



このレポートは、

本レポートは国内外の様々な社会問題の課題解決に向けて、その推進力となるテクノロジービジネスを紹介するものです。技術に関しては難解な専門用語を避け、簡易な用語を使用しており、技術者・研究者には誤解を招く恐れがあります。しかし、本レポートの目的は多くの方が同じテーマについて考え、狭い分野・枠組みを超えた「知の活用・融合」から“ソーシャル・イノベーション”につながるキッカケを提供することにあります。本レポートを利用することで発生したトラブルや損失、損害に関して当法人は一切の責任を負いません。

今回のテーマは、「植物工場ビジネス」です。



★(社会的な背景)国内外の“食”に関する問題★

2007年の世界人口は66.7億人となっており、2050年には91.9億人に達するものと推計され、2007年～2050年までに増加する人口(25.2億人)は、アジア(12.4億人)とアフリカ(10.3億人)で9割を占めています¹。また、先進国・途上国に関わらず、都市部への人口集中は止まらず、世界の都市人口は農村人口を現在、上回っているでしょう。(2005年時点で世界の都市人口が、49%を占めています²)

中国・インドを始めとする新興国においても、都市化と工業化による耕地面積の減少は一段と進み、水不足や生態環境への負荷が、より深刻になることが今後予想されます。例えば、中国は現在、食糧部門(穀物、食肉)、エネルギー部門(石炭)、鉄鋼などの基本資源の消費量において、アメリカを上回り、世界第一位です。中国は人口が多いので、消費量全体も多くなるのは当然ですが、さらに一人当たりの消費量がアメリカ人並みになると、穀物消費量は、**今の世界全体の穀物生産量の3分の2を必要とし、紙では現在の生産量である1億6100万トンの2倍の量を必要とすること**

¹ United Nations, World Population Prospects 2006

² U.N Population Division, World Urbanization Prospects 2005

になるでしょう³。

世界人口の増加、都市部への集中、新興国の経済発展とエネルギー消費。作物はどこで栽培され、未来の農業はどういった形態になるのでしょうか？また最近では、石油などの代替エネルギー資源として穀物が注目され、従来の食料目的ではない、バイオエネルギーとして大量生産されております。

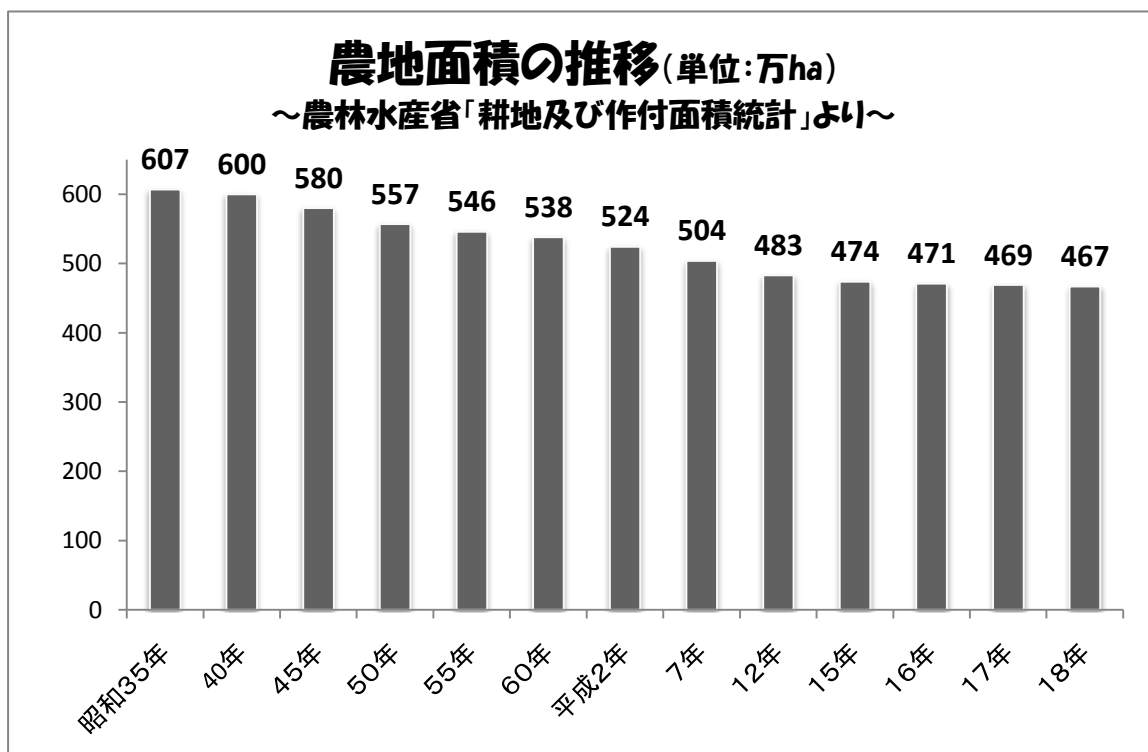
これだけ農作物を大量生産しても、いくら技術革新により生産性が高まっても、世界全体で飢えに苦しんでいる人々の絶対数は残念ながら増加しており、**8億3400万人が慢性的な栄養不足状態にあります⁴**。その一方で、先進国では食料廃棄(食べ残しなど)が日常的に行われているのが現状です。

一方、日本国内においては様々な“食”に関するニュースが報道され、人々の「食の安全」「食料自給率」への関心が高まっていることは間違いありません。2008年の内閣府世論調査⁵でも、米などの主食も含め、**国民の94%が外国よりも価格が高くて、国内での生産を望んでいる**、という調査結果も出ているほどです。

現在、日本の食料自給率はカロリーベースで40%(2007年度)です。例えば、2003年度で各国と比較すると、**オーストラリア:237%、アメリカ:128%、フランス122%、英国:70%**となっており、日本の自給率は主要な先進国の中で、最低水準となっています。(経済発展に伴い、食の高度化が進んだ**韓国でも46%**となっており、日本と同様に自給率が低下傾向にあります)

日本の農地面積は減少し続けており、農業の高齢化も進んでいます。農業は重労働で働く環境としては辛いものの、儲からない産業なのでしょうか。農林水産省によると、**1990年には農業総生産が7兆8446億円**あったものが、**2005年には4兆8103億円**というデータもあります。その他については皆様方にも調べて頂くとして、こうした社会問題に対してテクノロジービジネスが貢献できることはあるのでしょうか。今回は「植物工場ビジネス」の取材調査レポートを下に、できる限り多くの方々に考える機会を提供できれば幸いです。

農地面積は減少傾向



³ レスターブラウン「レスターブラウン プランB2.0」pp.11-14

⁴ Decline in proportion of undernourished people from U.N. Food and Agriculture Organization, The State of Food Insecurity in the World 2006, p.8

⁵ 「食糧・農業・農村の役割に関する世論調査」(H20年9月)

1. 植物工場って、どんなもの？

一言で説明をすると、半導体工場のようなクリーンルームで野菜などの作物を栽培する施設です。未来の農業に近いかもしれません。地下室でも栽培が可能です。「植物工場」には、工場の屋根から太陽の光を一部利用するものと、地下施設などで蛍光灯やLED(発光ダイオード)の人工の光だけを使用する“完全閉鎖型”があります。今回のレポートでは、“完全閉鎖型”を中心に解説します。

★植物工場(完全閉鎖型)の特徴★

- 外界と遮断した無菌(クリーン)ルームで栽培しているので、無農薬が可能であり、野菜は水で洗浄せずにそのまま食べられるので、非常に調理が楽になる。
- 野菜への付着菌数が極端に少ないので、新鮮なまま、長持ちする。
- 室内は、温度・湿度・CO2濃度・栄養素(土ではなく、水耕栽培)・光の照射量などを、あらゆるセンサーで検知し、それらの環境情報をリアルタイムに処理し、野菜が一番育ちやすい環境を実現。まさに、「植物版の箱入り娘」状態で育てられている。
- 「箱入り娘」で栽培された作物は、通常の露地やハウス物より、栄養価が高く、成長も早い。
- 建物(ビル)の地下室でも栽培でき、温暖化・気候変動の影響を受けず、年中安定して供給できる。(天災・害虫などの自然環境リスクもない)
- 蛍光灯やLEDなど、人工の光を一日中使用するので、電気代がかかり、野菜の価格が高くなる。
- 上に積み上げた多段式で栽培できるので、露地やハウスよりも、多くの野菜を栽培できる。

植物工場では無農薬を実現するために厳重な管理が必要となります。クリーンルーム(無菌室)に人間が入る際には全身をエアシャワーやオゾンで殺菌を行い、作業服で入らなければなりません。こうした野菜には細菌がほとんど付着していないので、冷蔵庫で長期間、新鮮な野菜のまま保存することが可能となります。例えば、日本アドバンスアグリ(株)が運営する「Mama'sファーム(ネット販売サイト)」の実験によると、封を開けていない状態で冷蔵庫に保存した場合、28日間が経過しても、十分に水みずしく食べることが可能であった、という記載もあるほど。

また、室内は植物の成長にとって最適な環境を実現するために、温度・湿度・CO2濃度などの空調管理や光の照射量、そして栄養も計算されて与えられます。土壌栽培ではなく、水耕栽培が行われているのも特徴の一つです。水耕栽培では、流れるプールのように水を循環させ、栄養を必要としている時間に最適な量だけ植物に与えることができます。

室内には空調機器や環境制御機器、様々なデータを観測するための感知センサーが導入されており、植物の栽培環境を目に見える形として数値データ化することで、勘や経験には頼らない“科学的なハイテク農業”を目指します。

土や太陽の光を使用しない農業。自然の恵みとは、かけ離れている印象が強いかもしれません。確かに土の匂いや独特の苦みがない野菜は、若者には食べやすく人気があるものの、お年寄りには物足りない印象を与えているようです。

以下では、完全閉鎖型の植物工場で栽培された野菜の栄養データを記載します。

	露地物レタス	植物工場レタス
総カロテン[mg/100g]	0.13	1.79
ビタミンA効力[IU/100g]	70	990
総ビタミンC[mg/100g]	6	11
総ビタミンE[mg/100g]	0.3	1.3

上記の表は、コスモプラント社(倒産しています)のLED植物工場で育成したリーフレタス「コスモリーフ」の栄養分析結果です(日本食品分析センターが調査)。露地物と比較して、非常に栄養価が高いことがわかります。このくらいの栄養価でしたら、植物にとって最適な生育環境を実現してあげれば可能です。

栽培方法	栽培回数(回/年)	1回当たりの栽培株数(株/回)	段数	年間栽培株数(万株/年)
露地栽培	2	5000	1	1
ハウス栽培	5	5000	1	2.5
植物工場	13	5000	10	65

上記の表は、植物工場でリーフレタスを栽培したケース(上に積み上げ、10段組の多段式で栽培した場合)での、年間の栽培回数と株数を示したものです⁶。

湿度や温度、栄養状態、CO2濃度、そして光の照射量まで、最適環境の“箱入り娘”で育てられた作物は、**栄養価が高いだけでなく、露地物やハウス栽培より成長速度が速く、出荷までの期間が短縮できます**(上記表の「栽培回数(回/年)」を参照)。また、多段式に上に積み上げて栽培できるため、農業の問題点である土地の制約性から、ある程度解放されます。ビルの地下室で栽培できるのも利点の一つです。

こうした特徴から、生産性は露地栽培やハウス栽培の数十倍にもなります。ただし、多段式に積み上げることができない場合もあるので注意が必要。光源(蛍光灯やLEDなら問題ない)によっては、熱を発生するものもあり、植物に近接して光を照射できないことがあるからです。照明と植物が近接して栽培する多段式栽培では、熱を発生する照明を利用した場合、チップバーンといって植物の葉が焼けて黒く焦げてしまうためです。

植物にとって最適環境を実現してやると、成長速度、栄養価、野菜の形状や色、味までコントロールすることができます。これだけの生産性とメリットがあれば、多くの企業が参入するような気がしますが、最大の問題点があります。それが、**コストの問題**です。

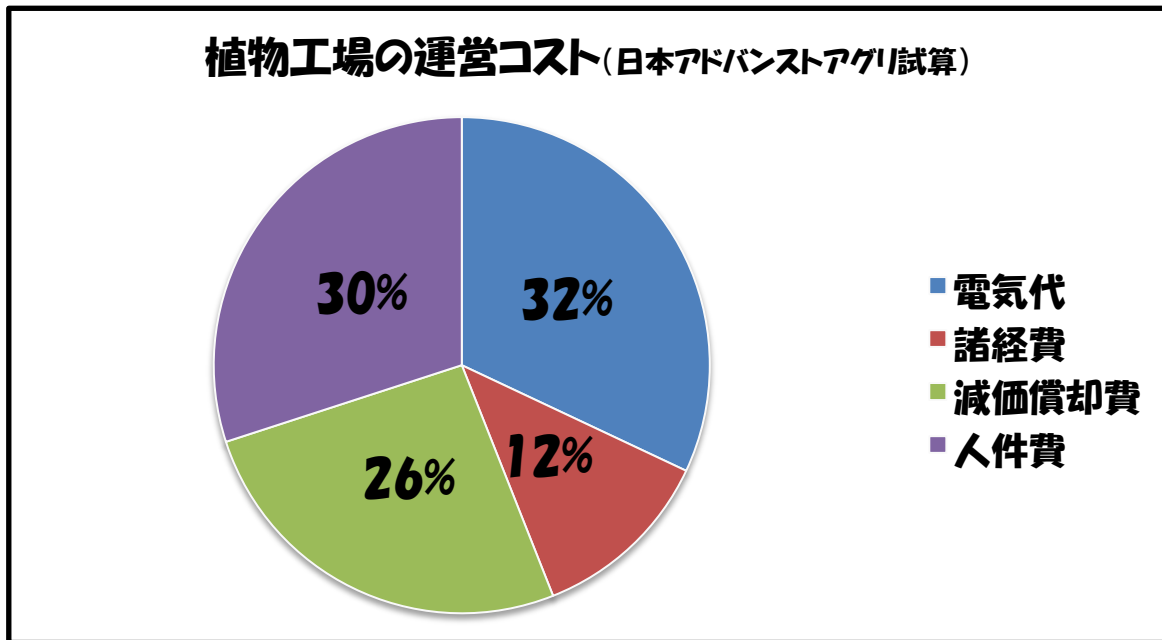
⁶ 日経エレクトロニクス 2008.2.11 を参考にして表を作成。

2. 植物工場のコストについて

植物工場を建設する時にも、また運営する時にも莫大な費用がかかります。設備コスト(初期導入コスト)として、建設費用、照明設備、電気・空調・水耕設備など、様々な設備を導入する必要があります。特に、照明設備を導入するコストは大きく、LED(発光ダイオード)を使用した植物工場の場合は、**全体の設備コストの約半分**を占めることもあります。例えば、1日に1000株のレタスが栽培できるような植物工場の場合、**最低でも1億円は必要**であり、現在稼働しているものは、それ以上の設備コストをかけて建設されています。

さらに、植物工場を運営するためのコストも莫大です。電気代や人件費、各種材料費やその他の管理費などが必要となりますが、特に電気代は馬鹿になりません。一日中、照射し続けながら栽培している植物工場もあり、コスト削減のために料金が安い夜間電力を活用している企業も多いです。

以下のデータは日本アドバンスアグリが試算した植物工場の運営コスト内訳です(完全閉鎖型・光源は蛍光灯)。



その他の細かい数値データは、当法人が発行している「調査研究レポート」を見て頂くとして、我々が、「フェアリーエンジェル(株)」の代表取締役社長の江本謙次様にヒアリングした際にも、運営コストを大まかに述べると、**電気代(35%)**、**人件費(30%)**、**減価償却費<設備にかかるお金>(30%)**、**諸経費・変動費(5%)**となっており、最初の3つのコスト(3大コスト)を、いかに下げていくかが課題である、との回答でした。

照明技術・省エネ技術の研究開発や成長が早い品種の改良など、各企業がコスト削減のために様々な努力を行っていますが、現状ではどうしても栽培コストが過大にかかってしまいます。よって、高いコストから利益を得るために、**販売価格を露地・ハウス栽培の野菜よりも2~3倍高めに設定**する必要があります。

最初に建設するだけでも1億円以上かかってしまう植物工場ですので、資金的に余裕がある企業しか参入できません。これでは普及しないと考え、経済産業省や農林水産省がタッグを組み、特別な融資制度や技術開発のための補助金といった支援を始めました。今後、どういうビジネスモデルで植物工場が普及するのか注目です。

3. その他(質問・お知らせ)

たくさんの疑問・質問があると思いますが、よくある質問への回答をいくつか示しておきます。

太陽光利用型と完全閉鎖型、こういった作物が栽培されているのか？

太陽光利用型では、完全閉鎖制御型のように徹底した情報管理と効率化は難しいものの(自然の光は思うようにコントロールできないから。晴れているから太陽光を取り入れている時でも、いきなり曇ったりすることもあるので)、設備費用や電気代などを低く抑えることができます(太陽の光は無料です)。

完全閉鎖型では、蛍光灯などの人工の光を使用しますが、太陽の光のような強い光を照射することはできません。よって、強い光量が必要な作物(トマト・ナス・稲)を完全閉鎖型で栽培することは、現実的には厳しいものがあります。それだけ強い光を照射すると、電気代が莫大にかかり、ビジネスとしては採算が合いません。もちろん、トマト・ナスといった果実類や稲などの穀物類も完全閉鎖型で栽培することはできます。

現在、太陽光利用型の植物工場では、トマト、イチゴ、ピーマン、花(バラ・キク・カーネーションなど)、ミツバやカイワレ大根など、多くの作物が栽培されています。

一方、完全閉鎖制御型では、電気代を節約するため、できる限り作物と接近した近接照明が可能なもの(つまり丈の低い作物)、そして食べる部分が出来ただけ多いもの、強い光量を必要としないもの、という条件に合った葉菜類を主にビジネスとして栽培されています。具体的には、リーフレタス類、サラダ菜、サンチュ、春菊、小松菜、ホウレンソウ、チンゲンサイ、モロヘイヤ、ケール、ハーブ類(ルッコラ・クレソン・コリアンダー・バジル)などがあります。

栽培コストが高いため、どうしても付加価値の高い作物を栽培する必要があるようです。参入企業の多くが、自社の販売サイト(ネット販売)、イタリアンや高級ホテルのレストラン、大手百貨店などで販売しています。

日本企業による海外への事業展開はないのか？海外の植物工場ビジネスはどんな感じなのか？

国内企業の海外展開は少ないのが現状です。一部、中東地域への事業展開はあるものの、多くの企業が中国への参入には消極的でした(あくまで当法人のヒアリング結果)。

世界的にも日本のように地下室に完全閉鎖型を建設することはありませんが、進んでいる国としてオランダがあります。オランダでは完全、もしくは半閉鎖型のガラスハウス栽培で、様々な機器やコンピュータ技術、収穫ロボットなどを活用しながら大規模に栽培しております。<参考記事:[植物工場\(中東への事業展開\)](#)>

人工光を利用した植物工場で、LEDを使用したものはありますか？

採算性の問題から、現在、全ての光源をLEDにした植物工場は稼働しておりません(ビジネスとして大規模に生産している植物工場はありませんが、実験的なものは一部稼働中です)。ただし植物の成長には赤色の光が必要ですので、蛍光灯に赤色LEDを一部補足した工場はいくつか存在しております。

一日の電気代って、どのくらいかかっていますか？

生産規模や各企業が保有する技術やノウハウによって異なりますが、日産2000株(日産:1日の生産規模)の植物工場の場合で、1日の電気代が約3万5千円といったデータがあります。しかし、発電所の近くや県・市による企業誘致な

どで格安な電力を確保している場合もありますので、一概には言えません。

参入企業や自分で詳しく調べたい場合

その他、参考になる書籍・HPなどを記載致します。

- [「完全制御型植物工場」](#)(高辻正基)

技術的な詳細を知りたい場合、お勧めの一冊です。

- 日経エレクトロニクス2008. 2-11

植物工場の特集記事が掲載されております。

- [\(株\)ラプランタ](#)

オリンパス(株)100%子会社です。

- [フェアリーエンジェル\(株\)](#)

京都の植物工場ベンチャーです。「天使のカフェ」というレストランカフェも展開しております。

- [\(株\)スプレッド](#)

京都の植物工場ベンチャーです。

- [\(株\)みらい](#)

南極昭和基地でも採用されている植物工場です。

- [キューピー\(株\)](#)

「TTSファーム」と呼ばれる独自に完全閉鎖型の植物工場を開発しております。

- [日本アドバンスアグリ\(株\)](#)

ツジコー(株)という照明会社が経営している会社です。

- [JFEライフ\(株\)](#)

多角化経営の中で野菜部門もあり、植物工場も運営しております。

- [植物工場普及振興会](#)

様々な企業が共同で植物工場普及のために活動しております。

- [植物工場研究所](#)

植物工場の技術的な詳細説明が記載されております。

- [\(株\)M式水耕研究所](#)

水耕栽培、植物工場の研究では歴史のある企業です。