

国内外のソーラーシェアリング事情と今後の展望

Domestic and overseas solar sharing circumstances and future prospect

山本精一・田島 誠*

1. 日本国内のソーラーシェアリング事情

日本で広がりを見せているソーラーシェアリング（営農型太陽光発電）は、太陽光を発電側の太陽光発電モジュールと農業側の農地で栽培されている農作物でシェアするという考え方にに基づき、日本国内で屋根タイプの営農型太陽光発電の特許を所有している長島彬氏によって名付けられ、その実証試験場がある千葉県市原市から順にその近隣地域、さらに千葉県内から日本全国に広がった。そのため現在でも千葉県内のソーラーシェアリングは都道府県別で最も多く農地転用の許可がなされている。ソーラーシェアリングに関する農林水産省の正式用語である営農型太陽光発電は、同省の調べで、2018年3月末現在、日本全国で1,905件が許可されている状況になっている。（図1）⁽¹⁾

このようなソーラーシェアリング、すなわち営農型太陽光発電設備は、発電設備と農業を両立させるというその特性から、主に3つの観点から、研究対象になっている。

第一に、発電設備の形状や構造体の強度面等における工学的観点

第二に、農地の空中に太陽光発電モジュールを設

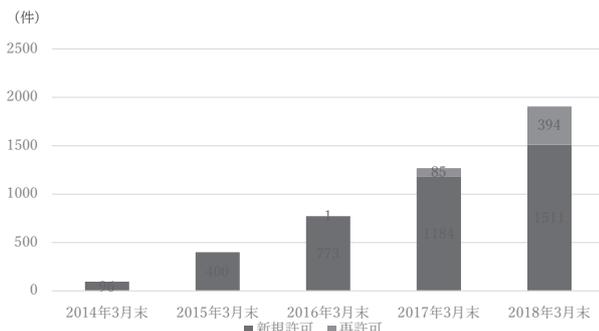


図1 営農型太陽光発電（ソーラーシェアリング）における農地転用許可実績の推移

置することから、太陽光を遮ることにより農業に与える影響を研究対象とする農学的な観点

第三に社会経済的な観点

最初に、これら3つ観点からソーラーシェアリングを多面的に見てみたい。

1.1 工学的な観点からみたソーラーシェアリング

日本においてソーラーシェアリングを事業化するに当たっては、農林水産省が指針を出しており⁽²⁾、それに準拠することが求められる。

工学的観点から見て、構造形状、強度、施工方法、発電設備の柱や梁の部分、すなわち、架台と呼んでいる構造部材の材質等の違いによって、設備の強度、信頼性及び安全性に影響を与えることになる。一般的に、現状では経済産業省が所管する電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法（以下、「再エネ特措法」と略す）による固定価格買取制度を利用して、ソーラーシェアリング整備を建設し、20年間売電事業を行うことによって、事業を成り立たせることになるために、設備自体は最低20年間継続して使用できることを前提として、設計され、建設される。しかしながら、近年の地球温暖化に伴う気候変動の激化によって、台風時に過去に経験したことがないような強風が吹いたりしており、設計の前提が変わってくる状況が起きている。このような状況を踏まえた設備設計上の強度計算が必要になるが、ソーラーシェアリングに関しては、明確な設計基準や標準が存在しない状況があるので、その整備が早急に求められている所である。

構造形状に関しては、屋根タイプ、一本足タイプ及びその他のタイプが存在するが、最も数多く設置されているのが、屋根タイプである。

* 認定 NPO 法人環境エネルギー政策研究所 特任研究員

屋根タイプは農地の上 2.5m ~ 4m 程度の空中に藤棚のような構造体を設置する設備である。その天井部分に分散して、太陽光発電モジュールを設置し、農地に偏りなく太陽光が浴びるように設置するのが一般的な方法である。架台を設置する際に、2.5m ~ 4m という高所で作業を行う必要があるため、危険を伴う工事となり、工事単価が高くなる。また、耕作し易いように、柱の間隔を広く取ったり、柱の高さを高くしたりすると、強度を保つために架台のコストが上がってしまい、建設費用の増大を招くことになる。

強度に関しては、屋根タイプの場合、元々ソーラーシェアリングは農地で通常の農業ができるようにするため、構造上、柱は 2.5m 以上の高さを求められており、かつ、天井部分に重量の重い太陽光発電モジュールを設置することから、さらには、農業のやり易さを考慮に入れると、一定以上の柱間隔が必要となり、それらの要因を合わせると、構造的にやや不安定な形状になる。さらに、太陽光発電設備は、経済産業省から JIS C8955 (2017) 対応⁽³⁾ の設計基準を求められているが、ソーラーシェアリングに関しては、ソーラーシェアリングに適合した規格になっていないために、その基準に準拠した形で設計するしかない状況にある。そのため、架台メーカー毎に解釈が異なり、架台強度の性能が想定通りでない可能性も残されている。

土台部分の施工法に関しては、日本のソーラーシェアリングの黎明期には、様々な施工方法が存在したが、現在では広くスクリュー杭を用いた基礎土台が最も一般的な施工方法となっている。スクリュー杭を用いると、農地へ与える影響が少なく、比較的簡易に基礎工事ができる。スクリュー杭を正確に打ち込むことによって、その上に柱を設置することができる。また、従来一部あったコンクリート基礎を埋め込む方法は、地域の農地を所管する農業委員会が、農地の地中にコンクリート基礎を設置することを好まない傾向にある。

架台の材質に関して、ソーラーシェアリングが始まった当初、標準的な単管パイプを使った施工方法が一般的であったが、梁の設置方法やビスによる締め付け強度によって、施工品質にばらつきが出ることから、現在では単管パイプを使った施工は大幅に減り、アルミ製架台や鉄製架台を採用して施工するソーラーシェアリング設備が広く普及することになった。これらのソーラーシェアリング用に開発された架台は、設置工事が比較的容易で、架台強度も

一定の品質で作り上げることができる。

さらにソーラーシェアリングを一般化させるには、これらの要素水準を引き上げることで、設備全体を標準化することによって、設備性能を向上させて、安心かつ安全な発電設備にすることが求められている。そのことによって、ソーラーシェアリングの下で営農する農家にとっても、農作物に影響を与えることなく、安全な農業が継続できることにつながる。

一部のソーラーシェアリング事業者の中で、発電だけを主と考え、農業を軽視する考え方に基づいてソーラーシェアリング事業を行っている事業者が存在するが、ソーラーシェアリングという名称の由来からして、その考え方や事業方針がそぐわないことは明らかであろう。

1.2 農学的な観点からみたソーラーシェアリング

農学的な観点は、主に 2 つの論点になる。第一に遮光率と農作物の生育状況の関係性等の作物や植物生理に関する点、第二に農業の環境に関する点である。

第一の遮光率と農作物の生育状況の関係性は、既に数々の研究実績が発表されているが、日本で栽培されている農作物の種類は多品種にわたるため、その研究成果は十分な実績があるというまで至っておらず、まだ研究成果をそのままソーラーシェアリングの事業に対して、十分に生かせる状況になっていない。現在、ソーラーシェアリングの下で農地で栽培する農作物の育成状況を予測する際に、各植物が有する光飽和点を基準にして、農作物のでき具合を想定し、適性を判断している場合が多い。ソーラーシェアリングの遮光率に対して、その農産物が必要とする光飽和点を超える光量が供給されるかを推定できるので、それに基づいて、その農作物が適正に栽培できるかどうかを判断するのである。

ソーラーシェアリングの設置許可を出す各地域の農業委員会や地方自治体の農政部門がソーラーシェアリングの一時転用申請を審査する際に、遮光率と農作物の生育状況を示す根拠として、関係論文を根拠とする場合も多いので、今後の科学的、かつ定量的な研究成果の蓄積に期待したい。

また、通常、農業関係者が心配されるのは、天候不順により光量が足りない場合に、農作物の育成状況がさらに悪化することへの懸念であるが、気温上昇や光量が強過ぎる場合に、ソーラーシェアリングがある程度、太陽光を遮ることによって、葉焼け等の原因になる強過ぎる光量を下げる、あるいは、気

温の上昇を抑制するプラス面の効果が語られることは少ない。地球温暖化の影響で、従来の農作物の栽培環境と変わってきているので、この辺りの研究も視野に入れた研究が望まれる。

第二の農業環境に関する点では、農作物の生育に必要な自然環境、または人工的な環境は、必ずしも光量だけによっているのではなく、気温や湿度、水分量等がその生育に深く関係してくることから、ソーラーシェアリング下の農作物の生育状況においても、必ずしも光飽和点に基づく、光量だけがその育成状況の判断基準にならないことが実証的に分かってきた。

ソーラーシェアリング下の栽培実績から見て、遮光率を33%程度に設定すれば、日本国内で栽培されている農作物のほぼ全てが栽培できることが実証的に分かってきたが、農作物の育成状況に関して、光飽和点をベースにした太陽光の光量は重要な要因ではあるが、必ずしも遮光率の設定や光量だけでは説明できない事象も散見できるので、これらの点は今後の研究成果が待たれる課題である。

1.3 社会経済的な観点からみたソーラーシェアリング

ソーラーシェアリングを地域経済の観点からとらえる場合、日本の地方では農業が主要な産業という地域も多いため、ソーラーシェアリングが増えることは地域経済にとって望ましい。環境省が今年度から地域循環共生圏構想⁽⁴⁾を進めるために、本格的な支援事業を開始したが、その考え方にも合致している。

そもそも農家自身が行なうソーラーシェアリング事業において、農業と発電事業を一体的に行う場合には、その地域にもたらす経済的な効果は極めて大きい。

ソーラーシェアリングを法制度の観点から見ると、日本では農地法に守られた農地が不法に使われるのを未然に防ぐために、従来から農地法の条文にあった農地の一時転用の規定を使って、緊急に規定が策定された経緯がある。また、それらの規定に準拠しつつも、地方自治が優先する原則から、必ずしも全国一律の規制ではなく、地方自治体毎に大きな差異がでてきている。

ソーラーシェアリングを金融面から見ると、研究材料的にみて面白い題材であろう。発電事業者からみて、また金融機関からみても同様のことが言えるが、自然を相手にした農業のリスクに関する分析と判断は極めて難しいと言えよう。特に農業は、昨

今のように地球温暖化を起因にしたと考えられる自然災害の影響を直接的に受ける。このような農業面のリスクを金融的な手法でとらえることができれば、ソーラーシェアリングの資金調達がもっと楽になると思われるが、一般的にはソーラーシェアリング事業における資金調達は相当難易度が高いと考えた方がよい。

1.4 経営的にみたソーラーシェアリングの事業性

固定価格買取制度下での電力買取単価が急速に低下する中で、ソーラーシェアリングの事業性は、

- ・技術的側面
- ・経済的側面

の両者が折り合うポイントを見出して、事業実現を図る形になる。

すなわち、太陽光発電モジュールやパワーコンディショナーの市場価格が急速に下落している状況の中で、事業全体のバランスを取るのが最も難しい点が架台のコストとそれを組み立てるための建設コストである。ソーラーシェアリングの構造体に関して、技術的にはかなりのことが自由に設計できるようになっているが、風耐力や耐震強度、さらには農業へ与える影響を減じるような構造体を勘案すると、経済的に成立しないような架台構造になってしまう場合も考えられる。屋根タイプのソーラーシェアリングの場合、その不安定な構造体を支えるには、どうしても柱の強度が必要になる中で、農家側からの要望としては、農業の効率化を図るために柱間の間隔を広く取って欲しいという、二律背反的な要望が上がってくるためである。

1.5 ソーラーシェアリング事業の現状の課題

ソーラーシェアリングの社会的な受容度や地域循環型経済を考える中で、地域の付加価値を高めるための最適な事業形態は、農家自身がソーラーシェアリング事業を行うことであるが、現実的には様々な障壁があるために、農家自らがソーラーシェアリング事業を行なっている事例はそれほど多くない。一般的に、農家自身がソーラーシェアリングを行わない事業者の場合、農業を軽視した発電重視型のソーラーシェアリングが散見される。農業を軽視した形態でのソーラーシェアリングでは、それが認められる農作物の栽培基準を満たしていないと、各地方自治体の農業委員会から判断された場合には、一時転用の再許可が認められない可能性もあり、事業継続ができなくなる場合も想定される。ソーラーシェアリング事業を安定的に運営するには、農業リスクを極小化することに努めることが経営の安定化につな

がる。結局、農業を軽視しない事業立案と計画策定が望まれる。

2. 海外のソーラーシェアリング事情

近年になって世界的にソーラーシェアリングに対する関心が高まっている。

それは、ソーラーシェアリングに関する学術論文数と研究されている国の数がここ数年で飛躍的に増加していることから推察される。本稿ではソーラーシェアリングの概念が学術誌で初めて紹介された1982年⁽¹⁾から現在に至るまでに国内外で発表された主要な184文献(英語と日本語のみ)から、その傾向と今後の方向性を概観する。

2.1 国内外で増加するソーラーシェアリング研究

日本ではソーラーシェアリング(米国ではPV電力を近隣で融通する仕組みをSolar Sharingと呼んでいる)または営農型太陽光発電という呼称がなじみ深い。海外では2011年にagrivoltaicsという呼称が提唱された⁽²⁾。それ以降agrivoltaics(もしくはagrophotovoltaics)と呼ぶのが一般化している。

ソーラーシェアリングに関する研究論文は、2012年から増加傾向が続いており、2017年以降は毎年10カ国以上で研究されている(図2)。これまでに、日本、米国、フランス、インド、中国、イタリアを

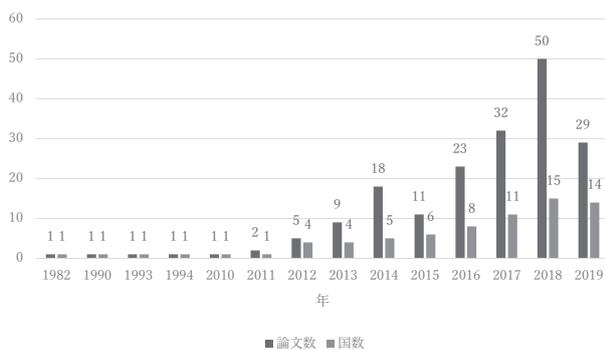


図2 ソーラーシェアリングの論文数の推移

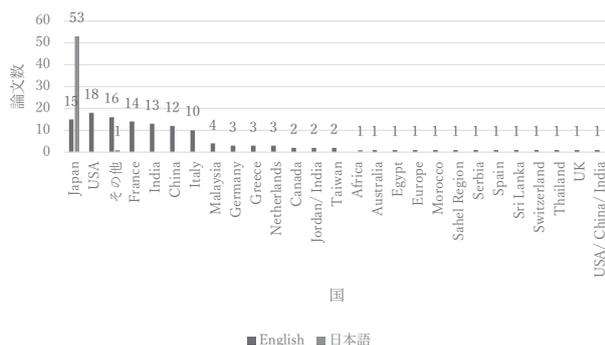


図3 国別のソーラーシェアリング論文累計数(1982~2019年8月)

始め世界25カ国で研究されている(図3)。日本のこれまでの論文数は68と多いものの、このうち53(地域誌、業界誌、学内報なども含む)が日本語で、英語での発表は累計15論文とその他の上位6か国と肩を並べるレベルとなっている(図3)。

2.2 ソーラーシェアリングの研究テーマ・課題

表1にソーラーシェアリング研究の主要な6分野(発電、農業システム、作物、農業環境、植物生理、社会経済)研究分野とテーマを比較する。

最も多いのが「農業環境(102)」で、「農業システム(92)」、「社会経済(88)」、「作物(80)」、「植物生理(65)」、「発電(25)」と続く。

「光飽和点」、「耕作放棄地」、「地域活性化」、「コミュニティパワー」については、日本だけで研究されて

表1 ソーラーシェアリング関連論文の研究分野とテーマ

分野	テーマ	論文数 ^(注1)
発電		25
	PV パネル温度	13
	PV パネル効率	18
農業システム		92
	土地利用(うち土地利用効率)	37(9)
	ソーラー灌漑	13
作物		80
	穀物(うち米、麦、トウモロコシ)	28(11, 10, 7)
	野菜(うちトマト、レタス、キュウリ)	39(14, 13, 4)
	果物(うちブドウ)	11(3)
	お茶	4
	ハーブ	4
農業環境		102
	風速・風向・風害・耐風	33
	微小気候(microclimate)	98
	大気湿度	26
	土壌湿度	11
	雨量・強雨の影響	11
	日照・遮光	92
	気温	39
	土壌温度	5
	作物温度	3
	虫害	4
植物生理		65
	水利用効率	17
	作物・植物生育	60
	光飽和点	5 ^(注2)
社会経済		88
	農業経済	56
	政策	20
	社会的インパクト	3
	環境への影響	5
	温室効果ガス排出(削減)	17
	耕作放棄地	7 ^(注2)
	地域活性化	15 ^(注2)
	コミュニティパワー	5 ^(注2)
教育	3	

注1) テーマは重複もあるので、テーマ数の総計は分野の総計と必ずしも一致しない。

注2) 「光飽和点」、「耕作放棄地」、「地域活性化」、「コミュニティパワー」は日本のみで研究されている。

表2 ソーラーシェアリングの研究課題の国内外比較

分野	日本	全世界	総数に占める日本の論文課題の比率 (%)
発電	10 (6)	25 (20)	40 (27)
農業システム	21 (9)	92 (79)	23 (11)
作物	28 (10)	80 (62)	35 (16)
農業環境	30 (8)	102 (79)	30 (10)
植物生理	23 (4)	65 (46)	35 (9)
社会経済	46 (8)	88 (50)	52 (16)

注) 丸括弧内は英語論文の課題総数もしくは%

おり、これは日本の強みとも特殊性ともいえる。日本では農業の収益性の低さや耕作放棄地の増加などの解決策としてのソーラーシェアリングへの期待が高いことがうかがえる。これは、国内外の研究分野を比較した際、国内では社会経済（対全体比52%）と発電（同40%）が高く、それ以外の4分野（同23～35%）が相対的に低いことから推察される（表2）。

一方、海外では限られた自然資源である土地や水を有効利用する合理的な土地利用技術としての関心が高く、「土地利用（37）」、「水利用（17）」、「ソーラー灌漑（13）」などの論文が発表されている。研究対象作物として多いのは、三大主要穀類の米（11）、麦（10）、トウモロコシ（7）と、野菜・果樹類ではトマト（14）、レタス（13）、キュウリ（4）、ブドウ（3）である。その他にも、お茶（4）、ハーブ（4）についても研究されている。特にレタスについてはソーラーシェアリングに適している品種がある研究事例も出ており、本分野で研究実績の多い Marrouらによって継続的に研究されている⁽³⁻⁶⁾。

ソーラーシェアリングを様々な条件下で活用していくためには、農業生態学的な視点が欠かせない。PVパネルは農場の微小気候（microclimate）を変化させることは間違いないが、それが正負いずれのインパクトを作物に与えるかは風土や条件によって異なる。現在ではPVパネルの向きや遮光率、作物の組合せ等を変数として微小気候等の環境変化を調べる研究が主流化されている。当初はシュミレーションモデル的なもの⁽²⁾であったが、近年は on-farm 型の研究が増加している。

2.3 多様化するソーラーシェアリングの形態

ソーラーシェアリングも、80年代以降に盛んに研究・普及が進んだアグロフォレストリー（森林農業）と同じような発展の道を辿ると想定される。アグロフォレストリーは樹木（永年性植物）と作物（一年性植物）を同じ土地で栽培することで生態的・社会経済的な正の効果を期待する土地利用・農業生態

表3 ソーラーシェアリングの分類

形態	論文数
露地ソーラーシェアリング (Agrivoltaics)	102
温室ソーラーシェアリング (Photovoltaic greenhouse)	40
水上ソーラーシェアリング (Floatovoltaics)	5
養殖ソーラーシェアリング (Aquavoltaics)	2

系システムだが、その適用範囲は急速に拡大・発展分化して家畜なども含む様々な分野で応用されるようになった⁽⁷⁾。同様に、ソーラーシェアリングでも風土、環境、社会経済等の条件に応じて多様化し、その概念や適用の範囲が今後拡大することが見込まれる。また、アグロフォレストリーとソーラーシェアリングは原理が似ていることから、比較的歴史が長く蓄積も多いアグロフォレストリーの研究成果はソーラーシェアリングの研究へ応用できると考えられる。

現状でその萌芽が見られるのは、露地ソーラーシェアリング (Agrivoltaics)、温室ソーラーシェアリング (Photovoltaic greenhouse または greenhouse PV)、養殖ソーラーシェアリング (Aquavoltaics) の3種である（表3）。養殖ソーラーシェアリングは水上ソーラーシェアリング (Floatovoltaics) を養殖に活用したものである^(8,9)。

2.4 ソーラーシェアリング研究の主要なレビュー論文

以下に各分野の最新のレビュー論文を紹介する。

Weselek, A., et al. (2019)⁽¹⁰⁾ は、123の論文や記事に基づいてソーラーシェアリングの包括的な評価を行っている。彼らは14の作物について既存の28論文を比較して、作物の収量は落ちるが、土地生産性は電力と作物両方を生産するため70%向上すると結論づけている。パネルの下の微小気候の変動については未だ不明な点が多いとしつつも、遮光と水利用効率の改善が気候変動による作物への悪影響を緩和し、地域分散型の独立電源の促進によって開発途上の村落地域の農業生産性の向上に資する可能性が大いにあるとしている。また同文献は、2015年から国家事業として研究を続けているドイツの Fraunhofer ISE (APV-RESOLA プロジェクト) を初めとする世界7か国、11カ所のソーラーシェアリング研究施設についても詳述している。

温室ソーラーシェアリング (photovoltaic greenhouse もしくは greenhouse PV) に関する研究は露地ソーラーシェアリングに次いで多い。Yano, A. and M. Cossu (2019) は、240の論文に基

づいて温室ソーラーシェアリングシステムに関する包括的な評価を行っている⁽¹¹⁾。Hassanien, R.H.E., M. Li, and W.D. Lin (2016) も温室ソーラーシェアリングに関する論文のレビューを行っている⁽¹²⁾。また, Cossua, M., et al (2018)⁽¹³⁾ は, 欧州で既に商用化されている4タイプの代表的な温室ソーラーシェアリングシステムを比較検証している。

養殖ソーラーシェアリングのレビューは Pringle, A.M., R. Handler, and J.M. Pearce (2017) に詳しい⁽⁸⁾。同論文では, 米国で現存する全ての養殖場を養殖ソーラーシェアリングに転換すると全米のエネルギー消費量の10.3%を賄えると試算している。養殖ソーラーシェアリングの利点は, (1) オフグリッド化が可能で無電化地域(例えば途上国など)でも使用可能(または, 災害時の非常電源として使用できる), (2) PV パネルが冷却されて電力変換効率上がる, (3) 水の蒸散を最大で85%低減する, (4) 発電された電力で空気ポンプやLED照明を使えば魚の成長を促進できると同時に, 生物付着の防止にもなる, などが挙げられている。

3. ソーラーシェアリングの今後の展望

3.1 発展の方向性

ソーラーシェアリングが普及するにつれて, 農家側からソーラーシェアリングの形態を様々なニーズに基づく形態や形状に合わせられるようなソーラーシェアリング・システムの建設要望が寄せられるようになった。その中でも特に多くの要望が寄せられる事項は, ビニールハウスを活用したソーラーシェアリングである。研究論文の件数は比較的多いが, 日本国内ではまた実証事例が少ない状況にある。温室一体型のソーラーシェアリングを提供している事業者は複数あるが, 既設のビニールハウスのさらにその空中に設置しようとする, ビニールハウスの高さや横幅にも拠るが, かなり大きな架台をビニールハウスの上から覆うことになり, 技術的には可能であるが, 架台コストが高価になり, 経済的な点から事業実現の可能性が下がる。

次に, 頻発する風水害の被害が拡大で, ソーラーシェアリングによって, 中山間地に限らず, 都市近郊の農村部でも送電線の切断等による停電を回避するために, 被災地では自給自足型電力への期待感が高まっている。その電源として, ソーラーシェアリング施設に期待される向きも多い。特に, 従来の再エネ特措法による固定価格買取制度の仕組みが大幅に変更される時期に差し掛かっており, 固定価格買

取制度に拠らない太陽光発電施設, その中でも農地に設置できるソーラーシェアリング施設への期待が大きい。電気自動車の本格的な普及に伴い, 蓄電池の価格も急速に低廉化してきていることも追い風になるであろう。今後, 自らの農地で, 自ら発電した電気を, 自ら使うという形態が潜在的なニーズが高まってくるので, 急速に普及していく可能性を秘めている。

第三に, 農業分野でもIoT技術やロボット技術, さらにはAIを取り入れたスマート農業への期待が高まっており, 各種実証が進んでいる。そのスマート農業ではエネルギー源として, EV化は避けて通れないために, 電気の必要性が高まることから, ソーラーシェアリングとの相性は極めて良い。正に自給自足型のソーラーシェアリングを実現するための典型的な活用事例となるであろう。

3.2 ソーラーシェアリングのデジタル化と農業分野でのCASE化

自動車分野の今後の技術面とサービス面の進化の方向性を示すキーワードとして, Connected: コネクティッド化, Autonomous: 自動運転化, Shared/Service: シェア/サービス化, 及び Electric: 電動化の4つの頭文字をとったものである。この考え方はほぼそのまま農業分野に適用でき, 農業分野のCASEによるスマート農業への進化を図ることができると考えられる。今後のソーラーシェアリング事業は, オンサイトで発電することによって, 農業機械がEV化した時には極めて利便性が高く, 安価なエネルギー源となり得る。このことからソーラーシェアリングは現状のような単なる発電事業にとどまることなく, 今後は農業の進化を先取りする形で, スマート農業化していくのが必然であろう(表4)。農業のCASE化の流れを考えて, ソーラーシェアリングを先進的, かつ発展的な形で展開していくために, 科学的な蓄積を重ねて足固めをしていく必要があると考えられる。

4. まとめ

ソーラーシェアリングは実証的に取り組まれてきた実用技術であり, 発電手法であることから, その隣接領域の科学的な蓄積や定量的な研究の裏付けがまだ不足している状況である。また, ソーラーシェアリングは発電分野と農業分野の両方にまたがる学際的な要素を有することから, その接点では従来の経験知だけでは十分ではなく, 科学的な蓄積をさらに増やしていく必要があるため, 研究の題材や領域

表4 農業 CASE によるスマート農業化

	農業機械での利用	ソーラーシェアリングでの利用	スマート農業化
コネクティッド化	IoT 化、無線通信技術	ネット監視、環境・農業データの自動収集	生産効率向上
自動運転化	GIS、画像認識技術、AI	メンテナンスの自動化、事業運転農業機械の導入	人手不足解消、高齢化対策
シェア・サービス化	農家間シェア	農家協働型	投資コストの抑制
電動化	EVトラクター等	電力供給源	エネルギー自給自足型

は大きく広がっている。そのような背景から、ソーラーシェアリングが関係する各研究領域において、今後一層の研究の広がりや深まりを期待したい。特に、実データに基づく、定量的な分析結果が多くの領域で取り揃えられることを期待したい。ソーラーシェアリングは日本の農村の在り様ばかりでなく、世界の農村を変える可能性がある実用的な発電手法であり、またその経済基盤や地域循環型の経済循環に大きな影響をもたらす可能性のある楽しみな技術である。気象変動の激化に伴う農村地域の防災力強化においても、社会生活インフラとして、今後の発展が期待できるので、その流れを促進するような研究成果が多く出ることを期待したい。

参考文献

- Goetzberger, A. and A. Zastrow, *On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation*. International Journal of Solar Energy, 1982. **1** (1) : p. 55-69.
- Dupraz, C., et al., *Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: towards new agrivoltaic schemes*. Renewable energy, 2011. **36** (10) : p. 2725-2732.
- Marrou, H., et al. *Designing farming systems combining food and electricity production*. in *4th International Symposium for Farming Systems Design*. 2013. Lanzhou, China: Gansu Science and Technology Press.
- Marrou, H., L. Dufour, and J. Wery, *How does a shelter of solar panels influence water flows in a soil-crop system?* European Journal of Agronomy, 2013. **50**: p. 38-51.
- Marrou, H., et al., *Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels?* Agricultural and Forest Meteorology, 2013. **177**: p. 117-132.
- Marrou, H., et al., *Productivity and radiation use efficiency of lettuces grown in the partial shade of photovoltaic panels*. European Journal of Agronomy, 2013. **44**: p. 54-66.
- Torquebiau, E.F., *A renewed perspective on agroforestry concepts and classification*. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie, 2000. **323** (11) : p. 1009-1017.
- Pringle, A.M., R. Handler, and J.M. Pearce, *Aquavoltaics: Synergies for dual use of water area for solar photovoltaic electricity generation and aquaculture*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. **80**: p. 572-584.
- Xue, J., *Photovoltaic agriculture-New opportunity for photovoltaic applications in China*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. **73**: p. 1-9.
- Weselek, A., et al., *Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review*. Agronomy for Sustainable Development, 2019. **39** (4) : p. 35.
- Yano, A. and M. Cossu, *Energy sustainable greenhouse crop cultivation using photovoltaic technologies*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019. **109**: p. 116-137.
- Hassanien, R.H.E., M. Li, and W.D. Lin, *Advanced applications of solar energy in agricultural greenhouses*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016. **54**: p. 989-1001.
- Cossua, M., et al., *Assessment and comparison of the solar radiation distribution inside the main commercial photovoltaic greenhouse types in*

Europe. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018 (94) : p. 822-834.

<https://www.env.go.jp/seisaku/list/kyoseiken/index.html>

参考ホームページ

- 1) 農水省, 農地に太陽光パネルを設置するための農地転用許可実績
<http://www.maff.go.jp/j/nousin/noukei/totiriyo/attach/pdf/einogata-27.pdf>
- 2) 農水省, 営農型発電設備の設置に係る農地転用等の取扱いについて
http://www.maff.go.jp/j/press/shokusan/r_energy/180515.html
- 3) NEDO, 地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019年版
<https://www.nedo.go.jp/content/100895022.pdf>
- 4) 環境省, 地域循環共生圏の概要,

著者略歴



山本精一
認定 NPO 法人環境エネルギー政策研究所 特任研究員
1993 年 (株) 日本総合研究所にて、研究員兼コンサルタント職として勤務
2017 年より、現職



田島 誠
認定 NPO 法人環境エネルギー政策研究所 理事・特任研究員
1980 年より、国際 NGO や JICA にて、アフリカや東南アジア等に赴任
2016 年より、現職