

要 旨

1 背景

近年、「経済と環境の好循環」を実現する産業政策に位置づけられる「グリーン成長戦略」の推進に向けて、食料安全保障の基盤を担う農業においても、環境に配慮した発展や持続性の確保、すなわち「グリーン化」の重要性が増している。栽培環境を改変することで市場価値の高い園芸作物を効率的に生産する施設園芸においては、環境制御にエネルギーを使用することなどから温室効果ガス（GHG）の排出が多くなるため、省エネルギー化や環境負荷低減がより一層求められる。政府が定めた「みどりの食料システム戦略」においては、農業全体のCO₂ゼロエミッション化が掲げられ、施設園芸分野では「2050年までに化石燃料を使用しない施設への完全移行」が目標となっている。これらの背景のもと、日本学術会議農業生産環境工学分科会では、植物工場を含めた施設園芸のグリーン化に向け、ゼロエミッション（GHG排出削減、資源循環など）の観点から、必要な研究・技術開発の方向性について、農業工学的な視点で議論し、本見解を取りまとめた。

2 施設園芸のグリーン化に向けた課題

施設園芸では、栽培環境を改変するために、エネルギーを消費したり、石油化学資材を使用したりする。このことはGHG排出に直結する。実際、作物種にもよるが、栽培過程におけるCO₂排出は、露地栽培の数倍となりうる。現在の施設園芸におけるエネルギー消費の主プロセスである暖房においては、化石燃料燃焼が90%を占め、まずは暖房をCO₂排出の少ないエネルギー源にいかにか切り替えるかが重要となる。このためには電化が重要な手段となりうるが、電気ヒートポンプ導入におけるコスト高だけでなく、栽培施設用電力をいかに供給するかが重要な課題である。GHG排出削減に大きく貢献するためにも、グリーン電力としての再生可能エネルギーの活用促進が不可欠である。自律型電力供給源として期待できる太陽光発電においては、太陽光パネルの設置場所の確保や需要が高い夜間における電力供給といった課題の解決が必要となる。一方、施設園芸では、養液栽培の活用や栽培施設の閉鎖化により、資源循環促進の可能性を有しており、環境負荷低減に向け、この観点からの積極的な技術開発が望まれる。ゼロエミッションの実現に向けては、園芸作物生産における環境負荷を総合的に評価するライフサイクルアセスメント（LCA）手法の確立が必須であり、適切な評価に基づき、産業としての施設園芸の持続性の強化を図る必要がある。

3 施設園芸におけるゼロエミッションに向けた方策

(1) 省エネルギー化と再生可能エネルギー利用の促進

施設園芸のCO₂ゼロエミッションの実現には、電化を進めつつ再生可能エネルギーの利用促進を図ると同時に、施設環境制御における省エネルギー化を推進

することが不可欠である。省エネルギー化に向けては、まずは施設の基本性能（断熱性・光透過性・耐久性）の向上が重要となる。資材・部材の性能向上に加え、夜間の放熱を抑える仕組みや設置場所の気象条件にあった構造の最適化など、新技術のみならずこれまでに得られている知見について、コストだけでなく省エネルギー化の観点から再評価して、普及に向けた検討を行うことが重要となる。さらに、赤外線反射資材など、近年技術進歩が著しい波長変換被覆資材の利用も有望である。また、生育モニタリングに基づいた環境制御は、省エネルギーに資する可能性を有する。特に、作物の状態の適切なモニタリングに基づいた環境制御設定値の見直しは、エネルギー消費量の低減に直結する。

再生可能エネルギー利用促進に関しては、地域の気候・自然資源を活かした小規模分散型の発電設備などとの連携が重要である。さらに、栽培施設用太陽光発電装置や地中熱交換器など再生可能エネルギー利用に関するハードウェアの開発のみならず、気象条件などに対応していかにシステム全体を稼働させるかといったソフトウェアの開発が必須となる。

(2) 資源の効率的利用

まず農業分野内での資源循環を促進する必要がある。資材の再利用や培養液の循環利用に加え、畜産を含め農業分野で排出される有機性廃棄物の有効活用が不可欠である。要素技術としては、有機性廃棄物を利用したメタン発酵によるエネルギー生成とその際に生じるCO₂や消化液（メタン発酵を行った後に残った液）の栽培資源としての利用を促進する研究開発を推進すべきである。さらに、農業に限らず人間活動に伴って発生する有機性廃棄物の栽培資源化に向けた技術開発や、それらの利用を促進する社会的仕組みの構築も重要な意味を持つ。また、植物工場などの閉鎖度を高めた栽培システムでは、水を含めた栽培資源の利用効率を高める可能性を有しており、その有効性の適切な評価に基づいた技術開発を推進する必要がある。

(3) 栽培施設の設置場所の最適化

省エネルギーや資源循環を多少でも実現する方策として、GHG 排出削減という観点から、栽培施設の設置場所の最適化についても検討する余地がある。人間活動で排出される熱や有機性廃棄物の効率的な活用を可能にする配置、すなわち、排出される場所の近くに栽培施設を配置することは、廃熱活用や資源循環を促進し結果としてGHG 排出削減の可能性を有している。また、都市域での施設園芸は、前述の人間活動で排出される熱や有機性廃棄物の活用の可能性に加え、地産地消の促進、さらには旬菜旬消やフードロス削減などの観点からのGHG 排出削減への寄与が期待できるが、その有効性の検討には、詳細かつ適切なデータに基づいたLCAが必要である。さらに、環境制御と適地適作の融合、すなわち、地域気候資源を活かし、エネルギーを要する環境制御を最小限に抑えるような栽培施設の設置場所の検討も重要であり、どこで、どのような形態で、何を栽培するかの検討において、低環境負荷の観点を取り入れる必要がある。