

発表No.B2-5

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 /大容量高圧ガスブースター式水素圧縮機の技術開発

発表者：壬生 弘毅

団体名：川崎重工業株式会社

共同研究先：株式会社スギノマシン

発表日：2025年7月16日

連絡先：川崎重工業株式会社

<https://www.khi.co.jp/>

2. 事業概要

1. 期間

開始 : 2023年9月
終了（予定） : 2028年3月

2. 最終目標

実施項目	目標
大容量圧縮機の技術開発	・大規模ステーションの能力を満足する最適な圧縮システムを構築し、そのシステムで必要となる圧縮機の基本計画を完了する ・省エネおよび安定操業を実現する最適な運転方案を構築する ・装置構成の最適化により、装置全体のコンパクト化、メンテナンス性の向上、騒音低減を実現する ・高圧ガス摺動シールの長寿命化を実現する
主要構成機器の開発	・主要構成機器であるブースター、油圧装置、制御装置を開発する ・各機器は必要とされる機能、性能を満足しつつ、低価格を実現する
評価試験	・圧縮機単体で、計画する機能、性能が満足していることを確認する ・実際のステーションあるいはそれに類する環境下で、ステーションを模擬した試験を実施し、機能・性能・耐久性を評価する

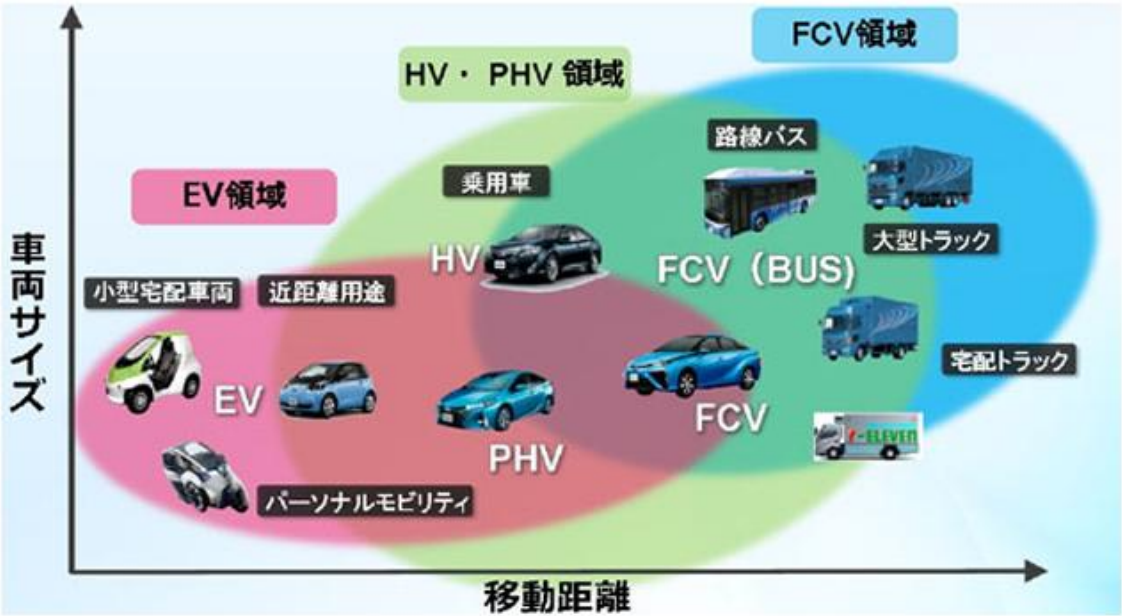
3. 成果・進捗概要

- ・大規模ステーションを実現する圧縮システム構成を検討し、充填能力、CAPEX、OPEX等の観点から、最適な構成および圧縮機開発仕様を決定した
- ・充填シミュレーションを実施し、所望の充填能力を達成できることを確認した
- ・開発要素の1つである高圧ガス摺動シールの耐久性を評価する専用試験機を開発、製作した
- ・圧縮機の基本計画（P&ID、外形図）を完了し、試作に向け詳細設計中
- ・圧縮機評価用試験設備の計画を完了し、製作中
- ・水素ステーション相当の評価を実施するための実証試験場所を検討中

1. 事業の位置付け・必要性

背景

輸送分野における脱炭素化に向けた動向



出展：経産省 モビリティ水素官民協議会 中間とりまとめ

CO2排出量が多い**大型商用車**は、航続距離や運転条件などからバッテリーのみでは電動化が困難なことから、**燃料電池を適用していく可能性が高まっている**

大型FCトラックを普及させるための課題

FC HDV用水素充填

項目 \ ST仕様	(参考) 現行軽油 スタンド	乗用向けST	バス対応ST (圧縮機能増)	商用新規規格ST (←)
1 対応 ステーション		133か所 (‘20年8月現在)	7か所 (有明、豊洲、葛西、 江戸川など)	なし
2 規格		規格化済	←	規格化検討中
3 充填時間※	5～10分	約75分以上 充填途中で再蓄圧必要	約30分	10～15分
4 課題		充填時間のお客 受け入れ困難	・ステーション所在が コース選定の前提 ・台数拡大時にSTを 増設	・日本導入に向けた計画 の明確化 ・機器開発、技術検証 (実証) 等が必要
5 判断		×	△ (当面の実証)	○ (普及時)

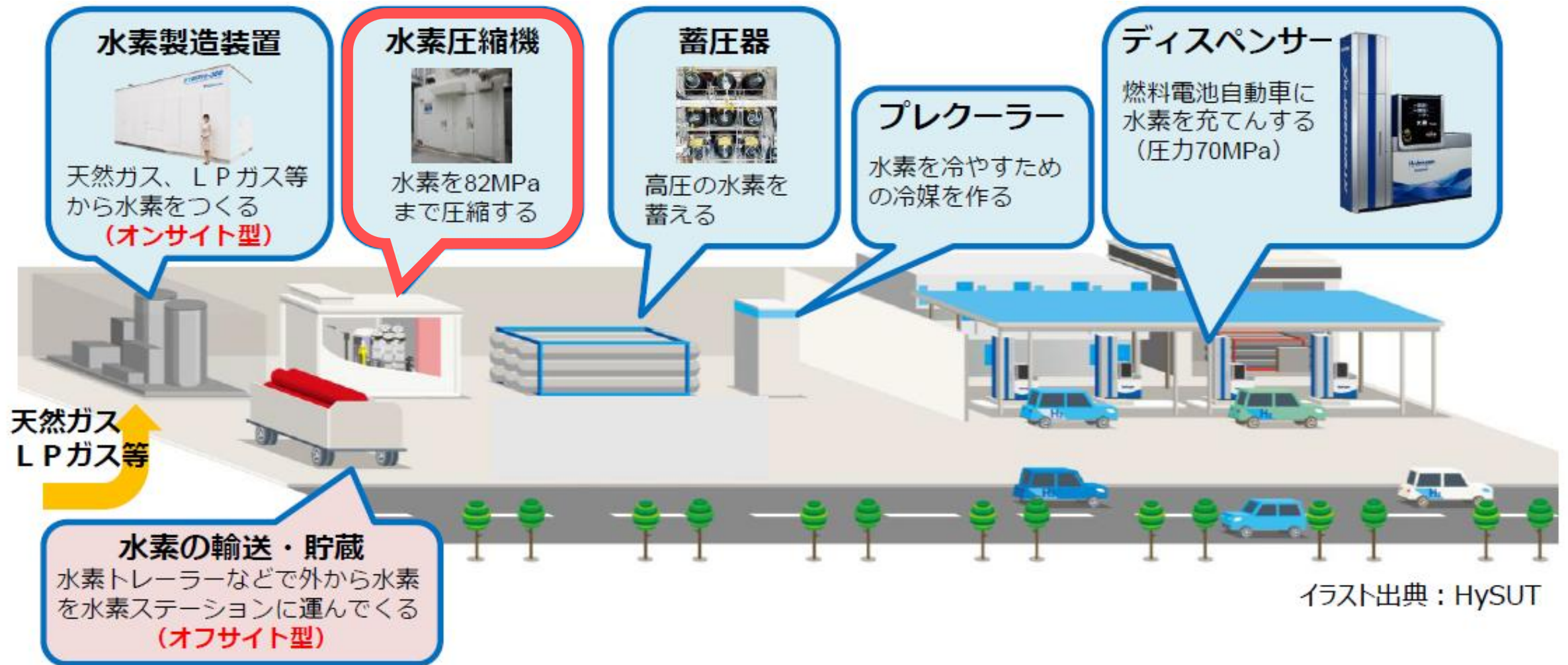
FC HDV向けには充填時間が課題となっている

出展：経産省 第24回 水素・燃料電池戦略協議会
資料5「商用FCVの実用化に向けて」

FC HDV普及のためには、
専用の新規規格ステーションが必要

1. 事業の位置付け・必要性

背景：水素ステーションにおける水素圧縮機の役割



1. 事業の位置付け・必要性

背景：水素圧縮機の種類

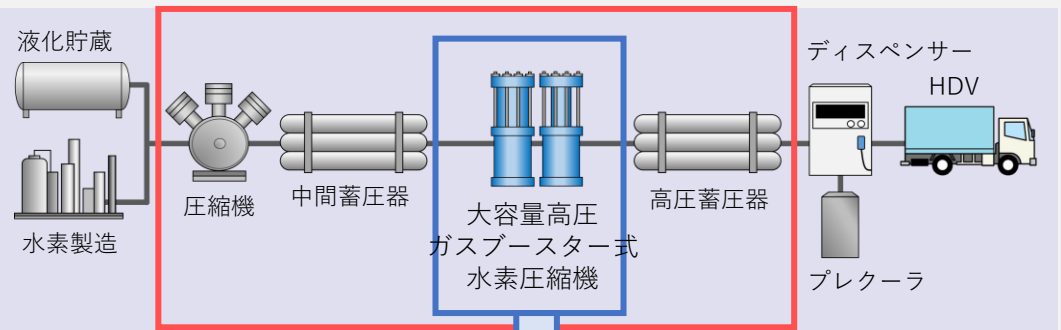
種類	ブースター方式	レシプロ式	ダイヤフラム方式
構成			
圧縮原理	・油圧によってピストンを直接駆動 ・ピストンの往復動によりガスを吸入圧縮する	・回転運動をクランクによりピストン運動に変換 ・ピストンの往復動によりガスを吸入圧縮する。	・クランク機構で油圧ピストンを往復動させる。 ・油圧ピストンが薄い金属板（ダイヤフラム）を往復動作させ、ガスを吸入圧縮する。
特長	○低サイクル運転のため高圧仕様に適している ○メンテナンス頻度が低い ×レシプロ式に比較して高い吸入圧力が必要	○高サイクル運転が可能のため低い吸入圧に対して大流量の吐出が可能 ×高圧仕様においてメンテナンス頻度が高い	○コンタミフリー ○メンテナンス頻度が低い ×ストロークが小さいため流量を増やすと装置全体が大型化する ×小容量を得意とする

2. 研究開発マネジメントについて

事業イメージ・スケジュール・開発体制

事業イメージ

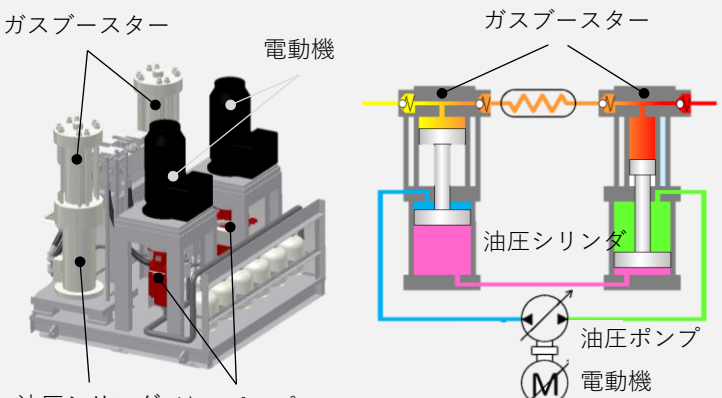
大規模ステーションの全体構成案



最適な圧縮システムの検討

圧縮機の開発

大容量高压ガスブースター式水素圧縮機



イメージ図

開発体制

川崎重工業

- 基本設計、システム検討
- 油圧システム、制御装置開発
- 圧縮機完成品の評価



共同研究先

スギノマシン

- ブースター詳細設計
- ブースター製作、単体評価

事業期間

年度	2023	2024	2025	2026	2027
実施事項	市場調査 基本設計	詳細設計	試作 単体評価	単体評価 実証試験	実証試験

2. 研究開発マネジメントについて

研究開発の目標設定：圧縮機開発による効果

①商用車への充填時間短縮

圧縮機の大容量化により、大型バス・トラックに短時間で充填できる大規模ステーションを実現

②低コスト化

【CAPEX】

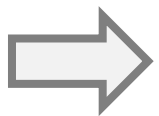
- ・ 高圧蓄圧器の容量・本数を最少化
- ・ 機器台数の削減による設置工事費の削減
- ・ 装置コンパクト化による設置スペースの最小化

【OPEX】

- ・ 回転数制御式油圧ポンプを使用した省エネ油圧システムの採用による電力消費量の低減
- ・ シール長寿命化による修繕費用の削減

③安定稼働

- ・ 故障が発生した場合にも、ステーションを停止させないシステムを構築



大規模ステーションの能力・コストダウン・安定稼働を実現し、
大型商用車ベースのFCVの普及を後押しする

2. 研究開発マネジメントについて

主な技術開発事項

①油圧駆動式圧縮機の基本計画、システム検討

- 1) 商用新規格ステーション能力を満足する**最適な圧縮システムの構築**
- 2) 圧縮システムを構成する各機器仕様および**高圧ガスブースター式圧縮機の開発仕様の決定**

②装置の最適化

1) 高圧摺動シールの開発と長寿命化

- ・ 開発仕様（ガス圧力、流量等）や高圧ガス圧縮部の諸元（ピストン径）に適合する水素ガスに使用可能な高圧摺動シールを開発する

2) 冷却機構の最適化

- ・ 水素ガスを圧縮することでガス温度が上昇するため、高圧ガス摺動シールの寿命に影響するので、長寿命化を目的として、高圧ガス摺動シール周辺の温度を下げる冷却機構を最適化する

3) ガス吐出流量の脈動低減

- ・ 配管口径および機器サイズの最小化、FCV側機器の負荷軽減を目的として、脈動を極力低減させる

3. 研究開発成果について

基本計画・システム検討：市場調査結果

2020年度～2023年度に実施された「HDV等の新プロトコル対応の水素燃料計量システム技術と充填技術に関する研究開発」ではHDVの最大水素搭載量は70MPaで100kgと想定されており、それをディーゼルのHDVの給油時間と同等の10分前後で完了することを目指した結果、以下の流量が必要となっている。

目標充填速度：8kg/min(133g/sec)

最大流量：10.8kg/min(180g/sec)

表 28：HDV 充填に関する比較

	欧州	米国	日本
圧力 [MPa]	35, 50, 70	70	70
目標充填速度	8 kg/min で 10 分	8 kg/min で 10 分 (2030) 10 kg/min で 6 分 (2050)	80 kg を 10 分程度 (初期圧 10 MPa)
最大航続距離 [km]	1,000	960 (2030) 1,200 (2050)	
最大流量 [g/s]	300 (H70HF)	300 (H70HF)	180 (H70MF*2)

出典：HDV等の新プロトコル対応の水素燃料計量システム技術と充填技術に関する研究開発 2023年6月報告資料

しかし、当面国内で主流となる大型トラック(積載量10t程度)において、積載できる水素量は最大50kg程度である。実運用時に想定される**1回の充填量は30kg**であることから、**1台を10分で充填**することを想定すると、当面必要とされる**最大流量は3kg/min(50g/sec)**である。

また、**ディスペンサ 1 台での1時間あたりの充填台数は4台**を目標とすると、**平均流量は2kg/min(33g/sec)**となる。

以上の情報から、新規開発する圧縮システムの能力は下記流量を目標とし、将来的にはそのシステムを複数台並べられる構造を検討することとした。

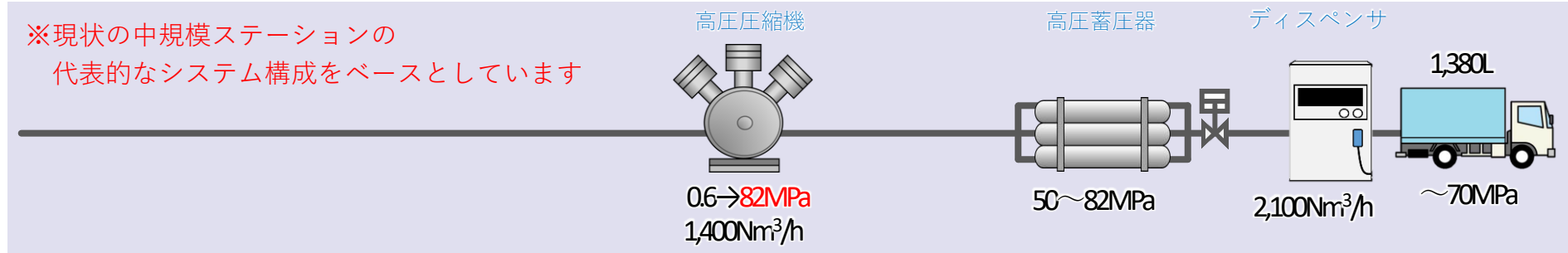
最大：3kg/min(=50g/sec=2,100Nm³/h)

平均：2kg/min(=33g/sec=1,340Nm³/h)

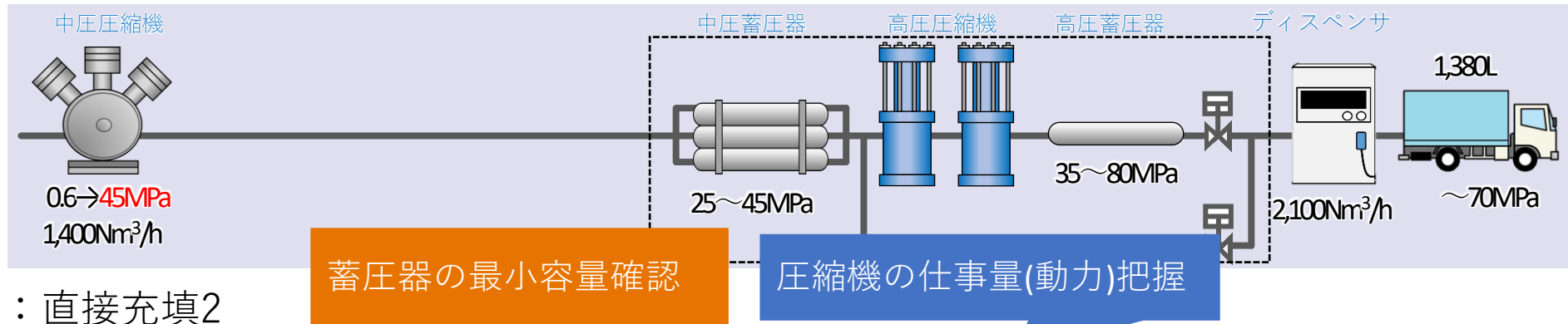
3. 研究開発成果について

基本計画・システム検討：システム構成案

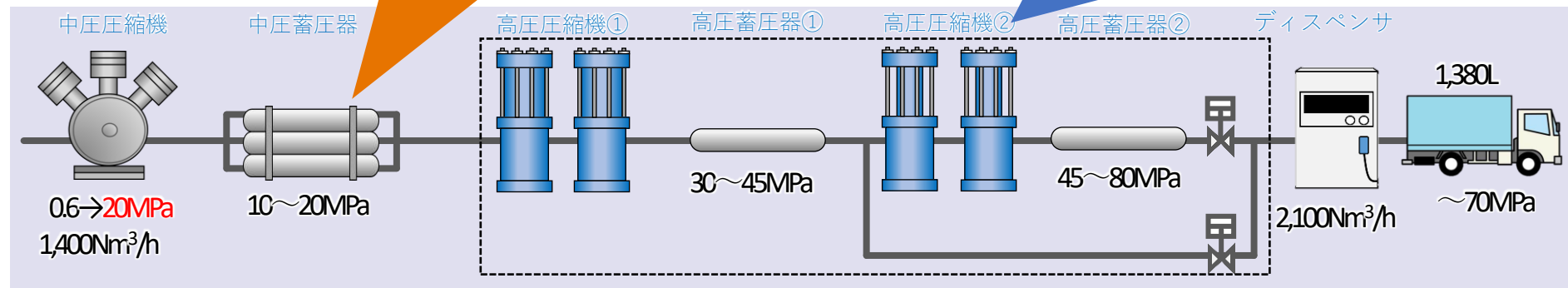
■ プラン1：差圧充填



■ プラン2：直接充填1



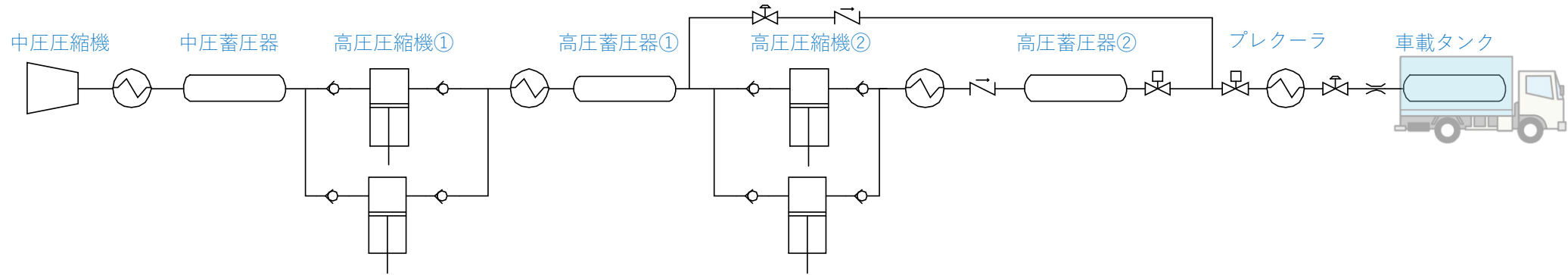
■ プラン3：直接充填2



3. 研究開発成果について

基本計画・システム検討：シミュレーション条件

【プラン3：直接充填】



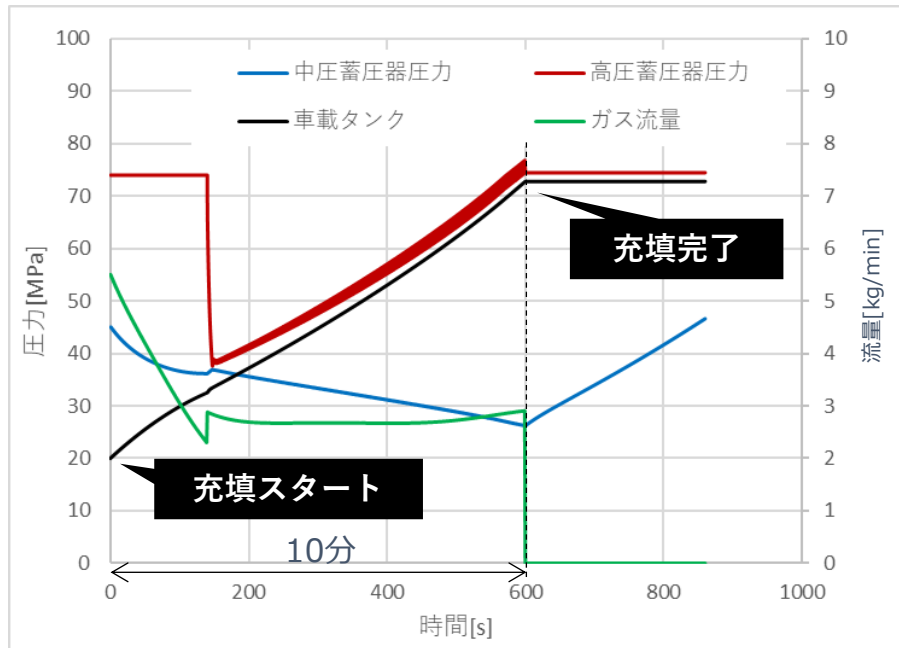
【シミュレーション条件】

- 車載タンク容量：1,380L（初期条件：20MPa、20℃）
- 高圧蓄圧器①容量：50～100L（初期条件：74MPa、20℃）
- 高圧蓄圧器②容量：50～100L（初期条件：74MPa、20℃）
- 中圧蓄圧器容量：900～1,800L（初期条件：45MPa、20℃）
- 水素充填量：30kg
- 充填速度：19.9MPa/分以下

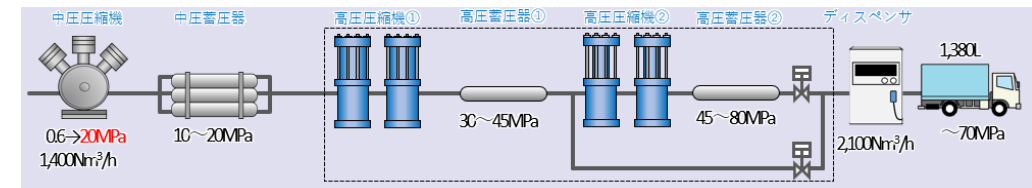
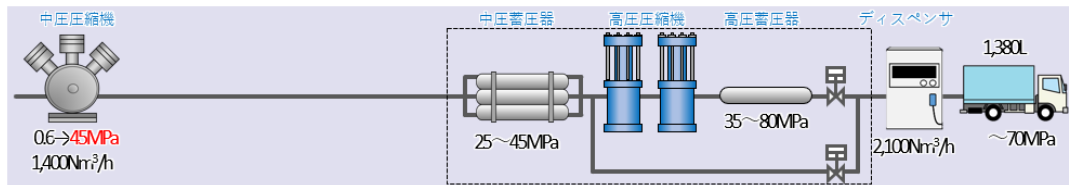
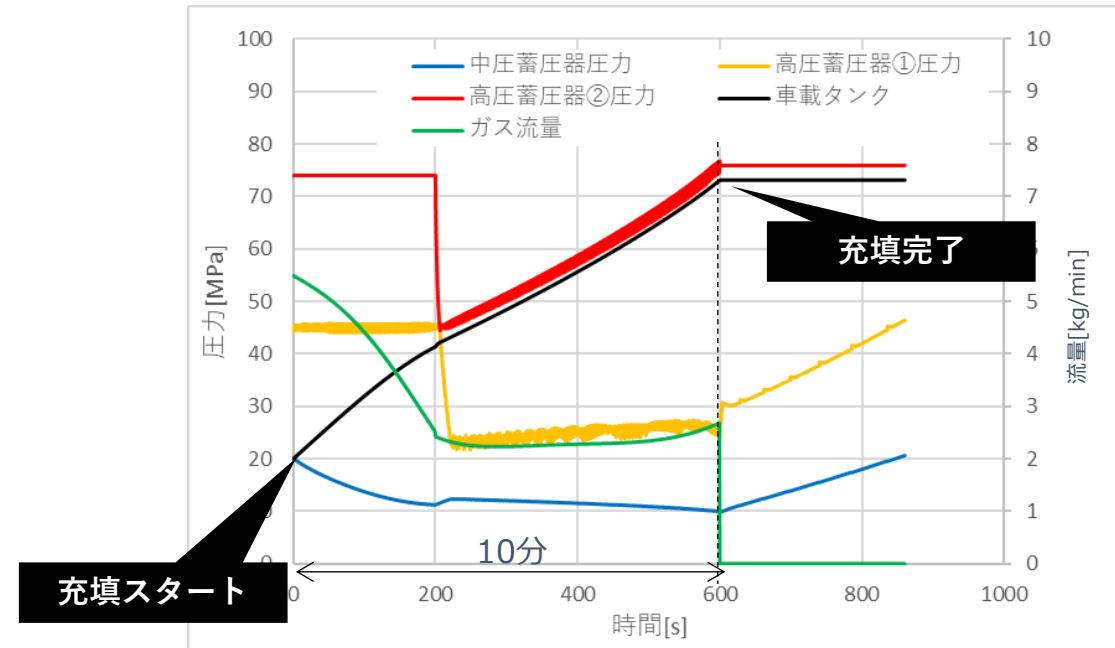
3. 研究開発成果について

基本計画・システム検討：シミュレーション結果

■ プラン2(中圧蓄圧器900L)



■ プラン3 (中圧蓄圧器1,200L)

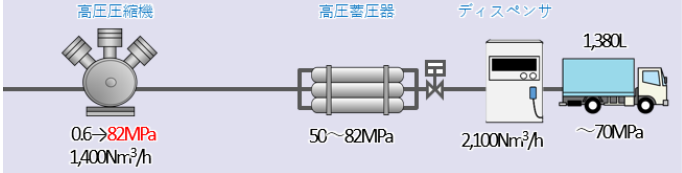


各プランにおいて10分で30kgの充填、5分で蓄圧器の復圧が完了できることを確認

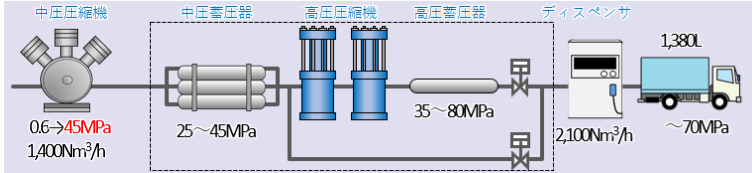
3. 研究開発成果について

基本計画・システム検討：各プランの比較結果

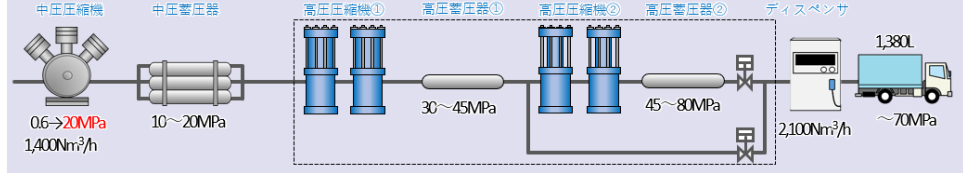
■ プラン1：差圧充填



■ プラン2：直接充填1



■ プラン3：直接充填2

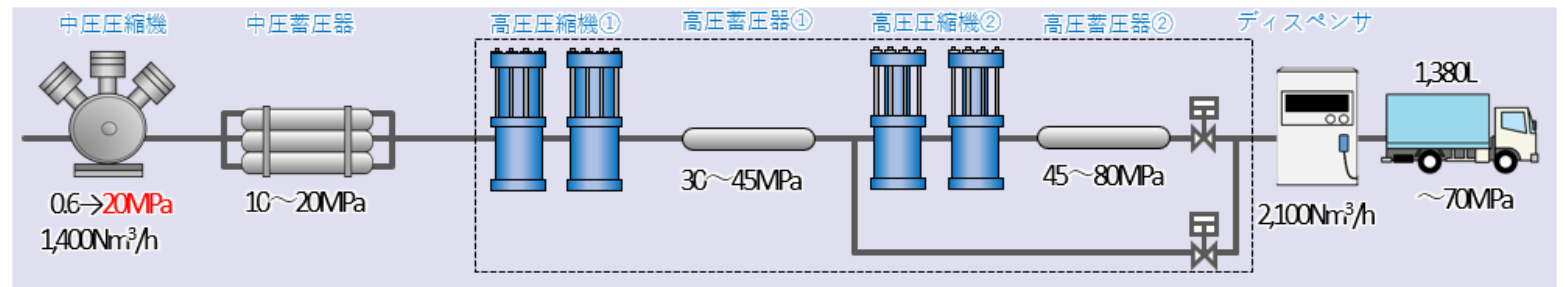
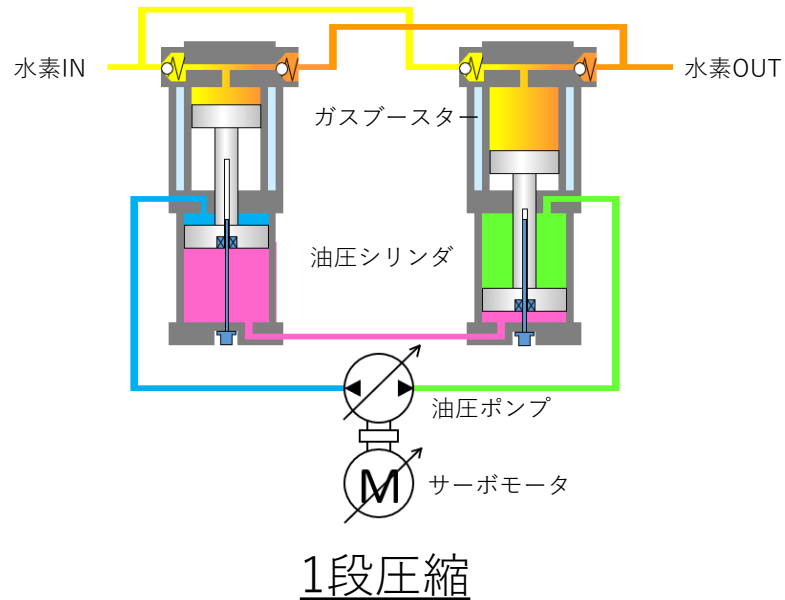


	メリット	デメリット
プラン1	・ 機器構成がシンプル ・ 開発要素が無い	・ レシプロ式圧縮機、高圧蓄圧器が高価 ・ レシプロ式圧縮機のメンテ費用が高い ⇒CAPEX,OPEX共に3つの中で一番高い ・ 蓄圧器の設置面積大
プラン2	・ CAPEXが3つの中で最も低い ・ レシプロ式圧縮機の開発状況によってはトータルコストを最小化できる可能性あり	・ プラン3に比較してメンテ費用が高い
プラン3 <u>採用</u>	・ レシプロ式圧縮機のメンテ費用が低い ⇒トータルコストが3つの中で最も低い ・ 適合するレシプロ式圧縮機の実績あり ・ 高圧ガス供給のステーションへ適用する場合は中圧圧縮機を削減可能	・ 圧縮機の制御装置が複雑

3. 研究開発成果について

基本計画・システム検討：圧縮機開発仕様

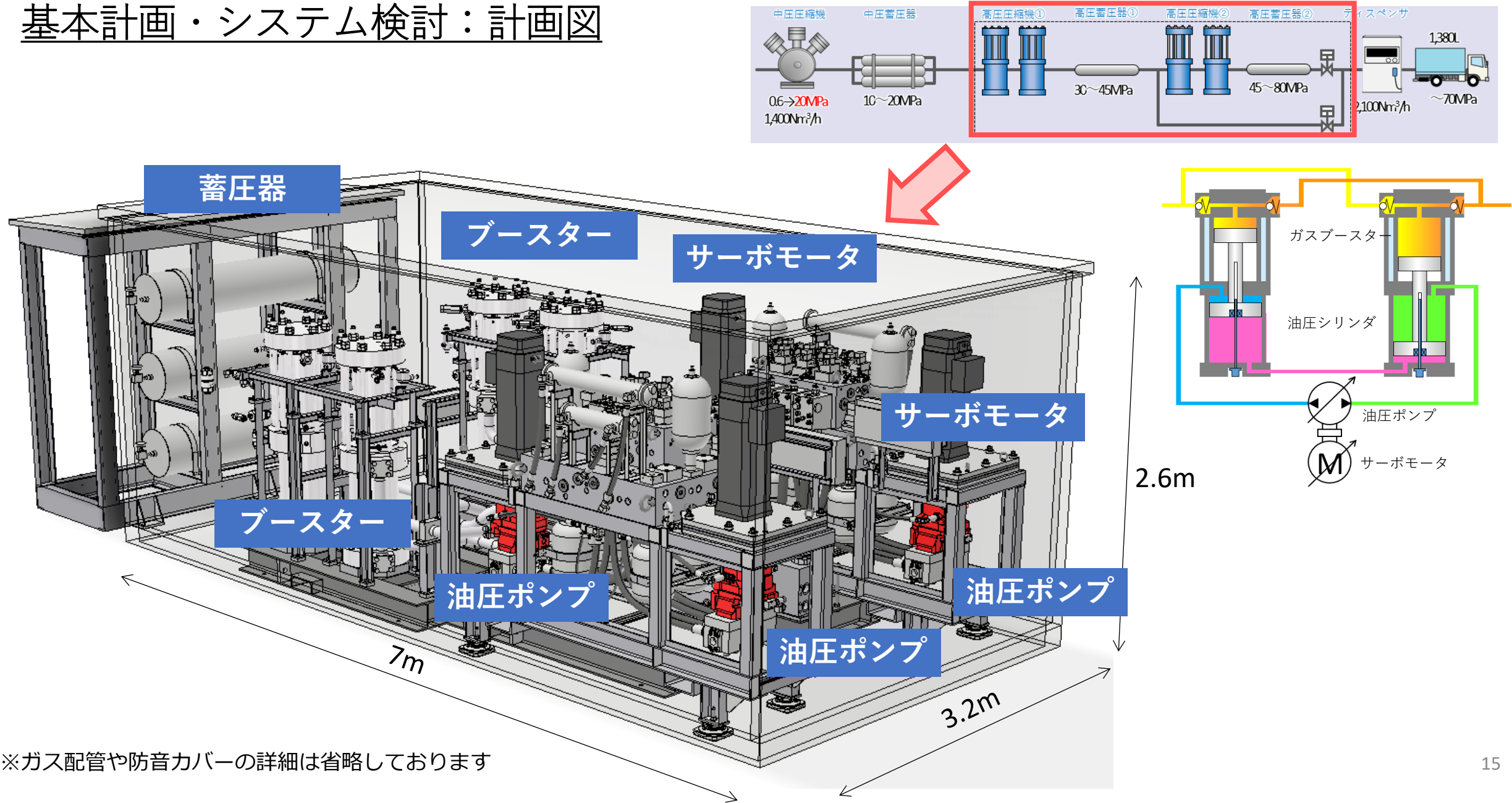
No.	圧縮 段数	標準 吸入圧力	最高 吐出圧力	ガス吐出量
高圧圧縮機 ①	1段	15MPa	45MPa	2,100Nm ³ /h
高圧圧縮機 ②	1段	35MPa	82MPa	2,100Nm ³ /h



システム構成

3. 研究開発成果について

基本計画・システム検討：計画図



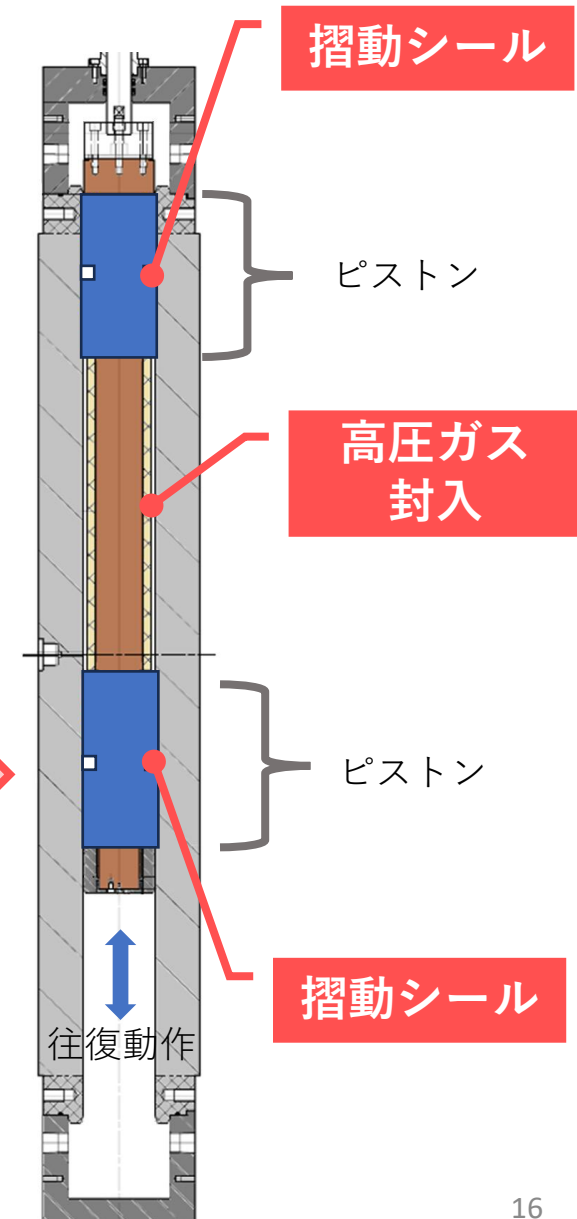
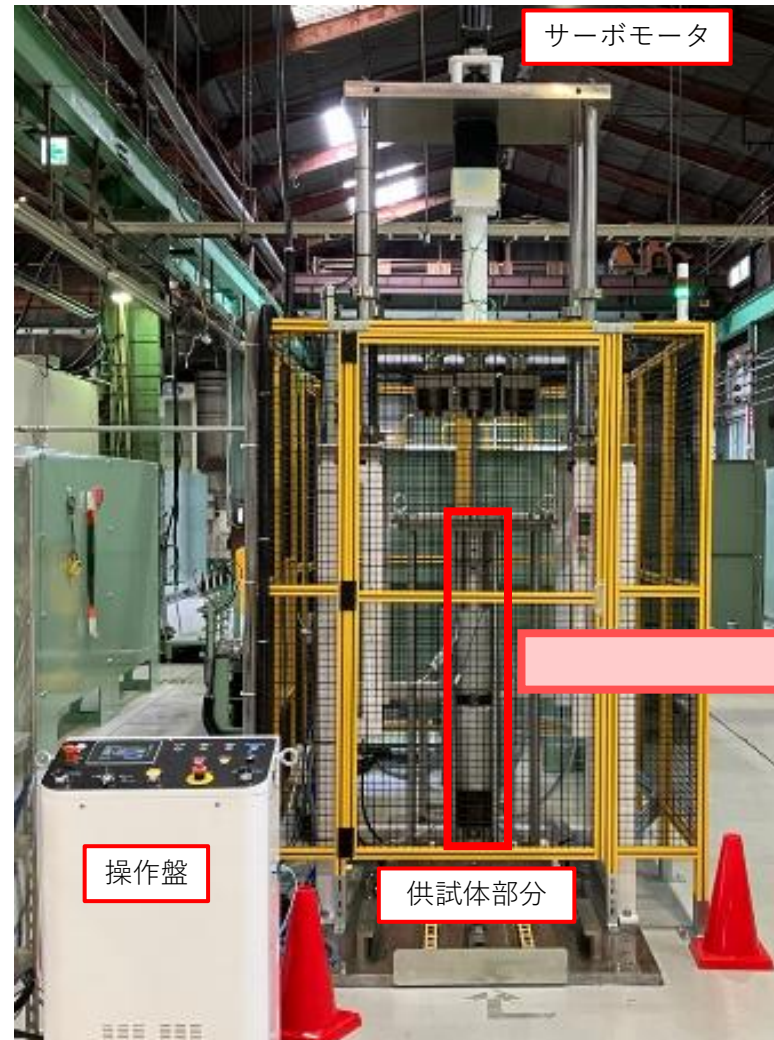
※ガス配管や防音カバーの詳細は省略しております

3. 研究開発成果について

その他進捗状況：摺動シール耐久試験機

- ・ **摺動シールの耐久性を評価する専用の試験機**を開発、製作
- ・ 摺動シール部には高圧ガスを封入し、実機と同等の速度・温度等の条件下でピストンを往復運動させることで、摺動シールの耐久性を評価

※現在、各種シールを評価中



摺動シール耐久試験機外観

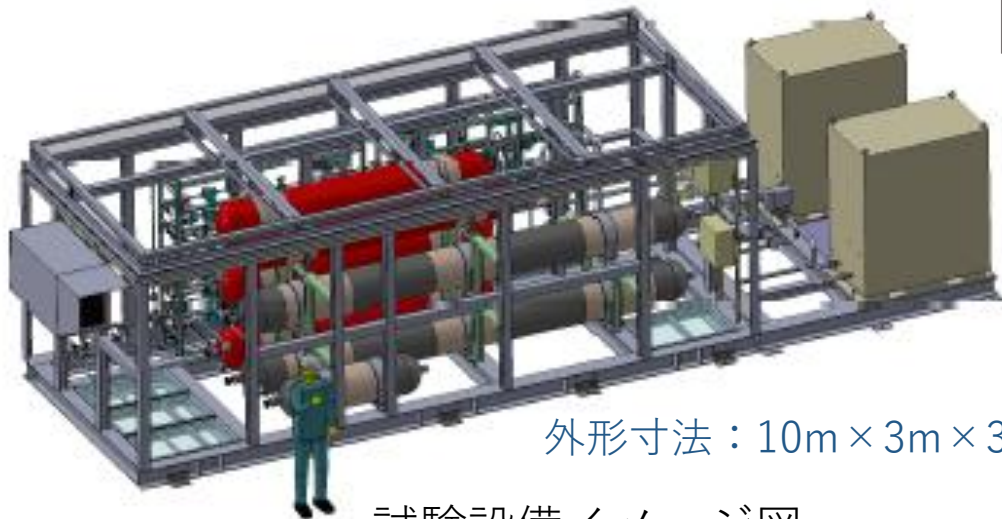
3. 研究開発成果について

その他進捗状況：圧縮機評価用試験設備

圧縮機完成品での単体性能試験および機能試験を実施するための試験設備を新たに設計、製作中

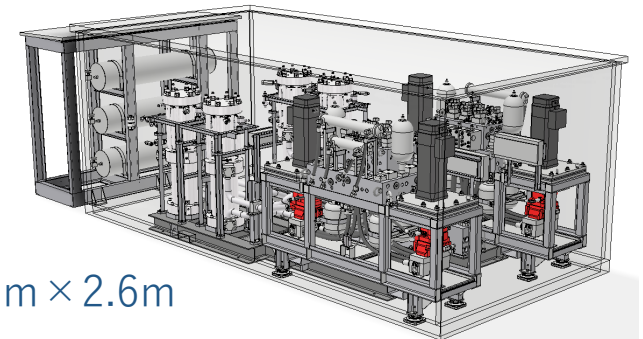
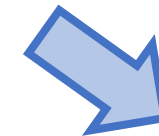
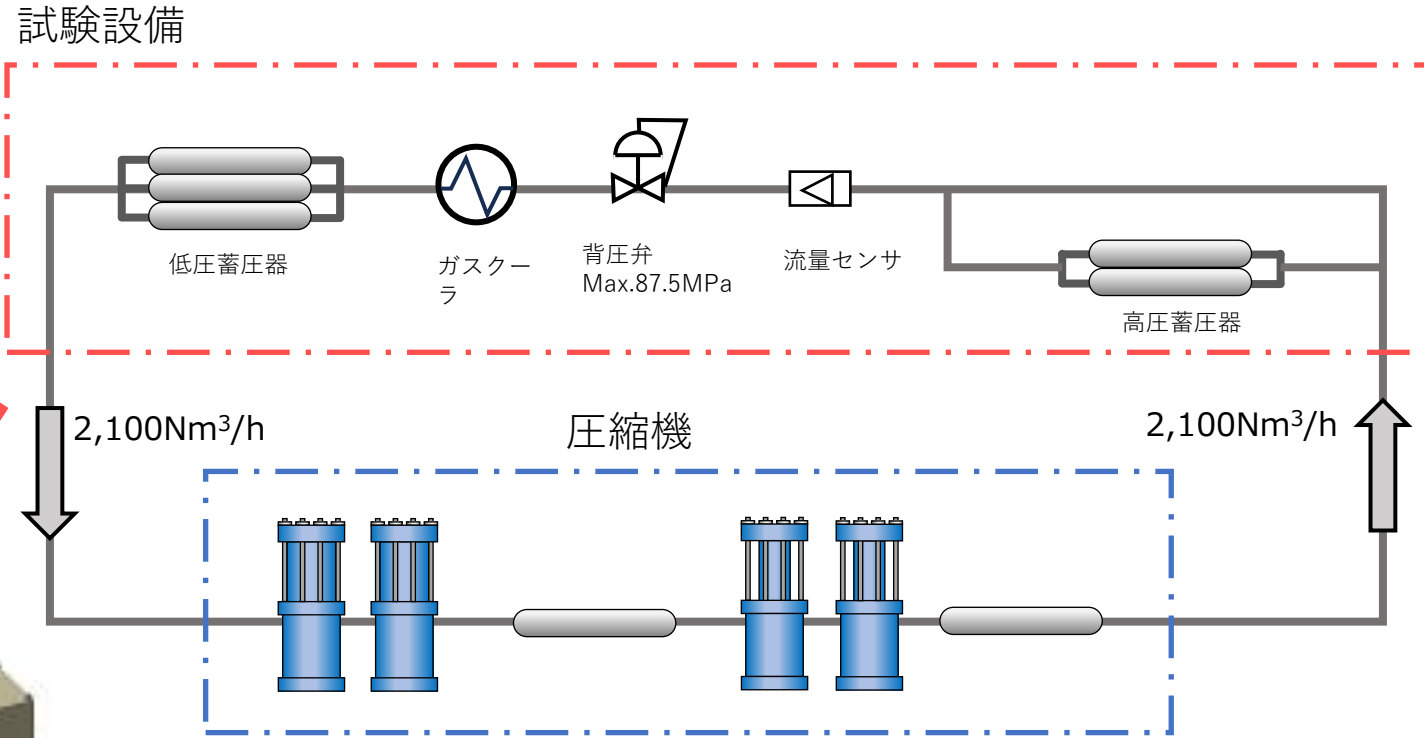
【設備仕様】

- ・ガス種：水素
- ・流量：2,100Nm³/h
- ・吐出圧力：Max. 87.5MPa
- ・吸入圧力：5～45MPa



外形寸法：10m × 3m × 3m

試験設備イメージ図



外形寸法：7m × 3m × 2.6m

4. 今後の見通しについて

スケジュール

※2028年度からの事業化を想定

項目	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度
調査・ヒアリング	調査				
基本計画・システム検討	計画	検討			
摺動シール開発	耐久試験機製作	設計・製作・評価			
圧縮機開発		試験設備製作	詳細設計	製作	評価
実証試験		試験場所検討	試験準備	実証試験	

実証場所の決定が課題