

特集／脱炭素スマート農地プロジェクトキックオフシンポジウム

ソーラーシェアリングとスマート農機を組み合わせる 太陽光発電による自立型脱炭素農業の実現に向けて

千葉大学大学院人文社会科学研究所教授
倉阪 秀史

本特集は、令和4年度JST/RISTEX（国立研究開発法人科学技術振興機構社会技術研究開発センター）の「SDGsの達成に向けた共創的研究開発プログラム」に採択された「ソーラーシェアリングを活用した自立型脱炭素スマート農地の確立と展開」（研究代表者：倉阪秀史（千葉大学 大学院社会科学研究院 教授）、協働実施者：馬上丈司（千葉エコ・エネルギー株式会社 代表取締役））のキックオフシンポジウムの記録である。本シンポジウムは2022年12月10日にオンラインで開催され、視聴者は59名であった。

○ プロジェクトの背景

千葉大学の倉阪です。Solve for SDGsのソリューション創出フェーズにこの10月から選ばれて、動き始めております。脱炭素スマート農地プロジェクトのキックオフウェビナーをさせていただきます。私が研究代表者を務めております、よろしく願いいたします。

本日は大木戸ソーラーの隣にある道具置きのようなところから中継をしています。全体のイメージが分かるようにカメラも設置していますが、半分外ですのでマスクを外してお話しさせていただきます。

私の方からは新しく採択された「ソーラーシェアリングを活用した自立型脱炭素スマート農地の確立と展開」というプロジェクトの概要をお話しすることになります。令和4年度のソリューション創出フェーズということで採択をい

いただきました。研究代表者が私倉阪で、共同実施者が千葉エコ・エネルギー株式会社の馬上丈司氏です。まずこの研究プロジェクトの背景をお話しします。

この研究プロジェクトにおきましては、まず農業生産力が日本においてかなり弱まってきているということが大きな課題と認識しています。人口減少と高齢化が進行する中で基幹的農業従事者の平均年齢が65歳を超えている状況です。このまま放っておくと農業人口は2050年にかけて半減してくのではないかとされています。私が別途JSTのRISTEXから研究費¹をいただいて、2050年の自治体の姿を視覚化する「未来カルテ」というプログラムを公開させていただいております。現在も「未来カルテ」を使って2050年の未来市長となって政策提言をする未来ワークショップを続けているのですが、かなりの自治体で農業人口が半減するということが大きな課題となっています。

千葉県も同様で、農家の数が減少を続けておりまして、耕作放棄地面積もかなり増えております。まず新規就農者を確保して耕作放棄地の拡大を防ぐことが喫緊の課題と考えています。もうひとつの喫緊の課題は、農業生産における脱炭素の必要性であります。ご承知のように2050年カーボンニュートラルというものが2020年10月の菅総理大臣の所信表明演説で宣言され、2021年には地球温暖化対策推進法が改正されて、法律の中で2050年の脱炭素が規定された状況になっています。

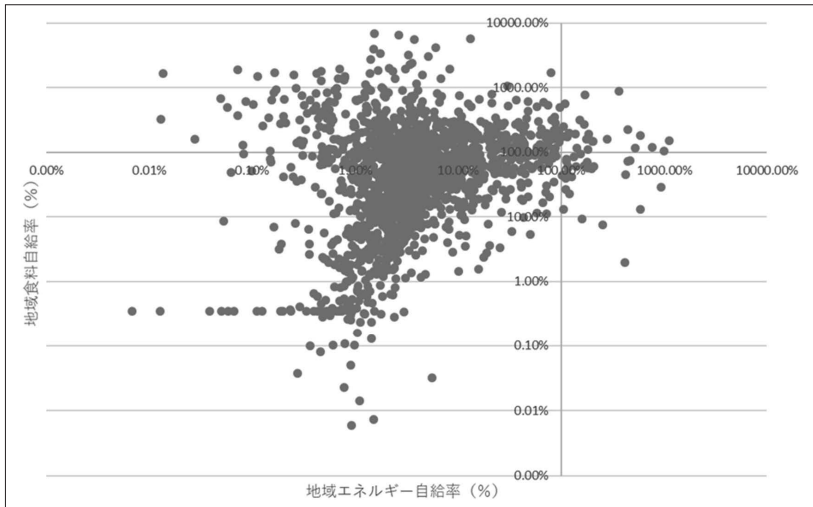
そういった中で社会全体として2050年の脱炭素を目指していくわけですが、当然農業生産部門においても脱炭素を目指していかなければいけない状況です。我々、さまざまな研究プロジェクトを実施しておりますが、「永続地帯研究」というプロジェクトを2006年から継続しております。この研究では、全自治体の地域エネルギー自給率²と地域食料自給率を試算しています。

その試算を1つの図にまとめたものが図1です。食料自給率が100%を超え

¹ JST/Ristex「多世代参加型ストックマネジメント手法の普及を通じた地方自治体での持続可能性の確保」(2014-2019、研究代表者倉阪秀史)

² 地域エネルギー自給率は、域内の再生可能エネルギー供給量を域内の民生用・農林水産業用エネルギー需要量で割った値。

図1 地域エネルギー自給率と地域食料自給率の相関 (対数表示)



(出典) 倉阪秀史 (2022) 「地方自治体の持続可能性を確保するための各種情報提供システムからわかること」『公共研究』Vol.18、No.1

ている自治体は、この図の横軸の100%の上側です。日本の食料自給率は30%台とはいえ、自治体レベルでいうとかなり食料自給率100%以上のところがあります。一方、エネルギー自給率が100%を超えているところは、この図の縦の線の右側の方ということで、全体の自治体の中の1割くらいが今それになっているということが分かっています。この図から、地域食料自給率が100%を超えているところで地域エネルギー自給率がかなり低いところがあることがわかります。これはエネルギー集約的な農業、つまり、エネルギーをたくさん使って農業生産を行っているというひとつの証です。したがって、農業生産部門において脱炭素を進めていくことは、かなり重要な課題です。

近年、エネルギー価格の高騰が直撃しているところもあると思います。重油を使ってハウスを温めるなど、さまざまなかたちで農業生産に化石燃料を投入しています。こういった社会の在り方は、喫緊に直さなければいけないということです。再生可能エネルギー主体のエネルギー供給に替えていく必要がある

わけですが、その中で、日本各地で満遍なく使える再生可能エネルギーとして太陽光発電があります。

しかし、メガソーラーの設置が環境影響を引き起こしてきたという課題もあります。2012年7月に施行された再エネ特措法（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）によって固定価格買い取り制度が導入されました。それによって森林を切り開く形での野立ての太陽光発電が広がりました。これが、さまざまな地域で問題を引き起こしています。では、そういった山林を切り開かないようにするためにどういった選択肢があるかということ考えた場合、農地という選択肢が浮かび上がります。当然、建物の屋根も選択肢としてありますが、農地は山林と異なり既に開発された土地であり、面積もかなり広いです。農業生産に大きな影響を与えることなく全体の農地面積の上部で数パーセントでも発電に使うことができれば、地方における脱炭素の実現がかなり容易になると考えています。

ただ、そういった太陽光発電について系統連系をするということではかなり制約が出てきています。系統に負荷がかかってしまうので、そのような太陽光発電はもう受け入れられないという状況も発生しています。出力抑制というものです。太陽光発電は発電しすぎると周波数変動や電圧変動を起こして、ひいては大規模な停電を起こし得ます。できる限り変動する再生可能エネルギーは系統に影響を及ぼさないように使わなければいけないという大きな課題が出てきています。この点、蓄電池のような蓄エネルギー設備を備えた形で脱炭素スマート農地が構想できれば、脱炭素スマート農地の展開可能性が格段に向上するようになると考えています。

たとえばスマート農機で、蓄電池が既に農機の中に入っているという可能性もあります。あるいは今後、トラクターのような馬力の必要な農機で電化が進んでくると、より大きな蓄電池も備わったスマート農機が出てくると思われるます。そのような将来の状況も考えながら、エネルギー的にも自立するような農地を作っていきたいと考えています。

○ 本プロジェクトが目指すべき姿






本プロジェクトが2030年に目指すべき姿は、スマート電動農機を使いながら営農型太陽光発電で農業生産を行い、その農業生産によってきちんと経営的にも自立ができる農地が全国に広がっているという姿です。トラクター類は馬力が必要なので、トルクが必要なところはまだ電動化が進んでいませんが、今後、蓄電池を備えた電動農機が出てくるだろうということも考えています。

とくに、千葉、福島、長野、静岡、香川、兵庫と既にソーラーシェアリングを実践しているところで、お声がけをしているところで実践が広がっていくようにしたいと考えています。

さらに若手の新規就農者が参入することも進めていきたいと思っています。このプロジェクトにおいては、千葉大学の園芸学部で実習授業を作り、まずはこの大木戸ソーラーで実習してもらうことも考えています。学生の実習を通じて、新規就農者でも営農ができるということ、スマート農機を使いながら実証したいと考えています。たとえば、さまざまな計測を行うことで、除草のタイミングなどさまざまな農地の手入れのタイミングをデータで判断するようになり、それによって若い人でも十分営農できるというような内容を示していきたいと思っています。

これによって人口減少や高齢化が進行しても農地面積を維持し、農業生産能力が低下していない状況を日本各地で2030年に実現したいと思っています。このような脱炭素スマート農地がきちんと経営的にも環境的にも系統連系上にも問題を発生しないことが分かってくれば、おそらく資金も集まってくると考えます。ESG投資の対象となつて資金が集まり、よりよい循環が生まれてくるということ、2030年に目指したいと思っています。2030年のターゲットとしてご承知の通りSDGsがあるわけですが、**図2**が我々の方で整理をした本プロジェクトとSDGsのターゲットとの関係です。農業生産部門において脱炭素を実現するとともに若者が入ってくるような形にして、耕作放棄地の増加を抑制し食料自給率を維持向上させます。これによってスマート農機等の販売など

図2 本プロジェクトで創造される価値とSDGsとの関係

	創造される価値	優先する SDGsのゴールや ターゲット	相反に留意する SDGsのゴールや ターゲット
環境面	・農業生産部門における脱炭素の実現	7 	15 
社会面	・若年層の新規就農者の確保 ・耕作放棄地増加の抑制 ・食料自給率の向上	2 	
経済面	・スマート農機の販売拡大 ・効率的な農業生産の確保 ・ESG投資の拡大	8  9 	

も拡大するであろうし、農業生産も経営的に自立し、それに ESG 投資が集まってくるということを狙っております。

一方、本プロジェクトの実行によって達成が阻害される可能性がある SDGs のターゲットとしては、ソーラーシェアリングの拡大によって、農地景観等が変化するかもしれず、これが環境影響ととらえられかねないということです。これについては、社会的な理解を得ながら進めていくということをこのプロジェクトから発信していきたいと思っております。

○ このプロジェクトの技術シーズ

このプロジェクトにおける技術シーズは二つあります。まずはソーラーシェアリングです。ソーラーシェアリングについては、私と馬上氏の千葉エコ・エネルギー社が共同して、2018年に全国の農業委員会に対するアンケート調査(回答数1174)を実施しました。2018年の段階では、ソーラーシェアリングは、農業委員会からかなり否定的に捉えられています(表)。太陽光パネルの下で十分に営農できないと思うと回答した農業委員会は、全回答数の大体6割となっています。わざわざ農地の上で太陽光発電をしなくてもよいと思うという回答が約半分、「e. 景観の破壊につながると思う。」が約2割でした。「a. 耕作放棄

表 ソーラーシェアリングに対する農業委員会の見解

a. 耕作放棄地の解消につながると思う。	197	16.8%
b. 農家の後継者の確保につながると思う。	34	2.9%
c. パネルの下で新しい特産物が生まれると思う。	16	1.4%
d. エネルギーの地域自給につながると思う。	111	9.5%
e. 景観の破壊につながると思う。	212	18.1%
f. 農作物市場にひずみを生じさせると思う。	7	0.6%
g. 太陽光パネルの下で十分に営農できないと思う。	690	58.8%
h. わざわざ農地の上で太陽光発電をしなくてもいいと思う。	564	48.0%
i. その他 (自由にお書きください)	194	16.5%

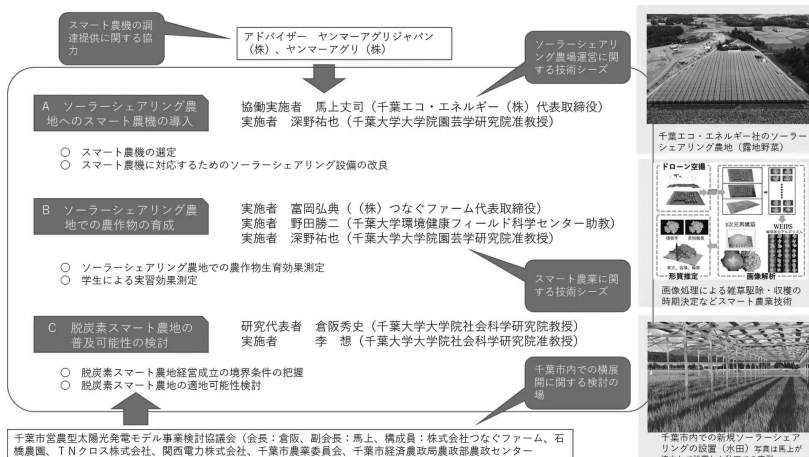
n = 1174

(出典) 倉阪秀史 (2019) 「ソーラーシェアリング (営農型太陽光発電) を巡る課題と政策
—農業委員会全国調査結果から—」『Journal of Japan Solar Energy Society (太陽
エネルギー)』 Vol.45, No.6 pp.14-18

地の解消につながる。」などプラスの選択肢もマイナスの選択肢と同じ数だけ用意しましたが、あまり選ばれていません。こういったところをなんとか逆転させたいと思っております。

もうひとつの技術シーズとしてはスマート農業技術です。こちらについてはこのウェブナーにおいては深野先生からご紹介をいただきます。これまで千葉エコ・エネルギーが運営してきたソーラーシェアリング農地では日射量だけを測定してきましたが、気温や降水量、土壌含水率といった環境データ、あるいは作業量・内容、そのような労働データ、作物の生育状況データというをきちんと記録いたします。そして、若いあるいは熟度の低い農業者でも十分に農業生産できるということを示していきたいと思っております。実際に生育を担当する農業法人が(株)つなぐファームになります。(株)つなぐファーム自体が若年層主体の農業法人ですが、先ほども申し上げましたように千葉大学園芸学部の実習プログラムにおいて、学生に実習させるということを行っていきたくと思います。千葉大学から、千葉エコ・エネルギー社やつなぐファームにインターンシップ生を送り込み、千葉大学から将来直接就農する学生が出てくることも期待したいと考えております。

図3 プロジェクトの全体像



脱炭素スマート農地経営の成立条件を明らかにして、その拡大を図る。



○ プロジェクト全体の構成

以上、大体ざっくりと背景とどのような技術シーズを使っていくのかということをお話ししました。図3がプロジェクト全体の構成となっております。まずはソーラーシェアリング農地にスマート農機を導入することです。実証農地としては、まず、千葉エコ・エネルギー社が持っているソーラーシェアリング農地です。右上に写真が載っている大木戸アグリ・エナジー1号機では、露地野菜を作っています。後ほど実際の農地をご覧くださいますが、これ以外にも複数のソーラーシェアリング農地があります。さらに、新規ソーラーシェアリングを建設する計画を進めています。これは千葉市の営農型太陽光発電モデル事業検討協議会で進めています。この協議会の会長が私で、副会長が馬上氏で、構成員には、(株)つなぐファームや協力農園の石橋農園、千葉県農業委員会なども入っています。この協議会では、農水省の補助金をもらって、来年度、水

田でのソーラーシェアリングを作る予定です。こちらにもセンサー類を取り付けて、設計段階からスマート農業を導入することを想定したものを作っていきたいと考えております。

スマート農業技術としては、画像処理によって雑草を駆除したり収穫の時期を決定したりする技術も導入していきたくと思っています。これは園芸学部の深野先生が担当となります。実際にソーラーシェアリング農地で農作物を育成するのは、(株)つなぐファームが担当いたします。実習については、千葉大学の環境健康フィールド科学センターで実習を担当されている野田先生に、実習科目の実施と効果測定をお願いすることになっております。

さらに、横展開を進めていくために、脱炭素スマート農地の普及可能性の検討をします。たとえば今後燃料価格がどのくらい上がったら脱炭素スマート農地の可能性がこのくらい広がりますといったシミュレーションができるようなものを作っていきたくと思っています。こちらについては社会科学研究院の李先生にも加わっていただくことになっております。

○ 実証研究のフィールドとその活用

つぎに、実証研究のフィールドをご紹介します。今ウェビナーを中継しているのが千葉市緑区大木戸地区というところです。1ヘクタールの大木戸アグリ・エナジー1号機など、複数の千葉エコ・エネルギー社が保有するソーラーシェアリング設備を活用させていただきます。

さらに稲作については、千葉市若葉区の下田地区で現在用地の検討をしております。来年秋くらいから、稼働をさせていただきたいと考えております。

図4がこの大木戸地区における営農型太陽光発電施設のマップです。今おりますのが、この大木戸アグリ・エナジー1号機の隣の建物で、この中から中継しています。清水建設さんがこの太陽光パネル部分を持っている営農型設備もあります。さらにイチジクポット栽培の営農型太陽光施設も使用します。今日は、この3ヶ所について中継して紹介したいと考えております。

大木戸アグリ・エナジー1号機は、面積1ヘクタールで遮光率がやや高め

図4 実証研究のフィールド



千葉市若葉区下田町：千葉大学西千葉キャンパスより車で35分
千葉都市モノレール「千城台駅」からタクシーで10分
千葉市緑区大木戸町：千葉大学西千葉キャンパスから車で40分
JR外房線「土気駅」からタクシーで8分

48%です。これは今実際に何が作付されているかも含めて馬上氏に案内してもらおうと思っております。運転開始は2018年で、出力は(DC) 777.14kWp、(AC) 625.00kWとなっております。次に、清水建設の営農型太陽光発電設備は、発電事業者は清水建設であり営農者は(株)つなぐファームです。この規模はかなり小さい規模ですが、遮光率が32%ということで、落花生等を生育させています。さらに露地・果樹栽培の設備がひとつあります。これは2021年から稼働したもので、イチジクやブルーベリーなどを生育させています。これは荒廃農地となっていたところで、土地の上にポットを置いて栽培するという形です。ここで作られたイチジクやブルーベリーは馬上氏の奥様が経営しているところでジェラートとして食べられると聞いています。

本プロジェクトは、2022年10月から始め、今どのようなスマート農機、ど

のような形で計測をしていくのかという選定をしています。それから、新しく作るものについては、どのような形で設計すればよいのかを検討しています。来年度に向けて、今年度準備を進めて参ります。

稲作のソーラーシェアリングは来年度耕作開始となります。学生の実習プログラムを設計し、実際に学生の実習を進めていく形になります。それぞれでサイトビジットを進めていくとともに、またこのようなウェビナーでご覧いただくことができるようにしていきたいと思っています。

○ このプロジェクトの KPI

最後に、このプロジェクトの終了時の目標をご説明します。第一に、対象となるソーラーシェアリング設備において、単収が1割以上減少しないというものです。太陽光発電の売上は別にして、農業生産の単収が減収しないことを目指します。ソーラーシェアリングで作られた電気でも、より暗くなっても生育できるように光を人為的に補うというアイデアや、あるいはソーラーシェアリング設備で温室的に囲えばいいのではないかとといった議論を進めております。農地で発電ができるというソーラーシェアリングの特性を活かして、農業生産的にも魅力のある農地にしていきたいと考えています。

第二に、脱炭素スマート農機を稼働させるためのエネルギー消費量以上の発電電力量が得られることです。これは多分達成できて、もっと使えるのではないかとということになる見込みです。ハウスに給電したりあるいは家庭に給電したりすることができるのではないかとということも議論していきまして、そのあたりのエネルギー消費量の把握も同時並行で進めていきたいと考えています。

第三に、AIを活用した圃場管理や、運搬用の自動追尾型の作業ロボット的なものを導入して重いものを学生等が運ばなくても大丈夫な形にするなど、さまざまな形でスマート農業技術の導入を考えていますが、そういったもので投下労働量が削減できるということを確認したいと思っています。その際に、実習学生によるスマート農機の運用が可能であることも確認します。

第四に、全国に適用できる自立型脱炭素スマート農地の検討シミュレーター

を作成します。これを横展開していく先については、既に実践者がいらっしゃるところをはじめとして、全国に脱炭素スマート農地の事例を広げていくことを構想しているところです。

なお、私自身の研究実績として、人口減少・高齢化のインパクトを視覚化するような未来カルテ、これを作って全国に展開しています。あるいはカーボンニュートラルシミュレーター、これも全自治体で入力ができる形で公開し脱炭素社会の実現可能性を簡易に確認することができるものも作っています。このような延長線上でこの脱炭素スマート農地検討シミュレーターを作り、全国で確認できるようにしたいと思っています。

さらに馬上氏が代表理事を務める一般社団法人のソーラーシェアリング推進連盟、あるいは馬上氏が専務理事を務める一般社団法人太陽光発電事業者連盟などのネットワークを活用して、「脱炭素スマート農地研究会（仮称）」を立ち上げ、我々のプロジェクトで得られたデータをこの研究会でシェアしながら全国展開をしていきたいという構想です。フィードバックを頂きながら進めたいと考えています。

カーボンニュートラルシミュレーター（CNS）は自治体コードを入力すれば、自動でいろいろな計算がされて、2050年の住宅、今建てられているもののどのくらいが残るのか、2020年代、30年代、40年代に2050年の人口を住まわせるためにどのくらいの住宅が必要か、どのくらいの住宅がどのくらいの時期に建てられるのか、そのようなことを自動計算させます。業務用建物も同じで、そのどのくらいをゼロエネルギー化させるのかというパーセンテージを入れていく。自動車についてもどのくらい電動化するのかというパーセンテージを入れます。それでなお残るエネルギー消費量について再生可能エネルギーのポテンシャルのうち何割くらいを実現できればその自治体におけるカーボンニュートラルが可能となるのかということを知ることができるというシミュレーターを作っています。この中に農地のソーラーシェアリングも入れていまして、実はソーラーシェアリングを5パーセントでも入れればそれだけで田舎ではカーボンニュートラルができてしまうということが分かっています。そういったも

のも活用しながら進めていきたいと思っています。私の方からの報告は以上です。ご清聴ありがとうございました。

(くらさか ひでふみ)