

2025年度 JPEC フォーラム

水素充填プロトコル規格

2025年 5月13日

HySUT 技術専門委員

(元 JARI 水素充填インターフェース標準化WG主査)

山梨 文徳

yamanaf601102.h2@gmail.com

－ 禁無断転載・複製 ©HySUT 2025 －

はじめに

はじめに

FCVの優位性の一つが、長い航続距離と充填時間の短かさである。従って、安全を担保しつつガソリン車並みの短時間(3～5分程度)で充填する急速充填技術(充填プロトコル)の技術開発が重要である。

しかし、この急速充填技術は技術的な難易度(プレクール温度コントロール、流量/昇圧率コントロール)も高く、実用性に富んだプロトコルとしないと、水素ステーションの設備費が高価になってしまう為、クルマ側とインフラ側と共同で密に連携しながら研究開発を行うことが必要である。

さらに、FCVは国際商品であり、世界のどこにいても同一のインターフェースで接続(コネクタ規格)し、安全性が確認された充填プロトコル(プロトコル規格)で充填されることが必要であり、この規格の国際標準と国内規格の調和、国際連携は非常に重要である。

水素充填とは

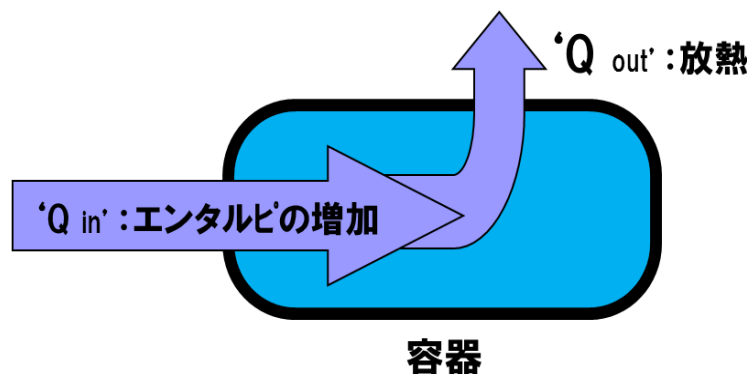
水素充填とは

水素のようなガスを容器に充填すると、外部からエンタルピ(エネルギー)を与えることになり、容器内のガス温度は上昇する。FCVが目指している急速充填(水素5kg/3分充填)をすると、放熱が追いつかず、容器内のガス温度は一時的に大幅に上昇することになる。

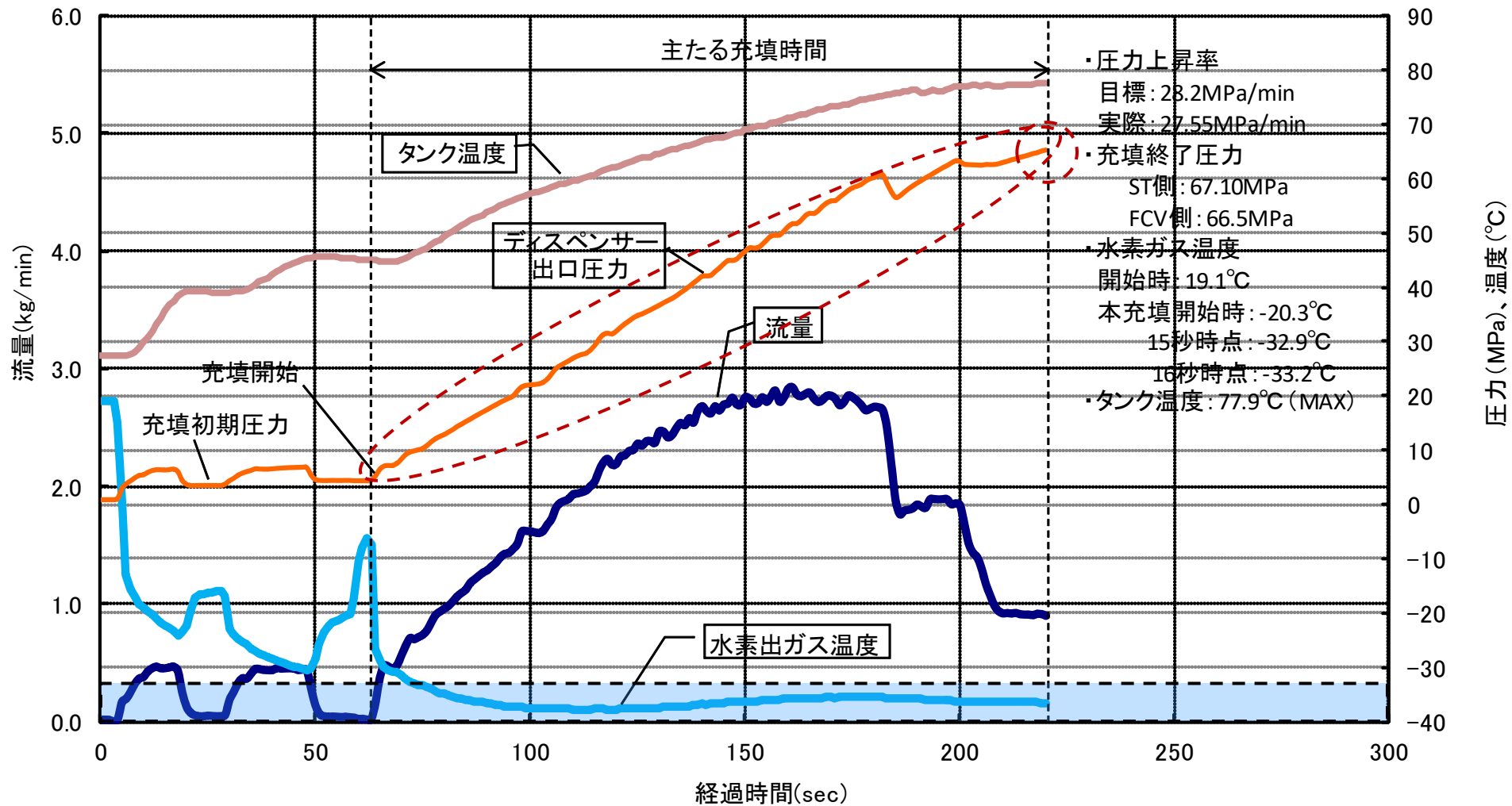
⇒温度が上昇することは、圧力も比例して上昇すること。

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為に、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。

放熱は容器のタイプ(ライナー材質)に依存する。コストと重さからFCVはタイプ4(樹脂ライナー)が多く採用されているが、放熱が悪く充填の観点では不利。



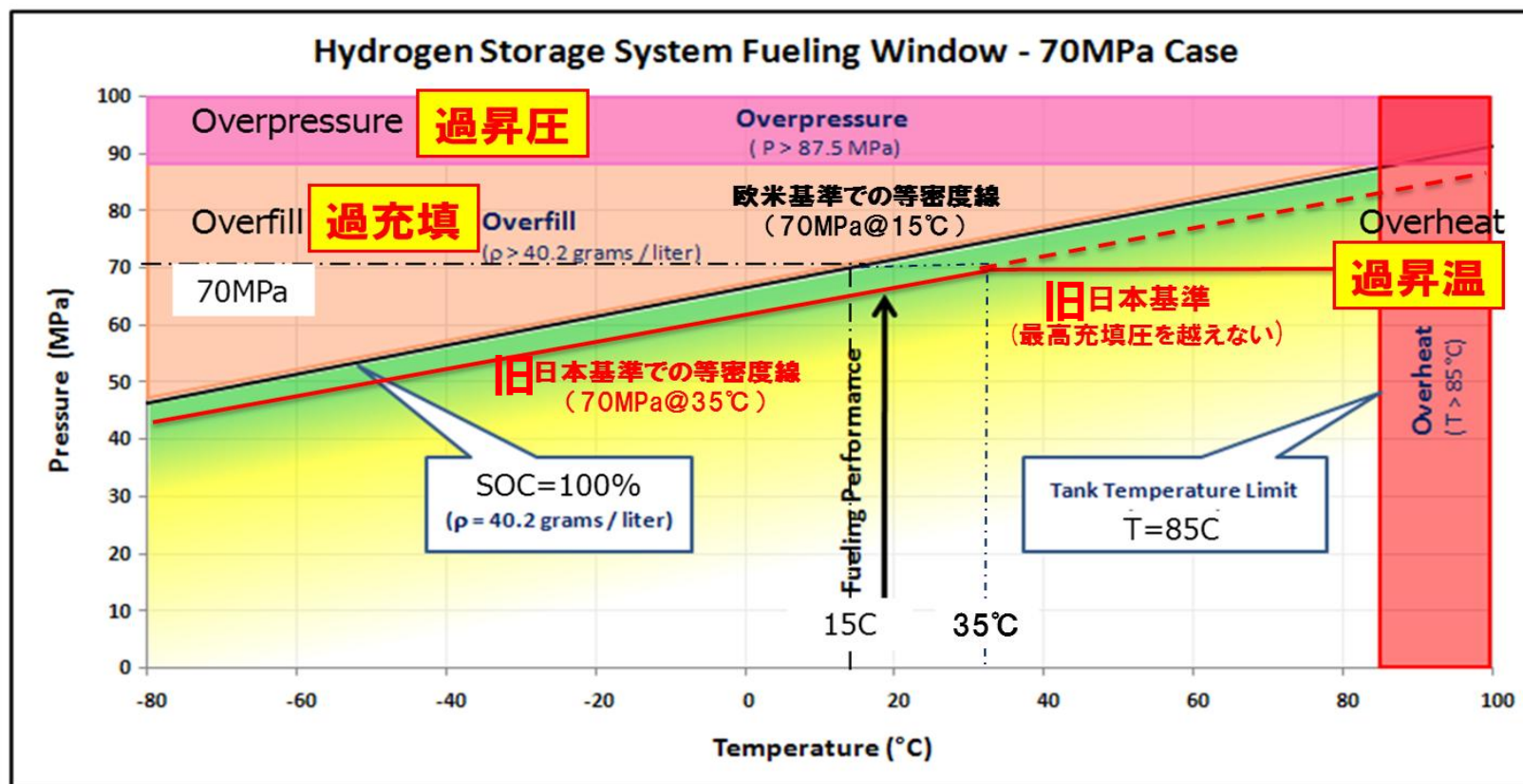
水素充填中の圧力・温度の変化



車載容器の安全使用範囲

圧力値は70MPa容器の場合

容器は、下記の使用範囲を前提にして設計している(国際基準(GTR13)に適用)。
従って、**安全性担保の為此の範囲を越えないような充填が必要**である



＜参考＞容器の安全上から考慮すべき範囲と事象

考慮すべき範囲と事象は下記の3つである。

＜過昇温＞

85℃以下。容器のFRP層の樹脂の軟化を防止。

但し、制限温度は容器内ガス平均温度で規定しており、タンク内壁温度は放熱によりそれより低い。従って、容器内ガス平均温度が85℃を超えたとしても、即危険となるわけではない(越えて良いわけではない)が、この3項目中では安全上一番重要な事象である。

＜過昇圧＞

87.5MPa以下(70MPa容器)。容器の破裂を防止。

容器側では破裂圧は $70\text{MPa} \times 2.25 = 157.5\text{MP}$ であり余裕がある。

87.5MPaを超えたとしても即危険となるわけではない(越えて良いわけではない)。

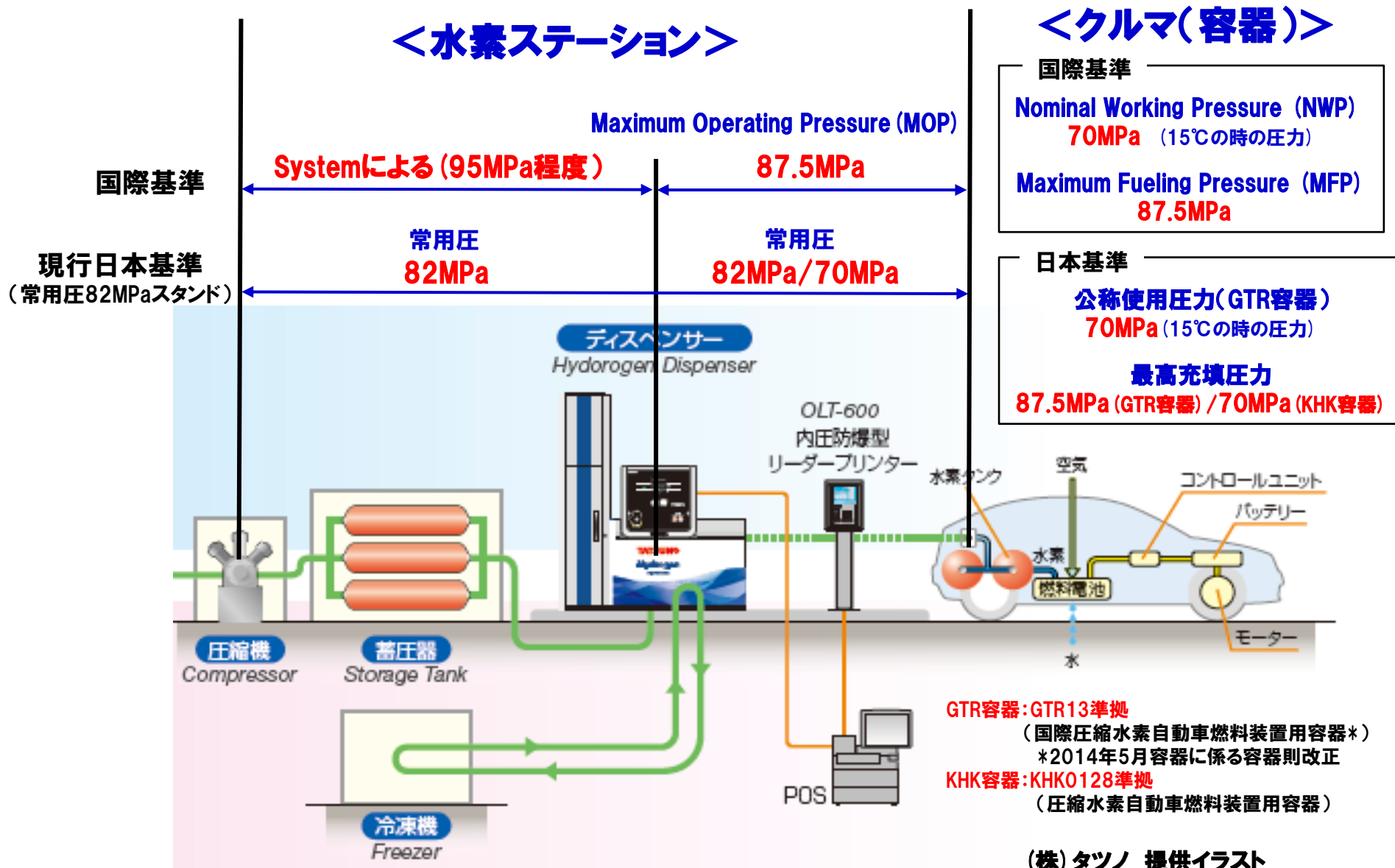
＜Overfill 又は過充填＞

法規上の過充填禁止の対応。

(但し、かつての日本の法規ではSOCの概念が無かったため、Overfill=過充填とは言えなかった)
容器の破裂圧と比べるとかなり低い圧力であり、過充填になっても、それ自体は強度的にはまったく問題ない(法規的にはNG)。

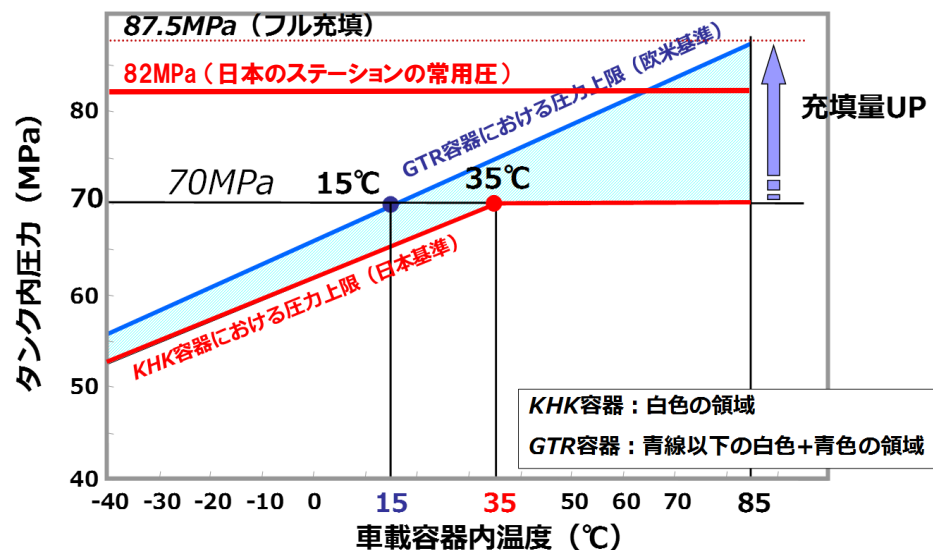
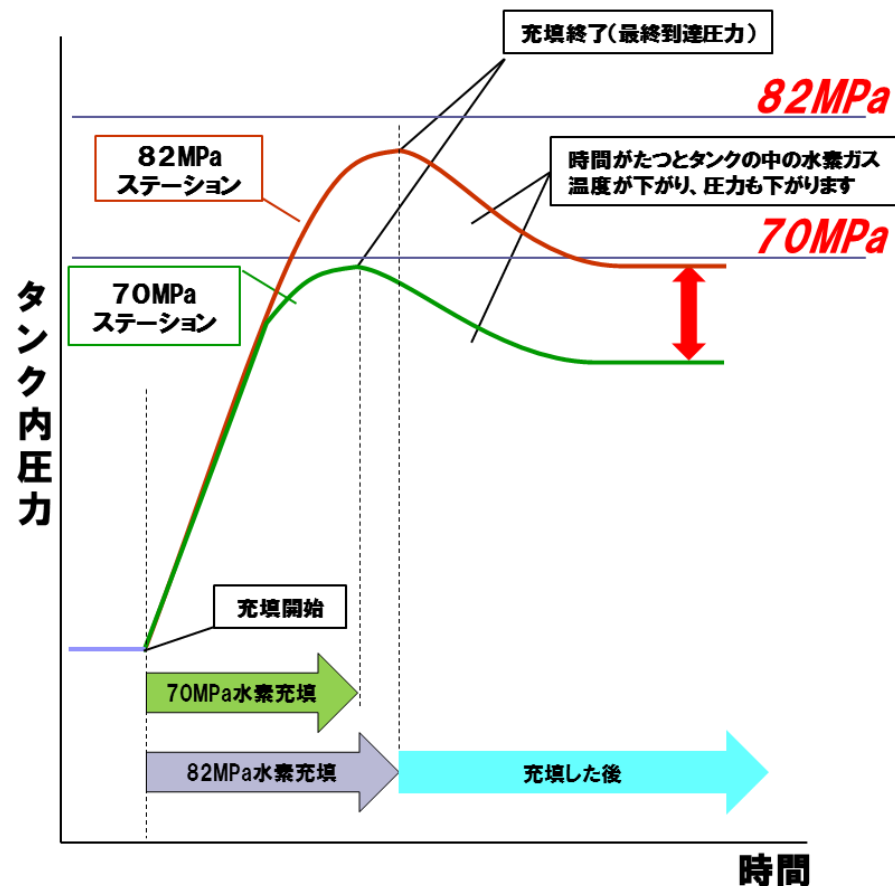
安全性の観点で問題となるのは、アラスカのような低外気温下で過充填された容器をアリゾナのような高外気温下に運搬すると、過昇圧となる可能性がある為。

容器の充填圧力とステーションの圧力の関係（NWP70MPでの例）



常用圧82MPaステーション/GTR容器での水素充填

水素充填中の圧力(イメージ)



2016年2月に法律が改正され、温度が常温に下がって70MPa以下になるのであれば、充填中に、一時的に70MPa(上限82MPa)を超えた圧力で充填できるようになった。

→ただし、国際基準(GTR)に適用された容器のみ。
従来基準(KHK0128)の容器は70MPaを超えられない。

今後、各ステーションで順次確認検査を実施し、82MPa対応に切り替わっていく。

→ 82MPa対応ステーションで、従来基準(KHK0128)の容器に充填すると、70MPaを超えてしまい法規違反になる。
(容器の安全性上は問題ないが。。。)

充填プロトコルとは

(誰でもアクセスが可能な)

商用ステーションでの水素充填で、考慮しないといけない点

車載容器の安全使用範囲内で充填を終了させるには、あらゆる状態を想定する必要がある。

- 1) 初期状態 : 充填直前のタンクの状態(タンク内の水素ガス温度と圧力)
- 2) 充填方法 : 充填プロトコル(充填による水素ガス温度上昇と圧力上昇)

あらゆる気象条件で

- ・外気温は？ (−40℃～+50℃の範囲を想定)
- ・供給燃料温度は？ (ノンプレクールの場合は、外気温とイコールではない)

不特定多数の車に

- ・どの容器基準に適合したタンクか？ 最高充填圧力は？
- ・タンク容量は？
- ・充填前のタンク(充填前のタンク初期圧力)は空？ ほぼ満タン？
- ・充填前の走行状態(充填前のタンク初期温度)は？ (長時間駐車？ 長時間走行？)

追充填も想定して

- ・追充填かどうか？ (直前に、どんなステーションで充填していたか？)

商用ステーションで使えるのは、上記の想定をすべて考慮した充填プロトコルのみ。

水素充填規格(SAE J2601/JPEC-S 0003)の概要・特徴

<概要>

- ・米国自動車技術会(SAE)が定める通信充填を含めた高圧水素充填の規格。
- ・安全にかつ効率的な充填のための水素ディスペンサーに対する性能要求・制約要件。
- ・本規格に基づいて、日本基準であるJPEC-S 0003を定めた。
- ・ISOでも水素ステーションの国際規格にSAEJ2601/JPEC-S 0003を引用した。

基本的充填手順 (ルックアップテーブル(Lookup Table)方式)

①ルックアップテーブルとは

- ・充填圧力区分、プレクール温度区分ならびに容器容量区分に応じて、目標圧力上昇率と目標圧力が外気温度と容器初期圧力に対して表形式(ルックアップテーブル)で提示されている。

②充填方法

- ・定められた圧力上昇率(目標圧量上昇率)で充填
 - ⇒どのタンク容量でも同一条件(入力エネルギー比)で充填が可能
 - ⇒どのタンク容量でも充填時間は同じ(2輪(小容量)も大型車も原則は同じ充填時間)
- ・目標圧力上昇率はルックアップテーブルに従って、外気温度から決定される。

③充填終了

- ・目標圧力に達したら、充填を終了。目標圧力はルックアップテーブルに従って外気温度及び充填前の容器内初期圧力から決定される。
(通信充填の場合は、上記に加えて、充填率が100%に達したら、充填終了)

ルックアップテーブル(Lookup Table)

充填圧力区分 (H70/H35)

供給燃料(プレクール)温度区分 (T40/T30/T20)

容器容量区分 (2-4kg / 4-7kg / 7-10kg (H70の場合))

別表13 H70-T40 7-10kg 非通信充填

別表13 H70-T40 7-10kg 非通信充填																
外気温度	目標圧力 上昇率	別表10 H70-T40 4-7 kg 非通信充填														
		外気温度	目標圧力 上昇率	別表7 H70-T40 2-4 kg 非通信充填												
(°C)	(MPa/min)			(°C)	(MPa/min)	外気温度	目標圧力 上昇率	目標圧力 (MPa)								
>50	充填不可	>50	充填不可			初期圧力 (MPa)										
50	7.*	50	5.*	(°C)	(MPa/min)	0.5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	≥70
45	11.*	45	8.*	>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	充填不可
40	14.*	40	11.*	50	3.*	充填不可	70.*	70.*	70.*	69.*	69.*	69.*	68.*	68.*	67.*	充填不可
35	15.*	35	12.*	45	5.*	69.*	70.*	70.*	69.*	69.*	69.*	69.*	68.*	68.*	67.*	充填不可
30	17.*	30	15.*	40	8.*	66.*	68.*	69.*	69.*	69.*	69.*	69.*	68.*	68.*	67.*	充填不可
25	19.*	25	18.*	35	9.*	65.*	68.*	69.*	69.*	69.*	69.*	68.*	68.*	68.*	67.*	充填不可
20	19.*	20	21.*	30	12.*	63.*	67.*	69.*	68.*	68.*	68.*	67.*	67.*	66.*	66.*	充填不可
10	19.*	10	28.*	25	15.*	60.*	65.*	68.*	67.*	68.*	67.*	66.*	66.*	65.*	65.*	充填不可
0	19.*	0	28.*	20	19.*	60.*	65.*	67.*	67.*	67.*	67.*	65.*	65.*	64.*	63.*	充填不可
-10	19.*	-10	28.*	10	27.*	60.*	65.*	67.*	65.*	66.*	65.*	64.*	63.*	62.*	61.*	充填不可
-20	19.*	-20	28.*	0	28.*	67.*	67.*	66.*	64.*	64.*	63.*	62.*	61.*	59.*	58.*	充填不可
-30	19.*	-30	28.*	-10	28.*	67.*	66.*	65.*	65.*	63.*	62.*	60.*	58.*	57.*	56.*	充填不可
-40	19.*	-40	28.*	-20	28.*	66.*	66.*	65.*	64.*	63.*	62.*	59.*	56.*	54.*	充填不可	充填不可
<-40	充填不可	<-40	充填不可	-30	28.*	65.*	65.*	64.*	64.*	62.*	61.*	59.*	56.*	53.*	充填不可	充填不可
				-40	28.*	65.*	64.*	63.*	63.*	62.*	60.*	59.*	56.*	53.*	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	充填不可

充填プロトコルの参照表はJPECがSAEより制限された転載許可を受けているため、ダミーの数字が入っていますので、ご注意ください。必要な方はJPECホームページよりお問い合わせください。

ルックアップテーブル方式の充填手順(充填プロトコル)

日本の業界自主基準であるJPEC-S 0003はSAE J2601で定められたLookup Tableを引用して参照表を規定している。

目標圧力上昇率及び目標停止圧力の決定

充填圧力区分:70MPa、供給燃料温度区分: -40℃、容器容量4-7Kg

非通信充填において、外気温:25℃で充填前の容器初期圧力:10MPaの場合

外気温度 (°C)	目標圧力 上昇率 (MPa/min)	目標圧力 (MPa)										
		初期圧力 (MPa)										
		0.5	2	5	10	15	20	30	40	50	60	≥ 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	充填不可
50	5.*	70.*	70.*	70.*	70.*	70.*	70.*	69.*	69.*	68.*	67.*	充填不可
45	8.*	70.*	70.*	70.*	70.*	70.*	70.*	69.*	69.*	68.*	67.*	充填不可
40	11.*	67.*	69.*	70.*	70.*	70.*	70.*	69.*	69.*	68.*	67.*	充填不可
35	12.*	66.*	69.*	70.*	69.*	69.*	69.*	69.*	69.*	68.*	67.*	充填不可
30	15.*	64.*	67.*	69.*	69.*	69.*	69.*	68.*	68.*	67.*	66.*	充填不可
25	18.*	63.*	66.*	69.*	68.*	68.*	68.*	67.*	67.*	66.*	65.*	充填不可
20	21.*	62.*	66.*	68.*	67.*	67.*	67.*	66.*	66.*	64.*	63.*	充填不可
10	28.*	60.*	65.*	68.*	67.*	66.*	65.*	65.*	63.*	62.*	61.*	充填不可
0	28.*	67.*	67.*	66.*	64.*	64.*	63.*	62.*	61.*	60.*	58.*	充填不可
-10	28.*	67.*	66.*	66.*	64.*	64.*	62.*	60.*	59.*	57.*	56.*	充填不可
-20	28.*	66.*	66.*	65.*	65.*	63.*	62.*	60.*	57.*	54.*	充填不可	充填不可
-30	28.*	66.*	65.*	64.*	64.*	63.*	61.*	59.*	56.*	53.*	充填不可	充填不可
-40	28.*	65.*	65.*	64.*	64.*	62.*	61.*	59.*	56.*	53.*	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	充填不可

目標圧力:68.*MPa

JPEC-S0003 記載(SAE J2601 Lookup Tableから引用)の参照表例

<参考> 充填プロトコルの基本的な考え方

各々の最悪ケースを足し算で安全マージンを積み上げて、充填プロトコル(圧力上昇率/停止圧力)をシミュレーションで見積もり、安全性検証試験(実機)で確認している。

<圧力上昇率>

過昇温が懸念されるのは、初期の容器内ガス温度が一番高く、かつ放熱性の悪い容器に充填した場合。従って、マージンを大きく取る為、下記の最悪の前提条件の組み合わせで圧力上昇率を見積もる。

- 1) 容器内ガス温度は外気温より15℃高いと仮定。
- 2) 充填開始圧力は充填量が多い(与えられるエネルギーが多い)2MPaから。
- 3) 放熱性が一番悪い、タイプ4(樹脂ライナー)容器を使用。

<停止圧力>

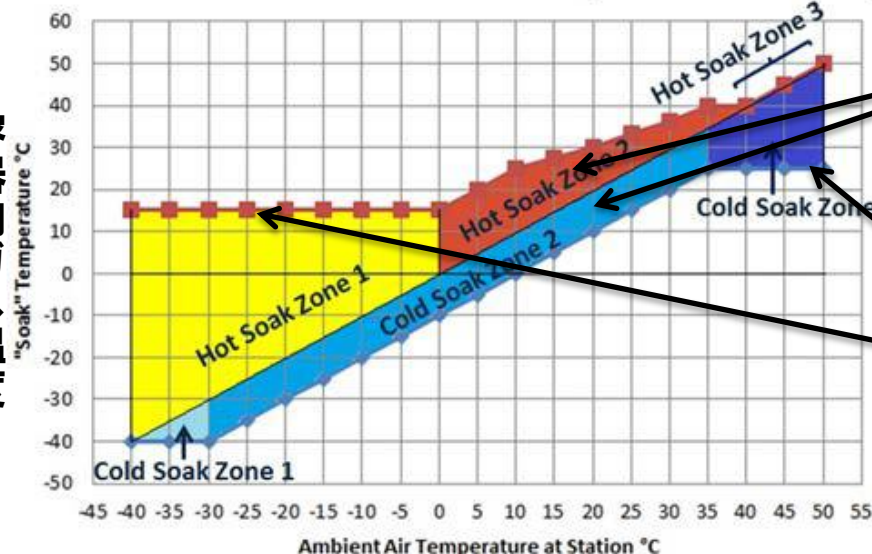
過充填が懸念されるのは、初期の容器内ガス温度が一番低く、かつ放熱性の良い容器に充填した場合。従って、マージンを大きくとる為、下記の最悪の前提条件の組み合わせで停止圧力を見積もる。この時の停止圧力は、過昇圧が問題ない位に低い。

- 1) 容器内ガス温度は外気温より10℃低いと仮定。
- 2) ここから、アウトバーンを全開走行し、ガス温度が-40℃低下すると仮定。
- 3) 放熱性が一番良い、タイプ3(金属ライナー)容器を使用

<参考> 充填プロトコルの基本的な考え方（補足）

外気温度と容器内ガス温度の関係

容器内ガス温度



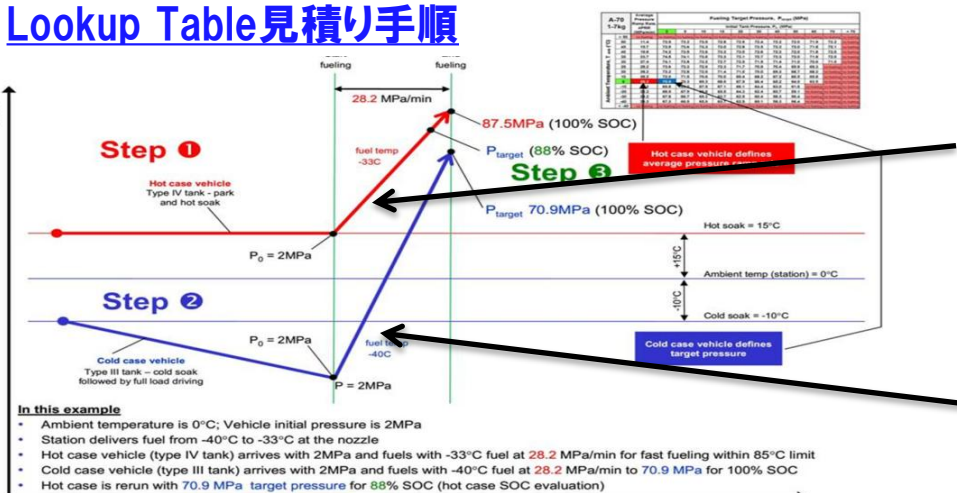
外気温度

・各社の車両実験のデータから
容器内ガス温度を、
外気温度の $+15^{\circ}\text{C} - \alpha / -10^{\circ}\text{C}$
と仮定

・ガレージでの暖房、冷房を考慮し、
夏のガレージは 25°C
冬のガレージは 15°C
と仮定

Lookup Table見積り手順

容器内ガス温度



時間

Step①

最悪の前提条件の組み合わせで、過昇温(85°C)を越えない圧力上昇率を見積もる。

Step②

最悪の前提条件の組み合わせで、
Step①で求めた圧力上昇率で過充填
にならない停止圧力を見積もる。

通信充填とは

<通信充填の目的>

- 1) 充填率(SOC)の向上。満タン(SOC100%)を狙った充填が可能。
 - 2) 車載タンクの異常時に充填を中止(終了)することが出来る。
- ・車載タンク内のガス温度(と圧力)を水素ステーション側で把握することで、SOC100%を狙った充填が可能となる(非通信充填はマージンを取って、早めに充填終了している)。
 - ・車載タンクの異常を車両側が検知して、アボート信号を出すため、安全面でも有利。
 - ・**充填速度(昇圧率)は非通信充填と同一であり、充填時間が短縮されることはない。**
- なお、昇圧率が同一の為、通信が途切れても、継続して充填が可能。

SAE TIR J2799 | IrDA Wireless Communications

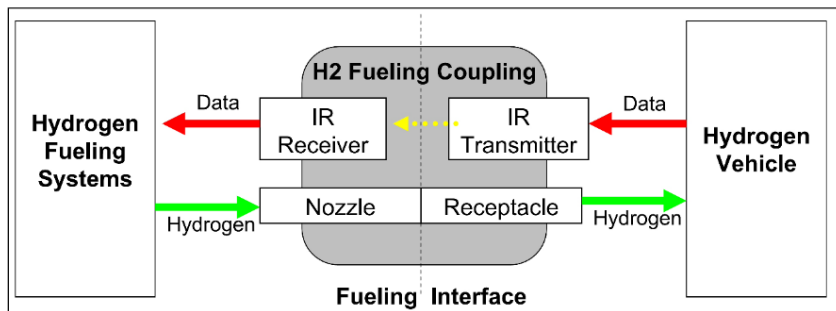
- IrDA Available Technology
- Vehicle to Station Communication
- Real Time H₂ Storage System Information
- Transparent to Customer
- For 35 MPa / 70 MPa / 70 MPa ALT Protocol interaction
- Vehicle Identification via IrDA in discussion



通信規格そのものは、SAEJ2799で規定されている。

IR(赤外線)を使って、各車両情報やタンク内情報を水素ステーションに送信。

車両⇒水素ステーションへの一方向のみ(相互通信ではない)。



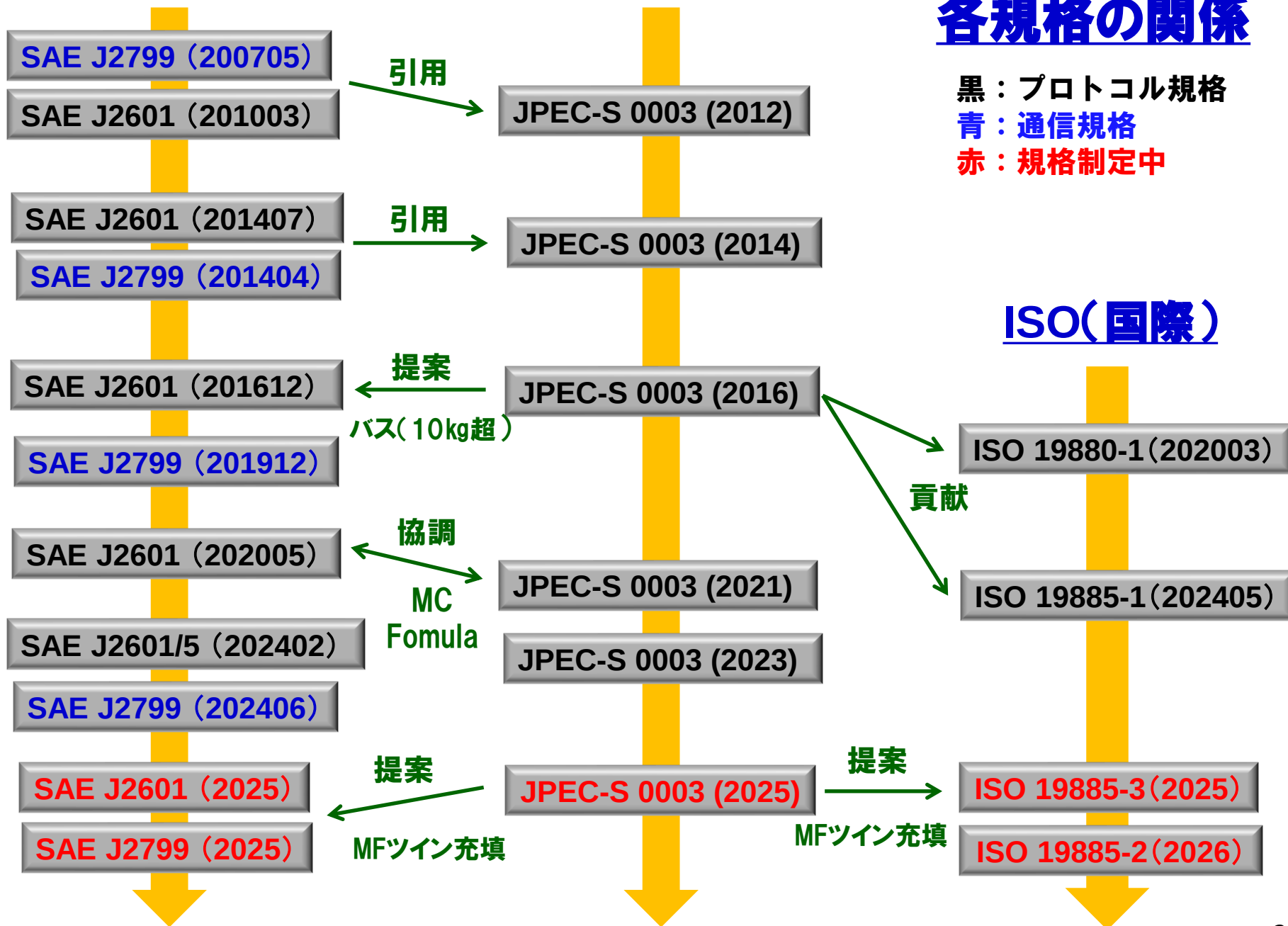
充填プロトコル規格

SAE(米国)

JPEC(日本)

各規格の関係

黒：プロトコル規格
青：通信規格
赤：規格制定中



JPEC-S 0003 (2012/2014/2016) の概要

JPEC-S 0003とは安全かつ効率的な充填を実施するための具体的で包括的な業界自主基準である。水素ステーションではJPEC-S 0003に従って充填を行わなければならない。

JPEC-S 0003(2016) の構成詳細

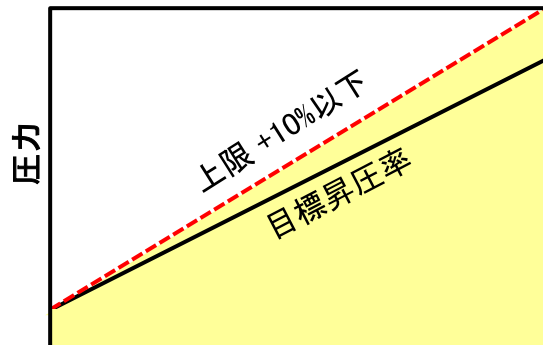
適用要件	JPEC-S 0003 (2016)					
燃料装置用容器	国際圧縮水素 自動車燃料装置用容器				圧縮水素 自動車燃料装置用容器	
基 準	本文(2014) *1		付属書Ⅰ *2	別添資料(2012)		
充填圧力区分	『35MPa』級	『70MPa』級	『70MPa』級	35MPa	70MPa	
容器容量区分		2～4 kg	10 kg超 決められたタンク容量のみ	なし		
	2.4～4.2 kg	4～7 kg				
	4.2～6.0 kg	7～10 kg				
初期圧力範囲	0.5～35 MPa	0.5～70 MPa	0.5～70 MPa	2～30 MPa	2～60 MPa	
通信充填	有り・なし			なし		
供給燃料温度区分	T40 -40～-33 °C		-40～-33 °C	-40 ～ -33 °C		
	T30 -33～-26 °C		-40～-26 °C	-22.5 ～ -17.5°C		
	T20 -26～-17.5 °C		-40～-17.5 °C			
外気温度(°C)	プレクール有のみ		-40°C ～ 50 °C			

*1 別添資料(2012)も適用可

*2 最新のJPEC-S0003(2016)では10kg超の充填(FCバス等)に対応した圧縮水素充填技術基準「付属書1」を追加。
「付属書1」では容器容量区分を「10kg超」の1区分とし、供給燃料温度制御(プレクーラー)のフレキシビリティを高めるため、JPEC-S(2014)と異なる供給燃料区分を設定。

JPEC-S 0003と充填性能確認ガイドライン

JPEC-S 0003 (2012)



ガイドラインでの試験項目

- 昇圧率選択型充填性能
- 高昇圧率充填性能
- 低昇圧率充填性能

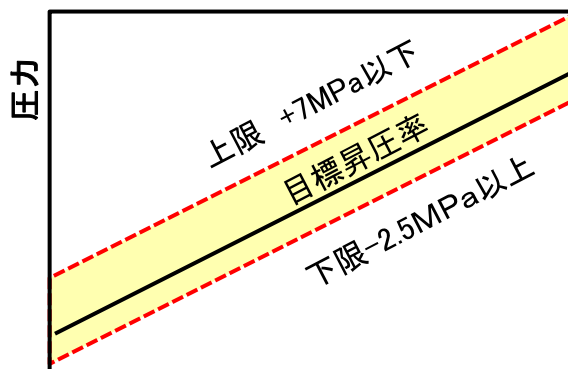
市街地での70MPa充填



82MPa充填



JPEC-S 0003 (2014)



ガイドラインでの試験項目

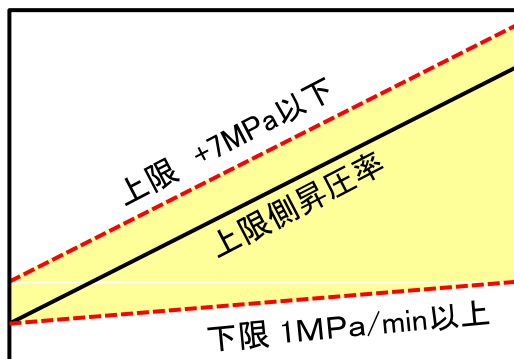
- 通信確認検査
- 通信充填 昇圧率選択型充填性能
- 容積推定精度確認検査
- 非通信充填 昇圧率選択型充填性能確認検査
- 通信・非通信移行確認検査
- 高昇圧率充填性能確認検査
- 低昇圧率充填性能確認検査
- フォールバック充填性能確認検査
- トップオフ充填性能確認検査

JPEC-S 0003 (2016)

82MPa FCバス充填



圧力



ガイドラインでの試験項目

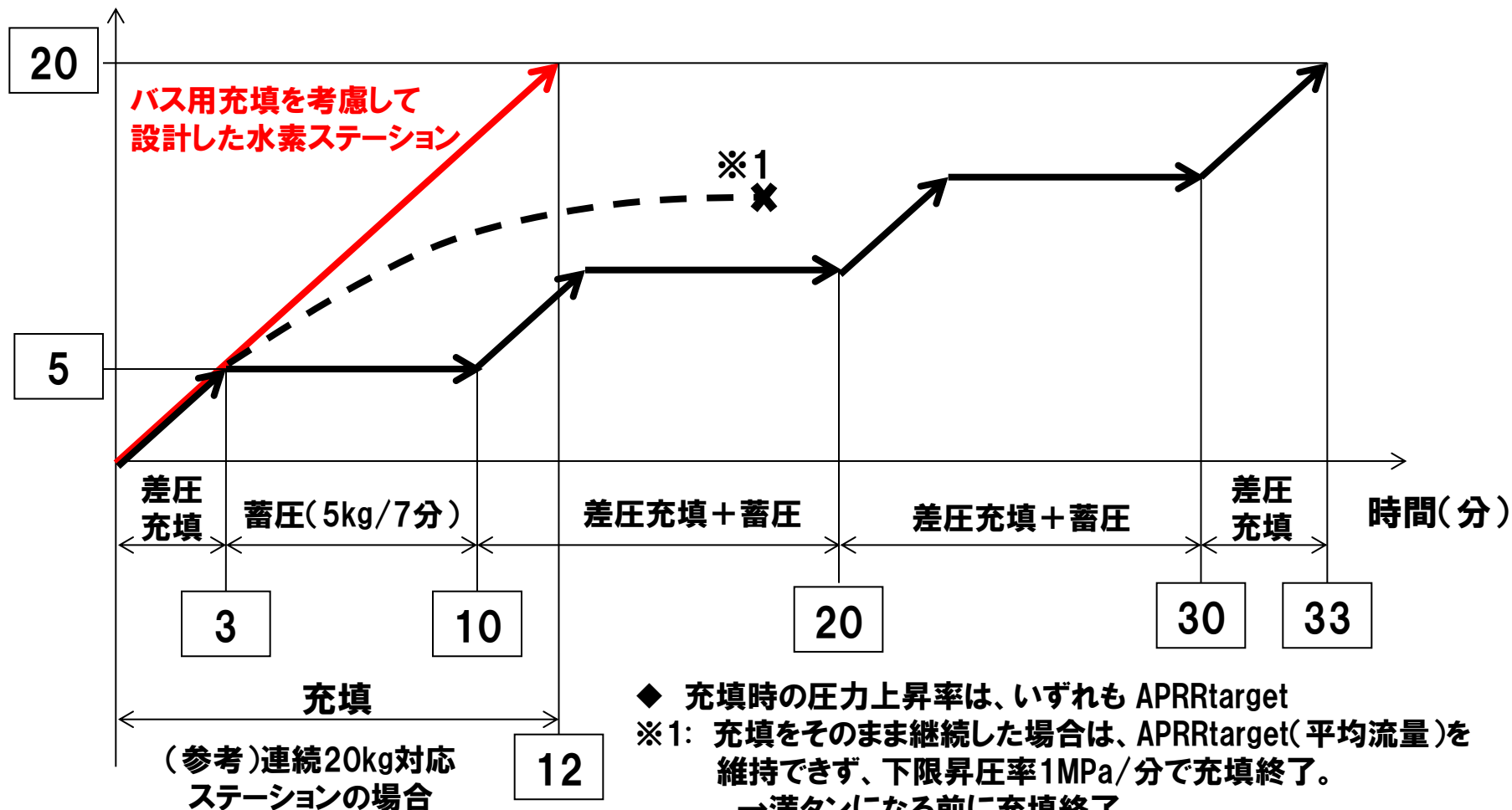
- 通信確認検査
- 通信充填 圧力上昇率選択型充填性能確認検査
- 容積推定精度確認検査
- 非通信充填 圧力上昇率選択型充填性能確認検査
- 通信・非通信移行確認検査
- 高圧力上昇率充填性能確認検査
- 低圧力上昇率充填性能確認検査
- 継続充填性能確認検査

□ : 省略可能試験
(2014との重複)

FCV用の水素ステーションでバス充填をした場合

FCV(容量5kg)用充填に向けて設計された水素ステーション(300Nm/h:6台/時間)で、バス(容量20kg)用充填を行うと、供給能力が不足、間欠的な充填になってしまう。

充填量(kg) →バスを本格運用する為には、バス用充填(充填量)を考慮した設計が必要



JPEC-S 0003 (2021) : MCフォーミュラ充填

<概要>

- Honda R&D Americas, Incが開発した水素充填プロトコル。
- SAE J2601 (2020) にて水素充填規格として正規採用。

基本的充填手順 (MCフォーミュラ(MC Formula)方式)

①MCフォーミュラとは

- ルックアップテーブル方式は供給温度区分毎にコンサバティブに設定した圧力上昇率で充填するが、MCフォーミュラは実際の供給ガス温度の変化に応じて逐次最適な圧力上昇率を算出しながら充填を行う事で、充填時間の短縮を図る充填方法。

②充填方法

- **充填中の供給ガス温度から質量平均温度(MAT)を算出して目標充填時間を更新
⇒ディスペンサーの冷却具合に応じて最適な充填時間が得られる**
- 目標充填時間は外気温毎に定められた3次関数にMATを与えて算出する。

③充填終了

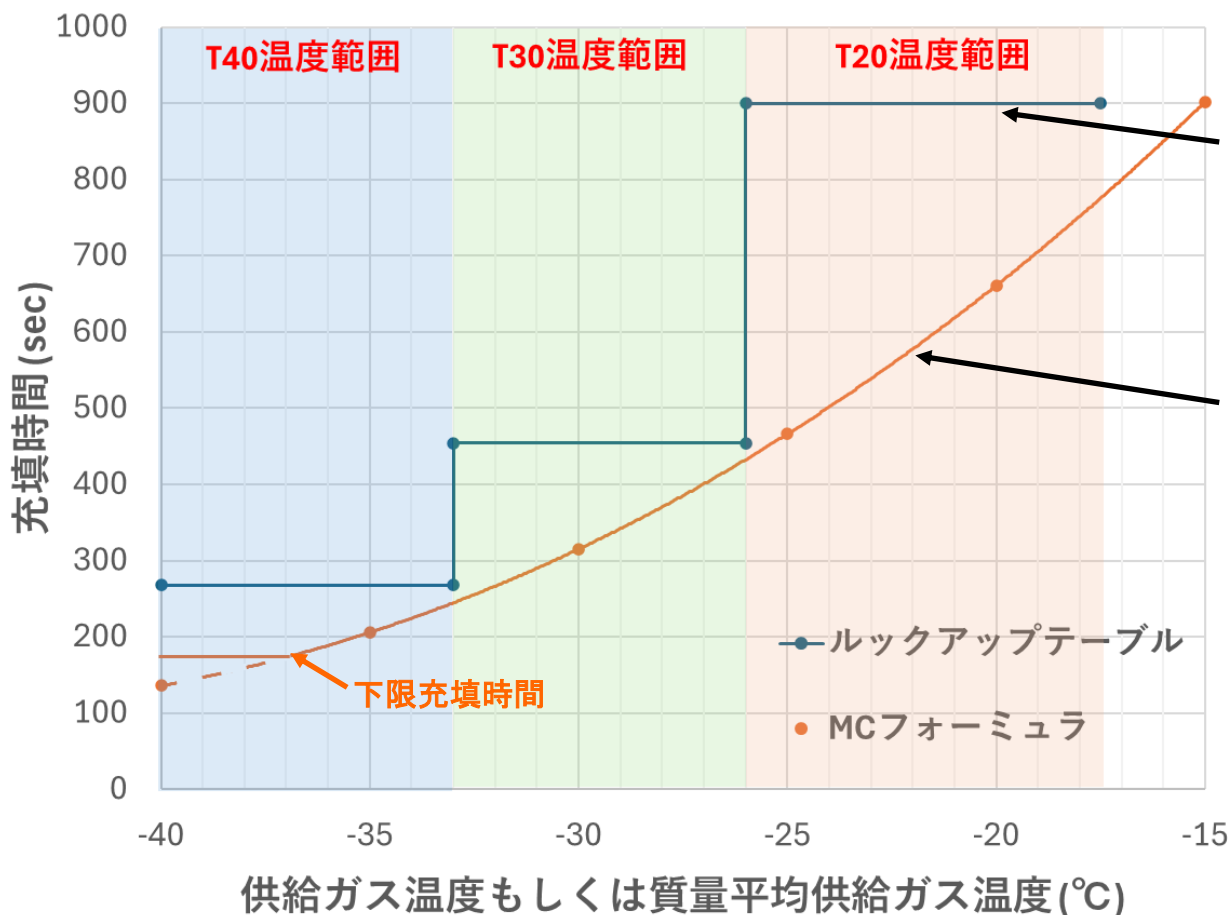
- ルックアップテーブル方式同様に供給温度区分(T40/T30/T20)毎に非通信充填用の目標圧力テーブルと通信充填用の圧力制限テーブルが設定されている。
- 非通信充填時は圧力目標値に達したら、充填を終了。
- 通信充填時はディスペンサーの目標SOCに到達、もしくは圧力制限値で充填を終了

MCフォーミュラ方式の充填時間短縮効果

ルックアップテーブル方式とMCフォーミュラ方式の充填時間の比較

充填圧力区分: 70MPa、容器容量4-7Kg

通信充填において、外気温: 25℃で充填前の容器初期圧力: 5MPaの場合



ルックアップテーブルは
T40/T30/T20の温度帯毎に
コンサバティブな充填時間が
決まる

MCフォーミュラは
T40/T30/T20各温度帯の
上限温度よりも
質量平均供給ガス温度が下がる
程充填時間が短縮される

* 充填完了圧力 = 87.5MPa相当
として充填時間を算出

JPEC-S 0003 (2023) : MC-MM充填

<概要>

- ・2017年度NEDO事業においてENEOS・トキコシステムソリューションズ・本田技術研究所の3社で開発された水素充填プロトコル。
- ・JPEC-S 0003 (2023) にて水素充填規格として規格化。
- ・SAEの次期改定 (2025) にてMC-MMをベースとした新制御法が提案されている。

基本的充填手順 (MC-MM(MC multi map)方式)

①MC-MMとは

- ・大多数のカスタマーをカバーできる標準状態(初期圧23MPa)を対象として4分以内の充填を提供する事を前提に、状況に応じてプレクーラ温度を緩和する事でステーション運営コスト低減を図る事を目的としたプロトコル。

②充填方法

- ・充填開始時にディスペンサーの熱マスと冷却度合いからサーマルマスレシオを算出し、**車両の初期条件に合わせてプレクーラ温度目標値を切り替えて充填を開始する。**
- ・車両のタンク初期圧とサーマルマスレシオから最適な充填テーブルを選択。
⇒テーブルを2条件から16条件に増やし、より細分化された条件で最適化。
- ・充填および終了制御はMC Formulaと同等。

③待機制御

- ・充填後も1分毎にサーマルマスレシオを算出し、プレクーラ温度を制御。
ディスペンサーが冷えた状態や低外気温時はプレクーラ温度を緩和T20レベルまで緩和。

MC-MM方式の充填手順(充填プロトコル)

充填初期圧力および充填開始時に算出したサーマルマスレシオに応じて、
容器容量毎に設定された16枚のテーブルから最適なテーブルを選択して充填

サーマルマスレシオの算出式

$$TM_{ratio} = \frac{(T_{tube} - T_{HEX})}{(T_{amb} - T_{HEX})} \times \frac{TM_{tube}}{5.58}$$

- TM_{tube} : ディスペンサーの熱マスの実測値(kJ/K)
- T_{tube} : ブレークアウェイ近傍の接続ブロック温度(°C)
- T_{HEX} : プレクーラ温度(°C)
- 5.58 : SAE J2601 Appendix Hot Caseの熱マス(kJ/K)

JPEC-S0003 (2023) 添付より表を引用

別表G1 MC-MM方式目標圧力上昇率計算用t_{final}表(初期圧力 0.5MPa、TMR100、容器境界 99.4L)

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	1859	1969	7994	9960	11267	12296	13105	13872	14519
45	896	978	1263	2511	4624	6426	7769	8814	9708
40	415	473	770	1213	1902	2849	3956	5056	6066
35	221	340	537	834	1236	1680	2278	2976	3730
30	193	283	429	644	932	1289	1668	2143	2672
25	171	243	355	519	738	1010	1329	1691	2093
20	155	214	304	435	611	830	1086	1376	1695
15	143	194	271	382	530	716	935	1182	1453
10	133	177	243	338	465	626	815	1030	1265
5	119	155	206	279	375	498	644	812	997
0	111	142	186	248	330	434	559	704	865
-10	103	131	171	227	301	397	512	646	795
-20	103	121	157	207	275	363	469	594	732
-30	103	112	145	190	252	332	431	546	676
-40	103	104	133	174	231	304	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

サーマルマスレシオ 充填初期圧力	100%	80%	60%	40%
0.5MPa	テーブル(1,1)	テーブル(2,1)	テーブル(3,1)	テーブル(4,1)
5MPa	テーブル(1,2)	テーブル(2,2)	テーブル(3,2)	テーブル(4,2)
10MPa	テーブル(1,3)	テーブル(2,3)	テーブル(3,3)	テーブル(4,3)
15MPa	テーブル(1,4)	テーブル(2,4)	テーブル(3,4)	テーブル(4,4)

充填性能確認ガイドライン

水素ステーションの充填性能確認ガイドラインの策定

1. 充填性能確認ガイドライン策定の目的

FCV等 to 充填をおこなう水素ステーションが、その充填技術を規定した圧縮水素充填技術基準【JPEC-S 0003】に対応可能な充填性能を有していることを確認するための評価項目や手法を提案する

2. 圧縮水素充填技術基準と充填性能確認ガイドラインの関係

規格・基準

要求仕様策定の指針

SAE J2601

例示基準

JPEC-S 0003

充填技術に関する
要求事項

管理すべき
基本的な要件

管理すべき
基本的な要件

管理すべき要件
に関する具体的
要求事項および
J2601に対応した
性能に関する要件

J2601以外の
付加的要件

非対応事項
および
参照事項

検査

検収内容策定の指針

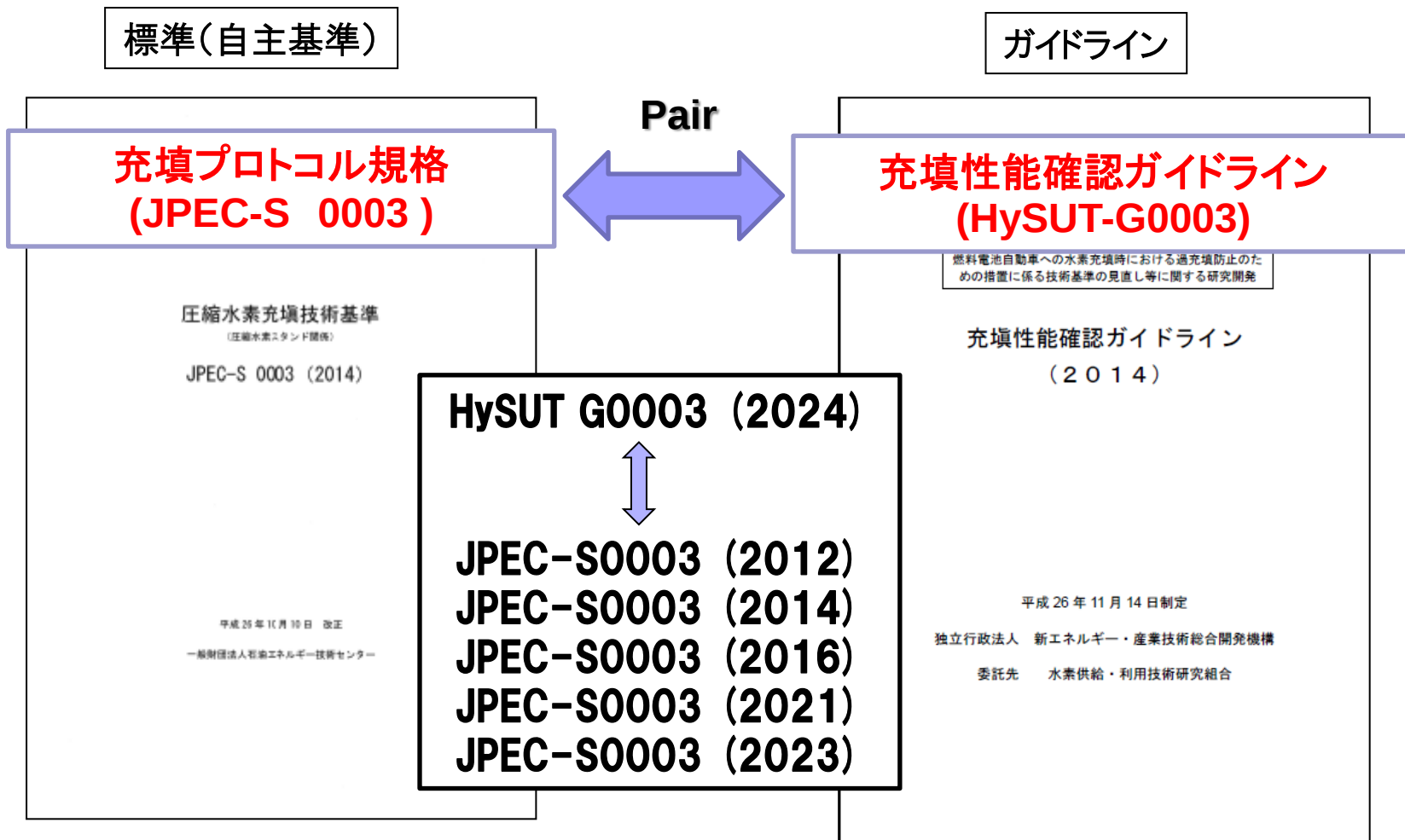
(完成検査)

完成検査

充填性能確認
ガイドライン
HySUT G0003

充填性能
確認試験

JPEC-S 0003と充填性能確認のガイドラインの対比



充填性能確認ガイドライン(2014)の概要

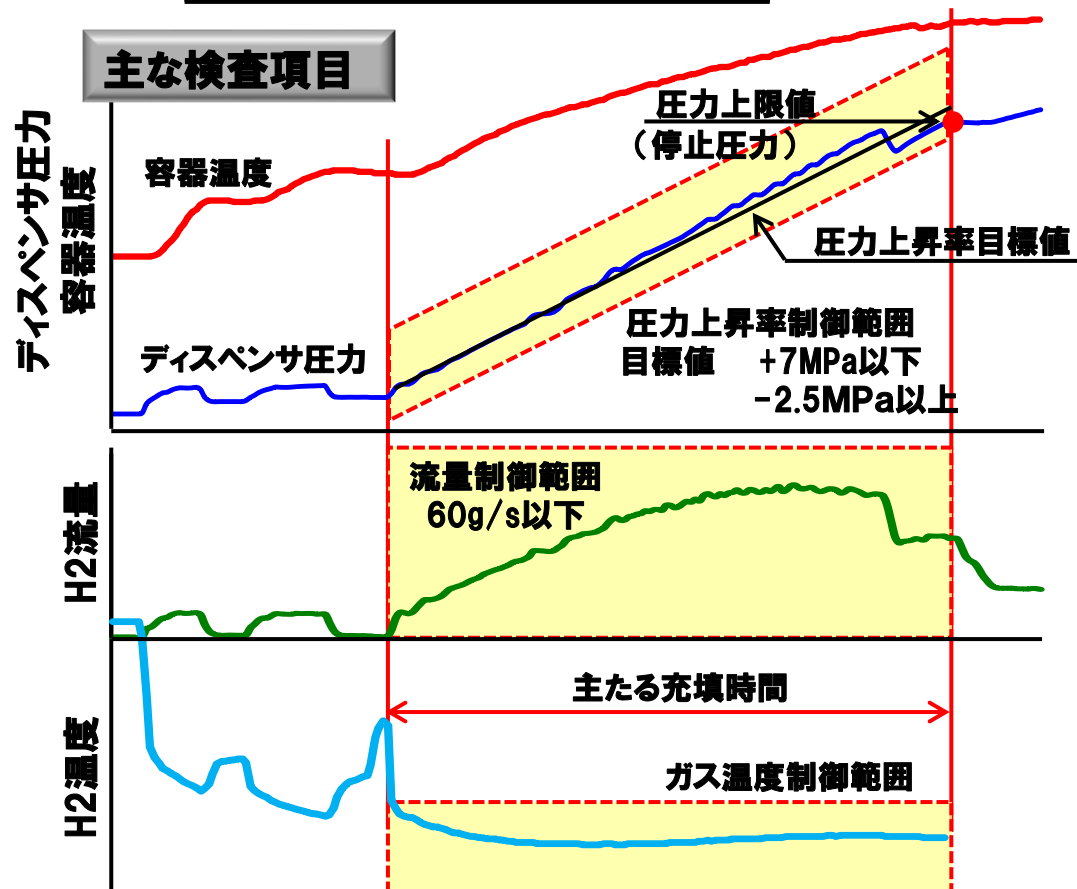
主な検査条件

昇圧率選択型充填性能確認検査

高昇圧率充填性能確認検査

低昇圧率充填性能確認検査

主な検査項目



充填圧力の制御

- (1) 充填圧力が上限値(停止圧力)以下であるか

圧力上昇率の制御

- (1) 圧力上昇率が制御範囲で制御されているか
- (2) 逸脱時に自動停止するか

充填流量の制御

- (1) 充填流量が上限値を超えていないか

圧縮水素ガスの温度制御

- (1) 30秒後のガス温度が制御範囲内に維持されているか
- (2) 逸脱時に自動停止するか、若しくは通信充填の場合フォールバック運転に移行するか

充填性能確認試験/充填評価装置

水素充填時の詳細データを収集するための
水素充填評価装置(HySUT号)

目的

- ① 充填解析手法の検証、充填プロトコルの適正さ検証
- ② 水素ステーションにおいて、充填プロトコル
(SAE J2601準拠JPEC-S 0003:高圧ガス保安法)に
従った制御性の確認等の水素充填性能の確認



水素充填評価装置
(HySUT号)
→2015年度末 運用完了

充填プロトコルでの規定

- 一定昇圧速度制御、
3分充填制御
- 40℃水素冷却
- 目標停止圧力での
充填停止制御
- 通信充填技術

70MPa超 水素充填評価装置
(HySUT 2号)

⇒2017年1月完成、運用開始



項目	HySUT2号 基本仕様
製作目的	JPEC-S 0003 (2014)、 充填性能確認ガイドライン (2014) の確認
容器	GTR容器
充填圧力	87.5MPa以下
実施可能試験	5kg(10kg)充填 5kg×2回連続充填
計測項目	充填流量、温度、圧力

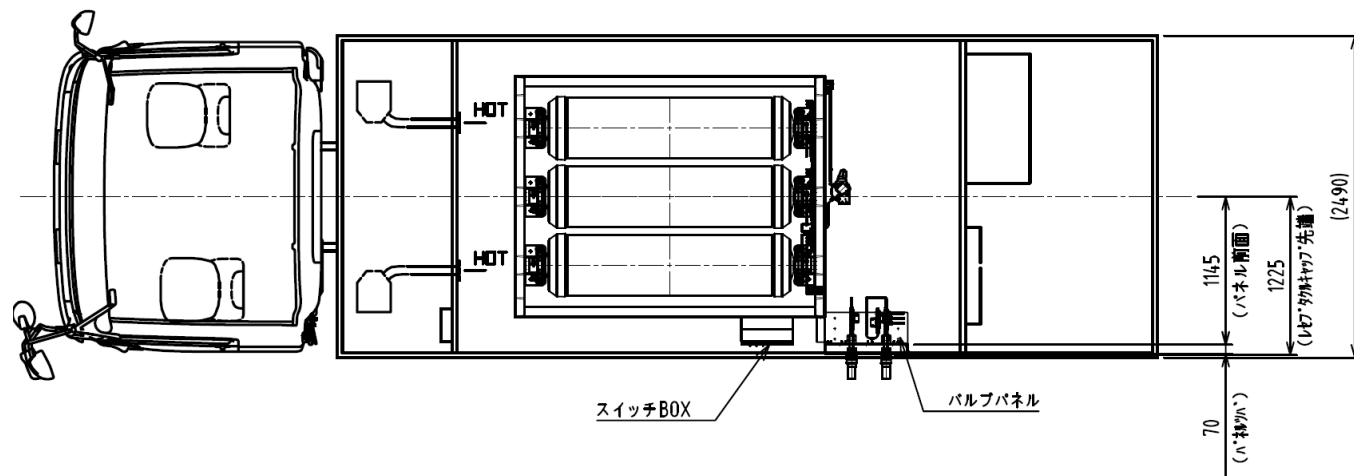
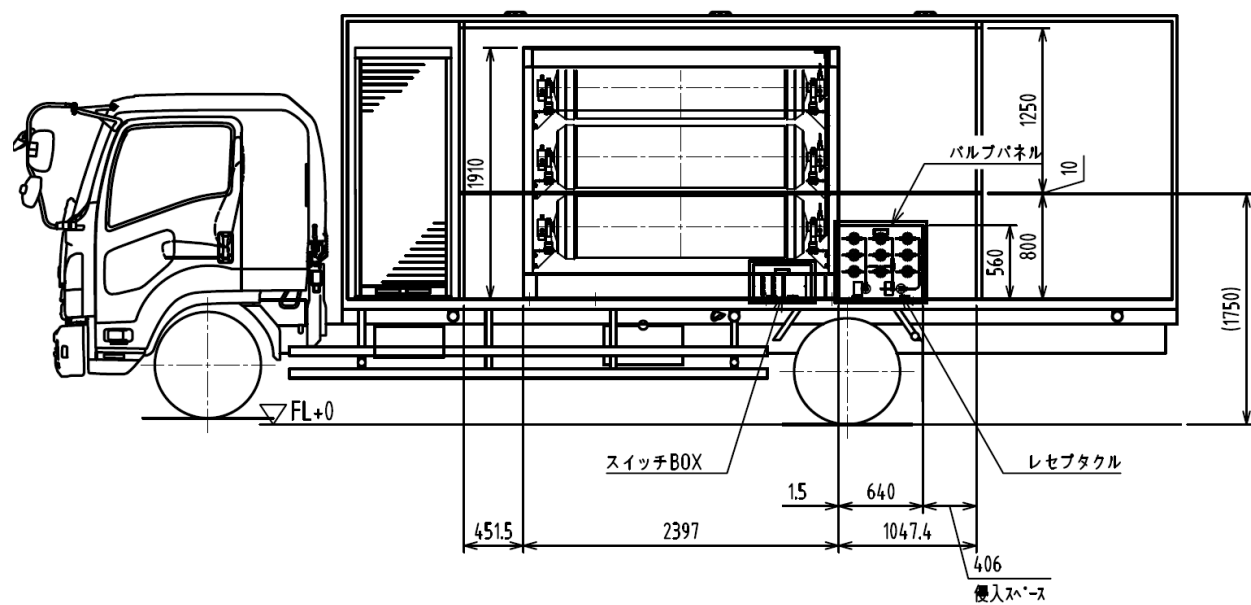
HySUT4号(水素充填試験車両)車両概要 全体写真



【主な仕様】

- タンクはType4
- 230リットル(水素量9.4kg)を9本搭載
(最大充填量85kg)
- タンクは手動弁を操作することで、
1本から利用可能
(3本なら28kg、6本なら56kgなど)
- モジュール筐体内の温度を40℃に
調整可能(ホットソーク試験対応)
- レセプタクルはMF用2個
- 水素エンジン車(構内走行可能)





JPEC-S0003 (2025)

HDV用水素充填プロトコルの取り組み

JPEC-S 0003 (2025) : ツインノズル充填プロトコルの概要

1) HDV用仕様の定義 (※)

- 車両の水素積載量 : ~100kg
- 充填時間 (初期圧10MPa) : 10~15分
- 平均水素流量 : 5~7.5kg/分 (LDVの3.9~4.3倍)

日本の充填性能目標
80kgの水素を10分程度で充填

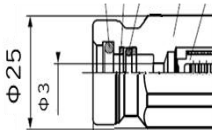
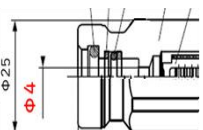
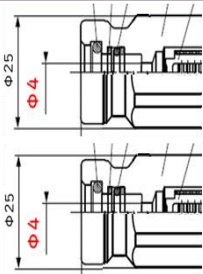
2) コネクター (ノズル+レセプタクル) の種類と性能 (※)

タイプ	最大流量(g/s)	平均流量(g/s)	倍 (LDV=1)
H70 (Nominal Flow) 	60	30	1
H70MF (Medium Flow) 	90	45	1.5
H70×2 	120	60	2
H70MF×2 	180	90	3
H70HF (High Flow) 	300	150	5

- ・最大流量を1.5倍とし、2系統のツインノズル充填とすることで3倍の流量を確保
- ・2系統の連携は必要だが、充填プロトコルそのものは従来と一緒
- ・コンポーネント(ホースやブレイクアウェイ、配管、流量計など)が流用可能

ツインノズル充填プロトコルのメリット（水素充填ネットワーク拡大）

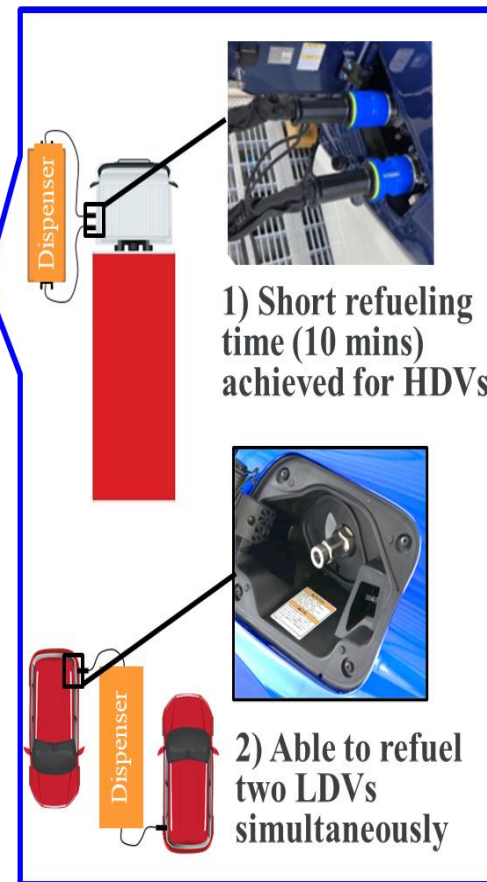
- ・HD用水素ステーションで従来のLDVの充填が可能
→HD用水素ステーションの普及が進むとLDVが充填できる水素ステーションも増える
- ・既存の水素ステーションでもHDの充填が可能

Introduction Year	- 2024	2025 -	
Fueling method	Normal Flow (NF)	Medium Flow (MF)	MF-Twin (MFT)
Receptacle shape			
Max. Flow rate	60g/sec	90g/sec	180g/sec
Fueling at existing HRS / Fueling existing FCEVs	Yes/Yes	Yes/Yes	Yes/Yes
Adaptable vehicle type			

Advantages of the MF Twin fueling system for infrastructure

1. Use existing infrastructure
2. Minimize cost of additional social infrastructure
3. Allows components to be designed as an extension of existing technologies

Benefits



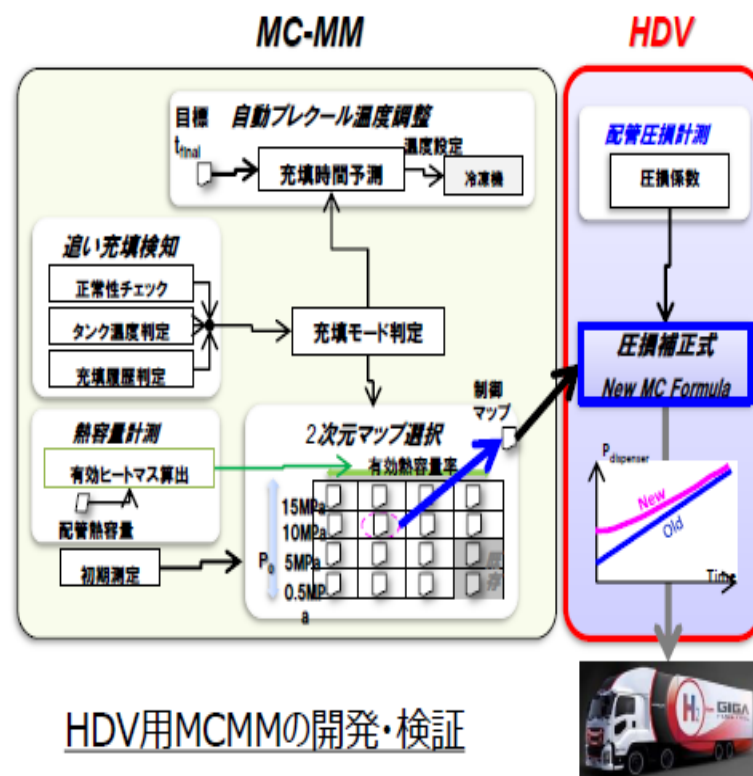
(Source: Toyota)

NEDO 事業概要

- LDV用に作成した充填プロトコル（MC-MM）をHDV用に拡張・開発する
- コスト低減に繋がる新充填技術を開発する
- NEDO委託事業にてLDV用に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。

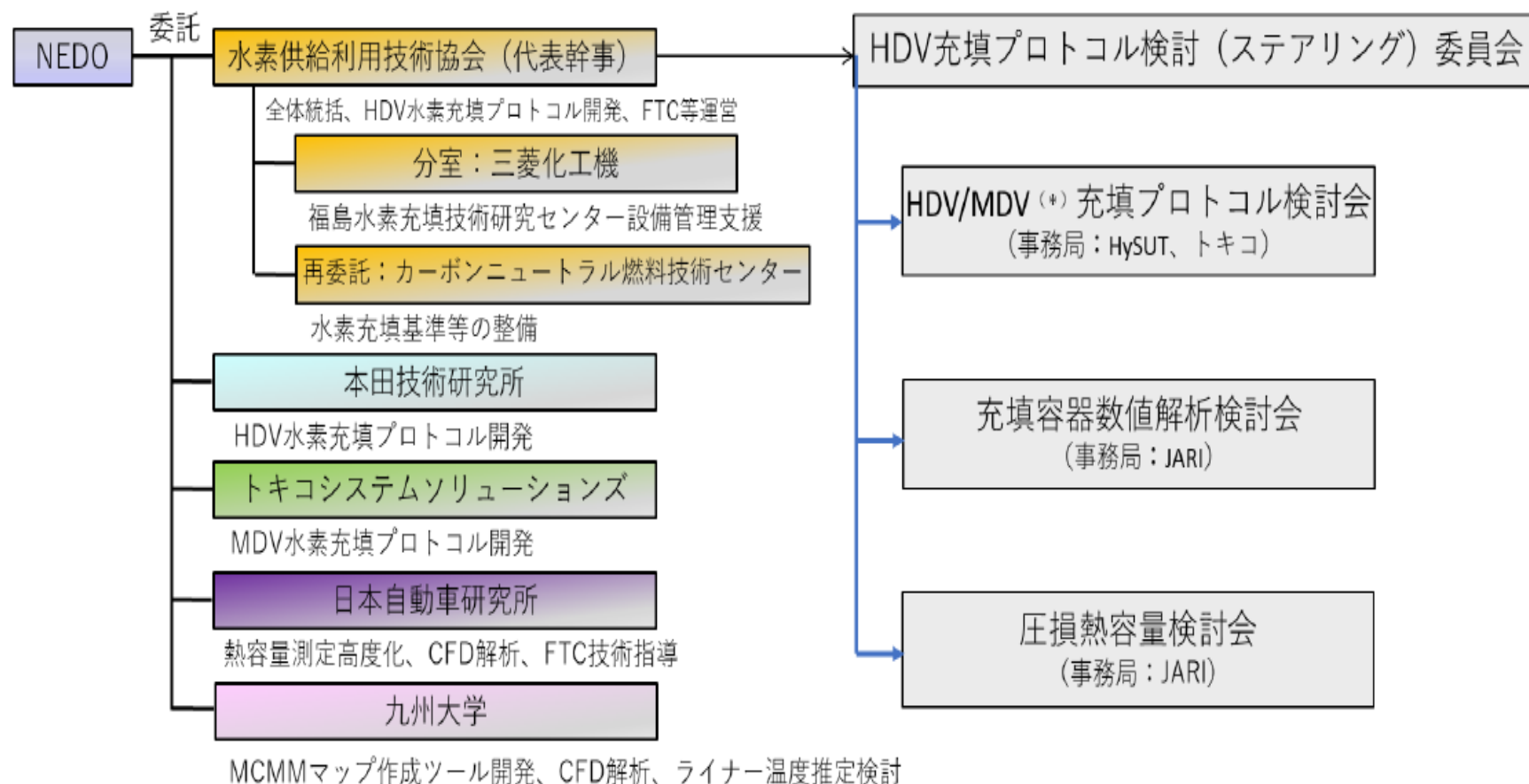
国内の水素ステーションにおけるHDV用充填プロトコルの安全性検証のため、容器内温度層の課題やプレクール設備の能力、配管・バルブ等の差圧などの高圧水素充填に与える実影響について、福島水素充填技術研究センター等の設備や実商用車を活用して試験・検証を実施する。

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を作成（JPEC-S 0003改正）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。

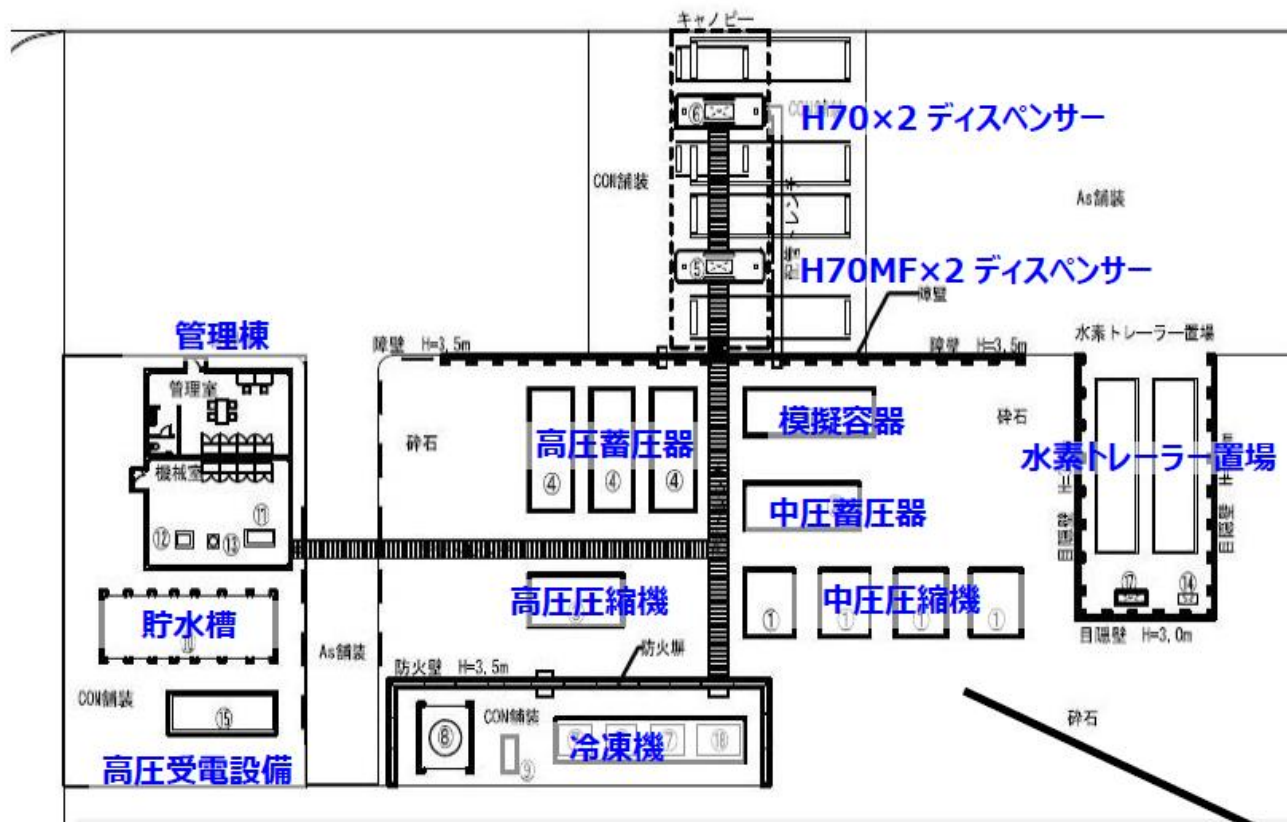


研究開発マネジメントについて

- ステアリング委員会の下、各課題毎の検討会を設定。検討会決議事項を委員会にて審議（原則として、ステアリング委員会は半年ごと、検討会は4半期ごとに開催）
- 毎月末、代表幹事の主催のもと、実施者7者間で進捗会議を実施。



福島水素充填技術研究センター (FTC)



欧州(独)ZBT HDV充填設備
(2024.5月訪問調査)



米国 NREL HDV充填設備
(2024.3月訪問調査)

水素充填能力：最大80kg/10min (@10MPa)
蓄圧器水素保有量：最大500kg (高圧：390kg、中圧:110kg)
圧縮機：高圧：160kg/h、中圧：100kg/h

調査結果：欧米のHDV充填評価設備に引けをとらない仕様・規模



福島水素技術充填研究センター（FTC）



**Twin Nozzle Dispenser
(タツノ)**



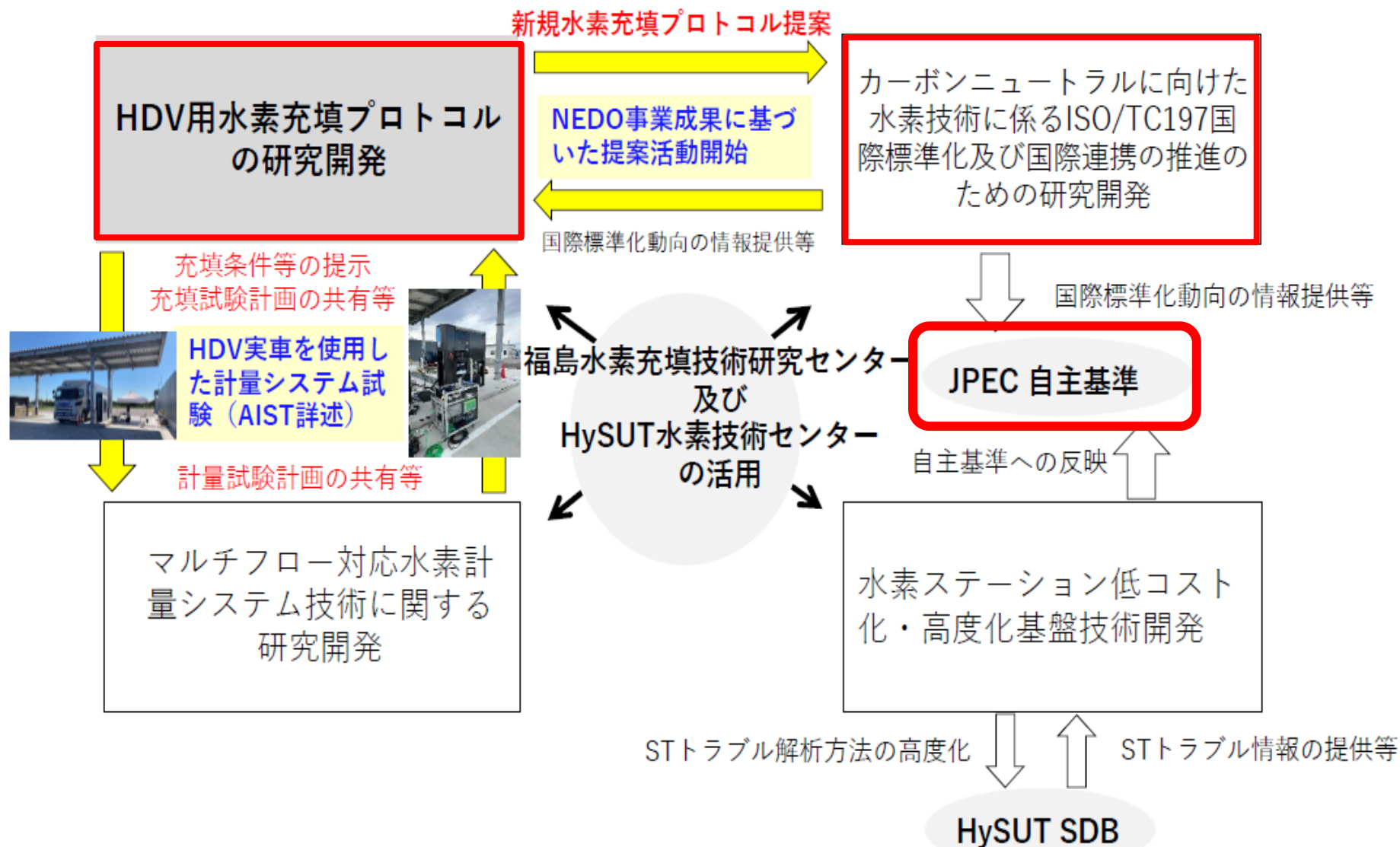
**Twin Nozzle Dispenser
(トキコ)**

Refueling protocol tests on Toyota and Hino's Heavy Duty Vehicle at FTC (Summer 2023 and Winter 2024)



(Source: Toyota Motor)

NEDO事業間連携について



ご清聴ありがとうございました。

