

# 再生可能エネルギーと高効率 SOFC を組み合わせた分散電源の工場への導入検討\*

## Study on the Introduction of Distributed Power Generation in Factories Combining Renewable Energy and High-Efficiency SOFC (Solid Oxide Fuel Cells)

石井 文也  
Fumiya ISHII

前田 隆宏  
Takahiro MAEDA

水野 秀一  
Shuichi MIZUNO

長澤 聡也  
Toshiya NAGASAWA

In pursuit of carbon neutrality, technologies for the utilization of carbon-neutral fuels such as hydrogen are being widely developed. However, economic feasibility remains a challenge. During the transition period toward carbon neutrality, we consider it rational to combine Solid Oxide Fuel Cells (SOFC), which can generate power using a mixture of city gas and hydrogen, with renewable energy sources such as photovoltaic (PV) generation and storage batteries. Accordingly, we are developing high-efficiency SOFC. In this study, we conducted a capacity optimization simulation to evaluate CO<sub>2</sub> reduction potential, introducing SOFC, PV generation and storage batteries to our factory, and followed by a scaled-down demonstration using actual equipment. As a result, it was confirmed that high efficiency SOFC can reduce CO<sub>2</sub> emissions even when fueled by city gas.

Keywords :

SOFC, EMS, Energy Management System

### 1. 緒言

カーボンニュートラル（以下 CN）の達成に向けて再生可能エネルギーの利用向上が不可欠であり、晴天昼間の太陽光発電（以下 PV 発電）余剰を蓄電池や Power to Gas（以下 P2G）などで貯蔵し、再エネ発電量が減少する夜間や雨天時に使う必要がある。しかし蓄電池はまだコストが高く、P2G で生成される水素等についてもシステムコスト面で現実的ではない。

当社は高効率な固体酸化物形燃料電池（以下 SOFC）を開発中であり、CN に向けた移行期において、SOFC の燃料を安価な都市ガスからはじめ、高

価な水素等の CN 燃料を段階的に混合して低炭素化することが経済性からも有意義な活用と考える。その検討として、当社の工場電力需要に対し、再エネ機器である PV 発電と蓄電池に対して高効率 SOFC を追加し、将来の機器コストを勘案した容量最適化シミュレーションを実施し、都市ガス利用時でも CO<sub>2</sub> 低減効果があることが示されている<sup>1)2)</sup>。しかしこの前提には、SOFC 出力低下時における効率低下や時間応答性といった過渡特性が含まれていない。また実際の工場へ設備導入して検証した事例は現時点で見つからない。今回当社の工場に PV、蓄電池、SOFC と各機器を制御するエネルギーマネジメントシステム（以

下 EMS）を導入し、SOFC の過渡特性を考慮したエネルギーマネジメント実証（以下エネマネ実証）を行い、CO<sub>2</sub> 低減効果を確認した。

### 2. 実証概要

#### 2.1 実証設備容量

今回の実証で対象とした西尾製作所南工場における電力使用ピークは約 20MWh であり、シミュレーションに即した設備容量の導入は予算や敷地面積の都合上できない。そこで工場電力のスケールを約 3/1000 に縮小した疑似需要を用い、シミュレーションと設備比率を合わせたエネマネ実証を計画した。Table 1 は実証設備の電気容量が示される。今回使用する SOFC システムは当社製の開発試作機であり、この使用燃料は都市ガスである。

Table 1 Spec of equipment

	Capacity	Manufacturer
PV-PCS	22kW×3	Fuji Electric
Storage battery(Li-ion)	34kWh	CONNEXX
SOFC (Prototype)	4.5kW×6	DENSO(Prototype)

#### 2.2 実証システム

シミュレーションと実機の違いとして、リアルタイムに変化する工場電力需要、PV 発電変動および SOFC の時間応答性が主に挙げられる。工場電力需要に関しては過去実績から類推が容易だが、実機運用する上では天候の影響を大きく受ける PV 発電量の予測と対応が必要となる。

Fig. 1 は実証システムの概略図が示される。実証機器の発電を制御する EMS は、気象予測データを用いて PV 発電量予測および工場電力需要予測を行う。この予測に基づいて発電機器の運転計画を立案し、リアルタイムの工場使用電力を受信して電力負荷に追従した発電制御を行う。

Fig. 2 は EMS 制御の概要図が示される。晴天時は系統電力への逆潮流は行わないことを前提とし、ランニングコストが安い PV 発電を優先使用して、PV 発電余剰時は蓄電池へ充電し、SOFC はセルスタックの高温状態を維持するホットスタンバイ（以下 HS）とした。

また、曇天時に PV 発電量が蓄電池充電必要量に対して不足することが予測された場合は、SOFC 発電余力を活用して蓄電池へ充電する。また、機器の発電量が不足する場合は系統電力で補う仕組みで制御が行われる。

SOFC の発電目標は工場電力需要から PV 発電量を差し引いた負荷を移動平均して設定する。しかし SOFC は発電応答性を有するため、設定された発電目標と実発電量の乖離が生じる。この乖離の調整は蓄電池による充放電で対応される。蓄電池制御は SOFC 発電の乖離量調整のほか、系統電力ピークを平滑化するピークカットおよび、PV 発電の余剰発生前に蓄電池 SOC を減らすための蓄電池優先放電制御が織り込まれている。

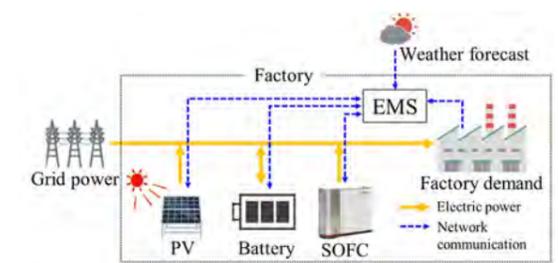


Fig. 1 Overview diagram of the demonstration system

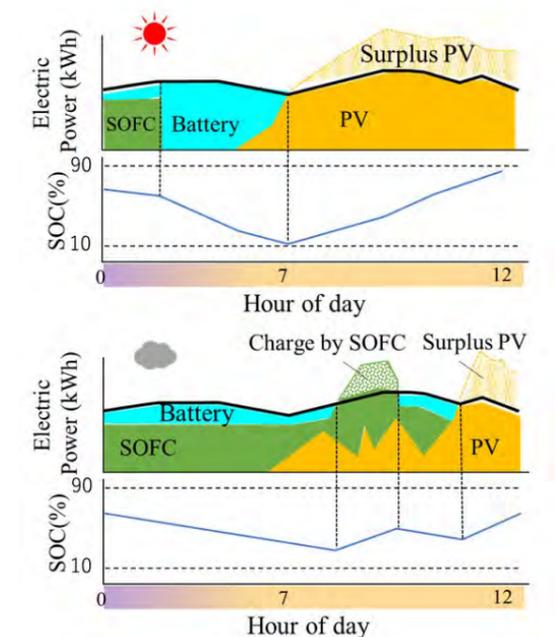


Fig. 2 EMS control system overview diagram

\* (社) 日本エネルギー学会の了解を得て、「第 33 回日本エネルギー学会大会」より一部加筆して転載

### 3. 実証結果

実証設備はPV発電を含む電源構成であり天候の影響を大きく受けるため、SOFC導入効果を同一の天候条件で実機評価することが難しい。このため、今回のエネマネ実証はPV発電、蓄電池、SOFCの電源構成で実施し、評価した同日の工場電力需要量とPV発電量のデータを基に、工場電力需要を系統電力で全てを賅ったケースと、実証と同量のPV発電だけを導入したケースを試算し、比較することでSOFCの導入効果を見積もることとした。なお、蓄電池は1日の工場電力需要量に対して約1時間分の容量しかなく、影響が小さいため割愛している。

Fig. 3は平日1日における天候別のCO<sub>2</sub>排出係数の結果が示される。SOFCのHS時間が多い晴れの日にはSOFC導入によるCO<sub>2</sub>低減効果は小さくなるものの、いずれの天気においても、PV発電、蓄電池、SOFCを組み合わせた電源構成でCO<sub>2</sub>排出係数が低減される結果が確認された。

Fig. 4は曇りの日における工場需要とEMSで制御された各機器のリアルタイムの発電量が示される。曇りの場合はPV発電の変動頻度が多く、SOFC発電応答性の影響が顕著に現れるが、Fig. 1で示されたようにCO<sub>2</sub>低減効果が得られることが確認された。

Fig. 5は工場需要が低下する休日含む2週間連続稼働における電力使用量と蓄電池SOC推移が示される。EMSによる運用計画および制御により、天候変動が2週間続いた場合でも系統電力使用が抑制された。

Fig. 6は2週間連続稼働におけるCO<sub>2</sub>排出係数の結果が示される。休日の工場電力需要低下によってSOFCのHS状態が増えた場合でもCO<sub>2</sub>低減効果が確認された。なお、HS時の燃料使用によるCO<sub>2</sub>排出量への影響も小さくなく、試作機のHS燃料を減少させた場合の効果を参考併記した。

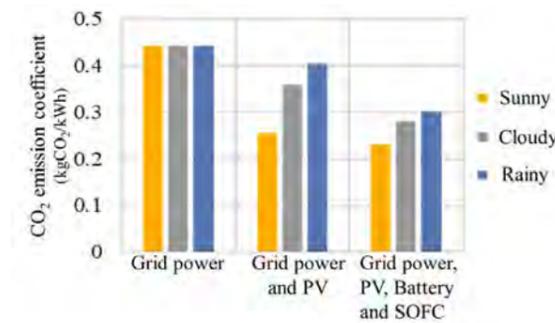


Fig. 3 Daily CO<sub>2</sub> emission coefficients by weather on weekdays

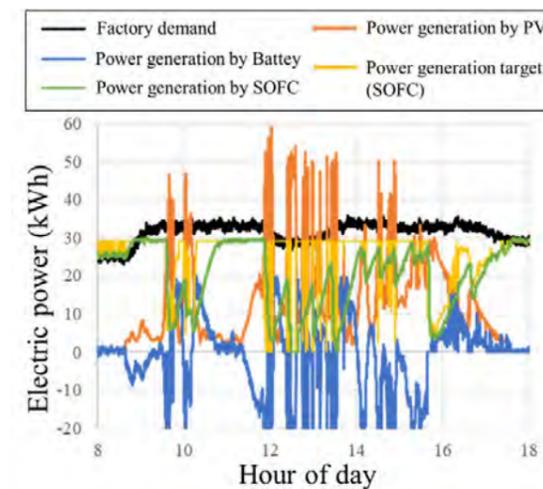


Fig. 4 Factory demand and power generation controlled by EMS on a cloudy

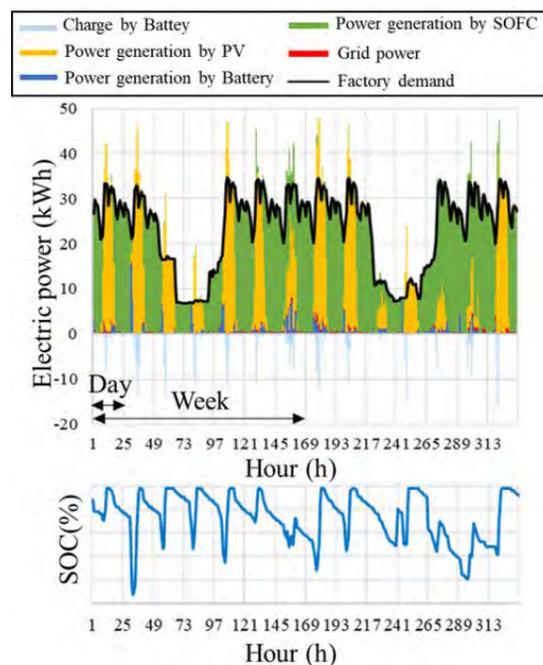


Fig. 5 Results of electric power and battery SOC progression during two weeks continuous operation

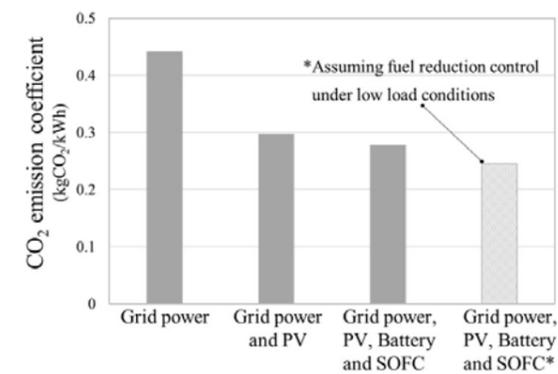


Fig. 6 Results of CO<sub>2</sub> emission coefficients during two weeks of continuous operation

### 4. 結言

PV、蓄電池と高効率SOFCを連係した電源システムを約3/1000スケールで実際の工場に導入して評価を行い、燃料に都市ガスを用いたSOFCの導入によるCO<sub>2</sub>排出係数低減効果を明らかにした。また、SOFC

試作機の燃料使用特性の改善や、過渡特性を見越した設備容量最適化シミュレーションが必要であることがわかった。

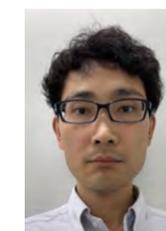
今後は明らかになった課題への取り組みのほか、更なるCO<sub>2</sub>排出量低減を実現するべく、都市ガスと水素の混合燃料に対応したSOFC開発を進め、その効果を実機検証していく。

【謝辞】この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業(JPNP14026)の結果得られたものです。

### 参考文献

- 萩原康正, 他: 高効率SOFCを活用した工場のEMS実証, クリーンエネルギー, 日本工業出版, 2023年10月号
- NEDO 水素・燃料電池成果報告会2023, 「分散電源等を用いた福島地域における工場への再生可能エネルギー導入率向上技術の開発」, NEDO, (2024年5月30日取得, <https://www.nedo.go.jp/hydrogen2023/pdf/B1-11.pdf>)

### 著者



石井 文也  
いしい ふみや

サーマル社会ソリューション開発部  
SOFCを用いた工場エネマネ制御開発,  
実証に従事



水野 秀一  
みずの しゅういち

サーマル社会ソリューション開発部  
SOFCを用いた工場エネマネ実証, CN技術開発に従事



前田 隆宏  
まえだ たかひろ

サーマル社会ソリューション開発部  
水素バーナー量産実証, CN技術開発に従事



長澤 聡也  
ながさわ としや

サーマル社会ソリューション開発部  
SOFCを用いた工場エネマネ実証に従事