

出典:令和3年度データ駆動型農業の実践・展開支援(スマートグリーンハウス展開推進)事業報告書(別冊2)
「スマートグリーンハウス転換の手引き～データ活用と実践の事例～」令和4年3月

2. スマートグリーンハウスへの転換の考察

スマートグリーンハウス検討専門委員会による現地調査等で得られた知見など、各委員による考察を記す。

2.1 スマートグリーンハウスへの転換についての考察

東出 忠桐(農研機構)

(1) スマートグリーンハウスの成功事例

スマートグリーンハウス検討専門委員会で行った現地調査から、まず、いくつかの成功事例を紹介する。

いわて若江農園は、エンジニアだった若江氏が地元に戻って新規就農し、70aのハウスで社員3名、パート12名を雇用してトマトを生産している。冬春用と夏秋用の施設を用い、桃太郎系品種を中心に周年生産を行っている。収量実績は大玉40t/10a、ミニ24t/10aとかなり高いが、目標はそれぞれ60t/10a及び36t/10aとさらに高い。工学系出身を生かして環境制御や作業管理について合理的な改善を進める。雇用者のマネージメントとしても、一般によく行われている朝礼は行わず、回覧その他で情報伝達を行う仕組みを構築している。規模拡大は20a程度ずつであるが、計画的であり着実でもある。昨年建設した最新施設についても隣接施設の更新時のため、中央通路や給液設備等を連結・利用できるように作っており、将来を見据えたものである。冬季の凍結や積雪への対策は他の地域にはない工夫であり、寒冷地の施設園芸において大いに参考になると思われる。冬春と夏秋を組み合わせた周年生産は販売や雇用にとってメリットが大きい。病害虫が問題となりやすいので、防除対策等の徹底継続が重要である。

長崎県のイチゴ生産は、県北地域で品種‘ゆめのか’を環境制御施設で栽培し、県南地域において土耕中心に‘恋みのり’を栽培している。JAながさき西海平戸地区いちご部会は県北地域に位置したイチゴ産地である。振興局が中心になり、世代別営農モデルや方針を作成し、新規就農の確保と育成を進めてきた。少数精鋭の環境制御勉強会を設立して取り組みを広げた。その結果、元々4.5t/10aであった平均収量がわずか4年で6.7t/10aに増加し、部会として県下一位となった。同部会の橋本氏は26aの施設で県最高単収の9.7t/10aを達成しており、環境制御及び灌水の技術が高いことがうかがわれた。副部会長の植木氏も環境データは常にスマホで確認するとのことであり、環境計測・制御が部会内生産者の基本となっていた。

福岡県のJAみなみ筑後瀬高なす部会は、通常のパイプハウス、土耕栽培で、ナス‘PC筑陽’を生産する(地区平均18t/10a)。生産部会長の井上氏は、従来技術に疑問を感じ、環境計測を相互に比較しあうスタディークラブとしてあぐりログ研究会を設立した。植物生理の理解に努めて栽培管理に応用した結果、井上氏は27t/10aといった国内有数の高収量を得ている。現在、普及センターや試験場とともに切り戻し管理を見直しており、従来の「一芽取り法」から葉面積指数(LAI)管理の方向に変わりそうである。近年の瀬高ナスの巻き返しは、単為結果品種‘PC筑陽’の導入だけでなく、栽培生理理論の実践による貢献が大きいといえる。

以下は本手引きには掲載していないが、現地調査先で伺った高知県の先進経営の例である。安芸市でナスを生産する宮崎氏の施設でもSAWCHIの実証が行われる。スマートグリーンハウスAWARD2022大賞を受賞した宮崎氏は、ナス生産の大規模化と契約栽培で雇用型の経営を進めている。収穫時の切り戻し等、従業員への指導が課題とのことであり、作業管理アプリを導入したところである。また、芸西村の白石氏はフェンローハウスでロックウール耕と土耕でナスを生産する。両氏とも全農ゆめファームプロジェクトと連携し、ナスのつる下ろし栽培の実証試験に取り組んでいる。安芸市でピーマンを生産する(株)尾原農園は、フェンローハウスによる生産を軸に計画的な規模拡大を進めている。芸西村でフルートマトを生産する新田氏は、就農したばかりの1作目であるが、データを活用しつつ栽培管理も行き届いていた。南国市の(株)下村青果商会は、グループ4名、3haで生産するキュウリを中心に、ナス、ピーマン、ニラ等の販売を担う。下村氏自身も112aでキュウリを生産し、35t/10aの高収量を上げており収益も高い。コストに対する感覚に優れ、不要な設備と投資すべき設備を区別した経営が特徴的である。

徳島県牟岐町・美波町・海陽町のきゅうりタウン構想は、生産者減少に対応するために2016年に始められた。JAが1haのレンタルハウスを準備し、養液栽培と環境制御を導入して移住就農者を募って話題を集めた事業である。当初、一戸30aの経営を目指したが、実際に収量が増えると家族2人の労力では17aが限界のようである。ハウス建設費の高騰のため、新規施設の建設が課題である。(株)熊谷ファームは徳島県と高知県にまたがり、ナスを中心に生産する。熊谷氏は、ベトナムでの技術指導経験もあり技能実習生も多く、発展が著しい。販売部門を「四国の野菜」という別会社として立ち上げて販売業務を展開している。

(2) 成功事例のポイント

スマートグリーンハウスには、環境制御の導入は必須である。従来の経験と勘による農業では、生産者ができることはわずかでせいぜい土づくりと肥料や水やりだけであった。このため栽培管理上の改善余地は小さく、年によって違いはあるものの何十年も収量増加は見られなかったといえる。ところが、環境計測を導入することによって、経験と勘で行ってきた栽培管理がデータから解析可能になった。植物生理学的にみても、温度や光等の地上部環境に対する作物の反応は、土や肥料に対する反応と比べて、素早いし反応幅も極めて大きい。環境制御によって、生産者が作物をコントロールできる幅も大きく広がったのである。

しかし、環境制御によるコントロールは直接、作物をコントロールするわけではなく、制御するのは施設内の機器とその結果である温度等の環境要素である。その時々々の温度や湿度等の環境要素には正解といったものはなく、詳細な基準や指標もないのが実状である。環境要素と作物の生育をうまく関連付けて、施設内環境と作物を生産者がコントロールできた場合のみ生産性が向上して収量が増加するのである。施設内機器運用によって目標の環境を実現できない場合、また、環境と生育との紐づけができない場合には、生産性は向上しない。同じ地域内で施設や設備にも大きな違いがないはずなのに、生産者間で大きな収量差がみられるのは、このためである。環境制御が普及するにしたがって生産者間の差は以前よりも大きくなったといえる。

先に紹介した成功事例は、機器運用によって目標環境を実現し、生育と環境とを紐づけてフィードバックに成功した事例であるといえる。このうちの前半部分、すなわち、目標環境のための機器運用は、計測データと機器設定を確認することで、多くの場合、比較的短時間に可能となる。しかし、生育を環境

に紐づけて環境設定に反映させることは容易でない。作物の草姿や状態に正解はないため、たくさんの生育調査を行っても基準や指標は出てこないのが普通である。成功事例では、生育に重要な環境データをうまく選び出せたといえる。少数精鋭のデータ分析から、また、栽培上級者とそうでないものとのデータの違いから手探りでよいと思う条件を探し当てたといえる。JAながさき西海平戸地区いちご部会では、県最高単収の橋本氏の環境や栽培管理をお手本にして、環境データや生育調査結果を共有したことが短時間の収量増加に貢献したといえる。春野キュウリ部会でも収量30t/10a以上の生産者をモデル農家として改善を図っている。瀬高なす部会では、植物生理の観点からLAIの推移に着目し、栽培管理方法や環境制御を見直している。これらには生産者や普及員のセンスに左右される部分も多いが、植物生理を基本においたアプローチが成功に至ったと考えられる。

先に述べたように同じような施設・設備でも収量や収益に大きな差がある。施設や設備を「使いこなす」ことも、成功事例のポイントである。同一地域内に上級生産者がいる場合は、そのレベルまでは機器の運用や栽培管理だけでレベルアップが可能だといえる。一方、使いこなせない施設や設備は無駄を生み出し、経営の弱点になるともいえる。補助金によって施設・設備を導入する場合、時としてオーバースペックなものとなることがある。先に述べたナスの熊谷ファームやキュウリの下村青果商会は、経営におけるコスト意識に優れており、必要な設備やスペックを厳選して、不要な設備は導入していない。この点が良好な経営を拡大できるポイントであるといえる。必要な設備やスペックは、地域、作目や販売戦略によって異なることから、慎重な見極めが重要となる。いわて若江農園のように、次の施設更新も見込み、計画的に規模拡大を進めることも重要である。

(3)さいごに

環境制御の利用にあたって植物生理をある程度、理解する必要はあるものの、根拠のないことも広く信じられている。例えば、気孔や転流は光合成や生育に大きく関与することから、これらを湿度制御や温度制御でコントロールすることが収量増加につながる、といったストーリーがある。これらは全くの間違いではないが、気孔や転流が収量を抑制している状態は一時的な場合が多い。このため、これらの改善を意識した制御によって収量増加を果たせるかは、外部条件や生産者の技術レベルによって異なる。筆者らは、温度のみ制御する「慣行区」と、細霧システムやCO₂濃度を制御する「制御区」を設けたキュウリの栽培試験を3年間にわたって行い、各気象要素の収量に対する影響を解析した(東出ら、2022)。その結果、室内日射が収量に最も影響を与えており、次いで昼間のCO₂濃度が収量に影響を与えていた。一方、相対湿度や飽差をコントロールした湿度制御が、収量へ与える効果は確認できなかった。生産者としては、いろいろな話を鵜呑みにするのではなく、自分のデータと確認し、信頼できる専門家に意見を求めることが必要である。

高価な施設や設備を導入すれば必ず成功する、とはいえないのが現時点の施設園芸である。環境制御による栽培管理では、データがどんなにたくさん集まってもうまく活かせないことは多い。成功事例では、栽培管理や経営センスに優れる人がいたからこそ高収益化に成功したといえる。施設園芸において、どのような環境や栽培管理を目指せばよいかは難しい。これを解決するため、筆者らは、環境条件を変えたら生育や収量がどうなるのかシミュレーションできるNARO®生育・収量予測ツール(トマト、キュウリ、パプリカ)を開発した。環境条件を変えたシミュレーションを行うことにより、有利な条件を選択する栽培方針の決定に利用でき、収量アップにもつながる。このツールは農業データ連携基盤(WAGR I)を介して利用可能であり、現在、企業による試験利用の参加を募集中である

(問い合わせは NARO_business_collaboration@ml.affrc.go.jp まで)。今後、このような生育予測を用いた環境制御や栽培管理が広がっていくものと思われる。

引用文献

東出忠桐・小田 篤・安 東 赫・後藤一郎・藤尾拓也・鵜生川雅己・相山幹司・山崎浩実. 2022. 環境制御下のキュウリの短期栽培における収量に対する気象要素の影響. 園学研. 21(1), 17–25.

農研機構. 重点普及成果 施設園芸作物の生育・収量予測ツール. 農研機構HP
https://www.naro.go.jp/project/results/juten_fukyu/2018/juten06.html

WAGRI. 収量予測API: GetYieldPrediction. WAGRI HP
<https://wagri.net/ja-jp/wagriapi/methodinfo/23c82953-9bcb-47ac-9d88-4d33bd2b0668>

2.2 生産管理とデータ収集・活用

大山 克己(大阪府立大学)

はじめに

スマートグリーンハウス(ここでは、中小規模から大規模まで含めた経営体をひとまとめにして取り扱う)においては、その経営を維持し続ける上で、営業利益を常に最大化するよう努める必要がある。スマートグリーンハウスにおける営業利益が正となるためには、①売上高 $>$ (②光熱水費+③人件費+④資材費+⑤消耗品費)となる必要がある(正しくは、減価償却費と流通経費についても考慮すべきではあるが、ここでは、前述の①~⑤のみで検討することとする)。①売上高を高めるためには、収量を高くする必要があり、そのためには、栽培環境(以下、単に環境)を適切に維持する必要がある。一方で、環境を適切に維持したとしても、①売上高 $<$ (②光熱水費+③人件費+④資材費+⑤消耗品費)となった場合には、営業利益は負の値となり、スマートグリーンハウスの維持が危ぶまれるようになる。それゆえ、スマートグリーンハウスでは、①~⑤の状態を常に把握しておくことが好ましい。ここでは、スマートグリーンハウスの維持および経営改善のために必要とされる①~⑤の状態とそれを把握するために必要なデータの取得について、生産管理上の観点から簡単に整理してみる。

(1) 取得が望まれるデータ

スマートグリーンハウスにおいて、作物生産時に取得が望まれるデータを、経営データと関連付けて図1のように単純化する。なお、図1は非常に単純化した捉え方であり、実際には、それぞれの項目が複雑に絡み合っていることには留意する必要があることを記しておくたい。

まず、①売上高に関連して、「収量データ」を取得することが望まれる。「収量データ」に関連して、作物の「生育データ」を取得することが好ましい。作物の生育は、環境や作業の進捗度合いにより影響されることから、「環境データ」および「作業データ」の取得が必要になる。なお、「環境データ」は②光熱水費に、「作業データ」は③人件費に、それぞれ関連する。他方、④資材費を把握するためには、農薬や肥料といった資材の使用量を把握する必要がある。また、⑤消耗品費に関しても同様である。資材および消耗品の適切な使用は良好な生育を得る上で必要であり、それゆえ、資材および消耗品使用量にかかわるデータ(ここでは、「その他データ」と称する)を把握する必要がある。以下では、それぞれのデータの中の項目の例とその必要性について触れる。

・収量データ

「収量データ」に関しては、まず、収量を取得する必要がある。さらに、売上高と収量を関連付けるためには、可販果率、等級、単価といったデータが必要となる。本稿では、収量、可販果率、等級、単価などデータをひとまとめにして、「収量データ」と呼ぶことにする。ここで、「収量データ」は、経営データの①売上高に直結する。

・生育データ

「生育データ」に関しては、着果数、着果段数、葉面積、莖径、莖伸長量といった作物の生育量に関するデータは、「収量データ」に密接に関連することから、取得する必要がある。本稿では、着果数、着果段数、葉面積、莖径、莖伸長量などのデータをひとまとめにして、「生育データ」と呼ぶこととする。

・環境データ

「環境データ」に関しては、作物の生育に密接に関連することから、その取得および記録が必要とされる。たとえば、日射、気温、CO₂濃度は光合成に影響し、作物の生育、さらには、「収量データ」に影響することから、地上部における「環境データ」として取得する必要がある。他方、養液のpHやEC、給排液量は、作物の生育および「収量データ」に影響をおよぼすことから、地下部における「環境データ」として取得する必要がある。本稿では、地上部および地下部における「環境データ」をまとめて、「環境データ」と呼ぶこととする。ここで、「環境データ」は、経営データに直接または間接的に影響する。たとえば、「環境データ」は、「作業データ」とともに「生育データ」に影響した結果「収量データ」に影響し、経営データの①売上高に影響する。また、環境条件を作り出すために燃油やCO₂などが必要とされ、②光熱水費、④資材費および⑤消耗品費にも影響する。

・作業データ

作業の良否は、人件費だけではなく、作物の生育にも影響をおよぼす。そのために、スマートグリーンハウスでは、「作業データ」を取得しておくことが好ましい。なお、「作業データ」は、作業に人間が介在しているために社会科学的なアプローチ(たとえば、目標、役割分担などの明確化)が必要であることを記しておく。本稿では、作業の種類、作業ごとの作業速度、作業にかかった人数などをひとまとめにして「作業データ」と呼ぶこととする。ここで、「作業データ」は、経営データの③人件費に影響する。また、「生育データ」および「収量データ」に影響をおよぼした結果、経営データの①売上高に影響する。

・その他データ

本稿では、資材、たとえば、農薬、肥料、燃料、包装、その他消耗品などに関するデータを、「その他データ」として分類する。適切な資材の使用は、良好な作物の生育を達成する上で必要不可欠である。また、資材使用量の低減は、前述の不等式の右辺を小さくすることに貢献する。このような背景より、経営データの④資材費および⑤消耗品費を把握するために、「その他データ」を取得しつづける必要がある。

(2) データ取得方法の概略

・収量データ

「収量データ」は、選果機で自動的に計測される場合がある。一方で、手動的に記帳される場合もある。いずれの方法が用いられるにせよ、営業利益を高めるための資料として、「収量データ」を日々取得し続けることが好ましい。

・生育データ

「生育データ」は、作物の形状を計測することにより得られる。現在、作物の形状を自動的に取得する技術に関して研究が進められているものの、実際の現場においては、人間がメジャーやノギスなどを用いて計測している場合がほとんどである。他方、「生育データ」の取りまとめは、煩雑な作業であるが、表計算ソフトなどを利用して、手動で行われる場合が多い。

・環境データ

「環境データ」の収集には、様々なセンサが用いられる。たとえば、日射の計測には、日射センサが用いられる。また、気温や湿度(飽差)の計測には温湿度センサが、CO₂濃度の計測にはCO₂センサが、それぞれ用いられる。養液の状態を把握するためには、ECセンサやpHセンサが用いられる。これらセンサの値は、自動的に取得される場合が多い。

・作業データ

「作業データ」の取得は、現在、取得のためのアプリケーションが不足していることから、手動で記録されることが大半である。日々の記帳された内容を解析し、「作業データ」として取り扱う必要がある。そのための作業は煩雑であり、結果、データがなかなか活用されない場合がある。

・その他データ

「その他データ」の取得は、購入伝票を整理することで、およその使用の推移を把握できる。より正確には、使用の記録を記帳する必要がある。ただし、その場合には、「作業データ」と同様に、解析に至るまでに煩雑な作業が必要となる。

(3) データの活用と経営改善

スマートグリーンハウスにおいて、「収量データ」、「生育データ」、「環境データ」、「作業データ」、「その他データ」をそれぞれ活用することができれば、①売上高 > (②光熱水費 + ③人件費 + ④資材費 + ⑤消耗品費)、となるための指針を策定でき、その結果、スマートグリーンハウスを維持することが可能になる。そのためには、①売上高に関連する「収量データ」および「生育データ」、②光熱水費に関連する「環境データ」、③人件費に関連する「作業データ」、④資材費および⑤消耗品費に関連する「その他データ」の取得が必要不可欠である。

データの取得とともに、さらに、データ間の関連性を把握し、あるデータにもとづいた他の制御を実践できれば、上述した不等式の左辺の値(①売上高)を大きく、また、右辺の値(②光熱水費 + ③人件費 + ④資材費 + ⑤消耗品費)を小さくできる可能性がある。その可能性の追求が、スマートグリーンハウスにおける生産管理にもとづいた経営改善といえるのではないであろうか。多くのスマートグリーンハウスの経営者、管理者は、現在、それを実践している場合が多いと予想される。このような考え方、手法が今まで以上に広まれば、わが国全体での生産性向上に寄与するのではないかと考える。

(4) データ間の関連性

得られたデータを解釈する上で、データ間の関連性は把握しておく必要がある。たとえば、「環境データ」は、環境と作物の生育との間に関連があることから、「生育データ」と関連する。また、「作業データ」は、作業の状況と作物の生育との間に関連があることから、「生育データ」および「収量データ」と関連する。このように、それぞれのデータ間には関連性があり、それゆえ、スマートグリーンハウスにおいては、これらデータを網羅的に把握しておく必要があると考える。

ここで、たとえば、「収量データ」、「生育データ」および「環境データ」を取得していたとしても、「作業データ」は取得していなかった場合を想定する。同じ環境であったにもかかわらず、「生育データ」や「収量データ」に違いが出た場合、作業の進捗に問題があった可能性がある。しかし、「作業データ」を取得していなかった場合、それは推測の域を出ない。一方、「作業データ」も取得していた場合には、作業を改善するための手段が講じられる(たとえば、作業者を一時的に増員する)。このように、データ全体を網羅的に把握しておけば、営業利益を最大化するためのヒントが得られる可能性が高まる。

(5) データ取得のむずかしさ

データを取得し続け、解析し、営業利益の最大化のための方策を編み出すことが、スマートグリーンハウスの維持および経営改善には必要不可欠である。しかし、データを取得し続けることは煩雑であり、また、日々の業務の中でそれを解析し続けるには大変な労力を要する。しかし、スマートグリーンハウスを維持し続けている経営者および管理者は、それを意識的に(場合によっては、無意識に)実践してきているように見受けられる。データ取得およびその解析によってスマートグリーンハウスの維持につながれている事例が増えていることは、考慮すべきであると考ええる。

スマートグリーンハウスを維持するために必要なデータの取得は、前述でふれたように多岐にわたる。「環境データ」は、計測器があれば比較的自動的に取得しやすい。一方、「生育データ」は、定期的に作物の成育を計測し、記録する必要がある。また、「作業データ」や資材のような「その他データ」を収集するためには、日々もしくは都度の記帳が必要とされる。日常的な業務をこなす中で、これらデータ収集を怠ることなく続けるためには、「なぜ、このデータ収集が必要なのか」を常に意識し続ける必要があり、この点がデータ取得の継続が難しい要因の一つとなっている。

「環境データ」の収集において、様々なセンサが用いられることは上述した。これらのセンサを用いて常に正しい値を計測できるようにしておくためには、定期的な校正(キャリブレーション)が必要である。校正を怠った場合、値としては収集できているものの、正しくない値が残されてしまうことになる。様々な場所で触れられていることではあるが、センサを用いた計測は、自動的に取得できるからといってメンテナンスフリーではないことを強調しておきたい。

まとめ

ここでは、生産管理上、スマートグリーンハウスを維持する上で取得が望まれるデータを整理し、その取得方法を簡単に説明した。取得が望まれるデータは、「収量データ」、「生育データ」、「環境データ」、「作業データ」、「その他データ」といったように多岐にわたるとともに、それぞれが関連しあっている。また、それぞれが、①売上高、②光熱水費、③人件費、④資材費および⑤消耗品費に直結する。それゆえ、データの取得が一部抜け落ちた場合、データ全体の解釈が難しくなるという点に言及した。さらに、

データを取得し続けることのむずかしさに関しても触れた。ここで述べた取得が望まれるデータはあくまで一例であり、それぞれのスマートグリーンハウスにより、取得すべきデータは異なってくると予想される。それゆえ、営業利益を最大化するための方策を見出すためには、スマートグリーンハウスごとに独自のデータ取得項目を定める必要がある。

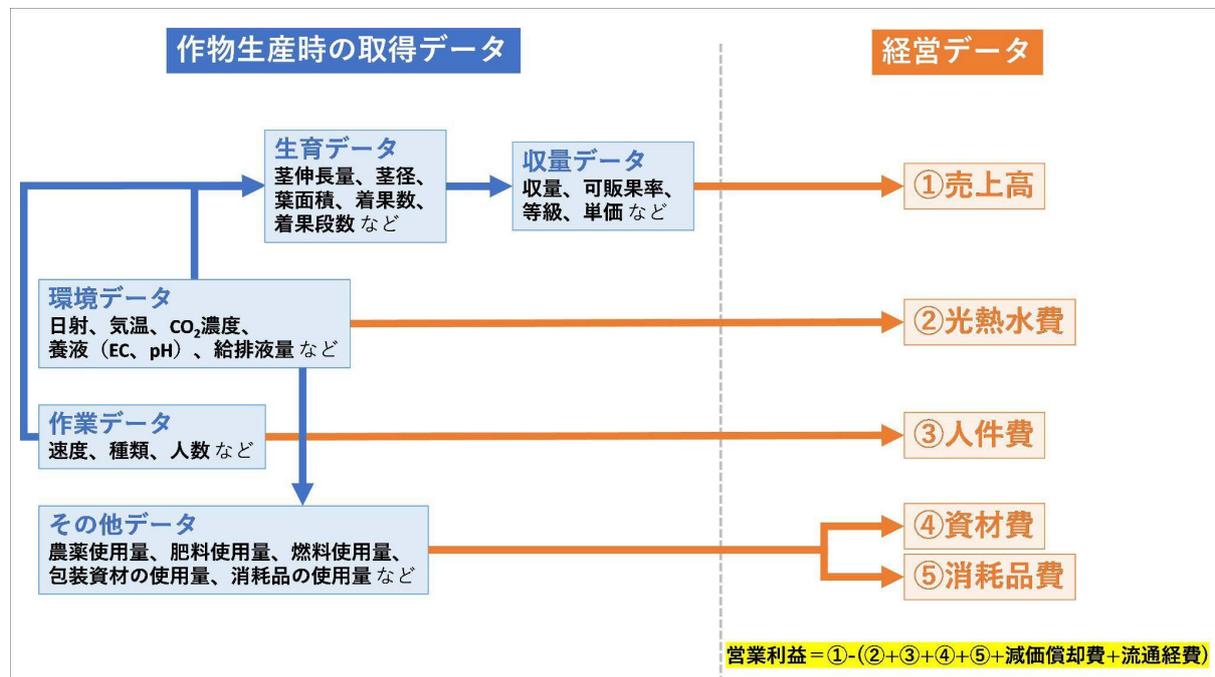


図1 取得が推奨される作物生産時のデータの例と経営データとの関係

矢印は、影響をおよぼすことを示す。ここでは非常に単純化した例を示すにとどめる。実際には、それぞれの項目が複雑に絡み合っていることには留意する必要がある。

2.3 データ活用型施設園芸の成功事例からわかったこと

ースマートグリーンハウスへの転換事例にみる3つのポイント

阪下 利久(オイシックス・ラ・大地(株))

成功事例に見る、3つのポイント

今年度は引き続きコロナ禍にあったが、関係各位の尽力があり、本事業を通じて本年度は概ね全国の成功事例が網羅された。これらをより詳しく調査することで、3点ばかり、その転換にはポイントがあるように思われた。

(1)品目は「果菜類」であること

成功事例は、葉菜類より、果菜類が圧倒的に多く、高糖度トマトまたは中玉トマト、いちご、長なす、きゅうりがほとんどであった。

単価面で見ると、必ずしも果菜類のほうがよいわけではなく、むしろ「差別化」しやすい点と「少人数経営」に向く点から選択されていた。具体的な事例を挙げると、平成19年に新規参入したある農場は、以下のステップを踏んでいる。

- ↓ 所有する土木機械化ノウハウ生かし、国際化を見据えた大規模農業を志す
- ↓ 土地利用型農業のうち、根菜類で参入
- ↓ 多収達成も、単価が低く、売上が伸びず
- ↓ 低コストで施設園芸化し、単価が高い「葉菜類」に変更
- ↓ 人的リソース不足が深刻化
- ↓ 「果菜類」へ変更
- ↓ 春の多収時に単価つかず、抑制栽培型夏秋作時に不足
- ↓ ピークのコントロールが可能(夜冷)な「スマートグリーンハウス化(低コスト耐候性)」

このように、多収よりむしろ単価面で施設園芸が選択され、つぎに毎日収穫や調整に大量な人時が必要である「葉菜類」より、多少日持ちしてリソースを最適化できる「果菜類」へ移行し、最後にマーケットの需要に応えるために、スマートグリーンハウス化している。

過去半世紀で長期促成栽培型の施設園芸が進んだことにより、冬場の新たなマーケットを創出した。その一方で「ピーク(旬)」が前倒しになり、春には市場が過剰となり、他方盛夏～秋の抑制栽培は減少して価格は高騰している。やがて結果的に、ピークをコントロールできるスマートグリーンハウスを導入して、周年安定供給を目指すに至っているわけである。売り場で一度棚を失うと、なかなか復帰は難しいのである。

(2) 安価かつ情報共有可能な「ツール」を導入していること

成功事例を見ると、必ずしも大規模経営や高価な環境制御装置が必要なわけではなく、むしろスマホ(スマートフォン)の普及により、遠隔で情報をモニタし、その分析だけでなく、共有までできるソフト(アプリ)と、ハードとして安価な環境センサが一体化し、セットでサービス提供されている「ツール」を導入した事例が、多くの農場でスマートグリーンハウス化の出発点となっている。導入事例の多いツールを具体的に挙げると、

- ・「あぐりログ(IT工房Z)」
- ・「はかる蔵(リバティーポートジャパン)」

といったものが挙げられる。

これらは、欧米などの大陸ではなく、日本の農業現場の実経験に基づいて開発されているため、使いやすいと概ね評判がよい。

まず環境モニタの設置は簡単であり、最低限の電気と配線が必要な程度であるから、単棟谷換気の低コストのハウスでも多く導入されている。次にスマホを通して、遠隔で情報従業員間のみならず、何より部会内における独立した農場間で情報共有までできるので、複数の方でデータを比較することにより、参加農場間のラーニング(学習)スピードがとても早くなっている。事例として、福岡県のある長ナス部会はもともと市場の評価が高かったが、既存のハウスでツールを通して環境を最適化することで、収量を増加させ収益を増大させている。また長崎県のあるイチゴ部会では、情報を共有することで、短期間のうちに収量を増大させ、単位当たりの収量は、県内下位からトップへ上り詰めているほどである。

特徴として両者とも、若い方がリードしているわけではなく、むしろベテランが中心となって成績を上げており、簡便で使いやすい国産ツールを得ることで、「情報の見える化」と「蓄積された経験」が乗じて、よりよい結果が出ているように考える。

このように、必ずしも大きな資本やオランダのような園芸先進国のハードやソフトが必要なわけではなく、むしろ蓄積された園芸経験(スキル)があったほうがデータを活かす上で有利な様子である。なお、地域を見ると西南暖地に当たる九州で普及しており、他の地域との差は大きいように思われる。

(3) 行政による普及推進があること

成功事例を見ると、行政が大きな役割を果たしていることがわかった。まず国が、ついで県が旗振り役を行い、予算を割いて必要な補助金と指導・普及人員を投入しているからこそ前へ進んでおり、民間任せで公的な推進役不在の地域では、たとえ現状生産量が多く市場占有率が高くても、なかなか普及していかないようである。何よりデータはあっても、正しい見方ができないと無意味であるから、こうした旗振り役が不在の地域まで参加できるような、都道府県の垣根を超えた情報共有会や勉強会の実施は、日本国内全体で見た場合、非常に大事である。また、現状では手を上げる若い方が自然発生して成長していくような状況になく、地域である程度経験と実績を積んだ方々を支援し、小さなラーニングを積み重ねて共有することで、むしろ短期間で大きな「知の共有財産」が形成できていると言える。大ベテランの経験値(知)も財産となるのだ。

この「知の共有財産」は、一企業や個人が独占してしまうと、日本の農業はより衰退してしまうだろう。むしろこれをもとに、地域毎に農業に参画する方々が民主的に意思決定を行い、次世代の農業をつくっていくことこそが、日本型スマートグリーンハウスのスタイルであるように思われる。

2.4 栽培管理へのデータの活用

林 真紀夫(東海大学名誉教授)

(1)はじめに

前掲のスマートグリーンハウスへの転換事例調査において、ICTや各種データを活用した生産性・収益性向上への取り組みが紹介されている。これら調査事例は、全国的に見て先進的な取り組み事例といえよう。

データ活用に関しては、いうまでもなく収量増、品質向上、省力化、安定生産などを目的とするものであり、最終的には所得向上につながることである。目的達成のために、データをいかに有効活用するかがポイントとなる。調査事例からは、データの様々な活用事例が示され、データ活用法の検討や改善が繰り返し進められている(PDCAサイクルをうまく回している)ことがうかがえる。

データ活用範囲も、一生産者限りのものから、生産者仲間の研究会や産地部会でデータ共有するものまで様々である。これらの取り組み事例は、活用データの種類や活用形態が異なるものの、生産者や営農指導者が有効なデータ活用法を検討するうえで参考になる。

(2)活用データの種類と活用方法

活用し得るデータの種類の概要を表に示す。データ活用に関しては、環境制御、生産管理、労務管理、出荷・販売管理、経理、設備管理など広範囲にわたり、経営上は、これらが相互に関連していることから、全体を連携したデータ活用形態が理想となる。生産者によってデータの活用範囲は異なり、表に示した中から、必要度が高く、利用によるメリットが得られると思われるデータを選択して活用することになる。

さらに、データ活用に当たっては、収集した多数のデータの中から必要なデータを抽出してグラフ化し、あるいは集計して、利用しやすい形に加工する必要がある。いわゆるデータの見える化を図る必要があり、そのためのツールも必要である。

環境モニタリング装置や統合環境制御装置などでは、データ蓄積機能があり、環境計測値のグラフ化機能あるいは図表示機能を備えているものが多いので、それらの利用が一般的といえる。また、データをクラウド上に蓄積し、データ共有機能を備えているモニタリング装置もあり、今後、これらの利用が増えるであろう。特殊な事例ではあるが、ワンボードパソコンを利用した環境表示ツールを自作している生産者もいる。また、データの抽出や見える化に、汎用のBIツール(ビジネスインテリジェンスツール)の活用もみられる。

最も重要なのは、見える化したデータを解析し、それを生産管理の改善に反映させることである。この過程において重要なカギとなるデータ解析や改善点の抽出は、現状では人に頼るところが大きく、知識や経験、知見などを持った人の判断が必要となる。それらを生産者自らがやっている場合もあるが、改良普及員・試験場研究員・営農指導員などが主要データをグラフ化し、それを解析し、コメントを付けて

生産者にフィードバックしている事例も多く見られ、公的機関の貢献も大きい。成果を上げている事例では、熱意をもって取り組んでいる生産者、普及指導員、営農指導員たちの存在があることは共通している。

将来的には、AI技術等を利用してデータ解析し、適切なアドバイスを提供してくれる実用性の高いアドバイスツールの開発が進むであろう。そうなれば、データ活用の裾野が広がると期待する。

表 活用データの種類

環境データ	屋外気象: 気温、相対湿度、日射量、風速、降雨など 地上部: 気温、湿度(飽差)、日射量、CO ₂ 濃度など 根域部: 培地温、土壤水分(pF)、EC、pH、排液量など
制御機動作データ	暖房機、CO ₂ 施用機、換気装置、カーテン開閉、灌水・給液など
収量・出荷データ	収量、廃棄量、選果データ(サイズ・等級)、販売額など
生育調査データ	茎径、伸長量、葉数、葉長、花数、果数、着果節位、LAIなど
病虫害防除データ	病虫害発生、薬剤防除など
栽培管理データ	定植、葉かき、整枝、蔓おろし、収穫、施肥、灌水など
作業管理データ	作業内容、作業時間、作業速度、作業精度、作業マニュアルなど
市況データ	市場、等級・価格など
気象予報データ	日予報、週間予報、月間予報など
資材管理データ	肥料、薬剤、培地、設備部品、センサー類、その他消耗品など
経理データ	販売額、人件費、資材費、償却費、光熱水道費など

・環境データ

栽培管理上、最も利用の多い重要なデータといえる。地上部環境の主要データとして、気温・湿度(飽差)・日射量・CO₂濃度の4項目が多く扱われる。根域環境データとして、栽培方式によっても異なるものの、培地温・土壤水分(pF)・EC・pHなどが扱われる。環境データは、制御値を確認し、生育管理の改善や生育調整を図るうえでの基礎資料データとなる。過去のデータとの比較を行ない、管理の改善に役立てることも多い。

・環境モニタリング装置

環境計測やデータ蓄積機能を備えた環境モニタリング装置、あるいは環境制御装置が各メーカーから販売されている。装置価格や計測項目の種類・計測点数、クラウドサービス利用の有無、クラウドサービス利用料金などが異なり、それぞれ特徴が異なるので、選択に迷うことが多い。費用対効果を考慮し、使い勝手も含め、利用条件に見合った装置の選択がポイントとなる。メーカーが装置をモニター提供し、ユーザーの意見を聞きつつ改良を加えている事例もある。

最近の環境モニタリング装置や環境制御装置は、通信機能を備えているものが多い。自宅などハウス以外の場所からスマートフォンでハウス内環境を確認し、環境設定値の変更が可能である。また、異常値警報通知機能も備えており、監視カメラを付けていれば、内部の様子をどこからでも常に監視できる。ハウス外のどこにいても管理できることは、省力化にもなり、大きな利点といえる。

適切な環境管理を行うには、環境値が正確に計測されていることが前提となる。環境計測や制御に使われるセンサー類は、機種によって精度が異なるとともに、経年劣化がある。特に湿度センサーやCO₂センサーは誤差を生じやすいので、定期的(1~2か月)に検定・校正し、一定の精度を維持することが重要である。また、ハウス内では環境ムラが生じていることが多いので、それらの抑制対策をとるとともに、センサーの適切な配置場所の選定が必要である。

・生育データ

定期的な生育調査をサンプル株で行い、現況での草姿や生育状態を把握し、さらに過去のデータとの比較や環境データとの関係を解析し、環境管理や栽培管理(葉かき、摘心、つるおろしなど)に反映させている。ただし、現状での計測の多くは人手作業によるため、測定項目をむやみに増やさず、取捨選択し必要最低限に抑えていることが多い。生産者が測定する事例もあるが、普及指導員や試験場研究員が試験を兼ねて計測している事例も多い。なかには、調査しても管理への有効な反映方法が不明確で、データを収集するだけで終わっているケース、あるいはデータ収集をやめてしまうケースも見かける。

ナス栽培で、生産者がカメラ撮影した写真を普及センターに送り、普及センターが簡易LAI(葉面積指数)計測し、その結果を生産者に戻し、生産者がLAIを一定値(3程度)に調整管理を行うことで、収量の変動を小さくしつつ、かつ単収を上げている事例がある。LAIを直接的に栽培管理に反映し、成果を上げている興味深い事例である。

最近、生体情報を得るための光合成・蒸散測定装置や生育診断装置など、商用生産ハウス内での活用を対象とした装置が開発され、一部で試験導入され始めている。また、カメラを用いた画像処理による作物の形状認識装置なども開発されており、収穫ロボットにも応用されている。今後、生育管理へのこれらの最新技術・装置の活用も期待される。

今後、収量予測、収量調整、品質向上への生育データの活用がさらに重要視されるであろう。

・栽培・作業管理データ

作業管理状況の把握も重要である。小中規模施設では、手書きの管理もされているが、パート雇用の大規模施設では、スマートフォンなどの通信機器や専用機器を利用し、作業者が栽培レーンの作業内容を逐次入力することで、管理責任者がオンタイムで全体の作業進捗状況を把握できるシステムを

導入している事例がある。これを利用し、以後の作業計画を立て、必要作業量(人工数)を予測し、パート作業者の手配などに役立てている。この種のシステム利用が、作業管理者にとっての省力化につながっている。また、作業者の作業スピードなどを把握でき、従業員の労務管理にも活用できる。

これらの雇用型施設では、パート社員の退職・入社が一定数あり、新入パート社員に対しての技術指導が必要となる。技術習得の促進や、作業内容・手順を統一するために、施設独自の作業内容マニュアルを作成し、活用している事例もある。

・収量・出荷データ

収量、サイズ・等級などの出荷データ、販売金額は、経営管理状態を判断するうえで重要なデータである。サイズ単価や市場ニーズによって、栽培上の生産サイズ調整などを適宜行っている例もある。部会の共同選果で、選果機データを自動的にクラウド上に蓄積し、出荷者に等級・収量、部会内での成績順位などのデータを提供できるシステムを構築している事例もある。

・その他

病虫害防除データは、翌年以降の防除計画の参考になる。生物農薬利用では、害虫の発生状況が、以降の放飼時期や放飼数を決める参考になっている。

最近、いくつかの収量予測モデルが開発されている。生育データや気象予報データなどと連携し、収量予測モデルを活用した環境制御や栽培管理を行うことで、収穫時期や収量調整などが可能となる。

前述の各種データは、GAPでの生産履歴データにも利用できる。

(3) データ共有

前掲の調査事例では、データ共有で成果を上げている事例が複数ある。最近のITC技術の進歩により、データの共有化が可能になっている。データ共有の範囲は、少人数の生産者仲間から、数名～十数名の勉強会グループ、十数名～数十名の産地部会など様々である。共有メンバーには、生産者のみではなく、普及センター普及指導員、JA営農指導員、行政関係者などが含まれている。データ共有化には、生産者主導の事例もあるが、普及センターやJA、行政機関が主導している事例もみられる。

・共有化の合意形成

データの共有化に対しては、生産者の間でも温度差があるので、合意形成が必要となる。クラウドサービス利用では利用料が発生し、データ共有の必要性に対する意識も生産者によっても異なるので、調整が必要となる。年齢層によっても意識に違いがある。生産部会の場合であれば、部会員全員が参加するのではなく、勉強会を立ち上げ、希望者が参加する形態をとる事例が見られる。また、少数の優秀生産者でスタートし、その後、プラス効果を認識した生産者が加わり、メンバー拡大している事例もある。

現状で共有されているデータの種類は、環境データ、生育データ、収量・出荷データなどが中心である。これらは、個人データでもあるので、どのデータまで共有するかの合意が必要となる。

共有化を図るうえでは、データ所有者の承認が原則となる。データアクセス権をどう管理するかが、データ共有を実現するうえで課題となる。少人数グループで、環境モニタリング装置の販売会社が管理するクラウドサービス利用の例では、データ共有の承認を相互に口頭やメールなど、簡易な方法で行っている事例もある。

・共有化とその成果

クラウド上でデータ共有するには、同じ形式のデータ形態が利用し易い。このため、グループメンバーが、同一機種 of 環境モニタリング装置を導入して、装置メーカーが用意したデータ蓄積クラウドサービスを利用し、データ共有化をしている例がある。高知県のIoTクラウド利用では、主だった複数社の環境モニタリング装置を連動したデータ共有が可能とのことである。

データ共有によって、普及指導員や営農指導員がオンタイムで生産者のデータを確認することができ、例えば、天候を見て即時のアドバイスを生産者に出すことも可能になり、効率的である。

また、単収の高い優秀な生産者が現在どのような管理をしているか、他の生産者が即時に学ぶことができ、改善の参考にできる。単収の高いメンバーの環境管理を学ぶことで、グループ全体の平均単収や所得の向上の成果があがる。さらに、データ共有は、メンバー間の交流機会を増やすことになり、仲間意識と同時に、互いの競争意欲や生産意欲も高まり、モチベーション維持の効果もあるように思われる。

データ共有により、CO₂施用の効果が産地メンバー間で共通認識され、CO₂施用機の導入が進み、部会全体の単収増や所得増を達成している事例もある。データ共有を含めたデータ活用により収益性が高まれば、新規就農の促進や後継者維持にもつながり、産地維持や産地振興にも役立つであろう。

・研究会・勉強会

データ共有とともに、グループ内で定期的に研究会・勉強会を開催している事例が見られる。研究会の立ち上げには、リーダー格的な人物が存在して、牽引役を果たしていることが多い。これらの集会は、室内集会だけでなく、開催回ごとに順番にメンバーの生産ハウスを視察し、現場を見て改善点などを討議することが多い。集まりには普及指導員や営農指導員などが参加することが多く、アドバイスなどのサポートもなされていることが多い。

データ共有に合わせて、LINEを活用している事例もある。例えば、不明点があったときにメンバーに即時質問(写真も利用)し、回答やコメントを受け、管理に役立てる。あるいは、病害虫が発生した場合に注意喚起の情報を発信するなど、相互の逐次情報交換に役立っている。

(4) 転職による新規就農者

調査事例では、前職がSEなどの他業種からの転職就農者の事例が見られる。これら事例での新規就農者は、いわゆるPDCAサイクルによる改善意識が身につけているように思われ、またゼロからのスタートに近いこともあり、改善に対する意欲が高く、それにより改善スピードも速いように感じる。

また、ICT活用にも前向きである。データ活用に積極的で、環境データや生育データを自ら見える化し、生産管理改善に役立っている。また、勘に頼るのではなく、定量化して管理に役立てるのも特徴的と

いえる。例えば、勘で灌水するのではなく、日射量や培地含水率などの環境データ(さらには生育データ)を基に、灌水量・灌水回数を数値化して管理する方法を考案し、取り入れている事例がある。

就農10年程度を経て、産地で上位の収量を上げるなど、好成績を上げている就農者も多い。このような就農者は、研究会や産地部会でデータ活用やデータ共有化に関して牽引的な役割を果たしていることが多く、また、研修生の受け入れなど、新規参入者指導を行っている事例もあり、産地維持や産地振興への貢献がみられる。

多くの産地で、高齢化による生産者の減少や後継者不足対策が課題になっている。近年、就農への関心も高まっており、施設園芸への新規参入者の増加を期待するところである。

(5)おわりに

近年のICT技術やAI技術の進展にはめまぐるしいものがある。前掲の調査事例は、いち早くこれらの技術導入を試みている事例といえよう。今後も、AI技術などを取り入れた実効性のある生育診断ツールや各種アドバイスアプリ、自動化装置などが開発されるであろう。これらの活用によって、生産性向上や省力化なども促進され、スマートグリーンハウスへの転換も進展するものと期待する。

2.5 スマートグリーンハウス拡大に向けて

水野 友美((株)三菱総合研究所)

昨年度から開始されたスマートグリーンハウス展開推進事業では、それまでの3-4haの大規模施設での施設園芸を展開するトップランナーの知見を中小規模の施設園芸にも展開するための取組を進めているが、この事業では、高度環境制御装置を取り入れた施設の面積を、事業実施年度を基準として翌々年度までに3%以上増加させることを成果目標としている。

今回の事例調査では、前節までにデータ収集が必要な項目、その取り扱い上の留意点など、多くの示唆を他の委員からいただいた。ここでは、この3%面積増の目標達成のためのポイントとなると思われるものを以下に整理する。

(1) データ活用の目的の明確化

いわて若江農園、木下農園と、今回生産者として取り上げられた事例では、いずれも前職で工学系の素地があり、作業データや生育データ等を自社開発したソフトで管理している。

いわて若江農園の若江氏が、データ取得をするきっかけとなったのは、売上高を明確に設定し、その実現のための勉強会や他の農場を視察する中で、収量を上げたり、品質をそろえるためには、生育調査が重要であると知ったことであった。

木下農園の木下氏は、研修先の農家が感覚的に作業を行っている様子に不安を感じ、研修中の日常作業から数値化できるものを抽出し、自分の農場で再現するために、研修先が行っていることを基準値としてデータを取得することとした。

宮城県、JA西三河きゅうり部会、JAみなみ筑後瀬高なす部会、JAながさき西海いちご部会、JAやつしろトマト部会の報告でも、産地としての生産性向上のため、地域のトップ生産者をモデル都市、実施していることとその結果の因果関係をデータの活用によって再現を試みるものであった。

いずれも、「このデータの収集がなぜ必要なのか」、「モデルとして目指すのはどのあたりなのか」、「データの取得方法・管理はどうあるべきか」について、常に意識してデータを取得し、活用し続けるための共通認識を組織内で維持したことが、データの取得に終わらず、ツールの開発につながったものと思われる。

(2) 成果の見える化と活用

JAながさき西海いちご部会は、ベテランの生産者も新たにセンサーを導入し、データ活用を始めたことで収量増につながった。今回取り上げたJAや県の取り組みは、参加者が取得したデータは共有され

ることが前提で、産地内での収量や品質に関する自分の位置がわかってしまうこともあるが、JAながさき西海いちご部会では、データ活用の前後の収量や作業性等の向上が見えたことで、参加者が増え、産地の向上につながり、データ活用を開始して3年で県内14位だった単収が現在トップとなっている。

いわて若江農園でも、作業記録をつけることで、作業負荷の見積もりと週単位の作業計画の見直しが可能になり、あわせてメンバーの中での仕事の定義づけと工程ごとの標準化ができたことも成果の一つである。

また、JA西三河きゅうり部会のように、年齢やハウスの形状別のグループを設定し、そこで勉強会や忌憚のない情報交換を密に行うことで、データ活用を始めた後も仲間とのフラットな関係により気兼ねなく切磋琢磨する場となっており、成果が見えるようになったことで、産地としての意識の高まりにもつながっている。

(3) 地域の実情に合った伴走支援の確保

部会の取組の中では、すべての生産者がデータ取得の意義を理解し、分析結果を使いこなせているわけではなかった。データの解析や生育調査結果との突合せ、それに伴う改善点の検討は、多くの栽培実績がある人、知識や指導経験のある専門家等、複数の目による検証が必要となる。

今回の事例のほとんどで、普及指導員、試験場の研究員、営農指導員など、地域の気候や病害虫の状況や近隣のトップ農家等の取組を良く知る専門家が、勉強会等を通して主要データの特定、その取得方法の共有化、解析、分析結果のフィードバックなどを行っていた。

宮城県の事例では、栽培責任者は言うまでもなく、普及指導員や営農指導員等も植物生理に関する知識に基づき、必要な生育調査を指示し、その結果について栽培管理の体制と環境制御の状況に応じて必要な作業を組み立てることのできる人材の育成の重要性が指摘されている。

施設園芸の更なる収量の向上や経営の安定のためには、地域の実情に合ったこれら専門家の伴走支援が必要であり、伴走支援者の育成、分析ノウハウの向上の仕組みも合わせて検討する必要がある。

(4) データ活用に係るツールの継続的な見直し

昨年度の事例調査でも指摘があったが、多くの事例では、データ活用のツールを非常に安価に整備している。作業管理については、ExcelやAccessなどを活用する事例が多数みられた。また、環境制御においても、木下農園のように、既存のものが高価すぎたので、職業訓練校や制御機器メーカーのセミナーなどに通って自作してしまうなどの例もあった。木下農園のような取り組みは、誰でもできることではないが、長崎県のように比較的安価に必要な機能のみを搭載し、生産者が実施する事項を絞りつつ、導入した産地内の情報共有が容易にできるモニタリング機器をメーカーとともに改善、導入した取り組みは、他の地域でも参考となる。

農林水産省では、「農業DX構想」において、「デジタル技術を活用して効率の高い営農を実行」し、「消費者ニーズをデータで捉え、消費者が価値を実感できる形で農産物を提供する農業(FaaS: Farming as a Service)」を目指し、スマート農業のより一層の推進に取り組んでいる。

また、昨年度提示された「みどりの食料システム戦略」では、2050年までに「化石燃料を使用しない園芸施設への完全移行」が目標とされている。昨今の情勢によりわが国のエネルギー事情は不安定であり、再生可能エネルギーの施設園芸への導入も始まっている。

このような新たな方針や研究機関等での新たな開発動向などにも目を配りつつ、地域の実情と持続可能な施設園芸に向けた適切なツール導入、見直しを継続することが望ましい。