

作物の生産生理の視点から見る 営農型太陽光発電の現状と可能性

Current status and prospects of agricultural solar power systems
from the perspective of crop production physiology

堀端 章*

1. 営農型太陽光発電の発祥と理念

「営農型太陽光発電」の起源は、現 CHO 研究所代表の長島彬氏によって提唱された「太陽光発電システム」であって、「各種の土地利用における生産性を損なうことなく、発電による受益を目指すシステム」である。農林水産省では「営農型太陽光発電」と呼称されているが、一般的には「ソーラーシェアリング」と呼称されることが多い。

長島彬氏は、2003 年頃から研究を開始し、2004 年に特許を申請し、2005 年に公開されている。その特許公報¹⁾には同氏が装置の発明に至った経緯が詳細に記されている。すでに、屋上の PV 設置は広く普及しつつあり、新たな設置場所の開拓が求められる。そこで、光エネルギーが豊富な新たな設置場所として農地に着目された。請求項では、「農地、公園、水面等の人間、動物等の生活及び作業空間全ての土地」を PV 設置場所の候補地としているが、「その生産性、利便性を損なうことなく」と記され

ているように、土地利用の本来の目的を達成しつつ、追加的にエネルギーの獲得を目指すことが理念とされている。

その具体的な手段として、図 1 に示す装置²⁾をパイロット機として考案され、以降も改良を重ねながら実証試験を続けておられる。この装置の主な特色は、(1) 農地の上部に設置すること、(2) 農作業の邪魔にならないように 2 m から 3 m の棚を設けること、(3) 透過光量を制御し、耐風力を高めるために傾斜角度が可変であること、(4) 装置の下で栽培する作物に合わせて PV パネルの密度を変えて透過光量を調整できることである¹⁾。特許申請では、多様な土地に設置することを請求項とされているが、実際には農地への設置を前提として考案されている。この理念は現在でも色褪せてはいない。

2. 第 7 次エネルギー基本計画と営農型太陽光発電

令和 7 年（2025 年）2 月 18 日に閣議決定された第 7 次エネルギー基本計画³⁾でも、「農地についても、優良農地の確保を前提に、営農が見込まれない荒廃農地への再生可能エネルギーの導入拡大を進める。さらに、発電と営農が両立する営農型太陽光発電については、事業規律や適切な営農の確保を前提として、地方公共団体の関与等により適正性が確保された事業の導入の拡大を進める。」と、基本姿勢は堅持されながら、荒廃農地の利用に言及されている。

また、「『みどりの食料システム戦略』(2021 年 5 月)に基づき（中略）2050 年までに農林水産業の CO₂



図 1 長島氏による実証実験装置²⁾

* 近畿大学生物理工学部

ゼロエミッション化の実現を目指す。」、「農山漁村に適した地産地消型エネルギーシステムの構築等を強力に推進する。」と続く。

要約すると、荒廃農地を積極的に活用して、系統連携を前提としない、地産地消型のカーボンニュートラルな農業を目指す上での重要な技術基盤として「営農型太陽光発電」が位置づけられていると読むことができる。

3. 「営農」と農地法というくびき

1項に記したように、「営農型太陽光発電」を実施するためには「営農の継続」が不可欠の要件である。また、農地の売買は原則として営農者間のみに許可され、農地からほかの用途への転用には地域の農業委員会の許可が必要、と言うように、食糧生産の場（農地）は、食糧安全保障の観点から国策によって厳重に管理されてきた。

このため従来は、(1) 最初に事業計画を提出する必要がある、その際に撤去費用を含まなければならない、(2) 一時転用後は原状復帰できること（おおむね3年、休耕地では10年）、(3) 農産物の減収は2割程度にとどめること（毎年収量の報告が必要）、などの条件をクリアする必要がある、一部の例を除いてなかなか普及しなかった。

このような状況のなか、平成30年（2018年）4月に「第5次 環境基本計画」が閣議決定され、これを受けて発出された農林水産省農村振興局長通知⁴⁾によって「営農型太陽光発電」を取り巻く環境が大きく変わった。従来は、農地転用許可の期間が3年であって、期間終了後にはPV設備を農地から撤去することが求められていたため、PV設備の設置費用を回収する目処が立たなかったのに対して、「担い手が、自ら所有する農地又は賃借権その他の使用及び収益を目的とする権利を有する農地等を利用する場合」は、農地転用許可の期間を10年

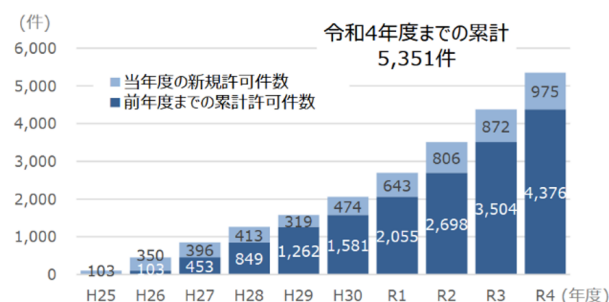


図2 営農型太陽光発電を設置するための農地の一時許可件数の推移

とし、その間の成績によってはこれを延長することができる。同様に、「荒廃農地を再生利用する場合」も農地転用許可の期間が10年に延長された。この変更は、局長通知という形式であったが、これをもってPV設備の設置経費を回収できる目処が立ったことの意義は極めて大きい。

また、荒廃農地に関しては、もともと収量がなかったわけであるので、「農地の再生利用を目指す限り」において、収量の減少を2割程度に留めるという条項も適用されないこととなった。

図2は、営農型太陽光発電取組支援ガイドブック(2025年度版)⁵⁾に掲載されている営農型太陽光発電を設置するための農地の一時許可件数の推移である。この図は、累計許可件数であって稼働件数ではない点に注意する必要がある。新規許可件数に着目すると、平成30年以降に急速に増加していることがわかる。

4. 作物の生産生理からみる営農型太陽光発電

このように、「営農型太陽光発電」を取り巻く環境は劇的に改善されたが、それでもなお事業化に至らない例が多く、最近では十分な営農が営まれていなかったとして指導を受けたとの報道が見られる。それでは、なぜ「営農型太陽光発電」がうまく行かないのかを作物の生産生理の視点から考えたい。

4.1 個葉の光合成速度と群落の光合成速度

「ソーラーシェアリング」の発想の原点にあるのが図3である。図3は、葉に照射された光の強度と葉100 cm²あたりの光合成速度の関係を示している。特に、イネやコムギなどのC3植物は、一定水準の強光下では、それ以上光合成速度が増加しない

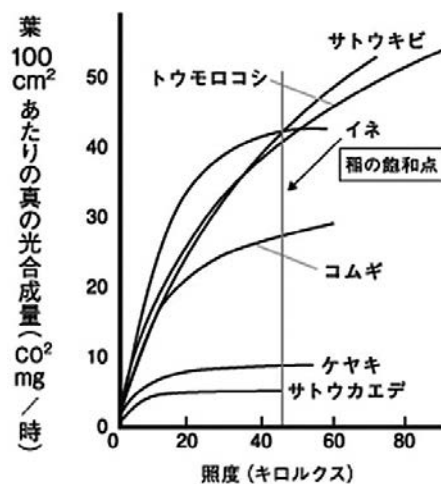


図3 さまざまな作物における照射された光の強度と光合成速度の関係

「光飽和」状態に達する。この光飽和下では、光合成自体は活発に行われているが、強光下で生じる光呼吸によって光合成産物が消費され、見かけ上の光合成速度が向上しなくなる。サトウキビやトウモロコシなどのC4植物は、C3植物とは異なる光合成システムをもっていて、本質的に光飽和は生じないが、強光下では光合成速度の増加は緩やかになる。

例えばイネでは、4万から5万lxの光強度で光合成速度が飽和し、それ以上の光は無駄になっていると考えられてきた。ここから、無駄な光をPV装置で捉えて発電に用い、必要な光は作物に届ける「ソーラーシェアリング」の発想が生まれた。このデータに誤りはないが、このデータが示すものと、現実の畑や水田での作物の光合成とが異なることが見落とされてきた。すなわち、圃場（畑や水田）では、作物は1枚の葉として存在するのではなく、葉の集団（群落）として三次元的に存在するという点である。図3は、1枚の葉に直角に光を照射した場合の光合成の特性を示しているが、圃場では、必ずしも光を直角に受けない（光強度が想定よりも低い）し、上位の葉が光合成に利用できなかった光を下位の葉が光合成に利用するため、考えるべきは群落の光合成速度である。

実際、イネでは戦後の品種改良によって、直立葉の品種が開発されて、我が国の平均的な天候では、C4植物と同様にほぼ光飽和に至らない。むしろ、イネが健全に育つ光条件は6万から8万lxと言われている。同様に、コムギやダイズにおいても受光体制の改善が育種目標となっており、光飽和をほとんど起こさないように改良が進んでいる。

4.2 直達光と散乱光

さらに、本来の理念では、太陽光の20%程度をカットして弱めた光が作物に届くことが想定されているが、実際にはそうはならない。シリコン系のPVモジュールで太陽光の20%程度をカットする従来型のシステムでは、図4に模式的に示すように、圃場に直達光が当たる部分と、PVモジュールの陰となって散乱光しか当たらない部分に2極化するため、想定されているような光合成の効率化の程度は大きくはない。

5. 営農型太陽光発電の事例

このような作物の生産生理に関する誤った理解に基づいて施工された、営農型太陽光発電では期待した収量が得られていない例や、そもそも、実際に営農を前提としない不適切な例が報告されている。農

林水産省が経済産業省に対して行った営農型太陽光発電に関する説明資料⁷⁾では、令和3年度に調査された3314件のうち、21%に相当する690件において、営農への支障があると報告されており、その支障の77%は、収量の減少であった。

そこで、農林水産省が公開している営農型太陽光発電取組支援ガイドブック（2025年版）⁵⁾に掲載されている取り組み事例について作物の生産生理の観点から検討したい。まず、秋田県秋田市におけるダイズ（えだまめ）の実証試験であるが、8.5aの圃場において、遮光率31%のPV装置下で“湯上がり娘”というダイズ品種が作付けされた。収量は隣接する慣行農法圃場の77%であった。ダイズもイネと同様に、品種改良によって受光体制が改善され、強光下でも問題なく育つ作物である。この実証試験の結果は、遮光率の割に収量が高いことを示しているが、開示されたデータによると、慣行区での栽植密度が5.79株/m²であるのに対して、遮光区の栽植密度は4.10株/m²と少なく、遮光区で生育の遅れと一株あたりの莢数の減少（慣行区の88%）が観察されている。収量は、概ね、栽植密度と一株あたりの莢数の積に比例するため、遮光区の収量は慣行区の62%であったと推算される。この実証試験の実施団体による実績報告書⁸⁾では、慣行区では商品価値のある整粒重量は211kg/m²であったのに対して、遮光区では整粒が得られなかったことも報

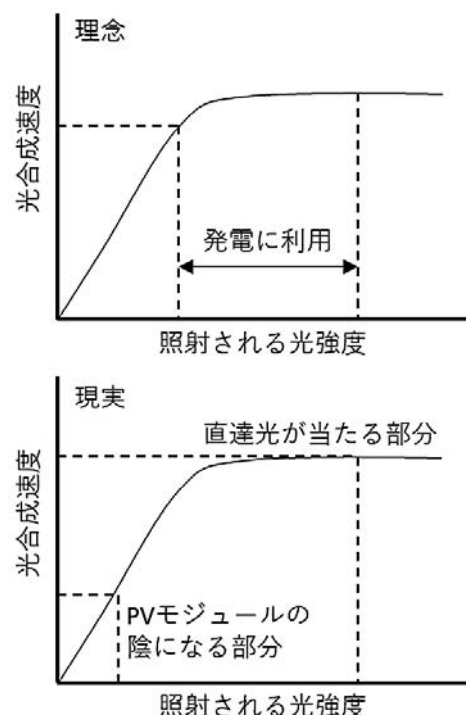


図4 PVモジュール下における光合成速度の模式図

告されている。PV 装置を支えるための支柱があるために、大型機械を導入することができず、農作業に要する時間も 40% 増加したとのことである。このように、粗収量でも慣行区の 80% という基準に届かないばかりか、可販物の収量は皆無という状況であって、ダイズの営農型太陽光発電への適用はかなり難しいと言える。

二例目は、静岡県菊川市の茶栽培への利用である。茶栽培、特にてん茶（抹茶の原料）の栽培では、遮光することによってアミノ酸含有量が増加して、うま味が増すことが知られている。ただし、年中遮光が必要なわけではなく、実際には寒冷紗（遮光カーテン）を電動で開閉する装置を備えている。この実証試験では、茶園に設置した PV 装置で得られた電力を寒冷紗の駆動装置の電源に用いることが想定されている。また、茶栽培は早春の凍霜害が大きな問題となるが、PV 装置を設置することによる保温効果で、これらの被害がなくなることも報告されている。茶栽培における営農型太陽光発電には、すでに先行例があり、この実証試験は、861.5 kW の設備規模で行われている。すでに実証試験ではなく、事業化レベルに達していると言える。40% の遮光率で行われたが、収量・品質ともに問題はなく、茶栽培への営農型太陽光発電への適用は効果的である。

三例目は、静岡市清水区のブルーベリー栽培である。ブルーベリーは、林床植物に分類され、比較的明るい森林のなかの灌木である。このため、特に強光を必要としないばかりか、暑さや乾燥に弱く、遮光栽培されることが多く、営農型太陽光発電との相性は良い。この実証試験では、遮光率 36% で栽培されたが、収量は品種「ブライトウェル」で 83%、品種「バルドウィン」で 91% と、規定の 80% 以内の減収を満たしている。さらに、果実の糖度と酸度に向上が見られ、食味はむしろ優れている。果物のような嗜好性食品では、食味の差が価格に反映しやすく、収量減をカバーして収益性が向上した可能性を示している。

四例目は、宮城県気仙沼市で行われたジャガイモの遮光栽培である。この実証試験の目的は、隣接するトマトの施設栽培に電力を供給することである。施設面積は 22 a で、遮光率は 68.5% である。ジャガイモの収量は、地域平均単収の 84% を維持しているとのことであるが、強光を好まないジャガイモであっても、68.5% の遮光を行って 84% の収量を維持できるとは考え難い。ジャガイモは品種によって収量が大きく異なり、例えば、「ワセシロ」は「男爵」

よりも 20% 程度多収である。加工用などの特殊な用途のジャガイモ品種の収量はさらに高い。この報告には、用いた品種が記載されていないため、地域平均単収の基準となった品種とは異なる品種が作付けされた可能性がある。もっとも、この PV 施設が設置されている場所は、トマトの栽培施設に隣接する未利用農地であるので、収量減を 80% 以下にするとの規定は適用されない。しかし、このジャガイモの栽培が「農地の再生利用を目指す限り」という条項を満たすものであるかは疑問である。

五例目は、千葉県匝瑳市の耕作放棄地を利用したダイズの栽培である。この取り組みのユニークなところは、市民が主体となる枠組みを作ったところである。パネルオーナー制度によって市民が出資者として参画するとともに、災害時には得られた電力を携帯電話等の充電に利用できるようにしている。PV 装置の下部ではダイズを栽培しているが、2014 年の収量は、121 kg/10a であって、一般的なダイズの収量（200～300 kg/10a）よりもかなり低い。こちらも耕作放棄地を利用しているので前述の収量要件は適用されない。

6. 作物の生産生理に基づく新たな取り組み

ここまで、各地で取り組まれてきた事例を紹介してきた。うまく機能している場合もあるが、事業化が困難な例もあった。本稿をまとめているときに、出光興産株式会社と株式会社クリーンエナジージャパンが開発した、次世代営農型太陽光発電システムが令和 6 年度新エネ大賞「新エネルギー財団会長賞」を受賞したとの報道⁹⁾に触れた。このシステムは、基本的には、太陽追尾型の可動式 PV 装置であるが、その運用方式が根本的に異なる。すなわち、装置下で稲作が行われている時期には、光を通すように太陽光に平行に配置され、稲作が行われない秋期から春期には、太陽光を最大限受けるように追尾するように運用される。2023 年 6 月から 2 年間、45 kW の初号機で実証試験を重ねたところ、水稻の収量や品質を損なうことなく、両面発電モジュールを利用すれば、夏期の発電量を含めて事業化の目処がつく水準の発電量が得られたことを報告している。この成果を受けて、2025 年度には 2 号機となる 2MW の大規模プラントの建設を予定していると報道された。

このシステムが普及すれば、国内の広大な水田が、農地としての機能を損なうことなく、太陽光発電所として機能することとなり、その社会的意義は極め

て大きい。

7. 営農型太陽光発電の展望

営農型太陽光発電に関わる技術の向上によって、広大な圃場を発電所として利用できるようになれば、我が国の電源構成が大きく変わり得るし、また、そうならなくてはエネルギー基本計画の達成が困難になる。営農型太陽光発電の課題のひとつは、太陽光発電と作物生産との競合であって、もう一つは広域に分散する電源の連携である。これらの課題を考慮しつつ、営農型太陽光発電の積極的な導入が見込める場面をいくつか提案したい。

7.1 高光量を要求しない作物の栽培

太陽光発電と作物生産との間の光競合は、栽培される作物が高い光量を要求するイネやダイズなどの場合に顕著に表れる。これに対して、先に述べたブルーベリーのような林床植物は、高い光量をそもそも要求しないため、営農型太陽光発電によく適応する。このような作物として、従来は林地に入って採取していたような植物が考えられる。例えば、正月飾りに使われるセンリョウ（千両）やマンリョウ（万両）、仏花として頻用されるシキミ（柊）やサカキ（榊）などが考えられる。それほど多くはないものの、習俗に深く関わるために需要は安定している。多くの薬用植物（トウキ、ミシマサイコ、シャクヤクなど）も、もともとは山野に自生しているものを採取してきた植物であるため、本質的には高い光量を要求しない。同様に、サツキ、ツツジ、アザレアなどの小花木も、本来は比較的明るい林床に生育する種であるので、前者の例ほどではないが、さほど高い光量を必要としない。

さらに、積極的に遮光栽培される作物には、各種のランの仲間がある。ランの仲間は、森林のなかの林床に、または、樹木の幹や枝に着生して生育する種が多いため、一般に高い光量を要求しない。その一方で、熱帯圏や亜熱帯圏原産の種が多く、栽培時に加温や加湿を必要とする。これらのエネルギー源として、営農型太陽光発電によって得られる電力を用いることで、系統連携に依存しない運用が可能である。

きこの栽培も、ほとんど光を必要としない上に、培地の滅菌などに多くの電力を必要とすることから、営農型太陽光発電との適合性は高いと考えられる。

7.2 もともとあった営農設備からの置換

営農の場面で必要とされてきた設備等の一部を

PV 装置に置換すれば、農作物との光の競合を考慮する必要はない。

多くの果樹園では、強風による落果を防ぐために園地を葉の密度の高い樹種の防風林で囲っている。防風林といえども植物であるため、適切に剪定を行う等の管理が必要である。十分に管理されない防風林が成長しすぎて、園地に影を落とすことが問題となる場合もある。この防風林を、垂直型の PV 装置に置換するならば、PV 装置のメンテナンスは必要になるが、植物の管理作業はなくなり、成長することもないため好都合である。果樹園の防風設備としての PV 装置の導入には大きなポテンシャルがある。

一方、ブドウやオウトウ（さくらんぼ）では、果実肥大期（特に収穫の直前）の降雨によって、果実が急速に肥大して裂果することが問題となる。このため、雨避けハウスの設置が一般に行われている。雨避けハウスは、遮光が目的ではないため、透光性のある PV 装置が適している。また、雨滴を流す必要があるため、曲面であることが望ましい。これらの特性をもつ素材として、近年、性能の向上が著しいペロブスカイト型太陽電池に期待している。

7.3 圃場以外の農地・林地への展開

営農型太陽光発電と言われると、田畑をイメージする人が多いが、田畑だけでなく、上述の果樹園にもポテンシャルがある。

また、畜産の場にも PV 装置の導入が期待される。舎飼いする家畜の畜舎の屋根はもちろんのこと、放牧地の柵に垂直型の PV 装置を導入する、また、放牧されている家畜の休憩場所として、木陰が準備されていることが多いが、これも PV 装置に置き換えることが可能である。畜産の場でも、かなりの電力を消費するため、その一部を賄うことができれば十分に経済的メリットは生じる。

さらに、林業においても太陽光発電を導入できるポテンシャルがある。我が国において、森林バイオマスの活用が進まない主な原因のひとつに林地へのアクセスの不便さがある。木材や間伐材を切り出しても運べないために、林地自体が放棄されつつあるのが現状である。森林バイオマスを含む再生可能エネルギーの利用拡大を図るには、林道の整備が不可欠であって、山林内に新造される林道には、必ず法面が生じる。この法面には PV 装置を設置することができる。ただし、幅が細く長い範囲での設置となるため効率はよくないが、林地に必要なエネルギーの一部を現地で調達できるのであれば、経済的合理

性は生じてくる。森林の保護・再生は、単に林業の問題ではなく、水源の問題、下流の農業、水産業の問題でもあることはよく知られているところである。我が国の発展のためには、これらの関連性を包括的に理解して、全体として適切に利用する方針を策定することが不可欠である。

参考文献

- 1) 日本国特許庁 (2005) 公開特許公報 特開 2005-277038
- 2) 市原市ホームページ ソーラシェアリング発祥の地
<https://www.city.ichihara.chiba.jp/article?articleId=60237607ece4651c88c1855b> (2025 年 5 月 17 日閲覧)
- 3) 経済産業省資源エネルギー庁 (2025) エネルギー基本計画 pp.83
https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/20250218_01.pdf (2025 年 5 月 24 日閲覧)
- 4) 農林水産省農村振興局長 (2018) 支柱を立てて営農を継続する太陽光発電設備等についての農地転用許可制度上の取扱いについて pp.17
<https://www.maff.go.jp/j/nousin/noukei/totiriyo/attach/pdf/einogata-1.pdf> (2025 年 5 月 24 日閲覧)
- 5) 農林水産省 (2025) 営農型太陽光発電取組支援ガイドブック (2025 年度版) pp.45
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/renewable/energy/attach/pdf/einou-61.pdf> (2025 年 5 月 24 日閲覧)
- 6) 長島彬 (2014) 「ソーラシェアリング」のすすめ pp.5
<https://higashi9.jimdofree.com> (2025 年 5 月 27 日閲覧)
- 7) 農林水産省 (2024) 農林水産省説明資料 pp.17
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/068_02_00.pdf (2025 年 5 月 31 日閲覧)
- 8) 秋田県営農型太陽光発電モデル実証協議会 (2020) 太陽電池 (ソーラーパネル) 下部の農地における高収益性営農の検討
<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/48189> (2025 年 5 月 31 日閲覧)
- 9) 出光興産 (2025) 次世代営農型太陽光発電システムが令和 6 年度新エネ大賞「新エネルギー財団会長賞」を受賞
<https://www.idemitsu.com/jp/news/2024/250130.pdf> (2025 年 5 月 31 日閲覧)

著者略歴



堀端 章 (ホリバタ アキラ)

1991 年 3 月京都大学大学院農学研究科修了。

同年 4 月三菱ケミカル株式会社に就職し、株式会社植物工学研究所に出向して水稻品種“夢ごこち”の育成に携わる。1993 年 4 月近畿大学生物理工学部に助手として採用されて以来、植物育種学分野の教育・研究に携わる。2025 年 4 月教授に昇格し現在に至る。