

発表No.B2-4

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

2025年7月16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4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）

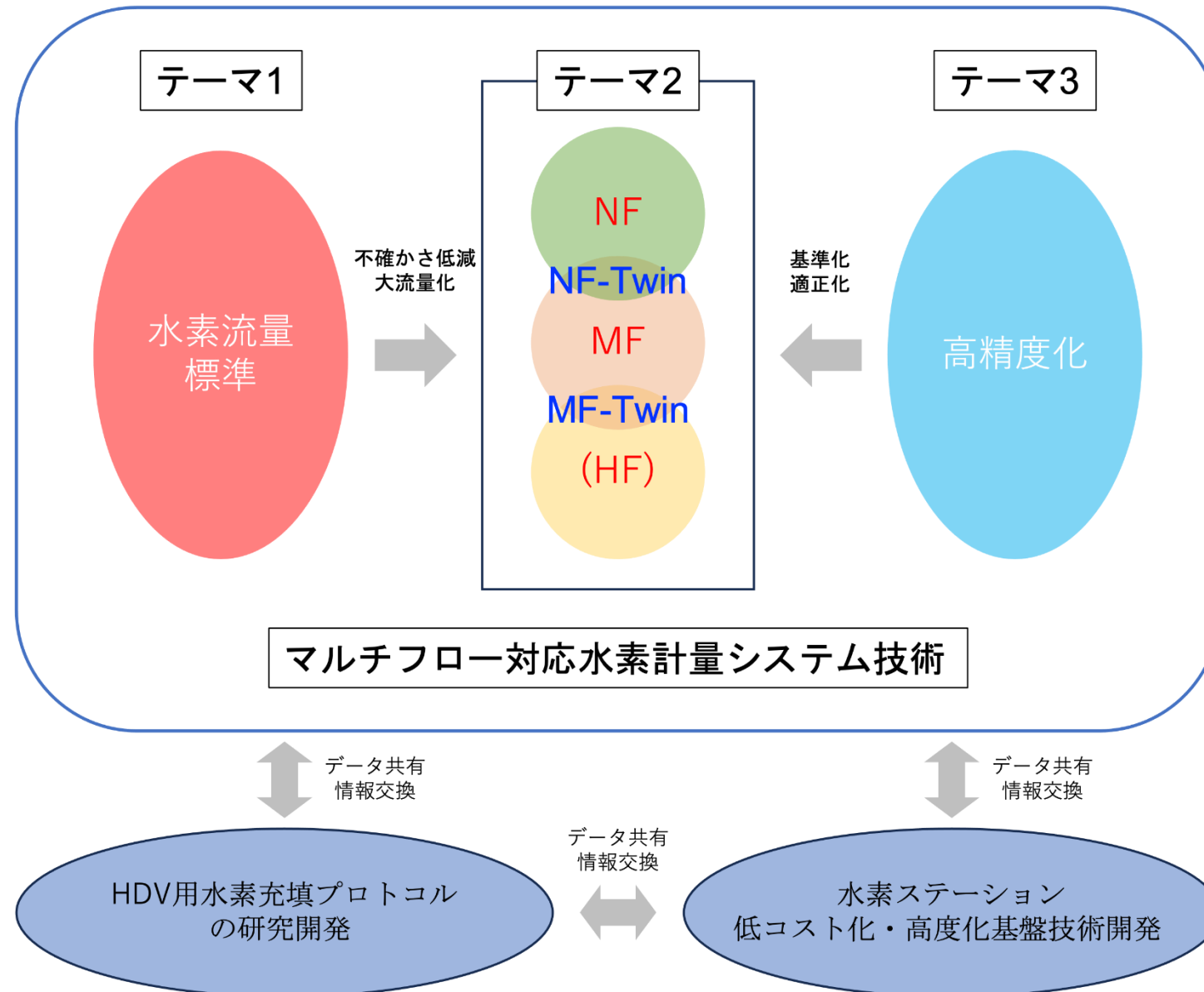
2. 研究開発マネジメントについて

◆ 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			

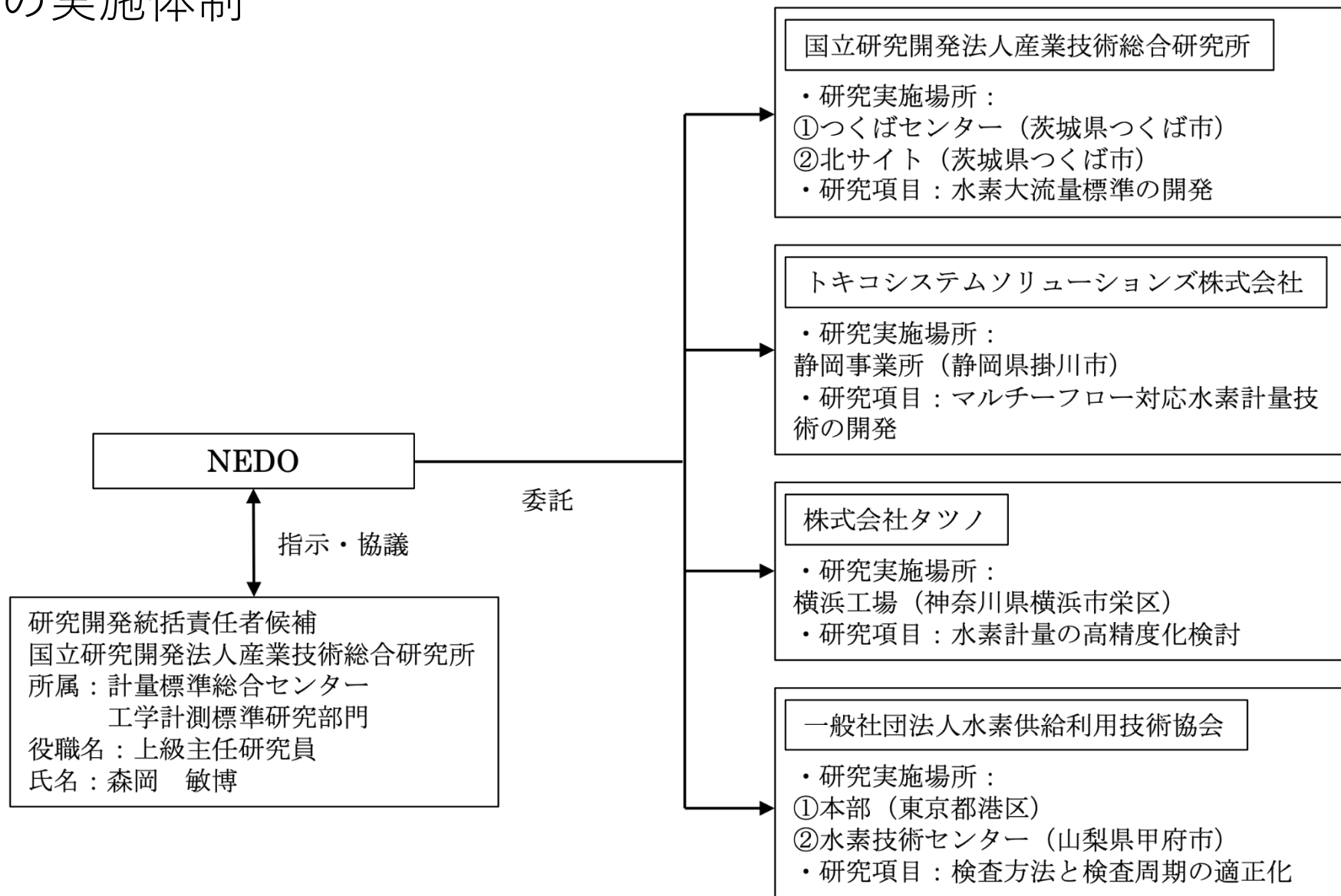
2. 研究開発マネジメントについて

◆ 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。事業の推進に当たっては、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 (24-25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	定積槽方式設備の水溫制御装置の改修により、0.05 °C以内の分布を確認できた。	○	容積測定とその高度化、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対応検査装置の製作完了 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機能評価後、実証試験の実施 ⑤統一的評価方法検討
水素計量の高精度化検討	①MM法の基準化 ②クロスチェック試験でMM法の妥当性を再評価	①課題抽出のための基幹比較を実施した。 ②クロスチェック試験実施（2ヶ所）	① ○ ② ○	①国際比較の準備を進め、基準化を先導する。 ②クロスチェック試験の継続

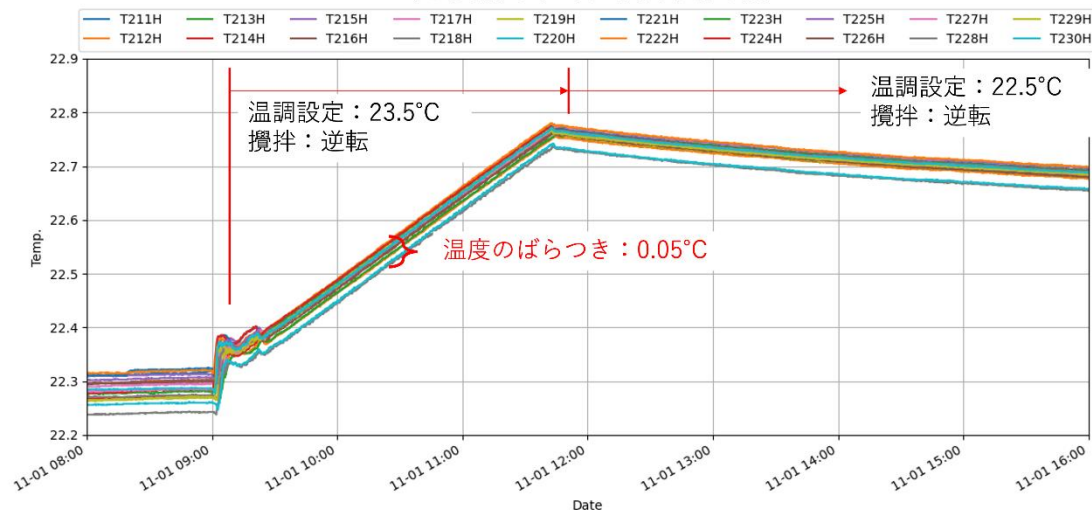
3. 研究開発成果について

◆ テーマ 1：水素大流量標準の開発

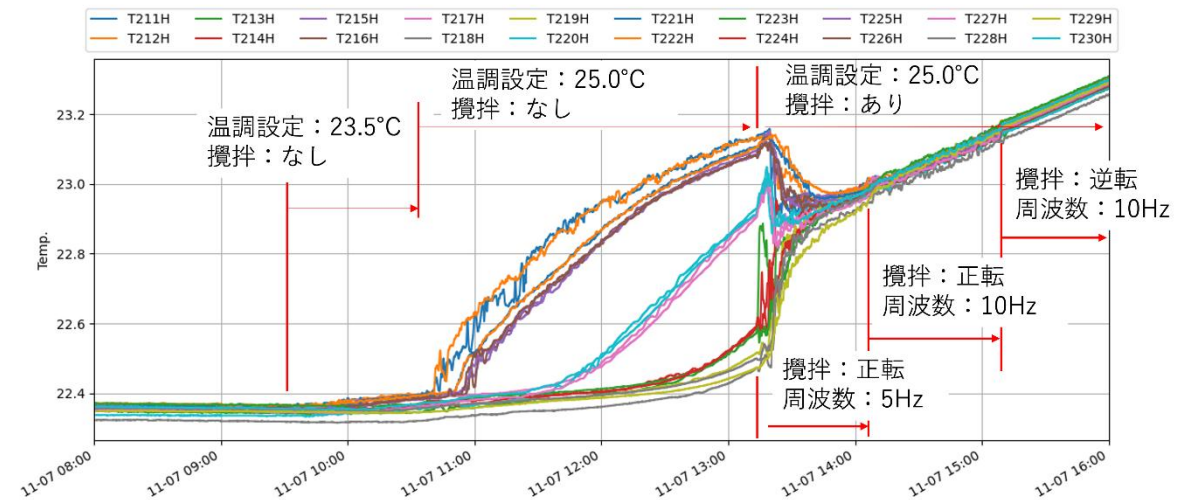
水素大流量試験設備に設置されている定積槽方式試験設備の性能評価を実施中



定積槽水温分布計測試験



加温条件において、水槽内を攪拌する事で水温は均一になる。

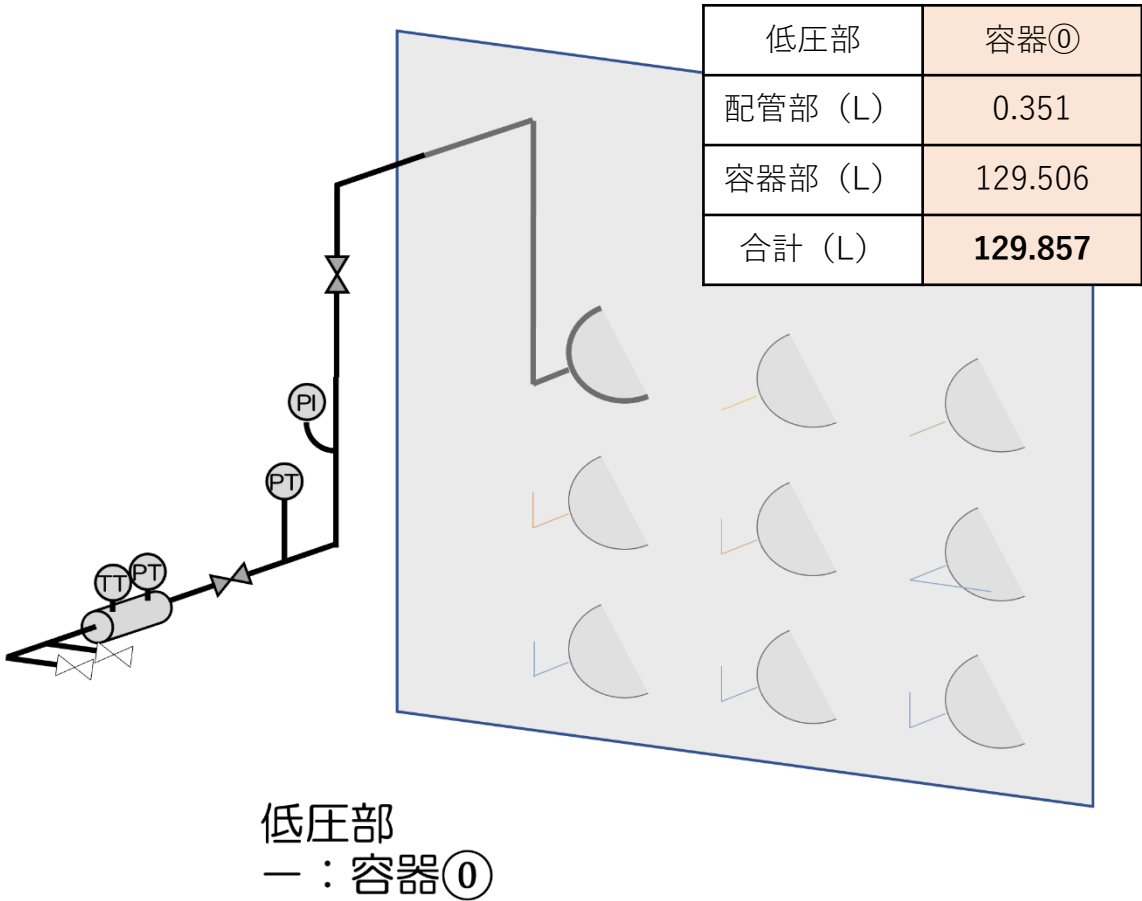


- ・攪拌をせずに加温した場合は水温に温度分布が出来る。
- ・攪拌機インバーター周波数を10Hz程度で十分攪拌できる。
- ・攪拌機の回転方向が逆転方向にて温度計測への影響が小さい。

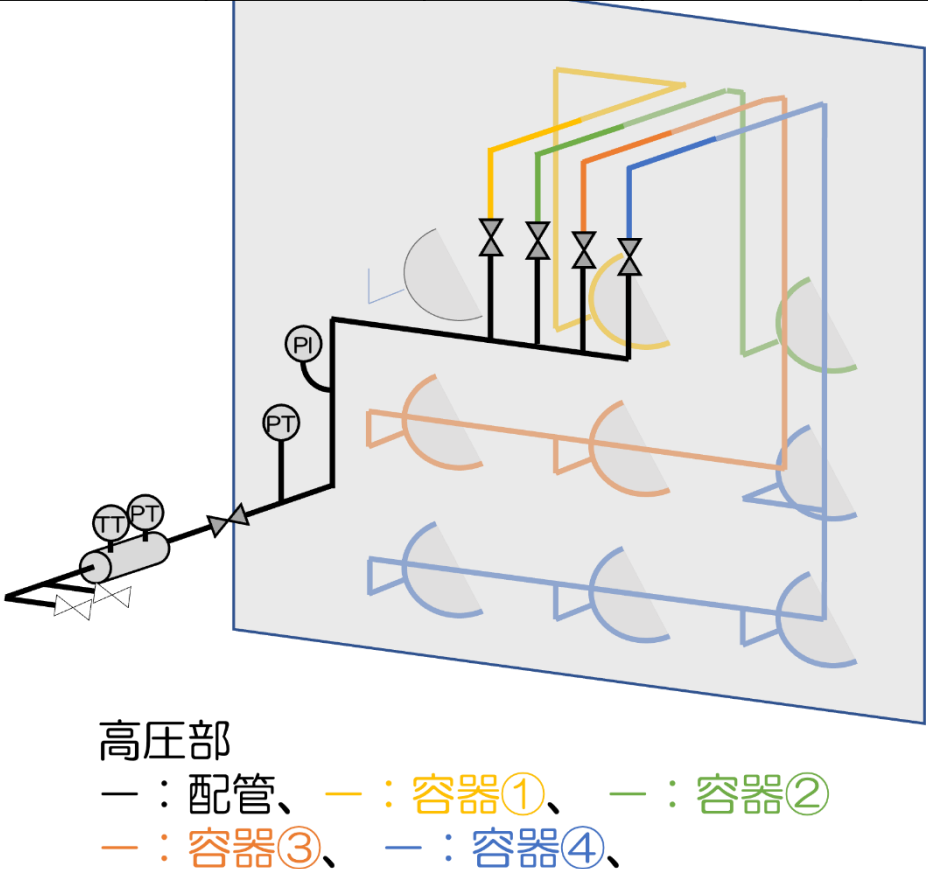
3. 研究開発成果について

◆ テーマ 1：水素大流量標準の開発

定積槽方式試験設備の容積の推定
図面及び実測長さより配管および定積槽
の内容積の推定を行った。



高压部	配管	容器①	容器②	容器③	容器④
配管部 (L)	0.319	0.213	0.204	0.333	0.428
容器部 (L)	—	129.506	129.506	259.012	512.024
合計 (L)	0.319	129.719	129.710	259.345	512.452



3. 研究開発成果について

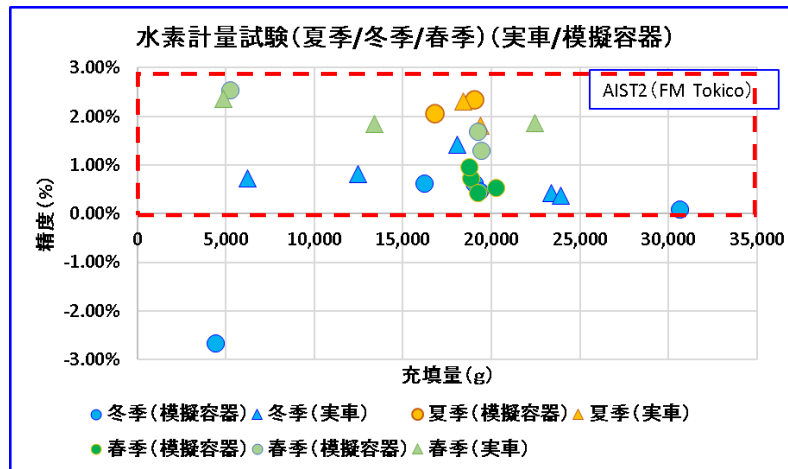
◆ テーマ 2：マルチフロー対応水素計量システム技術の開発

S2-1：NF計量精度検査装置2ユニットでの計量実証

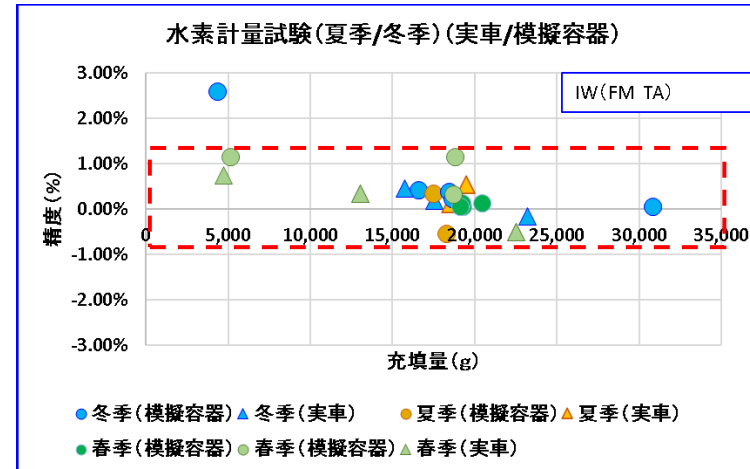
・福島水素充填技術研究センターにてHDV充填プロトコル開発と連携し実車を用いた夏季/冬季/春季でのMF-Twinディスペンサー計量実証を実施 ⇒ 実車/模擬容器、温度（プレクール、環境）等の違いによる計量への影響を評価中



MF-Twin ディスペンサー充填（実車）



計量精度結果（検査装置1）



計量精度結果（検査装置2）

3. 研究開発成果について

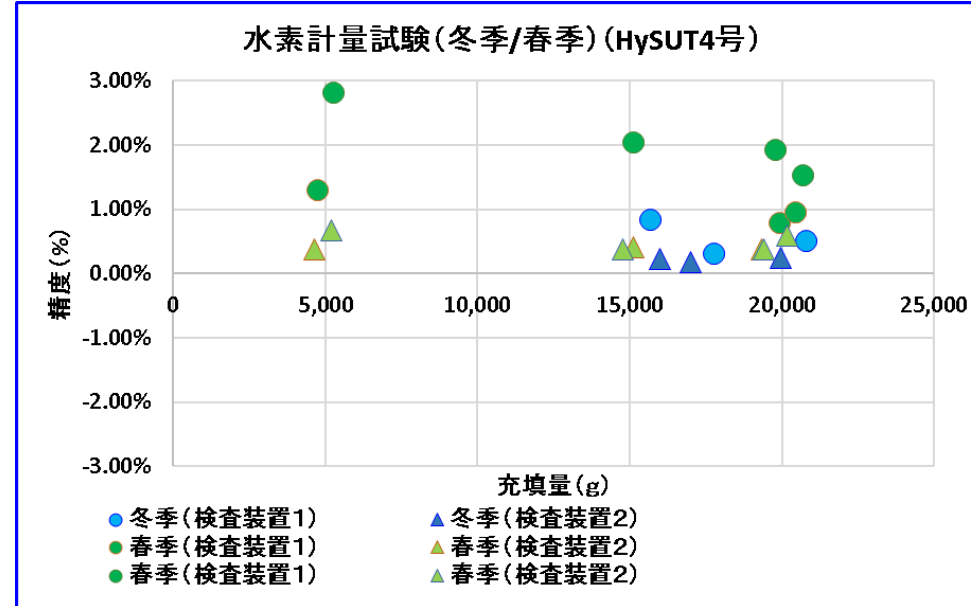
◆ テーマ 2：マルチフロー対応水素計量システム技術の開発

S2-1：NF計量精度検査装置2ユニットでの計量実証

2024年12月からはHySUT4号も用いて温度（プレクール、環境）等の違いによる計量への影響を評価中



MF-Twin ディスペンサー充填（HySUT4号）



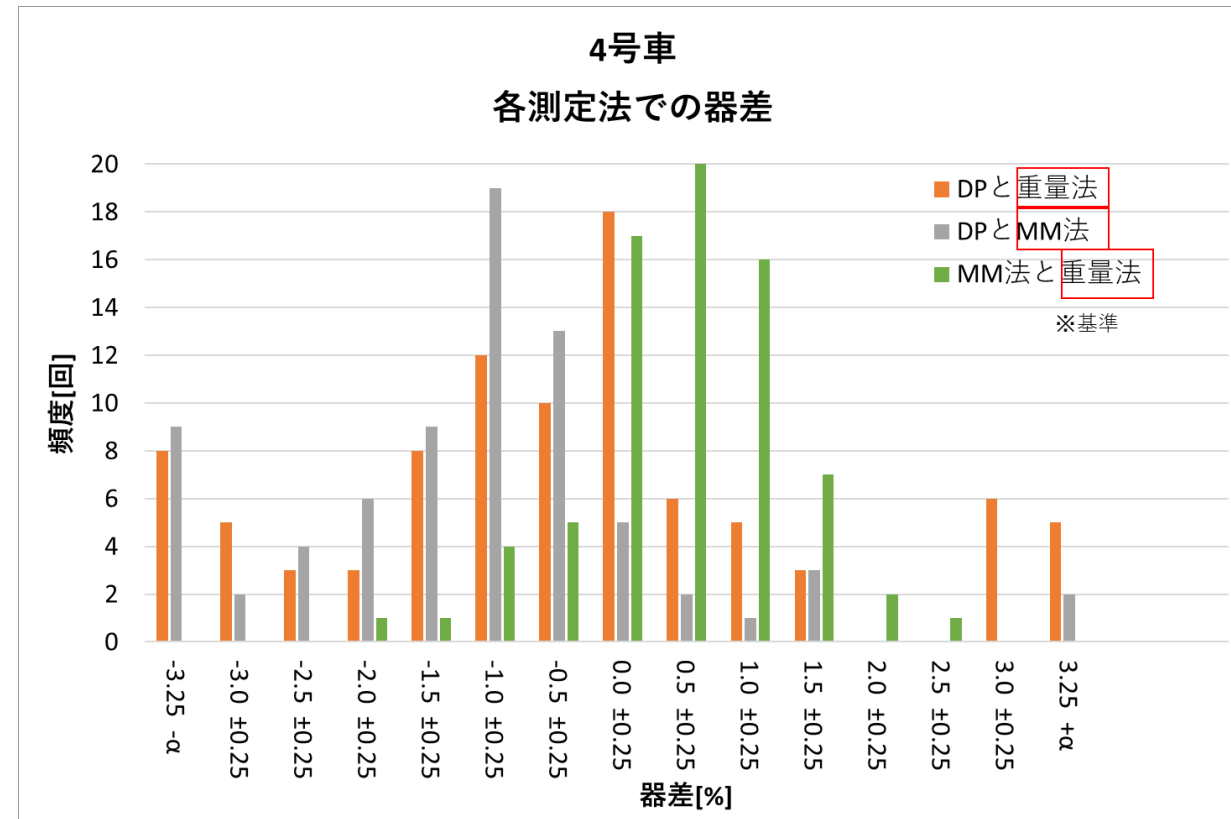
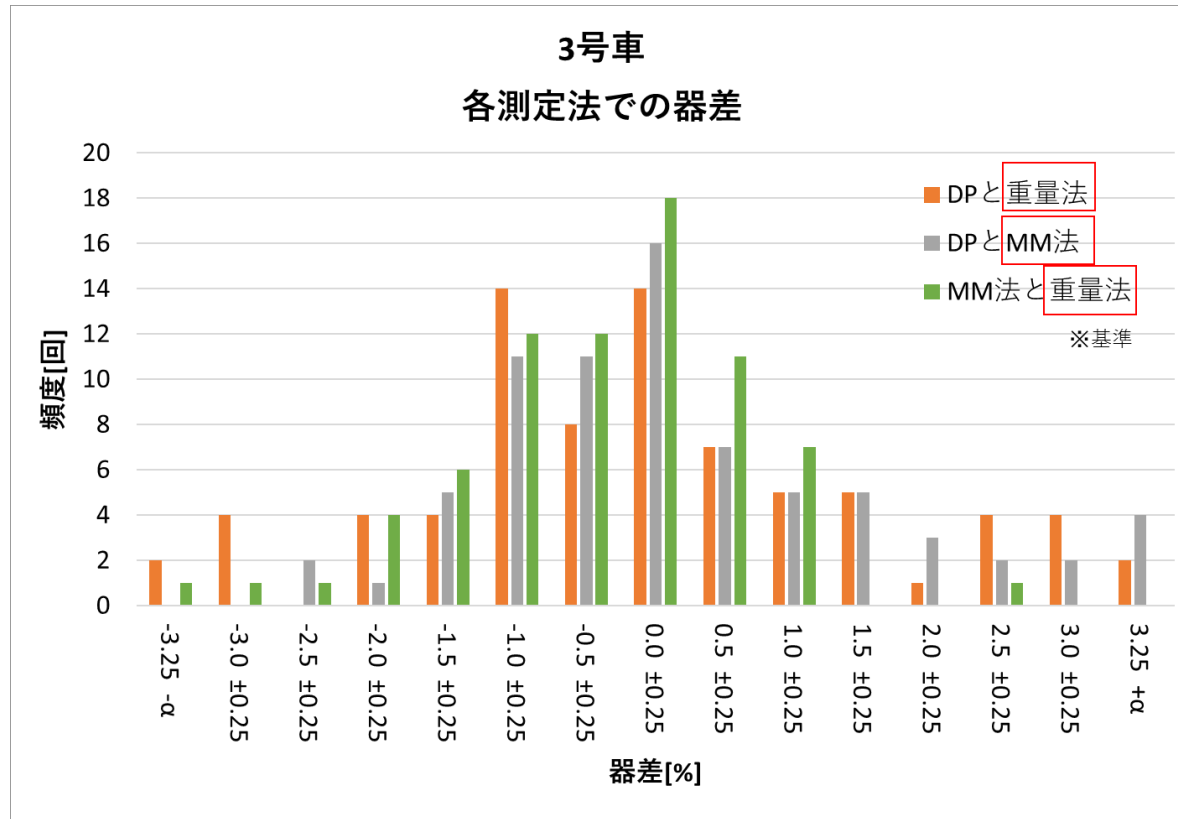
計量精度結果（検査装置1、2）

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（2025/2月～5月の測定データを追加）
[計量機の表示値]、[重量法での測定値]、[MM法での測定値]の3者の差異は大きくはないが、
タツノ4号車においてはMM法と重量法で1%程度の差が存在する。原因調査を進めている。



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

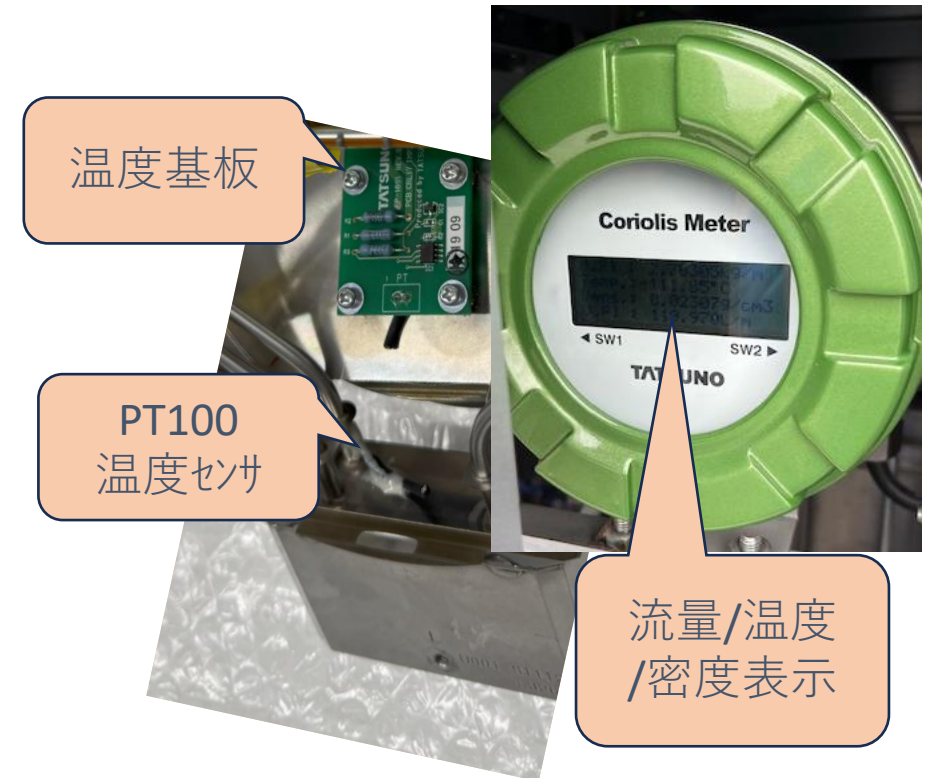
■ 水素計量の不確かさ低減

- ・ 重量法・MM法とも不確かさ 0.5%級を目指す。
- ・ 各種要因（気温・ガス温、充填圧力、車両側圧力、バンク切り替え、流量等）の影響を比較した現時点で明確な特徴はでてきていない。さらに膨大な蓄積データを調査して検討する。
- ・ 不確かさ、ばらつきを検討していたが、偏差も若干あることも判明、こちらも原因究明中。

■ 温度計測、圧力計測のフィジビリティスタディ

水素ディスプレイでは、流量測定以外にも、安全上・機能上重要な測定装置を用いている。特に温度計・圧力計は複数台を使用し、年一回の点検や、2年に一回の精度検査が必要で、コストも無視できないのでコリオリメーターの機能を流用できないか検討を開始した。

圧力・温度同時測定のフィジビリティスタディ
現状の温度測定の問題点を列挙、圧力測定に関しては特許や論文等の技術調査を開始した。
→定期的な精度校正ができる構造を検討する。
圧力測定の実現可能な精度を調査する。



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

S2-3：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

・ MFコリオリメーターの改良

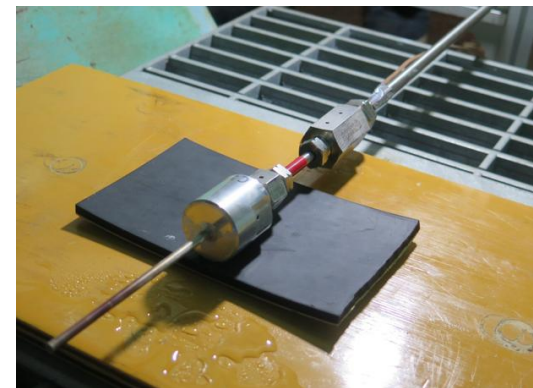
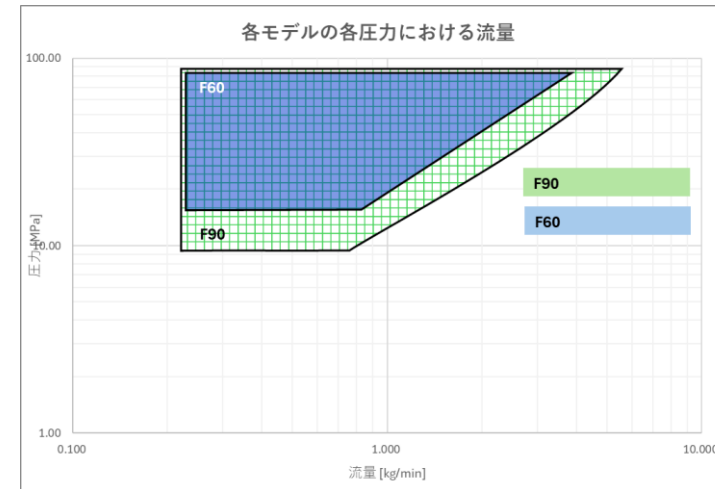
- ・ 従来NF用 F60 (レンジ100:1)
- ・ 浪江FTC設置モデル F180 (レンジ50:1)
- ・ 今回開発モデル F90 (レンジ300:1)
- ・ ワイドレンジ化、低圧損、熱マス小型化

・ 試験評価

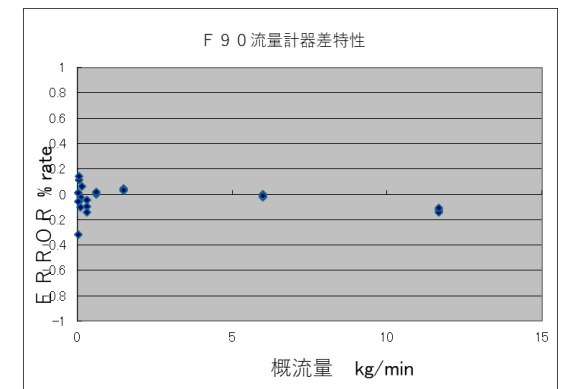
- ・ 圧力サイクル試験 △ 追試験実施予定
- ・ 温度特性試験 ○ 常温～低温で安定
- ・ 耐圧破壊試験 ○ ETL安全認証基準満たす
- ・ 器差試験 △ 水実流は良好、高圧ガス実流未評価
- ・ 大きさ・コスト △ 外形コンパクト、熱処理工程追加
- ・ 熱マス・圧損 ○ (熱マス/流量): 小、CV値0.4

・ 2025の目標

- ・ 高圧水素ガスで値付けを実施
- ・ MMユニットに組み込みFTCで試験検討



耐圧破壊試験



器差特性

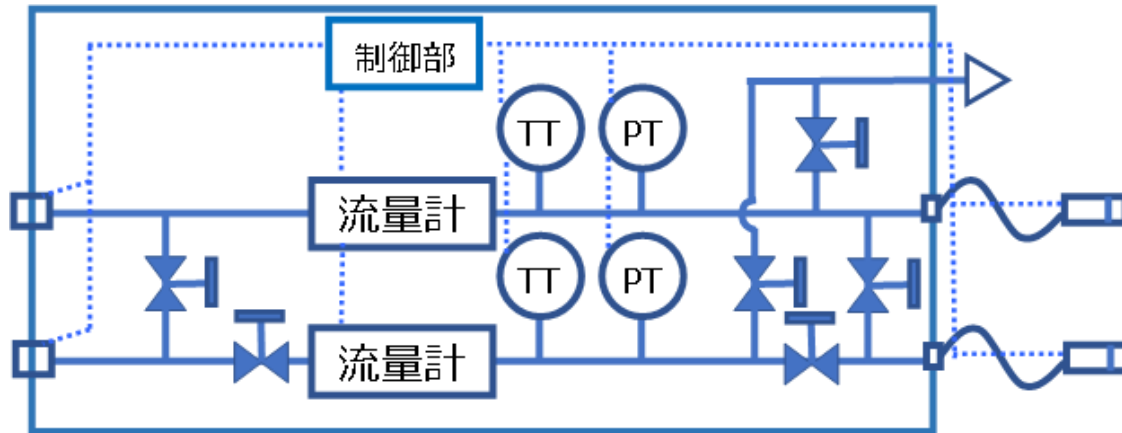
3. 研究開発成果について

◆ 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

【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
- ✓ 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



MF-Twin計量精度検査装置1ユニット（左：概略フロー、右：現品）

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



オンライン密度検査



レンジ切替検討

【液体実流装置 改良検討項目】

- ・ ワイドレンジ切り替え式実流設備検討
- ・ 小口径用重量秤の採用
- ・ 圧力コントロール圧送式
- ・ 校正済みマスターメーターの利用
- ・ 正確な時間計測、タイマー利用
- ・ ダイバーターの使用
- ・ バッテリー式自動排水機能
- ・ 密度測定機能対応

- ・ MF計量（新流量計）の測定可能流量レンジは大幅に拡大している。（50：1⇒300：1）
- ・ 従来の実流試験設備のままでは、正確な器差を求めることが困難であり、改良を行う。
- ・ 特に、小流量域の器差が不安定なので、校正装置と流量計と、両面から調査実施中。
- ・ 今後の課題： 高圧ガスでの実流試験

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

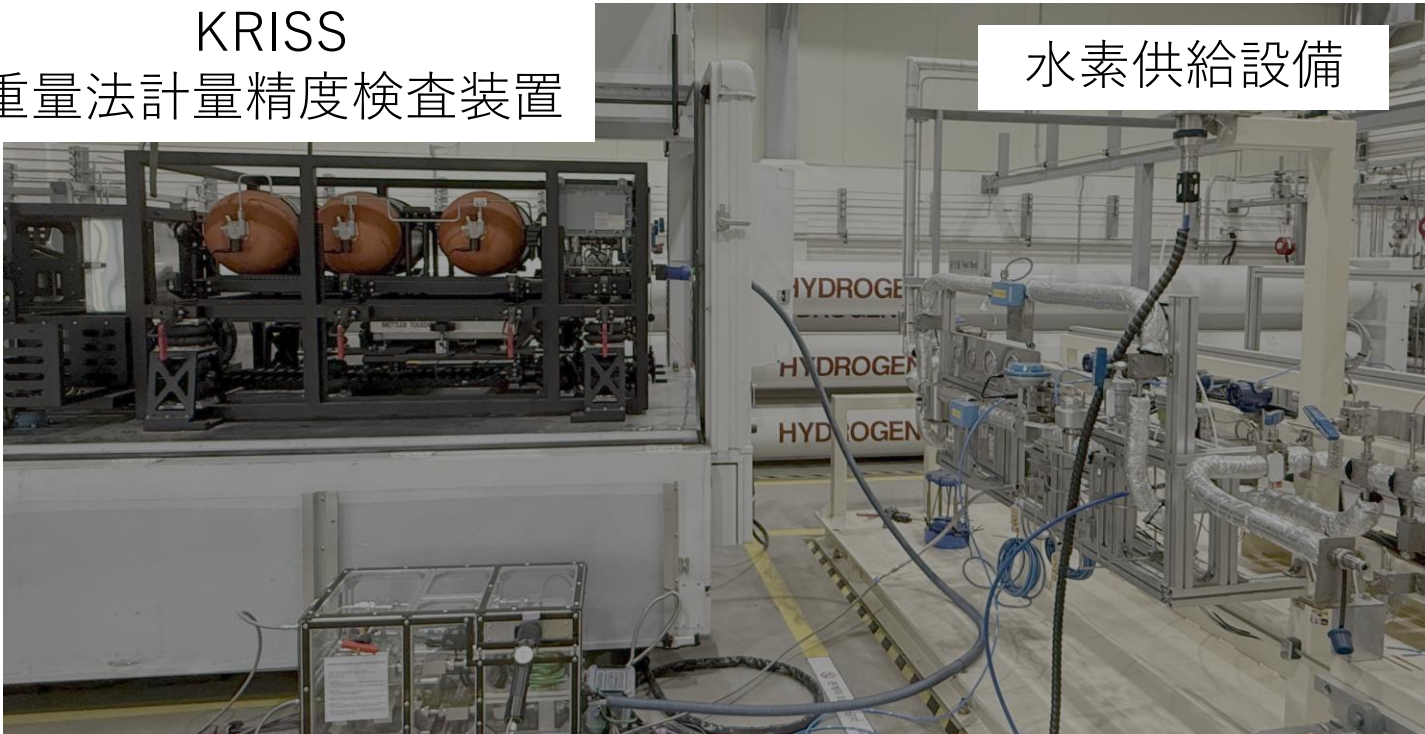
S3-1：マスターメーター法計量精度検査装置の基準化

- ・ 国際比較へ向けた韓国標準科学研究所（KRISS）との二国間比較を実施した。

KRISS

重量法計量精度検査装置

水素供給設備



MM法装置

一定流量での積算流量による比較

課題：

- ・ 防爆対策
- ・ 実施場所の制限
- ・ プレクール評価

Flow rate [kg/min]	0.25	0.5	1		1.5	2	2.5
KRISS [kg]	5.620	5.595	5.602	4.179	5.548	4.617	3.135
NMIJ [kg]	5.652	5.583	5.808	4.19	5.581	4.617	3.14
Deviation [%]	0.58	-0.21	3.68	0.26	0.59	0.01	0.18
Comment	-	-	700 bar	500 bar	-	-	-

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

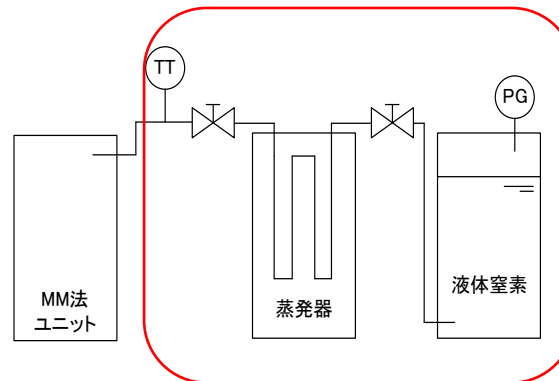
S3-1：マスターメータ法計量精度検査装置の基準化

温度可変ユニットの運転

目的： 事前に水素ガスと同程度の温度にMM法ユニットを冷やし、
熱影響を抑制した状態で計量する

結果：

- ・ 液体窒素を用いて -70°C 以下のガスを供給できることを確認
- ・ MM法ユニット全体の温度を氷点下までさげることを確認



出口ガス温度：約 -70°C
出口ガス流量：約 $100\text{L}/\text{min}$ （目安）

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

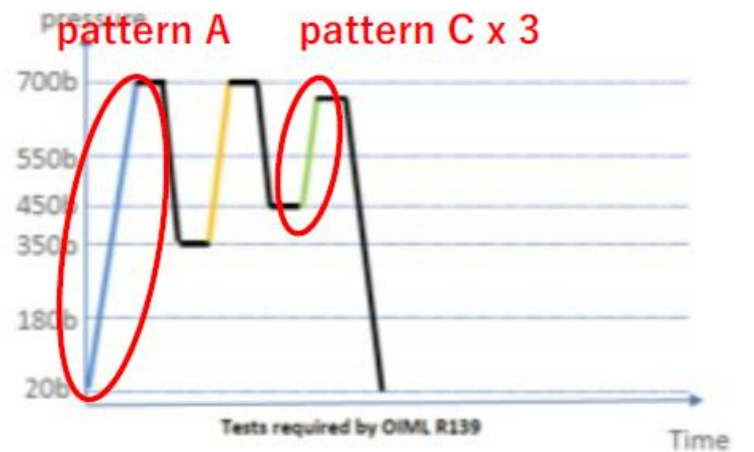
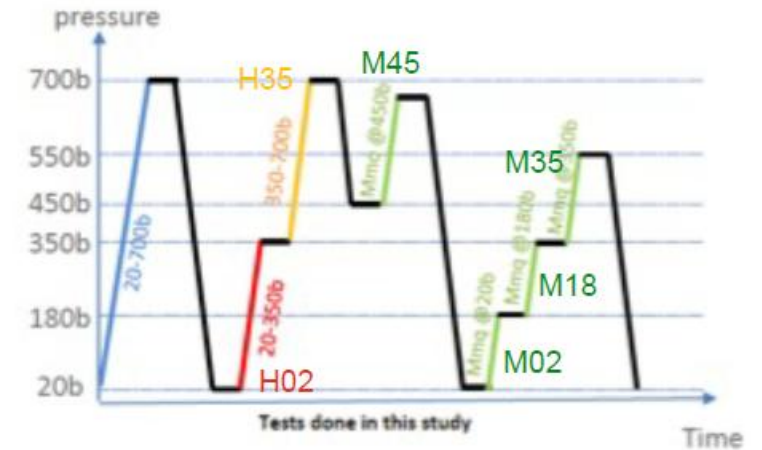
S3-1：マスターメータ法計量精度検査装置の基準化

海外の計量プロトコル

目的：OIML R139などを模したプロトコルを用いて計量し、計量精度を確認する

結果：重量法において各試験(プロトコル)では器差に影響はなかった

		1回目	2回目
A試験	2MPa→フル充填 約 4 kg	0.42%	0.23%
C試験	約50MPa→満充填 約 1 kg	0.46%	0.15%
C試験	約50MPa→満充填 約 1 kg	0.34%	-0.89%
C試験	約50MPa→満充填 約 1 kg	-0.24%	1.41%
H02 試験	Half充填 2→35MPa	0.51%	1.78%
H35 試験	Half充填 35→70MPa	-0.30%	0.20%
M45試験	45MPa～ MMQ: 1kg充填	-0.58%	-1.45%
M02試験	2MPa～ MMQ: 1kg充填	0.00%	-1.65%
M18試験	18MPa～ MMQ: 1kg充填	-0.57%	0.10%
M35試験	35MPa～ MMQ: 1kg充填	-0.48%	-0.50%

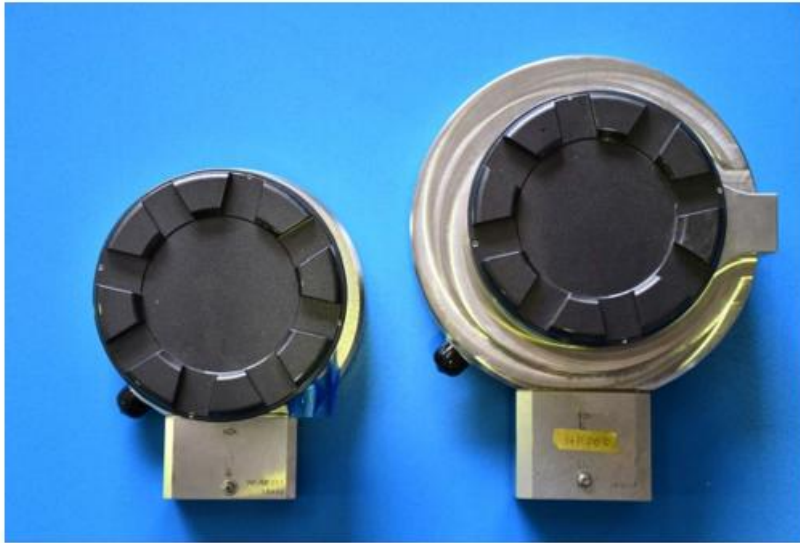


3. 研究開発成果について

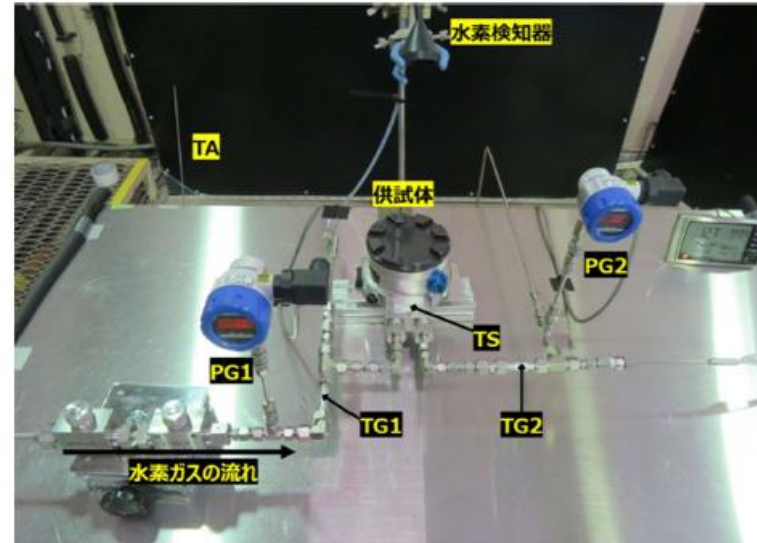
◆ テーマ 3：水素計量の高精度化検討

S3-1：マスターメータ法計量精度検査装置の基準化

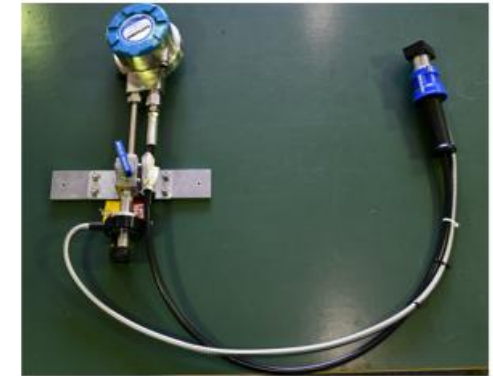
MMユニットの基準化、熱マス圧損



！ 供試体全景(左:H70 NF 右:H70 HF



温度・圧力の計測箇所の状況



	SUS換算の 有効質量	接ガス部 質量	CV値
NF流量計	1.48kg	1.07kg	0.4
HF流量計	2.33kg	2.14kg	1.0
MMユニット小型	2.33kg		0.085
MMユニット旧型	14.0kg		

- ・ 熱マス有効質量は、接ガス部の質量の2～3割増しで、推測可能
→ 高額費用と長時間試験は必要か？
- ・ 小型ユニット（流量計以外）の熱マスは0.95kg(=2.43-1.48)
程度と小さめで妥当である。ノズル・ホース・バルブの質量相当
- ・ MM法の条件 ⇒ 熱マス:小 & CV値:大

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

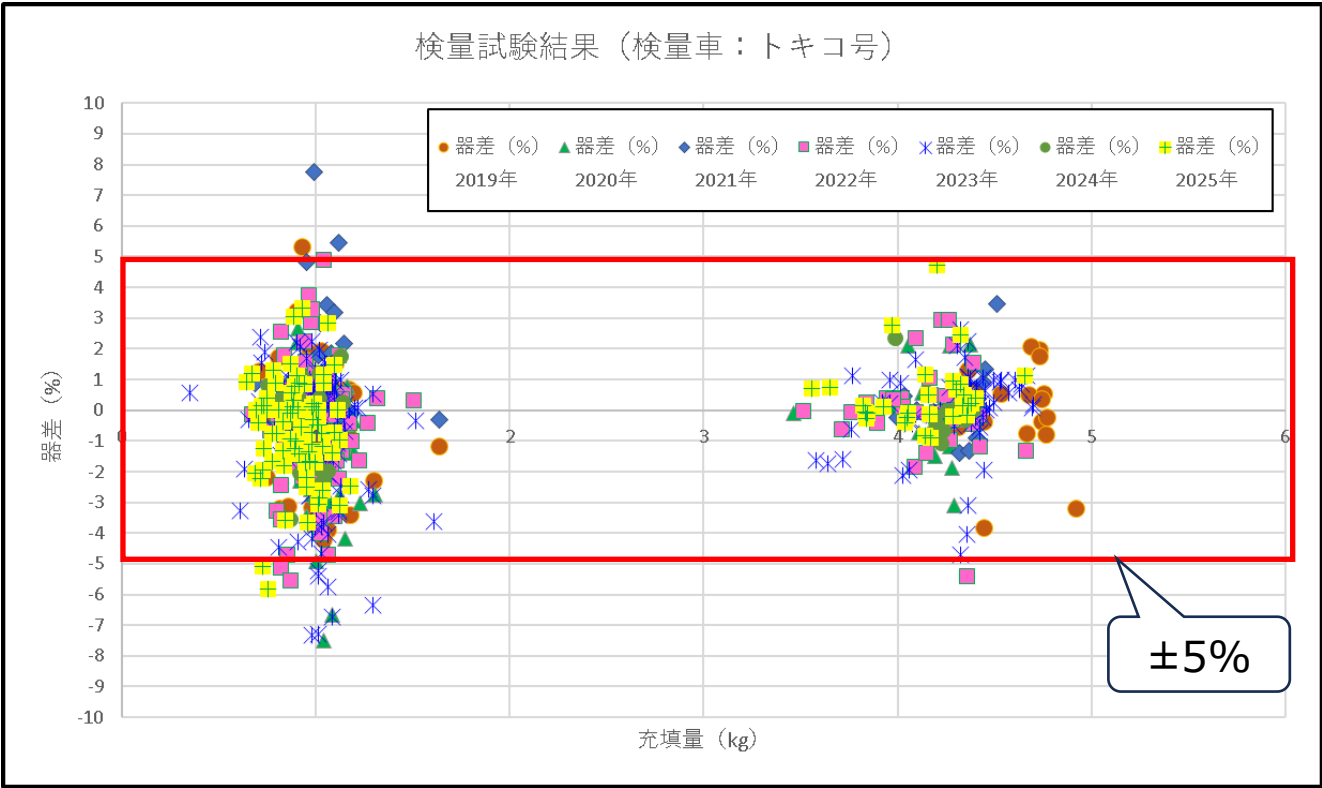
S3-2：検査方法と検査周期の適正化

＊ 水素検量試験結果（重量法）／トキコ実施分

(1)期間：2019年度～2024年度（～2025年2月）

(2)検量車：トキコ号

1kg充填	4kg充填	Total
508	181	689



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

【重量法】 前回の計量TF (3/10) で報告済

- ✓ 2019～2024年の間に実施した検量試験 (689データ) では98%が器差5%の範囲内に収まっている。(4kg充填: 99%、1kg充填97%)

- ・ 器差3%については89%が範囲内に収まっている。(4kg充填: 95%、1kg充填87%)
- ・ 器差2%については80%が範囲内に収まっている。(4kg充填: 87%、1kg充填77%)

【マスターメーター法】

- ✓ 福島水素充填技術研究センターにて n 増し試験実施。
 - ・ 検査装置 1 : 夏季/冬季で分布に違いがある傾向
春季は夏季-冬季の範囲で分布する傾向 (0～3.0%)
 - ・ 検査装置 2 : 夏季/冬季/春季で分布に違いは無い傾向 (-0.5～1.5%)
 - ・ MMQ想定で充填した5kg充填時の器差がこれまでのデータから外れた結果
 - ・ MMQ想定 of 冬季/模擬容器は検査装置1,2共に器差が振れる要因があった?
 - ・ 実車/模擬容器での分布の違いは無い傾向

【クロスチェック試験】

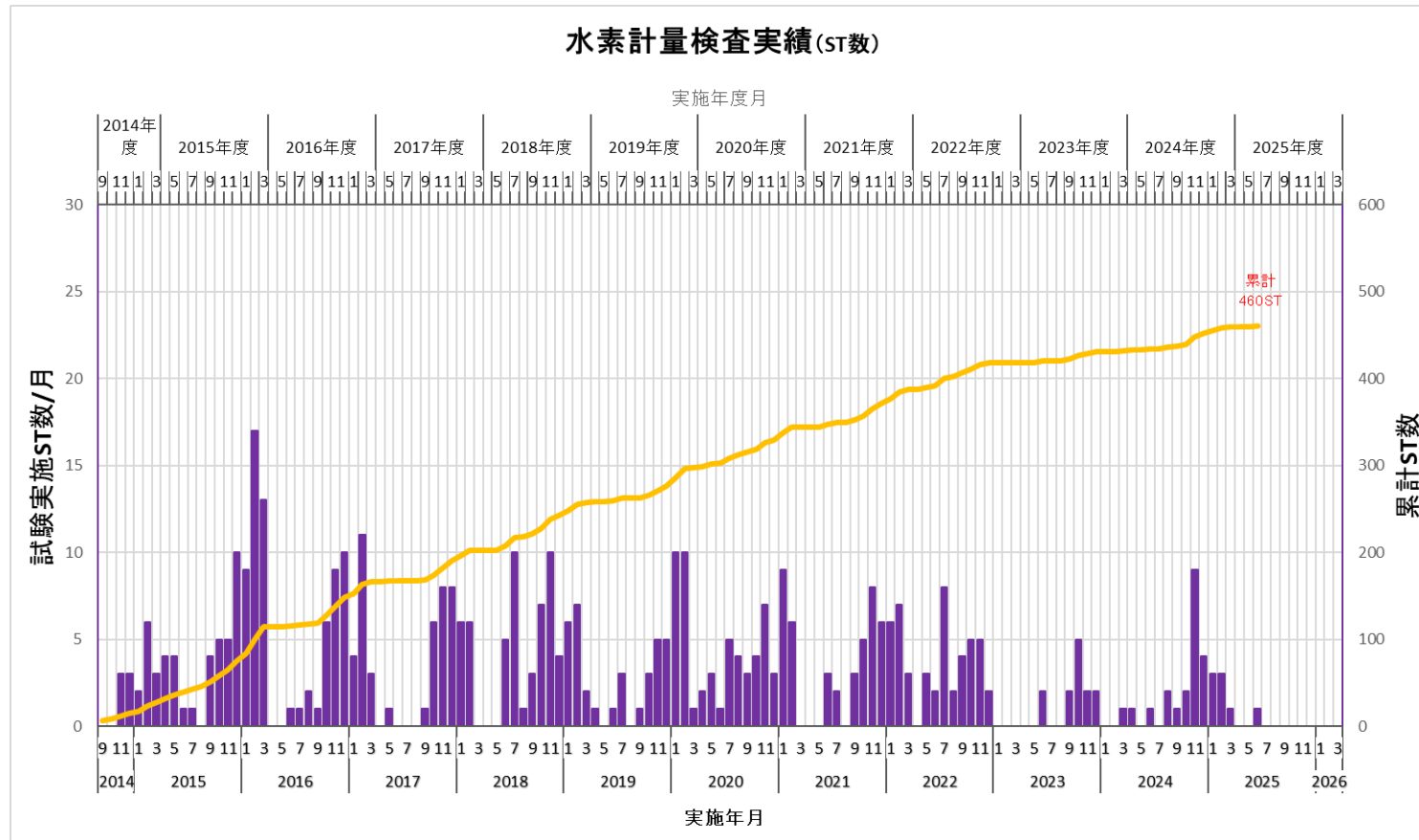
- ✓ (重量法) - (マスターメーター法) のクロスチェック試験も継続して実施していく

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

S3-2：検査方法と検査周期の適正化（ガイドラインの見直し）

タツノ分



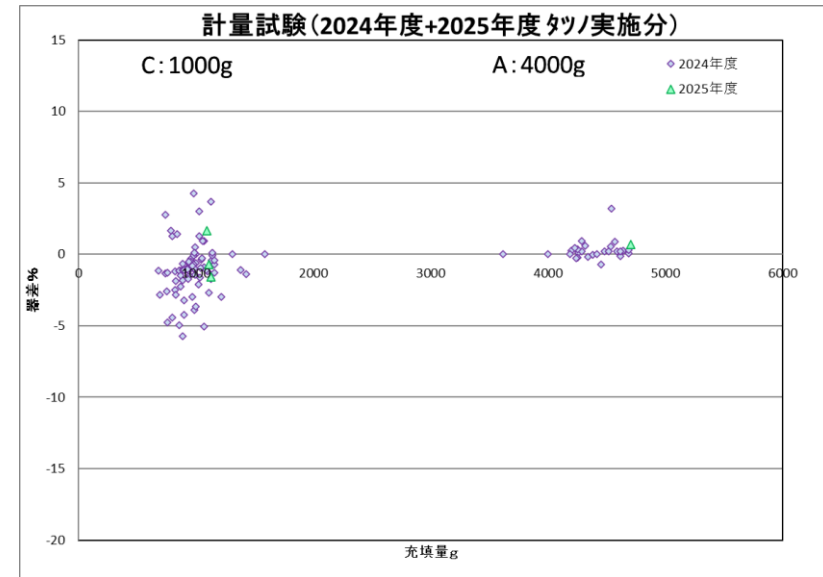
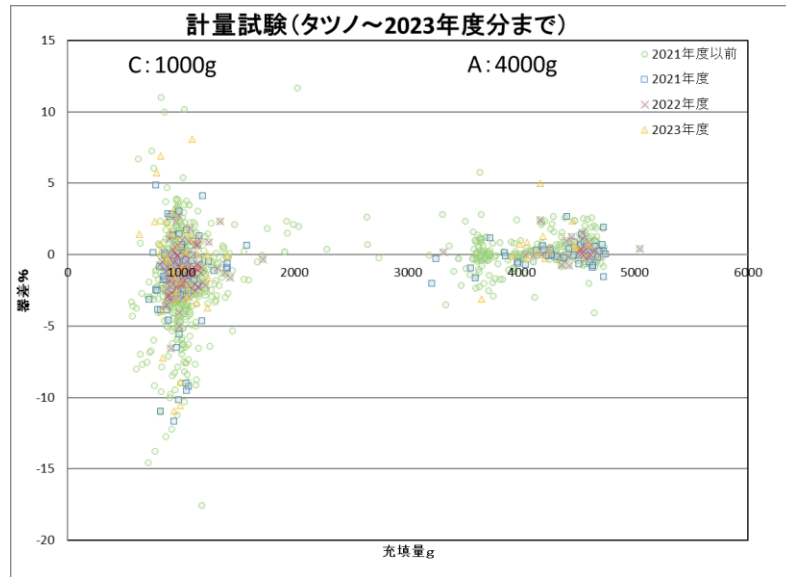
3ST、12データを追加しました。（計量試験は年度後半実施個所が多い）

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 ～ 2023年度までと2024および25年度の比較



■ 検討状況

水素ステーションの計量精度検査（重量法・MM法）データの収集を実施し、精度性能の変化要因と経年的変化を検討した。

2024年度と25年度に[29か所](#)の計量試験を行い、全体的な器差の傾向は2023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 %超えしたのものもあった。

収集したデータおよび分析結果をもとに、水素計量TFにおいて水素計量ガイドラインの適正化に向けて検討をおこなった。

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。

そのため、本事業で開発を進めてきたNF対応マスターメーター法計量精度検査装置を仲介器として、各国との国際比較を実施予定である。