【課題名】高密度燃料電池ユニット及び高出力燃料電池ユニット並びにそれらを搭載した産業車両の開発・実証

【代表者】株式会社豊田自動織機 片江 健一

【実施予定年度】平成29~令和元年度

(1)課題概要

①【課題の概要・目的】

- ・当社では、平成26-28年度「CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」の成果として、平成28年11月より、国内初となる2.5トン積FCフォークリフトの販売・導入を開始した
- ・対応するガソリンフォークリフトに比べ、Well to Wheelで 52%のCO2削減を達成した
- ・本事業を通して、水素の普及促進、更なるCO2削減のために、また、我が国の水素技術を世界に発信する絶好の機会である2020年東京オリンピック・パラリンピックに向け、 バリエーション拡大及びその後の多用途展開を目的とした開発を推進する
- ・また、産業車両向けとしては世界初となる氷点下始動可能なシステム開発にも 取り組む

②【技術開発の内容】

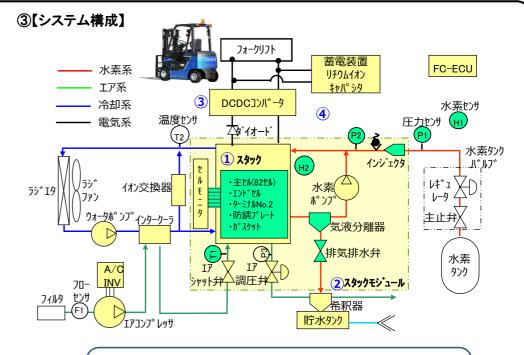
	開発要素名	実用化レベル到達見込み
A1	FCユニット小型化(=高密度化)	平成30年9月
A2	FCユニット高出力化	平成31年1月
A3	氷点下起動(-10℃)	平成31年1月

④【技術開発の目標・リスク】

- ○事業終了時点での最終的な目標:
- ・FCユニット高密度化:容積413L、定格出力8kW(最大33kW)→ 出力密度10%以上向上
- ·FCユニット高出力化: 定格8kW → 2倍以上
- · 氷点下起動: 不可(0℃以上) → 可(-10℃以上)
- ・高密度FCユニットを搭載した1トン系FCフォークリフトの実証開始(平成30年度)
- ・高密度FCユニットを搭載した1トン系FCフォークリフトの販売開始(平成31年度)
- ・高密度・高出力FCユニットを搭載したFCトーイングの実証開始(平成31年度)

○開発工程に係るリスク

- ・アイテム増加により、開発・評価設備能力が不足するリスク
- → 開発・評価エリアの拡張を計画中 FCスタック性能評価ベンチ、FCシステム適合評価ベンチなどの評価設備を増強 (平成29-31年度に実施予定)

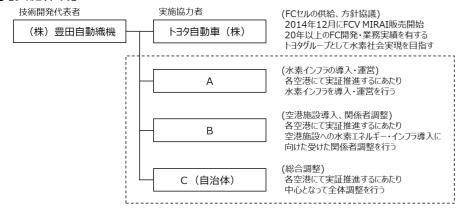


- ①FCV MIRAIと同じセルを用いたボルト締結型低コストスタック
- ②スタックのモジュール化による小型化
- ③セルインピーダンスモニターによる安定発電制御
- ④コスト低減のためのシステム・部品の簡素化 (加湿器廃止など)



(2)実施計画等

①【実施体制】



実証候補地	А	В	С	水素インフラ導入計画	水素ガス
関空	岩谷産業(株)	KIX水素グリッド委員会	大阪府	H28年度中 整備完了予定 (環境省開発・実証事業)	オフサイト(液水)
羽田	岩谷産業(株)	羽田空港での水素利活用 に向けた検討会	東京都	H29年度中 整備予定 (東京都の補助金活用)	将来的には福島の再エネ 水素活用を検討
セントレア	(株)鈴木商館	セントレア水素社会形成WG	愛知県	H29~30年度 整備予定 (環境省再エネ水素設備導入補助 の活用検討)	オンサイト(PV+水電解)

②【実施スケジュール】

年度	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31)	2020	2021
イベント				☆東京オ	リパラ
	開発	☆ 5	 	ノア、関空	
高密度FCユニット開発 (1トン系FCFL)			☆トヨダG内実証 ☆実用化、月	坂売	
	90,000千円	160,000千円	70,000千円		
	開発		>	/ング実証運用	
高密度・高出力FCユニット開発 (3トン超FCFL、トーイング)				â@セントレア、艮 →	問空 実用化
	40,000千円	60,000千円	280,000千円		
88.7% =亚/亚=几/芒+拚24					
開発・評価設備増強	340,000千円	150,000千円			
実証場所の選定 (KIX、羽田、セントレア)	FS 1トン系FCFL@関空 トーイング@羽田				
その他経費(実証運用など)	30,000千円	50,000千円	80,000千円		
経費合計	500,000千円	420,000千円	430,000千円		

③【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

事業化を担う主たる事業者 株式会社豊田自動織機

- ○事業展開における普及の見込み
- ・既存のトヨタL&Fグループ販売・サービス網を利用し、普及を図る
- ・バリエーション拡大により早期の1,000台/年達成を目指し、更に多用途展開によるボリューム効果、コスト低減を図る

表:2016年 フォークリフト出荷 定格荷重別台数比率

(※トヨタブランド、カウンターバランス車のみ、計107千台)

(/// 3// // 1	(1)	>о/(ВП10/ПП)					
バッテリ	エンジン	計] 				
1.5%	0.4%	31.8%	11.05% CM//CIC///				
21.6%	10.1%	28.1%					
9.8%	18.3%	28.1%	◀─── 現行2.5トンのカバーゾーン				
3.3%	22.9%	26.2%					
0.7%	10.4%	11.1%					
0.0%	0.9%	0.9%	高密度・高出力FCユニット				
36.9%	63.1%	100.0%	/搭載車両で新たにカバー				
【参考】							
1,281	1,297	2,578)				
	バッテリ 1.5% 21.6% 9.8% 3.3% 0.7% 0.0% 36.9%	バッテリ エンジン 1.5% 0.4% 21.6% 10.1% 9.8% 18.3% 3.3% 22.9% 0.7% 10.4% 0.0% 0.9% 36.9% 63.1%	1.5% 0.4% 31.8% 21.6% 10.1% 28.1% 9.8% 18.3% 28.1% 3.3% 22.9% 26.2% 0.7% 10.4% 11.1% 0.0% 0.9% 0.9% 36.9% 63.1% 100.0%				

〇年度別販売見込み

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

年度	2018	2020	2025	2030
目標単年度販売台数(台)	83	200		1,000
目標累積販売台数(台)	160	500	5,000	15,000
目標販売価格(円/台)	14,000,000	14,000,000		

【現時点見込み】

現時点見込みの年次は固定

年度	2020	2022	2030	2050
目標単年度販売台数(台)	100	150	1,000	120,000
目標累積販売台数(台)	320	570	15,000	2,100,000

※2050年度は 世界市場想定

- 〇普及におけるリスク(課題・障害)
- ・高圧ガスに関する諸規制の適正化
- エネルギーセキュリティ政策転換によるインセンティブ減少

(3)技術開発成果

①【**これまでの成果**】 詳細はp.5~7参照

・1トン系FCフォークリフトの販売を開始('19年9月)

FCユニット出力密度10%向上

累計販売台数 49台('20年8月末現在)

・FCトーイング実証実験車両の製作および実証実験開始('20年2月)

FCユニット出力2倍(2.5トンFCフォークリフト比)

累計稼働時間 125時間('20年8月末現在)

· 氷点下起動技術確立

販売モデル向けに-10℃以上にて起動可能な技術を確立

②【エネルギー起源CO2削減効果】

【提案時当初計画】 ※実施期間中における分科会等で計画変更が認められた場合等はその設定値

開発品(FCフォークリフト)1台当たりの	6.7 t-CO2/台・年
単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	(ガソリン車比)
開発品(FCフォークリフト)の法定耐用年数	4年

年度	2018	2020	2025	2030
単年度CO2削減量 (万t-CO2/年)	0.0556	0.1340	0.6700	0.6700
累積CO2削減量(万t-CO2)	0.43	1.34	13.4	40.2
CO2削減コスト(円/t-CO2)	522,388	522,388		

【現時点見込み】※再エネ水素の利用は考慮していない

開発品(FCフォークリフト)1台当たりの	6.7 t-CO2/台・年
単年度CO2削減量(t-CO2/台・年)	(ガソリン車比)
開発品(FCフォークリフト)の法定耐用年数	4年

年度	2020	2022	2030	2050
単年度CO2削減量 (万t-CO2/年)	0.0670	0.1005	0.6700	80.4000
累積CO2削減量(万t-CO2)	0.86	1.53	40.20	5,628
CO2削減コスト(円/t-CO2)	510,821	373,134	242,537	186,567

現時点見込みの年次は固定

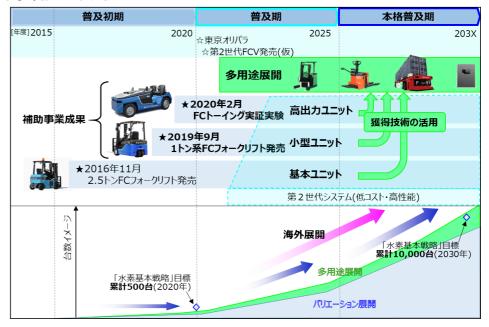
③【成果発表状況】(2019年度)

- ・G20環境関連閣僚会議@軽井沢にて1トン系FCフォークリフト試作車展示(6/14-16)
- ・アジアEST地域フォーラム@ベトナム(ハノイ)にてFC産業車両ポスター展示(10/28-31)
- ・中国国際輸入博@上海にてFCトーイング試作車展示(11/5-10)
- ・エコプロダクツ展(国際環境研究協会ブース)にて本事業パネル展示(12/5-7)
- ・FCフォークリフト機種追加(1トン系)をプレスリリース(5/17)
- ・FCトーイング実証実験開始@セントレアをプレスリリース(2/25)
- ・火力原子力発電技術協会誌9月号「6-4.燃料電池フォークリフト」(p.574-578) ほか

④ 【技術開発終了後の事業展開】

- ・'20年度内に海外における限定販売開始予定
- ・次世代システム開発に着手、低コスト・高性能化を目指す
- ・'20年8月より「チャレンジ・ゼロ」に参画(https://www.challenge-zero.jp/jp/casestudy/666)各種モビリティや発電機への多用途展開により普及拡大、展開を推進する

○事業拡大シナリオ



○シナリオ実現上の課題

- ・低コスト化のための要素部品技術開発
- ・海外への事業展開に向けた法規、規格類の精査、対応
- ・インフラメーカとの連携による水素充填設備の整備推進

〇参考資料1 CO2削減効果について

○2020年時点の削減効果 (試算方法パターン B-a, II-i)

- ・国内潜在市場規模:500台(産業車両協会統計・国内フォークリフト販売実績より推計)
- ・2020年度までに期待される最大普及量:320台(当社受注実績および今年度受注見込みによる。なお、従来システムの国内販売台数は年間110,000台)
- ・開発機器 (システム、モデル) 1 台当たりの C O 2 削減量: 6.8 t /年 (従来型の同様システム: 13.0 t /年)
- ・削減原単位:従来エネルギ(ガソリン)年間消費量5,638 L/台
- ・開発品による削減率: 2020年52.3%、排出係数: 0.095kgCO2/Nm3 (天然ガス改質)、再エネ水素2%利用、年間CO2削減量=6,842kgCO2/年/台
- ·累積CO2削減量:8,800 t-CO2
- ·CO2削減コスト:500千円

○2022年時点の削減効果 (試算方法パターン B-a, II-i)

- ・国内潜在市場規模:700台(産業車両協会統計・国内フォークリフト販売実績より推計)
- ・2022年度までに期待される最大普及量:600台(当社推計による。なお、従来システムの国内販売台数は年間110,000台)
- ・開発機器 (システム、モデル) 1 台当たりの C O 2 削減量: 7.4 t /年 (従来型の同様システム: 13.0 t /年)
- ・削減原単位: 従来エネルギ(ガソリン) 年間消費量5,638 L/台
- ・開発品による削減率:2022年56.2%、排出係数:0.095kqCO2/Nm3 (天然ガス改質)、再エネ水素10%利用、年間CO2削減量=7,351kqCO2/年/台
- ·累積CO2削減量: 16,800 t-CO2
- ・CO2削減コスト: 340千円

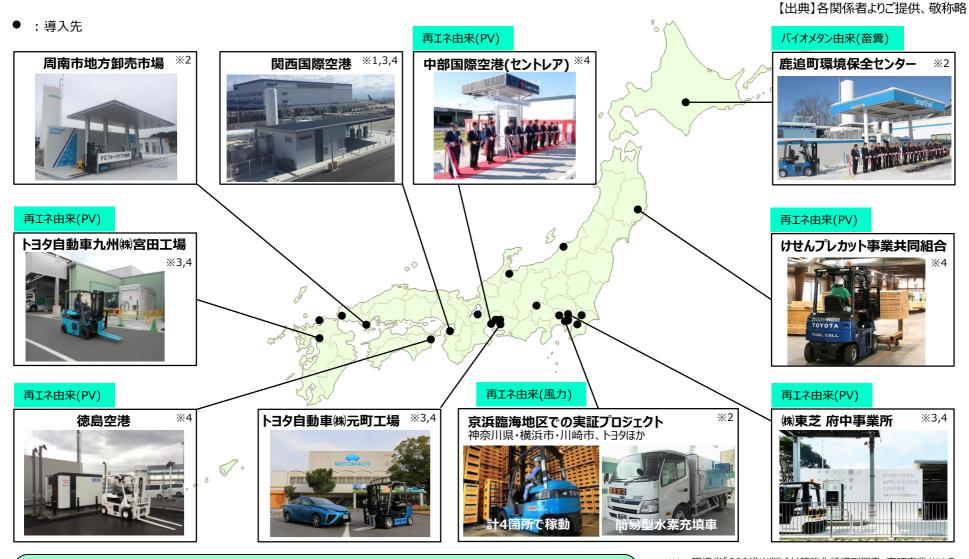
○2030年時点の削減効果 (試算方法パターン B-a, II-i)

- ・潜在市場規模(海外含む):60,000台(フォークリフト世界市場の5%相当)
- ・2030年度までに期待される最大普及量:15,000台(水素ロードマップによる。なお、従来システムの世界販売台数は年間1,200,000台)
- ・開発機器 (システム、モデル) 1 台当たりの C O 2 削減量: 9.9 t /年 (従来型の同様システム: 13.0 t /年)
- ・削減原単位:従来エネルギ(ガソリン)年間消費量5,638 L/台
- ・開発品による削減率:2030年75.7%、排出係数:0.095kgCO2/Nm3 (天然ガス改質)、再エネ水素50%利用、年間CO2削減量=9,897kgCO2/年/台
- ·累積CO2削減量:593,800 t-CO2
- ・CO2削減コスト: 164千円

○2050年時点の削減効果 (試算方法パターン B-a, II-i)

- ・潜在市場規模(海外含む): 120,000台(フォークリフト世界市場の10%相当)
- ・2050年度までに期待される最大普及量: 120,000台(潜在市場のすべてを置き換え。なお、従来システムの世界販売台数は年間1,200,000台)
- ・開発機器 (システム、モデル) 1 台当たりの C O 2 削減量: 13.0 t /年 (従来型の同様システム: 13.0 t /年)
- ・削減原単位:従来エネルギ(ガソリン)年間消費量5,638 L/台
- ・開発品による削減率: 2030年100%、排出係数: 0.0kgCO2/Nm3 (再エネ水素)、年間CO2削減量=13,079kgCO2/年/台
- ·累積CO2削減量: 109,863,600 t-CO2
- ・CO2削減コスト: 96千円

FCフォークリフト 国内導入状況



■ 累計導入台数 約250台 (20年3月末 実績) 約340台 (21年3月末 見込) ※1:環境省「CO2排出削減対策強化誘導型開発・実証事業」による

※2:環境省「地域連携・低炭素水素技術実証事業」による

※3:環境省・国交省「物流分野におけるCO2削減対策促進事業」による

※4:環境省「再エネ等を活用した水素社会推進事業」による

セントレアにおける実証実験 協力: ①②中部スカイサポート株式会社 ③鈴木商館株式会社

① 1トン系FCフォークリフト稼動











北海道における氷点下始動試験 協力: 鹿追町環境保全センター

夜間低温放置後



ラジエータ目詰まり確認



寒冷地での水素充填



CO₂排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

- 評価点 7.9 点 (10点満点中)
- 評価コメント

【評価される点】

- FCユニット高密度化で出力密度10%以上向上した点、それを搭載したFCフォークリフトがガソリンフォークリフトに比べて 52%のCO2削減を達成している。
- 1トン系FCフォークリフトについては、2020年8月末現在で49台の販売実績があり、実用化が順調に進んでいる。
- トヨタグループ内での実証や中部国際空港セントレアでのトーイング実証などにより、今後の事業展開、水素インフラ整備など確実な進展が期待できる。

【今後の課題】

- 本格普及に向けては、市場の開拓と量産化の企業努力だけでなく、水素供給インフラ整備等のグループ企業に止まらない幅広い連携が必要である。自社製品の枠を超えた取り組みを期待する。
- FCユニットモジュールの多用途展開等による数量効果(コスト低減)に期待する。また、インフラや法規・規格の整備、さらには水素利用の啓蒙活動の推進も望まれる。
- ビジネス展開を加速するための低コスト化のキーテクノロジーの開発が望まれる。

【その他特記事項】

政府のエネルギー政策の影響を大きく受けるため、インセンティブも不確定である。この種の車両の本格普及に向け、一層のコスト低減や多様な公的・民間資金等を視野にいれた持続的な事業化計画の実現に努め、より広い範囲で事業を展開することが望まれる。