

# 営農ソーラー

ベスト・プラクティス・ガイドライン

第2版



SolarPower  
Europe







# 序文

営農ソーラー（ソーラーシェアリング）分野は急速に拡大しており、驚くべき可能性を秘めています。ソーラーパワー・ヨーロッパの営農ソーラー・ベストプラクティス・ガイドラインの第1巻が出版されて以来、世界は複数の危機に見舞われています。COVID-19からロシアのウクライナ侵攻まで、前例のないエネルギー危機を引き起こしています。一方、気候危機とそれに伴う生物多様性の損失は、世界的な食糧不安と差し迫った水の危機を引き起こしています。その結果、欧州の機関や加盟国はグリーン・イニシアチブの展開を加速させている。太陽光発電のような産業は、農業を含む経済のあらゆる分野でのEUグリーン・ディール目標の取り込みを奨励しています。

これらの問題に取り組むためには、政策立案者が、保護的な二重土地利用型太陽光発電の導入を促進する枠組みを整備する上で、重要な役割を果たすことになります。営農ソーラーは、脱炭素化、エネルギー安全保障、持続可能な複数目的での土地利用、自然保護、土壌の健全性、食糧安全保障に対応し、それを保証する明確な解決策です。営農ソーラーは、経済的、社会的、環境的にさまざまなメリットをもたらす総合的な解決策を提供します。そして、農業とエネルギーという、私たちの社会と経済の2つの主要部門を効果的に結びつけるものです。土地は農業生産と太陽光発電の両方に利用されます。農業は気候変動に対して特に脆弱であるため、水上浮体式太陽光発電あるいは営農ソーラーのような複数目的の土地利用を含む、自然に配慮した太陽光発電事業地へと太陽光発電技術をスムーズに組み込むことができます。

本ガイドブックは、農地の複数目的での利用、農業部門への追加収入スキーム、より環境に優しい農村開発の機会など、営農ソーラー・ソリューションの特定を目的としています。これらのソリューションは、持続可能な設備、地元でのエネルギー生産、労働者の保護、廃棄物の価値化、人為的介入を必要とする荒廃地の修復などを通じて実施されます。このベストプラクティスガイドラインの目的は、過去の経験をもとに、既存のビジネスケース、トレンド、イノベーション、導入のためのベストプラクティスの概要を提供し、営農ソーラー技術の導入を成功させる方法を国内外の関係者に助言することにあります。

この報告書は、太陽光発電および農業関連企業、投資家、土地所有者、政府省庁、地方自治体、業界団体、科学研究センター、コンサルタント会社、サプライヤー、さらに一般的には営農ソーラーに関心のあるすべての関係者を対象としています。ガイドラインに記載されている最低要件、ベストプラクティス、推奨事項は、ソーラーパワー・ヨーロッパの土地利用・許可ワークストリームメンバーの経験から導き出されたものです。

この取り組みに参加したすべての関係者、特に専門的な意見を提供してくれた農業部門のパートナーに感謝いたします。



エヴァ・ヴァンデスト  
アマレンコ広報部長  
ワークストリーム・チェア



ウォルバーガ・ヘメッツベルガー  
ソーラーパワー・ヨーロッパ  
最高経営責任者





**SolarPower Europe Land Use and Permitting Workstream議長**：エヴァ・ヴァンデスト、アマレンコ

**SolarPower Europe Land Use and Permitting Workstreamの副委員長**：ベニー・ローレンソン（Lightsource bp）、ステファン・シンデレ（BayWa r.e.）。

**SolarPower Europe Land Use and Permitting Workstreamコーディネーター兼プロジェクトマネージャー**：リナ・ドゥビナ、ソーラーパワー・ヨーロッパ

**寄稿者**：Miguel Herrero (PV Case), Mariana Yaneva (APSTE), Jiří Bím (Solární Asociace), Jeanne Magnan-Vervoot (Amarenco), Marin Guinard (Amarenco), James McDonald (Engie), Mathilde Chambost (Sun'Agri), Eric Tonner (Vattenfall), Costanza Rizzo (Statkraft), Noam Shvartz (ソラレッジ)、Miriam Di Blasi (エネル)、Simone Mazzole (3Bee)、Emilien Simonot (ライトソースbp)、Jana Kalmbach (フラウンホーファーISE)、Teresa Ojangueren Fernandez (イベルドローラ)、Kalina Koleva (インソライト)、Thomas Reher (KURレーヴェン)、Prof. Bram Van de Poel (KU Leuven), Pierre-Antoine Chuste (Ombrea), Till Pegels

(Schletter Group), Alejandro Cardona Velez (Soltec), Mehmet Eren (Kalyon), David Moser (Eurac), Dan Gerstenfeld (Interteam), Colin Kulstad (BayWa r.e.).

**謝辞**：ソーラーパワー・ヨーロッパは、本報告書に知識と経験を提供してくれたすべての会員と農業関係者に感謝の意を表したい。彼らの継続的な支援なしには、このような報告書は決して実現しなかったであろう。

**テキスト編集**：ベサン・メバン（ソーラーパワー・ヨーロッパ）、リリー・マードック（ソーラーパワー・ヨーロッパ）、テレーズ・オドノヒュー（ソーラーパワー・ヨーロッパ）

**連絡先**：info@solarpowereurope.org

**引用時の表記**：SolarPower Europe (2023)：営農ソーラーベストプラクティスガイドライン第2.0版。

**発行**：2023年6月

**ISBN**：9789464669053。

**デザイン**：Onehemisphere AB, Sweden. contact@onehemisphere.se

**免責事項**：本レポートはSolarPower Europeが作成したものです。本レポートは、一般的な情報提供のみを目的としています。本レポートは、いかなる製品、サービス、金融商品の提供や推奨を意味するものではありません。本レポートは、技術的、投資的、法律的、税務的、その他いかなるアドバイスも提供するものではありません。本レポートをお読みになった方は、必要に応じてご自身の技術、財務、法律、税務その他のアドバイザーにご相談ください。本レポートは、正確であると思われる情報源に基づいています。ただし、SolarPower Europeは本レポートに含まれるいかなる情報の正確性または完全性を保証するものではありません。ソーラーパワー・ヨーロッパは、本レポートに含まれるいかなる情報も更新する義務を負いません。SolarPower Europeは、提供された情報を利用して発生した直接的または間接的な損害について責任を負わず、いかなる補償も行いません。

**邦訳**：特定非営利活動法人環境エネルギー政策研究所 Institute for Sustainable Energy Policies (ISEP)

SolarPower Europeは、本報告書にご協力いただいた土地利用・許認可ワークストリームメンバーに感謝します。



ソーラーパワー・ヨーロッパのスポンサーメンバー



# 目次

序文.....	3
略語.....	7
1はじめに.....	8
報告書の目的と範囲.....	13
2持続可能性.....	14
定義.....	14
持続可能なEUの政策.....	16
3 既存のベスト・ビジネスケース.....	28
ケーススタディ1：ドイツ、バイエルン州の営農ソーラー追尾システム（シュレッター）作物：穀物や標準的な農地の通常の輪作に従う作物.....	28
ケーススタディ2：フランス、ローヌ県エラルグのイチゴ用太陽光発電ハウス（アマレンコ社）作物：イチゴ.....	29
ケーススタディ3：フランス、ピレネー＝オリエンタル地域圏トゥルージュの太陽光発電温室で栽培される冬野菜（アマレンコ社）作物：冬野菜、セロリ、フェネル、サラダレタス、ミニ果樹園.....	30
ケーススタディ4：ヨーロッパ各地の既存の太陽光発電所に農業を導入（エネル・グリーン・パワー）作物：様々な作物.....	31
ケーススタディ5：フランス、オクシタニア地方のベルガード果樹園（AKUO）作物：あんず.....	32
ケーススタディ6：フランス、リアン（オンブレア社）のブドウの実験場作物：ブドウ.....	33
ケーススタディ7：フランス、エール（オンブレア社）の牡丹実験場作物：牡丹.....	34
4ベストプラクティスEPCとO&M.....	35
営農ソーラーシステムのEPC.....	35
営農ソーラーシステムのO&M.....	38
5トレンドと革新技术.....	43
営農ソーラーのためのHE助成プロジェクト.....	43
新しいパイロットプロジェクトとデモンストレーターのリビュー... ..	46
ケーススタディ8：スイス、コンテイにおける動的営農ソーラーソリューション・インソラグリ（インソライト社）作物：イチゴとラズベリー.....	47
ケーススタディ9：オランダ、ドイツ、オーストリアにおける営農ソーラー高架式試験プロジェクト.....	48

.....	48
ケーススタディ10：チェコ共和国における実験的アグロフォレストリー ー&営農ソーラーパイロット・プロジェクト 作物：成長の早い樹木、 その他の作物.....	49
ケーススタディ11：100kwpの樹木温室ーフランス南西部、ジロンド県 アイヤでの半透明モジュールと段階的遮光によるキャノピーの再現 (アマレンコ社) 作物：熱帯樹木.....	50
ケーススタディ12：ロベンジョール/トランスファーム営農ソーラー 実験サイト (ク・リュベーン) 作物：小麦、その他畑作野菜.....	51
ケーススタディ13：バヴァリア州ストラスキルヒェンにおける HyPErFarm営農ソーラー実証施設ACILITY (フランフォファーISE) 作物： ジャガイモ、小麦、大麦、キャベツ.....	52
ケーススタディ14：フランス、オーヴェルニュ＝ローヌ＝アルプの果 樹栽培におけるダイナミック・営農ソーラー (Sun'Agri & SEFRA) ...	53
ケーススタディ15：フランス、オーヴェルニュ地方における垂直両面 型営農ソーラーソリューション (エンジー社) 農作物：様々な作物、 または畜産.....	54
ケーススタディ16：シンビゾンプロジェクトエコロジカルなストリッ プファーミングと両面PVモジュールの組み合わせ：オランダ、アルメ ール (バッテンフォール) .....	55
ケーススタディ17：スペイン、トレドのワインソーラーとコンヴァイ ヴ・プログラム (イベルドロラ社) 作物：ブドウ.....	56
サポートシステムと追跡システムのイノベーション.....	58
ケーススタディ18：革新的な営農ソーラー追跡システム：Sharing the Sun (ソルテック社) .....	58
農業技術イノベーション.....	59
営農ソーラーの新しい活用事例と応用.....	61
事例：花粉媒介者用スマートセンサー (3bee) .....	61
事例：アトモクリーニングー太陽光発電所の効率を高める.....	62
事例：持続可能な農業のための画期的なソリューション (ソラク ア)；灌漑業者コミュニティ：スペイン、アリカンテ.....	63
事例：アニモブ・マフラ.....	64

## 略語

CAP	共通農業政策	JRC	共同研究センター
DC	直流	LCOE	平準化エネルギーコスト
EPC	エンジニアリング、調達、建設	MW	メガワットピーク
EU	欧州連合	O&M	運転・保守
GHG	温室効果ガス	UUA	農業利用地域
GWp	ギガワット・ピーク	SAC	持続可能な農業コンセプト
IPCC	気候変動に関する政府間パネル		





# はじめに

今日、世界は未曾有の危機に直面している。人為的な地球温暖化が地球の気候に急速に影響を及ぼしているのだ。2023年3月、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は第6次評価報告書の最終版を発表した。同報告書は、人間活動による温室効果ガスの排出によって、驚異的な速さで気候が温暖化していると結論づけた。地球の表面温度は産業革命前と比較して1.1°C上昇している。すべての排出シナリオにおいて、IPCCは2030年代初頭までに地球温暖化は1.5°Cに達すると推定している。

最近のIPCC報告書はまた、海面上昇や異常気象、氷冠の消滅など、地球の気温上昇が世界のあらゆる地域に影響を及ぼすことを強調している。その結論は、環境、社会、経済への悪影響に注意を喚起するものである。報告書にあるように、「現在、世界人口の約半数が、少なくとも年に1カ月は深刻な水不足に悩まされている…気候変動はまた中低緯度地域における農業生産性の向上を遅らせている…」<sup>1</sup>。

広範囲に及ぶ極端な気候の影響は、最近ではヨーロッパにも及んでいる。2022年、ヨーロッパは記録的な猛暑に見舞われ、深刻な干ばつ、降水量の低下、平均を下回る河川の流量などが引き起こされた。コペルニクスのデータによると、ヨーロッ

パ大陸は過去数十年間、他のどの大陸よりも急速に温暖化している<sup>2</sup>。

同様に、異常に乾燥した暖冬を記録した今年の冬は、南そして西ヨーロッパにおいてすでに自然の水循環へと影響を与えるものであった。フランス、スペイン、イタリアではすでに干ばつの影響が現れており、貯水量の確保や農業への影響が懸念されている<sup>3</sup>。

一方、世界人口の急速な増加は、水、エネルギー、食糧生産に対する世界的な需要の増加につながり、これらの物資の入手可能性に影響を与えざるを得ない。国連の予測によると、世界人口は2030年に86億人、2050年には98億人に達すると予想されている<sup>4</sup>。途上国の世界需要を満たすためには、農業生産を倍増しなければならない<sup>5</sup>。これと並行して、農業部門を含むさまざまな部門における世界のエネルギー消費は劇的に増加する。世界の最終エネルギー総消費量の約3%は農林業部門によるもので、総エネルギー使用量の約73.3%が暖房に使用されて

<sup>1</sup> 出典

<sup>2</sup> 出典

<sup>3</sup> 出典

<sup>4</sup> 出典

<sup>5</sup> 出典



いる<sup>6</sup>。ヨーロッパでは、農林業部門のエネルギー消費量が1%増加しており、2020年にはヨーロッパで使用される総エネルギーの3%を占めるようになる<sup>7</sup>。

この1年で、欧州をはじめとする世界のエネルギー価格は急騰し、2008年以降で過去最高を記録した。国際エネルギー機関（IEA）の試算によると、2022年のエネルギー価格上昇の90%は化石燃料価格の高騰によるものである<sup>8</sup>。このことは、農業を含むすべてのエネルギー消費部門に影響を及ぼしている。エネルギー価格の高騰とエネルギー多消費部門は、農場の経済的安定に深刻な影響を与える。ヨーロッパだけでも、エネルギー価格の高騰はEU全域の農家や農村地域に影響を及ぼしている。農業部門における主な影響は、水へのアクセスと灌漑プロセスにおけるエネルギー使用に関するものである<sup>10</sup>。綿密に設計され効率的な灌漑技術は、より高いエネルギー消費を必要とし、エネルギー価格の上昇は、そのような灌漑システムの実行可能性に影響を与える可能性がある<sup>11</sup>。

この危機への対応として、また世界的な気温上昇によるリスクを最小限に抑えるために、欧州委員会は2019年、パリ協定の1.5°C目標に沿ったEUグリーン・ディール・パッケージを採択した。このパッケージは、欧州が2050年までに気候ニュートラル大陸となるためのロードマップを発表した。EUグリーン・ディールの目的のひとつは、「Fit for 55」パッケージで定められた2030年目標である。この改正パッケージは、EUの温室効果ガス（GHG）排出削減と再生可能エネルギー導入の目標を提案している。目標は、GHG排出量を55%削減し、最終エネルギーミックスに占める再生可能エネルギーの割合を2030年までに45%（拘束力

のある目標42.5%+努力目標2.5%）に引き上げることである。EUは2023年3月、再生可能エネルギーの導入を加速させるためのより厳格な法律を暫定的に採択し、EUの再生可能エネルギーの拘束力目標を2030年までに42.5%に引き上げ、45%達成を目指す。

気候危機に加え、私たちは現在、過去50年間で最悪のエネルギー危機を経験している。ロシアの違法なウクライナ侵攻の結果、欧州委員会はREPowerEU計画を打ち出した。REPowerEU戦略の下、欧州委員会は次のような計画を発表した。それは、エネルギー供給の節約と多様化を図り、クリーンなエネルギーを生産し、欧州のロシア産化石燃料への依存を解消するというものである。

REPowerEUパッケージには、これまでにないEUソーラー戦略が盛り込まれ、欧州における太陽光発電への意欲を43%高め、太陽光発電の導入を加速させるためのいくつかのステップを明らかにした。前例のないEUソーラー戦略は、欧州における太陽光発電の導入を加速するための適切な枠組みを提供するもので、2025年までに400GWdc、2030年までに750GWdcというEUの太陽光発電目標を掲げている。将来のエネルギー導入シナリオに基づけば、欧州は設定した野望を上回り、10年後までには、現在の設備容量の5倍にあたるTWレベルのマイルストーンに達することができる。このため、太陽光発電部門は欧州のエネルギー転換の中心的存在である。欧州の野心的な目標には、太陽光発電パネルに適した既存の表面をすべて動員し、太陽光発電設備に適した空間の新たな利用法を開発することが必要である。営農ソーラーの拡大は、EUの気候変動目標の達成を加速させ、同時に農業の気候変動問題への耐性を高める好機である。

エネルギー危機と気候危機が農業部門に負担を強いる一方で、さらなるリスクが生じることは避けられない<sup>12</sup>。世界的に、農地は他の土地利用への転換や、気候変動による生産性の低下によって失われている。共同研究センター（JRC）の推計によれば、欧州では農地の約11%が放棄される危険性が高く、その中でも耕地が最大の割合を占めて

<sup>6</sup> 出典

<sup>7</sup> 出典

<sup>8</sup> 出典

<sup>9</sup> 出典

<sup>10</sup> 「灌漑とは、作物の成長と発育のために降雨では満たされない水需要を満たすために、人工的なシステムを通じて農業用水を制御して供給することである」（出典）。

<sup>11</sup> 出典

<sup>12</sup> 記事

いる<sup>13</sup>。

これと並行して、2016年以降、世界的な食料不安は増大している<sup>14</sup>。食料品価格の上昇とCOVID-19の大流行は、いずれも世界の食料市場に影響を与え、世界レベルでの食料の入手可能性を低下させた。2022年3月、世界の食料価格は前年比で60%以上上昇した<sup>15</sup>。世界食糧機関によれば、2023年の食糧不安は2020年に比べて倍増し、約3億4500万人が十分な食糧を入手できないリスクにさらされている<sup>16</sup>。ロシアのウクライナ侵攻は世界の食料市場に大きな影響を及ぼし、ウクライナでは輸出の大幅な減少によって食料価格がさらに上昇した。食料価格の高騰は、食料を購入する価格に影響を与える可能性がある。

食品価格の高騰は、製品を購入する手ごろな価格に影響を与え、世界的に低所得層や社会的弱者を脅かす可能性がある。欧州の平均農家所得は依然として平均を下回っているため、食料価格の変動は欧州市内外の農家にさらなるリスクをもたらす。農家の家計所得は過去10年間でわずかに増加しているが、他の職業と比較するとまだ低い<sup>17</sup>。

EUや加盟国の支援にもかかわらず、農家人口はEU全域で減少している。欧州委員会によれば、2020年にはEUの農家数は910万戸となり、2005年に比べて37%減少した<sup>18</sup>。

欧州では、農地がEUの地表面積の約50%を占め、耕作地、牧草地、モザイク農場を含む農地面積が39%を占めている<sup>19</sup>。20。土壌の健全性は、EUの農業慣行と必然的に関連している。現在、土壌の健全性を脅かしている要因はいくつもある。例えば、土壌の人工化、土壌浸食、土壌の劣化、砂漠化、

有機物の減少、生物多様性の損失は、欧州の土壌の健全性と生態系全体に影響を及ぼす共通の要因である。

<sup>13</sup> 出典

<sup>14</sup> 出典

<sup>15</sup> 出典

<sup>16</sup> 出典

<sup>17</sup> 出典

<sup>18</sup> 出典

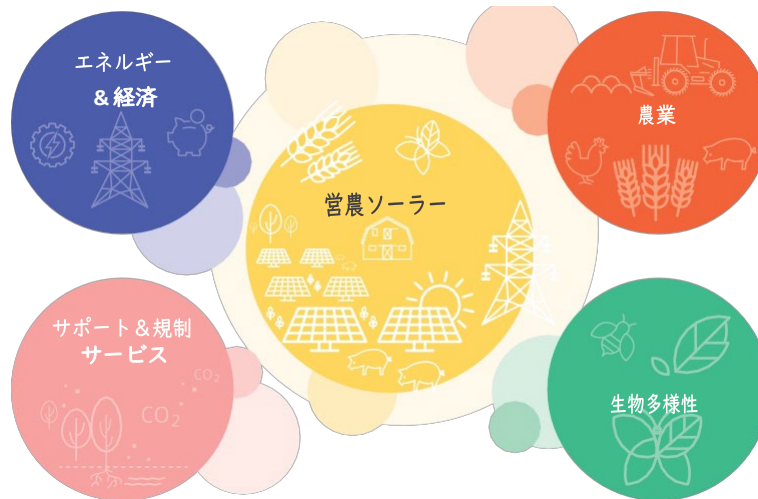
<sup>19</sup> 出典

<sup>20</sup> 出典



## 1 はじめに / 続き

図1 農業太陽光発電のコベネフィット



ヨーロッパの広大な地域では、さまざまな土地利用活動によって土壌の劣化が加速している。ヨーロッパの土壌の60～70%は劣化しており、年間約10億トンの土壌が浸食によって流出していると推定されている。このため、年間約12億5,000万ユーロの農業生産損失が発生している<sup>21</sup>。土壌の劣化を食い止めることは、温室効果ガスの排出を相殺し、健全な生態系を維持し、増加する人口の食料へのアクセスを確保することにつながる。土壌はまた、炭素固定においても重要な役割を果たしている。しかし、土壌の劣化は土壌有機物の損失を招き、土壌の炭素貯留能力に影響を及ぼす。その結果、持続可能な土地利用を確保することが、土壌生態系の保全、食糧安全保障、気候適応策の確保につながるため、極めて重要である<sup>22</sup>。

土地の不足とさまざまな業種の拡大が、土地資源を圧迫し、土地をめぐる競争を引き起こしている。

さらに、土地の利用可能性へのさらなる圧力は、世界的な食糧生産の増加から生じており、これは世界規模での人口増加によって引き起こされている。その上、人間が引き起こした活動や気候変動は、自然界に大きなリスクをもたらしている。生物多様性と生態系サービスに関する政府間プラットフォーム（IPBES）によると、少なくとも100万種の動植物が絶滅の危機に瀕していると考えられている。欧州の政策立案者も現在、環境・生物多様性政策を優先している。EU生物多様性戦略2030では、2030年までに生物多様性を回復させ、人間、気候、地球の利益につなげることを目標としている。健全な生態系は、食料、新鮮できれいな水、燃料を供給することができるため、人間の幸福の基盤である<sup>23</sup>。私たちの食料の90%以上は陸上生態系に由来し、人間にその他のサービスを提供している<sup>24</sup>。

<sup>21</sup> 出典

<sup>22</sup> 出典

<sup>23</sup> 出典

<sup>24</sup> 出典

一方で再生可能エネルギー、特に太陽エネルギーの開発と、他方で農地利用の維持は両立しないように見え、同じ土地の利用が対立することになりかねない。しかし、太陽光発電エネルギーを生産しながら、農業生産を維持・向上させることができる解決策がある。それが営農型太陽光発電（agrivoltaics）である。（以下、営農ソーラー（Agri-PV）<sup>25</sup>（「第2章 持続可能性」で定義）。

営農ソーラーは、複数の生態系サービスを提供しながら、エネルギー発電を併設できる多機能性から、世界的に注目を集めている。この応用は、エネルギー、食糧、環境安全保障の相乗効果を最大化する一方で、土地の効率性や土地生産性など、さまざまな利点をもたらす（図1参照）。

PVパネルは、異常気象に直面する農業生産に緩衝効果をもたらす。適切な設計によって良好な微気候条件を提供することができる。PVパネルによる遮光は、植物への乾燥ストレスの軽減、食料とバイオマス生産の増加、熱ストレスの軽減、厳しい気象現象からの植物の保護など、複数の相加的・相乗的なメリットをもたらすことが、数多くの研究で示されている。結局のところ、農業界と太陽光発電分野の相乗効果は、農業活動に害を与えない太陽光発電設備が無数のプラス効果をもたらすことを示している。

営農ソーラーの理論的可能性は高い。農地は欧州領土のほぼ3分の1（32%）を占め、28.2%が耕作地として利用され、3.8%が永続的な作物として利用されている<sup>26</sup>。試算によれば、農地の1%未満を営農ソーラーシステムに転換すれば、太陽光発電の生産量は世界のエネルギー需要を相殺できる<sup>27</sup>。

JRCが最近発表した研究では、EUの耕作地と永続的な草地・牧草地における営農ソーラーの設置容量

は、TWレベルに達する可能性がある。EUの利用農業地域（UAA）の10%に営農ソーラーシステムを設置した場合、設置容量は3.2TWから14.2TWに達すると推定されている。EUのUAAのわずか5%をカバーするだけで、総設備容量は1.5TWから7TWとなる<sup>28</sup>。このようなデータは、脱炭素化目標に貢献し、再生可能エネルギー普及を確保する営農ソーラーの可能性を浮き彫りにしている。

環境面以外でも、営農ソーラーは、農業地域の持続可能な開発を促進することで、多面的な機会を提供する。営農ソーラーは、雇用を創出し、地域社会の収入や税収を生み出し、農家や土地所有者に多様な収入をもたらすことで、農村経済にとって有益なものとなる。営農ソーラーは、特に持続可能な農業とエネルギー生産方法を切実に必要としている頻繁に干ばつに見舞われたり乾燥した景観を持つ農村地域において、重要な役割を果たすことができる。農村部における雇用創出と経済的繁栄は、農村部から都市部への移住、いわゆる農村部の過疎化を抑制することができる<sup>29</sup>。欧州では、農村部の人口は年平均0.1%減少しているが、2021年にはEUの面積の45%を農村部が占めるようになる<sup>30</sup>。営農ソーラーは農村部の社会経済的福祉を向上させ、持続可能で豊かな未来の基盤となる。

<sup>25</sup> 本報告書では、営農ソーラーを、持続可能な農業とエネルギー発電を組み合わせた市場分野を指す一般的な用語として使用する。アグリボルタイクス（agrivoltaics）という用語は、再生可能エネルギー発電を農業や自然保護と共存させる土地利用の概念を定義するために使われる。本報告書では、社会経済的・環境的便益、EPCとO&Mのベストプラクティスを含むがこれに限定されない、アグリボルタイクスに重点を置く。

<sup>26</sup> 出典

<sup>27</sup> 出典

<sup>28</sup> 出典

<sup>29</sup> 転出による農村部の人口減少(出典)

<sup>30</sup> 出典



## 報告書の目的と範囲

二重土地利用アプローチは、再生可能エネルギー生産のニーズに応えると同時に、農業生産の価値を高める。具体的には、気候適応策を促進し、極端な気象条件下でも作物を最適に保護することで、気候危機に対する農業部門の回復力を高める。その他のメリットとしては、土地効率の向上、水やその他の天然資源効率の向上、作物収量の改善、土壌の健全性、生物多様性の向上などが挙げられる。並行して、営農ソーラーは地域経済を活性化し、農村開発を支援することができる。これらのメリットを最大化するためには、持続可能な農業コンセプト（SAC）に従う必要がある。質の高い営農ソーラープロジェクトを実現するためには、プロジェクトの初期段階から、プロジェクトの開発・運営段階を通じて、適切な計画とプロジェクト設計を検討する必要がある。

そこで本報告書の目的は、既存の営農ソーラー・ベストプラクティス・ガイドラインを見直し、最新情報を提供することである。

- 持続可能な農業コンセプトと3つ星ベンチマークシステム。これらの更新には、SACに含まれる追加基準が含まれる；
- EUにおける既存の営農ソーラープロジェクト。これらの更新には、作物収量、水と土壌の効率、生物多様性の向上、社会経済的便益に関するデータが含まれる；
- 営農ソーラーの技術革新に関する最新情報。これらの最新情報には、新しいパイロットプロジェクトや実証試験の概要、新しい研究プロジェクトの最新情報、この分野における技術革新の動向などが含まれる；
- EPCとO&Mのベストプラクティスに関する最新情報。

本書は、太陽光発電業界の関係者向けに、持続可能な営農ソーラーの実践を展開するためのガイダンスを提供するものである。また、より幅広い関係者グループにも対応し、営農ソーラー部門のための情報ツールとしても役立つ。



## 定義

本報告書では、持続可能な農業の実践と太陽光発電設備が組み合わされた市場分野を指す総称として、営農ソーラーを使用する。持続可能な農業の実践は、農場とその地域にとっての環境的・社会経済的便益の向上を目指している。農場におけるエネルギー供給の脱炭素化は、すでに良い出発点であり、農業生態学や地域コミュニティへの参加など、プラスの影響を強化するために他の慣行を採用することができる。営農ソーラーの範囲には、納屋の屋根へのソーラーパネルの設置や、農業機械への太陽光発電の利用などが含まれるが、これらに限定されるものではない。

営農ソーラーの例は以下の通り：

- **灌漑システムへのソーラーパネルの統合**：浮体式ソーラーパネルや、構造物に取り付けたパネルを使い、作物に水を供給しながらエネルギーを生成するシステムもある。このソリューションは、灌漑と太陽エネルギー生産を組み合わせることによって、より効率的な水利用を可能にする。
- **ソーラー屋根の農業用小屋**：機器の保管や家畜の飼育、農作物の保護に使われる

ことが多い。このような構造物の屋根にソーラーパネルを設置することで、農地を失うことなく太陽エネルギーを発電することができる。ソーラーパネルは、固定された支柱に取り付けることも、太陽の動きに追従するように設計することもできる。

営農ソーラーとは、太陽光に依存する農業や自然保護と、太陽光発電設備やエネルギー生成を共存させる土地利用の概念と定義される。

営農ソーラーは、各生産現場や地域条件に適応した幅広いアプリケーションを提供している（図2参照）。最も一般的なアプリケーションのいくつかは、次ページの表1に記載されている。

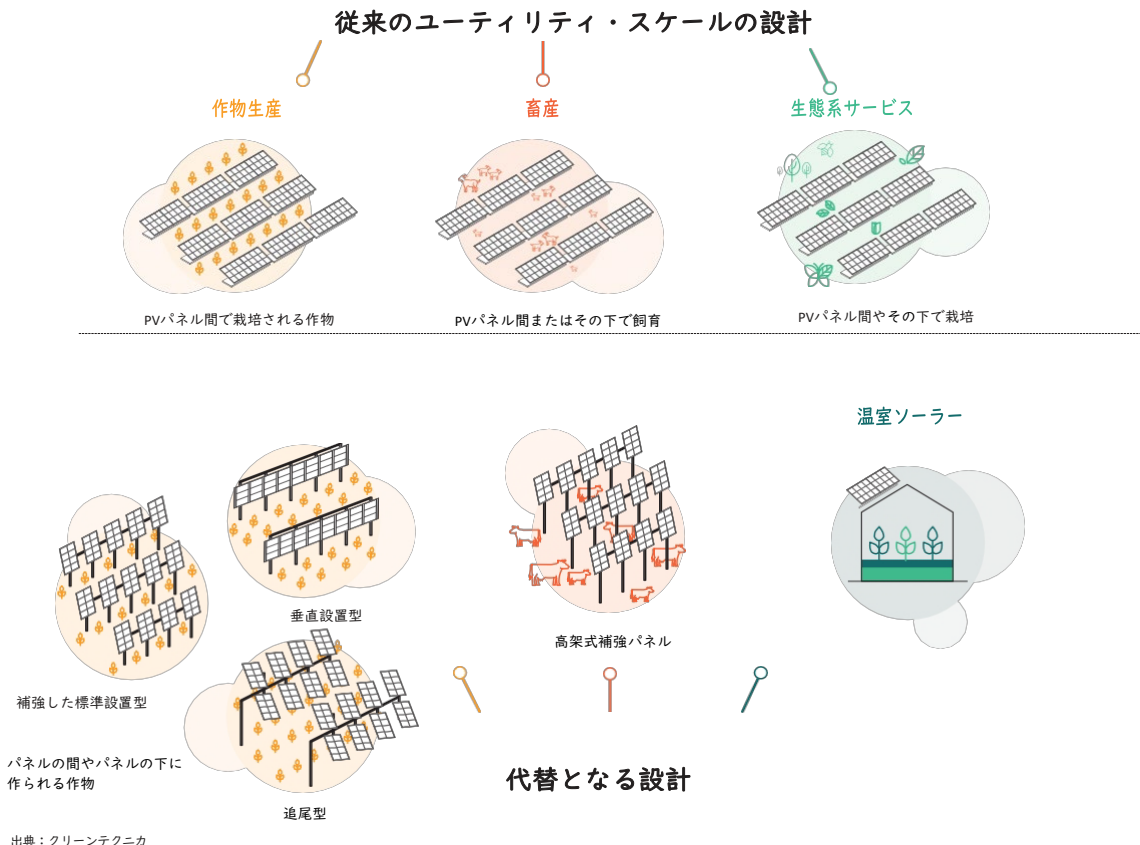
営農ソーラー設備は、農業活動が少なくとも維持され、最大でも改善されることを保証しなければならない。農業や自然保護と調和した農地への太陽光発電導入のアプローチは、営農ソーラー開発の核となる必要がある。



表1 一般的な営農ソーラーアプリケーションの例

農作物と太陽光発電所の組み合わせ	もうひとつの解決策は、PVパネルの列間に作物を栽培したり、列間や場合によってはソーラーパネルの下に家畜の放牧地を設けたりすることである。望ましい作物の種類は、葉物野菜である。これらの解決策によって、最適な土地利用が可能になり、土地の生産性が向上する。
高架式ソーラー・パネル・システム（ダイナミック・システムの有無に関わらず）	ソーラーパネルは、農作物や家畜の上に設置される。これにより、農作物はその下で正常に生育し、パネルによる部分的な遮光の恩恵を受けることができる。ソーラーパネルは、気候変動への適応、悪天候からの保護、農業上の利点、または動物福祉の向上を通じて、作物や動物に利益をもたらす。
ソーラー温室	ソーラーパネルを搭載し、農作物とエネルギーを同時に生産するシステム。ソーラーパネルは農作物に日陰を提供し、悪天候から農作物を守る。
太陽光遮蔽構造付き鳥小屋	養鶏場では、悪天候や外敵から鳥を守るため、屋根付きの構造物が必要になることが多い。このような状況において、太陽光遮蔽構造は鳥小屋の屋根として使用され、発電しながら鳥に遮光を提供する。遮光構造は、動物の福祉を確保するために、最適な自然光が差し込むように設計することができる。

図2 さまざまな営農ソーラーアプリケーション



## 2 持続可能性 / 続き

### 持続可能なEUの政策

図3 欧州共通農業政策（CAP）の目的



出典：European Commission

#### 欧州共通農業政策（CAP）

CAPは、欧州の農家を含む農業部門と、より広いEU社会との協力関係を構築することを目的としている。CAPの主な目的は、農家を支援し、農業・農村部門の継続的な発展を確保すると同時に、気候変動に対処し、天然資源の持続可能な管理を保証することである。新しいCAP改革は2021年12月に正式に採択され、2023年1月に発効した。改正CAP 2023-2027は、より環境に優しく、より公平で、より持続可能な農業の実践というコンセプトに基づいている。新CAP戦略は10の具体的な目標を掲げている（図3）。特に、CAPはより環境に優しく持続可能な農業活動に重点を置いており、エコ・スキーム、農村開発、気候変動と生物多様性、より高い緑の野望に向けた目標が設定されているが、これらに限定されるものではない。エコ・スキームには、有機農業、アグロ・エコロジー、炭素農法など、気候や環境にやさしい農法を支援する直接支払いに、少なくとも予算の25%の割り当てが

含まれている。CAP予算の40%は気候変動対策に、10%は生物多様性対策に充てられる<sup>31</sup>。CAPの10の目標は、国レベルで策定されるEUのCAP戦略計画の基礎となっている。

これらの計画は、各加盟国のニーズや目標に合わせて策定される一方、EU全体の目標も定めている。CAP2023-2027は、他のEU戦略と連動しており、特にFarm to Fork戦略と生物多様性戦略の目標達成を目指している<sup>32</sup>。さらに、2023年から2027年までの加盟国の再生可能エネルギー目標も組み込まれている。CAP計画で報告されている複合的な再生可能エネルギー容量目標の概要は、図3に示されている。

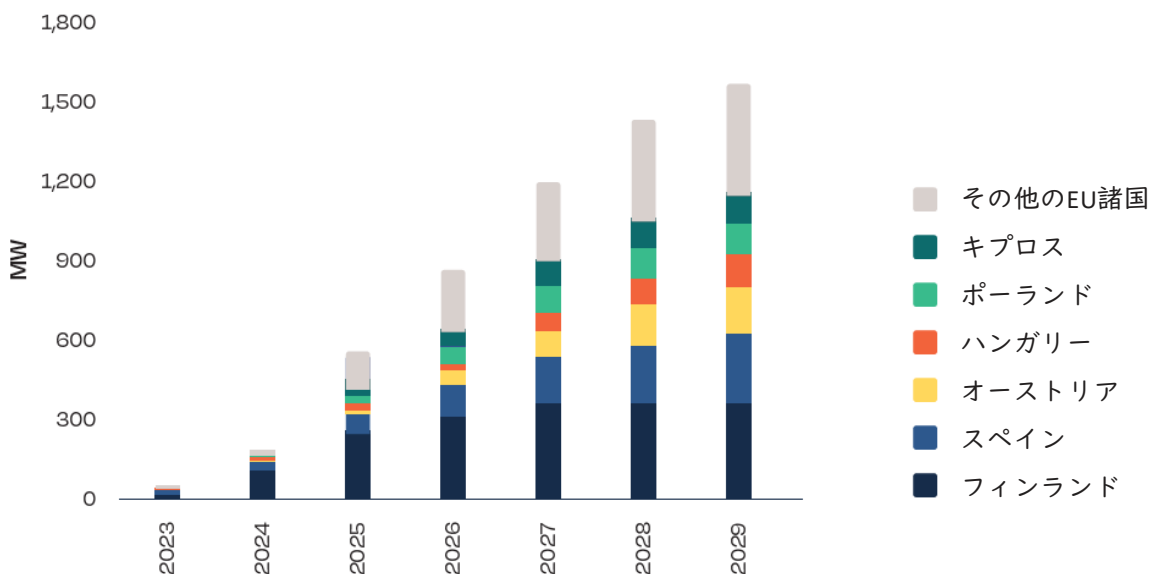
現在、14の加盟国がCAP戦略計画に太陽光発電を組み込んでいる。これらの国々は、オーストリア、ベルギー、ブルガリア、キプロス、チェコ共和国、

<sup>31</sup> 出典

<sup>32</sup> 出典



図4 EUのCAP戦略計画における再生可能エネルギー容量目標（2023～2029）



出典：European Commission, 2022bをJRCで分析

フランス、ドイツ、アイルランド、イタリア、ルクセンブルク、マルタ、オランダ、スペイン、スロベニアである<sup>33</sup>。営農ソーラーの用語は、ドイツ、イタリア、オランダ、スロベニアの4つの加盟国の戦略計画に組み込まれている。ドイツとイタリアのCAP計画は、PVと営農ソーラーの違いを認識している。

ドイツとイタリアのCAP計画は、太陽光発電と営農ソーラーの違いを認識している。ドイツのCAP計画では、さらに「農業目的の土地利用を損なわない高架式太陽光発電システムの設置」を推進している<sup>34</sup>。同様に、オランダのCAP計画は営農ソーラーを推進し、PVモジュールが農業活動を妨げない必要性を明確に定義している<sup>35</sup>。また、1ヘクタールあたりのPVモジュールの配置基準も定めている。スロベニアのCAP計画では営農ソーラーを推

進している<sup>36</sup>。

EUは、加盟国が自分の土地に営農ソーラーシステムを導入する農家へのCAP直接支払いを継続できるように、営農ソーラーの定義を明確にすべきである。CAPの第二の柱に由来する補助金は、持続可能な慣行を促進しながら、農業活動を支援することを目的としている。最近のJRCの出版物でも説明されているように、PVシステムと持続可能な農業活動を結びつける営農ソーラー設置の目的はまさにここにある。したがって、農業活動を継続し、土地リースによる補助金を受けていない農家へのCAP直接支払いは維持されるべきである<sup>37</sup>。

**EUの農村地域の長期的ビジョン - 2040年までに、より強靱で、つながり、弾力性があり、豊かな農村地域へ。**

2021年、欧州委員会は、2040年までに欧州の農村開発を強化するための計画を明らかにした。この戦略の目的は、農村地域が直面する課題と機会を

<sup>33</sup> 出典

<sup>34</sup> 出典

<sup>35</sup> 出典

<sup>36</sup> 出典

<sup>37</sup> 出典

評価するとともに、より強靱で、つながりがあり、豊かで、強い農村地域を実現するための解決策を提示することである<sup>38</sup>。

農村部は、他の地域と比較して、平均して高齢化が進んでおり、今後数十年の間に徐々に人口が減少していこう。これらの地域では、50歳未満の人口比率が最も低い。若年層の失業率も農村部ではかなり高く、13.4%に達する。とはいえ、ヨーロッパの農村地域は重要である。人口の30%以上、領土の80%以上を占めている（図4参照）。農村部は、食料生産を支え、天然資源を管理し、自然景観を保護し、レクリエーションや観光を支える、欧州社会の「糧とバター」である<sup>39</sup>。人口の高齢化は、多様な雇用機会の欠如、貧弱なインフラ、接続性の欠如と相まって、農村部における魅力的でない労働環境と生計を生み出すだけでなく、農村部の将来にリスクをもたらす。

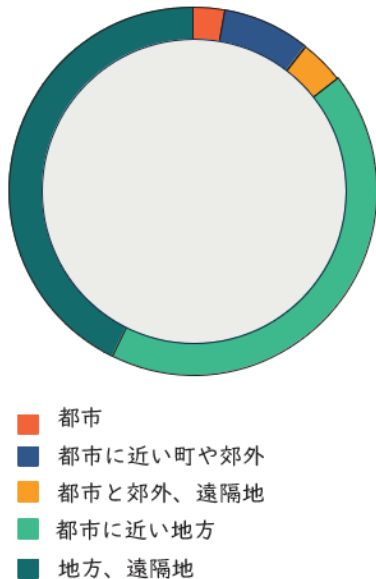
<sup>38</sup> 出典

<sup>39</sup> 出典



## 2 持続可能性 / 続き

図5 EUの土地被覆（2018年）



出典：EC-JRC

近年、気候変動の影響が顕著になってきている。熱波、洪水、干ばつなどの異常気象や気候に関連した事象は、ヨーロッパの多くの地域に影響を及ぼしている。2022年の夏には、ヨーロッパの多くの地域で観測史上最高気温を記録した。オーストリアのグラーツ大学の研究者の推定によれば、「ヨーロッパは2018年以来干ばつに見舞われている」<sup>40</sup>。このような異常気象は、今後数年間でより頻繁に、より激しくなると予測されている<sup>41</sup>。イタリア、フランス、スペインなどヨーロッパの一部の地域では、水供給の問題に直面している。他の情報源によれば、2023年の夏は前回よりもさらに乾燥する可能性があるという<sup>42</sup>。異常気象の影響は、都市や市民だけでなく、

<sup>40</sup> 出典

<sup>41</sup> 出典

<sup>42</sup> 出典

農業分野にも影響を及ぼすだろう。現在、スペインやイタリアのような国々は、干ばつという農業部門を脅かす事態に直接直面している<sup>43</sup>。

欧州環境庁（EEA）は、甜菜、トウモロコシ、小麦などの非灌漑作物が、今後30年間で南ヨーロッパで大幅に減少すると予測している。2050年には作物が50%減少すると推定されている。その結果、農家所得も2050年までに（地域差はあるが）大幅に減少する<sup>44</sup>。

### 持続可能な農業開発における営農ソーラーの役割

営農ソーラーは、再生可能エネルギーの生産だけでなく、農村地域を支援し、持続可能な農業慣行を確保するという重要な役割を担っている。営農ソーラーは、環境への負荷を最小限に抑え、農家に社会的・経済的利益をもたらす、気候変動と闘うためのいくつかの機会を提供する。営農ソーラーは、さまざまな競合セクターや世界的な人口増加によって引き起こされる土地不足の問題を最小化するソリューションを提供する。また、水不足の問題を解決し、農作物の生育を保護・増加させ、持続可能なエネルギー生産を提供し、干ばつや洪水などの厳しい気象条件から農村部を支援するソリューションも提供する。

### 環境への影響

M. Wagnerらが行った最近の研究では、ライフサイクルアセスメント（LCA）を用いて、単一使用型農業と高架式営農ソーラーシステムの環境影響を比較した<sup>45</sup>。その結果、農地に設置された営農ソーラーシステムが環境にプラスの効果をもたらすことが示された。具体的には、土地利用、気候変動、富栄養化を含む16の影響カテゴリーのうち15において、環境にプラスの影響があることが示された<sup>46</sup>。さらに、特定

<sup>43</sup> 出典

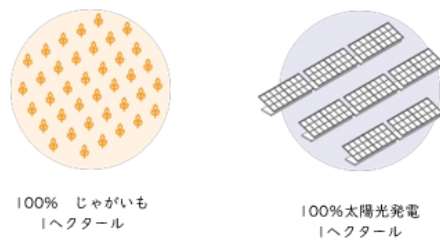
<sup>44</sup> 出典

<sup>45</sup> ライフサイクルアセスメント(LCA)とは、製品やサービス、システムのライフサイクル全体を通じて、環境やエネルギーに与える潜在的な影響を定量化するために用いられる手法である。

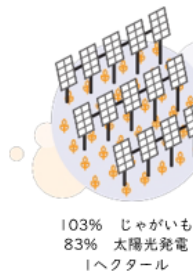
<sup>46</sup> 富栄養化：富栄養化：湖沼のような老朽化した水生生態系において、

図6 エネルギー生産の併設によるジャガイモ栽培の土地利用効率の向上

1ヘクタールでの土地の単一目的利用：ジャガイモ100%または太陽光発電100%



1ヘクタールの耕作地での土地の複数目的利用：土地利用効率186%



の条件下では、営農ソーラーシステムは、食糧生産資源を減少させることなく再生可能エネルギー生産に貢献できることが示された<sup>47</sup>。

### 土地の生産性

様々な報告や研究が、営農ソーラーのシェアリング効果による土地生産性の向上を紹介している。A. Sarrらの研究によると、営農ソーラーシステムは土地の生産性を35~73%向上させることができ、他の研究では土地の生産性は60~70%向上すると推定されている。図5は、太陽光発電設備とジャガイモ栽培を組み合わせた場合、土地効率が186%向上することを示している<sup>48</sup>。同様に、DineshとPearcheが行った研究では、土地の経済価値が30%以上増加すると見積もられている<sup>49</sup>。この経済価値の増加は、PVパネルが特定の作物に日陰を提供する結果、作物の収量損失を

減らすことによって達成された<sup>50</sup>。

ヨーロッパで利用可能な耕地の1%を営農ソーラージャガイモ栽培に転換すれば、さらに1,290GWpの導入が可能になると推定されている。MWpの絶対的技術ポテンシャルはさらに高い<sup>51</sup>。

### 水効率

農業の灌漑や散水は、世界の淡水使用量の70%を占めている<sup>52</sup>。地球温暖化による気温の上昇や厳しい気象条件の増加は、干ばつに見舞われやすい地域にさらなるストレスを与えるだろう。こうした世界的な課題に適応するためには、水の効率化と持続可能な水管理が不可欠である。蒸発散量<sup>53</sup>と日射量には高い相関関係がある。したがって、蒸発散量を削減すれば、灌漑の必要性を最小限に抑えることができる。営農ソーラーは、PVモジュール

リン、窒素、その他の植物性栄養素の濃度が徐々に増加すること(出典)。

<sup>47</sup> 記事

<sup>48</sup> 出典

<sup>49</sup> 出典

<sup>50</sup> 出典

<sup>51</sup> 出典

<sup>52</sup> 出典

<sup>53</sup> 蒸発散：土壌表面からの蒸発と、土壌に生育する植物の葉からの蒸散の両方によって、土壌から水分が失われること。(出典)



ールの遮光によって蒸発散量を減少させることで、灌漑用水の使用量を削減することができる<sup>54</sup>。これは作物の水需要を減らし、水利用効率を高める<sup>55</sup>。

営農ソーラーシステムの中には、太陽光発電パネルによる遮光によって蒸発散を抑えて灌漑用水の利用効率を向上させることで、エネルギー使用量を削減できることが実証されているものもある<sup>56</sup>。さらに、気温や土壌水分などの微気候条件や、灌漑目的の水利用効率の改善は、乾燥地帯での作物栽培にプラスの影響を与える可能性がある。

土壌水分の評価についても同様の研究が行われており、その結果、固定式では14.7%、移動式では11.1%の土壌水分の増加が見られた。土壌水分を高く維持することで、より効率的な水利用が可能になる。Adehらが実施した研究によると、水利用効率は328%と推定され、これは営農ソーラーパネルの使用による増加である<sup>57</sup>。より具体的な結果では、水利用効率は唐辛子で157%、トマトで65%、レタスで12%と推定された。さらに、別の研究では、レタスの水需要が約20%削減されたと推定されている<sup>58</sup>。

<sup>54</sup> 出典

<sup>55</sup> 出典

<sup>56</sup> 出典

<sup>57</sup> 出典

<sup>58</sup> 出典

## 2 持続可能性 / 続き

### 生物多様性の強化

営農ソーラーは、ソーラー用地の生物多様性を高める大きな可能性を秘めている。例えば、花粉媒介者の生息地を設ける太陽光発電サイトは、地域の生物多様性に恩恵をもたらし、絶滅危惧種の重要な保全メカニズムとして機能する（記事）。受粉媒介生物の生息地が増えれば、農作物の受粉や農業地域周辺

の害虫駆除といった生態系回復サービスが向上し、イチゴやブルーベリーのような果物の収穫量を増やすことができる<sup>59</sup>。

さらに、劣化した農地や価値の低い農地に適切に設計・管理されたソーラーサイトを設置すれば、劣化した土地を回復させ、生物多様性を大幅に純増させ

#### 情報ボックス1：事例 - 花粉媒介者の強化; 3bee

イタリアのシチリア島に位置するARCA - Francavigliaプロジェクトは、5.2ヘクタールに広がり、総発電容量は1MWである。このプロジェクトは、世界最大級の民間再生可能エネルギー企業であるCubico Sustainable Investments社が所有している。地域の生物多様性を改善できる可能性のある活動を調査するために、Cubicoは3Beeに、敷地内に蜜の多い植物を導入することで生物多様性を回復できるような、現場への介入方法をデザインするよう依頼した。

そこで、次の二つの活動が行われた。(i)蜜の多い植物を用いた再生プロジェクトの実施、(ii)モニタリング・プロトコルの設定である。この地域で蜜の利用可能性を最大化する理想的な植物の選択を決定するため、3Beeは欧州宇宙機関と共同で開発したAIツールFloraを採用し、Sentinel IIのデータを活用した。

プロジェクトに最適な植物が特定され、約1.6ヘクタールに導入された。

モニタリング・プロトコルは、以下の2つの要素で実施された：

- 4.0養蜂場（HiveTech）：3Beeは2つの巣箱からなる養蜂場を設立し、ミツバチの個体数をモニタリングし、ハイネクター植物の導入に対する反応を評価した。養蜂場では先進的なIoT（モノのインターネット）センサーを活用し、巣の健康状態、生産性、行動に関するデータをリアルタイムで収集した。

- 野生花粉媒介者のモニタリング（スペクトラム）：ミツバチに加え、3Beeはプロジェクトサイト全体にIoTセンサーを配備し、野生の花粉媒介者の個体数を監視・追跡した。これらのセンサーは、花粉媒介者の存在、存在量、多様性などのデータを取得し、導入した植物種が地域の花粉媒介者に与える全体的な影響を評価することを可能にした。

導入された植物種が地元の花粉媒介者に与える全体的な影響を評価できるようになった。

予備的な調査結果では、地域の花粉媒介者の存在が予想されたレベルよりも約10%大幅に改善された。花粉媒介者の活動が活発化することで、受粉の改善など生態系サービスの向上に貢献し、地元の農場とその作物収量に恩恵をもたらすからだ。



59 記事



することもできる。このような利点には、土壌の健康状態の改善、地域の動植物の多様性の向上、生態系の回復の支援などが含まれるが、これらに限定されるものではない。

畜産と太陽光発電の併設もよく知られた概念であり、土地の生産性と互換性において大きな成果を上げている。いくつかの研究では、家畜の放牧とエネルギー生産を共同利用することで、土地効率が向上することが示されている<sup>60</sup>。

### プラスチックの削減と循環性

営農ソーラーシステムのもうひとつの利点は、既存の作物保護システムの削減である。プラスチック・トンネルや遮光ネットなどのさまざまな保護システムは、高価値の常用作物を保護するために一般的に使用されている。同様に、地中海地域のような温暖な気候の地域では、畑作物にも保護システムを使用することができる。営農ソーラーは保護システムとして機能し、プラスチック・トンネルの使用に取って代わることができる。このようなプラスチックの使用は、環境中の毒性を高める可能性がある。したがって、営農ソーラーシステムによってプラスチック使用量を削減することは、環境と循環経済にプラスの影響を与えることができる。

### 社会経済

社会経済的要因は、農村地域とその発展を支える鍵となる。営農ソーラーは、収入を生み出し、雇用を提供し、社会的支援を促進する役割を果たすことができる。営農ソーラーの社会経済的メリットの一部を以下に挙げる：

- 農作物収量／食料生産
- ロスを回避し、灌漑費用などの一部を削減する
- 農家収入

- 追加収入の手段としてのエネルギー発電
- 再生可能エネルギー地域コミュニティ
- 農業セクターの電化
- 農業分野における雇用創出と新たな資格の提供

第一に、営農ソーラー設備は、悪天候の影響を緩和することで農作物を保護し、気候変動の危険の下でも経済的なパフォーマンスを保証する。

研究によれば、営農ソーラー設備は経済的パフォーマンスを向上させる機会を提供し、農家の収入を増加させることができる<sup>61</sup>。

営農ソーラーのビジネスモデル：

1. 農家は自分で生産した電力を消費し、余剰分を送電網に注入して売ることができる（電力を大量に消費する農業地域に適したソリューション）。
2. 生産者は、四半期ごとに見直されるグリーンエネルギー価格で、20年間保証された太陽エネルギーのすべてを販売することができる。
3. 最も一般的な解決策は、毎月の賃料を受け取るために、太陽光発電の屋根や土地を（屋根を改修したり、共同出資で新しい建物を建てたりして）借りることである。

発電所からの売電収入により、オーナーや農家は営農ソーラー発電所の耐用年数の期間、保証された年間賃料を受け取ることができる。これにより、農家は収入を多様化・安定化させることができ、農家活動の発展に貢献することができる。営農ソーラーは、農家にとって手頃な価格で経済的に有益な技術であるだけでなく、安全な投資であると

<sup>60</sup> 記事

<sup>61</sup> 記事

も考えられている<sup>62</sup>。

気候変動の影響を強く受ける農業界において、農業の経済的安定を保証する。農業界の活性化に貢献することで、営農ソーラーは地域の活性化という社会的役割も担っている。

また、営農ソーラーは雇用を創出し、エネルギー生産を通じて新たな収益を生み出し、全体的な経済的安定を確保することで、農村開発を支援することができる。しかし、営農ソーラーの普及をさらに加速させるためには、特定のスキルや知識が必要である。次ページの表2にその概要を示す。

さらに、営農ソーラー分野のトレンドとイノベーションは近年拡大している。パイロットプロジェクトや研究施設の結果、営農ソーラーは、アグロフォレストリー、パーマカルチャー、有機農業など、さまざまな農業のトレンドをサポートすることもできる（セクション5「トレンドとイノベーション」を参照）。

<sup>62</sup> 出典



表2 営農ソーラーの普及をさらに加速させるために必要なスキルと知識

再生可能エネルギー工学	営農ソーラーの分野では、エンジニアリングが重要な役割を果たします。営農ソーラー・ソリューションの設計から設置、メンテナンスに至るまで、太陽光発電技術の理解、システムのサイジング、電気設計やグリッド統合が不可欠です。
農業知識	農業慣行に対する確かな理解もまた、営農ソーラープロジェクトには不可欠な要素である。作物栽培、灌漑、土壌管理、畜産に関する知識は、最適な土地利用を可能にする。
プロジェクト管理	プロジェクト管理：効果的なプロジェクト管理スキルは、タイムリーな実行、リソースの配分、利害関係者の調整、品質基準と規制要件の遵守を確実にするために、営農ソーラーの設置を調整し監督するために必要である。
電気技術	営農ソーラーシステムの電気コンポーネントを扱うには、太陽光発電設置の専門知識を持つ電気技師または電気エンジニアが必要である。彼らの専門知識を活用することで、ソーラーパネル、インバーター、電気システムの適切な配線、接続、試運転が可能になる。
施工と設置	営農ソーラーシステムの設置には、技術者や設置業者のような建設作業員が必要である。
システムの監視とメンテナンス	営農ソーラーシステムの最適な性能と寿命を確保するには、継続的な監視とメンテナンスが不可欠である。技術者またはメンテナンスの専門家は、定期的な点検、パネルの清掃、トラブルシューティング、技術的な問題の修理を担当する。
環境・土地利用計画	環境影響評価や土地利用計画の専門家は、営農ソーラープロジェクトの環境的・社会的影響を評価する上で重要な役割を果たす。これらの専門家は、持続可能性と規制要件が遵守されていることを確認することができる。
研究開発	営農ソーラー部門に有益な新技術の開発には、研究者や科学者が不可欠である。さらに、研究、データ分析、革新的なソリューションは、生産性の向上、農地や農業経営への営農ソーラー・ソリューションのより良い統合に貢献する。
政策と規制の専門家	再生可能エネルギー政策、規制、インセンティブの専門家は、政策状況をよりよく理解し、ナビゲートするためのガイダンスを提供することができる。

### 営農ソーラープロジェクトの3つ星ベンチマークシステムの進化

上記の基準により、特定の営農ソーラープロジェクトの品質を評価するための枠組みを示すことができる。この枠組みは、プロジェクト開発の事前段階からプロジェクト期間中を通して使用できる3つ星ベンチマークの形をとることができる。しか

し、このガイドラインで試みられた提案は、本格的な品質保証の枠組みや標準とみなされるべきではない。その代わりに、このガイドラインは、セクション2.6 営農ソーラーを支援する方法で説明したように、営農ソーラーのための強固な規制の枠組

みの開発を促すことを意図している。

3つ星のベンチマークは、特定の営農ソーラープロジェクトが、それが生み出す農業エネルギーの相乗効果と、全体的な社会的・環境的持続可能性の観点から、どれだけうまく設計・運営されているかを捉えるものである。農業エネルギーの相乗効果とその持続可能性は、図3のように模式的に表すことができる。

### 3つ星のベンチマーク基準の読み方

SACの必須基準（「Must criteria」）を満たす営農ソーラープロジェクト（SAC自体の準備など）は、1つ星の営農ソーラープロジェクトとして認定される。もしプロジェクトが、PVシステムと農業活動の相乗効果を実証する、あるいはプロジェクトが

社会的・環境的に持続可能な実践に貢献するかどうかなどの追加基準（「Should基準」）を満たす場合、プロジェクトは2つ星評価に傾く。最後に、農業エネルギーの相乗効果を最大化したり、重要な生態系サービスを提供したりするような、クラス最高の基準（「Could基準」）をさらに満たす理想的なプロジェクトには、完全な3つ星評価が与えられる。注目すべきは、「Must」基準を満たすことが営農ソーラーとみなされるための基本条件である一方、「Should」基準や「Could」基準を満たすことは任意であるということである。これらの任意基準を1つ以上満たしていなくても、どのシステムもより高い品質評価を得ることはできない。重要なことは、本ガイドラインに記載されている基準は網羅的ではなく、あくまでも指標であるということだ。

表3 営農ソーラー基準

	Must 基準 ☆☆☆	Should 基準 ☆☆☆	Could 基準 ☆☆☆
<b>DIMENSION1 : 農業</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>農業活動と太陽光発電システムの一般的な情報、農業関係者のニーズの評価、プロジェクト用地の情報、営農ソーラーシステムの技術計画、設備/機械の使用評価を含むSACがある。</li> <li>農業活動のニーズを満たし、グリーン電力を生み出す。</li> <li>適切な作物の選択：太陽エネルギー生産を可能にしながらか農業生産性を最大化するために、ソーラーパネルによる部分的な日陰に耐える作物を適応させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽光発電と農業の相乗効果を実証する。</li> <li>光の分布と微気候条件の評価。</li> <li>水管理を行った。</li> <li>敷地内の樹木や動物の再導入、再生農業の導入など、持続可能な実践への移行を示す（再生農業の実践に関するFAO<sup>63</sup>ガイドラインなど、適用可能なガイドライン）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽光発電と農業の相乗効果を最大化する。</li> <li>農業活動の回復力の向上を実証する。</li> <li>農場での水消費量の純節約を実証する。</li> <li>農業モデルをポリカルチャー・モデルに転換する（モノカルチャーからの脱却）。</li> <li>土壌を豊かにし、生物多様性を回復するために、農業生態的な実践（化学薬品や農薬の使用を避けるなど）を支持する。</li> <li>効率的な灌漑の実施：農作物用の節水型灌漑システムを導入し、水の損失を最小限に抑え、水資源の利用を最適化する。</li> </ul>

<sup>63</sup> 国際連合食糧農業機関

表3 営農ソーラー基準 - 続き

	Must 基準 ☆☆☆	Should 基準 ☆☆☆	Could 基準 ☆☆☆
<b>DIMENSION2 : 環境</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクトの環境影響を効果的に評価すること（標準的な環境影響評価）。</li> <li>土壌浸食、土壌沈泥、水利用の評価への影響の評価。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建設中および解体中の土壌保全に関する最低基準を設定する。</li> <li>効率的な技術、構造物の分解性。</li> <li>ライフサイクル・アプローチを適用する。</li> <li>地域の動植物を増やすことで、持続可能な農法へと移行する。</li> <li>水使用量の純節水を導入する。</li> <li>エコロジカル・土地の攪乱を減らす。</li> <li>土壌汚染を減らす。</li> <li>コリドー（生態系回廊）を作る：在来の動植物の生息地を提供する。例えば、在来の植生地を含めたり、昆虫の花粉媒介者や鳥類、その他農業生態系に有益な種の生息地を提供する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生態系サービスの提供。</li> <li>「BNEガイド」などの環境ガイドラインを適用し、敷地内の生物多様性を高める。</li> <li>土壌再生と炭素回収サービスを提供し、データのモニタリングを行う。</li> <li>気候変動に適応するために微小気候条件を変化させる：生物多様性強化の一環として、種の移動プロセスを加速させるための移動補助方法を使用する。</li> <li>特に土地区画内または土地区画間で植林または再植林を実施し、生物多様性の質を支援する。</li> <li>敷地内の樹木を増やす。</li> <li>土地の生産性を高める。</li> <li>気候変動への適応に貢献できるプロジェクトを受け入れる。</li> </ul>
<b>DIMENSION3 : 社会経済</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全への配慮を含む農場の労働条件の評価。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>寿命の短い材料の交換による生涯経済的節約の分析。</li> <li>地元のサプライチェーンへの影響も考慮する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域コミュニティとその意見を統合した地域行動計画。</li> <li>地元の農業および再生可能エネルギー・コミュニティの設立と統合。</li> <li>地域的でエネルギー効率の高い流通経路に対応する。</li> </ul>
<b>DIMENSION4 : LCA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>システムのパフォーマンス監視</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>パフォーマンスに関するデータ収集（農業、環境、エネルギー、社会経済）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生態系および社会経済的サービスのパフォーマンスを詳細に評価する。</li> <li>一連の指標の定義、方法論、KPIの報告をプロジェクトに適用する。</li> </ul>





## 既存のベストビジネスケース

持続可能な農業のコンセプトは、環境だけでなく、社会的・経済的にも幅広い恩恵をもたらす。本章では、既存の知見をもとに、ヨーロッパ各地で行われているさまざまな営農ソーラー・プロジェクトを紹介する。既存の稼働中の営農ソーラーPVプロジェクトの概要、PVアプリケーションの設計とコンセプトに関する情報、開発・導入プロセスに関する洞察を提供する。さらに、この章では、持

続可能性の特徴に関するデータをモニターしている既存の営農ソーラーの事例を基にする。本章では、ドイツにおける2つの既存事例と、フランス、スペイン、ギリシャにおける6つの事例を取り上げる。これらのプロジェクトサイトの社会経済的、農業的、環境的便益に関する観察データを提供する。

### ケーススタディ1：ドイツ、バイエルン州の営農ソーラー追尾システム（シュレッター）

作物：穀物や標準的な農地の通常の輪作に従う作物

1.85MWpのドイツ初の営農ソーラー追尾システムの1つが、DoppelErnte社によって2019年に開発された。このシステムはこの種のものとしては初めてのものだが、コンセプトの実証として機能するだけでなく、2020年に系統に接続された際には、所有者に成果をもたらすことに成功している。このプロジェクトの目的は、可能な限り低いLCOE(均等化発電原価)を生み出すことで、農業生産高を100%に近づけることだった。現在でも、土地の90%が活発に耕作されているが、雨の多い年の農業収穫高はやや低く、乾燥した年には従来の農業と同じ収穫高となる。太陽光発電と農業生産高との共生により、2021年には農家主導で太陽光発電所が拡張され、O&Mはデベロッパーと地元パートナーが提供することになった。地元当局から高い評価を得ており、補助金を必要としない銀行融資が可能なコンセプトであることが実証されているため、許認可手続きは1年以内に完了した。今後予定されている規制の変更により、特定のユースケースについて3ヶ月の認可期間を達成することも可

能になるかもしれない。このPV追尾システムのもうひとつの利点は、標準的な農業の輪作プロセスに支障がないことだ。その結果、既存の機械をそのまま使用することができる。追尾PVパネル間の距離は、耕作と発電の両方の収量を最適化するように設計されている。両面モジュールの統合により、可能な限り最高のLCOEが得られる。最適化された列間距離は、作物にとって理想的な日照を可能にする。乾燥した気象条件では、PV構造物が土壌の乾燥を防ぐ。灌漑は、土壌水分センサーとフラウンホーファーISEの科学的サポートにより分析・最適化される。



ドッペルエルンテ © DoppelErnte.

### 3 既存のベスト・ビジネスケース / 続き

ケーススタディ2：フランス、ローヌ県エラルグのイチゴ用太陽光発電ハウス（アマレンコ社）  
作物：イチゴ

2018年に送電網に接続されたこのプロジェクトは、1.1ヘクタールの土地にイチゴやその他の季節作物を生産する9棟の太陽光発電ハウスを建設し、生産能力は2MWである。収穫量と生產品質を最適化するため、イチゴの苗は2年ごとに更新される。営農ソーラーイチゴは畑作と同程度の収入を得ることができ、他の種類のイチゴよりも収穫時期が早く、収穫期間も長い。

父から娘へと受け継がれた農場では、さまざまな農業活動によって面積を拡大し、1ヘクタールあたりの平均収入を7万ユーロに均衡させることができた。ハウスの遮光により、蒸発が抑えられ、ミストラル風が土壌を乾燥させるため、必要な水分が20～30%削減される。製品は地元で販売されるほか、既存の供給網を通じてマルセイユでも販売される。

さらに2年間活動した後の観察に焦点を当てる：

#### 農業の利益：

- ・農業の継続：2023年に農場を家族に譲渡する。
- ・繁殖：屋外には産卵鶏がおり、寄生虫や害虫を駆除し、有機農業に好影響をもたらす。

#### 環境への恩恵：

- ・水の効率：ハウスの遮光により、水の使用量を20～30%削減できる。敷地内には井戸があり、年間を通じて野菜の生産と鶏の飼育ができる。
- ・気候の回復力：既存のヒノキの生垣は、ミストラルの風から農作物を守り、暑い時期には家禽が涼むための日陰として、また多くの幼虫、種子、植物などがある食料庫として機能する。また、干ばつや火災予防に欠かせない垣根の伐採には、農場の鳥たちが役立っている。

#### 社会経済的利益：

- ・活動の多様化（養鶏とポリカルチャー）<sup>64</sup>：2022年にイチゴの価格が下落したインフレに対する回復力の強化。
- ・雇用：4～5棟のハウスでイチゴを収穫するため、正社員1名＋季節労働者2名を雇用。
- ・市場での販売製品は既存の供給網を通じて、同地域とマルセイユで販売される。
- ・現地での受け入れ：現地での受け入れに問題はない。



© Amarenco..



<sup>64</sup> 1つの土地で複数の異なる作物を栽培したり、複数の異なる種類の動物を飼育したりすること（出典）。



ケーススタディ3：フランス、ピレネー＝オリエンタル地域圏トゥルージュの太陽光発電温室で栽培される冬野菜（アマレンコ社）

作物：冬野菜、セロリ、フェンネル、サラダレタス、ミニ果樹園

2017年に送電網に接続されたこのプロジェクトは、2.1ヘクタールの敷地に21棟の太陽光発電温室を設置し、発電能力は2MWである。プロジェクトには、堆肥の施用や土壌に空気を含ませるためのソルガム栽培など、土壌の質を向上させるための1年間のプロセスも含まれていた。農場は今年、敷地全体を冬作のサラダレタスと春作のコルゲットに切り替え、転換期を迎えている。この移行の目的は、オーガニック価格の下落を予測し、営農ソーラーで樹木栽培からの収入減を緩和することである<sup>65</sup>。さらに、アプリコットの木がすべてのインターハウスに植えられる予定である。

ハウスの遮光により、蒸発量が減少し、トラモンタンの風によって土壌が乾燥するため、水の必要量が20～30%減少する<sup>66</sup>。この農園は、年間を通じて訓練されたプロの労働力から恩恵を受けている。農家は市場や季節によって労働力を使い分けており、春夏の終わりから秋にかけては樹木栽培に力を入れ、春は園芸に力を入れる<sup>67</sup>。

敷地はエコサート(Ecocert)の認証を受けており、作

物はすべて有機栽培である。年末に経験した大霜害2022年の冬でも農作物への影響はなく、さらに有利だった。同農園の農産物は地元で販売されている。2年以上の活動後の観察に焦点を当てる：

**農業の利益：**

- ・気候の回復力：2022年の冬に経験した大霜から作物を守った。バイオ認証有機農作物はエコサートの認証を受けている。

**環境への恩恵：**

- ・水の効率：約20～30%の節水。
- ・土壌の健康：堆肥を使用し、ソルガム作物を栽培して土壌に空気を入れる。

**社会経済的利益：**

- ・経済の安定：市場に追随し、経済パフォーマンスを維持するための文化の進化。
- ・雇用の創出：継続的な農業活動により、年間を通じて熟練した労働力を維持する。
- ・市場販売：全生産量の現地販売。
- ・地元の受け入れ：近隣住民や地元の反対は問題なし。



<sup>65</sup> 樹木や低木を育てる研究または実践（出典）。

<sup>66</sup> 北西から吹く強く乾いた冷たい風（出典）。

<sup>67</sup> 園芸植物を育てる研究または活動（出典）。



© Amarenco



### 3 既存のベスト・ビジネスケース / 続き

ケーススタディ4：ヨーロッパ各地の既存の太陽光発電所に農業を導入（エネル・グリーン・パワー）

作物：様々な作物

2021年1月、エネル・グリーン・パワー社は、ギリシャ、スペイン、イタリアの3カ国で9件の本格的な営農ソーラー実証プロジェクトを開始した。これらの実証プロジェクトでは、さまざまな気候帯のもとで、既存の地上設置型太陽光発電所で特定の作物を栽培するために必要な最適条件を調査する。

スペインとギリシャで実施された実証試験では、異なる気候条件とPVプラントのレイアウト（固定式または追尾式の標準システム、片面または両面モジュール搭載）のもとで、非常に有望な結果が示された。2つのモジュール列の間の通路で栽培された品種は、モジュールのない対照区で栽培された品種と比較して、以下のように農業収量が増加した：

- スペイン：+飼料40%増、タイム20%増、アロエ30%増、+ピーマン+60%、水使用量15~20%削減。
- ギリシャ：+オレガノ15%増、ナス30%増、ピーマン60%増。イチゴ：+さらに、モジュールの下で+14%増が測定され、日照時間中にLEDバックライト（フル・ソーラー・スペクトル）を使用すると+36%に達する。

エネル・グリーン・パワー社は、生物多様性に配

慮した農地技術の統合を促進するため、営農ソーラー実証試験の開発に総合的なアプローチを採用した。

ほかの持続可能な農業の事例も試験場で行われている。例えば、生分解性マルチングフィルムの使用などである。農業パラメータを測定するセンサーのネットワークが設置され、農業の評価が行われている。4.0（農作物のパイロットサイト）、水の削減、肥料の消費。さらに、以前は減少していた地元種の増加が観察された。

#### 農業の利益：

- 作物収量の増加：作物の種類にもよるが、15~60%の収量増加。
- 土壌の健康：肥料の削減を監視するセンサーの導入。

#### 環境への恩恵：

- 水の効率：両サイトで水使用量を15~20%削減。
- プラスチック使用量の削減：生分解性マルチフィルムの使用。
- 生物多様性の強化：花粉媒介者の生息地の統合、草原の鳥や野生の蝶などの絶滅危惧種の保護。

#### 社会経済的利益：

- 雇用の創出：学生、若者、家族向けの専用研修セッションを設け、地域社会との融合を図る。



© Enel Green Power.



## 情報ボックス2：イタリアの新しいデモ計画; ENELグリーン電力

エネル・グリーン・パワー社は垂直PV技術を用いた新しい営農ソーラーオープンラボをイタリアに設置した。デモプラントは30 kWpで、両面モジュールを搭載している。選ばれた作物はレンズマメとサフランである。この垂直営農ソーラープラントには水回収システムが装備されている。水の使用量を削減し、営農ソーラーシステムの持続可能性を高めている。結果は2023年に集約される予定である。

## ケーススタディ5：フランス、オクシタニア地方のベルガード果樹園 (AKUO)

作物：あんず

2015年、アクオ社はオクシタニア地方（ガール）に位置するフランス本土初の営農ソーラープロジェクトを立ち上げた。太陽光発電の遮光構造によって発電される2MWの設備容量を持つ「ベルガード」プロジェクトは、発電と有機アプリコット栽培および養蜂を組み合わせたものである。アクオの農業子会社アグリテラは、農家のマルク・ポルティエと共同で、このプロジェクトの農業分析を行った。その結果、作物と技術がこの地域の特性に適合した。遮光構造は、作物にとっていくつかの利点がある。作物は同時に、天候による危険や害虫、過度の日差しから守られ、アプリコットは十分な光を浴びて元気に育つ。

2022年、フランスの各地域は例外的な寒波に見舞われ、すべての農作物の収量に影響を与えた。それでも、オクシタニアの果樹園は何とか収量を確

保し、約8.5トン/haを供給した。

灌漑用水の投入量は、従来の果樹園に比べ50%削減された。また、2年前にシジュウカラ、コウモリ、猛禽類の巣箱が設置され、巣の稼働率は有望な結果を示している。

### 農業の利益：

- ・収穫量2022年、この果樹園の生産量は約8.5万トンであった。
- ・気候変動に強い：パネル遮光により、気候災害や熱波時の直射日光から農作物を守ることができる。

### 環境への恩恵：

- ・生物多様性の強化：敷地内に鳥の巣を設置する。

### 社会経済的利益：

- ・農家の関与：プロジェクトは地元農家とのパートナーシップのもと開発された。



© アクオ



### 3 既存のベスト・ビジネスケース / 続き

ケーススタディ6：フランス、リアン（オンブレア社）のブドウの木の実験場

作物：ブドウ

気候変動と異常気象に対応するため、オンブレア社は、制御された日陰構造による気候調整システムを開発している。日陰を調整することで、ブドウの木が適切に成長するための好条件を確保することが目的だ。2019年、オンブレア社とSCP（カナル・ド・プロヴァンス社）は、両社のビジョンと専門知識を融合させるために提携し、フランスブドウ・ワイン研究所（IFV）が監視する実験的なブドウ畑をリアンに設立した。

この事業地の調査は、良い結果を示している：

気候に関する結果：

- ・夏の高温が減少した：動的遮光により、灼熱時間（気温が35°C以上に達する時間）が51%減少した；
- ・日照時間が長すぎて農作物にダメージを与える時期の気温を66%下げる；

- ・大気中の水ストレスにつながる熱波の緩和：32%の削減；
- ・制御された遮光下での、系統的に低い土壌温度。

植物生理学の結果：

- ・日陰では、日陰でない対照区に比べ、水の制約が少ない；
- ・植生成長：シーズンを通して、より大きく、より長く持続する植生成長。

農学的結果：

- ・収量と糖度：通常のブドウ園と比較して、遮光システム下での収量と糖度への影響を確認するため、さらなる評価が必要である。
- ・2020年と2021年のヴィンテージで生産されたワインには、感知できる違い（香りと味わい）は見られなかった。

動的遮光試験区 - ブドウ。



© Ombrea

対照試験区 - しおれたブドウ。





ケーススタディ7：フランス、エール（オンブレア社）の牡丹実験場

作物：牡丹

この実験サイトでは、同じ圃場条件下で、完全日照（対照サイトなど）と比較し、動的遮光システム下に植えた *Peonies cv 'Sarah Bernhardt'* を評価した。動的遮光試験には、オンブレア社の技術が4年間使用された。気温、土壌温度、光合成有効放射量（PAR）、湿度が記録された。灌漑はモニタリングされ、作物のニーズに応じて実施された。収量と花の品質も測定された。

#### 気候の結果：

- ・冬の土壌温度は、ダイナミックシェーディングシステムの方が低かった；
- ・暖かい時期の土壌温度は、系統的に低かった（最大6度）；
- ・牡丹が熱ストレス下にあった期間は34%減少した；

- ・過剰な光の減少、つまり潜在的な光阻害が観察された；
- ・冬季の冷え込みは20~38%と、より良好であった。

#### 農学的結果：

- ・牡丹に関する測定は、気候条件の修正と一致した。
- ・対照区では、植物が気候条件にさらされやすくなり、夏に必要な水が27%増加した。
- ・動的遮光システムでは、花の収量が最大17%向上した。この増加は、生長期の気候条件が良くなり、炭素と窒素の貯蔵が良くなったためと考えられる。

可動式パネル下の牡丹



対照区の枯れた葉と可動式パネル下の葉



© Ombrea



営農ソーラーシステムの設置には、独自のEPCとO&Mの考慮が必要であり、太陽光発電システムと農業プロセスの両方の設計、設置、運用に影響する。農業の種類や各営農ソーラー用地の農業作業に応じて、営農ソーラーシステムは、光と雨水の十分な透過を確保しながら、農業機械、農業労働者、家畜の自由で安全な移動を可能にする方法で設計、設置、運用される必要がある。ドイツのように、既存の営農ソーラー技術ガイドラインや規制がある営農ソーラー市場では、これらの要件に基づくコンプライアンスや調整も考慮し、実施する必要がある。従来、PVシステムの設計、建設、設置は、エネルギー生産を最大化することを目的としていた。しかし、営農ソーラーシステムでは、エネルギー生産と農業生産の最適化が主な目標となる。これを達成するためには、以下のパラメータが非常に重要である。

## 営農ソーラーシステムのEPC

### 構造の高さ

営農ソーラーシステムのサイズと高さは、その土地で行われる農業活動に適したものでなければならない。営農ソーラーシステムの高さに関する要件は、いくつかの営農ソーラー技術ガイドラインに記載されており、高さの定義や異なる営農ソーラーシステムの最低高に関する要件が含まれている。

営農ソーラー構造物の高さについて一定の基準を定めている既存のガイドラインは様々ある。以下のようなものがある：

1. ドイツの「DIN-SPEC 91434」は、営農ソーラー設備とその高さパラメータに関する基準を定めている。
2. イタリアの「営農ソーラー技術ガイドライン」文書では、営農ソーラー構造物の高さの最低基準が定められている。

そのため、営農ソーラーシステムを適切な高さに設置することは、農業活動を許可する上で極めて重要である。しかし、システムの高さは、両面PVパネルを設置した場合のエネルギー生産量や、このようなプロジェクトの経済的実現可能性にも影響を与える可能性がある。アルベド<sup>68</sup>、そしてパネル裏面への戻り光は、地面の種類、遮光率、パネルの高さによって影響を受ける可能性がある。

高架式営農ソーラープラントを設計する場合、クリアランスプロファイルは労働安全衛生法に準拠しなければならない。重要なのは、PVシステムが作業員や機械に危険を及ぼさないように注意を払うことである。

### パネルの傾き

営農ソーラー設備における傾斜と方位<sup>69</sup>の重要性は、98の営農ソーラー研究を分析した最近の系統

<sup>68</sup> ある面に当たった光のうち、反射して戻ってくる光の量（光源）。

<sup>69</sup> 東から南の方位（出典）。



的レビューで強調されている。著者らは次のように結論づけている：

「一方では、PVアレイの方位と位置は発電量に影響し、他方では、作物が利用可能な日射量を制御することで植物の生育速度に影響する。従って、営農ソーラー設備の傾斜角と方位角を設定する際には、作物の利用可能日射量を注意深く考慮する必要がある」<sup>70</sup>。

理想的なパネル傾斜角は、農業活動、モジュールサイズ、典型的な気象条件、プロジェクトサイトの風上側のプロファイルによって異なる。パネルの傾きを変更できるダイナミック・システムは、柔軟性を高め、農業と発電の両方に利益をもたらす。ドイツの最近の研究プロジェクトによると、一軸トラッカーを使用することで、営農ソーラーシステムの発電量が22%～26%増加した<sup>71</sup>。

農業活動に関しては、作物の生育方向にも特別な注意を払う必要がある。

開発者は、気象現象から植物を十分に保護し、営農ソーラーシステムがモジュール下の作物に降水を均質に分配するようにしなければならない。この点で、モジュールからの排水は適切に管理されなければならない。

### 列の距離

列間距離は、営農ソーラーシステムにおける遮光や光透過、エネルギー生産や農作業において重要な役割を果たす。そのため、列間距離は農業活動に適合させる必要があり、ケースバイケースで評価する必要がある。国の技術指針によっては、許容される地上遮光率を定めている場合が多く、それが列間距離の決定に影響することもある。どのような場合でも、列間は作業員や農業機械が安全に作業を遂行するのに十分なスペースも確保すべきである。

光に敏感な作物と組み合わせた営農ソーラーシステムの場合、植物の生育への悪影響を避けるため光の利用可能性と均一性を最適化するよう、モジ

ュール列の配置と間隔を設計しなければならない。

理想的な列間距離は、遮光と光の均一化によって生まれるPVシステムと作物との相乗効果を最大化するものでなければならない。

### 水

したがって、営農ソーラー設備が農業の水需要を妨げないことが重要である。一般に、プロジェクト開発者は、営農ソーラーの作物への降水の均等な分配を確保しなければならない。この場合、作物が必要とする水量と、その土地の典型的な気候条件を評価する必要がある。現地の気候条件が作物に必要な水量を満たさない場合は、灌漑システムを導入する必要がある。

また、営農ソーラーシステムが下層で栽培される作物に与えるプラスの影響は、営農ソーラーサイトの設計や設置にも影響を与える可能性がある。最近の研究によると、営農ソーラーは、特にヨーロッパのような干ばつや熱波が顕著な地域において、植物ベースの食糧生産に対する干ばつの影響を緩和できることがわかった<sup>72</sup>。

### 土壌

モジュールから水を排出すると、ドリップエッジが発生し、それに伴って土壌が飛散する可能性がある。すべての営農ソーラーシステムにおいて、作物に適応した雨水収集システム、雨水分配器、または同様の装置を使用することができる。建設中および/またはプラント解体中に、元の土壌構造を復元するための適切な措置が取られるべきである。営農ソーラーシステムの基礎は、土壌の質への影響を最小限に抑えなければならない。システムを設置する際も解体する際も、圧縮や土地の移動によって土壌に悪影響を及ぼすことがあってはならない。この観点から、特殊なタイヤや機械、移動可能なトラックを使用し、地面が乾いているときにシステムを設置することが推奨される。農作物と組み合わせた営農ソーラーシステムは、生育期以外に設置すべきである。

<sup>70</sup> 出典

<sup>71</sup> 出典

<sup>72</sup> 出典



## 4 ベストプラクティスEPCとO&M / 続き

### 基礎と取り付け構造

特に厳しい気象条件の影響に関しては、現地の建設基準を尊重しなければならない。農地を保護するため、営農ソーラーシステムの基礎は、システムが完全に取り外し可能なように設計されなければならない。

土中や軟弱地盤では、取り外し可能な固定具を介して確実な基礎を提供する工法を用いるべきである。この観点から、杭打ち工法を使用し、可能な限りコンクリートやセメントの使用を避けることが推奨される。地域や土壌によっては、強固で特殊な基礎を使用する必要がある。畜産プロジェクトでは、プロジェクトサイトの動物の種類に応じて、システム基礎を適合させる必要がある。例え

ば、牛の飼育には、通常よりも深い基礎が必要となる。

### 配光、PVモジュール、設置タイプ

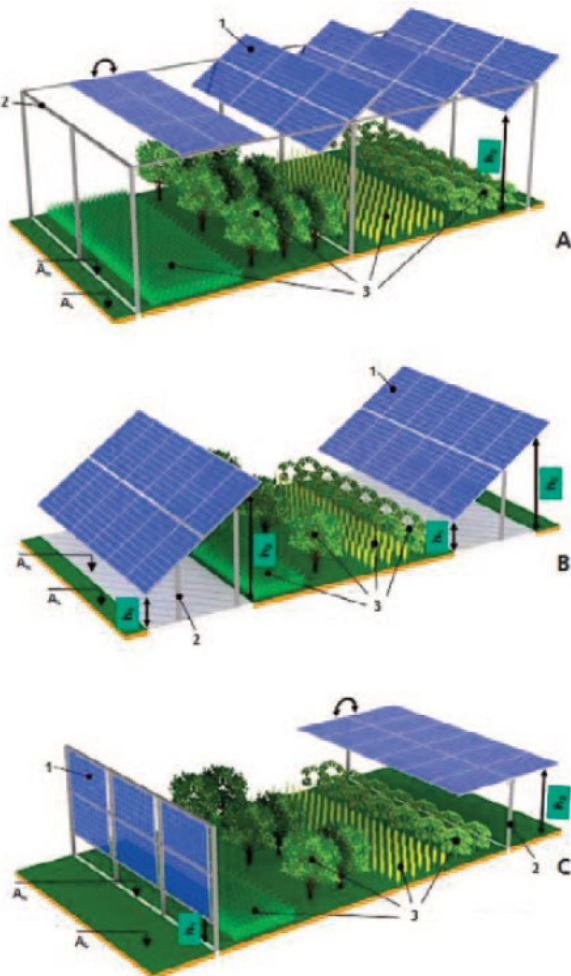
営農ソーラーサイトでエネルギー生産を最大化しながら、最適な作物の成長と動物の福祉を達成するためのさまざまな技術がある。

### 設置技術

さまざまなタイプの設置技術が用いられるが、最も一般的なもの（高架式、垂直式、列間式）を以下の図6に示す。

適切な設置技術の選択は、農業経営のタイプ、地理的位置、技術的ガイドライン（存在する場合）に基づいて行われるべきである。

図7 さまざまなタイプの営農ソーラー設備



カテゴリ-Iの  
施工例

カテゴリ-IIの施工例、形態1

カテゴリ-IIの施工例、形態1と2

#### 凡例

- AL 耕作可能な農地
- AN 耕作不可能な農地
- h1 2.1 m以下の高さ制限
- h2 2.1 m以上の高さ制限
- 1 PVモジュールの例
- 2 架台
- 3 作物の例

出典：Fraunhofer ISE

## PVモジュール技術

営農ソーラーサイトの光透過率を最適化するために、さまざまなPVモジュール技術を使用することができる。集光型太陽光発電（CPV）モジュールは、直達日射と拡散日射を別々に利用し、土地の有効利用を図るものである。直達日射は発電に利用され、拡散日射は作物の光合成に利用される。この技術はまだ大量生産されていないため、コストはまだ高い。営農ソーラーで一般的に使用されるPVモジュールは、半透明パネルと両面パネルである。

### 半透明

モジュールの透明度を調整することで、営農ソーラーシステムは作物の生育を最適化することができる。透明度の高いパネルはエネルギー収量が低くなるが、理想的な適度な日陰を保証し、作物を最大限に保護することができる。さらに、パネルのエネルギー効率に影響を与える植物の成長による冷却効果によって、低いエネルギー収量を部分的に補うことができる。

パネルの透明度は、それぞれの作物に合わせ、生育に最適な条件を作り出す必要がある。これは、直射日光に耐えられない作物には特に有効である。この技術の主な限界は効率が低いことで、大規模な設置には時期尚早である<sup>73</sup>。

### 両面パネル

両面技術を営農ソーラー設備に応用すると、直射日光と地面や植物からの反射光を同時に受けて発電できるため、さまざまな面でメリットがある。両面営農ソーラーの効率は最大24%に達する。そのため、両面パネルは営農ソーラーのLCOEの課題に対応すると同時に営農ソーラー設備でより多くのエネルギーを生産することができる<sup>74</sup>。

## 営農ソーラーシステムのO&M

全体として、既存の電気技術および静的規制、ならびに太陽光発電システム分野における対応する

試験要件は、すべての営農ソーラープロジェクトにおいて尊重されるべきである。

営農ソーラーサイトのO&Mに関連する考慮事項には、PVパネルの高さ、O&M作業員の農場へのアクセスの制限、O&Mに関連する活動が食料生産に与える影響を考慮する必要性から生じる、さらなる要素と課題が含まれる。

### 営農ソーラーサイトのメンテナンス全般

全体として、必要なメンテナンス作業は、プラントの設置者によって運転マニュアルに記録され、運転員によって観察されなければならない。記録されたデータの検証されたパラメータは、プラント固有の運転プロトコルに保管されるべきである。

農業面では、作物や牧草地は火災の危険を避けるために注意深く管理されるべきである。氷や氷柱の形成、極端な風雪荷重などの異常気象の際には、安全上の理由から、プラントの下で作業を行うべきではない。雨水分配システムのような賢明な準備によって、つららの形成を防ぐことができる。

### 故障検出と問題解決

エネルギー生産量の減少や太陽光発電システムに問題が発生した場合、O&M作業員は営農ソーラーサイトを訪れ、農場に入り、農作業に関わる可能性がある。そのため、農家とO&M作業員間の明確な調整を促進する必要がある。営農ソーラーサイト（高架式または農作物の列間）での故障の検出と修理には、パネルに到達するために、よじ登ったり、貴重な農作物に物理的に接近して作業したりするなどの追加措置が必要になるかもしれない。PV監視システムは、PVシステムの故障やモジュールの不一致を検出するために使用することができるため、農作業への干渉を減らし、O&M作業員による不必要な農場への立ち入りを防ぐことができる。

### 営農ソーラーサイトの健康と安全

営農ソーラーシステムのメンテナンスには特別な注意が必要である。人々が現場で働き、集中的な農業利用が行われ、損傷や汚染のリスクが高まる可能性があるからである。農家や作業員には、PVシステムに関連する特別なメンテナンスの必要性やリスクについて十分な情報を提供し、可能であれば適切なトレーニングを受けるべきである。

<sup>73</sup> 出典

<sup>74</sup> 出典

## 4 ベストプラクティスEPCとO&M / 続き

### モジュールの洗浄

PVモジュール表面の汚れやほこりは、PV出力の大幅な低下を引き起こす。PVパネルが農地の上、または農地に隣接して設置されている営農ソーラーサイトでは、機械の使用などの農作業が大量の土埃を発生させ、エネルギー収量の損失につながる可能性がある<sup>75</sup>。営農ソーラープラントにおける埃や汚れの影響を分析した最初の研究によると、1日平均0.35%の汚れの損失があり、降水や清掃のない夏期には性能比が40%にまで低下することがわかった<sup>76</sup>。

そのため、営農ソーラーシステムは定期的に清掃する必要がある。農業用土壌における耕作や植物保護剤の散布は、汚染を引き起こす可能性がある。そのため、植物固有の定期的な清浄度チェックを推奨する。

さらに、収穫ロスを最小限に抑えるため、汚れがひどい場合は営農ソーラーシステムとモジュールを洗浄する必要がある。洗剤を使用する場合は、食品、飼料、医薬品に関する法令を遵守する必要がある。一般的に、洗浄作業はPVシステムに不必要な負荷や偶発的な損傷を与えないよう、厳密に必要な場合にのみ行うべきである。

営農ソーラーサイトでは、パネルが高い位置にあるため、清掃がより困難になる可能性がある。パネルを反転させる傾斜角度を大きくできるトラッカーは、この課題を軽減し、パネルの清掃を容易にする可能性がある。PVパネル表面に親水性コーティングを施せば、最適な電気出力を維持することができる。

同様に、特定の農作業や処理は、材料の化学的変質を引き起こす可能性がある。化学的に最も効果的な洗剤は、土壌の種類、つまり作物や適用される製品によって異なる。

農作業は時折汚れを発生させ、迅速な洗浄を必要

とすることがある。また、農作業に支障をきたすことなく洗浄することが不可能な場合もある。農作業は天候に大きく左右されるため、従来の予防保全や清掃のスケジュールと同期させることは難しい。これらの作業は、予防保全のような「消防」モードで行わなければならない、経済的でない。あるいは、農家がメンテナンスの共同業者となる必要がある。例えば、特定の作業後にパネルを水洗いする方法がある。

### 牧草地管理

関連するプロジェクトでは、草が再生するのに十分な時間を確保できるような、効果的な牧草地管理戦略に従わなければならない。牧草地のローテーションサイクルに加え、プロジェクトサイトをいくつかのセクションに分割することが推奨される。

### 電気の安全性

太陽光発電設備、特に営農ソーラーを計画・設計する際には、安全性を十分に考慮しなければならない。太陽光発電所は、あらゆる電気設備と同様に、火災の発生や感電による人体への危険など、ある種の潜在的なリスクを抱えている。営農ソーラープラントの安全性は、農家、開発者、設置者、メンテナンスチーム、さらには保険会社、政策立案者、規制機関にとっても重要な関心事である。さらに、火災や感電の事故は、特に専用の拘束力のある基準や規制がまだ公表・施行されていない市場の初期段階においては、営農ソーラーの成長や社会的受容に悪影響を及ぼす可能性がある。したがって、営農ソーラープラントの安全性を詳細に調査する必要がある。

既存の調査によれば、営農ソーラー設備の安全性は、政策立案者、農家、太陽光発電業界の専門家にとって非常に重要である。一例として、ある調査研究では、米国における営農ソーラーの発展の主な障壁として、リスク、安全性、責任が挙げられている<sup>77</sup>。ドイツのDIN-SPEC 91434<sup>78</sup>では、「営

<sup>75</sup> 出典

<sup>76</sup> 出典

<sup>77</sup> 太陽エネルギーと農業の融合：アグリボルタイクスの市場、コミュニティ、社会政治的側面に関する産業界の視点A エネルギー研究・社会科学マガジン



農ソーラーシステムを維持管理する際には、特別な注意を払わなければならない。なぜなら、その地域で人々が働き、（集中的な）農業利用が行われる可能性があり、パネル損傷や汚れのリスクが高まるからである<sup>79</sup>。と記載されている。営農ソーラーサイトの設計、建設、運用においては、安全性を考慮する必要がある。太陽光発電サイトにおける2つの主な安全配慮事項は、感電とアークである。営農ソーラーサイトには、感電やアーク放電のリスクを高めるいくつかの特徴がある。



© KUルーヴェン

## ソーラーシステムにおける主な安全上の考慮事項

### a. 電気ショック

ソーラーパネルは太陽光を浴びた瞬間から電圧が発生する。各パネルは約40ボルト（平均）が発生するため、パネルを接続したストリングは約400ボルトから1500ボルトの高電圧が発生する（ソーラー・インバーターの種類とストリングの長さによる）。この電圧は、ソーラーパネルが太陽光線にさらされるだけで発生する。ソーラー・インバーターの電源を切るか、系統から装置を切り離すと、システム回路を通過する電流はオフになる。しかし、

直流電圧と呼ばれるパネルが太陽にさらされることによって発生する電圧を下げることはできない。高電圧は、システムの設置者や隣接する場所で作業している人々に安全上のリスクをもたらす可能性がある。直流電圧を下げるには、パネル単位で電圧を下げる機能が必要である。

### b. 電気アーク（火災）

電気アークは、導体やコネクタの断線によって発生する。多くの接続点とケーブルで構成されるソーラーシステムでは、ケーブルが必要通りに接続されていなかったり、損傷していたりすると、電気アークが発生する可能性がある。電気アークには、強い光と非常に高い熱といういくつかの顕著な特徴がある。そのため、電気アークは、あらゆる電気設備、特に太陽光発電設備において、発火や火災の一般的な原因となる。また、電気アークはシステムを「帯電」させ、それに遭遇した人を危険にさらす可能性がある。システムが古くなればなるほど、配線の経年劣化や接続部のゆるみにより、アーク放電の危険性が高まる。

## アークおよび感電のリスクを高める可能性のある営農ソーラー用地特有の特徴

- フェンスのない営農ソーラーサイト：一般的に太陽光発電用地にはフェンスが設置され、無許可の立ち入りを防ぎ、訓練を受けた太陽光発電の専門家しか立ち入らないようにしているが、営農ソーラー用地では必ずしもそうではない。イスラエルや日本など、ソーラー用地に一般的なフェンスの設置が義務付けられている数少ない国では、営農ソーラーの設置に関しては、この要件は特に削除されている。
- 農業者、農業機械、家畜がソーラーシステムの物理的近傍にいる：定義上、太陽エネルギーと食糧生産のための土地の二重使用は、その土地を太陽エネルギーの専門家と農家の両方が使用することを意味する。農民や農作業従事者は、ソーラーシステムのリスクについてあまり認識していない可能性がある。さらに、通常の太陽光発電システムよりも、配線や機器が損傷するリスクが高い。また、家畜がいると太陽光発電システムが破損するリ

第75号、2021年5月。

<sup>78</sup> ドイツAgri-PV市場向け技術ガイドライン：DIN SPEC 91434 -2021-05-Beuth.de

<sup>79</sup> 出典

スクも高まり、それが農作業や機械、作業員のリスクに転化する。

### 営農ソーラーにおける安全性の課題に対処するためのベストプラクティスとソリューション

様々な営農ソーラー市場の既存のガイドラインやベストプラクティスの文書は、営農ソーラーにおける安全性の課題に対処し、取り組むために、主に意識、電気安全、ケーブル配線に焦点を当てている：

#### a. 認識

第一段階として、営農ソーラープラントの設置・運営に関わるすべての関係者は、関連するリスクと安全上の配慮について認識していなければならない。認識については、いくつかのベストプラクティスや技術ガイドラインの文書に記載されている。

ベストプラクティスには以下が含まれる：

1. すべての職員が訓練と教育を受け、電気施設での作業と操作方法を知っていることを確認する。これによって、農業従事者を含む労働災害リスクを排除する。
2. 発電施設内への合図・注意喚起の標識を設置し、第三者による事故を防止する：
  - パワーコンディショナ、接続箱等の電気設備に感電注意等の安全標識を設置する；
  - 埋設ケーブルを示す安全標識の設置。
3. 潜在的なリスクに対する農民の意識を高める。
4. EPC事業者が農民とのリスクコミュニケーションに責任を持つようにする。

#### a. モジュールレベルパワーエレクトロニクス (MLPE) —システム直流電圧の低減とアークリスクの軽減

前述したように、パネルが太陽光にさらされることで発生するソーラーシステムの電圧を下げるためには、パネルレベルで発生する電圧（直流電圧）を下げる必要がある。これは、モジュール・レベル・パワーエレクトロニクス技術によって実現できる。MLPEデバイスは、PVストリング内の1つ以上のPVモジュールに取り付けられる。MLPEデバイスには、コネクタの故障検知や、出力電圧を非常

に低い（安全な）電圧レベルまで下げる機能などが含まれている。

直流電圧はパネル/パネルアレイが太陽にさらされるたびに発生するため、MLPEソリューションはパネルから発生する電圧を積極的に低減することで、アークや感電のリスクに対処する。さらに、先進的なMLPEソリューションの中には、アークが発生する可能性を事前に検知し、先手を打ってリスクを軽減できるものもある。以上のことから、感電や火災のリスクを低減するために、営農ソーラーシステムにモジュールレベルパワーエレクトロニクスを適用することが推奨される。より詳細なガイドラインについては「営農ソーラーシステムの建設と設置に関する日本のガイドライン」を参照のこと。

#### b. ケーブルの損傷と露出からの保護

ケーブルを保護し、家畜や農業者、農業機械による損傷にさらされないようにする必要がある。そのためには、ケーブルを埋設するか、適切な高さに設置する必要がある。以下は、営農ソーラーガイドラインに記載されているケーブル関連の要件やガイドラインの例である：

良い事例としては以下が挙げらる。

- ケーブルとケーブル分岐は、耕運機やその他の農業機械による損傷を避けるため、**安全な深さ**に設置する。この方法は、ケーブルが雨や日光に直接さらされるのを防ぎ、システムの寿命を延ばすことにもなる。
- モジュールの屋根の下、取り付け構造と並行してケーブルを配線することで、**地中のケーブル数を最小限に抑える**。このアプローチはまた、ケーブル配線を直射日光や雨から守り、システムの寿命を延ばす。
- 追加要素としては、システム構造支柱の周囲のケーブル溝を覆うためのラムプロテクションの設置がある。
- **動物の飼育を考慮する場合は**、動物が触ったり噛んだりしてシステムを傷つけたり、自分自身を傷つけたりしないよう、ケーブルやコネクタの高さを適切に定める必要がある。同じ理由から、シェルターではストリング・イ

ンバータやジャンクション・ボックスなどの電気コンポーネントを使用することが推奨される。(SPE営農ソーラーガイドラインバージョン1.0)。

- 多くのサイトではケーブルを埋設しているが、地上にケーブルがあるサイトでは、動物と人間の安全を確保するために、十分なマーキングと安全対策を実施しなければならない。埋設ケーブルの深さは、耕作などの農業活動に支障をきたさない深さとする。ケーブルは、**DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520)**に従い、**耕運機やその他の農業機械 (ドイツDIN-SPEC)** から安全な深さまで埋設すること。

- **ケーブル配線の高さ**は、人体との接触を避けるため、2メートル以上とする。発電システムを露出した場所に設置する場合も、同様の対策を講じることが望ましい。ケーブルやアース線などの埋設配線は、農家が土を掘り返す際に誤って切断する可能性がある。そのため、農作業の妨げにならない埋設場所を選定する必要がある (独DIN-SPEC)。

#### c. アーク故障検出器

アーク故障検出器は、アークのリスクと、それに起因する火災のリスクを低減する。営農ソーラー設備では、このような技術を使用することを推奨する。





営農ソーラーは太陽光発電と農業の交差点に位置するので、その導入と発展を確実に加速するために取り組むべき多くの課題がある。このような課題に対処するため、科学、研究、技術革新は営農ソーラーセクターの強力な貢献者であり、今後もそうあり続けるだろう。研究者やイノベーターは、(1) エネルギーと農業のシステム間の相互作用の理解を深め、より正確なビジネスモデルを構築するための影響や利益の文書化・定量化、(2) ハードウェアやソフトウェアの技術の改善・拡張、(3) 営農ソーラーの実証試験場の開発などを通じて、営農ソーラーの導入リスクを軽減する鍵を握っている。

本章では、営農ソーラーを促進するための現在進行中の研究と技術革新の動向について考察する。また、技術の導入、新しい農業への応用、その他の要素など、様々な革新的な側面を含むケーススタディにも焦点を当てる。小章に分け、以下の要素を含む：

- EU機関による農業分野での公的支援の概要を説明する；
- 技術オプションや農業利用事例における最新の開発動向について、事例を通じて概観する；
- 営農ソーラー分野で活躍するスタートアップのエコシステムと、農業技術分野との連携について、事例を通してダイナミズムを紹介する。

ヨーロッパでは、セクターを超えた研究やイノベーションを支援することを目的とした様々な公

的・民間資金援助が行われている。例えば、Horizon Europe<sup>80</sup>やRecovery and Resilience Facility<sup>81</sup>などの公的資金がある。公的資金による研究とイノベーションは重要であり、営農ソーラーの進歩を確実にするために推進されるべきである。ホライゾン・ヨーロッパ（HE）の一環として、いくつかの営農ソーラー関連の研究プロジェクトに資金が提供されている。これらの公的研究助成の目的は、科学的卓越性を促進し、知識の共有と技術開発を促進することである。

### 営農ソーラーのためのHE助成プロジェクト

現在、営農ソーラーの研究に焦点を当てた3つのHE助成プロジェクトがある：

- SYMBIOSYST(シンビオシスト)
- REGACE
- PV4plants

本セクションでは、これら3つのHEプロジェクトについて、プロジェクトの背景や目的、これまでの成果や学びを含めて簡単に説明する。

<sup>80</sup> 研究とイノベーション、気候変動への取り組み、国連の持続可能な開発目標の達成を支援し、EUの競争力と成長を押し上げるための重要な資金援助プログラム」。(出典)

<sup>81</sup> ファシリティーは一時的な回復手段である。欧州委員会は、加盟国がEUの優先事項に沿った改革や投資を実施し、欧州連合（EU）の経済・社会政策調整枠組の下で、国別勧告で特定された課題に取り組むのを支援するための資金を調達することができる」。(出典)

## SYMBIOSYST (シンビオシスト)

2023年初頭にキックオフされるSYMBIOSYSTプロジェクトは、PVモジュール、架台構造、O&M手法の面で、標準化された費用対効果の高いソリューションを、気候や景観の異なるさまざまな作物特有のニーズに適応させることでイノベーションを導入する。これにより、プロジェクトは、大量生産が可能で景観に溶け込み、農業という主目的を維持しながら、コスト効率に優れた解決策を見出すことを目指している。

SYMBIOSYSTプロジェクトは、土地と作物、オープンまたはクローズドな営農ソーラーシステム間の相乗効果を十分に活用する。そのために、プロジェクトは営農ソーラーを利用して以下を開発する：

(i) 未来の果樹園

(ii) 露地園芸における太陽光発電の共生的統合

(ii) 限りなくゼロ・エネルギーに近い温室

このプロジェクトの野心は、設計から実施段階まで完全に統合されたソリューション、つまり太陽光発電と農業が相互に有益な関係を築き、景観に生態学的な好影響を与える共生を生み出すことである。



## REGACE

EUが資金提供するREGACEプロジェクトは、営農ソーラーがEUのクリーンエネルギー・ポートフォリオに大きく貢献できる、破壊的で急進的な革新的技術を開発・検証する。

REGACEのソリューションは、クリーンで手ごろな価格のエネルギーという望ましい目的地への影響に完全に対応するため、他のソリューションと比較して高い競争力を持つことになる。このプロジェクトで実証されたシステムは、日照時間の短い地域でも費用対効果が高い。核となる技術は、温室内に設置された応答追尾システムで、植物のニーズに応じて追尾システムの角度を変えるPLCコントローラーによって駆動される。

経済的な影響に加え、これは生態学的・環境的な持続可能性にも大きなプラス効果をもたらし、寿命の長いメンテナンスと運用を通じてエコロジカル・フットプリントの削減につながる。



## PV4PLANTS

PV4Plantsは、営農ソーラー技術のエネルギーと農業の相乗効果を高め、生育条件を改善し、土地利用効率、作物収穫量、再生可能エネルギー発電量を増加させる。これは、PVガラス表面に最先端のナノ粒子を散布することで、PVパネルの光透過率を最適化することで達成される。

PV4Plantsシステムは、健全な収穫を実現し、異なる気候条件や作物品種に適応できるよう特別に設計されており、トルコ、スペイン、デンマークの再現性の高い3つの実証サイトで実証される予定である。

PV4Plantsシステムの製造と耐用年数の両方において、部品と材料のリサイクル性と再利用は、プロジェクトの中心的な側面である。PV4Plantsシステムは、環境製品宣言（EPD）、ISO 14021への準拠、UNEPによるサステナビリティ・エクセレンス・ラベルによって認証される。

PV4Plantsは、その市場浸透と以下の取り込みを促進する：

- 革新的な営農ソーラーシステムに対する農民の受容と信頼を高めるための革新的な農民参加戦略；
- 投資パフォーマンスを向上させるための新しい資金調達スキームとビジネスモデル；
- 欧州における営農ソーラーシステムの普及を加速させるための新たなメカニズムの構築。





## 新しいパイロットプロジェクトとデモンストレーターのリビュー

営農ソーラーは、世界規模で飛躍的に成長し、成熟しつつある、農業の実践と太陽光発電開発の双方にとって、革新的なソリューションである。本章では、営農ソーラーの最新動向をレビューし（表1参照）、今日までテストされ、再現され、スケールアップされてきたさまざまなユースケースの概要を紹介する。

放牧は営農ソーラーの最も強力な採用例であり、作物やその他の関連する植生農業もそれに応じて

テストされ、再現されている。しかし、大規模な導入と開発はまだ進行中である。技術的な実現可能性の実証や検証が進んでおり、現在、そのスケールアップは、コスト競争力、適合する規制、顧客の賛同など、市場導入の革新的ニーズに依存している。

革新的なパイロットプロジェクトとデモンストレーターの概要は、以下のケーススタディを参照されたい。

表3 テストされ、複製され、スケールアップされたさまざまなユースケースの概要

成熟度	林業と アグロフォレストリー		放牧		農作物				水産養殖
	林業	アグロフォ レストリー	牧草地の 集約化	輪換放牧	一年生 作物	生鮮市 場園芸	多年生作物		
					穀物			果樹園	ブドウ畑
初めての事例	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ほかで実証され た事例			X	X	X	X	X	X	
スケールアップ の事例			X	X					

ケーススタディ8：スイス、コンテイにおける動的営農ソーラーソリューション・インソラグリ（インソライト社）

作物：イチゴとラズベリー

スイスのインソライト社は、太陽光の透過率を調整し、農作物を静的に保護する、動的営農ソーラー・ソリューション「インソラグリ」を開発した。過去2年間、インソライト社は、アグロスコープ社、ロマンデ・エネルギー社、CSEM社と共同で、コンテイ（スイス）にパイロットサイトを開発した。工業化され商業利用可能なインソラグリ・ソリューションのデモンストレーターは、2022年に設置され、適格な部品が使用された。インソライトのダイナミック営農ソーラー・ソリューションは、次の3つの主要要素に基づいている：

1. 静的半透明パネルは、光を通しながら作物を物理的に保護する。
2. 熱波、日焼け、夜間の霜から農作物を保護するため、反射性の農業用スクリーンでできた操縦可能な光学層。
3. 作物固有のパラメータと微気候センサーに基づいてスクリーンの展開を制御する光管理ソフトウェア。

インソラグリは、農作物に適切な量の太陽光を与え、余分な光を電気に変換し、地球温暖化や異常気象に対する回復力を高めるように設計されている。スクリーンが展開されると、両面セルに向かって光を反射する。従って、同じ透明度の静的システムと比較して、単位当たりの日射量が増加することになる。

現在、コンテイでラズベリーとイチゴを用いた農学試験が進行中で、アルゴリズムやパラメータの試験も含めて、このソリューションを検証している。2021年から2022年にかけて収集された最初の結果は以下の通りである：

1. インソラグリで栽培されたラズベリーの果実の収量と品質は、マルチスパンのビニールハウス内で栽培されたものと同等であった。
2. インソラグリは、暑い日には葉の温度を最大8℃下げることができ、寒い夜には地温を最大7℃上げることができる。



© InsoLight.

## 5 トrendと革新 / 続き

### ケーススタディ9：オランダ、ドイツ、オーストリアにおける営農ソーラー高架式試験プロジェクト

2022年、BayWa r.e.は、ドイツ南西部のバーデン・ヴュルテンベルク州に1件、オーストリアのシュタイアーマルク州に1件、オランダの中央部に2件、欧州全域で4件の営農ソーラー高架式モデル・パイロット・プロジェクトを導入した。2022年末までに、欧州連合（EU）におけるBayWa r.e.の営農ソーラープロジェクトは15件となる。

ドイツのオードハイム市では、115kWpの「チェッカーボード」高架式モデルがラズベリーのテストパイロットに適用された。透明なパネルと太陽光発電パネルを組み合わせることで、70%の光透過率を実現し、「雨に強い」システム設計となっている。ヴァインズベルク州立ブドウ栽培・ポモロジー教育研究所（LVWO）との協力により、このシステム設計が地下の農業に及ぼす影響がモニターされる予定である。

オーストリアのグラーツ市近郊では、子会社のECOWindおよびハイデッグ研究施設と協力し、BayWa r.e.が340kWpの石果・仁果類用試験発電を完成させた。

オランダでは、子会社のGroenLevenと協力し、オランダ政府からの資金援助を受けて、BayWa r.e.はエンスペイクとランドヴァイクの地域に2つの営農ソーラーテストパイロットを建設した。エンスペイクのプロジェクトは、105kWpのサクランボ・テストパイロットで、農業技術の革新のために企業、教育、政府を結びつける地元の組織であるフルーツ・テック・キャンパスと共同で開発された。125kWpの洋ナシ試験栽培であるランドヴァイクは、ワーヘニンゲン大学&リサーチとの同様の協力のもとに建設された。

2023年には、羊や牛が営農ソーラーシステムと一緒に草を食むことができる「レンジボルタイック」営農ソーラーシステムの効果をテストする新たなパイロット試験が予定されている。初期の調査結果では、熱ストレスを軽減する能力が有望であること、また導入された家畜が生態系に直接的な利益をもたらすことが判明している。



© ECOWind/David Griesler/Haidegg 1



---

ケーススタディ10：チェコ共和国における実験的アグロフォレストリー&営農ソーラーパイロット・プロジェクト

作物：成長の早い樹木、その他の作物

アグロフォレストリー営農ソーラー実験システムは、チェコ共和国プラハ近郊のプルホニツェにあるVÚKOZ（シルヴァ・タロウカ造園園芸研究所）の敷地内にある。アグロフォレストリーにおける太陽光発電システムの有効性と、太陽光発電技術と作物や樹木の栽培との相互作用が研究されている。

システムは合計24枚のモジュールで構成され、8枚ずつ3つのチェーンに分かれている。システムの総設置電力は6.72kWpである。モジュールは、樹木の列の中

で回転する構造物（半分が垂直、半分が傾斜）に設置される。垂直・傾斜型太陽光発電システムは、3つの異なる技術で構成されている：PERC、両面PERC、CIGSの3つで、いずれもソーラーエッジ・テクノロジー社に設置されている。

調査は、PVモジュールのない場所と比較して、PVシステム周辺の土地の湿度と温度を評価することに重点を置いている。



© VÚKOZ.

## 5 トrendと革新 / 続き

ケーススタディ11：100kWpの樹木温室—フランス南西部、ジロンド県アイヤでの半透明モジュールと段階的遮光によるキャノピーの再現（アマレンコ社）

作物：熱帯樹木

アマレンコ社は、アキテーヌ地方に100kWpの営農ソーラー温室を1000m<sup>2</sup>の面積で設計しており、2024年の稼働を予定している。

この営農ソーラープロジェクトは、農業事業者が自らの農業プロジェクトと計画に基づいて開始したもので、不透明・半透明の太陽光発電モジュールで覆われた非加熱温室が含まれている。この革新的なプロジェクトでは、太陽光発電のカバーによって以下のことが可能になる：

1. 一年中日照と日陰があるバイオクライマティック・コンセプトで、作物の光と影の必要性に応じて作物を層別化するアグロフォレストリー・コンセプトを可能にする。
2. 「樹冠のような」構造で影を作り、木陰の状態を再現する。温室の高さは5メートルで、アボカドやパ

パイヤのような背の高い樹木を収容できるよう、長期的なビジョンを持って設計されている。また、これらの栽培を成功させるために重要な、最適な気候・風土条件を確保・維持するように設計されている。ポリカーボネートの表面、植生密度と成層、湿度管理、貯水など、いくつかの要素が考慮されている。

温室は研究機関と共同で管理され、測定ツールも装備される。微気候の面では、対照区に対して最大5.5°Cの温度上昇が期待される。

この革新的な営農ソーラープロジェクトでは、樹木の細根が土壌の生物学的活性、土壌動物相、貯水量を増加させるため、樹木の被覆と連動して土壌の健全性と構造化に貢献することが期待されている。



© Amarenco.



ケーススタディ12：ロベンジョール／トランスファーム営農ソーラー実験サイト（ク・リューベン）

作物：小麦、その他畑作野菜

Lovenjoel KU Leuvenパイロットサイトは、TRANSfarmの敷地内にある。TRANSfarmはルーヴェン大学の研究施設で、持続可能な循環型バイオエコノミーとトランスレーショナルバイオメディカル研究の幅広い領域において、パイロット規模での科学研究を促進することを目的としている。この研究は、欧州連合（EU）のホライズン2020研究・イノベーションプログラムHyPERFarmの支援を受けている。

この構造体は、高さ5m、1セクションあたり13mに達する単純な高架設計で構成されている。鉄骨構造の大きさを制限するため、パネルは12°の勾配屋根状に配置されている。このセットアップでは、地面遮光率を毎年または季節ごとに調整することで、機械に左右されることなく、その時々に関連する作物（450～1500kWp/ha）への遮光を微調整することができる。特に、毎年異なる作物を栽培する輪作では、遮光率を毎年調整することが望ましい。

この実験圃場では、さまざまな作物を従来の農業の

標準的な栽培条件と比較し、得られる相乗効果を調べている。中心は小麦との輪作で、他の畑作野菜と組み合わせている。このプロジェクトでは、作物の管理のしやすさと太陽光発電の性能に対する利点に焦点を当てている。このため、環境パラメータとモジュール条件の広範なモニタリングが実施される。結果は2023年第3四半期に出る予定である。



© KU Leuven.



## 5 トレンドと革新 / 続き

ケーススタディ13：バヴァリア州ストラスキルヒェンにおけるHyPERFarm営農ソーラー実証施設ACILITY (フランフォファーISE)

作物：ジャガイモ、小麦、大麦、キャベツ

バイエルン州にあるこの革新的な営農ソーラー研究施設では、学際的な研究チームが耕地における営農ソーラーシステムの実行可能性を検証するだけでなく、センサー・ネットワークを使って微気候の変化や作物への影響を綿密に監視している。その他にも、残渣をベースとしたバイオ炭の肥料代替への応用や、発電した電力の自家消費を最大化するためのオンサイト蓄電池なども評価されている。2020年から2024年までの4年間のプロジェクト期間中、営農ソーラーシステムの影響が、特にその地域の典型的な作物であるジャガイモ、小麦、大麦、キャベツの作物の成長と健康状態に関連し

て評価される。302kWpの営農ソーラー施設は、2022年にバイエルン州シュトラスキルヒェンのKrinner Carport GmbHによって設置された。Krinner Carport GmbHは、革新的なアーススクリー下部構造と、ケーブルで支持された取り付け構造により、新しい営農ソーラーシステムが材料消費を大幅に削減しながら建設できることを実証した。さらに、建設過程では、土壌への影響を最小限に抑えることに重点が置かれた。HyPERFarmプロジェクトは、欧州連合の研究・革新プログラム「Horizon 2020」から資金援助を受けている。



© Krinner Carport GmbH.

ケーススタディ14：フランス、オーヴェルニュ＝ローヌ＝アルプの果樹栽培におけるダイナミック・営農ソーラー（Sun'Agri & SEFRA）

Sun'Agriはサービス・プロバイダーとして、気候変動から農作物を守るためのプロジェクト開発に関して農家をサポートする。農家が生産目標を定め、どのような保護が必要かを特定すると、Sun'Agriは電力生産者となる第三者投資家のために、営農ソーラープロジェクトの開発、建設、試験運用を行う。

Sun'Agriのダイナミックな営農ソーラーテクノロジーは、以下から構成されている：

- 気象データ（温度、湿度、日射分布、風）と農業気候データ（蒸発散量、葉の湿潤度、葉の温度）を収集するセンサー・ネットワーク。
- 微気候を調節する人工知能（農業および気候条件のシミュレーション、天気予報）
- トラッカーで回転する両面の太陽光発電パネルと、雹から植物を保護するネットで構成される物理的構造体

Sun'Agriとフランスのオーヴェルニュ＝ローヌ＝アルプ地方の実験的果樹農園であるSEFRAは、気候変動の影響を大きく受ける果樹栽培で、このダイナ

ミックな営農ソーラー技術を使った実験を行うために提携した。エトワール＝シュル＝ローヌ・プロジェクトは、気候変動や気象災害から作物を守り、生産量と生產品質を最適化し、果樹栽培における技術経済的基準を確立する必要性から生まれた。エトワール・シュル・ローヌ・プロジェクトの一環として、2つの施設が建設された：

- 100kWの実験施設は、2021年に既存の桃の木に建設された；
- 2022年には、営農ソーラー構造物の建設後に植樹された樹木（アプリコット、ネクタリン、サクランボ）を用いて、1.9MWのデモンストレーターが建設された。

SEFRAは、品質と量（結実率、収量）、樹木の成長、さまざまな品種のフェノロジカル・ステージ、病気、害虫、補助剤の発生、水と肥料の消費など、農業のパフォーマンスを監視している。

最初の結果では、営農ソーラー構造により、霜による桃の木への影響が大幅に軽減された。



© Sun'agri & Sefra.



## 5 トrendと革新 / 続き

ケーススタディ15：フランス、オーヴェルニュ地方における垂直両面型営農ソーラーソリューション（エンジー社）

農作物：様々な作物、または畜産

カメラリアは、牛から穀物やキャベツ作物まで様々な農業活動に対応する、Engie社が展開するフレキシブルな垂直二面営農ソーラーソリューションである。2021年にEngie R&I（CRIGEN & Laborelec）、Engie Green Franceおよび外部パートナーによって考案・設計された架台システムで、カメラリアの最初の90kWpパイロット・プロジェクトは、1ヘクタールの土地に設置されている。

このプロジェクトは、フランスを代表する農学研究機関であるINRAeが所有する1ヘクタールの草地に設置されている<sup>82</sup>。2023年5月に竣工した。

このプロジェクトは、垂直に設置された両面型PVモジュールの南北9列で構成されている。各列の高さは約3mで、横向きに並んだ2列のモジュールで構成されている。列間距離は12mと18mが選択され、INRAeは農法に適合させ、既存の農業機械を使用できるようにした。研究は以下の内容で行われ

ている：

- 大草原の生態系（湿度や植生の生長など）に及ぼす部分的な遮風と遮光による新たな微気候；
- 生物多様性；
- 牛の行動と健康状態。

これらの調査は少なくとも今後3年間は続けられ、その間に様々な放牧戦略がテストされる。ラボレックは、発電量、アルベド、斬新な日毎・季節毎の電力プロファイルを詳細に把握するための高度なモニタリングシステムを導入した。このカメラリアのパイロットプロジェクトで発電された電力は、地元の牛乳・チーズ生産者が使用する。

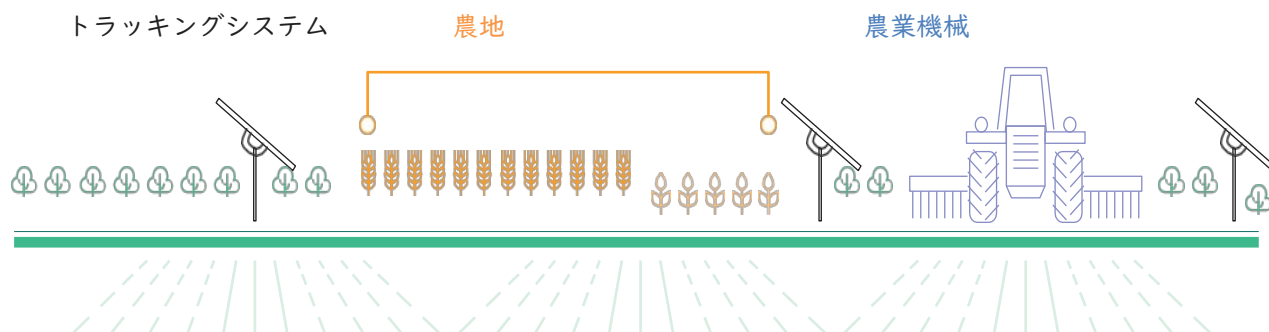


© Engie.

<sup>82</sup> 国立農業環境研究所。



ケーススタディ16：シンビゾンプロジェクトエコロジカルなストリップファーミングと両面PVモジュールの組み合わせ：オランダ、アルメール（バッテンフォール）



Symbizonは、一軸トラッカーとエコロジカルなストリップファーミングを組み合わせた最初のプロジェクトである。このプロジェクトは新たに開発されたもので、2023年第1四半期に0.7MWpの規模で開始される。パイロット・プロジェクトの主な目的は、作物の生育と両面モジュールの収量を評価することである。

プロジェクトの中で、開発者たちは両面パネルの正確な利点をチェックする（両面モジュールを使用した列と使用しない列をテストする）。さらにこのプロジェクトでは、農業と発電の共生を最適化するため、トラッキング・アルゴリズムの最適化も試みられている。このプロジェクトでは、ヴァッテンフォールはTNO研究所、AERES大学、ERF/HEMUS（ストリップ農業の専門家）、RVB（政

府の土地所有者）と協力している。

このプロジェクトは、作物の生育にも焦点を当てている。パイロットプロジェクトの下には、日陰が作物の生育にどのような影響を及ぼすかを正確にチェックするため、モジュールのない基準圃場が設けられる。2種類の列幅（支柱から支柱まで9mと15m）の評価が調査される。

様々な作物を播種する。ストリップファーミングと同様、6mごとに異なる種類の作物を栽培し、生物多様性を高める。プロジェクト期間中、さまざまな作物の生育と収量が評価され、よく育ち、農家にとってビジネス的に有利で、大規模展開が可能なほど市場に需要がある作物サイクルが見出される。



© Vattenfall.

## 5 トレンドと革新 / 続き

ケーススタディ17：スペイン、トレドのワインソーラーとコンヴァイヴ・プログラム（イベルドローラ社）  
作物：ブドウ

スペインでは、イベルドローラは営農ソーラーに関連するいくつかのイニシアチブを展開しており、この分野では2つの主要プロジェクトがある：

WinesolarとConviveプログラムである。イベルドローラは、PERSEO国際・スタートアップ・プログラムを通じて、太陽光発電所と農業・畜産用途を組み合わせるソリューションを見つける挑戦を開始した。Viñedos del Rio Tajo（Grupo Emperador）、ESGEO、PV Hardwareのコンソーシアムは、Winesolarプロジェクトでこのチャレンジを勝ち取った。トレド（スペイン）にあるヴィニエドス・デル・リオ・タホ所有の高性能ワイナリーに、41kWpのパイロット・プロジェクトが建設された。この地域のブドウ畑は、すでに気候変動の影響を受けている。

ブドウ畑は集中的に監視されており、センサーが以下のデータを記録している：

- 日射量
- 土壌の湿度
- 風の状態
- ブドウの木の幹の太さなど。

このプロジェクトの目的は、インテリジェント・トラッカーによって日陰を作り、ブドウ畑を保護することだ。トラッカーはブドウ畑の4列ごとに3台設置されている。人工知能アルゴリズムが開発され、ブドウ畑の生理的ニーズに合わせてトラッカーを制御し、太陽光発電の生産量を最適化する。



© Iberdrola.

### 情報ボックス3：イベルドロラのコンヴァイヴ・プログラム

コンヴァイヴ・プログラムは、自然エネルギーとの共存、社会経済発展への貢献、生物多様性保全のためのすべての取り組みと提携を統合した、継続的な改善プログラムを目指して作られた。

このプログラムには、各プロジェクトやその場所ごとの具体的な行動と、グローバルな行動が統合されている。行動には次の3つの主要分野がある：

1. 社会経済開発：プロジェクトが地域および国レベルの経済・社会開発に貢献できるような取り組み；
2. 生物多様性の保護と強化：生物多様性への貢献を向上させることで、施設の地域や景観への統合に貢献する活動；
3. 専門家に学ぶ：第三者とのパートナーシップを通じて、自然エネルギーの影響力を向上させ、エネルギー転換の社会的受容性を高める。

例えば、以下のようなものがある：

- プロジェクトにおける統合活動：放牧、園芸、養蜂など；
- 地元雇用へのコミットメント、プロジェクトの様々な段階における地元サプライヤーへの依存；
- エネルギー・コミュニティの設置、開発計画の策定と実施のための自治体への支援；
- 新技術の研究と革新（農業用太陽光発電など）。

### 情報ボックス4：ソルテックのエコボルタ(Ecovoltaics)・ケーススタディ

ソルテックは持続可能性に強くコミットしているため、エコボルタという新しい基準を取り入れている。このアプローチのもと、ソルテックは環境への影響を最小限に抑え、社会的利益を最大化する太陽光発電所を建設している。太陽光発電所が国連の17の持続可能な開発目標を達成するために、生物多様性の強化、社会経済的な卓越性、循環経済、カーボンオフセットのための50の行動を満たすことに基づいたコンセプトである。同社は現在、スペイン南東部初の100%エコPVパイロットプラントを建設中である。このプロジェクトは、エコPVの中核的基盤のひとつとして、アグリPV活動を実施するものである。



## 5 トレンドと革新 / 続き

### サポートシステムと追跡システムのイノベーション

ケーススタディ 18：革新的な営農ソーラー追跡システム：Sharing the Sun（ソルテック社）

これと並行して、ソルテック社はPVトラッカー製品カタログの中で、作物、家畜、エネルギー生成活動を最適化するツールや機能のポートフォリオを発表した。ソルテックは、PVトラッカー用に **Sharing the Sun** と呼ばれる許容可能なエネルギー収量を維持しながら、農作物がパネルに日陰を作るのを防ぐアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムは、農業機械が畑で作業している場合や、ソーラーパネルの列間で収穫作業が必要な場合に、オペレーターのための特別なモードを備えている。

トラッキング技術は以下を含む；

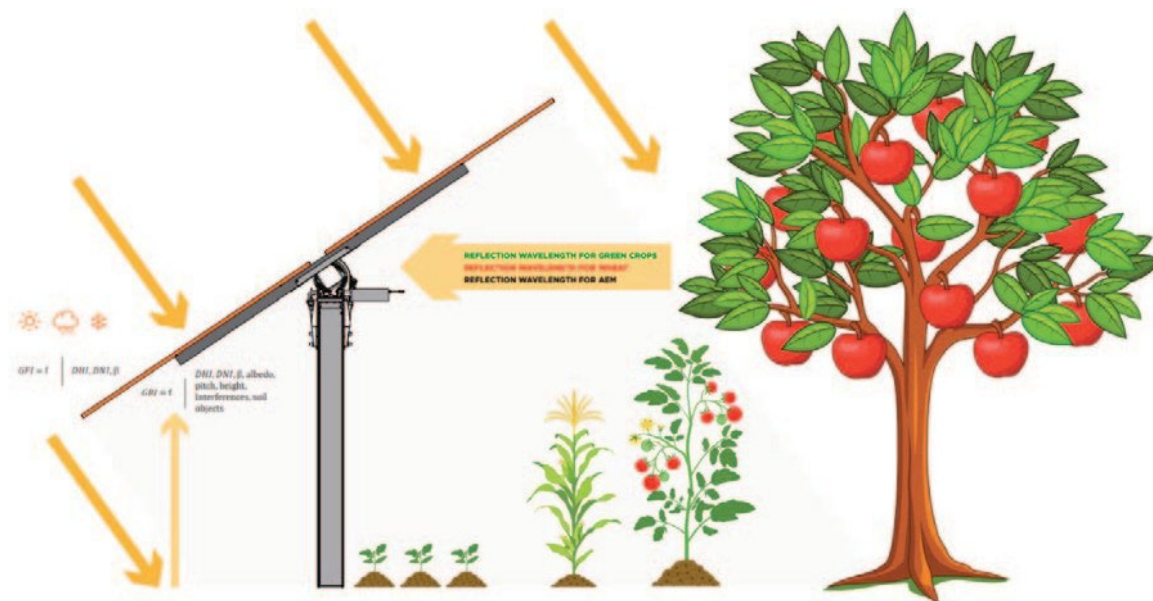
- 灌漑システム
- 家畜モニタリング
- データ収集モジュール
- アルゴリズムの改良。

これらのシステム革新は、2023年から2024年にかけて、スペインとフランスの多くのプロジェクト

でテストされる予定である。

#### アルベド向上素材の革新

さらに、ソルテックは、スペイン南東部に位置するフミーリャワイン産地のブドウ畑に、アルベド向上素材を使用した両面型PVプラントのパイロットプロジェクトを設置した。数ヶ月後、収集されたデータによると、PVパネル裏面の日射量が増加し、エネルギー収量が2.6%増加した。ソルテックでは**両面パネルの最適化アルゴリズム**もテストし、エネルギー収量を0.3%増加させることができた。このアルゴリズムは、表面放射と裏面放射の合計量を考慮し、両面型PVプラントの太陽追尾装置の最適な位置を利用する。このプラスの結果から、両面太陽光発電システムの同じ圃場で農作物を栽培しても、エネルギー収量に与える悪影響はごくわずかであることが想定される。



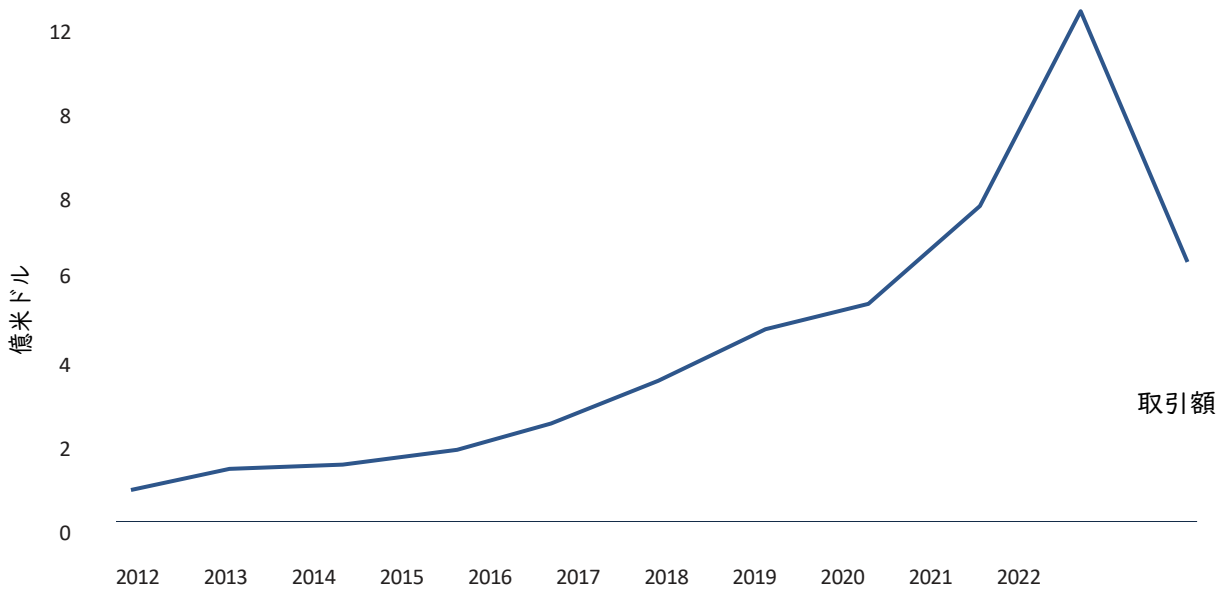
© Soltec

## 農業技術イノベーション

先に詳述したように、太陽光発電開発者による営農ソーラー活動への自然な動きだけでなく、イノベーション・トレンドは、スタートアップのエコシステムから生まれた、あるいはエコシステムによって可能になった新しいアプリケーションやユースケースによっても形成されている。同様に、農業技術・ソリューションのトレンドも、ヨーロッパを中心に

拡大している。農業技術分野でのベンチャーキャピタルの活動が示すように、農業技術分野での拡張活動は過去数年間活況を呈してきた（図8参照）。農業技術の発展は、いかに革新的なソリューションが農業セクターにもたらされているかを示している。これは、農業がより技術的に、より革新的になり、より速いペースで技術が採用される傾向を示している。

図8 2012年から2022年までの農業技術投資の概要



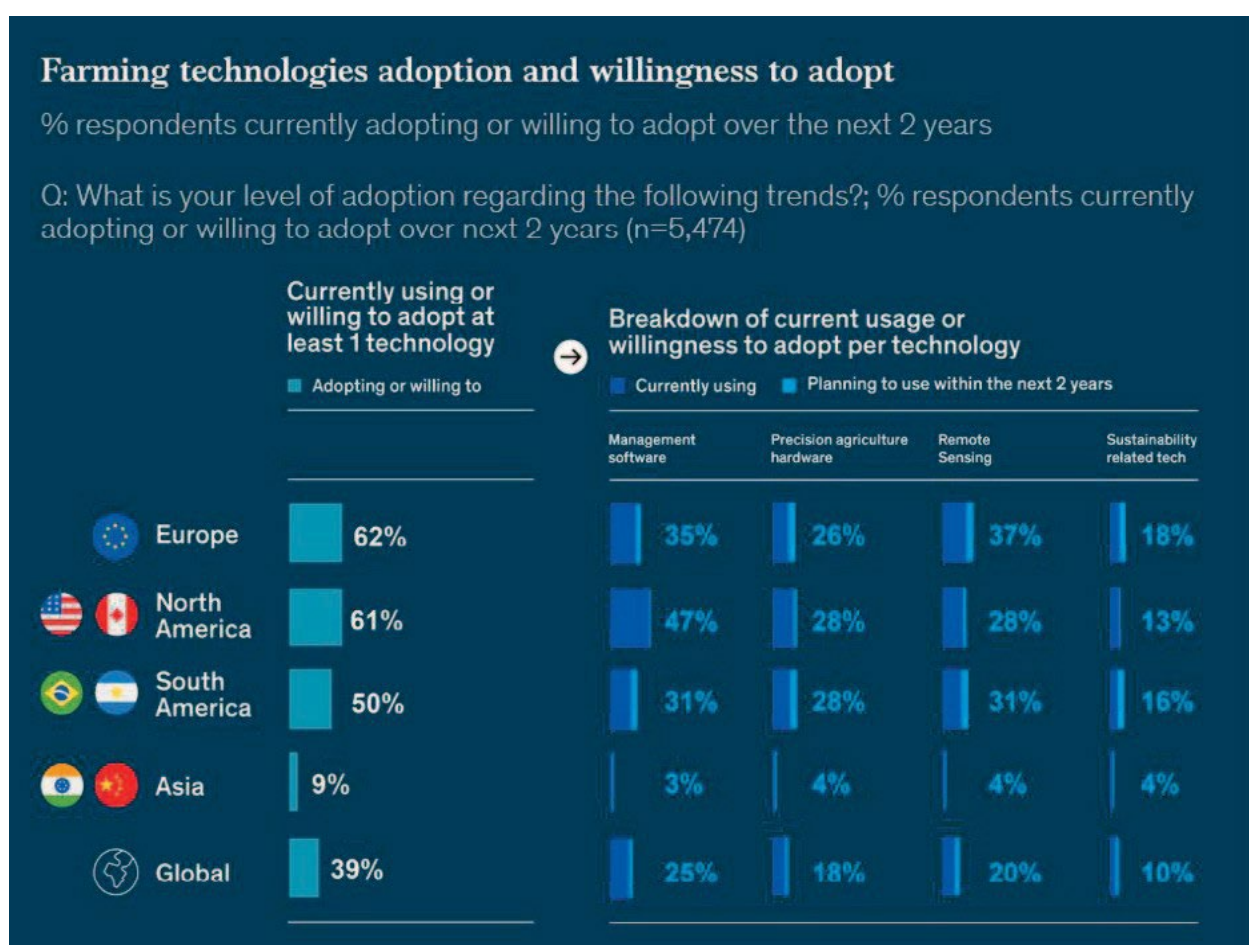
出典：ピッチブック

## 5 トレンドと革新 / 続き

農業技術と営農ソーラーは同じコインの裏表であり、営農ソーラーと農業技術は相乗効果を生み出す。一方では、営農ソーラーは従来の農業分野に構造、通信、電力、データ、そして新たな機能をもたらす。これらの要素は、農業技術、データ収集、検閲、ハードウェア革新の主要な技術タイプにとって鍵となる推進力である。他方、農業技術

は、農業における技術導入のダイナミズムを生み出し、営農ソーラーの活用事例やプロジェクトの拡大の障壁を取り除く可能性がある。McKynsey & Companyが示すように（図9）、欧州と北米の農家は今後数年間、技術採用を検討する傾向が強まるだろう。

図9 世界における農業技術の採用と採用意向の概要



出典：マッキンゼー・アンド・カンパニー「Global Farmer Insight 2022」。



## 営農ソーラーの新しい活用事例と応用

### 事例：花粉媒介者用スマートセンサー（3bee）

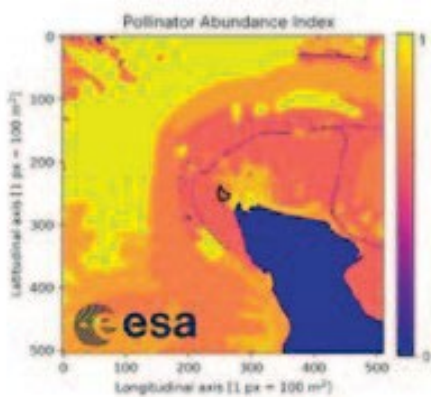
世界的な生物多様性の急速な減少は深刻な懸念である。この差し迫った問題に対処するため、3Bee Technology社は、土地における生物多様性の設計とモニタリングに特化した一連の技術を開発することにより、パイオニアとして登場した。3Beeのアプローチは、3つの最先端技術によって支えられている：

- Floraは欧州宇宙機関と共同開発した革新的なソリューションで、衛星画像を利用して花粉媒介者の生息適地を観察・定量化し、彼らの自然な生息環境を確実に保全・育成する。
- SpectrumはIoTセンサーで、環境に常時耳を傾け、花粉媒介者の存在を検知し、その個体数を総合的に評価する。
- HiveTechはミツバチの巣のために特別に考案されたIoTセンサーで、巣の健康状態とハチミツ生産に関する洞察を提供する。間接的に、現場の環境状態や生態系の健全性を全体的に把握することができる。

このサービスの利点は以下の通りである：

- 花粉媒介者の生物多様性に関するパフォーマンスを測定するための明確で定量的なデータへのアクセスが容易になり、透明性が生まれる。
- このデータは、生物多様性を向上させ、様々な種の保全と成長を確実にするために、サイト運営の設計や緩和措置の計画をさらに導くことができる。
- また、利害関係者への明確なコミュニケーションを可能にするデータを提供し、包括的なESG報告書を支援し、グリーンウォッシュ（見せかけの環境広報活動）のリスクを軽減する。

現在、3Beeは5,000台以上のセンサーを設置し、250万ヘクタール以上の土地を所有している。PVプラントに関しては、3Beeのテクノロジーとサービスは、ヨーロッパ中の5つ以上の営農ソーラープラントにシームレスに組み込まれており、農業、養蜂、生物多様性と再生可能エネルギー生産の統合を支援している。



(i)



(ii)



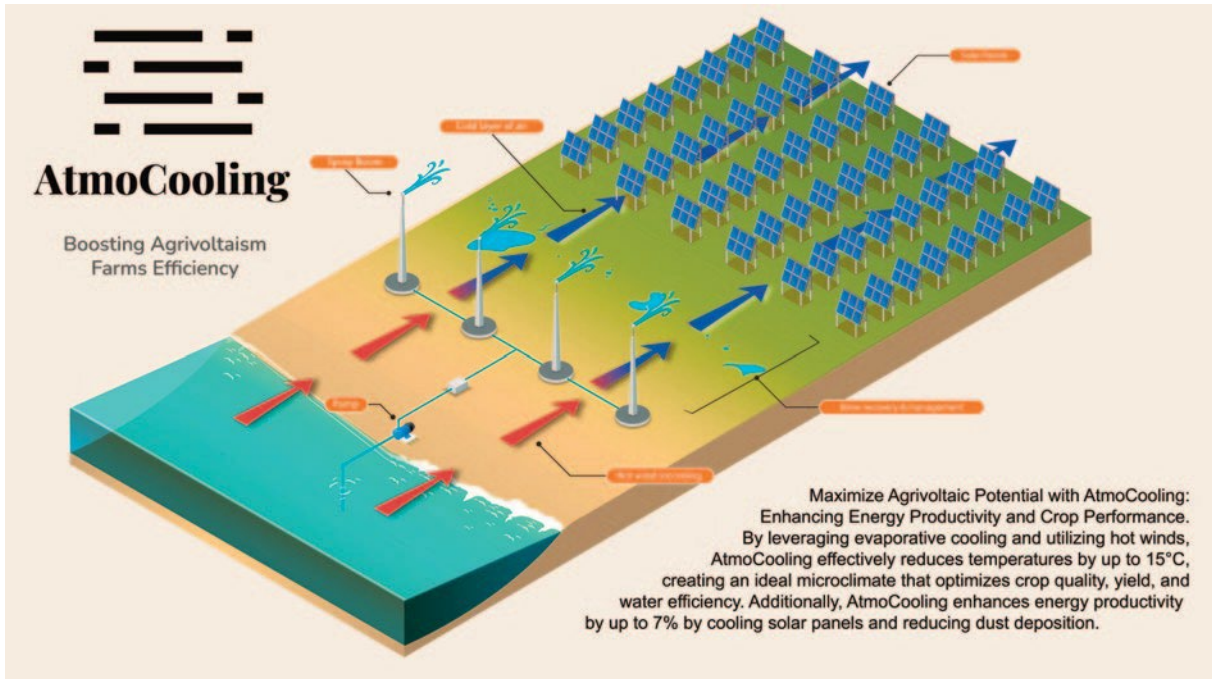
(iii)

© 3 Bee

事例：アトモクーリング—太陽光発電所の効率を高める

アトモクーリングは、海水や特定の河川などの豊富な水資源を利用し、蒸発によって地面の近くに冷たい空気の層を作り出す。この冷涼な微気候地帯は、主食作物の栽培や家畜の放牧地として、あるいは太陽光発電所の効率を高めるために、より

生産的になる。アトモクーリングは、送られてくる気象データを収集・分析し、システムを動的に操作して液体や固体のドリフトを限られた距離内に制御し、冷却効率を最適化する。



© AtmoCooling.

事例：持続可能な農業のための画期的なソリューション（ソラクア）；灌漑業者コミュニティ：スペイン、アリカンテ

ヨーロッパでは、エネルギー代が農家の生産コストの最大50%を占め、このコストは過去10年間で12倍に増加している。灌漑に太陽エネルギーを利用することは、こうしたエネルギーコストを削減する最良の選択肢となり得る。Solaquaの技術は、新世代の灌漑用太陽光発電システムをリードしている：

- 灌漑用太陽光発電システムの新世代をリードするソラクア技術は、次のような特長を備えている。系統から切り離されて動作するため、バックアップの必要がなく、ウォーターハンマーやポンプシステムの早期劣化を防ぐことができる；
- あらゆるタイプの灌漑システムで、エネルギーコスト（エネルギー期間+固定期間）を最大70%削減できる；
- エネルギー・アズ・ア・サービス（EaaS）を提供し、農家の初期費用をなくし、エネルギー供給を保証する；
- 高度な品質保証手順を適用することで、設置の最大限の品質を保証する；
- すぐに実施可能なプロジェクト：農家にリスクはない；

- 360°アプローチ：Solaquaは、システムの開発、EPC、融資、O&M、性能監視を管理する。

出力：360 kW

実績

- 5年間の運転
- 稼働率99%以上
- 79%の節約



© Solaqua.



---

## 事例：アニモブ・マフラ

Animobは、土地管理、地域生産の価値化、気候変動の影響緩和のための実用的なソリューションを提供する、ユーティリティ植生管理分野のサービスを提供する農業技術・スタートアップである。

Animobは、畜産農家と土地所有者をつなぐデジタル「マッチメイキング」プラットフォームを開発し、動物の移動による再生可能な土地管理サービスと統合している。これは、地主と畜産農家をオンライン・プラットフォーム上で結びつけ（「オンライン・マッチング」）、その後、再生可能な方法で家畜と土地を管理する（「オンサイト・マッチング」）ために、必要なガバナンス・ルールを概説するデジタル組織化された放牧サービスである。これにより、商業的、法的、安全、物流、動物福祉の条件が保証される。所有者や農家に対する同社のサービスにより、所有者は植生管理作業（バイオ燃料や不要種の抑制、土壌の化学的、物理的、生物学的特性の改善）に伴う環境への影響やリスクを軽減することができる。Animobのサービスを利用することで、農家は家畜のために新たな地域や餌にアクセスすることができ、それは

農場コストの削減や肉質の向上に反映される。すべてのステークホルダーが一体となって、土壌の炭素回収、砂漠化との闘い、生物多様性の損失の防止に貢献する。



© Animob.





ソーラーパワー・ヨーロッパエネルギー転換をリードする  
Rond-Point Robert Schuman 3, 1040 Brussels, Belgium  
T +32 2 709 55 20 / F +32 2 725 32 50



ISBN番号 9789464669053