

## 第3回「農業と企業」研究会

### トマト栽培におけるスマート農業の活用について

農家の高齢化と減少、農山村の荒廃、農業総産出額の減少、国際競争力の低下など日本の農業にはこうした問題が山積しているとされます。政府は規制改革を一層進め、またロボット、IoT、ビッグデータなどを駆使して、スマート農業を切り開こうとしている企業も増えてきています。転換期を迎え新たな関係を築こうとしている「農業と企業」。2017年度から「農業と企業」に関心の高い、企業、大学、行政の有識者、研究者による「農業と企業」研究会（座長：生源寺眞一 福島大学 農学系教育研究組織設置準備室長・教授）を立上げ、企業の先駆的な取り組み事例と今後の農業の在り方について、研究をすすめています。

第3回研究会（2018年4月12日開催）では、トマト栽培におけるスマート農業の活用をテーマとして、カゴメ株式会社執行役員農業事業本部長の藤井啓吾氏、西日本電信電話株式会社技術革新部R&Dセンタ担当課長の東田光裕氏、株式会社サンファーマーズSFI総合研究所所長の石戸安伸氏にご講演いただき、質疑応答・意見交換を行いましたので、以下の通り報告いたします。

公益財団法人中部圏社会経済研究所企画調査部部长 今村 諭司

## I. カゴメのトマトと野菜ビジネスへの挑戦

カゴメ株式会社

執行役員 農業事業本部長

藤井啓吾氏



- 1983年4月 日本ゴム株式会社入社
- 1985年8月 株式会社日本能率協会コンサルティング入社  
中長期経営計画策定や事業再生・企業再建等に  
従事
- 2007年8月 かなえキャピタル（PEファンド）専務執行役  
員マネージングディレクター就任
- 2013年4月 カゴメ株式会社入社、特別顧問就任
- 2014年10月 執行役員 農業事業本部長就任  
現在に至る

### 1. ブランドの源流 創業

カゴメ株式会社（以下、「カゴメ」）の原点は農業・農家です。すでに120年前にトマトなどの西洋野菜を作り始めましたが、当時トマトは非常に青臭く「こんな臭い野菜を市場に持ってくるな」と言われて全く売れませんでした。販売も振るわず、カゴメの創業者の蟹江一太郎は、トマトソースやトマトピューレの製造を始めました。それらの商品で成功してカゴメ株式会社が誕生して、設立120年になります。また原点である農業に立ち戻ろうと、100周年の1998年に農事業本部（当時

#### ブランドの源流 創業

・カゴメのはじまりは **農家・農業**  
トマトの発芽とともに創業

創業の地は愛知県東海市荒尾町（当時は知多郡荒尾村）。  
1899（明治32）年、創業者 蟹江一太郎が軍医時代の上官の言葉をヒントに、  
トマトをはじめとする西洋野菜の栽培に着手、最初の発芽をみた。  
その後1903（明治36）年、自宅の相屋でトマトソースの製造を開始。



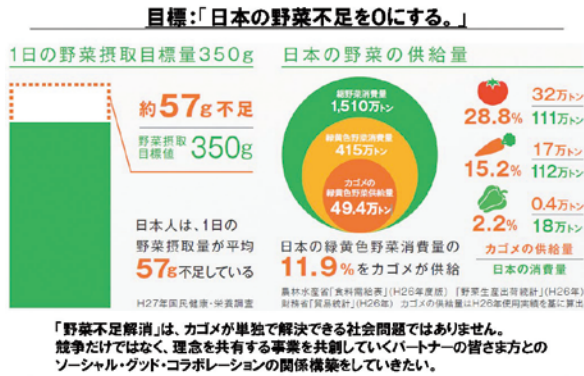
創業当時の様子



創業者 蟹江一太郎

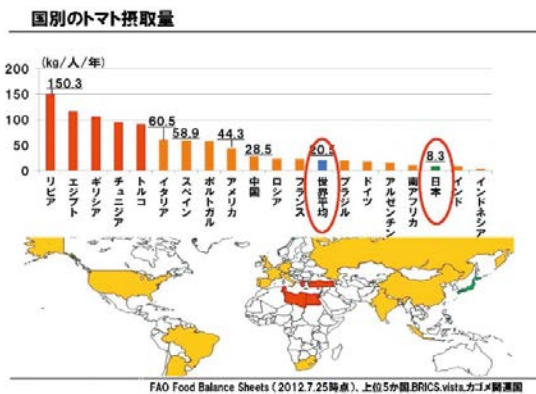
は生鮮食品カンパニー)を設立して、20年目を迎えています。

## 2. 日本の野菜不足を0(ゼロ)にする



2017年に長期ビジョンで『『トマトの会社』から『野菜の会社』に』と標ぼうし、目標を「ニッポンの野菜不足を0(ゼロ)にする」としました。野菜摂取量は、目標1日あたり350gに対し57g(16%)不足しています。日本では、緑黄色野菜はカゴメが12%供給し、中でもトマトは30%、ニンジン15%を占めています。少なくとも緑黄色野菜で16%の増販し、日本人の健康増進に寄与したいと考えます。

## 3. 国別トマトの摂取量



グローバルに見ても、日本の年間トマト消費量は8.3kgで、世界平均20.5kgの半分以下です。海外の100kgを超える高消費国では、スープの素材や調味料として日常の食事に使用されており、日本では生鮮野菜中心の消費で加熱調理が拡大すれ

ば消費量が伸ばせます。その為にトマトの有効成分であるリコピン、ギャバ、グルタミン酸などの効能を、分かり易く説明していく事が重要です。弊社は2015年から3年間、国立大学法人京都大学で寄付講座を行ないましたが、今後トマトに含まれる8,500の成分分析を実施して、ゲノム編集を組み合わせて優良品種を短期間で開発していく予定です。

## 4. 農事業本部の事業領域

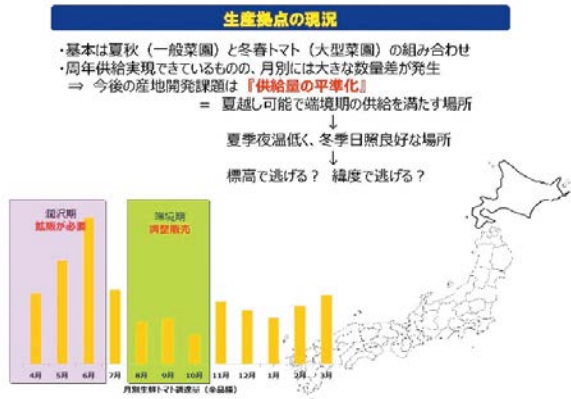


農事業本部は、農業を成長産業化して事業として成立させることです。加工用トマト事業、生鮮トマト事業、ベビーリーフ・パックサラダ事業が3本柱です。加工用トマト事業では、自社製品用にトマトを農家600軒から年間2万t調達しています。生鮮トマト事業では、15の施設園芸農場で年間1万8,000t生産し、ベビーリーフ・パックサラダ事業では、調達先の熊本県の果実堂株式会社への出資や2016年山梨県北杜市で自社菜園を始めるなど、今後の柱の一つに育てようと考えてい









人手の確保が難しいところであり、収穫作業などの機械化を一層進める必要があります。例えば山形県の川西菜園は昨年、夏越し専用菜園として立ち上げました。冬場は豪雪地帯のため生産せず、6月末から11月末だけ生産します。



ハウスは、オランダ型の温室を設置して温度、湿度管理を徹底し、周年供給体制を強化しています。

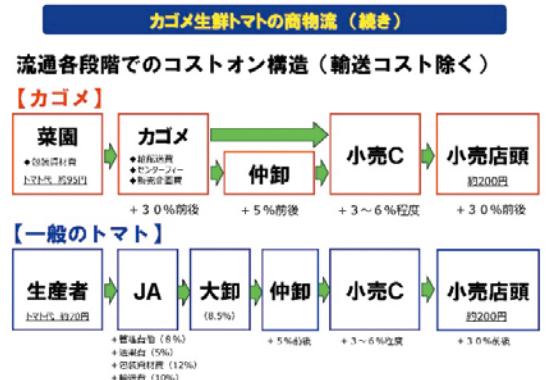


環境配慮型の菜園（エコ菜園）の導入も進めています。暖房にはLPガス、天然ガスなどクリーンエネルギーを活用、ハウスの屋根の雨水の再利用、ハウス内で害虫の天敵であるハチを使って生態防除による農薬の低減などを進めています。また、大量の植物残さ、栽培資材のリユースやリサイクルへの対応を進めています。



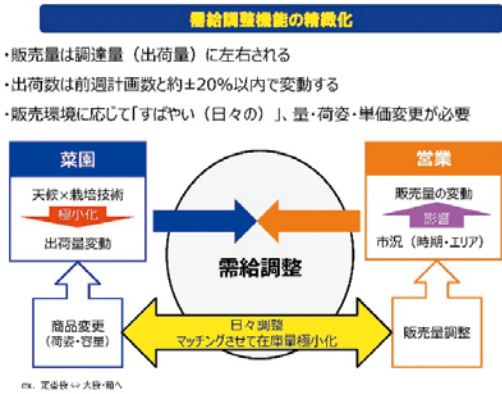
最新の山梨県の明野菜園は、全て弊社で設計を実施し、ハウスに天窗が無いことC02濃度が高く害虫が少ないことが特徴です。このシステムは、インタープランティングと呼ばれ、単収90 tの効率生産が実現できると考えています。

## 7. 商物流改善によるコスト低減



黒字化して7、8年ですがポイントを説明します。1つは、需給調整の精緻化です。商物流の簡素化により農家により儲かる仕組みを作り、店頭売価も低くすることです。

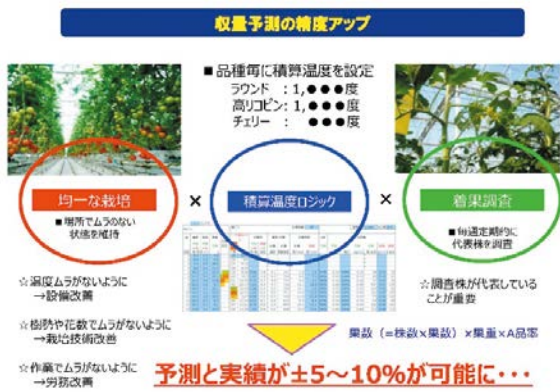




採算の最大のポイントは需給調整で、天候で日々の生産も変動し、市況で販売量も変動します。



生産においては、各菜園2名のグロワー（栽培責任者）を配置しており、またグロワーの育成のため、オランダからコンサルタントを招聘して指導を実施しています。



需給調整の1つは「収量予測」です。「均一な栽培」「清木さん温度ロジック」「着花調査」により、10%以下の乖離率で予測が可能になりました。

### 7500種のトマト遺伝資源を最大活用

**約7,500種**

イノベーション本部では、約7,500種ものトマト種子をはじめとする豊富な遺伝資源を保管しデータベース化。これを活用して生鮮トマト&加工用トマトの新品種を開発している。

登録済み品種：約70種

弊社の強みは、7,500のトマトの遺伝資源をデータベースで管理し、新品種の開発に活用しています。

### 臨機応変な営業活動 - 荷姿・容量政策の展開 -

- 大原則は、販売しなければならない物量を迅速に販売する(売り切る)こと
- その為に、様々な局面に瞬時に対応できる商品ラインナップ(荷姿)を準備
- 市場環境や得意先要望に応じて様々な形態の商品の販売実施

例)ラウンド

A品：レギュラー品	小容量	房積み	増量品	箱売り
B品：ノーブランド品	箱売り	バラ売り		

「カゴメラウンドトマト」1品種で8種類の商品展開をして、商品ラインナップを充実させています。

### カゴメ生鮮トマト商品ラインナップ

2001年秋「カゴメブランド」でのトマトを発売し、新商品を順次追加。現在は以下の商品を主体に10種類のトマトを販売。(沖縄～北海道、全国8,200店舗、365日)

<p>サラダでも調理でも(用途拡大提案)</p> <p>ラウンドレッド、サラダプラム、ミディ</p>	<p>弁当用・即食提案</p> <p>キッズチェリー スナックトマト</p>
<p>機能性新求シリーズ(トマトの健康価値)</p> <p>高リコピントマト GABAリッチトマト β-カロテントマト</p>	<p>高食味 ミニ系シリーズ</p> <p>シェークロースト トマト</p> <p>あまごま ちいぞなももご</p>

開発を進めた結果、現在は高機能や高食味のトマトを10種類販売しています。





10年後のカゴメ農事業ビジョン

中期経営計画「10年後のカゴメ」  
「食を通して社会問題の解決に取り組み、持続的に成長できる強い企業になる。」

Vision2025

「農と健康」で繋がるステークホルダーを開拓し続け、

日本の新しい野菜文化を創造する！

私たちが考える「新しい野菜文化」とは…

野菜を知り、野菜に触れ、野菜を育て、野菜と話し、野菜を食べ、野菜で健康になる。  
若い人も高齢の人も、所得の高い人もそうでない人も、野菜を通して、  
カラダはもちろん、ココロも豊かになり、人や社会とのつながりを実感できるライフスタイル。  
その実現に向けて、私たちは新しい野菜との関わり方を創造していきます。

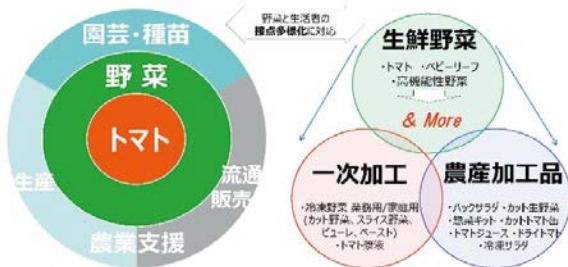
10年後のカゴメ農事業本部 事業領域

農分野で「KAGOME」を拡張浸透させ、「野菜の会社に！」を実現する。

【現在】トマトの会社 → 【中・長期】野菜の会社

<農事業における「KAGOME」のブランド拡張>

<提供形態の拡張 生鮮～加工品>



【質疑応答】

荒幡：日本は加熱調理でのトマトの使用拡大の可能性は少ないのですか。

藤井啓：イオン北海道株式会社、株式会社イトーヨーカドー、中堅スーパーのマルエツ株式会社に、加熱調理用途に限定したプライベートブランドの商品を供給しています。加熱調理用途も11月から2月は「鍋用です」と言って、すき焼きに入れていただいています。春以降は「炒め用です」としてトマ卵炒めとして推奨しています。まだ消費者の方々に情報が十分に広まっておらず、広まれば伸び代は多いと思います。

荒幡：牛乳でも50年前に牛乳3合論がありました。北欧は3合、540g消費しているが、日本ははるかに少なくどんどん飲むべきだという論調でした。やがて消費は頭打ちになって、1合を少し超えたレベルで終わってしまった。トマトでも同じことが起きて、加熱も伸びないのでは、と心配しました。

生源寺：中国で消費が進んでいるのは少し意外で

す。中国に出張した際、あまりトマトを食べていませんが、いかがですか。

藤井啓：トマ卵炒めとスープの具材で使用されています。少し前までは生鮮野菜を食べることは避けられていましたが現在は変わっています。

竹下：トマトの摂取量で韓国の伸びは2003年までもずっと伸びています。これはどういうことですか。

藤井啓：国策レベルでトマトの施設栽培を奨励したというのがあります。世界規模の大産地が埋め立て地にできています。いくつか要因があったと思うんですが、その中でもリコピンの話にフォーカスが当てられています。

香高：スーパーマーケットでは、入り口の所で多くの種類のトマトが売られていますが、消費者からするとトマトを買わないと先に進んではいけないような印象を持つほどにトマト売り場が拡大している。多くの企業が「トマトをやっています」というリリースをする中で、日本人のトマト摂取量をどのように増やすかというような業界単位の活動が必要ではないか。ほかの野菜に比べてトマトが消費者へのアピールを強めている現状をどのように整理していますか。

藤井啓：トマトが入り口の目立つところに置かれているのは、年間購入金額が最も高く量販店が力を入れているからです。販売現場の調査では50SKU (stock keeping unit: 在庫管理の最小単位)、多いところで60SKUを超える品ぞろえの売り場もあり、消費者を迷わせます。機能性表示の問題も含めて店頭での表示の規制が緩和されれば、個々の特徴を訴求し、消費者が選別できるようになるでしょう。量販店としてもSKUを増やすのはもうけに逆行しており、少ない品種をより多く売るのが一番もうかります。有名になっている商品を集めてくるのが量販店青果バイヤーの宿命でもあり、結果的に増えてしまいます。株式会社イトーヨーカ堂は、数年前にトマトのSKUが多すぎるので10SKUに絞るように試みましたが、顧客が離れてしまいました。イトーヨーカドーは1年で撤回しましたが、どこがベストな構成かを



探る必要があります。業界としての動きは残念ながら生鮮トマトには無く、各産地とカゴメが連携してリコピンの有効性をお伝えするキャンペーンを打つなどは必要ですが、まだ十分に実行できていません。ただ、加工用トマトに関しては、危機的なほど農家の数や面積が減っており競合相手である日本デルモンテ株式会社、コーミ株式会社、ナガノトマト株式会社が四半期に1回集まって、具体的な改善施策の検討を進めています。

**田村：**日本全国で展開する農場は委託生産や資本参加、直営農場などの異なる形態がありますがどのように決定しているのか、企業が農業参入する場合、地元との調整に苦労するケースもあるのか、またベビーリーフの生産は直轄菜園で実施されているが新技術の導入やイノベティブなことを生産現場で実施しているのですか。

**藤井啓：**菜園は、直轄菜園と契約菜園に大別されます。直轄は100%もしくはマジョリティー資本であり、契約は一部の少額出資を除き出資していません。直轄菜園の目的は、トマト生産が安心安全であり、大量の栽培でもうけられる事業であることを農家に実証して見せる事でした。その目的はある程度果たされました。契約菜園でも、栽培技術指導と菜園の設計、施工管理まで実施して菜園に渡し、栽培実務だけをそこの農業法人にお願いして、できたものは全量買い取ります。全量買い取り契約を締結しており融資も受けられるし、契約栽培の多くは資金を半分は補助金で、残り半分は融資で賄うわけですが、カゴメが全量買い取り契約で融資を受けており、その点でも貢献している。直轄菜園で補助金があるところは少なく、利益率が低いのが課題です。今後は全部契約菜園で生産対応をしていきます。地元との調整は「地元生産者の地元消費に影響するのでは」との意見が出ますが、「大型菜園のトマトは、物流センター全国7か所が首都圏や関西圏、大消費地に配送するので地元の農家の生産に直接害を及ぼさない」と事前説明会、地権者集会などで説明しています。ベビーリーフに関しての新技術の導入は今後の課題です。3か所がやっとできましたが1か所目は

熊本県の果実堂株式会社にコンサルティングをいただき立ち上げたので、今後カゴメの研究開発技術でカゴメ流の新技術の導入を考えようとしています。

**藤井良：**加工用トマトの用途にケチャップも入っているのか。ケチャップは伸び悩んでいるのですか。また、商品開発について、カット野菜、デリカは既存業者があり競争が厳しいのではないかと。

**藤井啓：**農事業本部の加工用トマト事業はトマトジュース向けのトマトだけです。ケチャップは輸入品でカゴメは全量輸入です。トマト工業会に参加している会社は国産トマトを使ったケチャップやソースを作っています。カゴメはピューレ状態で輸入しカゴメの工場で生産しています。輸入品はキログラムあたりの単価が国産品の何分の1で、国内生産品では採算が取れません。

ケチャップ自体は市場が横ばいです。ケチャップの消費拡大のために「オムライス検定」とか「オムライススタジアム」「ナポリタンスタジアム」を実施していますが、実施しないと市場は元に戻ってしまい、基本的な成長市場ではありません。

カット野菜、サラダの市場競争はありますが、例えばサラダは市場が年率20%か25%で伸びており、後発参入を含めてプレイヤーは増えています。一方、葉物野菜の市況が高騰していましたが、ああいう時期に当初価格でサラダを供給しようとすると、中小企業は苦しくて、中小の撤退などを経て大手の寡占化が進んでいます。

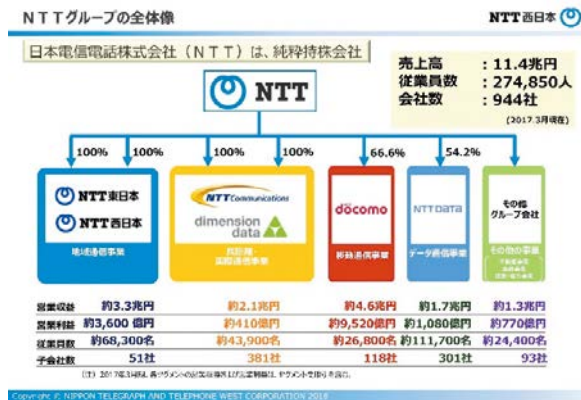
## II. 3軸モニタリング統合表示システムの開発と技能伝承への応用

西日本電信電話株式会社  
技術革新部 R & D センタ  
担当課長 東田光裕氏



- 1993年 4月 日本電信電話株式会社 入社
- 2003年 4月 NTT西日本兵庫支店 主査
- 2012年 7月 NTTセキュアプラットフォーム研究所 主任研究員
- 2016年 7月 NTT西日本研究開発センタ 担当課長 現在に至る

### 1. 日本電信電話株式会社の会社構成



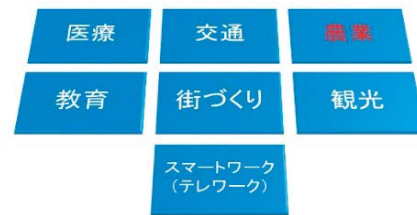
日本電信電話株式会社（以下、「NTT」）は日本電信電話公社が1985年に民営化された会社で、1999年に東西地域会社が分割され、更に移動通信事業、データ通信事業など順々に独立しました。現在NTTグループ全体の従業員は27万人で、総売上は民営化した1985年と比べて2倍以上の11兆円に増加しました。通信事業に加えて、最近ではIT関係の事業が増加し、増収に寄与しています。

NTTでは傘下のグループ企業が、新規事業と

### 戦略的テーマ

NTT西日本

NTTグループとしての戦略的「〇〇×ICT」分野



Copyright © NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST CORPORATION 2018

して医療、交通、農業、教育、街づくり、観光、スマートワーク（テレワーク）の7分野に戦略的に取り組み情報通信技術（以下、「ICT」）と組み合わせることで、社会に貢献し、人々の暮らしを豊かにできないか考えています。

### NTTグループ農業分野の体制

NTT西日本

約30社でグループ横断PJを編成し、各社が連携しながら農業の取り組みを進めています。



Copyright © NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST CORPORATION 2018

農業分野については情報交換しながらグループ各社の特徴を生かし農業に取り組んでいます。

### 2. 統合型次世代農業システムへの取り組み

#### 1. はじめに

NTT西日本

##### 背景

ITを活用して、「生育環境」・「生育状況」・「農作業」の3軸モニタリングとビッグデータ解析による新しい統合型次世代農業システムを開発し、後継者不足や生産性向上などの日本農業の課題解決を図る。



IT融合による統合型次世代農業システムの開発

Copyright © NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST CORPORATION 2018

国立大学法人東京大学、国立大学法人茨城大学など6つの関係機関と共同で西日本電信電話株式会社（以下、「NTT西日本」）は、「統合型次世代農業システム」に取り組んできました。これは「生育環境」、「生育状況」、「農作業」の3軸でモニタリングを行ない、農業分野における後継者不足への対応や生産性向上につなげるものです。具体的には、栽培環境・栽培手法をモニタリングして可視化することで、最適な栽培環境を実現するものです。

### 3. 共同研究の詳細

**2. 共同研究の概要** NTT西日本

■目的：  
ITを活用して、生育環境・生育状況・農作業の3軸モニタリングとビッグデータ解析による新しい統合型次世代農業システムを開発し、後継者不足や生産性向上などの**日本農業の課題解決**を図る。併せて、**日本の経済成長と国際競争（海外展開、地球環境保護）**に貢献する。

■目標：  
(トマト栽培の大規模実証試験)  
・最適な栽培環境・栽培手法の把握  
・栽培資源（エネルギー・水など）の削減  
・環境分布ばらつきや作業ばらつき抑制  
→ **統合型次世代農業システムの開発**  
(日本版農業システムの開発)

(期待される成果等)  
・最適栽培管理システムの開発  
・低段密植栽培技術の確立  
→ 生食用トマトでの高収量25t/10aの確保、及び高糖度7~9での安定的な収量の確保

■スケジュール：  
2013年10月~2016年9月



東証店頭フィールド：ベルファーム若川農業施設

Copyright © NTT TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST CORPORATION 2016

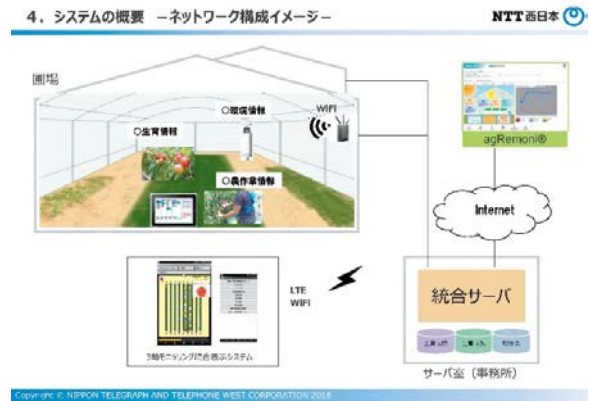
共同研究では、トマトの低段密植栽培にトライしました。低段密植栽培のメリットは、苗の丈が高くないので栽培や収穫作業が軽減されることです。また年間約3.5回と短いサイクルで栽培を行うため、苗が病気になったとしても影響を最小限に抑えることができます。低段密植栽培のデメリットは収穫量が減少する事ですが、本共同研究では10areあたり25 t以上の収穫と糖度7から9での安定的な収穫の確保を目標に、2013年から3年間実施しました。結果は、収穫目標は25 tに対して約20 t、糖度は9以上を達成できました。

システムの全体像について説明します。「生育環境」では温度、湿度や日照時間、「生育状況」は生育過程における茎の太さや写真などの記録、「農作業」は作業者がいつ、どういう作業を行ったか記録しました。特にNTT西日本は、3軸の情報を一元的に表示する「3軸モニタリング統合表示システム」の開発や、熟練者が未熟練者への

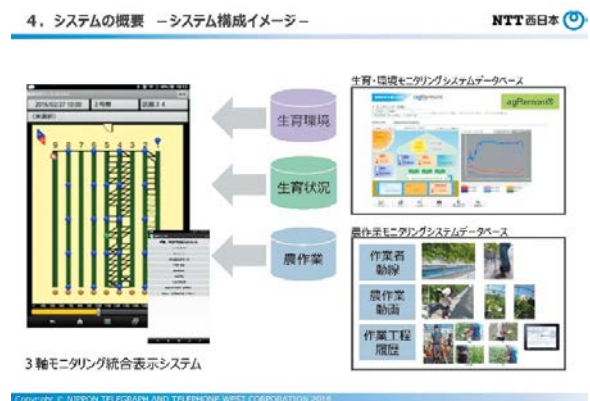


技能伝承を目的としたシステムの有効性評価などを行いました。

### 4. データ取得のためのシステムの概要



まずハウス内に様々なセンサーを設置し、WiFi経由で「生育環境」「生育状況」「農作業」のデータを事務所の統合サーバーに蓄積する環境を構築しました。



「農作業」で収集した情報は、作業者動線・農作



業動画・作業工程履歴です。作業者動線では、作業者がハウス内のどこで作業をしたのかりアルタイムに把握する仕組みを開発しました。農作業動画は、各作業を動画で保存し、より分かりやすくしました。作業工程履歴は、本実験では作業終了後に手入力で記録していましたが、その手間を省くため作業者にセンサーを付けてその動きで作業内容を自動的に判別する仕組みの検討も行いました。

**5. 実証試験** NTT西日本

- 実証試験フィールド
  - ベルファーム菊川農業施設（静岡県菊川市）
  - ハウス 2棟（計 8区画）
  - 1区画面積：429㎡（13m×33m）
- 試験期間
  - 2014年5月から約2年間
- 内容
  - センサによる作業判別自動化（農作業モニタリング）
  - 「3軸モニタリング統合表示システム」を利用したモニタリングデータの収集・表示
  - システムを利用した技能伝承の有効性評価



Copyright © NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST CORPORATION 2018

実証試験は、鈴与株式会社の農業生産法人ベルファーム菊川株式会社で、2014年から2年間実施しました。2棟のハウス（計8区画）をお借りして、環境センサーに加えて実際の農作業者にセンサーを付け、情報収集を実施しました。

## 5. 農作業のモニタリング

**6. 農作業モニタリング –その1（収穫作業）–** NTT西日本

● 姿勢情報の違いに着目 → **モーションセンサ**



Copyright © NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST CORPORATION 2018

農作業のモニタリングについて説明します。作業者の足、肩にモーションセンサーと加速度センサーを装着し、「移動、摘み取り、収納、積み替え」の4作業が正確に判別できるか検証しました。

検証方法は、まず事前に作業毎に体の動きを分割しフロー化しました。4作業すべてフローが異なるため実際に取得したセンサーの動作パターンと比較することで作業抽出が可能となります。結果、4作業ともほぼ100%の精度で判別できるようになりました。

**6. 農作業モニタリング –その2（農作業）–** NTT西日本

● 手先動作（道具）の違いに着目 → **感電センサ**



Copyright © NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST CORPORATION 2018

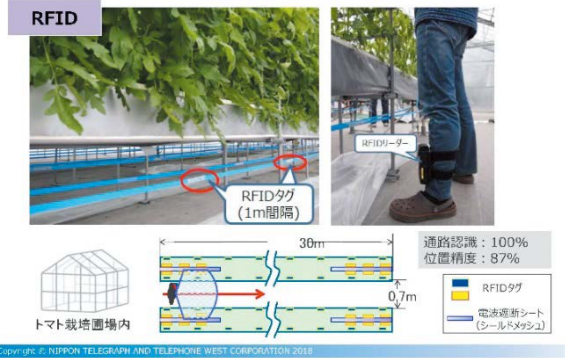
次に、「収穫、誘引（枝を柵にくくりつける事）、トマトトーン（着果のためのホルモン剤噴霧）、摘果」といった手先の動きだけで行う4作業の自動抽出の検討を行いました。この4作業は、先ほどの作業とは異なり体全体の動きではなく主に手先で行う作業のため別の認識手法を用いる必要があります。ここでは、感電センサーを腕に装着して指の動きによる筋肉の変化を数値化しました。結果、摘果作業以外は9割以上の精度で認識できることが分かりました。一方摘果作業だけは、7割弱の精度とあまりいい結果にはなりませんでした。その理由として摘果作業以外は何らかの道具を用いており、使用時に特定の指に力がかかるなど筋肉の動きに特徴が表れる一方で、道具を使わず指先で行う摘果作業では特徴的な筋肉の動きが測定できないことが考えられます。

作業の邪魔にならないセンサーの装着や一部の作業の判別が難しいなど課題はありますが、今後このような仕組みを用いることで作業者の手を煩わせることなく自動的に作業内容を記録する仕組みを実現したいと考えています。

次に作業者の位置の特定について説明します。ハウス内のためGPSなどの位置情報を活用でき

7. 位置情報の特定

NTT西日本



Copyright © NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST CORPORATION 2018

ず、さらに密植栽培であるため樹と樹の間隔が1m未満となり作業場所を正確に把握するためには、かなりの精度が求められます。そこで本検討ではRFID (Radio Frequency Identification) を使用しました。RFIDはたくさんある商品の箱などにタグをつけて、リーダをかざすことで、箱の内容を判別することなどに利用されます。本検討ではこの仕組みを活用し、事前にRFIDのタグを栽培棚に敷き詰め、作業者の脚にリーダを付けて作業していただきました。作業者が近づくとリーダがタグに反応するので、作業者がそこにいることが判別できます。具体的には、(写真のように)床から30cm程度の高さに1m間隔でタグを貼り付けました。タグの間隔は狭めれば精度が上がる一方、複数のタグが一度に反応するため誤認識も多くなります。実際、今回のハウスでは足元の見通しがいいため反対側の通路のタグまで認識するなど当初予想していた精度をかなり下回る50%程度の精度でした。そこで通路を特定するアルゴリズムを追加するなど通路特定と位置特定の2段階の判別を行うことで精度の向上を試みました。最終的には電波遮断シートを使用した通路特定を行うことで精度を87%まで向上させる事が出来ました。

6. 農作業のシステム開発

3軸の情報を1画面で一元的に管理できる、統合表示システムを開発しました。特徴は画面内のスライダーを動かすことで15分間隔、1時間間隔、1日間隔など表示するタイムスパンを変更でき、特定の時間ごとの状況変化を確認できます。

8. システム開発

NTT西日本



Copyright © NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST CORPORATION 2018

またハウスの区画ごとのマップを見ながら地点ごとの状況が見ることができます。例えば知りたい日のその地点ごとの作業状況など、手元で確認できる仕組みを開発しました。

8. システム開発 - 栽培管理情報表示機能 (農作業の管理とその支援) - NTT西日本



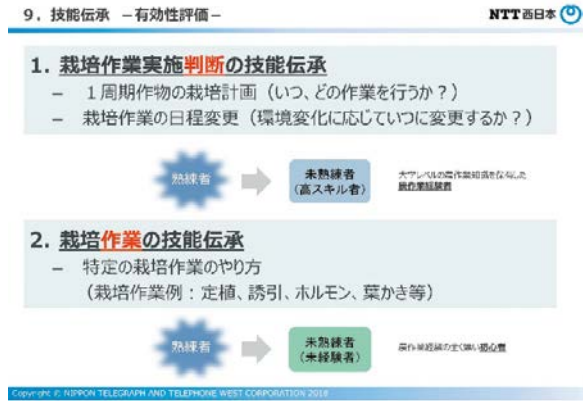
Copyright © NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE WEST CORPORATION 2018

また、補足情報として「栽培管理情報」を整理・確認できるシステムを開発しました。例えば「栽培マニュアル」などのマニュアル類、熟練作業者の「模範動画」、いつ、どういう作業をするかという「作業計画表」などが簡単に確認できます。さらに天気予報や病害虫情報なども確認できます。

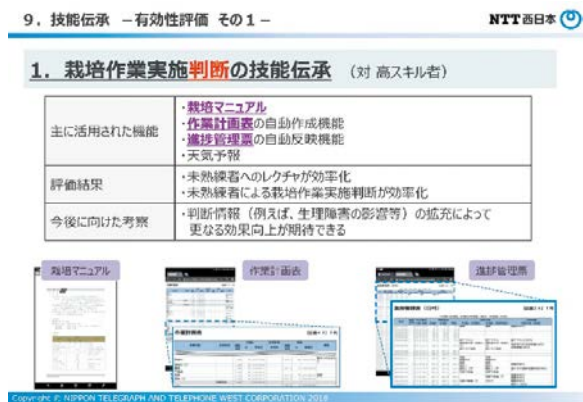
7. 技能伝承への有効性検証

最後に今回開発した仕組みが、熟練者から未熟練者、未経験者への技能伝承にどの程度役立つかを検証しました。通常、口頭であったり現場で実践しながら技能伝承を行ったりする場合と比較してシステムを利用することによる効果について検討しました。

今回は2種類の技能伝承について検討を行いました。



した。1つは「栽培作業実施判断の技能伝承」、もう1つは「栽培作業の伝承技能」です。「栽培作業実施判断の技能伝承」は、大学卒業レベルの農業の知識を保有する未経験者に対して作業計画作成や作業実施や作業変更の判断を行う際のシステムの有効性を検証しました。「栽培作業の伝承技能」は全くの作業未経験者に対して具体的に作業を教える際のシステムの有効性を検証しました。

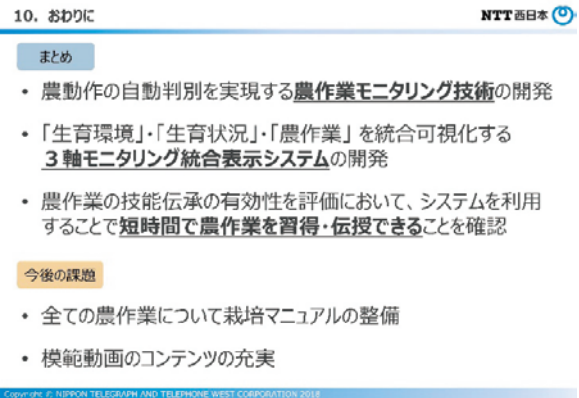


「栽培作業実施判断の技能伝承」において主に活用されたのは、栽培マニュアル、作業計画表、進捗管理表などでした。これらは従来から存在していましたが、システムを用いることでリアルタイムに確認でき、自動反映される機能などが非常に有効でした。

「栽培作業の伝承技能」において主に活用されたのは、栽培マニュアルで中でも特に模範動画でした。模範動画ではそれぞれの作業について一連の流れを示すだけでなく、ポイントとなる作業やQ & A（NG集）を動画で確認できるところ



が特に有効でした。例えば、トマトトーンの散布作業に関する模範動画では「1度にはかけられない場合は2回に分けてやりましょう」とか、Q & A（NG集）の場面では「実をつけている花房にトマトトーンがかかっている花がある場合はかけてはいけない」など、実際の動画で非常に分かりやすく解説を行っています。



まとめますと、農業者が装着したセンサーの情報を評価・判別して農作業を自動判別するモニタリング技術の開発、「生育環境」、「生育状況」、「農作業」の3情報を集約して統合的に可視化し管理する仕組みの開発、更に農作業を短時間で習熟できる仕組の評価を実施しました。今後の課題は、マニュアル類をさらにレベルアップし、より有効なものにしていく事です。

【質疑応答】

生源寺：東京大学、茨城大学との連携ですが、農学系の研究室ですか。その中でも農業工学などで



すか。

東田：農学と機械工学です。農作業モニタリングは機械工学、農業は鳥居先生です。主に私が発表したのは機械工学の部分になります。

田村：国で農業データ連携基盤を作っており、去年12月から試行が始まっています。本格稼働は来年4月からと聞いているんですが、今取り組まれているシステムと将来的な連携は考えていますか。

東田：もともとはスコープに入っていなかったですが、標準化などが進めば連携していきたいと思っています。

田村：連携して扱えるデータ数が一気に増えると思いますが、NTT西日本が開発したシステムに影響は大きいでしょうか。

東田：そうです。連結されるデータが多くなればなるほど有効活用できます。そのような標準的なものに合わせることで幅広く使っていただけたらと思います。

### Ⅲ. 施設園芸での統合環境制御設備について

株式会社サンファーマーズ

SIF総合研究所

所長 石戸安伸氏



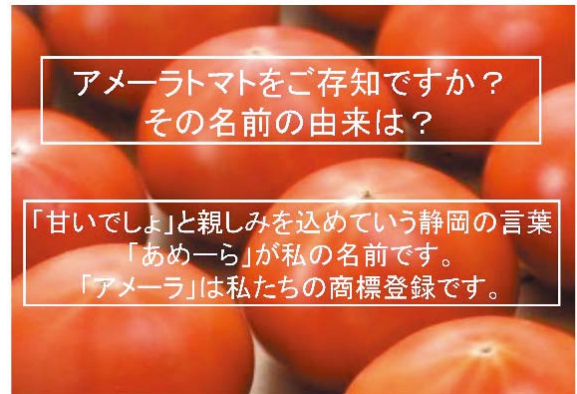
1979年 岐阜大学農学部卒業  
その後、静岡県庁に入庁し、  
静岡県農業技術研究所長など歴任し、  
2015年3月に退職  
2015年4月より 株式会社サンファーマーズに入社し、  
現在に至る

松田：共同研究は2016年9月終了ですが、現在はどのような状況にあるのか。日本の農業の課題解決を図るため統合型農業システムを開発することだが、どのように社会に実装してく予定なのか。

東田：弊社の参加は3年間で終了しましたが、鈴与と東京大学で、継続して国のプロジェクトを活用して発展させています。特に環境制御面では、コスト削減効果が大きく、継続して新たな国のプロジェクトへの参加を検討していると聞いています。

NTT西日本では今回得られた知見を活用して農作業の効率化や、収益向上などの課題解決に向けた研究開発に取り組んでいます。例えば、1週間程度前の収穫量予測ができれば市場との価格交渉力も上がると聞いており、現在いづろ、どれぐらい収穫されるかを予測する仕組みの開発を行っております。

#### 1. 高濃度トマト「アメーラ」



#### アメーラの特徴

- ① 高糖度トマト <独自の栽培法>
- ② 周年安定供給 <暖地と高冷地>
- ③ ブランド力 <市場との連携>

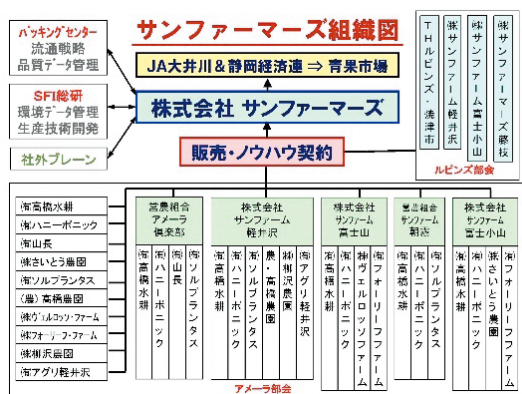
アメーラの特徴は3点あります。まず高糖度トマトで、Brix（果実の糖度）基準8度以上の糖度があります。2つめは周年安定供給で、高冷地での生産体制を強化し、夏場も含めて周年供給を実施しています。3つめはブランド力で、「甘くておいしい」と消費者から評価されています。アメーラは水を絞って作る4分の1サイズの濃縮トマトですので収量が少ないことから、4倍の価格で販売できるようにブランドの維持に努めています。

**株式会社 サンファーマーズ**

**販売管理やブランド管理をする組織。**

- ①販売管理や販促活動
- ②ブランド管理
- ③栽培技術の開発・指導
- ④品質管理や安心安全への取り組み
- ⑤商品開発(新しいアイテム&加工品)
- ⑥経営支援や資金調達をサポート
- ⑦担い手育成・教育

## 2. 株式会社サンファーマーズの組織体制

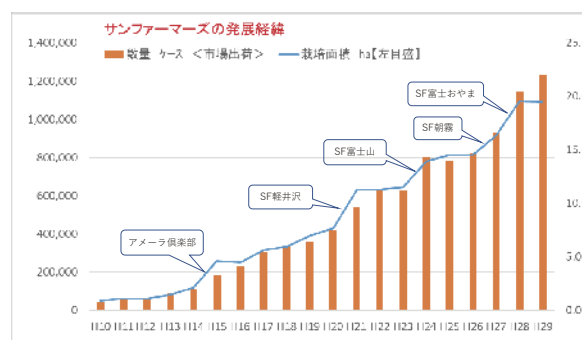


株式会社サンファーマーズ（以下、「サンファーマーズ」）は、有限会社高橋水耕（以下、「高橋水耕」）を含めた10社、つまり10戸の農家（8社が静岡県、2社は長野県軽井沢市）が株主です。1996年に高橋水耕、有限会社ハニーポニック、有限会社山長の3社がアメーラ栽培を始めました。当初の目標売上を10億円とし、農業協同組合（以下、「農協」）経由で大量に販売するビジネスモデルを目指しました。現在の生産は各社の農場の他に営農組合アメーラ倶楽部など5拠点（5社）で行なっています。この5拠点は、それぞれ高橋水耕などの出資会社により構成・運営されており、営農組合サンファーム朝霧は1.8ha、株式会社サンファーム富士小山は4haなど、5社とも大規模な生産能力が在ります。サンファーマーズは、この5社にアメーラの生産ノウハウを供与してロイヤルティを徴収しています。グループ全体で従業員70名とパートタイマー200名の体制です。

出荷販売はサンファーマーズで一括買い上げを

行ない、大井川農業協同組合（以下、「JA大井川」）、JA静岡経済連を通し、青果市場に販売しています。生産拠点の在る長野県では県から補助金を支給されており、長野県に出荷しないのは一般的ではありませんが、アメーラのブランド管理のため、商流の一元管理を徹底しています。つまりサンファーマーズは農家集団として農協的な機能を保有し、専用のパッキングセンターで農産物の品質管理も徹底しています。またSFI総研は、所長の私が生産技術の開発、環境データの管理などを実施しています。

## 3. 出荷数量の推移



1997年の出荷開始当初は「まずい、酸っぱい」などと不評で、販売も振るいませんでした。その後、技術改良で甘いトマトの開発に成功するとともに生産拠点の拡充に取り組んできました。2002年に営農組合アメーラ倶楽部を設立して、2009年輕井沢、2011年富士山、2014年朝霧、2015年小山と生産拠点を新設してきて、2017年は出荷数120万ケース、売上17億円を達成しました。



#### 4. アメーラの生産方法



アメーラは、ワンポットに1苗植えるワンポット方式で低段密植栽培（間隔を狭くして栽植密度を増やして身長程度の高さで収穫する方法です）。まず苗を「苗テラス」と呼ばれる人工光閉鎖型苗生産施設で25日間育成します。



育苗後に定植しますが、ポットにはヤシガラ培地（ヤシ殻の苗床、自然素材のため環境に良い）を使用し給液パイプから水をポトポトと落とす程度で育てます。アメーラ生産のポイントが水管理で、3段に花房が着いた後に摘心（芽を摘んで2m以上伸びないようにし手が届く高さに留める）します。

1段目の花が開花したところです

収穫開始の頃で3段に分かれています。育成期間は150日程度で、生産は1年で2.5回転です。

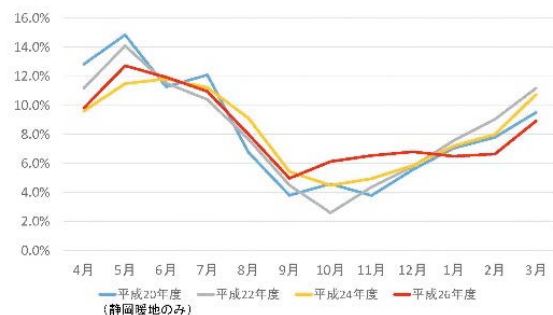


#### 5. 周年安定供給の実現

##### 周年安定供給



##### 月別出荷率の推移





現在、暖地（静岡県各地）の栽培面積 8 ha に対し、高冷地（軽井沢、富士山周辺）は 13ha の面積があります。高冷地の生産を強化して周年安定供給できる体制づくりを進めてきた結果、月別の出荷率で見ると、2008年には 1 年間の総生産量 100 に対し 5 月が 15%、夏場の 8 月から 10 月は 3% で 12% の差がありましたが、2014年には 5 月が 12%、夏場が 6% と差が 6% に縮小しました。



高冷地で 4 ha 以上の土地は、静岡県内では見つけるのが困難ですが、3 年後に小山の隣接地で栽培を開始する予定です。

## 6. 施設園芸の統合環境制御

次世代施設園芸導入加速化支援事業 (全国 10 拠点)

- 大規模に集約した施設による生産コスト削減
- ICTを活用した高度環境制御による周年計画生産
- 地域資源エネルギーの活用による脱石油エネルギー

モデル団地を整備

実施場所：  
駿東郡小山町

施設規模：  
■敷地面積 7ha  
■栽培施設 4ha (20a × 20棟)

次世代施設園芸導入加速化支援事業は、2013年に農林水産大臣がオランダの施設園芸を視察したことなどが契機となり開始されました。全国で 10 拠点、1 県 1 拠点ですが、弊社は静岡県枠で補助事業となりました。

## 高度環境制御のための主な設備

- ・統合環境制御技術(マキシマイザー：オランダ製)
- ・天窓、側窓開閉装置
- ・自動カーテン装置(2層カーテン：保温＋遮光)
- ・ハイブリッド暖房装置(木質ペレット＋重油)
- ・自動炭酸ガス供給設備(液化炭酸ガス)

光合成を最大限に高めるための管理指標として、日射量や飽差制御に対応し、換気、加温、内部カーテン、炭酸ガス濃度を制御できる統合環境制御システムを導入し、**果実品質を重視**した上で収量、コストなど、効果の総合的な検証を行う。

「3 ha 以上と大規模である事」、「ICTを活用した高度環境制御による周年計画生産を実施する事」、「冬の暖房は脱石油エネルギーで CO<sub>2</sub> 排出 30% 削減する事」などが義務付けられました。弊社は、木質ペレット暖房機、低コスト耐候性ハウス、天窓・側窓開閉装置などの設備を導入して対応しています。

### 高度環境制御・栽培管理システム



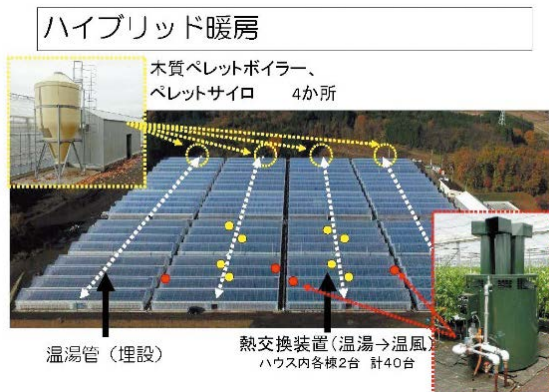
オランダ製の統合環境制御装置である「マキシマイザー」を導入しました。

### 自動カーテン装置(遮光・保温・適湿)

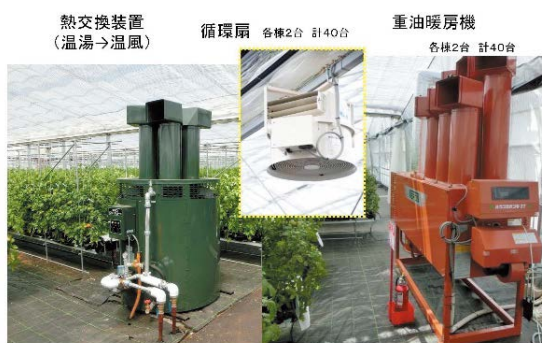


天窓と側窓の開閉は自動で、さらに最新式の 2

層カーテン（保温カーテン、遮光カーテン）を取り入れました。できるだけ光を当て飽差（同じ気温における空気中の飽和水蒸気圧と実際に含まれている水蒸気圧との差）を適正にするように努め、さらに炭酸ガスを供給して光合成を促進しています。



静岡県小山町のハウスで木質ペレットの暖房機を導入しましたが、ペレットだけでは不十分で重油設備も併設しています。冬場は、「ハイブリッド暖房」で木質ペレットと重油を使います。まずサイロに木質ペレットを保管しており、ボイラーに自動で供給されます。

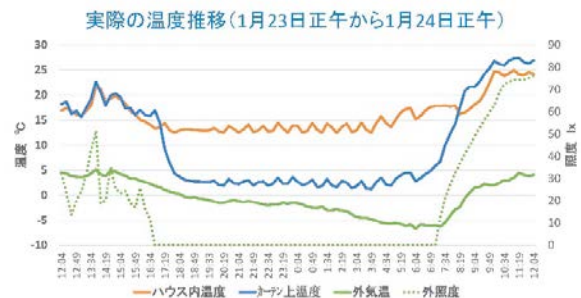


### ハイブリッド暖房の当初計画

- (1) 年間重油使用量  
500kℓ(重油のみ) /4ha ← 必要熱量 16TJ/4ha/年  
(気象データ平年値から推定)  
目標 → 重油50%削減 250kℓ
- (2) ハイブリッド運転  
重油 250kℓ + 木質ペレット 500t  
A重油発熱量 9,000w/hr/ℓ  
木質ペレット発熱量 4,300w/hr/kg
- (3) 制御方法  
・設定温度 13℃  
・基本的に【木質ペレットボイラー+熱交換装置】稼働させ、急激な冷え込みなど熱要求量が高くなった場合に重油暖房機を併用する。

ボイラーで沸かした70～80℃のお湯を熱交換装置で40℃の熱風に変換して暖房する仕組みです。8mmのパイプが2,000m巻いてあり、湯が巡回するところに下から風を吹き上げて熱風を出す仕組みです。

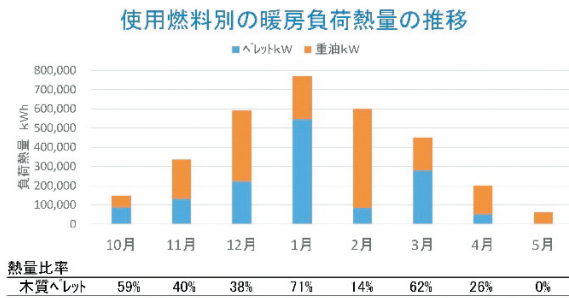
補助事業申請の際の試算では、温室4haあたり16テラジュールという熱量が必要で重油だけで賄うと500kℓ必要となります。弊社は独自に50%削減に目標を置いたので削減する重油250kℓを木質ペレットで賄う必要があり、これは木質ペレットに換算して500tに相当します。



ハイブリッド暖房について詳しく説明します。図にありますように1月下旬のハウス内の温度推移を見ると、日没になると急激に外気温が下がり、日中の5℃から-6℃に下がってきます。ハウス内の温度を13℃に設定しており、これ以下にならないように暖房します。しかし、午前3時半から少しずつハウス内の温度を上げていきます。これは温度が低下し湿度が高くなるとハウス内が結露してトマトに病気が出るため、温度を上げて相対湿度を下げるためです。早朝にはハウス内の温度を16℃まで上げます。

厳冬期のハイブリッド運用はペレットが主体に動きます（ペレットのみが稼働）が、外気温が下がり、早朝加温を始めると負荷がかかります。外気はだんだん下がっているのに、こちらは温度を上げようとしますので、重油暖房が稼働してダブル稼働するようになります。これがハイブリッド暖房です。この制御は当初は苦労しましたが、設定を色々変え試行錯誤して最終的に希望通りの設定ができるようになりました。





青いのがペレット、赤いのが重油を使った量です。システムの設定を変えて、1か月単位で全部細かく変えました。

成果目標 化石燃料使用量の削減50%減

H28年度の結果

○制御設定を大枠として把握した

○重油暖房の削減率 **51.8%**

・H28静岡拠点の暖房負荷熱量実績 338万kWh

・重油使用量 179 kL

・木質ペレット使用量 385 t

次年度に向けて

○ハイブリッド暖房の効率的運用をはかる

(重油価格が現状維持の場合)

・暖房負荷の高い12~3月：ハイブリッド暖房(ペレット優先)

・上記以外(10~11月、4~5月)：重油暖房

実際の化石燃料の削減率は51.8%で目標を達成しました。今後は外気温が13℃以下になる10月上旬に稼働を始め、11月末までは重油のみを使用し、冬場の12月から3月までは木質ペレットも稼働させハイブリッド暖房にして、4月、5月はまた重油暖房のみの稼働にします。こうすることで効率的な稼働を実施します。

CO<sub>2</sub> (二酸化炭素) 制御

液化炭酸ガスのタンク



CO<sub>2</sub>の供給システムについて説明します。10 t

タンクに液化炭酸ガスを入れ、気化した二酸化炭素を、株と株の間にパイプを通して供給しています。気体は外に漏れるのでハウス内の気密性が大事です。冬季のハウスを閉め切っている状態の場合、換気率0.1程度と農業施設ではかなり高い気密性を保っています。実際の運用は「ゼロ濃度差制御」といって、外気のCO<sub>2</sub>濃度(380ppm~400ppm)を基準にそれ以下の濃度になった時、外気濃度程度まで補充する制御方法です。

施設園芸における  
環境制御の今後の課題

①暖地における夏季高温対策

- ・ヒートポンプ
- ・細霧冷房
- ・赤外線カットフィルム 等

②低コストの暖房エネルギー

- ・木質ペレット
- ・ .....

今後の課題は2点あります。

まず夏場対策です。中山間地、高冷地に生産を移行しましたが、まだ暖地での生産が残っており対策が必要です。夏の夜温をヒートポンプ(クーラーと同じ)を使用して低下させる手法は2か所で導入して効果がありました。また細霧冷房(ドライミスト)は、気化熱により温度を下げるのに効果がありますが、弊社のアメーラ生産方法は湿度変化を嫌うので継続検討中です。赤外線カットフィルムは、熱を入れずに光だけ入るようになる資材です。冬は熱が欲しいので逆効果ですが、弱電気で切替できる仕組みなどが研究されています。

冬場の暖房コストも課題です。木質ペレットはkgあたり30円で、重油ではリットルあたり70円に相当し高コストです。木質ペレットに変わる自然エネルギーがまだ開発できていません。

【質疑応答】

田村：3 haの農地を造成し、小山の生産拠点の隣で新しいハウスを造ると伺いましたが、農地ではないところを農地として新たに造成されたのか。



土地の取得から始められたのか。収益計算して採算が取れるということで始めたのか。

また、新しい施設にも全く同じ設備を導入する予定ですか。これまでは農家そのままハウスを建てたというイメージでしたが、新しいハウスでは新しく人を雇ったり、招き入れたりして運営管理するのかどちらですか。

**石戸：**富士山近郊の2か所は農地を取得しました。小山町は借地ですが、町長に熱心に誘致頂いたため参入いたしました。ここは、第一園芸株式会社の花の研究施設があった場所でした。「内陸フロンティア」という静岡県の大規模事業があり、大規模の工業団地、太陽光パネルの発電所など計画されておりましたが、弊社には町長から「農業で規模の大きい会社が入ってくれるのかね？」と聞かれ、「いや、実は夏場対策で高冷地が狙いで、造れば弊社も入りますし他社も来ますよ」と言ったら、造成が決まりました。

さらに、ここに「畑総事業」という農地造成事業が計画されており、林地を農地に青地編入しまして、現在補助事業で町が造成工事を実施しています。全体で20haの計画で、弊社が敷地面積7ha、ハウスで4ha使用します。3年後に建設完了予定です。

**田村：**ハウスは今と同じものを入れられるのか。

**石戸：**基本的に弊社の栽培ノウハウは固まっていますので、同じハウス、同じ設備を入れる予定です。

また、現在10社ですが、これ以上増やすとブランド管理が難しくなり、品質を安定させて市場の信頼を得るためこれ以上は増やさない予定です。むしろそれぞれの農家さんが規模拡大することを狙っています。規模を大きくすることによって、経営力が強化されます。

人は新しく採用して、まず自社内で育成し、その後マネージャーとして送り込むという方法です。

**田村：**今、会社組織でないのがありますが、ゆくゆくはすべて会社組織になりますか。

**石戸：**営農組合も株式会社ではないですが、組合法人という法人会社組織です。

**藤井啓：**マキシマイザーの管理は、4haを4社がそれぞれ4系統で管理しているとのことですが、会社ごとに管理したほうがいいのか、あえて4系統なのですか。弊社のいわき小名浜農園は10haを2.5haずつ4区画に分けて一括管理しています。

**石戸：**基本は同じですが、会社ごとにそれぞれが微妙に設定を変えております。ここはサンファーム富士小山という会社組織として栽培していますが、中の生産は分けて会社ごとの努力によって実入りが入るようにしてありますので、会社ごとに管理しています。また各社の研究努力がサンファームズ全体の技術向上に役立つと考えています。