

完全人工光型植物工場における省エネ・省資源対策 —玉川サイテックファームの取り組み—

大嶋 泰平* 江崎 陽介**
 Taihei Ohshima Yosuke Esaki
 山口 哲司** 萩谷 宏三***
 Tetsuji Yamaguchi Kozo Hagiya

1. はじめに

完全人工光型植物工場とは、閉鎖空間内で光や温湿度、二酸化炭素濃度などの環境条件を人工的に制御して、季節、場所に関係なく野菜を中心とした作物を安定生産するシステムである。その生産に関わるコストとしては、人件費・電力費・材料費・償却費が挙げられる。一般に電力費は生産コストの25～30%程度を占め、その中の1/3が照明費、2/3が空調費であると言われている¹⁾。

植物工場を普及させていくには、いかに生産物の質を落とさず、コストを削減できるかが課題であり、政府も植物工場における野菜の重量当たり生産コスト3割減を目標に掲げている¹⁾。

本抄録では、電力費・材料費に焦点を当て、玉川学園内に建設した植物工場「サイテックファーム TN Produce」(以下、玉川学園サイテックファーム)および神奈川県相模原市内に建設した低コスト型植物工場「相模原サイテックファーム」において取り組みを進めている省エネ・省資源対策について報告する。

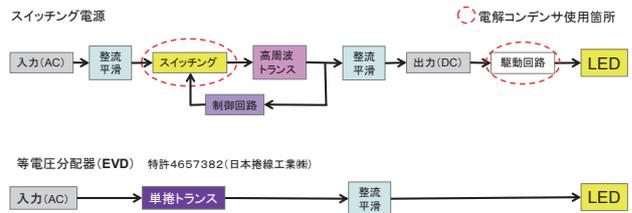
2. 省エネ対策

(1) 電源装置・調光方式の更なる効率化

サイテックファームにおいては、栽培用の照明に省エネ性に優れたLEDを用いている。

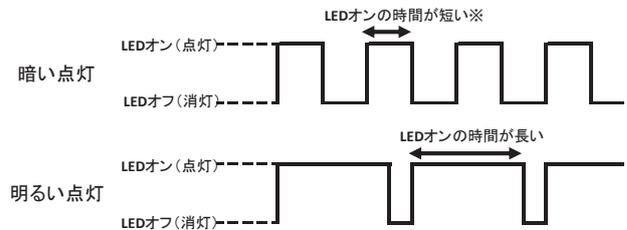
一般にLEDを点灯させるには電圧を調整した直流電流が必要となる。交流から直流への出力の安定性が高いという理由から、多くのLED照明でスイッチング電源と呼ばれる電源装置が使われており、玉川学園サイテックファームでも、この電源装置が用いられている。

しかし、スイッチング電源は、電源装置の回路内に電解コンデンサを使用することで出力の安定性を高めてい



図一 スイッチング電源と EVD の構造の模式図

パルス幅変調調光システムの模式図



※LEDオン・オフはμSec～mSecの間隔で行っている

図二 パルス幅変調調光の模式図

るが、ジュール熱による変換ロスが大きい。また、電解コンデンサの寿命は3～4年と言われており、10年以上あるLEDの寿命よりはるかに短い。こうした問題がない電源装置としては、日本捲線工業(株)が開発した「等電圧分配システム(EVD)」²⁾がある。

スイッチング電源では、主に電圧を降圧する際に変換ロスが生じる。これに対して、EVDは単巻トランスのみの降圧システムであり、ジュール熱の発生がなく、変換ロスが極めて少ない。電解コンデンサも使用されていないため、長寿命である(図一参照)。

また、スイッチング電源の場合には出力の変化で光量を調整しているが、同時に電圧の変換効率も変化してしまい、振れ幅は40%～80%にもなっている。こうした問題を解決する調光方法には、パルス幅変調調光(PWM:Pulse Width Modulation)がある(図一参照)。

パルス幅変調調光は、LEDの点灯のオンオフ時間の比率を変えることによって、全体の光量を調節する方法であり、EVDとの相性も良い。

このEVDとパルス幅変調調光を用いたシステムは相模原サイテックファームで既に採用しており、玉川学園サイテックファームにおいても、今後予定している増設の際に採用する予定である。

(2) 光照射の最適化

植物は、同一品種においても成長段階によって要求する光の量や光のバランス(赤青緑の割合)が異なることが知られており、その時々植物の状態に合わせて光を制御することが望ましい。成長の初期段階では葉面積が小さく葉の組織も未熟であり、強い光に耐えることができないため光要求量は低い。しかし株が大きくなるにつれ葉面積は増大し、葉の組織も成熟し、高光量を受容で

* 技術研究所 地球環境グループ

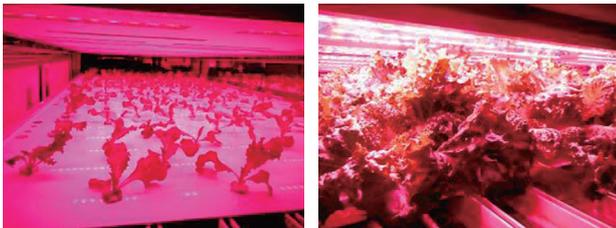
** 新規事業推進部

*** 株式会社サイテックファーム

きるようになるため光要求量は増加する(写真—1 参照)。

玉川学園サイテックファームでは栽培中の野菜のサイズに合わせて光量をコントロールし、省エネ化を図っている。同様の調光方法は、相模原サイテックファームにも採用されている。

また、光を最大限に植物の光合成に活用させることも重要である。そのため、写真—2 に示すように栽培空間の上面(照明の隙間)・側面・底面を反射率の高い素材で隙間なく囲う方法を採用している。



写真—1 リーフレタスの栽培初期(左)、後期(右)の状態



写真—2 反射板による光の活用

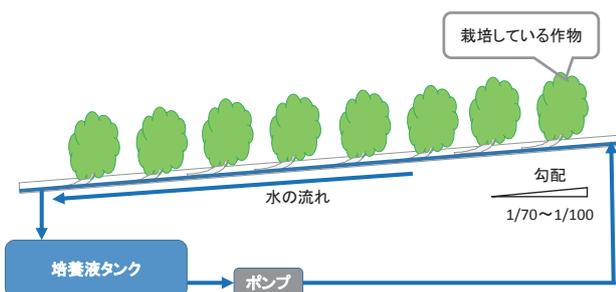
3. 省資源対策

(1) 培養液廃棄量の削減

玉川学園サイテックファームおよび相模原サイテックファームにおいては、緩い傾斜をつけたチャンネルに上方から培養液(液肥)を少量ずつ流下させ、タンクに戻す循環システムを採用している。こうした栽培システムは、NFT (Nutrient Film Technique: 薄膜水耕) と呼ばれる(図—3 参照)。

一般に培養液は、EC(電気伝導度、イオンの総量管理指標)およびpHの値により管理され、濃厚培養液やpH調整剤を投入することで成分を調整して、連続的に使用されている。しかし使用するうちに特定養分の過不足が生じ、養分バランスが崩れる場合があり、こうした際には培養液の交換・廃棄が必要となる。

そこで、培養液の廃棄量をできるだけ削減するために



図—3 NFT 循環システムの模式図

高頻度な管理(分析、肥料成分バランスの評価、特定要素の追加)を行うことにより長期間にわたって培養液の成分を維持し、環境負荷の低減を図っている。

(2) 蒸散水利用

植物は、常に葉の表面から水を水蒸気として発散させ根から養分吸収等を行っている。この現象は、蒸散と呼ばれる。日産600株生産している玉川学園サイテックファームでは、蒸散する水の量が1日あたり数百ℓにも達する。蒸散水は植物の体内を通り、気孔から発散されるものであるため、基本的に清浄な水である。さらにクリーンルームを採用している植物工場の場合、この蒸散水中の細菌数は上水レベルであるため、培養液に戻して再利用することも可能である。現在、玉川学園サイテックファームおよび相模原サイテックファームにおいて蒸散水を利用している。乾燥地域など水が貴重な地域で植物工場を運営する場合、この蒸散水のリサイクルは有効な節水対策となり得る。

(3) CO₂ 施肥量の削減

葉菜類の場合、CO₂ を与えることで生産効率が1.7~2.2倍に高まると言われている³⁾。

玉川学園サイテックファームおよび相模原サイテックファームにおいても、栽培野菜の成長促進のためCO₂の供給を行っているが、植物は光合成時にCO₂を利用するのでCO₂供給は照明点灯時のみとしている。更に苗の栽培をしている育苗室では、室内のCO₂濃度の減衰特性を踏まえて供給時間の短縮を図っている。

経済性を考慮したCO₂施肥方法については、現在もさらに検討・改善を進めているところである。

4. おわりに

以上、述べてきたように玉川学園サイテックファームおよび相模原サイテックファームでは、省エネ・省資源対策を積極的に採用している。

今後も光の照射法や温湿度管理の方法等を改善して電力費を中心とした生産コスト削減を図り、生産性の更なる向上を目指していく。

参考文献

- 1) 農商工連携研究会：植物工場ワーキンググループ報告書，2009
- 2) 新井 浩一，片岡 有他：等電圧分配システムの開発，歯機器誌，vol. 17, No. 1, 2012
- 3) 日本施設園芸協会：施設園芸ハンドブック，pp. 170-181, 2003