

## 災害時の医療救護所用電源確保に向けた日射遮蔽型太陽光発電システムに関する研究

大久保 秀樹

指導教員 佐藤 理人

オフグリッド 診療所 災害対策  
 温熱環境 日射遮蔽 太陽光発電

## 1. 研究背景と目的

本研究は南海トラフ地震による大規模停電リスクが高い高知県黒潮町に位置し、災害時には医療救護所となる診療所を対象として、災害時にも医療救護活動を維持するための電力供給方法を明らかにすることを最終的な目的としている。

同町では図1に示すように佐賀支所庁舎が津波被害想定区域内となっており、津波被害が発生した際には標高の高い拳の川診療所及び隣接する保健センターが医療救護所及び災害対策支部として24時間運用されることが期待される。医療救護所及び災害対策支部の運営には安定的な電力供給が不可欠であるが、北海道胆振東部地震に見られるようにブラックアウト発生時には照明・空調・医療機器の運用が著しく制約される。特に医薬品やワクチン等を保存する医療用冷蔵庫は電力の途絶が許されないが、現時点では十分な非常用電力が確保できていない。また温暖湿潤気候である黒潮町では、夏季においては冷房用電力が電力需要の大部分を占めるため、日射取得抑制による冷房負荷低減が熱中症を抑制する観点からも重要な課題となる。そこで本研究では、第一に診療所に設置した日射遮蔽装置による室内温熱環境改善効果を実測により明らかにする。

そして第二に、夏季には日射遮蔽装置にもなるフレキシブルPVを開口部に設置した場合の年間発電量を推定し、医療用冷蔵庫等の途絶の許されない電力供給源として利用できる可能性を明らかにする。

## 2. 実測概要

## 2.1 対象建物概要

対象建物は高知県黒潮町に位置する診療所兼保健センターであり、L字型のRC造平屋建で築37年である。2016年及び2018年に耐震改修が施され、同時に非常利用を想定した太陽光発電(21.06kW)と蓄電設備(16.9kWh)が導入された。建物は正面玄関を基点に、東側が診療所、西側が保健センター事務所および会議室や休憩室等の事務棟となっており、両棟はアコーディオンカーテンで仕切られている。平常時には診療所及び保健センター事務室を主に使用しており、事務棟内のリハビリ室等の利用頻度は週に数回程度である。診療所の利用時間は平日のみであり、月曜と火曜は午前9時から12時までの3時間、水曜から金曜は午前9時から午後5時までの8時間が平均的な診療時間である。

図1 研究対象地<sup>1)</sup>

表1 建物概要

| 施設名   | 黒潮町国保拳ノ川診療所           |
|-------|-----------------------|
| 所在地   | 高知県幡多郡黒潮町拳ノ川          |
| 竣工年   | 1987年                 |
| 構造・階数 | RC造・平屋建               |
| 延床面積  | 252.78 m <sup>2</sup> |
| 測定期間  | 2025/7/11～2025/9/19   |

保健センター事務室も同様に平日のみが利用されており、午前8時から午後6時までの10時間が平均的な使用時間となっている。

夏季実測は冷房負荷の大きい7月から9月にかけて行う。また日射遮蔽装置の設置については、終日遮蔽状態有と無を分けて実測を行う。

## 2.2 屋内外温熱環境の測定概要

外気センサーは周辺地物の影響を受けにくい建物の南側高さ1.5mの位置に設置した。また、屋内湿度は空調機器の使用頻度の高い3居室を選定し測定を行った。なお設置位置は空調室内機や電子機器、日射の影響を受けにくい位置を選定した上で高さ1m程度とした。

また本研究では診療所事務室空間における日射遮蔽の効果を中心とした屋内外測定を行った。

## 2.3 日射遮蔽装置設置個所及び日射計

日射遮蔽装置及び日射計の設置個所を図2に示す。日射遮蔽装置については西日による受熱日射量が特に多い診療所事務室および診察室南西部開口に設置した。

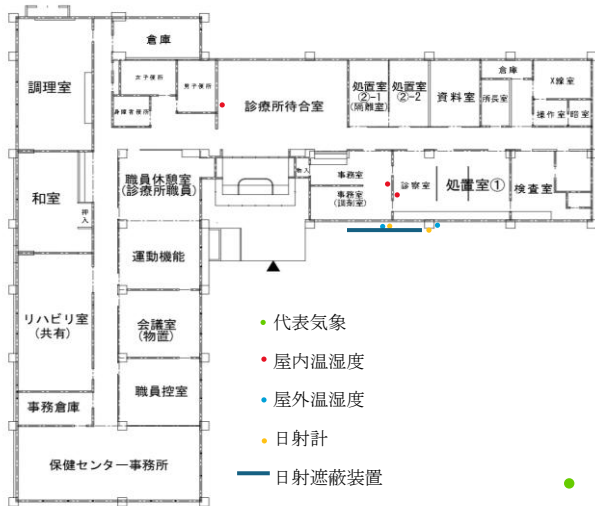


図2 センサー位置設置箇所

また垂直面全日射計は日射遮蔽装置内側と外側双方にそれぞれ垂直に配置した。

2.4 日射遮蔽装置概要

本研究で用いた日射遮蔽装置はポリエチレンを用いた簡易的な遮蔽装置であり主として直達日射の低減を目的として設置した。反射日射を含む装置の日射透過率は約30%である。装置1枚当たりの寸法は高さ2300mm×幅1800mmとし、対象とする開口部全体を覆う形で設置した。また日射遮蔽装置は開口部より480mmの離隔距離位置に設置した。

3. 夏季実測結果

3.1 外気象データ測定及び分析結果

図4,5に9/11~9/18の外気象データ測定結果例を示す。日中の外気温は約25℃~33℃前後で推移し、相対湿度は日中は70~75%程度を示し、夜間は90~100%と高くなる傾向を示した。水平面全日射量は日中に晴天時で最大約800W/m<sup>2</sup>達したが、9/11は最大日射量が300W/m<sup>2</sup>と低く、外気温も22℃~27℃で推移していたことから曇天条件であったことが考えられる。風速は日中に最大2m/s程度と増加し、夜間にはほぼ無風となる傾向が確認された。これらより、晴天が多く、高温・高湿となる外気象条件となっていたことが分かる。

3.2 事務室内における温湿度特性

図6に9/11~9/18における診療所事務室の温湿度変化を示す。

9/11, 9/12及び9/16から9/18の平日における空調運転時の室温はおおむね25℃前後で安定しており、設定温度が適切に維持されていることが確認された。

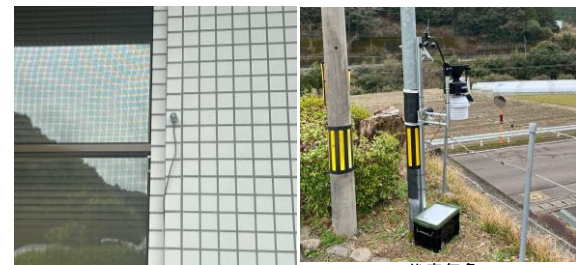
相対湿度に関しては、空調運転時に相対湿度が約50%から60%で推移していた。また、非空調時には温度が上昇した後、運転再開に伴い再び急激に低下する傾向が見られた。平日の非空調時(夜間~早朝)には室温が29℃程度まで上昇し、外気温に追従して変動する傾向もみ

表2 測定概要

| 測定項目    | 測定機器  |
|---------|---|
| 外気象     | ウェザーステーション<br>Vantage Pro2 プラス(ワイヤレス式) (Davis)    |
| 屋内温湿度   | LR5001(HIOKI),RTR503B(T&D)<br>(温度:サーミスタ 湿度:静電容量式) |
| 屋外温湿度   | RTR503B (T&D)<br>(温度:サーミスタ 湿度:静電容量式)              |
| 垂直面全日射量 | ML-01 英弘精機  |
| 電力消費量   | 多回路エネルギーモニタ(Panasonic)                            |



日射遮蔽装置外観



垂直面全日射計

代表気象

図3 測定時風景

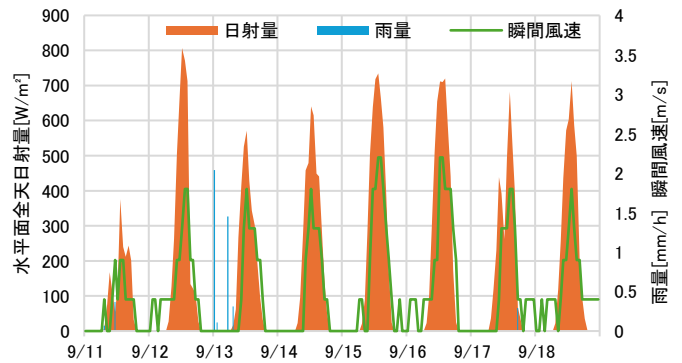


図4 外気象データ(日射量、雨量、風速)

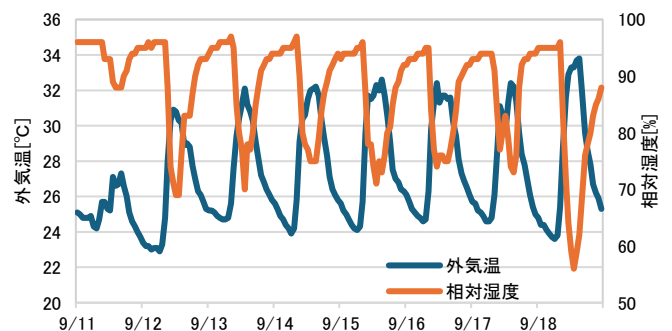


図5 外気象データ(外気温、相対湿度)

られた。また相対湿度も約 70%まで上昇し、空調時と比較して温熱環境が悪化していた。

さらに、9/13~9/15 の休日期間においては、空調の運転が行われておらず、特に室温の上昇が大きく、最大約 31℃となった。一方相対湿度は終日 70%程度となった。また最低室温も 28℃を超えており、RC 造に伴う蓄熱の影響が顕著にみられた。

### 3.3 日射遮蔽装置内外の日射量特性

図 7 に 9/11~9/18 における日射遮蔽装置内外の垂直面全天日射量の変化を示す。遮蔽装置外の日射量は晴天時に最大約 800W/m<sup>2</sup>に達し、多くの日で午後 3 時ごろにピーク値が確認された。但し、9/13 は日射量が小さく、曇天または降雨の影響が示唆された。一方、遮蔽装置内の日射量は大きく低減され、晴天時でも最大約 300~350W/m<sup>2</sup>と、装置外の 40~45%程度であった。

### 4. フレキシブル PV を想定した太陽光発電量推定

本研究では、拳の川診療所を対象として、フレキシブル PV の設置を想定し、建築設計用気象データを用いて太陽光発電量の予測評価を行った。図 8 に想定したフレキシブル PV を用いた太陽光発電装置イメージを示す。夏季には日射遮蔽を行いながら発電を行い、冬季は日射遮蔽を行わずに発電のみを行うことを想定した。フレキシブル PV の概要を表 3 に示す。

発電量の推定には水平面全天日射量、太陽電池モジュール温度、各種損失を考慮した太陽光発電量算定式を用いた。<sup>注1)</sup> 斜面日射量の推定には Erbs モデルによる直散分離を適用し、時刻別の発電量を算出した。

夏季の代表的な晴天日 (7/26) における時刻別算定結果を図 9、冬季の代表的な晴天日 (12/22) における時刻別算定結果を図 10、月別推定発電量を図 11 に示す。

夏季の代表日では 6 時頃から発電し、14 時頃にピークとなり、約 3000W の発電量が得られる結果となった。また冬季の代表日では、8 時頃から発電が徐々に増加し、14 時~16 時頃に発電量が最大となった。夏季と比較して発電量が大きく変わらないが、これは太陽発電モジュールの傾斜角を 80° から 45° に変更したことが寄与している。また、日照時間が短いため、発電が得られる時間帯は限定されていた。

さらに、月別発電量の算定結果より、年間発電量は約 7530.3kWh となり、1 月から 3 月にかけて発電量が多く、特に 3 月に約 900W の発電量が得られた。一方で 6 月から 10 月にかけては発電量がすくなく、特に 9 月の発電量は約 450W となった。年間を通じて発電量が多く、夏季には天候の影響により発電量が低下する傾向が見られた。

これらの結果から日射遮蔽装置は西日による室内への日射侵入を抑制する役割を担うとともに、夏季においては太陽光発電量も十分に活用可能な量が得られる可能性が示唆された。

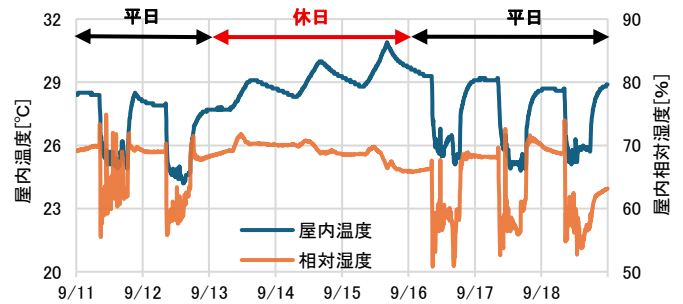


図 6 診療所事務室内における温湿度

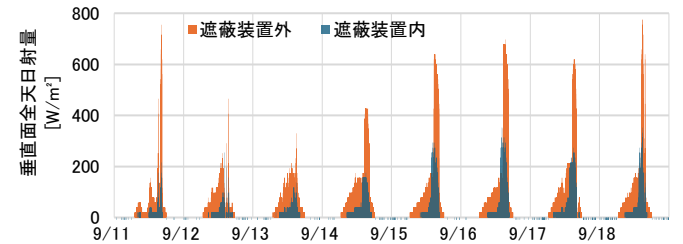
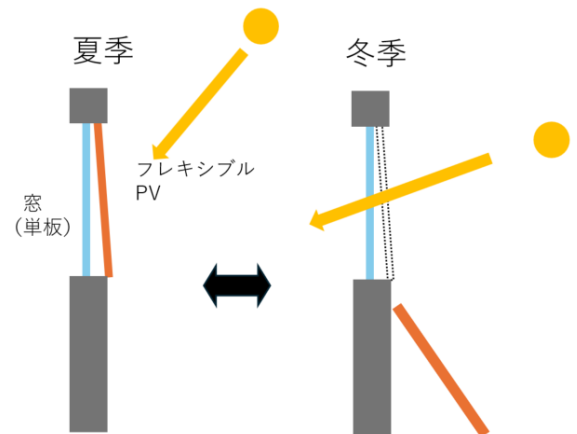


図 7 日射遮蔽装置内外における日射量



夏季は日射遮蔽を行いながら発電を行うため、フレキシブル PV の傾斜角を 80° とした  
 冬季は日射取得のためにフレキシブル PV を窓下に移動し、冬季の最適傾斜角となる 45° とした

図 8 想定する太陽光発電装置

表 3 フレキシブル PV 概要

| 種類     |            | 結晶シリコン系                    |
|--------|------------|----------------------------|
| 太陽電池容量 |            | 7.3kW(4.14m <sup>2</sup> ) |
| 傾斜角    | 夏季(4月~10月) | 80°                        |
|        | 冬季(11月~3月) | 45°                        |
| 方位角    |            | 真南より 43° 西向き               |

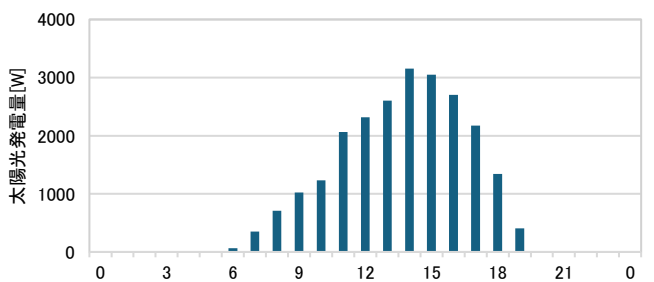


図 9 夏季晴天日における時刻別太陽光発電量(7/26)

## 5. 災害時における PV 発電システムの分析

### 5.1 災害時における医療用機器の使用想定

本章では災害時における建物の電力供給の自立性を評価することを目的として表 4 に示すように医療用冷蔵庫 2 台(0.58kWh)を必要最低限の電力負荷として設定し、太陽光発電および蓄電池による電力供給の可能性を検討した。表 5 に蓄電池概要を示す。蓄電池は太陽光発電からのみ充電されるものとし、系統電力からの充電は行われない条件とした。また発電時にはまず医療用冷蔵庫に電力を供給し、余剰分を蓄電池に蓄電されるものとした。

停電継続日数については南海トラフ巨大地震による大規模災害を想定し、国土交通省のインフラ復旧に関する想定を踏まえて 2 週間とした。

### 5.2 蓄電池併用による電力供給可能性の検討

図 12 に年間の時刻別充電率 (SOC) を示す。この結果より、SOC が下限値に達する時間帯が年間を通してみられた。また発電量が最小となる 9 月を対象に蓄電池からの電力供給が困難となる時間帯の評価を行った結果、太陽光発電と蓄電池を組み合わせることで、災害時においても約 9 割の時間帯は電力供給が可能であることが確認された。一方で図 13 に示すように 9 月 11 日の 4 時から 9 時にかけては SOC が下限値に達し、この時間帯では電力供給が確保されない状態となった。これは前日からの発電量不足により蓄電池残量が低下していたことに加え、夜間から早朝にかけて発電が得られない時間帯において、蓄電池からの放電が継続した結果 SOC が低下したことによるものである。一方で日中には太陽光発電が開始されることで SOC は 90%程度まで回復していた。

しかしながら医療用冷蔵装置は災害時のどの状況下においても電力供給の途絶が許されないため、本研究では平時と災害時を分けた運用を想定し、翌日の天気予報を用いた充電機能(SOC90%維持)の付加と、家庭用燃料電池相当(約 700W)のバックアップ電源を併設することで、カーボンニュートラルリティが高く、長期間の停電下においても自立的な電力供給が可能である。

注 1) 各種補正係数として最大出力温度係数を-0.0041、架台設置型定数を 46、架台設置型定数を 0.41、経時変化補正係数を 0.96、負荷整合補正係数を 0.94、回路補正係数を 0.97、インバータ回路補正係数を 0.899190 とした。

参考文献)

- 1) 国土地理院：電子国土 WEB  
<https://maps.gsi.go.jp/#12/33.082529/133.055134/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c0glj0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f0>
- 2) 長州産業：太陽光発電・蓄電システム  
[https://cic-solar.jp/products/solar-system/\(2025-12-20 参照\)](https://cic-solar.jp/products/solar-system/(2025-12-20%20参照))
- 3) 黒潮町：南海トラフ地震対策地域啓開計画 (案)  
[https://www.skr.mlit.go.jp/bosai/bosai/chiikikeikai/pdf/town\\_kuroshio\\_v2.pdf\(2025/12/21 参照\)](https://www.skr.mlit.go.jp/bosai/bosai/chiikikeikai/pdf/town_kuroshio_v2.pdf(2025/12/21%20参照))

謝辞) 本研究の実施にあたり、黒潮町国保拳ノ川診療所、黒潮町地域住民課の皆様には、多岐にわたりご協力をいただきました。ここに記し、謝意を表します。本研究は JSPS 科研費 25K0825 の助成を受けたものです。

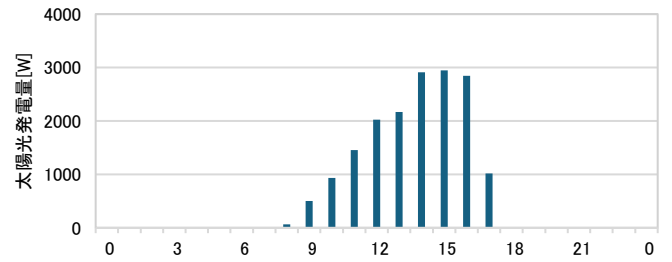


図 10 冬季晴天日における時刻別太陽光発電量 (12/22)

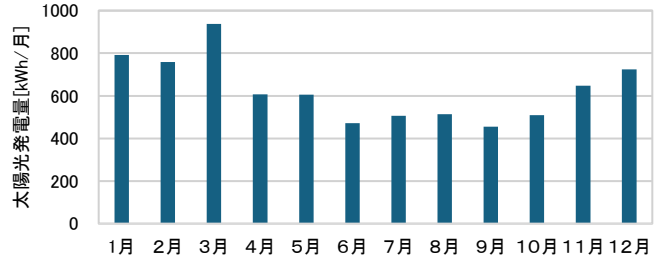


図 11 月別太陽光発電量

表 4 災害時に想定する電力負荷

| 機器名    | 定格消費電力[kW] | 台数  | 運転時間[h/day] |
|--------|------------|-----|-------------|
| 医療用冷蔵庫 | 0.29       | 2 台 | 24 時間       |

表 5 蓄電池概要

| 種類     | リチウムイオン蓄電池 |
|--------|------------|
| 公称容量   | 12.7kWh    |
| 実効容量   | 11.4kWh    |
| SOC 上限 | 90%        |
| SOC 下限 | 20%        |
| 充放電効率  | 0.95       |

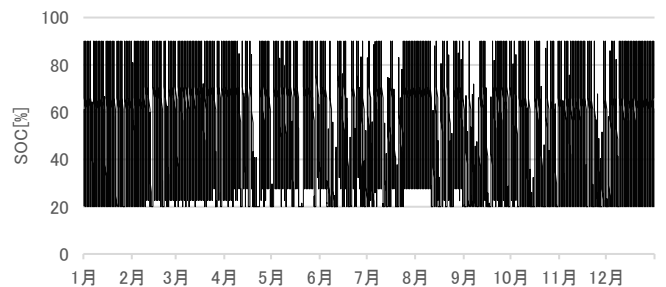


図 12 年間の時刻別 SOC 推移

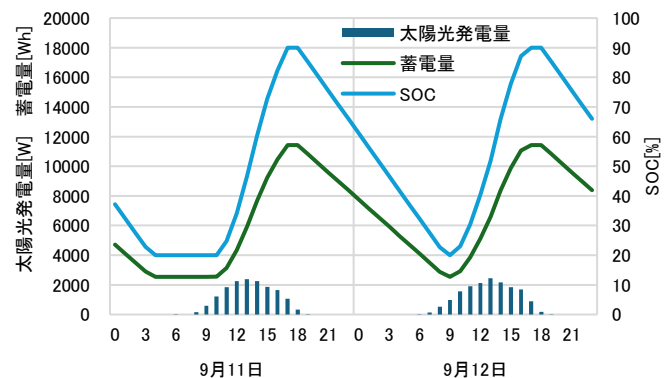


図 13 時刻別太陽光発電量及び蓄電量(9/11-12)