

### 1.11 木下良一氏

| ・ データ蓄積を利用したスイートピー栽培の効率化 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地区                       | 岡山県倉敷市船穂町船穂 (木下農園)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 作物(作型)                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ スイートピー (越冬栽培等)</li> <li>・ 作型:土づくりと畝たて7月上旬から開始、土壌消毒を8月25日まで1月程度。薬剤消毒と太陽熱消毒を併用。9月5日頃から播種、11月上旬から出荷～4月上旬まで、市場需要がなくなった段階で終わる(2020年の出荷は11月中下旬～4月上旬まで、最近は高温などで出荷期間が短くなっている)。</li> <li>・ 出荷終了後に自家採種。種子は12月から選抜し種取り。交配も自家で行う。近年は高温と天候変動から、作りやすさを重視して、素性の良いものを土台に改良している。</li> <li>・ 発芽処理:冷蔵処理を7月上旬から定植まで、冷蔵庫内に吸水種子を1℃1月間処理。</li> </ul>                                                                                                                                                                            |
| 販路                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 市場出荷:船穂町花き部会で共選出荷。出荷先は、関東、名古屋、関西、及び地元(岡山、広島)。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 施設の特徴                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 連棟ハウス(1棟)、環境制御はUECSに対応したシーケンサー(Panasonic FP7)を用いて、換気、空気熱源式ヒートポンプ、灌水を制御。制御プログラム自体は農園主の木下氏が作成。モニタリングは、気温、湿度、日射などの他、ヒートポンプの消費電力量やドレン水の量もArduino等の自作装置を活用してモニタリングしている。データは20年以上のデータを蓄積して、冬期間の夜温低下のためのヒートポンプ冷房などに活用している。データはすべてMicrosoft社のデータベースソフトを利用して保存し、過去の環境制御のデータなどを見比べて環境制御の設定を行っている。</li> <li>・ 連棟ハウスの形状は変形した台形状で、土地が狭い地域のため傾斜地に自家建設。間口は30連×3.6m(全108m)、中柱3mピッチ、島根型ハウス(加温マスカット産地でブドウ向けの設計、自家施工と傾斜地施工が多い、骨材の接続を治具や番線で行う)、軒高:2.6m(地域では建設当時は最も高い軒高)、建設年:2000年、農POフィルム、カーテン遮光1層(40%)水平張りで自家施工。</li> </ul> |



自作の島根型ハウス



|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 経営規模  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 合計 25a (夫婦 2 名、パート従業員 7 名)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 経営の特徴 | <p>(木下氏の経歴)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工学部卒、化学系メーカーで開発と生産管理などを 15 年、花きで新規就農するため中国各地を訪ね、スイートピー産地での就農を決める。</li> </ul> <p>(新規就農とデータ活用)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 当地では岡山県の 2 年間の新規就農研修制度が整備されており 1 年目は研修先農家で各種作業を習い、2 年目は小面積の研修用ハウスで土づくりから出荷まで一人で行うというものだった。</li> <li>・ 農業経験はなくハウスの機器動作や灌水管理などの、農家の感覚的なことがわからなかった、そのため各種基準値の必要性を感じ、地域の実績数値を参考にして基準作りをした。</li> <li>・ 例えば灌水施肥量の数値化では研修先のハウスの図面をおこし面積や植え付け株数を数え、当時行われていたホースによる手灌水の作業時間とホースからの水の流れを観察しておおよその流量を推定して一株当たりの灌水量として数値化をした。施肥量も聞き取りし株当たりになおし、追肥も同様に聞き取って基準化をした。</li> <li>・ また手灌水による作業は 1 日仕事になり、水をやりたいときにも他の収穫作業などで灌水ができないこともあり、自動化の必要性を感じた。そこで 2 年目の研修では研修ハウスに流量計を設置して各種灌水チューブの試験を</li> </ul> |

行い、データをとった。

- ・ハウスの温度管理の数値化では、おんどとりを購入し、研修先に設置して計測した値を基準にした。ハウスの換気状況も地域のハウスを見てまわり、農家毎の換気の違いについても確認した（時間帯や開度など様々）。

- ・これらを参考に、就農時の環境制御に反映させた。

（スイートピー栽培での難しさ、環境制御等で解決すべき課題について）

- ・環境条件について基準が公開されているわけではなく、計測し環境を把握しても最適条件かわからないため、生育調査と環境条件と出荷生産物を検証する事により最適条件を模索している。

※スイートピーでは栽培や環境などの基準、研究成果は野菜に比べ少ない。

国内の研究機関の試験成績もとりによせたが、最適な環境や栽培に関する研究は少なかった。全国の栽培指針を取り寄せたが、産地で大きな差があった。

- ・栽培上の課題：落蕾。2～3日の曇天で発生。経営的、精神的ダメージが大きく、昔から課題になっていた。発生条件ははっきりせず、4日～1週間前の環境条件をさかのぼらないと分からないため、落蕾の発生する環境条件を探し続けた。

（ヒートポンプ冷房による落蕾抑制）

- ・過去のデータ分析により、低日射量の日の高夜温条件で、甚大な落蕾が発生することを独自に突き止め、岡山農研と共同で園芸学会での発表を行っている。そのため、落蕾が予想される環境条件の夜間にヒートポンプ冷房を実施することで落蕾抑制（ハウス1棟のため比較試験はできないが、過去の発生条件を積み重ねることにつきとめた）を行い、高品質な生産物を安定的に供給する取り組みを継続的に行っている。

- ・ヒートポンプは市販の製品では、設定温度5°Cなどの暖冷房はできないが、独自の制御方法で低温時にもより低温管理ができるヒートポンプの運用方法を独自開発している。

5°C設定はヒートポンプ側にはなく、メーカー側も対応できなかった。暖房にも使えること（低温での暖房効率は悪いが）、電力メーター値も記録して電力料金を試算し、燃油暖房のみとの光熱費の比較検討をした。重油暖房機の稼働時間より燃油消費量も試算した。経費の分岐点なども燃油価格も踏まえシミュレーションした。個々の電力使用量をモニタリングするセンサーも導入しており、実際の稼働状況を正確に把握している。7台のヒートポンプや加温機のデータを計測し分析するよう Arduino に接続した。稼働時の消費電力量の計測には十分な精度と考えている。

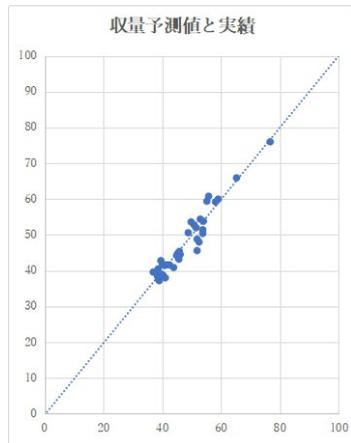
- ・湿度が高い時にヒートポンプの効率が落ちていたが、地表面からの蒸散を

除湿するためのエネルギーがかかっていたと考え、現在は全面マルチにして省エネ化をはかっている（蒸発顕熱について検討）。

- また、きめ細かな生育調査を行い、今後の気象予報などを環境制御の設定に反映させる取り組みを長年継続して行っている。

データ利用の状況 (環境計測・制御)

- 温室内気温は白金測温体を利用するなど、データの質にもこだわった計測を行っている。また、電気使用料や重油使用料もそれぞれセンサーを設置し、リアルタイムに把握することが可能としている（電気使用料や重油使用料の計測結果の利用について）。
- 落蕾発生条件についても、独自に収集したデータを解析することで発見することができた。
- 20年以上の日射や気温のデータをリアルタイムに閲覧できるシステムを構築し、長期的なスイートピー栽培の戦略についても検討している。
- 収量に関係する環境の測定値を統合した独自の係数を用いて収量予測を行っている。



収量の予測画面

|           |           |         |    |
|-----------|-----------|---------|----|
| 7.6 °C    | 54 灰力比警報  | 0 %     | 15 |
| 14.4 °C   | 55 落蕾警報   | 0 %     | 16 |
| 2.9 °C    | 56 陽熱消毒指数 | 110.2 % | 17 |
| 2.6 m/sec | 57 しおれ警報  | 0 %     | 畑  |
| 5.9 °C    | 58 草熟警報   | 130     | 自  |
| 14.28 MJ  | 59 予想採花本数 | 10250 本 | 採  |

試験 繕器 空調 灌水 遮光

予想採花本数と各種警報画面

- 収量予測の目的として、翌日作業の段どりのため正確な予測が必要ながある。また採花基準もファジーなところがあり、植物の状態の他にも作業者間の採花基準のすり合わせも重要と考える。現在は8品種を栽培しているが、品種間の生育が異なるため、各品種ごとの収穫量予測も必要である。

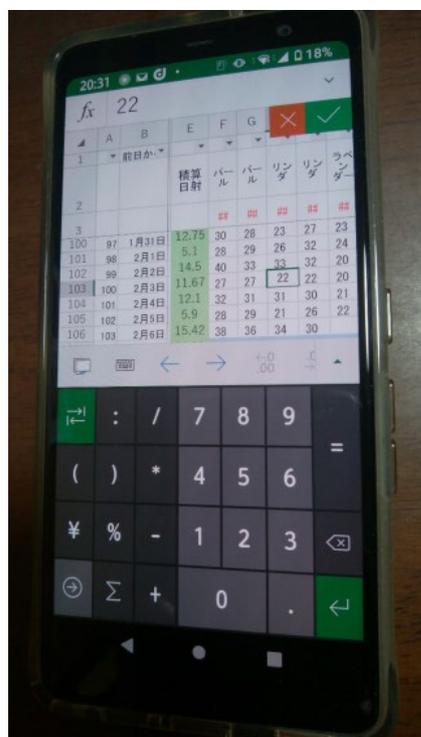
(スイートピー栽培の解析ソフト)

- スイートピー栽培の解析はMicrosoft社のVisual StudioとSQL Serverを利用している。過去の環境計測データや、出荷に関するデータを解析し、

栽培管理等に反映させている。現在のシステムが3世代目になる。当初は日射や夜温の条件をさかのぼってひとつひとつ探していたが、現在はデータベース化しているので解析がしやすくなってきている。

この解析ソフトは元 SE の研修生と必要な機能、仕様をすり合わせ開発してもらった。

- 天気予報を草勢管理に応用し、管理を変えることを検討しているが、予報精度に問題があり課題となっている。
- 毎日実施する生育調査については、スマートフォン版の Excel とマイクロソフトのクラウドを利用して、測定と同時にデジタルデータ化している。



|     | A   | B     | E     | F   | G   |     |     |
|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
| 1   |     | 日付か   |       |     |     |     |     |
| 2   |     |       | 精算日射  | パール | パール | リンダ | リンダ |
| 3   |     |       |       | 株   | 苗   | 株   | 苗   |
| 100 | 97  | 1月31日 | 12.75 | 30  | 28  | 23  | 27  |
| 101 | 98  | 2月1日  | 5.1   | 28  | 29  | 26  | 32  |
| 102 | 99  | 2月2日  | 14.5  | 40  | 33  | 33  | 32  |
| 103 | 100 | 2月3日  | 11.67 | 27  | 27  | 22  | 22  |
| 104 | 101 | 2月4日  | 12.1  | 32  | 31  | 31  | 30  |
| 105 | 102 | 2月5日  | 5.9   | 28  | 29  | 21  | 26  |
| 106 | 103 | 2月6日  | 15.42 | 38  | 36  | 34  | 30  |

スマホ画面のサンプル

(地域の部会活動との連携)

- 環境制御装置は他の部会員にあまり普及していない。自動換気は普及してきたが、モニタリングはほとんど進んでいない。昨年の研修生は就農と同時に導入したが、本人も農業未経験のため、基準値があれば経験不足を補えると考えたようだ。
- 地域で導入が進んだ自動灌水装置は木下氏が導入後、4年後に全員が導入をした。春先の灌水遅れと草勢低下が点滴自動灌水で回避できた。自動灌水装置は秀品率改善効果がわかりやすく補助対象となったことから

導入が進んだが、環境モニタリング装置は自動灌水装置より安価であるにもかかわらずそれだけでは効果は期待できず、導入が進まない模様である。生育調査などと合わせて効果が発揮され则认为。また多くの生産者はハウスが分散しているので、ハウス毎にモニタリング装置等の導入が必要で経費負担が大きいのも課題である。

- ・ 警報装置の機能を全面に出し販売すればモニタリングは普及する可能性もあるのでは？と考える。防犯、暖房異常などをスマホへ通報+環境モニタリング機能などをあらかじめ付加しておけば機器の導入は進む、機能も容易に追加できるように設計しておくことが重要と考える。現場での警報装置への要望は強く導入の余地はあると考える。以前、警報装置を手作りしたとき、3軒の要望があつて設置した。費用は損害金額に対する保険と考えると導入のハードルは低いと考える。

#### (作業管理)

- ・ エクセルを利用して労務管理を実施している。
- ・ 収穫作業等の所要時間の計測などを実施して作業の効率化を図っている。

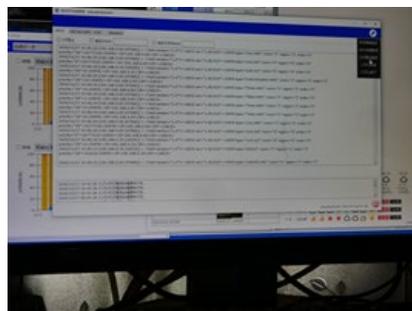
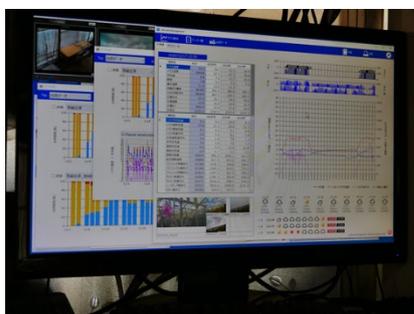


図 データ解析ソフトウェア。Visual Studio と SQL Server を利用している。左の図では天気予報の情報をインターネットから自動収集して表示させたり、温室内の環境情報などを表示している。右の図では UECS の通信文を受信している。



図 環境制御用ソフトウェア。ヒートポンプ暖冷房の自動化や、放射冷却による温室内の過冷却に対応した独自の環境制御が実施可能となっている。



図 温室内でのスイートピーの生育

| データの計測・記録と利用状況 | 分野   | 項目                 | 計測・記録 | 備考                                                                                                                              |
|----------------|------|--------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| データの計測・記録と利用状況 | 環境   | 温度                 | ○     | ・風向、風速、大気圧、（飽差、絶対湿度、露点温度等）                                                                                                      |
|                |      | 湿度                 | ○     |                                                                                                                                 |
|                |      | CO <sub>2</sub> 濃度 | ○     |                                                                                                                                 |
|                |      | 日射量                | ○     |                                                                                                                                 |
|                |      | 土壌水分               | ○     |                                                                                                                                 |
|                |      | EC                 | ○     |                                                                                                                                 |
|                |      | pH                 | ○     |                                                                                                                                 |
|                |      | 灌水量                | ○     |                                                                                                                                 |
|                |      | 排水量                |       |                                                                                                                                 |
|                |      |                    |       |                                                                                                                                 |
| データの計測・記録と利用状況 | 植物生育 | 開花数                | ○     | ・伸長量を毎日、葉長、節間長、頭頂部の形体基準を自分で作ってABCの段階評価している。不定期に栽培のばらつきを把握する為に品種ごとに葉長計測、初期生育について基準をつくり段階評価している。<br>・調査目的は、製品品質が分かる部位の状況を調べている。相関 |
|                |      | 着果数                |       |                                                                                                                                 |
|                |      | 葉面積                |       |                                                                                                                                 |
|                |      | 茎径                 |       |                                                                                                                                 |
|                |      | 伸長量                | ○     |                                                                                                                                 |
|                |      | 画像                 | ○     |                                                                                                                                 |
|                |      | 葉長・葉幅              | ○     |                                                                                                                                 |
|                |      | 葉数                 | ○     |                                                                                                                                 |
|                |      | 花芽発生時期             |       |                                                                                                                                 |

|          |                                                                                                                                                                                           |   |  |                                                                           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|---------------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                                                                                                                                           |   |  | 関係について、様々な部位を計測して調べ、生育中に測れるところで見ている。節ごとに測るので、節の成長速度が時期で異なるため、計測間隔も異なっている。 |
| 収出荷量     | 収穫量                                                                                                                                                                                       |   |  |                                                                           |
|          | 選花データ                                                                                                                                                                                     | ○ |  |                                                                           |
|          | 出荷データ                                                                                                                                                                                     | ○ |  |                                                                           |
|          |                                                                                                                                                                                           |   |  |                                                                           |
| 作業       | 作業種別                                                                                                                                                                                      | ○ |  |                                                                           |
|          | 作業時間                                                                                                                                                                                      | ○ |  |                                                                           |
|          | 作業者                                                                                                                                                                                       | ○ |  |                                                                           |
|          | 作業エリア                                                                                                                                                                                     | ○ |  |                                                                           |
| その他      | 重油使用量                                                                                                                                                                                     | ○ |  | ・各開口部の開閉度、各機器の稼働状況等                                                       |
|          | 電力消費量                                                                                                                                                                                     | ○ |  |                                                                           |
| 今後の課題    | ・下葉かきなど、まだ効率化が十分でない部分を効率化することが必要。                                                                                                                                                         |   |  |                                                                           |
| 事業での活動内容 | ・オンラインによる現地調査（2021年1月29日）                                                                                                                                                                 |   |  |                                                                           |
| 委員所見     | <b>【安場専門委員】</b><br>・環境制御機器への投資コストとランニングコストを勘案したうえで、機器の導入可否を決定しているが、そのために多くのデータを収集するとともに、データの可視化にこだわりを持っている。<br>・センサー測定の日データよりも、生育データの収集に力を入れている。定期的に葉の大きさや開花の状況などを調査して、環境制御や栽培管理に反映させている。 |   |  |                                                                           |
| 関連情報     | ・木下良一、自作複合環境制御システムによる ICT・IoT の活用、農業技術体系 花卉編第 8 巻（2019）<br>・木下良一・森義雄、ヒートポンプを用いた夜間冷房によるスイートピーの落蕾抑制、園芸学研究 15 巻別冊 2 号（2016 年 9 月）                                                            |   |  |                                                                           |