

LEDを光源とした高品質野菜の生産

HIGH-QUALITY VEGETABLE PRODUCTION BY USING LEDS

渡邊博之

Hiroyuki Watanabe

農博 玉川大学 農学部生命化学科 (〒194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1, watahiro@agr.tamagawa.ac.jp)

1. はじめに

2013年2月より、東京都町田市にある玉川大学キャンパス内で生産されたリーフレタス3品種が小田急線沿線のスーパーで販売されている。LEDだけを光源にして品質と栄養価を高めた無農薬栽培レタスの本格的な事業化である。玉川大学は西松建設(株)と協力して、学内にLED野菜生産施設「Sci Tech Farm (LED農園)」を開設し(図1)、これまでに蓄積したLED植物栽培ノウハウを生かした野菜生産ビジネスの事業検証を進めている。玉川大学で確立したLED野菜生産技術を利用し、西松建設が事業運営を行い、野菜生産の採算性、事業性を判断するものである。現在は、日産600株の生産装置(図2)であるが、今後徐々に規模を拡大し、最終的には日産約4000株までスケールアップする。その時点で、システムの完成度や採算性が十分にあるかどうかを判断し、その後の事業展開につなげる予定である。

近年、照明分野で急速にLEDランプの普及が進み、それにともないLEDの性能向上が進んでいる。性能向上と量産によるコストダウンの2つの要素が好循環をはじめ、全体に十分な性能を持つLEDランプが普及しやすい価格帯で販売されるようになった。筆者らが植物栽培用光源としてLEDを使い始めた21年前とは性能、価格とも隔日の感がある。



図1 玉川大学 Sci Tech Farm「LED農園」の外観



図2 自動化多段式LED野菜栽培装置

2. 植物栽培光源としてのLEDのメリット

植物の光反応は、ある波長域のエネルギーを特異的に吸収する光受容体によってスタートする。光合成反応は赤色と青色を吸収する光合成色素タンパク質により、また屈光性や形態形成にかかわる青色光反応はクリプトクロム系やフォトトロピン系の光受容体が青色光を吸収することにより反応が開始される。また、発芽や花芽形成の日長反応は、フィトクロム系に関わる赤色光と遠赤色の光がお互いに可逆的に光反応を制御していることが知られている。LED単色光を用いることにより、これら個々の光反応を独立して制御し、栽培目的に合った作物の生理反応や生育を導き出すことができれば、生産の効率化や生産物の高付加価値化に大いに役立つ可能性がある。

リーフレタスは野菜工場の主力作物のひとつであるが、例えばLEDを用いてリーフレタスを純粋な赤色光下で栽培すると葉長、葉幅が増加し、葉面積が拡大する。そこにわずかな青色光を混入するとリーフレタスは敏感に反応して、葉長、葉幅を減少させ、葉面積を縮小させる。リーフレタスの工場生産では、できるだけ短期間に多くの収穫を得ることが重要であることから、LED赤色光でリーフレタスを栽培することはリーフレタス生産には一つの有効な方法である。また、青ジソ(大葉)も同様な赤色反応を示し、LED赤色光下で急速に葉面積を拡大させる。栽培面積あたり、栽培期間あたりの青ジソの

収穫量を飛躍的に増加させることが可能である。また、葉草に対してもLEDの単色光が薬効成分の増量に効果があることが明らかにされている。このようにLEDを用いて自然界には存在しないような極端な光条件を作り出し、植物の特徴的な生理現象を導き出すことにより、栽培の効率化や収量の増加、高品質化などを実現する可能性をLEDは持っている。

3. 植物栽培光源としてのLEDの課題

LED点灯中の劣化、出力低下は、ランプの償却コストとも関わり、大きな課題である。通常、LEDランプは、チップボンディングや配線の断線がない限り、いわゆるランプ切れを起こす割合は極めて小さい。ただし長時間点灯（特に高湿条件下での高出力点灯）にともなう出力低下は、植物栽培光源としてのLEDの解決すべき大きな課題である。LED点灯にともなう出力低下の大きな原因はチップの発熱である。

LEDチップの直接的な冷却は、チップの耐久性を確保するうえでたいへん重要である。LEDチップの過熱はチップの結晶構造の破壊、チップ表面における酸化皮膜の形成などの原因となり、LEDチップを短期間に劣化させる。LEDの出力、耐久性能に対し、ランプユニットの放熱不足、LEDチップの過熱は最大の劣化要因になると考えられる。LEDランプの耐久性確保にとって、点灯中のチップ冷却は最も重要な対応であろう。

4. ダイレクト水冷式ハイパワーLEDの開発

点灯時のLEDチップを安定して確実に冷却するしくみとして、LEDチップを冷水で効率的に冷却するシステムを考案し、昭和電工アルミ販売(株)と協力して製品の開発を行った。通常、LEDチップは、電気的な絶縁性の問題やパーツとしての取り扱い易さの観点から、パッケージと呼ばれる樹脂製のモジュールに組み込んで使用することが多い。それら成型樹脂の多くは、熱伝導性の低さからLEDチップの放熱を妨げ、チップの温度上昇、さらにLEDの耐久性の低下をもたらす。そこでLEDチップを熱伝導性の高いアルミ基盤に直接溶着させ、さらにそのアルミ基盤を水冷するシステムを考案した。

図3に従来の樹脂パッケージ型LEDパネル光源と今回開発した水冷式LEDパネル光源の構造の模式図を示した。水冷式LEDでは、チップの発熱を冷却水路付きのアルミ基盤に直接伝え、従来のパッケージ型LEDに比べて格段に効率よくLEDチップを冷却できる構造をとった。

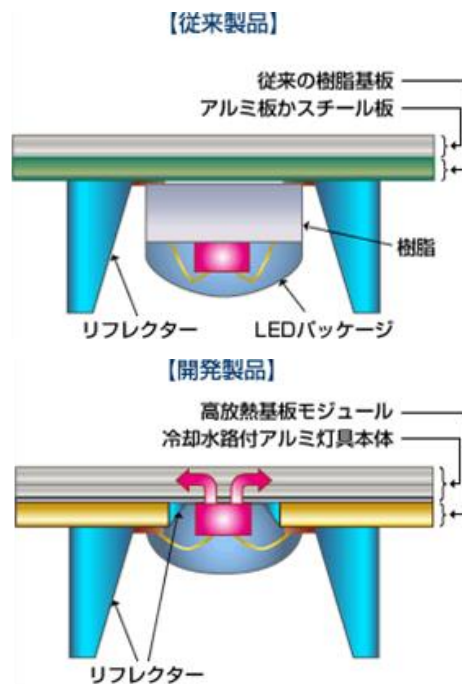


図3 従来型樹脂パッケージ型 LED ランプ (左) と新開発ダイレクト水冷式 LED ランプ (右) の構造

5. 玉川大学の2つの植物工場施設

昭和電工アルミ販売(株)と共同で開発したダイレクト水冷式ハイパワーLEDパネル光源(図4)を多段式NFT水耕システムと組み合わせて野菜の試験栽培装置を構築し(図5)、このLED栽培装置を15台備えた大型の植物工場研究施設(玉川大学 Future Sci Tech Lab)を2010年3月に完成させた(図6)。研究施設は、4つの水耕栽培室と1つの育苗室、作業室、管理室を備えた実験施設であり、天候に左右されず、都心のビルでも地下室でも作物が栽培できる新しい農業技術の開発をめざし、無農薬で安全な作物生産のための栽培システム構築をめざした実証実験を行っている。

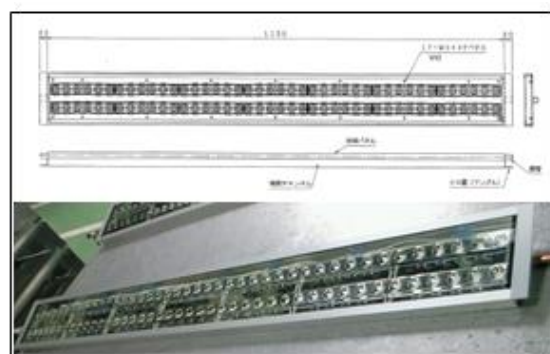


図4 ダイレクト水冷式ハイパワーLEDパネル (昭和電工アルミ販売(株)と共同開発)



図5 玉川大学Future Sci Tech Lab植物工場
研究施設内の多段式LED植物栽培システム



図6 玉川大学 Future Sci Tech Lab 植物工場研究施設
の外観

さらに2012年10月、冒頭に紹介した野菜生産施設（玉川大学 Sci Tech Farm 「LED農園」、図1）を完成させ、4ヶ月間の試験運転ののち、2013年2月よりリーフレタスの営業生産を開始した。多段式栽培装置には、新しく開発したダイレクト冷却式ハイパワーLEDパネルを搭載し、これと多段式自動化水耕栽培装置と組み合わせて実用性の高い野菜生産システムを構築した（図7）。

6. おわりに

LEDのハイパワー化、低コスト化が進む中、LEDを光源とした野菜工場の開発もいくつかの会社で試みられているが、採算性や事業性についての明確な結論までに至

っていない。玉川大学では、Future Sci Tech Lab での研究成果を踏まえ、Sci Tech Farm 「LED農園」を完成させた。冒頭で述べたとおり、野菜の生産、販売事業を西松建設が担当することにより、この野菜生産技術の事業性の検証を行いたいと考えている。LEDを用いることによりビタミンなどの栄養価の高い、高品質な無農薬野菜を効率的に生産する自動栽培システムを実用化し、新しい農業ビジネスの方法として社会に提案したいと考えている。

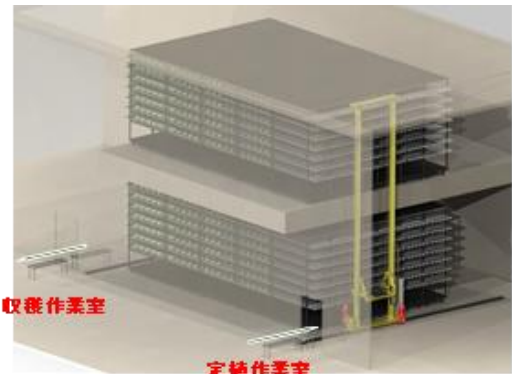


図7 玉川大学 Sci Tech Farm 「LED農園」の
多段式自動化野菜生産システムの模式図

参考文献

- 1) Hiroyuki Watanabe, Light-controlled plant cultivation system in Japan – Development of a vegetable factory using LEDs as a light source for plants. Acta Horticulturae 907, pp.37-44, 2011
- 2) 大野英一, 宇佐見仁英, 大橋敬子, 布施政好, 渡邊博之 植物工場の研究・開発および実証・展示・教育拠点 (4) 玉川大学, 植物環境工学24(3), pp.180-184, 2012
- 3) 渡邊博之, 完全人工光型植物工場の照明技術 第5章 LEDを用いた野菜工場. 「アグリフォトニクスII」(後藤英司 監修, シーエムシー出版), pp.38-46, 2012