

技術的・経済的に 持続可能（サステナブル）な 植物工場システムの現状と将来性



2026年3月2日

林 絵理

NPO法人植物工場研究会

植物工場研究会

Japan Plant Factory Association

設立 : 2010年5月

所在地 : 千葉大学柏の葉キャンパス

会員 : (団体) 約130
(個人) 約100

施設見学者 : 約 53,000人 (累計)

研修参加者 : 約 4,800人 (累計)

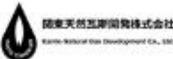
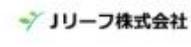
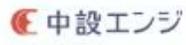
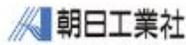
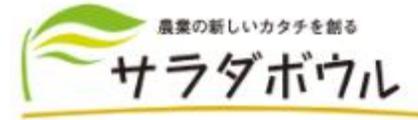
勉強会参加者: 約 15,000人 (累計)

日・英メールリングリスト登録者数 : 4,300人以上

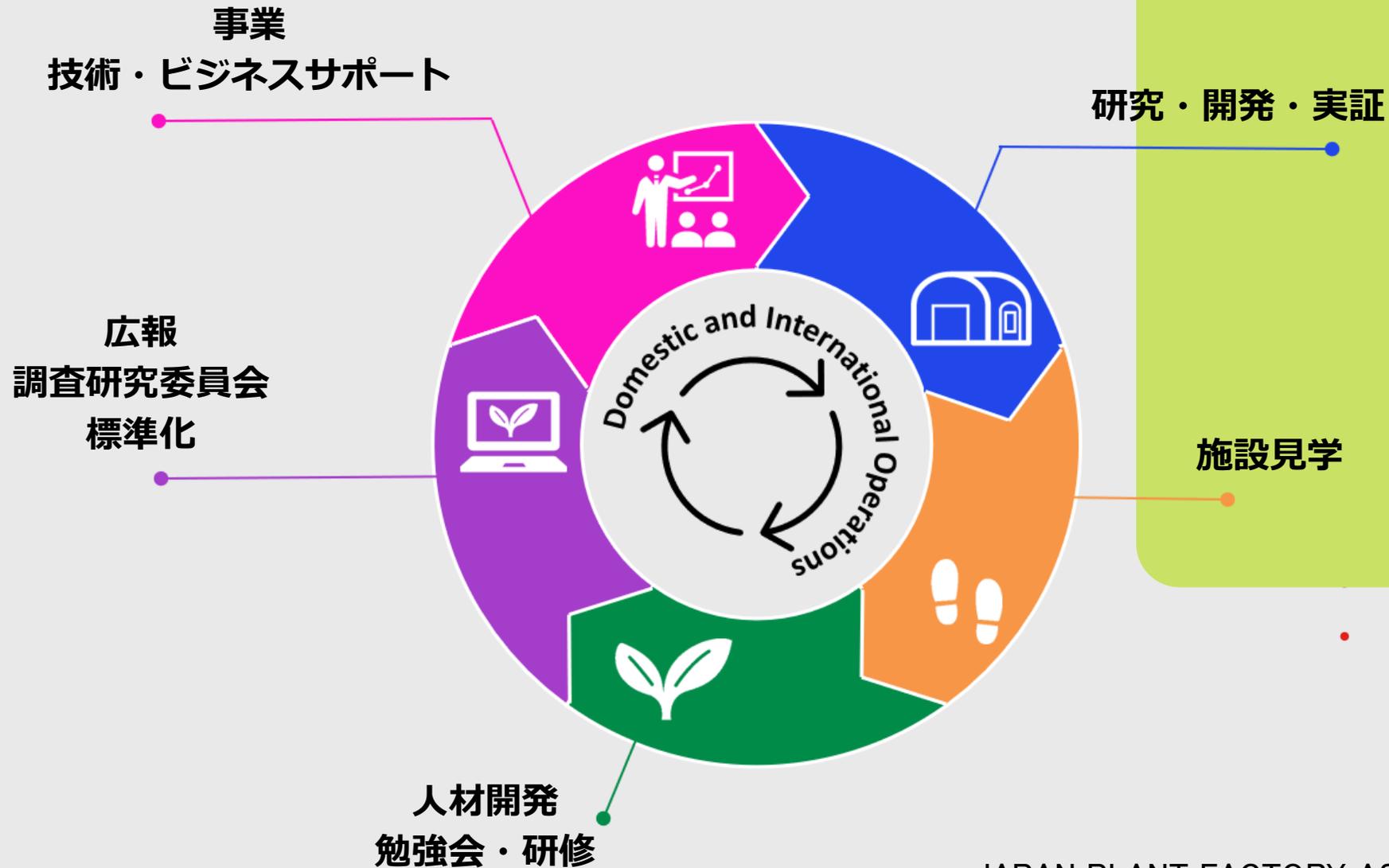




JPFA Members



植物工場研究会 活動概要



千葉大学 柏の葉キャンパス



Upcoming event!
Mark Your Calendar

2026



The 3rd JPFA International Symposium on Plant Factory

- 第3回JPFA植物工場国際シンポジウム -

Aug. 31- Sept. 1, 2026

@ Kashiwanoha Conference Center, Chiba, JAPAN

Keynote Speech, Discussion, Exhibition, Poster Presentation, Networking
and more!!



2025.09
開催

The Second JPFA International Symposium on Plant Factory

Sept. 1-2, 2025
@ Kashiwanoha, Japan



持続可能な未来に向け、多様な目的・用途を有する人工光型植物工場の活用方法・役割・技術課題と方向性、地球生態系の一員として植物工場を用いた社会活動、多様で柔軟な食料・植物生産システムの可能性について、「住むだけで健康」を目指す柏の葉スマートシティにてオープンディスカッション・国際共創を目指す



<https://noplantfactory.org/jpfasymposium2025/>
<https://noplantfactory.org/jpfasymposium2025.en/>

Speakers



古賀 大貴
Oishii Farm 共同創業者兼CEO
略歴
『Oishii Farmの日本展開とその裏側-日本発グローバル産業創出への挑戦』



日比 絵里子
国際連合食糧農業機関 (FAO) 駐日連絡事務所 所長
略歴
『世界の食料安全保障 ～みんなが食べられる未来のために』



Neil Mattson
コーネル大学 教授
略歴
『植物工場のエネルギー効率向上に向けて：収量最大化とエネルギー消費量減少のための空調、運用設計および照明戦略』



小川 朝生
国立がん研究センター東病院 精神腫瘍科長
略歴
『医療用大麻の社会実装に向けて：制度・技術・社会実装』



清野 宏
千葉大学未来粘膜ワクチン研究開発シナジー拠点長・卓越教授/カリフォルニア大学医学部特任教授
略歴
『医学・農学・植物工場科学異分野融合から生まれた注射針と冷蔵保存不要なコメ型経口ワクチン MucoRice』



Michelle Watt
メルボルン大学 教授
略歴
『Ideotyping and Engineering a Complete Use Plant for Contained Space and Earth Systems』



Marc Celis
ライク・ズワーン Crop スペシャリスト
略歴
『Growing Quality in a CEA without Daylight』



Teo Shuan Hao
リパブリック工科大学 研究員
略歴
『Towards Sustainable Pest Management in CEA including Plant Factories』



野澤 永光
MIRAI株式会社 代表取締役社長
略歴



二宮 正士
東京大学 名誉教授
略歴
『植物フェノミクスはどこへ向かうのか？ 次世代植物工場を支える技術革新』



全 昶厚
韓国 国立ソウル大学 農林生物資源学部 教授
略歴
『韓国の植物工場産業と学術研究の最新トレンド』



Bruce Bugbee
ユタ州立大学 教授
略歴
『Turning Photons into Food』



後藤 英司
千葉大学大学院園芸学研究院教授
略歴
『植物工場を用いた医薬品原材料生産と月面農業』



Paul PG Gauthier
クイーンズランド大学 教授
略歴
『Growing Tropical crops indoors: lessons and opportunities for Cacao, Passion Fruit, Rice and more.』



Laura van de Kreeke
Growly 人工光型植物工場生産者
略歴
『Beyond One-size-fits-all: Unlocking Growth Potential through Plant Profiles』



John Doonan
英国アベリストウイス大学 国立植物フェノミクスセンター所長/教授
略歴
『Exploiting Highly Mechanised Controlled Environment Growing Systems for Plant』



甲斐 剛
有限会社新日邦 アグリ事業部長



島田 悠平
株式会社ツバキベジムーブ 生産部長

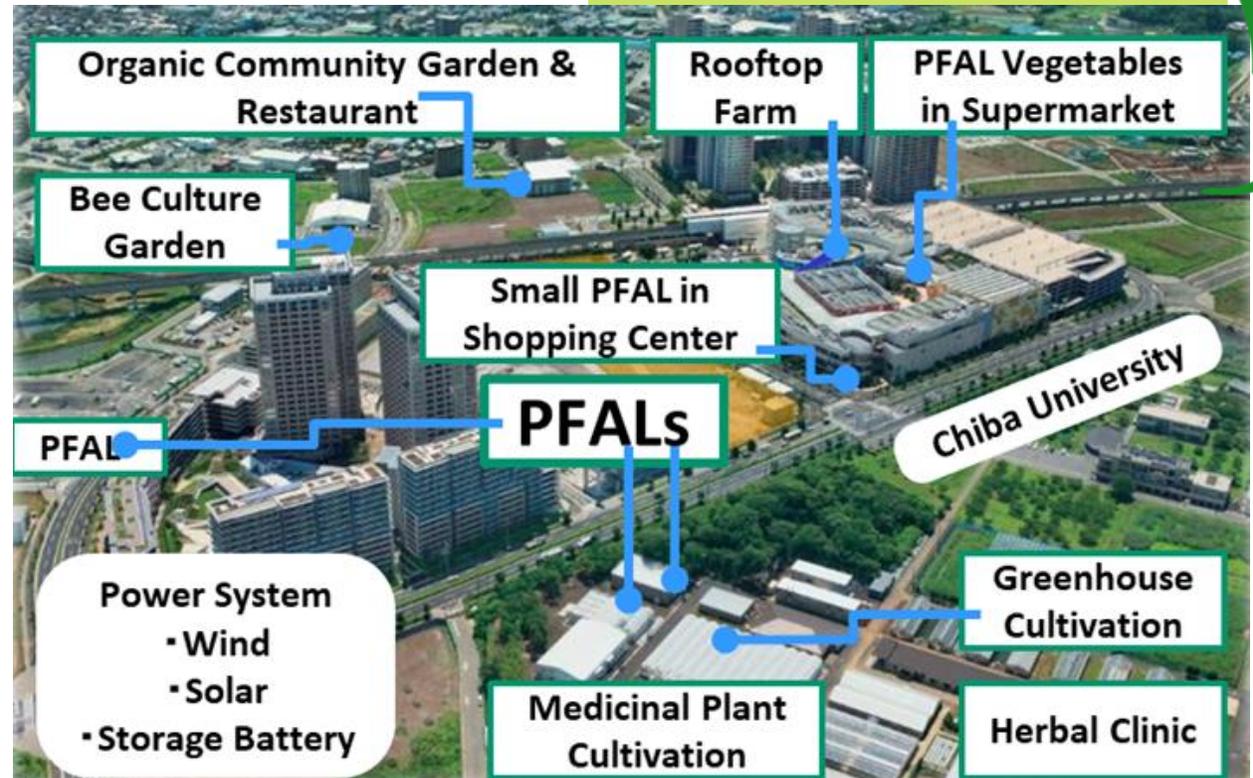
植物工場の拠点

千葉大学柏の葉キャンパス



スマート人工光型植物工場プロジェクト

人工知能（AI）を活用した植物フェノタイピングと次世代型植物工場システムの研究開発や育種プロジェクト



植物工場の拠点 千葉大学柏の葉キャンパス 植物工場研究会

11 残渣利用施設

施設面積：144 m²



施設面積：144 m²

10 苗テラス[®](人工光型)

施設面積：49 m²



施設面積：49m²

9 トマト選果施設

施設面積：640 m²



施設面積：640 m²

13 セミドライフォグ[®] 環境調節(太陽光型)

実証企業：
(株)いけうち
施設面積：243 m²



施設面積：243 m²

1 自然給水栽培装置(NSP) (太陽光型)

実証企業：
ヤンマーグリーンシ
ステム(株)
施設面積：2,151 m²



施設面積：2,151 m²

2 ハイドロカルチャー有機肥 料循環栽培(太陽光型)

実証企業：
(株)プラネット
施設面積：2,430 m²



施設面積：2,430 m²

3 植物工場向け種子の研究

実証企業：
(株)リーフ・ラボ
施設面積：2,412 m²



4 イチゴの多収生産(太陽光型)

実証企業：
三菱ケミカルアクア
ソリューションズ(株)
施設面積：1,080 m²



14 植物生産工程自動化 (人工光型)

実証企業：
千葉大学、
(株)大林組
施設面積：590 m²



施設面積：406 m²

6 多段式栽培工場 (人工光型)

実証企業：
千葉大学、
NPO植物工場研究会
施設面積：406 m²



施設面積：406 m²

12 高気密・省エネドーム (人工光型)

実証企業：
ジャパンドーム
ハウス(株)/エス
ベックミック(株)
施設面積：180 m²



施設面積：180 m²

7 イチゴの周年栽培 (人工光型)

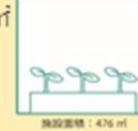
実証企業：
(株)ハンモ
施設面積：207 m²



施設面積：207 m²

8 二次育苗施設(太陽光型)

施設面積：476 m²



施設面積：476 m²

コンソーシアム形式による
産学官連携
共同研究・開発・実証



YANMAR



Leaf Lab

HANMO

アリアンテック
ARIAN
夢の植物工場を構築TECH



Fixed bench

3 trusses, 4 crops/y, 6 blocks

5,400 plants/10a

苗生産



https://napperland.net/plant_system/naeterace/



https://napperland.net/en/plant_system/napper_land/



Source: Website of H.Ikeuchi & Co., LTD.

機能性表示食品



https://www.kirinoikeuchi.co.jp/blog/articles/220608_news.html

種子繁殖型イチゴ



<https://seedstrawberry.com/yotsuboshi.html>

柏の葉にある多目的な植物工場



10,000 heads/d



3,000 heads/d



700 heads/d



Seedling
Production



Hotel
Restaurant

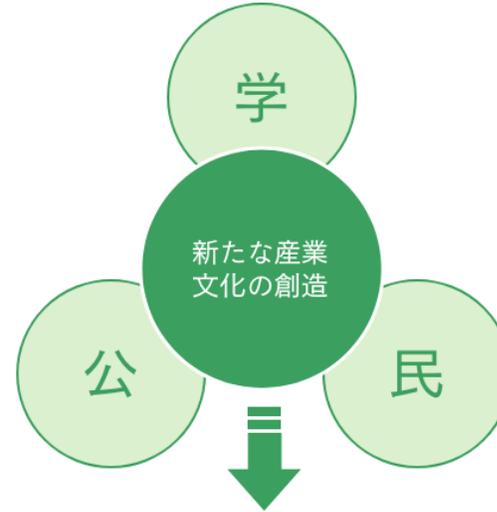


Home-use

柏の葉スマートシティ

“「住むだけで健康」を目指す”

新産業創出



街づくりの3つのテーマ

新産業創造

健康長寿

環境共生

健康長寿

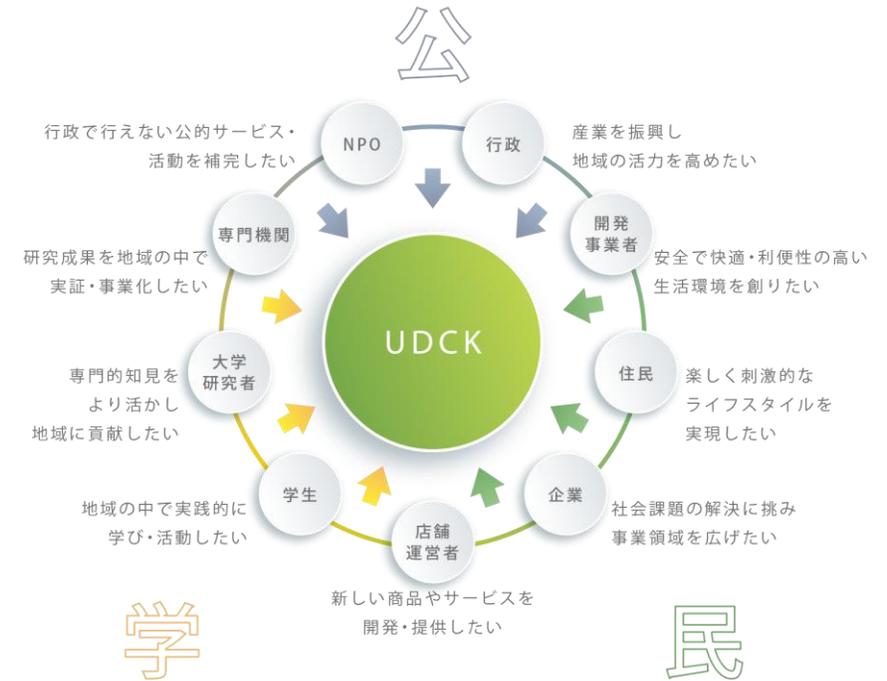


環境共生



ライフサイエンス協議会

【柏の葉ライフサイエンス協議会 第3回総会が開催されました】

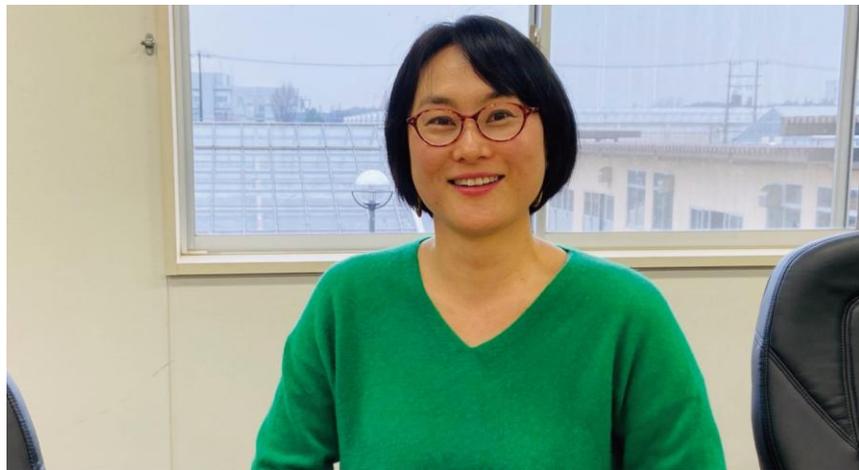


<https://www.kashiwanoha-smartcity.com/innovation/>

<https://www.kashiwanoha-smartcity.com/info/topics/81/>

柏の葉スマートシティとの共創

【植物工場研究会 林絵理副理事長インタビュー】「食料や環境、エネルギーなどに関する課題が深刻化している現在、植物工場の技術へのニーズはより高まっています。」



<https://www.kashiwanoha-smartcity.com/info/topics/39/>

【共創事例：企業×アカデミアによる新規事業開発】 大林組×植物工場研究会 インタビュー



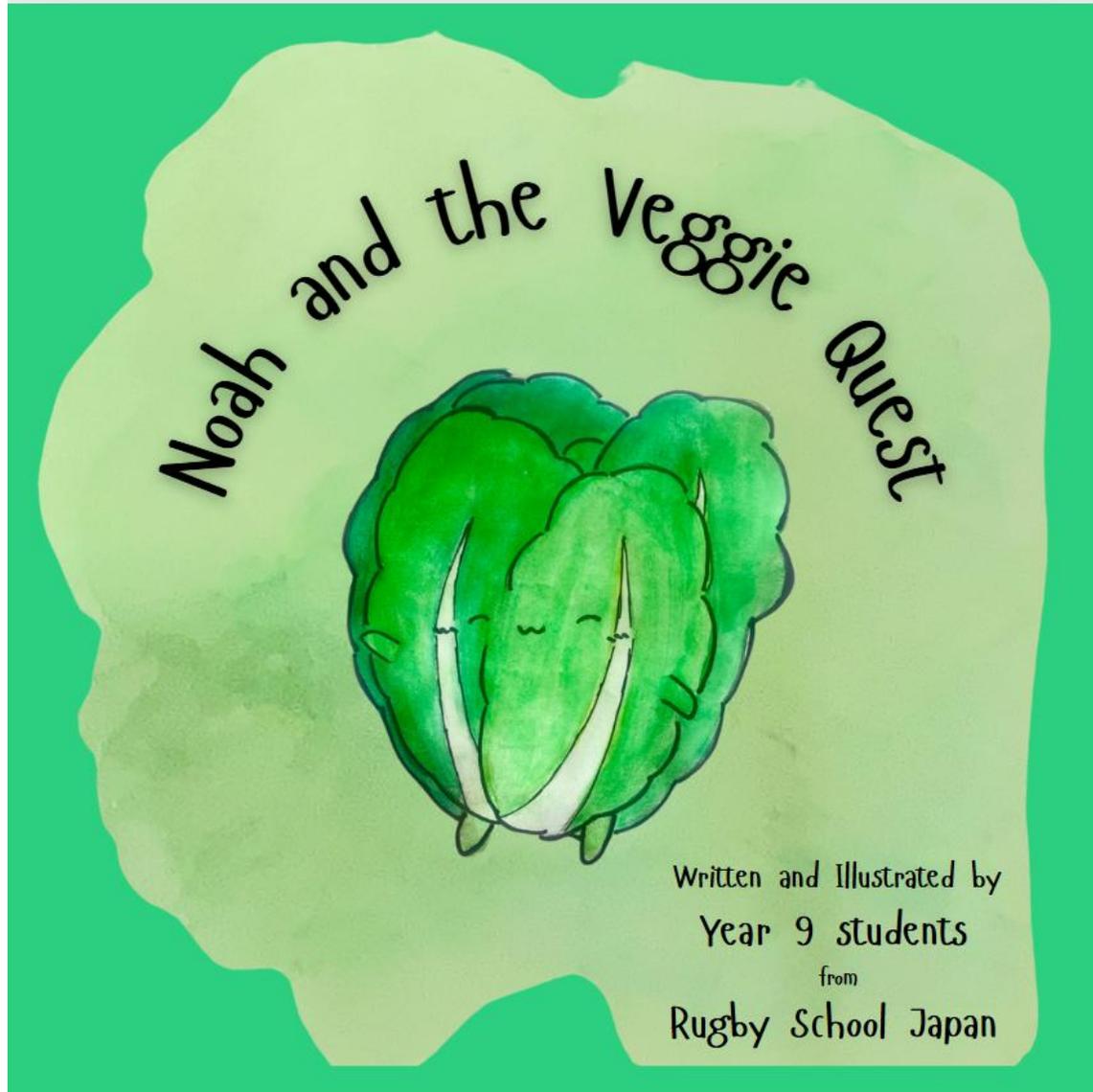
<https://www.kashiwanoha-smartcity.com/info/topics/60/>

【共創事例】Rugby School Japan × KOIL～地域で学びをつくり、ともに学ぶ



<https://www.kashiwanoha-smartcity.com/info/topics/80/>

ラグビー校日本の生徒が植物工場の絵本を制作



There once lived a happy boy named Noah.

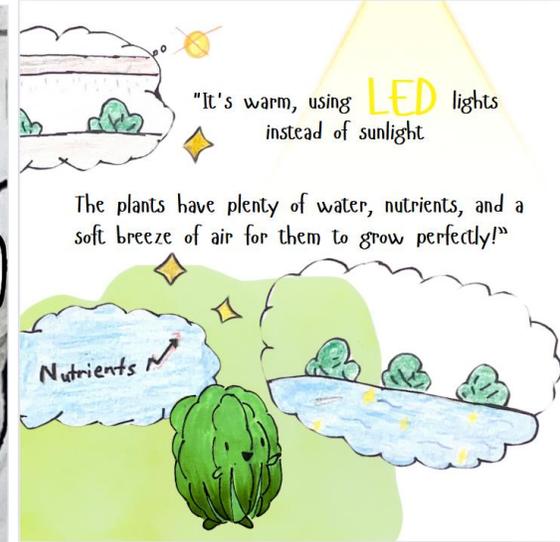
Noah was a very good kid.

But Noah has one big problem.

Every night his Dad would make a balanced meal, but Noah always refused to eat the vegetables.



After another loooooong walk, Noah and Leafy arrived at the plant factory. Dr. Hayashi, a scientist, came out with a big smile on her face. She looked at Leafy with kind eyes.



ラグビー校ジャパンの生徒が植物工場の絵画制作



JPFA WEEKLY

JPFA Weekly Vol. 189 July 4, 2025

Rugby School Japan (特別会員) が、コミュニティアートの一環で植物工場に関する作品を制作しました。今週、同校のアートクラスの先生、Emma先生とSaara先生が当会を訪問され、ユニークで創造性豊かな作品を届けてくださいました。植物工場で育てたレタスをテーマにしており、生徒それぞれの視点や表現が詰まったものとなっています。当会ではこの素敵な作品たちを訪問者にも見ていただけるよう、見やすい場所に展示する予定です。また、同校は9月に開催予定のJPFA植物工場国際シンポジウムにも参加し作品を展示するほか、以前Weeklyでご紹介した植物工場をテーマにした絵本なども紹介される予定です。

植物工場を知ろう @ 柏の葉

家族や友達とも話してみてね



1. 植物工場って知ってる？

もちろん！



ふん？



『植物工場』とは・・・

- ▶ 断熱性・気密性の高い空間（環境室）で、植物が育つ環境を高度に再現・制御
密閉空間のため虫などの侵入がなく、農薬不要
- ▶ 人工的な光（LEDや蛍光灯など）を使って栽培
植物の成長に必要な物質（水、二酸化炭素、肥料など）
+ 必要な光をさええれば、植物本来の栄養分もパッチリ
- ▶ 光の種類や強さ、肥料の成分などをコントロールし、年中栄養分を調整した野菜も販売されています

※植物工場は「人工光型」タイプの植物工場のみを指すこととする



2. 柏の葉にも植物工場がある？

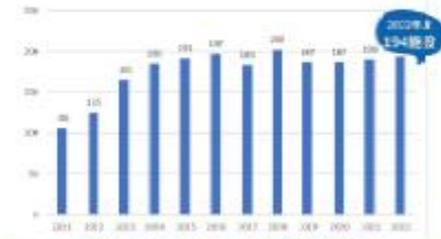
日本にある植物工場の数は、
なんと約200！

- ▶ 2005年3月から毎年、アンケート調査によって施設数が集計されています
- ▶ コンテナタイプの小規模なものから、1日で3トン以上のレタスを生産する大規模工場まで様々な植物工場があります

大規模工場に
柏の葉さん
よっ！



人工光型植物工場施設数の推移



※調査結果は<https://jpha.com/j/>にて公表されています

3. 植物工場野菜ってどこで 食べられる？



コンビニやスーパーでも・・・

- ▶ 虫や土の混入がなく衛生的、農薬不要で「洗わないで」食べられる植物工場野菜は、雑音も少なく日持ちが良い、節水、すぐ使えるなど嬉しいこといっぱい！
多くのコンビニフードやレストランで使われています
- ▶ 制御された最適な栽培環境で生産されるため、季節や天候に左右されることなく1年中、安定生産・安定供給
スーパーでもいつでも同じ品質で手に入ります
- ▶ 最近はいちごやハーブ、エディブルフラワーなども生産されています

柏の葉・柏の葉近所で植物工場野菜を
味わえる場所を紹介しています。
詳しくは表紙も見てください



4. 植物工場はサステナブル？

植物工場は地球に
やさしい！？



- ▶ 収穫後のレタスは、種以外のほとんどが販売可能でムダなし！
栽培に必要な水の量も、一般的な露地栽培と比べ、約1/14以下ととってもエコ
- ▶ 植物工場を使えば「どこでも」栽培可能に
通常、植物栽培には適さない地域でも植物工場なら栽培可能
つまり、輸送にかかるガソリンやCO₂の排出量も減らせちゃいます
- ▶ 何をどれくらい栽培するか計画が立てられるので、食料廃棄も
しなくていい！



5. 植物工場野菜はおいしい？



もちろんおいしい！

- ▶ どこでも作れる植物工場野菜は産地と消費地が近いので、
いつも新鮮、いつもおいしい
- ▶ 密閉空間で衛生的に作られた植物工場野菜は洗わずに食べてOK
手洗も減るし、おうちサラダも水っぽくならずシャキシャキ
- ▶ しかも農薬がとっても少ないため、冷蔵庫に入れておけば、びっく
りするほど長持ち
虫や菌などとも少なく安心です

ぜひ一度食べてみてね

<作成>
特定非営利活動法人
植物工場研究会
<https://npoplantfactory.org/>





植物工場野菜 レストラン・販売店MAP



柏の葉キャンパス駅、柏・我孫子市内、流山おおたかの森駅近辺で植物工場野菜を使用したメニューの提供や植物工場野菜の販売をしているお店を紹介します

柏の葉・柏・我孫子

A I.B DINER 柏の葉

ハンバーガーとサラダのお店。いつでもフレッシュな植物工場野菜を使用。

所在地: 柏市若葉277-7-183-1
電話番号: 04-7197-7287



B SALVATORE CUOMO & BAR 柏の葉

窯焼きピザのお店。シーザーサラダに植物工場産のロメインレタスを使用。

所在地: 柏市若葉178-4
ららぽーと北館1F
電話番号: 04-7197-7700



C カフェレストラン AGORA

街の定食屋さんを目指すビストロ。柏の葉の景色を一望できる。店舗内で栽培された野菜も提供。

所在地: 柏市若葉178-4 8F
電話番号: 050-5486-7891
定休日: 月曜日



D コメ・スタ 三井ガーデンホテル柏の葉

三井ガーデンホテル1Fに併設されたお店。

所在地: 三井ガーデンホテル柏の葉1F
電話番号: 04-7182-0058

E 東急ストア柏の葉店

直売コーナーで植物工場産のグリーンリーフ、フリルレタス、イタリアンパセリ、パジルなどをお買い求めいただけます

所在地: 柏の葉ららぽーと内東急ストア

F わくわく広場

「地域を結ぶ直売広場」をコンセプトに、地元の植物工場産の野菜も販売。

取扱店:
モラージュ柏店、イオンモール柏店、
アビクオーレ店、あびこショップ
ングプラザ店など



流山

G SALAD shop "the BoX"

サラダを食事の主役に、新鮮野菜をたっぷり使用したワンポウルサラダはボリューム満点

所在地: 流山市おおたかの森南1-5-1
駅前広場コンテナショップ
電話番号: 070-3313-2613



H 大衆イタリアン PORTA

幅広いシーンで気軽に立ち寄れるイタリアンバル。地元野菜をふんだんに使用した新鮮な美味しさ。

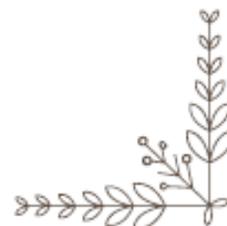
所在地: 流山市おおたかの森北1-5-4
クロスエットおおたかの森 2F
電話番号: 04-7188-6075



I I.B TERRACE

リゾート感のあるアメリカンダイニング。テラス席あり。グルメバーガー、サラダにパンケーキ、ぜひどうぞ。

所在地: 流山市おおたかの森南1-5-1
流山おおたかの森S・C FLAPS4F
電話番号: 04-7188-6112





I.B Diner(アイビーダイナー) 柏の葉

@Kashiwanoha



<https://ibdiner-kashiwanoha.owst.jp/>



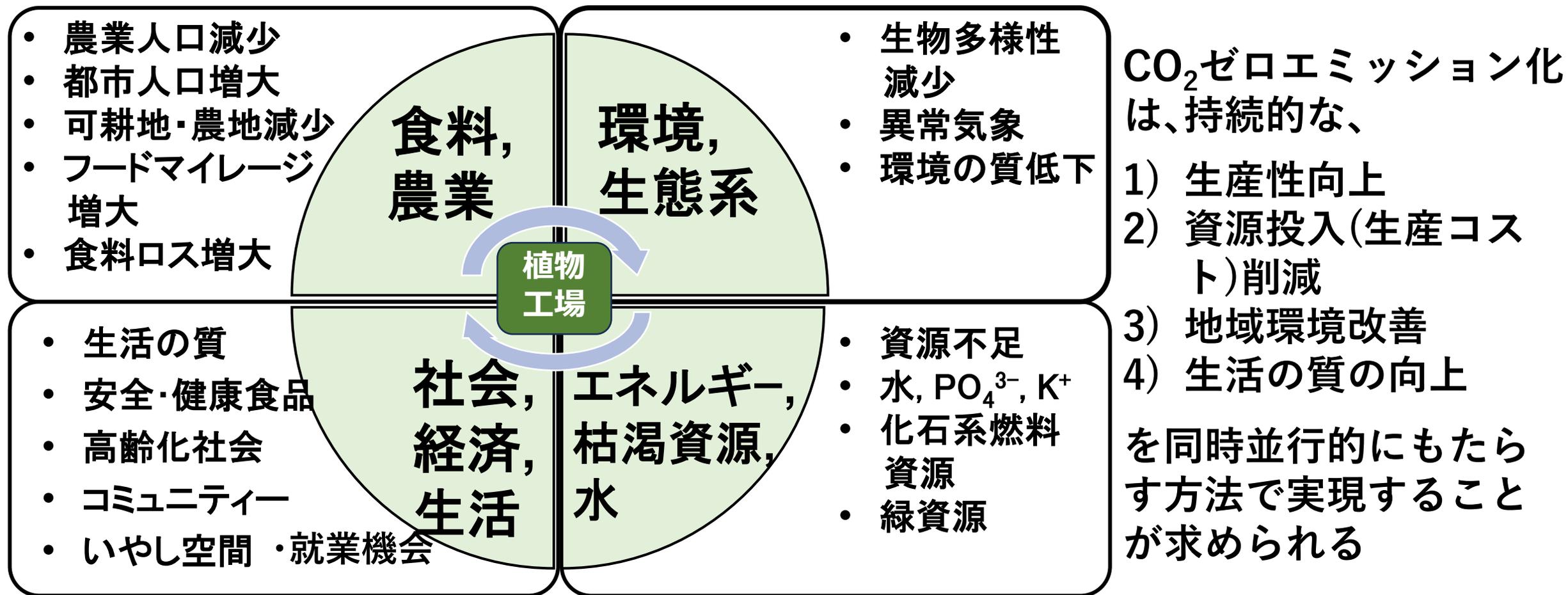
(人工光型) 植物工場

Plant Factory

**Plant Factory with Artificial Lighting
(PFAL)**

植物工場の導入が期待される背景

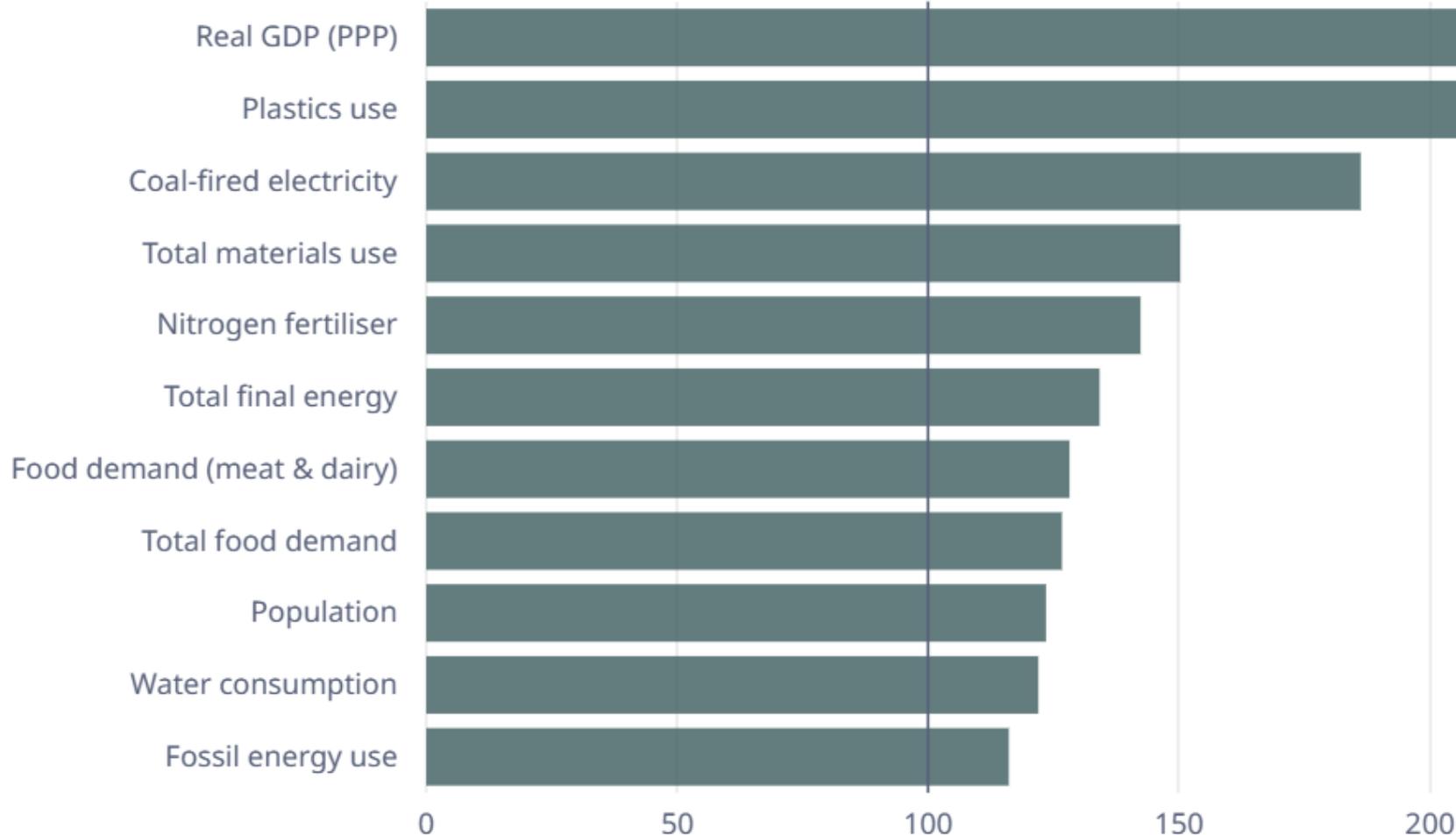
食料を安定生産しつつ地球温暖化阻止に貢献するには
4すくみ課題の同時並行解決が必要



Evolution of drivers and socio-economic trends behind environmental pressures in 2050

Index (2020=100)

World



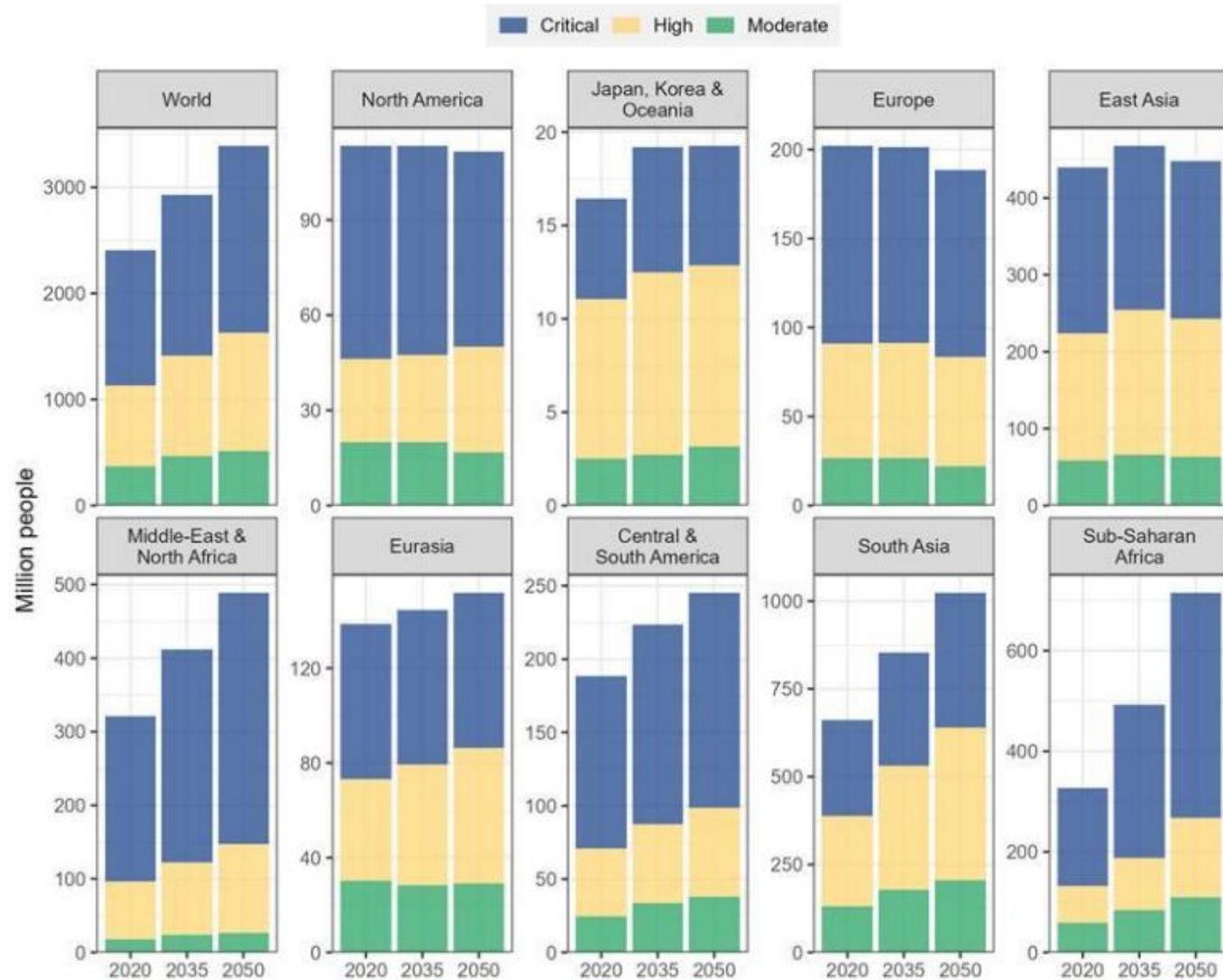
地球のトリプル・クライシス（危機）に関する環境展望（OECD, 2025）より

Policies are needed to reduce the environmental footprint of food production and consumption. This is critical to reducing greenhouse gas emissions, mitigating ecosystem degradation from agricultural land use expansion and intensification, and alleviating nutrient pollution. Governments can consider revising regulations and safeguards with an aim to reduce emissions, shift diets and decrease food loss and waste.

https://www.oecd.org/en/publications/environmental-outlook-on-the-triple-planetary-crisis_257ffbb6-en.html

水ストレス (2020・2035・2050年)

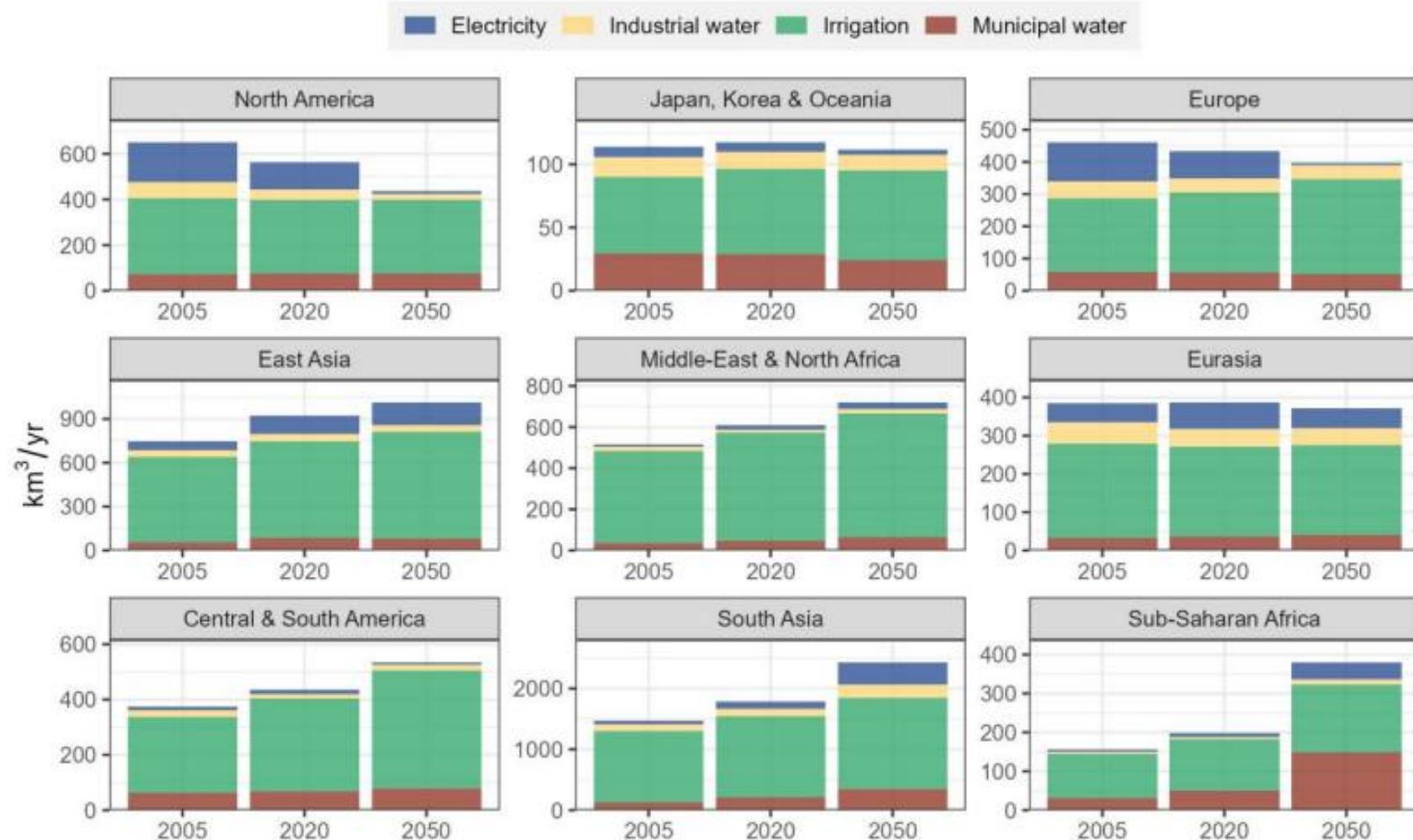
Population at risk of water stress in million people



Note: Water stress is defined by the share of water withdrawal per 30 arc-min grid cell that needs to be obtained from non-renewable sources (i.e. no surface water or renewable groundwater, e.g. deep aquifers or desalination). Population is classified according to the severity of water stress based on the percentage of non-renewable water needed: moderate (> 10%), high (> 25%) and critical (> 50%).

地域別・部門別の取水量 (2005・2020・2050年)

Water withdrawal in km³/yr



Source: Environmental Outlook modelling toolbox.

世界の食品輸送による温室効果ガス約3ギガトン。従来の推定値の3.5~7.5倍

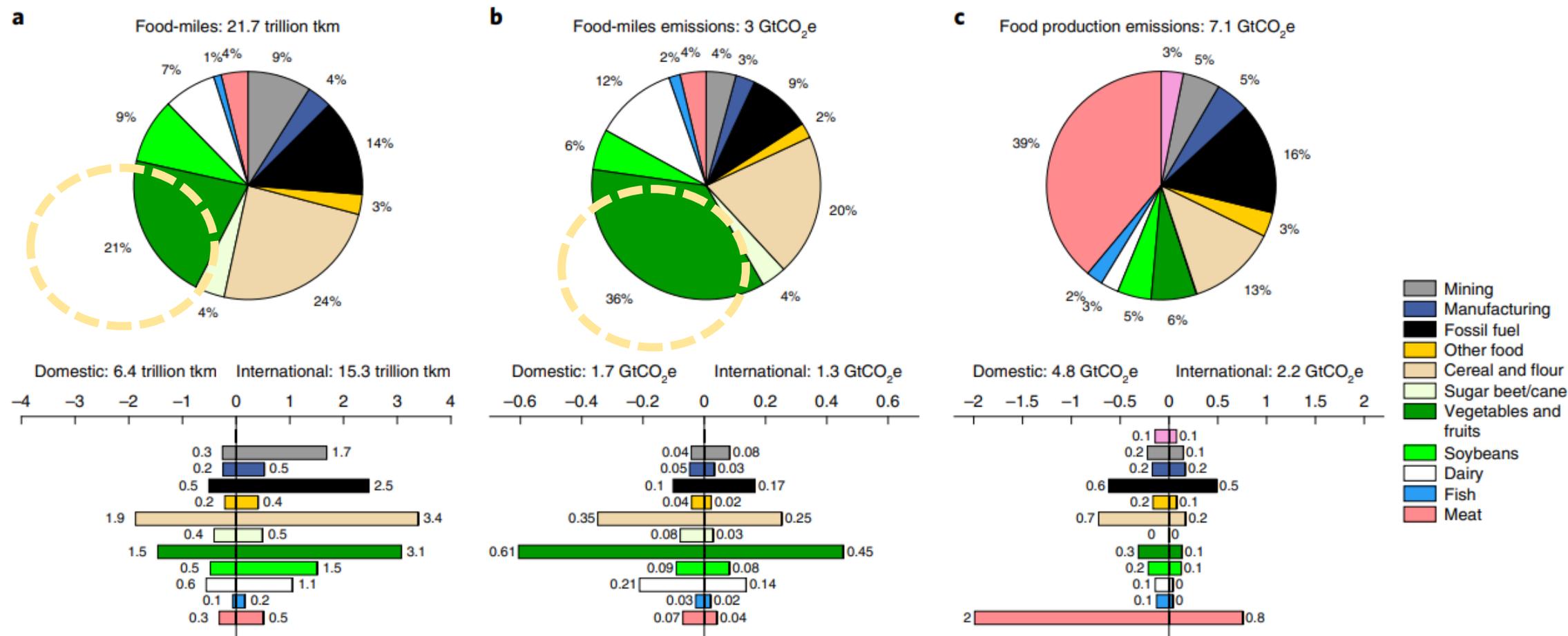


Fig. 1 | Overview of domestic, international and global food-miles, food-miles emissions and food-production emissions by sectors. a-c, Food miles (a), food-miles emissions (b) and food-production emissions (c). a and b are based on our food-miles approach (Supplementary Notes and Supplementary Methods, equations (4)-(8)); c is based on the environmental-extended MRIO footprints of global food production (Supplementary Notes and Supplementary Methods, equations (2) and (3)). Sectoral breakdown is represented by horizontal bars.

植物工場とは 【 主な構成要素 】



- **断熱・気密性**が高い施設で栽培環境を制御
- 光源として**LED照明**など人工光源を使用（太陽光の代わり）
- 照明、空調（温湿度、気流）、CO2施用、養液栽培、環境管理
- **目的に応じて環境条件を設定・制御**

植物工場での光技術の利用

1) **照明装置**：植物に光を照射して、光合成、光形態形成(花芽の成長)、二次代謝成分(各種の色素、薬効成分、味・香り成分等)の促進や抑制を行う。

→照明の光の波長は、紫外、青、緑、赤、遠赤等に分類される。これらの波長域の割合と強さを植物成長段階と生産目的に併せて調整することが重要な技術

2) **計測装置**：光の強さおよびそれを波長域別に計測するセンサー。植物およびその周辺で反射される光を画像として計測し、植物の形態、反射率、吸収率などを計測するセンサー。Phenotyping（植物フェノタイピング）

植物工場の長所

- 1) 異常気象や病虫害による収量減少はほぼゼロ
- 2) 土地面積当たり生産額は100倍以上
- 3) 年間を通しての高収量安定生産(年間雇用可能)
- 4) 快適作業環境での軽作業(高齢者、障がい者等のパート労働も可)
- 5) 栽培ノウハウが気象・土壌・水質に影響されず、習得が容易

資源削減

- 1) 重油等の石油系燃料の使用量はゼロ
- 2) 生産物当たりのかん水量は約90%削減
- 3) 作業者、運搬機械類の移動距離は約90%削減
- 4) 生産物当たりの施肥量は約50%削減
- 5) 荒地などの小面積で経営可能(地産地消。輸送費・梱包費の削減)
- 6) 関連データの集積と利用が容易

(古在, 2023)

植物工場とは

【 主な特徴 】

- 天候に影響されず、場所を問わず安定して高品質な植物を計画的・効率的に生産
- 外部環境の影響を受けにくいいため、再現性の高い栽培が可能
- 現時点では初期費用がかかるが、栽培期間の短縮や栽培空間当たりの高生産性が可能
- 省スペース化や立体栽培により生産性が向上
(露地農業の100倍以上)
- 高品質で均一、衛生的な植物を周年安定生産できる
- 機能的成分含有量を増加させることが可能

植物工場とは

【 環境への影響と生産性 】

- ・ 水、CO2、肥料などの資源の利用効率が高い
(投入資源当たりの生産性が高い)

例：空調機を介したドレン水を用いた水を再利用することで
栽培用の水量を90%以上削減
肥料の使用量も削減可能

- ・ 農薬不要（外部からの病害虫侵入防止）
- ・ 洗わなくても食べられる衛生的な野菜
- ・ 廃棄ロスが少なく、可食部の割合が大きい
- ・ 都市近郊での生産により輸送コストや環境負荷を削減

植物工場の技術的利点

高断熱・高気密施設内で生産するため時系列データ収集・分析が容易

資源利用効率(RUE) = Output/Resource Input

costs and produce, and the cost performance (CP) of the PFAL
can be estimated online



植物工場における生産 → データ: 時系列計測・解析

植物工場とは

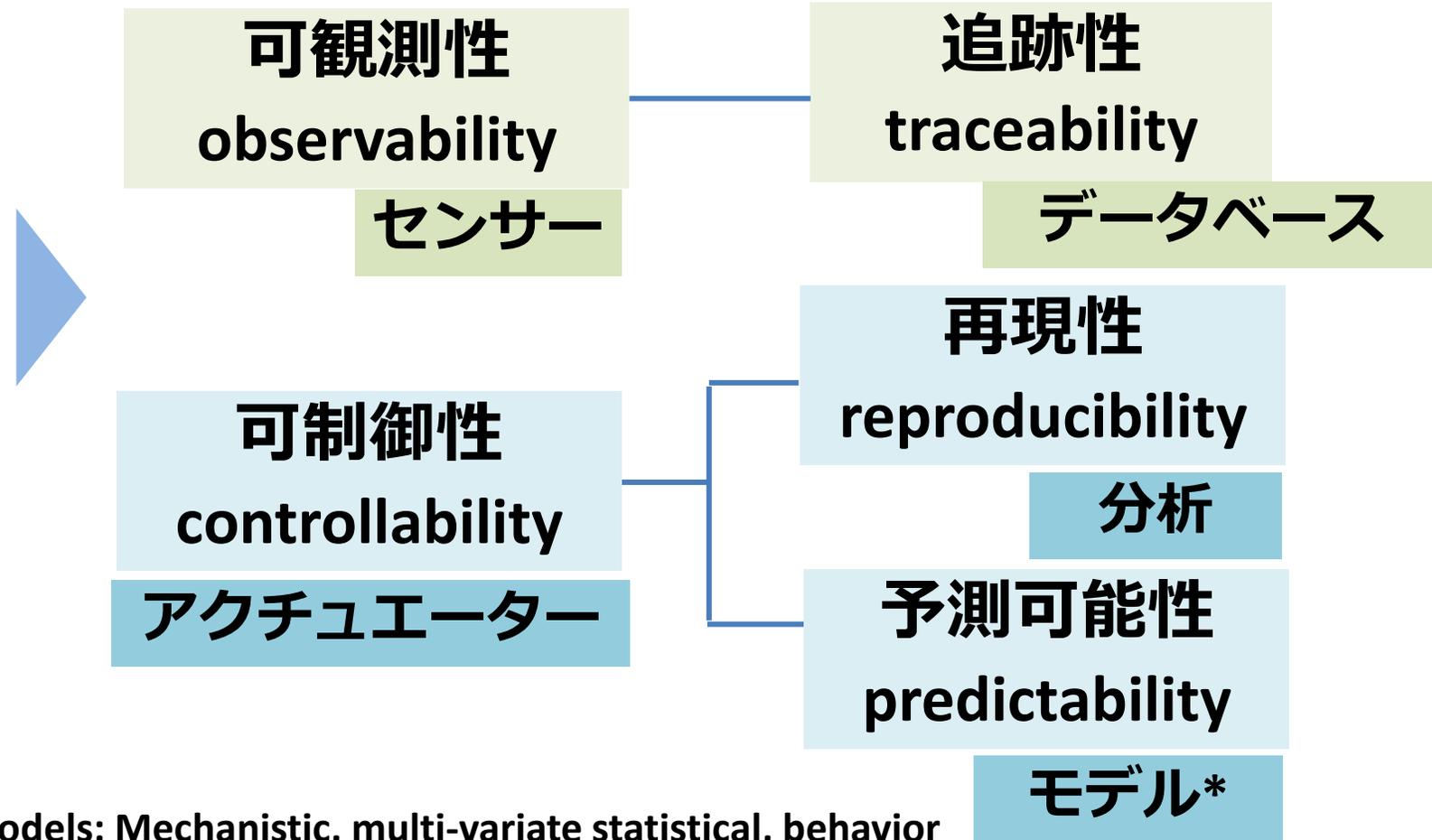
【 技術面の大きな利点 】

- 断熱・気密性が高い施設で栽培環境の制御が可能
- 高精度な時系列計測とデータ収集が可能
- 時系列分析や生産計画の予測が容易
- 資源投入効率や生産性の推移分析が栽培しながら実施可能

植物「生産」と「時系列計測・解析」を同時に実施

植物工場

【連続的な生産性向上を可能にする進化的特徴】



*Models: Mechanistic, multi-variate statistical, behavior (surrogate) & artificial intelligence (AI) models

現在の植物工場の短所

- 1) **建物・設備の初期投資(減価償却費)が高い(他方、生産量あたりの減価償却費はハウスと同等)**
- 2) **生産管理用のソフトウェア・アプリが未整備(現状では、技術水準が高い生産管理者が必要)**
- 3) **葉もの野菜と苗生産が大半(イチゴ、トマト、花き類、矮性果樹類等の技術とビジネスは初期段階)**
- 4) **生産物1kgあたりのCO₂排出量が(化石燃料発電の場合は) 多い**
- 5) **(太陽光信奉者・自然信奉者には受け入れられない)**

植物工場および園芸施設における資源利用効率および理論的最大値

資源利用効率	理論的最大値	植物工場	園芸施設
光合成有効放射エネルギー(PARE)	0.11 (最大光量子効率=1/9)	0.027	0.017
電気エネルギー(EE _T)	0.06 (= 0.5*0.11)	0.007	-----
水(かん水)	1.0	0.96	0.02-0.03
CO ₂ (施用)	1.0	0.88	0.4-0.6
化学肥料	1.0	0.8-0.9	0.5-0.7
種子	1.0	0.95	0.8-0.9

Ohyama et al. (2002; 2005; 2006); Yokoi et al. (2005); Kozai et al. (2012)

照明用電気エネルギーの栽培室における熱エネルギーおよび化学エネルギーへの変換過程

照明用電気エネルギー, E_L

100

E_L

- LED 照明器具の種類
- P/N接合の温度

生産物の新鮮重1kgあたりに必要な電気エネルギー量は、概ね、葉もの野菜では10 kWh。果菜類では20 kWhである。

最大 40

PARエネルギー

- 光反射板の反射率と形状
- LEDの配置

60

熱エネルギー

最大 4

植物体内への化学エネルギーの固定

- 最大光量子効率

36

熱エネルギー

2

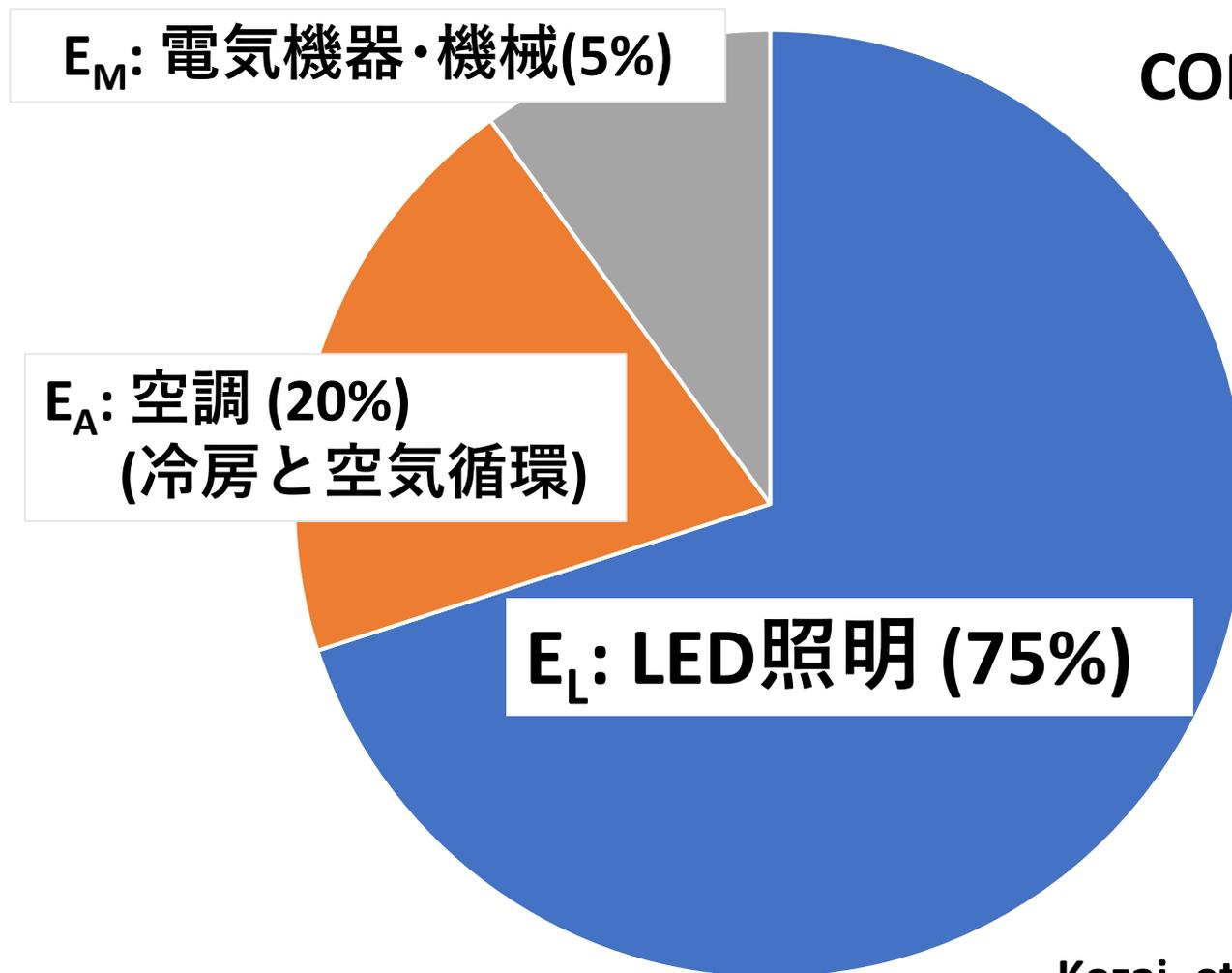
生産物に含まれる化学エネルギー量

- 環境要因、群落構造
- 遺伝的特性
- 生理生態状態

2

(古在, 2023)

照明、空調およびその他機器別消費電力量の百分率



COP (エアコンの成績係数)

外気温25°Cの場合

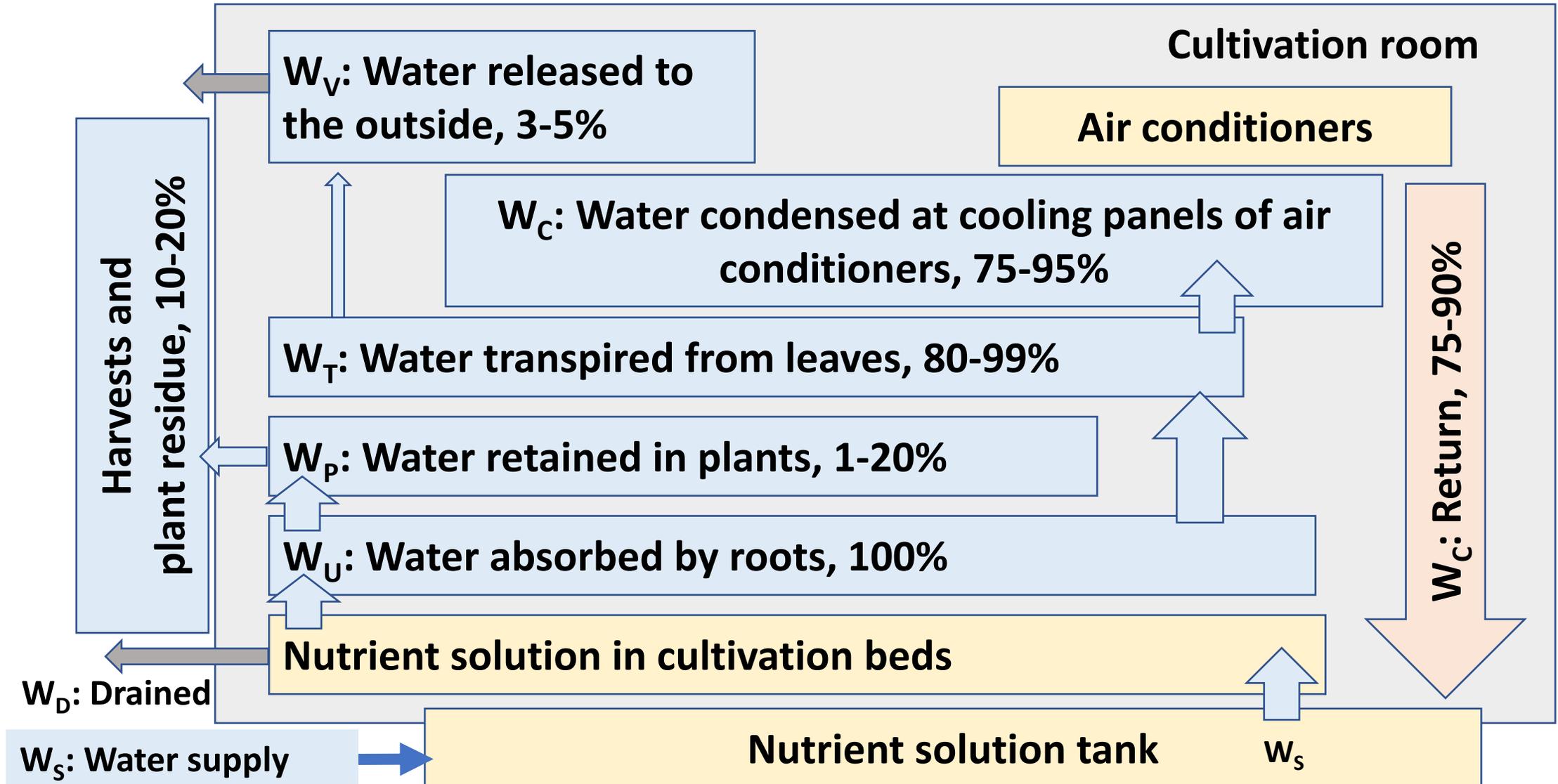
$$\begin{aligned} \text{COP of AC} &= (E_L + E_M) / E_A \\ &= (75 + 5) / 20 \\ &= 80 / 20 = 4 \end{aligned}$$

COPは外気温の上昇と共に上昇する。

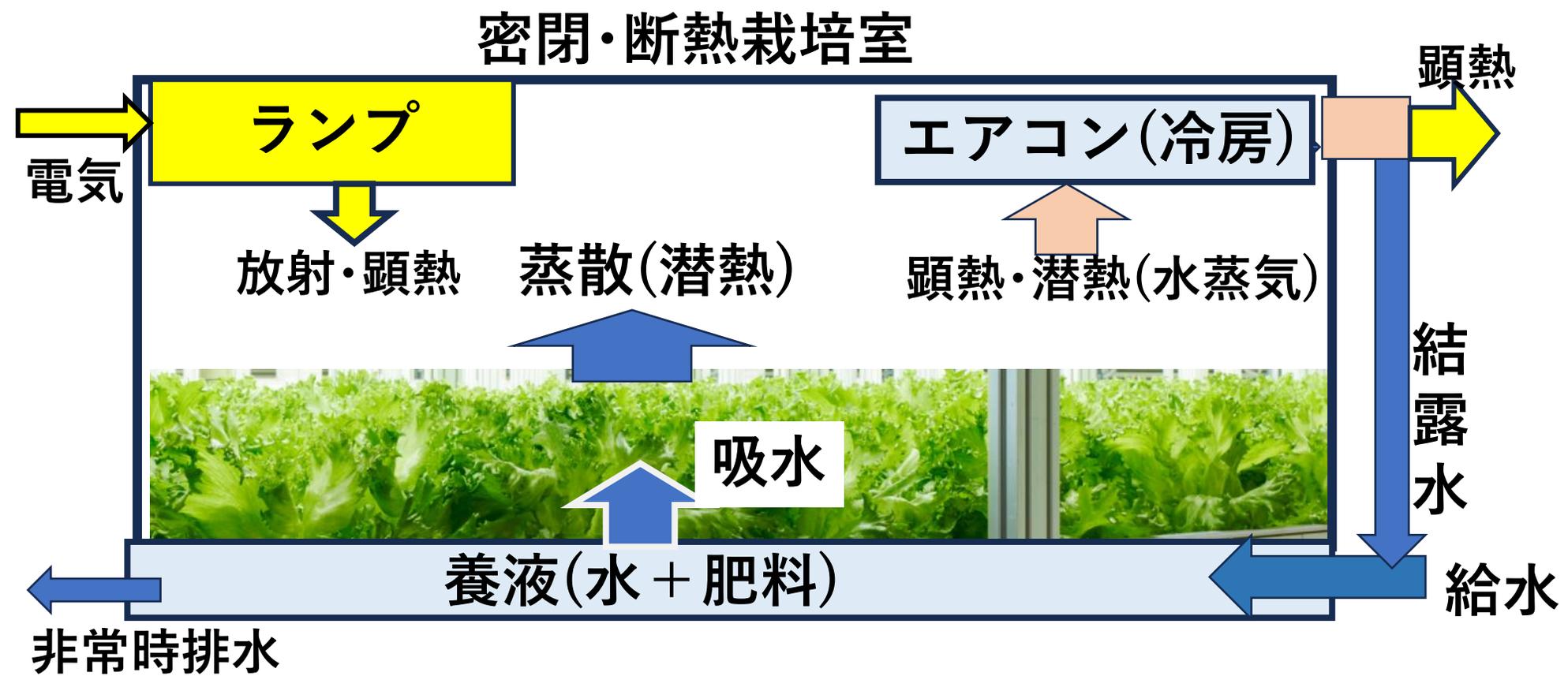
Kozai, et al. (2021)

Water balance of an airtight and insulated PFAL

(Water consumed for cleaning/washing the floor, cultivation panels and tools are not considered in this scheme)



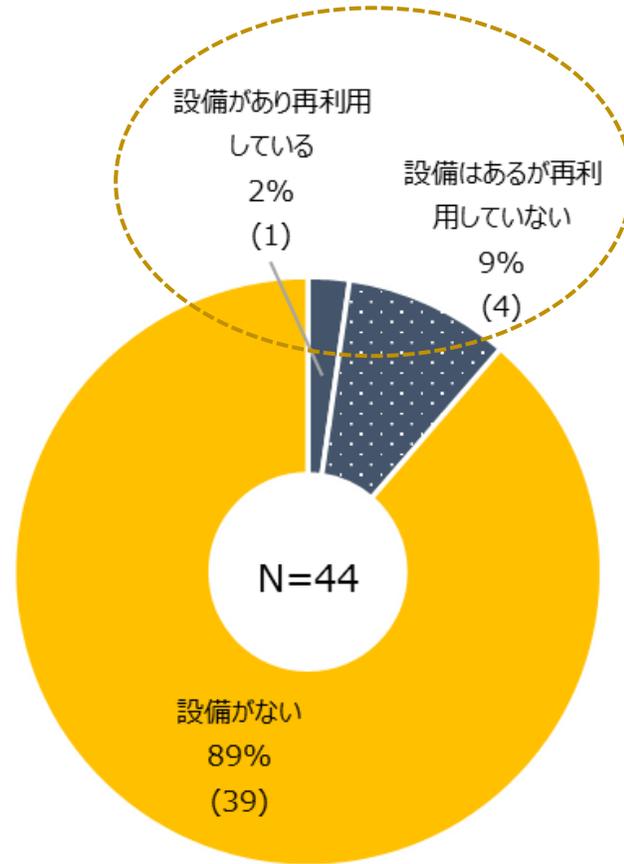
植物が蒸散した水蒸気の約90%は冷房時エアコンの結露液として養液タンクに戻され、再利用される



(古在, 2023)

【現状】

国内の植物工場 冷房・除湿時の結露水の回収設備および再利用の有無



* 冷房・除湿時の結露水を養液タンクに戻し再利用

<https://jgha.com/wp-content/uploads/2025/03/TM06-06-bessatsu1.pdf>

「技術的・経済的に持続可能な植物工場の実現と普及に必要な技術と制度」に関するChatGPTからの応答

「技術的・経済的に持続可能な植物工場」を実現・普及させるためには、**技術革新と制度設計の両輪が不可欠。**

I. 必要な技術

1. エネルギー最適化技術（最大コスト対策）

● 高効率照明

・高効率LED（光合成有効放射の最適化）、スペクトル制御による生育最適化、間欠照明・群管理制御

● 空調・除湿の省エネ化

・断熱・気密性能の高度化、潜熱・顕熱分離制御、ヒートポンプ高効率化、局所空調

● 再生可能エネルギーとの統合

・太陽光・蓄電池連携、余剰電力活用型運転、マイクログリッド連携

2. 生産性向上技術（売上最大化）

● 高収量・高付加価値品種

・植物工場専用品種、高機能性野菜、医療・化粧品用途植物

● 環境制御の高度化

・CO₂最適制御、VPD制御、AI生育予測モデル、データ駆動型栽培管理

● 栽培システム革新

・多段栽培の高密度化、根域環境制御、水・肥料リサイクルシステム

3. 労働生産性向上技術（人件費対策）

・収穫ロボット、自動播種・定植装置、画像解析による品質選別、完全トレーサビリティ

4. 経営安定化技術

・需要予測AI、契約栽培モデル、BtoB直販システム、ブランド化・差別化戦略

「技術的・経済的に持続可能な植物工場の実現と普及に必要な技術と制度」に関するChatGPTからの応答

「技術的・経済的に持続可能な植物工場」を実現・普及させるためには、技術革新と制度設計の両輪が不可欠。

II. 必要な制度

技術だけでは普及しません。制度設計が鍵です。

1. エネルギー政策との連動

•再エネ自家消費型補助制度、産業用電力の長期固定価格契約、カーボンプレジット制度活用

2. 投資支援制度

•初期設備投資補助、低利融資、リース支援制度、グリーンファイナンス認定

3. 環境価値の可視化制度

•LCA認証制度、低炭素農産物認証、水資源効率認証
→ 市場で価格プレミアムを得られる制度が重要

4. 流通・市場制度

•公共調達への優先導入、学校給食・病院との契約制度、地域分散型モデル支援

5. 人材育成制度

•植物工場専門技術者資格、データ農業教育、産学連携拠点形成

「技術的・経済的に持続可能な植物工場の実現と普及に必要な技術と制度」に関するChatGPTからの応答

「技術的・経済的に持続可能な植物工場」を実現・普及させるためには、技術革新と制度設計の両輪が不可欠。

Ⅲ. 持続可能性の本質条件

技術的・経済的持続性の本質は以下です：

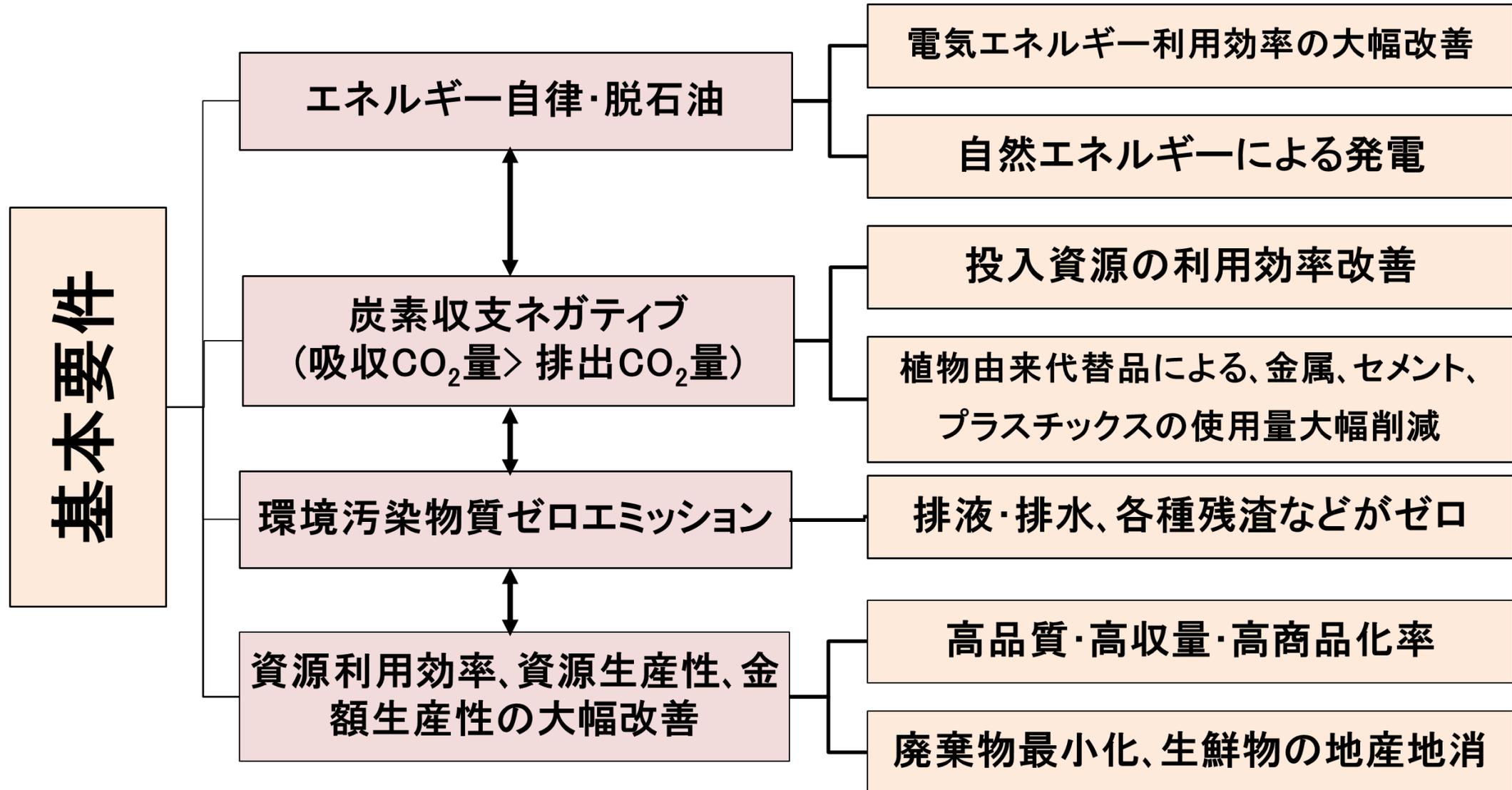
- ✓ 電力依存構造からの脱却
- ✓ 高付加価値化による価格決定力の確保
- ✓ 補助金依存モデルからの卒業
- ✓ 地域エネルギーとの統合
- ✓ スケールメリットと分散型の最適バランス

Ⅳ. 今後特に重要になる分野

- AI完全自律栽培
- CO₂回収利用型植物工場
- 発電所・データセンター排熱利用
- 都市インフラ一体型モデル
- 災害対応型レジリエント農業

今後目指すべき

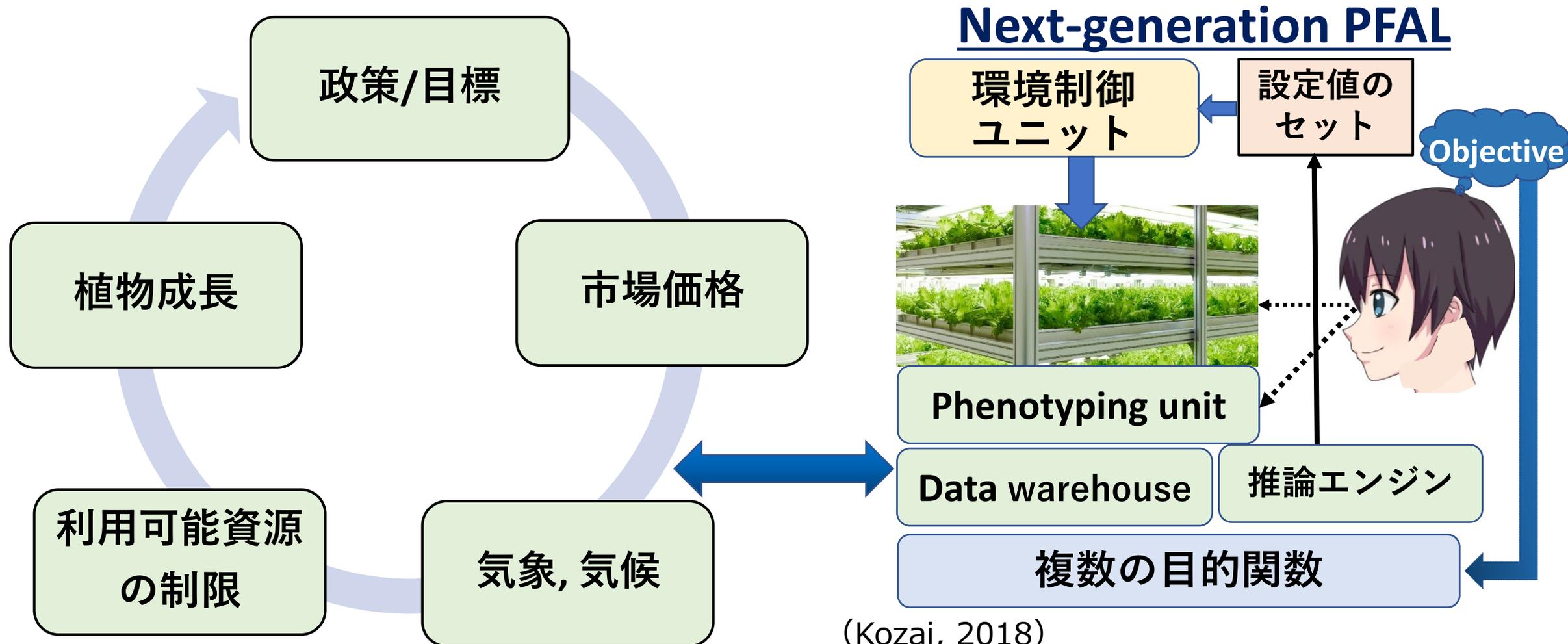
持続可能な人工光型植物工場の基本要件



(古在、2020)

複数評価関数の最大化のための複数環境要因設定値の同時決定のためのAIとData Warehouseを利用したソフトウェアの開発

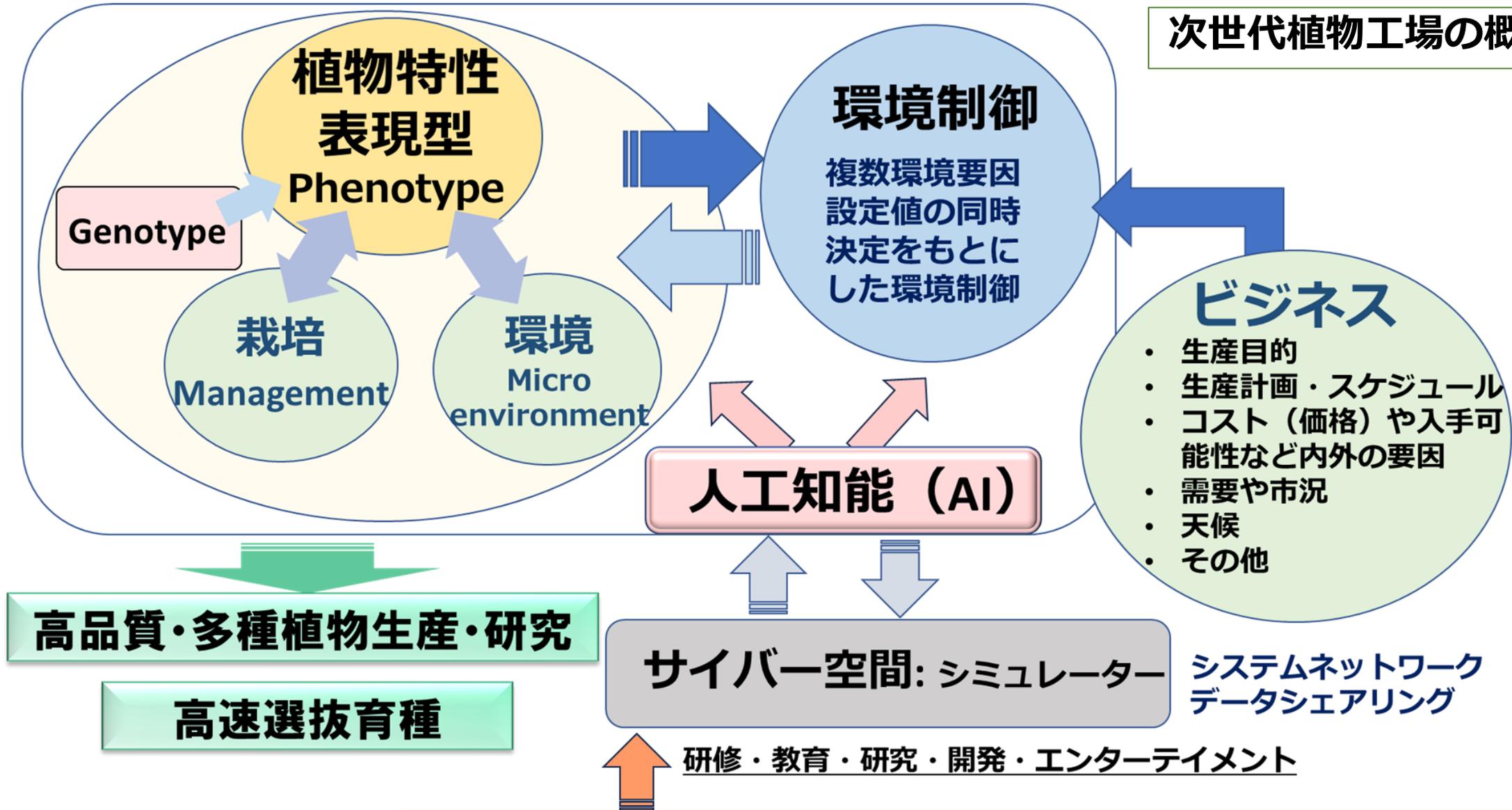
次世代植物工場に求められるソフトウェアイメージ



(Kozai, 2018)

植物表現型制御、表現型計測値をもとにビジネス要因も考慮した環境制御そして人々の健康および環境への影響に関するコホート研究

次世代植物工場の概念図



コホート研究: 人々の心身の健康および環境への影響

(林, 2024)

世界で加速する植物工場の研究・開発と事業

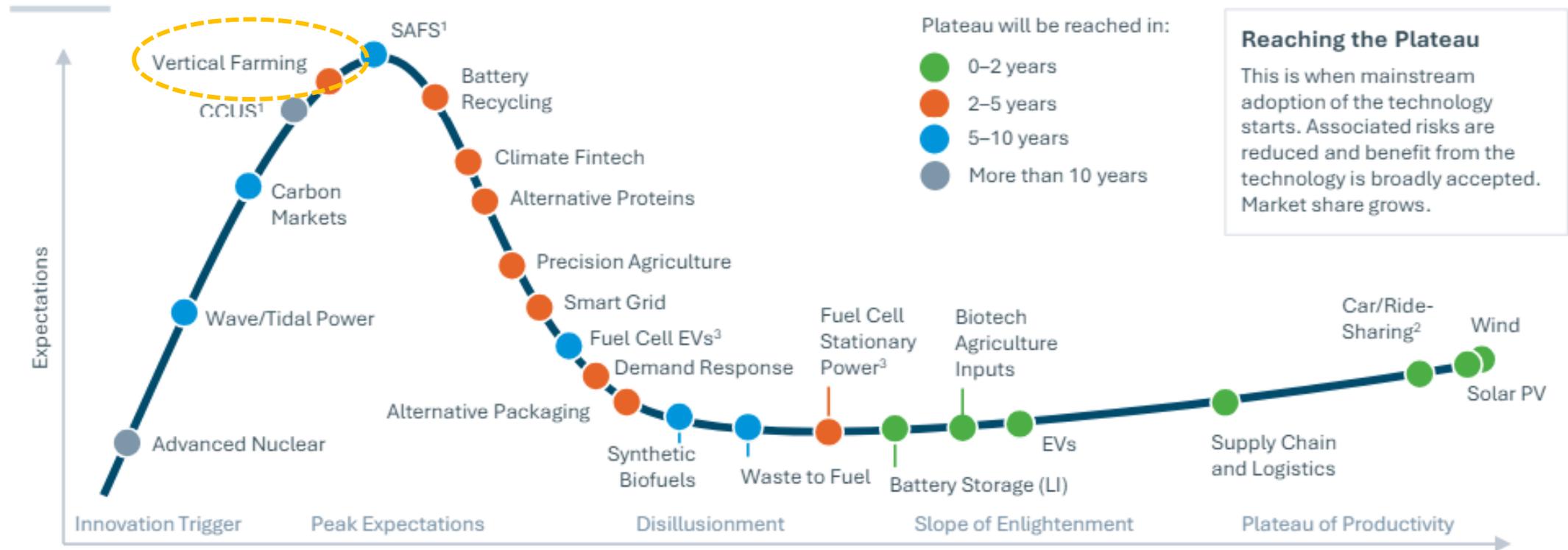


イノベーションハイプカーブ (2022年)

海外の植物工場動向

2015年頃から工場増加
2022年以降、工場閉鎖増加

Select Climate Tech Innovation Hype Curve

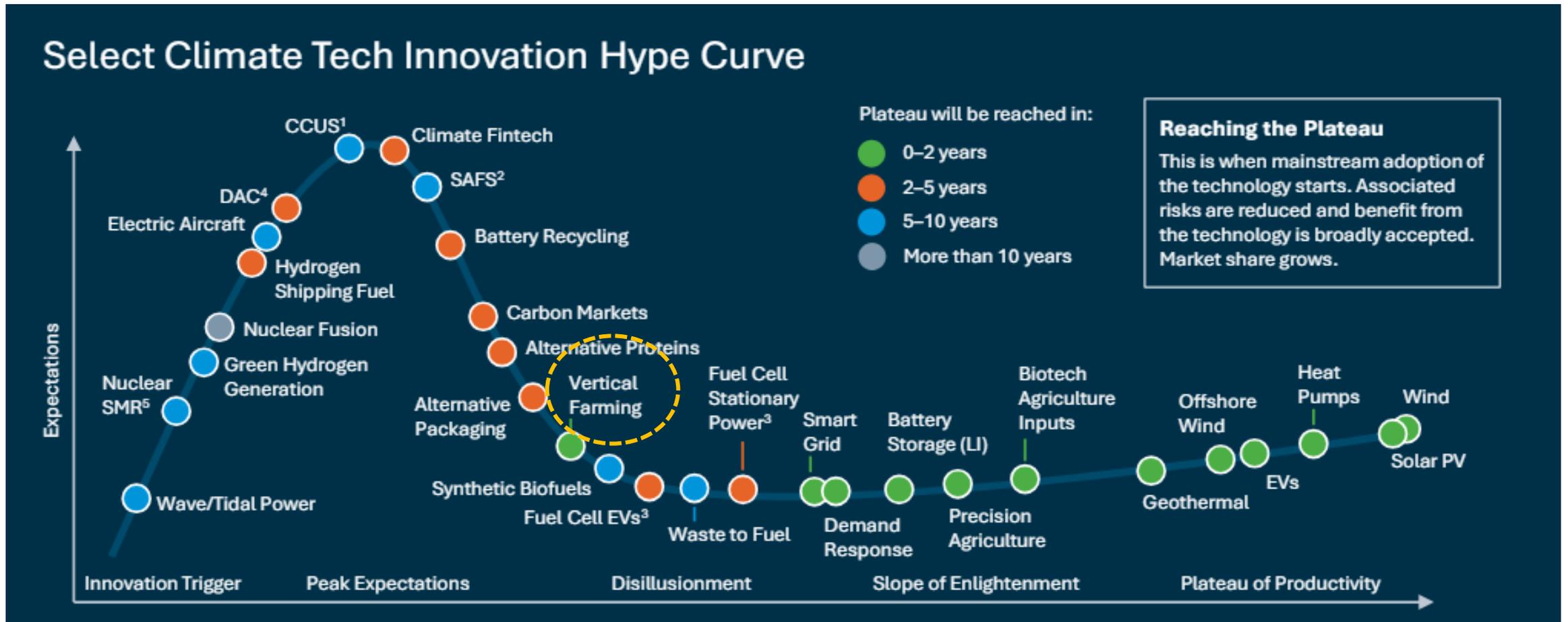


The Future of Climate Tech, svb, 2022

海外の植物工場動向

2015年頃から工場増加
2022年以降、工場閉鎖増加

イノベーションハイプカーブ (2023年)



The Future of Climate Tech, svb, 2023

Plenty



ロサンゼルス
郊外に大規模
自動化工場を
設立
(2022年)

その後、閉鎖

AeroFarms



<https://aerofarms.com/2020/04/09/aerofarms-to-build-worlds-largest-rd-farm/>

Bowery Farming

⇒ 工場閉鎖

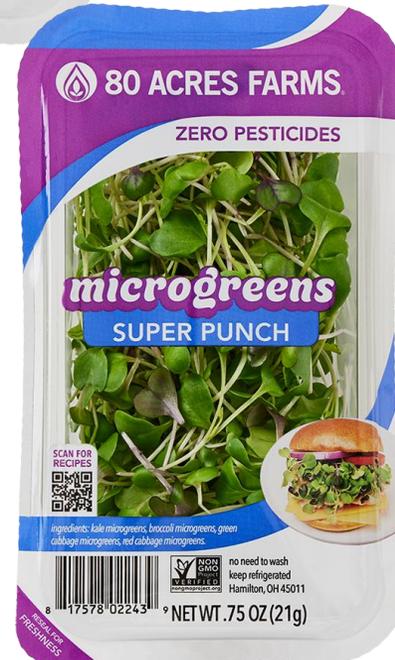


<https://www.fastcompany.com/90426377/this-google-ventures-backed-indoor-farming-startup-just-opened-its-biggest-farm-yet>



<https://boweryfarming.com/produce/>

80 Acres Farms



<https://www.80acresfarms.com/our-products/salad-kits/>

<https://www.80acresfarms.com/our-products/salad-blends/>

<https://www.80acresfarms.com/our-products/dressings/>

<https://www.80acresfarms.com/our-products/microgreens/>

80 Acres Farms

大規模工場の稼働（2021年1月）



80 Acres Farms



<https://www.prnewswire.com/news-releases/indoor-farming-leaders-unite-to-build-a-national-powerhouse-302531709.html>

<https://vegetablegrowersnews.com/news/80-acres-farms-expanding-production-beyond-ohio/>

国内植物工場 建物延床面積に対する 衛生管理エリアの床面積の割合

2022年

衛生管理エリアの床面積	施設数	平均割合
500 m ² 未満	8	0.6
500~1 千m ² 未満	5	0.7
1~5 千m ² 未満	11	0.8
5 千~1 万m ² 未満	2	0.7
合計	26	0.7

<https://jgha.com/wp-content/uploads/2023/03/TM06-04-bessatsu1.pdf>

Planet Farms (イタリア)

火事の発生 2024年1月



Planet Farms

新工場@Cirimido（イタリア）



<https://www.verticalfarmdaily.com/article/9636715/planet-farms-launches-pesto-line/>

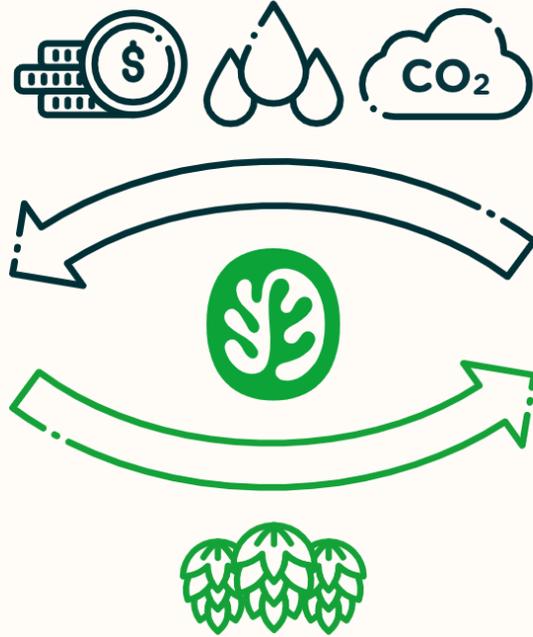
Ekonoke (スペイン)

ホップ栽培



Indoor hops farm run by EKONOKE

Our business model is simple: we don't want our hops to travel, but we want our knowledge and technology to travel instead to every corner of the world where there is a brewer concerned with the reliability of their supply chain and the sustainability impact of their sourcing.



BREWER

If you are such a brewer, we will set up a large-scale indoor farm next door to supply you with local top-quality hops year-round for your all-natural beers, while using your wastewater and excess CO₂ in the process.



Our locally-produced hops are 100% climate-resilient.

<https://www.ekonoke.com/>



Greenphyto (シンガポール)



国内の植物工場における背景と動向

- 1980年代 第1世代: 光源⇒高圧ナトリウムランプ
- 1990年代 第2世代: 光源⇒蛍光灯
- 2009年代～ 第3世代: 光源⇒LED (特に2012年以降)

- 日本では1960年代から研究開始
- 1980年代から植物工場における商業生産開始
- 現在約200工場



※ 平成31年度の「人工光型」は、研究開発や展示目的等のものも含まれていた可能性がある。

Plant Factories with automation in Japan in 1980 – 1990s



The International Exposition,
Tsukuba in 1985

Daiei supermarket at Lalaport Funabashi, Chiba

Source : Mr. Nakamura, Especmic  Quality is more than a word

国内の植物工場における背景と動向

• 2015年以降 第4世代

大規模化: 高品質安定生産の重要性

→ 小売から業務用へ (全国規模)

自動化の進展、ロボット技術の活用

機械学習 (AI)の活用可能性

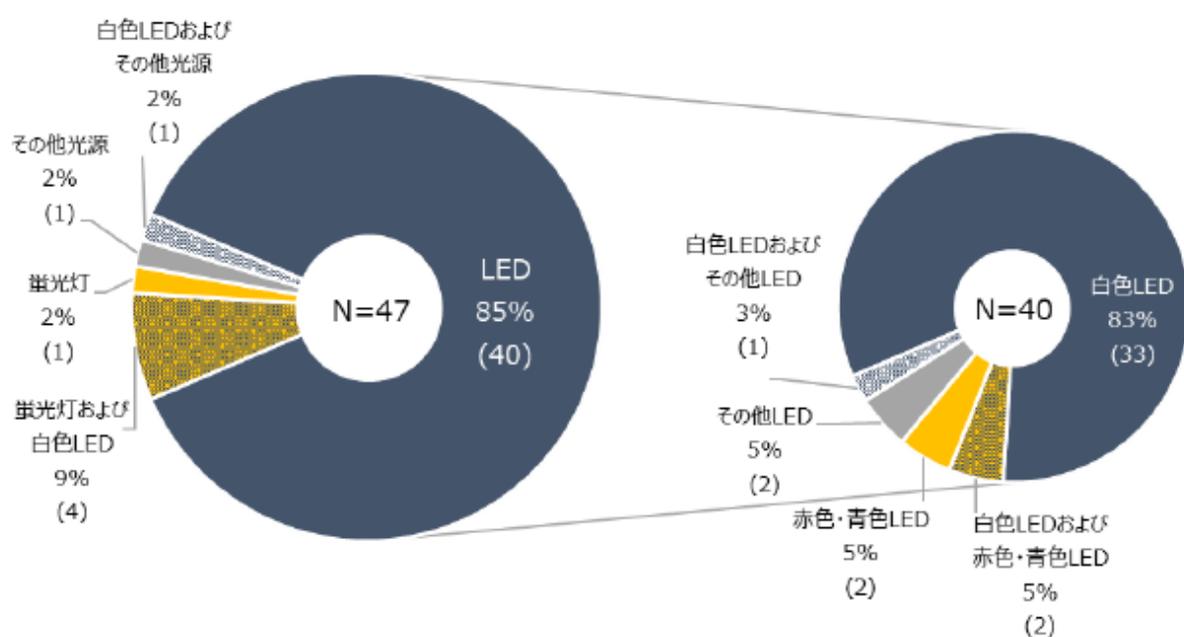
フェノタイピング

選抜・育種

連携体制

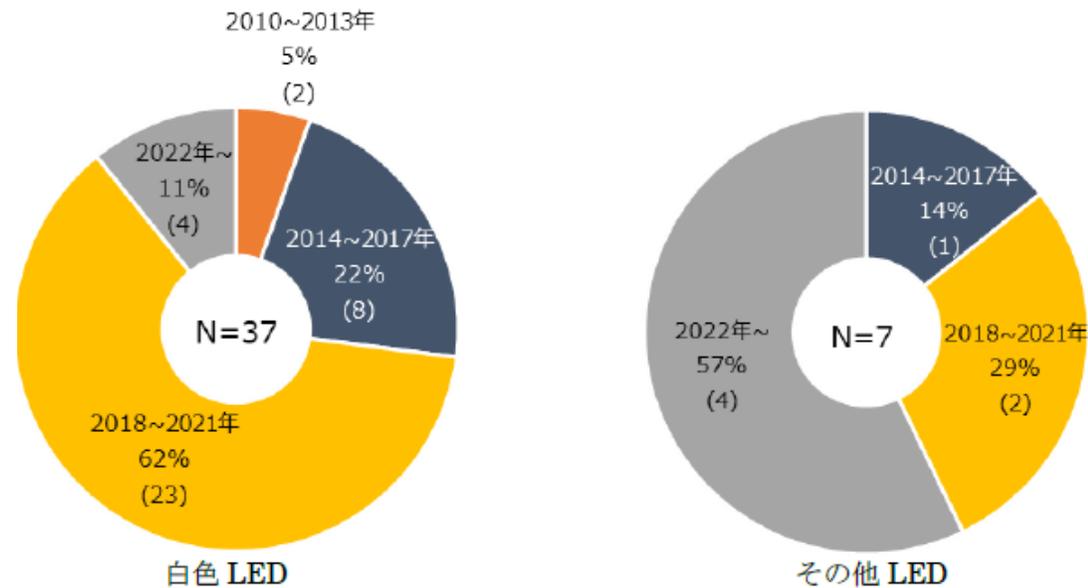


国内の植物工場 光源およびLEDの使用開始年



光源 (人工光型)

* 複数回答を含む



LEDの使用開始年 (人工光型)

10年以上持続的な運営を行ってきた 日本の植物工場の特徴

植物工場

植物工場ならではの
エンジニアリングを
考慮した設計



⇒ ガイドラインの必要性

日々の生産性の向上

データ収集・分析・改善を基にした生産性の向上

⇒ 指標の重要性

商品開発

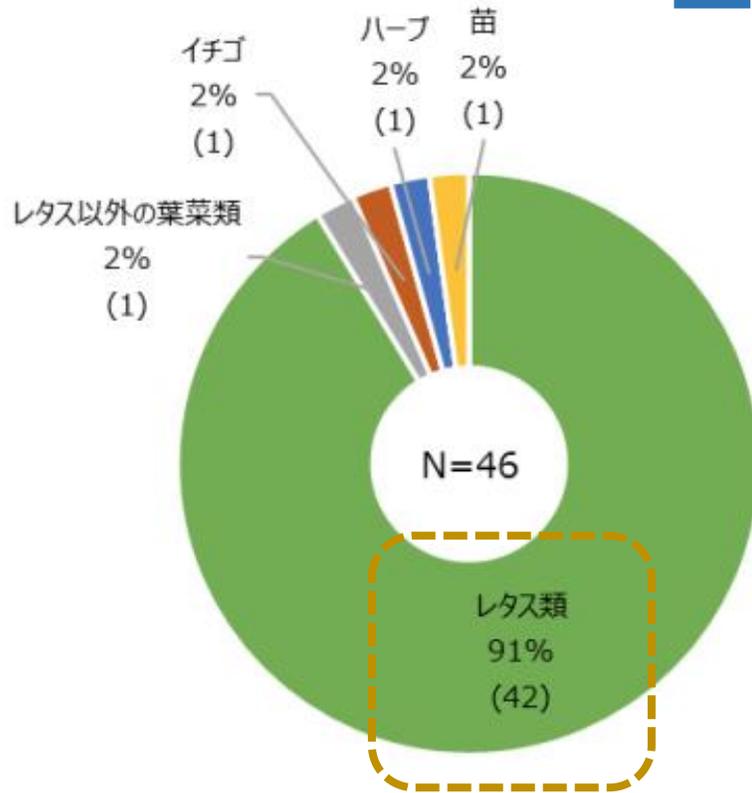
マーケットニーズを考慮した商品開発、品質向上

販路開拓

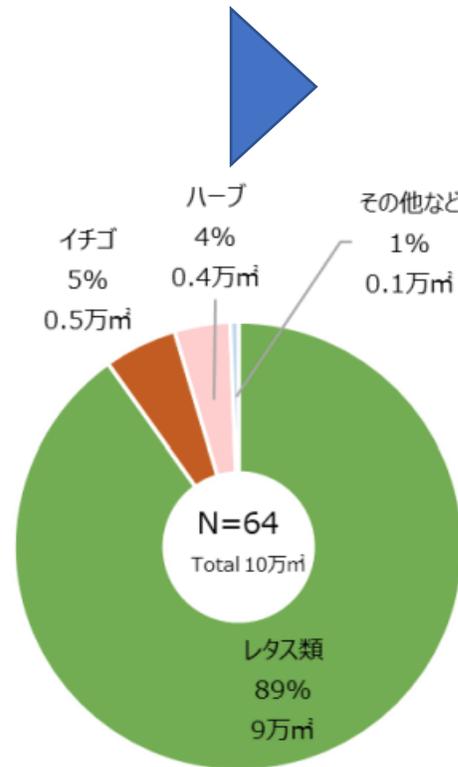
売先の確保、新市場の開拓

国内の商業用植物工場 主な栽培品目～レタス類～

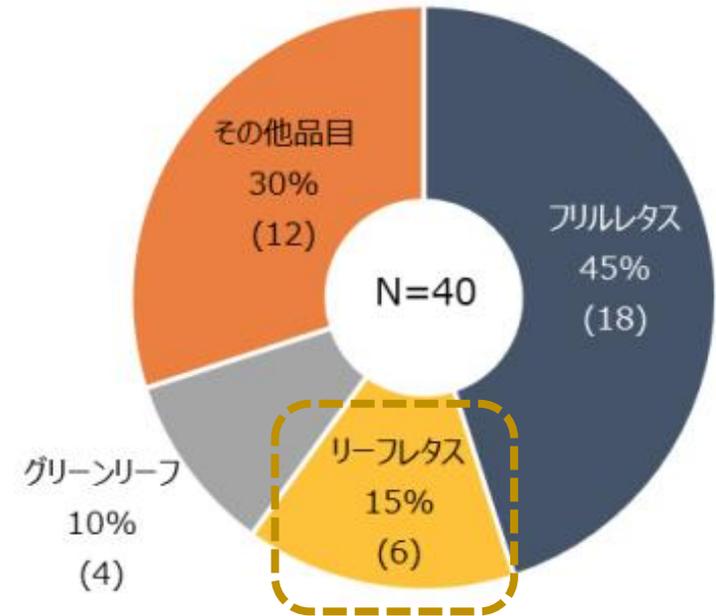
- 技術的には多品目の栽培が可能
- 商業用工場ではレタス類の生産・販売が大半



主な栽培品目



総栽培トレイ面積別栽培品目



主要品目の栽培種類

小売以外にも用途が拡大している植物工場野菜の業務用利用

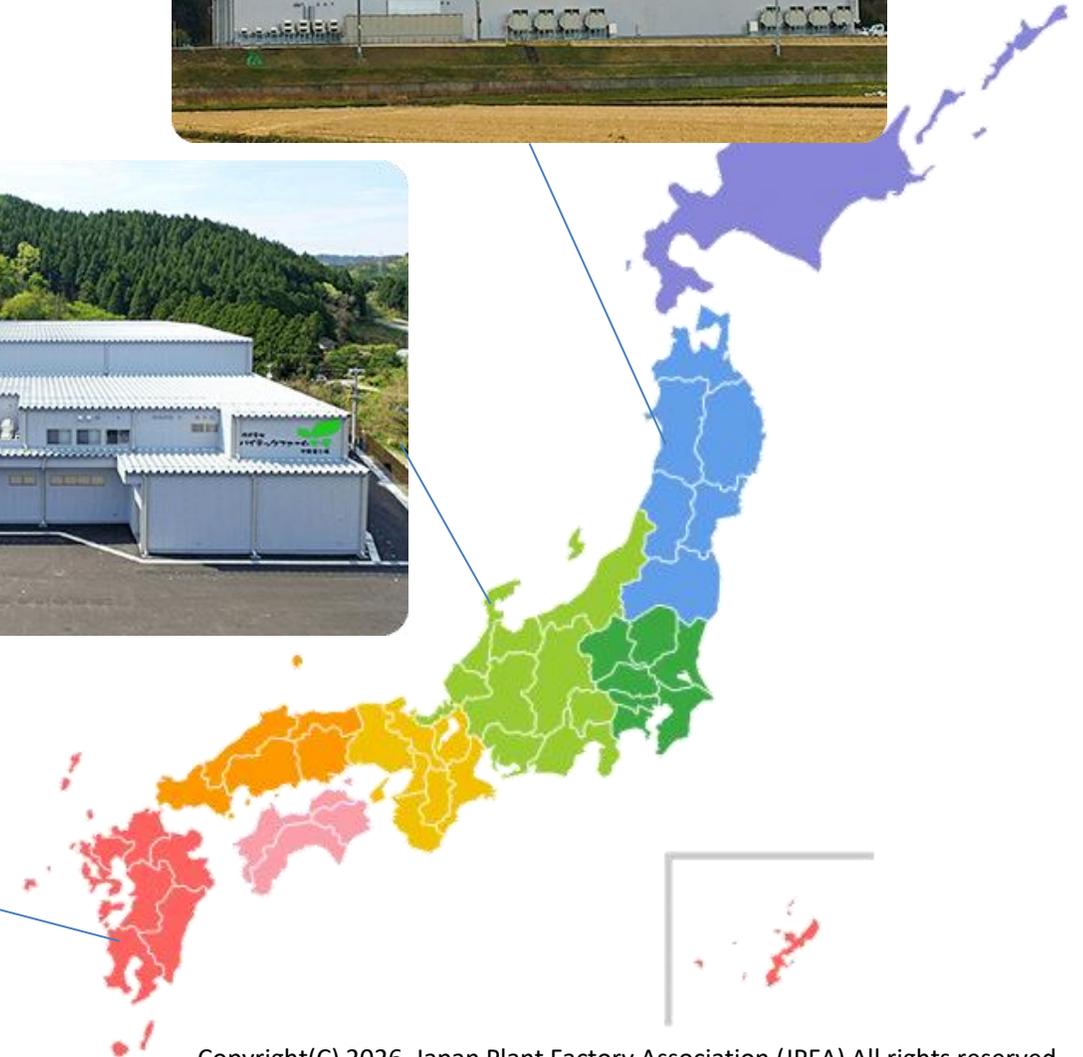
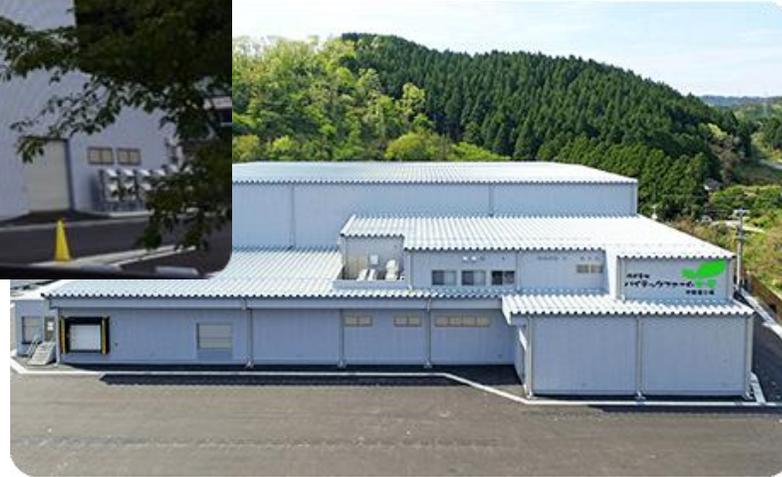
利用イメージ図





Delicious
Smile®
Vitag Vegetable Factory

バイテックベジタブルファクトリー



<https://deliciousmile.co.jp/factory/>

TSUBAKI VEGYSMOVE



<https://www.tsubakimoto.jp/tvm/>

データ駆動型オペレーション: 新日邦 808 Factory

☰ 808 FACTORY
ハチマルハチファクトリー

-第1工場 :2014年~

-第2工場: 2017年~

-日産2万株のレタス生産

-センシング・データ取得

-独自の NFTシステム (第2工場)

-移植ロボット

-ソーラーパネル設置



Source: Shinnippou



Source: Shinnippou



Source: K. Kai and M. Okabe (2023)

Source: Shinnippou

データ駆動型オペレーション: 新日邦 808 Factory



Source : Shinnippou

新日邦 808 Factory 作業時間あたりの生産性の向上

計測・データ収集・分析に基づく作業の標準化

環境

マネジメント

植物特性
(フェノタイプ)



<https://jgha.com/wp-content/uploads/2023/03/TM06-04-bessatsu1.pdf>

Source : Shinnippou

MIRAI 柏の葉工場

レタス 1株あたりの重量増 「大株化」により生産性向上



MIRAI柏の葉工場での レタス栽培における生産性の推移

- 同工場における改善による生産性の向上

年	株あたり重量 (g/株)	日産 (kg/日)	作業員数 (人/日)	電気使用量 (kWh/日)	主な変化
2014	50-60	350-400	30-35	10,000	
2018	80-100	500-550	25	8,000	2017年に蛍光灯からLED照明に切替
2021	180	650-700	15	7,900	栽培棚のリニューアル
2023	200-250	750-800	13	7,950	品種の見直し

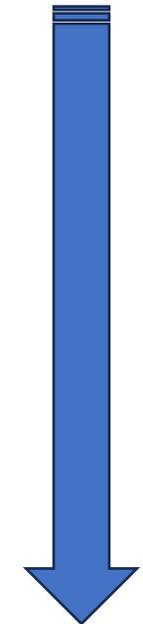
<https://jgha.com/wp-content/uploads/2025/03/TM06-06-bessatsu1.pdf>を基に作成

- 計測・分析により消費電力量を抑制

MIRAI柏の葉工場

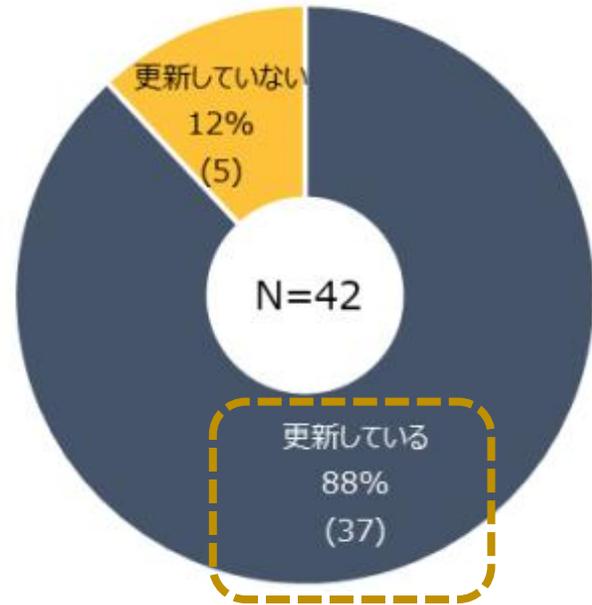
消費電力量のモニタリングによるピーク値の抑制

年	一日の最大電力
2015年	530 kW (ピーク値)
2017年	* LED照明に切り替え
2021年	430 kW
2023年	408 kW
2024年初頭	391 kW
2024年4月	382 kW



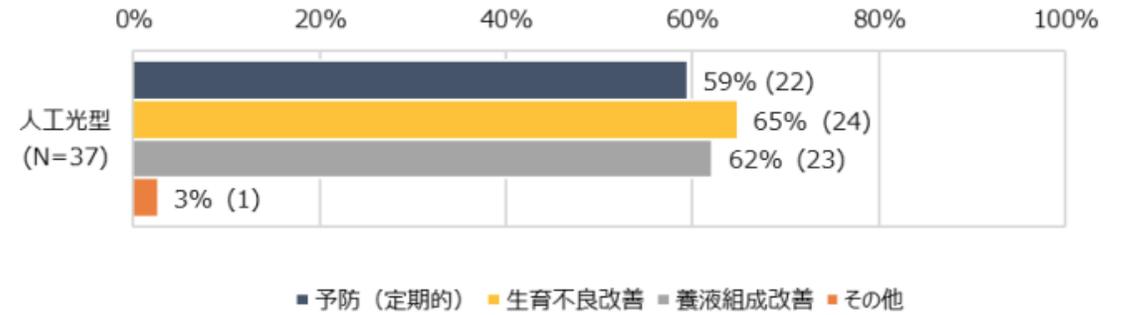
約30%減

国内の植物工場 養液の更新有無・更新理由・頻度

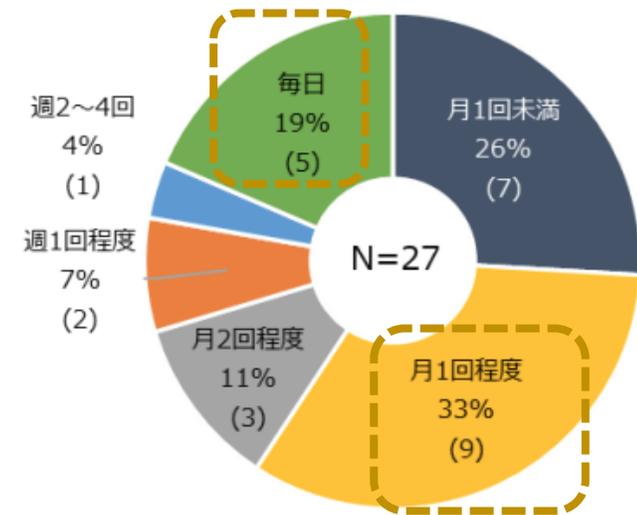


養液の更新有無（人工光型）

⇒ 無排液システムの実用化が必要



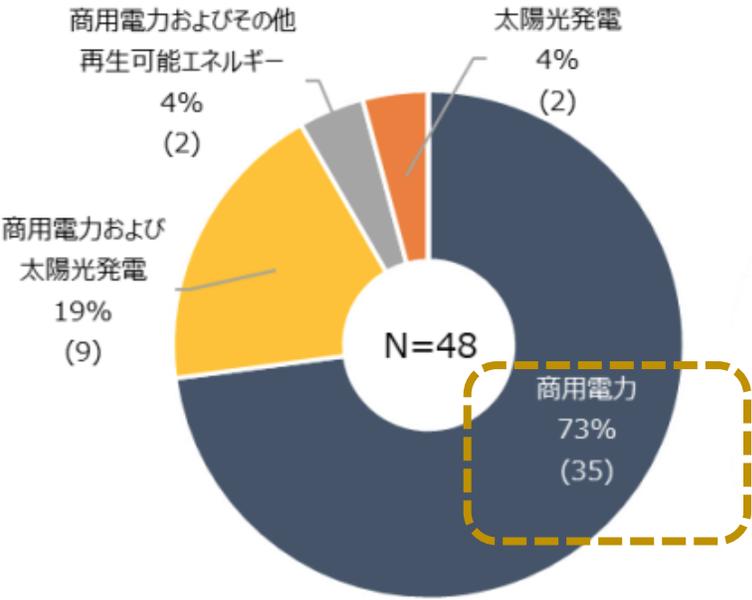
養液の更新理由（人工光型）
* 複数回答を含む



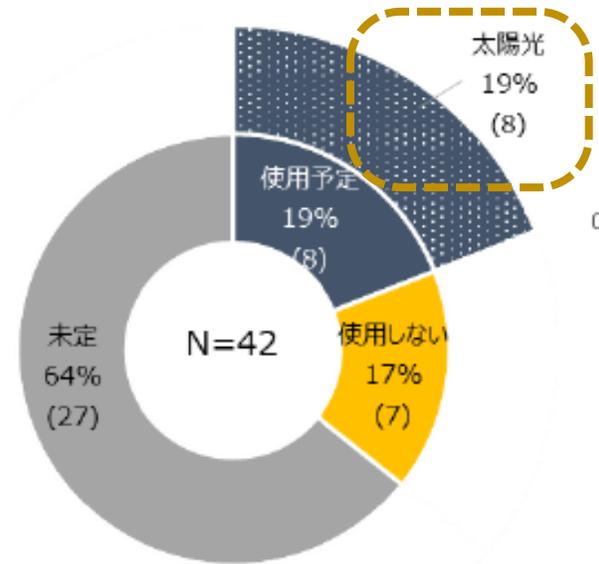
養液の更新頻度（人工光型）

国内の植物工場 使用電力/再生可能エネルギーの利用

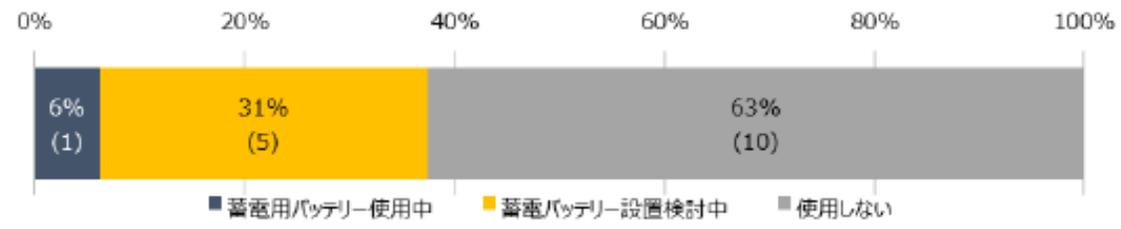
主に太陽光発電を使用・検討、蓄電用バッテリーの設置について検討している事業者もいる



使用電力（人工光型）

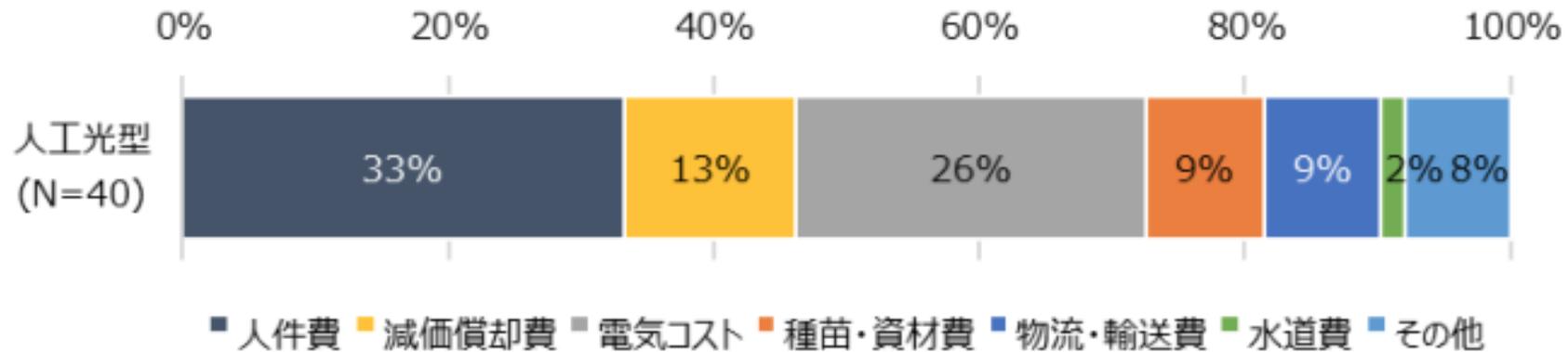


再生可能エネルギーの使用予定



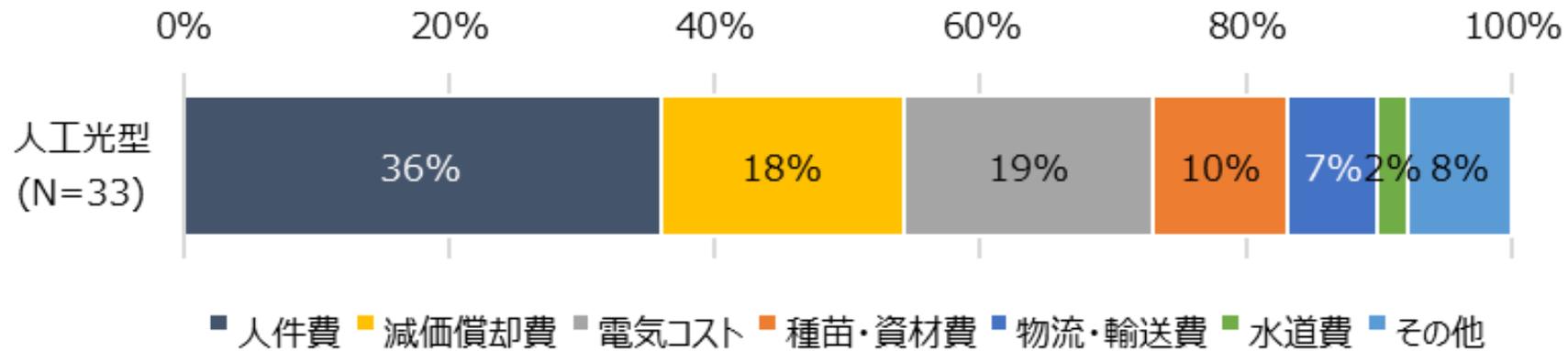
蓄電用バッテリーの設置について

国内の植物工場 コスト比率（2024年）



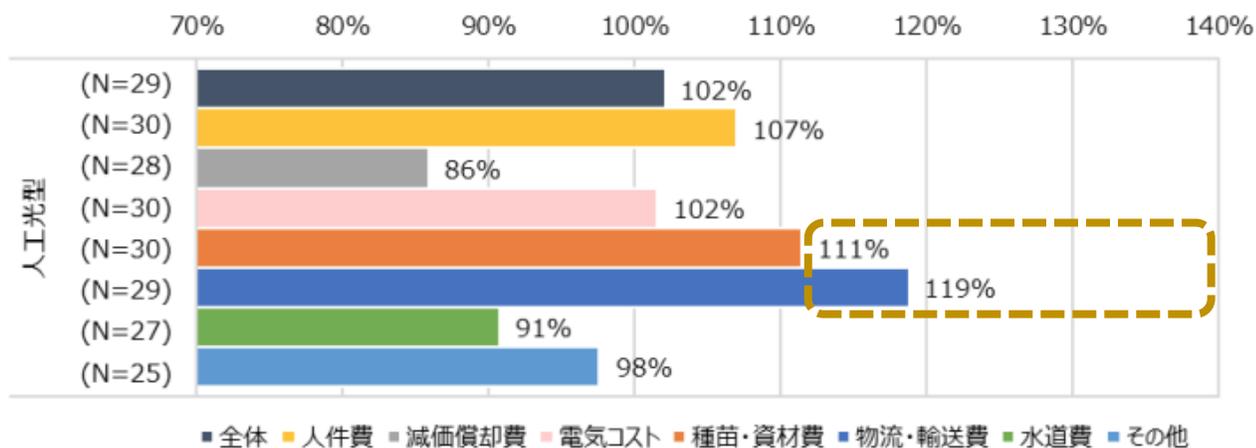
<https://jgha.com/wp-content/uploads/2025/03/TM06-06-bessatsu1.pdf>

【参考】国内の植物工場 コスト比率（2021年）

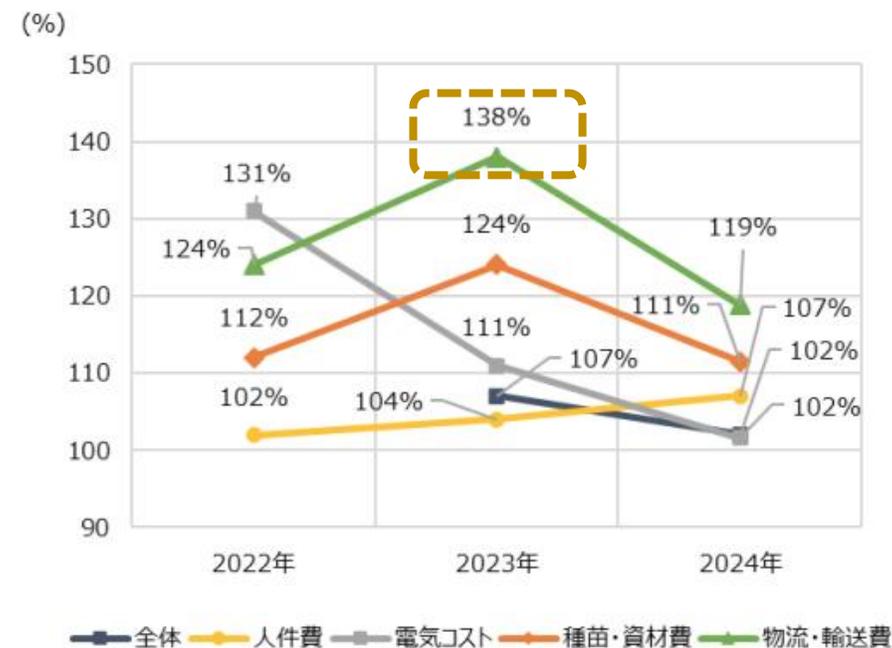


<https://jgha.com/wp-content/uploads/2022/04/TM06-03-bessatsu1.pdf>

国内の植物工場 コスト構造前年比



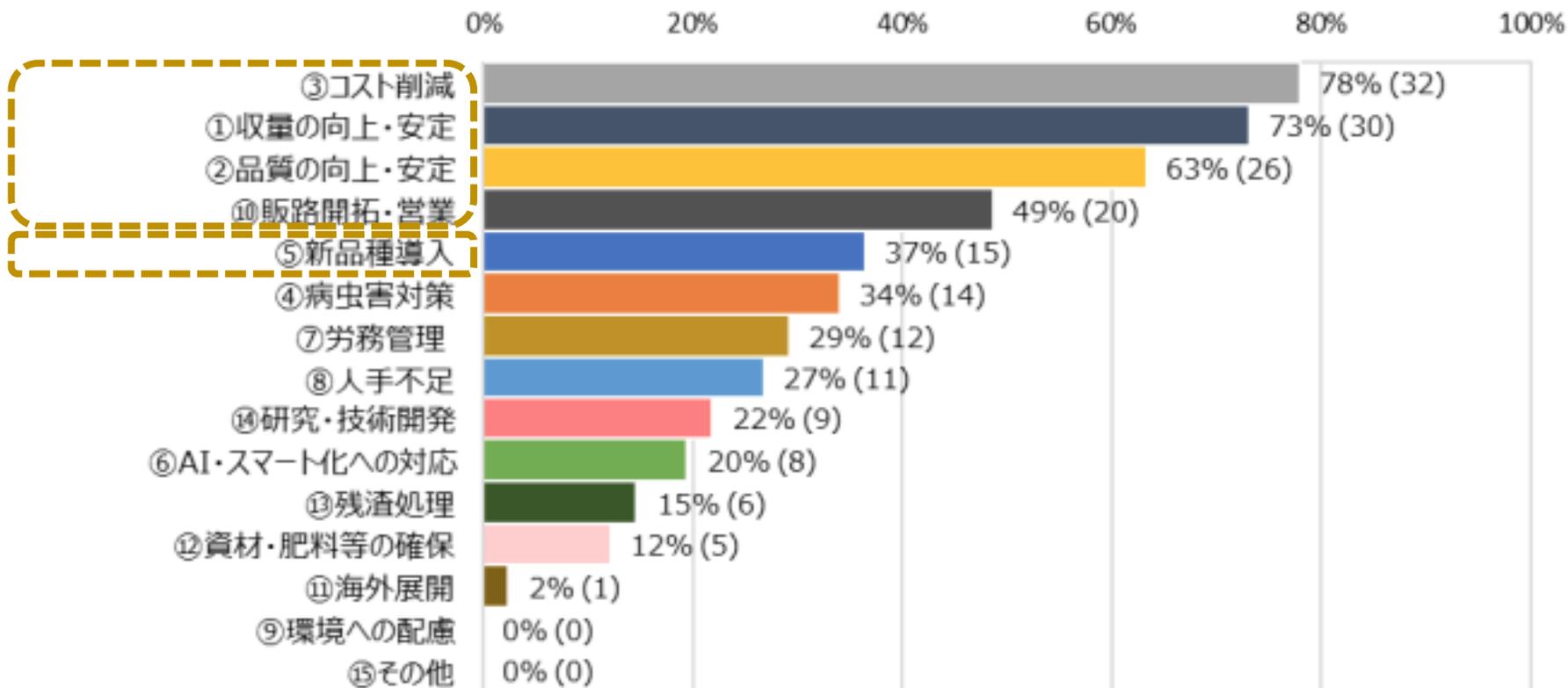
コスト構造前年比



コスト構造前年比推移

<https://jgha.com/wp-content/uploads/2025/03/TM06-06-bessatsu1.pdf>

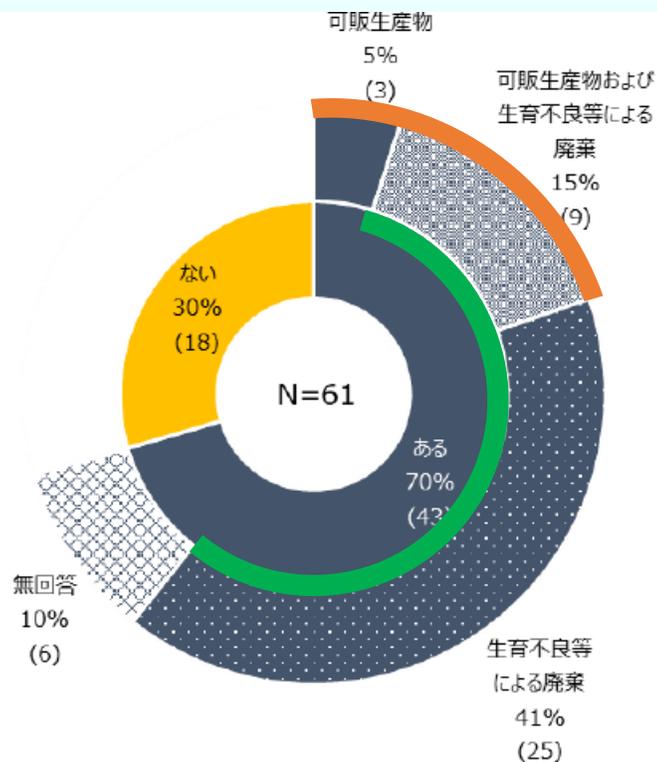
国内の植物工場 生産・経営上の課題と対策・工夫



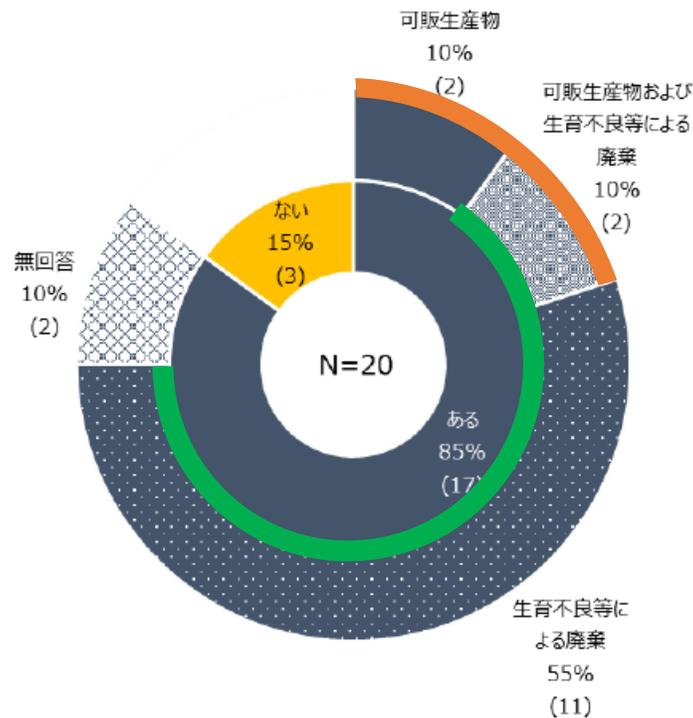
* 複数回答を含む

<https://jgha.com/wp-content/uploads/2025/03/TM06-06-bessatsu1.pdf>

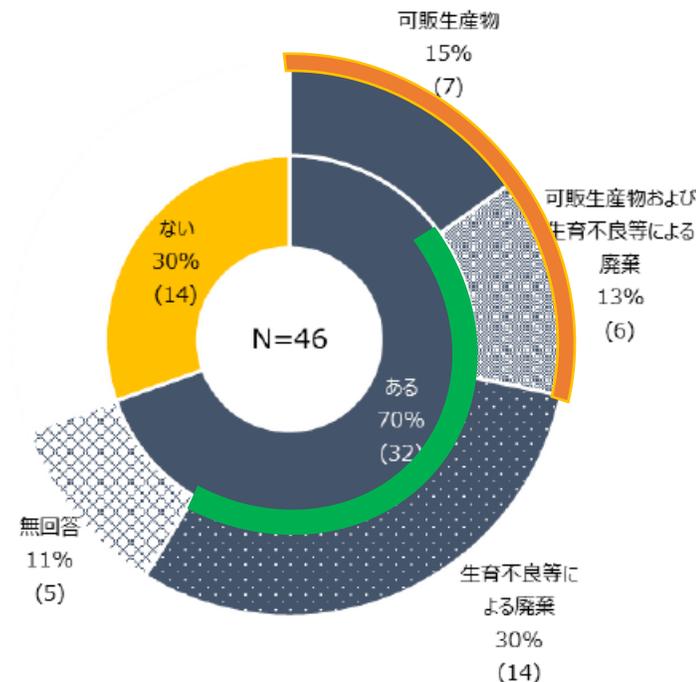
廃棄生産物の有無および理由



太陽光型



併用型



人工光型

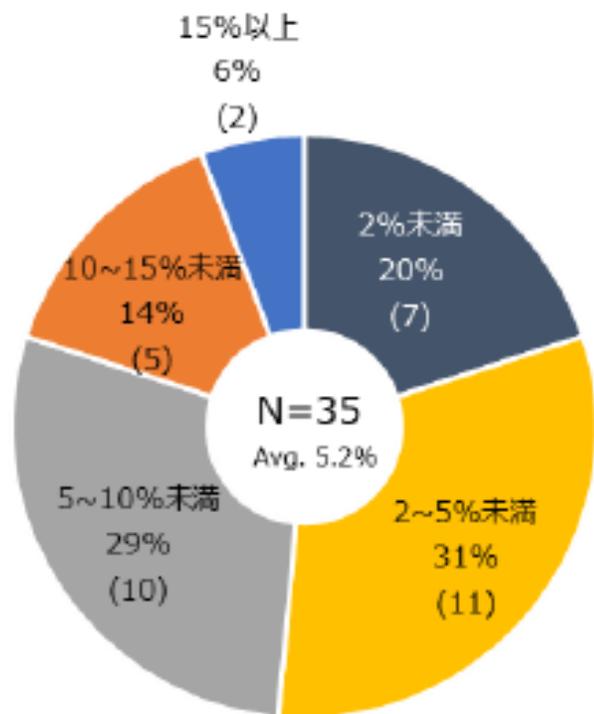
太陽光型・併用型（園芸施設）は生育不用等 栽培や生産の難しさ

生産物の裂果や病気、規格外、高温障害、生育不良

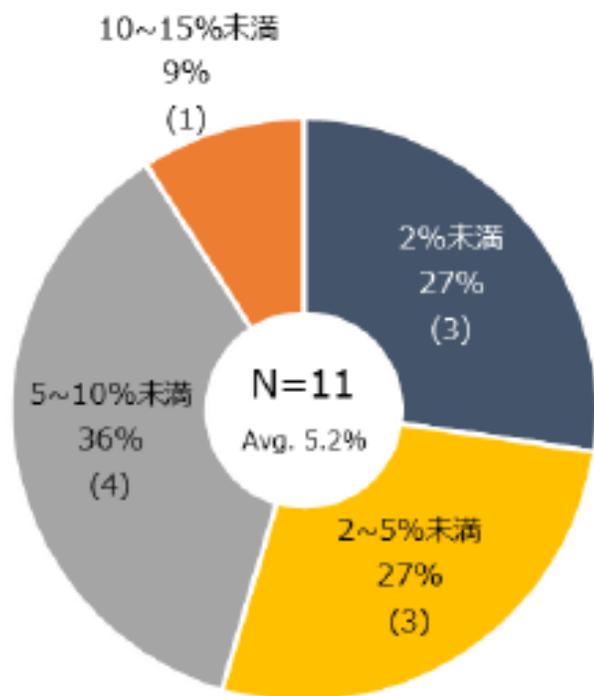
人工光型は可販生産物が売り切れていない

季節変動（による露地野菜の出荷状況）の影響や受発注のブレ、販売先の変動など

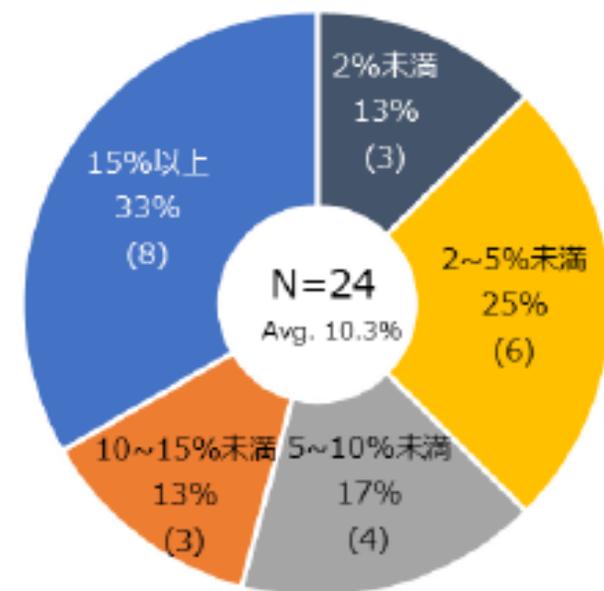
廃棄生産物の廃棄率



太陽光型



併用型

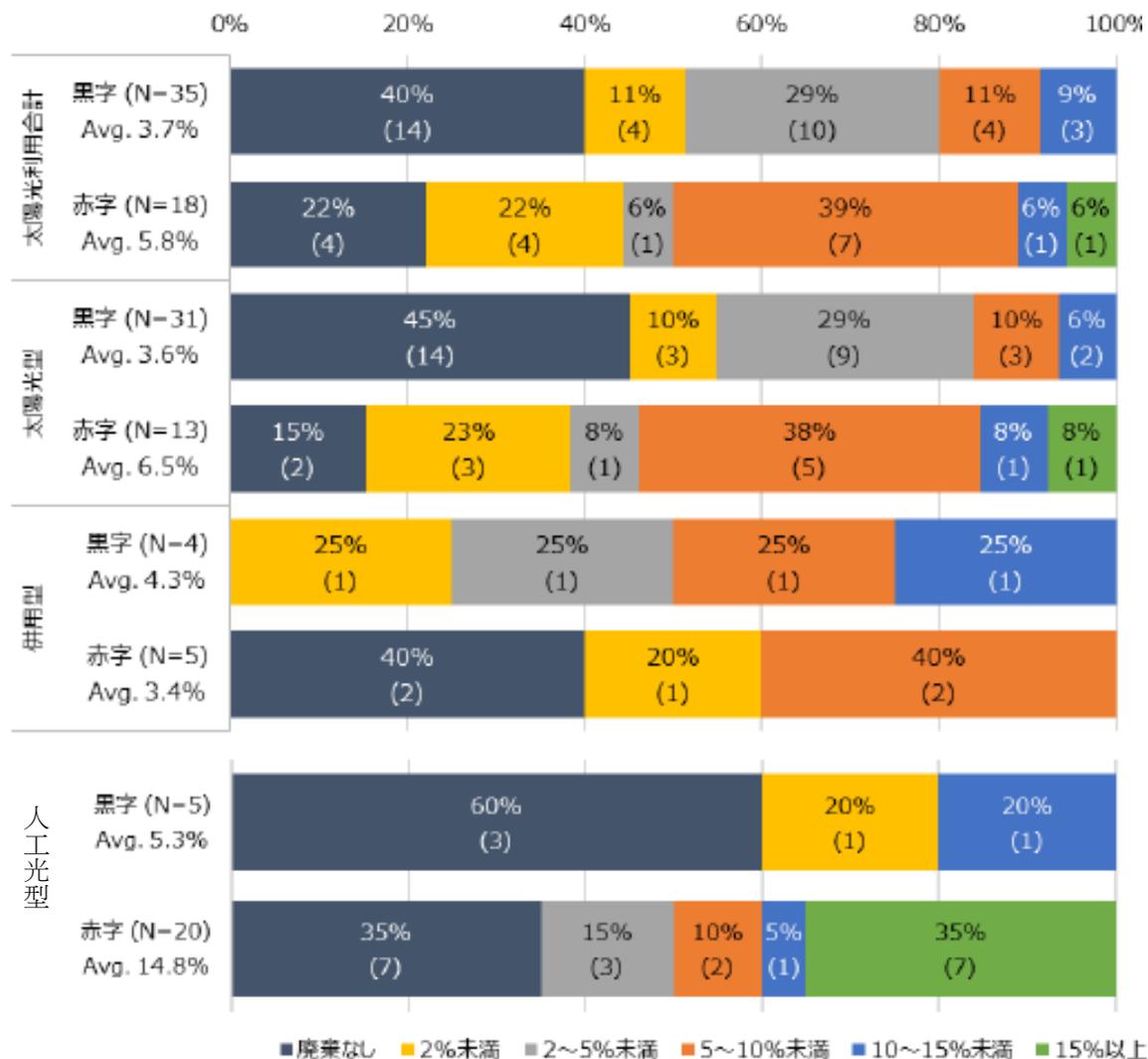


人工光型

太陽光型・併用型（園芸施設）の生産物に占める廃棄率の平均5.2%
人工光型は平均10.3%

決算別廃棄生産物の比率

廃棄率が経営に与える影響について



太陽光型（園芸施設）利用合計
黒字事業者：廃棄有 約6割
赤字事業者：廃棄有 8割近い

人工光型の生産量に占める廃棄物の平均比率
黒字事業者：5.3%
赤字事業者：14.8%
販売量つまりは収入に直結
経営状況に関係があると考えられる

Jリーフ (ENEOSグループ)



- 大規模自動化工場
- 2021年6月30日創業
- **日産3万株のレタス生産**
- テクノファームけいはんなの2倍となる **28段の栽培棚**
- 敷地面積：約 8,000 m²
- 太陽光パネルを設置
- ENEOS グループ遊休地の有効活用



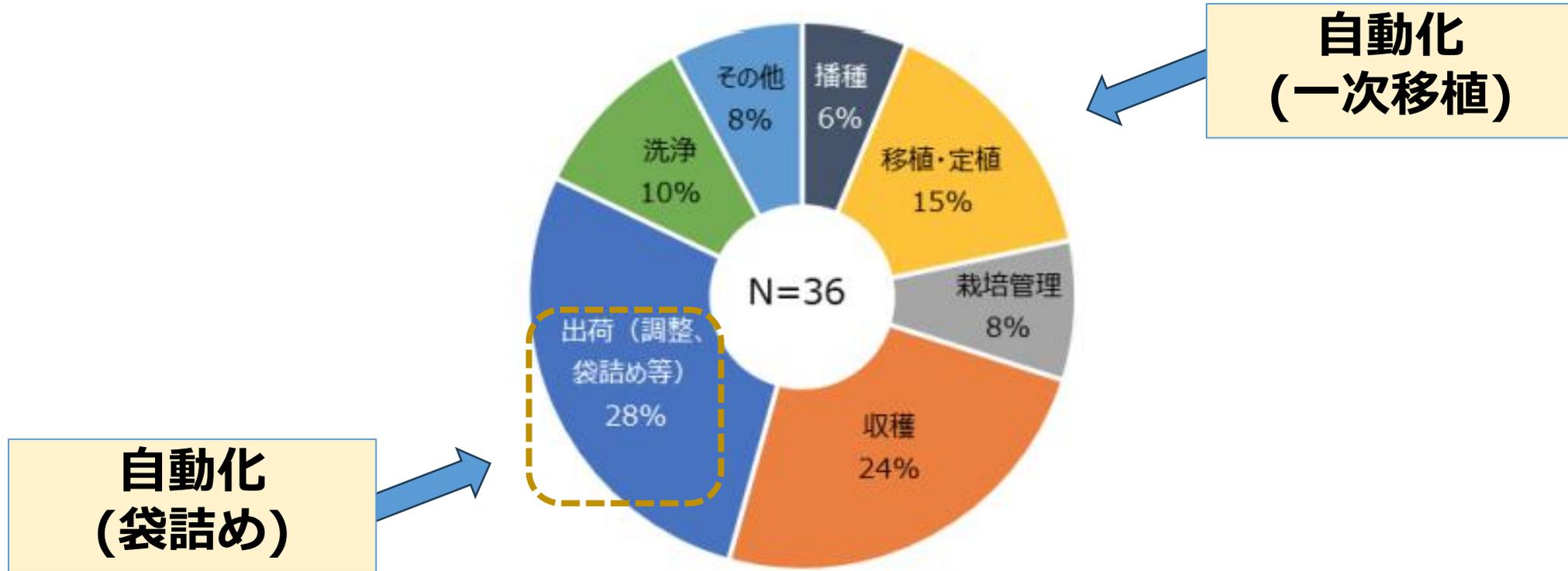
Jリーフ (ENEOSグループ)



- Automation in cultivation room
- **70% automation of the whole process** (sowing, seedling, transplanting x 2, growing, harvesting, trimming, packaging)
- **28 layers** of each cultivation rack (twofold of Techno farm Keihanna)
- **20 of 19 m -high cultivation racks**

<https://jgha.com/wp-content/uploads/2024/04/TM06-05-bessatsu1.pdf>

国内の植物工場 主要品目に係る作業比率（レタス類）



*ベビーリーフを除く

Packaging room of large-scale PFAL in Japan



Source : Shinnippou

Copyright(C) 2026 Japan Plant Factory Association (JPFA) All rights reserved.

A-Plus



Photo : Eri Hayashi



日本における植物工場の資源別生産性および 金額換算生産性の推定範囲例

- 植物を生産するために投入した資源量に対して、どれだけ植物を生産（商品化）できたか（kg）を示すもの
- 主な投入資源における国内の主要な植物工場で生産された販売品（レタス）の重量と金額生産性の範囲例
- 資源別生産性の指標を示すことで、植物工場における改善効果の定量的評価や工場同士の生産性の定量比較、さらに業界全体の生産性向上につながる

番号	投入資源の種類	資源生産性の範囲例	金額生産性の範囲例 (kg/1000円)	生産コストの範囲例 (円/kg)
①	電気エネルギー	0.11 - 0.14 kg/kWh	7.1 - 8.3	120 - 141
②	作業時間	7.7 - 10.0 kg/h	6.5 - 7.7	130 - 179
③	栽培面積	0.25 - 0.33 kg/m ² /d	5.3 - 7.1	141 - 189
④	その他の資源	-	6.7 - 9.1	110 - 150
	全投入資源	-	1.5 - 2.0	501 - 659

古在豊樹, 浦勇和也, 甲斐剛, 林絵理(2019)人工光型植物工場に関する生産性指標の種類、定義、計算式および注釈. 農業および園芸. Vol. 94 No.8 p661-672

Lettuce productivity per unit of electricity consumption and per unit cultivation area for each B-to-C product type

808 Factoryにおける品種別の生産性指標 ⇒ 品質などをより重視することであえて低い数値となる現実も同時に考慮する必要がある

Variety	Productivity per unit of electric energy consumption	Productivity per unit cultivation area	Average packaging weight in 808 FACTORY
1	0.07-0.08 kg/kWh	0.18 kg/m ² /day	85 g/package
2	0.12-0.14 kg/kWh	0.15 kg/m ² /day	60 g/package
3	0.05-0.06 kg/kWh	0.09 kg/m ² /day	50 g/package
4	0.05-0.06 kg/kWh	0.09 kg/m ² /day	70 g/package
Kozai et al., 2022	0.11-0.14 kg/kWh	0.25-0.33 kg/m ² /day	-

Kai, K. and Okabe, M. (2023) Data-driven operations for a productive and sustainable plant factory. In *Advances in Plant Factories: New technologies in indoor vertical farming*; Kozai, T. and Hayashi, E., Eds., Burleigh and Dodds, UK. pp. 453–465.

Oishii Farm

植物工場で大規模イチゴ生産

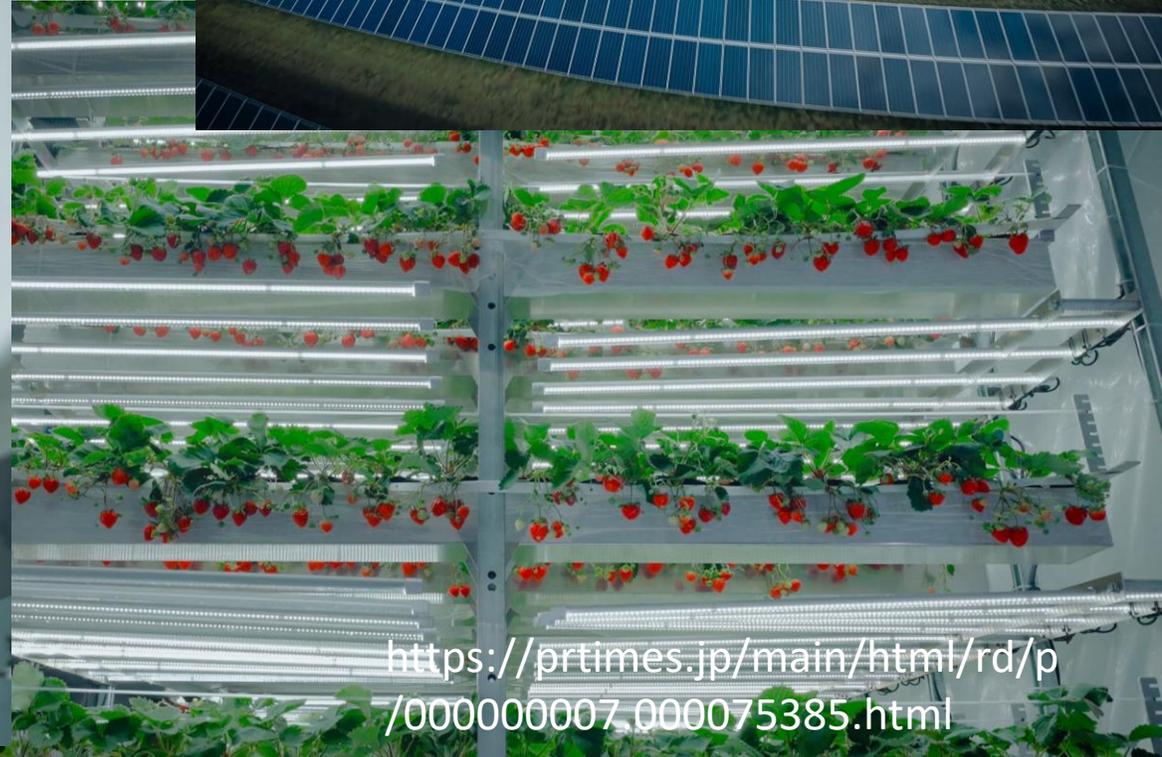
- 日本技術によるグローバル産業創出
- 標準化の重要性



<https://www.verticalfarmdaily.com/article/9428604/oishii-opens-new-product-segment-by-introducing-20-dollar-berries/>



<https://oishii.com/>



<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000007.000075385.html>

Oishii Farm



Photo: Eri Hayashi

“Omakase Berry”

\$50/pack (8-11)



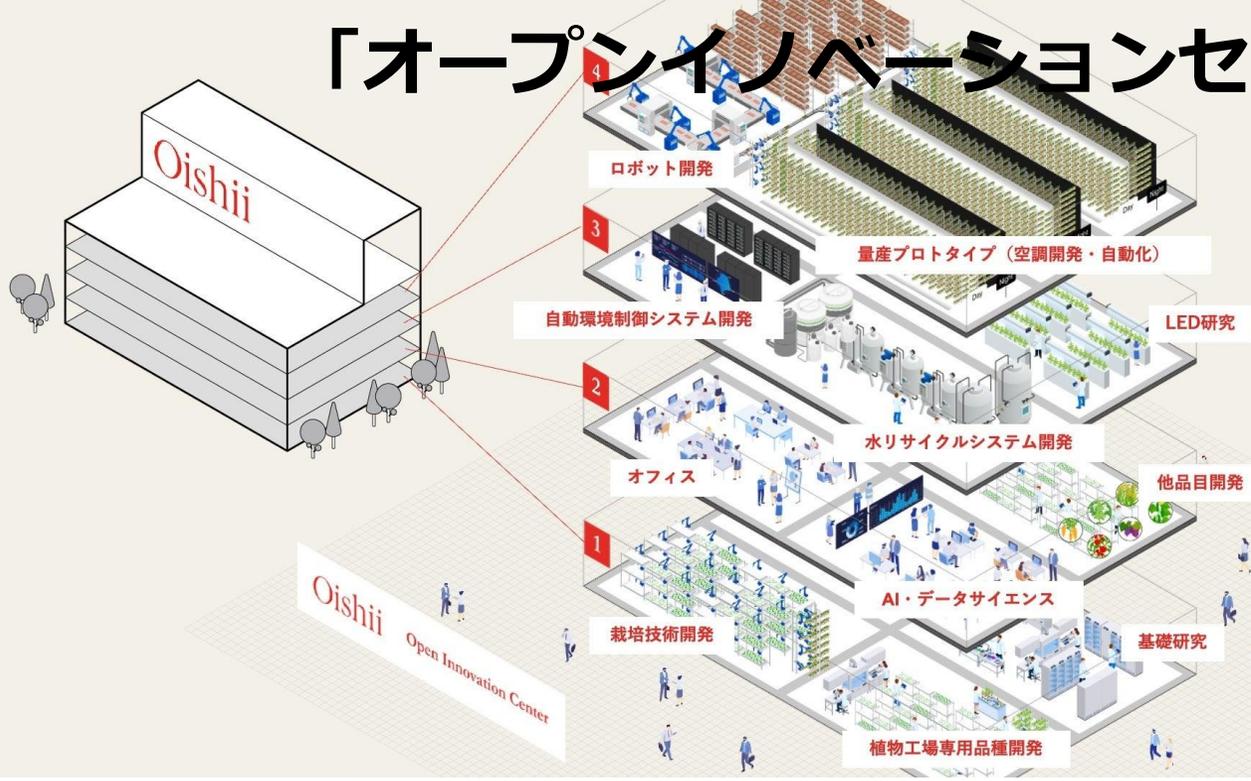
\$20/pack in 2022



\$9.99/pack in 2024



「オープンイノベーションセンター」を東京都・羽村に開設



工業

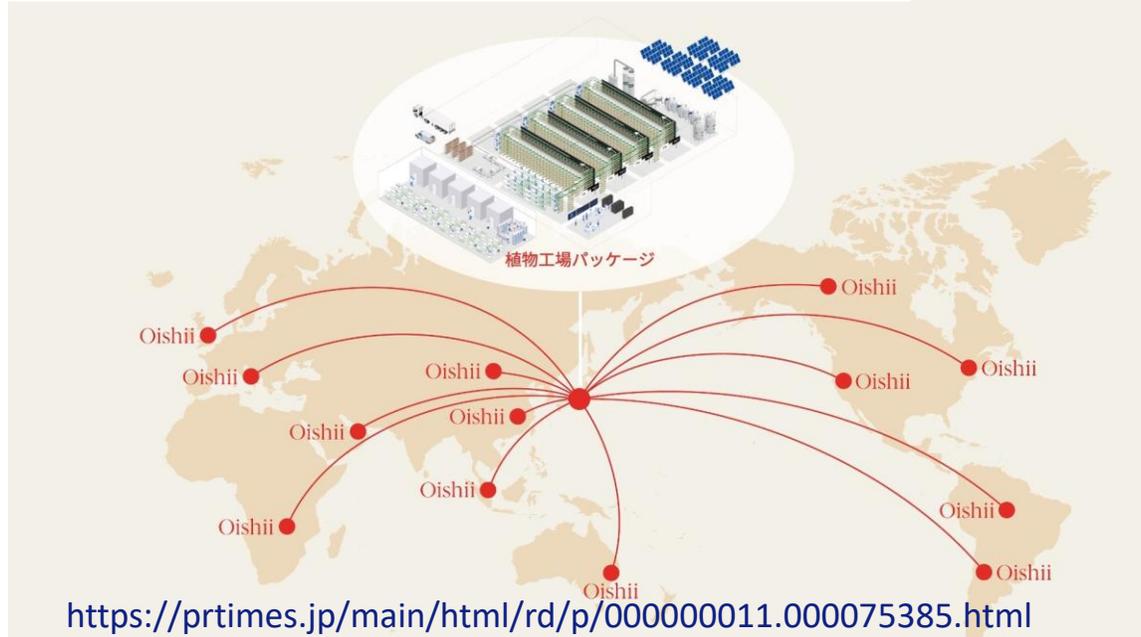
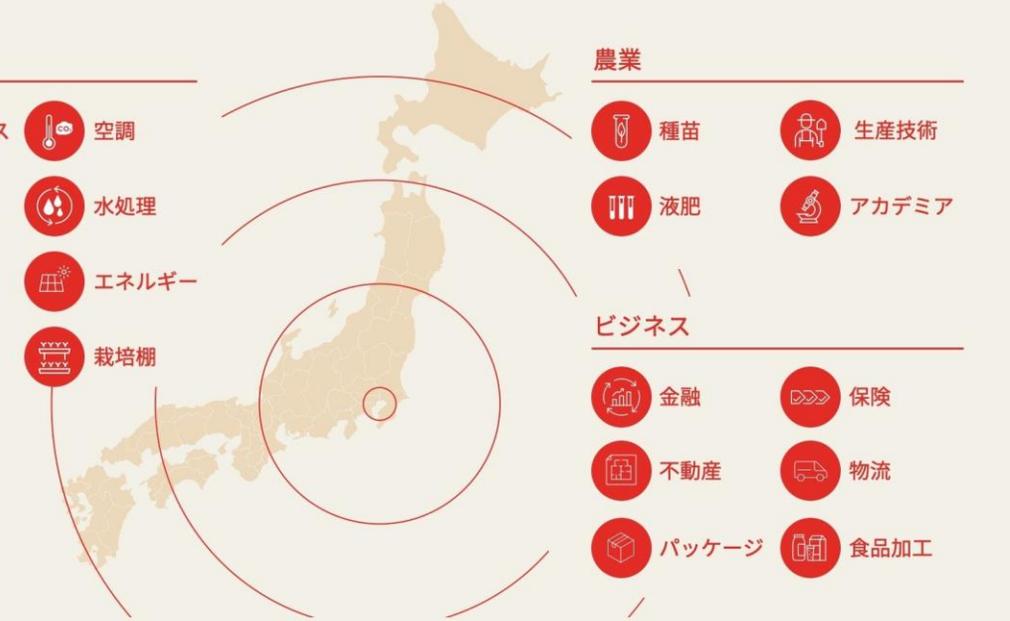
- ロボティクス
- IoT
- LED
- 建設
- 空調
- 水処理
- エネルギー
- 栽培棚

農業

- 種苗
- 液肥
- 生産技術
- アカデミア

ビジネス

- 金融
- 不動産
- パッケージ
- 保険
- 物流
- 食品加工



<https://prtmes.jp/main/html/rd/p/00000011.000075385.html>

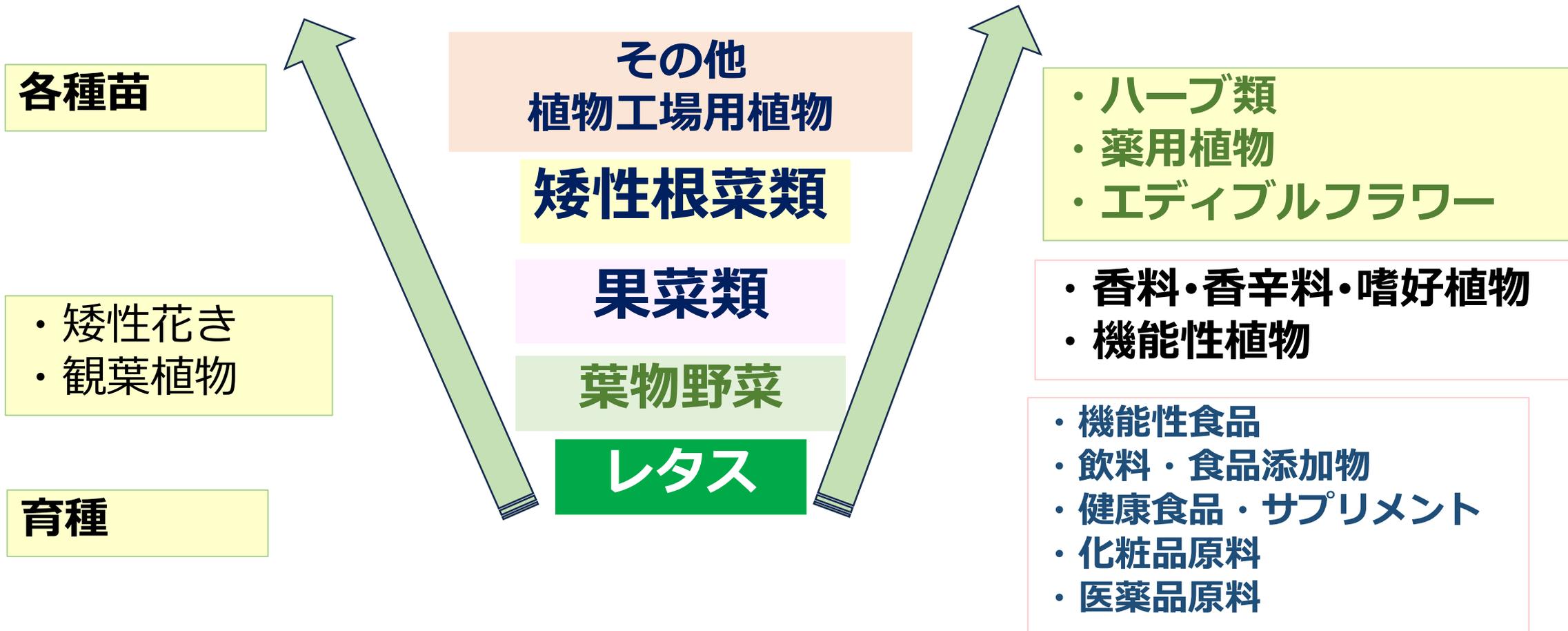


Monetary productivity (yearly sales/yearly cost) of selected crops

Factors	Leaf lettuce	Rice	Strawberry	Cherry-tomato
Whole sale price (JPY/kg)	1,200	300	1,600	500
No. of cropping/y	23	3.8	1	1
Yield (kg m ⁻² y ⁻¹)	69	3.8	20	100
Yearly sales (JPY/m ² /y)	82,800	1,150	32,000	50,000
Electricity cost (JPY/m ² /y)	11,730	58,650	23,460	34,500
Production cost (JPY/m ² /y)	58,650	293,250	117,300	172,500
Yearly sales/Yearly costs	1.4	0.0039	0.27	0.29

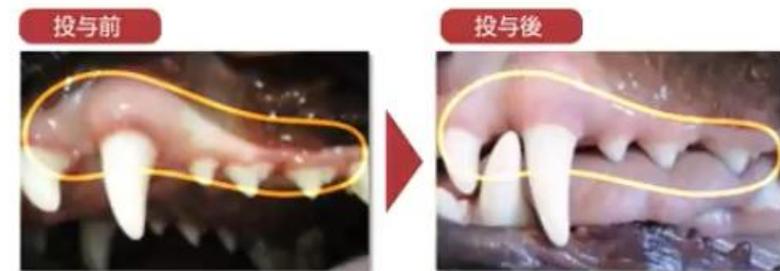
Kozai, T., E. Hayashi and Y. Amagai (2020) Plant factories with artificial lighting (PFAL) towards sustainable plant Production. Acta Horticulture 1273 (IHC 2018, Istanbul, Turkey). 251-259.

用途・市場拡大が見込まれる植物工場産の植物



ホクサン

動物用バイオ医薬品



週2回、5週間連続投与

同様に、歯肉炎が軽減されています

<https://www.hokusan-kk.jp/product/interberry/index.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=zKCmlZcu0Lg&t=555s>

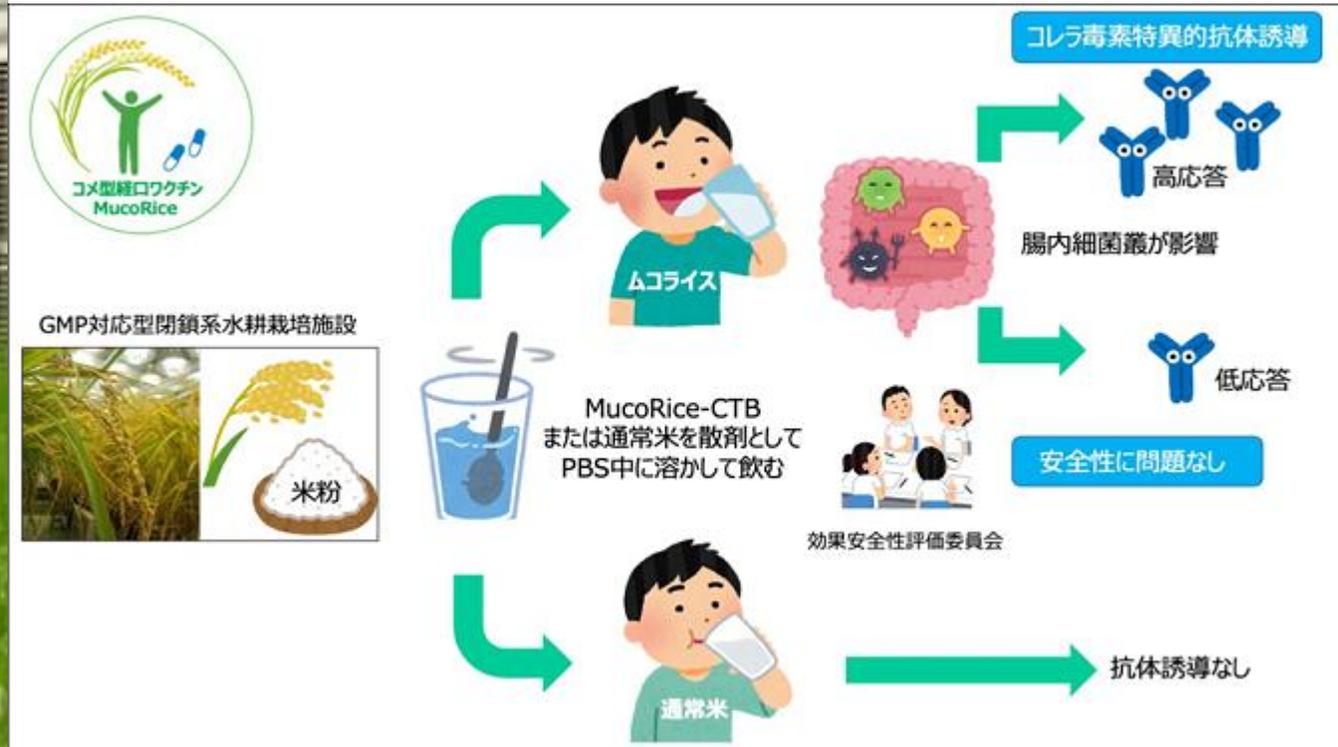
<https://www.hokusan-kk.jp/news/pdf/20200207mono.pdf>

コメで作った飲むワクチン「ムコライス」 (MucoRice-CTB)



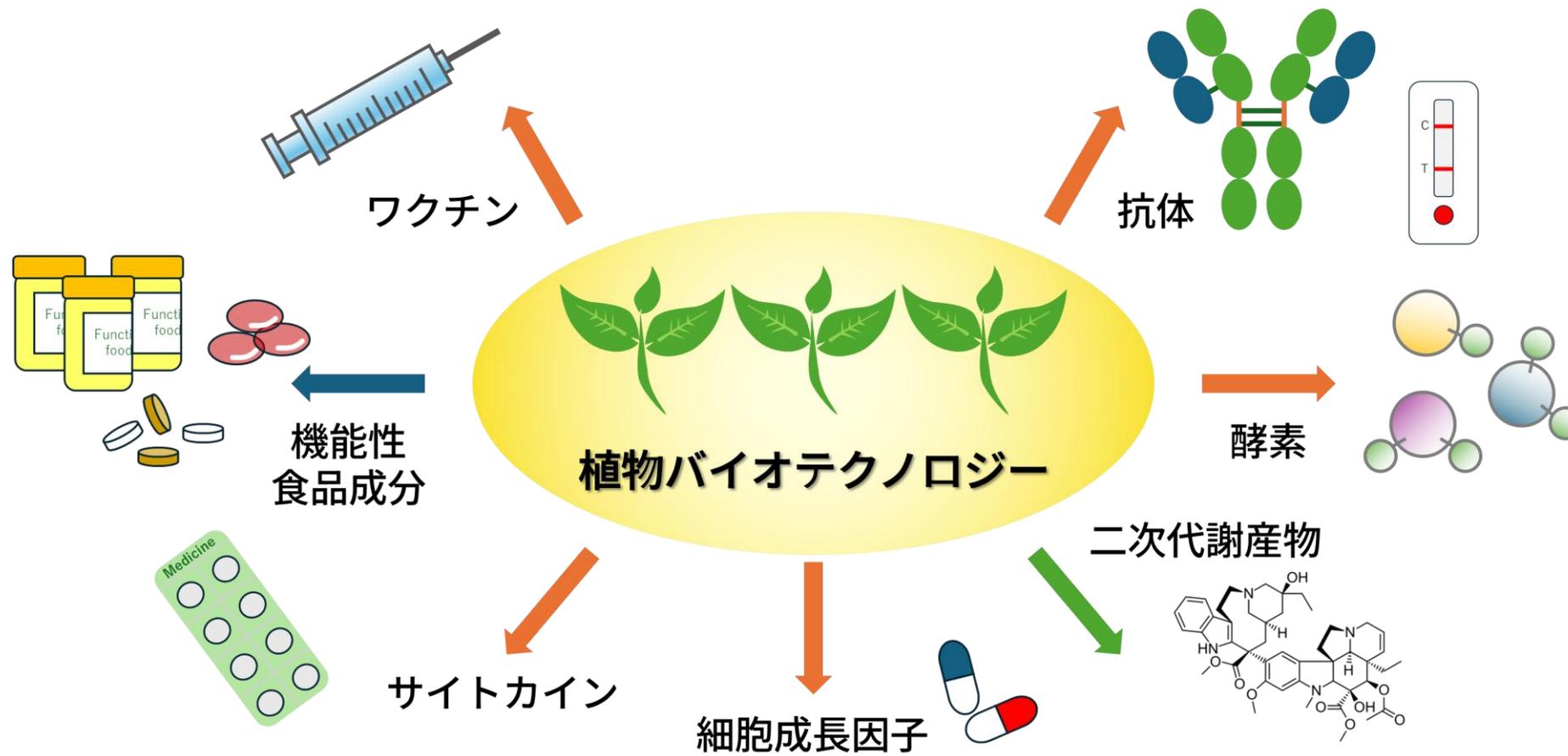
<http://s-park.wao.ne.jp/archives/1144>

MucoRice-CTB



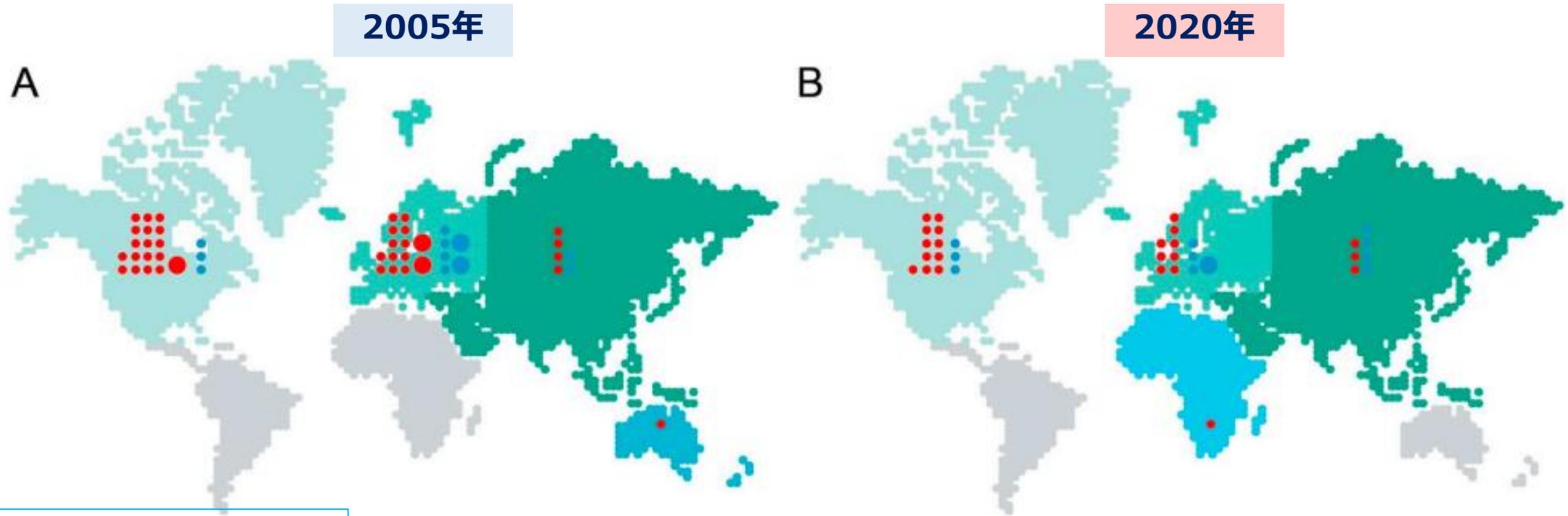
https://www.ims.u-tokyo.ac.jp/imsut/jp/about/press/page_00104.html

「物質生産用に開発した植物を用いて、栽培から遺伝子発現、目的物質の抽出精製までを一気通貫型に実施可能な世界初の植物バイオものづくり研究開発拠点を設置



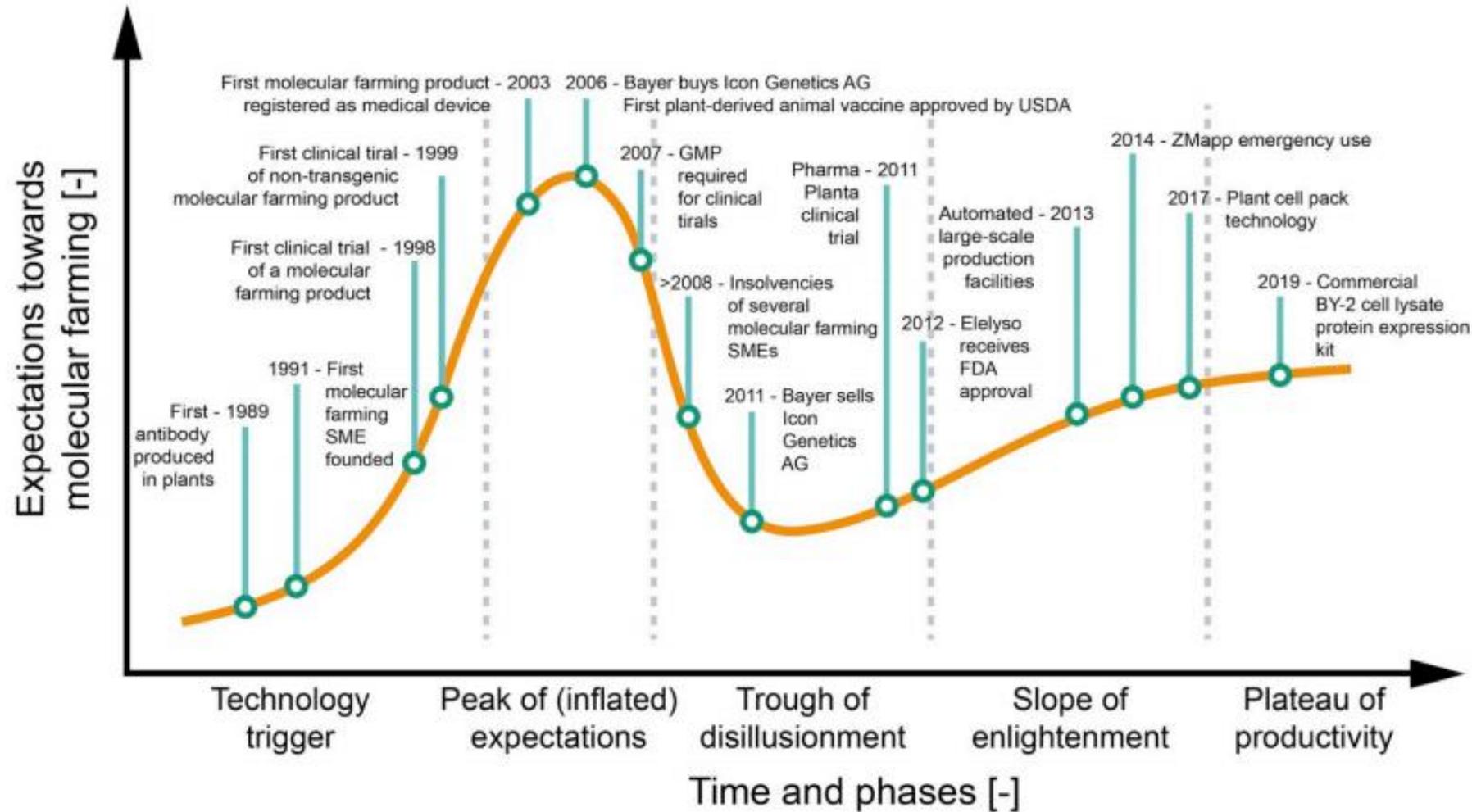
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101866.html

世界における遺伝子組み換え植物を利用した有用物質生産企業の分布 2005年と2020年の比較



- ※
- 大 大企業
 - 小 中小企業
 - 赤 医薬品
 - 青 医薬品以外に特化

バイオ医薬品のための遺伝子組み換え植物を利用した有用物質生産の世界市場の 歴史的動向・推移（ハイブ・サイクル）



Rainer Fischer, Johannes F. Buyel, Molecular farming – The slope of enlightenment, *Biotechnology Advances*, Volume 40, 2020, 107519, ISSN 0734-9750, <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107519>.

有用物質生産に求められる精密な環境制御 人工光型植物工場的重要性

frontiers
in Plant Science

ORIGINAL RESEARCH
published: 08 October 2019
doi: 10.3389/fpls.2019.01245



Seasonal Weather Changes Affect the Yield and Quality of Recombinant Proteins Produced in Transgenic Tobacco Plants in a Greenhouse Setting

Matthias Knödler^{1,2}, Clemens Rühl¹, Jessica Emonts¹ and Johannes Felix Buyel^{1,2*}

¹ Bioprocess Engineering, Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology IME, Aachen, Germany; ² Institute for Molecular Biotechnology, RWTH Aachen University, Aachen, Germany

OPEN ACCESS

Edited by:

Annal Pitts,
VTT Technical Research Centre of
Finland Ltd, Finland

Reviewed by:

Rima Menassa,
Agriculture and Agri-Food Canada,
Canada
Qianqi Chen,
Zhengzhou Tobacco Research
Institute of CVTC,
China

***Correspondence:**

Johannes Felix Buyel
johannes.buyel@rwth-aachen.de;
johannes.buyel@ime.fraunhofer.de

Transgenic plants have the potential to produce recombinant proteins on an agricultural scale, with yields of several tons per year. The cost-effectiveness of transgenic plants increases if simple cultivation facilities such as greenhouses can be used for production. In such a setting, we expressed a novel affinity ligand based on the fluorescent protein DsRed, which we used as a carrier for the linear epitope ELDKWA from the HIV-neutralizing antibody 2F5. The DsRed-2F5-epitope (DFE) fusion protein was produced in 12 consecutive batches of transgenic tobacco (*Nicotiana tabacum*) plants over the course of 2 years and was purified using a combination of blanching and immobilized metal-ion affinity chromatography (IMAC). The average purity after IMAC was $57 \pm 26\%$ ($n = 24$) in terms of total soluble protein, but the average yield of pure DFE (12 mg kg^{-1}) showed substantial variation ($\pm 97 \text{ mg kg}^{-1}$, $n = 24$) which correlated with seasonal changes. Specifically, we found that temperature peaks ($>28^\circ\text{C}$) and intense illuminance

温室における有用物質生産の課題

✓ 季節変動による発現量のバラつき



外的環境による影響を受けずに
有用物質の安定生産を可能にする
人工光型植物工場の必要性・可能性を示唆

Knödler M, Rühl C, Emonts J and Buyel JF (2019) Seasonal Weather Changes Affect the Yield and Quality of Recombinant Proteins Produced in Transgenic Tobacco Plants in a Greenhouse Setting. *Front. Plant Sci.* 10:1245. doi: 10.3389/fpls.2019.01245

大麻草採取栽培をめぐる法改正と今後の展望

中岡 宏子*・林 絵理*

【キーワード】：大麻、法改正、大麻草由来医薬品、
大麻草採取栽培

1. はじめに

2023年12月、「大麻取締法及び麻薬及び向精神薬取締法の一部を改正する法律（以下、大麻/麻向改正法）」が成立、公布された¹⁾。この法改正のニュースは、新聞やテレビで「大麻の医薬品利用解禁、使用罪も新設」「使用罪創設、成分含む医薬品は使用可能」「医療大麻の合法化」などと大きく取り上げられ、多くの人の関心を集めた。しかし、法改正前後で大麻の取り扱いがどう変わり、何が解禁され、何が禁止されたのだろうか。そもそも大麻とは何を指すのだろうか。また、今回の法改正では「大麻草の栽培の管理に関する規制の見直し」も大きな改正点の1つであるとされているが、改正法における大麻草採取栽培はどのように規制されることになったのだろうか。

本稿では、大麻/麻向改正法における大麻とは何で、どのように規制されるのか、特に大麻/麻向改正法による「大麻草の医療や産業における適正な利用」がどういうもので、大麻草採取栽培や栽培研究がどのように行われるべきであるのかを考察したい。

2. 大麻とは

大麻といえば、大学の運動部の学生が所持したり、譲り受けたりした事件や大麻草に含有される成分と類似の成分を含んだグミを食べて体調不良を訴える人がでた事件が記憶に新しい。一般的に、大麻は大麻草 (*Cannabis sativa* L.; カンナビス・サティバ・エル) というアサ科の植物由来の薬物として知られている。海外では、大麻草をその成分のひとつである THC (Tetrahydrocannabinol; テトラヒドロカンナビノール) の含有がほとんどないか、少ないものを Hemp (ヘンプ)、含有が高いものを Marijuana (マリファナ) とわけている国もある。日本では、法改正以前は大麻取締法（以下、旧大麻取締法）に

よって大麻は「大麻草（カンナビス・サティバ・エル）及びその製品をいう。ただし、大麻草の成熟した茎及びその製品（樹脂を除く。）並びに大麻草の種子及びその製品を除く。」と定義されていた。

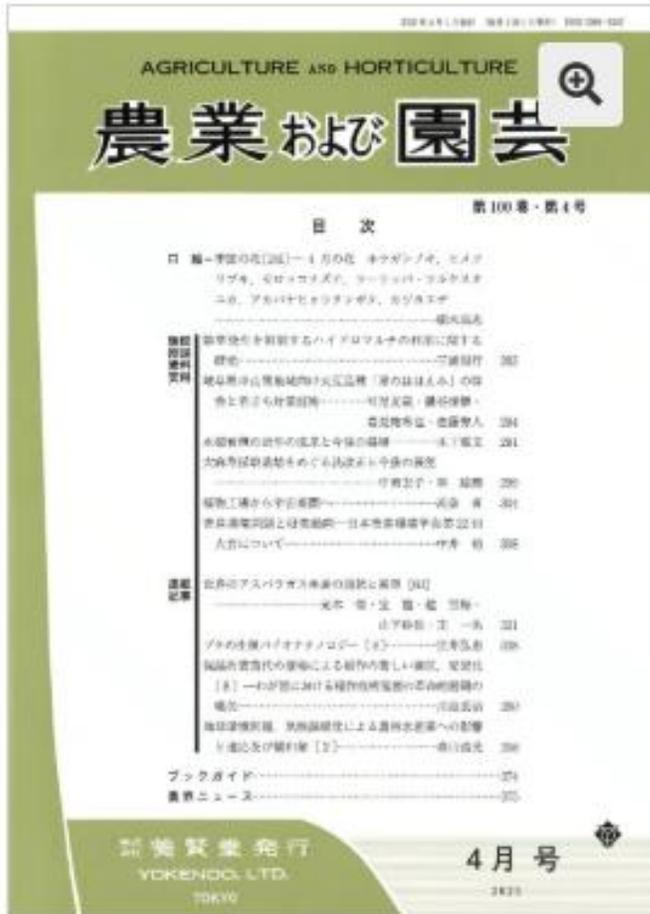
つまり、大麻草（カンナビス・サティバ・エル）を、（成熟した）茎および種子と、葉や花穂（かすい）、花などの部位でわけ、大麻草由来の製品（オイルや飲料、その他の製品）については成熟した茎および種子のみを利用した、THC 非検出の製品のみが流通可能であった。

しかし、2023年成立の大麻/麻向改正法では「大麻草とはカンナビス・サティバ・リンネをいう」で、大麻とは「大麻草（その種子及び成熟した茎を除く。）及びその製品（大麻草としての形状を有しないものを除く。）をいう」と再定義されている。加えて、麻薬及び向精神薬取締法の「麻薬」を「別表第一に掲げる物²⁾及び大麻をいう。」と、大麻を加えて再定義し、大麻とは、「大麻草の栽培の規制に関する法律に規定する大麻をいう。」としている。

また、大麻/麻向改正法では、大麻とは大麻草とその形状を有する製品であり、大麻草の形状を有しない製品は1. 油脂及び粉末、2. 水溶液、3. それ以外の製品にわけられ、それぞれの THC の残留限度値が 1. 10ppm、2. 0.1ppm、3. 1ppm と設定³⁾され、残留限度値を超える製品は「麻薬」として規制されることとなった。つまり大麻草の成分のひとつではあるが、麻薬成分ではない CBD (Cannabidiol; カンナビジオール) を含む製品などは、大麻草の成熟した茎および種子だけではなく葉や花穂、花も利用が可能であるが、製品が麻薬に非該当とされるためには製品中の THC 類³⁾が残留限度値以下であることが条件となる（表1）。

¹⁾ THC 類： Δ^9 THC（デルタ9テトラヒドロカンナビノール）と Δ^9 THCA（デルタ9テトラヒドロカンナビノール酸）の総和。大麻草中の Δ^9 THCは植物体中では Δ^9 THCAで存在し、熱や光で Δ^9 THCへ変化する。

*特定非営利活動法人植物工場研究会
(Hiroko Nakaoka, Eri Hayashi)



「大麻草採取栽培をめぐる法改正と今後の展望」農業誌に掲載

農学・農業上の新しい研究と実際増益に役立つ内外の新説を扱う雑誌『農業と園芸』に、当会の中岡宏子氏（医学博士）および林絵理 理事長による「大麻草採取栽培をめぐる法改正と今後の展望」が掲載されています。

日本において大麻を規制してきた「大麻取締法」は2023年12月にその改正法が成立、公布されました。その後、改正法は2025年3月までに2段階に分けて施行されました。本稿では、この改正法における「大麻の定義」と、「大麻草採取栽培や栽培研究の今後の展望」について言及しています。

Wheat yield potential in controlled-environment vertical farms

Senthod Asseng , Jose R. Guarin , Mahadev Raman , , and Paul P. G. Gauthier   [Authors Info &](#)

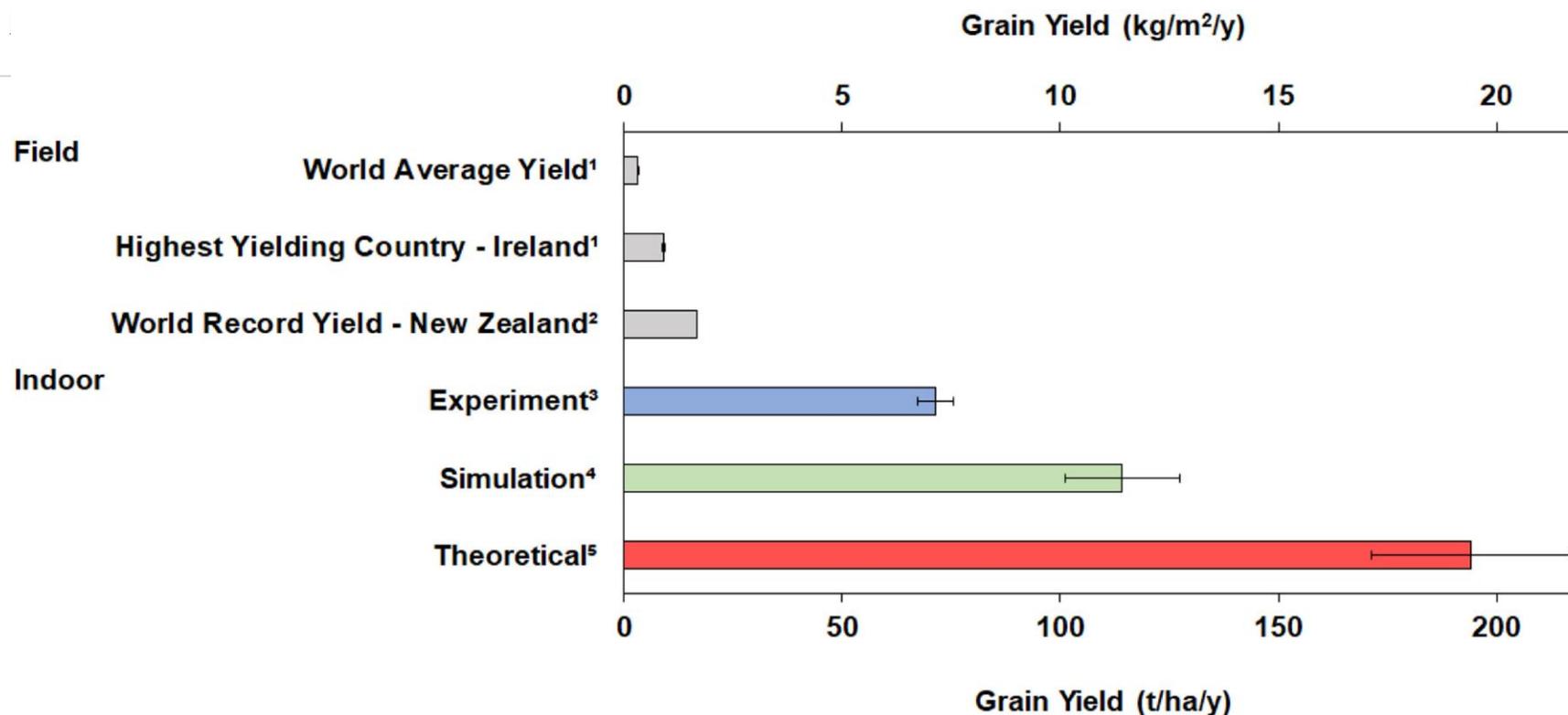
[Affiliations](#)

Edited by Dieter Gerten, Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam, Germany, and accepted by Editorial Board Member Hans J.

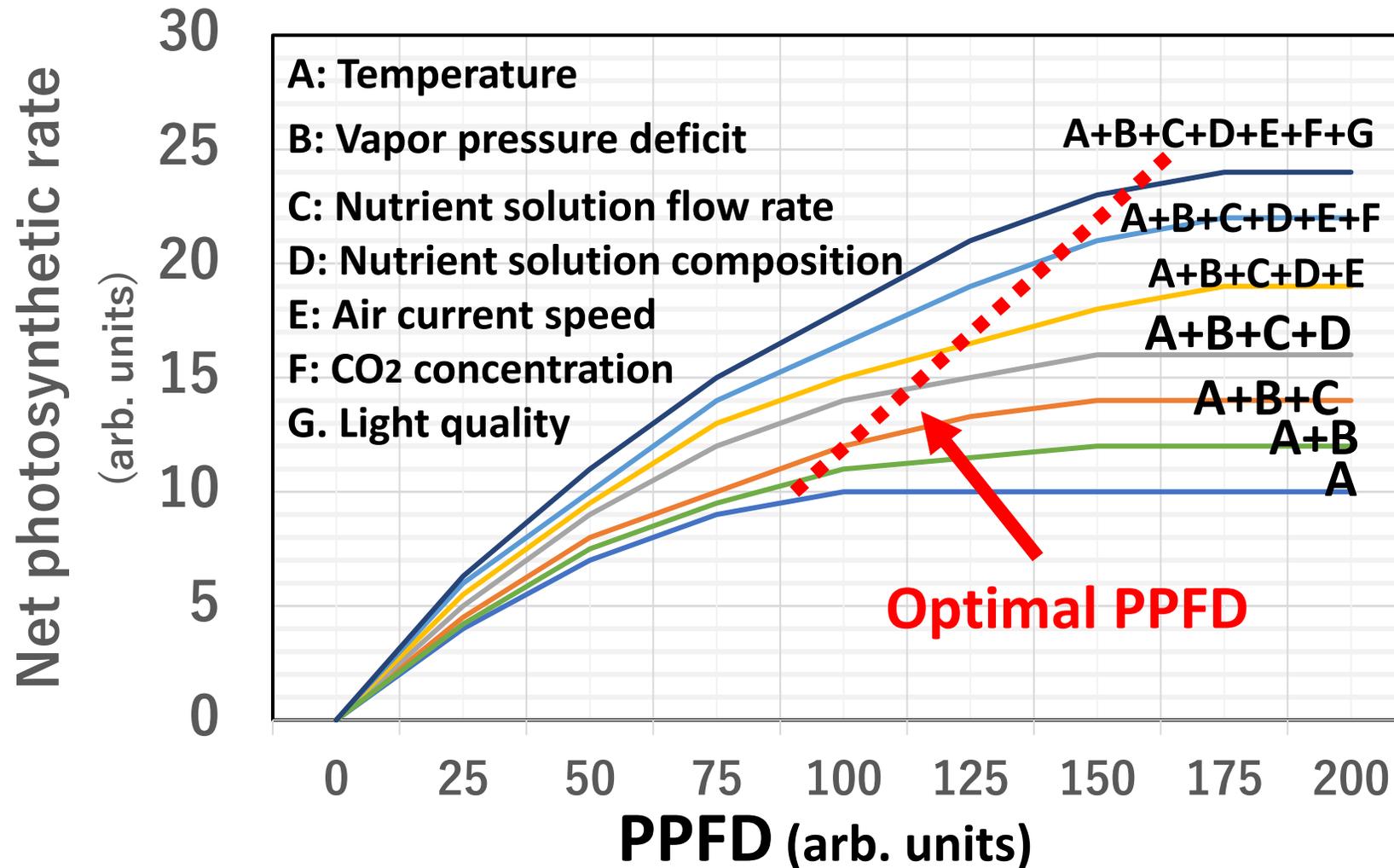
Schellnhuber June 19, 2020 (received for review February 11, 2020)

July 27, 2020 | 117 (32) 19131-19135 |

 167,912 | 57

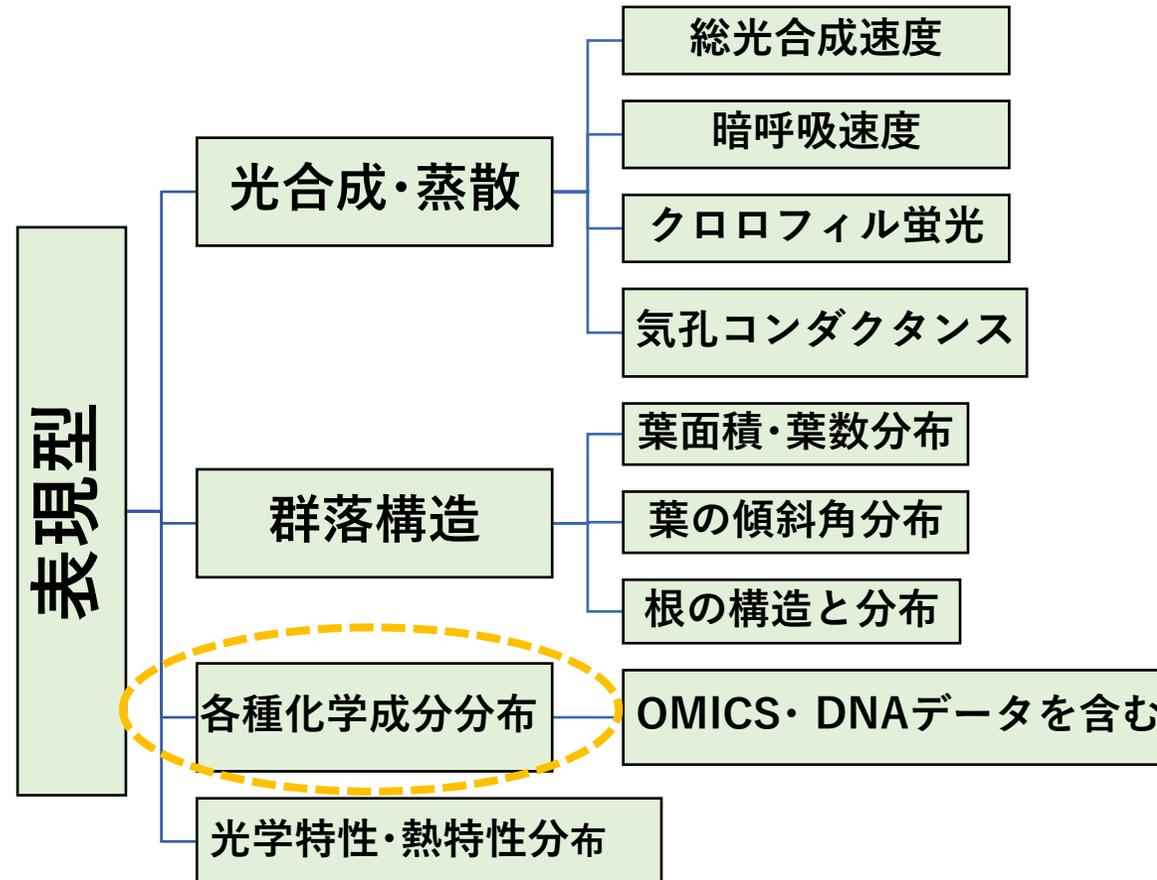


Optimal PPFD for photosynthesis affected by other environmental factors



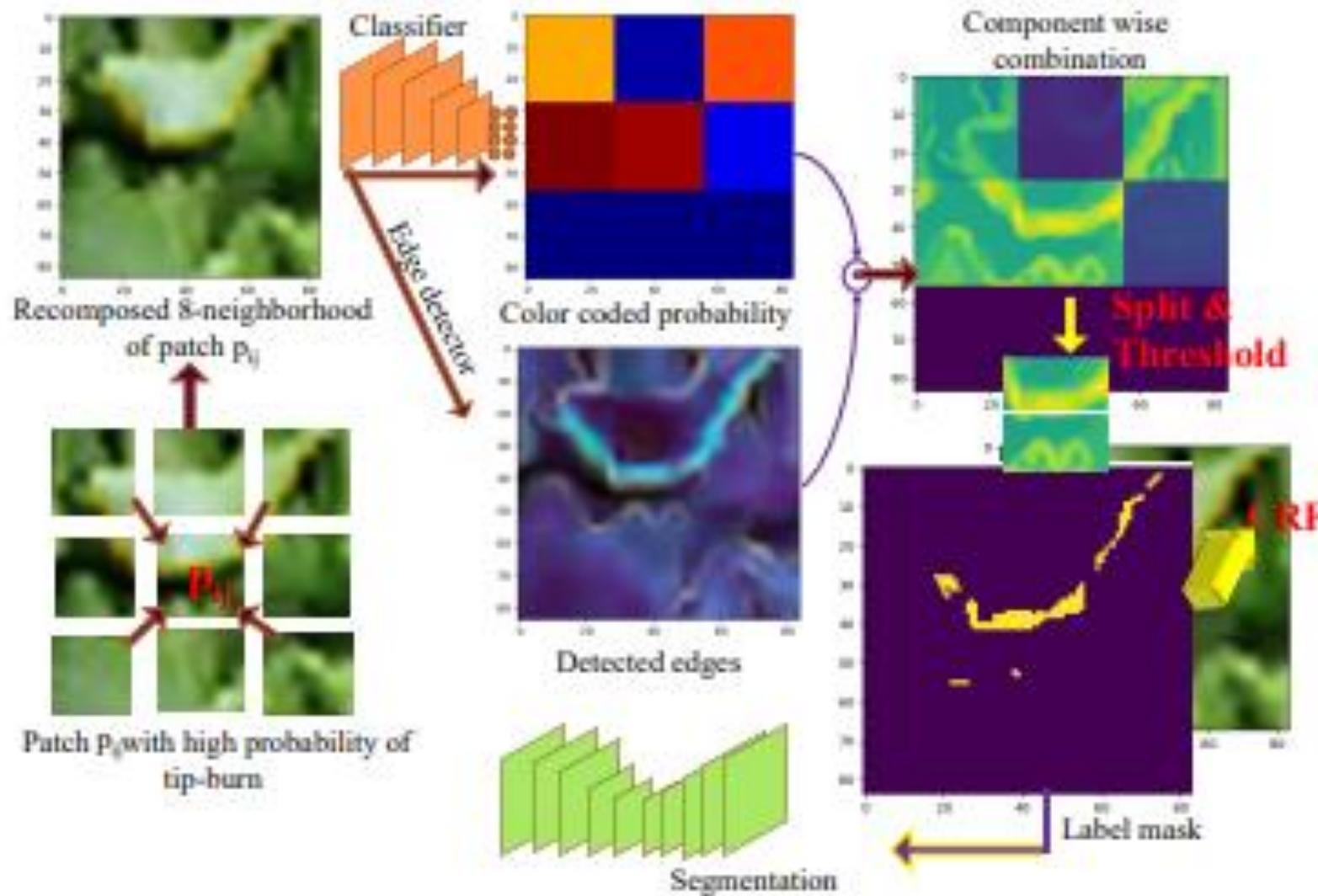
植物の表現型の例

非破壊・非接触で植物の構造と機能に関する特性を計測する方法論と手続き。細胞レベルから群落レベルにわたる。



古在 (2020)

チップバーンの検出



Gozzovelli R., Franchetti B., Bekmurat M., Pirri F. (2021). Tip-burn stress detection of lettuce canopy grown in plant factories, in Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (Montreal, BC: IEEE;), 1259–1268.

植物工場にて植物を生産しながら 植物群落・個体別に連続計測・解析することの重要性

植物特性・環境・マネジメントデータ全体の連続計測と解析
⇒環境制御＝パラダイムシフト

- 植物の個体別の成長⇒栽培空間占有率の変化
- 群落内で個体同士が競合・密集

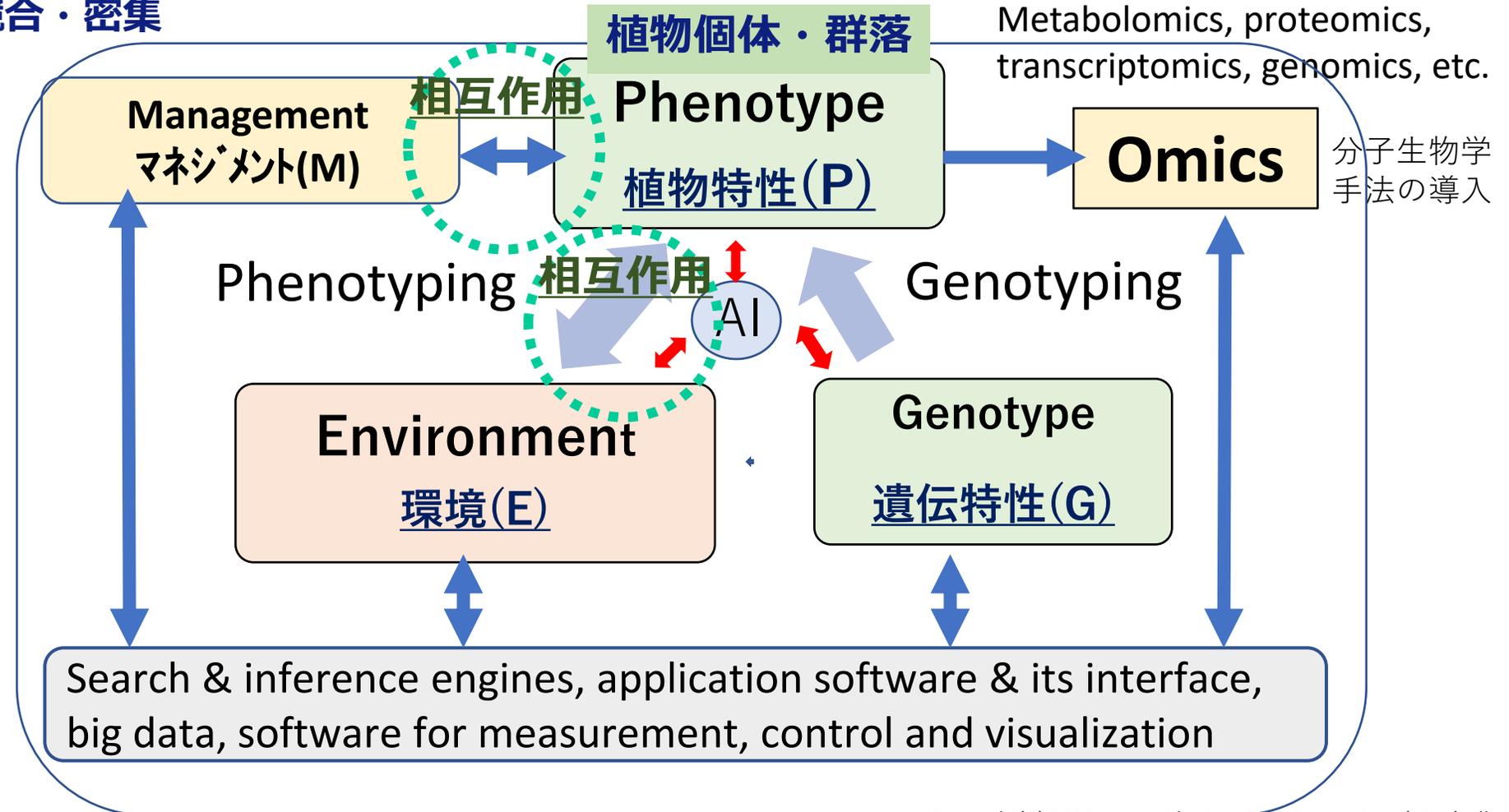
栽培マネジメント
(例：種子の加工、播種、移植、スペーシングなど、自動化も含む)

相互作用・応答
時系列的变化

植物個体・群落

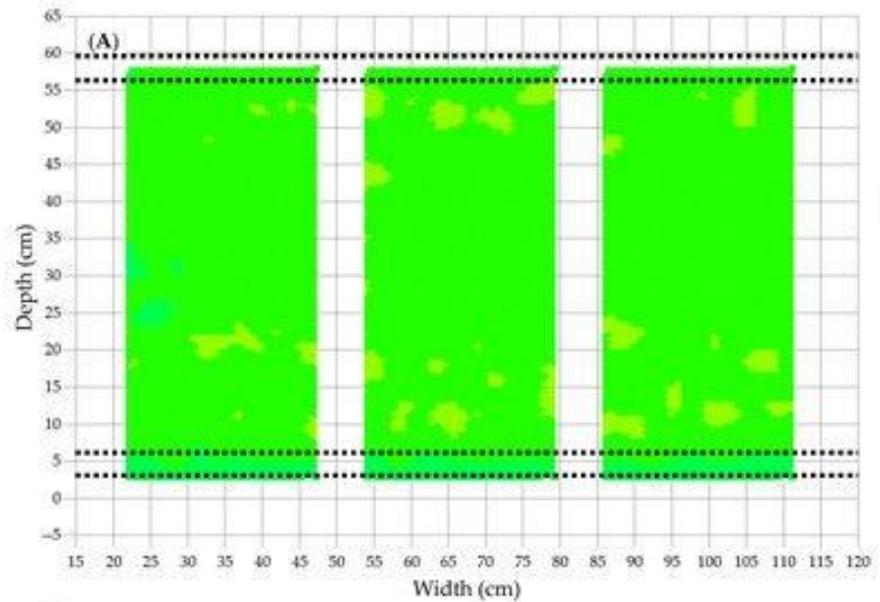
相互作用・応答
時系列的变化

栽培環境
(植物体周辺の Microenvironment 含む)



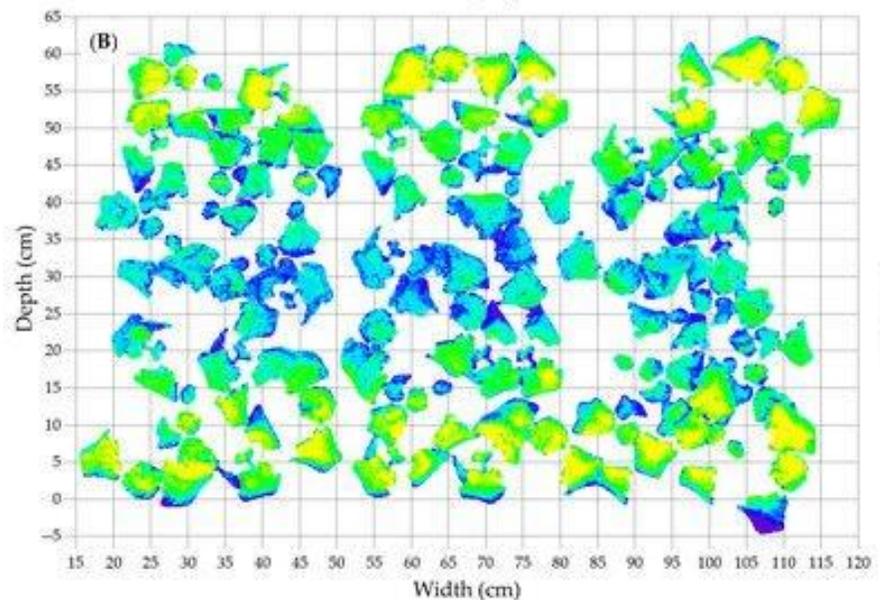
植物工場の栽培面における光合成有効量子束密度(PPFD)の 二次元分布に関する先行研究の一例

植物体の有無におけるPPFD分布の相違



同じ照明設計下における
PPFD分布

- ・ 植物体なし : 栽培エリア
表面 (上) 変動係数4.2%
- ・ 植物体あり : 葉面 (下)
変動係数44.6%



Saito, K.; Ishigami, Y.; Goto, E. Evaluation of the Light Environment of a Plant Factory with Artificial Light by Using an Optical Simulation. *Agronomy* **2020**, *10*, 1663.
<https://doi.org/10.3390/agronomy10111663>
に加筆

各種カメラと画像処理AI技術による表現型計測は環境制御および育種における重要技術になりつつある (Hayashi et al., 2022)



• 種子発芽



• 苗成長



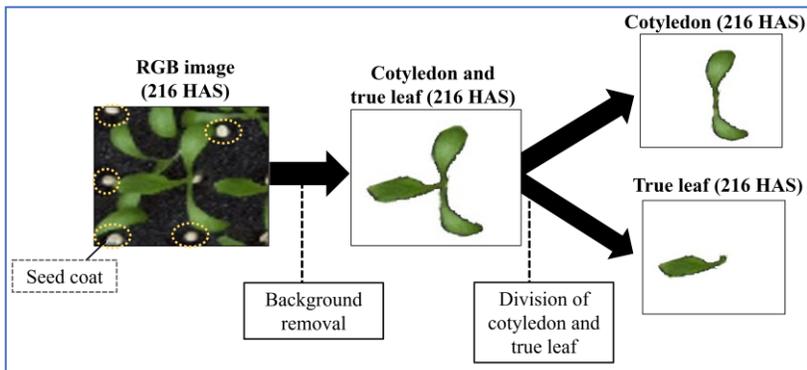
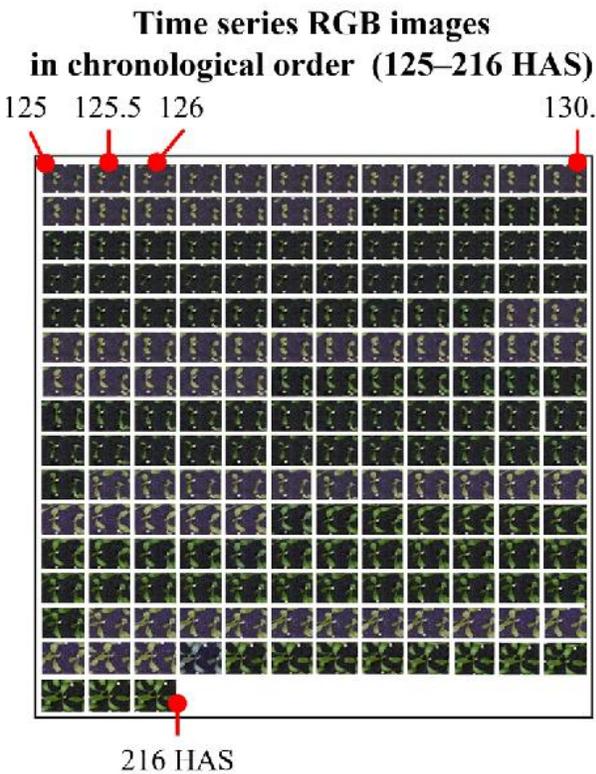
• 密集した群落



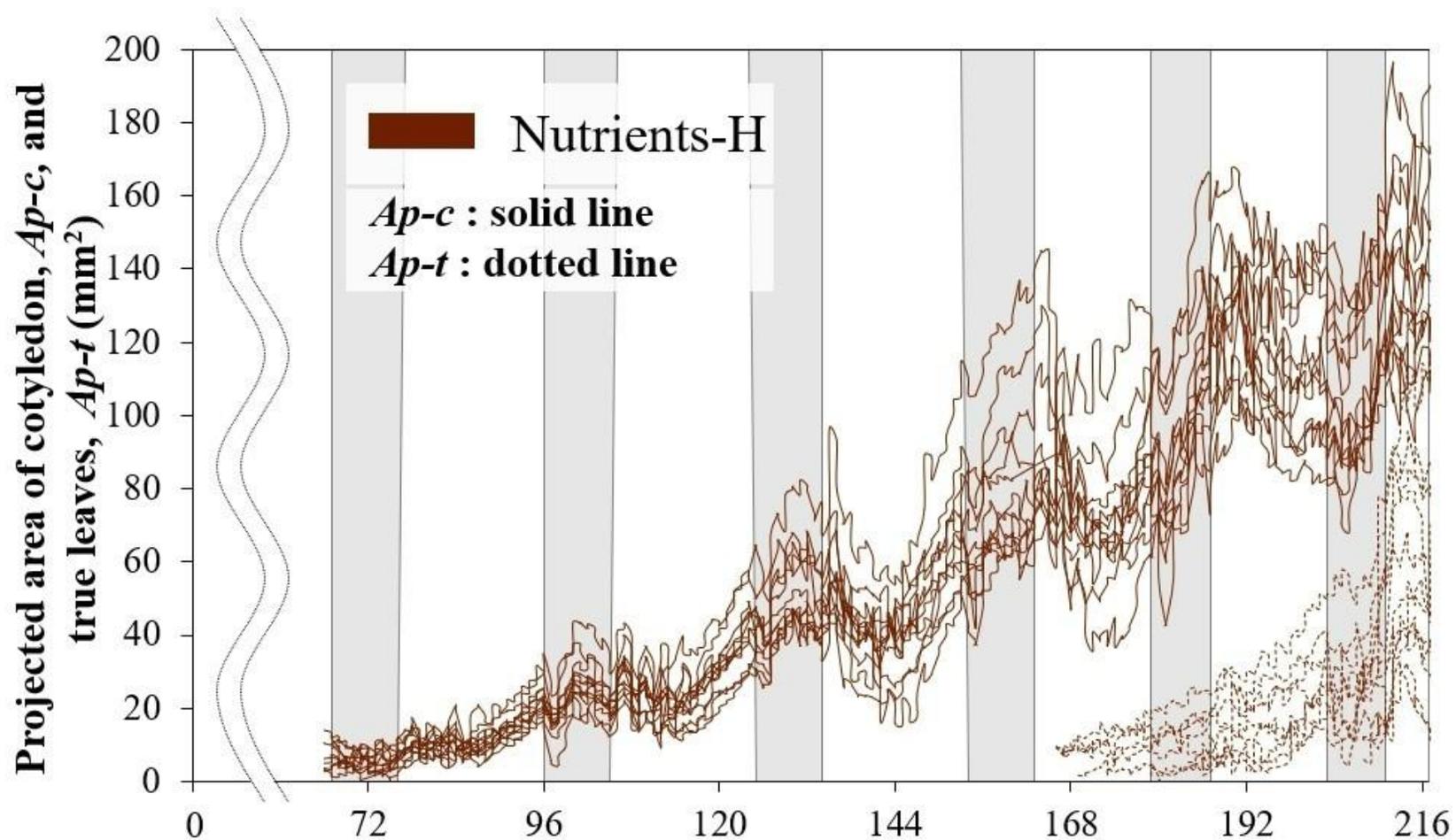
• 果菜類などの花芽形成、開花、結実、成長、成熟

複雑さ





個体別の時系列投影葉面積 (子葉 $Ap-c$, 本葉 $Ap-t$)



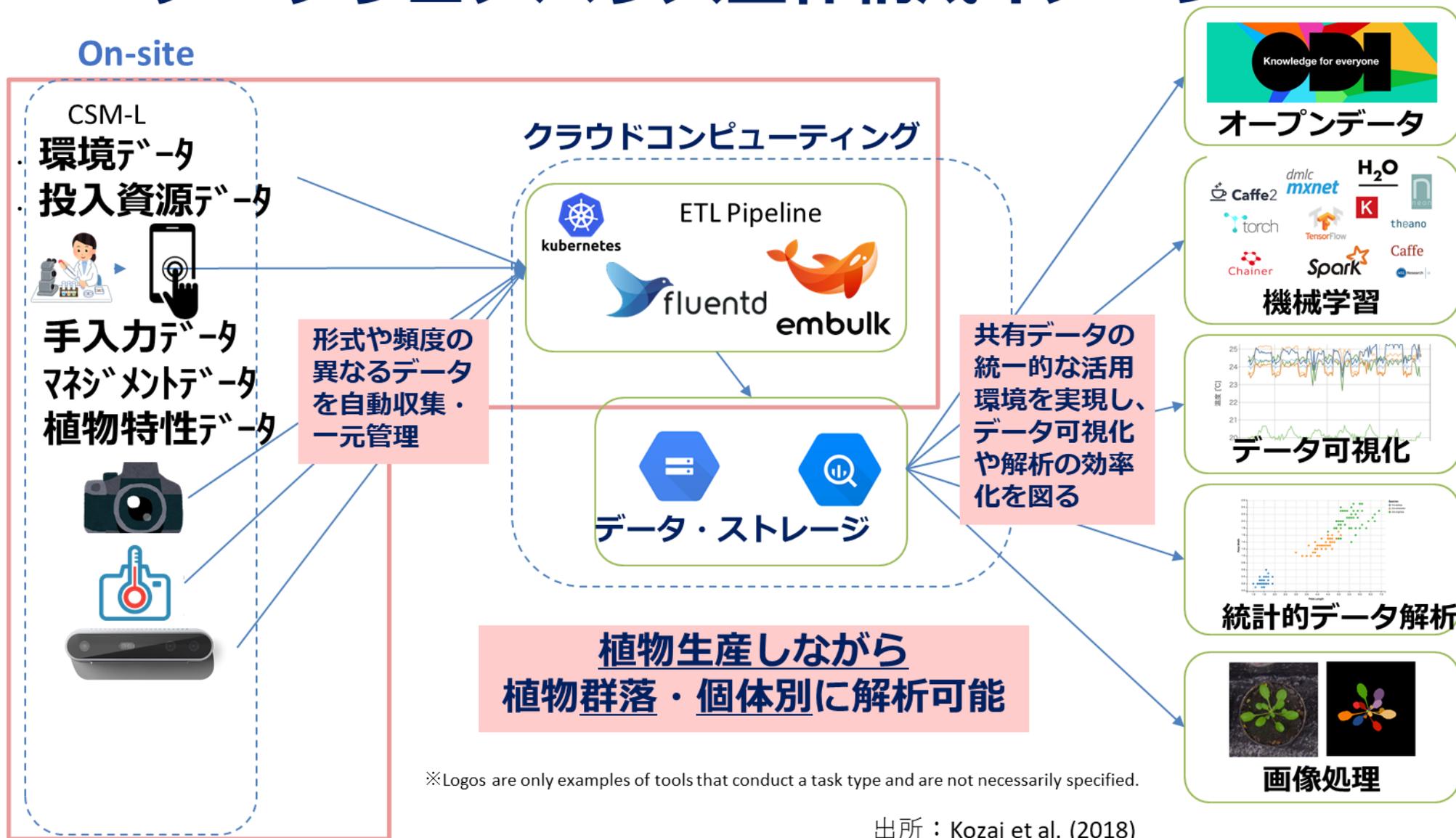
連続計測が望ましい変数の例

カテゴリー	計測要素の例
茎葉部環境	気温、水蒸気飽差、CO ₂ 濃度、気圧、気流速度、分光分布、光量子束密度等
根域環境	温度、pH、各種イオン濃度、溶存酸素濃度、流量速度、微生物叢、水ポテンシャル等
投入資源	照明:空調・他機器別電力、水、肥料、CO ₂ 、種子、作業時間等の投入量/hr等
植物の表現型	葉面積、重量、光合成速度、蒸散速度、各種化学物質濃度、色、光学特性等
生産物	収穫物の種類毎の量の時間あたり生産量とそれらの特性
廃棄物	排水、排熱、CO ₂ 、植物残渣、使用済み消耗材等の時間あたり排出量
その他	機器の稼働状態、微生物・ウイルスの存否、消耗品在庫量

関連技術：IoT, bio-sensors, drones, robots, wireless, API等

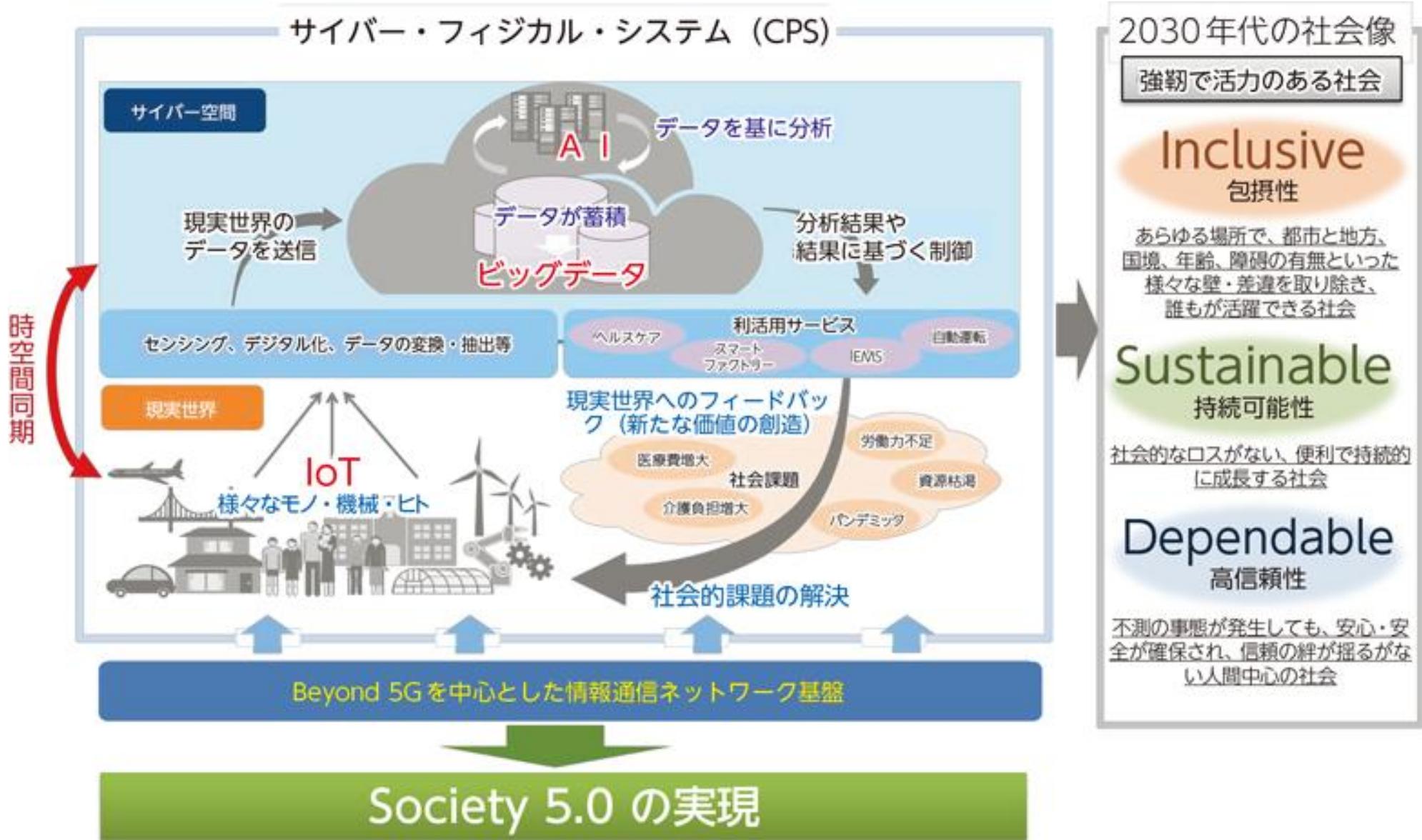
(古在, 2023)

データウェアハウス全体構成イメージ

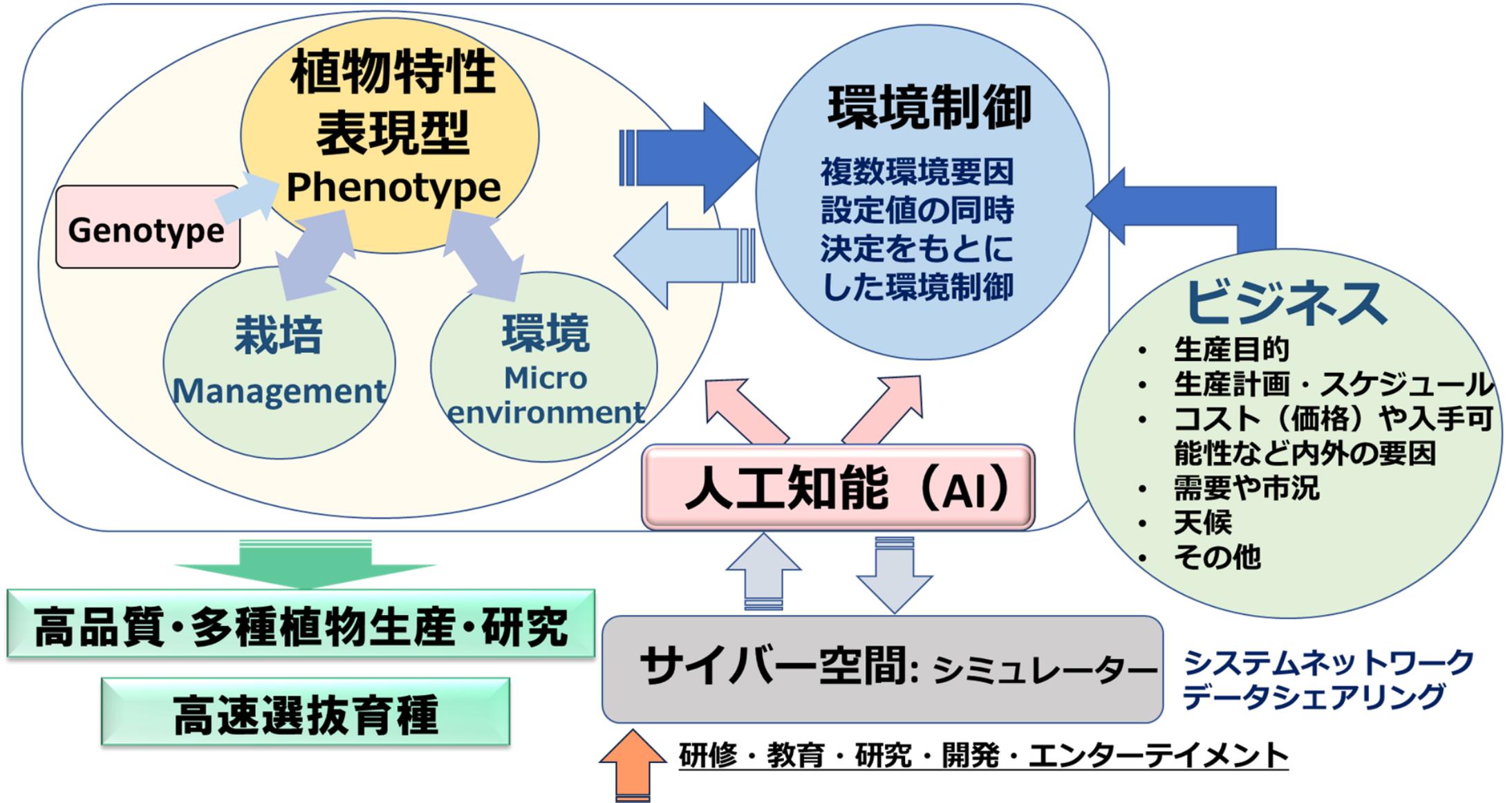


出所：Kozai et al. (2018)

データ主導型の「超スマート社会」



植物表現型制御、表現型計測値をもとにビジネス要因も考慮した環境制御そして人々の健康および環境への影響に関するコホート研究



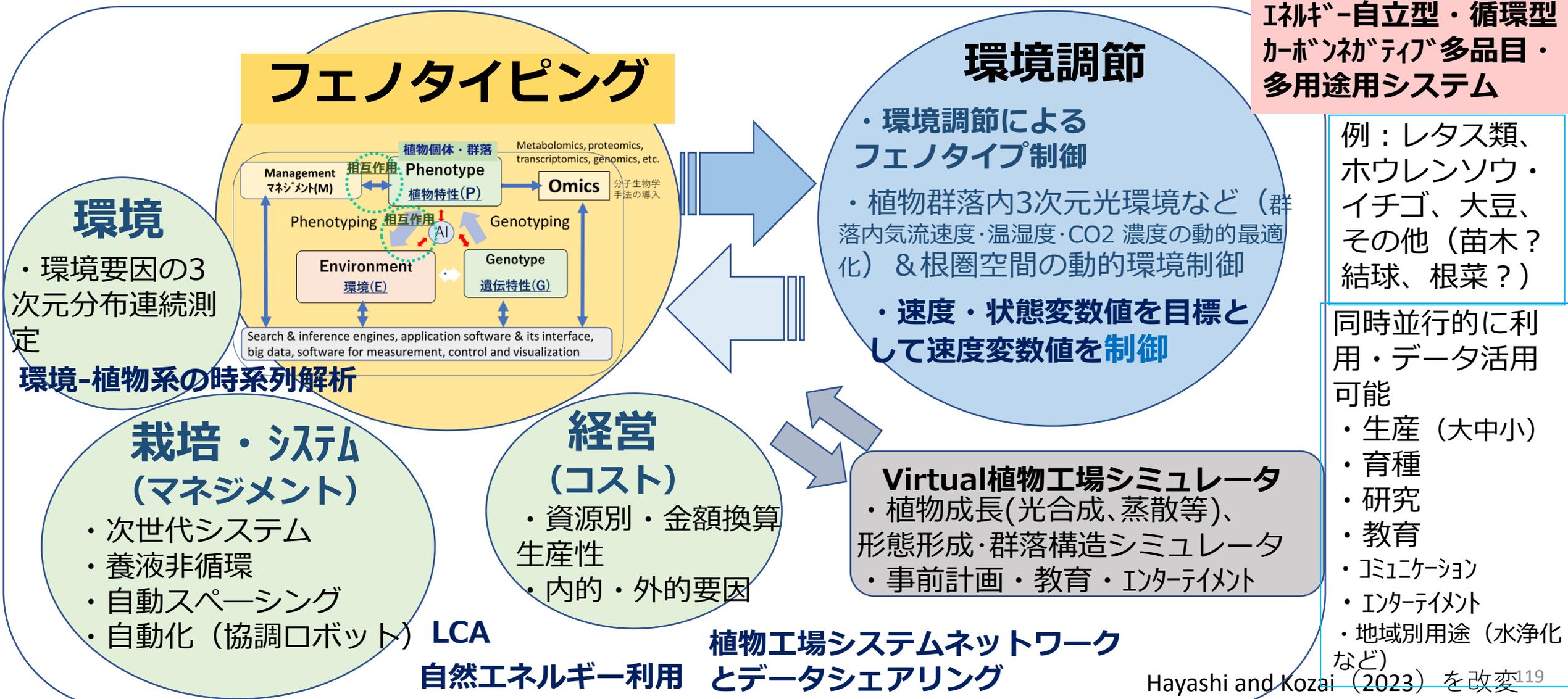
Phenotyping for environmental control and breeding

生産しながら個体・群落別に植物特性（フェノタイプ）・環境・マネジメント
データ全体の連続計測と解析

⇒環境制御⇒カーボンネガティブ植物生産＋育種

必要な技術開
発テーマ例

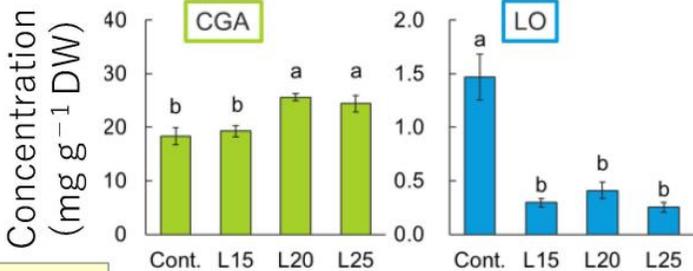
ITルギ-自立型・循環型
カーボンネガティブ多品目・
多用途用システム



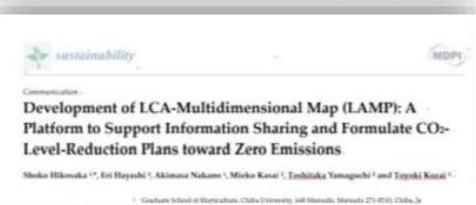
Development of LCA-Multidimensional Map (LAMP): A Platform to Support Information Sharing and Formulate CO₂-Level-Reduction Plans toward Zero Emissions

Information of light quality, radiation flux, life-span, electricity consumption of lighting facilities in a greenhouse and plant factory.

Data on secondary metabolites



Leafy vegetables	Lettuce, Spinach, Komatsuna, Chinese leaf vegetables, <i>Eruca vesicaria</i> (Arugula), <i>Corchorus olitorius</i> (Molokheiya), <i>Brassica oleracea var. acephala</i> (Kale)
Fruit vegetables	Tomato, Cucumber, Strawberry
Other vegetables	Radish, Broccoli sprout
Field crops	Rice, Soybean
Medicinal plants	<i>Glycyrrhiza</i> , Red perilla, Japanese mint, <i>Hypericum perforatum</i> (St. John's wort), Japanese honeysuckle, <i>Ophiorrhiza pumila</i>
Flower plants	<i>Phalaenopsis</i> , <i>Eustoma grandiflorum</i>



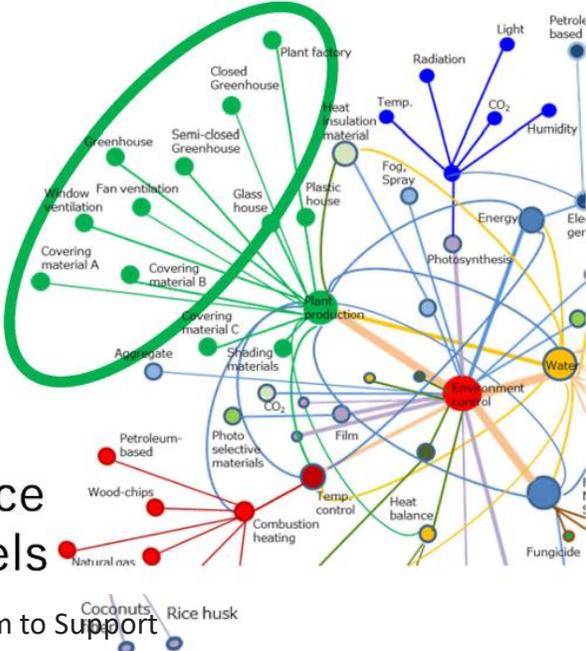
Fogging system



Shading material



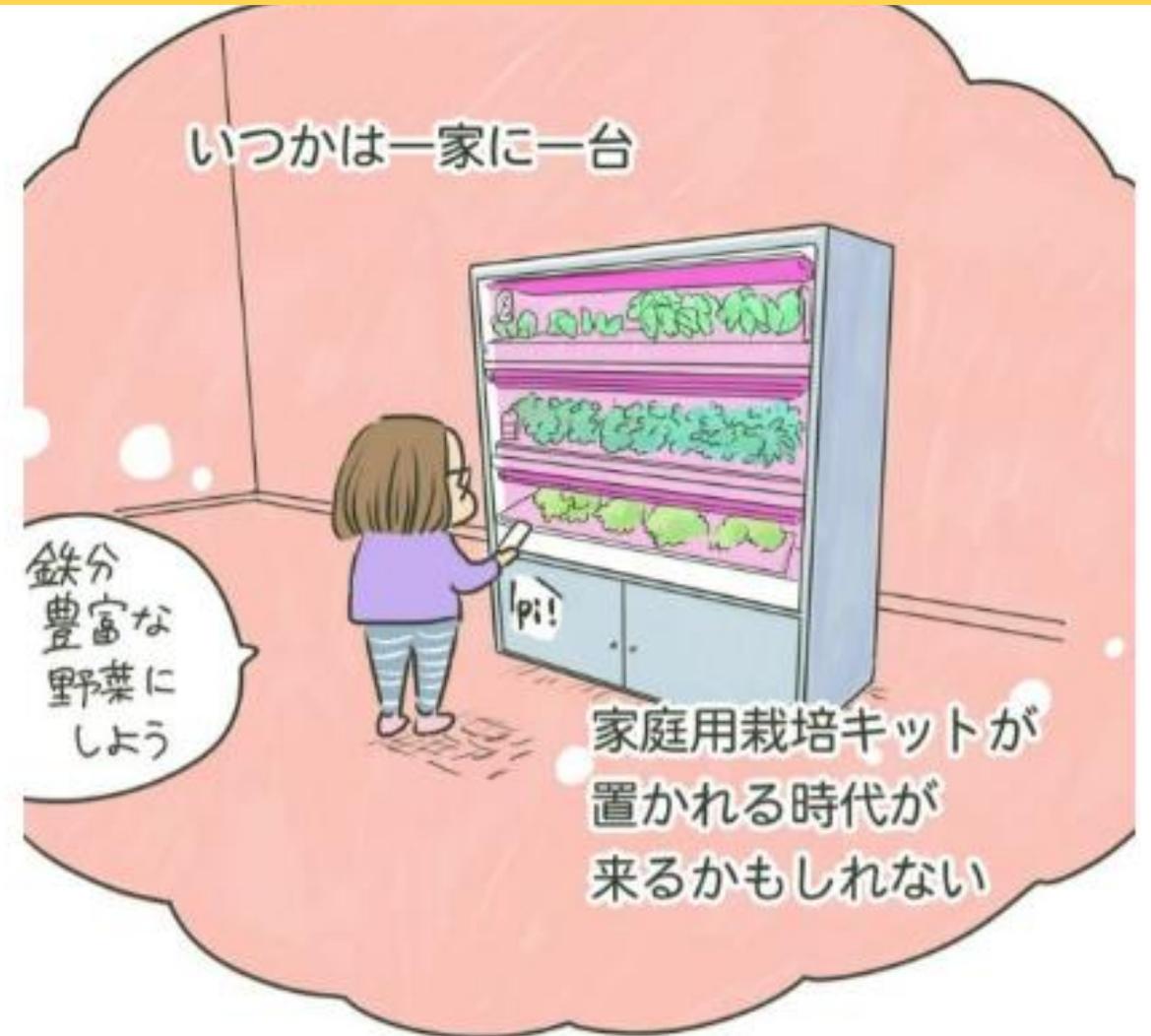
The application software interface (API) of various simulation models



Hikosaka, S.; Hayashi, E.; Nakano, A.; Kasai, M.; Yamaguchi, T.; Kozai, T. Development of LCA-Multidimensional Map (LAMP): A Platform to Support Information Sharing and Formulate CO₂-Level-Reduction Plans toward Zero Emissions. *Sustainability* **2023**, *15*, 16066.

<https://doi.org/10.3390/su152216066>

For plant production and evolutionary research



サイバーフィジカルシステム、持続可能な断熱性・気密性の高い閉鎖空間の植物工場を活用した循環型の楽しく明るい都市農業のイメージ? Generated by ChatGPT

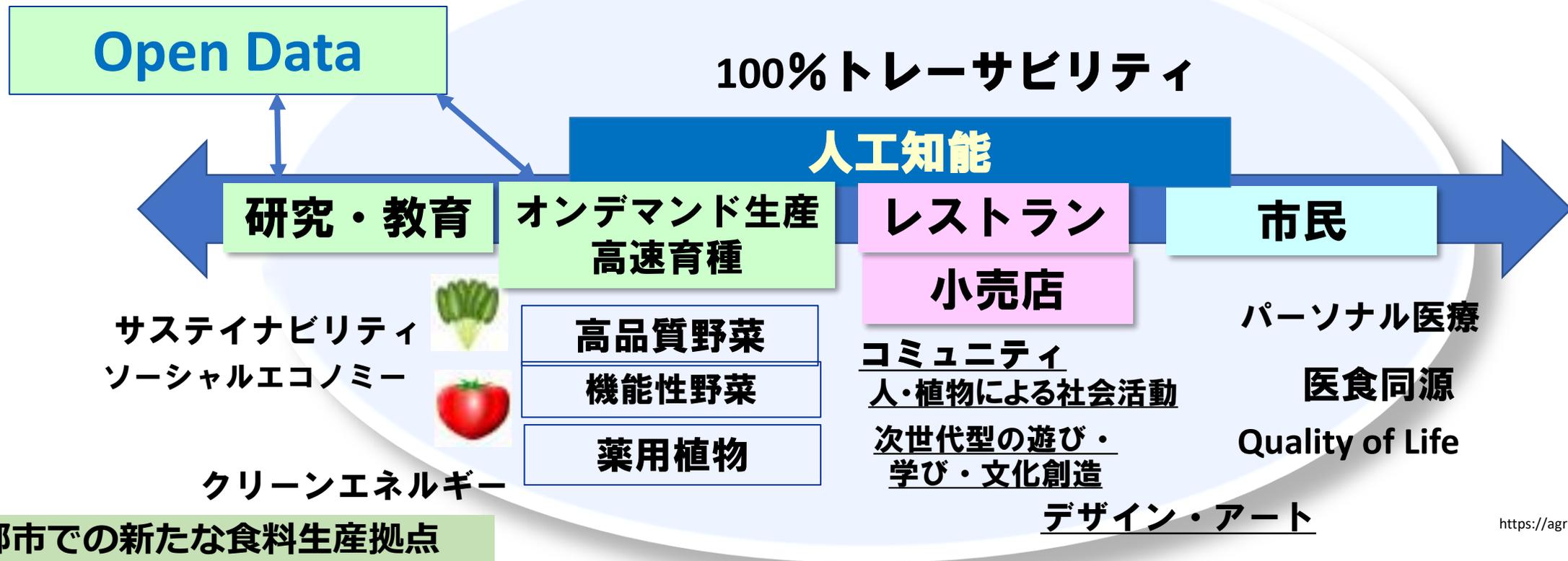


植物工場を軸にしたWell-being

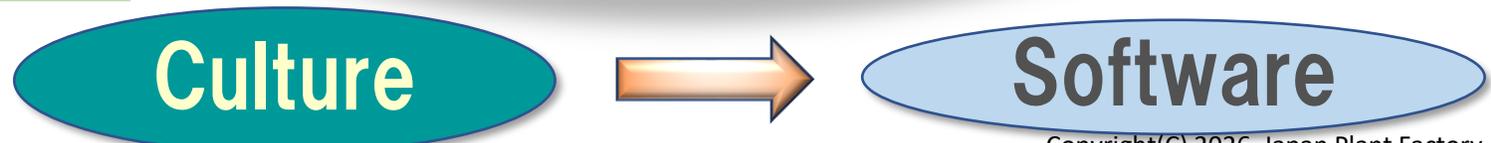
生産～消費・植物活用のグローバルバリューチェーンの構築

多文化対応型植物工場

フェノム・ゲノム・環境・マネジメントデータを考慮した
循環型・多品種対応オンデマンド生産



https://agri.mynavi.jp/2020_12_02_141695/4/



human-centered design

閉鎖型生物生産システム



植物工場

昆虫工場

植物由来タンパク
質工場

水産養殖工場

きのこ(菌類)工場

動物細胞由来タン
パク質工場

宇宙農場





Thank you !!

**Contact: ehayashi@nplantfactory.org
info.english@nplantfactory.org**

For more: <https://nplantfactory.org>
[@nplantfactory](#)