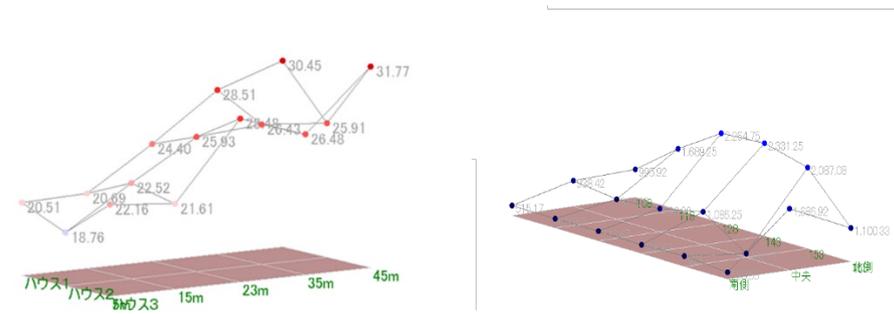


1.8 三重県農業研究所

<ul style="list-style-type: none"> ・複数の環境センサーを用いた施設内環境ムラ検知システム(見える化ツール)の開発 ・見える化ツールを活用した県内施設園芸経営体支援活動 	
地区	・三重県松阪市嬉野川北町 (三重県農業研究所 植物工場三重実証拠点)
作物 (作型)	・大玉トマト、イチゴ (一季なり、四季なり)
販売	—
施設の特徴	丸屋根耐候性ハウス、統合環境制御、高設栽培
経営規模	・23a (長期多段栽培 5a、低段密植栽培 10a、高設栽培 5a、研修用区画 3a) 研究圃場管理 4 名(常勤)、短期パート 2 名
経営の特徴 (取組の特徴)	<p>[1.経緯]</p> <p>植物工場三重実証拠点が本格稼働した 2011 年度時点は、三重県内の環境制御に取り組む施設園芸面積は 1ha 未満であったが、農業への企業参入や経営規模の拡大により 2020 年度時点では、14ha を超えるようになり、年々増加してきている。</p> <p>三重県農業研究所では、参入法人や規模拡大を行う経営体に対し、施設園芸分野で高みをめざす生産者が自らの栽培技術や収益性を向上させるため、施設内の温湿度などの環境条件のみ見える化を支援するシステム(以降「見える化ツール」)を 2015 年度から開発し、研究活動の一環として、栽培温室におけるデータ収集と分析支援を進めている。この取り組みにより、環境制御システムにおける環境センサーデータのみでは見えにくい温室内環境偏差の特徴を把握することで、経営体の環境制御技術向上に関するディスカッションを行う取り組みを行っている。</p> <div style="text-align: center;">  <p>Figure 1 consists of two 3D wireframe plots representing greenhouse environments. The left plot shows temperature distribution with data points ranging from 18.76 to 31.77. The right plot shows CO2 concentration distribution with data points ranging from 685.92 to 1100.03. Both plots have a grid base with dimensions 15m, 23m, 35m, and 45m.</p> </div> <p>図 1 「環境データの見える化ツール」の解析事例</p> <p>左：温室内気温分布の表示事例 (換気扇の能力が低く換気扇に向けて気温が高くなる様子)</p> <p>右：温室内 CO₂ 濃度分布の表示事例 (天窓が開放された状態で CO₂ 発生機が稼働している様子)</p>

[2.見える化ツールの特徴]

- ・ 温室内の温湿度、CO₂の環境偏差を検出するため、9～30個のセンサーデータの取り込みが可能で、時系列にグラフ化及びアニメーション表示が可能な Windows10 で稼働するアプリケーション。
- ・ エクセル上の集計及びグラフ化と比べ集計時間が大幅に短縮可能。
- ・ データセットが CSV 形式であれば取り込み可能。

[3.調査方法]

～事前準備～

環境制御に取り組む経営体からの相談内容(作物の生育差、病害・生理障害の発生、暖房機導入による加温効果の検証など)に応じて、調査目的を経営体と共有する。環境センサーを設置するにあたり予備調査として調査予定温室を訪問し、周囲の状況、施設の状態、作物の状態、栽培方式、栽培装置の種類、環境制御方法、電源の位置などについて目視と聞き取りを行い、環境センサーの設置箇所を決定する。

使用している環境センサーは、RTR576(T&D)または、プロファイnderⅣ(誠和)であり、温室設置前にアスマン式通風乾湿計・赤外線炭酸ガス測定器による校正を行い、データは校正による補正值を採用する。

準備備品として、環境センサーを直射日光から保護する庇、コードリール 30 台程度、コードリールとセンサーを繋ぐ延長コード、防滴用のビニル袋、万が一の不備を除くため漏電ブレーカーを用意する。

温室内に持ち込む準備備品は、環境センサー設置前々日までに、次亜塩素酸ナトリウムを浸み込ませたタオル等で拭き取り清潔な状態にしておく。

～環境センサーの設置～

対象となる温室に環境センサーを 9～30 個設置し 1～2 週間程度連続したデータを収集する。

調査目的に応じて、データ取得は複数回状況を変えて取得するため、1つの温室に対して5か月程度調査期間がかかるケースもある。

センサー設置及び回収は、1ha 規模の温室で、2 名の場合、午前から設置作業を行い夕方までかかる。

～データ分析～

回収したデータの中で同一時刻内の標準偏差 $\sigma \times 2$ ないし $\sigma \times 3$ 以上のデータがある時刻をリスト化し、時間帯や環境センサー位置による環

境偏差の傾向を掴む。データを「見える化ツール」を用い一目で見やすく表示する。

標準偏差外のリストと視覚化したグラフやアニメーションを基に、経営体とディスカッションを行う。ここで、特に日中は直射日光の影響や窓の開閉等の可能性やデータが正規分布ではないことから、検知したデータを絶対視するのではなく、経営体が栽培を行うなかの実感や植物の状態を聞き取る中で、経営体が考える一番重要な環境偏差が起こっている状態を特定する。特定したら、経営体における環境制御データを元に原因を考察し、暖房機稼働のタイミング、天窗開閉温度の変更など、考えられる対策を実行してもらおう。



図2 センサー設置の様子

左：栽培期間中の環境偏差の特徴を掴む目的

右：新規温室の環境偏差の特徴を掴む目的

[4.具体的支援事例紹介]

経営体の調査目的：環境偏差の傾向を知りたい。

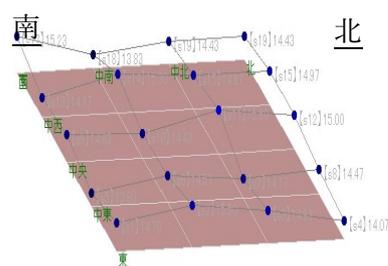


図3 冬期夜間の温室内気温

夜間温風暖房機による暖房中に、突出して、温室内気温の高い地点や低い地点は見当たらず、気温ムラが少なく加温されていることを確認できた。



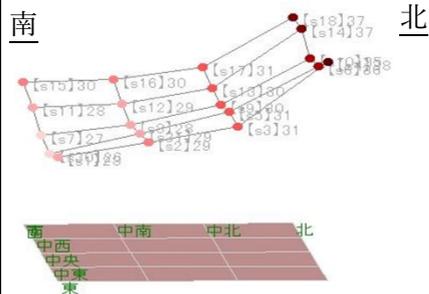


図4 冬期日中の温室内気温

一方、日中の温室北側で、温室内気温が 35℃以上を示す状況にあり、作物の生育に不適な環境にある可能性のある時間帯が確認できた。

そこで、環境制御システムにおける温度データ、暖房機・天窓の機器動作データの確認を行った。

該当温室では、南側と北側にそれぞれ2つの環境センサーがあり、南側・北側独立して機器制御が行われている。環境制御システムの環境センサーデータでは 35℃以上の温室内気温の検出はされていない(図上：オレンジ及び灰色)。日射量データ(図5上：黄色)から12時以降の増加に伴って気温が上昇している。暖房機稼働データ(図5中：黄色)から、12時から16時までの間(図5 ピンクの枠内)は、南側の16時付近を除き着火運転していない。しかし、南側の天窓は開放状態(図5下：オレンジ、灰色)にあるが、北側は開け閉めを繰り返していた。

そこで、①環境センサーの設置位置を南側、北側両方とも外周側への移動、②北側が高温傾向にあるため、北側の天窓が優先的に開くよう天窓設定気温変更の提案を行った。

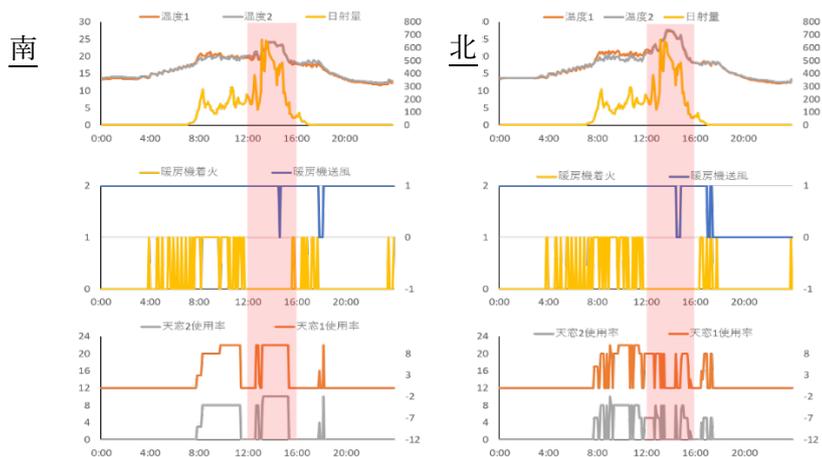


図5 該当温室の同日の環境制御データ

上：温湿度・日射量データ

中：暖房機稼働データ

下：天窓稼働データ

	<p>このデータでは、主に温室の中央部に設置される環境センサーでは見えにくい、温室端の状態の傾向が見えることで、経営体が栽培を行う上で肌感覚では実感している環境の違いを、より視覚的に伝えることができた。</p> <p>三重県農業研究所では、このような環境制御に取り組む温室のデータ収集を今後も可能な範囲で行い、温室毎や使用機器の特徴などの把握、効果的な暖房ダクトの設置方法などの検討をすすめている。</p>
データ利用の状況	<ul style="list-style-type: none"> ・調査したデータは経営体と共有し、経営体が環境制御を決定する上の参考資料となっている。 ・温室の設置場所、使用設備、周囲の環境が異なるため、温室毎の特徴は異なることから、個別に調査を行い、経営体に温室の傾向を把握してもらう必要がある。
今後の課題	<ul style="list-style-type: none"> ・植物工場の実証及び研究活動と同時並行して実施しているため、年に1～2件程度の取り組みに留まり、全ての調査分析ニーズに応えられていない。
事業での活動内容	<ul style="list-style-type: none"> ・委員によるオンライン調査（2021年1月20日）
委員所見	<p>【東出委員】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・見える化ツールの今後として、どのようにサービス化するかが重要と思われる。施設内の温度差の存在を示したことについて、これを作物とどのように紐づけするか？温度差を解消、調整するなどした場合に経営として収益増は見込めるか？このような観点で検証がなされることを期待する。 ・現時点では、興味を持つ人だけがこのツールの利用を希望する状況であると思われる。しかし、効果を経営的な金額に換算することができれば、製品化を考える企業が現れる可能性もあり、次のステップに進むものと思われる。 <p>【大山委員】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現場での計測の手間がかかると思われるが、今後はワイヤレス利用などで簡易化が可能と思われ、具体的な検討が必要であろう。 <p>【阪下委員】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・従来も環境計測データだけでは良く分からないケースが多かったと思

	<p>われる。実際の環境がなぜそうなっているのか？こうした仕組みを入れ、論理立てて確認をすれば良く理解できると思われる。</p> <p>【林委員】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・こうしたものが必要と思われていたことを実際に実行することは大切と思われる。次世代施設園芸拠点の施設でも初期段階では温度ムラやCO₂ムラなどが問題になっていたが、経営体側には計測機や計測技術がなかった。またデータをとっても、見える化ツールのようなものがないと、分析が容易ではない。その点、重要な活動と思う。今後、すべての温室、新施設でも、必要な場合には、このような多点計測による環境の空間分布の確認ができると好都合と思うが、誰が計測するのか？生産者は自分ではできないが、公的機関が行うか？民間のコンサルが有償で行うか？などが課題となる。要望に対応できる体制が整っていくとよいと感じている。
<p>関連情報</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 植物工場三重実証拠点 Web サイト https://www.pref.mie.lg.jp/nougi/hp/plant-factory/index.htm