

R3年9月9日（木）  
福島県再生可能エネルギー関連産業推進研究会  
太陽光分科会

# スマート農業の最新動向

農研機構 農業機械研究部門  
臼井 善彦

1. 農業分野における課題
2. スマート農業の最新動向※
3. 農業機械の電動化の動向

# 農業分野における課題①

- 基幹的農業従事者数(個人経営体)  
176万人(2015年) → 136万人(2020年)
- 基幹的農業従事者数に占める65歳以上の割合  
64.9%(2015年) → 69.8%(2020年)

出典:「農林業センサス」(2020年は概数値)

農業分野では、担い手の減少・高齢化の進行等により労働力不足が深刻な問題。

- 農業分野の外国人材受入れ状況  
1.7万人(2014年) → 3.5万人(2019年)

出典:農林水産省「農業分野における外国人材の受入れについて」

農業分野の外国人材の受入れは、5年で2倍の急増傾向にあったが、コロナ禍に伴う入国制限により、一時は全国で2,500人の受入の見通しが立たない状況

(5月20日時点)

## 農業分野における課題②

- 農業の現場では、依然として人手に頼る作業や熟練者でなければできない作業が多く、省力化、人手の確保、負担の軽減が重要な課題。



**機械化が難しく手作業に頼らざるを得ない  
危険な作業やきつい作業**



**農作物の加工・選別など  
多くの雇用労力に頼る作業**



**農業者が減少する中、  
一人当たりの作業面積は拡大**



**トラクターの操作など熟練者でなければ  
できない作業が多く、若者や女性が参入困難<sup>3</sup>**



# スマート農業の最新動向

## 「農業」 × 「先端技術」 = 「スマート農業」

「スマート農業」とは、「ロボット、AI、IoTなど先端技術を活用する農業」のこと。

➡ 「生産現場の課題を先端技術で解決する！ 農業分野におけるSociety5.0※の実現」

※Society5.0：政府が提唱する、テクノロジーが進化した未来社会の姿

### スマート農業の効果

- ① **作業の自動化**  
 ロボットトラクタ、スマホで操作する水田の水管理システムなどの活用により、作業を自動化し人手を省くことが可能に
- ② **情報共有の簡易化**  
 位置情報と連動した経営管理アプリの活用により、作業の記録をデジタル化・自動化し、熟練者でなくても生産活動の主体になることが可能に
- ③ **データの活用**  
 ドローン・衛星によるセンシングデータや気象データのAI解析により、農作物の生育や病虫害を予測し、高度な農業経営が可能に



### 農業データ連携基盤 (WAGRI)

スマート農業をデータ面から支えるプラットフォーム。生産から加工・流通・消費・輸出※に至るデータを連携。



# 農業分野におけるICT、ロボット技術の活用例①

## 自動走行トラクター

北海道大学、ヤンマーなど（北海道岩見沢市）

### 取組概要

- 耕うん整地を無人で、施肥播種を有人で行う  
有人-無人協調作業を実施（2018年市販化）
- 慣行作業と比較した省力化効果や作業精度  
等について検証するとともに、リスクアセスメント  
に基づく安全性の評価を行う



### システムの導入メリット

- 限られた作期の中で1人当たりの作業可能な  
面積が拡大し、大規模化が可能に

ヤンマー（株）

機械名：ロボットトラクター[88～113馬力]

価格：1,214～1,549万円

2018年10月 販売開始

## 自動運転田植機

農研機構など

### 取組概要

- 直進と旋回の大幅な速度アップを可能とする自動操舵システムを開発
- 機体前方にRTK-GNSSのアンテナと受信機を備え、自機の位置を数cmの測位精度で把握



|            |                   |
|------------|-------------------|
| 型式名        | NP80              |
| 駆動方式       | 4輪駆動              |
| 全長 [mm]    | 3200              |
| 全幅 [mm]    | 2290              |
| 全高 [mm]    | 1850              |
| 機体質量 [kg]  | 910               |
| 植付条数 [条]   | 8                 |
| 植付株間 [cm]  | 30,26,22,18,16,14 |
| 作業速度 [m/s] | ~ 1.86            |

※井関農機(株)のウェブサイトより抜粋・引用

### システムの導入メリット

- 田植え作業と苗補給を1人で実現可能
  - 最高速度で植付作業を行っても熟練者並みの直進精度が誰でも得られる
  - 人間とは違い疲れを知らないため、高い作業精度を維持しながら能率向上が期待
  - 田植機に限らず農機全般の自動運転技術として活用が期待
- 2022年2月販売開始 (予定)

内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)  
「次世代農林水産業創造技術」において開発



無人作業中の自動運転田植機 (自動旋回の様子) 7



# 農業分野におけるICT、ロボット技術の活用例③

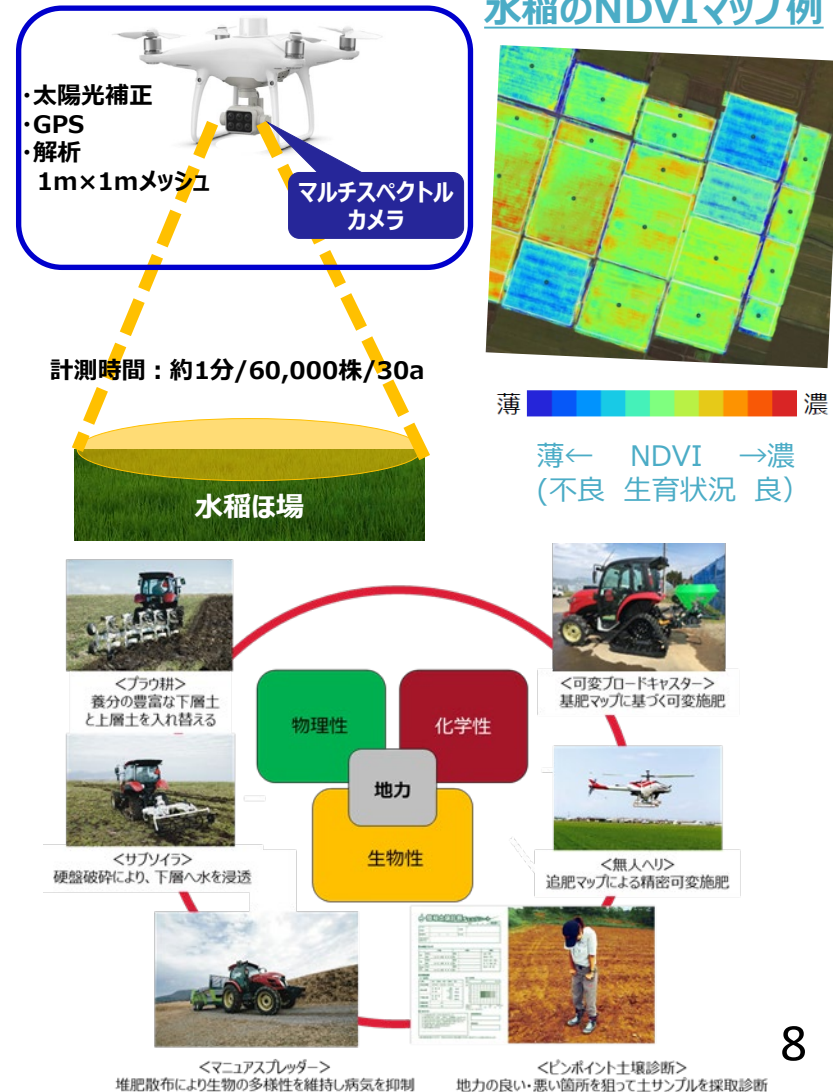
## ほ場の低層リモートセンシングに基づく可変施肥技術の開発 ヤンマーアグリジャパン(株)ほか

### システム概要

- ドローンに搭載したマルチスペクトルカメラからのセンシングにより、「ほ場内のNDVI(生育)のバラつき」をマップ化
- NDVIデータから可変施肥設計を行い、可変の基肥・追肥を実施

### システムの導入メリット

- ほ場内の生育状況の可視化による栽培の効率化、農機とのデータ連動による省力化
- 可変施肥の適切な肥料散布により、収量と品質の向上



# 農業分野におけるICT、ロボット技術の活用例④

## 農業用アシストスーツ

イノフィス、ATOUN、和歌山大学など

イノフィス  
(東京理科大学発ベンチャー)



(イノフィスより提供)

ATOUN  
(パナソニック系ベンチャー)



(ATOUNより提供)

パワーアシストインターナショナル  
(和歌山大学発ベンチャー)



(パワーアシストインターナショナルより提供)

- **空気**の力で腰の負担を軽減  
(簡単装着、防水、バッテリー不要、  
-30~50℃まで対応)
- **中腰姿勢**での作業や収穫物の持ち運びなど、様々な作業で活躍
- **比較的安価**に導入可能

- トラクター・軽トラック等の機械作業の間に繰り返される**重量野菜の収穫**や**コンテナ移動**等の腰への負担を軽減

- 10~30kg程度の収穫物の持ち上げ作業で**負荷を1/2程度に軽減**
- 持ち上げ運搬作業等の軽労化により、**高齢者や女性等の就労を支援**

〔「農林水産業におけるロボット技術導入実証事業」等において実証〕

〔「農業界と経済界の連携による先端モデル農業確立実証事業」において開発〕

〔農林水産省の委託研究プロジェクトにおいて開発〕



## トマト収穫ロボット

パナソニック(株)、農研機構

- 収穫適期のトマトを認識し、高速・高精度で収穫することで、**収量の5割以上**をロボットで収穫。
- **AIを活用**し、葉や茎に隠れている果実、最適な収穫動作の経路、収穫の順序などを判断することで、**より効率的に収穫**する技術を開発。



トマト収穫ロボット



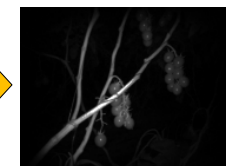
収穫状況



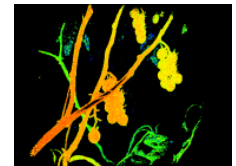
2台による収穫作業



カラー画像

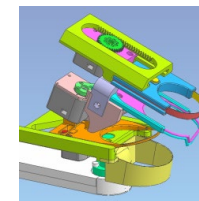


赤外画像

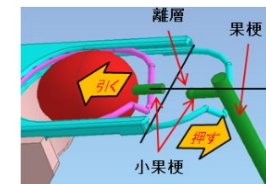


距離画像

- ・ AIを活用し、**収穫適期の果実を認識**し、位置を特定。
- ・ 障害物の回避動作を学習することにより、**動作が最適化**され収穫速度を向上。



収穫用エンドエフェクタ



収穫動作: 果実と果梗を引き伸ばし離層で分離

- ・ 3Dセンサによる**果実の認識技術**と果実を収穫する**ハンド技術**が協調し、**自動で走行して収穫**することが可能。

### 目標性能

収穫能率：350個/台・時間  
連続運転時間：8時間以上

- ・ 果実を把持することなく、もぎ取るエンドエフェクタの開発により、**果実に傷をつけずに収穫**することが可能。
- ・ 他の野菜収穫に対応するエンドエフェクタを開発中。

# 農業分野におけるICT、ロボット技術の活用例⑥

## キャベツ自動収穫機

立命館大学、農研機構、オサダ農機、ヤンマーなど

### 取組概要

- **AIを用いてキャベツを認識し、自動収穫。**
- コンテナへの**キャベツ収納、コンテナ交換も自動**で行い、収穫・運搬作業にかかる時間と人手を縮減。

### システムの導入メリット

- 従来の機械収穫では5～6名、20時間以上/10aかかっていた作業を、**自動収穫機では1名、20時間以下/10aで作業することを目標**とし、負担軽減。
- 熟練者の技術が必要とされていた収穫機の運転を無人化することで、新規就農者の参入も容易に。



無人の運搬台車がキャベツの入ったコンテナを自動で交換し、ほ場外へ搬出



AIでキャベツを認識し、自動収穫



## 熟練農業者の技術・判断の継承②

青森県弘前市 など

### <3DモデルやVRを活用したりんご剪定技術の新たな学習方法の構築>

高品質なりんごを安定的に生産するための重要な技術（剪定）について、早期習得を可能とする学習支援システムの構築に向けた実証研究を実施

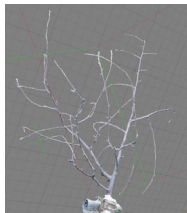
#### ■ 剪定前後の3Dデータを作成



樹全景の3Dモデル

#### ■ 果実が成る枝先部位について3Dデータを作成

枝ブロックの3Dモデル



#### ■ 分枝シミュレーションを作成 ■ 剪定により枝がどう反応するかの再現も検討



シミュレーションモデル

学習支援システム化

#### VRの活用



- ヘッドマウントディスプレイを装着することで、VR空間上で立体的に樹を捉えることが可能
- 複数人による空間の共有が可能
- 生長過程の理解と共有が可能

#### システム利用イメージ

##### ① VR空間における学習

指導者の視野を共有し議論



##### ② 現地における学習

仮想空間で学習した内容を踏まえ、現地剪定会で学ぶ



##### ③ VR学習会の復習

VR空間で議論した録画映像などを見て復習

- ・ 技術の継承や習得の期間短縮が可能に。
- ・ 新規就農者や女性など多様な人材が参画しやすい環境を構築し、高品質安定生産につなげる。

# スマート農業による環境負荷の低減①

- スマート農業は、生産性の向上と人手不足に対応するだけでなく、センシングデータ等の活用により、農薬・肥料の適切な利用、CO<sub>2</sub>の排出削減等に貢献。

## データを活用したピンポイント農薬散布

(株)オプティム

### 通常の農薬散布

### ドローンによるピンポイント農薬散布

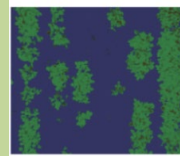
大豆畑への  
全面農薬散布



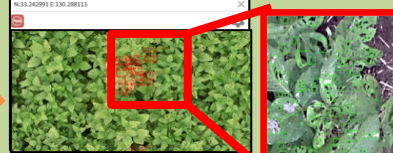
①自動飛行による大豆畑全体撮影



視覚化



②AIが画像解析、害虫位置特定



ハスモンヨトウの  
幼虫による虫食い

③自動飛行で  
害虫ポイントに到着。  
ピンポイント農薬散布



栽培のムラを防ぐとともに、農薬使用量を大幅に低減(1/10程度:企業公表値)

## データを活用した可変施肥

- ドローンや衛星によるセンシング等により得られたデータを活用し、土壌や生育状況に応じて適切に肥料を散布



田植機やトラクター、無人ヘリを活用した可変施肥

- 土壌センサ搭載型の可変施肥田植機も登場



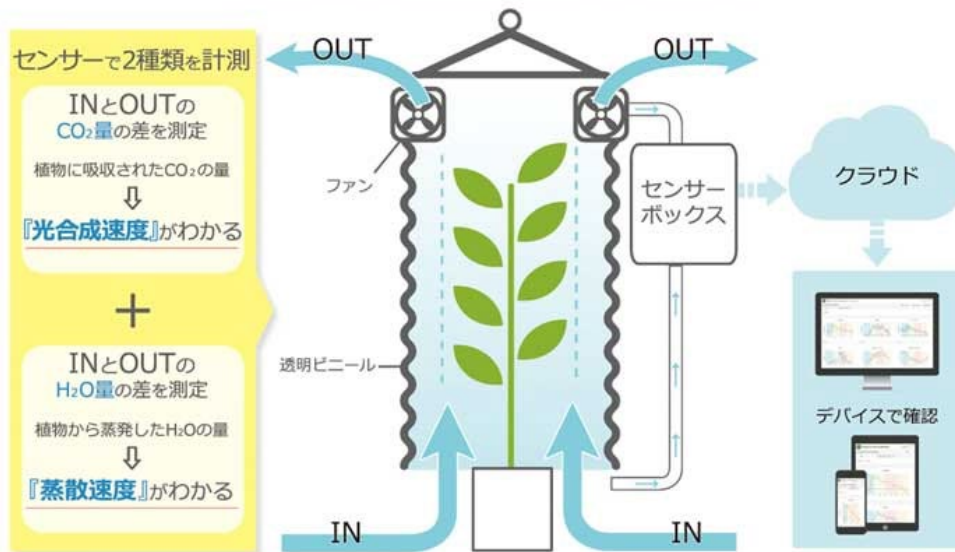
出典：井関農機(株) Webサイト

# スマート農業による環境負荷の低減②

## 光合成データ等を活用した栽培管理

- 施設栽培において、直接計測した光合成速度や蒸散速度に基づいて栽培環境（温湿度・かん水量・二酸化炭素濃度等）を最適化
- 液肥やCO<sub>2</sub>の余分な施用を抑制し、環境負荷を低減
- 無駄のない暖房により化石燃料の消費を削減

光合成速度リアルタイム計測システム  
PHOTOSYNTHESIS CELL フォトセルのしくみ



愛媛大学、PLANT DATA (株)、協和(株)

委託プロジェクト研究「AIを活用した栽培・労務管理の最適化技術の開発（H29～R3）」において開発中

## データ連携によるフードチェーンの最適化

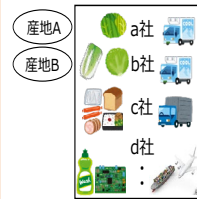
- 農業データ連携基盤（WAGRI）の機能を拡張し、生産から流通・加工・消費・販売までデータの相互利用が可能なスマートフードチェーンを開発中
- 共同物流によるCO<sub>2</sub>排出削減や需給マッチングによる食品ロス削減により、環境負荷を低減

生産

流通・加工

販売・消費

WAGRIを拡張し、資源を無駄にしない効率的な生産・流通によるサーキュラーエコノミーを推進



生産情報と受発注・在庫情報に基づく  
**最適な集荷・発送ルートの選定、共同物流**



高精度な出荷・需要予測による  
**需給マッチング**

CO<sub>2</sub>排出の削減

食品ロスの削減

内閣府SIP（戦略的イノベーション創造プロジェクト）「スマートバイオ産業・農業基盤技術（H30～R4）」において開発中



# スマート農業実証プロジェクト

◎ 棚田・中山間地域等や離島を含め、**全国148地区**で展開中

|    |      |                |
|----|------|----------------|
| 全国 | 水田作  | 43 (30、12、1)   |
|    | 畑作   | 14 (6、7、1)     |
|    | 露地野菜 | 31 (10、12、9)   |
|    | 施設園芸 | 17 (8、6、3)     |
|    | 花き   | 3 (1、2、-)      |
|    | 果樹   | 23 (9、9、5)     |
|    | 茶    | 4 (2、2、0)      |
|    | 畜産   | 13 (3、5、5)     |
|    | 合計   | 148 (69、55、24) |

|                 |      |
|-----------------|------|
| 令和元年度採択         | 69地区 |
| 令和2年度採択         | 55地区 |
| 令和2年度採択（緊急経済対策） | 24地区 |

|      |            |
|------|------------|
| 北海道  |            |
| 水田作  | 3 (2、1、-)  |
| 畑作   | 4 (2、1、1)  |
| 露地野菜 | 2 (-、2、-)  |
| 施設園芸 | 0 (-、-、-)  |
| 畜産   | 4 (1、1、2)  |
| 合計   | 13 (5、5、3) |

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| 東北                  |             |
| (青森、岩手、宮城、秋田、山形、福島) |             |
| 水田作                 | 7 (5、2、-)   |
| 畑作                  | 1 (-、1、-)   |
| 露地野菜                | 4 (3、-、1)   |
| 施設園芸                | 1 (-、-、1)   |
| 花き                  | 2 (1、1、-)   |
| 果樹                  | 3 (1、1、1)   |
| 合計                  | 18 (10、5、3) |

|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| 関東甲信・静岡                          |             |
| (茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、山梨、長野、静岡) |             |
| 水田作                              | 5 (4、1、-)   |
| 畑作                               | 1 (-、1、-)   |
| 露地野菜                             | 8 (2、2、4)   |
| 施設園芸                             | 4 (2、2、-)   |
| 果樹                               | 5 (2、2、1)   |
| 茶                                | 1 (1、-、-)   |
| 畜産                               | 2 (1、1、-)   |
| 合計                               | 26 (12、9、5) |

|               |            |
|---------------|------------|
| 北陸            |            |
| (新潟、富山、石川、福井) |            |
| 水田作           | 9 (8、1、-)  |
| 畑作            | 2 (-、2、-)  |
| 露地野菜          | 3 (-、3、-)  |
| 果樹            | 1 (-、1、-)  |
| 畜産            | 2 (-、1、1)  |
| 合計            | 17 (8、8、1) |

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| 九州・沖縄                      |              |
| (福岡、佐賀、長崎、熊本、大分、宮崎、鹿児島、沖縄) |              |
| 水田作                        | 6 (2、3、1)    |
| 畑作                         | 5 (3、2、-)    |
| 露地野菜                       | 6 (3、2、1)    |
| 施設園芸                       | 9 (5、3、1)    |
| 果樹                         | 2 (1、1、-)    |
| 茶                          | 2 (1、1、-)    |
| 畜産                         | 4 (1、2、1)    |
| 合計                         | 34 (16、14、4) |

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| 中国・四国                        |             |
| (鳥取、島根、岡山、広島、山口、徳島、香川、愛媛、高知) |             |
| 水田作                          | 6 (5、1、-)   |
| 畑作                           | 1 (1、-、-)   |
| 露地野菜                         | 6 (2、3、1)   |
| 施設園芸                         | 1 (-、-、1)   |
| 果樹                           | 5 (2、2、1)   |
| 畜産                           | 1 (-、-、1)   |
| 合計                           | 20 (10、6、4) |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| 近畿                   |            |
| (滋賀、京都、大阪、兵庫、奈良、和歌山) |            |
| 水田作                  | 4 (3、1、-)  |
| 露地野菜                 | 1 (-、-、1)  |
| 果樹                   | 6 (2、2、2)  |
| 茶                    | 1 (-、1、-)  |
| 合計                   | 12 (5、4、3) |

|            |           |
|------------|-----------|
| 東海         |           |
| (岐阜、愛知、三重) |           |
| 水田作        | 3 (1、2、-) |
| 露地野菜       | 1 (-、-、1) |
| 施設園芸       | 2 (1、1、-) |
| 花き         | 1 (-、1、-) |
| 果樹         | 1 (1、-、-) |
| 合計         | 8 (3、4、1) |

※各ブロックの品目ごとの（ ）内の数字は、左から令和元年度採択地区数、令和2年度採択地区数、令和2年度（緊急経済対策）採択地区数である。

(2020年8月現在)



# 取組事例 (畜産、水田作、果樹)

実証経営体  
(所在する  
都道府県  
市町村)

TMRセンターアクシス & 漆原牧場  
(北海道中標津町)



TMRセンター: TMR(混合飼料)を製造し、酪農家へ配送する施設

(株)紅梅夢ファーム  
(福島県南相馬市)



いたに  
森川農園、井澗農園  
(和歌山県みなべ町、上富田町)



品目

牧草、飼料用トウモロコシ、生乳

水稻

ウメ、ミカン

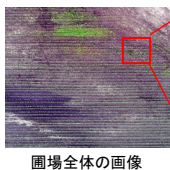
取組概要

飼料作物の栽培から、混合飼料の製造、酪農家での生乳生産まで、スマート農業技術を一体的に導入。  
**飼料製造に掛かる労働時間を10%以上削減し、飼料の品質向上による乳生産性の向上と高品質化を目指す。**

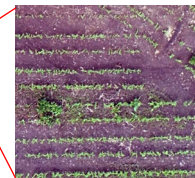
サイレージ成分、  
飼料設計、製造履  
歴、...



IoT活用型TMR調製システム



圃場全体の画像



拡大画像

ドローンの空撮による飼料作物の生育管理

**東日本大震災の被災地**の復興に向け、担い手不足に対応し、ロボットトラクター等の導入により**省力化**を目指す。非熟練者であっても**早期に栽培技術習熟を可能**にしたスマート一貫体系による営農を実現。



スマート一貫体系

アシストスーツによる収穫物等の運搬作業の軽労化や、ラジコン草刈機やドローンでの薬剤散布等による**省力化**を実証。  
**作業時間についてウメ栽培で15%の削減、ミカン栽培で23%の削減**を目指す。



アシストスーツ



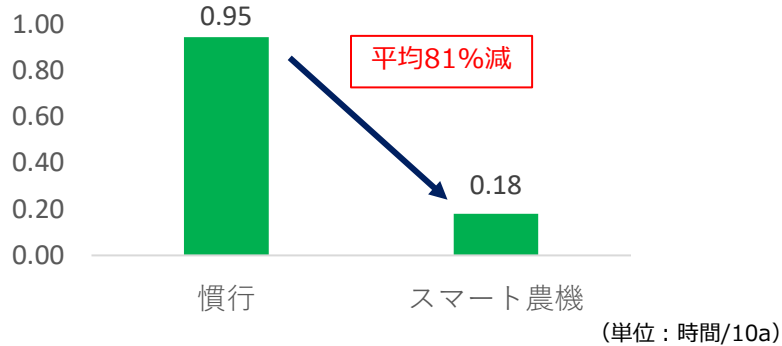
薬剤散布用ドローン



ラジコン草刈機

# スマート農業技術の効果（水田作の実証成果の中間報告）

## （ドローン農薬散布）



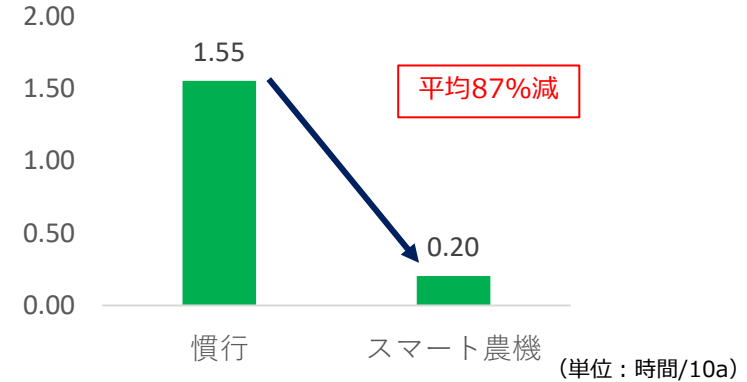
|      | 慣行<br>(a) | スマート農機<br>(b) | 削減率<br>((a-b)/a) | 慣行防除                |
|------|-----------|---------------|------------------|---------------------|
| 大規模① | 1.14      | 0.12          | 89%              | セット動噴               |
| 大規模② | 0.14      | 0.09          | 32%              | ブームスプレーヤー           |
| 中山間① | 0.10      | 0.09          | 11%              | 自走式キャリ-動噴<br>ほ場周囲のみ |
| 中山間② | 1.68      | 0.24          | 85%              | セット動噴               |
| 中山間③ | 1.69      | 0.35          | 79%              | セット動噴               |
| 平均   | 0.95      | 0.18          | 81%              |                     |

※平均は、慣行の作業時間も報告があったものを基に算出。

ドローン農薬散布の作業時間（時間/10a）

- 慣行防除に比べ**作業時間が平均で81%短縮**。特に組作業人数の多いセット動噴と比べると省力効果大きい。ブームスプレーヤーと比べると**給水時間が短縮**された。
- ドローンとセット動噴等との間で**同等の防除効果**が得られた。
- セット動噴のホースを引っ張って歩かなくなり、**疲労度が減った**。

## （自動水管理システム）



|      | 慣行<br>(a) | スマート農機<br>(b) | 削減率<br>((a-b)/a) | 設置期間    |
|------|-----------|---------------|------------------|---------|
| 大規模① | 0.29      | 0.05          | 82%              | 7月上～8月下 |
| 中山間  | 3.80      | 0.55          | 86%              | 5月下～9月下 |
| 輸出   | 0.58      | 0.01          | 98%              | 5月中～9月中 |
| 大規模② | -         | 0.86          | -                | 5月上～9月上 |
| 平均   | 1.55      | 0.20          | 87%              |         |

※平均は、慣行の作業時間も報告があったものを基に算出。

自動水管理システムの作業時間（時間/10a）

- 作業舎から離れた水田に設置し、見回りを減らしたことで、**作業時間が平均で87%短縮**できた。
- 障害型冷害対策としての**深水管理も適切に実施**できた（不稔割合は2.8%で冷害の発生なし）。取水時間を変更することで**高温対策の効果も期待**できる。

# プロジェクトに参画する農業者の声（課題）

## （コスト面の課題）

- **スマート農機の価格**について、オープンになっている価格より相当高くなってしまいうことも問題。例えば、ドローンでは、機体購入費用のほか、バッテリー、基準局、付属品等でどんどん高くなる。
- **自動操舵トラクタ**などについては、必要が無いと考えているわけではない。大きなほ場を対象にするようなものばかりであり、**10-15aの小さなほ場が多い中山間地では使えるものがない。**

## （インフラ面の課題）

- **ロボットトラクタ**や**自動運転コンバイン**について、外周は手動で作業しなければならず、**不定形で狭小なほ場の多い経営体では、利用ほ場が限定。**
- **直進キープ田植機**について、**狭小なほ場の場合**、直ぐにほ場の終端に到達し、**安全装置が働き作業が止まるため、直進機能を使わず移植する場面が多かった。**
- **リモコン式草刈機**について、対応可能な40度未満の傾斜であっても、実際は均平ではなく凹凸があるため、**使用場面が限られた。**
- **一部の地域**では、**スマートフォンによるGPS位置制御が不安定**になる場合があり、スマート農業が隅々まで普及する際の課題。

## （操作面の課題）

- **自動給水システム**について、乾田直播栽培ほ場で**一部意図する操作ができず予定外の作業が生じたが、原因は習熟度不足による誤操作。**
- **ドローン**について、液剤や粒剤の散布幅は感覚的に対処しなければならない。また、散布時の風向や風速の影響を受けるため、**均一散布にはノウハウや経験が必要。**
- **自動操舵システム**について、相当効果を感じているが**サポート状況が悪く、実際に問題があってもすぐに使えない。**

# 農業機械の電動化の動向



# ゼロエミトラクタが求められる背景

- ・トラクタ (Tractor)とは、「けん引するモノ」 ≠ 「乗り物」
- ・トラクタと自動車の違い

## 自動車の目的は移動

自動車は、「速く、快適に、小さいエネルギーで移動したい」

## トラクタの目的は仕事

トラクタは、「大出力 (高トルク) で、連続長時間の仕事がしたい」



重い作業機をけん引しているトラクタ



大きな力で土を耕しているトラクタ

# ゼロエミトラクタが求められる背景

## パリ協定

2020年以降の気候変動問題に関する国際的な枠組み

→「世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保ち、1.5℃に抑える努力をする」



## 所信表明演説

「50年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことをここに宣言する」



# ゼロエミトラクタが求められる背景（2）

## 自動車分野ではエンジン車の新車販売禁止を検討

- ・ガソリン・ディーゼル(含HV)販売規制開始

2025：ノルウェー・オランダ

2030：ドイツ・スウェーデン・アイルランド

2040：中国・イギリス・フランス・スペイン

## 船舶、航空機も排ガス規制＝電動化が進められている

- ・船舶排ガスのSO<sub>x</sub>規制強化（2020、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>排出規制も強化見込み）
- ・航空機のCO<sub>2</sub>排出規制、燃費改善（2020、排ガス規制の数値目標を設定見込み）

# 電動トラクタの現状



Johndeere (2020、アメリカ)  
130kWモータ、130~150kWhバッテリー



Johndeere (2019、アメリカ)  
300kWモータ 有線式



クボタ (2020、日本)  
スペック不明



SONALIKA TRACTORS (2020、インド)  
11kWモータ、25.5kWhバッテリー  
5.99lakh = 86万円



SOLETRAC (2020、アメリカ)  
30kWモータ、28kWhバッテリー搭載  
\$ 45,000 = 485万円

大型電動トラクタはコンセプトモデルが一部プレスリリースされる  
小型電動トラクタは一部市販化が始まる

# ゼロエミトラクタが求められる背景

- ・ トラクタに取り付けた作業機械を、
- ・ 仕事の特徴

けん引する = 大きな走行出力  
駆動する = 大きな外部出力

最大出力の連続作業、長時間、一定速度（加速・減速なし）

（回生充電不可）

たとえば、

**100kWのトラクタは、100kWの出力で連続作業する機械です**

（フルスロットル&最大トルク） （4～5時間）



Kubota 2020

出力の大きい仕事をするトラクタ



三菱マヒンドラ 2020

出力の小さい仕事をするトラクタ

# 電動化を通じた新たな農業への展開

## 今までは考えもしなかった新しい農業の可能性

- ・ モータ駆動で機械構造設計の自由度が向上  
→ 全く新しいデザインの農業機械
- ・ 高い制御性による精密管理  
→ 応答速度の速い制御で超精密農業の実現
- ・ 農業機械の知能化  
→ 知能化された作業機側から作業状態を認識してトラクタを制御
- ・ 部品点数が大幅に削減  
→ コスト低減
- ・ 静音性、低振動性による労働衛生上の改善

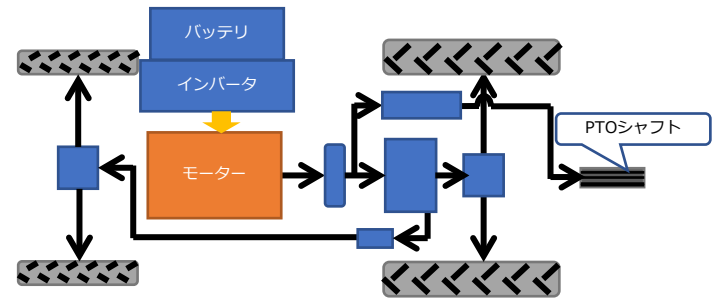
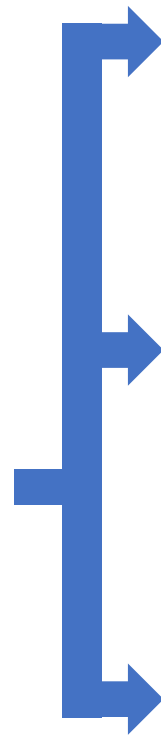
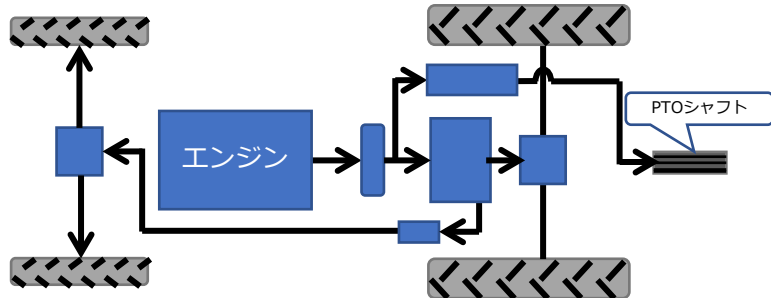
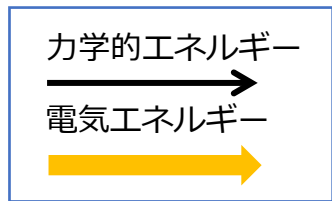
熟練者による経験と勘に頼った緻密な農作業が、非熟練者やロボットでも可能に

農業・食料分野の  
「Society5.0」  
「SDG s」  
への貢献

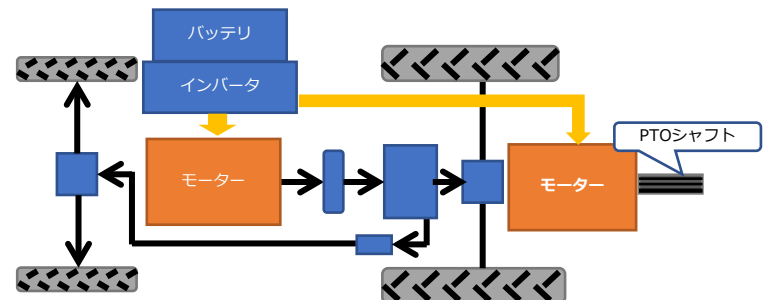
# 電動化の利点：構造の簡素化、自由度向上

## 全く新しいコンセプトのトラクタの可能性

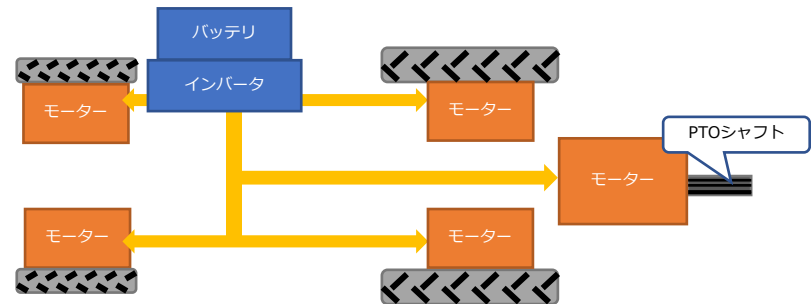
- ・ 部品点数が少なくなる
- ・ モーターの配置等の自由度が向上する



A. エンジンがモーターに置き換わる（コンバージョン）



B. エンジンとPTOがモーターに置き換わる



C. 全ての駆動部がモーターに置き換わる



# 電動化の利点：高い制御性

今までのトラクタでは困難だった作業が容易に

- ・ 負荷変動に対して応答が早いことから高度な制御が可能



土壌の硬さにばらつきのある（負荷変動の大きい）ほ場でも作業機の回転数を維持する細やかなモータ制御  
作業精度を一定に保てる



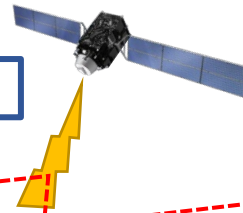
- ・ 電動化され超高精度な農作業

## 全株個体管理

- ・ 株ごとに最適な管理
- ・ AIを駆使した栽培管理の自動化
- ・ 投入資源の最小化



高精度測位



個体生育情報の取得



全播種位置を正確に把握。

電動トラクタ⇔電動知能化作業機  
で相互通信を行いAIを駆使した知能化作業機からトラクタを制御して超高精度な作業を実現

高精度なモータ制御により正確な播種作業  
→生育の斉一性が大幅に向上

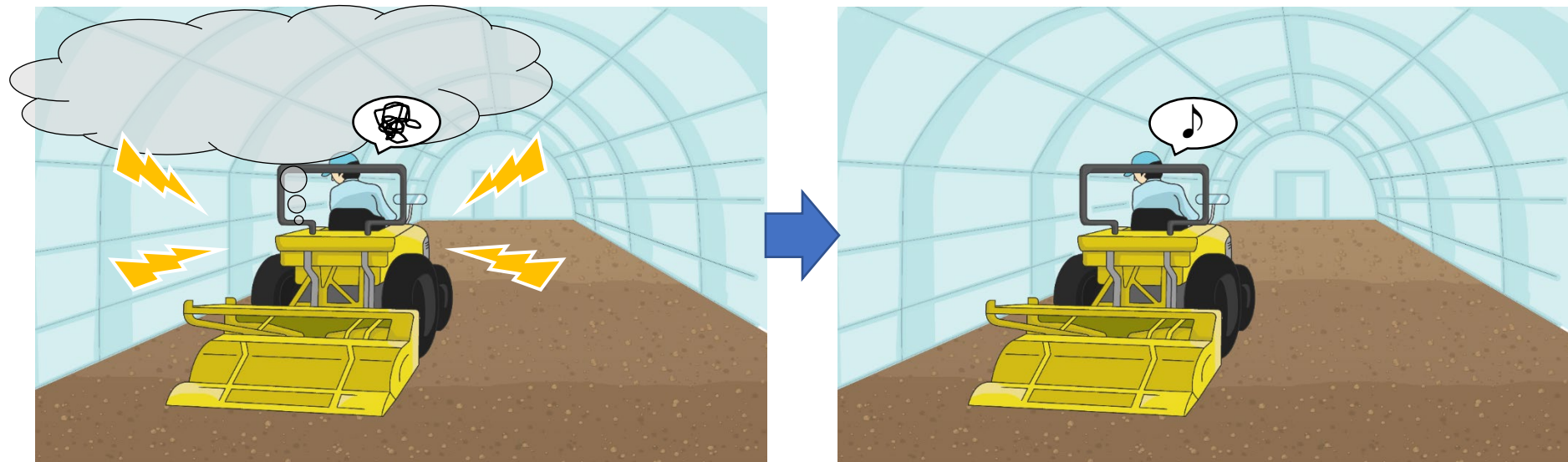


# 電動化の利点：静音、低振動

## 作業者の疲労軽減、作業環境の改善

→特に施設園芸を対象とした小型の電動トラクタはメリットが大きい

- ・静音性に優れる →音のこもる施設内で作業環境改善
- ・排ガスを出さない →換気不十分の場合でも健康への影響がない、  
作物に二オイが付かない






# 電動化の課題：エネルギー、モータ制御

バッテリーは化石燃料に比べてエネルギー密度が小さい

- ・搭載可能量には制限があるため、結果として連続作業可能時間が短い

作業可能時間：Nissan リーフの搭載バッテリー（容量：62kWh（440kg））を用いた場合  
（効率100%で試算）

| 作業     | 播種作業<br>(10kW)  | ロータリ耕うん<br>(50kW)  | プラウ耕<br>(100kW)   |
|--------|---|--|---|
| 連続作業時間 | 6.2時間   | 1.2時間  | 0.6時間   |
|        |  |  |  |

## 課題

- ・高負荷で連続運転の場合は、電源（バッテリー）の容量の確保
- ・土壌状態、収量のばらつき等による負荷変動に対して応答速度の更なる向上
- ・電動化農機のメリットを最大限発揮できる作業機構造、農作業方式、栽培体系等の開発
- ・農業現場に適した防水・防塵モータ・パワートレイン（熱対策を含む）

# バッテリー電動トラクタ以外の選択肢

## 1. 燃料電池で発電する (FCEV)

- ・現状コンセプトモデルのみ



Scholman and New Holland (2020)



中国国立農業機械革新想像研究所  
FCEVトラクタ (2020)

## 2. 消費エネルギーを減らす

- ・機体の軽量化、小型小出力→小型電動農機
- ・実用化が進む



マキタ  
電動耕うん機



ハスクバーナゼノア  
電動芝刈り機



ササキコーポレーション  
電動草刈機

**【NARO共同開発機】**



Inaho  
アスパラ収穫ロボ

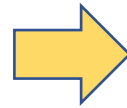


スイスエコロボティクス  
スポット散布ロボ

# バッテリー電動トラクタ以外の選択肢

## 小型農業用ロボットにより

- ✓ 重労働作業を軽労化
- ✓ 多人数作業を省力化



就農人口の減少・高齢化による労働力不足を改善

(日本農業の最大の課題)

## 小型農業用ロボットの特徴

- ✓ 人との協働・協調作業が目的
- ✓ 高い制御性と機能の拡張性
- ✓ 自動走行・追従走行

## 小型農業用ロボットによる未来

完全無人化農業を目指す



農業用追従ロボットとの協調作業の様子



以上で講演をおわります。  
ご静聴ありがとうございました。

このたび農林水産省で「みどりの食料システム戦略」を策定しました。  
資料を添付していますので、後ほど目を通して頂ければ幸いです。

# みどりの 食料システム戦略

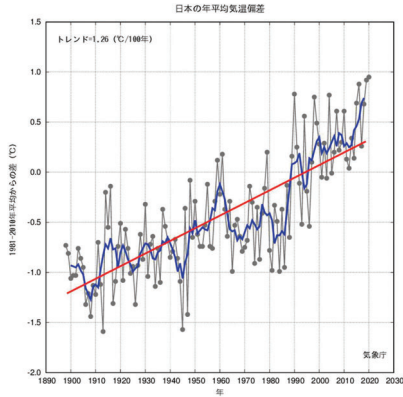
食料・農林水産業の生産力向上と  
持続性の両立をイノベーションで実現

**MAFF**  
農林水産省

# 食料・農林水産業を取り巻く状況

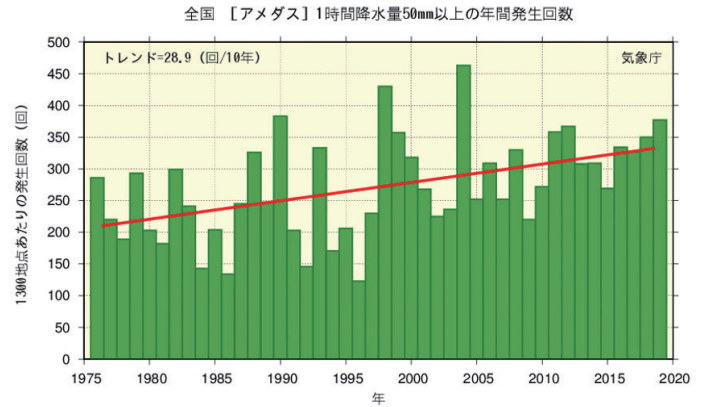
全国各地での記録的な豪雨や台風等の頻発、高温が農林水産業における重大なリスクの一つとなっており、作物の収量減少・品質低下、漁獲量の減少など、生産現場に大きな影響が生じています。

## 日本の年平均気温偏差の経年変化

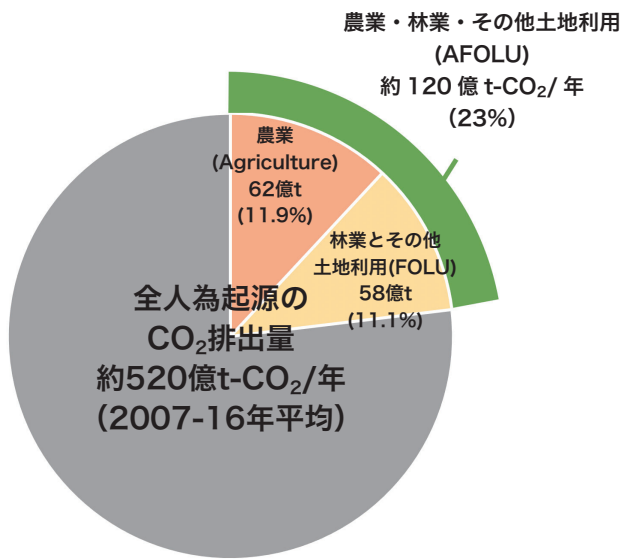


出典：気象庁ホームページ

## 1時間降水量 50mm 以上の年間発生回数

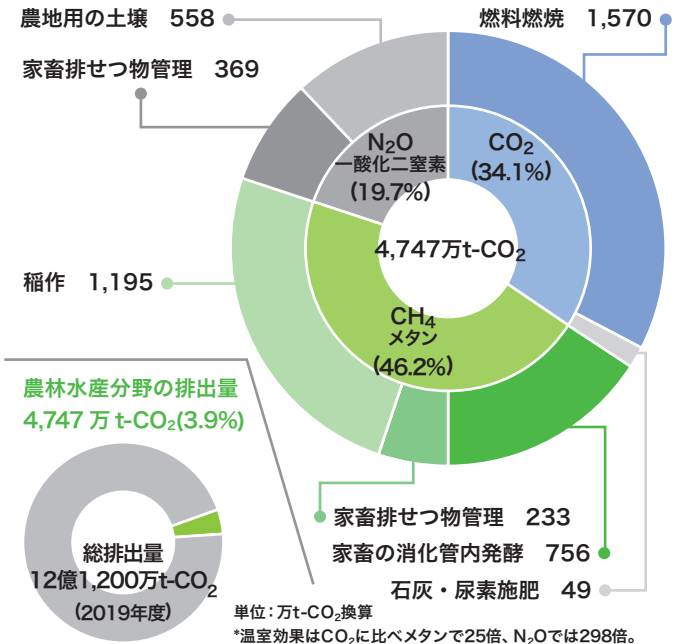


## 世界の農林業由来の温室効果ガス排出量



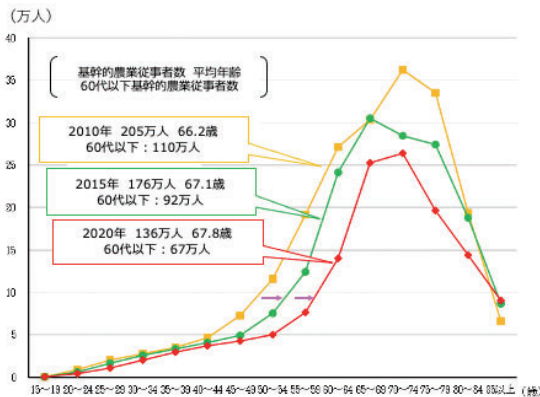
単位：億t-CO<sub>2</sub>換算(2007-16年平均)  
出典：IPCC 土地関係特別報告書(2019年)

## 日本の農林水産分野の温室効果ガス排出量



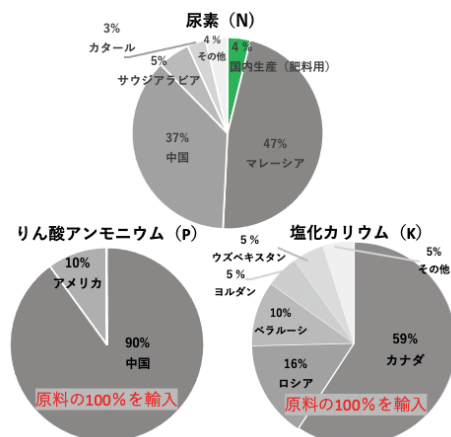
出典：温室効果ガスインベントリオフィス (GIO)

## 担い手の高齢化と担い手不足



出典：農林水産省「2020年農林業センサス」、「2015農林業センサス」(組替集計)、「2010年世界農林業センサス」(組替集計)  
基幹的農業従事者：15歳以上の世帯員のうち、ふだん仕事として主に自営農業に従事している者をいう。

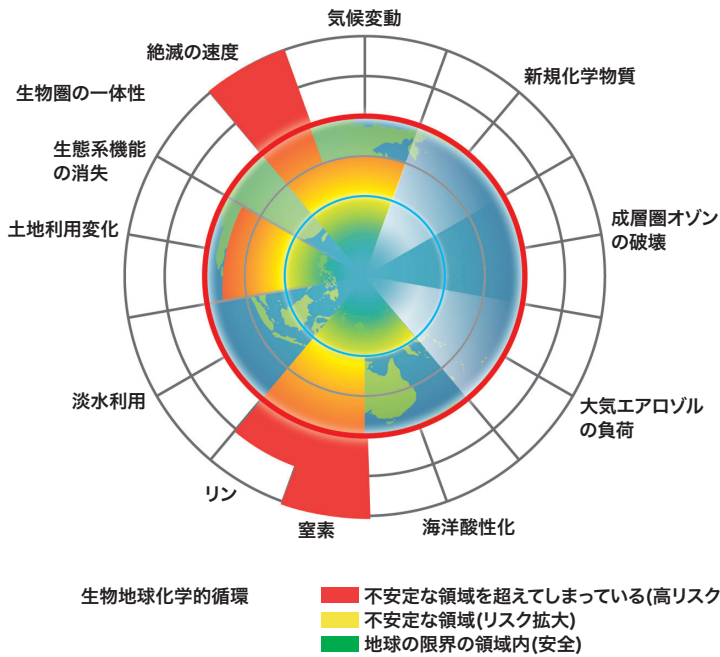
## 食料生産を支える肥料原料の自給率



出典：財務省貿易統計等を基に作成 (2020年7月～2021年6月)

# いま、私たちは地球環境の危機に直面している

地球の限界(プラネタリー・バウンダリー)による地球の状況



## 地球の限界(プラネタリー・バウンダリー)

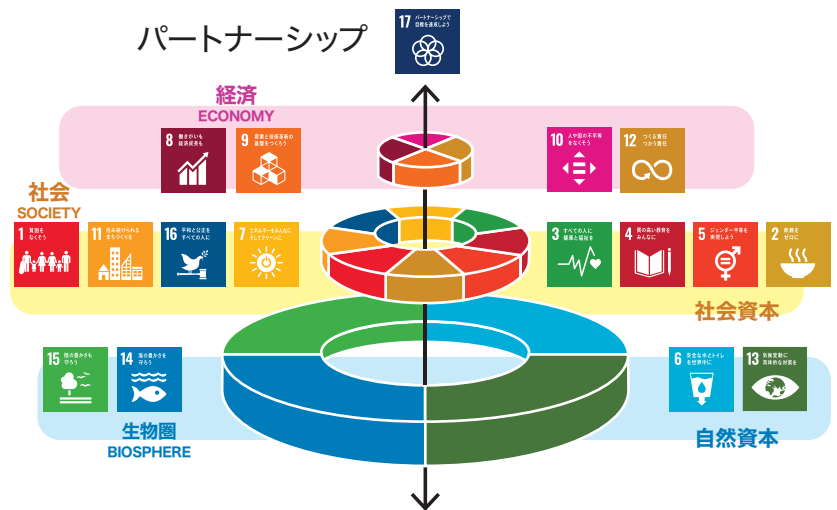
地球の変化に関する各項目について、人間が安全に活動できる範囲にとどまれば、人間社会は発展し繁栄できますが、境界を越えることがあれば、人間が依存する自然資源に対して回復不可能な変化が引き起こされます。

9つの環境要素のうち、種の絶滅の速度と窒素・リンの循環については、不確実性の領域を超えて高リスクの領域にあり、また、気候変動と土地利用変化については、リスクが増大する不確実性の領域に達しています。

出典:Stockholm Resilience Centre (illustrated by Johan Rockström and Pavan Sukhdev, 2016)に環境省が加筆

## SDGs ウエディングケーキ

SDGs の17ゴールを階層化したとき、自然資本は他のゴールの土台となります。自然資本から生み出される様々なものを活かすことで、私たちの社会は成り立っており、自然資本を持続可能なものにしなければ他のゴールの達成は望めません。



出典:Stockholm Resilience Centre (illustrated by Johan Rockström and Pavan Sukhdev, 2016)に加筆

## 生物多様性の現状

「生物多様性戦略計画 2011-2020 及び愛知目標」において、ほとんどの目標についてかなりの進捗が見られたものの、20の個別目標で完全に達成できたものはありません。

2050年ビジョン「自然との共生」の達成には、「今まで通り (business as usual)」から脱却し、社会変革が必要です。

出典:地球規模生物多様性概況第5版(GB05) 「生物多様性戦略計画2011-2020及び愛知目標」の最終評価として生物多様性条約事務局が各締約国の「国別報告書」とIPBESアセスメント等をもとにまとめたもの(2020年9月公表)。

|   |  |
|---|--|
| <b>戦略目標A. 生物多様性を主流化し、生物多様性の損失の根本原因に対処</b><br>目標1: 生物多様性の価値と行動の認識<br>目標2: 生物多様性の価値を国・地方の戦略及び計画プロセスに統合<br>目標3: 有害な補助金の廃止・改革、正の奨励措置の策定・適用<br>目標4: 持続可能な生涯・消費計画の実施                              | <b>戦略目標C. 生態系、種及び遺伝子の多様性を守り生物多様性の状況を改善</b><br>目標11: 陸域の17%、海域の10%を保護地域等により保全<br>目標12: 絶滅危惧種の絶滅が防止<br>目標13: 作物・家畜の遺伝子の多様性の維持・損失の最小化 |
| <b>戦略目標B. 直接的な圧力の減少、持続可能な利用の促進</b><br>目標5: 森林を含む自然生息地の損失を半減→ゼロへ、劣化・分断を顕著に減少<br>目標6: 水産資源の持続的な漁獲<br>目標7: 農業・養殖業・林業が持続可能に管理<br>目標8: 汚染を有害でない水準へ<br>目標9: 侵略的外来種の制御・根絶<br>目標10: 脆弱な生態系への悪影響の最小化 | <b>戦略目標D. 生物多様性及び生態系サービスからの恩恵の強化</b><br>目標14: 自然の恵みの提供・回復・保全<br>目標15: 劣化した生態系の15%以上の回復を通じ気候変動緩和・適応に貢献<br>目標16: ABSに関する名古屋議定書の施行・運用 |
| <b>愛知目標と達成状況: 部分的に達成した目標: 6(黄色囲み)、未達成の目標: 14(赤囲み)</b>   | <b>戦略目標E. 参加型計画立案、知識管理と能力開発を通じて実施を強化</b><br>目標17: 国家戦略の策定・実施<br>目標18: 伝統的知識の尊重・統合<br>目標19: 関連知識・科学技術の向上<br>目標20: 資金を顕著に増加          |



# みどりの食料シス

～食料・農林水産業の生産力向上と持

Measures for achievement of Decarbonizati

## 現状と今後の課題

- 生産者の減少・高齢化、地域コミュニティの衰退
- 温暖化、大規模自然災害
- コロナを契機としたサプライチェーン混乱、内食拡大
- SDGs や環境への対応強化
- 国際ルールメイキングへの参画



「Farm to Fork 戦略」(20.5)  
2030 年までに化学農薬の使用及びリスクを 50% 減、有機農業を 25% に拡大



「農業イノベーションアジェンダ」(20.2)  
2050 年までに農業生産量 40% 増加と環境フットプリント半減

**農林水産業や地域の将来も  
見据えた持続可能な  
食料システムの構築が急務**

## 持続可能な食料シス 中長期的な観点か カーボンニュ

### 2050 年までに目指す姿

- 農林水産業の CO2 ゼロエミ
- 低リスク農薬への転換、総合に加え、ネオニコチノイド系等の開発により化学農薬の
- 輸入原料や化石燃料を原料
- 耕地面積に占める有機農業の
- 2030年までに食品製造業の
- 2030年までに食品企業におい
- 輸入原材料調達の実現を目指
- エリートツリー等を林業用苗
- ニホンウナギ、クロマグロ等

### 戦略的な取組方向

2040 年までに革新的な技術・生産  
2050 年までに革新的な技術・生産  
今後、「政策手法のグリーン化」を

※政策手法のグリーン化：2030 年までに施策の  
2040 年までに技術開発  
補助金拡充、環境負荷

※革新的技術・生産体系の社会実装や、持続可能  
地産地消型エネルギーシステムの構築に向けて必

## 期待される

### 経済

#### 持続的な産業基盤の構築

- ・ 輸入から国内生産への転換（肥料・飼料・原料調達）
- ・ 国産品の評価向上による輸出拡大
- ・ 新技術を活かした多様な働き方、生産者のすそ野の拡大



### 社会

#### 国民の豊かな 地域の雇用・

- ・ 生産者・消費者が連携した
- ・ 地域資源を活かした地域
- ・ 多様な人々が共生する地域

**アジアモンスーン地域の持続的な食料システムのモデルとして打ち出し、国際**

# テーマ戦略（概要）

持続性の両立をイノベーションで実現～  
Resilience with Innovation (MeaDRI)

令和3年5月  
農林水産省

テーマの構築に向け、「みどりの食料システム戦略」を策定し、  
調達、生産、加工・流通、消費の各段階の取組と  
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

## 目指す姿と取組方向

### イノベーションの実現

持続可能な病害虫管理体系の確立・普及  
を含む従来の殺虫剤に代わる新規農薬  
の使用量（リスク換算）を50%低減  
とした化学肥料の使用量を30%低減  
の取組面積の割合を25%(100万ha)に拡大  
労働生産性を最低3割向上  
する持続可能性に配慮した  
取組  
育苗の9割以上に拡大  
の養殖において人工種苗比率100%を実現

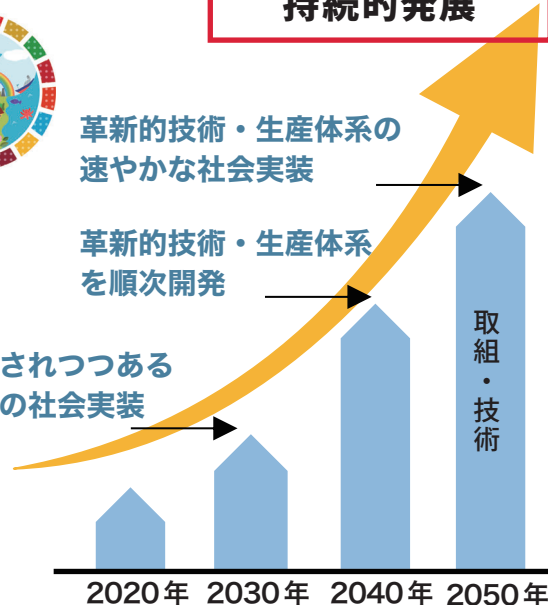


開発されつつある  
技術の社会実装

革新的技術・生産体系の  
速やかな社会実装

革新的技術・生産体系  
を順次開発

ゼロエミッション  
持続的发展



本系を順次開発（技術開発目標）

本系の開発を踏まえ、

推進し、その社会実装を実現（社会実装目標）

支援対象を持続可能な食料・農林水産業を行う者に集中。

進捗状況を踏まえつつ、補助事業についてカーボンニュートラルに対応することを目指す。

削減メニューの充実とセットでクロスコンプライアンス要件を充実。

持続可能な取組を後押しする観点から、その時点において必要な規制を見直し。

必要な規制を見直し。

## 効果

### 食生活 所得増大



健康的な日本型食生活  
経済循環  
社会

### 環境

### 将来にわたり安心して 暮らせる地球環境の継承



- ・環境と調和した食料・農林水産業
- ・化石燃料からの切替によるカーボンニュートラルへの貢献
- ・化学農薬・化学肥料の抑制によるコスト低減

国際ルールメイキングに参画（国連食料システムサミット（2021年9月）など）

# みどりの食料システム

## ～食料・農林水産業の生産力向上と

### 調達

#### 1. 資材・エネルギー調達における脱輸入・脱炭素化・環境負荷軽減の推進

- (1) 持続可能な資材やエネルギーの調達
- (2) 地域・未利用資源の一層の活用に向けた取組
- (3) 資源のリユース・リサイクルに向けた体制構築・技術開発

～期待される取組・技術～

- 地産地消型エネルギーシステムの構築
- 改質リグニン等を活用した高機能材料の開発
- 食品残渣・汚泥等からの肥料成分の回収・活用
- 新たなタンパク資源(昆虫等)の利活用拡大 等

- 持続可能な農山漁村の
- サプライチェーン全体を確立と連携(人材育成、
- 森林・木材のフル活用に固定の最大化

### 消費

#### 4. 環境にやさしい持続可能な消費の拡大や食育の推進

- (1) 食品ロスの削減など持続可能な消費の拡大
- (2) 消費者と生産者の交流を通じた相互理解の促進
- (3) 栄養バランスに優れた日本型食生活の総合的推進
- (4) 建築の木造化、暮らしの木質化の推進
- (5) 持続可能な水産物の消費拡大

～期待される取組・技術～

- 外見重視の見直し等、持続性を重視した消費の拡大
- 国産品に対する評価向上を通じた輸出拡大
- 健康寿命の延伸に向けた食品開発・食生活の推進 等

- ✓ 雇用の増
- ✓ 地域所得
- ✓ 豊かな食

# 戦略（具体的な取組）

## 持続性の両立をイノベーションで実現～

### 2.イノベーション等による持続的生産体制の構築

生産

- (1) 高い生産性と両立する持続的生産体系への転換
- (2) 機械の電化・水素化等、資材のグリーン化
- (3) 地球にやさしいスーパー品種等の開発・普及
- (4) 農地・森林・海洋への炭素の長期・大量貯蔵
- (5) 労働安全性・労働生産性の向上と生産者のすそ野の拡大
- (6) 水産資源の適切な管理

～期待される取組・技術～

- スマート技術によるピンポイント農薬散布、次世代総合的病害虫管理、土壌・生育データに基づく施肥管理
  - 農林業機械・漁船の電化等、脱プラ生産資材の開発
  - バイオ炭の農地投入技術
  - エリートツリー等の開発・普及、人工林資源の循環利用の確立
  - 海藻類によるCO<sub>2</sub>固定化(ブルーカーボン)の推進
- 等

創造  
貫く基盤技術の  
未来技術投資)  
によるCO2吸収と

大  
の向上  
生活の実現

### 3.ムリ・ムダのない持続可能な 加工・流通システムの確立

加工・流通

- (1) 持続可能な輸入食料・輸入原材料への切替えや環境活動の促進
- (2) データ・AIの活用等による加工・流通の合理化・適正化
- (3) 長期保存、長期輸送に対応した包装資材の開発
- (4) 脱炭素化、健康・環境に配慮した食品産業の競争力強化

～期待される取組・技術～

- 電子タグ(RFID)等の技術を活用した商品・物流情報のデータ連携
  - 需給予測システム、マッチングによる食品ロス削減
  - 非接触で人手不足にも対応した自動配送陳列
- 等



# 「みどりの食料システム戦略」が2050年までに目指す姿と取組方向

|          |           |   |
|----------|-----------|---|
| 温室効果ガス削減 | 温室効果ガス    | ・2050年までに農林水産業のCO2ゼロエミッション化の実現を目指す。   |
|          | 農林業機械・漁船  | ・2040年までに、農林業機械・漁船の電化・水素化等に関する技術の確立を目指す。  |
|          | 園芸施設      | ・2050年までに化石燃料を使用しない施設への完全移行を目指す。  |
|          | 再生可能エネルギー | ・2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、農林漁業の健全な発展に資する形で、我が国の再生可能エネルギーの導入拡大に歩調を合わせた、農山漁村における再生可能エネルギーの導入を目指す。   |
| 環境保全     | 化学農薬      | ・2040年までに、ネオニコチノイド系農薬を含む従来の殺虫剤を使用しなくてもすむような新規農薬等を開発する。<br>・2050年までに、化学農薬使用量（リスク換算）の50%低減を目指す。   |
|          | 化学肥料      | ・2050年までに、輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量の30%低減を目指す。  |
|          | 有機農業      | ・2040年までに、主要な品目について農業者の多くが取り組むことができるよう、次世代有機農業に関する技術の確立する。<br>・2050年までに、オーガニック市場を拡大しつつ、耕地面積に占める有機農業※の取組面積の割合を25%（100万ha）に拡大することを目指す。（※国際的に行われている有機農業）   |
| 食品産業     | 食品ロス      | ・2030年度までに、事業系食品ロスを2000年度比で半減させることを目指す。さらに、2050年までに、AIによる需要予測や新たな包装資材の開発等の技術の進展により、事業系食品ロスの最小化を図る。  |
|          | 食品産業      | ・2030年までに食品製造業の自動化等を進め、労働生産性が3割以上向上することを目指す（2018年基準）。さらに、2050年までにAI活用による多種多様な原材料や製品に対応した完全無人食品製造ラインの実現等により、多様な食文化を持つ我が国食品製造業の更なる労働生産性向上を図る。<br>・2030年までに流通の合理化を進め、飲食料品卸売業における売上高に占める経費の割合を10%に縮減することを目指す。さらに、2050年までにAI、ロボティクスなどの新たな技術を活用して流通のあらゆる現場において省人化・自動化を進め、更なる縮減を目指す。 |
|          | 持続可能な輸入調達 | ・2030年までに食品企業における持続可能性に配慮した輸入原材料調達の実現を目指す。  |
|          | 森林・林業     | ・エリートツリー等の成長に優れた苗木の活用について、2030年までに林業用苗木の3割、2050年までに9割以上を目指すことに加え、2040年までに高層木造の技術の確立を目指すとともに、木材による炭素貯蔵の最大化を図る。<br><small>（※エリートツリーとは、成長や材質等の形質が良い精英樹同士の人工交配等により得られた次世代の個体の中から選抜される、成長がより優れた精英樹のこと）</small>   |
| 林野・水産    | 漁業・養殖業    | ・2030年までに漁獲量を2010年と同程度（444万トン）まで回復させることを目指す。（参考：2018年漁獲量331万トン）<br>・2050年までにニホンウナギ、クロマグロ等の養殖において人工種苗比率100%を実現することに加え、養魚飼料の全量を配合飼料給餌に転換し、天然資源に負荷をかけない持続可能な養殖生産体制を目指す。  |



農林水産省は持続可能な開発目標（SDGs）を支援しています。

## 連絡先

農林水産省大臣官房環境バイオマス政策課

代表 03-3502-8111(内線3292)

直通 03-3502-8056

2021年8月発行

**MAFF**  
農林水産省

農林水産省HP「みどりの食料システム戦略」

