

## 応用研究論文

## 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

酒井 徹<sup>1</sup>, 津田 渉<sup>1</sup>, 小林由喜也<sup>2</sup><sup>1</sup> 秋田県立大学生物資源科学部アグリビジネス学科<sup>2</sup> 元秋田県立大学生物資源科学部フィールド教育研究センター

本研究では、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について、次のプロセスで論じている。①日本における植物工場の導入からその普及が進みつつある今日までの状況、関連施策の動向、秋田県での取り組み状況を整理した。秋田県では、植物工場の稼働はほとんどないが、水耕栽培は普及しつつある。②2012年時点の日本全国で稼働している植物工場について、「完全人工光型」と「太陽光・人工光併用型」に分け、その概要を明らかにした。③スマートアグリ先進事例について3事例、植物工場メーカー4事例の調査や各種資料から、植物工場の設置、運営コストや雇用効果の概要を示した。さらに、1000 m<sup>2</sup>の植物工場（太陽光型、人工光型、併用型）について、設置コスト、運営コストの試算を行った。④上記試算を前提に、秋田県におけるスマートアグリ3つのモデルを提案した。これらのモデルは、生産された食材をどのように消費者が食するか、どの程度の市場圏で販売するか、などの視点からそれぞれの粗収益、雇用人数、周辺地域農業との関係等を明らかにした。

**キーワード：**植物工場，スマートアグリ，コスト，雇用効果，導入条件，モデル

秋田県において、雇用と人口の確保を図る方策が求められる中、県内の製造業撤退をきっかけとして、植物工場を中心とした農商工連携の可能性を探るべく、2012年に秋田県より「地域モデル可能性調査業務」が委託された。天候や適地条件に左右されない植物工場を核とした食料供給システムの全体像を見極め、秋田県の実情に即した植物工場の活用方法を検討することには意義があると考えられる。しかし、一方で留意すべき点もある。

まず、水耕栽培、植物工場の採算性について、具体的な経営実績等はほとんど明らかになっておらず、植物工場のコスト面や雇用効果についての見通しを立てる必要がある。さらに、農商工連携は、それぞれの分野から経営資源を持ち寄って、新たなビジネスを構築することだと言えるが、各分野のメリットのバランスが欠かせない。さらに、植物工場を核とした連携を考える場合、既存の連携以上に新規事業の

担い手、技術、投資力、需要の創造や食品の供給体制の構築といった要素に留意しながら連携体制を立ち上げていく必要がある。

「地域モデル可能性調査業務」の目的は、秋田県内で空工場など遊休化している建物の再活用を想定して、植物工場を核とした農商工連携による地域産業・雇用を創出する可能性について検討し、それらの「地域モデル」を提示することである。そのために、これを受託した研究チーム（津田渉、小林由喜也、酒井徹）は、植物工場に関わる県内の地域資源として人口・世帯数、施設園芸、製造業・技術、遊休施設、農村起業活動、その他として社会福祉施設の状況を整理した。続いて全国の植物工場の展開状況を踏まえ、先進事例とプラントメーカーの聞き取り調査により、コストや雇用効果を試算し、導入モデルを提示した。本稿は、以上の研究結果をまとめたものである。

本論に先立ち植物工場と水耕栽培について整理しておく。水耕栽培（養液栽培）は、培地として土を用いずに養分を水に溶かした液状肥料として与えて作物を栽培する方法であり、栽培槽に養液を貯留もしくは循環させる「水耕」、養液を噴霧する「噴霧耕」、ロックウール等の「固形培地耕」などがある。一般にはこれらを厳密に区分せず、これら全体を総称的に水耕栽培と言う場合が多い。また、水耕栽培は、定義上は栽培方法のことであるが、現実はこの栽培方法を実現するため温室やハウスを利用するほか、何らかの環境制御を伴うため、水耕栽培＝「養液栽培を用いた植物生産システム」という概念で通用している。以下、「水耕栽培」はこの概念で用いる。

一方、植物工場の概念は、広義では施設園芸も含み、狭義では完全制御型植物工場を指すと言われてきたが、現状では、完全制御型植物工場（人工光型）と人工光・太陽光併用型を含む太陽光利用型の水耕栽培システムを総称するのが定説になりつつある。つまり、植物工場は、栽培手段として水耕（溶液）栽培を用い、栽培環境を制御する周年植物生産システムとすることができる。

このように、水耕栽培と植物工場の定義上の大きな違いは周年栽培システムか否かであり、栽培方式としての区別に大きな意味は無く、水耕栽培も今後の植物工場を見通す存在と言える。また、近年施設園芸において、ICT（情報通信技術）を活用し、作物の生育に関わる諸要因をセンシングで数値化し、環境を制御する栽培方法を「スマートアグリ（Smart Agriculture の略、英語では「E-agriculture」）」と呼んでいるが、これは植物工場とほぼ同義と捉えられる。

## 1. 植物工場を巡る動向

我が国における完全人工光型植物工場の商業利用は1985年からとされ、80年代後半には大手食品メーカーなどによる植物工場への参入も見られた。2009年時点で稼働が確認された植物工場について設置時期を見てみると、1995年以前が10件なのに対し、1996～2000年が16件、2001年～2005年が8

件、2006年以降が17件と、1990年代後半から設置が進んでいる。

学術的には、園芸分野を中心に人工環境下における植物栽培プロセスの研究が進む中、2005年に日本学術会議が対外報告書「気候変動条件下および人工環境下における食料生産の向上と安全性」を出して以来、植物工場に関するシンポジウムを継続的に開催し（2009、2010、2011年）、2011年には報告書「知能的太陽光植物工場の新展開」を出すなど、積極的な検討・提言を行なっている。

政策的には、1980年代からの異業種間交流、1990年代からの食料産業クラスター、1990年代後半からの農業経営の多角化・6次産業化、2000年代の6次産業化（地域資源の活用による地域経済振興）の政策展開を背景として、2008年に農商工連携促進法が制定された。そして、2009年度からこの関連施策として植物工場が位置付けられた。また、製造業や建設業など産業界の農業分野への参入指向が強まる中、産学官を挙げた植物工場の振興が展開している。

## 2. 国や秋田県における関連施策・取り組み

2014年現在、植物工場の普及に関わる施策の根拠となっているのが2008年の農商工連携促進法である。国（経産省・農水省）は農商工連携すなわち中小企業者と農業の高度な連携による地域経済の活性化を図ろうとしているが、期待した成果（高度な連携）が現れないことから、2009年以降、農商工連携のシンボルとして植物工場を位置付け、予算措置を講じている。また、関連する法律として企業立地促進法がある。本法律に基づき、条件を満たした事業者は工場建設や設備導入に対して支援を受けられる。その条件は地方自治体が基本計画により定めるが、植物工場がその対象として定められている場合がある。2011年の改正において、基本方針に「成長分野に取り組むことが重要である旨の記載を追加する」こととなった。これにより、植物工場の立地・整備への支援を促すことが考えられる。

2009年度の補正予算において、経済産業省は植物工場に応用する基盤技術の開発及び植物工場のPR

を事業化した（50億円）。その内容は、植物工場基盤技術研究拠点整備事業（47億円）と植物工場モデル設置事業（3億円）である。一方、農林水産省は、栽培技術を含む実証・研修・現場の植物工場導入支援を事業化した（96億円）。その内容は、モデルハウス型植物工場実証・展示研修事業、植物工場普及拡大支援事業、植物工場リース支援事業、国産原材料供給力強化対策である。

2010年度の植物工場関連予算としては、「植物工場の国内外への普及・拡大」に10.4億円、2011年度は「植物工場の技術開発の推進」に1億円をとり、「密閉型植物工場を活用した遺伝子組換え植物ものづくり実証研究開発」を支援している。

秋田県では、2011年度から「自立型植物工場検証事業」を実施しており、2011年度は約1,900万円、2012年度は約4,270万円の予算を充当している。2012年度には「植物工場による先端アグリビジネスシステム推進事業」を実施しており、約3,300万円の予算を充当している。

なお、秋田県内の水耕栽培事業に関して2013年時点で確認できたものが表1である。このうち、No.5は県内の水耕プラント製作会社が立ち上げた事例である。これまで県内に500を越えるプラントを販売し、その経営数は約60に及ぶ。導入者は会社近在のみならず県内に広く見られ、プラント販売にとどまらず栽培ノウハウの提供や生産物の販売を合わせた経営助言も行なうなど、総合的な事業展開を見せている。この事業が一定の展開を見せている要因として、導入経費の低さと事業進捗にあわせた追加導入の柔軟さ、管理の簡便化を図った点が挙げられる。地域内分散型の水耕事業集団とも言える形を取りつつあり、今後の秋田県における水耕栽培事業（植物工場）の参考になる可能性の高い事例と言える。

以上、県内の水耕栽培は民間レベルでも一定の取り組みがあり、自然エネルギー利用事業で水耕事業に挑戦する事業者も見られるほか、水耕栽培に関する農家の研究グループが自前で試行を開始した例もある（大潟村）。また、水耕栽培、植物工場に関する研究を企業等と共同で実施している研究機関（秋田大学、秋田県立大学）もあり、水耕栽培、植物工場に関する事業展開の兆しが見られる。

表1 秋田県内の水耕栽培事例

No.	所在地	事業者等	栽培品目
1	鹿角市	(株) A	スプラウト
2	鹿角市	B農園	イチゴ
3	北秋田市	(株) C	リーフレタス
4	三種町	(株) D	ホワイトレタス、葉ネギ
5	三種町	(株) E	レタス
6	秋田市	F氏	リーフレタス
7	秋田市	G氏	ミニトマト
8	秋田市	H氏	タラの芽
9	八郎潟町	I	イチゴ
10	大仙市	J	リーフレタス
11	仙北市	K氏	リーフレタス
12	横手市	(株) L	アイスプラント、ホウレンソウ
13	湯沢市	M生産組合	ミツバ
14	羽後町	(有) N	サンチュ
15	羽後町	O農事組合法人	イチゴ

資料)主にインターネットの情報に基づく。現地確認したものはNo.4, 5, 9, 12, 13。  
 註)No.12は完全人工光型で、No.6は人工光併用型も一部含む。それ以外はハウス等を利用した太陽光型の水耕栽培例である。

### 3. 植物工場に関わる県内の地域資源

#### 1) 人口・世帯数等

2010年の国勢調査によると、秋田県の人口は約1,086,000人で、2005年と比較すると、5.19%の減少となっている。県内のいずれの市町村も人口増加率がマイナスであるが、大潟村、秋田市、潟上市、大館市、由利本荘市、にかほ市などでは比較的減少率が低い。16～64歳人口比を見ると、秋田市、潟上市、にかほ市、由利本荘市などで、比較的高い割合である。総世帯数は秋田市、横手市、由利本荘市、大館市、大仙市の順で多い。また、いずれも上位10位に入る地域として、秋田市、潟上市、由利本荘市、大仙市が挙げられる。

#### 2) 施設園芸

県内を鹿角（鹿角市、小坂町）、北秋田（大館市、北秋田市、上小阿仁村）、山本（能代市、三種町、八峰町、藤里町）、秋田（秋田市、男鹿市、五城目町、八郎潟町、潟上市、井川町、大潟村）、由利（由利本荘市、にかほ市）、仙北（大仙市、仙北市、美郷町）、平鹿（横手市）、雄勝（湯沢市、羽後町、東成瀬村）の8つの地域に区分し、2012年度時点の施設園芸の展開状況を見ると、次の通りである。

野菜用ハウスの面積は、秋田、平鹿、雄勝、仙北

地域で大きく、加温施設や変温管理装置を備えている面積は山本と平鹿地域が大きい。自動灌水設備は仙北地域、溶液栽培は雄勝と仙北地域が大きい。棟数は平鹿、雄勝、山本、秋田地域の順、設置農家数は平鹿、仙北、秋田、北秋田地域の順に多い(表2)。野菜用ガラス室の面積は、北秋田と雄勝地域で大きく、加温設備やそのうち変温管理装置を備えている面積も同様に北秋田と雄勝地域が大きい。自動灌水設備は北秋田地域に集中しており、養液栽培は雄勝地域に集中している。棟数、設置農家数ともに北秋田と雄勝地域に多く見られる(表3)。

表2 ハウス設置状況(野菜用)

(単位:千㎡,棟,戸)

地域	設置 実面積	加温 設備 あり	変温管理 装置あり		自動 灌水 設備	養液 栽培	棟数	農家数
秋田県	2,912	202	27	85	33	9,267	3,274	
鹿角	125	8	0	15	2	842	205	
北秋田	248	28	1	15	0	957	506	
山本	251	49	5	0	0	1,202	181	
秋田	586	17	4	2	2	1,151	516	
由利	163	8	0	0	5	781	286	
仙北	482	23	4	53	11	1,068	607	
平鹿	535	41	13	0	0	1,967	637	
雄勝	522	28	0	0	13	1,299	336	

資料) 秋田県農林水産部園芸振興課資料(ハウス室設置状況)

表3 ガラス室設置状況(野菜用)

(単位:千㎡,棟,戸)

地域	設置 実面積	加温 設備 あり	変温管理 装置あり		自動 灌水 設備	養液 栽培	棟数	農家数
秋田県	29	29	6	16	8	80	45	
鹿角	0	0	0	0	0	0	0	
北秋田	15	15	2	13	0	42	21	
山本	1	1	1	0	0	3	2	
秋田	1	1	1	1	1	4	3	
由利	1	1	0	0	0	1	1	
仙北	1	1	0	0	0	2	2	
平鹿	1	1	0	0	0	4	4	
雄勝	9	9	2	2	7	24	12	

資料) 秋田県農林水産部園芸振興課資料(ガラス室設置状況)

### 3) 製造業・技術

植物工場や水耕栽培施設は高度にシステム化された植物生産システムであり、その開発、設置、運用には多岐にわたる技術と運用ノウハウが不可欠である。具体的には、施設の建設技術、栽培プラントの製造技術、農業生産資材技術、作物生育制御技術の各要素を、収量増、コスト削減、作業の省力化を視野に入れ、販売・流通を含む経営マネジメントが求められる。これらに係わる産業要素としては、①機

械装置等の製造、②肥料等を含む農業生産資材供給・利用、③作物生産管理機械装置(農業機械・施設)、④計測・環境制御、⑤食物衛生管理・廃棄物処理、⑥システムソフト開発などが挙げられる。

植物工場等の発展を期するためには、これらの諸要素に関する基盤確保も重要な課題である。県内の製造業を見ると、上に挙げた産業要素を持つ製造業者数は、材料・素材系17社、金属加工58社、工具・特殊加工55社、計測関連11社、システム・装置開発設計・製造182社であり、計測関連が若干少ないが、システム開発や運用の全体を統括できるシステム・装置開発設計・製造分野が182社で県内に分散して存在するのみならず、全国レベルの製造業も含まれる。また、秋田県内には2社の植物工場・水耕プラント開発会社が存在し、全国レベルの同業者と対等にこの分野を先導している。加えて、施設栽培技術を持つ農業機械関連業者も存在する。

### 4) 遊休施設(空き工場・廃校等)

県内の空き工場の地域別物件数は2013年時点で16件確認された。市町村では秋田市が最も多いが、県北、県央、県南それぞれの県域に存在している。

また、県内の廃校の所在と校舎や体育館など建造物の状況について市町村別に示したのが表4である。

表4 秋田県内における廃校の所在と状況

(単位:件)

市町村	合計	校舎のあるもの	屋体のあるもの
秋田県計	47	42	21
鹿角市	2	2	0
小坂町	2	2	0
大館市	6	6	4
北秋田市	7	5	4
上小阿仁村	2	2	0
能代市	11	11	7
三種町	3	3	0
八峰町	4	4	0
藤里町	1	0	1
秋田市	9	7	5
男鹿市	7	6	1
五城目町	4	2	1
潟上市	2	2	2
由利本荘市	8	4	1
にかほ市	2	2	1
大仙市	21	19	7
仙北市	8	7	0
美郷町	5	5	0
横手市	11	8	7
湯沢市	12	5	8
羽後町	7	6	2

資料) 秋田県資料  
註) 2012年5月現在

2012年時点で、秋田県全体で134の廃校があり、いずれの市町村にも存在している。空き工場と同様に、状態によっては敷地や校舎・屋体を植物工場として活用し得る。

### 5) 起業活動（直売所、農家民宿・レストラン等）

植物工場で生産した農産物の販売経路や活用方法として、農産物直売所、地場農産物の加工事業、地場農産物を積極的に利用したレストランや宿泊施設などが考えられる。特に農産物直売所は品揃えや冬期間の出荷量確保という面で植物工場との組み合わせが考えられる。輸送時間を短くし、鮮度を保ち、輸送コストを削減できる可能性がある。そこで、県内の農産物直売所、農産加工、農家民宿、農家レストランなどの起業活動について状況を纏める。

起業数と販売額を地域別に示したものが表5である。2011年度の件数（＝起業数）を見ると、仙北地域が突出して多く、平鹿地域、秋田地域と由利地域がこれに続いている。活動数（＝取り組み件数）を見ると、これも仙北地域が突出しており、北秋田地域、秋田地域、平鹿地域がこれに続いている。販売額を見ると、高い順に山本地域、平鹿地域、由利地域、秋田地域、仙北地域、北秋田地域となっている。

次に、起業活動の中で、農産物直売所に代表される流通・販売活動について地域別に示したものが表6である。2011年度の直売販売額の全県合計約47億2,500万円は、先程の表5で見た2011年度販売額合計約55億7千万円の約85%を占める。地域別に見ると、仙北地域が突出している。

食品や食品以外の加工品、農家民宿や農家レストラン、体験・交流など、流通・販売以外の活動につ

いても、食品加工、農家民宿、体験・交流など、多くの分野で仙北地域が突出している（表7）。

表6 流通・販売活動と直売所（2011年度）

（単位：件、万円）

地域	活動数	件数	直売販売額	直売所数
鹿角	17	13	22,638	13
北秋田	30	16	68,869	19
山本	20	12	88,295	14
秋田	28	23	72,089	23
由利	21	18	69,033	18
仙北	67	48	67,321	42
平鹿	26	21	62,924	13
雄勝	28	16	21,278	13
合計	237	167	472,447	155

資料) 表5と同じ。  
 註) 由利地区で2つの直売所を運営する組織が1件ある。

表7 流通・販売以外の活動数と販売額（2011年度）

（単位：件、万円）

地域	活動数	農業生産	食品加工	食品外加工	民宿、レストラン 体験・交流	その他	販売額
鹿角	20	0	16	0	3	1	2,506
北秋田	55	4	30	0	21	0	4,987
山本	47	4	21	2	17	3	7,539
秋田	48	3	33	4	7	1	9,307
由利	48	1	36	1	9	1	14,484
仙北	129	16	66	3	42	2	9,766
平鹿	47	6	32	0	8	1	30,998
雄勝	21	1	14	1	5	0	4,650
合計	415	35	248	11	112	9	84,237

資料) 表5と同じ。  
 註1) 活動数には直売組織（個人を含む）の活動も含む。  
 註2) 販売額は直売組織（個人を含む）以外の販売額。

### 6) その他（社会福祉施設）

県内には多くの社会福祉施設が存在する。2011年度時点で総数は2,188施設、内訳は生活保護施設4、社会授産施設1、老人福祉施設173、介護保険施設164、居宅サービス事業所589、障害者自立支援法による指定事業所764、旧法施設（身体障害者施設等）17、児童福祉施設（保育園ほか）476である。

植物工場に関する地域資源として福祉施設を取り上げた理由は、植物工場（水耕栽培施設）を導入する対象として、就労支援等を行う授産施設等があり、県の資料によると、県内には2010年度で69の授産施設があり、1,533名の方々が就労訓練等に励んでいる。植物工場は訓練施設としての意味合いの他に、工賃の確保や訓練支援のしやすさ等の観点からも有効な施設であると考えられる。また、生産された野菜等の消費対象施設としても位置付けられる。

表5 起業数及び販売額合計（2011年度）

（単位：件、万円）

地域	件数	活動数	販売額
鹿角	28	37	25,144
北秋田	46	85	73,856
山本	34	67	95,834
秋田	50	76	81,396
由利	50	69	83,517
仙北	121	196	77,087
平鹿	52	73	93,922
雄勝	28	49	25,928
合計	409	652	556,684

資料) 秋田県農林政策課「平成23年 秋田県農村女性起業活動の概要（H23農村女性の起業活動実態調査）」

#### 4. 植物工場で栽培する作物と展開の方向性

##### 1) 既設植物工場等において栽培されている作物

既設植物工場における栽培作物は、完全人工光型植物工場に限らず、太陽光・人工光併用型植物工場においても蔬菜類が圧倒的に多く、しかも葉菜類が多いのが現状である。秋田県でも、表1に示したようにレタスを始めとする葉菜類が多い。ただし、イチゴが3事業体で栽培されているのが特徴的である。

植物工場で栽培される作物については、事業者のみならず試験研究機関等で様々な作物栽培が試行されている。最近では、花きのほか、小カブなど小根菜類も試されているが、今後、全国的に見れば栽培作物の多様化が進み、秋田県内でもそれらが普及する可能性は大きい。秋田県の山菜を含む特産の伝統野菜等の周年栽培化を視野に入れた計画や試行も、視野に入れて良いと考えられる。現在、実際に取り組まれているものに、わさび、タラの芽があるが、伝統野菜の中には、性状や栽培特性が栽培実績のある蔬菜類と類似している物も多く、水耕栽培できる可能性は高い。例えば、セリ（湯沢）、さしびろ（由利本荘）、ジュンサイ（三種）、ヒロッコ（湯沢）、亀の助ネギ（大仙）、わさび（北秋田）、しぼりだいこん（鹿角）、平良かぶ（湯沢）、クワイ（かつて、ニツ井）、ミョウガ（能代）などである。

##### 2) 植物工場における栽培作物と施設形式、規模等

完全人工光型植物工場、併用型植物工場、太陽光型水耕栽培施設のいずれであっても、現時点で多く栽培されている作物は葉菜類が圧倒的に多く、トマト、イチゴ類の果菜類がそれに続いている。設備投資と運転経費が大きい人工光型の場合は薬用植物や機能性植物など付加価値の高い作物の栽培が求められているが、未だ採算ベースにのるほどの作物はない。少なくともここ10年程度は栽培作物に関連して次のような考え方で対応するのが適当と考えられる。

第1に、採算性に係わる作物面の当面の課題は、1施設当たりの生産量の増加であり、単位施設面積（容積）当たりの栽培数の増加と生産一環境制御ノウハウの向上による生産力の増加が鍵となる。

第2に、果菜類、根菜類栽培のノウハウを積み上

げるほか、薬用植物など付加価値が高い可能性のある作物の探索及び栽培と成分分析の研究を続ける。特に秋田県においては、先に挙げた伝統野菜や山菜栽培の先陣を切ることは検討に値する。

第3に、施設形式については、完全人工光型にこだわることなく、太陽光併用型あるいは太陽光型による実績の積み上げが重要である。

第4に、施設規模については、単位面積（容積）当たりの生産力増加を視野に入れつつ、50a～1ha規模の大型施設として経済性を追求する方向と、小型施設の地域内分散配置・一元集荷型の2方向が考えられる。その理由は、前者は単一もしくは1～2種の作物で大量生産、低コスト化を図りうること、後者は参入が容易で、多品目少量生産による柔軟な経営が可能であり、かつ一元集荷で定時・定量出荷の対応が可能となることである。

中規模の施設はコスト高が課題となる可能性が高い。ただし、現状では、植物工場や水耕栽培に携われる人材が極端に不足しており、啓蒙・普及、人材育成、試験等を目的とした中規模の施設にイベント機能等も含めて地域の中に有機的に配置することには意味があると言える。

また、作物選択の際の留意事項として、植物工場では、一般的に栽培されている作物と全く同じ物を栽培することを想定しがちであるが、作物によっては、植物工場独自の形態、形質、品質を追求した方が経済的に有利な場合もある。一般栽培と異なる形質が新たな需要を喚起する可能性もある。作物名称のみで結果をイメージしない考究が期待される。

#### 5. 植物工場の可能性

##### 1) 植物工場のコスト

標本数の制限により、あくまで目安ではあるが、既存の資料及び今回の調査結果より、植物工場のコストを1,000㎡あたりの設置コストと運営コストとして整理したものが表8である。

設置コストは、完全人工光型で平均約1.7億円、太陽光利用型で平均約7,500万円、運営コストは（1000㎡・1年間あたり）完全人工光型で平均約8,200万円、太陽光利用型で平均約1,400万円である。

表 8 植物工場のコスト

		(単位：万円/1000㎡)	
		設置コスト	運営コスト
完全人工光型	平均	17,300	8,200
	P社	25,000 (註)	8,000
太陽光利用型	平均	7,500	1,400
	Q社	3,500	17,500
	R社	4,000~4,500	1,200

資料) 農林水産省、経済産業省「植物工場の事例集」、渡辺勝美「食の安心・食の安全」植物工場」、三菱総合研究所「植物工場実態調査」、各事業者のインターネットサイト、ヒアリング調査  
 註) 安全野菜工場の設置コストは、事務室・休憩所を含む

表 9 植物工場の雇用効果

		(単位：人)	
		1000㎡あたり	年間販売高1億円あたり
完全人工光型	平均	15.0	23.8
	P社	10.9 (正社員 4.2・パート 6.7)	5.9 (正社員 2.3・パート 3.6)
太陽光利用型	平均	2.9	19.4
	Q社	2.5 (正社員 0.8・パート 1.7)	20.6 (正社員 6.9・パート 13.7)
	R社	4.0 (正社員 0.8・パート 3.2)	21.2 (正社員 4.2・パート 17.0)

資料) 表 8 と同様

2) 植物工場の雇用効果

既存の資料及び今回の調査結果より雇用効果を整理したものが表 9 である。1000 ㎡あたり雇用人数は、完全人工光型が平均約 15.0 人、太陽光利用型が平均約 2.9 人である。この差は、単位面積あたり生産量が完全人工光型の方が生産量が多く、雇用が主に調製労働に向けられるためである。これを年間販売高 1 億円あたり雇用人数で見ると、①完全人工光型が平均約 23.8 人、太陽光利用型が平均約 19.4 人となる。

3) 植物工場のコストの試算

表 8 のように、既設植物工場のコストにははかかなり幅があるため、改めて人工光型、太陽光・人工光併用型(以下、併用型)、太陽光型のコストを試算した。

(1) 主な試算条件等。

- ・ 3 形式の栽培実面積を 1,000 ㎡に統一した。
- ・ 栽培面積及び作業スペース、育苗・調製室を付加した建物面積を想定した。

表 10 植物工場の形式別のコスト試算比較(実栽培面積1000 ㎡、試算生産株数=44,400 株/1栽培サイクル)

経費区分	経費の内訳		経費概算(千円)								
	経費項目	機器等内訳	人工光型			太陽光・人工光併用型			太陽光型		
			金額(千円)	償却(年)	備考	金額(千円)	償却(年)	備考	金額(千円)	償却(年)	備考
施設設備費	土地取得費		(土地は確保済みとして積算しない)								
	建物・温室・ハウス	建物(400㎡;120坪)	60,000	3,000	木造、断熱構造を想定、(耐用20年、50万/坪)						
		温室(1200㎡;370坪)				38,000	2,533	軽量鉄骨・ガラスハウス、自動天窓等閉閉システム、2重内張、遮光ネット等 (耐用15年)			
		ハウス(1600㎡;480坪)							28,000	3,500	空気暖ハウス、3棟+連結棟、2重内張、遮光ネット等(耐用8年)
	栽培プラント	栽培ユニット	260,000	17,333	A社水耕ユニット(50㎡型)×20ユニットを参考とした。(耐用15年)	56,000	3,733	B社水耕生産組合の実績等を参考とした。(耐用15年)	52,000	5,200	C社水耕プラント×174セットを参考とした(耐用10年)
		養液装置									
		光源装置									
		暖房(空調)装置	12,000	1,500	冷暖房空調システム一式(耐用8年)	5,500	1,100	石油暖房機・制御・配管一式(耐用5年)	4,500	900	石油暖房機・配管一式、保温ユニット追加(耐用5年)
		制御機器等	5,000	333	計測制御システム一式(耐用15年)	3,500	700	水耕養液制御器、温湿度計、PH+濃度計(耐用5年)	300	60	温湿度計、PH+濃度計(耐用5年)
	育苗室機器等	1,000	200	発芽管理、衛生管理装置等(耐用5年)	1,000	200	発芽管理、衛生管理装置等(耐用5年)	1,000	200	発芽管理、衛生管理装置等(耐用5年)	
収穫調製・出荷	調製室機器	1,500	300	冷蔵庫、計量器、包装機等(耐用5年)	1,500	300	冷蔵庫、計量器、包装機等(耐用5年)	1,500	300	冷蔵庫、計量器、包装機等(耐用5年)	
設備投資総額(建物等含む)		339,500			115,500			87,300			
年間償却費		(建物等含む)	22,667 / 年		9,233 / 年			10,160 / 年			
		(建物等含まない)	19,667 / 年		6,700 / 年			6,660 / 年			
年間栽培計画(レタス等)			1栽培サイクル=30日、年12回		1栽培サイクル=36日、年10回			1栽培サイクル=45日、年8回			
			年間生産株数 506,160株(製品率95%)		年間生産株数 408,480株(製品率92%)			年間生産株数 319,968株(製品率90%)			
運転経費	栽培物材費	栽培パネル	180	耐用1年	308	耐用1年(0.9×1.2標準パネル48穴)	-			水耕ユニットに含まれる	
		種子・育苗費	330	自動定植装置等は積算しない(人手育苗・定植)	330	自動定植装置等は積算しない(人手育苗・定植)	330			自動定植装置等は積算しない(人手育苗・定植)	
		肥料費	800	A社実績等参考に、1サイクル6.7万と仮定	670	人工光型を基準に生産サイクル数に応じて算出	536			人工光型を基準に生産サイクル数に応じて算出	
		光熱水費	5,000	電気400万、水道100万	3,700	電気24000wh(5ヶ月、4hr/dayで60万)+10万、灯油4ヶ月200万、水道100万	3,100			冬期4ヶ月灯油200万、水道100万、電気10万	
		CO2経費	1,000		-		-			CO2施用しない	
		その他消耗品費	1,000		1,000		1,000				
	設備維持修理費		2,950	建物含まない年間設備償却費の15%を想定(保守料含む)	670	建物含まない年間償却費の10%を想定	333			建物含まない年間償却費の5%を想定	
	出荷調製資材費		8,000		6,664		5,328				
	人件費		14,400	管理+技術(1)、栽培・収穫・調製(5)「6人×1000円×8hr×300日」	9,600	管理+技術(1)、栽培・収穫・調製(3)「4人×1000円×8hr×300日」	7,200			管理+技術(1)、栽培・収穫・調製(2)「3人×1000円×8hr×300日」	
	その他経費		500		500		500			保険料、税金等	
年間運転経費		34,160 / 年		23,442 / 年		18,327 / 年					
年間経費総計(建物等含む)		56,827 / 年		32,675 / 年		28,487 / 年					
年間経費総計(建物等含まない)		53,827 / 年		30,142 / 年		24,987 / 年					

註: 秋田県内で実績のある数事例の聞き取りとカタログ等の値を基準として、本稿の先導事例に対する聞き取り及び収集した資料を参考に試算した。

- ・栽培作物はレタス等の葉物を想定し、植栽密度は3形式とも同様とした。
- ・栽培回数は、環境制御性から人工光型12回、併用型10回、太陽光型8回とした。
- ・土地取得費は除いた。
- ・栽培プラントは、秋田県内で運転もしくは開発中のシステムのコストを参考とした。
- ・人件費は、調査結果をもとに、人工光型6人、併用型4人、太陽光型3人とした。

## (2) 試算結果.

### ①設備投資・償却費.

試算の結果、表10に示したように、初期投資額は建物を含めて人工光型13,950万円、併用型11,550万円、太陽光型8,730万円である。太陽光型を100とすると、併用型は132、人工光型は388となる。

年間償却費は建物を含めて人工光型2,267万円、併用型923万円、太陽光型10,160万円である。太陽光型を100とすると、併用型は91、人工光型は223となる。併用型が太陽光型より小さい理由はハウスの耐用年数(それぞれ15年と8年)による。

### ②変動費.

運転経費は人工光型が3,416万円に対し、併用型が2,344万円、太陽光型が1,833万円である。太陽光型を100とすると、併用型は128、人工光型は186となる。人工光型は、電気代と、生産株数が多いことで収穫調製費及び人件費が大きくなっている。

### ③年間総経費(建物含む).

年間総経費は、人工光型が5,683万円、併用型3,267万円、太陽光型が2,849万円となる。1株当たりコストは太陽光型89円、併用型80円、人工光型112円(建物等含まない場合は108円)となる。

なお、以上は推計であり、特にプラントは開発途上で構造等による差もあるため留意が必要である。

## 6. 地域モデルの類型化と基礎デザイン

### 1) モデル想定条件

現状で秋田県の植物工場から大消費地に出荷することは想定しにくい。今後、生産技術・システム運用ノウハウの蓄積や、栽培に適した作物の開発を進めるものとし、現状の生産能力や生産可能品目、コ

ストを前提とした、植物工場を核とする農商工連携の地域モデルの基本的な条件は次の通りである。

- ①生産品目は「葉物野菜」か「ハーブ類」とする。
- ②設置コストを節約できる建物条件(現在使用していない工場施設や学校施設等)がある。
- ③野菜栽培経験者とマーケティング担当者の確保。
- ④リスクを負える投資主体の確保。
- ⑤植物工場の形態は「人工光型」を基本とし、県内企業が提供しているプラントを活用する。雇用量や生産量に応じて「太陽光併用型」や水耕栽培施設、既存のハウス栽培経営と連携する。
- ⑥食材提供において植物工場そのものではなく、植物工場を活用してどのような商品やサービスが提供されるかをセールスポイントとする。また、望ましい条件として次が挙げられる。
- ⑦一定の範囲で需要(観光客含む)が見込まれる。
- ⑧工場提供の食材を活用したオリジナルメニューが提供しやすく、開発主体がいる。
- ⑨植物工場に連携する企業がアクセスしやすい。
- ⑩物流のための交通条件、電力、水を確保できる。
- ⑪設立認知や資材供給など農協の協力が得られる。
- ⑫植物工場を核とした連携の主体が揃う。
- ⑬地域が要望する雇用量・雇用条件(授産施設等)
- ⑭野菜パッケージセンター、野菜カットセンターなど一次加工に必要な施設が近接している。

## 2) 地域モデル案

### (1) あきた型拠点モデル.

あきた型拠点モデルは植物工場を活用したコンパクトな食材供給モデルである。第1に、安全性、食味、機能性、そして低コスト生産について開発及び供給実験を合わせて行う。第2に、適正品種開発と優れた技術展開および運用人材育成を重視する。第3に、開発拠点、展示効果的拠点として位置付ける。モデル例としては、主要都市の学校給食センターと連携して食材を提供する。病院や給食の必要な老人福祉施設との連携で、食材を提供するなどである。

### (2) 業務用食材供給モデル.

業務用食材供給モデルは、遠隔地植物工場の可能性を探るモデルである。第1に、機能性野菜や差別化しやすい品目、安定多収を見込める品目とする。

表 11 あきた型拠点モデルの条件等

	学校給食・福祉施設への食材供給	園芸療法や食育での活用	商品開発での活用
基礎条件	①完全人口光型工場を想定 ②地域エネルギーによる電源確保が可能な場合、そちらを優先 ③行政のバックアップ体制(農業、産業、教育、福祉部局の連携)		
栽培品目	レタス、サラダ菜類等 葉物野菜 ハーブ類	レタス、サラダ菜類等 葉物野菜 ハーブ類	秋田の伝統野菜や植物 工場での栽培技術が未 確立な品目、新規品目
立地条件	給食センターや複数の 福祉施設に 供給可能な場所	園芸療法や食育のモデル 施設、行政の補助が可 能な地域	ベンチャー企業と試験 研究機関等が提携可 能な地域
活用する 地域資源	廃工場・学校施設、 その他の建物	相当規模の高齢者福祉 施設、授産施設	廃工場・学校施設
工場等の 規模	工場1棟で33,600人分 供給可能。	工場規模はワンルーム サイズでよい、 授産施設場合は特注 雇用なし、プラント管理 や栽培は委託(臨時)	ラボと工場を兼ねて設計、 特注となる。
雇用量	雇用6人 1日単価1人1000円		同左
候補地	県内人口集中地区	同左	試験研究機関、企業等の 提携しやすい地区

表 13 業務用食材供給モデルの条件等

基礎条件	①完全人口光型工場を想定 (ただし、販路確保により規模が大きくなる場合は太陽光型、 一般施設栽培にも拡大) ②地域エネルギーによる電源確保が可能なならそれを優先 ③JAの協力関係
栽培品目	レタス、サラダ菜類等葉物野菜、ハーブ類
立地条件	①出荷や一次加工の利便性 ②規模拡大の場合の対応が速やかに行える産地条件
活用する 地域資源	廃工場・学校施設、その他の建物(規模拡大が必要な場合には、 周辺の施設栽培経営や露地野菜経営)
工場等の 規模の例	2工場で1.5~2億円の粗収益 周辺で、プラス10品目、1品目5,000万円~5億円(平均単価200 円で、1品目毎日1,000個出荷、主として春~年内250日出荷)
雇用量	工場本体の雇用は12名程、ただし、周辺農業経営に所得効果、 出荷等物流のための業務発注など、間接的效果あり。
候補地	県内施設園芸集積地

表 12 あきた型拠点モデルの計算例

前提	作物はレタス、ハーブ類(複数品目でも栽培サイクルは同じ) 工場の仕様は表10の試算による。 供給能力は1工場で年間50万株。 1株単価 <b>損益分岐点単価約108円(建物含まず)</b> <b>粗利益率25%では135円</b> (ただし、製造原価ではない。土地代金含まず。)
①学校給食等食材供給	
●需要想定と工場等の規模	
学校給食	生徒数600人(小中学校)を1単位地区とする。 レタス等1食1/5株・週3回供給 30週提供 合計年間10,800株
必要生徒数	1工場フル稼働で約47単位 <b>27,780人</b>
②園芸療法、食育活用	
●需要想定と工場等の規模	
福祉施設	食事利用者100人を1単位地区、軽作業も行うので2単位が限度 レタス1食1/5株・週2.5回供給 50週提供 合計5,000株 工場の生産規模は試算の1/100でよい。(単純計算で工場10㎡)
保育園	食事利用者50人を1単位地区、軽作業も行うので2単位が限度か レタス1食1/5株・週2.5回供給 30週提供 合計2,500株 工場の生産規模は試算の1/200でよい。(単純計算で工場5㎡) 園児父母の購入なども想定される。
授産施設	(この場合生産能力想定が優先) 授産施設の働き手の生産効率を仮に通常の1/20とすると、 100㎡程度の余裕のある空間の特注型工場で、12人程度が働き、 通常の半分の6サイクルで250,000株生産する。
③商品開発での活用	
●規模想定	生産規模自体は考慮しないので、ラボと工場一体型のデザイン。 1単位100㎡程度。

表 14 業務用食材供給モデルの計算例

前提	表12と同様
需要想定	外食や中食チェーン店とのマッチングを想定。この場合、 ビジネスとして成り立つためには、最低でも工場1つが 稼働できなければならないので、供給能力から考える。
供給能力	1日1,400株供給(チェーンへの供給は十分可能)。 ただし、複数企業との契約が必要。
想定	2工場で、複数品目を供給する。 周辺施設園芸経営や露地野菜経営と協力し、できるだけ 供給品目数を増やして取引メリットができるようにする。 地域の集荷業者を活用し物流の効率性追求が必要。
計算例	2工場で1.5~2億円の粗収益。周辺でプラス10品目、 1品目5,000万円~5億円。(平均単価200円で1品目 1日1,000個出荷。主に春~年内250日出荷)

第2に、業務用需要の相手との連携を軸に、量販店等との契約生産も組み込む。第3に、併用型や一般の水耕栽培施設の併設やハウス栽培経営との連携も視野に入れる。第4に、これらの実施や設置場所の選定、物流面で地域の農協の協力も検討する。

(3) あきた型農商工連携モデル。

あきた型農商工連携モデルは、観光地と周辺で展開するモデルである。第1に、供給範囲は県南、県央、県北程度を想定する。第2に、植物工場による素材提供ということも付加価値とする。第3に、連携する飲食店や宿泊業等を募った上で、商品特性別

レシピの考案、ニーズに見合った工場規模設定を行う。第4に、将来的に投資を希望する事業主体を選定する。既存の食農観事業に合わせていく方法も考えられる。第5に、栽培品目から肉料理のつけ合わせやサラダ等の利用を想定して、供給先別にサプラ

表 15 あきた型農商工連携モデルの条件等

基礎条件	①完全人口光型工場と太陽光型を想定 ②地域内での需要のとりまとめや商品開発その他資源循環など 新たな取り組みの体制整備 ③地域エネルギーによる電源確保が可能なならそれを優先
栽培品目	レタス、サラダ菜類等葉物野菜、ハーブ類
立地条件	飲食店との提携、宿泊施設との提携、食品企業との提携および 直売所との提携が可能
活用する 地域資源	廃工場・学校施設、その他の建物 必要に応じて周辺一般施設栽培経営や露地野菜経営
工場等の 規模の例	1工場(想定規模1/2)で1億円の粗収益 周辺でプラス10品目、1品目2,500万円~2.5億円(平均単価 200円で、1品目500個出荷、主に春~年内250日出荷)。 必要に応じて冬場などの品揃え不足期に直売所に供給可能。
雇用量	工場本体の雇用は6人未満と少ないが、周辺での所得効果、 観光地入り込み客が増えれば間接的效果あり。
候補地	県内観光地、飲食店集積地区、大型直売所

表 16 あきた型農商工連携モデルの計算例

前提	表12と同様
需要想定	県内観光地の飲食店、宿泊施設とのマッチング。ビジネスとして成り立つためには、最低でも工場1つが稼働できなければならないので、供給能力から考える。
供給能力	1日1400株供給できる(観光地図1つでの需要では1工場の供給能力に満たない可能性あり)。
計算例	田沢湖高原や玉川地区はそれぞれ年間60万人宿泊する。その他温泉地は20万人を切る。周辺飲食店30カ所(1日80人)として2,400人、1人1食1/5株、1日1飲食店は300日供給。宿泊と店舗で264,000株消費(ここでは都市部の一般飲食店への供給は想定していない。分散し、ニーズもばらばらな個々の飲食店への供給は物流に難有りと判断)観光地図1つに対応なら工場規模は想定1/2でよい。周辺施設園芸経営や露地野菜経営と協力して、できるだけ供給品目数を増やし、取引メリットができるようにする。観光地のメニュー開発に協力し、秋田型拠点の商品開発との連携も視野に入れる。地域の食品卸などとの連携で物流の効率化を追求する。必要に応じて冬場などの品揃え不足期に直売所に供給可能。1工場(想定規模1/2)で1億円の粗収益。周辺でプラス10品目、1品目2,500万円で2.5億円(平均単価200円で1品目500個、主に春～年内250日出荷)

イチェーンを検討する。第6に、供給量やニーズに応じて野菜カット・パッケージ企業と連携する。

### 6. 地域モデルの構築に向けた課題

本稿で示した地域モデルはラフなプロトタイプであるが、植物工場の大きな生産能力の活用が課題となることが明らかとなった。最後に、より具体的な地域モデルの構築に向けた課題を3点挙げる。

第1に、具体的な地域モデルの構築には本稿で示した条件の現実性の検討が必要である。例えば、各モデルで想定した各種施設、観光地や周辺飲食店等に実際にニーズがあるか否かの検討などである。

第2に、誰がトータルなビジネスモデルを描くのが肝心である。種々のサポートを得るとしても、基本的には事業を想定する民間の事業主体が実情に即したモデルを描くことが重要である。地域モデルの経済性の判断についても同様である。主に事業主体が投資のリスクを背負うことになるからである。

最後に、植物工場建設でコンフリクトが生じる可能性のある産地のステークホルダーと、事業段階に入る前から調整・合意形成を行うことが重要である。

### 文献

秋田県. 「秋田の伝統野菜」. あきた食の国ネット.  
[http://common.pref.akita.lg.jp/aktshoku/know/index.html?article\\_id=318](http://common.pref.akita.lg.jp/aktshoku/know/index.html?article_id=318)

秋田県 (2011). 「平成 22 年度 障害者授産施設等における工賃 (賃金) の状況 【施設区分別】」.  
 伊藤保 「植物工場の動向と事業化に向けた課題とリスク」.  
[http://www.ares.or.jp/works/pdf/ares\\_j\\_001\\_46\\_54.pdf](http://www.ares.or.jp/works/pdf/ares_j_001_46_54.pdf)

篠原温 (2011). 「植物工場をめぐる動向」 農畜産振興機構 『野菜情報』.  
 (社) 日本施設園芸協会編 (2008). 『養液栽培のニューマニュアル』. 誠文堂新光社.  
 (社) 発明協会編 (2006). 『平成 17 年度 特許流通支援チャート (一般 23)』. 水耕栽培 (植物工場). (独) 工業所有権情報・研修館.

高辻正基編 (1997). 『植物工場ハンドブック』. 東海大学出版会.

高辻正基 (2010). 「完全制御型植物工場の現状と課題」 『S R I』 第 103 号

津田渉, 小林由喜也, 酒井徹 (2013). 「地域モデル可能性調査報告書」.  
 日本学術会議 農学委員会・食料科学委員会合同農業情報システム学学科会 (2011). 「知能的太陽光植物工場の新展開」.  
 日本施設園芸協会ホームページ  
<http://www.jgha.com/>

農商工連携研究会 (2009). 「植物工場ワーキンググループ報告書」.  
 農林水産省, 経済産業 (2009). 「植物工場の事例集」  
 三菱総合研究所 (2011). 「植物工場の立地促進に向けた調査研究業務報告書」.  
 三菱総合研究所三菱総合研究所 (2011). 「全国実態調査・優良事例調査報告書」.  
 村瀬治比古 「植物工場-技術と学術-」.  
 渡辺勝美. 「植物工場」. 食の安心・食の安全.  
<http://www.nabe-net.com/foods42.htm>

〔平成 26 年 11 月 30 日受付〕  
 〔平成 27 年 1 月 7 日受理〕

## Costs and Conditions for Introduction of the “Smart Agriculture (E-agriculture)” Plant Factory in Akita

Toru Sakai<sup>1</sup>, Wataru Tsuda<sup>1</sup>, Yukiya Kobayashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Agribusiness, Faculty of Bio-resource, Akita Prefectural University*

<sup>2</sup>*Former Field Education and Research Center, Faculty of Bio-resource, Akita Prefectural University*

In this paper, we clarify the costs and conditions for the introduction of the “Smart Agriculture (E-agriculture)” plant factories in Akita using the following contents: (1) We investigated the progress from the introduction of the plant factories in Japan to the spread. In addition, we investigated the trend of measures taken to promote plant factories and the present situation of efforts undertaken for the utility of the plant factories in Akita. There are very few plant factories; however, the use of the hydroponic system is increasing. (2) We divided plant factories into two types: the artificial type and the artificial and sunlight combination type, and we elucidated the actual situation of the management condition in Japan during 2012. (3) In research on the advanced example of three plant factories and four plant factory manufacturers, the running cost and initial cost and the increased condition of the employment opportunity became clear. In addition, for a plant factory model of 1,000 m<sup>2</sup>, we calculated the running cost and initial cost as a test. (4) Using the aforementioned test calculation, we have suggested three models for plant factory business in Akita. We estimated the income, number of employers according to each model, and relations between each model and the neighboring local agriculture from the viewpoints of the scale and characteristics of the market in these models.

**Keywords:** plant factory, Smart Agriculture, conditions for introduction, model for plant factory business in Akita