

| | |
|--------------|---|
| Title | 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 |
| Author(s) | 川村, 兼司; 妹尾, 堅一郎 |
| Citation | 年次学術大会講演要旨集, 28: 481-486 |
| Issue Date | 2013-11-02 |
| Type | Conference Paper |
| Text version | publisher |
| URL | http://hdl.handle.net/10119/11762 |
| 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 ～

○川村兼司、妹尾堅一郎（産学連携推進機構）

閉鎖系・準閉鎖系の植物工場（以下、植物工場等という）では、センサーとコンピューターを駆使して育成環境を制御し、外部環境の影響を全く受けない、あるいは必要のもののみ（例えば太陽光等）に留めることにより、露地栽培では不可能な効果的効率的育成を達成しようとするものである。植物工場等を製品（ハードウェアやソフトウェア等）の物理システムとしてとらえれば、その構成は、育成床、肥料、空調設備や人工照明といった資材・設備レイヤーと、これらをコントロールする制御レイヤーに分けることができる。これは、植物工場を一種の「ロボット化した機械」として見るができるということに他ならない。そこで、一般的なロボット化する機械との比較検討をすれば、植物工場の商品形態に知見を得ることができるだろう。

他方、植物工場は、地域における気候、日照や雨量の影響を受けないことから、従来育成が難しいとされた都市部や過疎地をはじめとする再開発地域を農場化することも可能とし、産業的なシステムと見なすならば、植物工場等の上位に地域開発事業を置くことができる。

本報告は、このような観点から閉鎖系農林漁場における産業構造について、商品形態論の切り口から検討し、それを通じて植物工場の新しいビジネスモデル抽出と今後の可能性について考察する。

キーワード：植物工場、閉鎖系農林漁場、ビジネスモデル、商品形態、事業業態、機械のロボット化

1. 植物工場の基本構造

完全制御型の植物工場の本格的研究が始まったのは、1970年代であるという^[1]。山間部が多く農業に適した土地が限られた我が国において、農地以外の場所での野菜生産方法として様々な技術を吸収しながら発展してきたのである。水耕栽培技術をベースに、病虫害の影響を受けにくい環境を人工的に創り出してきた。中でも、センサーとコンピューターの持つ制御機器を伴った空気環境制御技術や、近年の省電力意識の醸成に伴って急速に普及しつつあるLEDを利用した人工照明技術等により、現在の植物工場が発展してきた。

ビニールハウスを用いた温室栽培では、閉鎖した空間と人間が温室内の環境状態を感知し手動で調整することで、通常露地では栽培できない季節に対象作物の生産を行ってきた。現在では、それらがセンサーとコンピューターを用いることで、系内の環境情報や育成情報からのフィードバックを受けながら自動的に環境を制御し、作物に最適な環境を提供し続けるようになってきている。

植物工場等を作物の生産システムとして見なすと、種や肥料といった原料と育成床などの副資材は別とすれば、構造物や装置を含む機械レイヤーと、これらアクチュエーターをコントロールする制御レイヤーの2つに分けることができる。また、水耕栽培装置においては、育成プールや養液循環ポンプといった機械レイヤーとポンプの作動をコントロールする制御レイヤーに分けることができる。空調設備においても、ヒーターとクーラーから構成される加熱冷却装置や空気循環装置などのエアコンディショニングを行う機械レイヤー部分と、温湿度センサーやコンピューターを含む制御機器で構成される制御レイヤー部分に分ける事ができる。

2. 植物工場が持つ産業レイヤーの階層構造

植物工場等を産業構造の中に位置づけてみると、野菜のような作物を生産する農業生産レイヤー以外に、植物工場設備そのものを生産・販売・メンテナンス等を行うという工場設備の製造やサービスの産業もある。またその下には、商業的かつ連続的に栽培する場合に重要となる生産する作物の種苗、水と養液、育成床や二酸化炭素といった消耗品の供給販売レイヤーが位置づけられよう。このレイヤーは植物工場等以外の一般農業とも強く関係している。

また、植物工場で生産された作物そのものの販売事業、カット野菜などの加工を担う食品加工事業等が

ある。ここでは、単に植物工場等によって生産される野菜等を販売する事業から、より付加価値の高い商品へと移行することにより、既存の露地栽培によって生産される野菜等を販売する事業との直接的な価格競争を避けるようにされている。

さらに、植物工場等の上位レイヤーへ目を向けると、植物工場を集合住宅やオフィスビル内部につくる事で都市型生活との共存をはかる方法も考えられ、これらはバーティカルファーム(垂直農場)と名付けられている^[2]。都市型生活と共存することで収穫後の梱包、輸送、冷蔵保管、小売店販売などの流通ルートを省略し、消費者へ直接的に提供するようにすることで、エネルギーロスとフードロスの低減が期待されている。このような都市型植物工場は、一種の都市開発としての要素を含んでおり、植物工場等を活用するが地域開発の一つとしてみることもできる。

3. ロボット化する機械

産業機械のロボットというと、通常は工業製品を生産する工場において活用される産業用ロボットが思い浮かぶであろう。産業用ロボットは、単位稼働時間当たり、つまり時間コスト当たりの生産性を最大化すべく、工場の工程全体を統合的かつ効率的すべく生産活動を担っている。これは規格化された工業製品を画一的に生産し歩留りを向上させるために、人的作業介入による作業のムラを排除することを通じて品質バラツキを極小化するという点で優れており、工場全体の設備機会損失の最小化に役立っている。

だが、ここで言う「機械のロボット化」とはもっと一般的な意味での動向である。以下に、電気自動車を例に、その議論の要点を述べる^[3]。

(1) 全ての機械は「ロボット」化する^{[4][5]}。ここで「ロボット」とは、人間の手足といった「駆動系」を外在化したアクチュエーター、頭脳といった計算・記憶系を外在化したコンピューター、目耳等といった感覚系を外在化したセンサーの三つの基本機能を“三位一体”化したモノを指す。この観点に立てば、新幹線や飛行機は既にロボットであり、東京・秋葉原電気街で売られている電気製品の大半もロボットと呼べるだろう。電気自動車もこれまたロボットと呼びうるだろう。

(2) 機械がロボット化すると、その価値モデル自体が大きく変容し、機械全体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に移行する^[6]。現在の自動車では、既に一千万ステップを超えるソフトウェアが内在するコンピューター制御によって成り立っていると聞く。とすれば、これはもう単なる古典的な「作業機械」ではなく、「脳機器」である。また最近では、センサーによって安全走行のための制御がなされている。車間距離を保ち、衝突を寸前で止める。とすれば、これもまた単なる古典的な「駆動機械」ではなく、「感覚制御機器」である。さらに、電気自動車は動力源が電気になるから「電動機器」となる。その意味で、例えば、今後の自動車は「移動運搬車両として特化したロボット」であると言えるはずである。

(3) このように、ロボット化する機械は、第一に、そのエネルギー源が電気に替わり、エネルギーネットワークと連動する(スマートグリッドとの連携)。第二に、コンピューターとして各種情報のネットワークと連動することことを意味する(クラウドコンピューティングとの連動)。すなわち、ロボット化する機械は、ある意味でスマートフォンと同様になっていくと見ることができる。第三に、これらによって、社会システムとの連携がさらに深まり、スマート化する社会や産業における位置づけが問われるようになる。従来のハードウェア主体とした機械産業とは異なり、<iPod>のように「ハードウェアの統合化による総合的価値形成」^{[7][8]}「サービスとの連携による相乗的価値形成」を行うモデルへと変容をしていく^[9]ということの意味するだろう。

(4) このようにロボット化した機械の特徴の第一は、ロボット機械全体を上位で制御する機能、すなわちハードウェアを制御するソフトウェア側に先導的な価値が形成されることが挙げられよう。これは機械の価値形成において大きな意味を持つはずであり、事業競争力の根源を変えてしまう可能性がある。

従来の機械における競争力は、製品それ自体の性能の高度性と品質の安定性に求められてきた。つまり、最高性能の設計品質の製品(部材)を、バラツキのないように生産し、安定的に供給することが肝要であった。しかし、ロボット化した機械は、たとえ普通の性能の製品が多少のバラツキをもった部材によって製作されたとしても、上位の制御系によって、全体として安定した機能発揮を可能とするだろう。とすれば、日本企業が誇っていた「擦り合わせ技術」を軸とした「モノづくり」における従来の特徴は強みではなくなってしまう。多くの日本企業は、駆動系の手先である「作業系」をきめ細かく「匠の技」で創りこみ、それをもって勝てるとしてしまいがちである。確かに、日本の「匠の技」は素晴らしい。だが、いくら「作業系」を繊細につくったところで、「ロボット機械」の登場によって、それだけでは競争力を持ち得ないことになる。例えば、

バラツキがあって性能が劣る部材に対応する態度が、日本と欧米では異なるように見受けられる。日本はバラツキのある部材を作らず、最高性能の製品を安定的に供給すると言う。他方、欧米の勝ち組企業は、そこで勝負をしても日本にかなわないから、逆の発想をする。新興国が生産するそこそこの部材、しかもバラツキがあるような作業系の部材があったとしても、それを頭脳系と感覚系の組み合わせで制御して、一定の結果を出せるようにすれば良いのではないかと考える。そして新興国で作業系部材を安く創ってもらえれば、それは市場形成を加速的に進める原動力になる。ただし、付加価値の高い部分はしっかり自分たちが握っておけば良い。

このように、全体の制御側を押さえることが価値形成の要諦となるのである。例えば、LED 照明を単なる消耗品として白熱電球の高度代替品と見るだけであれば、高性能・安定品質の日本企業の得意分野となる。しかし、もし LED 照明機器をシステム化してその全体の制御側を押さえれば、照明機器は、消耗品側ではなく、設置本体側に価値比重が移行する。これは、例えば、ボッシュからフィリップスに至るまで、欧米企業の得意なパターンである。つまり生産される消耗部品がそこそこの性能でばらついたものであったとしても、本体側で機能安定化させることができるからである。これは、部材生産の思想を変えてしまう可能性を含んでいる。すなわち、従来の生産における品質管理の基本を、「すべてを標準化し可能な限り安定均一生産」することから、「多少のバラツキを前提にしながらも、それへの対処法自体を標準化」することへと移行させることを意味するのだ^[10]。

これらを踏まえると、価値形成の重点を作業系部材側に置こうとするのが日本、それに対して上位の頭脳系と感覚系による駆動系の制御の側に寄せようとするのが欧米、という図式化が可能となる。高級品で市場形成を進めようとする日本に対し、そこそこの製品でも一気に普及をさせて市場を拡大し、その時に収益性の高いところで稼ぐ欧米。グローバルビジネスでは欧米戦略が優位になるだろう。要するに、機器がロボット化されたとき、その全体の統合的制御が極めて重要になり、上位の「基盤ソフトウェア」に主導的な価値が移行するのである。それを押さえることが事業競争力の要諦となる。つまり、ハードウェアの価値より、むしろ制御側のソフトウェアの価値にその比重が移行するのである。

(5) ロボット化する機械においては、さらに制御ログの蓄積が価値を持つ。これは制御系の「基盤ソフトウェア」の上に、個別具体的な機能を担わせるアプリケーションソフトウェアが付加されることによる。すなわちロボット機械が動いてある機能を果たすとき、個別の状況下でどのように制御されたのか、最適な作業記録がログとして蓄積されるのだ。この蓄積を活かすように、制御系のソフトとアプリが最適化を図れるように学習を図れば、個別具体的対応を優位に進めることが可能となる。それによって、ロボット機械全体の価値をさらに高められるはずだ。

これはまた、従来の機械の提供するハードウェアが「デモデモモデル(いつでも、どこでも、誰でも同じものを生産できる等)」を主体にした価値提供のものだったことに対して、アプリが「ダケダケモデル(いまだけ、ここだけ、あなただけの個別具体的な使用ができる等)」による価値提供を行い、それが価値モデル全体を高めていくこと、したがってダケダケについて価値比重が移行されることを意味する^[9]。ここで比重移行とは、価値そのものの移行ではなく、両者の価値が併存し、その比重が移行することを指す。共通価値と個別価値の両者を個別具体的な状況に合わせて提供することである。例えば自動車の走行について言うと、一方においてできるだけ標準的な走行を担保しつつ、運転者の事情や性向・嗜好に応じた走行もこれまた可能にするといったことである。つまり、価値提供というサービスについて、「標準化」サービスを提供することに加えて、個人別の目的や行動パターンデータを基にして「差異化」サービス、すなわち「ホスピタリティ」を機械制御側で対応することになるとも言えるのである^[11]。

(6) 以上を総合的に俯瞰すれば、ロボット機械全体の価値を制御側が主導し、かつログが蓄積され個別具体的対応の優劣を決める。事業戦略を考えると、この価値モデルを前提とするならば、ロボット機械の機能全体をどの部分、あるいはどのレイヤーが担うことが全体における主導権を握ることになるか、という設問になる。すなわち一般的にいつて、ロボット化する機械は、制御系ソフト・アプリケーションソフト・ログ蓄積機能といった制御側全体を、基幹部品側に寄せるのか(基幹部品主導のインサイドモデル)、完成品側に寄せるのか(完成品主導のアウトサイドモデル)、それが競争力の優劣を決めると言えるのである。

(7) 事業の競争力の要諦である価値モデル、それを体現する中核をなす商品形態(製品とサービスアーキテクチャ)の設計については、クローズ領域とオープン領域の使い分けと関連づけ、独自技術と標準技術の使い分け等が要諦である。どこをどうモジュール化して市場形成を加速化するか、その内部をどのような

独自技術の中核として擦り合わせ構造等の「ブラックボックス化」して自社収益の源泉にするのか等々、それらを検討し、巧い構成の仕方とそれを可能にらしめる技術があれば、あるいはその逆に、今ある技術であったとしても中核として巧い構成ができれば、その部品は基幹部品として完成品より優位に立つことができるかもしれない。また、これらを基に、どのように先導的なプラットフォームを仕立てれば自社製品内部から外部従属をさせうるのか、それが勝負となる。(なお、これらのことを踏まえれば、当然、知財マネジメントの仕方も、従来と異なってくることは言をまたないだろう。)

このように、全体制御をどこに寄せて構成するか(クローズド領域)、どこを公開して市場形成の主導権を握るか(オープン化)が最重要点となったと言える。いずれにせよ、機械はもう作業系・駆動系のだけでは主要な価値を形成できない。

ちなみに、このことは、完成品を扱っている大企業にとっては大問題だが、他方、技術力がある中小の部品メーカーにとってはチャンスであるとも言えよう。

4. 植物工場等の「ロボット化」

農作物の育成においては、雨量や日照などの季節変動要因とともに、栽培する土地依存性の強い生産資源の一つに土がある。この地域毎・圃場毎の非均一性が生産の安定性を左右し、日照や雨量などの環境要因と共に、農家毎の経験と勘に頼らざるを得ない理由を導いていた。そこで、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準閉鎖系の施設園芸の植物工場が発展してきた。さらに、太陽光に代わり完全にコントロール可能な人工照明を利用する完全閉鎖系の植物工場が発展してきた。

これら作物を工業製品になぞらえると、規格化された画一的作物を継続的に安定して生産するという点で、植物工場はロボット化した工業製品生産工場と同じと見なすことが可能である。熟練工員の経験と勘は、農業生産者の経験と勘に相当する。作業の再現性が高い産業用ロボットは、気象条件を排除して画一的環境条件下で作物を育成する植物工場等と対応している。

ただし、工場製品の場合は、材料が同じであれば高い確率で、同形状・同重量の製品を作り出すことが可能だが、植物工場の場合、作物の遺伝子による生育バラツキを含むので、厳密には同じにならない。

この点に関連して、現在の植物工場等は、ロボットによる自動化が進んだ工業製品生産工場に比べて、植物工場では人手の介入が入らざるをえない。例えば、育成作物の間引き、つまり育成途中での選別を行う必要があり、工程内の均一(パラメーター)管理によってアウトプットの品質均一性を保証するような(一定条件・一定品質、品質を工程で作り込む)生産とは異なり、工程途中において「調整」作業を必要とすることになる。

また、育成途上で発芽後の苗の移し替えや、枝張り、下葉の切り取り、間引きや収穫といった工程においても、作業者の人手が必要であり、それには一定の経験が必要とされている。このように人手による作業が残ることが、生産コストの極小化と、植物工場の規模拡大を阻む要因となる。また、植物工場を運転する専門人材の育成が植物工場ビジネスそのもののボトルネックとなる可能性があることも、指摘されている^[12] [13]。

ただし、将来植物工場のロボット化が進むと、制御系の役割は大きくなり、作物の育成ノウハウなどは、センサーによる環境把握と、それに基づく一連のパラメーター群とその最適数値を装備したコンピューターによって制御されることになる(図 1 参照)。この意味で、植物工場等はロボット化が進み、その中で制御レイヤーの重要性はさらに高くなるのである。

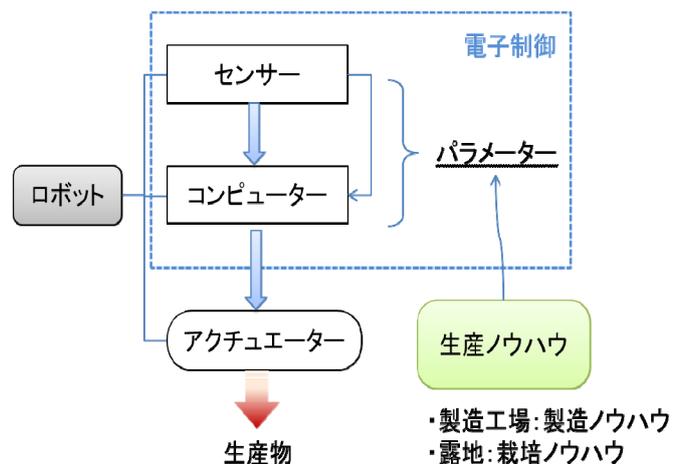


図1 植物工場等のロボット化

5. オランダ Priva 社の植物工場「ロボット化」システム

オランダが世界第二位の農産物輸出大国になった原動力の一つである、トマトをはじめとした食物生産を担う高度施設園芸用植物工場の最大手 Priva 社も、このロボット化を進展させている。ただし、ここで注意したいのは、ここでロボット化とは、先述のように「人手作業の代替を行う産業用ロボット」ではない。センサーとコンピューターによって制御され、アクチュエーターによって環境管理ができる施設設備全体を指すことである。Priva 社は、自社を「ソフトウェア企業」とであると位置づけていることは、例えば、自動車におけるボッシュ社と同様である。

Priva 社において特筆すべきは、昨年 2012 年から市場導入を図っている自動環境制御システム「Connex (コネクスト)」である。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)」から一気に「オープン化」を進めたものである。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、(センサーも含めた)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。

(なお、筆者達は 2013 年 9 月に Priva 社において本件について議論をしてきているので、その議論整理を踏まえ、本件については、別途、報告をすることとしたい。)

6. オランダ LEVOPLANT 社の花卉工場

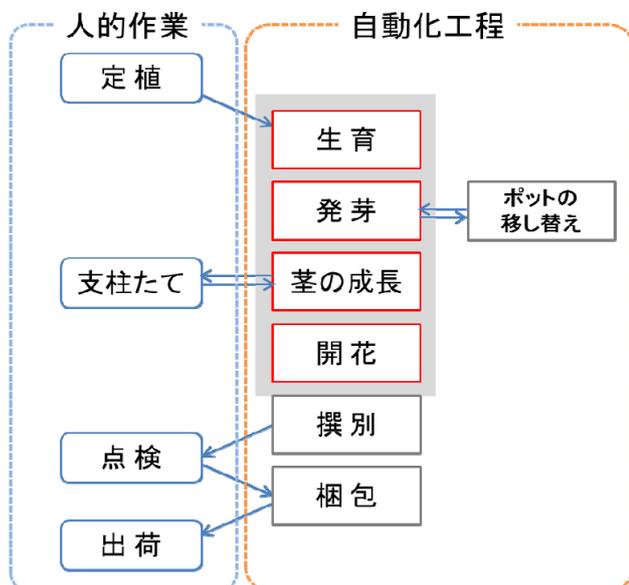


図2 ラン工場の自動化工程フロー

近時日本で試みられているレタスなどの葉物野菜を生産する完全閉鎖系で行う人工光型植物工場は、農業工場の自動化という点では、オランダのトマト栽培のような準閉鎖系で行う太陽光利用型植物工場(高度な施設園芸)や花卉栽培工場には及んでいない^[14]^[15]。オランダは、17世紀頃より生花や切り花のオークションで有名であり、圃場での花卉類の計画的な栽培を通じて花類の育成ノウハウが蓄積されてきた。近年では、気候変動の影響を受けにくくすることでより安定した栽培が行えるように、また労働生産性を向上ができるように、農作業そのものの自動化を含んだ準閉鎖系内の花卉栽培が発達してきている。

花卉の場合、葉の育成、発芽、茎の成長、開花と成長段階ごとに求められる育成環境が異なることから、その育成段階に応じて人工的に環境を変えることが有効である。

花の育成過程毎に独立した最適環境を作り出し、年間を通じた出荷、育成期間の短縮化と品質バラツ

キの抑制を実現するには、花卉育成ノウハウに基づいた効率化させた栽培環境をロボット化した植物工場等を利用することで、再現性よく且つ計画的に創り出すことが可能となる。

また、各育成室の間をロボットで移動するという自動化移動式栽培が効果的・効率的となる(図2参照)。例えば、ポット植えのランの場合、苗をポットに植えて養分を与えたあとは、開花するまで、直接的にさし水や追肥することはほとんどない。その為、花とポットの重量を合わせても十分に軽く、ロボットでの自動搬送が容易である。実際には数百個のポットをアルミ製のテーブルに載せ、適した温湿度環境下へ移動するだけで、成長段階に応じた育成が可能となっている。前述のラン工場の場合では、ポットへの苗の植え込みと、支柱を建てる作業ならび出荷前最終検査を除いて、全て自動化されている。

この考え方で植物工場等を見てみると、水流式栽培を行うリーフレタス工場は花卉自動化工場に近いが、全行程がプログラム化されたロボットによる自動搬送を伴うという点で異なる。野菜の場合、作物重量が花に比べ重い場合育成中に自動搬送することが必ずしも必要とは限らないが、その一方で、収穫をロボットで行い、収穫物の自動搬送に利用することが考えられる。この点は、植物工場等の技術開発における今後の大きな課題である。(なお、筆者達は 2013 年 9 月にオランダにおける第三位の花弁生産を誇る

LEVOPLANT 社を訪問した。本件については、その整理を踏まえ、別途、報告をすることとしたい。)

7. むすびにかえて

植物工場等の場合、アクチュエーターである作業系の機器の技術的進歩よりも、センサーやコンピューターによる制御系の進歩の方が速く、従って全体を支配することになりやすい。制御系を押さえておけば、仮に機械部分を取り換えたとしても同一の環境条件を作り出すことが可能となるだろう。このことは、先に述べた Priva 社が志向しているものを裏付けることになる。

他方、トマトなどの野菜類を栽培する植物工場では、栽培空間を独立に仕切り、品種それぞれに適した栽培環境を提供することで、同時に複数の品種を栽培する試みが始められている^[16]。従来は一工場一作物であったが、最近では一つの工場の中の同一空間ではあるものの、異なるラインで異なる育成環境を作り出そうというものである。これは、一品目多品種生産とも呼ぶべきかもしれない。

しかしながら、農作物は本来自然環境下では、季節変化に応じて成長し、開花と受粉を行い、実をみわたしているものだ。他方、植物工場等では、日照については人工照明により季節変化から独立させることができるものの、育成環境はほぼ画一的である。つまり、作物の育成段階ごとに適した環境条件を最適化するのは難しい。ただし、最近の植物工場制御機器では、一台で同時に複数の環境条件を制御可能となりつつあるので、今後は作物の育成段階に応じた適時最適環境制御が可能となるだろう。そうなれば、新たな専用品種開発への道が開けるとともに、ロボット化植物工場での栽培に最適化された品種、例えば一株当たりの重量再現性が高い品種や、自動収穫に適した形状の品種などについての開発が可能となるだろう。(このような点では、関連産業として、新品種開発を含む種苗生産が必要な役割を担うと言える。)

なお、設備技術的視点から見ると、完全閉鎖型植物工場がもつ技術の多くは、準閉鎖型植物工場に応用が可能であり、将来的には準閉鎖型/完全閉鎖型の両方に対応した、一工場多品種生産に対応したハイブリット型植物工場が誕生するかもしれない。

ちなみに、「地消地産」を伴った都市開発・地域開発を目指そうとするとき、日照条件等の立地条件に左右されず、かつ農業従事者の減少と育成ノウハウ伝授の問題に対応しながら、安全でクリーンな作物を継続的に供給できる植物工場等を用いることが有効な手段になりえるだろう。

【参考文献】

- 【1】高辻正基、森康裕『LED 植物工場』日刊工業新聞社(2011)。
- 【2】ディクソン・デポミエ『垂直農場—明日の都市・環境・食料』、NTT 出版(2011)。
- 【3】妹尾堅一郎『技術力で勝る日本が、なぜ事業で負けるのか』ダイヤモンド社(2009)。
- 【4】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』週刊東洋経済、2012年7月07日号。
- 【5】妹尾堅一郎『機械で部品企業が主導権を握る可能性』、週刊東洋経済、2012年7月21日号。
- 【6】妹尾堅一郎『機械の価値は情報系との関係がカギに』、週刊東洋経済、2012年7月14日号。
- 【7】妹尾堅一郎『単体・単層から複合体・複層へ～<iPod>にみるアウトサイドモデルの価値形成～』、および『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～』渡部俊也編『東京大学知的資産経営総括寄附講座シリーズ(仮)』第1巻(白桃書房、2011年)。
- 【8】妹尾堅一郎『単体・単層から複合体・複層へ～“準完成品”概念によるビジネスモデル進化の探索～』、第24回年次 学術大会、研究・技術計画学会 2009年。
- 【9】経済産業省・特許庁『事業戦略と知的財産マネジメント』発明協会、2010年。
- 【10】小川紘一『国際標準化と事業戦略』白桃書房 2009年。
- 【11】妹尾堅一郎『サービスとモノづくりの関係性の変容と多様化』、第26回年次学術大会、研究・技術計画学 2012年。
- 【12】食品工業編集部 編纂『植物工場 第3次ブームにおける施工事例と新技術』光琳(2010)。
- 【13】古在豊樹『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ン』オーム社(2012)。
- 【14】エペ・フワーヴェリンク『トマトオランダの多収技術と理論 100トンとりの秘密』農文協(2012)。
- 【15】池田英男 高生産性オランダトマト栽培の発展に見る環境栽培技術。
- 【16】『TOMATO WORLD The ultimate Dutch greenhouse experience』及び、<<http://www.tomatoworld.nl/>>。