

2.4 新規就農からのデータ活用と、環境制御システム開発から BCP への展開

～木下農園 木下良一氏(岡山県倉敷市)～

- ・木下良一氏は化学メーカーを退職後に新規就農をした。岡山県倉敷市船穂町でスイートピー栽培を 25a のハウスで行っている。栽培に適した土地が非常に少なく、規模拡大も困難なため、限られた面積で収益向上に取り組む必要があった。
- ・農業経験が無い中での新規参入で、施設園芸の優位性を活かすためにデータの記録や自動制御機器が必要と考え、25 年ほど前に千葉県幕張メッセで行われた展示会(施設園芸技術展)に参加した。一般の生産者が使うような機器の展示はなく、大規模向けや研究用途のものばかりであった。見積りを依頼したところ大変高価であったため、自作をすることにした。本稿では、新規就農からのデータ活用と、環境制御システム等の自作による開発、および BCP への展開について紹介する。



図1 木下農園の自作ハウス(島根型)

(1)概要

1.経営ビジョン

- ・木下農園の経営ビジョンとして、下記の2つをあげている。
- ・「魅力的で高品質なスイートピーを安定的に出荷することにより人々の豊かな生活の一助となる」
- ・「1本当たりのエネルギーや農薬を低減して働きやすく環境負荷の少ない生産を目指す」

- ・スマート農業やデータ活用については、これらのビジョンを実現するための手段として考えており、それ自体を目的とはしていない。

2.栽培概要

- ・スイートピーはアクセル(栄養生長)とブレーキ(生殖生長)を調整しながらの管理が重要である。
- ・スイートピーの品質は栽培環境と適切な生育管理で決まる。
- ・播種時期:9月上旬、出荷期間:11~4月上旬の半年間(加温期間:11~3月)。
- ・栽培方法:点滴チューブによる溶液での土耕栽培(一般の養液土耕栽培とは管理が異なる)。
- ・品種:8品種栽培(2022年作)、育成3品種、植え付け株数:25000株(25a)。
- ・労働力:本人、妻、パート6名(10~4月)。
- ・ハウス環境:昼間20℃、夜間5℃で管理(比較的低温での管理)、灌水区画割:18区画。



図2 スイートピー栽培の様子

3.施設概要

- ・栽培面積:25a、30連棟パイプハウス(自家建設)
(以下、主要生産設備)
- ・環境制御システム 1式(自作)
- ・自動灌水システム 1式(自作)
- ・自動遮光カーテン 1式(自作)
- ・重油加温機 3台
- ・ヒートポンプ 5台
- ・炭酸ガス発生機 2台
- ・非常用発電機(BCP) 2台
- ・独立太陽光発電(BCP) 1台(自作)

(2) 各種機器の自作とデータの把握

1.ハウスの建設

- ・当地ではブドウの加温ハウス栽培が盛んで、土地が狭く、業者に施工を依頼することも難しく、ハウスを自分で建てることは普通であった。
- ・ハウスを建てる時は方位、生産レイアウトを考慮することが重要である。畝と作業通路のレイアウトとバランス、ハウス間口の長さを決めることで、全体の栽植本数や収量と収益の計算が出来るが、ハウスを一度建てるとレイアウトの変更は難しいため、十分な検討が必要である。
- ・ハウスの出入り口の位置決めも様々な影響がある。トラクターの出入りと動線を考慮した位置や、作業者の作業動線を考慮した位置など、後々の生産性にも影響する。

2.おんどりによるハウス内温度分布の把握

- ・研修の時ハウスの気温湿度を把握するために、ハンディタイプの温度記録計のおんどりを設置した。
- ・ハウスの気温ムラを把握するため、定点との各地点の温度差を順に計測し、温度等高地図を作って、気温ムラ対策に活用した。

3.気温計測用センサーの選定と設置

- ・ハウス内環境計測用に通風式ユニットを自作し、測温白金抵抗体センサーを入れ、ガーゼによる乾湿球計として利用している。



図3 通風式の乾湿球計

- ・通信用の UECS の WIFI ノード、UECS CCM の Bluetooth ノード、UECS 制御ノードを自作した。
 - ・屋外環境計測ユニットを設置した。
 - ・地下部環境計測ユニットを自作、土壌水分率、土壌温度、土壌 EC を計測している。
 - ・PLC 制御盤を累計 3 台自作し、環境制御に利用している。
- ・植物の環境指標として最も重要な温度センサーについて、各種の比較を行った。
 - ・測温白金抵抗体は、価格は高いが、精度、耐久性も高く、センサーから入力機器に延長しても精度が変わらない特徴がある。
 - ・サーミスターは一般に広く使われ、価格も安いですが、精度は低い。
 - ・IC 温度センサーは価格が安く、様々なタイプで精度も様々で湿度測定可能なものもあるが、揮発性有機化合物に弱く、センサーから入力機器の距離が短い。実際に通風センサーユニットに半年設置した IC 温湿度センサーでは計測値に大きな個体差が生じた。

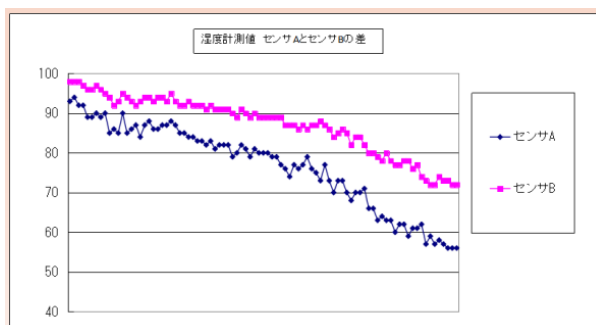


図 4 湿度センサーの比較

- ・実際のセンサーの設置場所は、高さや施設での位置により計測値に差が出るため、比較する場合には明確に場所を決める必要があることに注意した。産地での統一や、研究機関などで決めごとにするなどなどが求められると考える。
- ・センサーには日射の影響を防ぐための通風装置が最低でも必要で、外部の影響を緩和するための断熱も求められる。
- ・毎日のスイートピーの伸長量を計測し、平均温度との関連を見ると、平均温度が 0.5°C 違うと伸長度には 4% の差が出るのが分かった。仮に売上が 1 千万円ある場合には、平均気温 0.5°C の差が売上で 40 万円の差になり、年月が立つほど差は拡大する。そのため、センサーの精度と価格について良く考えて導入すべきと考える。

4. 土壌水分の把握

- ・暗黙知を形式知に変えた研修中の出来事として、灌水量の把握がある。

- ・研修先圃場の形状、面積、植え付け株数を調査し、灌水日の記録を行った。さらに、どんな風に灌水したかたずねたところ、「さらっと、しっかり、走るように」といった返答であった。
- ・それらの暗黙知を形式知としてデータ化するためパルス式水量計による灌水量の把握を行った。水やり開始と終了時のメーター値を読み取り、水やりごとの灌水量を求めた。それらの値から、「さらっと、しっかり、走るように」ごとに実際の灌水量を形式知として把握した。



図 5 灌水量の把握に用いたパルス出力水量計

- ・以上のように土壌水分を測定する前に、灌水量を把握することが有効と考えた。土壌水分計による灌水の管理は簡単ではないと考えたためである。
- ・その後、良い土壌水分計を見つけ、性能を確認する試験を行った。まずバケツに土壌を入れセンサーを挿し、給水することで水分率が正しいかをチェックし、精度を把握した。



図 6 土壌水分センサーの性能試験

- ・さらにオフシーズンにハウス土壌の各箇所挿して土壌水分率を確認した。また実際に灌水を行ってセンサーのデータを見ると灌水量とリニアに変化があって驚いた。

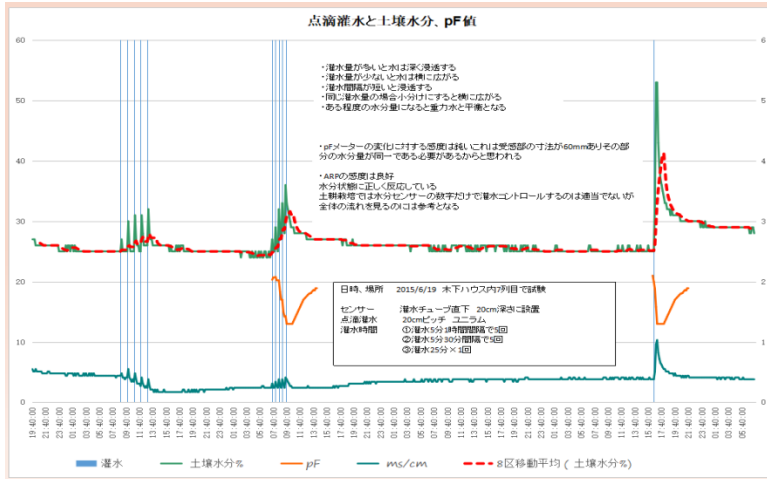


図7 点滴灌水における土壌水分とpF値の推移

- ・土壌水分を把握する場合、センサーのデータだけでなく、灌水の仕方(一度に灌水する、少しずつ灌水する、間をあけて灌水するなど)による土壌水分率の変化を見ることも重要である。さらにデータだけでなく、土壌を手で触った感触とも関連づけ、感覚と合わせて把握することも必要である。
- ・土壌水分計の落とし穴として、センサーを挿した位置に根が張っているかどうかで、実際の灌水管理に使えるかどうかが決まることがある。根の位置とセンサー位置について検証が必要となる。
- ・また土壌水分計のデータが正しいとしても、点滴チューブの精度が悪ければ灌水量のばらつきによって正確な灌水が出来ない問題も生じる。そのため、水量計で灌水量を把握することや、灌水チューブの各所で点滴をカップなどで受けて灌水量のばらつきを確認することも必要になる。

5. CO₂濃度の把握

- ・施設栽培での収量や品質の向上にはCO₂制御が有力な手段であり、そのためCO₂濃度の把握は重要になる。CO₂センサーには各種のものがあ、それらのテストも行い長所や短所を見極めた。特に、計測値にドリフトが発生しないか、そのための補正が必要か、また実際に補正は可能かなど確認した。補正には外気をポンプに取り込んで、校正に用いる仕組みもある。正しい値を把握でき、その値が補償されることが大切であり、現在は自動校正機能がついた正確な値のセンサーを使用している。

6. 使用電力の把握

- ・ヒートポンプや加温機の使用電力計測を行い、運転状況を把握している。センサーによる計測を行う前に電力メーターの値を記録して確認をし、計測に意味があることを認識した。高価な電力計測機器を用いず、クランプ型電力センサーを Arduino に接続し電力計を自作した。待機電力までは測れないが、精度も検証し稼働時の使用電力は正確に把握できている。

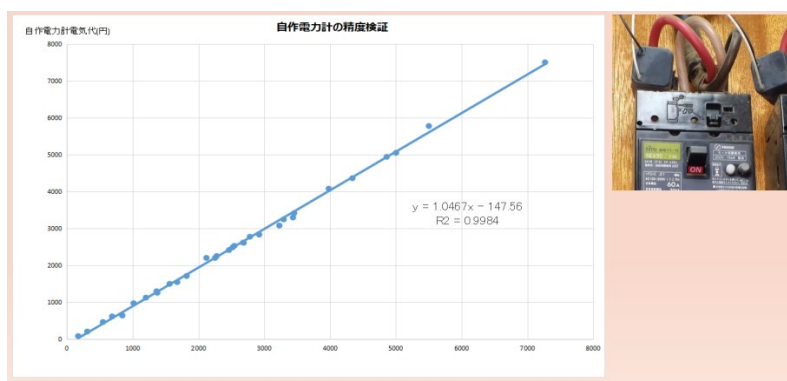


図 8 自作電力形の精度検証

- ・各種センサーの選定について、経年変化の少ないもの、精度と価格のバランスがとれたものを基準としている。また設置場所が重要であり、さらにセンサの値と自分の感覚値を関連付けることも大切である。また使用に当たっては定期的なメンテナンスで精度を維持することが重要である。

7. 計測ノードの自作

- ・選定したセンサーを使い、Arduino、ESP32、Raspberry Pi といった汎用マイコンを利用した計測ノードの自作を行った。
- ・これらの計測ノードをハウス内で利用する際に、WiFi や Bluetooth による通信には注意が必要で、周波数帯域により植物の水分に電波が吸収され通信が遮られる場合もある。鉢物栽培など見通しが良いハウス内では問題がないが、植物群落が見通しを遮るような環境では注意が必要になる。その他にもハウスや屋外で安定して使用するには、様々なノウハウが必要になる。
- ・Arduino を使った UECS 計測や制御ノードの作製とプログラムの作成には、研究者による検証がされ信頼性もある UECS 研究会ホームページの情報をまず参考にすると良い。さらに改良をしたい場合は、プログラム入門の書籍などを参考にやりたい箇所だけを改良すると良い。



図 9 自作した計測ノード

8.PLC を用いた配電盤、制御盤の自作

- ・工業用の PLC を使った配電盤、制御盤の自作を行った。未経験の分野のため、メーカーによる 3 研修をいくつか受講し、やりたいことが出来るように少しずつ積み重ねをした。

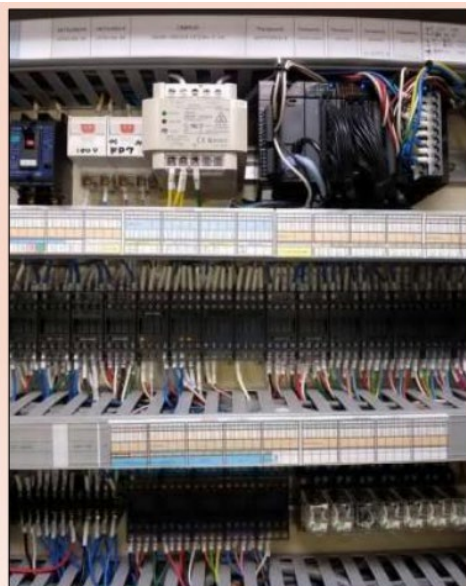


図 10 自作した配電制御盤

9.選別機の改造

- ・選別機の改造を行い、選別本数カウントや時間当たりの処理量の表示が行えるようにした。自動選別によるあふれが起こらないよう、量の多い等級に多くの区画を割り当てるよう工夫もした。



図 11 改造した選別機

10. 太陽光発電装置による停電対策

- ・環境制御機器類は 100V 電源により稼働しているが、停電の際にはすべての制御が停止する問題がある。そのため BCP の一環として太陽光発電装置を設置しバッテリーによる充電を行い、DC 電源から AC100V への変換と停電の電源自動切換えを行って、自動復旧が可能としている。



図 12 太陽光発電装置とバッテリーによる停電対策

11. 自家施工のための資格や工具

- ・実際に自分で設備機器の施工を行う際に必要な資格（電気工事士、電気溶接、ガス溶接）も取得し、また必要な電動工具や専用工具類も揃えている。

- ・設備機器を運用していると様々なトラブルが発生するため自分で対処する必要がある。昆虫類や小動物の進入と基盤上でのショートや、ブレーカー切断なども多い。通常は基盤の全交換になる対応であっても、自分で見つけて対処可能なものも多い。トラブルの多くはブレーカーや電源の抜けなどである。
- ・最近ではゲリラ豪雨時に感雨計の不感知トラブルがみられる。原因は良くわかっていない。

12.情報の集積と解析

- ・自作環境制御システムの概要として、センサー類による計測と制御、生育調査や出荷、作業データの取得、それらのデータベース化があり、全体を組み合わせた分析が重要である。

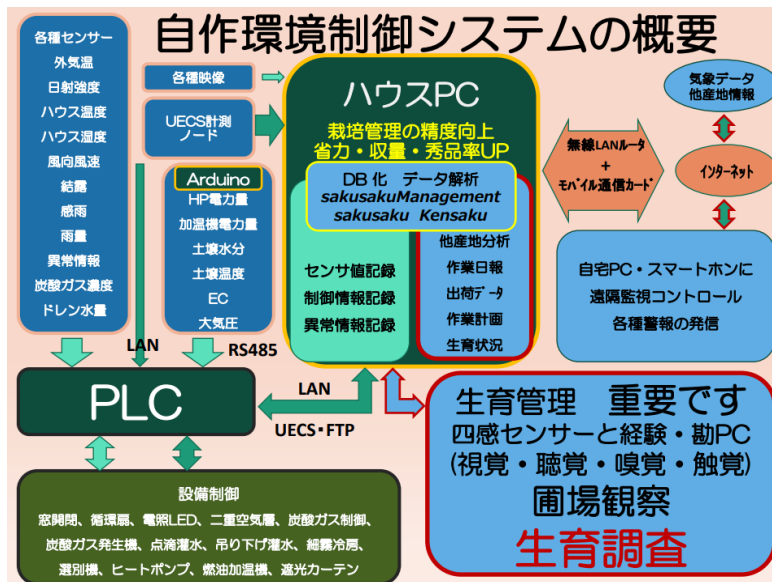


図 13 自作環境制御システムの概要

- ・各種の経営課題(栽培、生産、設備、環境、雇用)に対し課題解決の計画を策定し、それに対して必要な情報を選定しデータ取りとデータベース化やその他の方法で蓄積を行う。さらに各種の表示や解析の手法によって課題解決を行う。成果は標準化し、マニュアル化、プログラム変更、標準化によって定着を図る。こうしたサイクルを常に進めている。



図 14 情報の集積と解析のサイクル

- ・計測データは大量に生まれ、データベース化により検索や分析が可能である。Excel では大量のデータ処理は難しい。
- ・データ解析の手法については、基礎知識を学ぶ必要がある。統計の基礎知識は gacco[®]による無料のオンライン講座があり、Excel の統計分析ツールも利用できる。QC や IE の手法は、農業の現場でもっと広まると良いと考える。元々農業の場面で始まった実験計画法は、資材の有効性の評価などにも使える。
- ・データの表現方法によっては、同じデータであっても理解が深まったり、問題点を見つけやすくなる。文章での表現、表による表現、グラフ化、チャート化など見せ方の工夫が必要。

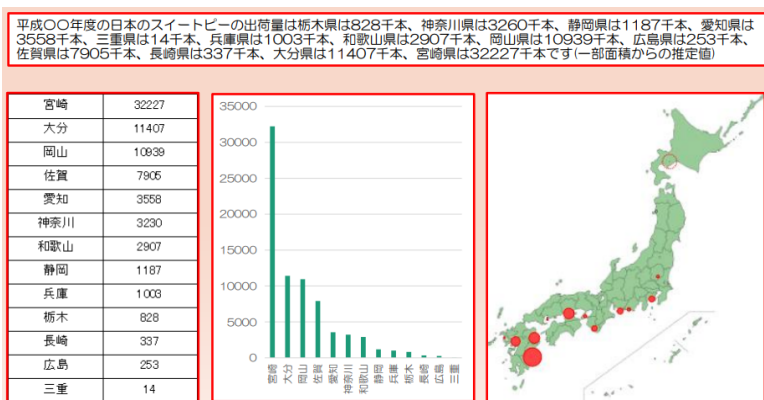


図 15 同じデータの様々な表現方法

13. データ取りと見える化

- ・データ取りの目的は「今の状態を把握し振り返り未来を予想し、そしてその先に収益向上（もうける）、省力化（らくする）、標準化（だれでも）、生産性向上（ゆとり）を見出すこと」である。データを取る作業は余分な作業でなく手入れ作業、収穫、出荷等と同様の価値がある。
- ・環境データも生育データ以外にも、農業では生産に関わるすべてがデータ取りの対象になる。例えば効率良く作業する人の分析によりムリムダを減らし生産性を改善するため、各作業の工数を調査するなどである。
- ・データとして栽培作物の状態、ハウス地上部の環境、ハウス地下部の環境、・灌水施肥（炭酸ガス）、販売（出荷データ）、・消費動向、他産地の動向、作業工数、経理、リスク管理といったものがあり、すべてが一元管理されるのが理想であるが、実際は一元化までは至っていない。
- ・植物の顔を見ろと言われても、注意深く観察を重ね植物の顔を見ての判断は難しく、その代わりに植物の生育調査による数値化が必要となる。
- ・実際の生育調査部位は8箇所、研究例がほとんどないスイートピーでは自分で選び決められなかった。調査の目的には品質の把握があり、重要な出荷品質であるステム長を出荷前に前もって把握することも可能である。

	頻度・時期	項目	内容
1	生育初期(全数)	発芽率	発芽率、生育不良、調査
2	生育初期(0~14日)	形状	播種から初期の標準形状(図)との比較
3	播種~栽培終了まで	形状	カメラによる自動記録
4	10月より毎日	生長度	生長点の伸び(各品種n=1)
5	10月より節毎3~5日毎	葉長	草勢把握(各品種n=1)
6	10月より節毎3~5日毎	節間	草勢把握(各品種n=1)
7	10月より節毎3~5日毎	ステム太さ	草勢把握(各品種n=1)
8	作1~2回程度	葉長	郡内バラツキ、調査株の適正調査

図 16 スイートピーの生育調査項目と内容

14.統合環境制御システムでの一覧表示

- ・統合環境制御システムⅢでは、様々な計測値と設備状態を1つの画面で一覧表示をしている。そこでは機器動作が分かりやすいよう、例えば巻上げ装置の動きを矢印の方向(↑など)で示している。また灌水の系統ごとの動作について、系統番号の他に植えられている品種名も表示して分かりやすくする工夫もしている。

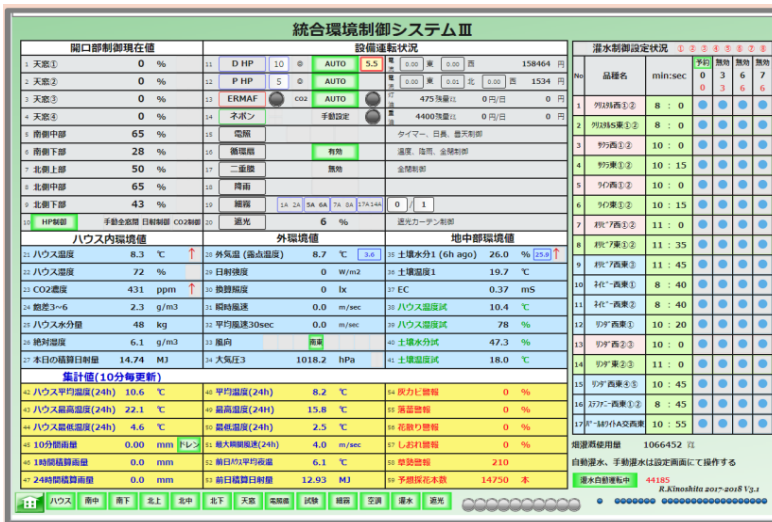


図 17 統合環境制御システムⅢの表示画面

- ・機器の動作異常について通報メールを発信する設定がある。

15.各種データのグラフ化

- ・計測値と設備状態のグラフ化では、1画面に2つのグラフを並べて表示し、各グラフの表示期間も変えることができる。期間を広くとってまず全体を俯瞰し、気になる部分を拡大し確認することができる。
- ・1株当たりの灌水量と土壌水分量のグラフを並べ、原因と結果の関係を見ることができるが、時間差で結果が現れることもあり、グラフをさかのぼり表示して検証を行う。

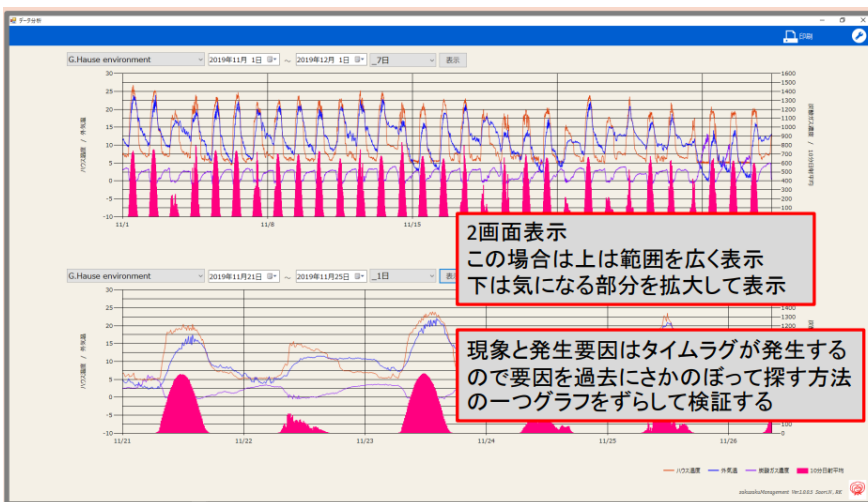


図 18 グラフの2画面表示による検証

- ・過去の雨量計データをグラフ化し、豪雨時など周辺で土砂崩れなどが発生したかを確認し、地域の災害対策に活かすこともできる。
- ・縦軸にスイートピーの生育期間(10月～3月)、横軸に年を取り、日別に積算日射量を色分け表示することで、近年の日射量の傾向を感覚的につかむことができる。2013～14年にかけての傾向に変化が読み取れる。

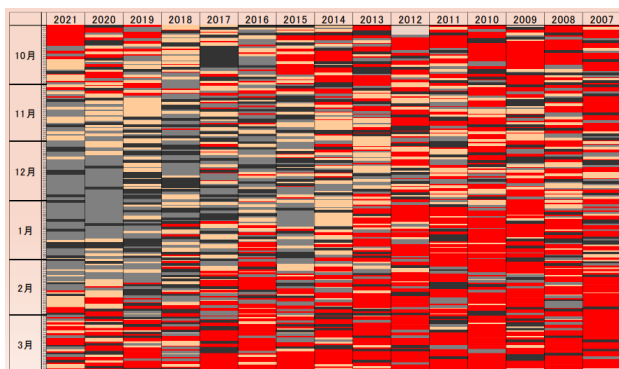


図 19 過去 14 年間の積算日射量の色分けグラフ

- ・データ解析事例として、種子冷蔵処理の均一化への利用がある。種子冷蔵工程で発根のバラツキがあり、種子のバラツキ(大きさ、採取のタイミング等)、吸水時の水温など原因を探ったところ、冷蔵中の種子温度については、冷蔵庫の設定温度と実際の温度は必ずしも一致していないことがわかり改善を図った。

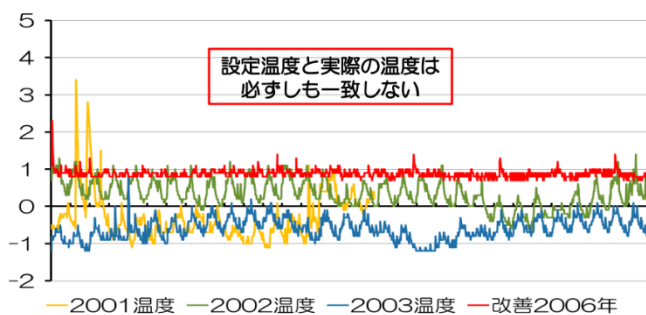


図 20 冷蔵処理中の種子温度の 1 か月間の変化

- ・データの解析事例として、ハウス側面の二重化(空気膜)による隙間換気での損失改善効果の確認がある。加温機の稼働時間と平均外気温の関係をグラフ化し、通常の 1 重フィルムの箇所と比較したところ、二重化による稼働時間の短縮が確認できた。

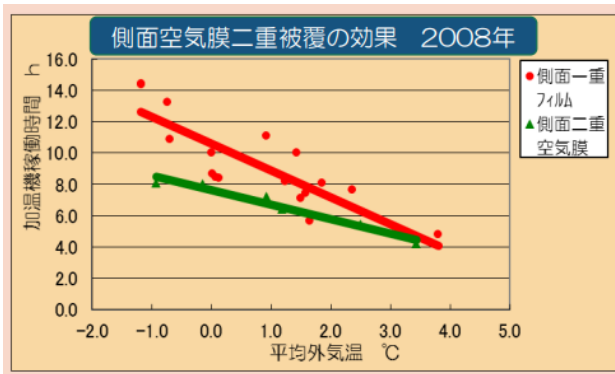


図 21 側面空気膜二重被覆の効果

(3) BCP の取り組み

- ・令和 3 年度に岡山県で BCP 認証制度が始まった。農業分野からの応募は想定されていなかったが、農業は自然災害のリスクが高く、温暖化や高温の影響を受けやすい産業であり、安定出荷のためのリスク管理や防災の観点から応募を行い認定がされた。

岡山県 BCP 認証制度

令和3年度認定事業者

木下農園
スイートピー専門農家
(倉敷市)

農業イノベーション大賞
2021
選考委員会特別賞受賞

魅力あるスイートピー経営を目指して

- ・魅力的で高品質なスイートピーを安定的に出荷することにより人々の豊かな生活の一助となることを使命とします。
- ・生産、栽培技術の改善及び知識の向上を図り、日本一のスイートピー農家を目指します。
- ・1本当たりのエネルギーや農薬を削減して働きやすく環境負荷の少ない生産を目指します。

図 22 岡山県 BCP 認証制度による認定

- ・BCP の具体的な取り組みは、前述の太陽光発電による環境制御装置の停電時自動復旧の仕組み作りになる。

(4) まとめ

- ・データの活用は他の作業と同等以上の価値を生む重要な作業の一つである。
- ・環境制御は収益向上の一つの手段、導入だけでは効果は見込めないデータ分析し適切に管理してこそ収量、秀品率の改善、高品質、省力化がはかれ環境負荷低減やゆとりある労働環境が期待できる。
- ・自然災害のリスクが大きい農業分野だからこそ BCP の取組が重要である。

※本稿は 2022 年 8 月 30 日に開催されたスマートグリーンハウスセミナーでの木下良一氏の発表内容を掲載したものである。