

農業と太陽光発電の共存に関する研究

A Study on Co-existence of Agriculture and Solar Electric Generation

巢 宇燕・菅井径世・菊山功嗣

CHAO Yuyan, SUGAI Michiyo, and KIKUYAMA Koji

Abstract: In order to activate the lives of countries in Japan, not only steady developments of agriculture but also establishments of new business are largely requested. As both agriculture and solar electric generation need vast area and abundant day light, it seems contradict to develop these businesses in the same area. This study shows theoretically the co-existence of agriculture and energy generation by using an appropriate arrangement of solar panels on the farm. By planting vegetables under the panels their growths were experimentally obtained both for summer and autumn vegetables.

keywords: solar-sharing, activation of countries, agriculture, electric generation

1. まえがき

2013 年から制度化された再生可能エネルギー固定価格買取制度 (FIT) によって太陽光、風力を中心とした新たな電力の開発が進められている。しかしこの制度は、再生可能エネルギーによる発電単価が通常の電力価格より高く、その超過分を消費者に負担させる制度であり、従来からの原発依存の国のエネルギー政策を変えさせるものにはなっていない。また最近では太陽光発電の普及に伴って買電価格の引き下げが実施され、一層の広がりを抑制するとともに、制度の見直しがおこなわれ、電力会社が決める「許容可能量」を超過する場合には受電拒否ができるようになり、九州電力、東京電力などいくつかの電力会社が急増する太陽光発電設備の設置に対して、接続拒否を行う事態も生じている。再生可能エネルギーの活用が進んでいるドイツ、スペインなどではその割合が 20%以上になっているのに比べわずか 2%程度の我国でこのような制限を設けることは、国や電力会社の怠慢と言わざるを得ない。

一方、日本では年々農業従事者の割合が減少しつつあり、都市への人口集中に伴う地方の衰退が大きく懸念され、最近では地方の活性化が叫ばれ、各種の施策がなされようとしているが、農山村活性の基本である営農事業に対してはその効果は乏しく、輸

入食品の増加、従事者の高齢化、コメをはじめとする農産物の需要の減少など、極めて厳しい状況が進行している。

本研究は、太陽光発電と営農を兼業させる理論的根拠を与えるため、畑に太陽光パネルを設置した場合、農業と発電の両立の可能性を明らかにするとともに、作付する野菜に必要な日射量を確保するパネルの配置を提案するものである。また実際に畑に模擬パネルを設け、その下での野菜の栽培を行った。

2. パネル設置による日射時間変化の計算

図 1 に示すように幅 $2A$ のパネルを南北に連続して設置し、その東西に隣接するパネル列との間隔を L とした場合のパネル真下での 1 日の日照時間を求める。パネルは通常約 30 度の勾配で設置するが、本研究では計算の簡単化のために水平に設置したものとする。また野菜は成長とともに上方に伸びてゆき、時間の経過とともに陽の当たる部分と影の部分が変化するが、計算では便宜上根元のところでの日照を計算した。しかし、背丈の高い野菜に対しては本研究で得られた計算結果を容易に修正し、適当な配置を求めることができる。

太陽の高度、方位角をそれぞれ ϕ 、 θ とすると、それらは月日、時間、測定値の緯度、経度の関数で

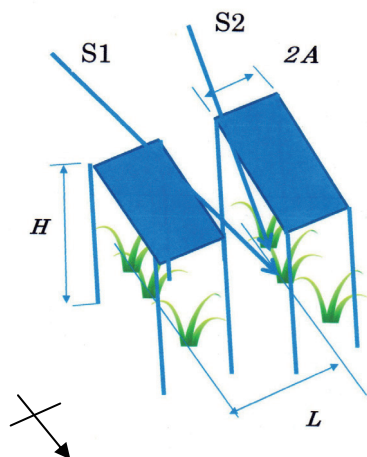


図1. パネルの配置と太陽光との関係

あるが、その計算結果はネット上で検索し求めることができる^[1]。計算では午前と午後の太陽の位置が12時を境に対称であると仮定し、午前中の計算を行った。

太陽の上昇とともに、早朝では隣接するパネルによって日陰になるが、それによる遮蔽から脱した時刻 T_1 (光線 S1) から陽が差し始め、上のパネルによって遮られる時刻 T_2 (光線 S2) まで日照を受けることができる。

いま光線 S1 の地表での投影長さを s 、高度、方位角をそれぞれ ϕ_1 、 θ_1 とすると、

$$H/s = \tan \phi_1$$

$$(L-A) / s = \sin \theta_1$$

であるから、 s を消去すると

$$(L-A) / H = \sin \theta_1 / \tan \phi_1 \quad \dots (1)$$

となる。式 (1) の右辺の値は各月日に対し、時間

の関数になる。パネルの幅 $2A$ と設置高さ H の比を与えると、間隔 L と高さの比 (L/H) が求められる。

太陽光によってパネル真下がちょうど日陰になるときの光線 S2 に対しては、その時の太陽の高度、方位角をそれぞれ ϕ_2 、 θ_2 とすると、上式と同様に

$$A/H = \sin \theta_2 / \tan \phi_2 \quad \dots (2)$$

が得られ、この値も太陽の運行による角度変化から求められる。

3. 野菜に必要な日照時間

野菜の生育には日照条件が重要である。野菜は種類によって、直射日光を好む陽性植物、半日蔭から日陰を好む陰性植物、それに中間的な半陰性植物に分けられる。その主なものは表1に示す^[2]。

陽性植物にはトマト、ナス、ピーマン、キュウリなど主に夏野菜があり、これらはおよそ6時間の日

陽性植物	半陰性植物	陰性植物
トマト	いちご	みつば
なす	ホウレンソウ	せり
とうがらし	小松菜	しそ
ピーマン	かぶ	みょうが
すいか	レタス	ふき
メロン	しゅんぎく	にら
きゅうり	じゃがいも	
かぼちゃ	さといも	

表1. 野菜の日照条件

時刻	5月1日		7月1日		9月1日		11月1日	
	高度	方位角	高度	方位角	高度	方位角	高度	方位角
8:00	35.3	-84	37.87	-93.6	30.8	-77.7	19	-5.78
8:30	41.4	-79	44	-89.4	36.7	-72.3	23.8	-50.
9:00	47.3	-73.2	50.1	-84.8	42.5	-86.2	28.3	-43.7
9:30	53.1	-66.4	56.2	-79.3	47.9	-56	32.3	-36.6
10:00	58.5	-57.9	62.2	-72.5	52.9	-50.7	35.6	-28.8
10:30	63.39	-45.78	67.86	-63.2	57.3	-39.8	38.1	-20.3
11:00	67.32	-32.12	72.98	-49.3	60.7	-27	39.8	-11.2
11:30	69.72	-13.28	76.82	-27.0	62.7	-11.9	40.5	-1.77
12:00	70.3	7.74	78.05	4.61	63.1	4.41	40.1	7.74

表2. 5月、7月、9月、11月の太陽高度、方位角変化

照時間を好む。また半陰性植物にはイチゴ、ホウレンソウ、小松菜、レタス、ジャガイモなどがあり、半日（およそ3～4時間）の日照でよい。

4. パネル設置条件 (A/H)

夏野菜は4、5月に苗を植え、7、8月に収穫を迎える。また秋野菜は8、9月に苗を植え、11月に収穫時期を迎える。それゆえ太陽の高度、方位角には5月、7月、9月、11月初日の値を用いて計算する。表2はネットから求めた太陽光の高度、方位角の時間変化を示す。

式(2)においてパネルの高さ H と幅 $2A$ の比率を与えると太陽光が日陰になる時刻を求めることができる。いまパネルの下での作業が容易に行えるために耕運機などの使用を考慮し、 $H=3.2\text{m}$ とする。

図2にはパネルによって日陰が始まる時刻 T_2 と (A/H) の関係を示したものである。パネルの幅が広く (A/H) が大きいと日陰になる時刻は早くなる。 $(A/H) = 0.4$ ではおよそ10時半に日陰になり、午前中の日照時間は隣接するパネルによる遮蔽がない場合は、8時から計算すると2.5時間になり、午後と合わせると5時間の日照時間が得られる。さらに $(A/H) = 0.25$ になると8時から11時までの3時間が日照時間である。これは $H=3.2\text{m}$ とすればパネルの幅は 1.6m である。

5. パネル列の間隔 (L/H)

市販されているパネルにはいろいろなサイズがあるが、幅の小さいものは 0.8m でこの場合は、 $A=0.4\text{m}$ になり、高さを $H=3.2\text{m}$ とすれば、 $(A/H) = 0.125$ になる。この場合には日光がさえぎられる時刻は図2より、5月から11月を通しておよそ11時15分ごろである。それゆえ単独列の場合は午前中で3時間以上の日照時間になる。

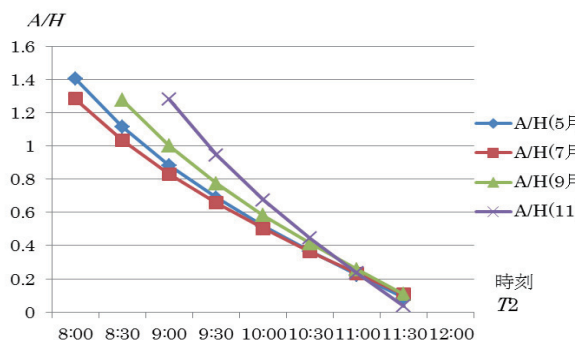


図2. 上方パネルによる日光遮蔽時刻

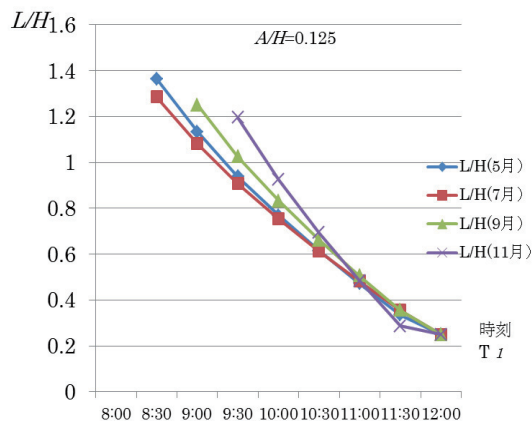


図3 隣接パネルの日陰が終わる時刻 T_1

上述のように $(A/H) = 0.125$ で日照時間6時間が得られるので、ここでは $(A/H) = 0.125$ として式(1)より、隣接するパネルの影がなくなる時刻 T_1 と間隔比 (L/H) との関係性を求めた(図3)。11月になると太陽高度が減少するため日陰の時間が長くなるが $(L/H) = 1.5$ では8時過ぎから日照が得られ、 $(L/H) = 1.25$ ではほぼ8時30分ごろから日照が得られることがわかる。

以上からパネル高さ $H=3.2\text{m}$ 、パネル幅 $2A=0.8\text{m}$ とした場合、5月1日の午前中に得られる日照時間 $T_0 (= T_2 - T_1)$ とパネル間隔 L との関係性を図4に示す。 $(L/H) \geq 0.125$ にすればほぼ8時半から11時までの日照が得られ、1日当たり約5時間の日照時間となる。陽性植物では多くの日照が望ましいが、トマトなどの果菜類では真夏の直射日光と降水が果物の表面が損傷するため、わざわざ日陰を設けることが行われるので、日照時間5時間でも十分であると考えられる。

6. パネル設置での栽培実験

日陰の栽培の可能性を実験的に調べるため、中津川市内の農地でトマト、なす、白菜、ブロッコリー

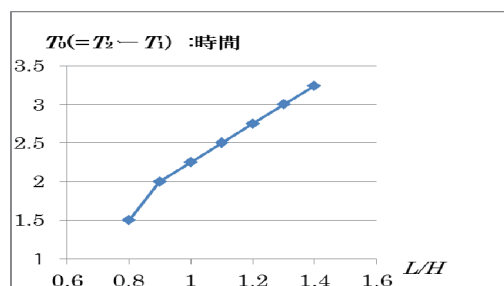


図4 パネル間隔と日照時間(午前中)



写真1. 白菜の苗



写真2. 生育した白菜

の栽培実験を行った。トマトとなすは5月に植苗し、白菜とブロッコリーは8月末に植えた(写真1参照)。トマトの生育は順調であったが、果実が実るころに野鳥の害に会い収穫は得られなかった。

一方、秋野菜の白菜、ブロッコリーは順調に生育し、日陰のない状態と遜色ない収穫が得られた(写真2)。

7. 農業と発電事業の共存について

発電と農業を並立させる取り組みは、ソーラーシェアリングと呼ばれ、市民による発電事業が始まっている^[3]。農地を発電所に転換するには農地転換の許可が必要である。しかし共存させる場合の法令などはないため現在は発電設備は暫定設備であり、条件を満たせば併用可能とされている。その条件としてはパネル設置に伴う農産物の減産が2割以下であること、3年ごとの再申請が必要であることなどである。FITによる固定価格の買取りが太陽光の場合20年継続できることに対し、3年ごとの再申請では長期にわたる安定した経営が確立されないという問題がある。

日本の山村は豊かな緑に覆われ、景観を保持するだけでなく、そこには太陽光、風力、バイオマス、

小水力などの潜在的エネルギーが満ちている。この農村を維持するためには、農家の収入を増加させる施策が必要であり、共存による発電事業は農産物と同様地産地消の産物として地域の活性化の役割を担うことができる。また再生可能エネルギーによる発電は地球温暖化防止にとっても極めて大切な事業であり、この取り組みが一層拡大する施策を望む。

参考資料

- [1] <http://keisan.casio.jp/has10/SpecExec.cgi?id=system/2006/1185781259>
- [2] <http://www.atariya.net/kiso/nisho.htm>
- [3] <http://solar-sharing.org/>