

NEDO水素・燃料電池成果報告会2022

発表No.C-12

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/ 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

森岡敏博（産総研）・池田哲史（HySUT）
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
2022年7月28日

連絡先

国立研究開発法人産業技術総合研究所

E-mail: tssj.morioka@aist.go.jp

TEL: 029-861-6831

1. 期間

開始 : 令和2年8月

終了 : 令和5年3月

2. 最終目標

HDV対応の水素ディスペンサーの計量精度検査のため、マスターメーター計量性能の高度化と検査周期の延長、充填試験条件の適正化により、運営費における計量精度検査コストの低減を達成する。また、HDV充填に関わる詳細ニーズや機器性能に関する最新技術を調査し、評価することによって、HDV等の新プロトコルに対応する技術検証を実施可能な水素先進技術研究センターを整備する。

3. 成果・進捗概要

実施項目（サブテーマ）毎に報告。

1. 事業の位置付け・必要性

脱炭素社会、水素エネルギー社会の実現へ向けて、水素利用の拡大のため、トラックや船舶、鉄道などのいわゆる“Heavy Duty Vehicles”（HDV）に対する指針策定や技術開発が進められている。

本研究開発では、HDVのFCVへの大流量充填時における水素計量に関する技術開発と充填技術の開発・基準化に向けた基礎構築を目的とする。また、HDVに関する各種技術課題を検証するための大型水素ステーションの水素先進技術研究センターを構築し、我が国が世界を先導して国際基準に資するデータの取得を実施する。

2. 研究開発マネジメントについて

研究開発の実施体制



3. 研究開発成果について

実施項目1：マスターメーター法計量精度検査方式の高度化（産総研）

研究開発目標

- 高精度化したマスターメーター法計量精度検査装置を用いて、水素先進技術研究センターにおいて計量検査試験を実施し、国際規格の基準値をクリアすることを目標とする。
- 検査周期、検査方法、充填試験条件の最適化検討を目的とし、特異点HRSの抽出、重量法、マスターメーター法での充填計量試験、両法によるクロスチェックを行い、マスターメーター法による計量検査基準と実施にあたっての安全基準を策定する。また、検査運用コストを現対比でおよそ1/3まで低減する。

テーマ／担当	2021年度計画	2021年度進捗
【S1-①】 マスターメーター計量性能の向上 (◎産総研、岩谷産業、タツノ、トキコ)	マスターメーターの測定不確かさを低減するため、低圧大流量水素試験設備の整備を進める。	低圧大流量水素試験設備を整備中（2022年10月完成予定）。マスターメーター再校正による器差は-0.6～1.5 %を確認した。
【S1-②】 計量検査の最適化によるコスト低減（◎トキコ、タツノ、岩谷産業、産総研、HySUT）	水素ステーションにおいて実証データを収集し、精度影響要因を分析、抽出する。重量法とマスターメーター法とのクロスチェックを行う。	特徴的な器差特性がある約20箇所の特異点HRSを抽出し、データ解析中。マスターメーター法による定点観測を継続中。重量法とマスターメーター法のクロスチェックでは、器差-1.5～2.1 %を確認した。

3. 研究開発成果について

実施項目 1 : マスターメーター法計量精度検査方式の高度化

S1-① マスターメーター計量性能の向上

- 産総研内に低圧大流量水素試験設備を整備中（2022年10月完成予定）



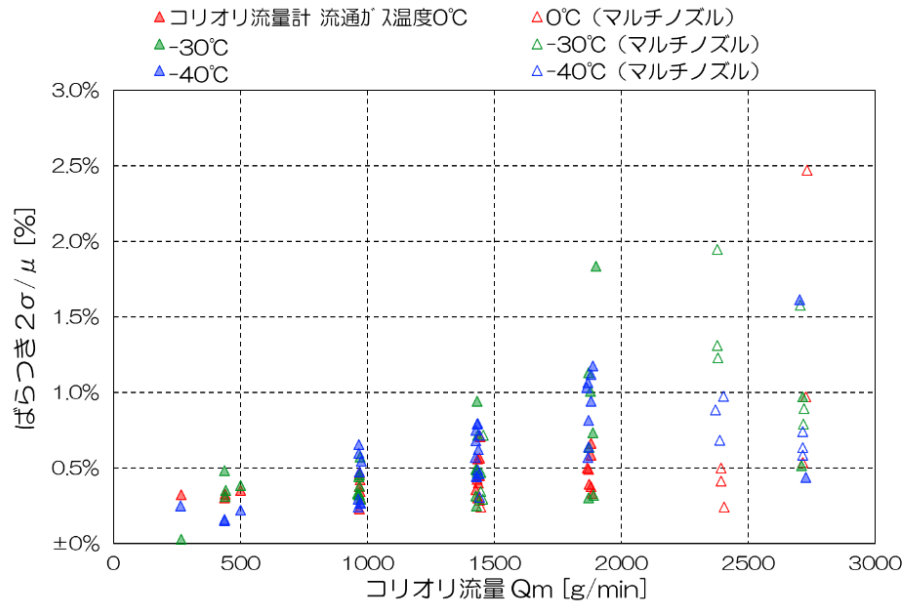
試験棟内には、低圧～10 MPa及び低流量～最大400 Nm³/hで校正が実施できる装置群を整備中である。低圧（1 MPa未満）ラインと高圧（10 MPa未満）のラインを用いて臨界ノズルの校正が可能な**衡量法（天びんを用いた静的重量法）**と**定積槽（一定容器に充填する方法）**の2種類の方法とさらに、高圧（10 MPa未満）**閉ループ用のガスライン**が設けることで、国家標準にトレーサブルな臨界ノズルを用いて、高圧水素用コリオリ流量計等、各種高圧水素用流量計の校正を比較法にて行うことができるものである。

3. 研究開発成果について

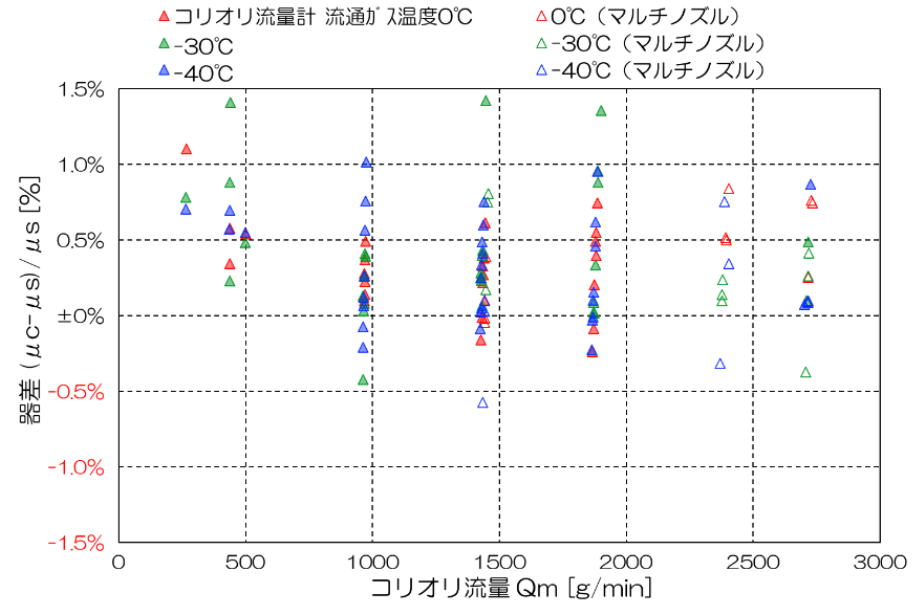
実施項目 1 : マスターメーター法計量精度検査方式の高度化

S1-① マスターメーター計量性能の向上

● マスターメーター再校正



マスターメーターでの計測流量のばらつき



マスターメーターと2.3次基準流量計との器差

岩谷産業所有のマスターメーターの再校正を行い、ガス温度：-40 °C、-30 °C、0 °C、圧力：20~70 MPa、流量：250~2,730 g/min条件で実施した。

左図は、マスターメーターで計測した流量のばらつきを示している。今回は2.3次基準流量計のノズルについて、シングルノズルに加えてノズルを複数用いるマルチノズルで校正試験を実施し、概ね2 %以内であった。

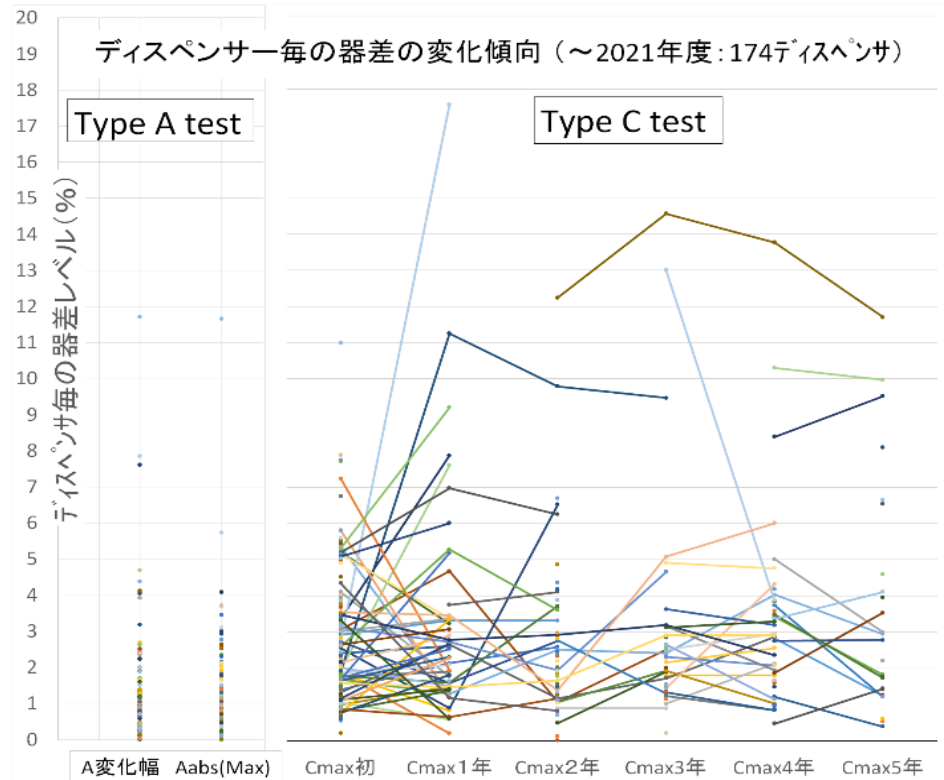
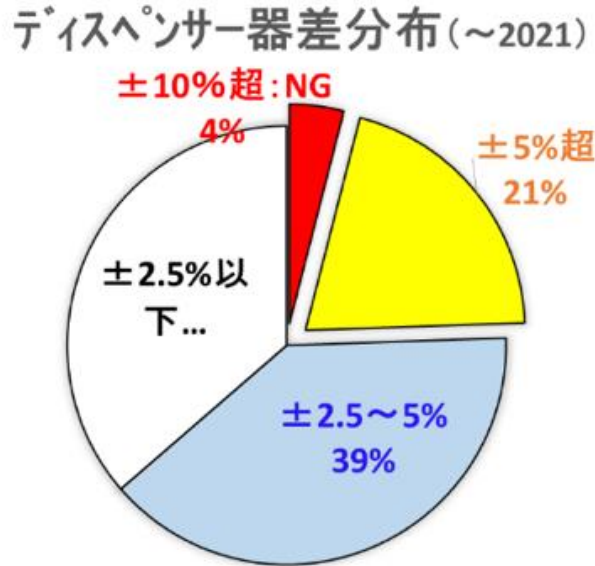
右図はマスターメーターが計測した平均流量と2.3次基準流量計での基準流量との器差を示している。器差のばらつきは-0.6~1.5 %であった。

3. 研究開発成果について

S1-② 計量検査の最適化によるコスト低減

【重量法】 特異点HRSの抽出

- ✓ 過去の重量法試験データから特徴的な器差特性がある約20箇所の特異点HRSを抽出。

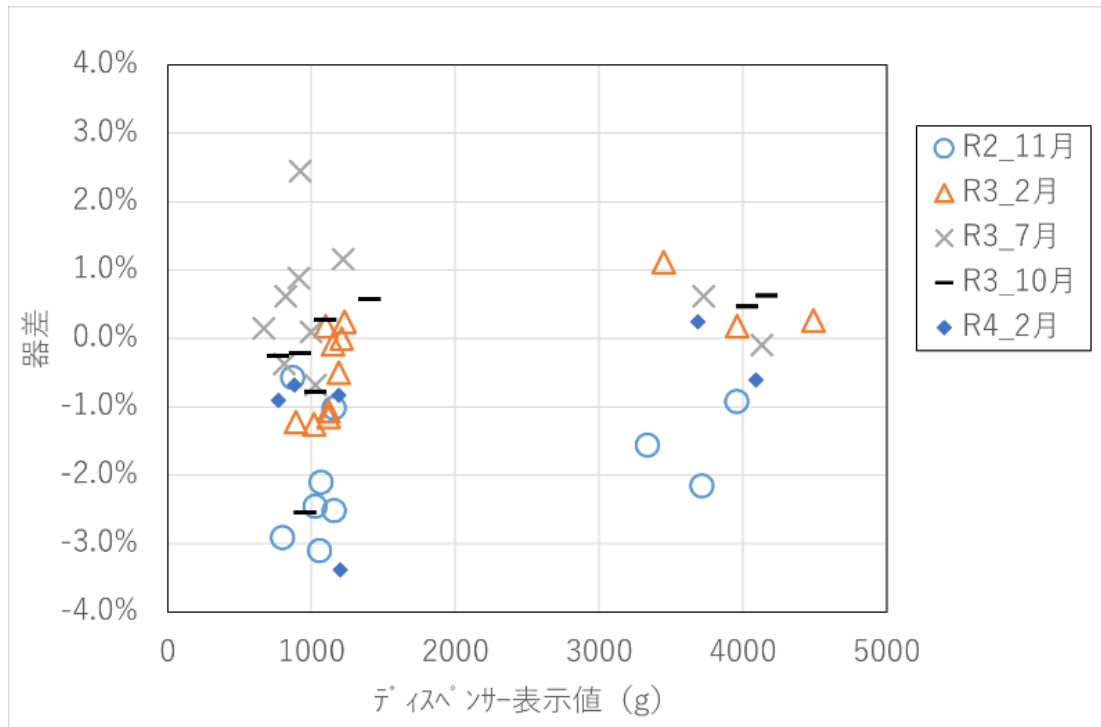


3. 研究開発成果について

S1-② 計量検査の最適化によるコスト低減

【マスターメーター法】 定点観測を継続中

- ✓ 検査周期の検討・延長を目的とし、マスターメーター法計量精度検査装置（岩谷産業）を用いて、同一STでの充填試験データを定期的に取得。

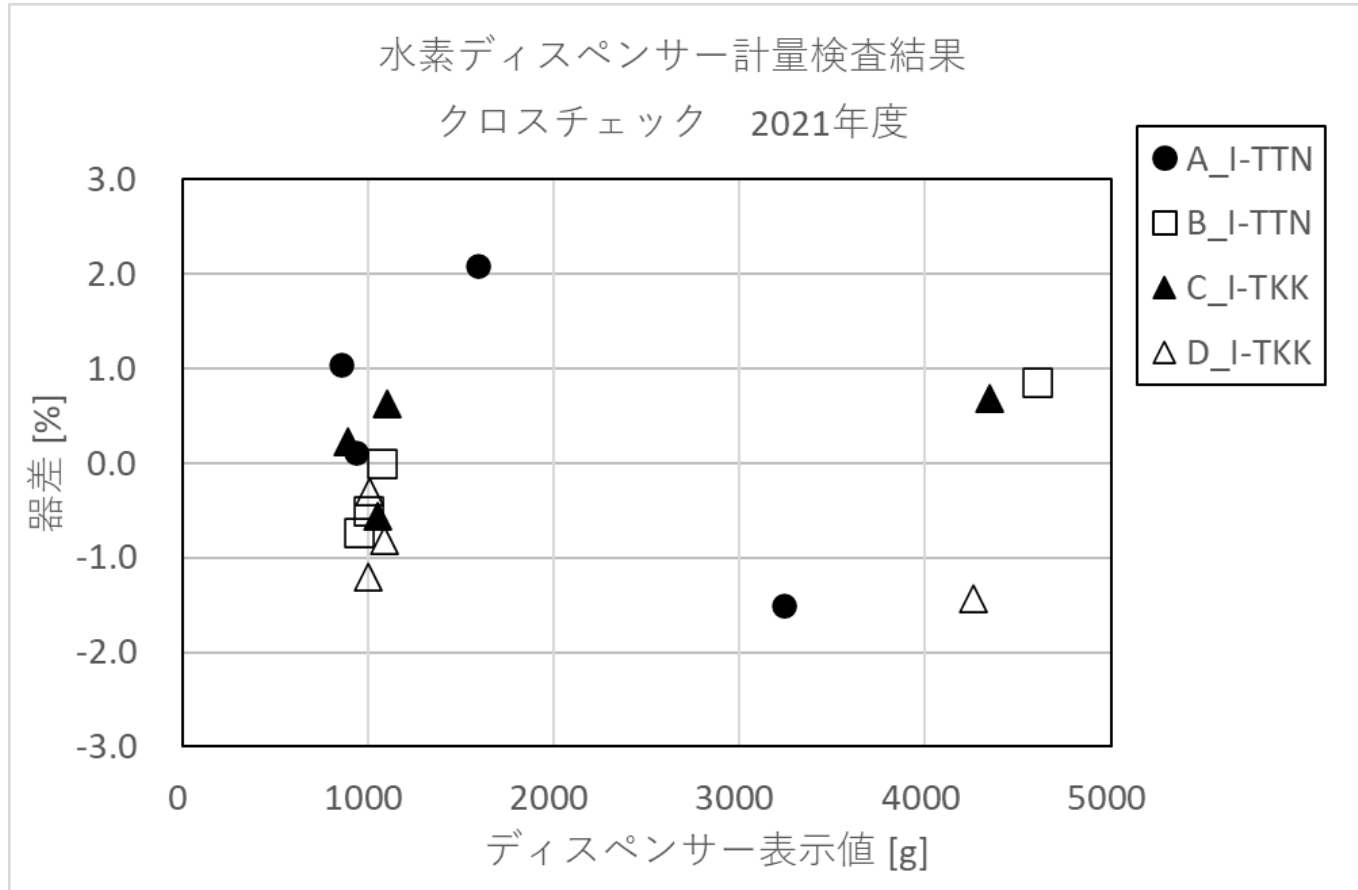


今年度は計24データ取得した（R3_7月、10月、R4_2月に実施）。2020年度実績（R2_11月、R3_2月）と合わせた試験データより、これまでの器差は1 kg充填：-3.4~2.5 %、フル充填（4kg程度）：-2.2~1.1 %である。

3. 研究開発成果について

S1-② 計量検査の最適化によるコスト低減

【重量法とマスターメーター法のクロスチェック】



今年度は商用ST（計4ST：A～D）において、重量法計量精度検査装置（タツノ所有、トキコ所有）とマスターメーター法計量精度検査装置（岩谷産業）のクロスチェック充填試験を実施した。器差は-1.5～2.1 %程度の範囲で、昨年度HySUT水素技術センターでの試験時と同程度の器差を確認した。今後もクロスチェック試験データを蓄積する。

3. 研究開発成果について

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（トキコ）

研究開発目標

- 様々な燃料電池モビリティに適用される新しいプロトコルへの対応のため、新プロトコルの開発が遅れることのないよう並行して水素計量検査に関わる項目について技術開発を進める。

テーマ／担当	2021年度計画	2021年度進捗
【S2-①】 高レンジアビリティ計量技術の開発 (◎タツノ、産総研)	HDV仕様に対応した流量計を具体化させ、その性能を調査し性能向上を図る。	・HDVに対応した流量特性、圧力損失特性等の評価ができる実流評価装置を整備した。 ・MF、HFタイプの流量計開発をすすめている。
【S2-②】 変動充填領域での計量精度評価 (◎岩谷産業、産総研)	これまでの重量法、マスターメーター法のデータから、計量精度に影響要因を評価し、器差低減を図る。	・バンク切替回数、圧力上昇率と器差に関する相関評価を実施中。
【S2-③】 ヒートマス及び圧力損失の影響評価 (◎トキコ、産総研)	マスターメーター法計量精度検査装置に許容される圧力損失、ヒートマスの評価を行う。	・ヒートマス及び圧力損失の影響評価装置と評価項目を決定した。

3. 研究開発成果について

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

S2-① 高レンジアビリティ計量技術の開発

実流計量装置では、温度コントロール機能を追加することで、より高精度な試験評価を進めている。

なお、流量計による流量測定では、流量測定精度とともに、圧力損失特性が重要である。今回、流量計や、その他の各種HDV用流体機器（ノズル、緊急離脱カップリング、バルブ、熱交換器等）の圧力損失等の流量特性を正確に測定できるように機器を整えた。

大流量対応可能な流量計に関しては、従来比約3倍の流量に対応したMFタイプと、従来比約5倍流量に対応したHFタイプの開発を進めている。MFタイプ流量計に関しては、水素先進技術研究センターに導入する予定であり、防爆も取得した。

3. 研究開発成果について

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

S2-② 変動充填領域での計量精度評価

マスターメーター法計量精度検査装置を用いてFCV実車充填計量試験実施時におけるデータ解析を行っている。変動充填領域のとして、「蓄圧器から別の蓄圧器への切替」「蓄圧充填から圧縮機等からの直充填への切替」「直充填時」「充填（計量）終了～脱圧」の項目に区分し、解析を進めている。

各工程におけるデータ、発生した器差

工程	時間 (秒)	充填量(積算)		充填量 (各工程)		①-②	各工程で 発生した 器差	
		ST	MM	①ST	②MM			
1 圧力変動① 蓄圧器A→B	開始	128	1990g	1985g	310g	310g	0g	0.00%
	終了	145	2300g	2295g				
2 圧力変動② 蓄圧器B→C	開始	173	3110g	3103g	410g	420g	-10g	-0.23%
	終了	195	3520g	3523g				
3 圧力変動③ 蓄圧器C→直充填	開始	202	3670g	3681g	50g	72g	-22g	-0.51%
	終了	208	3720g	3753g				
4 直充填	開始	208	3720g	3753g	630g	658g	-28g	-0.64%
	終了	332	4350g	4411g				
5 充填(計量)終了 ～脱圧	開始	332	4350g	4411g	0g	2g	-2g	-0.05%
	終了	347	4350g	4413g				
全体を通した器差							-1.43%	

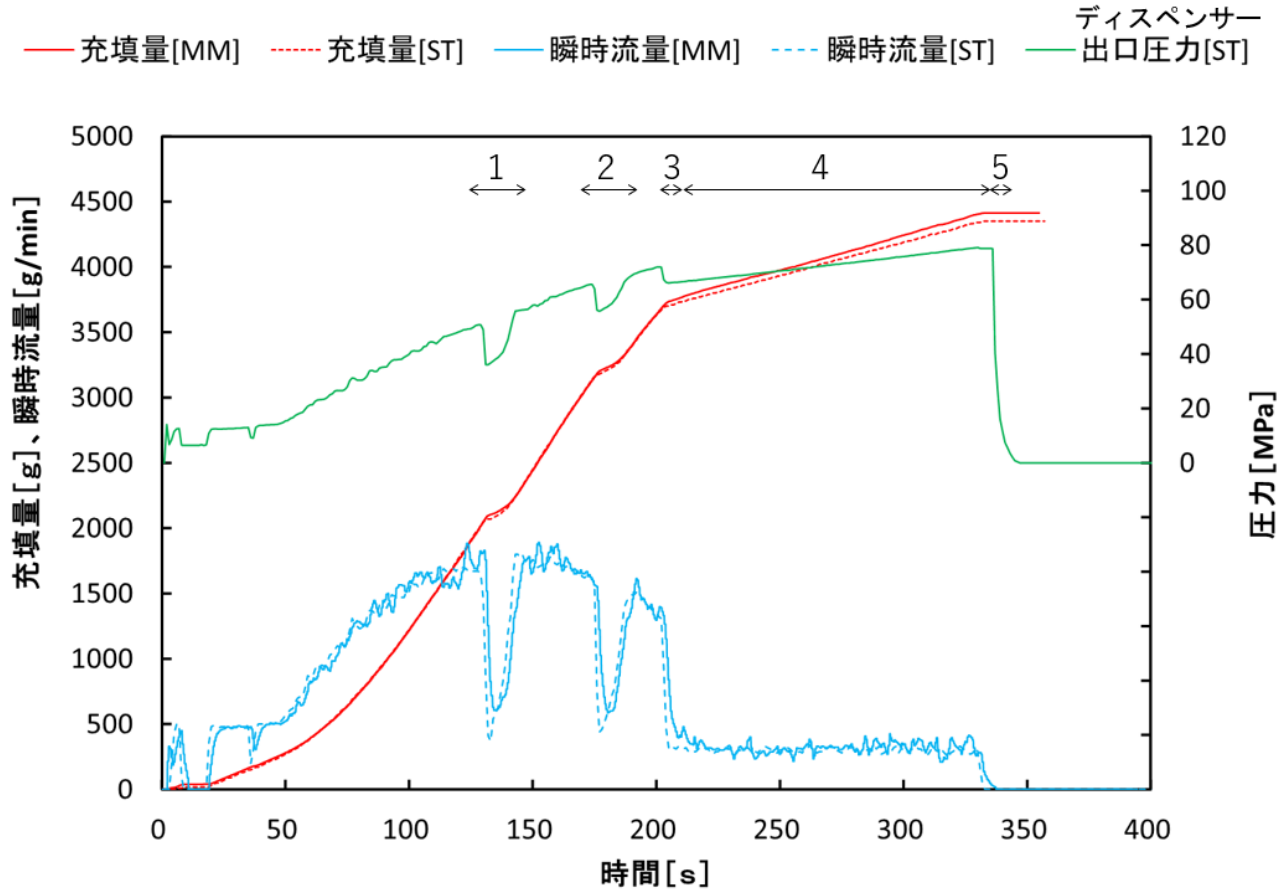
* 各工程で発生した器差 (%) = 各工程の① - ②の値 (g) ÷ 充填終了時のディスプレイ表示値 (g) × 100

商用STで4.35 kgの充填を行なった充填試験である。全体を通した器差は**-1.43%**である。

3. 研究開発成果について

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

S2-② 変動充填領域での計量精度評価



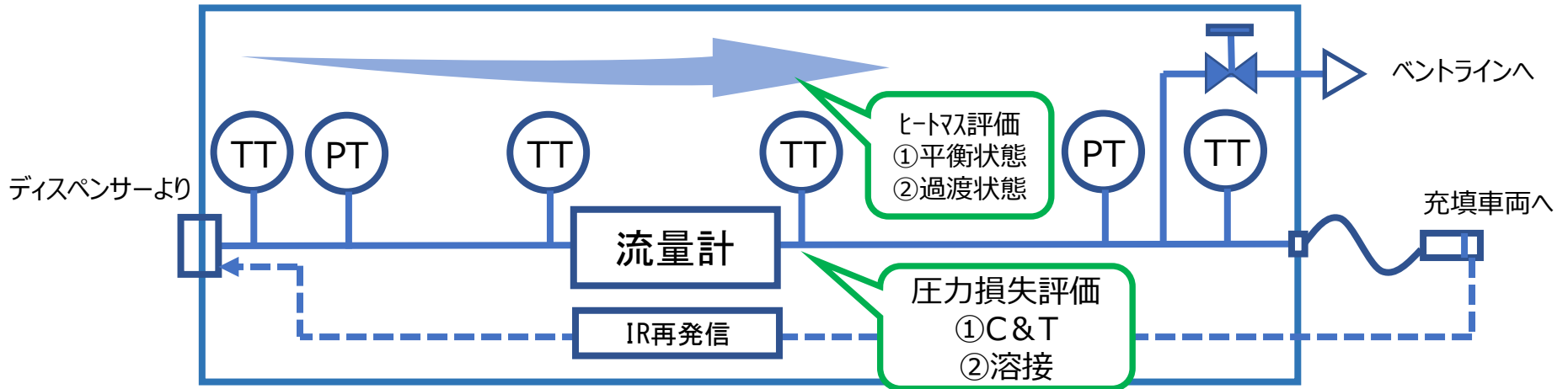
瞬時流量が1500g /min→500 g/min程度に低下するタイミングで、器差が発生しており、今後は瞬時流量との器差の相関性に焦点を当てて解析を進める。なお、充填（計量）終了～脱圧時の器差は-0.05 %であったが、ディスペンサーのタイプによっては、数%程度の器差が発生するケースも見られた。今年度は、器差が発生する要因や傾向を把握したので、来年度は継続調査ならびにHDVプロトコルへの器差評価を行なう。

3. 研究開発成果について

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

S2-③ ヒートマス及び圧力損失の影響評価

- ヒートマスおよび圧力損失の影響評価装置と評価項目を決定。



ヒートマス及び圧力損失の影響を評価する評価装置の製作に着手した。評価装置では配管接続方法を2種類（C&T、溶接）評価できるように構成する。ヒートマスの影響評価では熱交換の過渡状態と平衡状態となった点でのデータを採取比較し評価する。

3. 研究開発成果について

実施項目3：HDV用の充填技術等に関する調査・研究（タツノ）

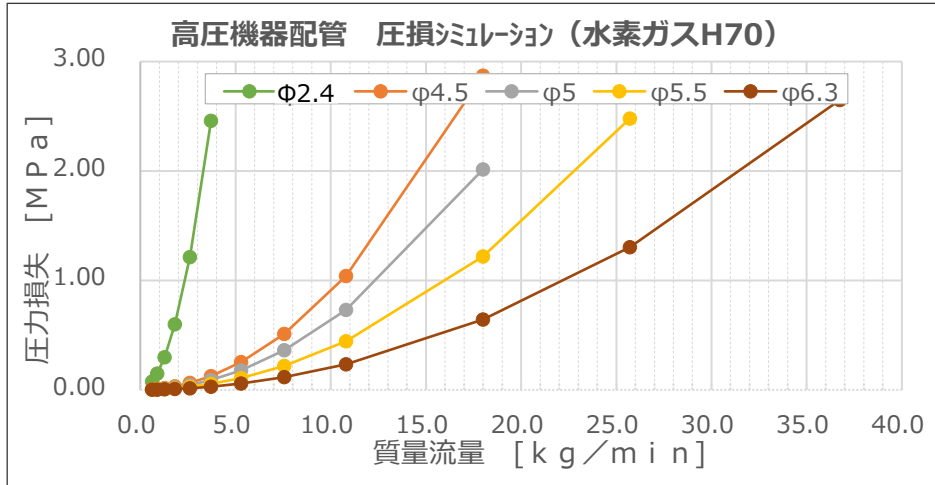
- HDV用燃料システムへの水素充填技術に関わる基礎研究を実施する。HDVに求められる性能を明らかにするため、燃料供給要件（充填時間、流量など）、想定するHDVの要求仕様（航続距離、タンク容量、シングル・ダブルフロー充填、複数容器システムなど）、HDV燃料供給ハードウェア（HFノズル、レセプタクル、ホース、流量計等）などのニーズや性能（圧力損失特性、ヒートマス他、各機器固有の特性）に関する最新技術や海外動向を調査し、将来のHDV用充填プロトコルを作成するためのシミュレーションモデルの境界条件やテーマ4における水素先進技術研究センターにおける設備仕様に反映する。

テーマ／担当	2021年度計画	2021年度進捗
HDV用の充填技術等に関する調査・研究 (◎タツノ、トキコシステムソリューションズ、JARI)	HDVの充填に関わる詳細ニーズや性能について最新技術や海外動向を調査し、主要なコンポーネントの性能評価を行う。また、充填シミュレーションモデルの境界条件を導く。	HRS全体検討に引き続き、ディスプレイの詳細仕様の検討を実施した。 HDV充填プロトコルを見据えたシミュレーションモデルを作成し評価を開始。 HF/MF/LF 各構成機器のCv値評価中、今後充填ユニットを用いて評価予定。 HDV用の水素充填プロトコルの開発動向調査した。

3. 研究開発成果について

実施項目3：HDV用の充填技術等に関する調査・研究（タツノ）

水素先進技術研究センターの詳細整備に向けた検討



	CV値 (計算値)	
	H70 (現行)	H70MF×2
流量計	0.16	0.16
調節弁	0.15	0.25
熱交換器	0.6	0.6
フィルタ	0.25	0.3
離脱カップリング	0.1	0.4
充填ノズル	0.17	0.4
ホース	0.4	0.4
全体	0.059	0.094

HDV用の水素充填プロトコルの開発動向調査

	欧州	米国	日本
圧力 (MPa)	35, 50, 70	70	70
目標の充填速度	8 kg/minで10分	8 kg/minで10分以内 (2030) 10 kg/minで6分 (2050)	80 kgを10分程度 (初期圧10 MPa)
最大航続距離	1,000 km	960 km (2030) 1,200 km (2050)	
最大流量	300 g/s (H70HF)	300 g/s (H70HF)	180g/s (H70MF*2)

3. 研究開発成果について

実施項目4：HDV等の新プロトコル対応に係る技術検証（JARI, HySUT）

- HDV用HRSの実用化を検証するために、HDV用に特化した水素充填や計量関連技術等の試験評価が可能な水素先進技術研究センターを整備する。

テーマ／担当	2021年度計画	2021年度進捗
HDV等の新プロトコル対応に係る技術検証 (©JARI, HySUT)	水素先進技術研究センター検討委員会、同WGにおいて、実施項目3と連携しながら、設備仕様等を決定し、水素先進技術研究センターの整備を進める。	<ul style="list-style-type: none">■ 水素先進技術研究センター検討委員会、同WGにおいて、詳細仕様決定、建設および建設後の技術検証内容の策定等を決定した。■ センター建設の進捗状況を報告するとともに運営体制を検討した。■ 2022年秋頃からの実証試験に向けて、水素先進技術研究センターの整備を進めた。■ H70MF×2（水素流量最大90g×2=180g/s）系統充填をベース仕様として、今後実証試験を進める。

3. 研究開発成果について

実施項目4：HDV等の新プロトコル対応に係る技術検証（JARI, HySUT）

充填性能目標：80kgの水素充填が可能な容器に初期圧10MPaから10分程度で充填完了

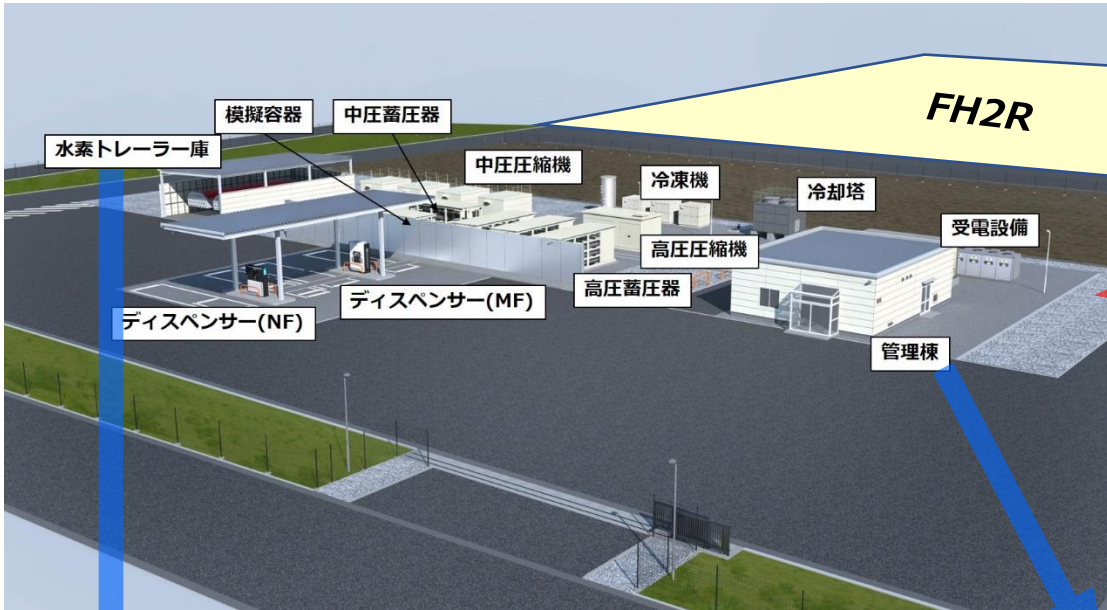
機器類の詳細仕様は下表のとおり。

機器名	仕様
水素受入設備	●水素トレーラー（約2,500Nm ³ （220kg））2台設置（水素トレーラーはFH2R所有）
中圧水素圧縮機	●吸入圧力：0.6MPa、吐出圧力：45MPa ●レシプロ式 300Nm ³ /h 4台 計1,200Nm ³ /h（100kg/h）
高圧水素圧縮機	●吸入圧力：35MPa、吐出圧力：87.5MPa ●ブースター式 900Nm ³ /h 2台 計1,800Nm ³ /h（160kg/h）
中圧蓄圧器	●圧力：45MPa ●TYPE1 400リットル 9本 計3,600リットル（110kg）
高圧蓄圧器	●圧力：87.5MPa ●TYPE1 300リットル 18本 計5,400リットル ●TYPE3 300リットル 9本 計2,700リットル ⇒ 計8,100リットル（390kg）
ディスペンサー① （H70MF×2）	●JPEC-S 0003（SAE J2601）ベース MF及び将来の新規格案対応 ●H70MF×2（水素流量：最大90g×2=180g/s）
ディスペンサー② （H70NF×2）	●JPEC-S 0003（SAE J2601）ベース ●H70NF×2（水素流量：最大60g×2=120g/s）
模擬容器(定置式)	●圧力：87.5MPa ●TYPE2 200リットル 10本 計2,000リットル（80kg@70MPa、15℃）

3. 研究開発成果について

実施項目4：HDV等の新プロトコル対応に係る技術検証（JARI, HySUT）

2022年10月末の完成に向けて、工事は順調に進捗中。



建設地：福島県浪江町のFH2R隣接地



稼働開始予定：2022年11月



現地工事の状況（2022/6/7）

3. 研究開発成果について

実施項目5：高圧水素計量技術に関する国際協調（産総研）

- 我が国の水素計量技術の優位性を確認し、国内水素計量器並びに水素ディスペンサーメーカーの国際競争力強化に繋がり、関連業界の活性化に貢献する。

テーマ／担当	2021年度計画	2021年度進捗
高圧水素計量技術に関する国際協調 (◎産総研)	諸外国で水素燃料計量用として使用されている高圧水素用流量計の計量性能（流量特性・圧力損失・熱損失）比較を行う。	国家標準にトレーサブルな臨界ノズルを用いて国内外の高圧水素用コリオリ流量計の評価試験を行った。

国内製と海外製の計量性能比較 → 仲介器（流量計・MM法計量精度検査装置）の選定

3. 研究開発成果について

実施項目5：高圧水素計量技術に関する国際協調（産総研）

国内外の高圧水素用コリオリ流量計の主な仕様

メーカー	国	主な仕様
A社	日本	最大流量5.0 kg/min、パルスレート1 g/pulse
B社	日本	最大流量 12.0 kg/min、パルスレート1 g/pulse
C社	米国	最大流量5.0 kg/min、パルスレート1 g/pulse
D社	ドイツ	最大流量4.0 kg/min、パルスレート1 g/pulse
E社	ドイツ	最大流量5.0 kg/min、パルスレート0.1 g/pulse
F社	ドイツ	最大流量7.5 kg/min、パルスレート0.0125 g/pulse

4. 今後の見通しについて

本研究開発の成果として、高度化されたマスターメーター法計量精度検査装置は様々な燃料電池モビリティに対する水素ディスペンサーの計量精度検査に活用が期待される。国際標準に準拠するためにも更なる高度化を目指していく。

今秋に完成予定の低圧大流量水素試験設備や水素先進技術研究センターにおいて、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や充填技術のに関する実証試験を開始する予定である。

HDVの充填技術について、北米・欧州ではHF充填（最大流量 300 g/s）が研究開発されている。日本は率先して、LDV用H70と互換性のあるH70MFx2充填（最大流量 180 g/s）の普及を目指すため、水素先進技術研究センターにおいて、H70MFx2充填及び計量の技術検証および国際基準調和・国際標準化活動に資するデータの取得を進める。また、水素先進技術研究センターの長期利活用のため委員会で産業界ニーズを議論する。

5. 他の事業との連携について

実施項目 1～3：

HY-01「本格普及期に向けた次世代水素ステーション・充填技術の研究開発」事業と事業連携する。具体的には、

- 水素ディスペンサーやマスターメーター法計量精度検査装置、配管、要素機器等に関する熱容量の評価を行い、HY-01事業における低コスト対応プロトコルおよびHDV用大流量に対応する水素充填プロトコルの開発の加速化

実施項目 4：

HY-03「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」事業と事業連携することで、HDV用水素充填プロトコルの国際審議を誘導する。具体的には、

- HY-03事業から、HDV用大流量に対応する水素充填プロトコル規格：ISO19885の国際審議状況を本事業に提供
- 本事業からは実施項目4で今後取得する充填プロトコル開発に資する評価データをHY-03事業に提供