

「人工光型植物工場」のモデル —持続可能な植物工場の普及を目指して— The Modelling Analysis on Artificial Light Plant Factory toward the Sustainable Development

園崎弘道(京都府議会議員)

Hiromichi SONOSAKI (Prefectural council member, Kyoto Prefecture)

【要旨】【1】植物工場とは「施設内で植物の生育環境を制御して栽培を行う施設園芸で、高度な環境制御と生育予測を行うことにより、植物の周年・計画生産が可能な栽培施設」である。【2】伝統的には、①「太陽光型」、②「太陽光・人工光併用型」、③「人工光型」の3分類ある。【3】農業の担い手不足問題あり、高温多湿で病虫害多く、気候変動の激しい日本では、人工光型植物工場に対する期待は大きく、長年技術改良の結果、黒字企業がようやく表れだし、ブームになり、実用化段階に入っている。日本において人工光型植物工場の優位性(メリット)は非常に多い。(1) 安全性の高さ、**農業が要らない**(気象コントロールの難しく、病虫害の多い日本に最適)(2) 自然に左右されない。年間を通した安定供給体制。栽培期間延長や生産性向上(3) 人手不足解消。ロボット化できる。(4) 日本のお家芸、輸出基幹産業の有望候補。オランダは太陽光型、日本は人工光型に優れる。今後、輸出製品化し、農業不適国(砂漠国、寒冷国)を農業大国に変える夢もある。【4】(完全人工光)開設年×都道府県分布の分析をおこなった。(1)(時間的分類)開設年の分布では、1) 2010年代に急増、2) 2010年~2011年と2013年~2015年に開設ラッシュ、2014年に31工場でピーク。(2)(空間的分類)開設分布については、1) 都市近郊立地の法則(需要要因、マーケットへの近接性)、2) 特殊気候・離島地域立地、3) 低電力料金地域立地の法則、4) 補助金立地(復興支援、原発立地産業支援)、5) 都心(東京、大阪)に店舗併設型ショールーム設置の法則、6) 露地ものと植物工場の地理的補完の法則、レタスの産地への立地敬遠。

【5】事例研究は以下をおこなった。(1) さらに高度な完全人工光型なら、「肥料過多(硝酸塩)」の問題点も解消し、自然農法を実現する例(京都府立大学)。(2) セラミック・ハイテクが多品種を可能にし、地域密着型ビジネスモデルの例(ハイトカルチャ株式会社)。(3) 採算可能な大量生産に成功した企業。歩留まりの改善、自動化、物流ネットワークの力が黒字の実現を可能にした例(株式会社スプレッド)。(4) 産官学連携により、生産コストの大幅削減を実現した例(大阪府立大学)。(5) レタス以外の作物(イチゴ)の栽培を可能にした例(日清紡ホールディングス株式会社)。(6) レタス以外の付加価値の高い野菜(健康食品・化粧品用)の栽培を可能にした例(日本アドバンストアグリ株式会社)。

【6】「企業規模モデル」完全閉鎖型植物工場において、大きく分けて2パターンの成功モデル「大規模量産型モデル」と「多品種少量生産・高付加価値型モデル」であることを示した。

【6-1】「大規模量産型モデル」(1) 植物工場に参入した大企業の出身業種からみた分析として、1) 製造業出身企業は、新たな栽培品種に積極的に挑戦し、市場を開拓する。2) 建設・設備業出身企業は、技術面、設備面で貢献。3) 小売業・サービス業その他は、販売先を確保した上で、栽培方法が先行企業等から。4) 物流・卸売業者。5) 材料・部品調達(資源)業者。(2) 大量生産型の戦略: 1) 大規模化の法則、2) 植物工場の3大コスト減価償却費(設備投資費)、人件費、光熱水費。それぞれにおいて、できる限りのコストの削減を図る。3) ロボット化、4) IOTの活用、5) まずは、小規模の植物工場で栽培する、6) ものづくりにおける現場のカイゼン作業が重要、7) 売り先の確保も最重要、8) 電力コストへの考慮。【6-2】「多品種少量生産・高付加価値型モデル」多品種とすることで、多様な消費者にあった製品を提供でき、大量の在庫も持たなくてすむ。生産効率は落ちる。人工光型植物工場の小規模高付加価値型(多品種少量生産・おせち型)のモデルとして、1) 高付加価値型は、単価の高い栽培品種を選定することが大切。2) (露地ものととの時間的補完性の法則) 露地がでない季節に売る。3) (露地ものととの空間的補完性の法則) 露地のない地方で売る。4) 地域で作り地域で販売する地産地消モデル。5) 廃校活用、廃工場などに設置し、初期投資を抑える。

【7】「採算性モデル」(1) 採算性分析のこれまでの例では、照明費が高い時代の公式で、しかも1株当りの採算性を重視しているものや、あくまで決まった1つの特殊事例に関する分析であり、公式をもとめていない。(2) 本研究では、面積モデルの構築による、高層化効果の評価と、公共政策への知見をえる。(視点1) **筆者は公共政策に携わるものであり、ある地域の土地に産業を誘致する、またはある地域で土地利用が空いた場合、あるいは今後、空き家問題などができてきた場合、その土地面積規模に対して、どれだけの植物工場を計画すればよいのか?**という観点、公共政策や、実際にその事業をおこなう経営者にとってのもっとも重要な視点である。したがって、すべての公式を面積から還元して説明する公式が最も必要なのでその方針とする。他のモデルのように、照明費や1株あたりの視点をとらない。(視点2) 以下のように、人工光型植物工場では、高層化することにより、メリットが高まる。したがって、最終的な公式は、生産や費用を説明する各種公式とともに、適当な階数、損益

分岐点が出てくるものでなければならない。(3) 人工光型は、単純に建物の面積と栽培棚面積に着目する必要がある。(4) 詳細なデータのある事例から、階数を L 、有効係数を δ とする以下の面積公式をえた。**【収入(生産関数)】** P (万円/年間・ m^2) $= \delta A L \times 3.6$ **【コスト(費用関数)】** C (万円/年間・ m^2) $= I + R = 4A + \delta A L = A(4 + 2\delta L)$ **【損益分岐点公式】** $\delta L = 2.5$ 。これにより、専用工場の場合、 $\delta = 1/2$ 程度で、研究機関等で実験室が付随すると、採算をとるための高層化の階数は、以下のように評価できる。 $\delta = 1/2$ (専用工場) の場合、採算がとれるのは $L = 5$ 段。 $\delta = 1/4$ (研究機関等で実験室が付随) の場合、採算がとれるのは $L = 10$ 段。(5) より巨大な大規模化した人工光型植物工場が黒字化を達成するための考察: 1) 設備面で、イニシャルコスト (減価償却費) を下げる。補助金を受ける。地価下の安い場所に建設する。廃校や農地に建てる (規制緩和も関係)。2) 生産面で、ランニングコスト (光熱水費) を下げる。電気料金の半額を助成する。北陸や東北は、他地域と比べて安い。夜間電力の割合を高める、エネルギー系企業が参入する。再生可能エネルギーを活用する。3) ランニングコスト (人件費) を下げる。ロボット化。4) 流通・販売面で、流通・販売コストを下げる。消費地に近い都心部で生産する。独自の販売先を開拓する。5) 商品価値の高い栽培方法を開発し、販売価格を上げ、売上を高める。

【キーワード】 人工光型植物工場、大規模量産型、多品種少量生産、高付加価値、採算性
【Key Words】 Artificial Light Plant Factory, Mass production, High-mix low-volume production, High-value-added, Profitability

日本は一見、農業に恵まれた環境であるとの認識があるが、実はヨーロッパ等と比べると、高温多湿のため病虫害は多く、自然災害は多いので、コントロールできにくい自然環境にあるといえ、そのため、農薬や肥料は過度に使われてきた。

一方、技術力はあるので、人工的な環境で農業をおこなおうとする「植物工場」は、農薬問題の解決や農業経営の安定化のために、かなり早くからとりくまれてきた。

日本の植物工場の研究は、1974 年に日立製作所中央研究所において始まったと言われている。しかし、20 世紀中では、大学や企業、国などが開発をも試みてきたが、常に、コスト面 (採算性) の課題が大きな壁として立ちだかっている。

21 世紀に入り、LED 照明の普及や高度な技術開発により、毎日何千株の葉物野菜を生産し販売している人工光型植物工場で、初期投資資金を回収し、経常的に利益を出している例が日本において増え始めた。

植物工場は、自然環境のコントロールの難しい日本において、農薬を減らし、食品生産を安定化させるだけでなく、日本の技術の比較優位により、農業不適の国々 (乾燥地域や寒冷地) をふくむ諸外国への輸出の可能性があり、産業の空洞化の進む日本の次世代の期間産業としても期待できる。

本研究は、経営と政策の面から、将来への投資という研究段階から一歩進み、実用段階に入り始めた植物工場を研究し、いつかのモデル化をおこなうことを目的とする。

第 I 章. 「研究の背景と目的」

植物工場には、以下のような歴史がある。

1. **第 1 次ブーム (1980 年代中ごろから後半まで)**: 日本の植物工場の研究は、1974 年に日立製作所中央研究所において始まったと言われ、80 年代にバイオフィームや回転式レタス生産工場が現れた。
2. **第 2 次ブーム (1990 年代前半から後半)**: 農水省の補助金が導入され、キューピー社等が植物工場を作り、工場野菜を販売し始めた時代である。
3. **第 3 次ブーム (2000 年代)**: 新経済成長戦略に基づいた国の支援策が登場する第三次ブーム (2009 年～) の変遷を経て、今に至るとされている。しかし、大学や企業などが技術革新に取り組み、また国による支援も受け、歴史を積み重ねてきたが、常に、20 世紀中ではコスト面 (採算性) の課題が大きな壁として立ちはだかり、その壁を超えるに至っていない。
4. **現在、実用、普及段階の第 4 次ブーム (2010 年代から)** になりつつある。毎日何千株の葉物野菜を生産

し販売している人工光型植物工場で、初期投資資金を回収し、経常的に利益を出している例が日本において増え始めている。ここに来て、植物工場は、将来への投資という研究段階から一歩進み、実際に私たちの食卓を彩ることのできるビジネスの実用段階に入り始めていると言える。

本研究では、新しいテクノロジーである人工光型植物工場において、採算性を確保しビジネスとして成立を目指す各企業の多様な取り組み等を調査・考察し、植物工場における黒字化モデルを示すことを目的とする。そのことにより、植物工場が日本の新しい産業として普及し、国内の地域を活性化し、また世界の人々に安定的な食を提供し、持続可能な農業を実現する一助となれば幸いである。

第Ⅱ章.「研究対象の定義と特色」

1.（農水省）植物工場（広義）の定義

「施設内で植物の生育環境（光、温度、湿度、二酸化炭素濃度、養分、水分等）を制御して栽培を行う施設園芸のうち、環境及び生育のモニタリングを基礎として、高度な環境制御と生育予測を行うことにより、野菜等の植物の周年・計画生産が可能な栽培施設」である。

2. 植物工場の3分類

植物工場は、日光への依存度合いにより、3分類できる。本研究では、人工光型植物工場に焦点をあてる。

（1）太陽光型植物工場： トマト類の割合が 64%と最大で、次いでその他果菜類が 17%である。約 8 割以上の施設が農地に設置されている。

（2）太陽光・人工光併用型植物工場： レタス類と花きがともに 31%で最も多い。

（3）人工光型植物工場： 光の要求量が少なく、比較的栽培のしやすいレタス類が 83%で最多であり、多くの事業者が葉菜類の中でもレタス栽培に集中している。人工光型では約 9 割が農地ではない土地に設置されている。人工光型では約 9 割が農地ではない土地に設置されている。人工光のみを光源にし、閉鎖的空間で作物を計画的に栽培する植物生産システムのことを、植物工場（狭義）と呼んでいる。外部とは閉鎖環境にあり、「完全閉鎖型植物工場」や「完全制御型植物工場」とも表現される。約 9 割が 2010 年以降の参入である。

	太陽光型	太陽光・人工光併用型	人工光型
閉鎖度	半閉鎖環境	半閉鎖環境	完全閉鎖環境
虫	✕入り込む	✕入り込む	◎入らない
雑草	✕生える	✕生える	◎生えない
農薬(虫)・除草剤	✕使う	✕使う	◎使わない
土耕または水耕栽培	土耕・水耕栽培	土耕・水耕栽培	水耕栽培
化学肥料、連作障害	土耕なら起きやすい。		水耕なら少ない。
えぐみ(亜硝酸窒素)	土耕なら多い。		水耕なら少ない。
外部環境の影響	✕温度が上がりすぎる	○補光等できる	◎受けない
照明費	◎あまりかからない	○ややかかる	✕✕極めてかかる
栽培施設面積	基準	✕やや広い	◎狭い
周年栽培	✕限界がある	○ある程度できる	◎できる
主な作物	トマト・パプリカ	トマト・パプリカ	レタス・葉物
制御レベル	天候に影響 ⇄ 人工的制御		

図 2-1 3 タイプの植物工場の特色 出典：桜井弘 (2013) 「植物育成における LED の一般動向」をもとに筆者作成。

第三章. 「植物工場（広義）へ高まる期待」

1. 「植物工場」の施設数は増加傾向にある

今後の期待として、①付加価値農作物市場の拡大、②安定供給に対するニーズの拡大、③世界的な気象・天候リスクの拡大、④土地制約と土壤汚染リスクの拡大、⑤水資源制約の深刻化、⑥植物工場の性能向上とコスト低下、⑦高度な制御システムの普及、⑧農業事業者の技術・投資力向上（企業の新規参入）がある。

2. 「植物工場」経営の状況

日本施設園芸協会 (2017) による「大規模施設園芸・植物工場 実態調査・事例調査」における、全体（人工光型 N=36、太陽光型 N=44、併用型 N=14）、人工光型、太陽光型の経営状況でをとりまとめた表である。

(1) 太陽光型は 3 分の 2 が黒字、人工光型は 2 割が黒字。

(2) 規模の経済が働く。黒字企業を見ると、規模を拡大することで、利益を生み出していることが傾向として読み取れる。

(3) しかし黒字になる規模は、人工光型の方が小さく有利。太陽光型では、2 万 m²以上で 46%が、人工光型では、3000 m²以上で 57%が黒字である。

(4) コストの中では人件費、水光熱費が大きい。全体で最もコストの割合を占めているのは、人件費 (34.8%) であり、栽培形態別に見ても、太陽光型、併用型、人工光型のいずれも 32~37%を人件費が占める。次いで、全体で見たときにコスト割合が高いのが光熱水道費 (18.4%) である。特に人工光型では、光熱水道費の占める割合が他の栽培形態と比較して高い (26.2%)。ただ、この調査においては、採算性、事業性を必ずしも重視しない実験的な施設や、福祉事業者による社会的意義にも重点を置く施設も含まれており、大規模に経営するレタス量産型の事業所のついでのみ言えば、近年の大規模化工場の建設ラッシュ（工場を複数箇所建設する会社が数社出現している）から考えると、黒字経営の実現が見込まれる状況にあると言える（後の大規模量産型モデルにて述べる）。

第四章. 「人工光型植物工場（狭義）の特徴」

1. 人工光型植物工場の優位性（メリット）

1) 安心安全。①農薬が要らない。②農薬や化学肥料が、農地にも残らない。2) 安定。自然に左右されない。年間を通した安定供給体制。3) 味を重視した品種に特化できるので、えぐみがなく、甘い野菜。4) 人手不足の解消。5) 日本のお家芸、輸出基幹産業の有望候補。6) IOTと相性が良い、等がある。

2. 人工光型植物工場の不利な点（デメリット）

1) 建設コスト（初期投資）が相当大きい。2) 電気料金が相当高い。3) 環境への負荷。電力への依存。4) 先入観。これまでの食習慣とのギャップ。等がある。

植物工場と一口に言っても様々なタイプのものがあるが、今回の研究では、完全閉鎖空間での葉菜類・果菜類等の栽培を行う人工光型植物工場に絞って研究を行うこととする。

第 V 章. 人工光型植物工場における「開設年×都道府県分布」から見る普及傾向

1.（完全人工光）時間的特徴＝第 4 次ブームを確認

日本施設園芸協会（2019）「大規模施設園芸・植物工場 実態調査・事例調査」に記載されている人工光型植物工場にニュース等を参考にわかる範囲で未掲載の事業所を補い、195 工場の開設年度と立地場所において分析を行った。



【図 2】（完全人工光）開設年の分布

- （1）2010 年代に急増＝第 4 次ブームと言える（ポイント 1）
- （2）2014 年に設立の 1 つのピーク（1 年に 31 工場建設）（ポイント 2）

2010 年、2011 年にそれぞれ 19 工場、2013 年に 19 工場、2014 年がピークの 31 工場、2015 年にも 22 工場が設置されており、2010～2011 年と 2013 年～2015 年と開設ラッシュが起きている。

2.（人工光型）地理的分布

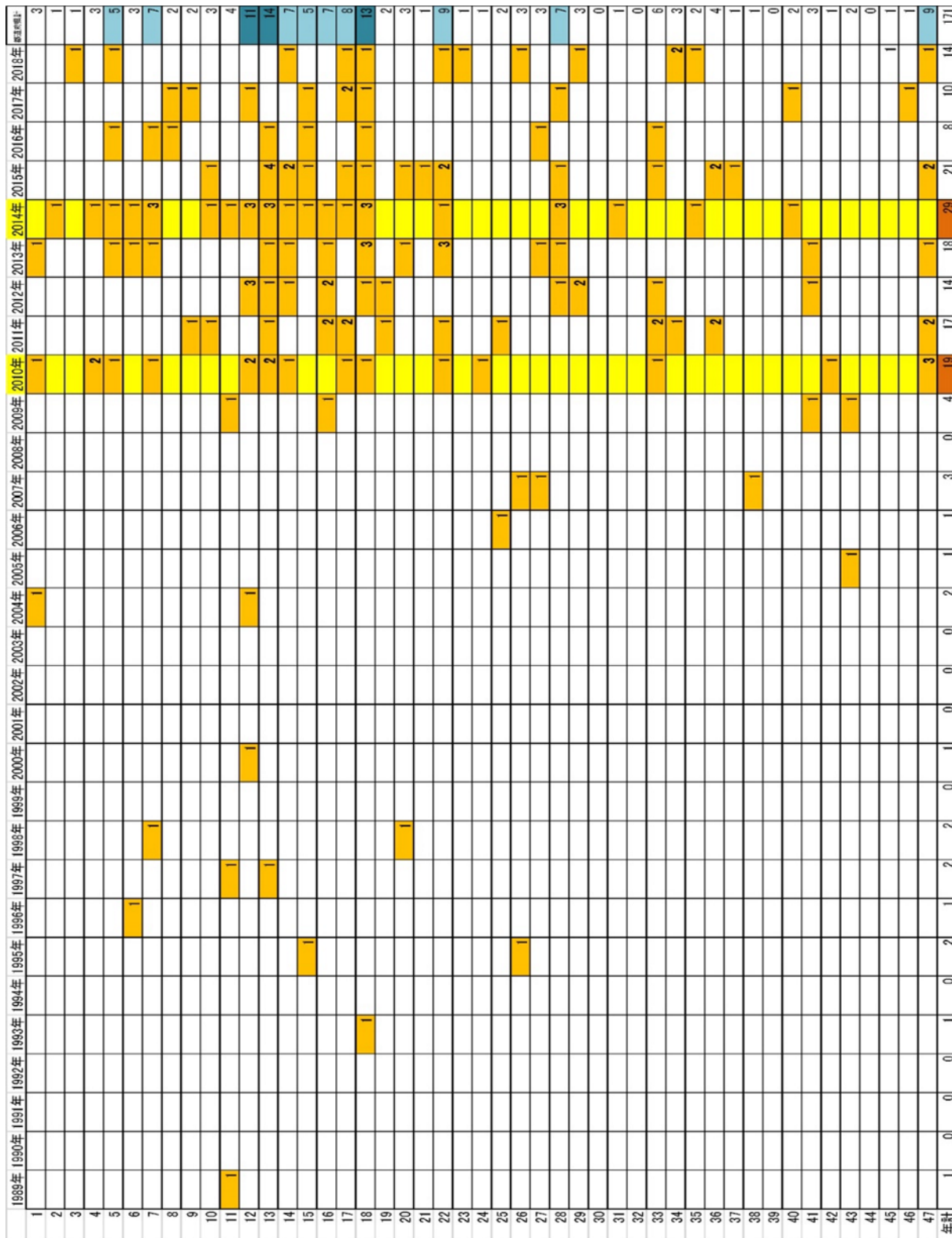
都道府県別の植物工場の立地数をグラフ化したもので以下のような傾向がわかった。①東京、千葉、神奈川、兵庫といった消費地に近い都市部での立地。②福井、石川、福島といった電力コストに優位性がある地域での立地、③沖縄のような特殊な気候を持つ離島地域での立地、に大きく分類される。

より詳しく分析をすると、以下がわかる。

- （1）全体としては、東京圏および関西圏等の大消費地へのアクセスがよいところに集中している。
- （2）東京広域首都圏では、千葉 11 カ所、東京 14 カ所、神奈川 9 カ所、新潟 7 カ所、静岡 9 カ所が多い。
- （3）東北では、秋田 5 カ所、福島 9 カ所に立地が集中している。
- （4）北陸（東京および関西への両アクセス圏）では、富山 8 カ所、石川 8 カ所、福井 13 カ所と、福井県の立地が多い。北陸は、原発立地県で電気料金に優位性がある。
- （5）関西圏では、兵庫 7 カ所、大阪 6 カ所、岡山 5 カ所と多く立地している。
- （6）沖縄 13 カ所、独特の気候を持つ地域では多く立地される。北海道は 4 カ所。沖縄は、暑い気候で野菜生産がほとんどできないため、レタスの 9 割を県外から仕入れ、また天候によっても価格が高騰するなど価格の変動が大きい。特に、台風シーズンの夏場に葉野菜が圧倒的に不足し、価格が上がる。
- （7）（露地ものと植物工場の地理的補完の法則） 露地レタスの産地ベスト 3 であるところは、植物工場は、

長野 3 か所、茨城 3 か所、群馬 3 か所と立地は多くない。

（8）47 都道府県のうち 44 都道府県に立地されている。和歌山、島根、高知に、人工光型植物工場はない。



【図 3】（人工光型）開設年×都道府県の分布

3. 人工光型植物工場の立地（まとめ）

- （1）都市近郊立地の法則（ポイント 3）
- （2）特殊気候・離島地域立地の法則（ポイント 4）

- (3) 低電力料金地域立地の法則 (ポイント 5)
- (4) 補助金立地 (復興支援、原発立地産業支援) の法則 (ポイント 6)
- (5) 都心 (東京、大阪) に店舗併設型ショールーム設置の法則 (ポイント 7)
- (6) (露地ものと植物工場の地理的補完の法則) レタスの産地への立地敬遠の法則 (ポイント 8)

第VI章. 先行研究 (略)

1. 人工光型植物工場の特徴に関する議論

- (1) 植物工場が注目される背景、(2) メリット

2. 人工光型植物工場におけるコストの議論

- (1) 蛍光灯から LED 電球へ、(2) 栽培ノウハウへの技術革新

3. 人工光型植物工場における高付加価値化の議論

- (1) 付加価値 × 販売量 = 収益性、(2) 潜在的ニーズの掘り起こし、(3) マルチライン植物工場と人材育成

4. 人工光型植物工場先進国 (先進企業国) としての責任、サステイナブルな視点が求められること

- (1) 日本は、世界一の技術を持つ、(2) サステイナブルな視点を持つ責任

第VII章. 事例研究 1 (京都府立大学) —大学の研究現場から。さらに高度な完全人工光型なら、「肥料過多 (硝酸塩)」の問題点も解消し、自然農法を実現する。(略)

1. 歴史と概要

(1) 歴史、(2) 運営者、(3) 研究目的・特色、(4) 竹葉モデル ★「露地」「従来の植物工場」「京都府大型植物工場」の比較 1) 従来の「露地」栽培で使われている「農薬」は、「従来の植物工場」「京都府大型植物工場」では使われない。2) しかし、「肥料」の中の有害な「硝酸塩」の濃度は、「露地」と同じく「従来の植物工場」も高い。「京都府大型植物工場」のみ、この「硝酸塩」問題を解決している。3) 「栄養価」「えぐみのなさ」「味」ともに、「京都府大型植物工場」が、「露地」および「従来の植物工場」と比べて最も優れている。

	露地	従来の植物工場	新植物工場 (竹葉モデル)
① 農薬問題	×	○	○
② 肥料問題 (硝酸塩問題)	×	× ×	◎
③ 栄養価評価	△	× × ×	◎
④ えぐみ (甘さ)、野菜嫌い	△	△	◎
⑤ おいしさ追求型の品種	△	○	○

【図 4】竹葉モデル

2. 「健康野菜・けいはん菜」の開発に成功

（1）完全無農薬栽培（健康被害低減）。栽培期間の短縮を達成する技術の確立、（2）肥料成分は使いきり、環境に放出しない（地球環境にやさしい）、（3）低硝酸塩野菜を栽培可能（健康被害低減、えぐみ解消、野菜本来のおいしさ）、（4）低ランニングコスト・太陽光発電と燃料電池ですべての電力をまかなう（環境負荷なし）、（5）LEDの使用による低電力・高効率の作物育成（環境負荷低減）、（6）水の循環再使用により、水路のない所で農業生産が可能（場所を問わない）、（7）ビタミンCやミネラルの含量を増やすことに成功。健康機能性成分を多く含む作物の栽培条件を設定できる（＋栄養価）、（8）完全自動化運用をめざす（ロボット化、農業の担い手）等があげられる。

第Ⅷ章. 事例研究 2（ハイトカルチャ）－研究型企業の現場から。セラミック・ハイテクが多品種を可能にし、地域密着型ビジネスモデルが自立型地域経済社会を支える。（略）

1. 歴史と概要

（1）ハイトカルチャの歴史

1）1996 年 4 月会社設立。森林植樹が目的でセラミック研究。食害対策用ヘキサチューブの研究開発を開始し翌年 1 月より販売開始。

2）セラミックが植物工場の品種を拡大し、メンテコストを下げる

セラミック技術の活用により、葉菜類にとどまっている植物工場での栽培品種を、果菜類、根菜類などに広げることが可能となり、メンテコストも下げる。2007 年 2 月セラミック栽培式植物工場の開発に着手。2009 年 10 月造林用ツリーシェルターおよびセラミック苗の開発に着手。2012 年 1 月販売開始。2013 年 4 月グランフロント大阪にセラミック栽培式植物工場の設置。（ロート製薬「旬穀旬菜」レストランの技術はハイトカルチャのものである。）2015 年 5 月に長崎県的大型リゾート施設に同植物工場を設置。以後も継続して展開。森林植樹で培ったセラミック技術を植物工場に応用し、ハイトカルチャは、セラミック栽培技術型植物工場の特許を有する。

（2）事業所

2. セラミック栽培技術型植物工場により多品種化とメンテナンスコスト削減に成功

（1）植物工場の 6 工程

植物工場では、基本的に 6 工程を行っているが、播種の培地→育苗用培地→栽培用培地→収穫と、植物を移し替えていく必要がある。

（2）（一般の水耕栽培）培地＝ウレタンスポンジ

一般の水耕栽培では、植物が根付くこと、培養液が浸透することのために、培地として、ウレタンスポンジなどを用いている。移動では、根の根付いているウレタンスポンジごと移動させていくが、最終的にウレタンスポンジは廃棄されゴミとなる。また、一般的な水耕栽培では、培養液に根が直接触れており、根は直接培養液から水分を吸収する。

（3）（ハイトカルチャ技術）培地＝セラミック

セラミック栽培では、水耕栽培で用いるウレタンスポンジを必要としない。ハイトカルチャによるセラミ

ック栽培の場合、縦長のセラミックプレートに直接播種する。その後、そこに引っ付くような形で成長する。この場合、植物の根は、培養液に直接触れる必要もない。土を高温で焼いたセラミックは水分を吸収することができる。植物が成長すると、今度は、筒状のセラミック器に植物を移し替える。空間により、酸素は枯渇することがなく、水耕栽培で必要とする根への酸素供給行程は行わなくてすむ。セラミックを使用する栽培方法により、作業量も大幅に減らすことができる。

3. 小型の多品種工場で町中埋め込み型を可能にし、空き家対策等の解決にも貢献

(1) 大阪府池田市で実用化している小型マンション型植物工場「まちなかファームくれは」

小規模の植物工場の池田市においては、空きマンションの一室を活用し、小規模植物工場を展開しており、そこで取れるレタス、バジル、パクチーなどは近くのレストランに出荷、近くの八百屋で販売をしている。

(2) 「まちなかファームくれは」収支シミュレーション

1) イニシャルコスト分析：栽培室には、800 万円の初期投資額がかかっている。クリーンルームとするための、栽培棚、光源、空調機、制御盤、エアージャワーボックスの設置などの費用である。栽培室の減価償却を 5 年間で短めに設定しているため、収益性に乏しいように思えるが、実際には 5 年以上栽培棚を使用できると伺っている。なお、家主も、室内の断熱化など 300 万円程度、費用の負担をしているとのことである。

2) 販売：販売先は、近くの商店会長が販売先を開拓していただいている。そのネットワークは大変有難い。なお、後の章では、栽培品種を高付加価値なものに構成を変えたモデルを作成している。

3) 収支計算：5 年間はほぼ収支均衡、5 年後は栽培室の償却が終わり月 13 万円程度の利益が確保できる。

4. 小括

(1) マンション型植物工場、北向きの法則、(2) 小規模植物工場は小さく作って、地域で売る、(3) 作業をマニュアル化し、地元の方にパートで来てもらう、(4) 販売単価を上げるためには、多品種少量生産、(5) 多品種少量生産のためにも、栽培技術の確立が大切、(6) 水ストレスをかけ、しっかりとした香りや強さを出す

第Ⅸ章. 事例研究 3 (スプレッド) —採算可能な大量生産に成功した企業の生産現場から。歩留まりの改善、自動化、物流ネットワークによる黒字の実現。(略)

徹底した「歩留まりの改善」と「自動化」「物流能力」で大量生産に成功した代表企業である株式会社スプレッドは、大規模植物工場の経営を日本で初めて黒字化した会社だと言われている。

1. 歴史と概要

(1) 歴史

1) 2001 年、市場の卸物流会社としてスタートする株式会社トレード設立。2) その後、稲田社長がマンションを借りて植物工場の実験を繰り返す。3) 2006 年 1 月 植物工場株式会社スプレッド設立。4) 2007 年 7 月 亀岡プラント第 1 期棟竣工 (以後、6 年間は赤字)。5) 2008 年 4 月 『ベジタス』ブランドレタス販売開始。6) 2009 年 3 月 亀岡プラント第 2 期棟竣工。7) 2011 年 4 月 『ベジタス』パッケージリニューアル。8) 2013 年 10 月 東京営業所開設。9) 2014 年 9 月 『ベジタス』パッケージリニューアル。10) 2014 年 10 月 パートナリシップ事業開始 (この頃から黒字化が達成される)。植物工場の黒字化は難しく、多くの大企業等

が参入と撤退を繰り返す中、6年の歳月をかけ、2013年事業の黒字化を達成。1 1）2015年3月 資本金8740万円に増資。1 2）2015年8月京都府木津川市（けいはんな学研都市）にテクノファームけいはんなの建設準備開始。1 3）2015年11月 大阪営業所開設。1 4）2016年4月『ベジタス』パッケージリニューアル。『Techno Farm™』エジソン賞金賞受賞。1 5）2017年10月テクノガーデン 東京 開設。1 6）2018年11月京都府木津川市（けいはんな学研都市）にテクノファームけいはんな設置。

（2）概要

株式会社スプレッド（代表取締役：稲田 信二。本社：〒600-8815 京都府京都市下京区中堂寺栗田町 90 番地 KRP8 号館）は、2006年に設立された会社であり、植物工場事業の運営を行っている。工場は、2006年稼働の亀岡工場、2018年稼働のテクノパークけいはんなの2拠点を持つ。2018年3月期実績で売上は、8億3000万円。グループの親会社であるアースサイドグループも代表は稲田氏である。グループ企業・アースサイドグループは、「生鮮食品流通事業を通じて豊かな未来を創造し、価値あるサービスを社会に提供する」を合言葉に、野菜の生産から、流通、物流、販売までのサプライチェーンの変革を実現し、青果業界における効率的なビジネスモデルを提案されている。グループ全体売上は314億円。

2. 徹底した「歩留まりの改善」と「自動化」「物流能力」で大量生産に成功—成功の要因

（1）生産者としての努力（物流会社としての生産への情熱）の結果、歩留まり率は97%と他所を圧倒する。人工知能をいかし、最適な栽培方法を導き出している。亀岡工場では、1日2万1000株のレタスを生産する。（2）物流会社の強みである流通チャネル、販路のネットワーク、販売ノウハウ。（3）さらに高度な自動化とフランチャイズ化へ 2018年11月には、世界最大規模植物工場プラント1日3万株のレタスを生産する「テクノファームけいはんな（京都府木津川市）」を設置した。レタスのトレイをロボットアームが自動的に移動。夜間電力と昼間電力割合の比率を高める。亀岡工場、けいはんな工場で2拠点。今後は、フランチャイズで20箇所を目指す。フランチャイズとしては、2019年6月JXTGエネルギー、2019年9月九州電力が発表された。

第X章 事例研究4（大阪府立大学）—産官学連携の生産現場から。生産コストを大幅削減。（略）

1. 産官学連携で、生産コスト40%削減を達成

大阪府立大学が中百舌鳥キャンパス（堺市）に開設した完全人工光型植物工場「グリーンクロックス新世代（GCN）植物工場」（C22棟）が、2014年10月から本格的な稼働を開始している。ここでは、作業の自動化による人件費削減、照明や空調の効率化による消費エネルギーの削減などで、植物工場の生産コストを約40%削減している。施設概要は、日産約5000株、敷地面積2600㎡、建築面積1278㎡、栽培棚面積4352.4㎡、育苗棚面積864㎡である。

2. 特徴

（法則）自動搬送装置導入などのロボット化は、植物工場の生産能力を向上と生産コストを低減させる

第XI章 事例研究5（日清紡ホールディングス株式会社）—企業の研究・生産現場から。レタス以外の作物（イチゴ）への挑戦。（略）

1. 歴史と概要

2. 葉物（レタスなど）以外難しい植物工場で、有望な作物としてのイチゴ（あぼろベリー）量産の実現—挑戦の背景

(1) イチゴの旬は、1月～4月。

(2) 6～11月 は国産イチゴの生産が極僅か（北海道や東北等で一部夏に生産）。

(3) 夏場（6～11月）は業務用を中心に国産イチゴの需要がある。10月に、値は一番高くなる。逆に、1～4月は、国産の露地イチゴの生産が多く、コストの高い植物工場のイチゴは売りにくくなる。

1) 建設コストの削減…工場の空きを活用している。2) 通年販売…年間を通じ一定量を一定価格で購入いただける事業者（ケーキ工場）と取引をしている。3) 廃棄は極力少なく。4) 周年栽培を実現。5) 棚は5段…LED照明。土は使わない水耕栽培。1日1万～2万粒のイチゴを生産。朝の収穫から一日が始まる。

(4) 工場（既存事業）の空きスペースを活用する（法則）

(5) 障がい者の雇用・受け入れ体制は、上場企業の経験が生きる（法則）

(6) 植物工場の海外進出は、製造業の経験が生きる（法則）

第Ⅶ章. 事例研究6（日本アドバンスアグリ）企業の生産現場から—レタス以外の付加価値の高い野菜（健康食品・化粧品用）への挑戦（略）

1. 歴史と概要

2. レタス以外難しい植物工場で、付加価値の高い野菜（アイスプラント）の実現

アイスプラントは、21～22度といった温かい気候で育つので、25度を超える夏場は国内ではほぼ生産されない。したがって、夏場はコスト高である植物工場のアイスプラントでも売れる。販売価格は、植物工場レタスが1g＝1.5円程度に対して、アイスプラントは1g＝4.5～5円であり、3～4倍も高く販売することが可能。植物工場でのアイスプラント生産は、播種から収穫まで50～70日となっており、ハウス栽培より2～3割短縮でき、通年栽培も可能となる。

以下、完全閉鎖型植物工場において、大きく分けて2パターンの成功モデルが存在すると考えられる。「大規模量産型モデル」と「多品種少量生産・高付加価値型モデル」であることを示した。

第Ⅷ章. 「大規模量産型モデル」

1つめは、大量生産モデルである。

1. 植物工場に参入した大企業の出身業種からみる分析

1) 製造業出身企業は、新たな栽培品種に積極的に挑戦し、市場を開拓する役割を果たしている。

2) 建設・設備業出身企業は、植物工場の生産性工場のための技術面、設備面で貢献し、今後、植物工場の設備・コンテナ販売からの参入を意識している。

3) 小売業・サービス業その他は、販売先を確保した上で、栽培方法が先行企業等から学ぶ。

4) 物流・卸売業者の例。

5) 材料・部品調達（資源）の例。

を示した。

2. 大規模植物工場のレタス出荷ランキング（日産株数比較）からみた分析

3. 開業時期別分析

ビジネスの拡張傾向にあり、生産面においても、販売面においても、植物工場の運営ノウハウを蓄えた上で開業しており、いよいよ大型植物工場の量産体制、国内におけるシェア争いが激化する植物工場新時代になる。

4. 立地場所分析

（1）郊外・地方立地、（2）電気代有利地域、（3）しかし大消費地へのアクセス

5. 大規模植物工場が黒字化を達成するための考察

（1）設備面で、イニシャルコスト（減価償却費）を下げる。

・国や都道府県の補助金を受ける。・北陸や東北など地価下の安い場所に建設する。・廃校や農地に建てる（規制緩和も関係）。

（2）生産面で、ランニングコスト（光熱水費）を下げる。

・福井県は8年間電気料金の半額を助成する。・北陸や東北は、他地域と比べて安い。・夜間電力の割合を高める。・エネルギー系企業が参入する。・再生可能エネルギーを活用する。

（3）ランニングコスト（人件費）を下げる。

・ロボット化により人手を減らす。

（4）流通・販売面で、流通・販売コストを下げる。

・消費地に近い都心部で生産する。・独自の販売先を開拓する。

（5）収入面、生産量を増やす又は販売価格を上げる。

1）生産性向上を実現する。2）商品価値の高い栽培方法を開発し、販売価格を上げ、売上を高める。

第XIV章. 「多品種少量生産・高付加価値型モデル」

2つ目は、付加価値を高めて高い価格で販売することで利益を確保するモデルである。

1. 高付加価値型の収支イメージ

ハイトカルチャの試算によると、リーフレタス1g 2円に対し、バジル1g 20円と10倍の価格を付ける。ただ、収穫量が6分の1ほどであるが、それを差し引いても利益の取りやすい品種であると言える。

販売単価の高い作物を生産し、物流コストをかけずに、近くのレストランや消費者へ販売することができれば、利益を確保することができる。

2. 製造業者のモデル（多品種少量生産型）

多品種とすることで、多様な消費者にあった製品を提供でき、大量の在庫も持たなくてすむ。一方、生産効率は落ちる。

3. 人工光型植物工場の小規模高付加価値型（多品種少量生産・おせち型）のモデル

(1) 高付加価値型は、単価の高い栽培品種を選定することが大切。

ハイトカルチャは、バジルといった高付加価値の野菜を栽培している。リーフレタス 1g 2 円に対し、バジル 1g 20 円と 10 倍の価格を付ける。

日本アドバンスドアグリは、アイスパラントを生産販売している。植物工場レタスが 1g 2 円程度に対して、アイスパラントは 1g 4.5~5 円と取引価格が高い。

(2) (露地ものとの時間的補完性の法則) 出荷時期を変えて販売することによって価値が生まれる。露地やハウスで栽培できない季節に植物工場で栽培し出荷することができれば十分に高い価格で販売が可能

(3) (露地ものとの空間的補完性の法則) 露地ができない地域へ、場所を変えて販売することによって価値が生まれる。

(4) 地域で作り地域で販売する地産地消モデル

(5) 廃校活用、廃工場などに設置し、初期投資を抑える。

第 XV 章 採算性モデル

1. 採算性分析のこれまでの例

(1) 高辻正基 (2007) 『完全制御型植物工場』出版オーム社

高辻は、説明変数として照明費をとり全てを説明しようと試みた。まず設備コストの中で大きな要因を占める照明設備コストを x 円とし、各種光源に対する 1 株あたりの公式を評価している。この高辻の試みは、照明費が高い時代の公式で、しかも 1 株当りの採算性を重視している。本研究は、変数を導入し、一般的な公式を導出しようとしているものであるが、説明変数として照明費をとり、すべてを照明費から説明しようとしており、本研究は別に面積からのアプローチをこころみたい。

(2) 日本施設園芸協会編 (2015) 『施設園芸・植物工場ハンドブック』 農文教

第 4 章 人工型植物工場において、「植物工場においてコストに占める割合の大きいのは照明コスト、次いで空調コストである。植物工場の栽培環境の構築とその制御は、一般建築と比較して共通部分と異なる部分に分けると理解しやすい。以下に、主な構成要素について説明する。」として、コストの算出を試みている。しかしながら、1 つの特殊事例に関する分析であり、公式をもとめていない。

2. 面積モデルの構築による、高層化効果の評価と、公共政策への知見

(1) 筆者のモデル化のねらい

本研究では、次の視点を重視し、独自の面積モデルを作成することとしたい。

(視点 1) 筆者は公共政策に携わるものであり、ある地域の土地に産業を誘致する、またはある地域で土地利用が空いた場合、あるいは今後、空き家問題などができてきた場合、その土地面積規模に対して、どれだけの植物工場を計画すればよいのか？という観点が、公共政策や、実際にその事業をおこなう経営者にとってもっとも重要な視点である。したがって、すべての公式を面積から還元して説明する公式が最も必要なのでその方針とする。他のモデルのように、照明費や 1 株あたりの視点をとらない。

(視点 2) 以下のように、人工光型植物工場では、高層化することにより、メリットが高まる。したがって、最終的な公式は、生産や費用を説明する各種公式とともに、適当な階数、損益分岐点が出てくるものでなけ

ればならない。

(2) 露地型野菜生産と人工光型植物工場の土地生産性比較 (略)

(3) 人工光型植物工場の優位性 (太陽光型植物工場との比較)

人工光型は、単純に建物の面積だけで比較するものではなく、栽培棚面積に着目する必要がある。

なお、太陽光型で多層化できず、人工光型で多層化できる理由は以下の通りである。人工光型植物工場の場合、大規模なものから高層化、小規模なものでも栽培棚を設けて、5 段程度の層で栽培している。なぜ、人工光型植物工場が多層化できるかといえば、太陽光ではないからである。太陽光の場合に、多層化すると、一番上の層だけに光があたり、下の層には光があたらない。人工光型の場合は、植物が育つ棚の上に、棚ごと LED から光を当てるので、多層化することができる。

(4) 大規模植物工場の収支イメージ (略)

(5) 面積採算性モデル公式の導出

1) データの対象

本研究では、データが得られている「秋田県立大学」「青森県」「大阪府大」の 3 事例のデータを元とする。

※大阪府立大学初期投資コストについては、研究用設備 (苗選別ロボットや特殊な配風システム等) を含む。

※大阪府立大学運営コストについては、大阪府立大学から概要 (コスト割合) を提示いただき、その概要に基づき、著者が一定の想定を置いて、試算したものである。

2) 面積関係の変数は以下のように定義する。

敷地面積を A (m^2)、高層化したとして棚数を L 、栽培敷地面積を a (m^2)、($a = A$ (m^2) $\times$ 有効係数 δ) 栽培面積を B (m^2)、とする、

3) 生産 (収入) 面の変数は以下のように定義する。

1 日当り株数 (株) を n 、年間株数 (株) を N 、収入を P 、($P = N \times \text{価格}$)、とする。

4) コスト面の変数を以下のように定義する

イニシャルコスト (初期投資額) (億円) を I 、年間ランニングコスト (減価償却費除く) (億円) を R 、とする。

5) すると、

①栽培面積 1 m^2 あたりの 1 日株数の平均値は、1 日 1 株/ m^2 程度、②敷地面積 1 m^2 あたりの年間のイニシャルコストの平均値は、4 万円/ m^2 程度、③栽培面積 1 m^2 あたりの年間コスト 平均値は、2 万円/ m^2 、程度、となる。

6) 公式の導出

敷地面積 $= A$ (m^2)、棚数 $= L$ 棚とする。栽培敷地面積 $a = \delta A$ (m^2) とおく。栽培面積 $B = \delta A L$ (m^2) となる。

①より、

【生産関数】

年間出荷額 $P = \delta \times A$ (m^2) $\times L$ (棚) $\times 365$ 日 $\times 100$ 円 $= \delta \times A$ (m^2) $\times L$ (棚) $\times 3.6$ 万円/ m^2 である。

【コスト関数】

②より、イニシャルコスト $I = A$ (m^2) $\times 4$ 万円/ m^2

③より、ランニングコスト $R = \delta \times A$ (m^2) $\times L$ (棚) $\times 2$ 万円/ m^2

7) 公式

【収入】 P (万円/年間・ m^2) = $\delta A L \times 3.6$

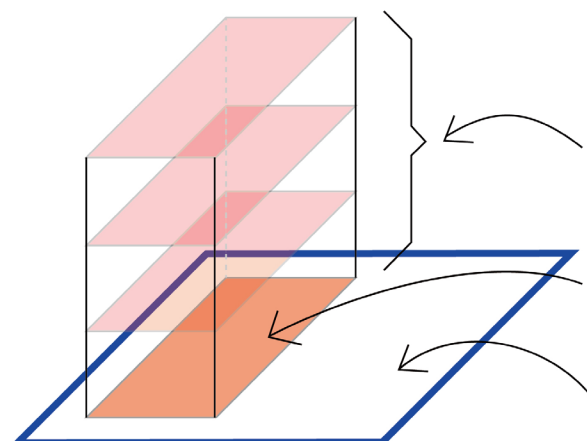
【費用】 C (万円/年間・ m^2) = $I + R = 4A + \delta A L = A(4 + 2\delta L)$

【損益分岐点公式】 $P = C$ として、 $1.8\delta L = 2 + \delta L$ 。 $0.8\delta L = 2$ $\delta L = 2.5$

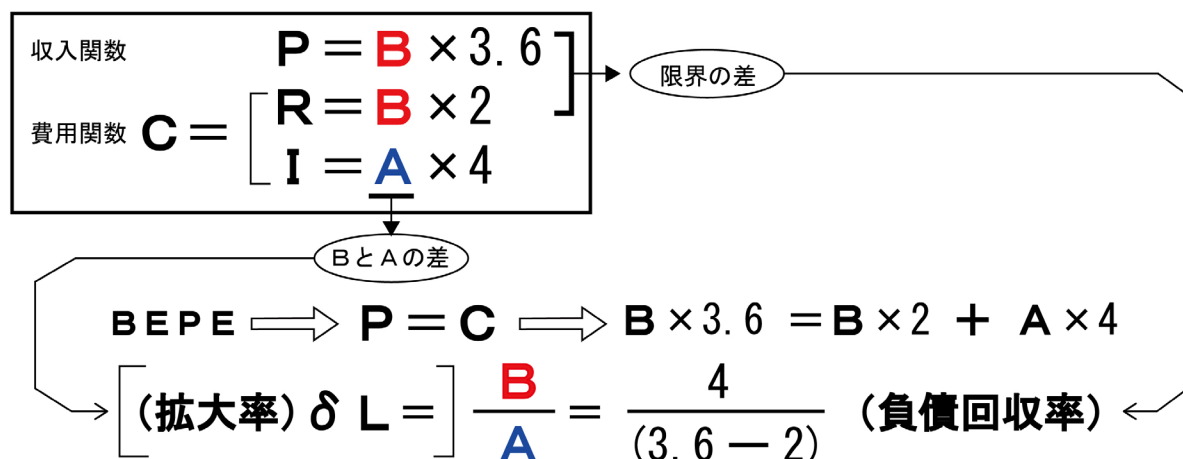
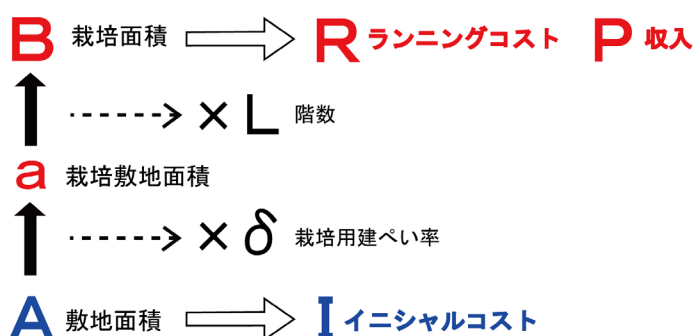
ここで、専用工場の場合、 $\delta = 1/2$ 程度で、研究機関等で実験室が付随すると、採算をとるための高層化の階数は、以下のように評価できる。

$\delta = 1/2$ (専用工場) の場合、 $L = 5$ 段

$\delta = 1/4$ (研究機関等で実験室が付随) の場合、 $L = 10$ 段



植物工場の面積モデル (園崎)



(1) 人工光型植物工場は「初期投資 (I)」が大きい。

(2) しかし高層化することにより「収入 (P)」を稼げる。ただし「ランニングコスト (R)」も増加する。

(3) そこで、高層化することによる「ランニングコストに打ち勝つ収入 (P - R)」の増加が、「初期投資 (I)」を上回れば、採算がとれる=>この関係が「負債回収率」である。

(4) 「初期投資 (I)」は、「敷地面積 (A)」に比例する。

(5) 「収入 (P)」と「ランニングコスト (R)」は、「栽培面積 (B)」に比例する。

(6) 「敷地面積 (A)」と「栽培面積 (B)」の関係は、栽培用建ぺい率 δ と階数 L である。 $B/A = \delta L$ $L = \text{土地利用効率} \cdot \text{拡大率}$ である。

(7) (4) (5) の比例係数から、「負債回収率」は $4 / (3.6 - 2)$ である。

(8) 損益分岐点公式 (Break Even Point Equation) は、収入=コストとなったとき、 $P = C$ である。これは、土地利用効率・拡大率を高め、負債回収できるときにあたり、土地利用効率・拡大率 $\delta L = \text{負債回収率}$ $4 / (3.6 - 2) = 2.5$ に対応する。

面積採算性モデル（園崎）			
【1】元データ			
面積面	秋田県立大学	青森県	大阪府大
A：敷地面積（㎡）	400	1000	1300
L：棚数			
※実際の段数	5 段	1 0 段	1 4 段
a：栽培敷地面積（㎡）＝A（㎡）×有効係数 δ			
B：栽培面積（㎡）	1000	8000	4352
生産（収入）面			
n：1 日当り株数（株）	1400	8500	5000
N：年間株数（株）	50万6160株	306万株	150万株
コスト面			
I：イニシャルコスト（初期投資額）（億円）	3.4	3.3	6.8
R：年間ランニングコスト（減価償却費除く）（億円）	0.34	0.94	0.91
【2】栽培面積（1 ㎡）あたりの1 日株数＝n／B	1. 4 株/1 ㎡	1. 0 6 株/1 ㎡	1. 1 4 株/1 ㎡
【3】敷地面積（1 ㎡）あたりの年間のイニシャルコスト（1 5 年償却）＝I／A÷1 5 年	5. 6 万円/㎡	2. 2 万円/㎡	3. 5 万円/㎡
【4】栽培面積（1 ㎡）あたりの年間ランニングコスト＝R／B	3. 4 万円/㎡	1. 1 7 万円/㎡	2. 1 万円/㎡
①栽培面積 1 ㎡あたりの1 日株数 平均値	1. 0 6～1. 4 株/㎡ ⇒ 1 日 1 株/㎡		
②敷地面積 1 ㎡あたりの年間のイニシャルコスト 平均値	2. 2～5. 6 万円/㎡ ⇒ 4 万円/㎡		
③栽培面積 1 ㎡あたりの年間コスト 平均値	1. 1 7～3. 4 万円/㎡ ⇒ 2 万円/㎡		
公式の導出			
敷地面積＝A（㎡）、棚数＝L 棚とする			
栽培敷地面積 a＝δ A（㎡）とおく			
栽培面積 B＝δ A L（㎡）となる。			
①より、年間出荷額 P＝δ×A（㎡）×L（棚）×3 6 5 日×1 0 0 円＝δ×A（㎡）×L（棚）×3. 6 万円/㎡		生産関数	
②より、イニシャルコスト I＝A（㎡）×4 万円/㎡		コスト関数	
③より、ランニングコスト R＝δ×A（㎡）×L（棚）×2 万円/㎡			
公式			
【売上】P（万円／年間・㎡）＝δ A L×3. 6			
【費用】C（万円／年間・㎡）＝I＋R＝4 A＋δ A L＝A（4＋2 δ L）			
【損益分岐点方程式】P＝C			
1. 8 δ L＝2＋δ L			
0. 8 δ L＝2			
δ L＝2. 5			
【損益分岐点】			
δ＝1／2 の場合、L＝5 段			
δ＝1／4 の場合、L＝1 0 段			

3. より巨大な、大規模化した人工光型植物工場のイニシャルコストについての考察—安く工場を建てる時代から、今後の運営コストも見据えて建てる時代へ

2014 年設置の大阪府大 C22 号棟（日産約 5 0 0 0 株）、2017 年設置のスプレッド亀岡工場（日産 2. 1 万株）、2018 年設置のスプレッドけいはんな工場（日産 3 万株）の初期投資額と生産能力に関する図である。

なお、人工光型植物工場の大型化・高層化は進み、現在、日本で最大の生産能力を誇るのが、2018年に設置されたスプレッドけいはんな工場の日産3万株である。

（1）大型化・高層化し、栽培面積をいかに増やすかを競ってきた

（2）稼働開始後の運営コストを見据えた初期投資を競う時代に

栽培棚数に注目する。最新のスプレッドけいはんな工場は、栽培棚14段であり、大阪府大18段＋16段、同社の亀岡工場12段、16段であり、必ずしも棚数を増やしているわけではない。これは、建設の許可の関係もあり、建物の高さについてはどこまでも高くできるわけにはいかず、基本的には限界がある。また、一定の高さにおいて、何棚設置できるかについても、植物の高さと照明の幅の関係があり、こちらも限界値があり、近年のどの大規模化植物工場において、できる限り狭い間隔で建てているレベルにきていると推察することができる。また、日産1株を生産するための初期投資額を比較した。確かに、大阪府大よりも大規模であるスプレッド亀岡工場、けいはんな工場の金額は格段に安くなっているが、一番安く作っているのは、スプレッド亀岡工場であり、最新のスプレッドけいはんな工場ではない。

4. 大規模植物工場が黒字化を達成するための考察

以下では、黒字化を達成するための、大規模特化型の企業の取り組みについて以下にまとめる。植物工場の黒字を実現するために、植物工場ビジネスに進出した各企業はあらゆる角度から試行錯誤を行っている。植物工場の黒字化達成は、それぞれの企業のあらゆる角度からのたゆまぬ努力の結集であると言える。各企業から実施したヒアリングを元に、収支改善項目別に分析し、取りまとめた。

（1）平均的なコスト構成における収支均衡状態

（2）設備面で、イニシャルコスト（減価償却費）を下げる

1）国や都道府県の補助金を受ける、
2）北陸や東北など地価下の安い場所に建設する、
3）廃校や農地に建てる（規制緩和も関係）、
といった手法で、初期投資費用を抑えるようにしている。初期投資額をおさえればおさえるほど、ランニングコスト（減価償却費）がさがり、利益を生み出しやすくなる。

（3）生産面で、ランニングコスト（光熱水費）を下げる

1）福井県は8年間電気料金の半額を助成する、
2）北陸や東北は、他地域と比べて安い、
3）夜間電力の割合を高める、
4）エネルギー系企業が参入する、
5）再生可能エネルギーを活用する、
といった手法で、光熱水費を下げるよう工夫している。人工光型植物工場の光熱水費は特に大きな金額であるので、この費用をどう下げるかが黒字化達成のカギとも言える。夜間電力の割合を高めるについて、少し解説する。手作業をロボット化することにより、夜間に電力を集中的に使用方法も考えられ、スプレッドけいはんな工場も夜間電力をメインで活用することとしたいう。

（4）ランニングコスト（人件費）を下げる

1）ロボット化により人手を減らす。人件費を減らすためのロボット化にも力を入れている。特に、クリーンルーム内への人の出入りを減らすことができれば、環境コントロールもしやすいし。虫や異物などの混入リスクも減る。また、夜間電力を活用すると作業時間が夜間になりがちであるため、ロボット化することが

できれば、夜間電力への移行にもつながると言える。

(5) 流通・販売面で、流通・販売コストを下げる

- 1) 消費地に近い都心部で生産する、
- 2) 独自の販売先を開拓する、

といった工夫で、流通・販売コストが下がる。基本的には、生産した近くで販売することで、物流コストを下げたい。地産地消でもあり、エコでもある。

(6) 収入面、生産量を増やす又は販売価格を上げる

- 1) 生産性向上を実現する。収穫サイクルの短縮、高層化、高密度化、歩留まり率の改善など、絶えまぬ技術革新により、生産量を増やすことができれば利益を確保する事ができる。人工光型植物工場において、露地栽培では 40 日かかるところを 25 日で収穫している。A I などの活用により最適環境を導き出し、栽培期間をさらに短縮することができれば、結果として生産量を増やすことができ、売上が増え、黒字化に近づく。
- 2) 商品価値の高い栽培方法を開発し、販売価格を上げ、売上を高めることが可能となる。ノーマンが開発した結球レタス「美しい玉」は、野菜ソムリエサミット 2 年連続銀賞、1 玉 498 円 (250 g 規格)、化粧箱付きで 698 円でインターネット販売している。通常のレタスの 2 倍以上価格で販売している。

第XVI章. 総括 (略)

【参考文献】

池田英男 (2010) 『植物工場ビジネス』日本経済新聞出版社。井熊均他 (2014) 『植物工場経営—明暗をわける戦略とビジョンモデル—』日刊工業新聞社。伊地知宏 (2018) 「植物工場ビジネス—植物工場経営の現状と将来展望—」『NAPA リサーチ・レポート 2018—1 農業の成長産業化に向けたブレークスルー—』。伊藤宏比古・妹尾堅一郎・久保恵美 (2016) 「植物工場に関するビジネスモデルの多様性」『研究技術計画』2016 年 31 巻 3-4 号。今井照規・町田創・齋藤雅人 (2014) 「太陽光利用型植物工場におけるフリルレタス類とベビーリーフ類の経営モデル」『東北農業研究』67。岡崎聖一 (2019) 「栽培方法の違いがレタスの品質に及ぼす影響-栽培方法によってレタスが作り出す成分は味の違いにも現れる-」『農業電化』, 平成 31 年第 72 巻第 2 号。小倉東一 (2017) 『植物工場は平成生まれの新しい農法』三進金属工業株式会社 植物工場グループ テクニカルアドバイザー。古在豊樹 (2010) 「植物工場は「輸出産業」になりうるのか。千葉大名教授・古在豊樹氏に聞く」、『日経クロステック 藤堂安人の「イノベーション雑記帳」』。古在豊樹 (2009) 『太陽光型植物工場—先進的植物工場のサステナブル・デザイナー—』, オーム社。古在豊樹 (2012) 『人工光型植物工場—世界に広がる日本の農業革命—』, オーム社。古在豊樹 (2014) 『図解でよくわかる植物工場のきほん』, 誠文堂新光社。小長谷一之 (2005) 『都市経済再生のまちづくり』古今書院。小長谷一之・五嶋俊彦・本松豊太・福山直寿 (2012) 『地域活性化戦略』晃洋書房。小長谷一之ほか (2014) 『都市構造と都市政策』古今書院。小長谷一之ほか編 (2014) 『経済効果入門』日本評論社。小長谷一之ほか (2016) 『地域創造のための観光マネジメント講座』学芸出版社。小長谷一之ほか編 (2020) 『A I と社会・経済・ビジネスのデザイン』日本評論社。酒井徹・津田渉・小林由喜也 (2015) 「秋田県における植物工場 (スマートアグリ) の採算性と導入条件」『秋田県立大学ウェブジャーナル』A2014、vol2。桜井弘 (2013) 「植物育成における LED の一般動向」。佐藤光泰 (2011) 『植物工場のビジネス化に向けて—植物工場の事業モデル確立に向けた 7 つのポイント—』野村アグリプランニング&アドバイザー株式会社。佐藤雅哉 (2014) 「大阪府大の植物工場、生産コスト 40%削減、搬送作業の自動化や歩留まり向上で実現」『日経ものづくり』, 2014 年 11 月号。塩沢由典・小長谷一之編 (2007) 『創造都市への戦略』晃洋書房。塩沢由典・小長谷一之編 (2008) 『まちづくりと創造都市』晃洋書房。塩沢由典・小長谷一之編 (2009)

『まちづくりと創造都市 2』晃洋書房。高辻正基 (2010) 『図解よくわかる植物工場』, 日刊工業新聞社。高辻正基・森康裕 (2011) 『LED植物工場』日刊工業新聞社。塚田周平 (2010) 『植物工場物語』リバネス出版。当間政義 (2014) 「植物工場のビジネス化に関する調査」『和光大学総合文化研究所年報 東西南北』2014 年。日本施設園芸協会 (2018) 大規模施設園芸・植物工場 実態調査・事例調査。日本政策金融公庫今年度下半期消費者動向調査 (2018) 『消費者動向調査: 植物工場で栽培される野菜』。日経 B P 社 (2015) 「コストを減らせ 電気代半減し収穫増も 省エネ栽培の手法相次ぐ」『日経エコロジー』2015 年 1 月号。日本政策金融公庫今年度下半期消費者動向調査 (2018) 「消費者動向調査: 植物工場で栽培される野菜」。日本農業新聞 (2019) 「生き返る廃校 地域活性の拠点に広がる活用 5000 校」2019 年 9 月 13 日。野中良祐 (2019) 「AI が管理し、ロボットで収穫まで 野菜の未来は工場に」朝日新聞 2019 年 11 月 7 日。藤本真狩 (2015) 「日本における植物工場の現状と今後の展望」『精密工学会誌』81 巻 9 号。藤森陽 (2016) 「植物工場とその課題ー地域経済学の視点から」『資本と地域』11、地域経済研究会。前田浩成 (2011) 「住宅地型産業振興としての新世代農業のあり方ー企業による農業 (植物工場等) を中心としてー」『創造都市研究 e』電子ジャーナル。(株) 三菱総合研究所 (2012) 『あおり型植物工場ビジネスモデルの構築に向けた調査研究業務報告書』。矢野経済研究所 (2014) 『米国・植物工場市場の実態及び発展の可能性』。矢野佑樹 (2016) 「植物工場産野菜に関する知識と不安度との関連性」『共栄大学研究論集』第 14 号。吉田忠則 (2019) 「植物工場、ロボットで始まる価格競争」日本経済新聞 2019 年 6 月 14 日。吉田忠則 (2019) 「植物工場に潜入! レタス照らす紫の光」日本経済新聞 2019 年 12 月 28 日。

【ウェブサイト】伊藤保 (2012) 「日本の植物工場ビジネスの将来課題は何か」『AFCフォーラム』2012 年 4 月号。経済産業省 (2015) 「平成 26 年度 地域経済産業活性化対策調査 植物工場産業の事業展開に関する調査事業 報告書」。経済産業省 (2017) 「平成 28 年度地域経済産業活性化対策調査 植物工場産業の新たな事業展開と社会的・経済的意義に関する調査事業 報告書」ダイヤモンド社 (2019) 「世界のフードインフラへ。植物工場で農業の未来を拓く #01 京都×農業」, 『ダイヤモンド・オンライン』。農林水産省、経済産業省 (2009) 『農商工連携 研究会植物工場ワーキンググループ報告書』。中村謙治 (2012) 「進化する植物工場の栽培技術で六次化も」『AFCフォーラム』2012 年 4 月号。日本政策金融公庫消費者動向調査 (2012) 「大震災後 1 年の購買行動や植物工場のイメージ」『AFCフォーラム』2012 年 4 月号。日本政策金融公庫 (2017) 「植物工場で 農業の近代化に挑戦」『調査月報』, No.100。日本政策投資銀行 (2014) 調査レポート 「九州における植物工場等ハイテク農業の成長産業化に向けた課題と展望」。一般社団法人日本植物工場産業協会 HP。日本立地センター (2016) 平成 27 年度地域経済産業活性化対策調査 「未活用の産業用地施設及び工場跡地・空き工場等の利活用実態及び利活用促進策に関する調査・分析」。農林水産省 (2013) 「植物工場の推進について」。農林水産省・経済産業省 (2009) 「農商工連携 研究会植物工場ワーキンググループ報告書」。農林水産省 (2019) 「人工光型植物工場における葉菜類の栽培環境管理 JAS の概要について」。ハイトカルチャ (2016) 「セラミック栽培式あれこれ(3)」。ハイトカルチャ (2016) 「セラミック栽培式あれこれ(4)」。藤本真狩 (2012) 「課題多い植物工場にもビジネスチャンス」『AFCフォーラム』2012 年 4 月号。(株) PLANTX (2018) 「私たちが考える人工光型植物工場」。松尾友幸 (2020) 「店内の植物工場で栽培した野菜を販売! サンエーPARCO を迎え撃つイオンモール沖縄ライカム 食品売場レポート」『ダイヤモンド・チェーンストア』。雑誌『WIRED』日本版 VOL.35 (2019) 「閉鎖型植物工場 PLANTX は、地球規模の“転換点”になりうるか」。