

燃料電池 (FC) 発電機による工場BCPの取り組み Expected Outcome of BCP by Fuel Cell Generator

吉田 智志^{*1}
Satoshi Yoshida

*1 技術・開発本部 H2プロジェクト

要旨

当社は2016年11月より、日本で初めて(当社調べ)FCフォークリフトの販売を開始した。今後はバリエーション拡大を目指しており、2019年より発電機向けのFCユニットを開発した。定置用途だけでなく可搬式発電機としても使用可能で、停電時非常用発電機としても活用できる。水素ステーションおよびFCフォークリフトを組み合わせたBCP(Business Continuity Planning)の役割も期待されている。

キーワード: 燃料電池、発電機、水素、BCP

Abstract

FC forklift is launched in Japan for the first time(according to our research) in 2016 by TICO. We have developed and demonstrated a unit for FC generators from 2019 to extent variations of use. It can be used not only as a stationary but also as a portable power source, as an emergency power supply at the time of blackout as well. A Role of BCP(Business Continuity Planning) that combines hydrogen station and FC forklifts is also expected.

Keywords: Fuel Cell, Generator, Hydrogen, Business Continuity Planning

1 はじめに

近年、日本を含む世界各国で「2050年カーボンニュートラル」を目標に掲げ、CO₂削減に向けた取り組みが進められている。特に、日本においては水素エネルギーが切り札の1つと位置付けられ、産官学一体となって水素社会の実現に向けた様々な先駆的な技術開発が進められている。

当社では、2004年よりトヨタ自動車株式会社と共同でフォークリフト用FCシステムの開発を開始し、2016年11月に2.5トン、2019年9月には1.8トン積FCフォークリフトの販売を開始し、水素エネルギー普及に取り組んでいる。

今後は8kW～50kWの出力帯をターゲットとして開発を進め、様々な用途においても水素・FC技術を活用するニーズが高まっていることから自社の産業車両だけでなく、発電機・農機などの多用途展開を進めていく(表1)。

今回、8kWFCユニットの多用途展開として燃料電池発電機(以下、FC発電機)を開発した。本稿ではその取り組みを紹介する。

2 発電機の概要

発電機は、その設置目的や用途から「常用発電機」と「非常用発電機」に分類される。これらはエンジン発電機が主流である。

発電機のFC化は近年進められており、2009年にはエネファームとして家庭向けに市場導入された。エネファームは都市ガス・プロパンガスを燃料としており、改質器により水素を生成し発電する。発生する熱は熱交換器を通すことで温水として活用できる。

燃料に純水素を用いた燃料電池システムは、2014年より市場導入されており、セルへ直接水素を供給するため改質器が不要であり、システムの簡素化が可能である。

3 FC発電機

3.1 FC発電機の特徴

一般的なエンジン発電機と比較して以下の特徴がある。

- 1) CO₂排出ゼロ
燃料電池の発電によるCO₂排出ゼロにより脱炭素化へ貢献
- 2) 騒音・排出ガスを出さない
周辺に与えるストレスの少ない電力を供給、夜間でも稼働可能

表1 FCユニット開発ラインナップ
Table.1 Development lineup of FC unit

FCユニット	定格出力	8	24	50
産業用 アプリケーション (フォークリフト)	定置 搬送機			
	非常用			

3) 運搬・長期保管が可能

設置だけでなく可搬式発電機として運搬が可能。燃料となる水素は長期保管による品質劣化がなく、運搬配達が可能
(再生可能エネルギーの活用拡大に貢献)

3.2 フォークリフト向けFCシステム構成

今回、フォークリフト向けFCユニットをベースとしてFC発電機を開発した。図1にフォークリフト向けFCユニットのシステム概要を示す。心臓部であるFCスタックを中心に、水素タンクを含む水素供給系装置、空気供給装置、蓄電装置、冷却装置などで構成されている。これらをワンパッケージ化したユニットがFCフォークリフトに搭載されている。FCユニットは、水素を燃料とし電気を発生するシステムであり、この発電システム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。FCフォークリフトには非常時の使用を想定しAC100V外部給電機を搭載している。災害など停電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。

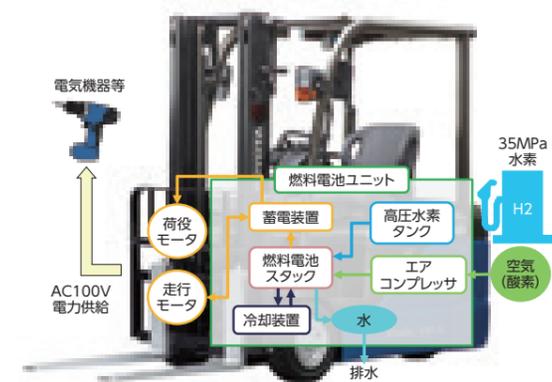


図1 FCユニット
Fig.1 Fuel cell unit

3.3 FC発電機システム構成

図2、表2に今回開発したFC発電機の外観と諸元を示す。図3はFC発電機システム構成である。フォークリフト向けFCユニットとの違いはガス供給装置と電気装置である。

ガス供給装置では水素タンクを廃止し、設備からの水素供給としている。また圧力調整装置を廃止し、法規要件から二連遮断バルブを搭載している。

電気装置では、出力先を外部の電力変換器(パワ

コン)とする。単相や三相の交流電力に変換することで、工場や店舗などへの電力供給が可能となる。さらに、非常用電源としての使用を想定し、「整流器」と「インバータ」をFC発電機内に搭載している。その他にも、パソコン等の外部設備とFC発電機ECUで異常接点信号をやりとりする機能を追加した。異常発生時は相互に停止することが可能である。



図2 FC発電機
Fig.2 fc generator

表2 FC発電機諸元
Table.2 Specifications of FC generator

性能	燃料種類	純水素
	燃料入口圧力	90±5kPa
	定格出力	8kW
	動作電圧	48V
体格	寸法	1,340×530×910mm
動作環境	使用可能温度	0～+40℃
	短期保管温度	-10～+80℃

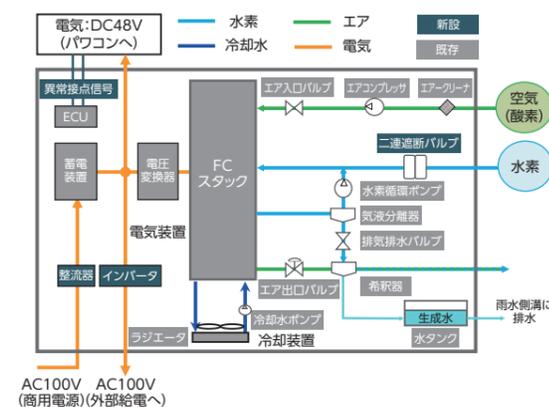


図3 FC発電機システム図
Fig.3 fc generator system diagram

4 開発内容

4.1 水素供給圧の低減

FC発電機は、電気事業法上の電気工作物であり、一般用電気工作物又は自家用電気工作物に分類される。電気事業法施行規則第48条4の五に記載されている小出力発電設備の条件を満たすと一般用電気工作物に分類されることが可能になる。一般用電気工作物では保安規制が少ないため、店舗や水素ステーションなどへの設置が容易である。将来的なFC発電機普及を目指して一般電気用工作物とするため、供給圧力は0.1MPa未満、電気出力は10kW以下とした。

フォークリフト向けFCユニットは、35MPaの高圧水素を減圧弁で0.85MPaまで減圧し、インジェクタにより圧力を0.1MPa程度に調整することでスタックへの水素供給を実現している。FC発電機では入口圧力が0.1MPa未満という法的制約からインジェクタを廃止し、水素系制御をFC発電機向けに変更することで調圧レスのシステムとし、水素供給圧の低減に対応した。

フォークリフト向けFCユニットでは蓄電装置電圧に応じてFCスタックの発電量を段階的に増減させている。この制御により急峻な出力変動を少なくすることでFCスタックの劣化を抑制している。FC発電機も同様の制御を採用している。水素供給圧0.1MPa未満においても図4に示すような発電制御を実現していることを確認した。

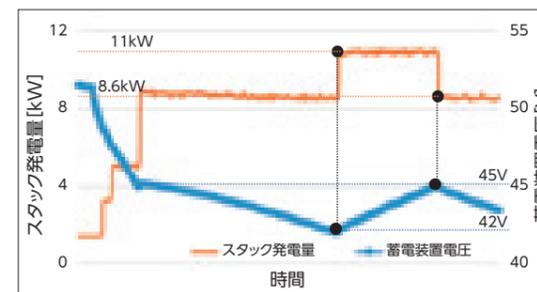


図4 FC発電機時系列データ
Fig.4 Time-series data of FC generator

FC発電機二連遮断バルブの上流側には水素圧力センサを搭載している。このセンサを用いることで、0.1MPa以上の水素圧力でFCが起動できないように制御することや、設備側残圧不足を検知して発電を停止することが可能となる。二連遮断バルブはインジェクタブロックとの入れ替えがで

きるため、FCフォークリフト向けFCスタック製造と同工程でFC発電機専用スタックの製造が可能である(図5)。

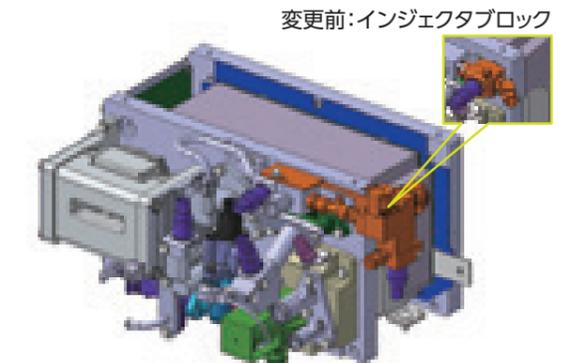


図5 FC発電機向けスタックモジュール
Fig.5 Stack module for FC generator

4.2 非常用発電機能

停電時のバックアップ電源としてUPS (Uninterruptible Power Supply) と呼ばれる二次電池が広く使用されている。外部からの電力供給が遮断されても短時間では問題ないが、停電が長時間になる場合は電力供給が困難である。FC発電機であれば燃料がある限り長時間停電にも対応できる。今回、FC発電機にUPS機能を持たせるために新たに「整流器」と「インバータ」を搭載した。このインバータはFCフォークリフト搭載の外部給電機と同一で、AC100V(最大1kW)電源として利用できる。

停電時のFC発電機の動作は次の①～③である(図6)。

- ①通常：
系統電力AC100Vから整流器を介してDC48Vで蓄電装置へ充電し、インバータにより外部へ常時AC100Vを供給している。FCは停止状態である。
- ②停電：
系統からの電力供給が停止する。このタイミングを整流器で検知しFCを起動させる。FC起動までの間、インバータの入力は蓄電装置による電力供給となるため、停電発生時の瞬時電圧低下はない。
- ③復電：
復電を検知し、FCを停止させる。

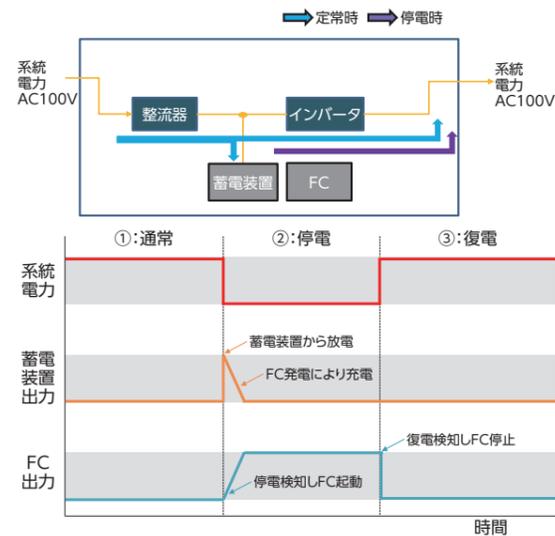


図6 停電時のFC発電機動作
Fig.6 FC generator operation at power failure

5 社内実証試験

5.1 設置概要

当社高浜工場敷地内水素ステーション [H2PLAZA] にFC発電機を設置し、2019年7月より実証試験を開始した。H2PLAZAは、再生可能エネルギーの太陽光によって発電した電力で水素を製造・貯蔵し、圧縮した高圧水素をFCフォークリフトへ供給が可能な施設である (図7)。

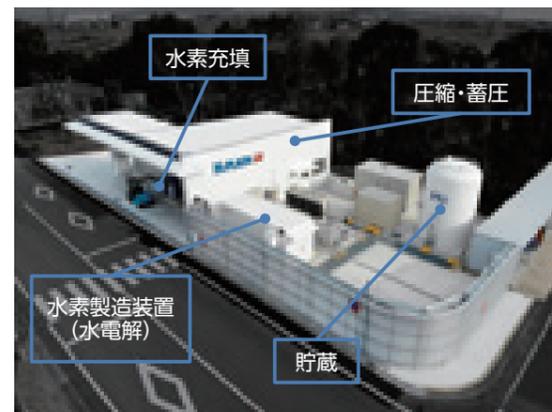


図7 高浜工場水素ステーション [H2PLAZA]
Fig.7 Hydrogen Station in Takahama plant (H2PLAZA)

5.2 FC発電機を活用した工場BCPの取り組み

図8はFC発電機の社内実証概要である。FC発電機の燃料はカードルからの水素を利用している。通常時、FC発電機はパワコンにより三相200V交流に変換、工場へ系統連系しており、5kW常用発電機として使用可能である。

H2PLAZAにはFCフォークリフト約5台が満

充填できる水素が常時あるが、停電が発生するとディスペンサへの電力供給は遮断されるため、FCフォークリフトへの水素充填が出来ない。そこで、FC発電機からのAC100V出力をディスペンサへ電力供給することで、停電時においてもフォークリフトへの水素充填が可能である。高浜工場ではFCフォークリフト38台が稼働しており、全台外部給電機能が搭載されている。電気が必要な場所まで自走し電力供給が可能なのはFCフォークリフトの利点である。このように、「FC発電機」、「水素ステーション」、「FCフォークリフト」を組み合わせることで工場BCPに貢献することができる。

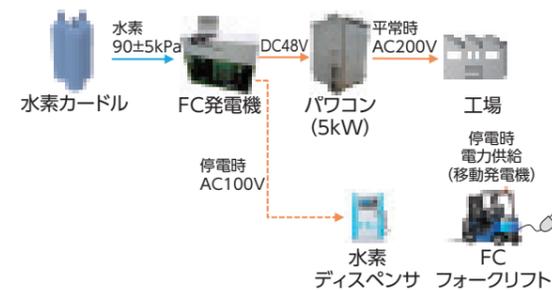


図8 FC発電機実証概要
Fig.8 Demonstration of FC generator

工場BCP活動の一環として、災害時における電源確保を目的として防災センターでの非常時給電訓練を実施した (図9)。当日は、FCフォークリフト4台の外部給電出力を連結し、4kWの電力を防災センターに給電、空調設備や照明の正常動作を確認した。



図9 防災センターへの給電
Fig.9 Power supply to disaster prevention center

6 まとめ

FC多用途展開を目的として、FCフォークリフトユニットを活用したFC発電機を開発し社内実証を実施した。FC発電機は8kWの常用発電機として使用できる他、非常用発電機としての機能を追加することで水素を用いた工場BCP活用が期待されている。停電時においてFCフォークリフトの充填後、防災センターまで自走し電力供給できることを確認した。

今後も物流分野だけでなく様々な分野へ多用途展開をすすめ、水素社会実現に向けた開発を継続していく。

開発の経緯と開発者の思い

FC発電機試験のために高浜工場水素ステーションに行くと、多くのFCフォークリフトが水素充填に訪れる様子を見ることができ、水素利活用の広がりを身近に感じています。しかし、停電時には水素ステーションで製造して溜めた水素は充填されず何か活用できないかと考え、FC発電機を用いた工場BCP活用に取り組みました。今回の取り組みを通して、水素エネルギーを使った燃料電池は非常時にも安心して電源として利用できると感じました。

今後も当社FCラインナップを拡充して様々な用途への展開を目指し、水素社会の実現に貢献するべく開発を進めてまいります。

参考文献

[1] 西川尚男：燃料電池の技術、東京電機大学出版局

著者紹介



吉田 智志