

気候変動と日本の施設園芸

京都大学名誉教授
日本学術会議第二部会員
土井元章

はじめに

日本の園芸用施設の設置面積は2023年値で37,000haとなっており(農林水産省, 2025a)、この30年たらずでピーク時の53,516ha(1999年)から二割程度減少し、かつて世界一の施設設置面積を誇った日本は今や中国やスペインはおろか韓国その後塵を拝するまでの状況にある。しかし、たかが農地の1%足らずしかない園芸用施設ではあるが、そこでは野菜や花卉、果樹に至る様々な園芸作物や水稻苗が栽培され、その生産物は我々の生活を支え、豊かなものにしてくれている。

ところが、近年の気候変動に伴う猛暑や異常気象、自然災害の多発は施設園芸生産にも大きな影を投げかけている。2024年秋の高温による野菜の成育不良、2025年のトマト抑制栽培産地の水害による苗被害がもたらした価格高騰など、気候変動に関わる話題は枚挙にいとまがない。一方で、施設園芸は資材やエネルギーを多投入する生産様式であり、農林業分野においては気候変動の主要因とされる温室効果ガス(GHG)の大きな排出源でもある。

そもそも日本の施設園芸は、冬の太陽エネルギーを施設内に閉じ込めて作物の成育に利用することを目的として江戸期以降発達したものである。そこには多くイノベーションが起こっているが、戦後のイノベーションの多くは工業分野からの新規資材や情報技術の導入がもたらしたものである。その最大のものは、1953年の農業用塩化ビニルフィルム(農ビ)の供給にあったことはまちがいなく、農ビや農P0と鉄パイプを組み合わせたパイプハウスの普及が前世紀後半の日本の施設設置面積の増大に大きく貢献した。1988年には高い耐候性をもち軽量のエチレンテトラフルオロエチレン共重合体(ETFE)フィルムが農業用に供給され、ガラスに代わって利用されるようになった。最近ではコンピュータと情報技術を駆使したスマート農業の展開が施設園芸に変革をもたらしつつある。

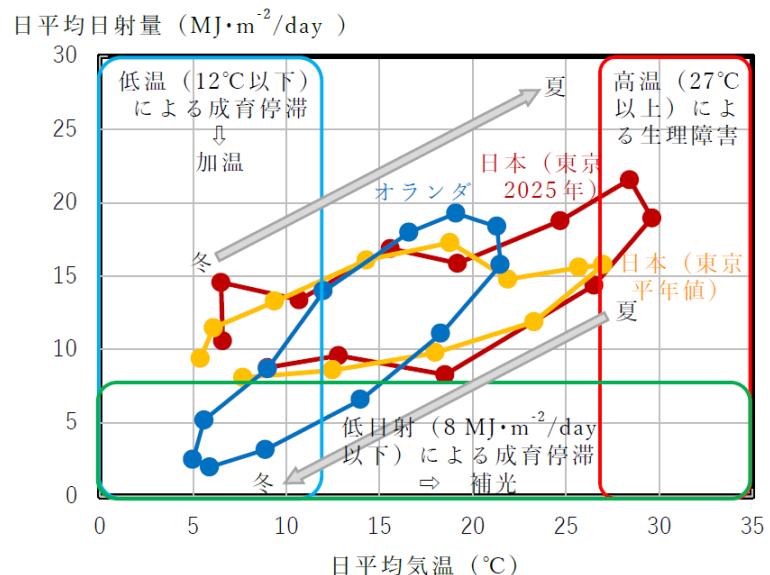
ここでは、このような技術進展の経過も踏まえて新たなイノベーションを期待しつつ、進みゆく気候変動下の施設園芸の課題を考察し、日本の施設園芸の今後の展望を探ってみることにする。

施設園芸の気候温暖化への適応策

日本の園芸用施設は、現在でも約75%が軟質フィルムを展張したパイプハウスであり、そのほとんどで天窓が設けられていない。特に連棟パイプハウスでは、側面換気だけでは温度が十分に下がらず、梅雨明け以降40°Cを越えて高温となり、農作業すら困難な状況にある。このようなパイプハウスの夏の高温対策は以前から大きな課題であり、地域によっては8月いっぱいトマトやキュウリの作付けができず、作付けできたとしても夜温が下がらないことによる受精・着果不良や裂果などの高温障害が発生する。イチゴにおいては促成栽培での9月の定植前後に花芽分化が不安定となり、早期収量の低下を招いている。

第1図は月別の日平均日射量と日平均気温をオランダと日本（東京）で比較したものである。トマトを例にとると、日平均気温12°C以下で成育がほぼ停止し、日射量については8 MJ·m⁻²/day（施設外）以上が必要とされる（フーヴェリンク, 2020）。また、日平均気温が27°Cを上回ると高温による生理障害が発生し、ほとんど着果しなくなる。オランダの施設園芸では、自国産の天然ガスを燃焼させて熱、電力、二酸化炭素を得るCHP（combined heat and power）エンジンが普及しており、そこから冬季5か月間の低温と低日射量を施設の加温とLEDによる補光や二酸化炭素施用を行って生産に適した環境に改善している。春植えでスタートして1年間にわたって収穫する長期多段（ハイワイイヤー）栽培が行われ、年間収量は平均70 t/10 aで、100 tどりも可能とされる。

一方、日本の太平洋側の温暖地（第1図では東京）では、冬季はオランダと同様に十分に寒く気候温暖化の影響もあまりみられないが、日射量は必要最低限の量は確保できているので、加温さえすればトマトの生産は可能である。夏季は、平年値（1991年～2020年の平均）で梅雨明けから8月の温度がトマト生産には適さない温度となっており、直近の2025年値をみると7・8月に加え9月中旬まで27°C越えとなって、秋の9～10月の収穫が見込めない。オランダと同様の長期多段栽培を導入しても、夏の高温により果実生産が中断することが分かる。したがって、日本の暖地・温暖地のトマト栽培では、冬から初夏にかけて作付ける促成栽培や早熟栽培と秋から冬にかけて作付ける抑制栽培とが7・8月の高温により分断されている。当然年間収量は低



第1図. オランダと日本（東京）の温度および日射量の通年変化とトマトの成育。

く、2作合わせてもせいぜい 30 t/10 a 止まりとなる。

それでは、夏の高温に対してどのような適応策を講ずることができるか。まず、品種や作目を変更することや作期を前後にずらすことが生産者が対応可能な適応策である。しかし、収穫時期が重要な商品要素である園芸作物においては、これでは真に問題解決したことにはならない。

まず、新設の施設では施設構造を天窓換気が可能なものにすることが有効である。加えて軒高を高くすれば、高温の空気を効率よく屋外に逃がすことができる。ただし、この条件を満たす高軒高ダッヂライトハウスのような施設を導入しても、上述のとおり、夏の高温は完全には避け得ず、トマトの長期多段栽培のようなオランダ方式の栽培は制限を受けるので、施設の経済性は十分に考慮されなければならない。

次に、ある程度遮光をしても収量や品質に影響の小さい作目では、夏季に施設内に入る日射のエネルギー総量を減らすことが有効であり、そのためには施設の外面で遮光する必要がある。寒冷紗以外にも、ホワイトウォッシュなどの資材を高温期に限り使うことで異常高温は回避できると考えられる。赤外線カット資材は一部で利用がみられるが、可視光の透過率が低下する、長波の透過率が高いなどの欠点とともに、何よりも高価である。日射量に応じて遮光率が変化するような被覆資材が利用できれば理想的ではあるが、残念ながらそこまでのイノベーションには至っていない。

近年、A 重油価格の高騰に伴って燃油暖房機から電気ヒートポンプエアコンへの切り替えや併用が進みつつある。これを夏季の冷房目的で使用するには施設を閉め切る必要があり、暖房能力に対して冷房能力が大幅に不足するため、60%以上の遮光を行うコチョウランなどの一部の花卉を除いて昼間の冷房には使用されていない。夜間冷房（夜冷）としては、イチゴやトルコギキョウなどの育苗に利用でき、バラの切り花生産では品質向上の効果に加え病害の発生も抑制される。また、パッド&ファンのような気化熱を利用する冷房法は、夏季に湿度の高い日本では効果が低いとされてきたが、側窓、天窓を解放した状態で利用できる細霧冷房は数度程度温度を下げることができて有効である。

いずれにしろ、夏季の施設内の高温問題には現状決定的な対策はなく、品種・作目の変更も含め、適した適応策をいくつか組み合わせて生産者は対応する以外にはないといえる。

異常気象にレジリエントな施設園芸

猛暑のみならず、豪雨、台風、雹や豪雪などによる気象災害が各地で発生しており、農業はその影響を強く受けている。露地栽培より施設栽培では、作物への異常気象の被害は抑えられる傾向にはあるが、施設自体に被害が及ぶと復旧は露地栽培より困難である。日本に多いパイプハウスでは、台風到来期や積雪期には被覆資材を外しておくことによって施設の倒壊を防いでおり、ある意味、気象災害にはレジリエントな施設である。ただし、骨材が脆弱

であることから被覆時の予期せぬ強風や豪雪には弱く、2014年2月に北関東を襲った豪雪では、埼玉県、山梨県、群馬県を中心に多くのパイプハウスが倒壊した。積雪や強風が懸念される地帯では、パイプジョイントでパイプ同士を確実に固定し、筋交いを入れてパイプハウスの強度を高めることが推奨されている。

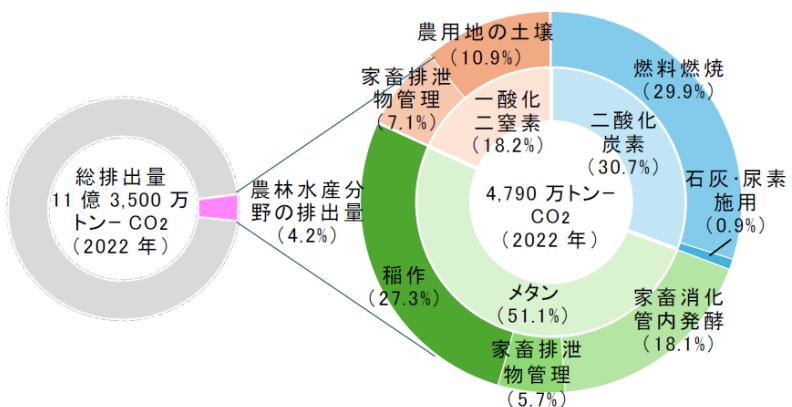
被覆資材が恒常に展張されているハウスになるとそれぞれの地域で懸念される災害への対応を建設設計時からとる必要がある。例えば、沖縄では骨材を太くして風害を予防する。被覆資材が軽量なほど骨材は少なくでき日射を取り込みやすいが、反面軽量の天窓は強風には弱くなる。愛知県では、プラスチックハウスにおいても天窓はガラス張りとすることで強風による「めくれあがり」の被害を軽減している。

一方、降雪地帯では、通常は屋根の傾斜角度を大きくした単棟ハウスとして落雪を促し、落雪がたまって側面からハウスを押しつぶさないようにハウス間隔を大きくとっている。連棟とする場合には、加温・融雪をするなどの対策が必要である。寒冷地ではヒートポンプによる暖房効率が悪いことから、燃油暖房に頼る傾向にはあるが、ヒートポンプの熱源としての地熱の利用は有望であり、施設建設時に考慮すべき事項である。

気象災害は予期せず発生することも多く、災害保険の加入も必要である。また、災害が発生した場合に電力供給が止まって被害が拡大することも多い。特に、養液栽培施設では電力喪失は致命的であるので、ある程度の貯水と発電機によりポンプを動かすことのできる電力の確保は重要である。レジリエントな施設は、単に重装備で台風や豪雪に耐えるということではなく、環境変動に対応しなやかさが必要で、灌水・給液や環境制御も含め「fail-safe」のコンセプトでシステム構築されていることが望ましい。対策の経済性に配慮しながら Business Continuity Planning (BCP)への取り組みが必要となっている。

温室効果ガスの排出源としての施設園芸

第2図は農林水産省がまとめた農林水産分野からのGHG排出量である。日本の総排出量11億3,500万トン(二酸化炭素換算)の4.2%に相当する4,790万トンが農林水産分野から排出されている(農林水産省, 2025b)。この値は一見小さいように見えるが、日本は農産物の大量輸入国であり、それらの生産や輸送で排出さ



第2図. 農林水産分野の GHG 排出量 (CO₂換算値) .

資料: 国立研究開発法人国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス「日本の温室効果ガス排出量データ」(2024年4月公表)を基に農林水産省作成。

れる GHG を含めると 11% 程度になると見積もられ、農業・食料分野の GHG の排出量は決して小さくはない。もう一つの農林水産分野の特徴は、日本全体では総 GHG 排出量の 90% 以上を二酸化炭素が占めているのに対して、農業分野ではより強い温室効果をもたらすメタンや一酸化二窒素（亜酸化窒素）の排出割合が高く、かつ、これらが農業生産活動に伴って低濃度で広域的に排出されることが特徴である。

しかし、同じ農業分野でも施設園芸からの排出のほとんどは二酸化炭素である。農林水産業からの二酸化炭素の排出量は 1,471 万トンで、このうち 2/3 は水産業からの排出であり、残り約 500 万トンが農林業からの排出である。さらに、うち約 8 割に相当する 400 万トンが施設園芸生産に伴う排出で、なかでも冬季の暖房のための A 重油の燃焼に伴う排出や、被覆資材の廃棄に伴う排出が多くを占めている。すなわち、施設園芸はその設置面積に比して大きな二酸化炭素の排出源となっており、しかも局所的に比較的高濃度で GHG が排出されることから、削減対策をとりやすい対象であるといえる。

施設園芸における GHG 排出削減を考える

本課題に関しては、日本学術会議農学委員会生産環境農学分科会が発出した見解「施設園芸のグリーン化に向けた課題と展望」(2023 年 9 月) とこれに先立つシンポジウム講演である彦坂 (2023) や農林水産省 (2025a) が作成している「施設園芸をめぐる情勢」(2025 年 5 月) にいくつかの GHG 排出削減の方策が述べられている。ここでは、これらの報告と一部重複はあるものの、園芸学の視点から施設園芸における GHG 排出削減の課題を直接エネルギーの投入量削減と食品ロス・ウェイストの削減の二点に絞り考察する。なお、後者の報告で農林水産省は 2050 年に農林水産分野での GHG ゼロエミッション達成を目標に掲げているが、これはあくまで森林やブルーカーボンによる炭素貯留を加味したものと考えられる。施設園芸単独では、カーボンクレジットを購入することで直接エネルギー由来のカーボンニュートラル（ネットゼロ）は実現できたとしても、間接エネルギーを含めて GHG ゼロエミッションを目標に掲げることは生産者の努力の範囲を超えており、ハードルが高すぎるよう思える。

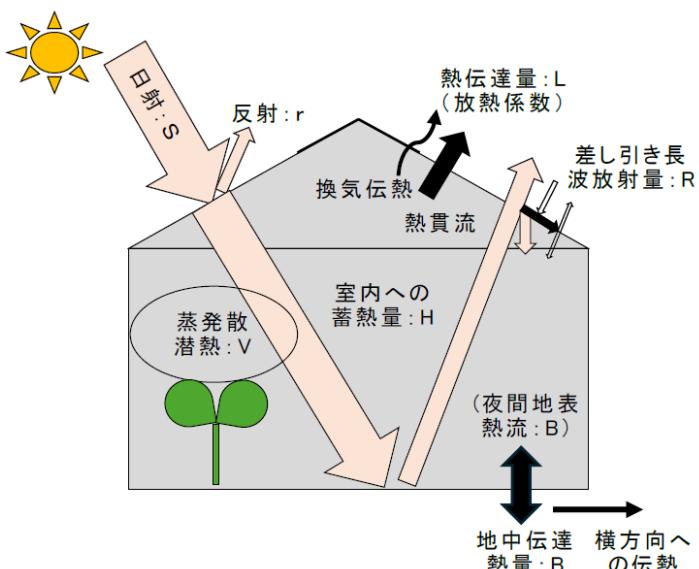
(1) 直接エネルギー由来の GHG 排出削減

少しデータは古いが仁平 (2003) によると、露地園芸生産でのエネルギー投入量は作目や作型によって異なり 10 a あたり 1.5~6 GJ で、直接エネルギーと間接エネルギーの投入量は同程度である。一方、施設園芸生産でのエネルギー投入量は直接エネルギー、間接エネルギーとも大きく、両者の合計は 10 a あたり 100 GJ を越える。特に間接エネルギーは施設資材の製造に係るエネルギーとしての投入が大きく、総量は直接エネルギーの 10 倍以上となっている。また、(社) 農林水産技術情報協会 (現 (公社) 農林水産・食品産業技術振興協会) が調査したエネルギー消費原単位を使った作目・作業体系別の推計では、暖房と冷房栽培を行う

コチヨウランの鉢物生産で直接エネルギーの投入が 2,176 GJ に達している (井上, 1998)。このように推計値にはばらつきはあるが、施設園芸では総じて資材やエネルギーの投入量が多く、これらに由来する GHG 排出が施設園芸からの総 GHG 排出量の多くを占める。

間接エネルギーの投入に由来する GHG の排出削減に関しては、肥料・農薬・施設資材・機械等の製造を行う他の産業分野の GHG 排出削減の努力に依存するところが大きい。農業分野としては、投入・使用量を減らす以外にはリユースやリサイクルを行うなど GHG 排出削減対策は限られる。

一方、直接エネルギーについては、まず投入される直接エネルギーの 80%以上を占める暖房用重油 (A 重油) の投入を減らし、その上で GHG 排出の少ないエネルギーに置き換える必要がある。そのためには、まず施設のエネルギー収支の改善が求められる。第 3 図は教科書にも載っている園芸施設における光と熱の移動を図式化したものである。昼間は、太陽放射 (S) があり、その一部は被覆面で反射 (r) して残りが施設内に入る。施設内に入ったエネルギーは、蒸発散の気化潜熱 (V) として蓄えられたり施設内の空気が暖められたりする (蓄熱量: H)。また、暖まった空気から地中へと熱が移動して土壤が暖められる (地中伝達熱量: B)。一方、暖まった施設内からは被覆面を通して屋外へ熱が放出される (熱伝達量: L=熱貫流量 + 換気伝熱量) とともに、長波放射が被覆資材の反射や吸収を経て屋外へ逃げていく (差し引き長波放射量: R)。したがって、昼間のエネルギー収支は $S-(R+r)=V+L+B+H$ となる。夜間は日射がないので反射もないので $S=r=0$ で、蒸発散もほとんどなく $V=0$ であるので、夜間のエネルギー収支は $-R=L+B+H$ である。すなわち、施設内の温度低下をもたらす蓄熱量の減少量 ($-H$) は、 $-H=L+B+R$ となり、施設内から熱や長波として逃げていくエネルギー量の合計であり、これが冬季には暖房負荷となる。このうち B は、地域や保温・加温の程度によってはマイナス (夜間地表熱流) になり暖房負荷を軽減することもあるが、制御が難しい。一方、R を小さくするには、まず長波透過率の低い被覆資材を用いる必要がある。また、長波は被覆資材に吸収されて顕熱化した後、熱として移動したり再放射されたりするので、L と区別して測定することが難しい。一方、L を小さくするには、隙間を減らして換気伝熱量を下げるに加えて被覆面を通して施設外に移動する熱量 (熱貫流量) を少なくする必要があり、いず



第 3 図. 園芸用施設の光および熱の移動.

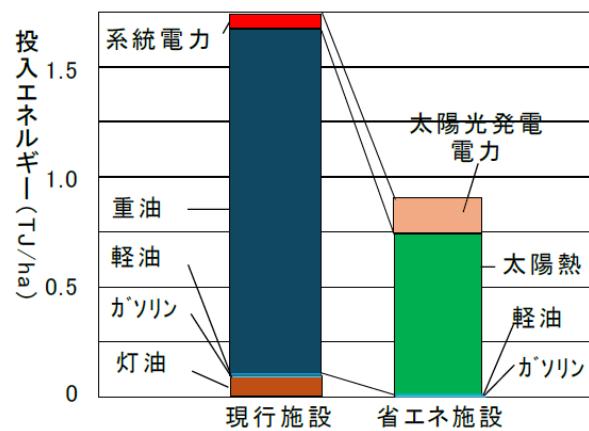
→ 光エネルギーの移動 → 熱エネルギーの移動

れに対しても多層被覆を行って空気層を設けることが最も有効とされる。実際の園芸施設では、 $R+L$ の値（放熱係数：被覆面積 1 m^2 当たり、内外温度差 1°C 当たりの仕事率）は P0 や ETFE フィルムの外張と内張 1 層カーテンで $4.0 \sim 4.5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ 、内張 2 層カーテンで $3.5 \sim 4.0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ である（有賀ら、2015）。また、内張カーテンに長波を反射するアルミ蒸着資材や布団資材のような断熱性の高い資材を使った場合、 $2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ 前後まで下げることができる（林、2015）、内張資材は昼間巻き取る

などで光が作物に当たるようにしなければならない。この $R+L$ の値を $1 \sim 1.5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ 程度まで下げて省エネを図ることができれば、投入している化石エネルギーのほとんどを太陽光発電や太陽熱などの自然再生エネルギーに置き換えることに現実味が出てくる（第4図）。そのためには内張資材だけではなく、外張にも高い光透過性と断熱性を兼ね備えた被覆資材の開発が必要である。一例として、量産や経済性などはまだまだ開発段階ではあるもののエアロゲルはこの条件に叶っており、カーボンニュートラルモデルハウスの被覆資材としての候補である。また、施設外に向かう長波を施設内に反射する内面のコーティング技術についても開発の余地がある。

一方、化石エネルギーに代えて使用する自然再生エネルギーの獲得と貯留がもう一つの課題である。まず、PV やペロブスカイト型を含む OPV による太陽光発電の電力を燃油暖房機より効率係数 (coefficient of performance : COP) の高いヒートポンプエアコンのエネルギー源として利用する方法が考えられる。問題は、昼間に発電した電力を暖房が必要な夜間にどのようにして移動させるかであり、施設園芸だけを考えるとかなり容量の大きな蓄電池の設置が必要になるが、この問題は社会全体としてみると供給に余裕のある夜間電力の活用として考えるべきである。一方や、太陽エネルギーを温水として蓄え、これを暖房に利用することが考えられ、この場合、夜間へのエネルギー移動の問題は比較的容易に解決できる。一方で、ヒートポンプのような高効率の暖房は断念せざるを得ず、現状太陽光の 45% 程度の熱への変換効率を 60% 以上にまで高めないと電気ヒートポンプの効率には及ばないことになる。おそらく、両者の併用を考えるべきで、オランダで検討されている夏季に獲得した温熱を冬季まで地下水貯留してヒートポンプで熱をくみ上げるようなシステムが構想される。

このような自然再生エネルギーを施設環境制御に活用するとなると、中期天気予報の活用が大きな意味をもつ。例えば太陽光発電や太陽熱を施設暖房に利用する場合には、曇天日の



第4図 園芸用施設における直接エネルギー消費と自然再生エネルギーへの置き換えイメージ。

夜温の設定を下げる必要が生じる。これがどこまで許容されるかのデータは皆無であるが、中期天気予報を活用して投入可能なエネルギー量を推計してエネルギー・システムと作物の成育をファジー制御によって両立させる技術開発が必要となり、今後の園芸学の重要課題の一つになるであろう。また、このような多目的解を求める作業にはデジタルツインの運用とAIが活用されていくべきものと考えられる。

(2) 食品ロス・ウエイストの削減

園芸生産物は、傷みやすい商品 (perishable commodities) と言われ、輸送や貯蔵が難しく、流通や消費の過程で品質が低下しやすい。食料全般について生産・流通・消費の過程で廃棄される食品（食品ロス・ウエイスト：food loss and waste）は、それ自体がGHGの排出源になることに加え、その生産や流通・加工に投入された資源やエネルギーも含めて無駄にすることになる。施設園芸による生産物は生産に投入されるエネルギーが多いことに加え、広域流通していることから貯蔵や輸送に費やされる化石エネルギーも加わり、食品ロス・ウエイストに由来するGHG排出量は大きい。また、食品ロス・ウエイストは、先進国ほど多くなる傾向にあり、ヨーロッパ地域や日本を含む工業化された東アジア地域では20～25%が廃棄されていると見積もられている。東アジアの特徴は、高温・多湿の夏の環境を反映して、ヨーロッパに比べて流通段階での食品ロスが多いことである。日本での食品ロス・ウエイストを詳しくみると、2023年値で464万トンで、家庭と事業者からの廃棄がこれを二分している（環境省、2025）。ここからのGHG排出量は1,050万t-CO₂（国民一人あたり84kg-CO₂）、経済的損失は4.0兆円と見積もられる（三菱UFJリサーチ&コンサルティング、2025）。

アメリカでは食品ロス・ウエイストが40%にも達し、かつ、消費段階での廃棄割合が大きい（FAO、2022）。この値は、25%の真水と3億バレルの石油を無駄にし、2500億ドルの経済的損失に繋がっていると見積もられている。加えてGHGについては、1億3,500万トンのCO₂の排出をもたらしているとされる。加えてPatilら（2021）は、食料の生産・流通・消費の過程で食品が廃棄されなくとも、生産物の流通や貯蔵・加工・調理の過程で失われる栄養的価値の損失を含めて食品ロス・ウエイストと捉えることを提唱している。日本でも生産・流通や加工段階での園芸生産物の外的品質や食味は重んじられるが、栄養的価値の低下には比較的無頓着である。また、日本の園芸生産物、とりわけ施設園芸による生産物は、高品質を求めるあまり生産時の資源投入が多くなったり秀優品以外は廃棄されたりする傾向にある。施設園芸の生産物について食品ロス・ウエイストを減らすことは、GHG排出を減らすことにも間接的に大きく貢献し、そのためには生産物に対する環境的価値を評価する視点が生産者や流通業者のみならず消費者にも強く求められているといえる。

引用文献

有賀広志・小田康一・西村安代・福元康文. 2015. 热伝導率測定装置を用いた簡便な農業用被覆資材の断熱性評価方法の検討. 生物環境工学 27:14-23.

FAO Liaison Office for North America. 2022. Food loss and waste successes from the U.S. and Canada.

<<https://www.fao.org/north-america/news/details/Food-Loss-and-Waste-Successes-from-the-U-S-and-Canada-/en>>

林真記夫. 2015. 第3章 温度制御 (1) 保温, (2) 暖房. pp. 111-136. 日本施設園芸協会編. 施設園芸・植物工場ハンドブック. 農山村文化協会. 東京.

フウーヴェリンク エペ (編著). 2020. トマト100トンどりの新技術と理論: 低投入多収をめざして. (中野正明・東出忠桐・松田 恵 監訳). pp. 352. 農山村文化協会. 東京.

彦坂晶子. 2023. 日本農学会シンポジウム カーボンニュートラルの達成にむけた農学研究. 園芸生産に要するカーボンの排出削減に向けた技術革新. 農業および園芸 98:12-17.

井上喬二郎. 1998. 農業におけるエネルギー利用の現状と展望. 農林水産技術研究ジャーナル 21(10):13-21.

環境省. 2025. 我が国の食品ロスの発生量の推計値 (令和5年度) の公表について (報道発表資料)

<https://www.env.go.jp/press/press_00002.html>

三菱UFJリサーチ&コンサルティング. 2025. 令和7年度食品ロスによる経済損失及び温室効果ガス排出量に関する調査業務調査報告書. pp. 20.

<https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_policy/information/food_loss/effects/assets/consumer_education_cms201_250910_03.pdf>

仁平尊明. 2003. 日本における作物生産の投入・算出エネルギーの算出. 人文地理学研究 27:13-32.

日本学術会議農学委員会生産環境農学分科会. 2023. 施設園芸のグリーン化に向けた課題と展望 (見解). pp. 21.

<<https://www.sci.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-25-k230926-16.pdf&ved=2ahUKEwj14e2dmfuRAxWUi8BHVJDNlwQFnoECBsQAQ&usg=A0vVaw1MUlt4UfI19rgPJgux1IWye>>

農林水産省. 2025a. 施設園芸をめぐる情勢. pp. 50.

<<https://www.maff.go.jp/seisan/ryutu/engei/sisetsu/attach/pdf/index-89.pdf>>

農林水産省. 2025b. 農林分野における地球温暖化対策について. pp. 37.

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/pdf/ondanka_taisaku.pdf&ved=2ahUKEwi3wbL0x_2RAxWWsVYBHQsTKxUQFnoECB4QAQ&usg=A0vVaw00xn6HuUWgGGS1V1fdBHsa>

Patil, B. S., G. K. Jayaprakasha, P. Acharya and J. Singh. 2020. The nexus of postharvest, food processing, nutrition, malnutrition and climate change. III Asia Horticultural Congress (AHC2020). Dec 15 to 17, 2021, Bangkok, Thailand.