

植物工場の未来

2021年12月14日
学士会館(東京)

古在豊樹(植物工場研究会)
<https://npoplantfactory.org/>



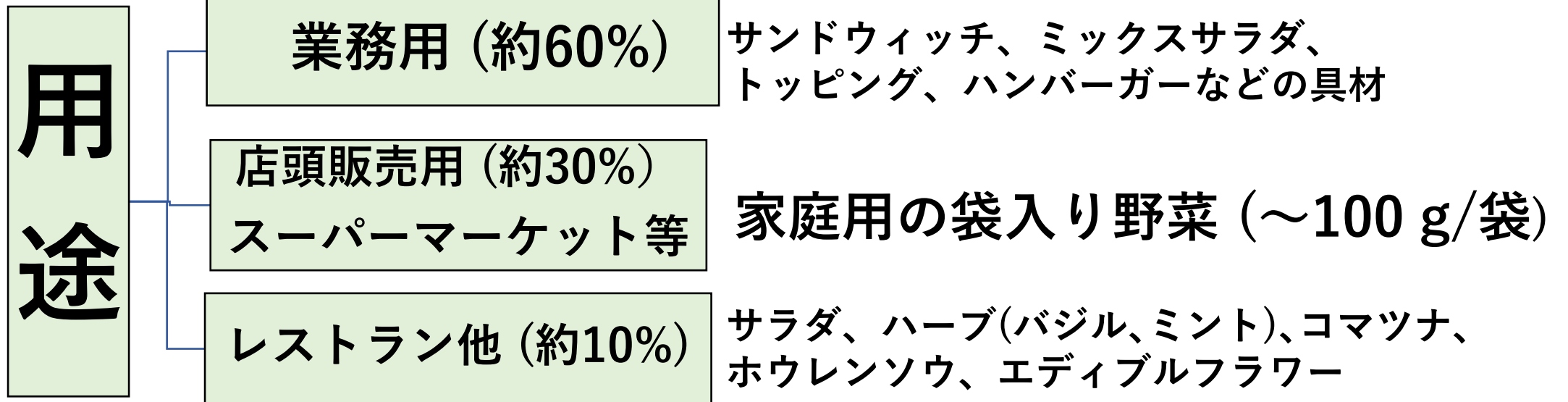
本日の話題

植物工場(人工光型植物工場)の未来

- 1) 日本と世界における普及状況
- 2) 生産コストの内訳および研究的・技術的進展
- 3) 食料・資源・環境・生活の質に関する問題の同時並行的解決への貢献
- 4) 閉鎖型生物生産システムである垂直農場(Vertical Farm)
- 5) PFALの畑地栽培と比較しての特徴
- 6) おわりに

植物工場野菜の日本における主な用途

無農薬、使用前の洗浄不要、日持ち1週間以上、異物混入無し



植物工場とサンドウィッチ工場の併設

サンドウィッチ工場

プライムデリカ

植物工場



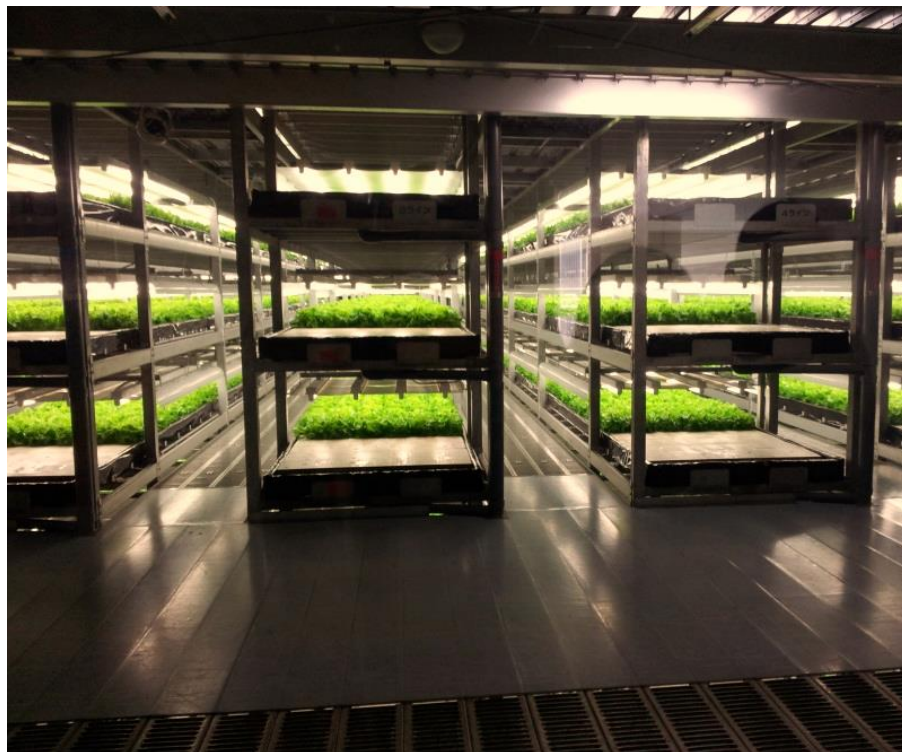
例2：低カリウムレタス（腎ぞう患者さん用）

無農薬、低カリウム
洗わずに食べられる



約4000円/kg
(2400円/350g)

例3: 日本における大規模植物工場の例 (2006年操業開始, 毎日23,000株のリーフレタスを生産)



80 g/袋



40 g/カップ

(株)スプレッド. 亀岡市、京都

例4：店舗内の植物工場

西友・店産店消のレタスを発売



- 合同会社西友は2月26日、「西友上福岡店」（埼玉・ふじみ野）内の植物工場生産した「水耕栽培レタス」を発売した。商品名は「グリーンリーフ」で、価格は1株137円。
- 店内で栽培した野菜のため、鮮度が高く、運送費が不要。また、年間を通じて一定品質の野菜を安定供給ができる。
- 「店内植物工場」は、西友上福岡店3階にあり、床面積は150 m²。

東京・銀座の文房具店「伊東屋」の植物工場



例5: イケア(IKEA)の店舗併設型植物工場 自社の食品廃棄物を液肥に利用

2019年04月15日掲載

イケアは東京の原宿と道玄坂に出店



- 家具メーカー大手のIKEAは、店舗に併設したコンテナ型の植物工場を設置し、2019年3月に野菜の初収穫をむかえた。
- 同社は、都市住民のライフスタイルに適した「家庭菜園」を提案し、2016年から家庭向け水耕キットの開発などを進めてきた。
- また、家庭用の植物工場キットを開発する『クリック&グロー社』に投資し、同社は、今では大きな成長を遂げている。

木田屋商店(浦安市)、中国で植物工場 サラダ向け需要開拓



広東省の植物工場で葉物野菜を栽培

スーパーを展開する木田屋商店（千葉県浦安市）が多角化のために手掛ける植物工場で中国に進出した。日本の直営3工場などで独自に培った高効率運営などのノウハウを生かし、現地のサラダ向け需要を開拓する。同中外

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOCC30AZG0Q1A730C2000000/>

PFALで付加価値生産して、早めに収穫すれば、 植物全体が商品となる



リーフレタス



コカブ



ハツカダイコン



当归



高麗人参



ルッコラ



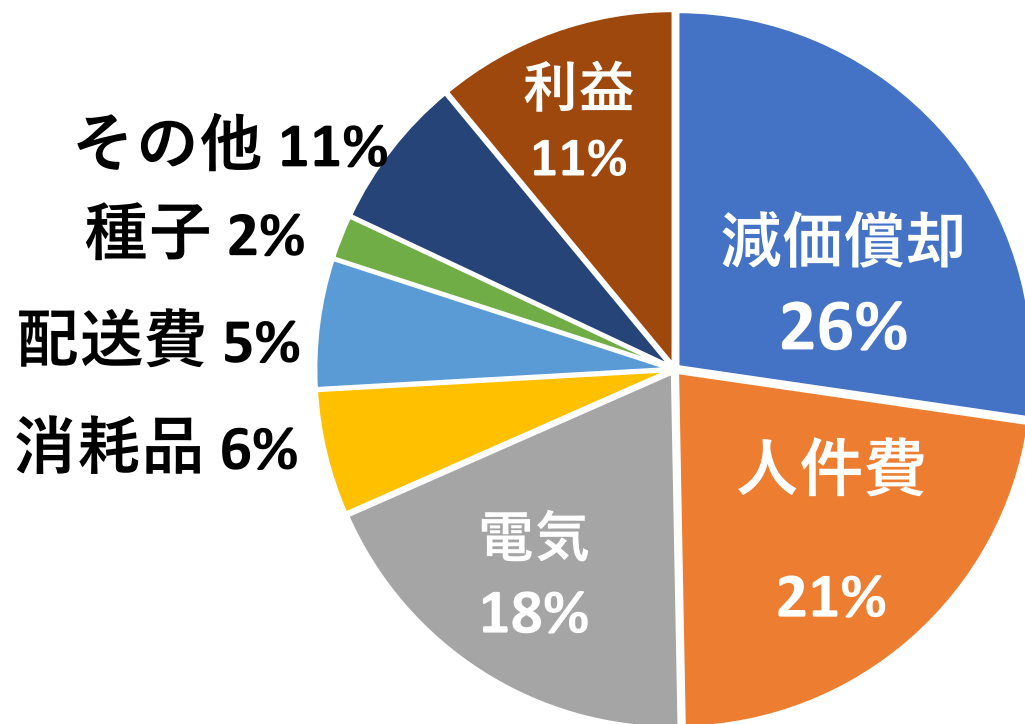
ニンジン



ワサビ

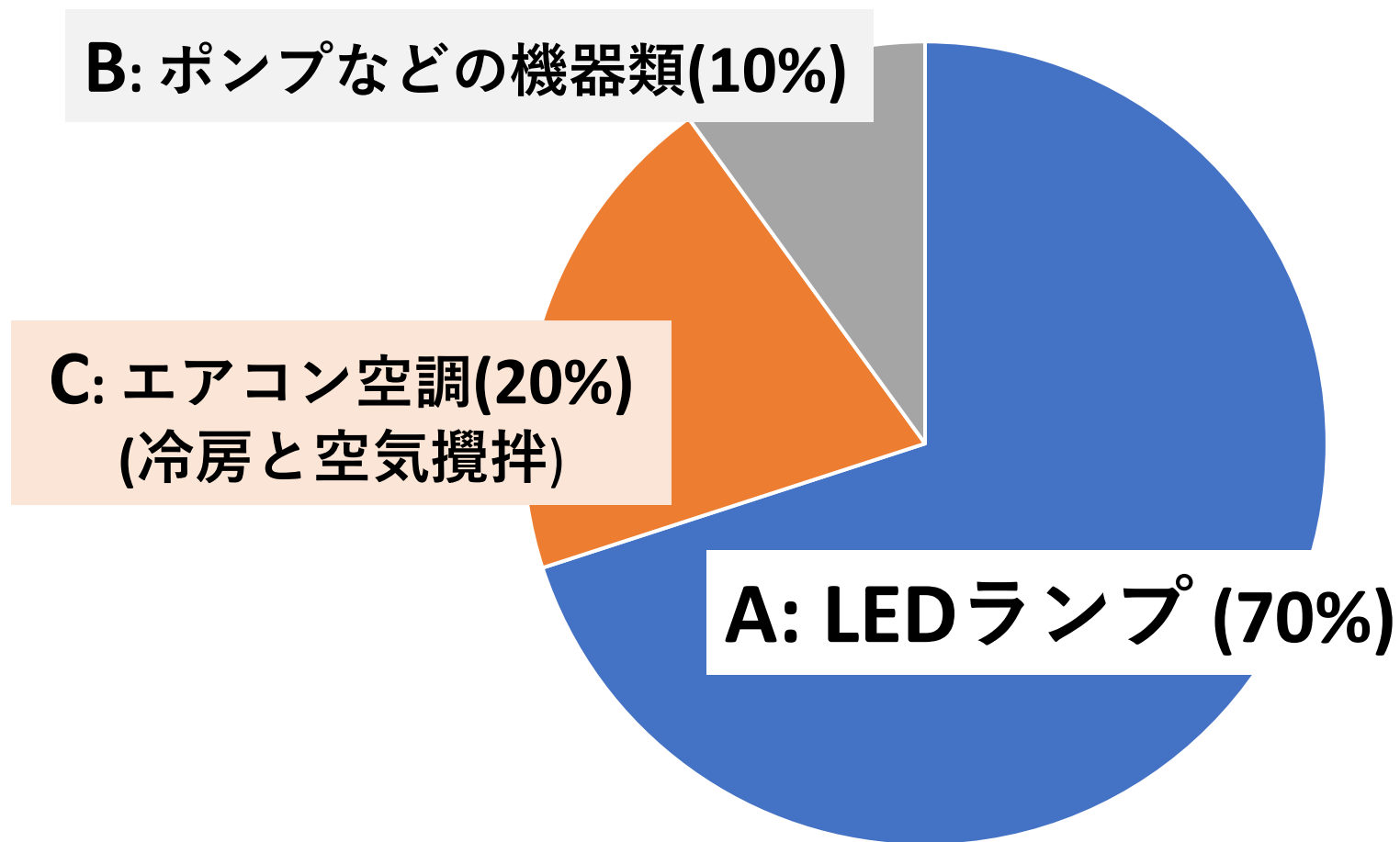


日本における植物工場の生産コストの内訳と利益率の例 (伊地知, 2018)



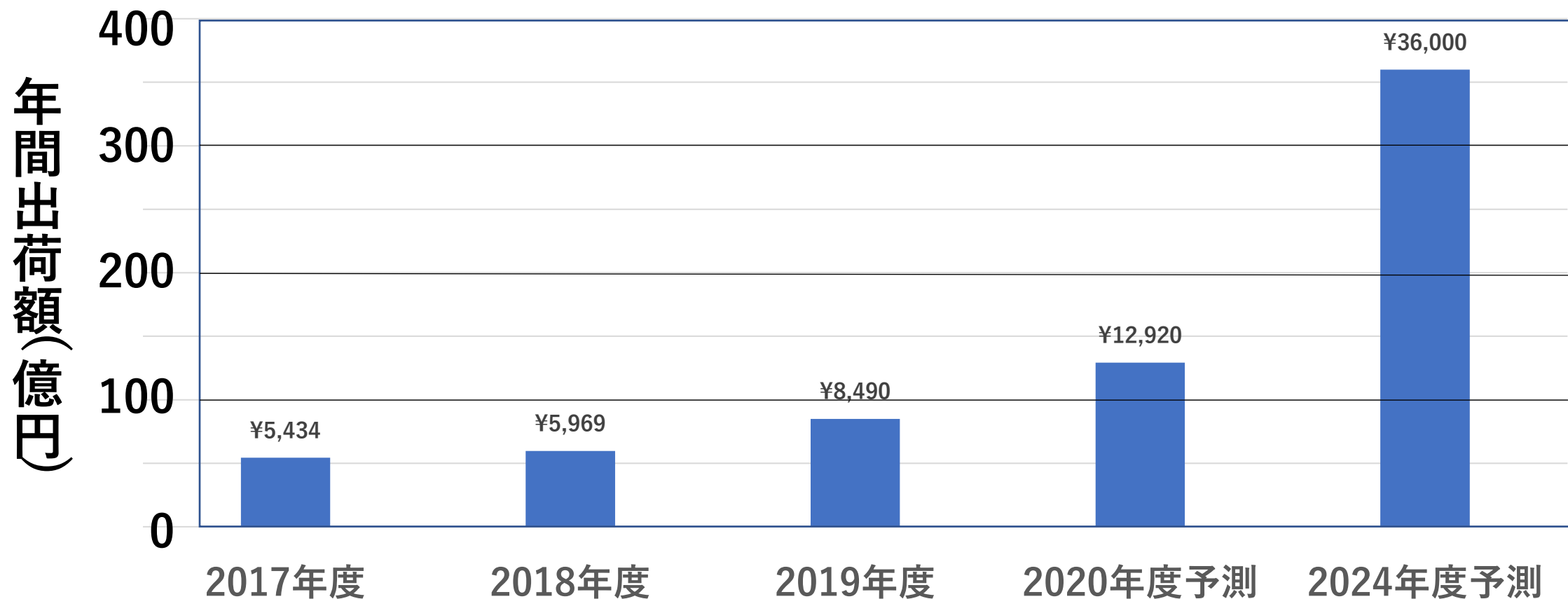
広告宣伝費、土地代などは含まれていない

断熱性・密閉性が高い栽培室の電力消費の内訳例



ランプとポンプ等で排出された熱をエアコンで屋外に排出している。外気温が低いほどエアコンの比率が低い。

日本における人工光型植物工場野菜の生産者出荷額の年次推移



矢野経済研究所出版の調査報告書を参照。2020年度および2024年度は予測値。

植物工場に関する出版論文数の年次推移(1970-2019年) (論文総数: 8894)

SDGs (Sustainable Development Goals) 持続可能な開発目標

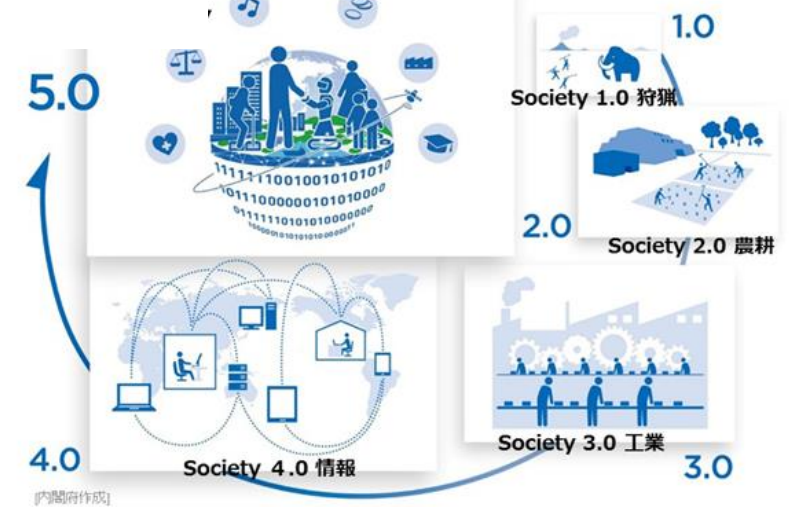
ESG (Environment, Society and Corporate Governance) 環境、社会、企業統治

論文数／年



Society 5.0

新たな社会



世界の状況

- 2015年以降、植物工場の数と投資額の増加が顕著
- 異業種の参入が顕著(IT、半導体メーカー、量販店、家電業界など)
- 多様な植物工場が開発途上
- 米国、欧州(独、伊、仏、英、蘭等)、中国、東南アジア等で増加中
- 今後、寒冷地(北欧、極東など)、乾燥地(中近東など)、亜熱帯(シンガポール、タイ、マレーシアなどで増大か)

米国, ニュージャージー



AeroFarms®

130 Times More Productive Than Field Farming



ニューヨークで世界最大のいちご植物工場

Oishii Farmが約55億円を資金調達。ニューヨークで、世界最大のいちごの植物工場の建設と持続可能型植物工場を目指した“Farm of the Future”の開発をスタート。マンハッタン中のミシュランレストランから注文が殺到するいちご「Omakase Berry」



人工光によるミニ(チェリー)トマト栽培の商業化 アメリカ・オハイオ州では商業生産販売開始

Infinite Acres社

Mike Zelkind and Tisha Livingston,



オランダ

Marc Kreuger, Lianne Meeuws,
Gertjan Meeuws, Seven Steps
To Heaven B.V.



中国・三安バイオ(厦門)、床面積9,000 m²、6段



レストランの側壁は植物工場 台湾、台北



PFALは4大課題の同時平行的解決に貢献する

1. 食料の安全性確保

- 1) 都市人口の増大
- 2) 農業人口の減少と高齢化
- 3) 農業用水・農地・肥料原料の不足と偏在
- 4) 不適切農法による土壌劣化

2. 生活の質と経済性の向上

- 5) 高品質食料の需要増
- 6) 地球温暖化による気象災害の増大
- 7) CO₂排出量の削減要求増大
- 8) SDGsの達成

PFAL



3. 天然資源使用の節減

4. 環境の保全と改善



人工光型植物工場は、畑地作物栽培に比較して(1)

長所(生産者側の立場から)

- ①土地面積当たり生産量(収量)が100~200倍、収量・品質が安定
- ②収穫物当たりかん水量が1/20以下、施肥量/kg(生産物)が半分
- ③播種~収穫までの栽培日数が1/2以下、軽作業のみ
- ④無農薬栽培、洗浄不要、生産履歴詳細明示、日持ちが約2倍
- ⑤気象・病虫害被害がほぼ皆無
- ⑥外気温がマイナス40°Cでも暖房不要(冬でも冷房必要)
- ⑦日陰地・痩せ地等の農耕不適地・空き倉庫・空き部屋で栽培可能
- ⑧消費地で栽培可能(地産地消) 搬送の資源、商品ロス、時間が半減
- ⑨環境調節・育種等による収量・品質・商品化率の向上速度が速い

畑地栽培と比較した場合の葉もの野菜植物工場(栽培棚10段を仮定)の土地面積当たりの年間生産量の倍率試算の一例

	要因	倍率	累積倍率
1	栽培棚が10段(土地面積当たりの栽培面積が10倍)	15	15
2	1作の播種から収穫までの日数が半減(72日→36日)と年間栽培日数の2.5倍増(144日→360日)で、年間作付け回数が5倍(2回→10回)(畑地では、春と秋の2作を仮定)	5	75
3	栽培面積あたり、1作当たりの生産量が2倍(密植による)	2	150
4	異常気象、病虫害による減収が無い(1.2倍の増収を仮定)	1.2	180

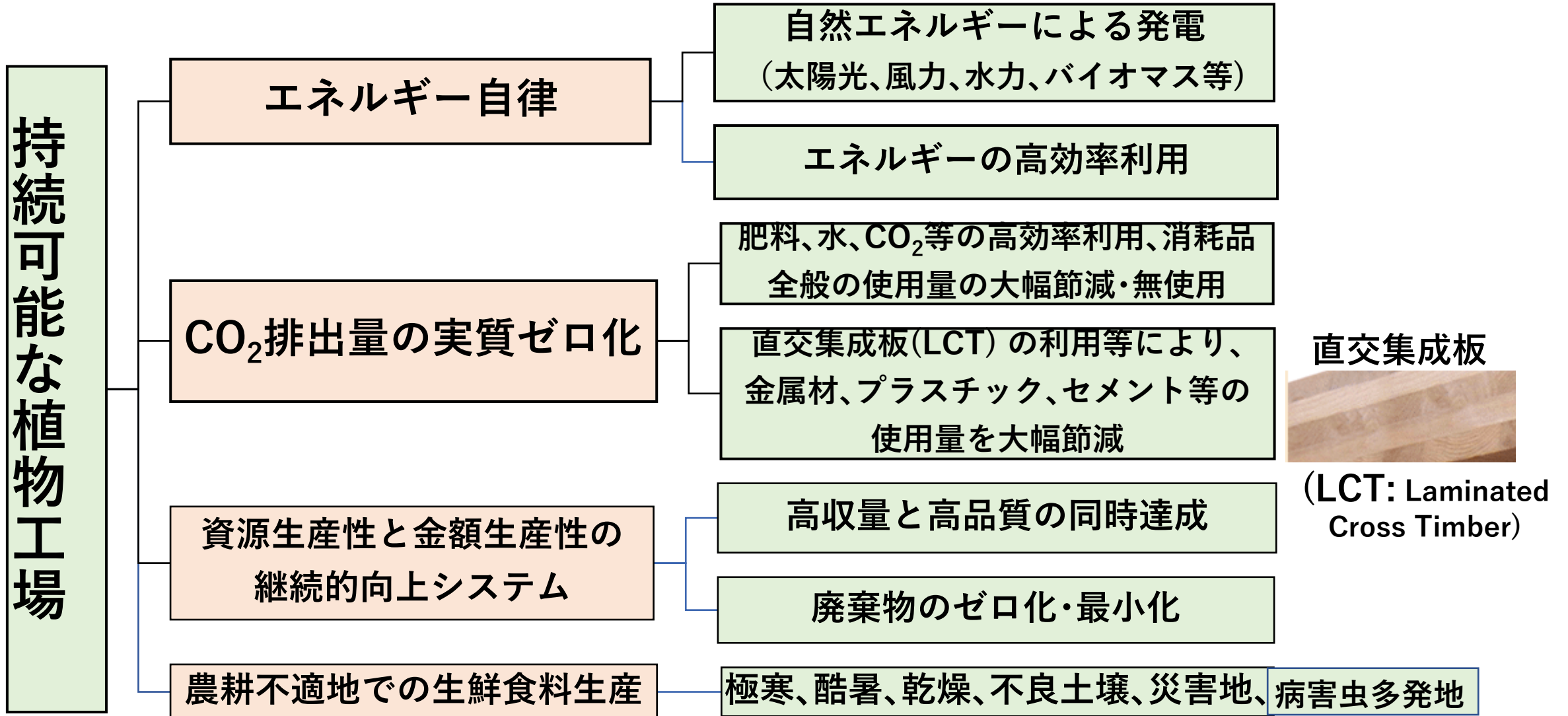
人工光型植物工場は、畑地作物栽培に比較して(2)

要改善点

- ①収穫物当たりの電力使用量は約10 kWh/kgを5~6 kWh/kgに削減必要
- ②植物工場建設時の金属材・セメント使用量(製造時のCO₂排出量)を大幅削減
- ③LED、AI等の新技術と新品種の開発が必要
- ④生産量当たりコストは同等だが土地面積当たりコストは100倍以上
- ⑤最適生産管理法が未開発
- ⑥研究開発と生産管理の人材が不足(現状では比較的高いスキルが必要)
- ⑦ビジネスモデルが未開発
- ⑧スケーラブル(拡大縮小自由)、高い追跡性、制御性、再現性、予測性を活かした設計・運営委

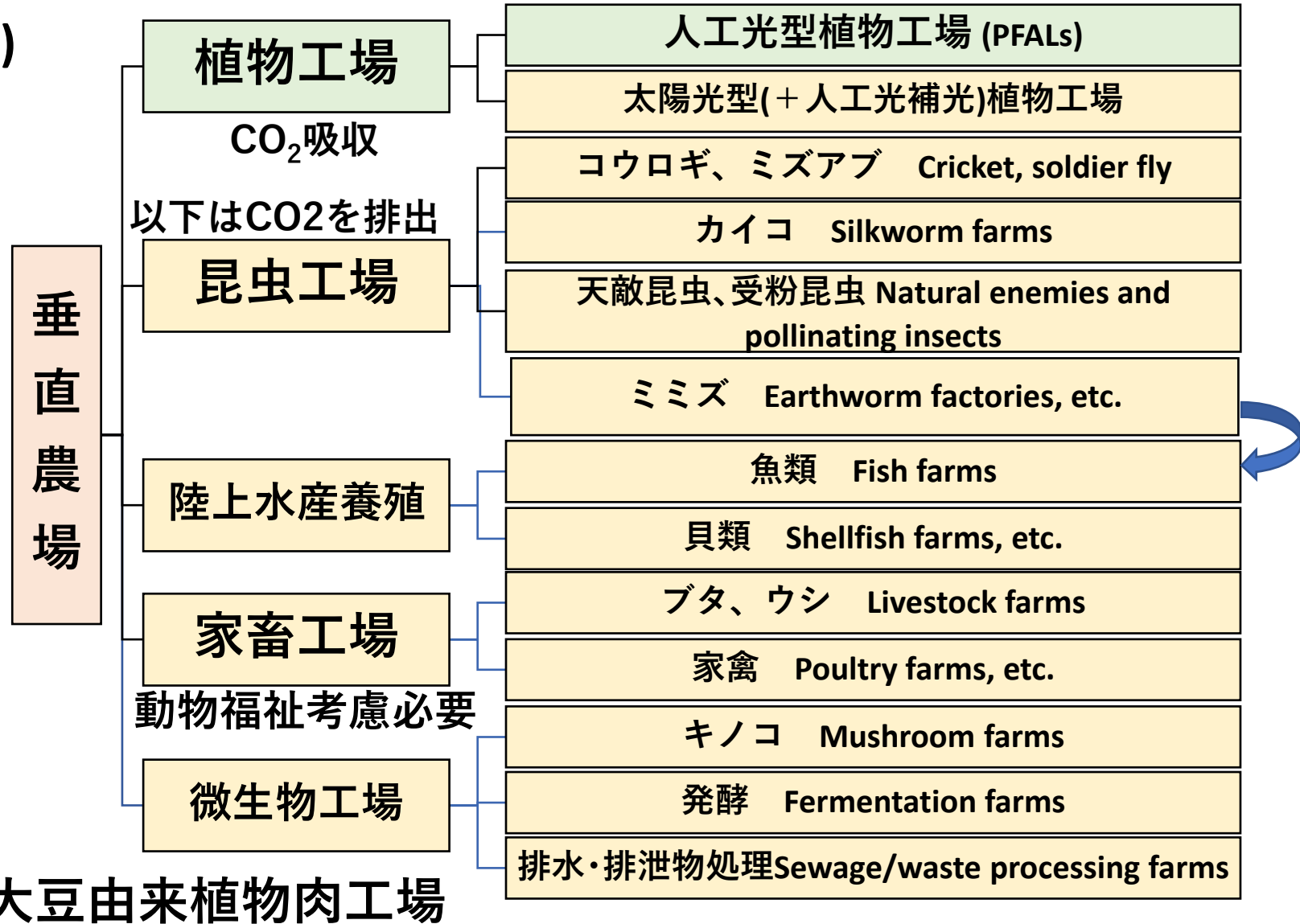
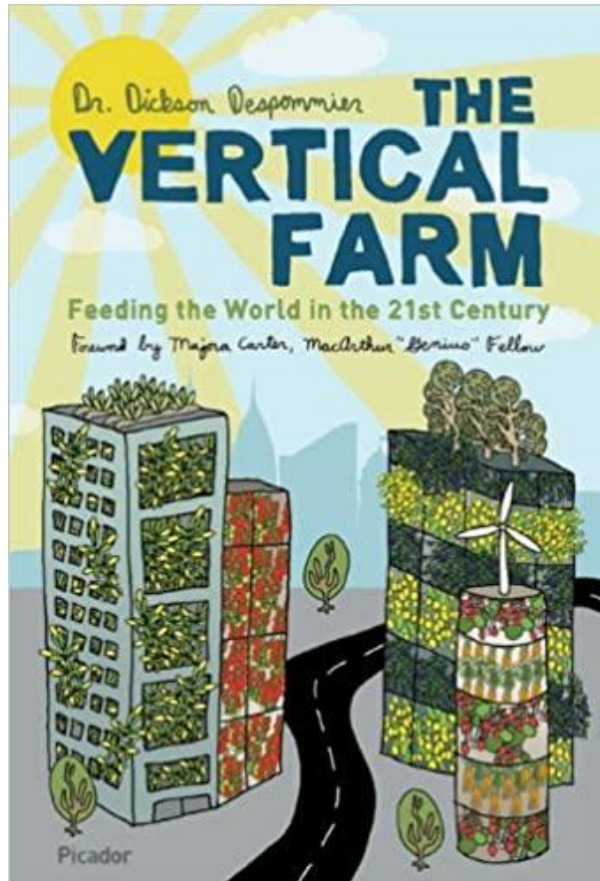
上述の問題の多くは近未来に解決し得ると期待される

立地条件によらずに持続可能な植物工場の基本要件



閉鎖型垂直農場(vertical farms)の生産物による分類

D. Despommier (2010)



おわりに

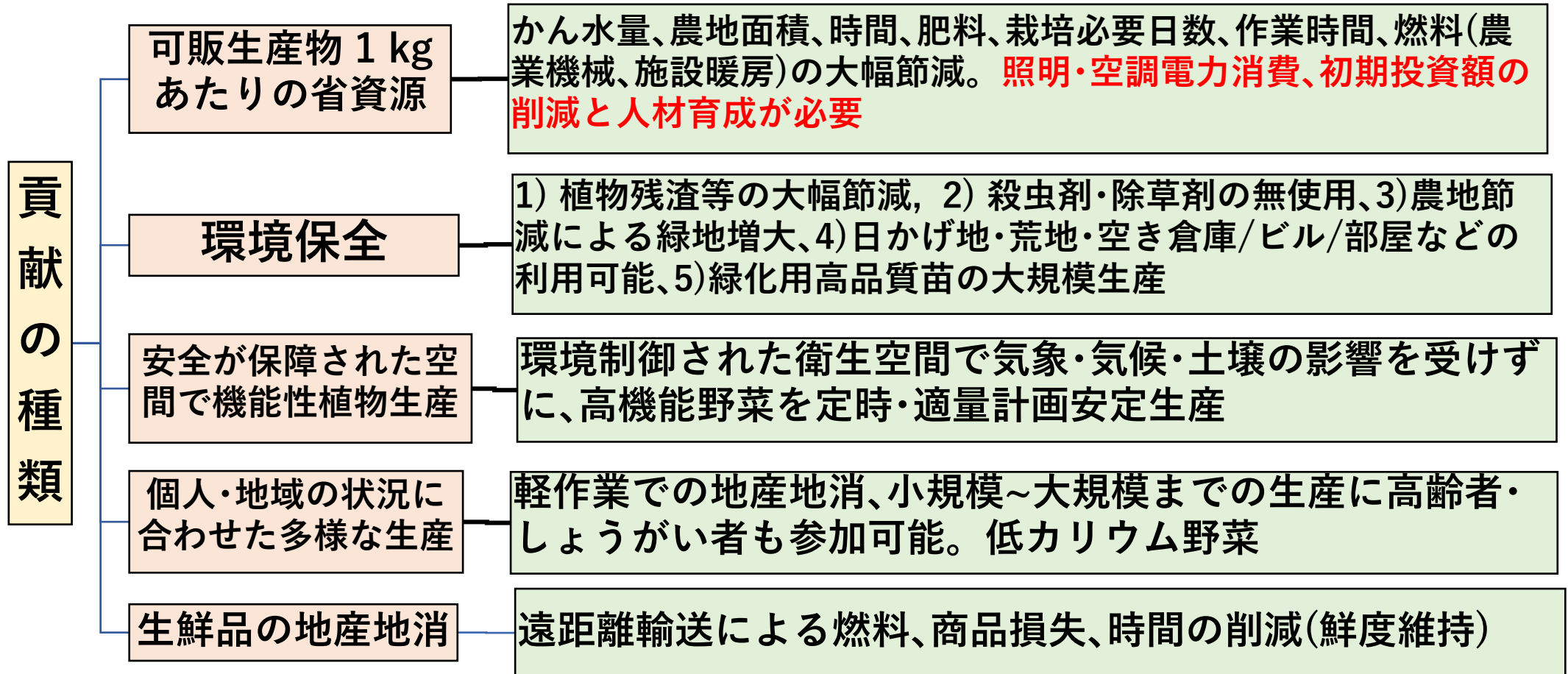
- 1) LEDを利用した商業的植物工場の歴史は未だ約20年
- 2) したがって、植物工場の技術レベルは未だかなり未熟
- 3) スマート技術(Sensing, Bigdata, AI, Network, Automation, Robotics)の利用は始まったばかり
- 4) 植物工場専用の品種開発、環境制御、栽培システム開発は始まったばかり
- 5) 植物の機能性成分への環境・品種の影響に関する論文数は多いが、理論の一般化とその商業化は今後の課題
- 6) 植物工場は、食料、資源、環境、生活の質向上の地球4大問題に貢献する

参考文献

- Kozai, T., Fujiwara, K. and Runkle, E.S. (eds.) (2016) LED Lighting for Urban Agriculture, Springer, 454 pages.
- Kozai, T. (ed.) (2018) Smart Plant Factory, The next generation indoor vertical farms. Springer, 456 pages
- Kozai, T., Niu, G. and Takagaki, M.(eds.) (2020) Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production, Second edition, Academic Press, 487 pages.
- Kozai, T., Niu, G. and Masabni, J. (eds.) (2021) Plant Factory: Basics, Applications and Advances. Academic Press, 444 pages

日本語の書籍は、GoogleかAmazonで検索して下さい。

食料、資源、環境、生活の質向上へのPFALの貢献



PFALと園芸施設の資源利用効率とその理論的最大値

投入資源	理論的最大値	PFAL	Greenhouse
水、Water	1.0	0.96	0.02-0.03
CO ₂	1.0	0.88	0.4-0.6
肥料 N, P, K, etc.	1.0	0.8-0.9	0.5-0.7
Seeds 種子	1.0	0.95	0.8-0.9
光 Light energy	0.11	0.027	0.017
電気 Electric energy	0.06	0.007	-----

Energy and metabolite conversions in a PFAL

To maximize
unit economic value ($\$ \text{kg}^{-1}$) x Yield ($\text{kg m}^{-1} \text{y}^{-1}$)

