

課題情報シート

テーマ名 :	ミニ植物工場の開発				
担当指導員名 :	諏訪原・大島・秋好・岩城	実施年度 :	27年度		
施設名 :	九州職業能力開発大学校				
課程名 :	応用課程	訓練科名 :	生産システム技術系		
課題の区分 :	課題実習	学生数 :	6人	時間 :	48単位 (864h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

人工光を利用した植物工場は、気象の変動を受けることなく病原菌や害虫被害にあうこともなく市場へ安定した供給が出来ることから近年注目を集めています。このような面から学生自身も興味を持って取り組んでもらったと思います。

また、生産電気システム技術科及び生産電子情報システム技術科のこれまでに学んだ技術をシステムの中に展開することで応用力を養う課題としました。

【訓練（指導）のポイント】

最初に考えたシステム構成を基に担当を割り振り、常にメンバ全員で問題点を共有するように心掛けました。

各種育成条件に関する実験を実施し、出来上がったシステムに対し、実験データを基に設定を行うなどフィードバックを常にかけたプロジェクト推進に注力しました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 九州職業能力開発大学校
住所 : 〒802-0985 福岡県北九州市小倉南区志井 1665-1
電話番号 : 093-963-0125 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/fukuoka/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

ミニ植物工場の開発

1. 目的

近年、人工光を利用した植物工場が増えている。植物工場は気象の変動を受けることがなく、病原菌や害虫の被害にあうこともないため安定した供給ができる。また、植物に適した環境で栽培が可能なので短期間で季節に関係なく、出荷可能な状態まで育てられる。加えて、栽培環境を標準化することができ、農業知識が乏しい場合でも植物栽培が可能となる。このように植物工場は多くの利点がある。今回は上記のような利点を得ることができる植物工場の開発を本研究の目標とし、まずはその足掛かりとするため植物工場と同等の機能を持たせた、家庭用のサイズの植物工場の開発を目指す。

生産電気システム技術科は、電気回路設計・製作技術、自動制御技術、筐体加工技術などを学んできた。また、生産電子情報システム技術科は、電子回路設計・製作技術、ネットワーク通信技術、組み込みプログラム技術などを学んできた。この二科の知識を応用し、互いに能力向上に努める。

2. 課題概要

ミニ植物工場として水耕栽培システムを取り入れる。水耕栽培とは土を使用しない栽培方法である。太陽光として LED を使用し、環境に影響されないように室内で栽培できる装置を製作する。室温、水の循環制御、光の制御などを完全自動化にし、植物の成長具合を監視するシステムを構築する。コンセプトとして「誰でも手軽に植物を育成できる装置」を製作する。

3. 装置仕様

3.1 ミニ植物工場

製作した装置の概観を図 1 に示す。アルミフレームを使用し、筐体の加工を最低限に抑え、また、メンテナンス性を考慮した設計になっている。

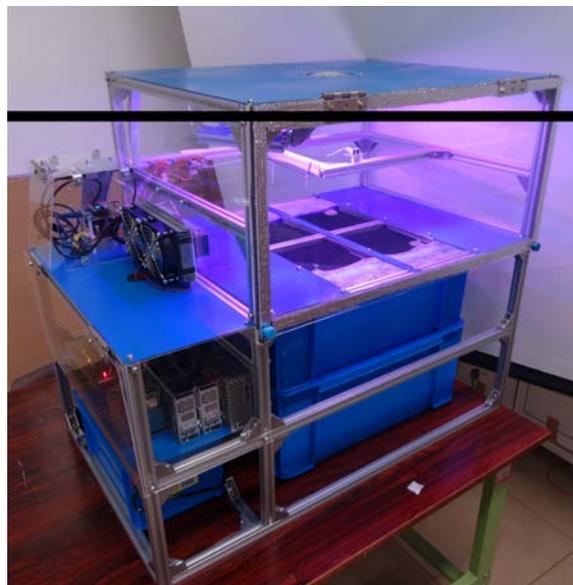


図 1 ミニ植物工場

3.2 仕様

製作した装置の仕様を表 1 に示す。

表 1 ミニ植物工場 仕様

栽培スペース	500×500×300[mm]	
電源	AC100V (消費電力: 415W)	
栽培数	4 か所	
通信方法	無線通信 (インフラストラクチャ)	
機能	溶液循環	植物の根に空気と栄養 (市販溶液) を供給する。
	調光	LED ライトの調光
	温度管理・調整	ペルチェ素子による温度調整 (23℃～27℃)
	湿度管理・調整	相対湿度 (50%～70%)
	監視	離れた場所から植物の育成状態を監視する。
	異常検出	装置内の異常を知らせる。
	害虫対策	装置内に害虫を入れない、発生させない。
環境設定	「水菜」「小松菜」「手動設定」と選ぶだけで育成環境を整える。	

3.3 システム構成

製作した装置全体のシステム構成を図 2 に示す。

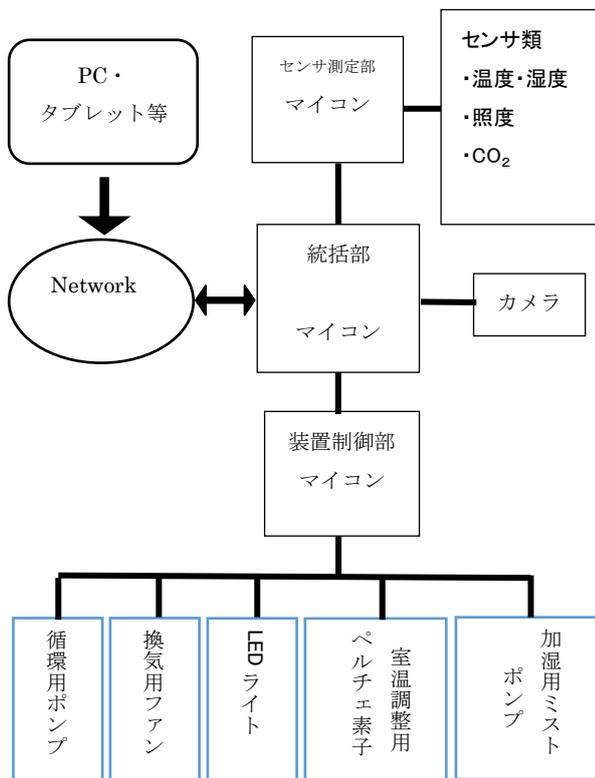


図 2 システム構成図

3.3.1 PC・タブレット

ユーザインタフェースとしてネットワーク接続が可能な PC またはタブレットを用い、Web ブラウザ上でミニ植物工場内の環境値や過去のデータなどを閲覧できる。また、装置内の環境値を任意で設定可能である。今回設定できる環境値は、温度・湿度・照度になる。

3.3.2 Network

統括マイコンは、USB モジュール型の無線 LAN を利用し、ネット接続を行う。ユーザは PC などの機器を利用し、統括部マイコン上に制作した Web ページを閲覧できる。

3.3.3 センサ測定部マイコン

各種センサを使用し、一定時間ごとに環境値を測定する。取得した環境値を統括マイコンに送信する。今回は mbed マイコンを使用する。

3.3.4 センサ類

温度・湿度測定用に BME280、照度測定用に S9705、CO2 濃度測定用に CDM4161A を利用しセンサ値を取得する。これらはセンサ測定部マイコンによって制御される。

3.3.5 統括部マイコン

センサ測定部マイコンから送られたセンサ値を取得する。送られてきたセンサ値とユーザが設定した環境値を比較し、それに応じた制御信号を装置制御部マイコンに送信する。今回は Raspberry Pi™ を使用する。

3.3.6 装置制御部マイコン

統括部マイコンから各装置の動作指令が送信され、その指令により装置の制御を行っている。今回は RX62N™ を使用する。

3.3.7 カメラ

一定時間ごとに画像データを取得し、統括部マイコンに保存する。

4. 検証実験

検証実験は、「波長の違いによる成長検証実験」「育成温度検証実験」「育成湿度検証実験」を行った。

4.1 波長の違いによる成長検証実験

筐体に取り付けるための LED を選定するために波長の違いによる成長検証実験を行った。

同一電力時、赤・青 LED（比率）と白色 LED の照射による植物の成長速度を比較する。水菜（3 種）、小松菜（3 種）を栽培し、温度・湿度に関しては、栽培場所を同じにすることで同一条件化した。

白色 LED 素子の消費電力 2.7[W] を基準とし、赤色、青色テープ LED の比率を表 2 に示す。

表 2 赤：青比率表

赤：青	電力 $P_{LR}[W] : P_{LB}[W]$
5：5	1.35：1.35
7：3	1.89：0.81
3：7	0.81：1.89

P_{LR} ：赤色 LED 素子消費電力

P_{LB} ：青色 LED 素子消費電力

波長の違いによる成長検証実験の結果は図 3 と表 3 に示す。

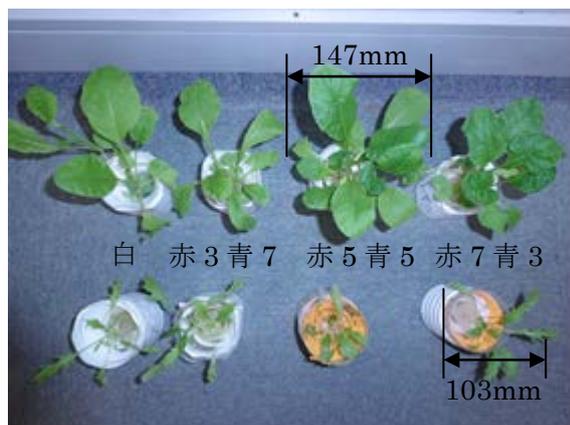


図 3. 波長の違いによる成長検証実験

表 3 成長評価 1

		成長評価 ^{*1} (優, 良, 可, 不可)
赤・青色 LED	赤 5 : 青 5	優
	赤 3 : 青 7	不可
	赤 7 : 青 3	良
白色 LED	白 1	可

^{*1}成長評価は「葉の大きさ」、「葉の色の濃さ」、「茎の長さ」を元に評価を行った。

実験の結果から、本製品は、「赤 5 : 青 5」を採用した。しかし、本製品の大きさでは、光量が不足していることと緑色の波長が葉の裏側の光合成を行うために必要であることが実験後にわかった。その欠点を補うため、本製品は白色 LED を取り付けすることで補った。

4.2 育成温度検証実験

本年度は、小松菜、水菜の最適な温度を検証するために参考文献⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾から表 4 を用いて実験を行った。

表 4 温度環境設定

小 松 菜	発芽適温 : 20~25 度
	育成適温 : 10~25 度
水 菜	発芽適温 : 15~25 度
	育成適温 : 15~30 度

育成温度検証実験の結果は表 5 に示す。

表 5 成長結果 2

	20℃	25℃	30℃
小 松 菜	可	良	不可
水 菜	可	良	不可

湿度 60%一定としてときの結果を「良」「可」「不可」で判断した。成長評価は、波長実験同様に評価を行った。育成温度実験をもとに「水菜」「小松菜」の温度を 25℃とした。

4.3 育成湿度検証実験

本年度は、小松菜、水菜の最適な湿度を検証するために参考文献⁽⁴⁾から表 6 を用いて実験を行った。

表 6 湿度環境設定

小松菜	適正湿度 : 50~75%
水菜	適正湿度 : 50~75%

育成湿度検証実験の結果は、表 7 に示す。

表 7 成長結果 3

	50%	60%	70%
小 松 菜	良	可	—
水 菜	不可	良	—

温度を 25℃一定として、湿度を 50%、60%、70%としたときの成長評価である。湿度 70%は、現在、育成中である。現段階では、小松菜は 50%、水菜は 60%としている。

5. 製作費用内訳

本課題での製作費用内訳を表 8 に示す。但し、電子部品の流用や、試作・実験用の予備部品の発注などがあり、実際の製作費用は表 8 から前後する。

表 8 製作費用内訳

学 科	項 目	費 用
電 気	実 験	¥20,929
	装 置	¥69,002
	筐 体	¥59,092
電子情報	装 置	¥47,366
	合 計	¥196,389

6. 製作品の評価

6.1 溶液循環機能

長時間の連続運転にも耐え、溶液循環も問題なく行えている。

6.2 調光

0~3000lx を調整できるようにしているが、今回の装置は最高照度が 800lx であるため、実際は 0~800lx の調整となる。

6.3 温度調整

現在行っている動作実験では、設定温度を 23~27℃にして動作を行っている。その時の測定温度は 15~25℃という結果になり、外気の温度に性能が追いついていないことがわかっている。

原因は、外気の空気を換気のために取り入れているため、温度調整が困難になっている。対策と

して、温度調整の能力がさらに高い装置を検討する必要がある。

6.4 湿度調整

現在行っている動作実験では、設定湿度を、50～70%にして動作を行っている。その時の測定湿度は設定範囲を維持できている。

6.5 PC・タブレット

環境値として温度・湿度・照度を任意に手動設定することが確認できた。今回は水菜と小松菜に関しての最適環境を自動で設定する機能も設けた。そして、育成中の植物の監視画像と測定値(温度・湿度・照度・CO2 濃度)のログを残し、植物の成長過程を観察でき、測定値はグラフ表示を行うことが可能である。また、測定値が育成に悪影響を及ぼす値となった時、ブラウザ上に警告表示することを確認した。

今回の Web ブラウザ作成には、HTML5™と CSS3™を用いているが、Webブラウザの中で IE のバージョンが 8 以下のものは非対応の状況にある。対策として、IE®バージョン 8 以下が標準装備された古いパソコンは Chrome や FIREFOX の最新バージョンをインストールすることを推奨する。タブレットにおける動作については現在検証中である。

6.6 センサ測定部・センサ類

温度・湿度に関しては、既存の計測器と比較してほぼ同等の数値(誤差±2%)を得たことを確認できた。照度と CO2 濃度に関しては既存の計測器による正確な測定できておらず正確な誤差がどの程度あるのかまだ分かっていない。

問題点として、機器内で植物を育成するために湿気や水滴がセンサに影響をもたらすことが挙げられる。対策として、クリアレジンと呼ばれる透明なポリエステル樹脂とパーメリック(硬化剤)を混ぜてセンサモジュールの剥き出しの導体部分に塗布することで防水加工の代替を行っている。

6.7 統括部マイコン

統括部マイコンはセンサ測定部マイコンから一定時間毎にセンサ値を受け取る。受けとったセンサ値はデータベースで管理する。データベースを確認し、センサ値が保存されていることを確認した。

制御信号の送信において、いくつかの設定パターンを試し、正しい制御信号が送られていることを確認した。

6.8 Network

ノート PC、タブレット端末からワイヤレスで Web ページの閲覧、統括部マイコンへの接続を行うことができた。現在はローカルネットワークのみでの接続しか対応できていないため、新たな無線 LAN を導入しグローバルネットワークでの接続に対応する必要がある。

6.9 カメラ

Web ページ上で最新画像、過去画像の閲覧を行うことが出来た。

7. 作業工程表

工程表を表 9 に示す。現在は製品の動作実験を行っている。

表 9 工程表

担当	作業工程表		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
全体	植物工場の分析・考案	予定											
		実績											
	電気・電子組み合わせ	予定											
		実績											
電気	基板設計	予定											
		実績											
	基板実装・検証	予定											
		実績											
電子	筐体加工	予定											
		実績											
	育成環境実験	予定											
		実績											
電子	基板設計	予定											
		実績											
	基板実装・検証	予定											
		実績											
電子	センサ類検証	予定											
		実績											
	webページ作成	予定											
		実績											

8. まとめ

本開発を通して農学知識の不足が大きな問題点であった。特にその問題が浮き彫りになったのは植物育成環境に必要な測定項目である。今回、測定値として温度・湿度・照度・CO2 濃度の 4 つに絞って行ってきたが、他にも光量子束密度・SPAD 値・溶存酸素量・導電率・PH 値が必要だと感じた。植物を育てる装置としては完成したが、一つの植物に対して最適な環境を調査するために、数多の時間が必要不可欠であると実感した。

【参考文献】

- 1) <http://www.nichinou.co.jp/contents/mamechisiki01/no15>.
- 2) http://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=910
- 3) http://www.toyotomi.jp/hp/wp-content/uploads/2013/01/yasai_katarogu21.pdf
- 4) <http://www.nichinou.co.jp/contents/mamechisiki01/no15>

【担当教官】秋好政徳、岩城健、諏訪原秀樹、大島賢一

課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 3月19日

科名：生産システム技術系

教科の科目		実習テーマ名	
工場自動化システム設計製作課題実習（生産電気システム技術科） 組込みシステム応用課題実習（生産電子情報システム技術科）		ミニ植物工場の開発	
担当教員		担当学生	
生産電気システム技術科	秋好 政徳	生産電気3名	担当となる学生の氏名を記載
生産電気システム技術科	岩城 健	生産電子情報3名	担当となる学生の氏名を記載
生産電子情報システム技術科	諏訪原 秀樹		〃
生産電子情報システム技術科	大島 賢一		
課題実習の技能・技術習得目標			
<p>ミニ植物工場の開発を通して、「ものづくり」全工程を行うことで、複合した技能・技術及びその活用能力（応用力、創造的能力、問題解決能力、管理的的能力等）を習得することを目的としています。具体的には、プロセス制御系の設計・製作、センサー回路設計・製作、無線ネットワーク、アプリケーション開発を活用した監視や制御を複合的に活用した製品製造技術、製品設計製造情報のドキュメント作成及び管理技術などの習得を目標にします。</p>			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
<p>近年、植物工場にて人工光を利用した植物栽培が増えてきている。しかし導入コストやランニングコストの問題があり、導入に対する敷居が高いのが現状である。本テーマでは低コスト化、小型化に努め、手軽に始められるミニ植物工場を開発する。</p>			
実習テーマの特徴・概要			
<p>本開発課題は、一年目の開発になります。機能としては栽培に係る一連の作業を自動化し、育成状態の監視を行う。具体的には水の循環制御、光の制御、水温、室温の制御ならびにネットワークを介した遠隔監視を行う。今回のテーマで目標にしている習得内容は、応用課程新科である生産電気と生産電子情報のシラバスに合っているので、2科の特徴を活かしたテーマとして取り組みます。</p>			
No	取組目標		
①	水の循環制御・光の制御・水温室温の制御・遠隔監視機能それぞれの小テーマを完成させます。		
②	課題装置を設計する際に品質、コスト及び納期をバランス良く調和させます。		
③	設計する際、先行知見を十分理解して創意工夫をします。		
④	装置を設計製作する際、理論と現場の技能・技術を複合して取り組みます。		
⑤	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。		
⑥	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整します。		
⑦	グループメンバーの意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識持ちます。		
⑧	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。		
⑨	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。		
⑩	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		