

I 目的

- (1) 再生可能エネルギーの活用の実践
- (2) 防災 BOX の開発

II 取組

(1) 未来の農業設備を想定した植物工場の取組

1) はじめに

再生可能エネルギーを活用した植物工場の運用を始めたきっかけは、平成25年度のSPP(サイエンスパートナーシッププログラム)で、千葉大学の丸尾達教授の講演の中で、「未来の農業」を聞くことが出来たことにある。

近い将来、農業施設は資材・設備・機械の発達などで、大きく様変わりしていくことを想定してみると、未来の農業の入り口が植物工場と考えることが出来る。

しかし、植物工場の管理は、従来の農業の生育環境と大きく異なり、勘や従来の経験では対応できず、限られた農業環境の空間にあるシステムやデータ分析など、従来の農業とは別な技術を理解しないと対応できない。

この取組を通じ生徒は、再生可能エネルギーを活用した植物工場の運用と基本的な環境制御を理解したうえで、植物の生産を可能にすることが出来るようになると思われる。

現在、本校で使用している「みらい畑(小規模のプレハブ)」は宮城県名取市にある植松入生(うえまついりゅう)の仮設住宅で使用されていたものである(写真1・2)。植松入生では特定の住人が管理をしていた。植物の栽培は、はじめは順調であったが、虫や藻の発生や結露によるカビの発生、雨漏り、温度、湿度、二酸化炭素濃度の管理など様々な問題が発生するようになり途中で栽培が中断していた。これらの課題を解決して、安定的に植物を栽培することを目的として基礎的なデータ収集に力を注いだ。



写真1 名取市植松入生仮設住宅の植物工場



写真2 仮設住宅から撤去



写真3 本校へ設置

2) 植物工場の施設概要・栽培概要

① プレハブ構造

仕様	
外形寸法	W2950*D1990*H2420
内寸法	W2770*D1810*H2100
構造	軽量型鋼、鉄板曲げ加工構造
重量	600Kg
耐荷重	250Kg/㎡
屋根	カラー鋼板 t=0.8、天井・・・合板t=5.5 内・・・発泡スチレンt=50+カラー鋼板t=0.3
壁	外・・・カラー鋼板t=0.5 +合板t=6 内・・・発泡スチレンt=50+カラー鋼板t=0.3
床	合板 t15+t25スチレンフォーム+合板t12 長尺塩ビシート貼り t2.0
建具	断熱ドア W860×H1800 FIX窓付き W400×H400 アクリル透明 t=5
塗装	内壁 天井ベニヤ ウレタン塗装仕上げ
	土台・・・どぶ付けメッキ
	その他フレーム・・・粉体塗装
電気	分電盤 ポンプ 照明コントロールボックス コンセント 空調機 2.2kw

平面図

施設の図面

② エアコンの仕様

機種：FUJITSU nocria ASZ25D セット（白）
 年間消費電力 695KW
 冷房 460W（105～ 890W）
 暖房 510W（105～1500W）

除湿モードは、外気温が約 20℃以上の時は、冷房と除湿を切り替えて運転する。外気温が 20℃未満の時は、暖房と除湿を切り替えて運転する。部屋の湿度が80%以下のときに運転する。



③ 設置したセンサー類

イージーセンス 温度センサー（気温用）
 測定範囲：-30℃～110℃
 精度：±0.3℃（0℃～70℃の範囲）
 ：±0.6℃（0℃～70℃の範囲以外）
 分解能：0.1℃
 センサー：露出サーミスタ



イージーセンス 湿度センサー

測定範囲：0～100RH

精 度：10～95%RH (±5%)

分 解 能：0.1%RH

動作温度：-30～60℃

保管温度：-30～70℃

温度係数：0.1% /℃ (10～50℃)



光量子束密度計

測定範囲：0～2999 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$

電 源：CR2320 3V

使用環境：温度 0～50℃



④栽培ユニット（みらい畑内）

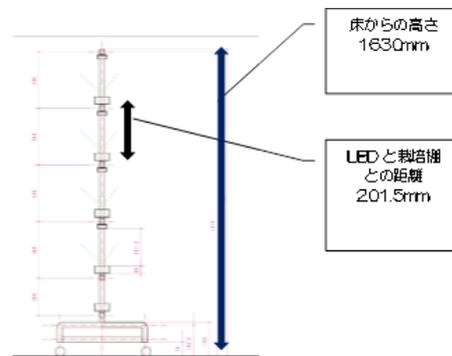
一つのユニットに棚が4段あり、4ユニットあり16棚で植物の栽培が可能。

照明

一つの棚にある白色LEDの個数 16個

1ユニット（16個）×4段 64個

ユニット	棚の平均光量子束密度 [$\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$]	消費電力 [W]
棚A	186.8	105
棚B	118.0	48
棚C	127.3	48
棚D	134.3	48



ECメータ

型番：ALTEC-P20

測定範囲：0~9999 $\mu\text{S}/\text{cm}$

測定温度：0~80℃

分解能：1 $\mu\text{S}/\text{cm}$

測定誤差：±2%

温度補正：自動温度補正機能 0~80℃



二酸化炭素測定器

表示：4桁LCDディスプレイ ppm表示

測定方式：NDIR（赤外線吸収法）

動作温度範囲：0~50℃

保存温度：-40~70℃



培養液

6Lの水にハイポニカA, Bそれぞれキャップ 3 杯 (18cc)を入れてECが $1.6 \times 10^3 \mu\text{S}/\text{cm}$ の培養液を作成。

成分

ハイポニカA

窒素 10% リン酸 8% 加里 27% 苦土 4%
マンガン 0.1% ほう素 0.1%

ハイポニカB

窒素 11%



写真4 栽培ユニット



写真5 栽培棚



写真6 光源 (白色LED)

⑤電源



写真7 プレハブ横に太陽光発電用パネルを設置し電源を確保した (120W×6枚)



写真8 太陽光発電用バッテリーへ蓄電

3) 栽培条件 (栽培環境)

温度は 23°C 設定とし、湿度は 60%~80%を保つようにした。植物体の支持体にはロックウール培地を使用し、培養液はハイポニカA (40ml/6L) とハイポニカB (40ml/6L) を用いた。このときのEC (電気伝導度) は $1.6 \times 10^3 \mu\text{S}/\text{m}$ であり、これはアクエリアスと同じくらいになる。(写真4・5)

光源として白色LEDを使用し、その光量子密度は $125 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ となり、日陰くらいの光量子密度になる。光量子密度は晴れの日で $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ くらいあるので、太陽光の

10分の1以下で栽培していることになる。(写真6・7・8)

4) 播種方法

種をロックウール培地に埋めこんで(写真9)水で湿らせ、ラップをかけて室内においておくと3日ほどで発芽する。発芽後、ロックウールの下から根が出るまではロックウールの上から培養液をかけて、下から根が出て来たら循環装置をつかい栽培を始める。

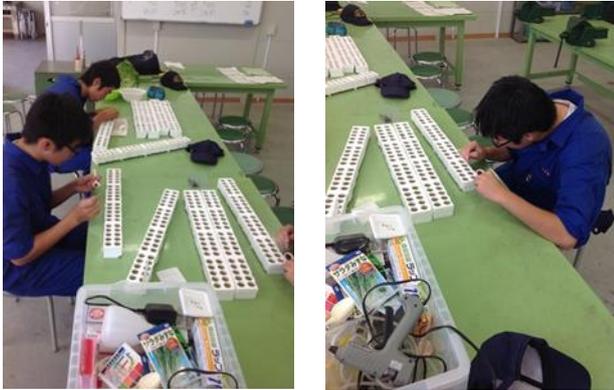


写真9 ロックウール培地に播種している様子

5) 工夫した点

①数の変化

昨年までは、発砲スチロールを10ホールごと(写真10)に切っていたが、今年は4倍の長さの40ホール(写真11)にして足場が安定するように工夫をした。その結果、写真12のように植物の根が伸び、大きく育つようになった。



写真10 ホールの発砲スチロール



写真11 40ホールに改善



写真12 改善後の植物生育状況

②循環装置を作成

さらに、今年度は循環装置を作成し、培養液にエアを入れた。図1が循環装置の全体図である。ポンプは水槽用のポンプを使い1m程度まで水をくみ上げている。(写真13・14)エアを入れることで根が培養液中から酸素を取り込みやすくなり、根腐れを防ぐことができる。循環装置は、培養液タンクからポンプを使用して上段の棚まで培養液を上げ、そこからホースの高さを超えた培養液が下の棚に落ちる仕組みである。これによって、培養液の高さを一定に保つことができる。

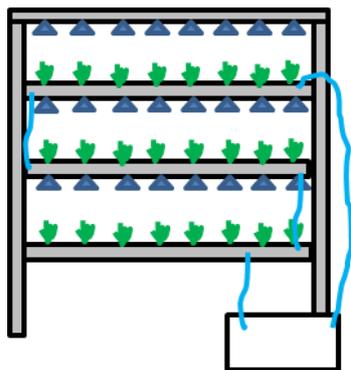


図 1 装置取付け後の概略図



写真 13 実際の装置の様子



写真 14 循環装置の内部

③藻の発生を抑える

今年は、藻の発生を抑えるためにアルミホイルを使用して遮光（写真 15）した。培養液がホースから点滴程度で注がれる。アルミの容器にはホースがさしてあり、このホースの高さを変えることで容器内の液面の高さを自由に調節（写真 16）することができる。ホースの高さを超えた培養液は下へと排水されるように工夫してある。



写真 15 アルミホイルで遮光している様子



写真 16 培養液面の高さ調整

④培養液プールを作成

植物棚は生育できる植物の数が限られているので、木を組んで培養液プール（写真 17・18）を作成した。さらに、太陽光発電で使用する鉛バッテリーを外に設置（写真 19）することで室内を広く使えるようにした。



写真 17 作成した培養液プール1



写真 18 作成した培養液プール2



写真 19 バッテリーの外付

⑤問題点とその改善策

表1 植物工場の問題点と改善策

問題点	改善策
虫の発生	→ こまめに虫を殺す。土足禁止。下足箱を作成。
藻の発生	→ 未解決（循環装置に光を当てない工夫が必要）
結露	→ エアコンを新しくして湿度管理ができるエアコンに変えることで解決。四方にあった窓の3方向をアルミのマットで塞ぎ断熱性を向上させた。
雨漏り	→ シリコンを隙間に流し込み修復
温度、湿度の管理	→ パソコンでログを取り時間変化を記録。 新型エアコンの導入で解決。
二酸化炭素濃度	→ CO ₂ センサーを取り付け, 中に入るたびに 2,000ppm 以上にする ことで, 自然状態よりも高い濃度を実現。
EC の管理	→ EC 計を 3 つ購入で解決。
光合成有効光子束密度 PPF D の測定	→ センサーを購入で解決。
担当者の負担	→ 高校の実習の一環として管理することで解決。
仮設住民との交流	→ 月1回の植物工場新聞の配布や試食会を開き生徒と仮設住民との交流を維持。
管理や研究費用	→ 中谷財団に研究費の助成を行い解決。

6) 栽培実験

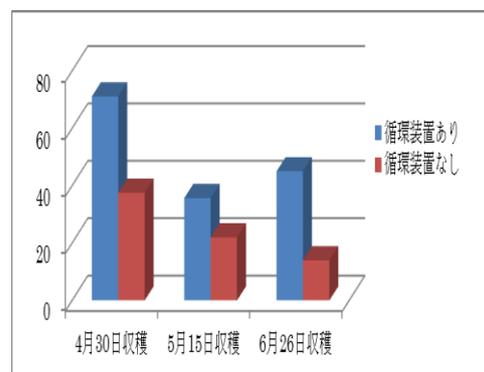
①実験結果1（水菜の栽培） 培養液中の「エアあり」と「エアなし」の比較

「エアあり」と「エアなし」では1ホールあたりの水菜の重さが約1.4倍となった。

	可食部重量 (g)	ホール数 (個)	1ホール当たりの重量 (g)
エアあり	412	180	23
エアなし	380	120	32

②実験結果2 循環装置の有無による収量

比較循環装置の有無による収量について、培養液つけ置きよりも循環装置を付けた方が収量増（グラフ1）になった。



グラフ1 循環装置の有無による収量の差

③実験結果3 システムで栽培できる野菜

2年間で育てられた野菜の種類は11種類。葉菜類であれば栽培可能であることがわかった。

水菜, バジル, イタリアンパセリ, ルッコラ, サニーレタス, シュンギク, 九条ネギ, チコリ, リーフレタスグリーン, サンチュ, クレソン

④実験結果4 最大収量と栽培サイクルの検討

みらい畑は一つの棚が4段あり、それが4つあるので最大で16列栽培できる。一列に最大60ホールほど栽培(写真20・21)できるので、1ホールあたり3.2gの水菜が採れるとすると、 $60 \times 16 = 960$ ホールつまり最大で3,072gの水菜が採れる計算になる。3週間くらいで20cmの水菜が収穫可能となる。つまり、年間、10回の収穫が可能であり、年間約10kgとなる。

可食部の収量(水菜の根を除く部分) 単位:g

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
水菜	385	1411	1940		810	590		2250	1750	1300	



写真20 生育過程の様子1



写真21 生育過程の様子2

⑤実験結果5 生育障害の発生とその原因

培養液プールでの栽培ではチップバーン(写真22・23)とよばれる生育障害が多く見られ、枯れたものが多かった。原因は、ECが低下した培養液にEC1600 μ S/cmの培養液をつぎ足ししていたため、プールのECが1,600 μ S/cmを下回っていたためである。もっと濃い培養液を加え、プール内のECが1,600 μ S/cmになるように調節すべきだった。また、水耕栽培に適したpHは5.5~7.0であるが、培養液のpHが8.2になっていた。培養液がアルカリ性になるとFeの吸収が阻害されるため、生理障害が起きたと考えられる。



写真 22 確認されたチップバーン



写真 23 確認されたチップバーンの拡大

7) 課題

- ①更なる安定栽培の工夫を行う。
- ②プールでも栽培できるようにチップバーンへの対策を行う。
- ③培養液のpHが上昇する原因を突き止める。
- ④循環装置，自動灌水装置，二酸化炭素供給システムを整備して植物工場としての性能をアップさせる。

8) まとめ

仮設住宅に設置されていた時は、虫や藻の発生や結露によるカビの発生、雨漏り、温度、湿度、二酸化炭素濃度の管理など様々な問題が発生していた。千葉大学との連携を通し、再生可能エネルギーシステム構築のためのノウハウを学ぶことで、安定した野菜の栽培に繋がった。また、課題を改善しながら植物工場を連続して稼働させたことで、再生可能エネルギーの運用についての知識技術が向上した。

また、仮設住宅住民へ植物工場で栽培した野菜の提供を行い、住民からも喜ばれ復興の一助になった。コミュニケーション能力が向上したと感じる生徒が増加した。

(2) 防災ボックスの確立

震災の経験を踏まえ非常時に役立つ防災 BOX の作成に取り組んだ。この防災 BOX を仮設住宅住民へ提供を可能にするため、コンテストに応募し外部からの評価を受け改善に努めた。

1) 方法

①アンケートの実施

東日本大震災を機に、いつ・どこで何が起きてもおかしくない意識に日本中が変化してきた。震災の風化防止と震災から学んだことを次世代につないでいかなければいけない使命感から、生徒たちは「何か出来ないか」と考え農業機械科の生徒を対象に校内で震災時の様子についてアンケートを実施し震災時の問題点を抽出した。

5や6のアンケート結果から、暗い空間で一晩明かしたことが懐中電灯をトップにしたと考えられる。併せて、震災後に準備した物で、震災前と比べ、水と食料が急激に増加したことがわかった。

アンケート結果全体の中で「温かい物が食べたかった」「暖をとりたいかった」という意見に着目し、食の大切さを学ぶ農業高校生として農業機械科で学んだ専門の技術を活かせるものは何かと考え、非常時に役立つと思われるものを詰め込んだ防災BOXを製作することにした。

3) 作成した防災BOX

①特徴

- ア 毎年、学校の文化祭において農業機械科で販売する「一斗缶スモークボックス」「バーベキューコンロ」を参考に製作。
- イ 廃材になる一斗缶を利用しているため、低コストで作成。
- ウ 炭を入れての調理や暖を取ることが可能。
- エ ご飯を炊くことや、お湯を沸かすことなどが可能。
- カ 防災BOXの外観は出来るだけ目立つ赤色とした。(写真24)
- キ 防災BOXの内部には②を収納した。(写真25)
- ク 移動もらくに出来るように取手をつけた。(写真26)



写真24 防災BOXの外観



写真25 防災BOXの内部



写真26 取手の取り付け

②防災BOXに収納しているもの

特徴	備蓄や調理, 暖をとることが可能		
収納 物品	着火ライター	固形燃料×6	ライト
	飲料水 2L×1	紙皿×5	軍手×1
	割り箸×6	ウェットティッシュ×1	スプーン×3
	飯盒×1	炭×1	レトルト食品×6
	米6合		

③防災BOXの使用例(1合分のご飯を炊く場合は以下の手順)

- ア 飯ごうを準備し、米と同量の水を入れる。

- イ 防災BOXの底の部分に固形燃料を入れ、火をつける。
- ウ 網をセットし、飯盒を置く。
- エ ふたを閉め、火が消えるまで待つ。
- オ 火が消えたら軍手を着用し、飯盒を逆さにして網の上に置いて約10分蒸す。
- 熱さに十分注意して、飯盒を取り出す。

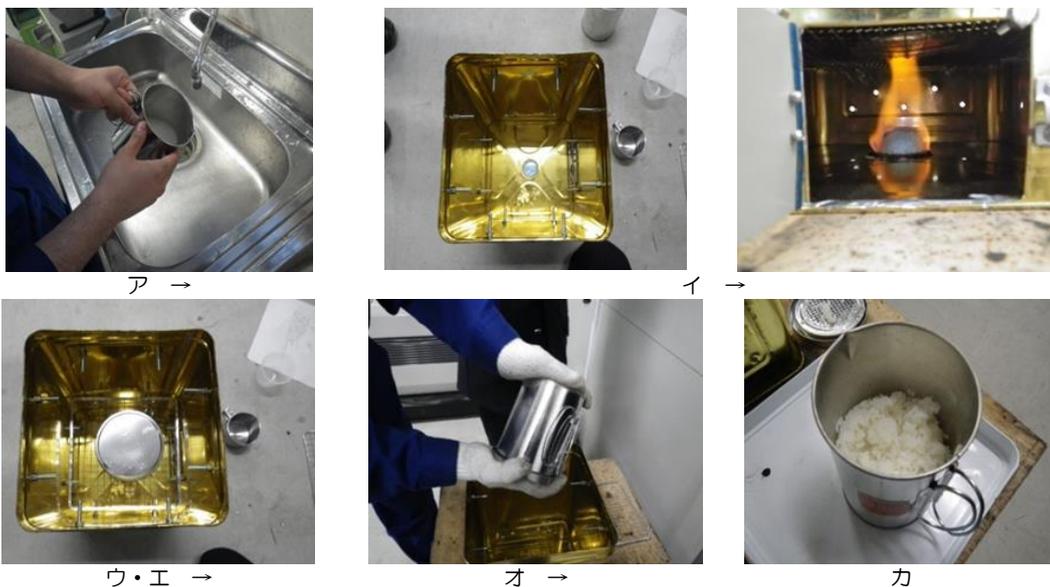


写真27 1合分のご飯を炊く場合の手順はア→カ

4) 高校生くらしのアイデアコンテストに応募

考案した防災BOXの評価や生徒の活動を広く知ってもらうため、東北工業大学が主催する「高校生くらしのアイデアコンテスト」(図2)に応募した。生徒たちが考えたアイデアを1枚の用紙にまとめ1次審査は通過することができた。2次審査(図3)では実際に作成した内容を1枚の用紙にまとめ提出し、佳作を受賞した。

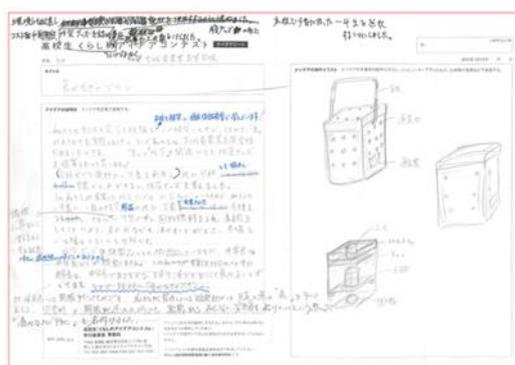


図2 1次審査のアイデアシート



図3 2次審査のアイデアシート

5) 宮城県産業教育フェアに参加

震災復興ブースに防災BOXを展示し、来場者へアンケートを実施した。より多くの情報が得られ、改善する点や新たなアイデアにつながると考え実施した。



写真 28 展示とアンケートへの記入の様子

① 見学者へのアンケート

【アンケート No.2】

私たち農業機械科2年生は、非常時に役立つ防災ボックスを製作しています。この活動を進めるにあたり、皆さんの経験や意見を参考にしたいため、アンケートにご協力お願いします。

1. 現在、非常時用の保存食をどのくらい備蓄していますか。(1人分に換算してお答えください)

全く用意していない 3食分以内 5食分以内 7食分以内 10食分以内 10食分以上 ()

2. 上記1について、それはどのような物ですか。

3. 現在、自宅にある食材で何食分の食事が可能ですか。

() 食分

4. 震災当時、食料が調達出来るまでどのくらい期間がかりましたか。

3日以内 5日以内 1週間以内 その他 ()

5. 現在、食料を非常時に確保するとしたら何食分お考えですか。(1人分で考えてください)

3食以内 5食以内 7食以内 10食以内 10食以上

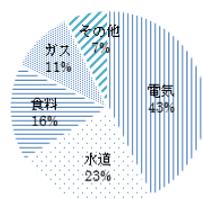
6. 非常用ボックスを見て、食べ物に関する物で他に必要なものがあればお聞かせください。

ご協力ありがとうございました。

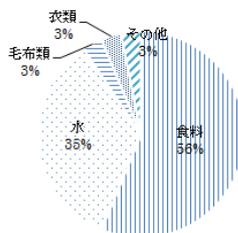
図 4 産業教育フェアで使用したアンケート調査用紙

②アンケート結果

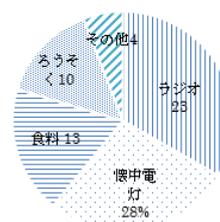
震災のとき1番苦労したことは？



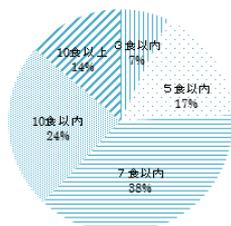
支援された物資で1番助かったものは？



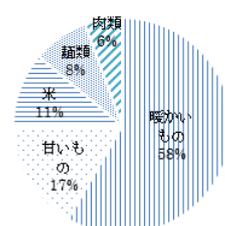
この時必要になった防災グッズは？



現在、非常時に食料を確保するなら？



震災の時1番食べたかったものは？



食料調達までに要した期間は？

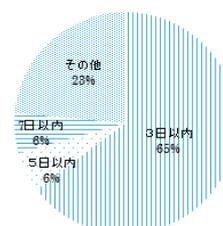


図5 産業教育フェアでのアンケート調査結果

③考察と対応

アンケートを実施(写真28・図4)したところ、震災時苦労したことの上位は「電気」「水」「食料」。支援物資で一番助かったものの半数以上の回答が「食料」だった。また、「暖かいもの」が食べたかったという意見がとても多く、防災BOXに「食料」＝「温かい物」というキーワードは、校内でのアンケートと同じ結果だった。また、災害時に食料調達までに要した期間を見ると、3日間という回答が圧倒的に多く、最低3日間分の防災食が必要になることが確認でき、「3日間」を意識したグッズ内容の改善につなげた。(図5)

6) 課題

- ①長期保存が可能なフリーズドライ加工した食料を中に入れ「食の充実」を図る。
- ②利用時に火災(2次災害)にならない安全配慮を図る。
- ③賞味期限や電池などの交換時期を忘れないようにするための工夫を行う。
- ④ハザードマップや緊急避難先などの避難マニュアルを同封する。

7) まとめ

生徒は、この防災BOXの製作にあたり改めて「防災」と「食」について考えることができた。課題研究や放課後など時間の有効活用にも結びつけることができ、高校生くらしのアイデアコンテストでは佳作に入選することができた。また、緊急時に何が必要になるのかなど、防災に関する知識も身に付けることができた。

(2) 外部講師活用

(株)クボタの高度熟練技能者を招き、トラクター製造で必要となる手仕上げやエンジンの分解組立の技術を学び、高度な知識技術を持つ専門的職業人を育成する取組をした。

1) 対象

農業機械科 2 年生

2) 内容

手仕上げとエンジン分解組立に関して技術指導を受けた。



写真 29 分解後の様子



写真 30 組立手順の説明



写真 31 組立する上でのポイント説明を受けている様子

分解し組立が行いやすいように部品をトレイに入れ整理整頓している。(写真 29)

テキストを使い技能者の方より組立のポイント説明を受けている。(写真 30)

難しい作業や効率の良い作業方法を援助して頂きながら作業を行った。(写真 31)

3) 課題

①高度熟練技能者を招いての技術指導を継続実施

②実習や授業にどのように反映させるか

4) まとめ

①生徒の進路意識が高まった。

②農業機械関連の企業のみならず農業関連企業への就農者増加に繋がっていると感じる。

(3) 施設見学の実施

再生可能エネルギーシステム運用のため工場見学を実施し、最先端技術を駆使した水耕栽培により野菜を栽培し、時代を担うグローバルな視点を持った就農者を育成する。

1) 工場見学

(株) ベジ・ドリーム栗原第3農場	宮城県で新たな農商工連携プロジェクトを発足し、自動車工場が関わる高効率で環境負荷の少ないパプリカ農場（写真32）を新設している。 新エネルギー以外の技術も学び学習活動に活かせる内容を学習させる。
積水ハウス（株）	家屋の鉄骨部材や外壁の製造・組立までを行っている。鉄骨部材や外壁の製造工程、パネルの組立工程を見学し、植物工場における栽培・収穫・販売までの工程をライン化する場合に必要な知識技術を習得させる。



写真32 パプリカ農場の外観とハウス内の様子

2) 課題

毎年、工場見学を継続的に実施することで、再生可能エネルギーシステムを利用した次世代型の植物工場の確立に繋がると考える。そのため、見学をするだけではなく、ノウハウを学び学習活動に発展させていくという意味でも、何を学ばせるのかを明確にし、工場を見学する場所の選定も課題になると感じている。

3) まとめ

- ①生徒の進路に対する意識が高まり、日本の技術力の高さを知った。
- ②環境問題にも関心を示す生徒が増え、学習活動における関心意欲の向上に繋がった。
- ③自動化が進んでいるが人間の技術力の向上が必要不可欠だと感じる生徒がほとんどであった。

Ⅲ 成果

(1) 植物工場（最先端技術を駆使した水耕栽培による野菜の栽培）

太陽光発電のみで運用出来る植物工場を目指し、千葉大学の方々にも協力を頂き着実に進歩させることができた。収量の安定化も図られるようになり、仮設住宅住民へ栽培した野菜を様々な形で提供し、地域に貢献する活動も並行して行うことができ、生徒のコミュニケーション能力の向上にも繋がった。

(2) 防災ボックスの確立

仮設住宅住民への提供には至らなかったが、防災BOXの確立に向けてアイデアが着実にまとまりつつある。また、生徒の思考力や学習活動で培った知識技術が様々な部分で活かすことができたと感じている。

高校生くらしのアイデアコンテストにも応募し、佳作を受賞することができ生徒の自信にも繋がった。

(3) 外部講師活用

就農者を増加させるという目的を達成させるためには、生徒が普段学習している内容が実際の企業でどのように活かされるのかという現実を知ることが一番だと考えた。

そこで、(株)クボタの高度熟練技能者を招き、トラクター製造で必要となる手仕上げやエンジンの分解組立の技術を学び、高度な知識技術を持つ専門的職業人を育成することを念頭に置き実施した結果、学習活動に取り組む姿勢や進路選択においても変化が見られた。

(4) 工場見学

積水ハウス(株)と(株)ベジ・ドリーム栗原第3農場の2社のみのお見学となったが、生徒の進路に対する意識が高まり環境問題にも関心を示す生徒が増え、学習活動における関心意欲の向上に繋がったと同時に日本の技術力の高さを知ることができとても貴重な体験となった。

IV 考察

(1) 植物工場（最先端技術を駆使した水耕栽培による野菜の栽培）

システム構築や運営のためのノウハウ以外にも、経費や設置場所の面も問題として考えられるため、課題を解決しながらの引き続きの研究が必要である。

(2) 防災BOXの確立

運営指導委員会の際に、使用目的の面で指摘を頂いた。

今後は、災害時のみの使用目的ではなく、日常生活においても置き場所に困らず、広く活用して貰えるような商品として確立していく必要があると考えている。

(3) 外部講師活用

整備技術を主体に学習している農業機械科としては、農業機械関連にも視野を広げる必要があると考える。そのため、生徒の学習内容が農業を支える役目を担っていることを「肌で感じる」ことが大事になる。そのため継続して技術指導を行っていきたい。

(4) 工場見学

見学だけで終わらせずに、学習活動に活かす。

生徒の進路に対する意識変化や再生可能エネルギーに関する意欲関心を向上させるためにも、継続して施設見学を行っていきたい。

V まとめ

評価基準に照らし合わせた評価に繋がるよう、現状の活動を維持しつつ新しい事に挑戦しながらも、これまでの研究内容の質を上げ更なる知識や技術の向上に繋げていきたい。