



京都府府民環境部エネルギー政策課 殿

燃料電池フォークリフト普及等に向けた導入実証事業
概要報告

2022年3月10日

ヤマト・H2Energy Japan株式会社

内容

業務の目的と内容

- ・燃料電池フォークリフトの種類
- ・実証場所

運用体制

実施体制

水素の調達および循環供給モデルの実証

マザーサイト・ドーターサイト

装置概要

供給ガス仕様

基本設計

主要機器(移動式水素ステーション)

導入実証事業の効果検証

まとめ

今後の展開

業務の目的と内容（燃料電池フォークリフトの種類）

- 本業務では、FCFLの普及促進および経済的・効率的な水素供給方法の確立を目的として、京都舞鶴港内のマザーステーション（以下「マザーサイト」という）から舞鶴港周辺の2か所のフォークリフト使用施設（以下「協力企業施設」という。）へのFCFL試験導入実証および水素の巡回供給モデルの実証を行った。
- FCFLの調達・提供
 - ◆ 実証期間中、三菱ロジスネクスト(株)製FCFL1台と(株)豊田自動織機製FCFL1台の計2台を利用して実証した。図1、図2にFCFLのご参考写真を示す。



図1：三菱ロジスネクスト(株)製FCFL



図2：(株)豊田自動織機製FCFL

業務の内容（実証の場所）

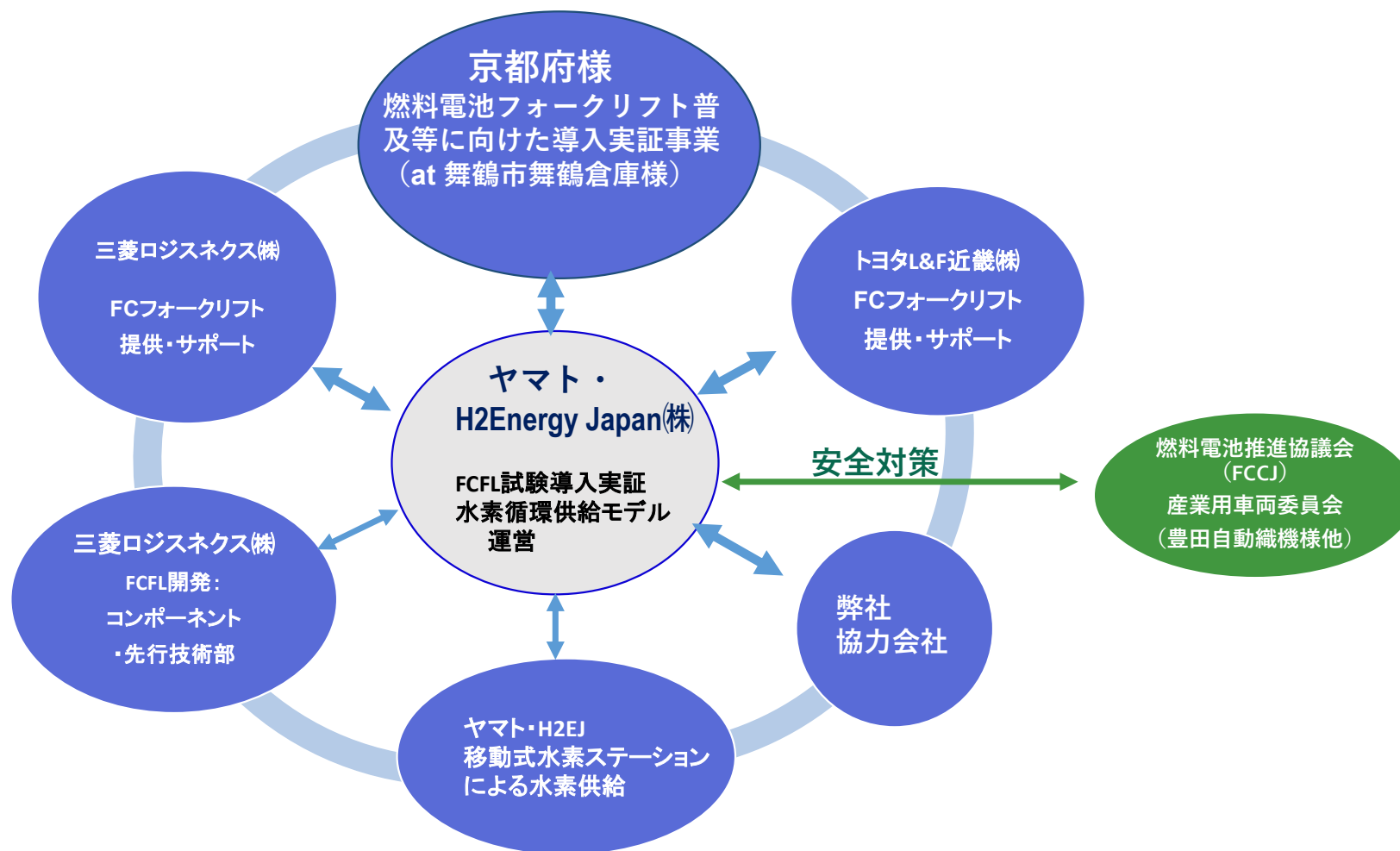
- 舞鶴倉庫(株)様所有施設の2か所（以下、FCFLへの水素充填場所をドーターサイトという。）において、各場所に1台のFCFLによる試験導入実証にご協力を頂いた。（FCFL実証場所の位置関係を以下の図4に同地区の地図を示す。）

- 使用量に応じた水素ガスの供給
- FCFLの運用に係る協力企業施設への応援体制の構築
- 移動式水素ステーションの状態確認
- 日常点検を行い、安全管理体制を確保した。

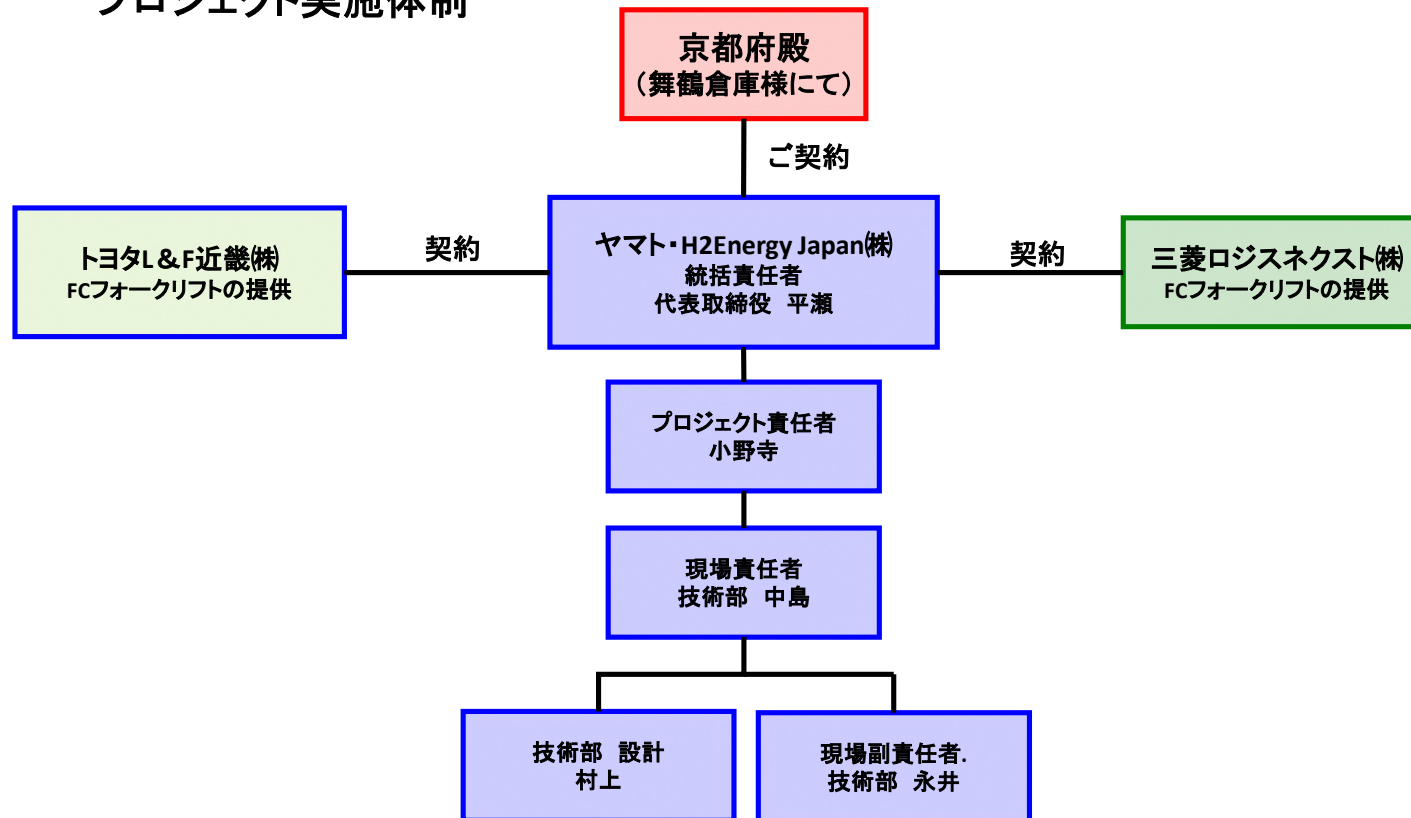


図4：舞鶴倉庫(株)様所有施設 2 か所とマザーサイト候補地

プロジェクト運用体制



プロジェクト実施体制



- 移動式水素ステーションにはガス検知器等安全装置が完備されており、ガス漏れ時等アラーム発報時には自動的に遮断バルブが閉まる構造になっている。また、実証試験中は弊社現場責任者、現場副責任者等による日常点検を行い、安全管理体制を整えた。

水素の調達および巡回供給モデルの実証（1）

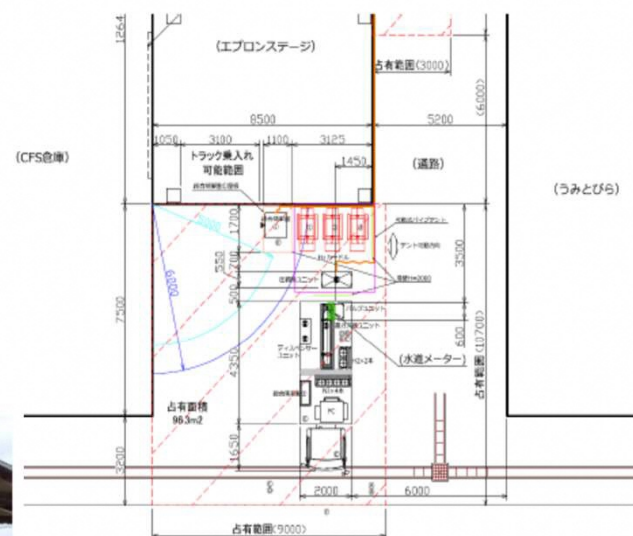
- ア 水素の調達・運搬
 - 当実証事業に必要な水素は、水素カードル（47L10本組カードル3基）を用いて、マザーサイトに水素供給を行った。また、協力企業施設（舞鶴倉庫様）2箇所（以下ドーターサイト）へ「ヤマト・H2Energy Japan製移動式水素ステーション以下移動式水素ステーション」を運用して、運搬及びFCFLへの充填供給を行った。
- イ 水素の巡回供給
 - ドーターサイト2か所のFCFL稼働量を踏まえ、水素の巡回供給には「マザー・ドーター方式」を採用し、日々のドーターサイトからの連絡により、移動式水素ステーションによって、ドーターサイトでの必要量を循環供給し、FCFLへ充填を行った。
- マザーサイト（水素カードル等の水素供給源の場所）
 - マザーサイトは通常FCFLの保有台数が多い場所、すなわち 水素充填頻度の高いドーターサイトに隣接設置することにより 経済的なメリットを最大限可能とする。
 - 今回は、マザーサイトをドーターサイトの付近数km以内に 設置することにより、運送コストと時間を抑え、将来の大規模実証の前段となる実証プロジェクトとした。

巡回供給モデルの実証（マザーサイト）

- マザーサイトの場所を以下の図5と図6に示します。



図5：マザーサイト（うみとびら附近）



マザーサイト図



移動式水素ステーション停車前



移動式水素ステーション停車後

図6：マザーサイト

巡回供給モデルの実証（ドーターサイト）

- ドーターサイトの場所を以下の図7と図8に示す。



図5：ドーターサイト（8番倉庫周辺詳細）

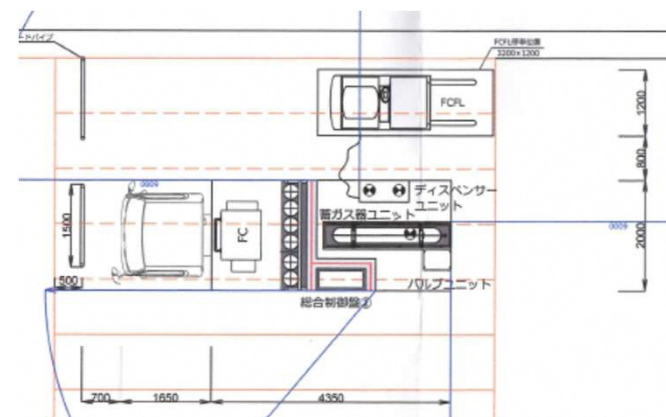
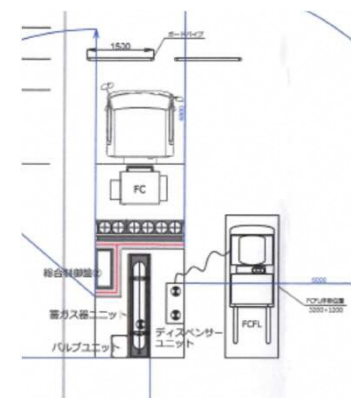


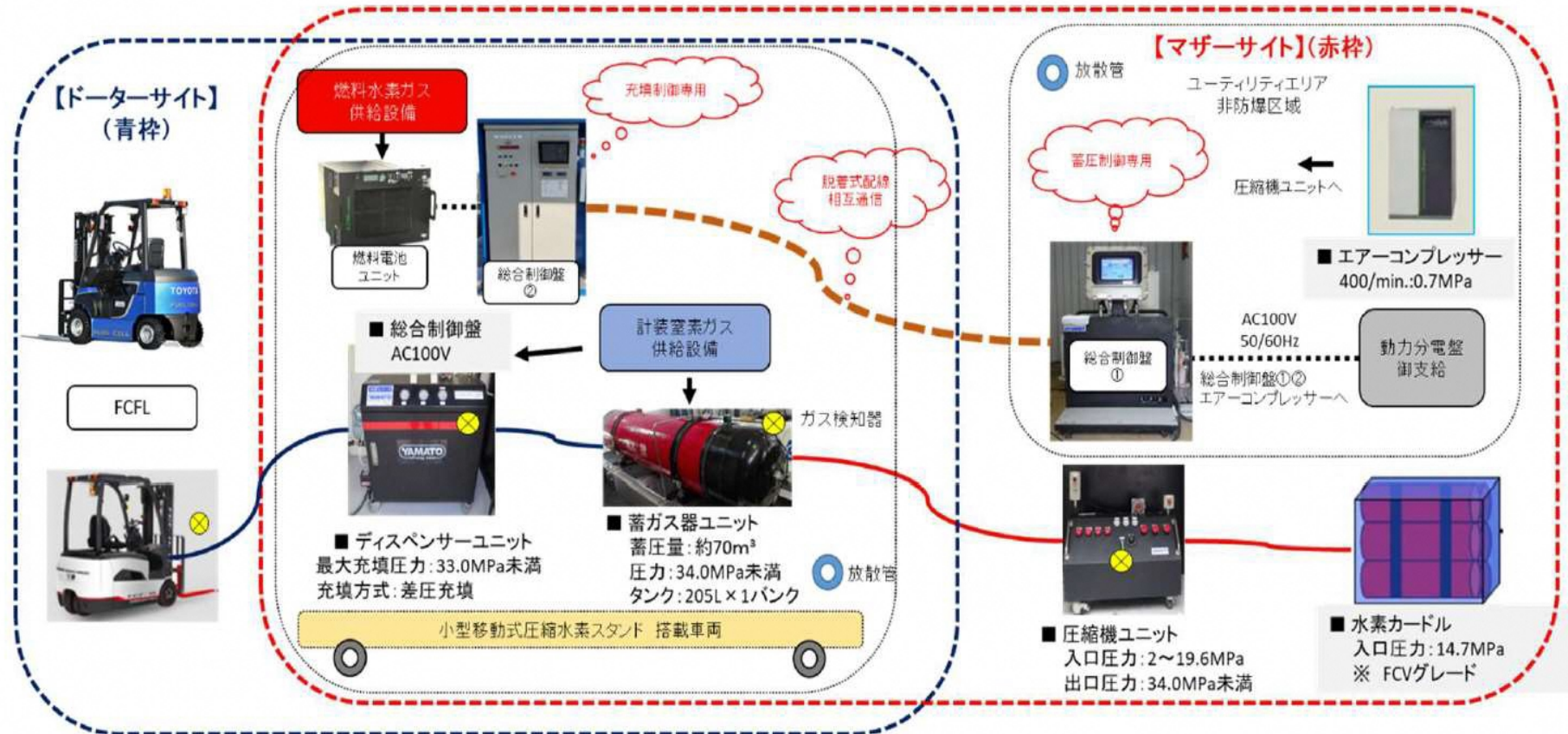
図6：ドーターサイト（19-21番倉庫周辺詳細）



装置概要

- 本装置は、移動式圧縮水素スタンド（30Nm³/日未満仕様）の主要構成機器である圧縮機ユニット、蓄ガス器ユニット、ディスペンサーユニット及びその他の付帯設備で構成する。
- マザーサイトでは、水素カードル（14.7MPa47L10本）で供給された水素を、トラックに搭載された「移動式水素ステーション」（蓄ガス器ユニット、ディスペンサーユニット、総合制御盤、計装窒素ガス供給設備、燃料電池ユニットおよび燃料水素ガス供給設備）の蓄ガス器に、地上に設置された圧縮機ユニットを用い、水素を34MPa未満まで昇圧した。
- 「移動式水素ステーション」は、ドーターサイトへ移動して、ディスペンサーユニットにより、FCFLに33MPa未満で充填した。燃料電池ユニット（水素ガス供給設備付属）はドーターサイトにおける「移動式水素ステーション」の電源として利用した。
- 次ページに概略図を示す。

装置概要



移動式水素ステーションは、ドーターサイトへ移動して、ディスペンサーユニットにより、FCFLに水素を充填した。燃料電池ユニット（水素ガス供給設備付属）はドーターサイトにおける「移動式水素ステーション」の電源として利用した。

マザーサイトでは、水素ガスカードルから移動式水素ステーションに充填・貯蔵（34MPa未満）した。

充填工程

プロセス

- ①マザーサイトで水素カードルから移動式水素ステーション（蓄圧器）に充填します。
- ➔充填後、②ドーターサイト（2箇所）に行き、FCFLに対して充填を行います。
- ➔ドーターサイトからマザーサイトに戻り、①の充填準備を行います。

所要概略時間

- | | | |
|--------------------------------|-------|-------------------------------|
| ① マザーサイトに於ける移動式水素ステーションに対する充填： | 所要時間 | 約6.5時間以内/日 |
| ② ドーターサイトに於けるFCFLへの水素充填； | 所要時間約 | 約1.0時間以内/日
(0.5時間/サイト×2カ所) |
| ③ 安全確認、移動時間等 | 所要時間約 | 0.5時間以内/日 |
| | | 合計約8時間以内/日* |

*必要に応じ、時間外で対処した。

供給ガス仕様

◇ 水素カードル

- 適用流体 : 水素ガス
- 純度 : 99.97%以上 (FCFL用グレード)
- 供給圧力 : 2.0~14.7MPa (圧縮機入口圧)
- 露点 : 使用圧力、温度において結露なきこと



水素ガスカードル(ご参考用写真)

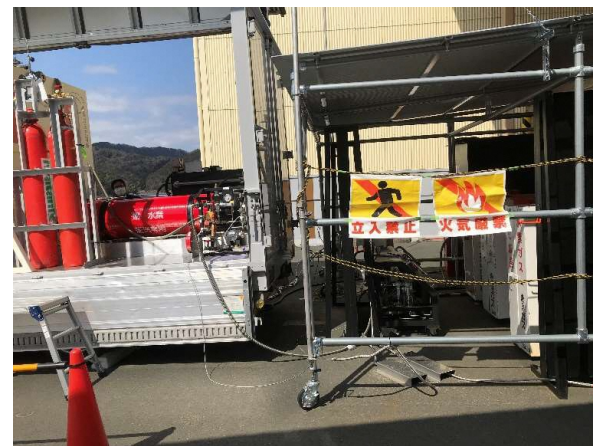
基本設計 主要機器

- ・ 自動式水素充填装置
- ・ 高圧ガス保安法に基づく機器の選定
- ・ 操作の安全性検討と設計
- ・ 三菱ロジスネクスト製FCFLと通信充填が可能
- ・ 三菱ロジスネクスト製FCFLから水抜き可能なポンプの設置
- ・ 豊田自動織機製FCFLへの標準充填

主要機器

水素カードルからの充填設備（マザーサイト）

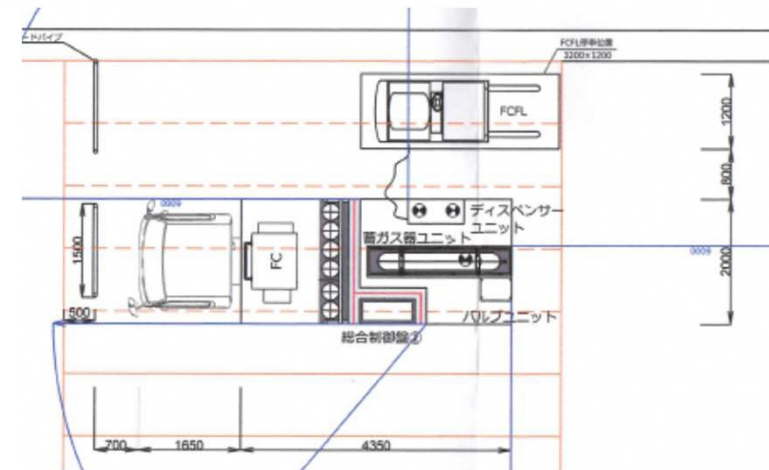
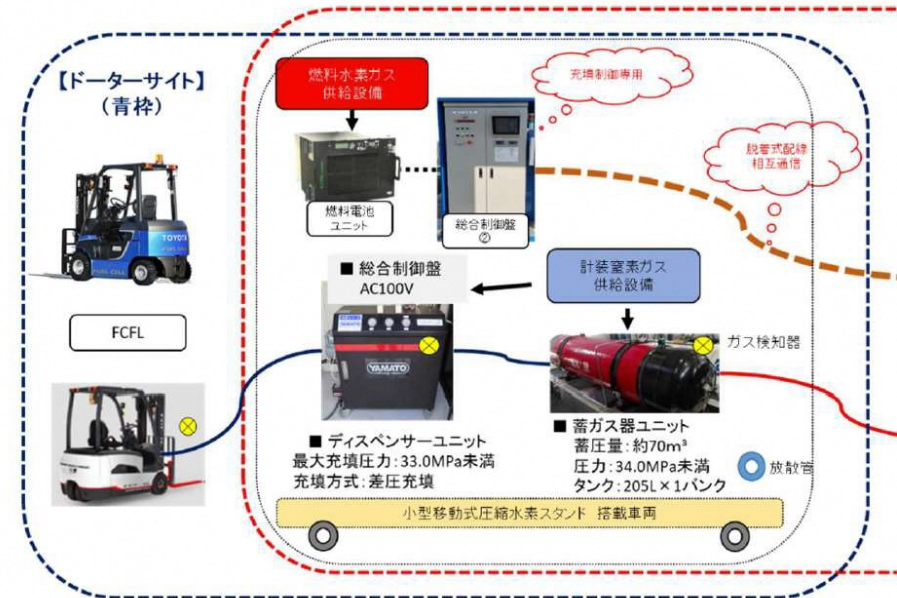
- 圧縮機ユニット エアブースター方式
 - ・ 吸入圧力 : 2~14.7MPa
 - ・ 吐出圧力 : 34.0MPa未満
 - ・ 安全装置 : ①ガス検知器（拡散式）、③緊急遮断ボタン、④安全弁、⑤圧力センサー、⑥温度センサー等



主要機器 移動式水素ステーション

- 蓄ガス器ユニット（移動式水素ステーション）

- バンク : 205L×1バンク
- 容器種別 : タイプ3 複合容器
- 最大充填圧力 : 34.0MPa未満
- 設計温度 : -10~40℃
- 安全装置 : ①ガス検知器（拡散式）
②安全弁、③圧力センサー
④温度センサー
⑤溶栓式安全弁等



主要機器 移動式水素ステーション

- ディispenserユニット（移動式水素ステーション）
 - 充 填 制 御 : 三菱ロジスネクスト製FCFL:差圧充填方式、
三菱ロジスネクスト製FCFLとの通信充填機能の設置
豊田自動織機製FCFL：差圧充填方式、流量上限制御
 - 操 作 : 自動充填（緊急遮断スイッチ付）
 - 設 計 温 度 : -10~40℃
 - 安 全 装 置 : ①ガス検知器（拡散式）、
②緊急遮断ボタン、③安全弁、
④圧力センサー、⑤減圧弁等
 - 充 填 ノ ズ ル : 35MPa充填用
 - 水 抜 き 装 置 : 三菱ロジスネクスト製FCFLから
規定流量で水抜きを行う
- 総合制御盤（移動式水素ステーション）
 - 充 填 制 御 : PLC制御自動充填方式
 - 操 作 : タッチパネルによる自動遠隔
 - 電 源 : AC100V 50/60Hz



付属機器 移動式水素ステーション



- エアコンプレッサー（マザーサイト）
 - ・ 方 式 : オイルフリースクロール式
- 計装用窒素ガス供給システム（移動式水素ステーション）
 - ・ 型 式 : 半自動切替減圧弁
 - ・ 容 器 : 窒素ガス（14.7MPa）2本×2列
 - ・ 圧 力 : 一次側 14.7MPa 二次側 0.65MPa
 - ・ バルブの駆動用（電気を使用しない安全仕様）
- 燃料電池ユニット
（移動式水素ステーション、ドーターサイトでの電源として利用）
 - 水素ガスによる発電方式
 - CO₂の発生がないクリーンな発電機
 - 比較的静音で環境に優しい方式
 - ドーターサイトで商用電源が不用なので、
 - 将来の大規模配送の際のコンセプトの実証となる。
（ローカル商用電源が不用）



導入実証事業の検証



安全点検 点検リストに基づき日常点検を行った（添付シートご参照）

- マザーサイト
 - 日常点検（車両安全、各ユニット設備運転前後、安全装置、破損不具合等）
- ドーターサイト1および2
 - 日常点検（車両安全、各ユニット設備運転前後、安全装置、破損不具合等）

移動式水素ステーション；日常点検チェックシート：

ヤマト・H2Energy Japan株式会社

年月日	天気	温度（外気温）	湿度	時間	記録員	マザーサイト	結果	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								2021.12.15	2021.12.16	2021.12.17	2021.12.20	2021.12.21	2021.12.22	2021.12.23	2021.12.24	2022.01.05	2022.01.06
								曇	晴	曇	曇	晴	晴	晴	曇	曇	曇
		4°C	5°C	10°C	3°C	16°C	7°C	4°C	4°C	4°C	1°C	3°C					
		83%	88%	87%	88%	41%	88%	90%	88%	53%	88%	72%					
		9:38	9:58	9:20	9:22	13:00	9:00	9:00	9:00	10:00	9:00	9:00					
		永井	永井	永井	永井	永井	永井	永井	永井	永井	永井	永井					
チェック項目																	
1	作業開始	始業時間	時刻記入	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30	9:40	8:30	8:30	
		安全確認（別途安全確認リストによる）	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	水素充填	充填開始時間	時刻記入	/	/	/	/	10:10	/	9:40	13:20	/	13:35	/	/	/	
		充填開始時の蓄圧器圧力	数値記入	15.5MPa	/	/	/	31.0MPa 26.5MPa	/	31.0MPa 33.0MPa	33.0MPa 28.0MPa	/	33.0MPa	/	/	/	
		充填終了時間	時刻記入	/	/	/	/	10:16	/	9:45	13:26	/	14:07	/	/	/	
		充填終了時の蓄圧器圧力	数値記入	/	/	/	/	26.0MPa 22.0MPa	/	24.0MPa 26.0MPa	28.0MPa 25.0MPa	/	27.0MPa	/	/	/	
3	車両移動	移動式水素ステーション マザーサイトからの出発時間	時刻記入	13:00	/	/	/	9:40	/	9:20	13:00	/	13:25	/	/	/	
		移動式水素ステーション マザーサイトへの戻り時間	時刻記入	14:00	/	/	/	11:50	/	10:30	14:40	/	14:30	/	/	/	
		蓄圧器圧力	数値記入	15.5MPa	/	/	/	22.0MPa	/	24.0MPa 26.0MPa	25.0MPa	/	27.0MPa	/	/	/	
4	作業終了	安全確認（別途安全確認リストによる）	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		終了時間	時刻記入	16:50	16:50	14:50	14:50	16:30	14:50	16:10	14:50	16:40	16:30	14:50			
5	備考	ドーターサイトにて充填作業実施	昇圧	昇圧	昇圧	昇圧	ドーターサイト2か所での充填実施（連続）		ドーターサイト2か所での充填実施（連続）	ドーターサイト2か所での充填実施（連続）	昇圧	ドーターサイト1か所での充填実施	昇圧				

作業内容 (マザーサイト)

①マザーサイトでの移動式水素ステーション蓄圧器への充填作業 (充填準備→充填作業)



作業内容 (ドーターサイト)

②ドーターサイトでの移動式水素ステーションからFCFLへの充填 (充填準備→充填作業)



ドーターサイトでの充填作業準備写真



ドーターサイトでの充填作業写真
(トヨタ車の場合)

作業内容 (ドーターサイト トヨタFCFL)



ドーターサイトでの移動式水素ステーションからFCFLへの充填 (充填準備→充填作業)



動画 ドーターサイト (移動式水素ステーション充填前 排水ホース接続)



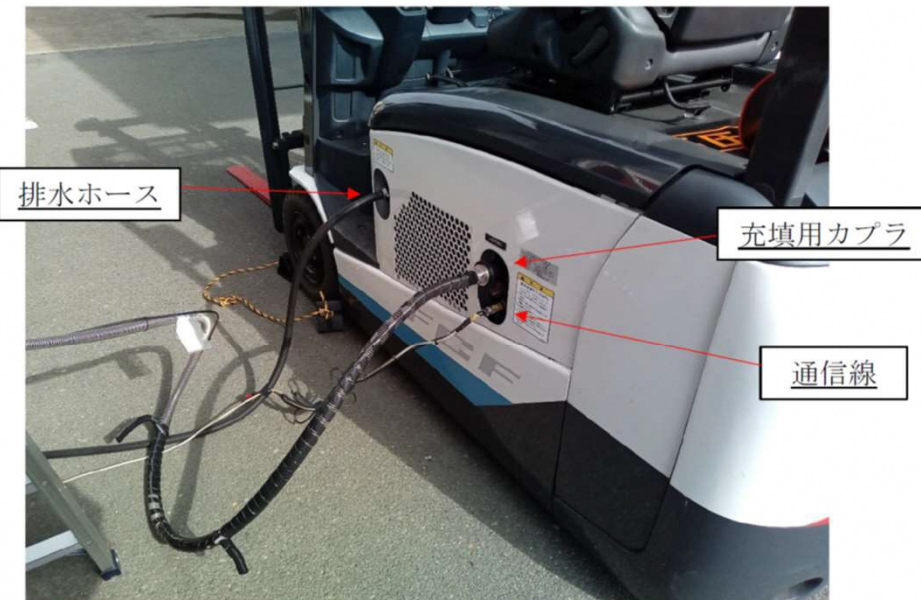
動画 ドーターサイト (移動式水素ステーション充填開始及び作業スペース)



ドーターサイトでの作業写真
(トヨタ車の場合)

作業内容 (ドーターサイト 三菱FCFL)

③ドーターサイトでの移動式水素ステーションからFCFLへの充填 (充填準備→充填作業)



ドーターサイトでの充填作業写真
(三菱車の場合)

ドーターサイトでの作業写真
(三菱車の場合)

導入実証事業の効果検証結果

事業の実施結果を踏まえ、以下の効果・検証を行った。

ア FCFLの試験導入実証

事業結果からランニングコスト等の経済的な課題や運用・管理上の効果・課題を抽出し、ユーザーの利便性向上を検討した。

イ 水素の巡回供給モデル実証

事業結果から、水素の巡回供給に係る技術的・経済的な課題や運用・管理上の効果および課題を抽出・検討した。

ウ FCFLの市場に貢献：利便性・安全性に関するモニタリング

業界大手2社である三菱ロジスネクスト(株)製および(株)豊田自動織機製のFCFLの実証により、今後の課題解決に役に立て、FCFLの市場導入を促進に役立てる。

検証結果の詳細は別途提出の結果報告書をご参照ください。

充填履歴（一部抜粋）



機種：株式会社豊田自動織
機製FCFL

No	日付	天候	気温	時間	充填時間（秒）	充填量(kg)
1	2021年12月21日	晴	16.0℃	11時17分	134	未計測
2	2021年12月23日	晴	4.0℃	10時04分	149	未計測
3	2021年12月24日	晴	4.0℃	13時24分	135	未計測
4	2022年1月6日	晴	1.0℃	14時00分	135	未計測
5	2022年1月11日	雨	4.0℃	10時17分	140	0.8835
6	2022年1月13日	晴	0.0℃	9時55分	134	0.8518
7	2022年1月17日	晴	2.0℃	13時52分	140	0.8256
8	2022年1月19日	雪	0.0℃	13時22分	135	0.7352
9	2022年1月24日	曇	5.0℃	13時36分	145	0.9293
10	2022年1月26日	曇	0.0℃	11時18分	146	0.9097
11	2022年2月2日	晴	1.0℃	10時52分	134	0.7295
12	2022年2月8日	曇	3.0℃	10時55分	148	1.0055
13	2022年2月10日	曇	0.0℃	11時45分	134	0.7189
14	2022年2月15日	晴	2.0℃	14時39分	142	0.8738
15	2022年2月24日	雪	2.0℃	10時55分	149	0.9866
16	2022年2月28日	晴	-1.0℃	13時53分	134	0.7884
17	2022年3月2日	曇	6.0℃	11時29分	134	0.7378

機種：三菱ロジスネクスト株式会
社製FCFL

No	日付	天候	気温	時間	充填時間（秒）	充填量(kg)
1	2021年12月15日	曇	4.0℃	14時12分	100	未計測
2	2021年12月21日	晴	16.0℃	10時16分	155	未計測
3	2021年12月23日	晴	4.0℃	15時12分	135	未計測
4	2021年12月24日	晴	4.0℃	14時06分	134	未計測
5	2022年1月11日	雨	4.0℃	15時25分	148	0.9722
6	2022年1月14日	曇	0.0℃	10時20分	154	1.0732
7	2022年1月27日	曇	4.0℃	11時13分	165	1.1333
8	2022年1月28日	曇	1.0℃	10時50分	140	0.8786
9	2022年1月31日	雨	0.0℃	13時23分	135	0.6896
10	2022年2月9日	曇	2.0℃	10時48分	135	0.6597
11	2022年2月16日	晴	0.0℃	11時40分	129	0.4408
12	2022年2月25日	晴	-1.0℃	10時50分	153	1.0244

利便性に関するモニタリング概要

項目／タイプ	エンジン式F L	電動式F L	F C F L (トヨタ車)	F C F L (三菱車)
利便性	○	○	○* 1	○* 1
操作性	○	○	○* 1	○* 1
充填時間	○	×	○* 2	○* 2
経済性	△* 4	△* 4	課題	課題
その他	エンジン音がうるさく感じる。 排ガスの臭いが気になる。	静か	* 3 水抜き方法に改良の余地あり	* 3 改良の余地あり 具体的には別途報告

(F L使用者からのヒアリング結果)

- * 1 : エンジン式F Lや電動式F Lと変わらないように感じる。
- * 2 : エンジン式F Lの充填時間と変わらないと感じる (充填時間 : 約 2 ~ 3 分程度)。
- * 3 : 電動式F Lと同じ外観をしているのに、燃料電池の発電時に生成音がするため、違和感がある。

燃料電池フォークリフト導入における実証結果と課題の対応

- 本実証事業では京都舞鶴港周辺におけるFCFLの普及促進及び経済的・効率的な水素供給方法の確立を目的として、FCFL試験導入実証及び水素の巡回供給モデルの実証実験を行った。
- 安全確認の為、日常安全チェックシートを用い、移動式水素ステーションのオペレーションを効率的に安全に行った。
- 小規模であるが、移動式水素ステーションを用い、必要な時に必要な量の水素をFCFLに供給できることが証明できた。
- ユーザーが今回の実証事業を通じ、FCFLを安全に、運用面で大きな負担がなく使用できることを実証し、ユーザーから「水素に対するアレルギーが無くなり、安心感につながった」とコメントがあった。
- 電動式のFLと比較して水素の充填が数分で済むので、大変効率的で良いとのコメントがあった。
- 課題：少数台の対応では、経済性の課題がある。移動式水素ステーションの投資を効率的にシェアする解決策として、より多くのFCFLに水素を供給することにより、1台当たりの初期投資を軽減する必要がある。経済性が取れる台数は40～50台と言われている。よって、今後の実用化の為には、より多くのFCFLに対して、水素を問題なく提供できることを実証していく必要がある。

今後の展開：物流企業集中地区

FCFLおよび水素の更なる利活用の提案

少数台FCFLユーザー個別の投資が不要→地域・工業団地レベルで経済的台数確保

物流業集積地に絞るのが好ましいと思われる。一例として、以下にFCFL導入の可能性が高い長田野工業団地内の物流企業集中地区を示す。



長田野工業団地内の物流企業集中地区

今後の展開： 長田野工業団地

FCFLおよび水素の更なる利活用の提案：舞鶴港周辺に加え、長田野工業団地等の企業の検討

事業の実施結果を踏まえ、今後の府北部地域におけるFCFLおよび水素の更なる利活用について提案を行い、長田野工業団地や綾部工業団地など北部以外の広範囲な地域におけるFCFLおよび水素の活用モデルの提案を行う。



長田野工業団地内の企業