

CRDS-FY2024-XR-10

わが国の食料システムの現状と研究開発の潮流

2024年10月

JST研究開発戦略センター



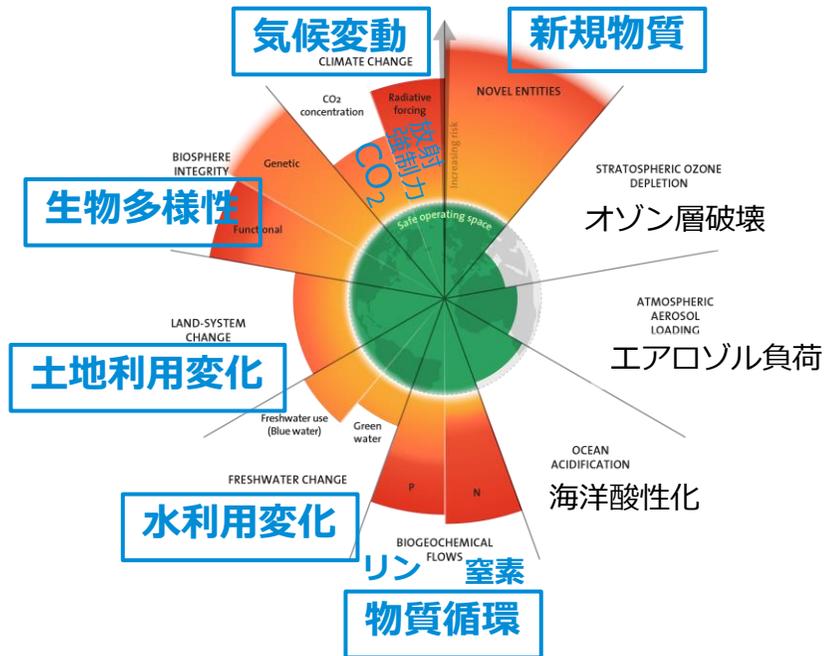
目次

1. 食料システムを取り巻く状況
2. わが国の食料システムの全体俯瞰
3. わが国の食料システムに関する問題
4. 食料システムに関する研究開発
5. 今後の展望
6. まとめ

1. 食料システムを取り巻く状況

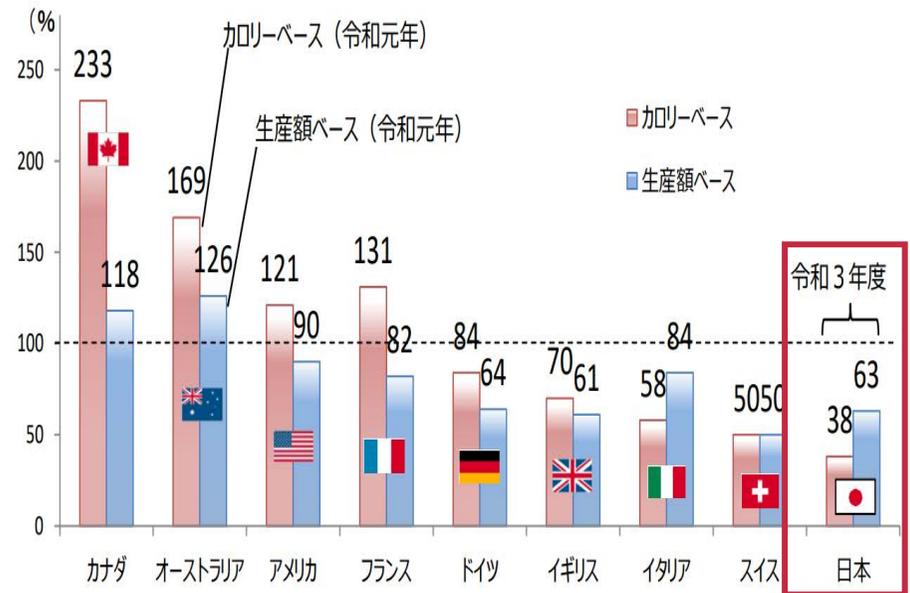
プラネタリーバウンダリー

人類が生存できる安全な活動領域とその限界点



食料自給率

■ 我が国と諸外国の食料自給率



食料システムの環境負荷は高い

出典 : Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Persson et al 2022 and Steffen et al 2015 <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>

出典 : <https://www.maff.go.jp/kanto/kids/future/selfsupport.html>

持続可能性と食料安全保障を満たす食料システムの構築が必要

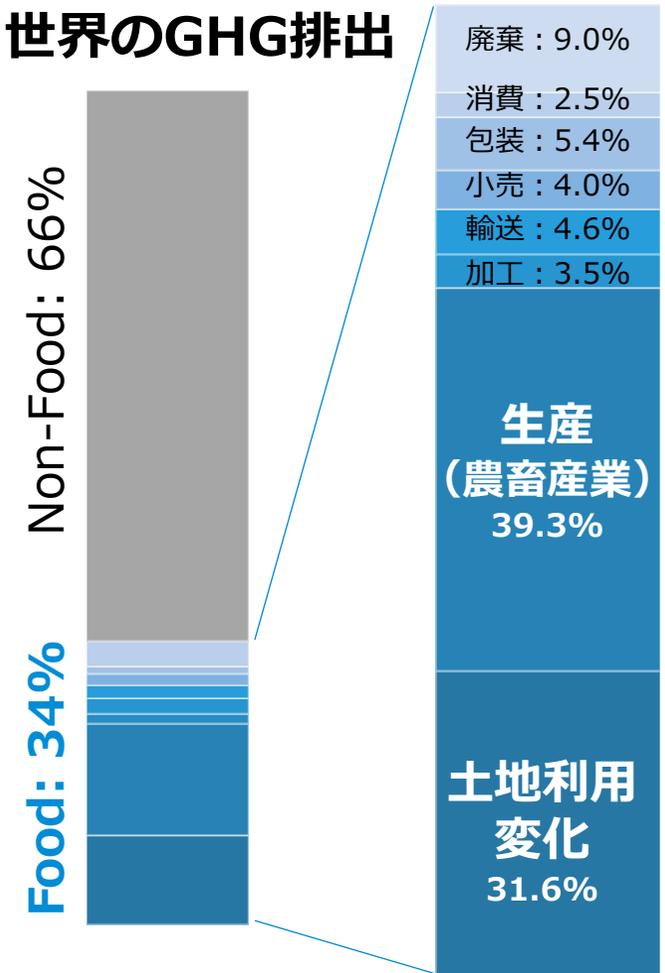
1. 食料システムを取り巻く状況

食料システムによる環境影響

- 世界の**温室効果ガス（GHG）排出量の1/3以上**が食料システムから排出
- **食料生産（農業/畜産業）**と関連する土地利用変化による環境影響が大きい
- その中でも**畜産**の影響は大きい（世界のGHG排出の14.5～20%）
- COP28でFAOによる**1.5℃目標整合のロードマップ**公表
→ 2030年までに家畜由来メタン排出を**25%削減**
- **窒素・リン循環の悪化**は農地への施肥増加が主要因

- **低環境負荷で高効率な食料生産への変革が喫緊の課題**
- **食事の変容の動き（畜産物の消費削減など）**

世界のGHG排出



出典：Nat Food 2: 198-209 (2021)
を基にCRDS作成

1. 食料システムを取り巻く状況

食料システムに関する政策動向

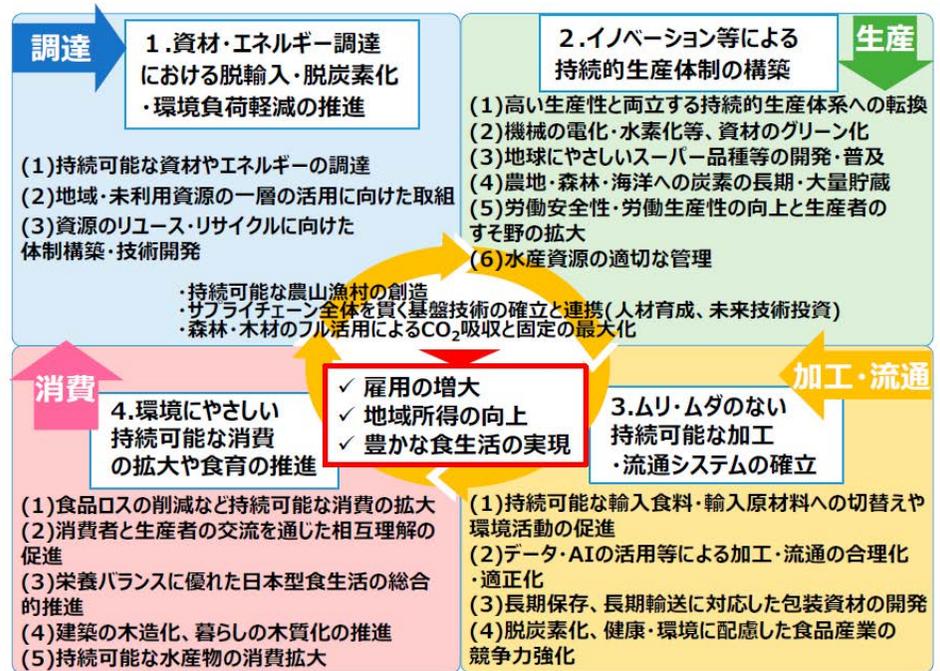
欧州: Farm to Fork



- 欧州の農業・漁業部門で働く全ての人々にとって移行が公正かつ公平であることを担保する
- 化学合成農薬や肥料、抗生剤への依存、リスクおよび使用を大幅に減らす
- 害虫や疾病から収穫・漁獲物を守る革新的な農業・漁業技術を開発する

出典: https://eumag.jp/wp-content/uploads/2020/02/farmer_consumer.pdf

日本: みどりの食料システム戦略 (農水省)



資料: 農林水産省作成

出典: https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/r3/pdf/1-1-06.pdf

1. 食料システムを取り巻く状況

食料・農業・農村基本法の改正

令和六年六月五日改正

第一章 総則

(目的)

第一条

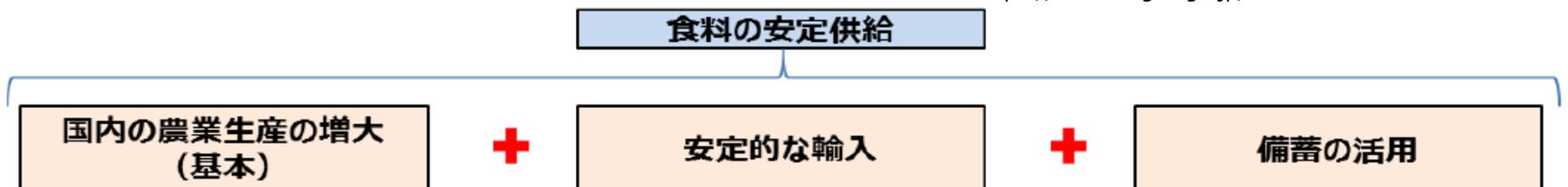
(食料安全保障の確保)

第二条 食料については、人間の生命の維持に欠くことができないものであり、かつ、健康で充実した生活の基礎として重要なものであることに鑑み、将来にわたって、食料安全保障（良質な食料が合理的な価格で安定的に供給され、かつ、国民一人一人がこれ入手できる状態をいう。以下同じ。）の確保が図られなければならない。

2 国民に対する食料の安定的な供給については、世界の食料の需給及び貿易が不安定な要素を有していることに鑑み、国内の農業生産の増大を図ることを基本とし、これと併せて安定的な輸入及び備蓄の確保を図ることにより行われなければならない。

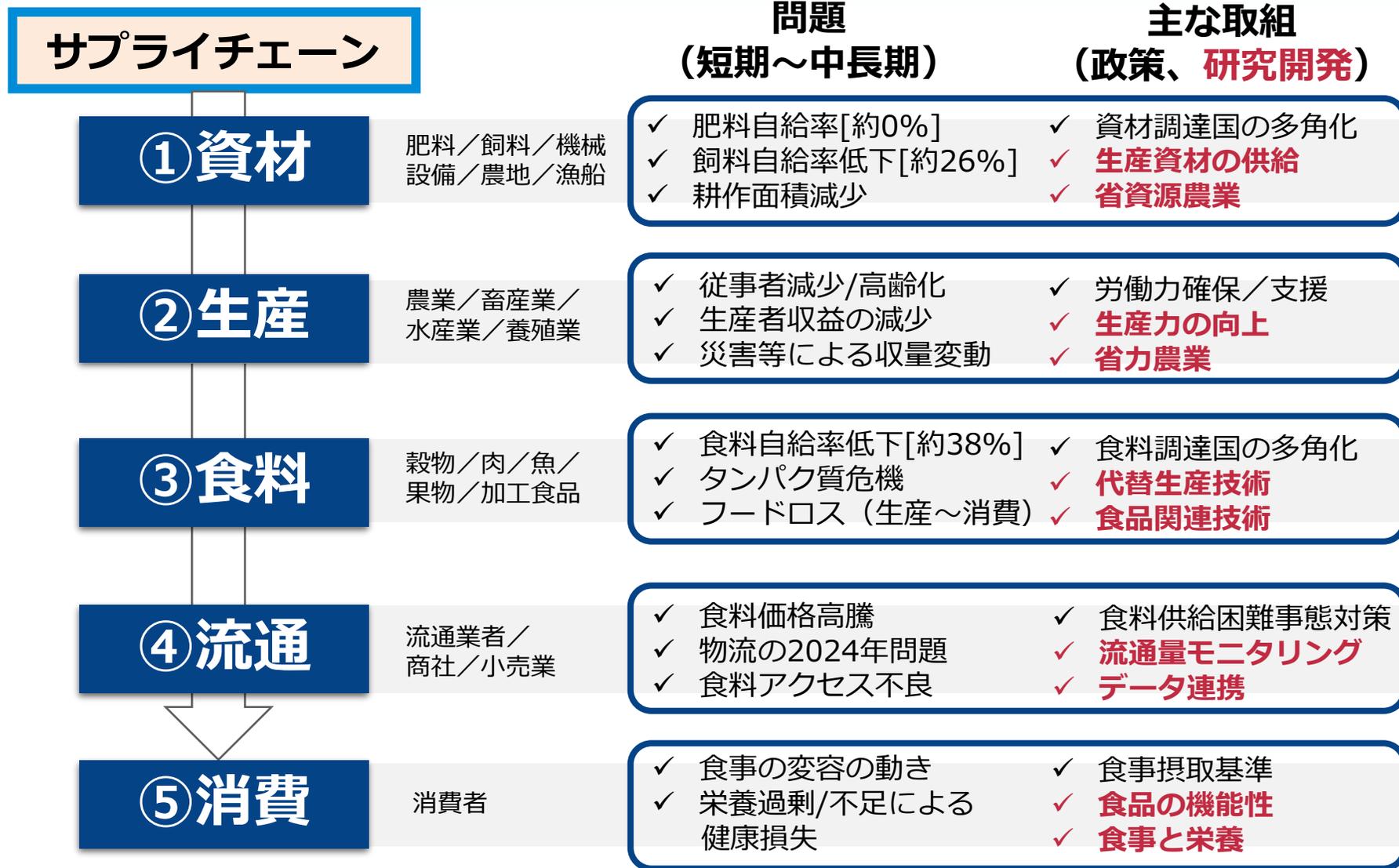
6 国民が最低限度必要とする食料は、凶作、輸入の途絶等の不測の要因により国内における需給が相当の期間著しくひっ迫し、又はひっ迫するおそれがある場合においても、国民生活の安定及び国民経済の円滑な運営に著しい支障を生じないように、供給の確保が図られなければならない。

出典： <https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=411AC0000000106>



出典：外務省資料 <https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000022442.pdf>

2. わが国の食料システムの全体俯瞰



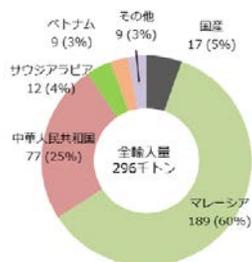
3. わが国の食料システムに関する問題：資材

✓ わが国の**肥料自給率はほぼ0%、飼料自給率は約26%**と非常に低く、**輸入価格の高騰が食料安全保障上の重要なリスクの1つ**。(農水省・食料の安定供給に関するリスク検証2022年)

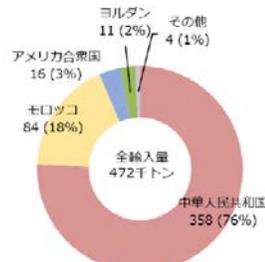
肥料自給率ほぼ0%

肥料輸入相手国、輸入量
(令和3年7月～令和4年6月)

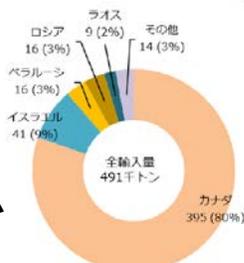
尿素



リン酸アンモニウム



塩化カリウム



「肥料」は経済安全保障推進法で「特定重要物質」に指定

出典：農林水産省「肥料をめぐる情勢」(令和5年5月)

飼料自給率約26%

(R4年度概算)

飼料全体

26%

粗飼料

(R4年度概算)

- 乾草
- サイレージ
- 牧草、青刈りとうもろこし、稲発酵粗飼料(稲WCS)
- 放牧利用
- 稲わら
- 野草(林間地等)

輸入22%

国産78%

濃厚飼料

(R4年度概算)

- 穀類(とうもろこし、飼料用米等)
- エコフィード(パンくず、豆腐粕等)
- 糖糠類・かす類(ふすま、ビートパルプ、大豆油かす、菜種油かす等)
- その他(動物性飼料、油脂等)

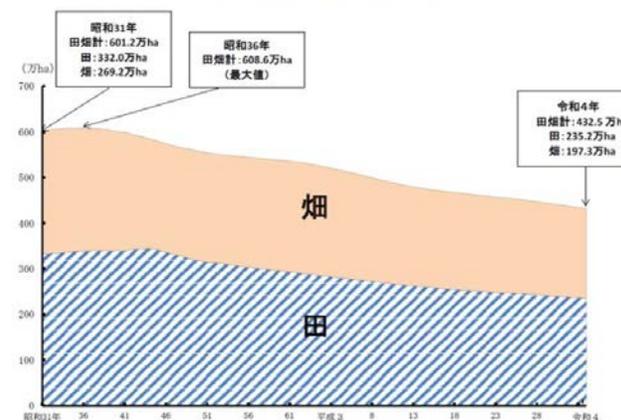
輸入87%

国産13%

出典：農林水産省「飼料自給率の現状と目標」
<https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/tikusan/attach/pdf/r5bukai2-10.pdf>

耕作面積の減少

図2 田別耕地面積の推移(全国)



出典：
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/sakumotu/menseki/r4/kouti/

3. わが国の食料システムに関する問題：生産

✓ わが国の**基幹的農業従事者および漁業従事者は減少傾向が続き**、農業従事者は2020年には136万人で65歳以上が70%を占める。**事業収益が小さく経営持続性に課題**。**災害等による農業生産性の変化が大きい**。

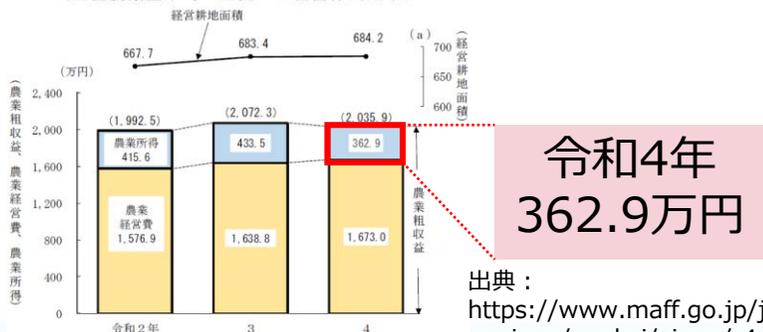
農業従事者の減少と高齢化

個人経営農業従事者数推移



農家収益（個人経営専業農家）

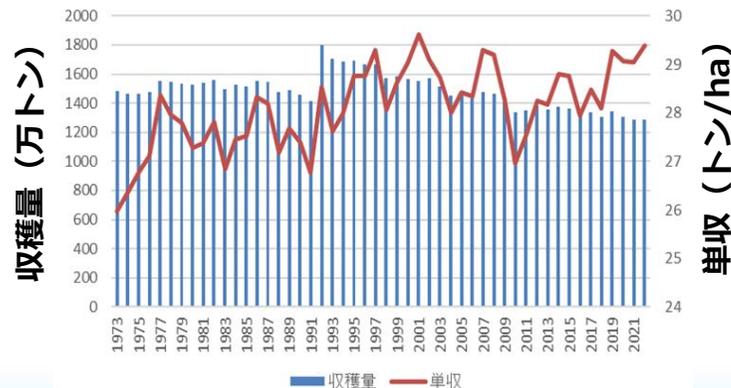
図2 主業経営体の農業経営収支の推移
(全営農類型平均・全国・1経営体当たり)



漁業従事者の減少と高齢化

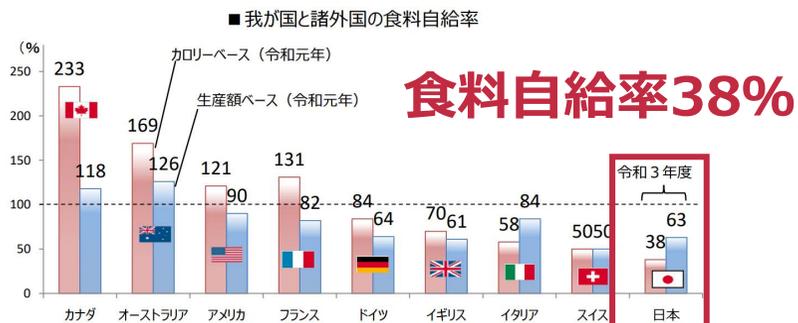


主要野菜類の収穫量と単収

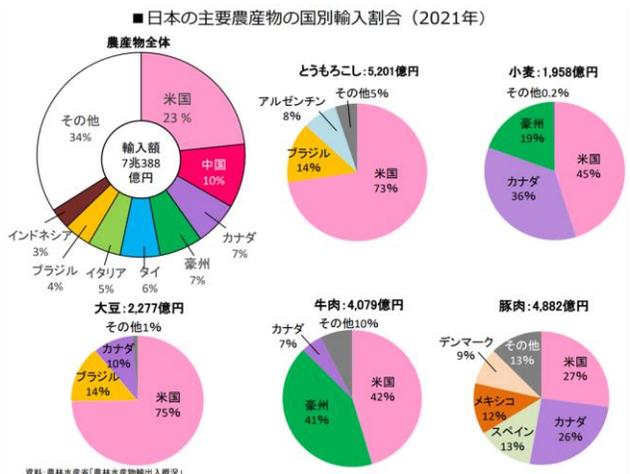


3. わが国の食料システムに関する問題：食料

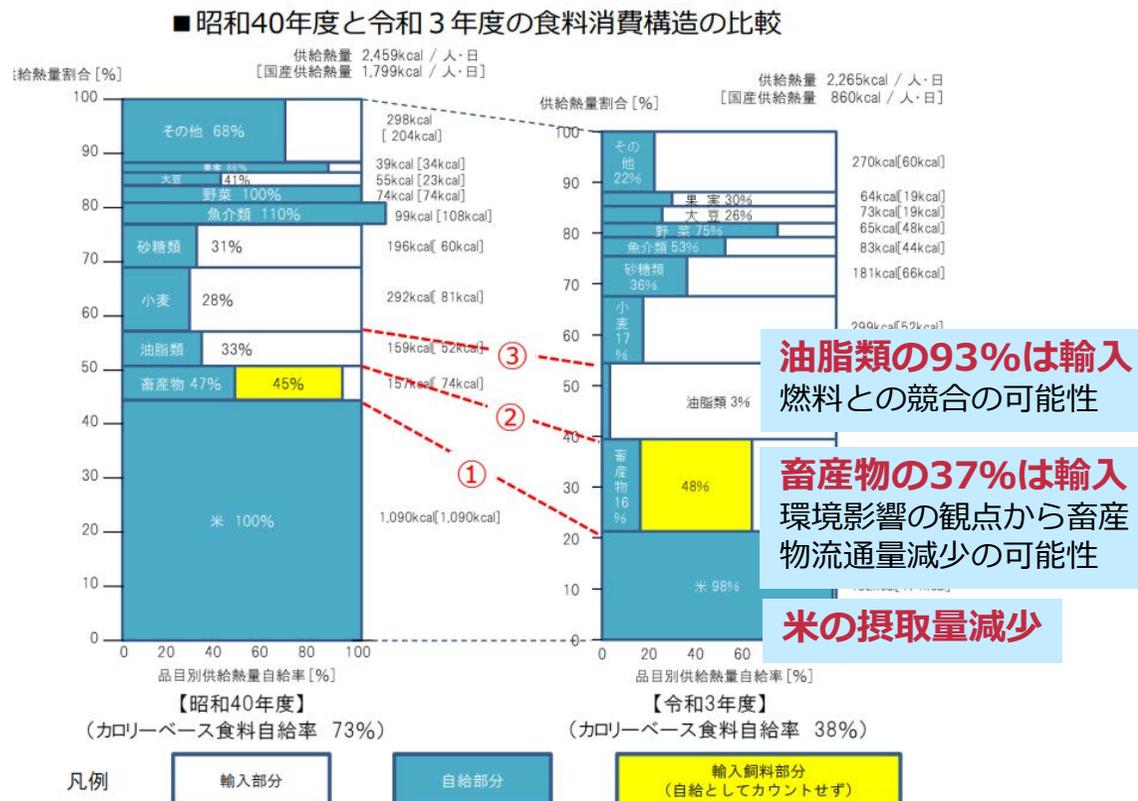
✓ わが国の**食料自給率（カロリーベース）は38%**と低い。主要農産物は主に同志国から輸入。油脂類と畜産物の海外依存度が高い。



出典：<https://www.maff.go.jp/kanto/kids/future/selfsupport.html>



出典：農林水産省「知ってる？日本の食糧事情2022」
https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/attach/pdf/panfu1-12.pdf



油脂類の93%は輸入
燃料との競合の可能性

畜産物の37%は輸入
環境影響の観点から畜産物流通量減少の可能性

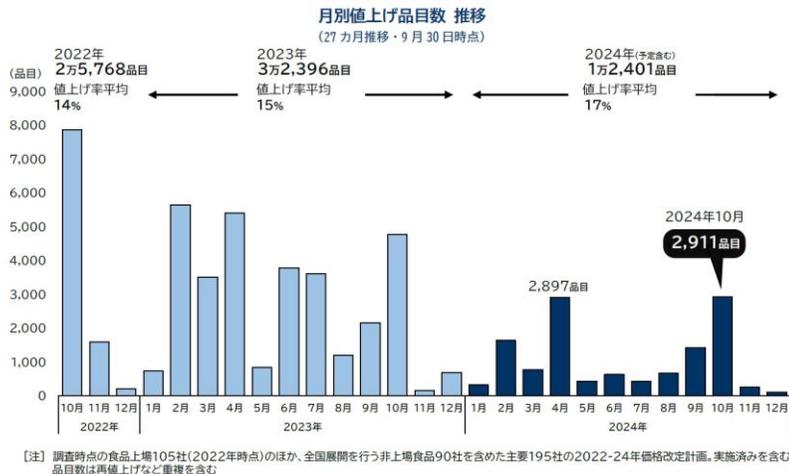
米の摂取量減少

凡例
輸入部分 自給部分 輸入飼料部分 (自給としてカウントせず)

出典：https://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/r4/r4_h/trend/part1/chap2/c2_1_00.html

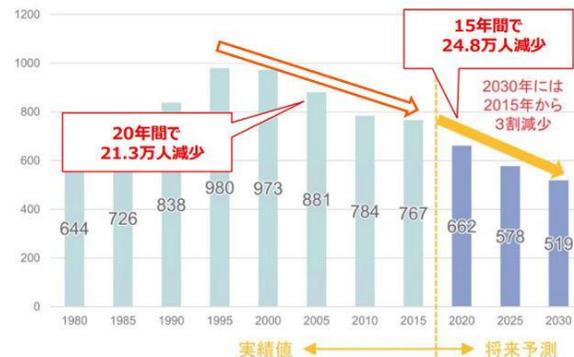
3. わが国の食料システムに関する問題：流通

✓ 地政学的影響、気候変動、エネルギー価格の影響などにより**生産資材や食品の価格高騰**が続く。**物流従事者数減少への対応**と**食料アクセス改善**が喫緊の課題。



出典：株式会社帝国データバンク「食品主要195社」価格改定動向調査—2024年10月

道路貨物運送業の運転従事者数の推移



出典：https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/buturyu_douro/pdf01/03.pdf

生産資材価格と農畜産物価格の推移



出典 https://www.pref.kagoshima.jp/ag01/nouseibu_nouseika/seisansizai.html

食料品の買い物が不便・困難な住民に対する対策の必要性



出典：https://www.maff.go.jp/j/shokusan/eat/attach/pdf/access_genjo-9.pdf

3. わが国の食料システムに関する問題：消費

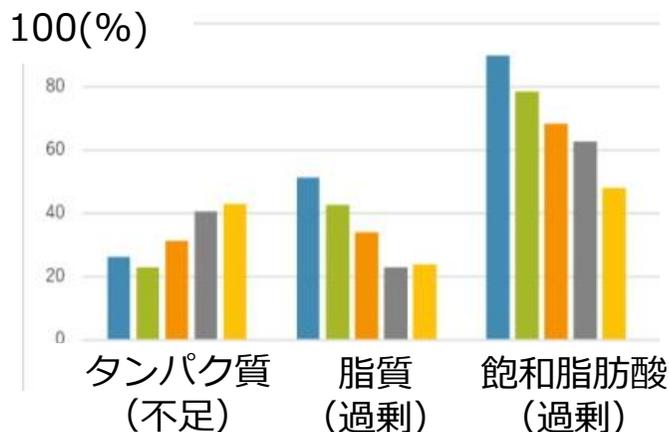
✓ **日本人は多くの栄養素が不足/過剰**している。野菜摂取量は減少傾向。食料供給の不安定化や価格高騰により、さらなる悪化が懸念される。

- 日本人4,450人を対象とした全国規模の秤量食事記録調査を実施
多くの栄養素の摂取量が不足または過剰の状態である

- 令和4年国民健康・栄養調査
野菜摂取量の平均値は 270.3 g。
10年間で男女とも減少。20歳代は少なく、高年齢層が多い。

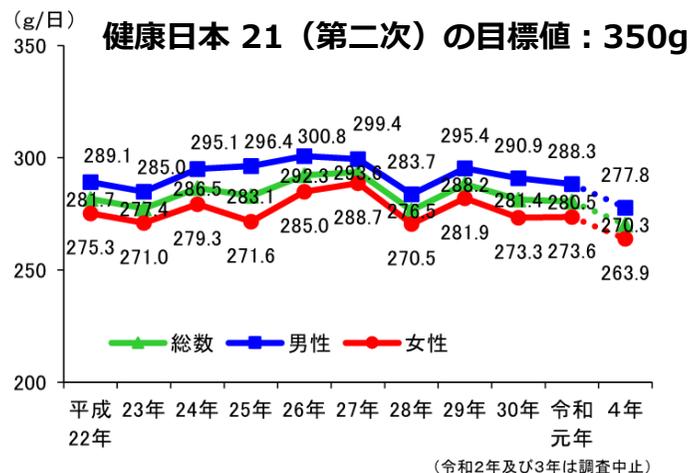
習慣摂取量が目標量の範囲外にある人の割合

(図のバーは左から18-29歳、30-49歳、50-64歳、65-74歳、75-79歳)



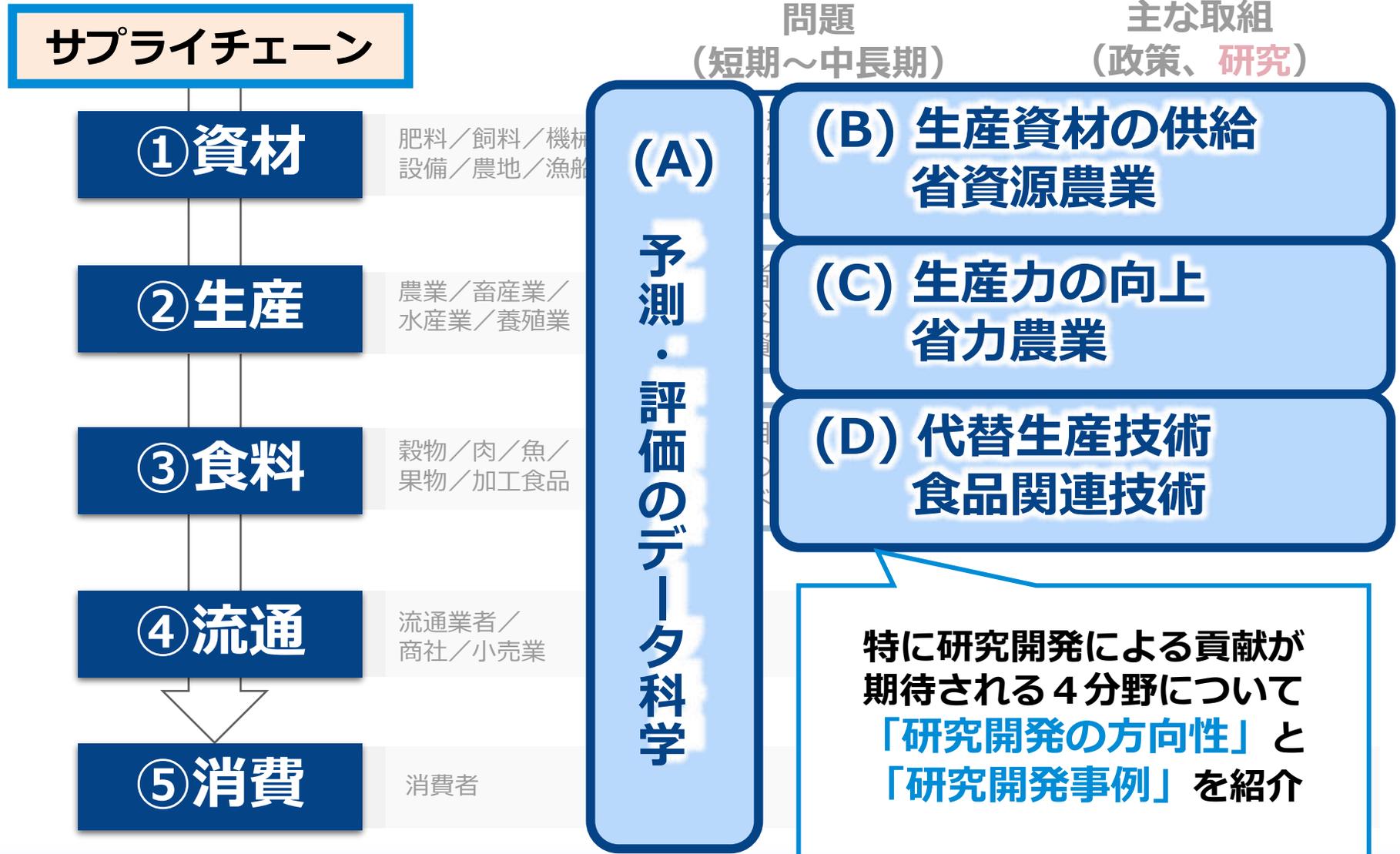
出典：Nutrients 15: 5113 (2023)を基にCRDS作成

日本人の野菜摂取量の年次推移 (20歳以上)



出典：厚生労働省「令和4年国民健康・栄養調査」

4. 食料システムに関する研究開発：概観



4. 食料システムに関する研究開発：

(A) 予測・評価のデータ科学

研究開発の方向性

日常の安定供給確保と不測時への備えのために平時からデータ収集を行い予測・評価法を確立する



◆利用可能な国内資源量の把握と経済性評価

- ・ 廃棄物から回収できる肥料/飼料/資材/エネルギー量の把握
- ・ 再生可能エネルギーの利用
- ・ 未開発資源の開発（リン鉱山など）

◆生産量変化予測（農作物/畜産物/海産物、グローバル/国内）

- ・ 気候変動（温暖化・異常気象）、災害
- ・ 化学肥料/配合飼料不足
- ・ 有機肥料/粗飼料への切り替え
- ・ 環境影響予測

A-1

A-2

◆食料の輸入/備蓄/品質評価/コスト試算

◆流通量の変動予測/シミュレーション（グローバル/国内）

◆食事消費量と栄養状態把握/評価/予測

A-3

- ・ 食事/栄養摂取データ取得と健康影響評価

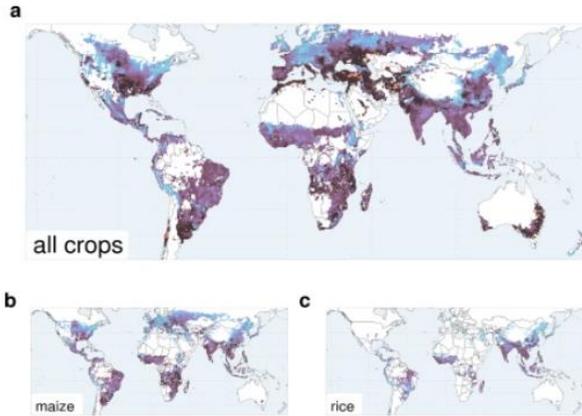
4. 食料システムに関する研究開発 :

(A) 予測・評価のデータ科学

研究開発事例

A-1

気候変動への対応策の差による 収量変化予測



栽培時期シフト、品種シフトを 考慮した収量予測モデル

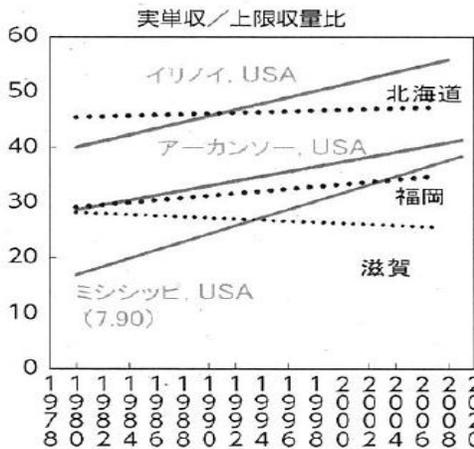
栽培時期のシフト、品種改良の効果が
高い地域・作物と、あまり高くない
地域・作物種がある

出典 : Nat Commun 13:7079 (2022)

A-2



現実収量/上限収量 (イールドギャップ/国内計測)

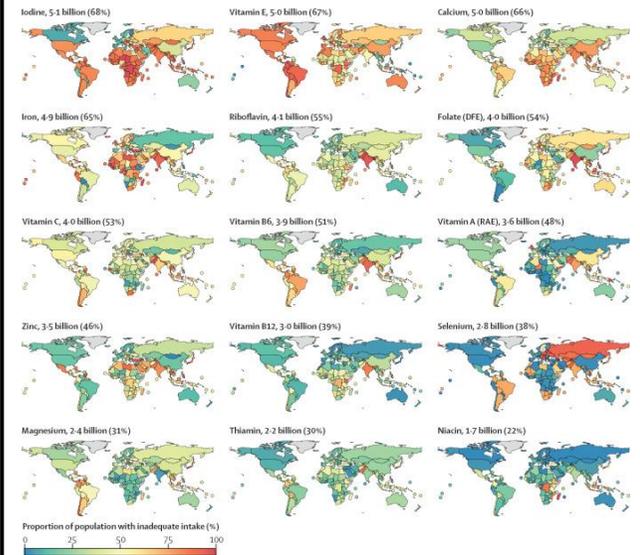


日本では、栽培法改善による
収量改善の余地が大きい
米国では栽培法の大きな改善が
あったが日本は横ばい

出典 : 農業と経済 88(1): 161-170 (2022)

A-3

微量栄養素摂取に関する モデリング解析



不十分な微量栄養素の摂取
世界で数十億人が微量栄養素の摂取
が不足している

出典 : Lancet Glob Health 12: e1590-99 (2024)

4. 食料システムに関する研究開発 :

(B) 生産資材の供給、省資源農業

研究開発の方向性

- ・ 資材の高騰・輸入途絶などに備えた代替資材の開発
- ・ 省資源でも収量を確保するための技術開発

代替資材開発

- ・ 低エネルギー・高効率なアンモニア生産 **B-1**
- ・ 低品位リン鉱石の低コスト活用方法の開発 **B-2**
- ・ 下水汚泥など廃棄物からの回収
- ・ 窒素固定細菌の活用 **B-3**
- ・ 代替飼料の開発 **B-4**
- ・ 代替農薬（バイオステミュラント等）の開発 **B-5**
B-6
- ・ バイオ炭

吸収効率改善

- ・ 穀類栽培での硝化抑制 **B-7**
- ・ 肥料吸収効率の高い作物の作出
- ・ 微生物を利用したリン可溶化と作物への供給

低栄養耐性品種作出

- ・ 窒素欠乏耐性のある作物の作出
- ・ リン欠乏耐性のある作物の作出

4. 食料システムに関する研究開発：

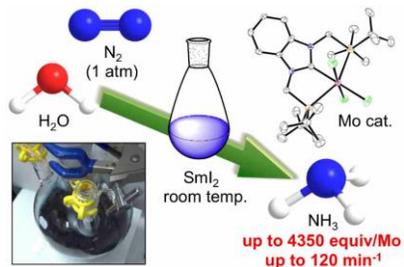
(B) 生産資材の供給、省資源農業

研究開発事例

B-1 低エネルギーで高効率なアンモニア生産法の開発



モリブデン触媒、窒素ガス、水、ヨウ化サマリウムを用い、常温・常圧の反応条件下で高効率なアンモニア合成を達成。ハーバー・ボッシュ法を将来代替する次世代型のアンモニア合成反応開発へ。



出典：東京大学プレスリリース (2019)
Nature 568: 536 (2019)

B-2 低品位リン鉱石の経済的な活用



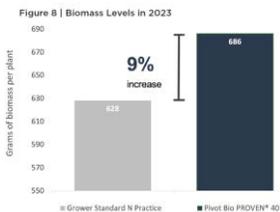
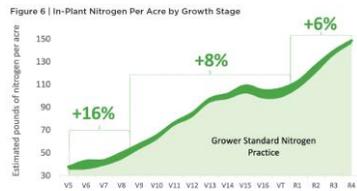
低品位リン鉱石、作物残渣、リン可溶化微生物の混合有機肥料を開発、化学肥料と同等の収穫量を実現。



出典：国際農研プレスリリース (2022.10.20) *Sci Rep* 12: 13945 (2022)

B-3 微生物で窒素固定し肥料供給

Pivot Bio社のPROVEN®40の微生物は、トウモロコシの根に付着して空気中の窒素を取り込み、アンモニアを生成。6-16%の窒素量の増大と9%の収量増に貢献。

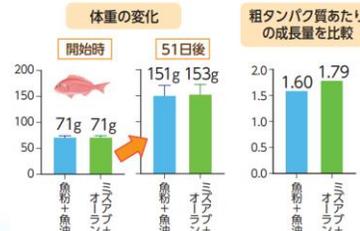


出典：Pivot Bio website

B-4 昆虫と藻類で養殖飼料開発



昆虫（ミズアブ） 藻類（オーラン） 昆虫・藻類 混合飼料



魚粉ゼロでも成長確保

出典：水産研究・教育機構プレスリリース (2024.4.11)

4. 食料システムに関する研究開発 :

(B) 生産資材の供給、省資源農業

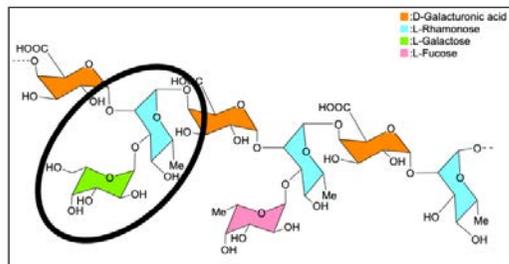
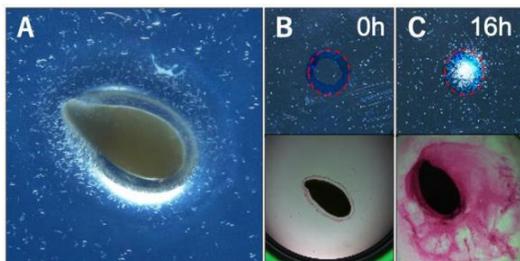
研究開発事例

B-5



植物感染線虫の誘引物質を発見

世界で数十兆円の被害を与える植物寄生線虫を誘引する物質を亜麻の種子浸出液から精製し同定。農薬代替となる誘引剤の開発へ。

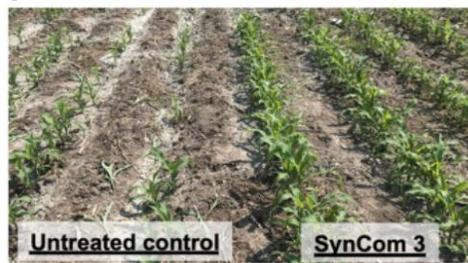


出典：熊本大学プレスリリース (2021.6)
 Sci Ad 7: eabh4182 (2021)

B-6

合成微生物叢接種で病原抵抗性付与

メキシコ在来トウモロコシに付随する微生物叢から合成微生物叢をデザイン。現代トウモロコシに接種すると顕著な成長促進と病原抵抗性を付与。



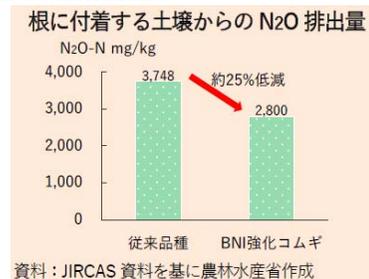
出典：Front Microbiol 14: 1167839 (2023)

B-7



低窒素肥料で生育する小麦の開発

アンモニアを硝酸に変換する微生物を抑制する (BNI) 能力のある野生小麦の遺伝子を交配により実用小麦に導入。温室効果ガスの発生も抑制。



出典：国際農研website
 Proc Natl Acad Sci USA 118: e2106595118 (2021)

4. 食料システムに関する研究開発 :

(C) 生産力の向上、省力農業

研究開発の方向性

- ・ 単位面積当たりの収量増大につながる技術開発
- ・ 農業従事者数が減少しても農業を持続可能にするための省力農業の技術開発

生産力の向上

単位面積当たりの収量増加

- ・ 微生物を活用した収量の向上 **C-1** **C-2**
- ・ 光合成活性の向上 **C-3**
- ・ ハイブリッド品種の活用 **C-4**
- ・ 高効率養殖のための育種

省力農業

AIを活用したデータ解析

- ・ 気象データやドローンの映像データのAI解析 **C-5** **C-6**
- ・ 農作物の生育・病虫害予測 **C-5** **C-6**
- ・ 農作業の効率化、生産性向上 **C-6**

自動運転・無人化

- ・ GPSを用いた散水、肥料/農薬散布、収穫自動化ロボット
- ・ 農業機械の自動運転化 **C-7**

4. 食料システムに関する研究開発 :

(C) 生産力の向上、省力農業

研究開発事例

C-1 バイオスティミュラントの開発



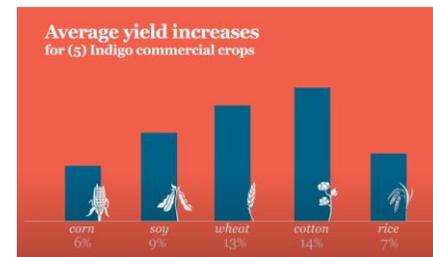
外膜遊離型シアノバクテリアの分泌物で果菜物の収量が10-40%増加するバイオスティミュラントを開発。



出典：パナソニックグループwebsite

C-2 植物に共生する微生物をコーティングした種子で収量増大

植物種ごとに増収効果のある微生物を選定、米国各地での圃場試験で実証後、販売へ。10%程度の収量増加に貢献。

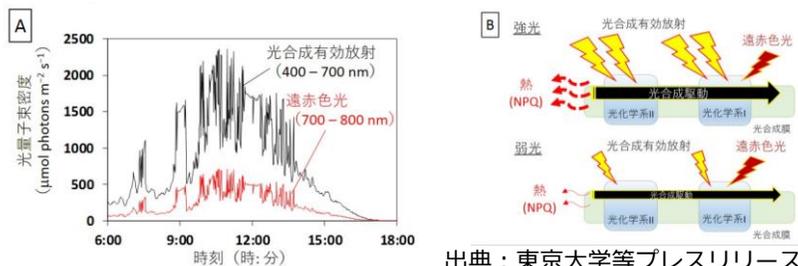


出典：Indigo Ag website

C-3 遠赤外光による光合成活性の向上



変動光環境の野外で、光合成に必要なない遠赤外光を照射することで光合成活性が上昇することを発見。光合成効率の向上は、単位面積当たりの収量増加に貢献が期待される。



出典：東京大学等プレスリリース (2019.10)
Plant Cell Physiol 61:192 (2020)

C-4 中国のスーパーハイブリッド稲

遺伝子組換えで作出した雄性不稔稲を父株に用い、第3世代スーパーハイブリッド米を作出。中国では作付面積の60%以上をハイブリッド米が占める。日本の全国平均の2倍以上の単位面積当たりの収量 (13.7t/ha)。



出典：Sci Rep 10:19935 (2020)

4. 食料システムに関する研究開発： (C) 生産力の向上、省力農業

研究開発事例

C-5

農作物のデータ取得とAI解析

ドローンを使った高解像度の映像や気象データなどをAIで分析し、農作物の生育状態を葉のレベルで把握。農薬散布量などを最適化するソリューションを提供。



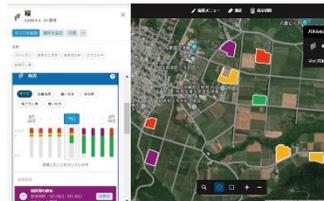
出典：Taranis website

C-6

JA全農とBASFがAIを活用した栽培管理支援システム Z-GIS、 xarvio® FIELD MANAGERを上市

地力マップ・生育マップ/「気予報・
散布天気予報/生育ステージ予測/病害
アラート/可変施肥&可変散布マップ

病害リスクマップ



可変散布マップ



出典：全農Z-GIS website

<https://www.xarvio-japan.jp/feature/index.html>

全農 Z-GIS



スマート農機連携で
データ連携可能

C-7

自動操舵トラクターの開発

衛星（GNSS）からの電波と基地局からの補正情報により数センチ単位の高精度測位が行え、誰でも同じ品質の作業が可能になる



出典：ヤンマーアグリジャパン website

4. 食料システムに関する研究開発：

(D) 代替生産技術、食品関連技術

研究開発の方向性

- ・ 国内生産が可能な雑穀類の品種改良、タンパク質・油脂類等の代替生産方法の開発
- ・ 食品のおいしさ・機能性、フードロス削減等に資する食品関連技術の開発

代替生産技術・代替食品開発

- ・ 低肥料で生産可能で高栄養価なソバなどの品種改良 **D-1**
- ・ 培養肉の製造技術開発
- ・ 代替タンパク質の開発
- ・ 藻類による食用油脂の生産 **D-2**
- ・ 陸上養殖技術の開発
- ・ 精密発酵によるタンパク質等の生産 **D-3**
- ・ 細胞培養による農作物生産 **D-4**

食品関連技術開発

- ・ 動物タンパク質のおいしさの解明と植物由来タンパク質の風味改善 **D-5**
- ・ 味の計測技術 **D-6**
- ・ AIによる食品機能性予測
- ・ フードロス削減 **D-7**
- ・ アップサイクル/リサイクル

4. 食料システムに関する研究開発 :

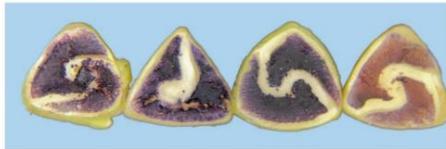
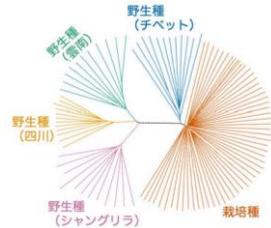
(D) 代替生産技術、食品関連技術

研究開発事例

D-1



次世代作物ゲノミクスでソバのモチ性遺伝子を特定
 低施肥で育ち高栄養なソバは食料自給率向上にも重要な作物。近縁種比較からモチ性遺伝子を同定し、遺伝子組換えでないモチ性ソバを開発。伝統食品の新しい食べ方を提案。

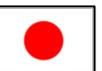


<i>FeGBSS1</i>	+/+	+/+	-/-	-/-
<i>FeGBSS2</i>	+/+	-/-	+/+	-/-

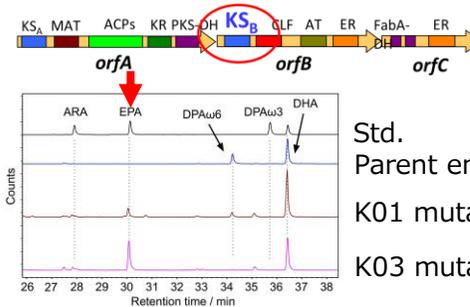
出典：京都大学プレスリリース (2023.8) *Nat Plant* 9: 1236 (2023)

D-2

微細藻類による食用油脂の生産



合成生物学的にDHAを生産する藻類の生合成遺伝子を改変することにより、EPA生産能を付与。



出典：北海道大学・大利徹教授
Angew Chem Int Ed 58: 2326 (2019); *Angew Chem Int Ed* 58: 6605 (2019); *ACS Chem Biol* 15: 651 (2020); *Curr Opin Chem Biol* 59: 30 (2020)

D-3

微生物タンパク質生産

フィンランドのSolar Foods社はCO₂とH₂でキサントバクター属細菌を培養。菌体を乾燥・粉末化した代替タンパク質「Solein®」を開発。

シンガポールで食品としての販売認可取得。味の素社は戦略的提携のもと商品開発を開始。

出典：<https://solarfoods.com/>



Solar Foods社のSolein®

D-4

細胞培養によるコーヒー生産

フィンランド技術研究センター(VTT)は、細胞培養によるコーヒー生産に関する論文を発表。コーヒーノキの葉のカルスを継代培養したコーヒー細胞を焙煎。生産期間を一ヶ月に短縮。



出典：*J Agric Food Chem* 71:18478 (2023)

4. 食料システムに関する研究開発 :

(D) 代替生産技術、食品関連技術

研究開発事例

D-5



動物性食品のおいしさ成分を植物油から生成

飽和脂肪酸を含む植物油を加熱すると動物性食品のおいしさを司る香気成分であるメチルケトンやラクトンが生成されることを発見。植物性代替肉のおいしさ向上へ。

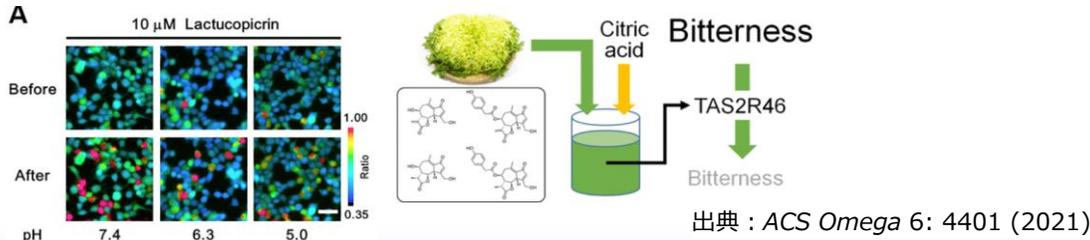


D-6



味の強度を計測するシステムを構築

味覚受容体を大量発現する細胞を確立、様々な味覚を蛍光シグナルで客観的に計測。レタスの葉の苦みへの応答がpHによって変化することを証明。食品開発の分野で味の調整や新たな味の創出に期待。

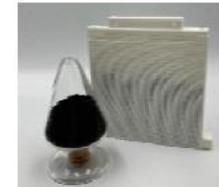


D-7



フードロス削減に貢献するエチレン分解触媒

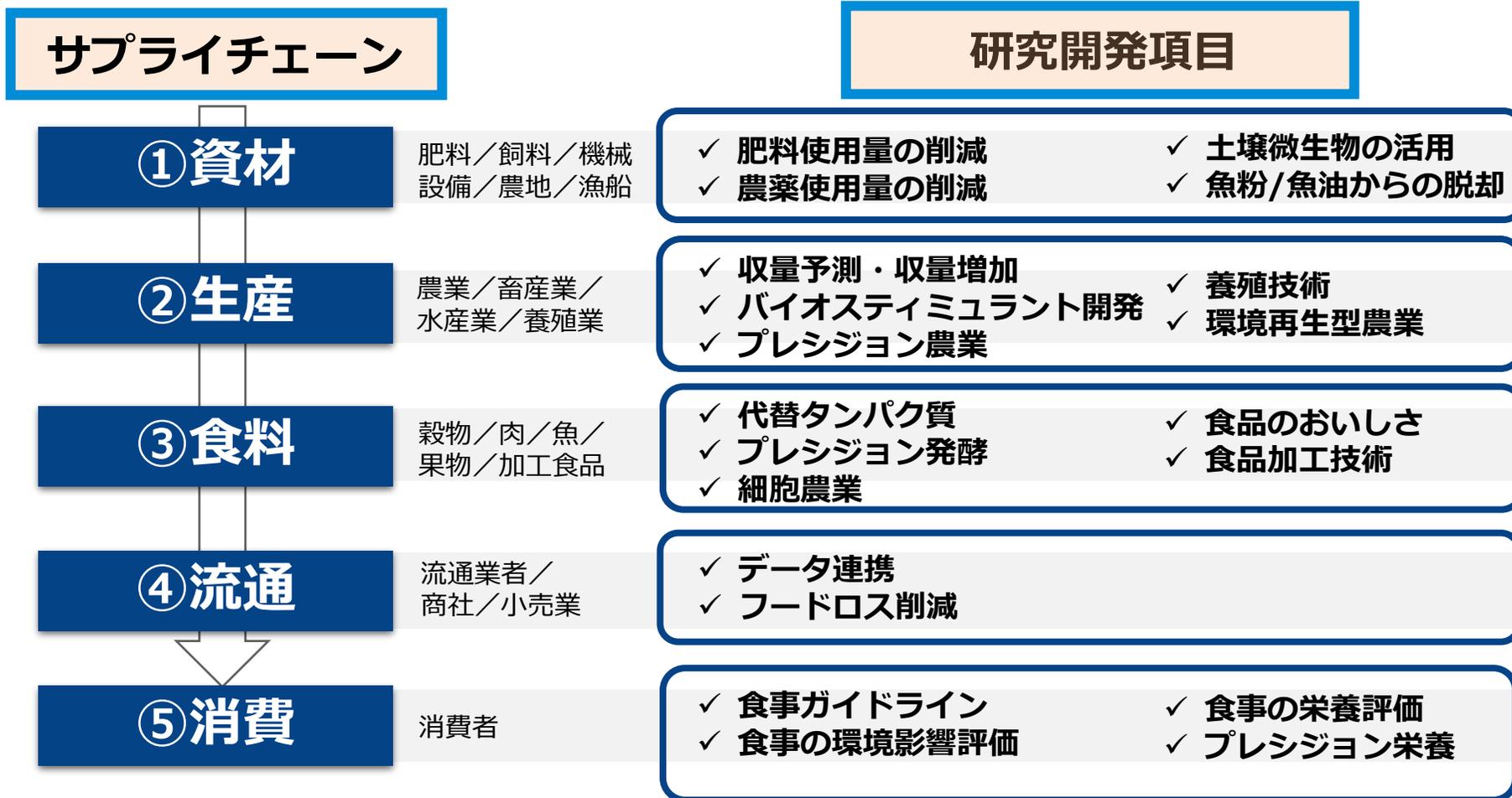
低温環境下でエチレンを完全酸化するプラチナ触媒を開発。エチレンは熟成や腐敗を促進する植物ホルモン。実証試験貯蔵庫の野菜の歩留まりが改善。



出典：https://www.hokudai.ac.jp/researchtimes/2020/11/-coi.html

5. 今後の展望

さらなる進展が期待される研究開発



6. まとめ

- **持続可能性と食料安全保障を満たす食料システムの構築が求められている**
- **わが国には一次生産従事者の減少と高齢化、低い肥料/飼料自給率、低い食料自給率、等々の問題が存在する**
- **以下の4つの分野などにおいて研究開発が進展している**
 - ✓ **予測・評価のデータ科学**
 - ✓ **生産資材の供給/省資源農業**
 - ✓ **生産力の向上/省力農業**
 - ✓ **代替生産技術/食品関連技術**
- **食料システムにおける課題解決に向けた研究開発のさらなる進展が期待される**

■ 作成担当 ■

小泉 聡司 フェロー (ライフサイエンス・臨床医学ユニット)
桑原 明日香 フェロー (ライフサイエンス・臨床医学ユニット)
戸田 智美 フェロー (ライフサイエンス・臨床医学ユニット)

CRDS-FY2024-XR-10

その他報告書

「わが国の食料システムの現状と研究開発の潮流」

令和6年10月 October 2024
ISBN 978-4-88890-947-1

国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

〒102-0076 東京都千代田区五番町7 K's五番町
電話 03-5214-7481
E-mail crds@jst.go.jp
<https://www.jst.go.jp/crds/>

本資料は著作権法等によって著作権が保護された著作物です。
著作権法で認められた場合を除き、本資料の全部又は一部を許可無く複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。
なお、本報告書の参考文献としてインターネット上の情報が掲載されている場合には、本報告書の発行日の1ヶ月前の日付で入手しているものです。
上記日付以降の情報の更新は行わないものとします。

This publication is protected by copyright law and international treaties.
No part of this publication may be copied or reproduced in any form or by any means without permission of JST, except to the extent permitted by applicable law.
Any quotations must be appropriately acknowledged.
If you wish to copy, reproduce, display or otherwise use this publication, please contact crds@jst.go.jp.
Please note that all web references in this report were last checked one month prior to publication.
CRDS is not responsible for any changes in content after this date.

Copyright © 2024 CRDS All Rights Reserved.