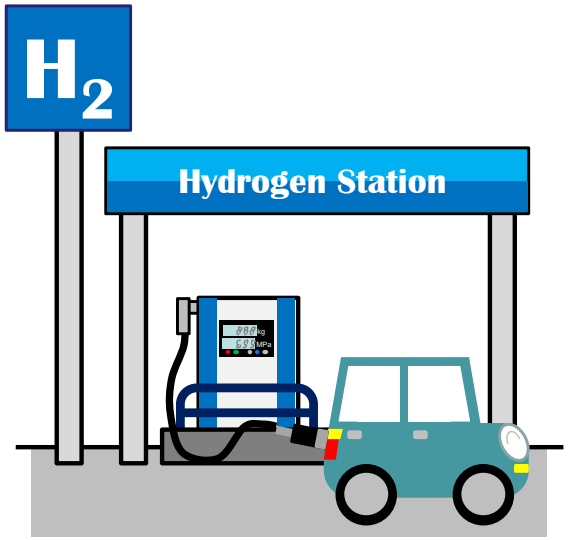
本事業の目的・実施内容

（水素インパルス試験法による評価）
開発ホースのサイクル寿命6,600回以上の耐久性を確認．水素インパルス試験耐久性：50,000回～70,000回程度．
→国内水素ステーションにおけるホース交換サイクル650回～1,000回充填
当局により認可されている充填回数は**500回程度**

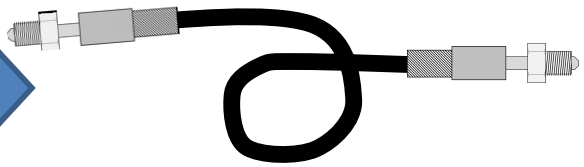
水素ステーションにおける高圧水素ホースの充填回数の大幅な延長，ホースメーカーにおいて，さらなる高耐久性ホースの開発のためには，H32年以降に水素ステーションにおいて求められる1年間の所要の充填回数30,000回に相当する負荷を短期間で実現する加速耐久性評価法の確立が不可欠．
水素ステーションにおける充填と加速耐久性評価法との相関確立が必要．

（本事業における実施内容）
①「水素利用技術研究開発事業」にて開発した水素インパルス試験法による高圧水素ホース評価結果と水素ステーションにおける充填回数の相関解明
②高圧水素ホースの劣化・破壊加速因子の解明
③高圧水素ホース加速耐久性評価法の開発及び加速耐久性評価法規格案の策定
④ホース交換サイクル設定に資するデータの取得およびホースメーカーへのデータ提供

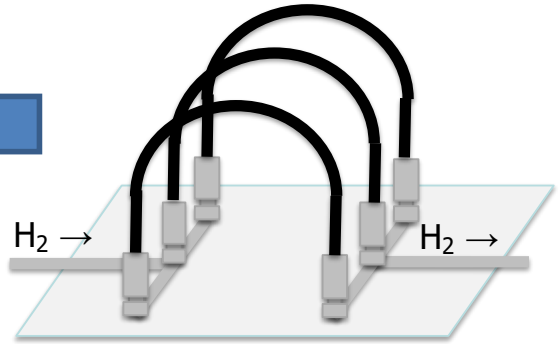
事業概要・実施体制



水素ステーション



使用済みホース



ラボ評価
水素インパルス試験

ラボ評価と水素ステーションでの実使用の相関を解明

・水素ステーション・ラボ評価使用済みホースの調査
・実機／ラボ評価の劣化状況相関解明
・加速評価法案の策定，加速要因の調査
・高圧水素ホース加速耐久性評価データ取得

九州大学

再委託

山形大学

大阪大学

・加速耐久性評価法の策定

高圧水素ホース加速評価法規格化WT

設置

JRMA

ホース交換サイクルを設定に資するデータ

ホースメーカー

JRMA：（一社）日本ゴム工業会

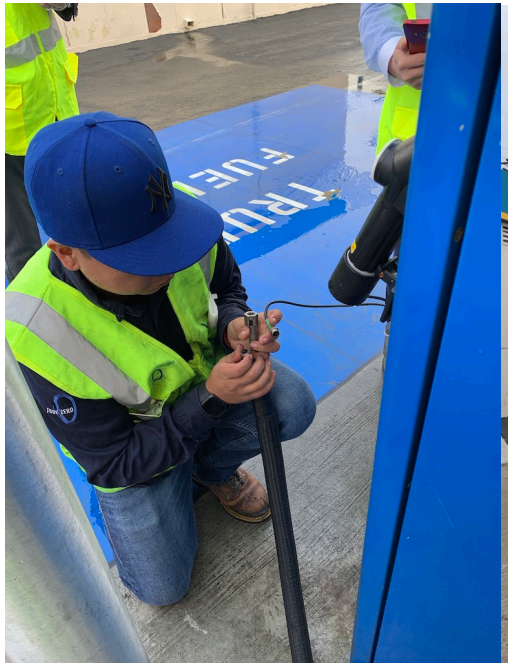
実施計画

	2018	2019	2020	2021（参考）	2022（参考）
	1Q 2Q 3Q 4Q	1Q 2Q 3Q 4Q	1Q 2Q 3Q 4Q	1Q 2Q 3Q 4Q	1Q 2Q 3Q 4Q
①水素Imp試験法による高圧水素ホース評価結果とHRSにおける充填回数の相関解明	実水素ステーションにおける実証 評価後および実水素ステーション使用ホース回収調査 加速評価試験と実水素ステーション充填回数の相関検討			実証継続 回収調査継続継続 設定した相関係数の検証	
②高圧水素ホースの劣化・破壊加速因子の解明	耐久性評価試験における加速要因調査 加速因子絞り込み ホース内層樹脂劣化・破壊メカニズム検討			・加速因子の設定 ・加速耐久性評価法案の設定 絞り込んだ加速因子の検証・特定	
③高圧水素ホース加速耐久性評価法の開発及び加速耐久性評価法規格案の策定	加速耐久性評価法検討（外部評価機関において実施） 高圧水素ホース加速耐久性評価法規格化 WTにおける規格素案検討 ▲WT ▲WT ▲WT▲WT▲WT▲WT▲WT▲WT▲WT			高耐久ホース加速耐久性評価実施 （外部評価機関において実施） ▲WT▲WT▲WT▲WT ▲WT▲WT▲WT	
④ホース交換サイクル設定に資するデータの取得及びホースメーカーへの提供	ホース交換サイクル2,200回への延長判断に資するデータ取得	ホース交換サイクル30,000回への延長判断に資するデータ取得	ホースメーカーへのデータ提供	加速耐久性評価法規格素案	

実施項目① 実水素ステーションにおける実証

（九州大学）

・ホースメーカーおよび北米水素ステーションオーナーの協力を得て2019年1月より水素ステーションにおけるホース実証試験を実施.
・米国カリフォルニア州ロサンゼルス近郊の水素ステーションにおいてホースの試用による実証継続中.
・試用ホース（N=1）は1,000回を超える充填回数を実証.
・当該ステーションにおける充填回数は40～50回/日程度.
・水素漏洩により使用中止した使用済みホースを回収. 回収ホースの調査を実施中.



ホース取り付け作業

FCV充填状況

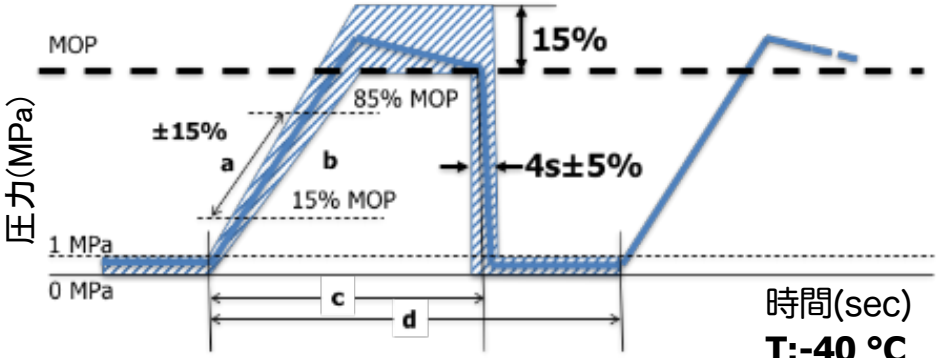
・北米ステーションにおいて，現行ホースの耐久性，交換頻度などの調査を実施．水素ステーションにおける充填耐久回数の平均は700回程度で，耐久回数のばらつきが大きい.

北米水素ステーションにおいて，前事業で開発した87.5MPaホースの実証を継続中.

実施項目③　水素インパルス試験加速因子検討

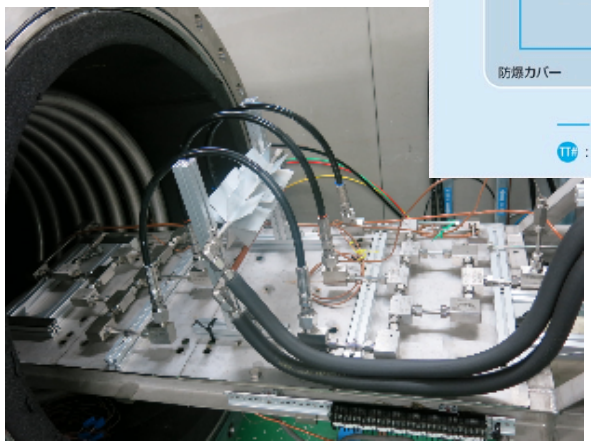
（九州大学）

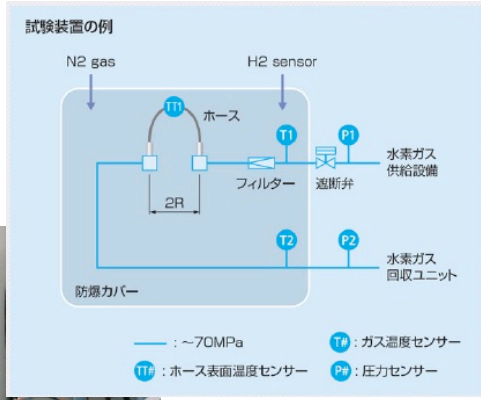
・ISO FDIS 19880-5 水素インパルス試験
ホースは最小曲げ半径で逆U字に設定し，上限圧力87.5MPa，加圧12～15秒，高圧保持5秒，減圧4秒，低圧保持5秒の30秒/サイクルの加減圧実施．**従来ホースで1万回～数万回漏洩なし**



昇圧 12～15sec　高圧保持 5sec　減圧 4sec　低圧保持 5sec

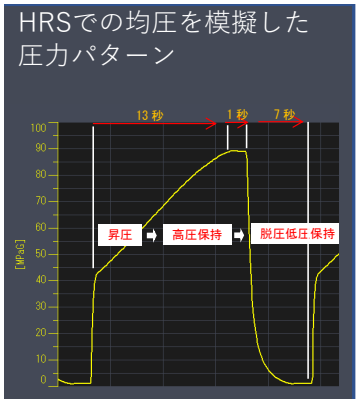
26～30sec/cycle





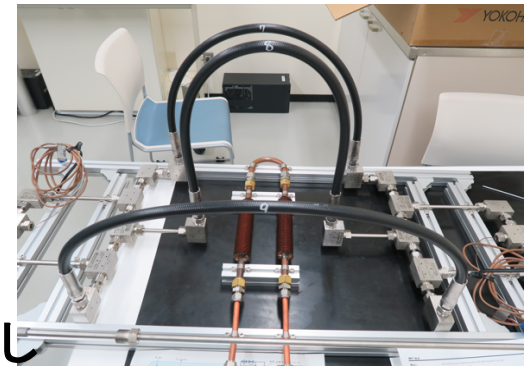
@HyTReC

・最小曲げ半径にて逆U字設定，水素ガス温度-40℃，環境温度55℃としてHRSでの均圧を模擬した圧力パターンによる水素インパルス試験



＞**10,000回漏洩なし**

・フィッティング間隔を変更して高ひずみ状態で逆U字設定，水素ガス温度-40℃，環境温度-40℃として標準圧力パターンによる水素インパルス試験

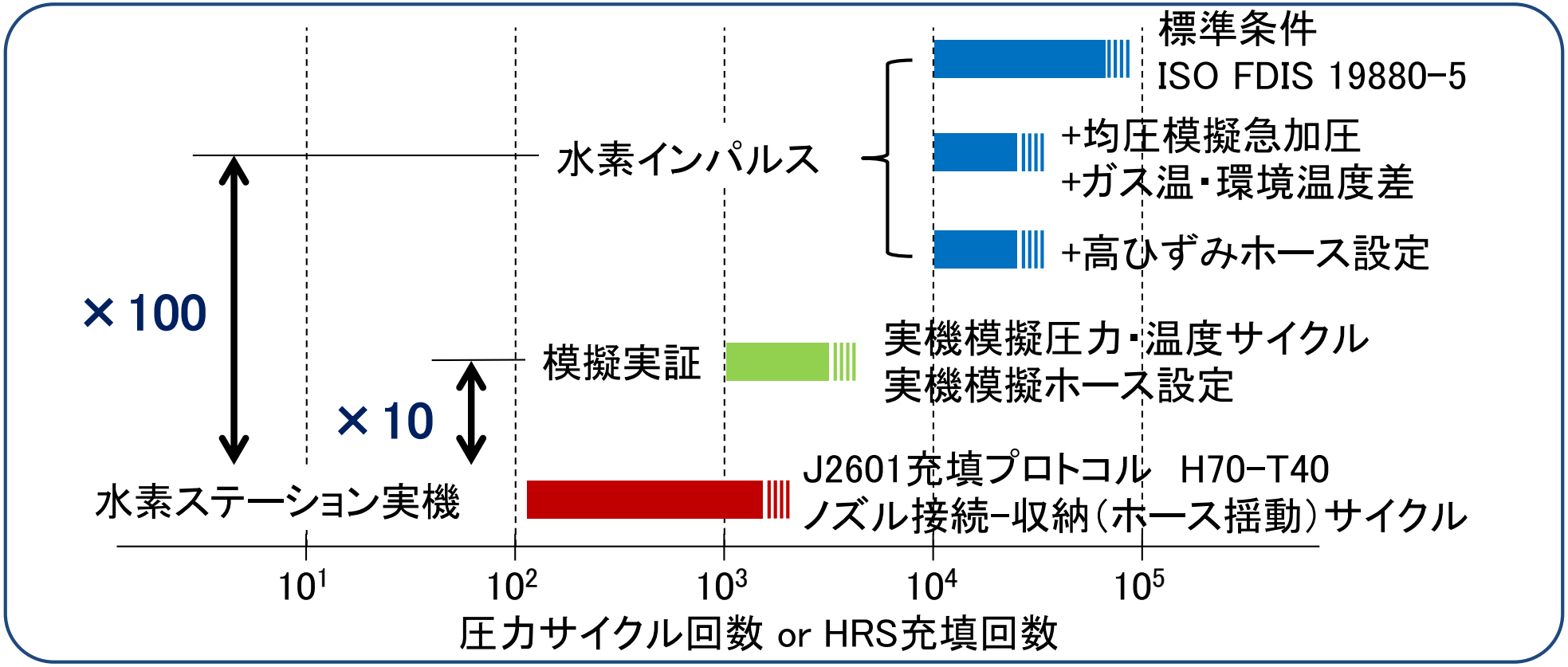


＞**10,000回漏洩なし**

水素インパルス試験の圧力プロファイル，ガス温度・環境温度，ホース設定など，条件の変更の影響は小さいことが判明した．

実施項目① HRSとラボ評価の相関検討

（九州大学）

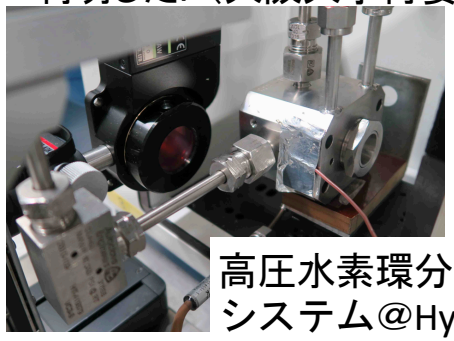


水素インパルス試験の圧力プロファイル，ガス温度・環境温度，ホース設定など，条件の変更の影響は小さく，実機の約100倍の水素サイクル耐久回数を示す．
実機を模擬した圧力・温度サイクル，ホース設定による模擬実証条件では実機の約10倍の水素サイクル耐久回数を示す．
→これまで試験条件に加えていないノズル接続-収納時のホース揺動によるダメージの影響評価が必要．
ホース揺動試験後の水素インパルス試験，ホースを揺動させながら加減圧するホース揺動水素インパルス試験を計画．

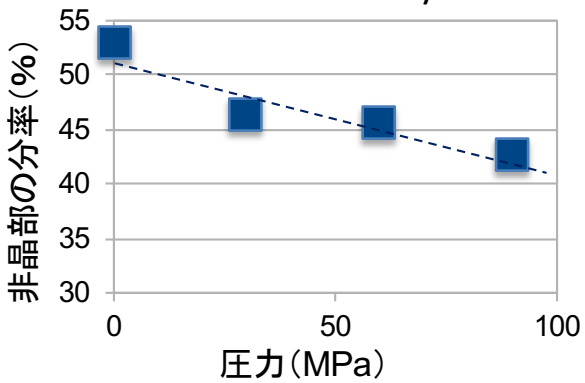
実施項目② 高圧水素ホースの劣化・破壊加速因子の解明

（九州大学，大阪大学，山形大学）

結晶性高分子試験片の高圧水素環境下での分光測定を実施．高圧水素環境下では結晶化度が大きくなり，非晶部が増加する．減圧時に可逆的に元の状態に戻ることが判明した．（大阪大学再委託）



高圧水素環分光測定システム@HyTReC

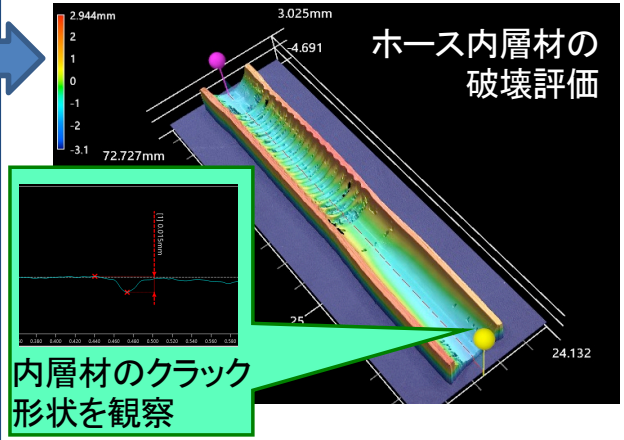


ポリエチレン非晶部分率の水素曝露圧力依存性

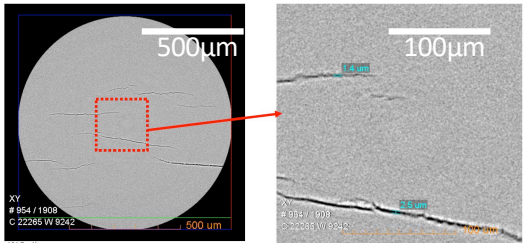
高圧水素環境下での使用によるホース内層材への影響の評価法を検討．

- 分子量変化（GPC）
- 高次構造変化（DSC, TMA, DMA）
- 破壊定量（可視光透過，3D形状測定，X線CT）
- 高圧水素による環境応力割れ

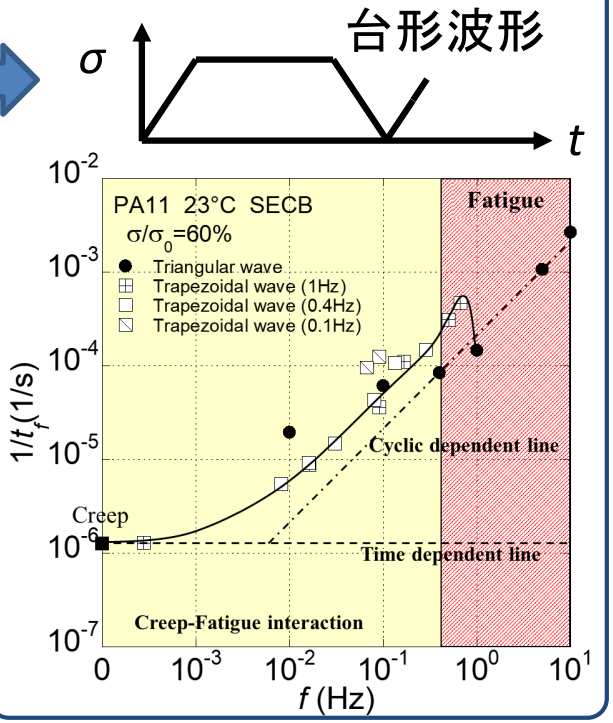
GPC：ゲル浸透クロマトグラフィ，DSC：示差走査熱量分析，TMA：熱機械特性測定，DMA：動的粘弾性測定



X線CT測定例（モデル試料）



高圧水素ホース内層樹脂材料試験片の大気圧環境での疲労試験において，疲労挙動の負荷応力の波形依存性について検討した．台形波形において，高圧保持時間が短いと疲労損傷が優勢となり，保持時間が長いとクリープ損傷が優勢となることが判明した．（山形大学再委託）



加速耐久性評価条件，水素インパルス試験等と同様な高圧水素加減圧条件下での試験片の劣化状況，強度特性，疲労特性，高次構造変化など測定法を開発．内層樹脂劣化・破壊状況を把握．

実施項目③

高圧水素ホース加速耐久性評価法の開発及び加速耐久性評価法規格案の策定

（JRMA，九州大学）

・高圧水素ホース加速耐久性評価法を開発する．加速耐久性評価法の開発，規格案策定にあたっては，JRMA，九州大学，大阪大学，山形大学，（一社）水素利用供給技術協会（HySUT），ホースメーカーから16名の委員より構成されるワーキングチーム(WT)を設置した．

・2018年度3回（2018/6/23, 2018/12/23, 2019/3/4）のWT会合を実施し，議論を実施した．規格の素案となる高圧水素 ホース加速耐久性評価法案を策定する．

・研究期間後半(2021～2022年度)においては，具体的な規格案の策定を進める．

・高圧ガス保安協会事故データベースからHRSにおける高圧水素ホース関連事故を抽出した．2005年～2018年において，20件のHRSホース関連事故が抽出され，うち，樹脂ホースの不具合による事故は8件であった．

・国際標準化，研究動向調査のため，北米，欧州，中国等，7回の海外調査を実施した．

実施項目④

ホース交換サイクル設定に資するデータの取得及びホースメーカーへの提供

（九州大学）

本事業で設定した加速耐久性評価条件，水素インパルス試験（ISO FDIS 19880-5）などの条件でデータを取得し，ホースメーカーに提供．

650～1,000回から2,200回（2020年度），30,000回（2022年度）に必要となるデータについては，ホースメーカと協議の上決定．このため，2018年度はホースメーカーと8回の協議を実施した．

今後の技術課題

・加速耐久性評価法について，ノズル接続−収納時のホース揺動によるホースへのダメージの影響評価が必要である．
→ホースを揺動させながら加減圧するホース揺動水素インパルス試験法の開発が必要．

・加速耐久性評価法について，HRSでは，環境温度（気温）と流通する水素ガスの温度（−40℃）の差が耐久性に影響を与えている可能性があり，影響評価が必要である．
ホースに−40℃の水素が流通した後，ホースに環境温度まで復温させるためには一定の待機時間が必要となるため，高頻度のサイクル加減圧試験が困難である．
→HRSでの使用の際の劣化・破壊対するサイクル加減圧と温度サイクルの影響の分離を試みる必要がある．

・日本および北米におけるHRSでのホースの耐久性の実績は，ばらつきが大きい．
原因として，流通する水素中の固形異物による内層樹脂材へのダメージの影響が考えられる．定量的な固形異物の影響評価が必要である．
→使用済みホースの調査による内層樹脂へのダメージの把握を進めるとともに，固形異物の影響を調査する．

・HRSでの水素流通量（16g/s程度）をラボ評価（水素インパルス試験条件では0.25g/s程度）では再現できていない．水素流通量の影響把握が必要である．
→数値流体力学（CFD）を利用したシミュレーションによる影響の検討が必要．