

HDV用水素充填プロトコル の研究開発

2026年5月12日

一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター
水素エネルギー部

本日の発表内容

- ・ 充填プロトコルとは
- ・ HDV用水素充填プロトコル研究開発の意義
- ・ 事業体制とJPEC担当ミッション
- ・ HDV用水素充填プロトコルの特徴
- ・ 開発したプロトコルの国内外への展開

充填プロトコルとは

(水素を充填するのになぜプロトコルは必要なのか)

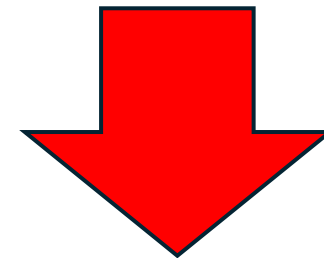
- ・ **ガソリン**は液体で取扱いやすいが、運転時に消費されると**CO₂**を**排出**するため、**地球温暖化**の原因となる。(ガソリン車)
- ・ **水素**は気体で取扱いにくいですが、運転時に消費されても**H₂O**しか排出しないため、**地球温暖化防止**に寄与できる。(燃料電池車FCV)

ただし、ガソリン車並みに走行できる燃料の量を確保するためには水素を**圧縮(高圧化)**してコンパクトに車載容器に充填する**必要**がある。



FCVへの充填

(引用 : <https://www.suzukishokan.co.jp/suiso/>)



FCV等に水素を**安全**に
効率よく**充填**するための
手順 = **充填プロトコル**

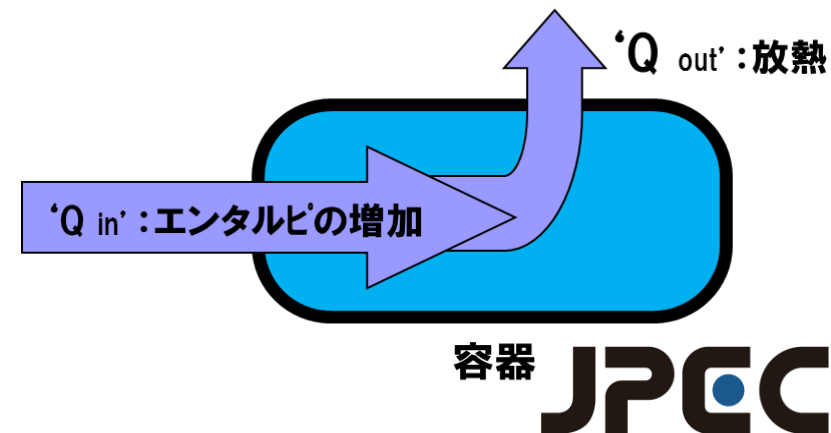
充填プロトコルとは

(水素を充填するのになぜプロトコルは必要なのか)

水素のようなガス体を容器に充填すると、外部からエンタルピー（エネルギー）を与えることにより容器内ガス温度は上昇する。FCVがめざす急速充填（水素5kg/3分充填）すると、放熱が追いつかず、容器内ガス温度は一時的に大幅に上昇する。

⇒ **温度が上昇**すると、**圧力**も比例して**上昇**する。

従って、安全に**急速充填**するには、容器の安全使用範囲（温度/圧力）に入るような**充填方法**（**充填プロトコル**）を**考慮**する必要がある。また、この温度上昇を防止するため、**水素を冷却**して充填する**プレクール技術**が非常に重要である。



充填プロトコルとは

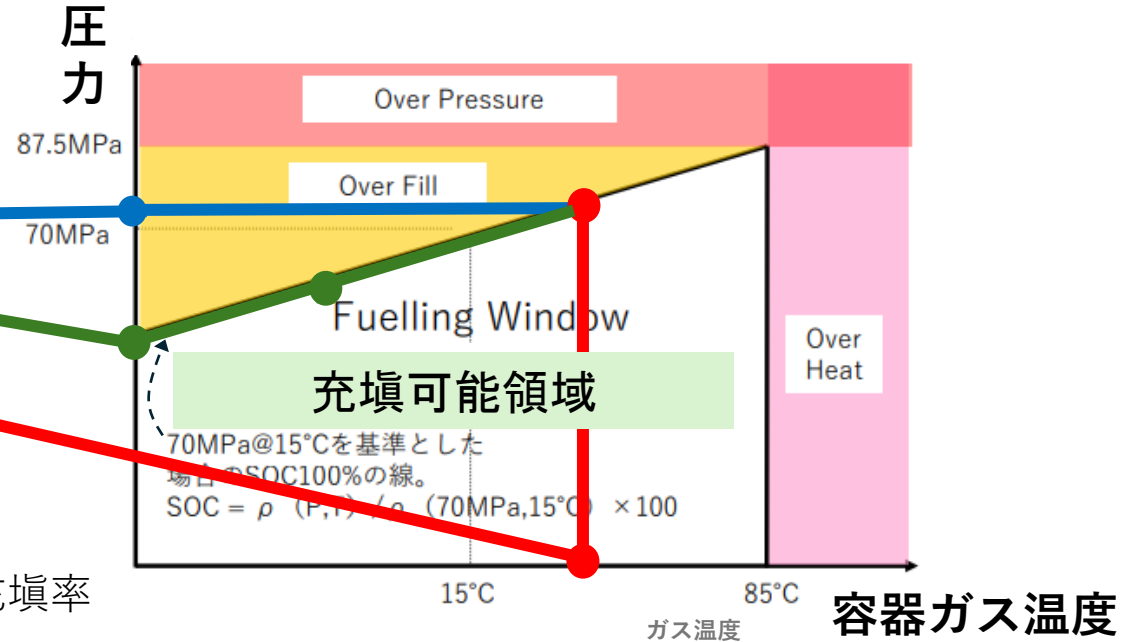
(充填プロトコルでは何を考慮すべきか)

水素を充填する容器の**安全**は、

- ・ 容器ガス圧力 < **87.5MPa**
- ・ 充填率SOC※ < **100%**
- ・ 容器ガス温度 < **85°C**

により**担保**される。(右図)

※SOC (State Of Charge) : 容器への水素充填率



「**安全な充填**」とは、「**車載容器内圧力/ガス温度**」が
上図の「**充填可能領域**」を逸脱しない充填

このための条件を見つけるために、シミュレーションによる計算を行い、
適合条件から**圧力上昇率**や**目標圧力のマップ(参照表)**を作成する

充填プロトコルとは

(充填プロトコルはどのようなものか)

外気温度 (°C)	t _{final} (s)								
	MAT (°C)								
	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	5	0
>50	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可
50	185	190	195	200	205	210	215	220	519
45	9	9	9	9	9	9	9	9	9708
40									
35									
30									
25									
20									
15									
10									
5									
0									
-10									
-20									732
-30		112	145	190	252	332	431	546	676
-40	103	104	133	174	231	307	395	503	624
<-40	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可

昇気温度

充填スピード
(圧力上昇率)

供給水素温度

外気温度 (°C)	制限圧力 (MPa)										
	初期圧力 (MPa)										
	0.5	5	10	15	20	30	40	50	60	70	>70
>50	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可
50	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
45	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
40	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
35	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
30	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
25	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
20	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
10	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
0	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
-10	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
-20	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5	83.5
-30	83.5	83.5	83.5	83.5	84.6	81.4	78.2	75.0	充填不可	充填不可	充填不可
-40	83.5	83.5	83.5	84.4	81.0	77.8	74.7	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可
<-40	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可	充填不可

昇気温度

充填のゴール
(終了圧力)

タンク初期圧力

水素充填プロトコルには上記2種のマップがある。

安全な充填のための羅針盤
(充填プロトコル)

HDV用水素充填プロトコル研究開発の意義

【これまでのLDV対応のプロトコル】

- FCVの普及にはガソリン車並みの
利便性：燃料補給時間 3分程度
性能：走行距離600km程度

⇒ 70MPaと高圧充填が必要。

- 水素は3分程度で急速充填すると、ガス温度が急上昇し、FCV車載容器の耐熱温度の規格を守れないため、充填前に水素を冷却するプレクールを導入(-40°C)した。

【これからのHDV対応に向けた課題・方向性】

- HDVは大量の水素を必要とし、そのままLDV向けのプロトコルを適用すると充填に多くの時間を要する。

- 以上の背景から、HDV向け充填において適切な時間で、なおかつ安全に充填が行われるように、HDV向けに適した充填プロトコルを開発する必要がある。



事業体制とJPEC担当ミッション

事業テーマ：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/HDV 用水素充填プロトコルの研究開発
実施者：一般社団法人水素供給利用技術協会、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、一般財団法人日本自動車研究所、国立大学法人九州大学

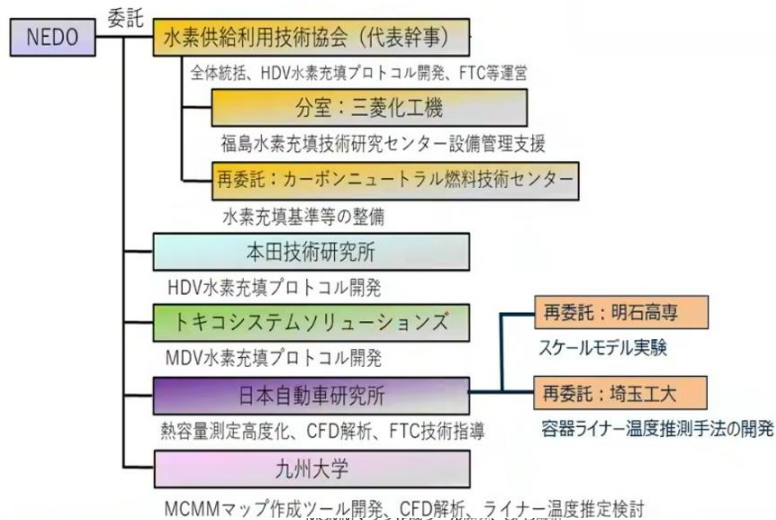
事業の目的

様々な燃料電池モビリティ、特にHDVへの大流量水素充填時における充填プロトコルに関する技術開発とその基準化を目的とする。また、HDVに関する各種技術課題を検証するため、福島水素充填技術研究センター等を活用して、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。

事業期間

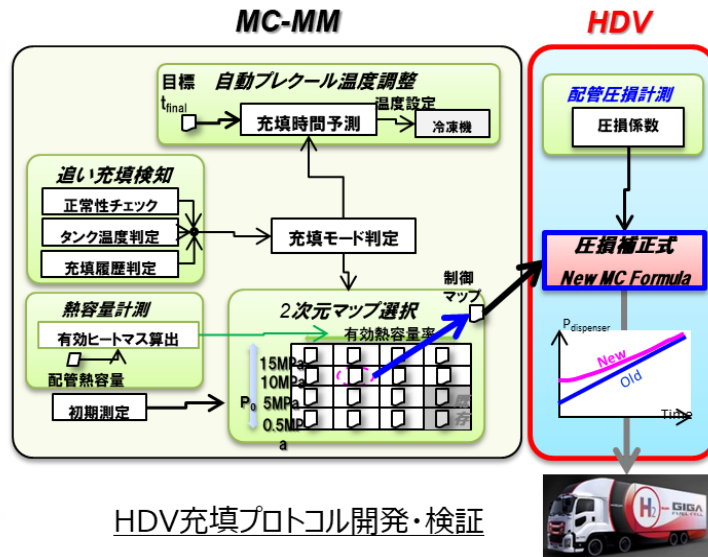
<2023年度～2027年度>

事業イメージ

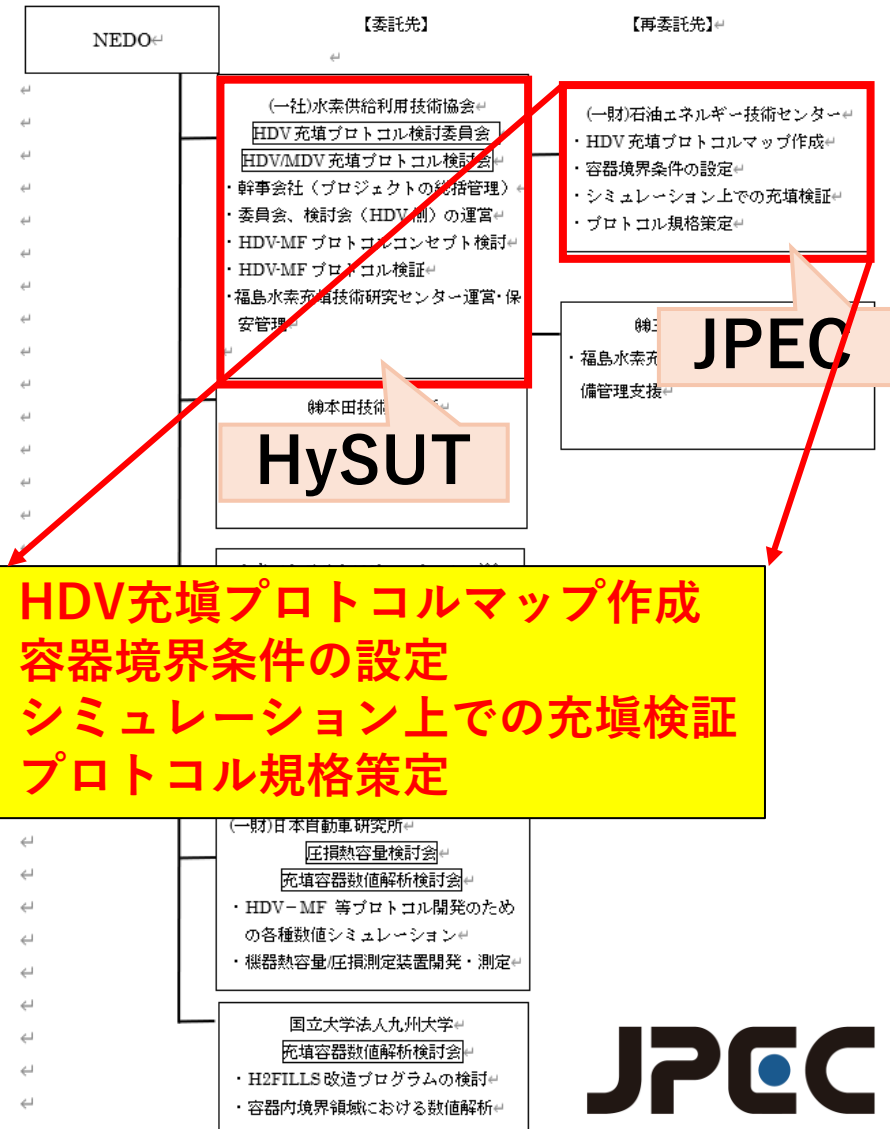


事業内容概略

乗用車用 (LDV) に作成した充填プロトコル (MC-MM方式) を、HDV用に拡張・開発する。NEDO委託事業において開発した水素充填シミュレーションプログラムを活用して、HDV用充填プロトコルの開発・検証を実施する。国内の水素ステーションにおけるHDV用充填プロトコルの安全性検証のため、容器内温度層問題やブレーク設備の能力、配管・バルブ等の差圧などの高圧水素充填に与える実影響について、福島水素充填技術研究センター等の設備を活用して試験・検証を実施する。これらの成果を基に、HDV用水素充填プロトコルに関する国内基準 (JPEC-S 0003改正) を作成した上で、ISO等への提案を、ISO/TC197国際標準化活動 (NEDO事業) と連携して行う。

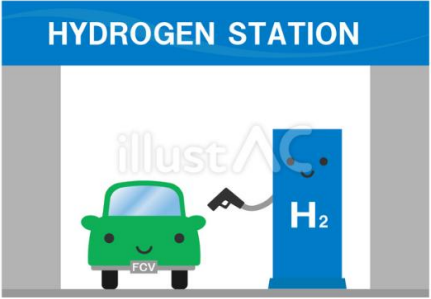


【実施体制】



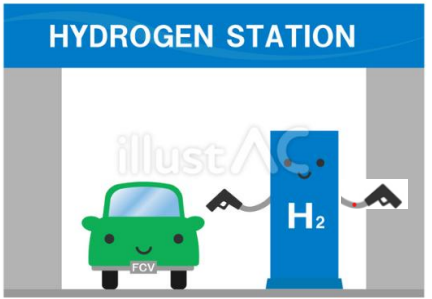
HDV用水素充填プロトコルの特徴

LDV向け水素ST



- ・対象車の容器容積(VFS): 50~248.6L
- ・ディスペンサーノズル: 1本
- ・充填能力(流速): FM60S

HDV向け水素ST



- ・対象車の容器容積(VFS): 50~**5000L**
- ・ディスペンサーノズル: **2本**
- ・充填能力(流速): FM60S、FM90S、**FM180T**

【特徴】
 充填対象: LDV

LDV

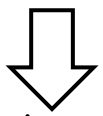
圧力上昇率: APRR

【特徴】
 充填対象: 1台or2台

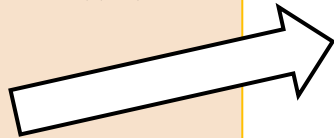
Two LDVs LDV + HDV Separate HDV Manifold HDV

圧力上昇率: APRR_{FC} & APRR_{TC}
 + α (国内事情)

①フローチャートの作成
 ⇒安全性の確保は問題ないか?



②充填中の安全策



③圧力上昇率の算出



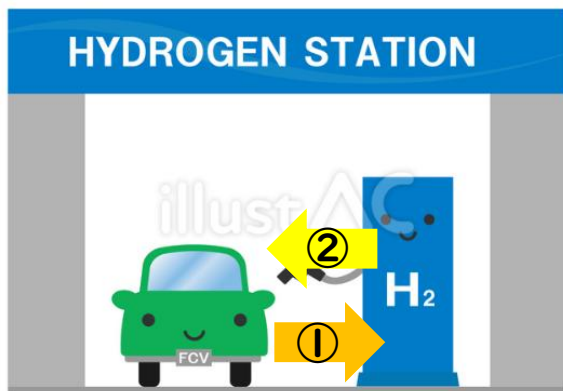
④最適昇圧率の採用
 (オプション)

② 充填中の安全策

目的: 様々な危険要因を排除した安全な充填を行う

概要: 充填開始時や充填中の異常を検知し、安全な充填を実施するため対策を検討

充填開始時



A. 通信による燃料装置用容器容量

B. 容積推定による燃料装置用容器容量
センサー精度: $\pm 15\%$

$A \doteq B$ ($\pm 15\%$ 内) \Rightarrow 標準充填

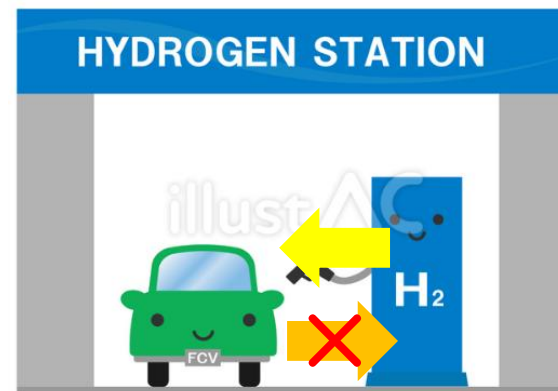
$A \neq B$ ($\pm 15\%$ 外) \Rightarrow 安全側充填

例: $A = 1000L$ の場合

$B = 1100L$ ($\pm 15\%$ 内) \rightarrow 「VFS1000L」で充填

$B = 1300L$ ($\pm 15\%$ 外) \rightarrow 「VFS1500L」で充填

※VFS: ここでは車載容器の総容量を示す



A又はBが共に
正常に取得でき
ない(非通信等)

↓

最も安全側条件
での充填

例: $A =$ 不明(非通信)の場合

$B = 1300L \rightarrow$ 「VFS1500L」で充填

$B =$ 不明 \rightarrow 「VFS5000L」で充填

充填中

プロセスチェック: 充填に必要な情報が揃っているかの確認

導入

安全な充填の継続

11 インテグリティチェック: 充填中の異常検知

③圧力上昇率 (APRR) の算出

【従来】

APRRを、環境温度とTVLにより一律に決定し、参照表としていた。

MF-Twin L/T For Pini ≥ 5MPa

VFS 1000

Table 10.3.1.31 Pini>5MPa VFS1000 T4

Tamb (°C)	T40-APRR(MPa/min)				
	TVL 200 (8kg)	TVL 250 (10kg)	TVL 350 (14kg)	TVL 500 (20kg)	
50	6.4	6.4	6.4	6.4	
45	8.8	8.8	8.8	8.4	8.5
40	10.9	10.6	10.9	10.0	10.0
35	11.2	10.9	11.2	10.2	10.2
30	12.5	12.1	12.5	11.4	11.3
25	13.8	13.4	13.8	12.5	12.4
20	14.8	14.7	14.8	13.7	13.6
10	14.8	14.8	14.8	14.9	14.9
0	14.8	14.8	14.8	14.9	14.9
-10	14.8	14.8	14.8	14.9	14.9
-20	14.8	14.8	14.8	14.9	14.9
-30	14.8	14.8	14.8	14.9	14.9
-40	14.8	14.8	14.8	14.9	14.9

この方式だと多種多様な容器条件のHDVではMAP数が増加

【今回】

APRRを、下記フローで算出した。その結果、機能拡張しつつ充填用APRRの参照表は約6分の1に減少。

環境温度とVFSからAPRR_{TC}を仮決定 (表による)

所定の計算式により初期圧力・FM値・VFSからAPRR_{FC}を算出。

初期圧力からε値を決定(表による) (↑APRRの拡張因子)

$$APRR_{TC(仮)} / \epsilon = APRR_{TC}$$

Min [APRR_{TC}、 APRR_{FC}]

APRR

④最適昇圧率の採用（オプション）

【Optimal PRR(最適昇圧率)の検討】

目標：

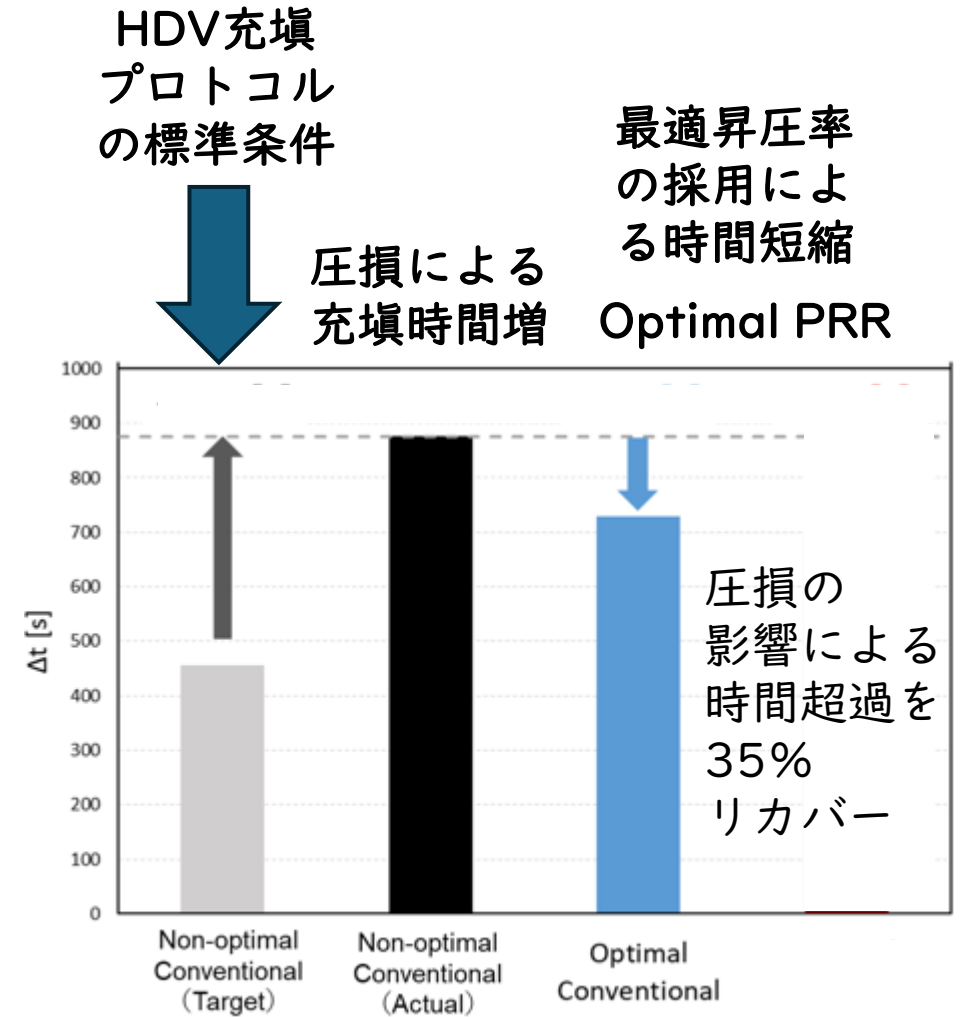
国内制約(設計係数、常用圧力等)によるスタンド側の圧力損失を考慮したOptimal PRRにより、効率的な充填を行う。

進捗状況：

本プロトコルにおいて、圧力損失を測定して、最適な昇圧率を求める手法を検討した。

研究開発の成果と意義：

蓄圧器の圧力と充填容器の圧力差が大きい充填条件の場合、蓄圧器のバンク切り替えの際に、十分使われないうままバンク切り替えが起きたり、充填が終了してしまうことを防止することができた。更なる充填条件下で確認し、本技術を確立する。



開発したプロトコルの国内外への展開

【海外向け】
JPEC S0003-2
(2025)

ISO規格制定まで、
要望のある欧州
向けに制定
(昨年10月20日)

規格化

MFツイン
充填
プロトコル

規格化

【国内向け】
JPEC S0003-3
(2025)

国内事情配慮
(昨年度末完成)
従来プロトコル
と同様に一般則
例示基準引用

ISO/TC197
19885-3

数ある規格の中で
規範となる規格に位置づけ

ご清聴ありがとうございました

謝辞

以上の発表に関する技術開発成果は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO*）からの委託事業「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／HDV用水素充填プロトコルの研究開発」（プロジェクトコード：P23004）の結果得られたものです。

*New Energy and Industrial Technology Development Organization