

由来別電力管理機能を備えた DERMS (分散型エネルギーリソースマ ネジメントシステム) の実証設備の構築

■ 宮本 卓也

Takuya Miyamoto

近年、脱炭素・カーボンニュートラルの実現に向けて、太陽光発電をはじめとした再生可能エネルギー（再エネ）の導入拡大が進められている。一方で、電力会社では電力の需要と供給のバランスを保つため、需要が少ない時期に、再エネ電源の出力抑制を行う機会が増加している。そのため、更なる再エネの導入拡大に向けては、各需要家にて再エネを無駄なく効果的に使用することが求められる。当社は、蓄電池のマルチユース（受電点一定制御、デマンドレスポンス制御、自己託送制御など）を想定し、再エネの由来別電力を管理する技術である「電力カラーリング」機能も具備した分散型リソースマネジメントシステム（DERMS）を開発し、小山事業所にて実証設備を構築したので、その検証結果を紹介する。

1 はじめに

近年、脱炭素・カーボンニュートラルの実現に向けて、太陽光発電（以下、PV）をはじめとした再生可能エネルギー（以下、再エネ）の導入拡大が進められている。一方で、電力会社では電力の需要と供給のバランスを保つため、需要が少ない時期に、再エネ電源の出力抑制を行う機会が増加している。しかし、出力抑制した分の再エネ電力はそのままでは無駄になってしまう。そこで、各需要家において再エネを無駄なく活用するために、再エネ電力をためる蓄電池や、電力の使用状況を可視化し管理するエネルギーマネジメントシステム（以下、EMS）が求められる。

このような背景から、当社は、受電点一定制御を用いたピークカット、デマンドレスポンス（以下、DR）制御、自己託送制御など、分散型エネルギーリソース（以下、DER）のマルチユース^{注1)}が可能な分散型エネルギーリソースマネジメントシステム（以下、DERMS）を開発し、小山事業所（栃木県小山市）にて実証設備

を構築した。本実証設備の特長は、PVや蓄電池などといったDERも対象に、需要家の電力利用状況の見える化を可能とするだけでなく、蓄電池に蓄えた自家発電電力を活用するために電力の由来を識別する「電力カラーリング」⁽¹⁾機能も具備していることである。

本稿では、実証設備の構成と、マルチユースの各目的に対して制御できているか、電力カラーリングが正しく行えるかの検証結果について紹介する。

2 電力カラーリング機能を備えたDERMS

2.1 実証設備の構成

図1に実証設備の構成を示す。次項で「電力系統の構成」と「実証設備の連携」の2つの観点から説明する。

(1) 電力系統の構成

実証設備の電力系統を図1（図中右）に示す。PV（出力100kW）、蓄電池（入出力500kW/容量1,100kWh）

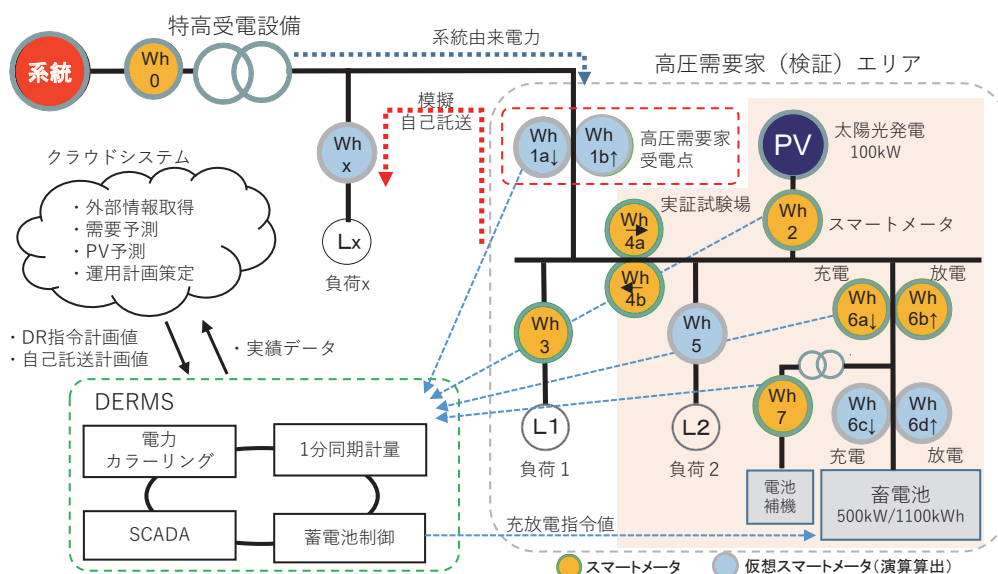


図1 実証設備の構成

および負荷 L2 を備えた実証試験場と、隣接する負荷 L1 を 1 箇所の高圧需要家エリアと見なし、エリア内の電力を一体的に管理する。また、離れた拠点の負荷 Lx を模擬的な自己託送先として設定している。各ポイントにはスマートメータ（実機および演算用の仮想スマートメータ）を配置している。

(2) 実証設備の連携

DERMS、スマートメータおよびクラウドシステムの連携を図 1（図中左）に示す。DERMS 内の SCADA は、電力カラーリングのために、スマートメータから得られる 1 分間隔の同期計量値を収集し、当社独自のアルゴリズムに則った演算を行う。一方、クラウドシステムは、外部情報（気象予報など）に基づき需要予測・PV 発電予測を行い、翌日の運用計画を策定する。DERMS の実績データとクラウドシステムが策定する運用計画（DR 指令計画値や自己託送計画値）が相互に連携する。そして、運用計画に基づき蓄電池の充放電制御（充放電指令値）をリアルタイムで実行する。

2.2 電力カラーリング

電力カラーリングは、電力の由来を識別するものである。例えば、ある PV（供給リソース）で発電した再エネが、需要家のどの設備（需要リソース）で消費されたかを識別できる。供給リソースや需要リソースに設置されたスマートメータの計量値をもとに DERMS が演算することで電力の由来を定量化できる。表 1 に実証試験場を対象としたカラーリング演算表を示す。供給リソースを各列に、需要リソースを各行に示し、行列の合計欄に計量値が入る。行と列が交差する箇所は、ある供給リソースからある需要リソースへの電力移動量を示す。本稿では、カラーリング演算表の電力移動量を、スマートメータの 1 分間隔の計量値（kWh）から算出する 1 分間の平均電力（kW）として表記している。表中の a について、その算出式を式（1）に示す。

$$a = \text{Wh4b} \times \frac{\text{Wh2}}{\text{Wh2} + \text{Wh4a} + \text{Wh6b}} \quad (1)$$

a は、「実証試験場から逆潮流する電力」（Wh4b）のうち、「PV 発電」（Wh2）から供給される平均電力を意味し、各供給リソースの出力に応じた按分にて算出する。Wh4b や Wh2 などは、各スマートメータの計量値によって算出される。

他の項目についても同様の考え方で算出する。表 1 において、需給のバランスが取れている場合、供給リソースと需要リソースの総合計は一致する。この技術は、由来別電力の管理方法として有用であると考えられる。例えば、自己託送の対象となる電力は、自己託送制度で自家発電の電力のみと定められている。蓄電池に充電された電力が自家発電の電力か、系統から調達した電力なのか識別できないため、自己託送では利用できない。電力カラーリングにて由来別電力を証明することで、蓄電池に蓄えた自家発電電力を自己託送に活用できる可能性がある。

2.3 制御機能

(1) 受電点一定制御

受電点一定制御は、負荷調整や蓄電池などを活用し、系統からの買電電力を一定にすることで、ピークカットを行い契約電力の超過を防ぐ機能である。

今回の実証では、図 1 の高圧需要家受電点の電力を一定に制御した。具体的には、受電点の 1 分計量値と目標値との差分から、次の 1 分間における蓄電池の充放電制御計画を策定し、実行する。

(2) デマンドレスポンス（DR）制御

DR とは、電力需給バランスを保つために、需要家側が、電力供給状況に応じて電力使用量を制御することである。

DR 制御は、一般的に節電などによる負荷の調整によって行われる。本検証では蓄電池を用いた充放電により仮想的に DR 制御をする。具体的には蓄電池を、供給力不足時には放電、供給力余剰時は充電することで実現する。本機能は、一般送配電業者からの需要抑制要請の対応や需給調整市場への活用も期待される。

表 1 電力カラーリング演算表

需要リソース	供給リソース（平均電力 kW）					合計（計量値）
	PV 発電	実証試験場 へ順潮流 (系統由来)	蓄電池放電			
			PV 由来	系統由来	合計	
実証試験場から逆潮流	a	b	c_1	c_2	c	Wh4b
実証試験場負荷	d	e	f_1	f_2	f	Wh5
真の蓄電池充電量	g	h	i_1	i_2	i	Wh6c
充電から蓄電池補機	j	k	l_1	l_2	l	Wh7
合計（計量値）	Wh2	Wh4a	—	—	Wh6b	総合計

(3) 自己託送制御

自己託送とは、需要家が所有する発電設備により発電された電力を、送配電事業者の電力系統を介して同じ需要家が所有する別の拠点などへ送電できる仕組みである。

自己託送を実現する制御は、図 1 に示した高压需要家エリアから、負荷 Lx を他拠点と見立てて検証を行った。具体的には、クラウドによる高压需要家エリアの需要予測および PV 発電予測から、自己託送可能と判断した場合に翌日計画値を生成し、受電点一定制御により逆潮流電力が一定になるように制御を実行する。

3 実証設備検証結果

3.1 電力カラーリングの検証

ある日の単位時間における蓄電池充電時の結果を表 2 に示す。算出式 (1) を参考に、供給リソースである「PV 発電」電力のうち、需要リソースの一つである蓄電池へ充電された電力「真の蓄電池充電量^{注2)}」を算出した結果 34.64 kW となった。それ以外にも系統から供給される「実証試験場へ順潮流（系統由来）」についても同様に算出した結果 38.92 kW となり、合計 73.56 kW が蓄電池に充電されている算出結果を得た。

同様に蓄電池放電時の結果を表 3 に示す。算出式 (1) を参考に、「実証試験場から逆潮流」する電力 84 kW のうち、「PV」が供給する電力を算出した結果 24.76 kW

となった。それ以外にも蓄電池の「PV 由来電力」から供給する電力を算出した結果 4.28 kW となり、合計 29.04 kW が PV 由来電力と算定される結果となった。

表 2、表 3 とともに各列、各行の合算値と、計量値が一致しており、由来別電力演算が整合していることを確認した。

3.2 受電点一定制御および DR 制御の検証

受電点一定制御および DR 制御の検証を行った。前提条件として蓄電池は 100 kW の固定放電状態でいき、10 時から受電点一定制御 100 kW で運転し、11 時から DR 制御 60 kW、11 時 30 分から DR 制御 30 kW を実行した。需要家負荷、蓄電池出力、PV 出力と受電点実績の傾向を図 2 に示す。

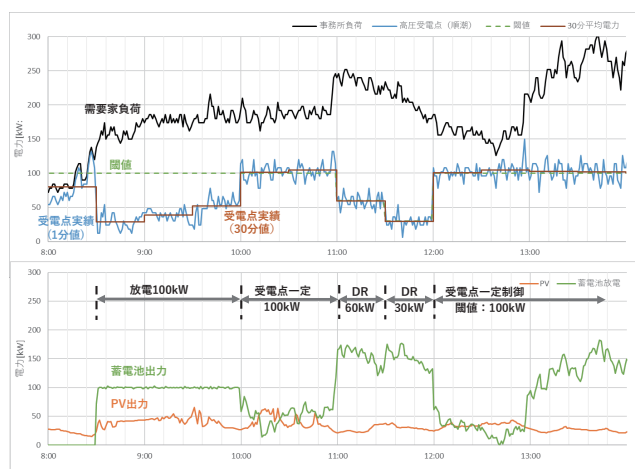


図 2 受電点一定制御および DR 制御の結果

受電点一定制御は指令値に従い 1 分毎に更新される受電点計量値に応じて蓄電池出力が変動したこと、DR 制御は 30 分毎に更新される DR 指令計画値に従い蓄電池出力が変動したことが確認できる。30 分平均電力にて評価した最大誤差は 4.4% であることを確認した。

3.3 需給調整市場三次調整力②による評価

DR 制御の活用として、需給調整市場三次調整力②^{注3)}への参入を想定し、表 4 に示す条件にて検証・評価した。三次調整力②は、30 分/1 コマ単位で入札量

表 2 蓄電池充電時の電力カラーリング結果

需要 リソース	供給リソース（平均電力 kW）					合計 （計量値）
	PV 発電	実証試験場へ 順潮流 （系統由来）	蓄電池放電			
			PV 由来	系統由来	合計	
実証試験場 から逆潮流	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
実証試験場 負荷	2.63	2.95	0.00	0.00	0.00	5.58
真の蓄電池 充電量	34.64	38.92	0.00	0.00	0.00	73.56
充電から 蓄電池補機	0.11	0.13	0.00	0.00	0.00	0.24
合計 （計量値）	37.38	42.00	—	—	0.00	79.38

表 3 蓄電池放電時の電力カラーリング結果

需要 リソース	供給リソース（平均電力 kW）					合計 （計量値）
	PV 発電	実証試験場へ 順潮流 （系統由来）	蓄電池放電			
			PV 由来	系統由来	合計	
実証試験場 から逆潮流	24.76	0.00	4.28	54.96	59.24	84.00
実証試験場 負荷	0.32	0.00	0.06	0.71	0.76	1.08
真の蓄電池 充電量	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
充電から 蓄電池補機	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計 （計量値）	25.08	0.00	—	—	60.24	85.08

表 4 三次調整力②の評価条件

条件項目	内容
参入地点	高压受電点参入（蓄電池によるネガワット生成）
入札量	200 kW × 4 コマ（30 分 / コマ）
ベース ライン	High 4 of 5 準拠
DR 成功 判定法	受電電力実績（30 分）が目標上下限範囲内であること ※ 上下限範囲 = 指令値 ± 入札量（ΔkW）× 10%

に応じた DR が成功しているかを判定する。DR の判定基準は、受電電力実績（30 分平均）が、目標上下限範囲内にあることである。10 時～12 時までの 4 コマを対象に DR 入札量 200 kW を提供することを想定した結果を図 3 に示す。DR を実施した 4 コマにて、受電電力実績が目標上下限範囲内であり、DR が成功と判断できる。

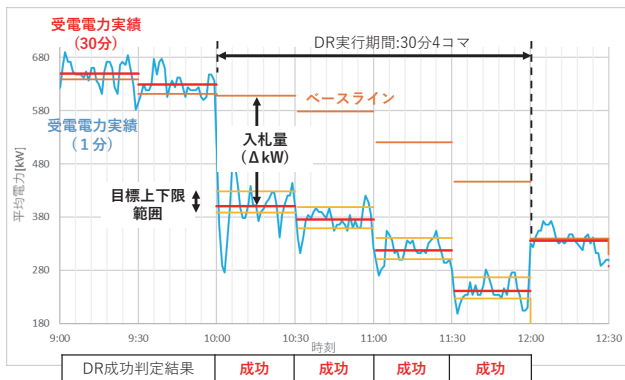


図 3 三次調整力②の検証結果

3.4 自己託送制御の検証

自己託送制御の検証を表 5 に示す条件にて実施し、結果を図 4 に示す。自己託送する際には、前日までに自己託送計画を立案し、計画通りに電力を供給する必要がある。計画通りに供給できなかった電力量（インバランスポイント電力量）に対して、ペナルティとしてインバランスポイント料金が課せられる。検証した 8 回のうち、6 回はインバランスポイント電力量 10 kWh 以下であることを確認できたが、他 2 回は、前日の需要予測よりも需要実績が大きく、蓄電池 SOC が不足し、計画通りに供給できない時間が発生したケースである。特に「日 2」ケースは、インバランスポイント料金単価が高い時間帯であったため、インバランスポイント料金が高くなった。本検証では、汎用的な需要予測を用いたが、より高精度の予測手法を運用することでインバランスポイントを避けられる可能性がある。

表 5 自己託送制御の条件

条件項目	内容
試験日	軽負荷期：2 月の土曜日、日曜日
託送時間	① 10 時～12 時（30 分 × 4 コマ） ② 13 時～16 時（30 分 × 6 コマ）
蓄電池による供給量	① 10 時～12 時：SOC 30%（150 kW/1 コマ） ② 13 時～16 時：SOC 30%（100 kW/1 コマ）
託送料金単価	東京電力 PG：高圧従量接続サービス 12.55 円 / kWh
インバランスポイント料金単価	インバランスポイント料金情報公表ウェブサイト： 東京エリアを参照
電気料金単価	東京電力 EP：高圧季節別時間帯別電力 （契約電力 500 kW 以上）を参照

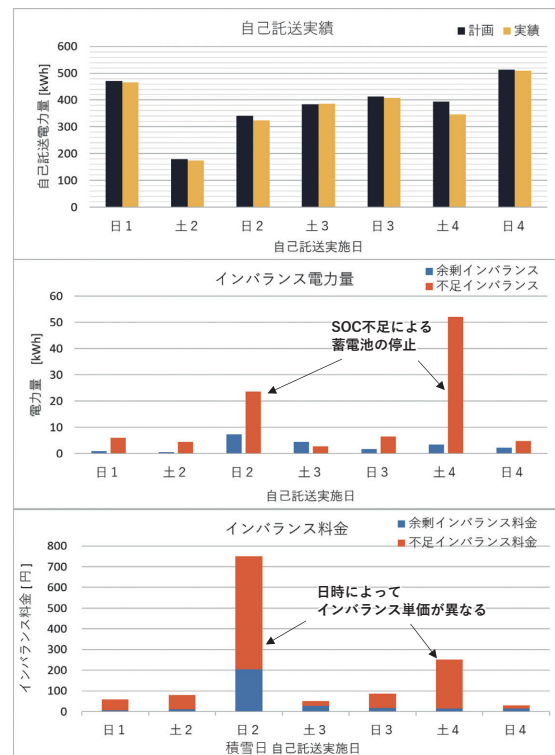


図 4 自己託送制御の結果

4 おわりに

当社では、高圧需要家エリア内の由来別電力を管理し、分散型電源を制御するシステムを小山事業所内に構築した。その結果、電力カラーリング、受電点一定制御、DR 制御、自己託送制御の有効性を確認することができた。

今後、本実証設備を継続運用し、お客様への PR とニーズ発掘を進め、ニーズに合わせて本システムをアップデートしていく予定である。

参考文献

(1) 原正典，草川慎一：特許第 6781103 号，(2020)

用語説明

注 1) マルチユース：1 つの分散型電源を複数の目的や用途で活用する運用方式。本稿では、蓄電池のマルチユース（受電点一定制御、DR 制御、自己託送制御）を指す。
注 2) 真の蓄電池充電量：蓄電池を充電した際に、実際に蓄電池に充電された電力量（Wh6c）のことを指す。

$$\begin{aligned} \text{真の蓄電池充電量 (Wh6c)} \\ &= \text{スマートメータ計量値 (Wh6a)} \\ &\quad - \text{電池補機電力量 (Wh7)} \end{aligned}$$

注 3) 需給調整市場三次調整力②：電力の需給バランスを維持するために必要な「調整力」を取引する需給調整市場にて、再エネの予測誤差に対応するための商品。

宮本 卓也

戦略技術研究所 技術開発センター
解析・試験技術グループ 所属