



次世代の施設園芸の兆し

高知大学 副学長（地域連携担当）

農林海洋科学部 教授

次世代地域創造センター長

IoP共創センター副センター長

石塚 悟史

IoP とは？

Internet **o**f **P**lants

作物のインターネット

**「作物のインターネット」
ってどういうこと？**

**農業と何か関係
があるの？**

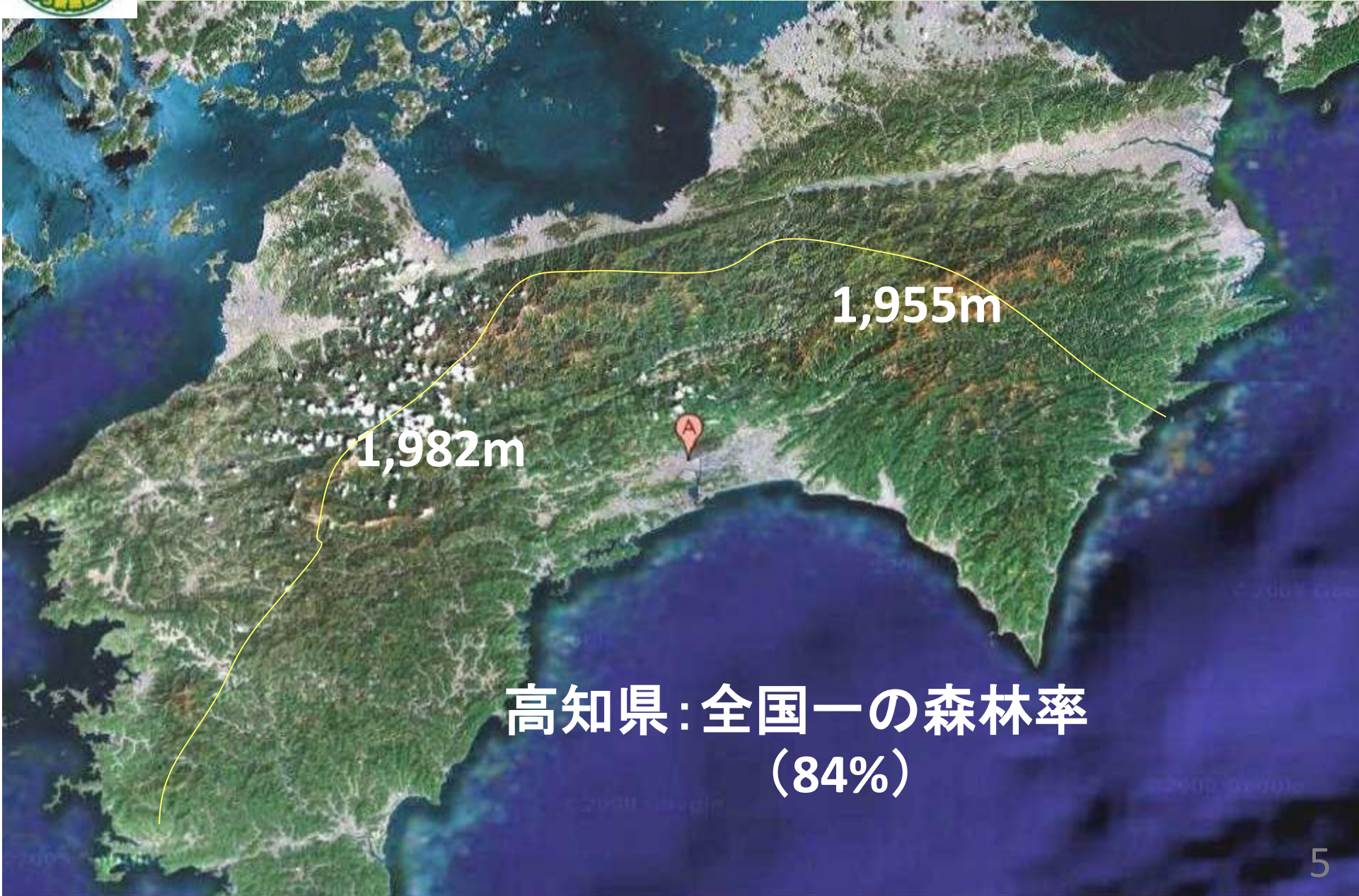
高知県の農業の 特徴から説明

高知県は**施設園芸農業**が盛ん!!





なぜ高知は園芸なのか



1,982m

1,955m

高知県：全国一の森林率
(84%)



とにかく山ばかり ※耕地面積：全国の0.6%





$$\text{反収} \times \text{面積} \times \text{単価}$$

$$\text{—} \text{経費} = \text{所得 (手取り)}$$

勝負は反収！技術で決まる！



園芸品の中でもさらに選択と集中！



全国

高知で生産が多い野菜



土地利用型、重量野菜、単価：安

手間かかる、軽い、単価：高

狭い面積でも稼げる No1,オンリー 1 + 多様性が強み



全国の0.6%しかない農地で・・・

- **野菜**の産出額：711億円（全国11位）
- **果実**の産出額：111億円（全国19位）
- **花き**の産出額：58億円（全国19位）

* 園芸全体で880億円（14位）

（R2年産出額 農水省より）



面積あたりの生産効率は、高知県がダントツNo1

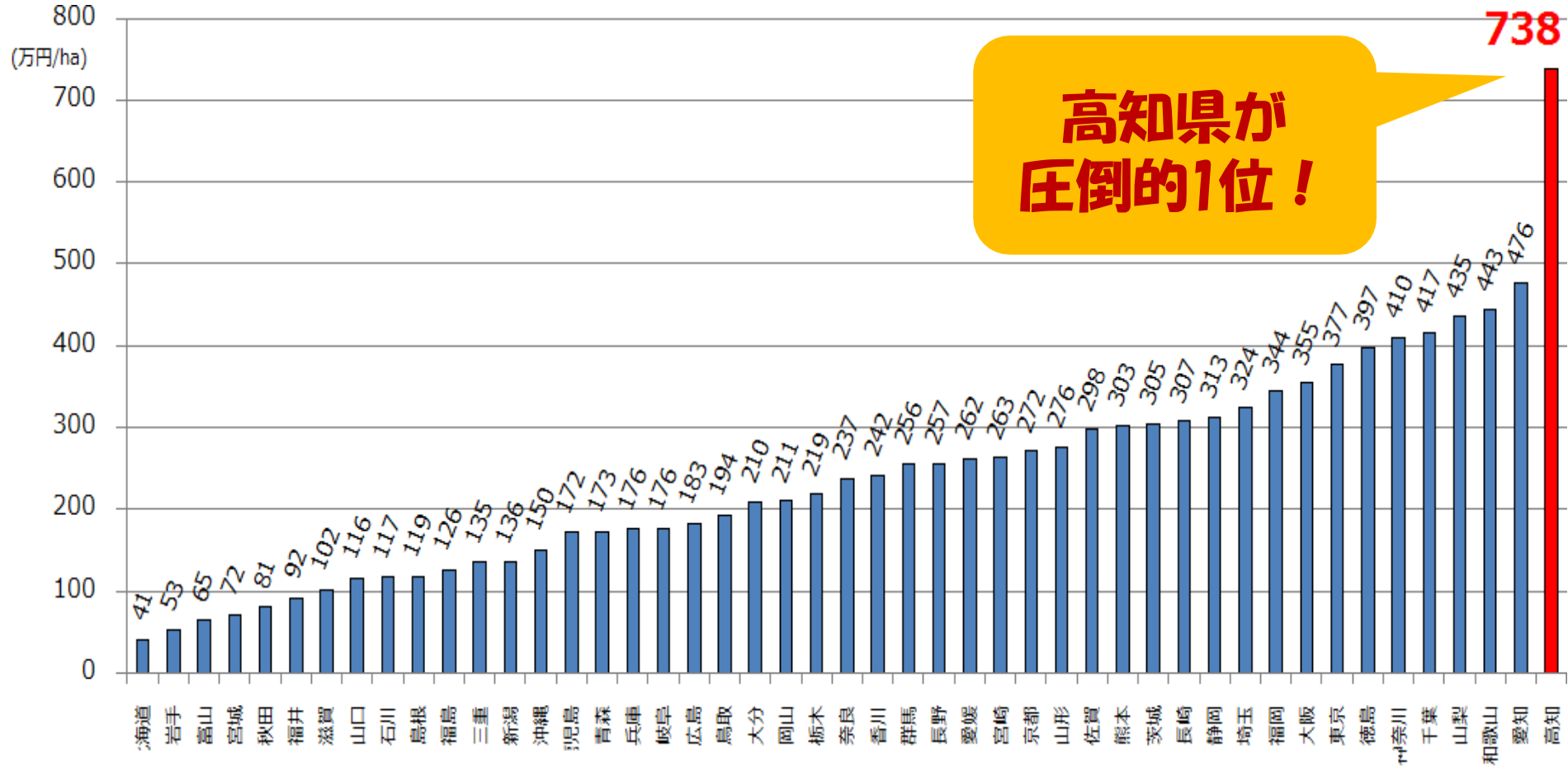


図1. 耕地面積当たりの都道府県別農業産出額の比較 (H29年産)

※産出額は、米、畜産、加工農産物を除き、耕地面積は、米(水陸稲)を除いて算出(農林水産省データより)



日本の農業

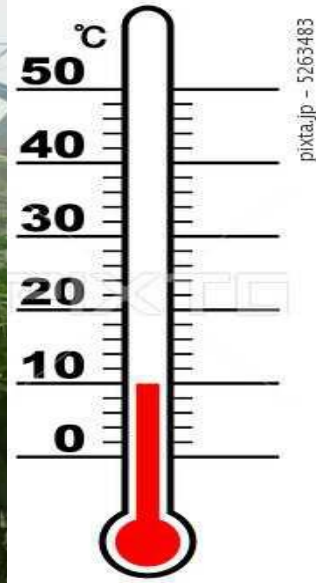
- ・ 温度中心の管理
- ・ 経験と勘がたより



これからの管理

(こうち新施設園芸システム)

- ・ 温度+湿度+CO2を
作物の樹勢や日射量に応じて
総合的にコントロールする (環境制御)
- ・ データの見える化+観察+見直し!



pixta.jp - 5263483



	19.2	18.9	20.1	20.3	21.2	19.2	19.2
Nacht T	18.5	19.3	20.0	19.7	21.8	18.1	18.1
RU e.m.	80	75	70	71	75	82	84
CO ₂ day	830	923	710	987	808	886	743
Gift l/m ²	0.977	0.977	1.06	1.11	1.06	1.01	0.76
Drain li	0.21	0.21	0.35	0.27	0.22	0.20	0.18
Drain ec	4.44	4.44	4.42	4.41	4.36	4.30	4.22
EC 15	2.40	4.25	4.65	3.62	10.81	7.37	5.72



オランダに学べ！ データ農業（環境制御）へ





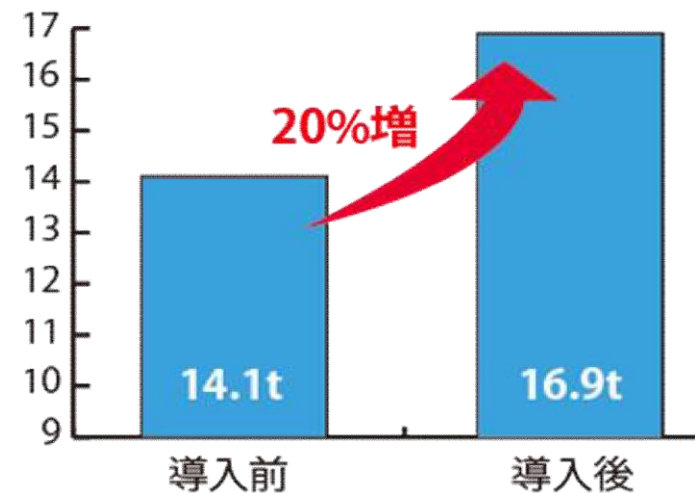
まだまだイノベーションできる！ 限界収量の突破へ



環境データが見えるようになったとき、管理方法をいろいろ見直して、栽培が楽しくなったで。

安芸市 植野さん

11月～5月 ナス



炭酸ガスを使うとみて、うんと手応えを感じちゅう。もっと技術を改善して、増収にチャレンジするで。

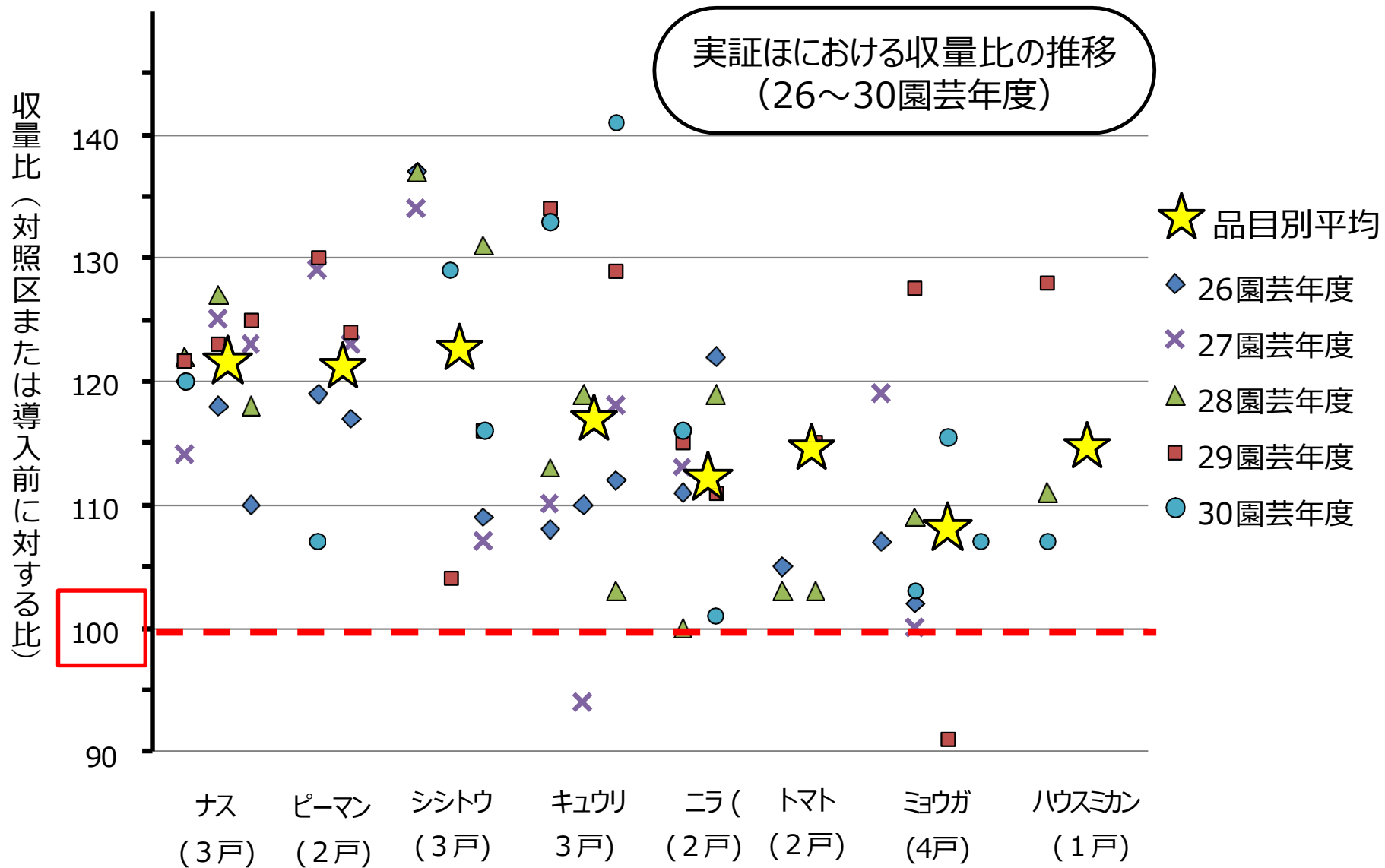
土佐清水市 村田さん

11月～5月 キュウリ





まだまだイノベーションできる！ 限界収量の突破へ





さらなる可能性！次世代型ハウスの導入へ



次世代施設園芸高知県拠点



平成28年7月より4.3haでトマトの栽培開始！



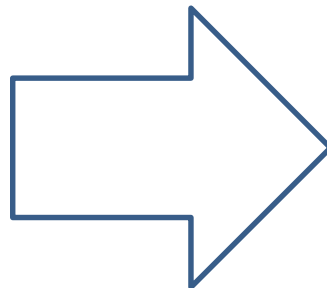
JA出資法人南国スタイル次世代型ハウス



平成29年1月よりパプリカの栽培開始！



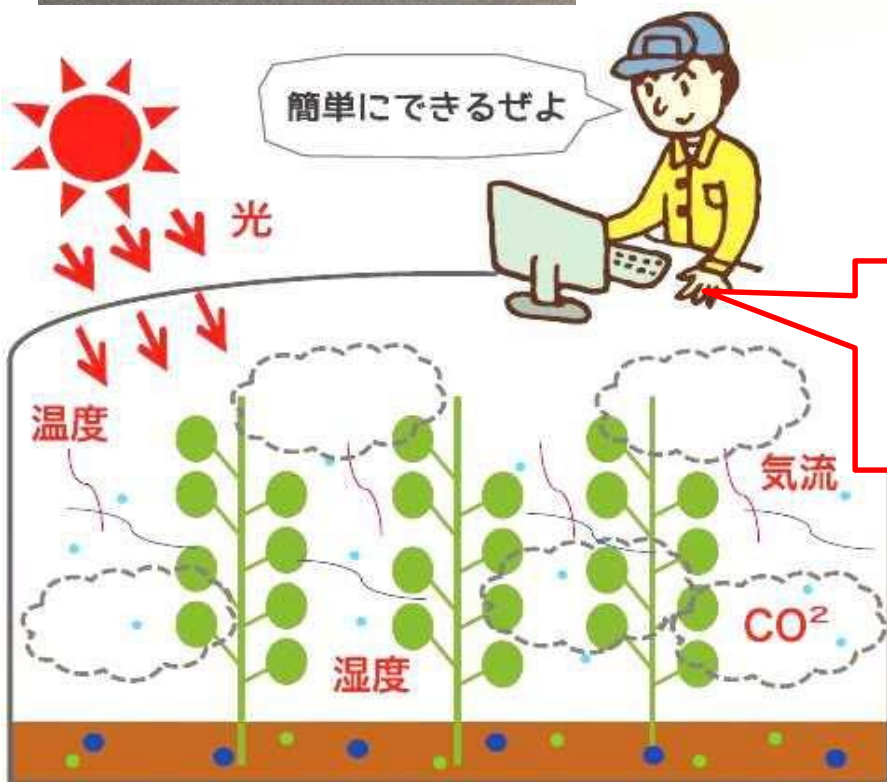
作物に応じた形で普及する！ 次世代型ハウス



②

耐風速
35m/s以上

① 軒高2・5m以上

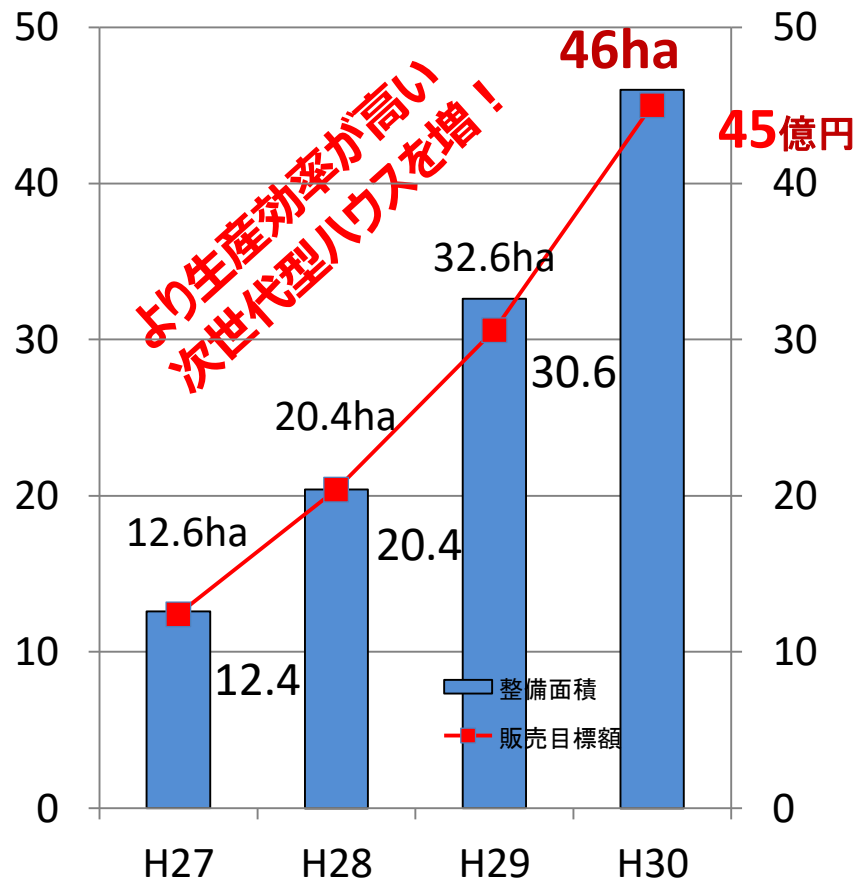


③

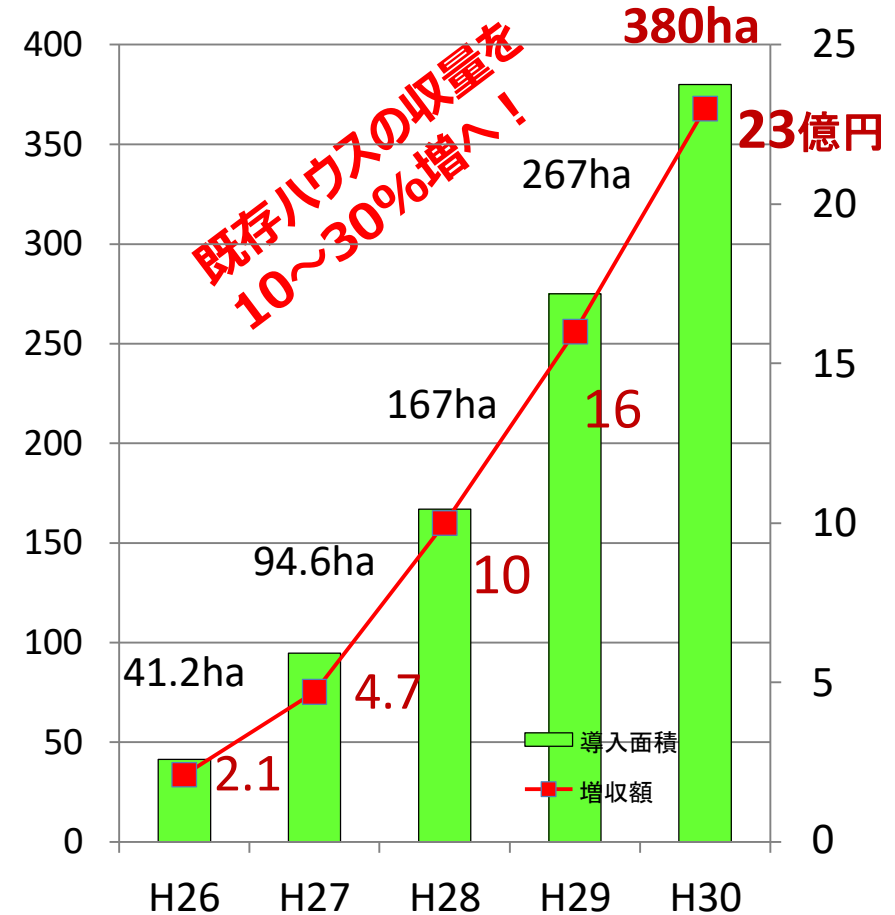
環境制御装置を
標準装備！



● 新たな次世代型ハウスの 整備面積と販売目標額

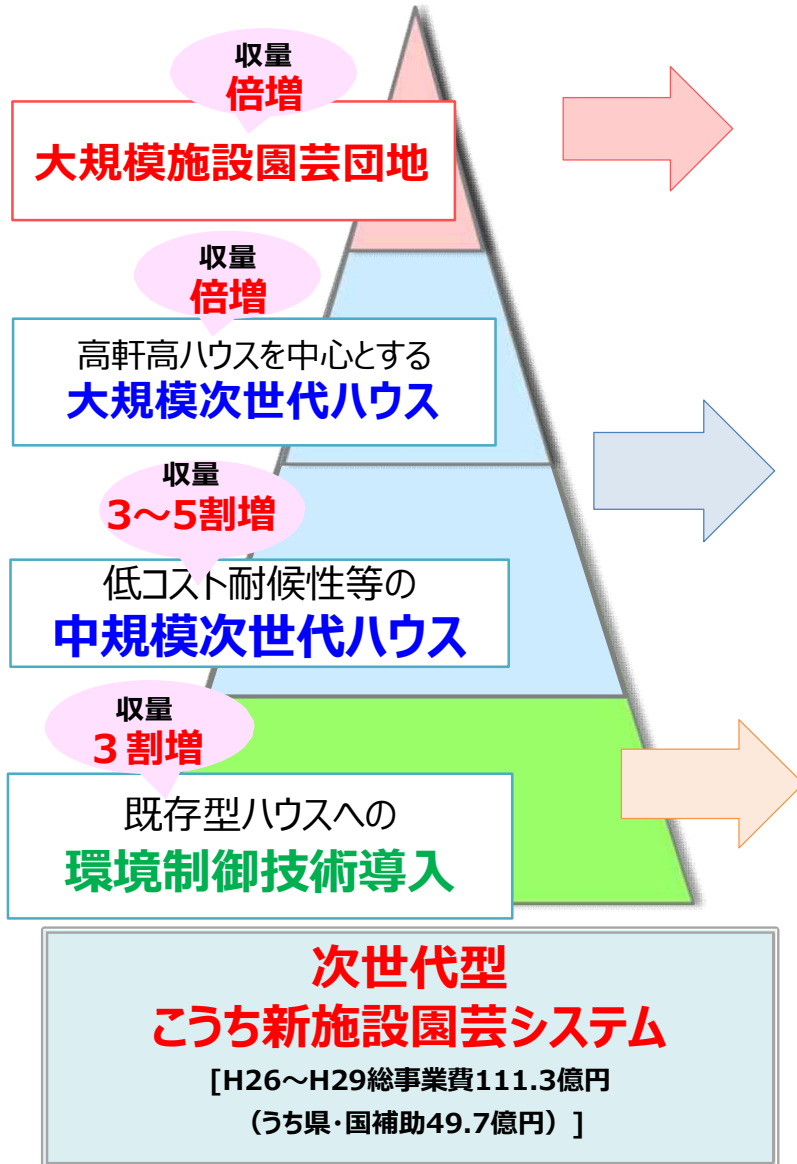


● 既存ハウスへの環境制御 技術の導入面積と増収目標額





これまでの高知県の「次世代型こうち新施設園芸システム」の取組・実績



□ **四万十町次世代団地** (H28.3完成)

受益面積 **4.3ha**
販売目標 **6.1億円**
雇用増 **96名**

□ **次世代型ハウスの普及**

<整備面積(累計)と販売見込額>

年度	整備面積(累計) [ha]	販売見込額 [億円]
H27	12.6ha	12.4億円
H28	20.4ha	20.4億円
H29	32.6ha	30.6億円
H30	46ha	45億円

例 | 南国市
パプリカ・ピーマン
1棟,0.7ha

□ **環境制御技術の普及**

<導入面積(累計)と増収見込額>

年度	導入面積(累計) [ha]	増収見込額 [億円]
H26	41.2ha	2.1億円
H27	94.6ha	4.7億円
H28	167ha	10億円
H29	267ha	16億円
H30	380ha	23億円

※主要7品目
50%の農家に普及



次世代型



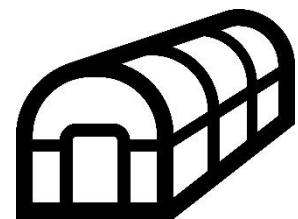
Next 次世代
Internet of Plants

- Society4.0
- 1,200戸に普及
- 経済効果：約70億円
- 「地域の限界収量突破」

- **Society5.0**へ
- **6,000戸**に普及
- さらに**130億円**増
- 農業者に「誇り」と「やりがい」
消費者に「安全安心」と「信頼」
若者に「夢」と「未来」を！

高知県の産学官民連携
ALL高知県でプロジェクト化

これまで…



ハウス内環境の見える化

温度

湿度

炭酸ガス
濃度



これから…

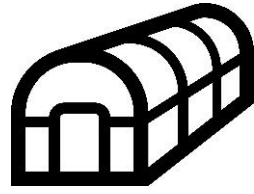


作物の生理・生態の見える化

光合成

蒸散

転流

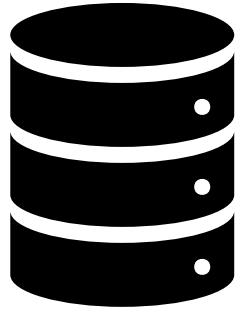


ハウス内
環境データ

作物内
生理・生態データ



IoPクラウド



データベース
(ビッグデータ)



AI エンジン



最適な生産管理モデル

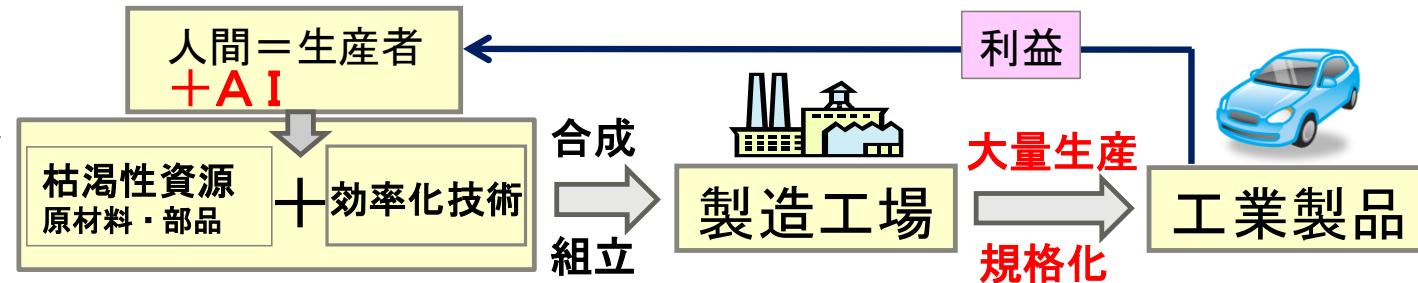
農業の非効率性は作物の生理生態にある

- 「稲のことは稲に聞け、農業のことは農民に聞け」
- 「農学栄えて農業滅ぶ」 (近代農学の祖 横井時敬)

工業：

“造って稼ぐ産業”
 “生産者は人間”
 “生産工程の効率化”

■工業：先端技術による人知自在の効率化と高度化

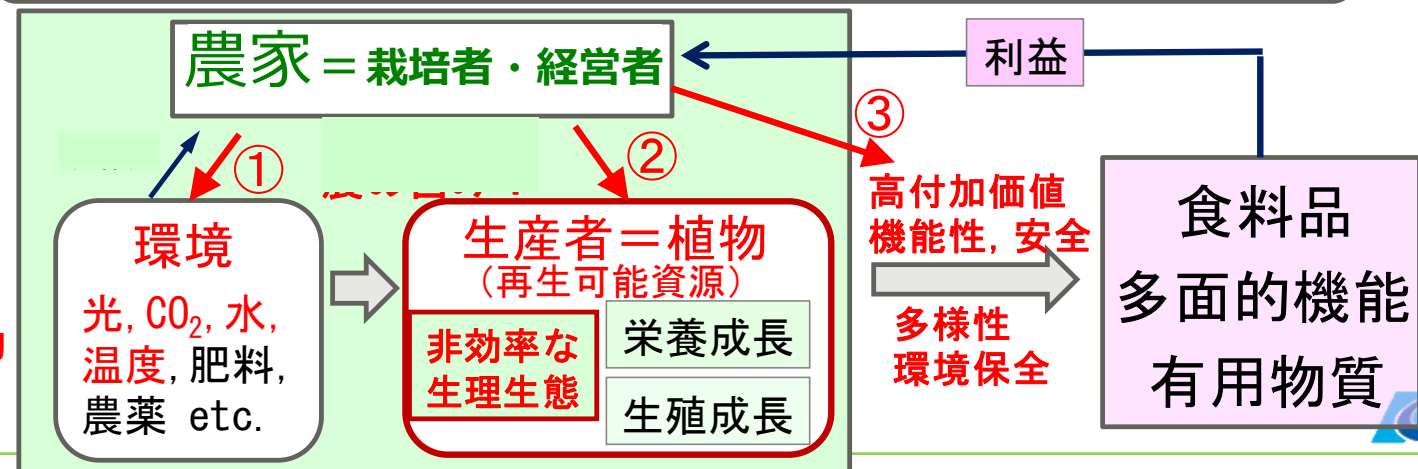


農業：

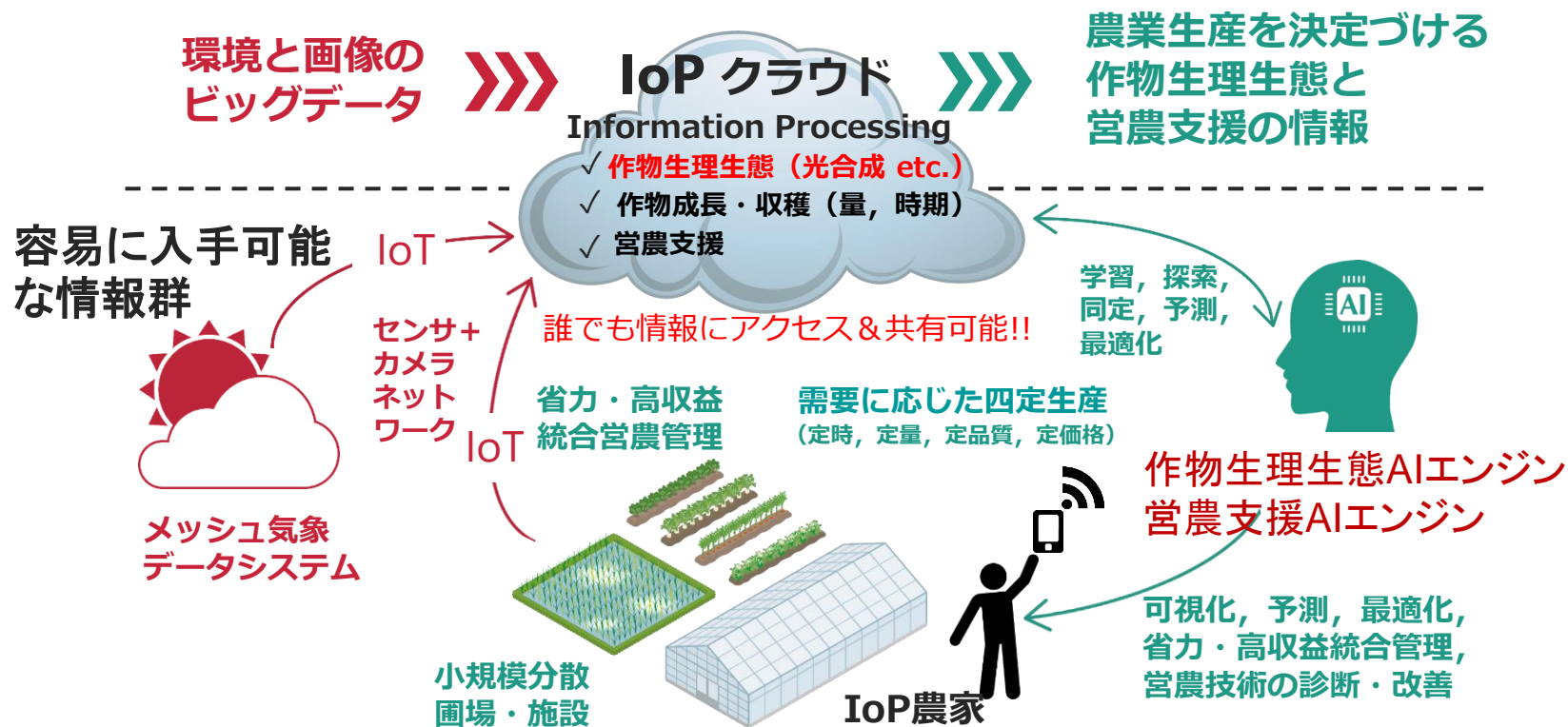
“育てて稼ぐ産業”
 “生産者は作物”
 “農家は栽培者+経営者”
 “非効率な産業”

★農業：作物の生理生態の人為及ばぬ非効率性 AIによる克服？

- ×天候に支配される
- ×作物：動けない
- ×育成：長期間・重労働
- ×収穫：1～数回/年
- ×価格：安価、不安定



Internet of Plants の概要



IoPクラウドの機能：作物生理生態，成長・収穫関連，営農支援の情報群の「見える化，使える化，共有化」

- 見える化** ⇒ 株当たり光合成・蒸散，着果負担，開花数，葉面積，草勢の時系列など
- 使える化** ⇒ 収穫（収穫日・収量）・着果負担・開花などの予測，光合成最適化，収穫調整に向けた環境最適化，分散ハウス群の統合管理など
- 共有化** ⇒ 篤農技術の抽出と共有，営農技術診断，技術改善など

作物群落の生理生態情報の見える化・使える化・共有化

IoT
センサ・カメラ
ネットワーク

環境と画像の
ビッグデータ

IoP クラウド

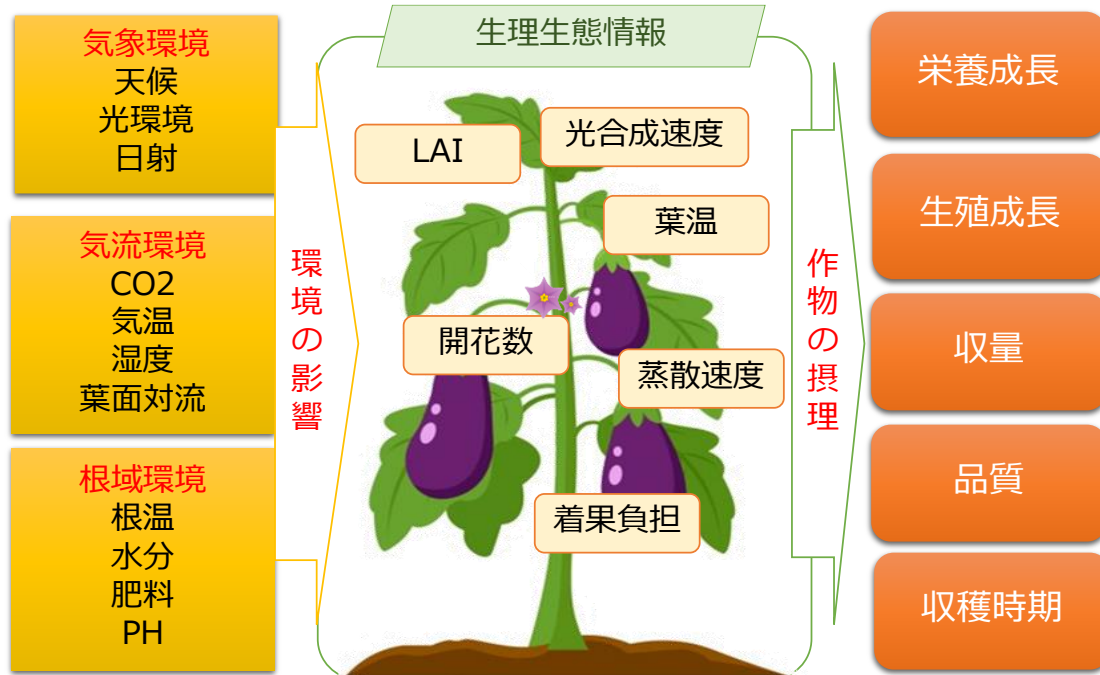
Information Processing

- ✓ 作物生理生態 (光合成 etc.)
- ✓ 作物成長・収穫 (量, 時期)
- ✓ 営農支援

説明性の高い情報の
見える化・使える化・共有化

説明性の高い
作物生理生態と
営農支援の情報

農業は、光合成を利活用する「モノづくり」産業
作物生理生態 = 製造工程の見える化



来週の土曜の
北と南のハウスの収量は?
人が何人必要かな?
日曜に休むには、
どうすれば?



農業の生産者は「作物」

農家は「経営者」

Mission impossible?



果菜群落の生理生態情報

- 光合成（生産の原資）
- 蒸散（根の吸水量）
- 葉温（体温）
- 葉面積
- 群落の鉛直構造
- 開花数
- 果実肥大
- 着果負担
- 収穫日・収量

見える化
使える化
共有化

実現可能
为什么呢？

葉菜群落の生理生態情報

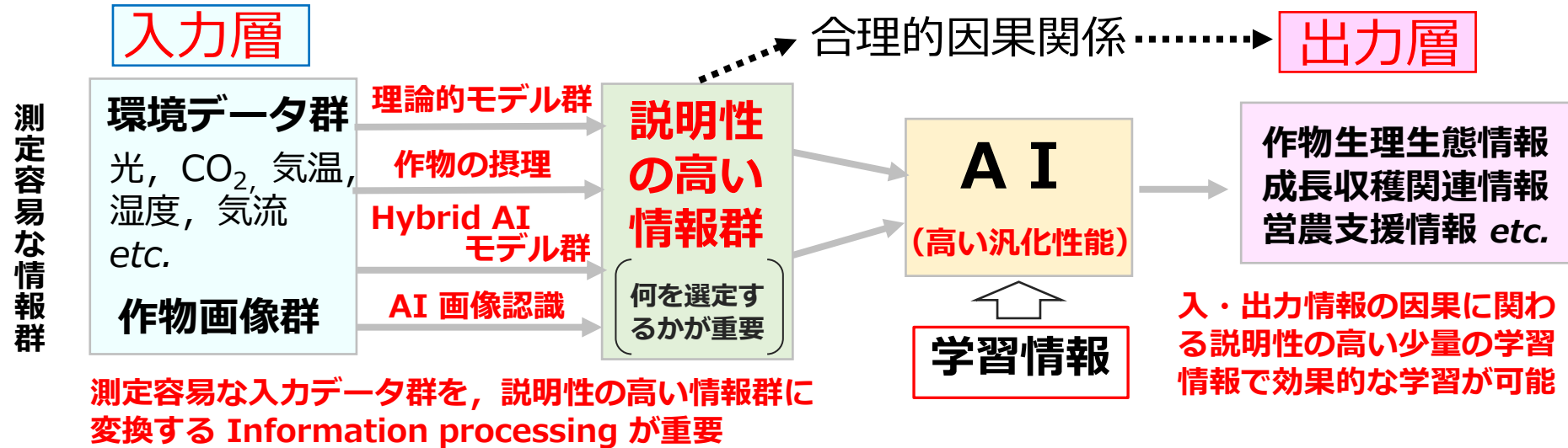
- 光合成（生産の原資）
- 蒸散（根の吸水量）
- 葉温（体温）
- 草丈
- 葉面積
- 分けつ数
- 生体重
- 収穫日・収量

見える化
使える化
共有化

実現可能
为什么呢？

IoP Hybrid AI Model

IoP 中核モデル：「論理的に説明性の高い入力情報群」の定義・選定が最重要



高知IoPにおけるHybrid AI Model の効果

- (1) 営農現場での取得が容易な入力データのみで運用可能 (高い普及性)
 - ・ 日射、気温、湿度、CO₂濃度、作物群落1点画像などの普及済みのセンサ群で対応可能
- (2) 少量の学習で高い再現性と普遍性を実現 (高い学習効率)
 - ・ 学習のためのビッグデータの入手が不可能な営農現場が対象の農業AIでは必須条件
- (3) 継続的に学習を重ねるごとに進化する (伸びしろがあるモデル)
 - ・ 定期的な学習ルーチンを農技センター等で継続することで進化し続ける。
- (4) 複雑多様な生理生態プロセスに適用可能 (高い汎用性)
 - ・ 複雑多様で理論の適用が困難な群落光合成・蒸散、生殖成長、高付加価値化などに対して有効

学習情報の取得：群落の光合成の測定システム

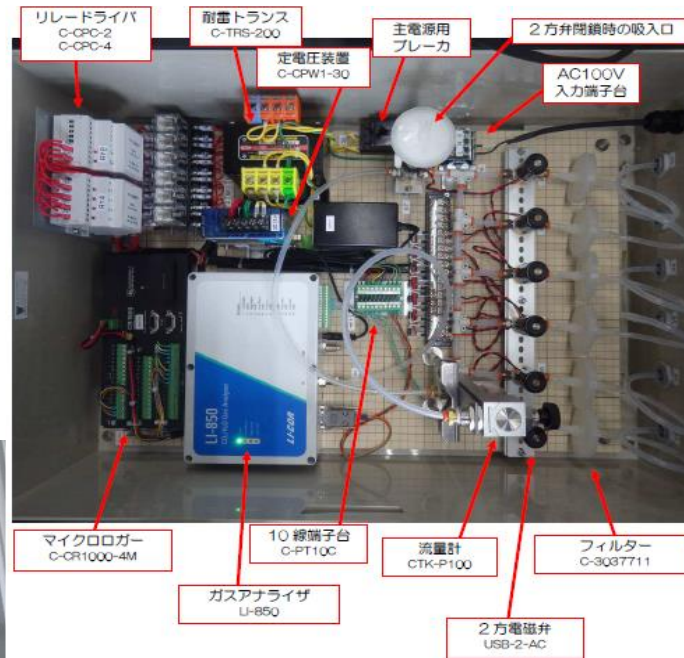
ニラチャンバ (0.6×0.6×0.6 m)



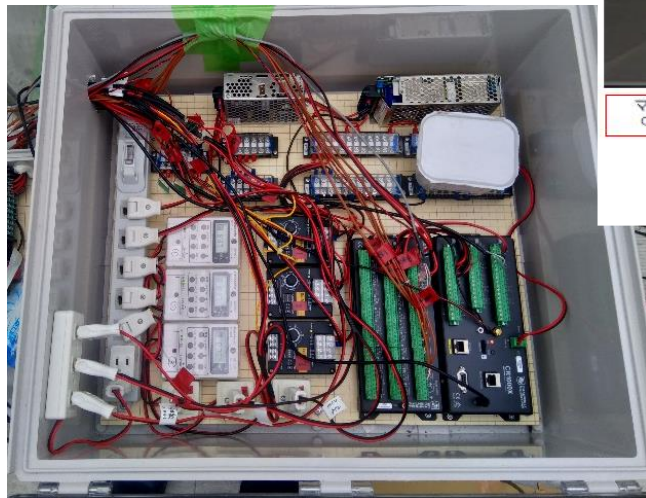
ナスチャンバ
(2.4×1.2×1.2 m)



ガスサンプリング切替装置
ガス濃度分析器



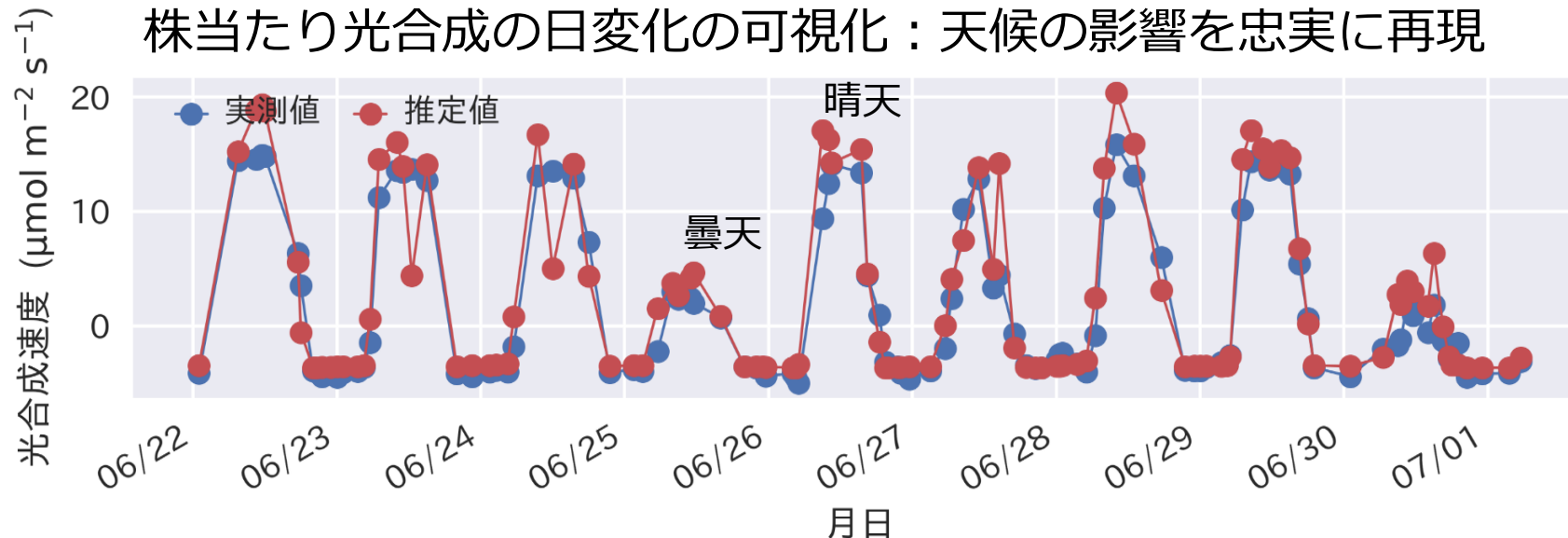
データロガー・通風制御装置



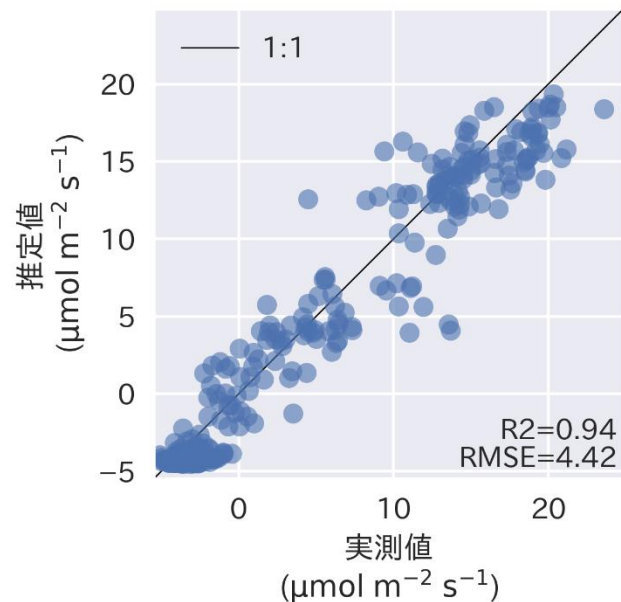


ナスの株当たり光合成の見える化

株当たり光合成の日変化の可視化：天候の影響を忠実に再現



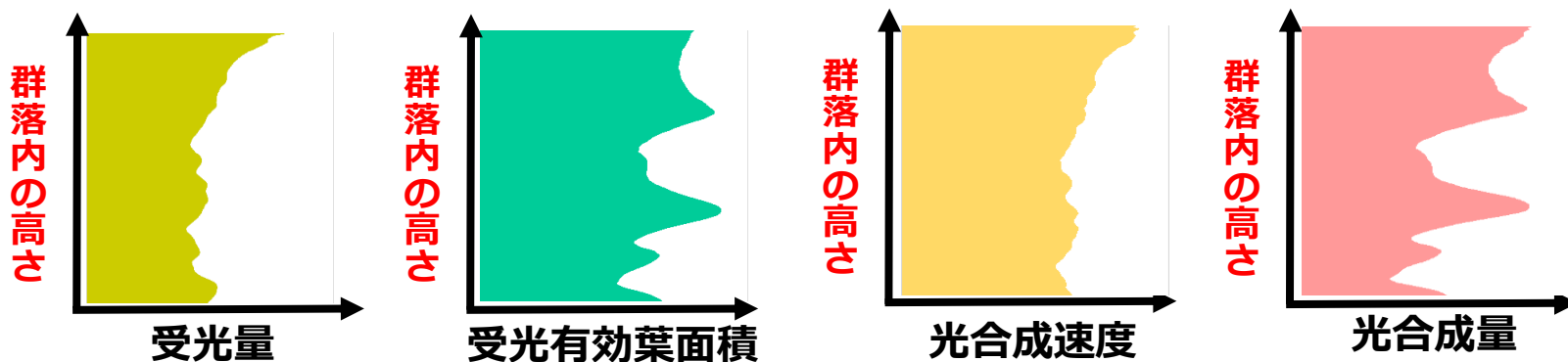
30分毎の精度



- **環境情報 + 作物体一点画像**から、作物生産の基本原資である**株当たり光合成**の時系列情報を農家にリアルタイムで提供可能
- **株当たり蒸散**の情報も提供可能：合理的な自動かん水制御に活用できる。

生理生態の作物群落内鉛直分布の見える化を実現

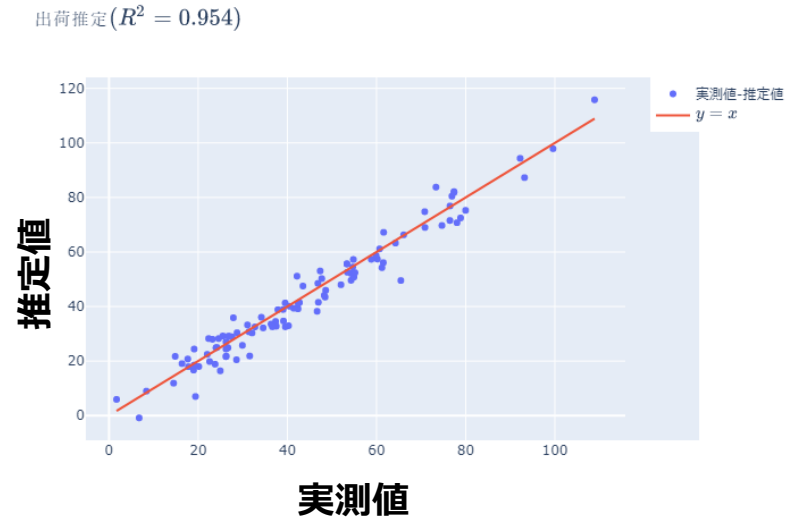
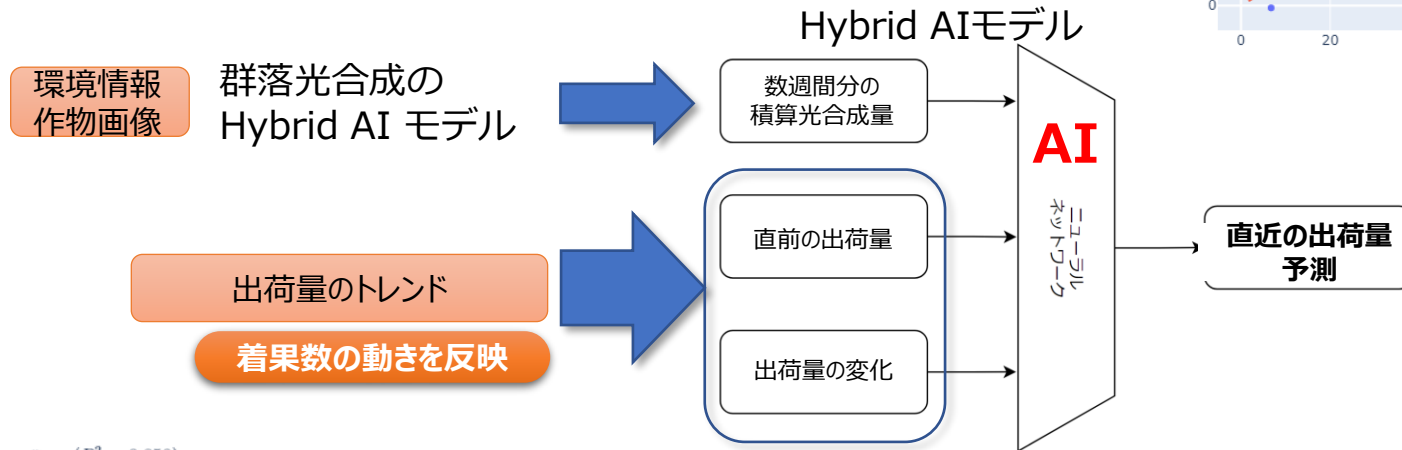
農家が撮影するスマホ画像のみで、受光量、光合成、受光有効葉面積の作物群落内の鉛直分布を推定可能



ナスの出荷量の予測を高精度で実現

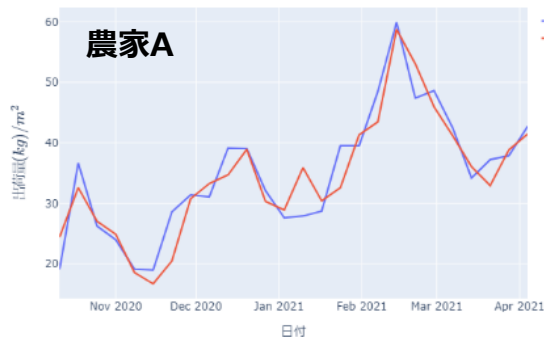
- 複合Hybrid AIモデルを用いて出荷量を予測
- 同じ学習モデルで複数の農家の出荷量を予測

出荷量の複合Hybrid AI モデル

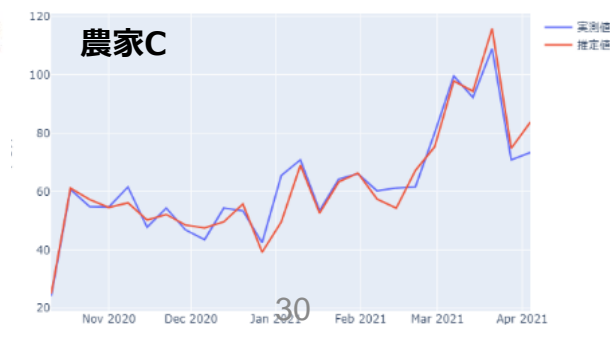


**SAWACHIの
出荷情報と
群落光合成情報から、
1週間後の
出荷量を予測可能**

出荷推定 ($R^2 = 0.858$)



出荷推定 ($R^2 = 0.920$)



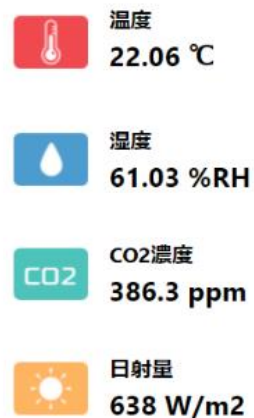
ナス協力農家のハウスでも「見える化」を実現

ナス農家（安芸地区）での生理生態情報の見える化

リアルタイム表示



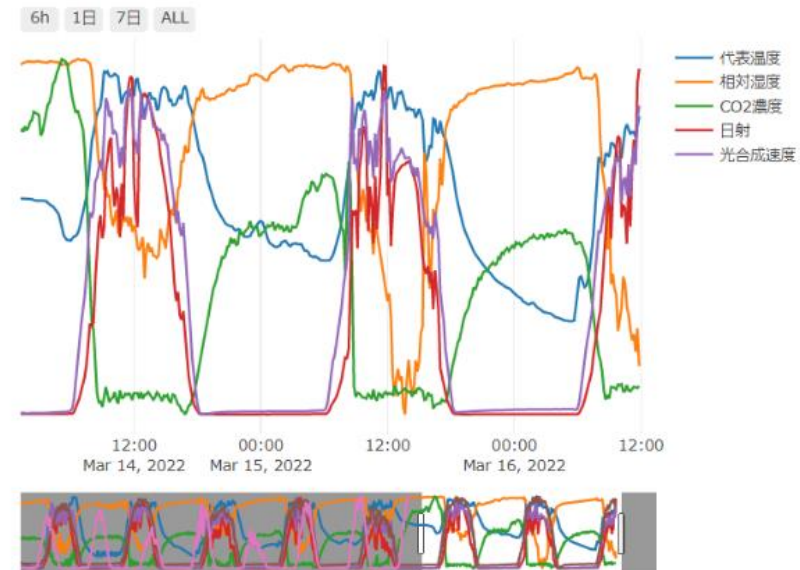
ハウス内環境情報



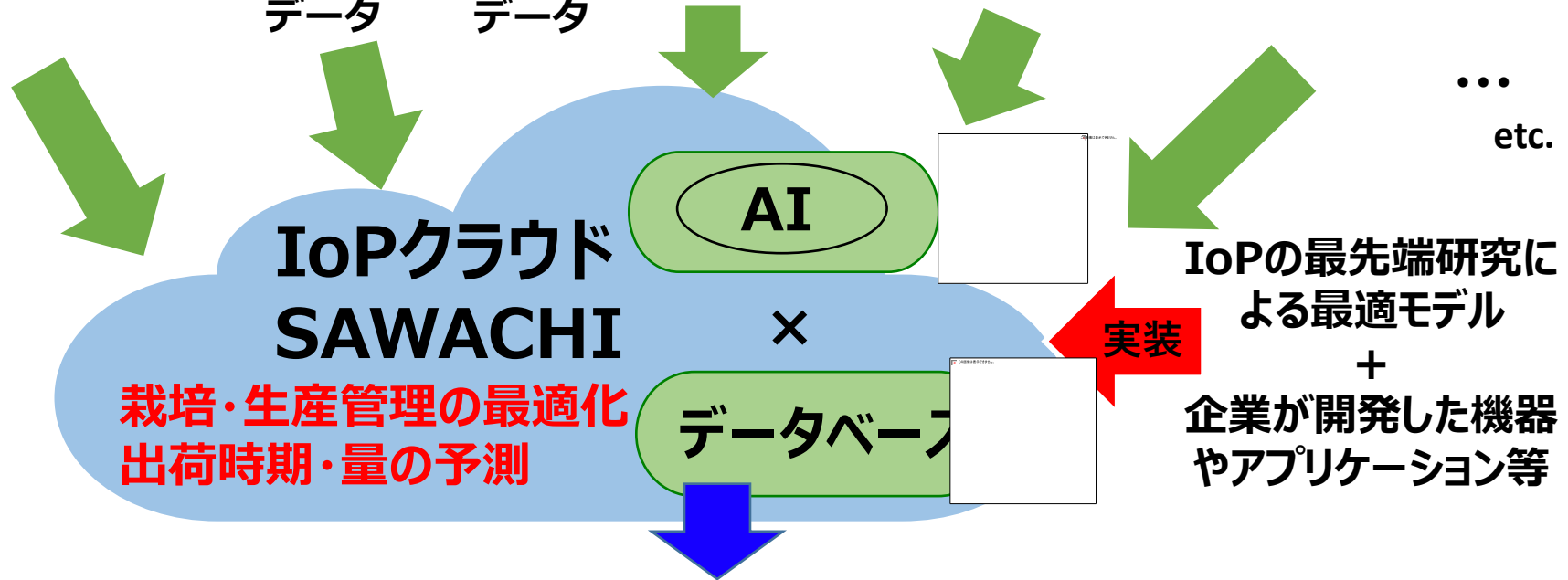
ハウス内カメラ画像



時系列グラフ



10年後の施設園芸農業の飛躍的发展



個々の農家の皆様に、有益情報としてフィードバック！
見える化のみでなく、様々な便利機能、省力化、自動化、遠隔化をお手伝い！



県内の農家に導入
+
今後県外・海外に展開等

- ・環境制御、栽培管理機器類、省力・ロボット・・・
- ・見える化機器、労務管理システム・・・
- ・出荷予測、履歴管理、農産物受発注システム・・・



令和4年度 SAWACHIとデータ駆動型農業の普及推進目標とロードマップ

農業イノベーション推進課



普及ロードマップ

IoPクラウド・プロトタイプ

IoPクラウド (SAWACHI)

- 270戸で実証運用 & 各機能のブラッシュアップ
- 出荷画面：主要7品目→31品目対応へ
- 生産者画面と同様の画面を指導者画面に追加
- データ駆動型指導員の育成(県・JAで50名体制)
- データ駆動型指導フォーム・ライブラリの構築

本格運用開始(9/21)プレスリリース・PR

- データ活用同意 & 加入申込 推進体制構築
- 各地域・各品目毎に 説明会 & 加入キャンペーン

- ハウス詳細接続農家：570戸へ
- 出荷データ同意：1424→4000戸へ
- SAWACHI直接利用農家：324→2000戸へ
- 営農+販売・購買・経営担当で活用
- パソコンやスマホが苦手な農家にもデータ駆動型で有益な指導を実施
- 新園芸年度加入キャンペーン
- 他都道府県との連携(IoPネットワーク)

※テストベット利用 企業の皆様と連携 接続利用可能なデバイス類・アプリ類の充実

※SINET-JGN利用 大学や研究機関と連携 データ駆動型研究開発の加速化



SAWACHIの強み 作物情報を、SAWACHI内の全データを活用して分析診断できる！

New

① JMBSC（気象業務支援センター）との連携による詳細メッシュ気象データ

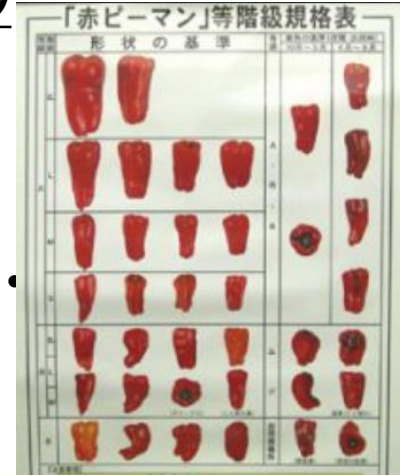
高知県内の
アメダス
27地点



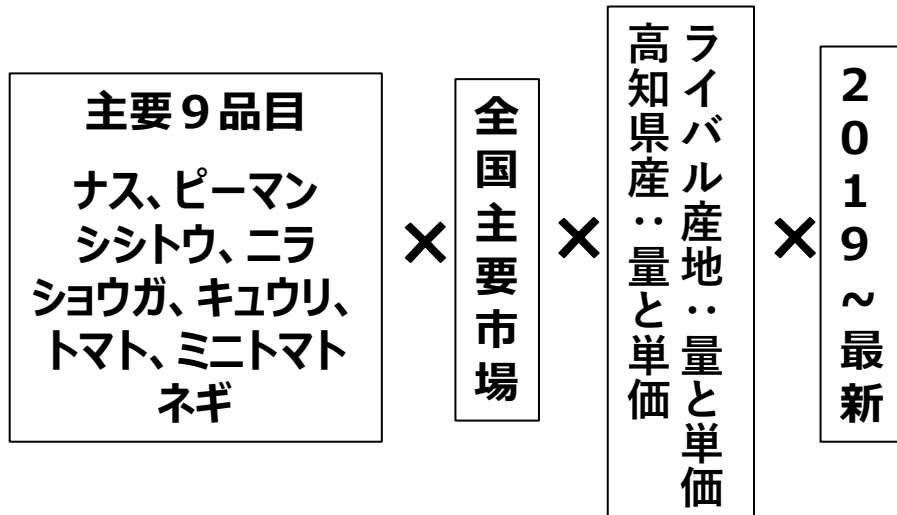
すべての園芸産地
県内169地点に対応

② JA電算センターとの連携による 毎日の出荷実績データ

日、週、月、年間単位
出荷量、A品率・・・
等級 A、B、C、その他・・・
階級 2L、L、M、S・・・



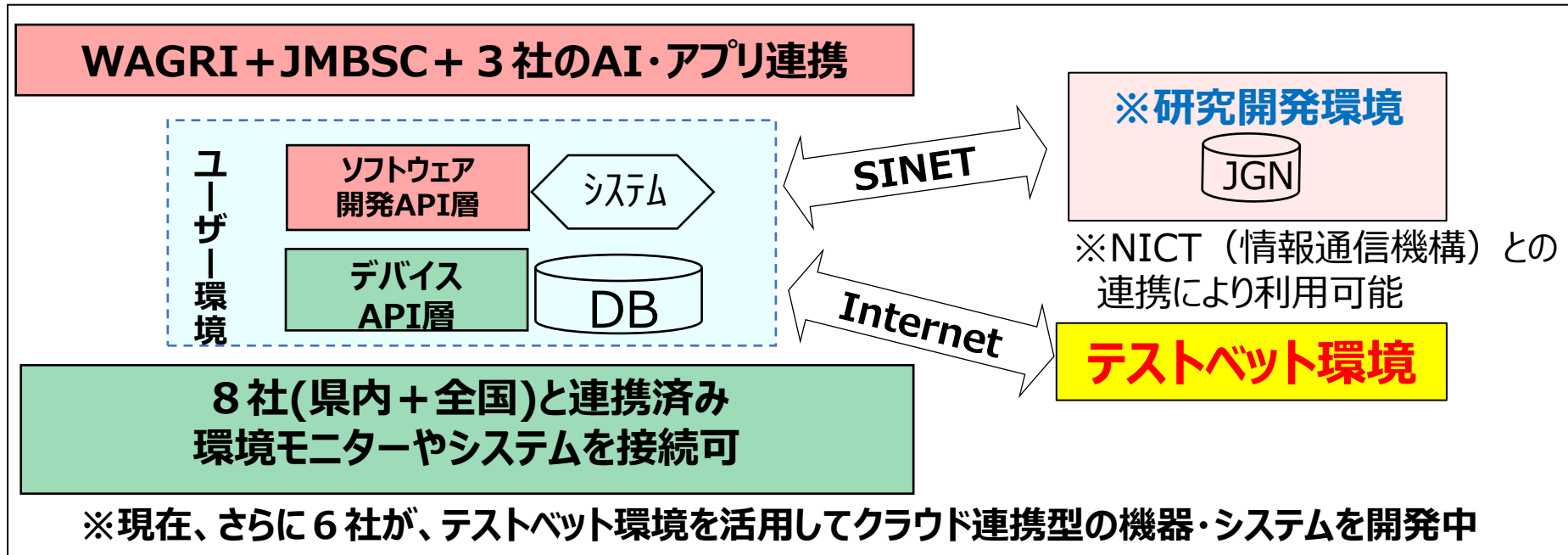
③ WAGRIとの連携による全国の市況データ



④ 全国の各機器メーカー様の環境モニター やセンサー類から得られるデータ

- ・環境モニター等 8社の機器類と連携済み
さらに3社が新規開発中
さらに3社と連携検討中
- ・AI/アプリケーション等 3社と連携
さらに3社開発中





・IoPプロジェクト参画企業は **71社** となり、それらの企業の皆様と連携し、**新たな付加価値を生む産業創出とIT人材の育成**を図る

・IoPクラウドには、データ群を集積し、実際に様々なサービスを行う「**ユーザ環境**」に加えて、大学等が、より高速な環境で研究開発に利用できる「**研究開発環境**」と、企業が製品・システム、アプリケーション等の開発に利用できる「**テストベツト環境**」を整備

・農業生産、流通、販売に関わる様々な事業者や機関等が連携し、**生産者から消費者に至るまで関係するあらゆる人々を豊かにしていくための一貫通貫のプラットフォームを構築**



New

IoP (Internet of Plants)の取り組みを全国へ

高知県⇔全国の自治体と連携し、IoPによって構築したプラットフォームやノウハウを共有する **IoPネットワークを構築・展開**していきたい。

メリット

- ① **様々な品目で作物の生理生態を可視化・使える化**していける
- ② 全国各地で普及している機器類・アプリケーション等と連携して **さらなる付加価値創出が可能**
- ③ 参画いただく **自治体、関連企業、生産者の幅・数が広がるスケールメリット**

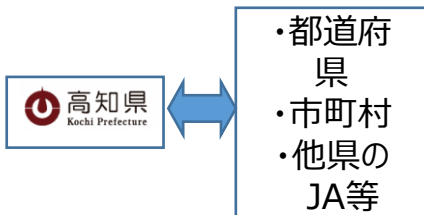
【連携イメージ（ステップ・目標・実施内容・各参画実施主体の役割）】



ステップ1

自治体同士でまず連携

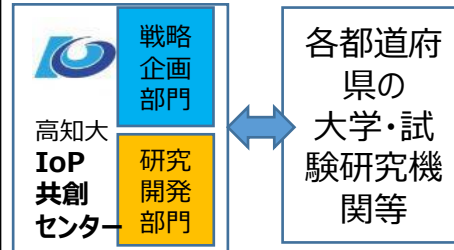
- ・高知県と他自治体等で連携協定の締結
- ・データ・システム・知財等の利用契約の締結



ステップ2

研究開発・人材育成面での連携

- ・他自治体・大学等の試験研究員や指導員の研修受入れ等の実施
- ・共同研究の実施



ステップ3

プラットフォーム・システム面での連携

- ・IoPクラウド(SAWACHI)の活用
- ・応用可能な品目の拡大
- ・データを集めるしくみや、集めたデータをどう活用するかノウハウ共有
- ・他自治体向けデータベース、UI/UX等の追加整備等

ステップ4

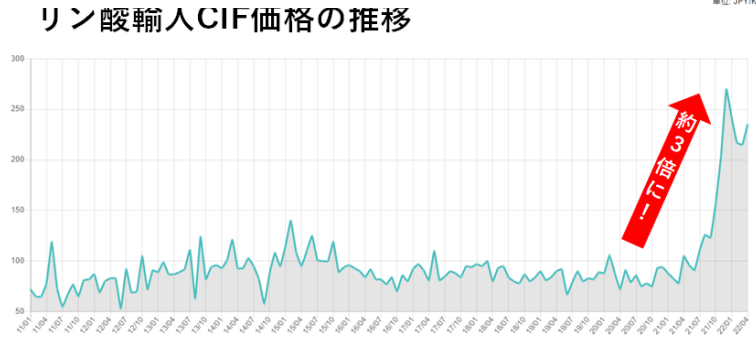
デバイス(環境モニター、制御機器類等)、アプリ面での連携

- ・API連携による関連デバイスおよびソフトの増
- ・企業間連携による新たな付加価値、需要の創出
- ・関連産業の需要増
- ・県内関連企業の育成・レベルアップと外商強化

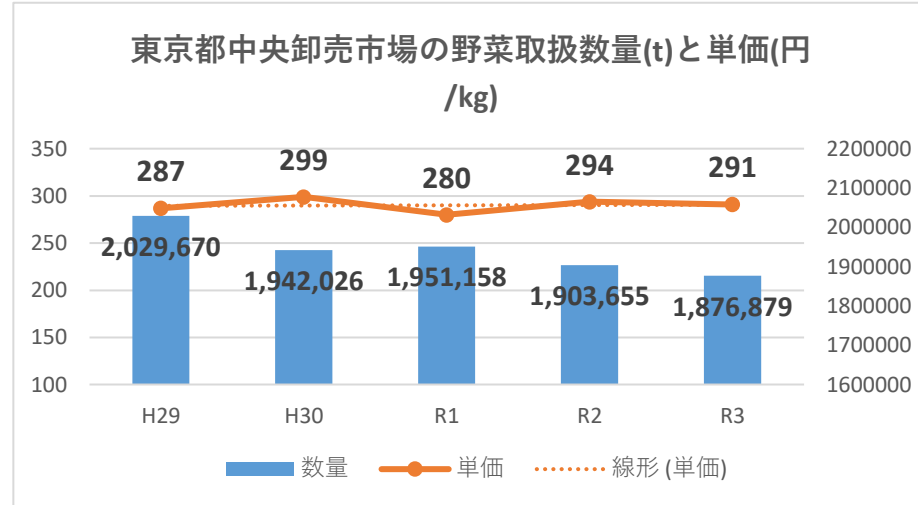


●コロナ禍、ウクライナ情勢等の農業分野への影響

●野菜の単価は、横ばい状態



・化石燃料、肥料のみでなく、農薬、被覆資材、ハウス資材等ほとんどの生産コスト・流通関連コストが上昇



農家の経営
過去にない程
の危機的な
状況にあります





自走体制の整備状況 この厳しい状況でもIoPで対抗できる！

これまでの平均的な経営

粗収入：1000万
経費：700万
所得：300万

経費が15%上がると想定



栽培管理を見直さず、経費が15%増加し、収量がそのままだとすると
所得は95万円(32%)減になってしまう！

×間違った対応

(経費が増となった分だけ
・加温温度を下げる
・施肥量を減らす等、単純に投入量等を減らす等によって経費を15%削減する。)



経費は現状維持できるが、収量が現状より低下(10%)してしまうと...
所得は、100万円(33%)減になってしまう！

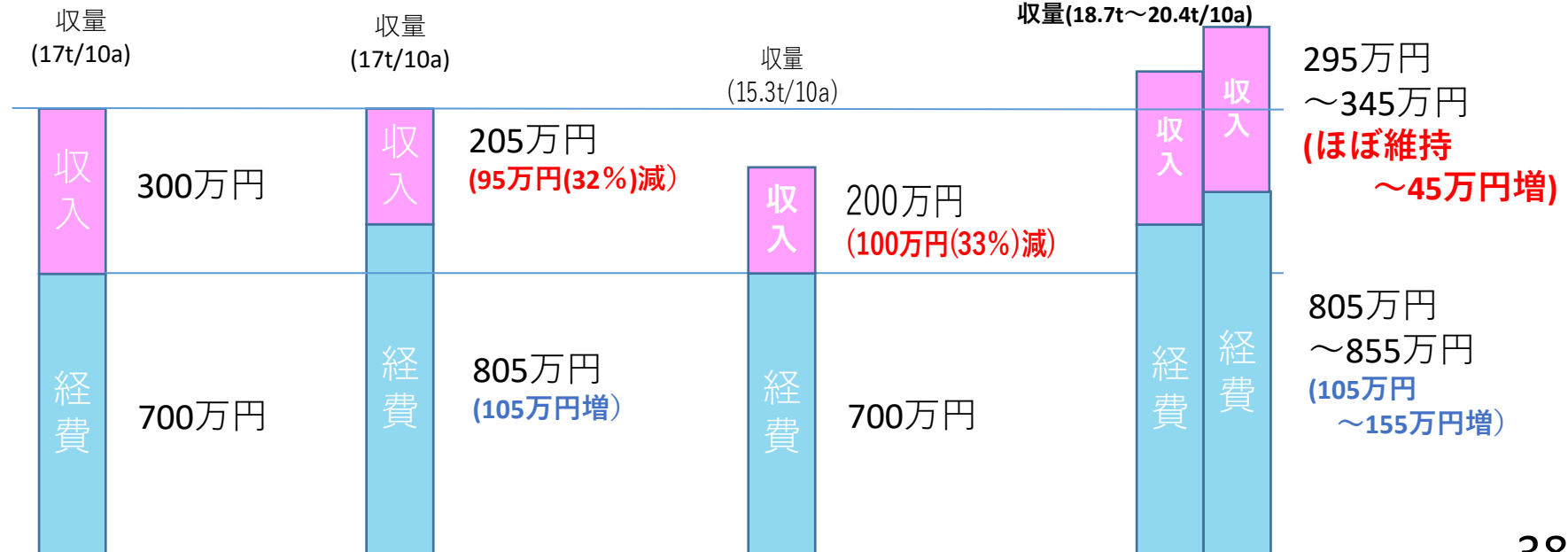
○IoP実践農家モデル

- ・これまでの栽培管理をきちんと見直す
 - ・削減できる項目は削減を徹底した上で、経費増となっても、所得増につながる技術は導入していく。
- 例1) 温度管理：単純に焚き控えるのではなく、省エネ対策の徹底や、外気の状態に応じた小まめな設定管理を徹底する。
例2) 厳寒期のCO2施用徹底等、単価の高い時期の収量増を狙う



収量を10~20%増加させると
(18.7t~20.4/10a)

所得は、ほぼ維持~45万増できる。



高知大学 IoP共創センター開所（2021年10月）

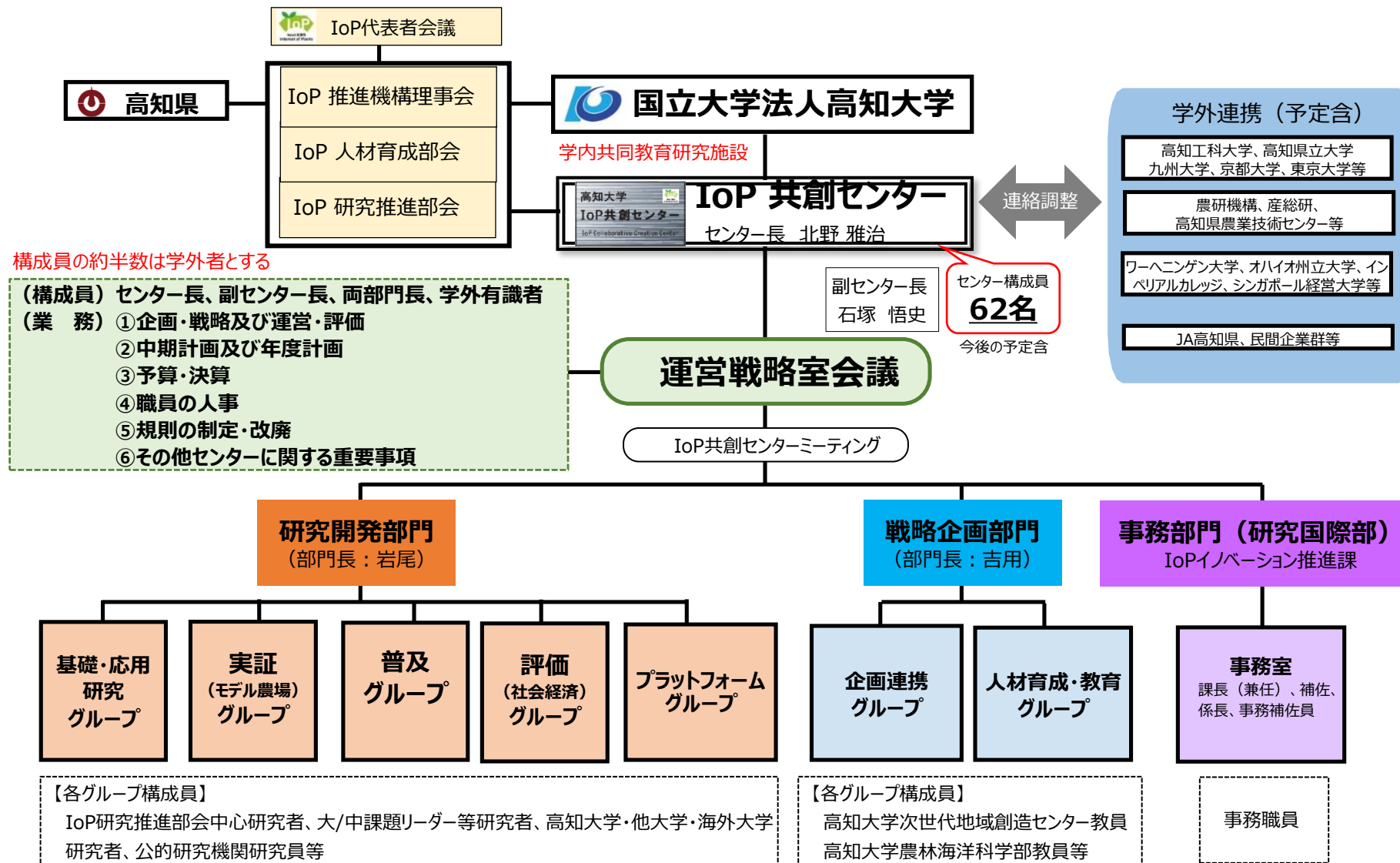


NHK高知 “こうちいちばん”
2021.10.29（金）18:10 放映

KUTV（テレビ高知）“からふる”
2021.10.29（金）18:15 放映



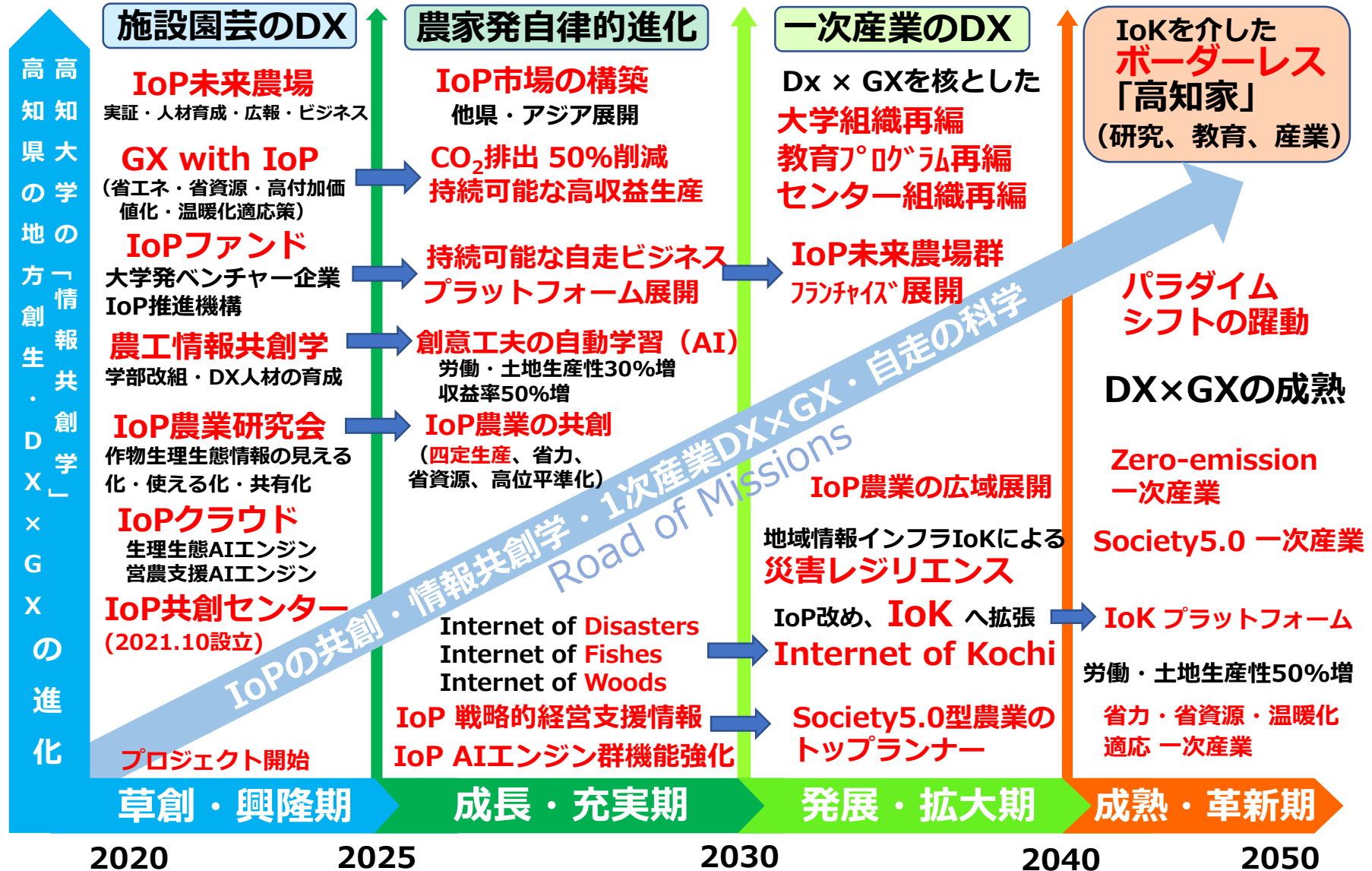
IoP 共創センター運営体制



高知大学 IoP共創センター ロードマップ



合言葉は「ボーダレス」



IoP共創センターのミッション

柱1 IoPの共創による施設園芸DXの実現：

生理生態AIエンジンと営農支援AIエンジンの構築と機能強化。**生理生態と営農支援情報の見える化・使える化・共有化**を前提としたIoP農業による施設園芸DXの実現。

柱2 農工情報共創学の確立とDX人材の育成：

農学×データサイエンスの異分野融合によって、IoPによる**Society 5.0型農業を先導する農工情報共創学**を確立し、IoP農業を担うDX人材を育成する。

柱3 大学発ベンチャーの設置と自走ビジネス：

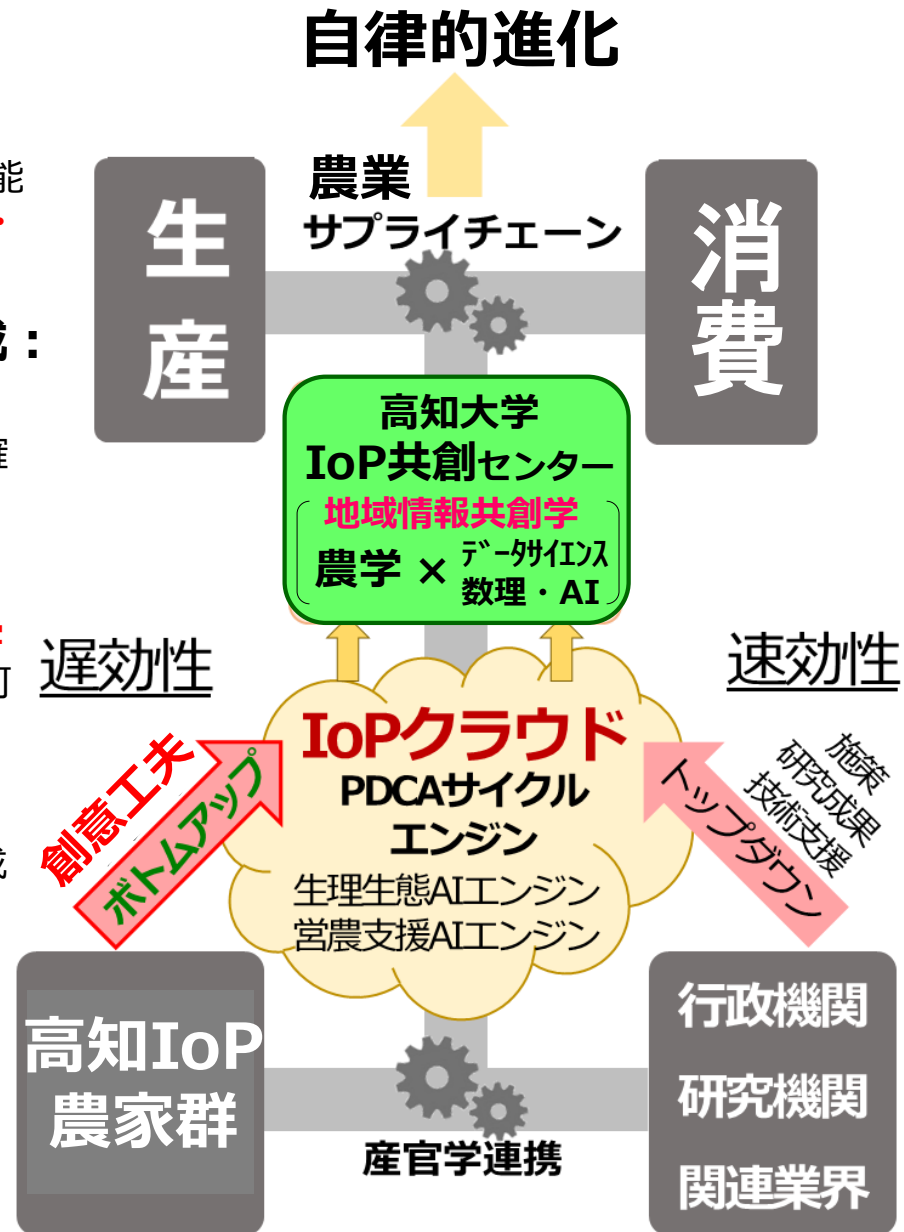
IoP共創センターが生み出す研究成果を事業化する**大学発ベンチャーとIoPファンド**を設立し、恒常的自走が可能な資金調達を実現する多様なビジネスを展開する。

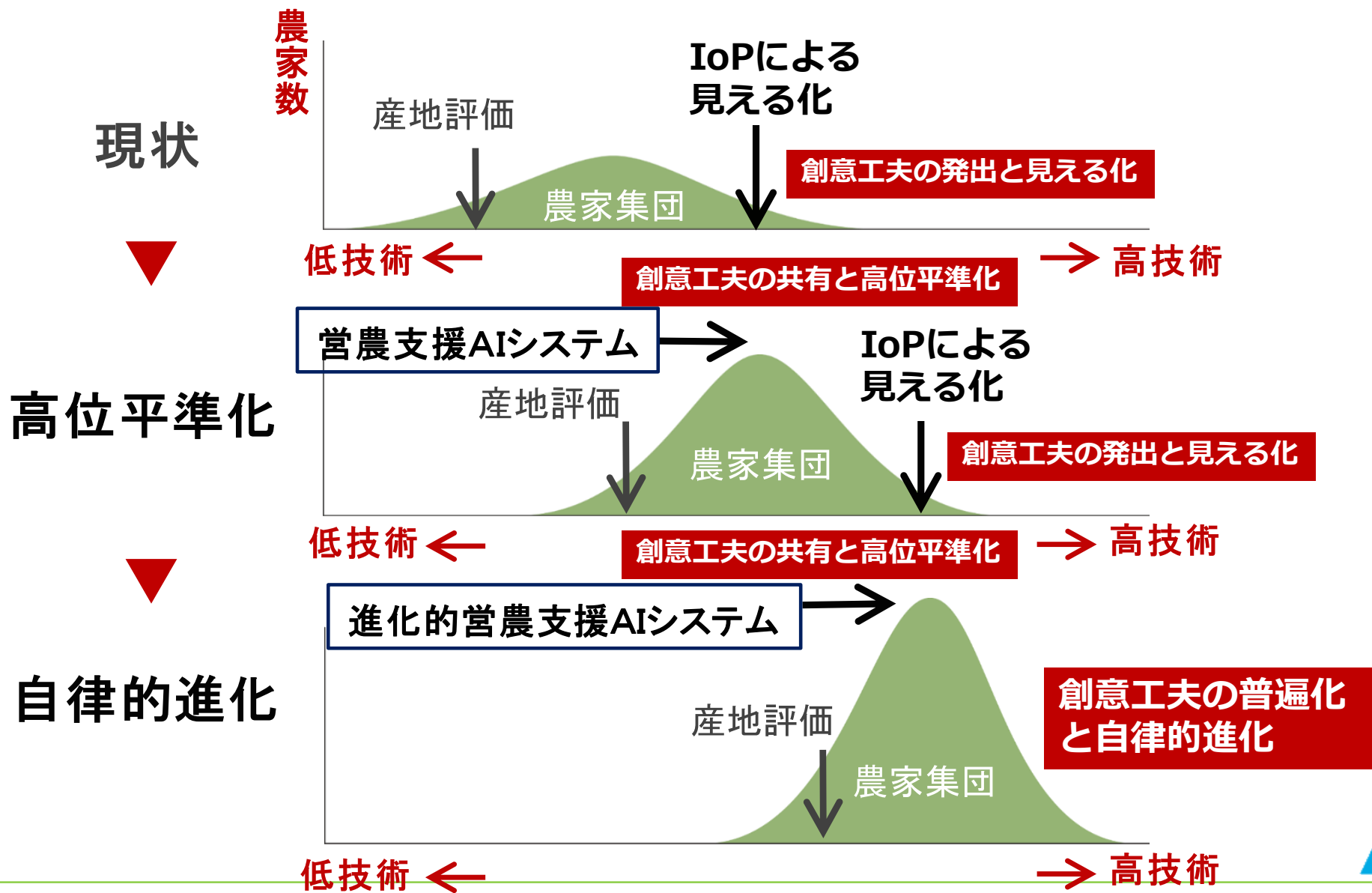
柱4 GX with IoPの推進：

農業における「**カーボンニュートラル**」と**SDGs**の達成に向けて、グリーンエネルギー等の資源の無駄のない有効利用を実現するIoP農業を確立する。

柱5 IoP未来農場群の設置・展開・運営：

IoPが目指す姿を具現化するIoP未来農場群を設置し、実経営規模でのIoP農業の実証研究・人材育成・広報・ビジネスの場として持続可能な運営を展開する。





Internet of Plants (IoP) とオンサイト環境資源の 高度利用による施設園芸のGX×高収益化技術の開発と普及



目的：

- I. 既存の施設園芸ハウスでのGX化と農家の高収益化の両立（GX×高収益化）
- II. オンサイトに存在する環境資源の有効活用、特に産地が優位性を有する再生可能なcost-free環境資源の活用
- III. 「GX×高収益化 with IoP」の最適化

「GX×高収益化」技術の研究開発の柱（1～6）：

- 柱1：放射制御と浅層地中熱交換によるベストカーテン
- 柱2：浅層地中熱交換による脱石油周年適温管理システム
- 柱3：蒸散追従型養水分管理とN₂O分解微生物の応用
- 柱4：高付加価値野菜の周年安定生産支援システム
- 柱5：GX×高収益化デジタルツインシステム
- 柱6：GX×高収益化 IoP未来農場群の具現化

挑戦：“メインエンジンの深化” & “IoP未来農場群”

“メインエンジンの深化”の挑戦：

- ・収益改善エンジン（燃油・肥料・労務節減、高付加価値化）
- ・GX with IoPによる局所適時環境調節の最適化
- ・再生可能エネルギーと断熱ハウスの利用による冬季無加温栽培
- ・**2030年CO₂排出50%削減**
- ・蒸散追従型かん水・肥培管理による、過剰かん水、過剰施肥の回避（N₂Oの排出削減、肥料コスト節減）

“IoP未来農場群”の挑戦：

- ・気候風土、作目が異なる IoP未来農場群を域外にも設置
- ・高知 IoPプラットフォームを介した「遠隔営農支援」と「遠隔連携営農」（情報、モノ、ヒトの共有と交流）
- ・デジタル空間やAIと高度に融合した**Society 5.0型農業の具現化**
- ・北海道ワイナリーブドウ園IoP化、旭川IoP未来農場、福岡県・佐賀県IoPイチゴ農場、熊本IoPトマト農場、広島IoPネギ農場、*etc.*



