

# フォークリフト用燃料電池システムの開発と今後の取り組み

鈴木 宏 紀

フォークリフトをはじめとする産業車両は、新たな水素需要の創出・増大という観点で、有望なアプリケーションの一つとして考えられている。

今秋、国内で初めて販売を開始した燃料電池フォークリフト（以下、FCフォークリフトという）は稼働時にCO<sub>2</sub>やNO<sub>x</sub>などを排出しない優れた環境性能と、約3分で燃料充填が完了するなど高い利便性を誇る。本報では、これまでのFCフォークリフトの開発状況と今後の取り組みについて報告する。

キーワード：水素、燃料電池、フォークリフト、産業車両、環境性能

## 1. はじめに

フォークリフトをはじめとする産業車両は、乗用車と比べ、工場、物流倉庫、市場、空港や港湾などの限定されたエリアにおいて、多数かつ長時間利用されることから、それらを燃料電池化して普及させることは、新たな水素需要の創出・増大につながり、普及初期段階における燃料電池自動車（以下、FCVという）の水素価格やインフラ運用コスト低減にも大きく寄与する有望なアプリケーションとして期待されている。

2004年より自動車メーカーと共同でフォークリフト用燃料電池システムの開発を開始、自動車部品メーカー北九州工場（2012～2014年度）、関西国際空港（2014年度～）、周南市地方卸売市場（2015年度～）などでの実証実験<sup>a)</sup>を通じて、様々な使用環境・条件下におけるWell to Wheel<sup>b)</sup>でのCO<sub>2</sub>削減効果、作業性の改善効果などの検証を重ね、2016年秋には、国内初<sup>c)</sup>となる2.5トン積FCフォークリフト（写真-1参照）の販売を開始、関西国際空港への1号車導入を皮切りに、順次導入を進めている。

- a) 環境省「CO<sub>2</sub>排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」など
- b) 燃料原料採掘段階から稼働段階まで
- c) 自社調べ

## 2. FCフォークリフトについて

### (1) 燃料電池システムの概要

フォークリフト専用燃料電池システムは、図-1に



写真-1 2.5トン積 FC フォークリフト (販売モデル標準仕様車)



図-1 燃料電池システム概略図

示す様に、燃料電池スタックを中心に、水素供給系、空気供給系、電気装置、冷却装置などで構成されており、それら全てをワンパッケージ化したものが「燃料電池ユニット」であり、この燃料電池ユニットを従来の鉛バッテリーに代わる動力源として搭載した電動フォークリフトがFCフォークリフトである。なお、

燃料電池スタックは、該自動車メーカーのFCV「MIRAI」と同じ燃料電池セルを使用し、必要な枚数を独自に積層して製作している。

次に、燃料電池システムの仕様を表一に示す。燃料としては35 MPa（約350気圧）の水素ガスが用いられる。FCV用の70 MPa（約700気圧）に比べ低圧であるが、フォークリフトの場合は、稼働エリアが限定的で、また基本的には各サイトに専用の水素供給インフラを有し、インフラへのアクセスが良く水素充てんの利便性が高い、ということを経験していることから、イニシャルコスト抑制を優先したものである。

表一 燃料電池システム仕様

入出力	連続出力	8 kW
	最大出力	32 kW
システム電圧		48 V
水素	充填圧	35 MPa
	搭載量	1.2 kg
	充填時間	3分間
稼働時間*		8時間
電源機能	AC100 V	1 kW × 15時間

※電動フォークリフト稼働時間測定方法により算出

また、水素と酸素による水の生成反応を利用して発電を行っていることから、1回の水素燃料満充で当たり約7リットルの水が生成される。フォークリフト（特に電動車）は屋内で使用されるケースが多いことから、稼働中の排水により床面を濡らすことは避けなければならないため、FCフォークリフトには生成水を貯めておく専用タンクを搭載しており、水素充てん作業の際にあわせて排水作業を行う必要がある。

### (2) FCフォークリフトの特長

稼働中のCO<sub>2</sub>排出ゼロ、副生成物は水のみという環境性能が第一の特長である。再生可能エネルギー＋水分解反応により得られるCO<sub>2</sub>フリー水素と組み合わせることで、更なるCO<sub>2</sub>排出量低減、環境性能向上が可能である。

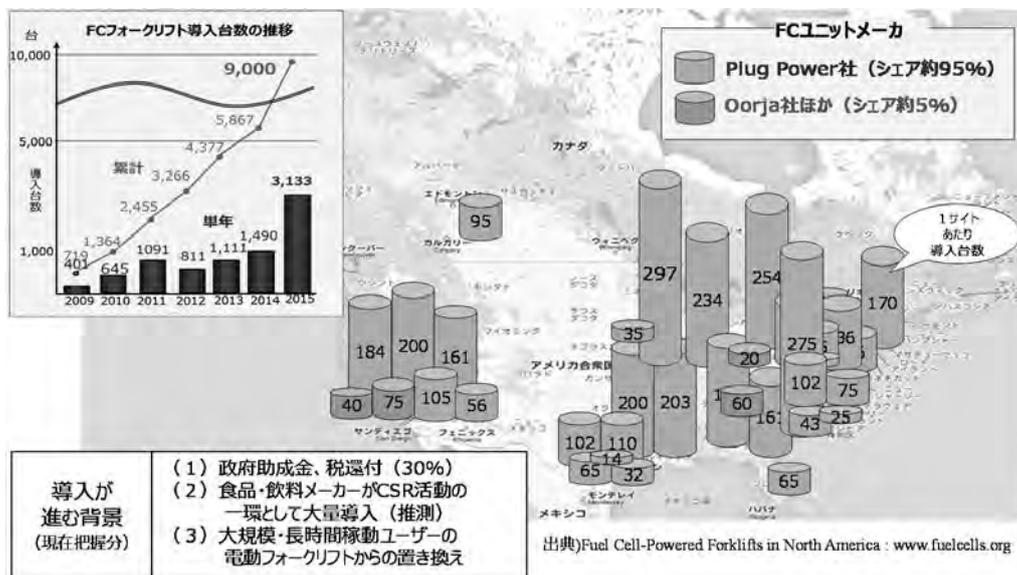
一方、ユーザーにとっては作業効率改善、利便性向上も大きなメリットである。従来の鉛バッテリーの充電に比べ、短時間（約3分）の水素充てんで所定時間の稼働が可能であり、予備バッテリーとの載せ替えを行う必要も無いため、ダウンタイムを短縮できる。また、予備バッテリーおよび保管場所が不要となるので、建屋内の省スペース化、運用コスト低減も期待できる。

更に、今回発売したFCフォークリフトには、外部給電機能（AC100V、1kW）を標準で装備しており、通常時の電動工具などへの給電はもとより、災害時における非常用電源としても活用でき、移動可能な発電機としての役割も期待されている。

## 3. 海外における普及状況

### (1) 北米

世界に先駆け、2009年頃から既にFCフォークリフトの市場投入が始まっている。Plug Power社をはじめとする燃料電池ユニットメーカーが、フォークリフトメーカーもしくはユーザー向けにユニットを供給するという導入形態である。合衆国および州政府による補助金、税還付などの優遇政策、積極支援を後ろ盾として、食品、飲料関連の大手企業、大型物流拠点を中心に、図一に示す通り、2015年末時点で累計約9,000



図一 北米におけるFCフォークリフト導入状況 (2015年末時点)



写真一2 北米での屋内水素充てん設備例



写真一3 FCフォークリフト用タンク

台が既に導入されている。また、北米においては、高圧ガスの取り扱いに関する規制が比較的厳しくないため、屋内水素充てん設備（写真一2参照）の設置が容易であることも普及を後押ししている要因の一つである。充てんのために一旦屋外に出る必要がないことから、更なる作業効率改善のみならずクリーンな作業環境を維持できるという点でもメリットが大きい。

(2) 欧州

2013年頃から徐々に導入が開始されている。元よりフォークリフトの電動化率が8割近くと極めて高く、環境に対する意識も高いことから、幅広い普及が期待できる市場である。北米同様、Plug Power社が主な燃料電池ユニット供給メーカーである。

4. 今後の取り組み

(1) 規制緩和の取り組み

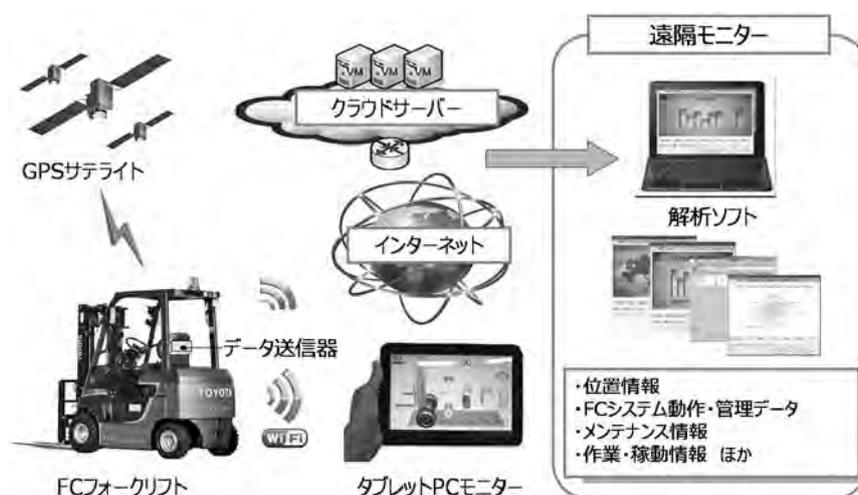
FCフォークリフト特有のアイテムとして、水素タンク（以下、タンクという）についての規制緩和が挙げられる。FCVやFCバスにおいては、燃費向上のためタンクなどの部品軽量化は大きな課題であるが、重いものを持ち上げるためにカウンターウェイトを搭

載しているフォークリフトについてはその限りではない。現状、産業車両も含めた車両に搭載できるタンクは、高圧ガス保安法によって、ライナーをCFRPでフルラップした複合容器のみに限られている。また、例示基準（JARIS001）によってライナー材質は特定のプラスチックもしくは一部のSUSやアルミ合金のみが使用可能であるが、FCフォークリフトには、重くて安価な低合金鋼をライナー材として採用し、「容器検査等事前評価」により使用が認められている（写真一3参照）。更には2014年度に施行された産業競争力強化法 企業実証特例制度を利用し、低合金鋼製の全部金属製容器の開発を進めている。

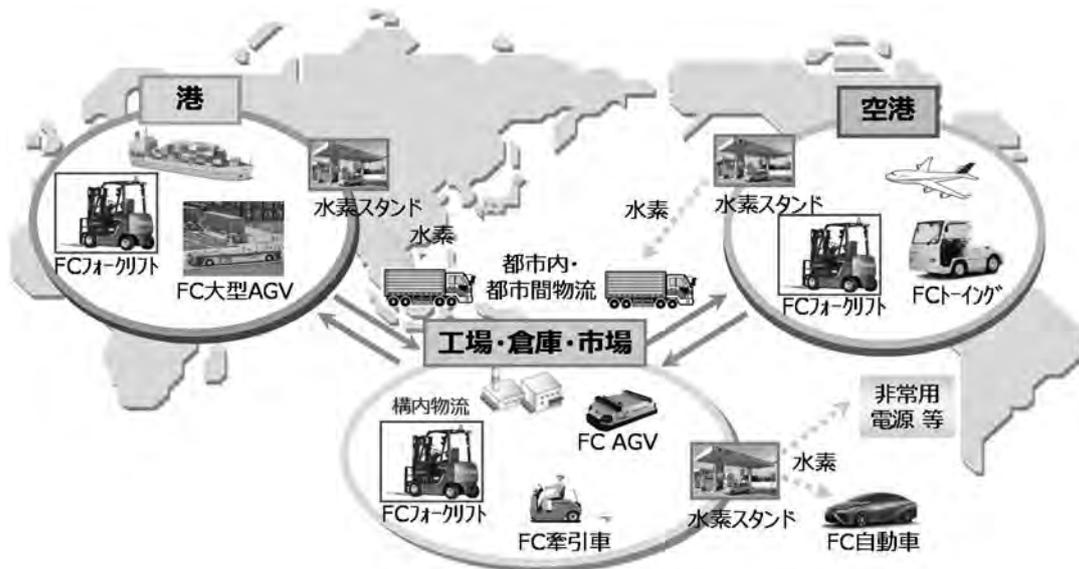
一方、先述の通り、屋内水素充てんの実現はFCフォークリフトの普及を後押しするものである。国内の現行法令下においても設置自体は可能であるが、火気離間距離、ガス滞留防止構造や機器の素材などについての規制により、コスト面で実現性に乏しい。インフラメーカーなどと協力し、普及に向けた検討・協議を進める必要がある。

(2) 標準化への対応

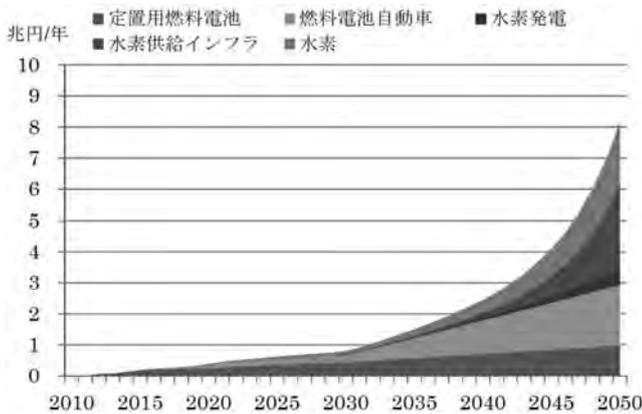
IEC TC105/WG6にて、産業車両向け燃料電池システムに関する規格検討を進めており、これまでに、安



図一3 遠隔モニタリング概略図



図一五 各サイト内外とつなぐ水素利用による物流（イメージ）



(出典：日本エネルギー経済研究所)  
図一四 我が国における水素・燃料電池関連の市場規模予測



写真一四 FC トーイングトラクター（コンセプトモデル）

全規格 IEC62282-4-101 が既に制定完了しており、性能評価規格 IEC62282-4-102 も近く制定予定である。また、フォークリフトをはじめとする産業車両についても水素充てん時のプロトコル制定、SAEJ2601-3 との国際調和の検討などを進めていく必要がある。

(3) スマートファクトリーへの対応

該自動車部品メーカー 北九州工場での実証実験において、外部給電機能を活用したエネルギーマネジメントシステムとの連携を既に実証確認済みであり、一方、図一三に示す様なクラウドを利用した遠隔モニタリングを関西国際空港などにおける実証においても継続中である。これらを活用した最適物流ソリューションの提案、新たなサービス創出の可能性についても検討を進めている。

(4) おわりに（今後の展開）

図一四に示す通り、水素・燃料電池関連市場の本格普及期は 2025～2030 年頃になるものと見込まれている。当面は、FC フォークリフトの車種拡大を図る一方で、2020 年に開催予定の東京オリンピック・パラリンピックに向け、FC トーイングトラクター（写真一四参照）の実証運用を行うことなどの検討を進めており、図一五に示した様な、水素利用による物流ネットワークの構築に取り組むことで、水素社会実現に向け貢献していきたいと考えている。

JCMA



【筆者紹介】  
鈴木 宏紀（すずき ひろのり）  
（株）豊田自動織機  
技術・開発本部 開発第二部 企画戦略グループ  
グループ長