# 施設園芸・植物工場の展望

## ― 大規模化と生産性向上に向けて ―

一般社団法人 日本施設園芸協会技術部長　土　屋　　和

### 1. はじめに

国内の施設園芸は新鮮で安全、安心な農産物を供給することに大きな役割があり、また機能性農産物の生産、海外輸出、成長産業化など多方面での期待も寄せられている。一方で担い手の高齢化や労働力不足、生産コストの上昇など、様々な制約要因も顕在化している。そうした中で、太陽光型植物工場、人工光型植物工場といった呼び名で植物工場施設が新設され、農産物供給の一翼を担う動きを示している。本稿では、施設の大規模化を念頭に、本分野における今後の展望について述べる。

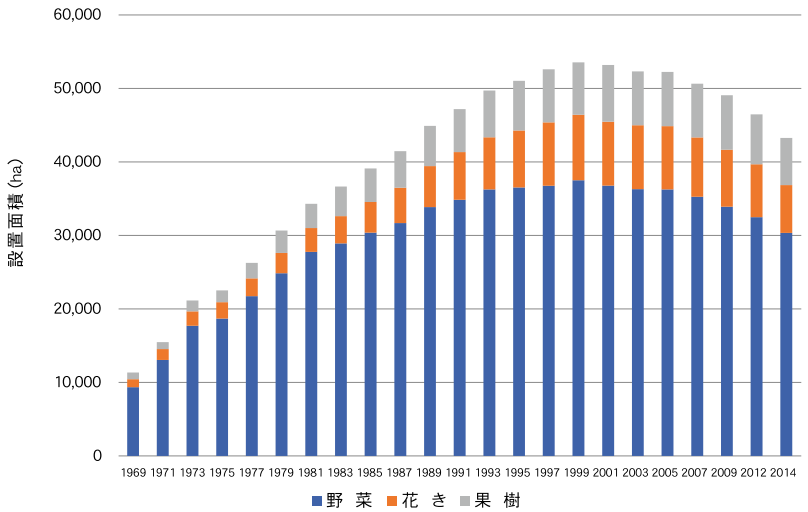
### 2. 施設園芸の現状と植物工場の出現

ガラス温室およびハウス設置実面積の推移（図－１）より、国内の施設園芸面積はピーク値である1999年の約53千haに対し、直近調査である2014年には約43千haと約81％に減少している。減少要因として、施設園芸生産者の高齢化、老朽施設の廃棄や耕作放棄があり、減少面積を補うだけの施設の新設や増設には至っていないことがあると考えられる。こうした動きに歯止めを掛けるには、新規参入の増加や規模拡大が必要と考えられる。国内の施設園芸生産者の経営規模は、数10a（10a＝1,000㎡）程度の場合が多いが、最近では1ha（＝10,000㎡）を超える規模の経営体も出現している。大規模化には初期投資の増加の問題などは見られるが、国内の生産力維持の上では欠かせないものと考えられる。

一方で、2009年から農林水産省と経済産業省が共同で開催した「農商工連携研究会植物工場ワーキンググループ」による検討によって、以下のような定義が行われた。

「植物工場は、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、水分など）を制御して栽培を行う施設園芸のうち、環境およ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、野菜などの植物の周年・計画生産が可能な栽培施設である。この概念にあてはまる栽培施設として、大きく分けると、閉鎖環境で太陽光を使わずに環境を制御して周年・計画生産を行う『完全人工光型』と、温室などの半閉鎖環境で太陽光の利用を基本として、雨天・曇天時の補光や夏季の高温抑制技術などにより周年・計画生産を行う『太陽光利用型』の２類型がある（後略）。」

これは、施設園芸の発展形ともいえる概念として両省が広義に打ち出したものとして捉えられ、その後も広く用いられている。また、この定義により従来の「ビニールハウス」や「温室」といった施設園芸でも、高度な環境制御技術と周年・計画生産が可能なものであれば、「植物工場」と呼ばれるようになった。最近では、おおむね1ha以上の比較的大規模な太陽光利用型（以下「太陽光型」という）と、完全人工光型（以下「人工光型」という）のものを中心に、植物工場と呼ぶことが多い。




出典：農林水産省「園芸用施設および農業用廃プラスチックに関する実態」

図－１　ガラス温室およびハウス設置実面積の推移

表－１　実態調査における植物工場の箇所数の推移

| | 太陽光型 | 太陽光人工光併用型 | 人工光型 |
|---|---|---|---|
| 2019年２月時点 | １６０箇所※ | ３０箇所 | ２０２箇所 |
| 2018年３月時点 | １５８箇所※ | ３２箇所 | １８３箇所 |
| 2017年３月時点 | １２６箇所※ | ３１箇所 | １９７箇所 |
| 2016年２月時点 | ７９箇所※ | ３６箇所 | １９１箇所 |
| 2015年３月時点 | １９５箇所 | ３３箇所 | １８５箇所 |
| 2014年３月時点 | １８５箇所 | ３３箇所 | １６５箇所 |
| 2013年３月時点 | １５１箇所 | ２８箇所 | １２５箇所 |
| 2012年３月時点 | ８３箇所 | ２１箇所 | １０６箇所 |
| 2011年３月時点 | １３箇所 | １６箇所 | ６４箇所 |

※2016年２月時点以降の「太陽光型」は、施設面積がおおむね１ha以上で養液栽培装置を有する施設（大規模施設園芸）に限る。

## ３. 植物工場の動向

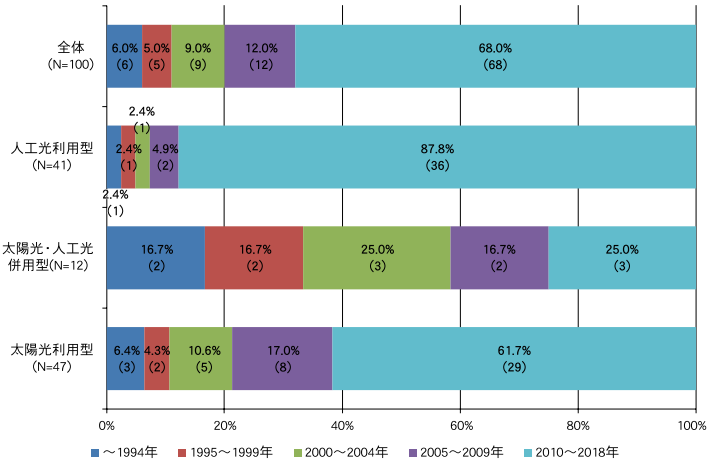
㈳日本施設園芸協会が㈱三菱総合研究所に委託し行った実態調査によると、2019年２月時点で太陽光型160箇所、太陽光・人工光併用型30箇所、人工光型202箇所、合計で392箇所となっている（表－１）。調査対象は、生産物の販売を目的として運営している植物工場とし、太陽光型は施設面積がおおむね１ha以上で養液栽培装置を有する大規模施設としている。

限られた範囲による調査のため、すべての実態を把握しているものではないが、箇所数は太陽光型において経年で増加傾向にあり、人工光型と併用型において横ばい傾向である。また、太陽光型では調査基準の変更で2016年２月時点では減少となっているが、後述の次世代施設園芸をはじめとする大規模施設は増加中とみられる。また、人工光型でも近年は施設の大規模化が進んでおり、実際の栽培面積は増加傾向の可能性がある。以下に結果の概要を紹介する。

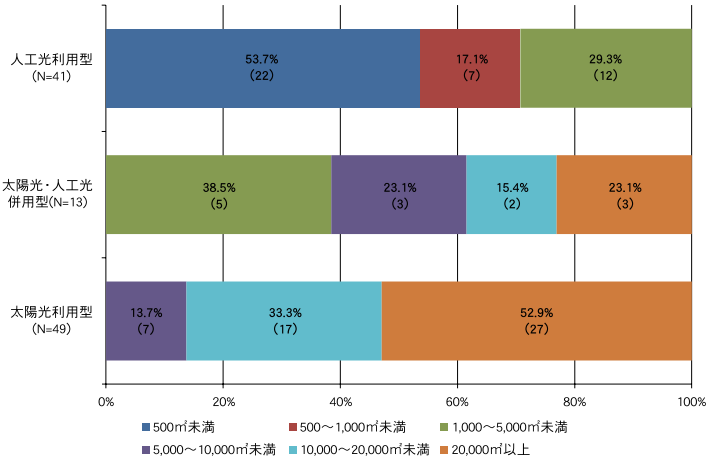
まず、栽培開始年は全体で2010年以降の割合が約３分の２で新しい経営体が多くを占めた。特に人工光型では、過半を占めていた。また、太陽光型でも新しい経営体が約６割という傾向だが、これは調査対象を１ha以上としたことから、大規模経営へ参入が多いことを反映したと考えられる（図－２）。

また、栽培施設実面積は、人工光型では1,000㎡未満が過半数で同様に小規模経営の割合が多いが、1,000㎡以上の施設も３割程度を占めている。また太陽光型では、20,000㎡以上が過半を超え大規模化が進んでいる（図－３）。

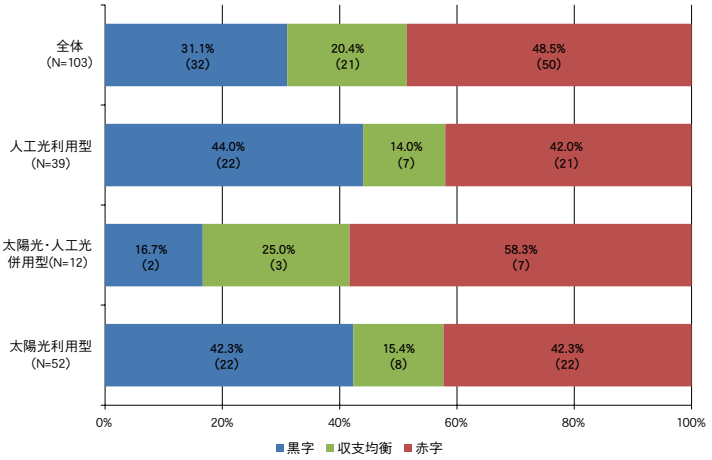
収支の傾向では太陽光型、人工光型とも黒字か収支均衡が６割程度を占め、残り４割程度が赤字となっている（図－４）。栽培開始年と黒字化についての関係を見たところ、開始年が古いほど黒字化の傾向が見られ、植物工場では生産や販売面の安定化に時間を要することが示唆された。なお、詳細は当協会の実態調査報告[1)]を参照いただきたい。




図－２　実態調査における植物工場の箇所数の推移




図－３　実態調査における植物工場の栽培施設実面積




図－４　実態調査における植物工場の収支傾向

## ４. 次世代施設園芸の展開

農林水産省では、2013年度（平成25年度）補正予算において、次世代施設園芸導入加速化支援事業を創設し、全国のモデルとなる次世代施設園芸拠点の整備を推進し、その後も事業が継続されている。2016年度（平成28年度）予算では、次世代施設園芸地域展開促進事業として、従来の拠点整備に加え、生産が開始された拠点で得られる成果の分析・整理や情報発信等による次世代施設園芸の地域展開の取組みの支援を拡充内容とし、現在、全国10地区にて事業実施中である。本事業の趣旨は以下のとおりである。

「わが国の施設園芸を次世代に向かって発展させるには、施設の大規模な集約によるコスト削減やICTを活用した高度な環境制御技術による周年・計画生産を行い、所得の向上と地域雇用の創出を図っていくことが必要である。また、化石燃料依存からの脱却を目指し、木質バイオマスなどの地域資源エネルギーを活用していくことが必要である。それらの課題を解決するため、全国のモデルとなる次世代施設園芸拠点を整備する。」

以下に、次世代施設園芸の現状を紹介

写真－１　次世代施設園芸愛知県拠点の全容（愛知県豊橋市）

表－２　次世代施設園芸拠点の栽培内容と栽培施設および地域資源エネルギー

| | 北海道 | 宮城 | 埼玉 | 静岡 | 富山 | 愛知 | 兵庫 | 高知 | 大分 | 宮崎 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 作物・栽培方式 | イチゴ（一季なり、四季なり） | トマト、パプリカ | トマト | 高糖度トマト、高糖度ミニトマト | フルーツトマト、切花 | ミニトマト | トマト、ミニトマト | トマト | パプリカ | ピーマン、キュウリ |
| | 高設栽培 | 長期多段栽培 | 低段密植栽培 | 低段密植栽培 | 長段密植栽培、水耕/土耕栽培 | 長期多段栽培 | 長期多段栽培 | 長期多段栽培 | 長期多段栽培 | 土耕栽培 |
| 施設面積（ha） | 4 | 2.4 | 3.3 | 4 | 4.1 | 3.6 | 3.6 | 4.3 | 2.4 | 4.1 |
| ハウス形状 | 屋根型連棟 | ダッチライト型連棟 | 屋根型連棟 | 屋根型連棟 | 屋根型単棟 | ダッチライト型連棟 | ダッチライト型連棟 | ダッチライト型連棟 | ダッチライト型連棟 | 丸屋根型連棟 |
| 主要地域資源エネルギー | 木質チップ | 木質チップ | 木質ペレット | 木質ペレット | 廃棄物由来燃料 | 下水場放流水 | 木質チップ | おが粉 | 温泉熱 | 木質ペレット |

写真－２　次世代施設園芸拠点でのトマト栽培（ハイワイヤー栽培）

する。事業の実施主体は、民間企業、生産者、地方自治体等からなるコンソーシアムとなり、研究機関や実需者の参加も見られる。全国10拠点の実施地区があり、いずれも数ha規模の施設面積（写真－１）であり、地産地消エネルギーの利活用、高度な環境制御技術による周年・計画生産の実施、出荷センターの併設による調整・出荷の効率化とコスト削減、地域雇用の創出などを実現する計画である。

表－２に各拠点の栽培品目と栽培方式、施設面積、主要地域資源エネルギー等を示す。その中でもっとも多い栽培品目はトマト（大玉トマト、ミニトマト、フルーツトマトなど）である。栽培方式はオランダ式のハイワイヤー栽培（長期多段栽培、写真－２）や、短期作型を組み合わせる方式（低段密植栽培）など、多様である。その他、同じくハイワイヤー栽培によるパプリカ栽培、一季なりと四季なりを組み合わせたイチゴ周年栽培、ピーマンとキュウリの土耕栽培などがある。

各拠点では表－２に示すように、木質バイオマス系を中心とした地域資源エネルギーが利用されている。これらのうち、木質ペレットと木質チップが大半で、同じく木質では、おが粉の活用もある。その他に廃棄物燃焼熱の発電利用や下水場放流水の廃熱の暖房利用、温泉熱の暖房利用など特徴的なものもある。

各拠点では、いずれも年間数100tから1,000tを越える目標収量を立てており、販路の確保や安定的な出荷が求められる。夏イチゴと冬春出荷のイチゴを組み合わせ、ケーキ用などの実需者向けに販売する例、ブランド化されたトマトを既存のルートを利用し販売する例、量販店やネットスーパーなどを中心にトマトの販路開拓を進める例、大産地での主要品目として市場中心に販売する例など、様々な販売の工夫が見られる。

## ５. 生産性向上に必要な要素

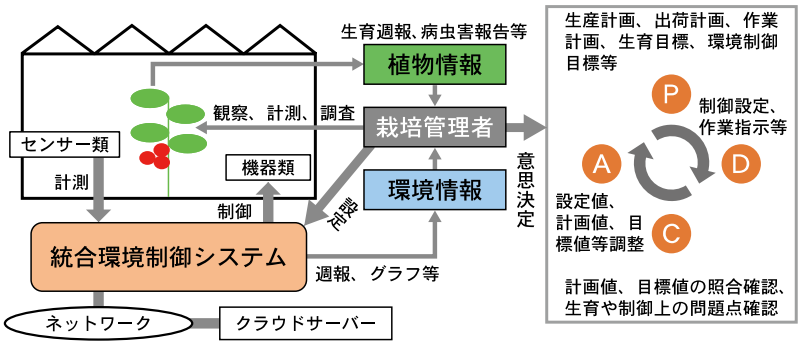
以上のように、施設の大規模化を中心に、施設園芸と植物工場の動向に触れた。そうした施設を活かし、青果物の安定供給を確保するには、生産性の向上が求められる。生産性にはいくつかの指標があるが、ここでは「施設生産性」と「労働生産性」に触れる。

### （１）施設生産性の向上

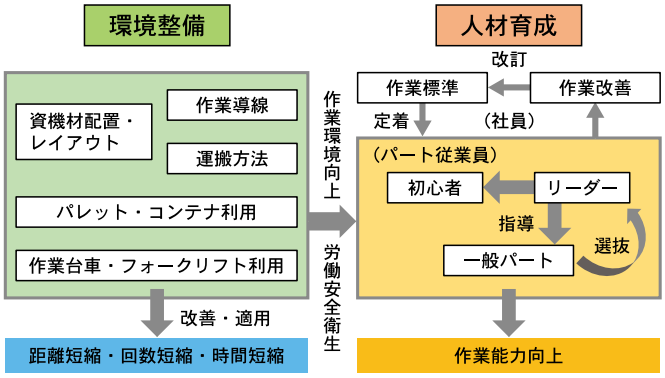
施設生産性は面積当たりの収量（kg／㎡）で表される。その向上には一定品質のもとでの収量増が必要であるが、植物生産は光合成にもとづくものであり、施設園芸では太陽光の有効利用がその基本となる。太陽光を効率的に植物が受光できる誘引方法として、誘引線位置を高め植物を垂直に誘引するハイワイヤー栽培がトマト等の果菜類で盛んにおこなわれている。そのために必要な高軒高温室（軒高は概ね５m以上）の導入も進んでいる（写真－２）。

こうした栽培施設を導入するとともに、温室内の環境を植物の生育に適するよう調節し、収量を高めるような統合環境制御システムの利用も進んでいる。このシステムは多数のセンサーからの情報を元に、同時に多数の機器を統合的に制御し、さらにネットワークやクラウド経由での監視制御やデータ利用も可能としている。

さらに最近では、こうしたシステムの




図－５　施設生産性向上のための環境情報と植物情報を中心としたPDCAサイクルの例




図－６　労働生産性向上のための環境整備と人材育成の取組み内容

利用と合わせて、植物の生育状態や生育環境の見える化の技術も発達している。生育情報や環境情報をグラフやチャートに整理し、生育や制御上の問題点の発見に役立てるもので、様々な意思決定のための PDCA サイクルに組み込まれている（図－５）。

### （２）労働生産性の向上

労働生産性は、投入労働力（人工）当たりの収量（kg /h）で表されることが多い。この向上には、投入労働力を抑えながら収量を向上することが必要となる。そこでは植物や栽培環境以外の労働力、作業機器、作業環境、労働安全衛生などの要素を管理し、従業員が作業をしやすいよう環境整備を行うことがある。また作業能力を高めるような指導や支援といった人材育成を行うこともある。

環境整備面では、作業のムダを省くような資機材の配置や運搬方法、作業導線の検討などが重要である。１ha 規模の温室では主通路が 100 m程度となり、人やモノの移動距離や移動時間が増大する。収穫物や植物残渣の運搬移動では、取りまとめて運び移動回数を少なくする工夫も必要である。また資機材の置場を確定し、作業導線も短縮化するような農場全体のレイアウトの検討も必要である。さらに労働安全面の配慮も重要となる。

人材育成面では、従業員個々の作業能力の向上と、指導者や管理者の育成の両面が重要である。一般に初心者と熟練者では作業能力に数倍の格差があるといわれ、初心者の能力を早期に高めることが労働生産性向上のポイントである。規模拡大の中では、作業方法や指導方法を標準化し、組織内に定着させることも求められる。また指導は、少数の社員が多数のパート従業員に対し行うのではなく、リーダー的なパート従業員を経て行うのが効率的である。中間層に当たるリーダーは、作業能力や人柄、勤務時間帯などから選抜し、適切な処遇も行う必要がある。規模拡大した農場での人材育成は、このように組織的に行う必要がある。

以上の環境整備面と人材育成面での課題を整理すると図－６のようになる。図－６左側の環境整備は、労働生産性の分母（作業時間）を減らす効果があり、図－６右側の人材育成は分子（収量）を増やす効果があると考えられる。先進的な施設園芸経営体では、こうした課題について常に改善の取組みが行われている[2)]。

## ６. おわりに

以上のように施設園芸、植物工場の分野において、大規模化が進展しており、そこでの生産性を高めることで農産物の安定供給に資することが可能と考えられる。そのためには、適切な施設整備を行うことの他、栽培技術や生産管理技術の向上、ICT の活用による情報管理技術の導入、労働生産性を高めるための高度な人的資源管理など、多面的な取組みが求められる。農業は総合的な産業であり、各方面の技術やノウハウの適用が可能な場面も多い。今後はそうした交流も重要と考える。

**【参考文献】**

１）大規模施設園芸・植物工場　実態調査・事例調査（2019）、日本施設園芸協会
２）大規模施設園芸・植物工場　導入改善の手引き（2019）、日本施設園芸協会
※いずれも、日本施設園芸協会ホームページ http://www.jgha.com　にて公開。