

特色ある学校

SDGs 実践 IoT でマンゴー栽培「山工元気プロジェクト」 —工業全学科と地域で取り組む—

山形県立山形工業高等学校 土木・化学科 科長 櫻井 晋弥

1. はじめに

本校は、「歴史と文化が薫り、ものづくりを誇る科学技術系工業高校」を目指し、経験や勘を磨き習得する技能に加えて最新の科学に裏付けされた技術を身に付け、ものづくりの実践に重きを置いた工業教育を行っている。令和4年度入学生から機械技術科、電気電子科、情報技術科、建築科、土木・化学科の5学科5クラスが、現2年、3年生は機械系2学科（機械科、電子機械科）、電気情報系2学科（電気電子科、情報技術科）、建設環境系2学科（建築科、土木・化学科）の計6学科、計670名の生徒が「日本一の芋煮会」で知られる馬見ヶ崎川河川敷近くの山形市緑町で勉学に励んでいる。

2. 山工元気プロジェクト

令和2年に創立100周年を迎えた本校の記念事業の一つとして、これまで交流を深めてきた台湾の新竹高級工業職業学校と姉妹校締結が行われた。この節目の年に、生徒会が、次の100年を見据えて、一つの目標に向かって新たなものづくりにチャレンジしたいと考えた。そこで、全学科が横断的に協力し、台湾を代表する果物である「マンゴー」を雪国山形で栽培することが提案された。「山工元気プロジェクト」と題したこの活動は、SDGs達成へ向け、技術的に困難な課題を解決することで、包摂的で持続可能な地域構築の一助となることを目指したのである。資金調達をはじめ、技術指導や資



写真1 雪国山形でのマンゴー栽培ハウス

材・物資の提供などのご支援をいただきながら、地域の方々との協働の活動である。

3. 資金準備

これまでに、資金準備とコロナ禍による暖房燃料の原料であるアルコール高騰のため、2度に渡ってクラウドファンディングを活用し、資金調達を行った。校地内に植物工場として、平面積 $6\text{m} \times 4\text{m} = 24\text{m}^2$ 程度のビニルハウスを建て、暖房設備やドライミスト装置の設置。さらに、「見える化システム」として、朝夕の1日2回の静止画に加え、1分毎の気温、湿度、照度をスマートフォンで確認できるように計画した。この計画で必要となる資金150万円をクラウドファンディングで募ることにした。クラウドファンディングは、地域創生を目的に運営している地元団体の山形サポートの協力を得て実施。山形サポートより、地域の方々に活動内容を知っていただくには、新聞やテレビでの周知が効果的とのアドバイスをいただき、生徒会

が報道機関に掛け合った。その結果、山形新聞、NHK 山形放送局、FM 山形で取り上げていただいた。その他、コロナ禍のため最寄り駅でのチラシ配布は断念したが、銀行窓口でチラシを置いていただいたり、商工会議所やロータリークラブへ赴いたり、生徒とともに考えたことを行動に移した。熱意が伝わり、最終日の8月31日を待たずに、目標金額を大きく上回る約250万円を獲得することができた。

2回目は、令和3年(2021年)9月9日から開始した。当初、この計画はなかったが、木質ペレットや灯油、バイオディーゼル燃料精製の薬品など、冬季間の暖房燃料代がコロナ禍の影響で高騰したことと、その後の安定価格が見込めなかったため、実施することとなった。前回同様に取り組み、目標金額を大きく上回る76万円ほどの資金調達に成功した。

2回とも返礼品は、収穫した完熟マンゴーの他、生徒が作成したスマホスタンドとキーホルダー、このために作ったマンゴーソング「山工マンゴー」のCDなどとした。そして、感謝状の贈呈と施設見学を兼ね、支援者の皆様を招き活動報告会を行った。

4. スマート植物工場の建設

植物工場となる温室をビニルハウスで製作した。製作にあたり、厳寒な福島県葛尾村の温室を参考にした。この温室は東北大学大学院農学研究科の加藤准教授の研究室で管理している。ここではマンゴー栽培の他にバナナやコーヒー



写真2 校地内に温室を製作する生徒

が栽培されている。加藤准教授からは、遮光・保温シートの配置、地盤面下の断熱層や効果的な灌水ポンプ、ドライミストの設置についてご教授いただいた。

植物工場は校地内に設置するものとし、設置場所と規模、基礎の有無、使用する建設材料の検討は建築科の教員が行い、市役所への確認を行った。その後、測量や基盤面の整地、断熱材、防水シートの敷設は土木・化学科の生徒が行った。作業前の安全指導や重機での作業や足場を組んだ高所作業は、卒業生の有資格者が支援。世代を超えた連携となった。

また、工場内「見える化システム」も、情報技術科の生徒が地元企業と連携し開発した。企業からサーバーを借りて、そのサーバーにWi-Fiを利用してデータを送信している。システムの中核はRaspberryPiであり、温度、湿度センサ値をArduinoで読み込み(収集)、RaspberryPiに転送、GoogleDriveを利用してデータの蓄積、分析を行っている。8時と16時のハウス内の画像撮影はWebカメラで行い、Wi-Fi容量の関係で静止画としている。

この蓄積、加工したデータはQRコードでGoogleDriveにより見ることができる。スマートフォンを利用することにより、どこにいても常時ハウス内の状況が把握できるようになった。なお、ハウスに付随する電気工事、電気配線は電気電子科の生徒が行った。

さらに、機械系学科の生徒が中心となり、ドライミスト装置を設置し制御を行った。ミストの気化熱を利用して気温を下げる効果を得てい



環境データ



モニタリング画面

図1 見える化システム QR コード

る。しかし、高湿度下において、マンゴーの病害虫発生の可能性が高まるため、ミストは工場内の室温40℃以上かつ湿度50%以下の状況で噴出するよう制御している。

5. バイオマスエネルギーの活用

東北の地で、温暖な気候で生育するマンゴー栽培に挑戦することの最大の課題は、冬期間の暖房となる。環境問題も考慮し、熱源には可能な限りバイオマスエネルギーを取り入れた。暖房設備は、農業用の灯油暖房機とペレットストーブである。

(1) ひまわり油

バイオマス燃料の一部として、ひまわりの種を搾って得られる油を使用することにした。ひまわりは学校近くの市民農園と鉢植え栽培した。種類は、種の収穫量と二酸化炭素の吸収量を期待して、特に大きくなるタイタンとモンゴリアンジャイアントを選んだ。このプロジェクトではカーボンニュートラルの構想も含まれるため、葉面積が大きい品種が二酸化炭素の吸収量が多くなると考えた。

市民農園では、20m程の畝を6本作り、約90本のひまわりを育てた。担当の生徒は、草取りや水やりの管理の際に、畑作業をしている地域の方々と交流を重ねた。慣れない手つきの生徒をご指導いただいたり、鍬や草刈鎌を貸していただいたり、収穫したトマトやキュウリまでいただいたりした。それが楽しく、生徒は毎日のように畑に通った。ここでの収穫量は乾燥した種が8kg程度であった。この種を搾りろ過することで、ひまわり油約1Lが得られた。

また、鉢植えのひまわりは、近隣の幼稚園に置かせてもらい、水やり等の管理は生徒が行った。ひまわりの傍には、マンゴーを栽培していることと、ひまわりの種から油を搾り暖房の燃料にすることを記載したポスターを掲示した。このことで幼児や保護者への環境問題の啓発活動となった。

(2) BDF（バイオディーゼル燃料）

使用済の天ぷら油（廃食油）からバイオディーゼル燃料（BDF）を精製し、冬季間の暖房の燃料やディーゼル発電機の燃料とすることを考えた。廃食油は地域の施設や飲食店、町内会より回収することとした。放課後の時間に廃食油を回収したり、学校近くの神社を会場に毎月第2土曜日の9時に廃食油を持ち寄ってもらったりすることで、生徒と地域の関係を持たせ、廃食油を回収した。



写真3 BDFを精製する生徒

これまでおよそ2年間で集めた廃食油は約1000Lとなった。本校の土木・化学科のプラント実習室で廃食油からBDFを精製している。反応釜の容量から、1回の製造に使用できる廃食油は90Lである。廃食油にメタノールとアルカリ触媒の水酸化カリウムを加えエステル化させるものである。廃食油からエステル化するまでに要する時間は5時間ほどであるが、生徒は興味を持って主体的に取り組んでいる。

また、BDFの製造の過程で副産物としてグリセリンが生じる。グリセリンは、一般的に廃棄物として処理されるが、試験的にひまわりの肥料として使用している。これまでの栽培結果からは、市販の肥料と差異が見られないため、現在栽培しているひまわりには、与えるグリセリンの量を増やして様子を見ている。

6. 国立新竹高級工業職業学校との姉妹校締結

平成30年度に国立新竹高級工業職業学校（台湾）の生徒が修学旅行で来校し、実習の見学や文化交流を行ったことをきっかけとして、オンラインミーティング（Skypeやzoomを使用）で交流を深めてきた。そして、令和2年度に本校と姉妹校の締結を行った。締結調印式には、来賓に国連世界観光機関駐日事務所代表 本保芳明氏を迎え、互いの全校生徒が参加したオンラインミーティングで行われた。本来は、本校の2学年が修学旅行で新竹高級工業職業学校を訪問し、締結式をする予定であったが、コロナ禍の影響で取り止めた。

その後も、本校の全校課題研究発表会で、新竹より「染染上升—咖啡巧克綠勝過多多綠」と題した研究報告や、本校で設定した台湾 day のオンライン交流が続いている。新竹の高校生の流暢な英語と質問の質の高さに驚かされている。

7. 製品開発

アフターコロナの修学旅行では、収穫したマンゴーを姉妹校の新竹高級工業職業学校へのお土産として手渡しする計画がある。そのためには常温保存が可能で持ち運びしやすい加工品とする必要がある。そこで、山形県の食品加工支援ラボや山形県立山辺高校食物科と協働し製品開発を試みている。山辺高校では、マンゴーとしては商品価値の小さい摘果した未熟マンゴーを使用したケーキをつくりスイーツ甲子園に出場し、東日本予選大会を勝ち抜いた。また、同様の未熟マンゴーを使用したビール（発泡酒）を地元の醸造家の協力で商品化し、学校近隣の酒屋にて販売している。さらに今年度は、本校が日本政策金融公庫主催の「高校生ビジネスプラン・グランプリ」に挑戦しており、工業の視点から新しい価値を生み出す商品開発にチャレンジしている。今後も、教育連携をしている大学や地元企業とともに、製品の加工に必要な機器や装置の開発・製作、製品を梱包する箱や包装のデザインについても検討する。



写真4 商品となったマンゴービール
3月1日発売（山形新聞より）

8. SDGs 事業認定

学校内で、各専門学科の領域を超え、生産活動における環境負荷の低減と労働人口の減少問題に対するスマート植物工場の実現という目標に向かって行った活動は、地域の方々や地元企業、教育連携先の上級学校の他、卒業生や台湾の高校生との協働事業となった。これらのことはSDGsの17の目標の中の7, 9, 11, 12, 13, 16, 17に相当するとして、令和2年7月22日に一般社団法人日本SDGs協会より国内の学校では初となる事業認定を受けた。その後の文化祭では、各クラスがSDGsを題材にしたショートムービーを制作し、全校生が視聴するコンテストが行われた。このような取組から、この事業認定はSDGsに対する生徒全体の意識レベルを高めたと考えられる。

9. おわりに

これまでの活動ができた背景には、取り組んだ生徒の力はもちろん、企画委員として共に活動にあたった教員の情熱によるところが大きい。また、資金提供の支援者や地域の期待に応えようとする気概の強さと工業高校生として問題点や改善点を見出す観察力を養うことができたと考えている。熱意を持って生徒、地域とともにある「歴史と文化が薫り、ものづくりを誇る科学技術系工業高校」を目指していきたい。