

「超高压水素インフラ本格普及技術開発事業」 (中間評価)

(2018年度～2022年度 5年間)

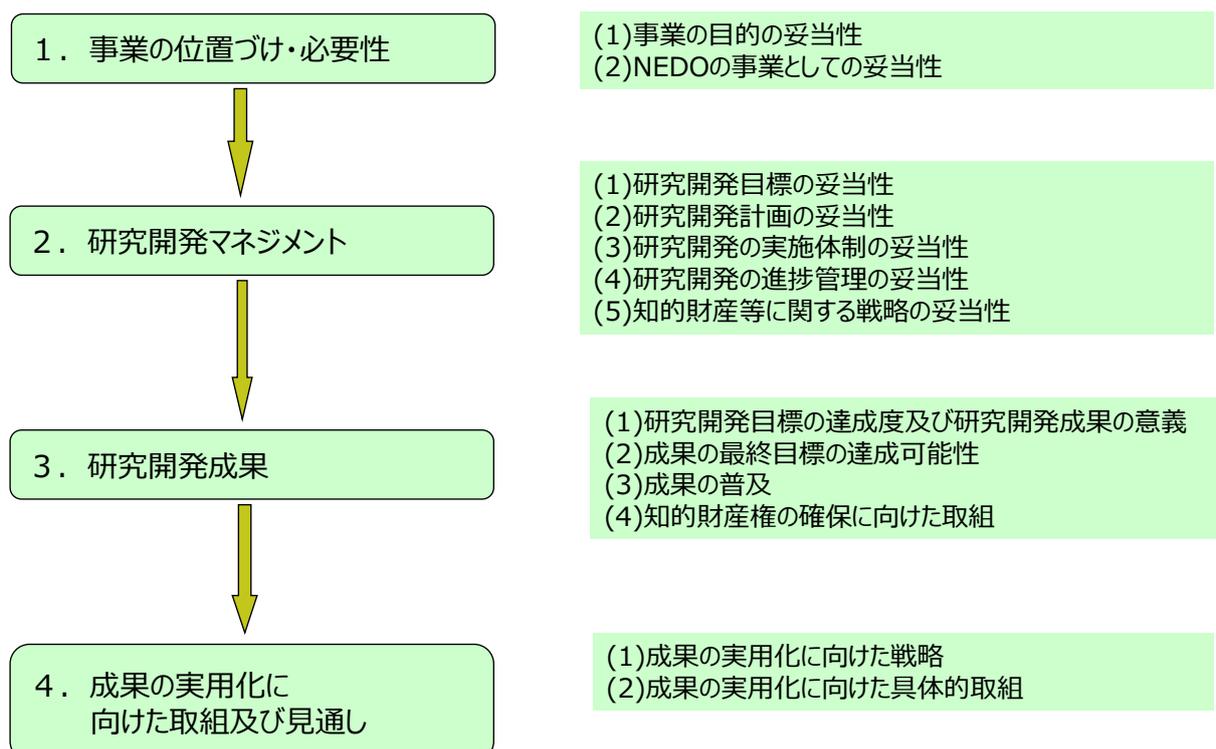
プロジェクトの概要 (公開)

NEDO

次世代電池・水素部

2020年12月17日

発表内容

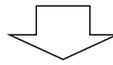


◆事業実施の背景と事業の目的

社会的背景

地球温暖化、化石燃料の枯渇等の課題に対し、省エネルギーの抜本的強化、エネルギーセキュリティの向上、環境負荷の低減等が求められている。

燃料電池自動車及び水素製造・輸送・貯蔵技術は、国の政策において重要技術と位置づけられ、早期の普及拡大が期待されている。



事業の目的

燃料電池自動車及び水素ステーションの自立拡大の早期実現と、燃料電池自動車関連産業の競争力向上を目指す。

このため、水素ステーションの規制見直しや低コスト機器開発等を行い、2020年以降の水素ステーションコスト・性能目標（後述）達成による普及拡大を実現する。

また、水素ステーションの安全性・信頼性を更に高めることにより、社会受容性の確保に繋げ、水素ステーションの設置を促進する。

2

◆政策的位置付け

内閣

- 2050年を見据えたビジョン（水素をエネルギーの選択肢の1つとする）と、2030年までの導入目標値を提示

水素基本戦略

METI

- 技術のスペックやコスト内訳について、様々な目標値を設定するとともに、取り組み内容を記述

水素・燃料電池戦略ロードマップ

NEDO

- 国の目標達成に向けた技術課題を設定
- 技術課題克服へ向けた研究開発、実証プロジェクトを展開

NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ
研究開発、実証プロジェクト

3

◆政策的位置付け

エネルギー基本計画	2010年6月	水素ステーション等の水素供給インフラの整備コストを大幅に下げる必要がある。このため、高圧ガス保安法に定める圧力容器の設計基準、使用可能鋼材の制約等の規制への対応が課題となる。解決に向けて、国際動向も踏まえながらデータに基づく安全性の検証や技術開発を推進する。また、2015年の燃料電池自動車の導入開始に向け、日米欧や関連地域、民間企業とも協力・連携し、水素供給インフラを含めた実証的取組を強化する。
日本再興戦略	2013年6月	2015年の燃料電池自動車の市場投入に向けて、燃料電池自動車や水素インフラに係る規制を見直すとともに、水素ステーションの整備を支援することにより、世界最速の普及を目指す。
エネルギー基本計画	2014年4月	2015年から商業販売が始まる燃料電池自動車の導入を推進するため、規制見直しや導入支援等の整備支援、部素材の低コスト化に向けた技術開発を行う。官民の適切な役割分担の下、規制見直しなどの低コスト化に向けた対策等を着実に進める。
水素・燃料電池戦略ロードマップ(経済産業省)	2014年6月	水素ステーションの整備費を2020年頃に現在の半額程度の整備費となることを目指す等、水素社会の実現に向けた時間軸を明示した取り組みを示す。
日本再興戦略改訂2014	2014年6月	水素社会の実現に向けたロードマップに基づき、水素の製造から輸送・貯蔵、そして家庭用燃料電池(エネファーム)や燃料電池自動車等の利用に至る必要な措置を着実に進める。

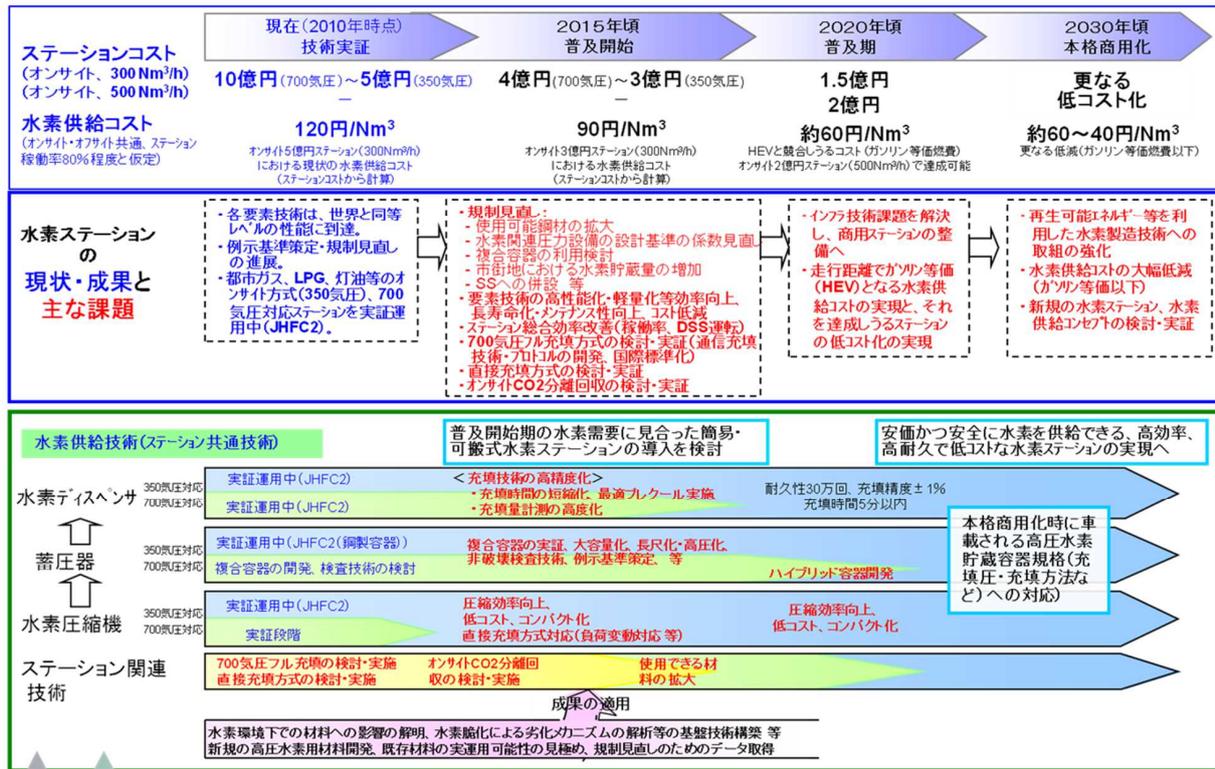
◆政策的位置付け

水素・燃料電池戦略ロードマップ(経済産業省)改訂	2016年3月	新たな目標は具体的な取組を盛り込んだ改訂がなされた。 <ul style="list-style-type: none"> 2020年頃までに160箇所程度、2025年度までに320箇所の整備 2020年度後半までに水素ステーション事業の自立化を目指す 整備地域の拡大、地域のFCV普及状況等に応じた戦略的展開 など
水素基本戦略	2017年12月	2050年を視野に入れ、将来目指すべき姿や目標として官民が共有する大きな方向性・ビジョンを示す。国内再生由来水素の利用拡大、国際水素サプライチェーン、モビリティ、電力分野での利用拡大を目指す。
エネルギー基本計画	2018年7月	水素を日常の生活や産業活動で利活用する社会、“水素社会”を実現していくためには、技術面、コスト面、制度面、インフラ面で未だ多くの課題が存在している。このため、2017年12月に策定した水素基本戦略(再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議決定)等に基づき、水素が、自国技術を活かした中長期的なエネルギー安全保障と温暖化対策の切り札となるよう、戦略的に制度やインフラ整備を進めるとともに、多様な技術開発や低コスト化を推進し、実現可能性の高い技術から社会に実装していく。
水素・燃料電池技術開発戦略	2019年9月	2019年3月に「水素・燃料電池戦略ロードマップ」の改定を受けて、具体的な技術開発事項を定めたもの。

◆技術戦略上の位置付け

水素製造・輸送・供給技術ロードマップ

想定: 原油価格 \$85/バレル(2010)→\$95/バレル(2020)
LNG価格 \$520/トン(2010)→\$805/トン(2020)



水素・燃料電池戦略ロードマップの例

目指すべきターゲット

- 2025年20万台、2030年80万台
- 2025年頃にFCVをHV並の価格競争力へ価格差低減 (FCVとHVの価格差300万円→70万円)
- 2025年頃に主要な要素技術のコスト低減
〔燃料電池システム約2万円/kW→0.5万円/kW〕
〔水素貯蔵システム約70万円→30万円〕
- 2025年にボリュームゾーン向け車種展開

ターゲット達成に向けた取組

- 関係企業・研究機関等の間での協調領域の技術情報や課題の共有
- 貴金属の使用量低減等に向けた技術開発
- 水素貯蔵システムにおける炭素繊維の使用量低減等に向けた技術開発

水素利用(モビリティ)

水素ST

- 2025年320箇所、2030年900箇所相当
- 2020年代後半の自立化
- 2025年頃までの整備費・運営費の抜本的な削減 (整備費3.5億円→2.0億円、運営費3.4千万円/年→1.5千万円/年)
- 個別機器の2025年頃のコスト目標の設定
〔圧縮機0.9億円→0.5億円〕
〔蓄圧器0.5億円→0.1億円〕

- 徹底的な規制改革と技術開発の一体的な推進 (2020年初めまでに無人化の実現、低圧鋼材の使用等)
- 全国的な水素ステーションネットワーク構築の検討
- 営業時間・土日営業の拡大
- ガソリンスタンド/コンビニ併設ステーションの拡大

バス

- 2030年1,200台
- 普及地域の全国拡大
- 2020年代前半の車両価格の半減(1億500万円→5,250万円)
- 2030年頃までに自立化

- 燃費・耐久性向上に向けた技術開発
- 路線バス以外への車種展開
- バス対応ステーションの整備促進

マイカー

- 2030年1万台
- 海外市場への展開

- 燃料電池ユニット等の多用途展開
- 簡素で運用が容易な充填設備の整備促進

※上記の他に、トラック、船舶、鉄道分野での水素利用拡大に向け、指針策定や技術開発等を進める

水素・燃料電池技術開発戦略の例

2. 水素サプライチェーン分野 水素ステーション

現状および目標			主な課題	技術開発事項
	2018年(実績)	2025年頃(目標)	整備費の削減 運営費の削減	① 遠隔監視による水素ステーション運転の無人化や設備構成等の見直しに向けたリスクアセスメント ② 汎用金属材料の水素特性等に係るデータ取得 ③ 蓄圧器の寿命延長、新たな検査方法の開発 ④ ホース及びシール材の更なる耐久性向上 ⑤ 新たな充填プロトコルの開発(水素供給温度緩和等) ⑥ 運用データの解析の結果等に基づく、水素ステーションの各機器の仕様や制御方法の標準化・規格化 ⑦ 圧縮機の高効率化・低コスト化(電気化学式圧縮機、熱化学式圧縮機の開発等) ⑧ 液化水素ポンプの開発 ⑨ 燃料電池トラック等、新たなアプリケーションに対応した充填、計量技術の開発 ⑩ 大容量、軽量容器の開発 ⑪ 大容量、高耐久な水素貯蔵材の開発及び生産技術の確立
圧縮機	0.60億円	0.50億円(100台/年・社)		
蓄圧器	0.70億円	0.10億円(500本/年・社)		
プレクーラー	0.20億円	0.10億円(100台/年・社)		
ディスペンサー	0.20億円	0.20億円(100台/年・社)		
その他工事費	1.40億円	1.10億円		
整備費計	3.10億円	2.00億円		
	2017年(実績)			
運営費	3.2千万円	1.5千万円		

※1 実績値は、補助金実績額より試算(固定式、オフサイト・300Nm³/h)。なお、補助金支給対象とならない各種費用(キャブपी、障壁設置費用、土地代等)が存在することに留意。
 ※2 2025年のコスト目標については、一定の出荷数等を確保するといった前提条件あり。

【参考】水素ステーションイメージ図

◆国内外の研究開発の動向と比較

国名	日本	米国	ドイツ	中国
研究開発	NEDO ・超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業 ・燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業	エネルギー省 Hydrogen and Fuel cell Program H2@port など	NOW Clean Energy Partnership (CEP)	科学技術部 再エネおよび水素技術重要特別プロジェクト など
商用水素ステーション設置目標数(70MPa充填)	160箇所@2020年 320箇所@2025年 設置補助金: 国供出	カリフォルニア州内で100箇所@2023 設置補助金: 州供出 アメリカ全土: 280ヵ所 計画中@2025	100箇所@2019年 400箇所@2023年 設置補助金: 官民折半(50%/50%) H2 Mobility 中心	300箇所@2025年 1,000箇所@2030年
商用水素ステーション@2020(予定含む)	157	カリフォルニア州43 (カリフォルニア州: 建設決定総数: 51)	86	63
FC乗用車台数	約3,800	約8,000	約550台	-
FCバス等台数@2020	約80(70MPa)	約100	約60	約6,500 Bus, Truck (35MPa中心)
FC電動リフター(FCフォークリフト)	約250台 @北九州市、関西国際空港など 実証試験	約30,000台	約200台 実証試験実施中	-

International Hydrogen Infrastructure Workshopを日独米、ECと共同で7回開催(継続)

◆国内外の研究開発の動向と比較

米 国：DOE中心にh2@portなどで開発加速

豪 州：国家水素戦略 2019年11月

フランス：水素戦略 2018年6月

オランダ：グリーン水素戦略 2020年4月

水素発電の計画中

ドイツ：P-to-G推進ロードマップ (DENA) 2017年6月

E U：欧州水素ロードマップ (FCH-JU) 2019年2月

韓国：水素経済活性化ロードマップ 2019年1月

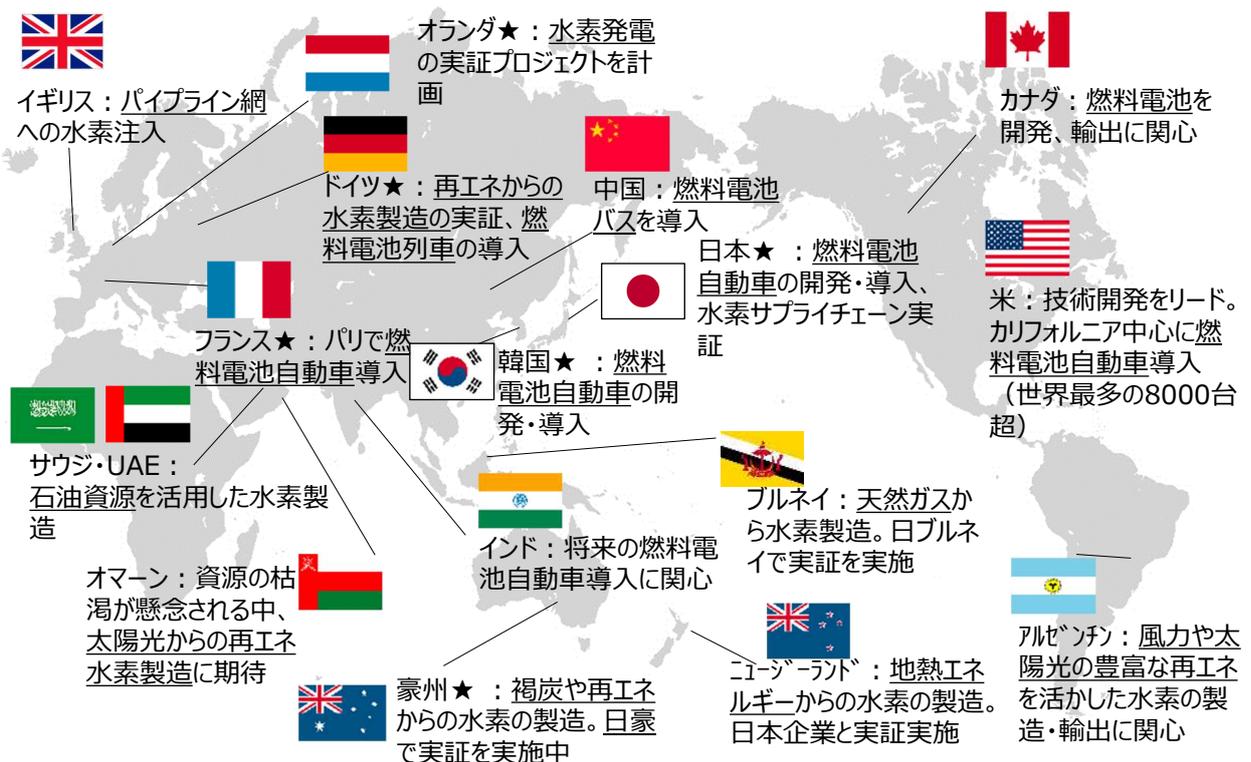
中国：「政府工作報告」および

「新エネルギー自動車に関する補助政策改善通知」

(2019年) からFCVシフトが加速

◆国内外の研究開発の動向と比較

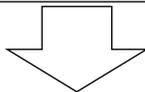
★：戦略・ロードマップ策定国



◆NEDOが関与する意義

FCV・水素ステーションの普及拡大に向けた規制見直し・技術開発は、

- エネルギー政策上の重要度が高く、社会的必要性が大きい
- 水素・燃料電池産業の競争力強化に貢献
- 規制見直しの推進には、産官学の緊密な連携が必要
- 水素供給インフラについてはFCV普及初期の市場が限られるため、民間単独では開発リスクが大きい
- 本格的普及、自立化に必要な規格化・標準化は全体として取組が必要



N E D O が も つ こ れ ま で の 知 識 、 実 績 を 活 か し て 推 進 す べ き 事 業

12

◆実施の効果 (費用対効果)

市場規模予測 (出典:富士経済「2020年版水素利用市場の将来展望」)

水素ステーション関連 **89億円** (2020年見込)

339億円 (2030年)

FCV用水素燃料 **9億円** (2020年見込)

433億円 (2030年)

CO2削減効果予想

FCVの普及に伴うCO2削減量の目標値(40万トン/年)を達成する。

13

◆事業の概要

(1) **規制見直し**に関わる技術開発

(設備コスト低減や運営費低減に繋がる技術開発含む)

(2) **コスト低減**等に関連する技術開発～

(**水素ステーション全体**運営費低減等に関する研究開発)

(3) **コスト低減**等に関連する技術開発～

(**機器開発、規格化、次世代ステーション**に向けた設備コストの低減に資する研究開発)

(4) **国際展開**に係る事業

(ISO関連、IEA、IPHE、gtr関連など国際調和、海外施策・市場・研究開発動向の把握)

◆事業の背景

◆水素ステーション数の増加

2025年までに320箇所程度へ。

◆水素ステーションの整備コストの低減

固定式オフサイトステーションの整備コスト

2017年当初想定見込(3.7億円)を

⇒2020年 2.3億円程度

2025年以降 2億円以下

◆CO2の削減

水素ステーションの整備促進、FCVの普及に伴い、

⇒目標最終年度2025年度において

CO2削減量の目標値(40万トン/年)を達成。

◆事業の目標

本格普及期を想定した

- 水素ステーションの技術基準案(もしくはガイドライン案)を作成
- 国内の規制適正化に向けたデータ取得及び基準案の作成・提案

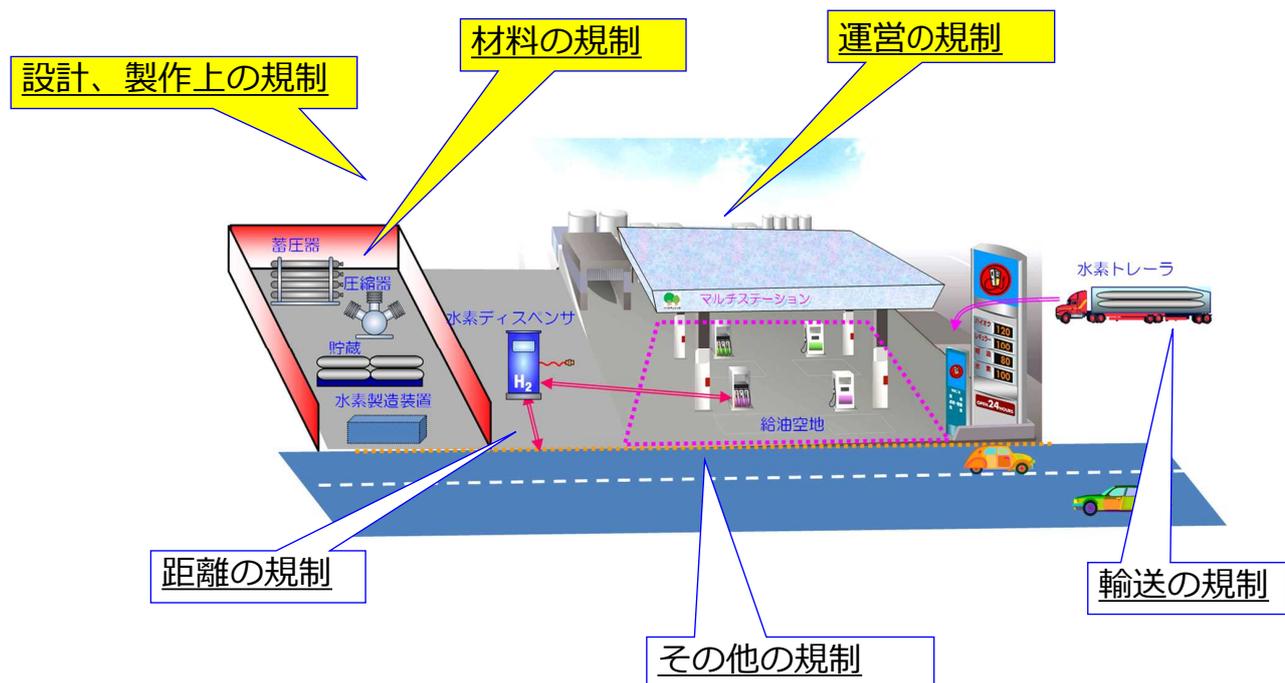
低コストステーションの設計という観点から

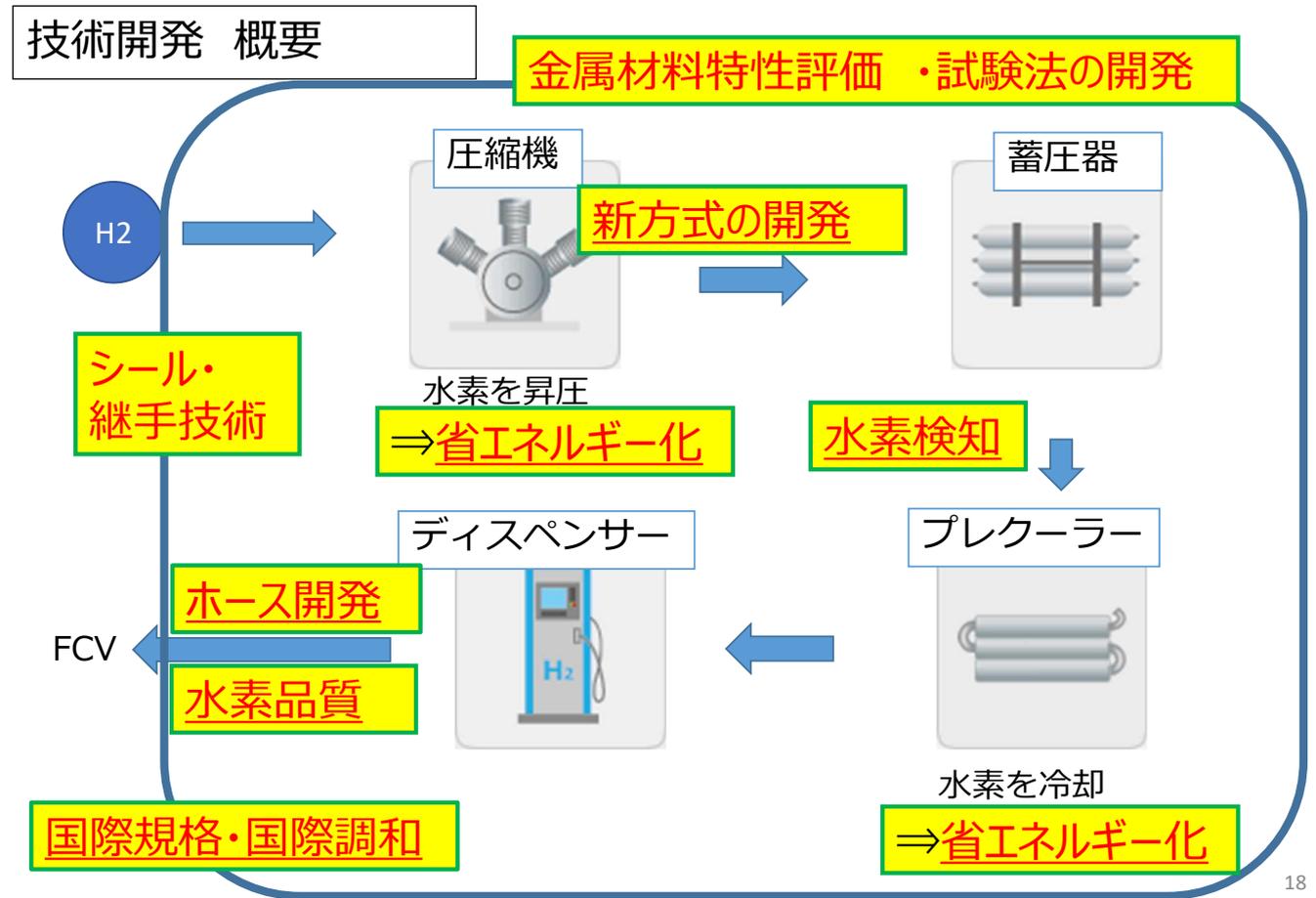
- 水素ステーション設備のコスト低減
- 構成機器の最適化
- 規制の見直し
- 高分子材料開発など
- 機器の省エネ化

水素ステーション関連技術の国際競争力強化等の観点から

- 国際基準調和・国際標準化にかかる研究開発等を実施

規制関連 概要





◆事業の目標

研究開発項目	研究開発目標（最終目標）	根拠
I：「国内規制適正化に関わる技術開発」	<ul style="list-style-type: none"> 水素ステーションの技術基準案（もしくはガイドライン案）を作成 国内の規制適正化に向けたデータ取得及び基準案の作成・提案 	<ul style="list-style-type: none"> 国内の普及拡大には、「燃料電池自動車・水素ステーション普及開始に向けた規制の再点検に係る工程表」に含まれる検討項目、「規制改革実施計画」で挙げられた項目の課題解決が必要になる。
II：「水素ステーションのコスト低減等に関連する技術開発」	<ul style="list-style-type: none"> 水素ステーションの本格普及・自立化を見据え、水素ステーションの整備費・運営費低減に寄与する技術を確立する。 	<ul style="list-style-type: none"> 国内の普及拡大には、「燃料電池自動車・水素ステーション普及開始に向けた規制の再点検に係る工程表」に含まれる検討項目、「規制改革実施計画」で挙げられた項目の課題解決が必要になる。
III：「国際展開、国際標準化等に関する研究開発」	<ul style="list-style-type: none"> ISO関連、IEA（国際エネルギー機関）、HFCV-GTR（水素及び燃料電池に関する世界統一基準）関連など国際調和、海外施策・市場・研究開発動向の把握を行い国内に発信する。 	<ul style="list-style-type: none"> 国内だけでなく、ISOによる基準化、UN/ECE/WP29(HFCV-gtr)の規制など国際的な合意形成が必要になる。

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

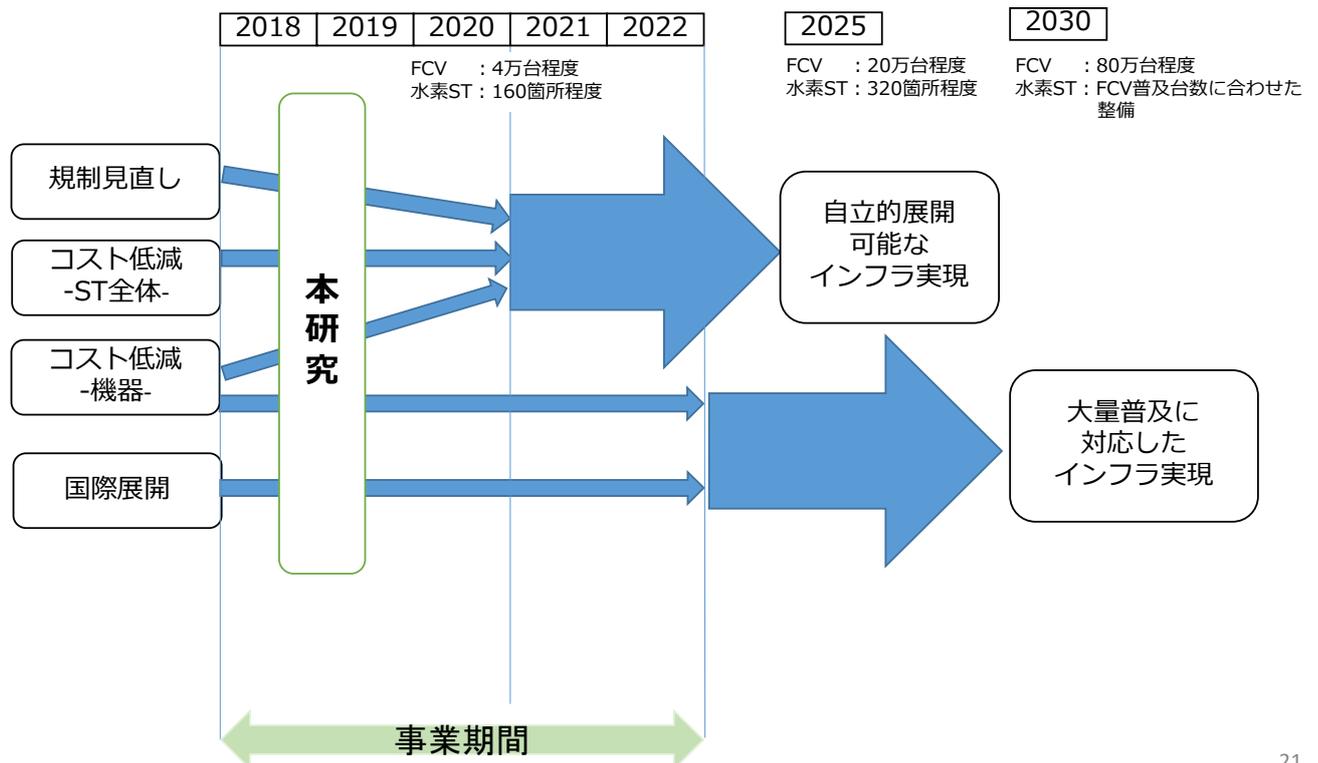
◆事業の目標

研究開発項目	中間目標	根拠
I : 「国内規制適正化に関わる技術開発」	<ul style="list-style-type: none"> 国内について、規制見直し項目を規制改革実施計画で指定されたスケジュールに沿った解決を行う。 無人運転を可能にするための法改正に向け、遠隔監視による無人運転に対する法的課題の抽出、並びに対応する設備に必要な項目（安全対策等）及び導入設備に関する検討を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 国内の普及拡大には、「燃料電池自動車・水素ステーション普及開始に向けた規制の再点検に係る工程表」に含まれる検討項目、「規制改革実施計画」で挙げられた項目の課題解決が必要になる。
II : 「水素ステーションのコスト低減等に関連する技術開発」	<ul style="list-style-type: none"> 水素ステーションの本格普及・自立化を見据え、水素ステーションの整備費・運営費低減に寄与する技術を確立する。 	<ul style="list-style-type: none"> 国内の普及拡大には、「燃料電池自動車・水素ステーション普及開始に向けた規制の再点検に係る工程表」に含まれる検討項目、「規制改革実施計画」で挙げられた項目の課題解決が必要になる。
III : 「国際展開、国際標準化等に関する研究開発」	<ul style="list-style-type: none"> ISO関連、IEA（国際エネルギー機関）、HFCV-GTR（水素及び燃料電池に関する世界統一基準）関連など国際調和、海外施策・市場・研究開発動向の把握を行い国内に発信する。 	<ul style="list-style-type: none"> 国内だけでなく、ISOによる基準化、UN/ECE/WP29(HFCV-gtr)の規制など国際的な合意形成が必要になる。

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆研究開発のスケジュール

事業アウトカム達成に至るまでのロードマップ（時系列）



◆プロジェクト費用

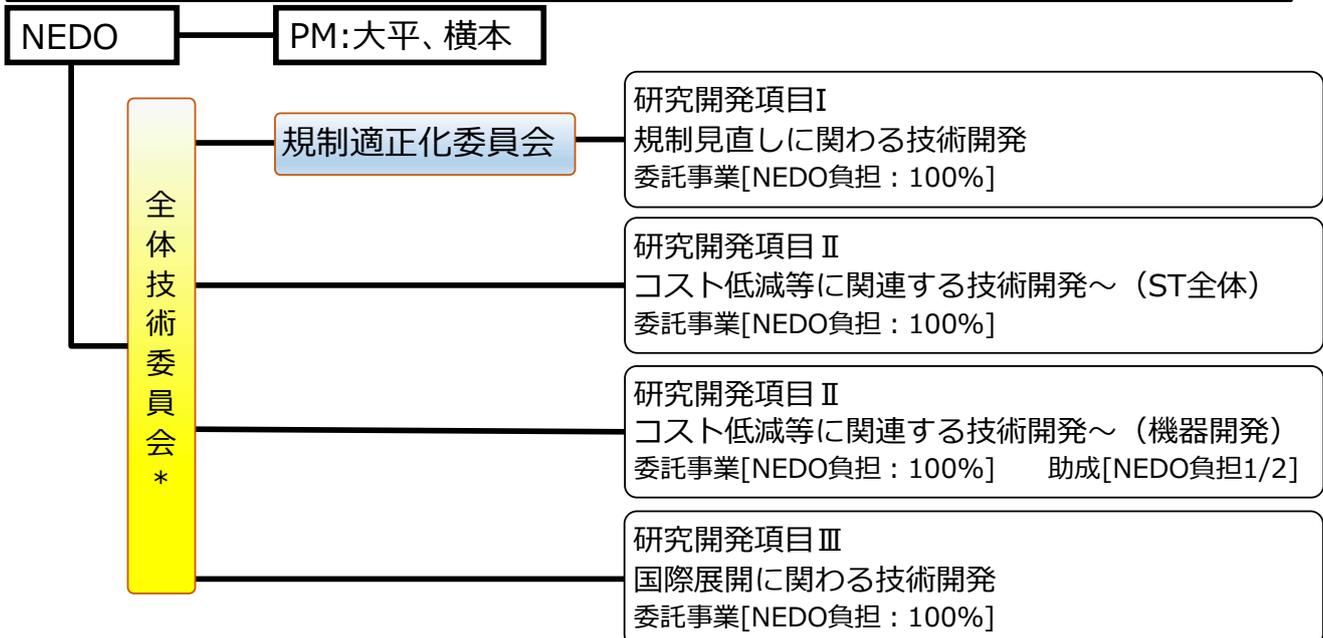
◆費用

(単位：百万円)

研究開発項目	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	合計
国内規制適正化に関わる技術開発	627	1,026	725	-	-	2,378
水素ステーションのコスト低減等に関連する技術開発	853	1,332	2,501	-	-	4,686
国際展開、国際標準化等に関する研究開発	131	221	194	-	-	546
合計	1,611	2,579	3,420	-	-	7,610

◆研究開発の実施体制

- 技術開発の結果を早期に社会実装するため、事業運営の形態（委員会の設置方法等）をスリム化。意思決定のスピードアップを図る。



(*) 事業進捗、コスト低減、国際調和に関する事業全体の調整を行い、個別事業に反映させる。半年に一回開催。

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆研究開発の実施体制

研究開発項目I 規制見直しに関わる技術開発

テーマ名	資料番号	事業者名
研究開発項目I 規制見直しに関わる技術開発		
本格普及期に向けた水素ステーションの安全性に関わる研究開発	1-(1)	一般財団法人石油エネルギー技術センター
新たな水素特性判断基準の導入に関する研究開発	1-(2)-①	一般財団法人石油エネルギー技術センター、高圧ガス保安協会、国立大学法人九州大学、一般財団法人金属系材料研究開発センター、日本製鉄株式会社、愛知製鋼株式会社、株式会社日本製鋼所
連続陰極水素チャージ法による水素インフラ用鋼材の水素特性判断の簡易評価手法の開発	1-(2)-②	JFEスチール株式会社
中空試験片高圧水素中材料試験法規格化のための研究開発	1-(2)-③	国立研究開発法人物質・材料研究機構

赤枠：発表事業

24

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆研究開発の実施体制

研究開発項目II コスト低減等に関連する技術開発

テーマ名	資料番号	事業者名
水素ステーションの規格化・標準化、モジュール化等に関する研究開発	2-(1)	一般社団法人水素供給利用技術協会、ENEOS株式会社
水素ステーション用タイプ2蓄圧器の供用中検査手法の研究開発	2-(2)-①	JFEスチール株式会社、JFEコンテナ株式会社、千代田化工建設株式会社
複合圧力容器の評価手法確立・技術基準整備に関する技術開発	2-(2)-②	一般財団法人石油エネルギー技術センター、高圧ガス保安協会、国立大学法人東京大学、株式会社日本製鋼所
長寿命高圧水素シール部材・継手部材及び機器開発に関する研究開発	2-(3)-①	一般社団法人水素供給利用技術協会、国立大学法人九州大学、一般財団法人化学物質評価研究機構、NOK株式会社、高石工業、日本ピラー工業株式会社、株式会社キッツ、株式会社フジキン、株式会社タツノ、トキコシステムソリューションズ株式会社
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	2-(3)-②	国立大学法人九州大学、一般社団法人日本ゴム工業会

赤枠：発表事業

25

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

研究開発項目Ⅱ コスト低減等に関連する技術開発

本格普及期に向けた次世代ステーション・充填技術の研究開発	2-(4)-①	E N E O S 株式会社、株式会社本田技術研究所、トキコシステムソリューションズ株式会社、一般社団法人水素供給利用技術協会
超高圧水素トレーラー輸送の可能性、技術課題、法的課題に関する調査研究	2-(4)-②	E N E O S 総研株式会社 (2019年度終了)
新型高圧水素タンク用鋼材の可能性に関する調査研究	2-(4)-③	日鉄総研株式会社 (2019年度終了)
電気化学式水素ポンプの開発・実証	2-(4)-④	株式会社加地テック、東レ株式会社
高強度低合金鋼を用いた新型高圧蓄圧器に関する研究開発	2-(4)-⑤	一般財団法人金属系材料研究開発センター、日本製鉄株式会社
新型半導体メモリ方式による超低消費電力水素検知センサシステムの研究開発	2-(4)-⑥	ヌヴォトンテクノロジージャパン株式会社
半導体レーザーを用いた次世代水素分析装置の研究開発	2-(4)-⑦	株式会社四国総合研究所
水素昇圧機能を有する高効率水素貯蔵・供給システム技術開発	2-(4)-⑧	国立研究開発法人産業技術総合研究所、日本重化学工業株式会社
HDV等の新プロトコル対応の水素燃料計量システム技術と充填技術に関する研究開発	2-(4)-⑨	国立研究開発法人産業技術総合研究所、岩谷産業株式会社、株式会社タツノ、トキコシステムソリューションズ株式会社、一般社団法人水素供給利用技術協会、一般財団法人日本自動車研究所

青枠：2020年8月開始事業

26

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

研究開発項目Ⅲ 国際展開に関わる技術開発

テーマ名	資料番号	事業者名
水素ステーション等機器のISO/TC197国際標準化の推進と水素品質規格のための研究開発	3-①	一般社団法人水素供給利用技術協会 一般財団法人日本自動車研究所
燃料電池自動車の国際基準調和・国際標準化に関する研究開発	3-②	一般財団法人日本自動車研究所
水素社会に係る国際関連機器等研究・政策動向に関する調査研究	3-③	株式会社大和総研

27

◆研究開発の進捗管理

- 適時事業者と打ち合わせを実施し、開発目標と達成度、進捗確認、計画を見直しを実施。
- 半期毎に全体技術委員会を開催し、事業間の情報共有を図る実績：
 - ・2018年度2回
 - ・2019年度1回（2回目：METIとの共催の公開評価WEEK（成果報告レビュー）にて代替、3回目：コロナの影響で中止）
 - ・2020年度1回
- 追加公募分時には新規参加検討事業者及び既存事業においては進捗に課題ある場合には、PM（プロジェクトマネージャー）が事業の現場を訪問し、問題点のヒアリングと進め方についてのアドバイスを行った。

◆動向・情勢の把握と対応

情勢	対応
大型車輛の開発が国際的に活発化のため FCH-JU：大型車両向け技術開発スタート	追加公募実施

◆ 動向・情勢の把握と対応

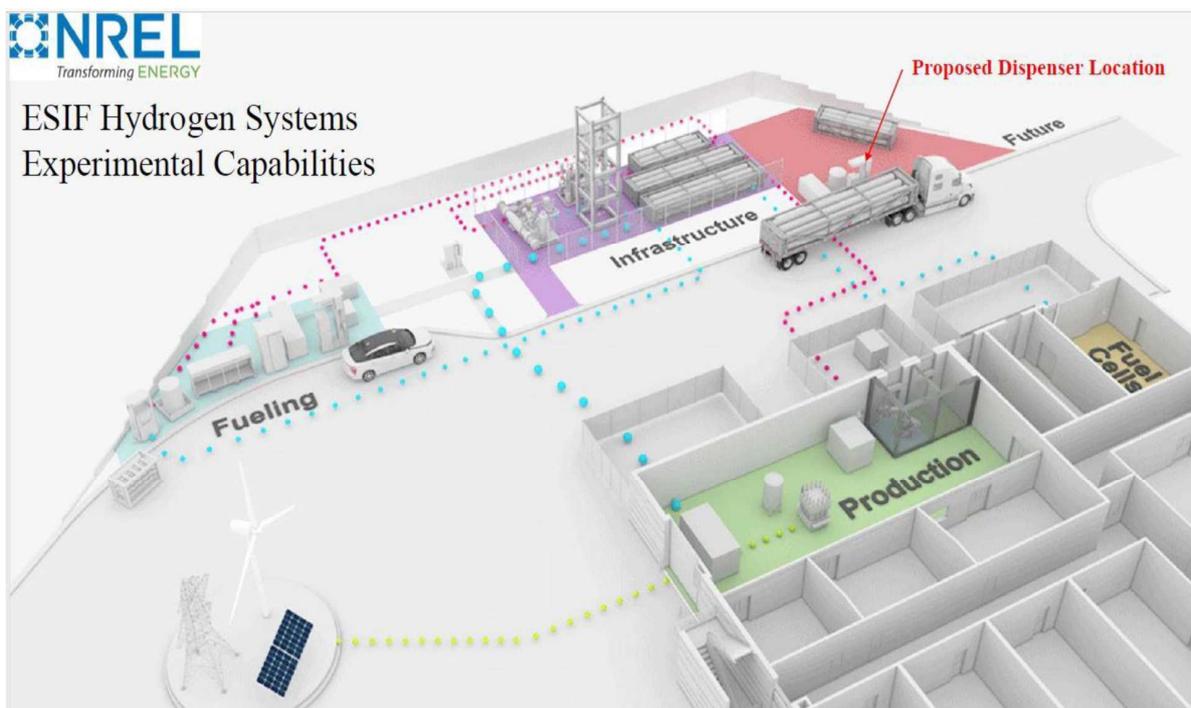
DOE HDVのプログラム

期間：2020年8月～2022年8月



<https://www.energy.gov/nepa/downloads/cx-101809-high-pressure-high-flow-rate-dispenser-and-nozzle-assembly-heavy-duty>

◆ 動向・情勢の把握と対応



◆ 動向・情勢の把握と対応

1st Workshop | Webcon | 24 March 2020

PRHYDE-Protocol for heavy-duty hydrogen refuelling

Call Identifier FCH-04-2-2019:

Refuelling Protocols for Medium and Heavy-Duty Vehicles



Horizon 2020
European Union Funding
for Research & Innovation



www.PRHYDE.eu

32

◆ 動向・情勢の把握と対応

FCH-JU HDVのプログラム

PRHYDE Protocol for heavy-duty Hydrogen refueling

期間：2020年1月～2021年12月

内容：

シミュレーションと実験検証を行い、公称使用圧力が35, 50, 70MPaの大容量タンクシステム用に異なる充填プロトコルを開発する。

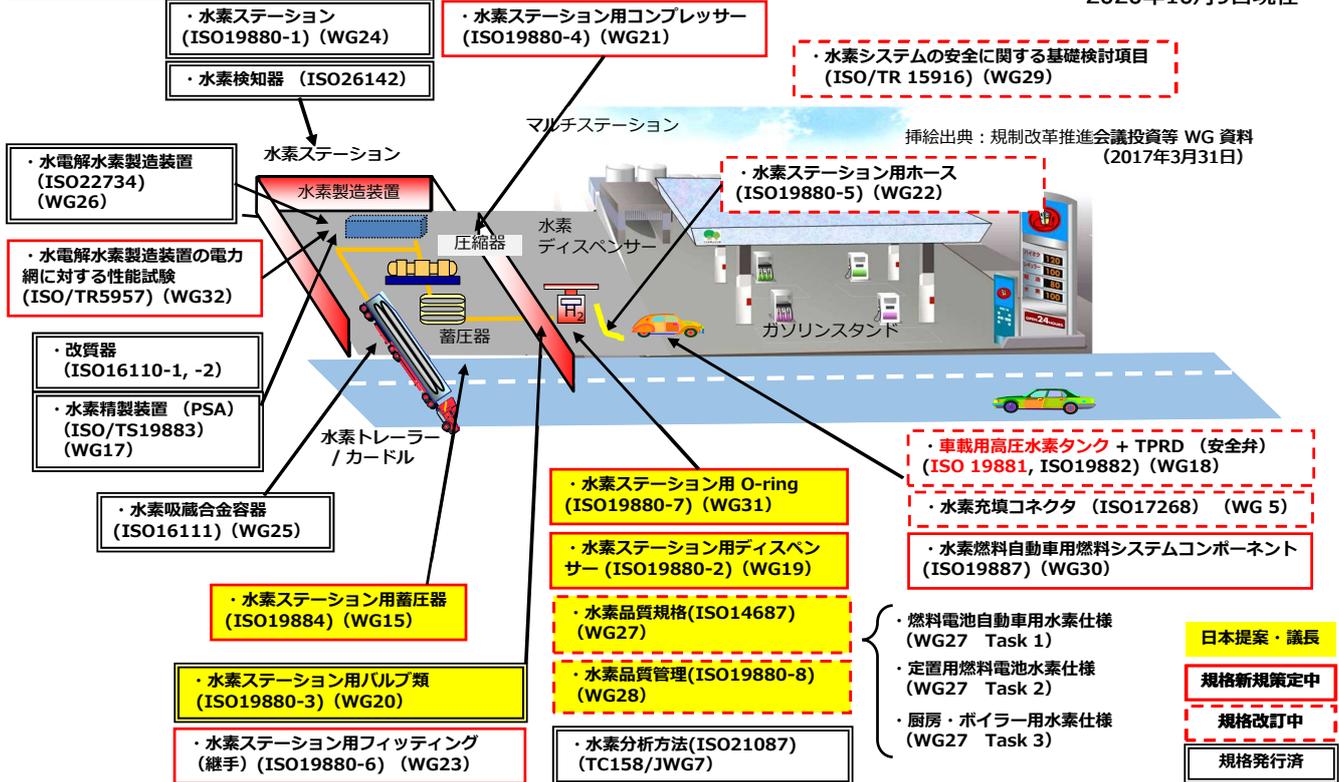
この研究は、道路、鉄道、海上輸送などのHDV用途への水素普及を可能となる。

33

◆ 動向・情勢の把握と対応

ISO/TC197対象範囲

2020年10月9日現在



◆ 動向・情勢の把握と対応

複合圧力容器の技術基準の整備に向けた技術開発 - タイプ2蓄圧器
タイプ2 技術文書案の構成

項目	内容	参考規格
適用範囲	内容積、設計圧力・温度、使用期間	KHKS 0220 ASME BPVC Sec.VIII Div.3
材料	金属層に用いる材料 樹脂含浸炭素繊維層に用いる材料 樹脂含浸炭素繊維層の機械的性質の設定	KHKS 0220 KHKS 0225
設計	金属層材料の許容引張応力 樹脂含浸炭素繊維層の許容ひずみ 式による厚さの設定 詳細応力解析 (強度解析、破裂前漏洩解析、疲労解析)	KHKS 0220 ASME BPVC Sec.VIII Div.3
工作および検査	自緊処理、電位差腐食防止、ワインディング、熱硬化処理、製造状態の確認など	KHKS 0220 KHKS 0225
耐圧試験		KHKS 0220
気密試験		KHKS 0220

今後の展開： 本成果の普及のため、超高圧ガス設備に関する基準 (KHKS 0220) の附属書化およびISO WG15で作成中の水素ステーション用蓄圧器に関する技術基準へ展開を計画する

水素・燃料電池プロジェクト評価・課題共有ウィーク

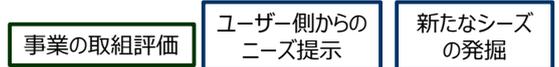
- 世界動向をしっかりと把握しつつ、日本の技術力の更なる向上に向けて、日本の水素関連政策、NEDO事業成果、ユーザー側からのニーズの差分を議論すると共に、新たなシーズを発掘する。
- 産学官の多様なステークホルダーが参加し、今後の水素社会の実現に向けたコミュニティ形成を支援するもの。

プログラム

主催：経済産業省・NEDO 参加者：延べ1,000名程度
発表数：47件（評価対象は22件）

6月17日(月)	6月18日(火)	6月19日(水)	6月20日(木)	6月21日(金)
Plenary 特別講演 IEA Hydrogen Report IEA 60 min. 米田、欧州における水素・燃料電池技術開発動向 NEDO 50 min. 水素・燃料電池戦略RM METI 30 min. NEDOにおける水素・燃料電池技術開発 NEDO 30 min. 水素サプライチェーンプロジェクト評価 HySTRA AHEAD 全体討議 講評	水素発電およびFCGプロジェクト評価 水素・燃料電池戦略RM METI 10 min. 技術開発RMと事業説明 NEDO 10 min. 【水素発電】 バッテンフオール 三菱重工業 川崎重工業 【PtG】 山梨県企業局 東芝エネルギーシステムズ 豊田通商 東北大学 全体討議 講評	水素ステーションプロジェクト評価 水素・燃料電池戦略RM METI 10 min. 技術開発RMと事業説明 NEDO 10 min. JPEC HySUT 九州大学 JXTGエネルギー 加地テック 全体討議 講評	水素・燃料電池プロジェクトの課題提示と評価 水素・燃料電池戦略RM METI 10 min. 技術開発RMと事業説明 NEDO 10 min. トヨタ自動車 本田技研工業 FC-Cubic 同志社大学 山梨大学 千葉大学 東北大学 上智大学 電気通信大学 物質・材料研究機構 全体討議 講評	水素・燃料電池プロジェクトの課題提示と評価 FCCJ 慶応義塾大学 東京工業大学 東京電機大学 首都大学東京 九州大学 産業技術総合研究所 テンソー 東京大学 山梨大学 全体討議 講評 水素・燃料電池技術開発戦略の策定に向けて

評価ウィークのスキーム



産官学全体に渡る活性化



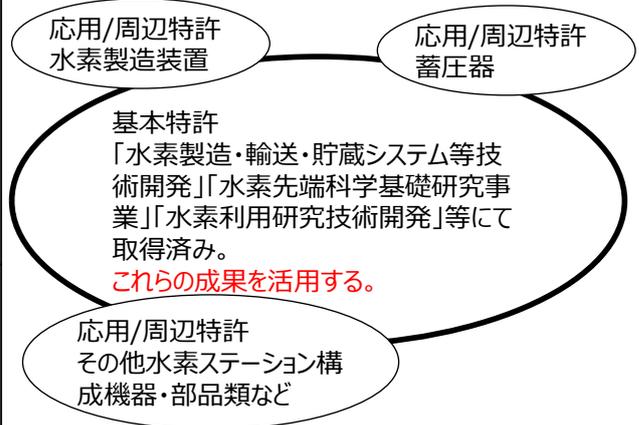
◆知的財産権等に関する戦略

・知財の取扱いについての戦略及びルール

オープン/クローズ戦略の考え方

	非競争域	競争域
公開	標準化推進 ・ISO水素ステーション関連 19880-5 充填ホース 19880-7 HRS用リング (新規) 複合容器 WG15 など その他 SAE、HFCV-gtrなど	知財のライセンスなど ・水素製造装置、水素圧縮機、蓄圧器など水素ステーションを構成する装置・部品類に係る特許による各社の優位性の確保 ・水素品質分析サービスなど分析コストの低コスト化競争につながる場合は技術情報を開示
非公開	—	秘匿化 ・高圧・低(高)温水素雰囲気下での鋼材の挙動に関する各種データ。⇒海外への情報流出を防ぐために原則非公開だが、ISO化などで日本が議論をリードする場合は、適宜公開する。

水素ステーションを構成する機器類の特許を取得し、並行して標準化に於ける議論を日本がリードする。将来は輸出につなげられるよう、国際的な優位性の確保を視野に入れる。



基本特許：材料、構成、構造
周辺特許：用途、システム

◆知的財産管理

- 委託事業・共同研究事業については、「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に基づき、テーマ毎に「知財の取扱いに関する合意書」を策定。
- 合意書では、知財運営委員会や知財の帰属、秘密の保持等、プロジェクトの出口戦略において重要となる知財ルールを整備。
- 助成事業については、個々の事業者の知財戦略を尊重し、アウトカムの最大化を図る。

個別テーマの成果概要

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(1-(1)) 「超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業 / 国内規制適正化に関わる技術開発 / 本格普及期に向けた水素ステーションの安全性に関わる研究開発」

委託先：(一財)石油エネルギー技術センター

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
無人運転を実施するための研究開発	・無人運転を可能とするための法技術的・技術的な課題の整理と対策の立案 ・省令制定に資する技術基準案の作成、省令案以外の各種技術基準案の作成	新規省令制定 (一般則7条の4) に資する技術基準案作成	○
リスクアセスメントの再実施に基づく設備構成に関する研究開発	・定量性・汎用性の高いリスクアセス手法と多様な設備構成で狭小なステーションモデル構築 ・安全対策の合理化案と省令等改訂に資する技術基準案の作成	省令や例示基準改訂に資する技術基準案作成 リスクアセス手法やステーションモデル	△
保安監督者が複数の水素ステーションを兼任するための研究開発	・保安監督者の兼任を可能とする要件の提案 ・保安監督者兼任ステーションに関する各種技術基準案の作成	省令解釈に関する基本通達制定に資する技術基準案作成	○
家庭・小規模事業所等での水素充填のための法的課題抽出	・家庭用水素充填設備のモデルを構築し、そのモデルに基づく法的課題の抽出	家庭用水素充填設備モデルに基づく法的課題	△

リスクアセスメントの実施などから規制見直しへ展開

40

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(1-(2)-①) 「超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業 / 国内規制適正化に関わる技術開発 / 新たな水素特性判断基準の導入に関する研究開発」

委託先：(一財)石油エネルギー技術センター、高圧ガス保安協会、(大)九州大学、(一財)金属系材料研究開発センター、日本製鉄(株)、愛知製鋼(株)、(株)日本製鋼所

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
① 汎用ステンレス鋼の使用可能範囲拡大に関する研究開発	水素ステーションで使用可能な汎用ステンレス鋼の使用可能範囲の明確化と新たな水素特性判断基準の創出	・新たな水素適合性判断基準を確立 ・低温高圧水素におけるSUS316系ステンレス鋼の使用可能範囲拡大 ・一般則例示基準の見直しへの寄与	○
② 汎用ステンレス鋼冷間加工材に関する研究開発	水素ステーションにおける冷間加工材の使用条件の明確化	・冷間加工材の使用条件を明確化 ・許容引張応力の設定検討	○
③ 汎用ステンレス鋼溶接材に関する研究開発	基本的な材料特性、使用条件等の明確化と技術指針作成の必要検討課題の抽出	・溶接材の使用条件の明確化 ・技術指針作成に向けた検討項目	○
④ 汎用低合金鋼の高温適用に関する研究開発	高温水素ガス中使用を想定した汎用低合金鋼データの取得と水素圧縮機への適用可否判断	・高温使用に関する評価方法の確立 ・高温使用における安全性の検討 ・低合金鋼技術文書の改訂	◎

金属材料評価手法の確立から、材料の使用範囲の拡大を目指す

41

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(1-(2)-②)「超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業 / 国内規制適正化に関わる技術開発 / 連続陰極水素チャージ法による水素インフラ用鋼材の水素特性判断の簡易評価手法の開発

委託先：JFEスチール(株)

2020年度
終了予定

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
高压水素環境下での水素侵入を再現する連続陰極水素チャージ試験条件の明確化	105MPa高压水素環境下と同等の水素チャージ可能な陰極水素チャージ条件を高温～低温まで確立	室温、高温 (85℃) で条件明確化	△
連続陰極水素チャージ法によるSSRT試験方法の確立	陰極チャージSSRTと高压水素ガスSSRTの差異確認し陰極チャージ法適用範囲を確立	高温(85℃)・室温は同等、低温(-30℃)は確認中	△
連続陰極水素チャージ法による疲労試験方法の確立	室温で陰極チャージ疲労と高压水素ガス疲労試験の差異明確化し陰極チャージ法適用範囲を確立	陰極チャージ条件確定。大気、陰極チャージ、高压水素でデータ採取中	△
連続陰極水素チャージ法による水素特性判断の妥当性検証	陰極チャージと高压水素試験で破面等を比較し、妥当性を検証	SSRTで擬へき開破面分布が異なる	○
水素特性簡易評価手法としての規準化案の策定	ラウンドロビネスト実施し再現性確認。手法の基準化案作成	SSRTラウンドロビンで3機関でデータ一致。	○

簡易型材料評価手法の開発

SSRT試験で105MPa高压水素中と同等の結果であること、3機関のラウンドロビン試験で変位-荷重曲線が一致することを確認

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(1-(2)-③)「超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業 / 国内規制適正化に関わる技術開発 / 中空試験片高压水素中材料試験法規格化のための研究開発」

委託先：(国研)物質・材料研究機構

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価	
I. 中空 SSRT	A 試験片形状及び試験条件の標準化に関する研究	・試験条件の最適化を行う ・ラウンドロビネストを行う ・中空試験の簡素化を図る	中空試験片について、内面仕上げ条件を確定し、内径/外径寸法の許容範囲、ならびに試験条件を確認	△
	B 中実試験片との相関確認	中空と中実試験片間のデータの相関関係を明らかにする	中空と中実間のデータの相関関係を明確化	○
	C 規格化に向けた調査研究	規格案を作成する 簡素化附属書案を作成する	中空試験片高压水素中SSRT法の規格案をISOとHPI(予定)に提案	○
II. 中空 疲労	D 試験片形状及び試験条件の標準化に関する研究開発	保持時間や繰り返し速度等の影響評価を行い、中空試験片での疲労試験条件を確定 (2022年度実施)	中空疲労試験法の試験条件を確認	△
	E 中実試験片との相関確認	中空と中実試験片間のデータの相関関係を明らかにする (2021年度実施)	中空と中実間のデータの相関関係を明確化	△
	F 規格化に向けた調査研究	規格案を作成する (2022年度実施)	中空試験片高压水素中疲労試験法の規格案を作成中	△

簡易型材料評価手法の開発

中空試験片高压水素中SSRT試験法案を作成し、ISO(英文案)に提案済、高圧力技術協会(日本文案)に提案予定。

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(1)) 「超高压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／水素ステーションの規格化・標準化、モジュール化等に関する研究開発」

委託先：(一社)水素供給利用技術協会、ENEOS(株)

2020年度
終了予定

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
①標準化の検討	業界統一規格 (標準化ガイドライン) 案の完成	業界統一規格 (HySUTガイドライン) 案の素案を作成済み。	○
②水素ステーションの能力分類化	適正な充填能力により「能力分類化 (カテゴリー化)」を制定、ガイドライン案への反映	充填能力を指標とする大・中・小規模の3種類のカテゴリーを設定。ガイドライン案に反映した。	○
③標準化対応次世代パッケージシステムの実証検討	標準化対応次世代パッケージシステムの実証検討を行う。必要に応じて実証を行い、低コスト化効果と信頼性・耐久性等の技術进行评估する。	次世代パッケージシステムを実現するための技術課題の整理と実証項目を取り纏め。検討の結果、パッケージ水素STは建設せず、机上で検討可能である結論を得た。	○

標準化をすべき項目を抽出し、設計圧力や配管取合口径等、11項目について標準化案を取りまとめ、規格 (標準ガイドライン) 案を作成

44

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(2)-①) 「超高压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タイプ2蓄圧器の供用中検査手法の研究開発

委託先：JFEスチール(株)、JFEコンテナ(株)、千代田化工建設(株)

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
A:定期自主検査へのAE法導入シナリオの構築	AE法の供用中検査基準の策定	日本非破壊検査協会での規格委員会の設置準備中	△
B:鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出	鋼材の疲労き裂発生進展とAE波の発生関係の評価	・蓄圧器使用応力場ではAEが検出されず ・疲労限近傍の応力場で損傷が発生すればAEは検知 ・大気中および水素チャージ中でAEの有効性が確認	○
C:鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出	使用応力場及び疲労限近傍の応力場にてのAE発生挙動を確認	き裂進展時に、発生位置が特定	△
D実機タイプ2蓄圧器による高压水素サイクル条件下でAE法の構築	実機稼働中のAE発生挙動を確認し、ノイズの原因や除去方法を確立	加圧時と減圧時で異なる発生数となるノイズ源が存在するなど実環境でのAEノイズの状況を把握した	△

- ・ 小型容器を用いた試験から、容器内からのき裂進展に起因する漏洩発生時において、その漏洩発生位置をAE信号から特定可能であることを立証。
- ・ 2021年2月頃から水素ステーションで試験を計画

45

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(2)-②) 「超高压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 / 複合圧力容器の評価手法確立・技術基準整備に関する技術開発」

委託先：(一財)石油エネルギー技術センター、高压ガス保安協会、(大)東京大学、(株)日本製鋼所

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
①-1 ライナー試験片評価法の検討	アルミニウム合金の最適疲労曲線の作成	アルミニウム合金の最適疲労曲線を構築	○
①-2 CFRP試験片評価法の検討	・樹脂単体の疲労寿命設計線図の作成 ・CFRP試験片のミクロスケール有限要素シミュレーションを完了	CFRP試験片に関して、樹脂の疲労寿命設計線図に基づく一般性の高い疲労寿命設計線図を作成	○
①-3 円筒試験体評価法の検討	フープラップ容器対応円筒試験体による圧力サイクル試験結果を最適疲労曲線と照合して結果の妥当性を検証	フープラップ容器対応円筒試験体の試験結果からタイプ2容器の疲労寿命設計線図の妥当性を確認	○
①-4 疲労寿命設計線図の作成	タイプ2容器ライナー材料およびCFRP材料に関する疲労寿命設計線図を作成	タイプ2容器の金属層はKHKS 0220の設計疲労曲線を使用できることを確認	○
①-5 複合圧力容器設計手法の実証	タイプ3実容器試験データにより疲労寿命設計線図を用いた設計手法を実証	累積損傷則に基づいた容器寿命延長式(累積損傷関係式)を構築	○
② 技術基準の整備に向けた技術開発	・タイプ2容器の自主基準案を完成 ・KHKS0225改正方針検討	・タイプ2技術文書(JPEC-TD)案を完成 ・KHKS 0225改正方針を作成	○

ISO/TC197 (水素技術) WG15 (蓄圧器規格) との連携を実施

46

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(3)-①) 「超高压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 / 長寿命高压水素シール部材・継手部材及び機器開発に関する研究開発」

委託先：(一社)水素供給利用技術協会、(大)九州大学、(一財)化学物質評価研究機構、NOK(株)高石工業(株)、日本ピラー工業(株)、(株)キッツ、(株)フジキン、(株)タツノ、トキコシステムソリューション(株)

●研究目標

実施項目	目標 (2022年度)	成果内容	自己評価
①セーフティデータベース(SDB)の解析知見の整理	SDBデータ解析の継続	シール、継手のトラブル事例解析より、プレクレー二次側での漏えいトラブル発生が重要であることが判明した。運転初期の段階で漏えいが多く発生していることを確認した。	○
②部材・機器の用途別評価条件の選定、試験方法の検討	機器の加速耐久性評価法の確立	故意的に劣化因子を与えた従来シール部材の評価を行い、劣化要因を検討した。劣化度と漏えいの相関を確認し、加速耐久性評価法の概要を検討した。	○
③シール基盤・改良開発	HRSにおける充填回数 30,000 回相当のシール部材開発 ・シール部材の加速耐久性評価法の確立	水素機器用高分子材料水素特性データベースを拡充。 高压水素シール部材標準評価法、劣化モデルシール部材作製法を開発。 HRS使用済みシール部材の回収、調査を実施。	○
④継手基盤・機器開発	機械継手の漏洩の評価方法を確立し、漏洩リスク低減の指針を作成し、漏洩のない機械継手の開発を行う。	継手シール部の接触面圧に着目した新たな評価方法と試験装置を開発した。接触面圧低下に至る複数因子の作用について試験と解析により明らかにした。	○
⑤シール成果に基づく機器開発	HRSにおける充填回数 30,000 回相当の機器開発	基盤・改良開発に基づき、新たな機器(バルブ、フィルター等)の設計検討を実施した。	○

シール材料のデータベース蓄積からISO/TC197 (水素技術) WG31(O-ring規格) への提案につながった。

47

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(3)-②)「超高压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压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」

委託先：(大)九州大学、(一社)日本ゴム工業会

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
①水素インパルス試験法による高压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	水素インパルス試験法、改良試験法と実水素ステーションにおける充填回数との相関係数設定	85℃ホース揺動水素インパルス試験と実水素ステーションの相関係数1.6を設定	○
②高压水素ホースの劣化・破壊加速因子の解明	ホース耐久性に対する影響が大きい内層樹脂の劣化、破壊に影響する因子を明確化	ホース内層樹脂の疲労特性について応力負荷パターンの影響明確化	○
③高压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	高压水素加速耐久性評価法を開発し、 高压水素加速耐久性評価法規格案を作成	85℃ホース揺動水素インパルス試験法を規格案として設定	○
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	加速耐久性評価法を用いてデータを取得し、ホースメーカーにフィードバック。 ホース交換サイクル> 30,000回に資するデータ取得	ホースメーカーより提供いただいたホースの評価結果をフィードバック	○

- 耐久性評価法案として、高温ホース揺動水素インパルス試験法を設定
- 北米水素ステーションにおける87.5 MPa試作ホースの試用を実施し、3,000回の充填を実証

48

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(4)-①)「超高压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 / 本格普及期に向けた次世代ステーション・充填技術」

委託先：ENEOS(株)、(株)本田技術研究所、トキコシステムソリューションズ(株)、(一社)水素供給利用技術協会

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
低コスト対応プロトコルの開発	・Phase1：水素ステーション側の熱容量等の値を適正化した革新的新規プロトコルの制御マップを完成させる。 (現行：-35~-38℃⇒緩和後：-25~-33℃) ・Phase2：車載タンク側の上限温度見直しを含む革新的プロトコルの見直しを得る。	T20相当へのプレクール温度緩和が見通せる結果が得られた。	○
低コスト高頻度水素充填システムの開発	・1時間10台の充填を可能とする低コスト高頻度充填システムを完成させる。	協調制御システムを開発し、10台/hの技術を完成した。	○
水素充填技術基準整備に関する研究開発	SAE J2601改定内容の国内適用における妥当性を検討し、充填技術基準案及び充填技術自主ガイドライン案を作成する。	充填技術基準案作成 (2021年2月予定)	△

- 低コスト対応プロトコルの開発：新規プロトコルを開発し、T20相当へのプレクール温度緩和が見通せる結果が得られた。
- 低コスト高頻度水素充填システムの開発：協調制御システムを開発し、10台/hの技術を完成した。

49

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(4)-②) 「超高压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 / 超高压水素トレーラー輸送の可能性、技術課題、法的課題に関する調査研究」

委託先：ENEOS総研(株)

2019年度
終了事業

●研究目標

実施項目	目標 (2019年度)	成果内容	自己評価
94MPa級トレーラー 概念設計	技術的可能性を確認し、コストを見積もり、技術・法的課題を明らかにする	システム評価に必要なデータを得た	○
対応する水素ステーション 概念設計	コストを見積もり、技術・法的課題を明らかにする。	同上	○
システム効率・コスト評価	供給システム全体のコスト、効率を評価し、現行システムと比較評価する。	現行システムとの差異、法的・技術的課題を明らかにした。	○

- コスト:蓄圧器省略等によりHRS建設コストは低減されるが、トレーラーと出荷設備のコストアップにより、全体では95MPaと45MPaに大きな差はなかった。
- エネルギー効率・CO2:輸送圧力を無駄なく利用することにより、エネルギー効率、CO2排出量は、共に従来システムより10%程度改善されると見積もられた。

50

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(4)-③) 「超高压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 / 新型高圧水素タンク用鋼材の可能性に関する調査研究」

委託先：日鉄総研(株)

2019年度
終了事業

●研究目標

実施項目	目標 (2019年度)	成果内容	自己評価
既存低合金鋼の評価	既存蓄圧器の鋼材よりも高強度で水素感受性が未確認である低合金鋼を特定する	高強度でありながら耐水素特性が未評価なJIS材があることが判った	○
熱処理条件の評価	熱処理条件が鋼材の引張特性に与える影響を定量的に把握する	Mo-V添加鋼は1400MPaレベルの引張強さを得られることが判った	○
耐水素特性の評価	既存低合金鋼およびMo-V添加鋼について、高強度化と耐水素特性のバランスを評価する	Mo-V添加鋼は強度—耐水素脆性バランスに優れている可能性があることが判った	○
新型蓄圧器の試設計	高強度低合金鋼を想定した試設計を行って鋼材使用量低減の可能性を評価する	高強度低合金鋼が使えるなら最大で5割近い鋼材使用量低減の可能性があると判った	○

- 高強度低合金鋼の適用により、最大で5割程度の鋼材重量低減の可能性があると判った
⇒ コスト低減効果の定量的な評価と実機化に向けた加工技術の検討が課題。

51

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(4)-④)「超高压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 / 電気化学式水素ポンプの開発・実証」

委託先：(株)加地テック、東レ(株)

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
5Nm ³ /h ×82MPa 水素ポンプのセル・スタック技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 5Nm³/h ×82MPa 水素ポンプのセル・スタック技術開発を完了する。 スタックの耐久性、およびシステムの消費電力が機械式圧縮機 (システム消費電力0.5kWh/Nm³) 対比で有利なことを実証する。 	<ul style="list-style-type: none"> 5Nm³/h×40MPa水素ポンプの スタック技術開発は達成見込み。 5Nm³/h×40MPaスタック耐久性3000時間を実証し、スタックの消費電力0.4kWh/Nm³を確認できる見込み。 	△
5Nm ³ /h ×82MPa 水素ポンプシステムの技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 5Nm³/h ×82MPa 水素ポンプシステムの技術開発を完了する。 コンパクト性、低振動、低騒音が、機械式圧縮機対比で有利なことを実証する。 	<ul style="list-style-type: none"> 2.2Nm³/h×20MPa水素ポンプシステムの技術開発は達成見込み。 コンパクト性、低振動、低騒音が、機械式圧縮機対比に対する評価できる見込み。 	△
水素ポンプ及び同システムの高圧ガス保安法および国内防爆規格への対応	<ul style="list-style-type: none"> 高圧ガス保安法・・・水素ステーションで使用可能な性能・構造とする 防爆規格・・・水素ステーションで使用可能な仕様とする 	<ul style="list-style-type: none"> 山梨向けKTC-A号機を高圧ガス保安法 (一般則 6条対応) で製作し、実証試験を推進した。 	△

- 5Nm³/h×40MPa水素ポンプのスタック技術を開発し、スタック耐久性3000時間の実証と、スタックの消費電力0.4kWh/Nm³を確認できる見通しを得た

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(4)-⑤)「超高压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 / 高強度低合金鋼を用いた新型高圧蓄圧器に関する研究開発」

委託先：(一財)金属系材料研究開発センター、日本製鉄(株)

2020年8月
開始事業

●研究目標

実施項目	目標 (2022年度)	成果内容	自己評価
Mo-V添加鋼の高強度化と水素適合性の評価	左記鋼種を中心に引張強さが1000 MPa以上となる化学成分および熱処理条件を明らかにし、目標強度を満たす材料についてSSRTによる水素適合性評価を行い、強度と水素適合性が両立する製造条件を明らかにする。	<ul style="list-style-type: none"> Mo-V添加鋼に関して評価用素材を作製し、引張強さが1000 MPa以上となる化学成分および熱処理条件を確認中。 目標強度を達成する試験材に対してSSRTによる水素適合性評価の条件を準備中。 	△
高強度低合金鋼規格材の高強度化と水素適合性の評価	過去に水素適合性が未評価のJIS低合金鋼について、引張強さが1000 MPa以上となる鋼種および熱処理条件を明らかにし、目標強度を満たす材料についてSSRTによる水素適合性評価を行い、強度と水素適合性が両立する製造条件を明らかにする。	<ul style="list-style-type: none"> SCr445、SNCM447、SNCM630等の低合金鋼のJIS規格成分材について評価用素材を作製済。 各鋼種の引張強さが1000 MPa以上となる化学成分および熱処理条件を確認中。 目標強度を達成する試験材に対してSSRTによる水素適合性評価の条件を準備中。 	△
蓄圧器に関する技術動向調査、新型水素蓄圧器の試設計と製造コスト比較調査	水素ステーション用蓄圧器の国内外の技術動向およびコスト構造等の調査と上記特性発現鋼材を用いた蓄圧器の試設計を行うと共に現状とのコスト比較を行ってコスト改善効果を検証する。	<ul style="list-style-type: none"> 蓄圧器のコストに関するデータの収集・整理中。 コスト低減目標値と課題の抽出中。 	△

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(4)-⑥)「超高压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 / 新型半導体メモリ方式による超低消費電力水素検知センサシステムの研究開発」

委託先：ヌヴォンテクノロジージャパン(株)

2020年8月
開始事業

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
①超低消費電力水素検知センサエレメントの開発	センサエレメントの製造条件と回路レイアウト仕様の確立	実施計画及び内容の設定 - マスク制作 (～第3四半期) - 試作及び評価(～第4四半期)	△
②高耐湿/防水対応水素検知センサモジュールの開発	完全防水型センサモジュールの開発課題と方策の明確化	実施計画及び内容の設定 - 膜材料、接合工法検討 (～第3四半期) - 膜、工法基礎評価(～第4四半期)	△
③自己補正・故障予測システムを備えた水素検知センサシステムの開発	小型、低消費電力のIoT対応センサモジュール仕様の確立	実施計画及び内容の設定 - IoTセンサモジュール設計 (～第3四半期) - 実機評価及び検証追加制作 (～第4四半期)	△

54

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(4)-⑦)「超高压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 / 半導体レーザーを用いた次世代水素分析装置の研究開発」

委託先：(株)四国総合研究所

2020年8月
開始事業

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
Violet-ECDLを用いたラマン分光式マルチガス分析装置			
1-⑦全成分分析の可能性評価	・ 2020年度研究開発成果等に基づき、ISO品質規格全成分分析の可能性の検討、検出可否(測定方法、濃度等)を含めて明示する。	・ 調査及びスペクトル計測実験を実施中。	△
IR-LDを用いた赤外吸収分光式高感度ガス分析装置にてISO			
2-⑦全成分分析の可能性評価	・ 2020年度研究開発成果等に基づき、ISO品質規格全成分について、全成分分析の可能性の検討、検出可否(測定方法、濃度等)を含めて明示する。 ・ 全ハロゲン化合物について、成分計測の可否を明らかにする。 ・ 全硫黄成分について、ISO規格値に対しての計測方法を検討する。	・ 調査及びスペクトル計測実験を実施中。	△

Violet-ECDLを用いたラマン分光式マルチガス分析装置、IR-LDを用いた赤外吸収分光式高感度ガス分析装置にてISO規格成分計測の可否がポイント。

55

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(4)-⑧)「超高压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 / 水素昇圧機能を有する高効率水素貯蔵・供給システム技術開発」

委託先：(国研)産業技術総合研究所、日本重化学工業(株)

2020年8月
開始事業

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
昇圧用水素吸蔵合金の材料設計および高耐久化技術開発	30℃において20MPa～35MPaの水素吸蔵圧力を示す水素吸蔵合金の候補材料を開発し、80℃における水素放出圧力を評価する。	Tiリッチ組成の各種AB2型ラーベス相の水素吸蔵合金の試作および30℃での水素吸蔵特性の評価を開始した。水素吸蔵圧力が約20MPaとなる合金組成を見出した。	△
昇圧用水素吸蔵合金容器構造の最適化と、水素昇圧システムの実用化・事業化に向けた検討	<ul style="list-style-type: none"> 1回/2時間の吸蔵・放出サイクルが可能な小型スケールの水素吸蔵合金容器を設計する。 昇圧システムの省エネルギー効果を定量的に示す。 	<ul style="list-style-type: none"> 小型スケールの水素吸蔵合金容器の設計に着手した。 昇圧システムの省エネルギー効果の検討を開始した。 	△
昇圧用水素吸蔵合金の量産性検討	Ti系合金の溶解に使用されるルツボ材に関する調査を行い、適したルツボ材の候補を選定する。	・Ti系合金の溶解に使用されるルツボ材に関する調査を開始した。	△

56

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2-(4)-⑨)「超高压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 / HDV等の新プロトコル対応の水素燃料計量システム技術と充填技術に関する研究開発」

委託先：(国研)産業技術総合研究所、岩谷産業(株)、(株)タツノ、トキコシステムソリューションズ(株)、(一社)水素供給利用技術協会、(一財)日本自動車研究所

2020年8月
開始事業

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
マスターメーター法計量精度検査方法の高度化	低圧大流量水素試験設備の整備仕様の確定	<ul style="list-style-type: none"> 低圧大流量水素試験設備仕様の検討開始 コリオリ流量計の選定開始 ガイドライン改定に向け、タスクフォースにて協力体制を構築 	△
新プロトコルに対応する水素計量技術の開発	HDV対応のマスターメーター法計量精度検査装置の検討	<ul style="list-style-type: none"> 高レンジに対応する実流装置の仕様検討 変動充填模擬試験開始 圧力損失及びヒートマス評価開始 	△
HDV用の水素充填技術等に関する調査・研究	HDVシステムハードウェアの調査・仕様検討	・HDV対応システム機器の調査開始	△
HDV等の新プロトコル対応に係る技術検証	水素先進技術研究センター(仮)の仕様決定	・検討委員会・WGを設置し、仕様検討を開始	△
高圧水素計量技術に関する国際協調	水素燃料計量用流量計・検査装置の調査	・開発プロジェクトの内容や使用されている流量計・検査装置等の調査開始	△

57

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(3-①)「超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業 / 国際展開、国際標準化等に関する研究開発 / 水素ステーション等機器のISO/TC197国際標準化の推進と水素品質規格のための研究開発」

委託先：(一社)水素供給利用技術協会，(一財)日本自動車研究所

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
1-1 ISO等国际規格の主導的な制定の取組みと、ISO等国际標準と国内研究開発等との連携強化	ISO/TC197 (水素技術) 関連国際規格の発行と日本からの新規提案の具体化	WG15：日本他各国にとって問題ある蓄圧器規格の否決の後、日本も共同議長として提案。 その他、7件のIS発行とO-ring規格の日本新規提案	○
1-2 燃料電池自動車関連のISO国際規格の制定推進	水素品質、充填インターフェース関連国際規格の発行	品質関連3規格 (議長国日本他)、充填インターフェース関連2規格を日本の意見を十分に反映し発行	○
2 標準化活動等に係る国際連携の推進	国際連携推進のため種々関連会議等への参加	CHSへの Strategic Partner としての参加。 その他予定通り対応	○
3-1 水素品質管理方法の適正化のための不純物影響調査	ISO水素燃料仕様で規定される不純物の許容濃度適正化の妥当性を示す。	規格改定に必要な試験データ等が必要な成分について3種まで絞り込み、今後の改定提案に資する情報を取り纏めた	○
3-2 水素品質の管理方法適正化による運営費コストダウンの開発	適切な管理方法を検討し、水素品質ガイドライン案を作成する。	2度にわたる水素品質ガイドライン改定案の策定の実施。検知管等の可能性を示した。	○

58

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(3-②)「超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業 / 国際展開、国際標準化等に関する研究開発 / 燃料電池自動車の国際基準調和・国際標準化に関する研究開発」

委託先：(一財)日本自動車研究所

●研究目標

実施項目	目標 (2020年度)	成果内容	自己評価
FCVに関する国際基準調和・標準化活動 (サブテーマ1)	<ul style="list-style-type: none"> 各審議課題に対する日本提案 (試験法等) をHFCV-GTR Phase2に提案し、国際合意を得る。 国際標準化活動を行い、HFCV-GTRおよび国内基準との整合を図る。 	HFCV-GTR Phase2審議に参画し、日本提案の国際合意に向けて、審議を推進中。ドラフトドキュメントが作成されつつある。	○
容器火炎暴露試験法見直し (サブテーマ2-1)	<ul style="list-style-type: none"> 再現性向上に向けた火炎暴露試験法案および根拠データを提案する。 	火炎暴露試験結果およびシミュレーション解析結果等から、試験手順およびバラツキ影響を低減するための方策を提案し、一部が試験法草案に採用された。	○
金属材料の水素適合性試験法確立と鋼種拡大 (サブテーマ2-2)	<ul style="list-style-type: none"> 国際合意可能な水素適合性試験法案およびその技術的根拠を提案する。 自動車用水素部品の低コスト化に向け、廉価材であるSUS304を使用可能材料として確定するための材料データ取得およびデータ解析を完了する。 	<ul style="list-style-type: none"> 海外案と日本案を選択可能とする水素適合性試験法案をSAE材料専門家会議で合意し、SAEからHFCV-GTR Phase2に提案された。 自動車用水素部品の低コスト化に向け、廉価材であるSUS304を使用可能材料として確定するためのSUS304市中材データ取得を完了した。 	○

59

(3-③)「超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業／国際展開、国際標準化等に関する研究開発／水素社会に係る国際関連機関等研究・政策動向に関する調査研究」

委託先：(株)大和総研

●研究目標

実施項目	目標 (2022年度)	成果内容	自己評価
最新動向調査	世界各国の最新情報を継続的に収集し、水素燃料電池に関する世界的な 最新動向を把握 する。	水素・燃料電池に関する主要機関の公開情報を日々ウォッチし、最新情報を隔週報告し、四半期ごとに情報の精査・傾向分析を行った。 (情報リスト40本、総ニュース件数1,621件)	△
政策・市場調査	主要国の水素燃料電池に関する 政策・市場動向を正確に把握・分析 する。	米国、欧州、ドイツ、中国、韓国について水素政策の全体像を体系的に整理した。HRSの導入状況について整理した。	△
方向性検討	上記結果を踏まえ、 国内政策への示唆 を得る。	各国比較や国際機関の報告書などを分析し、各国の特徴から得られる示唆を検討した。	△

隔週にて調査速報を展開中

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

規制見直し：

NEDO技術開発にて対応できる案件については完了予定
⇒水素ステーションの普及拡大に貢献

低コスト化、運営費低減：

HRS共通指針（案）等の作成を完了
⇒水素ステーションの自立化を支援

国際関連：

ISOにて新規WGを主導的に活動（WG31コンビナー獲得）
⇒国際協調、国際連携により、水素産業の活性化を期待

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

◆成果の普及

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	計
論文	0	1	2	-	-	3
研究発表・講演	31	46	17	-	-	94
受賞実績	0	1	0	-	-	1
新聞・雑誌等への掲載	10	3	0	-	-	13
展示会への出展	0	1	0	-	-	1

※2020年9月末現在

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

◆成果の普及

- 製造、輸送、利用の幅広い技術成果を学会等で幅広く成果普及
- セミナー・講演、新聞等で成果発信

- World Hydrogen Technologies Convention (WHTC) 2019
 - International Transport Forum Expert Workshop
 - Research and Development on Technical Standard of Composite Pressure Vessel for Hydrogen Fueling Station
 - 福岡水素エネルギー人材育成センター主催「水素入門コース」
 - 日タイ技術交流会
 - 愛知県主催2019年度「水素貯蔵技術ワーキンググループ」
 - ASME PVP 2020, ASME PVP2019
 - The 8th international conference on hydrogen safety (ICHS 2019)
 - 日本ゴム協会 2019年年次大会 研究発表会
 - International Conference on Power Engineering-2019
 - 大阪産業技術研究所 森之宮センター
 - (一社)日本高圧力技術協会 技術セミナー
- など 多数発表

◆知的財産権の確保に向けた取組

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	計
特許出願 (うち外国出願)	0	2	1	-	-	3

※2020年9月末現在

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

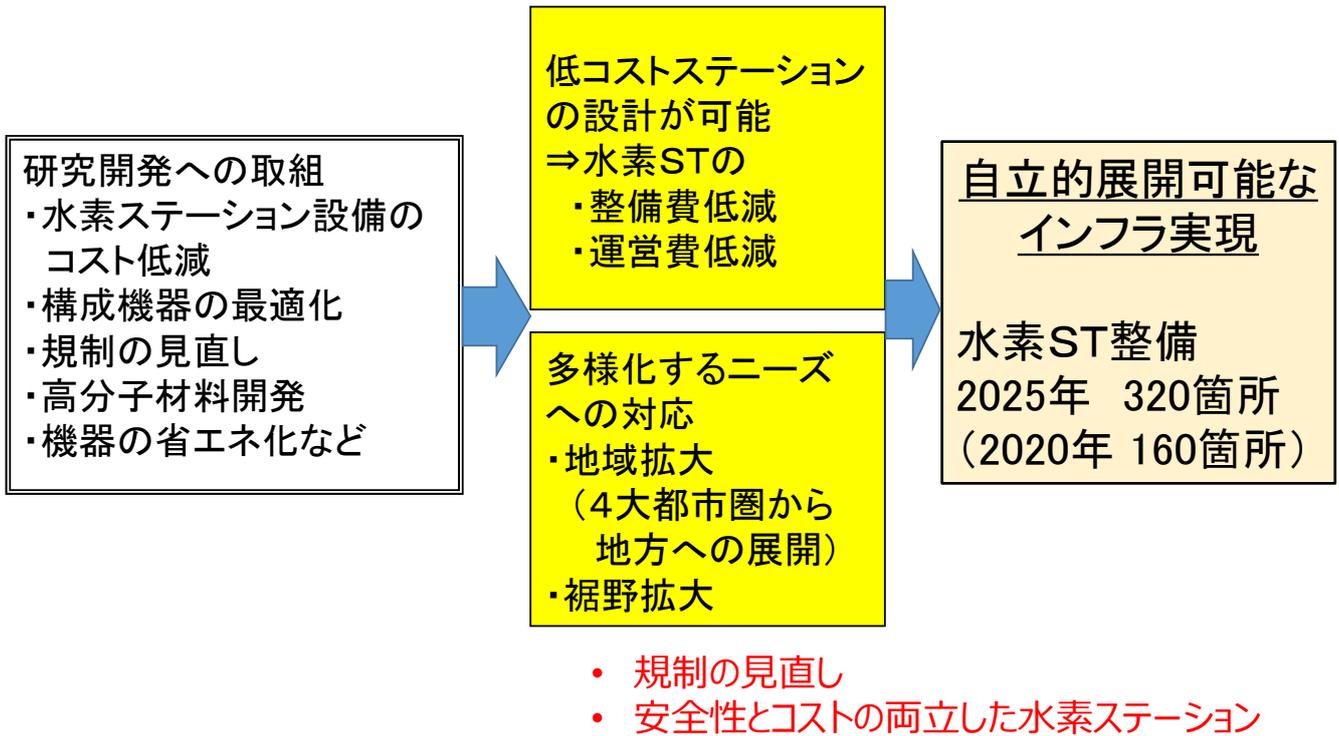
当該事業の実用化とは・・・

- 当該研究開発にて開発された試作品等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されること
例えば、リング、充填ホース、バルブなど
- また、当該研究開発に係る規格や業界基準、試験法のドラフトが作成されて、業界団体等において検討が開始されること
例えば、規制の見直し、ISO、金属材料適用範囲拡大、材料(素材)開発など

を言う。

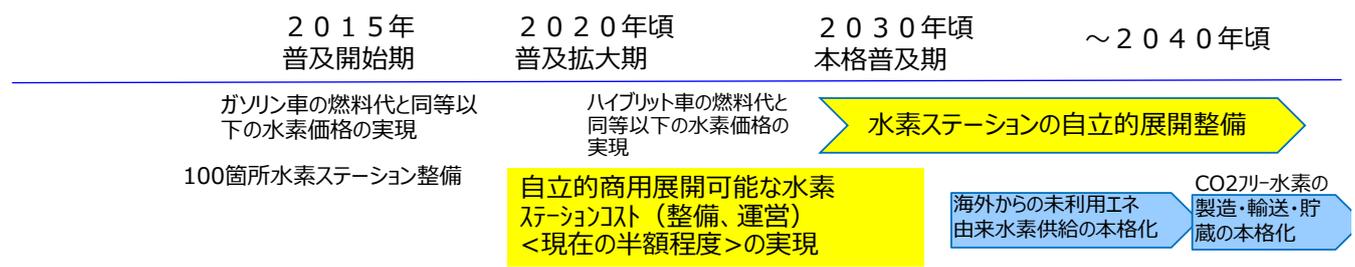
4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (1) 成果の実用化に向けた戦略

- 国内規制内での開発と 規制見直し後を視野に入れる
- 海外規制・標準化も視野にいた研究・開発



4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (1) 成果の実用化に向けた戦略 (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

「水素インフラ技術開発」において、水素ステーションにかかるコスト（設備費、運営費）低減等に向けた開発



3. 研究開発成果 添付資料番号一覧

テーマ名	資料番号	事業者名
本格普及期に向けた水素ステーションの安全性に関わる研究開発	1-(1)	一般財団法人石油エネルギー技術センター
新たな水素特性判断基準の導入に関する研究開発	1-(2)-①	一般財団法人石油エネルギー技術センター、高圧ガス保安協会、国立大学法人九州大学、一般財団法人金属系材料研究開発センター、日本製鉄株式会社、愛知製鋼株式会社、株式会社日本製鋼所
連続陰極水素チャージ法による水素インフラ用鋼材の水素特性判断の簡易評価手法の開発	1-(2)-②	JFEスチール株式会社
中空試験片高圧水素中材料試験法規格化のための研究開発	1-(2)-③	国立研究開発法人物質・材料研究機構
水素ステーションの規格化・標準化、モジュール化等に関する研究開発	2-(1)	一般社団法人水素供給利用技術協会、ENEOS株式会社
水素ステーション用タイプ2蓄圧器の供用中検査手法の研究開発	2-(2)-①	JFEスチール株式会社、JFEコンテナ株式会社、千代田化工建設株式会社
複合圧力容器の評価手法確立・技術基準整備に関する技術開発	2-(2)-②	一般財団法人石油エネルギー技術センター、高圧ガス保安協会、国立大学法人東京大学、株式会社日本製鋼所
長寿命高圧水素シール部材・継手部材及び機器開発に関する研究開発	2-(3)-①	一般社団法人水素供給利用技術協会、国立大学法人九州大学、一般財団法人化学物質評価研究機構、NOK株式会社、高石工業株式会社、日本ピラー工業株式会社、株式会社キッツ、株式会社フジキン、株式会社タツノ、トキコシステムソリューションズ株式会社
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	2-(3)-②	国立大学法人九州大学、一般社団法人日本ゴム工業会

3. 研究開発成果 添付資料番号一覧

テーマ名	資料番号	事業者名
本格普及期に向けた次世代ステーション・充填技術の研究開発	2-(4)-①	ENEOS株式会社、株式会社本田技術研究所、トキコシステムソリューションズ株式会社、一般社団法人水素供給利用技術協会
超高圧水素トレーラー輸送の可能性、技術課題、法的課題に関する調査研究	2-(4)-②	ENEOS総研株式会社
新型高圧水素タンク用鋼材の可能性に関する調査研究	2-(4)-③	日鉄総研株式会社
電気化学式水素ポンプの開発・実証	2-(4)-④	株式会社加地テック、東レ株式会社
高強度低合金鋼を用いた新型高圧蓄圧器に関する研究開発	2-(4)-⑤	一般財団法人金属系材料研究開発センター、日本製鉄株式会社
新型半導体メモリ方式による超低消費電力水素検知センサシステムの研究開発	2-(4)-⑥	ヌヴォンテクノロジージャパン株式会社
半導体レーザーを用いた次世代水素分析装置の研究開発	2-(4)-⑦	株式会社四国総合研究所
水素昇圧機能を有する高効率水素貯蔵・供給システム技術開発	2-(4)-⑧	国立研究開発法人産業技術総合研究所、日本重化学工業株式会社
HDV等の新プロトコル対応の水素燃料計量システム技術と充填技術に関する研究開発	2-(4)-⑨	国立研究開発法人産業技術総合研究所、岩谷産業株式会社、株式会社タツノ、トキコシステムソリューションズ株式会社、一般社団法人水素供給利用技術協会、一般財団法人日本自動車研究所
水素ステーション等機器のISO/TC197国際標準化の推進と水素品質規格のための研究開発	3-①	一般社団法人水素供給利用技術協会、一般財団法人日本自動車研究所
燃料電池自動車の国際基準調和・国際標準化に関する研究開発	3-②	一般財団法人日本自動車研究所
水素社会に係る国際関連機器等研究・政策動向に関する調査研究	3-③	株式会社大和総研

**「超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業／
国内規制適正化に関わる技術開発/
本格普及期に向けた水素ステーションの安全性に関わる研究開発」
(中間評価)**

(2018年度～2020年度 3年間)

プロジェクトの概要 (公開)

一般財団法人石油エネルギー技術センター

2020年12月17日

0

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発テーマ毎の目標と達成状況

①無人運転を実施するための研究開発

実施項目	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
a)無人運転の実施に伴う法技術的な課題の検討	国内外法規制の整理と課題抽出、課題に対する対策と進め方の明確化	<ul style="list-style-type: none"> ・法技術的な課題の抽出と整理 ・理想の遠隔監視型水素ステーションまでのロードマップ作成 	○	
b)無人運転実施に伴う技術的課題の検討と安全対策の立案	技術課題の整理、安全対策案の検討・立案	<ul style="list-style-type: none"> ・従来RAでの人による安全対策の抽出 ・従業者等の平常時、緊急時の作業に関する課題整理 ・遠隔監視のための安全対策の立案 ・緊急時の対応策の立案 	○	
c)無人運転実施のための技術基準案の策定	省令制定に資する技術基準案の作成、省令案以外の各種技術基準案の作成	<ul style="list-style-type: none"> ・省令に資する技術基準案及び省令（一般則7条の4、製造細目告示、基本通達）制定に向けた対応 ・例示基準案 ・安全技術基準案、危害予防規程の指針案、保安教育計画の指針案 ・運営のガイドライン案 	△ (2020年末)	

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間) / 一部達成(事後)、×未達

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況 ②リスクアセスメントの再実施に基づく設備構成に関する研究開発

実施項目	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
a) 定量性、汎用性の高いリスクアセスメント手法の構築	リスクアセスメント手法の構築	<ul style="list-style-type: none"> 検討方針策定 リスクシナリオ抽出結果 リスクアセスメントのガイドライン 	△ (2020年度末)	
b) 既設ステーションの設備仕様を基にした水素ステーションモデルの構築	多様な設備構成をカバーするSTモデルの構築	<ul style="list-style-type: none"> 二次元モデル (PFD、P&ID等) 三次元モデル 	○	
c) リスク算定の実施とその結果に基づく合理的な安全対策の提案	安全対策の合理化案の提案	<ul style="list-style-type: none"> リスクアセスメント結果 合理的な安全対策 シビアアクシデント対応策 	△ (2020年度末)	
d) リスクアセスメントの再実施の結果等に基づく技術基準の見直し	技術基準 (省令・例示基準) の見直し案作成	<ul style="list-style-type: none"> 技術基準 (省令・例示基準) の見直し案 	△ (2020年度末)	
e) リスクアセスメントの再実施の結果等に基づく検査・点検方法の見直し	技術基準の見直し案作成	<ul style="list-style-type: none"> 検査・点検方法の見直し項目は無いとの結論 	○	

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み (中間) / 一部達成 (事後)、×未達

2

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発テーマ毎の目標と達成状況 ③(1)保安監督者が複数ステーションを兼任するための研究開発

実施項目	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
a) 現状の保安監督者の役割・作業内容の抽出	専任ステーションにおける事業者、保安監督者、従業員の業務内容・役割の明確化	<ul style="list-style-type: none"> 専任ステーションの事業者、保安監督者、従業員の職務と保安体制を整理 	○	
b) 兼任した場合の保安体制等のモデル構築と課題抽出	兼任するための要件検討及びリスクアセスメントのためのモデル作成	<ul style="list-style-type: none"> 兼任スタンドモデル構築・課題抽出 	○	
c) 兼任した場合のリスクアセスメントの実施	同時発災やヒューマンファクターを考慮した兼任要件に繋がるリスクアセスメントの実施	<ul style="list-style-type: none"> m-SHEL分析によるヒューマンファクターの検討や同時発災を想定した緊急時におけるリスクアセスメントを実施 	○	
d) 保安監督者が複数の水素ステーションを兼任するための技術基準案 (必要要件) の検討	保安監督者が複数の水素ステーションを兼任するための要件の提案	<ul style="list-style-type: none"> 兼任する水素スタンドにおける事業者、保安監督者、従業員の必要要件を抽出・整理 	○	
e) 保安監督者の兼任のための技術基準案の作成	危害予防規程の指針案、保安教育計画の指針案、ガイドライン案の作成	<ul style="list-style-type: none"> 危害予防規程の指針案、保安教育計画の指針案、運営のガイドライン案 基本通達制定に向けた対応 	○	

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み (中間) / 一部達成 (事後)、×未達

3

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発テーマ毎の目標と達成状況

③(2)家庭・小規模事業所等での水素充填のための法的課題抽出

実施項目	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
a) 家庭用小規模充填設備のモデル構築	既存の水素充填設備の調査や自動車会社のヒアリングから家庭用小規模充填設備のモデルを構築	・検討のベースとなる家庭用小規模充填設備モデル構築	○	
b) 充填設備モデルに基づく法的課題抽出	充填設備モデルを家庭に設置する際の法的課題の抽出、明確化	・高圧ガス保安法での実施 ⇒保安距離確保が困難 ・ガス事業法での可能性を提案	△ (2020年度末)	

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間) / 一部達成(事後)、×未達

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

①無人運転を実施するための研究開発

(1) 達成状況

- a) 無人運転の実施に伴う法技術的な課題の検討
 - ・法技術的な課題の抽出と整理
 - ・理想の遠隔監視型水素ステーションまでのロードマップ作成
- b) 無人運転実施に伴う技術的課題の検討と安全対策の立案
 - ・従来RAでの人による安全対策の抽出と対応策の検討
 - ・従業者等の平常時、緊急時の作業に関する課題を整理
 - ・遠隔監視のための安全対策、緊急時の対応策の検討
- c) 無人運転実施のための技術基準案の策定
 - ・**省令に資する技術基準案作成**
及び省令(一般則7条の4、製造細目告示、基本通達)制定に向けた対応
 - ・例示基準案作成
 - ・**安全技術基準案、危害予防規程の指針案、保安教育計画の指針案、・運営のガイドライン案作成**

(2) 成果の意義

- 顧客の利便性向上：有人と無人セルフの選択肢の拡大
- 事業者の運営コスト・建設コスト低減：遠隔監視所による複数のステーション管理の項か
⇒水素ステーションの普及、FCV市場拡大、水素社会の実現に寄与する

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

②リスクアセスメントの再実施に基づく設備構成に関する研究開発研究開発

(1) 達成状況

- a) 定量性、汎用性の高いリスクアセスメント手法の構築
 - ・適切な手法選択等の検討方針を策定
 - ・リスクシナリオを抽出
 - ・本研究のリスクアセス手法のガイドラインを作成
- b) 既設ステーションの設備仕様を基にした水素ステーションモデルの構築
 - ・多様な設備構成をカバーする水素ステーションモデル（二次元、三次元）を構築
- c) リスク算定の実施とその結果に基づく合理的な安全対策の提案
 - ・リスクアセスメント結果と合理的な安全対策
 - ・現行技術基準に追加すべき安全対策が無いことを確認
 - ・シビアアクシデント対応策
- d) リスクアセスメントの再実施の結果等に基づく技術基準の見直し
 - ・技術基準（省令・例示基準）の見直し案
- e) リスクアセスメントの再実施の結果等に基づく検査・点検方法の見直し
 - ※ リスクアセス結果から、検査・点検方法に関わる見直し項目は導出されず

(2) 成果の意義

- ステーション運営コスト・建設コストの低減に寄与
- 本研究のリスクアセスメント手法の他分野への適用

6

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

③(1)保安監督者が複数ステーションを兼任するための研究開発

(1) 達成状況

- a) 現状の保安監督者の役割・作業内容の抽出
 - ・専任ステーションの事業者、保安監督者、従業員の職務と保安体制の整理
- b) 兼任した場合の保安体制等のモデル構築と課題抽出
 - ・兼任スタンドの保安体制等のモデル構築・課題抽出
- c) 兼任した場合のリスクアセスメントの実施
 - ・m-SHEL分析によるヒューマンファクターの検討や
 - 同時発災を想定した緊急時におけるリスクアセスメントの実施
- d) 保安監督者が複数の水素ステーションを兼任するための技術基準案（必要要件）の検討
 - ・兼任する水素スタンドにおける事業者、保安監督者、従業員の必要要件の抽出・整理
- e) 保安監督者の兼任のための技術基準案の作成
 - ・危害予防規程の指針案、保安教育計画の指針案、運営のガイドライン案の作成
 - ・基本通達制定に向けた対応

(2) 成果の意義

- 事業者の運営コスト低減：有資格者である保安監督者の人数を兼任により低減可能
 - ステーション普及の可能性拡大：人材確保が困難な有資格者である保安監督者の人数の抑制により、新規事業者の参入が容易に
- ⇒FCV市場拡大、水素社会の実現に寄与

7

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

③(2)家庭・小規模事業所等での水素充填のための法的課題抽出

(1) 達成状況

- a) 家庭用小規模充填設備のモデル構築
 - ・検討のベースとなる家庭用小規模充填設備モデル構築
- b) 充填設備モデルに基づく法的課題抽出
 - ・高圧ガス保安法での実施⇒保安距離確保が困難
 - ・**ガス事業法での可能性を提案**

(2) 成果の意義

- FCV市場拡大：近隣に水素ステーションが無い場合も、FCV購入を可能に
 - ステーション建設拡大：これまでFCV台数が少ない地域でのFCV購入拡大によりステーション建設可能エリアが拡大
- ⇒水素社会の実現に寄与

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

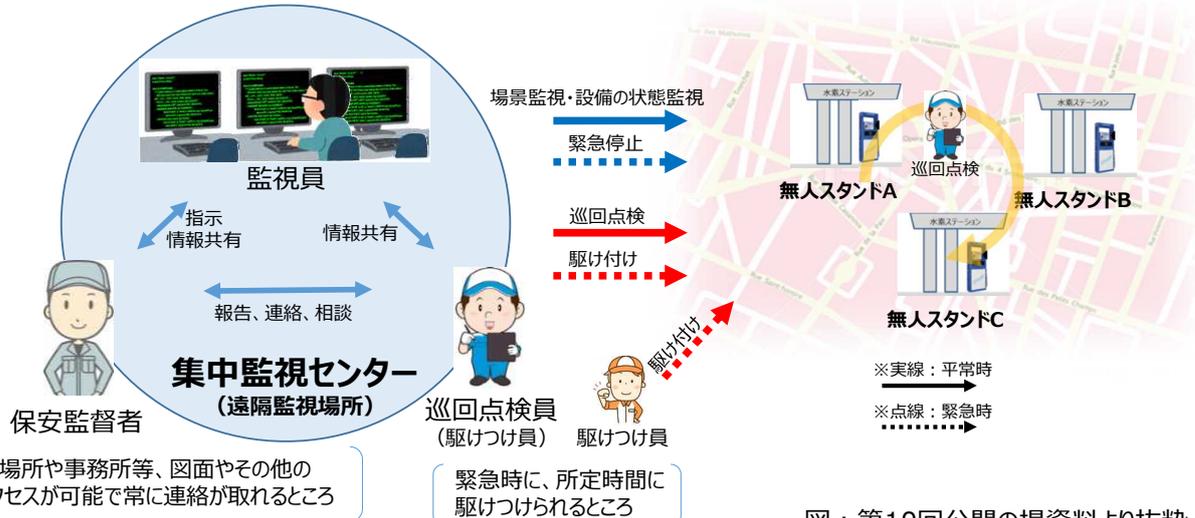
◆各個別テーマの成果と意義

①無人運転を実施するための研究開発

背景・検討の進め方

- ・水素ステーションの製造設備：現状でも無人運転可能
 - ・FCVへの水素充填等の高圧ガス製造：高圧ガス保安法のもとでは、保安監督者や従業員の常駐が必須
- ⇒無人運転ステーションの実現をめざし、水素ステーション保安と顧客の安全なセルフ充填の観点から「法技術的な検討」と「安全対策に係る検討」を行い、技術基準案を策定

遠隔監視による無人運転水素スタンドのイメージ



図：第10回公開の場資料より抜粋

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

①無人運転を実施するための研究開発

検討スキーム

遠隔監視型水素ステーション実現に向けて

法技術的な課題の抽出・整理

- ・法技術的な課題の抽出
- ・関連法規制の整理

技術的な課題の抽出・整理

- ・無人になること等で発生するリスクの抽出
- ・他分野法基準の無人運転対策の調査
- ・海外無人水素ステーションの事例調査など

遠隔監視型水素ステーション実現の為の法技術的な課題、技術的な課題の検討

技術基準案、自主基準案 等の策定

- ・技術基準案: 省令案(第7条の4)の作成検討
- ・自主基準案: 安全技術基準案、危害予防規程の指針案、保安教育計画の指針案、遠隔監視水素スタンドのガイドライン案の策定

10

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

①無人運転を実施するための研究開発

海外の水素ステーションの事例調査 (米国カリフォルニア州)

水素スタンド運営事業者であるFirst Element Fuel、Shell、ITM Powerの3社にヒアリングを行うとともに、実際に11箇所の水素スタンドを視察

【視察した水素スタンド】

スタンド名	UC Irvine	Long Beach	Hollywood	Riverside
外観				
立地	街中	街中	街中	郊外
形態	単独型	コンビニ、GS併設	GS併設	GS、CNG・LPGスタンド併設

【調査結果の概要】

- ✓ カリフォルニア州においては、遠隔監視による無人運転の水素スタンドが一般的
- ✓ 巡回点検や緊急時対応の方法等、法規制に無人運転に係る規定は無く、保安確保についての具体策は事業者自らが定め、自主的に実施
 例：巡回点検や駆け付けを行う者への教育・研修を定期的実施
 近隣消防と、緊急時対応の取り決めを行うとともに、スタンドの情報を事前に共有
- ✓ 遠隔監視による集中監視システムは水素インフラ全体の運営費低減に寄与

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

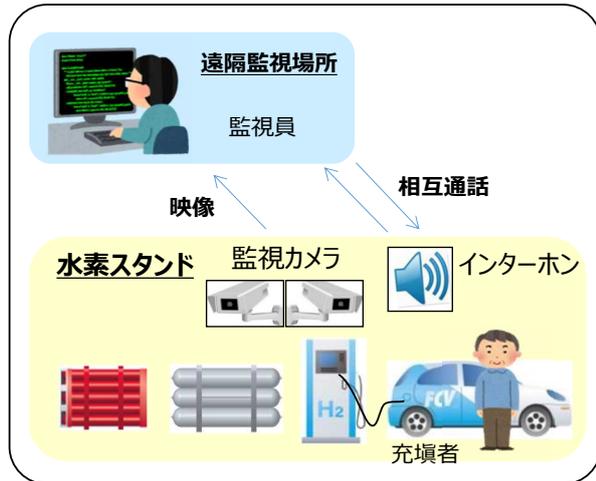
①無人運転を実施するための研究開発

無人運転実施のための必要要件の検討

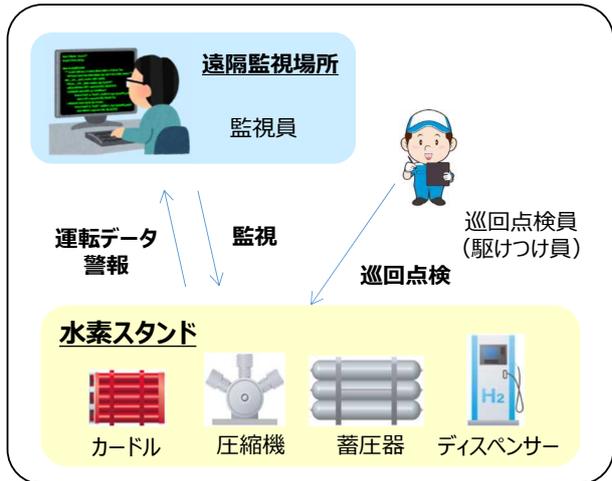
必要要件 1) 従業者不在でも十分な監視体制の確保等により保安を維持する対策

	ハード対策	ソフト対策
平常時	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔監視場所でのスタンドの場景監視措置 設備の運転状況監視措置 	<ul style="list-style-type: none"> 保安監督者、遠隔監視員、巡回点検員、駆けつけ員による保安体制の確立
緊急時	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔監視場所での警報、緊急停止措置 インターロック、停電・サイバー対策 	<ul style="list-style-type: none"> 同時発災も含めた、緊急時の保安体制、駆けつけ体制の確立

◇監視カメラによる場景監視



◇集中監視等による設備状態の把握



図：第10回公開の場資料より抜粋 12

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

①無人運転を実施するための研究開発

無人運転実施のための必要要件の検討

必要要件 2) セルフ充填を可能にする追加的安全対策 ※赤字は、遠隔監視スタンド特有の安全対策



図：第10回公開の場資料より抜粋 13

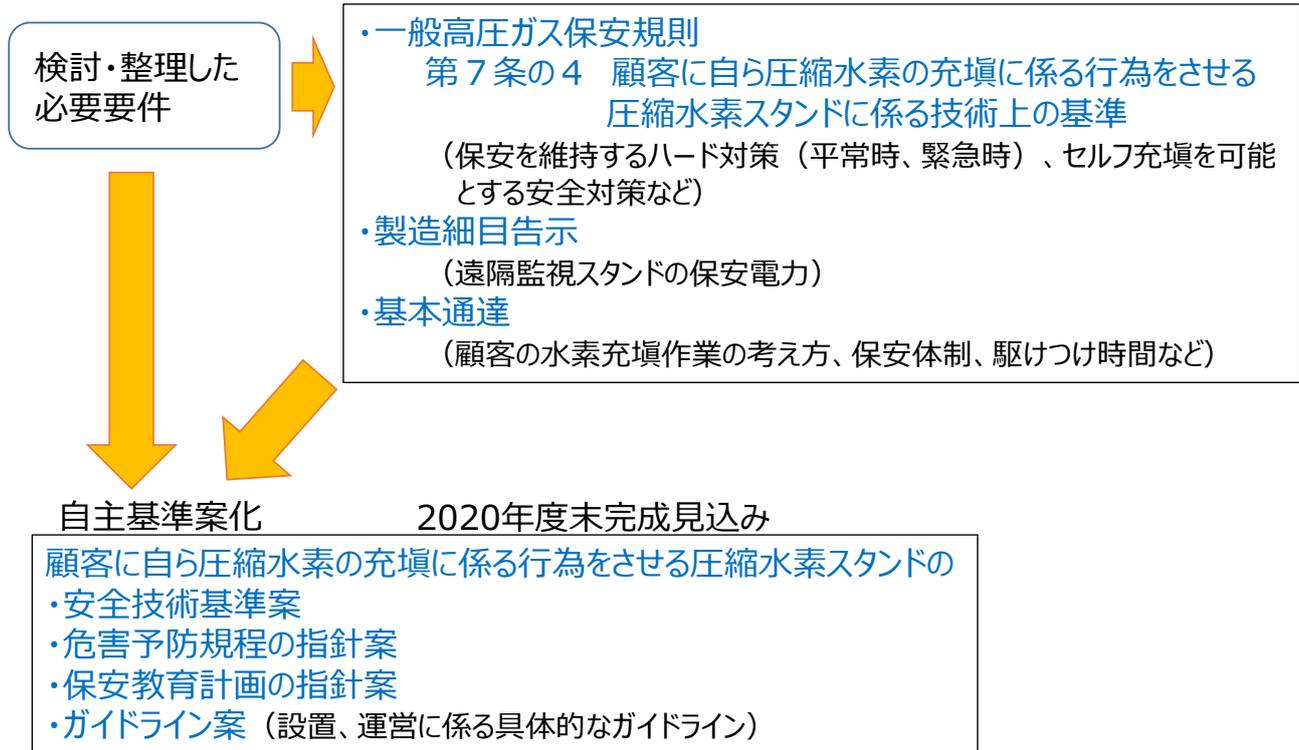
3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

①無人運転を実施するための研究開発

無人運転実施のための技術基準案の策定

省令に反映 2020年8月6日公布、8月7日施行



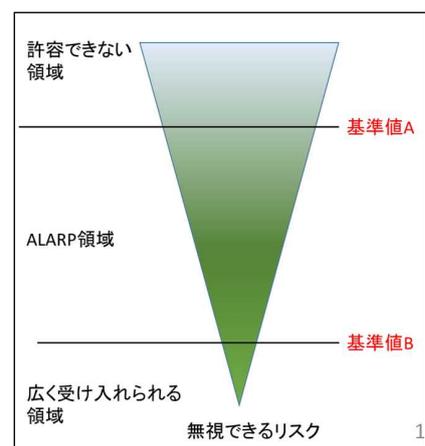
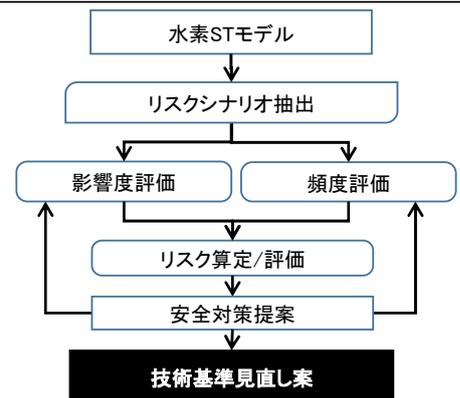
3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

②リスクアセスメントの再実施に基づく設備構成に関する研究開発

a) 定量性、汎用性の高いリスクアセスメント手法の構築

- リスクシナリオの特性に応じたふたつの定量的リスクアセスメント手法の採用
 - ・ QRA(種々の事故原因のリスクの総括的評価)
 - ・ シナリオベース評価(個々の事故原因のリスクの個別評価)
- リスクシナリオ抽出
 - ・ HAZOP、FMEA、手順HAZOP
- 日本学術会議が推奨する工学システム安全目標(A基準)をリスククライテリアに設定
 - ・ 敷地外の人の死亡率 : $10^{-6}/\text{yr}$
 - * 日本学術会議 総合工学委員会・機械工学委員会合同 工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会, 工学システムに対する社会安全目標の基本と各分野への適用, 2017
- 本研究の手法を取りまとめたガイドラインの作成



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義 ②リスクアセスメントの再実施に基づく設備構成に関する研究開発

本研究のリスクアセスメントのフレームワーク

	事故のトリガーによる リスクシナリオの分類	リスク分析手法			評価精度			対象となるリスクシナリオ
		リスクシナリオ 特定	頻度分析	影響度分析	頻度評価	影響度評価	リスク評価	
I 内的要因	内的要因に起因する事故 ・機器故障 ・機器故障の連鎖 ・設計不良、施工不良 ・ヒューマンエラー ・その他	HAZOP 作業HAZOP FMEA	漏洩頻度DB パーツカウン (狭義のQRA(TNO式))	数値解析	○ (可能)	○ (可能)	○ (可能)	漏洩頻度データにより頻度の定量化が可能であり、定量的な評価が可能ナリスク
	I a 機器故障の連鎖 ・遮断弁誤作動→圧力上昇→漏洩	FMEA	機器故障率DB ETA	数値解析	○ (可能)	○ (可能)	○ (可能)	故障率データによりリスクの定量化が精度よく可能であり、定量的な評価が可能ナリスク
	I b ヒューマンエラー ・誤操作 ・その他	作業HAZOP	ヒューマンエラー頻度DB ETA	数値解析	△ (精度 低)	○ (可能)	△ (精度 低)	頻度データの不確かさが大きい、リスクを相対評価可能ナリスク
II 外的要因	外的要因に起因する事故 ・近隣火災 ・内部火災 ・地震(外力の作用) ・車両誤発進 ・車両飛び込み 等	HAZOP What-if	類似事象の頻度データ ETA	数値解析	△ (精度 低)	○ (可能)	△ (精度 低)	頻度データの不確かさが大きい、リスクを相対評価可能ナリスク

[赤背景部分] QRAを適用 (種々の事故原因のリスクの総括的評価)

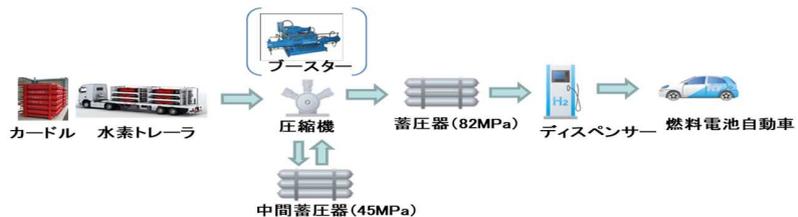
[青背景部分] シナリオベース評価を適用 (個々の事故原因のリスクの個別評価)

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義 ②リスクアセスメントの再実施に基づく設備構成に関する研究開発

b) 既設ステーションの設備仕様を基にした水素ステーションモデルの構築

7条の3第2項による
都市型STの狭小モデル

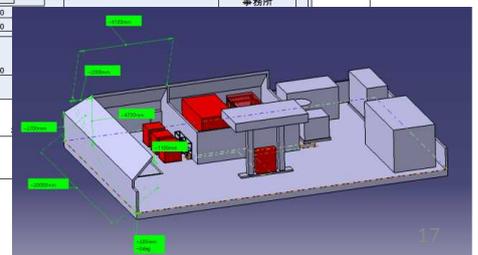
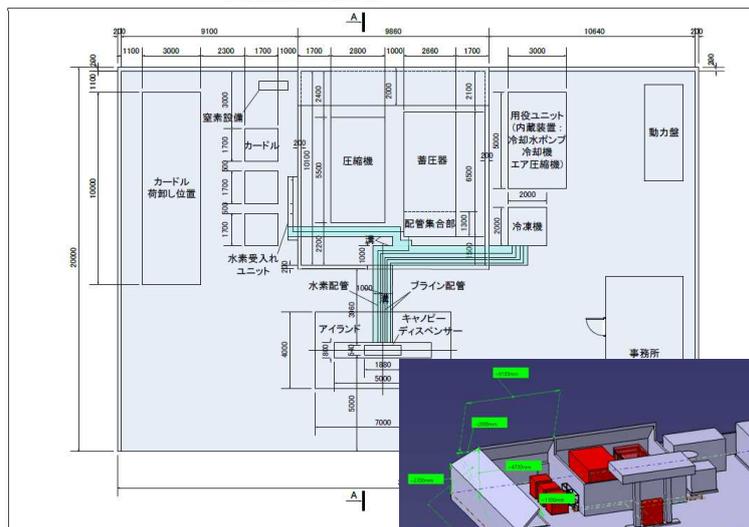


□ 図面類

- ・ PFD(プロセスフローダイアグラム)
- ・ P&ID
- ・ 平面配置図
- ・ 立面図
- ・ 三次元モデル

□ 資料

- ・ 設備構成の概要説明
- ・ 運転モードと機器動作シーケンス
- ・ 異常時の機器動作シーケンス
- ・ オペレーションマニュアル(水素カードル/水素トレーラの脱着作業)



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

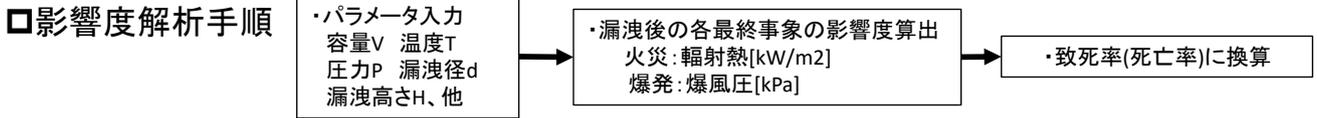
◆各個別テーマの成果と意義 ②リスクアセスメントの再実施に基づく設備構成に関する研究開発

c) リスク算定の実施とその結果に基づく合理的な安全対策の提案

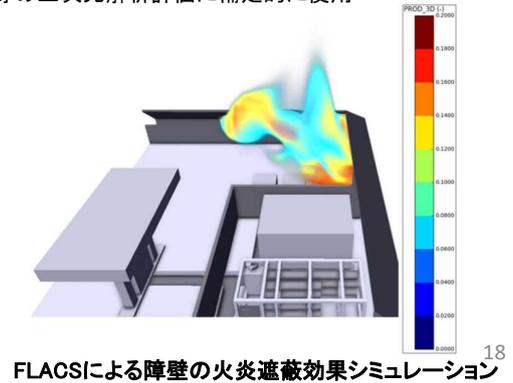
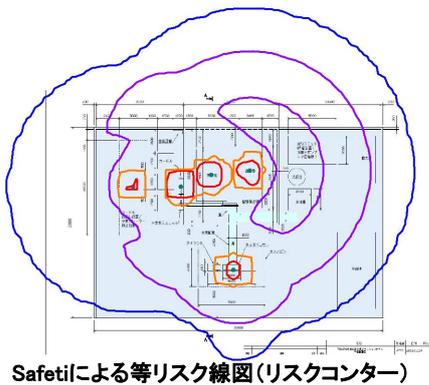
QRAによるリスク算定方法

QRA: プラントシステム等に対する一連のシステムティックなリスク定量化方法。
構成機器毎の漏洩頻度データベースを元に、種々の事故原因のリスクを総括的に評価。

□漏洩頻度データ : 米国Sandia report(2017)の水素ST設備の漏洩頻度DBに準拠



□解析ソフトウェア(二次元): DNV社 PHAST-Safeti ver 8.11 ※二次元解析のため、障壁効果は評価できない
(三次元): GexCon社 FLACS ※障壁効果等の三次元解析評価に補足的に使用



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義 ②リスクアセスメントの再実施に基づく設備構成に関する研究開発

シナリオベース評価によるリスク算定方法

QRAでは、

- 種々の事故原因のリスクを総括的に評価可能
- 一方で、個別の事故原因に着目したリスクや安全対策効果の評価は困難

そこで、水素ステーション特有の事故原因については、リスクシナリオ単位で個別に評価実施

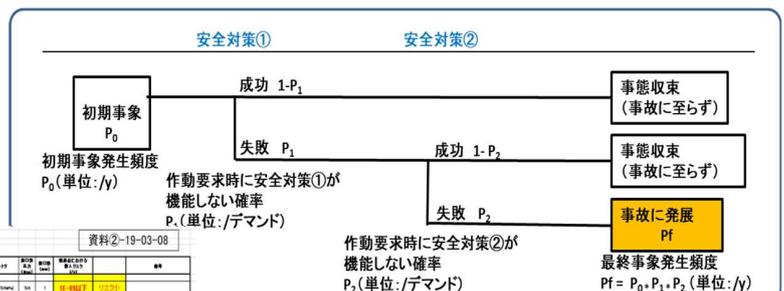
□ 評価対象の事故原因 : 機器故障、ヒューマンファクター(操作ミス等)、外乱(火災)、天災(地震等)

□ リスクシナリオ毎のイベントツリー分析を実施し、漏洩頻度を算出

元データ : 国内原発の機器故障率DB(JANSI-CFR-02)、北海油田プラットフォームの機器故障率DB(OREDA2015)、国内原発のヒューマンファクターDB、その他

ETA(イベントツリー分析)

- 影響度評価とリスク算定
- 上記漏洩頻度算出結果を用い、PHAST-Safetiで影響度とリスクを算定
 - 結果を一覧表に整理(全64シナリオ)



ヒューマンファクター、外乱・地震シナリオ評価一覧表

資料②-19-03-08

シナリオ	初期事象発生頻度 P_0	安全対策①機能しない確率 P_1	安全対策②機能しない確率 P_2	最終事象発生頻度 P_f
1	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
2	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
3	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
4	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
5	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
6	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
7	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
8	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
9	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
10	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
11	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
12	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
13	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
14	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
15	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
16	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
17	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
18	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
19	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
20	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
21	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
22	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
23	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
24	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
25	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
26	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
27	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
28	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
29	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
30	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
31	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
32	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
33	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
34	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
35	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
36	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
37	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
38	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
39	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
40	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
41	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
42	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
43	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
44	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
45	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
46	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
47	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
48	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
49	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
50	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
51	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
52	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
53	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
54	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
55	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
56	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
57	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
58	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
59	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
60	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
61	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
62	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
63	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00
64	1.0E-05	0.0000	0.0000	0.0E+00

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義 ②リスクアセスメントの再実施に基づく設備構成に関する研究開発

QRA & シナリオベース評価 によるリスク評価結果

- [QRA] 敷地境界上の水素ステーションのリスクは、 10^{-6} /year以下であることを確認
 - ディスペンサー側の公道境界上(ディスペンサーから5m地点)のリスクは、 10^{-6} /year以下と算出された。
 - 設備側敷地境界上のリスクは、二次元評価(PHAST-Safeti)では 10^{-6} /yearを上回るが、境界線上の障壁により敷地外への影響は十分低減されることが三次元評価(FLACS)で確認された。
- [シナリオベース] 全リスクシナリオのリスク(敷地境界上の死亡リスク)が 10^{-6} /year以下であることを確認



- 現行技術基準(省令・例示基準)に対し、新たに追加すべき安全対策は無し
- 現行技術基準に規定される安全対策のリスク低減効果を評価
 - ⇒ 以下の4項目について、リスクを増大させることなく簡素化が可能
 - 蓄圧器出口遮断弁二重化 → 配置の合理化
 - 過流防止弁の配置 → 配置の合理化
 - 過流防止弁の代替安全対策 → オリフィスで代替
 - 圧カリリース弁設置条件の見直し → 圧カリリース弁を省略できる条件提示

20

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義 ②リスクアセスメントの再実施に基づく設備構成に関する研究開発

d) リスクアセスメントの再実施の結果等に基づく技術基準の見直し

項目	対象基準	要点	見直し提案内容
遮断弁二重化に関する配置の合理化	例示基準 19の2	緊急遮断装置のうち一つは蓄圧器から圧縮水素を送り出す集合配管に設置することが可能	例示基準に当該配置図を追加記載
過流防止弁の配置の合理化	例示基準 59の5	ディスペンサーに供給する配管に過流防止弁を設置することが可能(蓄圧器フレーム内)	左記を例示基準に追記
過流防止弁代替安全対策(オリフィス)	例示基準 59の5	過流防止弁の代替としてディスペンサー出口の最大流量(ホース破断時)を60g/sec以下となる措置(オリフィス等)を可能	左記を例示基準に追記
圧カリリース弁設置条件の見直し	一般則 7条の3 2項10号	蓄圧器配管の安全装置が揚程式パネ式安全弁で吹き出し量が一定以下の場合、圧カリリース弁は不要とする	安全弁に仕様条件を提示し、安全弁の放出口が上向きの場合とする



省令・例示基準の改正の実現により、水素ステーション建設コスト・運営コストの低減に寄与することができる

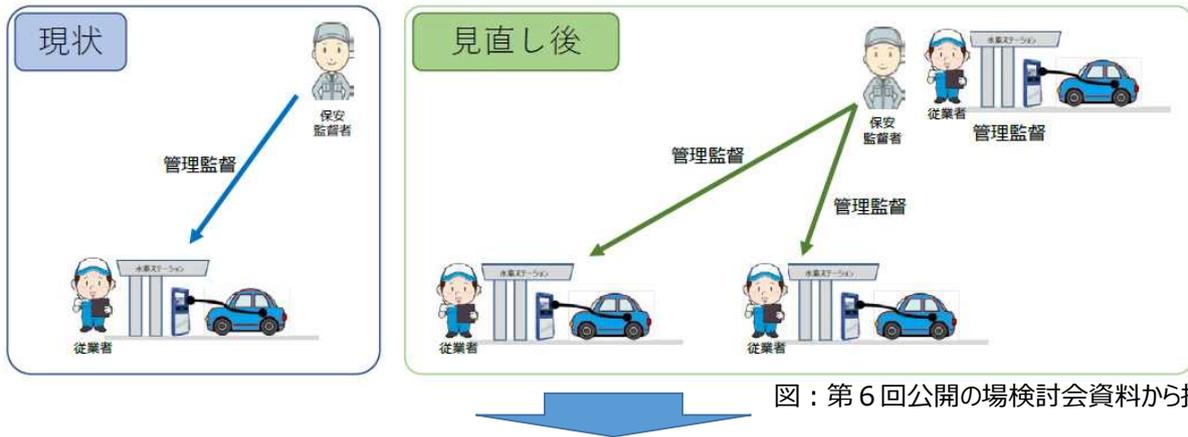
21

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義 ③(1)保安監督者が複数ステーションを兼任するための研究開発

背景・検討の進め方

「平常時・緊急時に保安監督者が職務を全うできるか」
 「仮に複数の水素スタンドが同時に発災した場合、従業者を含め適切な対応が取れるか」
 に関し、現状において十分に検証されていないことから、実態として兼任が実施されていない。
 (METI第11回公開の場検討会 高圧ガス保安室提示)



図：第6回公開の場検討会資料から抜粋

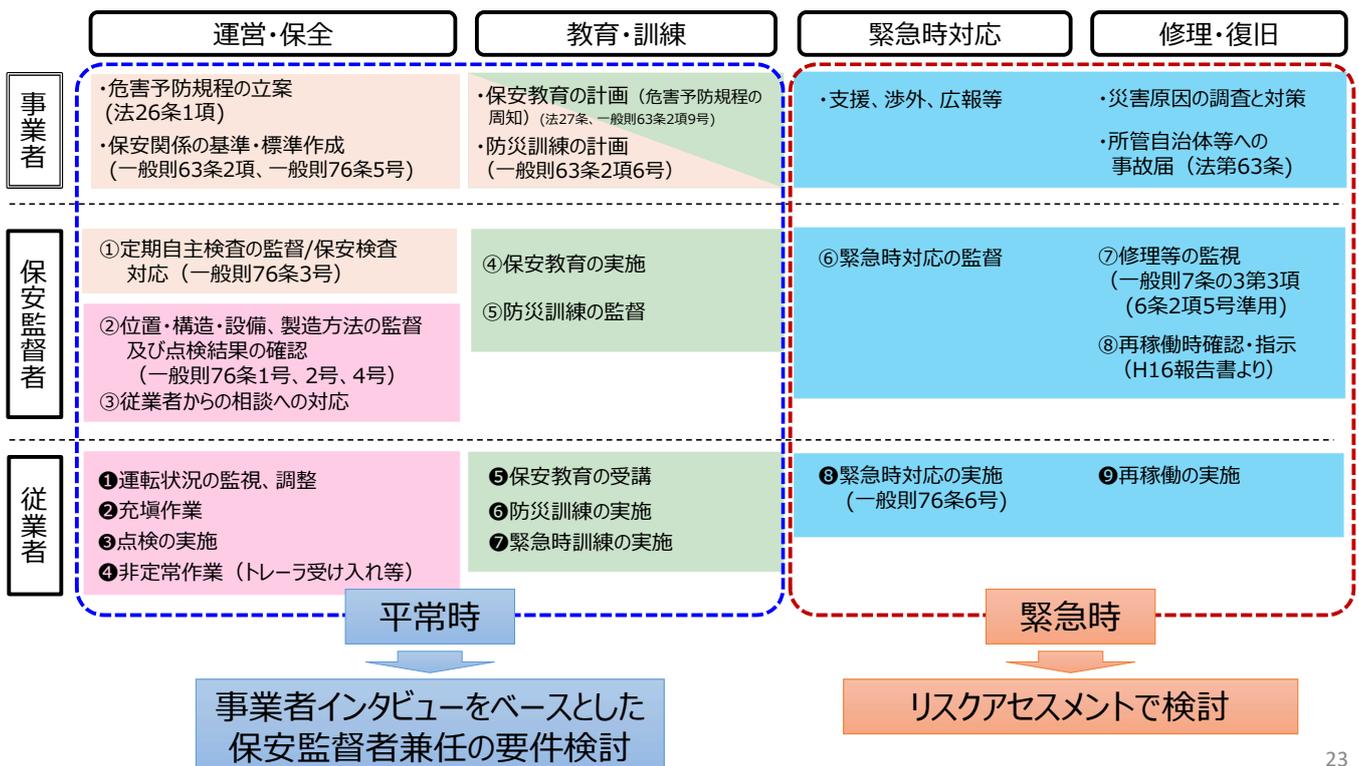
平常時、緊急時の事業者、保安監督者、従業者の職務を整理し、兼任の要件を検討

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義 ③(1)保安監督者が複数ステーションを兼任するための研究開発

現状スタンドにおける職務整理

■ : 建設時に行うこと ■ : 定期的に行うこと ■ : 日常的に行うこと ■ : 緊急時対応以降に行うこと



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義 ③(1)保安監督者が複数ステーションを兼任するための研究開発

保安監督者が複数スタンドを兼任するための必要要件

インタビューの結果から得られた要件

リスクアセスメント検討結果から得られた要件

事業者がやるべきこと(必要要件)を明確化

現状の保安体制の要件

兼任後の保安体制の要件

兼任のための必要要件

同時発災訓練の実施+立地条件

「事業者のサポート体制・バックアップ体制」の強化

準保安監督者(資格不要)の配置(常駐)
要件: 圧縮水素製造経験1年以上又はそれと同等の能力。ST設備構成・運転熟知。要領に従い適切に職務を遂行(平常時、緊急時)。(経験の浅い従業者と区別)

兼任のための追加要件: 監督経験6ヶ月以上。設備構成把握。従業者を指揮できる能力。週1回以上の巡視、異常時は24時間以内にスタンドへ駆けつけ。

凡例:

- 全体
- 事業者
- 従業者
- 保安監督者
- 設備

保安監督者(免状保持+製造経験)

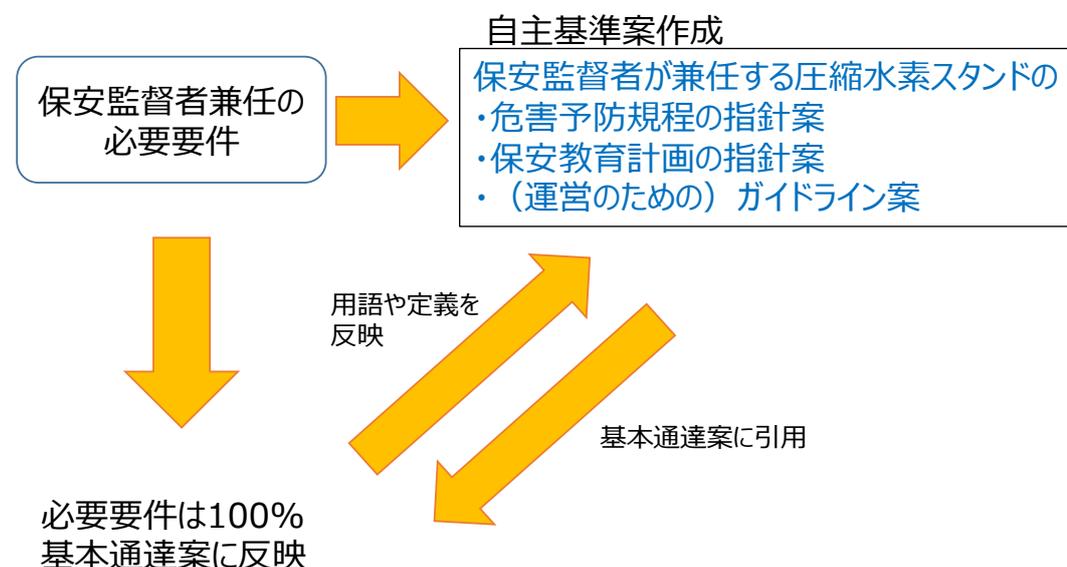
ヒューマンファクタを排除した安全な設備

⇒上記の兼任後の保安体制を各事業者が確実に満たすため、保安監督者が兼任する圧縮水素スタンドの**危害予防規程の指針、保安教育計画の指針、(運営のための)ガイドライン**を業界が作成

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義 ③(1)保安監督者が複数ステーションを兼任するための研究開発

保安監督者が複数スタンドを兼任するための技術基準案



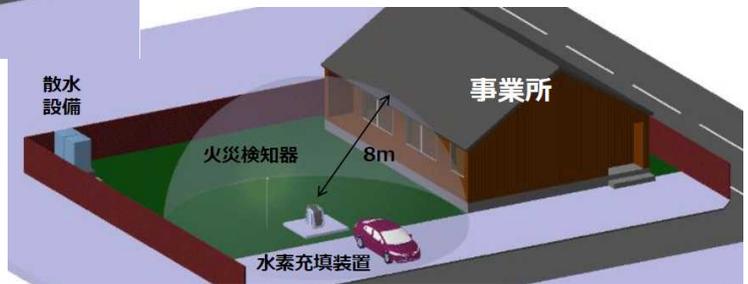
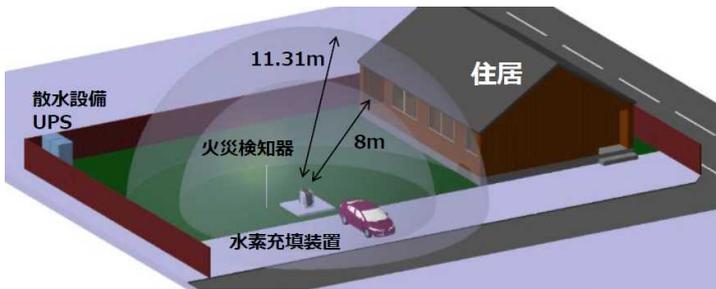
3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義 ③(2)家庭・小規模事業所等での水素充填のための法的課題抽出

背景・検討の進め方

- ・一般則において、一般家庭等におけるFCVへの水素充填を想定した基準は十分に整備されておらず、一般家庭のように事業者が存在しない運用形態における法技術的課題を明確にする必要がある。
- ・家庭用水素充填設備に関するモデルの調査を実施し、一般家庭等における水素充填に関する法的課題を抽出、明確化する。

高圧ガス保安法のもとでの検討



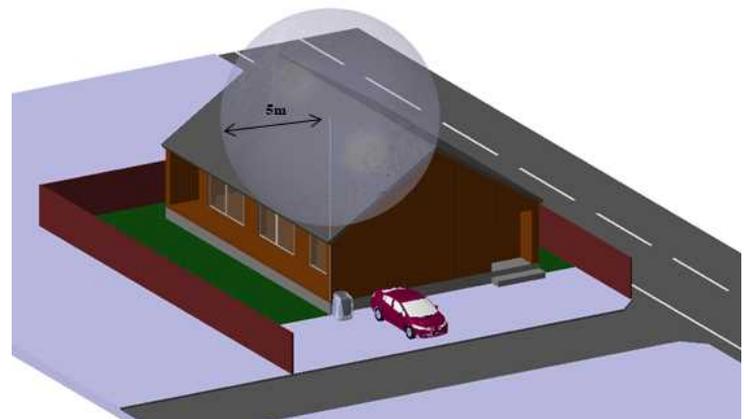
- ・高圧ガス保安法に基づく、保安距離を大きく確保する必要があり、現実的ではない

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義 ③(2)家庭・小規模事業所等での水素充填のための法的課題抽出

ガス事業法のもとでの検討

CNG小型充填装置



- ・場所：東京ガス株式会社浜松町本社1F
- ・吐出圧：19.6MPa
- ・吸込み圧：1.96kPa
(都市ガスパイプラインより供給)
- ・流量：8m³/h(50Hz)
- ・電源：3相200V
- ・適用法規：ガス事業法（昇圧供給装置）

- ・ガス事業法に基づいた場合は、一般家庭に設置できる可能性あり

◆成果の普及

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	計
論文			1	1
研究発表・講演		2	2	4
JPECフォーラム、JPECレポート		2	4	6
計		4	7	11

※2020年10月9日現在

- 本テーマの成果は、規制当局により、省令、例示基準、基本通達等の
かたちで規程化され、事業者は、そのビジネスモデルを実行することが可能
- 本テーマの成果は、JPECが自主基準化し、規程の内容を解説することで、
事業者にとって、使い易いものとしていく
- これらの自主基準はJPECのホームページから閲覧可能

◆知的財産権の確保に向けた取組

知的財産権の確保に向けた取り組み

- 本テーマの成果は、省令化や例示基準化、自主基準化に繋げ、
広く事業者使用起来のものなので、特許出願等を行わない

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

本プロジェクトの目的は、各テーマのミッションに対応した技術基準案を作成し、それらが省令等に反映されることで、水素スタンドの普及につなげることを踏まえ、「実用化」の考えは以下

- 本テーマの成果をもとに、規制当局が、新たな省令制定、省令や例示基準の改訂および基本通達を制定
⇒ 事業者は、そのビジネスモデルを実行可能に（普及の第一歩）
- 本テーマの成果を、JPECが自主基準化（省令等を分かり易く具体的に解説）
⇒ 実行を考える事業者の一助として活用可能（普及の加速）
- JPECは研究開発や自主基準化の経験
⇒ 事業者の実行時に事業者をサポート・バックアップ可能（普及の加速）

4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し （2）成果の実用化に向けた具体的取組

◆実用化に向けた具体的取組

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	平成2023年度～2025年度～2030年度	
水素・燃料電池戦略ロードマップ	ST:160か所 FCV:4万台					ST:320か所 FCV:20万台	ST:900か所 FCV:80万台
①無人運転を実施するための研究開発	7条の4制定に資する技術基準案（省令案）策定		中間評価	7条の4第1項STの設備構成の見直し 保安監督者兼任の遠隔監視STの法整備対応		◇水素ステーションの多様化 ・遠隔監視水素ST ・保安監督者兼任水素ST ・保安監督者が兼任する遠隔監視ST ・保安監督者による出荷設備併設水素ST ・家庭・小規模水素充填設備 …… ◇設備の簡素化 ・建設費・運営費（保安検査等）低減 ・充填バンク数低減ST …… ⇒水素ステーションの普及と自立化、FCV市場拡大、水素社会の実現	
②リスクアセスメント（RA）の再実施に基づく設備構成に関する研究開発	7条の3第2項の安全設備に関する技術基準見直し案（省令案・例示基準案）策定						
③(1)保安監督者が複数の水素ステーションを兼任するための研究開発	【基本通達】制定に資する技術基準案策定						
③(2)家庭・小規模事業所等での水素充填のための法的課題抽出	高圧ガス保安法とガス事業法における法的課題抽出						
③その他規制改革実施計画実施項目の内、研究開発が必要とされる項目	-----			・出荷設備に係る保安統括者等の専任の緩和 ・常用圧上限緩和			最終目標

以上

超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業／ 国内規制適正化に関わる技術開発／ 新たな水素特性判断基準の導入に関する研究開発

(2018年度～2022年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

- 一般財団法人石油エネルギー技術センター (JPEC)
- 高压ガス保安協会 (KHK)
- 国立大学法人九州大学
- 一般財団法人金属系材料研究開発センター (JRCM)
- 日本製鉄株式会社
- (共同実施) 日鉄ステンレス株式会社
- (再委託) 国立研究開発法人物質・材料研究機構 (NIMS)
- 愛知製鋼株式会社
- 株式会社日本製鋼所 (JSW)

2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①汎用ステンレス鋼の使用可能範囲拡大に関する研究開発	水素ステーションで使用可能な汎用ステンレス鋼の候補から優先度の高いSUS316系のデータ取得を行い、使用可能範囲を明らかにする。また、取得したデータを基に新たな水素特性判断基準を検討する。	<ul style="list-style-type: none"> ・伸びを指標とする新たな水素適合性判断基準を確立 ・低温水素中で使用可能なSUS316系ステンレス鋼の範囲を拡大 ・一般則例示基準の規制内容の見直しに寄与 	○	
②汎用ステンレス鋼冷間加工材に関する研究開発	汎用ステンレス鋼冷間加工材について、水素ステーションにおける使用条件を明確化する。	<ul style="list-style-type: none"> ・例示基準化された汎用ステンレス鋼の冷間加工に関する水素適合性判断基準の考え方を確立 ・上記の考え方に基づき使用条件を明確化 ・許容引張応力の設定に向けたデータ取得 	○	

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
③汎用ステンレス鋼溶接材に関する研究開発	汎用ステンレス鋼の溶接について、その材料特性、水素適合性を測定し、基本的な材料特性、使用条件等を明らかとする。 汎用ステンレス鋼の溶接に関する水素適合性検討結果に基づき、技術指針作成に向け必要な検討課題を明らかにする。	・高圧水素で使用可能な溶接材の使用条件の明確化 ・水素適合性の判断基準として必要な検討項目を明確化	○	
④汎用低合金鋼の高温適用に関する研究開発	汎用低合金鋼の高温水素ガス中使用を想定したデータ取得により水素圧縮機への適用可否を判断する。	・高温での使用を想定した実験手法の確立 ・各種評価試験完了 ・低合金鋼技術文書(JPEC-TD 0003)改訂完了見込み	◎ (2022年度分前倒し達成)	

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

個別研究開発項目の達成状況

①汎用ステンレス鋼の使用可能範囲拡大に関する研究開発

新たな水素適合性の判断基準を確立し、低温高圧水素環境で使用可能なSUS316系ステンレス鋼の材料範囲を拡大できることを示した。上記の結果は一般則例示基準9.2の規制見直しに寄与するものとなった。一般申請で使用できる材料の範囲が拡大されることで、水素インフラ事業者での低コスト材料の使用の選択肢を提供できることとなった。

②汎用ステンレス鋼冷間加工材に関する研究開発

ステンレス鋼の冷間加工による水素適合性への影響について検討し、水素ステーションで使用できる条件が明確化された。許容引張応力等について引き続き検討していくことにより基準化に資する資料化を進め、高圧水素用途における冷間加工材の使用の簡便化を図る。

③汎用ステンレス鋼溶接材に関する研究開発

技術指針作成に必要な検討項目を明確化した。水素適合性等の更なる検討を行い技術指針化を進め、高圧水素用途における汎用ステンレス鋼の溶接材の信頼性向上を図る。

④汎用低合金鋼の高温適用に関する研究開発

圧縮機の動作状況を模擬した高温・高圧での水素ガスチャージを行う評価手法を確立し、材料評価を実施した。高温使用に対する適切な判断基準を盛り込んだ技術文書改訂が完了の見込みであり、コスト・加工性に優れた汎用低合金鋼の使用範囲を拡大させる。

◆各個別テーマの成果と意義

開発項目①汎用ステンレス鋼の使用可能範囲拡大に関する研究開発

成果：伸びを指標とする新たな水素適合性判断基準を確立した。

新たな水素適合性判断基準案に基づく使用可能な汎用ステンレス鋼の拡大範囲を提案した。

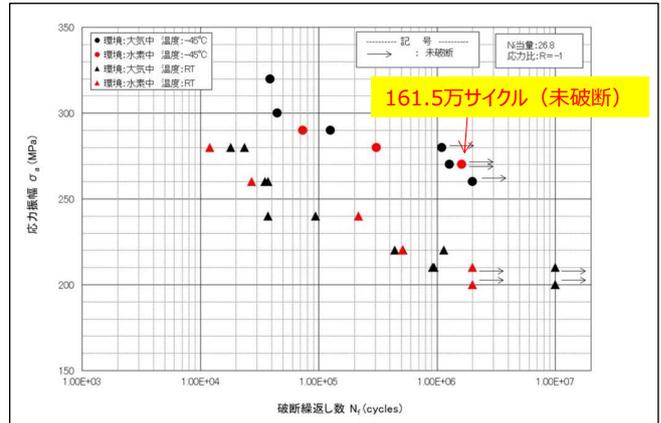
意義：市中材のステンレス鋼が水素ステーションに使用可能になれば建設コストの低減につながる。

◎新たな水素適合性についての基本的な考え方

要件：高圧水素ガス環境下における「延性」と「強度」の確保

1. 強度の確保
 - SSRTの応力-ひずみ線図において最大荷重点を超過 (RTS=1)
2. 延性の確保
 - 伸びの実測値×REL (相対伸び比) ≥ 伸びの規格値
3. 疲労特性の確保
 - 大気中と比較して、水中で疲労限度が低下しない (右図参照)

◎範囲拡大した汎用ステンレス鋼の低温高圧水素ガス環境下における疲労の確認



SUS316L (Ni当量26.8%) の疲労試験結果

「絞り」に代わり「伸び」を指標とすべく、安全性やデータの検証を行い、「伸び」を指標とする新たな水素特性判断基準を作成した。

この検討結果に基づき、使用可能な汎用ステンレス鋼の拡大範囲を提案し、一般則例示基準の改正に向けた手続が開始された。

温度範囲	絞り	伸び	Ni当量
-45℃～250℃	材料規格 (60%) に対し 75%以上	材料規格の通り	28.5%以上
-10℃～250℃			27.4%以上
20℃～250℃			26.3%以上

現行の一般則例示基準における材料使用可能範囲

温度範囲	絞り	伸び	Ni当量
-45℃～250℃	材料規格の通り	材料規格の通り	28.5%以上
-10℃～250℃			27.4%以上
20℃～250℃			26.3%以上

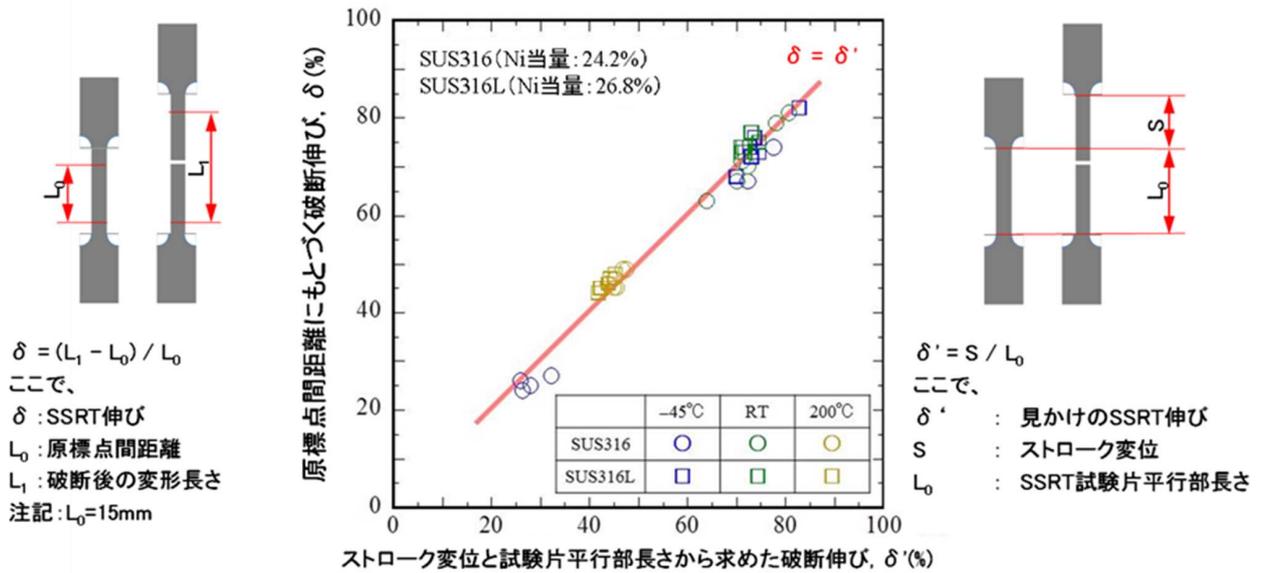
温度範囲	材料形状	伸び	Ni当量
-45℃～250℃	棒	57%以上	26.9%以上
	管	50%以上	
	鍛鋼	42%以上	

新たな水素特性判断基準に基づく材料使用可能範囲

注：Ni当量 (質量%)

$$= 12.6 \times C + 0.35 \times Si + 1.05 \times Mn + Ni + 0.65 \times Cr + 0.98 \times Mo$$

九州大学における高圧水素環境での試験例



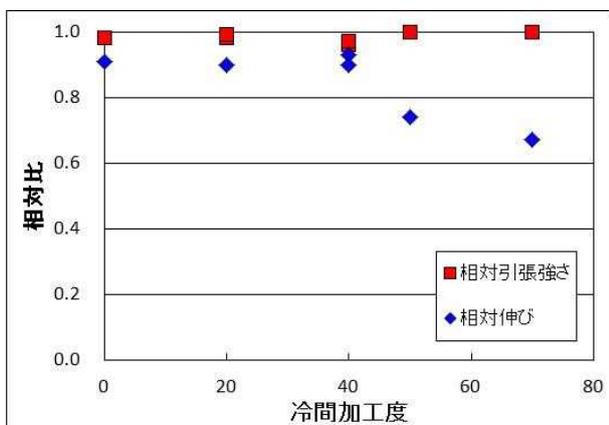
原標点間距離にもとづく破断伸びとストローク変位と試験片平行部長さから求めた破断伸びの間には、良い一致が認められた。

破断伸びの測定手法などの実験パラメータに関する測定結果への影響を精査することによって、新たな水素特性判断基準の検討において過去の文献等、幅広いデータの活用を図れることとなった。

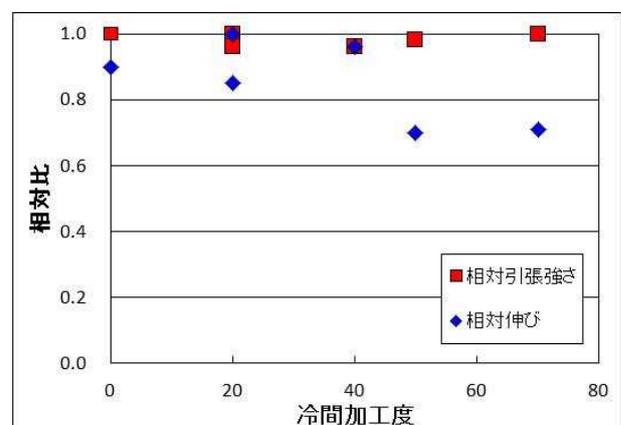
開発項目②SUS316/SUS316Lステンレス鋼冷間加工材に関する研究開発

成果：室温・低温のいずれの高圧水素ガス中においても、Ni当量が26.6%と28.6%のSUS316/SUS316Lステンレス鋼のSSRT特性の低下量は限定的であった。また、室温において、Ni当量および冷間加工度によらず、水素の影響による疲労限度の低下は認められなかった。これらの結果から、同鋼の冷間加工材を高圧ガス中で安全に使用できる可能性が示された。

意義：市中材のステンレス鋼の冷間加工材が水素ステーションに使用できれば建設コストの低減につながる。



SUS316L冷間加工材 (Ni当量28.6%) の低温SSRT結果



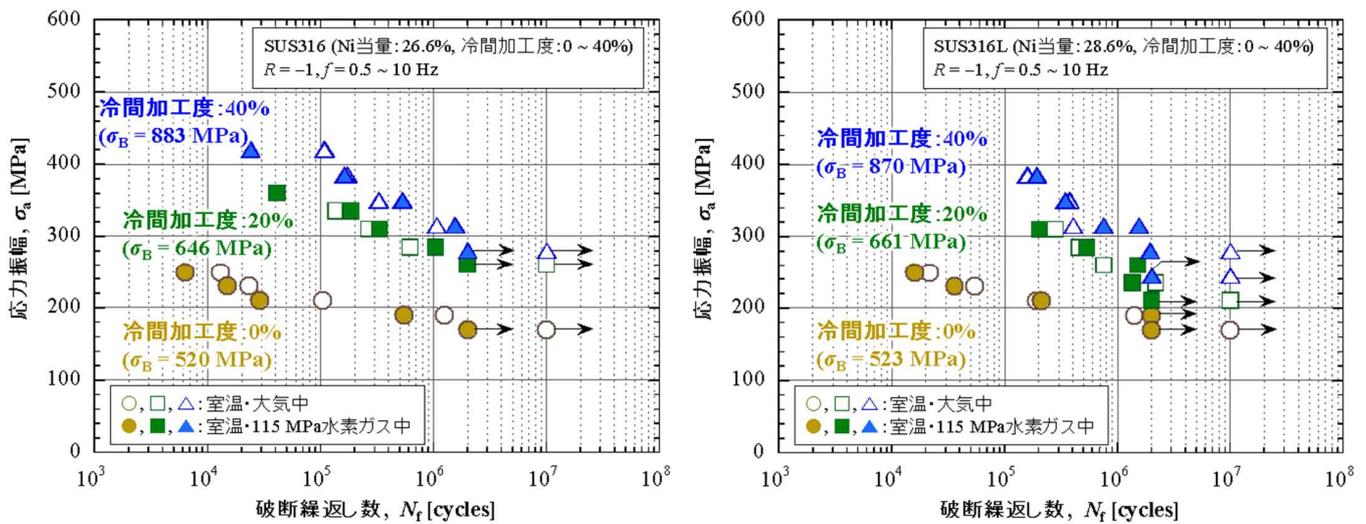
SUS316冷間加工材 (Ni当量26.6%) の低温SSRT結果

冷間加工度が相対比に与える影響について検討。

伸び、強度に関する相対比は冷間加工度40%までは加工前と同等の数値を示した。

例示基準化されたSUS316系ステンレス鋼の加工については冷間加工度40%までは十分な水素適合性を保つと判断される。

室温・高圧水素ガス中での疲労寿命特性に及ぼす冷間加工度の影響



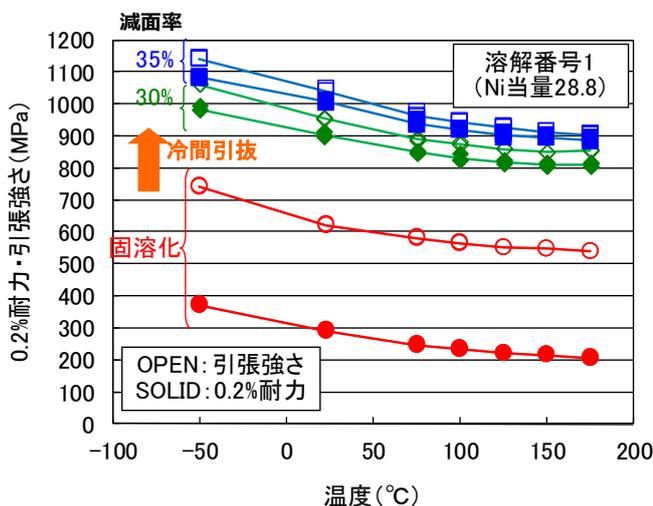
SUS316/SUS316Lステンレス鋼冷間加工材の疲労寿命特性では、0~40%の冷間加工度によらず、大気中と水素ガス中の疲労限度は同等であった。

開発項目②SUS305ステンレス鋼冷間加工材に関する研究開発

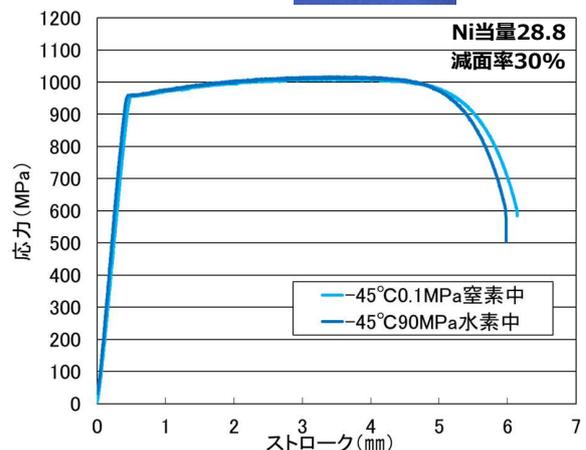
成果：SUS305 (Ni当量：26.0~28.8の4水準) の冷間引抜材 (減面率：30%，35%の2水準) および固溶化熱処理材において、許容引張応力設定に関する材料特性評価として、-50℃~175℃における機械的性質データを取得した。また、高圧水素中SSRTを順次実施し、水素適合性の検証を進めている。

意義：現行のSUH660に匹敵する高強度を有し、SUH660よりNi,Mo等のレアメタル含有量が少なく省資源であり、切削性にも優れたSUS305引抜材に代替することにより、水素ステーション機器において低コスト化を図る。

安価な素材への置き換えにより建設コストの低減につながる。



許容引張応力設定に関する材料特性評価結果の例



水素適合性検証結果の例

開発項目③汎用ステンレス鋼溶接材に関する研究開発

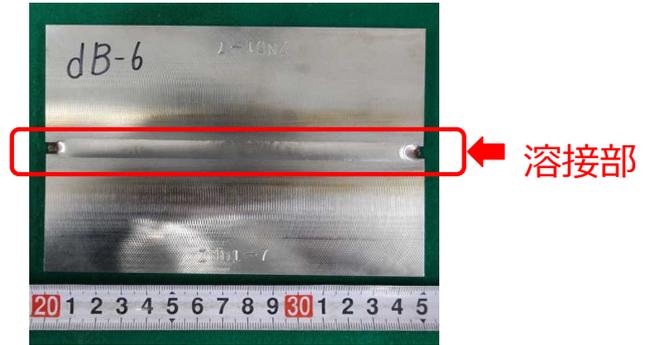
成果：Ni当量を制御したSUS316L等の汎用ステンレス素材(母材)を製造し、水素適合性を評価した。

上記素材を溶接する際に使用する汎用ステンレス溶接材料を選定し、バタリング溶接によって溶接金属を製造した。各溶接材料に対応する溶接金属の水素適合性を評価した。

上記素材と溶接材料を組み合わせた溶接継手(溶接部)を作製し、機械特性を評価した。

意義：溶接施工者は、溶接継手の水素適合性を評価し、社内データとして保有しているが、As Weld(溶接まま)では水素適合性要件を満足しない懸念があるため、溶接後に高温での固溶化熱処理を実施している。

→ As Weldにおける水素適合性が検証されれば、溶接後の熱処理工程を省略することが可能となる。



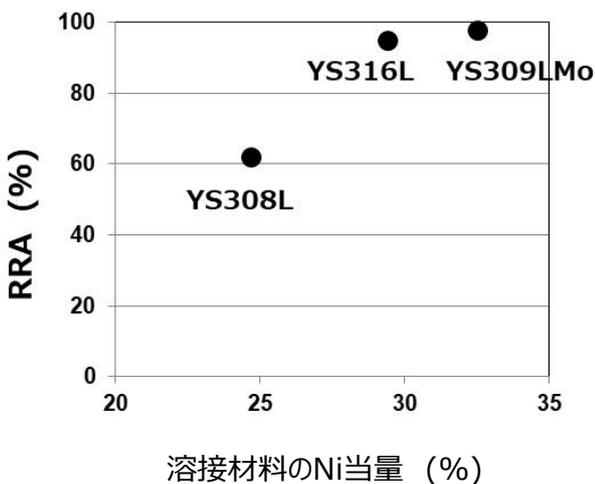
溶接継手試験片の外観写真

- 溶接継手は、①母材，②溶接金属，③溶接部からなり、これら全ての水素適合性を検証する必要がある。
- 母材と最適な溶接金属の組合せにより溶接継手を製作し、水素適合性を評価する。

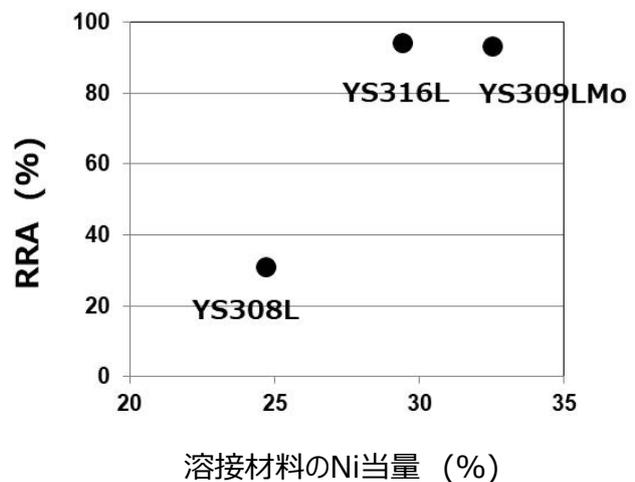
成果：母材及び溶接金属の水素適合性評価

- ・ 汎用ステンレス溶接材料を用いた溶接金属の水素適合性はNi当量と相関があった。
- ・ $-40^{\circ}\text{C} \times 70\text{MPa}$ 水素環境下では、少なくともNi当量 $\geq 28.5\%$ を有する溶接材料が望ましい。

(a) RT \times 90MPa水素



(b) $-40^{\circ}\text{C} \times 70\text{MPa}$ 水素



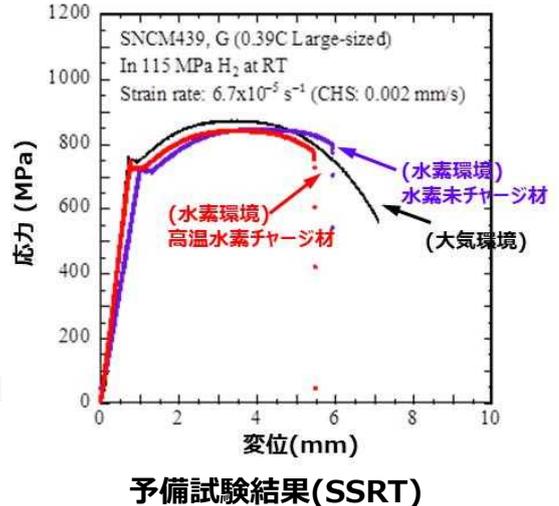
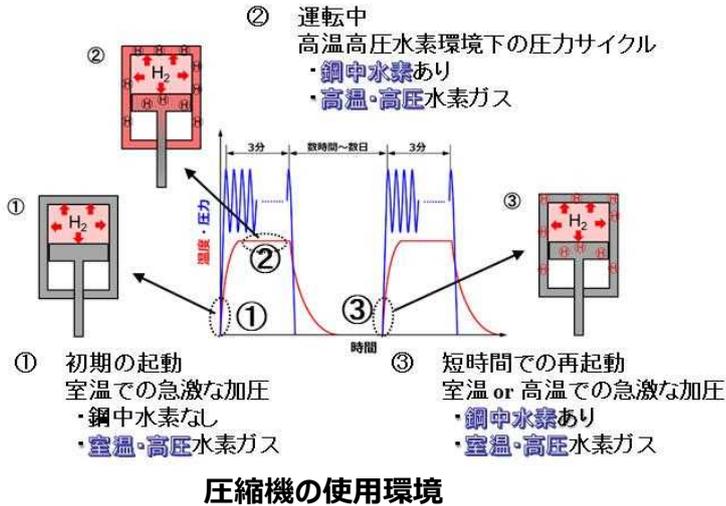
溶接金属の水素適合性評価

◆各個別テーマの成果と意義

開発項目④汎用低合金鋼の高温適用に関する研究開発

成果：圧縮機の稼働中には200℃程度の高温となるため鋼中に水素が侵入し、特性に悪影響を及ぼす懸念があることから、200℃の高圧水素ガス中や低合金鋼中に水素がチャージされた状態での高圧水素ガス中SSRTを実施し、顕著な劣化が認められないことを確認した。

意義：水素圧縮機材料として多用されているSUH660は加工が困難であり材料価格も高価であることから、高強度低合金鋼を活用することにより加工費や素材費で低コスト化が期待される。また、低合金鋼技術文書(JPEC-TD 0003)に、高温使用に対する適切な判断基準を盛り込み、安全使用に必要な要件を明示する。



◆成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
①汎用ステンレス鋼の使用可能範囲拡大に関する研究開発	新たな水素特性判断基準の確立により汎用ステンレス鋼の使用可能範囲を拡大	新たな水素特性判断基準及びそれを満たす汎用ステンレス鋼を提示し、基準化に資する資料を作成	適材適所の利用を含めたさらなる使用可能範囲の拡大に向けた基準化に資する資料を作成
②汎用ステンレス鋼冷間加工材に関する研究開発	冷間加工材の使用可能な条件を明確化 許容引張応力の設定検討中	評価結果に基づく許容引張応力を検討し、基準化に資する資料を作成	許容引張応力、大型化、疲労限度への影響等を検討し基準化に資する資料を作成
③汎用ステンレス鋼溶接材に関する研究開発	高圧水素で使用可能な溶接材の使用条件を明確化 技術指針作成に必要な検討項目を明確化	汎用ステンレス鋼の溶接について、その材料特性、水素適合性の測定結果に基づき技術指針を作成	水素適合性試験を継続し、検討項目について見極めることにより技術指針を作成
④汎用低合金鋼の高温適用に関する研究開発	低合金鋼技術文書を年度内に改訂見込み	検討結果に基づき低合金鋼技術文書を改訂	2020年度に実施完了見込み

◆成果の普及

対外発表件数は以下のとおり。

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	計
研究発表・講演	12	6	1	19
新聞・雑誌等への掲載	6			6

※2020年9月30日現在

◆成果の普及

紙面等への発表：6件

年月	発表先	題目	発表者
2018年 11月	エネルギー総合工学研究所「エネルギー総合工学」	水素スタンドで使用される材料の選定について	KHK
2018年 12月	高圧ガス誌	鋼種拡大に関するこれまでの成果と今後の取組について	KHK
2018年 7月	ASME PVP2018	Temperature dependence of fatigue crack growth in low-alloy steel under gaseous hydrogen	九州大学
2018年 7月	ASME PVP2018	Influence of hydrogen on tensile and fatigue properties of 304/308 austenitic stainless steel butt welded joints	九州大学
2018年 7月	ASME PVP2018	Methods of material testing in High-pressure hydrogen environment and evaluation of hydrogen compatibility of metallic materials: current status in Japan	九州大学
2018年 11月	JRCM NEWS No.385	NEDO事業「燃料電池自動車及び水素ステーション関連機器向け使用可能鋼材の拡大に関する研究開発」(平成25～29年度実施)の成果概要	JRCM

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

口頭発表：19件

年月	発表先	題目	発表者
2018年12月	溶接接合工学振興会H30年度セミナー	水素インフラの現状と将来展望	JPEC
2019年2月	第8回次世代ものづくり基盤技術産業展「TECH Biz EXPO 2019」	水素ステーションで使用する鋼材の規制と今後の展開	JPEC
2019年2月	FCCJ燃料電池・水素に係る規制見直し・標準化等動向説明会	水素ステーション用鋼材・複合容器の技術開発動向	JPEC
2019年5月	JPECフォーラム	新たな水素特性判断基準の導入に関する研究開発	JPEC
2019年9月	水素貯蔵技術WG第1回セミナー		JPEC
2019年12月	水素貯蔵技術WG第2回セミナー		JPEC
2020年1月	九州水素・燃料電池フォーラム&水素先端世界フォーラム2020	水素ステーションで使用する金属材料の規制見直しと今後の方向性	JPEC
2020年5月	JPECフォーラム	新たな水素特性判断基準の導入に関する研究開発	JPEC
2018年12月	KHK水素保安セミナー	鋼種拡大に関するこれまでの成果と今後の取組について	KHK
2019年12月	KHK水素保安セミナー	水素スタンド設備に使用するオーステナイト系ステンレス鋼の選定基準	KHK
2018年7月	ASME PVP2018	Temperature dependence of fatigue crack growth in low-alloy steel under gaseous hydrogen	九州大学
2018年7月	ASME PVP2018	Influence of hydrogen on tensile and fatigue properties of 304/308 austenitic stainless steel butt welded joints	九州大学
2018年7月	ASME PVP2018	Methods of material testing in High-pressure hydrogen environment and evaluation of hydrogen compatibility of metallic materials: current status in Japan	九州大学

16

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

口頭発表（続き）

年月	発表先	題目	発表者
2018年9月	溶接学会 平成30年度 秋季全国大会	高圧水素ガス環境中における材料強度試験	九州大学
2018年9月	溶接学会 平成30年度 秋季全国大会	高圧水素ガス中におけるオーステナイト系ステンレス鋼の強度特性	九州大学
2018年9月	溶接学会 平成30年度 秋季全国大会	高圧水素ガス中におけるオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属317LのSSRT特性	九州大学
2018年9月	溶接学会 平成30年度 秋季全国大会	オーステナイト系ステンレス鋼突合せ溶接継手の疲労強度特性に及ぼす内部水素の影響	九州大学
2018年11月	International workshop on standards and codes for hydrogen infrastructure safety Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS)	Recent activities for hydrogen compatibility of materials used in hydrogen station in Japan	九州大学
2019年12月	愛知県主催2019年度「水素貯蔵技術ワーキンググループ」第2回セミナー	愛知製鋼における高圧水素用ステンレス鋼の開発取り組み	愛知製鋼

17

◆知的財産権の確保に向けた取組

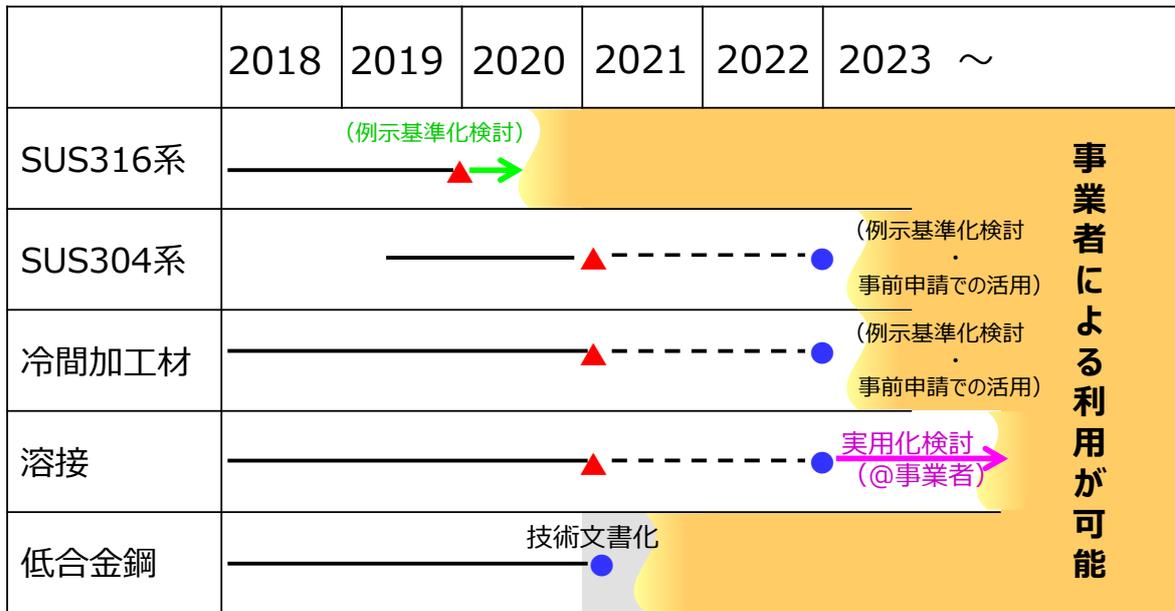
当該プロジェクトは活動内容の性格上、広く事業者を利用してもらうものであるので、得られた成果物を特許化することは考慮していない。

対外発表等については、知財運営委員会、NEDOの許可を得て実施する。

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

本プロジェクトにおける「実用化・事業化」とは、当該研究開発に基づく結果が例示基準化あるいは技術文書化されることであり、水素ステーション事業に関わる企業が活用し企業活動(コスト、利便性等)に貢献することを指す。

◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組



▲ : 判定基準・使用可能範囲 ● : 基準化に資する資料・ガイドライン

◆ 成果の実用化・事業化の見通し

項目	今後の見通し
① 汎用ステンレス鋼の使用可能範囲拡大	本研究で得られた材料範囲の拡大案は一般則例示基準9.2の改正に盛り込まれ、パブリックコメントの募集が開始された。正式認可ののち、水素インフラ事業者での利用を期待する。境界条件を考慮した適材適所の基準化については今後の課題である。
② 汎用ステンレス鋼冷間加工材	許容引張応力の設定、大型の冷間加工材、高強度化に伴う疲労限度への影響、冷間加工材の基準化に資する文書化等について検討し、冷間加工材の利用環境を整えていく。
③ 汎用ステンレス鋼溶接材	汎用ステンレス鋼を用い、適正な母材・溶接金属の組合せによる溶接継手の水素適合性を検証し、良好な水素適合性を示す溶接継手の事例があることを実証するとともに水素適合性を低下させる要因を整理し、技術指針に記載することにより注意喚起を図る。
④ 汎用低合金鋼	低合金鋼技術文書JPEC-TD0003の改訂が年度内に完了する見込みである。使用可能温度の上限が200℃に引き上げられ、圧縮機の出口部分にも使用可能となる。改訂完了次第、関係団体等への周知を図り、利用を促していく。

◆波及効果

当該研究開発に基づく結果により、一般則例示基準9.2の規制見直しが図られた。

入手が容易な低コスト材料が簡便に使用できることで、水素ステーション事業への将来の新規参入を促す効果がある。

実使用条件での水素適合性を系統立てて明らかにしていくことで、日本のデータが国際標準化においても重要な意味をなし、水素分野における技術力の誇示と水素エネルギーの普及に貢献する。

「連続陰極水素チャージ法による水素インフラ用鋼材の水素特性判断の簡易評価手法の開発」 (中間評価)

(2018年度～2020年度 3年間)

プロジェクトの概要 (公開)

JFEスチール株式会社

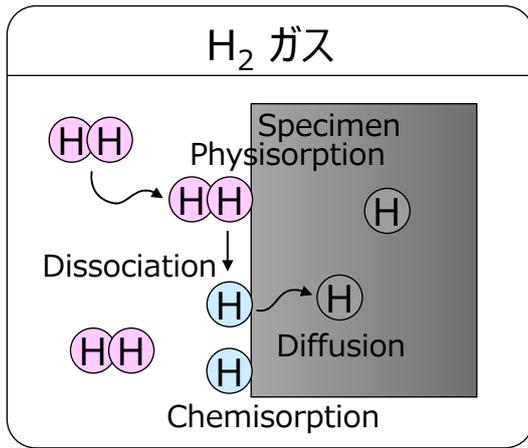
2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

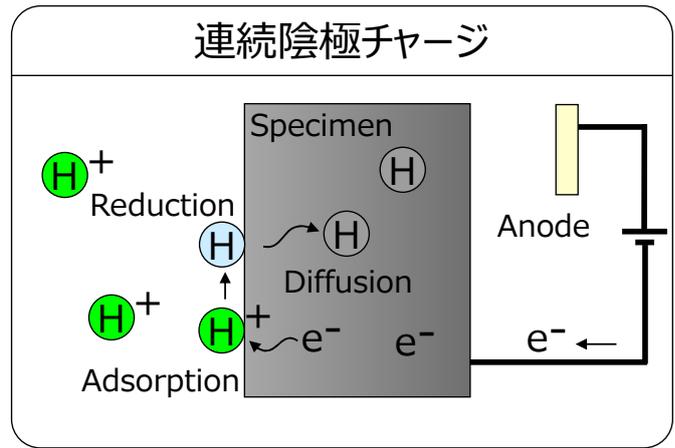
研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①高圧水素環境下での水素侵入を再現する連続陰極水素チャージ試験条件の明確化	105MPa高圧水素環と同等の水素チャージ可能な連続陰極水素チャージ条件を高温～低温まで確立	室温および高温(85℃)で条件明確化済み	△	低温での水素チャージ条件確立中。低温高圧水素暴露試験での試験片の温度履歴の確認及び再現により達成見込み。
②連続陰極水素チャージ法によるSSRT試験方法の確立	陰極チャージSSRTと高圧水素ガスSSRTの差異確認し陰極チャージ法適用範囲を確立	高温(85℃)・室温は同等、低温(-30℃)は確認中	△	①で低温での水素チャージ条件確立完了により、試験実施可能。
③連続陰極水素チャージ法による疲労試験方法の確立	室温で陰極チャージ疲労と高圧水素ガス疲労試験の差異明確化し陰極チャージ法適用範囲を確立	陰極チャージ条件確定済。大気、陰極チャージ、高圧水素でデータ採取中	△	データ拡充し再現性確認。
④連続陰極水素チャージ法による水素特性判断の妥当性検証	陰極チャージと高圧水素試験で破面等を比較し、妥当性を検証	SSRTで擬へき開破面分布がやや異なる。	○	低温試験の破面を解析し、これまでの結果を合わせて結論付ける。
⑤水素特性簡易評価手法としての規準化案の策定	ラウンドロビンテスト実施し再現性確認。手法の基準化案作成	SSRTラウンドロビンで3機関でデータ一致。	○	SSRT,疲労は新規性なく、基準化案はチャージ条件について策定。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間) / 一部達成(事後)、×未達

高圧ガス中評価



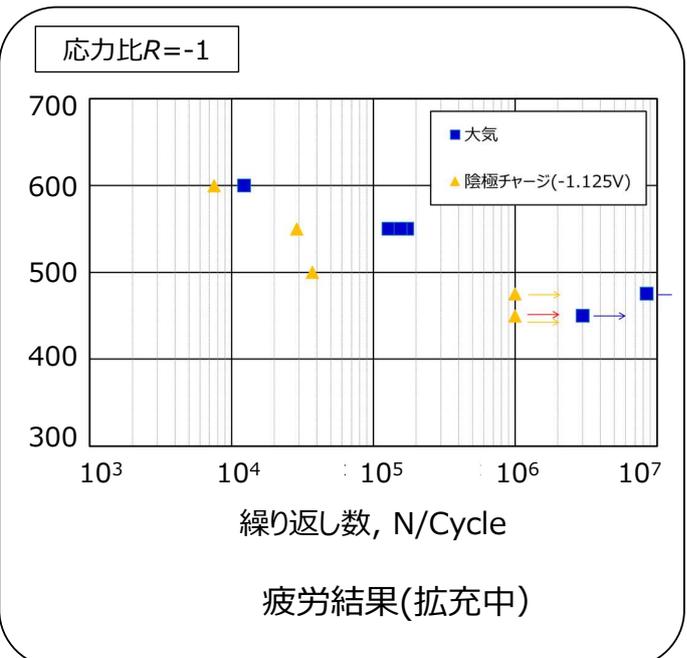
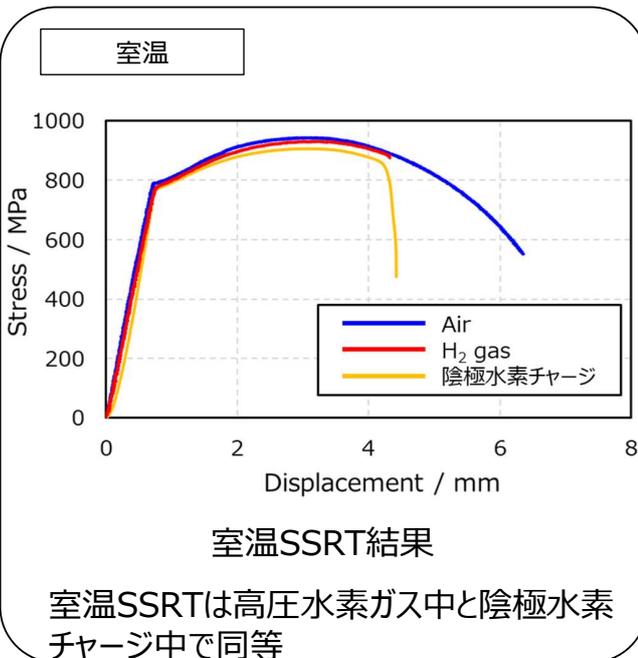
本研究開発法



- ・高圧水素ガス環境下試験装置は世界的に限定かつ極めて高額
- ・データ採取には長時間の試験要 ⇒ 水素インフラ用材料の開発長期間化、開発費用上昇要因

- ・連続陰極チャージ ⇒ 高圧水素ガス中試験を模擬できる可能性あり、代替試験方法を検討
- ・基準化に資するデータを採取

材料開発期間短縮 (評価タイミング チャンスフリー)
 開発費低減 (材料評価コスト 1/10)
 ⇒ 水素インフラの整備費低減に貢献

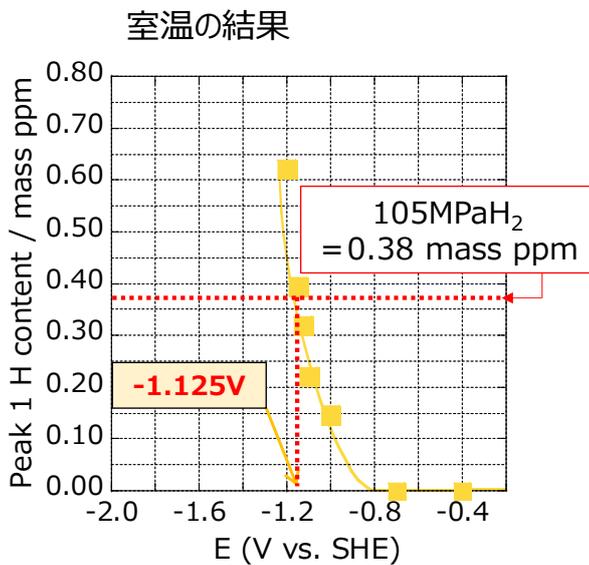


水素インフラへの適用可否判断に必要な特性と判断基準

SSRT : 水素環境でも大気中と同等の最高荷重を示して破断
 疲労寿命 : 水素環境での高サイクル域での疲労特性が大気環境と同レベル

陰極チャージ試験で高圧水素試験と同等の判定可能

項目① 高圧水素環境下での水素侵入を再現する連続陰極水素チャージ試験条件の明確化



	105MPa水素ガス中の水素チャージ量* (ppm)	陰極チャージでの水素チャージ量* (ppm)	105MPa水素ガス中と同等の水素をチャージできる電位
85℃	0.32	0.31	-1.125V
室温	0.38	0.38	-1.125V
-30℃	0.31	確認中	確認中

105MPa水素ガス中の水素チャージ量*
 : 高圧水素ガス中チャージ完了後、チャンバからサンプル取り出しに時間を要した際の値。
 陰極チャージでの水素チャージ量*
 : 高圧水素ガスチャンバから取り出しまでの温度変化と同様の温度変化を陰極チャージサンプルに与えて測定

室温、高温で高圧水素中と同水素量をチャージ可能な条件を確定。

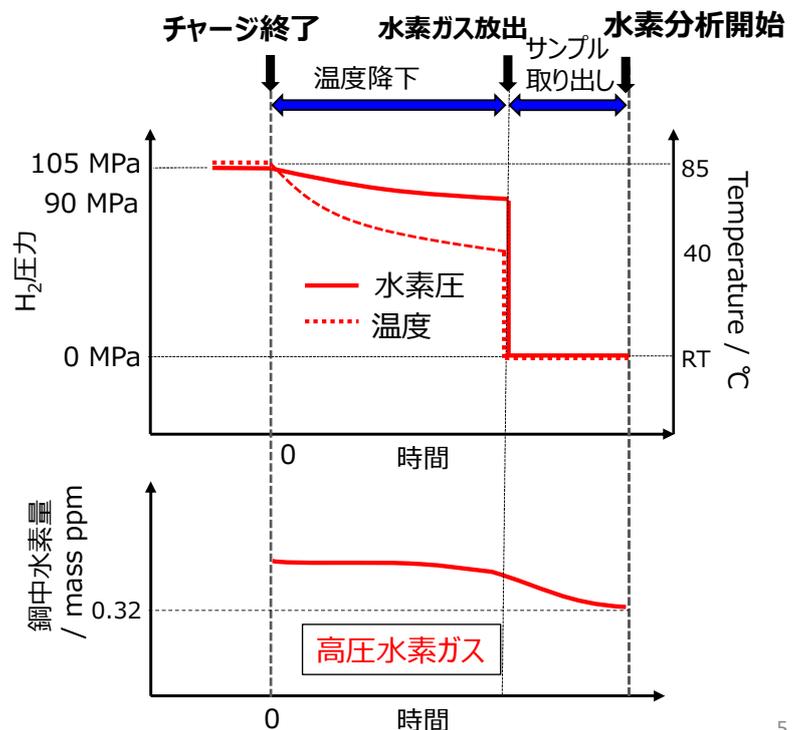
項目① 高圧水素環境下での水素侵入を再現する連続陰極水素チャージ試験条件の明確化

試験温度：85℃

・高温高圧水素環境下での温度変化が水素量におよぼす影響の調査

水素チャージ後から水素分析までの過程

- ・温度を40℃まで低下させ水素放出 (圧力は温度低下に伴って90MPaまで低下)
- ・降圧後、サンプル取り出しのため室温で滞留



水素チャージ後、水素分析開始までに水素が試験片から逃散するため、水素分析で得られる水素量は、水素チャージ直後と比較して、低い値となる。

項目① 高圧水素環境下での水素侵入を再現する連続陰極水素チャージ試験条件の明確化

試験温度：85℃

・陰極チャージ後サンプルに高温高圧水素環境を模擬した温度履歴を経験させた

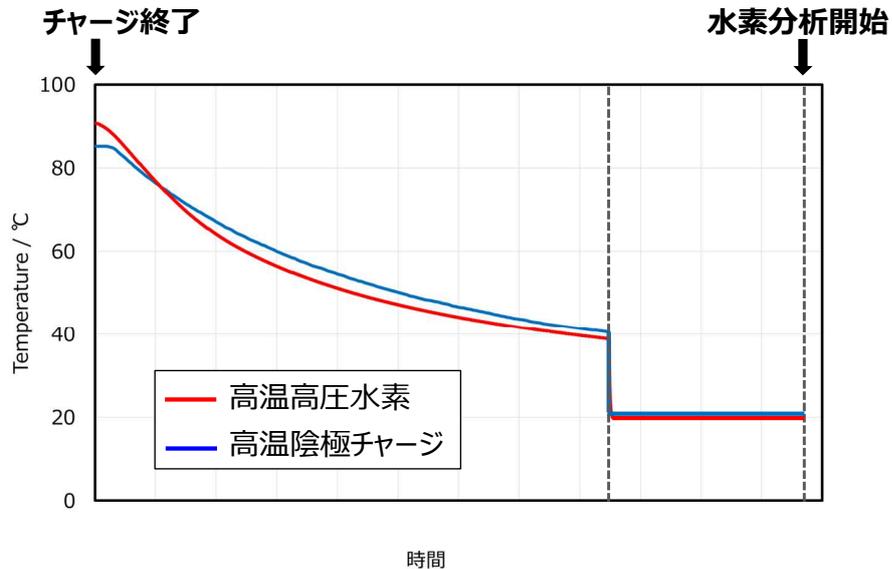
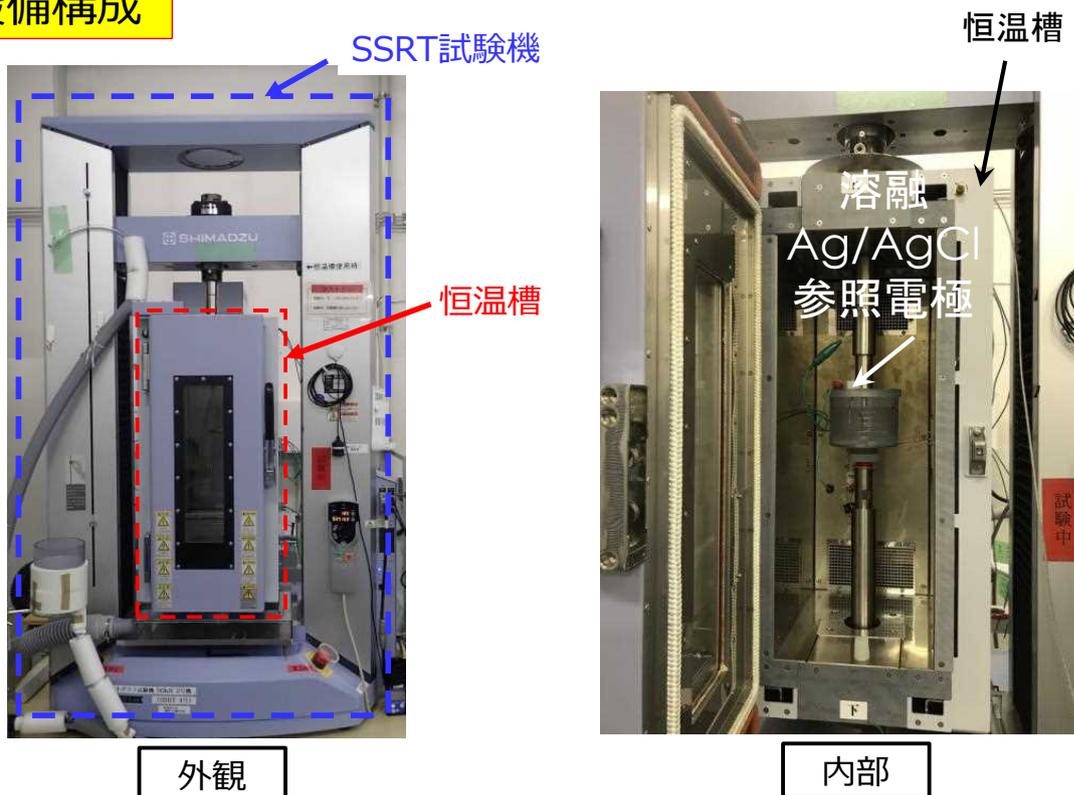


図 水素分析サンプルの水素チャージ後から水素分析開始までの温度履歴

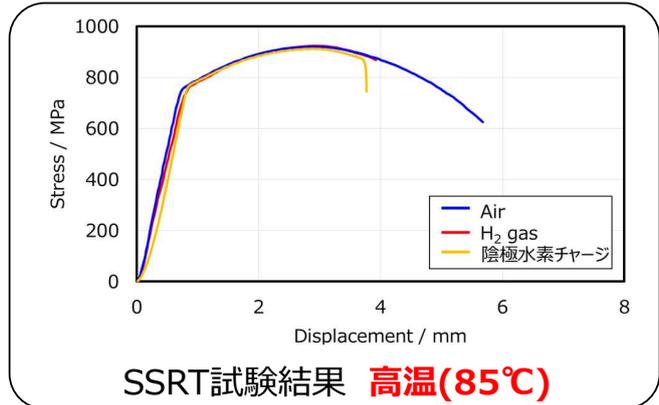
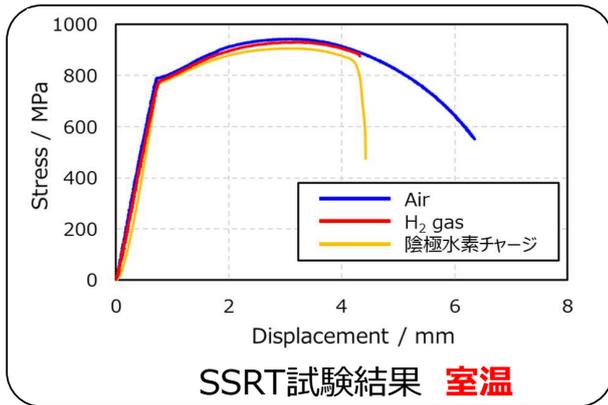
・上図の温度変化を陰極チャージサンプルにも与えて水素分析実施。
⇒高温陰極水素チャージ：0.31 ppm

項目② 連続陰極水素チャージ法によるSSRT試験方法の確立

設備構成



項目② 連続陰極水素チャージ法によるSSRT試験方法の確立



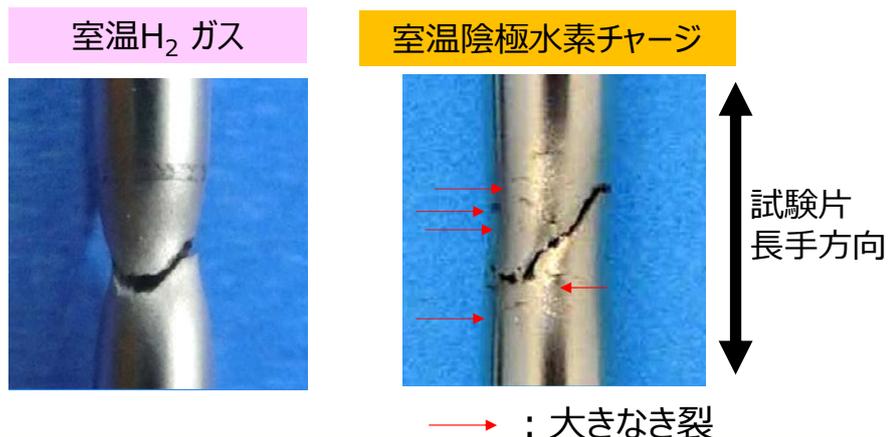
水素チャージ条件確定後実施

SSRT試験結果 低温(-30°C)

- ・室温および高温の高圧水素ガス，連続陰極チャージSSRT試験は同等の破断変位を示した。
- ・連続陰極水素チャージSSRT試験は室温～高温の高圧水素ガス中の引張強さの確保(最大荷重点に達した後の破断)を評価可能。
- ・低温は水素チャージ条件確定後実施。

項目② 連続陰極水素チャージ法によるSSRT試験方法の確立

項目④ 連続陰極水素チャージ法による水素特性判断の妥当性検証



- ・破面近傍における側面
 - H₂ガス : 破断部以外に大きなき裂は存在しない
 - 陰極水素チャージ : 破断部近傍の試験片長手方向に大きなき裂が分布
- き裂進展～破断プロセスが異なる可能性あり

陰極チャージのき裂成長過程の推測

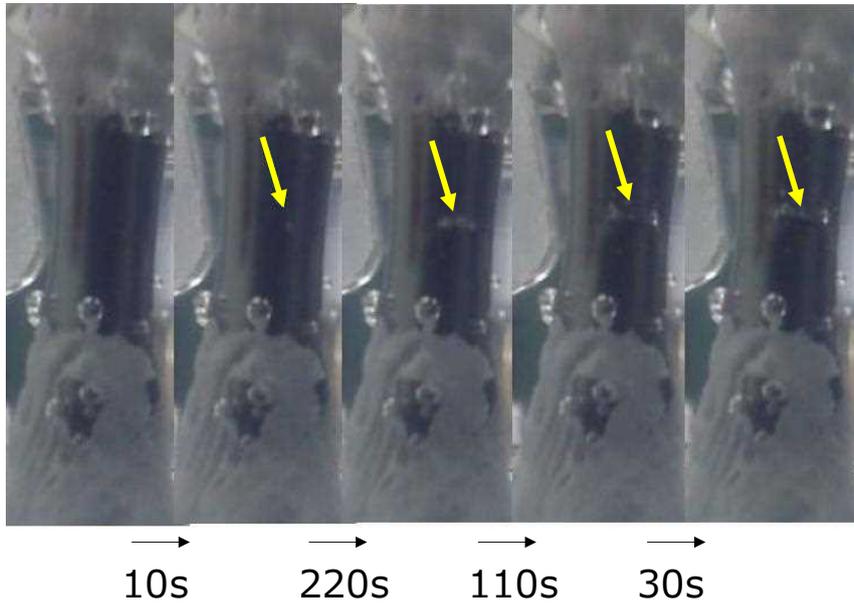
：き裂が長くなると、水素チャージ時に発生する水素ガスがき裂先端に滞留し、水素チャージ反応が抑制され、き裂先端への水素の供給が遅延。そのため、き裂はある深さまで成長すると成長速度が低下し、他の部位でき裂が発生し、大きな亀裂が増加。

項目④ 連続陰極水素チャージ法による水素特性判断の妥当性検証

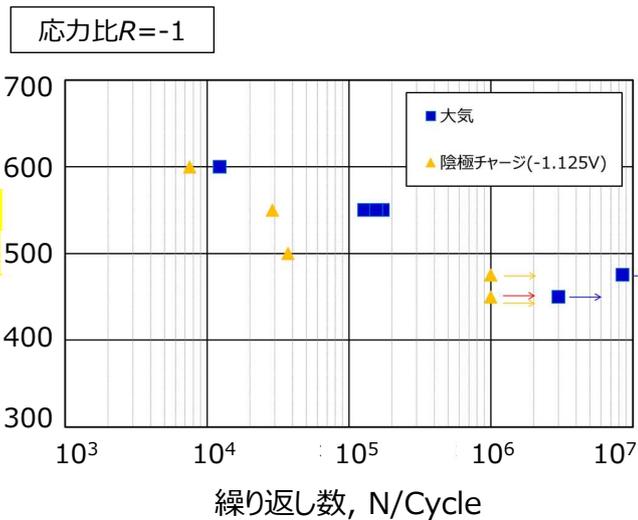
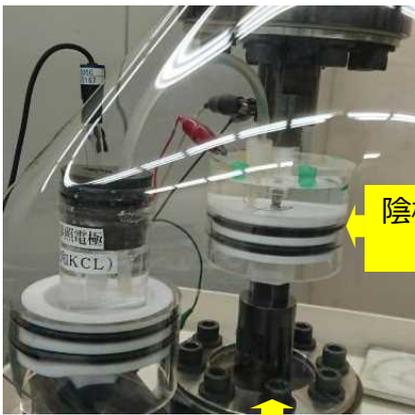
水素ガス中と陰極チャージ中での破壊過程の差異

東京電機大学

変形中のき裂発生部から泡 (H₂) が発生する (黄色矢印) ことを確認



項目③ 連続陰極水素チャージ法による疲労試験方法の確立

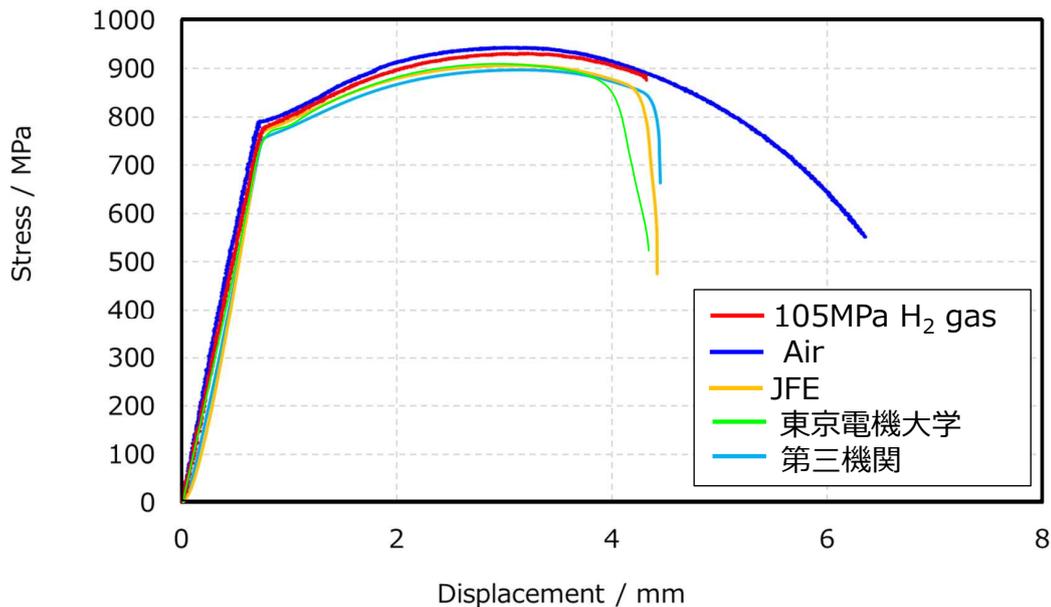


連続陰極水素チャージ疲労試験装置

疲労結果(拡充中)

・応力比R=-1で大気、高圧水素ガス中、陰極チャージ環境下疲労試験データを拡充中。

項目⑤ 水素特性簡易評価手法としての規準化案の策定



室温SSRTラウンドロビンテスト

- JFE, 東京電機大, 第三機関のラウンドロビン試験でほぼ同等の試験結果を得た。

項目⑤ 水素特性簡易評価手法としての規準化案の策定

SSRT、疲労試験とも、機械試験としては大気中試験の規格に基づいて実施。

陰極チャージの条件に関する規準化案を策定する。

内容 使用溶液、電位設定方法と低合金鋼での値、試験片のマスキング、水素量の測定・算出方法

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (2020年度末)	達成見通し
①高圧水素環境下での水素侵入を再現する連続陰極水素チャージ試験条件の明確化	室温および高温(85℃)で条件明確化済み	高温、室温、低温で条件明確化	達成見込み
②連続陰極水素チャージ法によるSSRT試験方法の確立	高温(85℃)・室温は同等、低温(-30℃)は確認中	高温、室温、低温で陰極チャージSSRTと高圧水素ガスSSRTの差異確認し陰極チャージ法適用可能範囲を確立	達成見込み
③連続陰極水素チャージ法による疲労試験方法の確立	陰極チャージ条件確定済。大気、陰極チャージ、高圧水素でデータ採取中	室温で陰極チャージ疲労と高圧水素ガス疲労試験の差異明確化し陰極チャージ法適用範囲を確立	達成見込み
④連続陰極水素チャージ法による水素特性判断の妥当性検証	SSRTで擬へき開破面分布がやや異なる。	陰極チャージと高圧水素試験で破面等を比較し、妥当性を検証	達成見込み
⑤水素特性簡易評価手法としての規準化案の策定	SSRTラウンドロビンで3機関でデータ一致。	ラウンドロビンテスト実施し再現性確認。手法の基準化案作成	達成見込み

14

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及、 4) 知的財産権等の確保に向けた取組

◆成果の普及

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	計
論文	0	0	0	0
研究発表・講演	1	0	1	2
受賞実績	0	0	0	0
新聞・雑誌等への掲載	0	0	0	0
展示会への出展	0	0	0	0

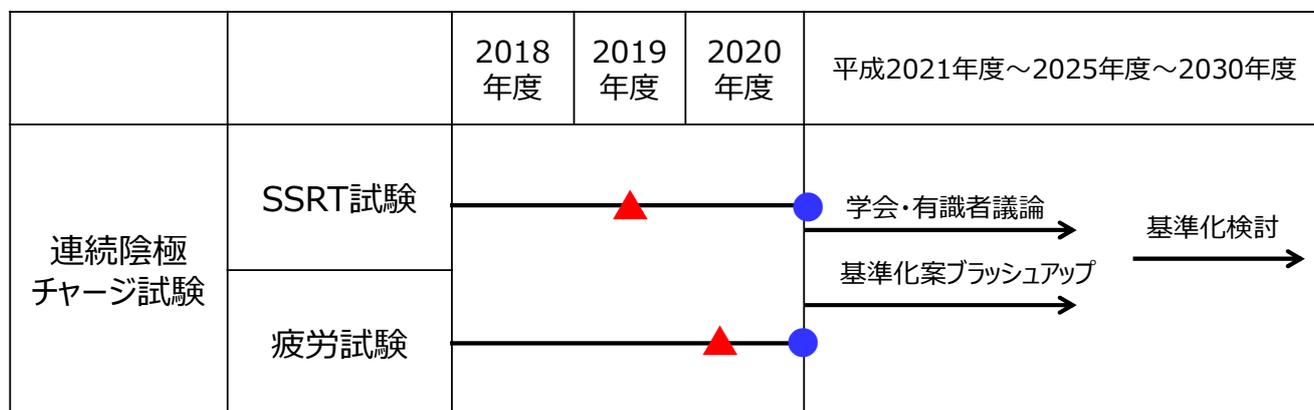
※2021年1月7日現在

◆知的財産権の確保に向けた取組

・広く一般にご使用いただくため、特許取得は行わない。

15

- ・本プロジェクト内で、基準化案を策定。
- ・本プロジェクトで得られた結果に基づいた考え方について、学会・論文等を通じて広く関係者と議論し、手法の認知拡大する。
- ・併せて、議論により基準化案をブラッシュアップし、将来の規準化検討につなげる。



▲ : 基本原理確認

● : 基本技術確立

◆波及効果

- ・大学・企業で高圧水素ガス環境下での評価設備を有さない機関でも研究開発が行われるやすくなるため、材料開発等が活性化する可能性がある。
- ・多くの機関で研究開発が行われることで、研究分野の人材育成が促進されるとともに、分野に関わる人材が広範囲化し、研究開発が活性化される。
- ・高圧ガス中と溶液中の現象を比較することで、水素脆化に関する理解が深まり、研究開発のレベルが向上する。

「中空試験片高圧水素中材料試験法規格化 のための研究開発」

(中間評価)

(2018年度～2022年度 5年間 (予定))

プロジェクトの概要 (公開)

国立研究開発法人物質・材料研究機構

2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と 解決方針	
(I) 中空SSRT	試験片形状及び試験条件の標準化に関する研究開発	<ul style="list-style-type: none"> 試験条件の最適化を行う (FY2020) ラウンドロビンテストを行う (FY2020) 中空試験の簡素化を図る (参考: FY2022) 	中空試験片について、内面仕上げ条件を確定し、内径/外径寸法の許容範囲、ならびに試験条件を確認	△	ラウンドロビンテストを行う事業者と、テスト時のマニュアルと記録内容について合意し、試験を実施 マニュアルと記録内容の検討は既に開始済
	中実試験片高圧水素中材料試験との相関に関する研究開発	中空と中実試験片間のデータの相関関係を明らかにする (FY2020)	中空と中実間のデータの相関関係を明確化	○	ラウンドロビンテストで得られたデータも評価に加える
	規格化に向けた調査研究	<ul style="list-style-type: none"> 規格案を作成する (FY2020) 簡素化附属書案を作成する (参考: FY2022) 	中空試験片高圧水素中SSRT法の規格案をISOとHPI(予定)に提案	○	

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 達成見込み (中間) / 一部達成 (事後)、× 未達

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目		目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
(II) 中空疲労	試験片形状及び試験条件の標準化に関する研究開発	保持時間や繰り返し速度等の影響評価を行い、中空試験片での疲労試験条件を確定 (FY2022)	中空疲労試験法の試験条件を確認	△	得られたデータも評価に加える
	中実試験片高圧水素中疲労試験との相関に関する研究開発	中空と中実試験片間のデータの相関関係を明らかにする (参考：FY2021)	中空と中実間のデータの相関関係を明確化	△	得られたデータも評価に加える
	規格化に向けた調査研究	規格案を作成する (参考：FY2022)	中空試験片高圧水素中疲労試験法の規格案を作成中	△	中空試験片での疲労試験条件を確定させたものを反映させる

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 達成見込み (中間) / 一部達成 (事後)、× 未達

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

- 中空SSRTについては、今年度ラウンドロビンテストを実施し、その結果をもとに規格案をHPI(予定)に提案する。新型コロナウイルスと再委託契約解除 (予定) の影響で遅れはあるが、ほぼ順調に進行。なお、中空SSRT法は既にISOに提案しているが、制定までに時間を要する。そのため、HPI (予定)への提案ならびに制定に向けた検討・議論の過程で得られる知見は、ISOでの検討過程にも反映させることが可能となるという意味でも意義のあるものとなる。
- 中空疲労試験法については、新型コロナウイルスと再委託解除 (予定) の影響で遅れている。しかし、試験費用の低減及び試験期間の短縮に最も貢献するものと位置づけられるため、その規格化の意義は大きい。協力者とともに重要な試験データの取得、評価、規格案作成について引き続き注力する。

◆各個別テーマの成果と意義

(I) 中空SSRT

① 中空内表面仕上げ状態の異なる中空試験片でSSRTを実施し、中実試験片データと比較した結果、中空内表面は原則として研磨仕上げとすることを確定した(図1および図2参照)。

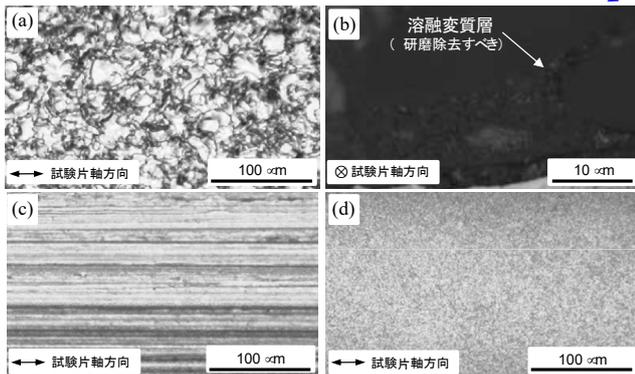
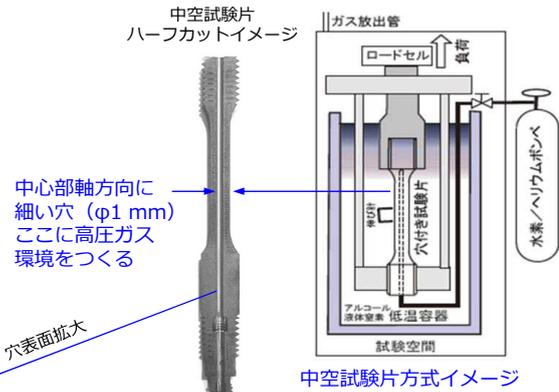


図1 SNCM439の中空内表面様相(a), (b)ワイヤカット (c) 電着ダイヤモンド研磨後 (d) 流動研磨後
ワイヤカット後の表層には熔融変質層が確認され、研磨除去の必要性が確認された。

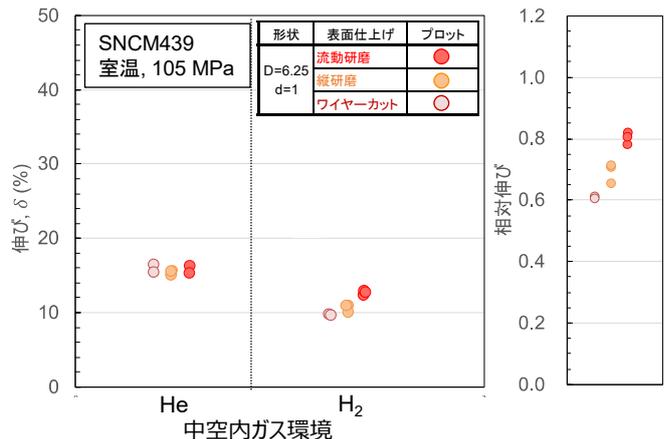


図2 SNCM439のSSRT結果 伸びと相対伸び
水素中では中空内表面の仕上げの影響が確認された。

◆各個別テーマの成果と意義

(I) 中空SSRT

② 内径/外径寸法の異なる中空試験片でSSRTを実施し、中実試験データと比較した結果、中空試験片平行部の外径は原則として4~8mmの範囲、内径は1mm~2mmの範囲とする目処があった(図3参照)。ただし、中空試験片形状の許容範囲は、低温データに基づいた検証も行った上で決定する必要がある。

③ 中空試験片高圧水素中低ひずみ速度引張試験(SSRT)法の原案と解説案を作成。

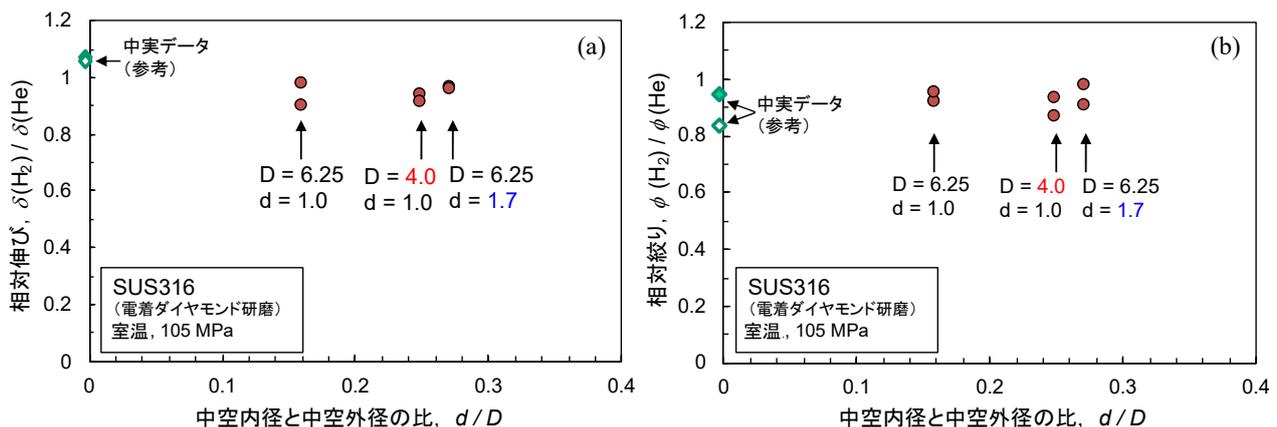


図3 中実試験片データとの比較 (SUS316, 室温) (a) 相対伸び (b) 相対絞り
※中実データは「新たな水素特性判断基準の導入に関する研究開発」で取得されたデータである

◆各個別テーマの成果と意義

(I) 中空SSRT

- ④ 中空/中実引張試験の大変形弾塑性FEM解析を行い、実験結果との対応を確認した。
 - ・中空内表面の静水応力は外表面のそれに比べ、絞り開始後に急激に大きくなるため、中空試験片の方が高圧中の中実試験片より厳しい結果（安全側）になる（図4参照）。
 - ・中空試験片では中実試験片に比べて伸びは小さめに出る（図5参照）
- ⇒ 試験結果と対応確認

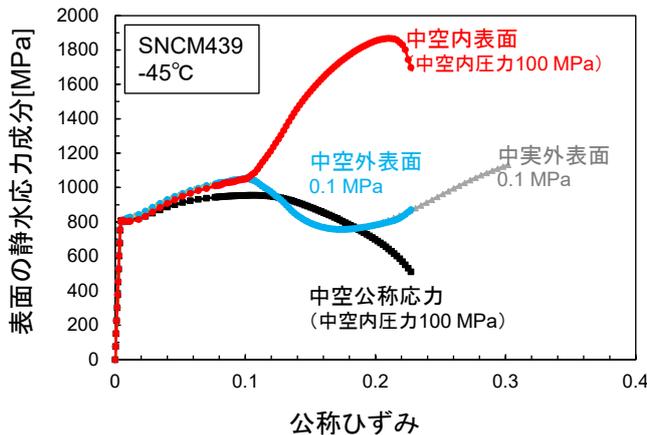


図4 SNCM439の中空/中実試験片表面の静水応力成分の変化
中空内外表面の静水応力差（赤と青のデータの差）は絞り開始から急激に大きくなる。一方で中空、中実試験片の外表面の静水応力分布は同等。

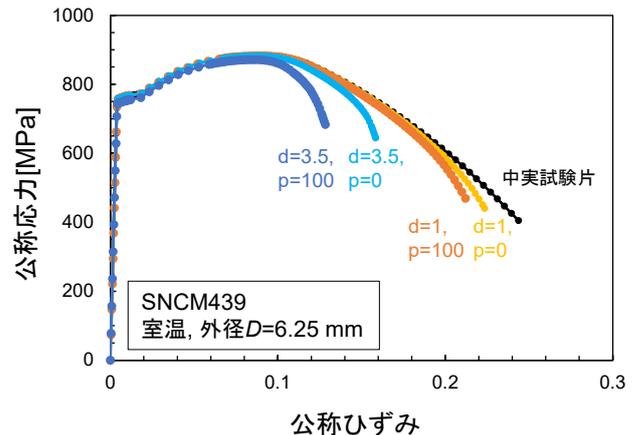


図5 SNCM439の中空/中実試験片表面の公称応力-公称ひずみ線図
中空内径(d)、内圧(p)の影響で引張強さ以降の塑性変形挙動が変化する（ポイド形成、破壊は考慮されていない）。中空試験片では、中実試験片に比べて伸びは小さめに出る。

6

◆各個別テーマの成果と意義

(I) 中空SSRT

- ⑤ 中空SSRTデータをもとにラウンドロビンテストのマニュアル、記録すべきデータを事前検討中。データ取得までに得られた情報は全て規格案に反映できるものとなる。

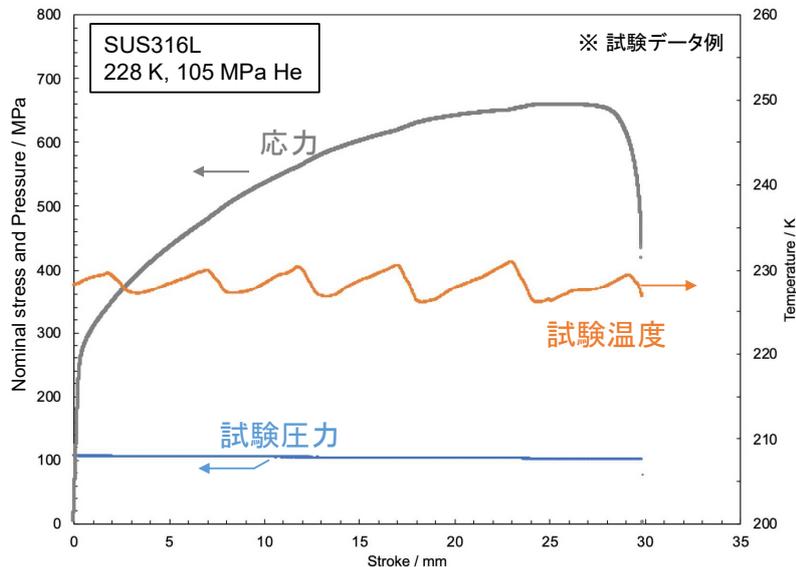


図6 SUS316Lの応力-ストローク線図およびSSRT時の試験温度と試験圧力の変化
規格案において、試験時の温度範囲、圧力範囲などを決定する上で試験時のデータが重要となる。

7

◆ 各個別テーマの成果と意義

(II) 中空疲労

中空試験片内に105 MPaの水素ガスを封入した上で、室温、10 Hzで引張-圧縮疲労試験を実施し、中空試験片による疲労試験への適用可能性を確認した。

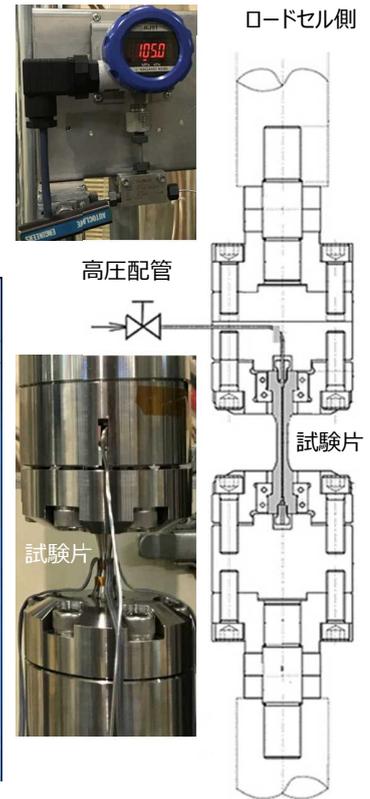
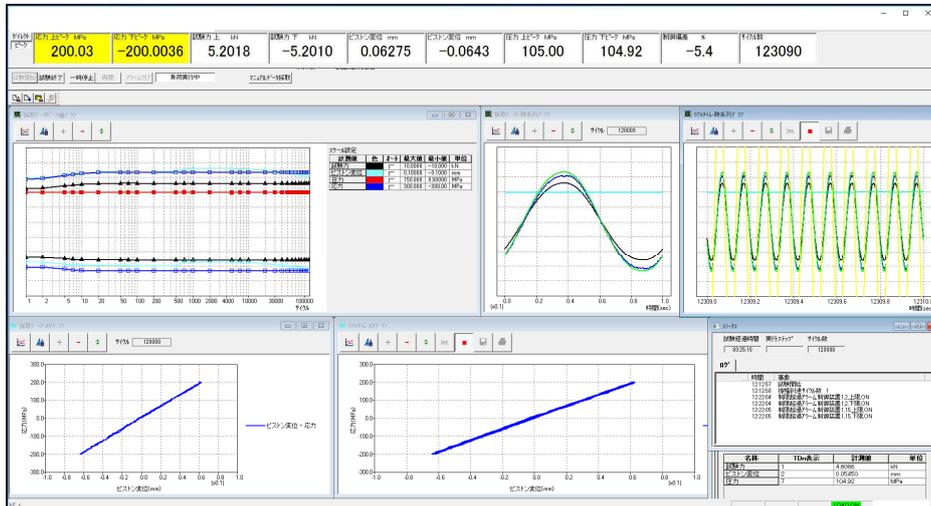


図7 中空疲労試験片を用いて室温、105 MPa、10 Hzで引張-圧縮疲労試験を実施した時のモニター画面(左)と試験片装着時図面および圧力計、試験片外観写真(右)

◆ 各個別テーマの成果と意義

研究開発項目	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
(I) 中空SSRT	試験片形状及び試験条件の標準化に関する研究開発	<ul style="list-style-type: none"> 試験条件の最適化を行う (FY2020) ラウンドロビンテストを行う (FY2020) 中空試験の簡素化を図る (FY2022) 	ラウンドロビンテストは2020年末あるいは翌年早々までに実施見込み
	中実試験片高圧水素中材料試験との相関に関する研究開発	<ul style="list-style-type: none"> 確認済み 	既に実施済み 今後はラウンドロビンテストデータも含めた確認を進める
	規格化に向けた調査研究	<ul style="list-style-type: none"> HPIに提案予定の規格案を作成中 (FY2020) ISOに提案済み (FY2020) 	<ul style="list-style-type: none"> 規格案を作成する (FY2020) 簡素化附属書案を作成する (FY2022)

◆成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標	達成見通し	
(II) 中空疲労	試験片形状及び試験条件の標準化に関する研究開発	・遂行中 但し、コロナ並びに再委託契約解除(予定)の影響で遅れあり	保持時間や繰り返し速度等の影響評価を行い、中空試験片での疲労試験条件を確定 (FY2022)	中空疲労試験の加速化のため試験機を改造中であり、達成の見込み
	中実試験片高圧水素中疲労試験との相関に関する研究開発	・遂行中 但し、コロナ並びに再委託契約解除(予定)の影響で遅れあり	中空と中実試験片間のデータの相関関係を明らかにする (FY2021)	中空疲労試験データ取得の加速に伴い達成の見込み (中実データは有り)
	規格化に向けた調査研究	・規格案を作成中	規格案を作成する (FY2022)	FY2020に基礎的なデータの取得を加速する FY2021にラウンドロビンテストを開始し、データ取得と併せて規格案のブラッシュアップを進める FY2022内にラウンドロビンテストのまとめを規格案に反映させた上でHPI(予定)に提出し、達成の見込み

◆成果の普及

※2020年10月9日現在

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	計
研究発表・講演	6	2	1	-	-	9

○2020年度

- ・ ISO TC164(金属の機械的試験) SC1(単軸引張試験)に中空SSRT法の新規提案(10月)
Metallic materials – Tensile testing – Hollow-type test pieces for severe environment tests and slow-strain rate tensile test (SSRT) method in high-pressure hydrogen environment

○2019年度

- ・ ASME PVP2019, "Influence of Roughness of Inner Surface of Simple Mechanical Testing Method to Evaluate Influence of High Pressure Hydrogen Gas", 口頭発表, 緒形・小野 (7月)
- ・ 日本鉄鋼協会秋季講演大会, 中空試験片による高圧水素環境下材料特性評価法の規格化, 口頭発表, 緒形・小野・西川 (9月)

○2018年度

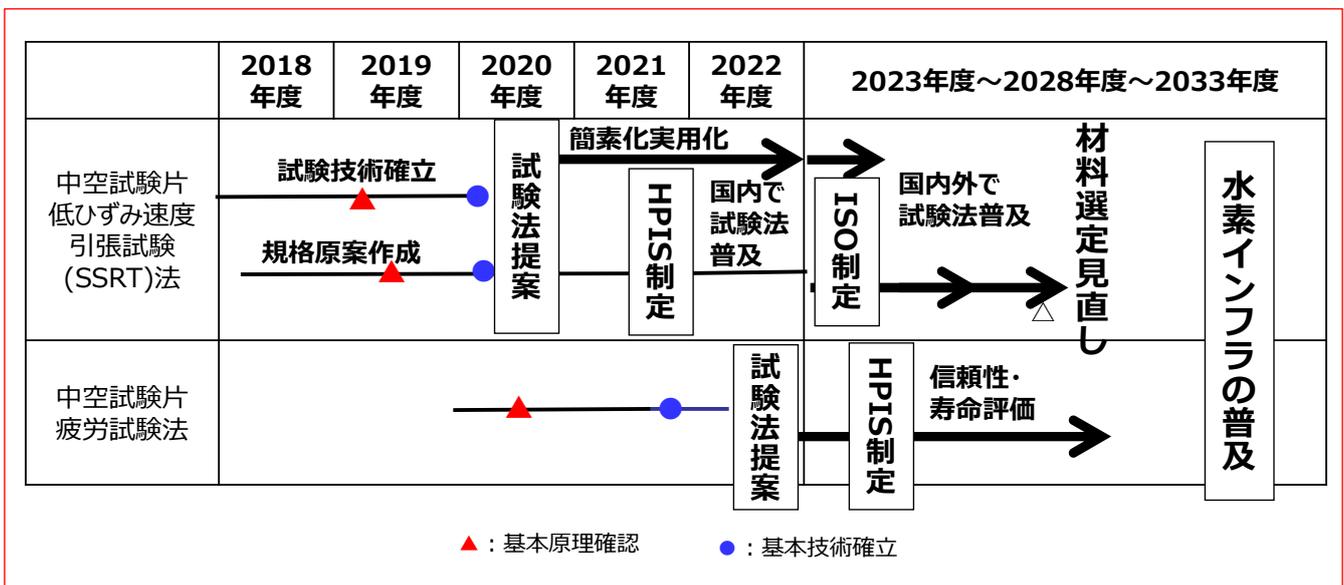
- ・ ASME PVP2018, "Simple Mechanical Testing method to Evaluate Influence of High Pressure Hydrogen Gas", 口頭発表, 緒形 (7月)
- ・ ASME PVP2018, "Influence of 70 MPa Hydrogen Gas on SUS 630 from 77 K to 373 K by Simple Testing Method", 口頭発表, 緒形 (7月)
- ・ 水素利用技術集成Vol.5, 高圧水素ガス環境中の簡便な材料評価技術, 誌上発表, 緒形 (12月)

◆ 知的財産権の確保に向けた取組

- 中空試験片法の標準化に対して、特許取得は障害となるおそれがあるため行わない
- 日本高圧力技術協会基準(HPIS) とISOとに、確立した試験技術の規格案を提案する

◆ 本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

本プロジェクトにおける実用化は、中空SSRT法、中空疲労試験法の規格化と考える。



◆波及効果（技術的・経済的・社会的効果）

ISO TC164(金属の機械的試験) SC1(単軸引張試験)に
中空SSRTを新規提案

提出した提案様式Form 4とドラフト案の表紙の一部

 International Organization for Standardization Organisation internationale de normalisation Международная организация по стандартизации		© ISO #### - All rights reserved	ISO 6892-#:####(X) ISO TC 164/SC 1/WG # Secretariat: XXXX
FORM 4: NEW WORK ITEM PROPOSAL (NP)			
Circulation date Click here to enter a date.	Reference number: Enter Number (to be given by ISO Central Secretariat)	Metallic materials — Tensile testing — Part #: Hollow test pieces for internal pressurized tests and slow-strain rate tensile test (SSRT) method in high-pressure hydrogen environment	
Closing date for voting Click here to enter a date.	ISO/TC 164 /SC 1 <input type="checkbox"/> Proposal for a new PC N Click here to enter text.		
Proposer <input checked="" type="checkbox"/> ISO member body: JISC <input type="checkbox"/> Committee, liaison or other*: Click here to enter text.	WD/CD/DIS/FDIS stage		
Secretariat AFNOR			

「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／
水素ステーションの規格化・標準化、モジュール化等に関する
研究開発」

(2018年度～2020年度 3年間)

一般社団法人 水素供給利用技術協会

ENEOS株式会社

2020年12月17日

1/26

3. 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

開発項目	最終目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①標準化ガイドライン案の検討	標準化ガイドライン案の完成	標準化項目を抽出し、設備間取り合いの11項目について標準化ガイドライン案に取りまとめた。	○	標準化ガイドライン案の完成
② 水素ステーション(ST)の能力分類化	適正な充填能力により「能力分類」を制定、ガイドライン案への反映	商用水素STの実需要データやシミュレーション結果に基づき、充填能力を指標とする水素ST分類を設定し、標準化ガイドライン案に取りまとめた。	○	標準化ガイドライン案の完成
③標準化対応次世代パッケージシステムの実証検討	次世代パッケージシステム実証の検討を行い、必要に応じ実証を行って、低コスト化効果と信頼性・耐久性等の技術を検討する	次世代パッケージシステムを実現するための技術課題の整理と実証項目を取り纏め。検討の結果、パッケージ水素STは建設せず、机上で検討可能であるとの結論を得た。	○	机上検討結果の取り纏め

◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

2/26

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

＜プロジェクトとしての達成状況＞

2020年2月までにプロジェクトすべての目標について達成可能

＜成果の意義＞

本研究で策定する標準化ガイドライン案に基づき、水素供給利用技術協会にて業界統一規格（標準化ガイドライン）を制定する。国内の水素ST事業者は当該ガイドライン及び技術的成果を用い、業界統一仕様に対応した低コストな水素STの整備を開始する。

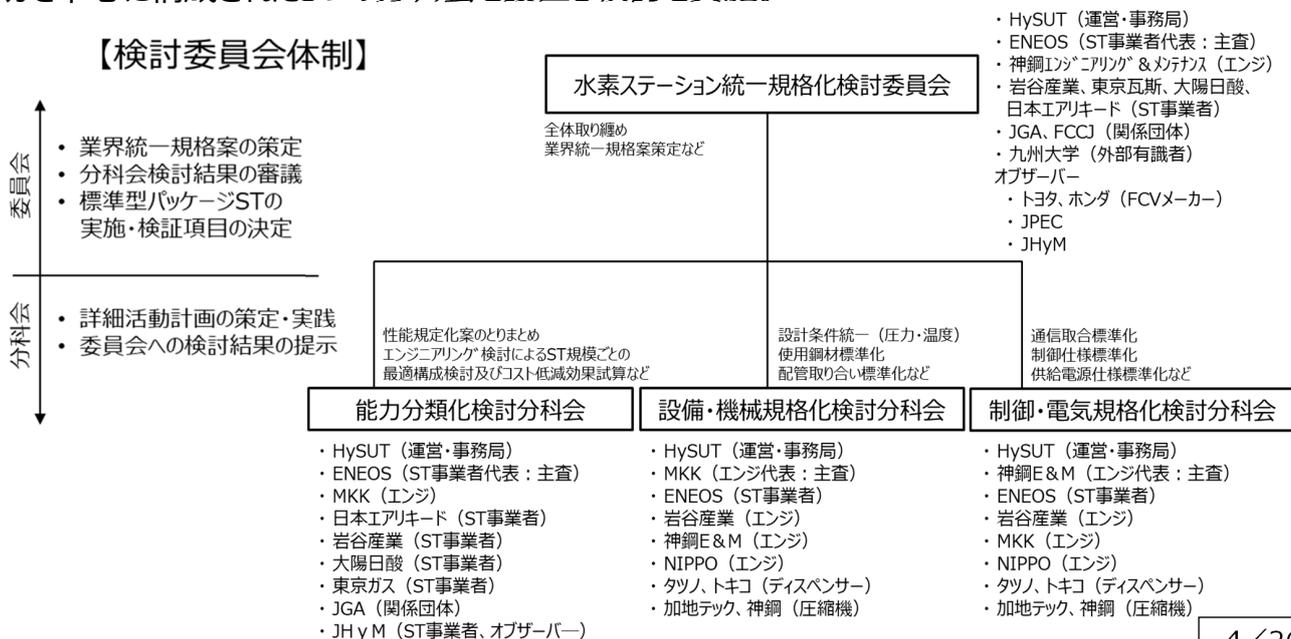
本研究で新たに充填能力に応じた水素ST分類を規定することにより水素STの建設費の低減がはかられ、かつ、効率的な水素ST整備を可能とし、2020年代後半までの水素ST事業の自立化に貢献できる。

◆各個別テーマの成果と意義

＜研究開発体制＞

水素ST運営事業者、コントラクター（エンジニアリング会社）および水素事業関連の業界団体（FCCJ、JGA）や大学などの外部有識者にて構成された委員会の下にエンジニアリング会社やメーカーを中心に構成された3つの分科会を設置し検討を実施。

【検討委員会体制】



① 標準化ガイドライン案の検討

【目的】

水素STの構成設備・機器設計、制御・電気設計を標準化するとともに、業界全体で統一可能な標準化ガイドライン案を策定する。

【主要活動内容】

0) FS調査結果に基づく標準化項目の検討、実態調査と標準化の検討

平成29年度のFS調査結果※の内容を踏まえ、標準化項目を抽出。また、水素STの実態調査を行い、ニーズにあった標準化事項について項目追加・検討を実施。

※ 平成29年度「燃料電池自動車の普及促進に向けた水素ST整備事業補助金に係る基礎調査（水素STにおける設備・機器設計の標準化・モジュール化と統一規格化のコスト低減効果に関するフィージビリティ調査（FS調査）」

1) 標準化ガイドライン案の策定

標準化項目において標準化ガイドライン案を検討。

2) 標準化案項目によるコスト低減効果の確認

標準化、規制緩和による水素STのコスト低減効果を確認。

①-1) 標準化ガイドライン案の策定

平成29年度の実態調査結果に基づき、インフラ事業者、メーカーそれぞれの視点で標準化検討に向けた方向性を協議し、標準化ガイドライン案を取りまとめた。以下に要旨を示す。

表1. 設備設計項目に関わる標準化ガイドライン案（要旨抜粋）

項目	必須要件	望ましい要件
設計圧力	圧縮機出口以降で常用圧力が82MPaとなる箇所は、圧縮機の設計圧力以上かつ94MPa以上	個社が設計圧力を統一化せず、配管肉厚の削減を進めていく場合のコスト低減効果よりも標準化によるコスト低減効果が大きいと認められた場合、設計圧力を99MPaとするなど1点を標準とすることが望ましい。
設計温度	圧縮機出口以降で常用圧力が82MPaとなる箇所は、圧縮機の設計温度以上かつ50℃以上	—
常用圧力	82MPa以下（一般高圧ガス保安規則第7条の3で規定）	水素保有量増加や蓄圧器の本数削減の可能性がある為、ディスベンサー内熱交換器前流までは、82MPaを超える常用圧力への引き上げが望ましい。
最高充填圧力	82MPa以下（一般高圧ガス保安規則第7条の3で規定）	現状でSOC98%を満足した充填ができており、当該箇所の圧力の引き上げはトラブル増加の要因になりかねないため、最高充填圧力の引き上げは、常用圧力の引き上げと切り分けて検討することが望ましい。
充填プロトコル	圧縮水素充填技術基準（圧縮水素スタンド関係）JPEC-S0003に従う（一般高圧ガス保安規則の例示基準で規定）	設備・運営コスト低減や機器のトラブル低減に寄与できる、現行水素STの充填時間と同等で水素温度緩和可能な充填制御の導入が望ましい。
使用鋼材	定められた鋼材を使用（一般高圧ガス保安規則の例示基準で規定）	安価且つ加工が容易な汎用材や設計係数が抑えられる材料を導入することが望ましい。
配管取合形状	圧縮機出口以降で常用圧力が82MPaとなる箇所のモジュールと配管の取合いはコーン&スレッドとする。	—
配管取合口径	圧縮機出口以降で常用圧力が82MPaとなる箇所のモジュールと配管の取合いの口径は14.29 mm（9/16インチ）とする。	—

3. 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

①-1) 標準化ガイドライン案の策定

表2. 制御電気、その他項目に関わる標準化ガイドライン案 (要旨抜粋)

項目C	必須要件	望ましい要件
制御盤	制御盤数は可能な限り削減する。	充填制御機能 (充填制御板) はディスペンサー内に収納し、その他制御機能は統合制御盤として一体化することが望ましい。
制御信号	統合制御盤と各主要機器および水素供給設備等間の取り合い制御を設計する。なお、どのような制御盤構成をとったとしても、各モジュールとの信号は表 (5. 3 (2) 制御信号) の項目を共通で保有するものとする。	—
ディスペンサー配管取り出し位置	ディスペンサーに接続する配管 (水素配管、冷媒配管、放散配管) は、ディスペンサー下部から接続するものとする。	—

表3. 将来的に望ましい水素STの標準化項目

項目	必須要件	望ましい要件
主要設備のパッケージ化	—	建設コスト低減 (機器費・現地工事費) 及び敷地面積削減の観点から、水素STの主要構成設備をパッケージ化することが望ましい。
複数車両への充填制御	—	複数車両への充填を行う場合は、同時充填可能な制御を保有することが望ましい。
車両通信システム構成	—	車両からの受信信号を直接ディスペンサーに取り込むことが望ましい。
ディスペンサー表示	商用水素STのディスペンサー表示器表示内容は車両に供給される水素ガス充填量 (kg) を表示するものとする。	顧客利便性の観点から金額についても表示することが望ましい。
遠隔監視	将来的に遠隔監視型セルフスタンド検討会等で検討される業界自主ガイドライン案等に従い、遠隔監視システムを構築する必要がある。	—

7/26

3. 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

①-2) 標準化項目によるコスト低減効果の確認

本事業で検討した標準化ガイドライン案を基に標準化と規制緩和によるコスト低減効果を試算した。

導入初期のST (2014年度) と現行ST (2019年度) の建設費※との比較を以下に示す。

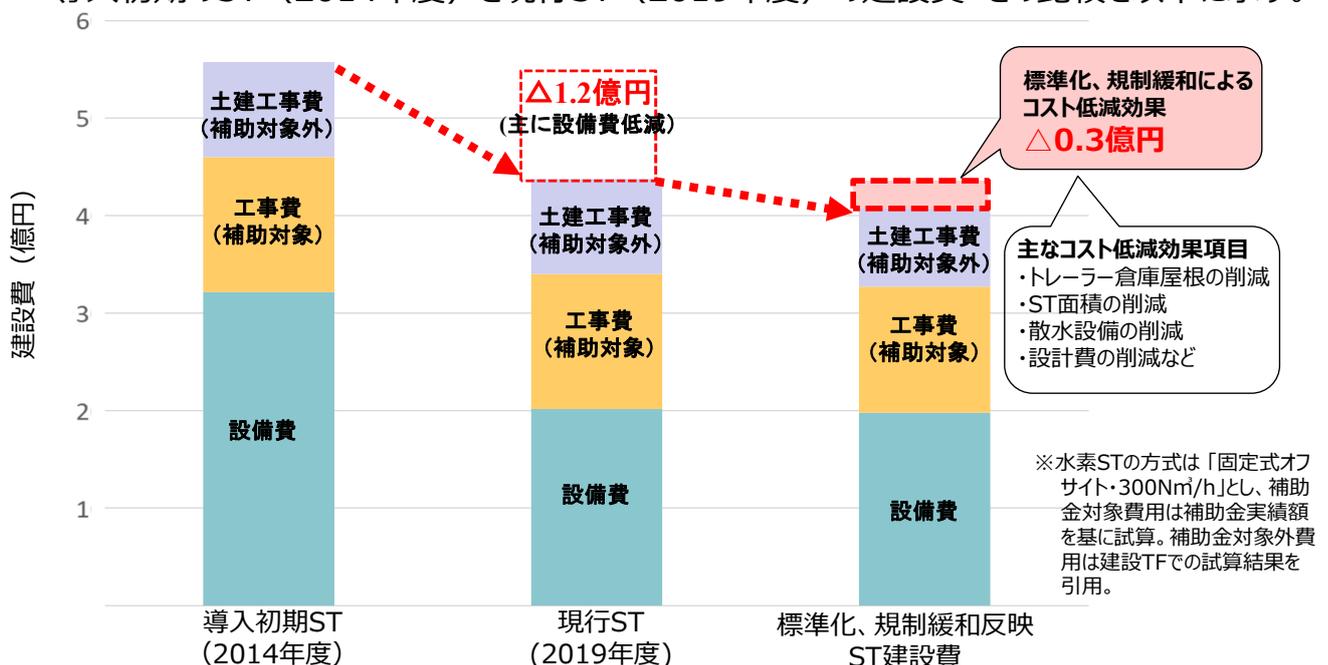


図1. 水素STにおける標準化と規制緩和によるコスト低減効果の試算結果

8/26

② 水素STの能力分類化

【目的】

商用水素STの運用実績データ等に基づき適正規模となる充填能力分類を定め、充填能力を指標とする新たな水素ST分類を提案する。

【主要活動内容】

1) 水素ST運用実態調査

HySUT及び各インフラ事業者の保有する運用実績データを基に運用実態を調査。

2) 水素ST分類策定

運用実態調査結果及び今後の需要見通し並びに事業者ニーズを踏まえた水素ST分類を検討。

3) 各分類での水素STコストの試算

各分類の水素ST標準構成を検討、コスト試算を実施し、新たな水素ST分類によるコストメリットを確認。

9/26

②-1) 水素ST運用実態調査

(1) 運用実態

HySUT及び各インフラ事業者の保有する運用実績データを基に現行の運用実態について調査し、表1の結果を得た。

表4. 商用水素ST実需要調査結果 (2017年度)

区分	項目		単位	実績値
水素ST	営業日数		日/年	237
	営業時間		時間/日	7.8
	1台当たり充填量	平均	Kg/台	2.9
	1か月当たり充填台数	平均	台/月	48.1
	1日当たり充填台数	平均	台/日	2.9
	1時間当たり充填台数	平均	台/時間	0.4

※営業日数、時間は定置式STの57箇所、1台当たり平均充填量は82MPa対応STの76箇所を対象

3. 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(2) 時間帯別充填台数

2017年度新規需要創出報告書より、時間帯ごとの充填台数を解析した。※

※年間充填回数が1000回以上かつ四大都市圏で運営されているSTを対象

現状の水素STの時間帯別販売割合は、以下の事由から日中のピークが高くなっていると想定。

- 現状の水素STは営業時間が短い。
- 現時点ではFCVは社用車が多い。

⇒ FCV本格普及時、水素ST営業時間や保有層の拡大により来車分布は現行よりブロードになると想定。

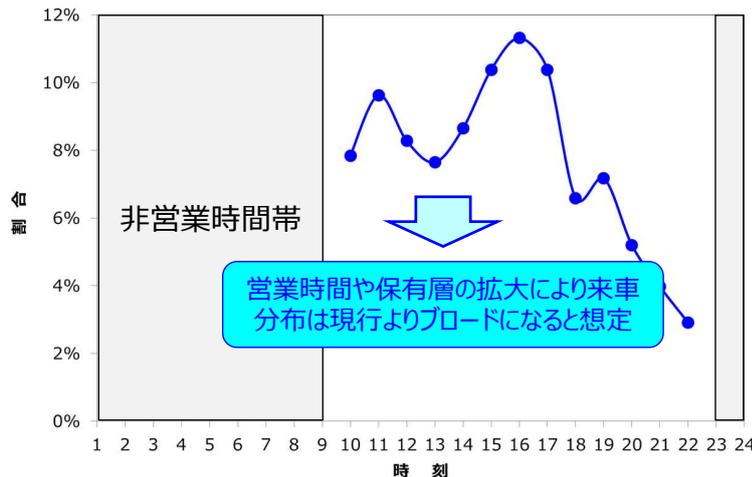


図2. 水素STの時間帯別販売割合

3. 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

(3) 将来需要想定

水素ST充填実績、事業者等からのヒアリング、ロードマップの将来予測等から各種データを算出した。

表5. 将来需要想定、各種データ

区分	項目	単位	2020年	2025年	2030年
水素ST	水素ST数	基	160	320	900
	営業日数	日/年	250~300	350	
	営業時間	時間/日	8~12	14~24	
FCV	1台当り平均充填量	Kg/台		2.9	
	普及台数	台	40,000	200,000	800,000
	1ST当りのFCV台数	台/ST	250	625	889
	1ST当りの日間充填回数	回/日	30	53	75
	1時間当たり最大充填台数	台/h	4.5	5.2	7.3

- ✓ 1台当りの平均充填量は**約3kg/台**で推移すると想定
- ✓ 2030年度での1時間当り最大充填台数は**約8台**と推定される
 - 1回の充填にかかる時間（入場から出場まで）は概ね10分程度
 - ∴ 1ディスペンサー（ノズル）で充填できる台数は最大5~6台/h程度

⇒ 2025~2030年には**2系統で充填できる設備が必要**

- ✓ 2030年度での1時間当り最大充填量は 8台/h × 3kg/台 ≒ 24kg/h < 30kg/h (≒ 340Nm³/h)

⇒ **圧縮機は既存の主流である340Nm³/h 1台でも2030年対応可能**

3. 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

②- 2) 水素ST分類策定

現行水素STの運用実態と将来想定に基づき、充填能力を指標とする「能力分類」を設定。

【前提条件】

表6. 前提条件

項目	実績	規格検討値
1台当りの平均充填量	2.9kg/台	3kg/台
1レーンあたりの充填可能台数	5~6台/時間・レーン	5台/時間・レーン

【水素ST分類：当初設定】

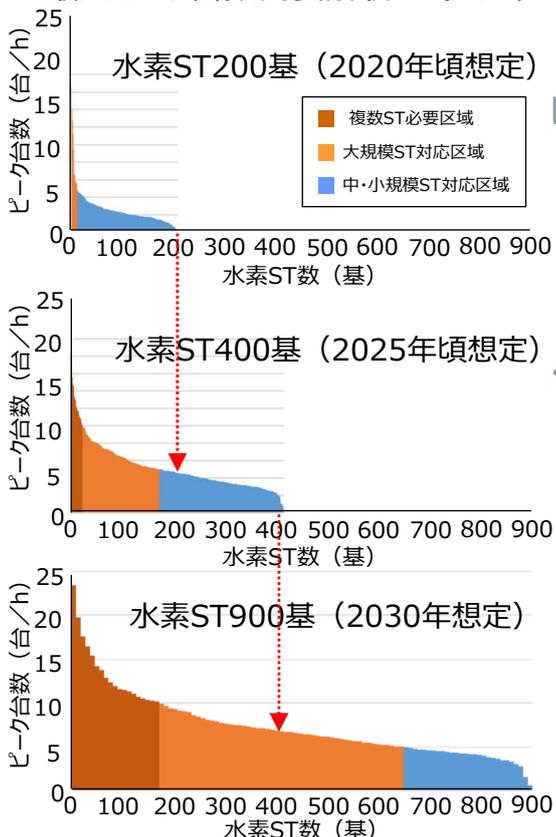
表7. 水素ST分類

水素ST分類	充填能力要件	レーン数
1 大規模ST	3kg/台×10台/時間以上	2
2 中規模ST	3kg/台×5台/時間以上	1
3 小規模ST	3kg/台×5台/時間未満	1

大規模ST (2レーン) と中・小規模ST (1レーン) の将来需要について解析

3. 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

✓ 最大ピーク台数需要解析※ (大・中・小規模ST需要の推移想定)



※九州大学「水素供給設備整備事業に係る基礎調査」を基に検討
2020~2025年は経産省ロードマップと水素ST数・FCV台数は若干異なる

〔水素ST200基・5万台@2020年頃想定〕

- 95% (189基) は中・小規模STで対応が可能。

〔水素ST400基・FCV25万台@2025年頃想定〕

- 59% (234基) は中・小規模STで対応が可能。
- 大規模ST対応が必要な水素ST数は166基 (41%) 。
⇒ 2020年頃までに整備した水素STも、**大規模ST (2レーン) に拡張や近隣地区でSTの複数設置が必要**となる。

〔水素ST900基・FCV80万台@2030年想定〕

- 28% (252基) が中・小規模STで対応が可能。
- 大規模ST対応が必要な水素ST数は648基 (72%) 。
⇒ 2025年頃までに整備した水素STも、**水素STの拡張や近隣地区でSTの複数設置が必要**となる。

⇒ **ST建設時には、将来需要を見込み、拡張性や大規模化を考慮する必要あり**

図3. ピーク需要解析

【実態調査・将来想定まとめ】

- 平均充填量は**3kg/回**
- 2030年の1 STあたりの充填回数は**75回/日**
- 2030年の1 時間あたりの最大充填回数は**8回/h**
- 2025年以降、多くのSTにおいて**ディスペンサー（ノズル）は2基（2レーン）**が必要
- 圧縮機は340Nm³/h タイプであれば**1台でも2030年の需要に対応可能**
- 建設時点で中・小規模（1レーン）程度の需要でも将来**大規模（2レーン）に拡張**が必要



➤ 本検討を行った分科会メンバー（インフラ事業者及びJHyM）の総意として、**中規模水素STの拡張必要性を確認。中規模ST（拡張性あり）を新規設定。**

表8. 充填性能を指標とした新たな水素ST分類

新たな水素ST分類		充填能力要件	レーン数
1	大規模ST	3kg/台×10台/時間程度	2
2.1	中規模ST	大規模STへの拡張性あり	1
2.2		大規模STへの拡張性なし	
3	小規模ST	3kg/台×5台/時間未満	1

15/26

②-3) 各分類での水素STコストの試算

新たに設定した充填能力を指標とする新たな水素ST分類ごとに水素ST構成例を設定し、各分類（大・中規模ST）における建設費を試算した。

以下に水素ST構成例〔中規模ST：拡張性あり〕を示す。

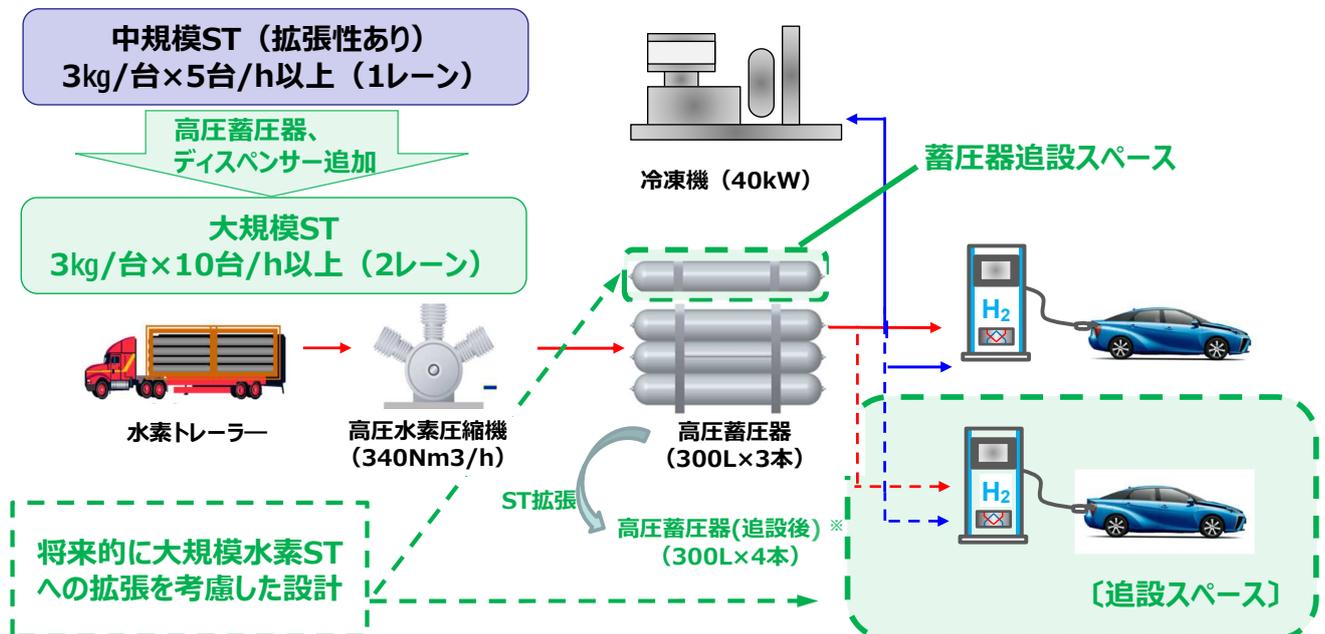


図4. 中規模ST（拡張性あり）の機器構成概要

※ 他事業における蓄圧器本数削減に係る成果を反映

【各分類（充填可能台数：10台/h以上）におけるコスト比較※】

※ 本事業で検討した標準化項目によるコスト低減効果含む

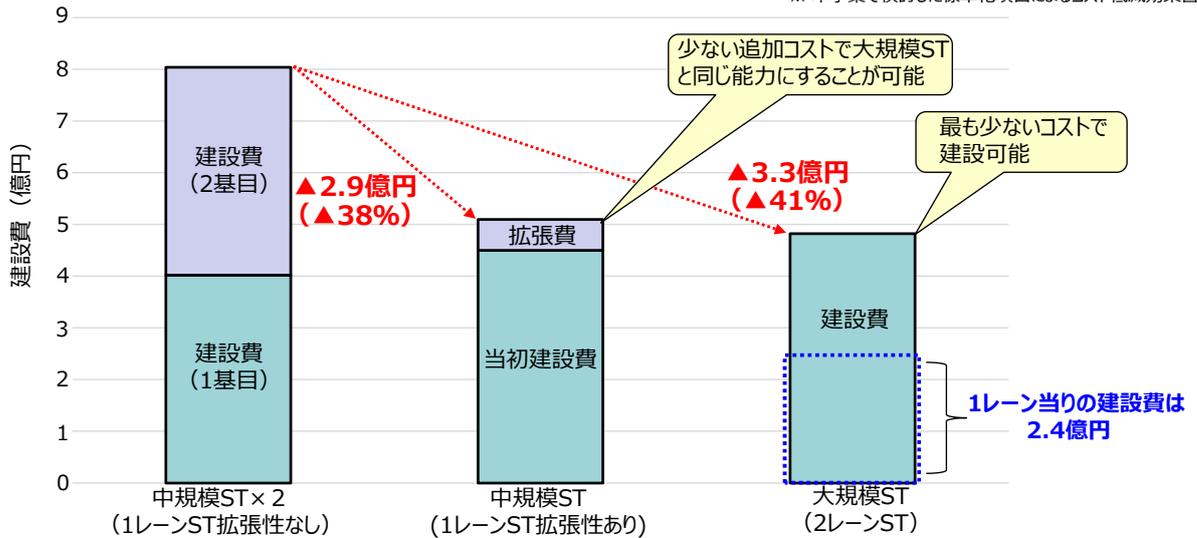


図5. 各分類（充填可能台数：10台/h以上）におけるコスト比較

- 現時点（近い将来）で2レーンの需要がある地域では、大規模ST（2レーン）が最適。
- 中長期的に2レーンの需要が見込める地域では、FCV普及台数に応じて容易に**大規模STへの拡張（2レーン化）が可能**な中規模ST（拡張性あり）で建設することが、**経済的に優位**（初期投資、メンテ費低減等）である。
- 大規模ST（2レーン）の**1レーン当り（現行と同等能力）の建設費は2.4億円**

【新たな水素ST分類によるコスト低減効果の試算】

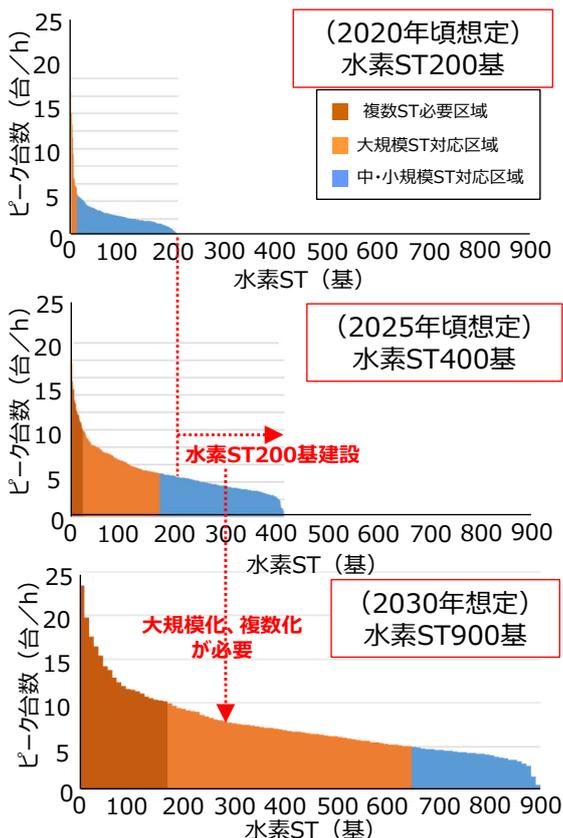


図6. ピーク需要解析

最大ピーク台数需要解析より、2030年には、水素STの7割以上が大規模ST（2レーン）もしくはSTの複数化が必要となる。

2025年頃までの建設ケース
(200基相当)

現時点から2025年頃までに整備する水素ST200基を以下のケースで建設した場合のコスト低減効果を試算。

- ケース①：中規模ST（拡張性なし）×200か所
- ケース②：中規模ST（拡張性あり）×200か所
- ケース③：大規模ST × 100か所（200基相当）

2030年までの建設費比較
(200か所相当追加)

- ケース①で2025年頃までに200か所建設し、さらに2030年までに、追加で200か所建設する費用に対し、ケース②で建設したST（200か所）を2030年までに拡張した場合の建設費総計との比較では**約580億円**の低減効果が見込まれる。
- また、ケース③で2025年頃までに100か所建設し、さらに2030年までに追加で100か所建設した場合の比較では**約660億円**の低減効果が見込まれる。

③ 標準化対応次世代パッケージシステムの実証検討

【目的】

水素STの標準化対応次世代パッケージシステム実証の検討を行い、必要に応じ実証を行って、低コスト化効果と信頼性・耐久性等の技術を検討する。

【主要活動内容】

1) パッケージシステム実証課題の整理

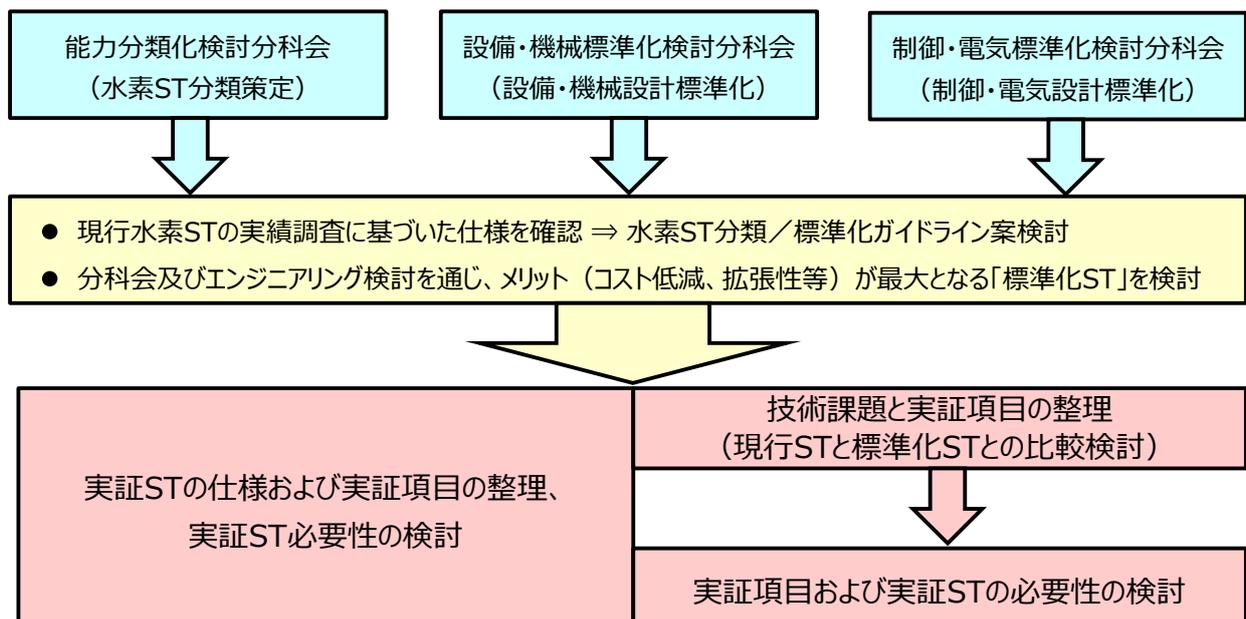
標準化対応次世代パッケージシステムでの課題を抽出し、実証項目を整理。

2) パッケージシステム実証の必要性の検討

標準化対応次世代パッケージシステムでの実証の必要性を検討。

③-1) パッケージシステム実証課題の整理

【実証の必要性に係る検討フロー】



3. 研究開発成果について (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

③-2) パッケージシステム実証の必要性の検討

- 標準化対応次世代パッケージシステムでの実証項目を整理検討。**机上検討により、ST標準仕様（実績ベース）を策定することとし、本事業での標準化対応次世代パッケージシステムの建設・実証評価は実施しないこととした。**
- 検討した**検証設備（リサイクルライン）を既存水素技術センターに適用し利便性向上をはかり、他事業との連携で有効利用する。**

表9. パッケージST実証項目および検討結果・対応方針

No.	実証項目	検討結果・対応方針
①	標準化項目仕様の実証	<ul style="list-style-type: none"> 実績に基づく標準仕様化のため基本的に実証不要
①	低コスト/小型化標準パッケージ + 屋外設置型一体統合制御盤	<ul style="list-style-type: none"> 標準パッケージ及び一体統合制御盤の概念設計 ⇒ コスト低減効果を試算し、エンジニアリング検討に活用
②	オン・オフサイト共通で活用可能 + 充填能力が容易に拡張可能	<ul style="list-style-type: none"> オン・オフサイト共通/拡張可能な標準パッケージ検討 ⇒ 拡張工事のコスト試算 = 中規模ST（拡張性あり）の優位性の確認
③	標準遠隔監視・故障発報システム + 制御信号の無線通信化	<ul style="list-style-type: none"> 第7条の4（遠隔監視型水素ST）の検討内容に基づき制御・電気分科会で継続検討
④	標準化パッケージの安全性、信頼性等の技術検証	<ul style="list-style-type: none"> 実績に基づく標準仕様化のため基本的に実証不要 パッケージ内の個別技術検証は個社での対応が必要
⑤	標準化パッケージの消耗品類の耐久性検証等による信頼性向上	<ul style="list-style-type: none"> リサイクルラインを採用した検証設備の仕様検討 ⇒ 検討結果を他事業へ移管し、既存の水素技術センターにリサイクルラインを追設し、他事業と連携し有効活用
⑥	検証設備（リサイクルライン）追設	

21/26

3. 研究開発成果について (3) 成果の普及

○成果の普及

	2018	2019	2020	計
論文（査読付き）	0	0	-	
研究発表・講演	1	4	-	5件
受賞実績	0	0	-	
新聞・雑誌等への掲載	0	0	-	
展示会への出展	0	0	-	

※2020年10月1日現在

3. 研究開発成果について (3) 成果の普及

○成果の普及

No.	年月	発表先	題目	発表者
1	2019年6月3日	WHTC2019 NEDO Session (東京国際フォーラム)	Status on Activities of Hydrogen Infrastructure in Japan	池田 哲史 (HySUT)
2	2019年6月13日	FCCJ インフラサブワーキング	水素STの規格化・標準化、モジュール化等に関する研究開発	中西 功 (HySUT)
3	2019年9月10日	福岡県主催 技術者育成セミナー	水素STの構成と規制	池田 哲史 (HySUT)
4	2020年2月17日	FCCJ/燃料電池・水素に係る規制見直し・標準化等動向説明会	水素STの能力分類化・標準化	中西 功 (HySUT)
5	2020年2月17日	International Transport Forum Expert Workshop	Efforts toward the Realization of Hydrogen-utilized Society in Japan	前原 和巳 (ENEOSエネルギー(株))

※2020年10月1日現在

24/26

4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

本プロジェクトで策定する標準化ガイドライン案に基づき、水素供給利用技術協会にて2020年度までに業界統一規格（HySUTガイドライン）を制定する。国内の水素ST事業者は当該ガイドライン及び技術的成果を用い、業界統一仕様に対応した低コストな水素STの整備を開始する。

本研究で新たに充填能力に応じた水素ST分類を規定することにより水素STの建設費の低減がはかられ、かつ、効率的な水素ST整備を可能とし、2020年代後半までの水素ST事業の自立化に貢献できる。

また、策定したガイドラインのうち、海外との協調が可能な部分については、ISO等において国際標準化を目指すことで、日本のメーカーの国際展開にも貢献することが可能となる。

25/26

4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組み

	2018	2019	2020	2021 ~
水素STの標準化ガイドライン案の作成		能力分類化検討	標準化検討	ガイドライン案の策定
実用化・事業化の取組み（事業外での取組み）				ガイドラインの国際標準化検討 ★ 標準化ガイドラインの制定（統一規格） ガイドラインに基づいた低コストSTの普及 ガイドラインの改定（業界活動）

「水素ステーション用タイプ2蓄圧器の供用中検査 手法の研究開発」 (中間評価) (2018年度～2022年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

JFEスチール(株)

JFEコンテナ(株)

千代田化工建設(株)

2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況1/2

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
定期自主検査へのAE法導入シナリオの構築	・定期自主検査へのAE法導入障壁への対応策	日本非破壊検査協会での規格委員会の設置準備中	△	委員の選定中。 各有識者との面談
鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出	・疲労き裂進展に及ぼす水素劣化の影響が、AE法によっても確認される。 ・AE法の定期自主検査への導入、保安検査基準策定に資するデータの取得。	・蓄圧器使用応力場ではAEが検出されず、疲労限近傍の応力場で損傷が発生すればAEは検知。 ・大気中および連続陰極水素チャージ中でAEの有効性が確認。	○	N増し試験を継続
鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出	・AE法の定期自主検査への導入、保安検査基準策定に資するデータの取得。	・蓄圧器使用応力場ではAEが検出されず、疲労限近傍の応力場で損傷が発生すればAEは検知。 ・き裂進展時に、発生位置が特定。	△	Type2小型容器での疲労試験が未完了。 現在実験中。
実機タイプ2蓄圧器による高圧水素サイクル条件下でAE法の構築	・外部環境（振動等）、実操業条件下での昇圧・減圧条件下でのAE監視の妥当性が確認される。 ・保安検査へのAE法導入障壁への対応策の構築	・加圧時と減圧時で異なる発生数となるノイズ源が存在するなど実環境でのAEノイズの状況を把握した。	△	環境ノイズ対策。 実環境におけるAEノイズの原因と除去方法を探求。 (2021年2月から実HRSにてデータ取得予定)

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

●本研究は、非破壊検査技術のひとつであるアコースティックエミッション法（AE法）を適用して、非破壊・非開放で供用中のタイプ2蓄圧器の有害な欠陥の有無を評価する事を目標としている。

(1) 定期自主検査へのAE法導入シナリオの構築：

・容器開放検査のタイミングとしてAE法を適用できる指針を提案。

(2) 鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出：

・蓄圧器使用応力場ではAEが検出されず、疲労限近傍の応力場で損傷が発生すればAEは検知。

・大気中および水素陰極チャージ中でAEの有効性が確認。

(3) 鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出：

・蓄圧器使用応力場ではAEが検出されない⇒損傷がない容器ではAEが発生しないことを明確化。

・き裂進展時に、その容器のき裂は発生位置を特定可能であることを立証。

(4) 実機タイプ2蓄圧器による高圧水素サイクル条件下でAE法の構築：

・水素技術センタにて実機AE計測を実施し、実環境でのAEノイズの状況を把握した。実環境におけるAEノイズの原因と除去方法を探求。

●順調に課題を達成し、AE法の規格化に資する知見が収集されている。

●AE法と渦流探傷などの併用により、使用寿命の延長と、定期自主検査指針などの供用中検査基準にAE法が導入される事により、運営コスト削減を可能とし、市場の拡大につながる。先行するフェーズドアレイ法と比較して、供用中検査の作業負荷が少ない事は優位性がある。

2

◆各個別テーマの成果と意義

(1)定期自主検査へのAE法導入シナリオの構築：

高圧ガス製造施設の保安の維持・向上には事業者における自主検査の充実が不可欠であり、高圧ガス保安法ではその詳細が規定されていない定期自主検査の方法について、事業者の参考のために高圧ガス保安協会は**定期自主検査指針(圧縮水素スタンド) KHK/JPEC S 1850-9**を制定した。

定期自主検査指針では、保安検査基準(KHK/JPEC S 0850-9)に定めた事項の他、肉厚測定以外の非破壊検査について、**先進的な検査技術の検討等を行い、検査方法を採択するよう努める**ことの明記などを追加しており、本AE法による供用中検査手法は先進的な検査技術に該当する事は確認済。

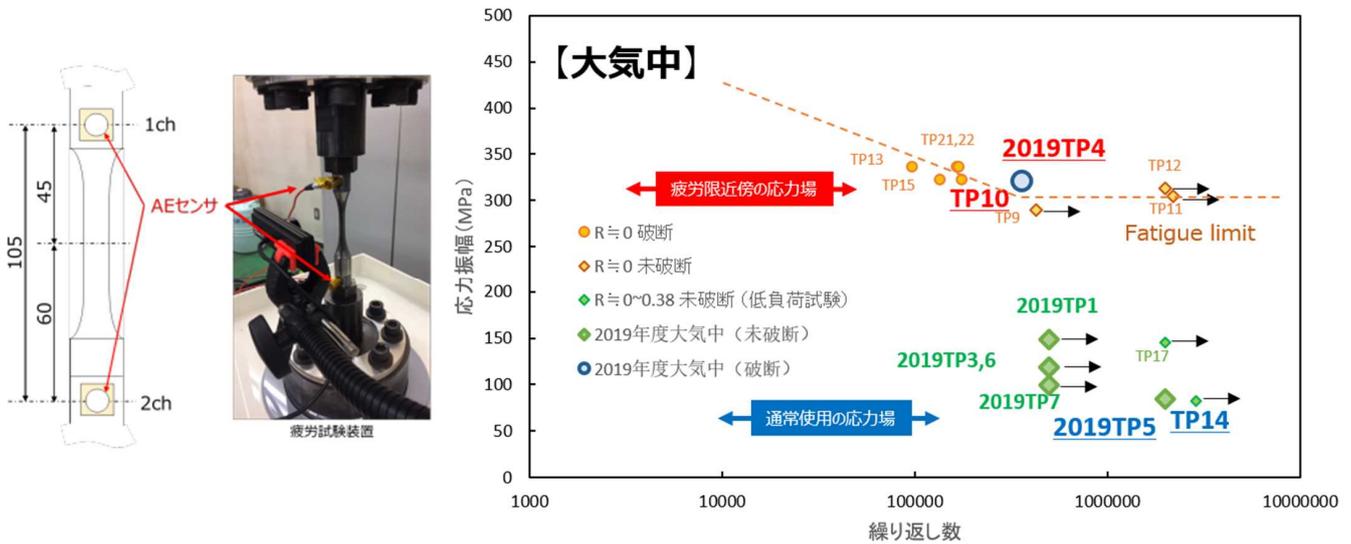
「基準化への取組」においては、2018年度から2020年度までの研究成果を纏めたデータ/資料に基づいて規格原案を作成し、有識者による検討委員会の設置/運営を日本非破壊検査協会(JSNDI)に委託する。

当該委員会を通じた本研究開発成果のAE法に関する協議/審査によって2022年度までに**日本非破壊検査協会規格(NDIS)の制定**を試みる。さらに、制定予定のNDISを定期自主検査指針から引用する事を試みる事でAE法を定期自主検査指針などの供用中検査基準への導入する。

3

◆ 各個別テーマの成果と意義

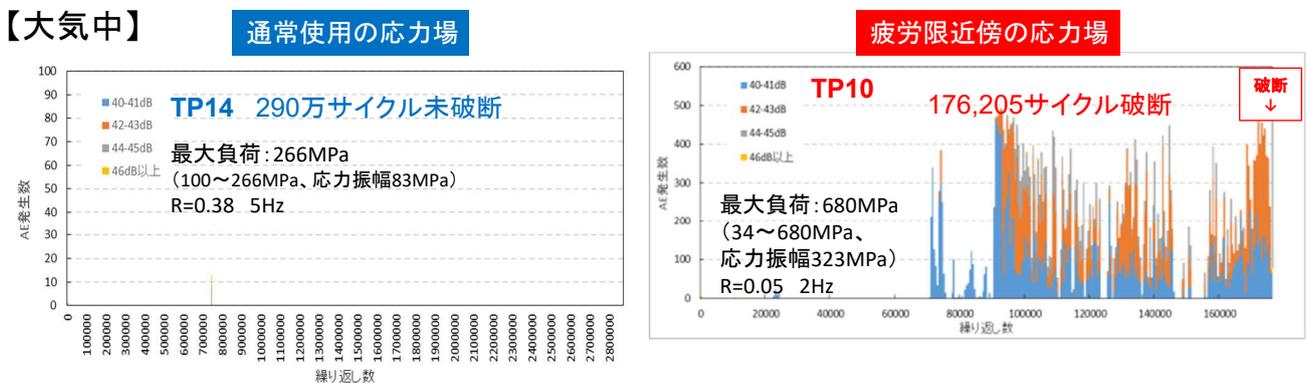
(2) 鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出:



種々の応力水準における疲労試験中におけるAEを計測。

◆ 各個別テーマの成果と意義

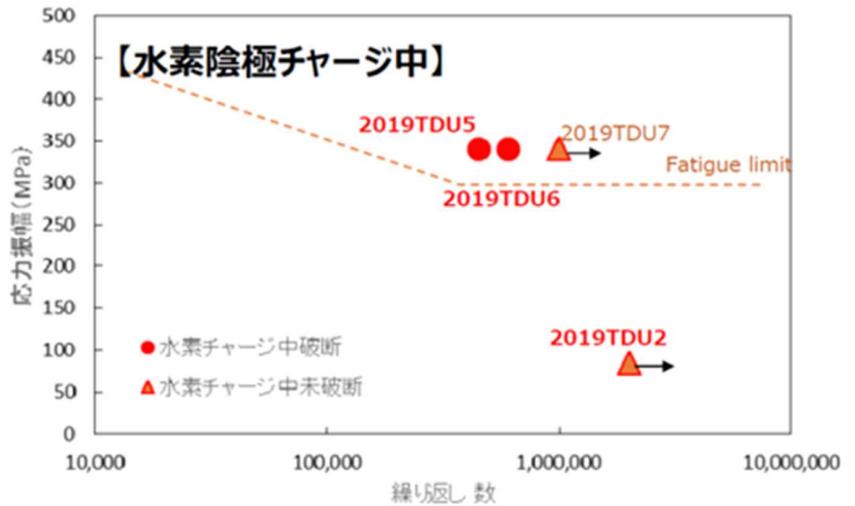
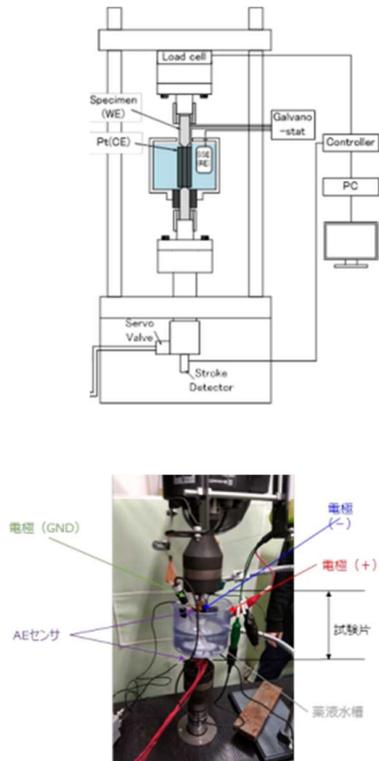
(2) 鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出:



- 蓄圧器使用応力場ではAEが検出されない事を確認した。
- 疲労限近傍の応力場において、損傷が発生すればAEは検知された。

◆ 各個別テーマの成果と意義

(2) 鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出 (再委託) :



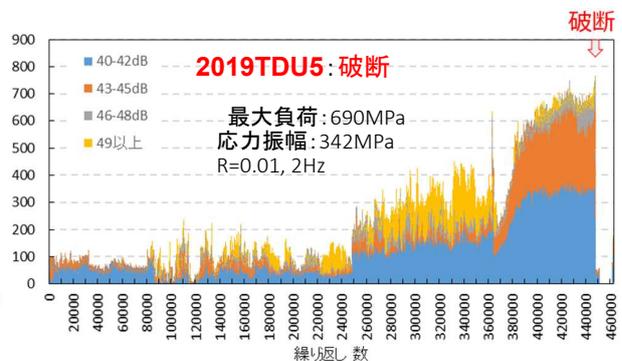
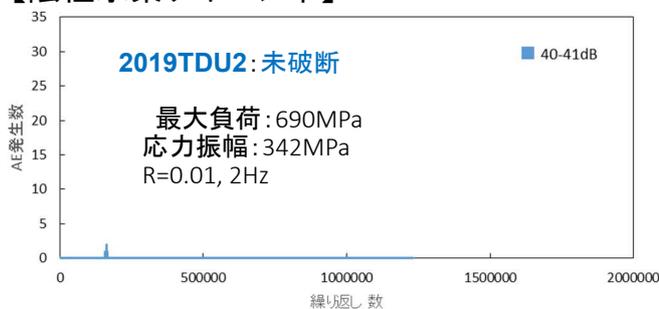
- ・連続陰極水素充電中疲労試験中のAE計測法の開発
- ・種々の応力水準における連続陰極水素充電中の疲労試験におけるAEを計測。

6

◆ 各個別テーマの成果と意義

(2) 鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出 (再委託) :

【陰極水素充電中】



- ・蓄圧器使用応力場ではAEが検出されない事を確認した。
- ・疲労限近傍の応力場において、損傷が発生すればAEは検知された。
- ・大気中および水素陰極充電中でAEの有効性が確認された。

7

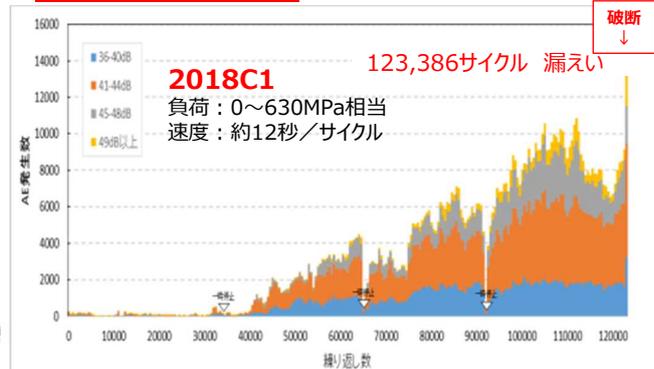
◆ 各個別テーマの成果と意義

(3) 鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出：

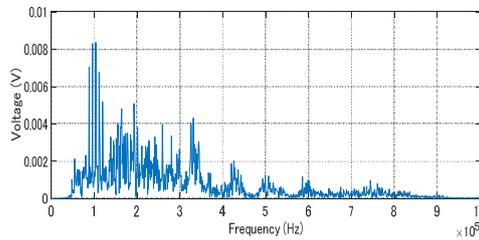
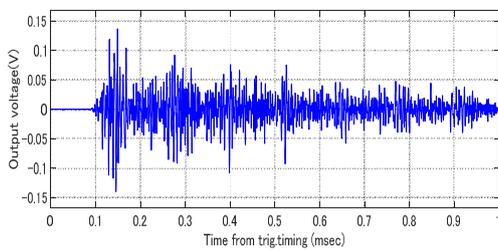
通常使用の応力場



疲労限近傍の応力場



- ・蓄圧器使用応力場ではAEが検出されない事を確認した。
- ・疲労限近傍の応力場において、損傷が発生すればAEは検知された。



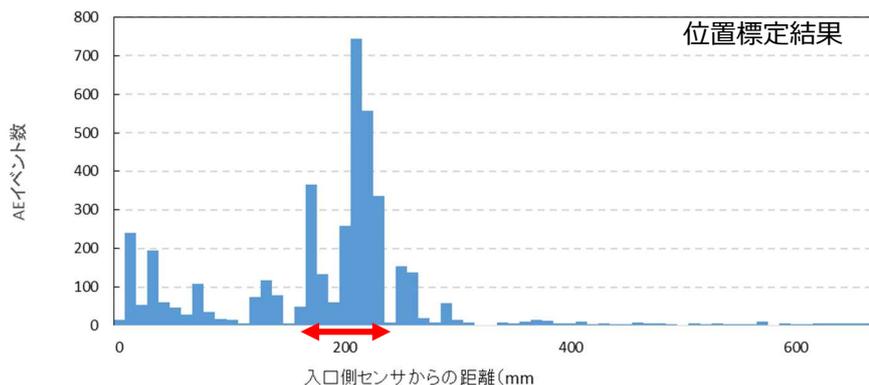
- ・突発型AE波
- ・150kHz近傍のピーク
- ・+200kHz～500kHzの周波数スペクトラムの傾向
- ➡試験片を用いた実験と類似のAE特徴

◆ 各個別テーマの成果と意義

(3) 鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出：



試験停止後 漏えい確認時

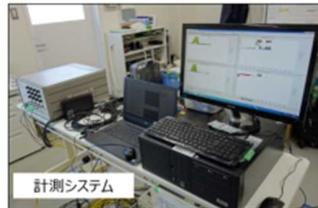


- ・き裂進展とその漏洩時にAEが検出され、複数のAEセンサへの信号到達時間差によりき裂発生位置が特定可能

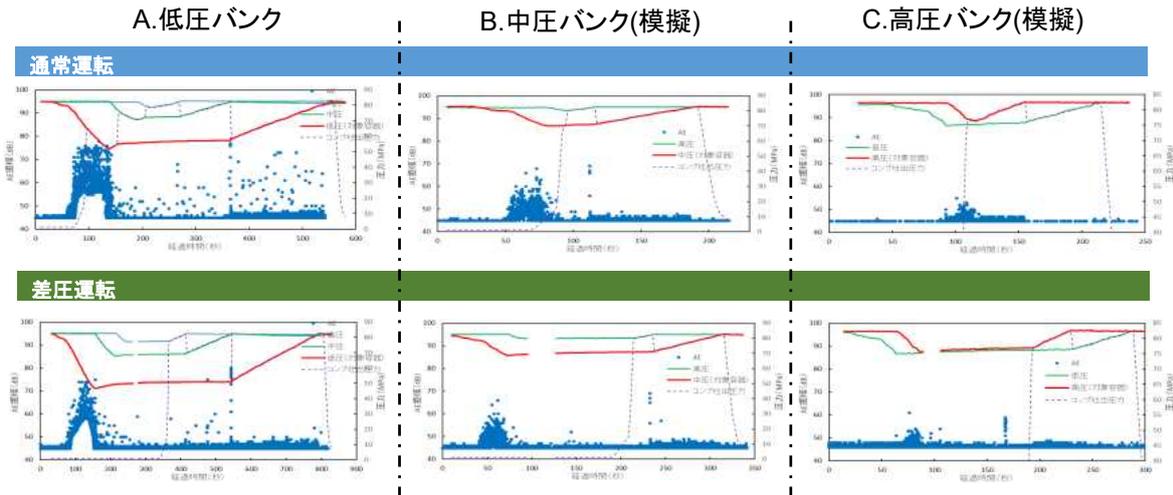
◆各個別テーマの成果と意義

2021年2月から実HRSにてデータ取得開始！

(4)実機タイプ2蓄圧器による高圧水素サイクル条件下でAE法の構築：



- ・水素技術センタにおいて、ノイズの収集を実施。
- ・3バンク充填プロトコル中の各バンク稼働中のAE計測を実施。
- ・ノイズの原因や除去方法について検討中
- ・蓄圧器減圧時にノイズが多数観察される。
- ・蓄圧器昇圧時のノイズは少ない。
- ・高圧になるほどノイズは少ない。

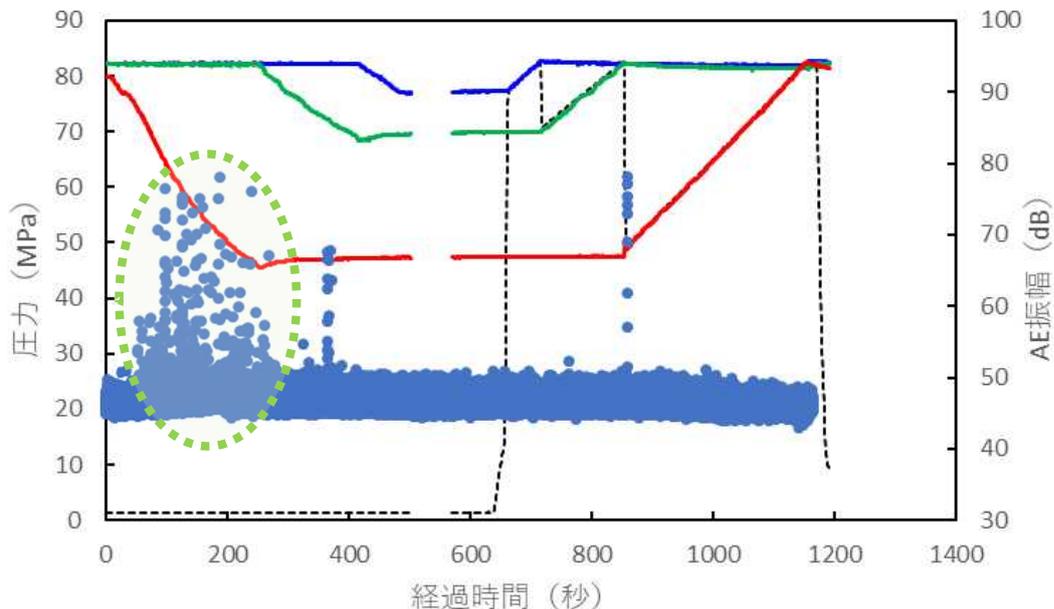


10

◆各個別テーマの成果と意義

(4)実機タイプ2蓄圧器による高圧水素サイクル条件下でAE法の構築：

- 低圧バンク・差圧運転のノイズ発生挙動

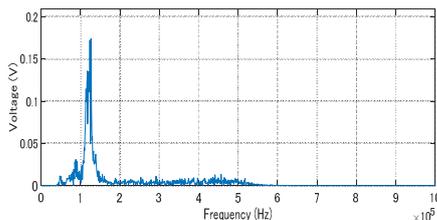
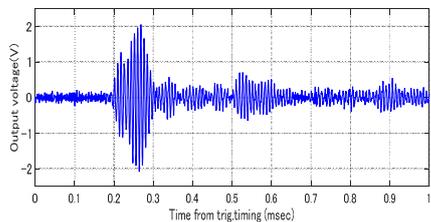


11

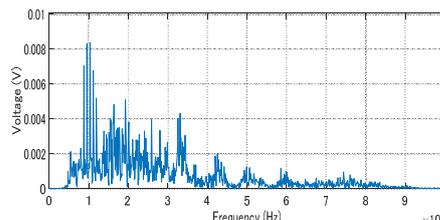
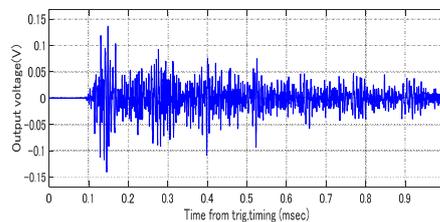
◆各個別テーマの成果と意義

(4)実機タイプ2蓄圧器による高圧水素サイクル条件下でAE法の構築：

■ノイズ波形と損傷に伴うAE波形の比較(マイクロ解析)



- ・立上りが緩やかな波形
- ・150kHz以下の低周波数



- ・突発型AE波
- ・150kHz近傍のピーク+200kHz～500kHz
(試験片/小型容器も同じ傾向)

ノイズ源の推定

低周波数で、蓄圧器両端近傍の全周から、加圧時と減圧時で異なる発生数となるノイズ源
 →蓄圧器の貯蔵部ではなく、プラグ、グランドナットなどから発生していると推定。

12

◆各個別テーマの成果と意義

(5)基準化への取組：(参考)

現状

2020年度までの研究成果を取り纏め中。日本非破壊検査協会(JSNDI)へ規格委員会設置の依頼済。規格委員構成の検討を開始。現在までの研究成果を関係学会誌へ掲載1件、関係学会への口頭発表6件を実施し、本開発技術の有効性を公知とすることで、規格化に資する活動を実施中。

最終目標

JSNDIの規格委員会において本研究開発成果のAE法に関する協議/審査し、2022年度までに日本非破壊検査協会規格(NDIS)を制定する。

達成見通し

当初の予定通り(2021年度から取り組み)に遂行中

◆成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (2020年度末、 ⑤は2022年度末)	達成見通し
①定期自主検査へのAE法導入シナリオの構築	・日本非破壊検査協会での規格委員会の設置準備中	AE法の供用中検査基準の策定	○
②鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出	・蓄圧器使用応力場ではAEが検出されず、疲労限近傍の応力場で損傷が発生すればAEは検知。 ・疲労き裂進展に及ぼす水素劣化の影響が、AE法によっても確認され、水素環境でもAE法による疲労損傷評価が可能であることを確認。	鋼材の疲労き裂発生進展とAE波の発生関係を明らかにし、定期自主検査への導入、保安検査基準策定に資するデータの取得	○
③鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出	・蓄圧器使用応力場ではAEが検出されない事を確認。 ・疲労限近傍の応力場において、損傷が発生すればAEは検知。 ・き裂進展時は、発生位置が特定された。	使用応力場及び疲労限近傍の応力場にてのAE発生挙動を確認	○
④実機タイプ2蓄圧器による高圧水素サイクル条件下でAE法の構築	・ノイズは、き裂進展時の周波数と比較して低周波数で、蓄圧器両端近傍の全周から、加圧時と減圧時で異なる発生数となるノイズ源 ・蓄圧器の貯蔵部ではなく、プラグ、グランドナットなどから発生していると推定。	実機稼働中のAE発生挙動を確認し、ノイズの原因や除去方法を確立する。	○
⑤基準化への取組	・規格委員構成の検討を開始。現在までの研究成果を関係学会誌へ掲載1件、関係学会への口頭発表6件を実施。	JSNDIの規格委員会において協議/審査し、2022年度までに日本非破壊検査協会規格を制定	○

◆成果の普及

事業開始
→

	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	計
論文	0	0	0	0	1	1
研究発表・講演	0	0	0	3	4	7
展示会への出展	0	0	0	1*1	0	1

*1 FCエキスポにAE法を展示



2020/2/26~28 FC EXPOにて、Type2模擬蓄圧器およびAE計測のデモを実施。

◆成果の普及

No.	年月	発表先	題目	発表者
1	2019/8/9	日本非破壊検査協会 AE部門講演会	AE法による水素ステーション用蓄圧器の供用中検査手法の開発	前田守彦 (千代田化工建設)
2	2019/8/9	日本非破壊検査協会 AE部門講演会	水素蓄圧器の保安検査へのAE適用の期待	高野俊夫 (JFEコンテイナー)
3	2020/2/26~28	水素燃料電池展 (展示会出展)	AE法による水素ステーション用蓄圧器の供用中検査手法の開発 (AE法の模擬出展)	JFEスチール・JFEコンテイナー・千代田化工建設
4	2020/3/24	日本高圧力技術協会 高圧水素技術専門研究委員会	水素ステーション用タイプ2蓄圧器の供用中検査手法の研究開発	鈴木裕晶 (千代田化工建設)
5	2020/6/4	日本非破壊検査協会 非破壊検査総合シンポジウム	水素ステーション用タイプ2蓄圧器の供用中検査手法の研究開発	鈴木裕晶 (千代田化工建設)
6	2020/06	日本非破壊検査協会 機関誌「非破壊検査」第69巻6号	AEによる水素ステーション用複合蓄圧器の供用中検査	前田守彦/鈴木裕晶 (千代田化工建設)
7	2020/11/27	日本非破壊検査協会 保守検査シンポジウム	タイプ2蓄圧器のAE法による定期自主検査	高野俊夫 JFEコンテイナー)
8	2020/11/27	日本非破壊検査協会 保守検査シンポジウム	水素蓄圧器用低合金鋼の疲労損傷中のAE計測	岡野拓史 JFEスチール)

◆知的財産権の確保に向けた取組

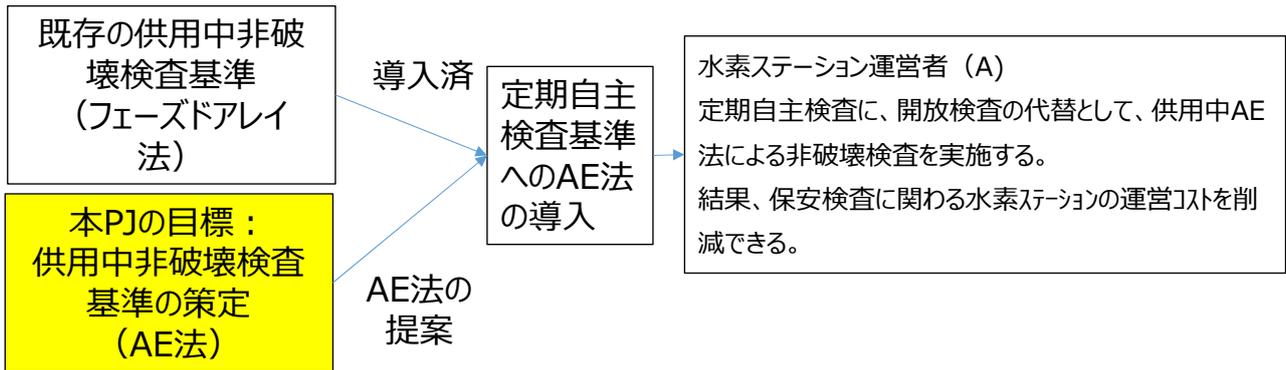
- ・広く一般にご使用いただくため、特許取得は行わない。

4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

- ①タイプ1水素蓄圧器の耐圧性能および強度に関する検査は、目視検査および非破壊検査（肉厚測定）を実施することが定められている。現状では2～3年に一度は蓄圧器を開放し、目視検査を実施している。
- ②開放検査は水素ステーションを連続10日程度の休業させる必要があり、運営の負担となる。
- ③保安検査基準（一般高圧ガス保安規則関係（スタンド及びコールド・Iハポレータを除く。）KHKS 8501-1(2011)の附属書D(規定)供用中探傷試験では、当該附属書のD.3 a) 1) において**供用中探傷試験として、超音波探傷試験法（UT法）が定義**されている。
- ④今回の保安検査基準の改訂により、スタンドへの適用が予定されている。非破壊検査協会から新たに発行された蓄圧器に係るUT法を用いて、供用中探傷試験を行う事により、開放検査の代替となりえる。
- ⑤**タイプ2蓄圧器は、表面がCFRP層で覆われている事から、UT法の適用が困難。アコースティック・ミッション法（AE法）はタイプ2蓄圧器への適用が可能。**
- ⑥**AE法が基準化され、供用中検査法として適用される事により、開放検査の代替となりえる。結果、保安検査に関わる水素ステーションの運営コストを削減できる。**

◆ 実用化・事業化に向けた戦略



プロジェクト期間終了後のAE法の定期自主検査基準適応へのシナリオ（案）を示す。

- ① 検査会社および水素ステーション運営会社などへの技術PR。
- ② AE法の実運用のデータの蓄積。
- ③ 定期自主検査基準へのAE法の導入。

結果、水素ステーション運営コスト低減に寄与できる。

◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組

	2018年度	2019年度	2020年度	2021～2022年度	2023年度以降
(1) 定期自主検査へのAE法導入シナリオの構築 (A,B,C)	→				定期自主検査基準への採用 ↓ 定期自主検査への導入
(2) 鋼製試験片の疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出 (A,C)	→				
(3) 鋼製小型蓄圧器による疲労き裂発生進展挙動のAEによる検出 (B,C)	→				
(4) 実機タイプ2蓄圧器による高圧水素サイクル条件下でAE法の構築 (B,C)	→				
(5) 基準化への取組 (A,B,C)				供用中のAE法基準の策定 →	

◆成果の実用化・事業化の見通し

●実用化・事業化のイメージ：

①AE法と渦流探傷などの併用により、使用寿命の延長と、定期自主検査指針などへの供中検査基準にAE法が導入される事により、運営コスト削減を可能とし、市場の拡大につながる。

②先行するフェーズドアレイ法と比較して、供用中検査の作業負荷が少ない事は優位性がある。

●当該技術を確立する見通し：

①前半の3か年で実施すべき技術課題は順調に達成されている。

②AE法の基準化に向けての準備作業は既に、日本非破壊検査協会(JNDI)と進められている。

③2021年度から、JNDIにて2年間の審議期間を経て、供用中AE法の基準が策定される予定。

20

◆波及効果

- 本事業の成果として、供用中AE検査に係る規格が策定される。この策定と連携して、AE法を実施する非破壊検査者の技量認定制度が整備されることが期待される。

結果、日本でも欧米と同じようにAEに特化した技量認定技術者が育成されるシステムが構築される。

21

「超高压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／ 複合圧力容器の評価手法確立・技術基準整備に 関する技術開発」（中間評価）

（2018年度～2022年度 5年間）

プロジェクトの概要（公開）

一般財団法人石油エネルギー技術センター

高圧ガス保安協会

国立大学法人東京大学

株式会社日本製鋼所

2020年12月17日

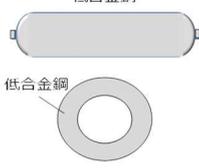
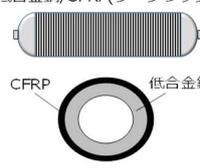
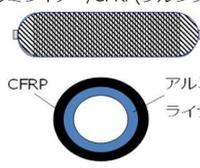
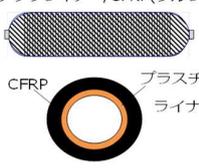
3. 研究開発成果 （1）研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況		◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み（中間）／一部達成（事後）、×未達		
研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①-1 ライナー試験片評価法の検討	・アルミニウム合金の最適疲労曲線の作成	・引張強さをパラメータに含む最適疲労曲線を構築した	○	—
①-2 CFRP試験片評価法の検討	・樹脂単体の疲労寿命設計線図の作成 ・CFRP試験片のミクロスケール有限要素シミュレーションを完了	・CFRP試験片に関して樹脂の疲労寿命設計線図に基づく一般性の高い疲労寿命設計線図を得た	○	—
①-3 円筒試験体評価法の検討	・フープラップ容器対応円筒試験体による圧力サイクル試験結果を用いて疲労寿命設計線図の妥当性を確認	・フープラップ容器対応円筒試験体の試験結果からタイプ2容器の疲労寿命設計線図の妥当性を確認した	○	—
①-4 自緊効果を考慮した疲労寿命設計線図の作成	・タイプ2容器ライナー材料およびCFRP材料に関する疲労寿命設計線図を作成	・タイプ2容器の金属層はKHKS 0220の設計疲労曲線を使用できることを確認した	○	—
①-5 応力解析及び疲労解析に基づく複合圧力容器設計手法の実証	・タイプ3実容器試験データにより疲労寿命設計線図を用いた設計手法を実証	・実容器試験データから、累積損傷則に基づいた容器寿命延長式（累積損傷関係式）を構築した	○	—
② 複合圧力容器の技術基準の整備に向けた技術開発	・タイプ2容器の自主基準案を策定 ・KHKS 0225改正方針検討	・公式および解析による設計をまとめたタイプ2技術文書（JPEC-TD）案が完成した ・KHKS 0225の改正方針を作成した	○	—

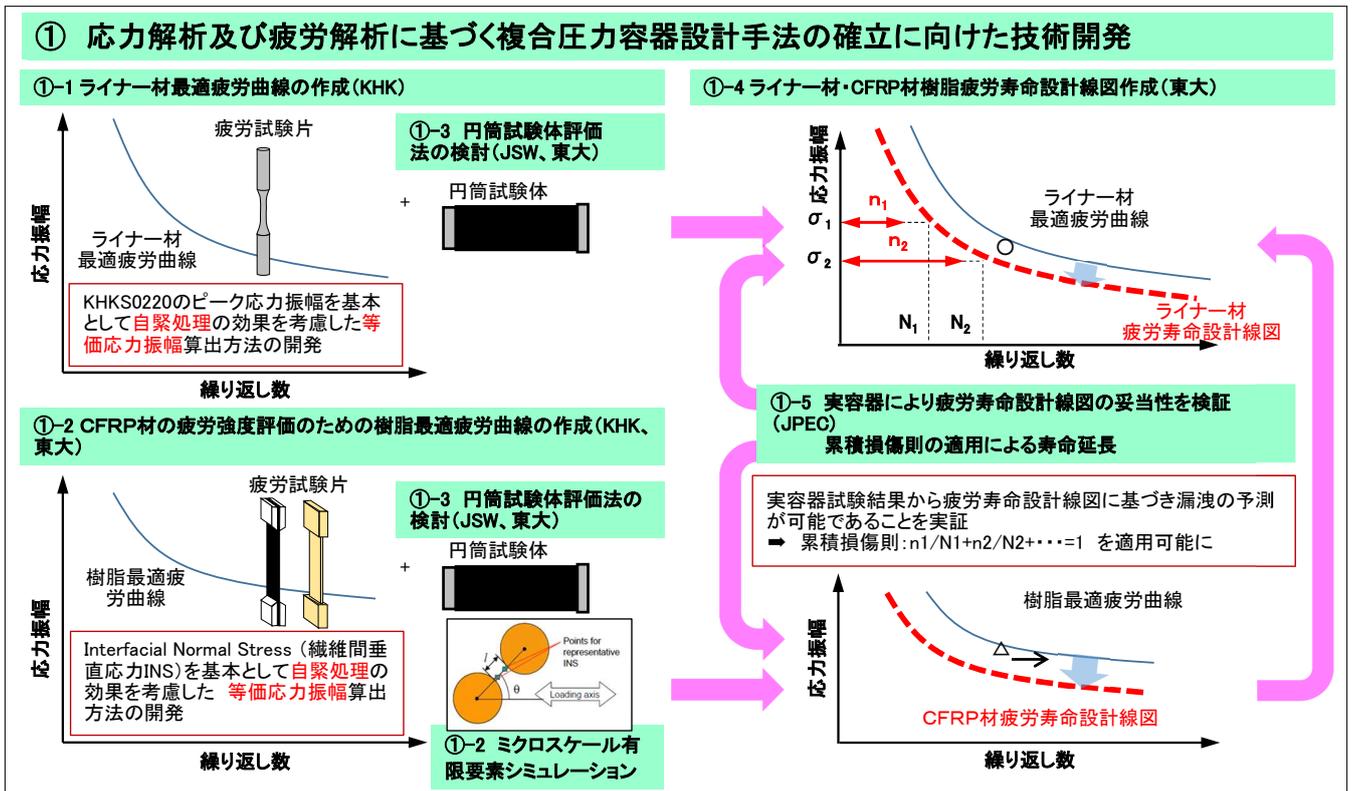
◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

- ・タイプ3容器に係る技術基準としてKHKS 0225があるが、実容器試験を課す内容となっている
- ・タイプ2容器については、国内に技術基準がない
- ⇒ 応力解析、疲労解析による容器設計手法を確立し、技術基準を制・改定する
またタイプ3容器に関しては累積損傷則の考え方を適用することで、蓄圧器に係るコスト削減に繋げる

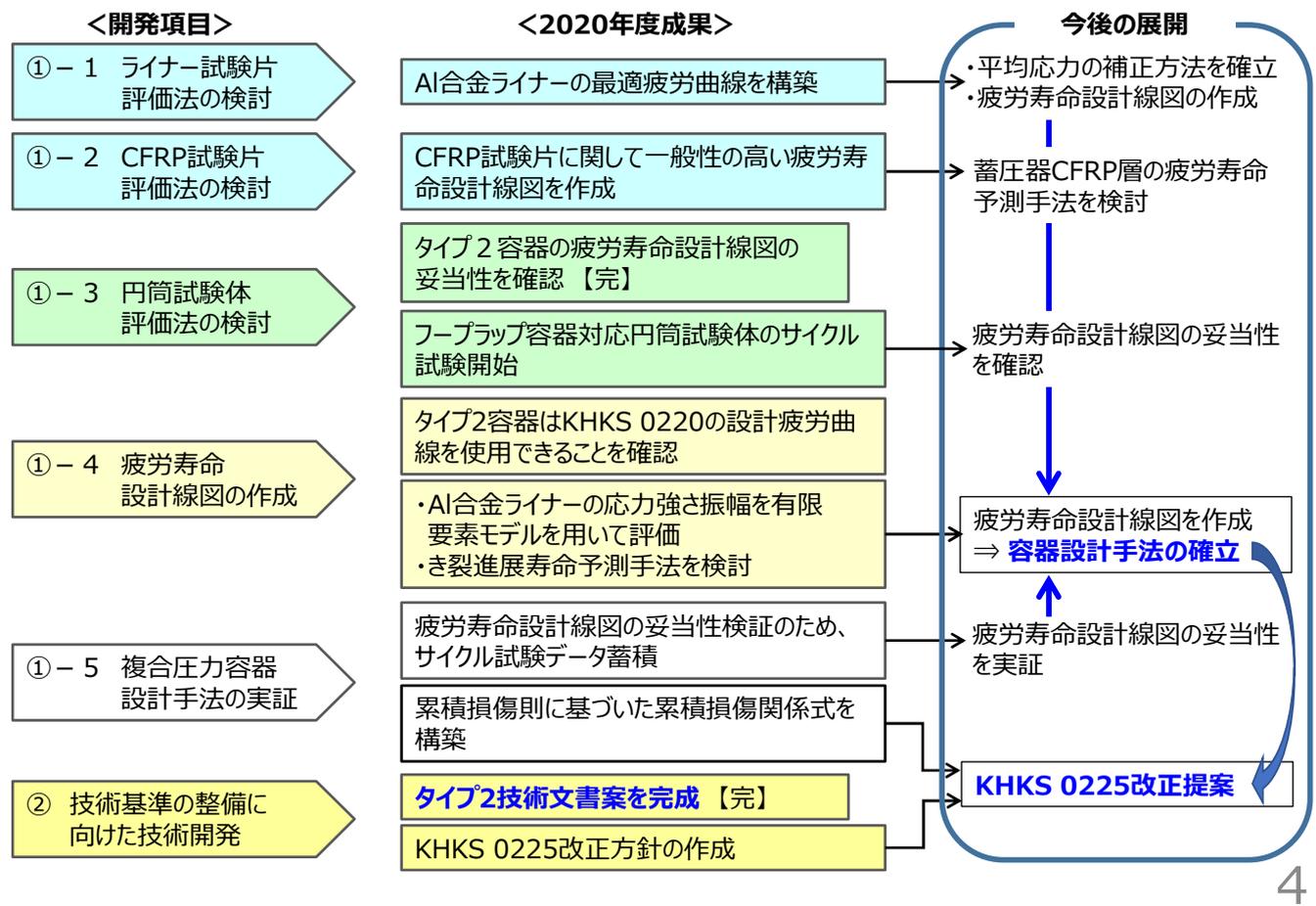
表 蓄圧器の現状と今後の展開

種類	タイプ1	タイプ2	タイプ3	タイプ4
構造	低合金鋼 	低合金鋼/CFRP(フルラップ) 	アルミライナー/CFRP(フルラップ) 	プラスチックライナー/CFRP(フルラップ) 
現状	<ul style="list-style-type: none"> ・低合金鋼技術文書 JPEC-TD 0003が完成 ・Design by Analysisが確立している(実容器試験が不要) 	<ul style="list-style-type: none"> ・国内に技術基準が無い ASMEには技術基準がある ・前NEDO事業にて、タイプ2技術文書の構成案を作成した ・ASME規格では設計確認試験(実容器試験)が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・技術基準整備が進められている ・JPECガイドライン →KHKTD 5202 →KHKS 0225 ・設計確認試験(実容器試験)が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・技術基準整備が進められている ・JPECガイドライン →KHKTD 5202 →KHKS 0225 ・設計確認試験(実容器試験)が必要
今後の展開	<ul style="list-style-type: none"> ・JPEC-TD 0003の KHKS 0220附属書を目指す ・圧縮機への適用拡大へ 	<ul style="list-style-type: none"> 本NEDO事業 ・Design by Analysisの確立 ・タイプ2技術文書(案)を策定する ・KHKS 0220附属書を目指す 	<ul style="list-style-type: none"> 本NEDO事業 ・Design by Rule及びDesign by Analysisの確立 ・累積損傷則適用による長寿命化 ・KHKS 0225改正を目指す 	<ul style="list-style-type: none"> ・Design by Analysisの確立へ向けた検討

研究開発全体イメージ (プロジェクト俯瞰)



② 技術基準の整備(JPEC) KHKS 0225改正+タイプ2技術文書(案)制定



①-1 ライナー試験片評価法の検討

目標：アルミニウム合金の最適疲労曲線の構築

手法：

- Al合金疲労試験片を用いて、単軸応力下の疲労試験データ（応力比 $R = -1$ ）を取得
- 疲労強度の引張強さ依存性などを確認後、疲労試験データを定式化し最適疲労曲線を構築
- 平均応力を変えた単軸応力下の疲労試験データを対象に、平均応力の補正方法を検討
- 検討した最適疲労曲線と平均応力の補正方法を用いて、多軸応力下のサイクル試験データを比較検討し、自緊処理の影響を検証

結果：

- 単軸応力下でのAl合金疲労試験片は明瞭な疲労限度を示さず、疲労強度は引張強さに依存する
- 引張強さをパラメータに含むAl合金の最適疲労曲線を構築
- 単軸応力下での平均応力の補正方法について、Walker式 ($\gamma = 0.8$) の有効性を検証中

今後の展開： 単軸応力下の条件で得られた結果を基に、自緊処理の影響を検証するため、多軸応力下のサイクル試験結果について引き続き検討を実施

①-1 ライナー試験片評価法の検討

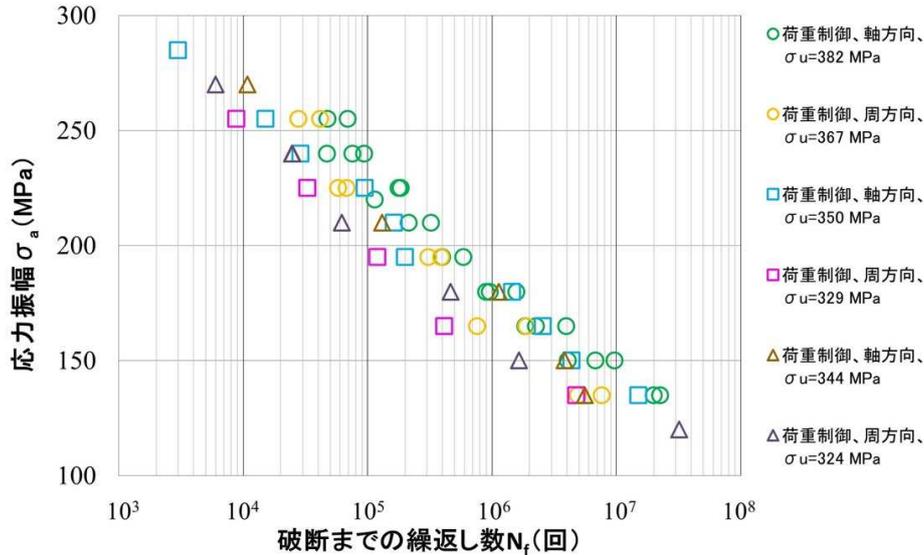


図 Al合金疲労試験片のS-N線図 (JIS H 4080、R=-1、荷重制御)

■ S-N線図より、「疲労強度 \propto 引張強さ」の傾向を確認 定式化すると $\sigma_a = 2.0\sigma_u N_f^{-0.10}$

今後の展開： Al合金疲労試験片を対象に単軸応力下の疲労試験を行い、最適疲労曲線を構築
 今後は、多軸応力下でのサイクル試験結果に対する比較検討を実施する

①-1 ライナー試験片評価法の検討

- 自緊処理に加え、充填の圧力変動を考慮するため平均応力が正負の場合に適用できる平均応力の補正方法を検討
- 様々な補正方法を比較検討したところ、Walker式 ($\gamma=0.8$) の適用が良好

Walker式 ($\gamma=0.8$)

$$\sigma_{aeq} = \sigma_{max}^{0.2} \sigma_a^{0.8} = \sigma_{max} \left(\frac{1-R}{2} \right)^{0.8}$$

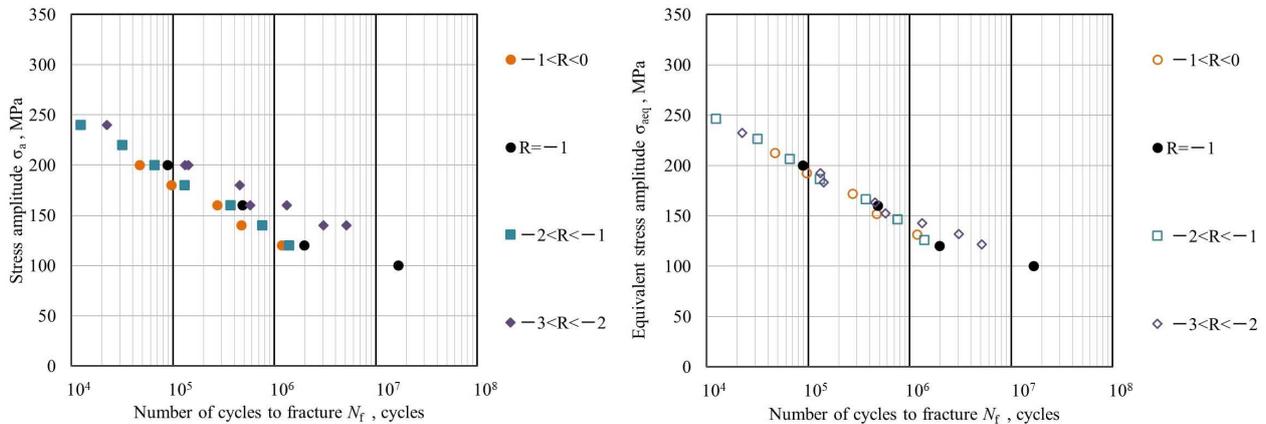


図 参照データにおける平均応力の補正結果(左:補正前、右:補正後)

今後の展開： Al合金疲労試験片を対象にWalker式 ($\gamma=0.8$) を適用することで、精度よく補正できる傾向を確認
 引き続き、平均応力の補正方法について検証を実施する

①-2 CFRP試験片評価法の検討

目標：蓄圧器CFRP層の疲労寿命評価手法の確立

手法：

- ・炭素繊維配向方向を変えた試験片（荷重方向と炭素繊維配位方向のなす角度 0° 、 45° 、 90° ）を用いた疲労試験と樹脂単体の疲労試験を実施
- ・樹脂の疲労強度がCFRPの疲労強度を支配すると仮定して樹脂単体の疲労試験結果からCFRPの疲労寿命設計線図を得るための最大公称応力に替わる力学量を検討
- ・各試験片に関するミクロスケール有限要素シミュレーションを実施して適切な力学量を検討
- ・CFRPフープ層およびヘリカル層でのミクロスケール力学場を評価して蓄圧器CFRP層の疲労寿命評価に展開

結果：

- ・CFRPフープ層に対応する荷重方向と炭素繊維配位方向のなす角度 0° の試験片に関しては最大公称ひずみで樹脂単体の疲労寿命設計線図からCFRP試験片の疲労寿命設計線図を取得
- ・荷重方向と炭素繊維配位方向のなす角度が 45° 、 90° の試験片に関して Interfacial Normal Stress (INS) によることで繊維配向方向に依らない一般性の高いCFRPの疲労寿命設計線図を得ることができるか検討中

今後の展開：プラスチックライナーにフープ巻きを施した円筒試験体を用いて圧力サイクル試験を実施しCFRPの疲労寿命設計線図のフィラメントワインディング容器への適用性を確認する

①-2 CFRP試験片評価法の検討

炭素繊維配位方向のなす角度 0° の試験片に関しては最大公称ひずみで整理することで樹脂単体と同一の疲労寿命設計線図が得られることを確認

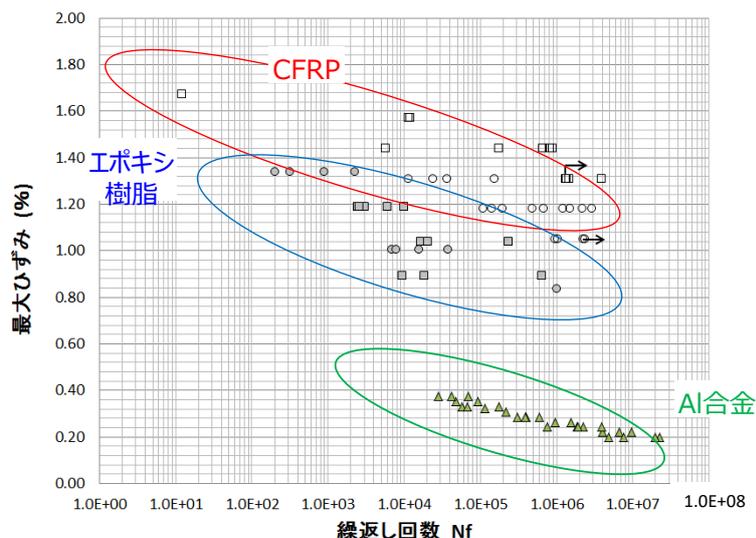


図 最大公称ひずみで整理したS-N線図
(CFRP・樹脂: $R=0.1$ 、荷重制御、Al合金ライナー: $R=-1$ 、荷重制御)

今後の展開：CFRPフープ層は低合金鋼およびアルミニウム合金と比して十分長い疲労寿命を有するとの結論をフープラップ複合圧力容器対応円筒試験体の圧力サイクル試験により検証する

①-2 CFRP試験片評価法の検討

炭素繊維配位方向のなす角度45°, 90°の試験片に関してINSによることで樹脂単体と同一の疲労寿命設計線図が得られるかを検討

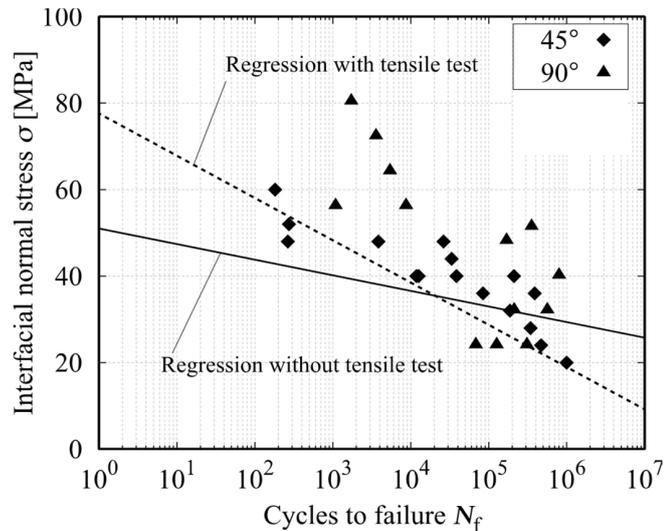
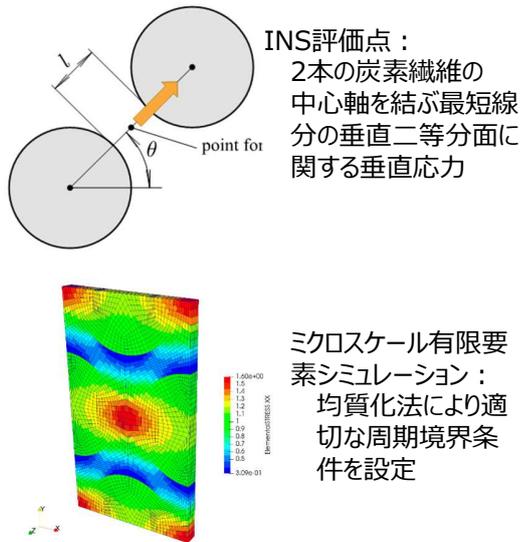
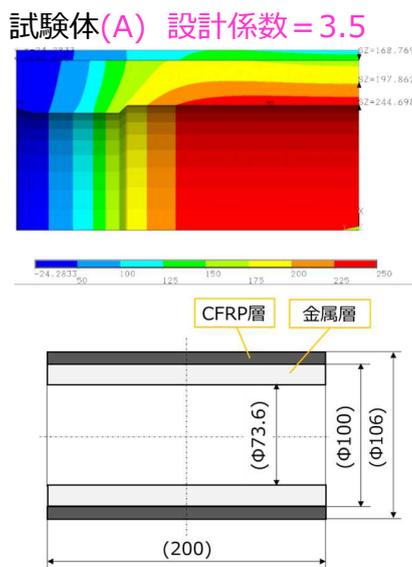


図 最大INSで整理したS-N線図

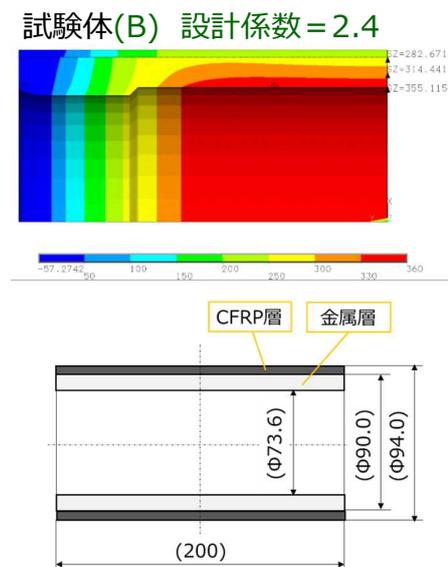
今後の展開： 炭素繊維配向方向の異なる試験片の結果を加えてINSによる評価の有効性を確認しCFRPヘリカル層の疲労寿命評価に展開する

①-3 円筒試験体評価法の検討

タイプ2技術文書(案)と解析に準拠し製作した、設計係数3.5、2.4の円筒試験体の圧力サイクル試験を実施



金属層内表面 周方向応力 = 245MPa



金属層内表面 周方向応力 = 355MPa

金属層材料：
SCM435

図 設計係数(A) 3.5、(B) 2.4の円筒試験体の解析による周方向応力分布

今後の展開： 圧力サイクル試験の結果から、タイプ2技術文書(案)に示す設計手法で安全に容器が設計できることを実証する

①-3 円筒試験体評価法の検討

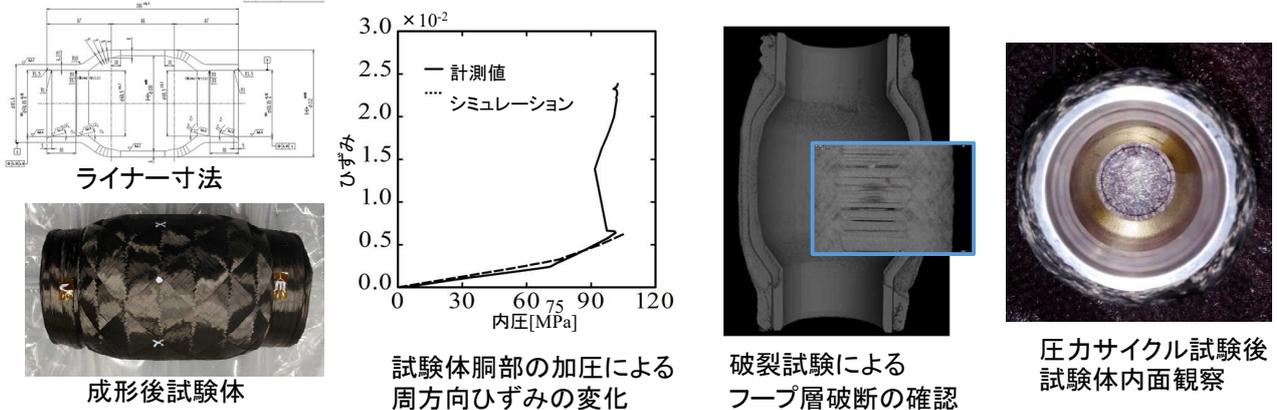
目標：フルラップ容器対応円筒試験体を用いて疲労寿命設計線図の妥当性を検証

手法：

- ・試験体のライナーおよびCFRP層を実蓄圧器の応力状態に合わせて設計
- ・40万回の部分充填圧力サイクルを想定して試験条件を設定

結果：

- ・破裂試験で試験体の設計と製造の妥当性を確認し圧力サイクル試験を実施中



今後の展開： き裂発生とき裂進展を分離して自緊処理効果を考慮すると的前提条件の妥当性を確認し、自緊処理効果を含めた疲労寿命設計線図を完成させる

①-4 自緊処理を考慮した疲労寿命設計線図の作成

目標：タイプ3 容器ライナーの疲労寿命設計線図を作成

手法：

- ・CFRP積層構成を正確に表す有限要素モデルを用いた応力解析からライナーの応力強さ振幅を評価し圧力サイクル試験の結果と、試験片を用いた疲労試験結果を照合
- ・容器の圧力サイクル寿命をライナーでのき裂発生寿命とき裂進展寿命に分離して検討することとし、自緊処理の効果を取り入れたき裂進展寿命予測手法を検討

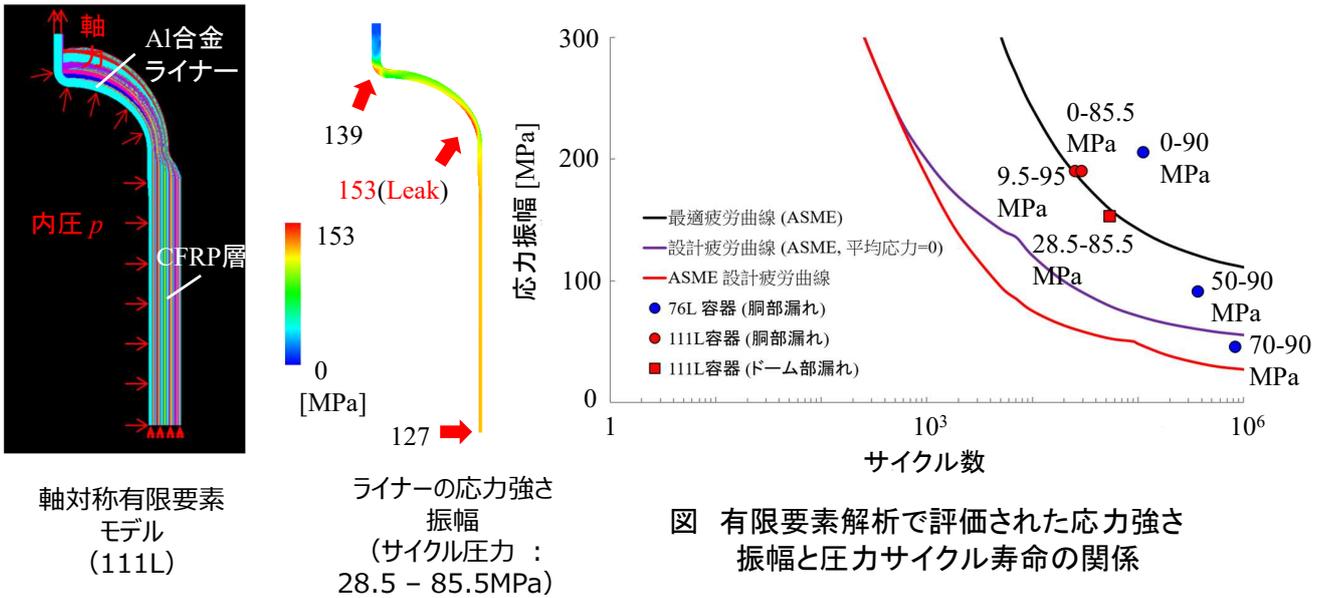
結果：

- ・自緊処理の効果でライナーの平均応力が大きく圧縮側となる状況でも応力強さ振幅を有限要素解析により正確に評価できれば試験片から得られたS-N線図より圧力サイクル寿命を予測できることを確認
- ・自緊処理によるき裂先端の応力場の変化を有限要素解析により正確に評価し有効応力拡大係数を算出すればき裂進展速度を予測できることを確認

今後の展開： Al合金ライナー試験片を用いた疲労試験結果とフルラップ容器対応円筒試験体を用いた圧力サイクル試験結果および実容器を用いた圧力サイクル試験結果を勘案してタイプ3 容器ライナーの疲労寿命設計線図を完成させる

①-4 自緊処理を考慮した疲労寿命設計線図の作成

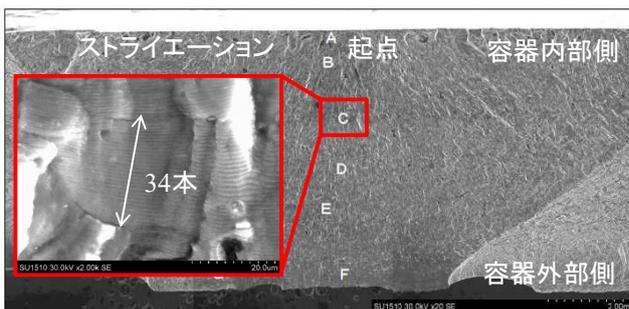
有限要素解析に基づき応力強さ振幅を評価しASME設計疲労曲線とは明らかに異なることを確認



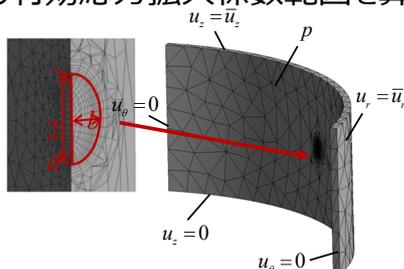
今後の展開： 試験片を用いた疲労試験結果とフルラップ容器対応円筒試験体を用いた圧力サイクル試験結果から、圧縮平均応力の影響を定式化し、タイプ3容器ライナーの疲労寿命設計線図の精度向上につなげる

①-4 自緊処理を考慮した疲労寿命設計線図の作成

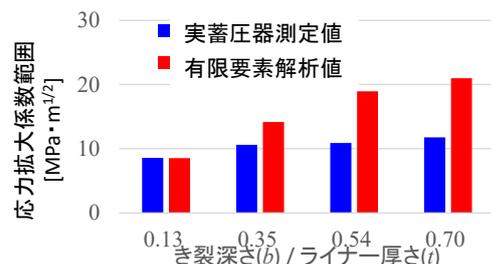
圧力サイクル試験により漏洩した蓄圧器ライナーの破面観察と試験片を用いた疲労き裂進展試験の結果から実蓄圧器ライナー中での疲労き裂進展時の応力拡大係数範囲を評価



有限要素解析によりき裂先端の応力場を評価し有効応力拡大係数範囲を算出



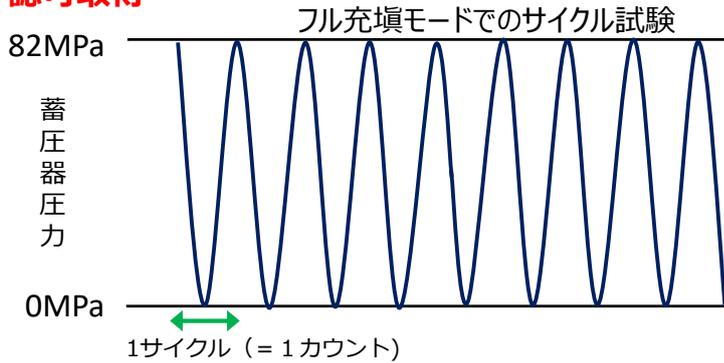
測定値と解析値の良好な一致を確認



今後の展開： き裂進展寿命に与える自緊処理効果を定式化し、タイプ3容器ライナーの疲労寿命設計線図の精度向上につなげる

①-5 応力解析及び疲労解析に基づく複合圧力容器設計手法の実証
タイプ3 容器に係る課題及び解決策

認可取得

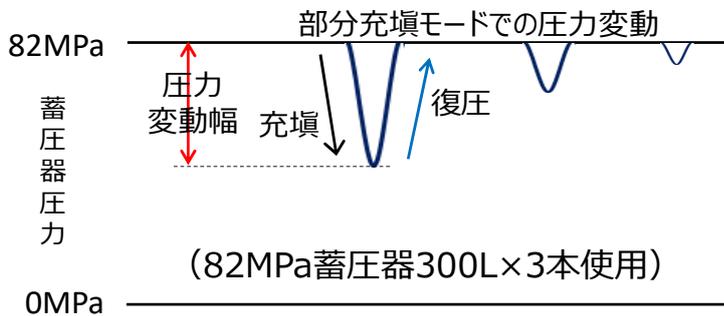


$$\text{認可サイクル数} = \frac{\text{試験サイクル数}(N)}{\text{安全係数}^*}$$

認可取得費用：1～2億円

*) 安全係数：2.6～4.0

水素ステーション用蓄圧器の圧力変動

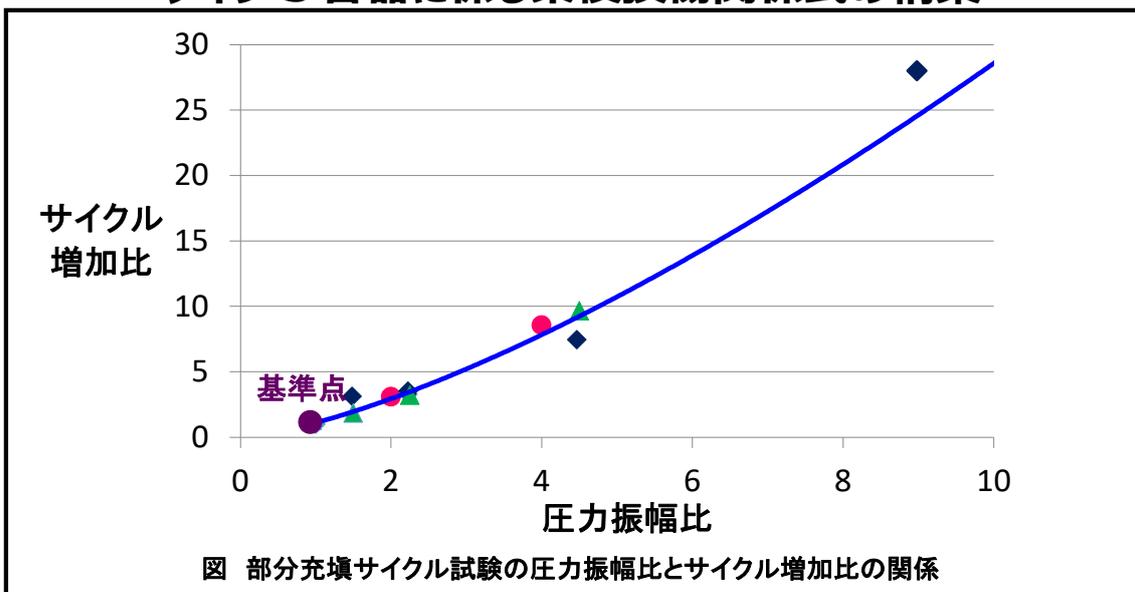


1回の復圧：1カウント

課題：復圧の圧力振幅に抛らず
1回のカウントが課されてしまう

解決策：圧力変動幅に応じた累積
損傷則に基づく、カウント数
とすることで寿命が伸びる

①-5 応力解析及び疲労解析に基づく複合圧力容器設計手法の実証
タイプ3 容器に係る累積損傷関係式の構築



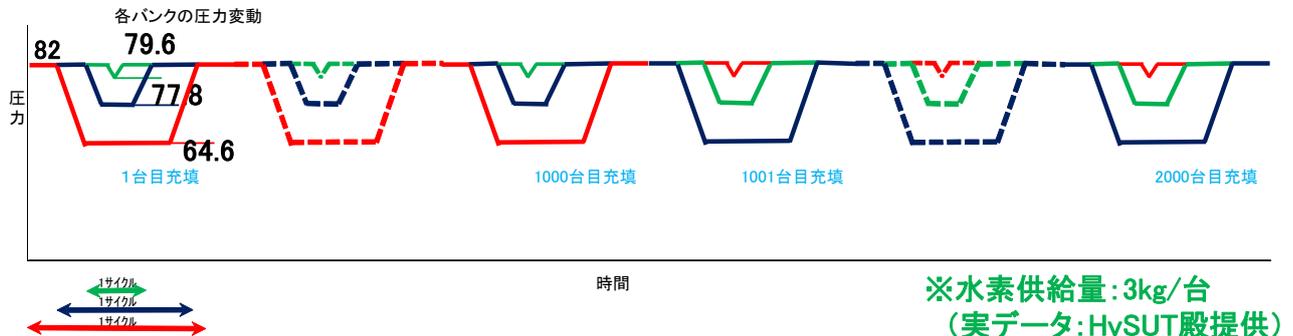
- 種々の漏洩迄の圧力サイクル試験結果から、累積損傷関係式〔圧力振幅比が大きい、すなわち復圧の変動幅が小さいと、指数関数的にサイクルが増加（寿命が延長）する〕を構築
- 基準点となるフル充填条件での1回の容器試験を実施することで、部分充填条件での容器サイクル寿命を試算可能 ⇒蓄圧器寿命の延長化

①-5 応力解析及び疲労解析に基づく複合圧力容器設計手法の実証

累積損傷関係式を水素ST運営に適用することで、蓄圧器に係るコスト削減につなげる

HySUT充填実証データを用いた寿命延長効果の検証例

高圧、中圧、低圧バンクを、1,000台（一定台数）充填毎にローテーションするケース



前提

- ① 1,000台充填毎のバンク切り替えによる蓄圧器の負荷（累積損傷度）を平準化
- ② 認可取得サイクル回数100,000回

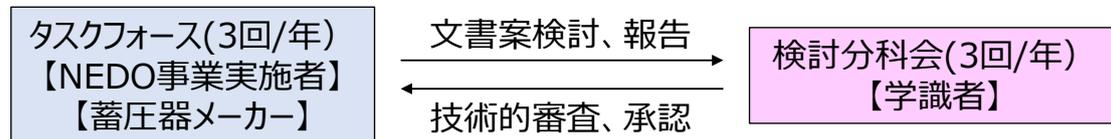
加圧方法	加圧数/1台	可能な充填台数
従来法	1.0	100,000台
累積損傷法	0.045	2,240,000台

② 複合圧力容器の技術基準の整備に向けた技術開発 - タイプ2蓄圧器

目標： 2020年度末までに、タイプ2蓄圧器の製造（材料、公式および解析による設計、工作及び検査等）に関する技術文書（JPEC-Technical Document）案を作成

手法：

- ・ 前NEDO事業にて実施したタイプ2蓄圧器の実容器試験結果および既存の圧力容器規格を参考に、実容器試験を行わない公式および解析による設計の考え方を検討
- ・ タスクフォースおよび分科会にて議論し、タイプ2蓄圧器技術文書案にまとめる



結果：

- ・ タイプ2蓄圧器は炭素繊維層が金属層の周方向応力を分担している鋼製圧力容器である。従って、既存の鋼製圧力容器と同様に、実容器試験を課さない設計が可能
- ・ 既存の鋼製圧力容器規格である超高压ガス設備に関する基準（KHKS 0220）の設計思想をベースに技術文書案を検討
- ・ 金属層材料の水素適合性評価、疲労解析方法等は、2020年9月に発行されたKHKS 0220（2020）の内容と整合
- ・ タスクフォース(8回)および分科会(8回)で議論し、タイプ2技術文書案が完成（2020年12月予定）

② 複合圧力容器の技術基準の整備に向けた技術開発 - タイプ2蓄圧器

タイプ2 技術文書案の構成

項目	内容	参考規格
適用範囲	内容積、設計圧力・温度、使用期間	KHKS 0220 ASME BPVC Sec.VIII Div.3
材料	金属層に用いる材料 樹脂含浸炭素繊維層に用いる材料 樹脂含浸炭素繊維層の機械的性質の設定	KHKS 0220 KHKS 0225
設計	金属層材料の許容引張応力 樹脂含浸炭素繊維層の許容ひずみ 式による厚さの設定 詳細応力解析（強度解析、破裂前漏洩解析、疲労解析）	KHKS 0220 ASME BPVC Sec.VIII Div.3
工作および検査	自緊処理、電位差腐食防止、ワインディング、熱硬化処理、製造状態の確認など	KHKS 0220 KHKS 0225
耐圧試験		KHKS 0220
気密試験		KHKS 0220

今後の展開： 本成果の普及のため、超高压ガス設備に関する基準（KHKS 0220）の附属書化およびISO WG15で作成中の水素ステーション用蓄圧器に関する技術基準へ展開を計画する

② 複合圧力容器の技術基準の整備に向けた技術開発 - タイプ3蓄圧器

目標： 2020年度末までに、タイプ3蓄圧器に関する KHKS 0225の改正案を作成し、改正を提案

手法：

- ・応力解析・疲労解析に基づく容器設計手法を確立し、KHKS 0225に導入
- ・現行の容器試験を課す試験項目等の必要性を検討し取捨選択

結果：

- ・容器試験を課す内容を中心に、負荷のかかる試験項目について改正方針を作成

項目	現行	改正方針			
				解析	試験&解析無し
容器試験	5.2.2.1 破裂試験 実容器3個	○ 実容器1個		○ 解析併用	
	5.2.3.1 常温圧力サイクル試験	○		○ 疲労寿命設計線図による解析	
	5.2.3.2 最小厚さ確認試験	○			
	5.2.3.3 環境試験	○			○
	5.2.3.5 温度クリープ試験	○			○
	7.3 製造確認試験	○			○

今後の展開： 応力解析・疲労解析に基づく容器設計手法を確立し改正案に反映し、KHKS 0225改正を提案する

② 複合圧力容器の技術基準の整備に向けた技術開発

成果の意義

技術基準が整備されることにより、水素ステーションの整備費、運営費の低減につながる



◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
①-1 ライナー試験片評価法の検討	・平均応力の補正方法の候補を絞り検討中 ・構築した最適疲労曲線と多軸応力下のサイクル試験結果を比較検討中	・平均応力の補正方法について提案を行い、実容器試験および円筒試験との比較検証を実施	・Al合金の単軸応力下の最適疲労曲線を構築 ・自緊処理の影響を定量化した平均応力の補正方法を検証
①-2 CFRP試験片評価法の検討	・CFRPフープ層に関する疲労寿命設計線図を炭素繊維配位方向のなす角度0°の試験片の結果を取得 ・CFRPヘリカル層に関しては繊維配向角度を変えた試験片を用いて疲労試験を実施しInterfacial Normal Stress (INS)による評価の妥当性を検討中	・タイプ2 容器およびタイプ3 容器のCFRP層に関する疲労寿命設計線図を作成	・円筒試験体を用いたCFRP層圧力サイクル疲労試験を実施し疲労寿命設計線図の有効性を実証 ・平均応力を変えたCFRPと樹脂の疲労試験を実施し、樹脂の疲労寿命設計線図の作成が可能となる見通し
①-3 円筒試験体評価法の検討	・タイプ2 容器対応フープラップ円筒試験体を作製し圧力サイクル試験を実施中 ・タイプ3容器対応のフルラップ円筒試験体を試作し圧力サイクル試験を実施中	・タイプ2 容器ライナーおよびタイプ3 容器ライナーに対する疲労寿命設計線図の妥当性を検証	・実蓄圧器では実施困難な100万回圧力サイクルまでの疲労寿命設計線図の妥当性を検証
①-4 自緊効果を考慮した疲労寿命設計線図の作成	・タイプ3 容器の圧力サイクル寿命をライナーのき裂発生寿命とき裂進展寿命に分けて定式化を検討中	・タイプ3容器のライナー材料に関する疲労寿命設計線図を作成	・疲労寿命設計線図の妥当性を実蓄圧器の圧力サイクル試験結果を用いて検証
①-5 応力解析及び疲労解析に基づく複合圧力容器設計手法の実証	・タイプ3実容器の疲労試験データから累積損傷関係式を構築。自緊処理の疲労寿命に及ぼす効果を調査中	・タイプ3実容器の疲労試験データ等から、疲労寿命設計線図を用いた設計手法を実証	・自緊処理と累積損傷関係式の指数の相関を把握することにより、疲労寿命設計線図を用いた設計手法の実証が可能と推定
② 複合圧力容器の技術基準の整備に向けた技術開発	・累積損傷則に基づいた、累積損傷関係式を構築 ・容器試験を課す試験項目等を見直しKHKS 0225改正方針を作成	・応力解析及び疲労解析に基づく複合圧力容器設計手法を確立し、KHKS 0225改正やISO TC195 WG15(水素ステーション用蓄圧器)に提案	・KHKS0225改正案を作成し提案する。また、ISO TC195 WG15(水素ステーション用蓄圧器)に、累積損傷関係式について提案する見込み

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

◆成果の普及

※2020年10月9日現在

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	計
論文	0	0	0	-	-	0
研究発表・講演	6	5	3	-	-	14
受賞実績	0	0	0	-	-	0
新聞・雑誌等への掲載	1	2	0	-	-	3
展示会への出展	0	0	0	-	-	0

- タイプ2 技術文書の内容については、ASME PVP2020で報告した
- その他、研究開発の内容については、学会、JPEC成果発表会など外部発表等にて広く公開し、事業者へ情報提供をしていく予定である

3. 研究開発成果 (4) 知的財産権等の確保に向けた取組

◆知的財産権の確保に向けた取り組み

- 出願目的：
 - ・累積損傷関係式に係る内容は、ISO TC197 WG15（水素ステーション用蓄圧器）に情報提供する計画である。他国の特許出願により日本国内で累積損傷関係式が利用不可にならないよう防衛のため出願した
 - ・今後、水素ステーション運営団体への譲渡を検討する
- <出願2件>
- ①特願2020-074196 「蓄圧器の寿命判定方法」
 - ②特願2020-074235 「蓄圧器の寿命判定方法を用いた水素ステーションの運転方法」

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度	計
特許出願（うち外国出願）	0	0	2	-	-	2件

※2020年10月9日現在

4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

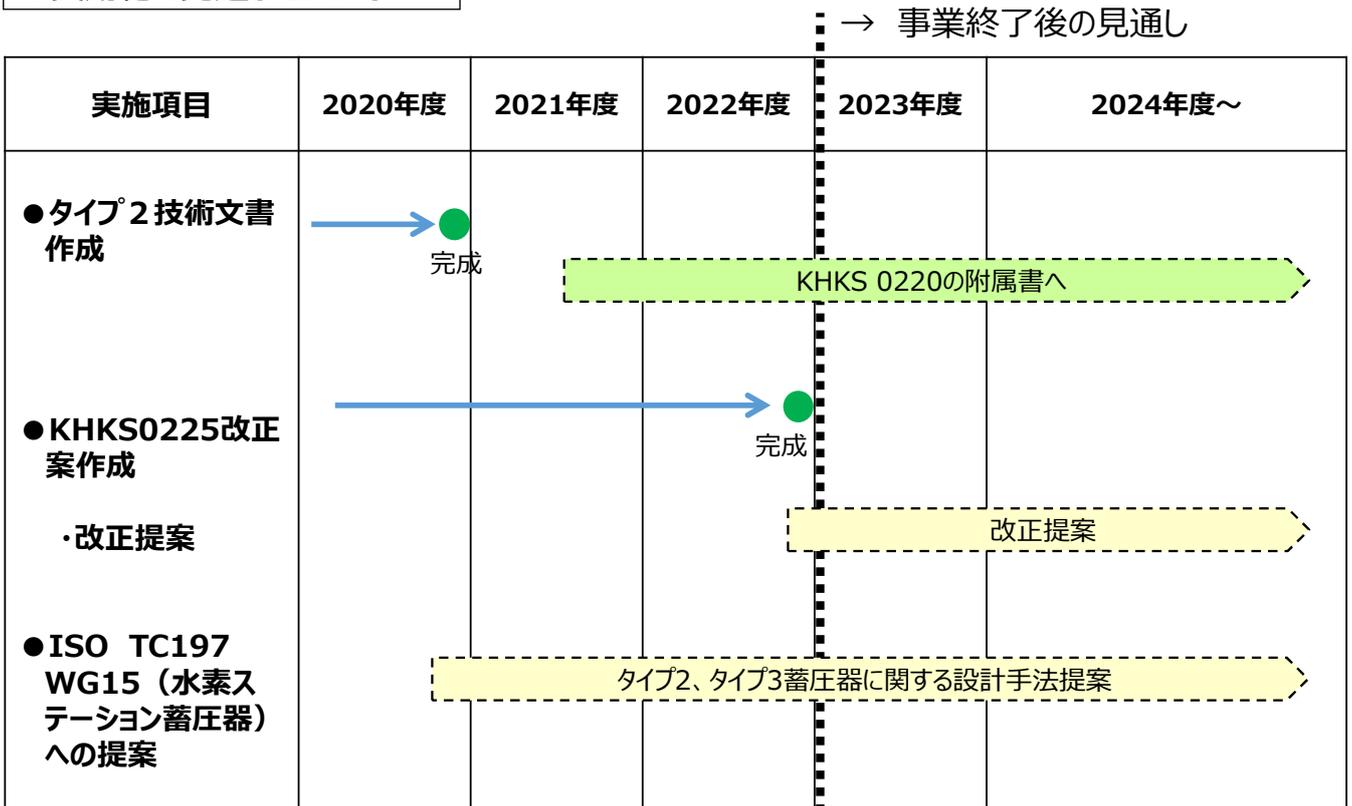
◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

技術基準を制定/改正し、広く利用してもらうことで蓄圧器に係るコスト削減に繋げる

- ・タイプ2 技術文書を制定し、KHKS 0220の附属書とする
- ・ KHKS 0225を改正する

4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し

◆実用化の見通しについて



「長寿命高圧水素シール部材・継手部材及び機器開発に関する研究開発」(中間評価)

(2018年度～2022年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

一般社団法人水素供給利用技術協会
 国立大学法人 九州大学
 一般財団法人 化学物質評価研究機構
 NOK株式会社
 高石工業株式会社
 日本ピラー工業株式会社
 株式会社キッツ
 株式会社フジキン
 株式会社タツノ
 トキコシステムソリューションズ株式会社

2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況				
開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
① セーフティーデータベース(SDB)の解析知見の整理	SDBデータ解析の継続	シール、継手のトラブル事例解析より、プレクローラ二次側での漏えいトラブル発生が重要であることが判明した。運転初期の段階で漏えいが多く発生していることを確認した。	○	引き続き、SDBデータ解析を継続し、研究開発方向の絞り込みを行う。
② 部材・機器の用途別評価条件の選定、試験方法の検討	機器の加速耐久性評価法案設定	故意的に劣化因子を与えた従来シール部材の評価を行い、劣化要因を検討した。劣化度と漏えいの相関を確認し、加速耐久性評価法の概要を検討した。	○	機器レベルでの加速耐久性評価法を検証し、継手部材、シール部材の加速耐久性評価法を確立する。
③ シール基盤・改良開発	HRSにおける充填回数15,000回相当のシール部材開発 シール部材の加速耐久性評価法案設定	水素機器用高分子材料水素特性データベースを拡充。 高圧水素シール部材標準評価法、劣化モデルシール部材作製法を開発。 HRS使用済みシール部材の回収、調査を実施。 高圧水素圧縮機ピストンリング材の摩耗に伴うトライボケミカル反応により、硫化水素が発生する事を確認した。	○	開発した劣化モデルシール部材と実機の劣化状況比較によるシール部材加速耐久性評価法の検証 高圧水素ガス圧縮機シール部材の寿命制限因子の特定と対策
④ 継手基盤・機器開発	機械継手の漏洩の評価方法を確立し、漏洩リスク低減の指針を作成し、漏洩のない機械継手の開発を行う	継手シール部の接触面圧に着目した新たな評価方法と試験装置を開発した。接触面圧低下に至る複数因子の作用を試験と解析により確認した。	○	接触面圧低下条件と水素漏洩の関係の定量的整理。漏洩リスク低減指針の検討。新型/改良型継手の開発。理論解析による検証。
⑤ シール成果に基づく機器開発	HRSにおける充填回数15,000回相当の機器開発	基盤・改良開発に基づき、新たな機器(バルブ、フィルター等)の設計検討を実施した。	○	加速耐久性評価法に基づく目標達成機器の開発

◎：大幅達成、○：達成、△：達成見込、×：未達

サブテーマ①セーフティデータベース (SDB) の解析知見の整理 (HySUT)

○セーフティデータベース (SDB) 概要、漏えい事例の精査

期間：2003年～2018年1月 (約15年間)

データ件数：シール継手事業に係る465件

SDBより事例の更なる精査・検討のため、水素の漏えい事例につき、部位、原因などが詳述されている101件を抽出した。

・ディスペンサーの漏えいは、シール部位が多い (51件中の44件)。シール部での外部漏えいは19件であり、内18件が遮断弁・その他の弁となった。また、内14件がプレクーラー二次側の遮断弁のトラブルであり、3/4がグランド部分で発生し、残りは弁の底部のOリングで発生している。

○ディスペンサーの継手部位が原因の漏えい

外部漏えいは7件であり、全てプレクーラー二次側が漏えい発生部位である。

プレクーラーの二次側 (出口側) のシール、継手、機器の漏えい防止が重要

設備	種別	外部漏えい		内部漏えい		計
		件数	比率	件数	比率	件数
ディスペンサー	シール	19	73%	25		44
	継手	7	27%	0		7
	計	26	100%	25		51
昇圧設備	シール	4	27%	26		30
	継手	11	73%	0		11
	計	15	100%	26		41
蓄圧設備	シール	5	56%	0		5
	継手	4	44%	0		4
	計	9	100%	0		9
合計	シール	28	56%	51		79
	継手	22	44%	0		22
	計	50	100%	51		101

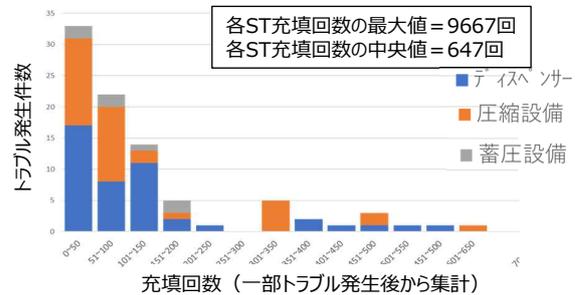
○充填回数とトラブル発生頻度の相関性解析検討

上記の漏えい事例を対象にトラブルが発生するまでの充填回数を集計し、充填回数とトラブル発生頻度の相関性を解析した。

・運営開始、トラブル発生後からの運営再開に関わらず運転初期段階での充填で漏えいが多い。

・充填回数 0～50回での漏えい件数が最も多く、初期の段階でシール部・継手部から漏えいが発生していることを確認した。

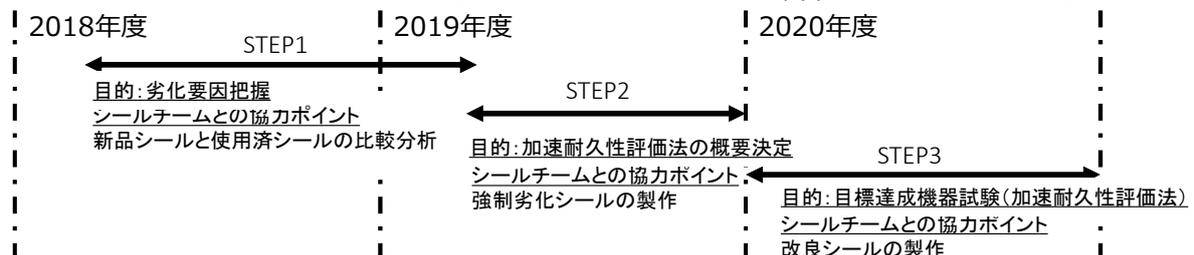
・各STの充填回数の中央値 (充填回数647回) であることから運転初期の段階で漏えいが多く発生していることが明確となった。



サブテーマ②機器の用途別評価条件の選定、試験方法の検討 (HySUT, キッツ、フジキン、タツノ、トキコシステムソリューションズ)

加速耐久性評価法 (シール部材と機器試験の連携)

規定充填回数後のシール材と相応の劣化状態を、加速的に与える評価方法を確立させる取り組み



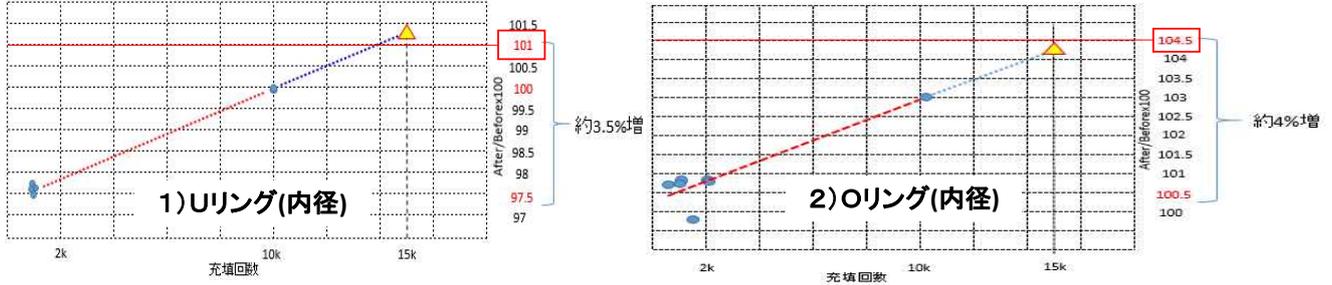
No.	目的	シール供試体	取り組み方法	次STEPへ進む為の判定基準
STEP1	商用STで使用したシール材の劣化要因を把握	新品シール 使用済シール	新品シールと使用済シールを比較分析し、劣化因子を調査する	劣化因子が絞り込めること
STEP2	加速耐久性評価法案の概要決定	強制劣化シール	STEP1で絞り込んだ劣化因子を、強制的に付与した強制劣化シール材を製作・使用し、加速耐久性評価法案を決定する	リークが発生すること
STEP3	加速耐久性評価法による充填回数15,000回相当の達成	改良シール	STEP2で決定した加速耐久性評価法案を用いて、目標充填回数相当に耐える機器を開発する	15,000回相当の試験に合格すること

キッツ製遮断弁のUリングとOリングの分析と加速耐久性評価法

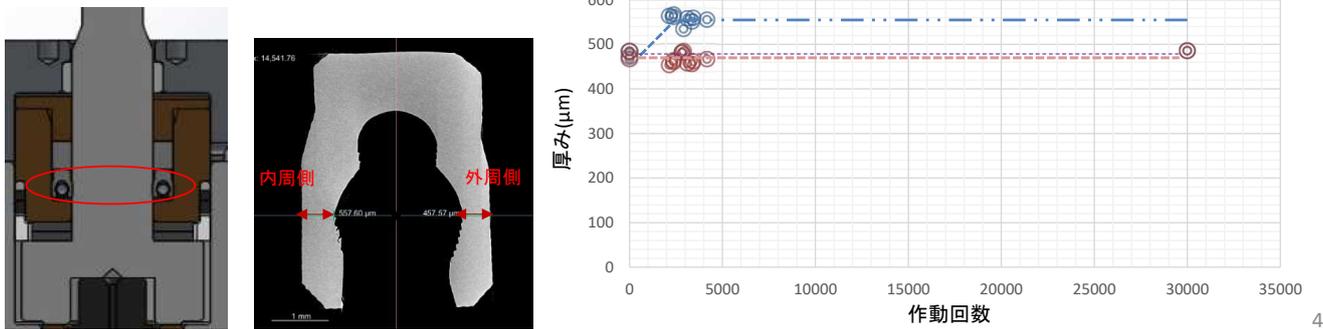
・目的

2018年度に充填試験、2019年度に充填模擬、圧力サイクル、定圧連続作動試験、2020年度の実機回収品を分析し、その結果からシール材の内径の拡大及びUリングの変形に注目し、充填15,000回相当の仮想相関図を作成し、漏洩の限界値を想定し強制劣化シール材の作成と加速耐久性評価法を立案し、検証する。

①仮想相関図とシール材の漏洩閾値(充填15,000回相当)



②UリングのCT分析(シール部厚み確認)



キッツ製遮断弁のUリングとOリングの分析と加速耐久性評価法

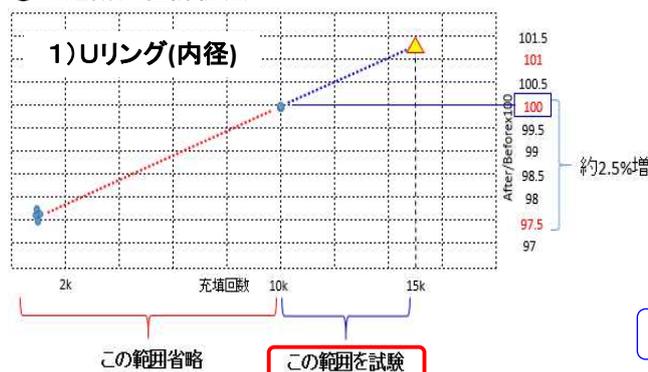
③加速耐久性評価法

強制劣化シール材製作方法

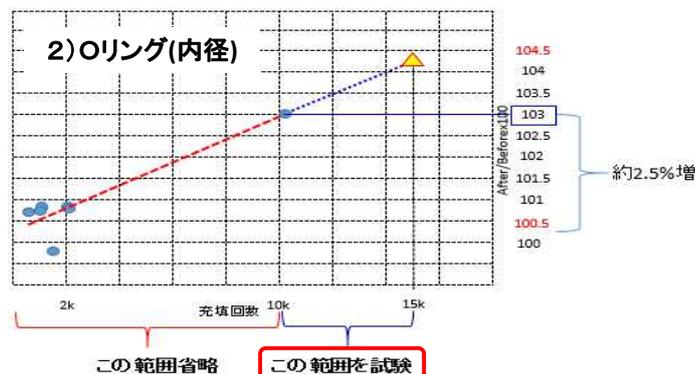
- 1) Uリング: 治具にて内径を拡大させる。
- 2) Oリング: 樽型ロッドで内径を拡大させる

加速耐久性評価試験方法

- 1) Uリング: 圧力サイクル2,000回を加えた後に定圧連続作動15,000回(充填5,000回分)とする。
- 2) Oリング: 圧力サイクル5,000回(充填5,000回分)



期待する効果



	試験キャパ	日数
充填模擬試験(15K)	150回/日	100日
加速耐久性試験 (Uリング)	圧力サイクル 4,800回/日 定圧作動 6,000回/日	4日
加速耐久性試験 (Oリング)	圧力サイクル 4,800回/日	2日

※ 1日 = 8時間稼働として計算 (準備・撤収日は除外)

商用STのバルブ不具合内容等の把握

商用ST・HTCでの使用済シール部品を回収・調査し、新品シール材からの変化点を確認した。調査シール部品の対象は、底プラグオリング、グランドパッキンの2箇所。

新品対比で以下変化点を確認された。

- ・底プラグオリング：隙間へのはみ出し変形
- ・グランドパッキン：内径側(軸摺動側)摩擦

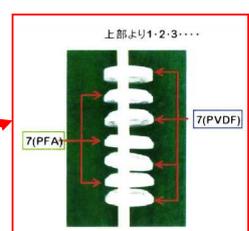
※化学的変化より物理的な変化が主であった



底プラグオリング(固定シール)

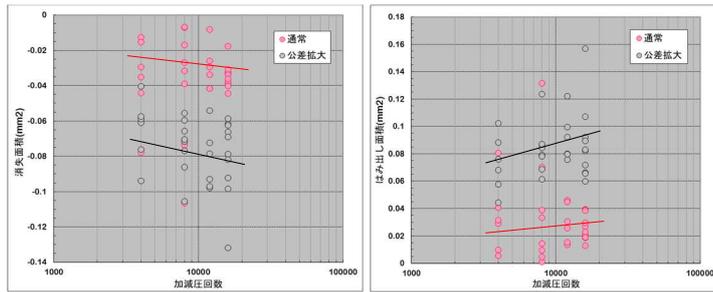


グランドパッキン(運動シール)



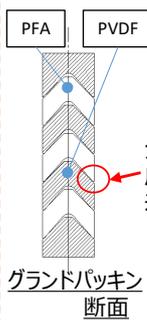
加速耐久性評価法試験の検討

底プラグオリングについて、バックアップリング寸法を変更し、Oリングがはみ出す隙間を変化させ、繰り返し加減圧回数とはみ出し量に対するデータを取得した。充填回数によるはみ出し量を外挿する。※はみ出し量測定方法は九州大学様にて考案頂いた。



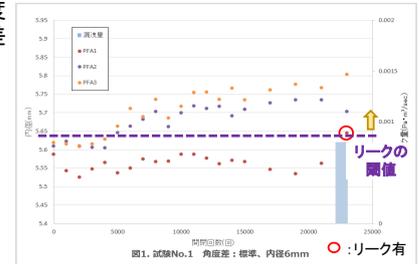
充填回数15,000回でのOリングはみ出し量、グランドパッキン内径を外挿できる相関図を作成し、リークする閾値と共に示せるデータ整備を行う。

グランドパッキンについて、内径側摩擦が変化するようにグランドパッキンの角度を変更し、軸との接触量を変化させ、内径変化とリークする関係のデータを取得した。



グランドパッキン条件

No.	角度差	内径	備考
1	標準	6mm	標準条件
2	標準 × 1/2	6mm	角度差を減少
3	0	6mm	角度差をゼロ



■ディスペンサ動作による遮断弁の加速耐久試験法 トキコシステムソリューションズ(株)

目的： 充填制御における遮断弁動作から、加速耐久試験方法を提案する。

意義： 効果的な加速試験法を提案し、短時間で耐久性評価を可能とする。劣化の少ないシール継手の開発に役立つ。

【充填制御概要】

No.	充填内容	開時間目安	充填制御	備考
1	初期圧測定	2~10秒	パルス充填	温度が急激に低下
2	容積計測	10~30秒	定流量または定昇圧率	1-2で200g以下
3	本充填	0~600秒	定昇圧率(プロトコル)	バンク切替あり

【充填による負荷】

- ・1充填当りの遮断弁開閉回数: 3回(*)
- ・遮断弁開閉時の1次側/2次側圧力を右表に示す
(P_{max} : 充填終了圧、 P_0 : 初期圧、 P_1 : 容積計測後圧、 $P_0 \approx P_1$)
- ・脱圧弁開による圧力変動: 1回 ・ガス温度: ブライン設定温度まで低下

遮断弁	初期圧測定時(*)		容積計測時(*)		本充填時(*)		脱圧	脱圧時遮断弁	
	1次	2次	1次	2次	1次	2次		1次	2次
開時	P_{max}	0	P_0	P_0	P_1	P_1	前	P_{max}	P_{max}
閉時	P_0	P_0	P_1	P_1	P_{max}	P_{max}	後	P_{max}	0

【試験方法】

- ・右表の圧力条件で、遮断弁を 3回開閉(開閉時間: 各3秒)、脱圧: 1回、を1セット(1充填)とする(プレクール: あり/なし)
- ⇒24秒~30秒で1充填分(10hで1200回充填相当)

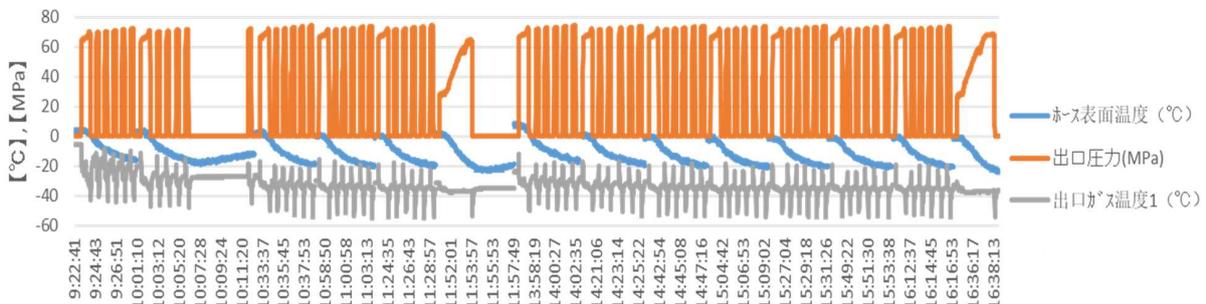
■実ステーション、実環境での耐久サイクル試験 (株)タツノ

目的： 試験室ではなく、実ステーションにて、人間の手で充填操作を行い、リアル環境を実現する。

意義： 効果的な加速試験法を提案し、劣化の少ないシール継手の開発に役立つ。

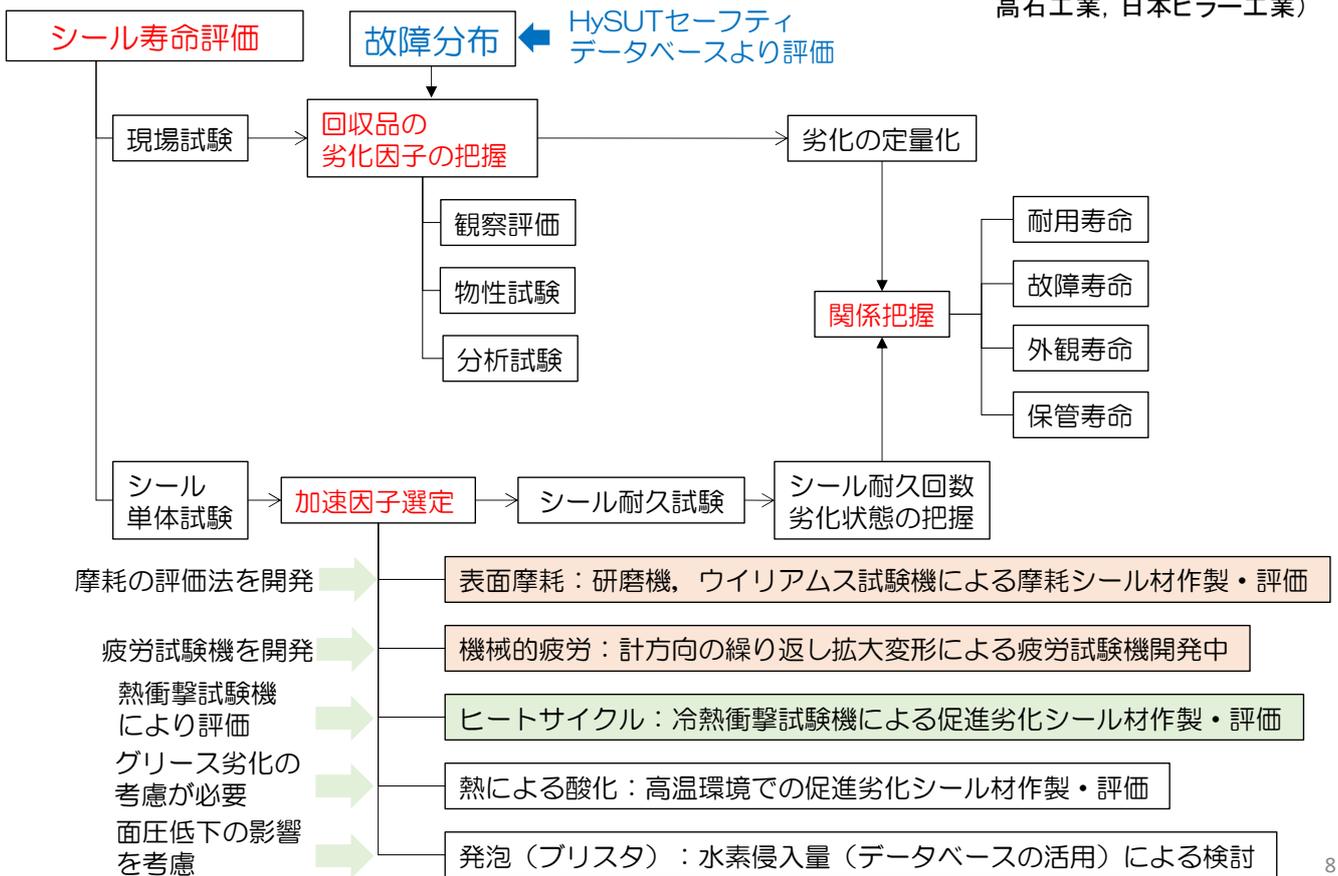
パターン 【300g充填 × 1、50g充填 × 5】の少量充填繰り返しと、3kg程度の通常充填の繰返し

⇒フスハンの圧力変動、小幅・大幅な温度変動、手動充填での条件ゆらぎ 最大100回/日充填



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

サブテーマ③シール基盤・応用開発 加速耐久性試験法基本概念図 (九州大学, CERI, NOK, 高石工業, 日本ピラー工業)



3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

サブテーマ③シール基盤・応用開発 劣化模擬シール部材作製・シール性評価法 (九州大学, CERI)

表面摩耗

軸摩耗 供試シール部材(リング)

シリンジ本体, ピストン, シリンダー, シリンジポンプ, カウンター, 圧力読み取り

スピードコントローラー, 圧力計

平面摩耗

回転 研磨紙, ウィリアムス摩耗試験機

試験片台, 荷重検出(回転力)

機械的疲労

減圧時 加圧時

リングの繰り返し加減圧に伴い、リング径が拡大・縮小を繰り返す。

樺状ロッドの大径部通過によりリング径拡大

供試シール部材(リング)

ヒートサイクル

冷熱衝撃試験機 高温槽・低温槽間を供試材が繰り返し移動

高温槽, 低温槽

供試シール部材(リング)

劣化リング

各劣化因子加速劣化法により作製した劣化モデルリングを作製し、物性、形状、表面粗さ変化などを計測

リング表面粗さ計測 三次元解析装置

グリース浸漬

シール部材をグリース中に浸漬、加圧し所定の期間高温保持

リングシール性評価法

加速因子により摩耗・劣化させたリングを試験用高圧水素ガス容器に装着し、高圧水素ガスを繰り返し印加し、透過曲線を取得。リーク量の変動からリングのシール性低下、破壊に伴う漏洩を検出する評価法を確立。

試験用高圧水素ガス容器, リーク検出, 劣化模擬リング

リング耐久性の加速因子として選定した表面摩耗、機械的疲労、ヒートサイクル、グリース浸漬による劣化模擬リング・シール部材作製法およびリングシール性評価法を確立。各因子によるリングの劣化とシール特性の相関把握。

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

サブテーマ③シール基盤・応用開発 劣化模擬シール部材作製・シール性評価法

(九州大学, CERi)

加速耐久性試験法(案)

シール部材加速劣化



Oリング
シール部材

拡張疲労

実機溝寸法より拡張率設定

表面摩耗

実機溝材料・表面粗さによる
摩耗

グリース浸漬

使用予定グリースによる評価
使用材料の劣化が抑制される
グリース選定

30,000回充填耐久性

シール特性低下が
所定の範囲内

劣化Oリング・シール
部材を実機に装着し、
実機の耐久評価
劣化シール部材と初
期品の性能差を検証

シール特性
低下大
30,000回以下でリーク
の可能性

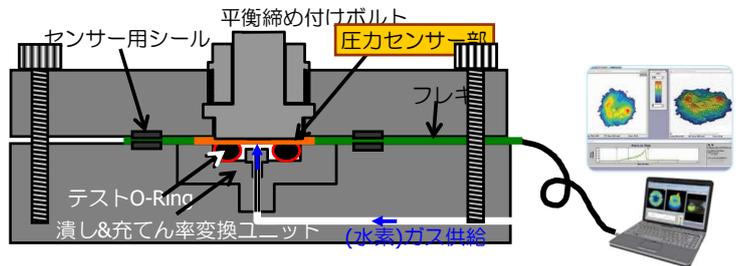
今後の予定

・実機による検証(HyTReC)

サブテーマ⑤機器開発と連携し、新規シールシステムを搭載した機器評価に加速耐久性評価法(案)を適用し、検証を進める。

・リーク挙動の検証

これまでの検討から、リークの発生は、面圧低下によるシール部材と相手材界面からのリークであると想定される。シール部材の摩耗、疲労による形状変化、物性変化による面圧の影響を実測し、面圧変化の解析モデルの策定を検討する。



面圧時間分割計測システム

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

サブテーマ③シール基盤・応用開発 水素ステーション使用済みシール部材の評価

(九州大学, CERi)

・底プラグシール用Oリング(フジキン)

実機回収品の調査から底プラグシール用Oリングの体積膨張に伴う破損が確認された。

Oリングゴム材料への水素侵入の結果発生するゴム材料の体積膨張を考慮していないOリングメーカー推奨値を用いた溝設計を行なった結果、破損が発生したと考えられる。

Oリングの体積膨張は、溝設計(つぶし率、充填率)により異なる。異なる設計のOリング溝を用いて高圧水素シール後の体積膨張を評価した。その結果、体積膨張率で充填率を補正した場合、推奨値内では破損が発生しないことが確認された。

Oリングの体積膨張を考慮した溝設計が必要

機器開発にフィードバック

・グランドシールUリング(キット)

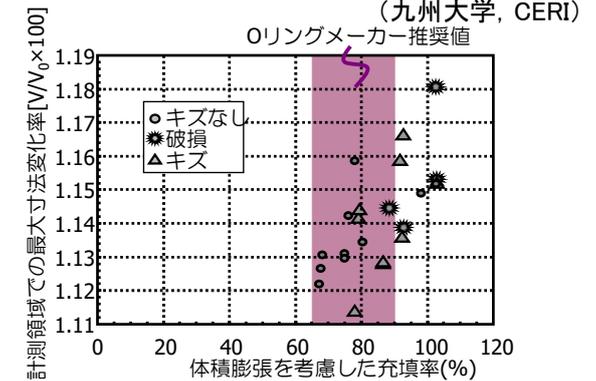
実機回収品およびHyTReC試験品からの回収シール部材を調査した。

Uリングのリップ部(シール面)の部材の厚さの変化、接触面積(シール部接触面長さ)の変化が確認された。

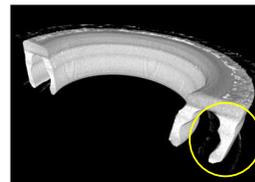
摺動部材から発生した摩耗粉のシール部材への付着が確認され、摩耗粉の付着量に関する評価方法を確立した。

加圧下・非加圧下での開閉操作、水素環境下の作動など、条件を切り分けて変形の要因を明確化するとともに、シール成立のクライテリアを明確にする。

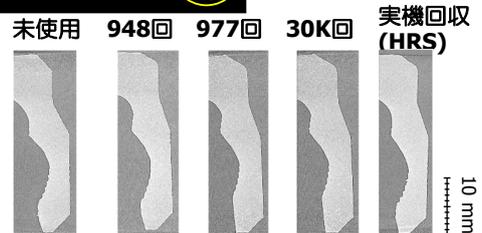
変形要因の明確化によりシール部材の変形に至る作動条件と実機HRS充填時の作動条件の相関を検討し、加速劣化法を策定し、モデル劣化シール部材作製条件を決定する。



Oリング破損に対する寸法変化率・充填率の影響



Uリングの使用によるシール面の変形状況をX線CTにより調査

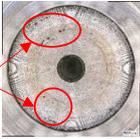
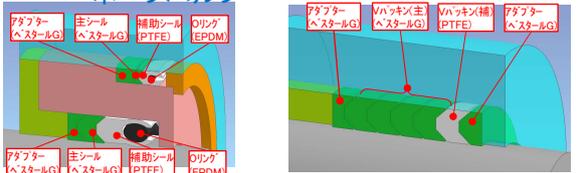


UリングX線CT画像

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

サブテーマ③シール基盤・応用開発 長寿命シール部材の開発 (NOK, 高石工業, 日本ピラー工業)

設定した加速耐久性評価方法により高圧水素機器に実装しうる長寿命シール部材開発に向け、既存材料、現行材料の実力値把握、シール部材評価手法の確立が重要である。各社において、評価法を検討し、既存材料、現行材料評価を実施。また、開発の基盤データとして水素機器用高分子材料水素特性データベースを拡充、276検体のデータを追加(九州大学)。

<p>NOK</p> 	<p>高温・低温環境ともにグリース塗布による摩耗粉発生抑制に対する有効性を確認、15,000回の耐久確認。</p> <p>グリース塗布なし (25000回)  摩耗粉</p> <p>グリースA塗布 (30000回) </p> <p>図 耐久試験後Oリングホルダー外観</p>	<p>高温試験後、表面の粗さが増大したOリングの低温シール性確認中。</p> <p>摩耗粉抑制のためのシール材・グリースの組み合わせ、溝設計変更によるフレッチング摩耗の抑制可否検討中。</p>
<p>高石工業</p> <p>高石工業株式会社</p>	<p>Oリング損傷を抑制するバックアップリング仕様を決定。材料改良により動的疲労おりによる内部発熱抑制、引裂き強さを向上。</p> <p>バックアップリング仕様</p> <p>PEEK  損傷なし</p> <p>PTFE  損傷</p>	<p>10,000回程度で不具合が発生した試験治具を改良し、加速耐久劣化試験法に基づいた耐久試験により15,000回(最終30,000回)まで継続。</p> <p>サブテーマ⑤のバルブメーカーと評価用バルブに適用するOリングの設計を進めている。バルブ評価実施予定。</p>
<p>日本ピラー工業</p> 	<p>水素透過特性、摩耗特性から、ベスタールG(POM)を選定、バルブ用シール部材を設計。</p> <p>ニードルバルブ</p> <p>ボーフバルブ</p> 	<p>サブテーマ⑤のバルブメーカーと評価用バルブに適用するシール部材の設計を進めている。</p> <p>今年度試作シールを搭載したバルブの評価を実施予定。</p>

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

サブテーマ③シール基盤・応用開発 ピストンリング材の摩擦摩耗とガスエミッション

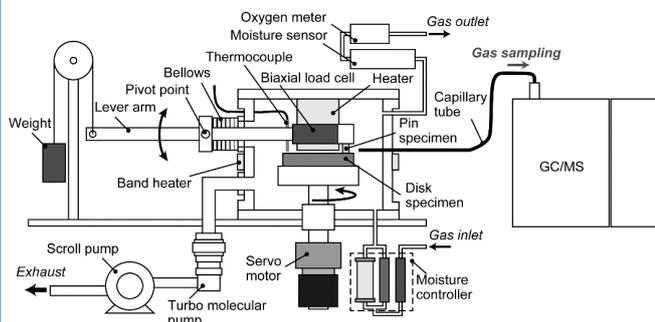
目的 100MPa級高圧水素ガス圧縮機に用いられるピストンリングは、高いガス圧と高温にされながら高速でしゅう動するため、一般的な圧縮機のピストンリングと比較し寿命が短くなってしまふ。加えて、ピストンリングに含まれるポリフェニレンサルファイド (PPS) から、硫化水素の発生が疑われている。このテーマでは、高圧水素ガス圧縮機に用いられるピストンリング材の摩擦摩耗特性を評価すると共に、しゅう動に伴う硫化水素の発生を実験的に確認し、その発生メカニズムの解明を進める。

【しゅう動試験】

ピン・オン・ディスク型高度雰囲気制御型摩擦試験機を用い、高純度水素ガス雰囲気においてピストンリング材のしゅう動試験を行い、雰囲気ガス中に放出される微量成分 (ガスエミッション、GE) をガスクロマトグラフ質量分析計により分析する。

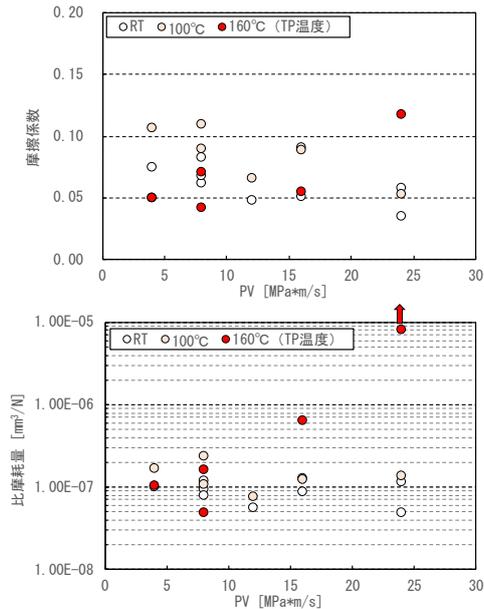
【試験条件】

- ピン試験片： ピストンリング材 (表面旋削仕上げ)
- ディスク試験片： SUS440C (表面研磨, Ra = 0.05)
- 雰囲気： 水素ガス (水分量 5 ppm 以下)
- 雰囲気温度： 室温, 100 °C, 160 °C (試験片温度)
- 接触面圧： 2, 4, 6 MPa
- 滑り速度： 2, 4 m/s
- 滑り距離： 50 km



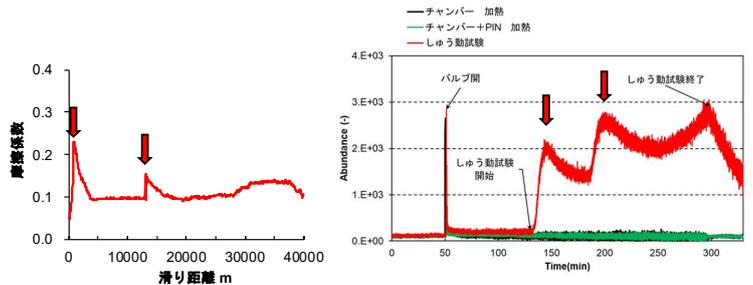
3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

【ピストンリング材の摩擦・摩耗】



- 室温から100℃では比摩耗量が 3×10^{-7} mm³/Nm 以下となり、しゅう動部材として適切な範囲にある。高PV値での著しい摩耗量増加も見られない
- 試験片温度が150℃を超えるとPV値の上昇とともに比摩耗量が指数関数的に上昇した
- 高温下での高速しゅう動はピストンリング材に対し非常に過酷であり、耐摩耗性が著しく低下する

【リング材摺動によるGE発生挙動】



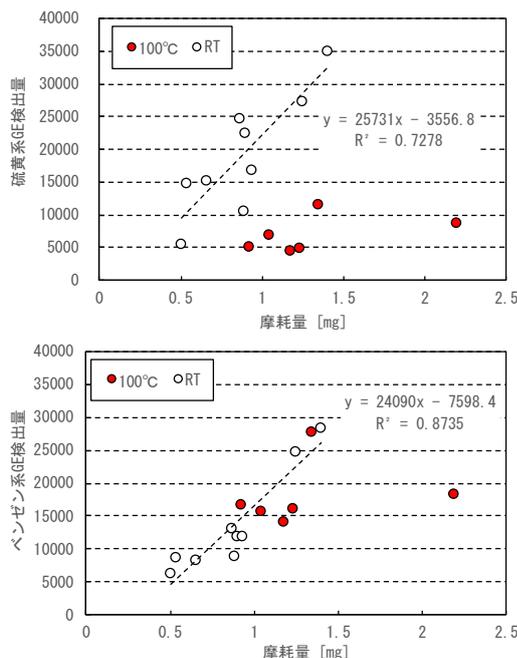
- リング材のしゅう動開始とともにGC/MSによる硫化水素検出量が上昇
- 摩擦係数の上昇にリンクして硫化水素検出量が上昇

【リング材由来のGE検出数】

No.	化合物	カウント数															
		20Pa 4h/s	40Pa 4h/s	60Pa 4h/s	20Pa 2h/s	40Pa 2h/s	60Pa 2h/s	20Pa 4h/s	40Pa 4h/s	60Pa 4h/s	20Pa 2h/s	40Pa 2h/s	60Pa 2h/s	20Pa 4h/s	40Pa 4h/s	60Pa 4h/s	
18	H ₂ O	922851	829220	373181	494952	473002	456667	46724	111060	88929	19727	27804	25927	24193	24781	22008	
19	F	143470	138886	58974	75781	67170	63952	9157	20986	16711	3457	4899	4428	4767	4777	4510	
32	O ₂	382428	30393	24786	147865	97115	97851	13128	19051	16859	13426	18094	16353	14268	13086	11488	
34	H ₂ S	4171	7532	3537	1843	1795	1934	2159	16279	14837	4900	9067	8021	8955	6858	2900	
44	CO ₂	471414	628907	384225	238817	225614	320197	62861	336282	198212	106677	154272	140886	91602	109127	102845	
60	SCO	2358	3418	4837	2802	2372	2457	3127	17742	11791	9105	14109	15355	7651	9026	7019	
69	CF ₃ ⁺	20300	25804	18069	17515	11997	12794	5760	28652	22551	7816	13751	11534	7752	11561	5945	
70	CF ₃ H ⁺	2632	3008	2239	1527	1203	1265	481	1912	1626	467	809	779	622	884	715	
76	CS ₂	890	1035	902	689	764	819	536	1670	1289	345	726	407	295	467	361	
78	Benzene (C ₆ H ₆)	6578	14727	9403	5886	7110	8795	745	8136	8443	544	1987	3539	1090	3233	3950	
79	1,3-Cyclohexadiene	1392	3060	2146	1744	1494	1497	426	2168	2409	525	812	831	583	959	760	
82	Cyclohexane	6588	8227	5320	8166	4877	4916	4769	16259	12219	7277	9801	6898	6076	6849	3110	
84	Cyclohexane	1221	1683	1412	902	744	865	402	1873	1689	412	586	734	461	826	1118	
110	Thiophenol	324	527	435	273	248	222	177	323	365	217	184	194	168	183	180	

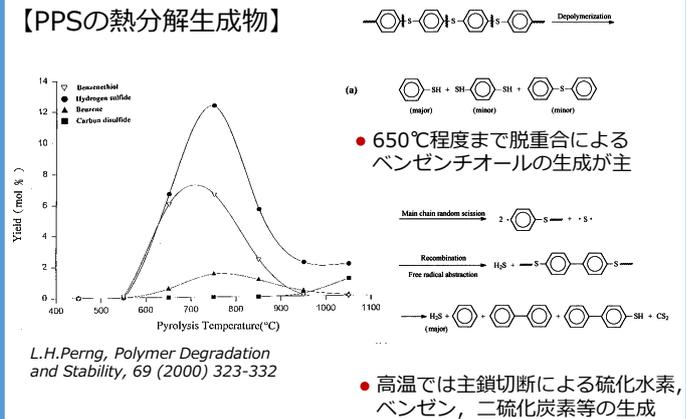
3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

【ピストンリング材の摩耗量とGE検出量】



- 室温条件で硫黄系GEの検出量とリング材摩耗量の間に明確な線形の相関
- 雰囲気温度が100℃に上昇することにより硫黄系GEの検出量が減少
- 雰囲気温度にかかわらずベンゼン系GE検出量とリング材摩耗量の間に明確な線形の相関

【PPSの熱分解生成物】

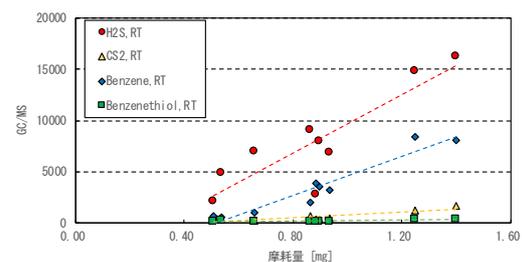


L.H. Perng, *Polymer Degradation and Stability*, 69 (2000) 323-332

- 650℃程度まで脱重合によるベンゼンチオール生成が主

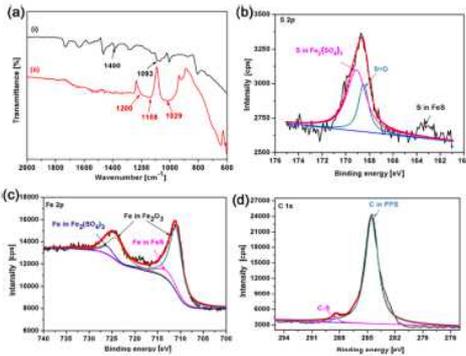
- 高温では主鎖切断による硫化水素、ベンゼン、二硫化炭素等の生成

【リング材のしゅう動によるGE成分組成】



- リング材のしゅう動によるGE成分組成はPPSの熱分解による分解生成物の組成と大きく異なる
- しゅう動によるGE発生メカニズムは単純な熱分解ではなく機械的せん断による分子鎖の破断を含むトライボケミカル反応

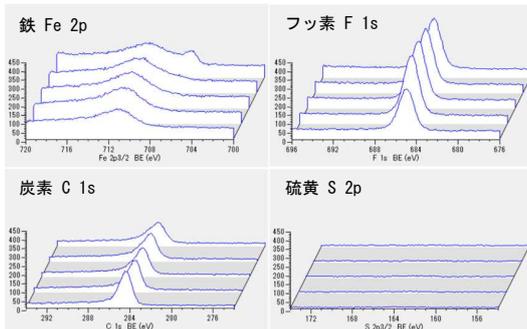
【大気中でのPPSのトライボケミカル反応】



- しゅう動による機械的せん断により硫黄とベンゼン環の結合が破断
- 発生した硫黄ラジカルはしゅう動相手面の金属と反応し硫化金属を形成
- 雰囲気中の酸素がPPSから硫黄を引き抜き二酸化硫黄を形成、しゅう動相手面の金属と硫酸塩を形成

H. Qi et al., J. Colloid and Interface Science, 514 (2018) 615-624

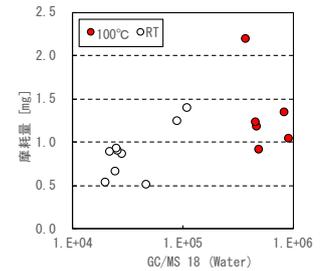
【しゅう動試験後のディスク表面分析】



N-GC-07
100°C, H₂, 4MPa, 2m/s, 摩耗量: 1.18 mg, H₂S+: 4549

- しゅう動試験後のディスク表面のXPS分析では、硫化鉄、硫酸化鉄ともに検出されない
- 発生した硫黄ラジカルの一部は周囲の水素と反応し硫化水素を形成、一部は炭素ラジカルと反応し二硫化炭素を形成
- 酸素、水分が十分に存在せず、二酸化硫黄の形成が困難
- 硫黄ラジカルが金属ディスクと反応できずGEとしてガス中に発散
- リング材摩耗による硫黄系GE発生は高純度水素ガス雰囲気特有の現象

【水分の影響】



- 雰囲気温度の上昇により水分増加
- 増加した水分と硫黄ラジカルの反応による硫黄系GEの減少?

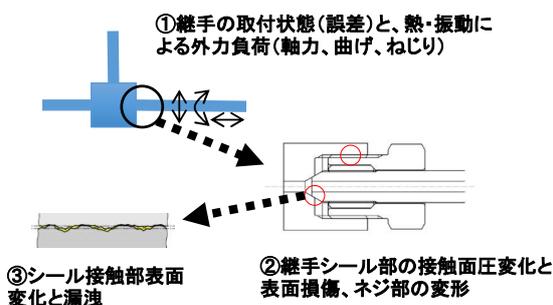
サブテーマ④継手基盤・機器開発

(九州大学、フジキン、キッツ)

目的 継手のゆるみと接触界面での漏れ発生に及ぼす、施工時・運転時・メンテナンスにおける配管の組付け精度、温度変化、圧力変化、振動などの因子による影響を明らかにして、新型あるいは改良継手の開発を行い、機械継手の漏洩リスクの評価方法と漏洩リスク低減の指針を作成する。

継手ゆるみの基本的考え方

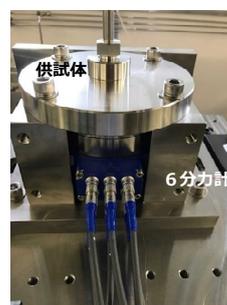
漏えい事故事例の調査から、漏えいに到るプロセスは、(1) 組付け誤差、施工に起因して締結時に初期歪が生じ、(2) 温度変動、振動などの繰返し外力荷荷により継手シール部の接触面圧が低下・不均一化して漏洩に至る、と考えられる。



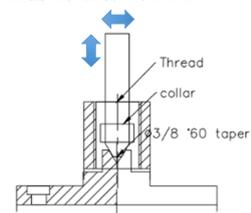
評価法開発の方針

- ① 種々の外力・取付け誤差等の影響因子を個別に又は複合させて付加し、② 影響因子と継手シール部の接触面圧の変化の関係を定量的に明らかにし、③ 接触部表面状態と漏洩の関係を定量的に明らかにする。

継手要素試験装置の開発

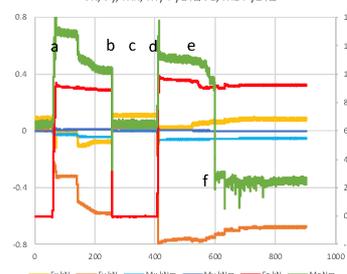


形状、寸法材料、仕上げなどを制御し、かつシール部の6分力を測定可能とするために、市販の継手ではなく、独自の供試体を開発した



締付け時の6分力

Fx, Fy, Mx, My: y1軸 Fz, Mz: y2軸



2回の締め付け(a, d)で軸力Fz(赤)、軸モーメントMz(緑)、横方向力Fx(黄色)、Fy(オレンジ)などから、接触の不均一さを個体ごとに捉えられた

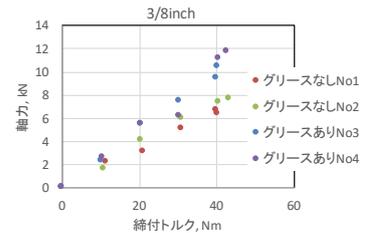
3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

継手要素試験の計画

初期ミスアライメント(取付誤差)	なし	軸方向	横方向	ねじり	加工精度、表面粗さ、グリース、テーパ角など
軸力試験	○	○	○	-	一部○
軸力サイクル試験	○	○	○	予定	予定
横力サイクル試験	○	実施中	-	-	予定

おもに3/8in配管、必要に応じて9/16in, 1/4in

締付けトルクと軸力(接触面圧)



締付けトルクと軸力Fxの関係は、テーパ部のグリース塗布や、締付け回数によって変わる

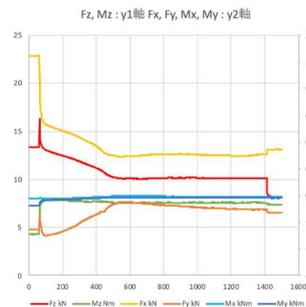
軸力サイクル試験

温度変化による配管の膨張収縮を模擬



圧縮サイクル試験(片振り、0~-0.3mm, 2 Hz)での6分力の例:
横力Fx、Fy変化大、軸力Fzが大きく低下し(下)、ナットの締付けトルクが減少した(右下)

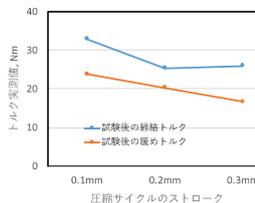
※引張サイクル試験では軸力、横力の低下はみられなかった



配管テーパ部先端に滑りが生じるとともに、表面にかじり発生



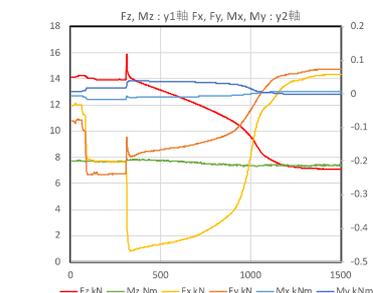
継手テーパ部も塑性変形



横押し+圧縮サイクル



曲げモーメントを加えながら圧縮軸力サイクル試験(下の例は横変位1mm, 圧縮サイクル0~-0.3mm, 2 Hz)。軸力Fzが大きく低下するが、曲げモーメントによる作用は小さい

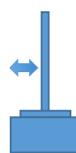


18

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

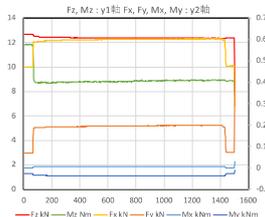
曲げサイクル試験

曲げ振動による継手のゆるみを模擬

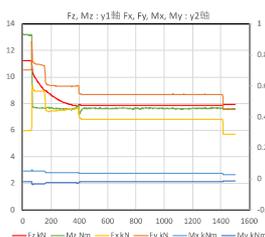


曲げモーメント小(下の①)では継手ナットの緩みはなかった。曲げモーメント大(②)で軸力は3割程度低下して安定し、ナットの緩めトルクも低下した

① 負荷位置
継手から
57mm



② 負荷位置
継手から
35mm

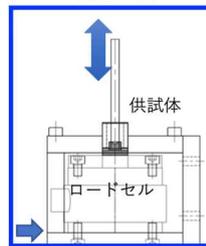


超高压要素試験装置

高压水素ガス(90MPa)を封入した状態で、外力負荷によるガス漏洩を計測する装置を新たに開発した

6分力計を備え、所定の接触面圧を与えたときの密封・漏洩状態を評価する

高压チャンバー



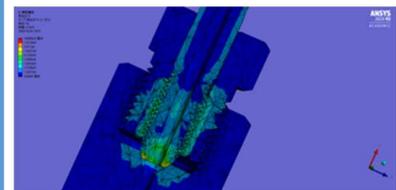
3/8in, 9/16in
継手で軸力を変化させ漏洩時の軸力を計測中

継手ゆるみの理論解析

ANSYS Academic Research Mechanical R1によるFEM弾塑性非線形解析を開始し、継手締めつけから外力付与下の弾塑性変形計算が可能になり、継手シール部、ネジ部の塑性変形発生を確認した



計算モデル例: ナットを時計回りに60°回転させて締付けたのち、チューブ150mmの位置で横に2mm変位



締付け後、曲げモーメント下のMises等価応力の分布例

(成果のまとめ)

- 継手漏洩評価のための新しい評価手法(実験と解析)を確立した。
- 締付け時の潤滑状態によって締付けトルクと接触圧力の関係がかわる。
- 軸力サイクル: 繰り返し圧縮により表面損傷発生、接触面圧低下。
- 軸力サイクル+横力: 横を付加しない場合とかわらない。
- 曲げサイクル: 曲げモーメントが高い場合、接触面圧低下。
- FEM解析により継手シール部、ネジ部の塑性変形を確認した。

(今後の課題)

- 接触面圧低下を生じる条件を定量的に整理し、実際に照らして漏洩低減指針を検討する。加工精度のばらつきと再締結の影響を調査する。
- 超高压要素評価試験装置により、シール部接触面圧、表面粗さ、高压水素ガス漏洩の関係性を解明し、漏洩リスク低減指針を検討する。
- 諸因子を系統的に与えてFEM理論解析を続行し、試験結果の裏付けと理論による予測を検討する。

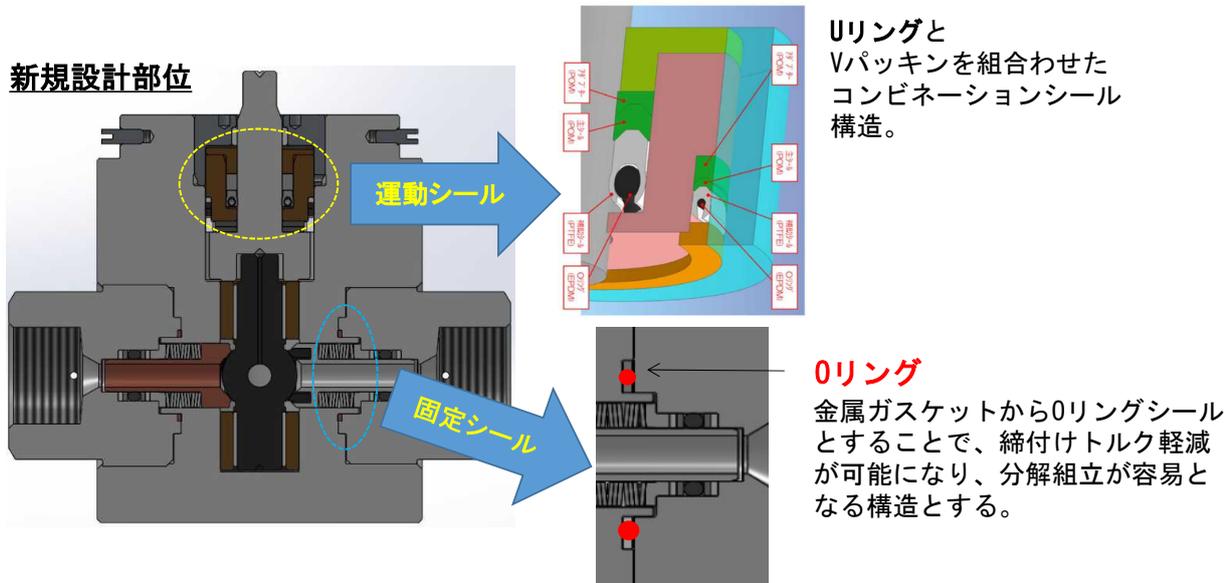
19

サブテーマ⑤シール成果に基づく機器開発 (キット、フジキン、トキシステムソリューションズ)

・目的

2018年度に充填試験、2019年度に充填模擬、圧力サイクル、定圧連続作動試験、2020年度の実機回収品をシール基盤・改良開発チームにて分析し、その結果から長寿命シール材の開発を基にバルブに組み込み、社内試験合格後、高圧ガス水素ガスにて加速耐久性評価法で現行品との比較評価を実施する。

- ・サブテーマ3のシール基盤・改良開発チームによる新型シール材の基礎設計が完了。
- ・バルブの組立、分解を簡略化するためのシール構造に着手することとした。



サブテーマ5:フジキン

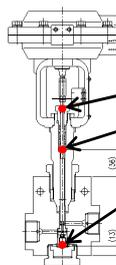
水素ステーション(HySUT山梨HTC)での充填試験

FCVへの連続充填試験を行い、プレクールラインに設置した遮断弁に与える影響を確認した。

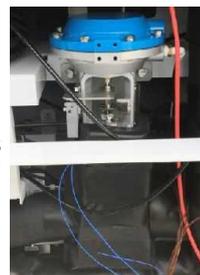
【評価条件】

- 充填圧力：82MPa
- 冷凍機設定温度：-36℃
- 充填回数：合計 32回

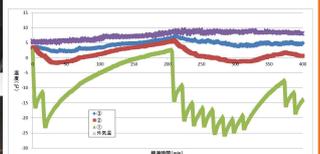
【評価結果】：外部リーク、内部リーク共に発生せず



温度測定位置



試験実施状況

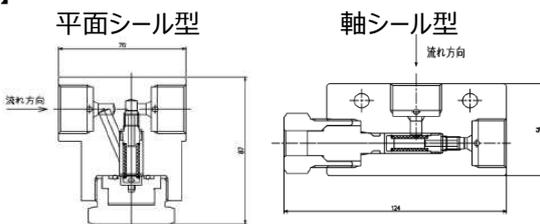


温度測定結果

新型フィルター設計検討、試作品評価

メンテナンス性に優れた構造のフィルターを新規設計検討し、試作品評価を行い、性能を満足しているか確認した。

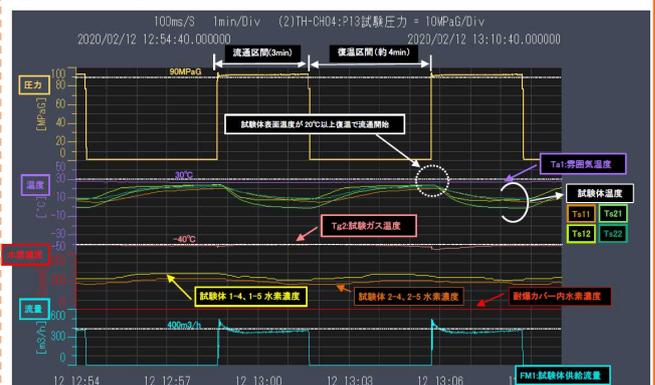
【構造】



【評価項目及び条件】

- 圧力サイクル試験(10,000サイクル)
圧力：1~95MPa、ガス温度：室温
- 低温水素ガス流通試験(100サイクル)
圧力：1~90MPa、ガス温度：-40℃以下

【評価結果】：外部リーク発生せず



低温水素ガス流通試験波形

加速耐久性評価にて、新型構造の信頼性を継続確認し、各構造の優位性を評価する。

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

◆成果の最終目標の達成可能性

開発項目	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
① セーフティーデータベース (SDB) の解析知見の整理	シール、継手のトラブル事例解析より、ブローラー二次側での漏えいトラブル発生が重要であることが判明した。運転初期の段階で漏えいが多く発生していることを確認した。	SDBデータ解析の継続	SDBのデータ解析結果を基に、引き続き、SDB解析を継続し、水素STに使用されるシール部材・継手部材での潜在的漏洩条件の特定に資する解析・整理を行う。
② 部材・機器の用途別評価条件の選定、試験方法の検討	故意的に劣化因子を与えた従来シール部材の評価を行い、劣化要因を検討した。劣化度と漏えいの相関を確認し、加速耐久性評価法の概要を検討した。	機器の加速耐久性評価法の確立	劣化度と漏えいの相関性検討より、劣化シール材を作成し、機器レベルでの加速耐久性評価法を検証する。検証での分析結果 (シール材劣化状況等) を基に加速耐久性評価法案を設定する。継手基盤・機器開発及びシール成果に基づく機器開発で得られた評価試験結果を基に加速耐久性評価法の検討へフィードバックし、確立する。
③ シール基盤・改良開発	水素機器用高分子材料水素特性データベースを拡充。 高圧水素シール部材標準評価法、劣化モデルシール部材作製法を開発。 HRS使用済みシール部材の回収、調査を実施。 高圧水素圧縮機ピストンリング材の摩擦に伴うトライボケミカル反応により、硫化水素が発生する事を確認した。	HRSにおける充填回数 30,000 回相当のシール部材開発 ・シール部材の加速耐久性評価法の確立	2020年度末までに開発した劣化モデルシール部材と実機の劣化状況比較を実施し、シール部材加速耐久性評価法案の詳細条件を設定する。引き続き、詳細条件を設定した加速耐久性評価法案を用いて実機との比較による検証を実施し、2022年度末までに評価法の確立、実機における30,000回充填相当のシール部材寿命を実証する。 ガスエミッションに係る解析検討を基に高圧水素ガス圧縮機シール部材の寿命制限因子の特定と対策を行う。
④ 継手基盤・機器開発	継手シール部の接触面圧に着目した新たな評価方法と試験装置を開発した。接触面圧低下に至る複数因子の作用について試験と解析により明らかにした。	機械継手の漏洩の評価方法を確立し、漏洩リスク低減の指針を作成し、漏洩のない機械継手の開発を行う。	2020年度までに得た成果と評価方法に基づき、2021年度末までに新型/改良型継手を開発し、加速耐久性評価法検討する。2022年度末までに漏洩の評価試験方法を完成させ、漏洩リスク低減の指針を作成する。
⑤ シール成果に基づく機器開発	基盤・改良開発に基づき、新たな機器 (バルブ、フィルター等) の設計検討を実施した。	HRSにおける充填回数 30,000 回相当の機器開発	加速耐久性評価法に基づく試験を、新たに設計検討した機器 (バルブ、フィルター等) で実施し、目標達成機器 (2020年度: 充填回数15,000回相当、2022年度: 充填回数30,000回相当) を開発する。

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

◆成果の普及

	2018	2019	2020	計
論文(査読付き)	0	0	0	0件
研究発表・講演	5	6	0	11件
受賞実績	0	0	0	0件
新聞・雑誌等への掲載	0	0	0	0件
展示会への出展	0	0	0	0件

※2020年10月現在

◆知的財産権の確保に向けた取組

知財戦略に沿った具体的取り組み

- 委託先10社を契約者とする「知財合意書」を締結（契約日：2018年10月19日）
- 知財運営委員会の開催実績
 - 2019年1月25日 成果発表（5件）に関する審議
 - 2019年4月 9日 成果発表（1件）に関する審議

	2018年度	2019年度	2020年度	計
特許出願(うち外国出願)	0	1	0	0件

※2020年10月現在

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

漏えいの無い長寿命・高信頼性のシール、継手の開発により、本プロジェクトの成果として、「水素ステーションの安全性向上、信頼性向上、水素ステーション運営コスト低減」が実現できる。

具体的な成果として、

- 水素ステーションの休業日数の削減：1日/年
 - メンテ期間の短縮：2～3日/定修（定修はほぼ1回/年）
 - 運営コスト低減：1～2百万円/年
- 従って、日本全体の水素ステーションでは3.2～6.4億円/年の低減が見込まれる。（2025年度 水素ステーション数：320）

4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (2) 成果の実用化に向けた具体的取組

◆実用化に向けた具体的取組

項目	2018	2019	2020	2021	2022	2023～2033
①セーフティーデータベース(SDB)の解析知見の整理	SDBデータ解析継続			同左		最終目標
②部材・機器の用途別評価条件の選定、試験方法の検討	・加速耐久性評価条件案決定			・加速評価条件確立		規格化検討
③シール基盤・改良開発	・使用済みシール部材調査 ・シール部材加速耐久性評価法案確立			・シール部材加速耐久性評価法確立		規格化検討
	・データベース構築 ・新規シール部材候補材選定			・新規シール部材		各種水素機器への適用検討
④継手基盤・機器開発	・要素評価試験 ・評価方法の確立 ・理論解析モデル構築			漏えいリスク低減指針 ・新型/改良型継手開発		実用化検討
⑤シール成果に基づく機器開発	・バルブラボ試験実施 ・15,000回充填相当の検証			・バルブラボ試験 ・HRS実証 ・30,000回充填相当の検証		実用化検討

▲:基本原理確認 ●:基本技術確立

水素ステーション機器
以外への用途展開
国内メーカーの国際競争力に寄与
水素ステーションでの利用拡大

「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」 (中間評価)

(2018年度～2022年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

国立大学法人九州大学

一般社団法人日本ゴム工業会

2020年12月17日

1

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
① 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	水素インパルス試験法、改良試験法と実水素ステーションにおける充填回数の相関係数設定	85℃ホース揺動水素インパルス試験と実水素ステーションの相関係数1.6を設定	○	
② 高圧水素ホースの劣化・破壊加速因子の解明	ホース耐久性に対する影響が大きい内層樹脂の劣化、破壊に影響する因子を明確化	ホース内層樹脂の疲労特性について応力負荷パターンの影響明確化	○	
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	高圧水素加速耐久性評価法を開発し、規格案を作成	85℃ホース揺動水素インパルス試験法を規格案として設定	○	
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	加速耐久性評価法を用いてデータを取得し、ホースメーカーにフィードバック	ホースメーカーより提供いただいたホースの評価結果をフィードバック	○	

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間) / 一部達成(事後)、×未達 2

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

以下の通り2020年度中間目標は達成したと判断している。

2020年度中間目標	達成状況	達成度
高圧水素ホース加速耐久性評価法の確立	85℃ホース揺動水素インパルス試験を評価法案として設定	○
ホース交換サイクル 充填回数 2,200回以上の耐久性判断に資するデータ取得	北米水素ステーションにおいて試用し、3,000回の耐久性を実証	○

成果の意義

2017年度までのNEDO事業において開発された87.5 MPa試作ホースの水素インパルス試験法による評価は数万回の耐久性を示すことが判明している。このため、これらのホースの水素インパルス試験による耐久性評価は長期間を要する。この結果、ホース交換サイクルの設定に資する評価結果が十分に得られず、ホース交換サイクルについて、ホース耐久性の実力値に比して限定的な回数を設定せざるを得ない状況となっている。

加速耐久性評価法を確立することにより、短時間での耐久性評価を実施し、ホースメーカーにおけるホース交換サイクルの設定に資するデータを蓄積することが可能となる。これらの加速耐久性評価データは、ホース耐久性の実力値に応じたホース交換サイクルの設定、高耐久性ホースの開発に活用される。

3

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=3)は3,000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。

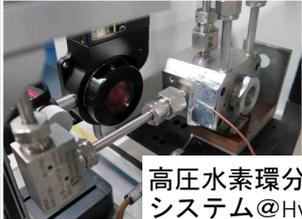
4

実施項目②

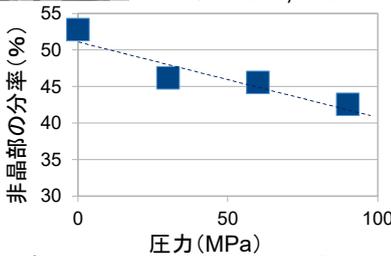
高圧水素ホースの劣化・破壊加速因子の解明

(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)

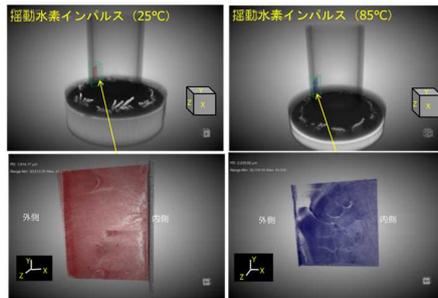


高圧水素環分光測定システム@HyTReC



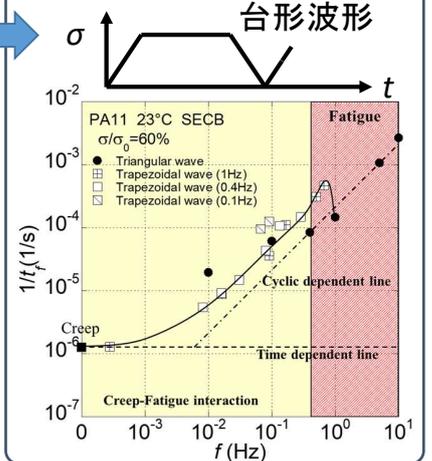
高圧水素環境下での使用によるホース内層材への影響の評価法を検討。

- ・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
- 水素ステーション使用后, 加速耐久性評価後のホース内層材について, X線CTによる破壊状況調査を実施。



加速評価においても実機同様, 内層樹脂に内側→外側に進展した貫通クラックを確認

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)



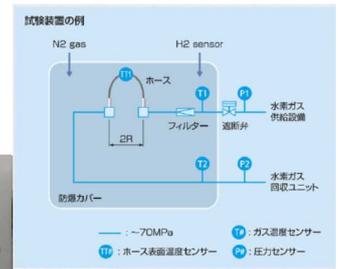
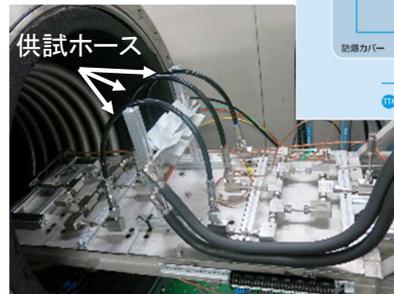
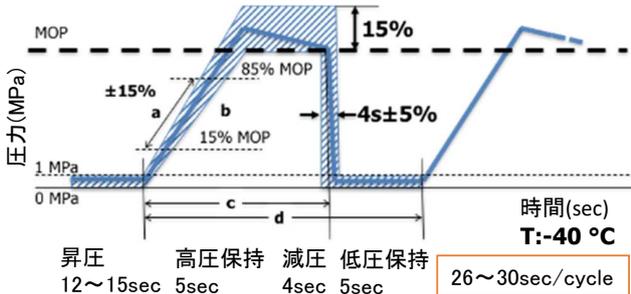
高圧水素加減圧条件下での試験片の劣化状況, 強度特性, 疲労特性, 高次構造変化など測定法を開発。内層樹脂劣化・破壊状況を把握。設定した加速耐久性評価法案と実機の劣化・破壊現象を調査し, 加速メカニズムを解明する。

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 19880-5 Clause 7.9 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



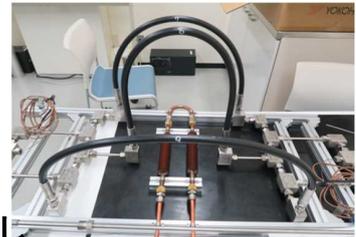
@HyTReC

・最小曲げ半径にて逆U字設定, 水素ガス温度-40°C, 環境温度55°C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°C, 環境温度-40°Cとして標準圧力パターンによる水素インパルス試験

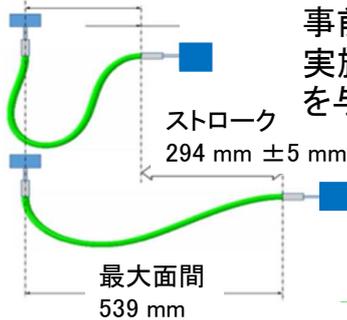


>10,000回漏洩なし

実施項目③ 水素インパルス試験加速因子検討(九州大学)

・揺動試験後ホースの水素インパルス試験

最小面間245 mm



事前にホース揺動試験を実施し変形によるダメージを与えたホースを評価

ホース揺動試験条件
 揺動回数: 0, 3, 5, 10万回
 温度: 室温
 周波数: 0.5 Hz

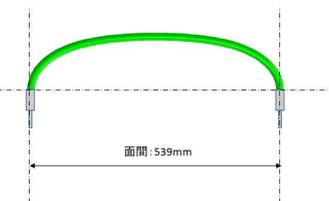
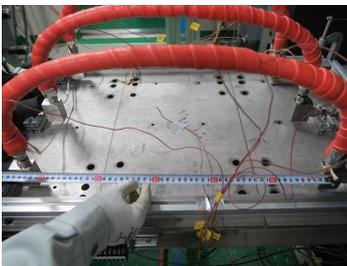
0, 3, 5, 10万回揺動試験後のホースについて、揺動試験のホース設定形状であるハーフΩに設定し、ISO 19880-5加減圧・温度条件による水素インパルス試験実施

20,000回到達、漏洩なし。

@HyTReC

・高ひずみ・高温(85°C)水素インパルス試験

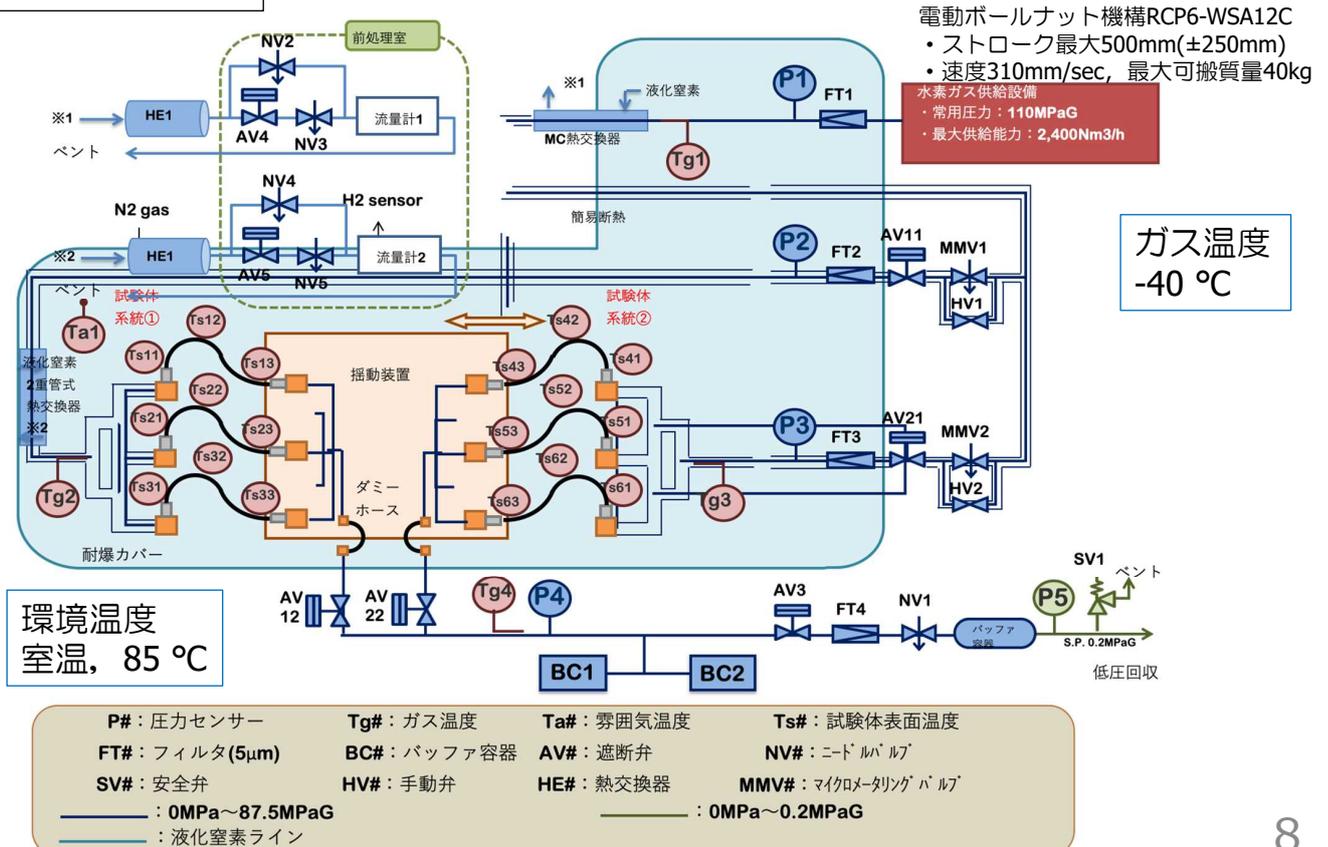
フィッティング間隔を変更して高ひずみ状態で逆U字設定、水素ガス温度-40°C、ホース表面をヒーターで加熱し、ホース表面温度85°Cとして標準圧力パターンによる水素インパルス試験



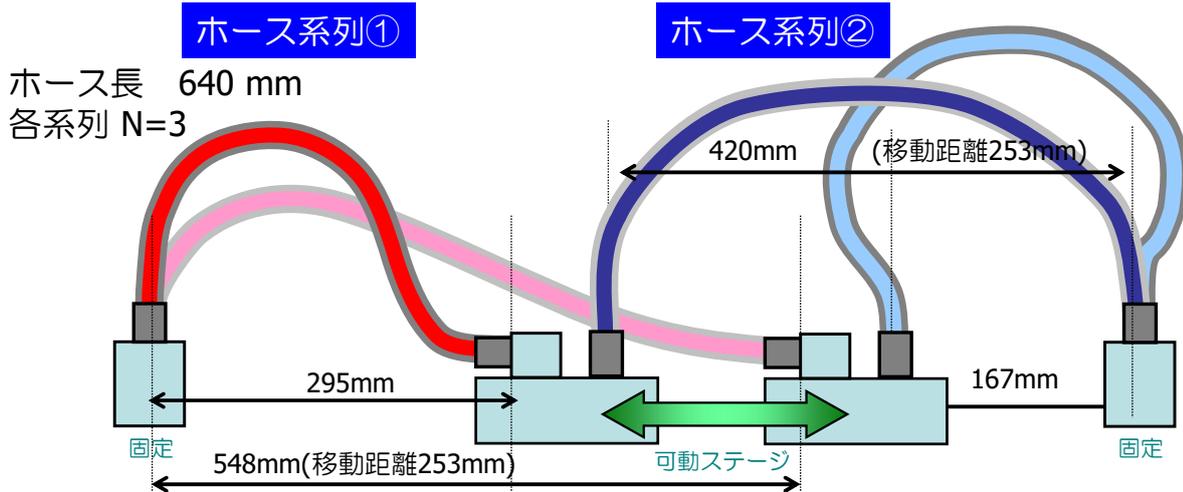
>10,000回漏洩なし

@HyTReC

実施項目③ ホース揺動水素インパルス試験(九州大学)



実施項目③ ホース揺動水素インパルス試験(九州大学)



STEP	ホース系列①		ホース系列②		時間
	面間 (mm)	圧力 (MPa)	面間 (mm)	圧力 (MPa)	
1	548	1.0→90→1.0	167	1.0	26 sec
2	548→295	1.0	167→420	1.0	3 sec
3	295	1.0	420	1.0→90→1.0	26 sec
4	295→548	1.0	420→167	1.0	3 sec

9

実施項目③ ホース揺動水素インパルス試験(九州大学)

ホース系列①

ホース系列②

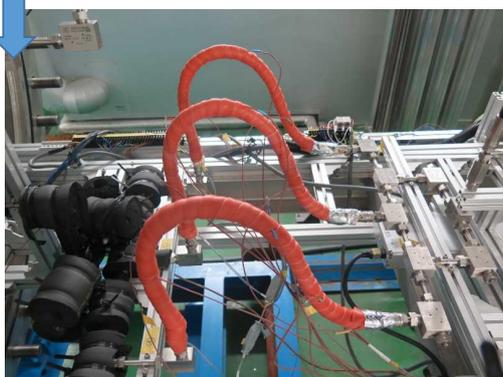
伸びた状態

この状態で水素加減圧

揺動の際のホース内の水素圧力は1 MPa

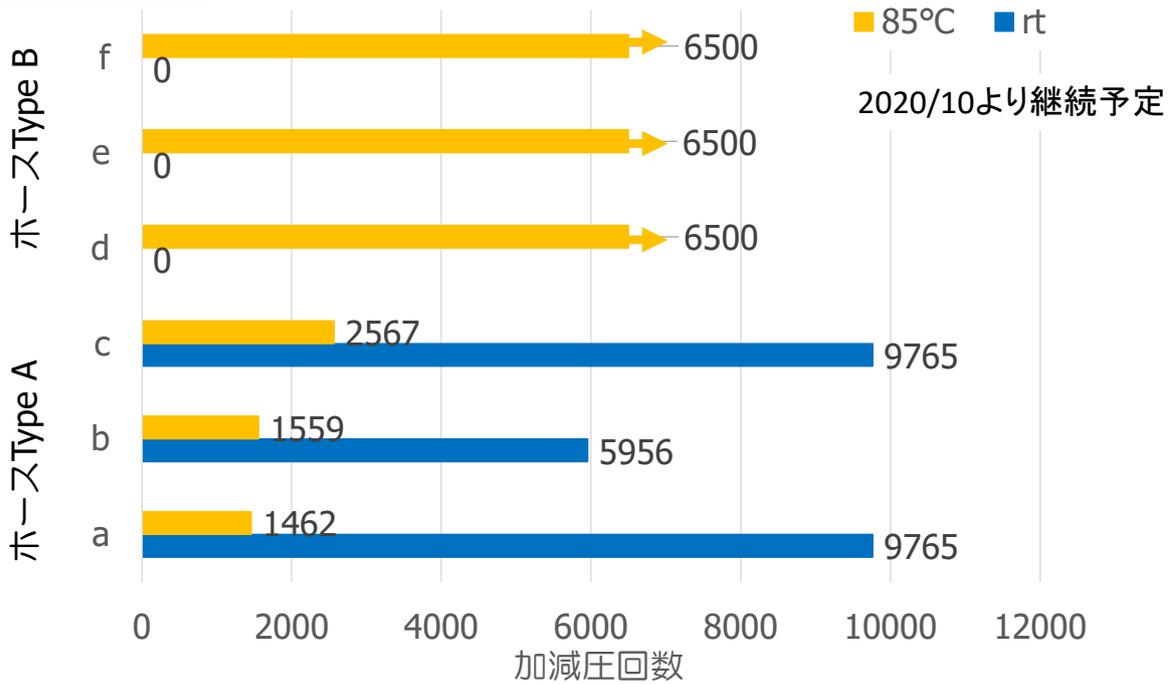
縮んだ状態

※オレンジ色の表皮はヒーター



10

実施項目③ ホース揺動水素インパルス試験結果(九州大学)

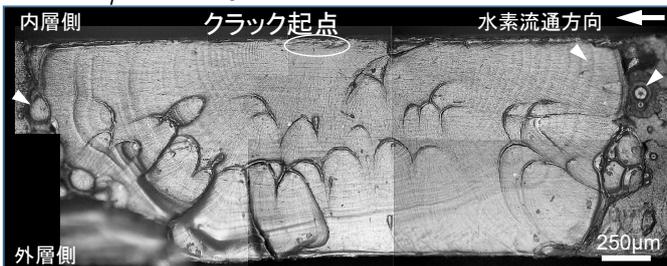


Type Aは環境温度室温・ガス温度-40°Cで平均8,495回、環境温度85°Cで平均1,863回
 Type Bは環境温度室温・ガス温度-40°Cの条件ではホースが屈曲せず試験実施不可、
 環境温度85°C試験では試験終了(6,500回)まで漏洩発生せず。

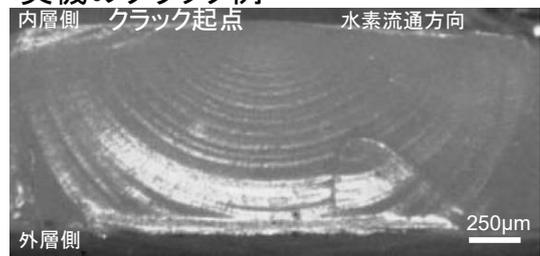
実施項目③ ホース揺動水素インパルス試験結果(九州大学)

試験終了時のホースからの漏洩箇所の調査: 貫通クラック光学顕微鏡観察結果

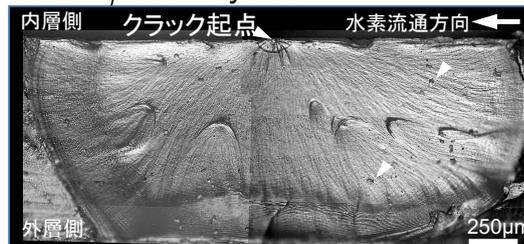
85°C $N_f=1559$ cycles



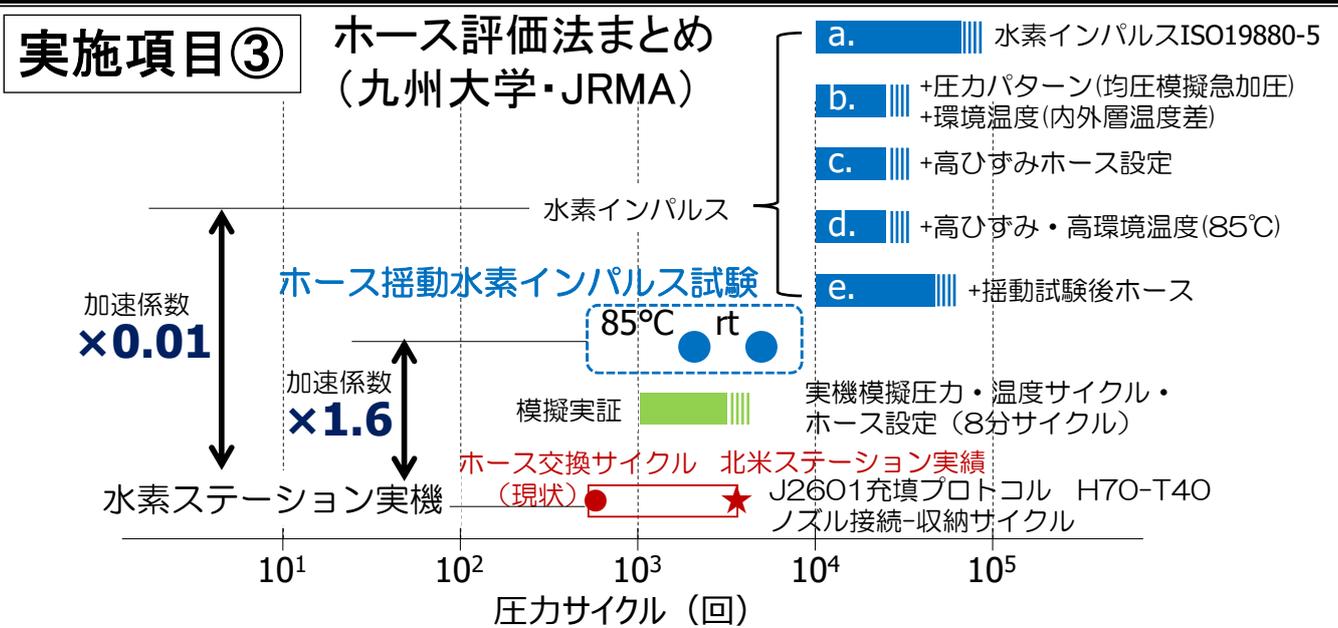
実機のクラック例



25°C $N_f=5956$ cycles



実水素ステーション，加速評価における漏洩はともに内層樹脂チューブの貫通クラックが原因であり、貫通クラックの破断面にはストライエーションが形成されていることが確認された。加圧・減圧の繰り返しによる疲労によってクラックが進展し、貫通するに至り、漏洩したと考えられる。



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により北米水素ステーション実績値と同レベルの加減圧耐久回数を確認。ホース温度を85°Cとすることで、水素ステーション実機以下の加減圧耐久回数となった(加速係数1.6程度)。→揺動水素インパルス試験により加速的に耐久性評価が実施できる可能性を確認。加速耐久性評価法案として、揺動水素インパルス試験条件を仮決定、詳細条件設定のため、評価継続。

13

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)

開発した加速耐久性評価法を用い、WTに参加するホースメーカー2社から提供されたホースの評価を実施した。評価結果を提供各社に報告し、各社における開発にフィードバックした。

ホースメーカー各社との議論を実施し、水素ステーション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の整理を実施した。

2018年度～2020年10月までに各ホースメーカーと合計18回の協議を実施した。

14

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

◆成果の最終目標の達成可能性			
研究開発項目 (目標)	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
高圧水素ホース加速耐久性評価法規格案の作成	加速耐久性評価法案として高温ホース揺動水素インパルス試験を確立	高圧水素ホース加速耐久性評価法規格案の作成	2020年度末までに加速耐久性評価法の詳細条件を決定する。 引き続き決定した評価法案によるホース評価を行い、実機との比較、試験後ホースの分析を行い、評価法確定し規格案を作成できる見通しである。
ホース交換サイクル充填回数 30,000回以上の耐久性判断に資するデータ取得	北米水素ステーションによる試用で3,000回の充填を実施。 策定した加速耐久性評価法案により評価継続中。	充填回数 30,000回以上の耐久性判断に資するデータ取得	2020年度末までに加速耐久性評価法の詳細を決定する。決定した評価法により国内各社製ホース、比較のために海外製ホースの評価を進め、2022年度までに30,000回相当のデータ取得見通しである。

15

3. 研究開発成果 (3) 成果の普及

◆成果の普及

	2018年度	2019年度	2020年度	計
論文	0	0	0	0
研究発表・講演	1	3	0	4
受賞実績	0	0	0	0
新聞・雑誌等への掲載	0	0	0	0
展示会への出展	0	0	0	0

※2020年10月14日現在

16

◆成果の普及

加速耐久性評価法の策定およびプロジェクト進捗報告を行う高圧水素ホース加速耐久性評価法規格化ワーキングチームにユーザーであるホースメーカーからも参加いただき、7回の会議を開催した。プロジェクト推進により得られた知見を共有するとともに、成果普及に向けた議論を進めた。

回	日時	会場	議題
第1回	2018年6月25日	(一社) 日本ゴム工業会	高圧水素ホース加速耐久性評価法規格化WTにおける検討内容について、「超高圧水素インフラ本格普及事業」審査結果について、委託業務実施計画書について
第2回	2019年1月23日	(一社) 日本ゴム工業会	進捗報告(海外出張報告他)、実施計画の確認 本年度成果報告書、次年度計画について
第3回	2019年3月4日	(一社) 日本ゴム工業会	平成30年度最終報告
第4回	2019年5月17日	(一社) 日本ゴム工業会	本年度実行計画、海外出張計画確認 【セイフティデータベース】ホース関連データの抽出作業の進め方、高圧水素ホースの劣化・破壊加速因子の解明に関する進捗報告、水素インパルス試験検討、DOE AMR(報告)
第5回	2019年8月29日	(一社) 日本ゴム工業会	高圧水素ホースの劣化・破壊加速因子の解明に関する進捗報告と今後の進め方討議
第6回	2020年1月15日	(一社) 日本ゴム工業会	高圧水素ホースの劣化・破壊加速因子の解明に関する進捗報告今後の進め方討議 促進評価法の規格化について ・方向付けと進め方 ・規格内容のアウトライン
第7回	2020年7月17日	Web会議	高圧水素ホースの劣化・破壊加速因子の解明に関する進捗報告・今後の進め方討議 促進評価法の規格化について ・方向付けと進め方 ・規格内容のアウトライン

17

◆知的財産権の確保に向けた取組

当プロジェクトにより高圧水素ホースの加速耐久性評価法を確立し、事業最終年度までに加速耐久性評価法案を策定する計画である。策定した加速耐久性評価法案については、JIS、ISOなどを想定した国内・国際規格化を進める予定である。

ホースの耐久性評価法として、2019年11月に発行されたISO 19880-5 Gaseous hydrogen — Fuelling stations — Part 5:Dispenser hoses and hose assemblies のClause 7.9 に水素インパルス試験が記載されている。本法は加速試験となっておらず、水素ステーションにおける充填回数との相関も明確ではない。

現在、ディスペンサー用高圧水素ホース国際規格化検討のワーキンググループ(ISO TC197 WG22)において、ISO 19880-5の改定に向けた議論が進められている。WG22には当プロジェクト参加者がエキスパートとして参加しており、国内審議委員会の議論を踏まえ、当プロジェクト成果である高圧水素ホース加速耐久性評価法の国際規格化について検討する。

18

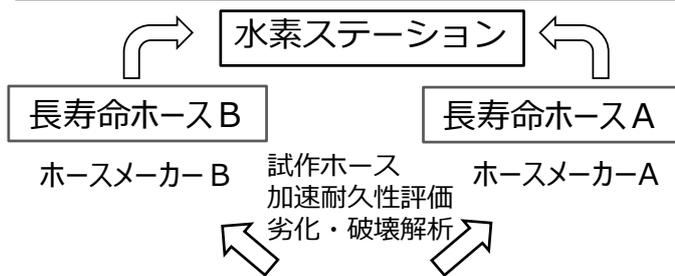
◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

本プロジェクトにおける成果として期待される高圧水素ホース加速耐久性評価法は、高圧水素ホースメーカー、高圧水素ホースのユーザーであるディスペンサーメーカー、水素ステーションコンストラクター、水素ステーションオーナーなどステークホルダーが高圧水素ホースの耐久性を評価する指標として、開発した高圧水素ホース加速耐久性評価法を活用し、新たな長寿命ホースの開発、ホース交換サイクルの延長による水素ステーション運営の低コスト化に資することを目的としている。

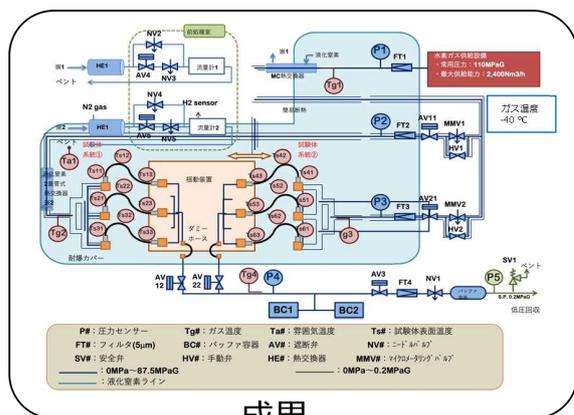
開発した高圧水素ホース加速耐久性評価法の「実用化」は、関係するステークホルダー、規制当局により適切なホースの耐久性評価法として認めていただくことと考える。その一環として本プロジェクトで策定した高圧水素加速耐久性評価法規格案の国内規格化、国際規格化を推進する。

4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (1) 成果の実用化に向けた戦略

◆実用化に向けた戦略



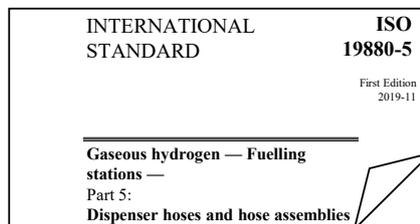
・長寿命ホース開発（ホースメーカーA, B）
87.5 MPa試作ホースについて、ISO 19880-5に適合することが確認されている。今後、開発した加速耐久性評価法を活用し、試作ホースの水素ステーションにおけるホース交換サイクル延長、新規長寿命ホースの開発に資するデータを取得する。



・高圧水素ホース加速耐久性評価法規格化
開発した高圧水素ホース加速耐久性評価法をホース交換サイクル設定の基準として使用するためには、関係するステークホルダーの理解が必要である。このことから、開発した評価法の実用化のため、国内・国際規格化を推進する。

高圧水素ホース加速耐久性評価技術
高圧水素ホース加速耐久性評価法規格案
(JIS・ISO19880-5改定等)

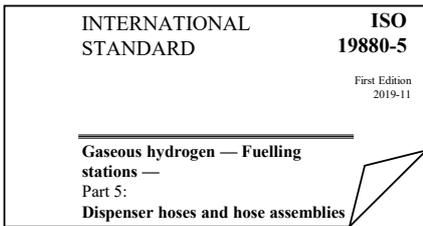
国際規格化



◆波及効果

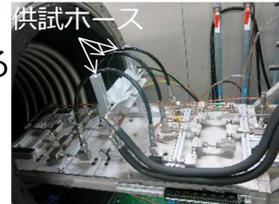
2019年11月、水素ステーションで使用する高圧水素ホースについて、国際規格 ISO 19880-5 Gaseous hydrogen — Fuelling stations — Part 5:Dispenser hoses and hose assemblies が発行された。

当プロジェクト参加者がディスペンサー用高圧水素ホース国際規格化検討のワーキンググループ (ISO TC197 WG22) のエキスパートとして参加した。引き続き、WG22では改定に向けた議論が進められており、国内審議委員会の議論を踏まえ、当プロジェクト成果である高圧水素ホース加速耐久性評価法の国際規格化について検討する。

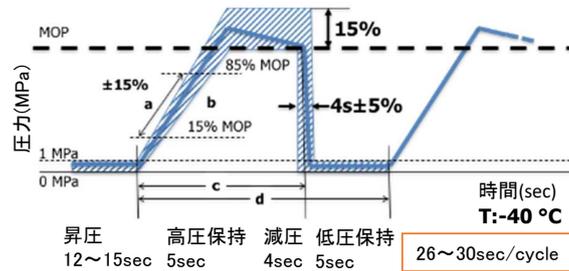


Clause 7.9
Hydrogen Impulse Test
(水素インパルス試験)

ホース設定
最小曲げ半径による
逆U字設定 (固定)



圧カプロトコル



「超高压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／
本格普及期に向けた次世代ステーション・充填技術」
(中間評価)

(2018年度～2022年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

ENEOS(株)
(株)本田技術研究所
トキコシステムソリューションズ(株)
(一社)水素供給利用技術協会

2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

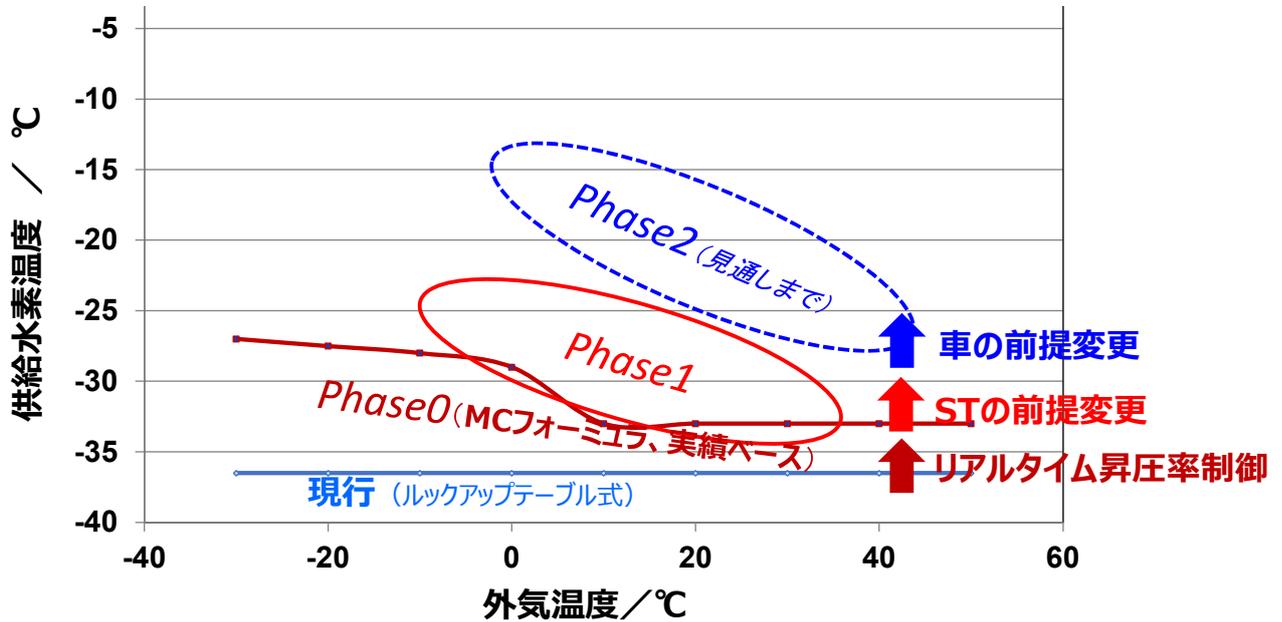
研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①低コスト対応プロトコルの開発	<ul style="list-style-type: none"> Phase1: 水素ステーション側の熱容量等の値を適正化した革新的新規プロトコルの制御マップを完成させる。(現行: -35~-38℃ ⇒緩和後: -25~-33℃) Phase2: 車載タンク側の上限温度見直しを含む革新的プロトコルの見直しを得る。 	熱容量等の値を適正化した新規充填制御マップを開発した。本格普及期に想定される連続充填での予冷の効果も加味すれば、夏場の気温でもT20相当(-26℃以上)へのプレクール温度緩和が見通せる結果が得られた。	○	新規充填制御マップの完成度を高め、実証試験により安全性を検証する
②低コスト高頻度水素充填システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> 1時間10台の充填を可能とする低コスト高頻度充填システムを完成させる。 	最小限のバンク構成でダブル充填可能な協調制御システムを開発し、安定的に充填出来ることを実証した。	○	プレクールの最適化、MCフォーミュラへの対応により、システムの高高度化を図る
③水素充填技術基準整備に関する研究開発	SAE J2601改定内容の国内適用における妥当性を検討し、充填技術基準案及び充填技術自主ガイドライン案を作成する。	SAE J2601の改訂版入手、改正部分を確認、各部分の改正理由について整理を実施した。	△ (2021年2月達成予定)	MCフォーミュラの技術基準をベースに①の成果を反映する

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間) / 一部達成(事後)、×未達

①低コスト対応プロトコルの開発

プレクール温度の緩和に向けたアプローチ

Phase毎の段階的な取り組みで緩和を進める



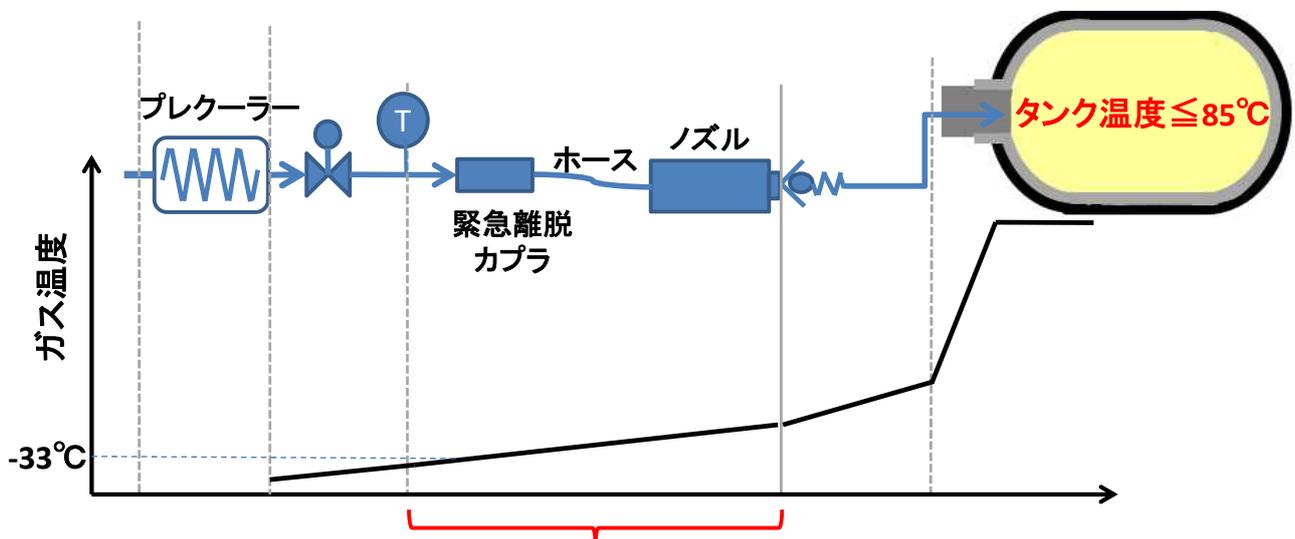
充填時間を揃えた時の水素温度と外気温度の関係

2

Phase1の開発方針

ステーションの各部品で奪われる冷熱は、実際には現行規格の設定(ワーストケース)よりも小さい。

⇒計算の前提を変更し、実態に合わせた新たな充填制御マップを作成すれば、プレクール温度の緩和が可能。

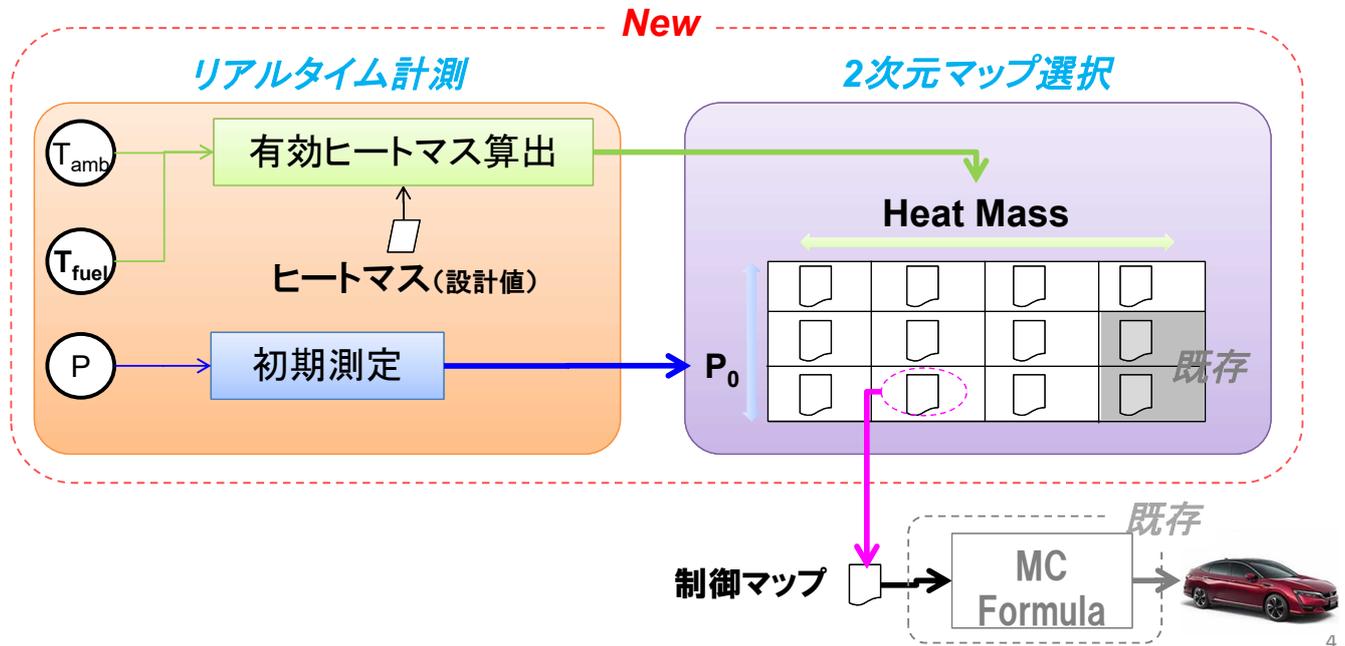


この範囲で奪われる冷熱(ヒートマス)を実態に合わせて見直す

3

充填制御コンセプト

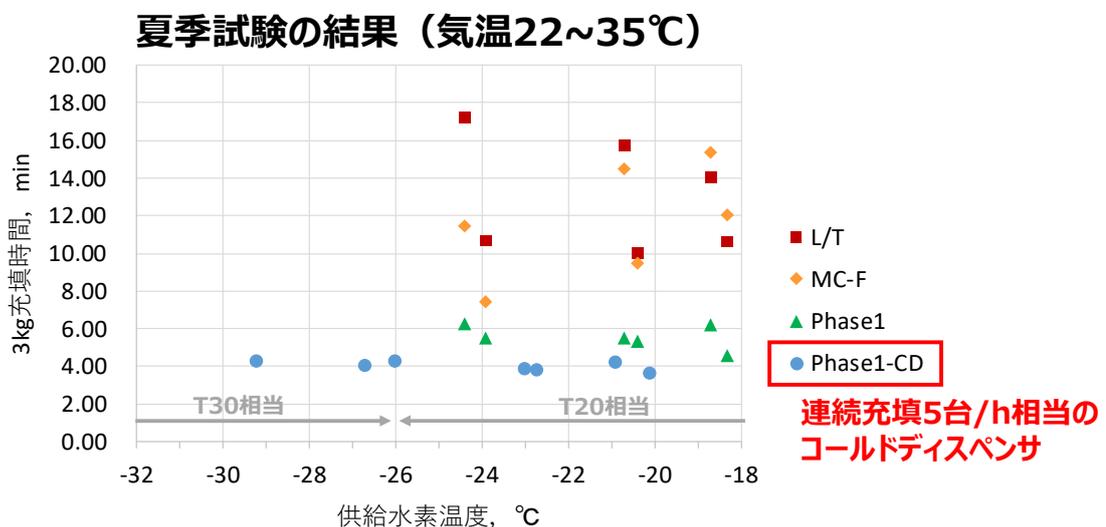
MCフォーミュラをベースに、有効ヒートマスをリアルタイムに取り込む制御を追加した。安全サイドで設定されたマージンをできる限り排除してプレクール温度を緩和する。



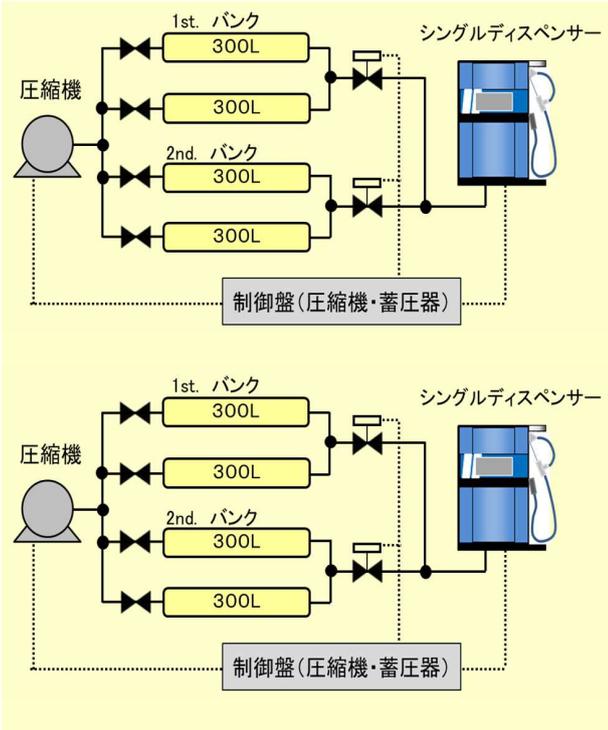
【HySUT水素技術センターでの国内試験の結果（2020年8月）】

連続充填5台/h相当のコールドディスペンサで、気温33℃以下であれば、T20相当で4分程度の充填が可能なることを確認した。(⇒Phase2相当の結果)

※タンク温度が気温より高いホットソークではタンク温度が85℃を超える場合があり、少し余裕度を持った設計に改良予定。

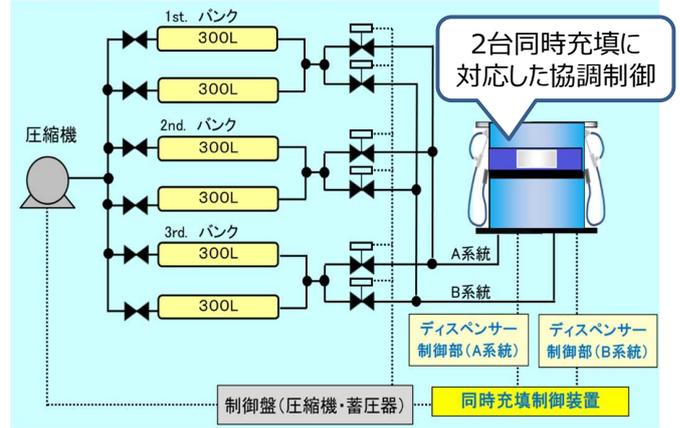


②低コスト高頻度水素充填システムの開発



**同じ設備を2系統設置した場合
(高コスト)**

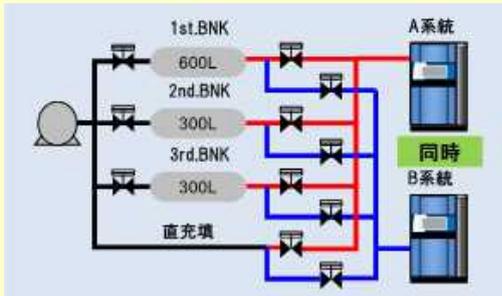
同じ設備を2系統設置するのではなく、
圧縮機・蓄圧器の共用により、10台/時間
に対応した低コストなシステムを開発する



**高頻度水素充填システムの例
(低コスト)**

シミュレーションで選定した4構成

0-B : 3バンク構成 (600L×1、300L×2)



容量・本数が最小。最も低コスト。

0-D : 3バンク構成 (600L×2、300L×1)



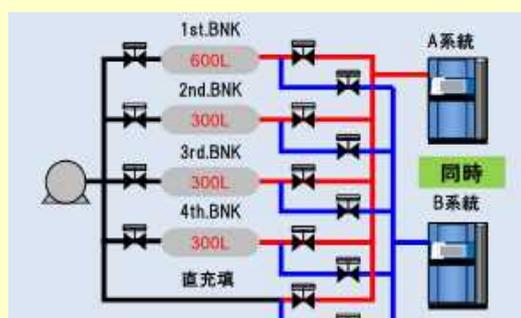
2ndバンクを高容量化。

1-B : 3バンク構成 (600L×1、300L×3)



3rdバンクをA系統用とB系統用の2本にしたもの。

3-B : 4バンク構成 (600L×1、300L×3)



協調制御を適用したダブル充填試験の結果

新たに開発した協調制御の適用により、最小容量の3バンク構成（0-B）で4kg/台以上の充填を行った場合でも安定的にダブル充填が出来ることを確認した。

3バンク構成0-B（600L×1、300L×2）の試験結果

充填条件	気温 (°C)	ディスベンサ	FCV 初期圧 (MPa)	充填時間 (s)	直充填時間 (s)	SOC (%)	圧力上昇率 (MPa/min)	充填量 (kg)
Bを10s遅延	26.1	A	6	305	68	98.0	17.8 →16.5(×0.93)	4.4
	25.8	B	6	290	68	98.0	18.0	4.3
Aを17s遅延	26.2	A	6	288	59	98.0	17.7	4.3
	26.3	B	6	301	58	97.9	17.7 →15.9(×0.90)	4.3
AB同時	30.4	A	15	243	—	97.9	15.1	3.5
	29.6	B	6	305	3	98.0	15.6 →13.2(×0.85)	4.3
AB同時	31.3	A	15	264	26	97.9	14.6	3.5
	30.2	B	13	255	19	98.0	15.2	3.6

※協調制御方法

差圧が5MPa以上：2台の終了時間を60sずらすように低圧側の圧力上昇率を抑制
 差圧が5MPa以内：高圧側の圧力上昇率を少し抑制して終了時間を合わせる

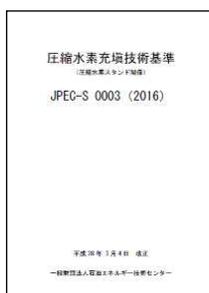
③水素充填技術基準整備に関する研究開発

国内充填技術自主基準 JPEC-S 0003（2016）の制定経緯について

- 水素充填基準検討会 H27.9.24
 修正案配信 H27.10.8

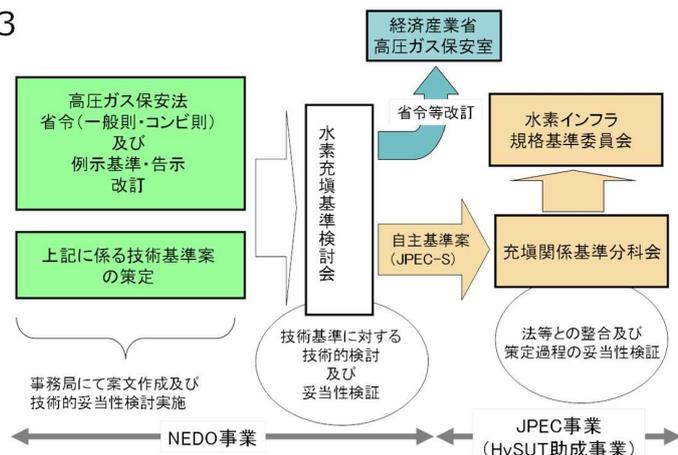
- 充填関係基準分科会 H27.11.26
- 水素インフラ規格基準委員会 H28.1.28
 書面審議 H28.2.3
- ✓ 意見募集 H28.2.18.～3.3
 コメントなし

□ JPEC ホームページで公開中



充填技術自主基準は、NEDO事業において技術的検討および妥当性検証を行ない自主基準（案）を作成の上、この基準(案)についてJPEC（HySUT助成）事業において充填基準分科会および水素インフラ規格基準委員会で審議して制改正される。

JPEC-S 0003（2016）には10kg超容器を持つバス等の大型車向けへの充填プロトコルが付属書Iで制定されている。一方、業界では、国際的充填技術基準SAE J2601の最新版との調和とMCフォーミュラの反映が望まれている。



最新のSAE J2601 202005(2020年5月改訂版)の改正内容の確認

- ・SAE J2601の改正版入手、改正部分を確認、各部分の改正理由について整理を実施した。
- ・今後、改正理由の妥当性を検証し、国内法規や既存のJPEC-S 0003と調和するように、改正項目の採否を熟議し、国内適用に適した基準(案)を作成する。
- ・また、本プロジェクトの成果をふまえ、低コスト対応(Phase1以降)プロトコルの技術基準策定に繋げていく。

(参考) 最新のSAE J2601 202005(2020年5月改訂版)の主要改正項目のまとめ

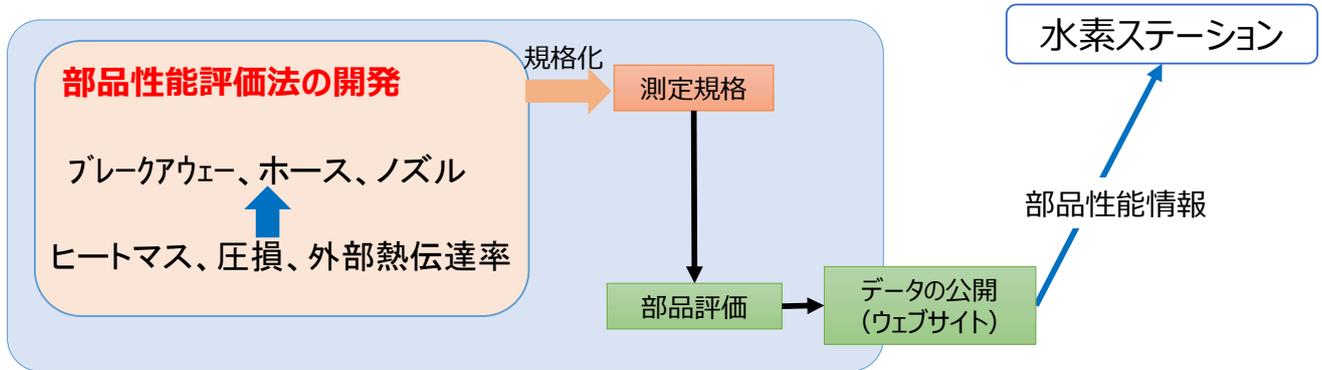
<ol style="list-style-type: none"> 1. MC フォーミュラ方式を使用したステーション指定要件の改訂 2. 表方式におけるコンサバAPRRの明確化 3. オプションの「整合性チェック」方法の説明の追加 4. 70MPa の10kg超の容量を有する容器への表方式のプロトコルの提案 5. 70MPa の10kg超の容量を有する容器へのMC フォーミュラ方式プロトコルの提案 6. 表方式とMC フォーミュラ方式で共通のカテゴリを使用可とする容器区分の指定 7. メイン充填圧力許容範囲E1における低圧側許容値の削除/変更 8. 圧力上限側異常に対する対応基準の修正 9. スタートアップフェーズの明確化 10. トップオフ充填時の参照表の行間に関するガイダンスの提供 11. ベンダー固有の安全性に関する懸念事項への注意喚起事項の追加 12. 初期圧カパルスによる最小圧カパルス0.5MPaの実用限界の表示 13. 燃料供給温度-40℃は、質量平均ではなく瞬間値であることの明確化 14. フォールバック充填中のFPRRの改訂 15. 容器区分境界間のt finalの補間方法の提案 16. コンサバAPRRを用いたトップオフ充填を明確にする言語の追加 17. 本規格 (J2601)における現実に即していない圧力低下の推定の修正 18. フォールバック充填中の通信障害の対応
--

研究開発項目	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
①低コスト対応プロトコルの開発	夏場の気温でもT20相当 (-26℃以上) へのプレクール温度緩和が見通せる結果が得られた。	革新的新規プロトコルの安全性検証を実施し、規格化の提案を行う。革新的新規プロトコルの効果及び課題を纏める。革新的新規プロトコル採用により、プレクール温度の大幅な緩和 (-15~-25℃) が期待できる。 [実施計画書に記載済み]	新規充填制御マップの完成度を高め、実証試験により安全性を検証することで達成可能
②低コスト高頻度水素充填システムの開発	最小限のバンク構成でダブル充填可能な協調制御システムを開発し、安定的に充填出来ることを実証した。	・ダブル充填に対応した低コストプレクールシステムを開発する。 ・MCフォーミュラに対応した協調制御システムを開発する。 [実施計画書に未記載]	プレクールに関わる追加検討と協調制御の改良で達成可能
③水素充填技術基準整備に関する研究開発	SAE J2601改定内容の国内適用に向けて基準化の準備を進めた。	革新的新規プロトコルの充填技術基準案を作成する。 [実施計画書に未記載]	MCフォーミュラの技術基準をベースに①の成果を反映すれば達成可能

最終目標達成に向けた具体的アクション

①低コスト対応プロトコルの開発

- ・各部品のヒートマス測定法を確立し、評価結果をデータベース化して公開する。



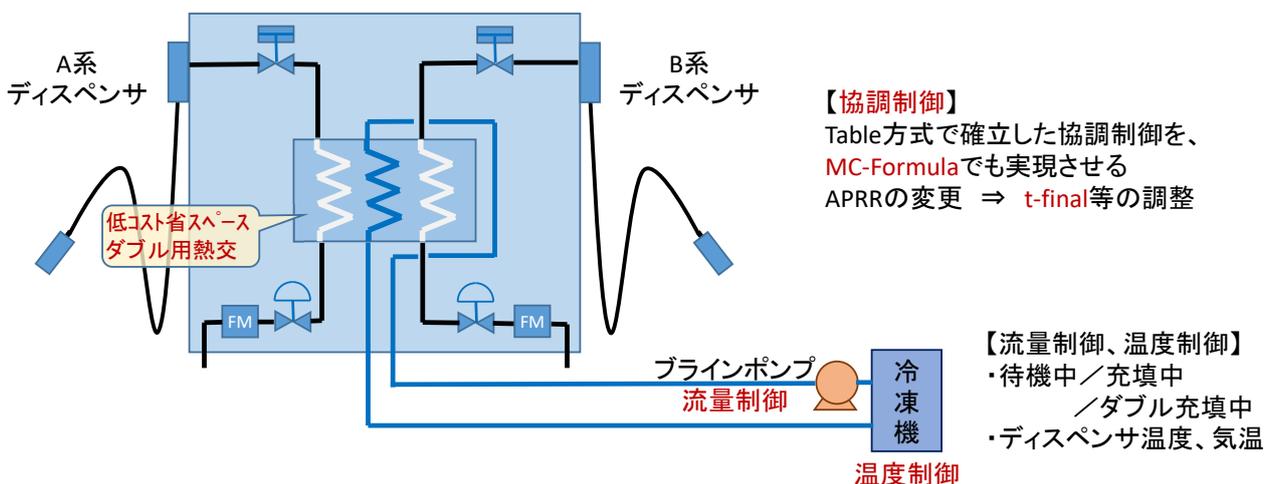
- ・NRELと充填シミュレーション精度を向上し、充填制御マップの完成度を高める。
- ・市場で想定される様々な条件での実証試験を行い、安全性を実証する。
- ・追い充填の対策制御を構築し検証する。

12

最終目標達成に向けた具体的アクション

②低コスト高頻度水素充填システムの開発

- ・ダブル充填に適した低コストタイプの熱交換器を開発し、性能を検証する。
- ・冷凍機ブラインポンプの流量制御、温度制御を行い、運転コスト低減を図る。
- ・ルックアップテーブル方式で開発した協調制御をMCフォーミュラ向けに改良し、ダブル充填試験で実証する。MCフォーミュラの改良型であるPhase1への適用可能性も検討する。



13

最終目標達成に向けた具体的アクション

③水素充填技術基準整備に関する研究開発

・①のPhase1で作成した革新的新規プロトコルを活用して国内基準案を作成する。
SAE J2601の2020年版の改訂においてもT40のプレクール温度区分は改訂されており、本区分の採用による安全性検証を実施し、効果及び課題を纏め、規格化を行う。

(2020年度までに達成予定の内容)

これと革新的新規プロトコルの手法を比較検討し、効果及び課題を纏める。プレクール温度の大幅な緩和(-15~-25℃)が期待できる革新的新規プロトコルの採用により、革新的新規プロトコル(Phase1)の基準化に取り組む。

・上記新規プロトコルを活用してSAEインターフェースTF等に提案し、SAE J2601改訂に努める。

革新的新規プロトコルの手法とSAE J2601の2020年版の手法を比較検討し、効果及び課題を纏め、革新的新規プロトコル(Phase1)の基準化内容をSAEインターフェースTF等に提案し、①の事業と連携してSAE J2601改訂に努める。

開発スケジュール

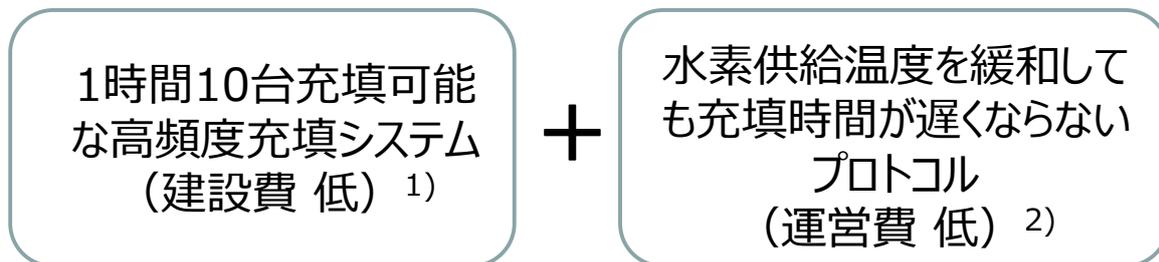
開発項目	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
①低コスト対応プロトコルの開発	MCフォーミュラ検証 ヒートマス評価	新充填制御マップ開発 → 実証試験 → マップ改良 ▲ 米国試験 (10月) ▲ 国内試験 (2月) ▲ 国内試験 (8月)	追いつき対策 Phase2の可能性検討(研究会, シミュレーション)	T20相当の技術的見通し ★ ヒートマス測定法確立 実証試験 → マップ改良	データベース作成 新規プロトコル技術完成 ★
② 高頻度充填システムの開発	シミュレーション	試験設備追加加工@HySUT水素技術センター 実証試験 → 協調制御開発・改良 ▲ 秋冬試験 (11-1月) ▲ 夏試験 (6-7月) ▲ 協調制御試験 (9月)	10台/hの技術完成 ★ 熱交評価 冷凍制御 ▲ 夏試験 ▲ 冬試験 協調制御改良(MC-F) ▲ 夏試験 ▲ 冬試験	協調制御、冷凍制御技術完成 ★ 冷凍制御改良 ▲ 夏試験 ▲ 冬試験 協調制御(Phase1) ▲ 夏試験 ▲ 冬試験	
③水素充填に関する基準化			SAE J2601改定に対応した充填技術基準案・ガイドライン案作成	水素ステーション側の熱容量等の値を適正化した革新的新規プロトコル(Phase1)に関する充填技術基準案・ガイドライン案の作成	新規プロトコル基準案作成 ★

対外発表・特許出願

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	計
論文	0	0	0	0
研究発表・講演	3	2	0	5
受賞実績	0	0	0	0
新聞・雑誌等への掲載	1	0	0	1
展示会への出展	0	0	0	0
特許出願（うち外国出願）	0	0	0	0

※2020年9月30日現在

顧客の利便性を損なわず、低コストで高頻度充填に対応したシステムを構築できるため、本格普及期には必須の技術となり得る。



期待される効果

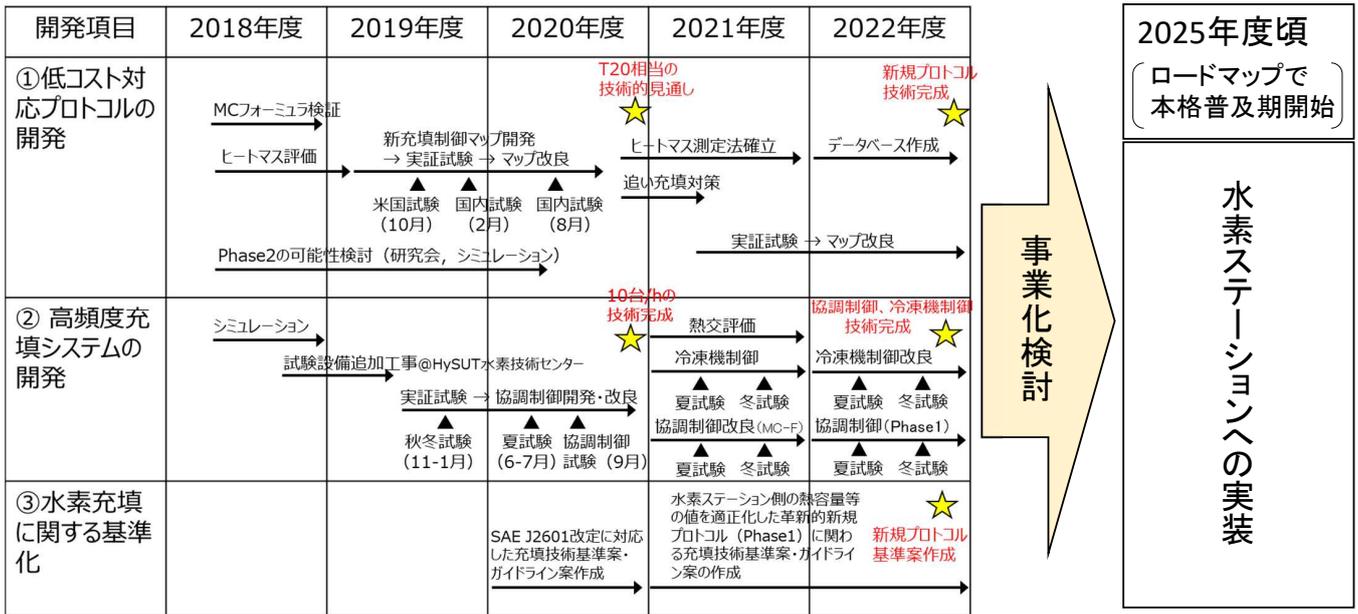
- ・顧客を待たせない（5台/時間を超えても待ち時間が発生しない）
- ・低コストシステム（建設費の低減）
- ・電気代の低減（運営費の低減）
- ・部材、システムの信頼性向上（運営費の低減）

1) 削減効果：1.7億円（シングルディスペンサー換算）

2)・Phase1達成時の削減効果：100万円/年

・Phase2達成時の削減効果：300万円/年（本事業は見通しまで）

4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (2) 成果の実用化に向けた具体的取組



「超高压水素トレーラー輸送の可能性、技術課題、 法的課題に関する調査研究」

(2018年度～2019年度 2年間)

プロジェクトの概要 (公開)

E N E O S 総研株式会社

2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

「超高压水素トレーラー輸送の可能性、
技術課題、法的課題に関する調査研究」

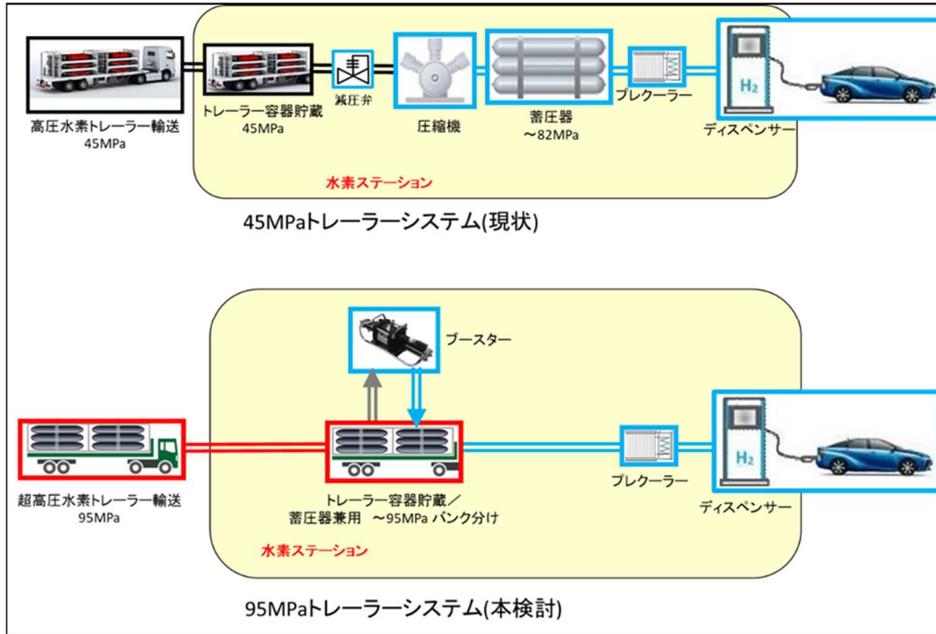
<事業概要>

1. 期間: 2018年11月～2020年3月
2. 目的: 燃料電池自動車の本格普及期に必要とされる大量かつ効率的輸送方法(軽量容器を搭載した超高压水素トレーラー等)並びに、それに伴う次世代水素ステーションの技術課題と法的課題について調査研究を行う。
3. 結果概要: **95MPa級水素トレーラー**と、それに対応した水素St.の概念設計を行い、以下の結論を得た。
 - ①輸送効率: 搭載容器を95MPa化することで重量が増加し、車両重量の運用限界により、95MPaトレーラーでの**水素輸送可能量**は、**45MPaと同等の300kg**であった。
 - ②コスト: トレーラー容器をクッションタンクとして用い、ステーション蓄圧器を省略すること等で建設コストは低減されるが、トレーラーと出荷設備のコストアップにより、**水素供給コスト**全体では**95MPaシステムと45MPaシステムで大きな差はなかった**。
 - ③エネルギー効率・CO₂: ステーションにブースタータイプの圧縮機を配備し、輸送圧力を無駄なく利用することにより、水素供給に伴う**エネルギー効率**、**CO₂排出量**は、共に**従来システムより10%程度改善**されると見積もられた。

◆各個別テーマの成果と意義

「超高压水素トレーラー輸送の可能性、技術課題、法的課題に関する調査研究」

<検討前提:比較した供給システム>



メリット仮説

- ・輸送効率向上
- ・蓄圧器省略
- ・圧縮機→ブースター
コストダウン
- 吸入圧の引き上げ
= 高压の有効利用

◆各個別テーマの成果と意義

「超高压水素トレーラー輸送の可能性、技術課題、法的課題に関する調査研究」

<検討結果:水素供給コスト>

		「需要最大」		「需要現状」		「需要最大」×50%コストダウン	
		45MPa配送	95MPa配送	45MPa配送	95MPa配送	45MPa配送	95MPa配送
水素原料		円/水素kg ①	333	333	333	333	333
水素販売量		水素kg/年 ②	662,256	662,256	14,121	14,121	662,256
出荷	固定費	減価償却費 円/年 ③	54,400,000	83,900,000	54,400,000	83,900,000	27,200,000
		人件費 円/年 ④	7,000,000	7,000,000	7,000,000	7,000,000	7,000,000
		保守、保険、税金等 円/年 ⑤	32,640,000	50,340,000	32,640,000	50,340,000	16,320,000
		小計 円/年 ⑥	94,040,000	141,240,000	94,040,000	141,240,000	50,520,000
	変動費	電力 円/水素kg ⑦	142	213	6,660	10,002	76
小計	円/水素kg ⑧	188	266	6,706	10,056	123	
輸送 12台	固定費	減価償却費 円/年 ⑩	144,000,000	231,600,000	144,000,000	231,600,000	72,000,000
		人件費 円/年 ⑪	28,000,000	28,000,000	28,000,000	28,000,000	28,000,000
		保守、保険、税金等 円/年 ⑫	100,800,000	162,120,000	100,800,000	162,120,000	50,400,000
		小計 円/年 ⑬	272,800,000	421,720,000	272,800,000	421,720,000	150,400,000
	変動費	燃料代 円/水素kg ⑭	412	637	19,319	29,866	227
小計	円/水素kg ⑮	434	658	19,341	29,887	249	
小計 (ステーション持ち届けコスト)		円/水素kg ⑯	622	925	26,047	39,943	372
販売 8か所	固定費	減価償却費 円/年 ⑰	390,000,000	257,600,000	390,000,000	257,600,000	195,000,000
		人件費 円/年 ⑱	80,000,000	80,000,000	80,000,000	80,000,000	80,000,000
		保守点検費 円/年 ⑲	160,000,000	160,000,000	160,000,000	160,000,000	80,000,000
		その他税等 円/年 ⑲	64,000,000	64,000,000	64,000,000	64,000,000	32,000,000
	小計 円/年 ㉑	694,000,000	561,600,000	694,000,000	561,600,000	387,000,000	
変動費	電力代* 円/水素kg ㉒	1,048	848	49,148	39,772	584	
小計 (ステーション)	円/水素kg ㉓	1,111	57	1,679	1,626	111	
小計 (ステーション)	円/水素kg ㉔	1,158	905	50,828	41,398	695	
総計	円/水素kg ㉕	1,781	1,830	76,875	81,341	1,066	

前提

- ・「需要最大」ステーション能力の70%稼働、227kg/日販売
- ・「需要現状」ステーションあたりFCV33台(ステーション109、FCV3600 @2019.11)、4.8kg/日販売
- ・「50%コストダウン」全ての設備(出荷、トレーラー含む)コストを半減

45MPaシステムと、大きな差無し

共に、設備コスト半減、かつ70%以上稼働で、販売価格現状(1,100円/kg)に見合うコスト

*45MPa対応型では蓄圧器への充填(0→80MPa)と車両充填→減圧に伴う増圧(40→80MPa)を、95MPa対応型は増圧(40→80MPa)分のみを想定した。

◆各個別テーマの成果と意義

「超高压水素トレーラー輸送の可能性、技術課題、法的課題に関する調査研究」

<検討結果:エネルギー効率/CO2排出量>

		出荷基地	ステーション		合計
45MPaシステム		0→45MPa	0→82MPa	ブレイク	
エネルギー ¹⁾	kwh/水素kg	2.8	3.1	1	6.9
電力 @16.6円/kwh ²⁾	円/水素kg	46.5	51.5	16.6	114.5
95MPaシステム		0→95MPa	-	ブレイク	
エネルギー ¹⁾	kwh/水素kg	3.2	0.0	1.0	4.2
電力 @16.6円/kwh ²⁾	円/水素kg	53.1	0.0	16.6	69.7
液化水素システム		液化	0→82MPa	-	
エネルギー ³⁾	kwh/水素kg	12.0	0.7	0.0	12.7
電力 @16.6円/kwh ²⁾	円/水素kg	199.2	11.1	0.0	210.3

45MPaシステムとの比較で、95MPaシステムは、2.7kWh/水素kgのエネルギー削減(2/3以下)トレーラー圧の有効利用によるもの

1) 第二期JHFCプロジェクト報告書 商用水素ステーションランニングコストの想定値「将来」より推定
 2) 資源エネルギー庁「日本のエネルギー2018」より、2017年度産業向け料金
 3) リンデ講演資料、NEDO水素キャリアに応じたFS H21等より推定

削減される電力			削減原単位		現状		FCV80万台分				
			kwh/水素kg	MJ/水素MJ	水素販売量 kg/年	削減量 kwh/年	水素販売量 kg/年	削減量 kwh			
			-2.7	-0.081	192,392	-519,459	43,076,923	-116,307,692			
CO2削減量	電源種別	CO2排出原単位 gCO2/kwh*	削減原単位		削減量 t/年	削減量 t/年	削減量 t/年				
			gCO2/水素kg	gCO2/水素MJ							
			日本MIX発電	547				-1.476	-12.3	-284	-63,593
			LNG火力	492				-1.328	-11.1	-255	-57,192
石炭火力	1,078	-2.912	-24.3	-560	-125,428						

45MPaシステムとの比較で、CO2としては、284t/年(FCV台数現状)、63,593t/年(FCV80万台想定)の削減効果

*いずれも「総合効率とGHG排出の分析」日本自動車研究所 平成23年3月での検討数値を用いた。

◆各個別テーマの成果と意義

「超高压水素トレーラー輸送の可能性、技術課題、法的課題に関する調査研究」

<検討結果:技術・法的課題>

①技術課題

- ・95MPa級容器・接続部品の開発が95MPa導入に必須であるが、いずれも市場の見通しが明らかとなれば、開発は進むと思われる。
- ・一方、コストダウン目的としては、「ブースターの国産化」「容器に関連する高品位炭素繊維の低コスト化」「火炎暴露対応安全弁作動機能」「複合容器用難燃性・不燃性落下衝撃緩衝材」「電磁式自動弁の開発」が技術課題として抽出された。

②法的課題

- ・95MPa輸送の導入にあたっては、「輸送圧力上限の引き上げ(45→95MPa)」「水素ステーション常用圧力上限の引き上げ(82→95MPa)」が必須である。
- ・コストダウン目的では、「容器の火炎暴露試験、落下試験、水素ガス透過・サイクル試験」の試験条件と判定基準の見直しが抽出された。
- ・ステーションでは、マザーステーションでの適用を想定した7条の3ステーションでのトレーラー充填が法的課題として抽出された。

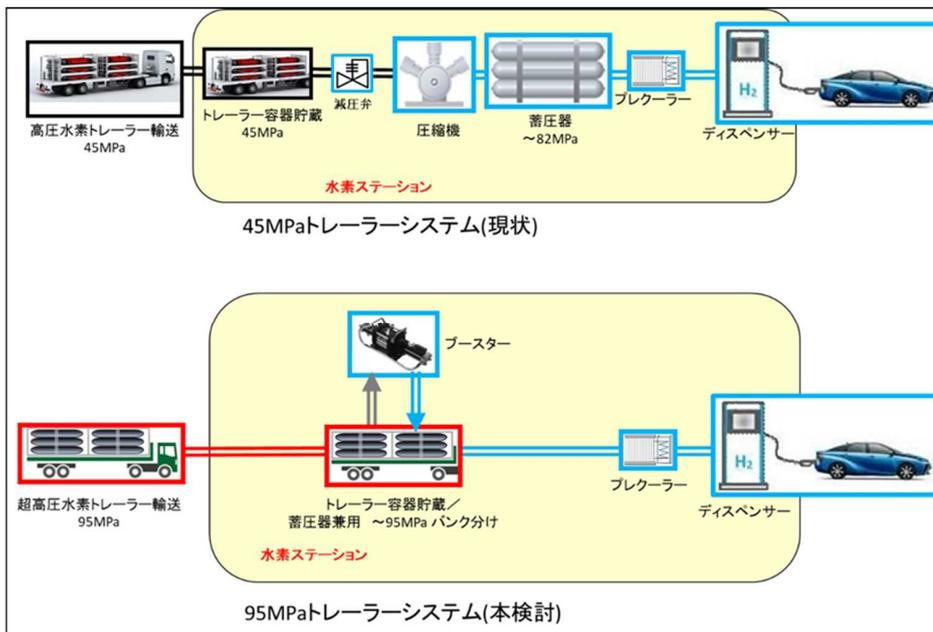
◆成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	目標	成果	達成度
94MPa級トレーラー 概念設計	技術的可能性を確認し、 コストを見積もり、技術・ 法的課題を明らかにする	システム評価に必 要なデータを得た	○ 完了
対応する水素ステーション 概念設計	コストを見積もり、技術・ 法的課題を明かにする。	同上	○ 完了
システム効率・コスト評価	供給システム全体のコス ト、効率を評価し、現行 システムと比較評価する。	現行システムとの差 異、法的・技術的 課題を明らかにした。	○ 完了

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

将来において 構築する水素供給システムを、現行の45MPaシステムから95MPaに置き換えることにより、①輸送効率向上、②蓄圧器省略、プースター活用によるコストダウン、③トレーラー圧力活用によるエネルギー効率の向上を狙う



◆成果の実用化の見通し

<今後の方向性(考察)>

超高圧での輸送効率の限界が見極められたことから、長期的な大量輸送という観点では、液化水素や有機ハイドライド、更にはパイプライン輸送の検討にシフトすべきと考えられる。

その際、液化水素と有機ハイドライドについては、高圧輸送より劣位と見られるWtTエネルギー効率、CO2排出関連の取り組みが重要となる。

一方、トレーラー容器をクッションタンクとして用い、ステーションでの減圧を回避する充填方法と、マザー&ドーターステーションへの適用、更にフォークリフトなど35MPa機器への直充填(St圧縮機不要)は、エネルギー効率の向上とコストダウンに資する可能性がある。実証、実装、また技術課題、法的課題の解決に取り組む価値があると思われる。

他、国際競争力の観点では液水ポンプやブースターの国産化、海外動向への対応として、電気分解による水素製造-電力貯蔵システム、FCV以外の水素用途(バス・トラック、船舶、鉄道、発電、e-Fuel)等が、今後注力すべき取組として考えられる

「新型高圧水素タンク用鋼材の可能性に関する 調査研究」(中間評価)

(2018年度～2019年度 2年間)

プロジェクトの概要 (公開)

日鉄総研株式会社

2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と 解決方針
既存低合金鋼の 評価	既存蓄圧器の鋼材よりも高強度で水素感受性が未確認である低合金鋼を特定する	高強度でありながら耐水素特性が未評価なJIS材があることが判った	○	高強度であるが耐水素特性未評価のSCr445、SNCM447、SNCM630について材料試験によって耐水素特性を確認する。
熱処理条件の 評価	熱処理条件が鋼材の引張特性に与える影響を定量的に把握する	Mo-V添加鋼は1400MPaレベルの引張強さを得られることが判った	○	
耐水素特性の 評価	既存低合金鋼およびMo-V添加鋼について、高強度化と耐水素特性のバランスを評価する	Mo-V添加鋼は強度ー耐水素脆性バランスに優れている可能性があることが判った	○	熱処理条件を変化させて強度と耐水素特性のバランスの向上を図る。 更に、SSRTの条件を広げてデータを拡充する。
新型蓄圧器の 試設計	高強度低合金鋼を想定した試設計を行って鋼材使用量低減の可能性を評価する	高強度低合金鋼が使えるなら最大で5割近い鋼材使用量低減の可能性があると判った	○	実機化に向けて、実施設計寄りの試設計によってコスト低減効果を確認するとともに、加工技術などその他の技術課題を整理する。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間) / 一部達成(事後)、×未達

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

本調査研究では、タイプ I 高圧水素蓄圧器の材料として、現在使用されている鋼材よりも高強度でコスト低減に資する可能性のある代替鋼材の可能性を探った。その結果、JIS材の中にも、高強度であるが水素脆化特性が未評価の低合金鋼があることが判った。また、開発鋼であるMo-V添加鋼も強度と耐水素特性のバランスに優れている可能性が示された。

よって、今後の低価格な新型高圧水素蓄圧器の開発に向けて、本調査研究で挙げられた候補鋼材のより詳しい特性試験(データの蓄積)や改良を試みる事が推奨される。

また、新型高圧水素蓄圧器の実現のためには鋼材の調査・開発だけでなく、容器の加工技術の検討や見込まれる需要の把握なども必要と考えられる。

◆各個別テーマの成果と意義

1. 既存低合金鋼の調査

JIS規格番号	表題	記号	標準成分(%)	材料規格の引張強さ(N/mm ²)	降伏点(0.2%耐力)(N/mm ²)	水素感受性データ
JIS G 4053	機械構造用合金鋼鋼材	SMnC443	Mn-0.5Cr	930	785	
		SCr440	0.4C-1Cr	930	785	
		SCr445	0.45C-1Cr	980	835	
		SCM435	1.1Cr-0.23Mo	930	785	
		SCM440	1.1Cr-0.23Mo	980	835	NEDOの先行研究、サンディア研DB、NASA
		SCM445	1.1Cr-0.23Mo	1030	885	サンディア研DB
		SNC836	3.25Ni-0.8Cr	930	785	
		SNCM439	1.8Ni-0.8Cr-0.23Mo	980	865	NEDOの先行研究、他
		SNCM447	1.8Ni-0.8Cr-0.23Mo	1030	930	
		SNCM625	3.25Ni-1.25Cr-0.23Mo	930	835	
		SNCM630	3.0Ni-3Cr-0.5Mo	1080	930	

既存蓄圧器に使われているSCM435やSA723の強度(引張強さ930MPa)を超える既存鋼材は6鋼種。このうち、高強度にすると水素感受性が増すことが先行研究で確認されている鋼種は調査対象外とした。

SCr445、SNCM447およびSNCM630については水素感受性を示すデータが無いので、更なる調査が必要。

ただし、この3鋼種は水素用途以外でも需要が限られており、調査時点で市中在庫がなかったため、材料試験は今後の課題とした。

◆ 各個別テーマの成果と意義

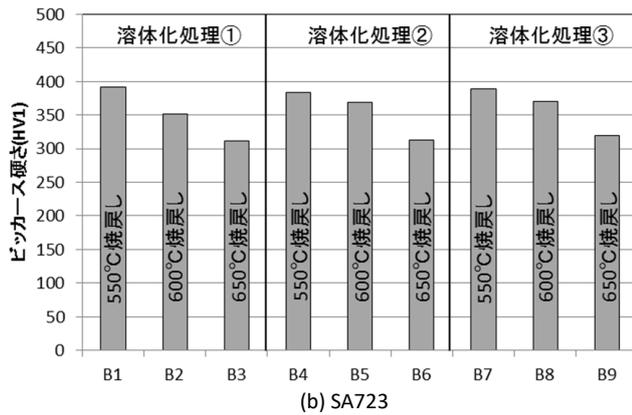
硬さ (引張強さと強い相関あり) に及ぼす**熱処理条件** (「溶体化処理後の冷却速度」と「焼戻し温度」) の**影響** について実験的に調査。

[熱処理条件]

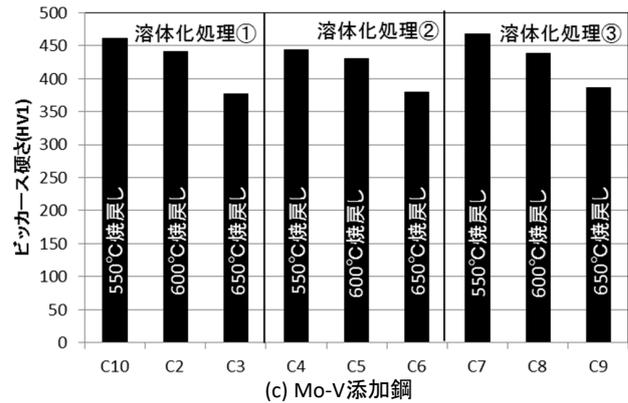
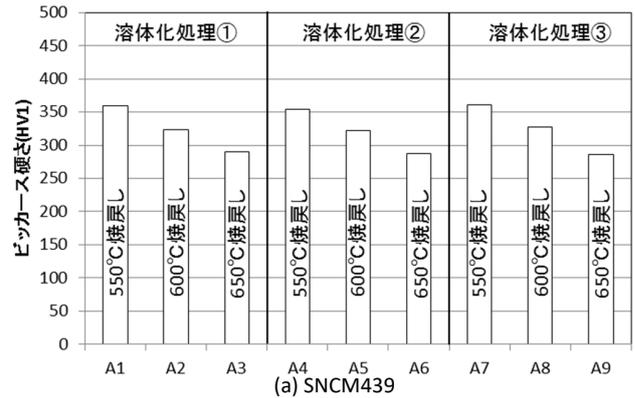
溶体化処理 : 870℃×5min→冷却速度(①100, ②10, ③5 °C/s)
 焼戻し処理 : 550, 600, 650℃ x 1hr

[結果]

1. 硬さは焼戻し処理温度に大きく依存。溶体化処理後の冷却速度の影響は上記調査範囲では小さかった。
2. Mo-V添加鋼は他の既存鋼より硬さレベルが一段と高かった。



2. 低合金鋼の機械的性質に及ぼす熱処理条件の影響 (1)

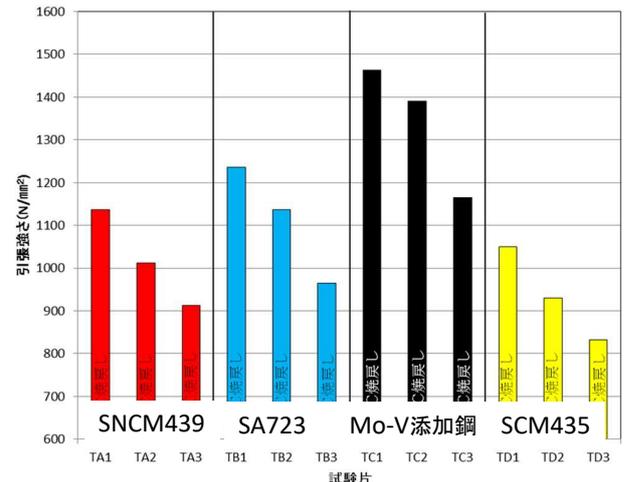
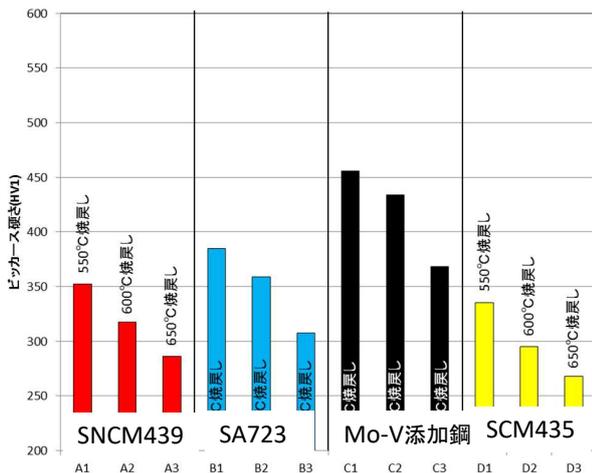


◆ 各個別テーマの成果と意義

各鋼種の常温引張性質と硬さに及ぼす熱処理条件の影響について実験的に調査を実施し、常温引張性質と硬さとの関係について検討した。(熱処理条件は前頁と同様)

[結果]

1. 0.2%耐力・引張強さは硬さと正の相関性、伸び・絞りには負の相関性を有することが確認された。
2. 引張強さと硬さの相関性は極めて強く、両者の相関係数は下記のとおり平均して3.2±0.1の範囲であった。
 (SNCM439 : 3.227, SA723 : 3.208, Mo-V添加鋼 : 3.208, SCM435 : 3.131)
 → これより低合金鋼の引張強さは硬さの値からある程度の精度で推定することが可能。
3. Mo-V添加鋼の引張強さは他の鋼種より高く、最大の引張強さは1450MPaを超える値が得られた。



◆ 各個別テーマの成果と意義

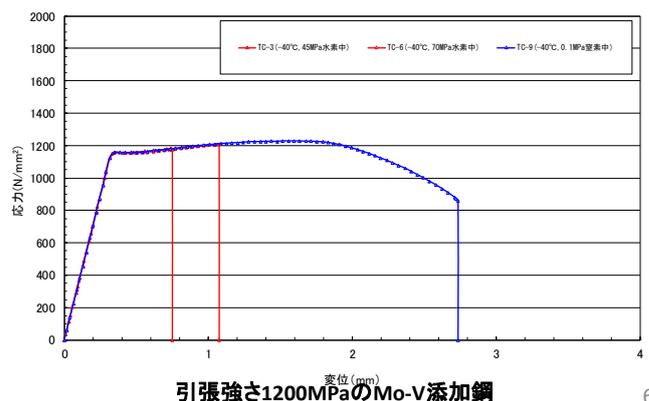
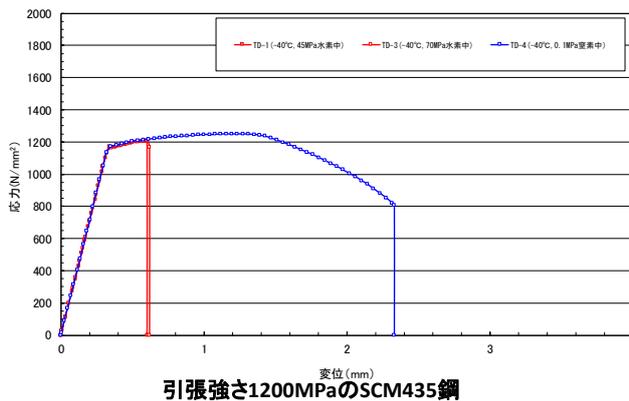
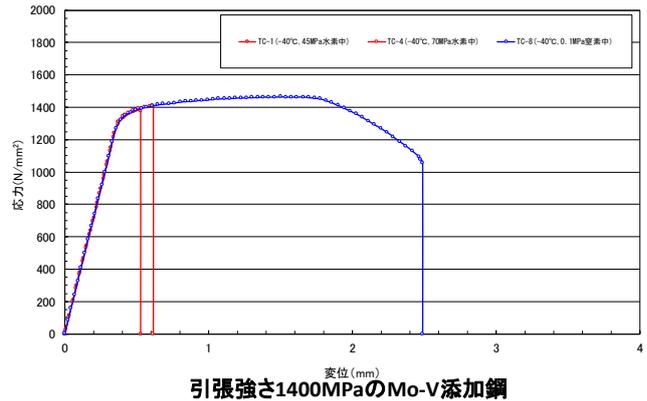
1200および1400MPaの最高レベルの強度を有する低合金鋼3種類について、0.1MPa窒素中、45MPa水素中および70MPa水素中の各環境中でSSRTを実施。

[結果]

1. -40℃、水素圧力45MPa以上では3鋼種とも水素脆化を起こし、45MPaと70MPaの差異は小さかった。
2. 引張強さ1200MPaの場合、延性相対値(両環境の伸びの比率)はMo-V添加鋼の方がSCM435鋼よりも大きかった。
3. Mo-V添加鋼は引張強さ \geq 1400MPaでも弾性限内では破断せず、塑性変形後に破断が起こった。

以上より、Mo-V添加鋼は引張強さ1000MPaを超える高強度域において既存鋼より水素適合性を改善できる可能性がある。

3. 低合金鋼の高圧水素環境適合性評価



◆ 各個別テーマの成果と意義

4. 新型高圧水素蓄圧器の試設計

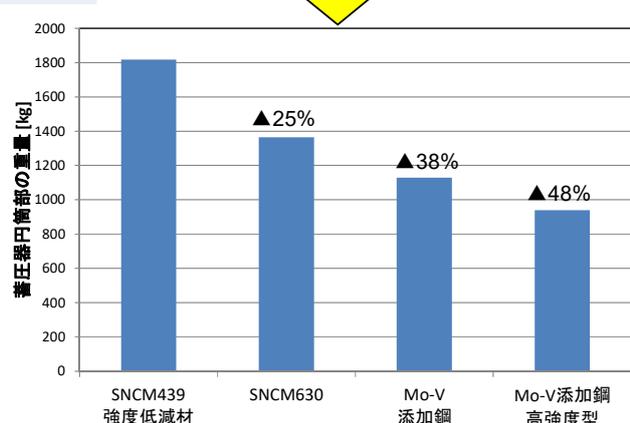
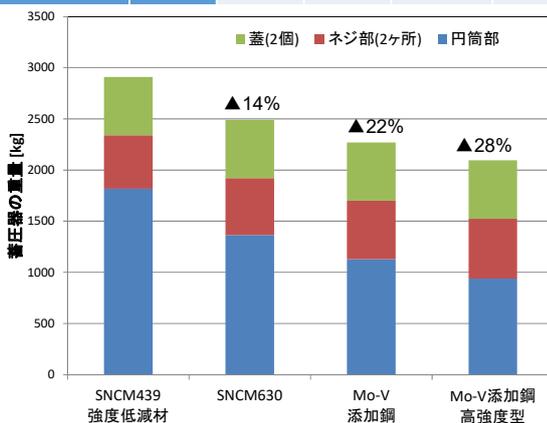
(コスト低減の可能性)

既存蓄圧器のSNCM439強度低減材、高強度だが耐水素特性未評価のJIS材SNCM630、Mo-V添加鋼 (S_y として実測値に対して余裕度を考慮した1200MPaおよび最高レベル1400MPa、の2ケースを想定) の4鋼種を想定して蓄圧器を試設計し、結果を比較。さらに、両端絞り構造を想定して、蓋部の重量を無視できると仮定した場合を比較。 $S_y \sim 1400$ MPaで両端絞り構造でとすると既存のSNCM439強度低減材に対して半分程度の鋼材重量となる可能性がある。

材料		肉厚 [mm]	外径 [mm]	高圧水素蓄圧器重量 [kg]		
種別	引張強さ			ボディ	蓋(x2)	合計
SNCM439 強度低減材	880 (MPa)	49	398	2,430	570	2,910
SNCM630	1080	38	376	1,920	570	2,490
Mo-V添加鋼	1200	32	364	1,700	570	2,270
Mo-V添加高強度材	1400	27	354	1,524	570	2,094



(出典: 0434 HyST300 model R 低コスト高耐久鋼製蓄圧器(JSWチラシ))



◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

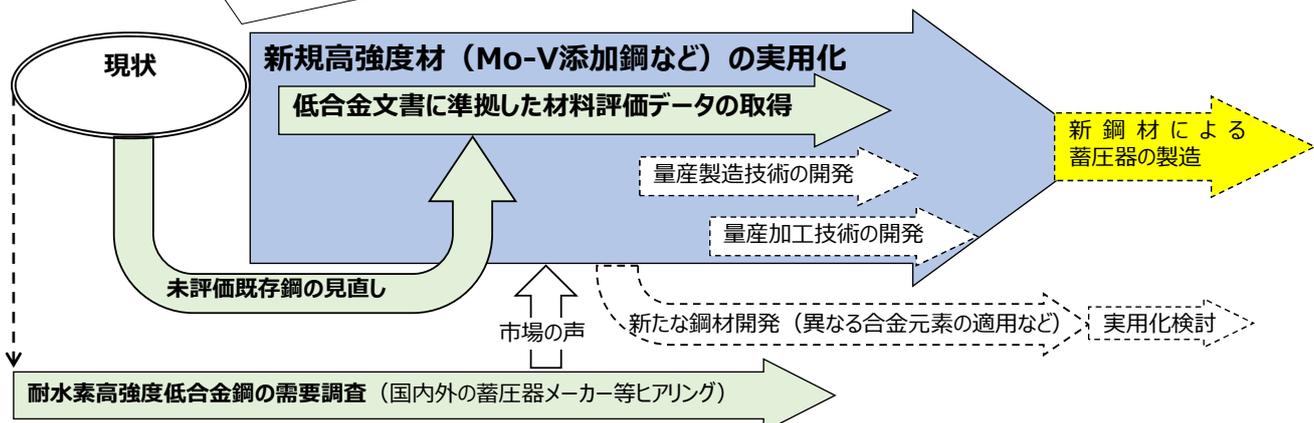
本調査研究で新型高圧水素蓄圧器の材料候補として挙げられた高強度低合金鋼につき、耐水素脆化特性が確認されて蓄圧器の薄肉化によるコスト低減が可能となれば、水素ステーションのコスト低減による普及促進の一助となり、それによって蓄圧器およびその材料である低合金鋼の売り上げが伸びると期待される。

4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (1) 成果の実用化に向けた戦略

◆実用化に向けた戦略

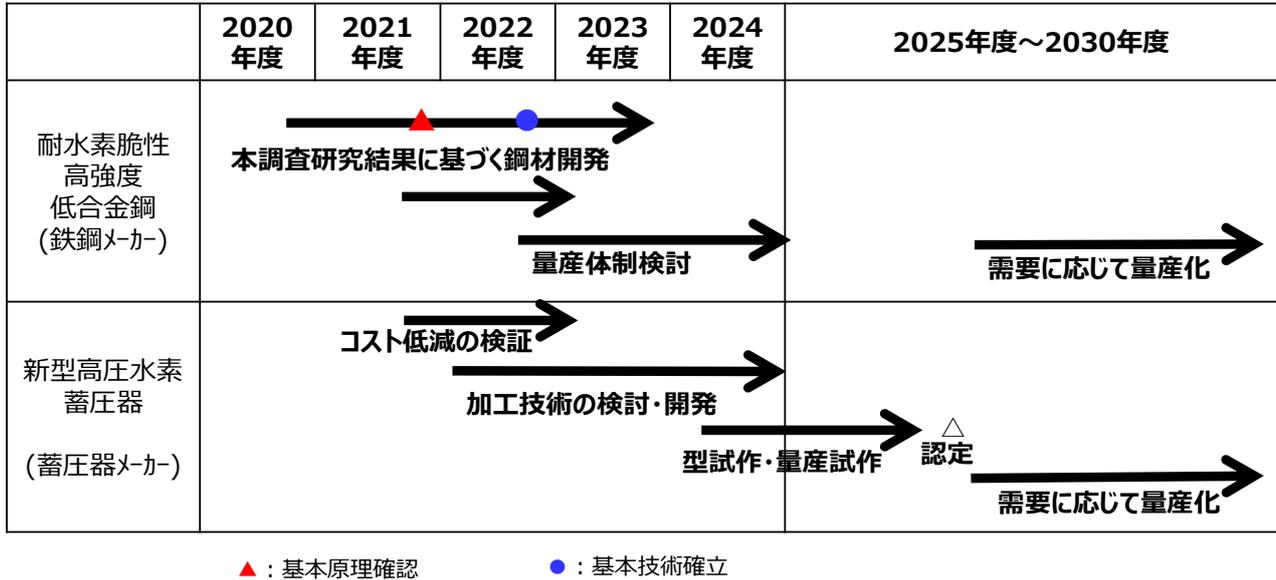
本調査研究で分かったこと

- (1) 一般論として以下が認識されている：
 - ・低合金鋼は高圧水素の影響を受ける
 - ・強度の大きい鋼ほどその傾向が強い
- (2) 高圧水素の影響を受けにくい高強度低合金鋼を開発できる可能性は高い。
Mo-V添加鋼はその有力候補。また、未評価のJIS材もある。
- (3) 容器製造のための加工技術についても検討が必要
- (4) 鋼材単価低減のためにはまとまった需要も必要



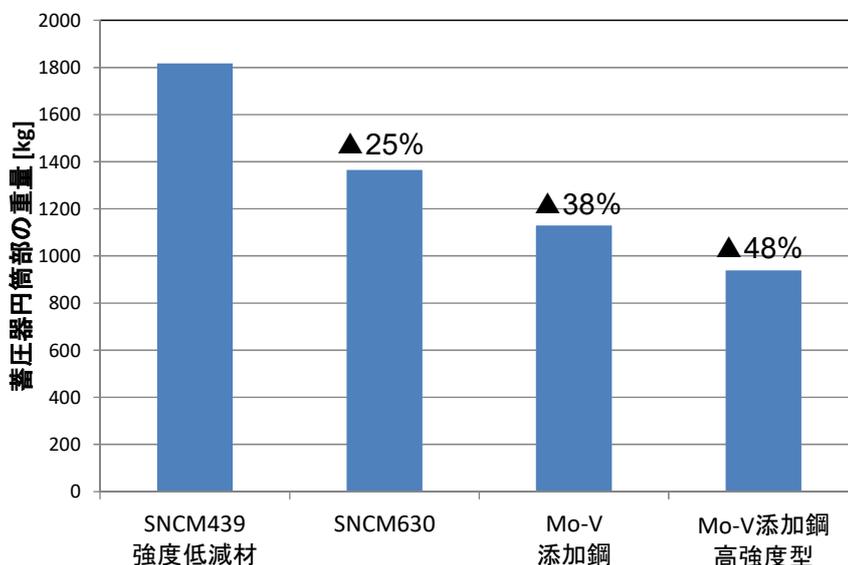
◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組

日鉄総研（本調査研究の受託業者）は事業会社ではないため、具体的な事業化計画を述べることはできないが、2020年台後半までに水素ステーション事業の自立化（そのための低価格蓄圧器の発売）のためには、以下のような取組が想定される。



◆ 成果の実用化の見通し

本調査研究で候補に挙げた低合金鋼が新型高圧水素蓄圧器に適用できれば、既存蓄圧器に使われているSNCM439強度低減材に比べて最大で5割近くの鋼材使用量を削減できる可能性があり、それに伴う蓄圧器のコスト低減が期待される。



「超高压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 電気化学式水素ポンプの開発・実証」(中間評価)

(2018年度～2020年度 3年間)

プロジェクトの概要 (公開)

株式会社加地テック

東レ株式会社

2020年12月17日

1 / 10

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

- ① 5Nm³/h × 82MPa 水素ポンプのセル・スタック技術の開発
- ② 5Nm³/h × 82MPa 水素ポンプシステムの技術開発
- ③ 水素ポンプ及び同システムの高圧ガス保安法および国内防爆規格への対応

研究開発項目	最終目標 (2020年度)	成果	達成度	今後の課題と解決方針
①	<ul style="list-style-type: none"> • 5Nm³/h × 82MPa 水素ポンプのセル・スタック技術開発を完了する。 • スタックの耐久性、およびシステムの消費電力が機械式圧縮機 (システム消費電力0.5kWh/Nm³) 対比で有利なことを実証する。 	<ul style="list-style-type: none"> • 5Nm³/h×40MPa水素ポンプのスタック技術開発は達成見込み。 • 5Nm³/h×40MPaスタック耐久性3000時間を実証し、スタックの消費電力0.4kWh/Nm³を確認できる見込み。 	△	<ul style="list-style-type: none"> • 82MPa圧縮は確認できる見込みであるが、耐久性実証は未達。 • 高温運転可能なスタックを開発できれば、システム消費電力を低減できると考える。
②	<ul style="list-style-type: none"> • 5Nm³/h × 82MPa 水素ポンプシステムの技術開発を完了する。 • コンパクト性、低振動、低騒音が、機械式圧縮機対比で有利なことを実証する。 	<ul style="list-style-type: none"> • 2.2Nm³/h×20MPa水素ポンプシステムの技術開発は達成見込み。 • コンパクト性(対当社比-30%)、低振動(ほぼゼロ)、低騒音(-20db以上)について、機械式圧縮機対比による評価ができる見込み。 	△	<ul style="list-style-type: none"> • 大型、高圧のシステムは成果の延長線上で可能であるが、スタックの消費電力が課題となっている。 • 山梨県企業局でのKTC-A号機、ベンチテストによる実証試験と課題抽出が残っている。
③	<ul style="list-style-type: none"> • 高圧ガス保安法・・・水素ステーションで使用可能な性能・構造とする • 防爆規格・・・水素ステーションで使用可能な仕様とする 	<ul style="list-style-type: none"> • 山梨向けKTC-A号機を高圧ガス保安法 (一般則 6条対応) で製作。 	△	<ul style="list-style-type: none"> • 高圧ガス保安法、一般則 7条3項準拠によるシステム製作が未達。 2 / 10

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

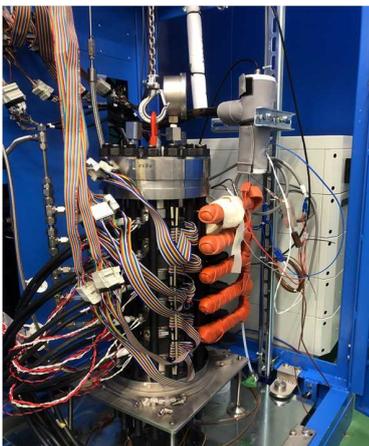
- ① 5Nm³/h ×82MPa 水素ポンプのセル・スタック技術の開発
- ② 5Nm³/h ×82MPa 水素ポンプシステムの技術開発
- ③ 水素ポンプ及び同システムの高圧ガス保安法および国内防爆規格への対応

研究開発項目	最終目標 (2020年度)	成果	成果の意義
①	<ul style="list-style-type: none"> • 5Nm³/h ×82MPa 水素ポンプのセル・スタック技術開発を完了する。 • スタックの耐久性、およびシステムの消費電力が機械式圧縮機 (システム消費電力0.5kWh/Nm³) 対比で有利なことを実証する。 	<ul style="list-style-type: none"> • 5Nm³/h×40MPa水素ポンプのスタック技術開発は達成見込み。 • 5Nm³/h×40MPaスタック耐久性3000時間を実証し、スタックの消費電力0.4kWh/Nm³を確認できる見込み。 	<ul style="list-style-type: none"> • 目標は未達となったが、将来の大型化を見据えた水素ポンプのスタックを開発できた。 • 高圧スタックの課題を抽出し、目標のシステム消費電力達成には更なる高温運転が必要であることを確認できた。
②	<ul style="list-style-type: none"> • 5Nm³/h ×82MPa 水素ポンプシステムの技術開発を完了する。 • コンパクト性、低振動、低騒音が、機械式圧縮機対比で有利なことを実証する。 	<ul style="list-style-type: none"> • 2.2Nm³/h×20MPa水素ポンプシステムの技術開発は達成見込。 • コンパクト性(対当社比-30%),低振動(ほぼゼロ),低騒音(-20db以上)について、機械式圧縮機対比による評価ができる見込み。 	<ul style="list-style-type: none"> • 目標は未達となったが、将来の大型化を見据えた水素ポンプの基本システムを開発することができた。 • コンパクト性、低振動、低騒音を実証評価できた。
③	<ul style="list-style-type: none"> • 高圧ガス保安法・・・水素ステーションで使用可能な性能・構造とする • 防爆規格・・・水素ステーションで使用可能な仕様とする 	<ul style="list-style-type: none"> • 山梨向けKTC-A号機を高圧ガス保安法 (一般則 6条対応) で製作 	<ul style="list-style-type: none"> • 水素ポンプが高圧ガス保安法で定義されていないため、現行法規では実用化、事業化が難しいことが明らかになった。

3 / 10

3. 研究開発成果概要 (研究開発項目 1)

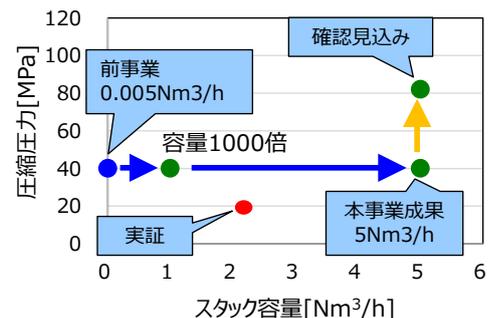
実施項目	最終目標 (2020年度)	成果 (2020年9月末時点)
① 5Nm ³ /h×82MPa 水素ポンプのセル・スタック技術開発	<ul style="list-style-type: none"> • 水素ポンプのセル・スタック技術開発を完了する (5Nm³/h ×82MPa)。 	<ul style="list-style-type: none"> • 5Nm³/h×40MPa水素ポンプのスタック技術開発は達成見込み。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 現状スタックによる5Nm³/h×82MPa耐久性実証を実施し、課題を抽出をしたうえで、スタック設計に反映させ、5Nm³/h×82MPa水素ポンプのセル・スタック技術開発を達成する。



5Nm³/hスタック



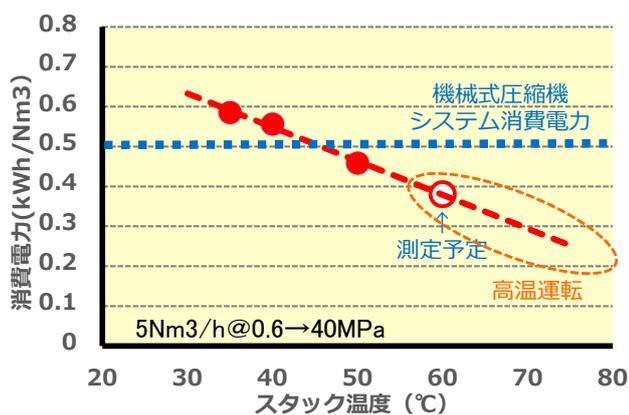
5Nm³/h×82MPa水素圧縮評価設備



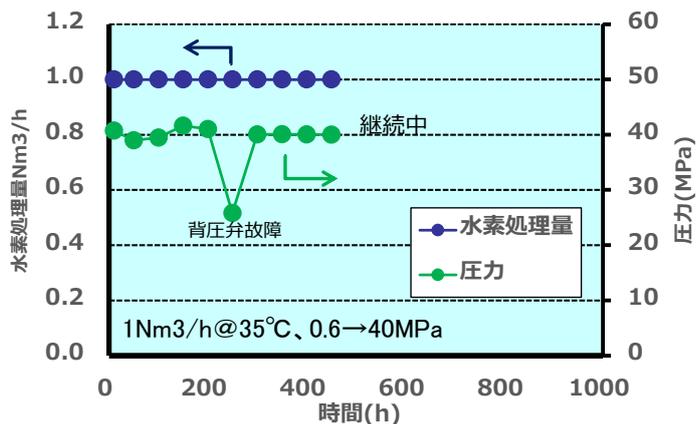
開発ターゲット

3. 研究開発成果概要（研究開発項目 1）

実施項目	最終目標 (2020年度)	成果 (2020年9月末時点)
① 5Nm ³ /h×82MPa 水素ポンプのセル・スタック技術 開発	<ul style="list-style-type: none"> スタックの耐久性、およびシステムの消費電力が機械式圧縮機（システム消費電力0.5kWh/Nm³）対比で有利なことを実証する。 	<ul style="list-style-type: none"> 5Nm³/h×40MPaスタック耐久性3000時間を実証できる見込み。（現時点500時間） 60℃以上の高温運転により、機械式圧縮機対比で有利な消費電力0.4kWh/Nm³をスタックとして確認できる見込み。 82MPa圧縮は確認できる見込みであるが、耐久性実証は未達。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> 高温運転可能なスタックを開発できれば、システム消費電力を低減できると考える。



スタック温度と消費電力の関係



耐久性評価

3. 研究開発成果概要（研究開発項目 2, 3）

実施項目	最終目標 (2020年度)	成果 (2020年9月末時点)
② 5Nm ³ /h×82MPa水素ポンプ システムの技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 水素ポンプシステムの技術開発を完了する 	<ul style="list-style-type: none"> 水素ポンプユニット（装置No.KTC-A）を製作し、0.9 Nm³/h×40MPaおよび、2.2Nm³/h×20MPaのスタックにおいて、水素ポンプシステムを検証・確認した。 将来の大型化を見据えた水素ポンプの基本システム（加湿・除湿方法、基本運転制御、水分管理、温度制御など）を開発した。 5Nm³/h×82MPaシステム開発は、スタック開発の遅れにより未達となる。
	<ul style="list-style-type: none"> コンパクト性、低振動、低騒音が、機械式圧縮機対比で有利なことを実証する 	<ul style="list-style-type: none"> 補器を含めた水素ポンプシステムの消費電力を把握した。 山梨県企業局様向けKTC-A号機（2.2Nm³/h×20MPa）システムを11月頃に移設し、現地ベンチテストによる実証試験と課題抽出を行う予定。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> システム全体の消費電力が約1.5kWh/(Nm³/hr)（スタック単体効率のおよそ2倍）となり、機械式の0.5kWh/(Nm³/hr)に比べかなり大きい。大型、高圧のシステムは成果の延長線上で可能であるが、スタックの消費電力の改善および補器の消費電力を低減する必要がある。 山梨県企業局でのKTC-A号機、ベンチテストによる実証試験と課題抽出が残っている。



水素ポンプユニット（装置 No.KTC-A）外観

3. 研究開発成果概要（研究開発項目 2, 3）

実施項目	最終目標 (2020年度)	成果 (2020年9月時点)
③ 水素ポンプ及び同システムの高圧ガス保安法および国内防爆規格への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧ガス保安法・・・水素ステーションで使用可能な性能・構造とする ・防爆規格・・・水素ステーションで使用可能な仕様とする 	<ul style="list-style-type: none"> ・山梨向けKTC-A号機を高圧ガス保安法（一般則 6条対応）で設計・製作したが、水素ステーション対応である一般則第7条3項に準拠した設計・製作は未達となる。 ・水素ポンプユニットのスタックは、高圧ガス保安法での分類で定めがないため、「圧縮機」と認められず、高圧ガス設備の「その他の圧力容器類」として扱われることとなった。圧縮機として認められた場合、大型化した場合も高圧ガス設備「圧縮機」とできるが、「その他の圧力容器類」で大型化・高圧化した場合、「特定設備」として扱われ、製造コストが高額となる。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2.2Nm³/h×20MPaのスタックは、PV（圧力×容積）が0.004以下であり「高圧ガス設備」での受検となったが、大型化すると「特定設備」での受検となり、高圧ガス保安法への対応が非常に厳しくなる。 ・現状の高圧ガス保安法に準拠したスタックの強度設計は、例示基準がないため、加圧試験（4倍加圧）を併用せざるを得ない。加えて、形状をコンパクトにするためには、設計圧力が20MPaでも82MPa水素ステーションに使用する超高压設備と同等の材料が必要となり、製造コストが非常に高額となる。

7 / 10

3. 研究開発成果 （3） 成果の普及

◆ 成果の普及

2019年度6月19日 加地テックHP（ニュースリリース）

「水素・燃料電池プロジェクト評価・課題共有ウィーク」

水素ステーション分野

超高压水素インフラ本格普及技術研究開発事業

「電気化学式水素ポンプの開発・実証（Ⅲ-6）」 発表資料 公開

8 / 10

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

◆実用化に向けた戦略

- ✓ 山梨県企業局様にKTC-A号機 (2.2Nm³/h×20MPa)システムを移設し、ベンチテストによる実証試験を実施し、実用化に向けた課題を抽出する。
(NEDO助成期間終了後も継続使用して頂く予定)
- ✓ 電気化学式水素ポンプシステムは高圧ガス保安法上で圧縮機と分類されず、「その他の圧力容器類」となる。従って、高圧になると現行法規ではコストが非常に高く、商品化は難しい。
- ✓ 20MPaを上限とした場合は、事業化できる市場があると考えます。
- ✓ スタックの高温点における消費電力の低減に成功しないと、既に機械式が使用されている分野・用途での事業化は厳しいと考える。



機械式の水素ステーション用圧縮機としての代替機となるためには、様々な課題(コスト、消費電力、法規、圧力、大型化)を解決しなければならない。

◆実用化に向けた具体的取組

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
水素ポンプシステム 製品設計	2.2Nm ³ /hr×20MPa 開発・実証			5Nm ³ /hr×20MPa 改善開発	15~30Nm ³ /hr×20MPa 開発・実証		
生産/販売				5Nm ³ /hr×20MPa 販売開始	15~30Nm ³ /hr×20MPa 販売開始		

「超高压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／高強度低合金鋼を用いた新型高压蓄圧器に関する研究開発」（中間評価）

（2020年度～2022年度 3年間予定）
プロジェクトの概要 （公開）

一般財団法人金属系材料研究開発センター

日本製鉄株式会社

2020年12月17日

3. 研究開発成果 （1）研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標(中間)	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1. Mo-V添加鋼の高強度化と水素適合性の評価	評価用素材を作製し、引張強さが1000 MPa以上となる化学成分と熱処理条件を明らかにし、目標強度を達成する試験材に対してSSRTによる水素適合性評価を開始する。	2020年8月より研究開発推進中	—	—
2. 高強度低合金鋼規格材の高強度化と水素適合性の評価	JIS規格材について評価用素材を作製し、引張強さが1000 MPa以上となる化学成分および熱処理条件を明らかにし、目標強度を達成する試験材に対してSSRTによる水素適合性評価を開始する。	2020年8月より研究開発推進中	—	—
3. 蓄圧器に関する技術動向調査、新型水素蓄圧器の試設計と製造コスト比較調査	蓄圧器の製造コストに関する情報収集と整理を行い、本研究開発におけるコスト低減目標ターゲットを明確にする。	2020年8月より研究開発推進中	—	—

◎ 大きく上回って達成、○ 達成、△ 達成見込み（中間）／一部達成（事後）、× 未達

◆各個別テーマの成果と意義

3つの研究開発項目の想定成果と意義を以下に示す。

1. Mo-V添加鋼の高強度化と水素適合性の評価

前調査事業で効果が明らかになった、Mo-V添加鋼で具体的に評価用素材を作製し、引張強さが1000 MPa以上となる化学成分と熱処理条件を明らかにし、目標強度を達成する試験材に対してSSRTによる水素適合性評価を基に、蓄圧器に適用を図る。その結果、肉厚を減少させ鋼材使用量の低減による蓄圧器の低コスト化に寄与できると考える。

2. 高強度低合金鋼規格材の高強度化と水素適合性の評価

JISに登録されている低合金鋼の中に高強度を有しながら水素適合性について未評価の鋼材が存在する。それらの水素適合性を評価し、蓄圧器への適用の可能性を見極める。上記1と同様に、蓄圧器に適用し肉厚を減少させ鋼材使用量の低減による蓄圧器の低コスト化に寄与できると考える。

3. 蓄圧器に関する技術動向調査、新型水素蓄圧器の試設計と製造コスト比較調査

実際に水素ステーションで採用されるための条件を整理し、上記1. 2. の有望な鋼材を用いた蓄圧器の試設計の実施を通して、コスト低減効果を明らかにする。低コスト化の蓄圧器の需要を伸ばすことに寄与できると考える。

◆成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
1. Mo-V添加鋼の高強度化と水素適合性の評価	2020年8月より研究開発推進中	1000MPa以上の引張強さと水素適合性の両立が可能な化学成分と製造プロセス条件を提示する。	△
2. 高強度低合金鋼規格材の高強度化と水素適合性の評価	2020年8月より研究開発推進中	1000MPa以上の引張強さと水素適合性の両立が可能なJIS規格鋼種と製造プロセス条件を提示する。	△
3. 蓄圧器に関する技術動向調査、新型水素蓄圧器の試設計と製造コスト比較調査	2020年8月より研究開発推進中	上記結果に基づいて新型高圧水素蓄圧器の試設計を行うと共に製造コスト試算を行い、コスト低減効果を検証する。	△

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

●本研究開発の成果に基づく「実用化」の考え方

【目的】現状のタイプ I 蓄圧器の製造コストの削減を図る。

【方法】素材である低合金鋼の高強度化と高圧水素適合性の両立を実現し、蓄圧器の軽薄短小化を可能とする。

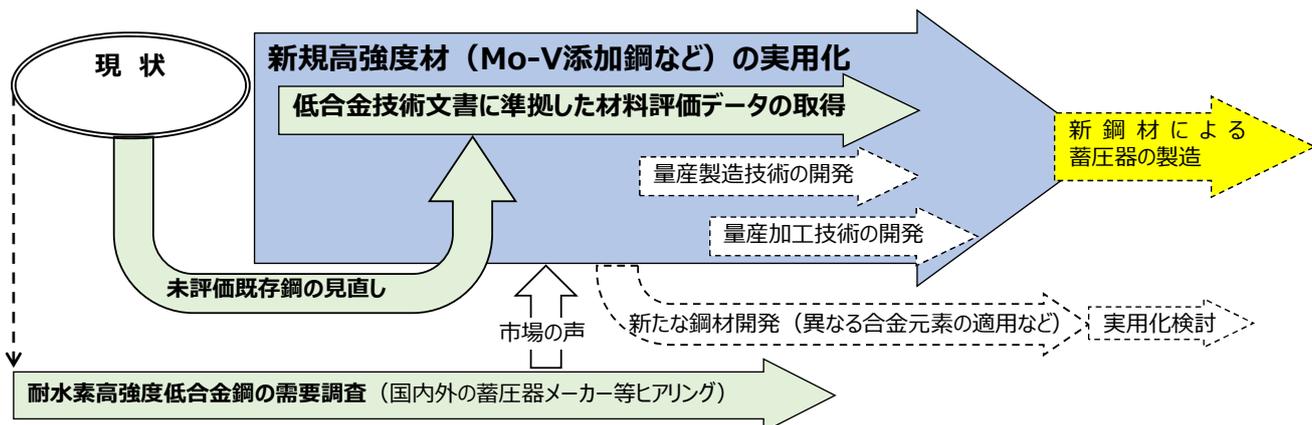
【効果】蓄圧器のコンパクト化による使用鋼材量の削減および軽薄短小化による製造プロセスコストの低減も併せて蓄圧器に関する総合的なコスト低減により実用化を推進させる。

4. 成果の実用化に向けての取組及び見通し (1) 成果の実用化に向けた戦略

◆実用化に向けた戦略

現 状

- (1)低合金鋼は高圧水素の影響を受けやすく、強度の大きい鋼ほどその傾向が強いため、意図的に強度を低減させた鋼材を使用→厚肉な鋼材を使用し、大量使用。
- (2)高圧水素の影響を受けにくい高強度低合金鋼の開発要素あり。
対象候補材：①Mo-V添加鋼、②高圧水素適合性未評価のJIS規格鋼
- (3)蓄圧器製造加工プロセス技術について素材高強度化によるコスト低減の可能性あり。
- (4)鋼材単価低減のためにはまとまった需要も重要因子。



◆ 実用化に向けた具体的取組

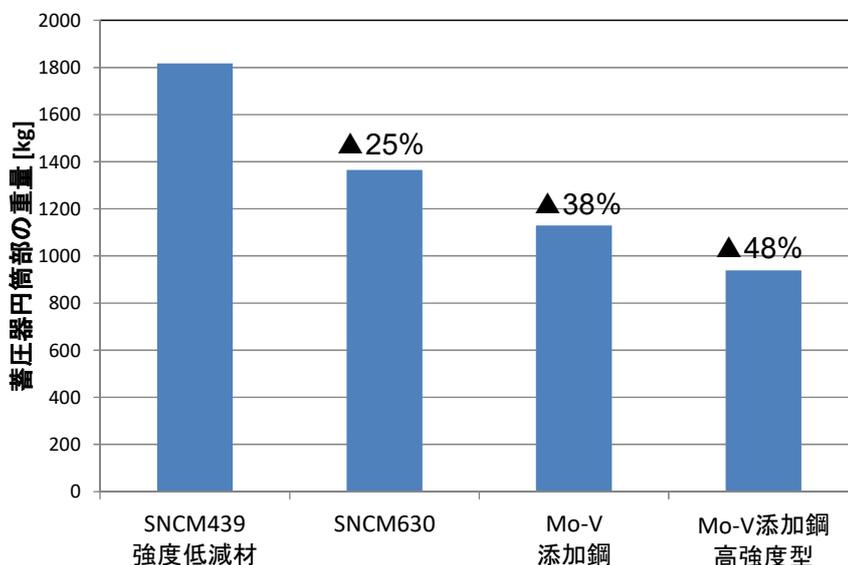
2020年台後半までの水素ステーション事業の自立化に向けた低価格蓄圧器発売には、鉄鋼メーカーおよび蓄圧器メーカーにおいて以下のような取組が想定される。

	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度～2030年度
耐水素脆性 高強度 低合金鋼 (鉄鋼メーカー)	前調査研究結果に続く鋼材研究開発 量産体制検討					需要に応じて量産化
新型高圧水素蓄圧器 (蓄圧器メーカー)	コスト低減の検証 加工技術の検討・開発 型試作・量産試作					△ 認定 需要に応じて量産化

▲ : 基本原理確認 ● : 基本技術確立

◆ 成果の実用化の見通し

1000～1400MPa以上の高強度低合金鋼を新型高圧水素蓄圧器に適用できれば、現状の既存SNCM439鋼強度低減材に比べて最大で5割近くの鋼材使用量を削減する可能性があり、これに加えて蓄圧器の軽薄短小化は製造プロセスコスト低減等にも寄与することから、蓄圧器の総合的なコスト低減に繋がると考えられる。



「新型半導体メモリ方式による超低消費電力 水素検知センサシステムの研究開発」

(中間評価)

(2020年度～2022年度 3年間)

プロジェクトの概要 (公開)

ヌヴォンテクノロジージャパン株式会社

2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

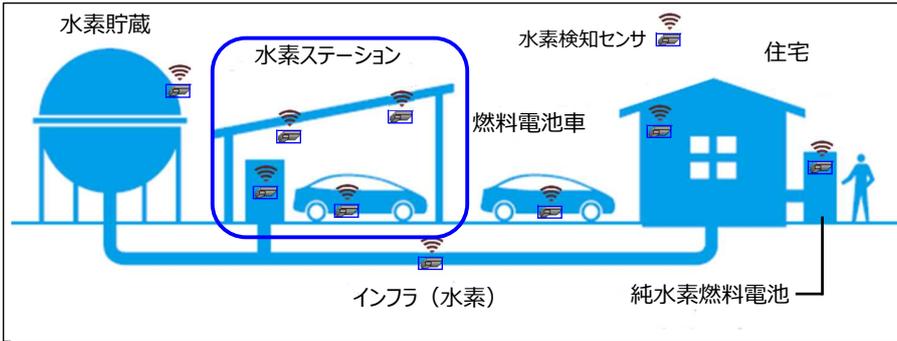
研究開発項目	目標(2020年度)	成果	達成度
①超低消費電力水素検知センサエレメントの開発	センサエレメントの製造条件と回路レイアウト仕様の確立	実施計画及び内容の設定 - マスク制作 (～第3四半期) - 試作及び評価(～第4四半期)	△
②高耐湿/防水対応水素検知センサモジュールの開発	完全防水型センサモジュールの開発課題と方策の明確化	実施計画及び内容の設定 - 膜材料、接合工法検討 (～第3四半期) - 膜、工法基礎評価(～第4四半期)	△
③自己補正・故障予測システムを備えた水素検知センサシステムの開発	小型、低消費電力のIoT対応センサモジュール仕様の確立	実施計画及び内容の設定 - IoTセンサモジュール設計 (～第3四半期) - 実機評価及び検証追加制作 (～第4四半期)	△

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間) / 一部達成(事後)、×未達

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

- 達成状況 : 実施計画書を作成し、目標及び計画を設定。
- 本研究の意義 : 従来技術では実現できない、場所を選ばず容易に設置できる水素検知センサシステムを研究開発し、安心安全な水素社会実現に貢献

当社のイメージする水素社会



場所を選ばず容易に設置できる水素検知センサを多点設置し、安心安全な水素社会へ

要求事項と実現手段

新しい水素検知センサへの要求事項

- IoT/電池駆動
- 耐環境性(防水)
- メンテナンス性
- システムコスト低減(配線削減、防爆簡素化)

実現手段

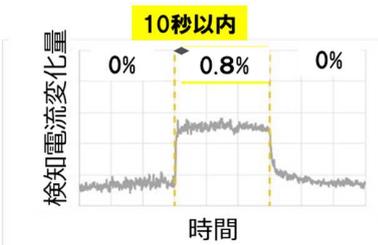
本研究開発テーマ
 新型半導体メモリ方式による超低消費電力水素検知センサシステム

◆①超低消費電力水素検知センサエレメントの開発の成果と意義

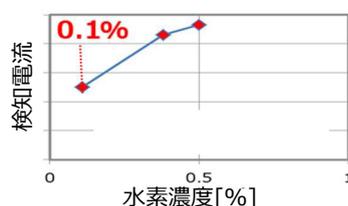
- 現状 : 0.8%水素で10秒以内の反応速度、低濃度側限界値として0.1%迄の水素検知を確認
- 成果 : 2022年迄の開発目標、及び目標達成に向けた実施計画を策定
 性能向上検討用マスクの設計完了(10月)、検討ウエハ試作をスタート('21/3一次評価完)
- 意義 : 従来比1/10000以下の低消費電力センサエレメントの実現

■ 現状の特性

水素センシング特性(代表例)



検知電流vs水素濃度

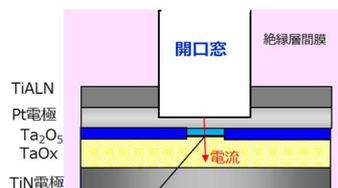


■ 成果(実施計画内容決定)

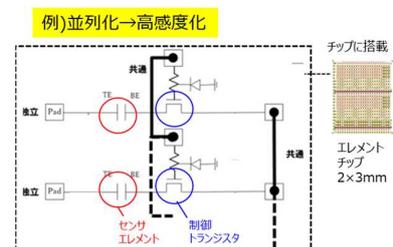
年度計画	マイルストーン	目標仕様	
2020年度	2020年度はセンサ構造及び、回路レイアウトの検討を通じ、低消費電力を維持しながらセンサ感度を高める。	センサエレメントの構造、回路レイアウト仕様の確立	暫定仕様案 水素雰囲気0.5% 反応速度 $\leq 10\text{sec}$
2021年度(参考)	2021年度はセンサ構造及び、回路レイアウトの最適化を進め、実使用を想定したセンサ感度を実現する。	センサエレメントの構造、回路レイアウトの最適化	暫定仕様案 水素雰囲気0.1% 反応速度 $\leq 10\text{sec}$
2022年度(参考)	2021年度迄に開発したセンサエレメントをベースに信頼性評価の仕様を確立する。	センサエレメント用信頼性評価の使用確立	暫定仕様案 85°C10年動作

条件検討内容: 代表例

センサ製造検討項目



回路レイアウト検討パターン



②高耐湿/防水対応水素検知センサモジュールの開発の成果と意義

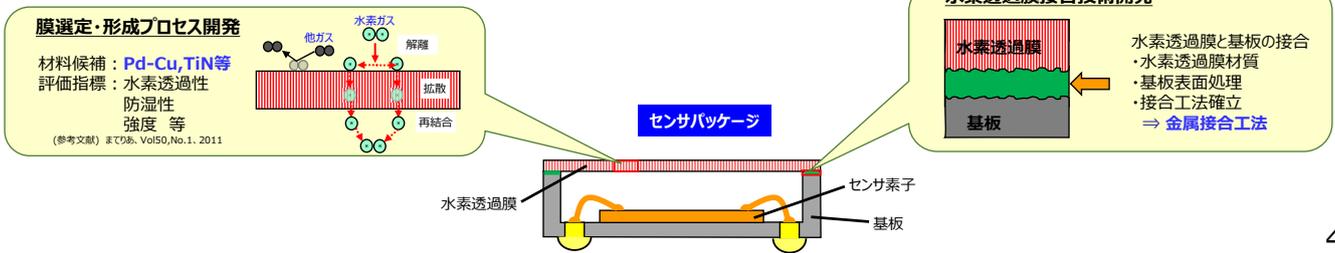
- 現状 : 水素透過膜材料および成膜・透過膜接合工法の候補抽出
- 成果 : 2022年迄の開発目標、及び目標達成に向けた実施計画を策定
膜材料、接合工法検討(～12月) 膜、工法基礎評価(～3月)
- 意義 : 水素検知センサ性能と耐環境性を両立したセンサモジュールが実現可能

■ 成果 (実施計画内容決定)

	年度計画	マイルストーン	目標仕様
2020年度	2020年度は高耐湿化に向けたモジュール構造、工法を検討し、耐湿性向上の取組を進める。 水素透過膜の性能検証・実現性検討の方針を策定する。	モジュール構造仕様、工法の課題抽出と対策方針決定 水素透過膜の検証方法の決定	
2021年度 (参考)	2021年度は2020年度に決定した構造、工法をベースに耐湿、防水筐体の検討を進め、高耐湿/防水センサモジュールを開発する。水素透過膜との組み合わせを考慮し、実使用を想定したセンサ感度を実現する。	高耐湿/防水センサモジュールの仕様確立	暫定仕様案 1)水素透過率90% 湿度100% 反応速度≤30sec 2)水素透過率1% 湿度100% 反応速度≤30sec
2022年度 (参考)	2021年度までに開発したセンサモジュールをベースに信頼性評価の仕様を確立する。	センサモジュール用信頼性評価の仕様確立	暫定仕様案 湿度100% 5年動作

検討状況

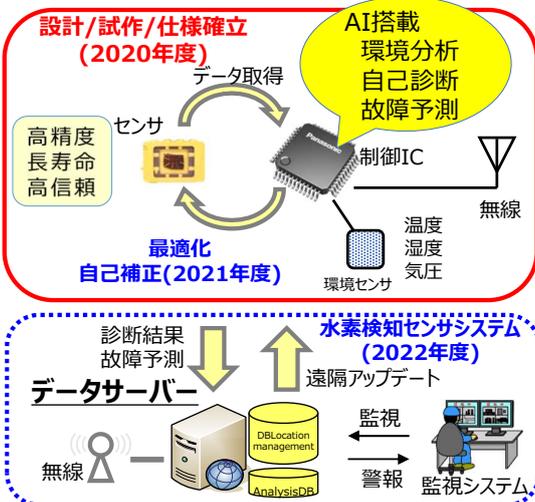
【構造案の一例】セラミック基板上に水素透過膜を接合



◆③自己補正・故障予測システムを備えた水素検知センサシステムの開発の成果と意義

- 現状 : 小型で低消費電力のIoT対応(無線)センサモジュール仕様及びデモ機制作に着手
- 成果 : 2022年迄の開発目標、及び目標達成に向けた実施計画を策定
IoTセンサモジュール設計完(12月),実機評価及び検証・追加制作 (1月～)
- 意義 : 場所を選ばず容易に設置できるIoT/電池駆動水素検知センサモジュール/システムの確立

■ システムコンセプト



■ 成果 (実施計画内容決定)

	年度計画	マイルストーン	目標仕様
2020年度	2020年度は小型で低消費電力化に対応したIoT対応センサモジュールの仕様検討を行う。	低消費電力、IoT対応センサモジュールの仕様確立	IoT方式決定 低電力回路設計完 (≤10mW)
2021年度 (参考)	2021年度は2020年度仕様検討したIoT対応センサモジュールをもとに、使用環境下での自己補正技術を確認する。	自己補正技術の仕様確立	自己補正アルゴリズムの確立
2022年度 (参考)	2021年度までに開発したシステム技術をベースに警報(漏えい/故障)機能を搭載したシステム技術を確認する。	故障予測データベース構築、警報機能の仕様確立	故障予測モデル完成

ターゲット仕様検討状況 (超低消費電力化 ≤10mW)

品名	IoT対応水素センサモジュール (開発中)	無線ガス検知器 (KD-100B)	XEN-5320 WIFI version	
研究開発機関	スヴォンテック/ロジージャパン	新コスモス電機	Sensor Integration	
水素センサー	・ReRAM方式	・接触燃焼方式	・熱伝導式	
モジュール外観				
仕様	無線方式	LTE-Cat. M1 (スタター型低コスト)	ISA100.11a (メッシュ型GW必要) △ WiFi (短距離、消費電力大)	
	保護等級	IP65	IP65	未対応
	使用温湿度範囲	-20~75℃ / 未→目標≤100%RH	-10℃~50℃ / 10~90%RH	-20℃~55℃ / 0~95%RH
	電源	リチウム電池 (7.7Ah)	DC24V (有線)	USB / Li-ion電池 (0.95Ah)
	消費電力	平均9.4mW → 目標 電池寿命5年以上	最大3.5W (ヒータ必須で電力大)	241mW
外形寸法	120x80x56mm (アンテナ含まず)	H338xW146xD160mm	63x51x24mm	
搭載センサ	水素/温度/湿度/気圧	水素/可燃性ガス	水素/温度/湿度	

◆成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (2020年度末)	達成見通し
①超低消費電力水素検知 センサエレメントの開発	水素雰囲気0.8% 反応速度 $\leq 10\text{sec}$	センサエレメントの構造、 回路レイアウト仕様の確立 (水素雰囲気0.5% 反応速度 $\leq 10\text{sec}$) <参考:2022年度末目標> 水素0.1% 反応速度 $\leq 10\text{sec}$. 寿命 85°C10年)	○ 0.1%水素までの反応を確認。 性能改善用マスクセット搭載の パターンで性能達成見込み。
②高耐湿/防水対応水素 検知センサモジュールの開発	水素透過膜材料および成 膜・透過膜接合工法の抽 出	モジュール構造仕様、工法の課題 抽出と対策方針決定 水素透過膜の検証方法の決定 <参考:2022年度末目標> 完全防水型センサモジュール仕様 および信頼性評価の仕様確立	○ 各透過膜の水素透過性は確認でき ており、接合・成膜工法最適化により 達成可能な見通し
③自己補正・故障予測シス テムを備えた水素検知センサ システムの開発	開発計画策定し、低電力 I o T 対応(無線)センサ モジュール仕様を策定、 デモ機試作中 (ターゲット仕様 消費電力9.4mW)	小型で低消費電力の I o T 対応 センサモジュール仕様の確立 (消費電力 $\leq 10\text{mW}$) <参考:2022年度末目標> 開発したシステム技術をベースに 警報(漏えい/故障)機能を搭載 したシステム技術の確立	○ 水素検知センサエレメント、IoT対応 センサモジュールの低消費電力適正 化により、達成の見込み

6

4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

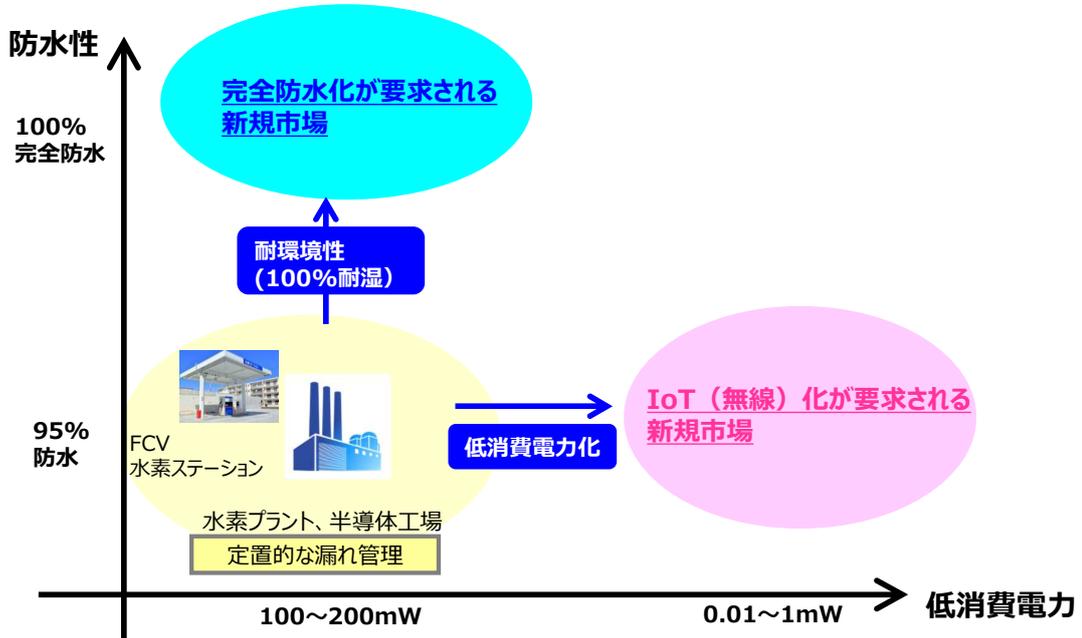
- 今後成長すると予想される新しい水素検知センサ用途 (IoT、多湿環境) への展開をターゲットに実用化を進める
- エレメント/モジュール/システム、それぞれのビジネスレイヤでの実用化を検討する



7

◆ 実用化に向けた戦略

- 将来、水素検知センサの低消費電力化、耐環境性の向上が進み、新しい用途（IoT(無線)化、多湿環境下用途）への展開が拡大と予測
- 本研究で開発する水素検知センサシステムで上記新規市場を獲得する



◆ 実用化に向けた具体的取組

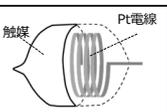
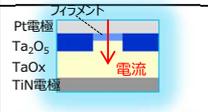
- NEDOプロジェクトによる研究開発終了後、2023年度より実用化開発を開始
エレメント/モジュール/システム事業立ち上げをコンカレントに推進予定

研究開発項目		2020~2022年度	2023年度	2024年度	2025年度~
①	超低消費電力水素検知センサエレメントの開発	NEDOプロジェクトによる研究開発	製品用エレメント試作	信頼性確認	実用化へ
②	高耐湿/防水対応水素検知センサモジュールの開発(再委託)		モジュール設計(耐湿、防塵、防爆)	製品用モジュール試作 信頼性確認	
③	自己補正・故障予測システムを備えた水素検知センサシステムの開発			製品用システム設計	

◆ 成果の実用化の見通し

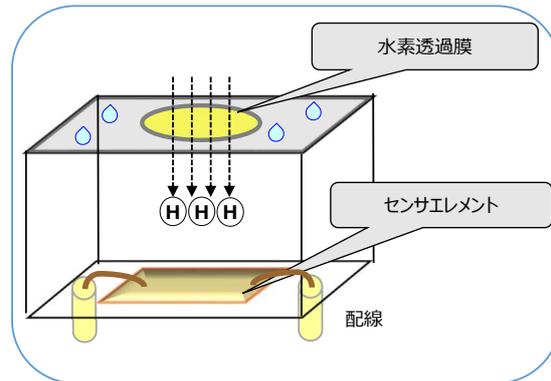
■ 本研究開発で実現する超低消費電力・高耐湿/防水センサで市場優位性を確保
シェア拡大を目指す

超低消費電力水素検知センサエレメントの優位性

	接触燃焼方式 (従来)	新型半導体メモリ方式 (本研究)
消費電力	200mW	0.01mW
ヒーター	必要 (300~450℃)	不要
検知感度	0.1% @ ≤10秒	0.1% @ ≤10秒
構造 原理		

従来に比べ1/10000の超低消費電力
を実現する新方式

高耐湿/防水対応
水素検知センサモジュールのコンセプト



水素のみをモジュール内部のセンサエレメントに到達させ、
防水性を実現する新しい構造で優位性を確保

「半導体レーザーを用いた次世代水素分析装置の研究開発」

(中間評価)

(2020年度～2022年度 3年間)

プロジェクトの概要 (公開)

株式会社四国総合研究所

2020年12月17日

0

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

[サブテーマ1] Violet-ECDLを用いたラマン分光式マルチガス分析装置の研究開発

実施項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
1-①Violet-ECDLの開発	・ PBC内光強度 1 W以上を持つECDLを開発する。	・ PBCの設計及び光学部品調達を実施中。	△	・ 最終的には10W以上のPBC内光強度を実現する。 ・ LDのARコート、PBCのミラーの反射率等の最適化により達成を目指す。
1-②Violet-ECDL光学系構成の最適化	・ ECDL発振の安定化を達成する（横モードがガウス分布）。	・ 光学部品調達及び技術調査を実施中。	△	・ 最終的には発振線幅 30cm^{-1} 以下を実現する。 ・ バンドパスフィルタやエタロンの導入により達成を目指す。
1-③光ファイバ伝送式Violet-ECDLの発振機能検証	(2021年度より実施)			
1-④高感受光系の開発	・ 受光光学系の概念設計を完了する。	・ 受光系の設計及び部品調達を実施中。	△	・ 最終的にはppmオーダーの感度を実現する。 ・ 位相同期検波等の高感度検知手法の導入により達成を目指す。
1-⑤マルチガス分析装置プロトタイプの開発	(2021年度より実施)			
1-⑥プロトタイプによるガス濃度計測機能検証	(2022年度に実施)			
1-⑦全成分分析の可能性評価	・ 2020年度研究開発成果等に基づき、ISO品質規格全成分分析の可能性の検討、検出可否（測定方法、濃度等）を含めて明示する。	・ 調査及びスペクトル計測実験を実施中。	△	・ 研究成果や新たに得られた情報を随時反映させ、評価の精度向上を進める。

◎大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

1

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

[サブテーマ2] IR-LDを用いた赤外吸収分光式高感度ガス分析装置の研究開発

実施項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
2-①IR-ECDLの開発	・ 光路長20m以上を達成する。	・ PBCの設計及び光学部品調達を実施中。	△	・ 最終的には200m以上の実効光路長を実現する。 ・ LDのARコート、PBCのミラーの反射率等の最適化により達成を目指す。
2-②IR-ECDL光学系構成の最適化	・ ECDL発振の安定化を達成する（横モードがガウス分布）。	・ 光学部品調達及び技術調査を実施中。	△	・ 最終的には発振線幅0.3cm ⁻¹ 以下を実現する。 ・ DFB-LDやエタロン・フィルタ等の導入により達成を目指す。
2-③光ファイバ伝送式IR-ECDLの発振機能検証	(2021年度より実施)			
2-④TDLASの適用可能性評価	・ TDLASの適用可能性を水素ガスにて確認する。	・ 実験装置の設計及び部品調達を実施中。	△	・ 最終的には100ppm以下の水素検知を実現する。 ・ 2f検波等の高感度検知手法の導入により達成を目指す。
2-⑤高感度ガス分析装置プロトタイプの開発	(2021年度より実施)			
2-⑥プロトタイプによるガス濃度計測機能検証	(2022年度に実施)			
2-⑦全成分分析の可能性評価	・ 2020年度研究開発成果等に基づき、ISO品質規格全成分について、全成分分析の可能性の検討、検出可否（測定方法、濃度等）を含めて明示する。 ・ 全ハロゲン化合物について、成分計測の可否を明らかにする。 ・ 全硫黄成分について、ISO規格値に対しての計測方法を検討する。	・ 調査及びスペクトル計測実験を実施中。	△	・ 研究成果や新たに得られた情報を随時反映させ、評価の精度向上を進める。

◎ 大幅達成、○ 達成、△ 達成見込み、× 未達

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

- スケジュール通りに進捗している。
- 今後、PBC内光強度の増強、受光系の高感度化等の基礎実験を進め、プロトタイプを開発する予定としている。
- 最終的にはプロトタイプによる実ガスを用いた分析実験を行い、性能を評価する。
- 分析装置開発の成果と、各種調査結果に基づき、ISO品質規格全成分分析への適用可能性を明らかにする。
- 本事業で開発するViolet-ECDLを用いたラマン分光法によるガス分析技術は従来にない新技術であり、水素品質管理の低コスト化のみならず、ガス検知・分析分野における極めて大きい波及効果が期待できる。

◆各個別テーマの成果と意義

[サブテーマ1] Violet-ECDLを用いたラマン分光式マルチガス分析装置の研究開発

小型・低コストな分析装置を開発するため、ECDL（外部共振器型半導体レーザー）、PBC（小型共振器）および高感度受光系を開発し、それらを最適化したレーザーラマン分光法による分析装置のプロトタイプを設計・製作する。水素品質管理の対象となる物質のうち、ISO規格値がppmオーダーの物質についてガス濃度計測機能の検証を行い、性能を証明する。また、その結果を踏まえて、製品化に向けた課題の抽出およびコスト試算を行う。

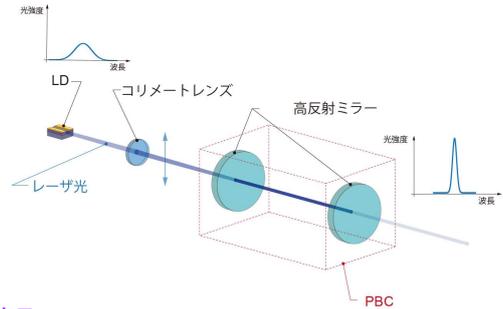


図1 Violet-ECDL光学系構成例

実施項目1-① Violet-ECDLの開発

2020年度目標：PBC内光強度 1 W以上を持つECDLを開発する。

- 外部共振器発振に係る技術調査
Violet波長域の外部共振器発振及び光学部品に係る最新情報に関する技術調査を行い、ECDLの開発に反映する。
- Violet-ECDLの製作
青紫色波長域のレーザー素子と結合レンズ、キャビティミラー2枚で構成されるPBCを組合わせた、ECDLを製作する。光学設計により各種パラメータを決定し、特注光学部品の製作を行い、これらを組合わせることでECDLを構築する（図1）。
- Violet-ECDLの発振実験・機能評価
ECDLが発振し、PBC内に定在波が生成される光学系配置を実験的に明らかにする。光強度、発振波長や線幅、空間モードの状態を確認し、発振特性を評価する。

実施項目1-② Violet-ECDL光学系構成の最適化

2020年度目標：ECDL発振の安定化を達成する（横モードがガウス分布）。

- 横モード安定化に係る技術調査
ECDLの横モードの安定化に係る最新情報に関する技術調査を行い、Violet-ECDL光学系構成の最適化に反映する。
- TEM₀₀モード発振実験・評価
観測されたECDL内部の横モードが単峰のガウス分布（TEM₀₀）となる光学系配置を明らかにし、Violet-ECDLの開発に反映させる。

◆各個別テーマの成果と意義

[サブテーマ1] Violet-ECDLを用いたラマン分光式マルチガス分析装置の研究開発

実施項目1-④ 高感度受光系の開発

2020年度目標：受光光学系の概念設計を完了する。

- 受光系の小型・高感度化に係る技術調査
学会、展示会、文献等を媒体として、受光系の小型・高感度化に係る最新情報に関する技術調査を行い、受光系の開発に反映する。
- 受光系の概念設計
PBC内のビームにより発生したラマン散乱光を高効率で集光し、高感度検出する受光系を開発する。概念設計をまとめ、PBC内定在波を模した光源を使って模擬実験を行う。光源から生じる光を集光する基礎試験を行うと共に、光学設計で得られた結果を基に、光学系配置の概念設計と実際の受光効率を比較する。

実施項目1-⑦ 全成分分析の可能性評価

2020年度目標：2020年度研究開発成果等に基づき、ISO品質規格全成分分析の可能性の検討、検出可否（測定方法、濃度等）を含めて明示する。

- ISO規格全成分への適用可能性評価
ISO規格全成分のうち、全硫黄化合物、全ハロゲン化合物を除く全成分について、ラマン散乱の諸元に関する情報を文献調査、先行技術調査及び、高出力バルスレーザー装置と高感度分光検出器を用いた実ガスのラマンスペクトル計測実験により明らかにする。
また、本年度に得られる実施項目1-①②④の成果から本研究開発によって実現するPBC内光強度や、ビーム品質、受光系の性能等を推定する。調査等によって得られた対象物質のラマン散乱に係る諸元と、研究開発成果の推定値を比較考量し、本年度時点における小型マルチガス分析装置の適用可能性を評価することで、検出可否（測定方法、濃度等）を含めて複数の不純物成分に対し検出限界ppmオーダー以下の分析が可能であることを明示する。

◆各個別テーマの成果と意義

[サブテーマ2] IR-LDを用いた赤外吸収分光式高感度ガス分析装置の研究開発

水素品質管理における極微量成分を検知するため、ECDLおよびPBCを最適化した赤外吸収分光法による分析装置のプロトタイプを設計・製作する。水素品質管理の対象となる物質のうち、ISO規格値がサブppmオーダーの物質についてガス濃度計測機能の検証を行い、性能を証明する。また、その結果を踏まえて、製品化に向けた課題の抽出およびコスト試算を行う。

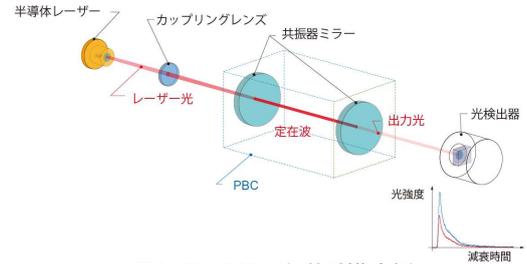


図2 IR-ECDL光学系構成例

実施項目2-① IR-ECDLの開発

2020年度目標：光路長20m以上を達成する。

- 1) 外部共振器発振に係る技術調査
IR波長域の外部共振器発振及び光学部品に係る最新情報に関する技術調査を行い、ECDLの開発に反映する。
- 2) IR-ECDLの製作
IR波長域のレーザー素子と結合レンズ、キャビティミラー2枚で構成されるPBCを組合わせた、ECDLを製作する。光学設計により各種パラメータを決定し、特注光学部品の製作を行い、これらを組合わせることでECDLを構築する（図2）。
- 3) IR-ECDLの発振実験・機能評価
ECDLが発振し、PBC内に定在波が生成される光学系配置を実験的に明らかにする。光強度、発振波長や線幅、空間モードの状態を確認し、発振特性を評価する。

実施項目2-② IR-ECDL光学系構成の最適化

2020年度目標：ECDL発振の安定化を達成する（横モードがガウス分布）。

- 1) 横モード安定化に係る技術調査
ECDLの横モードの安定化に係る最新情報に関する技術調査を行い、IR-ECDL光学系構成の最適化に反映する。
- 2) TEM₀₀モード発振実験・評価
観測されたECDL内部の横モードが単峰のガウス分布（TEM₀₀）となる光学系配置を明らかにし、IR-ECDLの開発に反映させる。

◆各個別テーマの成果と意義

[サブテーマ2] IR-LDを用いた赤外吸収分光式高感度ガス分析装置の研究開発

実施項目2-④ TDLASの適用可能性評価

2020年度目標：TDLASの適用可能性を水素ガスにて確認する。

- 1) IR-LDによるガス分析に係る技術調査
TDLASを含むIR-LDによるガス分析に係る最新情報に関する技術調査を行い、光学系構成の最適化に反映する。
- 2) 実験装置の製作
ECDLを用いずに、LDにより不純物検知を行うTDLASの適用可能性を評価するために、LD光源と、光電変換を行い、高感度光検出を行う受光検出器によって構成されるTDLAS実験装置を製作する。
- 3) TDLAS動作確認実験・機能評価
製作した実験装置を用いて、水素を対象とした濃度計測実験を行い、TDLASの動作確認を行うと共に、ガス濃度変化とTDLAS実験装置の応答の相関を解析することで、ガス検知機能を評価する。

実施項目2-⑦ 全成分分析の可能性評価

2020年度目標：2020年度研究開発成果等に基づき、ISO品質規格）全成分について、全成分分析の可能性の検討、検出可否（測定方法、濃度等）を含めて明示する。全ハロゲン化合物について、成分計測の可否を明らかにする。全硫黄成分について、ISO規格値に対する計測方法を検討する。

- 1) ISO規格全成分への適用可能性評価
ISO規格全成分のうち、メタン、ヘリウム、窒素、アルゴンを除く成分について、光吸収に係る諸元を調査及び実験により明らかにし、研究成果に基づき、現時点における高感度ガス分析装置の適用性を評価すると共に、サブppmオーダー以下の分析が可能であることを明示する。
- 2) 全ハロゲン化合物適用可能性評価
全ハロゲン化合物分析に関する最新の手法及び、各ハロゲン化合物に関する光吸収等の光応答に関する諸元を文献調査、先行技術調査により明らかにし、現時点における高感度ガス分析装置による全ハロゲン化合物分析の可否を明らかにする。
- 3) 全硫黄成分適用可能性評価
全硫黄成分分析に関する最新の手法、各硫黄化合物に関する光吸収等の光応答に関する諸元、及び光計測を用いた計測手法に関する文献調査、先行技術調査を行い、現時点における高感度ガス分析装置による全硫黄成分分析の可否を明らかにする。

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

◆ 成果の最終目標の達成可能性

[サブテーマ1] Violet-ECDLを用いたラマン分光式マルチガス分析装置の研究開発

実施項目	現 状	最終目標	達成見通し
1-①Violet-ECDLの開発	・ PBC内光強度 1 W以上を持つECDLの開発を実施中。	(2021年度末) ・ PBC内光強度 10W以上を持つECDLを開発する。	・ LDのARコート、PBCのミラーの反射率等の最適化により達成の見込み。
1-②Violet-ECDL光学系構成の最適化	・ ECDL発振の安定化（横モードがガウス分布）を実施中。	(2021年度末) ・ ECDLの発振線幅 30cm^{-1} 以下を達成する。	・ バンドパスフィルタやエタロンの導入により達成の見込み。
1-③光ファイバ伝送式Violet-ECDLの発振機能検証	(2021年度より実施)	(2022年度末) ・ PBC内光強度5W以上を達成する。	・ アナモルフィックプリズムや光ファイバへのARコート処理の導入等により達成の見込み。
1-④高感受光系の開発	・ 受光光学系の概念設計を実施中。	(2021年度末) ・ 受光系を試作し、酸素を用いて目標感度 ppmオーダー（S/N比10以上）を達成する。	・ PMT等の高感受光検出器や位相同期検波等の高感受検知手法の導入により達成の見込み。
1-⑤マルチガス分析装置プロトタイプの開発	(2021年度より実施)	(2022年度末) ・ 寸法 $40\times 50\times 30\text{cm}$ 以下、重量10kg以下を達成する。	・ ECDLによる分析装置の実現により達成の見込み。
1-⑥プロトタイプによるガス濃度計測機能検証	(2022年度に実施)	(2022年度末) ・ 1ppm以下、応答時間1分以下、コスト150万円以下（量産効果含む）を達成する。	・ 実施項目1-①～④の成果により達成の見込み。
1-⑦全成分分析の可能性評価	・ 2020年度研究開発成果等に基づきISO品質規格全成分分析の可能性の検討、検出可否（測定方法、濃度等）の評価を実施中。	(2022年度末) ・ 2022年度までの研究開発成果等に基づき、ISO品質規格全成分を対象として小型マルチガス分析装置の適用可能性を検討し、検出可否（測定方法、濃度等）を含めて明示する。	・ 実施項目1-①～⑥の成果により達成の見込み。

8

3. 研究開発成果 (2) 成果の最終目標の達成可能性

◆ 成果の最終目標の達成可能性

[サブテーマ2] IR-LDを用いた赤外吸収分光式高感度ガス分析装置の研究開発

実施項目	現 状	最終目標	達成見通し
2-①IR-ECDLの開発	・ 光路長20m以上のPBCの開発を実施中。	(2021年度末) ・ 光路長200m以上を達成する。	・ LDのARコート、PBCのミラーの反射率等の最適化により達成の見込み。
2-②IR-ECDL光学系構成の最適化	・ ECDL発振の安定化（横モードがガウス分布）を実施中。	(2021年度末) ・ ECDLの発振線幅 0.3cm^{-1} 以下を達成する。	・ DFB-LDやエタロンの導入により達成の見込み。
2-③光ファイバ伝送式IR-ECDLの発振機能検証	(2021年度より実施)	(2022年度末) ・ 実効光路長100m以上を達成する。	・ アナモルフィックプリズムや光ファイバへのARコート処理の導入等により達成の見込み。
2-④TDLASの適用可能性評価	・ TDLASの適用可能性を水素ガスにて確認中。	(2022年度末) ・ 水素検出限界100ppm以下を達成する。水素分析への適用可能性を評価する。	・ LDの波長変調や2f検波法の導入により達成の見込み。
2-⑤高感度ガス分析装置プロトタイプの開発	(2021年度より実施)	(2022年度末) ・ 寸法 $40\times 50\times 30\text{cm}$ 以下、重量10kg以下を達成する。	・ ECDLによる分析装置の実現により達成の見込み。
2-⑥プロトタイプによるガス濃度計測機能検証	(2022年度に実施)	(2022年度末) ・ アンモニアを対象として検出限界サブppmオーダー以下、応答時間1分以下、コスト150万円以下（量産効果含む）を達成する。 ・ 硫化水素を対象として検出限界ppbオーダー以下を目指す。	・ 実施項目2-①～④の成果により達成の見込み。
2-⑦全成分分析の可能性評価	・ 2020年度研究開発成果等に基づき、ISO品質規格全成分について、全成分分析の可能性の検討、検出可否（測定方法、濃度等）を含めて明示する。 ・ 全ハロゲン化合物について、成分計測の可否を明らかにする。 ・ 全硫黄成分について、ISO規格値に対しての計測方法を検討する。	(2022年度末) ・ 2022年度までの研究開発成果等に基づき、ISO品質規格全成分を対象として高感度ガス分析装置の適用可能性を検討し、検出可否（測定方法、濃度等）を含めて明示する。 ・ 全硫黄成分について、計測方法を確立する。	・ 実施項目2-①～⑥の成果により達成の見込み。

9

◆成果の普及

	2020	2021	2022	計
論文（査読付き）		(1)	(2)	(3)件
研究発表・講演	(2)	(4)	(6)	(12)件
受賞実績				0件
新聞・雑誌等への掲載				0件
展示会への出展	(1)	(2)	(2)	(5)件

※2020年10月9日現在、()内は見込値

■ 研究発表・講演（2020年度）

レーザー学会学術講演会第41回年次大会(2021年1月18日～20日、オンライン開催) 他1件を予定

■ 展示会等への出展（2020年度）

FC EXPO 2021 第17回[国際]水素・燃料電池展（2021年3月3日～3月5日、東京ビッグサイト）を予定

◆知的財産権の確保に向けた取組

	2020	2021	2022	計
特許出願		(1)	(2)	(3)件

※2020年10月9日現在、()内は見込値

■ 既に取得済の特許

・ ガス濃度測定装置（特許第5537174号/2014年5月9日）株式会社四国総合研究所 他

■ 実用化・事業化戦略に沿った具体的取り組み

- ① 研究開発を生業とする本事業者は、事業の成果を知財という形態で権利化することを基本としており、本事業に於いてもこの基本路線を踏襲する。
- ② また、本事業者自らが製品製造を行う組織上の機能を有していないため、事業成果の具現化は、ライセンス・ビジネスを志向している。
- ③ 本事業においては、研究開発の段階から、分析計メーカーとして実績を有するエナジーサポート社にアドバイザーとしての参画をいただき、随時、製品化、マーケティング等の観点から指導・助言を受ける体制としている。
- ④ 本研究開発が成功すれば、速やかに事業化フェーズへと移行できる見通しである。
- ⑤ また、事業成果と関連のある企業に向けた情報発信や情報提供・情報共有などを積極的に推進する。

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

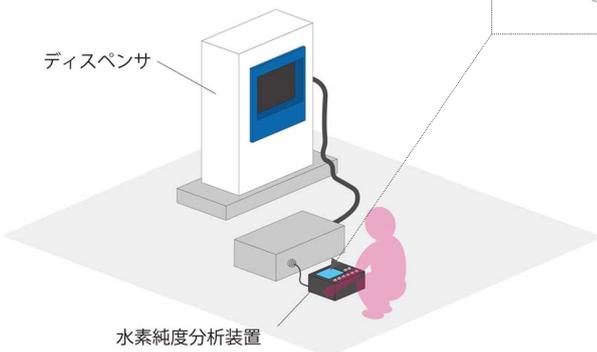
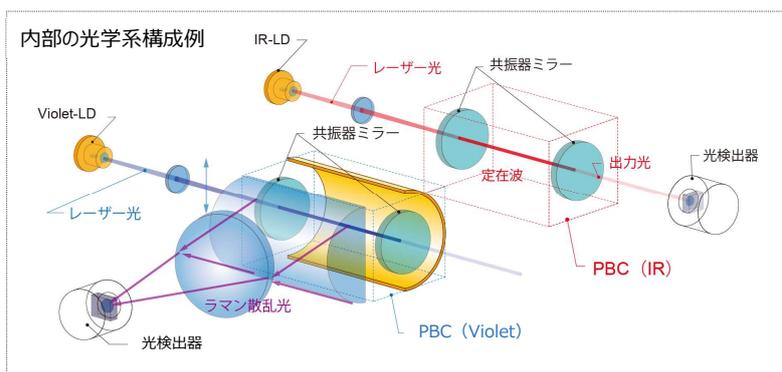
- プロジェクト終了後の2～3年間を目途に、実サイトでの実証運用や展示会への出展、研究・論文発表などによる市場認知度の向上に努めると共に、サンプル出荷によって市場の声(反響)を製品改良に反映させる。
- 本事業者は、これまでに自社開発技術を商品化・事業化した実績を有しており、事業化に必要な体制は整備されている。
- 本事業者は、エネルギー供給事業者や水素インフラ関連事業者との間に広範なネットワークを有しており、当該ネットワークを活かすことによって、実証サイトやサンプル出荷先などを容易に選定できる環境にある。
- 本事業者の提供する対象製品の活用が、確実に水素品質管理の質的レベルを向上させ得ることや、現在、同等の機能を有する製品が存在しないこと等に鑑みて、本事業者は市場獲得が可能と考えている。

◆実用化に向けた戦略

■ 製品イメージ

製品①：水素純度分析装置
(商用水素製造メカ向け)

製品②：マルチガス分析装置
(環境・医療・産業・学術等
幅広い分野へ展開)



■ 本事業成果の優位性：小型・軽量・低コスト

	既存技術	本事業成果による 分析装置
寸法	40×50×30cm 5台以上	40×50×30cm 1台 1/5
重量	20kg 5台以上	20kg以下 1台 1/5
装置コスト	2千万円以上	6百万円以下 1/3

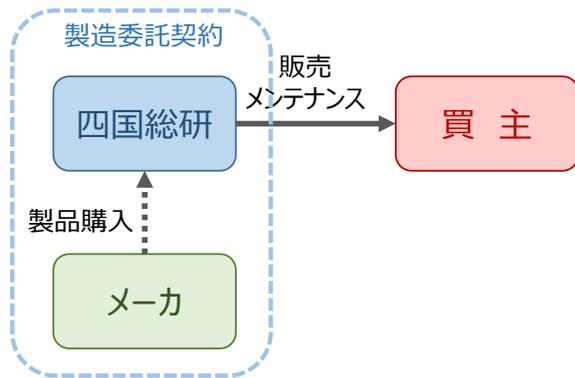
※7種類の不純物をオンサイト分析した場合を想定

◆ 実用化に向けた戦略

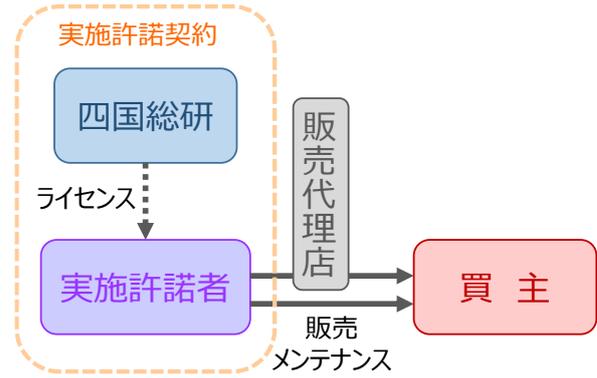
■ 事業モデル

- ・ 販売開始当初、出荷台数が少ない期間は受注生産を想定し、製品を外注により製造し、弊社が顧客に販売する自社製造販売モデルでの事業を行う。
- ・ 出荷台数が年間20台程度を超える見込みとなった時点で、量産段階と判断し、弊社がライセンスした実施許諾者が顧客に販売するライセンスモデルでの事業を行う。

【自社製造販売モデル（受注生産段階）】



【ライセンスモデル（量産段階）】



◆ 実用化に向けた戦略

■ 売上見込み

[製品①：水素分析装置]

年度	2022	2025	2026	2027	2030
	終了年度	販売開始		終了から5年後	
全国計(累計) [台]	26	35	42	51	94
全国計(期間別) [台]	-	35	7	9	43
売上(累計) [百万円]	-	210	252	306	564
売上(期間別) [百万円]	-	210	42	54	258

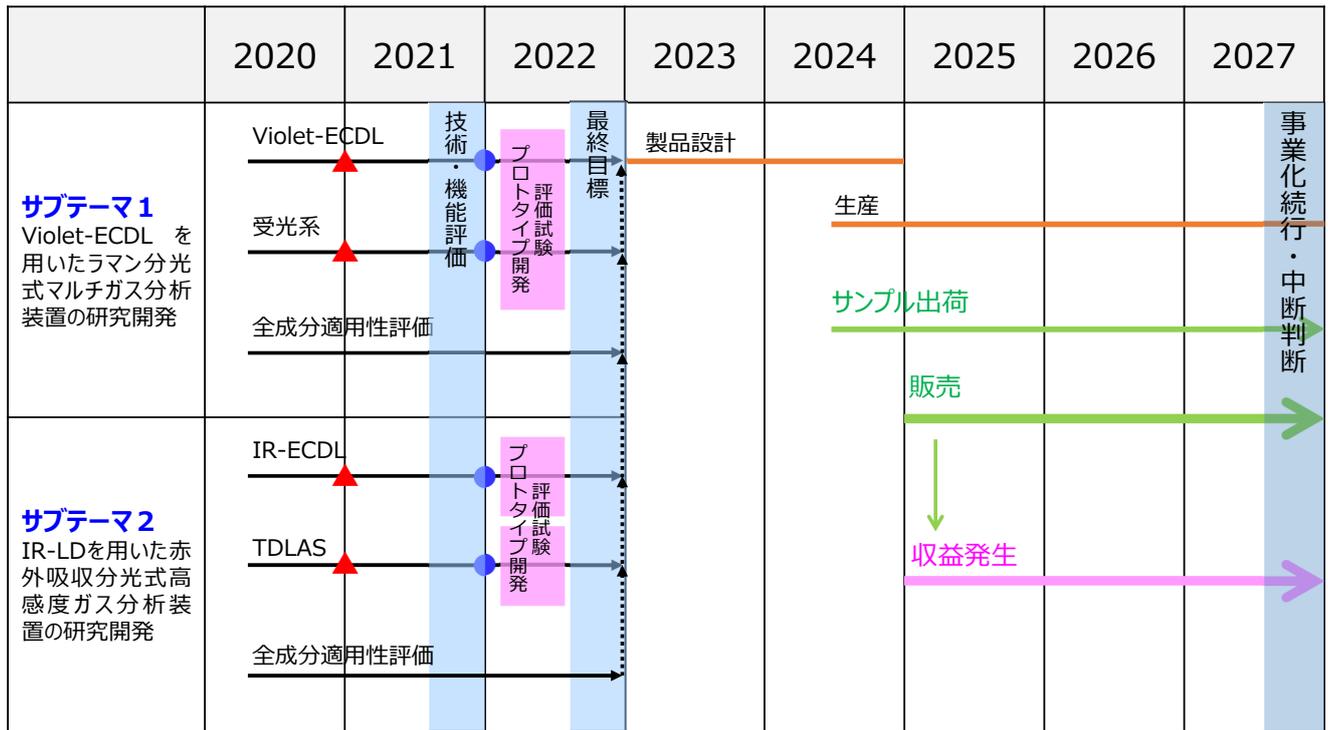
- ・ 経済産業省より示されている水素基本戦略における各年度の目標値等より、地方別水素ステーション設置件数の推移を求めた。
 - ・ 水素分析装置を、地方ごとに、10基に対し1台をシェアするものと仮定し、出荷台数を求めた。
 - ・ 分析装置は8種の不純物を1台で分析する装置を想定し、コストは6百万円/台として売り上げを求めた。
- (参考) 水素燃料電池戦略協議会：水素燃料電池戦略ロードマップ（平成31年3月12日）、資源エネルギー庁：都道府県別給油所の推移 他

[製品②：マルチガス分析装置]

年度	2022	2025	2027	2030
	事業終了年度	販売開始	終了から5年後	
市場規模 [百万円]	18,485	18,485	18,485	18,485
シェア(目標) [%]	-	3.0	3.0	7.0
出荷 [台]	-	74	74	172
売上 [百万円]	-	555	555	1,294

- ・ 昨年度までの分析機器の国内市場の推移から市場規模を求めた。
 - ・ 現在大手計測器メーカー数社が高いシェアを占有し、市場弱者企業によって10%程度のシェア内で競争が起こっている構図であることから、10年程度で10%のシェアを目標として設定した。
 - ・ 分析装置は7.5百万円/台として売り上げを求めた。
- (参考) (株)アルアンドディ：科学機器年鑑2019年度版 No.1市場分析編、2019年9月、(一社)日本産業機械工業会：海外情報（産業機械業界をとりまく動向）、2019年6月号 他

◆実用化に向けた具体的取組



▲ : 基本原理確認 ● : 基本技術確立

◆成果の実用化の見通し

製品① : 水素純度分析装置

- 販売開始初年度は、既設の水素ステーション向けの出荷により売上が比較的高くなる。その後2030年度までは、水素ステーションの普及拡大は比較的緩やかに進行する見通しであるため、売上の増加もこれに連動し、その後、新設件数の増加に伴い、出荷台数が大幅に増加し本格的な事業拡大に移行する。
- コストの優位性に加え、サイズ・重量共に本事業成果の優位性が顕著であることから、次世代水素ステーションにおける水素純度分析の市場については独占できるものと見積もっている。

製品② : マルチガス分析装置

- 市場参入当初は、開始10年程度を目途に、分析装置市場における10%のシェアの占有を目指す。将来的には海外マーケットへの展開を目指す。
- 販売拡大は、本事業成果の「高感度」「小型・軽量」「低コスト」が同時に実現できる強力な優位性を軸に、展示会やWebによるPR活動、コンサルティングサービスの活用、飛び込み営業等により加速度的に進める。国内と並行して海外マーケットへのPRを行い、シェアの獲得を目指す。
- ターゲットとしては、特にオンサイト分析が求められる環境分析や、医療分野における生体物質検出、産業分野における各種工場における工程管理、品質管理、学術分野における工芸品・遺物等の現地調査など幅広い分野への進出を目指す。

◆波及効果

■ 新規産業の創出、活性化

本事業では、研究開発段階からアドバイザーとしてメーカーの参画させるなど、事業終了後の速やかな製品化・実用化が期待できる。これにより、水素関連事業のみならず、様々な物質の分析に係る市場において新規産業の創出やその活性化が期待できる。

■ 人材育成効果

本事業は、LDやECDLを用いたラマン分光法、CRDS、TDLASなどの最新の光計測手法に関する研究開発であり、事業化の過程において多くの研究者や技術者が関わることになるため、将来企業等において中心となって活躍できる高度な研究者、技術者の育成が期待できる。

■ 研究開発体制の強化

本事業では、大学、企業による産学連携が実現しており、これにより、先端分野の研究開発ネットワークが強化・充実される。

■ 技術的波及効果

本事業は、LDやECDLを光源とする新たな光センシング技術に関するものであり、従来不可能であった高感度マルチ成分分析を実現するものであるため、本事業が端緒となって、これに類する新たな企画や研究開発の促進が見込まれる。

「水素昇圧機能を有する高効率水素貯蔵・供給システム技術開発」(中間評価)

(2020年度～2022年度 3年間)

プロジェクトの概要 (公開)

国立研究開発法人産業技術総合研究所

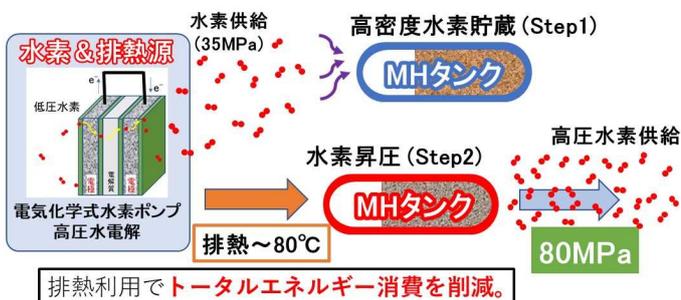
日本重化学工業株式会社

2020年12月17日

個別テーマの概要

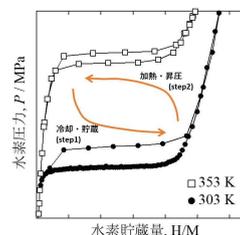
水素ステーションの整備費、運営費の削減を目指し、80℃以下の排熱で作動可能な熱化学式昇圧システムを構築するため、システムに適した昇圧特性を有する水素吸蔵合金の開発とその量産性の検討を実施するとともに、昇圧用水素吸蔵合金容器構造の最適化を実施する。

事業システムイメージ

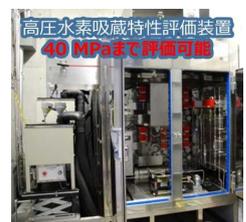


①システムに適した水素吸蔵合金の開発

課題①: 80℃で水素放出圧力が80MPa以上の材料開発
課題②: 低ヒステリシスおよび高耐久性の材料開発



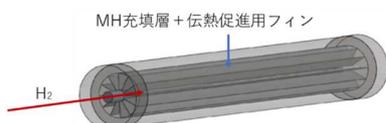
水素貯蔵・昇圧サイクルのイメージ



水素吸蔵特性評価装置

②昇圧用水素吸蔵合金容器構造の最適化

課題①: 80MPaの耐圧性と熱交換性能の両立
課題②: システムコスト、昇圧効率



シエルアンドチューブタイプ型熱交換器を活用した吸蔵合金タンクイメージ

③合金材料の量産性の検討

課題: Ti系合金の量産技術



溶解中の溶湯の様子



テスト溶解炉

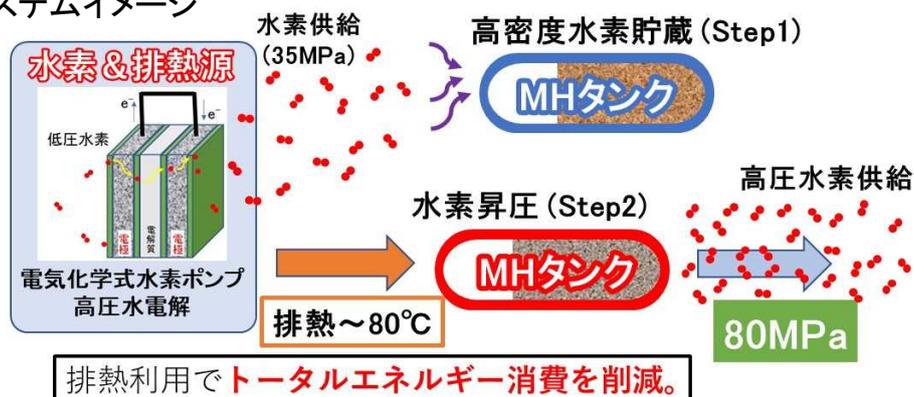
◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
昇圧用水素吸蔵合金の材料設計および高耐久化技術開発	・30°Cにおいて20MPa～35MPaの水素吸蔵圧力を示す水素吸蔵合金の候補材料を開発し、80°Cにおける水素放出圧力を評価する。	・Tiリッチ組成の各種AB2型ラーベス相の水素吸蔵合金の試作および30°Cでの水素吸蔵特性の評価を開始した。水素吸蔵圧力が約20MPaとなる合金組成を見出した。	△	・いくつかの合金で初期活性化が困難であったため、活性化手順・条件の最適化を検討中。 ・最終目標に向けて、平衡水素圧力のさらなる高圧化とヒステリシスの低減が必要。
昇圧用水素吸蔵合金容器構造の最適化と、水素昇圧システムの実用化・事業化に向けた検討	・1回/2時間の吸蔵・放出サイクルが可能な小型スケールの水素吸蔵合金容器を設計する。 ・昇圧システムの省エネルギー効果を定量的に示す。	・小型スケールの水素吸蔵合金容器の設計に着手した。 ・昇圧システムの省エネルギー効果の検討を開始した。	△	・耐圧性を有し、伝熱性に優れる容器構造 ・省エネルギー効果の定量的な評価および既存技術との比較
昇圧用水素吸蔵合金の量産性検討	・Ti系合金の溶解に使用されるルツボ材に関する調査を行い、適したルツボ材の候補を選定する。	・Ti系合金の溶解に使用されるルツボ材に関する調査を開始した。	△	・ルツボ材の耐久性

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

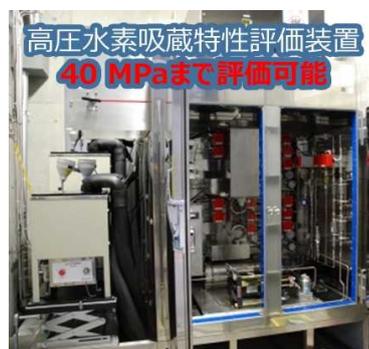
●水素ステーションの整備費、運営費の削減を目指し、80°C以下の排熱で作動可能な熱化学式昇圧システムを構築し実用化・商用化するため、システムに適した昇圧特性を有する水素吸蔵合金の開発と合金材料の量産性の検討を実施するとともに、昇圧用水素吸蔵合金容器構造の最適化に対する取り組みを開始した。

事業システムイメージ



◆各個別テーマの成果と意義

- ・これまでの経験からTiリッチ組成の各種AB2型ラーベス相に着目し、水素吸蔵合金の試作および下図に示す40MPaまでの水素吸蔵特性の評価装置を用いた特性評価を開始した。
- ・熱伝導解析による水素吸蔵シミュレーションを活用した小型スケールの水素吸蔵合金容器の設計に着手するとともに、昇圧システムの省エネルギー効果を検討を開始した。
- ・Ti系合金の溶解に使用されるルツボ材に関する調査を開始した。



4

◆成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
昇圧用水素吸蔵合金の材料設計および高耐久化技術開発	・Tiリッチ組成の各種AB2型ラーベス相に着目し、水素吸蔵合金の試作および40MPaまでの水素吸蔵特性の評価装置を用いた特性評価を開始した。	・80°Cで80MPaでの水素放出が可能で、30,000回の吸蔵放出サイクル後(外挿により算出)に初期容量の80%以上を維持する水素吸蔵合金を開発する。	・高圧化に効果的な元素置換による平衡圧の上昇、低圧合金で見出したヒステリシス低減・高耐久化方法を活用して目標特性を達成する見込み。
昇圧用水素吸蔵合金容器構造の最適化と、水素昇圧システムの実用化・事業化に向けた検討	・小型スケールの水素吸蔵合金容器の設計に着手するとともに、昇圧システムの省エネルギー効果を検討を開始した。	・良好な伝熱性能を備え、80MPaの水素に対する耐圧性を有する昇圧用水素吸蔵合金容器構造を開発する。 ・昇圧容器に必要な熱交換システムなども含めた設計検討を行い、実用化・事業化を意識した水素昇圧システムを確立する。	・2022年度末には、最終目標を達成する見込みである。
昇圧用水素吸蔵合金の量産性検討	・Ti系合金の溶解に使用されるルツボ材に関する調査を開始した。	・ルツボ材の使用可能回数を調査検討し、製造コストについて提示する。量産炉に適用可能なルツボ材、溶解プロセスを選定し、本システムに適用される水素吸蔵合金の大規模製造プロセスを確立する。	・2022年度末には、最終目標を達成する見込みである。

5

◆成果の普及

プロジェクト開始直後のため、論文、成果発表等の実績は現時点では無い。

	2020 年度	2021 年度	2022 年度	計
論文	0	-	-	0
研究発表・講演	0	-	-	0
受賞実績	0	-	-	0
新聞・雑誌等への掲載	0	-	-	0
展示会への出展	0	-	-	0

※2020年10月9日現在

6

◆知的財産権の確保に向けた取組

●想定システムに適した合金開発に成功した際は特許出願し、実用化・事業化のための権利確保を目指す予定である。

	2020 年度	2021 年度	2022 年度	計
特許出願 (うち外国出願)	0	-	-	0件

※2020年10月9日現在

7

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

実用化は、当該研究開発によって得られた各要素技術を組み合わせた試作品等の社会的利用・実証(顧客への提供等)が開始されることであり、事業化は当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用が開始されている事とする。

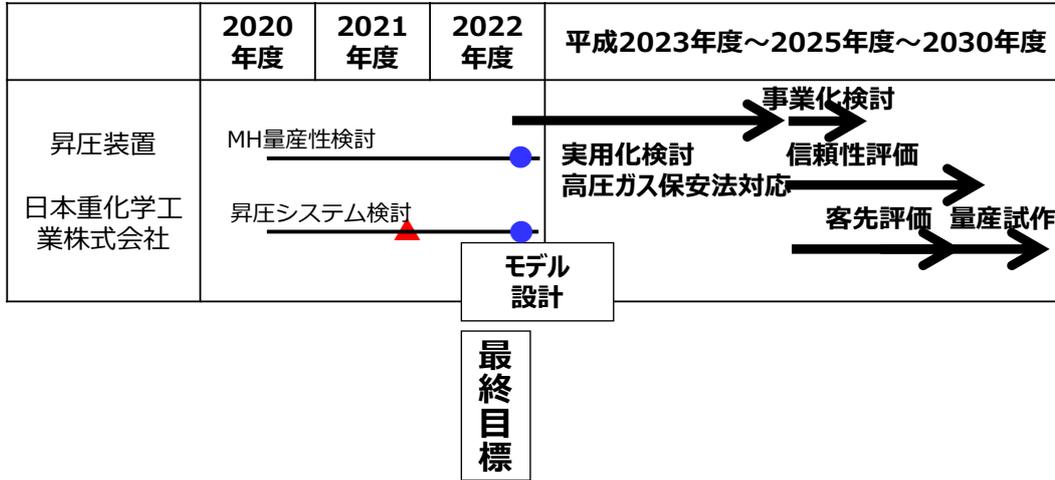
◆実用化に向けた戦略

- 実用化初期段階では、水素ステーション未整備地域への小規模水素ステーション向けをターゲットとし、高圧ガス保安法対応など、実用化検討を進める。
- 実証試験により、事業化検討、客先評価などを行い、事業化へつなげる。
- 既存水素ステーションと同規模の昇圧システムの実用化・事業化の検討を行う。



将来の水素ステーションの開設目標、FCV普及拡大に貢献

◆実用化に向けた具体的取組



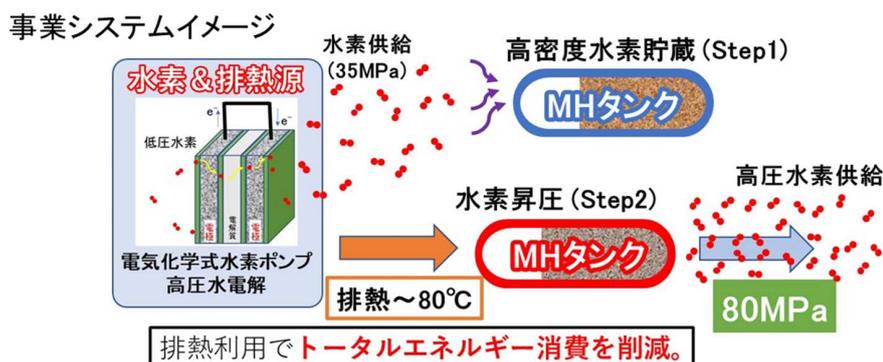
昇圧システムの事業化

▲ : 基本原理確認

● : 基本技術確立

◆成果の実用化の見通し

- 性能面に関しては、排熱を有効活用することにより、昇圧に係るエネルギー消費削減を達成する。
- コスト面に関しては、既存の昇圧機器と同等コストの達成を目指す。



◆波及効果

水素ステーションの整備費、運営費の削減は水素ステーションの普及拡大にとって重要な課題である。電気化学式水素ポンプと熱化学式水素圧縮機を組み合わせた類似のハイブリッドシステム開発は、運用温度・圧力条件が本事業とは異なるが、米国のDOEプロジェクトにおいても実施されている。今回の技術はより低温の80°C以下の排熱での作動を可能とし、より効率的なシステムの構築が期待できるため、日本だけでなく米国でも事業化できる可能性がある。

「HDV等の新プロトコル対応の水素燃料計量システム 技術と充填技術に関する研究開発」(中間評価)

(2020年度～2022年度 3年間)

プロジェクトの概要 (公開)

国立研究開発法人産業技術総合研究所
岩谷産業株式会社
株式会社タツノ
トキコシステムソリューションズ株式会社
一般社団法人水素供給利用技術協会
一般財団法人日本自動車研究所

2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
マスターメーター法計量精度検査方法の高度化	<ul style="list-style-type: none"> ・低圧大流量水素試験設備の整備仕様の確定 ・実流装置改善による高精度コリオリ流量計の準備 ・実証データ蓄積による精度影響要因の分析・抽出 	<ul style="list-style-type: none"> ・低圧大流量水素試験設備仕様の検討開始 ・コリオリ流量計の選定開始 ・ガイドライン改定に向け、タスクフォースにて協力体制を構築 	△ (2021年2月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> ・国際規格目標値の達成→低圧大流量試験設備による校正方法改良と影響要因削減 ・精度影響因子の調査が不十分→データ蓄積・分析により誤差要因を顕在化
新プロトコルに対応する水素計量技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・大流量化・変動充填・圧力及び熱損失等の性能評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・高レンジに対応する実流装置の仕様検討 ・変動充填模擬試験開始 ・圧力損失及びヒートマス評価開始 	△ (2021年2月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> ・大流量化→マルチ充填技術やワイドレンジ流量計の開発及び圧損及び熱損影響評価 ・模擬試験条件→実証試験設備での系統的データ取得
HDV用の水素充填技術等に関する調査・研究	<ul style="list-style-type: none"> ・HDV対応システムハードウェアの仕様検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・HDV対応システム機器の調査開始 	△ (2021年2月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> ・HDV充填仕様が未定→マルチフロー充填、長時間充填等の効果検証
HDV等の新プロトコル対応に係る技術検証	<ul style="list-style-type: none"> ・水素先進技術研究センター(仮)の仕様決定 	<ul style="list-style-type: none"> ・検討委員会・WGを設置し、仕様検討を開始 	△ (2021年2月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> ・大型水素試験評価機関が皆無→上記調査結果を反映
高圧水素計量技術に関する国際協調	<ul style="list-style-type: none"> ・水素燃料計量用流量計・検査装置の調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・開発プロジェクトの内容や使用されている流量計・検査装置等の調査開始 	△ (2021年2月達成予定)	<ul style="list-style-type: none"> ・法規制の相違→相互承認や整合性調査を行い、国際比較スキームを検討

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

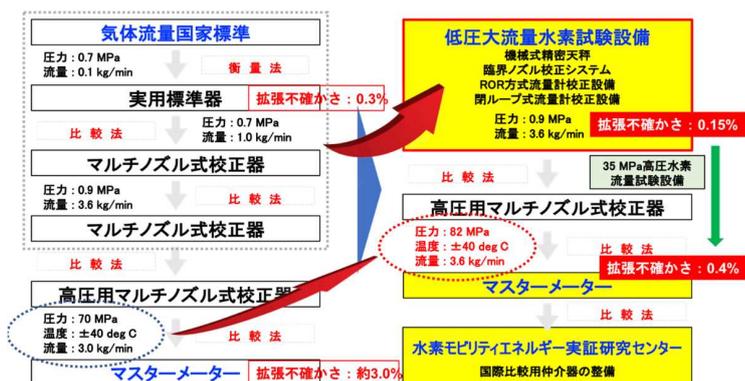
様々な燃料電池モビリティ、特にHDV等の新プロトコルに対応した水素燃料計量システム技術と充填技術の開発に向けた取り組みを開始した。

- HDV対応計量技術においてはマスターメーターを用いた計量方法が優れており、更なる高度化に向けて低圧大流量水素試験設備の整備に向けた仕様検討を開始した。当設備は国際規格における目標値の達成へ向けて、飛躍的に計量性能の向上が期待できる。
- 本プロジェクトにおいて、我が国で稼働しているすべての水素燃料システム計量精度検査装置によるデータ取得が開始され、基盤データの集積により、検査周期の延長や充填試験条件の適正化が図られ、水素ステーション運営コスト低減への貢献が期待できる。
- HDV等に関する各種技術課題を検証するための水素先進技術研究センター(仮)の整備へ向けて、調査・研究とともに検討委員会・WGによる仕様検討が開始された。このような大型水素評価センターは諸外国でも検討されており、遅れることなく本プロジェクトで整備を完了することにより、世界を先導する技術開発成果をもたらすことが期待できる。
- 低圧大流量水素試験設備や水素先進技術研究センター(仮)は、国際共同研究や国際比較にも活用することを想定しており、成果の国際標準への反映や国際協調の拠点となり得るものである。

◆各個別テーマの成果と意義

実施項目1：マスターメーター法計量精度検査方法の高度化

- マスターメーター法による計量精度検査の信頼性向上を目的にトレーサビリティ体系を再構築するため、低圧大流量水素試験設備の整備に向けた仕様の検討を開始した。また、検査運用コストの低減を目標に、検査周期や充填試験条件を適正化するための基盤となるデータ取得を開始し、ガイドライン改定に向け、タスクフォースの協力体制を構築し、必要な要件整理等を始めた。



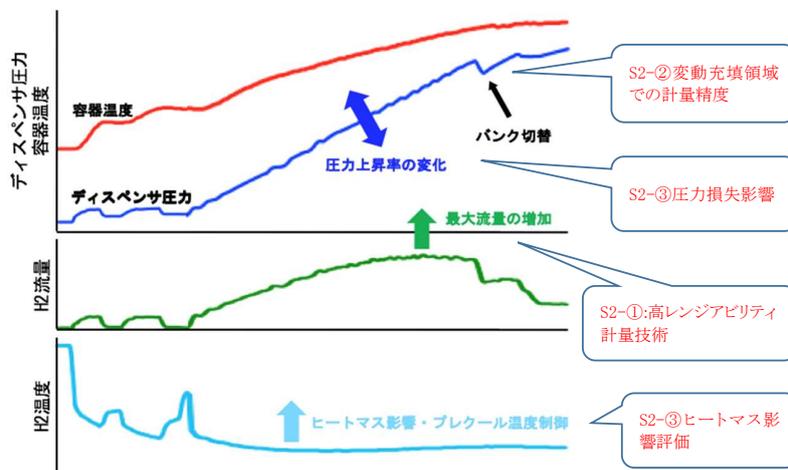
マスターメータートレーサビリティ体系の再構築

水素燃料システム計量精度検査の実施

◆各個別テーマの成果と意義

実施項目2：新プロトコルに対応する水素計量技術の開発

- これまでに実施した計量検査データを解析し、計量精度に影響を与える要因評価を開始した。また、HDV仕様に対応したマスターメータ法計量精度検査装置の検討を開始した。



新プロトコルでの様々な解決課題

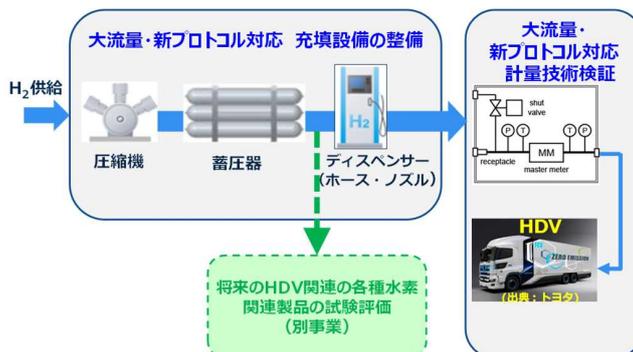
◆各個別テーマの成果と意義

実施項目3：HDV用の水素充填技術等に関する調査・研究

- 水素先進技術研究センター(仮)における設備仕様に反映させることを目的に、HDVの充填に関わる詳細ニーズや性能についての調査を開始し、各種HDV用コンポーネントの流量特性等の評価計画を検討した。

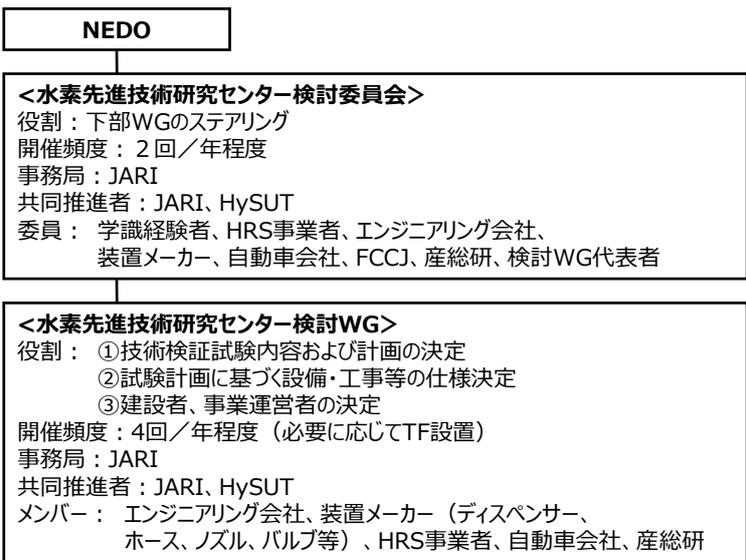
実施項目4：HDV用の新プロトコル対応に係る技術検証

- 水素先進技術研究センター(仮)建設に向け、検討委員会・WG設置準備を進め、仕様検討を開始した。



水素先進技術研究センター(仮)のイメージ

◆各個別テーマの成果と意義



水素先進技術研究センター(仮)審議会体制

実施項目5：高圧水素計量技術に関する国際協調

- マスターメーター法計量精度検査装置を仲介器としたラウンド・ロビンを実施するため、各国の水素燃料計量用流量計・検査装置の整備状況の調査を開始した。

◆成果の最終目標の達成可能性			
研究開発項目	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
マスターメーター法計量精度検査方法の高度化	<ul style="list-style-type: none"> ・ROR/閉ループ構成設備・大流量マルチノズル式校正器の仕様検討 ・計量システムの経年変化要素等による精度変化影響の把握 	<ul style="list-style-type: none"> ・流量計性能向上改良 ・器差±2.0%級、不確かさ0.4%の達成 ・計量検査周期見直しによる検査コストを1/3に低減 ・マスターメーター法計量検査基準・安全基準策定 	<ul style="list-style-type: none"> ・国際規格目標値の達成（器差）は十分可能であるが、不確かさ0.4%達成には革新的な技術進展が必至 ・インフラ業界の協力によるデータ蓄積・分析によりコスト低減可能
新プロトコルに対応する水素計量技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・大流量化・変動充填・圧力及び熱損失等の性能評価設備の充実 ・各要素の影響度合いの明確化 	<ul style="list-style-type: none"> ・HDV用プロトコルの水素計量技術に対する影響評価及び不確かさ評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・LDVによる評価を基盤として、HDVの場合に想定される影響度合いを予測し、実証試験設備での模擬試験で系統的データ取得することによって可能
HDV用の水素充填技術等に関する調査・研究	<ul style="list-style-type: none"> ・HDV対応機器の手配・性能評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・HDV対応システム機器の詳細仕様を決定し、水素先進技術研究センター(仮)の試験条件にフィードバックし、技術検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・外製とともに内製HDV対応機器の性能を調査し、最適化することにより達成可能
HDV等の新プロトコル対応に係る技術検証	<ul style="list-style-type: none"> ・水素先進技術研究センター(仮)委員会・WGの立ち上げ 	<ul style="list-style-type: none"> ・2022年度下半期に各開発項目の成果を技術検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・上記調査研究のフィードバック、国際展開、国際標準化等に関する研究開発との連携が重要
高圧水素計量技術に関する国際協調	<ul style="list-style-type: none"> ・水素燃料計量用流量計の性能評価準備 	<ul style="list-style-type: none"> ・海外製流量計との比較試験による国際整合性評価 ・ラウンド・ロビンの実施による優位性の立証 	<ul style="list-style-type: none"> ・マスターメーター法計量精度検査方法の高度化度合いがカギ

◆成果の普及

	2020年度	計
論文	0	0
研究発表・講演	0	0
受賞実績	0	0
新聞・雑誌等への掲載	0	0
展示会への出展	0	0

※2020年12月17日現在

◆知的財産権の確保に向けた取組

戦略に沿った具体的取組

- 検査運用コストの低減を目標に、検査周期や充填試験条件を適正化するための基盤となるデータ取得を開始し、ガイドライン改定に向け、HySUT水素計量タスクフォースに協力を依頼した。
- 大流量化・変動充填・圧力及び熱損失等の影響度合いの明確化とHDV対応機器の調査・手配・性能評価を開始した。

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

本プロジェクトにおいて開発される水素燃料計量システム技術及び充填技術は、HDVをはじめとする様々な燃料電池モビリティとインフラの普及に資するものであり、国が策定した第五次エネルギー基本計画や水素基本戦略の目標達成に貢献すると期待される。これらの技術は燃料モビリティユーザーに適正な水素燃料商取引を提供するとともに、水素インフラ事業者に対して運営コストの低減により2020年代後半に設定されている自立化を支えるものである。

◆実用化に向けた戦略



消費者保護の観点から水素ステーションにおける適正な水素燃料商取引のための水素ディスペンサー計量精度検査が必要

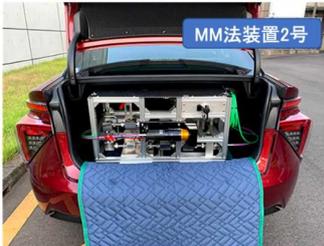


Heavy Duty Truck
fueling 80 kg for 10 min

HDV等、様々なFCモビリティに対応することにより、普及に貢献

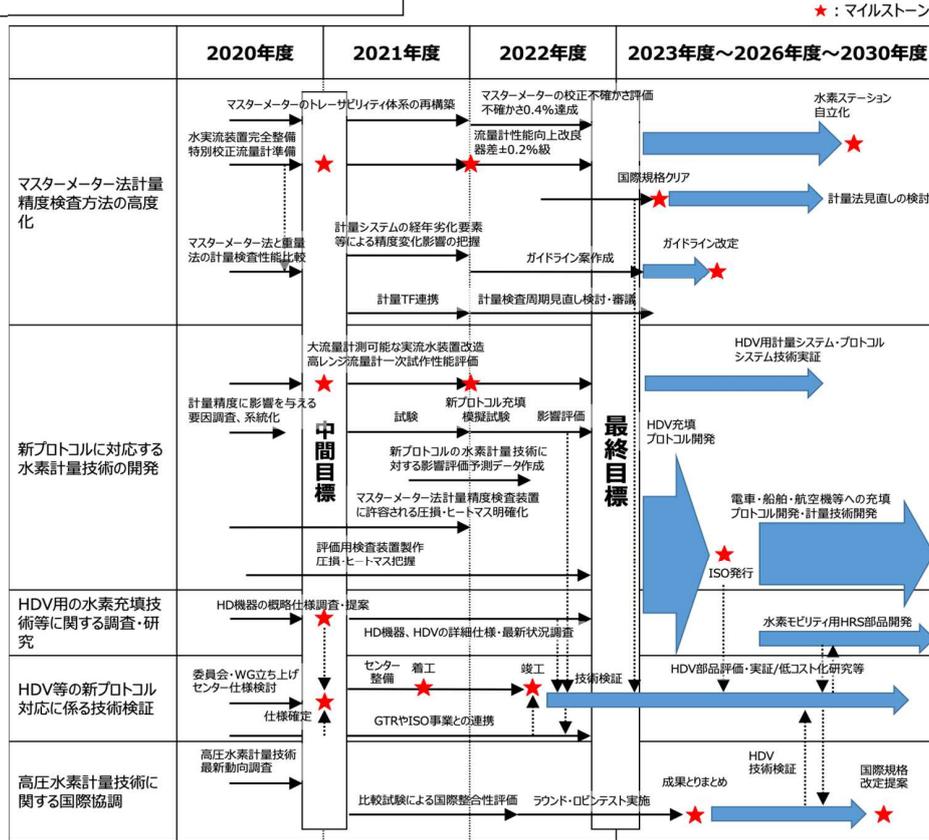


操作性に優れ、コンパクトで効率的・低コストな計量検査の実用化



HDV等の新プロトコルに対応した計測技術と充填技術の開発

◆ 実用化に向けた具体的取組



◆ 成果の実用化の見通し

- マスターメーター法計量精度検査装置による検査精度（最大許容誤差）±2.0%級、不確かさ0.4% ⇒ 国際標準
- 計量精度検査コストの低減 ⇒ 2020年度比で1/3程度
- 水素先進技術研究センターの運用
- HDV新プロトコル開発
- 国際標準化審議での活用（GTR、ISO、SAE、OIML等）

◆波及効果

- マスターメーターの計量性能向上を目標として、トレーサビリティ体系を再構築するため、低圧大流量水素試験設備を整備し、国際法定計量機関勧告OIML R139での計量精度と不確かさをクリアし、国際調和へ向けた活動を推進する予定である。
- 水素先進技術研究センター（仮）での充填技術の効率的技術検証を行い、別事業「国際展開、国際標準化等に関する研究開発」及び「本格普及期に向けた次世代ステーション・充填技術の研究開発」と連携しながら、GTRやISOなどの標準化活動を推進する予定である。

「水素ステーション等機器の ISO/TC197 国際標準化の 推進と水素品質規格のための研究開発」

(中間評価)

(2018年度～2022年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

一般社団法人水素供給利用技術協会
一般財団法人日本自動車研究所

2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と 解決方針
1 水素ステーション等機器の ISO/TC197国際標準化の推進				
1-1 ISO等国际規格の主導的な制 定の取組みと、ISO等国际標 準化と国内研究開発等との連 携強化	国際議論の進捗に合わ せた関連国際規格の発 行と日本からの新規提案 の具体化	日本他各国にとって問題あ る蓄圧器規格の否決の後、 日本も共同議長として提案。 その他、7件のIS発行とO- ring規格の日本新規提案	○ (新規項目の 日本提案2件の 承認)	ステーション用蓄圧器につ いては日米共同議長体制 で協力の上、日本の意向 が反映されるよう確に対 応する。
1-2 燃料電池自動車関連のISO国 際規格の制定推進	水素品質、充填インター フェース関連国際規格の 発行	品質関連3規格(議長国 日本他)、充填インター フェース関連2規格を日本の 意見を十分に反映し発行	○	ISO国際規格に対する対 応の継続
2 標準化活動等に係る国際連携の 推進	国際連携の推進のため 種々関連会議等への参 加	CHSへの Strategic Partner としての参加。 その他予定通り対応	○	CHS等国际連携活動の 継続
3 ISO水素品質国際規格のための研 究開発				
3-1 水素品質管理方法の適正化の ための不純物影響調査	ISO水素燃料仕様で規 定される不純物許容濃 度の適正化指針策定	規格改定に必要な試験テ ータ等が必要な成分について3 種まで絞り込み、今後の改 定提案に資する情報を取り 纏めた	○	次期水素品質国際規格 改定に向けたデータ取得が 必要。
3-2 水素品質の管理方法適正化に よる運営費コストダウンの開発	適切な管理方法を検討 し、水素品質ガイドライ ン案を作成する。	2度にわたる水素品質ガイ ドライン改定案の策定の実施。 検知管等の可能性を示した。	○	水素品質管理の国際規 格改定に合わせたガイド ライン改定等の取組み。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間) / 一部達成(事後)、×未達

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

○ 達成状況

プロジェクト全体としては、下記のように事業目的に対して十分な成果を収めている。

- 1 水素ステーション等機器のISO/TC197国際標準化の推進
 - 1-1. ISO/TC197関連の国際標準化活動を積極的に実施。特に蓄圧器については、日米共同議長体制、O-ring規格等の日本提案が承認され、活動を開始した。ISO/TC197（水素技術）関連の国際標準化活動を積極的に実施。これらは当初想定外の全くの新規項目であり、特に顕著な成果である。
 - 1-2. 水素品質規格、及び水素インターフェースに係るISO国際規格については、SAEとの整合にも留意しながら的確に対応した。
- 2 標準化活動等に係る国際連携の推進：CHSにStrategic Partner として参加するとともに、NOW、DOE等との連携・意見交換を実施した。
- 3 ISO水素品質国際規格のための研究開発
 - 3-1. 次期水素品質規格改定に向け、候補成分絞り込みを実施した。
 - 3-2. 水素中の硫黄等に関する分析方法・検知限度・コスト等を調査した。水素品質ガイドライン改定案の策定を2回にわたり実施した。

○ 成果の意義

ISO/TC197（水素技術）関連の国際標準化活動、国際連携及び関連する研究開発を積極的に実施することにより、日本の水素・FCV関連の市場での国際競争力強化を図る上で意義が大きい。

2/17

◆各個別テーマの成果と意義 ①

1 水素ステーション等機器のISO/TC197国際標準化の推進

1-1 ISO等国際規格の主導的な制定の取組みと、ISO等国際標準化と国内研究開発等との連携強化

○ 達成状況

全般として、従来から日本が世界の先導的役割を果たしてきたISO/TC197 に関する国際規格策定について、引き続き世界をリードするための取組を実施すると目的を達成し、更に下記の点において当初想定していなかった特筆すべき成果を得た。

- 水素ステーション用蓄圧器 ISO19884 (WG15) については、日米が共同議長体制で協力の上、新規提案を実施し承認された。
- その他、水素ステーション用O-ring規格 ISO19880-7 (WG31) についても日本から提案し承認され、活動を開始している。

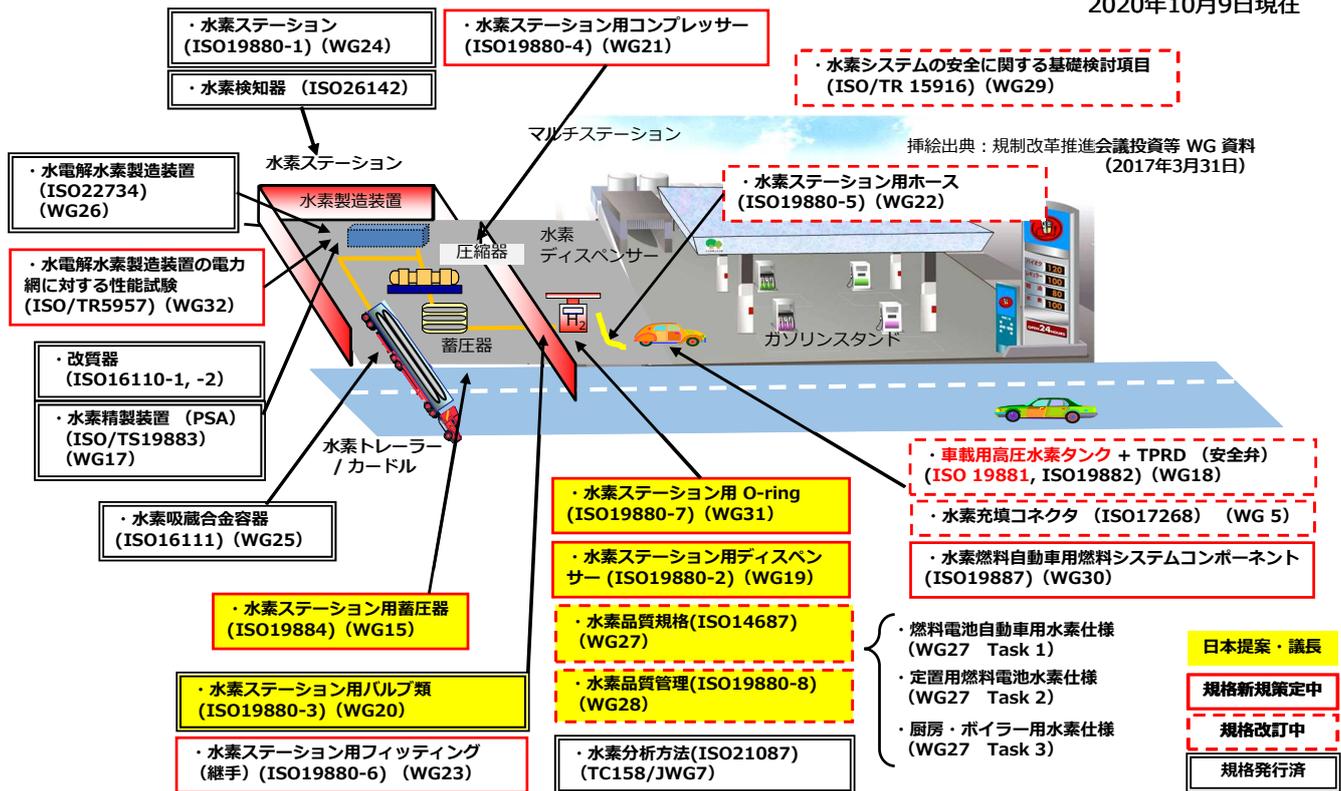
○ 成果の意義

ISO/TC197（水素技術）関連の国際標準化活動を積極的実施する中で、特に日本を議長国とする全くの新規項目の提案が上記のように2件承認されたことは、今後の当該分野の日本の立場を優位にする上で意義が大きい。

3/17

ISO/TC197対象範囲

2020年10月9日現在



14件の ISO 国際規格の発行を達成し、現在、13件の ISO 国際規格を策定・改訂中

4/17

◆各個別テーマの成果と意義 ②

1 水素ステーション等機器のISO/TC197国際標準化の推進

1-2 燃料電池自動車関連のISO国際規格の制定推進

○ 達成状況

水素品質、充填インターフェース関連国際規格の発行と改定の対応。

- 日本が議長国である水素品質規格ISO 14687(WG 27)および水素品質管理 ISO 19880-8 (WG 28)は、2019年11月および10月にそれぞれ発行された。水素品質管理は、2012年の旧水素品質規格を参照しているため、補遺による改定手続き中。また、次期改定に向けた議論を海外機関と共に進めている。
- 水素充填コネクタ ISO 17268 (WG 5) は2020年2月に発行。重量車用の大流量対応コネクタを考慮した改定議論が計画されており、国内外の関係者との議論を加速する。

○ 成果の意義

ISO/TC197 (水素技術) 関連の国際標準化活動を積極的に実施する中で、日本の意見を十分に反映して発行できたことは、今後の当該分野の日本の立場を優位にする上で意義が大きい。

5/17

◆各個別テーマの成果と意義 ③

2 標準化活動等に係る国際連携の推進

○ 達成状況

- 安全に関する国際連携のため、2019年度より HySUTはCHS (Center for Hydrogen Safety) にメンバーとして参加し、2019年10月にCHSとして開催する初の国際会議 (サクラメント) において日本の状況を報告した。また、2020年7月より、Strategic Partner としてメンバー資格を上げ、より影響力を行使できる体制を築き、国際会議の準備委員を務めるなどCHSの活動に貢献した。
- グローバルな関連技術動向の把握のため、IEA HTCP会議、NOW、DOE等との国際インフラワークショップ会議等に参加して、海外事業者との意見交換、論議を行い、国際連携の推進に積極的に取り組んだ。

○ 成果の意義

上記のように国際連携に必要な活動を積極的に実施する中で、日本の当該分野でのプレゼンスを高め、今後の国際協調に必要なプラットフォームへの参画を容易とする基盤を醸成した。

◆各個別テーマの成果と意義 ④

3 ISO水素品質国際規格のための研究開発

3-1 水素品質管理方法の適正化のための不純物影響調査

○ 達成状況

規格改定に必要な試験データ等が必要な成分について3種 (全硫黄化合物の許容濃度緩和、ギ酸の水素品質規格からの削除、ハロゲン化物の絞り込み) まで絞り込み、今後の改定提案に資する情報を取り纏めた。

○ 成果の意義

水素供給事業者および自動車メーカーのバランスをとりつつ次期水素品質規格の改定提案を行い、水素品質管理の負担を低減させることで、分析コストの低減と、水素品質管理に係る新規参入者の増加が期待でき、水素およびFCVの普及拡大に貢献できる。

改定項目の候補	緩和効果	改定に向け必要な検討項目
非メタン炭化水素の絞り込み	-	具体的成分をインフラ側と検討する
ハロゲン絞り込み(Clのみ)	○	Cl以外の成分について、絞り込みを行う場合に根拠となるデータが必要
硫黄化合物の許容濃度緩和	○	燃料電池における硫黄の被毒回復技術に関する検討が課題
ギ酸の規格からの削除	○	規格から除外する場合の根拠となるデータが必要
アンモニアの規格からの削除	×	※アンモニアは悪臭防止法において1ppmの規定があり、この濃度まで緩和しても分析コスト削減効果が見込めない

今後の検討成分

◆各個別テーマの成果と意義 ⑤

3 ISO水素品質国際規格のための研究開発

3-2 水素品質の管理方法適正化による運営費コストダウンの開発

○ 達成状況

- 硫黄等の分析方法について、分析方法・検知限度・コスト等を調査した。特に水素中の硫黄等に関する、検知管等による低コストの品質管理手法の可能性を示した。
- 品質異常発生時の対応、及び水素品質規格 ISO14687の改訂版発行に伴う品質管理手法の整合のため、2度にわたる水素品質ガイドライン改定案を策定した。

○ 成果の意義

上記の品質管理手法の検討、コスト解析、技術動向に合わせたガイドラインの改定により水素供給の発展向上、低コスト化に資することが出来る。

燃料電池自動車用水素中の硫黄分簡易分析調査 (HySUT)

【目的】FCV用の燃料水素中の硫黄分の簡易分析法として硫黄検知管について調査した。(ISO国際規格 (ISO14687) : 全硫黄分0.004ppm)

【硫黄検知管 : H₂S検知用】

種類	検知限度	測定範囲
Aメーカー	0.05ppm (試料100mL採取時)	0.1~3ppm
Bメーカー	0.01ppm (試料200mL採取時)	0.05~0.1ppm

上記の2種の検知管は、ISO規格値0.004ppmを検知できない仕様である。

ここで、試料量を増加させて測定することで、ISO規格値を検知可能であるかを検討した。

【H₂S濃度の測定結果】

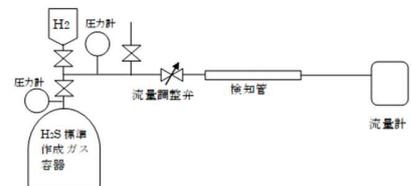
検知管	標準ガス濃度 (ppb)	通ガス総量 (mL)		
		5000	6500	13000
H ₂ S濃度測定値(ppb)				
Aメーカー	4	4~6	5	
Aメーカー	0	×	×	
Bメーカー	4	4~6	5	5
Bメーカー	0	×	×	×

× : 変色せず

【考察】

今回の試験結果より、A,B両メーカーの検知管を用いることによって、H₂ガス中の4ppb程度のH₂S濃度の概略測定を行うことは可能と思われる。再現性もある。

＜検知管測定試験フロー＞



変色前



変色後

水素品質管理ガイドラインの改定について(HySUT)

○ 品質異常時の対応の追加 (2019年9月改訂)

- 水素品質ガイドラインは、FCV用水素の品質仕様であるISO国際規格を遵守することを規定しているが、現状の水素STにおける品質管理方法は、まだ過渡期であり、100ヶ所程度と決して多くない水素ステーションの営業を可能な限り継続することが重要である。
- このため、「水素中の各不純物の影響度 (Severity Class)を勘案して、ISO規格値を越えても、今回新たに設定する上限値の範囲内であった場合は、水素ステーションを営業しながら、決められた対処期間内に水素品質を改善することができる。」旨の品質異常時の対応を追加した。

○ 水素品質規格 ISO14687の発行に伴う改訂 (2020年3月改訂)

- 当初の水素品質管理ガイドラインは、ISO14687-2に準拠し、これを遵守することを前提に策定されていた。
- ISO14687-2は2019年11月にPEM定置用、その他のISOと統合すると共に、新たな不純物許容濃度等がISO14687 Grade Dとして制定されたので、水素品質管理ガイドライン案をISO14687 Grade Dに準拠・遵守する旨の改定を行った。

10/17

◆ 成果の最終目標の達成可能性			
研究開発項目	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
1 水素ステーション等機器のISO/TC197国際標準化の推進			
1-1 ISO等国際標準の制定の主導的取り組みと、ISO等国際標準化と国内研究開発等との連携強化	問題ある規格の否決の後、日本も共同議長として再提案。その他、7件のIS発行とO-ring等の日本の新規提案が承認された。	策定審議中のISO国際規格、並びに、今後新規提案されるISO国際規格や既制定規格の改訂に関しグローバル動向を踏まえつつ、日本案を策定して、制定を主導的に取り進める。	ステーション用蓄圧器、O-ring他の国際標準化活動に積極的に対応し、2022年度までに予定通りの進捗を得る予定
1-2 燃料電池自動車関連のISO国際規格の制定推進	品質関連3規格（議長国日本）充填インターフェース関連2規格を発行した。	水素品質、インターフェース関連国際規格改定に関し日本案を策定して、制定を主導的に取り進める。	2022年度までに予定通りの進捗を得る予定
2 標準化活動等に係る国際連携の推進	CHSへのStrategic Partnerとしての参加。その他計画通り対応している。	CHS等国際連携活動の継続	CHS等に積極的に参加し、2022年度までに予定通りの進捗を得る予定
3 ISO水素品質国際規格のための研究開発			
3-1 水素品質管理方法の適正化のための不純物影響調査	分析コスト削減の視点から、規格改定に必要な試験データ等が必要な成分について3種まで絞り込み、今後の改定提案に資する情報を取り纏めた。	改定に必要なデータを見極め、海外と連携しながら必要な検討結果を取りまとめる	水素品質規格の改定計画に合せ、2022年度までに予定通りの進捗を得る予定
3-2 水素品質の管理方法適正化による運営コストダウンの開発	2度に亘る水素品質ガイドライン改定案の策定、検知管等の可能性を示した。	水素品質管理の国際規格改定に合わせたガイドライン改定等の取組み	水素品質管理等の検討を進め、2022年度までに予定通りの進捗を得る予定

◆成果の普及

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	計
論文	0	1 (査読有)	0	1
研究発表・講演	0	1	0	1
受賞実績	0	1	0	1
新聞・雑誌等への掲載	0	1	0	1
展示会への出展	0	0	0	0

※2020年10月9日現在

12/17

◆成果の普及

○ ガスレビュー誌 909号 (2019年度4月1日発行) 掲載

題目：FCV用水素国際規格「ISO14687-2」近日改訂

2012年に発行されたFCV用水素国際規格ISO14687-2の改訂作業が進み、2019年に発行された新版ISO14687 (Grade D) に関する取材記事。

この国際規格の意義、今回の改訂ポイント等について概説している。

13/17

◆知的財産権の確保に向けた取組

- 本プロジェクトにおける現状の国際標準化活動の中で、知的財産権を発生する状況を想定していないが、試験法、資料採取法等に係る技術が発明された際は、それらの技術情報について知的財産権を確保し、NEDO事業共同実施者には基本特許の無償実施について基本合意している。(国内標準または国際規格となる部分については普及を妨げないオープン特許戦略)

	2018年度	2019年度	2020年度	計
特許出願 (うち外国出願)	0	0	0	0件

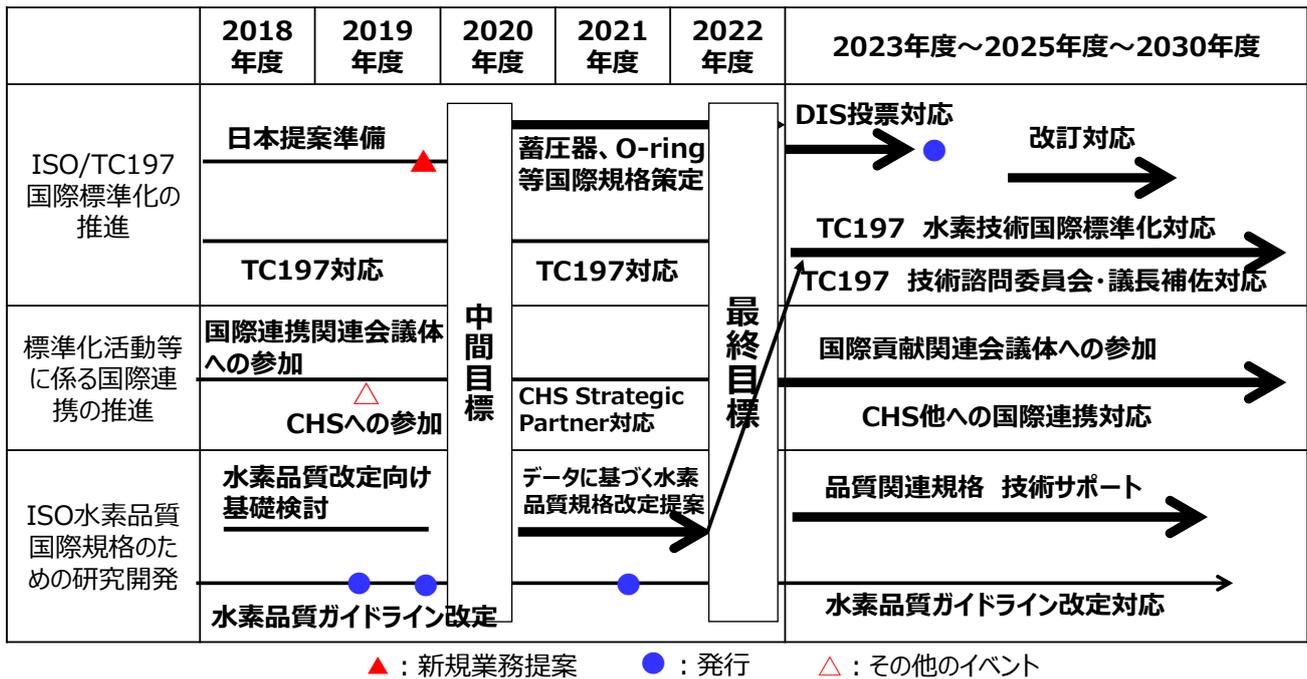
※2020年10月9日現在

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

本プロジェクトは、従来から日本が世界の先導的役割を果たしてきたISO/TC197 (水素技術) が対象とする水素ステーション等機器に関する国際規格策定について、引き続き世界をリードするための取組みを実施するものである。更に標準化活動等に係る国際連携を推進し、日本の産業振興・競争力強化を図ることを目的とする。また、上記のISO国際審議を日本が主導し、国際規格策定に資するため、水素品質に関する研究開発を行う。

このように、ISO/TC197関連の国際標準化活動、国際連携及び関連する研究開発を積極的に実施することにより、国際連携における日本のプレゼンスが上がり、水素・FCV関連の市場における日本の国際競争力を強化することが可能となる。以って水素・FCVの大量普及に資することが出来る。

◆ 国際連携・国際標準化に向けた具体的取組



◆ ISO/TC197 国際標準化活動推進による波及効果

日本にとってのメリット：

- 今後も中心的な位置での活動を継続することにより、水素技術に係る国際標準化における**日本のプレゼンスがますます高まる**。
 - ・ これまでも日本の高い水素関連技術から、各国際標準化案件への積極的な参画により、当該TCでの日本の一定のプレゼンスはあったが、活動を維持することにより、影響力、発言力は、さらに高まる。
 - ・ TCの決定事項に対して、不利を避けられる。
 - ・ 今後の大型車（Heavy Duty Vehicle; HDV）の展開など、先端技術に関する情報をいち早く収集できる。

その他の波及効果：

- 日本の水素・FCV関連の国際競争力の強化
 - ・ 日本の持つ高い技術力に対して、国際標準化の側面からそれを裏打ちすることにより、国際市場における日本の国際競争力を維持・発展することが出来る。
- 人材育成
 - ・ 日本からの議長、エキスパートおよび事務局の国際標準化対応等により国際標準化対応に優れた人材の育成につながる。

「燃料電池自動車の国際基準調和・国際標準化に関する研究開発」(中間評価)

(2018年度～2022年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

一般財団法人日本自動車研究所

2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	中間目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
サブテーマ1： FCVの国際技術基準 (HFCV-GTR Phase2等)に関する 国際基準調和・標準 化活動	各審議課題に対する日 本提案(試験法等)を HFCV-GTR Phase2に 提案し、国際合意を得 る。	・日本の提案項目について、 試験法案の提案またはドラフ ト提示まで進捗中。	○	最終ドラフトの国際 合意に向け、継続的 に国際審議に参画す る。
サブテーマ2-1： 容器火炎暴露試験法 見直し	HFCV-GTR Phase2に おいて、再現性向上に 向けた火炎暴露試験法 案を提案する。	火炎暴露試験法の再現性 向上に向けたデータ取得を 実施し、試験法案を提案し、 試験法草案に採用された。	○	新規課題として、長 時間火炎暴露や長 尺容器および小径容 器の火炎暴露試験 法の検討が必要。
サブテーマ2-2： 金属材料の水素適合 性試験法確立と鋼種 拡大	・国際合意可能な水素 適合性試験法案および その技術的根拠を提案 する。 ・SUS304を使用可能 材料として確定するた めの材料データ取得およ びデータ解析を完了す る。	・海外案と日本案を選択可 能とする水素適合性試験法 案をSAE材料専門家会議 で合意し、SAEからHFCV- GTR Phase2に提案された。 ・SUS304市中材を用いた 材料データ取得を完了した。	○	新規課題として、 UNR134(HFCV)で の材料認証方法の 検討が必要。

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間) / 一部達成(事後)、×未達 1/23

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

- (1) 達成状況：HFCV-GTR Phase2審議に参画し、日本の提案項目について、試験法案の提案またはドラフト提示まで進捗中。特に材料試験法および容器火炎暴露試験法の策定については、日本からの働きかけにより専門家による国際連携体制が構築でき、専門家によるデータに基づく効率的な議論を実施した。
- (2) 成果の意義：国際基準（HFCV-GTR Phase2）に日本案を提案し反映させることで、国際基準を国内規制へ適用可能となる。国際基準（HFCV-GTR Phase2）を国内導入することにより、燃料電池自動車の国際取引（相互認証）が可能となり、燃料電池自動車の低コスト化に繋がる。

2/23

サブテーマ1：FCVの国際技術基準（HFCV-GTR Phase2等）に関する国際基準調和・標準化活動

活動の背景

- ◆ **背景**：水素ステーションの普及・自立化のためにFCVの普及拡大は不可欠である。このグローバルな流通製品であるFCVに安価で高い商品力を持たせるには、合理的な国際基準調和・国際標準化が重要な要素となる。本事業ではこれら国際審議を日本主導で進めるべく、必要なデータを基に各国際会議に参画する。
- ◆ **国内審議体制**：専門家によるHFCV基準検討委員会を構成し、日本提案の取りまとめを行った。

国際審議状況（総括）

- ◆ **国連GTR**：2018年度以降5回の国際会議に参加。進度に合わせて日本提案を計画通り織込み審議継続中。
- ◆ **ISO/TC197 WG18**：2018年に発行された車載用容器およびTPRDのISに日本意見を反映した。GTR Phase2との調和を目指し、改訂準備中。
- ◆ **米国SAE**：実質的なGTRの前哨戦の位置づけとなり、進度に合わせて日本提案を基に審議を誘導した。GTRと連動して審議継続中。

3/23

GTR Phase2における日本提案の目標と達成状況

- ◆ 日本の提案項目について、試験法案の提案またはドラフト提示まで進捗中。
- ◆ 特に材料試験法および容器火炎暴露試験法の策定については、日本からの働きかけにより専門家による国際連携体制が構築でき、効率的な議論が可能となった。

提案項目	目標	達成状況	今後の展望
容器初期破裂圧適正化	初期破裂圧規定 現) 225%NWP ⇒ 新) 200%NWP	<ul style="list-style-type: none"> • 根拠とともに提案し、基準改定ドラフトを提出済 • 中国以外の参加国の合意を得た 	中国の反対論拠に基づく議論の継続、および必要に応じた日本意見の提示
金属材料の水素適合性試験法	使用可能材料拡大に資する、適切な材料試験法の策定	<ul style="list-style-type: none"> • 日米独連携による性能要件試験法案を提案済 • 日, EU賛成、韓: 保留、他: 反対 で審議中 	最終ドラフトの提示と、各国オプション規定を踏まえたGTR本文への記述方針の審議継続
アルミニウム合金のHG-SCC (湿潤ガス応力腐食割れ) 試験法	湿潤環境中の安全性を適切に評価する材料試験法の策定	<ul style="list-style-type: none"> • 試験法の必要性を合意し、試験法案を提案済 • 上記水素適合性試験法と一蓮托生で審議中 	最終ドラフトの提示と、各国オプション規定を踏まえたGTR本文への記述方針の審議継続
容器火炎暴露試験法見直し	試験機関ごとの結果ばらつき低減を可能とする、再現性向上試験法の策定	<ul style="list-style-type: none"> • JARI検証試験結果に基づく試験法案ドラフトがほぼ完成 (取りまとめ: SAE) • GTRへのドラフト提案準備中 	最終ドラフトの提示による継続審議 加えて、大型車搭載を想定した長尺容器や、新構造容器(小径容器)の試験法議論の継続

4/23

今後の課題

◆ HFCV-GTR Phase2提案内容の最終合意に向けて

- ✓ 2021年末※の国連GRSPへの全体ドラフト提案に向けて国際審議に継続的に参画し、最終合意に向けて議論を誘導する。そのため国内の審議組織であるHFCV基準検討委員会を引き続き開催し、日本提案方針の承認審議を行う。※ **COVID-19の影響で最終目標議論中**

◆ 新規課題の議論の必要性

- ✓ 国際議論を通じ、高圧ガス保安法領域に関する新たな技術課題が出されており、必要に応じ国内HFCV基準検討委員会に課題提示し、委員会了承のもと日本からの働きかけを継続することが必要。具体的な新規課題の例は、
 - 新構造容器 (複数小径容器の接続構造) の試験法案審議
 - 大型車搭載想定の大径容器の試験法案審議
 - 容器使用期限の延長審議 (15年使用 ⇒ 25年使用 への延長) など

◆ GTR長期課題およびUNR134(相互認証基準)審議への継続対応検討

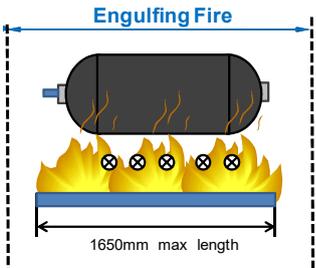
- ✓ 2021年のGTRドラフト提案後に想定される長期課題審議への継続参加が必要。
- ✓ GTRドラフト策定後のUNR134の審議への参画と、国内法への落とし込み対応の検討。

5/23

2-1 : 容器火炎暴露試験法見直し

容器火炎暴露試験法見直しの背景

- ◆現在の火炎暴露試験（HFCV-GTR Phase1）の再現性が低いことが問題となっている。
- ◆安全性を確保しつつ、不必要に過剰な容器性能の要求や、試験コストの上昇等を抑えるため、最小限の試験法見直しで再現性を向上させる必要がある。



現在の規定
火源：LPG
温度：容器底部のみ規定

A試験機関




B試験機関




C試験機関




D試験機関




試験結果（TPRD※作動時間、内圧上昇率など）
が各試験機関によって異なる問題が発生している。

※TPRD : Thermal-activated Pressure Relief Device（熱作動式安全弁）

容器火炎暴露試験法の再現性向上のための調査

- ◆既存データの解析やこれまでの数値シミュレーション解析により、火炎暴露試験の再現性向上には、①火炎高さ、②火炎の幅、③火源の均一性、④風の影響が重要であることが分かった。このため、それぞれの影響を実験と数値シミュレーションで調査した。



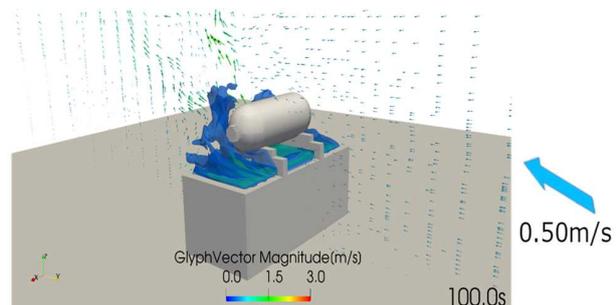
350-429kW/m2

1020kW/m2

火炎高さの影響



火源の均一性



風の影響

容器火炎暴露試験法の再現性向上のための調査

- ◆ 容器火炎暴露試験の再現性向上に向けた試験手順
 - ✓ 火源を統一化するために、ダミー容器によるプレ試験により火源(LPG)の燃料量を定める方法を規定⇒試験手順としてドラフトへ反映
 - ✓ 各国間の火源の発熱量の違いによる影響を除去するため、火源のLPGガス流量はバーナの単位面積(A)当たりの発熱速度(HHR/A)で換算⇒ドラフトへ反映
- ◆ 基準バーナの選定
 - ✓ 各試験機関が入手できる基準バーナをCSAと協力しながら調査。⇒火源の均一性や風の影響が少ないブンゼン型バーナを選定。⇒バーナー仕様としてドラフトへ反映。



(a)バーナの全体



(b)バーナ口金の配置



(c)バーナ口金

基準バーナの選定

8/23

容器火炎暴露試験法の再現性向上のための調査

- ◆ バラツキ影響を及ぼす因子とその対応
 - ① 火炎高さ
 - ✓ 火炎高さを規定するための許容されるHRR/A範囲を導いた。⇒試験法ドラフトに採用。
 - ② 火炎の幅
 - ✓ 火炎高さと火炎の幅の関係や火炎幅の違いによる容器底部温度を調べ、火源の統一化には火炎の幅の規定が必要。さらに、容器の直径に影響しない火炎幅を調べ、火炎幅500mmで規定。⇒試験法ドラフトに採用。
 - ③ 火源の均一性
 - ✓ 使用したバーナ火源が均一であるかを調べるために、赤外線熱画像装置を用いた方法を提案。本方法は試験法ドラフトに採用。
 - ④ 風の影響
 - ✓ 風速1m/sで、容器頂部温度の低下と温度変動が生じる。そのため、試験中の火源近傍で風をモニターリングする手段として、容器頂部温度のモニターリングで判断可能。⇒試験法に提案するため、さらにデータ構築中。
 - ✓ 火源と風防の距離を1m以上離す必要がある。⇒風防設置要件として試験法ドラフトに採用。
 - ⑤ 各国試験機関とのRound Robin試験の実施
 - ✓ CSAと小規模のRound Robin試験の実施し、再現性があることが分かった。⇒現在、他機関での実施および結果待ち状態

9/23

今後の課題

◆ ラウンドロビンについて

- ✓ 各国でのラウンドロビンの実施がまだ少なく、現在、CSAとJARI以外に公開されたデータはない。今後、ラウンドロビンの結果によっては新たな課題が生じる可能性があり、それに迅速に対応できる体制を継続する必要がある。

◆ 容器が所定の時間内に耐えればPRDが作動しなくても合格とする試験法について

- ✓ 火災試験が制限時間に達した場合の冷却方法・冷却速度の定義、実火災後のセカンドレスポンドーに対する脱圧時の安全確保のために、脱圧用の緊急脱圧弁の作動有無や附属品類の耐久性などの検討が今後必要になる。

◆ HDV対応のための長尺容器や小径容器の火災暴露試験方法

- ✓ 1.65mを超える長尺容器やバッテリー形状をした小径容器の火災暴露試験の議論が始まっている。火源の大きさや延焼速度などの課題があり、これらの新たな課題に対応するために、本事業を継続する必要がある。

10/23

2-2：金属材料の水素適合性試験法確立と鋼種拡大

◆ 水素適合性試験法確立

- ✓ **背景：** HFCV-GTR Phase1では、金属材料に関する規定は見送られ、各国の基準を適用することとされた。国際流通を円滑にするため、材料の水素適合性に関する規定が必要である。そこで、前NEDO事業で水素適合性試験法の日本案を作成した。
- ✓ **目的：** 前NEDO事業で作成した水素適合性試験法の日本案を国際提案する。海外の意見・データを考慮して試験法案を修正し、国際合意を得る。

◆ 鋼種拡大

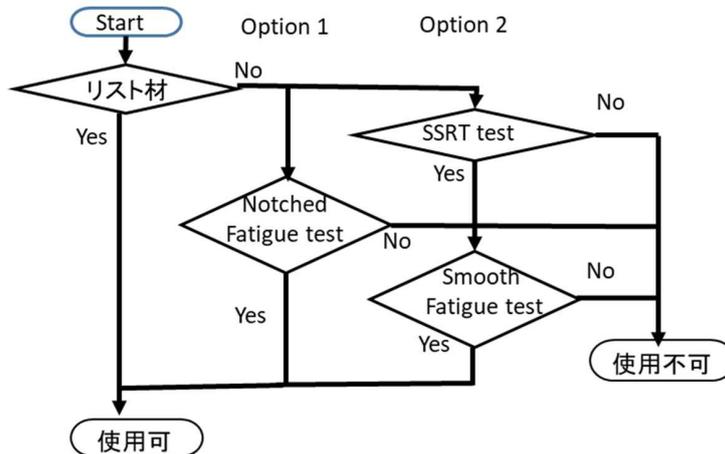
- ✓ **背景：** 国内基準で、容器および附属品で使用可能材料はアルミニウム合金6061T6とステンレス鋼SUS316L（ニッケル当量規制あり）のみ。
- ✓ **目的：** 自動車用水素部品の低コスト化に向け、廉価材であるSUS304を使用可能材料として確定するための材料データを取得する。

11/23

金属材料の水素適合性試験法 審議状況

◆ 水素適合性試験案 :

- ◆ Option 1 : 切欠き疲労試験 (米国案)
- ◆ Option 2 : SSRT試験 + 平滑疲労試験 (日本案)
(Option 1 と Option 2 の選択制)



- ◆ 今後の課題 : 技術的根拠(Rationale)の作成を行い、国際合意を得る。

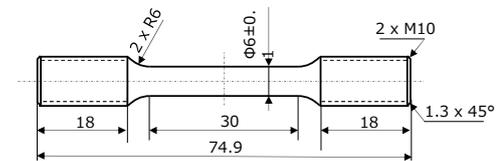
12/23

鋼種拡大 : SUS304の実証試験計画

- ◆ 現在GTRに提案中の水素適合性試験法 (日本案) に基づき、以下の試験を行う。

SSRT test

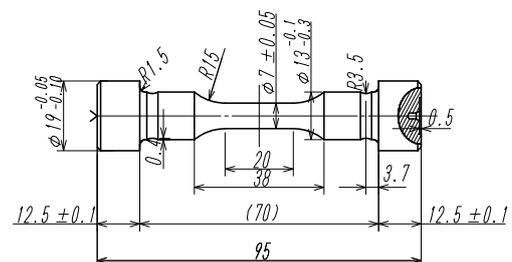
- Specimen : Smooth round bar
- Strain rate : 5×10^{-5} /s
- Environment : 105MPa H₂ gas, air
- Temperature : R.T.(25±5°C), -45±5°C



SSRT specimen geometry
Based on ASTM E3 Specimen 3

Fatigue life test

- Specimen type : Smooth round bar
- Test type : Tension-compression test (R= -1)
- Test frequency : 1 Hz
- Environment : 90MPa H₂ gas, air
- Temperature : R.T.(25±5°C), -45±5°C



Fatigue life test specimen geometry

13/23

SUS304市中材の材料組成および強度特性

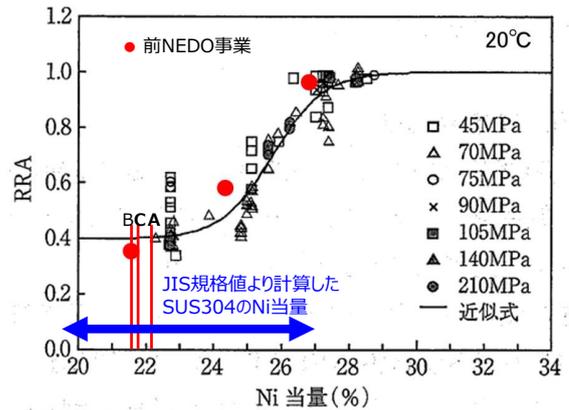
◆ 材料組成 (ミルシート値 : mass%)

SUS304	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Co	Mo	Cu	N	Fe	Ni当量※
JIS Spec.	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.030	8.00 ~10.50	18.00 ~20.00	-	-	-	-	Bal.	
A	0.04	0.54	1.24	0.030	0.001	8.21	18.25	0.1	-	-	-	Bal.	22.1
B	0.05	0.55	0.92	0.037	0.002	8.05	18.16	0.23	-	-	-	Bal.	21.6
C	0.051	0.50	0.96	0.031	0.002	8.04	18.24	0.18	0.12	0.25	0.037	Bal.	21.8

※Hirayamaの式より算出
 $Ni当量 = 12.6[\%C] + 0.35[\%Si] + 1.05[\%Mn] + [\%Ni] + 0.65[\%Cr] + 0.98[\%Mo]$

◆ 強度特性 (ミルシート値)

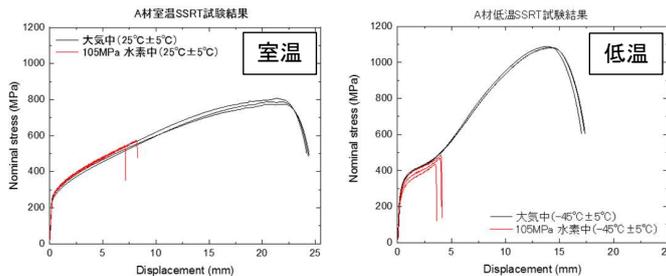
SUS304	Ys (MPa)	Ts (MPa)	El (%)
JIS spec.	≥ 205	≥ 520	≥ 40
A	264	639	65
B	283	602	63
C	244.0	653.7	65.8



Ni当量とRRAの関係
 (出展：山田ら, 高圧ガス 49(10), 885-893, 2012-10) 14/23

SUS304市中材の水素中SSRT試験結果

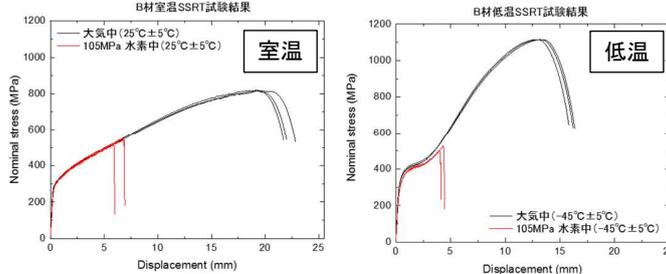
【A材】



A, B, C材ともGTR試験法案の判定基準を満足する

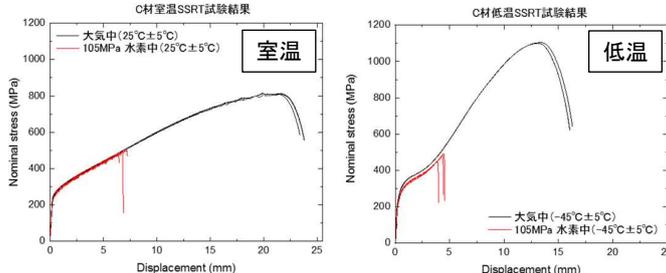
➡ 高圧水素ガス中でのYs (0.2%耐力) は大気中とほぼ同等

【B材】



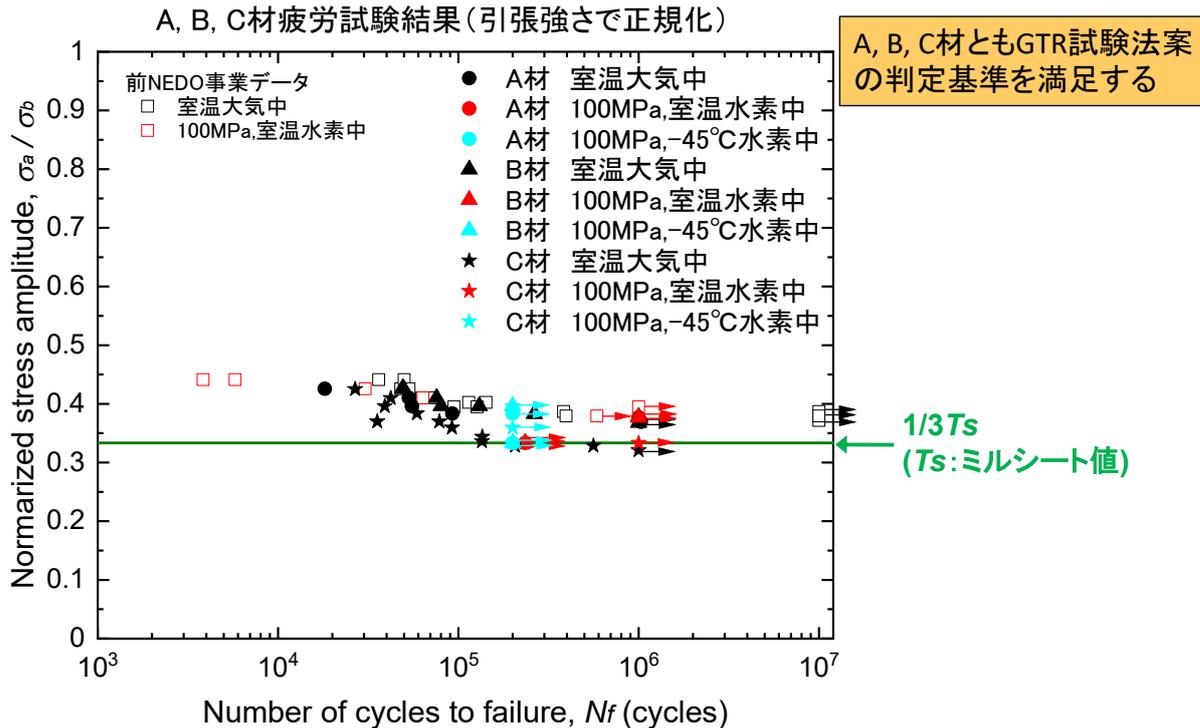
➡ 高圧水素ガス中でのYs (0.2%耐力) は大気中とほぼ同等

【C材】



➡ A, B材に比べYsが若干低いが、高圧水素ガス中でのYs (0.2%耐力) は大気中とほぼ同等

SUS304市中材の水素中疲労試験結果



◆ 100MPa、室温 (25±5℃)、-45℃±5℃水素ガス中において、1/3Tsの試験応力で $N_f > 2 \times 10^5$ 回まで破断しないことを確認

◆ 成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
サブテーマ1 : FCVの国際技術基準 (HFCV-GTR Phase2等) に関する国際基準調和・標準化活動	HFCV-GTR Phase2審議に参画し、日本提案の国際合意に向けて、審議を推進中。ドラフトドキュメントが作成されつつある。	HFCV-GTR Phase2審議に参画し、専門家によるデータに基づく技術審議を行うことで、安全性を確保しつつ、過剰な要求を抑制した合理的な基準となるよう審議を推進して国際合意を得る。	国際連携体制も整っており、各国専門家との審議に基づき、技術基準の国際合意を得られる予定。
サブテーマ2-1 : 容器火炎暴露試験法見直し	火炎暴露試験結果およびシミュレーション解析結果等から、試験手順およびバラツキ影響を低減するための方策を提案し、一部が試験法草案として採用された。	HFCV-GTR Phase2において、再現性向上に向けた火炎暴露試験法案を提案する。	・既存の容器に関わる再現性向上に資するデータ取得は完了する見込み。
サブテーマ2-2 : 金属材料の水素適合性試験法確立と鋼種拡大	・海外案と日本案を選択可能とする水素適合性試験法案をまとめた。 ・自動車用水素部品の低コスト化に向け、廉価材であるSUS304を使用可能材料として確定するための材料データ取得を完了した。	・国際合意可能な水素適合性試験法案およびその技術的根拠を提案する。 ・SUS304を使用可能材料として確定するための材料データ取得およびデータ解析を完了する。	・技術的根拠の作成を完了することで達成見込み。 ・破面解析等のデータ解析を完了することで達成見込み。

◆成果の普及

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	計
論文	0	0	0	0
研究発表・講演	0	7	0	7

※2020年10月9日現在

18/23

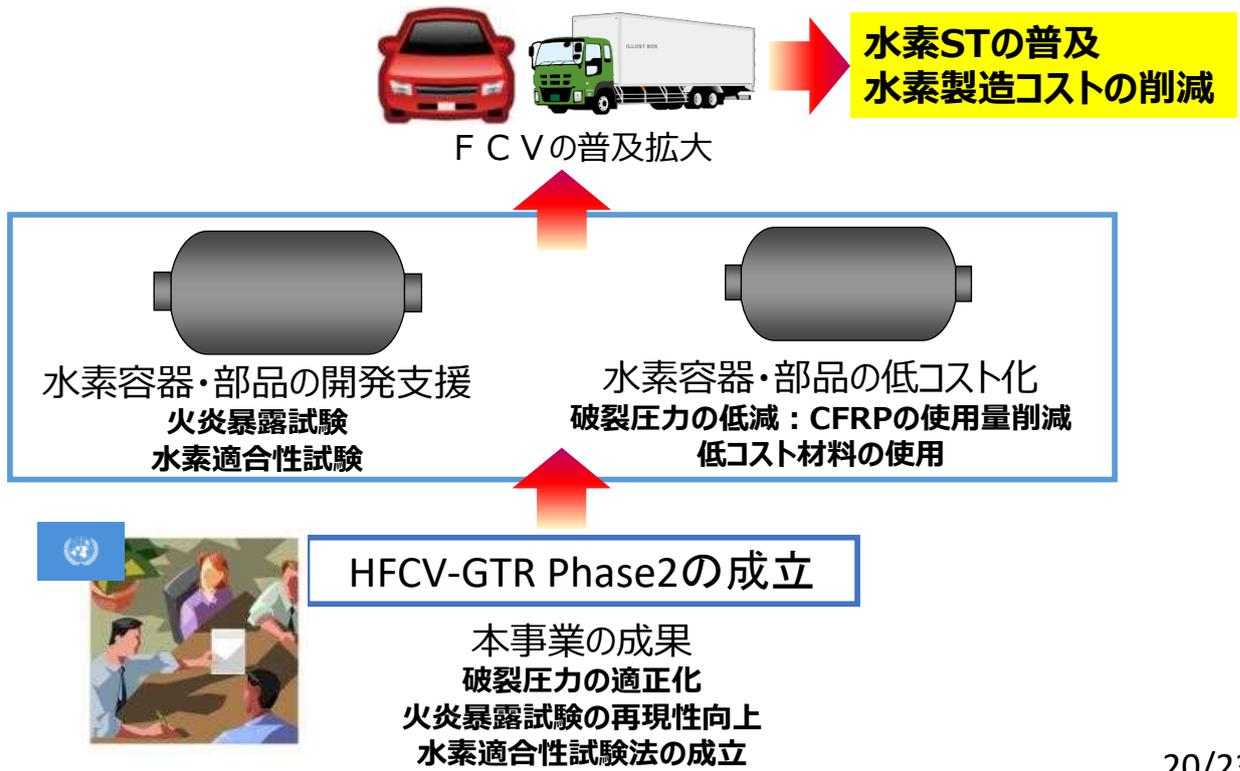
4. 成果の実用化に向けた取組及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

当該研究開発に係る技術基準・国際標準等の社会的利用（HFCV事業者の部品開発・認証取得等）が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る技術基準等の試験実施（委託試験等）により、企業活動（開発支援等）に貢献することを言う。

19/23

◆ 実用化に向けた戦略

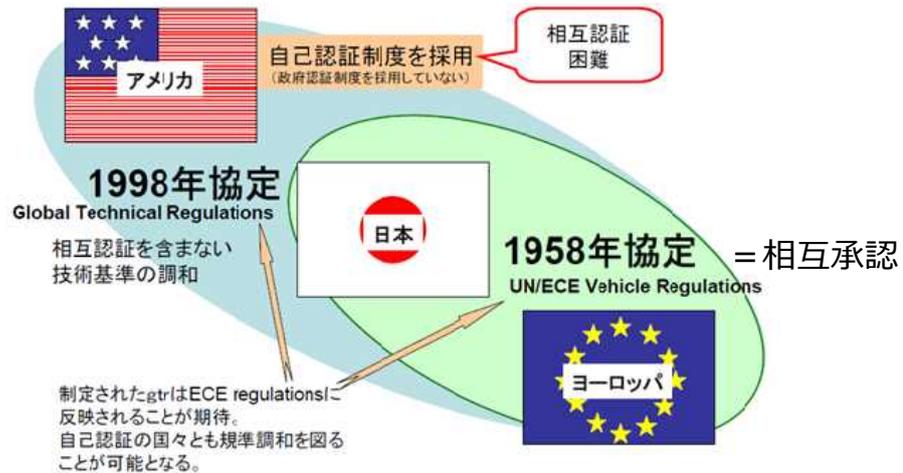


◆ 実用化に向けた具体的取組

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度~2028年度~2032年度	
本研究開発	[Timeline arrows]					燃料電池自動車の普及拡大	
HFCV-GTR	試験法提案		提案	GRSP	WP29 (最終審議・発効)		※ COVID-19の影響で最終目標日程議論中
UN-R			ドラフト合意		提案		WP29 (最終審議) 発効
国内導入		試験法確立		基準調和 GTR Phase2	発効		相互承認開始 発効
			運営, 制度確立		基準調和 UN-R Phase2	発効	

◆成果の実用化の見通し

- (1)HFCV-GTR Phase2に、容器破裂圧の適正化および使用可能材料の拡大につながる日本の提案が反映され、合理的に改定されることで、容器の軽量化・コスト削減が可能となる。
- (2)HFCV-GTR Phase2発行後、UNR134(HFCV) Phase2が審議され、発行される予定。UNR134 Phase2により、燃料電池自動車の国際取引において、使用材料も含めた相互認証が可能となり、燃料電池自動車の認証効率化、低コスト化に繋がる。



(独)交通安全環境研究所ホームページより

22/23

◆波及効果

- ✓ 本事業で得た技術により、日本が遅延なく、かつ再現性が高い試験が実施可能となり、認証期間を早め、かつ試験費用の低減に繋がる。

「水素社会に係る国際関連機関等研究・政策動向に関する調査研究」(中間評価)

(2018年度～2020年度)

プロジェクトの概要 (公開)

株式会社大和総研

2020年12月17日

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標	成果	達成度	今後の課題と解決方針
【1】最新動向調査	世界各国の最新情報を継続的に収集し、水素燃料電池に関する世界的な 最新動向を把握 する。	水素・燃料電池に関する主要機関の公開情報を日々ウォッチし、最新情報を隔週報告し、四半期ごとに情報の精査・傾向分析を行った。(情報リスト40本、総ニュース件数1,621件)	△達成見込み (2021年2月)	調査期間終了まで、継続して情報収集・分析を行う。
【2】国別政策・市場調査	主要国の水素燃料電池に関する 政策・市場動向を正確に把握 ・分析する。	米国、欧州、ドイツ、中国、韓国について水素政策の全体像を体系的に整理した。HRSの導入状況について整理した。	△達成見込み (2021年2月)	調査期間終了までの最新情報、詳細情報を追加する。
【3】方向性検討	上記結果を踏まえ、 国内政策への示唆 を得る。	各国比較や国際機関の報告書などを分析し、各国の特徴から得られる示唆を検討した。	△達成見込み (2021年2月)	【1】、【2】の追加情報をもとに、各国の特徴や示唆について検討を深める。

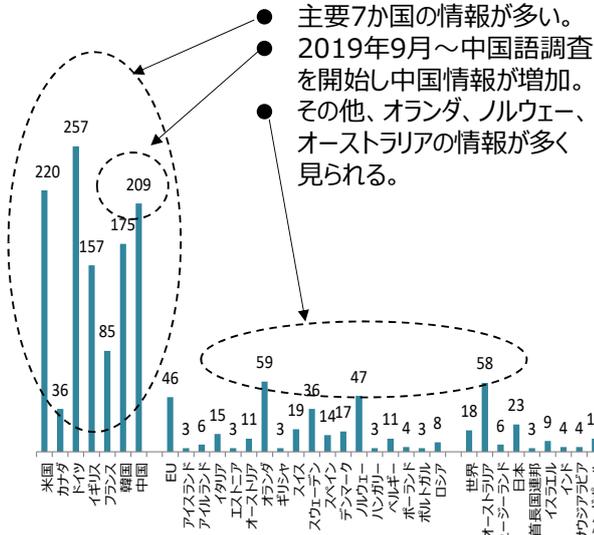
3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

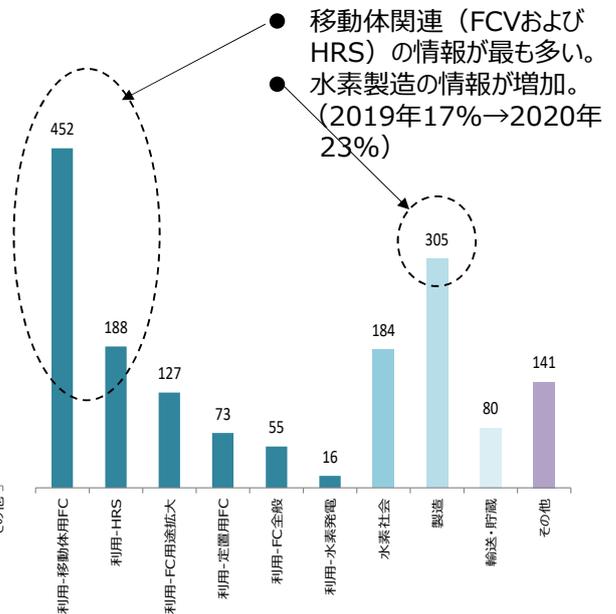
【1】最新動向調査：調査開始（2018年12月）から現在（2020年6月）までの集計結果

最新動向の分析：国別件数

(ニュース数1,621本÷20本/週)



最新動向の分析：テーマ別件数



出所：大和総研作成

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆各個別テーマの成果と意義

【1】最新動向調査：2019年（通年）の注目トピック

	政策	ビジネス・経済	
		FCV	水電解、他
前半（1～6月）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 韓国：“Hydrogen Economy Roadmap 2040”を発表。2030年FCV180万台に ✓ EU：グリーン水素生産地保証CertifHyスタート ✓ EU：“Hydrogen Roadmap Europe”を発表 ✓ 中国：全人代「2019年政府活動報告」に水素が初めて記載 ✓ WECによる報告書“New Hydrogen Economy” ✓ IEAによる報告書“The Future of Hydrogen” ✓ 英国：“Climate Change Act 2008”を改定。2050年ネットゼロ目標を法制化。CCSと水素（水電解6-17GW）が重要 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hyundai (韓)：“FCEV Vision 2030”を発表。 ✓ Nikola (米)：アリゾナ州に400社（35,000台/年）のFCトラック製造用地を確保 ✓ Bosch (独)：車両用FC大量生産でPowercellと提携 ✓ Audi (独)：FCV開発計画を加速。2021年に小型シリーズ販売 ✓ Alstom (独)：世界最大規模のFC列車27台を受注 ✓ Cummins (米)：Hydrogenics、Loop Energyの株式取得 ✓ Faurecia、Michelin (仏)：水素事業を統括するJVを設立 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ KOGAS (韓)：2030年までに水素製造施設25か所、パイプライン700kmを新設 ✓ ITM Power (英)：PLP Bessemer Parkに製造用地を確保。世界最大1GW/年の電解槽を製造 ✓ PlugPower (米)：NY州Rochesterの施設拡張を発表 ✓ Northern Gas Networks (英)：HyDeploy；2020年から、既存パイプラインに20%のグリーン水素混合実証開始 ✓ H21；2020年1月から、水素へ100%転換プログラムの第2段階開始
	後半（7～12月）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ カリフォルニア：FCEBs（バス）のロードマップを公表 ✓ IRENAによる報告書“Hydrogen: a renewable energy perspective” ✓ 中国：国家発展改革委員会が「産業構造調整ガイダンスカタログ（2019）」で水素機器を奨励 ✓ 米国：FCHEAが“Road Map to a US Hydrogen Economy”を発表 ✓ 豪：“Australia’s National Hydrogen Strategy”発表 ✓ EU：2050年クライメートゼロに向けGreenDeal発表 	

出所：政府機関、各社プレスリリース等を基に大和総研作成

◆各個別テーマの成果と意義

【1】最新動向調査：2020年（上半期）の注目トピック

	政策	ビジネス・経済	
		FCV	水電解、他
前半（1～6月）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 米国：DOEがFCトラックに関する技術目標を策定（1/28） ✓ EU：“European Industrial Strategy”でグリーンとデジタルの2大転換を推進。Clean Hydrogen Alliance（3/10） ✓ オランダ：“Government Strategy on Hydrogen”を公表（4/6） ✓ 中国：中国エネルギー法案で水素をエネルギーと定義（4/10） ✓ 中国：再エネ14・5（案）で水素を貯蔵手段と認識（4/14） ✓ 中国：新エネ自動車助成金、全国型から都市集中型（4/23） ✓ EU：“2x40GW Green Hydrogen Initiative”で電解設備の見直しを提示（4/15） ✓ EU：経済回復策“Next Generation EU”で7,500億ユーロを投入。グリーン水素加速を含む（5/27） ✓ ノルウェー：“government's hydrogen strategy”を公表（6/4） ✓ ドイツ：“National Hydrogen Strategy”を承認（6/10） ✓ 韓国：水素経済促進のファンドを設立。340億ウォン超見直し（6/15） ✓ EU：“A Hydrogen Strategy for a climate-neutral Europe”を公表（7/8） 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Weichai（中）：2万台のFCエンジン工場を始動（4/2） ✓ Hyzon Motors（米）：FCバス1,000台を受注（4/7） ✓ Loop Energy（カナダ）：南京市公共バスから3年間7,000台の50kWFCレンジエクステンダー受注（4/14） ✓ Volvo, Daimler（独）：大型車両向けFCで新会社立ち上げ（5/11） ✓ 豊田（日）：中国で6社連合の商用車用のFC研究開発会社設立（6/6） ✓ SFC Energy（独）：adKorと電波塔用非常電源を受注。年内100か所、最終1,500か所配備。（6/8） 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ITM Power（英）：Ørstedと洋上風力と電解槽の統合で協力（4/6） ✓ Korea Electric Power Research Institute, Korea Midland Power（韓）：水素製造技術の共同開発を開始（4/27） ✓ 英国のガス産業団体：政府に9億ポンドのグリーン水素インフラ投資を要求（5/28） ✓ Shinopac（中）：天然ガス水素製造10万m³/hを開始（5/30） ✓ Thyssenkrupp（独）：水電解の生産能力をGW規模に拡大（6/8）

出所：政府機関、各社プレスリリース等を基に大和総研作成

◆各個別テーマの成果と意義

【2】国別政策・市場調査：各国の水素政策①

		
<p>(気候変動・エネルギー政策)</p> <ul style="list-style-type: none"> • シェール革命により自給率90%超の資源大国に • エネルギー需要に占める輸送部門の割合が高い(41%) • パリ協定離脱。一方で、州政府同盟により州内でのGHG削減に取り組む動き • カリフォルニアを中心としたZEV規制が11州に拡大 <p>(水素政策)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2005年「エネルギー政策法（EPA 2005）」で水素関連技術開発が位置付けられる • 現在は、“DOE Hydrogen and Fuel Cell Program”（2011年）に基づきDOE FCTOがR&Dを推進 	<p>(気候変動・エネルギー政策)</p> <ul style="list-style-type: none"> • エネルギー需要に占める、業務・家庭部門(暖房需要)の割合(38%)が高い • GHG排出量の中長期目標として、2030年までに1990年比40%減、2050年までに実質ゼロを設定 • 発電電力量に占める再エネの割合(33%)が高い <p>(水素政策)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2008年に水素R&Dを担う官民パートナーシップFCH-JUを設立。現在、FCH-JU第2期を実施中 • 地球温暖化への中長期計画である“Clean Planet for All”（2018）では、水素とP2Xのシナリオを設定 • 2020年7月に“EU Hydrogen Strategy”を公表。グリーン水素の製造目標と必要なコスト等を提示 	<p>(気候変動・エネルギー政策)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 石炭資源が工業化に寄与した歴史 • メルケル政権のもと、2011年より脱原子力、再エネを主体とする“Energiewende”を推進。再エネ電源比率は35%に • 2020年目標達成が厳しいなか、2050年に排出ゼロ目標を設定。2019年“Climate Action Law”にて2030年に55%削減目標を法制化 <p>(水素政策)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2006年に水素革新プログラム（NIP）がスタート。BMVIのもとにNOWが設立され管理。現在第2フェーズ • 2020年6月“National Hydrogen Strategy”策定。水素製造と、工業・運輸利用を推進

◆各個別テーマの成果と意義

【2】国別政策・市場調査：各国の水素政策②



(気候変動・エネルギー政策)

- 北海油田枯渇により徐々に資源輸入国へ
- 燃料転換によるGHG削減は一段落、次の対策として2017年“Clean Growth Strategy”を制定。2035年までにガソリン・ディーゼル新車販売を禁止など
- 2019年改正“Climate Change Act”で2050年ネットゼロを法制化

(水素政策)

- 2018年のDfTによる“Road to ZERO”のもと、EV・FCEV、鉄道の電化・FC化を推進
- BEISによるEnergy Innovation Programmeのもと、産業部門の水素転換、低炭素水素製造プロジェクトを推進
- 水素戦略を策定中。(注力分野は産業と輸送(海運)、暖房)



(気候変動・エネルギー政策)

- 急激な経済成長が一段落。深刻な大気汚染問題
- エネルギー供給の60%以上を石炭が占める
- 発電電力量に占める再エネの割合が比較的高い(31%)。出力抑制率は風力12%、太陽光6%と高い

(水素政策)

- 2012年「省エネ・新エネ自動車産業発展計画」を機にEV導入が加速
- 2016年「省エネ・新エネ自動車ロードマップ」でFCVの導入目標が設定
- 2019年の「政府工作報告」、「新エネルギー自動車に関する補助政策改善通知」等からFCVシフトが加速



(気候変動・エネルギー政策)

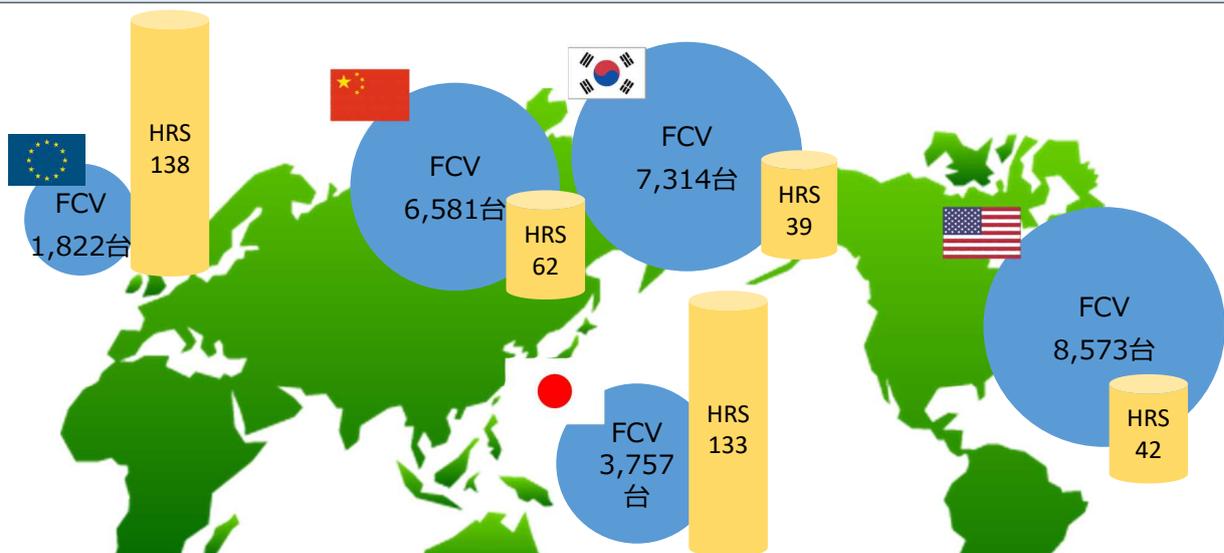
- エネルギー消費量は増加中にあり世界第8位に浮上
- エネルギーの海外依存度は85%以上
- 発電電力量に占める再エネの割合(3%)は低い

(水素政策)

- 2019年1月に“Hydrogen Economy Roadmap 2040”を発表。3月にHyNet設立。12月に技術ロードマップ発表。FCVと定置用FCで高い目標
- 水素に関する国家間協定(ノルウェー、サウジアラビア、イスラエル、オーストラリア)に積極的

◆各個別テーマの成果と意義

【2】国別政策・市場調査：各国のFCV・HRSの導入状況



出所：米国 (CaFCP,2020/9)
 EU* (FCH-JU,2020/10) *英国、ノルウェー、スイス
 韓国 (IPHE,2020/6)
 日本 (FCV:IPHE,2020/3,HRS:NeV,2020/8)
 中国 (FCV:中国汽協会,2020/6,HRS:前瞻産業研究院,2020/3)

◆各個別テーマの成果と意義

【2】国別政策・市場調査：ドイツのHRS導入状況

図1：HRSの分布



図2：運営主体

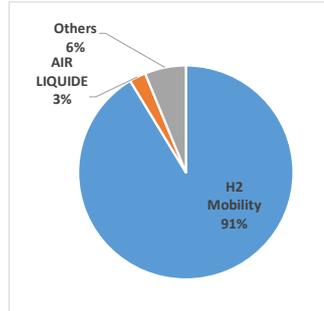


図3：技術提供者

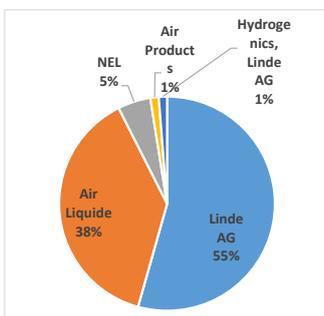
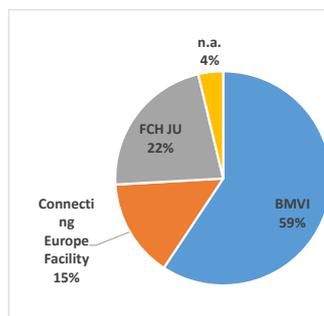


図4：資金支援者



- 2020年9月現在、**81か所**のHRSが開所（図1）
- HRSの9割は2015年に設立された合弁会社**H2 Mobility***が**計画・建設・運営**している（図2）
*H2 Mobilityへの出資者はAir Liquide(仏), Daimler(独), Linde(独), OMV(奥), Shell(蘭), TOTAL(仏)の6社。アソシエイトパートナーとしてBMW(独), HONDA(日), TOYOTA(日), VW(独), HYUNDAI(韓), NOW(独国家水素・燃料電池機構)が就任
- 設置されているHRSの技術提供者は**Linde (独) とAir Liquide (仏)**でシェアを2分している（図3）
- 全てのHRSで**700bar**の供給が可能。350bar併設、バス用350bar併設がそれぞれ5か所ある
- NOW (BMVI) によるNIP、FCH2JUによるH2ME、TEN-T CEFによるCOHRS等から**最大50%の支援**がある。HRSの資金提供者は、NIPが約6割、H2MEが約2割、COHRSが約1.5割を占める（図4）

出所：FCH-JUウェブサイトを基に大和総研作成

◆各個別テーマの成果と意義

【2】国別政策・市場調査：カリフォルニアのHRS導入状況

図1：HRSの分布

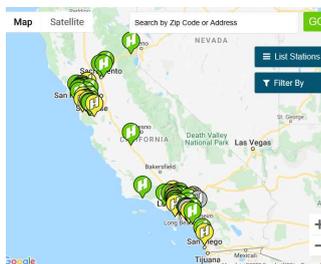


図2：運営主体

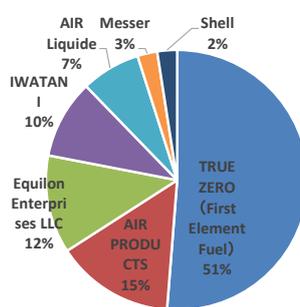


図3：水素供給形態

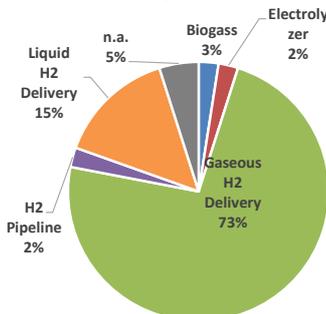
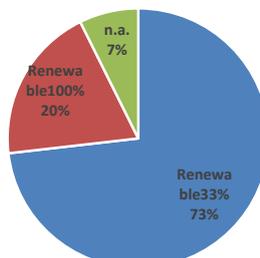


図4：再生可能水素比率



- 2020年9月現在、**41か所**のHRSが開所（図1）
- HRSの5割は**First Element Fuel (TRUE ZERO) ***が**建設・運営**している（図2）
* 2013年設立。Ca州エネルギー委員会、AQMDのほか、トヨタ、本田技研から資金支援を受けHRS網の拡大を図ってきた。2019年には三井グループ、Air Liquide から追加の資金提供を受ける。2020年9月、Ca州エネルギー委員会は、同社を含む3社に追加の36か所に3,910万ドルの資金提供を発表（108万ドル/か所）
- 設置されているHRSへの水素ガス供給は、気体水素が73%を占め、液化は15%程度（図3）

供給量の3分の1を再生可能水素にすることが求められている（SB1505）。100%を達成しているHRSも2割程度見られる（図4）

HRSは350bar/**700bar**の併設が主流（一部で700barのみ）。これまでの**平均供給金額は、\$16.51/kg***

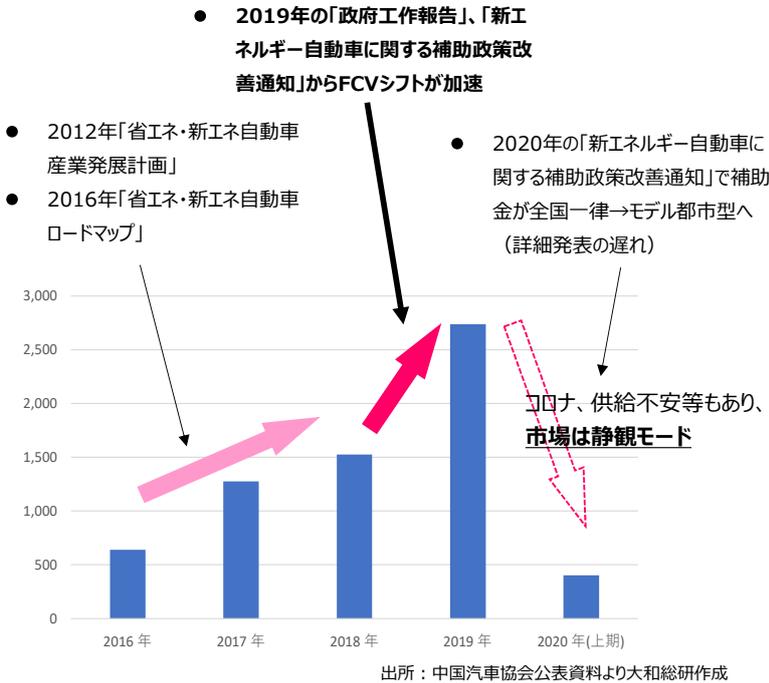
* 2019 Joint Agency Report

出所：CaFCPウェブサイトを基に大和総研作成

◆各個別テーマの成果と意義

【2】国別政策・市場調査：中国のFCV・HRS導入状況

FCV販売台数の推移（中国）



地方都市の概況

- 2019年末までに、26省・都市で水素発展計画が策定される。高いFCV導入目標と、産業チェーンの確立を目指す。

山東省（例）：済南、青島、煙台の3市で企業誘致（104km²）を開始。2025年にFC5万台、FCV2万台、HRS100か所、生産額1,000億元を目標とする。現在、HRS6か所、7路線のFCバスを運行し、FCV導入は242台。3月にイ柴グループが2万台規模のFC工場を稼働。

今後注目 補助金の対象となるモデル都市の選定

HRSの整備

- 2019年末までに52か所設置。2020年度上期に11か所新設し、30か所建設中（過去最高の見込み）
- 中国石化、中国石油など大企業によるHRS建設参入の発表
- 導入目標は、2025年に300か所、2030年に1,000か所

今後注目 「省エネ・新エネ自動車産業発展計画」と「省エネ・新エネ自動車ロードマップ」の改訂

◆各個別テーマの成果と意義

【3】方向性検討：各国の政策・戦略

	エネ需要 (Mtoe)	水素戦略等	水素戦略の概要	注力分野						水素製造目標など
				交通	民生	発電	産業	水素輸入	水素製造	
米国	2,155 (第2位)	"Road Map to A US Hydrogen Economy" (2019/11)	業界団体（FCHEA）により、米国が世界の水素エネルギーにおいてリーダーシップをとる道筋が示された。水素が再生可能エネルギーの展開をサポートするとともに、エネルギーの輸送・貯蔵、燃料、熱源などとして多面的に利用可能であることを強調。	○普通、中大型	○オンサイト					[2030年]水素需要は1,400~1,700万トン（うち、既存需要は1,300万トン）
EU	1,619 (-)	"EU Hydrogen Strategy" (2020/7)	電化が困難なセクターの脱炭素化と同時に、エネルギーキャリアとしての水素の確立を目指す。再生可能水素と短中期的には低炭素水素を活用。官民連携のEuropean Clean Hydrogen Allianceを設立し、投資拡大とグリーン水素需要拡大を図る。共通基準や認証などの導入、最先端の技術への助成など。	○中大型			○化学			[2030年]グリーン水素製造1,000万トン。電解槽は40GW以上
ドイツ	311 (第6位)	"The National Hydrogen Strategy" (2020/6)	水素製造が重要であり、2030年までに5GW、早ければ2035年に追加の5GWの電解槽を導入する。水素利用の主体は、産業分野と交通分野になる。ただし、関連法規（EEG、RED II）と整合をとる。これまでのNIPの取り組みを強化・補完する。	○普通、中大型、列車				○	○グリーン	[2030年]グリーン水素需要14TWh（≒42万トン）=電解槽5GW
英国	175 (-)	(策定中)	-	○中大型、船舶	○暖房				○ブルー	-
韓国	282 (第9位)	"Hydrogen Economy Roadmap 2040" (2019/1)	世界クラスのFCV・FC技術、石油プラントでの経験、LNGインフラの活用により、水素経済で世界をリードする。FCVと定置用FCの導入を進め、将来的に水電解や水素輸入からの水素供給を目指す。水素経済への移行により、2040年までにGDP2.5%成長に寄与し、42万人の雇用を創出する。	○普通、中大型			○		○	[2030年]水素需要194万トン（うち、既エネ利用は13万トン）
中国	3,077 (第1位)	"新エネ・省エネ自動車技術ロードマップ" (2016/10) "中国製造2025" (2018/2)	技術面で性能向上、寿命向上、低温稼働、コスト低減を目指し、2030年にFCV100万台、HRS1000か所導入を目指す。	○中大型						[2030年] HRS1,000か所、FCV100万台

◆各個別テーマの成果と意義

【3】方向性検討：各国戦略の特徴と示唆（案）

◆野心的な気候変動目標の設定と明確な水素の位置づけ（欧州、ドイツ）

- 欧州、ドイツは、気候変動に対して「2050年ネットゼロ」の野心的な目標を掲げている。
- ドイツの水素戦略では、冒頭に、「水素の利用拡大が気候変動対策に大きく依存する」ことが明文化。EUの水素戦略においても、「気候中立に向けて、まずエネルギー効率化、次に再生可能エネルギーの利用拡大、そして、電化等が困難な分野で水素を適用する」と水素を位置付けている。
- 野心的な目標設定と同時に、水素と気候変動目標との関連性、集中分野を明確にする戦略。

◆産業化推進にあたって、技術より実用優先の戦略方針（中国）

- 中国がFCVを本格導入するにあたって、①EVとのすみわけ、②従来水素との調整、③ステーション等供給分布、④コア部品の技術力、等の課題を回避するため、一般乗用車ではなくバス・トラック、専用車への初期戦略構造を構築した。
- 振興産業へのアプローチは、最先端技術ではなく、国情に合う最適ソリューションをとる戦略。

◆中央政府による明瞭なコンセプトと成功モデルによるビジネス期待の醸成（米国）

- 米国では、エネルギー省（DOE）の省エネ・再エネ部（EERE）の下に、水素・FCを統括する組織として水素燃料電池技術所（HFTO）が置かれ、全体の動きの統一性を高めている。
- 水素・FCに関連するR&DはH2@Scaleというコンセプトを軸に、他部署や多省、研究機関等との連携、コンソーシアムの形成などを進めながらHFTOが中心となって統合的に展開されている。
- 先行するカリフォルニア州の実績が水素ビジネス拡大の期待を醸成し、その期待が多様なアプリケーション開発や水素供給ビジネスへと広がりつつある。中央政府と地方政府による役割分担による戦略。

14/16

◆成果の最終目標の達成可能性

研究開発項目	現状	最終目標（2020年度末）	達成見通し
【1】最新動向調査	水素・燃料電池に関する主要機関の公開情報を継続的に収集している。	世界各国の最新情報を継続的に収集し、水素燃料電池に関する世界的な 最新動向を把握 する。	調査期間終了まで、継続して情報収集・分析を行うことで達成する。
【2】国別政策・市場調査	米国、欧州、ドイツ、中国、韓国について水素政策・市場等の全体像を体系的に整理している。	主要国の水素燃料電池に関する 政策・市場動向を正確に把握 ・分析する。	調査期間終了までの最新情報、詳細情報を追加することで達成する。
【3】方向性検討	各国の特徴から得られる示唆について検討している。	上記結果を踏まえ、 国内政策への示唆 を得る。	【1】、【2】の追加情報をもとに、各国の特徴について、より詳細に分析し検討を深めることで達成する。

15/16

◆成果の普及

	2018 年度	2019 年度	2020 年度	計
研究発表・講演	0	1	1	2

※2020年10月9日現在

～研究発表・講演～

■2020年1月30日 公益財団法人原総合知的通信システム基金主催特別セミナー
「水素・燃料電池技術開発戦略と新展開」

■2020年12月3日 近畿経済産業局主催
「水素エネルギー」セミナー（仮題）

～（参考）大和レポート～

- ・2019年2月22日「走り始めた燃料電池自動車（FCV）～「長期戦略」における水素の役割～」
- ・2019年11月8日「ゼロエミッションに向けた取り組み～水素の利活用から考える～」