

電力取引市場価格に応じた再エネ＋蓄電池の収益最大化に関する検討

(一財) 日本エネルギー経済研究所
新エネルギーグループ
○ 關思超

(1) 背景・目的

(2) 手法と前提

(3) 主な結果

(4) 結論・示唆

(1) 背景・目的

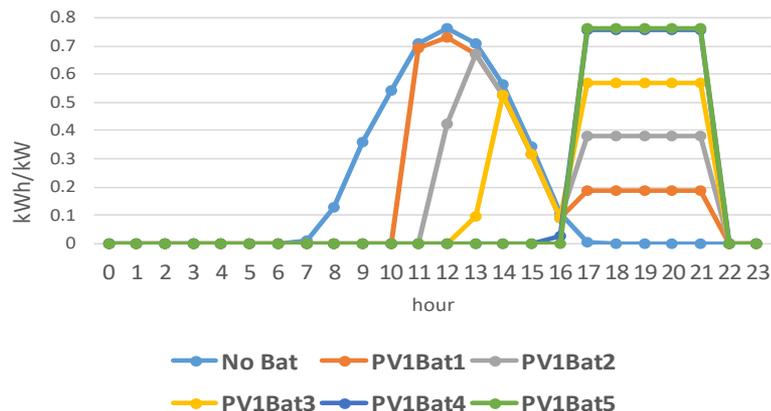
- 限界費用の安い再生エネルギーが市場に大量参入すると、市場価格が下落し、再生エネルギー自身の市場売電収入が減少してしまうこと
(Cannibalism(カニバリズム)：“共食い”) が課題となっている。
- 蓄電池の設置によるカニバリズム現象が緩和されると先行研究で分析されている。
- 蓄電池の設置が増え続けると、夕方時間帯に売電する太陽光発電の量が拡大し、同時間帯の市場価格が低下することがシミュレーション結果で明らかにされた。

本研究は、電力取引市場の売電収入を増加させるために、市場価格の変動に応じた蓄電池の運用パターンを調整する手法を検討する。

分析対象：九州地域、太陽光発電

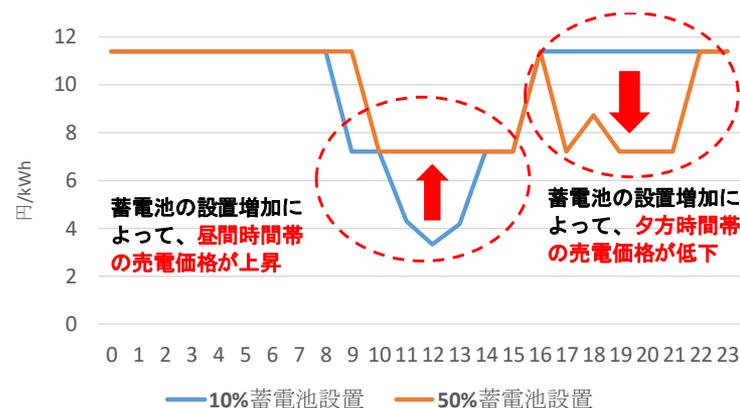
(1) 背景・目的 (先行研究の結果)

太陽光 + 蓄電池出力パターンの前提



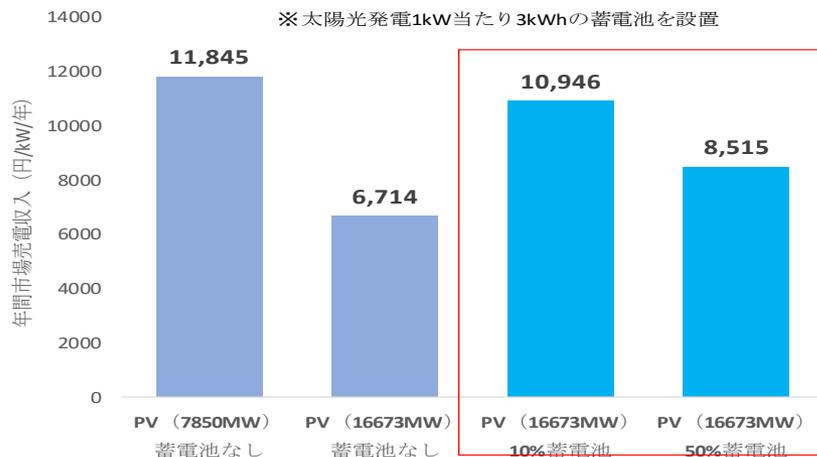
- 蓄電池の出力：外生変数として与える
- 蓄電した電力を夕方時間帯に売電

蓄電池導入増によって夕方の市場価格が低下



- 蓄電池の導入量増によって、夕方時間帯の市場価格が低下する

年間市場売電収入



- 蓄電池の導入量増によって、太陽光発電 + 蓄電池の市場売電収入が減少する

(2) 手法と前提

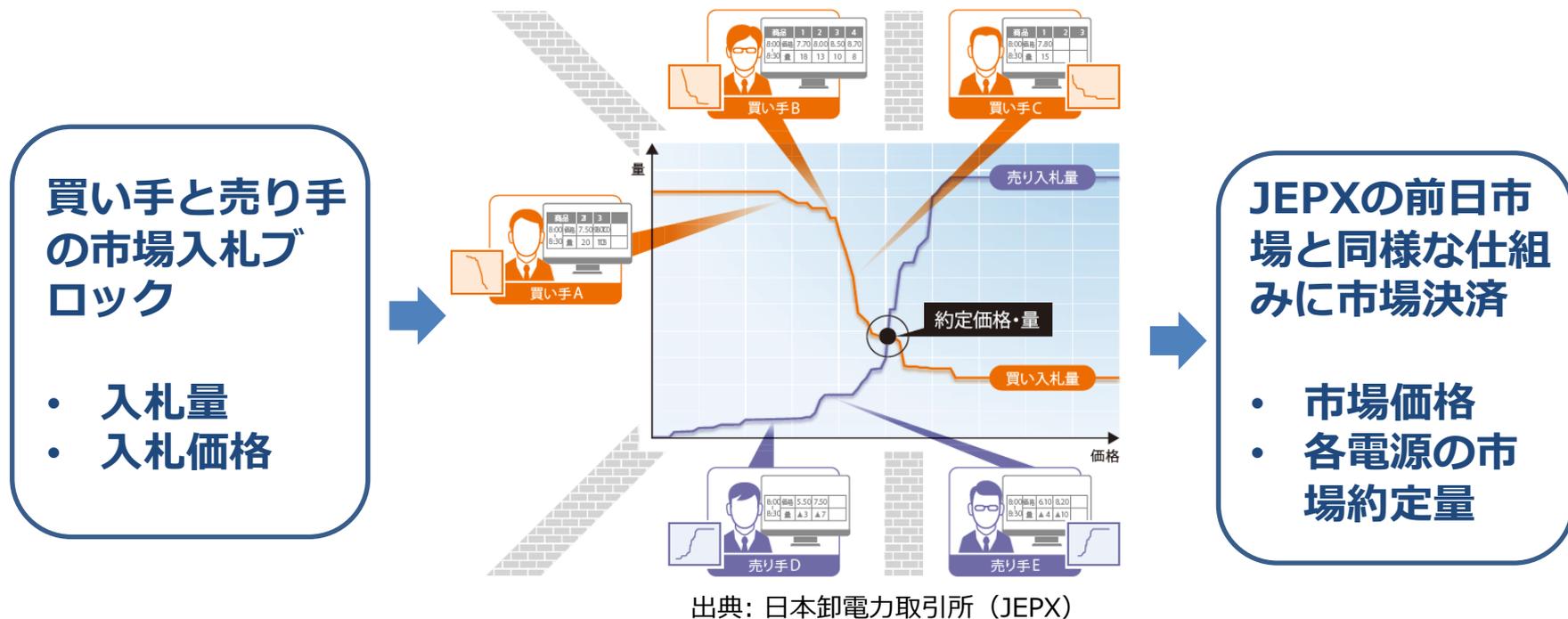
- 先行研究の電力市場シミュレーションモデルを活用
- 一時間刻みでシミュレーションを行う
- 九州地域を対象
- 市場に参入する太陽光発電の想定：16,673MW(認定済みの太陽光発電が全部市場に参入すると仮定)
- 蓄電池を設置する太陽光発電規模：総設備容量の10%と50%二つのケースを想定

蓄電池の仕様想定

項目	想定
蓄電池容量	太陽光発電1kWあたり3kWh蓄電池の設置を想定
定格出力	蓄電池容量 (kWh) /1時間
充電効率	95%
放電効率	95%
自己放電率	0.2%/時間

(2) 手法と前提 (市場シミュレーション (再掲))

マルチエージェントに基づいた電力市場シミュレーションモデル



買い手と売り手をエージェントとし、プログラムで市場入札ブロックを生成する。

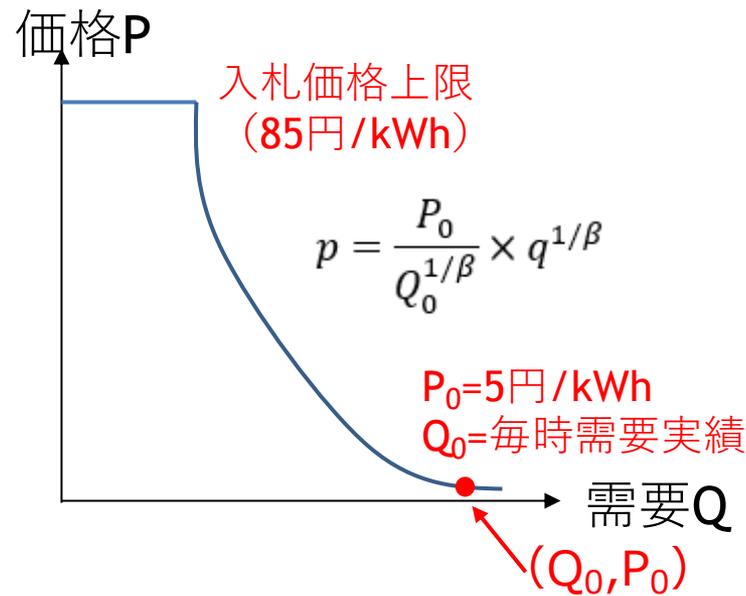
買い手：一つのエージェント

売り手：電源ごとに複数のエージェント

市場取引単位：1時間

※揚水発電と地域連系を考慮しない

(2) 手法と前提 (買い手の市場入札ブロック (再掲))



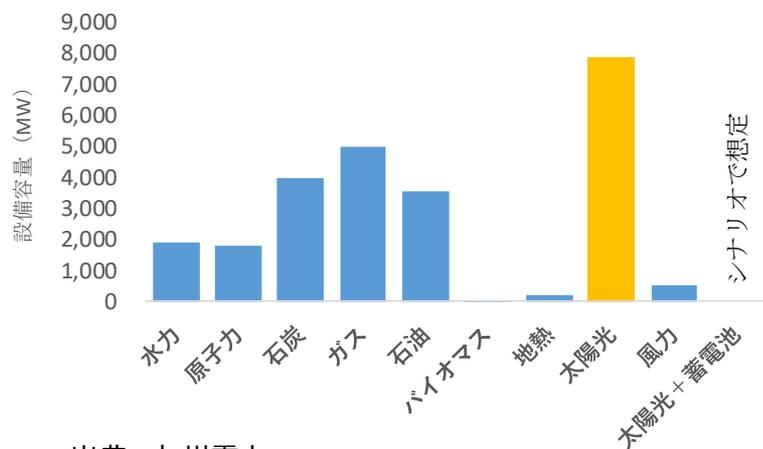
入札量(q) : 0~ Q_0 、3MW刻み (Q_0 は九州電力管内における毎時の電力総需要)

入札価格(p) : 電力需要曲線で算出 ($\beta = -0.05$)

(2) 手法と前提 (売り手の市場入札ブロック (再掲))

入札量：

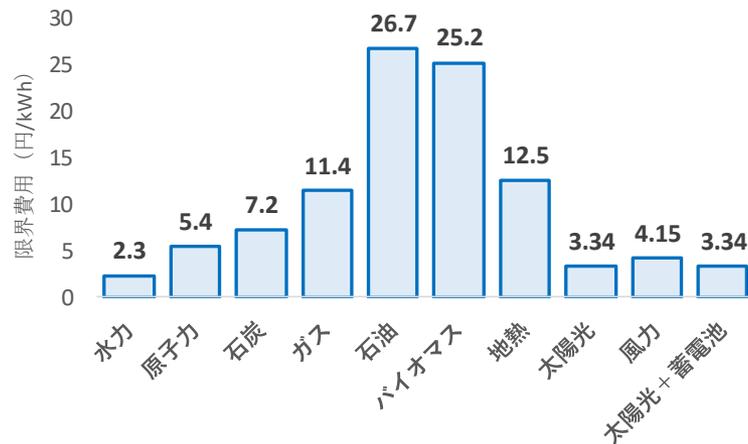
- 風力、太陽光：
設備容量 * 出力曲線
- その他電源：設備容量 c



出典：九州電力

入札価格：

- 各電源の限界費用



出典：発電コスト検討ワーキンググループ

(2) 手法と前提 (蓄電池の制御)

二段階で蓄電池の制御を行う手法を検討

充放電指令

- 10時～18時以外の時間帯
- 同時間帯前日価格 > 前日平均価格
- 同時間帯前日価格 ≤ 前日平均価格

放電

充電

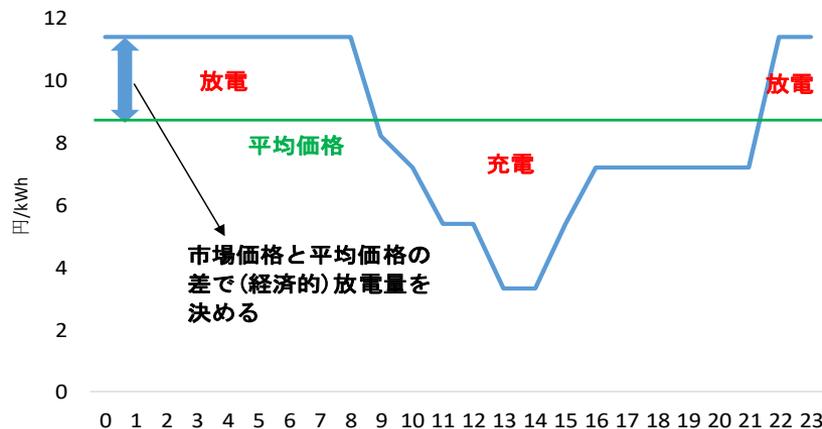
充放電量

充電量：太陽光発電量と蓄電池空き容量で決定

放電量：二つの手法で市場価格に基づいた放電量を計算
実際の放電量は、蓄電池の蓄電量に制限される

放電量計算手法 1：前日の市場価格に基づいて当日の放電量を計算

$$\text{価格に基づいた放電量} = \frac{\text{同時間帯の前日市場価格} - \text{前日平均価格}}{\sum \text{全ての放電時間帯} \text{ 放電時間帯市場価格と前日平均価格の差}} \times \text{蓄電池定格出力}$$



(2) 手法と前提 (蓄電池の制御)

放電量計算手法 2 : 学習

- 複数の放電量オプション (例 : 1kWh, 2kWh, … nkWh) をあらかじめ設定
- 蓄電池がある学習戦略で、オプションの中から市場売電収入を最大化できると予測した放電量オプションを選択

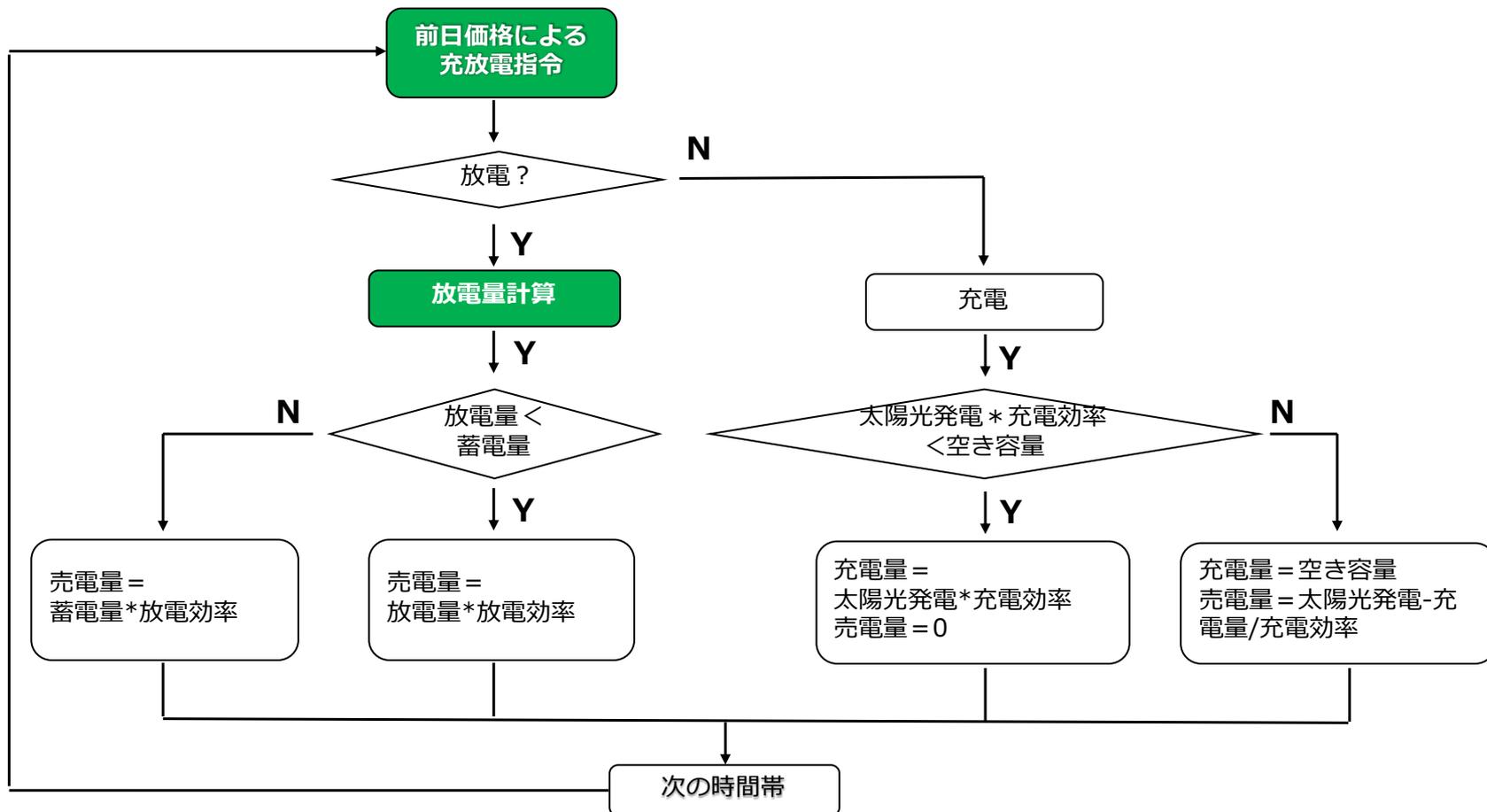
放電量オプションの設定について : 最大可能放電量を変化させ、下記二つのケースの結果を示す。

- Case1 : 最大放電可能量 = 定格出力 * 26%
- Case2 : 最大放電可能量 = 定格出力 * 100%

なお、実際の放電量は蓄電池の蓄電量に制限される。

(2) 手法と前提 (蓄電池の制御)

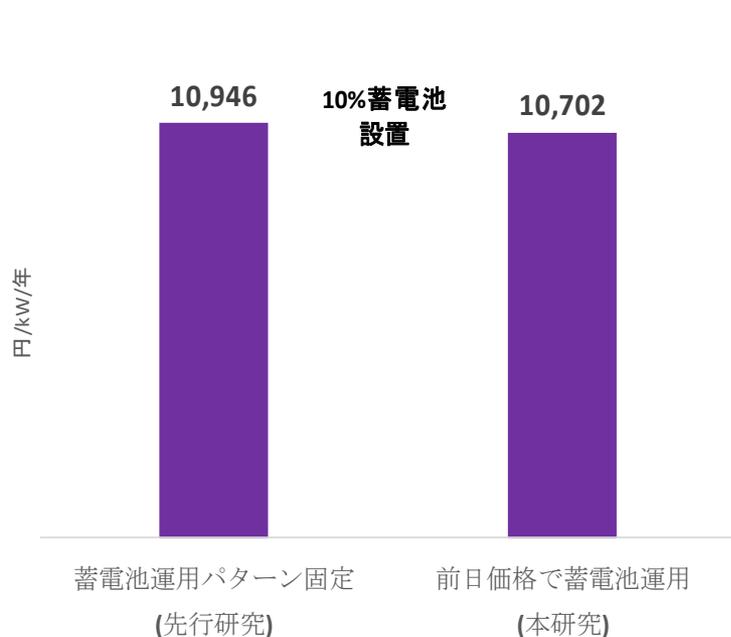
蓄電池制御の流れ



(3) 主な結果 (前日市場価格による蓄電池制御)

市場売電収入

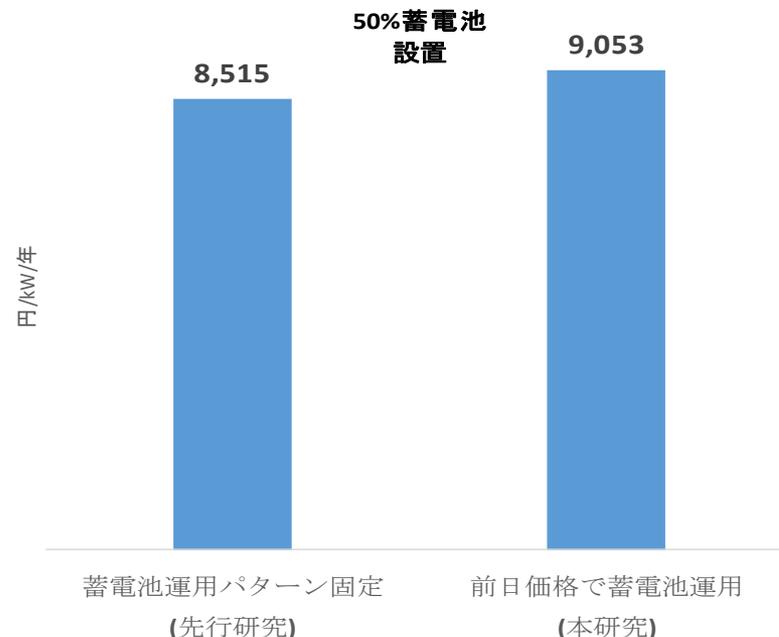
(太陽光発電導入量のうち**10%**蓄電池設置)



- 通常、夕方の時間帯が一日のうちで市場売電価格が高く、この時間帯での売電により市場売電収入を最大化することができる。蓄電池の設置が少ない場合には(太陽光発電導入設備容量の10%)増収効果が見られなかった。

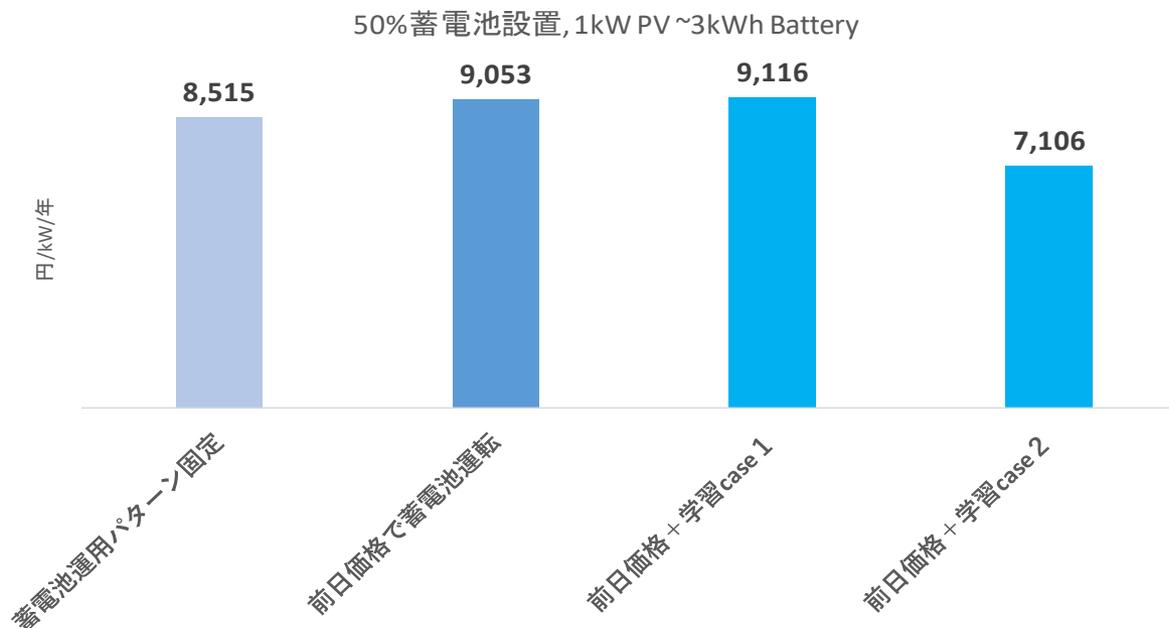
市場売電収入

(太陽光発電導入量のうち**50%**蓄電池設置)



- 他方、蓄電池の設置増によって、夕方時間帯における太陽光+蓄電池の売電が増え、この時間帯の市場価格が低下し、太陽光+蓄電池の市場売電収入が減少する。この場合、前日の市場価格を参照し、蓄電池の売電時間帯を他の市場価格の高い時間帯に分散させることが、市場売電収入の向上に繋がる。

(3) 主な結果 (学習による蓄電池制御)



- Case1 : 最大放電可能量 = 定格出力 * 26%
- Case2 : 最大放電可能量 = 定格出力 * 100%

注: 太陽光発電の市場参入量が16,673MW

- 放電量オプションの設定が学習の結果に大きな影響を与える。
- 同じ学習手法でも、二つのケースにおける年間売電収入の差が2,010円/kWほどある。
- Case2は、時間毎の最大放電可能量が高くなっているため、市場価格のより低い時間帯に多く放電してしまうことにより、市場収入がCase1より低くなっている。
- また、Case1の前提の下では、前日価格のみの手法よりも多くの市場売電収入が得られていることが分かる。

(4) 結論・示唆

- 蓄電池を設置する再エネ電源の量(kW)が拡大し、市場価格の変化に応じた動的な蓄電池の運用が再エネ+蓄電池の市場売電収入の増加に寄与することが分かった。
- 本研究では前日市場価格を指標にした蓄電池の制御手法に基づく分析と、学習手法による分析を行った。
- 前日価格を指標にした蓄電池の制御手法は、蓄電池の導入量が拡大した場合（例えば太陽光導入量の50%が蓄電池設置した場合）、太陽光発電+蓄電池の市場売電収入を改善させることを分析した。
- 学習手法の活用によって、さらに市場売電収入の拡大が可能であるものの、学習を制限する前提の設定によって、結果が大きく変化することが分かった。学習手法について、今後更なる詳細な検討が必要である。

ご清聴、ありがとうございました！

お問い合わせ: report@tky.ieej.or.jp