

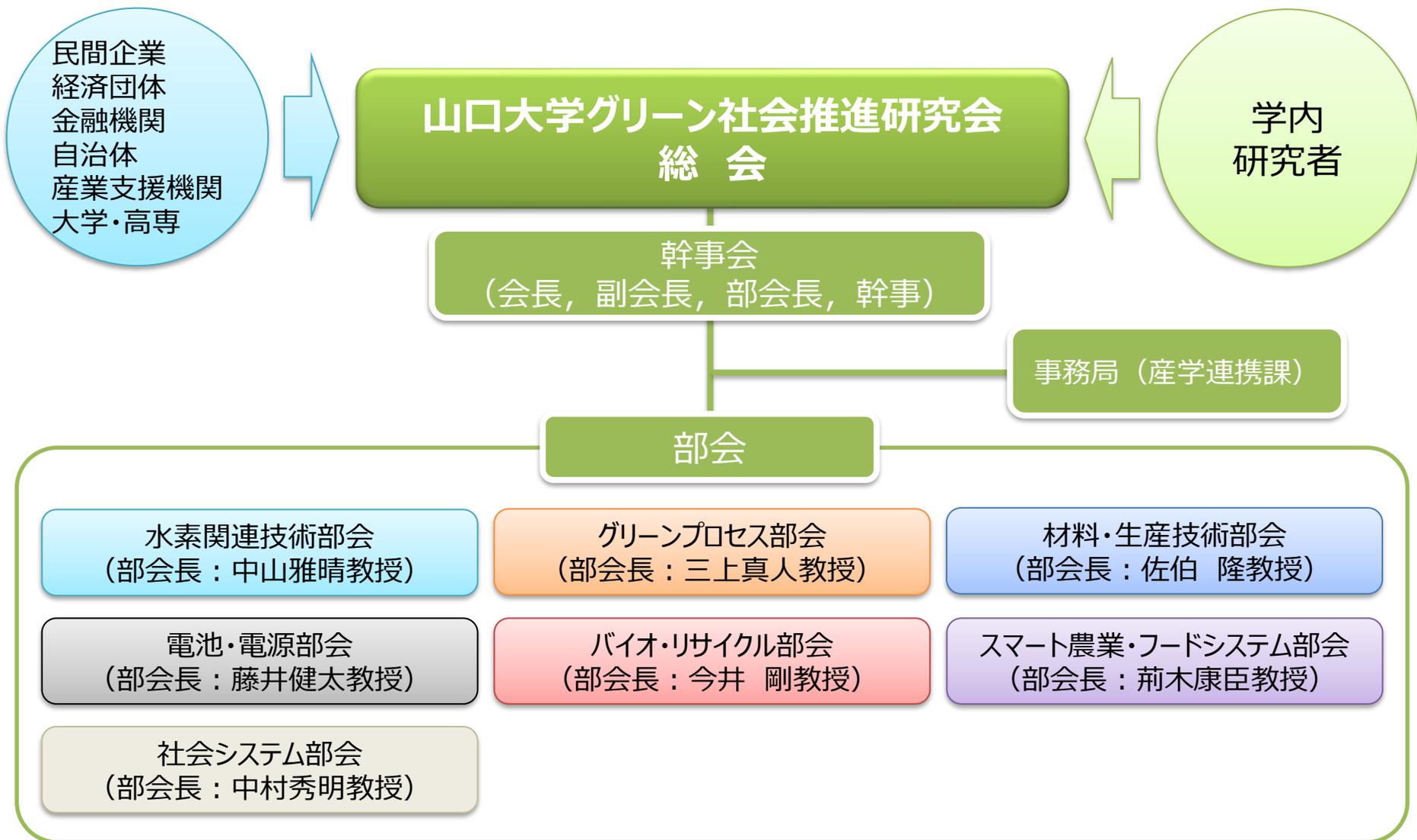
山口大学グリーン社会推進研究会 スマート農業・フードシステム部会の 取り組みについて

荊木康臣

山口大学大学院創成科学研究科農学系学域

山口大学グリーン社会推進研究会
スマート農業・フードシステム部会長

日本学術会議第25期連携会員



令和4年度 活動計画

研究会の目的に則り，グリーン社会の実現に貢献するための取組を実施する。

I. 会員相互の交流，情報交換，各種連携の場の創出

- 総会，シンポジウムの開催
- 部会による講演会・セミナー，会員交流事業の開催



II. カーボンニュートラル・脱炭素社会に向けた取り組みに関する情報収集・提供

- 「大学等コアリション」等を通じた情報の収集・発信
- ホームページ，電子メール等による各種情報提供



III. 産学公連携による研究開発・事業化の促進

- オンリーワンご当地プロジェクトの創出

グリーン社会とは

グリーン社会とは

☆ 「グリーン経済報告書」(2011年国際連合環境計画(UNEP))

グリーン経済: 環境問題に伴うリスクと生態系の損失を軽減しながら
人間の生活の質を改善し社会の不平等を解消するための経済

☆ OECD報告書(2011年)

グリーン成長(Green Growth):
経済的な成長を実現しながら
私たちの暮らしを支えている
自然資源と自然環境の恵みを
受け続けることであると

環境にやさしい

ゼロエミッション

CN(カーボンニュートラル)

グリーン成長における重要な要素

生産性の向上	環境効率性を指向することで生産性を向上し、廃棄物やエネルギー消費を抑制する。
環境分野の技術革新	環境問題の解決に向けた制度設計によって、技術革新を促す。
新しい市場の創造	環境にやさしい技術に裏打ちされた新しい市場の創造によって、新しい雇用の可能性が生まれる。
安定した政策への信頼	環境問題に対処するための政策が中長期的に行われることで、投資行動が促進される。
マクロ経済的な安定性	資源価格の乱高下を抑制し、財政支出の安定を図ることで、マクロ経済の安定を図る。
資源制約	自然資源の損失が社会経済活動の便益を超えることによって将来的な経済成長の可能性が損なわれることを防ぐ。
生態系における安定性	生態系の安定性が損なわれることによって生じる不可逆的な悪影響のリスクを回避する。

資料: OECD 'Towards Green Growth'より環境省作成

<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/zu/h24/html/hj12010102.html>

でも本当に農業はグリーンなのか？

CN(カーボンニュートラル)

- ☆ 人為的活動において、CO₂(温室効果ガス)の排出と吸収がイコール(実質的にCO₂を排出しない状態)になること

ゼロエミッション

- ☆ GHGに限らず環境汚染を起こすような物質を、リサイクル等を推進することで、実質的に排出ゼロとすること
(国連大学が1994年に提唱)

CO₂の吸収源(貯蔵源)になりうるもの

植物
森林
海洋
土壌

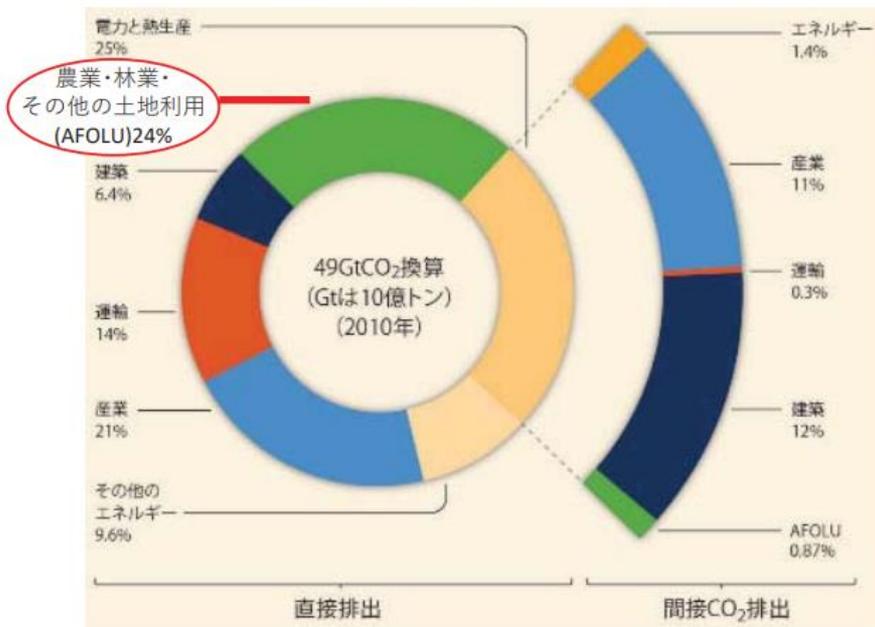
農業は温室効果ガス(GHG)の排出源にもなりうる

世界全体と日本の農業由来の温室効果ガス（GHG）の排出

- 世界のGHG排出量は、490億トン（CO₂換算）。このうち、農業・林業・その他土地利用の排出は世界の排出全体の1/4。（2010年）
- 日本の排出量は12.12億トン。農林水産分野は約4,747万トン、全排出量の3.9%。（2019年度）
* エネルギー起源のCO₂排出量は世界比約3.4%（第5位、2017年（出展：EDMC/エネルギー経済統計要覧））
- 農業分野からの排出について、水田、家畜の消化管内発酵、家畜排せつ物管理等によるメタンの排出や、農用地の土壌や家畜排せつ物管理等によるN₂Oの排出がIPCCにより定められている。
- 日本の吸収量は約4,590万トン。このうち森林4,290万トン、農地・牧草地180万トン（2019年度）。

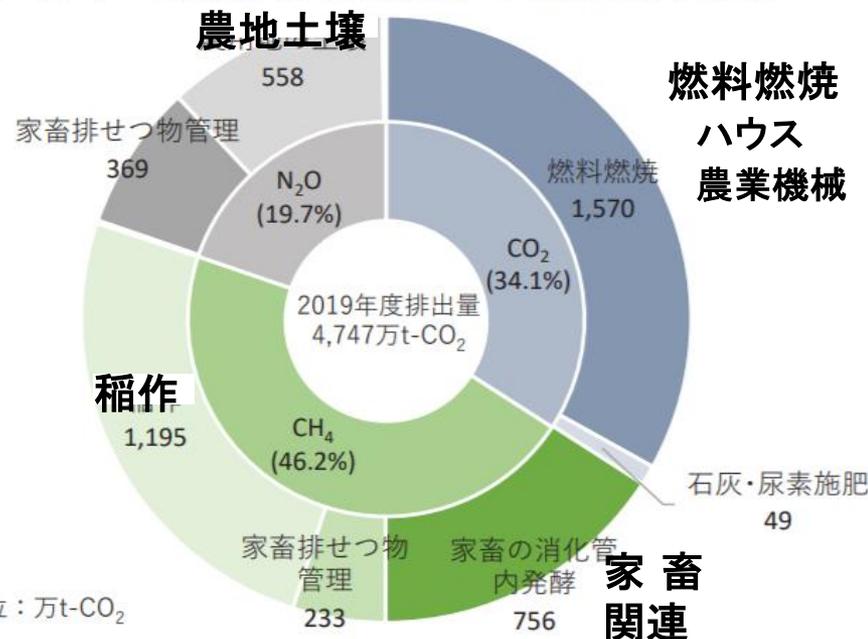
農業は温室効果ガスの排出源

■ 世界の経済部門別のGHG排出量



出典：IPCC AR5 第3作業部会報告書 図 SPM.2

■ 日本の農林水産分野のGHG排出量



* 温室効果は、CO₂に比べメタンで25倍、N₂Oでは298倍。
データ出典：温室効果ガスインベントリオフィス (GIO)

農業はグリーン化に向けて変わる必要

背景

農業は SDGs の達成に重要な役割



農業は気候変動に対して脆弱であると同時に
温室効果ガスの排出源にもなりうる

農業分野では気候変動の影響への適応策とともに、
温暖化防止のための緩和策を講じることが必要

農林水産省では、持続可能な食料システムの構築に向け、
「みどりの食料システム戦略」を策定し、中長期的な観点
から、カーボンニュートラル等の環境負荷軽減の
イノベーションを推進しようとしている。

2021年COP26 勝負の10年

国連気候変動枠組条約第26回締約国会議

農業分野における気候変動に対する適応策・緩和策

適応策

- ◎作型・栽培種
- ◎環境制御(栽培管理)
- ◎育種
- ◎気象情報システム活用
メッシュ気候図
- ◎スマート化
データの活用・モデル化

緩和策

- ◎施設園芸における省エネルギー
・再生可能エネルギー利用
- ◎水田からのメタン発生抑制
(栽培管理・育種・発生削減資材)
- ◎メタン・ N_2O の排出を削減する
農・家畜の管理技術開発
- ◎メタン・ N_2O 削減量の可視化技術
- ◎土壌への貯留
- ◎スマート化
データの活用・モデル化

目的

農業・食品分野におけるカーボンニュートラルや低環境負荷に関する技術開発および農業分野における地球温暖化適応策に関する情報交換を行う

Keywords:

植物工場・施設栽培における省エネルギー化・再生可能エネルギー利用

スマート農業・デジタルファーマーミング

スマート育種

スマートフードチェーン

都市農業

化学農薬・化学肥料使用量低減

資源循環型農業・炭素土壌貯留

フードロス削減

農業分野におけるLCA(ライフサイクルアセスメント)

部会の進め方

農業・食品分野におけるカーボンニュートラルや低環境負荷に関する技術開発および農業分野における地球温暖化適応策に関する情報交換を行う

- ◎情報交換会の開催
- ◎研究・技術シーズの発信
- ◎研究課題提案の募集

部会参加者専門分野

- ・野菜園芸学
- ・施設園芸学
- ・作物学
- ・農業市場・流通学
- ・土壌化学
- ・農地環境工学
- ・農学部以外の先生方

皆様の参加をお待ちしています

研究・技術シーズ

分野・区分	研究テーマ・シーズ	対応教員
植物工場・施設栽培 における省エネルギー化・ 再生可能エネルギー利用	<ul style="list-style-type: none"> ・閉鎖型植物工場における高収益性を旨すスマート農業技術開発 ・植物工場・施設栽培における肥培管理法の最適化 (養分吸収モデル, 循環式養液栽培, 節肥型肥培管理) ・植物工場・施設栽培における光環境制御の効率化 (光環境評価技術、補光効率評価技術、補光装置) ・植物モニタリングに基づいた環境制御の効率化 ・他産業から排出される未利用資源の施設栽培への利用 (排熱・排CO₂有効利用, 有機質活用型養液栽培) 	執行正義 佐合悠貴 荊木康臣 荊木康臣 佐合悠貴
スマート農業・ デジタルファーム	<ul style="list-style-type: none"> ・地域発6次産業化を旨すスマートニンニク栽培の研究開発 ・画像を利用した植物診断技術 ・農業におけるAI画像分析 ・圃場整備における水ストレスの面的観測と数値シミュレーションの活用 ・汎用マイコンを利用した露地用自動点滴灌漑制御システムの開発 ・AIによる作物の収穫時期の予測 ・スマート害鳥駆除システム ・IT技術の農業分野への各種応用およびコンサルティング ・スマート農業と農機市場 	執行正義 荊木康臣 荊木康臣 坂口 敦 坂口 敦 内野英治 内野英治 内野英治 種市 豊
スマート育種	<ul style="list-style-type: none"> ・統合オミクスとデジタルフェノタイピングを活用した野菜育種の効率化 	執行正義

研究・技術シーズ

分野・区分	研究テーマ・シーズ	対応教員
スマートフードチェーン	<ul style="list-style-type: none"> ・地域循環型経済(サーキュラエコノミー)と短距離輸送 ・イノベーションマーケティング 	種市 豊 種市 豊
都市農業	<ul style="list-style-type: none"> ・都市農業研究推進体 	
化学農薬使用量低減	<ul style="list-style-type: none"> ・20年間無農薬で管理した畑圃場 (研究フィールドの提供) ・光環境制御による病害防除 	高橋 肇 荊木康臣
資源循環型農業・ 化学肥料使用量低減・ 土壌炭素貯留	<ul style="list-style-type: none"> ・コムギと緑肥作物とを混作することによりコムギ収穫後の圃場管理を容易にする栽培体系の確立 ・土壌の炭素貯留機能に関わる土壌有機物の安定化および生分解メカニズムの解析 ・他産業から排出される未利用資源の施設栽培への利用 (排熱・排CO₂有効利用, 有機質活用型養液栽培) 	高橋 肇 柳 由貴子 佐合悠貴
フードロス削減	<ul style="list-style-type: none"> ・フードロスに関する研究 	種市 豊
農業分野におけるLCA	<ul style="list-style-type: none"> ・園芸作物の生産・加工工程とLCAによる環境負荷(CO₂排出量)推定 ・農業におけるLCA分析と多様な(多面的)機能評価 	執行正義 荊木康臣

部会の取り組み内容

農業・食品分野におけるグリーン化(カーボンニュートラル・低環境負荷)に関する技術開発及び

農業分野における地球温暖化適応策に関する情報交換

シーズ公開

スマート農業やスマートフードシステムに関する部会員
(山口大学教員)のシーズをリスト化

ニーズ・課題抽出

関連分野における技術ニーズや
課題の抽出

他組織との連携
(情報交換)

研究プロジェクト企画・実施

他の組織・機関との連携

☆ 山口県気候変動適応センター

適応技術に関する情報交換

☆ 中国地域スマート農業ラボ

スマート農業に関するニーズ

☆ デジタルファーミング教育分水エプラットフォーム

人材育成

デジタルと専門分野の掛け合わせによる産業DXをけん引する高度専門人材育成事業 地域に密着した分水工型デジタルファーム教育システムの構築



1. 事業概要

様々な形態の農業及びフードシステム分野において**デジタルファームを実践できる人材を育成**するための教育システム（カリキュラム及び実施体制）を構築する。農学部だけでなく、学内他部局をはじめ、山口県の関連産業研究機関・組織・企業との協働組織（プラットフォーム）を形成し、**農業・食品分野におけるDX推進のための人材育成に関する情報の集約・分配組織**とする。**分水工※**が、集積した水を必要となる場所に必要だけ分配するように、当該分野でのDXに関して、必要となる技術・データ、解決すべき課題、教育資源等の情報を集積し、大規模化を進める平坦部農業、小規模多品目生産を行う中山間地農業、多様な機能の発揮をめざす地方型都市農業といった様々な形態の**農業分野やフードシステム分野**で必要となる教育プログラムを提供し、**地域課題の解決に貢献する人材の育成を可能にする**。



※分水工のイメージ

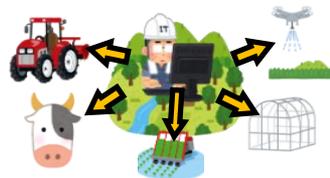
円筒分水
出典：フリー百科事典
『ウィキペディア』

2. 必要性及び現状・課題

【社会的な背景】

農業の担い手確保・成長産業化に向けて、収益性の向上に加え、気候変動に対応し、政府が掲げるカーボンニュートラル(CN)の達成等によるグリーン社会を実現するために、**デジタルデータを活用した農業（デジタルファーム）**の実現が不可欠である。

近年、急激にスマート農業技術・機器の開発が進みつつあるが、それらから**得られるデータを理解し活用できる人材の不足**が、普及や社会実装の大きな障害となっている。



【現状・課題】

■山口大学では、データサイエンス(DS)教育の推進やDX推進計画（R2～R7）の実施など、全学的な教育研究環境のデジタル化に取り組んでおり、農学分野においては、DX推進のための基盤となる体制、実験・実習用設備・機器、教材などをさらに充実させる必要がある。

→ **地域の基幹総合大学として、また、地域の農業及び関連分野における産学官連携の中心的役割を担う立場としての対応（DX教育の基盤整備）が急務**

■産業分野でDXが進む中、大学としては、恒常的に現場に必要な技術や知識が把握できる体制を構築する必要がある。

→ **DX推進のための人材育成に関する情報を集約・分配する仕組みが必要**

【農学部の強み】

本事業の実施主体となる農学部においては、15年以上続く山口県（農林総合技術センター）との連携推進会議における活動や、JA、山口県産業技術センターとの連携など、**地域の農業分野における産学官の連携基盤を有する**とともに、分野横断型の課題解決型学修プログラム「次世代農業技術CPOJ」や、異分野融合型のプロジェクト「都市農業研究推進体」などの取組による**学内連携の基盤も充実**している。

また、カリキュラムの基盤として、**農業分野における情報処理能力（アグリインフォマティクス能力）**の達成度を可視化するシステム（YU Cob Cus）を導入しており、教育面の特徴となっている。

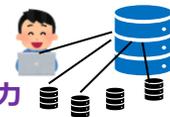
【求める人材像と獲得すべき能力】

①デジタルファームを理解・実践できる人材

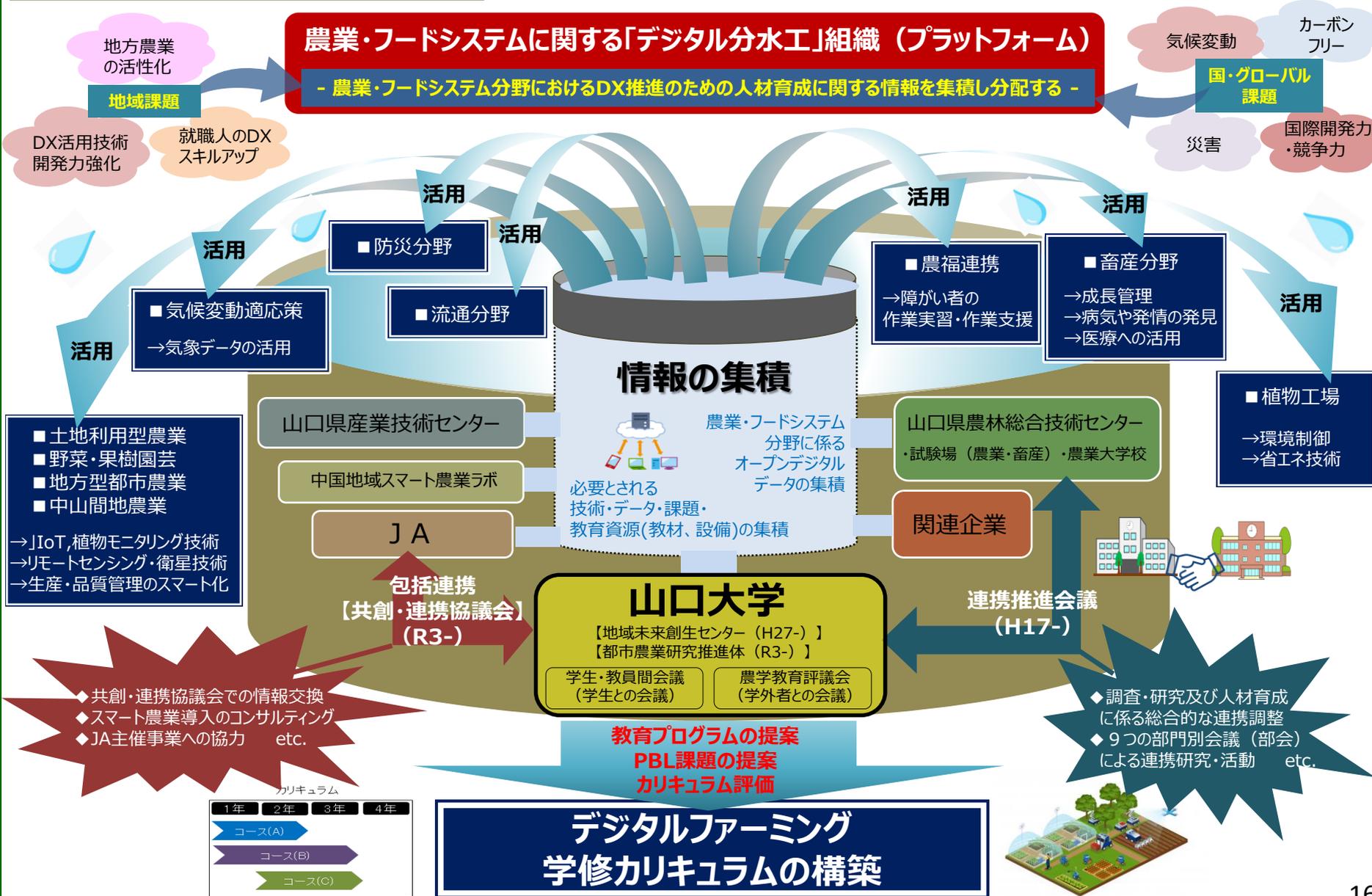
◆ **農業分野で生まれるデータを適切に理解し活用できる能力**

◆ **スマート農業機器・システムを適切に活用できる能力**

②農業・フードシステム分野でデータを活用したイノベーションを創出できる人材
農学の知識をベースに、DS技術とともに、専門分野の最先端の科学技術を理解し、（地域課題解決に取り組んだ経験を有し）柔軟な思考力で課題解決にあたる能力



3. 具体的な取組内容（組織づくり）



部会の取り組み内容

農業・食品分野におけるグリーン化(カーボンニュートラル・低環境負荷)に関する技術開発及び

農業分野における地球温暖化適応策に関する情報交換

シーズ公開

スマート農業やスマートフードシステムに関する部会員
(山口大学教員)のシーズをリスト化

ニーズ・課題抽出

関連分野における技術ニーズや
課題の抽出

他組織との連携
(情報交換)

研究プロジェクト企画・実施

研究シーズ紹介

創成科学研究科(農学系) 荊木康臣

- 植物工場・施設栽培における光環境制御の効率化
光環境評価技術
生育モデル
- 画像を利用した植物診断技術(モニタリング技術)
- 農業における画像AI分析
- 光環境制御による病害防除
- 農業におけるLCA分析と多様な(多面的)機能評価

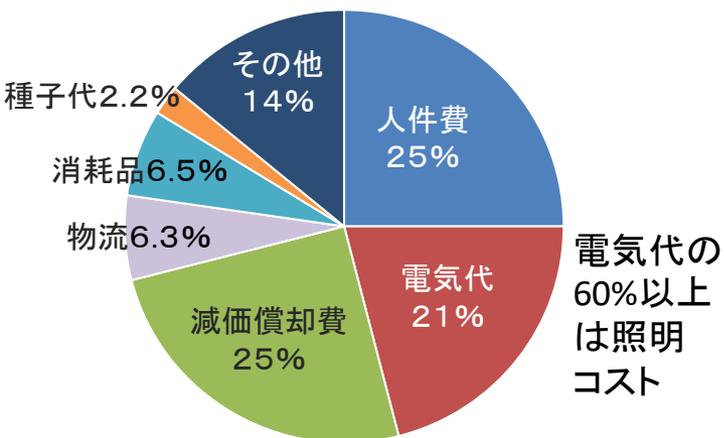


研究例紹介

植物工場・施設栽培における光環境制御の効率化

人工光型植物工場においては、光照射がそのエネルギー消費における多くの部分を占める。

光をいかに効率的に照射するかが重要



人工光型植物工場における生産コスト内訳例



光環境評価法

光環境を適切に評価

生育モデル構築

受光量を基準とした生育予測により効率的な環境制御

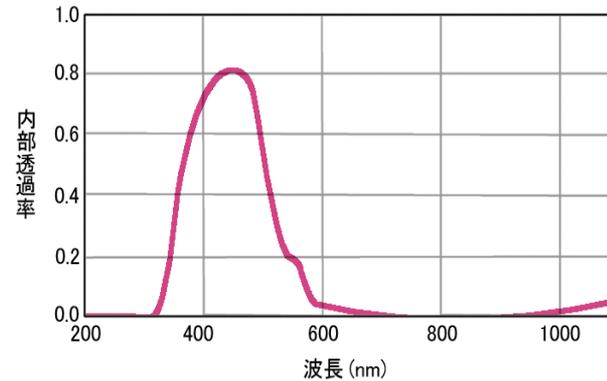
植物モニタリング法

植物状態に応じた環境制御により効率的な作物生産

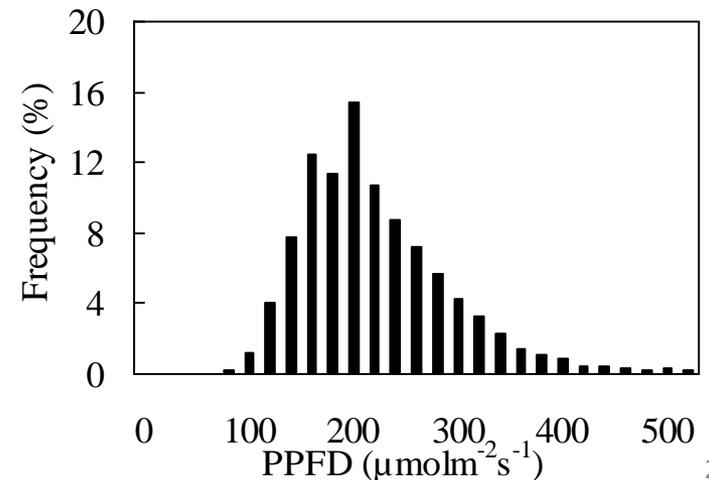




光環境評価技術：
特定波長の反射画像を用いた
葉面受光光強度分布解析
(実際にどのような光環境が実現されているか)

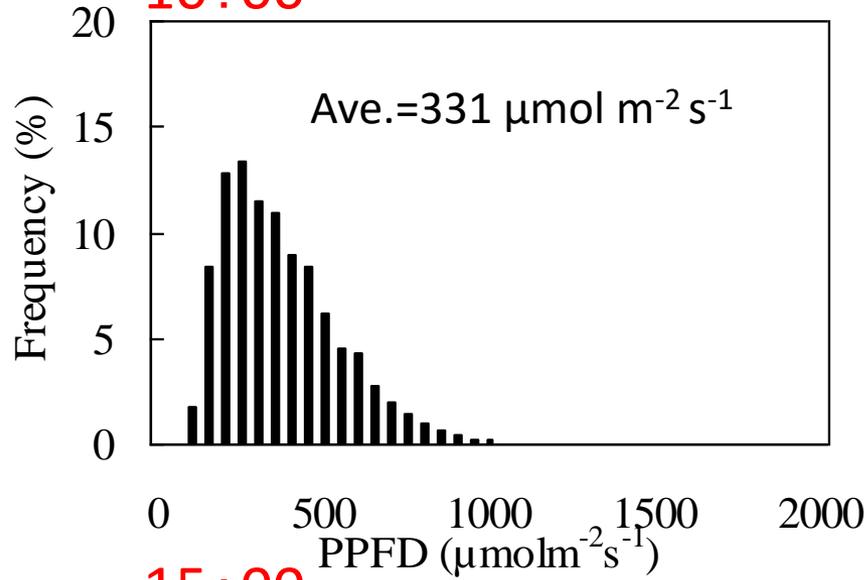


群落表面の
PPFD分布を
画像から
計測できる

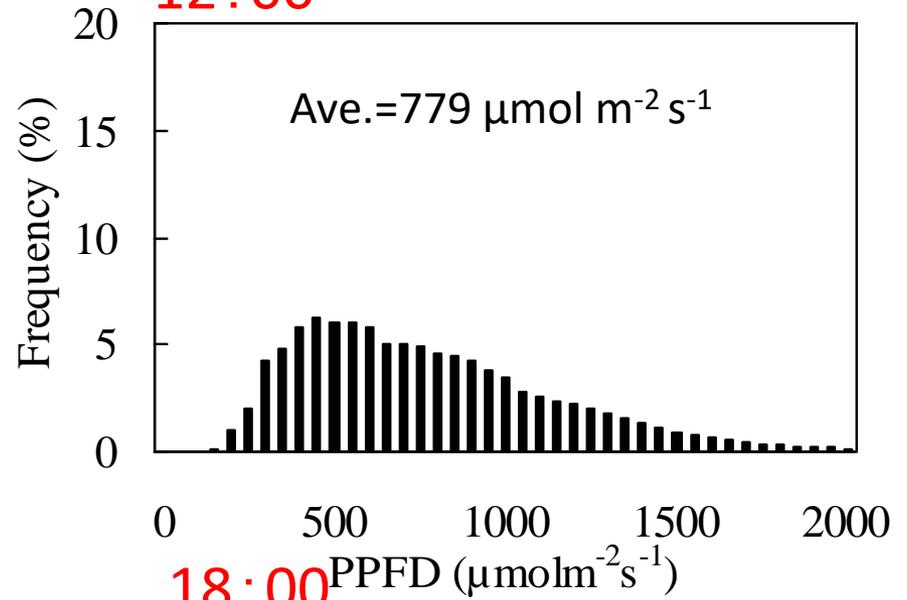


Diurnal changes in PPFD histogram (Fine day, 19th August)

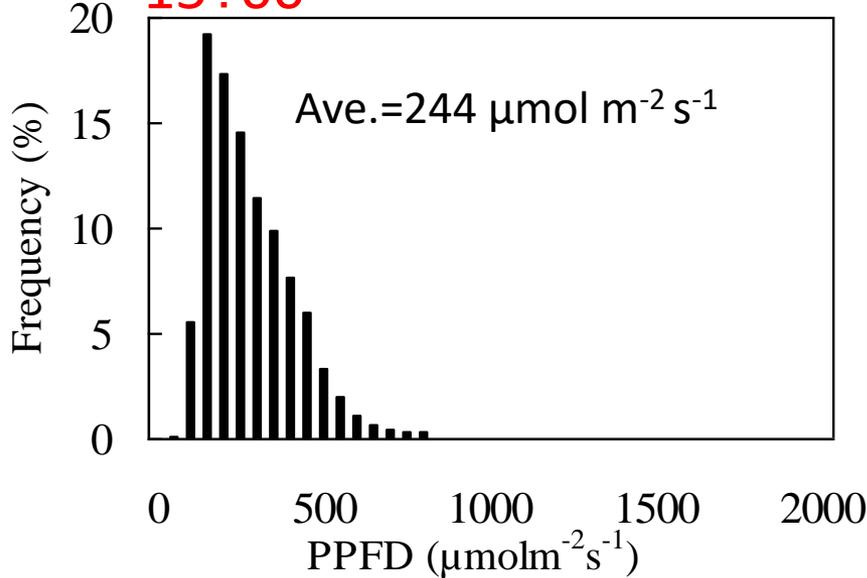
10:00



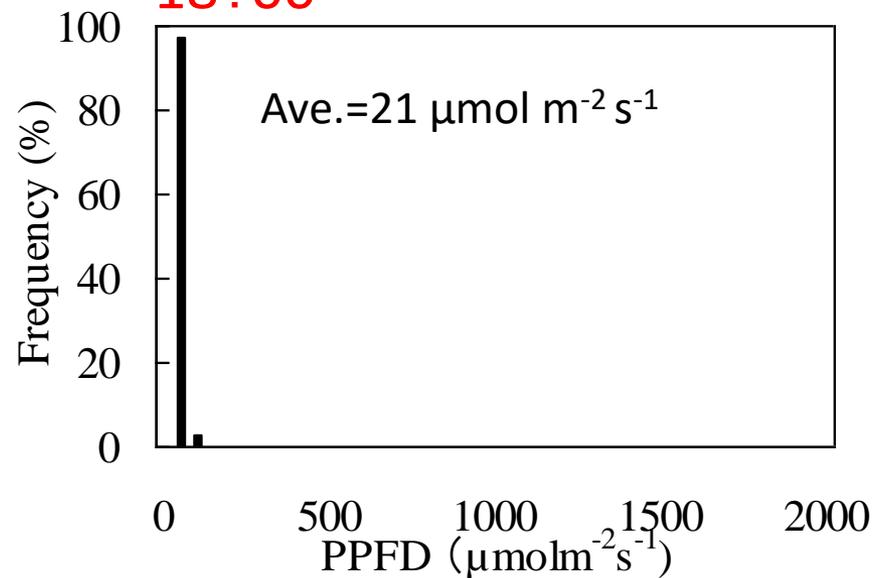
12:00



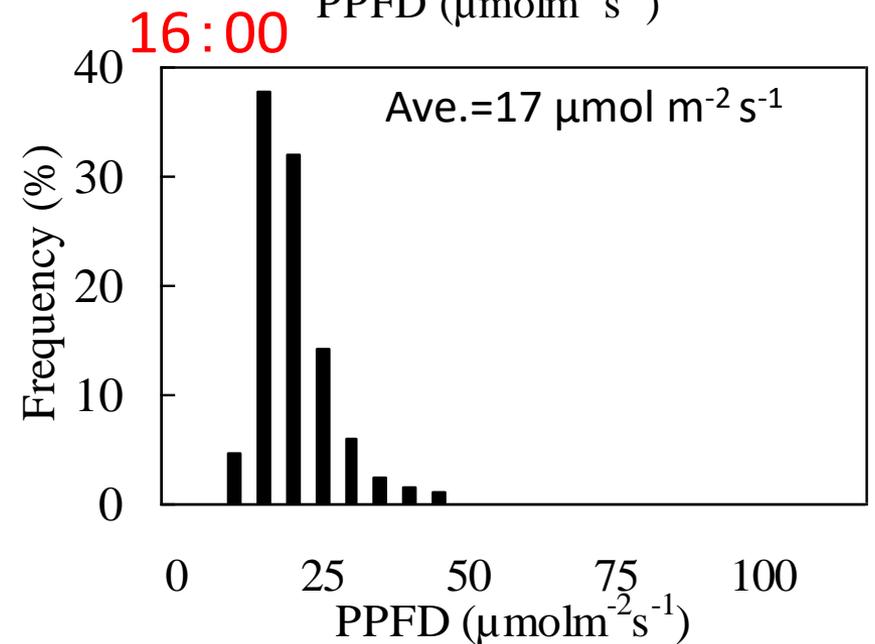
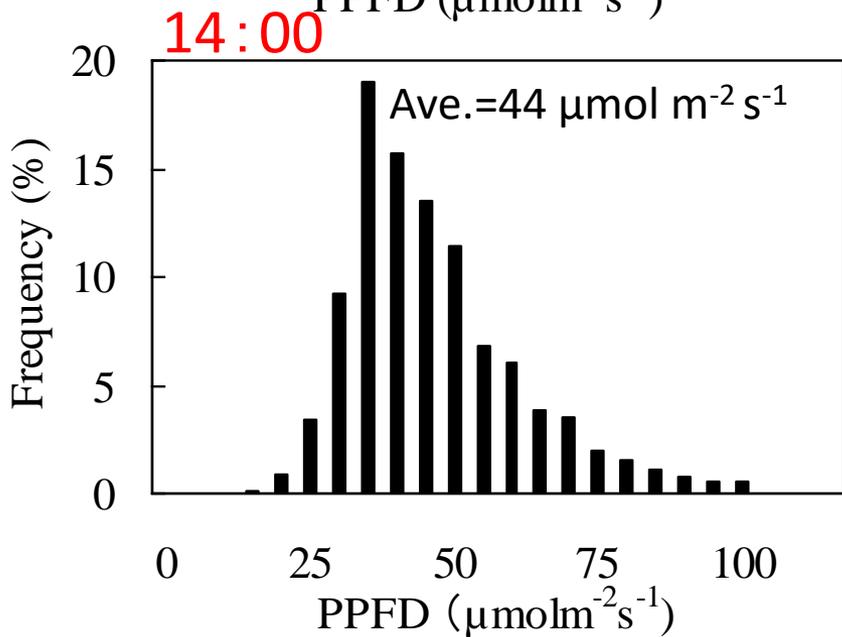
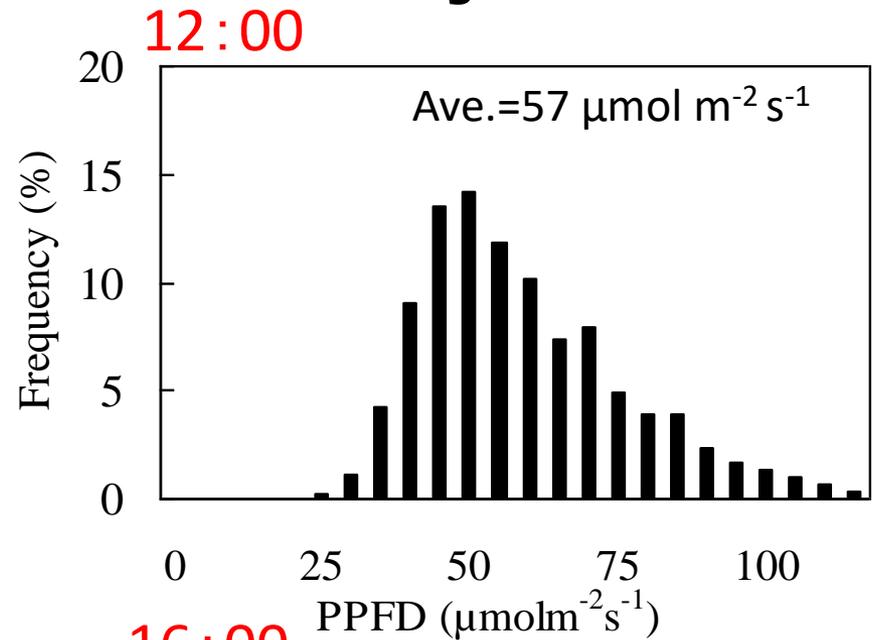
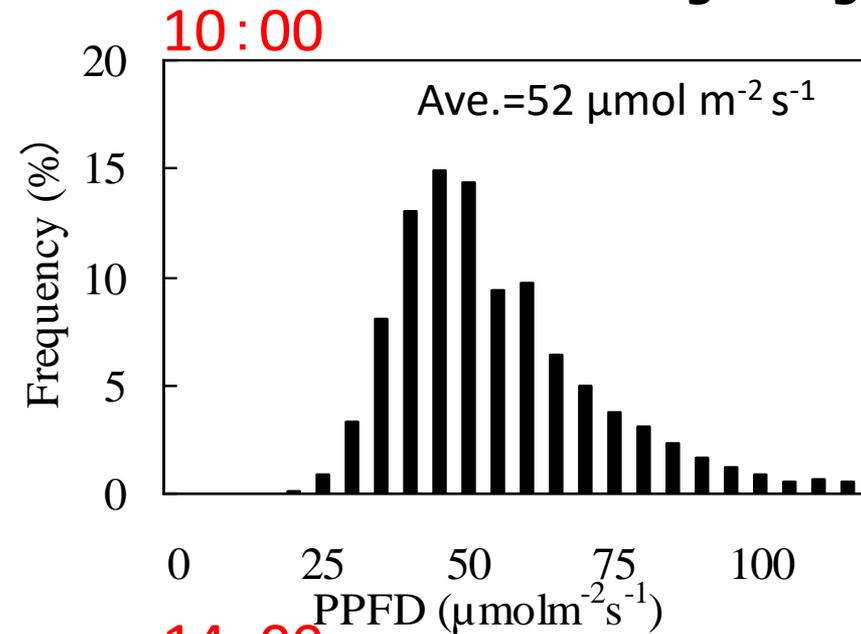
15:00



18:00

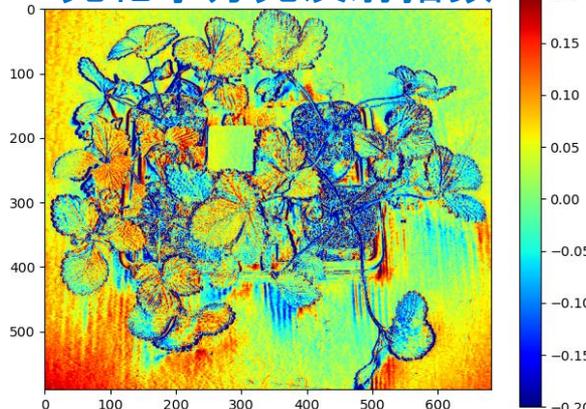


Diurnal changes in PPFD histogram (Cloudy day, 16th January)

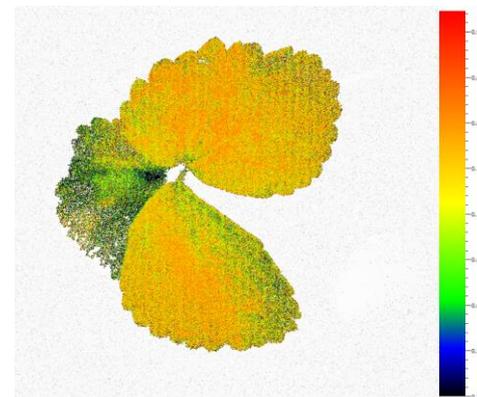


植物モニタリング技術：
クロロフィル蛍光画像
と反射画像を用いた
光合成ファンクショナル
イメージング

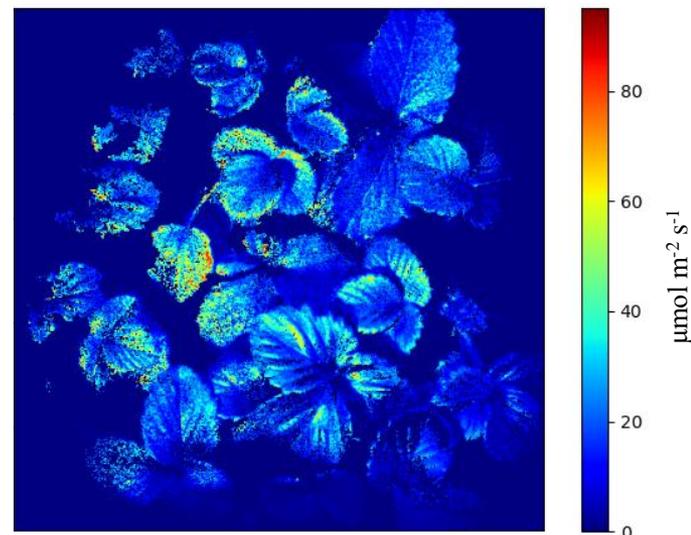
光化学分光反射指数



PSII量子収率

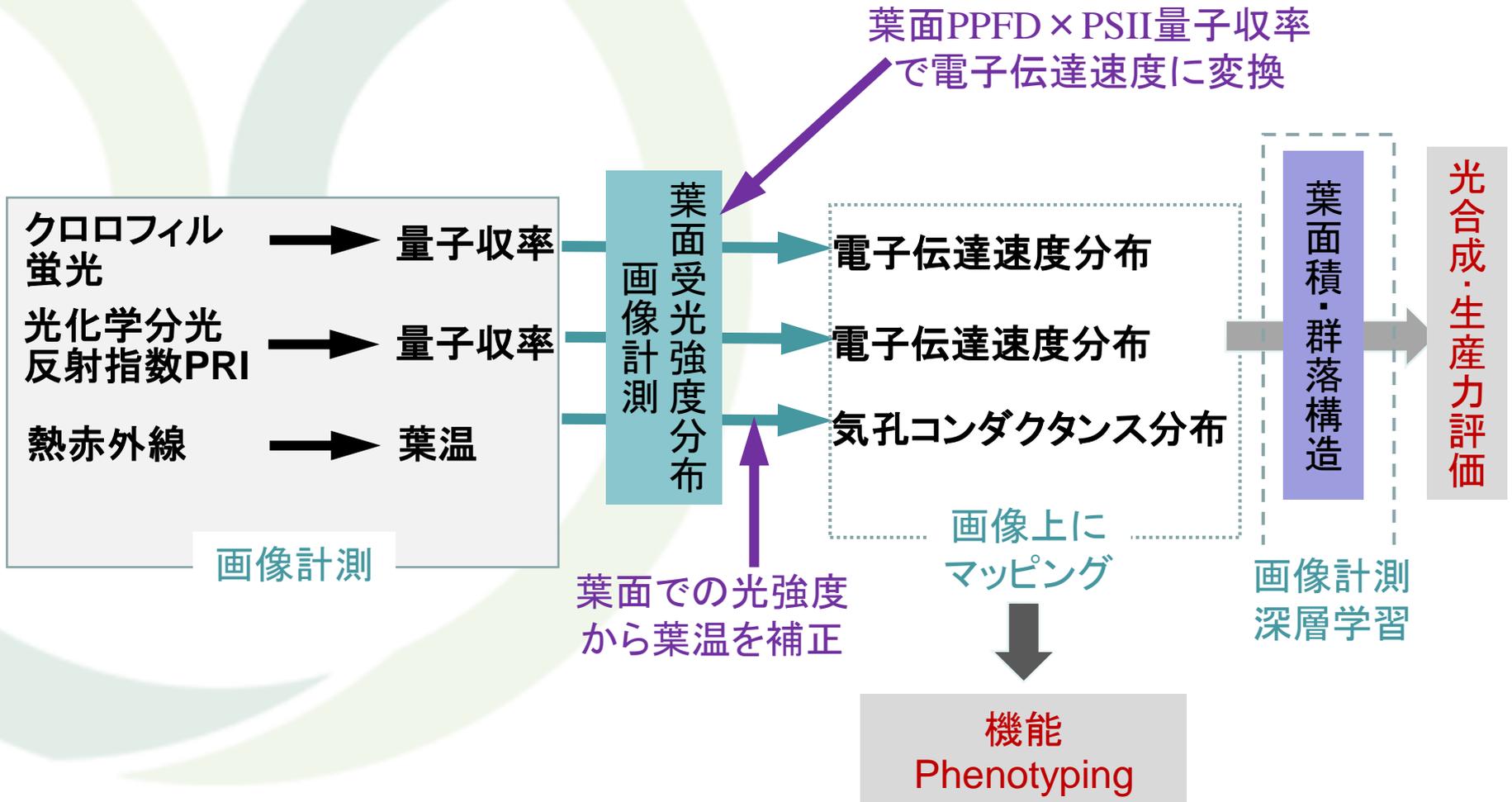


スマート農業における基盤技術
植物データ非破壊取得法として機能



光合成活性画像

群落画像を用いた植物機能評価



山口県の農業に期待すること

農業は持続可能な社会の根幹

農業はグリーン化に向けて変わる必要

◎スマートな農業を

賢い・データに基づいた農業

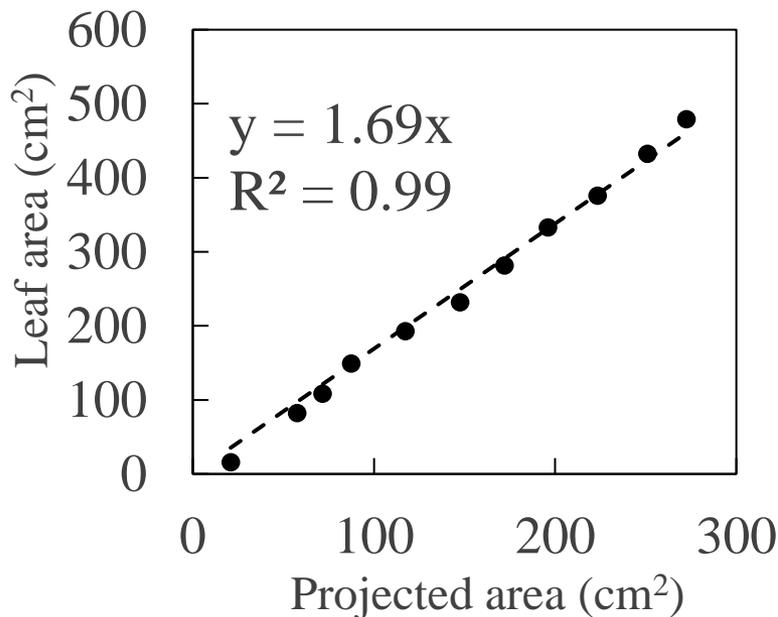
見える化

DX（デジタルトランスフォーメーション）

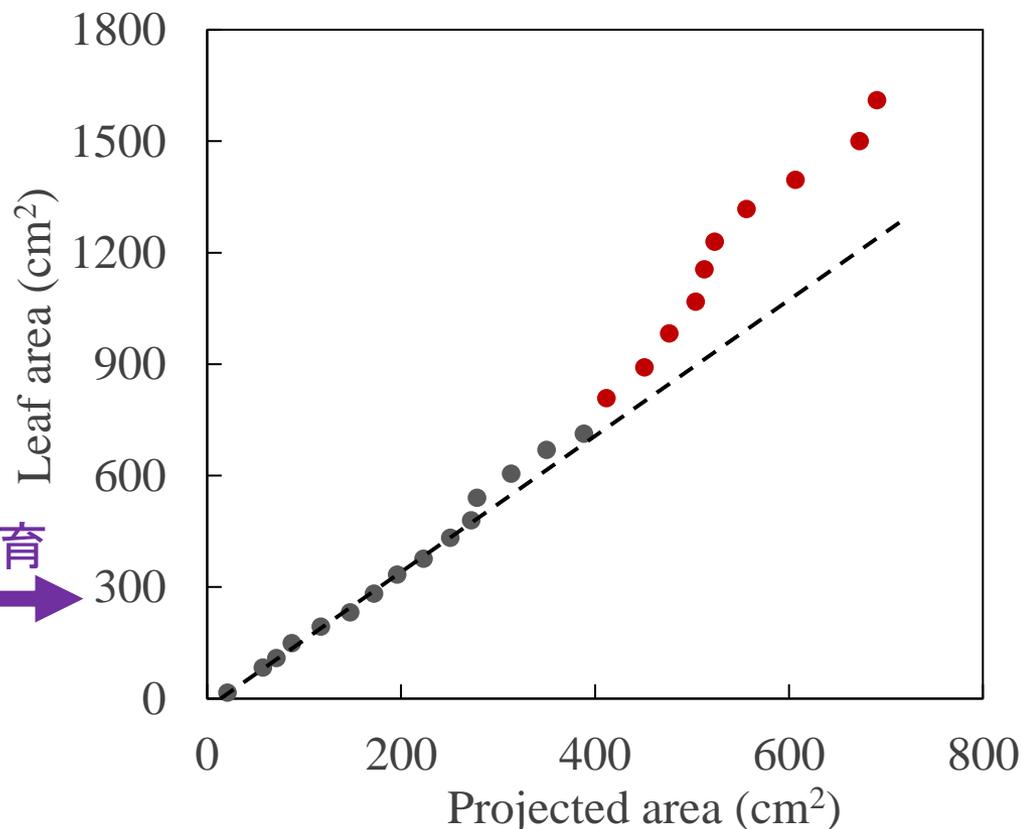
農業とデジタルの相性はよい

深層学習によるLAI推定

$$\text{LAI 変換係数} = \frac{\text{LAI}}{\text{投影植被率}} \times \frac{\text{地面面積(m}^2\text{)}}{\text{地面面積(m}^2\text{)}} = \frac{\text{葉面積 (m}^2\text{)}}{\text{植物投影面積 (m}^2\text{)}} = \text{葉面積変換係数}$$



生育
→



深層学習によるLAI推定

投影面積(投影植被率)と葉面積(LAI)の係に影響を与える要因



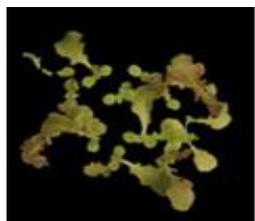
- ◆ 葉同士の重なり
- ◆ 葉の角度分布
- ◆ 個葉の3次元形状
(unflatness)

これらの要因に関する情報が群落画像には含まれている

← 深層学習

深層学習によるLAI推定

学習したモデルを利用したLAI推定



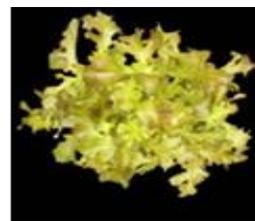
1.4



1.9



2.4



2.5

... 4品種
画像データセット

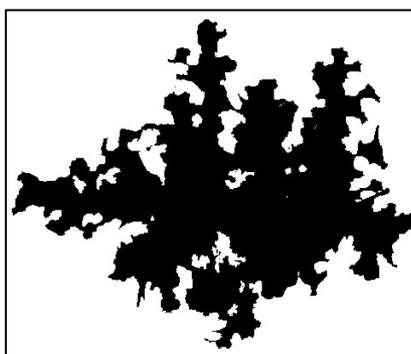
深層学習

CNNモデル



植物群落画像

植物部分
の抽出

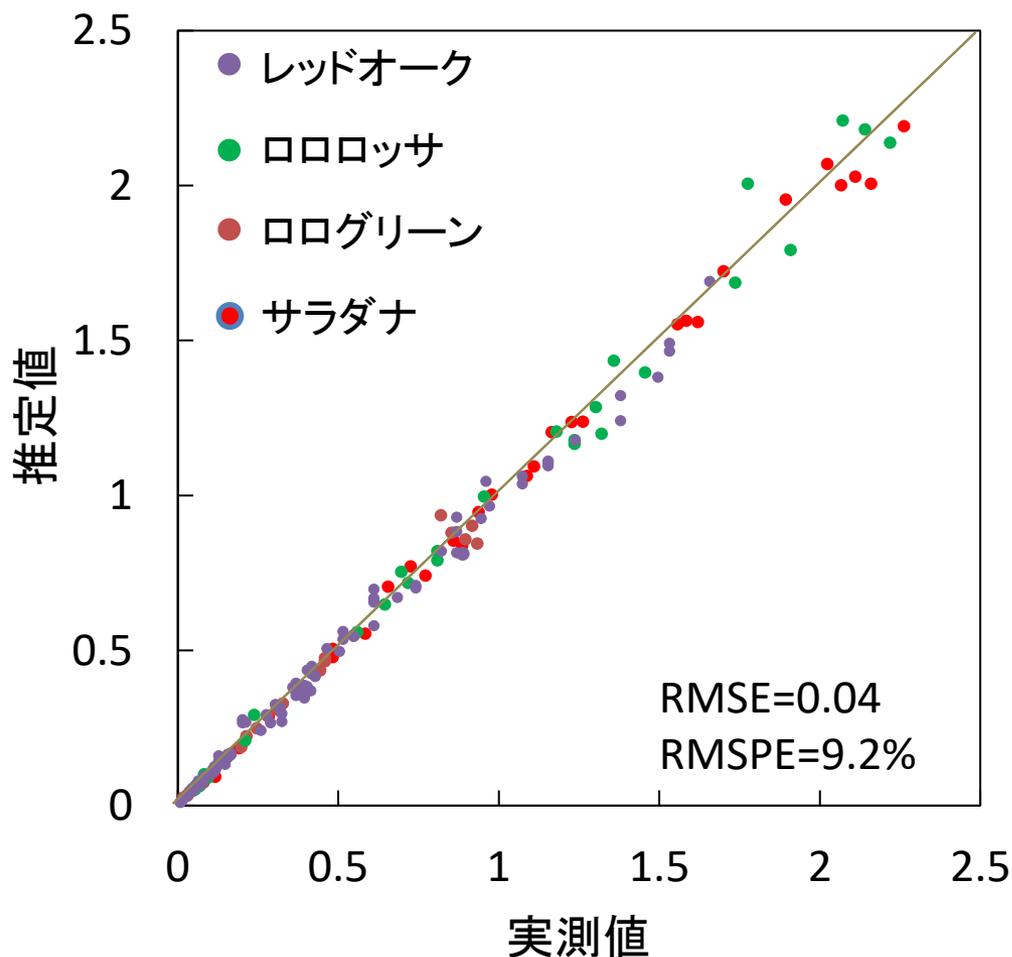


投影植被率

$$\times \text{LAI 変換係数} = \text{LAI}$$

LAI推定結果

4品種を学習した際のLAI推定結果



推定結果一覧

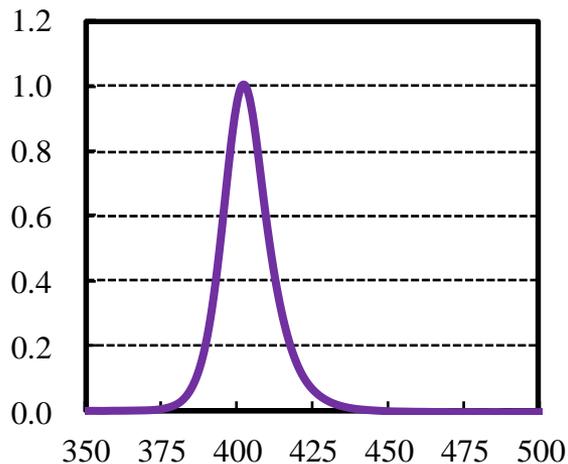
	葉面積変換係数		LAI	
	RMSE	RMSPE	RMSE	RMSPE
レッドオーク	0.15	10.0%	0.04	10.0%
ロロロッサ	0.23	8.2%	0.07	8.2%
ロログリーン	0.13	10.9%	0.03	10.9%
サラダナ	0.16	3.5%	0.05	3.5%
全て	0.17	9.3%	0.04	9.2%

全品種を含めたデータセットで
深層学習した場合
最大誤差でもRMSPE=10%程度の
精度でLAI推定可能

研究例紹介

LED照射による病害防除：化学農薬使用量低減技術

紫色LEDによる光照射は、病原菌に対する静菌・殺菌作用に加え、植物の病害抵抗性の向上にも効果を持つ可能性が示されており、化学農薬の低減を可能にする技術として期待される



静菌・殺菌作用

病原菌自体の生育を抑制

植物の免疫機能強化

全身獲得抵抗性を誘導

光合成の作用光

光合成にも使える