平成 27 年度次世代施設園芸導入加速化支援事業（全国推進事業）事業報告書　（別冊３）

施設園芸・植物工場事業者への
栽培支援・経営支援事例集

事例１：（株）一苺一笑
（宮城県、大規模施設でのイチゴ栽培）
事例２：（株）木田屋商店　小浜植物工場 greenLand
（福井県、人工光型植物工場でのレタス栽培）
事例３：ベルグアース（株）
（愛媛県、大規模施設での果菜類接ぎ木苗生産）

平成 28 年 3 月

一般社団法人日本施設園芸協会

はじめに

次世代施設園芸導入加速化支援事業（全国推進事業）において、大規模施設園芸や植物工場における栽培上、経営上の課題について、専門家による技術支援や経営支援を行った。生産現場への支援や指導は、従来は農業改良普及員や営農指導員、試験研究機関等により行われてきたが、経営規模の拡大や、人工光型植物工場のような新たな分野については、その分野の専門家の指導を仰ぐ必要もある。本事業では比較的大規模な経営体に対して各分野の専門家を派遣し、現場の課題解決と経営の向上を進めてきた。本報告書は次の３事例について、そこでの支援内容や成果について示すものである。

事例１は、宮城県山元町で東日本大震災後に整備された 86a のイチゴ栽培施設において、地元の若手生産者により設立された法人に対しての組織体制や経営方針の整備、日常管理体制の整備、栽培指標の整備等の総合的な支援を平成 25 年度より行った。本稿では、それらをとりまとめ、報告する。

事例２は、福井県小浜市で整備された大規模人工光型植物工場（日産 8 千株程度）でのレタス栽培において、稼働当初から、育苗方法の改善、電気料金の低減、日常管理体制の整備、培養液管理の改善等の総合的な支援を平成 25 年度より行った。本稿では、そのうち人工光型植物工場における培養液管理適正化手法のモデル化について報告する。

事例３は、愛媛県宇和島市で果菜接ぎ木苗を中心に全国ネットワークで苗生産を大規模に行う育苗業者において、生産管理における見える化の導入を平成 26 年度より進めたものである。本稿では、接ぎ木苗の品質評価のための見える化、および生育スケルトンの設計から実務導入までのプロセスの標準化について報告する。

以上の事例について、具体的な支援内容、手法等を紹介し、成果をあきらかにするとともに、今後の次世代施設園芸や植物工場の地域展開にも資するものとしたい。

平成 28 年 3 月

一般社団法人日本施設園芸協会

もくじ

事例１：（株）一苺一笑
（宮城県、大規模施設でのイチゴ栽培）
組織運営、栽培管理、生産管理までの総合的な支援について

１．　はじめに　1
２．　農業法人経営における中期計画作成の必要性　2
３．　日常管理における 1E と 4M について　4
４．　Man　人材教育と組織について　6
５．　Environment　環境計測と制御について　8
６．　Machine　設備管理・保全について　１２
７．　Material　エネルギー・資材管理について　１６
８．　Method　方法：生産管理と作業管理　２０
９．　経営実態と改善のための方策　２３
１０．生育調査・生育指標　２７
１１．環境管理・養液管理　３０
１２．今後の地域展開について　３２
１３．経営者によるまとめ　３４

事例２：（株）木田屋商店　小浜植物工場 greenLand
（福井県、人工光型植物工場でのレタス栽培）
人工光型植物工場における培養液管理適正化手法のモデル化

１．　はじめに　３７
２．　養分吸収濃度計算に関連したデータの収集方法　３７
３．　専用培養液処方作成方法　３９
４．　追肥処方と初期培養液処方　４１
５．　株あたり蒸散量の推定　４２
６．　事業者によるまとめ　４２

事例３：ベルグアース（株）
（愛媛県、大規模施設での果菜類接ぎ木苗生産）
接ぎ木苗の品質評価のための見える化
－生育スケルトンの設計から実務導入までのプロセスの標準化－

１．　はじめに　４４
２．　苗の生体情報計測　４４
３．　苗の生育スケルトンデザイン　４５
４．　見える化ソフトウェア　４６
５．　事業者によるまとめ　４７

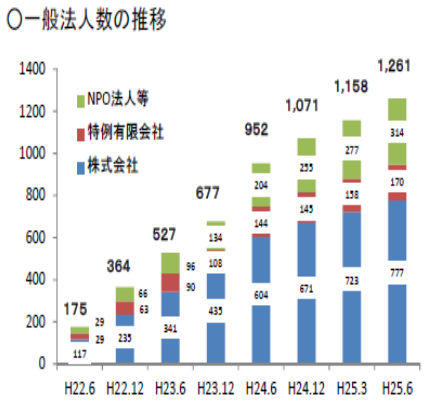
事例１：（株）一苺一笑　（宮城県、大規模施設でのイチゴ栽培）
組織運営、栽培管理、生産管理までの総合的な支援について

１．はじめに

（株）一苺一笑（いちごいちえ）はイチゴ産地として全国的に有名な山元町で新しいスタイルのイチゴ栽培を目指した新規法人として平成 24 年に設立された。同農家は先祖代々イチゴ農家として伝統的な栽培ノウハウを親子代々で継承してきた。その後、震災復興という状況の中に置かれイチゴ農業を再興するために太陽光利用型植物工場（86a）を設立し、平成 25 年より専門家による生産管理・品質管理指導、人材育成支援、業務管理指導、環境制御条件測定・指導、生育調査、育苗管理・指導、財務諸表分析などについて現地調査及び指導を実施してきた。　（白石秀樹）

２．農業法人経営における中期計画作成の必要性

農業経営の法人化、それも大規模化により生産性の向上を図り、顧客のニーズ多様化に対応した商品をタイムリーに市場に提供できる法人が市場での競争力を得る。改正農地法が 2009 年 12 月に施行されて以来、一般法人の農業参入が大幅に増加している。（図表１参照）



	改正農地法施行前 (H15.4～H21.12)	改正農地法施行後 (H21.12～H25.6)	差	増加率
参入法人数	436	1,261	825	289%
株式会社	250	777	527	311%
１年当たり平均参入数	65	360	296	558%

（農林水産省資料）

図表１　農業経営への法人参入数

そのような市場環境をまとめると次のようになる。

a.生産者（農家）は大規模化、法人化、法人経営へ移行していく

農業法人には特有の経営感覚、栽培技術力が求められ、施設園芸、植物工場では特に温湿度、培養液濃度、CO_2 濃度等についての高度環境制御技術が必要。

b.農産物の安全性はますます重要になる

農産物の産地買付け、輸出増加によりさらに厳しい農場管理が求められ、GAP（JGAP、GGAP など）の認証取得も必要となる。

c.農産物は輸入品との競争がますます激しくなる

国内ではより低コスト、安全、高付加価値な農産物が求められる。

2.1 農業での中期経営計画

農業経営には上記の国内外の急速な市場変化の中で競争力を維持するため中長期的な経営ビジョン

が必要である。その経営ビジョンを中期経営計画として立案し、具体的な経営目標を設定する。設定した目標を達成するためにそれを各部門の年次事業計画に落とし込み、そして現場の実行計画に細分化する。この一連のブレークダウンの考え方は、方針マネージメントという考え方で、一般の製造業等の分野では TQM（Total Quality Management：総合的品質管理）と呼ばれている。

2.2 農業と工業の計画の違い

農業の場合は生産サイクルが長く最長 1 年であること、農産物は自然の環境条件に左右されるので生産量調整に自由度が少ないため市場へのデリバリー体制にはより緻密な計画性が求められる。品質はバラツキが比較的大きく、食物としての安全性が厳しく求められる。施設園芸、植物工場の場合は、一般の土耕栽培より工業的な管理が必要で、また高度環境制御技術が企業価値の大きな部分を占める。

2.3 経営理念・中期ビジョンの作成

（株）一苺一笑の代表取締役の佐藤拓実氏の実家では、山元町で代々イチゴ農家として地域に根ざしイチゴ栽培をしてきたとお聞きしている。昔は農繁期には地域から人手を借り、逆に他の農家が農繁期の時には人手を融通するという具合に地域で問題を都度解決することができた。一方で平成 24 年に法人として太陽光利用型植物工場を立ち上げ栽培を開始してからは、昔ながらのカンと天候しだいで収量と品質が決まってしまう従来の営農とはかなり経営の考え方が異なっていることを理解されたようである。その後、法人化により組織形態、栽培方法、雇用人材、人材育成、地域貢献などの全体の「経営理念（表 1）」と「経営ビジョン」を再度考え直す時期となり、「経営ビジョン」はイチゴ生産法人として今後 3 年間に目指すもの（What）を「中期ビジョン（表 2)」として作成した。

表 1　（株）一苺一笑の経営理念

【経営理念】
1. 私たちは風土と共に生き、科学的な農業を実践します
2. 私たちはお客様の視点を忘れずに農産物の生産をおこないます
3. 私たちは未来に向かって農業を開拓し新たな価値を創造します

j

表 2　（株）一苺一笑の中期ビジョン

中期達成目標	農業人材の育成	地域への貢献	科学的農業の実践	6 次産業化への取組み
目指すもの	栽培と経営を担うリーダー的人材の育成	雇用拡大	高収量・安定生産ができる施設園芸	地域活性化へつながる新商品開発

2.4 「目で見る管理」の重要性

現地指導が開始された当初は、会社内にはほとんど掲示物はなく、例えばイチゴの品質管理については JA の品質規格表はあったが活用されておらず出荷品質での等級管理についてはたとえば色づき・傷については個人的な感覚で判断している状況だった。従って、納品の際に品質バラツキが大きくクレームとなっていた。これに関しては問題点として相談を受け、数値化ができない色づき・傷な

どの感覚検査では写真で限度見本を作成して管理基準とすることを指導した（写真でイチゴの色・形の見本を作る)。その他に「目で見る管理」の一例を図 1～4 に示す。「目で見る管理」は生産現場での品質管理、出荷管理、整理整頓、安全衛生などで全員が目で見てすぐわかるので管理として有効である。

図１　５Ｓ活動と手指洗い

図２　イチゴカラーチャート

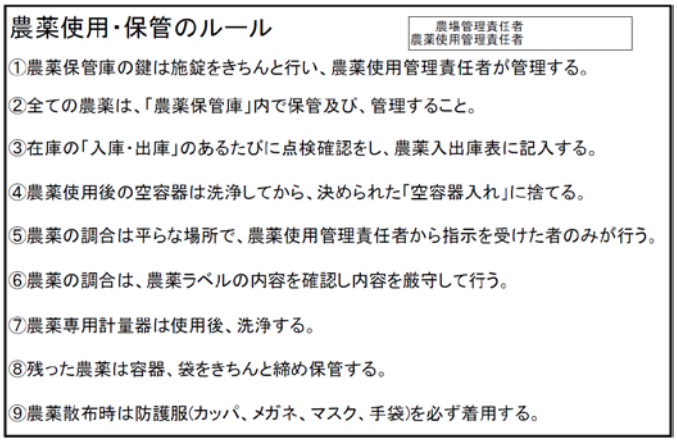
図３　５Ｓ活動（台車の整理整頓）

図４　安全管理の立て看板

2.5「目で見る管理」の目的と効果

目で見る管理は経営トップから生産現場にいたるまで全員が見ることにより、品質管理、衛生管理、日常の生産管理、生産スケジュールなどで問題が生じていないかを監視し、問題があれば対策をすぐに立てることが目的である。たとえば品質不良の問題や生産性低下の問題があれば、それを全員が共有化し迅速に行動できたという効果があった。図 5～7 に、具体例の一部を示す。

図 5　全員の勤務シフト表（掲示物として示す）



農薬使用・保管のルール

農場管理責任者
農薬使用管理責任者

①農薬保管庫の鍵は施錠をきちんと行い、農薬使用管理責任者が管理する。

②全ての農薬は、「農薬保管庫」内で保管及び、管理すること。

③在庫の「入庫・出庫」のあるたびに点検確認をし、農薬入出庫表に記入する。

④農薬使用後の空容器は洗浄してから、決められた「空容器入れ」に捨てる。

⑤農薬の調合は平らな場所で、農薬使用管理責任者から指示を受けた者のみが行う。

⑥農薬の調合は、農薬ラベルの内容を確認し内容を厳守して行う。

⑦農薬専用計量器は使用後、洗浄する。

⑧残った農薬は容器、袋をきちんと締め保管する。

⑨農薬散布時は防護服(カッパ、メガネ、マスク、手袋)を必ず着用する。

図 6　農薬使用・保管のルール（掲示物）

様式番号	M 7.3	番号
頁	1/1	7.3
制定年月日	H26.6.1	8.3
改訂年月日	H27.12.8	

農産物の安全対策手順

品目：イチゴ

作業工程	発生し得る問題点（危害要因）						発生委頻度			危害の重大さ			ルール等
	生物的		化学的		物理的	具体的な事例							
	菌	カビ	化学物質	農薬	異物混入		高	中	低	大	中	小	
調整前貯蔵	○					保冷庫の温度上昇			○	○			保冷庫は開けたら閉める。保冷庫内の温度を確認する
調整・梱包作業	○					調整・梱包作業中にトイレに行き手を洗わずに作業に付く。			○		○		トイレの後の手洗い励行（ルールの表示）
					○	選果台の上にほこりが残っていたりモノが置いていることがある		○			○		整理整頓、片付けをし作業に不要な物の持込を禁止する。
	○					下痢をしている人が作業をしている。ケガをしている人が作業をしている。			○				体調が悪い人に作業をさせない。
出荷前貯蔵					○	出荷分繰越分のイチゴと混在されている。	○				○		棚や仕切りの活用もしくは配置の工夫をしている。
出荷・輸送				○		出荷時、近隣で農薬散布をしている。			○	○			農薬散布時は、配送ルートを変更する。近隣農家や出荷先と連絡を取り合い出荷時間を調整する。

図 7　農産物の貯蔵～出荷の安全対策手順（文書化により問題点や対策を示す）

（白石秀樹）

３．日常管理における 1E と 4M について

前章の 2.4、2.5 における「目に見える管理」の実行は、即効的な取り組みであったが、より体系的に日常業務の整理と問題点の洗い出し、対策の立案と実行といった改善の取り組みも行った。

3.1 施設園芸における日常業務管理

（株）一苺一笑は法人化に伴い組織化されて生産管理部、販売管理部、品質管理チーム、総務部の４部門が出来た。各部門はそれぞれの日常の業務を効率的に実施し、与えられた責任を果たさなくてはならない。経営計画としてのイチゴ品質の確保、顧客への出荷、ハウスの環境制御、養液管理、社員教育、エネルギー管理などの全社業務の運営・管理がある。日常業務はそれを各部門が恒常的に毎日繰り返して行う作業で、安定的に間違いなく実行することが要求されると共に継続的な改善を行わなければならない。

こうした施設園芸での日常業務について、実施状況の評価、運用改善のため、一般製造業における経営資源としての 4M（Machine、 Man、 Method、 Material）と、植物生産特有の栽培環境管理としての 1E（Environment）を管理対象として考えた。その概要を表 1 に示す。これら管理対象についての具体的な取り組みについては、次章以降で詳述する。また以下に改善手法の例を示す。

表 1　施設園芸の日常業務における管理対象（1E+4M）

栽培環境管理 Environment	設備・機械 Machine	人材 Man	方法 Method	資材 Material
計測、培地環境、生育情報、環境制御、養液制御、植物生育管理	設備機器保全、施設整理整頓	組織体制整備、人材教育	生産管理、品質管理	エネルギー管理、水質管理、資材管理

3.2 日常業務の改善手法例

1) 特性要因図による日常業務の検討

図 1 は特性要因図と呼ばれ、いわゆる QC 活動のツールとして用いるものである。4M について構成要素を示し、具体的な管理対象として検討するものである。

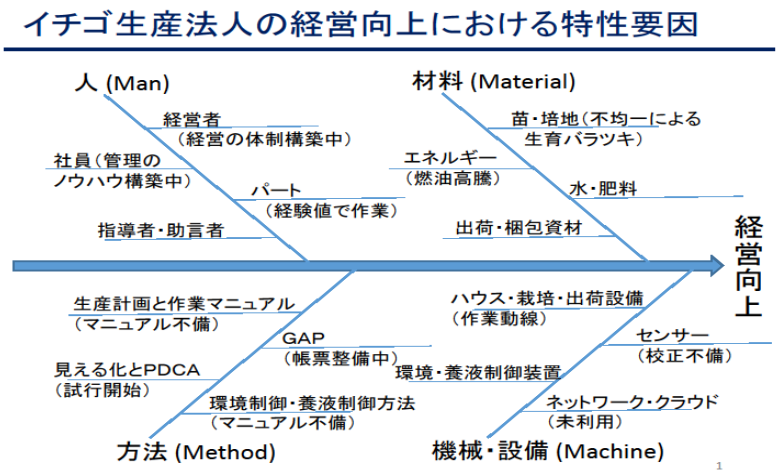


図 1　イチゴ生産法人における経営資源(4M)の特性要因図による検討　（検討初期段階のため問題点が列記されている）

2) 作業マニュアルの作成

法人化により雇用形態としてパート社員、臨時作業員などが雇用されることが日常となっている。必ずしも農作業に習熟しているわけではないので作業指導と訓練が必要で、それに用いる作業標準書と作業マニュアルの作成も急務となっている。図 1 の方法（Method）で検討されたマニュアル不備の問題について、環境制御（気温、湿度、CO2 など）、養液制御、設備管理などでは作業標準化と作業マニュアルが一部分であるが従業員により作成された（図 2）。作業の標準化は品質の安定した生産と年間の栽培スケジュールを計画的に適切に進めていくために重要であり、今後も継続すべきテーマである。

■栽培管理マニュアル 管理番号：8	養液作成の手順	最終改訂：2015 年 11 月 4 日
1.　準備物 ・タンクミックス F・タンクミックス B…それぞれ作成する養液量 100 ℓ に対して 1 袋準備する ・防塵マスク ・かき混ぜ棒 ・水中ポンプ 2.　実施日 週 1 回程度養液タンク内を確認し、○○ ℓ 以下になっていたら作成する。 3.　養液作成手順 ①　タンクに約 70 ℓ 水を貯める。 ②　タンクミックス F を 1 袋入れ、かき混ぜ棒でしっかりと混ぜる。 作成する量の分、①・②を繰り返す。		★ポイントと注意点 *鉄だと溶けるので塩ビ管など異なる素材が良い （例）養液 400 ℓ 作る場合タンクミックス F は 4 袋必要なので、①・②を 4 回繰り返す。 *粉残りがあるままタンクミックス B を入れてしまうと溶けなくなってしまうため、この段階でしっかりと溶かす。

図 2　作業マニュアル例　→

（従業員により養液作成手順が整理、画像入りでマニュアル化され、作業上のポイントや注意点も記載し、誤作業の防止等に役立てている）

3) JGAP「管理点と適合基準」を用いた農場管理の改善

JGAP(農業生産工程管理)の「管理点と適合基準」は食の安全、農場運営と販売管理、環境保全、労働安全の適正管理を定めており、平成 26 年か 5S 徹底、危害要因分析、農薬・肥料管理、出荷管理、環境管理などの改善活動に、それらの手法を順次用いてきた。例えば、農薬保管と肥料保管の混在が問題となる保管場所の完全分離を実施した。Before/After（図 3）チャートを作成し、安全の確保を徹底した例を下記に示す。このような改善活動は業務効率改善として経費削減と能率向上にも効果があった。なお JGAP 認証取得を本年中に進める予定である。

＜B／A チャート ＞

作 成: 27年 12月 10日
改善開始: 27年 12月 12日

責任者	リーダー	担当者

NO.　事業所名: 一苺一笑
テーマ名: 肥料・農薬倉庫整理整頓

職場名: 肥料・農薬置き場
担当L: 伊藤
責任者: 佐藤

【改善の区分】※○印で囲む。
A　1. 作りすぎのムダ　2. 加工そのもののムダ　3. 在庫のムダ　4. 動作のムダ　5. 不良のムダ　6. 運搬のムダ　7. 手待ちのムダ
B　1. 正味時間　2. 切替短縮　3. その他余裕　4. 先入れ先だし　5. 整理・整頓

【BEFORE】　※写真もしくは略図添付の事。

改善前　肥料・農薬が混在し、JGAP管理基準に不適合

【AFTER】　※写真もしくは略図添付の事。

改善後　整理整頓により農薬と肥料を明確に区別し、農薬管理基準に適合する改善を実施した。

現状	その他、改善前の状況	改善後	削減時間	年間生産台数/年	レート/分	改善費用	年間効果金額
5 分	整理整頓がされていないため作業に時間がかかった	1 分	4 分				

図 3　JGAP 管理適合基準による農薬倉庫整理整頓例（Before/After チャート、改善により作業時間の削減に結び付けた）

（白石秀樹）

４．Man 人材教育と組織について

4.1 法人経営における組織運営

（株）一苺一笑は法人化に伴い 3 名の社員、数名のパート社員を雇用し、日常業務を開始している。当初、組織図はなく、社長が指示した業務を各自ができる範囲で行っており、また作業マニュアルもなく、品質管理と出荷作業でのトラブルが多発していた。こうしたことに対して、法人経営における組織化を進め、日常業務を効率的に生産販売スケジュールに沿って実施するよう改善をはかった。なお、安定的なイチゴ収穫と品質確保、および作業の一連の工程を実行するため、組織は表 1 に示すことを備え運営する必要がある。

表 1　組織に必要な要素

1．全社の経営方針と目的を、組織の各部門が共有していること
2．各部門の仕事の分担が明確化されていること
3．PDCA を回せること、部門内で責任が自己完結していること

このような要素を踏まえ、各部門の業務内容を明確にするとともに組織を再構築し、各部門の業務内容と担当者を明記した組織図を平成 27 年に改めて作成している（図 1)。組織の中心となるのは栽培や工程管理を行う生産管理部、出荷調整と販促マーケティングを行う販売管理部であるが、さらに品質管理チーム（部門）を独立して設け、両部の間に立ち品質管理をサポートする立場とした。直販中心の販売体制であって、顧客の品質クレームを販売管理部から生産管理部に伝えるとともに、顧客の要求と生産や出荷を調整することで、全体的な品質管理を強化した。万一クレームが発生した際の対応も迅速かつ適正に行われる仕組みとし、両部門の対立的な要素の解消にも努めている。

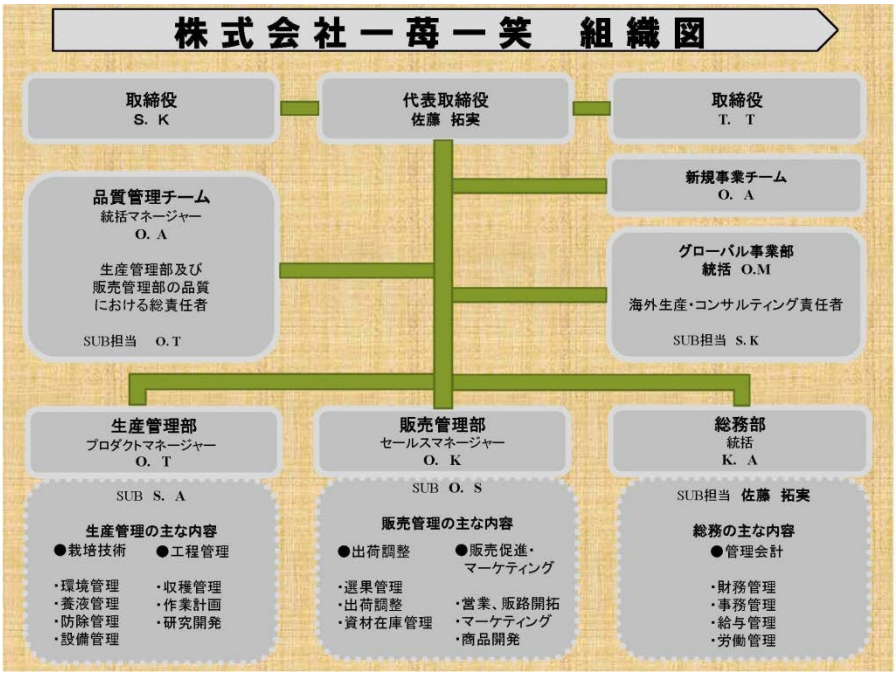


図 1　（株）一苺一笑の組織図

4.2 人材育成

組織体制が整備され役割が明確化されて PDCA がうまく回るようになると組織が活性化してくると品質的な問題や業務効率向上に対する課題が次第に明確になる。

（株）一苺一笑の人材育成に関する特性要因図を図 2 に示す。法人化から間もない組織ということで、これから人材育成が本格化する段階である。大まかにいうと“科学的農業”を実践できる人材と将来の経営を担うことが出来る人材と現場のリーダー的な人材が必要とされている。生産現場では環境データ計測・分析と栽培環境制御に習熟した人材養成が急務である。適切な人材の採用は今後の課題であるが、表 2 に新規採用者に対する人材育成計画を示す。

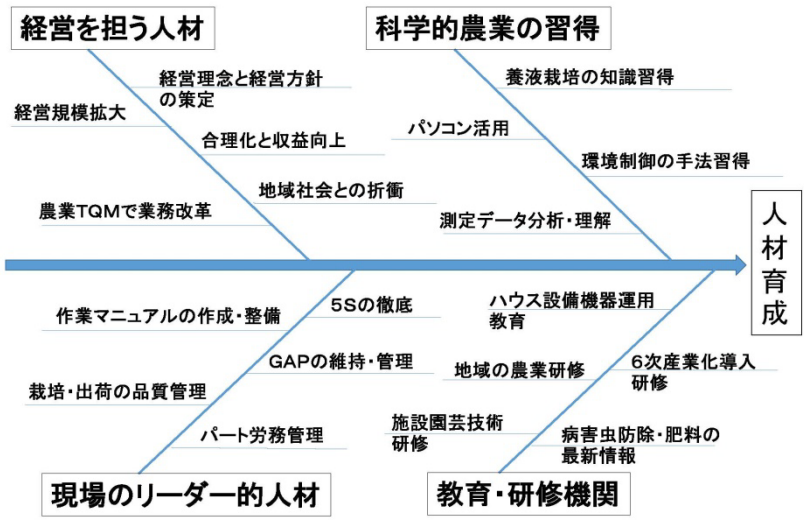


図 2　（株）一苺一笑での人材育成に関する要因分析

表２　（株）一苺一笑での新規雇用者に対する人材育成計画

事業所名	㈱一苺一笑			
新規雇用する人数	2名	事業終了後に継続雇用する人数（目標）	2名	
事業期間	平成27年　4月　1日～平成28年　3月31日			
研修の内容	内　容	研修時期	研修日数	実施場所
	いちごの収穫・選果についてのやり方と作業技術習得	4月	12日	一苺一笑他
	いちごの出荷作業についての振り分けと伝票記入管理技術の習得	5月	12日	一苺一笑他
	いちご苗の撤去と生産資機材の管理技術の習得	6月	12日	一苺一笑他
	いちごのランナー採苗について、採苗と育苗管理技術の習得	7月	12日	一苺一笑他
	いちごの夜冷管理技術について、花芽分化による開花調整技術の習得	8月	12日	一苺一笑他
	いちごの定植について、苗の植え付け方向と角度、定植初期管理技術の習得	9月	12日	一苺一笑他
	いちごのマルチ被覆作業技術とマルチ適期判断技術の習得	10月	12日	一苺一笑他
	いちごの生産計画について、出荷先に合わせた果形の形成と時期に関する技術習得	11月	12日	一苺一笑他
	いちごの低温期の管理について、加温機の操作技術の習得	12月	12日	一苺一笑他
	いちごの施肥作業について、施肥水量と濃度に関する機器操作技術の習得	1月	12日	一苺一笑他
	いちごの温度管理について、ハウス内温度管理と機器操作技術の習得	2月	12日	一苺一笑他
	いちごの防除作業について、病害虫の名称と対処薬剤の管理、技術の習得	3月	12日	一苺一笑他
就業支援の内容	項　目	具体的な内容と目標とする達成レベル		
	いちご栽培における1年の流れを座学と実践を通じて学ぶ また、7月～10月で県外他産地への研修と販売先への研修も実施する。 外部講師派遣による研修会も開催する。	自身が経営観をもてる農業者として独立、または幹部として就業できるレベルの技術習得と管理技術習得		

（白石秀樹）

５．Environment　環境計測と制御について

5.1 現地指導実施前

（株）一苺一笑のハウスでは、ハウス竣工当初より、気温、培地温、CO_2濃度などを計測するためのセンサ類が導入されていたが、取得した計測値を活用し、データを解析して生産に反映させるという発想は見られず、死蔵している状態になっていた。

また環境制御は、ハウスに備えられたセンサ類で計測した計測値にもとづいて実施されていたが、設定値の多くは、これまでの経験や勘にもとづいていた。また計測値の妥当性には、注意が払われていなかった。たとえば天窓や側窓が閉まり、夜間にもかかわらず、CO_2センサ値が大気濃度（400 ppm程度）以下になっていた場合があったが、その値がおかしいとは判断せず、そのまま放置されていた。また培地温測定用のセンサ類が培地に挿入されずに放置されていたこともあった。

以上のように 86 a の大規模施設で栽培しているのにもかかわらず、計測に関して注意が十分に払われていない場合が多く、また制御については経験にもとづいた場合が多く、特段の工夫もされていなかった。

5.2 現地指導内容

上記の状況を改善するため、平成 25 年度より環境計測および制御にかかわる現地指導を実施した。ここで、単に指導内容を口頭で説明しては浸透しないことが予想され、また文章での説明だけでは不十分なことも予想された。そこで A4、または A3 用紙 1 枚程度で下記の 1）～3）のそれぞれの情報を把握できるようなシートを協働で作り出し、またその運用を支援するよう指導を行った。具体的には、計測値を 1 週間単位で取りまとめた「1）ウイークリーレポート」、設定値を 1 週間単位で取りまとめた「2）設定値一覧表」、およびセンサ類の校正実施状況を取りまとめた「3）センサ類校正一覧表」を作成した。以下にそれらの概要を記す。

1）ウイークリーレポート（図 1）

環境制御装置内の記憶媒体（たとえば、SD カード）に記録されている計測値を、1 週間の最高、最低、平均値として集計して、表形式で出力するようにした。また 1 週間に 1 回、作物の生育調査を実施し、その計測値も同一用紙内に記載するようにした。これをウイークリーレポート（図 1）と呼ぶ。

[11]月	第45週～第49週	週次環境条件記録票（新田A）		品種	もういっこ	
				定植日	8/31,9/1	
担当者		佐々木	佐々木	佐々木	佐々木	佐々木
確認		佐藤	佐藤	佐藤	佐藤	佐藤
週期間		第45週	第46週	第47週	第48週	第49週
環境条件						
期　間		[2015/11/5]～	[2015/11/12]～	[2015/11/19]～	[2015/11/26]～	[2015/12/3]～
期　間		[2015/11/11]	[2015/11/18]	[2015/11/25]	[2015/12/2]	[2015/12/9]
日　照	日出	6:37	6:44	6:49	6:54	6:57
	日入	16:34	16:28	16:24	16:21	16:19
	日照時間	9:57	9:44	9:34	9:26	9:22
日　射	最高　kw/㎡	0.57 kw/㎡	0.45 kw/㎡	0.42 kw/㎡	0.49 kw/㎡	0.51 kw/㎡
	平均　kw/㎡	0.18 kw/㎡	0.15 kw/㎡	0.14 kw/㎡	0.19 kw/㎡	0.19 kw/㎡
	積算　MJ/㎡・日(平均)	7.2 MJ/㎡	6.1 MJ/㎡	5.7 MJ/㎡	7.5 MJ/㎡	7.3 MJ/㎡
降　雨	降雨時間 (積算)	22:53:32	35:48:20	27:01:08	19:28:42	12:28:06
外気温	最高　℃	23.9 ℃	22.9 ℃	20.1 ℃	15.7 ℃	19.4 ℃
	最低　℃	5.1 ℃	5.0 ℃	1.5 ℃	-0.4 ℃	-1.6 ℃
	平均　℃	12.9 ℃	13.1 ℃	9.4 ℃	7.2 ℃	6.5 ℃
室　温	最高　℃	29.9 ℃	31.1 ℃	30.3 ℃	27.7 ℃	31.2 ℃
	最低　℃	8.0 ℃	11.0 ℃	10.9 ℃	7.5 ℃	7.3 ℃
	平均　℃	16.5 ℃	18.0 ℃	16.2 ℃	15.2 ℃	14.7 ℃
地　温	最高　℃	20.2 ℃	21.7 ℃	20.3 ℃	18.8 ℃	18.5 ℃
	最低　℃	14.1 ℃	15.9 ℃	14.7 ℃	13.0 ℃	14.7 ℃
	平均　℃	17.1 ℃	18.6 ℃	17.2 ℃	15.6 ℃	16.4 ℃
相対湿度	最高　%	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %
	最低　%	28.0 %	27.0 %	41.0 %	42.0 %	34.0 %
	平均　%	81.5 %	86.7 %	85.0 %	80.7 %	81.0 %
CO2濃度	最高　ppm	1109 ppm	1048 ppm	1014 ppm	1000 ppm	1016 ppm
(日出～日没)	最低　ppm	408 ppm	336 ppm	427 ppm	395 ppm	409 ppm
	平均　ppm	602 ppm	633 ppm	666 ppm	652 ppm	671 ppm
養　液	給液EC　ms/cm	0.55 ms/cm	0.63 ms/cm	0.65 ms/cm	0.69 ms/cm	0.71 ms/cm
	給液pH	6.78 pH	6.22 pH	6.74 pH	6.64 pH	6.73 pH
	給液量　㍑/株・日(平均)	0.132 ㍑/株	0.137 ㍑/株	0.138 ㍑/株	0.132 ㍑/株	0.146 ㍑/株
	廃液EC　ms/cm	0.12 ms/cm	0.14 ms/cm	0.18 ms/cm	0.19 ms/cm	0.19 ms/cm
	廃液pH	7.70 pH	7.60 pH	6.80 pH	6.70 pH	6.80 pH
	廃液量　㍑/株・日(平均)	0.077 ㍑/株	0.084 ㍑/株	0.095 ㍑/株	0.076 ㍑/株	0.091 ㍑/株
	廃液率　%	57.9 %	61.2 %	69.2 %	57.8 %	62.6 %
機器動作状況						
加温機	動作時間 (積算)	0:02:41	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:56:34
培地加温	動作時間 (積算)	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	7:28:47
炭酸ガス発生機	動作時間 (積算)	1:05:20	1:13:33	3:13:54	5:52:47	5:47:12
電照	動作時間 (積算)	0:12:28	0:00:00	2:48:15	7:05:45	6:57:59
生　育						
草　勢		23.0	23.7	22.5	24.8	26.5
葉枚数		11.0	12.0	12.7	13.0	14.0
花　数		0.3	0.0	1.3	0.7	0.7
収　量						
目標収量	収量　kg	139	304	366	304	180
	積算収量　kg	139	443	809	1,113	1,293
昨年度実績	収量　kg				298	292
	積算収量　kg	0	0	0	298	589
収　量	繰り越し収量　kg		43	173	280	508
	収量　kg	43	173	108	228	135
	積算収量　kg	43	173	280	508	643
作業時間						
作業人数	人/週					
平均作業時間	時間/日・人					
のべ作業時間	時間/週					
備　考						

図 1　ウイークリーレポートの例

ウイークリーレポートには、以下の項目を記載している。

a. 環境条件　日照（緯度および経度から計算した日出、日入、日照時間）、降雨、気温（ハウス内外）、地温、相対湿度、CO_2 濃度（日出～日入）

b. 養液条件　給廃液量、EC、pH、排液率

c. 機器動作状況　加温機、ボイラ、CO_2 発生機、電照の各動作時間

d. 作物生育　草勢、葉枚数、花数

2) 設定値一覧表

設定値一覧表の作成にあたり、まず、JA や普及センターから配布されているイチゴの栽培暦などを参考にして、（株）一苺一笑の実態を反映させるかたちで年間の栽培管理スケジュール（P21 図 1）を定めた。これにもとづき 1 時間ごとの設定値を 1 週間分取りまとめた設定値一覧表（図 2）を作成した。この設定値一覧表では、以下の項目を記載している。

a. 環境条件　気温（天窓・側窓の開閉気温、温風暖房機を稼働させる気温）、培地温（温湯ボイラを稼働させる温度）、CO_2 濃度（CO_2 発生機を稼働させる濃度）

b. 養液条件　養液（給排液の EC 調整値、かん液量の調整値）

週	50				51				52				53			
開始	2015/12/10				2015/12/17				2015/12/24				2015/12/31			
終了	2015/12/16				2015/12/23				2015/12/30				2016/1/6			
	目標	演算	実績		目標	演算	実績		目標	演算	実績		目標	演算	実績	
日平均気温	16.0	15.7			16.0	15.7			16.0	15.7			16.0	15.7		
夜間平均気温	9.0	8.9			9.0	8.9			9.0	8.9			9.0	8.9		
日中平均CO2濃度	800.0	800.0			800.0	800.0			800.0	800.0			800.0	800.0		
日平均電照時間	3.5	3.5			4.0	4.0			4.5	4.5			5.0	5.0		
設定値	暖房	換気	CO2	電照	暖房	換気	CO2	電照	暖房	換気	CO2	電照	暖房	換気	CO2	電照
0:00	8	27			8	27			8	27			8	27		
1:00	8	27			8	27			8	27			8	27		
2:00	8	27			8	27			8	27			8	27		
3:00	8	27			8	27			8	27			8	27		
4:00	8	27			8	27			8	27			8	27		
5:00	8	27			8	27			8	27			8	27		
6:00	12	27			12	27			12	27			12	27		
7:00	12	27	800		12	27	800		12	27	800		12	27	800	
8:00	15	27	800		15	27	800		15	27	800		15	27	800	
9:00	15	27	800		15	27	800		15	27	800		15	27	800	
10:00	15	27	800		15	27	800		15	27	800		15	27	800	
11:00	15	27	800		15	27	800		15	27	800		15	27	800	
12:00	15	27	800		15	27	800		15	27	800		15	27	800	
13:00	15	27	800		15	27	800		15	27	800		15	27	800	
14:00	15	27	800		15	27	800		15	27	800		15	27	800	
15:00	15	27	800		15	27	800		15	27	800		15	27	800	
16:00	12	27			12	27			12	27			12	27		
17:00	12	27		1	12	27		1	12	27		1	12	27		1
18:00	10	27		1	10	27		1	10	27		1	10	27		1
19:00	8	27		1	8	27		1	8	27		1	8	27		1
20:00	8	27		0.5	8	27		1	8	27		1	8	27		1
21:00	8	27			8	27			8	27		0.5	8	27		1
22:00	8	27			8	27			8	27			8	27		
23:00	8	27			8	27			8	27			8	27		

図 2　設定値一覧表の例

これら設定値一覧表に記載されている値は固定化されず、ウイークリーレポートに記載された計測値（または、制御結果）にもとづき随時変更する。また値の変更については、1 週間に 1 回実施される定例会議において合議の上で決定している。また設定値の変更の際には、設定管理指示書を用いて担当者へ指示が出される（P21 図 2）。

3) センサ類校正一覧表

（株）一苺一笑において、センサ類の校正状況の確認のための一覧表を作成した（図 3）。気温センサとして用いられている白金測温体やサーミスタは比較的信頼性が高く、他のセンサと比較して異常値を示さないかを時々確認するだけで実用上は十分な場合が多い。ただし、相対湿度の計測に用いら

れている高分子式のセンサは、使用状況によるが、年に１回程度の交換が必要とされる。また、CO_2センサは、半年に１回、少なくとも年に１回、栽培の開始前に標準ガスを利用した校正が必要である。

栽培を実施しながら上述の点に注意を払うことが好ましいが、実際には他の用務に追われてしまい、失念してしまう場合がある。特に個々のセンサ類に対して注意を払い続けることは難しいため、センサ類校正一覧表について、その実施も都度支援した。なお後述する設備管理・保全のためのチェックシートにはセンサ類のチェック項目は掲げられているものの、校正実施日などの情報は網羅できていない。それを補う目的でも、センサ類校正一覧表を導入することとした。

（株）一苺一笑　センサ類校正一覧表					
ハウス名称	新田A ・ 新田B	記入日		担当	確認
	稲実A ・ 稲実B				
	新田（育苗） ・ 稲実（育苗）				
センサ名称		校正実施日	チェック	要求事項	
日射センサ	日射センサ			年に1回、メーカーに返送して校正	
温度センサ	天窓・側窓開閉用センサ			1か月に1回、他のセンサと比較	
	温風暖房機用センサ			1か月に1回、他のセンサと比較	
	培地温測定用センサ			1か月に1回、他のセンサと比較	
	おんどとり			年に1回センサを交換	
湿度センサ	おんどとり			年に1回センサを交換	
CO2センサ	CO2発生器制御用センサ			半年に1回標準ガスで校正	
ECセンサ	ハンディタイプ			測定前に標準液を利用して校正	
pHセンサ	ハンディタイプ			測定前に標準液を利用して校正	
備考					

図３　センサ類校正一覧表の例

5.3 現地指導実施後

現地指導実施後、（株）一苺一笑では、ウイークリーレポートおよび設定値一覧表にもとづいた定例会議が１週間に１回のペースで実施されるようになった。そこでは、ウイークリーレポートに記載された計測値の妥当性を吟味するとともに、現在の作物の状態から環境制御の設定値を改定する。この環境制御の設定値の改定により、次週以降の作物の生育状態を制御できるようになることが、この会議のねらいとされている。

ウイークリーレポートを活用することにより、環境制御を１週間継続した結果とともに、その結果として得られた作物の生育を評価できるようになる。あわせて、翌週の環境制御の方針を立案することができるようにもなる。これらは、従前の経験や勘にもとづいた作物の生育制御と比べて、より効果的に反収増大や品質向上のような好影響がえられると期待される。

なお、計測値から制御上の問題点を見いだせない場面が散見され、我々専門委員（指導者）の指摘をうけ初めて設定値一覧表を改定する場合があった。専門委員の指導は月１回程度であり、その頻度ではイチゴの生育を制御する上で十分でなかった可能性が高い。今後、ウイークリーレポートに記載された値を吟味し、週ごとに設定値一覧表を独自で改定できるようになる必要がある。このためには、設定値通りに制御が行われたかを読みとること、また設定値そのものの妥当性についての判断も、作物の生育状況や生育調査結果と合わせ必要となってくる。またウイークリーレポートは、計測値が表形式でまとめられたものであるため、不慣れな場合、重要な情報がすぐに読み取れない場合がある。そのため重要な項目をグラフ化し、視覚的に把握しやすくすることも必要と考えられる。

5.4 今後の課題と展望

環境計測に関しては、計測結果を環境制御だけではなく作物の生育制御に活用して、はじめて意味あるものとなる。同時に計測値が正しいかチェックし続ける体制も必要となる。これら一連のことを継続できるかどうかが、現地指導終了後の課題である。危惧されるのは、正しくない計測値をただ漫

然と取得し続け、さらに、なんら活用されることがないまま、生産活動が続けられてしまうことである。トラブルなどの対処法は、経験的に回避できるようになるかもしれない。しかし、計測が正しく実施されていれば、経験よりも迅速、かつ、適切に対処できる場面もでてくることが予想される。

他方、(株) 一苺一笑のような比較的規模の大きなハウスでは、計測および制御のために複数のセンサ類が導入されているが、それにはコストがかかっていることを認識すべきであり、「宝の持ち腐れ」としてしまわないよう留意する必要がある。

現在、ウイークリーレポートを作成する際には、環境制御装置内の記憶媒体に記録された計測値を抜き出し出力する処理をしている。このためのソフトウエア改造に半年以上の時間を要しており、こうした一連の処理やレポート出力機能を、環境制御やハウス設備設計にあらかじめ盛り込むことが望まれる。

今回の現地指導で整理したウイークリーレポートには、環境条件、養液条件、機器の動作時間や作物の生育と、記録項目としてイチゴの栽培時に必要な内容を網羅したと考える。その中で生育にかかわる計測値は手動で取得しており、作業としてやや煩雑であった。今後は、イチゴの生育をより簡便に計測する手法や指標が開発されることが望まれ、研究機関などによる実用研究の発展に期待したい。

地域への展開を図る上では、ここで示したウイークリーレポートをベースとして、適宜項目を加除した A4 または A3 用紙 1 枚でおさめることのできる一覧表を活用していくのが好ましい。この際、環境計測の間隔は、通常 15～30 分程度で十分である。より短時間での計測は比較的容易ではあるが、後の整理を考えると、煩雑になるので避けた方がよい。他方、作物の生育計測に関しては、イチゴの生育スピードとともに、手動で実施されることを考慮すると、1 週間に 1 度程度が妥当と考える。

ここで、ある地域の生産者の間でほぼ同一の手法の計測が実施されるとともに、計測値が比較検討されるようになれば、地域全体での生産性向上に貢献すると期待される。そのためには、計測値などの情報開示にかかわる方法やルール作りがこれからの検討課題と考えられる（P32「１２．今後の地域展開について」を参照)。　（大山克己）

６．Machine　設備管理・保全について

6.1 現地指導実施前

（株）一苺一笑では、新田地区に 2 棟（両屋根 5 連棟および 6 連棟)、稲実地区に 2 棟、合計で 4 棟（合計面積：86 a）のフッ素フィルムで被覆されたハウス（図 1）において、ヤシガラを利用したイチゴの高設栽培（図 2、8 月下旬～9 月上旬定植、翌 6 月～7 月まで収獲）を行っていた。またハウス内の主要設備として、図 3～8 のものがある。

図 1　(株)一苺一笑のハウス群

図 2　(株)一苺一笑のイチゴ高設栽培

図 3　重油温風暖房機

図 4　培地加温用温湯ボイラ

図 5　灯油焚き CO_2 発生機

図 6　養液供給装置と濃厚原液タンク

図 7　遮光および保温カーテン（2 層）

図 8　ミストノズル付き循環扇

（株）一苺一笑では、図 1 から 8 のようなハウスおよびハウス内設備について、それらの管理・保全がいくつかの問題が見られた。例えばハウスの密閉度について、建てつけの問題ですきま風が入り込み、冬季の暖房費がかさんでいるとの認識があったが、数値にもとづく評価はされていなかった。また、ハウス内の気温分布が大きく、生育むらが発生すると考えていたが、これも数値にもとづくものではなく、「肌の感覚」で感じ取ったものであった。このように設備に関して、感覚的で主観的なとらえ方がされていた。

他方、こうした設備には、定期的な管理・保全が必要なもの（たとえば、年 1 回程度の重油温風暖房機のバーナーの清掃）が含まれている。また、正常に稼働しているかどうかは、すべての設備において定期的に確認すべきである。それにもかかわらず、管理・保全を実施するための体制がとられてない状態にあった。

6.2 現地指導内容と指導実施後

上述のような状況を改善するために、ハウスの基本性能の把握とともに、ハウスおよびハウス内設備の管理・保全実施体制を整える必要があると考えた。そこで、まず、1)ハウスの換気性能の把握（換

気回数の測定)」と、2)ハウス内温度分布の把握」に取り組んだ。それと並行して、3)設備管理・保全のためのチェックシートの作成」を実施し、体系立てた設備管理・保全の導入を試みた。以下では、1）から 3）のそれぞれに関し記す。

1）ハウスの換気性能の把握（換気回数の測定）

CO_2 をトレーサーガスとして、新田地区にある 2 棟のハウス(A 棟､B 棟)の換気回数を推定した。温室の天窓および側窓を閉じた後、CO_2 発生機により温室内の CO_2 濃度を 5000 ppm 程度（目標値)に高めた。ハウス内外の CO_2 濃度を 10 分おきに読み取り（図 9)、計算式にあてはめて換気回数を推定した。なお、ここでは冬季における換気回数を推定するために、すべてのカーテンは閉じ、また、内貼りも展開されている条件で測定した。

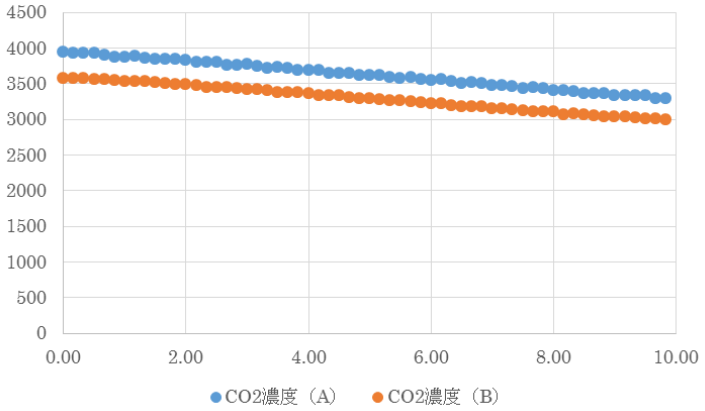


図 9　(株)一苺一笑におけるハウス内 CO_2 濃度の経時変化（外気 CO_2 濃度：400 ppm)。

推定の結果、(株）一苺一会で利用しているハウスの換気回数は、比較的小さい（0.02～0.03 h^{-1}）ことが明らかとなった。これは、換気面（隙間）と床面（または栽培面）との比が相対的に小さいためであると考えられた。この結果より、冬季における暖房コストは比較的低く抑えられると予想された。実際の暖房コストを把握した際にも、比較的コストは小さいとの結果が得られている（詳細は、P16「7．Material　エネルギー・資材管理について」の項を参照されたい)。

本来、ハウスの立て付けの良否（隙間が多い、少ない）に関しては、引き渡し後に問題にするのではなく、竣工検査時に検証すべきであると考える。その検証を実施するためには、仕様の中に検査項目の一つとして明記しておく必要があるとも考える。今後、(株）一苺一笑のケースと同様の問題が生じることは想像に難くない。それを回避する上で、暖房負荷に影響をおよぼす被覆面の熱貫流係数や換気回数の仕様の中への記載が一般化することが望まれる。

2）ハウス内温度分布の把握

計測記録装置を用いて、ハウス内で床面より約 1.5 m の高さの気温を 9 か所において 10 分間隔で測定した。測定は、平成 25 年 10 月 5 日より 2 か月間実施した。ここで、10 月の晴天時は、天窓および側窓が開く場合が多かった。一方、11 月以降では、閉まる場合が多くなった。そこで、天窓および側窓が開いている場合と閉じている場合とで、データを分別して整理することとした。

ハウス内の気温を 9 か所で測定した結果、側窓が開いている条件の多い時期（10 月 5 日～25 日）において、夜間（18:00～翌 6:00）ではハウス内の気温むらは、ほぼ認められなかった（0.5℃もしくはそれ以下の場合がほとんど）ものの、昼間（6:00～18:00）ではハウス中央部もしくは北西側で気温が高く、南東側で低くなる傾向が認められ、2～3℃程度の差が見られた（図 10)。ただし、側窓が閉じられていた日（天候のよくない日および外気温が低い日）の温室内の気温むらは 1℃以内と小さかった。

ここで上記の原因を調査した結果、側窓の開く時期における気温差は、側窓の動作不具合に起因する可能性が高いことが判明した。その修理により、現状よりもより均一なハウス内気温環境を実現できると予想され、それを強く推奨した。実際、処置を講じた後は、均一なハウス内気温環境を実現できるようになった。

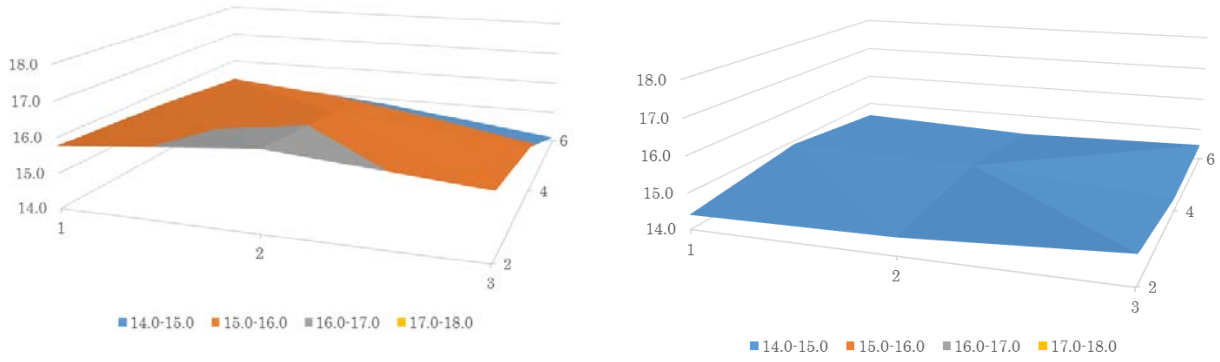


図 10　ハウス内気温分布。左は 10 月 18 日の測定結果を、右は 12 月 28 日の測定結果を示す。向かって奥が北側を示す。

上述のような問題が生じていたのは、ハウスの点検、メンテナンスが適切に実施されていなかったからに他ならない。それゆえ、次項で述べるチェックリストに側窓の開閉の不具合をチェックする項目を付け加えた。他方、ハウス内で生じていたイチゴの生育むらは、気温の不均一な分布によるものではなく、他の要因（たとえば、苗の生育むら、かん液むら）による可能性が示唆された。

3）設備管理・保全のためのチェックシートの作成

まず、ハウス内の設備リストを作成し、取扱説明書に記載されている点検内容などを反映させたチェックシート（図 11）を作成した。ここでは、管理・保全の頻度によって、週次、月次および年次の 3 種類のチェックシートを作成した。チェックシートの設問を作成する際、設問に対して Yes、または、No を回答するだけ、もしくは、チェックするだけで済むようにした。たとえば、点検中に温度や圧力のような数値を記入して後に適正かどうかを判断するのではなく、それが基準とする範囲に入っているかをその場で確認して回答、または、チェックを記入するようにした。

点検対象ハウス		新田	点検対象期間	2015年12月10日	～	2016年1月13日		
				第50週	～	第1週		
点検個所		点検項目	点検日 点検結果（○・×、対象外は－で表記する）					備　考
管理棟			/	/	/	/	/	
	複合操作盤	破損・汚れはないか（外観）						
		タッチパネルのON・OFFは適正か(操作してみる)						
		室温制御はA・B棟で差異がないか						
	給水装置	ディスクフィルターのつまりはないか						メーカ準拠点検表でも点検のこと フィルタ清掃基準圧力：０．３ＭＰａ
		配管の破損はないか（水ダレなどないか）						
		ＥＣ表示計に異常はないか（ハンディECメーターと差異がなければ○）						原水（CELL2）EC0.09～0.12が正常
		注入機のエア抜きをしたか						
		給水ポンプは動作するか(異音なく正常に流れていれば○)						
ＲＯ装置								
	軟水装置	再生用ソルトは入っているか						
	ＲＯ装置	入水圧力は適正か						メーカ準拠点検表でも点検のこと 警報が出ていた場合には番号を記載 入水圧力基準：0.3ＭＰａ
		警報等は確認したか						
		装置に異音はないか						
	ディスクフィルター	ディスクフィルターの掃除はしたか						
	薬品	各薬品の残量は適正か						メーカ準拠点検表でも点検のこと
		薬液の打ち込みは正常か						
重油タンク								
	タンク	残量は適正か（半分以下になっていたら×、発注する）						
灯油タンク								
	タンク	残量は適正か（1/4以下になっていたら×、発注する）						
その他備考（気づいたこと、気になったことなど記入する）								

図 11　（株）一苺一笑で利用しているチェックシート（週次、他に日次や月次もある）。

このチェックリストは、週、月および年の単位でまとめられていて、それぞれの頻度に応じて管理・保全が実施されたかを設備ごとにチェックするようになっている。なお、当初は当方で案を提示したものの、その後（株）一苺一笑で自身の使用しやすいよう、数回改訂を実施している。

設備管理・保全のためのチェックシートは、導入当初はきちんとつけられていたものの、やがて記入が雑になり、一部省略されるようになってしまった。その後、チェックシートの運用が形骸化するだけではなく、運用を停止してしまうという事態も生じた。チェックシート運用の継続性担保は、今後も重要な課題であり続ける。なお、現在は、チェックシート運用を再開したことを付記する。

6.3 今後の課題と展望

現状では、ハウスの引き渡し時に、基本性能を把握することは実施されていない。ただし、ここで示したように、被覆面の熱貫流係数や換気回数は暖房負荷に影響をおよぼすことから、施工業者からユーザーである生産者側へ、重要な情報として提供されるようになることが好ましい。あわせて、ハウス内の環境むらに関しても許容できる範囲を先に示し、それを満たすように施工業者に依頼する必要がある。このように、今後のハウスの発注方式は、現在の仕様発注から性能発注へ変換していくことが望まれる。

ここで例示した設備管理・保全のためのチェックシートおよびそれに類する帳票は、一般的な工場ではごく普通にみられるが、農業分野における利用は一部にとどまっており、さらにまったく注意が払われない場面も散見される。このような状態では、設備の不具合を未然に防ぐことは難しく、作物生産に影響が出る可能性も否定できず、高い収量目標を掲げようとも「絵に描いた餅」と化すこともありうる。設備管理・保全は、きわめて地味な作業の積み重ねである。一見すると、作物生産には直結していないように見受けられ、「めんどう」ととらえる向きがある。しかし、上述のように設備管理・保全は、作物生産において重要な役割を担っている。重複の記述になるが、この点はとくに強調しておきたい。

（株）一苺一会のハウスは、とくに特殊な設備は導入していない。それゆえ、本稿で例示した設備管理・保全のためのチェックシートは、他のハウスにおいても応用が可能と思われる。なお、次世代施設園芸の宮崎拠点で使用している設備管理・保全のためのチェックシートは、ここで例示したそれとほぼ同様である。また、同一地域の類似のハウス（亘理、山元のイチゴ団地のハウス群等）では、設備の構成がほぼ同じなので、本稿のチェックシートの応用は可能と考える。このようなチェックシートを利用した設備管理・保全を地域内で広めることができれば、その地域での作物生産のレベルアップにつながる。また、ハウス内の設備不具合に起因する収量低下を回避できる。　（大山克己）

７．Material　エネルギー・資材管理について

7.1 現地指導実施前

従来、農園芸分野では、資材の管理に関して、あまり注意が支払われていない場面が散見された。ここで述べる資材とは、エネルギー、水、肥料、農薬、副資材（原料とはならないものの生産に用いられる資材。たとえば、マルチ）および種苗を指す。たとえば、使用中、または、使用後の肥料や農薬がハウスや倉庫周辺に散乱していたり、用途が不明な副資材がハウス内に保管され続けていたりしている場面が多々あった。また、エネルギーや水に関しても集計されることはあまりなく、料金の支払いのみが実施されるような傾向にあった。ここで、資材管理には、

a. 必要最小限の資材で作物を生産できるようにする
b. 安全に資材を使用できるようにする

c.　資材の使用状態を把握し、必要な在庫を確保する

という 3 つの側面がある。資材管理を適切に実施するためには、これらをともに満たす必要がある。それゆえ、上述の例のような状況では、資材管理が実施されているとはいえない。

ここで、(株) 一苺一笑では、現地指導実施前、重油や灯油、電気といったエネルギーは、月ごとにその使用量を伝票ベースで整理しようとしていたものの、その整理に手間取り、正確な値を得るまでに時間を要していた。また、水に関しても同様な状態にあった。肥料や農薬、副資材に関しては、倉庫などに山積みにされ、だれが見てもどこにあるかわかる状況からは程遠かった。他方、重油や灯油の保管に関しては、一般的な安全対策（たとえば、防油堤の設置、消火器の設置）が講じられていた。ただし、肥料や農薬は、倉庫内でパッケージがむき出しのまま保管されている状態にあった（P6 図 3 JGAP 管理適合基準による農薬倉庫整理整頓例を参照）。

7.2 現地指導内容

前述のように、(株) 一苺一笑の資材管理は、十分に取り組まれているとは言い難い状況にあったことから、1) エネルギーおよび水消費量の把握、および 2) 肥料、農薬、副資材の整理整頓と消費量の把握を実施し改善に努めた。以下に概要を述べる。

1）エネルギーおよび水消費量の把握

重油、灯油および電気といった種類別のエネルギー消費量および水（水道水、井水）消費量を月ごとに伝票ベースで迅速に集計することを試みた。ここで、温風暖房機で使用する重油および CO_2 発生機で使用する灯油は、新田地区および稲美地区に各 2 棟あるハウスの各棟を区別して集計できる。しかし、電気に関しては、受電設備で計測器が設置されていないために各棟を別々には計測できない状態にあった。それゆえ、詳細な計測を実施するには新規に計測器の導入が必要となることが想定されることからここでは避け、受電設備のところでの消費電力量（電力会社の検針値）をそれぞれの棟の消費電力量の合計値であるとして、伝票ベースで集計した。また、それにともない、重油、灯油および水の集計に関しても、2 つの地区（新田および稲実地区）ごとに伝票ベースで集計することとした。

2）肥料、農薬、副資材の整理整頓と消費量の把握

上述のように、肥料や農薬、副資材は整理整頓されていなかったために、単に伝票を追いかけるだけでは正確な消費量だけではなく、在庫量も把握できない状況にあった。それゆえ、まず、それらの整理整頓を実施した。なお、これは JGAP 取得に向けた準備のためでもある。

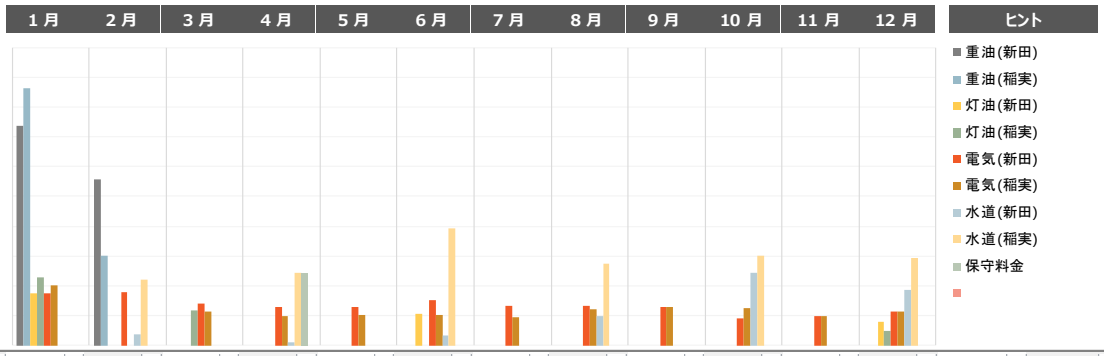
7.3 現地指導実施後

現在、重油や灯油、電気といったエネルギーは、月ごとにその使用量が比較的正確に、かつ、迅速に整理されるようになった（図 1）。これにより、作物の生産期間中においても、大まかにエネルギーにかかわるコスト、ひいては、生産コストが把握できるようになった。なお、ここでは、市販の表計算ソフトウエアを用いて、それぞれの消費量および料金を表形式で表示するとともに、それらの推移をグラフで表すようにしている。

当初、逆浸透膜 (RO) 装置や除鉄・除マンガン装置の不具合により、井水の利用は限定されていて、そのかわりに水道水が利用されていた。そのために、水利用にかかわるコストが比較的大きくなっていた。それゆえ、それら装置の復旧とそれによる井水利用を推奨した。その後、上述の装置の復旧により井水の利用ができるようになった。この結果として、水利用にかかわるコストが大幅に削減された。

動力光熱費の傾向

2015 動力光熱費一覧



支出	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計	傾向
重油(新田)	367,900	277,970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	645,870	
重油(稲実)	432,200	149,625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	581,825	
灯油(新田)	87,005	0	0	0	0	53,611	0	0	0	0	0	38,740	179,356	
灯油(稲実)	114,390	0	57,950	0	0	0	0	0	0	0	0	23,192	195,532	
電気(新田)	87,947	89,109	70,710	64,824	63,661	74,905	66,639	65,306	63,373	44,687	48,701	55,681	795,543	
電気(稲実)	100,680	0	56,530	48,343	51,026	50,750	46,892	60,718	64,118	62,837	48,051	56,487	646,432	
水道(新田)	0	17,928	0	5,356	0	16,243	0	48,168	0	122,234	0	93,808	303,737	
水道(稲実)	0	110,440	0	121,327	0	196,322	0	137,656	0	150,660	0	147,333	863,738	
保守料金	0	0	0	121,435	0	0	0	0	0	0	0	0	121,435	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
合計	1,190,122	645,072	185,190	361,285	114,687	391,831	113,531	311,848	127,491	380,418	96,752	415,241	4,333,468	
西暦	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015		

	重油	灯油	電気 (保守含み)	水道	
	1,227,695	374,888	1,563,410	1,167,475	
10ａあたり	144,912	44,250	184,538	137,804	511,505

図１　（株）一苺一笑におけるエネルギーおよび水消費量の推移

現地指導実施後、肥料や農薬は、倉庫内で整理整頓されるようになった。とくに、農薬は、鍵のついた保管庫が用意され、保管庫内部では農薬の種類ごとに分別されるようになった（たとえば、図 2）。それとともに、農薬使用履歴も記載されるようになった。

図２　農薬保管庫の設置状況と内部の様子。農薬の種類に応じて、施錠可能な農薬保管庫内に農薬は保管されている。

肥料や副資材に関しても、倉庫内で整理整頓されるようになった（たとえば、図 3）。図 3 の例では、コンテナやパイプを利用して、副資材が見えるように整頓されている。これにより、副資材の在庫量と消費量が容易に把握できるようになった。

以前より、年 1 回の棚卸（毎年 8 月 31 日）で、すべての資材の在庫は把握されていることから、年単位での消費量は把握できていた。さらに、上述のような工夫がされたので、月ごとといったような短期間での集計も可能になった。しかし、エネルギーを除く資材の消費量は、依然として短期間での集計がなされていない。これは、単に在庫量にのみ着目し、在庫がある間はどのように消費されて

いるかに留意していないためである。生産コストに占める割合が低い資材もあるが、どんな頻度で消費量を把握するかを、現在の年１回の棚卸のみで十分かどうかも含めて検討していく必要がある。

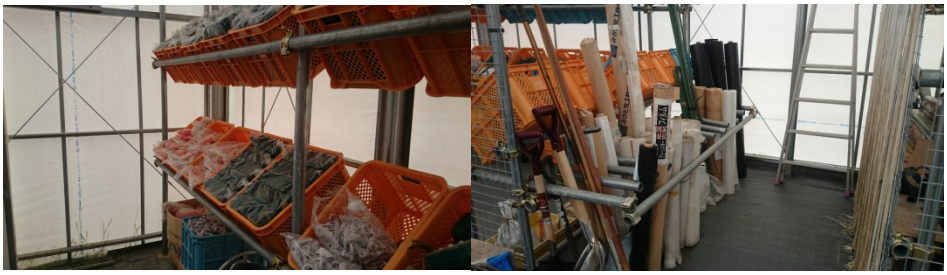


図３　副資材の管理状況。（左）パッカーなどや（右）補修用の被覆資材やマルチは、その種類ごとにコンテナに分別され、倉庫内にて保管されている。

7.4 今後の課題と展望

平成 26 年度の経費の内訳を調査した結果、（株）一苺一笑では、光熱水費、消耗品費（肥料代、農薬代）、材料費および種苗代といった資材にかかわる費用は、全体の費用の約 25%を占めていた（P24 図１参照）。これは、生産コストにおいて最も大きな割合を占める人件費（40%）より小さいものの減価償却費（24%）と同程度の大きな割合となる。資材を適切に管理してその使用量を最小限に抑えることは、生産コスト全体を低減する上で必須であり、また他のハウスにおいても同様と考えている。

安全な資材利用と使用量、在庫量の把握について、農薬を例として考えてみたい。農薬は、担当者以外が農薬を手にすることがないように、鍵のかかった専用の保管庫を利用する、有効期限（最終有効年月）を順守する、といった一般的な農薬使用に関する事項を守って適切に使用する必要がある。また使用する農薬の種類ごとの使用量および在庫量も常に把握しておくことが望まれる。これらの手段により、安全に、必要かつ最小限の農薬を利用し、在庫も最小としておくことが好ましい。

資材管理において、迅速、かつ、簡便な資材の集計が、今後の課題となる。生産コストを低減する上では、つねに資材消費量を把握しておくことが望ましい。その一方で、集計に手間と時間がとられることも問題となるため、事前に必要最小限の把握すべき項目を洗い出す必要がある。一方で、前年同時期との比較も貴重な情報になる。表計算ソフトウエア上で、資材消費量および在庫を確認および比較できる一覧表を作成しておくのが望ましい。

地域に適切な資材管理を展開するには、方法の統一化が求められる。エネルギー消費量を例にとると、月に１回の伝票をベースにして集計するのか、計測器を設置して計測するのか、いずれか同一の方法を採用するのが好ましい。これとあわせ、ハウスの形状や面積が異なる場合の比較も考慮し、面積あたりの資材消費量を求める必要もある。面積として単純にハウスの床面積を採用するのか、ハウス内の通路などを除外した栽培面積を採用するのかによっても資材消費量の値は異なってくる。前者は比較的簡単に計算でき、後者は厳密に値を表すことができる特徴がある。資源消費量の比較による資材管理の改善を地域で目指すには、方法と基準の統一化が必要である。

図４　育苗の様子（2015 年 5 月 28 日）。ベンチ（奥）で差し苗用、ベンチ（手前）で受け苗用のランナーを採取する。

最後に、現地指導ではあまり触れることができなかった種苗管理に関し記す。（株）一苺一笑では、一般のイチゴ生産者と同様に、秋に親株を入手して育成する（図 4）。親株より複数のランナーを出して、定植するための苗を初夏より育成する。育成方法の違いにより、ランナーから子株を切り離さず

に育成する「受け苗」と、ランナーから子株を切り離した後に育成する「挿し苗」の 2 種類の苗がある。(株）一苺一笑では、双方の苗を育成する。その後、夏の育苗期間中には夜冷処理により花芽分化を促進する。育苗期間や夜冷方法に関し、(株）一苺一笑では確定がなされていない。育苗期間を長くとりすぎポットの中で根詰まりを起こし、定植後の初期生育に影響がでたこともあった。また夜冷のタイミングや期間も確定はなされていない。これらの改善による高品質な苗の育成は、今後の大きな課題である。（大山克己）

８．Method　方法：生産管理と作業管理

本事業の一環で、(株)一苺一笑における生産管理と作業管理の改善のために、「年間栽培管理スケジュール」、「設定管理指示書」、「収量・販売金額進捗状況速報」および「収穫・選果・出荷作業日報」を協働で作成した。まず、委員側よりこれらの原案を提示し、それを(株)一苺一笑側で使いやすいフォーマットに整えた後、利用している。なお、現在、これらの表と 1 週間単位で環境や養液、成育の計測値をとりまとめた「ウイークリーレポート」を資料として週 1 回定例会議を開催し、生産管理や作業管理に役立てている。なお、「ウイークリーレポート」に関しては、本報告書の「環境計測と制御について」の項で取り上げているので、そちらを参照されたい。

上述の中で、「年間栽培管理スケジュール」では、定植後から栽培終了までの管理計画を立案し、誰もがそれを確認できるようにした。「設定管理指示書」は、機器の設定値の変更を確実に実施するために導入した。「収量・販売金額進捗状況速報」は、現在の収量が目標や前年同時期に対してどのようになっているかを取りまとめている。「収穫・選果・出荷作業日報」は、作業時間の把握とともに収穫スピードなども記載するようになっている。このデータを蓄積していくことで、より正確な工数把握や要員計画を立案できるようになる。以下では、それぞれの表の実物を示しながら、概要を説明していく。

8.1 年間栽培管理スケジュール

これまで(株)一苺一笑いでは、経験的に年間の栽培スケジュールを立てていたものの、それを明示する図は作成していなかった。そのために、社員間での意思疎通が十分でなかったことも遠因であるが、意図した時期に電照を開始できなかったり、かん液の濃度を高める時期を逸してしまったりという問題が生じていた。この問題を解決するために、年間栽培スケジュールを作成した。ここでは、9 月（定植）から翌年 6 月（栽培終了）までのそれぞれの週における、

a. 日出、日入時刻
b. 想定される生育ステージ
c. 主な作業内容に関する情報
d. かん液に関する情報（養液濃度、頻度、量、開始、終了時刻）
e. 気温の設定に関する情報（窓開閉気温、温風暖房機の設定気温）
f. CO_2 濃度の設定に関する情報
g. 電照に関する情報

をとりまとめて、一覧表としている（図 1)。これを目につくところ（たとえば、環境制御装置の制御盤付近）に掲示しておくことで、これまでよりも確実な設定ができるようになる。

㈱一苺一笑　年間栽培管理スケジュール

暦	月	9月			10月			11月			12月			1月		
週番号(ISO)		35週	36週	37週	38週	39週	40週	41週	42週	43週	44週	45週	46週	47週	48週	49週	50週	51週	52週	53週	1週	2週	3週	4週
平均外気温(過去10年)		20.8℃					15.2℃					9.5℃					4.3℃				1.7℃			
日の出、日の入(参考)		5:09	5:18	5:27	5:36		5:45		5:56			6:07	6:18		6:28		6:38	6:46		6:51	6:53		6:52	6:46
		17:59	17:44	17:28	17:13		16:58		16:44			16:32	16:24		16:18		16:16	16:17		16:22	16:30		16:39	16:51
生育ステージ		頂果房分化					腋果房分化		頂果房開花			目標草丈20cm					目標草丈25cm			腋果房開花				
主な管理作業		定植			マルチ		ハチ導入		側窓全閉			保温開始	収穫開始										摘葉	
養液管理	濃度(EC)	0.15	0.4		0.6				0.7						0.8		0.8～0.9							
	給液量/株	300ml			250ml							200ml					150ml			100ml～120ml				
	日射量						3.6MJ/回					2.5MJ/回								2MJ/回				
	スタート時刻	7:00	7:20		7:30				7:40			8:10	8:20		8:30		8:40	8:50		9:00				8:50
	終了時刻	16:00			15:45		15:30					15:00			14:30			14:00						14:30
灌液ステージ		定時潅水					日射積算																	
気温設定	換気(天窓)	側窓開放、出来るだけ低く管理							25～28℃			28～30℃(草勢が強い→低く、草勢が弱い→高く)												
	暖房機											日の出1時間前までに➡12℃　8:00➡15℃　16:00➡12℃　電照終了後➡8℃												
CO2施用												適用時刻：日の出～日の入まで　550ppmを目安												
電照												1.0h	2.0h		3.0h		3.0h	3.5h		3.5h	3.0h		3.0h	3.0h
ボイラー															15℃+1.5℃									

暦	月	2月			3月			4月			5月			6月		
週番号(ISO)		5週	6週	7週	8週	9週	10週	11週	12週	13週	14週	15週	16週	17週	18週	19週	20週	21週	22週	23週	24週	25週	26週
平均外気温(過去10年)		2.2℃					4.9℃					10.0℃				14.8℃				18.9℃		
日の出、日の入(参考)		6:38	6:27	6:15	6:01		5:47		5:30			5:15	5:00		4:46	4:34	4:25		4:17	4:13		4:12	4:14
		17:03	17:14	17:24	17:34		17:44		17:54			18:03	18:13		18:22	18:32	18:41		18:50	18:57		19:01	19:03
生育ステージ					目標草丈30cm																		
主な管理作業				摘葉					保温終了			摘葉				摘葉				摘葉			収穫終了
養液管理	濃度(EC)	0.8～0.9(徐々にECを下げる)					0.6～0.7(徐々にECを下げる)																収穫終了1w前から0.4
	給液量/株	120ml	150ml				200ml					250ml				300ml			350ml				
	日射量	2MJ/回		2.5MJ/回					3.6MJ/回														
	スタート時刻	8:40	8:30	8:20	8:00		7:30					7:20	7:00		6:50	6:40			6:30				
	終了時刻	14:30	15:00				15:30			15:45		16:00	16:30			17:00			17:30				
灌液ステージ		日射積算											日射比例						定時灌水				
気温設定	換気(天窓)	28～30℃			25～28℃					25℃(側窓+3℃、夜間開放)						側窓開放、出来るだけ低く管理							
	暖房機		日の出1時間前までに➡12℃　電照終了後➡7℃																				
CO2施用		適用時刻：日の出～日の入まで　550ppmを目安								天窓開放時期なので外気の濃度を目安に施用する													
電照		2.5h	2.0h	1.0h	猶予期間																		
ボイラー		15℃+1.5℃																					

図１　(株)一苺一笑で定めた年間栽培管理スケジュール

8.2 設定管理指示書

栽培期間中、上述の年間栽培スケジュールにしたがって、機器の設定値を変更する必要が出てくる。また、ウイークリーレポートを利用した成育の検証結果より、設定値を修正する場合もある。設定値を変更する場合、口頭で指示を出したとしても、他の作業に追われてしまい、結果として忘れてしまう、間違った設定をしてしまう、という場合があった。これを回避するために、設定値管理指示書を導入することとした(図 2)。なお、この設定値管理指示書では、変更する場合にのみ設定値を書き込む。設定を変更しない場合には空欄のままとする。ここで、設定時に変更者だけではなく、変更前後に指示者も確認するようにして、間違った設定値の入力を防ぐようにしている。

(株)一苺一笑　設定管理指示書 年　　月　　日(　　)週番号【　　】	変更指示者		設定変更者
	変更前	変更後	

※設定値に変更が生じる所だけ記入すること

新田環境管理	新田A　設定値				新田B設定値			
	養液	EC		dS/m(原水　　)	養液	EC		dS/m(原水　　)
		回数		ml/回(　　ml日)		回数		ml/回(　　ml日)
		適用時刻	：　～　：			適用時刻	：　～　：	
		日射		MJ/回		日射		MJ/回
	気温	換気			気温	換気		
		暖房機				暖房機		
	CO2	時間帯1		ppm(　時～　時)	CO2	時間帯1		ppm(　時～　時)
		時間帯2		ppm(　時～　時)		時間帯2		ppm(　時～　時)
	電照	開始時刻			電照	開始時刻		
		時間		分(TOTAL　　)		時間		分(TOTAL　　)
	ボイラー	設定温度			ボイラー	設定温度		
	循環扇ミスト	適用時刻			循環扇ミスト	適用時刻		
		発停時間		分		発停時間		分
	その他の変更箇所及び変更した事由				その他の変更箇所及び変更した事由			

図２　設定管理指示書

8.3 収量・販売金額進捗状況速報

(株)一苺一笑では、これまで収量や販売金額はまとめてはいた。しかし、一覧として関係者が見られるようにはなっていなかった。また、販売目標や前作との比較はできていなかった。そのために、社員間で収量目標や販売目標のような共通認識を持つには至っていなかった。そこで、4 棟あるハウス全体およびそれぞれの、

a. 週ごとの収量と販売目標や前作同時期に対する達成度

b. 月ごとの収量と販売目標や前作同時期に対する達成度

c. その週までの累計の収量と販売目標や前作同時期に対する達成度

を一覧にした表を作成した（図 3）。これにより、収量や販売金額に関する情報を社員全員が容易に把握できるようになった。それとともに、収穫や販売目標の明確化が図れるようになる。

【収量編】

ハウス名	単週			単月			今期累計			2015-2016年間生産		前年	
	第5週 2016年2月1日～ ～2016年2月7日			第2週～ ～第6週 2016年1月14日～ ～2016年2月17日			第45週～ ～第5週 2015年11月5日～ ～2016年2月7日			目標	目標達成度	前年実績	前年達成度
	目標	実績 前年実績	目標達成度 前年実績達成度	目標	実績 前年実績	目標達成度 前年実績達成度	目標	実績 前年実績	目標達成度 前年実績達成度				
全体	1,565kg	1,225kg 1,240kg	78% 99%	7,907kg	4,905kg 6,206kg	62% 79%	12,950kg	10,430kg 9,643kg	81% 108%	52,200kg 6.2 t /10a	20%	39,076kg	27%
新田A	277kg	208kg 235kg	75% 88%	876kg	676kg 743kg	77% 91%	2,706kg	1,795kg 1,740kg	66% 103%	9,900kg 5.5 t /10a	18%	8,017kg	22%
新田B	486kg	238kg 415kg	49% 57%	2,497kg	859kg 2,130kg	34% 40%	3,188kg	2,258kg 2,698kg	71% 84%	11,800kg 5.5 t /10a	19%	10,106kg	22%
稲実A	213kg	295kg 155kg	139% 190%	1,688kg	1,368kg 1,230kg	81% 111%	2,960kg	2,108kg 2,425kg	71% 87%	11,800kg 5.5 t /10a	18%	8,798kg	24%
稲実B	589kg	485kg 435kg	82% 111%	2,846kg	2,003kg 2,103kg	70% 95%	4,096kg	4,269kg 2,780kg	104% 154%	18,700kg 8.0 t /10a	23%	12,156kg	35%

【販売金額編】

単月			今期累計			2015-2016年間生産		前年	
2015年12月			2015年11月~ ~2015年12月			目標	目標達成度	前年実績	前年達成度
目標	実績 前年実績	目標達成度 前年実績達成度	目標	実績 前年実績	目標達成度 前年実績達成度				
10,180千円	6,227千円 8,211千円	61% 76%	11,828千円	7,096千円 9,541千円	60% 74%	63,000千円 7,436千円/10a	11%	50,816千円	14%

図 3　収量・販売金額進捗状況速報

8.4 収穫・選果・出荷作業日報

(株)一苺一笑では、収穫・選果・出荷作業日報を導入し、作業者別に、

a.　収穫にかかった時間

b.　選果および出荷にかかった時間

c.　その他の作業にかかった時間

を把握している（図 4）。収穫にかかった時間、選果および出荷にかかった時間は、表中の横軸をマーキングし、時間を記入することで把握している。この表では、収穫のスピードや選果および出荷のスピード、パック詰めのスピードも計算し、記録するようにしている。他方、その他の作業にかかった時間は、作業の項目名と時間を記入することにしている。この日報を集計していくことで、作業者の作業スピードの向上を把握できる。また、必要工数や要員数も正確に把握できるようになる。

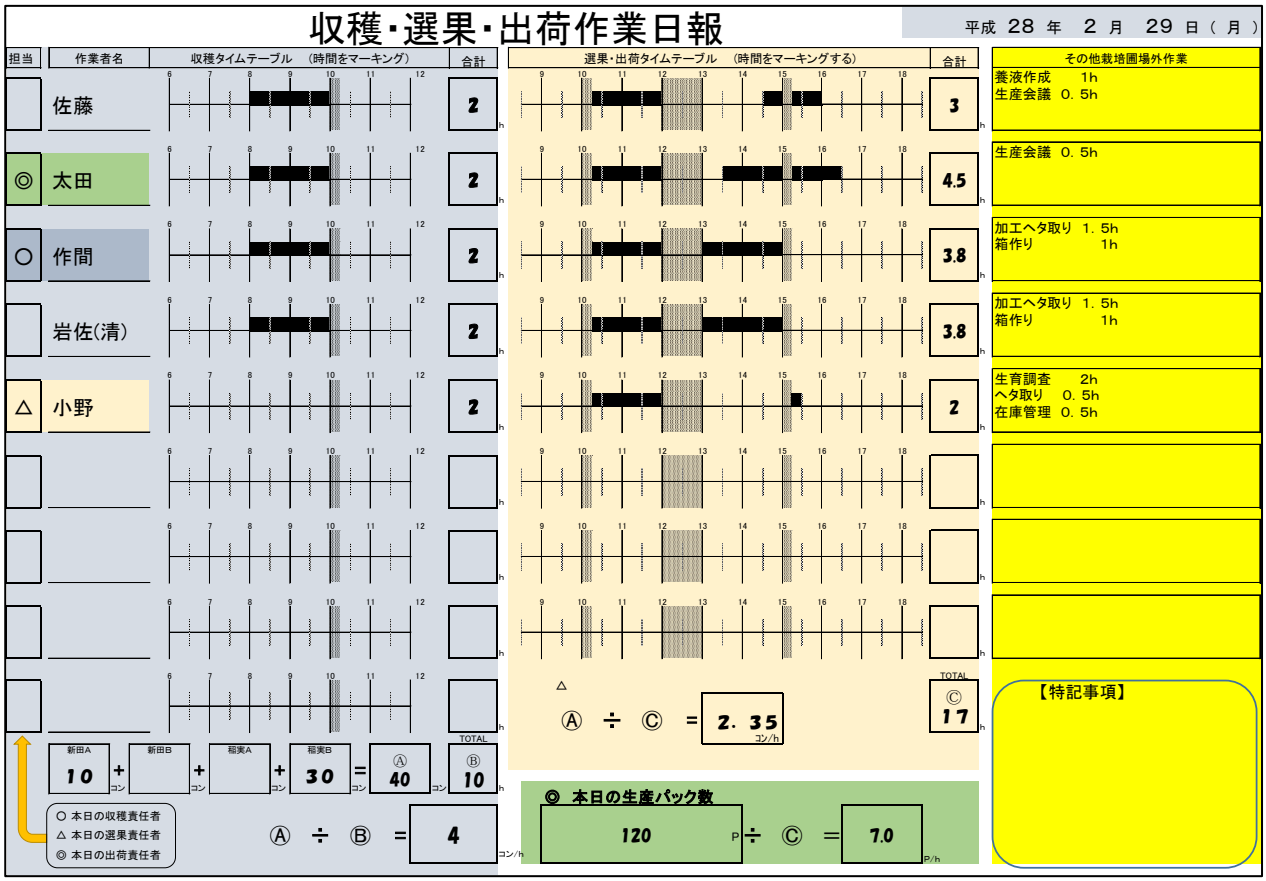


図 4　収穫・選果・出荷作業日報

（大山克己）

9．経営実態と改善のための方策

9.1 設備概要

(株)一苺一笑では、社員 4 名（うち、役員 2 名）、パート約 7 名で、イチゴ（品種：とちおとめ、もういっこ）を生産している。(株)一苺一笑では、4 棟の両屋根連棟型のハウス（被覆材：フッ素フィルム、総面積：8、600 m²）を利用して、ヤシガラを培地とした養液栽培でイチゴを年間 50 t 弱（反収で、5.5 t／10a）生産している。ハウスの換気回数は 0.1 h^{-1} 以下であり、また、2 層のカーテンを利用していることから、比較的保温性は高い。ハウス内の暖房には、重油を利用した温風暖房機が用いられている。培地中には温湯管が埋設されていて、培地の温度を保つようにしている。温湯の作成には、重油を利用した小型ボイラが利用される。これらとあわせて、灯油燃焼式の CO_2 供給装置も導入されている。生産設備の詳細は、本報告書の「設備について」を参照されたい。

9.2 経営実態に関する聞き取り調査

(株)一苺一笑におけるコストを、光熱水費、人件費、減価償却費、荷造運賃、材料費、種苗費、修繕費、地代家賃、雑費、一般管理費および販売費（以下、販管費）に大別して聞き取り調査した。ここでは、補助金や助成金などの支援を受けていない場合を仮定して値を求めた。各コストの値と積算した全体の値より、各コストがコスト全体に占める百分率を求めた。

その結果、人件費は、販管費を除いたコスト全体の 40%程度を占めていた（図 1）。このうち、実際の作業にかかわるパートの賃金（変動的な賃金）は、社員のそれ（固定的な賃金）と比して 2 倍程度となっていた。減価償却費および光熱水費は、販管費を除いたコスト全体のそれぞれ 24 および 16%

であった。消耗品費（4%）、材料費（4%）、雑費（4%）、修繕費（3%）、荷造運賃（2%）、地代家賃（1%）および種苗費（1%）は、販管費を除いたコスト全体の 20%程度であった。他方、光熱水費の半分（56%）は、燃料（重油や灯油）の購入にかかわる費用であった。電気代（キュービクルの点検費用を含む）および水道代は、それぞれ 29 および 15%であった。

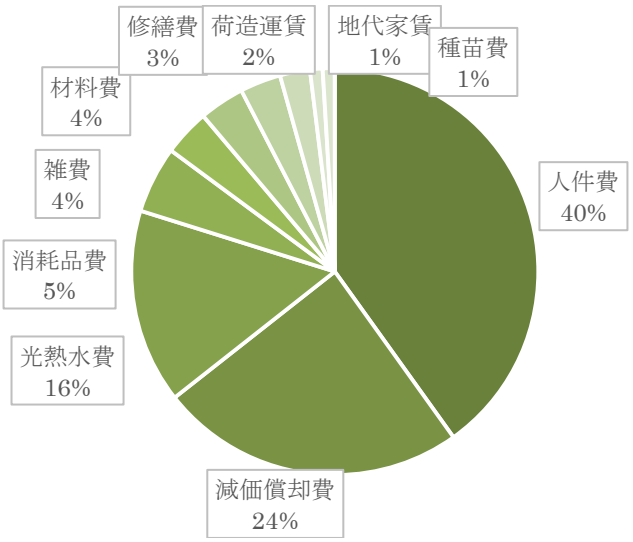


図 1　(株)一苺一笑における経費内訳の聞き取り調査結果

続いて、聞き取り調査の結果を参考にして、損益分岐点（損益分岐点売上高および生産数）を求めた。なお、平成 26 年のイチゴ（とちおとめ）の価格は、シーズン中、760 円（6 月）から 1、890 円（12 月）の間で変動していた。そこで、この値を参考にして、イチゴの価格が 1、000、1、250 および 1、500 円／kg の場合の損益分岐点を求めた。その結果、損益分岐点売上高は、イチゴの価格が 1、000、1、250 および 1、500 円／kg のとき、それぞれ 7、615、5、8 80 および 5、105 万円となった（図 2）。また、損益分岐点生産数は、反収で表すと、それぞれ 8.9、5.5 および 4.0 kg m^{-2}（t／10 a）となった。この年のイチゴの卸価格の実績値はほぼ 1、250 円程度であったことから、(株)一苺一笑の経営状態は収支が均衡した状態になっていた。これを打破し、利益を確保するためには、後述するような日常管理手法の導入が必要とされる。

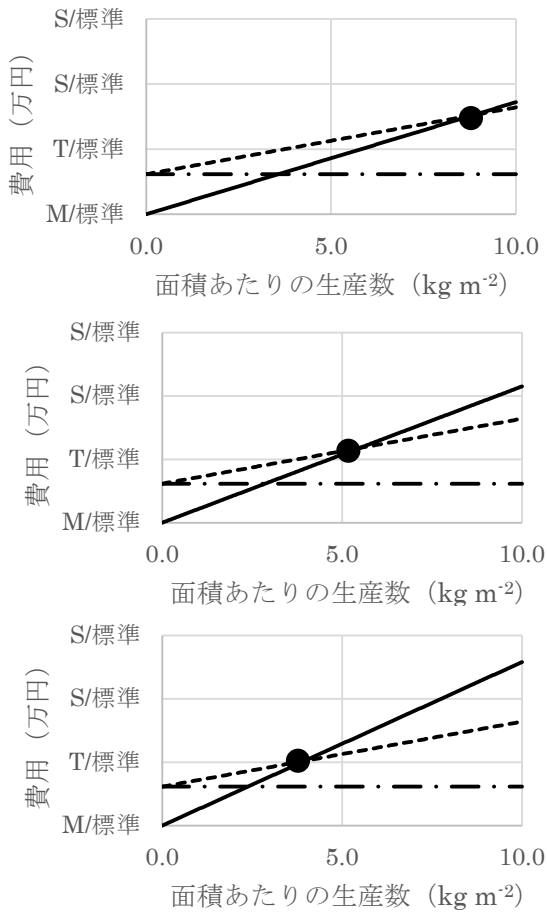


図 2 (株)一苺一笑でのイチゴの卸価格が上）1,000 円／kg、中）1,250 円／kg、下）1,500 円／kg のときの損益分岐点。実線、破線および一点鎖線は各、売上高、変動費、固定費。

9.3 損益分岐点と利益

経営状態の聞き取り調査結果からみた収益の改善について考察するために、x 軸に作物の生産数を、y 軸に費用および売上高をとった図を示す（図 3）。ここで、水平な線が固定費の線である。また、斜めに描かれている直線の 1 本は総費用（固定費＋変動費）の直線であり、もう 1 本の直線は売上の直線である。斜めに描かれた 2 本の直線の交点が損益分岐点と呼ばれる。この点を x 軸上におろした点の生産数は損益分岐点生産数と、また、y 軸上におろした点の売上高は損益分岐点売上高とそれぞれ呼ばれる。

生産数および売上高がそれぞれ損益分岐点生産数および損益分岐点売上高を上回る場合、利益は、損益分岐点を頂点とした 2 本の直線で挟まれた三角形の面積に相当することになる（逆の場合は、損失に相当することになる）。図 3 において、固

定費には、ハウスおよびその付帯設備にかかわる減価償却費、管理者の人件費、地代家賃などが相当する。変動費には、電気代や水道代といった光熱水費、生産物を出荷するための荷造運賃、資材類の購入にかかわる材料費、種苗の購入にかかわる種苗費などが相当する。なお、従業員（たとえば、パート）の人件費は、変動的な固定費である。ただし、ここでは簡単のために変動費として取り扱うことにした。

利益を大きくする、すなわち、生産数および売上高がそれぞれ損益分岐点生産数および損益分岐点売上高を上回るようにして、損益分岐点を頂点とした 2 本の直線で挟まれた三角形の面積を大きくするには、損益分岐点を低く押さえれば良い。図 3 のグラフを見てみると、そのためには、

a. 売上高の直線の傾きを大きくする
b. 固定費の直線のレベルを下げる
c. 変動費の直線の傾きを小さくする

ことが必要になる。

9.4 売上高の直線の傾きを大きくするには

ここで、まず、売上高の直線の傾きを大きくすることを検討してみたい（図 3-①）。売上高の直線の傾きを大きくするには、作物あたりの価格を高めれば良い。これには、マーケティング力（たとえば、販売力、ブランド力）が必要とされる。直接レストランなどの川下に販売できる、安心・安全やその他の差別化要因を担保してブランド化できる、といったマーケティング力を有する場合には、売上高の直線の傾きを大きくできる。他方、この直線の傾きは、市場動向によっても左右される。市場で品薄状態の場合には価格を高く設定でき、売上高を大きくできる。一方、市場で余剰状態の場合には価格を低く押さえられ、売上高が小さくなる可能性がある。このように、売上高の直線の傾きは、大きくなるように努める必要があるものの、短期的には自身でコントロールのきかない場合がある。

9.5 固定費の直線のレベルを下げるには

次に、固定費の直線のレベルを下げることを検討してみたい（図 3-②）。固定費の直線のレベルを下げるには、減価償却費、管理者の人件費、地代家賃を低減すれば良い。ここで、管理者の人件費や地代家賃の低減には限度がある。したがって、減価償却費をターゲットとして、その低減に努める必要がある。すなわち、ハウスの設計段階において、真に必要な台数、能力の機器のみにより構成するよう努める必要がある。ただし、構成を検討できるのは設計段階だけであり、稼働し始めてからでは無理である。稼働後は、作物の生産数を可能な限り大としつづけ（稼働率を高く維持しつづけ）、作物あたりの減価償却費を低減する以外の方法はない。

9.6 変動費の直線の傾きを小さくするには

最後に、変動費の直線の傾きを小さくすることを検討してみたい（図 3-③）。変動費の傾きを小さくするためには、従業員の人件費、光熱水費、材料費、種苗費などを低減する必要がある。従業員の人件費は、適切な「人材育成」ならびに「方法」（たとえば、作業計画および要員計画）を実践することで低減できる。他方、光熱費や材料費、種苗費のような「資材」にかかわる費用は、それらの使用量が適切かチェックしつづけることで、浪費を回避できる。これらとあわせ、ハウスの「計測・制御」や「設備管理・保全」も作物を適切に成育させつづける、ひいては、コストの適正化を図る上で重要である。

9.7 まとめ

ここでは、まず、(株)一苺一笑の経営実態を把握するために、イチゴの生産にかかわるコストを聞き取り調査した。その結果にもとづいてその内訳を調べたところ、人件費（40%）、減価償却費（24%）

および光熱水費（16%）が 3 大経費でとなっていた。これとともに損益分岐点を推定したところ、イチゴの卸価格が 1、000、1、250 および 1、500 円／kg の場合のそれは、8.9、5.5 および 4.5 kg m^{-2}（t／10 a）であり、現状では、収支がほぼ均衡している状態であることが分かった。ここで、収支均衡を打破して利益を得るためには、1）売上高を大きくする、2）固定費を減らす、3）変動費を減らす、必要がある。運営しながら 1）および 2）に着手するのはやや難しい面がある。しかし、3）に関しては 5 つのポイント、すなわち、「計測・制御」、「設備管理・保全」、「人材育成」、「方法」、「資材」に着目し、改善を実施すれば、その達成は比較的容易になる。それゆえ、(株)一苺一笑の支援に際し、上述の 5 つのポイントに着目していくこととした。

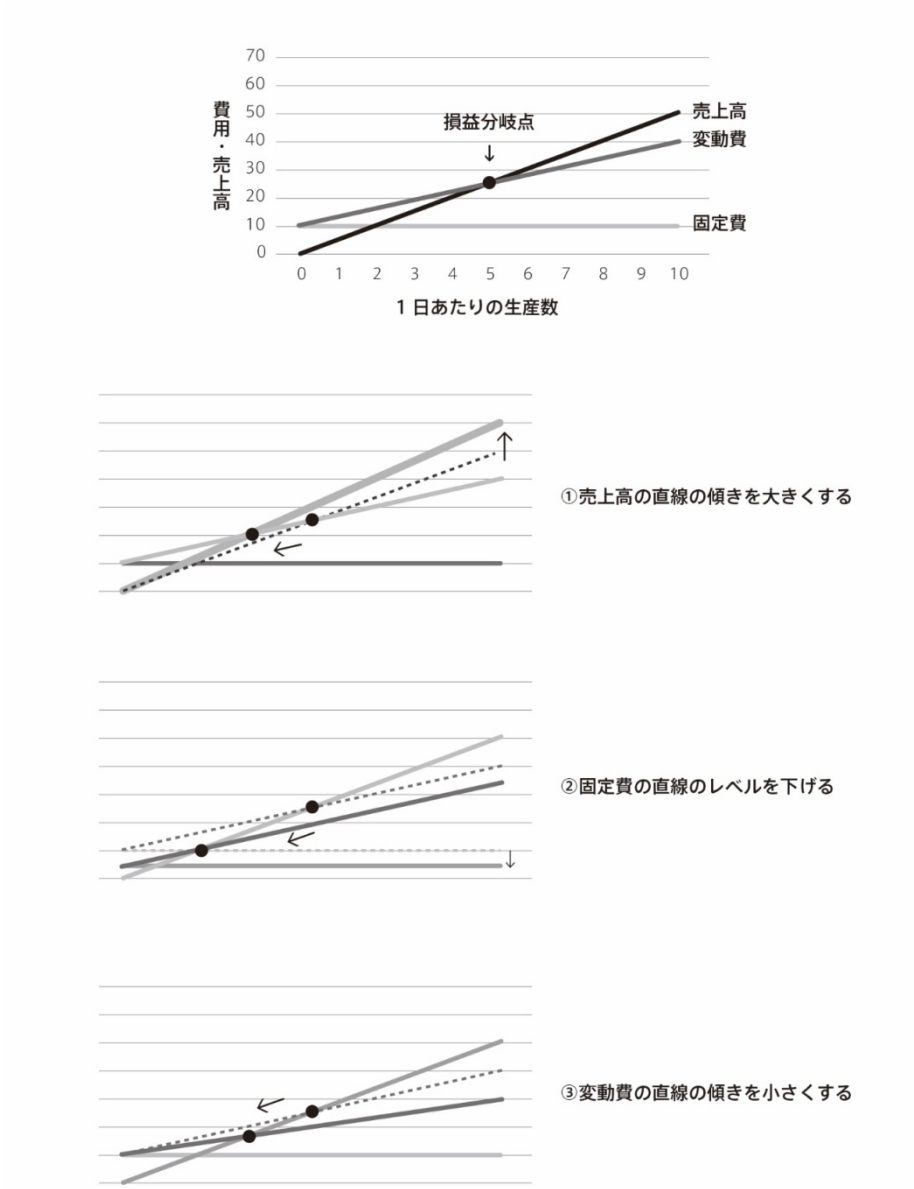


図 3　損益分岐点を下げるための 3 つの方策（①売上高の直線の傾きを大きくする、②固定費の直線のレベルを下げる、③変動費の直線の傾きを小さくする）

（大山克己）

１０．生育調査・生育指標

10.1 現地指導実施前

（株）一苺一笑は、平成 24 年秋より現状の大規模施設において栽培を開始したが、開始当初はイチゴの生育を調査･記録して環境制御に反映するという考えは無かった。代表取締役の佐藤拓実氏は、震災以前に土耕でイチゴ栽培を行った経験があり、その経験を基に栽培管理を行っていた。震災以前の亘理・山元町のイチゴ生産は、パイプハウスに地下水を利用したウォーターカーテンを用いた土耕栽培が主流で、これは殆どコストをかけずに収益をあげるという生産方法であった。そのため、詳細な環境制御という概念は無く、年次により、生産にある程度の変動が出ても問題なかったと考えられる。しかし現状では、高設ベンチによる養液栽システムや CO_2 発生装置など、震災以前とは異なる高度な設備が導入され、大幅にコストが増加している。これはすなわち、設備を上手く使いこなさなければ、逆に設備自体の維持費が経営を圧迫する事態となりかねない。また、経営体制が個人から法人化に移行し､雇用を維持する必要性が出てきたことなどからも､安定した収益を確保する必要がある。

設備化がされた大規模施設園芸では、栽培環境と植物の生育をモニタリングすることにより、高度な環境制御を行い、それによって生育を予測し、周年･計画生産を行う必要があり、またそれにより、安定した顧客の獲得と利益に繋がる。しかし上述のような理由から、指導実施前に、高度な環境制御システムはイチゴの生育制御に殆ど生かされていなかったと言える。例えば、電照の開始時期は、いつから行うかという指標を持っていなかったため、これまでの経験と周囲の生産者の状況により決定されていた。また、電照時間や時間帯についても、ハウスごとに変えてみるなどの試行錯誤が行われたが、それを決定する基準を設けていなかったため、栽培終了時まで、どの方法に統一するか決める事ができなかった。この他、冬季の加温温度や CO_2 の施与などは、コストの削減が優先されがちであった。

10.2 生育調査・生育指標についての検討

上述のような背景から、イチゴの生育を基に環境制御を行うシステム作りが必要と考えられた。そのためには、生産者がイチゴの生育状況を判断する指標を構築する必要がある。イチゴでは、草高、葉柄長、葉面積、花房間葉枚数および葉柄の硝酸態窒素濃度などが生育度を示すために用いられることが多い。例えば促成栽培では、休眠や成り疲れなどから草勢が徐々に低下し、光合成産物が不足して来る。それを回避するため、電照による長日処理が行われ、光合成能力の維持が図られる。この時、電照処理が効果的に働いているかどうかの指標としては草高、葉柄長、葉面積が用いられている。また、葉柄の硝酸態窒素濃度は、花芽分化や施肥管理の指標として、花房間葉枚数は連続出蕾性の指標として用いられている。そこで現地指導を開始した平成 25 年は、予備的に、草高・葉柄長・葉面積・花房間葉枚数・葉柄の硝酸態窒素濃度・花数・花房数について調査を行い、これらについて生産者が生育指標とするのに適当かどうかの判断を行った。

調査結果から、草高、葉柄長および葉面積には相関がみられた。そのため、生産者の負担を軽減する目的で､葉柄長および葉面積の調査は行わず､草高 20~25cm を電照効果の指標とすることとした。また、葉柄長の硝酸態窒素濃度については、個体によりバラつきが大きく、測定作業も煩雑などの理由から測定項目から外すこととした。花房間葉枚数については、芽数の影響が問題となった。生産現場では芽数を放任で栽培する事が多いが、芽数が増えると花房の発生形態が複雑になり、花房間葉枚数を調査するのは困難になる。そのため現状では、株全体の葉枚数と花房数を調査し、そこから連続出蕾性について類推する事とした。以上の結果から、調査項目は「<u>草高　・葉枚数　・花数　・花房数</u>」に限定された。

図１　画像による生育状況の把握

またこの他に、生産現場の画像の取得が有効である可能性が示された。図１のように、栽培ベッドにメジャーを設置し、定期的に画像を取得するだけで、調査を行わなくても草高を記録する事ができる。さらに画像から、開花程度を把握する事で、おおよその収量予測を行える可能性が示唆された。例えば、筆者らが稲美 A 棟と B 棟における開花から収穫までの積算温度を算出したところ、A 棟は 500℃であったのに対し、B 棟は 547℃である事が明らかとなった。これは、稲美 B 棟が移動ベンチによる栽培であったため、日当たりなどが収穫までの日数に影響したためと考えられる。この積算温度を基に、直近の温度から収穫までにかかる日数を算出すれば、現在開花している花の収穫予定日を把握する事ができる。

10.3 生育調査の現場への導入

平成 26 年からは、生産者による生育調査を開始した。（株）一苺一笑には 1 棟 20a 程度のハウスが 4 棟あるが、最初から全てのハウスの調査を行うのは生産者の負担と考えられたため、新田 A 棟をモデルケースとすることとした。調査個体はハウス中央のベッドの 6 個体とし、週に 1 度、曜日を決めて上述の項目の調査を行い、得られたデータをウィークリーレポートに記載した。その結果、以下に示す 2 つの課題が得られた。

a. 調査する人間によって、値に誤差がでる場合がある。

b. 生育調査は行っても、それを環境制御に活用できない。

この 2 つの課題の要因としては、データの共有がなされていない事、データを振り返る機会が無い事、などが考えられた。これは、生育調査に限らず、ウィークリーレポートに載せられた全ての事項に共通する課題であった。そこで現在では、週に 1 度定例会議を行い、ウィークリーレポートの確認と、それによる修正事項の検討がなされている。例えば、①の人為的要因よる生育調査結果の差異については、まず皆でデータにおかしなところがないかチェックを行い、問題があれば、その原因について生育調査のマニュアルに付け加えるという作業を行っている。また②の生育調査データの環境制御への活用についても、草高が落ちてきたら電照時間を延ばす、葉枚数の増加速度が低下してきたら設定温度を見直す、など、その都度検討がなされるようになっている。

10.4 前年度実績を基にした生育指標の構築

前述したように、定例会議によって生育調査を基にした環境制御の修正が図られるようになった。しかし、イチゴは栽培条件がすぐには草姿に反映されない事が多く、現状の生育状態を指標にして後から環境を修正しても、改善結果が得られるのに 1~2 か月かかってしまう場合もあった。そのため、平成 27 年からは、あらかじめ時期によって目標とする生育状態を設定し、それを基に環境調節を行う事とした。例えば、イチゴの促成栽培の場合、冬至のころに収穫のピークを設定するケースが多いが、その頃には腋花房も開花が始まるため、着果負担が大きくなり草勢が低下してくる。その対応策として、あらかじめ草高を指標として草勢の維持を行っておく、といった具合である。

ところで、促成栽培の場合、頂果房の収穫時期を、定植日を変えることによってある程度設定することができる。例えば表１は、(株) 一苺一笑の、平成 25~26 年にかけての各ハウスにおける品種および定植日が年内収量に及ぼす影響を、図２は、ハウスあたりの収量の推移を示している。これを見ると、定植日が 9 月上旬の新田Aおよび稲美 A 棟では、収穫開始時期が 11 月中旬と早いが、その後の第 1 次腋果房の収穫が連続しなったために、年明けからは中休みと呼ばれる現象が生じているのが分かる。また、品種特性も収穫ピークに影響しており、‘とちおとめ’を用いた新田 A 棟で年内収量が一番高くなったのに対し、‘もういっこ’を用いた稲美 A 棟は、新田 A 棟ほど年内収量が伸びなかったものの、年明けの 1 月中旬ころに再度収量が上昇した。一方、定植日が 9 月中旬の新田 B および稲美 B 棟の収穫開始は 12 月上旬からであり、その後も連続して収穫が行われているのが分かる。(株) 一苺一笑では、提携先への継続した出荷量の確保や、労働の平準化などのために、あえて年内の収穫ピークを分散している。しかし、定植日や品種特性によって、腋果房の連続発蕾性が異なってくることから、それに合わせて環境制御も修正を行う必要がある。そのためには、今年度の実績を基に生育の推移をある程度予測し、それを基に次年度の目標値を設定し、目標値に合わせた管理方法を設計する、その繰り返しを積みかさね、管理指標の精度を上げていくことが重要と考えられた。

表１　各ハウスにおける品種および定植日が年内収量に及ぼす影響

ハウス	品種	定植日（9月）	敷地面積（a）	苗数（本）	年内収量（kg/10a）	総収量（kg/ハウス）
新田A	とちおとめ	3日	18	12,980	875	7,311
新田B	とちおとめ	15日	22	14,040	384	8,650
稲美A	もういっこ	8日	22	13,824	471	7,080
稲美B	もういっこ	17日	24	25,200	367	10,091

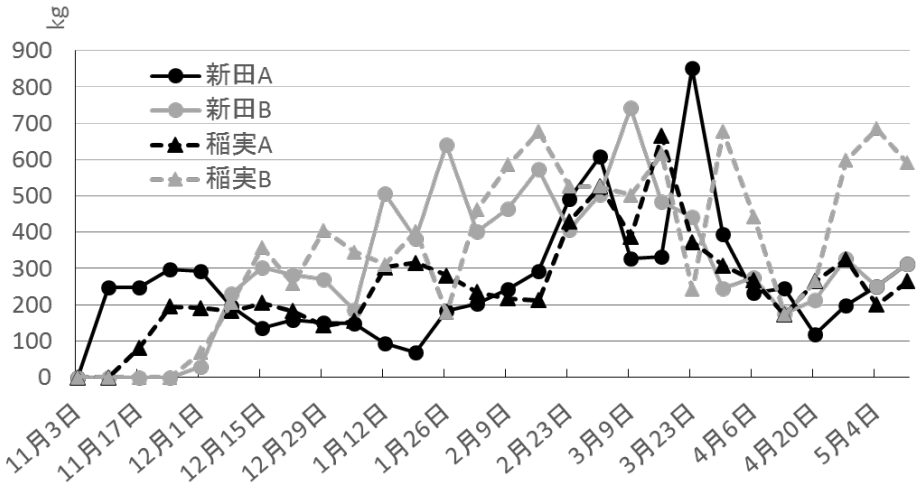


図２　各ハウスにおける収量の推移

10.5 今後の課題と展望

現在、ウィークリーレポートには現状の生育データの他に、前年度実績や目標値などが記載され、常に比較ができるようになっている。また、生育の推移をより把握しやすくするためにデータのグラフ化が行われ、ウィークリーレポート以外にグラフを用いた検討もなされるようになった（図３）。その結果、(株) 一苺一笑では、生育調査データの活用を積極的に検討するようになってきている。例えば、社員が自発的に意見を出すようになり、「開花日から収穫時期を予測し、それを販売計画に生かすことはできないか」、「芽数を限定する事で、花房間葉枚数を把握する必要性があるのではないか」、などの案が出されている。植物の生育状態の見える化が、このような社員の意識改革に繋がった事は、非常に意義が深い。また今後は、データを積み重ねる事により、腋果房以降の収量をある程度調節できるような環境制御方法の検討を行っていく必要があると考えられる。

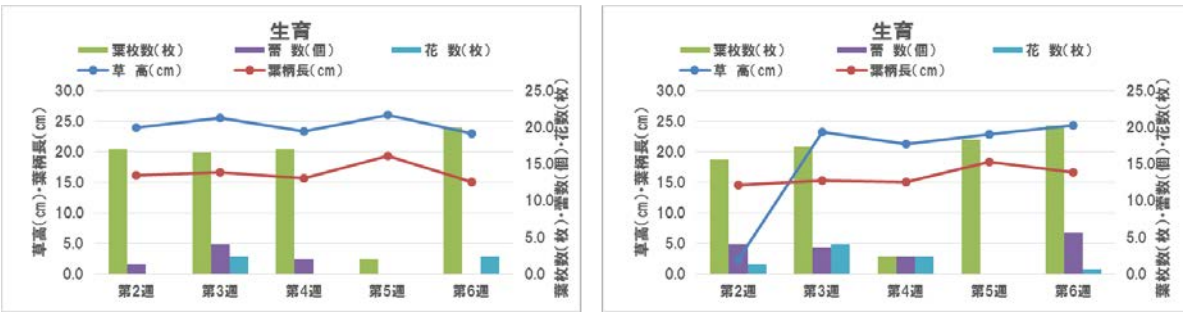


図３　ウィークリーレポートのグラフ化（2016年1月11日～2月14日までの調査結果を示す）

（菊地郁）

１１．環境管理・養液管理

11.1 収量増加の作戦

（株）一苺一会の環境管理、養液管理については、社長をはじめ社員の方々の努力の結果、技術的には一定のレベルに達している。「ある条件」を整えることができなかったので、収量が少ない（例えば、日中の CO_2 濃度が目標を下回っていたので収量が落ちた）ということは、現在ほとんどなくなった。従って、これからの収量収益の増加を考える場合、「ある作業や操作」を実施すれば、収量が増加するという単純な図式を描くことは難しい。(株) 一苺一笑の技術体系を品種、作型、ハウス、その時々の気象条件、作物の状態に合わせて最適化することが必要であり、最適化するための手法を確立し、実践することが重要となってくる。

収量収益の増加を目指す場合には、具体的な「作戦」が必要である。収量の増加を考える場合のひとつのとらえ方、方向として、「m^2 あたりの光合成量を増加させること」があげられる。光合成量を増加させるには、①「受光量を増やす」か、②「受光量当たりの光合成速度を高める」ことが必要となる。受光量を増やすためには、ハウスの中にできるだけ光を入れること、葉面積を増やすことなどが考えられる。一方、受光量を当たりの光合成速度を高めるには、CO_2 濃度を高めたり、飽差を最適な範囲に維持することや品種の選択などが考えられる。

収量の増加を考える場合の別の見方として、「イチゴの収量を構成する要素から考えること」をあげることができる。（面積当たり収量）＝栽植密度×（株当たり花房数）×（果房当たり果実数）×（一果実重量）と表現できる。より実際に即して言うと、適切な芽数の管理、シーズン中の花房発生数や果実肥大などが収量に大きく影響する。

イチゴ生産で収量の増加を考える場合には、どこでどのように収量を増加させるのか、具体的な作戦を立てることが重要である。(株) 一苺一笑におけるこれまでのイチゴ生産の実績から、どこがもっとも伸びしろがあるか考慮して作戦をたてる。例えば、私が関わっている先端プロ山元実証ハウスでは、葉面積をできるだけ大きくして受光量を高めることを基本作戦として、日中の換気設定温度も高めに設定して CO_2 濃度を高め、湿度を維持する方針をとっている。草勢が強くなって花芽分化が遅れないように、一日の平均気温を 14℃を目安として、夜間の気温を管理している。平均気温が高いと葉の発生速度が速まり、花房の発生速度も速くなるが、果実肥大が悪くなる。草勢が強くなりすぎると花芽分化が遅れ、花房間葉数が増加して花房の発生が遅れる場合もある。先端プロ山元実証ハウスではクラウン温度制御を利用して、定植～10 月下旬までと 3 月以降は株もと冷却を行い、花房の分化が遅れないようにしている。問題点として、株が大きくなり下葉が花房にかかるようになると収穫時に果実を探す時間が多くなり収穫作業に時間がかかることが問題として明らかになっている。この例がよいかどうか議論や検討の余地はたくさんあるが、このような具体的な「作戦」をたてることは管理方針を明確にする上で有効であると思う。

11.2 作戦の実践と地域での取り組み

「作戦」を立てて、それを実行してゆくとしても、日常的には栽培管理(環境管理、養液管理)の調整や修正が必要になる。イチゴの状態を毎日よく観察して、環境管理や養液管理を変更してゆくことが基本になるが、イチゴの生育には複数の要因が相互に影響するので、ある管理の変更がイチゴの生育にどのように影響したか判断できないことも多い。この点、一苺一笑では環境データ、養液データともに記録をとり、生育調査や収量のデータと突き合わせてウイークリーレポートとしてまとめて、考察し日々の管理に反映するサイクルを日常的に実施できるようになり昨年から大きく進歩した。

現在は、主として自分のハウスの過去のデータ（前週など）を参照して、変更すべき点を定期的に検討している状況であるが、今後は他の生産者と意見交換、情報交換を行い、圃場のデータを相互に共有参照し、比較検討することによって、環境管理、養液管理の最適化を行うこともひとつの方法と思われる。一苺一笑では複数のハウスを所有しているので、ハウス間の比較を行うだけでももちろん効果がある。しかし、人が変われば、見方、考え方も異なり、管理の方法も異なるのでより最適な方向を見出せる可能性がある。さらに、JA、普及センタ、研究機関、民間企業など支援する立場の人たちともデータを共有することができれば、データなどの根拠に基づいたより的確な精度の高いアドバイスを受けることが可能となる。

このような取組は全国的に進められつつあるが、とくに宮城県では県の試験場、普及センタ、JA、全農宮城県本部が生産者グループに参加してサポートネットワークを形成し、相互に支援する方法を試行錯誤しながら実践している（神崎ら、「施設と園芸」 №172（2016 冬）、p2-5　、次章の「１２．今後の地域展開について」も参照）。クラウド対応環境モニタリングシステム（あぐりログ box、IT 工房 z 製など）をハウスに導入し、環境データをサポートネットワークの参加者で共有し、定植日や電照開始日など各種の記録や設定値など、環境データ以外の生育データ、潅水、暖房等の各種設定値、病害虫発生状況、現在の株の画像などをクラウド型 Web データベース「kintone（キントーン、サイボウズ社製」を 導入し、共有を図っている。

現在のところ、環境データと生育データをどのように関連付けるか、どのように解析するか決まった方法はなく、それ以前に生育調査方法が、地域や生産者によって異なる（統一されていない）といった問題がある。つまり、これらの情報を利用して環境制御や肥培管理に反映させる手法は未確立である。しかし、生産者、支援者が相互に連携してさまざまな立場、角度からデータから読み取れるものをディスカッションして最適な管理を議論することは可能である。その管理が正しかったかどうか、次週以降に同様な手順で検証を行うことを生産者グループで継続して行えば、短期間に多くのノウハウが蓄積するはずである。

この宮城県の取り組みには（株）一苺一笑も参加しており、環境モニタリングシステムがハウスに導入され、web データベース上には（株）一苺一笑の情報（圃場条件、生育調査）も一部登録されている。現状はサポートネットワークの関係者（研究者）が調査した結果を時々登録している状況で、十分には活用していない。現在、家族経営、法人経営あわせて 20 箇所程度のイチゴ生産ハウスがこのネットワークに参加している。ネットワークの運営方法も現段階では試行錯誤のさなかである。本事業の目的のひとつは、新技術の地域への展開や定着である。新しい技術システムが地域に定着するかどうか、それはもちろん個別の生産者や法人の取り組み方次第ではあるが、地域のなかに技術や知識が共有されてはじめて定着することも事実である。ここで言う地域とは生産者に加え、支援者（地元の JA や普及センタ、地域研究機関や関係する民間企業）のことである。

震災後に法人として設立された（株）一苺一笑では、会社として必要な形態をじょじょに整え、家族経営とは異なる様々な問題点をクリアしつつあると感じる。地域のなかでも今後法人化、大規模化が増加すると予想される。今後はこれまでの経験を活かし、他の生産者や法人と積極的に交流し地域のノウハウの蓄積を進め、活性化する役割を期待する。　（岩崎泰永）

１２．今後の地域展開について

12.1 はじめに

宮城県においては、東日本大震災により大きな被害を受けたが、国を始めとした各方面からの支援により今日までに園芸施設の復旧は 94%となるなど着実に復興の道を歩んでいる。その様な中、農業の担い手においては急速な法人化が進み、特に沿岸部では農業法人を主体とした大型園芸施設及び養液栽培が増加した。しかし、栽培においても経営においても、規模や環境、農家経営から法人経営への変化にスムーズな対応ができず苦慮しているのが現状である。

（株）一苺一笑での今回の取り組みをモデルケースとして、県内で施設園芸に取り組む他の法人等の栽培技術や経営の改善に応用していくこととしている。ここでは、宮城県や JA 全農みやぎ県本部等のプロジェクトチームがトマトやイチゴ栽培において取り組んでいる IT を活用した生産者間ネットワークの実証研究と併せて今後の地域展開を考える。

12.2 IT を活用した生産者間ネットワークの展開

IT を活用した生産者間ネットワークの実証研究では、表 1 の目的を掲げている。

表 1　IT を活用した生産者間ネットワークの実証研究での目的

1. 経営安定に向けた収量の増大
2. 栽培管理の PDCA サイクルの定着
3. 地域における指導員の指導技術の向上及び指導員の育成
4. 労務・経営管理の基本的な取組みの確認

ここでの取り組みとして、下記の事項を進めている。

a. ハウス内環境･生育調査データの共有による、効率的な栽培修正の実践。
b. 収量とハウス内環境・生育データの因果関係を明らかにするための各データの蓄積。
c. 情報共有による技術者からのタイムリーな指導の実践（以上、図 1、図 2 を参照）。

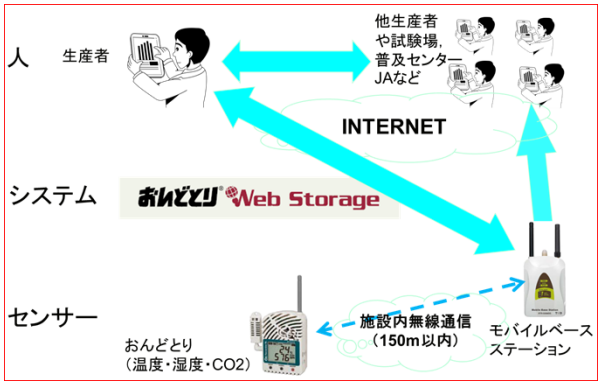


図 1　環境データの共有図

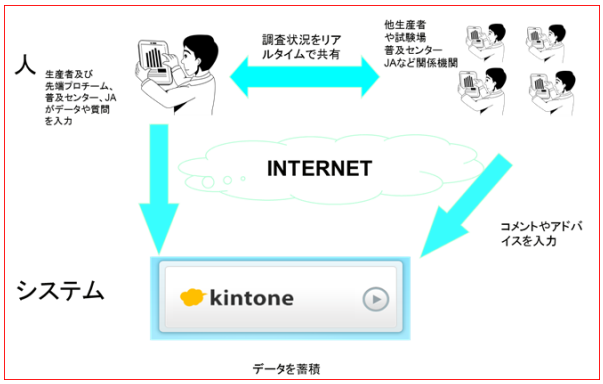


図 2　クラウド型生産者サポートシステムの構築図

またこの取り組みでは、表 2 についての現地調査を行っている。さらに現地指導として、調査内容に基づきトマトではバランスシートを作成（図 3）し、イチゴでは草高・草勢などの植物の生育状態、および聞き取った圃場情報をもとに、生産者と環境設定や潅水設定について対策を検討している。さらに、クラウド型生産者サポートシステムへの入力を行い、生育調査内容や潅水･環境設定等の基本データの共有も進め（図 4）、定期的な勉強会を開催している（図 5）。

表２ 環境測定、生育調査等の内容

項目	内容
環境測定	温度、湿度、CO_2濃度
生育調査	トマト：開花果房～生長点間長、茎径、伸長量、葉数、開花段数 イチゴ：草高、第３葉葉柄長
その他	生育概況、潅水状況、環境制御設定等の確認

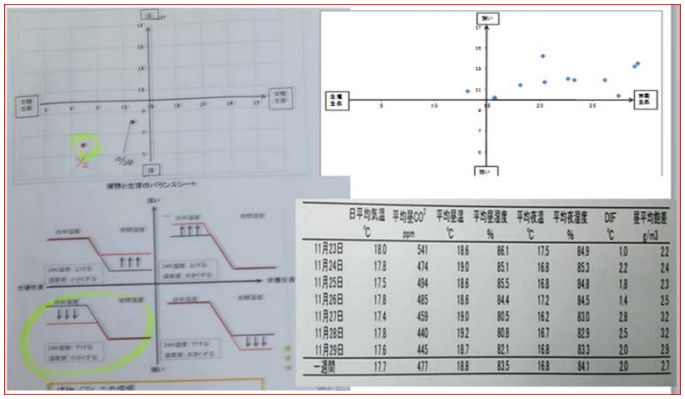


図３ トマトの生育バランスシート等の共有情報

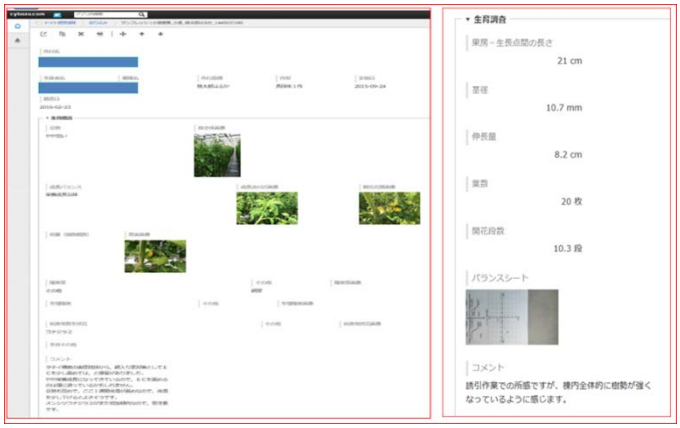


図４クラウド型サポートシステムの入力フォーマット

図５ 勉強会の開催

12.3 （株）一苺一笑への展開・改善例

（株）一苺一笑では、環境測定器あぐりログを導入し、温度、湿度、CO_2濃度の計測を行い、クラウド上で他の生産者や普及指導機関との情報共有を行った。この仕組みを利用して、うどんこ病の発生についての対策を行った。これは、（株）一苺一笑でうどんこ病が果実のみ発生した状況があり、同じ仕組みを導入し、うどんこ病の発生の無いイチゴ生産者圃場の温湿度データと比較を行った。その結果、（株）一苺一笑では発生の午前中の昇温速度が速く、また午前中にミスト発生装置も使用しており、湿度も高かった。一方で、発生をしていない圃場では午前中の昇温速度は緩やかな推移で、湿度も（株）一苺一笑に比べ低くなっていた（図 6）。昇温速度の違いが果実の結露を引き起こし、ミストによる湿度上昇と合わせうどんこ病発生の要因となったことが推察されたため、（株）一苺一笑では昇温速度をゆるやかとし、ミスト発生装置使用も停止した。その結果、うどんこ病発生は抑制された。

12.4 今後の地域展開について

以上のような取り組みについて、今後は各生産者の希望に沿った ICT の利用方法について整理しながら、わかりやすく情報提供を行い、蓄積データと現在データ、目標、天気情報等を利用した生産者ごとのレシピの作成と指導への利用も進めていく。次世代施設園芸宮城県拠点など連携先もじょじょに拡大しながら、環境や生育データを総合的･俯瞰的に判断し、生産における PDCA サイクルを指導実践できる人材育成にも活用し、宮城県全体の栽培技術向上を進めていく。他県の現場や試験研究機関の先進的技術や事例の共有も進めるとともに、クラウド型生産者サポートシステムの情報の一部を、賛同･連携できる流通組織や販売実需者に提供し、より正確な販売予測のもとで新たな販売形態の実践にも挑戦していく。

図６　（株）一苺一笑（オレンジの点線）と他の生産者（青線）の温度（上）と湿度（下）の比較
（澁谷卓也）

１３．経営者によるまとめ

13.1 中期経営計画の策定について

これまで（株）一苺一笑には中期経営計画がなく、単年度の計画までのみの状態であった。また、従来から各従業員が都度、作業を分担する体制であった。そのため 3～5 年先を見据えた中期経営計画の策定と組織の再構成を行い、役割分担を明確にして計画実現を加速化するよう指導を受けた。また中期経営計画によって会社の方向性を見える化し、計画の各期間においてどのような職務を遂行すべきかを明確にして、各従業員が責任を持って仕事ができるよう検討を行った。

中期経営計画（図 1）は各分野を網羅しつつ、おおまかに内容を周知するものとした。各分野の達

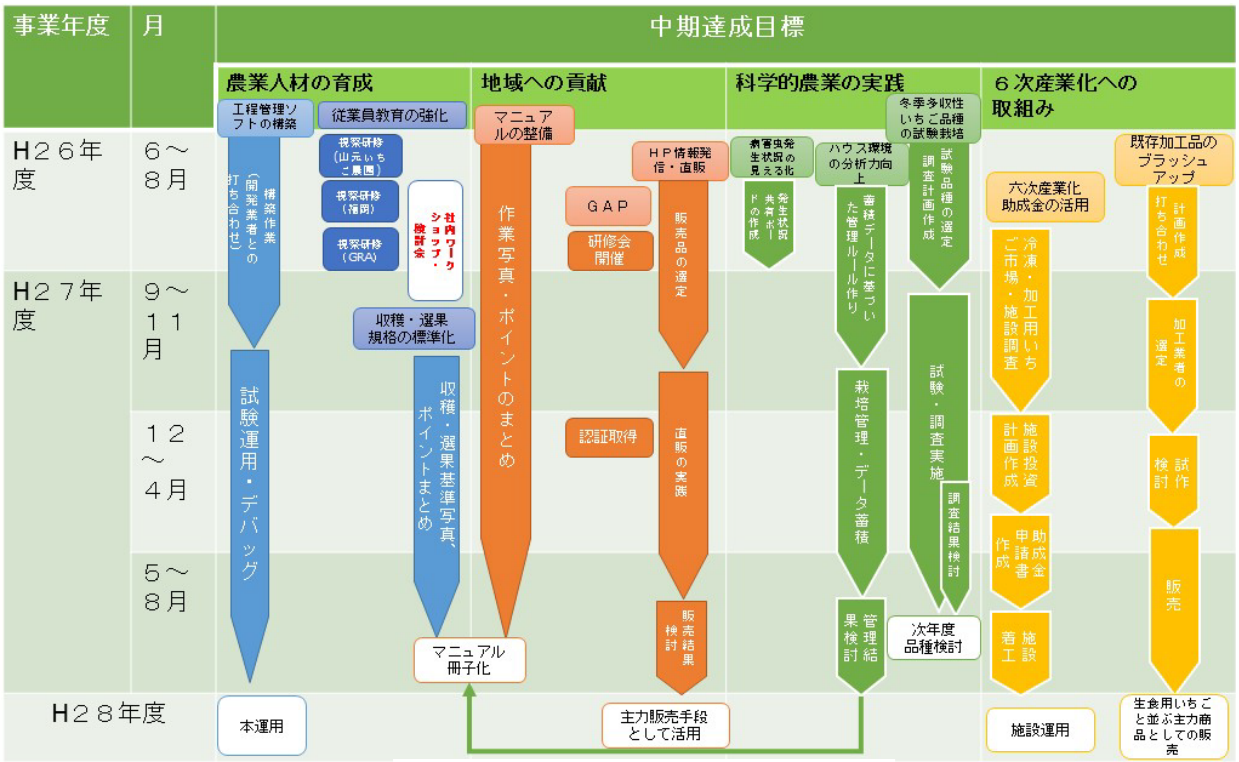


図１　中期経営計画

成の期限や深度について、当初は具体的な共有がなされていなかった。そのため、たびたび従業員に対し進捗を確認する必要があり、進捗自体の見える化や、そのための会議の回数とやり方について指導を受けた。現在は各担当が次にすべきことも把握され、計画の細分化や具体化も進んでいる。今後は、能力に対しての適切な配属や、他社での研修などを含めた人材育成が急務であり、来年度には計画を策定して従業員に明示したい。

組織体制の検討を進める中で、従来の指揮系統は、ほとんどが社長である自分からのものが占めており、それを補佐するものもおらず、系統が機能していなことの指摘があった。そこで各部門に新たにマネージャーを置き、役割や責任の分散をはかったが、当社社員数の規模から２～３部門までとするよう注意をした（P7 図１ 組織図）。

13.2 中期経営計画の今後の展開について

a. 農業人材の育成

中期経営計画の中で一番比重をおいた事項である。従業員により作業工程を分析し画像をまとめて収獲や選果作業の標準化を行い、作業マニュアルとして整備している。また、個々の作業の見える化も工程管理ソフトの導入などで進めている。見える化の結果、人材の適所配置や個人ごとの評価や指導も進んでいる。しかし、作業内容を数値化することに従業員が不満をもってしまうこともがあった。それに対して JGAP の取り組みなどで話し合いを重ねるうち、マイナス評価をすることが目的ではなく、それをどう改善するかが大切であることを認識させることで、従業員にも変化があらわれた。

こうしたことは農業を組織活動として行う場合の障害でもあり、可能性や将来性にもなることと感じられた。IT の活用促進や作業標準化という今までになかった取り組みが、現場のこのような動きにつながったともいえる。また今後は、従業員の視察や研修会へ参加を進め、様々な情報を吸収し活用できるよう人材の育成に取り組む方針である。社内での検討会やワークショップは、頻度を高めながら、その場でのパート従業員を含めた人材の育成も重要と考えている。

b. 地域への貢献

作業マニュアルを整備することで、作業の基準が明確となり、臨時に行う作業が発生しても基準通りやることでトラブル解消につながっている。一方、地域内では新規就農者を雇用したり高齢化のため作業を受委託する傾向が目立ってきている。そこで、当社で作成したマニュアルを地域に配布し、また検証することで、地域内の標準をつくりだし、地域全体の生産性向上につながる可能性があると考える。

当社では、農業生産工程管理(GAP)においても地域内で一番に取り組みを行っており、今後も活用を進めるとともに、地域への普及によって地域全体のイチゴの品質向上をはかれるよう貢献をしたい。また TPP などを見据え輸出も視野に入れる必要もあり、地域の基幹産業として盛り上げることも目標としている。

c. 科学的農業の実践

従来型の農業生産から、データによる根拠と計画にもとづき実践する農業生産へ移行がはかれた。さらに試験研究機関の成果も導入できるよう試験圃をもうけ、試験研究成果の活用をはかれるよう体制を強化していく。

なお、科学的農業の実践は、新規就農者の定着率向上のためにも必要なことと考える。地域の農業後継者の中でも同様な取り組みが始まっているが、繁忙期においては測定項目数や測定頻度といった面で負担が生じ継続が難しい面も見られる。当社では組織力を活かし、科学的農業を継続的に実践し、新規就農者の技術レベル向上や定着にも貢献したいと考えている。

d.　６次産業化への取組み

現在当社の売上は１年のうち７ヶ月程しかなく、他の時期は育苗など作業もあるため、通年の雇用体系を維持している。しかし、従来の家族経営と異なり、固定的な賃金や経費が資金繰りを圧迫している。その点を解消し、同時に農業への女性参画にも貢献できる、６次化商品の開発と販売に取り組んでいる。そのため加工施設を立上げ、冷凍を軸にした一次加工を行いながら、加工品の開発にも取り組む予定である。　（佐藤拓実）

事例２：（株）木田屋商店　小浜植物工場 greenLand
（福井県、人工光型植物工場でのレタス栽培）
人工光型植物工場における培養液管理適正化手法のモデル化

１．はじめに

木田屋商店小浜植物工場 greenLand では､植物工場設置企業から推奨された処方の培養液を EC 管理により長期間利用していた。また、pH 管理に伴って不定期的に酸の追加等の管理作業を行っていたほか、定期的に行っていた培養液分析の結果から極端に特定成分濃度（K など）が低下した場合には、当該成分を含む肥料を一時的に供給することで対応していたが、その結果培養液の肥料成分組成のバランスが大きく乱れ、チップバーンや他の生理障害も散見され、生産性が低下した。このため、培養液を一部（1/6～1/2）廃液（排液）することにより、培養液の部分的更新を行ってきたが、効果が不安定で、抜本的な解決方法を模索していた。

培養液の安定的管理には、培養液処方を見直すことが有効かつ合理的であることは広く知られている。養液栽培では、栽培作物の養分吸収濃度を求め、それをもとに専用の培養液処方（正確には追肥処方）を作成することが一般的に行われているが、今回は、実際に greenLand の事例を取り上げ、人工光型植物工場における専用培養液処方の作成手法について、養分吸収濃度計算に関連してデータの収集方法、分析結果等に基づく計算方法などを実際に指導しながら、今後のモデルとしてとりまとめることとした。

人工光型植物工場専用処方の作成については、基本的には太陽光型植物工場におけるそれと同様であるが、若干の注意点・留意点もある。つまり、これまで培養液処方が提案されてきた実績を有する太陽光型施設では、季節により品種や栽培環境が変わることにより養水分吸収特性が変化するため、それに見合った処方を季節ごとに作成する必要があった。しかし、今回の人工光型植物工場では、一定の環境条件下での栽培のため、同一処方で周年的に対応できる可能性が高いが、人工光であることから、光条件や湿度条件が太陽光型施設とは大きく異なるため、同一の処方で良いとは限らないと思われた。

今回の取り組みを通じて、比較的安定した（追肥用）培養液処方を求めることができたことは、評価に値することであり、他の施設でも同様な手続きで、施設・作物・原水等に応じて最適な培養液処方を得ることが可能であると思われる。また、今回得られた追肥用培養液の他に、より早く培養液の安定化が実現できる初期培養液用培養液処方も比較的簡単に作成することが可能である。

２．養分吸収濃度計算に関連したデータの収集方法

2.1 養分濃度計算に必要なデータ

養分吸収濃度計算に必要なデータの種類と注意事項は、以下のとおりである（図 1)。

① 調査始点の成分濃度：培養液サンプリング場所は、システム全体の平均に近いベッドへの培養液入口とし、調査は 7 日間隔で行った。

② 調査終点の成分濃度：７日毎にサンプリングを行ない、調査終点のデータは次の調査期間の始点として扱った。

③ 補水量：調査期間（基本的に 7 日間）の積算補水量を、補水用流量計（量水計）で計測し、培養液サンプリング時にメータの値を読み取って記録した（自動記録システムを有する流用計ではより簡単である）。

④ 追肥量：濃厚原液の追肥量（実際には 2 種類があるので、それぞれ）を培養液サンプリング時に記録した（今回は流量計を設置できなかったため、濃厚原液タンクの外付け水位計に細かな目盛りを付け、読み取ることで、期間内の追肥量を推定した）。

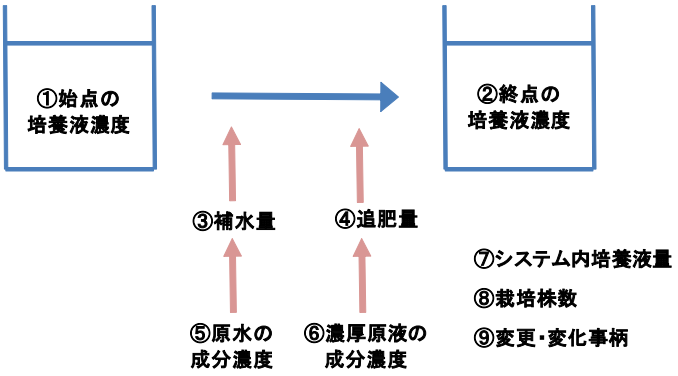


図 1　養分吸収濃度計算のために必要なデータ

⑤ 原水の成分濃度：季節変動を確認するため、月 1 回原水（今回は地下水を原水とする上水）の水質を調査した。

⑥ 濃厚原液の成分濃度：濃度の不均一がないよう定期的に撹拌し、肥料注入チューブよりサンプリングして、期間内の濃厚原液の成分濃度を分析した。

⑦ システム内培養液量

⑧ 栽培株数

⑨ 変更、変化のあった事柄を記録した

以上のうち、いくつかについて、以下に具体的な手法を示す。

2.2 システム内の培養液量の推定

濃厚原液を養液タンクに加えて EC 値を上昇させ、目標の EC 値と比較して総液量を求める方法を用いた。調査は、植物体の養水分吸収が可能な限り少ない暗期に行った。また、投入する濃厚原液量は、EC が 0.2～0.3dS/m 程度上昇するような量とし、EC の急激な変化により植物体に影響が出ないよう注意を払った。できるだけ正確な培養液量を推定するため、EC メータの表示桁数が 4 桁のものを使用した。実際には、栽培ベッドと養液タンクの容量が計算値で 36.6t に対し、養液タンク内に濃厚原液 2 液各 80L を、急激な濃度上昇を考慮して、1 時間かけて投入した。この際、濃厚原液の比重を事前に求め、正確に 80L の重量で計量した。濃厚原液投入後、継続的に EC の測定･記録を行い、EC 値が安定するまで測定を続けた（図 2）。この調査は、自動的に測定･記録できる EC メータがあれば、省力できる。これとは別に、培養液 1L に濃厚原液 1mL（＝培養液 1t に濃厚原液 1L）を加えた場合の EC 上昇値を求めておいた。

今回の調査では、システム内の EC 上昇値からシステム内の総培養液量を 43.0t と推定でき、事前にベッド幅、ベッド長、水深等から計算した値とは大きく異なることが判明し、それらの値の精度の問題や、配管中の培養液

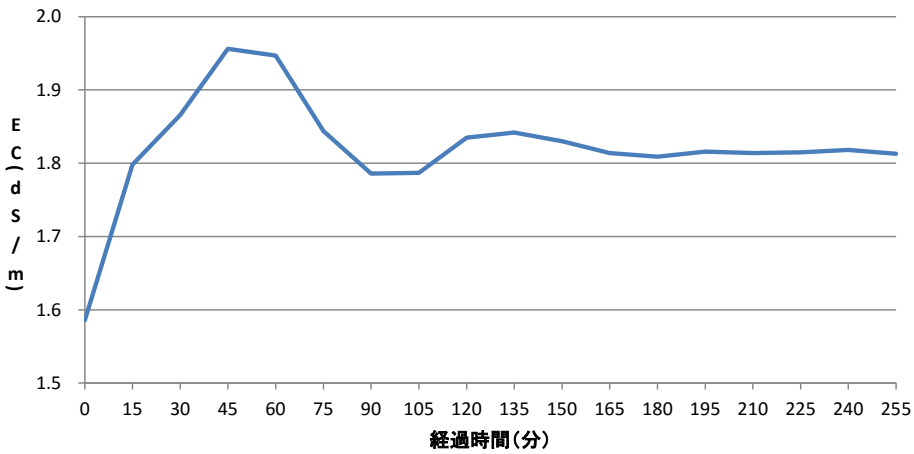


図 2　EC 上昇値の推移

量の評価が重要であることが判明した。

2.3 補水量の計測・推定

補水量の計測には、流量計を用いる。流量計には各種のタイプのものがあるので注意が必要であるが、可能であればデジタル式で記録が可能であるものが望ましい。今回は水道用量水計を使用したが、使用する際にまず補水用流量計の精度を検証して、調査に用いた。

2.4 追肥量の計測・推定

事前準備として、追肥用定量ポンプ 2 台の吐出量の確認を行い、2 液が同量吐出するよう調整した。また、今回の事業では濃厚原液の流路に流量計を設置することができなかったため、追肥量をできるだけ正確に把握するため、濃厚原液タンクの外付け水位計に細かな目盛りを付けた。各定量ポンプに流量計が付属していれば、より正確な量を把握できたはずである。

３．専用培養液処方作成方法

3.1 専用培養液処方の作成手順

栽培システム・品種・原水に対応した専用培養液処方を作成しようとする際には、以下のような手順で作業をすすめると良い。

1. 通常の培養液を用いて、一定期間内の無機成分吸収濃度を求める。
2. 個々の無機成分吸収濃度を考慮して肥料塩を組み合わせて新処方を仮決定する。
3. 上記、新処方を基にした濃厚原液を作成して追肥を行い、引き続き実際のシステムで栽培を行って、吸収量等を調査。
4. 上記調査の結果を踏まえて、新処方の処方修正を行い、培養液処方を決定。
5. 微量要素については、慣行の処方に基づいた濃度で加えて、栽培期間中の変化を調査。
6. 上記調査結果を踏まえて、慣行処方の修正を行う。

3.2 成分吸収量と吸収濃度の計算

各種データを基にして求める成分吸収量と吸収濃度の計算式は、以下のとおりである（番号は図 1 の各データを示す）。

成分吸収量(me)＝始点の成分量＋補水による成分量＋追肥による成分量－残った成分量
＝①×⑦＋③×⑤＋④×⑥－②×⑦
吸収濃度(me/L)＝成分吸収量÷吸水量（補水量＋追肥量）
＝成分吸収量÷（③＋④）

①～⑦のデータを入力すると各成分吸収量と吸収濃度が自動で計算されるエクセルシートを用意し、これにデータの入力を 7 日毎に行い、成分吸収量と吸収濃度を評価した。そして、栽培株数の変動が少なく、栽培条件が安定していた期間の平均値から専用の培養液処方を作成した。

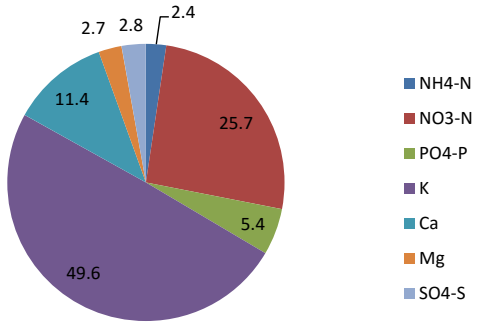


図 3　無機成分吸収量重量比(%)

3.3 品種の構成割合に応じた生体重の補正

一方、栽培品種・生育ステージ構成割合が変化しても対応できるよう、2 品種について生育ステージ毎に生体重を調査（図 4）し、補正式を作成した。この補正式より生育ステージ別生体重を推定し、各々の栽培株数を掛け合わせると総株重を計算できる。そして、この値から生体重当たりの吸水量と成分吸収量を求めて吸収濃度を計算し、処方を補正することができる。この補正式は、品種や栽培環境によって変わるため、その都度作成して修正することが望ましい。

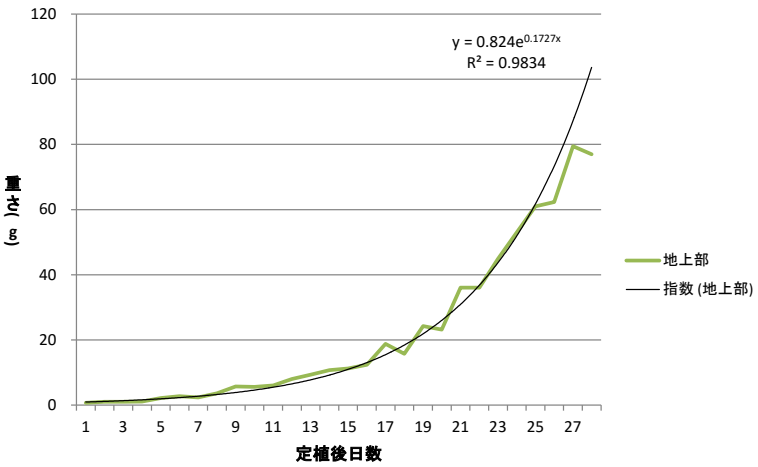


図 4　地上部重の推移

3.4 専用培養液処方の作成

原水中成分濃度を月 1 回継続して調べた結果、表 1 のとおり変化は少なかった。さらに、原水中の重炭酸濃度について、酸を一定量ずつ添加して EC を測定し、2 本の交点を求めて計算する簡易な EC 滴定法により調査した結果、適正範囲であったため、処方作成に調整が必要ないことを確認した。

表 1　原水分析結果

	NH_4-N me/L	NO_3-N me/L	P me/L	K me/L	Ca me/L	Mg me/L	SO_4-S me/L	Cl me/L	Na me/L	EC dS/m	pH
11月	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.4	0.2	0.1	0.3	0.3	0.12	6.8
12月	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.4	0.2	0.1	0.3	0.3	0.12	6.6
1月	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.3	0.2	0.1	0.3	0.3	0.11	6.5
3月	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.3	0.2	0.1	0.3	0.3	0.10	6.6
4月	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.3	0.2	0.1	0.3	0.3	0.11	6.6
5月	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.4	0.2	0.1	0.3	0.3	0.12	6.6
6月	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.4	0.2	0.1	0.3	0.3	0.12	6.6
7月	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.4	0.2	0.1	0.3	0.3	0.12	7.0
8月	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.4	0.2	0.1	0.4	0.3	0.13	6.8
9月	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.4	0.2	0.1	0.4	0.3	0.13	7.0
11月	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.4	0.2	0.1	0.3	0.3	0.12	6.9
12月	0.0	0.0	n.a.	0.0	0.4	0.2	0.1	0.3	0.3	–	6.9

これらを考慮して肥料塩を組み合わせて新処方を仮決定し、新処方を基にした濃厚原液を作成して追肥を行い、引き続き吸収量等を調査した。新処方処理後の培養液中の成分濃度は、処理前と比べ概ね安定傾向にあったが、一部のイオンで徐々に上昇傾向も見られたため、若干の処方修正を行い、培養液処方を決定した。微量要素については、一般的に使用されているものと同等量を加えて調査した結果、一部のイオンで蓄積傾向が見られたため、その分の添加量を減らして調整した。

図 5 は、調査を開始してから新処方処理前までの各成分培養液濃度の推移である。Ca、Mg、SO_4-S の培養液濃度が上昇し、K の培養液濃度が低下した。徐々にではあるが、NO_3-N と PO_4-P の培養液濃度も低下傾向であった。

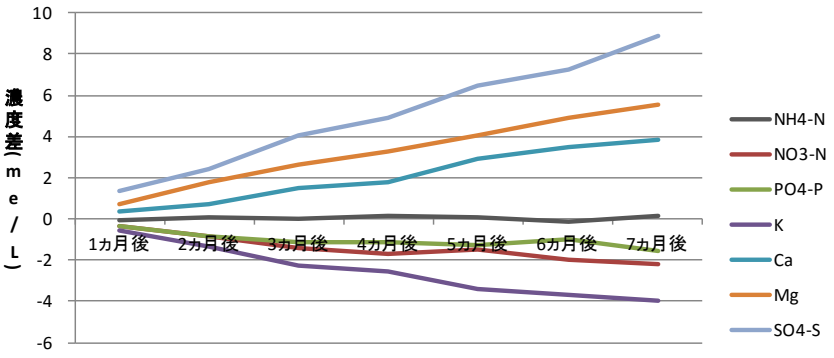


図 5　新処方処理前の培養液濃度のかい離

図 6 は、新培養液処方処理後の各成分培養液濃度の推移である。吸収濃度を基に処方

を作成しているため、培養液濃度は上昇も低下もしない濃度差 0me/L を目標としたが、NO_3-N、Ca、Mg で上昇が見られたため、3 ヶ月後以降に若干の処方修正を行った結果、4 ヵ月後には上昇は見られなかった。

この新しい処方により、生育は以前と比べても大きな変化が見られない中、培養液中の成分濃度の変動が減少したため培養液交換の手間が省け、肥料代を 1/3 削減することができた。栽培担当者は、さらに安心感を持つことができるとのことである。

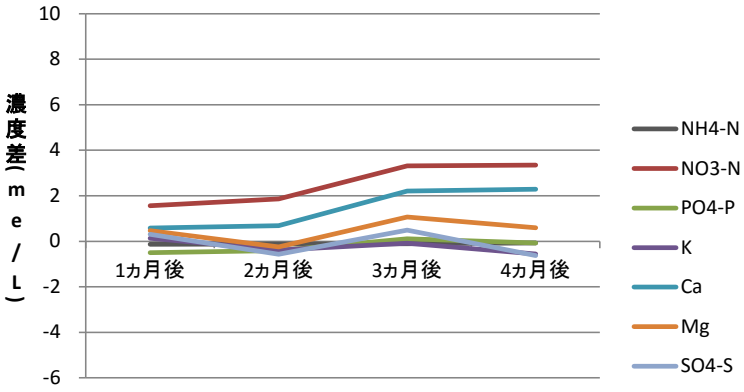


図 6　新処方処理後の培養液濃度のかい離

4．追肥処方と初期培養液処方

図 7 のように、培養液の無機成分濃度と、当該成分の吸収量の関係を調べてみると、無機成分の種類によっても異なるが、特に NO_3-N、K については、培養液濃度と吸収量は直接的な関係はなかった。また、PO_4-P については、培養液濃度が低下すると徐々に吸収量が減少する傾向が見られた。このような無機成分については、比較的培養液濃度の変動が大きい傾向もあるが、最終的には吸収量が安定する。

この最終的に安定した培養液の組成･濃度をもとに初期培養液処方を作成し、当該処方で培養液更新を行うことにより、より培養液の安定化が早期に実現すると思われるが、今後の課題である。

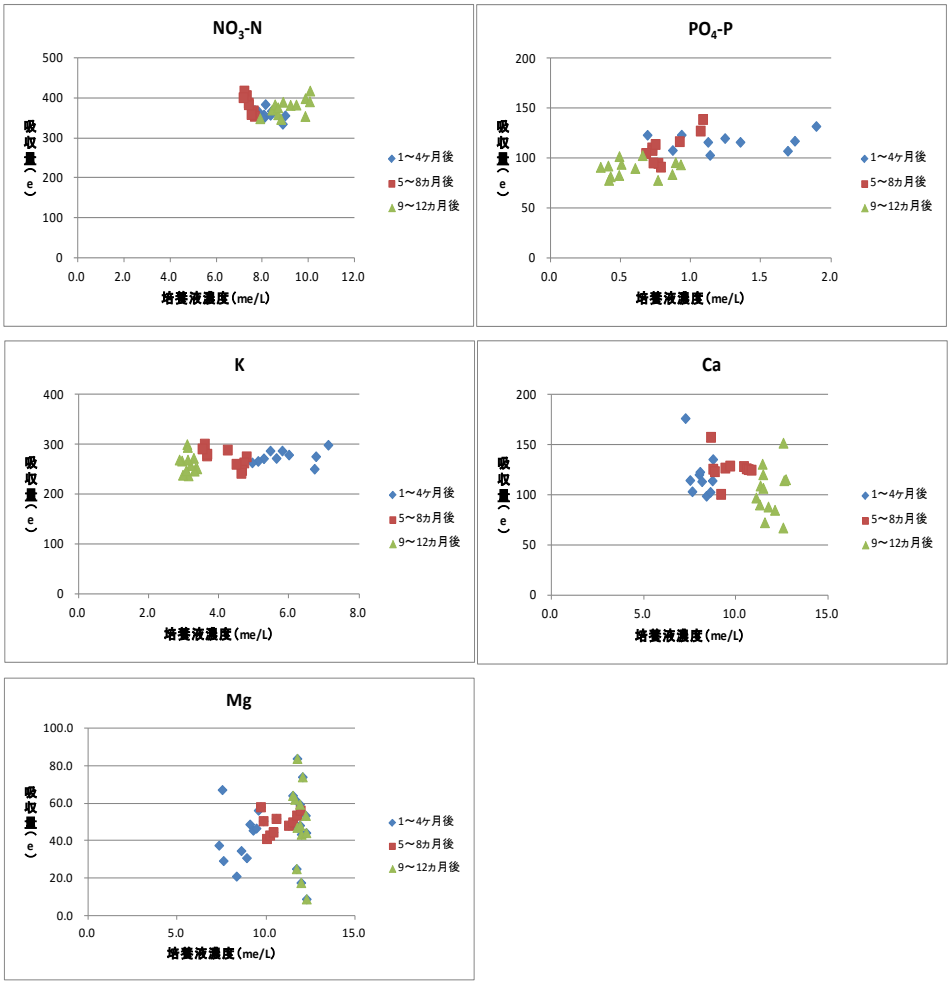


図 7　無機成分濃度と当該成分吸収量

５．株あたり蒸散量の推定

今回の吸水量と生体重･乾物重の調査結果より、株あたり蒸散量を推定することができた。例えば、定植してから収穫まで栽培期間が 14 日の場合、以下のように推定される。

14 日間の吸水量に対する植物体水分増加量＝植物体水分増加量÷吸水量×100
＝(76.5－10.7)÷434×100＝15.2%

14 日間の吸水量に対する蒸散割合＝100－吸水量に対する植物体水分増加量
＝100－15.2＝84.8%

14 日間の蒸散量＝吸水量×蒸散割合÷100
＝434×84.8÷100＝368mL

1 日あたりの平均蒸散速度＝蒸散量÷14 日
＝368÷14=26mL

今後、表 2 のように得られた数値は、空調設計、RO 装置容量の決定、エアコンのドレイン水量の推定などに役立つものと考えられる。

表 2　蒸散量の推定

収穫前栽培期間	平均吸水速度	吸水量	定植時			収穫時			期間中の植物体水分増加量 / 期間中吸水量 ×100	蒸散割合	蒸散量	平均蒸散速度
			生体重	乾物重	含水量	生体重	乾物重	含水量				
日	mL/日/株	mL/株	g	g	g	g	g	g	%	%	mL/株	mL/日/株
14	31	434	11.3	0.59	10.7	79.5	2.97	76.5	15.2	84.8	368	26
28	23	644	0.7	0.04	0.7	79.5	2.97	76.5	11.8	88.2	568	20

（篠崎紀美子）

６．事業者によるまとめ

このたび、フリルレタスの栽培において、「肥料分の吸収特性を求め、安定栽培に適した培養液処方を求める」ことについて指導を受けた経緯は、下記のことからである。

a. 培養液関係で、収量に問題が起きたことがある。
b. 定期的に培養液内の成分バランスが崩れ、その度に廃液と更新をしなければならない。
c. 公になっている培養液処方（配合比率）では、成分バランスの崩れが早期に起きる。

これらに対する指導の結果、弊社の原水・栽培システムに合った配合処方を求めることができ、植物工場の特徴である『安定栽培』を日々確実に行えることにつながった。

植物工場は土地の原水（特に井水を使用する場合)・プラントシステム・栽培日数により、肥料の処方バランスが大きく左右されるが、どの工場もプラントメーカー又は肥料メーカーから指示された配合で肥料処方を行っている。その配合処方は一般的に公表されているもので、各個別の工場で使用すると必ずと言っていい程、稼働後に養液バランスの崩れが起きる。

このたび作成した処方の考え方は、植物体が吸収した肥料成分の量だけ、その肥料成分を追肥するという考え方をもとに作成している。本来は、ある程度培養液内のベースを作ったうえで単肥での追肥がベストであるが、今回は弊社現場での管理方法を踏まえ、オリジナルの配合肥料を作成することとした。肥料メーカーにもよるが、オリジナル配合肥料の最低購入ロットが 500 kg程度であれば、日産 5000 株の工場なら 2 ヶ月程で使い切る量であり、その場所の原水にあった配合肥料を作成し日常的に使用することも可能であると言える。

報告書に記載のある手順を踏めば、各工場の特徴に合わせた培養液処方を作成することが可能であり、弊社にとっては栽培の安定だけでなく、肥料部分におけるコストの削減にもつなげることができた。また、処方を変える場合の考察手順・方法などを現場で共に指導して頂いたことで、培養液管理に対する知識も深まり、今後は弊社でも植物体や栽培方法に合った処方の開発を行えるようになった

と言えるが、その都度、分析や検討を重ねるため、肥料メーカーや知見を持った機関と共同で行うことが望ましいだろう。

今後はさらに安定栽培を目指し、培養液内のイオン成分を定期的に自動で遠隔監視できるシステムを構築していく予定である。　（廣瀬翔太）

事例３：ベルグアース（株）（愛媛県、大規模施設での果菜類接ぎ木苗生産）
接ぎ木苗の品質評価のための見える化
－生育スケルトンの設計から実務導入までのプロセスの標準化－

１．はじめに

熟練した栽培管理者は、作物の様子を主に目視で観察し、自らの記憶に照らして生育状態の良し悪しを正確に評価している。一方、近年の農業生産の企業化・大規模化の流れのなかで、このような栽培管理ノウハウの情報化ニーズが急速に高まっており、たとえば、トマトの樹勢(生育バランス)を数値データに基づいて把握するための生体情報計測が広く普及しつつある。著者らは、長期多段栽培トマトを対象として計測される茎伸長速度や茎径などの基本的な生体情報を用いて描画する「生育スケルトン」を開発し、これをインターフェースとして用いることで樹勢の変化の直観的な把握を可能にした。このような作物の生育状態の変化や差異を直観的に把握できる生育スケルトンの他品目への展開が求められており、本指導では、接ぎ木苗の品質評価のための生育スケルトンの開発と生産者ニーズを反映した生育スケルトンの設計から実務導入までのプロセスの標準化を試みた。

２．苗の生体情報計測

2.1 生体情報計測項目の選定

図１に、接ぎ木苗の生産過程の概略と本研究における生育状態見える化のターゲットを示す。穂木と台木は、それぞれ播種・一次育苗を経て接ぎ木に用いられるが、接ぎ木後(二次育苗)の生育の良否は一次育苗後の穂木と台木の生育状態に強く依存する。そのため、見える化のターゲットとして一次育苗後の穂木と台木を対象とした生体情報計測を行うこととなる。図 2-A に、一次育苗後の穂木と台木および接ぎ木苗を対象とした生育スケルトン描画のための生体情報計測項目を示す。図 2-B は、生産者へのヒアリングに基づいて、生体情報計測項目を重要度が高い順に並び替えたものである。

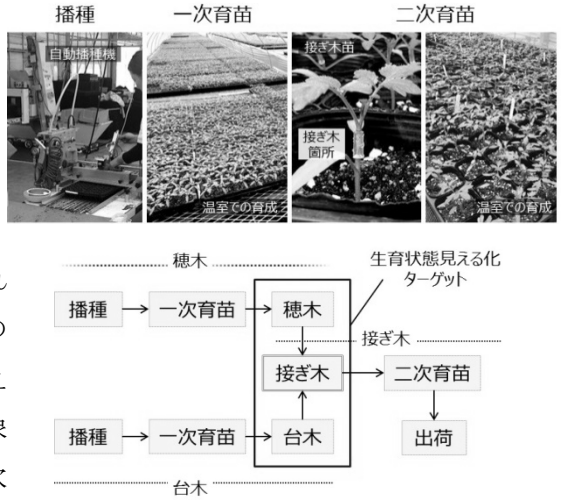
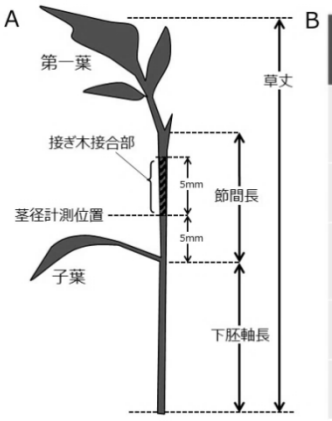


図 1 接ぎ木苗の生産過程の概略と生育状態見える化のターゲット



重要度	計測項目	得られる植物診断情報
	計測器	読み取り精度・修正点
1	茎径	穂木と台木の適合度の指標
	ノギス	高空間分解の計測が可能な画像計測法の新規採用
2	節間長	接ぎ木の容易さの指標
	物差し	十分な計測精度
3	乾物率	苗の充実度の指標
	乾燥重/生体重	複数個体をまとめて計測し，計測値の安定性を向上
4	草丈	徒長・生育不良の指標
	物差し	十分な計測精度
5	下胚軸長	特に台木の品質評価指標
	物差し	十分な計測精度

図 2 一次育苗後の穂木と台木を対象とした生体情報計測項目(A)と各項目の重要度・計測器・得られる植物診断情報(B)

2.2 生体情報計測法の最適化

予備計測で得られたデータ(n = 60)に基づいて計測方法の最適化を行う。節間長、草丈、下胚軸長の平

均値±S.D.は、それぞれ 13 ± 7 mm、74 ± 17 mm、58 ± 10 mm であり、読み取り精度 1 mm の物差しを用いた計測は十分な計測精度(2×S.D.を 10 段階以上の精度で数値評価可能)を有していると判断された。一方で、茎径の平均値±S.D.は 1.2 ± 0.2 mm であり、読み取り精度 0.1 mm のノギスを用いた計測では計測精度が不十分(2×S.D.を 4 段階で評価)であることが明らかとなった。そこで、新たにスマートフォンのカメラ機能を用いた茎径画像計測システムを開発した。図 3-左に、本システムの外観を示す。本システムでは、iPhone 等のスマートフォンにマクロレンズを装着して撮影した苗の茎の写真(図 3-右)を画像解析して茎径を算出する。

なお、3D プリンタ(SCOOVO X9、 (株)オープンキューブ)を用いて作成した苗-スマホ固定デバイスを用いることで、茎とレンズとの距離を一定に維持する。

本システムを導入することで、0.005 mm の精度での茎径計測が可能となった。また、計測にノギスを用いなくなったことで、茎径の過小評価や計測者毎の計測値のバラツキを回避した。乾物率は、乾物重と生体重の比であるが、1 個体の乾物重は極めて小さい値となるため 15 個体をまとめて計測することとした。

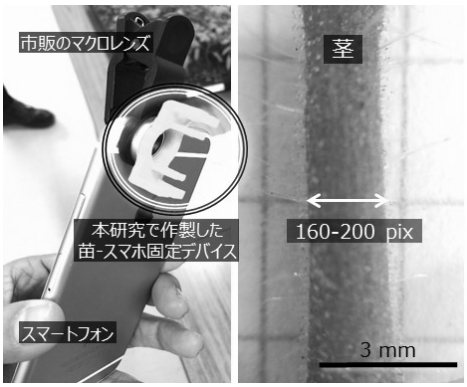


図 3 スマートフォンのカメラ機能を用いた茎径の画像計測システム(苗-スマホ固定デバイス[左]と取得された茎の画像[右])

3．苗の生育スケルトンデザイン

3.1 生育スケルトンのデザインプロセス

生育スケルトンの設計者(デザイナー)が対象作物の生育に関する知見を有していない場合であっても、次のようなプロセスを経ることで生育スケルトンの設計が可能となる。①生体情報計測項目を用いたデザイン原案の作成と生産者への提示[デザイナー→生産者]、②生産者ニーズを反映するための修正案の提示[生産者→デザイナー]、③生産者ニーズを反映させながらも生育状態の違いの強調表示が容易な生育スケルトンデザインの確定[デザイナー]

3.2 苗の生育スケルトンデザインの概要

図 4 に、一次育苗後の穂木および台木の生育スケルトンデザイン(A)と接ぎ木(上部が穂木、下部が台木)の生育スケルトンデザイン(B)を示す。一次育苗後苗の生育スケルトン(A)において、縦長の長方形は茎を表しており、節間長、草丈、下胚軸長をそれぞれ別色で描画する。また、横幅は茎径を表している。茎の上部から右に伸びる長方形の横幅は、苗の充実度を示す乾物率を

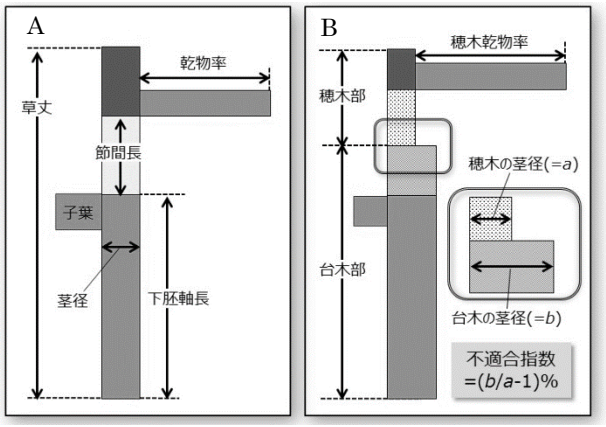


図 4 一次育苗後の穂木および台木の生育スケルトンデザイン(A)と接ぎ木(上部が穂木，下部が台木)の生育スケルトンデザイン(B)

表している。接ぎ木の生育スケルトン(B)は、一次育苗後の穂木および台木の生育スケルトンを接ぎ木部で接合したものである。なお、穂木と台木の茎径の差異が大きい場合には活着不良が生じる危険性が高くなるとされる。そこで、穂木と台木の不適合指数(a < b の場合 [b/a-1](%)、a > b の場合 [a/b-1](%))(図 4)を算出し、表示することとした。

4．見える化ソフトウェア

4.1 デフォルメ機能

図 5 に、生育状態の差異の直観的把握を支援するデフォルメ機能の概略を示す。Case 2 は、Case 1 と比較して葉の大小が強調表示される(基準値よりも大きい計測値の場合により大きく描画される)。Case 3 は、Case 1 よりも基準値が小さいため、基準値よりも大きい計測値が強調される。なお、デフォルメ描画の上限・下限を超えるデータについては、描画が不可能であることを伝えるシンボル(▲)が表示される。

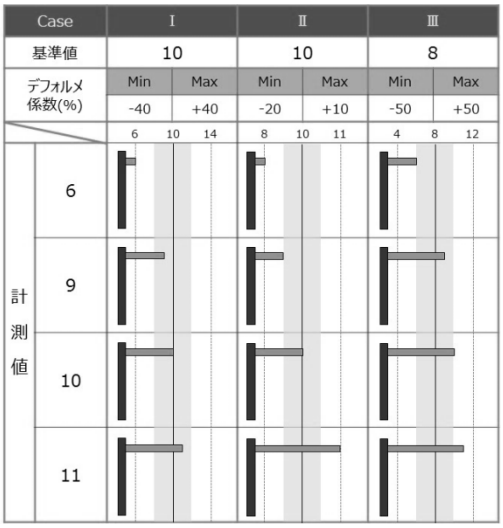


図 5 生育状態の差異の直観的把握を支援するデフォルメ機能(基準値・デフォルメ係数と描画される生育スケルトンの関係)

4.2 接ぎ木苗の見える化ソフトウェア

図 6 に、Visual Basic 2010 を用いて作成した接ぎ木苗の見える化ソフトウェアのメイン画面を示す。穂木(図. 6-①)・台木(図. 6-②)・接ぎ木(図. 6-③)の生育スケルトンは、出荷単位毎に縦列(図. 6-④)させた。基準値(図. 6-⑥)およびデフォルメ係数(図. 6-⑦)の設定が可能であり、“生産者に見えている生育状態の変化”を生育スケルトンで表現することが可能である。また、子葉位置揃え描画、接ぎ木生育スケルトンの接ぎ目拡大(図. 6-⑧)などの操作が可能である。本ソフトウェアの活用事例としては、不整合指数に基づいた二次育苗時の生育不良リスクの予測などが考えられる(図 7)。　(以上、高山弘太郎)

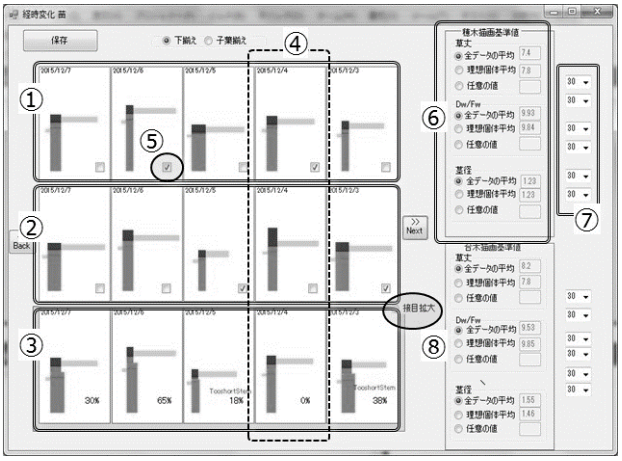
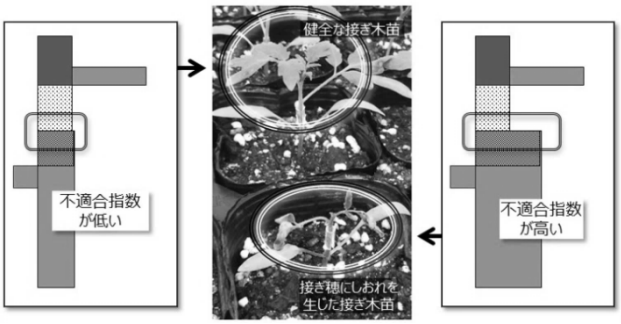


図 6 接ぎ木苗生育状態見える化ソフトウェア



←図 7 実務導入の例：不適合指数に基づいた二次育苗における生育不良発生リスクの事前把握　(不適合指数が低い接ぎ木苗[左・中央上]，不適合指数が高い接ぎ木苗[右・中央下])

５．事業者によるまとめ

弊社は、主に果菜類の接ぎ木苗を生産販売しており、年間 3,700 万本の接ぎ木苗を生産している。接ぎ木苗とは、食味の良い果実を多収できる穂木と根の張りがよく病害虫に強い台木をつなぎ合わせることで、双方の良い性質を併せ持った植物を作り出す技術である。

栽培管理者は、変化する気象条件や品種毎に異なる生育特性を見極め、経験則に基づいた管理を行っているが、規模拡大と共に熟練の栽培管理者が不足しており、技術継承と人材育成が課題となっている。目視によって品質や品種の違いを見極める“苗を見る目”を養うには、まず見るべきポイントと品質規格の基準と範囲を知る必要がある。そこで、本取り組みでは、トマト栽培で用いられている「生育スケルトン」を接ぎ木苗に用い、穂木、台木および接ぎ木後の苗姿を“見える化”することで、生育状態の変化や差異を直感的に把握することを試みた。

今回は、接ぎ木苗用の「生育スケルトン」として以下に取組んだ。

① 計測項目の検討

② 穂木、台木および接ぎ木後の生育スケルトンデザイン作成

③ 栽培管理者による評価

まず、生育診断をする際に重要となる項目として、地際から子葉までの長さ(胚軸長)、子葉から本葉一枚目までの長さ(節間長)、草丈、節間の茎径、乾物率の 5 つを計測項目とした。なお、穂木と台木の接合面は、接ぎ木後の苗の見た目や活着率に影響するため、従来のノギスによる測定方法ではなく、より精度の高い画像計測による手法を用いた。その結果、ノギスと比べて簡便かつ正確な計測が可能となった。

そして、これらの項目を盛り込んだ穂木と台木の生育スケルトンおよび接ぎ木後の予測スケルトンを作成した。スケルトンデザインは栽培管理者が苗姿をイメージしやすく、且つ強調表示により穂木と台木の計測値の差が読み取れるものを心掛けた。

これらの取組みに沿って“見える化”を行い、栽培管理業務の改善を図った。生産された苗の多面的な良否が“見える化”によって直感的に受け取れ、その結果様々な数値データを読み取るよりも苗の品質や問題点が分かりやすいとの評価が得られた。

今後は、強調表示の度合いを栽培管理者が見やすく、しかし個々の苗の特徴をしっかりと表すことが可能な範囲に収めるべく、検討を重ねていきたい。また、データを蓄積していくことで品種ごとの傾向や季節的変化を捉え、品質の向上および安定に向けて業務に活用していきたいと考えている。

（米田彩乃）

執筆者

事例１：(株) 一苺一笑
１～３：白石農業 TQM 事務所所長　白石秀樹（専門委員）
５～９：(株) みのりラボ代表取締役　大山克己（専門委員、次世代施設園芸検討専門委員会副委員長）
１０：宮城大学食産業学部准教授　菊地郁（専門委員）
１１：農研機構野菜茶業研究所野菜園芸技術研究領域上席研究員　岩崎泰永（専門委員、標準化検討専門委員会副委員長）
１２：全国農業協同組合連合会宮城県本部営農企画部ＴＡＣ支援課　澁谷卓也
１３：(株) 一苺一笑　代表取締役　佐藤拓実

事例２：(株)木田屋商店　小浜植物工場 greenLand
１～５：NPO 法人植物工場研究会　篠崎紀美子（専門委員）
（協力：千葉大学大学院園芸学研究科教授　丸尾達（標準化検討専門委員会委員長）
６：(株)木田屋商店小浜植物工場　廣瀬翔太

事例３：ベルグアース(株)
１～４：愛媛大学農学部准教授　高山弘太郎（専門委員、高度環境制御研修検討専門委員会委員）
（協力：愛媛大学農学部　玉井菜奈）
５：ベルグアース(株)生産技術課　米田彩乃

平成 27 年度次世代施設園芸導入加速化支援事業（全国推進事業）
事業報告書　（別冊３）

施設園芸・植物工場事業者への栽培支援・経営支援事例集

発行　平成２８年３月
一般社団法人日本施設園芸協会
〒103-0004　東京都中央区東日本橋 3-6-17　山一ビル
TEL 03-3667-1631