

分散型水素システムの開発

石川 光祥 高橋 康文
緒方 正登 神家 規寿
荒井 知己

概 要

脱炭素に向けたエネルギー施策が急務となっている。太陽光や風力などの再生可能エネルギーの活用が進められているが、電気は発電量と電力消費量が常に一致する同時同量性が求められることから、気象条件によって変動する電源であるため十分に活用ができていない。また、太陽光パネルの過積載での設置や、蓄電池の容量を超えた電力などは活用されていない。

本報告では、再生可能エネルギーを効率的に活用するため、直流バスライン（DCバスライン）上に再生可能エネルギー、リチウムイオン電池、水電解装置、燃料電池の各デバイスを接続させ活用できていなかった電力を水素へ変換して貯蔵するシステムの構築を行った。早期での社会実装を目指し、既存の機器を多く採用することにより短期間で構築し、上位システムで統合制御を行い、連続稼働を行ったので、報告する。

Development of a Distributed Hydrogen System

Abstract

Energy measures for achieving decarbonization have become an urgent necessity. While renewable energy sources such as solar and wind power are advancing, electricity cannot be fully utilized due to the requirement that supply and demand always match in real-time and its significant fluctuations caused by weather conditions. Additionally, excess power generated by overloaded solar panel installations or exceeding the capacity of storage batteries remains unused.

This report presents the construction of a system that efficiently converts excess renewable energy into hydrogen for storage. The system integrates renewable energy sources, lithium-ion batteries, electrolyzers, and fuel cells onto a direct current (DC) bus line.

The system was rapidly constructed by adopting readily available equipment to facilitate early societal implementation. Integrated control was achieved through a higher-level system, enabling continuous operation. This report summarizes these efforts.

キーワード：水素システム、分散型電源、再生可能エネルギー

§1. はじめに

1.1 背景

近年、自然災害の頻発など、気候変動による影響が顕著になっており、地球温暖化を抑制するために、CO₂ガスの排出削減が大きな課題となっている。脱炭素に向けたエネルギー施策が急務となっている。その取り組みとして、太陽光発電や風力発電など、再生可能エネルギーの活用が進んでいる。しかしながら、電気は発電量と電力消費量が常に一致する同時同量性が求められるため、気象条件等により発電量の変化が激しい再生可能エネルギーは、単純に発電設備を増やすだけでは、安定的な電力供給にはつながらない。

太陽光発電においては、パワーコンディショナーの稼働率を上げるため、太陽光パネルは過積載で設置されており、パワーコンディショナーの容量を超えた電力は活用されていない。また、九州地方などの再生可能エネルギーの導入量の多い地域では、電力需要を超える発電がなされないように再生可能エネルギーの発電を止める出力抑制が行われるケースもある。

このように活用できていないエネルギーを活用するために蓄電池が検討されている。リチウムイオン電池の活用で大容量のエネルギーを蓄電できるようになったことから、鉛蓄電池などの従前の蓄電池に比較すれば小型化されるようになった。しかしながら、大容量の電力を蓄電するには電池自体と合わせて周辺パワーコンディショナーの増設も必要となり大型化が避けられないこと、自然放電による蓄電量の低下、過充電、過放電時における故障、火災などの安全性などの課題があり、エネルギー貯蔵の最適化が必要である。

そこで我々は水素エネルギーに着目することとした。水素エネルギーは人類が作ることでできる唯一の燃料であり、様々な物質の構成要素でもある。水素は水の電気分解にて容易に製造することができるが、分子量が小さいため取り扱いには注意が必要な物質である。また、水素は爆発するという固定概念が強いため、

危険な物質として認識されていることが多いが、爆発濃度の下限は4.0 %であり、4 %未満の濃度で使用していれば引火して爆発することはない。近年、クリーンなエネルギーという認識のもと、世界で活用が急速に拡大している。

本報告では、抑制されたりする余剰電力を水素に変えて貯蔵し、必要な時に電力として使用することでエネルギーを無駄にしないシステムを開発することを目指すとしてシステムの開発を行った。システムは、直流バスライン(DCバスライン)上に再生可能エネルギー、リチウムイオン電池、水電解装置、燃料電池の各デバイスを接続させ、水電解装置で製造した水素を貯蔵するため水素吸蔵合金を用いた。早期での社会実装を目指し、既存の機器を多く採用することにより短期間で構築し、上位システムからの統合制御にてシステムを構築し、連続稼働を行ったので報告する。

1.2 DC バスラインシステム

再生可能エネルギーと蓄電池を制御できるハイブリッドインバーターが開発されており、再生可能エネルギーと蓄電池の組み合わせはできるようになっているが、他のシステムが直流で連携できるシステムの構築は少なく、制約が多い。理化学研究所で研究されてきた直流バスラインのシステムは、需要と供給のバランスによって直流バスラインの電圧が変動し、その変動によって蓄電池、水電解装置、燃料電池が稼働するという制御方法になっている。電圧の変動には蓄電池が最初に追従し、その後、水電解装置あるいは燃料電池が追従し、基本の直流バスライン電圧になるように制御を行っている。

直流バスラインで構成する理由として、交流に変換することなく、電圧を変動させるだけで使用することができるため、電力ロスが少ないこと、交流にして周波数を合わせることが不要なため、デバイスの連携が容易になることがあげられる。

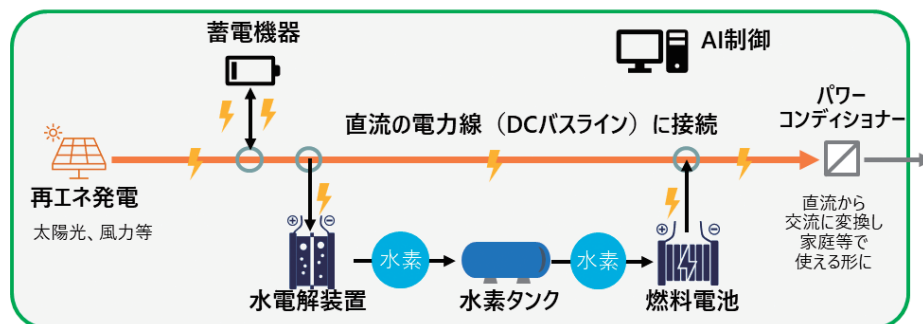


図1 分散型水素システムの概要

§ 2. 分散型水素システムの概要

2.1 開発方針

システムの概要を図 1 に示す。電力の効率的な活用を優先するため、直流から交流への変換ロスを抑える直流バスラインでのシステム構成とした。システムの稼働に関しては、充放電効率が高い蓄電池から稼働させ、次いで水電解装置での水素製造、燃料電池での発電を行うこととした。水素貯蔵に関しては、社会に実装できるように関連法令に抵触しないより安全な装置とするため、高圧ガス保安法で定められる高圧ガスとならないように 1 MPa 未満とし、建築基準法で定められる水素貯蔵量を超えないように水素吸蔵合金を

活用した。さらに、早期での社会実装を目指し、既存の機器を多く採用することにより短期間で構築することとした。

2.2 システム構成

DC バスラインには東京エレクトロンデバイス長崎株式会社製の Smart Power シリーズを活用した。システムは、バスラインの基準電圧を 380 V とし、 ± 40 V でのコントロールとした。再生可能エネルギーとして太陽光パネルを 10 kW、蓄電デバイスとしてリチウムイオン電池を 10 kWh、水素デバイス、パワーコンディショナー三相 200 V、13 kW で構成した。水素デバイスは、水素製造装置として PEM 型水電解装置



写真1 分散型水素システム

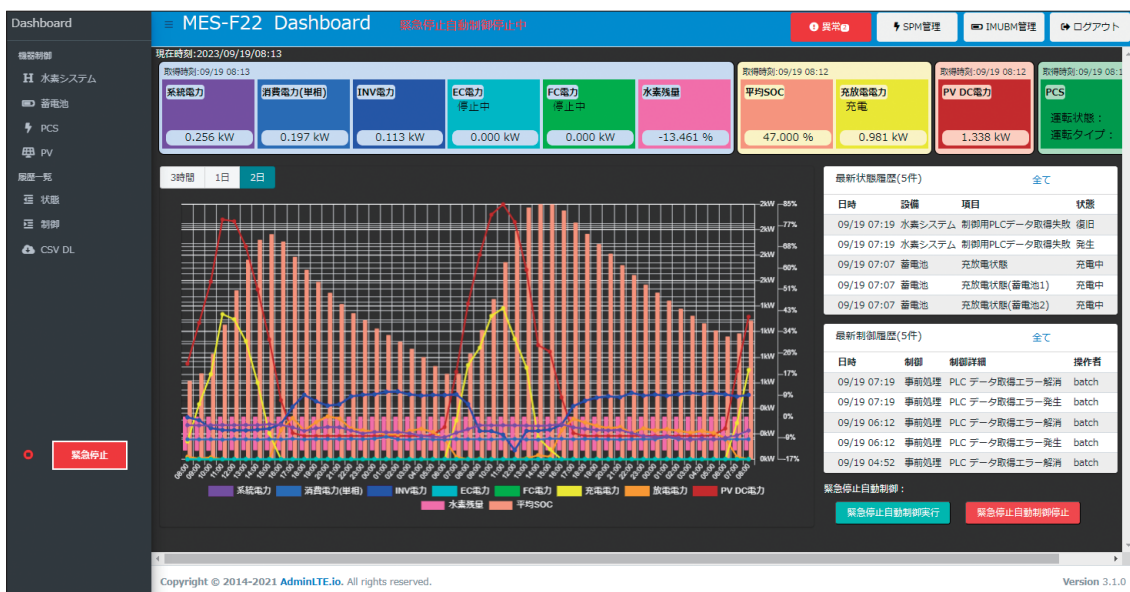


図2 太陽光パネル、蓄電池の稼働状況

2 L/min (消費電力 1 kW)、発電装置としてPEM型燃料電池 1 kW、水素貯蔵として水素吸蔵合金 4 m³のほか、水素ガスを乾燥するため圧力スイング吸着 (Pressure Swing Adsorption, PSA) 法による装置を設置した。

これらを連結する上位システムを開発し、直流バスラインの制御デバイス、蓄電デバイス、水素デバイスと通信を行い、制御を行うこととした。各デバイス内で発生するアラームなどについては、各デバイス内で停止信号を発出するが、デバイス間におよぶアラームに関しては上位システムを通じて発報させることとした。

構築したシステムを写真 1 に示す。今後の展開を考慮して屋外の環境条件でも稼働試験を行えるようにコンテナ内にシステムを設置した。

§3. 分散型水素システムの稼働

既存のシステムを組み合わせるシステムを構築しているため、各デバイスの組み合わせで稼働するかの確認を行った。太陽光パネル、蓄電池での稼働状況を図 2 に示す。日の出とともに発電量が上昇し、それに合わせて蓄電池の蓄電量が上昇している。日没後から負荷による電力消費に合わせて蓄電量が低下しており、安定してシステムが稼働することが示された。

水素デバイスを連携して連続稼働試験を行った。構築したシステムでは水素貯蔵の容量が小さいこと、水素システムの安定稼働の確認のため日没後に燃料電池で発電させる制御とした。水素製造については、システムの開発方針通り、蓄電池にある程度充電された状態になってから稼働させることとした。また、水電解装置、燃料電池の特性上、急速な稼働は装置寿命にかかわるため、緩やかな立ち上げ、立ち下げを行う制御を導入した。1 週間の連続稼働の状況を図 3 に示す。太陽光発電によって蓄電池の充電量が一定を超えた場合に水電解装置が稼働し、水素吸蔵合金の圧力が上昇

し、吸蔵されている。日没後には水素吸蔵合金から水素が放出され、燃料電池で発電していることも確認できた。以上より、水素システムを含めたシステムでの安定した稼働が示された。

§4. まとめ・今後の展開

本報告で構築したシステムにおいて既存のシステムを組み合わせる開発を行ってきたため、各デバイスと上位システム、各デバイス間での通信で様々な調整が必要となった。今回開発したシステムを活用して大型、小型のシステムの検証を行っていく。しかしながら、水素関連の機器が高価であるため、社会実装に向けて汎用性の高いシステムを開発する必要がある。

謝辞

本開発にあたり、株式会社メグレナジー 図師誠様に多大なるご意見をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) Daiji Yamashita, Katsuhiko Tsuno, Kayo Koike, Katsushi Fujii, Satoshi Wada, Masakazu Sugiyama : Distributed control of a user-on-demand renewable-energy power-source system using battery and hydrogen hybrid energy-storage devices, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 44, Issue 50, pp.27542-27552, 2019.10
- 2) 藤井 克司、小池 佳代、津野 克彦、和田 智之：再生可能エネルギーを利用したエネルギー供給システムの制御方法、クリーンテクノロジー、pp.41-46、2020.12
- 3) 藤井 克司、小池 佳代、津野 克彦、和田 智之：ユーザーオンデマンド再生可能エネルギー供給システム、化学工業、71巻10号 (通号848)、pp.606-612、2020.10

ひとこと

脱炭素に向けて再生可能エネルギーを余すことなく使う必要があります。その一つが水素活用であると考えています。水素社会に向けて本研究がその一助となるように邁進していきます。



石川 光洋

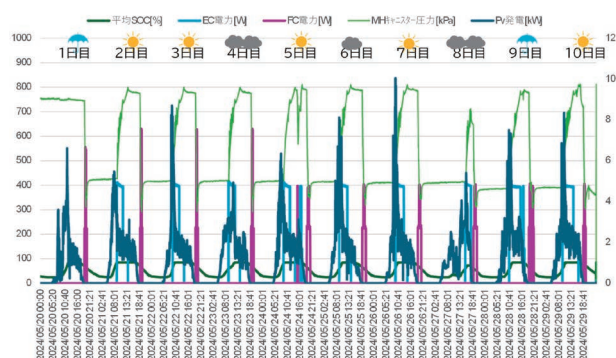


図3 1週間連続稼働状況