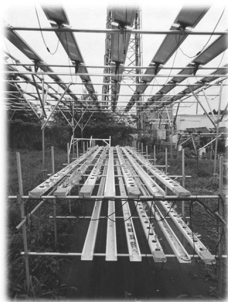


# 水耕型ソーラーシェアリングの可能性



久保裕史

千葉工業大学 社会システム科学部

E-mail : [hiroshi.kubo@kubo-labo.com](mailto:hiroshi.kubo@kubo-labo.com)

1

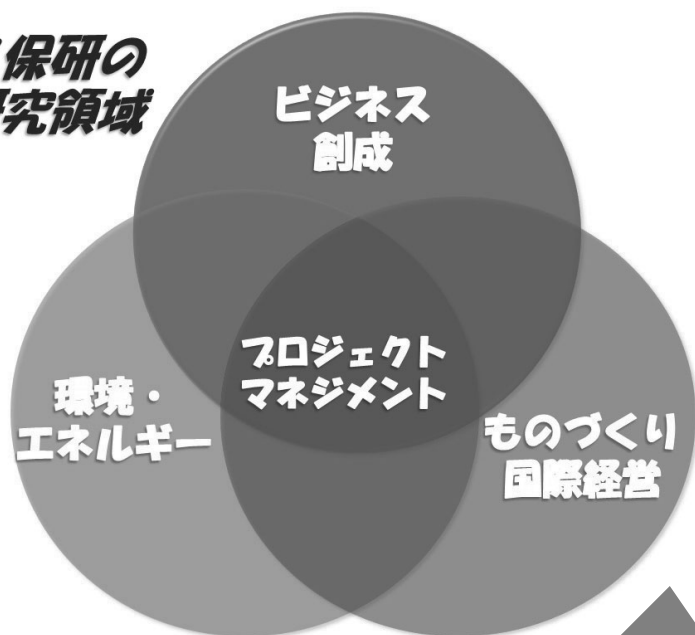
## 本日の講演内容

太陽エネ学会 研究講演会 2017.3.14

2

1. 研究室紹介
2. 背景
3. 水耕型ソーラーシェアリングとは
4. 基礎実験結果
  - 一軸簡易型太陽光トラッキング機構
  - 樋式水耕
5. 水田式水耕
6. ゼロエネ植物工場の構想
7. まとめ

久保研の  
研究領域



【久保略歴】

・富士フイルム(株) '79~'09

研究開発 25年(記録媒体, 太陽電池)  
新規事業開発 6年

・千葉工業大学 '2010~

社会システム科学部 PM学科  
大学院 社会システム科学研究科  
マネジメント工学専攻

【学部生】 3年生(11名), 4年生(12名) 【大学院生】修士(1名), 博士(5名)

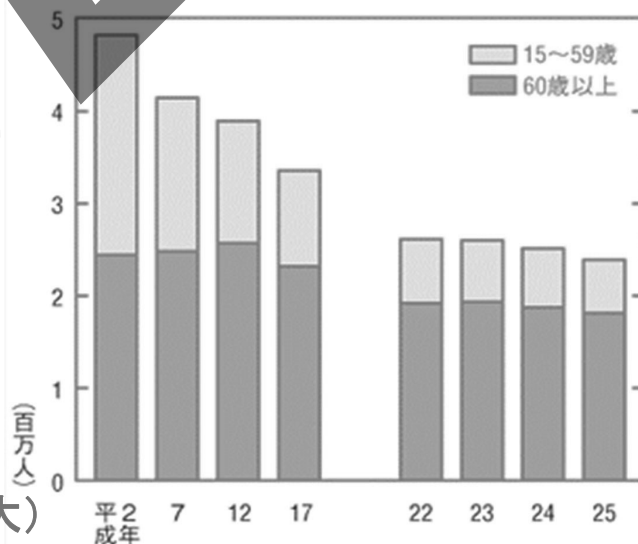
【所属学会】 標準化研究学会 理事, 国際P2M学会 評議員, 生産管理学会代議員, 他

【諸活動】 R&Dプロジェクトマネジメント研究会 会長  
プロジェクトマネジメント協会理事, 日本文書情報マネジメント協会委員, 他

2. 背景

【日本の課題から】

- ① 農業就労人口の減少と高齢化
  - ・ 低い農業収入 ・ 雇用減少
- ② 荒廃農地, 耕作放棄地の増加
  - ・ ①に起因 ・ 細切れの農地
- ③ 相次ぐ植物工場の不採算・撤退
  - ・ 高品質, 高安定性 だが,
  - ・ 高コスト (設備投資額大, 光熱費大)



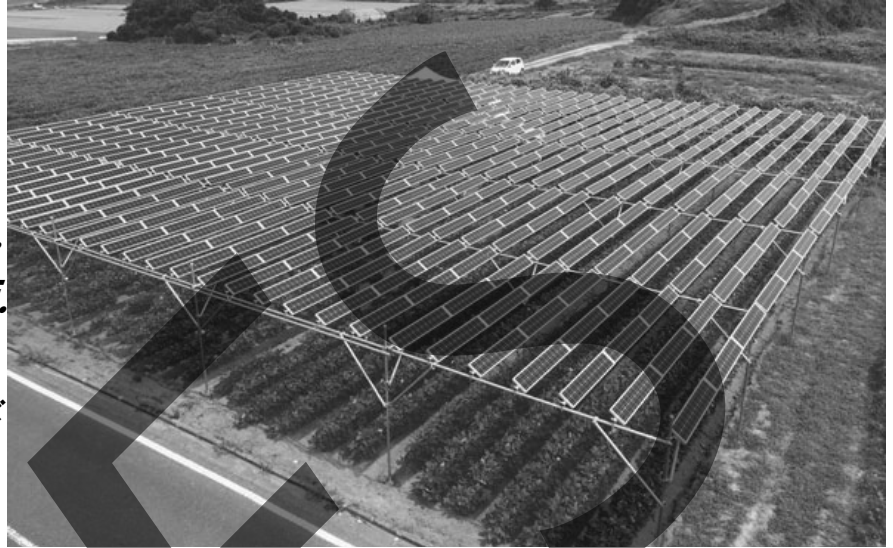
総務省統計学2014

【世界の課題から】

- ① 地球温暖化対策, 再生可能エネルギーの普及
  - ・ 再生可能エネルギー(太陽光発電)適地の減少, 用地価格の高騰
  - ・ 2014 農山漁村再エネ法施行→営農継続発電(ソーラーシェアリング)

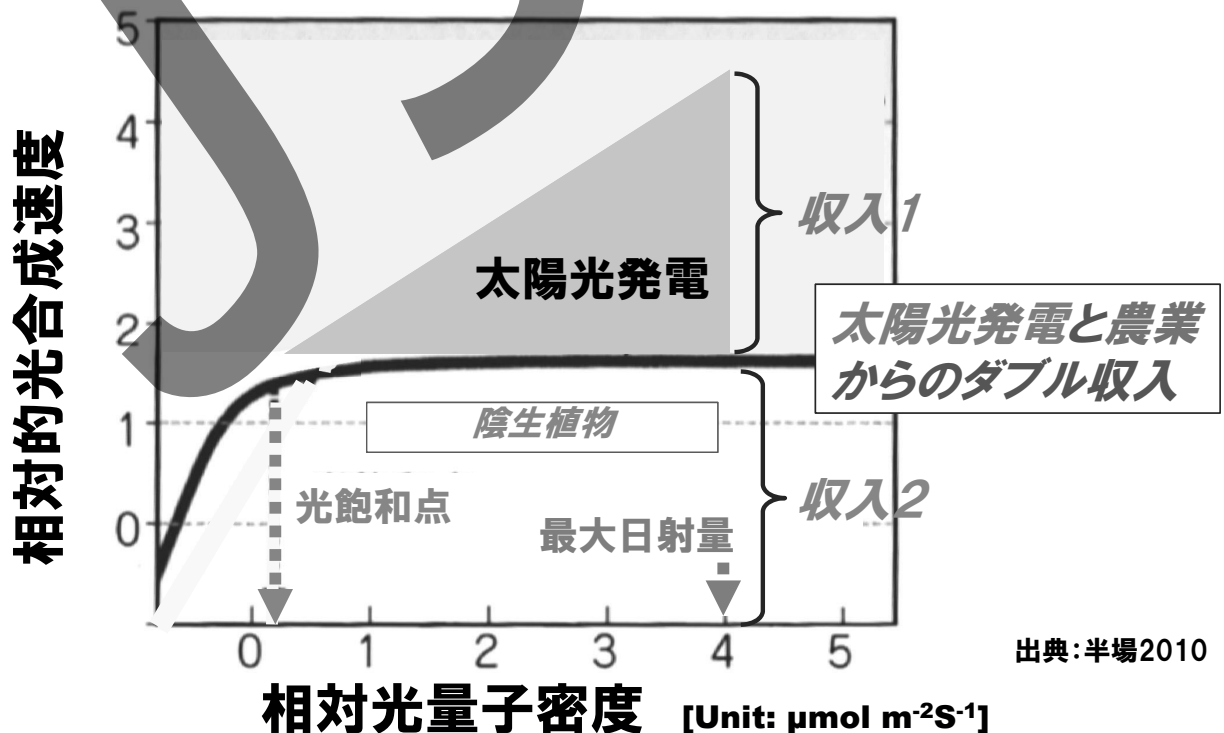
## ソーラーシェアリングとは？

- 農山漁村再エネ法(H26年5月施行)に基づく営農継続発電(田中耕一郎, 太陽エネ学会誌Vol.40.No.6,pp.5-9).
- 3m程度の高さに遮蔽率1/3程度の狭幅太陽光パネルを設置し, 太陽光を発電1:農業2の割合でシェア  
(長島彬, 太陽エネ学会誌 Vol.40.No.6,pp.11-15).
- メリット:  
売電収入, 放射冷却減少,  
借地料と固定資産税安価.
- 制約条件:  
太陽光発電無しのとくに比べ  
80%以上の収量が必要.



## 光飽和点の活用

— 太陽光発電 & 陰生植物農業 —



出典: 半場2010

## 植物工場とソーラーシェアリングの比較

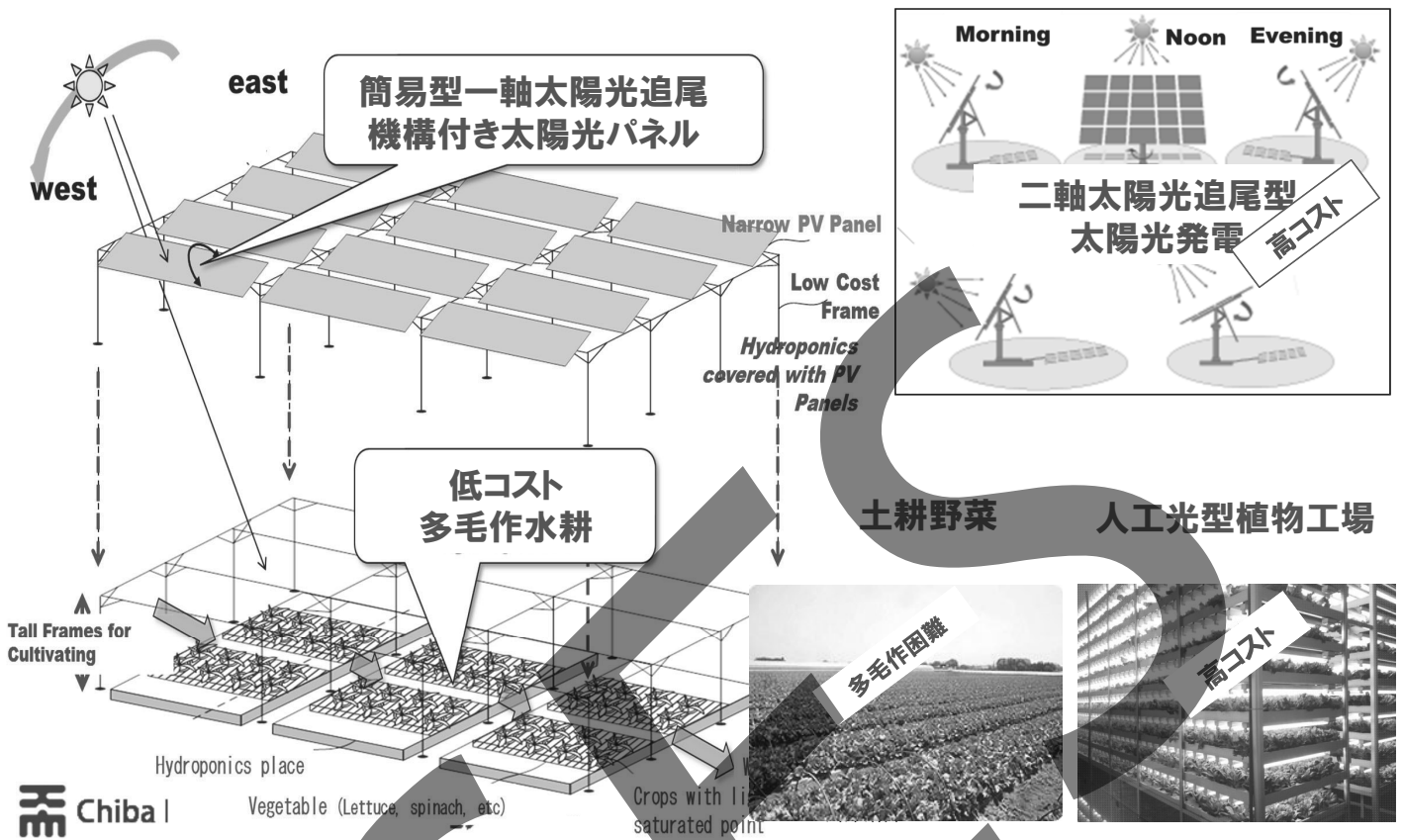
項目	人工光型	太陽光型	ソーラーシェアリング	OZEPf
1 省エネ(動熱費)	×	×	○	○
2 人件費	△	×	△	○
3 設備償却費	×	△	○	△
4 土地代(含税)	×	○	○	○
5 総コスト	×	△	○	○
6 短周期・多毛作	○	△	△	○
7 品質安定性	○	○	△	○
8 マニュアル化	○	△	△	○

- 人工光型植物工場は、安定、多毛作可能だが、イニシャル及びランニングの両面で高コスト。
- 太陽光型植物工場は、トータルコストは中程度だが、比較的取り扱いが難しい。
- ソーラーシェアリングは、コストメリットがあるが、多毛作数と安定供給に課題がある。

これらの技術を基に、将来的には、低コスト、低負荷、高品質の開放系ゼロエネルギー植物工場: **Open Zero Energy Plant Factory (OZEPf)** の実現が期待される。

1. 研究室紹介
2. 背景
3. 水耕型ソーラーシェアリングとは
4. 基礎実験結果
  - 一軸簡易型太陽光トラッキング機構
  - 樋式水耕
5. 水田式水耕
6. ゼロエネ植物工場の構想
7. まとめ

一軸太陽光追尾機構付き水耕型ソーラーシェアリングのコンセプト

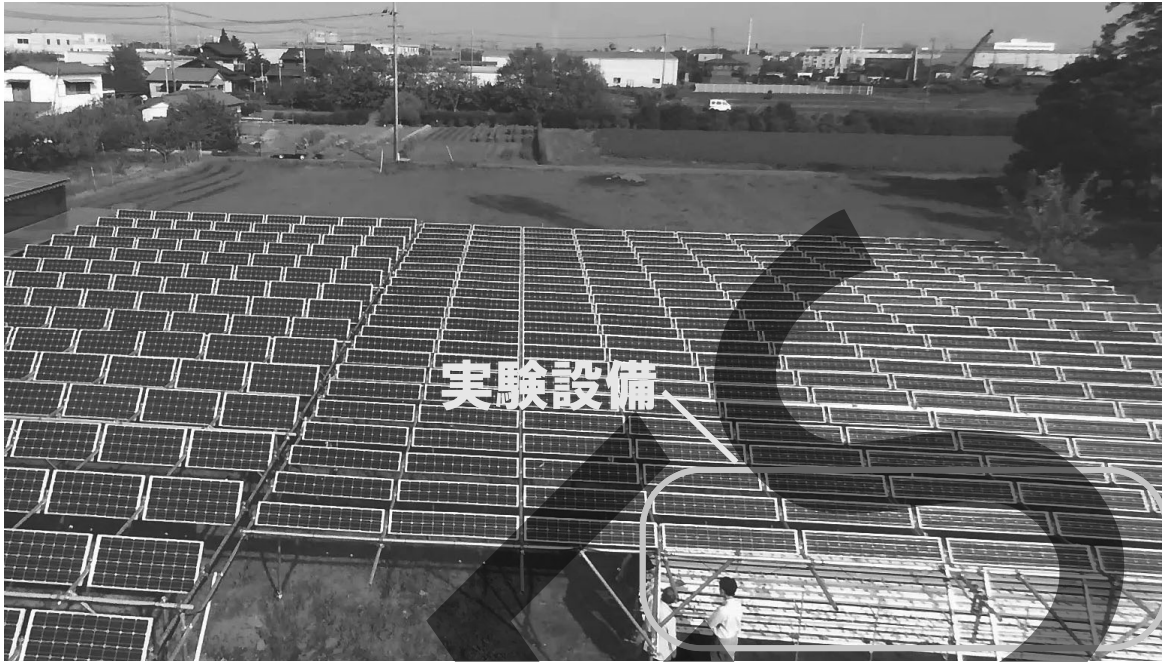


一軸太陽光追尾機構付き水耕型ソーラーシェアリングの実験目的

水耕型ソーラーシェアリングの可能性確認と課題抽出。

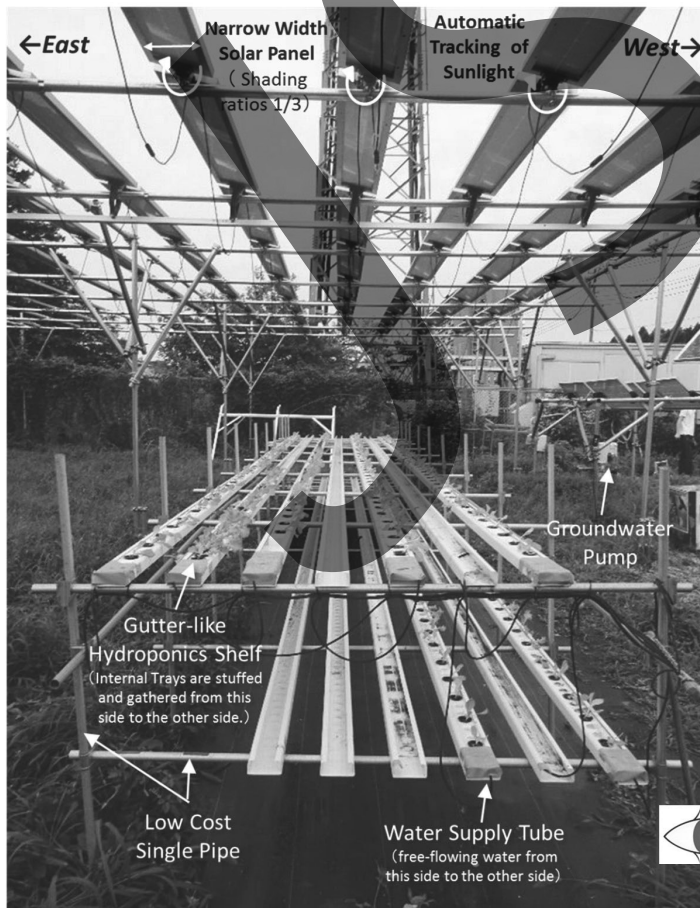
1. 一軸簡易型一軸太陽光追尾機構の効果確認。
2. 樋式水耕ソーラーシェアリングの多毛作の可能性確認。
3. 実用上の課題抽出と改善案検討

# 簡易型一軸太陽光自動追尾機構付き 水耕ソーラーシェアリング実験設備の鳥瞰図

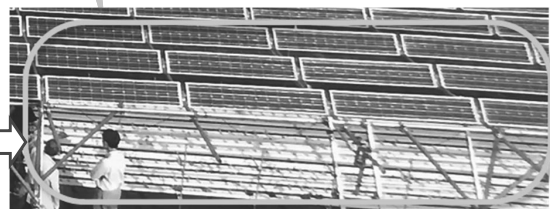


共同研究:(有)エムエスイー, (株)セプトアグリ

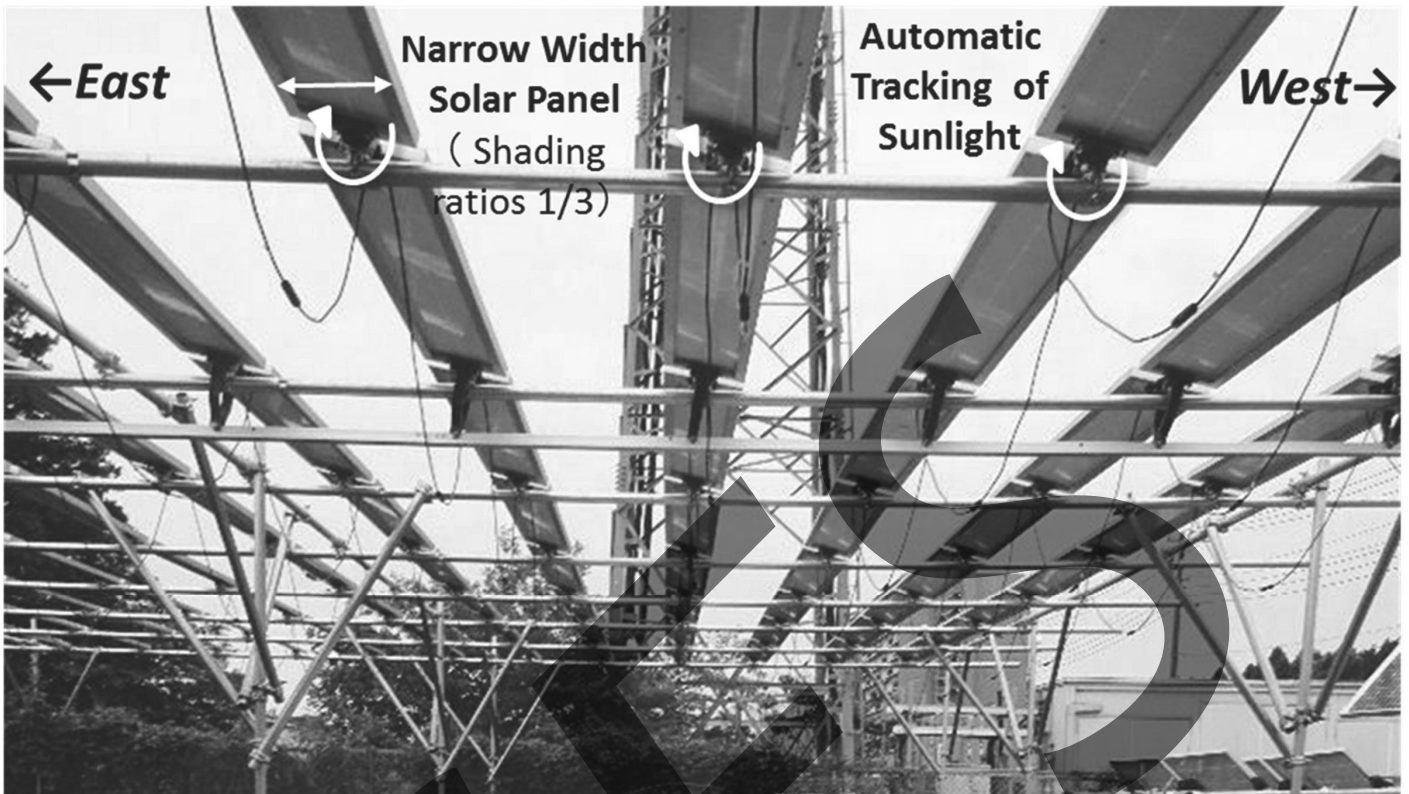
# 簡易型一軸太陽光自動追尾機構 付き水耕ソーラーシェアリング 実験設備の側面図



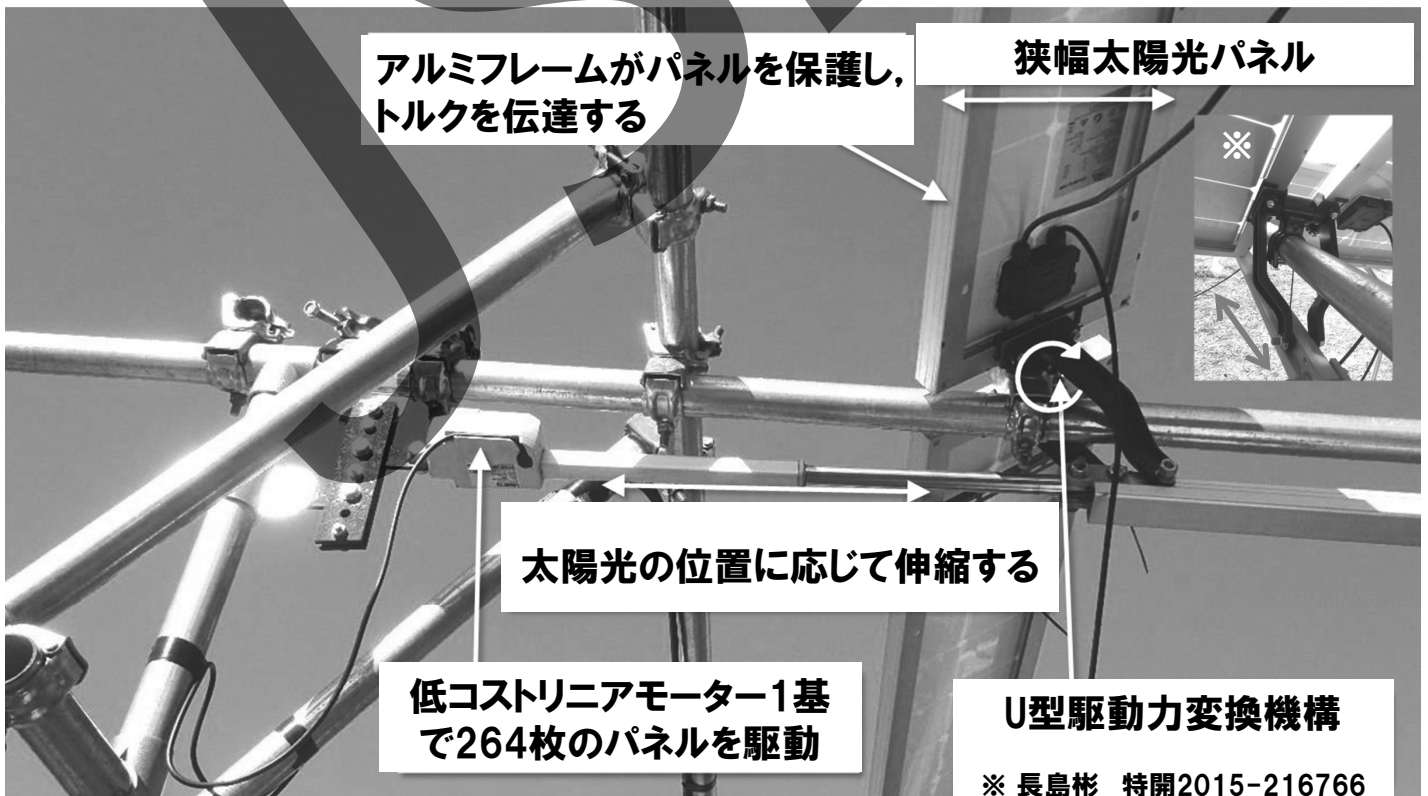
共同研究:(有)エムエスイー, (株)セプトアグリ



# 簡易型一軸太陽光自動追尾機構付き太陽光パネル



# 簡易型一軸太陽光自動追尾機構



## 簡易型一軸太陽光自動追尾機構

予め太陽光の軌道をシミュレーションしプログラム化. それにしたがい,

- 1) シーケンサより信号を出力
- 2) リニアモーターを駆動
- 3) U型駆動力変換機構で直線運動を回転運動に変換,
- 4) 狭幅太陽光パネルのアルミ枠を通じて隣接パネルに駆動力を伝達
- 5) 最終的にすべてのパネルが太陽の方向に向く

超低コスト一軸太陽光追尾機構を実現

## 簡易型一軸太陽光自動追尾機構

(a)朝方 は東方向を向く





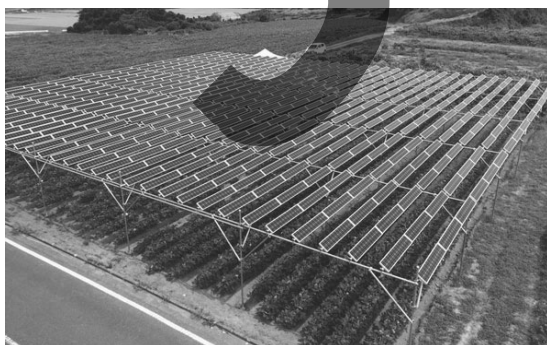
## 簡易型一軸太陽光自動追尾機構

(a)夕方 は西方向を向く



## 簡易型一軸太陽光自動追尾機構のコスト低減効果

- 簡易型一軸太陽光自動追尾機構による年間発電電力の増加量は、南向き傾斜角15度の固定型に比べて **11.4%** 増加し、その有用性が確認された。  
(千葉県内, 北緯  $35^{\circ} 36' 17''$ , 東経  $140^{\circ} 07' 24''$ ).



通常型ソーラーシェアリング



簡易型一軸太陽光自動追尾機構付き  
水耕ソーラーシェアリング実験設備

1. 研究室紹介
2. 背景
3. 水耕型ソーラーシェアリングとは
4. 基礎実験結果
  - 一軸簡易型太陽光トラッキング機構
  - 樋式水耕
5. 水田式水耕
6. ゼロエネ植物工場の構想
7. まとめ

## 液肥を使わない水耕栽培

- 高価な設備投資
- 日々の液肥管理
- 液肥循環による病気リスク

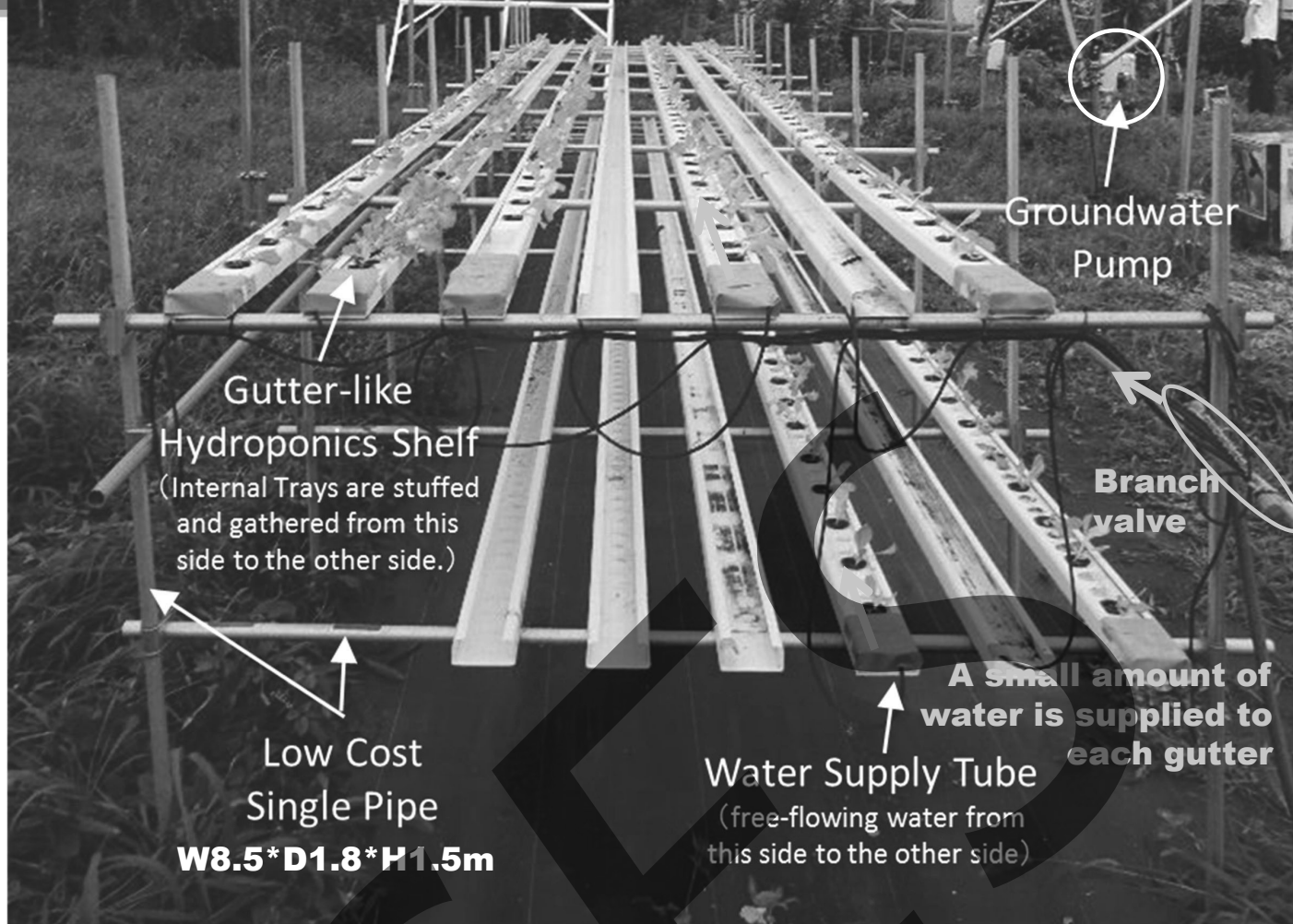
安価に導入  
定植したら、  
収穫まで放っておくだけ

従来の水耕栽培

EZ水耕

#### 4. 基礎実験結果(樋式水耕)

太陽エネ学会 研究講演会 2017.3.14



Gutter-like Hydroponics Shelf  
(Internal Trays are stuffed and gathered from this side to the other side.)

Groundwater Pump

Branch valve

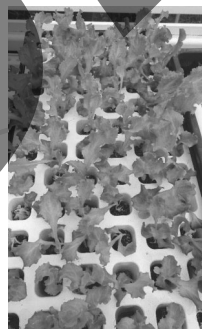
Low Cost Single Pipe  
W8.5\*D1.8\*H1.5m

A small amount of water is supplied to each gutter  
Water Supply Tube  
(free-flowing water from this side to the other side)

#### 4. 基礎実験結果(樋式水耕)

太陽エネ学会 研究講演会 2017.3.14 22

### スリットポットと育苗



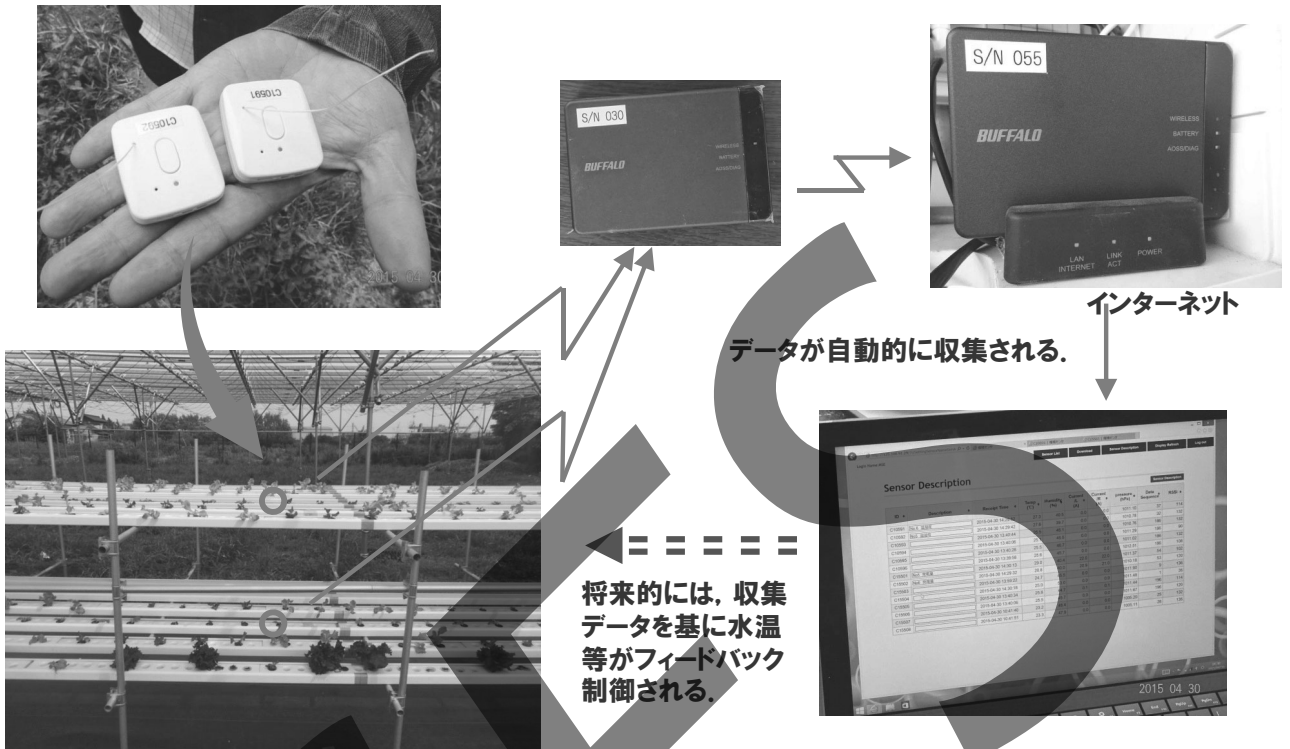
育苗



- ✓ 培地
  - ✓ 肥料
  - ✓ 病虫害予防薬
- が苗と共に充填される。

樋から少量の水が、ポットのスリットを通して供給される。

## 小型通信機能付き温湿度センサによる測定



## 樋式EZ水耕ソーラーシェアリングの野菜育成結果

2016年5月と7月の2回、サラダ菜とサニーレタスを「育苗3週間＋水耕3週間」栽培した結果、十分な収量が得られた。



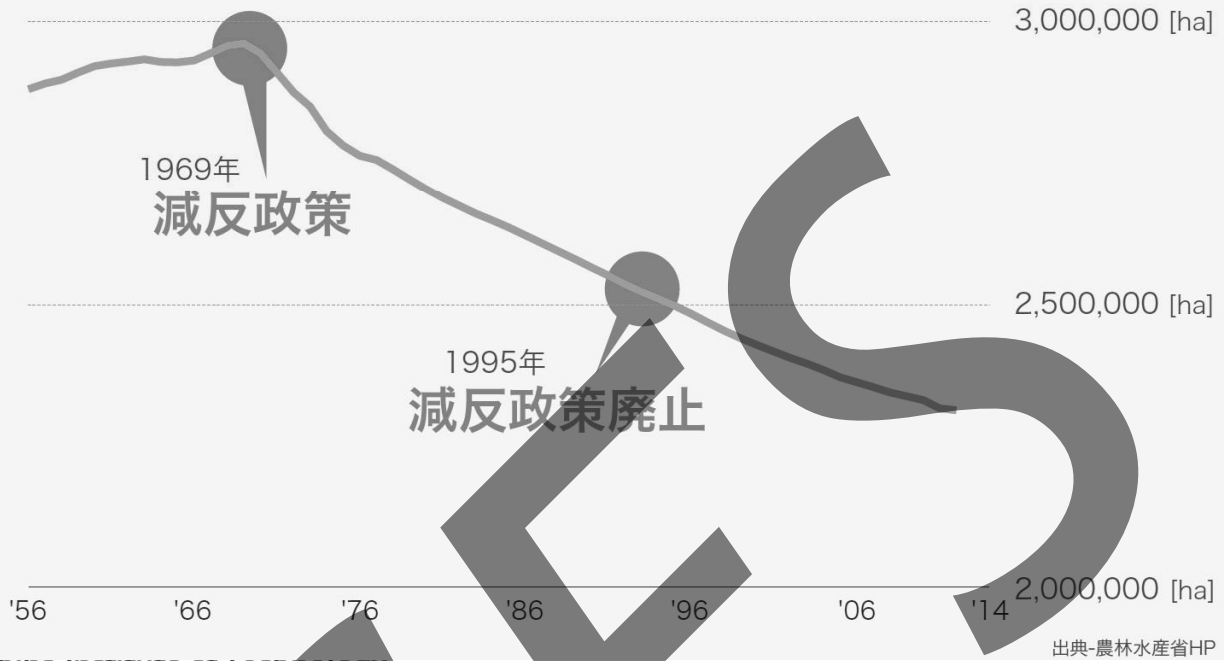
気温: 26-40 °C, 水温: 23-32 °C, 相対湿度: 28 to 78% RH, 照度: 8 - 111 klx

## 簡易型一軸太陽光自動追尾機構付き 水耕ソーラーシェアリング実験結果のまとめ

1. 一軸簡易型太陽光トラッキングシステム
    - ・ 年間太陽光発電量を11.4%増加できる。
    - ・ そのための設備投資は、2～3年間で回収可能。
  2. 太陽光パネル下の露地水耕システム
    - ・ 高品質野菜の安定多毛作が、小負荷で可能。
- これら2つの基礎技術より、以下の可能性を示した。
- ・ 売電と農業による収入増。
  - ・ エネルギー消費量及び労働負荷の低減。

1. 研究室紹介
2. 背景
3. 水耕型ソーラーシェアリングとは
4. 基礎実実験結果
  - 一軸簡易型太陽光トラッキング機構
  - 樋式水耕
5. 水田式水耕
6. ゼロエネ植物工場の構想
7. まとめ

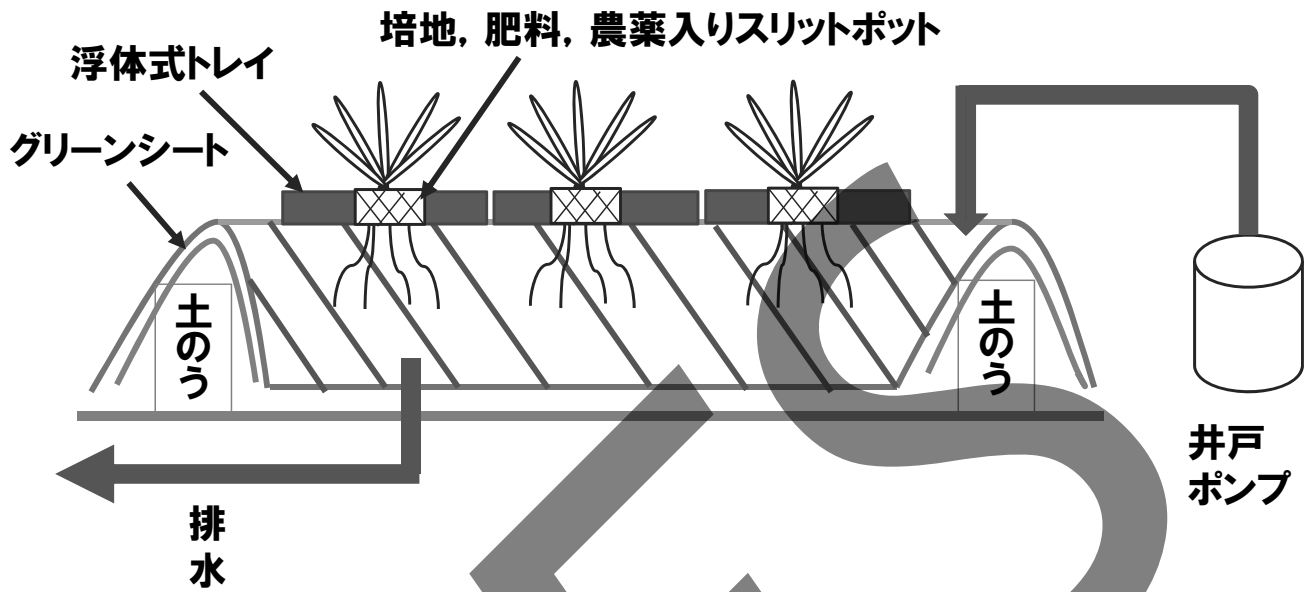
# 水田の減少



# コメの売上・所得推移



# 水田式EZ水耕の模式図



## 5. 水田式水耕

### 水田式EZ水耕の仕組み

① 高速育苗(高密度・高品質)

② 苗移植

③ トレイに嵌合

④ 水田へ

⑤ 収穫

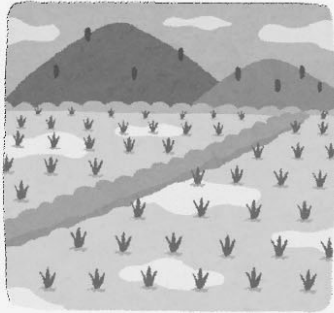
培地  
肥料  
病虫害予防薬

スリットポット  
(掛け流しの水が出入)

# 「水田式 EZ水耕」でコメから野菜へ

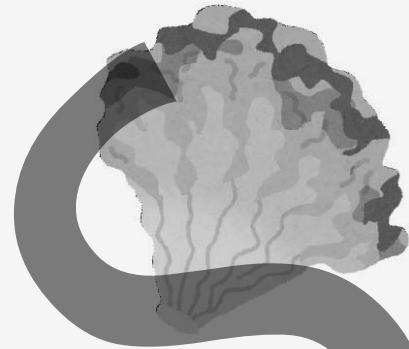


休耕田の活用・水稻転作



米 売上

10万円/反



野菜 売上

400万円/反

# 水耕栽培の参入障壁を下げる



地域活性化・新規就農の促進



ガラス温室+設備

5,000万円/反



LED育苗施設+資材

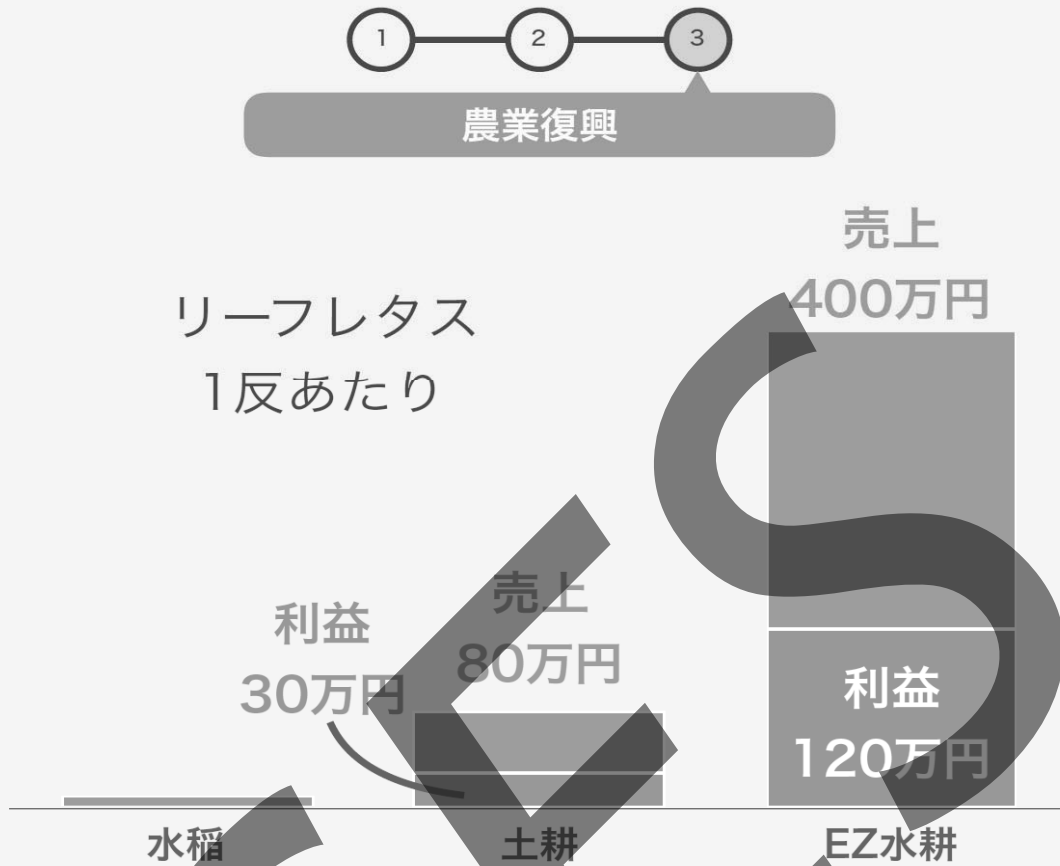
600万円/反

国の政策にもマッチ

青年新規就農者(18-45歳)向け融資の枠内 (上限3,700万円)



儲かる農業を再び...



水田式EZ水耕のメリット

	水稲 水田	土耕野菜 畑	水耕野菜 ハウス	EZ水耕 水田
1 収益	×	△	△	○
2 設備投資	○	○	×	△
3 労務	△	×	×	○
4 毛作数	×	△	○	○
5 農業知識	△	△	○	○

EZ水田水耕方式は、少ない投資で、特殊な農業知識を必要とせず、高収益が得られる。育苗の大規模・分業化や、液肥管理不要、農作業機械化で労務負担の軽減が可能。

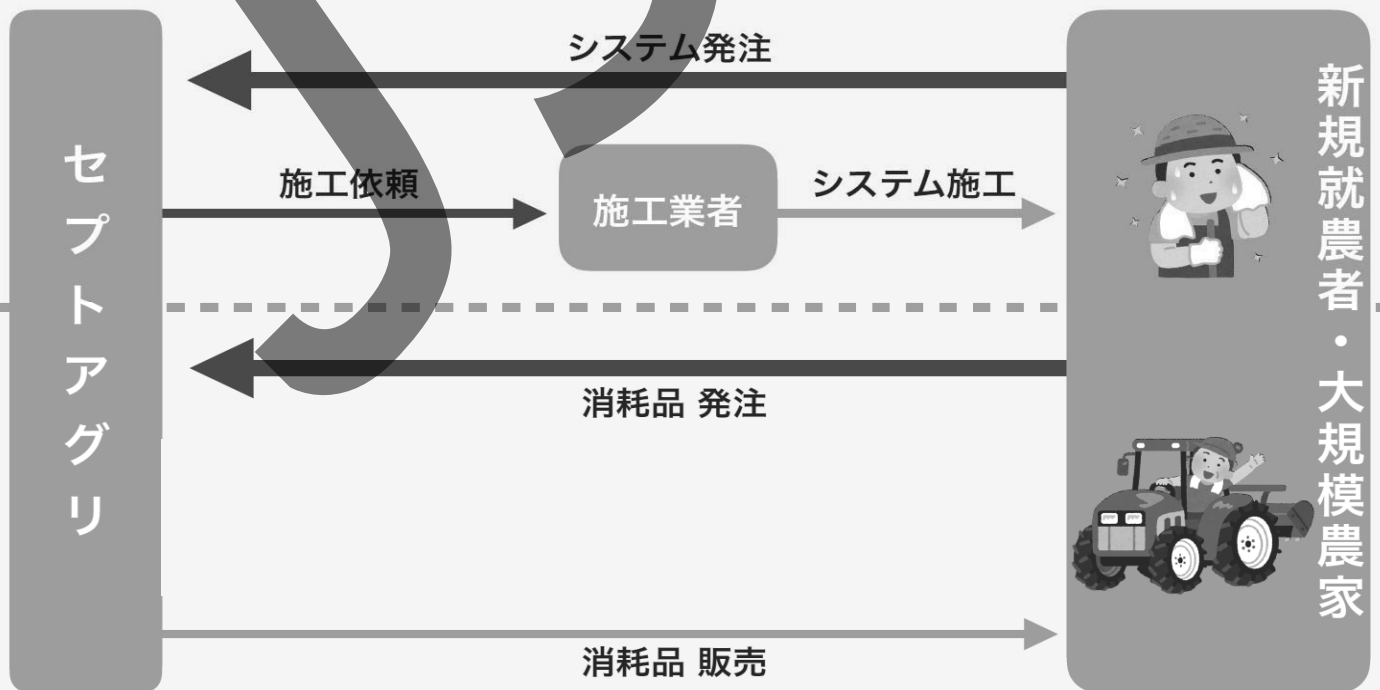
# 水田式EZ水耕可能な作物と期間

栽培品目	LED育苗 日	株数/作 千株	毛作数 作	水田水耕期間(月)															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
リーフレタス	21	19	4				定	1	定・取	2	取				定	3	定・取	4	取
バジル	25	48	2						定	1	定・取	2	取						
ミント	30	48	3					定	1	定・取	2	取	定・取	3	取				
小松菜	14	61	5				定	1	定・取	2	定・取	3	定・取	4	定・取				
ホウレンソウ	14	61	4				定	1	定・取	2	定・取	3	定・取	4	取				
葉ネギ (小ネギ)	30	61	4				定	1	定・取	2	定・取	3	定・取	4	取				
ミニバラ	40	48	3					定	1	定・取	2	定・取	3	取					

【前提条件】・パネル(0.9×0.9m)を1反(1000㎡)の水田に1000枚浮かべる ・歩留まり:75% ・リーフレタス以外は推定

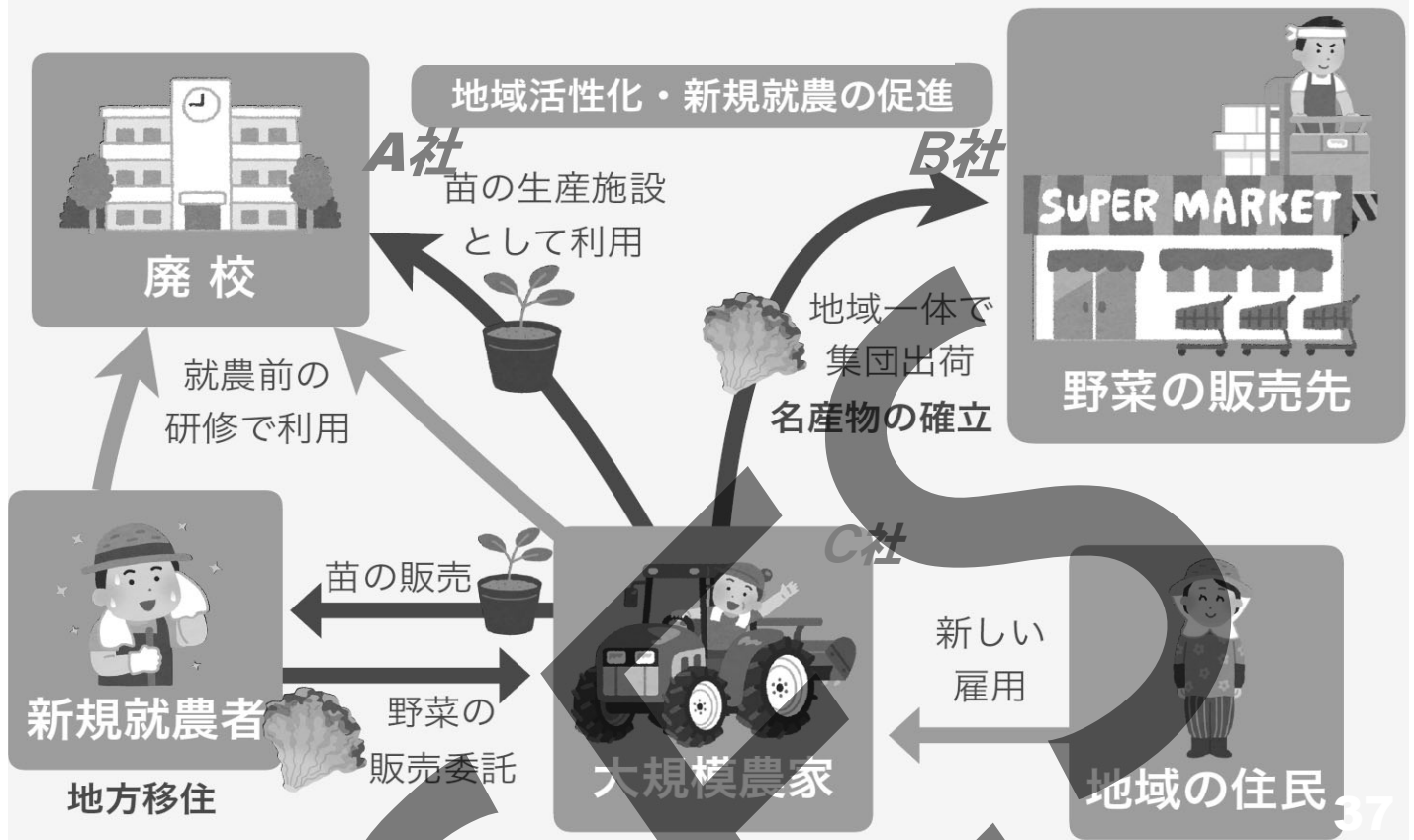
# システム販売・施工、消耗品販売

イニシャル



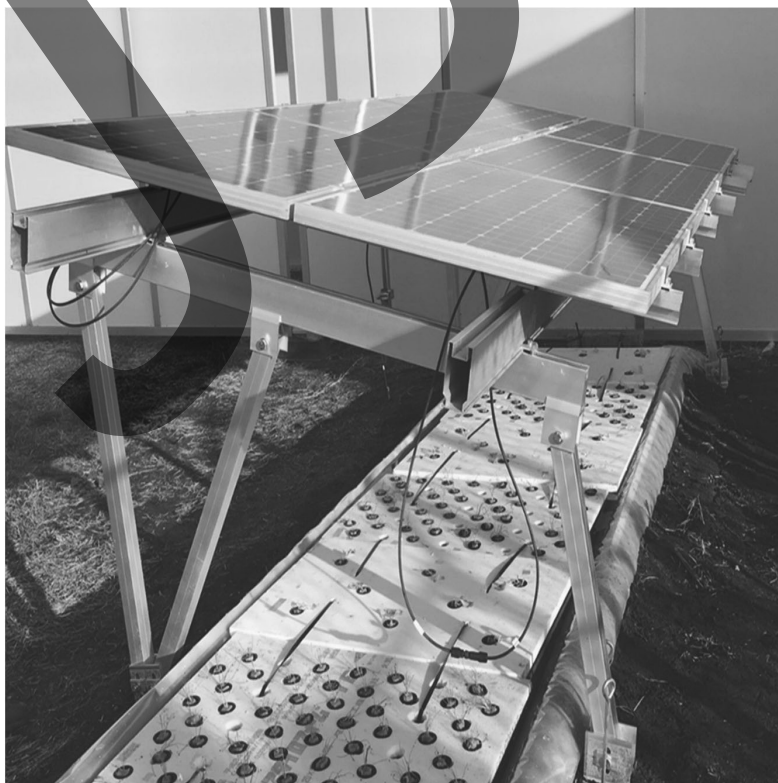
ランニング

地域の連携・活性化 H29～ 南房総市で実証試験



プール型EZ水耕ソーラーシェアリング基礎実験

H28年11月18日～



リーフレタス  
と 葉ネギ

- 水田式EZ水耕は、簡単・低コスト・高収益が特徴。
- 南房総市の農業就労者減少・高齢化・荒廃農地増加等の諸課題解決の可能性がある。
- 南房総市と地域農業法人，千葉工大と共同研究先(セプトアグリ，エムエスイー)が連携して，実証を進めていく。
- その他，水耕ソーラーシェアリングやゼロエネ植物工場等への発展の可能性もある。

1. 研究室紹介
2. 背景
3. 水耕型ソーラーシェアリングとは
4. 基礎実験結果
  - 一軸簡易型太陽光トラッキング機構
  - 樋式水耕
5. 水田式水耕
6. ゼロエネ植物工場の構想
7. まとめ

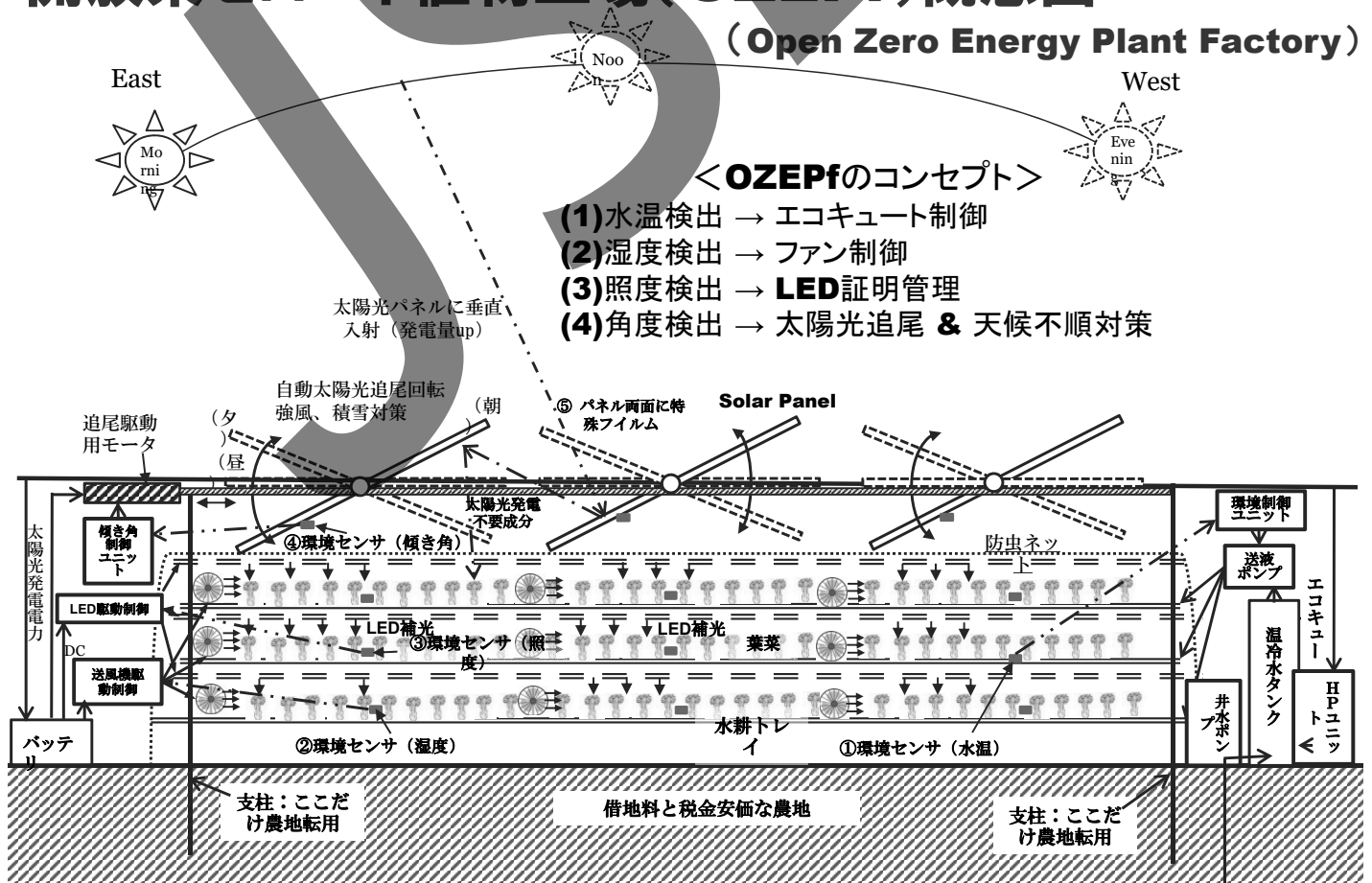
# 開放系ゼロエネルギー植物工場 OZEPf の基本コンセプト (Open Zero Energy Plant Factory)

- OZEPf は、エネルギー注入実質ゼロの開放系水耕ソーラーシェアリングシステム。
- 安定生産、高品質野菜、低コスト、低負荷、短周期多毛作が可能。

## 【OZEPf 実現の基本要件】

- 建物不要。
- 太陽光発電、ヒートポンプ、温水タンク、バッテリー等からなる。
- 低コスト太陽光追尾機構。
- 遠隔操作可能な太陽光パネルが作物を保護。
- 地下水と最適制御された水温で多毛作水耕。
- 太陽光発電架台兼用の多段水耕棚で農地を有効活用。

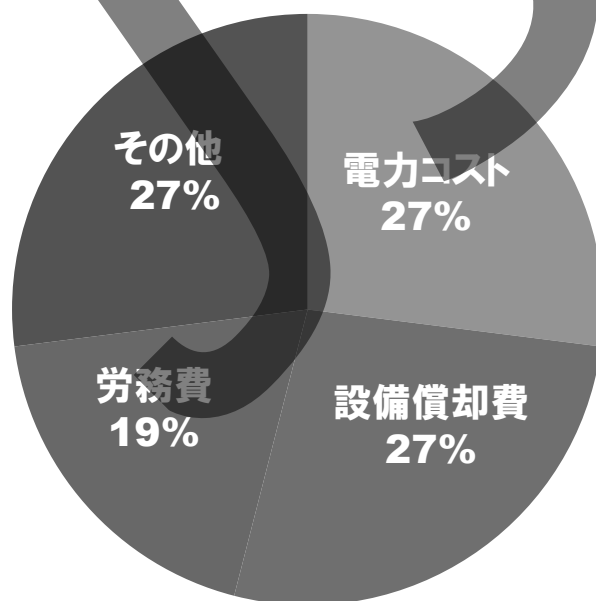
# 開放系ゼロエネ植物工場(OZEPf)概念図 (Open Zero Energy Plant Factory)



植物工場とソーラーシェアリング, OZEPfの比較

項目	人工光型	太陽光型	ソーラーシェアリング	OZEPf	OZEPfの実現手段
1 省エネ(動熱費)	×	×	○	○	太陽光発電, 反射光活用
2 人件費	△	×	△	○	環境センサによる自動制御
3 設備償却費	×	△	○	△	建屋不要
4 土地代(含.税)	×	○	○	○	借地料と税金安価な農地を使用
5 総コスト	×	△	○	○	動熱費不要化による運転費軽減
6 短周期・多毛作	○	△	△	○	太陽光発電電力と高機能フィルムによる補光, 送風, 地中熱とエコキュートによる温冷養水
7 品質安定性	○	○	△	○	光と温湿度制御, パネル屋根効果, 防虫ネット
8 マニュアル化	○	△	△	○	自動化で, 専門知識不要

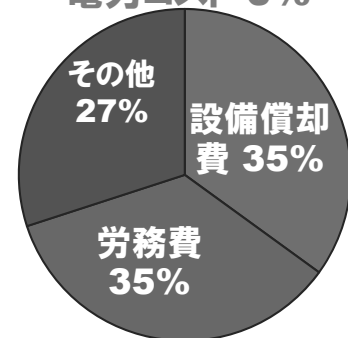
人工光型植物工場とOZEPfのコスト比較



Artificial light type of Plant Factory

OZEPf の低コスト優位性が明らか

電力コスト 0%



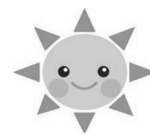
Target of OZEPf

1. 水耕型ソーラーシェアリングの2つの基礎実験を行い、その有効性を検証した。
  - 一軸簡易型太陽光追尾機構
  - 太陽光パネル下での樋式EZ露地水耕。
2. 簡単、低負荷、低コスト、高収入が期待できる水田式EZ水耕の実証実験を行い、その可能性を確認した。
3. 開放系ゼロエネ植物工場(OZEPf)のコンセプトを構想し、提案した。

#### 【今後の課題】

- ・ 水田式EZ水耕型ソーラーシェアリングの実証実験。
- ・ OZEPfの実証実験。

ご清聴ありがとうございました。



#### 【謝辞】

- ・ 共同研究者である(株)セプトアグリ 谷本征樹氏, 大社一樹氏,  
(有)エムエスイー前野静夫氏に感謝します。
- ・ 本研究はJSPS科研費JP16K00657の助成を受けたものです。