

太陽光発電パネル下空間の有効利活用としてのミズゴケ栽培について

藤森利一、甲斐 勇、藤井幸三

1 はじめに

環境保全意識の広がりや東京電力福島第一原子力発電所の事故等の影響もあって、近年再生可能エネルギーに対する関心が高まりその普及が進んでいる。中でも太陽光発電は、国や自治体の設置補助制度の充実や発電した電気の買取制度が整備されたこともあって特に普及が著しい。太陽光発電施設は遊休地利活用の観点からも注目されており、今後も普及が図られるものと推測されるが、太陽光発電パネル（以下、発電パネル）下の空間は有効に利活用されていないケースも多々見受けられる。

筆者等はこれら空間の有効利活用の一策としてミズゴケ栽培の可能性に関する実証実験を実施したので、得られた知見について報告する。

2 実験内容

(1) 実験期間

ミズゴケは平成 26 年 5 月 8 日に植栽した。栽培箱の重量測定は 5 月 15 日から 11 月 4 日まで行った。また、機材配備の関係上、全天日射量は 6 月 30 日から 11 月 4 日まで、温湿度は 6 月 26 日から 11 月 4 日までデータを取得した。

(2) 実験方法

熊本市環境総合センター（以下、センター）敷地内にある鉄筋コンクリート造りの公用車庫車庫屋上に設置してある発電パネルの下に実験区を設置した。発電パネル（5,000mm×4,500mm、発電能力 2.9kw）は、短辺側を底辺としてコンクリート屋上面と 20 度の傾斜で発電セル表面を南方位に向けて設置している。図 1、図 2 に車庫外観と実験区の写真を示す。



図 1 車庫外観



図 2 実験区外観

栽培箱として発砲スチロール製の箱（外幅 313×496×高さ 205、内幅 280×465×深さ 190：単位は全て mm）を用い、この中にオオミズゴケ（以下、ミズゴケ）を約 100mm 厚で均一に充填した。栽培箱の底には中央部分に直径 50mm の穴を 2 箇所、一方の短辺側に直径 10mm の穴を辺に沿って直列に 3 箇所開けた。

別に水道水を充填した市販の緑色プラスチック製容器（外幅 1,364×902×高さ 207、内幅 1,290×828×深さ 192：単位は全て mm）を用意し、この中に栽培箱 4 個を田の字に浮かべて実験区とした。実験区では、発電パネル下の温湿度（発電パネル下の屋面上空 100cm）及びミズゴケ表面近傍温度（上空約 3cm）並びに全天日射量を 1 時間（毎正時）毎に測定した。また、ミズゴケ表面の照度を適宜測定した。温度はサーミスタ温度計、湿度は高分子膜抵抗式湿度計、全天日射量は熱電堆日射計、照度はシリコンフォトダイオード照度計を用いてそれぞれ測定した。なお、全天日射計は空の栽培箱底部に設置し、ミズゴケ表面が受ける日射の条件に近似させた。

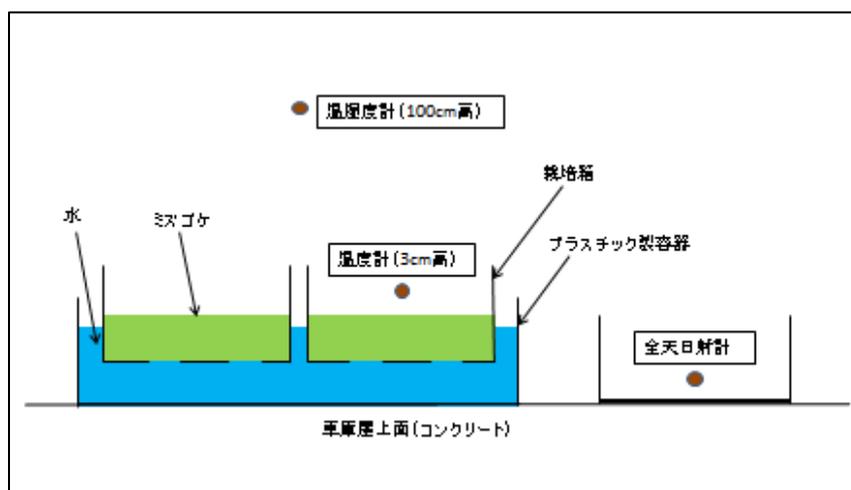


図3 実験区及び栽培箱の概要

図3に実験区及び栽培箱の概要を示す。

3 結果と考察

(1) 実験期間中の気象条件等

実験期間中の気温、日照時間、降水量等について表1に示す。

表1 実験期間中の気象条件※

	平均気温	日照時間	降水量	備考
5月	平年並み	かなり多い	少ない	31日に日最高気温 33.9℃を記録（本市の5月の観測史上2位） 日照時間が250.3時間を記録（本市の5月の観測史上2位の長時間）
6月	平年並み	少ない	少ない	台風7号が鹿児島県に接近 入梅2日
7月	平年並み	平年並み	平年並み	台風8号が鹿児島県に上陸 梅雨明け20日
8月	低い	かなり少ない	かなり多い	台風11号が宮崎県に接近
9月	低い	平年並み	少ない	台風18号が宮崎県に接近
10月	平年並み	平年並み	多い	台風19号が鹿児島県に上陸

※ 平均気温等の評価は平年値との比較であり、気象庁発表の概況報告¹⁾に基づく。

(2) 解析期間

ミズゴケの生育環境の調査という実験主旨を勘案して、全ての測定項目のデータが月単位で取得できた7月1日から10月31日までを解析対象期間（以下、期間）としたが、ミズゴケ重量についてはこの期間の前後のデータも対象とした。なお、平均気温、日照時間、降水量ともに平年並みであった7月を期間中の代表月と位置づけ、若干詳細な解析を試みた。

(3) ミズゴケ重量

ミズゴケ成長の評価指標として重量を測定した。測定にあたっては、栽培箱をプラスチック製容器から取り出し、3穴のある辺を下にして壁等に斜め(約60度)に立てかけ2時間水抜きを行った後に秤量した。測定は不定期間隔で13回実施した。

全ての栽培箱(4箱)のミズゴケは期間を通して全て順調に生育した。生育は10月上旬から10月下旬にかけてピークに達し、栽培開始時から重量は約15%~20%増加した。

ミズゴケの生育状況の写真を図4に、風袋補正後の4箱合計重量の変化を図5に示す。

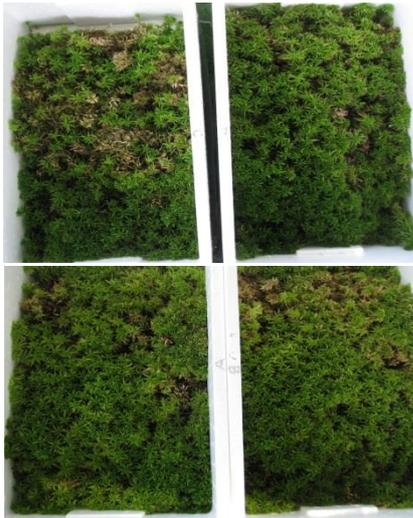


図4 ミズゴケの生育状況(9月9日)

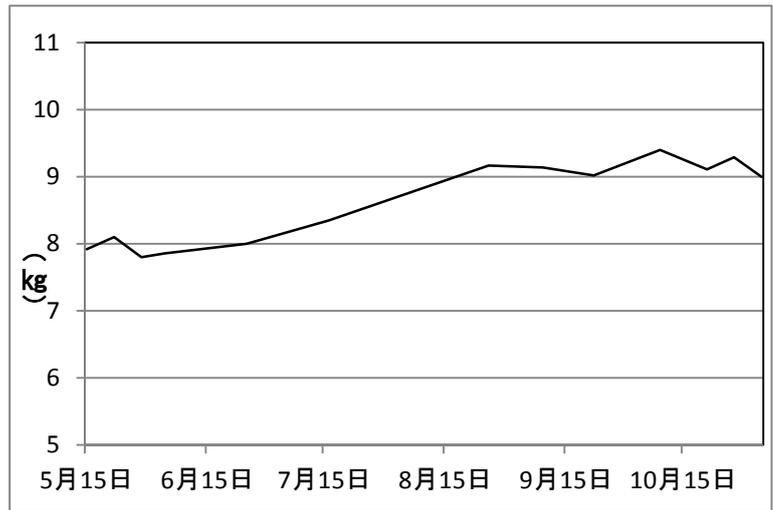


図5 ミズゴケ重量の変化

(4) 外気の温湿度、ミズゴケ表面近傍温度

気象庁の観測結果¹⁾によると、期間中の各月の平均気温は平年並みか低い傾向にあった。また、日照時間は5月においてかなり多かったものの他の月は平年並みか少ない傾向にあり、特に夏季の8月はかなり少なかった(表1)。

実験区における発電パネル下の温度及びミズゴケ表面近傍温度の平均値はそれぞれ25.0℃、23.9℃であり、ミズゴケ表面近傍は発電パネル下より平均1.1℃低かった。また、気象庁で観測した外気温(以下、外気の温度、湿度は気象庁の観測結果¹⁾を使用)の平均は24.4℃であり、発電パネル下のほうが0.6℃高かった。期間中の代表例として、7月における外気温、発電パネル下温度、ミズゴケ表面近傍温度の時間別平均値の変化を図6に示す。

日中から夜のはじめ頃にかけては外気温よりも発電パネル下温度のほうが高く推移した。またミズゴケ表面近傍温度は外気温と非常に近似した挙動を示した。それぞれの平均値は外気温26.7℃、発電パネル下温度27.7℃、ミズゴケ表面近傍温度26.7℃であり、ミズ

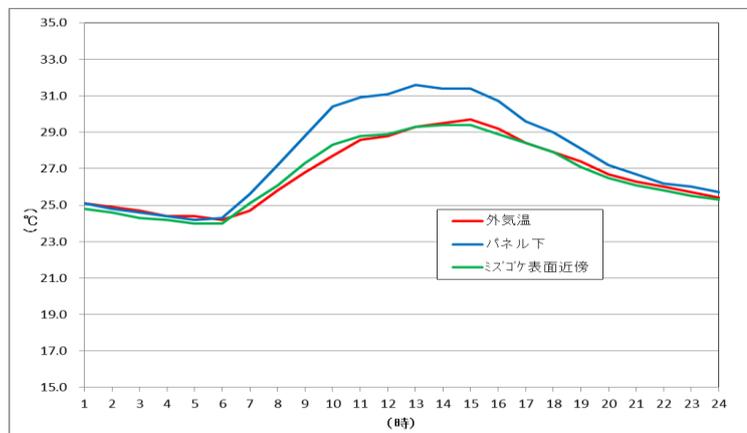


図6 実験区の温度変化(7月)

ゴケ表面近傍は発電パネル下より 1.0℃低く、また外気温より発電パネル下のほうが 1.0℃高かった。温度差に関する 3 者の関係は、期間を通して同様の傾向にあった。発電パネル下温度が外気温よりも高くなった理由としては、測定点がパネル下 50cm と近距離だったため、パネル底面からの輻射熱の影響を受けたものと推察される。

湿度については、期間中の平均で外気は 75%、発電パネル下は 71%、7 月だけでは外気は 78%、発電パネル下は 73% であり、ともに発電パネル下のほうが若干低かった。これは同じ空気中水分含有量であっても、気温が高くなれば数値が低下する相対湿度の持つ特性に起因するものと思われる。

(5) 全天日射量、照度

実験区における平均日射量は、7 月は 33.5W/m²、8 月は 34.0W/m²、9 月は 39.1W/m²、10 月は 45.9W/m² であり、この値は概ね「雨天時の日射量」²⁾ に相当する。期間を通じた最高値は各月それぞれ 503.6、484.8、523.8、493.5 (単位は W/m²) であり、概ね「雲が多い晴れた時の日射量」²⁾ に相当した。なお、熱電堆型の全天日射計は、無光時であっても発生するノイズのため若干の出力があるので、当地における日出、日没時刻を勘案して、各月の日照時間帯を 7 月は 6 時～19 時、8 月は 6 時～19 時、9 月は 7 時～18 時、10 月は 7 時～17 時とし、この時間帯以外の出力はノイズと見なして日射量は 0 とした。図 7 に各月の平均全天日射量を、図 8 に 7 月における全天日射量の時間別平均値の変化を示す。

図 8 において 16 時、17 時の日射量が急増しているが、これは車庫の建築場所と発電パネルの設置位置の関係上、実験区に西日の直射光が当たったためである。この急増した時刻は日出、日没時刻の季節変化のため月により異なっている。

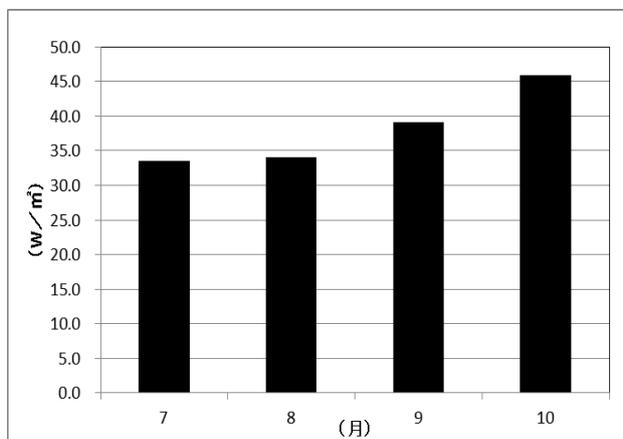


図 7 各月の平均全天日射量

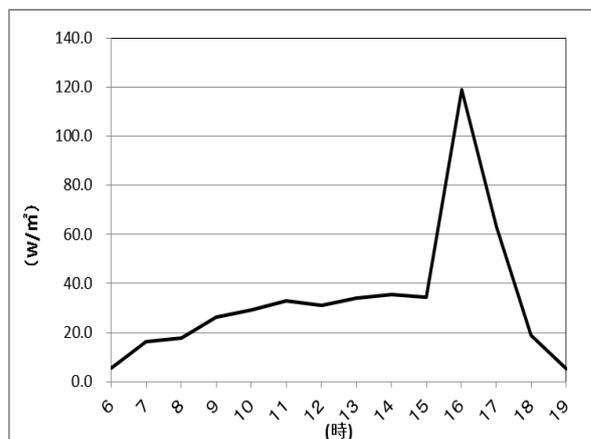


図 8 全天日射量の変化 (7 月)

気象庁が公表している露天における全天日射量 (積算値、単位は MJ/m²)¹⁾ と実験区が受けた全天日射量 (毎正時値、単位は W/m²) との関係を検討した。7 月における露天の日積算値と実験区の時間値の日平均値の関係を図 9 に示したが良い相関関係が認められた。このことは、公表されている全天日射量から実験区の日射量を推定できることを示唆している。なお、実験区が西日の影響を強く受ける 16 時値、17 時値は設置場所に起因する特異値として両者から除外した。

実験区では、日射量と合わせて照度を不定期に測定した。日射量は、単位面積が単位時間に

受ける放射エネルギーの量を示すのに対して、照度は、光の波長で異なる人間の目の感度の特性に合わせて波長による補正を加えた明るさを示す（単位は lux）。これは、葉緑素が行う光合成に有効な波長域特性とは異なるため、光合成を行うミズゴケの光環境を評価するために用いることは適切ではない³⁾が、従前より照度計は光環境の測定に頻用されて広く行き渡り、また全天日射計よりも比較的安価であるので、その利用可能性について検討した。

照度の測定は手動で行い、田の字に配置した栽培箱上端の東端、中央、西端の3点で測定し平均値を求めた。測定は原則として正時に行ったが、中間の時刻に測定した場合は対応する日射量はその時刻を挟む両正時値の平均値を用いた。なお、西日の直射を受ける時間帯の値は特異値として除外した。両者の関係を図10に示したが良い相関関係が認められた。このことより、汎用タイプの照度計を用いて実験区の日射環境を推定することは可能であると考えられた。

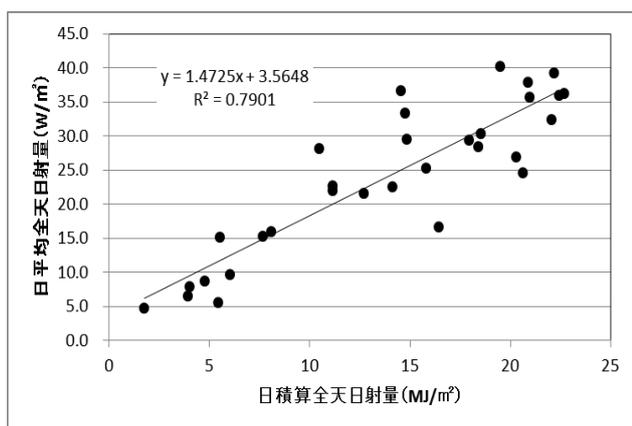


図9 露天の日射量と実験区の日射量の関係

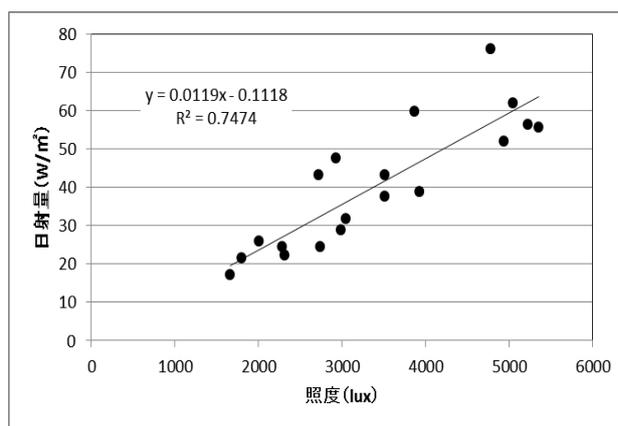


図10 照度と日射量の関係

4 まとめ

太陽光発電パネル下空間の有効利活用の一策としてミズゴケ栽培の実証実験を実施し、以下のことが明らかになった。

- 1) 解析期間中、水道水と雨水のみでミズゴケは順調に育成し湿重量で約15～20%増加した。
- 2) ミズゴケ表面近傍温度は外気温とほぼ同じか若干低い傾向にあった。
- 3) 実験区が受けた平均日射量は $33.5 \text{ W/m}^2 \sim 45.9 \text{ W/m}^2$ であり、この値は概ね「雨天時の日射量」に相当する。
- 4) 7月における露天の日積算全天日射量（気象庁公表値）と実験区の全天日射量時間値の日平均値との間には良い相関関係が認められた。このことより、気象庁公表のデータから実験区の日射量を推定できることが示唆された。
- 5) 解析期間中における実験区の照度と全天日射量（共に時間値）との間には良い相関関係が認められた。このことより広く頻用されている照度計を用いて対象エリアの日射環境を推定することは可能と思われるが、今回得られた結果を用いて太陽とは異なった波長特性を持つ光源を対象とした推定はできないことに留意する必要がある。

筆者等が平成26年度に行ったセンター屋上におけるミズゴケ栽培実証実験⁴⁾によれば、夏季の露光実験区と遮光実験区におけるミズゴケ上空温度は両者とも概ね $25^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ と変わらな

かったが、ミズゴケ表面温度は遮光実験区のほうが 1.2℃～1.5℃低く、生育状況は遮光実験区のほうが良かった。これらの結果と今回得られた結果とを勘案すれば、太陽光発電パネル下における遮光条件下でのミズゴケ栽培は可能であると思われる。

謝辞

本実証実験を実施するにあたり、東海大学農学部応用植物科学科の長野克也教授から多大なご協力とご支援をいただいた。ここに記して謝意を表明する。

参考文献

- 1) 気象庁HP (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)
- 2) 九州電力HP (http://www.kyuden.co.jp/effort_renewable-irradiation)
- 3) 星 岳彦HP (<http://www.hoshi-lab.info/env/light-j.html#1>) 植物生産における光に関連した単位
- 4) 藤森利一、丸山龍也、藤井幸三：ミズゴケを用いた屋上緑化による気候緩和効果について、熊本市環境総合センター所報、No.21、45-49、2013.