

植物工場について課題研究での取り組み

愛知県立春日井工業高等学校

電気科 青木 南

1 はじめに

植物は私たちにとって身近なものです。身近なものである植物を題材にすることで、電力の応用分野を学ぶ際に興味・関心が持ちやすいと考え、今年度から課題研究で植物工場について取り組みました。課題研究を通して、照明設計、電気回路の設計・製作などを学ぶだけでなく、工業以外分野を学ぶことで、これまで知らなかった世界を知るきっかけにもなります。また、植物は考えた結果が成長として表れるので、自分で考えて進めるという課題研究に向いています。

2 植物工場とは

植物工場とは、植物が成長に必要な要素を管理して、植物を栽培する工場です。

人工光源で植物の成長を促し、温度、湿度、植物に与える栄養まで全てをコントロールするということです。このような環境で育てられた植物は屋外で育てられたものとは違い、理想的な環境で育つために成長が早く、密閉された環境で成長させるので農薬を使用する必要がありません。環境さえ整えれば、ビル内や地下での栽培が可能なので、店の中に植物工場があるスーパーなどもあります。計画的に生産出来て、使わなくなった工場などの再利用が出来るため、企業の参入が相次いでいます。

3 課題研究の流れ

課題研究は大きく分けて、以下の3つのことを行いました。

- ・植物工場について理解する。
- ・種の発芽と光環境について理解する。
- ・植物工場を設計・製作する。

次の項目よりそれぞれについて説明をしていきます。

(1) 植物工場について

植物工場は、太陽光利用型と完全人工光型の二種類に分けることが出来ます。

太陽光利用型は温室の延長で植物の栽培において、太陽の光が弱いときや日照時間が少ない際に、人工光で補うというものです。太陽光利用型の植物工場では、コストが少なく済みますが、閉鎖空間ではないので完全制御は出来ず、生産管理を行うことが難しいです。

そのため、最近では栽培環境を完全に制御する完全人工光型の植物工場が増えてきています。図1のように、完全人工光型の植物工場では、閉鎖された空間において、水耕栽培で植物を栽培します。このため、効率的・計画的に栽培する事が出来ます。最近では少ない面積で多くの植物を栽培することが求められ、図1のように多段式の栽培装置が増えていきます。

以上の点より、今後は完全人工光型の植物工場が増えていくと考え、課題研究では多段式の完全人工光型植物工場を製作していくことにしました。



図1 完全人工光型の植物工場

(2) 種の発芽と光環境の関係について

土の代わりにスポンジの上にネギの種を植えて、プラスチックの箱の中に並べました。それを2つに分けて、片側を黒い板で覆いました(図2)。

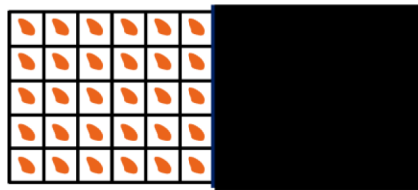


図2 種の発芽実験

まだ、装置が出来ていなかったため、外で育てました。2週間くらい経過すると発芽が進んだので、一度覆いを外しました。覆いを外してみると、覆いがあったほうでは発芽率が良く、2回目に種を植えた際にも同じようになりました。

植物には光が発芽に必要な暗発芽種子と、光が発芽に必要な明発芽種子に分けられます。ネギは光が必要ないので、暗発芽種子ということが実験から裏付けられました。

この研究から、植物は光によって土の中での種の位置を知り、発芽して地上にまで育つ確率を上げているので、種の段階から植物によって光を制御する必要があることが分かりました。

(3) 植物工場の設計・製作について

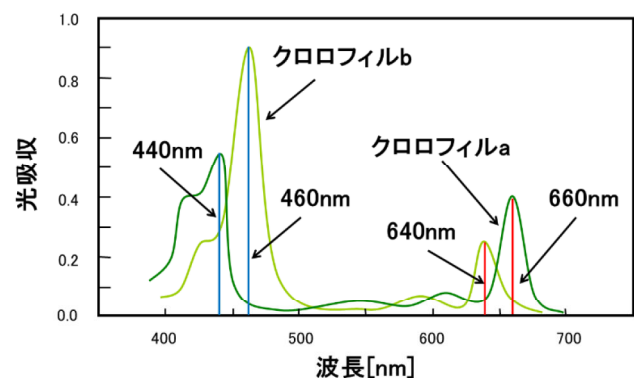
課題研究では、光環境の制御を優先しました。理由は光環境が植物の成長に与える影響は大きく、光の強さ・波長によって、成長スピードだけでなく、葉の大きさ、茎の長さなどが変化します。他には、温度、肥料、二酸化炭素濃度などの要素がありますが制御するのは温度と肥料を考えています。温度はネット通販でも売られている植物栽培用の温度制御装置を、使いやすいように変えて制御して、肥料は手で制御することにしました。光環境に関しては、光源を植物に適したものにして、常に光を当てて栽培を行います。設計をする際に、植物工場・農商工専門委員会の委員長をされている高辻正基さんの本を参考にさせていただいています。

ア 植物工場で使用する光源

光源を選択するにあたって、植物の成長に必要な光について知る必要があったので、光合成と光形態形成反応という2つの光反応について学んでいきました。

(ア)光合成

植物が成長するのに必要な栄養は光合成によって作られます。光合成はクロロフィル(葉緑素)で行われます。一般的な植物にはクロロフィル a とクロロフィル b があります。図3のクロロフィルの吸収スペクトルは、どの波長の光



がクロロフィルで吸収しやすいかを表すグラフです。クロロフィル a は 460[nm](青色)と 660[nm](赤)、クロロフィル b は 460[nm](青色)と 640[nm](赤色)という波長で最も光を吸収します。このことから、特定の波長の光を当てることで、効率よく光合成を行うことができます。

(イ) 光形態形成反応

植物の成長の仕方が光の波長によって変化することを光形態形成反応といいます。具体的にいうと、赤色光と青色光が植物に作用します。これらの光によって、種の発芽、開花、クロロフィルの合成、茎の伸長等を促します。この反応も特定の波長で起こることが分かっています。660[nm](赤色)の波長の光を受けると葉を広げたり、種を発芽させたりすることが分かっています。また、420[nm](青色)の波長の光を受けると、茎を太くしたり、クロロフィルを合成したり、気孔を広げることで光合成の速度を上げたりします。このことから、特定の光を当てることで、植物の成長を変化させることが出来ることが分かります。

人間用の一般的な光源である蛍光灯は赤色の光の成分が少なく、葉が広がらず、大きく育たないことが多いです。また、白熱灯は熱くなり、植物に近づけて当てるが出来ないため、冒頭で紹介したような多段式の植物工場が出来ません。そのため、植物の成長に必要な特定の波長の光を当てることが出来て、熱を発生させない LED が植物工場の光源として有望です。このような理由から課題研究では LED を光源にしました。LED のデータシートを見ると、波長が載っています。赤色 LED は波長 645[nm]や 660[nm]、青色 LED は波長 475[nm]や 460[nm]のものが市販で売られているので、これらを組み合わせて回路を作成していきたいと思います。クロロフィルに有効な光の波長は分かっているのですが、植物の種類で色を混ぜ合わせる割合は異なります。しかし、まだどのような割合が良いか分かっていない植物も多いので、それぞれの植物に合った割合を見つけていきたいと思います。また、光合成を行う際に 200[μs]ごとに光が当たればよいということが分かっているので、周期 400[μs]、パルス幅 200[μs]で光を照射する予定です。

イ 水耕栽培について

完全に環境を管理するために、植物工場では水耕栽培で植物を栽培します。水耕栽培は、土の代わりに無機化学肥料を溶かした水で植物を栽培する方法です。

水耕栽培では植物に合わせてバランスよく成分を配合しなければなりません。もし配合を失敗すると土のように緩衝作用がないため、直ぐに植物の成長に影響を与えてしまいます。

今回の課題研究ではロックウール耕という方法での水耕栽培を行っていくことにしました。図4のようなロックウールと呼ばれるものを土

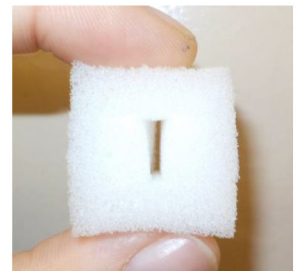


図4 ロックウール

の代わりにします。ロックウールは土に似た特徴を持っているので、水耕栽培の欠点を補うことが出来ます。

以上の点を踏まえて、植物工場の設計を行いました。図5と図6は私が大学の時に製作した装置と模式図です。この装置は温度と被環境の管理が出来て、水菜だと一ヶ月で90株を一度に育てることが出来ました。これと同等の生産能力を持ち、光源を全てLEDにした装置を設計しました。

この装置を参考に作っていったのですが、温度制御装置を取り付ける付けたところまではいけませんでした。図7が今年度の課題研究で出来たものです。

この装置は高さ2[m]、横1[m]、奥行き80[cm]の大きさです。下段にLEDの蛍光灯が付けられています。この下段は光量が多いので、植物を一度に育てるのに適しています。来年からは、この下段で発芽から子葉が出るまで育て、大きさを揃えて、上の段で栽培したいと思っています。

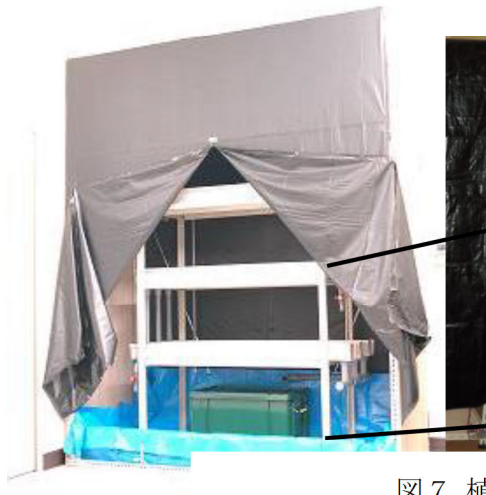


図5 大学での実験装置の外観

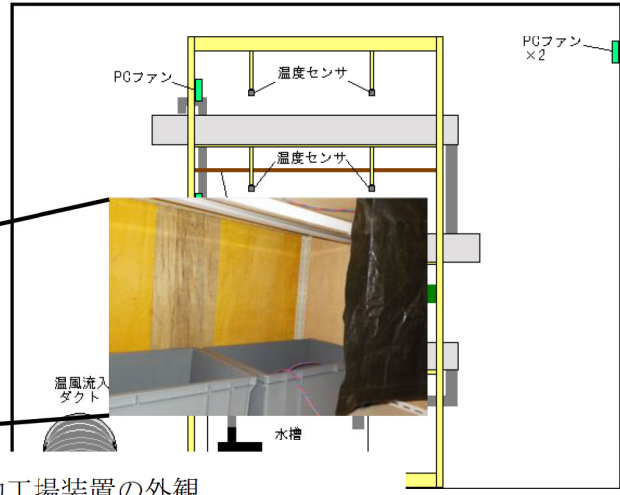
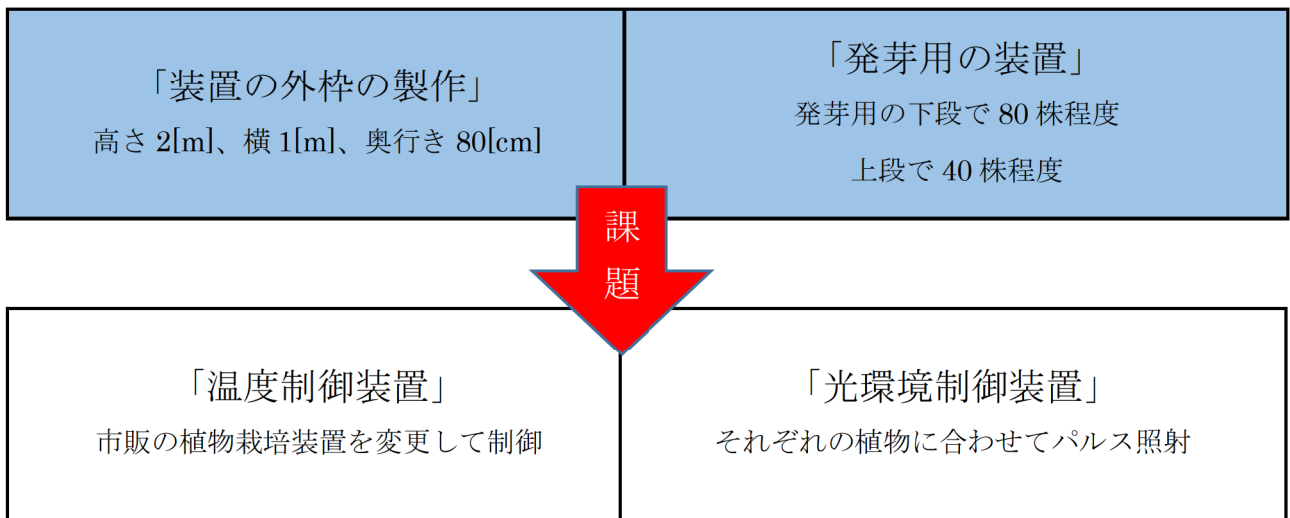


図6 大学での実験装置の模式図

4 今年度の結果

これまでの項目のなかでも述べましたが、温度と肥料、光環境を制御して、一度にレタスが 80 株程度を育てられる装置を作りたいと考えていました。しかし、今年度が課題研究として始めた一年目であったので、思うように進まない場面が多く、植物を栽培するための棚と一度に多くの植物を育てることの出来る LED 蛍光灯の装置が出来ただけでした。肥料については市販の植物栽培用の液体肥料を混ぜ合わせて作成して、植物に与えました。



5 来年度の課題

来年度は二つのことをしたいと思っています。一つ目は「一人一台植物栽培装置」、二つ目は「栽培装置の温度管理」の二つです。

(1) 一人一台植物栽培装置

図8のような装置を一人一台製作させたいと考えています。LED の回路についてはそれぞれ特徴を持たせ、赤色だけや青色だけの回路、赤外光や紫外光などの光を組み合わせた回路など、それぞれに設計をさせます。様々な植物をその装置で育て、それぞれの植物の種類に合った光を見つげたいと思います。

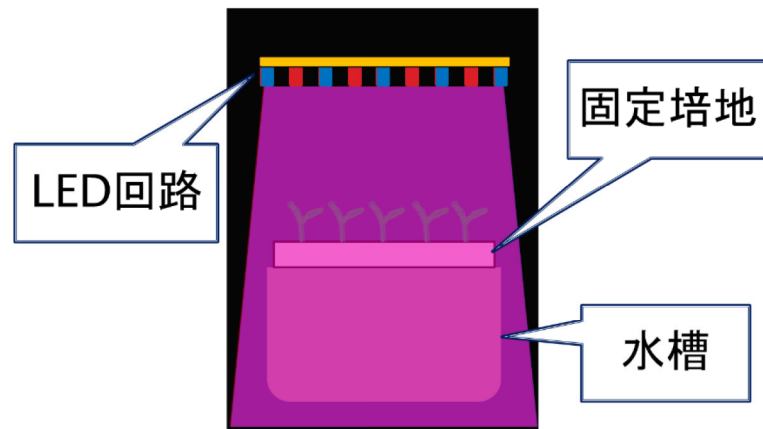


図8 一人一台植物工場装置

(2)栽培装置の温度管理

今年度は温度の管理が出来ないために、発芽や成長の段階で失敗してしまったので、来年度は温度管理が出来るようにすることも課題の一つです。植物工場用の市販の温度制御装置をベースに使い方に合わせて設計を行っていきたいと思います。

6 おわりに

今後、植物工場は多くの企業が参入していくことになるでしょう。植物という身近なテーマを利用することで、回路や空間設計を学ぶことが目的ですが、新しい分野を学ぶことで知識を活用する方法を学ぶということにも繋がります。今後は中学生体験入学などを使って、外部への宣伝も行っていきたいと思います。