

# 農業経営の新しい形を支える ソーラーシェアリングの理論と技術

長島 彬

ソーラーシェアリングを推進する会／CHO技術研究所

筆者の長島氏はソーラーシェアリングの開発者であり、特許も公開している。農地が奪われる、農業を邪魔するといった偏見を切り崩し、農業の未来を提示してきた第一人者だ（編集部）。

はじめに

農業は一般的にその労働形態が過酷であることから三位一体（土地所有、農業経営、労働）の経営が最良の形態と言われています。上からの指示による心ならずの農作業より、自分の考えで、自らの工夫を取り入れ、自分の好きな時間に作業を行なうほうが、より良い仕事になるからと考えられます。

食料の確保はあらゆる動物にとって一番大切な仕事と言えますが、歴史的には、第二次産業としての工業や第三次産業の商業が栄え、この発展こそ文明の尺度とする考え方が常識になってきました。

しかし大きな天変地異や天候不順などによって凶作になったとき、人々はあらためて農業の大切さに気づくこととなります。

「農業」が再び作物とエネルギーの供給を担うために「ソーラーシェア

リング」という方法を得て、「所得が増え、税金が納められる強い産業」となり、これからの化石燃料に頼らない、自然エネルギー社会構築の主要役になっていくことが期待されています。

## 1 植物は強すぎる光を避けようとする

私たちを含め地上全ての生物の出身地は浅い海の中と考えられます。海の中の照度は陸上の半分以下、大略3万ルクス程度でしょう。紫外線も緩和されて生物にとってほどよい生活環境です。

それが大津波や、大地震による天変地異によって、陸上に取り残されたものが、岩陰などで運良く強烈な直射光の攻撃を受けず

身近でも見られる光と植物の関係



図1：北側のほうが元気に育っているヒマワリ



南側

図2：光がよく当たるエリアのほうが作柄の悪いトウモロコシ

に生きながらえて、私たち地上の生物の祖先になります。

私たちが太陽光を利用する工夫は、広い平面を持つパネルを太陽に向けることとなりますが、同様に太陽光を利用する植物の葉は何故に小

さく、反り返り、繁茂し、北側にまで茂るのでしょうか。

図1は公園のメタセコイヤの周りに植えたヒマワリの例です。北側に比べ南側の花が小さくひ弱なのはなぜでしょうか。

図2は実証試験場での光が強いほど収量が増えることされるトウモロコシ栽培の例で、パネルの影響を受けない際南（左側）の作柄がなぜ悪くなるのでしょうか。

皆さんの身近でも、このような例がたくさん見つかるはずですよ。

海中生活から地上へ取り残された生物は皆、直射日光を利用しきれず、むしろ嫌い、生長を阻害する要因に

# ソーラーシェアリング

営農と太陽光発電を両立させる農業経営

2012年に全国農業新聞によって報道された三重県伊賀市の和田さんの水田での設計を見れば、重量鉄骨造りでした。このことから大きな風圧荷重の対策が必要であることが解ります。

## 2 風対策 「偽りの廉価」に注意

葉緑体は植物の細胞の増殖に伴って増殖していますが、植物本来の細胞ではなく、進化の過程で、取り込まれて共生したもので、新たな高照度の環境に対応するような進化が来らずに昔の性質を伝えているというのでしょうか。

図3は、中学の理科の副読本に載っている、葉緑体が強い光に対してどのように対応しているかの説明図です。  
 ほどよい光では葉緑体が横に展開されて効率よくエネルギーを受ける形をとり、一方、強い光では受けるのを避けるように縦に並ぶという事実があります。  
 葉緑体は植物の細胞の増殖に伴って増殖していますが、植物本来の細胞ではなく、進化の過程で、取り込まれて共生したもので、新たな高照度の環境に対応するような進化が来らずに昔の性質を伝えているというのでしょうか。

図3：葉緑体光定位運動

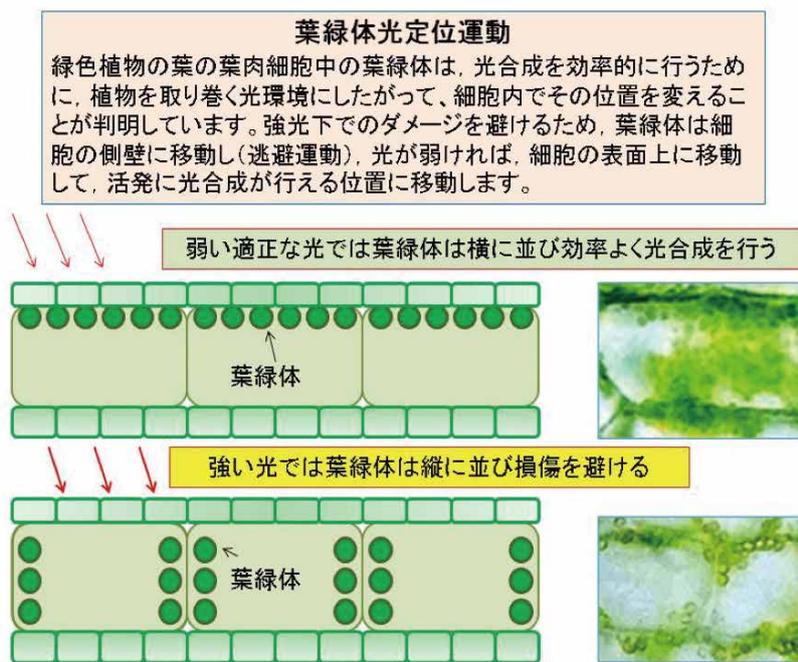
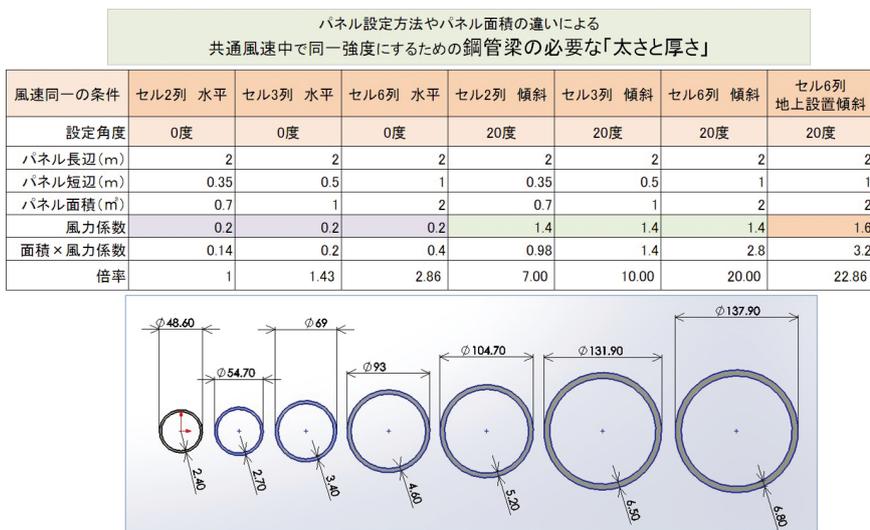


図4：梁や柱の強度を保つパイプの太さと厚さ

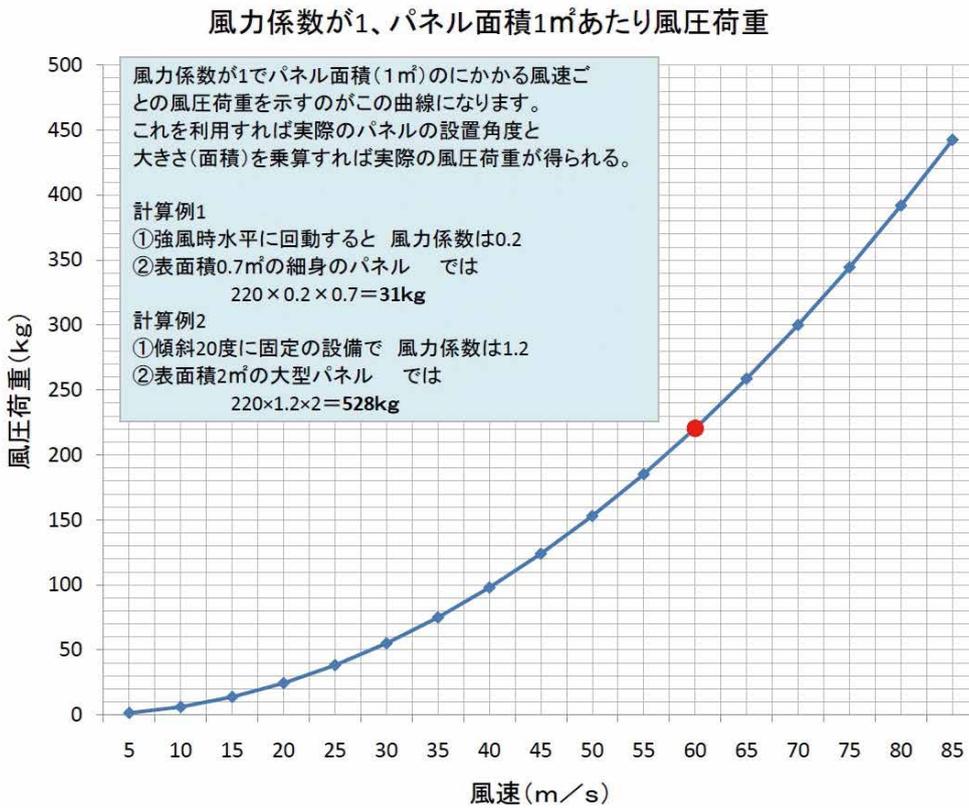


私が2010年に作りました千葉県市原市皆吉の実証試験場では廉価な単管を使用しました。  
 その設計は大風の対処法として、2列セルの細いパネルを使用するのに加え、それを手動で強風時にあらかじめ水平にし、張り綱を四方に設けました。  
 台風対策を軽視して、少し廉価な大きなパネルを使用すればパネル費

用を数割下げることが出来、組立工数も低減できます。  
 さらに、台風のとくにパネルを水平にする機能を省けば、一層費用を下げる事が出来ますが、耐風性を同等に維持しようとすれば、図4のように梁や柱に比例的に「より太く重い」材料を使用することが必要となり、材料代や組立の費用がかさむこととなります。

さらに全体の重量の増加が避けられず、資材の運送料や組立作業の負担が増し、地盤沈下の危険も増すことから、当初の費用を2〜3割低減するという「大きなパネルを使用する効果」を全て失ってしまうこととなります。  
 架台を強くしなければ、それなりの経済効果が得られますが、まさにそれは「大切なことを省いた偽りの

図5：基本の風荷重



**3 防災の要となる風荷重の計算について**

風荷重の計算は図5に示すような風圧の値をグラフから求められる工

廉価」に他ならず、決して好ましい姿ではありません。

夫をすれば、表から基本の風荷重を知り、パネル面積と設置形態の風力係数を用いた比例計算だけになり、高度な計算が不要になって誰もが容易に風荷重を知ることが出来ます。強度計算では単位と有効数字の理解が大切になります。時間の単位は

風速から秒と定め、長さの単位をメートルに定め、パネルの面積は平米単位で計算することが大切です。得られる風荷重の単位はニュートン(N)となりますが、この値を重力加速度で除算してグラフにしてありますので、単位は私たちが日常感じる重さの単位(kg)になり、直感的にその大きさを感じることができると良いでしょう。

有効桁数とは確実な数字が何桁あるかという概念で、有効桁数が少ない風圧係数のような低い精度の数字が計算の中に入ると、それに影響を受けて計算結果も低い精度になります。従って、いたずらに有効桁数の多い数字で計算することは適切ではありません。

架台強度計算では風力係数という確度の低い概念を入れて計算しますから、2桁くらいが確度の高い有効な数字になります。計算に慣れてきますと、いろいろなソーラーシェアリングを見ただけでおおよその風荷重が計算出来るようになり、皆さんがどのような仕様を導入するかの良い参考になります。

なお、風圧荷重の計算方法として、建築に用いられている方法を採用する例がありますが、風力係数の取り方をパネル面に直角な方向と定義したために、パネルが水平時の水平分

**4 パネル傾斜角を変える方法**

力値がゼロになって水平時の対応に問題があり、ソーラーシェアリングのような空中に浮かぶパネルの風圧荷重を計算する方法として、改良の余地があります。

耐え得る最大瞬間風速が明確になるよう、最大瞬間風速を決めて、翼の設計時のように揚力係数と抗力係数を分離して計算することが、より合理的になるでしょう。

パネルはなぜ回転する必要があるのでしょうか。

水平が一番風荷重を小さくすることになりますので、強度的に水平がベストなら水平に固定する方法もあります。特に熱帯地方では太陽は常に真上を通過しますので、パネル表面の汚れを雨水で流すという自己清浄機能を無視すれば、この選択も可能になります。

しかし、中緯度の我が国では雪も降り、また相当水分の多い重い雪対策も必要になりますので、ゴミ汚染対策と合わせて、傾斜させることが発電量を上げるためにも合理的になります。

回転機能を加えると設置費用は上がりますが、発電量も上げることが出来ますので、土地の使用効率が上

# ソーラーシェアリング

営農と太陽光発電を両立させる農業経営

防災・発電・営農効果をもつ、様々なパネル傾斜角変更法



図7：全体をリンクで結合して手動で回す方式



図6：個別に手動で水平に回す方式

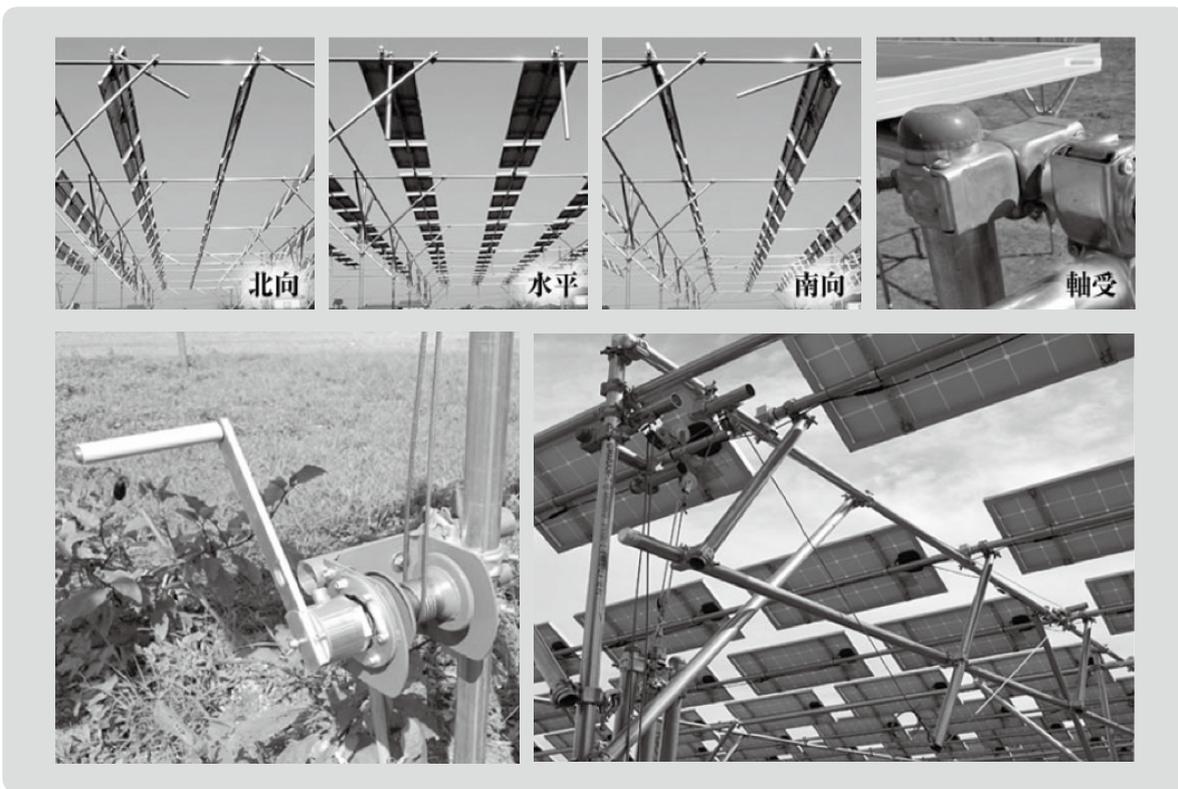
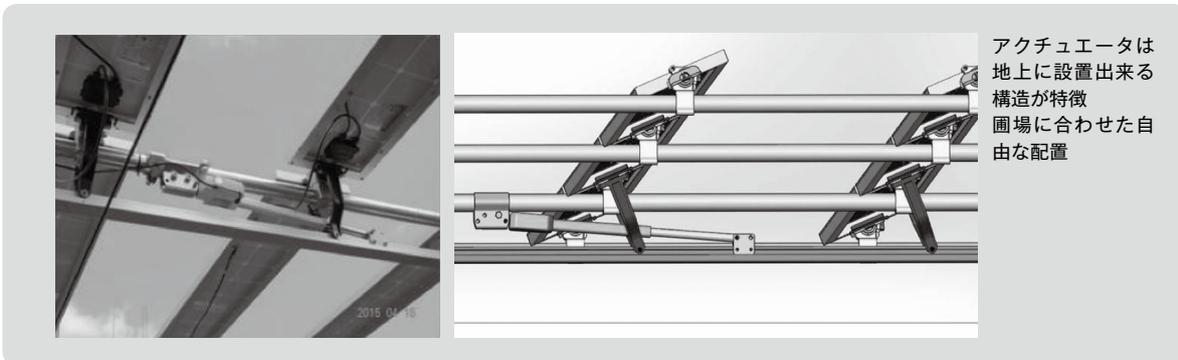


図8：ウインチとワイヤーを用いてリンク機構で全体を回す方式



アクチュエータは地上に設置出来る構造が特徴  
圃場に合わせた自由な配置

図9：電動アクチュエータとリンク機構で広い範囲を動かす方式

がり、回動に要した費用を相殺することができません。

パネルを回動し保持する方法はいろいろ考えられ、実用化されてきました。

出発は実証試験場の、単管にパネルを取り付け、クランプ軸を中心に手動で一つずつ回動する方式です。手作りの市販品利用の装置に向いています。(図6)

回動する単管軸にアームを付けて単管でつなぎ同時に動かすと、回動の手間が減ります。(図7)

以上は手作りの工夫ですが、全体を一度に駆動することを目指したのが図8のソーラーカルチャー社のワイヤーと手動ウインチによる駆動方式になります。なおワイヤーは必ず伸びるのでその対策が必要になります。

別の工夫として、駆動アームを樹脂成形でつくり市販アクチュエータを利用して電動化したものを開発して2015年から千葉県を中心に普及を促進してきました。(図9)

この方式の特徴はパネルの長手方向を南北に向けて南北の軸を中心に太陽の方

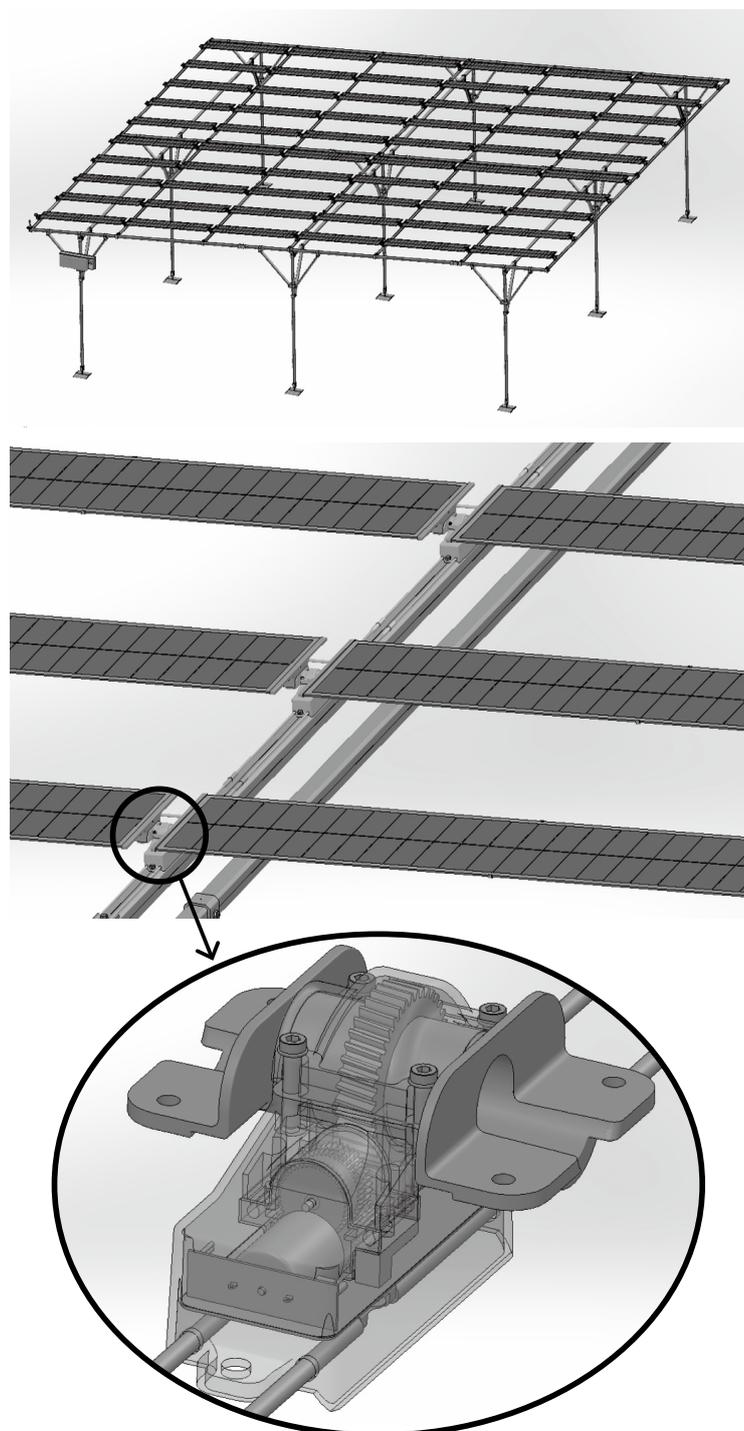


図10：列ごとに駆動装置を持ち個別に回動する方式

向に対して、30分先行して待機させ、

1時間後に再び先行待機させることです。このように先行待機することで太陽を常時追尾したときと同等の「年間5%以上」発電量を増すことが可能です、回動のための費用の回収ができます。

このような回動機構を実用する中で、組立工数が増すことと、動かなくなったときの原因発見に手数がかかる問題や、回動角度を大きくするほど回動開始時に余分の力が必要なことなど、この方法の限界も明らか

になりました。

今後は、さらに回動機能を安価に導入できるようにするために、市販品の応用という条件を無くして、量産化費用が得られることを前提に、より合理的な構造を研究する中、図10に示す案が出来上がり開発の検討を始めました。

その構造は、小型のモーターを内蔵した駆動ユニットを形成し、1軸ごとに分散してパネルを回動させるようになっていきます。

この駆動ユニットが量産出来れば

格安で供給されることが期待できて組立性や保守性が向上するとともに、リンクを用いないことから、より以上に農作業を重視したパネルの傾斜角も実現出来て、農作業重視とトータルコストの低減に大きく寄与することが期待できます。

## 5 パネル下栽培が作物にもたらす好影響

ソーラーシェアリングを行なうと収量が減ると多くの人たちが考えておりますが、必ずしもそうではありません

ません。むしろ有害な光を除去して、より良い生育の場をつくることのできることで、実証試験の結果からも収量が増す可能性のほうが高いと推定できます。

また放射冷却を減らすことになり、地温が上がリ、雪解けを早め、夏は日陰の中の農作業で作業が楽になるといふ副次的なメリットもあります。

従来の品種改良は裸地を基準になされてきた経緯があります。

ソーラーシェアリングが広く実用化される時代は、従来の品種をそのまま使用するのではなく、多くの篤農家や農業試験場等の積極的な参加によって、改めてパネルの下で、良く育ち、味の良い、病害に強い等、良い性質を持った株を見つけ、新しい品種として固定していくことが大切ではないでしょうか。

架台の柱があっても、ただ、作業の邪魔になると考えないで、架台を利用して防虫網の設置を行えば、減農薬も志向出来るでしょう。また株の支柱が倒れないように吊り、たわに実る株を確実に保持することも可能です。

農業機械の運行に柱が邪魔と気にされる方も多いですが、センサー技術の発達で小さな費用で接触が防止できる時代ですので、早急に解決出

来る問題として考慮すれば良いでしょう。

農業者や篤農家の皆さんのたゆまぬ工夫や提案によって、ますますソーラーシェアリング農業が大きく発展することが期待されます。

## 6 ソーラーシェアリングで世界が変わる

産業革命以前の人類社会は自然エネルギーのみで生活していました。人類が火を使い出して約50万年経過し、産業革命後は地下資源に頼った生活を約200年間続けてきました。人類の歴史から見れば、50万年のうち200年は極めて短い特異な時代と考えるべきかもしれません。

今日、私たちは地球温暖化によって、脱炭素社会への移行が急務となりました。日本政府は化石燃料の発電効率を上げて節約することが対策と考へ、石炭火力を推進してきた経緯があります。

2015年12月のパリ協定以後、世界の潮流は化石燃料が「あっても使わない」「使えない」時代に突入し、COP23では世界の資金の流れが自然エネルギー社会の構築に向かい始めたことが明らかになりました。

私たち日本は周回遅れと批判されていますが、これを取り戻すためにも、ソーラーシェアリングのより早

い普及が待たれています。

ソーラーシェアリングの普及は、化石燃料の使用を漸減してエネルギーの自給率を上げることはもとより、山を削り野を不毛の地とする従来のメガソーラーの建設を押さえ、「自然と共生する」自然エネルギー社会の実現に貢献することにあります。

中国をはじめとする多くの国でもソーラーシェアリングの普及が進み始めました。加えて、ソーラーシェアリングが、強過ぎる太陽の直射を緩和する効果によって、熱帯地方の飢餓と貧困の問題の解決にも寄与できることが期待されています。

世界の耕地面積は1700万km<sup>2</sup>あり、石油換算の世界の全消費エネルギー120億t(2010年)をソーラーシェアリングでまかなうと仮定すれば、大略300万km<sup>2</sup>、すなわち計算上ですが、わずか18%に実施すればすむこととなります。

これに風力や水力も加わりますから、全ての地球人が近代的な生活をする地球が3つ必要などということとは決してありません。

万里の長城を作るがごとく営々とソーラーシェアリングの拡大を継続することが、エネルギー問題を確実に解決して、地球温暖化防止の最適

な方法として期待されます。

## おわりに

ソーラーシェアリングを実用するためには大風で壊れない工夫が最も重要なこととなります。

例えば半透明の太陽光発電装置を作り圃場の上に張ったら農作業上は最も良いかもしれませんが、しかし大風に対しての耐久性を持たせるには、駅のプラットホームのような強固な建築物が必要になります。また全面的に覆うので雨による自動的な灌漑も失われますから、その代わりの灌漑設備も加える必要があり一層費用がかさみ、かなり実用化には無理があります。

温室の上にパネルを張る案もありますが、その耐久性はどうでしょうか。元来温室は大風で壊れやすいので強風対策が課題になります。

本稿は細身のパネルを利用して、さらに大風のときは水平にして、風荷重を極限にまで減らす工夫こそ、ソーラーシェアリングが普及するための唯一の道である示すことに注力しました。

本稿によってソーラーシェアリングの普及に携わる皆さんが、このことを「心底」理解されて、多くの力が一層結集する方向に向かうことを期待する次第です。