

発表No.A2-19

競争的な水素サプライチェーン構築に向けた技術開発事業/ 水素ステーションの低コスト化・高度化に係る技術開発/ マルチフロー対応水素計量システム技術に関する研究開発

森岡敏博（産総研）

国立研究開発法人産業技術総合研究所

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

2024年7月19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

事業概要

1. 期間

開始 : 2023年6月

終了（予定） : 2028年3月

2. 最終目標

HDVだけでなく様々なモビリティに対応できる水素インフラにおける水素充填（NF充填からMF-Twin充填まで、Light Duty VehiclesからHeavy Duty Vehiclesまで）に対応した高レンジアビリティかつ高精度・高応答性のマルチフロー対応水素計量システム技術を開発する。これらの技術確立を達成することにより、水素インフラにおける消費者保護のための水素商取引の適正化に貢献する。

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

水素は再生可能エネルギーとともに次世代エネルギーとして、2050年カーボンニュートラル達成へ向けた「グリーン成長戦略」において重要分野の1つとして位置付けられている。水素利活用の拡大のために、バス、トラックやトレーラーなど大型商用車“Heavy Duty Vehicles (HDV) ”、鉄道、船舶などの大型モビリティを普及させる取組が政策的に行われている。海外でもHDVの普及に向けた研究開発プロジェクトが多数進められている。

我が国では、HDVへの充填技術・プロトコルや計量技術の開発を目的として福島水素充填技術研究センターが整備され、2022年11月に運用が開始された。同センターでは、従来の水素ステーションで燃料電池自動車への水素充填に用いられているNormal Flow充填ラインを2系統有したNF-Twin型水素ディスペンサー（最大流量120 g/s）とともに、商用車対応のMedium Flow充填ラインを2系統有したMF-Twin型水素ディスペンサー（最大流量180 g/s）が整備されている。一方、欧州を中心として、商用車向けへの水素充填ではHigh Flow充填と呼ばれる最大流量300 g/sの充填技術の開発が進められている。今後のHDV等の社会実装のためには、これらの様々な充填技術の開発成果に対応した計量技術の開発及び高度化が必須であり、急務である。

本開発事業では、福島水素充填技術研究センターをはじめとする国内の水素実流試験設備を活用し、水素インフラにおけるNF充填からMF-Twin充填までのマルチフロー対応可能な水素計量システム技術を開発する。これらの先導的研究開発を進め、水素インフラにおける消費者保護のための適正な水素商取引に資する水素計量技術を確立する。

2. 研究開発マネジメントについて

◆ 研究開発の目標と目標設定の考え方（根拠）

本開発事業では、福島水素充填技術研究センターをはじめとする国内の水素実流試験設備を活用し、水素インフラにおけるNF充填からMF-Twin充填に対応可能な水素計量システム技術を開発することを目標とする。

福島水素充填技術研究センターではMF-Twin充填による実証が可能であり、HF充填に関する調査研究とともに、技術開発とデータの取得を進めることが世界を先導した国際基準の確立に貢献できるものと考えた。

2. 研究開発マネジメントについて

◆ 実施項目

テーマ1：水素大流量標準の開発（統括：産総研）

テーマ2：マルチフロー対応水素計量システム技術の開発（統括：トキコ）

S2-1：NF計量精度検査装置2ユニットでの計量実証（担当：◎産総研・トキコ）

S2-2：NF計量の精度向上、利便性向上と低コスト化（担当：◎タツノ・トキコ・産総研）

S2-3：ワイドレンジアビリティかつ高精度、高応答の水素計量技術の開発（担当：◎タツノ・トキコ・産総研）

S2-4：MF-Twin計量精度検査装置1ユニット（ツインマスターメーター法計量精度検査装置）の開発（担当：◎トキコ・タツノ・産総研）

S2-5：高精度、高安定な流量測定を裏付ける試験装置の拡充（担当：◎タツノ・トキコ）

テーマ3：水素計量の高精度化検討（統括：タツノ）

S3-1：マスターメーター法計量精度検査装置の基準化（担当：◎トキコ・タツノ・産総研）

S3-2：検査方法と検査周期の適正化（ガイドラインの見直し）（担当：◎HySUT・トキコ・タツノ）

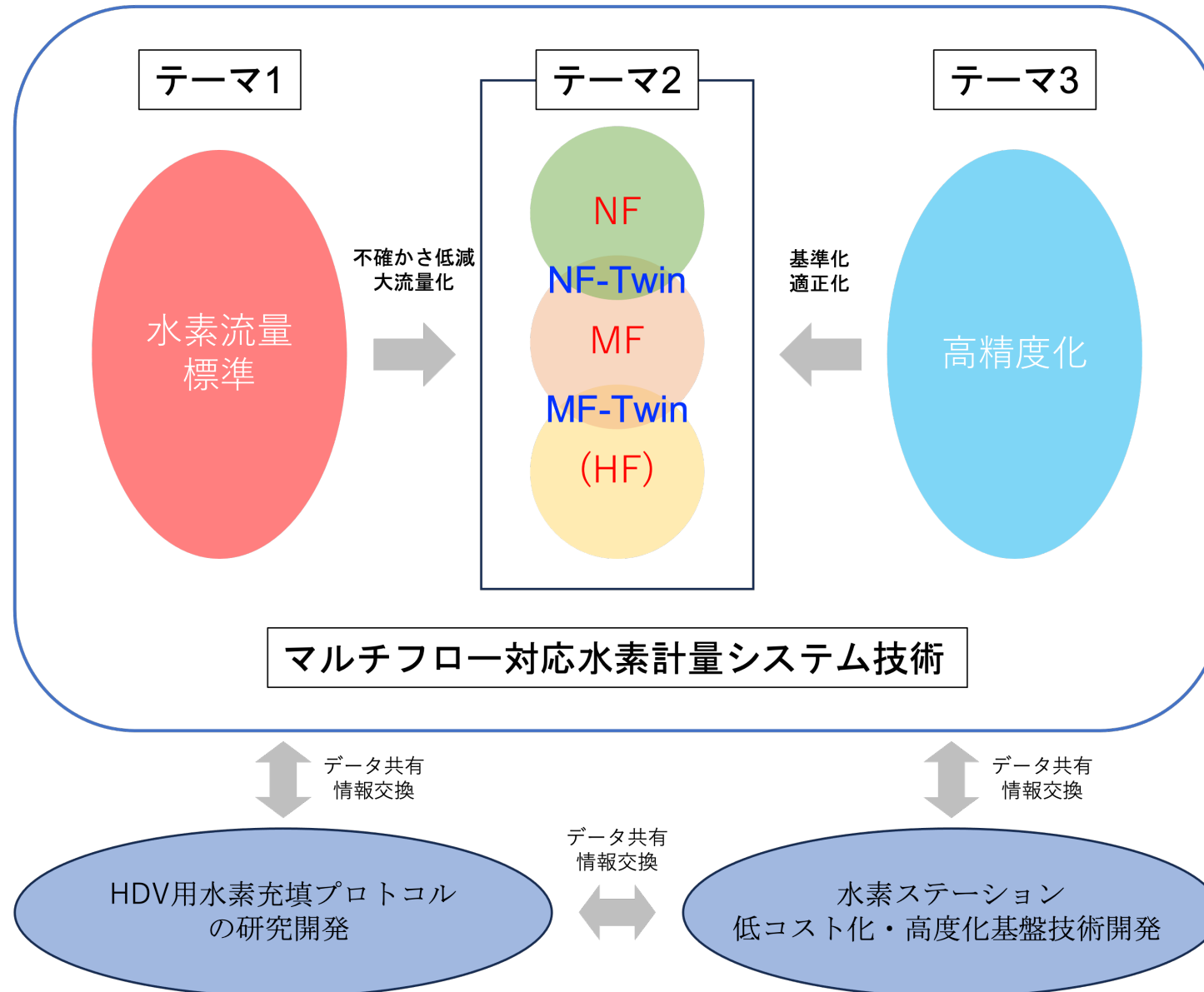
2. 研究開発マネジメントについて

◆ 研究開発のスケジュール

実施項目	2023FY	2024FY	2025FY	2026FY (予定)	2027FY (予定)
水素大流量標準の開発		校正設備拡張			
		MF対応基準流量計開発			実証試験
		ビルドアップ法改良			
マルチフロー対応水素計量システム技術の開発	S2-1：MF対応計量技術の課題抽出			S2-2：低コスト化	
	S2-2：精度影響要因抽出・改善&実地試験		S2-2：精度向上&利便性向上		
	S2-3：NF～MF			S2-3：MF～MF-Twin	
	S2-4：設計・製作	S2-4：評価&クロスチェック		S2-4：実証試験	
			S2-5：評価試験		
水素計量の高精度化検討	S3-1：要求事項基準値検討		S3-1：基準値検証	S3-1：評価用検査装置製作&実証試験	
	S3-2：要因調査				
		S3-2：検査方法と検査周期見直し			
		S3-2：計量検査実証（継続）&充填・品質ガイドラインとの協調			

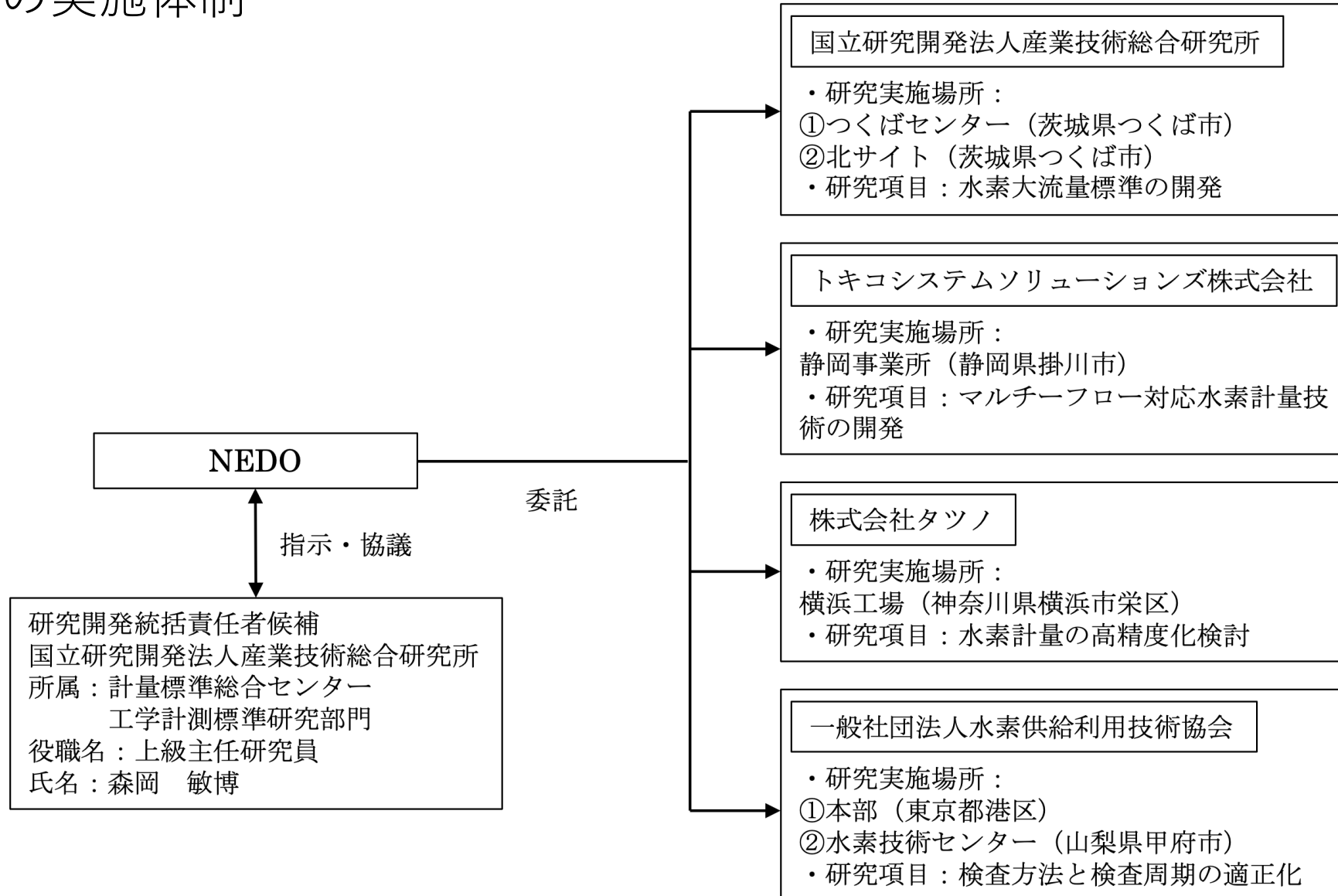
2. 研究開発マネジメントについて

◆ 研究開発のイメージ



2. 研究開発マネジメントについて

◆ 研究開発の実施体制



2. 研究開発マネジメントについて

◆ 研究開発の進捗管理（マネジメント）

取り組み推進にあたっては、効率的かつスリムな運営体制を敷くべく、極力新たな会議体の設置は抑えることとする。事業の推進にあたっては、HySUTを事務局とする水素計量タスクフォースを開催して事業計画および進捗報告を行い、委員からの助言を仰ぎ、本研究開発事業に反映させる。タスクフォースメンバーは、事業受託者、水素計量器等の関連機器メーカー、燃料電池実用化推進協議会（以下FCCJ）等とする。

◆ 知的財産戦略に関する取り組み

本開発事業を円滑に遂行し、その成果を事業活動において効率的に活用することを目的とした「知的財産及び研究開発データの取り扱いについての合意書」を事業実施者間で取り交わした。

3. 研究開発成果について

◆ 研究開発項目毎の目標と達成状況

実施項目	目標 (23-24年度)	成果	達成度	今後の課題と解決方針
水素大流量標準の開発	水素大流量試験設備の整備	環境評価や定積槽温度安定化用水槽の性能評価を行い、改善点を抽出	○	改修による効果を確認ののち、運用に向けた性能・不確かさ評価の実施
マルチフロー対応水素計量システム技術の開発	①MF-Twinでの実証と検査装置への仕様落とし込み ②計量誤差要因の抽出 ③NF/MF互換充填の実施 ④MF対応検査装置の設計と製作 ⑤実流装置性能調査	①夏季/冬季での実証試験実施 ②重量法・MM法の比較実施 ③実証試験実施 ④MF対応検査装置の設計着手 ⑤評価実施中、試験法が異なる	① ○ ② ○ ③ ○ ④ ○ ⑤ ○	①実証試験の継続 ②誤差要因影響度調査 ③計画内容の実施 ④設計要件を反映した検査装置の製作 ⑤統一的評価方法検討
水素計量の高精度化検討	①MM法において、CV値や熱マス、圧損等の実力把握 ②クロスチェック試験でMM法の妥当性を再評価	①測定できた、影響度検討開始 ②クロスチェック試験実施（2ヶ所）	① ○ ② ○	①基準化検討する ②クロスチェック試験の継続

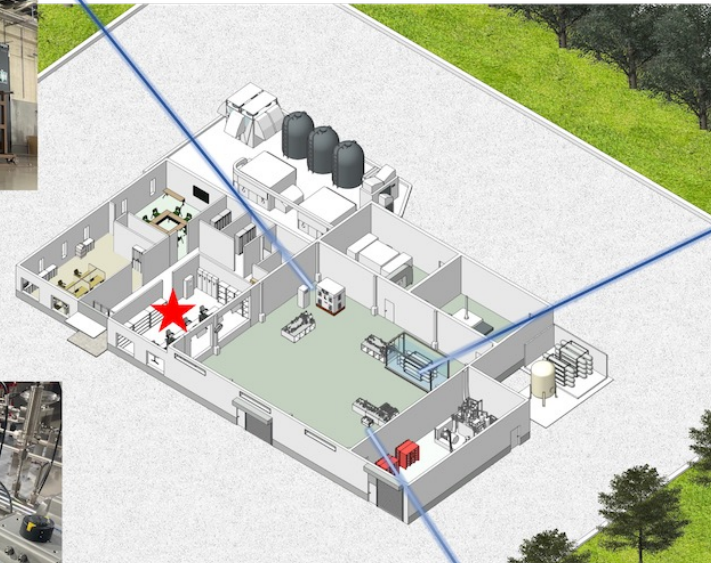
3. 研究開発成果について

◆ テーマ 1 : 水素大流量標準の開発

水素大流量試験設備に設置されている定積槽方式試験設備において、定積槽内の温度むらや安定時間短縮のため、水槽内の循環装置の改修を行い、効果を確認中



衡量法試験装置



定積槽法試験装置



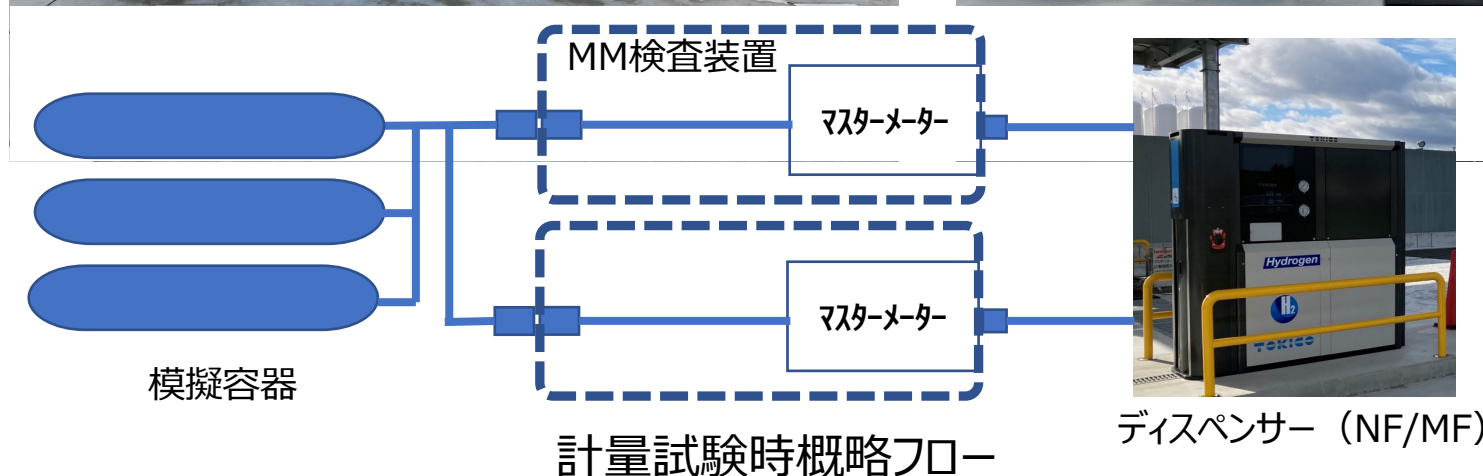
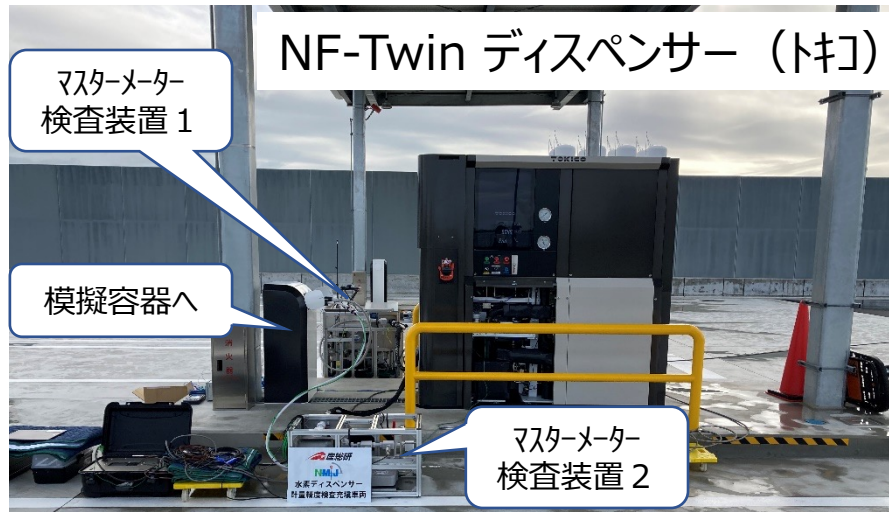
閉ループ式試験装置

3. 研究開発成果について

◆ テーマ2：マルチフロー対応水素計量システム技術の開発

S2-1：NF計量精度検査装置2ユニットでの計量実証

・福島水素充填技術研究センターにて夏季/冬季でのTwinディスペンサー計量実証を実施
⇒容器容量、温度（プレクール、環境）の違いによる計量への影響を評価中（今後も継続）



【2023】
・8/22-31（夏）
【2024】
・1/15-26（冬）
・3/11-15

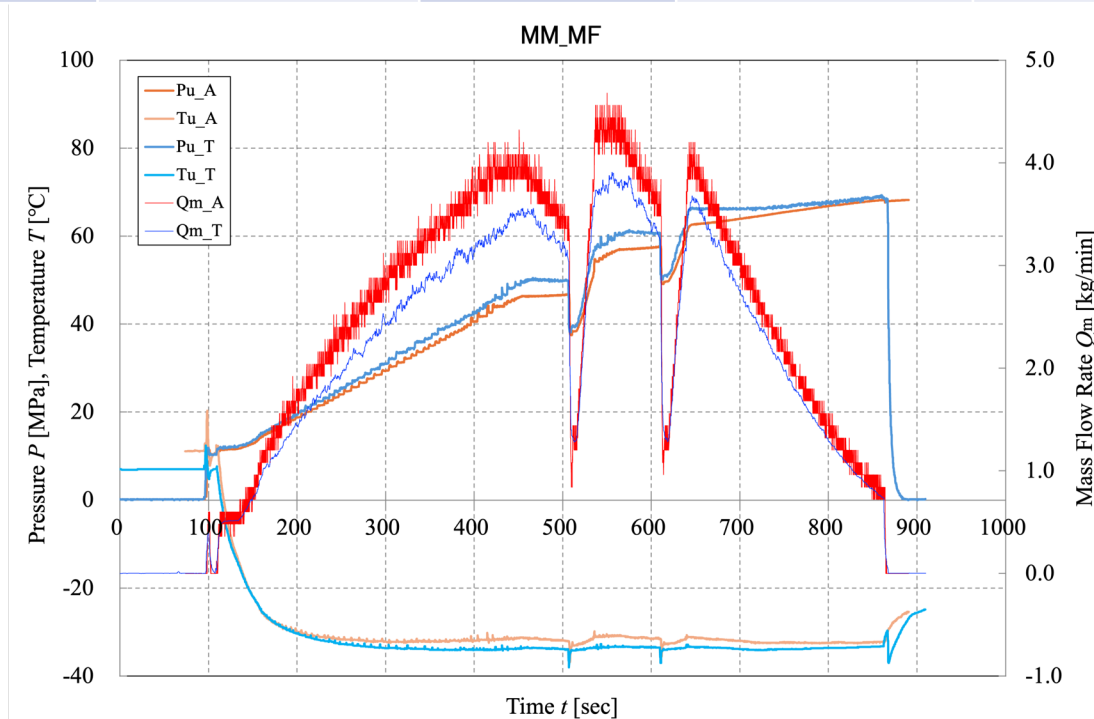
・7/22-26（夏）
予定

3. 研究開発成果について

◆ テーマ2：マルチフロー対応水素計量システム技術の開発

S2-1：NF計量精度検査装置2ユニットでの計量実証

Nozzle No.	Volume of storage tanks [L]	Initial pressure [MPa]	Flow rate type [g/s]	Pre-cooling condition	APRR S.P. [MPa/min]	Device name	DSP [kg]	MM [kg]	Error [%]
MF-1	2060	10	H70MF x 2 180 (90 x 2)	T40	7.4	MM_A	33.056	33.060	-0.01
MF-2						MM_T	29.250	29.275	-0.09



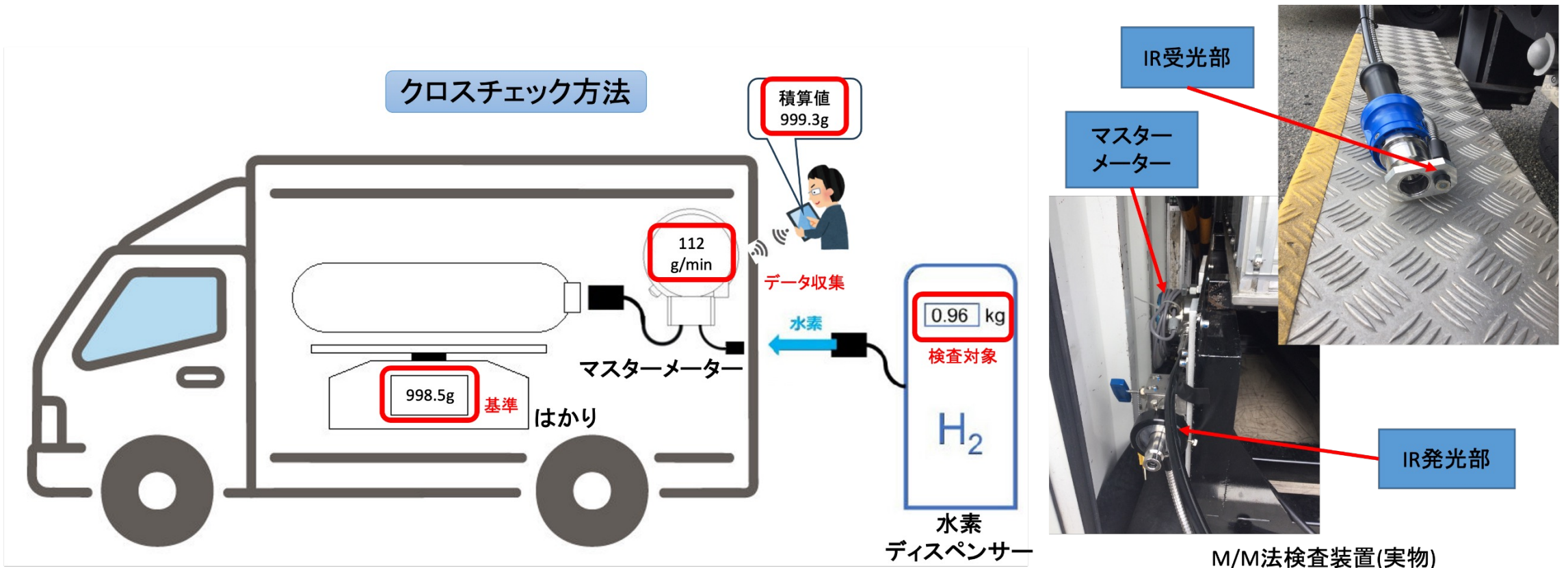
添字
A：産総研MM法装置
T：トキコMM法装置

3. 研究開発成果について

◆ テーマ2：マルチフロー対応水素計量システム技術の開発

S2-2：NF計量の精度向上、利便性向上と低コスト化

- ・実績のある重量法だけでなく、マスターメーター法の可能性を調査する。
従来の重量法計量車に、車載可能なコンパクトなマスターメーター法装置を導入した。
重量法とのクロスチェックを行い十分な精度であることの確認を行う。
- ・コスト、利便性の調査を行い、理想的な計量検査方法を検討する。



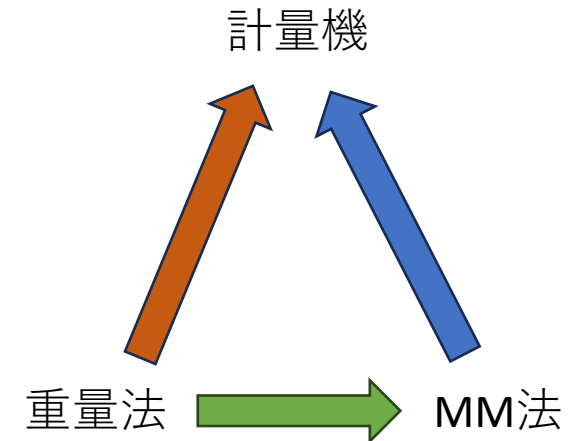
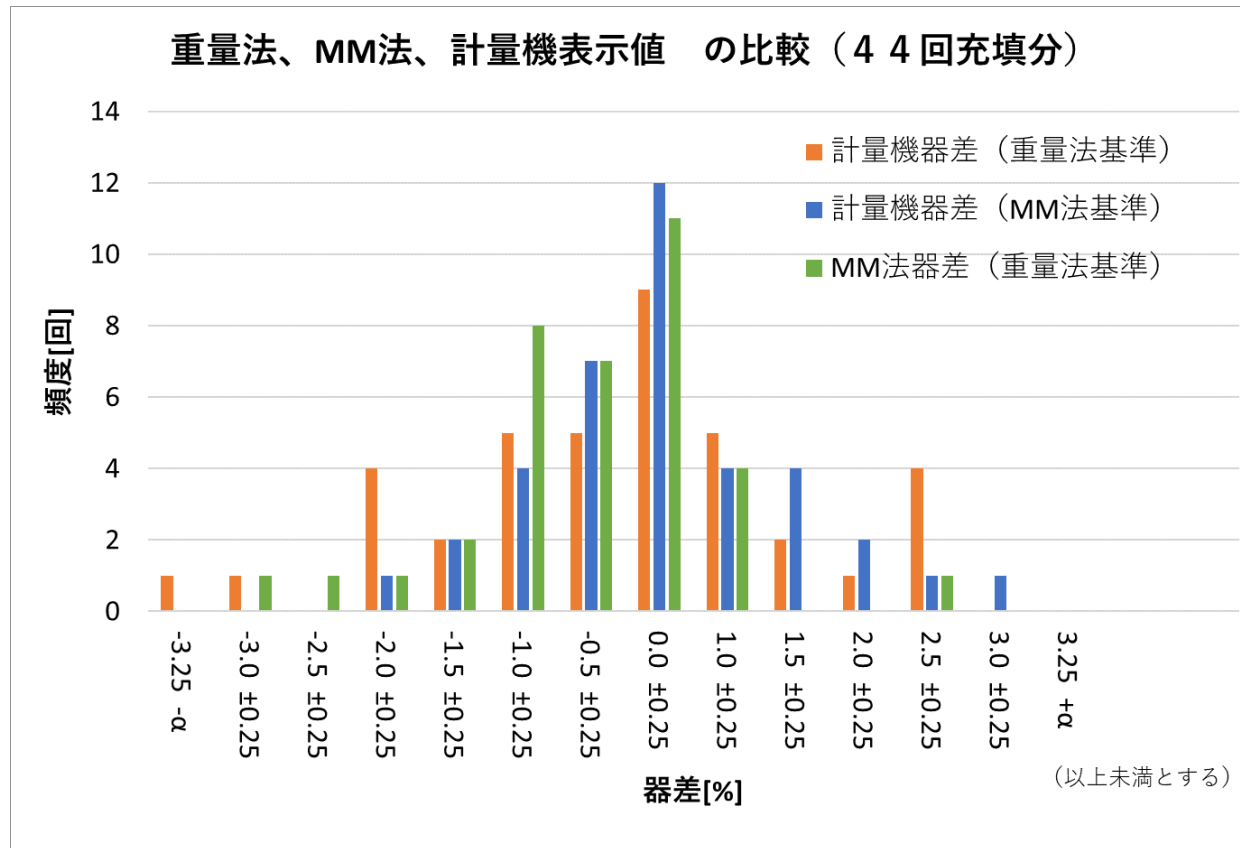
3. 研究開発成果について

◆ テーマ 2：マルチフロー対応水素計量システム技術の開発

S2-2：NF計量の精度向上、利便性向上と低コスト化

■ クロスチェック試験結果

計量機の表示値、重量法での測定値、MM法での測定値 には、特定の傾向はなく、差異は少ない。
現時点では試験回数が不十分なので、今後も継続して調査を行っていく。



3. 研究開発成果について

◆ テーマ 2 : マルチフロー対応水素計量システム技術の開発

S2-3 : ワイドレンジアビリティかつ高精度、高応答の水素計量技術の開発

NF/MF互換充填評価のため、福島水素充填技術研究センターにおいて、既存のNF及びMF計量精度検査装置を用いた実証試験を実施

試験計画立案中

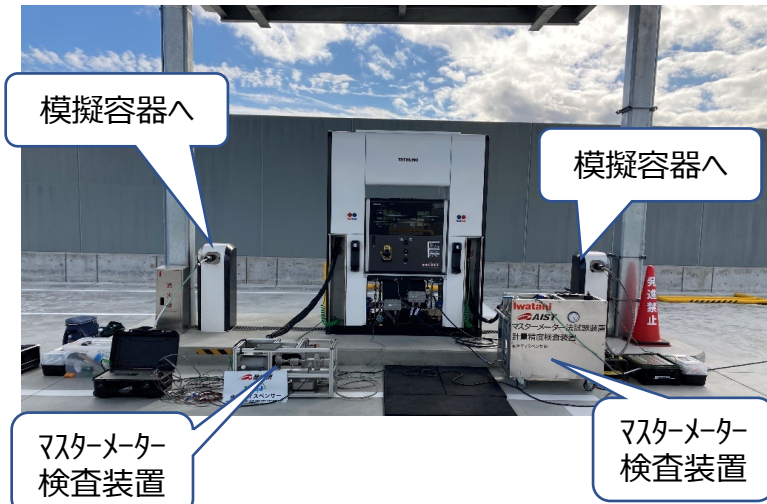
- ・最適な流量計及び、MMユニットの目標仕様を定め、実施準備中。
Normal～Medium～（High）Flowの相互充填影響評価を行う。
- ・各種計量機（NF/MF/MF Twin）⇔（LDV/MDV/HDV）の組合せ充填試験を計画
福島水素充填技術研究センターに設置されているNF、MFディスペンサーを用い、重量法装置、MM法装置でクロスチェックを行う。

3. 研究開発成果について

◆ テーマ2：マルチフロー対応水素計量システム技術の開発

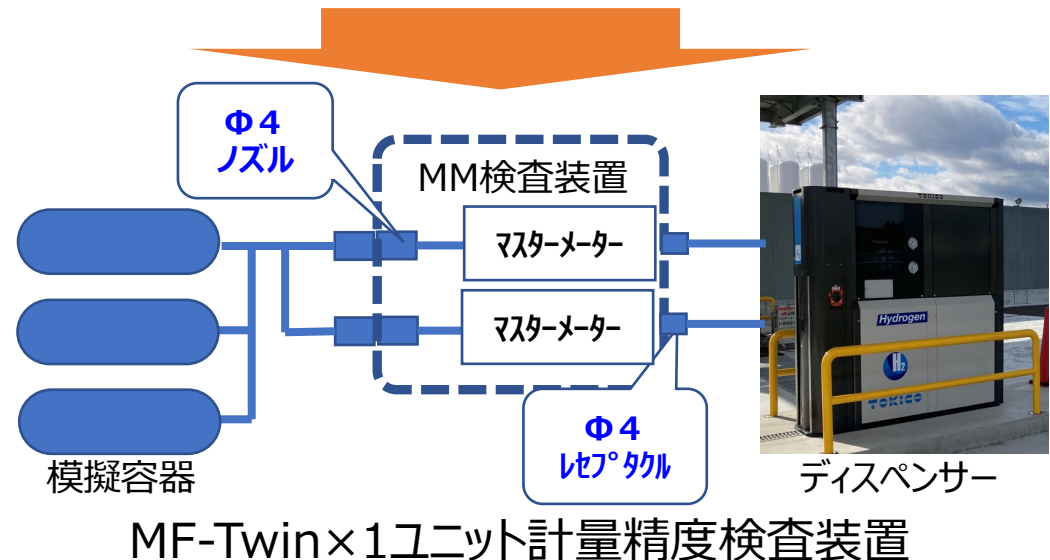
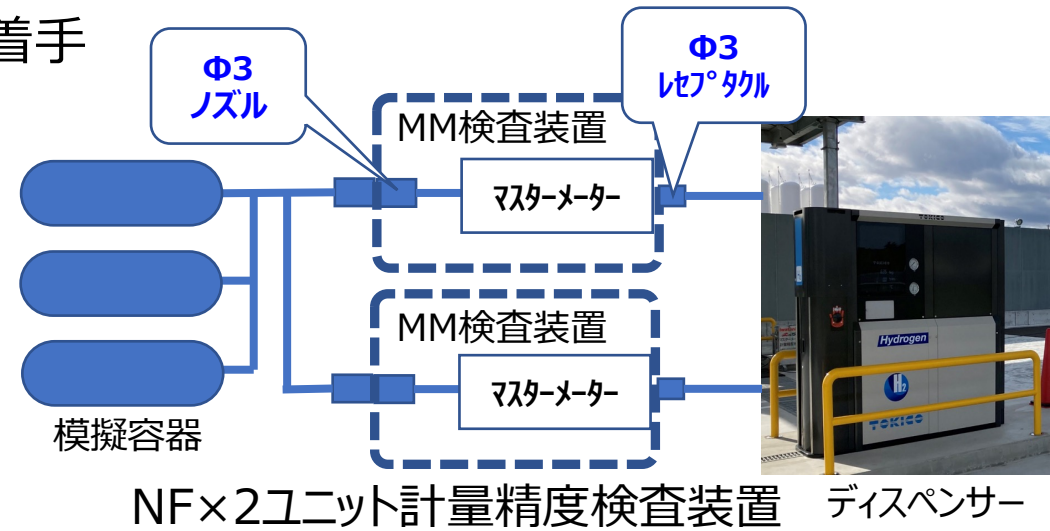
S2-4：MF-Twin計量精度検査装置1ユニットの開発

- ・MF-Twin計量精度検査装置の要件を明確にし設計に着手



【設計要件】

- ✓ MF-Twin充填の計量ができること。
 - ・1Line (in) – 2Line (out)
 - ・2Line (in) – 2Line (out)
- ✓ 計量ラインの使用機器は全てMF対応品
- ✓ 接続は溶接
- ✓ ディスペンサーホース・ノズル位置に対応した取り回しができること。
 - ・片側側面2本ホース
 - ・両側側面2本ホース

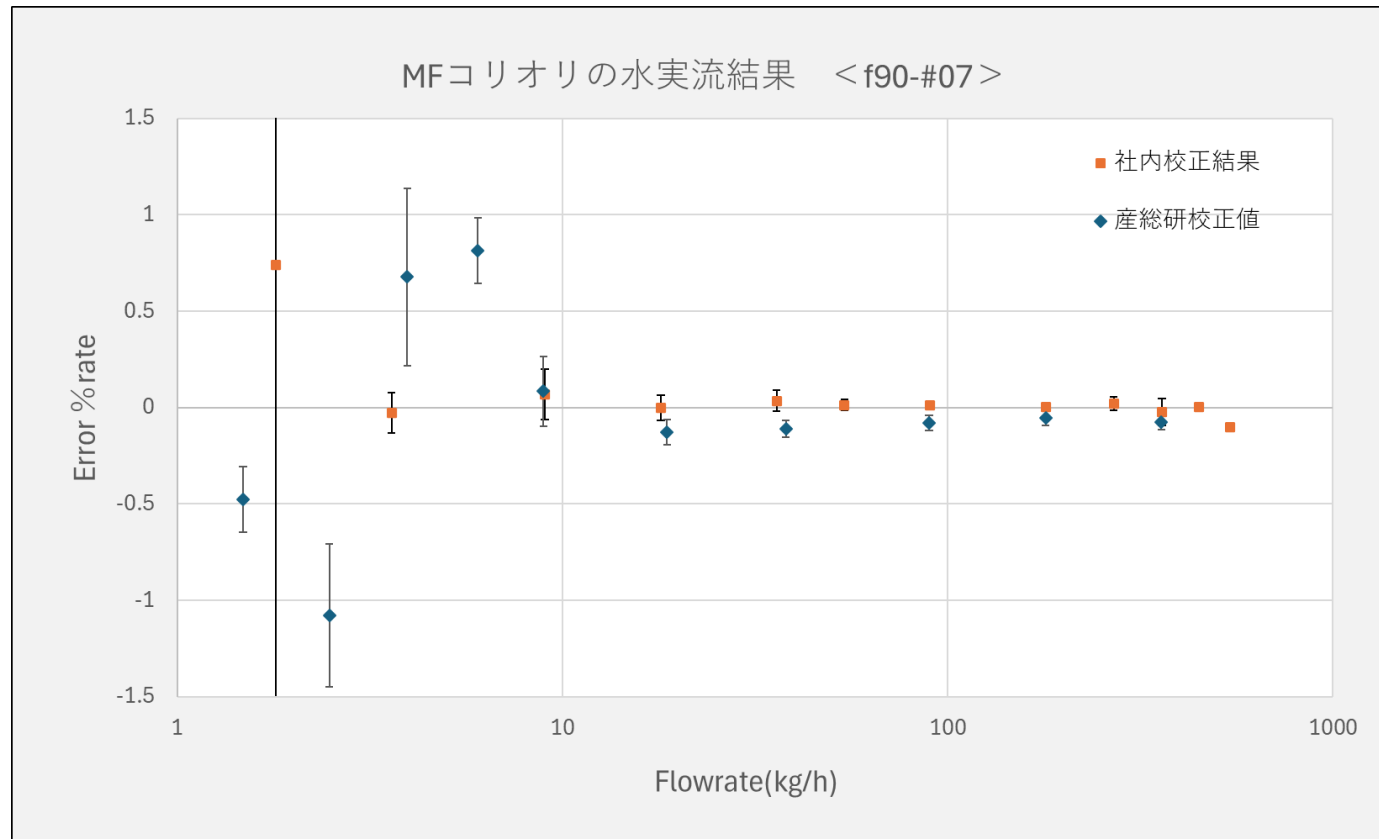


3. 研究開発成果について

◆ テーマ2：マルチフロー対応水素計量システム技術の開発

S2-5：高精度、高安定な流量測定を裏付ける試験装置の拡充

今年度は、社内実流設備の性能調査の一環として、流量計精度のラウンド試験を実施中
(一台のコリオリ流量計を弊社設備と、産総研設備で校正比較)
両者は、中～大流量域での0.1%未満の差異があった。また小流量域の性能を重点調査中



3. 研究開発成果について

◆ テーマ 3 : 水素計量の高精度化検討

S3-1 : マスターメーター法計量精度検査装置の基準化

■ 目的

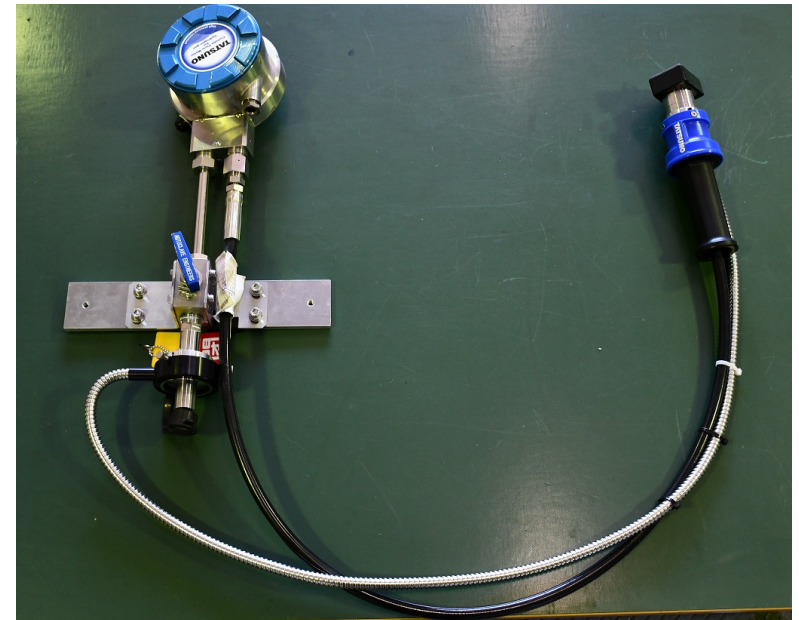
充填や計測性能に影響が少ない、**Cv**値や熱マスの基準範囲を調査する。

■ 従来タイプの問題点

大きさ・重さ（熱マス値）や、圧力損失値（**Cv**値）が適切でないマスターメーター装着時と、非装着時で異なる充填（充填量・温度・圧力曲線、充填時間等）になってしまう。今後の基準化策定のためには、マスターメーターユニットの性能向上が必須であり、目安となる**Cv**値、熱マスの適正值の裏付けが必要になる。

■ 車載MMユニット（右上写真）の、熱マス、**Cv**値測定結果

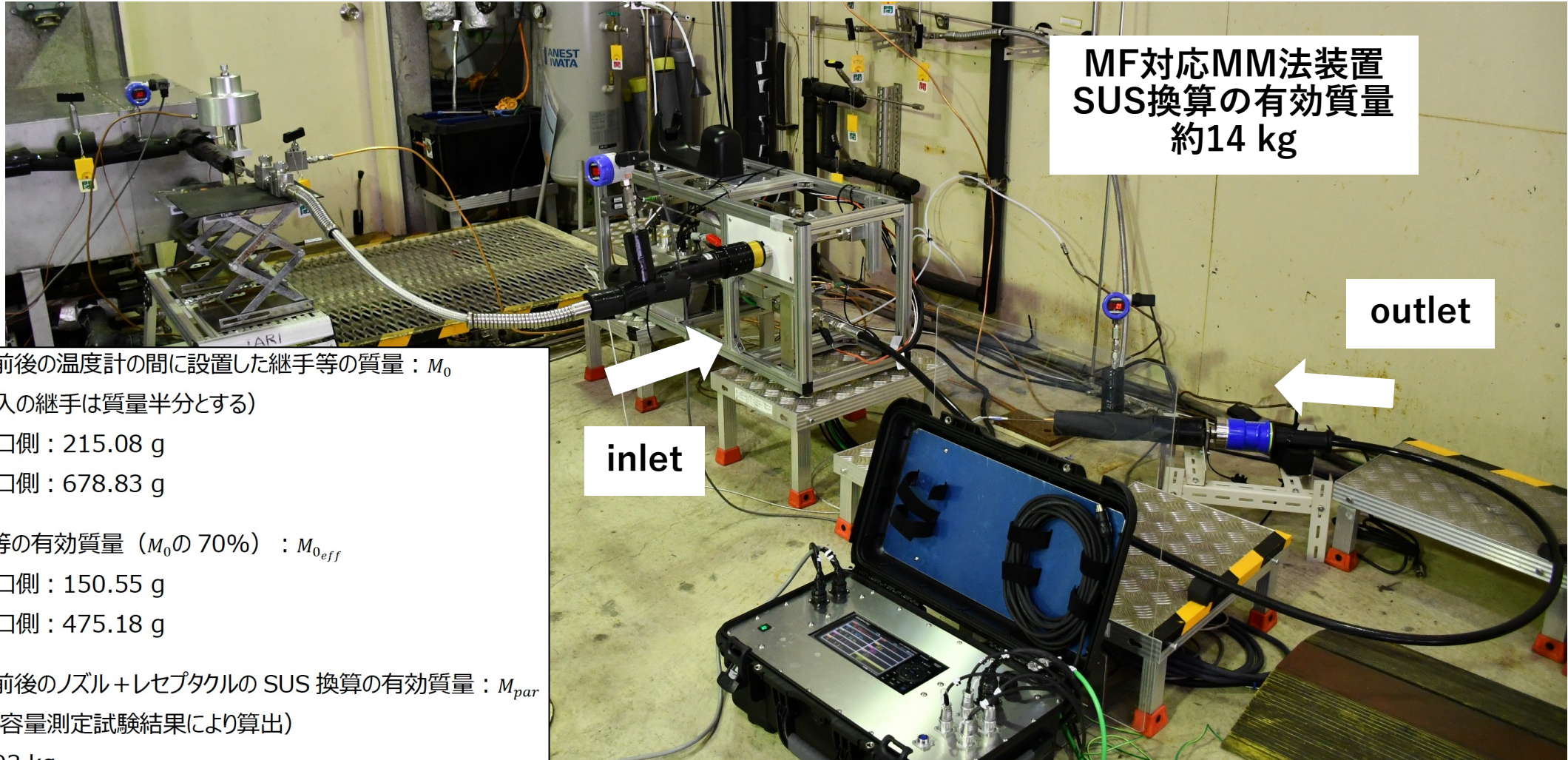
- ・ **Cv**値は0.085 （一般的なディスペンサの**Cv**値0.05～0.08）
⇒MMユニットの圧力損失が大きく、充填に影響を与える可能性がある。
- ・ 熱マスは、SUS換算の有効質量は2.33 kg（平均）、0.88 kg（標準偏差）（JARIに測定依頼）
⇒従来モデル（次ページ）に比べると、約1/6に向上しているが、今後の基準化へ向けて適正かどうか検討する。測定値のばらつきが大きいので、測定値の信頼性、有効性についても確認していく。



3. 研究開発成果について

◆ テーマ 3 : 水素計量の高精度化検討

S3-1 : マスターメーター法計量精度検査装置の基準化



MM 法装置前後の温度計の間に設置した継手等の質量 : M_0

(温度計挿入の継手は質量半分とする)

入口側 : 215.08 g

出口側 : 678.83 g

上記の継手等の有効質量 (M_0 の 70%) : M_{0eff}

入口側 : 150.55 g

出口側 : 475.18 g

MM 法装置前後のノズル+レセプタクルの SUS 換算の有効質量 : M_{par}

(24 回の熱容量測定試験結果により算出)

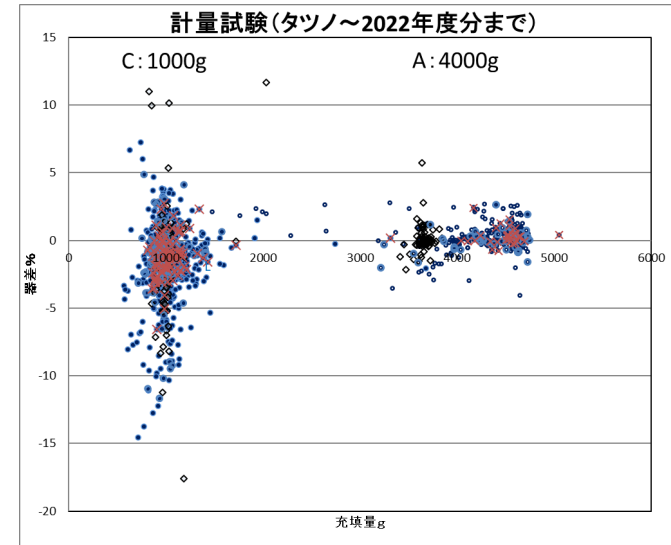
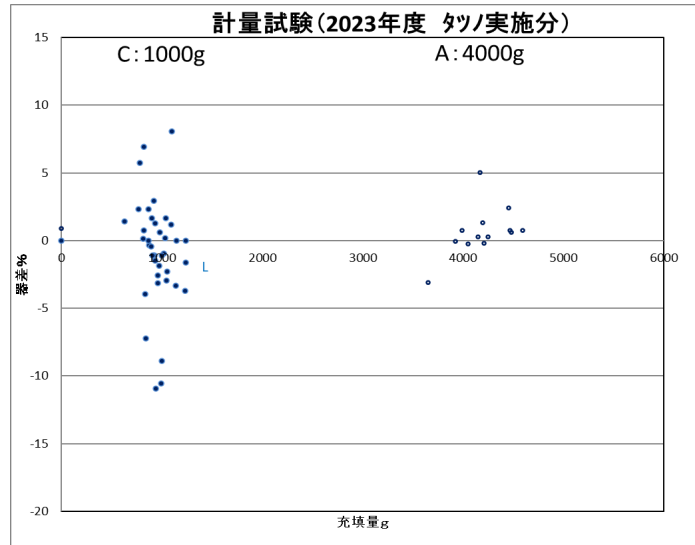
1.93 kg

3. 研究開発成果について

◆ テーマ 3：水素計量の高精度化検討

S3-2：検査方法と検査周期の適正化

■ ステーション試験・タツノ データ ～ 2022年度までと2022年度の比較



2023年度中に、12ステーションで計40回の計量データを取得できた。

■ 考察

2023年度12か所の計量試験を行い、全体的な器差の傾向は2022年までと変わっていない。

従前から、器差10%程度のHRSは、今回も同様な傾向。

前回まで良好なHRSでも、今回から5%超えしたものもあった。

■ 今後の検討

水素ステーションの器差検査を継続して実施し、データを蓄積すると共にデータ分析を行う。

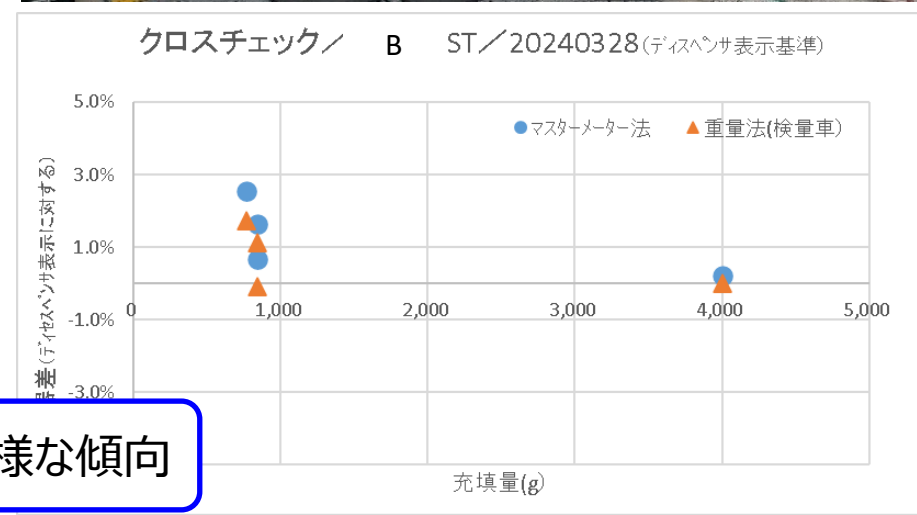
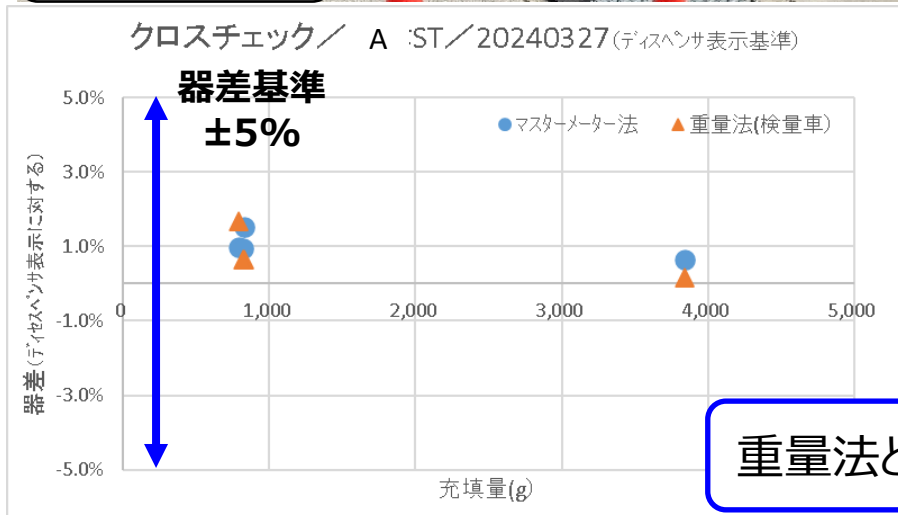
データ分析結果を水素計量タスクフォースにて議論し、水素計量ガイドラインの適正化を目指す。

3. 研究開発成果について

◆ テーマ 3：水素計量の高精度化検討

S3-2：検査方法と検査周期の適正化

- ・実ステーションでの重量法とのクロスチェック試験でマスターメーター法の妥当性評価継続中



重量法とMM法で同様な傾向

3. 研究開発成果について

◆ 学会発表

- [1] MORIOKA T., "Research and Development on Hydrogen Metering Technology for FCHDV in Japan", Workshop: Heavy-Duty Vehicles & Refuelling Infrastructure (Duisburg, Germany) May, 2024.

4. 今後の見通しについて

◆ 実用化・事業化のイメージ（成果がどのように使われるか）

水素計量ガイドラインの適正化により、検査周期の延長などを実現する。これにより、水素計量検査コストを削減することが可能となる。

◆ 実用化・事業化に向けた具体的な取り組み（計画や戦略等）

水素ステーションの器差検査を継続して実施し、データを蓄積すると共にデータ分析を行う。データ分析結果を水素計量タスクフォースにて議論し、水素計量ガイドラインの適正化を目指す。

水素ステーションの自立化へ向けて、JIS B 8576の採用やOIML R139の改正に取り組み、国際標準化を先導していく。