

THE NEXT GREEN REVOLUTION

農業IoTと気象データの産業利用



ベジタリア株式会社

代表取締役社長

小池 聡



03

PROBLEM & NEEDS

Market Problem & Unmet Needs





食と農業を取り巻く環境

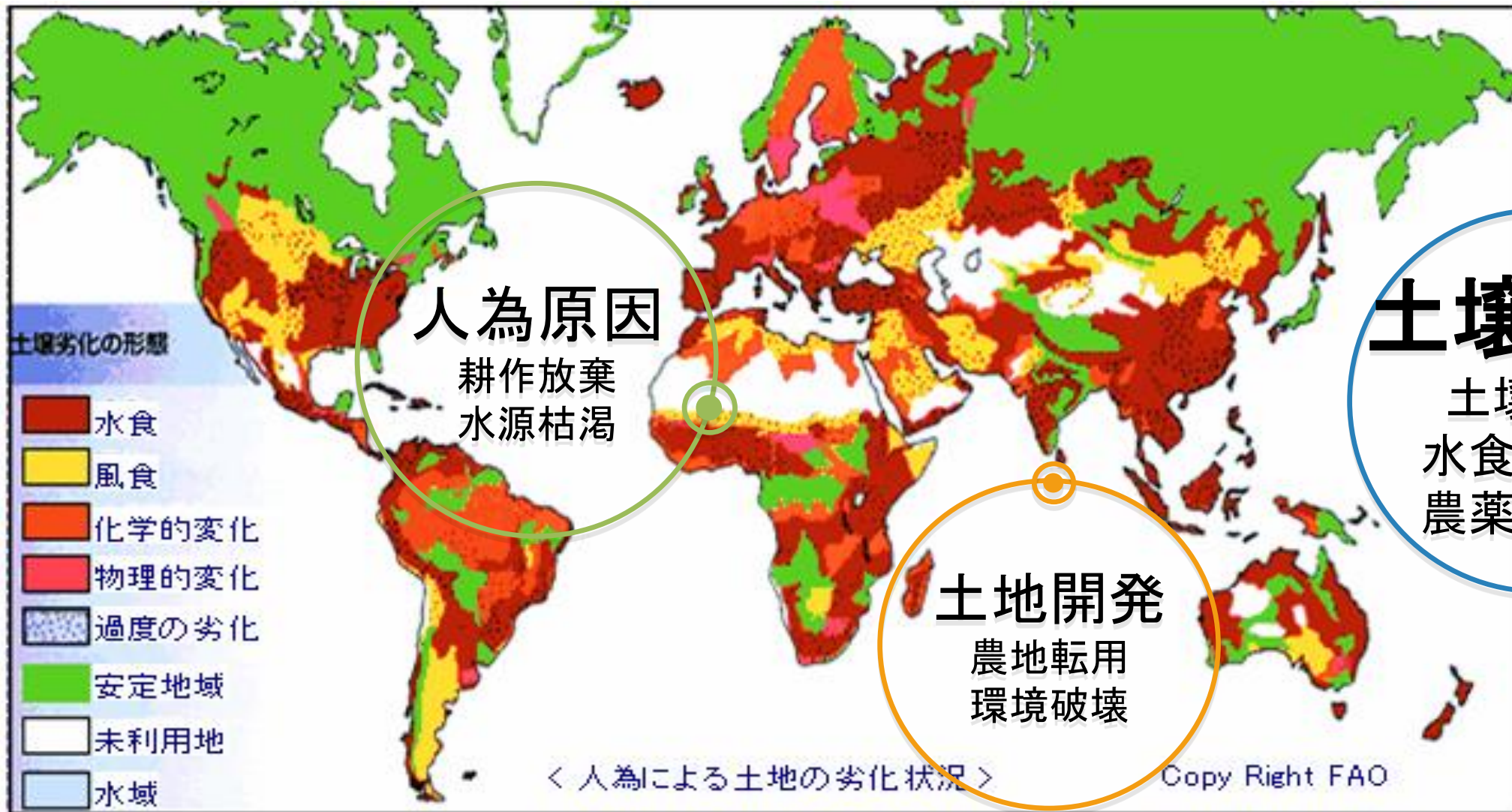
7,500万人/年
人口増加

97億人
2050年の世界人口

25億人分
食料増産
by 2050

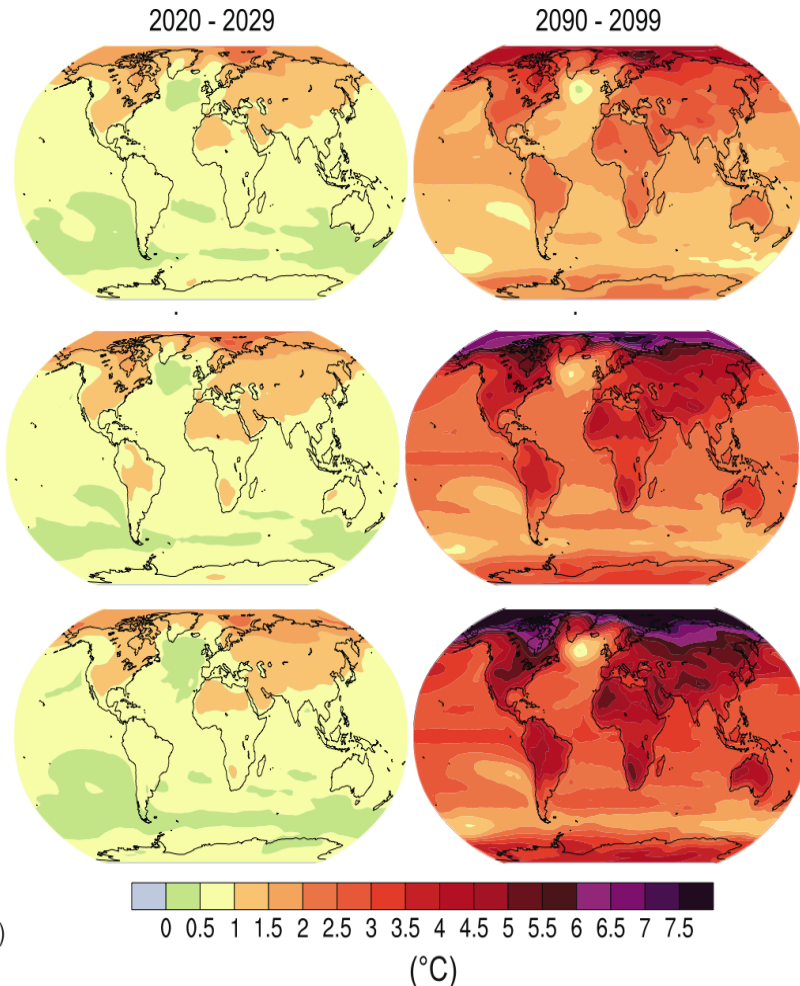
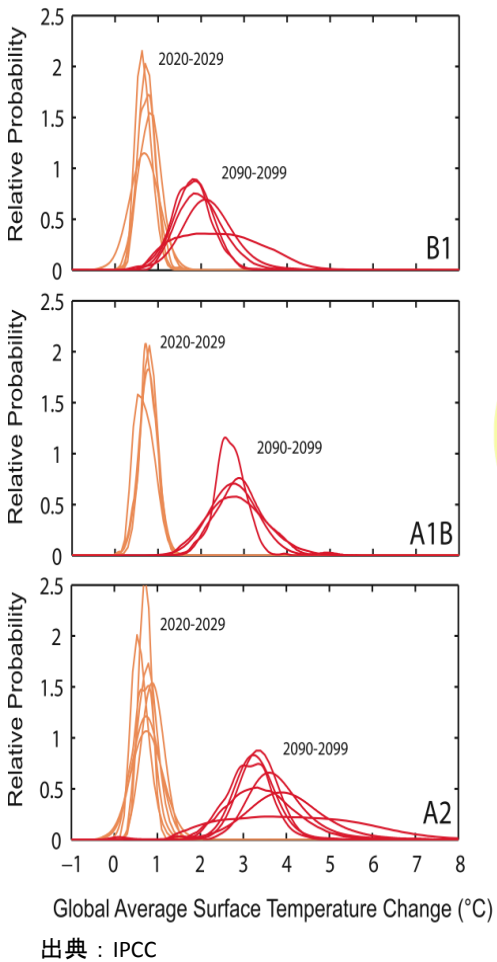
70%増産
食料増産
by 2050

世界の農耕作可能地の減少



出典：国連FAO食料農業機関

気候変動が農業に与える影響

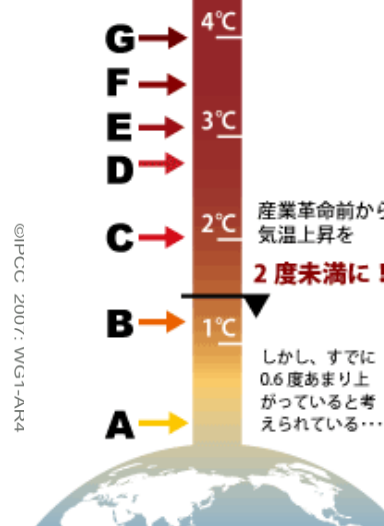


温室効果ガス排出

高温障害
冷害
病虫害
気象災害

気候変動

温暖化
乾燥化



- A：暑熱や洪水など異常気象による被害が増加
- B：サンゴ礁や北極の海氷などのシステムに高いリスク
マラリアなど熱帯の感染症の拡大
- C：作物の生産高が地域的に減少する
- D：利用可能な水が減少する
- E：広い範囲で生物多様性の損失が起きる
- F：大規模に氷床に消失し海面水位が上昇
- G：多くの種の絶滅リスク、世界の食糧生産が危険にさらされるリスク

出典：IPCCデータを基にWFF作成



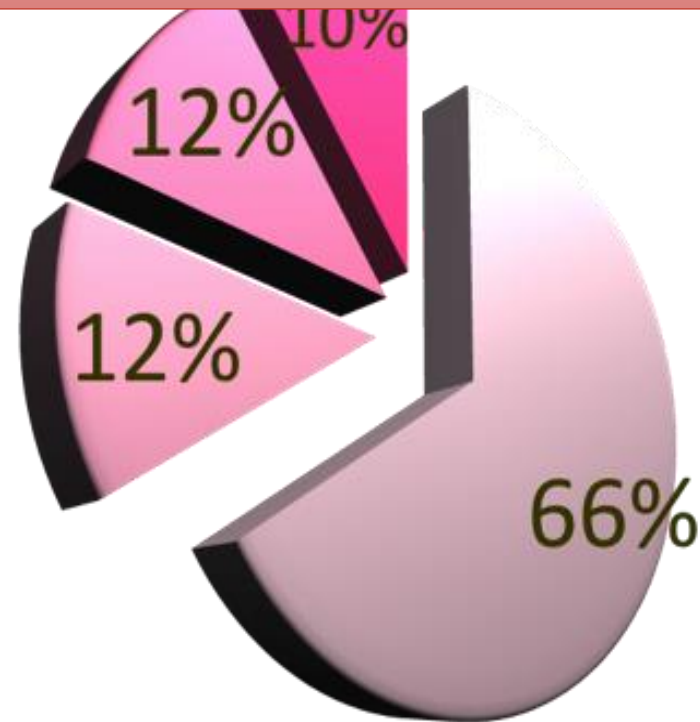
8億人分の食料が病虫害によって失われている

種子伝染病害 世界で4兆円/年



農業生産可能量の**1/3**以上は
病虫害・雑草害で失われている

土壌伝染病害 世界で10兆円/年



100% : 世界の作物の全生産可能量



農業に求められる姿

vegetation science and technology

安心・安全
美味しい

栄養価
機能性

低コスト
効率化

高収量
高収益

環境調和
持続可能循環型





経験と勘の農業から科学とテクノロジーの農業へ

現在の農業

経験

勘

匠の技

これからの農業

科学的根拠

計測

システム

植物科学

植物生育のメカニズム
病虫害発生の原因 解明

IoT/M2M

センサ

ビッグデータ

データサイエンス

人工知能





植物科学に基づいた栽培方法

Vegetation science and technology



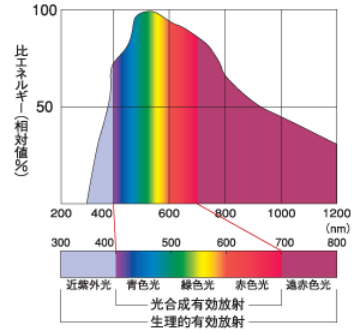
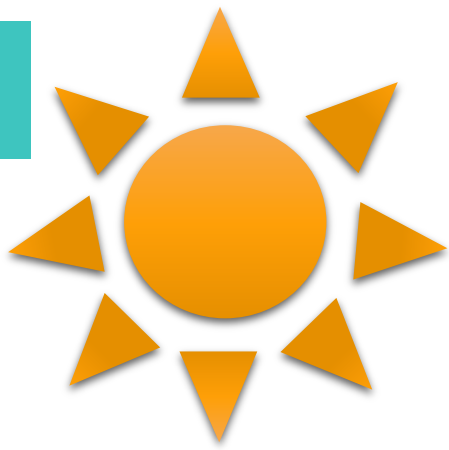


構成要素

Vegetation science and technology



植物生育と環境要因・植物体情報



地上部環境

外部環境要因 (環境情報)

放射

全放射

光合成有効放射

補光

水分

相対湿度

雨量

空気

風速

風向

気温



植物体関連 (生体情報)

樹勢

樹液流

シヨ糖転流

共生微生物

光合成速度

蒸散速度

呼吸速度

葉

葉温

葉面積

水分

水ポテンシャル

浸透圧

植物体内水分移動速度

16必須元素

三大栄養素

窒素
N

リン
P

カリ
K

多量要素

マグネシウム
Mg

カルシウム
Ca

酸素
O

水素
H

炭素
C

硫黄
S

微量元素

鉄
Fe

マンガン
Mn

ホウ素
B

亜鉛
Zn

モリブデン
Mo

銅
Cu

塩素
Cl

植物体関連（生体情報）

根

根温

根の呼吸量

根圧

根圧（浸透圧）

蒸散速度

呼吸速度

酸素

呼吸速度

水分

水ポテンシャル

浸透圧

植物体内水分移動速度

地下部環境

地下部環境要因（環境情報）

温度

土壌温度

水分

土壌水分

水分移動

酸素

通気（団粒構造）

土壌

pH（土壌酸度）

EC（電気伝導率）

CEC（塩基置換容

ミネラル

有機物組成

有機物含量

無機要素組成

無機要素濃度



Vegetalia Method

For Sustainable Agriculture & Healthy Living

施肥設計

土壤分析





東京大学 **ベジタリア** 植物医科学研究室

植物の病気の診断・治療・予防のための高度先端臨床技術の開発



東京大学 **植物医科学研究室**

ニッポンジーン・ベジタリア寄付講座

トップ

トピックス

教育内容・研究課題

研究室

アクセス



難波成任 教授

東京大学農学部教授
東京大学EMP副室長

日本植物病理学会 元会長
E・Kノーベル賞受賞
紫綬褒章受賞
日本農学賞受賞
農林水産技術会議委員



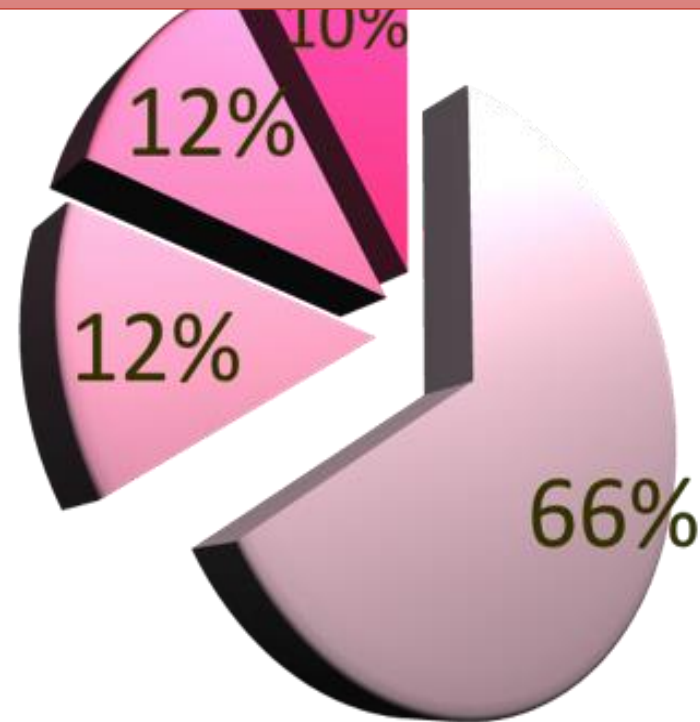
8億人分の食料が病虫害によって失われている

種子伝染病害 世界で4兆円/年



農業生産可能量の**1/3**以上は
病虫害・雑草害で失われている

土壌伝染病害 世界で10兆円/年



100% : 世界の作物の全生産可能量



東京大学 **ベジタリア** 植物医科学研究所

植物の病気の診断・治療・予防のための高度先端臨床技術の開発

土壌診断

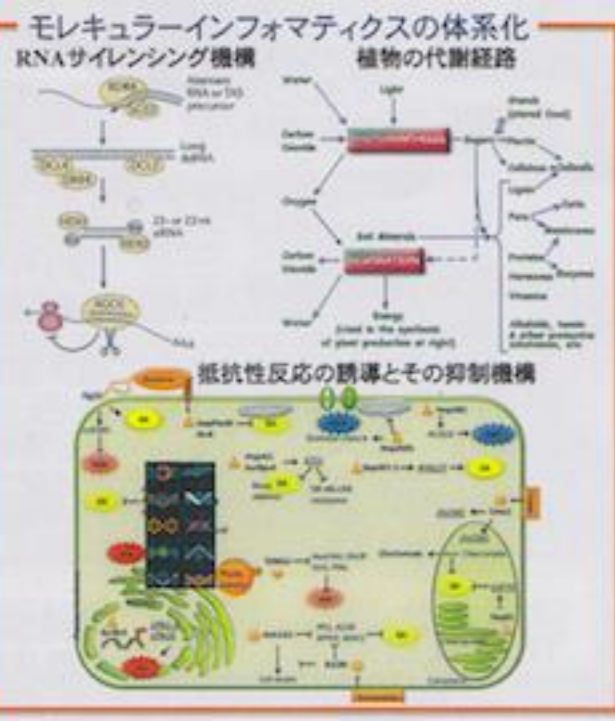
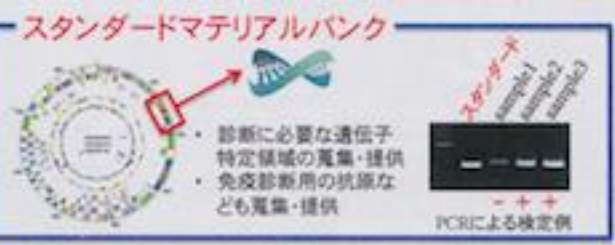
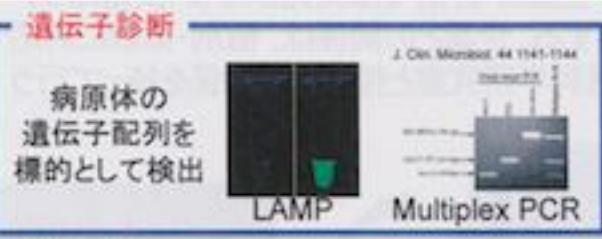
遺伝子診断

植物病診断

免疫診断

ゲノム育種用
遺伝子診断

植物病予察



土壌・植物の健康診断システム

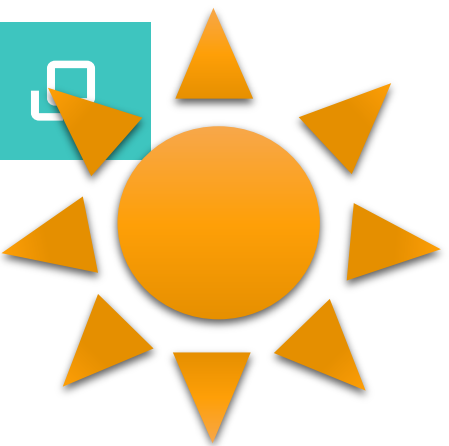


Vegetalia Method

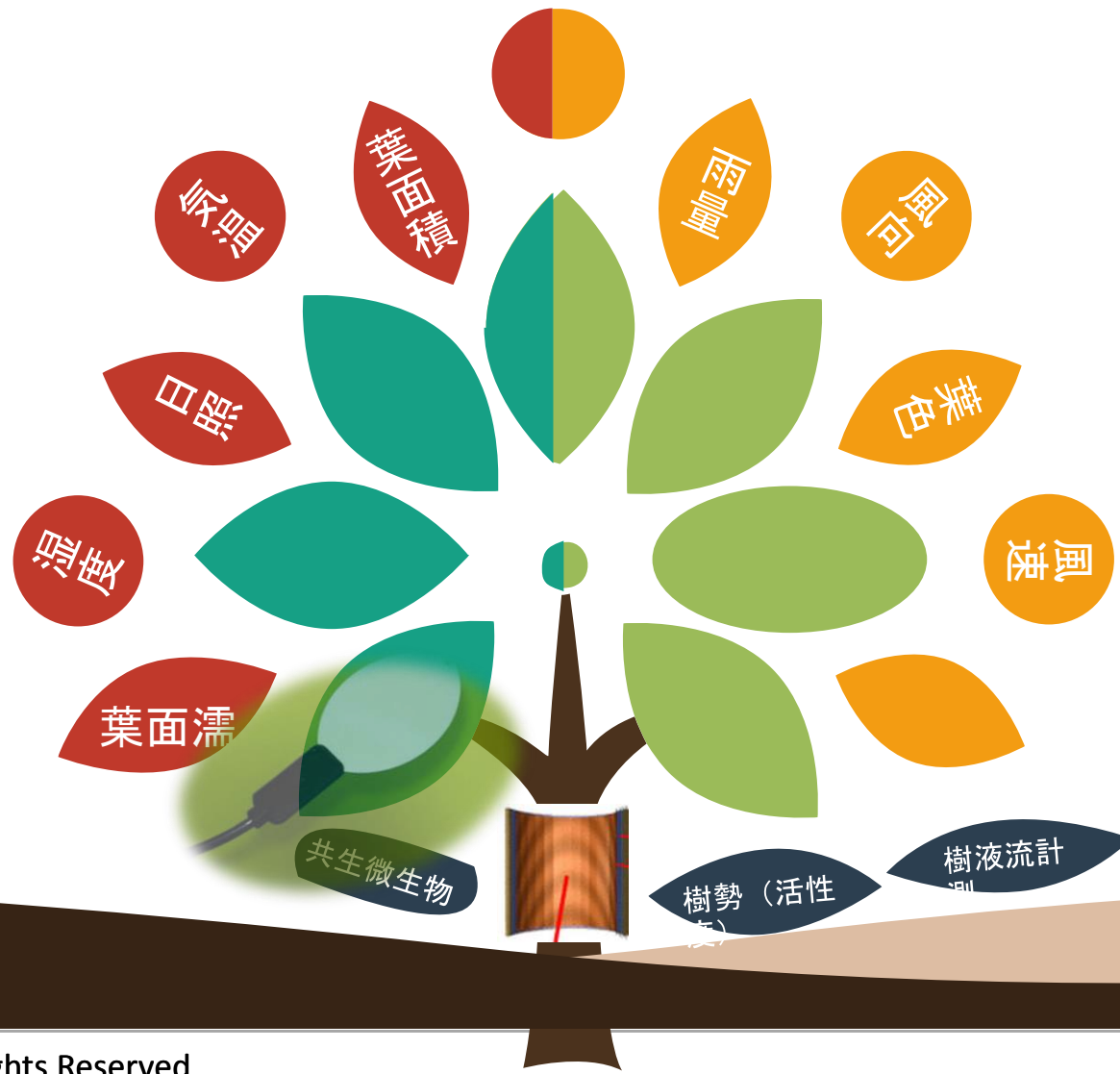
For Sustainable Agriculture & Healthy Living

IoTセンサー計測
環境データ
生体データ





put your great subtitle here



樹液流センサ

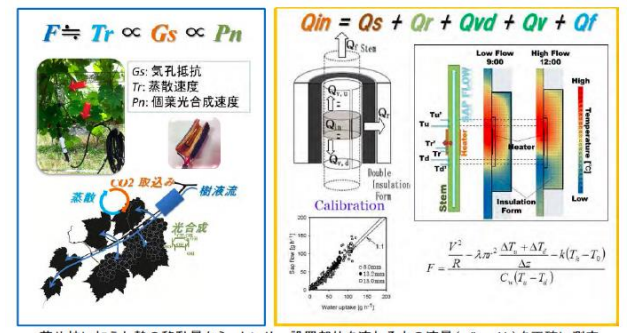


樹液流計測の重要性
- 樹の稼ぎの「見える化」・「定量化」-

$$\text{樹液流量} \propto \text{蒸散量} \propto \text{CO2吸収量} \propto \text{光合成量}$$

$$NPP \propto Gs \propto \frac{Tr}{VPD}$$

NPP: 群落あたりの生産量
Gs: 群落あたりの気孔開度
Tr: 蒸散速度 = 樹液流量
VPD: 大気飽差



茎や枝に加えた熱の移動量から、センサー設置部位を流れる水の流量 (g/h, ml/s) を正確に測定
樹液流センサーは植物の生理状態の診断には不可欠



16必須元素

三大栄養素

窒素
N

リン
P

カリ
K

多量要素

マグネシウム

Mg

カルシウム

Ca

酸素

O

水素

H

炭素

C

硫黄

S

微量元素

鉄
Fe

マンガン
Mn

ホウ素
B

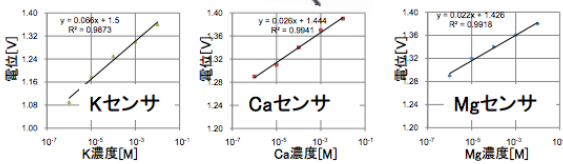
亜鉛
Zn

モリブデン
Mo

銅
Cu

塩素
Cl

ミネラルセンサ



現場計測可能な半導体型ミネラルセンサを開発 ... 豊橋技術科学大学・静岡大学
(2012年度～2013年度 NEDOIT融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト)



担当: 豊橋技術科学大学

eLAB vegetalia

担当: 静岡大学



土壌水分センサ

水マトリックスポテンシャルセンサ



土壌温度センサ



pHセンサ

EC (電気伝導率) センサ



IoTセンサ フィールドサーバ

Field Server Field Point

農地センサー
フィールドポイント

農地GW
フィールドサーバ

農地環境
データサーバ

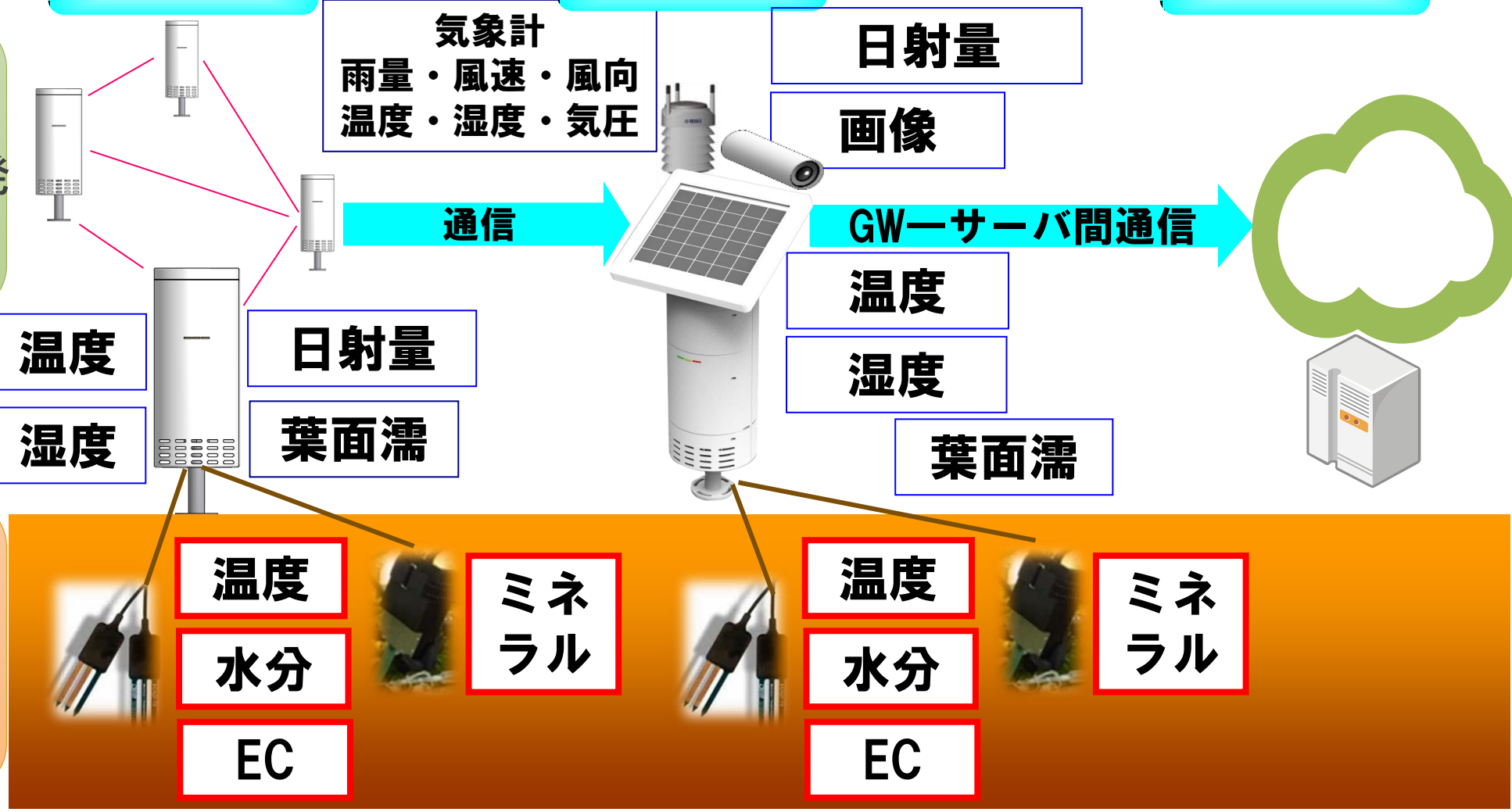
農研機構
NARO 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

農研機構と共同開発
技術移転契約

eLAB experience

NICT 国立研究開発法人
情報通信研究機構

NICTと共同開発
技術移転契約



フィールドサーバの歴史

農業用センサ フィールドサーバ



農研機構中央農業総合研究センター
平藤雅之氏による農業センサー
フィールドサーバの研究開発



2001



フィールドサーバ試作 1号機(2001.6 農研機構)



FS-I
FieldServer I.

FS-I 2004~

2004



イーラボ・エクスペリエンス
農研機構よりフィールドサーバ
製品試作受託 FS-I



イーラボ・エクスペリエンス
農研機構よりフィールドサーバ
設計・製造受託 FS-II



2005



FS-II
FieldServer II.

FS-II 2005~



FS-III
FieldServer III

2006



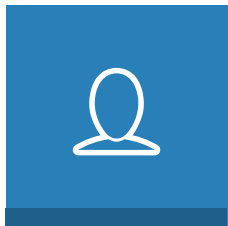
イーラボ・エクスペリエンス
農研機構と特許契約を締結

FS-IIIの共同研究を開始

FS-III 2006~

イーラボ・エクスペリエンス フィールドサーバⅣ発表

イーラボ・エクスペリエンスとして
農研機構の技術監修により、無線LANメッシュネットワークと
360度カメラ搭載 高機能型フィールドサーバⅣを開発
および販売開始



2008



FS-IV
FieldServer IV.

FS-IV 2005~

屋外農業用コンピュータとしての特許を取得



2008



総務省 u-Japan大賞2008
審査員特別賞受賞



三重大学「野村証券・百五銀行・
創業革新プロジェクト」
支援第一号企業に認定



農林水産省「平成20年度官民連
携
新技術研究開発事業」に認定



東京大学の指導下、ユビキタス社
と農地の土壌状態のリアルタイム
モニタリングシステム共同開発

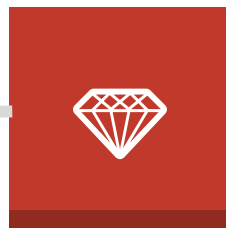




経済産業省 2009年
「元気なモノ作り中小企業300」
に認定

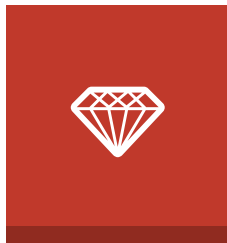


2009



アジア工科大学との共同研究成果
「クラウドセンス」が、アジア圏の
Asia Pacific ICT Alliance Awards
で優勝

経済産業省
「ものづくり基盤技術高度化
特定研究開発計画」を取得



イーラボ・エクスペリエンス
フィールドサーバV
フィールドポイント発表



2012

2.4GHzセンサーネットワーク対応型
のフィールドサーバVおよび
太陽電池駆動型子機端末 フィールドポイ
ント
の開発および販売開始

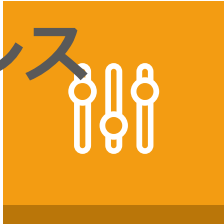


FS-V
FieldServer V

FS-V 2012~



イーラボ・エクスペリエンス ベジタリアの子会社に

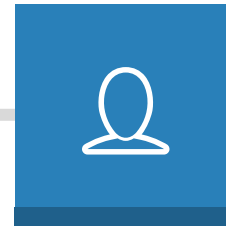


2013

vegetalia



2014



農林水産省
「食料生産基地再生のための
先端技術展開事業」に参画

農林水産省
「攻めの農林水産業の実現に向けた
革新的技術緊急展開事業」



-農業オープンクラウドプラットフォームの標準化-

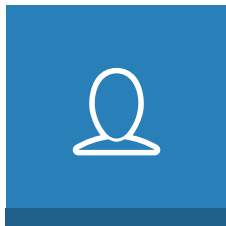
-農業産業化ジャパंकオリティシステム形成に向けた
革新的生産技術体系の確立-

-点滴灌水向け制御システムへのフィールドサーバと
機能栄養素向けセンサの融合-

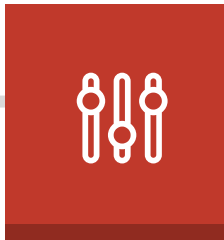




情報通信研究機構委託
スマートセンサ・プラットフォーム
の開発および知財契約の締結



2014

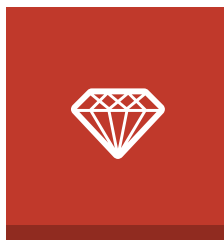


農林水産省
「攻めの農林水産業の実現に向けた
革新的技術展開事業」

「農業生産法人が実証するスマート水田
農業モデル（農匠ナビ1000）」九州大
1000圃場への水田センサ採用



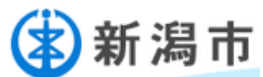
内閣府 「戦略的イノベーション
創造プログラム（SIP）」
-次世代農林水産創造技術研究-



「多圃場を効率的に管理する営農管理システムの開発」
農研機構が代表機関のコンソーシアムに参画を行い
・ベジタリア 「水田栽培用支援サービス」
・イーラボ 「多圃場展開型水田センサ開発」
を推進



新潟市 農業国家戦略特区

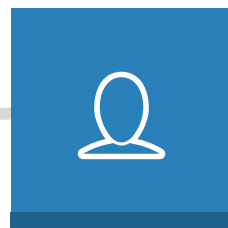
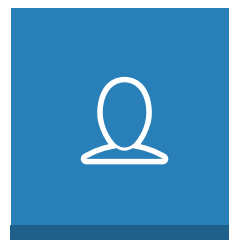
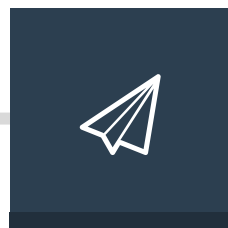
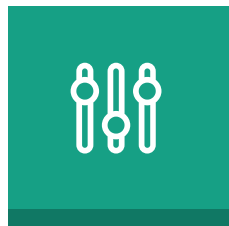


「革新的稲作営農管理システム
実証プロジェクト」に関する連携協定締結
(ベジタリア、ウォーターセル、ドコモ、新潟市)

フィールドサーバVI発表
国際標準Wi-SUN対応
太陽電池駆動



フィールドポイント発表
国際標準Wi-SUN対応
太陽電池駆動



FS-VI

FieldServer VI.



農林水産省

「水田センサ×技術普及組織による
農業ICT導入実証プロジェクト」
平成27年度36道府県にて実証)

水田センサPadyWatch発表
国際標準Wi-SUN対応
電池駆動





フィールドサーバ設置状況

NTT docomo

NTTファシリティーズ

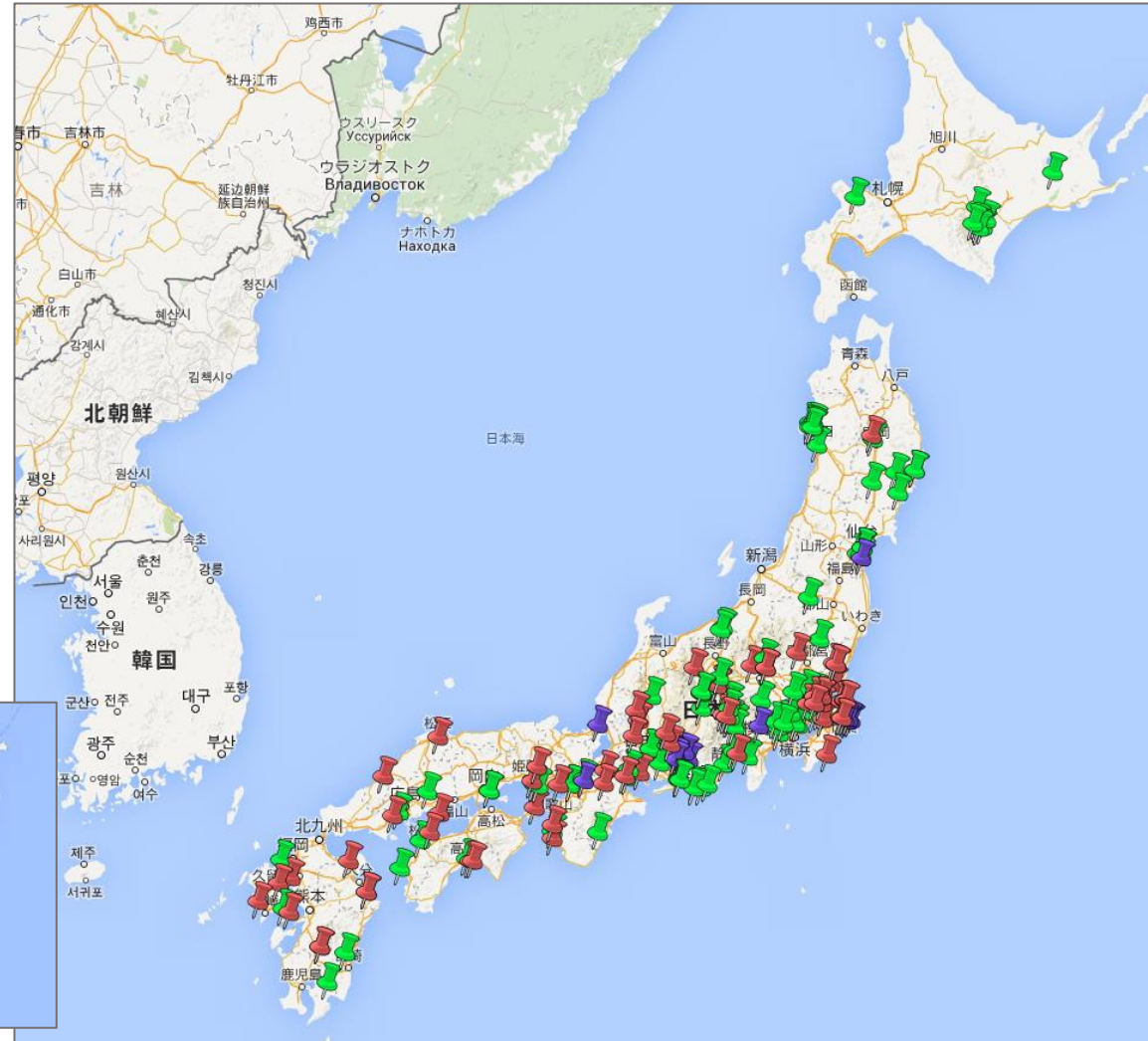
FUJITSU

NEC

EXEO

m2Labo.
AGRI INNOVATION

パートナー企業



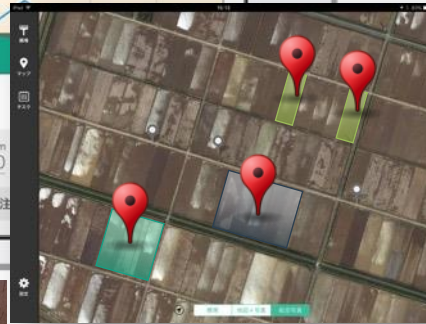
【国内No.1実績※】日本国内80%のシェア ※富士経済調べ



水田センサ スマホ&タブレット アプリ



現在の圃場状態を
数値とビジュアルで
管理



アプリの主な機能

- 環境データチェック
水位/水温/温度/相対湿度の
データ確認
- ピンポイント天候予測
詳細なメッシュで精度の高い
天候予測
- 注意報
病害虫の発生条件による注意
情報アラート
- 圃場管理メモの共有
複数人で圃場管理のメモ共有
- しきい値設定/CSVデータ



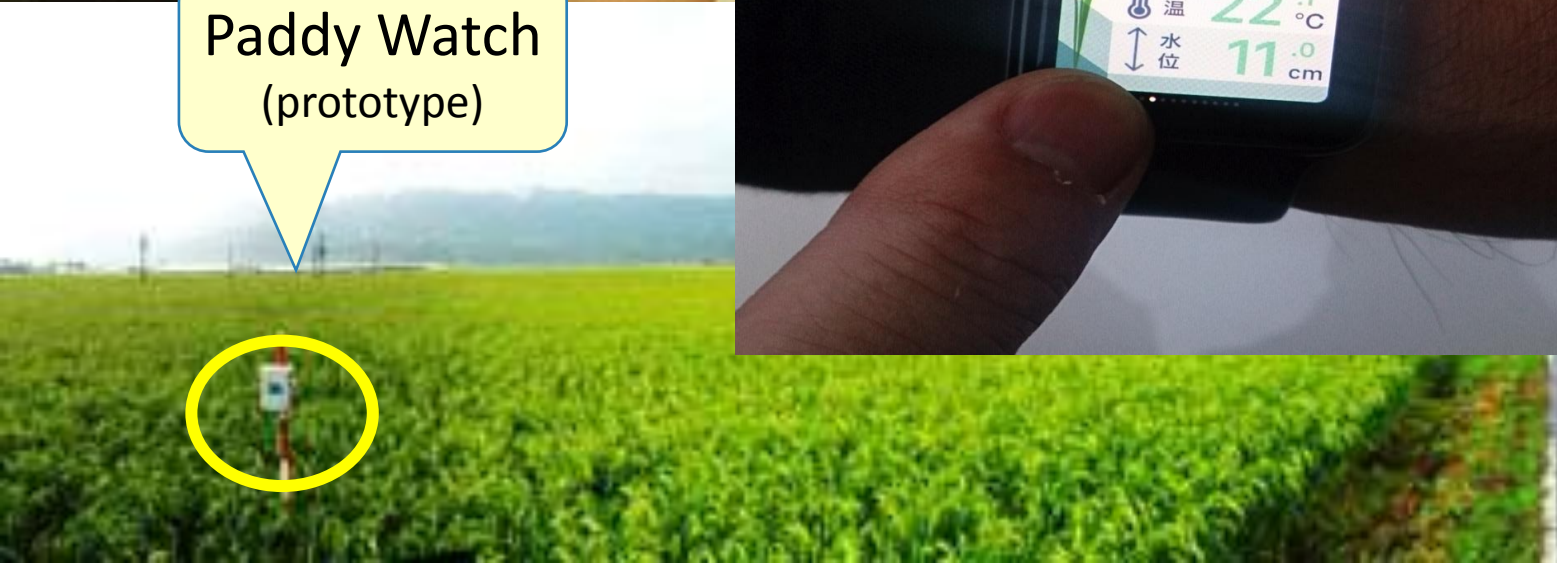
Paddy Watch (prototype)



from Apple inc.



Paddy Watch (prototype)



水田圃場の

- ・水位
- ・水温
- ・温度
- ・湿度

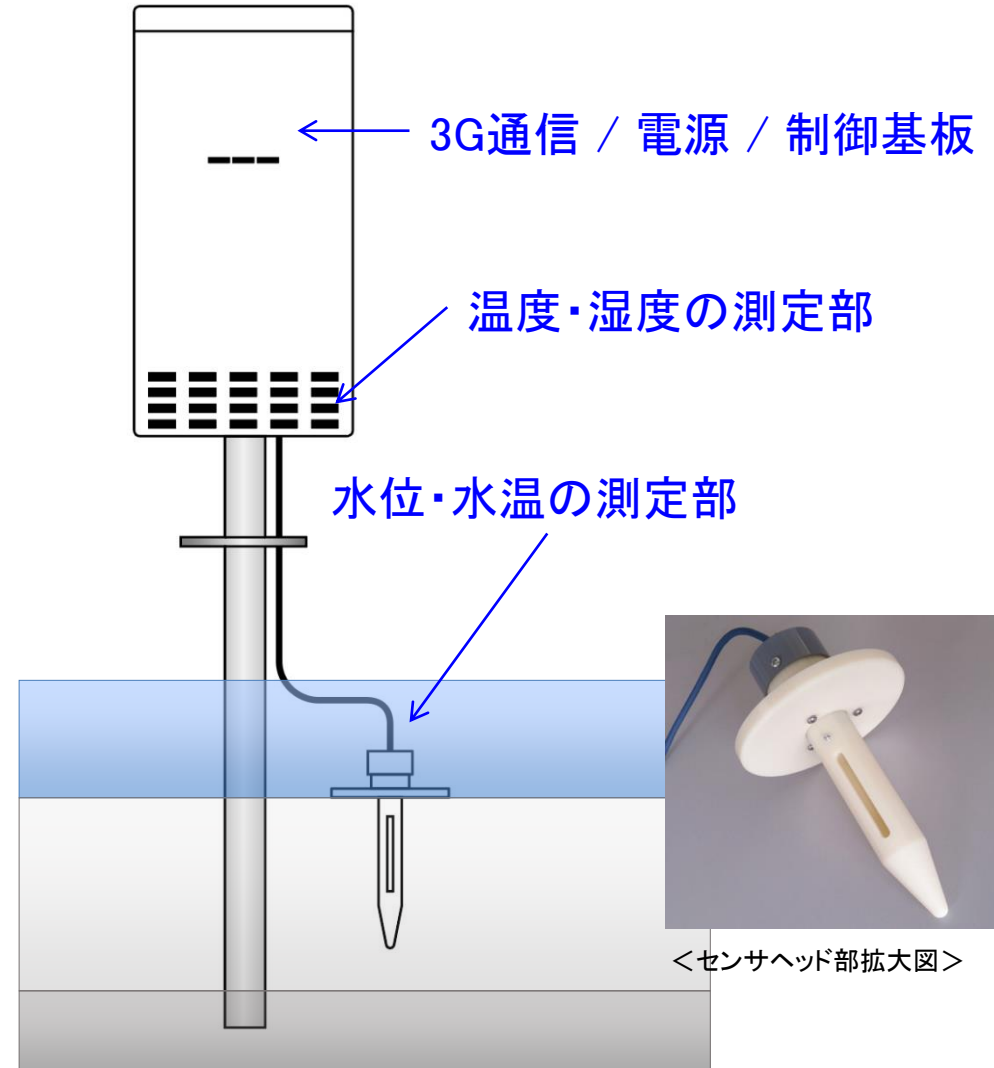
を自動測定します。

市販乾電池で稼働しますので、電源工事なども必要なく、簡単に設置してご利用開始いただけます。
また、3G SIMを搭載していますので、山間部や飛び地などの圃場管理に活躍いたします。

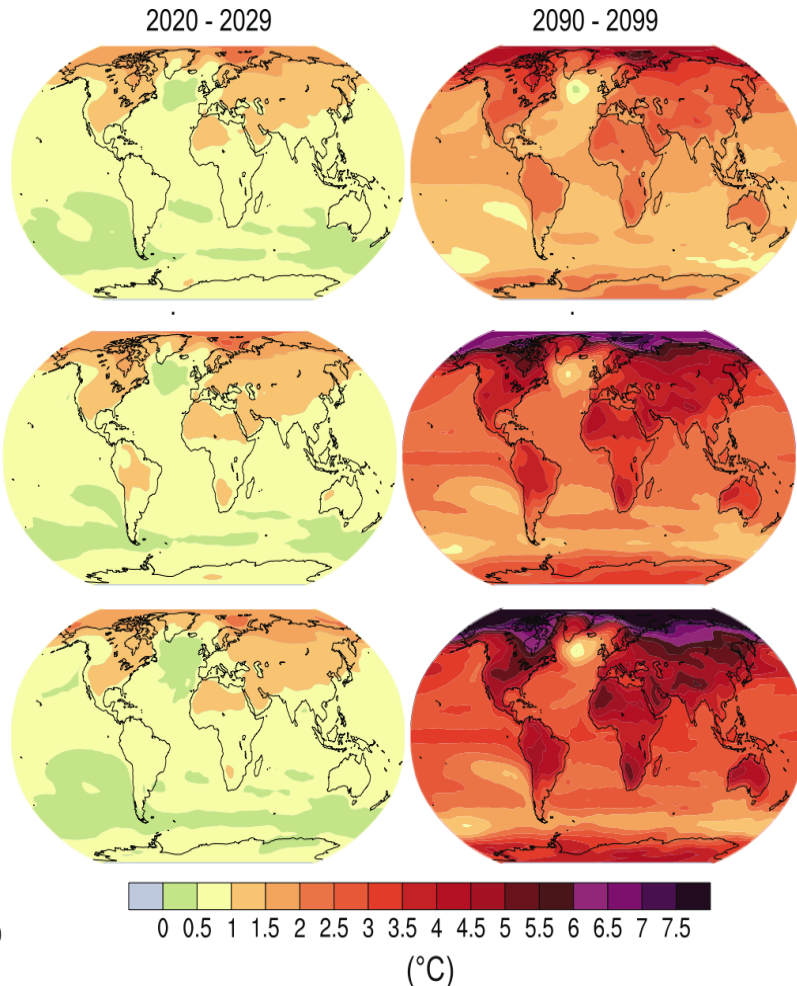
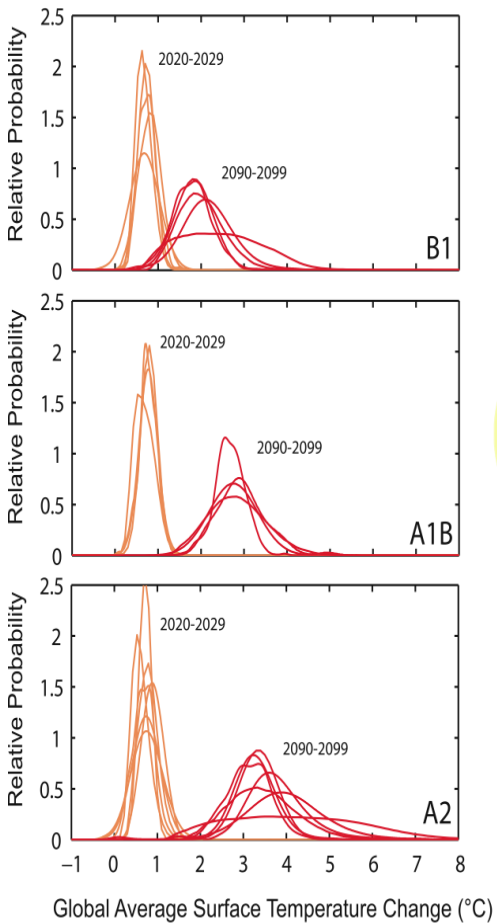
<水稲圃場における実証実験>

- ・新潟市農業特区 において約300台
(農業生産法人14社・個人8者)
- ・農林水産省先端技術緊急展開事業における「農匠ナビ1000 プロジェクト」にて採用 1000台
(通信方式は別方式)
- ・農林水産省 技術普及組織により全国に約150台
- ・他全国 新品種開発や酒米作り、登熟期高温障害対策など

において実証実験をおこなっております。



気候変動が農業に与える影響

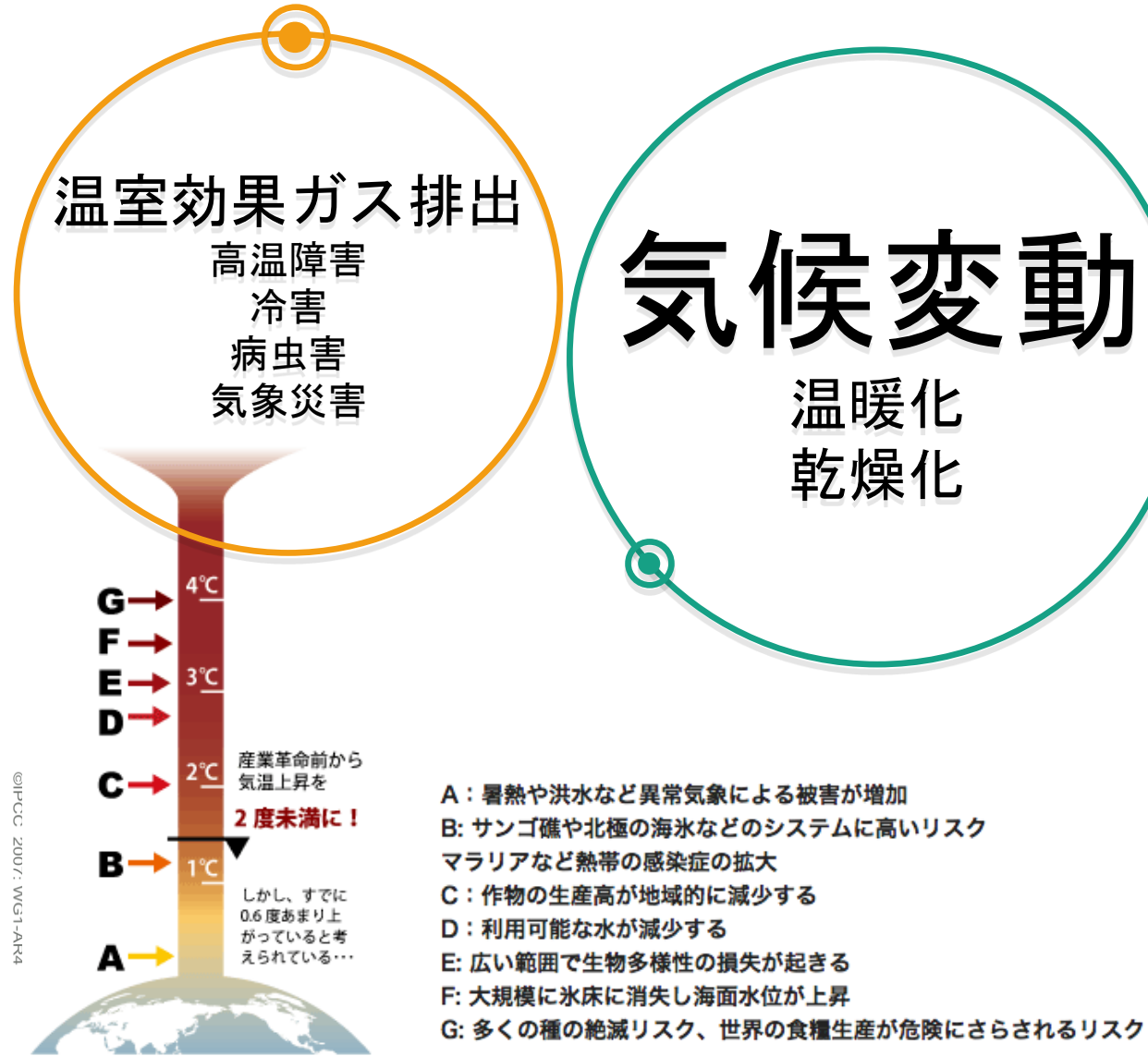


温室効果ガス排出

高温障害
冷害
病虫害
気象災害

気候変動

温暖化
乾燥化



- A : 暑熱や洪水など異常気象による被害が増加
- B : サンゴ礁や北極の海氷などのシステムに高いリスク
マラリアなど熱帯の感染症の拡大
- C : 作物の生産高が地域的に減少する
- D : 利用可能な水が減少する
- E : 広い範囲で生物多様性の損失が起きる
- F : 大規模に氷床に消失し海面水位が上昇
- G : 多くの種の絶滅リスク、世界の食糧生産が危険にさらされるリスク

出典：IPCCデータを基にWFF作成



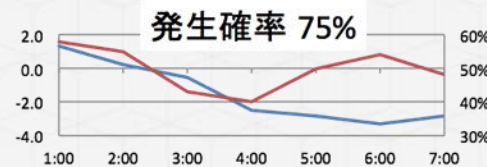
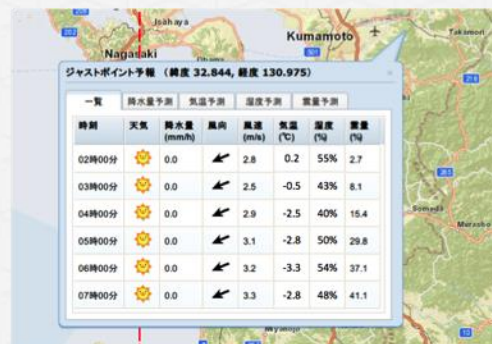
Weather Forecasting

凍霜害の予測・監視システムの開発



x 気象情報 x 地象情報 x 植物生理学 x テクノロジー

凍霜害は1日足りとも気が抜けない（深刻な被害）



気象情報で、霜を予報

実測データで、霜を監視

1 kmメッシュのピンポイント予測とフィールドドサーバ
 による実測データにより精度の高い
 凍霜害対策システムを開発

徳島県のアメダス観測所

新鮮なっ! とくしま

徳島県の特産品マップ



- アメダスの11観測所データだけで、農業用の気象データをカバーするのは難しそう



香川県のアメダス観測所 7ヶ所しかない



高精度農業気象予測



気象予測データ



気象庁データ
農研機構
農業気象データ

全国1kmメッシュ
農業気象データ

vegetalia



センシング



圃場に設置したセンサ
の実測値による補正

vegetalia



vegetalia

データサイエンス



データサイエンティスト
による大規模分散システム
の構築

農業支援予測モデル

病虫害予測
凍霜害予測
収穫時期予測
高温登熟障害予測

データ最適化



気象専門技術者による
データ最適化



予測地点

圃場ごとにピンポイント



予測期間

1時間先から数ヶ月先



予測間隔

1時間（ナキャスト）から1日





IPMプログラムのステップ

総合的病害虫管理（IPM：Integrated Pest Management）

予防的措置

病害虫の発生しにくい
環境の整備

- ・ 耕種的防除対策の実施
（作期の移動、排水対策など）
- ・ 輪作体系の導入
- ・ 抵抗性品種の導入
- ・ 種子消毒の実施

等

診断・判断

防除の要否 および
タイミングの判断

- ・ 発生予察情報の活用
- ・ 圃場状況の観察

等

防除

合理的な組み合わせ
による多様な防除

- ・ 生物的防除（天敵）
- ・ 物理的防除（粘着板、網）
- ・ 化学的防除（農薬）

等

圃場の気象データから、
判断の材料を増やすことで精度を高める





圃場の気象データを知ることが生産者の強い味方になります

収穫時期の予測システム



中山間地
土壌中の微量元素

果樹園
樹液流量

畑（粗植）畑（密植）
土壌水分

水田
水深

施設栽培



農水省 水田センサ×技術普及組織による「農業ICT導入実証プロジェクト」

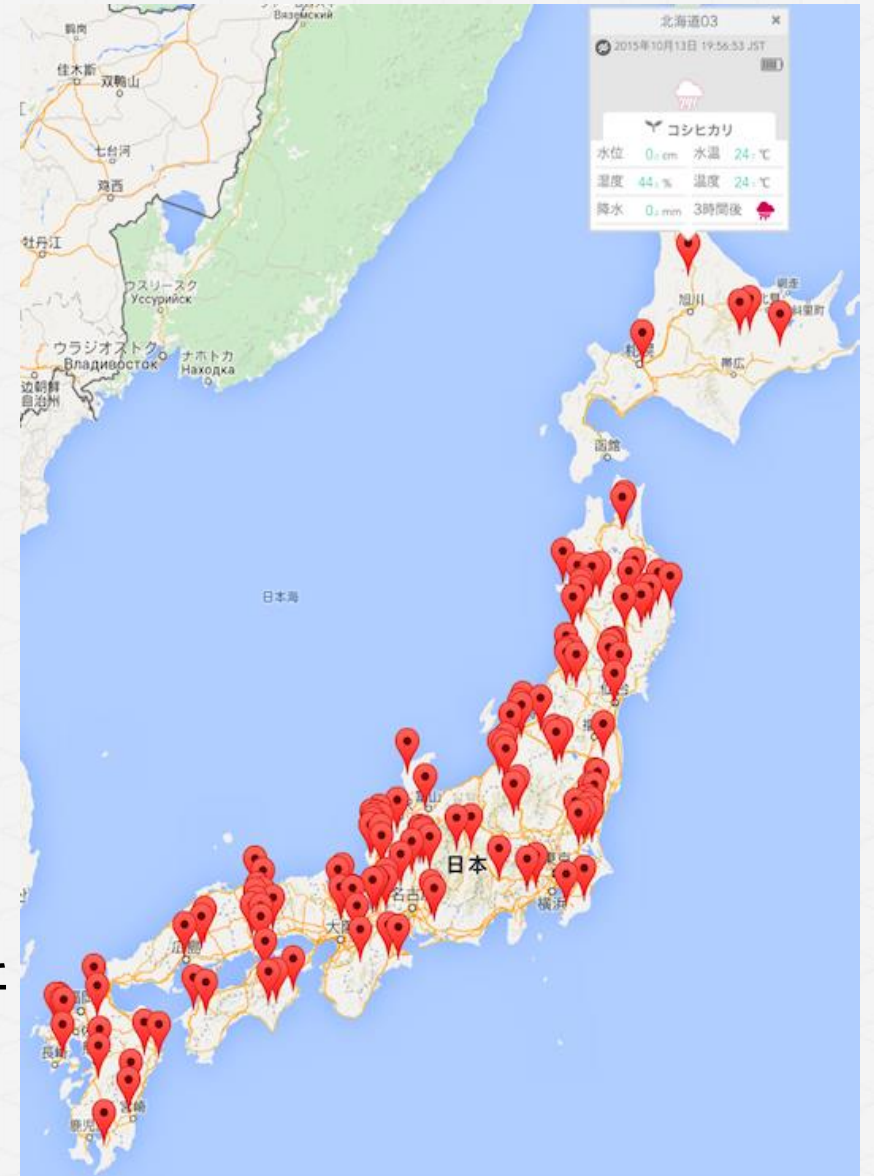
■ 全国からの水稲営農への農業ICT技術評価参加へ反響有り
検証テーマを大別すると5テーマ等に分類される。

- 1) 飛び地・遠隔地の水管理の省力化の可能性検証
- 2) 高温障害対策への水管理の効果確認と新たな作型導出
- 3) 水田環境把握による、生育、食味への影響把握
- 4) 水系違いによる、水温の相違と幼少期 活着への影響把握
- 5) 平地・盆地・高地等 地形による食味影響の把握

36道府県/47都道府県 に

水田センサおよびアプリケーションを導入した

大規模実証実験





水田センサ導入実証実験

本年度全国1500台以上の実証実績

新潟市 農業国家戦略特区
「革新的稲作営農管理システム実証プロジェクト」

300台

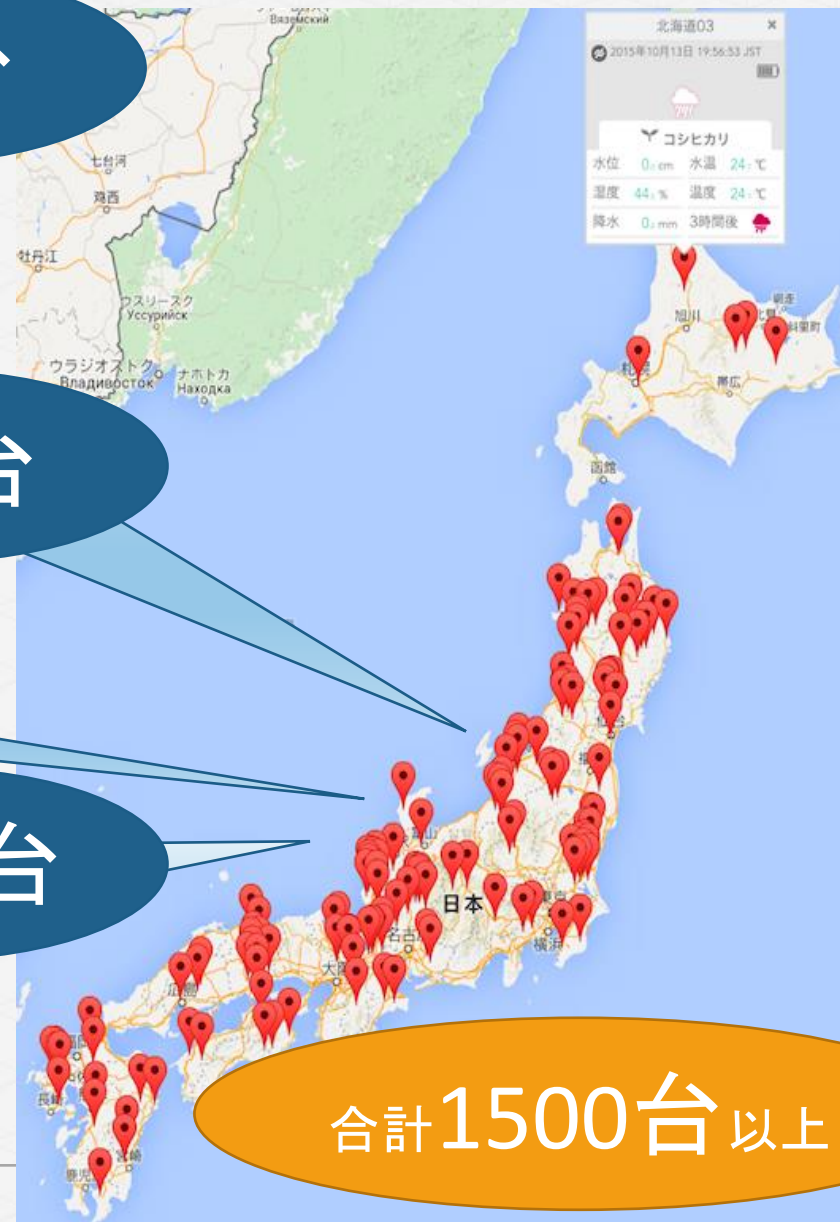
農水省 水田センサ×技術普及組織による
「農業ICT導入実証プロジェクト」 36道府県 農政局

145台

農水省 攻めの農業
「農匠ナビ1000」

1070台

合計1500台以上



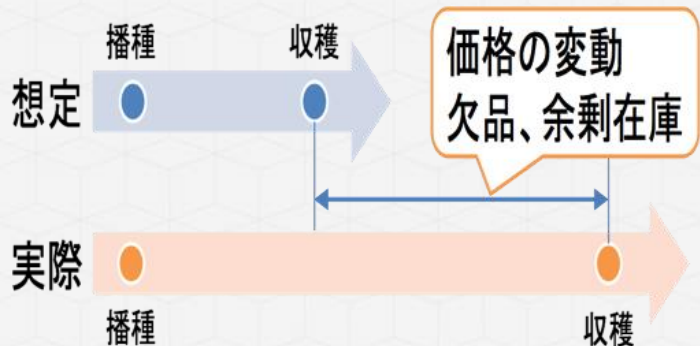


Harvest time Simulation

収穫時期予測システム

With Sensor and Weather Forecast

収穫時期の管理は、重要かつ面倒な仕事



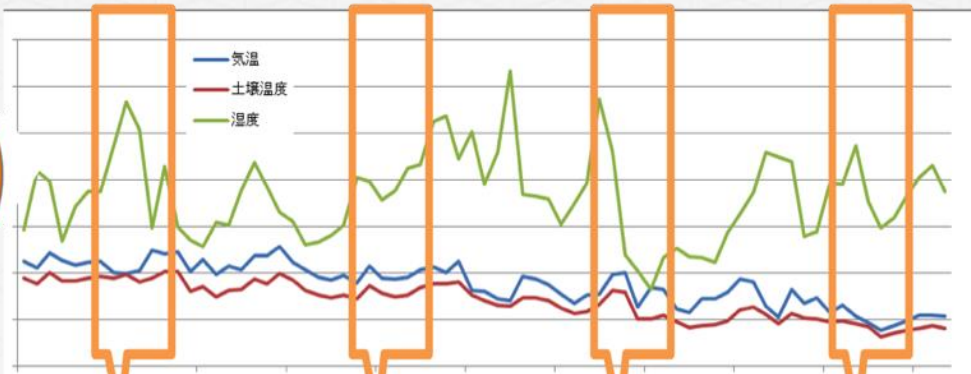
現状では、各農家への個別問合せ以外、確認手段がない。





Harvest time Simulation 収穫時期予測システム

With Sensor and Weather Forecast



一方で、科学的に収穫時期は予測可能



気温・湿度・日射量等(積算温度等)を測定することで、収穫時期は予測可能

露地野菜の生育予測に基づく週別出荷数量推計システム



農研機構

菅原幸治 農研機構 中央農業総合研究センター

背景

レタス等、露地野菜での契約取引が増加。
 定時・定量出荷」に対する要求
 気象条件によって生育が影響されやすい。
 出荷時期 数量の正確な把握が困難
 露地野菜の契約取引を行う出荷団体を対象に
週別出荷数量推計システム (アプリ)を開発

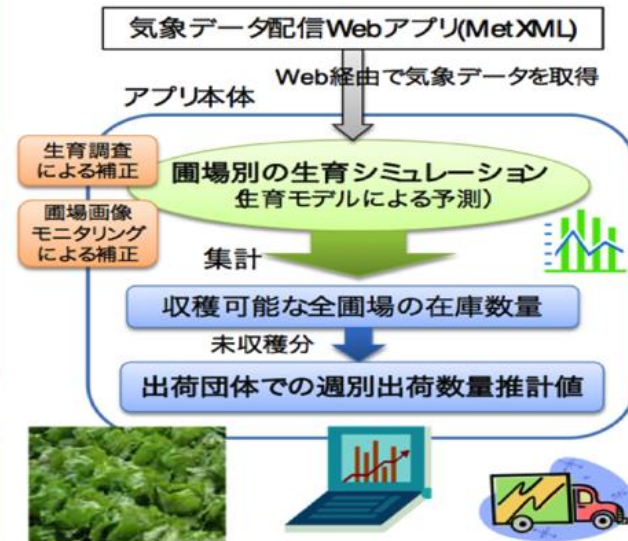
開発のポイント

工業的な生産管理システムの応用
出荷団体=工場、多数の圃場=生産ライン
 圃場ごとに生育シミュレーションを行い、
 その結果を集計して週別出荷数量を算出
 最新の気象データをWeb経由で取得して
 より正確な生育シミュレーションが可能

利用による効果

出荷団体は収穫前に出荷数量を把握できる。
 取引先に、事前に出荷情報を提供できる。
 → **契約取引の安定化につながる。**

出荷数量推計システムの構成概要

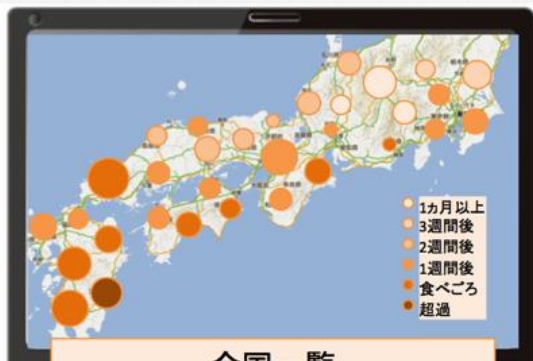




Harvest time Simulation 需給予測システム

With Sensor and Weather Forecast

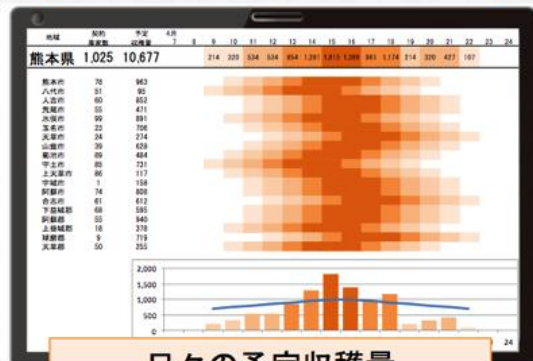
収穫時期・量の管理画面



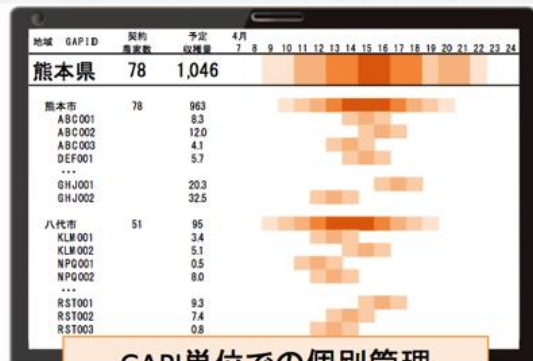
全国一覽



各地域の詳細画面



日々の予定収穫量



GAPI単位での個別管理

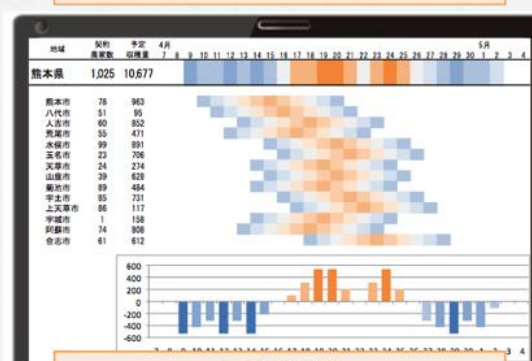
需給ギャップの管理画面



需給ギャップ・カレンダー



詳細画面



日次推移



産地間移動シミュレーション



農業への人工知能応用

AI in Agriculture

ビッグデータ解析

ディープラーニングや遺伝的アルゴリズム等の最適化・予測技術の活用

M2Mクラウド



センサーデータ
土壌分析データ
気象予測データ

病虫害・凍霜害予測

センサデータと高精度気象予測データを基に機械学習、様々な予測に活用

施肥設計

在庫・費用などの制約条件を満たした元肥・追肥などの最適な配合・施肥量を決める

自動植物診断

カメラデータのクロロフィル蛍光画像を基に光合成の状態を定量的に計測

収穫時期予測

気象データや生長点の温度積算から収穫時期を予測する



AI in Agriculture



センサーデータと高精度気象予測データを基に機械学習器で学習、様々な予測に活用

➡ 病虫害・凍霜害予測

カメラデータのクロロフィル蛍光画像を基に光合成の状態を定量的に計測

➡ 自動植物診断

土壌分析データを解析し、施肥設計を行う

➡ 在庫・費用などの制約条件を満たした基肥・追肥の最適な配合を求める



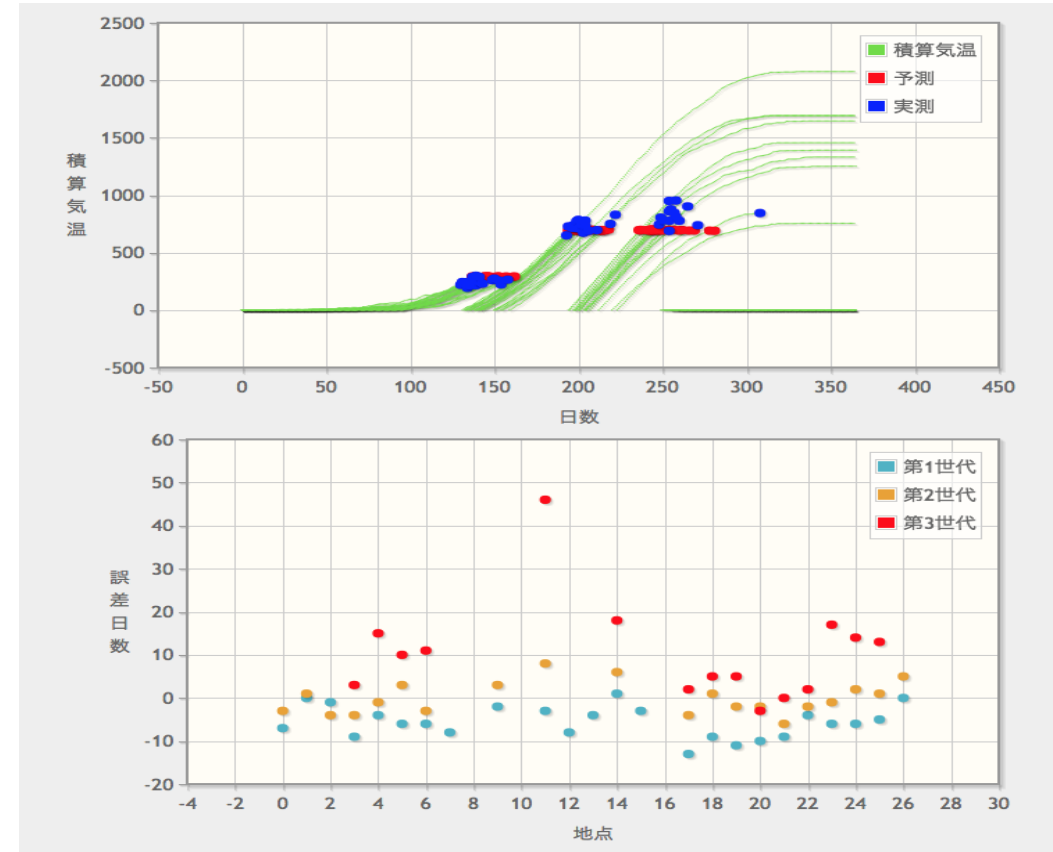
AI in Agriculture

→ センサーデータによる病害虫予測

BLASTAMやカイガラムシ発生予測などに広く使われている積算平均温度等による単純な閾値モデルの病害虫予測は地域間の誤差が大きい

センサーデータと高精度気象予測データをフル活用して全ての変数を含めた最適化を行う

- ・ 精度の向上
- ・ 個別環境への最適化



茶害虫クワシロカイガラムシ発生予測シミュレーション

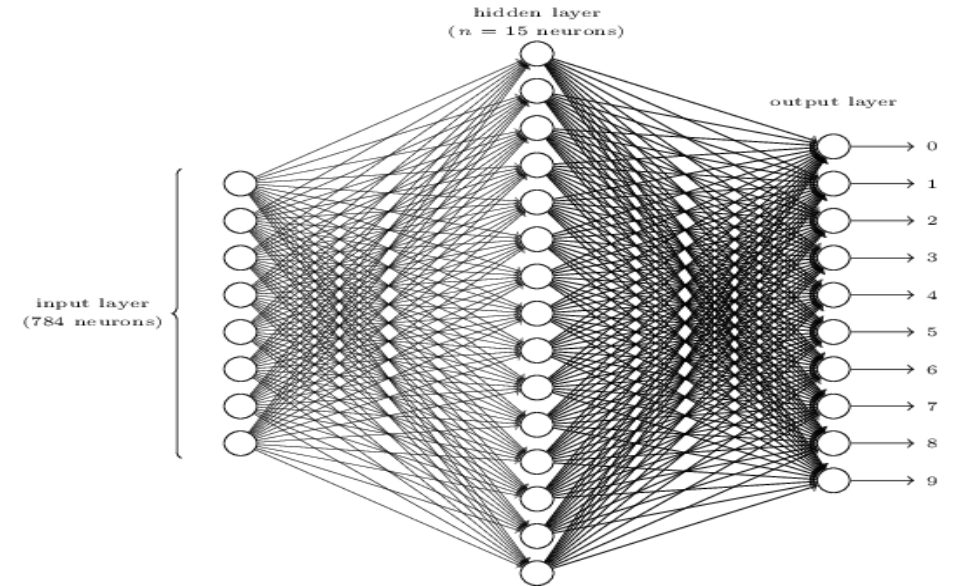


AI in Agriculture

画像データの機械学習

ディープラーニングを応用した画像解析

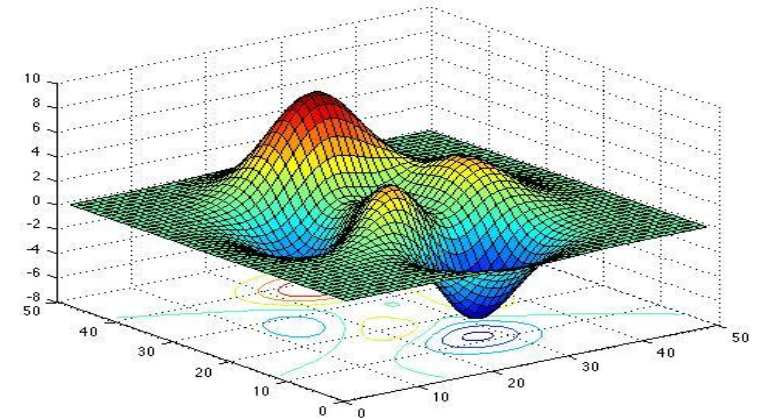
- ・ 葉や茎の状態を通常の画像から認識
- ・ ドローンステレオカメラ等によって撮影されたクロロフィル蛍光画像解析
 - 光合成状態計測による植生診断
 - 病虫害予測
 - 農作業への高度な情報提供



土壌分析データによる施肥設計最適化

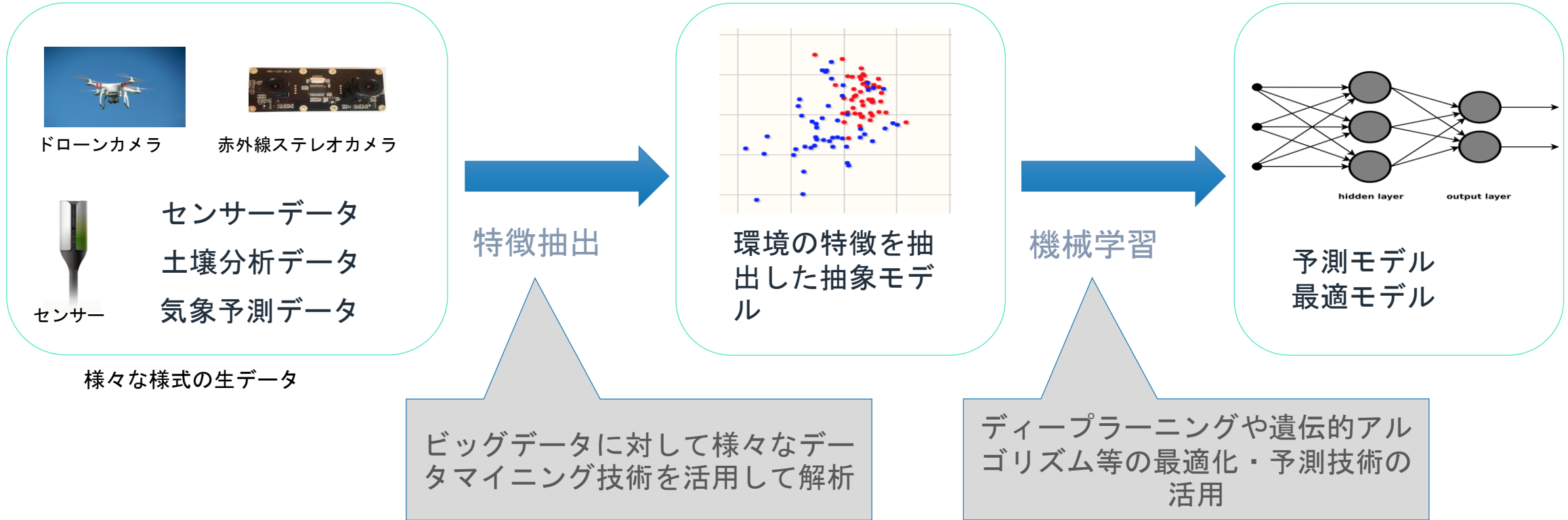
遺伝的アルゴリズム等の関数最適化技術を活用

- ・ 基肥と追肥の最適な配合・時期を求める
- ・ 在庫や費用などの制約条件を満たす





AI in Agriculture



人工知能技術による農業の精密自動化



ビッグデータ解析 農業への人工知能応用

ディープラーニングや遺伝的アルゴリズム等の最適化・予測技術の活用

環境データ

日射、温度、湿度、土壌水分、土壌温度、EC、pH、CEC、ミネラル

生体データ

樹液流、樹体、ショ糖転流
共生微生物

栽培データ

作業記録、生育記録
収穫期論、施肥記録

気象データ

気象予測データ

病虫害データ

病虫害データ

営農支援エンジン

予測エンジン

アルゴリズムエンジン



病虫害予測



凍霜害予測



収穫時期予測



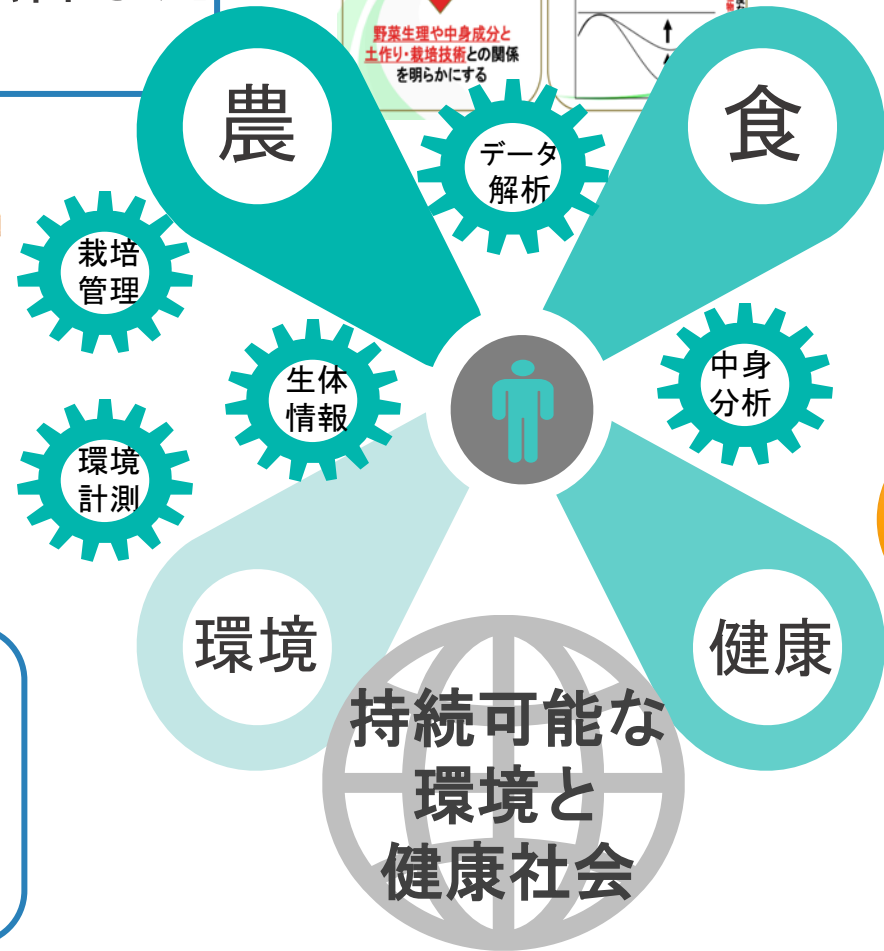
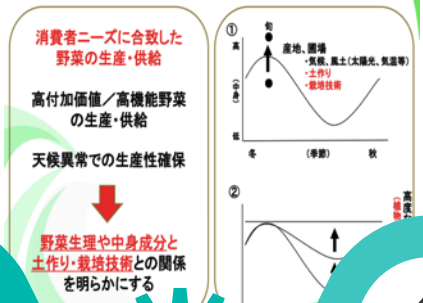
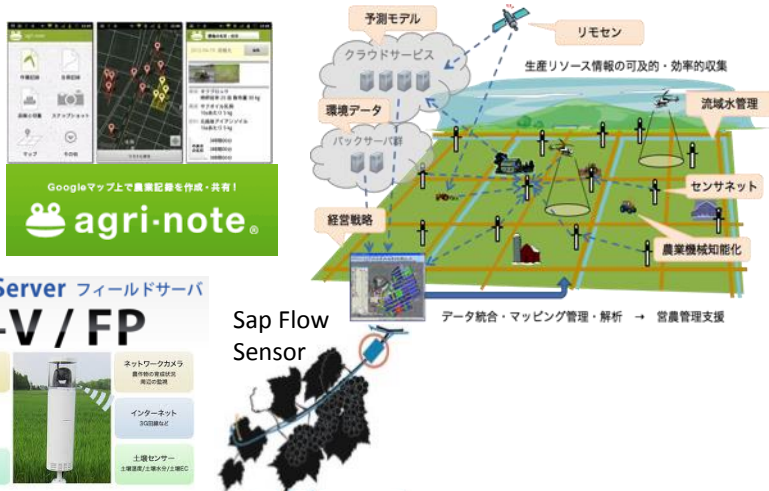
高温登熟予測



科学とテクノロジーを駆使して農と食と健康を科学する

- 機能性・栄養価を重視した生産技術開発
- 植物科学とテクノロジーを融合した「次世代緑の革命」の実現

- 健康状態に合わせた食生活
- 栄養価・機能性を重視したメニュー開発



- 自然の力を最大限利用した農業生産
- 食と農と環境の持続可能性

美味しい

安心安全

健康
栄養価
機能性

医食同源
健康の源は食

Thank you



skoike@vegetalia.co.jp