2019年度NEDO次世代電池・水素成果報告会
発表No.H1-20

「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／本格普及期に向けた次世代ステーション・充填技術の研究開発」

大島伸司
ＪＸＴＧエネルギー(株)
(株)本田技術研究所
日立ｵｰﾄﾓﾃｨﾌﾞｼｽﾃﾑｽﾞﾒｼﾞｬﾒﾝﾄ(株)
（一社）水素供給利用技術協会

2019年7月18日

連絡先
JXTGエネルギー(株)
E-mail: oshima.shinji@jxtg.com
TEL: 03-6551-9696

事業概要

1. 期間

開始 ：2018年6月
終了（予定）：2021年2月

2. 最終目標

実施項目	最終目標（2020年度）
①低コスト対応プロトコルの開発	・水素ステーション側の熱容量等の値を適正化した革新的新規プロトコル（Phase1）の制御マップを完成させる。 ・車載タンク側の上限温度見直しを含む革新的プロトコル（Phase2）の見通しを得る。
②低コスト高頻度水素充填システムの開発	・1時間10台の充填を可能とする低コスト高頻度充填システムを完成させる。
③水素充填・ステーションシステムに関する調査	–

3.成果・進捗概要

実施項目	成果内容	自己評価 （2019.3末時点）
①	・Phase1：革新的新規プロトコルの開発に必要な充填パラメーターの取得を開始した。Phase1の効果見通しについて、試算が進みつつある。 ・Phase2：車載タンク側の上限温度見直しも視野に入れた研究会を立ち上げ、議論を開始した。	○
②	・高頻度充填に対応したバンク構成について複数のモデルを構築し、シミュレーションを活用して4つの候補に絞り込んだ。HySUT水素技術センターでの実証試験に向けて、設備面での準備を開始した。	○
③	水素充填及び水素ステーションシステムに関する調査（米国、欧州）を行った。特に欧州を中心とした各国のプロトコル開発ニーズについて調査した。	–

発表内容

１．全体概要

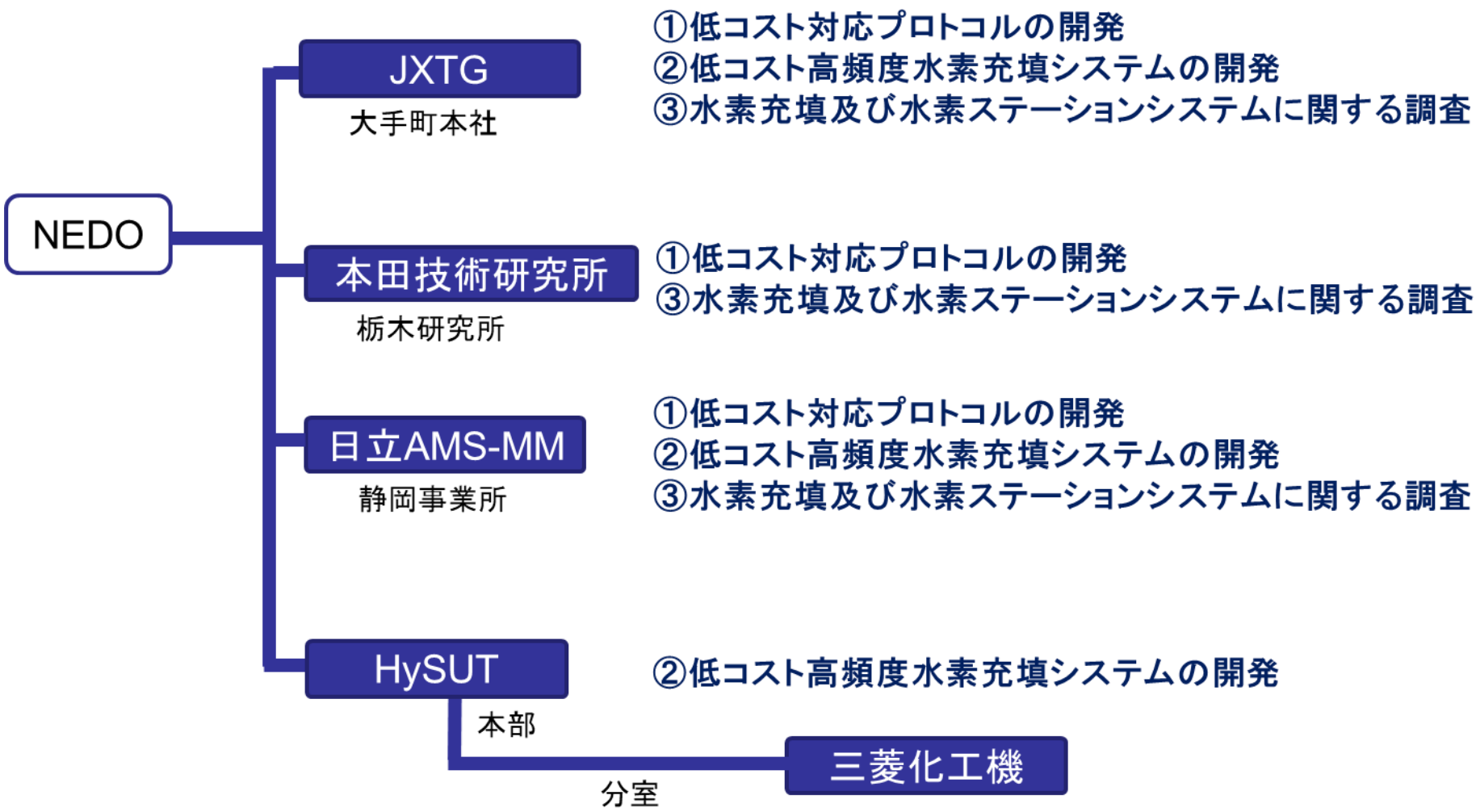
２．研究開発項目①：
　　低コスト対応プロトコルの開発

３．研究開発項目②：
　　低コスト高頻度水素充填システムの開発

４．今後の計画

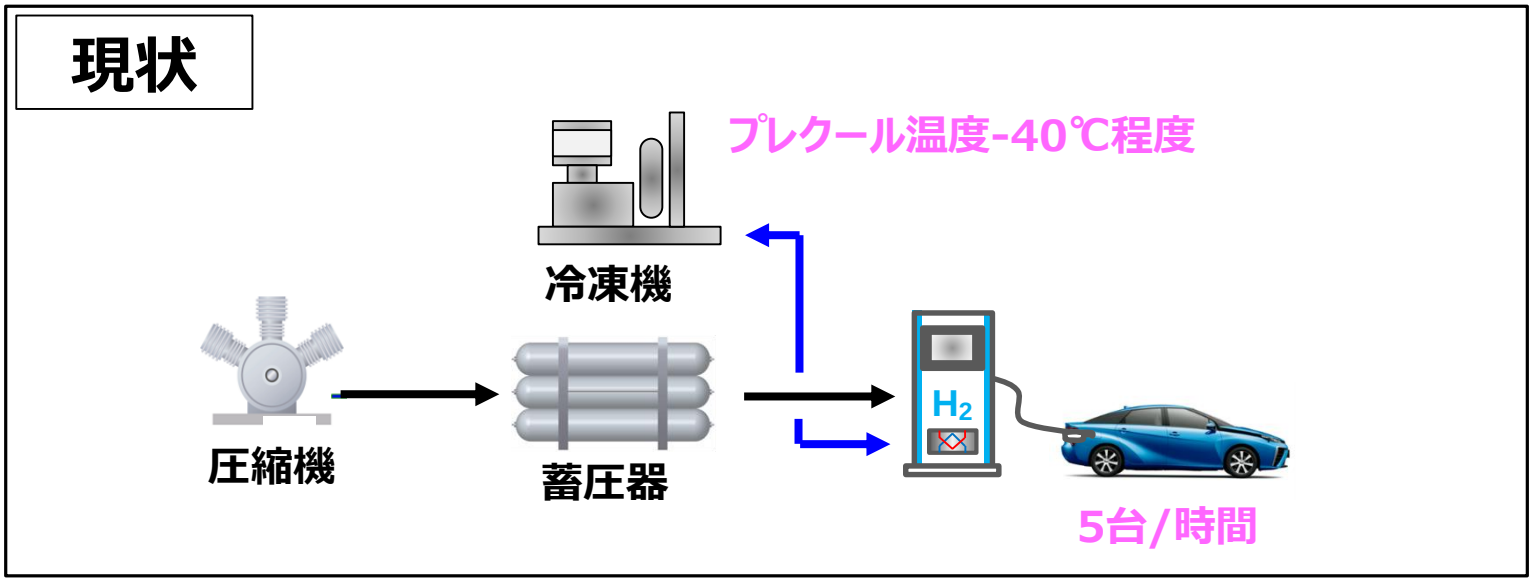
1． 全体概要

研究開発の実施体制



1．全体概要

次世代充填技術のテーマ設定について



本格普及期に向けての課題

・プレクール温度の緩和

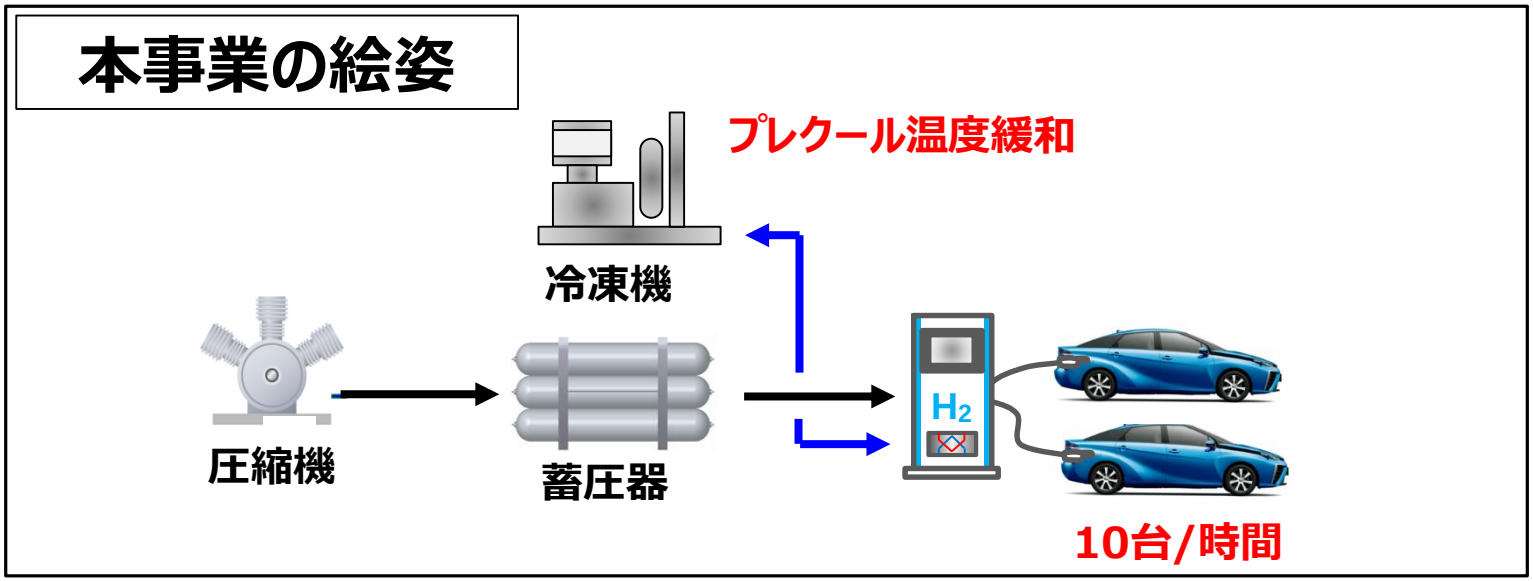
⇒冷凍機の電気代低減、ホース等の信頼性向上、鋼材の脆化影響低減

・本格普及期のFCV台数への対応（10台/時間）

⇒ 必要最小限の設備構成で実現したい

1． 全体概要

次世代充填技術のテーマ設定について



①低コスト対応プロトコルの開発

目標：プレクール温度の緩和（Phase1目標：-25～-33℃ Phase2目標：-15～-25℃）

②低コスト高頻度水素充填システムの開発

目標：必要最小限の設備での10台/時間の実現

圧縮機 1台 ＋ 蓄圧器 最小限 ＋ 充填ノズル2系統

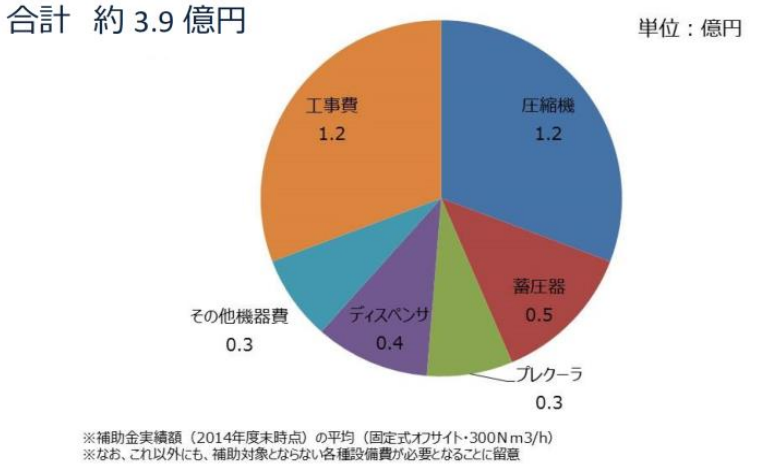
研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標	根拠
①低コスト対応プロトコルの開発	・Phase1：水素ステーション側の熱容量等の値を適正化した革新的新規プロトコルの制御マップを完成させる。 ・Phase2：車載タンク側の上限温度見直しを含む革新的プロトコルの見通しを得る。 **【水素供給温度】** **現行：-35～-38℃程度** **⇒Phase1 目標：-25～-33℃** **⇒Phase2 目標：-15～-25℃**	水素供給温度を-25～-33℃程度に緩和出来れば、100万円/年程度の電気代低減に繋がる（Phase1）。
②低コスト高頻度水素充填システムの開発	・1時間10台の充填を可能とする低コスト高頻度充填システムを完成させる。	本格普及期には1時間10台程度の高頻度充填が必要となる。現状の2倍の供給能力が必要となるが、同じ設備を2系統設置するのではなく、圧縮機・蓄圧器の共用で低コストな高頻度充填システムを構築する。

建設費の効果試算

・現行の高頻度充填システム（2台同時充填可）
システムコスト　7.8億円
（2014年度Nev実績3.9億円ｘ2）

（圧縮機（340Nm3/hrｘ2台）
蓄圧器（3バンクｘ2組）
ディスペンサ（2セット））



［出典］資源エネルギー庁作成

・目標の高頻度充填システム（2台同時充填可）
システムコスト　4.4億円

（圧縮機（340Nm3/hrｘ1台）
蓄圧器（3バンクｘ1組*）＊蓄圧器本数等は検討中
ディスペンサ（2セット）＊冷凍設備の共有化、新プロトコルの採用）

・建設費削減効果：3.4億円＝7.8億円－4.4億円
シングルディスペンサー換算で3.4/2=1.7億円

運営費の効果試算

【水素供給温度】
現行：-35～-38℃程度
⇒Phase1目標：-25～-33℃
⇒Phase2目標：-15～-25℃

■Phase1達成時の削減効果
・電気代低減　10kwX15時間ｘ310日ｘ21円/kwh=**100万円/年**

■Phase2達成時の削減効果（本事業では見通しまで）
・電気代低減　20kwX15時間ｘ310日ｘ21円/kwh=**200万円/年**
・ホース等消耗部品の大幅な寿命延長に伴う交換頻度の低減効果
：100万円/年

2．研究開発項目①：低コスト対応プロトコルの開発

①低コスト対応プロトコルの開発

背景

・現在のプロトコルを用いて充填時間を3分程度にするためには、表に示す通り**T40(-40～-33℃）**に保つ必要がある。その結果現行プロトコルを用いた際（短い充填時間を確保）に掛る電気代が高い（**冷凍機40kw年間約400万円**）。
前提：15時間x310日x21円/kwh

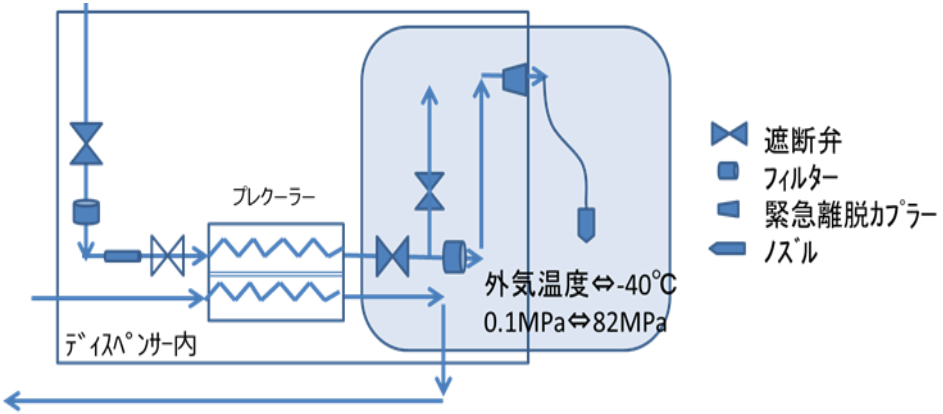
・厳しい運転環境のため充填システムの信頼性及び部材の耐久性が低い。
（例：ホースの認可回数1000回程度）
原因：急激なﾋｰﾄｻｲｸﾙ（常温→-40℃）及び圧力ｻｲｸﾙ（0→Max.82MPa）

プレクール温度を緩和したい

水素供給温度と充填時間例

水素供給温度区分	充填時間
T40（-40～-33℃）	3′40″
T30（-33～-26℃）	6′07″
T20（-26～-17.5℃）	12′13″

外気温度20℃、初期圧5MPaで試算

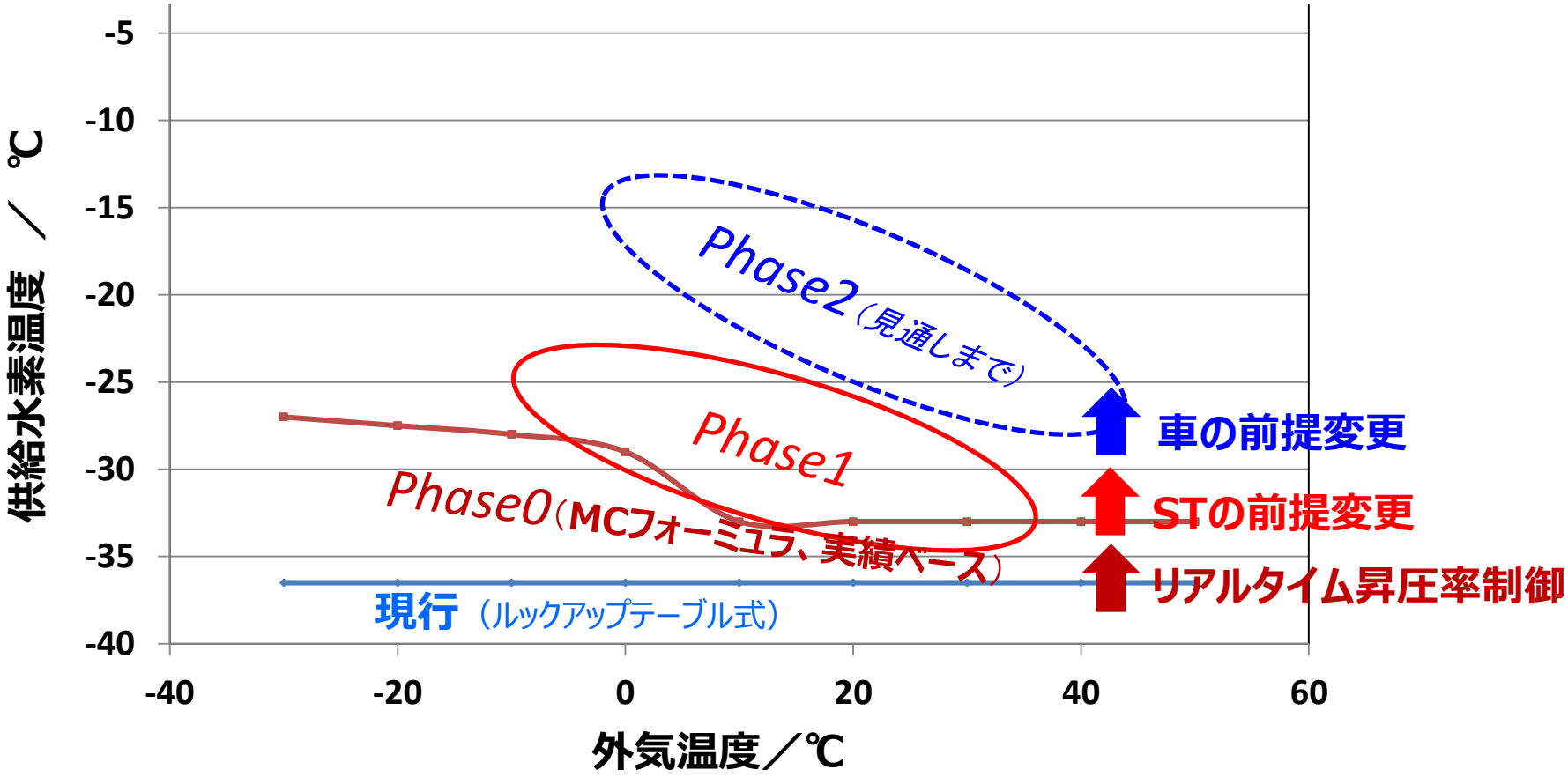


ディスペンサ廻りのフロー

2．研究開発項目①：低コスト対応プロトコルの開発

プレクール温度の緩和に向けたアプローチ

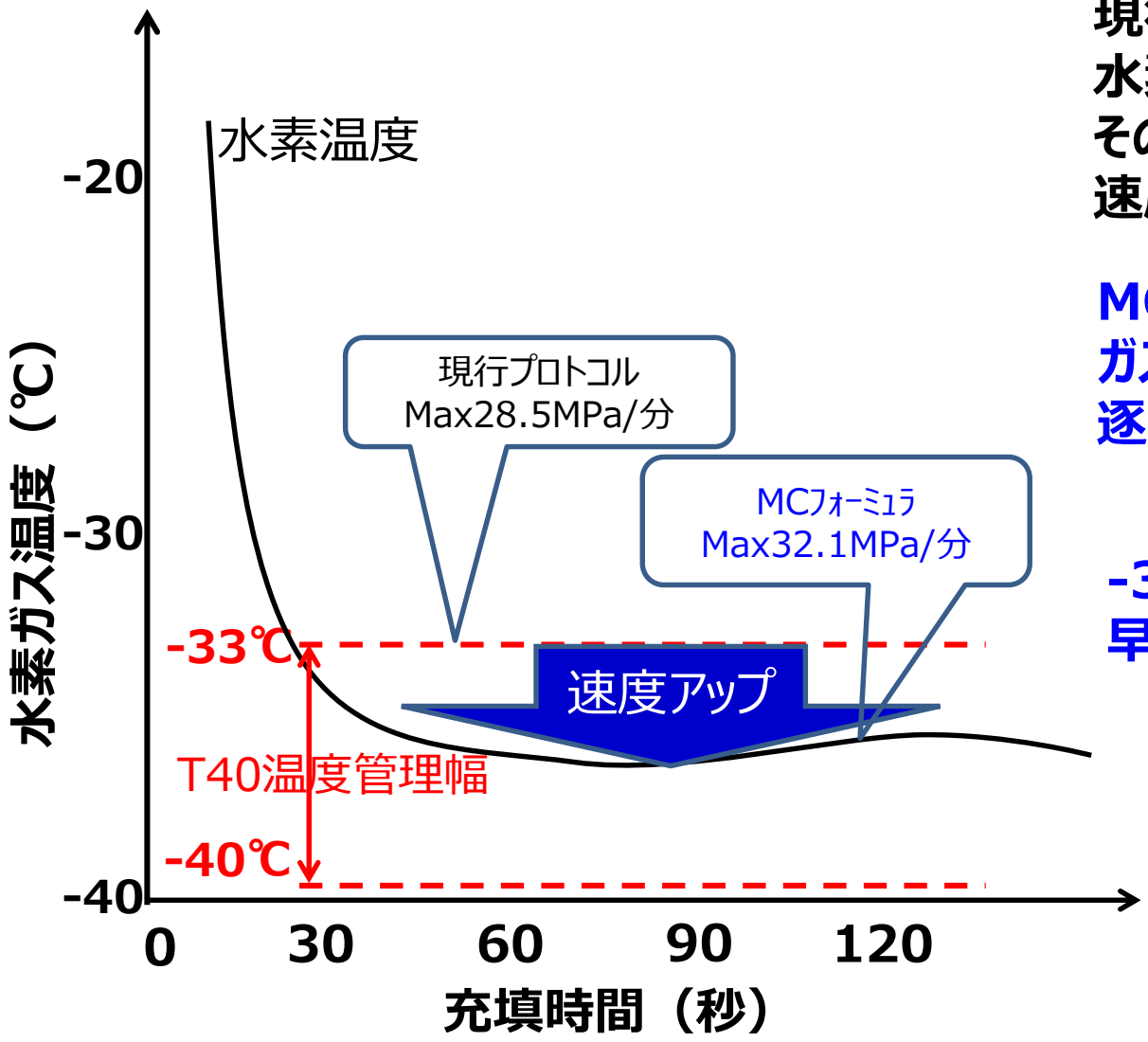
Phase毎の段階的な取り組みで緩和を進める



充填時間を揃えた時の水素温度と外気温度の関係

2．研究開発項目①：低コスト対応プロトコルの開発

Phase 0（MCフォーミュラ）



水素ガス温度変化例と管理幅の関係

現行プロトコル：
水素ガス温度を管理幅に維持しその温度を-33℃と仮定し、充填速度一定で充填。

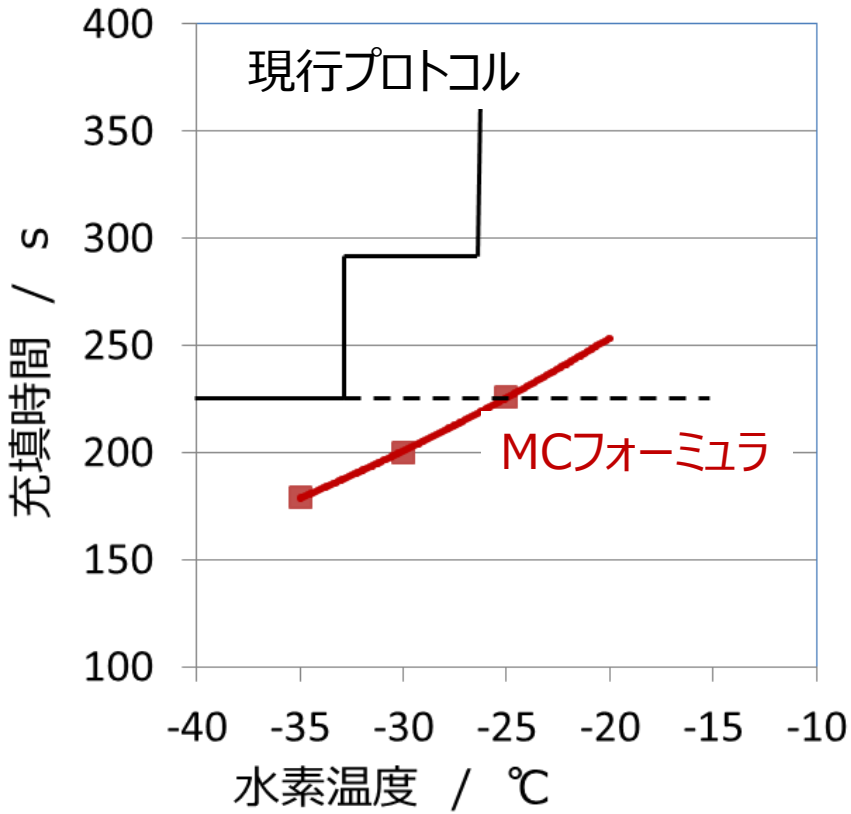
MCフォーミュラ：任意の水素ガス温度に合せて充填速度を逐次選択し充填。

-33℃を下回れば、その分早い速度で充填できる。

2．研究開発項目①：低コスト対応プロトコルの開発

MCフォーミュラの検証結果@HySUT水素技術センター

充填時間比較（冬，初期圧5MPa）



MCフォーミュラで充填時間が短くなることを実証した
⇒充填時間が同じならプレクール温度を緩和出来る

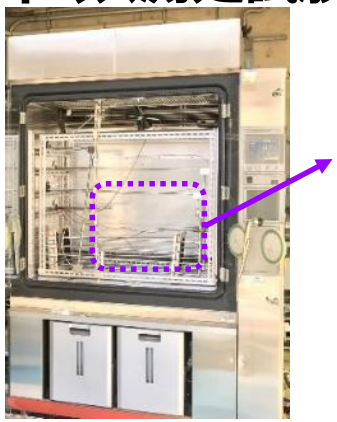
2．研究開発項目①：低コスト対応プロトコルの開発

Phase 1：ステーションの前提変更

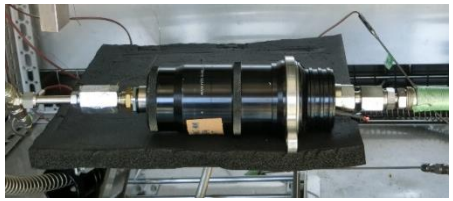
ステーションの各部品で奪われる冷熱は、実際にはSAE J2601の設定（ワーストケース）よりも小さい。

計算の前提を変更し、実態に合わせた新たな充填制御マップを作成すれば、プレクール温度の緩和が可能。

ヒートマス測定試験@JARI Hy-SEF

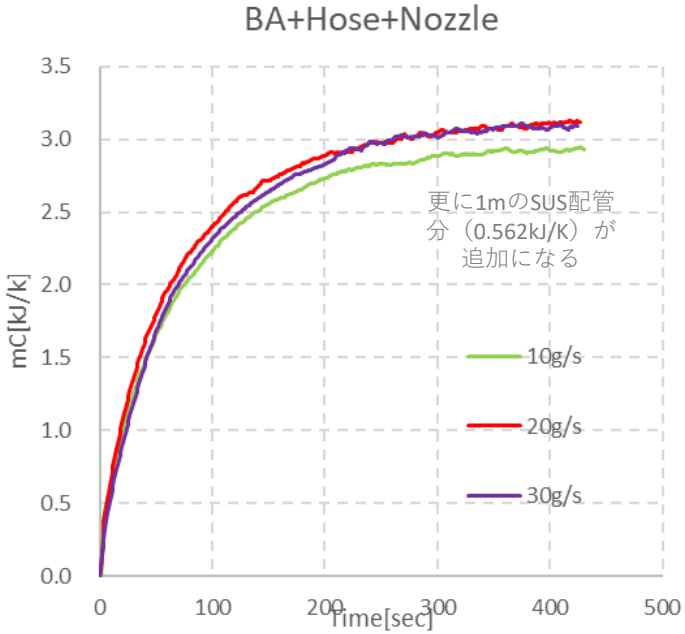


高圧水素を流せる恒温槽



水素充填ノズル

ヒートマスの実測例

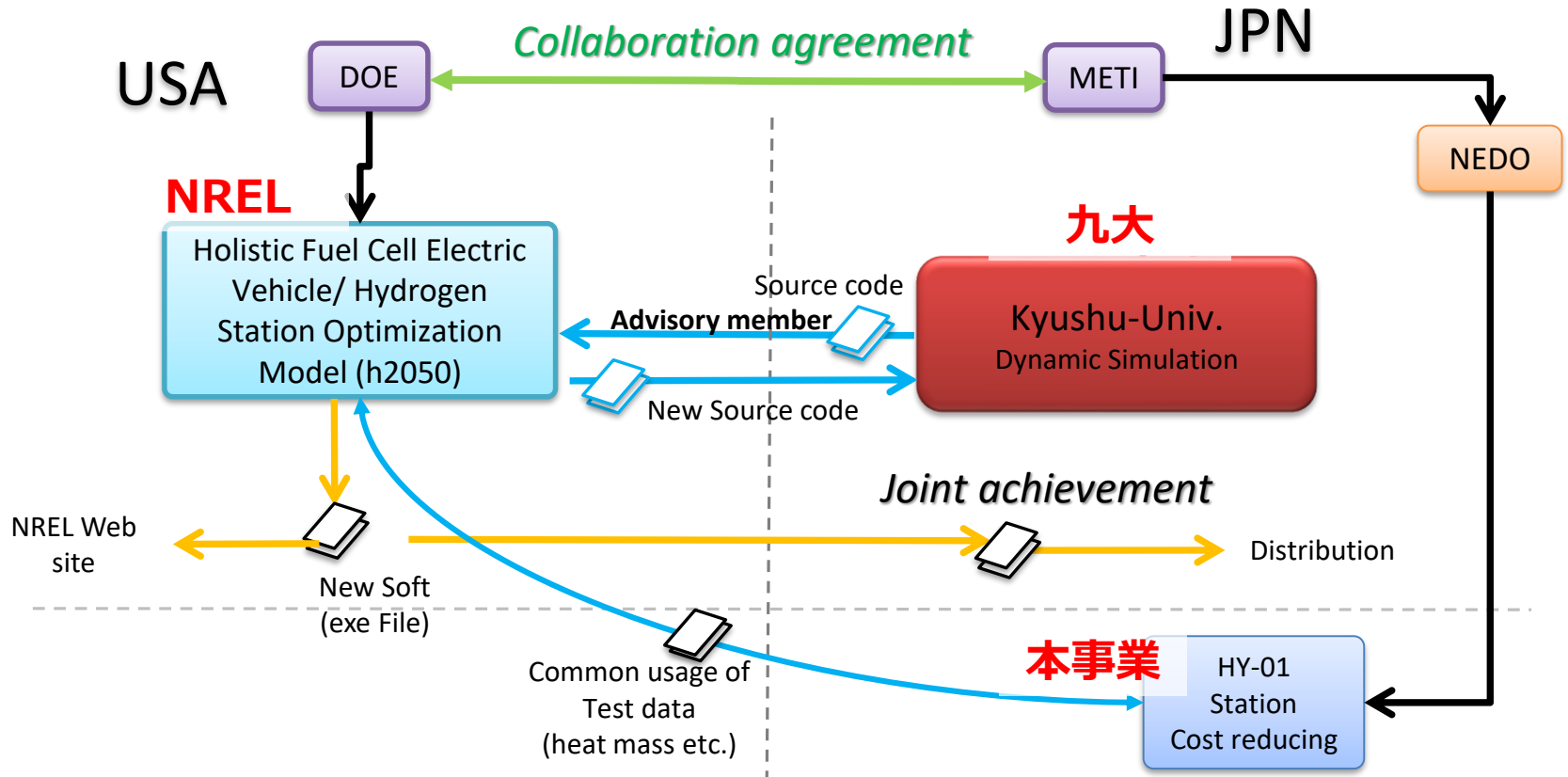


2． 研究開発項目①：低コスト対応プロトコルの開発

Phase 1：充填シミュレーションの用意

水素充填シミュレーションは、充填制御マップ作成のためのコア技術

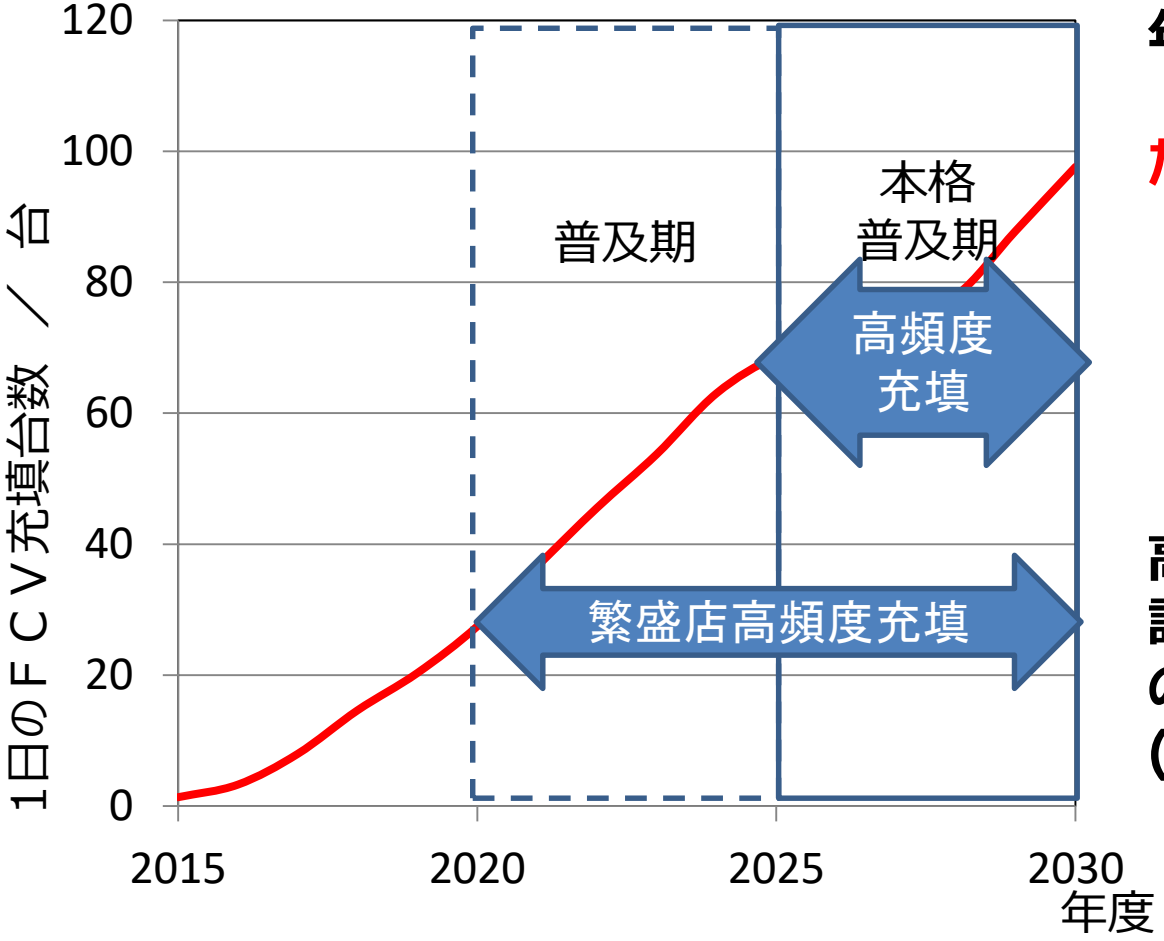
- **日本：前NEDO事業で九州大学がダイナミック・シミュレーションを開発済**
- **米国：ドイツ企業が独占していた水素充填シミュレーションを公共化すべく開発中**



枠組み構築にあたって、米国の現行プロジェクトとのコラボレーションを、両国政府と関係者に働きかけ合意が得られた。現在は契約作業中。

②低コスト高頻度水素充填システムの開発

背景



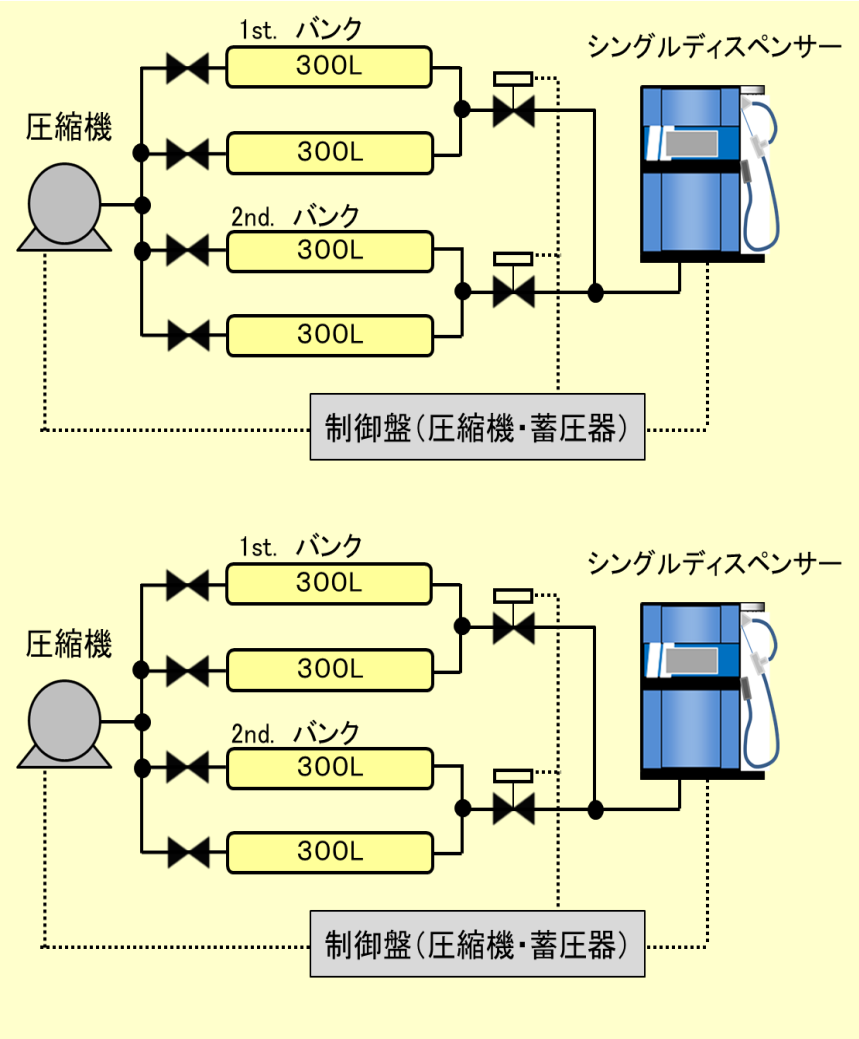
1日の充填台数の推移予想（METIロードマップより）

1日70台以上の充填が2025年度頃から必要になる。
（1日14時間として１時間当たり5台以上）

注）すでに一部店舗では、充填待ちが発生し、FCV普及拡大の阻害になっているとの指摘を受けている。

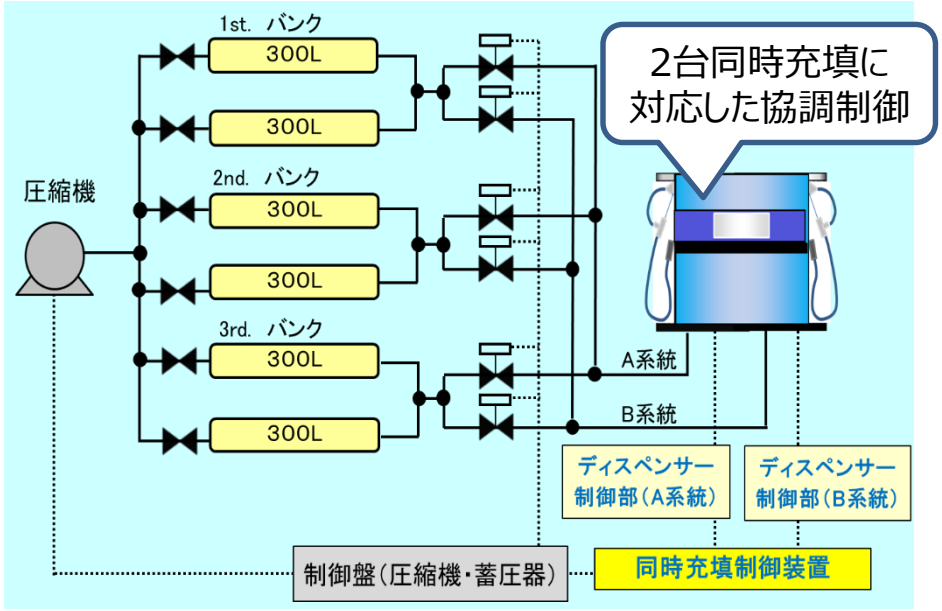
高頻度充填に対応して2系列の設備を設けると水素ステーションの建設費が高くなる。
(1系列(5台/時間)で約4億円)

高頻度水素充填システムの概要



同じ設備を2系統設置した場合（高コスト）

同じ設備を2系統設置するのではなく、圧縮機・蓄圧器の共用により、10台/時間に対応した低コストなシステムを開発する



高頻度水素充填システムの例（低コスト）

検討状況

■シミュレーション（2018年度に実施）

前提条件

①充填頻度は1時間当たり 10 台 ⇒充填ノズル 2系統
②FCV充填量は1台当たり 3 kg
③圧縮機は 340 Nm3/h （30.5kg/h）

バンク構成と充填パターンの設定

・バンク構成：17構成（蓄圧器の構成・容量・本数等）
・充填パターン：51パターン
（初期圧 A：3種、B：3種 の組合せ）
（充填タイミング：6パターン）

シミュレーション実施

3． 研究開発項目②：低コスト高頻度水素充填システムの開発

■バンク構成評価基準

①充填時間　直充填時間（圧縮機で直接昇圧する時間）で判定

直充填時間　20s以下◎、40s以下○、60s以下△、60s以上×

②充填の安定性　バンク切替前後のバンク圧力差で判定

差圧（MPa）　20以下◎、25以下○、30以下△、30以上×

③蓄圧器本数　**少ないほどコスト的に優位**

④バルブ数　**少ないほどコスト的に優位**

■バンク構成評価結果例

No.	構成	1st.BNK [L]	2nd.BNK [L]	3rd.BNK [L]	4th.BNK [L]	総容量 [L]	車両	充填時間 [sec]	直充填時間 [sec]	判定	BNK切替差圧 [MPa]	判定
1	0-B	600	300	300		1200	1	266	71	×	26	△
							2	266				
2	0-D	600	600	300		1500	1	260	61	×	26	△
							2	260				
3	1-B	600	300	300		1500	1	240	39	○	26	△
				300			2	240	39	○		
4	3-B	600	300	300	300	1500	1	239	35	○	26	△
							2	239				

⇒上記①～④の評価基準で総合的に判断

3． 研究開発項目②：低コスト高頻度水素充填システムの開発

■シミュレーション結果（2018年度に実施）

	構成0 3BNK基本構成 （共用）		構成1 3BNK構成 （3rd.個別）		構成2 3BNK構成 （2nd./3rd.個別）		構成3 4BNK構成 （共用）	
バンク構成No.	構成0-A		構成1-A		構成2-A		構成3-A	
蓄圧器総容量(L)	900		1200		1500		1200	
蓄圧器タンク容量(L)	1st.BNK	300	1st.BNK	300	1st.BNK	300	1st.BNK	300
	2nd.BNK	300	2nd.BNK	300	2nd.BNK	300/300	2nd.BNK	300
							3rd.BNK	300
	3rd.BNK	300	3rd.BNK	300/300	3rd.BNK	300/300	4th..BNK	300
バンク構成No.	構成0-B		構成1-B		構成2-B		構成3-B	
蓄圧器総容量(L)	1200		1500		1800		1500	
蓄圧器タンク容量(L)	1st.BNK	600	1st.BNK	600	1st.BNK	600	1st.BNK	600
	2nd.BNK	300	2nd.BNK	300	2nd.BNK	300/300	2nd.BNK	300
							3rd.BNK	300
	3rd.BNK	300	3rd.BNK	300/300	3rd.BNK	300/300	4th..BNK	300
バンク構成No.	構成0-C		構成1-C		構成2-C		構成3-C	
蓄圧器総容量(L)	1200		1800		2100		1500	
蓄圧器タンク容量(L)	1st.BNK	300	1st.BNK	300	1st.BNK	300	1st.BNK	300
	2nd.BNK	300	2nd.BNK	300	2nd.BNK	300/300	2nd.BNK	300
							3rd.BNK	300
	3rd.BNK	600	3rd.BNK	600/600	3rd.BNK	600/600	4th..BNK	600
バンク構成No.	構成0-D		構成1-D		構成2-D		構成3-D	
蓄圧器総容量(L)	1500		1800		2400		1800	
蓄圧器タンク容量(L)	1st.BNK	600	1st.BNK	600	1st.BNK	600	1st.BNK	600
	2nd.BNK	600	2nd.BNK	600	2nd.BNK	600/600	2nd.BNK	600
							3rd.BNK	300
	3rd.BNK	300	3rd.BNK	300/300	3rd.BNK	300/300	4th..BNK	300
バンク構成No.	構成0-E		構成1-E		構成2-E		構成3-E	
蓄圧器総容量(L)	1500		2100		2700		1800	
蓄圧器タンク容量(L)	1st.BNK	300	1st.BNK	300	1st.BNK	300	1st.BNK	300
	2nd.BNK	600	2nd.BNK	600	2nd.BNK	600/600	2nd.BNK	300
							3rd.BNK	600
	3rd.BNK	600	3rd.BNK	600/600	3rd.BNK	600/600	4th..BNK	600
バンク構成No.	構成0-F							
蓄圧器総容量(L)	1800							
蓄圧器タンク容量(L)	1st.BNK	600						
	2nd.BNK	600						
	3rd.BNK	600						

シミュレーションの結果、有力な4構成を選定した。

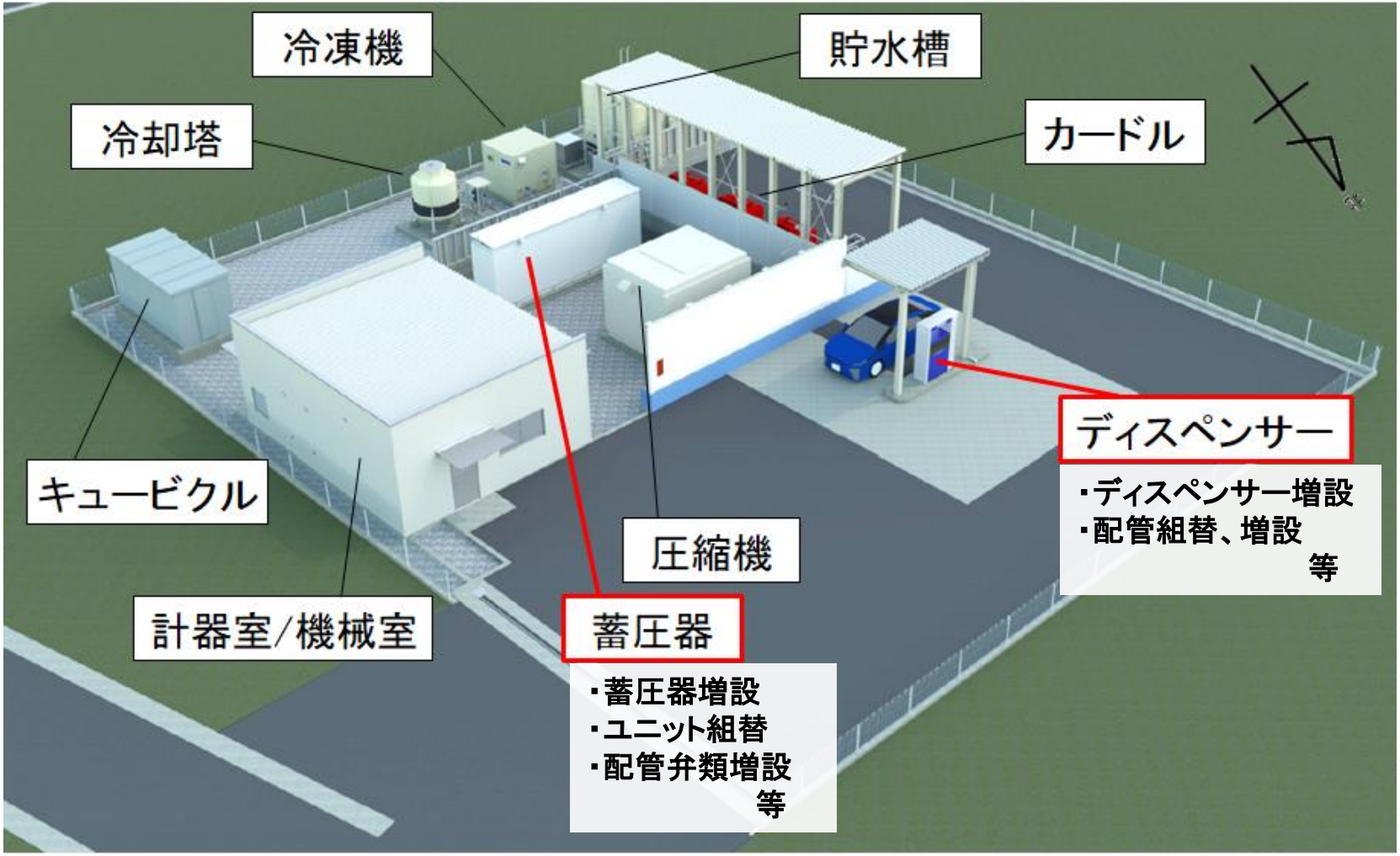
（表の網掛け部）

実証試験を計画中（2019年度冬～）

HySUT 水素技術センター（山梨）で設備導入準備中

3． 研究開発項目②：低コスト高頻度水素充填システムの開発

■HySUT水素技術センターの設備イメージ（増設後）



４． 今後の計画

研究開発のスケジュール

開発項目	平成30年度	平成31年度	平成32年度	平成33, 34年度
①低コスト対応プロトコルの開発（JXTG、HG、 日立AMS-MM） (a) Phase0 (b) Phase１ (c) Phase２	MC検証 ﾉｽﾞﾙ等HM 温度見直し研究会	新ﾏｯﾌﾟ作成とテスト 温度見直し検討	Phase2の見通し 新ﾏｯﾌﾟ修正とテスト 新ﾏｯﾌﾟ作成	限界値の検証 限界値の検証
② 高頻度充填システムの開発（JXTG、日立AMS-MM、HySUT） (a)ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ、仕様 (b)追設工事・容器 (c)実証試験 (d)冷却システム	ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ ｼｽﾃﾑ開発	容器の調達 追設工事 実証試験 ｼｽﾃﾑ見直し 冷却能力の最適化検討	1時間10台 実証試験 冷却ｼｽﾃﾑ製作・評価	実証試験／実証試験
③調査（JXTG、HG、日立AMS-MM）	プロトコル開発ﾆｰｽﾞの調査	プロトコル開発状況の調査、検討	規格化体制の調査、検討	規格化提案

Phase1：ステーション側の条件見直しを行い水素温度の緩和を検討する。
Phase2：温度見直しを含め革新的新規プロトコルの検討行う。

実用化･事業化の見通し

顧客の利便性を損なわず、低コストで高頻度充填に対応したシステムを構築できるため、<u>本格普及期には必須の技術となり得る。</u>

1時間10台充填可能な高頻度充填システム（建設費 低）

＋

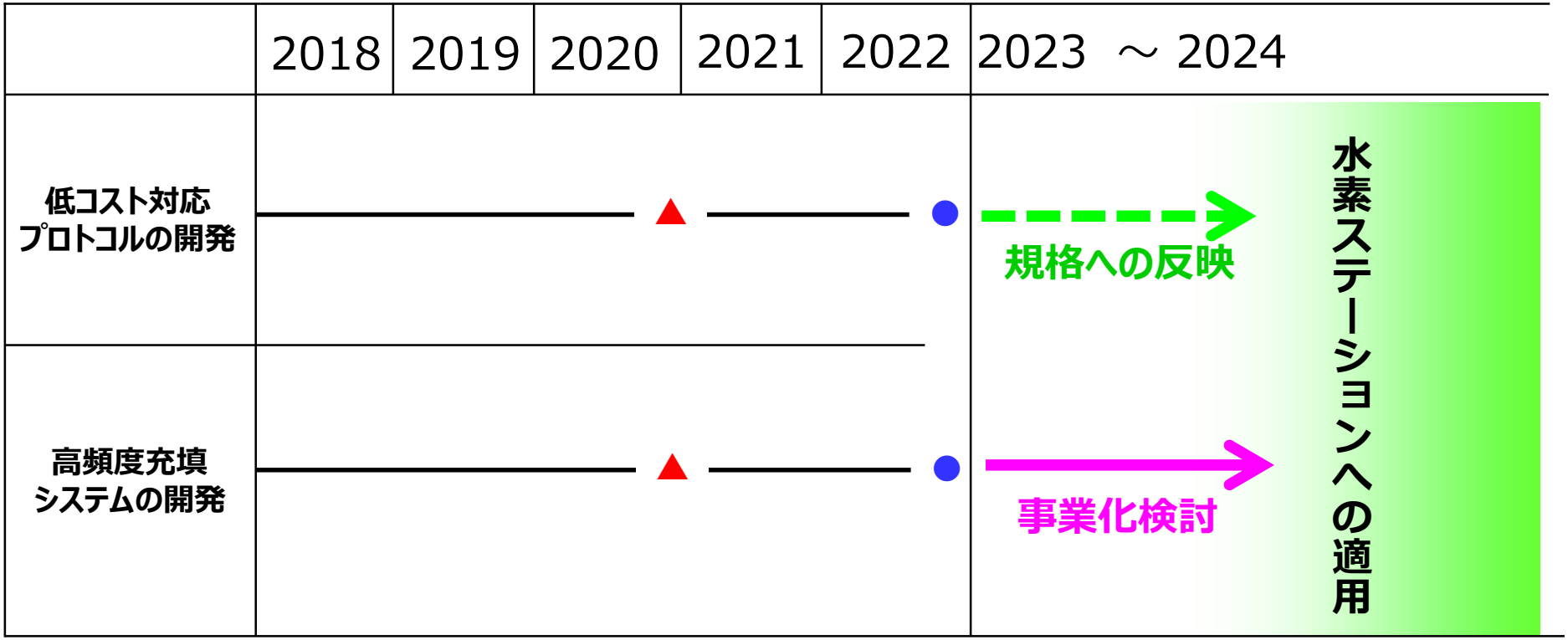
水素供給温度を緩和しても充填時間が遅くならないプロトコル（運営費 低）

期待される効果

- 顧客を待たせない（5台/時間を超えても待ち時間が発生しない）
- 低コストシステム（建設費の低減）
- 電気代の低減（運営費の低減）
- 部材、システムの信頼性向上（運営費の低減）

４． 今後の計画

実用化･事業化の見通し



▲：基本原理確認　●：基本技術確立

ご清聴ありがとうございました