水素蓄電実験システムを用いたエネルギーマネジメント

美齊津宏幸・小谷野眞司・高橋一之・古谷博秀**、前田哲彦**

（**産業技術総合研究所）

****

【要 約】需要電力に合わせた水素蓄電システムの効率的な運用法を検討するため、当研究所に水素蓄電実験システムを導入した。本実験システムの妥当性を評価するため、構成装置単体の基本特性測定値を用いて、年間系統電力量を最小にすることを目的関数とした最適化シミュレーションを実施した。数式モデルを用いた最適化シミュレーションと比較した結果、実験システムは数式モデルより水素⇔電力間変換効率は低いが、実施設の検証実験に適用可能であることが確認できた。

****

【目 的】

水素蓄電システムは、再生可能エネルギー電源と需要電力との需給マッチングを取るための電力貯蔵システムである。水素蓄電システムを最適に運用するエネルギーマネジメント（エネマネ）に関して、構成装置の数式モデルを用いて、年間系統電力量を最小にすることを目的関数とした最適化シミュレーションによる開発を実施してきた [1]。2019 年度は、エネマネを実際の装置に適用するために、小型実験設備である水素蓄電実験システムを当研究所に導入した。本研究は、水素蓄電実験システムを構成する装置単体の基本特性を測定し、その測定値を用いた最適化シミュレーションと数式モデルを用いた最適化シミュレーションとを比較することで、開発してきたエネマネを実施設へ適用する際の課題を明確にすることを目的とする。

【方 法】

これまで開発してきた再生可能エネルギー（再エネ）電源エネマネの最適化シミュレーションに使用している数式モデルと、2019 年度に当研究所に導入した水素蓄電実験システムを比較するため、構成装置単体の基本特性を測定した。次に測定した基本特性を使用した最適化シミュレーション（測定値シミュレーション）を行い、各装置の電力波形と 1 年間の集約結果に対して、数式モデルを使用したものと比較することで実験システムの性能を評価した。水電気分解装置（WE）と燃料電池（FC）の基本性能測定ブロック図を図 1 に示す。なお、需要電力は当研究所の 2017 年のデータを実験システムに合うよう、最大 2kW にスケーリングし、太陽光発電（PV）電力は東京の 2017 年の日射量データ [2] を数式モデルに入力して作成したデータを、再エネ比率に応じた最大電力になるよう、スケーリングした。

【結果の概要】

水素蓄電実験システムの構成装置のうち、デバイス特性のばらつきが大きく、数式モデルとの乖離が予想される WE と FC の基本特性を測定し、数式モデルと比較した。WE の基本特性を図 2 に、FC の基本特性を図 3 に示す。

図 2(a)の WE の電圧／電流特性において、数式モデルは 22 セル、実験装置は 18 セルで類似した特性になる。曲線の傾き（コンダクタンス＝電流／電圧）は数式モデルより緩やかであり、実験装置の方が損失は大きい。図 2(b)の入力／水素流量特性では、数式モデルより測定値の勾配の方が緩やかであり、同じ入力に対して水素流量が少ないことを示している。

図 3(a)の FC の電流／電圧特性において、数式モデルは 105 セル、実験装置は 120 セルでほぼ同じ特性になり、実験装置の方が 1 セルあたりの発電電力が少ないことを示している。図 3(b)の出力／水素流量特性では測定値の方が勾配は若干急であり、数式モデルより実験装置の方が同じ水素流量に対する発電電力が少ないことを示している。図 4 は数式モデルと測定値による、再エネ比率 50%における最適化シミュレーション結果の波形である。数式モデルと測定値の電力波形はほとんど等しく、すべての装置の波形で相関係数が 0.997 以上である。実験装置の年間の水素⇔電力変換効率は数式モデルより低いため、最大水素貯蔵量は数式モデルの 73%である。

図 4 の最適化シミュレーションと測定値シミュレーションの波形を集約して算出した設備容量を表 1 に示す。両シミュレーションは需要電力を基準とした電力収支を算出しているため、電力特性において実験装置と数式モデルとの差異は無いものの、WE の水素製造能力と FC の水素発電能力においては実験装置の方が数式モデルより劣り、実験装置の水素の製造量・使用量・最大貯蔵量は数式モデルの約 70%であった。

本実験システムの基本特性を測定して水素関連性能を明らかにしたことにより、実際の施設を対象としたエネマネ検証実験にも適用可能であることが確認できた。

【参考文献】

1) 美齊津、小谷野、藤井、高橋、古谷、前田、「水素蓄電を活用したエネルギーマネジメント」、東京都環境科学研究所年報、pp. 82-90、(2019)
2) NEDO 新エネルギー部太陽光発電グループ：「日射量データベース閲覧システム」 (2017) http://app0.infoc.nedo.go.jp/

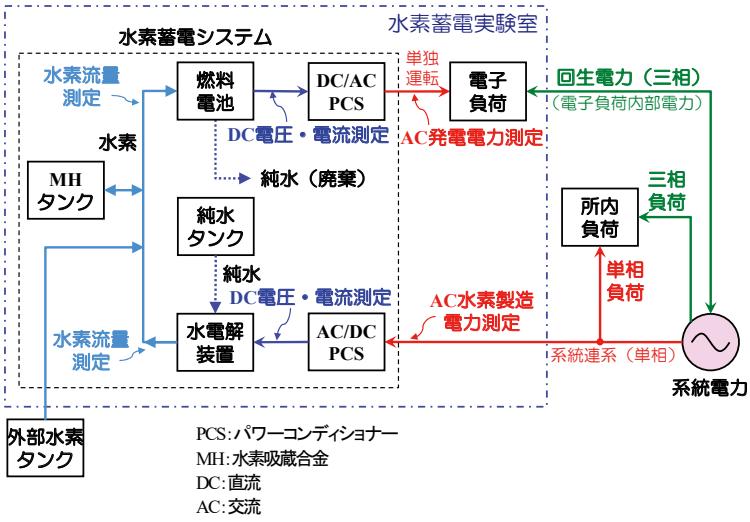
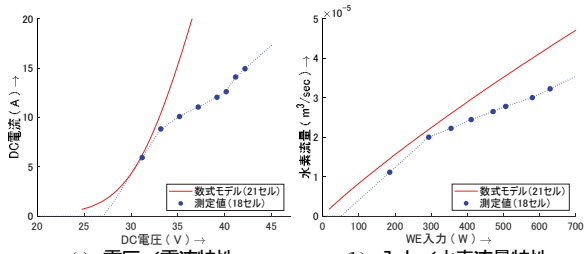


図 1　基本性能測定ブロック図

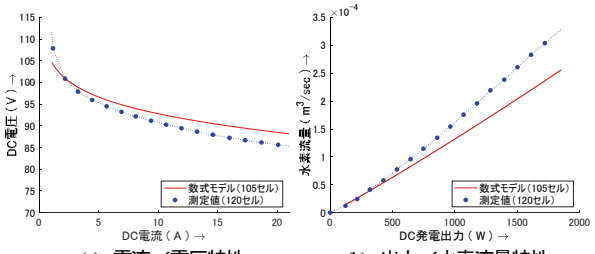
表 1　シミュレーションから算出した設備容量

項 目	最適化シミュレーション	測定値シミュレーション
再エネ比率(%)	50.00	50.00
PV 比率(%)	37.56	37.35
LiB 比率(%)	10.09	9.92
FC 比率(%)	2.35	2.73
系統比率(%)	50.00	50.00
最大需要電力(W)	2,000	2,000
PV 定格電力(W)	2,161	2,134
LiB 倍率	0.5	0.5
LiB 定格電力(W)	1,000	1,000
LiB 定格容量(Wh)	4,000	4,000
WE 定格電力(W)	1,604	1,572
FC 定格電力(W)	35	41
H_2 最大貯蔵量(m^3)	27.6	20.0
H_2 製造量(m^3)	63.3	44.2
H_2 使用量(m^3)	63.3	44.2



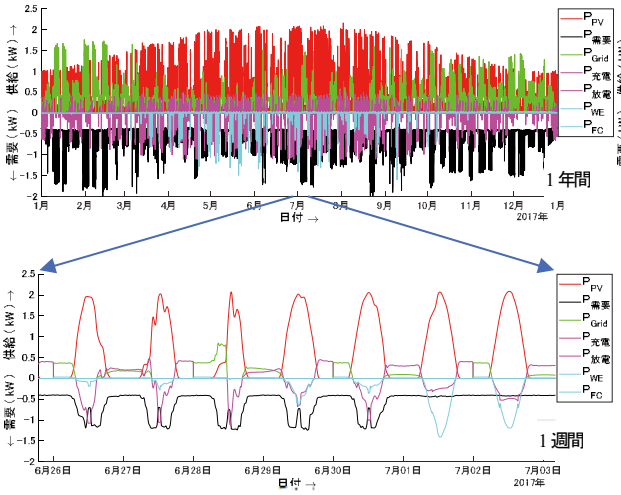
(a)　電圧／電流特性　　(b)　入力／水素流量特性

図 2　水電気分解蔵置(WE)の基本特性

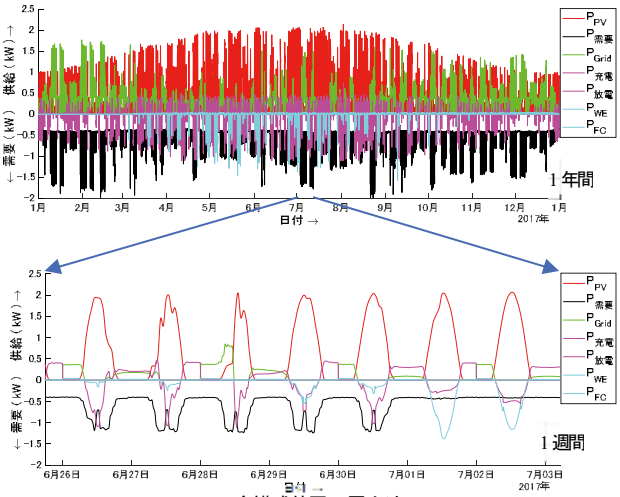


(a)　電流／電圧特性　　(b)　出力／水素流量特性

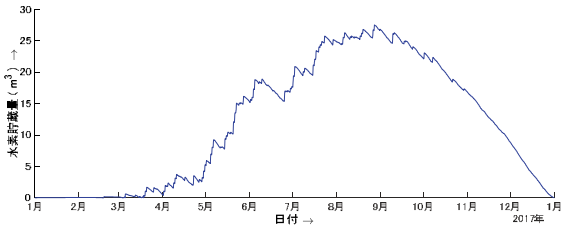
図 3　燃料電池(FC)の基本特性



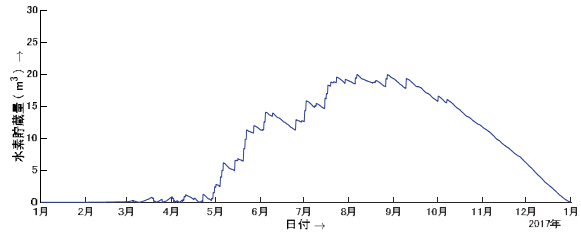
(a)-1　全構成装置の電力波形



(b)-1　全構成装置の電力波形



(a)-2　水素貯蔵量



(b)-2　水素貯蔵量

(a)　最適化シミュレーションの波形　　(b)　測定値シミュレーションの波形

図 4　最適化シミュレーション波形と測定値シミュレーション波形の比較