

# 工業高校における Society5.0 に向けた ESD 活動 ～SDGs の実現と STEM 教育の活用～

中部大学第一高等学校  
創造工学科 田川 敏成

## 1 はじめに

我が国や世界を取り巻く環境は大きく変化している。人々の生活は豊かになりつつあるが、それと同時に解決しなければいけない社会的な問題も多く存在する。この問題を解決し、新たな社会で活躍する若者を育成することが急務であると考えます。

本校が位置する愛知県日進市は、名古屋市と豊田市の中間にあり、居住と雇用には抜群の立地である。我が国が人口減少期を迎えた現在、人口が増加し、都市化が進んでいるものの、里山が多く存在する。国連が 2015 年 9 月に「SDGs（持続可能な開発目標）」を採択し、2030 年を達成期限とする 17 の目標を定めたことを受け、日進市も SDGs の目標達成に貢献するため、ESD を広義で捉え、市を挙げて ESD の考え方を取り入れた人づくりを行い、持続可能な社会の実現を目指すための基本的な方針を 2018 年 3 月に策定した。（日進市 ESD 推進基本方針）



図 1 QR コード

<https://www.city.nisshin.lg.jp/department/seikatu/kankyuu/6/2/2/nisshinesd/5123.html>

愛知県は、2019 年 7 月、内閣府から「SDGs 未来都市」に選定された。愛知県は国土のほぼ中間に位置し、三大都市圏の一角を示しながら、豊かな自然環境を有している。また、我が国の人口が減少傾向にある中、増加が続いている。全国に比べると若い人口構成であるが、今後、高齢人口が増加する見込みである。これからは、本県の最大の強みである「産業力」を生かしながら、環境・超高齢化社会への対応に向けた、人間中心の新たな価値を創造することが必要である。



図 2 SDGs 17 の目標(アイコン)



図 3 日進市 ESD 推進基本方針

本校は、2008 年にユネスコスクールに加盟し、ユネスコ憲章に示された理念を実現するべく、国際理解や人権、環境問題などのテーマにおいて質の高い教育を実践してきた。また、ユネスコスクールは、ESD（持続可能な開発のための教育）の推進拠点に位置づけられ、本校においては、特に国際理解と環境の観点を重視し、活動してきた。



図 4 ユネスコスクール看板



(a) アロマ環境ワークショップ

(b) 本校 ESD 活動 HP (QRコード)

図 5 本校の ESD 活動

本校は、現在、生徒数が 1200 名を超え、学校活動で発生する廃棄物も膨大なものとなるため、生徒への環境教育と周辺の環境問題を考えると、資源循環型社会の一翼を担う研究活動が必要である。

本研究は、地元日進市にある唯一の工業科を有する高等学校として、SDGs の目標の達成を目指すとともに、地域が抱えている課題を地域貢献活動により解決するため、生徒に解決すべき課題を与えた。この課題解決の手法として、STEM 的アプローチを用い、能動的な学修を展開することにより、その成果を検証することにした。

## 2 放置竹林対策としての竹粉の活用と資源の循環

竹は古（いにしえ）の時代より我々の暮らしに役立てられてきた。食卓に春の訪れを感じさせてくれる「たけのこ」、軽くてしなやかな竹製品など、竹は日本人にとって身近な資源の一つである。カゴやザルなどの日用品のほか、和の文化である茶道の用具にも竹製品が利用されてきた。このように、日本人は竹という素材を用い、「サステナブル」な暮らしを維持することができていたと考えられる。

しかしながら、竹製品がプラスチック製品などに取って替わるようになるとともに、竹材や竹製品だけでなく、「たけのこ」までが輸入されるようになった。更に竹の伐採や竹製品を生産する人材の高齢化などもあり、衰退していった。このため、伐採されなくなった竹が成長し、放置竹林増加へとつながった。竹林の放置は、もともとある自然の破壊につながっているため、竹を伐採し、積極的に利用することが放置竹林問題による環境破壊を解決する一手法であると考えられる。ところが、竹林の伐採と活用にはコストがかかるため、竹の需要開拓や高付加価値化、伐竹から製品製造までの費用を削減することが課題となる。



図 6 タケノコ



図 7 いろいろな竹細工



図 8 放置された竹林（本校周辺）

## (1) 竹粉粉碎機の試作

放置竹林対策として、伐採した竹を処理する方法として粉碎処理して竹粉を作ることとした。しかし、粉碎機は非常に高価（新品で数百万円）であり、導入するには自治体の補助なども考える必要がある。放置竹林対策を始め、いきなりコストの面で課題に直面してしまった。何か方法がないか調査した結果、粉碎機を自作した農家があることが分かり、その仕組みを研究した。基本構造は、刈払機の刃(チップソー)を十数枚重ね、モータで回転させるというとてもシンプルなものであった。製作に必要な材料は、学校にあるなど、我々が容易に調達できるものであるため、竹粉碎機を自作した。本体フレームは、廃棄予定のボール盤の基台をガス溶断で適当なサイズに切断し、移動ができるようにキャスターを取り付けた。モータやプーリーなどは、学校にある物を利用した。刈払機の刃は、様々な種類があるが、竹を加工するため、竹専用の刃（歯数 60 枚）を準備し、18 枚重ねることとした。モータやプーリーを固定するフレームは、組立棚用の金属製チャンネルを利用した。工業科の高校生が持っている「ものづくり力」で竹粉粉碎機は完成した。



図 9 廃材を利用したフレーム



(a) 回転刃



(b) 粉碎機の外観

図 10 完成した竹粉粉碎機

完成した粉碎機を運用し、竹粉の製作を行ってみた。短時間にたくさんの竹粉を製造することが出来た。出来上がった竹粉の粉末が均質であることを示すため、粉碎機が完成するまでの間、手作業で竹粉を製作した。図は、作成した竹粉の比較である。

手作業で作成した竹粉は、竹をのこぎりで切断した後、のこやすりで削った。のこやすりは、刃がのこぎり状になっている木工用のやすりで、竹細工にも用いられている。手作業であるため、竹粉を作る際には、個人差が生じ、粒度は一定でない。また、竹は繊維質が多いため、長い繊維が多く残ってしまった。しかし、それを生かした製品を作ればよいという結論に至り、粉碎機で加工した竹粉を更に粉碎することを検討した。



図 11 手作業による竹粉製造



図 12 のこやすり



左：粉碎機 右：手作業

図 13 作成した竹粉

竹粉を更に粉末にするため、業務用ミルミキサーに注目した。毎分1万回転で高速に回転するチタン製の刃で木の実や香辛料の原料を粉砕することができる。粉砕機で粉砕した竹粉との比較をするため、手作業で作った竹粉をミルミキサーにかけてみた。繊維質が刃に絡まり、たびたび非常停止した。これは、ミルミキサーの故障の原因となるため、取り除く必要がある。開発した粉砕機であれば、竹を粉砕する際、長い繊維の発生がほとんどなく、短時間で良質の竹粉を作成することに成功した。



図 14 ミルミキサーとその内部

## (2) 竹粉と生ごみからつくる良質な肥料の作成

校内では、生徒数が多いため、ごみの発生量も多い。ごみの増加は、焼却施設の寿命を短くするだけでなく、カーボンニュートラルの観点からも、ごみの減量対策が必要である。

近年、各自治体は、生ごみの減量に注目し、生ごみ処理器（コンポスト）を各家庭に導入して頂くよう、補助金を出している。最近では、様々なタイプが販売されており、台所に設置して電動で攪拌するタイプ、庭に設置するタイプのほか、安価なポリバケツのタイプなどもある。コンポストで作成した肥料を用いて野菜などを作ることもできるため、食糧問題の観点からも SDGs の実現が期待できる。



図 15 自治体による補助制度とコンポスト

生ごみ処理は簡単に始められるものの、導入が進まない大きな課題として、コバエをはじめとする虫の発生や悪臭対策である。この問題を解決するため、竹が持つ様々な成分に注目した。伐採した直後の竹は、強い香りがある。また、乳酸菌が含まれているだけでなく、殺菌作用があることも報告されているため、放置竹林対策として伐採した竹から竹粉を作成し、生ごみに混入させ、肥料をつくることにした。竹粉の効果を比較するため、竹粉を混入したものと混入しない生ごみコンポストを準備し、肥料ができる様子を観察した。



(a) 竹粉あり



(b) 竹粉なし

図 16 竹粉の有無による効果の検証



図 17 コンポストの製作風景

いずれのコンポストも悪臭は発生していなかったが、竹粉を混入した方は漬物のような香りがした。これは、野菜くずなどの生ごみがうまく分解されると、竹粉に含まれる乳酸菌の成分の効果もあり、良い香りがするようである。虫の発生においても、竹粉を混入しなかった方が、わずかにコバエが発生していたところからも、竹粉を混入する効果について明らかにすることができたと思われる。

(3) 竹粉を用いた「バイオトイレ」

東日本大震災の後、災害時のトイレ問題を解決するため、滋賀県のFRP製ポートを製造するメーカーが生ごみコンポストを活用したバイオトイレを作成した記事を見る機会があった。

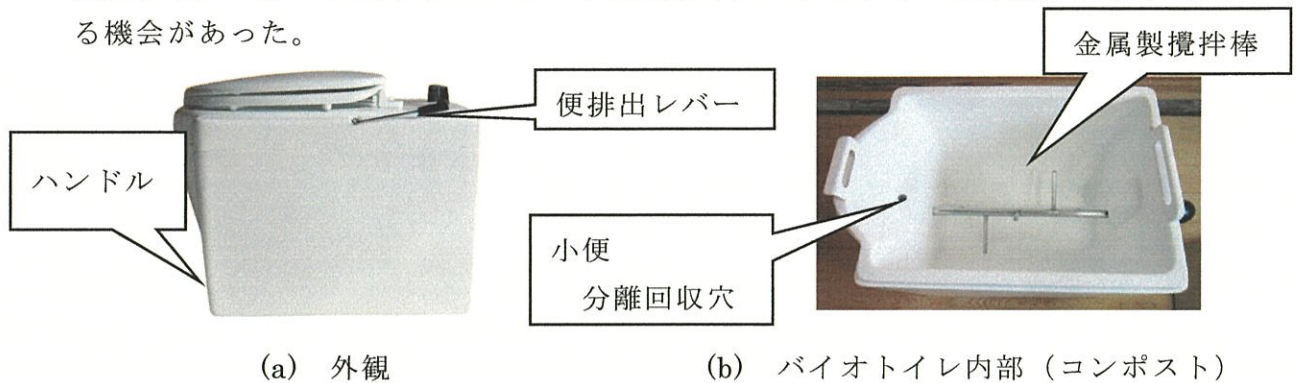


図 18 バイオトイレ

トイレ本体はFRP製で、コンポストとなっている。便座は、通常のトイレのものが使用されている。右手にレバーがあり、中ぶたが開き、便が落下する仕組みである。小便は、前方の穴に分離され、ポリタンクで回収される。これは、肥料を作る際に水分を可能な限り除去する必要があるためである。前方下(足元中央)にハンドルを取り付けると、本体の中にある攪拌棒が回転し、内容物が混ざる仕組みである。竹粉を更に活用するため、バイオトイレの試作を行った。このトイレは、通常、生ごみコンポストとして利用し、災害時などで断水し、水洗トイレが使用不能の際、トイレとして活用できる。滋賀県のメーカーより、トイレの部品を取り寄せ、試作を開始した。トイレを設置する台や臭いを排出する配管並びに使用者のプライバシーを保護するため、簡易テントを設置した。特に、簡易テントは、キャンプや海水浴などで着替えをするために販売しているものを流用した。実際の糞尿で検証することも検討したが、新型コロナウイルスによる感染リスクの課題があったため、糞尿での実証実験は中断し、生ごみ処理装置としての利用を行うこととした。



図 19 基台の製作



図 20 基台の完成

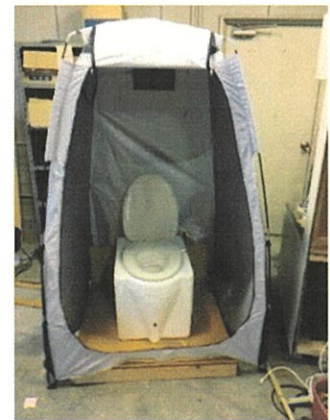


図 21 完成したトイレ

### 3 刈払い作業の負担軽減と厄介なものから価値のあるものを生み出す

雑草は、生えていても、刈り取っても、「厄介な存在」である。ところが、資源の循環の観点で考えた場合、「立派な資源」となる可能性を秘めている。本校及びその周辺の通学路は、雑草が多く存在する。特に、歩道の雑草は、歩行者の通行に支障をきたしているだけでなく、我々ドライバーからの観点からも看過できない。ところが、雑草の刈払作業は、長距離かつ長時間となることから、作業員への負担が大きい。そこで、刈払い作業の負担軽減となる器具の開発を課題として与えた。

刈払い機の重量は約4kgあり、手で持つタイプが主流である。また、平坦な場所だけでなく、斜面などもあるため、長時間の作業は困難である。とりわけ、女性や高齢者には過酷な作業であるとともに、事故の発生など、安全上の不安もある。近年、図に示すような手押し式のタイプも発売されているが、用途に限られる。手押し式の構造を観察すると、車輪を取り付けている部品は容易に入手でき、学校にある工作機械で製作できることが分かった。そこで、通常使用しているタイプの刈払い機に着脱可能な車輪を取り付けることで刈払作業の負担軽減について考えた。

刈払機は、様々なメーカーから発売されているが、我々は、マキタ製の電動(充電)式刈払機を選択した。18Vのバッテリー2個で動作するため、エンジン式比べ、CO<sub>2</sub>を排出しない。また、充電式であるため、経済的である。更に、安全装置が充実していることも理由である。刈払作業では、注意を怠ると生命の危険もある「キックバック」という現象も、発生時に感知し、停止する仕組みを持っている。他に、回転刃に草が絡まっても、逆転装置がついているため、取り外しも容易である。このように、安全装置が充実し、大きなメーカーで広く市販されていることも、選定した理由である。



図 22 歩道の雑草



図 23 手押し式刈払機



図 24 使用した刈払機

**楽らくモード**  
**+3スピード**

草の密度で自動変速  
省エネ&低騒音  
※消費電力は約1.5kWh/時

【高速/中速/低速】

全ての操作が  
手元で可能  
※充電式バッテリー  
※充電式バッテリー  
※充電式バッテリー

モード別のパワー感目安

|                       |             |
|-----------------------|-------------|
| 高速モード: 0~7,000min     | ▶30mLクラス    |
| 中速モード: 0~5,500min     | ▶27mLクラス    |
| 低速モード: 0~4,600min     | ▶24.5mLクラス  |
| ※消費電力: 3,500~7,000min | ▶23~30mLクラス |

**AFT** キックバック時に  
刃物がストップ

カラミトリ機能付  
※刃物自動停止、刃物への自動復帰、

電子ブレーキ付  
トリガスイッチを離すと必ず停止。

図 25 刈払機の仕様と安全対策

作成した手押し式刈払機を示す。フレームは、学校にあるアルミ平板にフライス加工と、曲げ加工を施した簡単なものである。車輪は、一輪車の車輪を使用することにした。大きさが手ごろで入手しやすいことが理由である。今回、図 22 のような二輪式ではなく、一輪式を採用した。ハート形の車輪が入手できたため、安定性と操作性の向上が期待できると考えたからである。



拡大部分の車輪は着脱式である。  
図 26 作成した手押し式刈払機



図 27 手押し式刈払機の試運転

試作した刈払機を校内で試運転してみたところ、操作性は大きく向上した。特に、長時間の刈払い作業は従来のものに比べ、楽になったと考えられる。また、刈払機から発生する振動も、一部は車輪から地面へ伝わっていると考えられるため、従来式と比較しても、人体の振動への影響は少なくなっているのではないかと考えられる。刈払作業中、休憩などのため、停止させる際、刈払機が自立できるよう、車輪の位置を修正するとともに、自転車用のスタンドを取り付けた。

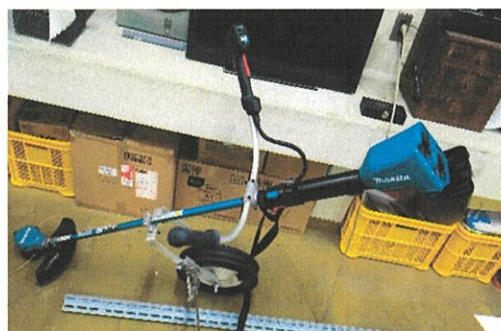


図 28 改良した刈払機

次に、雑草という「厄介なもの」を「価値のあるもの」へと変化させる方法について探究した。その方法として、燃やしてエネルギーに変える「サーマルリサイクル」を提案した。しかし、雑草を燃やすことにより発生する二酸化炭素について、カーボンニュートラルの観点でどうかという意見があったが、刈り取るまでは二酸化炭素を吸収していたことや、石油や石炭などの代替燃料としての可能性を研究することにした。

キャンプ用品店に、薪などを燃やして発電できるキャンプストーブが販売されていた。煮炊きしながらスマートホンの充電や夜間の照明にすることができる画期的なキャンプストーブである。分解してみたら、ペルチェ素子を用いた熱電発電モジュールが内蔵されていることが分かった。このシステムを研究し、焼却炉に設置することができれば、雑草や放置竹林から伐採した「厄介なもの」をサーマルリサイクルにより、「価値のあるもの」に変えることができるだけでなく、災害が発生した際に命を繋ぐ「モノ」としての価値があると考えられる。



図 29 キャンプストーブ

#### 4 パートナーシップで取り組むことの重要性

本校は普通科を併設している高等学校である。特進コースの生徒は、本校がユネスコスクールに加盟した直後から、探究活動の一環として、SDGsに取り組んでいる。彼らの担任が、剣道部の顧問をしており、練習中に破損した竹刀の再利用について考えていた。竹刀の破損箇所は均一ではないため、竹粉にして再利用するところまでは考えたものの、どうやって粉砕するか悩んでいた。丁度、我々が近くで竹粉粉砕機を試作したところであったため、共同研究の依頼があった。我々は、工業教育の素晴らしさをアピールする千載一遇のチャンスと捉え、共同研究を承諾した。

普通科の生徒たちは、我々が開発した粉砕機を体験し、とても感動していた。また、竹刀から作る竹粉は、乳酸菌や虫を抑制する成分が少なく、コンポストに投入して肥料をつくった場合、カビが発生してしまった。廃棄される竹刀となるまでに、竹に含まれる成分がかなり減少してしまうことが考えられる。このため、サーマルリサイクルや新たな「バンブーマテリアル」の研究を始めたいと考えている。



図 30 廃棄された竹刀



図 31 普通科生徒との共同研究

#### 5 まとめ

生徒たちは、本研究の中で、次のような感想を述べ、様々な体験をすることが出来た。我々の先輩方は、古くから SDGs の観点でサステナブルな生活を行ってきた。しかし、我々人間は、より豊かな生活を獲得するため、技術開発を行ってきた。皮肉にも、この行為そのものが、持続可能な社会の実現のための大きな障害となってしまった。また、新しい技術を追求するがあまり、古来からの良い技術をないがしろにしてしまう結果となってしまった。

愛知県は「ものづくり県」という評価を得ているにも関わらず、職業課程、とりわけ工業高校への進学者が減少している現状は、産業教育に携わっている我々としての大きな課題である。

工業高校を卒業した生徒が近隣の製造業へ就職し、我が国の産業を支えてきたという現状を考えた場合、モノづくりのすばらしさをもっと広く知ってもらうことが、工業高校へ進学する生徒の増加だけでなく、モノづくりで発展した我が国のさらなる成長へとつながるのではないかと考える。

#### 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 20H00878 の助成を受けたものです。