

## 革新的技術開発・緊急展開事業（うち技術開発・成果普及等推進事業）成果報告書

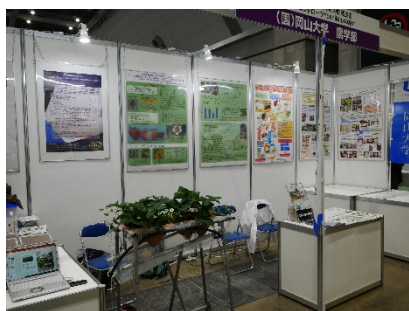
岡山大学 環境生命科学研究科 准教授 安場健一郎

### ①普及交流活動資料

#### a) シンポジウムの概要

2017年1月に発足した低コスト施設園芸研究ネットワークで議論してきた、いかにして施設園芸にかかるコストを低減して持続的な生産を維持するかをテーマとして、2018年12月6日にシンポジウムを開催した。西日本農業研究センターが代表の経営体強化プロジェクトのセミナー、アグリビジネス創出フェアにおけるチラシポスター等を利用したシンポジウムの実施の告知、ホームページでのシンポジウムの周知を実施した結果、最終的に研究者・生産者・一般企業の方を含めて70名を超える参加者があった。近畿大学の星教授に「中小規模施設のスマート化達成に向けた低コスト環境制御システムの研究開発課題」のテーマで講演があり、近畿大学が中心となって実施している環境制御の低コスト化、スマート化の取り組みに関して紹介があった。その後、明治大学の小沢教授より「作物視点の環境制御」のテーマで講演があり、灌水・施肥制御タイミングの重要性や細霧冷房、遮光制御技術などについての紹介があった。果実堂の高瀬氏より「生産者の立場から見た施設園芸の課題と今後の期待」のテーマで講演があり、有機ベリーーフ生産に必要な施設栽培技術、環境制御、今までの農業生産に対する機械化等を駆使した効率化の取り組みについて紹介があった。その後、本事業への参画者による、各機関が保有する施設園芸の低コスト化に資する技術紹介があった。また、本事業で実施しているアンケート結果の中間とりまとめについて岡山大の安場が報告した。その後、総合討議を行い、今後も施設園芸の低コスト化に関して取り組みをしていくことが重要であることを再確認した。また、昔の研究で重要なもので忘れられているものがあるのではないかといった意見もあった。

シンポジウム終了時にアンケートを実施したが、有効回答数の94%の人がまた同様の取り組みがあれば参加したいと回答しており、参加したくないと回答した人も0人であり、多くの参加者にとって有益な機会となったとおもわれる。



アグリビジネス創出フェアでのポスターによる、シンポジウムの開催告知



シンポジウムでの講演の様子

## b) 得られた成果および今後の課題

今回のシンポジウムへの参加者で、さらに今後、どのような研究開発を進めるべきかを議論し、まだ十分な環境制御が実施されていない葉菜類の施設栽培用の環境制御技術の開発、施設園芸用コントローラを安価にすれば適応品目が広がるため、どのようにして安価なコントローラを開発していくかが重要との認識があった。そこで、これらの2課題を福島大学の深山准教授、岡山大の安場准教授が、それぞれ、「ICTを活用したハウス栽培葉菜類の簡易環境制御システムの開発」「地域施設の戦闘力を増す現場の声を結集したスマートコントローラの開発と利用技術の構築」として取りまとめて、「イノベーション創出強化研究推進事業」に申請を行った。今後の課題として「知」の集積研究開発プラットフォームを、低コスト施設園芸研究ネットワークを母体として構成したいと考えた。他のプラットフォームとの意見交換の実施等を含めて、今回の参加者の意見の重要性をアピールしていく必要があると考えられた。この件については、平成31年2月8日に低コスト施設園芸研究開発プラットフォームを発足させ、活動を開始した。

## c) シンポジウムで配布した資料

別添1

## d) 議事録、アンケート結果等

### あ) 議事録

- ・星教授、小沢教授、高瀬氏の順に講演を行い、それぞれの講演の後に質疑応答を行った。
- ・今回の事業への参画者が保有する技術について5分程度ずつでプレゼンテーションを行った。質疑の時間はないため、問い合わせ等は個別に対応をお願いした。
- ・安場准教授により本事業のアンケートの中間とりまとめ結果を報告した。
- ・最後に総合討議を行い、本セミナーの趣旨を再確認した。また、過去の研究を一度見直すことも重要で現役を引退された研究者の意見を聞いてみる機会も設けてみるのも良いのではないかといった意見が出された。

### い) アンケート結果

別添2（シンポジウム自体のアンケート）

## ②課題背景整理・情報収集活動資料

### e) 対象領域での生産者のニーズ

岩手・和歌山・大阪・岡山・広島・香川・徳島・島根・山口・宮崎の生産者（150名）に「低コスト施設園芸の普及に関するアンケート」を実施した。そのアンケートの中で作物を生産する上で問題となっている項目を調査した。まず、問題となっている項目を3つあ

げてもらったところ、「病害対策」、「夏期の高温対策」、「施設の建設コスト」の順であった(第1図)。また最も問題となっている項目をあげてもらったところ、「施設の建設コスト」、「夏期の高温対策」、「虫害対策」の順であった(第2図)。「施設の建設コスト」を選んだ生産者からは、近年の資材費高騰により施設の建設コストが増加しており、栽培規模を拡大したくてもできないという意見が非常に多かった。また、「夏期の高温対策」を選んだ生産者からは、近年の異常気象ともいべき夏の高温により品質・収量の低下に悩んでいるという声が多くみられた。また、高温対策については「環境制御」にも含まれるため、広い意味では「環境制御」の重要性が再認識された結果となった。「虫害対策」が上位にランクインしたのは、ハダニに悩むイチゴの生産者が、最も問題となっている項目として「虫害対策」をあげたことによる。また、「病害対策」に関しては、最も問題となっている項目として選んだ生産者は少なかったが、問題となっている項目を3つまであげてもらった質問では一番多くの票を集め、幅広く生産者を悩ませているということが伺えた。これらの問題を解決できる技術を開発することが、生産者から求められているニーズであると思われる。

別添3として生産者から聞き取ったアンケートとりまとめ結果を提出する。

#### f) 生産条件の現状整理・将来想定

日本の人口は現在1.2億人であるがこれから、減少が予想され2050年には9500万人程度になると予想されている。一方高齢化社会はこれからも進み、2018年に生産年齢人口が60%を割り込み、2050年ころには約50%になると想定されている。農林水産省の統計「農林業センサス」によると、平成7年には2560千人だった期間的農業従事者数は20年後の27年には1754千人で30%を超える減少となっている。農業生産額はそこまでの減少していないため、日本の農業は急速に効率的な生産体系へと変化してきたと考えられる。ただ、基幹農業従事者の平均年齢は男性女性とも66才を超え、農業従事者数の49歳以下の割合は平成27年には10.5%以下であり、他の産業に比べても著しい高齢化が進んでいるといえる。この状況を考えると、農業従事者の平均年齢が今後も高く推移することが想定される。今まで、高齢化に対して機械化などの省力化などで対応できてきたが、これからも省力的な栽培方法、高齢者が働きやすい栽培環境の構築などが最重要の課題であると考えられる。施設園芸の面積も長らく50000ha以上を維持していたが、近年は50000haを割り込み縮小傾向が今後も続く可能性がある。これから10年間の間は人口減少・高齢化時代の施設園芸生産の構築に関して取り組むことが重要で、農業従事者の減少が人口の自然減を上回るペースで進むことから、今まで以上に効率的な生産が必要になるとおもわれる。現在でも、中山間の産地で雇用が難しくなっているのが現状で、人を雇用する代わりに、ロボット、自動環境制御、働きやすい施設園芸施設の整備などを行って生産を効率化していく施設園芸のスタイルに変更する必要がある。

g) 技術開発に関する現状・課題・動向、将来想定

施設園芸の技術開発については、植物工場が普及しはじめた5年ほど前から、生産性の向上技術について様々な研究が実施されている。特にCO<sub>2</sub>施用は、安価なCO<sub>2</sub>センサの普及とともに注目が集まり、多くの公的機関でCO<sub>2</sub>施用の効果を確認している。細霧冷房についても、高温期の施設内環境を改善するための効果が期待できるため、広く研究されてきた。また、作物収量を解析するモデルについても、光合成積み上げ方のモデルがリアルタイムでも利用できるようになり進展が進んでいる。複合環境制御を簡単に実現するための一つの手段として、ユビキタス環境制御システム（UECS）が注目され自作でも環境制御システムを構築可能なシステムとして普及がすすんだ。またICT利用技術については、クラウドを利用した自動灌水システムなどが実用化し、手動灌水やタイマー灌水から一步進んだ技術が普及し始めようとしている。局所暖房技術や高断熱な被覆資材の開発が進み、ヒートポンプの運用方法が開発され普及し始めたため、省エネルギー技術にも進展がみられた。可視光を透過するが赤外線を反射する被覆用のフィルムなども実用に近いものが開発され始めた。イチゴの自動収穫ロボットや自動走行のトラクターなどの開発が進み、省力的な技術開発が行われている。足場パイプハウスを利用した自家施工可能な低コスト施設が開発され施工方法がマニュアルとして公開された。地域資源を有効活用する取り組みとして、木質バイオマスを利用した暖房機の開発、材木を構造材に利用した木骨ハウスなどの開発が行われた。

現状の課題としては、アンケートで挙げられている項目を最優先に考えるべきであろう。

高温対策は高齢者に優しい栽培を考える上でも重要である。高温対策は、環境制御とセットで対策を考えるべきであり、今後、日中は細霧冷房、遮光技術、局所冷却などを複合的に組み合わせた環境制御が開発され普及していくことが期待できる。夜間冷房については、バラなどで品質向上が確認され普及しているが、他の品目についても、省エネルギーに配慮した効率的な冷却技術の開発が求められるであろう。施設内作業者の労働環境を考慮するとスマートウォッチなどを身に付けて、無線で心拍数などのモニタリングを実施して労働負荷を管理するようなことも必要になるとおもわれる。

病害対策については、湿度コントロールが重要であるためこれに関しても環境制御技術と関連して対策をおこなう必要がある。湿度センサーの値によって、過湿にならないように換気を行うとともに、ハウス内の温度を維持できる効率的な手法の開発なども重要なテーマとなるであろう。言うまでもないが、今後とも育種的手段で解決を進めることも重要である。

施設の建設コストの問題も重要である。一つはメーカーが安価に建設する手法を開発することが重要であると考えられる。もう一つは、足場パイプハウスの用に自家施工しやすい技術開発を今後進めることが重要であると考えられる。解決策が難しいのが現状である

が、ハウスが更新できずに困っているという声を良く聞くため、今後とも研究開発を実施していくことが重要である。

虫害対策については、ハダニ、スリップス、コナジラミなど難防除性の害虫対策が重要となる。天敵のよりよい運用方法の開発がこれから必要になるとおもわれる。環境制御技術と協調して対策を行う技術開発も必要となる可能性がある。

冬期の低温対策については、加温設備が導入されていない施設では、たとえば燃焼式のCO<sub>2</sub>発生装置など補助的に暖房として利用し、効率的な運用方法を開発することも重要かもしれない。ヒートポンプ暖房と温風暖房についてはハイブリッド運転の効率的な運用方法が開発されているが、温湯暖房など他の組み合わせについてはあまり研究が行われていないため、このような視点での研究開発も必要ではないかとおもわれる。

労務管理については、これからの高齢化の時代でさらに今後問題が大きくなっていく可能性が高い項目である。そういった意味でも、施設園芸作物では特に収穫調整に大きな時間を割かれるため、ロボット技術やAIを駆使して収穫労力を削減するための取り組みがますます重要になろう。また、また、施設栽培の生産現場では換気扇が設置されている施設も15%程度であり、手動でハウスの温度制御を実施している施設もまだ多い。環境制御の省力化の余地は大きく、可能なところから自動化してより効率的な生産に改革していくことが必要であろう。また、生産システムをより効率的なものに変化させ施設生産を魅了するものにしつつ、若手にとって農業生産に注目するようにすることが重要で、さらには、その中から人材を育成していくことが必要であろう。幸い、若手にはICTなどに抵抗感がないため、この世代が農業に今まで以上に注目する時代がくれば、農業の効率の飛躍的な向上が望めるのではないか。

環境制御を問題としてあげている生産者はそれほど多くはなかったが、上記の問題の解決方法で施設の環境制御で対応できるものが、実はほとんどである。灌水制御やランニングコストの問題も環境制御に関係する。そのため、育種などの手段と協調して施設生産の最大の特徴である環境制御技術の開発を今後も進めていくことが重要であると考えられる。

将来展望としては、(あ)植物工場的な生産技術が開発されている、主に果菜類などの技術開発、(い)葉菜類など今まで積極的に環境制御が実施されてこなかった品目についての技術開発、(う)今まで露地で栽培されていた品目を施設で栽培するための技術開発に分けて考える。

(あ)については、トマト、イチゴ、キュウリなど研究が進んでいる品目を他の品目でも適応できるような技術開発を実施していく必要がある。また、先進的な生産技術が開発されている品目については、生育モデルなどと組み合わせた、安定多収生産技術をどのように構築していくかについて、環境制御の研究などとセットで行う必要がある。最も、研究例が多いとおもわれるイチゴやトマトについては、ロボット利用技術などについてさらに研究を進めて実用化が進むようにするべきである。

(い) については、人力で換気制御などを実施している品目の産地は、これから先、産地の維持が難しくなるようなケースも増えてくるのではないかとおもわれる。葉菜類などは特にそのような施設が多い。そのため、葉菜類栽培施設などに環境制御を導入しても十分に経営的に成り立つような、単純な換気制御だけにならないような制御方法の開発が重要になると考えられる。葉菜類は、灌水制御が重要であり、より緻密な環境制御により生育をコントロールすることで作付け回数を増やすことが可能になるかもしれない。これらを含めて、効率的な環境制御技術の開発が必要になる。環境制御コントローラもモニター機能付のものの導入を進めるべきであり、そうでないと、技術の復元をすることが難しくなる。そのためには ICT 利用型のコントローラの更なる低コスト化が必要である。多くの作物で同じ形式のコントローラを導入し使い勝手や、必要な機能について議論を進めることが重要で、議論の内容をコントローラに反映することで、多くの人が簡単に使える有用なコントローラになると考えている。

(う) については、環境制御システムの低コスト化、環境制御の高度化が進むと、従来、露地で栽培していた品目についても施設栽培の可能性がでてくるであろう。これについては、今後、研究レベルで様々な作物を聖域なく施設で栽培してみて、今後導入の可能性があるかどうかを検討しておくことも、今後必要になるとおもわれる。

### ③ 展望とりまとめ活動資料

- ・対象領域の生産が持続可能となるような将来像の設定

「低コスト」で ICT や AI を導入し、生産の効率化、省力化、高付加価値化を実現している。具体的には、熟練農家の栽培技術がデータ化（数値化）されており、新規就農者はそれを見本に栽培を行っていくことで、経験年数が浅くても高品質・高収量な生産を実現させることができるようになってきている。また、自身の栽培データについても蓄積させ、AI に学習させることで、さらなる栽培技術の向上・改善を半自動的に進めていけるようになってきている。

「病害対策」、「虫害対策」については、予防と早期発見の技術が進んでおり、被害を最小限度に留めることができている。「夏期の高温対策」については、光合成有効放射を減少させない遮光資材、細霧冷房と低コスト化および能力が向上したヒートポンプを用いた冷房の組み合わせで対処している。また、夏期の高温は厳しさを増しており、熱中症回避の観点から、比較的気温が高くない夜から朝にかけて農作業を行うようになってきている。「施設の建設コスト」については、自力施工で施設を建設するための手引きが作成され、多くの農家が業者に頼らずに施設を建築・増築し、栽培規模の拡大が今よりも容易に行えるようになってきている。

現在、手で換気を実施しているような施設で、自動的に環境制御が実施され、産地の維持が問題となっている現状が解決されている。また、安価な ICT 利用型環境制御コントローラが普及し、施設で生産される品目が増加している。

・将来像を実現するために対象領域において今後 10 年間に取り組むべき研究開発の目標、対応方針の提示

②ーg) 技術開発に関する現状・課題・動向、将来想定で示した個別の研究開発以外の項目を以下に示す。

生産者が環境計測・制御機器などを自力で組み立てることができると、低コストで ICT や AI を導入・活用していける。そのためのマニュアルを作成する。自作するにあたって推奨される部品やセンサーとその価格などを掲載した表や作業手順などをできるだけ専門用語をかみ砕いた形で分かりやすく説明したものが望ましい。また、測定したデータをモニタリングかつ考察して、生産者にフィードバックしてくれるソフトウェアを開発する。そのソフトウェアに熟練農家の栽培技術がデータ化（数値化）されたものを組み込むことで、生産者のデータと比較して、差を埋めるようなアドバイスを出させる。

「病害対策」、「虫害対策」については、予防技術と早期発見技術の二つを開発する。まず、予防技術としては上記のソフトウェアでモニタリングした環境データから、近いうちに発生する可能性が高い病害・虫害を警告し、対策方法を提案する。早期発見技術としては、AI に病虫害の症状を画像で学習させ、それをソフトウェアに組み込み、病虫害が発生したときに早い段階で生産者に知らせるようにする。「夏期の高温対策」については、光合成有効放射を減少させない遮光資材の開発とヒートポンプを改良・低コスト化する。また、熱中症回避の観点から、夏場は比較的気温が高くない夜から朝にかけて農作業を行うことを推奨していく。「施設の建設コスト」については、自力施工で施設を建設するための教科書を作成する。推奨される資材（海外も含む）とその価格などを掲載した表や作業手順などをできるだけ専門用語をかみ砕いた形で分かりやすく説明したものが望ましい。

・研究開発の目標に向けた道筋、進捗段階の目安となるスケジュールを示したロードマップの作成

別添 4