

ムーンショット国際シンポジウム第5分科会の構想

食料供給量の拡大と地球環境保全を 両立させる食料生産システムの創造

令和元年10月24日

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

理事 門脇 光一

**・ 2050年における食料と環境をとりまく状況
そして解決せねばならないこと**

・ ムーンショット研究が目指すべき方向

- 1. ムーンショットにより解決すべき課題

- **ムーンショット研究開発制度は、未来社会を展望し、困難だが実現すれば大きなインパクトが期待される社会的課題を対象として、野心的な目標を設定するもの。**
- **食料の持続的な確保と地球環境の保全の両立は、持続的な社会の実現のために解決しなければならない重要な課題であり、この実現によりSDGsの17すべての目標達成に貢献できる。**

[解決しなければならないこと]

- 世界の人口増大と食料生産環境の劣悪化が進行する中で、食料の持続的な確保を図るため、次の課題を解決する必要。

肥料、水等を多投入する農業から、環境保全に貢献する農業への転換

温暖化に伴う気候変動や自然災害に即応した強靱な食料生産システムの構築

フード・ロス等の不経済な食料消費をなくす食料供給システムの見直し



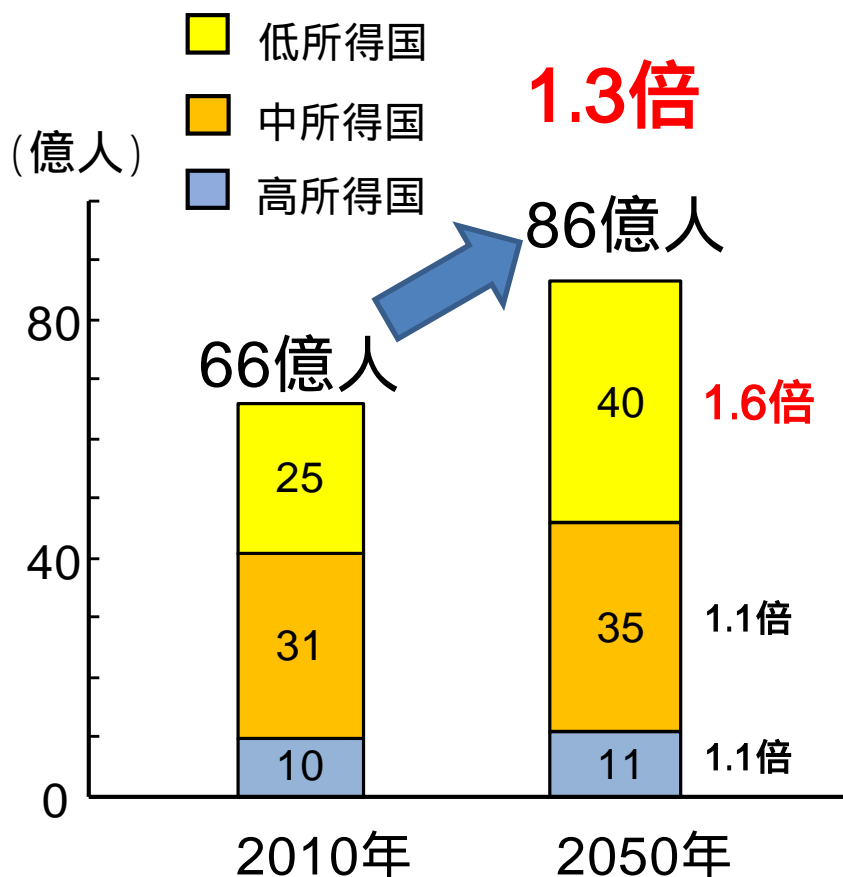
引用：農林水産省 作成資料

本事業で社会的課題の解決を行うことで、SDGsの17すべての目標達成にも貢献

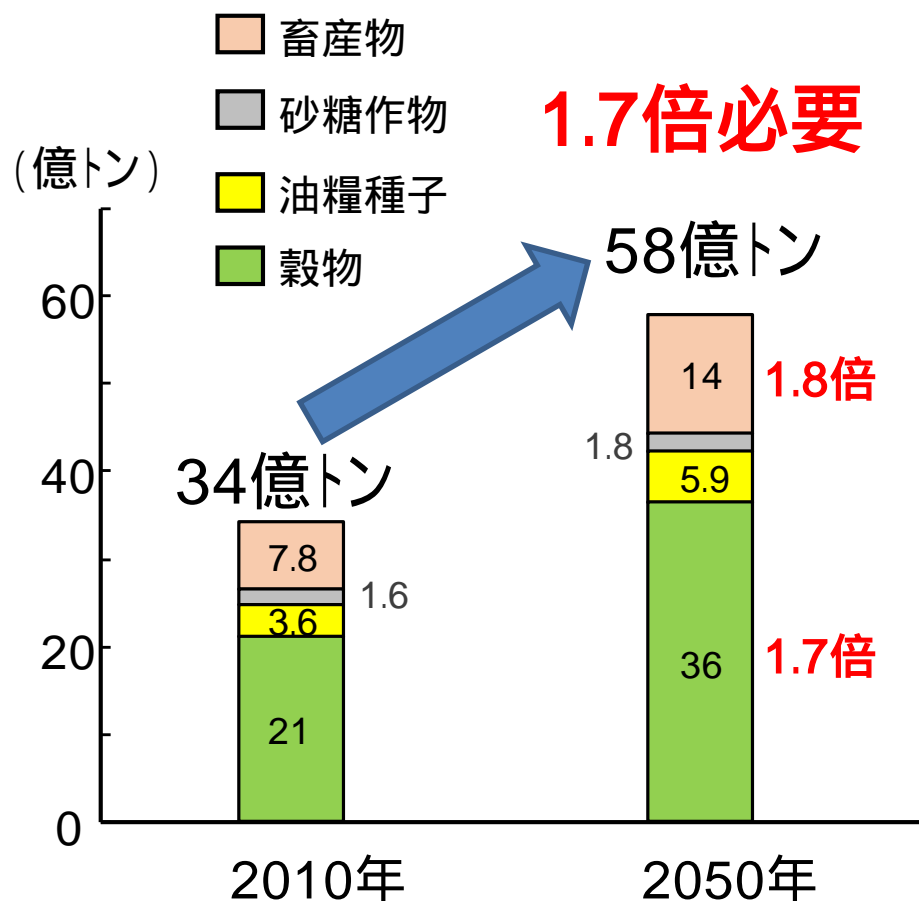
- 2. 2050年の世界の食料需要量の見通し

○ 2050年に世界人口は、**2010年比の1.3倍**に達し、中所得国等の経済発展(食肉需要の増加等)も相まって、**食料需要量としては2010年比1.7倍**が予想される。

○ 世界人口の見通し

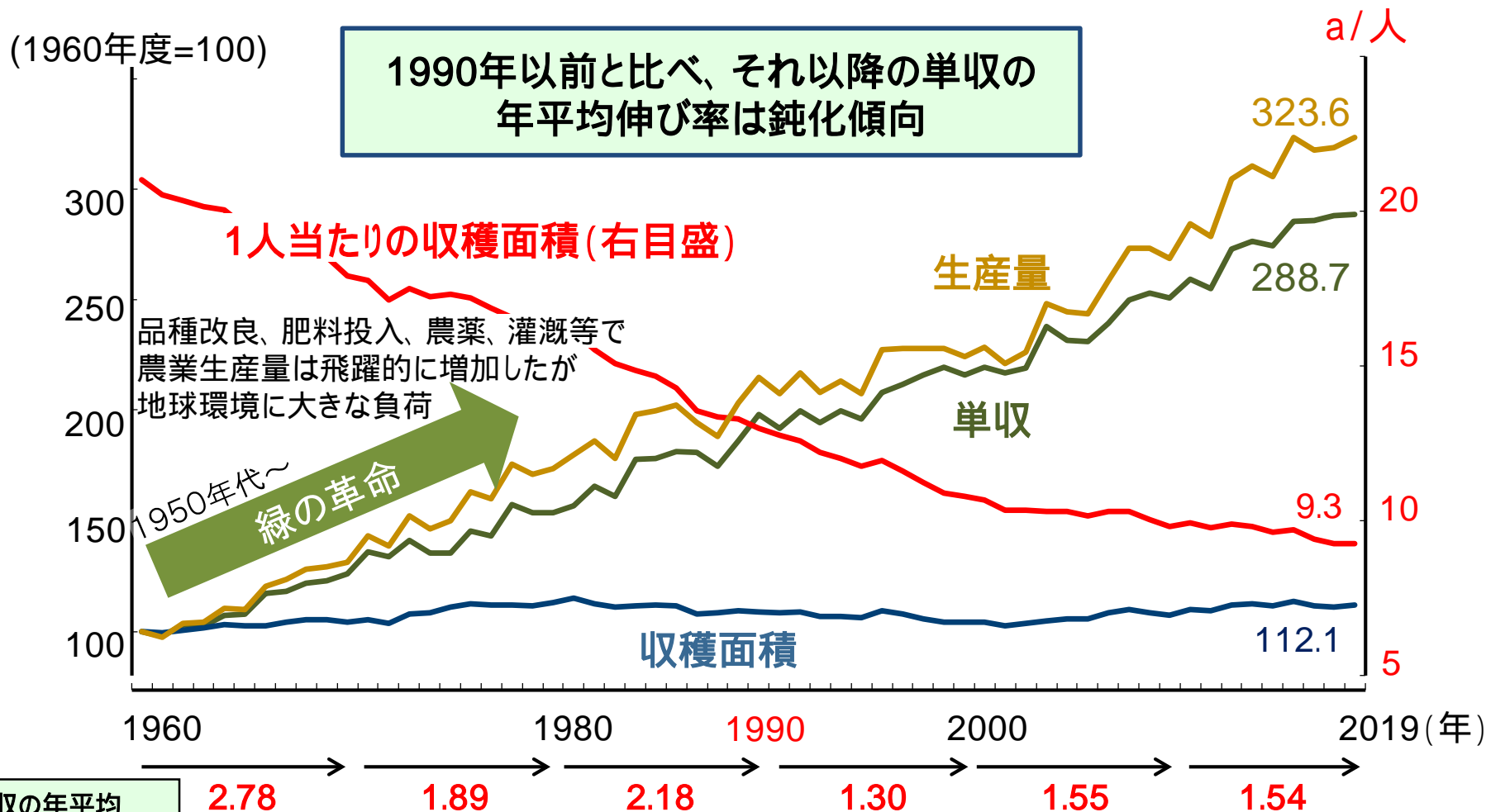


○ 世界の食料需要量の見通し



- 3. 穀物生産の動向

○ 人口は増加傾向。他方、穀物生産の動向をみると、**収穫面積がほぼ横ばい**に推移。**1人当たりの収穫面積は減少傾向**。灌漑農業の普及、肥料の多投入等に支えられて**これまででは単収が向上**してきたが、**近年は単収の伸び率が鈍化**する傾向。



USDA「PS&D」(2019年7月)、国連「World Population Prospects」を基に農水省作成資料を引用し改変

- 4. 今後の温暖化に伴う気候変動リスク

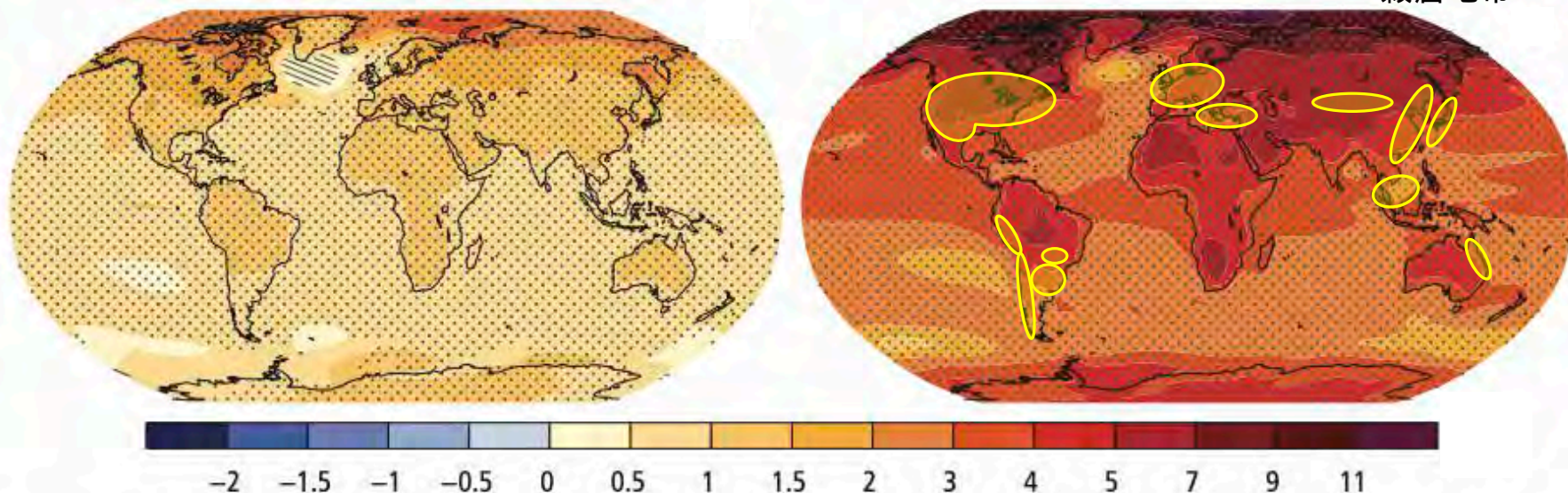
○ 2100年までの世界の平均地上気温は0.3 ~ 4.8 上昇。

年平均地上温度の変化(1986 ~ 2005年平均と2081 ~ 2100年平均の差)

RCP2.6

RCP8.5

● 穀倉地帯



IPCCが提示しているRCPシナリオ
温室効果ガスの排出を
RCP2.6: 厳しく規制した場合
RCP8.5: 全く規制しない場合
のシナリオ

想定される世界平均の地上気温の上昇温度
RCP2.6: 0.3 ~ 1.7 RCP8.5: 2.6 ~ 4.8

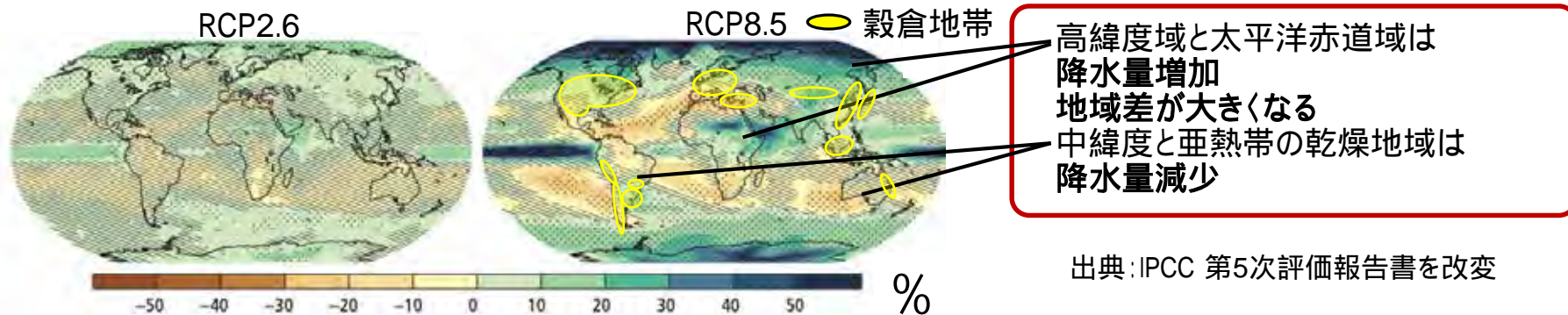
IPCCとは: 国連気候変動に関する政府間パネル
Intergovernmental Panel on Climate Change
RCPとは: 代表濃度経路
Representative Concentration Pathways

世界の穀倉地帯の温暖化・乾燥化による穀物生産の
大幅低下・不安定化が大きく懸念

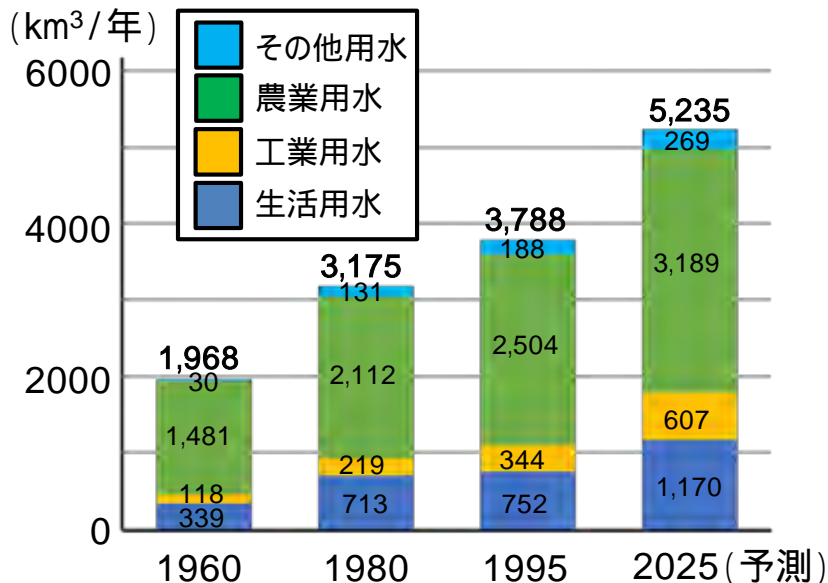
- 5. 水資源の制約による農業生産等への影響

○ 灌漑農業の普及により、**水需要量は急速に高まり**つつあり、**水不足**や劣悪な農地(塩分濃度の上昇)の**拡大等**も進みつつある。

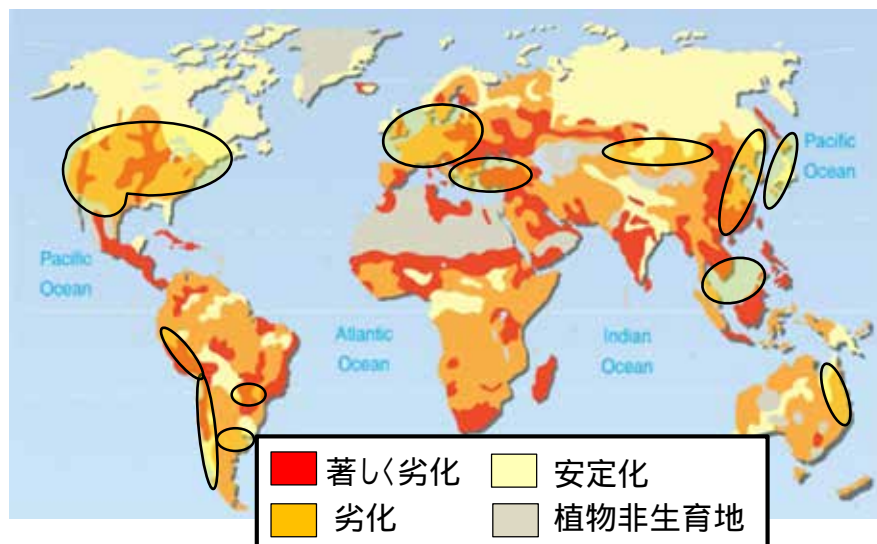
○ 年平均降水量の増減率



目的別の世界の水使用量の推移



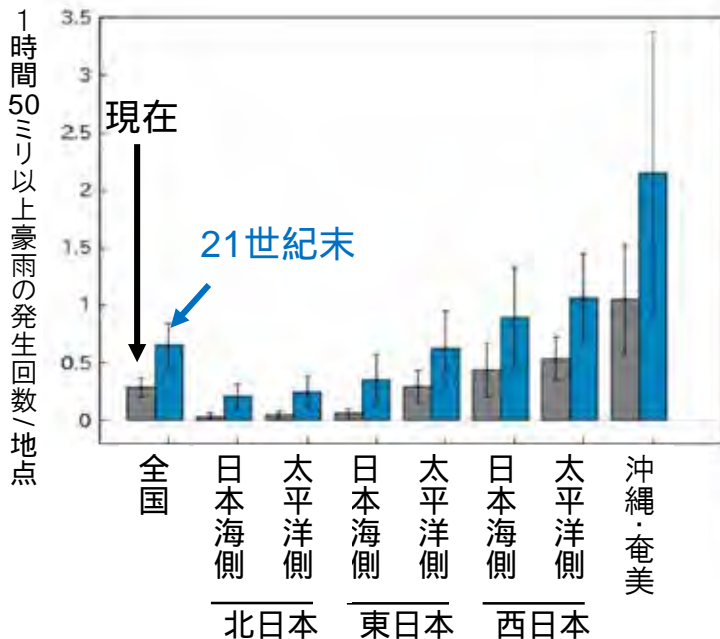
○ 世界における土地劣化の現状



- 6. 我が国の自然災害による農作物被害等の現状と見通し

○ 我が国においても、今後豪雨頻度が高まり、農作物被害等が激甚化する。

RCP8.5の場合、豪雨の年間発生回数は、**全国平均で2倍以上**となると予測



(2017年気象庁地球温暖化予測情報にもとづき作成)

2018年7月豪雨災害による被害額

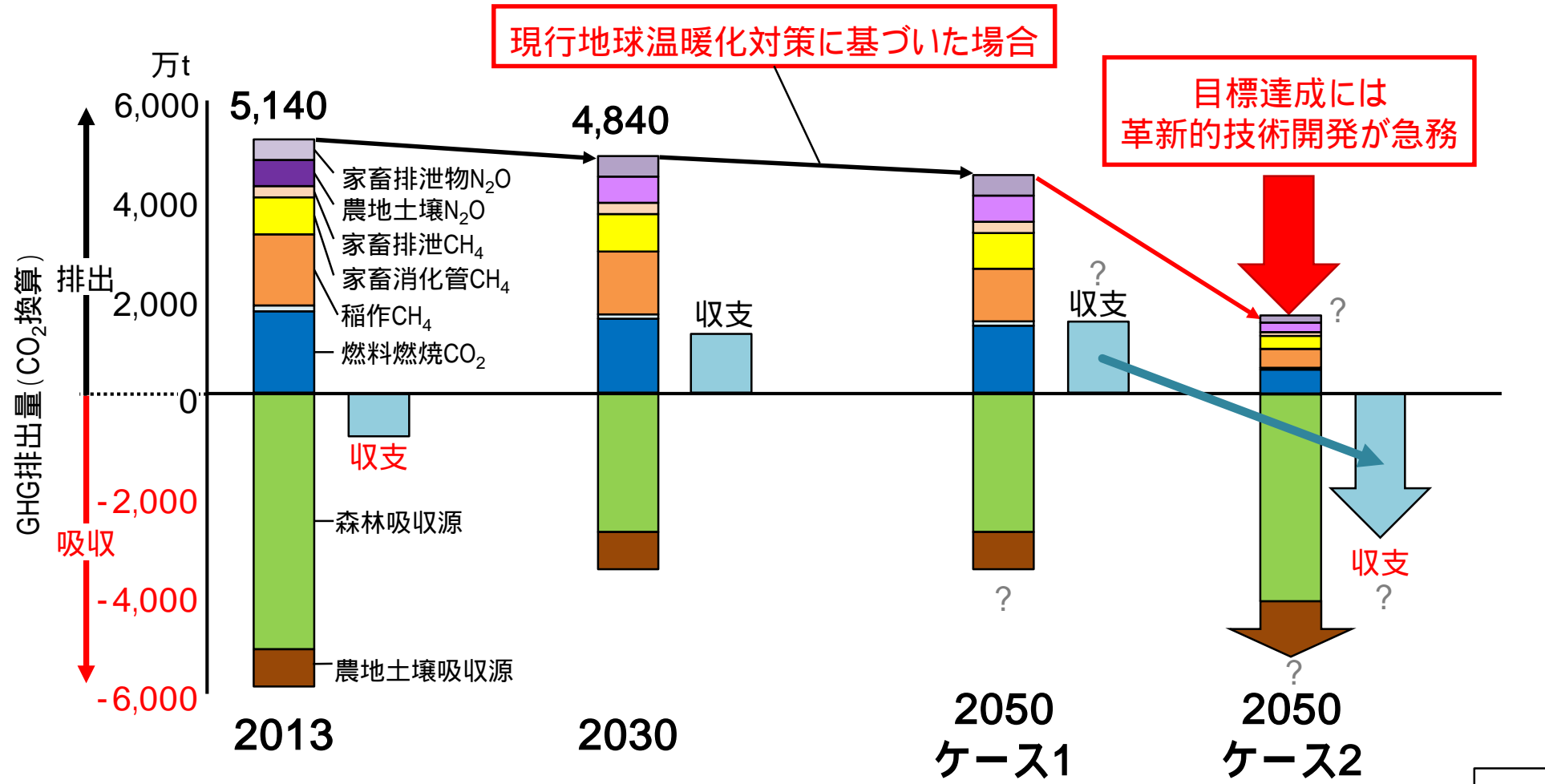
区分	主な被害	被害数	被害額(億円)
農作物等	農作物	21,168ha	94.3
	農業用ハウス等	8,901件	63.6
	家畜等を含む農作物等の小計		300.2
農地・農業用施設関係	農地の破損	26,821件	565.1
	農業用施設	23,371箇所	854.5
林野・水産を含めた被害総額			3,409.1

(農林水産省HPより抜粋)



- 7. 我が国の農林水産業による温室効果ガス(GHG)排出量の動向

- 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」において2050年までに温室効果ガスの80%削減に大胆に取り組むことが求められている。
- 世界の温室効果ガスの排出量のうち、農業・林業、その他土地利用の排出量は1/4を占めており、革新的技術開発による削減が急務。



- 8. 食料消費の実態 (食品ロス)

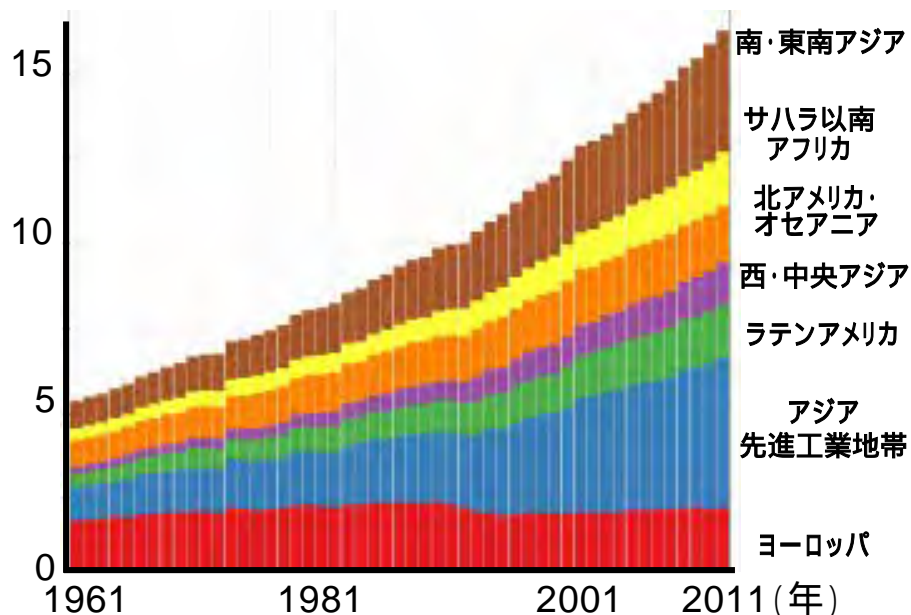
○ 先進諸国を中心に**食料の1/3以上が廃棄される**という報告がある。

○ 世界の総食料廃棄量の推移

2011年度の**総廃棄量は16億トン**

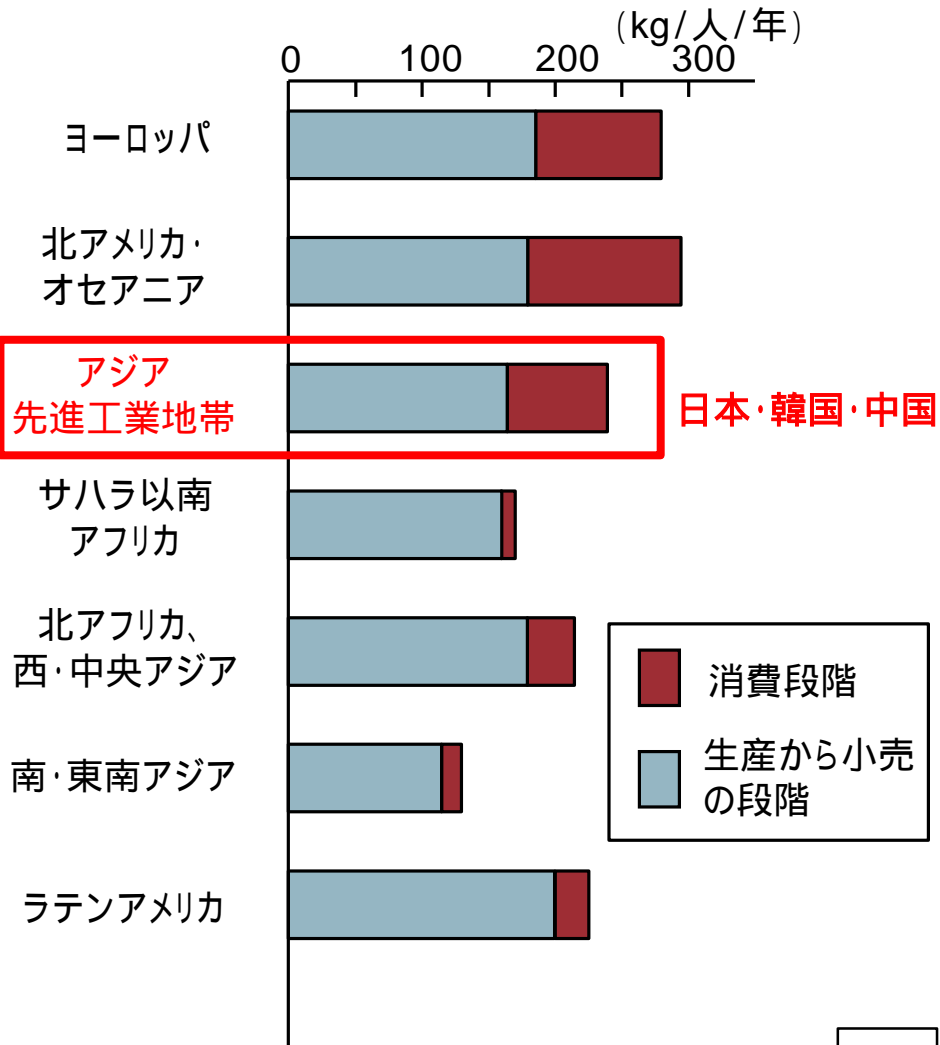
比較:日本のイネの総生産量は 860万トン

食料廃棄量(億トン)



Porter, S.D. et al. *Science of The Total Environment* (2016)から引用して改変

○ 世界の1人当たりの食料廃棄量

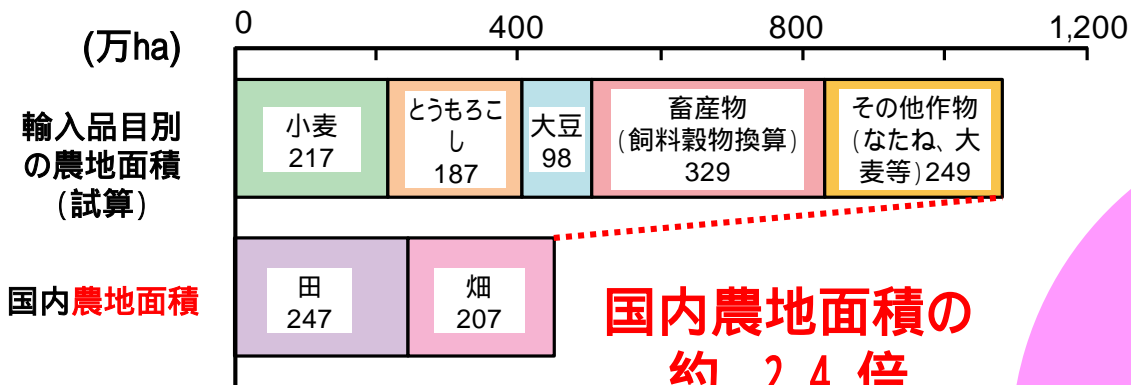


2011年FAO資料から引用し改変

- 9. 我が国の食料消費の実態(食品ロス)と海外依存状況

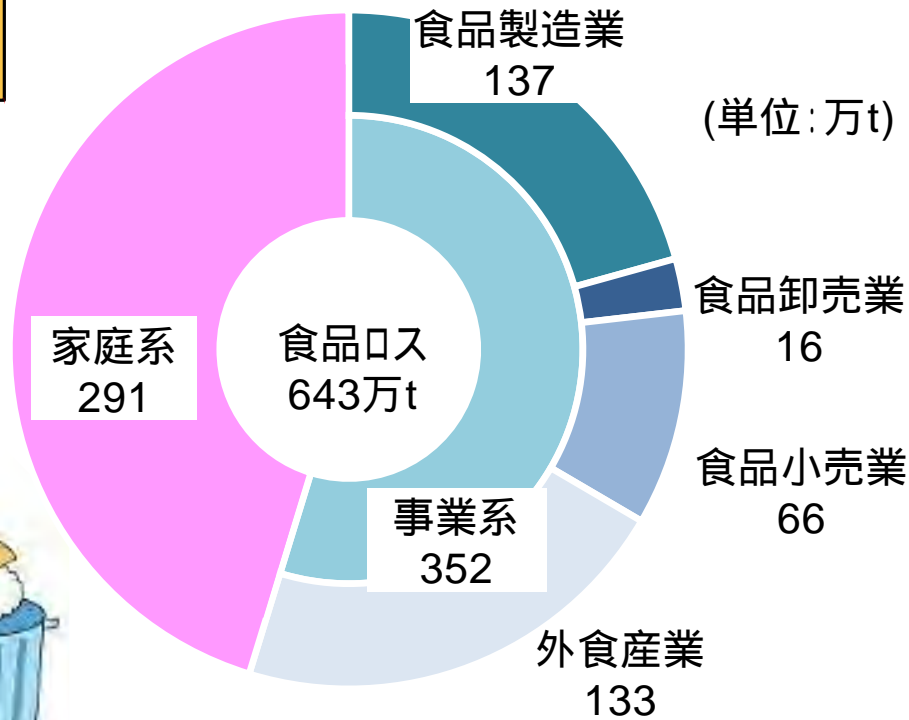
○ 食料自給率の低い我が国では、国内農地面積の 2.4 倍もの農地を海外に依存しており、世界の食料需要量の増大は日本の食卓にも大きな影響がある。

○ 海外に依存している農地面積(農水省試算)



農水省「食料需給表」、「耕地及び作付面積統計」等を基に農水省試算の資料を引用し改変

○ 我が国における食品ロスの実態 (2016年度 農水省)



国民1人当たり食品ロス量
1日 約 139 g
(お茶碗約1杯分のご飯量)



- 10. 2050年を見通した社会的課題

- 化学肥料や水の多投入を前提とした従来型の生産方式には限界がある。地球規模で環境保全を維持しながら食料を持続的に確保するための革新的イノベーションが不可欠。
- さらに、フード・ロスに対応した食料の提供システムや消費行動の在り方の見直しが必要。

人口増加に伴う食料需要拡大、不経済な食料消費(フード・ロス、肥満問題等)

食料増産要求

肥料・水等の資源要求量が急増

砂漠化、温暖化が進行

負のスパイラルの進行

土壌・地下水等の
生産環境が劣化、
温室効果ガスの増加

現状のままでは・・・

地球規模での食料の持続的な確保が困難

・ 2050年における食料と環境をとりまく状況として解決せねばならないこと

・ **ムーンショット研究が目指すべき方向**

・ ムーンショット研究が目指すべき方向

- 世界人口の増大と食料生産環境の劣悪化が同時進行する今日、**食料の持続的な確保が人類共通の課題**。
- ムーンショット研究では、自然界の生物機能を最大限に引き出しつつ、AI・ロボティクスやバイオテクノロジー等の最先端技術を駆使することによって、**地球規模での食料供給量の拡大と地球環境保全とを両立させる革新的なソリューションを創出**することとし、以下の**3つのゴール**を掲げ、**挑戦的研究開発を推進**する。

-1. 急激な気象変動にも即応できる、強靱な農林水産システムの確立
(完全自動化)

-2. 自然界に存在する生物機能を究極活用し、水・肥料等の資源制約を克服

-3. 食料のムダを無くし、環境・健康に配慮した合理的な食料消費を促す
ソリューションの開発

・ ムーンショット研究が目指すべき方向

- 1. 急激な気象変動にも即応できる、強靱な農林水産システムの確立(完全自動化)

ミッション目標例

2040年までに農林水産業の完全自動化を実現

- 1-1. 「匠」の五感を超越する
(超精密農業を可能とする革新センシング技術の開発)
- 1-2. 「匠」の行動計画を超越する
(人工知能の開発)
- 1-3. 「匠」の技を超越する
(24時間、365日稼働するインテリジェント農場の創出)

- 1 . 急激な気象変動にも即応できる、強靭な農林水産システムの確立(完全自動化)

- 新たなセンシング技術やAI(人工知能)により作物生育の予測精度を飛躍的に向上させ、ロボット群が自律分散・協調作業を行うインテリジェント農場を創出する。
- 24時間・365日稼働と迅速対応により気象変動に即応可能なシステムを確立する。

【現状・課題】

異常気象の頻発等が予想される中、**農家の長年の経験と勘に頼っている**は、**食料の安定生産は不可能**

急激な気象変動等に応じ、農作物の変調を早期に把握・予測する技術が必要

過去の類似条件から、生育パターン等を予測し、最適な栽培・育成管理法等を解析手法が必要

解析結果に基づき、昼夜を問わず迅速な栽培・育成管理対応が必要

【挑戦すべき研究開発の方向】

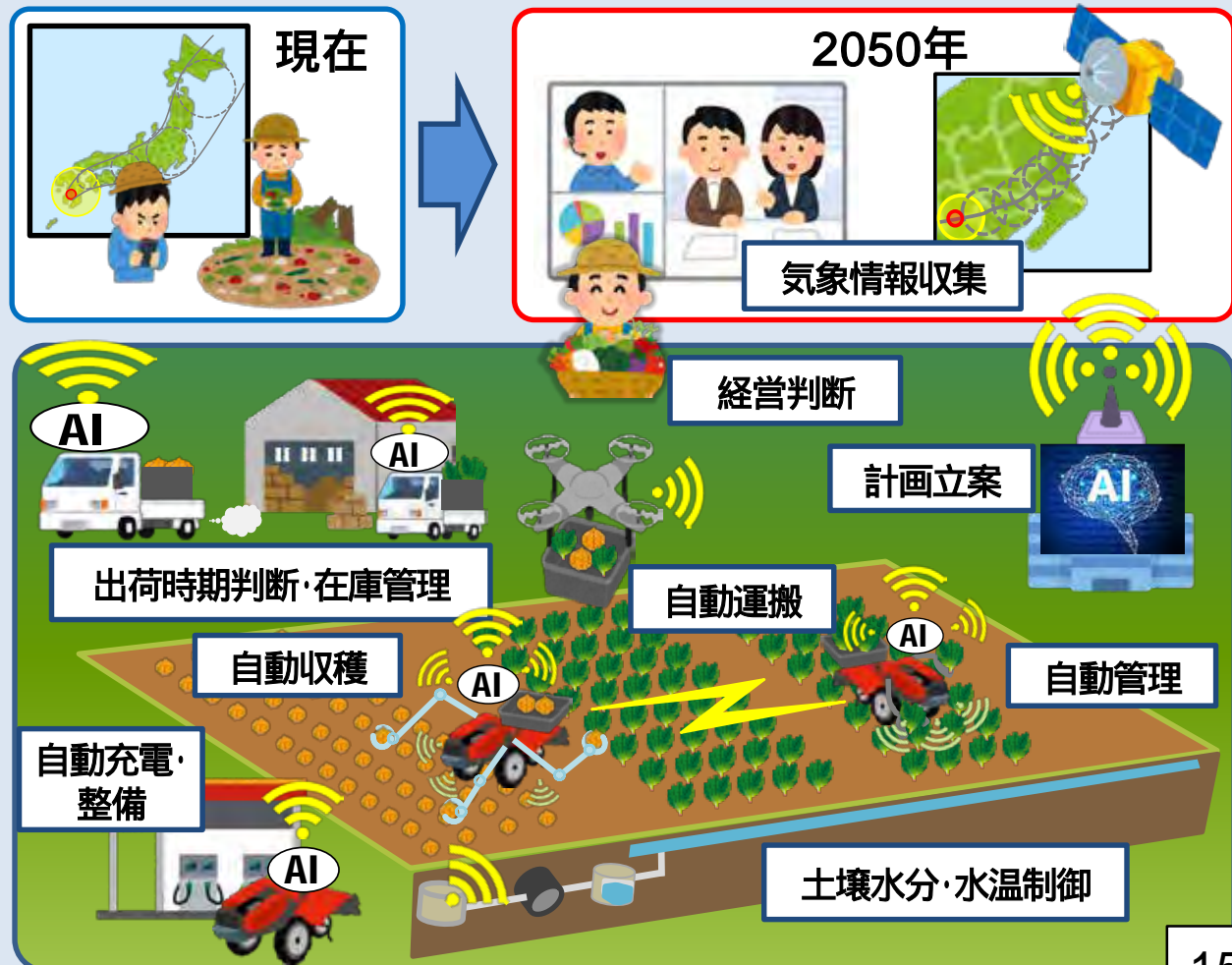
匠の五感を超越するセンシング技術

匠の行動計画を超越する人工知能

匠の技を超越するロボット技術

24時間365日稼働するインテリジェント農場の創出

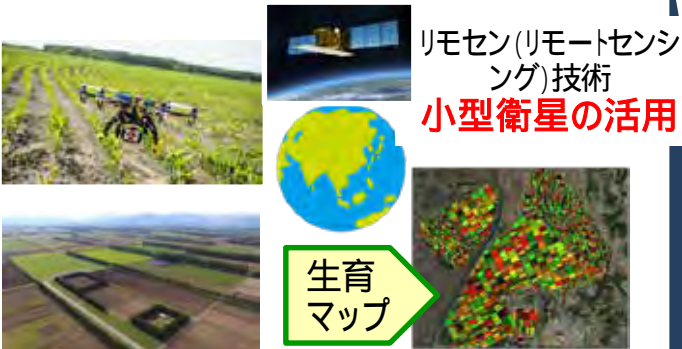
【2050年の目指すべきイメージ】



-1-1. 「匠」の五感を超越する(超精密農業を可能とする革新センシング技術の開発)

- において、超音波、非可視光等のセンシング技術をフル活用し、人の五感では見いだせない予兆を測定。
- これにより、病虫害の超早期発見、農作物個体毎の生育管理、収穫適期の判断等が可能に。

- 広域・即時・高精度センシング -



リモセン(リモートセンシング)技術
小型衛星の活用

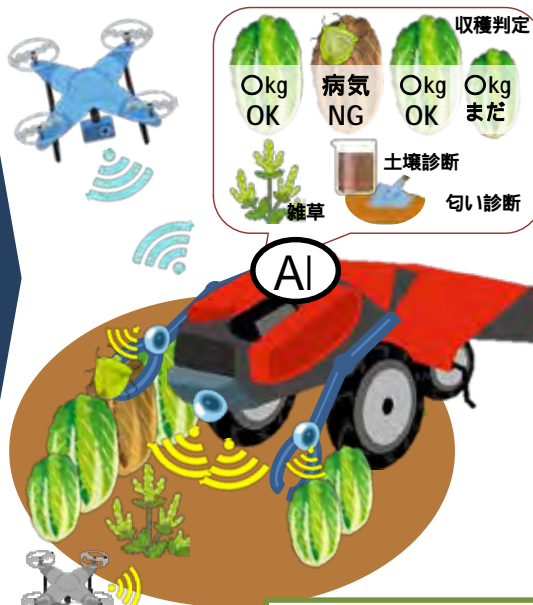
生育マップ

<2050年>

- | 農作物個体の生育状況を精密自動把握
- | 夜間、雨天、曇天時においても1m級の分解能で圃場の状況を把握
- | 自然災害の前兆現象を高精度に検知

インシデント対応
(かん水即応、自動運搬)

個体センシングの高度化



Okkg OK 病気 NG Okkg OK Okkg まだ

雑草 土壌診断 匂い診断

収穫判定

AI

2050年:匠の五感を超越する高性能センサをロボット群に搭載して
個体レベルで管理・収穫

- 近接・迅速・細密センシング -



非破壊計測を装備
する収穫ロボット

<2050年>

- | 糖度等の樹上迅速計測
果実の食べ頃判断・適期収穫・選別
- | 紫外線誘発可視蛍光計測
ストレス把握、受粉精度向上等

農作物の健康状態を個体レベルで把握して品質・収量を最大化、自然災害による被害を最小化

【ImPACT成果等の異分野技術の活用】

人工嗅覚システム(ImPACT:都甲PL(九州大学教授))

植物や土壌からの匂いを検知し、病虫害の早期発見、作物の熟度や土壌水分のモニタリング等に活用

MSS嗅覚IoTセンサ(NIMS:吉川 嗅覚センサGL) ガス分子吸着による感応膜の歪みを検知。低コスト高感度等の特長

-1-2. 「匠」の行動計画を超越する(人工知能の開発)

○ 3か月前に気象を予測して作付計画を立案、1週間前に台風被害を予測し事前収穫判断するなど、長年の経験と勘に基づく匠(農業者)の行動計画を超える人工知能を開発。また、農場周辺の気象、土壌水分・養分、作物の生育量、病害虫の発生状況等をリアルタイムに収集・把握、機械・深層学習により人工知能の高度化を図る。

人工知能による作付計画の立案と緊急対応

2019年

匠の技の見える化・移転

Ⅰ 篤農家の「匠の技」を抽出



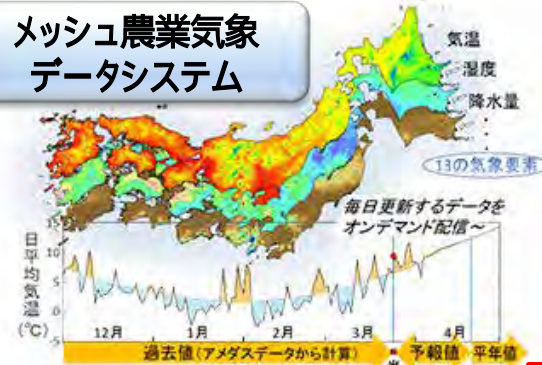
Ⅰ 匠の技を形式知化

Ⅰ 非熟練者が匠の技を利用

Ⅰ 品質・収量の向上



メッシュ農業気象データシステム



前倒し収穫で安定出荷

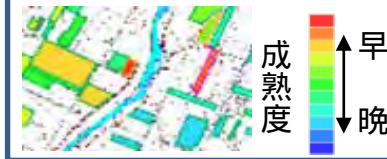
排水施設・設備を自動稼働

台風襲来前に緊急対応を指示

農地、農機、気象、生育、病害虫、土壌、3次元地理空間情報等も学習済



収穫適期の指南

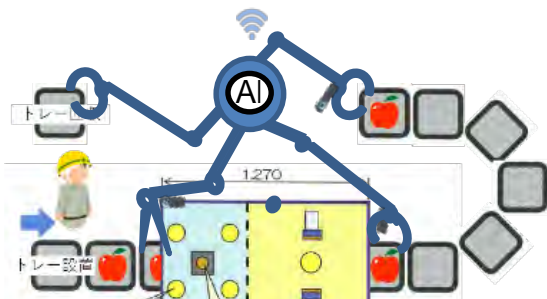


2050年:匠の判断を超える人工知能がロボット群に匠の知恵を伝授

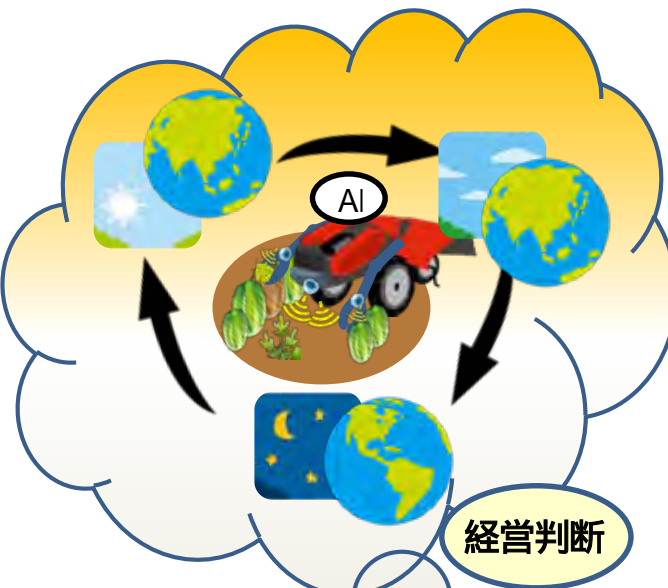
1993年レベルの大冷害や巨大台風襲来でも収益性の確保を可能に

-1-3. 「匠」の技を超越する(24時間、365日稼働するインテリジェント農場の創出)

- 機械学習結果に基づき、ロボット群が自律分散・協調作業を行い、気象変動に即応し匠の手足を超える最適な栽培管理を遂行する。
- エラーリカバリー・システムの構築により、24時間・365日稼働するインテリジェント農場を創出する。



農作物や調製作業に応じて
ロボット手を自動着脱



経営判断

2050年:気象変動に即応可能な
インテリジェント農場で電動ロボット
群が24時間作業を実施

農場に自動化ピットを整備

群知能をもとに複数の自動化
農機が相互に通信し、判断し
て協調作業を実施

- | エラーリカバリー機能装備
- | 定期保守の自動化
- | 給電時に不具合申告



農機の多機能・知能化で操作性・収益性・自己修復性向上
日本のインテリジェント農場モデルが世界の農家に展開し世界レベルの生産性を向上