

首都圏に再生可能エネルギー電源を大量導入した場合における デマンドレスポンス導入による蓄電池容量の最適化

美齊津宏幸・片野博明・小谷野眞司

【要約】首都圏における将来の電源構成のシミュレーションモデルを作成し、再生可能エネルギー（再エネ）電源が系統に大量に導入された場合において必要な設備容量を求めた。再エネ比率をパラメータとして太陽光発電（PV）容量と蓄電池（LiB）容量を求めた結果、PV 抑圧又は上げ DR の導入により LiB 容量を低減でき、PV+LiB の初期コストも低減できることが明らかになった。

【目的】

環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20231002）により、首都圏を対象に、太陽光発電（PV）、電気自動車の大量導入に伴う電力需給バランス及び廃棄物発生量を分析する研究を実施している。その一部として本研究では、首都圏における将来の電源構成モデルを作成し、年間の電力収支を最適化シミュレーションすることで、再エネ比率（RER）に応じた最適な蓄電池容量を算出した。

【方法】

本研究の電源構成のシミュレーションモデルは簡単化のため、再エネ電源は PV のみとし、分散して配置される PV、電力貯蔵であるリチウムイオン蓄電池（LiB）と揚水発電所（Ph）、需要電力を接続する送配電系統の損失や安定性は考慮せず、1つの巨大 PV、1つの巨大 LiB、1つの巨大 Ph、1つの巨大需要が基幹 Grid に接続されている回路を想定する。図1に本シミュレーションモデルを示す。なお、風力発電は現状では発電量が小さく、今後の導入量も不透明であるため除外した。

本シミュレーションは線形計画法を用いて、予め設定した再エネ比率において、PV 電力の年間プロファイル、需要電力の年間プロファイル、LiB 容量、Ph 容量を与え、ピーク電源（主に火力発電）の年間発電量を最小化するように、LiB 充放電電力、Ph 汲上・発電電力、ピーク電源電力、PV 抑圧電力または上げデマンドレスポンス（DR）電力の配分の最適値を求めた。なお RER は、（需要電力に使用される年間再エネ電力量／年間需要電力量）×100（%）、である。また需要電力には、LiB 充電電力、揚水汲上電力、PV 抑圧又は上げ DR 電力は含まない。PV 電力年間プロファイルは 2022 年の日射強度を用いて算出し、RER に応じた値にスケールした。再エネ電源である大型水力発電を一定出力のベースロード電源（年間電力量比率 5%）とした。地域間連系線による電力融通は、需要に応じた電力（年間電力量比率 10%）が他地域から首都圏に入力されるとした。また、地域間連系線入力の RER は制御できないため 0%とした。

【結果】

図2に示すように、PV 定格電力は RER に対してほぼ比例して増加するが、余剰電力をすべて充電するのに必要な LiB 容量（最大 LiB 容量）は RER に対して指数関数的に増加する。最大 LiB 容量は、日射強度が強い夏季の余剰電力を充電し、日射強度が弱い冬季に放電して使うなど、長期間の充電電力保持が必要になるため、大きくなると推測される。LiB 容量の低減可能性を検討するため、RER40～90%において、LiB 容量を制限して最適化シミュレーションを実施した。RER50%における LiB 容量に対する PV 定格出力のグラフを図3に示す。PV 定格電力は LiB 容量に反比例するため、PV 定格電力に PV 初期単価を乗じ、LiB 容量に LiB 初期単価を乗じて合計したコストには最低点が現れると予測される。表1に示す PV 初期単価と LiB 初期単価を図3のそれぞれの点に乗じて初期コストを求めると、図4の緑点に示すように最小点が現れる。

次に、各 RER で初期コスト最小点を求め、PV 定格出力と LiB 容量を図2の上にプロットしたグラフを図5に示す。最大 LiB 容量は PV 抑圧又は上げ DR 導入なしに相当し、初期コスト最小点は PV 抑圧又は上げ DR 導入ありに相当する。各 RER において、PV 抑圧や上げ DR を導入した LiB 容量（図5赤点線）は最大 LiB 容量に対して 1/10 程度に低減される。また、PV 抑圧や上げ DR 導入した PV 定格電力（図5青点線）は、RER30%以上で最大 LiB 容量に対応した PV 定格電力より 1.4 倍程度に大きくなる。次に、PV 抑圧又は上げ DR 導入の有無における PV と LiB の初期コストの合計と LiB の初期コストの相違を図6に示す。PV 抑圧又は上げ DR 導入あり、なし両場合において、合計初期コストは LiB 初期コストとほとんど重なっており、LiB 初期コストが支配的であることを示している。以上のことから、PV と LiB の初期費用の合計を低減するには LiB 容量の低減が有効であり、RER を保ちつつ LiB 容量を低減するには、PV 抑圧または上げ DR の導入が必要であることが明らかになった。

【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)

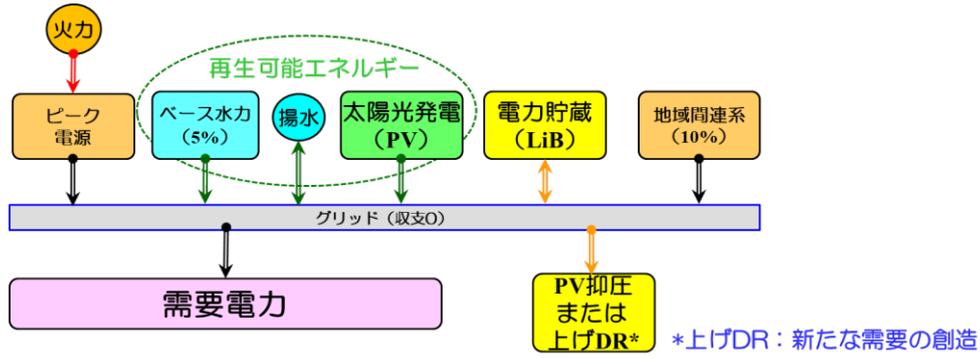


図1 再生エネルギー構成のシミュレーションモデル

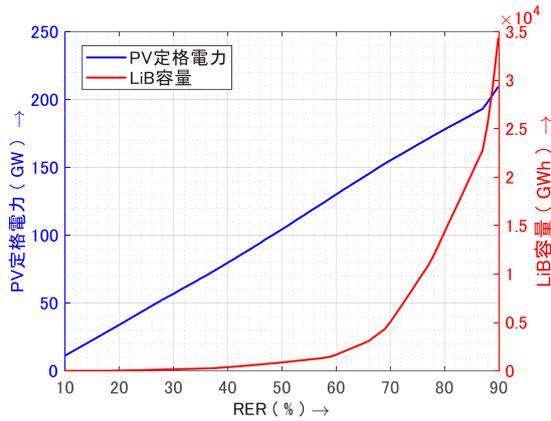


図2 RERに対するPV定格電力と最大LiB容量

表1 2023年におけるPVとLiBの初期単価

装置	2023年の単価	
PV	23.6万円/kW	設備費(パネル、パワコン) +工事費+設計費
LiB	16万円/kWh	設備費(バッテリー、パワコン) +工事費+設計費

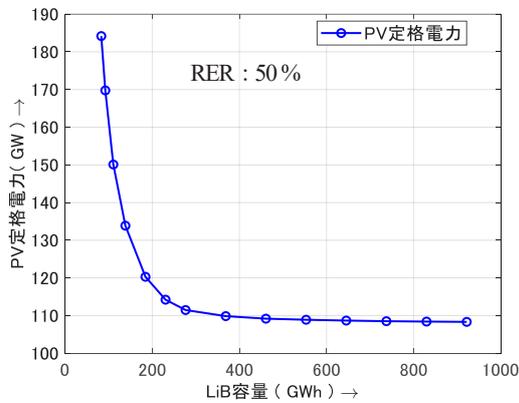


図3 LiB容量に対するPV定格電力

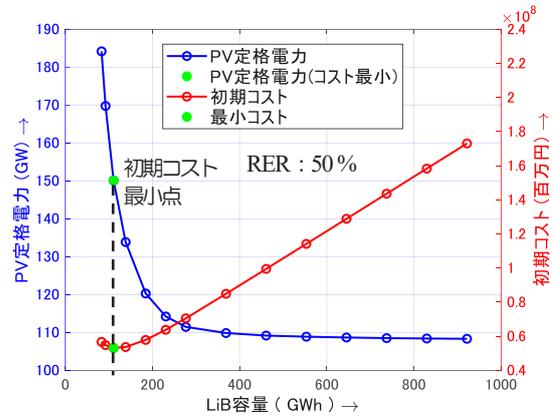


図4 LiB容量に対するPV定格電力・初期コスト

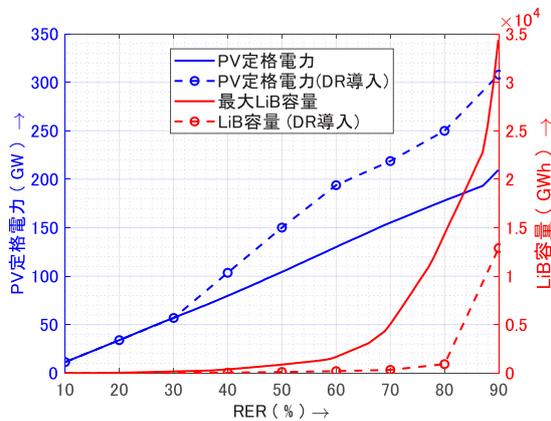


図5 RERに対するPV定格電力・LiB容量
PV抑圧又は上げDR導入有無の相違

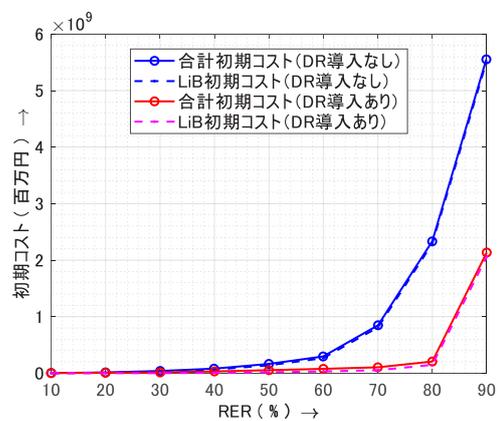


図6 RERに対する合計初期コストとLiB初期コスト
PV抑圧又は上げDR導入有無の相違