

Title	「植物工場ビジネス」の多様性：ビジネスの価値形成構造をモデル化する
Author(s)	伊藤，宏比古；妹尾，堅一郎；川村，兼司
Citation	年次学術大会講演要旨集，29：495-498
Issue Date	2014-10-18
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12495
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

「植物工場ビジネス」の多様性 ～ ビジネスの価値形成構造をモデル化する ～

○伊藤宏比古、妹尾堅一郎（特定非営利活動法人 産学連携推進機構）、川村兼司（帝人株式会社）

近年、製造業をはじめとして多くの非・食品系業種の企業が「植物工場」事業へ参入する事例が増えている。しかし、植物工場を巡る事業（植物工場ビジネス）は施設系から生産販売系まで多様である上に、植物工場もいくつかのタイプが存在する。

本報告では、植物工場ビジネスの整理と各ビジネスで重要となる点を整理する。まず、植物工場のタイプについて整理を行った後に、植物工場のビジネスモデルにおける価値が、通常の機械系製造業と同様に、作業系から制御系・情報系・サービス系へと移行することを述べる。その上で、今後の植物工場ビジネスにおける価値形成についてモデル論的に提示し、「押さえ所」がどこであるのかを検討する。そして、それぞれの価値形成モデルが植物工場のタイプともどのように関連するかを検討することで、競争力強化の方向性について検討する。

Keyword：農林水産業、植物工場、高度施設園芸、ビジネスモデル、価値形成構造

1. 植物工場の種類と課題

近年、製造業をはじめとして多くの非・食品系業種の企業が、その市場拡大の期待から、様々な形で植物工場の運営を開始している。

植物工場で生産した野菜の国内市場規模は2020年度に640億円と2009年の4.6倍に拡大する見通しである。例えば2011年の東日本大震災からの復興関連として建設関連企業が植物工場に参入する事例が増えている[1]。また、さらに鉄道業界や繊維業界など非・食品系業種が自社の空きスペースを活用して植物工場に参入の事例も出てきている[2][3]。

植物工場はその生産システムから一般的に、完全閉鎖系、準閉鎖系2つのタイプがある。完全閉鎖系植物工場は、ビルなどの屋内を活用してLEDや蛍光灯を用いて植物の生産を行う工場のことである。一般に果菜類より葉菜類の生産に向いているとされ、完全無農薬が可能なことや、天候や場所に左右されずに狭い土地で大量生産出来ることがメリットとされている[4-6]。一方で、温度・湿度・照明・CO₂等の環境制御を行うための設備コストに加えて、電力代が他の種類の植物工場よりもかかるため、採算に載せるのが難しいという問題がある。また、抗酸化力等の機能性を高めることで通常より高値を付けた野菜を生産する事例もあるが、ニッチなマーケットに対する価値を訴求することになり、市場開拓は難しいと言われている[5]。他方、準閉鎖系植物工場は太陽光利用型植物工場とも呼ばれ、完全閉鎖系植物工場よりも実用化が進んでいる。温度管理上、夏場には天窓や側窓をあける必要があり、無農薬栽培が難しい。また、日本の夏場は高温多湿であることから、温度を中心とした環境統制が難しく、生産が安定しないため、生産安定化という課題もある[6]。このように、植物工場のタイプにより問題は異なり、課題も多様になっている。

2. 多様な植物工場に関するビジネス

現在、植物工場の新規参入が増えており、そのビジネス形態は多様である。例えば、植物工場の施設を製造販売する事例や、生産した野菜をグループ企業であるレストランやホテル、スーパーマーケットで利用する事例、近隣の住民に植物工場の利用を貸し出すレンタル事業の事例や、さらにデベロッパーが街づくりのコンテンツとして参入する事例などがある。

これらの植物工場関連ビジネスについて、[5]の事例群を整理すると、販売するものが大きく4つに分類できることが分かる。①植物生産販売、②生産設備・生産要素材販売、③生産ノウハウ販売、④不動産関連業者のコンテンツとしての販売、の4タイプである。植物工場に関するビジネスを展開する各企業はこれらのどれか、あるいは複数を組み合わせることで各自のビジネスを展開している。

植物生産販売は、植物工場で生産した植物（製品）を製品＝商品とするビジネスである。機能性を高めた野菜の生産販売や、生産した野菜を加工して販売することなどもここに含まれる。植物生産販売を行う事業者は、商品を飲食店やスーパーなどの小売店を通して一般消費者に販売することになる。

生産設備・生産要素材の（生産）販売は、植物工場を運営するのに必要となる設備や要素材を（生産）販売するビジネスである。植物工場の建物、また内部環境を統制するためのセンサ類、さらに野菜の種や肥料などを含む。

生産ノウハウ販売は、高効率で植物を生産するために必要となるノウハウをコンサルティングというサービスの形で販売するビジネスである。ノウハウはどのような機器を用いて環境制御を行うかという設備面でのコンサルティングがあれば、植物の育成状況に応じて温度や湿度、養液中の肥料濃度など育成における環境制御のコンサルティング等もある。

最後に、デベロッパーのコンテンツとしての販売とは、植物工場を街づくりのコンテンツとして、デベロッパーやゼネコン等の不動産関連業者が提案する例などが含まれる。

3. 重要性が制御系・情報系・サービス系へと移行する植物工場

現在の植物工場の運営においては、その重要性が作業系から情報系・制御系・サービス系へと移行が進みつつある[7]-[9]。そのビジネスモデルの変容は機械系製造業と同様である。

農業とは、従来、農家ごとの経験と勘に頼らざるを得ないものであった。その理由として、地域や圃場ごとに生産環境が異なることがある。圃場という開放型の生産場で育成を行うため、雨量や日照、使用する土の性質などの生産環境が時期・場所ごとによって異なることが大きな影響を与えていた。そのため、生産農家毎の経験と勘によって随時生産プロセスを調整しなければならなかったのである。

現在の植物工場では、その状況を打破するため、生産環境の制御が進んでいる。例えば、準閉鎖系の施設園芸の植物工場では、根圏環境を高度に制御するために、水耕栽培やロックウールによる栽培など土を使わない栽培方法が考案されている。また完全閉鎖型の植物工場では、温度や湿度だけでなく人工照明を太陽光の代わりに用いることで、育成環境を完全に制御可能にしている。

このように生産環境の制御が可能になったために、一部に人手の介入も入れながらも、生産プロセスのロボット化が進んでいる。例えば、オランダのレボプラント社(LEVOPLANT)はラン栽培の最新式植物生産工場を運営している。数百個のポットを載せたアルミ製のコンテナは自動搬送され、ポットへの苗木の植え込み、支柱の差し込みと機械選別後の最終点検を除き、工場全体がロボット化されている。200種類あるランの配送の組合せと梱包は、顧客からのインターネット注文と直接連動しており、注文の受領から商品発送までの作業が効率化されている。環境制御装置に花卉栽培のノウハウを組み込むことで、人手による作業も従来から大きく減らしている。工業生産と異なり植物工場では、材料である種子や種苗の個体品質が均一ではないため、製品である野菜の品質も容易には一定にはならない。そのため、生産工程中に製品品質を一定にするための人手による「調整」作業が必要になっているものの、レボプラント社のように植物工場において生産プロセスの大部分でロボット化が進んでいる。

このように、よりロボット化が進む植物工場においては、情報系・制御系・サービス系の役割が増大する。つまり工業製品の世界のように、システムの主導権が従来のハードウェア側から、それを制御するソフトウェア側へと移行する[7], [10], [11]。工業製品の世界において、従来は作業機械（ハードウェア側）の品質によって生産される商品の品質も決定されていた。そのため、どれだけ品質の高いハードウェアを用意できるかが重要であった。他方、近年は作業機械にセンサ類が多数搭載されることにより、多少品質に問題のある作業機械であっても制御によって品質問題を吸収し、従来型の工場と変わらぬ商品が製造可能になった。品質に多少問題のある作業機械でも採用可能になるため、相対的にハードウェア側から、センサ類の情報からハードウェアを制御するソフトウェア側の役割が増大する。また、ネットワークの発達により、作業機械のセンサログが工場外部からも

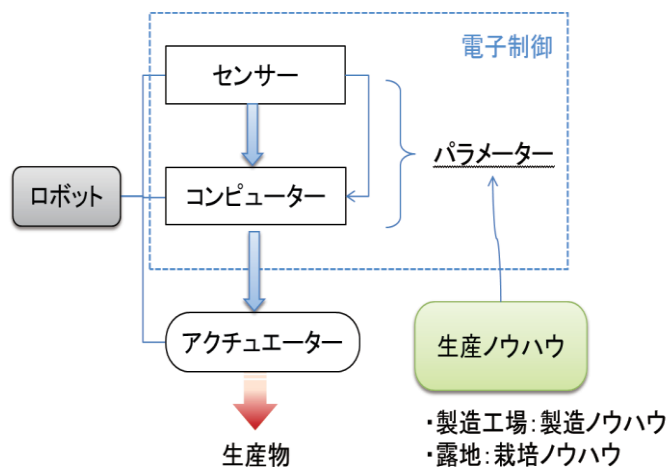


図1 植物工場等のロボット[9]

参照可能であり、そのログの分析・解析を踏まえた作業機械の制御もサービスビジネスとして可能になっている（図 1）。

この変容は、植物工場の世界に置いても同様であると考えられる。植物工場の環境を制御する個々のハードウェアよりも、それらを制御するソフトウェア側がより重要になる。ゆえに、植物工場においては、情報系・制御系・サービス系の役割と価値が増大すると考えられるのである。

4. 今後の植物工場ビジネスにおける価値形成のビジネスモデル

今後の植物工場ビジネスにおいて、価値形成構造における「押さえどころ」を検討する。まず、植物工場ビジネスにおいて特に植物工場自体に深く関わる、①植物生産販売、②生産設備・生産要素材販売、③生産ノウハウ販売の3つの場合において、植物生産販売も生産設備・生産要素材販売のどちらも生産ノウハウ販売との組み合わせたビジネスモデルを考慮しておく必要があることを指摘する。また、閉鎖系植物工場を生産場と捉えるか実験場としてとらえるかにより、それぞれの型の植物工場を独立に捉えるか、相互関係も考慮して捉えるかが変わり、ビジネスモデルも変化することを検討する。

4.1 植物生産販売における押さえどころ

植物生産販売に置いては、植物工場の重要性が情報系・制御系・サービス系へ移行することにより、自社で植物工場を運営することで得られる環境制御のためのノウハウを、他者に生産ノウハウとして販売するビジネスモデルを考慮する必要がある。なぜなら、生産した植物の価格競争に巻き込まれた時のリスクヘッジをする選択肢が増えるためである。例えば植物工場で生産されたレタスも、一般的な露地栽培品の代替とみなされた場合、露地栽培レタスとの価格競争になってしまう。植物工場の生産品は、露地栽培よりも光熱費等の工場運営コストが価格に上乗せされるため、価格競争では不利である。そのため、露地栽培野菜の代替品とみなされない機能性野菜の生産をしている企業（例えば、低カリウムレタス）もあるが、マーケットが通常野菜より小さく、市場開拓が別の課題として出てくる。他方、植物工場で商品を生産するのに必要な機器や肥料、種苗などについての情報、また植物の育成状況に応じてそれらを制御する生産ノウハウもまた商品価値が生じる。特に植物工場での植物生産販売に新規参入する企業にとっては、育成状況に応じた生産ノウハウの導入は、機器等に比べてコピーが難しく、価値が高いと言えよう。

4.2 生産設備・生産要素材販売における押さえどころ

生産設備・生産要素材販売に置いては、植物工場の重要性が情報系・制御系・サービス系へ移行することを踏まえて、その制御や利用を通じた生産ノウハウも販売するビジネスモデルを考慮する必要がある。前述のようにソフトウェア側の役割が増大している状況は、個々の生産設備や種苗などのハードウェアよりも、生産時にそれらから得られるログ情報を利用した生産設備の制御を行う、コンサルティング販売（サービス系）の役割が増大することを意味する。

4.3 生産ノウハウ販売における押さえどころ

生産ノウハウの販売においては、他者に対してオープンにするソフトウェア側とクローズにするソフトウェア側を切り分け、クローズ領域からオープン領域を支配するオープン&クローズ戦略[11]を取ることが必要である。オープン&クローズ戦略をとる企業の1つにオランダのPriva社がある[12]。Priva社はトマトをはじめとする農産物生産を担う高度施設園芸用植物工場の最大手である。Priva社は、自社を「ソフトウェア企業」と位置づけており、2012年から自動環境制御システム「Connex®（コネクスト）」を展開している。本システムは、従来のフルセット垂直統合的なクローズ志向の生産設備管理システムである「Integro®（インテグロ）」から「オープン&クローズ化」を進めたものである。具体的には、Priva社のConnex®を使うときに、その制御機器は他社から出ている複数のものが選択可能である（オープン領域）。他方、それらの機器がどのように制御されているかの「レシピ」に関しては、機器メーカーもConnex®を導入した植物工場の運営者も知ることが出来ない（クローズ領域）。このようにPriva社はオープン化によって、「ブラックボックス」を必要最小限に留め、（センサも含めた）他社品・システム等を接続可能にしており、それによって市場形成の加速化を進める。ただし、クローズ領域からオープン領域を紐付けることにより、市場の主導権を握るように仕組まれている。

4.4 完全閉鎖系植物工場の捉え方による、他の型の植物工場との関係

このように、植物工場ビジネスにおいて、植物生産販売も生産設備・生産要素材販売のどちらも生産ノウハウ販売と組み合わせたビジネスモデルを考慮しておく必要があり、さらにその生産ノウハウの販売においてはオープン&クローズ戦略を取る必要がある。また、以上の検討は完全閉鎖系植物工場を生産場と捉えており、完全閉鎖系植物工場と準閉鎖系植物工場、また圃場との関連付けは特に検討をしていない。しかし、完全閉鎖系植物工場を実験場として捉えた場合、準閉鎖系、圃場との関連付けを踏まえたビジネスモデルも考えることが出来る。

完全閉鎖系植物工場を実験場として捉え、準閉鎖系、圃場を生産場として関連づけて捉えるビジネスモデルを考えることが出来る。例えば、防犯機器製造販売をしているセコム工業では、1989年からハイブランド事業として植物工場ハーブの生産を始め、現在は16種類のフレッシュハーブを生産し、「かおり」ブランドで販売している。東京築地場や仙台市場で知られている同社のフレッシュハーブは、現在は完全閉鎖系植物工場以外に、準閉鎖系植物工場、太陽光利用型土耕栽培工場で栽培している[13]。同社はハーブの栽培事業を進めるにあたって、環境制御しやすく植物生産が確実な完全閉鎖系から始め、生産ノウハウを蓄積した後に、準閉鎖系の太陽光利用型植物工場へと展開し、その後土耕栽培へと進めた。異業種から参入した同社は、完全閉鎖系からスタートすることで要求される栽培管理を徹底し、商品の品質や納期の管理をしやすくすることで、事業化の見込みを高くした。これは、あらかじめ生産管理の面から品質や生産量を含め制御しやすい方法を選択することで、計画的生産を可能としたばかりではない。この完全閉鎖系での経験から得られた生産ノウハウを活かして準閉鎖系で生産拡大を進めるということを行った。完全閉鎖系を一種の「実験室」としてとらえ、それからスタートして、次第に「生産場」へノウハウの展開をした。

このように今後の植物工場ビジネスにおいては、価値形成構造における「押さえどころ」は、いかにその生産ノウハウをオープン&クローズ戦略を踏まえた活用をするか、また閉鎖系植物工場を生産場／実験場としてとらえるか等に関わるのである。

【参考文献】

- [1] “建設関連企業の動向 参入相次ぐ植物工場ビジネス：復興需要と市場拡大をにらむ（追跡 震災復興 建設産業が挑む農業再生：農地復旧や植物工場で被災地支援）,” 日経コンストラクション, no. 561, pp. 68-69, Feb. 2013.
- [2] 日本経済団体連合会, “農林漁業等の活性化に向けた取り組みに関する事例集 ～‘元気なふるさと創り’に向けた経団連会員企業・団体等の取り組み～,” 2013.
- [3] スーパーホルトプロジェクト協議会, “平成 24 年度産地収益力向上支援事業（全国推進事業） 高度環境制御施設普及・拡大事業のうち環境整備・人材育成事業,” 2012.
- [4] 高辻正基, 完全制御型植物工場. オーム社, 2007.
- [5] 社会開発研究センター, 植物工場のビジネス戦略および商用化に向けた最新事例. 情報機構, 2012.
- [6] 高辻正基, 図解 よくわかる植物工場. 2010.
- [7] 妹尾堅一郎, “「機械はロボット化する 制御系を握る者が勝つ」,-戦略思考の鍛え方 新ビジネス発想塾(第9回),” 週刊東洋経済, pp. 90-91, 2012年7月7日号.
- [8] 妹尾堅一郎, 「ロボット機械としての電気自動車～機械世代論から見た次世代自動車の価値形成」 in 渡辺俊也編『東京大学知的資産経営総括寄付講座シリーズ』第1巻. 白桃書房, 2011.
- [9] 妹尾堅一郎 and 川村兼司, “植物工場における産業レイヤー構造の検討 ～ ロボット化する機械産業のモデルから学ぶべきこと ～,” in 研究・技術計画学会 全国大会, 2013, pp. 1-6.
- [10] 妹尾堅一郎, 技術力で勝る日本が、なぜ事業で負けるのか―画期的な新製品が惨敗する理由. ダイアモンド社, 2009.
- [11] 小川絃一, オープン&クローズ戦略 日本企業再興の条件. 翔泳社, 2014.
- [12] 妹尾堅一郎, “「高い輸出競争力を誇るオランダ農業の秘密」,-戦略思考の鍛え方 新ビジネス発想塾(第76回),” 週刊東洋経済, pp. 110-111, 2013年11月16日号.
- [13] 妹尾堅一郎, “「閉鎖系から開放系へ 逆転発想の植物工場」,-戦略思考の鍛え方 新ビジネス発想塾(第80回),” 週刊東洋経済, pp. 98-99, 2013年12月14日号.