

主催：(一社)勝浦いすみ青年会議所・上総まちなか大学院

施設農業の未来

古在豊樹(植物工場研究会)

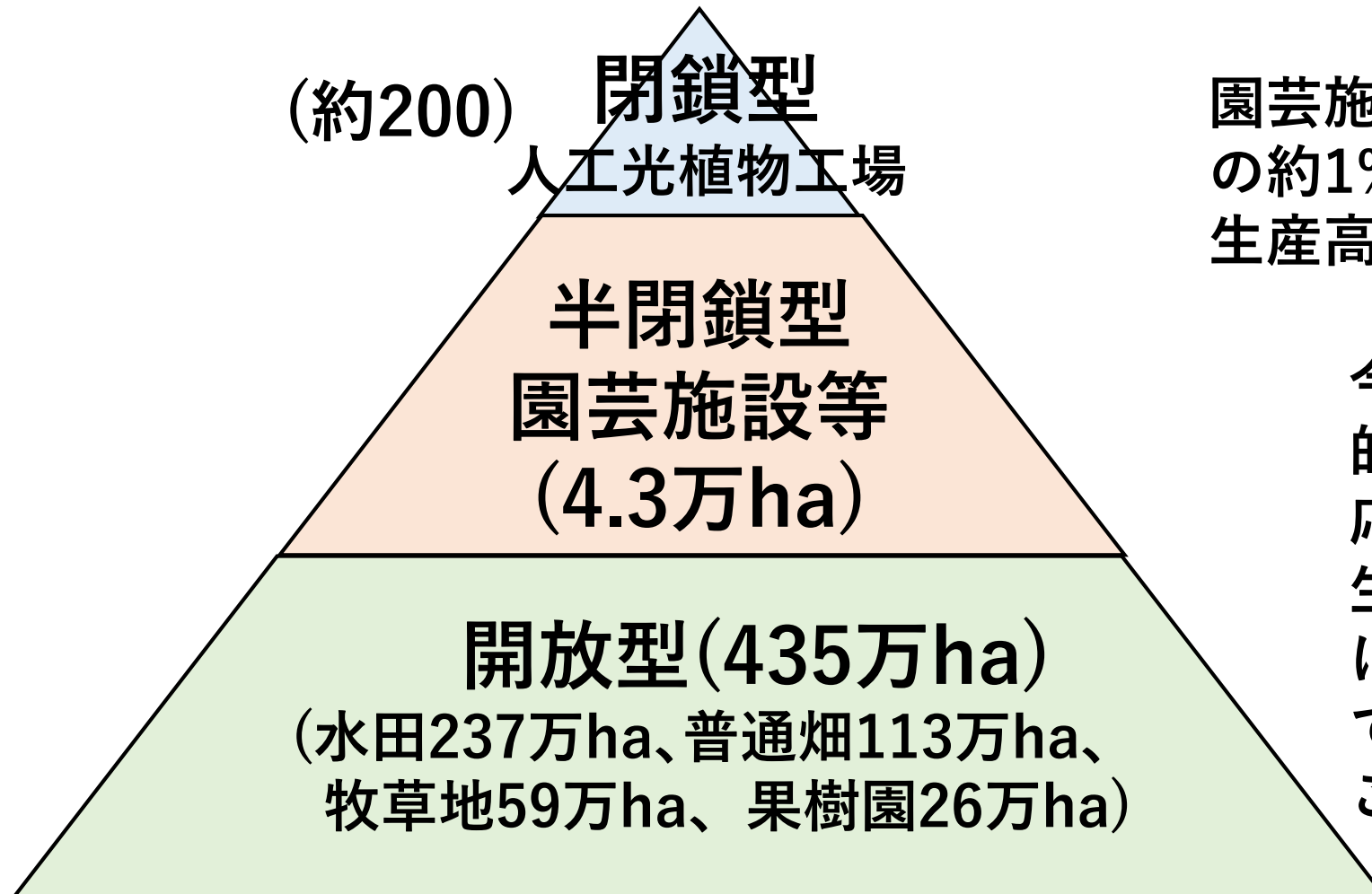
2023年10月7日(土)

場所：大原文化センター大ホール

内容

- 1) はじめに: 農業における諸問題
- 2) (人工光型)植物工場とは何か
- 3) 植物工場の短所と長所
- 4) 日本の農業の課題と解決方向
- 5) 植物工場の基本特性と将来性
- 6) おわりに

日本における開放型および半閉鎖型施設の土地面積 (2021年、農水省)



園芸施設面積は開放型農地面積の約1%。施設園芸生産高は農業生産高8.9兆円の約XX%)。

今後の地球・地域的な環境的・社会的・経済的变化に対応しつつ、地域住民全体の生活の質の向上に貢献するには、多様な生産システムで多様な農産物を提供することが求められる。

農業生産施設の開放度/閉鎖度による大まかな分類

表中の数値は概数

土地生産性 = 生産量 / 土地面積

	分類	具体例	土地生産性 性と安定性	気象・病虫害 等の影響	生態系の相 対的複雑性
1	開放型	農地(田畑等)、牧場・牧草地、開放型水産養殖施設、山林、緑地	低 (1)	高	高 (10,000)
2	半閉鎖 (半開放) 型	園芸施設、畜舎・鶏舎、キノコ施設、半閉鎖型陸上養殖施設	中 (10)	中	中 (100)
3	閉鎖型	人工光型植物工場、発酵・醸造工場、(宇宙植物工場)	高 (100)	低	低 (1)

農業生産額とその内訳概算(水産・林業を除く)(2018年)

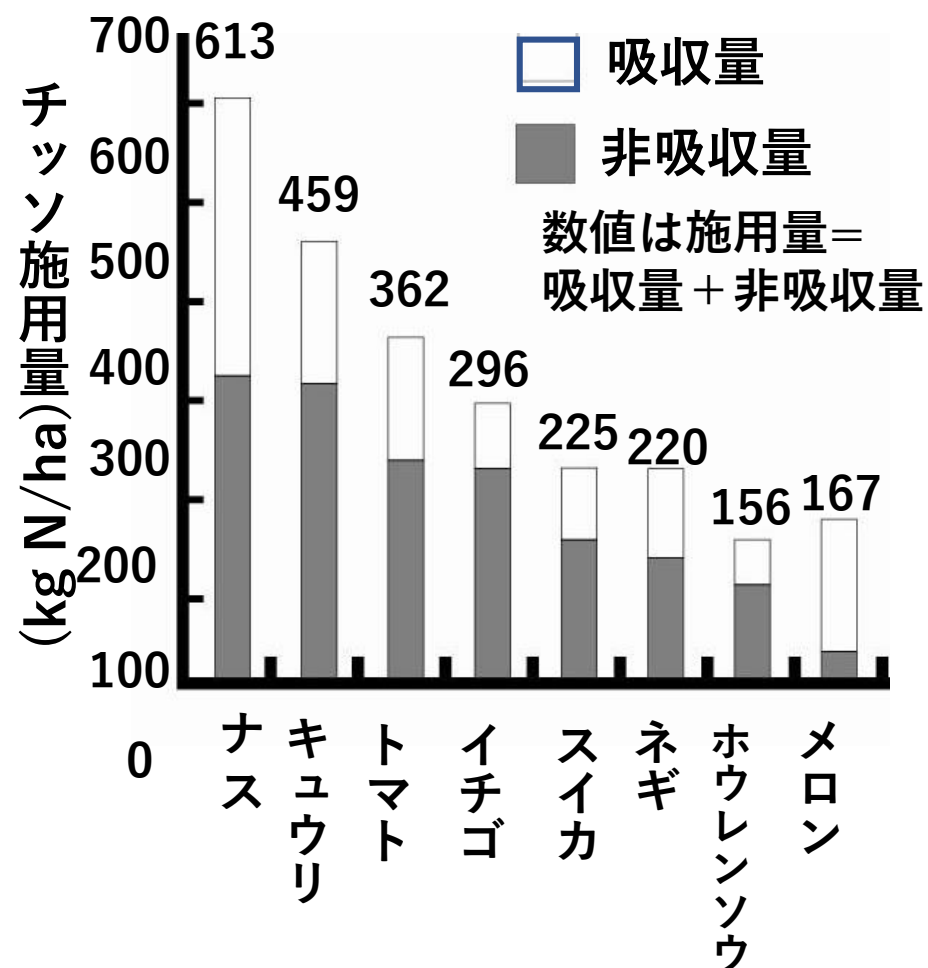
		生産額 (兆円)	百分率 (%)
1	コメ	1.7	19
2	園芸	3.3	37
2-1	野菜	2.2	25
2-2	果樹	0.8	9
2-3	花き	0.3	3
3	畜産	3.2	36
4	その他	0.5	7
	計	8.9	100

農産物1kg当たりのCO₂(地球温暖化ガス)排出量の例

農産物名	ピーマン (園芸施設)	コメ (コシヒカリ)	バナナ (フィリピン産)
kgCO ₂ /kg	5.76	1.82	2.02
ライフサイクル 原材料調達 (施設等は含まず) 生産 (冬期は石油暖房) 流通 使用・維持管理 廃棄・リサイクル	排出量百分率 2.5 71.8 5.3 19.6 0.8	排出量百分率 77.1 2.7 2.9 16.6 0.7	排出量百分率 39.8 32.5 27.6 0.0 0.1

1) 施設、長期間使用の被覆材等は原材料調達に含まれていない。 2) CO₂排出量は公開されている各農産物の詳細情報ファイルから作成。 3) JA宮崎経済連とイオンはCFP表示付きピーマンの生産と販売をしている。

土耕園芸施設野菜のチッソ施用量(kg N/ha)と吸収率(全国平均)



西尾道徳 (2005) 農業と環境汚染、農文協. 68.
「農業生産環境調査」にもとづく都道府県別平均をプロット

作目	施用量	肥料吸収率(%)
ナス	613	49
キュウリ	459	32
トマト	362	36
イチゴ	296	24
スイカ	225	32
ネギ	220	40
ホウレンソウ	156	31
マスクメロン (隔離床)	167	78
平均	312	40

メロンは隔離床なので吸収率が高い。

内容

- 1) はじめに: 農業における諸問題
- 2) (人工光型)植物工場とは何か**
- 3) 植物工場の短所と長所
- 4) 日本の農業の課題と解決方向
- 5) 植物工場の基本特性と将来性
- 6) おわりに

葉ものの野菜生産用の中規模植物工場(床面積:404 m²)の外観例

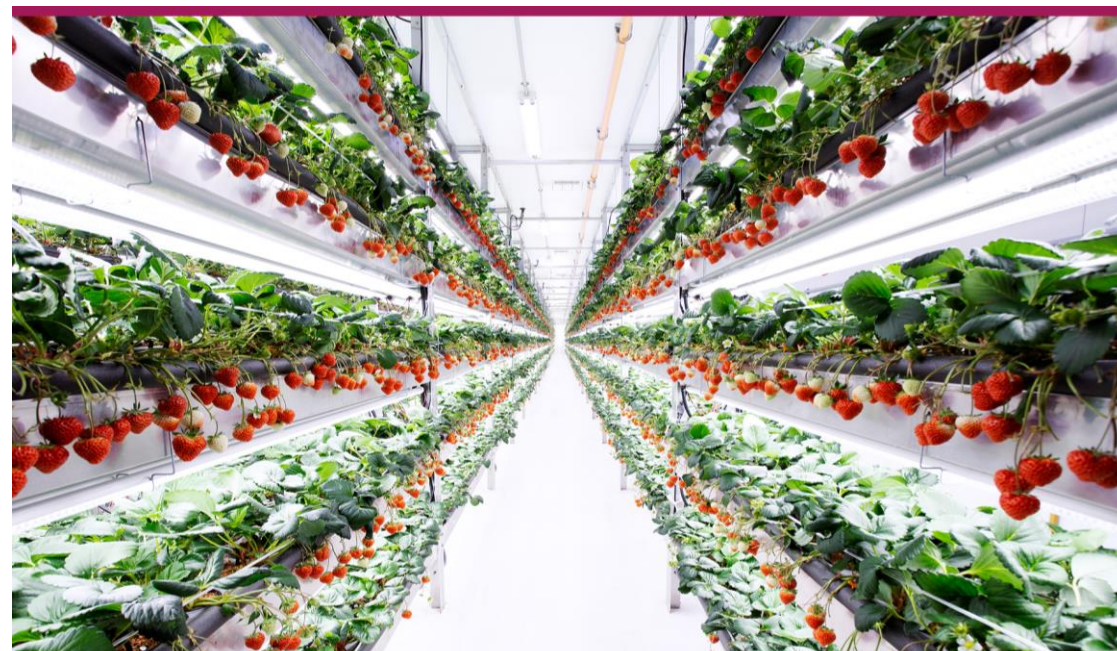
年間生産量:2.47kg/m²(千葉大学柏の葉キャンパス内) 2018年撮影

エアコンの外部ユニット

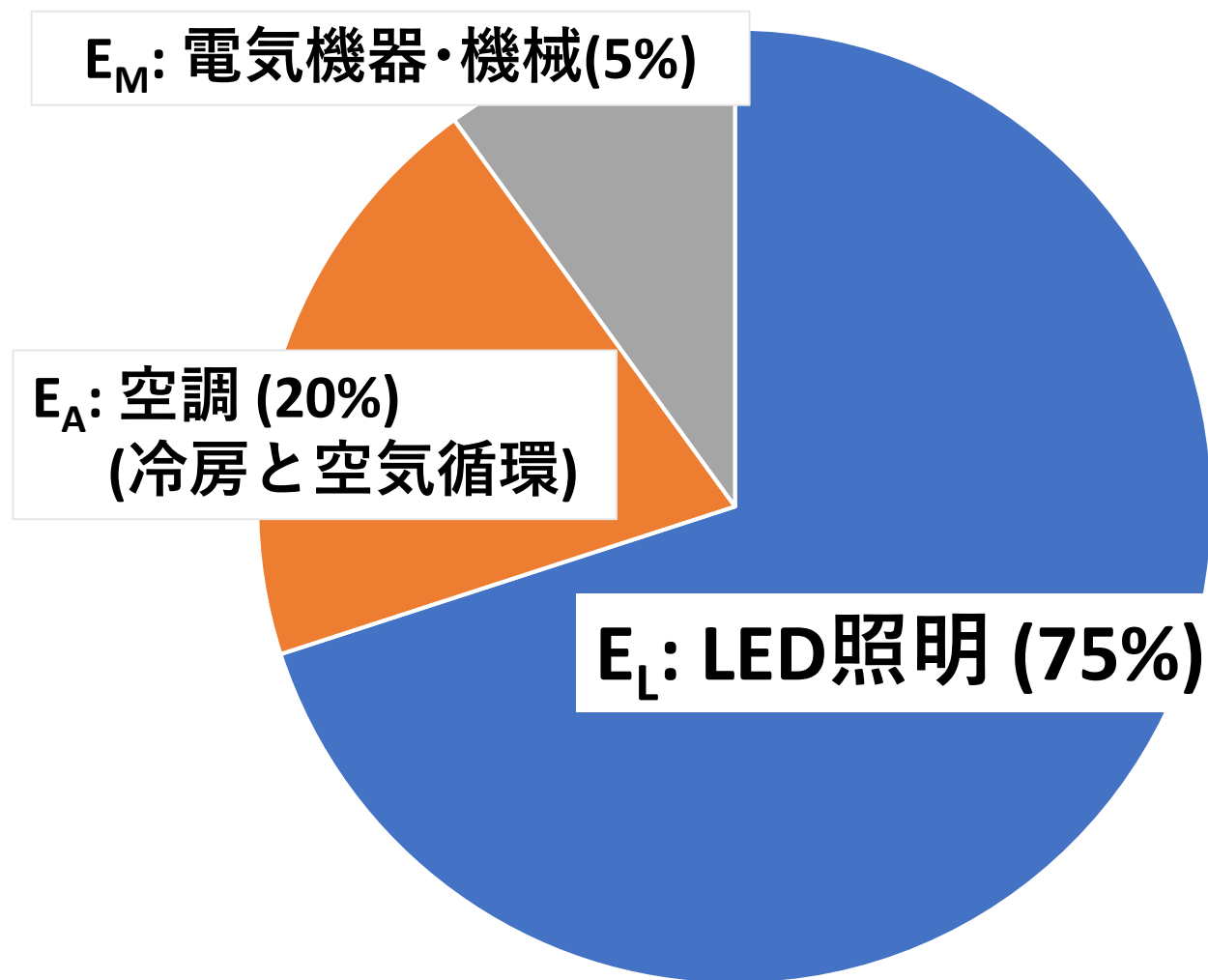


栽培棚10段、栽培ラック9列
栽培室床面積:338 m²





照明、空調およびその他機器別の消費電力量百分率

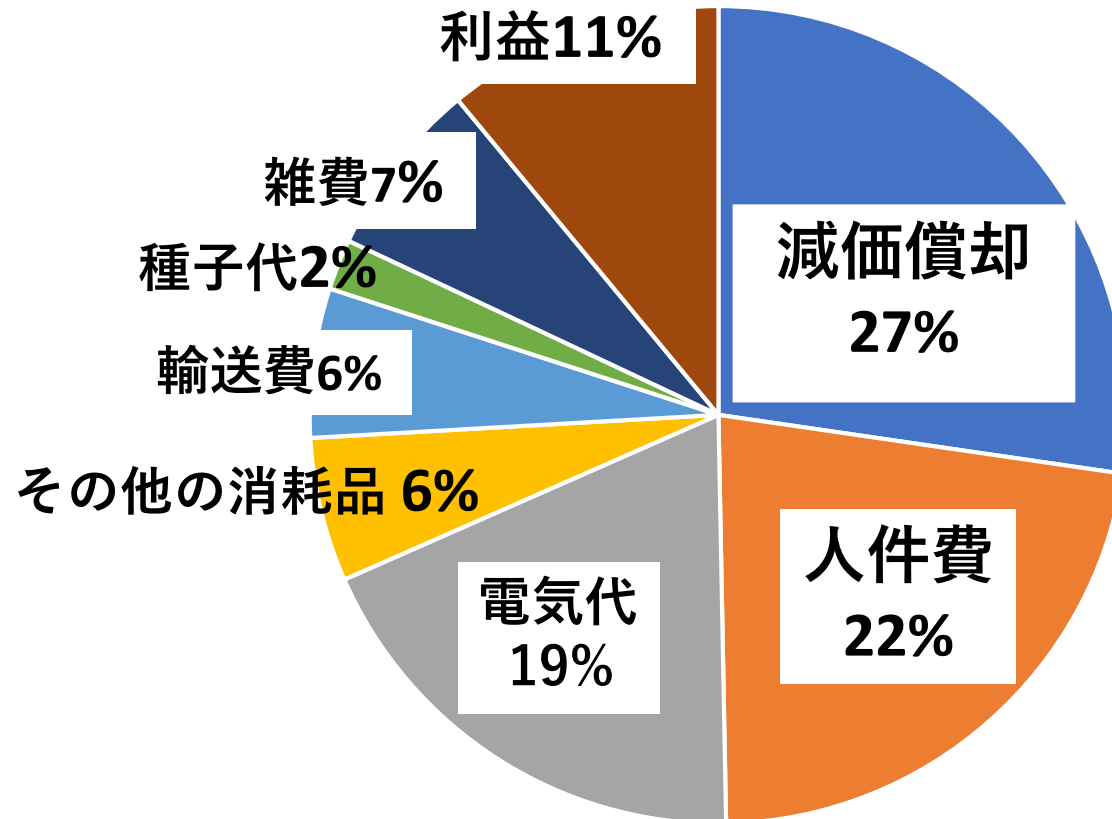


電気エネルギー消費量の98%以上は、エアコンで栽培室外に熱エネルギーとして排出される。

Kozai, et al. (2021)

日本の葉もの野菜工場におけるコストと利益の百分率例

(伊地知、2018)



- 1) 電気代の割合は低下傾向
- 2) 人件費、減価償却費、輸送費の割合は上昇傾向

広告および土地のコストは含まれていない



植物工場1と2の屋根、事務棟、隣接地に設置したソーラーパネル1~4
今後、バッテリーと左上の隣接地にもソーラーパネルを設置すれば、
全消費電力量を太陽光発電で賄える



写真は新日邦社の808植物工場(静岡県)

発電時のCO₂排出量(北村ら、2016)

種別	発電動力	CO ₂ 排出量/kWh	平均
化石燃料	石炭	943	704
	石油	738	
	天然ガス	430	
自然エネルギー	水力	11	28
	地熱	13	
	風力	28	
	太陽光	58	
	原子力	19	

自然エネルギー発電時に比較して、化石燃料発電時のCO₂排出量はkWhあたり25倍(=704/28)

CO₂排出量/kWhは発電の方式、規模および技術進歩により異なる。

畑地栽培に対する植物工場の係数の倍率と累積倍率の例 (条件によって倍率はかなり異なる)

項目	倍率	累積倍率
1) 栽培棚段数	10	10
2) 年間作付け回数	4	40 (=4x10)
3) 可販収量(kg/m ² 栽培面積)	2.5	100(=2.5x40)
4) 年平均単価(円/kg)	1.2	120(=1.2x80)

土地面積当たりの販売額は畑地の120倍(土地面積当たりの投資額は約100倍)

A案とB案のどちらを選びますか？

A案

100 ヘクタールの野菜畑
(半年間は裸地)

B案

1 ヘクタールの
植物工場

99 ヘクタールの自然林
または公共緑地

内容

- 1) はじめに: 農業における諸問題
- 2) (人工光型)植物工場とは何か
- 3) 植物工場の短所と長所**
- 4) 日本の農業の課題と解決方向
- 5) 植物工場の基本特性と将来性
- 6) おわりに

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

内容

- 1) はじめに: 農業における諸問題
- 2) (人工光型)植物工場とは何か
- 3) 植物工場の短所と長所
- 4) 日本の農業の課題と解決方向**
- 5) 植物工場の基本特性と将来性
- 6) 結言

日本の農業の課題

No.	問題点
1	農業人口の減少と高齢化
2	カロリーベース自給率38%
3	小規模農地が距離的に分散
4	地球温暖化による異常気象に伴う収量・品質の低下
5	優良農地の面積の減少(都市化・工業化・耕作放棄等)
6	季節労働者の確保の困難化と人件費の上昇
7	多くの農業施設・機器の稼働日数が短期間
8	生産・流通・消費段階での農産物ロスと輸送コストの増大
9	石油系資材の過剰消費に伴うCO ₂ 排出量等の増大(No.4の主原因)
10	安定的農業生産と安全・安心な農産物の需要増大
11	農業者・農業関連者の福祉と生活の質の向上の必要性の増大

農水省・みどりの食料システム戦略

(2021年5月公表における施設園芸関連事項)

■2050年までに目指す姿

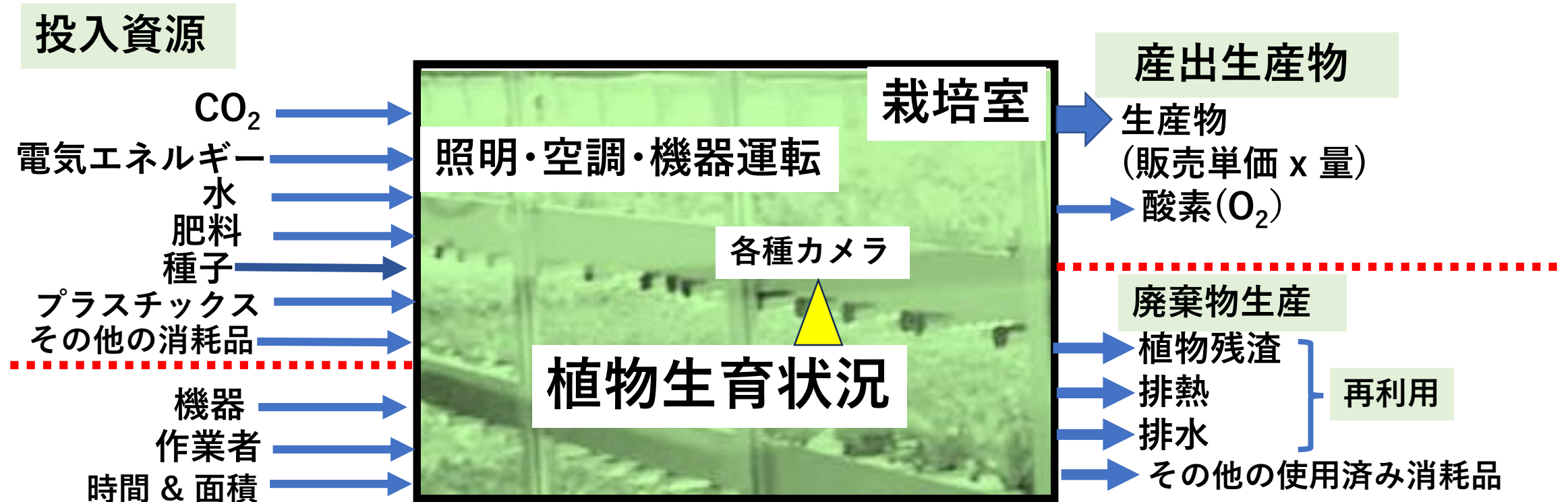
- 1) 化石燃料不使用の施設園芸への完全移行
- 2) 関連機械の電化・水素化技術の確立(2040年まで)
- 3) 化学農薬使用量をリスク換算で50%低減
- 4) 化学肥料の使用量を30%低減 ← 植物残渣による有機肥料生産
- 5) 有機農業の取組み面積を25%(100万ha)
- 6) 優良樹木苗を林業用苗木の9割以上に利用 ← 良質苗利用によるカーボンオフセット

土地生産性と経営収支の改善だけでなく、地球温暖化抑制・環境保全および国民の生活の質の向上への貢献が求められている。

内容

- 1) はじめに: 農業における諸問題
- 2) (人工光型)植物工場とは何か
- 3) 植物工場の短所と長所
- 4) 日本の農業の現状と課題
- 5) 植物工場の基本特性と将来性**
- 6) おわりに

最大の長所：栽培室における投入資源量と生産物量/ 廃棄物量は正確に計測可能



上記計測値と物質収支式から、正味光合成速度、蒸散速度等をオンライン算定できる。
また、各資源の利用効率、資源生産性、エアコンのCOPをオンライン算定できる。

生産性の継続的向上を可能にする基本特性

基本特性

(1) 可観測性：植物、環境および資源投入等を正確に計測

(2) 可制御性：環境を希望通りに制御できる

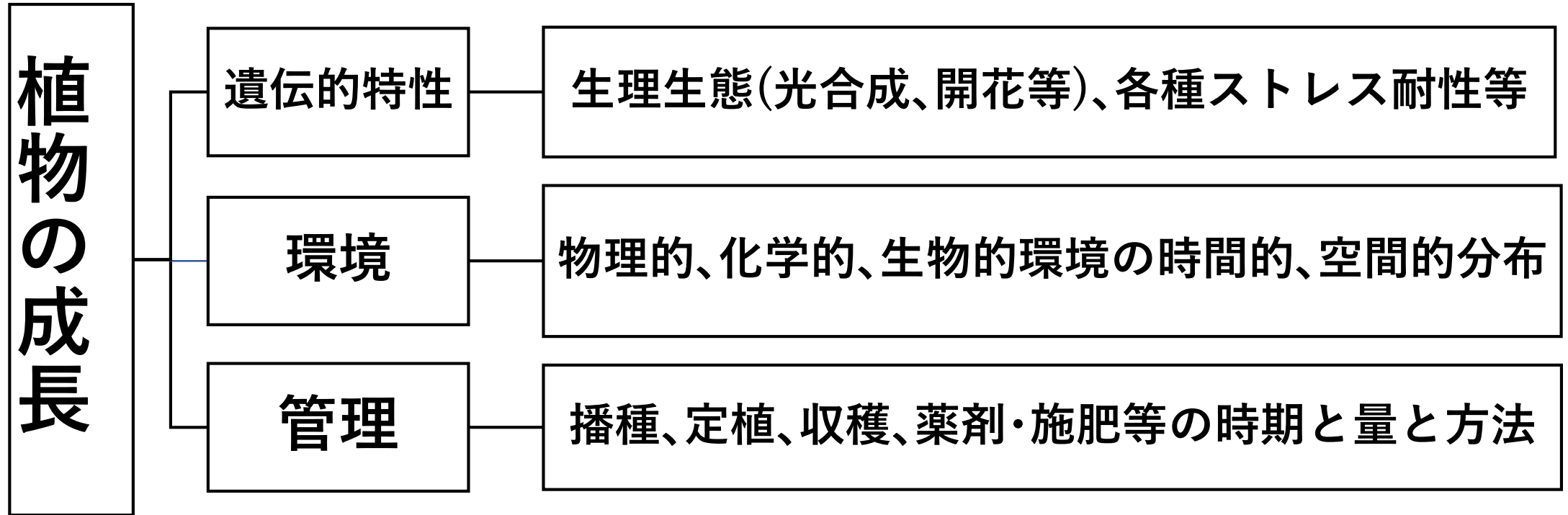
(3) 追跡可能性：過去のデータを追跡できる

(4) 予測性：植物の成長、コスト、利益等を予測できる

(5) 可視性：データを画像化、図形化、グラフ化できる

(6) 再現可能性：同じ環境下で同じ植物成長を再現

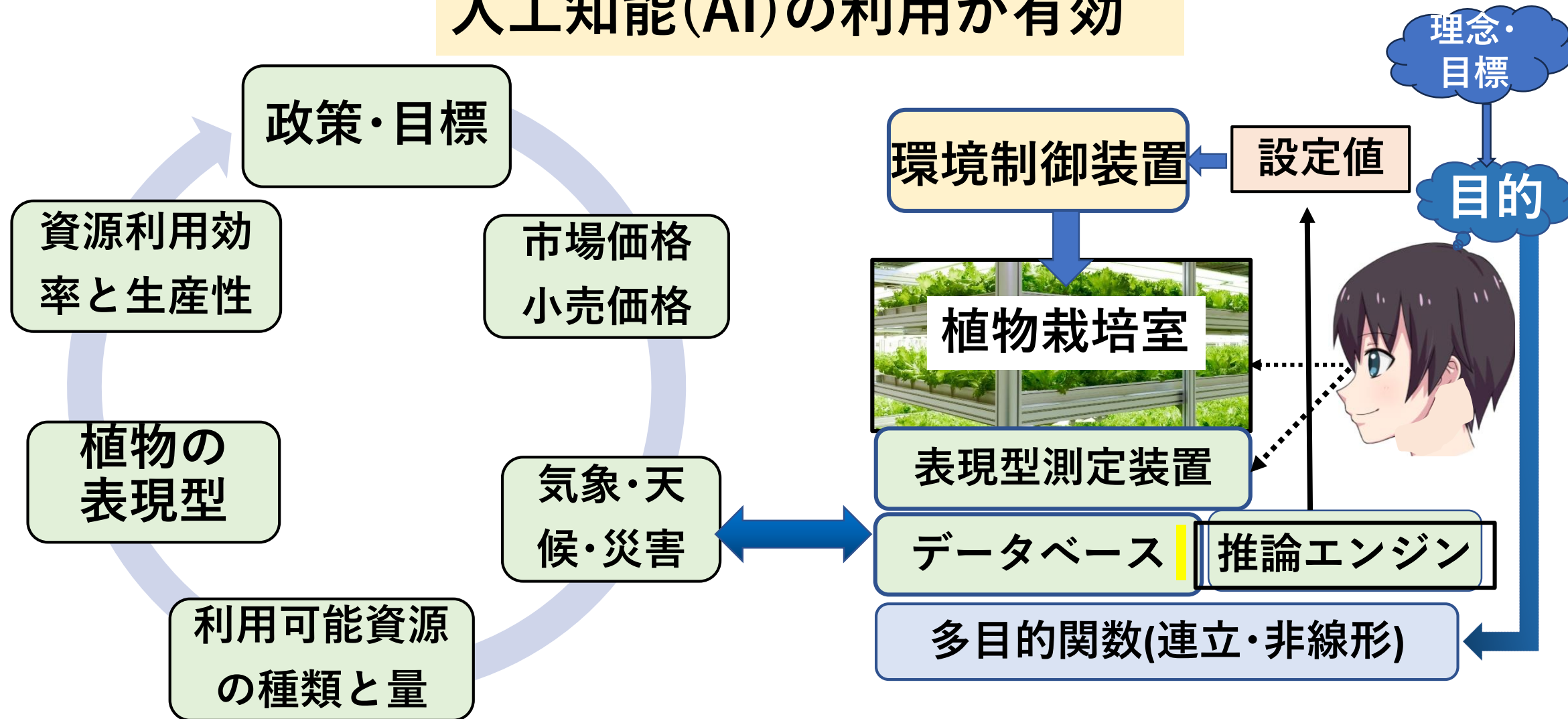
植物の成長に影響する3因子



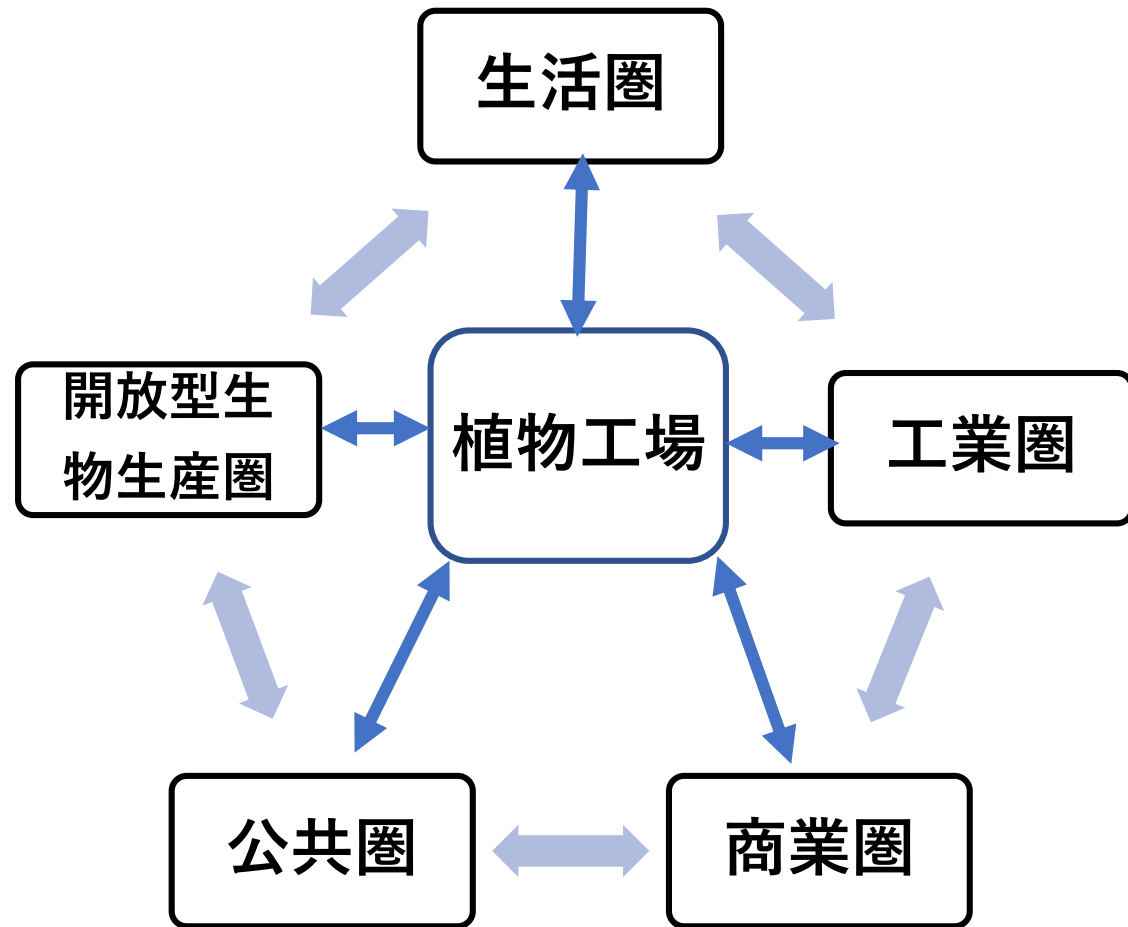
植物生体情報の遠隔・非破壊的な計測・通信・蓄積・利用が必須

与えられた条件下で複数の目的を最大化する環境条件の決定法

人工知能(AI)の利用が有効

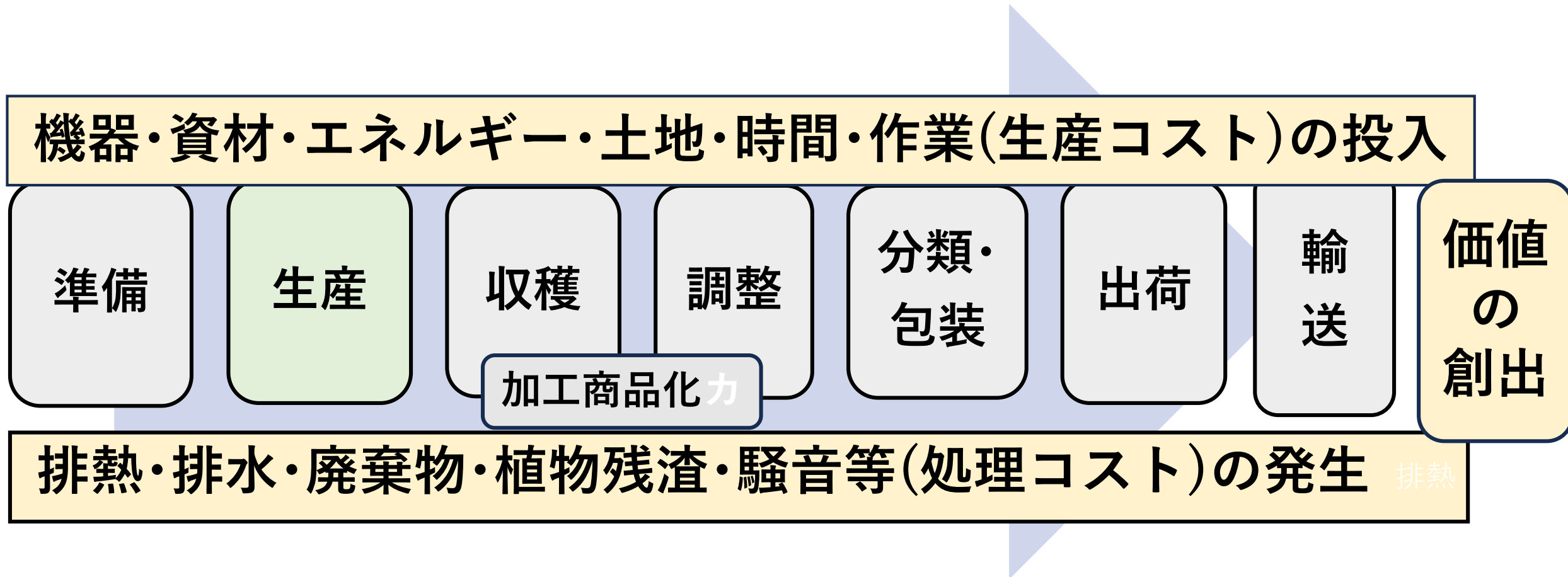


市街地での地産地消による循環経済促進に 植物工場は貢献し得る



- 1) 必要土地面積が少なく、日陰地・荒地や既存建物内でも可
- 2) 環境汚染物質の排出が極小
- 3) 植物工場では夜間照明が普通
非常時には電力を生活圏、公共圏などと融通し合える
- 4) 地産地消なので新鮮無農薬野菜の輸送距離が最小
- 5) 子育て世代、高齢者、障がい者等にパートタイム就業機会を提供
- 6) その他

農産物生産・流通におけるLCA(ライフサイクルアセスメント)の対象領域(図は輸送後の販売・消費・廃棄物処理等は含まず)



今後の農業技術開発にはCO₂排出量等の大幅削減が必須

	項目	単位	露地園芸	施設園芸	
	土地面積 (A)	ha			
	生産量(B)	ton			
	収量(B/A)	ton/ha			
	生産高(C) 円	円			
	金額生産性(C/A)	円/ha			
	生産量1トン当たりのトン(ton/ton)				
	CO ₂ 排出量				
	石油由来資材等の使用量				
	石油使用量(暖房・機械運転用燃料)				
	施肥量(無機および有機)				
	かん水・洗浄用水量				
	金属資材量				
	作業時間				

おわりに

- 農業の形態と方式は多様であることが望ましい。
- 農業では、食料生産、環境保全、生活の質の向上の同時達成が必要。
- 工業が進展しても、食料生産と地球環境が不安定になれば、地方、国、地域、および世界の社会と生態系は不安定さが増す。
- 農産物あたりのCO₂排出量等の削減と生産性の向上は両立する。

関連文献

- 1) 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、計算式及び注釈. 農業および園芸. 94(8): 661-672.
- 2) 古在豊樹(2022)施設園芸におけるCO₂ゼロエミッション化に必要な技術.施設と園芸. No.198(夏号). 35-42.
- 3) 古在豊樹(2023)人工光型植物工場とその研究開発課題 – 地球規模的および地域的問題解決への植物環境工学の貢献を目指して. 植物環境工学 35(3): 1-9.
- 4) Kozai, T., Niu, G. and Takagaki, M. (eds.) (2020) Plant Factory: An indoor vertical farm for efficient quality food production, 2nd edition. Elsevier, 434 pages.
- 5) Kozai T, Fujiwara K, and Runkle E. (2016) LED lighting for Urban Agriculture. Springer. 1-454.
- 6) Kozai T. (2018) Smart plant factory: The next generation indoor vertical farms. Springer. 1-456.
- 7) Kozai T, Niu G, Masabni J. (2021) Plant Factory: Basics, Applications, and Advances, Elsevier, 1-462.
- 8) Kozai T, Hayashi E. (2023) Advances in Plant Factories: New technologies in indoor vertical farming, Burleigh and Dodds, 1-520.
- 9) Kozai T. (2019) Towards sustainable plant factories with artificial lighting (PFALs) for achieving SDGs. Int. J. Agricultural and Biol. Eng. 12 (5): 28-37.