

KSK-GH26-1

平成 26 年度 機械工業における地域の中堅・中小
機械工業の振興に資する事業

地域の中堅・中小機械工業企業への
技術開発等補助事業

平成 27 年 3 月

一般財団法人 機械振興協会 技術研究所



RING!RING!
プロジェクト
競輪の補助事業

この報告書は競輪の補助金により作成しました。
<http://ringring-keirin.jp>



平成26年度地域の中堅・中小機械工業企業への

技術開発等補助事業

— 目 次 —

1. はじめに	1
2. 農耕連携とは	1
2.1 農業の問題点	2
2.1.1 農家数の推移	2
2.1.2 新規就農者	2
2.1.3 農業従事者の平均年齢	3
2.1.4 耕地面積	3
2.1.5 耕作放棄地	4
2.2 農工連携の現状	5
2.2.1 植物工場	5
2.2.2 農地の集約・大規模化	5
2.2.3 ICT技術	6
2.2.4 RT技術(ロボット技術)	6
2.3 ニッチ市場に着目した農工連携	6
3. 栽培管理システムの開発	7
3.1 はじめに	7
3.2 栽培管理システムの開発目的	7
3.2.1 栽培対象	7
3.2.2 従来の栽培管理方法と課題, および栽培管理システムの開発目的	7
3.3 栽培管理システムの構想	8
3.4 栽培管理システムの構造と管理方式	8
3.5 栽培管理システムの実装結果	10
3.5.1 概要	10
3.5.2 マスタ管理	11
3.5.3 生産計画立案	11
3.5.4 ガントチャート出力	17
3.5.5 生産計画の調整	19
3.6 栽培管理システムの評価と今後の展望	21
3.7 おわりに	23
4. パレット生産システムの開発	24
4.1 葉物野菜の生産工程	24
4.2 現在の問題点	24
4.3 試作システム(パレット生産システム)	24

4.3.1 播種装置	24
4.3.2 育苗装置	28
4.3.3 育成装置(駆動機構)	31
4.3.4 育成装置(環境制御装置)	32
4.3.5 育成装置(内部環境保護防壁)	33
5. おわりに	34
謝 辞	34
参考文献	34

< 研 究 >

平成 26 年度地域の中堅・中小機械工業企業への技術開発等補助事業

飯塚 保^{※1}，木村利明^{※2}，小林康記^{※1}，川畑美沙^{※1}

Subsidized project of Technology development for small and medium-sized machinery industrial enterprises of the region

Tamotsu IIZUKA, Toshiaki KIMURA, Yasunori KOBAYASHI, Misa KAWABATA

1. はじめに

近年、半導体・電機・自動車産業などの大手製造業において、農業分野への進出が活況を呈している¹⁻¹⁾。これらの大手企業においては、モノづくりの現場における生産技術や ICT (Information Communication Technologies) 技術の活用が進展・成熟している。この第二次産業の熟成した技術を第一次産業に活用する「農工連携」に注目が集まっている。この大手製造業による農工連携ビジネスは、新規事業として活路を見出し始めている。しかしながら、機械工業などの中堅・中小企業では、グローバル化に伴う地域社会の空洞化が経営を圧迫しており、新市場の早期開拓が求められている。これらの中堅企業では、農業へ応用可能な技術を保有していても、農業分野へ進出するための農家や農業法人との接点を大半の企業が持っていない。そのため、農業や農作業における具体的なニーズを把握することが困難となっている。さらに、独自に製品化や技術開発するための資金力が潤沢ではなく、製品を実地検証するための環境を備えていないなど、多様な課題を抱えている。

日本の農業が抱える問題点は、TPP など国際的なものから国内に起因するものまで、多種多様である。詳細は後述するが、高齢化が加速して労働人口が減少して行くなど、国内外の諸問題と密接にかかわる解決すべき課題が山積している。

機械振興協会技術研究所では農業に着目し、機械化・ICT 化が遅れており有望な市場と考えられる分野の農業を対象に、農工連携の事業を昨年度

より開始した。この事業は、中堅・中小企業に対する新たな事業創出・ビジネス振興に寄与する事を目的としている。本事業では、機械工業の生産技術（ソフトウェア技術とハードウェア技術）を農業分野に展開・応用する。また、農業の現状や現場を知るため、コンシューマーアグリ研究会 (CA 研究会：当協会の事業である農工連携の研究会) を平成 25 年 11 月 8 日に発足させた。CA 研究会の会員である農業法人の協力により、現場のニーズを得ることが可能となる。そのため、ニーズ先行型となる実用的なソフトウェア、およびハードウェアの開発が可能となる。これらの成果は仕様等を公開し、技術移転等により中堅・中小企業への事業創出に貢献して行く。

昨年度は、CA 研究会の会員企業である農業法人の協力により、農作物の生産過程等について情報収集を行った。それにより、我々が保有する生産技術が農業へ応用可能であることを確信し、農業の現場で抱えている問題点等を整理することができた。今年度は具体的な問題解決に向け、ソフトウェアとハードウェアの双方で技術開発を行う。

2. 農工連携とは

一般に農工連携というと、第二次産業の技術を第一次産業の農業に活用することである。農工連携の目的は、農作物を高効率、高付加価値、および低コストで生産することである。手法としては、機械化、自動化、ICT 化などがある。主に製造業が培った生産技術を農作物の生産に応用し、上記の

※1 技術開発センター ※2 企画管理室

目的を果たすものである。

本事業における農工連携とは、工業技術を農業分野に転用し、高品質・高能率な農産物の生産に有効活用する事と定義する。農業に有効と考えられる工業技術は多種多様である。本事業では、ソフトウェア分野としての ICT 技術を活用した生産管理システム、ハードウェア分野として農作業の高効率化に貢献する機械装置に着目して検討を行った。

農業の生産工程管理手法として、GAP というものがある。農林水産省のホームページでは、「農業生産工程管理 (GAP) とは」と題して以下のように解説されている。「農業生産工程管理 (GAP: Good Agricultural Practice) とは、農業生産活動を行う上で必要な関係法令等の内容に則して定められる点検項目に沿って、農業生産活動の各工程の正確な実施、記録、点検及び評価を行うことによる持続的な改善活動のことです。これを我が国の多くの農業者や産地が取り入れることにより、結果として食品の安全性向上、環境の保全、労働安全の確保、競争力の強化、品質の向上、農業経営の改善や効率化に資するとともに、消費者や実需者の信頼の確保が期待されます。」このように、GAP とはチェックシートに従って農作業を工程ごとに管理・記録するものである。以上より、GAP は我々の農工連携で行う工程管理とは異なる。

農業分野では、農業機械の企業が大手から中小まで多数存在している。これら企業の歴史は古く、日本農業の中核を担う米作は最も機械化が進んだ農産物である。また、カイワレ大根などスプラウトと呼ばれる野菜類の生産は、機械化・自動化が進展している。しかし、旧態依然とした労働集約型の生産、および経験と勘に基づく農作業・生産計画を続けている農業従事者(農家)が存在することは事実である。そのため、重労働・長時間労働や天候・栽培技能に左右される収益からの解放は待たれている。また、農業経営の効率化を目指す農業法人においては、ICT を駆使した生産(栽培)管理への期待が高い。

2.1 農業の問題点²⁻¹⁾

国内の農業が抱える問題点として、一般に言われている代表的なものは、低賃金による若者の農

業離れによる就労者不足と農業従事者の高齢化、それに伴う耕作放棄地の増加などである。就労者不足や高齢化では、就労後すぐに現金化されないこと、収入が天候に左右されて不安定であること、自由時間が少ないなどが原因としてあげられる。また、就労者の作物栽培スキルによって収入が大きく異なるなど、農業の難しさも要因となっていると考えられる。

農業の問題点については、農林水産省の統計などから真の姿を確認できる。以下に、農家の戸数とその変化、新規に農業へ従事する人数とその年齢構成、農業従事者の平均年齢、耕地面積の推移、耕作放棄地の推移を調査した結果を示し、現状を確認する。

2.1.1 農家数の推移 まず、農家の戸数にどのような変化があるか、現状を確認する。1985年から2012年までの農林水産省による統計データ基に、総務省が公表した農家数の推移²⁻²⁾を引用する。図 2.1 は農家数の推移をグラフにしたものである。専業農家数は、多少減少傾向であるが、1985年から2012年まで約50万戸近辺でさほど大きな変化ではない。しかし、兼業農家は1985年が約280万戸であるのに対し、2012年では108万戸と三分の一近くまでに減少している。この原因としては、昭和一桁生まれの世代が高齢化し、農業から引退したものによると考えられる。

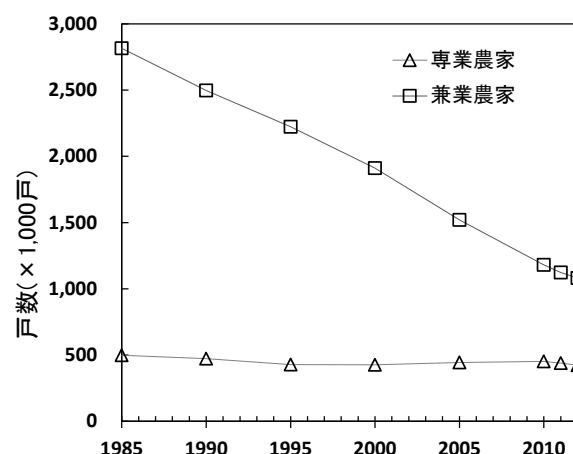


図 2.1 農家数の推移

2.1.2 新規就農者 新たに農業へ就労する人は、年間何人であるか。この人数は、農林水産省農林水産統計「平成 25 年度新規就農者調査」から確認

できる。この新規就農者は、以下のように規定されている²⁻³⁾。

1. 新規自営農業就農者

農家世帯員で、調査期日前1年間の生活の主な状態が、「学生」から「自営農業への従事が主」になった者及び「他に雇われて勤務が主」から「自営農業への従事が主」になった者。

2. 新規雇用就農者

調査期日前1年間に新たに法人等に常雇い（年間7か月以上）として雇用されることにより、農業に従事することとなった者（外国人研修生及び外国人技能実習生並びに雇用される直前の就業状態が農業従事者であった場合を除く。）。

3. 新規参入者

調査期日前1年間に土地や資金を独自に調達（相続・贈与等により親の農地を譲り受けた場合を除く。）し、新たに農業経営を開始した経営の責任者。

新規就農者の推移²⁻⁴⁾を図2.2に示す。このグラフでは、全就労者と49歳以下を示している。平成19年以降、全就労者は多少の増減が見受けられるが、減少し続けていることがわかる。また、49歳以下の就労者は、全体に対して減少率が低い。新規就農者の年齢を2012年から2015年にかけて分類した年代別の詳細を図2.3に示す。60歳以上の割合は半数に近い。60～64歳の就労者が最も多いことがわかる。この理由として、一般企業等に就労していた人が、企業を定年退職した後に農業従事者となっていると考えられる。新規就農者の就農形態に分類したグラフを図2.4に示す。この中では最も少ない新規参入者であるが、年々増加している。これは、農業ベンチャーなど農業に活路を求めて起業した人たちであり、新たな潮流として注目に値する。

2.1.3 農業従事者の平均年齢

農業従事者の平均年齢は、農林水産省の農林業センサス²⁻⁵⁾から引用した。農業従事者の平均年齢の推移を図2.5に示す。1985年が59.6歳、2000年が62.2歳、2005年が64.2歳、2010年が66.1歳となっている。平均年齢は5年毎に約2歳上昇し、1985年から2010年までの15年間で7歳近くも高齢化している。これは、若者の農業離れを反映した結果である。

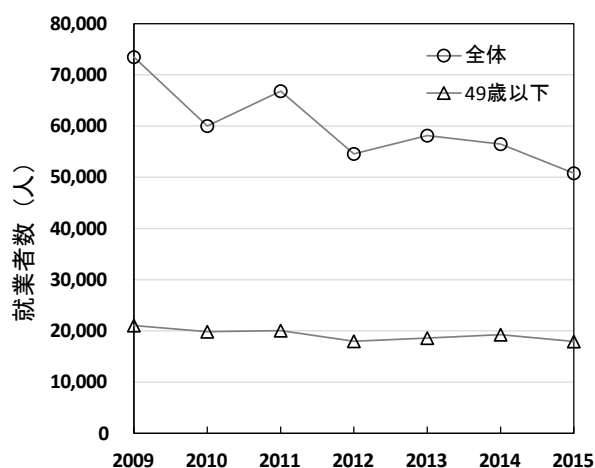


図 2.2 新規就農者の推移

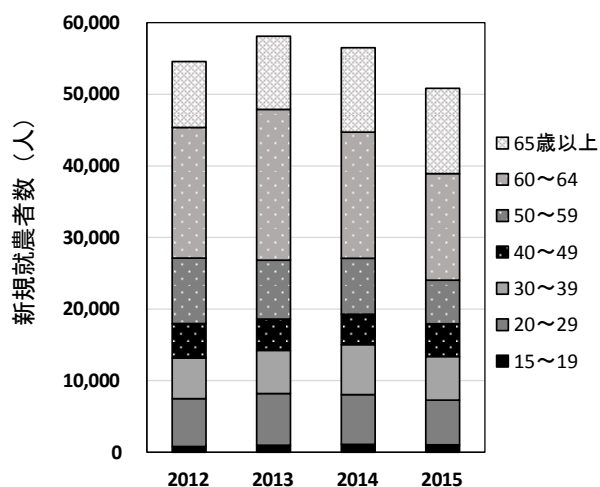


図 2.3 新規就農者の推移 (年代別詳細)

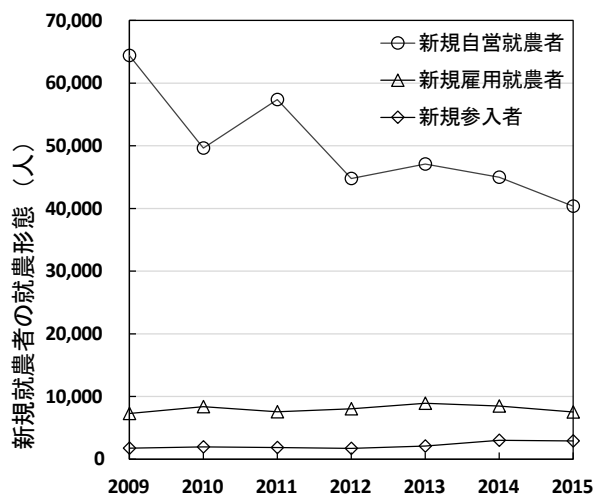


図 2.4 新規就農者の就農形態

2.1.4 耕地面積

農林水産省の耕地及び作付面積統計²⁻⁶⁾から、耕地面積の推移を引用して図2.6に示す。耕地面積は1980年の約546万haから増え

ることなく減少し、2012年では約455万haまで低下している。この27年間で91万haも減少しており、鹿児島県の面積(91.881ha)に匹敵するほどである。この原因は、農地の工業用地、宅地、道路などへの転用、耕作放棄、減反政策、食の欧米化が原因であると考えられる。

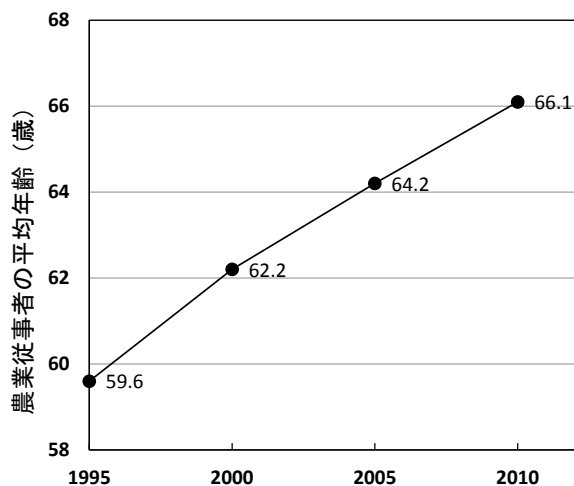


図 2.5 農業従事者の平均年齢

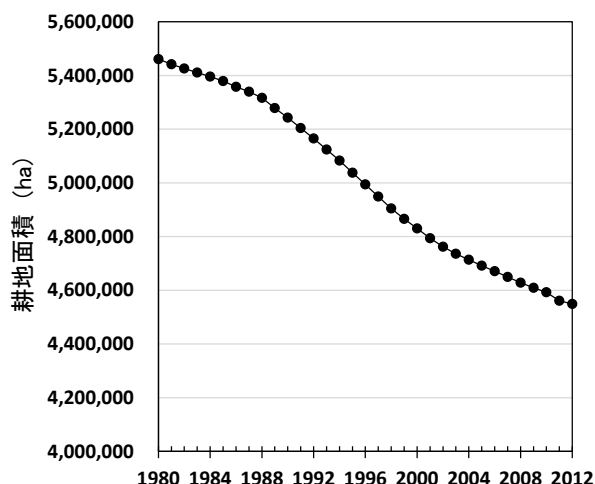


図 2.6 耕地面積の推移

2.1.5 耕作放棄地 耕作放棄地とは「以前耕地であったもので、過去1年以上作物を栽培せず、しかもこの数年の間に再び耕作する考えのない土地」と農林業センサスで定義されている統計上の用語である。耕作放棄地は耕地面積には含まれない。耕作放棄地面積の推移は、農林水産省の農林業センサス²⁻⁶⁾から引用した。耕作放棄地の推移を図2.7に示す。耕作放棄地の面積は、1985年に約14万haが年々増加して2010年には3倍近い約40万haに達している。この40万haの面積は、埼玉

県の面積(37.97ha)を上回っている。耕作放棄地増加の原因は、農業従事者の高齢化、労働力不足、土地所有者の不明、鳥獣被害などが挙げられている。また、耕地の所有者は販売農家(経営耕地面積が30アール以上又は農産物販売金額が50万円以上の農家)、自給的農家(経営耕地面積30アール未満かつ農産物販売金額が年間50万円未満の農家)、土地持ち非農家(農家以外で耕地及び耕作放棄地を5アール以上所有している世帯)に分類される。耕作放棄地面積の農家等の区分割合の推移を図2.8に示す。このなかで、販売農家の耕作放棄地は減少しているが、自給的農家と土地持ち非農家の耕作放棄地の面積が増加している。各農家における耕作放棄地の比率を示すと、販売農家は49.3%から37.4%へ減少、自給的農家は17.0%から20.5%へ増加、土地持ち非農家は33.8%から42.1%へ大きく増加している。

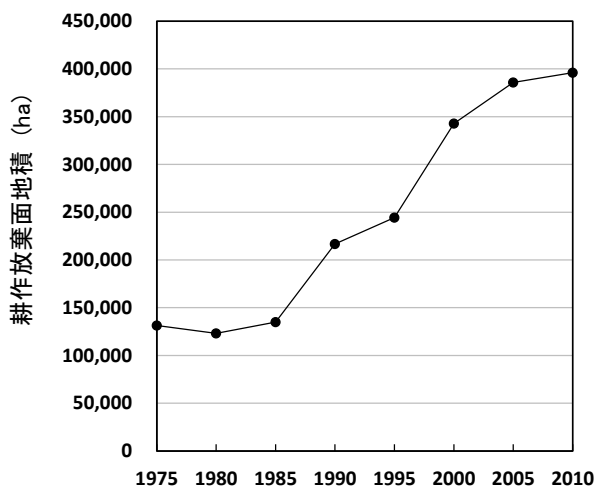


図 2.7 耕作放棄地面積の推移

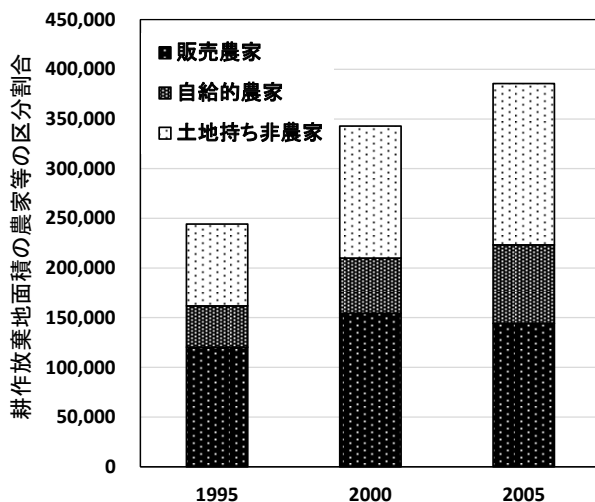


図 2.8 耕作放棄地面積の農家等の区分割合の推移

2.2 農工連携の現状

一般に農工連携とは、第二次産業のモノづくりで培った技術やノウハウを第一次産業である農業で活用することである。以下に、農工連携の例として一般に認識されている植物工場、農地の集約・大規模化、ICT 技術、RT 技術(ロボット技術)について記述する。

2.2.1 植物工場 植物工場と呼ばれる施設を利用した農法には、いくつかの形態がある。平成 21 年 11 月発行の農林水産省、経済産業所省による資料「植物工場の事例集」より引用する。日本国内に存在している植物工場は完全人工光型と陽光・人工光併用型の 2 種に大別できる。完全人工光型では 56%が企業、32%が農業生産法人等による運営である。太陽光・人工光併用型では 69%が農業生産法人等、31%が企業による運営である。完全人工光型植物工場は企業が中心となり、太陽光・人工光併用型は農業生産法人（農家）が中心となって運営されている。特徴的なものとして、完全人工光型では社会福祉法人が運営するものがある。

植物工場による葉物野菜の栽培では、生産コストの低減が課題となる。特に完全人工光型植物工場では、設備コスト（照明コスト含む）と人件費が問題となっている。これらを克服するためには、栽培技術の向上による生産量増加が必須となっている。

近年、大手電機メーカーによる野菜づくりが注目を集めている²⁻⁷⁾。業務の再編成等により、遊休地となっていた半導体工場のクリーンルームを植物工場として再利用する例である。既存の工場を利用するため、設備コストなどのインシャルコストは大幅に削減可能となる。また、環境制御などの高い技術と電気製品などで培った高い知名度を生かし、新規事業として積極的に展開している。

2.2.2 農地の集約・大規模化 農業の生産性を向上させる目的で、耕作地(圃場)を集約し、大規模化させる方式がある。広大な圃場で大型農業機械を駆使し、高能率な農作業による低コスト化を狙ったものである。さらに、光学測量や GPS などの航法システムの有効活用による農業機械の自動運転を行い、無人化技術(車両ロボット)も進展している。図 2.9 と図 2.10 は平成 26 年 12 月に開

催された農研機構主催による「ロボット農業シンポジウム@つくば」でのデモ走行の様子である。しかしながら、北海道を除く日本国内では、耕地面積 2ha 以下の小規模な農家が約 80%を占めている。大規模化のメリットを享受するためには、圃場の確保が課題となっている。また、無人・自動運転の農業機械では、安全対策が最大の課題である。露地栽培においては、圃場への人の立ち入りが容易である。そのため、安全を確保するための事故対策が問題となっている。

技術的にはトラクタなどの農業機械の無人化・自動化は完成の域に達していると考えられる。装置のコストは技術の進歩と生産量の増加と共に克服されて行くと思われる。しかし、安全に関する問題点が解決されない限り、実用化には大きな障壁が存在し続けることになる。



図 2.9 自動(無人)運転中のトラクタ



図 2.10 自動(無人)運転中のコンバイン

2.2.3 ICT技術 クラウド等のICT技術を保有する大手電機メーカーでは、各社の技術を農業へ積極的に展開している。

富士通²⁻⁸⁾では、食・農クラウド Akisai(秋彩)というブランドで農業進出を行っている。同社のホームページでは「生産現場でのICT活用を起点に流通・地域・消費者をバリューチェーンで結ぶサービスを展開します。本サービスは、露地栽培、施設栽培、畜産をカバーし、生産から経営・販売まで企業的農業経営を支援するクラウドサービスです。」と記述されている。

NEC(日本電気株式会社)²⁻⁹⁾では、農業ICTソリューションとして、農業へ進出している。同社のホームページには「次世代農業経営の実現に大きく貢献します。NECの農業ICTソリューションは、農業の生産性を高め販売力を強化するためのノウハウと技術を集約した農業事業者向けクラウドサービスです。」と記述されている。

日立²⁻¹⁰⁾においても農業分野に進出しており、農業情報システム、農業販売生産連携プラットフォーム、植物工場生産支援クラウドサービスなどが同社ホームページに記載されている。

電機メーカー以外では、トヨタ自動車は米作の農業ICTツールを開発・提供²⁻¹¹⁾している。

2.2.4 RT技術(ロボット技術) 農作業における作業者の負荷低減や自動化を目的としたロボット技術である。作業時の負荷低減を目的としたものは、作業者が身に着けるパワーアシストスーツがある。また、自動化では果実の収穫作業を行うロボットがある。

クボタ²⁻¹²⁾では、腕を上げ続ける動作を補助するアシストスーツがラクベストという商品名で販売している。これは、農作業の「軽労化」に着目した商品である。

農研機構生研センターは、シブヤ精機と愛媛県農林水産研究所と共同で定置型イチゴ収穫ロボットを開発した²⁻¹³⁾。本ロボットはイチゴの収穫作業を省力化することを目的とし、循環式移動栽培装置と組み合わせて使用される。そして、平成26年度からの販売を目指すと同ホームページは記述されている。

2.3 ニッチ市場に着目した農工連携

一般の農工連携では、大手製造業による農業への事業展開が大半である。大手企業が収益を確保するためには、それなりのビジネス規模が必要となる。そのため、大規模な耕作地を持ち、資金力のある農業経営体(経営耕地面積が30アール(0.3ha)以上の規模の農業を行う者など)などがその対象となっている。

国内の農業において、耕地面積と戸数を調査した結果から、事業規模とその数を確認できる。農林水産省関東農政局平成24~25年茨城県農林水産統計年報から、全国の営耕地面積規模別経営体数(農業経営体)を引用する²⁻¹⁴⁾。

国内の農業経営体は、**図2.11**に示す通り耕地面積が0.5~1haの農業経営体が最も多い。また、農業経営体の耕地面積とその構成割合を示す**図2.12**を見ると、1ha以下の農業経営体は過半数であり、2ha以下では8割ほどになる。これら小規模な農業経営体は数が多いため、作付している品種も多岐にわたる。そのため、小規模な農業経営体を農工連携の対象とすると、多品種で小規模な事業となる。したがって、大多数の小規模農業経営体は、大手企業が得意とするビジネスには合致せず、農工連携の潮流から取り残されている。以上より、国内で大半を占める従来型ビニールハウスを利用する小規模農家は、大企業の農工連携から対象外となったニッチな市場となっている。

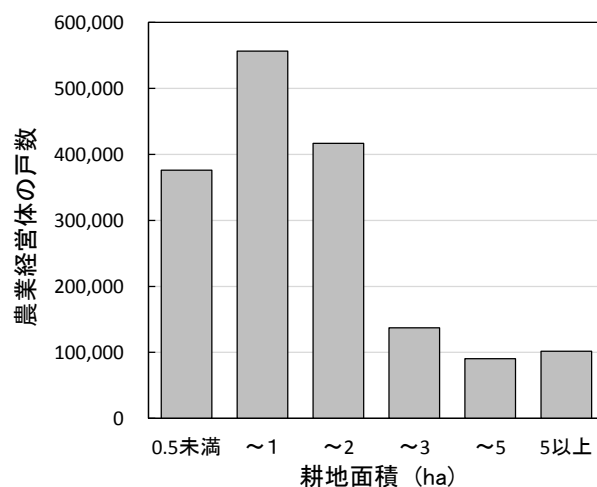


図2.11 農業経営体の耕地面積と戸数

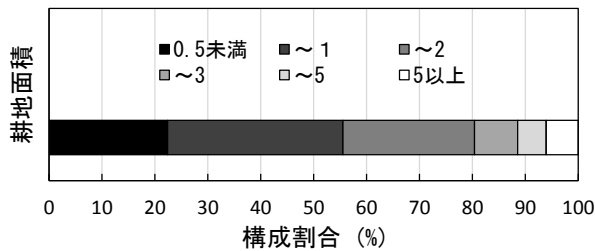


図 2.12 農業経営体の耕地面積と構成割合

3. 栽培管理システムの開発

3.1 はじめに

本章では、栽培管理システムの開発目的、構想、構造と管理方式、実装結果、評価と今後の展望などについて報告する。

栽培管理システムのソフトウェア開発では、従来型ハウスを利用する施設栽培農家の協力を得て、現場のニーズを満たすために第二次産業の標準技術などを積極的に活用する。本栽培管理システムの試作成果は、標準技術に基づく ICT のミドルウェアを活用するため、コンシューマーアグリ研究会メンバの機器やシステム、およびソフトウェアなどと連携が容易であり、オープンイノベーションによる企業間連携ビジネス創出のためのコアシステムと成り得る。

3.2 栽培管理システムの開発目的

3.2.1 栽培対象 栽培管理システムの開発にあたっては、熊本県で、大規模な有機ベビーリーフ栽培と販売を手がける(株)果実堂³⁻¹⁾の協力を得て、システムの要件を整理した。ベビーリーフは、図 3.1 に示す通り、十数センチに成長した複数品種の葉物野菜を混合したサラダ材料であり、見た目も美しく、栄養価の高い野菜である。同社は、熊本空港近隣に数百棟の従来型ハウスを有し、季節や品種の違いにより生育期間が変動するベビーリーフ向け葉物野菜の栽培を、年十毛作で栽培する。受注はデイリーであり、昼から夕方定刻までにオーダーがあった場合、翌日の航空便で東京などの小売店に直送する。

受注がデイリーであるのに対し、種子を播種後、ベビーリーフとして出荷可能な状態まで生育した時点を刈取適期とした場合、播種から刈取適期ま

での生育期間（タクトタイム）が数十日かかるため、必然的に見込み生産となる。

また、鮮度が重要であるため刈取後の在庫期間は殆ど無く、刈取適期から、出荷不可能となる状態まで生育する直前までの期間である刈取適期期間は、ハウスで製品在庫がされていると捉えることができる。

しかし、農作物の生育期間に加え、刈取りを行った際の収量は、季節や気候変動、品種の違い、さらにはハウスの微妙な環境の違いによっても影響を受けてしまう。そのため、第二次産業の製造のように、製品、工程、使用設備などが決まるとタクトタイムや生産効率が一義的に決まるといえるようにはいかない。

また、一方で、クリスマスやゴールデンウィークなどの高需要期や、競合野菜の動向、販売戦略などにより、需要変動があるため、栽培管理を行う上で考慮する必要がある。



図 3.1 ベビーリーフの例

3.2.2 従来の栽培管理方法と課題、および栽培管理システムの開発目的 このような状況下で、これまでの(株)果実堂の栽培の管理方法と課題について述べる。

同社では、予ねてから栽培を行った際の様々な作業を実績イベントとして、汎用データベースソフトウェアである FileMakerPro10 を活用した既存の管理システム（以下、既存管理システム）に蓄積していた。さらに、この既存管理システムの実績イベントは、一部はスクリプトソフトウェアにより必要な形式に情報を加工して表示可能であるが、ほとんどは、人が既存管理システムの実績

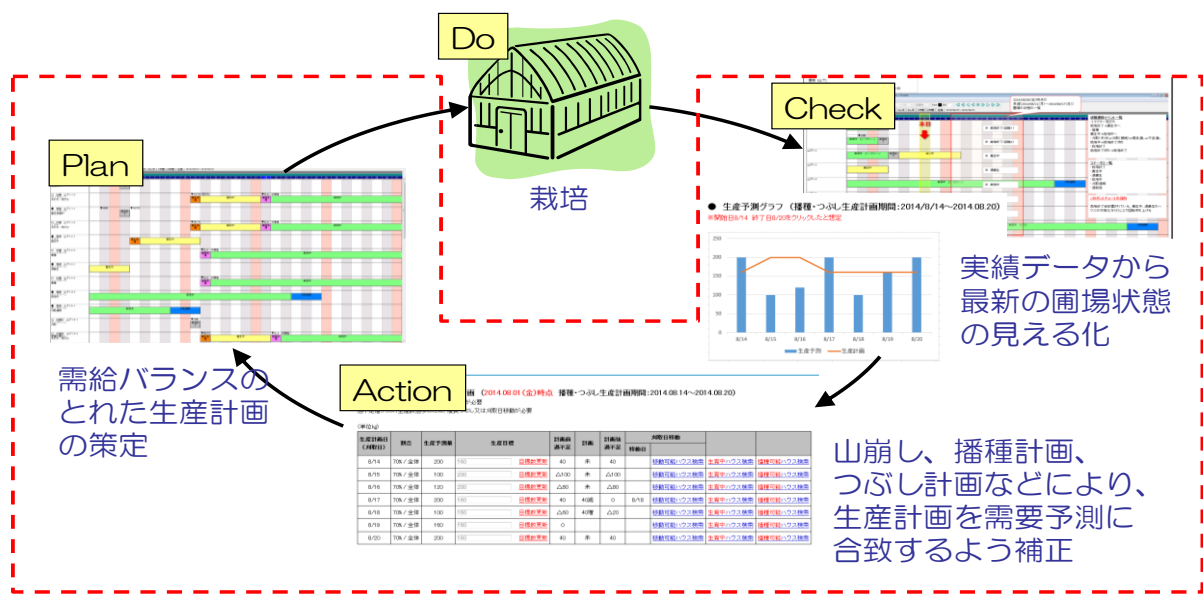


図 3.2 需給バランスのとれた栽培のための PDCA サイクル

イベントを閲覧の上、人の判断により、ハウスやベビーリーフの状態や作業指示を導出し、栽培管理を行っていた。

一方で、需給バランスの観点では、どちらかと言うと栽培担当者側がハウスの能力の限界まで栽培し、栽培実績に合わせて販売を行うような管理になっており、販売が栽培に追従しない場合、売れ残りによる廃棄や、必要な時に売るのが不足するようなチャンスロスが発生することが課題であった。

そこで、本栽培管理システムは、ベビーリーフの作りすぎのムダやチャンスロスの低減を実現する需給バランスの適正化を目的とした。

また、本事業の目的である国内機械産業に関わる生産システムやソフトウェアなどを販売する企業に対し、農業分野の新たな市場開拓のため、本栽培管理システムの実装にあたっては、第二次産業の標準技術に基づく ICT のミドルウェアとして、ORiN 協議会が維持管理している ORiN (Open Resource interface for the Network³⁻²⁾) を活用することとした。

3.3 栽培管理システムの構想

栽培管理システムの開発目的であるベビーリーフの作りすぎのムダやチャンスロスの低減などを実現するためには、栽培実績イベントを既存管理システムに蓄積するだけでなく、図 3.2 に示す通り、Do: 栽培, Check: 実績データから最新のハ

ウスやベビーリーフ状態の見える化, Action: 生産計画を需要予測に合致するよう補正, Plan: 需給バランスのとれた生産計画を策定し Do に繋げるなどの PDCA サイクルをまわす必要がある。これらのうち、栽培により刻々と発生する実績は、これまで通り既存管理システムに蓄積するものとする。栽培管理システムは、既存管理システムと連携し、図 3.2 の破線部分で、次の具体的機能の提供により、PDCA サイクルの実行支援を行う。

- (1) 存在管理システムの実績イベント情報からハウスやベビーリーフ状態の見える化 (Check)
 - (2) ハウスやベビーリーフ状態からの将来の予想収量・時期の推測 (Check)
 - (3) 販売側からの販売計画の入力 (Action&Plan)
 - (4) (2) (3) との差異を把握し、差異が最小になるように、播種済み未刈取の栽培計画の刈取時期の調整 (山崩し)、生育中のベビーリーフの栽培を中止する潰し (つぶし)、および播種などの計画立案 (播種計画追加) (Action&Plan)
- これらのうち、特に (4) の運用イメージを図 3.3 に示す。

3.4 栽培管理システムの構造と管理方式

まず、本栽培管理システムの構造について示す。「3.3 栽培管理システムの構想」で示した「(1) 既存管理システムの実績イベント情報からハウスやベビーリーフの状態の見える化」における実績イベント情報の収集は、既存管理システムから取得

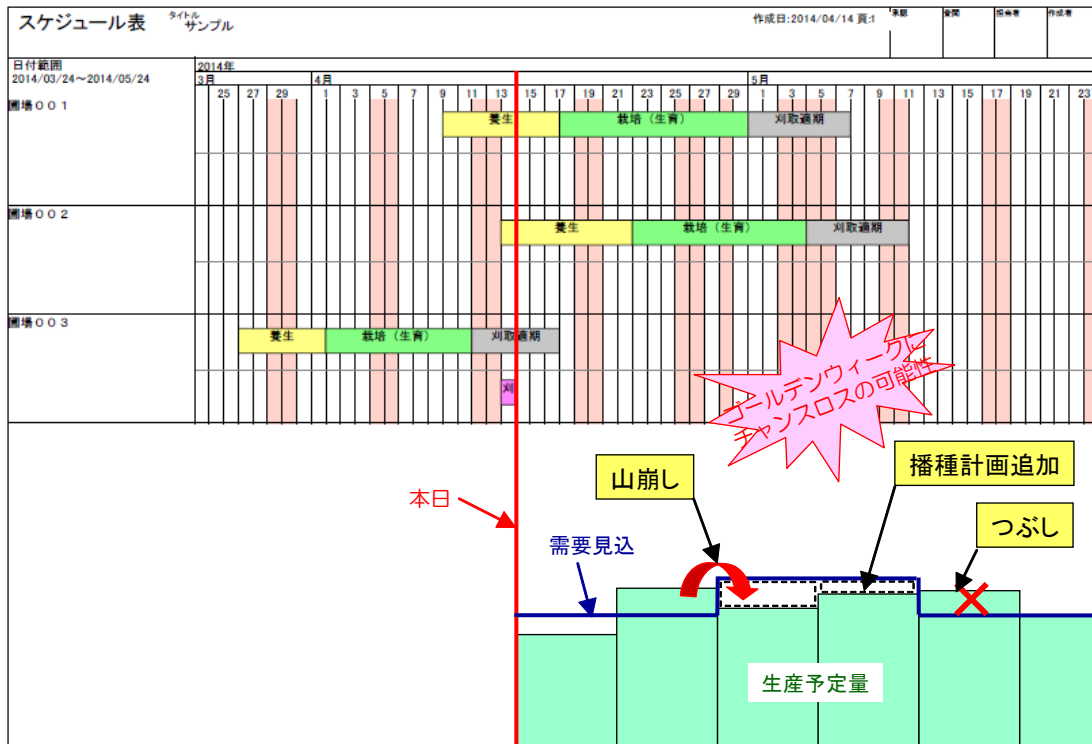


図 3.3 栽培管理システムの構想

する。従って、本栽培管理システムは、既存管理システムと連携して動作することになる。そこで、栽培管理システムが既存管理システムのデータベースと容易に接続し、さらに本栽培管理システムが、今後ベビーリーフのパッケージラインの自動化装置や他のシステムとの接続などの拡張性を考慮するため、栽培管理システムの実装にあたっては、**図 3.4** に示す通り、ORiN を活用した。

つぎに、本栽培管理システムの管理方式として「3.3 栽培管理システムの構想」で示した PDCA を実現するためには、ハウスやベビーリーフの状態と、状態を遷移するイベントの関係を明確にする必要がある。そこで、ハウスやベビーリーフの状態と遷移の関係を明らかにするため、次の手順で検討を進めた。

- (1) 栽培管理を行う上で有効となるハウスやベビーリーフの状態の明確化
- (2) 状態が遷移する上で重要となる既存管理システムの実績イベントの抽出
- (3) 状態とイベントの関係の明確化 (状態遷移図)

「(1)栽培管理を行う上で有効となるハウスやベビーリーフの状態の明確化」においては、次の

状態管理が必要であることがわかった。

- ① 養生中 (土をトラクタで掘り返した後に一定期間土壌を休ませている期間)
- ② 過養生中(養生に必要な一定時間を超過して養生を続けている状態)
- ③ 生育中(養生後、播種をしてベビーリーフが成長している状態)
- ④ 刈取適期(刈取って出荷可能な大きさにまで生育した状態)
- ⑤ 過生育(刈取適期を越え、生育した状態)
- ⑥ 栽培終了(刈取り、つぶしなどを行って栽培が終了した状態)

「(2)状態が遷移する上で重要となる既存管理システムの実績イベントの抽出」については、元々の(株)果実堂の既存管理システムでは、121 種類の実績イベントがあり、この中から①～⑥の状態を遷移させる上で重要な実績イベントとして 9 種類に絞り込んだ。その結果を**図 3.5**に示す。

「(3)状態とイベントの関係の明確化(状態遷移図)」については、(1)と(2)の結果を統合し、**図 3.6**に示す状態遷移図を導出した。本栽培管理システムは、この状態遷移図を基本に、ハウスおよび

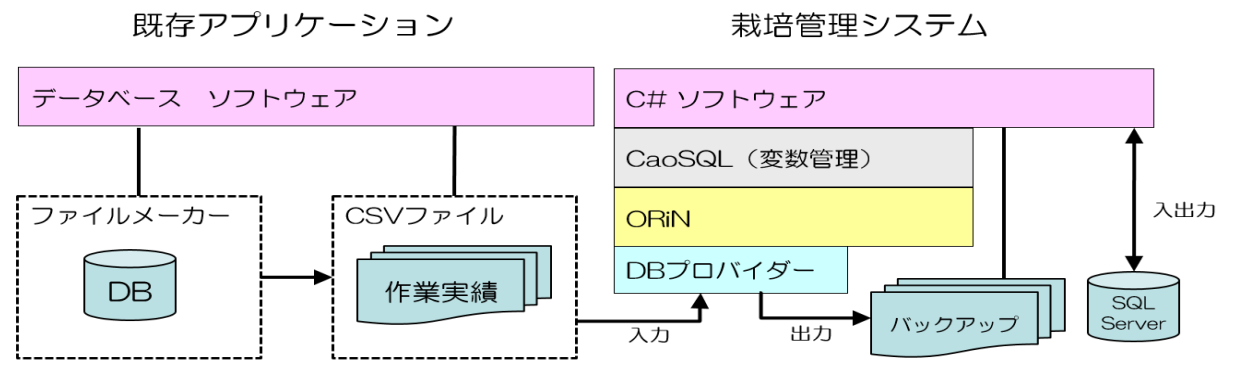


図 3.4 栽培管理システムと既存システムとの接続構造

既存管理システムの作業管理項目
121種類

栽培管理システムで必須となる作業管理項目
9種類

管理番号	作業内容
1	水打ち
2	播種
3	刈取（手刈）
4	刈取（機械）
5	不良潰し
6	2度刈取（手刈）
7	2度刈取（機械）
8	刈取
9	優良潰し
10	水打ち（栽培中）
11	施肥
12	バーナー焼
13	水打ち（荒打前）
14	水打ち（は種後）
15	トラクター（荒打）
16	捕虫作業
17	草取
18	土壌分析（採取）
104	熱シートかけ
105	熱シートはぎ
106	遮光ネットかけ
107	遮光ネットはぎ
108	防風ネットかけ
109	防風ネットはぎ
110	緑肥
111	収穫
112	育苗
113	マルチ張り
114	マルチ麦播種
115	ソルゴー播種
116	農薬どぶ浸け
117	マルチ穴あけ
118	追肥
119	農薬灌注
120	畝立て
121	残渣刈払い



管理番号	作業内容
1	トラクター（荒打）
2	播種
3	定植
4	刈取（手刈）
5	刈取（機械）
6	優良潰し
7	不良潰し
8	栽培終了（ベビーリーフ）
9	栽培終了（ベビーリーフ外）

図 3.5 実績イベントの検討結果

びベビーリーフの栽培管理を行う。

3.5 栽培管理システムの実装結果

3.5.1 概要 前述の構想，および構想と管理方式に基づき，栽培管理システムを実装した．本栽培管理システムの機能は，事前準備としてのマスタ管理，生産計画立案，ビューアとしてのガントチャート出力，および生産計画の調整の4つに大別される．マスタ管理は，例えば季節や品種毎に異なる生育日数などを管理する機能であり，生産計画立案は，刈取日を中心に必要な収穫量を確保

することを念頭に置いた栽培計画の立案機能である．また，ガントチャート出力は，ハウス毎に実績や計画をグラフィカルに表示するためのビューアである．さらに，生産計画の調整は，生産計画立案では，刈取日を中心に栽培計画を立案するため，連作間で必要となる養生期間が過剰となり，結果的に生じ易くなるハウスの利用率低下を調整行ったり，その他計画の微調整を行ったりするための機能である．

以下それぞれの機能概要や運用イメージについて

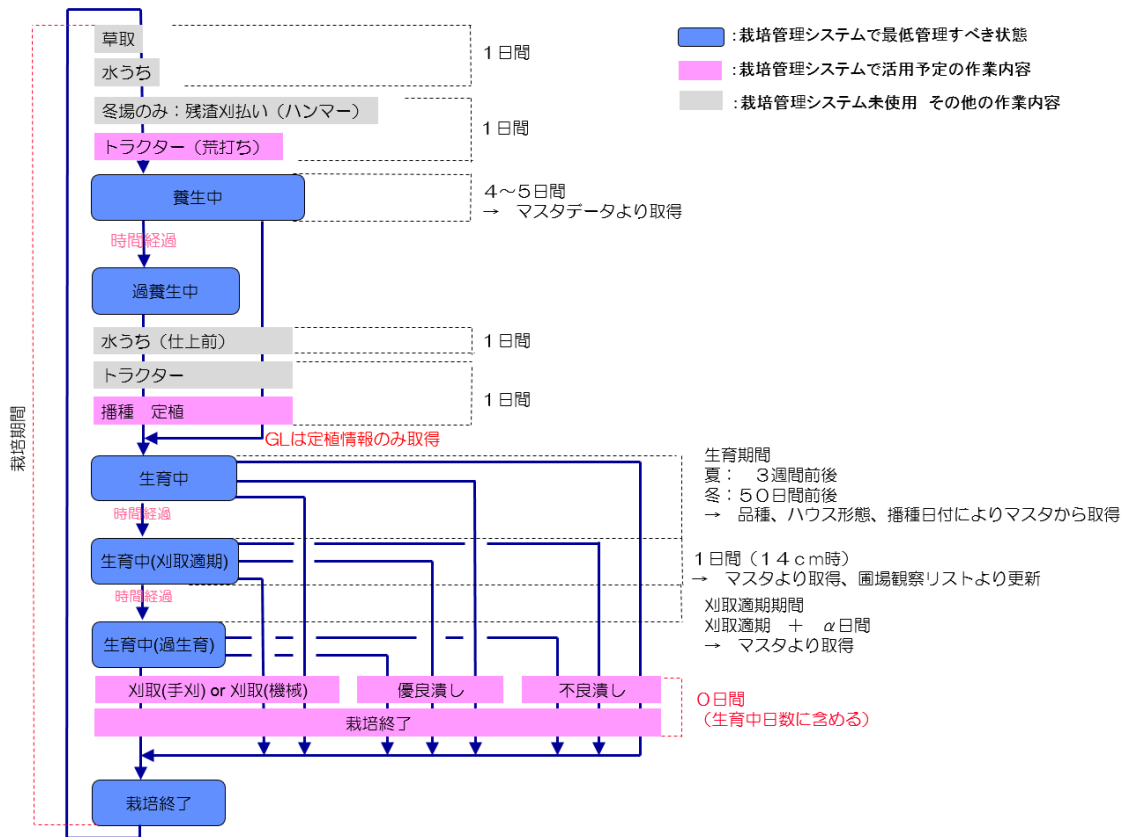


図 3.6 状態遷移図

て示す。

3.5.2 マスタ管理 既に述べた通り、ベビーリーフは、品種毎、季節毎に、生育日数や収量などが変動する。

そこで、本栽培管理システムでは、図 3.7 に示す通り、ベビーリーフの生育に直接関わる生育日数管理マスタ（品種・ハウス形態毎、366 日毎の生育日数を管理）、収穫管理マスタ（品種・ハウス形態毎、366 日毎の刈取適期期間を管理）などを設ける。また、季節毎に必要なハウスの養生日数が異なるための、養生日数管理マスタ（月、ハウス毎に養生日数を管理）を準備する。さらには、播種計画の目安となるように、年間播種計画マスタ（1 年を通して 1 日に播種するハウス数の計画）を持たせた。

一方、ハウスでは、計画対象外のハウスや季節限定ハウス、一時的に借りている外部のハウスなどがあり、適時更新、および管理が必要である。そこで、図 3.8 に示すように、ハウスマスタ管理機能を設け、マウスの選択のみで更新が可能な機

能を加えた。

3.5.3 生産計画立案 生産計画立案は、既存管理システムからの最新実績イベントを取り込む(1)実績データ取り込みの機能に加え、生産不足や生産過剰を調整するための(2)刈取日移動計画立案、(3)つぶし計画立案、および(4)播種計画立案の 3 つの機能がある。それぞれの概要は、以下の通りである。

(1) 実績データ取り込み

既存管理システムには、最新の実績イベントが蓄積されるが、この最新の実績イベントを、CSV 形式の一時ファイルとして出力する機能を設けた。

さらに、栽培管理システムには、既存管理システムから出力された最新の実績イベント一時ファイル(CSV ファイル)を取り込む機能を設けた。この際、ORiN の DB プロバイダを活用した。

実際の栽培管理システムの操作としては、既存管理システムから実績イベントを一時ファイルとして出力しておき、図 3.9 に示す通り、栽培管理システムの実行ボタンのクリックにより、実績イ



図 3.7 マスタ管理画面

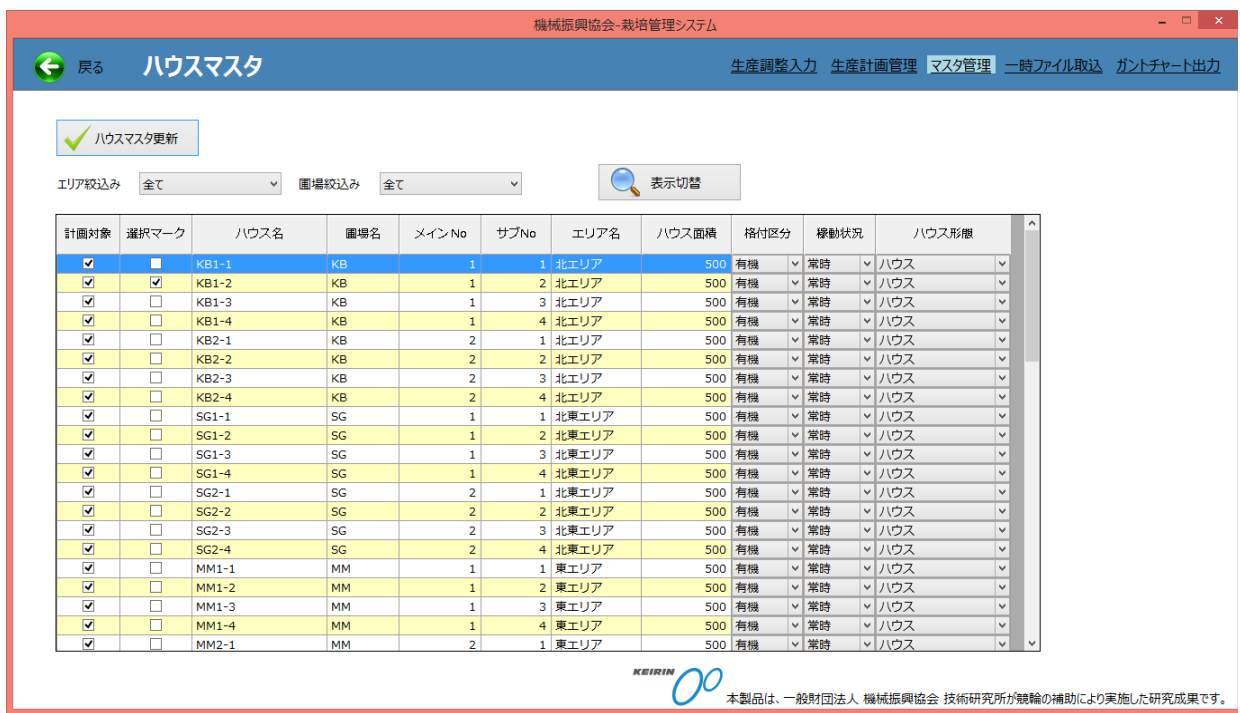


図 3.8 ハウスマスタ管理画面

ベントと、週 1~2 回程度、作業者がハウスを見回って、刈取日予測や刈取量予測の修正情報を収集して、既存管理システムに登録しているハウス観察データの 2 つの一時ファイルのエラーチェックを行い、エラーがなかった場合に一時ファイルを取り込む。エラーがあった場合は、図 3.10 に示す

通りのようにエラーメッセージを表示する。

(2) 刈取日移動計画立案

(1) で一時ファイルを取り込んだ後、生産調整入力の画面を表示すると、例えば図 3.11 に示すように、ベビーリーフを構成する品種の大別である



図 3.9 一時ファイル読込み画面

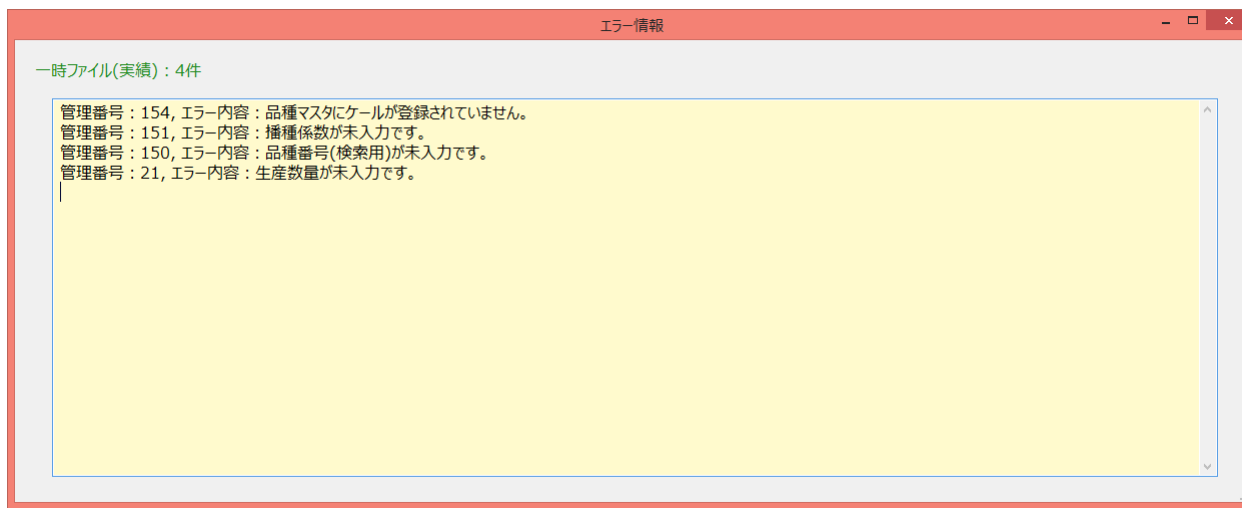


図 3.10 一時ファイル読込み時のエラー表示例

青物、赤物、ビート、スピナッチなどの品種区分別などの条件別に、横軸に日付、縦軸に予想収穫量(kg)として、棒グラフで予想収穫量が表示される。

また、図 3.11 の赤折れ線は、販売部門から得た生産目標収穫量であるが、各日付における予想収穫量と、本折れ線グラフとの間で差異があった場合、生産不足、あるいは生産過剰として認識することができる。

本刈取日移動計画は、この生産過剰の刈取計画を、刈取適期期間の範囲で生産不足となる日付に移動することで、山崩しを行う機能である。

例えば、図 3.11 における 2015 年 1 月 30 日は、生産目標収穫量が 120kg であるのに対し、予想収穫量が 140kg となっており、20kg の生産過剰が予想される。そこで、この 20kg の生産過剰分を本刈取日移動計画により、生産不足となっている 2015 年 2 月 2 日に計画移動する場合を例に、操作イメージを紹介する。

まず、図 3.11 で、生産過剰になっている 2015 年 1 月 30 日の日付をクリックすることで、図 3.12 の画面に切り替わる。図 3.12 の左半分には、カレンダーが表示され、青下地表示の 2015 年 1 月 30 日を中心に、前後 10 日ずつ、同一品種区分の日付

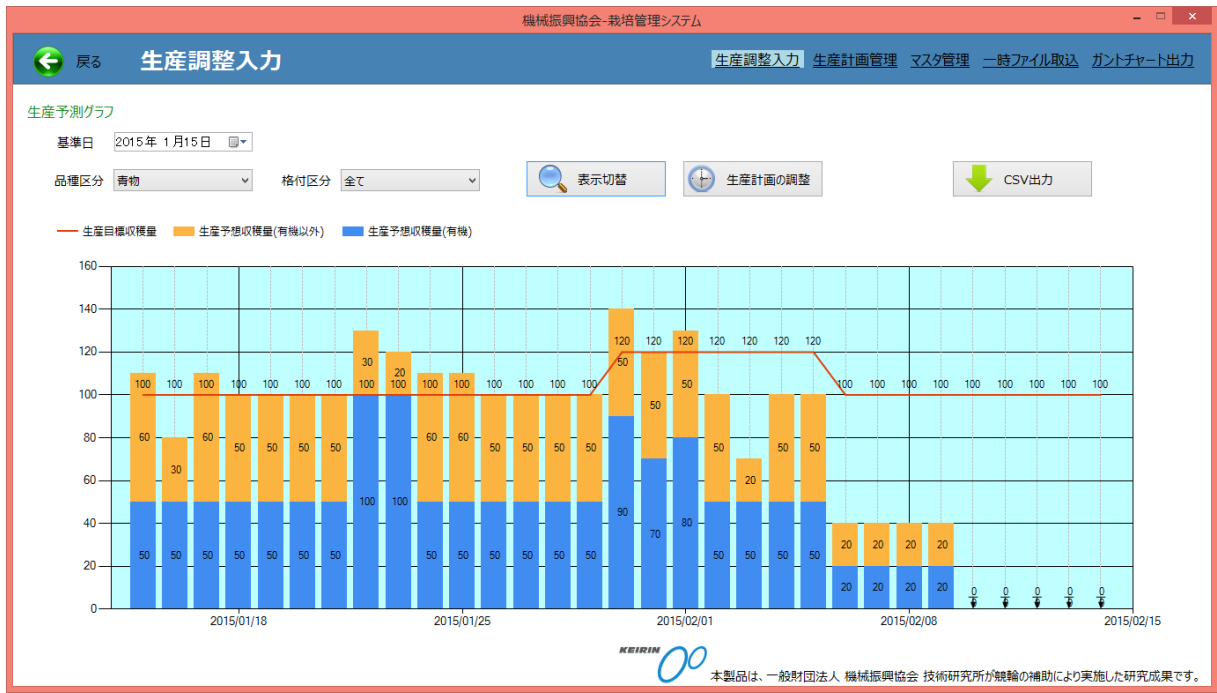


図 3.11 生産予測グラフ（移動前）

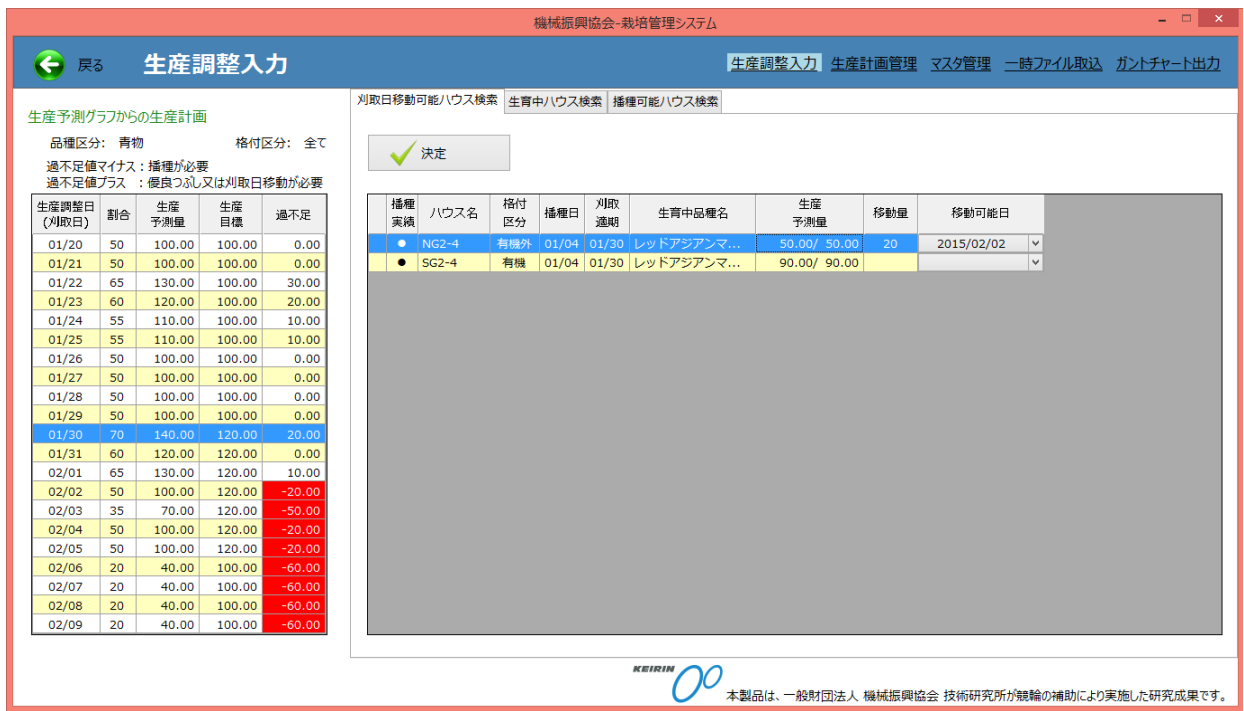


図 3.12 刈取日移動可能ハウス検索（移動前）

毎の予想収穫量が表示される。図 3.12 の右半分には、刈取日移動可能ハウス検索、生育中ハウス、および播種可能ハウス検索の 3 つのタブがあり、そのうち刈取日移動可能ハウス検索のタブをクリックすることで、2015 年 1 月 30 日の予想収穫量の内訳となるハウス一覧が表示され、例えば、ハウス名 MG2-4 の 2015 年 1 月 30 日の全生産予想量

50kg のうち、20kg の刈取りを、2015 年 2 月 2 日に遅らせるように操作し、図 3.12 の決定をクリックすると、図 3.13 に示すように、移動後の状態が表示され、2015 年 1 月 30 日から 2015 年 2 月 2 日に、20kg 分の刈取り予定の移動を確認することができる。

さらに、再度生産調整入力のクリックにより、

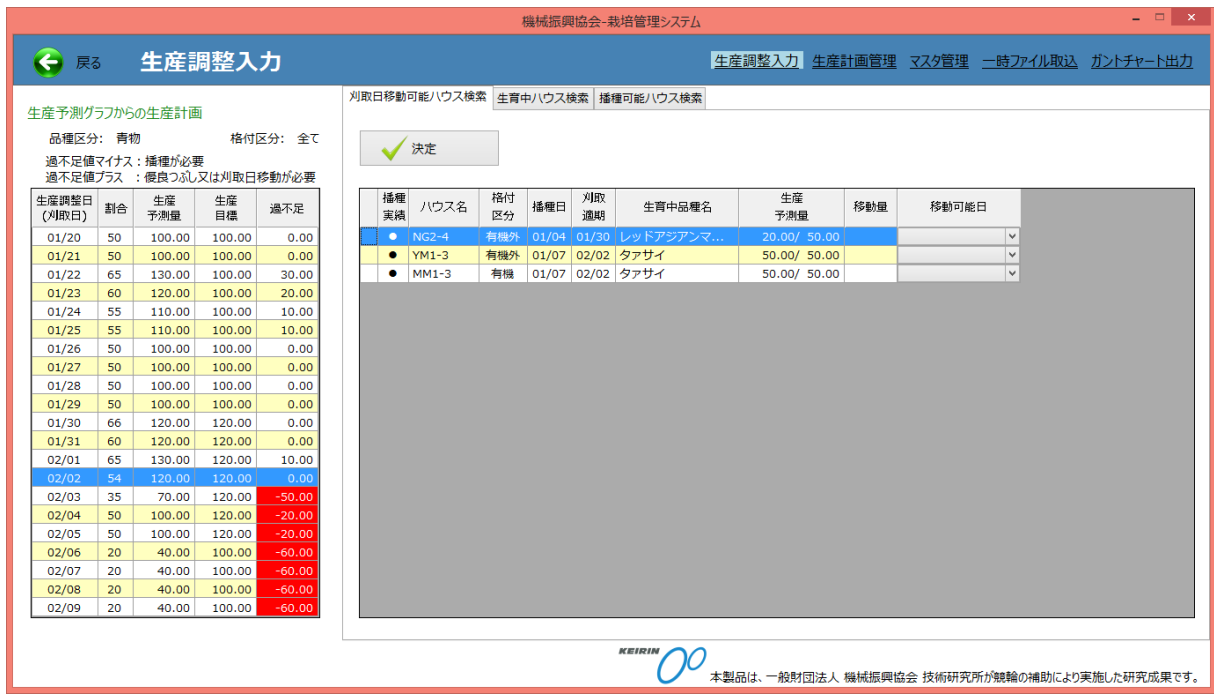


図 3.13 刈取日移動可能ハウス検索 (移動後)

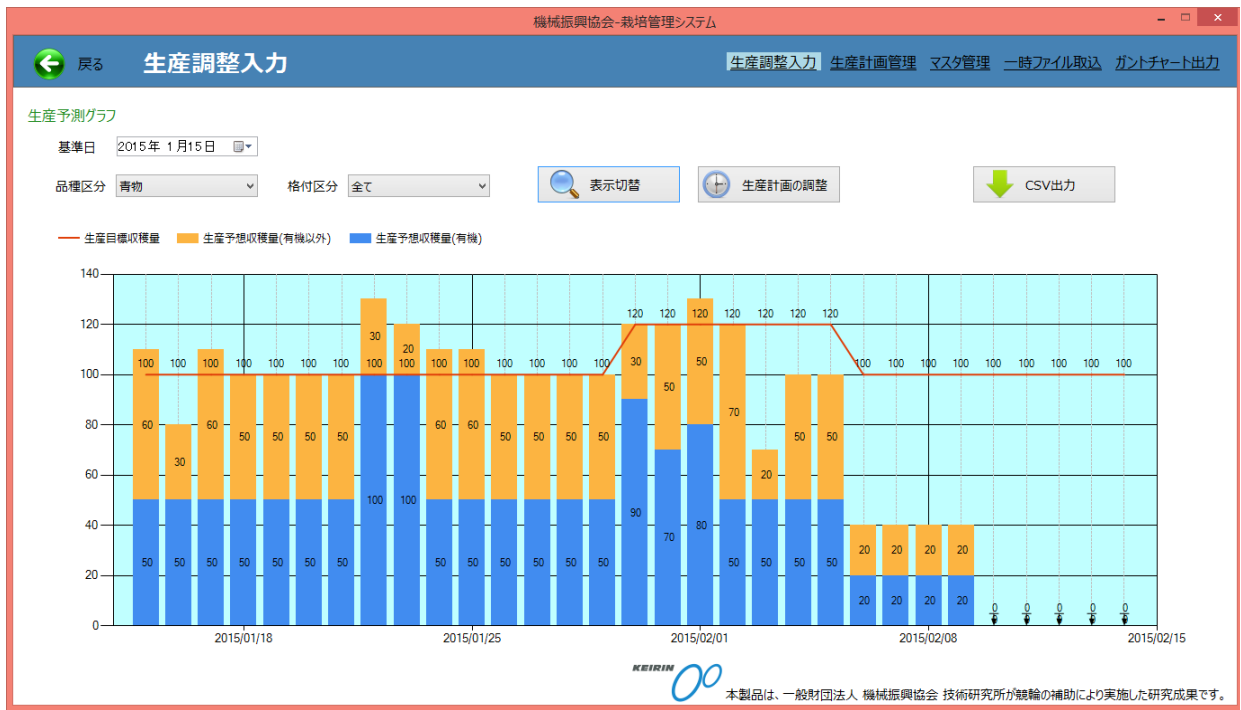


図 3.14 生産予測グラフ (移動後)

図 3.14 に示すグラフに戻り、このグラフ上でも 2015 年 1 月 30 日、および 2015 年 2 月 2 日の予想収穫量が、生産目標収穫量と一致して、生産不足や生産過剰が解消されたことが確認できる。

(3) つぶし計画立案

つぶし計画は、刈取日移動計画の立案では、解消しきれない過剰生産計画に対して行う処理であ

る。例えば、図 3.14 において、2015 年 1 月 23 日は、20kg の過剰生産となることが分かる。しかし、2015 年 1 月 23 日近隣の日付は、いずれも生産過剰であったり、予想収穫量が、生産目標収穫量と同一であったりするため、刈取日移動計画の立案ができず、このままでは、2015 年 1 月 23 日は 20kg の過剰生産のままとなる。そこで、もしこの過剰



図 3.15 つぶし対象ハウス検索 (つぶし計画立案前)

生産分が販売困難であると判断された場合、生育中のハウスをトラクタで耕し、次の播種のためにハウスの準備を進めるためのつぶし計画を立案しなければならぬ場合がある。

この場合、まず、図 3.14 で、生産過剰になっている 2015 年 1 月 23 日の日付をクリックすることで、図 3.15 の画面に切り替わる。

刈取日移動計画の立案の場合と同様に、図 3.15 の左半分には、カレンダーが表示され、青下地表示の 2015 年 1 月 23 日以降の同一品種区分の日付毎の予想収穫量が表示される。図 3.15 の右半分には、刈取日移動可能ハウス検索、生育中ハウス、および播種可能ハウス検索の 3 つのタブがあり、そのうち生育中ハウスのタブをクリックすることで、青下地表示の 2015 年 1 月 23 日の予想収穫量を構成するハウスの一覧が表示される。そこで、図 3.15 右半分において、つぶし計画を立案したいハウス名として、例えば、過剰生産となる 20kg 分の収穫が予想されるハウス NG1-1 をクリックすると、同ハウスが青下地表示となり、決定のクリックにより同ハウスのつぶし計画の立案が可能となる。図 3.16 は、ハウス名 NG1-1 のつぶし計画を立案した後の画面表示であり、2015 年 1 月 23 日の生産過不足が 0kg になったことが確認できる。

さらに、再度生産調整入力のクリックにより、

図 3.17 に示すグラフに戻り、このグラフ上でも 2015 年 1 月 23 日の予想収穫量が、生産目標収穫量と一致して、生産過剰が解消されたことが確認できる。

(4) 播種計画立案

播種計画立案は、刈取日移動計画の立案では、解消しきれない生産不足に対して行う処理である。例えば、図 3.17 において、2015 年 2 月 5 日が、生産目標収穫量に対し、収穫予想量 20kg が不足している。そこで、図 3.17 において、2015 年 2 月 5 日をクリックすることで、図 3.18 の画面に切り替わる。図 3.18 の左半分には、カレンダーが表示され、青下地表示の 2015 年 2 月 5 日前後日付の同一品種区分の日付毎の予想収穫量が表示される。図 3.18 の右半分には、刈取日移動可能ハウス検索、生育中ハウス、および播種可能ハウス検索の 3 つのタブがあり、そのうち播種可能ハウス検索のタブをクリックすることで、2015 年 2 月 5 日に刈取り可能なハウス一覧が表示される。そこで、図 3.18 右半分において、播種計画を立案したいハウス名として、例えば、KB1-2 をクリックすると、同ハウスが青下地表示となり、播種したい品種名選択、播種日の選択確認、ハウスの栽培可能面積全体を 1 とした時に、播種したい面積である播種計数を入力し、決定のクリックにより播種計画が



図 3.16 つぶし対象ハウス検索（つぶし計画立案後）

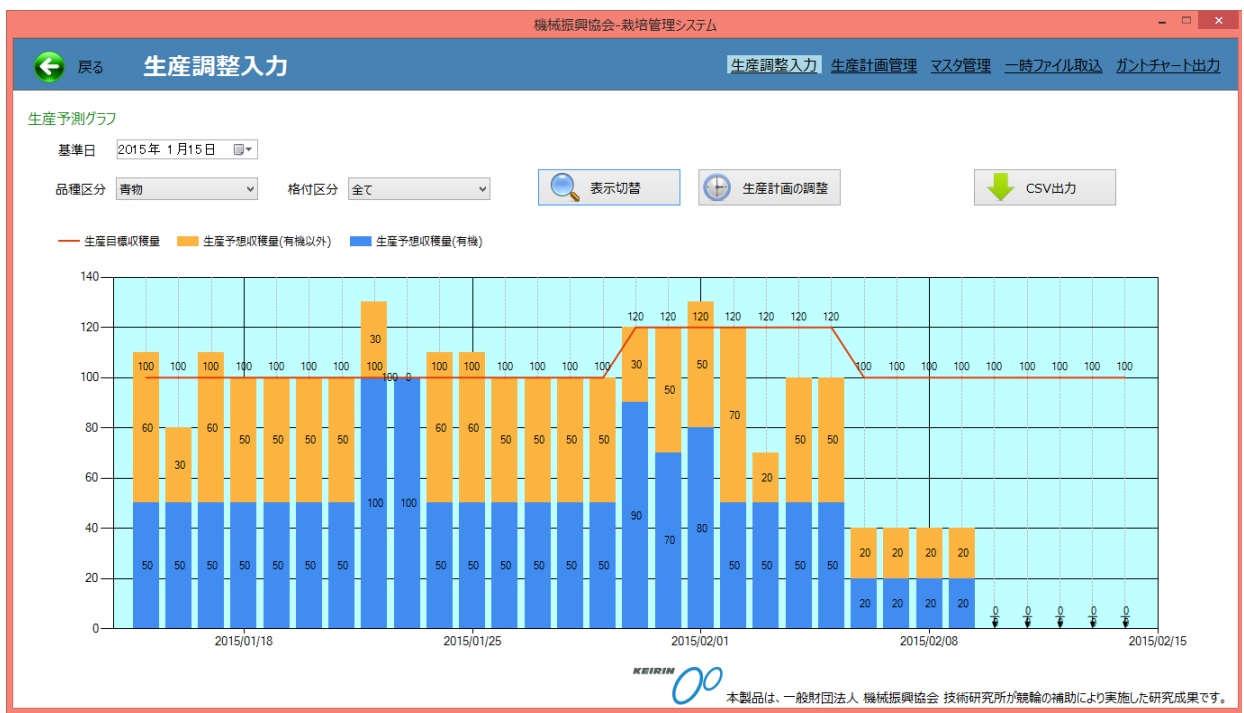


図 3.17 生産予測グラフ（つぶし計画立案後）

立案できる。図 3.19 は、本播種計画立案した後の画面表示であり、2015年2月5日の予想収穫量が、生産目標収穫量と一致したことが確認できる。

さらに、再度生産調整入力のクリックにより、図 3.20 に示すグラフに戻り、このグラフ上でも2015年2月5日の予想収穫量が、生産目標収穫量

と一致し、生産不足が解消されたことが確認できる。

3.5.4 ガントチャート出力 本栽培管理システムでは、実績や計画の状態をより分かりやすく表示するためのビューアとして、ガントチャート出力機能を実装した。本ガントチャート出力機能は、



図 3.18 播種対象ハウス検索 (播種計画立案前)



図 3.19 播種対象ハウス検索 (播種計画立案後)

主に(1)実績ガントチャート出力と、(2)計画ガントチャート出力との2つの機能を有する。(1)実績ガントチャート出力は、3.5.3 生産計画立案で示した 実績データ取り込み直後に、既存管理システムの実績データのみをガントチャート出力するのである。(2)計画ガントチャート出力は、既存管

理システムの実績データに、刈取日移動計画立案、つぶし計画立案、および播種計画立案などにより、立案した計画を加えた状態でのガントチャート出力するものである。なお、計画ガントチャート出力は、ある時点の実績データに、同時点に立案した計画を加えた状態を保存しておき、さらに時間

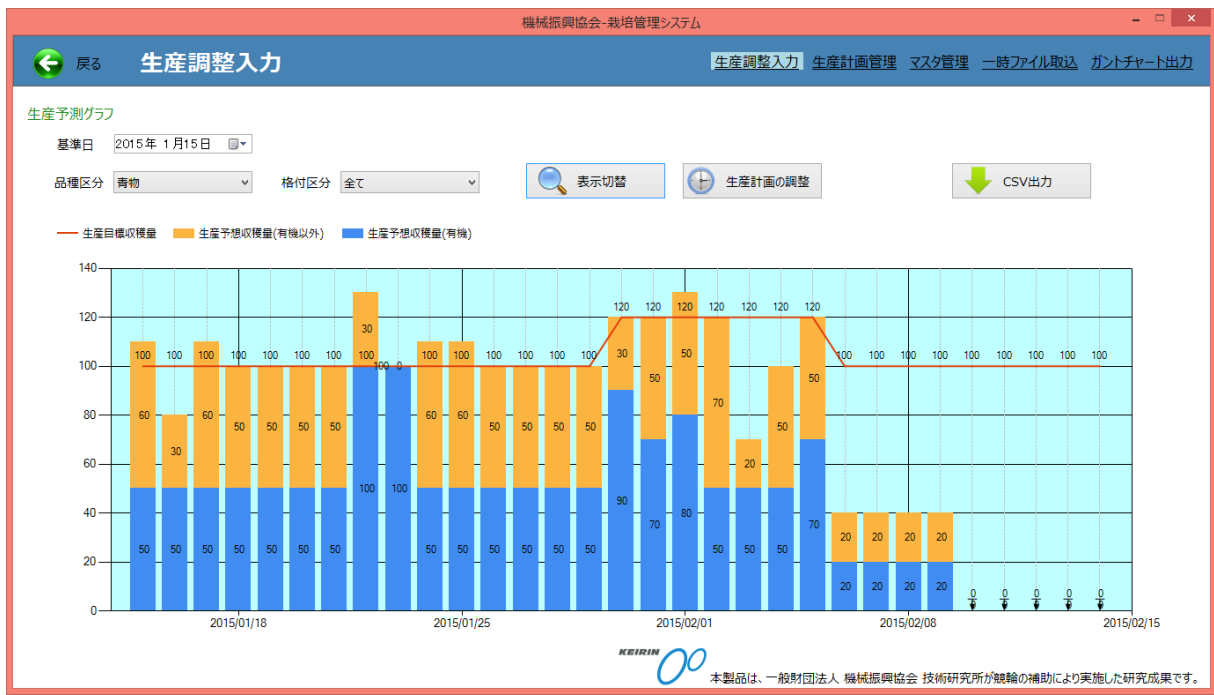


図 3.20 生産予測グラフ（播種計画立案後）

経過し、保存しておいた実績データと計画を呼び出し、新たな最新実績データを重ねた際に、作業遅延などにより計画を修正する必要性が生じた場合に、自動的に修正して、矛盾した計画を排除した状態でのガントチャート出力も可能である。それぞれの表示イメージなどについて、以下に示す。

(1) 実績ガントチャート出力

3.5.3 生産計画立案で示した 実績データ取り込み直後に、生産予測グラフ表示のガントチャート出力タブをクリックすると、図 3.21 に示すようなガントチャート出力の画面が表示される。同図 3.21 の実績ガントチャート出力メニューで、ハウスの所在を示すエリア名、ハウス名などの絞り込み条件を選択後、出力をクリックすると、図 3.22 に示すような実績データのみのガントチャートを表示することができる。ただし、本実績ガントチャート出力は、作業実績より最新の三連作のガントチャートを表示するものとし、播種済の実績に対しては、播種品種の生育日数・刈取適期を算出し、さらに作業者がハウスを観察して刈取適期などを修正したハウス観察リストのデータがあれば、同データも考慮の上、ガントチャート出力を行う。

(2) 計画ガントチャート出力

計画ガントチャート出力は、既存管理システムの実績データに、刈取日移動計画立案、つぶし計

画立案、および播種計画立案などにより、立案した計画を加えた状態でのガントチャート出力するものである。図 3.21 の計画ガントチャート出力メニューで、エリア名、ハウス名などの絞り込み条件を選択後、出力をクリックすると、図 3.23 に示す計画ガントチャートが表示される。

また、本計画ガントチャートでは、最新の作業実績データを取り込んだ際、既存の計画に対して計画通りに実績があった場合は、既存の計画を実績に変更し、遅れが生じた既存の計画については、以降の既存の計画を後ろへスライドさせるなどの自動修正を行う機能を有する。

3.5.5 生産計画の調整 生産計画の調整は、生産計画立案では、刈取日を中心に栽培計画を立案するため、連作間で必要となる養生期間が過剰となり、結果的に生じ易くなるハウスの利用率低下を調整行ったり、その他計画の微調整を行ったりするための機能である。

本機能は、例えば、図 3.20 に示す生産予測グラフ画面の生産計画の調整をクリックすることで、図 3.24 に示すような生産調整管理の画面に切り替わり、有効になる。ここでは、計画内容を一覧表示し、ハウス毎の計画の確認・削除、計画間の過養生期間削除などを行うことができる。さらに、計画個別の修正、削除のみならず、例えば、図 3.25



図 3.21 ガントチャート出力画面

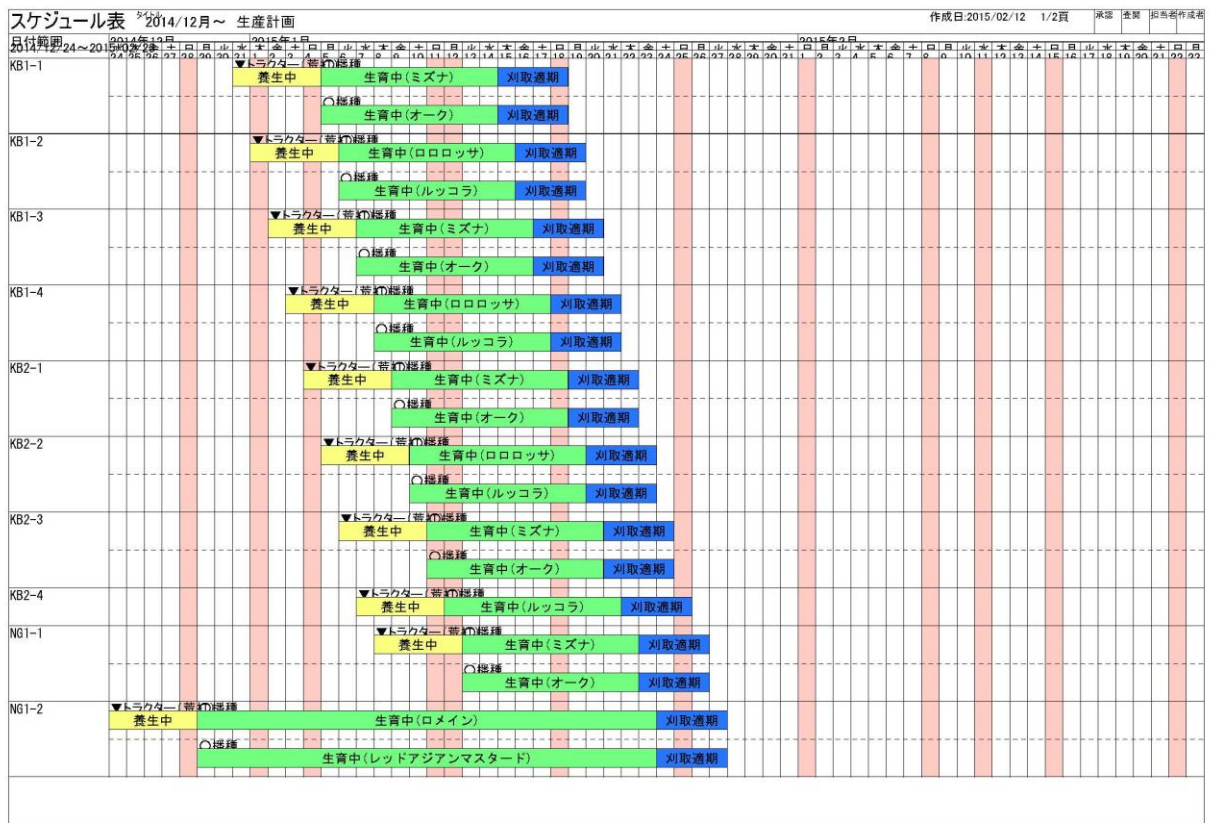


図 3.22 実績ガントチャート

のガントチャートで示すように、複数の計画で赤下地表示の過養生が生じている場合などにおいて、図 3.24 に示すような生産調整管理の画面の計画を詰める（過養生期間自動削除）をクリックすることで、これらの過養生期間を自動削除し、計画

を自動的に詰める機能も有する。なお、図 3.26 のガントチャートは、過養生期間の多い図 3.25 のガントチャートに対し、計画を詰める（過養生期間自動削除）により、過養生期間を自動削除した結果を示している。

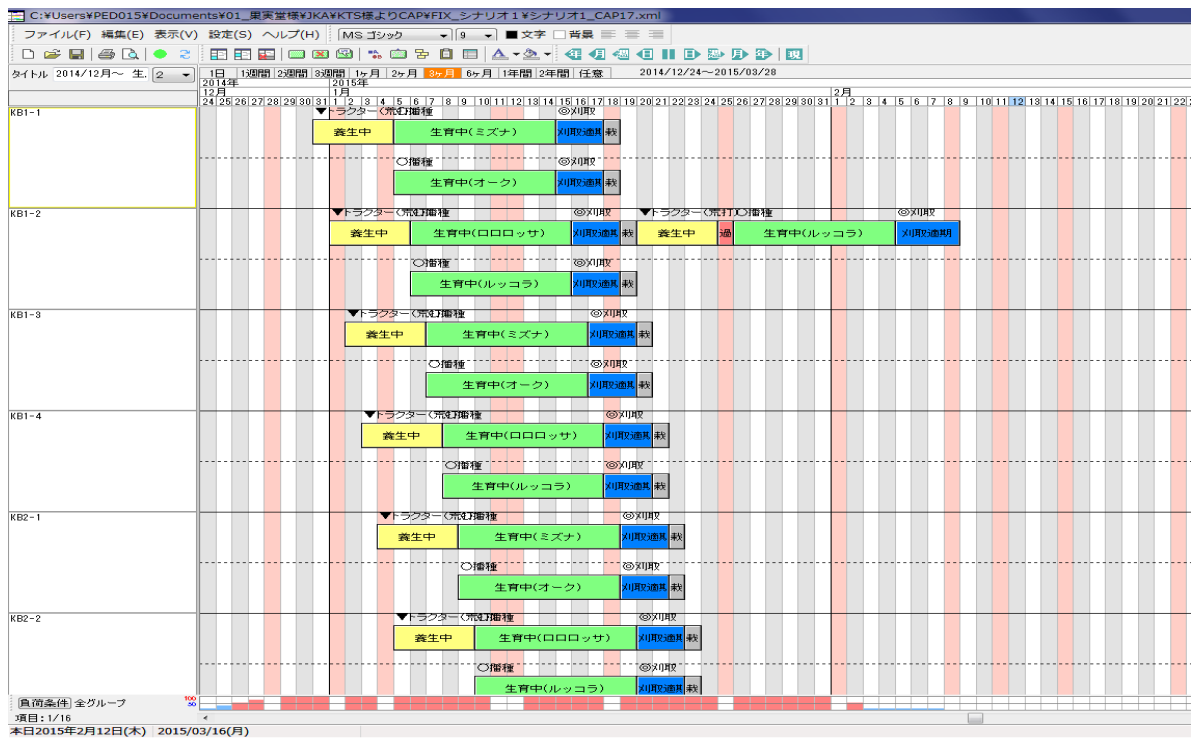


図 3.23 計画ガントチャート



図 3.24 生産調整管理の画面

3.6 栽培管理システムの評価と今後の展望

開発した栽培管理システムの動作検証実験を行った。実験では、(一財)機械振興協会技術研究所に栽培管理システムを設置し、(株)果実堂側で既存管理システムから実績イベント一時ファイルを出し、メールやインターネットストレージ経由で、(一財)機械振興協会技術研究所側へ送付した。さ

らに、(一財)機械振興協会技術研究所では、本実績イベント一時ファイルを、栽培管理システムに読み込ませ、刈取日移動計画立案、つぶし計画立案、および播種計画立案などの機能により、栽培計画の立案を行った。本実験の結果、実装した栽培管理システムの機能が正常動作することを確認した。

スケジュール表		2014/12月～ 生産計画		作成日:2015/02/12												承認	査閲	担当者	作成者		
日付範囲		2014年				2015年								3月							
2014/12/21～2015/03/25		12月		1月		2月								2月		3月					
		22	29	5	12	19	26	2	9	16	23	2	9	16	23						
KB1-1				▼トラクター播種(1)	◎刈取																
				養生中	生育中(ミズナ)	刈取															
KB1-2				▼トラクター播種(1)	◎刈取	▼トラクター(荒打)播種	◎刈取	▼トラクター(荒打)播種	◎刈取												
				養生中	生育中(ルッコラ)	刈取	養生中	過養生	生育中(オーク)	刈取	養生中	過養生	生育中(ミズナ)	刈取							
KB1-3				▼トラクター播種(1)	◎刈取																
				養生中	生育中(ミズナ)	刈取															
KB1-4				▼トラクター播種(1)	◎刈取	▼トラクター播種(1)	◎刈取														
				養生中	生育中(ルッコラ)	刈取	養生中	生育中(ミズナ)	刈取												
KB2-1				▼トラクター播種(1)	◎刈取																
				養生中	生育中(ミズナ)	刈取															
KB2-2				▼トラクター播種(1)	◎刈取	▼トラクター(1)播種	◎刈取														
				養生中	生育中(ルッコラ)	刈取	養生中	生育中(ミズナ)	刈取												
KB2-3				▼トラクター播種(1)	◎刈取	◎刈取															
				養生中	生育中(オーク)	刈取	過生育														
KB2-4				▼トラクター播種(1)	◎刈取	◎刈取															
				養生中	生育中(ロロロ)	刈取															

図 3.25 過養生期間が多い計画例

スケジュール表		2014/12月～ 生産計画		作成日:2015/02/12												承認	査閲	担当者	作成者		
日付範囲		2014年				2015年								3月							
2014/12/21～2015/03/25		12月		1月		2月								2月		3月					
		22	29	5	12	19	26	2	9	16	23	2	9	16	23						
KB1-1				▼トラクター播種(1)	◎刈取																
				養生中	生育中(ミズナ)	刈取															
KB1-2				▼トラクター播種(1)	◎刈取	▼トラクター播種(1)	◎刈取	▼トラクター播種(1)	◎刈取												
				養生中	生育中(ルッコラ)	刈取	養生中	生育中(オーク)	刈取	養生中	生育中(ミズナ)	刈取									
KB1-3				▼トラクター播種(1)	◎刈取																
				養生中	生育中(ミズナ)	刈取															
KB1-4				▼トラクター播種(1)	◎刈取	▼トラクター播種(1)	◎刈取														
				養生中	生育中(ルッコラ)	刈取	養生中	生育中(ミズナ)	刈取												
KB2-1				▼トラクター播種(1)	◎刈取																
				養生中	生育中(ミズナ)	刈取															
KB2-2				▼トラクター播種(1)	◎刈取	▼トラクター(1)播種	◎刈取														
				養生中	生育中(ルッコラ)	刈取	養生中	生育中(ミズナ)	刈取												
KB2-3				▼トラクター播種(1)	◎刈取	◎刈取															
				養生中	生育中(オーク)	刈取	過生育														
KB2-4				▼トラクター播種(1)	◎刈取	◎刈取															
				養生中	生育中(ロロロ)	刈取															

図 3.26 計画を詰める(過養生期間自動削除)により過養生期間を詰めた計画例

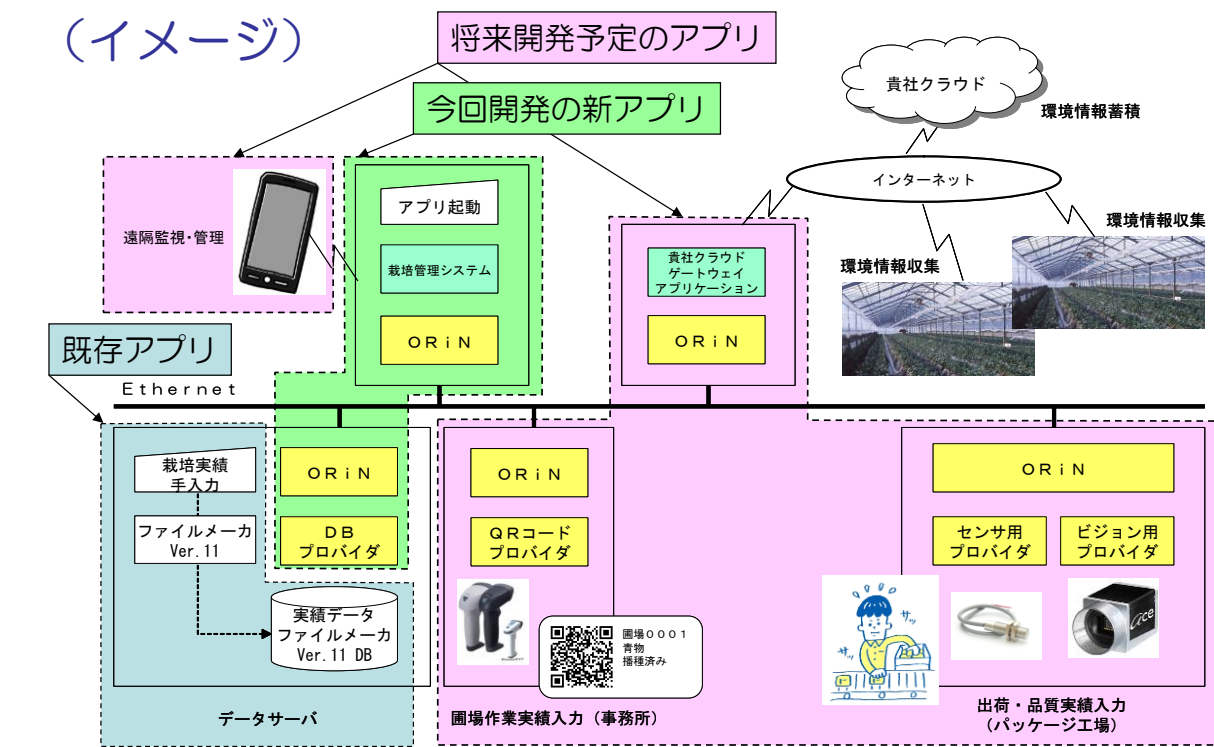


図 3.27 将来構想

なお、本実験は、(株)果実堂（熊本県上益城郡）と、(一財)機械振興協会技術研究所（東京都東久留米市）間とを、平成 20 年度 製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究等補助事業 標準技術活用による生産支援に関する研究で開発した遠隔監視・保守支援用コラボレーション機能³⁻³⁾の研究成果を活用して実用化した生産現場向け Web 会議システムであるリモートファクトリで接続して、インタラクティブなコミュニケーションをはかりながら進めたため、効率的な実験が実施可能であった。

今後は、栽培管理システムを、(株)果実堂に試験導入し、実稼動実験を行う予定である。さらに、**図 3.27** に示す通り、本栽培管理システムが活用している第二次産業の標準技術に基づく ICT のミドルウェア ORiN による接続性を活用し、実績入力の自動化、パッケージ梱包ラインの ICT 化などの機能拡張について検討する。

また、本栽培管理システムと、コンシューマーアグリ研究会メンバーのソフトウェアやシステムとの連携をはかることで、協業ビジネスを促進させる予定である。

3.7 おわりに

従来型ハウスなどを利用する大多数の施設栽培に重点を置き、第二次産業の標準技術や生産システム技術を適用することで、高品質・高能率な農産物の生産と経営改善に寄与し、同時に国内機械産業に関わる企業に対して、農業分野の新たな市場を開拓することを目的に、(株)果実堂の協力を得て、第二次産業の標準技術に基づく ICT のミドルウェアである ORiN を活用した栽培管理システムを試作した。

(株)果実堂の既存管理システムからの実績イベント一時ファイルにより、開発した栽培管理システムの評価実験を行った結果、実装した機能が正常動作することを確認した。

今後は、栽培管理システムを(株)果実堂に試験導入し、栽培管理システムの実稼動実験を行う予定である。さらに、コンシューマーアグリ研究会において、栽培管理システムと、同研究会メンバーのソフトウェアやシステムとの連携をはかることで協業ビジネスを促進させ、第一次産業と第二次産業との双方の産業発展に貢献するよう尽力する予定である。

4. パレット生産システムの開発

本章では、パレット生産システムという葉物野菜の生産システムを提案する。本システムは、ビニールハウスでの葉物野菜栽培の効率を高めるもので、播種から収穫までの一連のシステムである。

今年度は播種、発芽・育苗、栽培までの装置開発を行い、次年度に収穫装置の開発を行う計画である。

4.1 葉物野菜の生産工程

一般に、施設園芸による土耕栽培では、以下の手順で葉物野菜を栽培している。

1. 土づくり(除草, 補水, 耕うん, 施肥など)
2. 養生
3. 播種準備(補水, 耕うん)
4. 播種
5. 生育
6. 収穫

上記工程の日数は季節によって左右されるが、土づくりは2日程度、養生は4~5日、播種準備は播種を含めて2日程度、生育は収穫を含めて夏季が20日程度で冬季が50日程度必要となる。以上より、野菜の生産に必要な日数は、夏季では30日弱、冬季では60日弱となる。

4.2 現在の問題点

土耕栽培による葉物野菜の生産では、4.1に示した工程は直列につながる。最も時間を要する生育工程(生育日数)は、播種後の発芽から収穫までの期間である。この生育日数が夏季と冬季で大きく異なる原因は、環境温度の影響である。野菜生産に必要な日数は天候に大きく左右され、短縮を図ることは現状の生産工程では困難である。

工業生産において、生産ラインの効率を向上させる手法の一つに「外段取り」がある。生産設備の稼働を止めずに段取り替えを行う手法である。この手法を応用するには、各工程を分離して処理することが必要となる。さらに、各工程で葉物野菜に適した環境を用意すれば、個々の工程に要する時間をさらに短縮することが可能となる。

4.3 試作システム(パレット生産システム)

パレット生産システムは、葉物野菜の生産において工程を分離し、外段取りを可能とするシステ

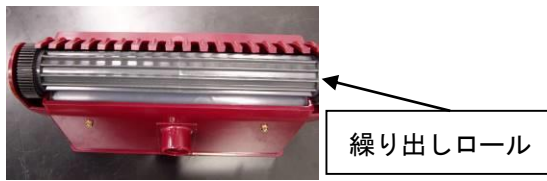
ムである。パレット生産システムは、葉物野菜の生産に必要な、土づくり、播種、発芽・育苗、育成、収穫の工程を分解し、外段取りを実現する。作物は稲作用の育苗箱(内寸:280×580×34)を利用し、育苗箱はコンテナと呼ばれる樹脂製の多目的通箱(内寸:710×329×120mm)に入れて使用し、このセットをパレットと称する。育苗箱の内部には葉物野菜を生育させるための培地を入れ、畑における土壌の代わりとする。今年度の事業では、パレット生産システムの播種、発芽・育苗、育成装置を開発した。

4.3.1 播種装置 ここでは、本研究で提案するパレット生産システムに用いる育成トレイに、葉物野菜の種子を播く播種装置について述べるが、その前に、市販されている播種装置についていくつか紹介しておく。

1) 市販の播種装置 育成トレイに葉物野菜の種子を播種するための装置には、簡便な手動のタイプのものから、育成トレイを導入部にセットすれば、後の作業が完全自動で出来るものまで販売されている。また、播種する方法にも、育成トレイ全体に均一に散布する撒播や、一定間隔で一箇所一粒から数粒ずつ種子を播く点播などがある。育成する植物の種類や作業量、規模に応じて選択する必要がある。

図4.1は、簡便タイプの一例を示す。図の状態は、培土が敷き詰められた育成トレイに、額縁状のガイドレールがセットされた状態である。このガイドレールと播種部の車輪がかみ合い、播種部を手で送ることにより播種部内にセットされている繰り出しロールが連動して回転する。この繰り出しロールには溝が有り、この溝に種子が取り込まれて回転し、下方に行った際に種子が播かれる仕組みとなっている。播種部の車輪は、直径の異なるものが用意されており、これを交換することで、播種量の調節が可能となっている。水稻用の籾の播種装置として販売されているが、種子サイズによっては、他への応用も可能である。播種部とほぼ同じ仕組みの覆土用のユニットもあり、覆土を行うことができる。

図4.2は、育苗トレイ用播種機として販売されているもので、播種位置に穴が開けてある2枚の



播種部を下方より見たところ

図 4.1 手動式播種装置 4-1)

プラスチック製の透明ボードが重なった構造になっている。初めの状態は穴がずれた位置になっている。播種前に紙すきの要領で上の板の全部の穴に種子を入れる。つぎに、育苗トレイの播種すべき位置で上の透明板をずらすと、2枚の穴が一致して一気に下方に種子が落下して播種される仕組みで、播種の際の効率は良い。しかし、セットの段階で、全部の穴に種子をセットするための作業に多少慣れが必要である。

図 4.3 は、自動播種機の一例である。セルトレイ



図 4.2 育苗トレイ用播種器 4-2)



図 4.3 自動播種装置 4-3)

ルへ、設定した個数の種を播く機能がある。

仕切りのない育成トレイでは、点播が可能である。コンベア上に培土を入れた育成トレイを置きスタートさせる。種子の供給は真空吸着式で、一粒ずつ吸着して播くので、送り方向の位置と播種の数の正確さが確保される。吸着ノズルのサイズ

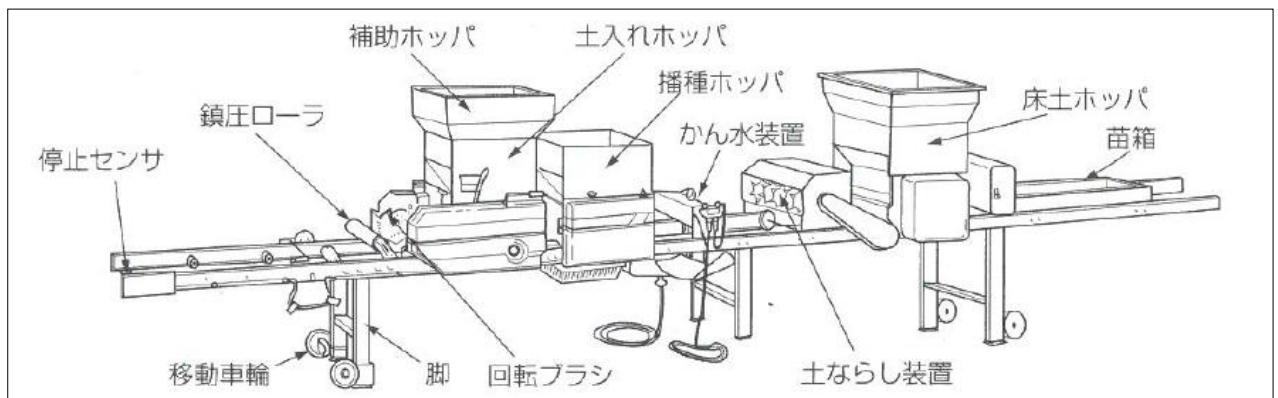


図 4.4 自動播種プラント 4-4)

を変えることで、いろいろな種子に対応できる。

この種子を播くための機構としては、他に目皿を応用したものもある。こちらの種子の変更は、播種部キットの交換で対応することになる。

さらに進んだ自動機として、育成トレイへの播種関連の工程をすべて自動で行う播種プラントがある。図 4.4 に播種プラントの構成例を、図 4.5 に外観の一例を示す。播種プラントは、培土（床土）入れ、鎮圧、穴開け、播種、覆土、灌水が自動で行える。育成トレイは、供給側に最大 20 枚程度を一度にセットでき、連続供給される。処理能力は、60～120 個/時、速いもので 400 個/時という高効率な機種もある。

2) 製作した播種装置 ここでは、今回製作した播種装置について述べる。装置は試作機と位置づけ、機能を絞ることにした。

- ・播種作業の単機能装置とする。
(他の工程を検討・付加できる形にしておく)
- ・播種する種子は、水菜やピノグリーンのような球状のものを対象とする。
- ・一定間隔（40mm）に、3～5 粒点播する。
- ・手動式とし、作業の高速化より播種作業の安定化を目的とする。

図 4.6 に、使用する育成トレイの外観を示す。この中に培土（床土）を敷き詰めて播種する。

図 4.7 は、播種するポイント（図中の○印）を示している。育成トレイの内側の寸法は、580×280mm であり、この中に縦横 40mm 間隔に 98 ヶ所種子を 3～5 粒播種する。この播種間隔は、比較的早い段階（ベビーリーフ）での収穫を考慮して設定したが、必要に応じて変更は可能である。その際には、播種部の部品交換が必要となる。



図 4.5 自動播種プラント 4-3)



図 4.6 育成トレイの外観図 4-5)

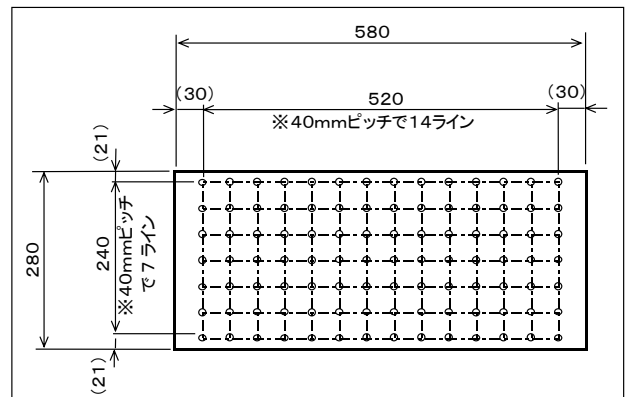


図 4.7 育成トレイ内の播種ポイント

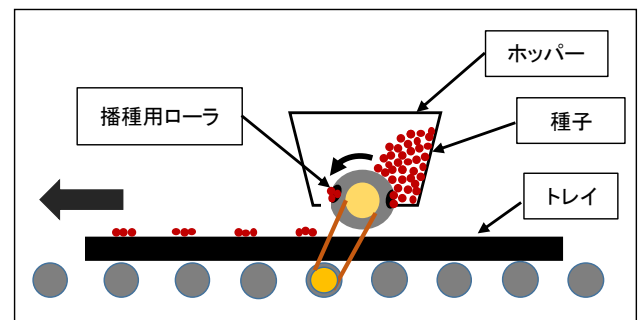
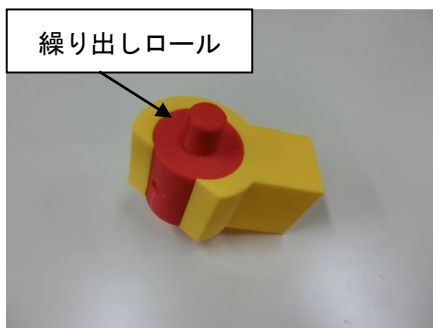


図 4.8 播種機構の概略図

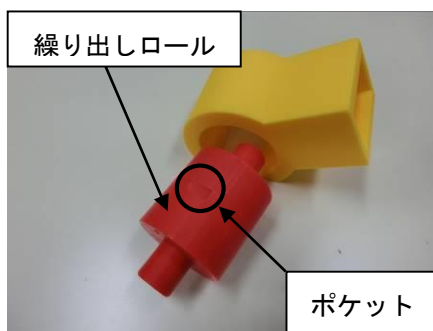
図 4.8 に、製作した播種機の播種方法の概略図を示す。装置の構成は、大きく分けて、育成トレイを動かすローラコンベアと、種子を播種する播種部よりなる。播種用ローラ軸とローラコンベアの間には、丸ベルトが掛けられていて連動して回転するようになっている。この播種部のハンドルを回すことで、ローラコンベア上の育成トレイが送られる。また、播種用ローラには、播種すべき種子が 3～5 粒すくえるような寸法で、また、狙いの播種間隔の位置にポケットが加工されている。育成トレイの送りと播種ローラが連動して、狙いの間隔で播種される仕組みである。播種用ローラの長手方向のポケットの位置は、そのまま播種間

隔となっている。播種用ローラのポケット形状は大変重要であり、一箇所に播く種子の数や、種子へのダメージに影響する。そこで、**図 4.9** に示すような1ピッチ（間隔）分の播種用のローラを3Dプリンタにより試作した。試作品は樹脂（ABS樹脂）製なので、テストして不具合があれば、その場で手直しして確認できる。その手直した形状を基にCADデータを修正し、再び3Dプリンタで製作して作り込んだ。図の部品で3Dプリントする時間が数時間なので、効率良く作り込んで行くことができる。

図 4.10 に製作した播種装置の外観を、**図 4.11** に播種部を拡大したところを示す。全体の寸法は、W1500×D500×H900mmである。画像は、培土（床土）を敷き詰めた育成トレイをセットした状態である。工程を増やすときにはローラコンベアの空きスペースに取り付けるか、ローラコンベア自体をつなげればよい。手動式ということで、安全面の機構を付けていないが、自動化するときには安全機構が必要となる。



(a) 組み立てた状態



(b) 播種用ローラを引き出した状態

**図 4.9 播種用ローラ検討用試作品
(3Dプリンタで製作)**

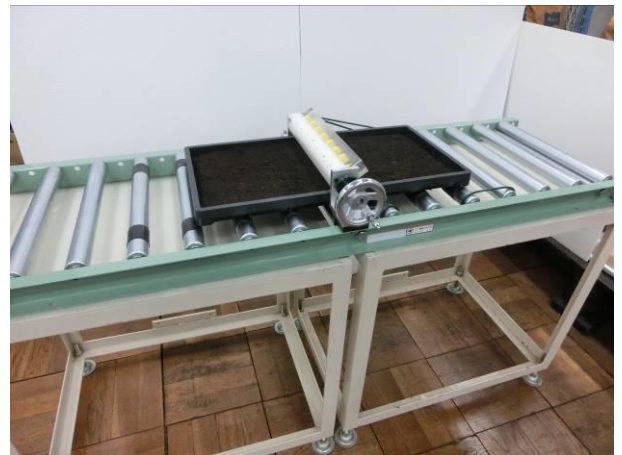


図 4.10 製作した播種装置の外観

3) 播種性能の確認 **図 4.12** に、播種テストの一例として水菜の播種結果を示す。実際の播種はトレイ内に培土を敷き詰めて行うが、実験では種子が播種された位置に留まり、さらに種子の状態を観察しやすいように、弱粘着性のスプレーのりを塗布した白い紙の上に種子を播いた。評価のポイントは、播種した際の種子の位置、数量とその状態である。播種位置に関しては、ほぼ狙いの40mm間隔で、全面に播種することができた。種子の数



(a) 播種部



(b) 播種側

(c) ホッパー側

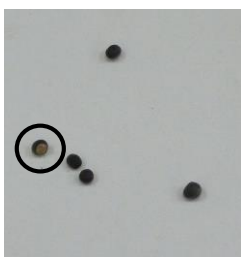
図 4.11 製作した播種装置の播種部



(a) 播種された種子の分布



(b) 良好な播種



(c) 種子にキズが付いたもの(○)

図 4.12 播種結果の一例
(白紙上への播種で評価)

量は、3 から 6 粒で播種できている。種子の状態については、数箇所痛めた種子が確認された。これは、ローラに設けた種子をすくうためのポケットのエッジとローラホルダのエッジで、種子を挟み込んでしまったためと考えられる。歩留まり向上のために、最適なポケット形状とポケットからはみ出した種子を除去するブラシや柔らかいスキージの工夫で、対応できると考えている。

今回製作した播種装置は、あくまでも基本的な機構と種子をすくうポケット方式の確認のためのベース試作機である。今後、モータの付加や、播種前後の機能の付加、安全機能を付けて自動機への展開を考えている。

4.3.2 育苗装置 育苗装置は、播種後に温度管理を行い、安定した発芽と稚苗までの生育を行うものである。

1) 市販の育苗装置 図 4.13、図 4.14 に代表的な市販の育苗装置を示す。図 4.13 の装置は発芽室として販売されており、播種後の育成トレイを載せた台車ごと装置の中まで持ち込み、育成トレイを中の棚に載せ替えることができる。温度、湿度管理が標準となっている。また、育苗まで使用す

る際には、オプションで育成灯が取り付けられるようになっている。図 4.14 も、冷暖房機付き発芽器として販売されているものであるが、こちらは台車で出し入れは出来ない。左右のフレームに棚板を掛けて育成トレイを載せる。このように、育成トレイは棚置きにする場合と積み重ねる場合があるが、生育する葉物野菜の種類や作業性や省スペースなどの面から選択する必要がある。

2) 製作した育苗装置 製作する育苗装置は、育成トレイを積載した台車をそのまま出し入れできるタイプとした。これは、台車ごと搬入・搬出することで、育苗装置へセットする時間を短縮し作業効率をアップするためである。

図 4.15(a)、(b) に製作した育苗装置の外観と内部を示す。装置の外形寸法は、W1100×D1350×H1600mm である。アルミフレーム材で骨組みを組み上げ、側面と天井部はスチロール製の断熱板を使用し遮光のため装置全体を遮光シートで覆っているが、前面は両開き戸で全開できる。装置の奥



図 4.13 発芽室⁴⁻⁶⁾



図 4.14 冷暖房機付き発芽器⁴⁻⁷⁾

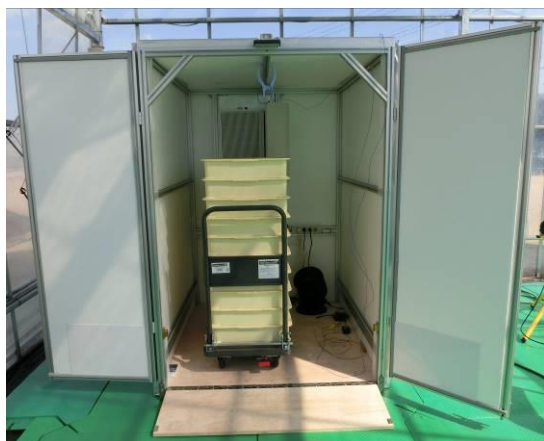
に一般家庭用の窓用エアコンを設置、また、内部の温度を均一にする目的で、サーキュレータを設置している。図 4.15(c)は、養液受け用パレットに育成トレイを入れたものを 10 セット載せた台車を、一台セットした状態である。育成トレイの直積みで、20~30 個積載した台車が 2 台同時に導入することができる。アルミフレームに細工をして、棚懸を付けて棚置きタイプにすることも可能である。



(a) 外 観



(b) 内 部



(c) 台車をセットした状態

図 4.15 製作した育苗装置

3) 育苗装置の性能 ここでは、育苗装置の温度制御性能について述べる。育苗装置に求められる性能は、発芽させ稚苗に育成するための設定温度に安定的に制御することである。そのためには、高精度な温度制御装置を取り付けることも考えられるが、設定温度によっては冷房と暖房の切り替えが頻繁に起こってしまい、むしろ過剰な制御となる可能性があった。そこで、今回の装置には家庭用の窓用エアコンを用いた。温度制御の性能は、装置外部温度からの影響と育苗装置内部の温度の均一性について調べた。温度測定位置は、図 4.15(c)に示す台車上の最下段(1段目)と最上段(10段目)の育成トレイと、育苗装置が設置してあるビニールハウス内である。

図 4.16 に、2月にエアコンの設定を 24°Cの暖房モードにして、サンプリング間隔 5 分、64 時間温度の変化を測定した結果を示す。ビニールハウス内の温度が 8°Cから 44°Cまで変化している中、

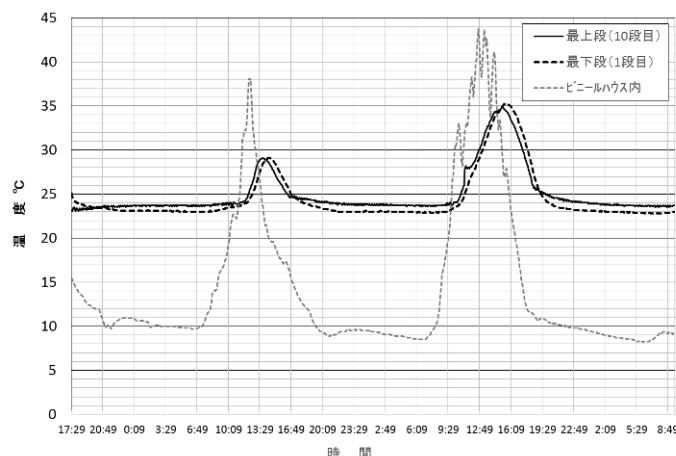


図 4.16 育苗装置内の温度変化(暖房モード時)

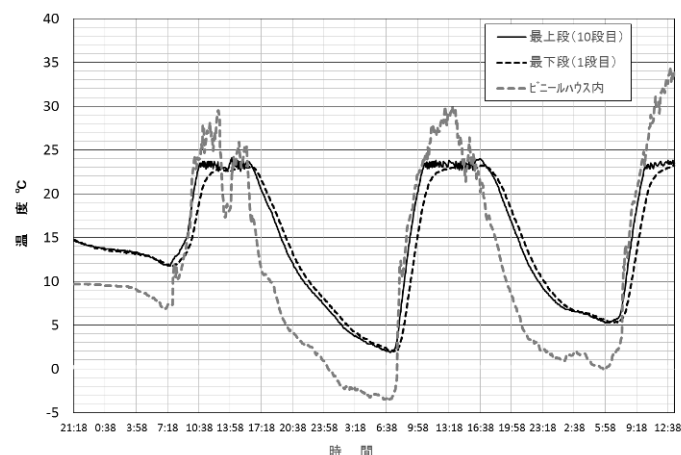


図 4.17 育苗装置内の温度変化(冷房モード時)

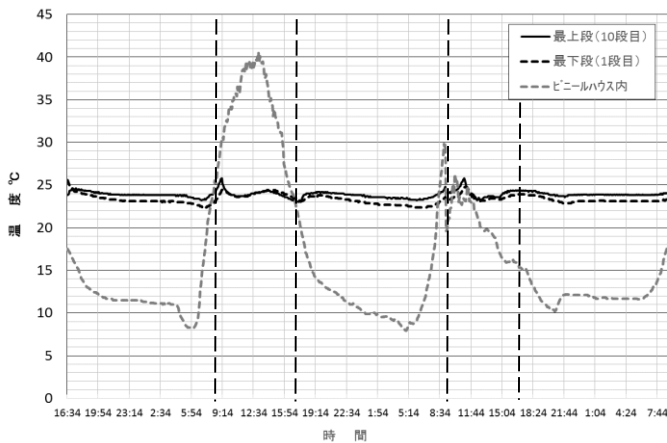


図 4.18 育苗装置内の温度変化(モード切り替え)

エアコンの設定温度 24°Cを下回っている間、暖房が効いて育苗装置内は 24°Cに保たれていることが分かる。しかし、設定温度を超えた時間帯では、エアコンは単に暖房がオフの状態となり、外部の温度上昇から少し遅れて上昇していることが分かる。つぎに、エアコンの設定を冷房モードとして、外部温度の上昇に対して機能するか確認した。図 4.17 は、エアコンの設定温度を 24°Cの冷房モードにして測定した結果である。グラフより、24°Cを超えた時間帯において、装置内部の温度が 24°Cに

保たれエアコンがオンであることの効果が確認された。しかし、この期間ではビニールハウス内の温度が-4°Cまで下がっており、この時間帯では冷房がオフになるだけなので、外部の温度の変化から少し遅れて 3°Cまで低下している。

もう一つの性能評価の育苗装置内部の温度の均一性については、図 4.16 と図 4.17 において最上段と最下段の育成トレイの温度の差が 1°C以下となっていることから、サーキュレータによる攪拌の効果が確認できる。

前述したように一日の温度変化が大きく、設定温度に対して外部温度が上下する場合には、エアコンの運転モードの切り替えが必要となる。そこで冷暖房のモード切り替えによる、育苗装置の温度安定性について確認した。図 4.18 に、運転モードを切り替えて測定した時の結果を示す。基本的に朝に暖房モードから冷房モードに、夕方に冷房モードから暖房モードに切り替えている。グラフ中の破線で示した時間で運転モードを切り替えている。その結果、育苗装置内の温度を、ほぼ 24°Cで安定させることができ、その効果を確認した。

つぎに実際に育苗(発芽)テストを行った。テストは、水菜とピノグリーンの種子を播種した育

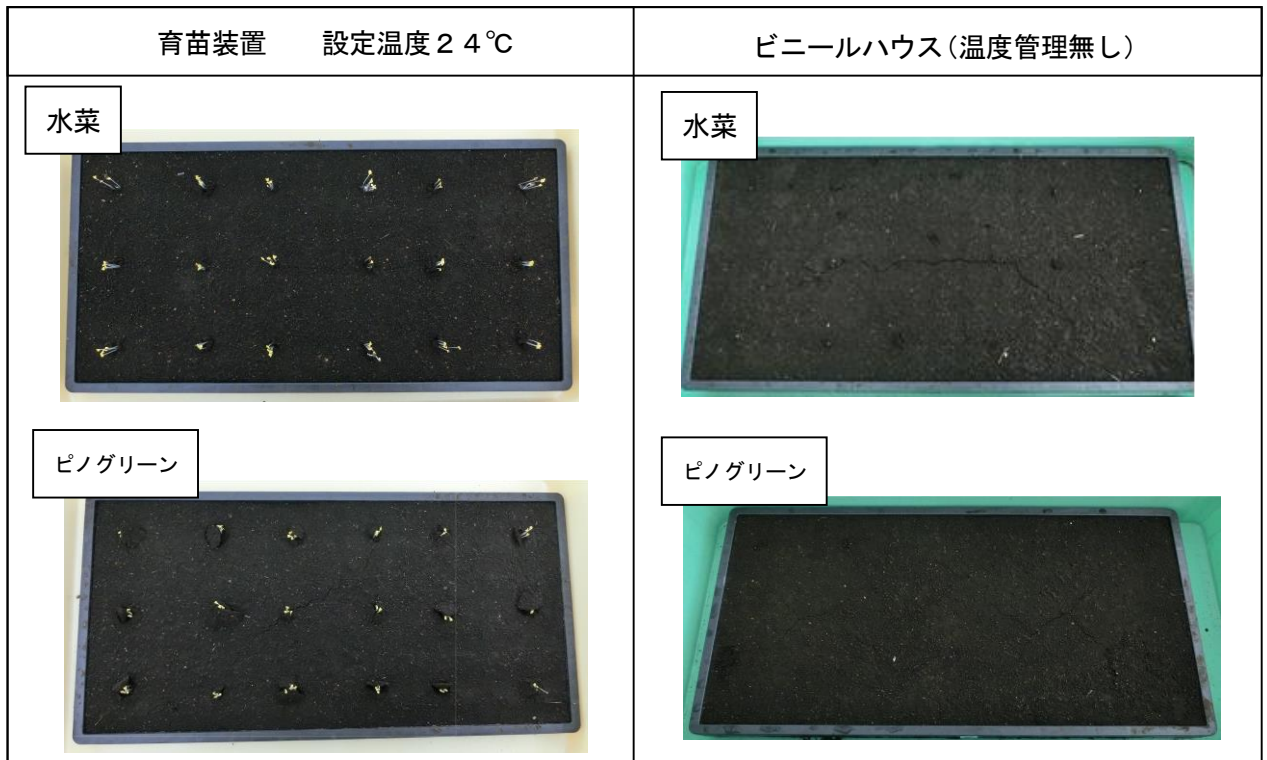


図 4.19 育苗装置とビニールハウス内での育苗(発芽)テスト一例

成トレイを、24℃に設定した育苗装置内とビニールハウス内に設置した。図 4.19 に、64 時間後のそれぞれの育成トレイを観察した結果である。育苗装置内の種子が発芽育苗しているのに対して、ビニールハウス内のものは、どちらも発芽していなかった。これは、この間のビニールハウス内の温度が 64 時間の内のおよそ 60 時間が 20℃以下で、さらに 57 時間が 15℃以下であったため、安定した温度に保たれた育苗装置との差が出たと考えられる。

以上述べてきたように、本装置は育苗装置としての性能は満たしており、今後、タイマーと自動モードの組み合わせで、温度調節の自動化を行い検証する予定である。

4.3.3 育成装置(駆動機構) 駆動機構は、パレット生産システムの育成工程を担う。葉物野菜の生産工程では、育成工程が最も時間を必要とする重要な工程である。この駆動機構は圃場の役割を持ち、発芽後の野菜の苗を入れたパレットを搭載する。通常のビニールハウスや土耕栽培では、播種や刈取り作業は作業者が移動して行う。本パレット生産システムでは、生産装置に搭載したパレットが移動するために作業者の移動は必要がない。駆動機構の基本構造はチェーンコンベアであるが、給排水装置を組み付けることにより作物の育成が可能となる。

チェーンコンベア部分は、長さ 12m のステンレス製のフレームにチェーンを張り、インバータ制御のモータによってチェーンを駆動させる。外観を図 4.20 示す。このチェーンの上にパレットを搭載し、パレットを駆動させる。

パレットには培地および苗が入るため、野菜の生育に必要な水または液体肥料を供給する必要がある。そのために、容量 250 リットルの溶液タンク、給水用ポンプ、溶液回収用ポンプおよび配管類を取り付けた。給水用ポンプはタイマーによって一定の間隔で、パレットに給水を行う。パレットに給水された溶液は、培地に補水した後に溶液回収用水路を通じて溶液回収バットに流入する。溶液回収ポンプは、溶液回収バットの水位が一定量になると作動し、溶液をタンクに戻す。図 4.21 にビニールハウス内に設置し、パレットを搭載し

た動機能の外観を示す。

駆動装置の給排水機能を確認するため、栽培実験を行った。培地に土を用い、育苗装置を使用して発芽をさせた苗を搭載した写真を図 4.23 に示す。栽培する野菜には、水菜とピノグリーンとい



図 4.20 チェーンコンベアの基本構造

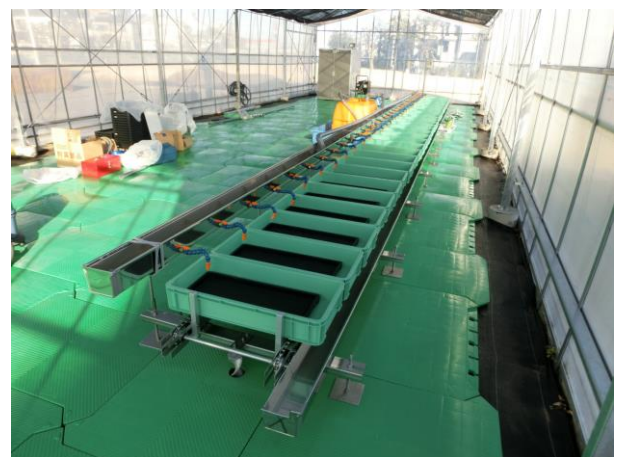


図 4.21 パレット駆動装置外観



図 4.22 パレットによる栽培実験(1)



図 4.23 パレットによる栽培実験(2)

うべピーリーの主要品目を選択した。図 4.23 は図 4.22 から 20 日後に撮影したもので、水菜、ピノグリーン共に順調な生育が確認できる。

4.3.4 育成装置(環境制御装置) 環境制御装置は、パレット生産システムを設置するビニールハウス内に設置した。ビニールハウスの主目的は、外気を遮断して作物の生育に適した内部環境を維持することである。特に、低温の冬季では日中は太陽光によって内部の温度を上昇させ、夜間は降霜から作物を保護することが重要である。しかし、夏季においては内部温度が外気温を超えて約 65℃まで上昇し、作物に適正な生育環境から大きく逸脱する事態が発生する。また、多くの植物では光合成に必要な太陽光は晴天時の三分の一以下で十分であり、それ以上は植物にとって有害⁴⁻⁸⁾となる。そのため、過度な太陽光を減衰させる装置が、内部環境を保護するために必要となる。遮光カーテンは、太陽光を減衰させてビニールハウス内の照度・温度などを制御するものである。夏季においては、過度な太陽光から内部を保護し、環境を制御することが可能となる。本環境制御装置は、ビニールハウス内天井部分に設置した遮光カーテンを必要に応じて開閉するものである。図 4.24 に環境制御装置を使用し、2015 年 3 月に太陽光を照

度センサで測定した結果(ルクス:lx)を示す。照度の測定には、グラフテック社 GS-LXUV(照度センサ)と GL100(データログ)を使用した。この図は、屋外およびビニールハウス内部(パレット生産装置のパレット上)の照度の測定値であり、ビニールハウス内部では遮光カーテン全開と全閉の値である。この図より、遮光カーテンの開閉で照度に変化していることが確認できる。この照度測定は 3 月に行っており、太陽高度(太陽位置の水平線からの角度)は約 55° と低い。そのため、照度計を設置したパレット生産装置へは、ビニールハウス南側壁面を透過した太陽光が照射した。太陽高度は季節によって変動し、東京都東久留米市において夏至では約 78° と高く、冬至では約 31° と低くなる。そのため、夏季の太陽光は遮光カーテンによって減衰させることが可能となる。図 4.25 は照度計をパレット上とビニールハウス中央に置き、壁面(パレット上)と屋根面(ビニールハウス中央)を透過した太陽光の照度を比較した図である。遮光カーテン全開時の照度では、屋根面透過光の方が高い。これは、壁面はビニールフィルムと防虫ネットの 2 枚を透過した太陽光であるが、屋根面はビニールフィルム一枚だけの透過光となるためである。遮光カーテン全閉時では、壁面透過光の照度が高い。これは、パレット上では遮光フィルムの影響を受けずに太陽光が照度計に当たるためである。また、屋根面透過光では遮光カーテンの影響が強く、照度は約三分の一に低下している。太陽高度が高くなる夏季においては、遮光カーテンによる太陽光の減衰効果が期待できる。

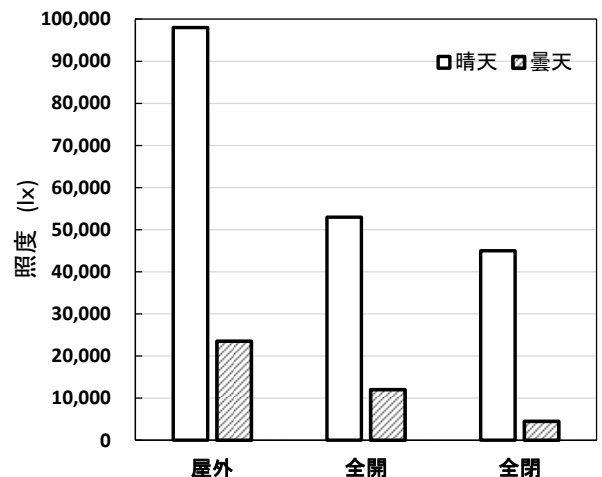


図 4.24 照度の比較

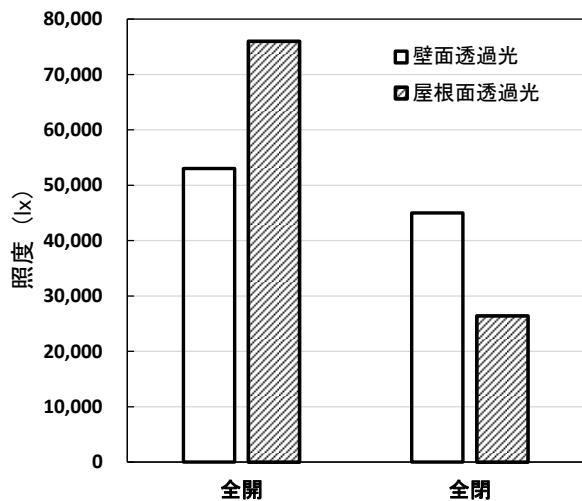


図 4.25 壁面と屋根面を透過した太陽光照度の比較

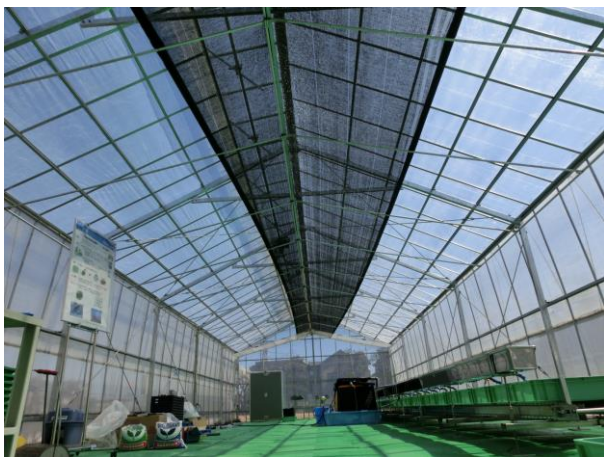


図 4.26 遮光カーテン全開時のビニールハウス天井部分

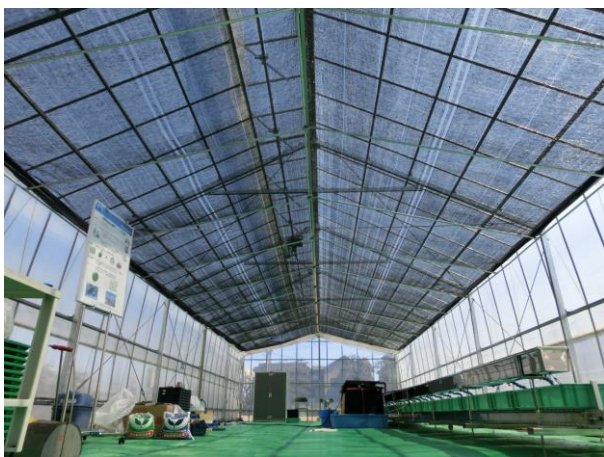


図 4.27 遮光カーテン全閉時のビニールハウス天井部分

図 4.26 は遮光カーテンを全開時のビニールハウス天井部分であり、図 4.27 は同様に遮光カーテンを全閉時のビニールハウス天井部分を示す。現状では、遮光カーテン全開時において、天井中心部分で遮光カーテンが閉じていない範囲が広い。これは、遮光カーテンの巻き上げ機に調整を施すことによって、修正が可能である。

4.3.5 育成装置(内部環境保護防壁) 内部環境保護防壁は、ビニールハウス南面と北面に設置した。夏季におけるビニールハウスの室内温度は、4.3.4で述べた通り高温になる。ビニールハウス内部の温度を下げるためには、窓を設けて換気を行うことが最も低コストとなる対処法である。しかし、外気と共に虫が侵入すると、ビニールハウス内で生育している作物の食害発生の原因となる。そのため、防虫ネットと巻き上げ機を組み合わせた内部環境保護防壁を導入した。巻き上げ機とは、ビニールハウスの壁面等に使用されているビニールシートを鉄パイプの軸に巻き付け、ビニールハウスに換気用の開口部を作る装置である。

葉物野菜には様々な害虫の被害が発生する。露地栽培では、害虫の天敵となる虫が存在するために、食害の軽減が期待できる。しかし、ビニールハウス内に害虫が侵入してしまうと、害虫の天敵となる虫が存在していないため、被害は甚大となる。そのため、害虫の侵入を防ぐことが最も重要な対策となる。

本装置では、小型の虫も防ぐことが可能な、一辺が0.8mmの防虫ネットを採用した。しかし、防虫ネットの目が細かくなると、一般に通気性は劣ってしまう。そのため、ビニールハウスの開口部分を壁面の全面に拡大する必要がある。本ビニールハウスの壁面は高さが2.5mであり、一台の巻き上げ機では壁面をすべて開口することが困難となる。したがって、ビニールハウスの壁面を二分割し、換気用の巻き上げ機を上下二台取り付けた。また、巻き上げ機が南面と北面に各二台あるため、換気用の開口部を開く時間の短縮も可能となった。図 4.28 に巻上機を閉じた状態のビニールハウス南面を示し、図 4.29 に巻上機を開いた状態のビニールハウス南面を示す。



図 4.28 巻上機全閉時のビニールハウス



図 4.29 巻上機全開時のビニールハウス

5. おわりに

本報告では、地域の中堅・中小機械工業企業への技術開発等補助事業として農業に着目し、現状調査、ソフトウェアおよびハードウェアの技術開発を行った。

1. 日本における農業の問題点や農工連携の動向を調査した。その結果、従来型ハウスを使用する小規模農家は、大企業による農工連携の対象から外れたニッチ市場であることが判明した。
2. ソフトウェア技術としては、第二次産業の標準技術に基づく ICT のミドルウェアである ORiN を活用した栽培管理システムを試作した。開発した栽培管理システムの評価実験を行った結果、実装した機能が正常動作することを確認した。
3. ハードウェア技術としては、外段取りの手法を取り入れたパレット生産システムを提案した。

それに基づき、播種、発芽・育苗、栽培の各装置を開発した。試作した各装置により、栽培実験を行った。その結果、水菜とピノグリーンが順調に生育することを確認した。

本研究成果が中堅・中小機械企業の農業分野への進出・市場開拓に役立ち、国内機械産業が活性化することに期待したい。

謝辞

本事業は、公益財団法人 JKA の競輪補助金（整理番号 26-81）を受けて実施しました。ご支援いただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献等

- 1-1) 日経ものづくり：走り出したインダストリアル農業，日経 BP 社，2014. 9, pp29-61.
- 2-1) 塩谷剛：農工連携による農業分野への参入戦略，第 13 回テクノフォーラムー農業分野参入の勘どころー，一般財団法人機械振興協会技術研究所
- 2-2) 総務省統計局「日本の統計 2014」：
http://www.stat.go.jp/naruhodo/c1data/06_08_grf.Htm
- 2-3) 農林水産省ホームページ：
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sink_i/gaiyou/index.html#11
- 2-4) 農林水産省ホームページ：
http://www.maff.go.jp/j/tokei/sokuhou/sink_i_syunou_13/
- 2-5) 農林水産省農林業センサス：
<http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/>
- 2-6) 農林水産省ホームページ：
<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/menseki/>
- 2-7) 東芝ホームページ：
http://www.toshiba.co.jp/vege/about/index_j.htm
- 2-8) 富士通ホームページ：
<http://jp.fujitsu.com/solutions/cloud/agri/>
- 2-9) 日本電気株式会社ホームページ：
<http://jpn.nec.com/solution/agri/>
- 2-10) 日立製作所ホームページ：

http://www.hitachi.co.jp/products/it/smart/products/agriculture.html?banner_id=nr40529#1

WR60CHL D.html

4-8) 田中修:植物はすごい, 中公新書, (2012)129

2-11) トヨタ自動車ホームページ:

<http://newsroom.toyota.co.jp/en/detail/1571544>

2-12) 株式会社クボタ:

http://www.jnouki.kubota.co.jp/jnouki/Special/assist_suit/

2-13) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構ホームページ:

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/brain/046905.html

2-14) 農林水産省関東農政局ホームページ:

http://www.maff.go.jp/kanto/to_jyo/2014data/ibaraki_h24-25.html

3-1) 果実堂ホームページ:

<http://www.kajitsudo.com/>

3-2) ORiN 協議会ホームページ:

<http://www.orin.jp/>

3-3) 木村利明他, 平成 20 年度 製造業の基盤的技術の拡充強化に関する研究等補助事業標準技術活用による生産支援に関する研究報告書, pp. 20-26.

4-1) 広田産業株式会社ホームページ:

<http://www.hirota-sangyo.co.jp/seihin.htm>

4-2) 住化農業資材株式会社ホームページ:

<http://www.sumika-agrotech.com/business/seedcoat/index.html>

4-3) アグリテクノ矢崎株式会社ホームページ

<http://www.agritecno.co.jp/product/seeds/vacuum/>

4-4) 藍房和他:農学基礎セミナー 新版 農業機械の構造と利用, 農山漁村文化協会, (2007)132

4-5) 安全興業株式会社ホームページ:

http://www.anzenkogyo.com/products/cate08/item_834.html

4-6) イワタニアグリグリーン株式会社

ホームページ:

http://www.agri-g.co.jp/agri/agri_02_002.html

4-7) 啓文社製作所ホームページ:

<http://keibuntech.com/shop/page/>