

# 旭川 IoP (Internet of Plants) 未来農場の挑戦

## Asahikawa IoP (Internet of Plants) Future Farm's Challenges

和島 孝浩\* ・ 庄司 篤史\*\* ・ 北野 雅治\*\*\*  
Takahiro WAJIMA \* ・ Atsushi SHOJI \*\* ・ Masaharu KITANO \*\*\*

\*旭川大学短期大学部 食物栄養学科

\*\*株式会社 evo かんとりーまん

\*\*\*高知大学 IoP 共創センター

### Abstract

The Internet of Plants (IoP), which originated in Kochi Prefecture, is a cutting-edge agricultural technology using the Internet and AI, and is characterized by "Information Visualization" on the physiology and ecology of crops, "Information Utilization" on farm management support, and "Information Communization" between production areas. In 2022, the Asahikawa IoP Future Farm was established as the first model house outside of Kochi Prefecture, for serving as a base for research and development, empirical research, education and human resource development. This paper reports on the efforts of the Asahikawa IoP Future Farm.

**Keyword :** "Information Visualization" on the physiology and ecology of crops, "Information Utilization" on farm management support, "Information Communization" between production areas

### 要旨

IoP (Internet of Plants) は高知県で生まれたインターネットと AI を駆使した最先端農業であり、作物の生理生態情報の「見える化」、営農支援情報の「使える化」、産地間の情報の「共有化」が特徴である。令和 4 年、高知県以外の地域において初となる研究開発、実証研究、教育・人材育成の拠点となるモデルハウスとして、旭川 IoP 未来農場が誕生した。本稿では旭川 IoP 未来農場の取り組みについて報告する。

**キーワード :** 作物の生理生態情報の「見える化」、営農支援情報の「使える化」、産地間の情報の「共有化」

# I. IoP (Internet of Plants) とは

## 1. 「共に」×「創る」新しい農業のかたち

IoP (Internet of Plants) とは、私たちが日々生活する現実空間がインターネットやAIなどの機能を介してサイバー空間と高度に融合する近未来の社会 (Society 5.0) において、筆頭著者の恩師である北野雅治氏が提唱した新しい農業を実現する地域情報基盤である。即ち、作物生産を決定づける光合成や成長などの生理生態情報を「見える化」して、生理生態情報に基づく合理的な営農支援情報として「使える化」を行い、それらの情報を産地で「共有化」する仕組みである。IoP においては、作物生理生態 AI エンジンと営農支援 AI エンジンがクラウドに実装され、作物の生理生態情報の見える化、使える化、共有化が実現され、AI エンジンからの情報を駆使するスマートな農家群の創意工夫によって、合理的な作物管理、環境管理、生産調整、労務管理などによる戦略的営農が可能となり、天候、需要、需給関係などの変化に柔軟に対応した、「無駄なく、無理なく、楽しんで儲かる営農」の実現が期待されている (図1)。

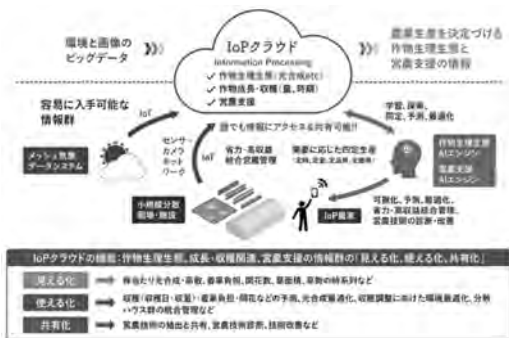


図1 IoP (Internet of Plant) の概要

高知大学 IoP 共創センター HP より引用

内閣府の地方大学・地域産業創生交付金採択事業 (平成 30 年度) により、令和 3 年 10 月 1 日、高知大学に全学組織として、IoP 共創センターが設立された。事業名は IoP (Internet of Plants) が導く Next 次世代型施設園芸農業への進化プロジェクト (以下、IoP プロジェクトと呼

ぶ) である。内容は、高知県が優位性を持つ施設園芸分野において日本全国・世界中から研究者・学生・企業が集積する産業集積群をつくり、最新の施設園芸関連機器、IoT・AI 技術を広く農業関係者に普及させ、農家所得の向上や産地のブランド化につなげる産学官連携プロジェクトである (図2)。



図2 IoP が導く Next 次世代型施設園芸農業への進化プロジェクト

高知大学 IoP 共創センター HP より引用

## 2. IoP 共創センター

高知大学 IoP 共創センターは、農学とデータサイエンスなどとの異分野融合による新たな学術「地域情報共創学」を先導し、高知の施設園芸の DX (デジタルトランスフォーメーション)、さらには 1 次産業の DX を目指す組織である。(図3)。IoP 共創センターのミッションは、「産学官民の共創により、施設園芸分野の IoP に関わる研究開発を推進する」、「IoP 技術を



図3 IoP 共創センター運営体制

高知大学 IoP 共創センター HP より引用

生産者へ普及させるとともに、研究成果を活用して次世代農業を担う人材を育成する」、「施設園芸分野で培った IoP 技術を一次産業全体の DX へと進化させ、一次産業力を強化し、持続可能な地域社会と国際社会の発展に貢献する」である。また、これらのミッションを達成するためにの5つの柱、即ち、柱1：IoPの共創による施設園芸 DX の実現、柱2：農工情報共創学の確立と DX 人材の育成、柱3：自走に向けた大学発ベンチャーの設置とビジネスの展開、柱4：GX(グリーントランスフォーメーション) with IoP の推進、柱5：IoP 未来農場群の設置・展開・運営を掲げている。

IoP 共創センターでは、これまでに果菜類の生理生態 AI エンジン を構築し、果菜類群落の光合成、蒸散、葉面積、開花数、着果数、収量の見える化を実現している。この AI エンジンの中核となる AI モデルは、農家の営農現場で測定容易な環境情報と作物群落 1 点画像のみから作物群落の光合成、蒸散、葉温についてリア



図4 作物生理生態の見える化

講演 Internet of Plants (IoP) の共創 (北野雅治) より一部改変

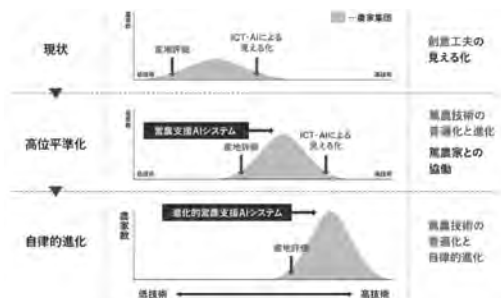


図5 農家の創意工夫の見える化・共有化による農業の自律的進化

高知大学 IoP 共創センター HP より引用

ルタイムで見える化を実現した世界初の Hybrid AI モデルであり、AI エンジンの一部は高知県のクラウド (名称：SAWACHI) に実装されている (図4)。また、営農システムの開発・実証・機能強化として、予測、多元的多目的制御・最適化、営農技術診断・改善などにも取り組み、産地における営農技術の高位平準化を実現する (進化的) 営農支援 AI エンジンの構築にも取り組んでいる (図5)。

## II. 旭川 IoP 未来農場の誕生

### 1. IoP プロジェクトの域外展開

「ボーダレス」を合言葉に、IoP プロジェクトは4つのステージ、即ち、草創・興隆期 [2020～2025年：施設園芸のDX]、成長・充実期 [2025～2030年：農家発自律的進化]、発展・拡大期 [2030～2040年：一次産業のDX]、成熟・革新期 [2040～2050年：IoK (Internet of Kochi) を介したボーダレス「高知家」(研究、教育、産業)] に分かれている (図6)。プロジェクトはまだ始まったばかりであるが、IoP の実装・普及に向けて、IoP 共創センターが取り組むべき課題としては、(1) メインエンジンの機能強化と多作目化、(2) 何の情報を、どう加工して、どう見せて、どう使って、どのように営農改善につなげるか? (3) IoP 未来農場の設置・運営による目指す姿の具現化、(4) 農家の創意工夫を AI エンジンが自動学習する仕組みの構築と Society 5.0 型農業の実現が挙げられる。特に、



図6 IoP プロジェクトのロードマップ

講演 Internet of Plants (IoP) の共創 (北野雅治) より引用

(3) IoP 未来農場群の設置・運営による目指す姿の具現化については、その全てが高知県域内にとどまっている状況であり、IoP 共創センターでは、域外展開として、九州や広島県、山梨県、北海道といった様々な地域の大学・研究機関や企業などと連携し、「域外」IoP 未来農場群構想を打ち出している(図7)。

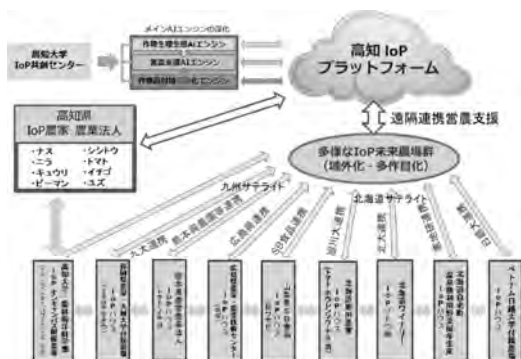


図7 「域外」IoP 未来農場群

講演 Internet of Plants (IoP) の共創(北野雅治)より引用

## 2. 旭川 IoP 未来農場の学術的「問い」

令和4年4月、筆頭著者の所属する旭川大学は、北海道大学と寒地土木研究所とともに北海道サテライトとして、「域外」IoP 未来農場に参画することになった。北海道サテライトのプロジェクト内容は、1. IoP Vineyard (ワイン用ブドウ園)、2. 寒地(無加温)IoP 未来農場、3. 寒地(温泉熱)IoP 未来農場構想、4. 高知大学IoP 共創センター北海道サテライト拠点である。旭川大学の担当は、2. 寒地(無加温)IoP 未来農場であり、その学術的「問い」として、(1) 寒地の施設園芸において、作物群落の生理生態(光合成、蒸散、葉温、成長など)の時系列情報の見える化と遠隔営農支援が高知IoPによって可能か?(2) 地温不易層(年間の温度変化が±0.1℃程度で地中温度が変わらなと見なしうる深さの地層)における浅層地中熱交換の活用などによる無加温野菜生産(ホウレンソウ、トマト、強化苗)は可能か?(3) 作物高付加価値化AIエンジンの構築による、生理生態情報に基づく「糖度、機能性成分など」の見える

化と作物高付加価値化営農支援が高知IoPによって可能か?を掲げ、プロジェクトに取り組むことになった(図8)。

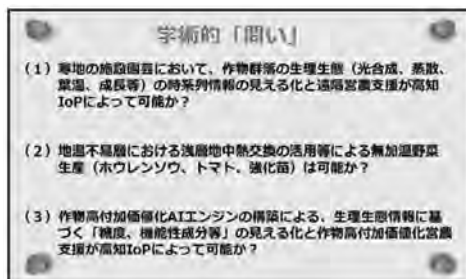


図8 旭川 IoP 未来農場の学術的「問い」

講演 Internet of Plants (IoP) の共創(北野雅治)より一部改変

## III. 旭川 IoP 未来農場の取り組み

### 1. 浅層地中熱交換システムの構築

旭川 IoP 未来農場では、学術的「問い」に挑戦するために、まず、浅層地中熱交換システムの構築に取り組むことになった。このシステムは、二重ハウス(間口:8m、奥行:30m、棟高6m)の地下70cmに埋設したパイプ内の空気を送風機でハウス内に循環させることにより、北海道の厳寒期においても無加温でホウレンソウなどの葉物野菜の生産を行えるようにすることを目的としたものである(図9)。旭川大学には研究圃場がないため、庄司篤史氏の協力を頂いた。庄司氏は旭川大学近郊の若手農家を

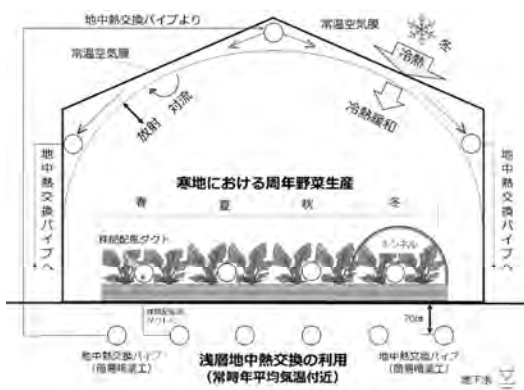


図9 浅層地中熱交換システムのイメージ

講演 Internet of Plants (IoP) の共創(北野雅治)より引用

で、筆頭著者が所属する短期大学部食物栄養学科のゼミナール活動で行っている農園体験実習の受け入れ農家でもある。協力内容は、研究圃場の提供と浅層地中熱交換システムの構築作業である。構築期間は令和4年10月の下旬から始まり、同年12月末に完成した(図10)。また、システムが完成するまでの間、予備実験として、ハウレンソウの生理生態 AI エンジンの構築のためのデータ収集を目的としたハウレンソウの栽培を行った。



図10 浅層地中熱交換システムの構築風景

## 2. 浅層地中熱交換システムの実証研究

令和5年1月より、旭川 IoP 未来農場では、浅層地中熱交換システムの実証試験として、二重ハウス内でハウレンソウの栽培試験を行っているところである(図11)。厳寒期の二重ハウス内の気温変化の一例を図12に示す。令和5年1月8日は最低気温 $-17.5^{\circ}\text{C}$ を記録するなど年明け後最も冷え込んだ日であるが、ハウレンソウが栽培されているトンネル内の気温は一番低い時でも $-3^{\circ}\text{C}$ 程度に保たれており、その後、9時頃から急激に上昇し、正午に $20^{\circ}\text{C}$ 以上に達した後、15時頃まで10度以上で推移していた。浅層地中熱交換システムの効果については、試験を重ねて多くのデータを収集し、詳細な分析を行う予定であるが、地中のパイプ内の気温は、ハウス内の最低気温である $-7^{\circ}\text{C}$ 付近では $8^{\circ}\text{C}$ 程度高く、最高気温である $15^{\circ}\text{C}$ 付近では $5^{\circ}\text{C}$ 程度低いことが確認された。また、予備実験で収穫したハウレンソウの成分を分析したところ、糖度は13%以上に達し、生で食べても

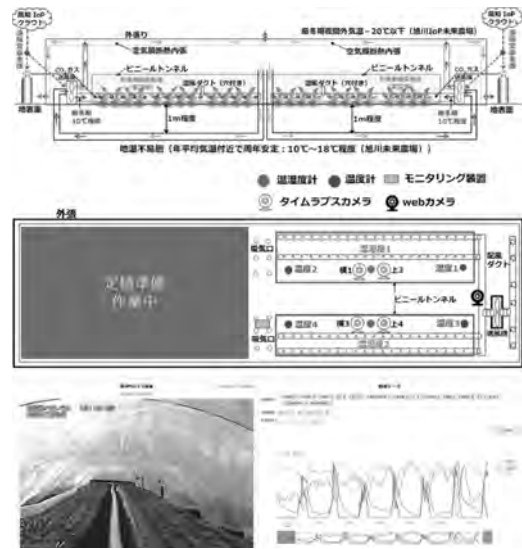


図11 旭川 IoP 未来農場の概要

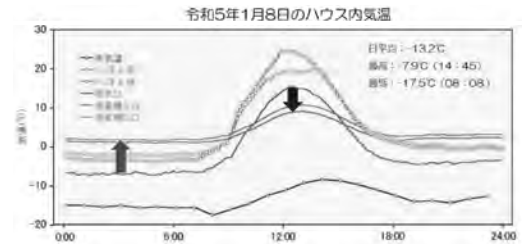


図12 厳寒期の二重ハウス内の気温変化

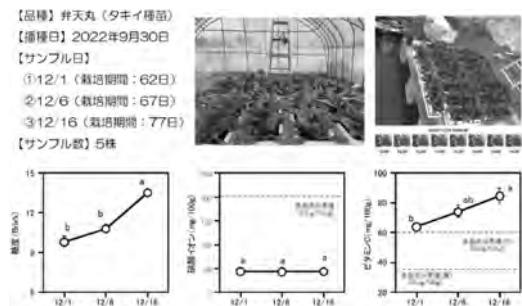


図13 予備実験の結果

感じるほど甘かった一方、苦みやえぐみの原因物質、また環境の富栄養化の観点からも低減化が求められている硝酸イオンについては食品成分表値を大きく下回り、ビタミンCについては食品成分表値を20%以上回っていた(図13)。

これらのことから、浅層地中熱交換システムにより、北海道の厳寒期においてもハウレンソウのような低温に比較的抵抗性のある作物の無加温栽培の可能性が明らかになるとともに、寒締めや縮みといった高品質ハウレンソウの生産の可能性も明らかとなった。旭川 IoP 未来農場では、今後も栽培試験を行い、浅層地中熱交換システムの評価や改善に取り組んでいく予定である。また、それと並行して、浅層地中熱交換システムの新たな活用法、即ち、作物の高付加価値化、栽培期間の延長、強化苗の生産への応用などについても取り組んでいく予定である。

#### IV. 旭川 IoP 未来農場の展望

旭川 IoP 未来農場は、研究開発、実証研究、教育・人材育成の拠点として位置づけられているが、誕生して間もない状態で、研究開発、実証研究が動き始めたところである。まずは、協力農家の庄司氏としっかりと「共創」して成果を出していきたい。IoP の教育・人材育成については、高知大学内の IoP 教育ハウスにおいて実務研修が行われているが、夏期は気温が高すぎて作物栽培が困難な状況である。しかしながら、今回、旭川 IoP 未来農場が誕生したことで、夏期は旭川大学、冬期は高知大学で実務研修を行うことが出来るようになれば、一年を通じての IoP の教育・人材育成が可能になるだろう。

最後に、旭川 IoP 未来農場の未来について、僭越ながら個人的な展望を述べさせて頂く。令和5年4月、旭川大学は旭川市立大学として新たな船出を切る。そして、令和7年度には新学部「地域創造デザイン学部（仮称）」が新設される予定である。新学部では（1）デザイン思考、（2）少人数教育、（3）地域との連携、（4）デジタルの4つをベースにしたカリキュラムが検討されている。本稿で紹介した IoP (Internet of Plants) の目的とその特徴は新学部のカリキュラム条件を満たしていると言える。農学部を新設することに比べれば IoP を学べるコースを新学部に組み込むことは比較的容易であり、これが実現すれば IoP の実装・普及も一段と加速すると期待される。

#### 謝 辞

本稿の作成に当たり、旭川市の農家である栃谷学氏と庄司一敏氏には、共著者の庄司篤史氏とともに2か月に以上に渡る浅層地中熱交換システムの構築作業において多大な協力を頂き、感謝申し上げます。高知大学 IoP 共創センターの齊藤雅彦氏には、モニタリング装置の設置において協力を頂き、感謝申し上げます。ゼミ生の濱田雄大君（2年生）、中西丈君（1年生）、中橋涼太君（1年生）には、ハウレンソウの成分分析において協力を頂き、感謝申し上げます。高知大学 IoP 共創センターの野村浩一氏、但田育直氏、伊藤将司氏には、厳寒期の旭川において早朝からハウレンソウの光合成測定をして頂いた。結果については現在分析中のため本稿では割愛させて頂いたが、今後も宜しくお願い申し上げます。

本研究はJSPS 科研費 JP22H02468 の助成を受けたものである。

#### 参考文献

1. 高知大学 IoP 共創センター, 高知大学, <https://www.kochi-u.ac.jp/iopc3/>
2. IoP (Internet of Plants) が導く Next 次世代型施設園芸農業への進化プロジェクト, 高知県, <https://kochi-iop.jp/>
3. 講演 Internet of Plants (IoP) の共創, 北野雅治, 2022年7月15日, 旭川大学
4. 旭川市立大新学部のカリキュラム「デザイン思考」など4本柱 学長予定者ら市中心部の校舎に理解, 北海道新聞 DIGITAL, 2022年10月15日