

## 山形県における営農型太陽光発電設置圃場での水稻収量 Rice yield in fields under agrivoltaic system panels in Yamagata Prefecture

○ 栞原良樹\* 茄子川恒\* 辰己賢一\*\*  
○ Yoshiki KUWABARA\* Hisashi NASUKAWA\* Kenichi TATSUMI\*\*

### 1. はじめに

営農型太陽光発電とは、農地に支柱を立てて上部空間に太陽光発電設備を設置することで、設備の下で営農を継続しながら同じ土地で発電も行う取り組みである。営農型太陽光発電は、農村地域での再生可能エネルギーの発電や農家収入の向上の手段のひとつとして注目されている。我が国においては水田が広く分布しているが、営農型太陽光発電における水稻栽培は少ないことから、今後の営農型太陽光発電の普及においては水稻栽培での導入が必要である。

営農型太陽光発電設置圃場での水稻収量を評価した研究は千葉県<sup>1)</sup>や長野県<sup>2)</sup>、香川県<sup>3)</sup>、神奈川県<sup>4)</sup>、静岡県<sup>5)</sup>などにおいて行われている。他方で、営農型太陽光発電の設置許可実績の少ない日本海側の実証研究は山形県<sup>5)6)</sup>に限られ、さらなる知見の蓄積が求められる。そこで、本研究では、日本海側で水稻の作付面積の多い山形県を調査地として、営農型太陽光発電設置圃場における水稻収量を複数圃場で比較調査した。

### 2. 研究方法

調査対象圃場は水稻作付がされてる営農型太陽光発電設置圃場である山形県酒田市、東根市、米沢市の3圃場(表1)とし、2022~2024年の3年間にわたり調査を実施した。

気象データは、光合成有効光量子束密度(PPFD)を各年の移植日から収穫日まで30秒間隔で連続計測した(DEFI2-L)。収量構成要素調査では、PPFDの観測地点を中心に2株×4反復を採取し、1m<sup>2</sup>あたり穂数、1穂あたり全粒数、登熟歩合、千粒重(含水率15%)、理論収量を算出した。

統計解析として、年度・圃場・調査区を要因とする三元配置分散分析を実施し、主に調査区に着目し、交互作用で有意差があった場合は単純主効果の検定を実施した。なお、二次交互作用は誤差項に含めた。また、パネル無区に対する理論収量と積算PPFDの割合について相関分析を行った。

### 3. 結果

#### 1) PPFDFの変化

晴天日のPPFDの時間変化をみると、酒田圃場では短冊状のパネルが密に配置されているため小刻みPPFDが増減した。東根圃場では短冊状のパネルが疎に配置されているため日陰になる時間は短かった。米沢圃場では幅の広いパネルが配置されているため、日陰の時間がまとまって生じる傾向であった。

また、各圃場での年ごとの積算PPFDを表2に示す(有区は平均値)。パネル無区に対するパネル有区の比率をみると酒田圃場では61~68%、東根圃場では75~79%、米沢圃場では56~58%であった。

#### 2) 収量構成要素調査

収量構成要素調査の結果を表3に示す。理

表1 3圃場の概要

圃場名	酒田圃場	東根圃場	米沢圃場
所在地	酒田市	東根市	米沢市
農地面積	26.0a	19.4a	38.0a
パネル設置面積	14.8a	8.2a	32.9a
遮光率	32.7%	24.8%	33.2%
パネルサイズ (長さ×幅)	1953mm×350mm	1580mm× 420mm	1640mm× 992mm
パネル方位角	+21°(西)	+15°(西)	+6°(西)
パネル傾斜角	30°	30°	30°
作付け品種	はえぬき	はえぬき	はえぬき
栽植密度	22.2株/m <sup>2</sup> (2022年) 20.8株/m <sup>2</sup> (2023~2024年)	18.5株/m <sup>2</sup>	20.8株/m <sup>2</sup>
移植日	2022年 5/10 2023年 5/11 2024年 5/13	5/24 5/24 5/30	5/15 5/14 5/20
刈取日	2022年 無区 9/21 有区 10/6 2023年 9/15 9/29 2024年 9/12 9/26	10/9 10/1 9/30	10/1 9/23 9/24

\*山形大学農学部 Faculty of Agriculture, Yamagata University. \*\*名古屋市立大学データサイエンス学部 School of Data Science, Nagoya City University

キーワード: 営農型太陽光発電, 水稻収量, 山形県

論収量では、交互作用「圃場×調査区」に有意差が認められたが、「年度×調査区」では認められなかった。「圃場×調査区」の単純主効果を検定した結果、全圃場で有意差が認められ、特に東根圃場で減少率が小さい傾向があった。

1 m<sup>2</sup>あたり穂数では、「圃場×調査区」「年度×調査区」の交互作用に有意差はなく、主要因「調査区」に有意差が認められた。これにより、全圃場でパネル有区は1 m<sup>2</sup>あたり穂数が有意に低い傾向を示した。

1 穂あたり粒数では、「圃場×調査区」に有意差があり、「年度×調査区」には認められなかった。「圃場×調査区」の単純主効果を検定した結果、酒田圃場のみ有意差が認められ、同圃場でパネル有区は1 穂あたり粒数が有意に低い傾向を示した。

登熟歩合では、「圃場×調査区」「年度×調査区」の交互作用および主要因「調査区」に有意差は認められず、全圃場でパネル有区と無区に差はなかった。

千粒重では、「圃場×調査区」に有意差があり、「年度×調査区」には認められなかった。「圃場×調査区」の単純主効果を検定した結果、全圃場で有意差が認められ、特に米沢圃場で減少率が大きい傾向があった。

表 2 3 圃場の積算光合成有効光子束密度 (mol m<sup>-2</sup>)

年度	調査区	酒田圃場	東根圃場	米沢圃場
2022	無有	5,088.5	4,997.5	5,351.5
	有	3,121.4	3,775.1	3,109.6
2023	無有	5,320.1	5,182.9	5,332.4
	有	3,626.3	4,100.9	3,069.2
2024	無有	4,510.9	4,526.2	4,746.7
	有	2,952.5	3,530.7	2,675.6

表 3 収量構成要素の結果

要因		理論収量	1 m <sup>2</sup> あたり穂数	1 穂あたり粒数	登熟歩合	千粒重
年度	2022	549.2	435.5	70.9	81.2%	21.9
	2023	519.6	425.6	71.4	80.1%	21.5
	2024	512.2	437.0	69.1	81.4%	21.4
圃場	酒田	471.7	458.8	63.8	77.2%	21.1
	東根	591.4	428.7	73.6	86.4%	21.9
	米沢	527.6	401.8	75.8	80.0%	21.9
調査区	無有	673.8	518.3	71.9	83.1%	22.0
	有	475.9	403.4	70.0	80.1%	21.4
主要因	年度	*	n.s.	n.s.	n.s.	***
	圃場	***	***	***	***	***
	調査区	***	***	n.s.	n.s.	***
交互作用	年度×圃場	**	**	***	***	***
	年度×調査区	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	圃場×調査区	*	n.s.	*	n.s.	**

有意水準 \*\*\*:0.1%以下, \*\*:1%以下, \*:5%以下, n.s.:not significant.

### 3) 理論収量と積算 PPFd の相関分析

パネル無区に対する理論収量と積算 PPFd の割合をプロットした結果を図 1 に示す。営農型太陽光発電における農地の一時転用の許可条件の一つとして、栽培作物の収量が周辺の同一作物と比較して 8 割以上であることがある。この条件を満たすためには、近似式に基づく PPFd はパネル無区に対して 77%以上とする必要があった。

### 4. まとめ

パネル配置により PPFd が変動し、収量に影響を与えたが、東根圃場では収量の減少率が比較的小さく抑えられた。これは疎なパネル配置により PPFd の低下が緩やかであったことが影響していると考えられる。一方で、いずれの圃場でも登熟歩合には有意な影響が見られず、品質維持は可能と判断された。収量を 80%以上確保するには PPFd を 77%以上とする必要があり、先行研究<sup>1)3)</sup>と同様の結果が得られた。また、同程度の遮光率でもパネルの配置により収量のばらつきがみられたことから、パネルの配置による日射の分布や変動パターンなども影響している可能性が示唆された。

参考文献 1)本間ら(2016):水稲栽培における営農型太陽光発電の実証とシミュレーション,エネルギー・資源学会論文誌,37(6),23-31. 2)合原ら(2020):営農型太陽光発電のパネル制御が水稲栽培に及ぼす影響,農業食料工学会誌,82(4),380-389. 3)泊ら(2023):営農型太陽光発電水田における水稲生育調査,農業農村工学会論文集,91(2),I\_157-I\_163. 4)鈴木ら(2022):ソーラーシェアリング水田におけるイネの生産性の評価,日本作物学会紀事,91(3),253-254. 5)川又ら(2022):営農型太陽光発電パネルが水稲生育に与える影響,日本作物学会東北支部会報,65,17-18. 6)小田島ら(2023):営農型太陽光発電水田における栽植密度が水稲生産性におよぼす影響,東北作物研究,66,23-24.

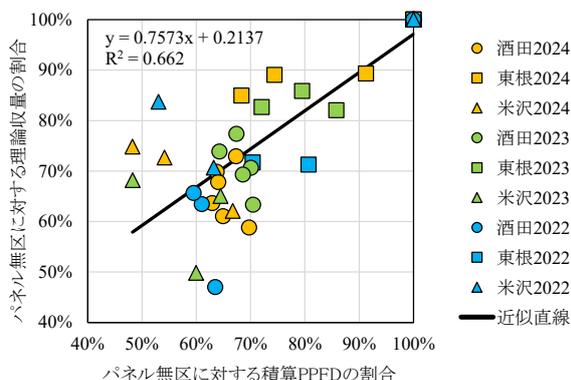


図 1 パネル無区に対する理論収量と積算 PPFd の割合の関係