

平成29年9月定例会 決算特別委員会産業建設分科会 (追加資料)

上下水道部

平成28年度亀岡市下水道事業会計決算書 建設改良工事の落札率について

P 2 0

2 工事

(1) 建設改良工事の概要

イ 処理場建設改良工事の概要

工 事 名	工事費	着工年月日 竣工年月日	工事内容	備 考	落札率
亀岡市年谷浄化センター 建設工事その2 4	円 104,080,000	平成 27.10. 7 28.12.13	導水渠施設 一式 反応タンク施設 一式 最終沈澱池施設 一式	平成27年度 協定事業	81.4%
亀岡市年谷浄化センター 水処理設備工事その1 4	189,322,000	27.10. 7 29. 2. 9	導水渠施設 一式 反応タンク施設 一式 最終沈澱池施設 一式	平成27年度 協定事業	87.4%
亀岡市年谷浄化センター 電気設備工事その2 6	115,850,000	27.10. 7 29. 2. 9	監視制御施設 一式 水処理運転操作施設 一式 水処理計装施設 一式 水処理電気室 一式	平成27年度 協定事業	95.0%
合 計	409,252,000				

※処理場建設改良工事は、亀岡市との協定に基づき日本下水道事業団が発注しております。

亀岡市平成28年度委託研究  
研究報告書（平成28年度）

立命館大学 OIC 総合研究機構

サステイナビリティ学研究センター

客員教授・柴田 晃

2017年3月31日

(1) **研究課題:**「農業ソーラ設備下での野菜等の育成研究および販売プロモーション手法の研究」

(2) **目的・内容(概要)**

平成 24 年 9 月より亀岡市内のスーパーマツモトにて、環境保全型の地域ブランドである炭素貯留野菜“クルベジ®”の本格販売を行い、現在に至っている。本年度、亀岡市河原林地区にて農地太陽光発電システムを設置するのを機に、その設備下での、作物をクルベジ®認定するための LCA 手法による炭素削減量の計算および陰性・半陰性植物を中心とした野菜等の生育実験を依頼する。併せて、販売プロモーション等の手法に関しても研究を依頼する。

(3) **報告内容(概要)**

平成 28 年 8 月より、亀岡市河原林地区に農地太陽光発電システムが設置された。その設備下での、農作物をクルベジ®認定するための LCA 手法による炭素削減量の計算および各種野菜(菜の花、落花生、ブロッコリー、アスパラ、白菜、キャベツ、小松菜、玉ねぎ、大根等)の栽培を開始し、生育可能性の初期スクリーニング試験を行った。生育時期が秋・冬の寒冷時であり、異常気象(多雨および温度変化)および水田からの畑地転換であったための排水不良がかさなり、また鳥害等の防除不備のため、比較実験環境が整いにくく、全般的には生育確認が難しかった。その中でも、一部小松菜および大根の実験結果が得られた。現状では、太陽光パネル下での発育に関しては生育遅延が見られるものの、生育は問題ないように思われる。なお、より精密なデータを得るための、光量子計・地温・水分計の設置を 3 月から行い、データロギングを行っている。販売プロモーションに関しては、売り場での各農家生産物の棲み分けを含めて、組織内調整を行った。

1. 背景

地域における農業生産は担い手不足や経済的課題によって、衰退の一途をたどっている。それに伴い、地域自体の存続が危ぶまれている地域も少なくない。このような地域は大きな意味で、将来の水・食料確保と密接に関係している。地域での農業生産の存続と自然環境の維持・保全は将来に亘る重要な課題である。

将来にわたって食を確保する農業その基礎となる自然環境保全という観点から、環境保全型農業とその重要性を認識できる具体的手法とラベル等その表示(消費者への浸透)方法を模索する実証的研究を行っている。つまり、「持続可能な地域に根差した環境品質手段の模索」である。これは、具体的には、地域の食料生産から消費に至るサプライチェーンにおける品質管理・品質保証のための産品・製品・商品の表示方法(ラベル等)とその科学的根拠づくりである。最終的には、科学的な論拠に基づいた新しいラベル等の表示方法の開発と市場への浸透、その場合の消費者感度や普及可能性を探求する。

2. 長期研究目標

今後の長期の研究目標として、次の項目を挙げる。

- ① 亀岡でのクルベジブランドの生産・販売を通じた亀岡環境保全ブランド育成
- ② 亀岡クルベジのラベル表示における科学的保証方法の確立
- ③ 亀岡に根差した環境保全型各種農業産品・製品・商品モデル開発

そこで、本年度は③の解決手段の一つである農業生産と太陽光発電(再生可能エネルギー生産)との両立の可能性の研究を開始した。これは、農業地域での農業生産と並列した持続可能エネルギー生産および経済効果の向上による持続可能な環境保全型農業モデル成立の可能性調査・研究である。

### 3. 研究目的 (2016 年度)

太陽光発電装置(ソーラパネル)での被陰環境下における野菜等の生産の可能性を検討するため、京都府亀岡市内の圃場にて実験を実施した。なお、本年度(2016年度)は農地の畑地としての整備や実験可能な作物種(菜の花、落花生、ブロッコリー、アスパラ、白菜、キャベツ、小松菜、玉ねぎ、大根等)のスクリーニングを主目的とした。均一性を確保した。

### 4. 実験項目

#### i 被陰環境下での環境因子(光量、地温、水分)の測定

光量子計、地温・水分計の設置およびデータロギング(図1)

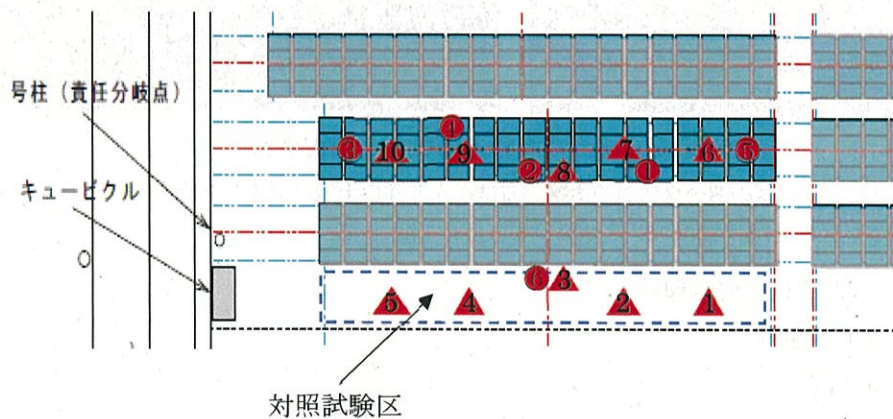


図1 測定機器の設置位置

● 1 ~ ● 6 : 図2の「PAR232~237」にそれぞれ該当

▲ 1 ~ ▲ 10 : 図3、4のTemp01~10、VWC01~10にそれぞれ該当



写真1. 光量子計の設置状況  
棒の先端(1m 高さ)に固定。



写真2. 土壌水分・温度計の設置状況  
左は小型ハウス内の土壌、右はハウス外の土壌に挿入した状況

ii 被陰環境下での野菜類の成長観察

- ・ 定点カメラによる観測
- ・ バイオマス量の測定

iii 被陰環境下での適正作物のスクリーニング

太陽光パネルが竣工した平成28年7月下旬から、2月上旬まで、太陽光パネル下の農地にて協力農家に自由に野菜栽培をしてもらい、栽培上の問題点の洗い出し（課題抽出）と栽培可能な野菜の選定を試みる。

5. 結果

i 被陰環境下での環境因子（光量、地温、水分）の測定

2017年2月20日より設置を行い、機器の調整を経て3月9日よりデータ収集を始めた。データの一部分を図1，2，3に示す。

回収データは、2017年度中間報告にて報告する。

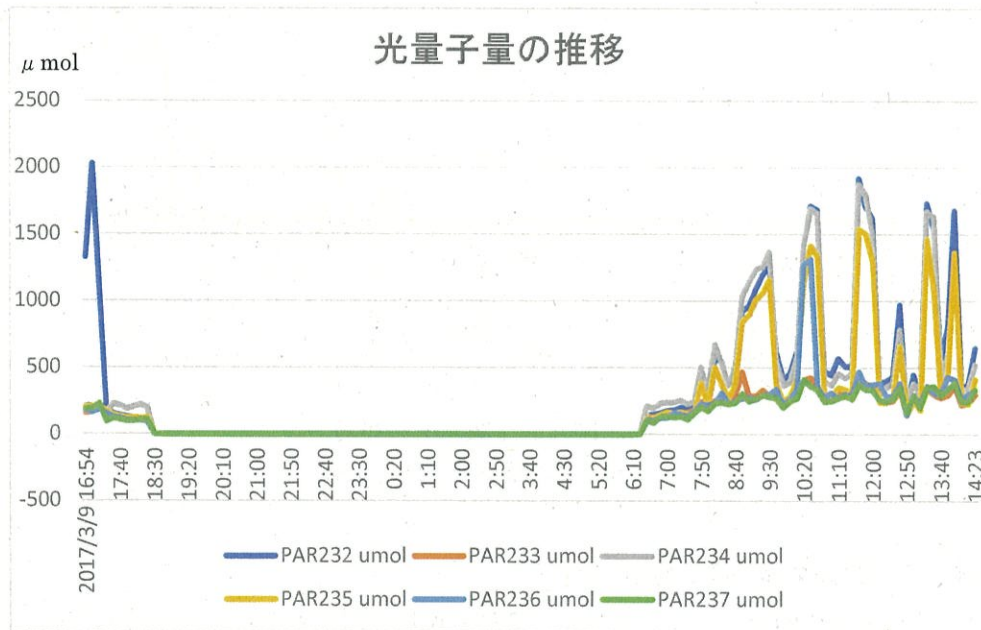


図2. 光量子量の推移

PAR232はパネル外(対象区)に設置。

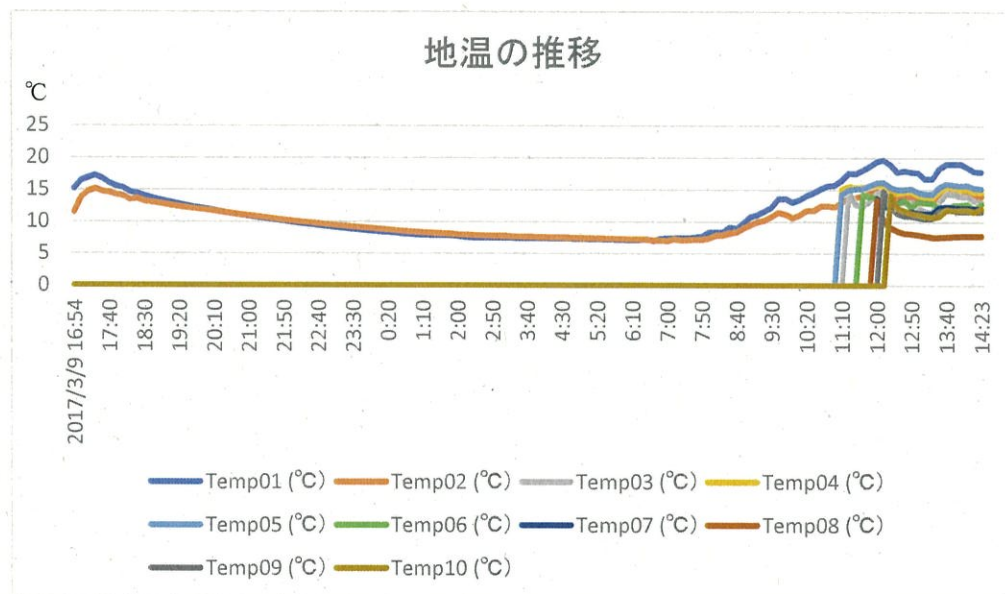


図3. 地温の推移

Temp01~05はパネル外に設置。

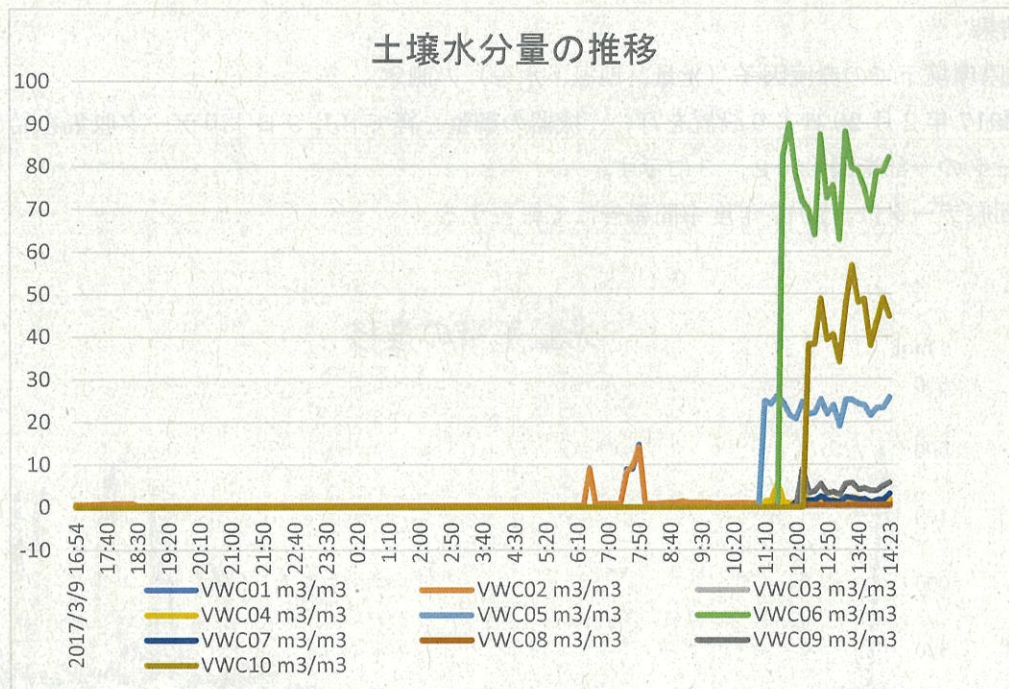


図4. 土壌水分の推移

VWC01~05 はパネル外に設置。

ii 被陰環境下での野菜類の成長観察

コマツナの成長実験を行った。バイオマス量の比較を次の表1および写真1で示す。

播種日：平成28年12月2日

測定日：平成29年1月26日（パネル外栽培収穫・出荷）

測定日：平成29年2月28日（パネル下栽培収穫・出荷）

太陽光パネル外

	根長(cm)	胚軸長(cm)	地下部(cm)	草丈(cm)	最大葉長(cm)	葉柄長(cm)	葉幅(cm)	SPAD
1	10.1	1.3	14.4	35.0	24.0	11.0	6.8	35.8
2	12.6	1.8	13.6	40.0	28.0	12.0	7.7	34.2
3	12.2	1.4	12.1	37.9	27.6	10.3	9.2	39.2
4	11.2	0.9	11.0	36.0	24.0	12.0	7.0	46.8
5	10.0	1.0	12.6	29.4	20.0	9.4	6.0	49.1
6	10.8	1.8	11.2	33.6	23.8	9.8	8.2	43.2
7	10.0	1.2	14.5	35.2	24.8	10.4	6.8	42.0
8	13.4	1.1	11.7	34.6	24.6	10.0	9.4	39.6
9	10.1	1.6	12.3	40.6	28.4	12.2	7.8	35.8
10	11.2	1.1	14.1	35.4	25.0	10.4	7.8	38.7
11	13.0	1.1	15.5	41.6	28.6	13.0	7.1	35.5
12	14.2	1.3	14.2	39.4	27.0	12.4	8.6	41.9
13	12.6	1.6	16.3	38.0	26.8	11.2	7.2	30.1
14	15.2	1.1	14.8	36.1	25.0	11.1	8.0	36.5
15	13.8	1.0	17.3	32.4	23.0	9.4	9.2	39.4
16	16.5	0.8	12.8	35.2	24.0	11.2	6.8	34.5
17	11.4	1.4	12.6	39.5	28.0	11.5	8.2	35.9
18	11.8	0.8	12.9	37.2	26.0	11.2	8.0	39.8
19	11.8	1.1	15.7	39.2	28.8	10.4	7.8	39.4
20	14.2	1.5						

太陽光パネル下

	根長	胚軸長	地下部	草丈	最大葉長	葉柄長	葉幅	SPAD
1	4.9	0.8	5.7	9.8	6.8	3.0	3.0	33.7
2	7.1	0.8	7.9	10.1	7.1	3.0	2.6	31.2
3	5.0	2.2	7.2	8.3	6.1	2.2	2.4	31.5
4	8.2	2.4	10.6	9.0	6.6	2.4	2.4	35.5
5	10.1	2.6	12.7	8.4	6.4	2.0	2.5	34.0
6	8.0	0.3	8.3	9.2	7.0	2.2	2.6	36.0
7	7.2	2.2	9.4	8.6	6.6	2.0	2.4	40.4
8	8.4	1.8	10.2	8.5	6.1	2.4	1.4	39.2
9	6.1	1.4	7.5	9.8	7.2	2.6	2.8	35.2
10	5.2	2.6	7.8	9.8	7.2	2.6	2.8	37.4
11	6.0	3.0	9.0	10.8	7.8	3.0	2.6	33.4
12	8.0	2.8	10.8	10.0	7.0	3.0	2.2	38.9
13	5.5	3.0	8.5	9.4	6.8	2.6	2.8	35.9
14	6.4	1.2	7.6	9.7	7.2	2.5	2.8	36.7
15	5.8	1.6	7.4	9.4	6.8	2.6	2.2	36.5
16	6.0	2.0	8.0	8.5	6.4	2.1	2.4	36.3
17	5.8	2.3	8.1	6.6	5.0	1.6	2.3	39.8
18	7.5	2.5	10.0	8.0	6.0	2.0	2.3	30.1
19	6.0	3.0	9.0	8.7	6.3	2.4	1.8	37.6
20	6.8	2.8	9.6	9.1	6.6	2.5	2.2	38.1

※) データ採取は、京都学園大学 藤井康代教授の助力による



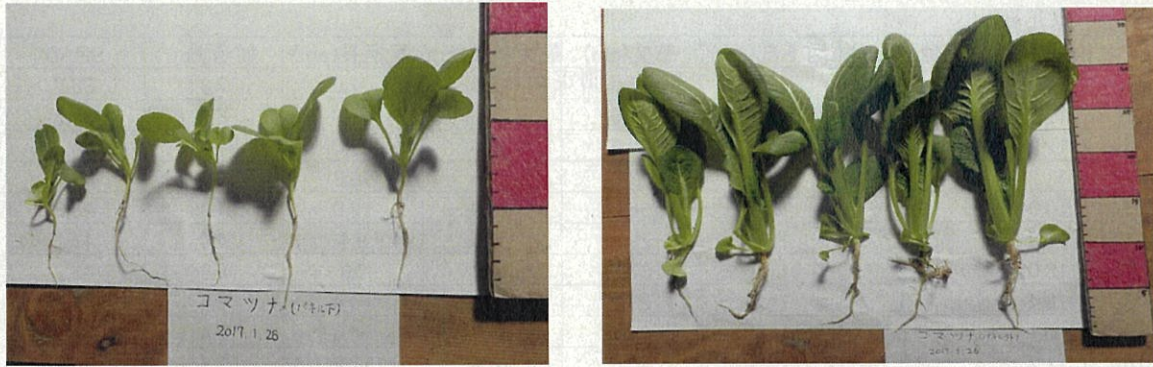


写真4

左がパネル下、右がパネル外

表2 パネルの有無と各成長項目との関係 (コマツナ)

	非標準化係数	標準誤差	標準化係数	t 値
根長 (cm)	0.136 ***	0.012	0.873	11.029
胚軸長 (cm)	-0.392 ***	0.092	-0.567	-4.243
地下部 (cm)	0.142 ***	0.016	0.824	8.978
草丈 (cm)	0.035 ***	0.001	0.988	39.304
最大葉長 (cm)	0.051 ***	0.001	0.986	36.146
葉柄長 (cm)	0.113 ***	0.003	0.985	35.185
葉幅 (cm)	0.176 ***	0.007	0.970	24.655
SPAD	0.048 *	0.019	0.380	2.534

注)  $N = 40$ , \*\*\* $p < .001$ , \*\* $p < .01$ , \* $p < .05$ .

### iii 被陰環境下での適正作物のスクリーニング

栽培上の課題と栽培可能野菜の選定の結果を、表3に示す。

図1に示される栽培品目は、圃場設立当初に計画したものである。その後の試験栽培の結果、表3に示した品目の他、表4の野菜類が太陽光パネル被陰下での栽培で成果を得ている。ただし、パネル外との生育速度等比較データは今後の研究にて採取する。

表3 栽培上の課題と栽培可能野菜の選定

観察項目	特徴	対策
環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 土壌の水はけが極めて悪い。</li> <li>・ カラスによる食害が著しい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2017年2月～3月に排水改良工事実施予定。</li> <li>・ 防鳥ネットの設置</li> </ul>
太陽光パネル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ パネル間から落ちる雨滴が直下土壌を洗掘し、野菜の成長を妨げる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ パネル間の隙間を塞ぐ。</li> </ul>
野菜の成長	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ パネル下では、現在のところ、次の野</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 左記野菜の中で、成長は遅かった</li> </ul>

	<p>菜で対象区（パネル外）との成長の差がみられた。</p> <p>① タマネギ ② ニンジン ③ ダイコン ④ コマツナ</p>	<p>もののパネル下の栽培でもコマツナは出荷出来ている。タマネギ、ニンジン、ダイコン、は成長が遅い。コントロール区を設け、野菜類の栽培試験を続ける。</p>
作業人員	<p>・近隣專業農家の中で、クルベジ栽培農家の一部と京都学園大学（6者）が、栽培に協力。</p>	<p>・栽培、販売実績を積み上げる。</p>



図5 栽培計画図

表4 その他野菜類の栽培状況

野菜名	栽培結果（経過）
アスパラ菜	生育し、出荷済
ラッカセイ	生育し、結実（ただし、2016年は通常栽培でも生育不良で優劣の差不明瞭）
レタス	パネル外との生育差は小（ただし、2016年は通常栽培でも生育不良）
キャベツ	パネル外との生育差やや大であるが、出荷済

※協力農業者がテスト栽培したもの。

## 6. 考察

### i 被陰環境下での環境因子（光量、地温、水分）の測定

輸入部品等実験用器具類の調達に難航し、測定機器の設置が大幅に遅れた（2月10日から設置）。また、本年度は例年に比して、異常気象（多雨・日照被害・積雪）の影響もあり、圃場の排水不良やパネル間から落ちる雨滴による作物への障害への対策が難航し、適切な実験及びコントロール圃場の確保ができなかった。今後は、雨水対策等を含めて、年間を通じた適切な圃場整備を試みたうえで環境因子（光量、地温、水分）の測定を行う。

### ii 被陰環境下での野菜類の成長観察

表1に示した計測結果において、パネルの有無と成長との相関を見ると（表2）、パネル下とパネル外では成長が異なり、SPAD（葉緑素量）は5%水準、それ以外は0.1%水準でパネルの有無との関連で有意差が見られた。このことから、コマツナにおいてはパネル下での成長（胚軸長を除く）が、パネル外での栽培群と比較し、遅いことが明らかとなった。しかし、パネル下でも成長は遅いものの、収穫は可能であった。特に冬の時期は採光の課題よりも、発芽の遅さから勘案して、地温の問題が大きいように思われる。環境因子の測定を行い、コマツナを含めた野菜類の成長と環境因子との相関を調べた上で、その成果を被陰環境下における適正な営農計画立案（栽培種の選定、端境期対策等）へと応用していくことが理想である。

### iii 被陰環境下での適正作物のスクリーニング

表3、表4で示された野菜は、あくまでも、1例ではあるが、太陽光パネル下の被陰環境下での栽培可能性が示された。これらはフィールド実験の為、自然環境要因に左右される場合が多く、多年にわたり、継続的に実験を行い、その精度を高めていく必要があると思われる。

以上

研究題目 「タケ炭化物の形状と作物栽培に与える影響」

(ソーラーシェアリングが作物に与える影響－冬野菜－) \*

京都学園大学 バイオ環境学部 食農学科 教授 藤井 康代

\*当初の計画では、「タケ炭化物の形状と作物栽培に与える影響」として、2つの軸を中心に研究を行う予定であった。2つの軸とは、炭の形状に関する考察、およびカーボンマイナスプロジェクトの新たな展開として始まったソーラーシェアリングに適した作物の選定、であった。8月の起耕式以降圃場での実験が可能になったことから、両研究を比較した場合、ソーラーシェアリングに関する研究を先行したほうが、カーボンマイナスプロジェクトにとって有効であると考え、炭化物の有無と日照の有無による作物栽培への影響を明らかにすることを優先して研究を行った。したがって、題名も実際の内容に即した「ソーラーシェアリングが作物に与える影響－冬野菜－」に変更し、3月4日のひとまちひとキャンパス事業報告会で報告を行った。

要約

農地におけるソーラーパネルによる発電は、炭素貯留に加えて、さらなる二酸化炭素削減（カーボンマイナス）を図るとともに、売電収入による農家への経済的支援を目的としている。しかし、この売電収入は主収入ではなく、クルベジを中心とした農産物の生産による収入の補助と位置付けている。したがって、ソーラーパネルを設置した農地で作物を栽培する必要がある。一般には、パネル設置による太陽光の遮断によって農作物の収量は減少すると考えられるが、収量の減少の程度、パネル設置の影響の大きい作物については明らかになっていない。今回は9月に定植できる野菜ということで、陽性植物のキャベツ、半陰性植物のレタス、ジャガイモ、ネギ、試験野菜としてよく使われるコマツナをソーラーパネル下の圃場で栽培し、その生育調査を行った。天候不順にもかかわらず、生育できたキャベツとネギについてその生育調査を行った。炭の有無についてはキャベツでは全く変化がなかったが、ネギのパネル下の試験区で炭ありの方がやや成長が良好であった。陽性植物であるキャベツは日照の影響が著しく、パネル下の試験区のものほとんど成長しなかった。しかし、半陰性植物のネギは、全長は同じぐらいにまで成長した。ただ、分けつ数がパネル下のネギで多く、細いものが多かった。したがって、細ネギとして利用するなどの工夫をすれば、商品としての価値はあると考えられる。

目的

カーボンマイナスプロジェクトでは、これまで炭素貯留農地での栽培ということに対して野菜のブランド化を行い、販売を推進してきた。実際に農地に貯留される炭素では、10aあたり257kgの二酸化炭素削減となっている。より高い二酸化炭素削減効果を得るための方法の一つに炭の施用量の増加がある。これまで、炭施用量を増やした農地で栽培を行ってきたが、収量で無施用試験区と比較しても大きな増減はなかった。炭施用量の増加は、得られる野菜の収量が増加するか、その品質が向上しないのであれば、農業者の経済的な負担が増加するだけであり、施用量増加による二酸化炭素削減は有効とはいいが

たい。一方で、二酸化炭素削減と地下資源の有効活用の観点から、石油に頼らない発電が注目されている。特に持続可能なエネルギーとして太陽光発電は注目されている。ソーラーパネルの設置場所として、休耕田を転用させている例もある。もともと農地は日照条件がいいことからパネルの設置には適していると考えられるが、日本の食料自給率を考えると、農地のソーラーパネルの設置は「転用型」ではなくパネルの下で営農を行う「営農型」が望ましい。

そこで、カーボンマイナスプロジェクトでは、次の段階として営農型ソーラーシェアリングを目指している。地球温暖化の観点からは、炭化によるバイオマスが蓄積した炭素を貯留すること、および化石資源による発電に替わる太陽光発電を行うことによる二酸化炭素排出量の減少を実現することができる。さらに、農業者にとっては、営農をしつつ売電収入が見込めることから、経済的な安定を確保できる可能性がある。

この営農型ソーラーシェアリングを成功させるためには、栽培する作物の選定は重要である。ソーラーパネルにより、日照が制限される圃場では光飽和点が低い植物の方が、効率よく光合成ができ生長が可能であると考えられる。そこで本研究では、半陰性植物であるレタス、ジャガイモ、ネギの栽培を行った。また、比較として陽性植物であるキャベツも同時に栽培した

#### 実験方法

高さ 2.5 m のソーラーパネルを設置した亀岡市河原林の農地の一部を圃場とした(写真 1)。ソーラーパネルの有無および炭(500kg/10a)の有無により 4 つの試験区を設けた(図 1)。いずれの試験区も、さくら有機たい肥(亀岡土づくりセンター)を 1 m<sup>3</sup>/10a 施用した。キャベツ(新藍、光飽和点 40 klx)、結球レタス(シグマ、光飽和点 25 klx)、九条ネギ(京千緑、光飽和点 25 klx)、ジャガイモ(ニシユタカ、光飽和点 30 klx) 各 25 株/試験区を栽培した。2016 年 9 月 9 日に苗の定植、あるいは種芋の植え付けを行った。キャベツについては、9 月 9 日に定植した苗に病気が発生したため、再度異なる品種(青琳)を 9 月 15 日に定植した。



写真 1 ソーラーパネル下の圃場  
(写真中の人物の身長は約 180cm である)

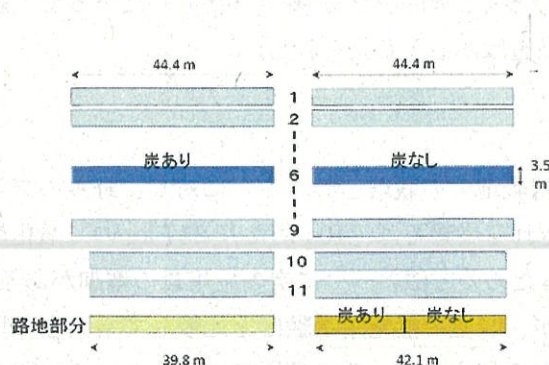


図 1 試験区

ネギ、キャベツ、ジャガイモについては、2010 年から 2013 年度まで当研究室で行った炭(10a 当たり 0~4t)の効果の研究の際にも用いた作物である。ネギを 11 月 18 日に各試験区から 20 株ずつ、キャベツは 12 月 15 日には 8 株収穫した。パネルあり炭なし試験区のキャベツについては 3 月 24 日に 5 株収穫した。

土壌成分分析のために、9 月 21 日と 12 月 22 日に土壌を採取した。土壌試料は深度 10 cm のところの土壌を同一試験区で 5 か所(四隅と中央部分)採取し、混合したものを分析した。新鮮土に対して pH、EC の

測定を直ちに行い、残りの土壌試料は温室内で風乾したのちに、乳鉢で粉砕した。風乾土に対しては、トリオーグ法による可吸態リン酸測定、原子吸光法による交換性カチオン量測定、完全燃焼法による炭素および窒素含量の測定を行った。9月21日採取の土壌については、土壌三相の分析も行った。

## 結果と考察

実験に用いた圃場の土壌成分を表1に示す。

表1 圃場土壌の物理性と化学性

パネル	炭	固相(%)	液相(%)	気相(%)	C(%)	N(%)	(mg/乾土100g)			
							可給態リン酸	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO
なし	なし	46.3	20.1	33.6	1.84	0.20	63.9	266.7	38.8	38.5
	あり	38.6	27.1	34.3	3.39	0.37	40.8	221.1	29.0	26.5
あり	なし	37.6	27.8	34.6	1.48	0.17	73.4	234.8	18.9	30.1
	あり	36.7	25.4	37.9	2.30	0.28	46.1	252.0	33.3	35.6

物理特性では、理想的な土壌は固相、液相、気相の比率が40、30、30であるとされている。パネルなし炭なしの試験区は、他の試験区と比較すると固相の割合が少し高い。この圃場は、前作が水稻であったこともあるのか、全体的に水はけが悪かった。特に、パネル設置圃場の南端の畝の付近はその傾向が強かった。したがって、比較的粘土質の土壌であると考えられる。今後、水はけに対する対策が必要である。化学性については炭素含量が炭あり試験区で多くなっている。リンとカリウムについては、一部の試験区で炭の有無によって差がみられたが、元素によってその増減の傾向は一致しないことから、炭の施用による影響とは考えにくい。

写真2に定植後のパネル下の圃場の様子を示す。写真左側が南側になる。太陽の高度、時間にもよるが、南側には日光が一定時間当たることがわかる。畝の南北で成長の変化がみられることも期待したが、違いはみられなかった。

栽培経過は、ジャガイモはほとんど発芽せず、レタスは結球せずすべての試験区で抽苔した。これは、植え付け後の天候が大きな原因であると考えている。参考として表2に過去3年間の9月から12月の気象データを示す。このデータは園部である。2016年9月は降雨により、日照が不足していた。さらに、



写真2 ソーラーパネル下での栽培

表2 過去3年間の気象庁データ(9月から11月)

	日照時間(hr)			降水量(mm)			平均気温(°C)		
	9月	10月	11月	9月	10月	11月	9月	10月	11月
2014年	173.0	126.1	114.2	63.0	236.0	50.5	20.8	15.7	10.0
2015年	124.2	200.9	95.7	153.5	24.0	130.0	20.4	14.8	11.9
2016年	92.1	108.8	91.4	414.0	112.0	71.5	23.2	17.1	9.8

圃場の一部が冠水した。特に、パネルなしの圃場の部分については、冠水した状態が他の試験区よりも長時間続いた。このことが、ジャガイモの発芽を妨げたと考えられる。レタスの抽苔は、10月の気温が高かったことが原因と考えられる。株の成長の様子を見ると、パネルなしの圃場で栽培したレタスの方の草丈が高く、茎も太かったことから、パネルなし試験区の生育がパネルありの圃場よりもよかったと考えられる。参考として、写真3に抽苔したレタスの写真を示す。



写真3 抽苔したレタス  
(パネルなし炭なし)

12月に収穫したキャベツの測定結果を表3に示した。陽性であるキャベツについては、パネル設置の影響が大きく出ると考えていた。実際に明らかに生育の違いがみられた。収穫時のキャベツの様子を写真4に示す。パネル下のキャベツは葉が中央で固まっているものの、柔らかく、結球していない株もあった。

表3 キャベツの生育

	試験区	全量重(g)	調整重(g)	縦周り長さ(cm)	横周り長さ(cm)
パネルあり	炭あり	399.8±164.4	64.8±35.0	23.8±3.4	22.1±4.6
	炭なし	521.5±78.1	104.9±35.9	26.6±3.7	26.4±4.3
パネルなし	炭あり	1850.8±375.3	948.4±310.5	44.9±4.0	50.7±3.8
	炭なし	1600.7±786.1	842.5±490.7	42.3±8.3	48.2±8.5



写真4 収穫時のキャベツ  
左：パネルなし炭あり  
右：パネルあり炭なし

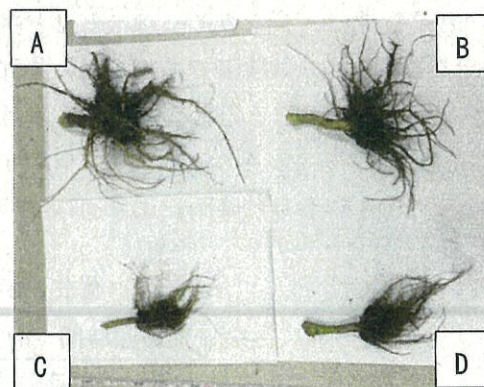
12月はかなり冷え込んでいたにも関わらず、パネルあり試験区のキャベツの外葉の内側にいる幼虫類が非常に多かった。一方、パネルなし試験区の外葉の幼虫は、数も少ないうえに、茶色に変色している死がいが見られた。これは、霜の発生がパネルによって抑えられることが要因ではないかと考えた。炭の有無による影響は、パネルの有無によっても傾向が異なったため、明らかにできなかった。

地下部の様子を写真5に示す。パネルありではしっかりと根が張っていたが、パネルなしは貧弱な根であった。

パネルありの試験区では、結球が十分ではなかったため、さらに栽培を続け、パネルあり炭なし試験区で3月24日に5株収穫をした。結果は全重量が1031.9±227.6g、調整重が352.0±4.1g、縦周りの長さが40.2±4.1cm、横周り長さが39.5±6.5cmであった。12月の収穫時と比較するとかなり成長

写真5 キャベツの地下部

- A: パネルあり炭あり
- B: パネルあり炭なし
- C: パネルなし炭あり
- D: パネルなし炭なし



していたが、それでも12月のパネルなしの試験区ほどの大きさまで育たなかった。陽性植物のキャベツの場合、日照不足は生長に大きな影響を与えることが分かった。

半陰性であるネギの結果を表4に示す。ネギもパネルありの圃場での生育が悪かった。草丈については、あまり大きな違いがなかったが、分けつ数も少なく、重量も小さかった。炭の影響については、パネルなし圃場では同じような重量であったが、パネルありの場合は、炭あり試験区の方が炭なし試験区に比べて、重量が大きかった。以前の研究では、炭の量を10aあたり2あるいは4t施用した圃場でネギを栽培したほうが、炭未施用の圃場で栽培したネギよりも重量が大きくなるという結果が得られている。このことから、今回の圃場の炭施用量は10aあたり0.5tとかなり少ないが、少量の炭施用であってもネギの成長を促進していると考えられる。以前の研究では、十分な日照の下の結果であるが、今回は日照が不足する試験区での結果であることから、少量の炭施用は、十分な日照下では成長促進効果が出ないものの、日照が不足する場合は、有効である可能性が示唆された。

表4 ネギの生育

試験区		草丈(cm)	分けつ数	全量重(g)	調整重(g)	葉緑素
パネルあり	炭あり	97.8±9.4	4.5±2.8	164.7±93.8	147.2±84.8	50.1±5.1
	炭なし	92.8±7.6	2.6±2.1	119.2±70.4	102.4±60.1	53.0±5.3
パネルなし	炭あり	96.9±4.8	2.3±1.4	223.2±117.7	200.3±107.3	55.0±7.4
	炭なし	94.9±6.9	1.85±0.8	222.9±67.4	195.2±61.1	56.6±5.8

以上のことから、陽性植物であるキャベツだけでなく、半陰性であるネギでもパネル下で栽培をすると生長が遅くなるあるいは不十分になることがわかった。しかし、ネギについては、パネルあり試験区では一本の葉が細かったものの、細ネギとしての利用も可能であり、ソーラーシェアリングで栽培可能な作物と考えられる。また、今回の実験は栽培期間が同一であったため、パネル下の作物を長時間栽培した場合はもう少し生育した可能性がある。収穫までの日数が長くなったとしても、出荷時期が他の圃場と異なれば、販売は可能であると考えられる。

#### まとめ

陽性植物のキャベツだけでなく、半陰性植物のネギでもパネルの有無によって生育に差が生じた。秋から冬にかけては、光量が減少する季節であるため、光飽和点が低い植物にとってもパネル設置の影響が大きかったと考えられる。しかし、ネギの場合は、出荷時期をずらす、あるいは細ネギとして出荷するなどすれば、販売は可能であり、営農を目的とした栽培可能であると考えられる。

春から夏にかけては、光量が増す上に気温も上昇する。直射日光が当たると植物の組織内の温度も上昇し、植物にとってストレスとなる。パネルの設置により光量が減少しても、温度上昇が抑制されれば、植物の生長により効果が生じるかもしれない。したがって、夏野菜についても検討を行う必要がある。