

## 過積載率と地域差を考慮した太陽光発電のコスト評価に関する考察

電気電子情報工学専攻  
電力システム工学研究

MA24005 しみず しゅんた  
指導教員 藤田 吾郎

## 1. はじめに

近年、地球温暖化対策として再生可能エネルギーの導入が進められており、日本でも2030年までに温室効果ガス排出量を2013年度比で46%削減する目標が掲げられている。中でも太陽光発電(PV)は中核を担い、2012年から2020年で導入量は6倍以上に増加した<sup>[1]</sup>。一方、都市部では設置スペースの制約や日射遮蔽といった課題もあり、建物の壁面を活用する「壁面設置型PVシステム」に注目が集まっている。

本研究では、壁面設置型PVシステムに着目し、梅雨などの気象条件による発電量の地域差を考慮し、シミュレーションを実施した。また、発電効率と経済性の両立を図るために、PCS容量を調整することで最適な過積載率について検討を行った。各地域における発電量と発電コスト(Levelized Cost of Electricity, LCOE)を比較することで、地域特性に応じた最適な過積載率とコスト最小化の条件を明らかにし、PVの効果的な普及に貢献することを目的とする。

## 2. シミュレーション方法

### 2.1 PVパネルの発電量予測方法

PVパネルの出力電圧 $v$ と電流 $i$ の関係は式(1)で表され、これにより任意の日射量におけるPVパネルの発電量を求めることができる。参考文献[2]および[3]を基に光電流 $I_{ph}$ および逆飽和電流 $I_0$ は日射量とパネル温度に応じて変化し、I-VおよびP-Vカーブの導出が可能である。本研究では、MATLABを用いてこれらのカーブを作成し、最大電力点から発電量を算出した。

$$i = I_{ph} - I_0 \left( e^{\frac{v+iR_s}{n_s V_t}} - 1 \right) - \frac{v+iR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

### 2.2 評価方法

本研究では、太陽光発電システムの経済性評価に着目し、LCOEに与える影響を中心にシミュレーションを行った。日射量データにはNEDOの「METPV-20」<sup>[4]</sup>を用い、札幌・東京・金沢・福岡・高松の5地域を対象に、

傾斜角30度・南向きの屋上設置、および傾斜角90度の東・西・南・北向き壁面設置の条件下で年間発電量を予測しLCOEの比較を行った。

設備容量5kWとし、PCS容量を変化させることで過積載率を調整し、設備コストとのバランスを考慮したLCOEの最適化を試みた。過積載率は、5kWのパネル容量に対するPCS容量の比率によって定義し、PCS容量を小さく設定することでコスト削減と発電効率の関係性を分析した。LCOEの算出には、30年間の総発電量を用い、初期導入コストに加え、15年ごとに必要となるPCSの交換費用も考慮した。また、PCSなどに対する定期点検など、メンテナンスの有無によるコスト差についても評価を行い、保守対応が経済性に与える影響を考察した。

### 2.3 LCOEの定義と計算式

LCOEとは、発電設備の全ライフサイクルにかかるコストを総発電量で除した値であり、1kWhあたりの発電コストを表す指標である。本研究におけるLCOEは以下の(2)式で算出した。

$$LCOE = \frac{\text{パネル費用} + \text{PCS費用} + \text{施工費} + \text{メンテナンス費用}}{\text{30年間の総発電電力量}} \quad (2)$$

PCS容量を変動させることで過積載率を調整し、地域ごとの発電量予測と組み合わせ、最もLCOEが低くなる条件を検討する。本研究では、パネル費用やPCSの費用、設置工事費、30年間のメンテナンス費用、PCSの交換費用などをすべて合算し、それを30年間の総発電量で割ることでLCOEを算出しており、この値が低いほど、より経済的な発電システムと評価できる。

## 3. 試算結果

各地域で、壁面設置(傾斜角90度)の東・西・南・北各方位に対するLCOEを予測した。縦軸は、30年間の総コストを、総発電量で除したLCOE(円/kWh)を示している。これにより、地域ごとの経済性の違いや、設置方位によるコスト効率の傾向を評価した。

本節は代表的な事例として、札幌および高松における

壁面設置（傾斜角 90 度）のうち、南向きおよび東向きの結果を図 1～図 4 に示す。図 1 は札幌の南向き、図 2 は高松の南向き、図 3 は札幌の東向き、図 4 は高松の東向きの結果を示しており、いずれの図も「メンテナンスあり」と「メンテナンスなし」の両ケースを同一グラフ上で示し、LCOE の変化を比較している。

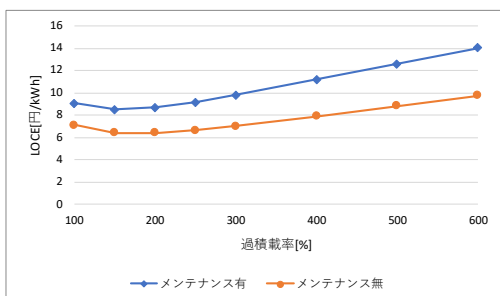


図 1 札幌（南向き 90°）

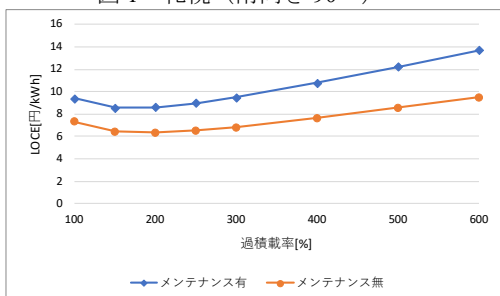


図 2 高松（南向き 90°）

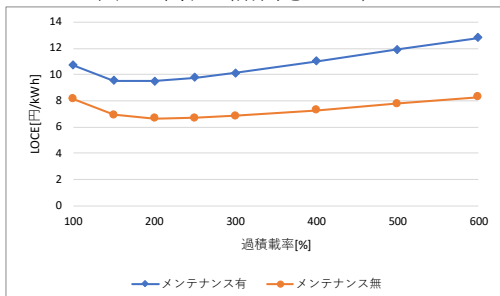


図 3 札幌（東向き 90°）

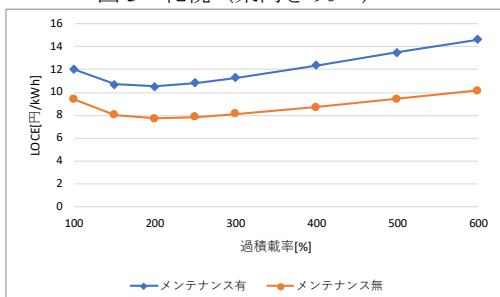


図 4 高松（東向き 90°）

注目すべき点として、図 1～図 4 すべてのグラフにおいてメンテナンスの有無を比較すると、メンテナンスがある場合、最小 LCOE が得られる過積載率が左側（より低い過積載率）にシフトしていることが確認できる。

これは、メンテナンス費用という追加コストの影響を

相殺するために、PCS 容量をより大きくして発電量を確保するほうが経済的に有利になるためである。すなわち、コスト構造に占めるメンテナンス費用の比率が変動することで、最適な過積載率も変動することがわかる。

また、屋上設置のように年間発電量が多い条件では、PCS 容量を削減しない過積載率 100%でも LCOE は比較的良好な結果が得られた。一方で、東向き・西向き・北向きといった発電量の少ない壁面設置条件では、同じ過積載率では発電量あたりの初期コスト負担が大きくなり、LCOE が高くなる傾向が見られた。これらの結果から、設置条件によって最適な PCS 容量や過積載率は異なり、発電量とコスト構造のバランスを踏まえた設計が必要であることが分かる。

#### 4. まとめと今後の展望

本研究では、総発電量と LCOE の最適化を目的に、5 地域・5 方位傾斜条件でシミュレーションを行った。METPV-20 の日射量データを用いて年間発電量を算出し、PCS 容量を変化させることで過積載率と LCOE の関係を評価した。その結果、過積載率 150～250%の範囲で LCOE が最小となる地域が多く、PCS 容量の調整によるコスト削減効果が確認された。また、メンテナンスの有無によって最適な過積載率が変動することが明らかとなった。

今後は、異なる条件を組み合わせた構成や、補助金制度などを含めた経済的側面を考慮し、持続可能なエネルギー利用の実現に寄与したい。

#### 参考文献

- [1] エネ百科「日本の太陽光発電導入量の推移」  
<https://www.ene100.jp/zumen/3-1-4>
- [2] 金成雄太, 植田 譲:「参照基準 I-V カーブの実用化に向けた 統合型ソフトウェアの開発」令和 5 年電気学会全国大会, pp21～22, (2023)
- [3] Dezso Sera, Remus Teodorescu, and Pedro Rodriguez: "PV panel model based on datasheet values", 2007 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, (2007)
- [4] 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「NEDO 日射量データベースの解説書」

#### 研究業績

- (1) 清水舜太, 藤田吾郎:「PV システムにおける地域差を考慮した壁面設置型 PV パネルの発電量予測」令和 7 年電気学会全国大会 (2025)
  - (2) 田上敬祐, 藤田吾郎, 清水舜太, 小宮健人「過積載率および地域差を考慮した太陽光発電システムの経済性に関する検討」電気設備学会論文誌 (投稿中)
- 他 2 件