



大規模化する植物工場で求められる自動化ロボットを活用した自動機開発の裏側に迫る

株式会社 日立産機中条エンジニアリング
有限会社 アイエムエイ

近年の異常気象による野菜価格の乱高下や、食の安心・安全に対するニーズの高まり、農業の担い手不足などを背景に、市場規模の拡大が続く植物工場ビジネス。生産技術の発展も後押しとなり、施設の大型化が進む中、自動化の需要も高まっています。今回は、ロボットを用いた移植機・定植機の開発でこうしたニーズに応える、株式会社日立産機中条エンジニアリングおよび、有限会社アイエムエイを取材。工夫を凝らした植物工場向け自動機の全容を、開発の背景や最新の市場動向と合わせてご紹介します。



株式会社 日立産機
中条エンジニアリング
エンジニアリング事業部
装置設備部 担当部長
濱木 光氏

有限会社 アイエムエイ
取締役 チーフエンジニア
今口 正一氏

株式会社 日立産機
中条エンジニアリング
エンジニアリング事業部
装置製作課 課長
泉田 孝宏氏

多様な分野で培った技術を生かし 植物工場の自動化事業に乗り出す

日立製作所のグループ会社として、産業電機品の製造・販売、保守・サービス、システムソリューションなどを行う日立産機システムを親会社に持ち、同社の製造受託や、お客様の要望に合わせた自動機の設計・製作のほか、電気や空調設備の施工・保守、

新築・増築建物の設計・施工まで、幅広い仕事に従事する、日立産機中条エンジニアリング。農業・食品関連機器の研究開発・製造・販売などを手掛けるアイエムエイと協力し、植物工場の自動化事業に取り組み始めたのは約2年前、2018年のことでした。

「きっかけは、日立の特約店から植物工場の自動化を希望されているお客様の案件を依頼されたことです。その際、当時既に

移植機・定植機の設計・開発で実績のあるアイエムエイを紹介され、協業の打診を受けました。アイエムエイは、取締役の今口さんがお客様からの要望を元に、設計から製造までを1人で担当して自動機を納めていますから、量産には限界があります。顔合わせの後、技術提携を結び、力を合わせてよりよい製品をつくりあげていくことになりました」(濱木氏)。



社内の試験などに使用するデモ機。ロボットの左右に移植・定植用の素材供給レーンをそれぞれ設けており、ハンドを交換することでどちらにも使える仕様。閉鎖型植物工場の湿度の高さに対応するため、錆や防水の対策にも力を入れている。

移植機・定植機開発の始まり 1人でつくりあげた基本設計

一方、アイエムエイが植物工場関連の仕事を始めたのは、この協業からさらに遡り、今から7~8年ほど前のことです。当時は密閉型の植物工場ではなくハウス型を中心に、選果機や、葉物野菜の根を切り、ウレタンなどの培地から引き抜きやすくする、収穫用の機械などを製造していました。そんな中、植物工場の中でも人手が多くかかる“移植”、“定植”といった植え替えの工程を自動化できないかとの依頼が舞い込みます。

「この話を受けて製作したのが、定植機の初号機です。培地を挟むハンドを取り付けた複数のシリンダを、育苗パネルの穴の間隔に合わせて並べ、取り付けました。納品はできましたが、この方式は培地を切り離す必要がある“移植”には使用できず、パネルの穴位置が変わると使えないなど汎用性にも課題が残る結果となりました。より自由度が高いスカラロボットを駆動部に採用することも考

えましたが、形にする機会がないまま、数年が経過しました」(今口氏)。

その後、4年ほど前に静岡県の植物工場事業者より「自分たちも協力するのでぜひ移植・定植工程を自動化してほしい」との依頼を受けた今口氏。試行錯誤の末に、スカラロボットを使った移植機・定植機を完成させます。改良を続けながら2号機・3号機もつくり上げたものの、ほかの依頼も受けながら、1人で対応することは最早限界。協力企業を探すものの、中々条件に合う会社が見つからずにいたある日、アイエムエイの移植機・定植機の存在を知った日立製作所より、「開発・製造に協力させてほしい」との連絡が入りました。そこから日立産機中条エンジニアリングと縁がつながり、今日に至ることになったのです。



スカラロボットの土台はSUSの高剛性アルミ構造材ZF製。搬送装置にはアルミパイプ構造材GFも多用している。自由度の高さと柔軟に変更できる点が気に入っているとのこと。

■移植

種から発芽させた苗を最初の育苗パネルに植え替える作業です。培地を1ブロックずつ切り離しながら、パネルの穴に移し替えます。



植物の根が出ている状態を模してつくったテスト用の素材。さまざまな試験を行い、完成度を高めた。

■定植

最初の育苗パネルで一定のサイズまで育った苗をさらに大きく成長させるため、穴の間隔が広い2段階目のパネルに植え替える作業です。

※移植・定植の定義は事業者によって異なる場合があります。

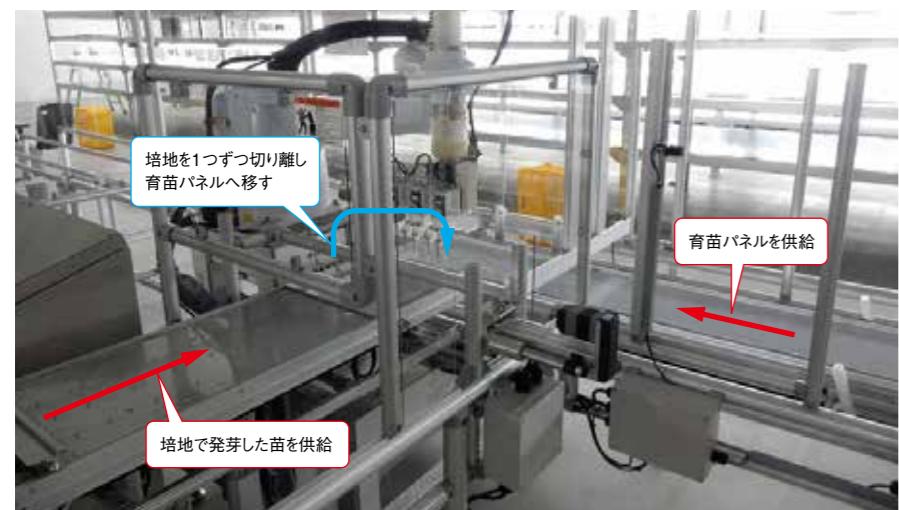


定植機用のハンド。さまざまな形を試し、最適な形状を追求している。

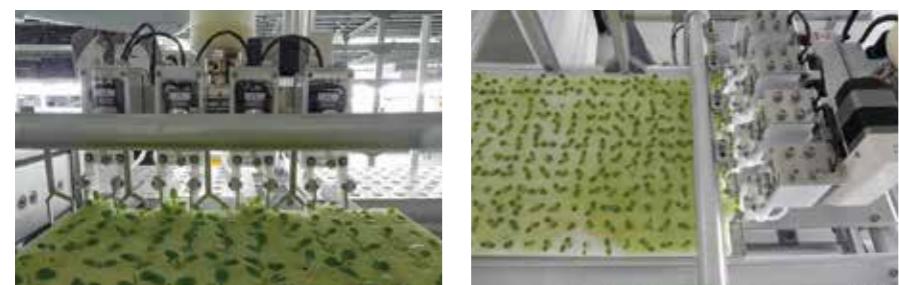
メーカーの総合力でさらに進化 より高まった完成度

2社が技術提携を結んだ後、取り組んだのは、精度の向上と品質の安定・均一化です。元々、今口氏が製作していた自動機は、手づくりの一品もの。樹脂や金属の細かな部品類には、手作業による削りや曲げで仕上げているもののが多数ありました。そこで日立産機中条エンジニアリングでは、今後の製造を担うにあたり、これらを図面化して工作機械でつくれるようにしたり、置き換えのできる汎用品を探したりして、設計を見直し。さらに、今口氏一人では手が回らなかった課題などにも取り組み、相談しながらより完成度の高い機械に仕上げていきました。

「当初使用されていた部品は、食事用のフォークなど日用品を加工してつくられたものも多く、工業製品での置き換えや図面化は一筋縄ではいきませんでしたが、1つ1つ形にしていきました。現在は、どの部品も量産化が完了し、組み付けていくだけで装置が完成するようになりました。これにより、製造の速度が上がったことはもちろん、部品単位でも交換も容易になり、メンテナンス性も向上しました」(泉田氏)。



実際にお客様に収めた移植機。苗やパネルの搬送装置は現場に合わせて製作しており、培地や育苗パネルの供給位置も変更可能。シリンドラ式と比べてコンパクトな点も魅力となっている。



ウレタン製の培地で発芽した苗をロボット先端のハンドでつかみ、発泡スチロール製の育苗パネルへ移し替えていく。ウレタン以外にもロックワールやポット式など多様なケースに対応可能。

基本の形を元に柔軟な対応が可能な高い汎用性で場面を選ばない

アイエムエイが開発を手掛け、日立産機中条エンジニアリングが製造する移植機・定植機の大きな特徴は、スカラロボットを採用していることです。2020年7月には特許も取得しており、他社のシリンドラ式と比べて高い汎用性を誇ります。実は、植物工場事業者は、それそれが独自の育成ノウハウを持っていることが多く、同じ野菜を育てていても、培地や育苗パネルの素材・穴の大きさ・間隔などは一定ではないとのこと。その点、スカラロボットを使った自動機は、ロボットのハンド部分のカスタマイズとプログラムの書き換えにより、さまざまな場面・要望に対応できるため、使用する培地やパネルを選びません。既存の植物工場にも導入しやすいほか、設置後のパネルの変更などにも柔軟に対応可能。さらに、ハンドを交換する段取り替えの手間は発生するものの、1台で移植・定植の両工程に使うこともできます。

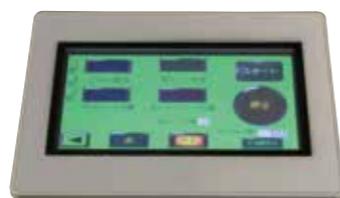
「元々、移植・定植工程の自動化は大変難しいと言われていました。理由は、野菜は生え方、葉の大きさなどが1つ1つ異なる上、多くの植物工場で栽培されているレタス系の葉物は柔らかく、傷みやすいからです。そこで、“人の手の動き”を参考に、葉を傷めない方法を探りました。そんなこだわりの1つが、ハンド部分の先端についているツメの形状です。芽が出たばかりの“移植”的段階では、培地を切り離す保持力を重視し、二又に分かれた直線状の金属を使用しますが、ある程度成長した後に行う“定植”では伸びた葉に触れず、根本だけを挟めるよう、前にせり出した形のツメを用います。これらは、初めに手作業で製作していた頃に多くの検討を重ねた上、量産化にあたってさらに最適な形状を追求し、特許も出願しました。これらの形をベースにほかにも状況に応じてさまざまなツメをつくり、対応しています」(今口氏)。

植物工場ビジネスの拡大と高まる自動化への機運

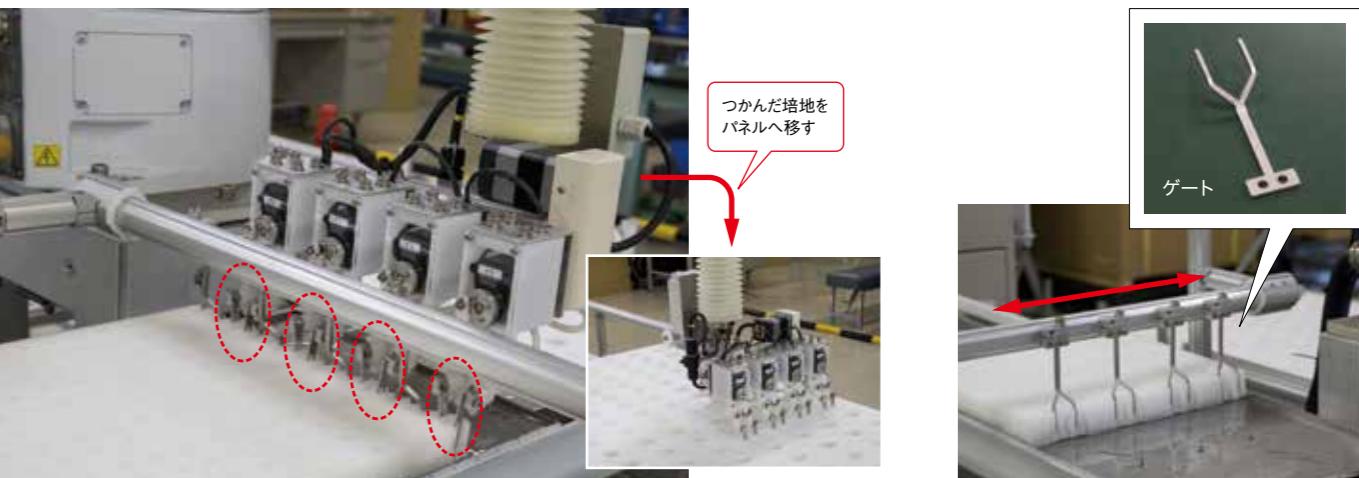
ここ数年で大規模化が進んでいるという植物工場。高効率・低消費のLED照明が開発されたことなどを背景に、1日1万株以上の収穫能力を持つ大型の施設も増えており、自動化に対する需要はますます高まっているといいます。

「中に入るとよく分かりますが、植物工場は最先端のようでいて、農業全体の傾向と同様にまだ人の手に頼っている作業が非常に多くあります。中でも、移植・定植・収穫・搬送という4工程の自動化を意識している事業者の方は多く、引き合いも増えています。そのため、今は移植機・定植機に加えて、周辺の搬送関係もまとめて対応するケースが多いですね。植物工場が大規模化したこと、自動化のメリットも出やすくなりました。また、人手不足の問題もありますし、最近では、新型コロナウイルスの感染拡大を防ぐため密を避けたいといった声もあり、さまざまな要望が寄せられています」(濱木氏)。

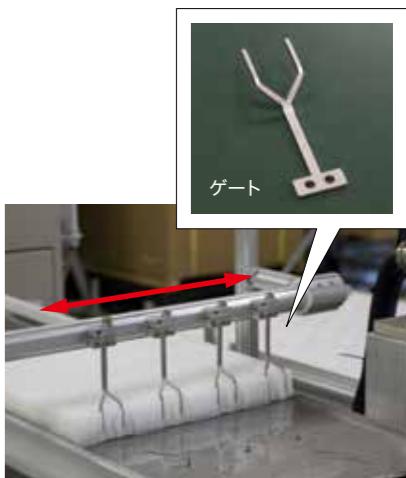
今口氏が1人で対応していた時でも、年に数件はあったという問い合わせの数は、現在では何倍にも増えたとのこと。そこには協業の効果も現れているそうです。



操作盤のパネル。簡単に操作できるよう、シンプルに構築している。



移植機のハンドが培地をつかむ様子(赤丸部分)。隣り合った培地をゲートで押さえることで、1ブロックずつ切り離して運ぶことが可能。パネル内に培地を差し込む高さもプログラムで制御できる。



ゲートを取り付けたGFがロボットの動きに合わせて左右に移動し、順番に培地を押さえていく仕組み。ゲートも当初は針金を曲げて手作りされていた。



ツメの進化の過程。それぞれ左から「手づくりしていた際に元となった日用品(ピンセットと和菓子用フォーク)」、加工したツメ、工作機で量産化した現在の部品。表面の細かい加工は量産時の改良で加えられた。(ツメはいずれも特許出願中)

「以前は、移植機・定植機単体での提案が限界でしたが、協業によって総合的な自動化を提案できるようになったことは強みになっていると感じています。また、お客様からの問い合わせが増えた背景としては、日立製作所グループが製造を担っているという安心感も大きいのではないかでしょうか。実際に精度は非常に高くなりましたし、品質の保証やメンテナンスという面でも協業前と比べて格段に体制が整いました」(今口氏)。

現場からの声で分かること 使いやすく、欠かせない装置へ

お客様から寄せられるさまざまな要望に応えながら、現在も改良を続けているという移植機・定植機。最近はポカミスを起こさないような操作性の向上にも力を注いでいます。

「植物工場で働いている方の多くは、パートやアルバイトなど、機械には不慣れな方です。実際にさまざまな場所で採用していただく中、移植機・定植機の操作は専任の方ではなく、現場の作業を担う皆さん方が行うケースが多いことも分かってきました。その中では私たちが全く想定していなかった誤操作が起きることもあり、“誰にでも扱える簡単さ”、“ミスが発生しない仕組みづくり”的重要性も痛感しています。導入した現場の方の声も教えていただきながら、改良を進めています」(泉田氏)。

移植機・定植機で可能な仕事量を伺うと、“作業者4~5人分”のこと。1日1万株ほどの植え替えを自動化することができ、導入先にも大変喜ばれているそうです。

「最初は費用の面で悩まれる方が多いですが、実際に使ってみると、少々コストがかからても損はなかったと思っていただけるようです。1台設置した途端に、すぐ次の会話が出てきますね。感覚としては1日

5,000株くらいまでが人手で対応できる限界で、1~2万株くらいになると確実にメリットが出ると思います。とはいって、4~5,000株で導入されている工場もありますし、一度使うと手放せないという声もいただいており、やりがいのある仕事です」(今口氏)。

収穫工程の自動化も構想中 柔軟な現場構築を目指して

今後は収穫工程の自動化も検討していくという日立産機中条エンジニアリングとアイエムエイの2社。考えているのは、現場の状況に応じて、作業者と一緒に働くことができる協働ロボットの活用です。



移植機のハンドはピッチチェンジャーに取り付けられており、仕様(状況)に応じて増やすことが可能。

「植物工場を自動化する際に考えなければいけない点に、万が一不具合が出たときにどう対応するのかという部分があります。例えば昨年、大型の台風によって数日間にわたる停電が発生した地域がありましたね。農作物は日々成長していきますから、完全に自動化をしてしまうと、こうした事態が発生したとき、最悪の場合、全滅という事態になりかねません。また、そこまで深刻でなくとも、どんな機械でも絶対に壊れないということはありませんから、不測の事態が起きた際、人の手で力バーできる余地を残しておくことは必要だと思います。緊急事態の際に柔軟に対応でき、普段は人手を抑えることができる。そんな形を目指して今後も開発を続けていきます」(濱木氏)。

株式会社 日立産機中条エンジニアリング
〒959-2608
新潟県胎内市富岡46番地1
TEL 0254-46-5561(代)
<https://www.hitachi-ies-ne.co.jp/>

有限会社 アイエムエイ
〒596-0842
大阪府岸和田市真上町91-1
TEL 072-426-4646
<https://www.im-net.com/>