

## 東工アルテミスプロジェクトについて

岡山県立東岡山工業高等学校

電子機械科

### 1 はじめに

本校は岡山市内の東部に位置し、機械科、電気科、電子機械科、工業化学科、設備システム科の5科が設置されている。1学年7クラス、全校生徒数840人の工業専門高校である。

令和6年度から3年間、岡山県のスーパーエンバイロメントハイスクール研究開発事業の指定を受け、現在学校全体で取り組んでいる。学校経営目標も踏まえて、この度の事業は本校の教育活動の重要な柱となる。そして、活動を具現化するため『東工（とうこう）アルテミスプロジェクト』を立ち上げた。

今回の研究報告ではプロジェクトの概要と、特に電子機械科の研究開発の取り組みについて紹介する。

### 2 東工アルテミスプロジェクトとは

#### (1) アルテミス計画について

本プロジェクト名の由来は、NASAが提案している、月面探査プログラム『アルテミス計画』である。2025年以降に月面に人類や物資を運び、拠点を建設し、持続的な活動を目指すものである。さらに将来、火星有人探査や宇宙開発へと繋ぐ。この計画を推進するため、アメリカ、日本、カナダ、イタリア、ルクセンブルク、UAE、イギリス、オーストラリアの8か国がアルテミス合意にサインしている。

#### (2) 東工アルテミスプロジェクトの趣旨

過酷な環境を想定した衣食住の基本について、どのように実現するかを研究し、何らかのシステムを開発することは、まさに自ら考え挑戦するという主体的な学習活動を促す。生徒、教員一人ひとりの枠を超えて、学校全体で挑むべき価値ある壮大な研究テーマである。昨今の産業界は温暖化に伴い、エネルギー、食料確保、脱炭素などの諸問題を強く意識している。循環可能な環境の実現を目指すことは、宇宙開発の第一歩と等しい。テクノロジー、つまり工業の発展こそ人類の発展、開拓に繋がっている。もちろん、高校段階で取り組みが出来る範囲は、予算や期間などの障壁もあり限られているかもしれないが、研究に大小は無い。挑む意義は極めて大きい。



東工アルテミスプロジェクトのイメージ

#### (3) 宇宙開発への第一歩

本研究を進める上で、課題は多岐に渡る。人類を含む生命体にとって月面や宇宙空間は、深海やヒマラヤ山頂で生存する以上の悪条件が予想される。必要となるのは、食物連鎖や大気の浄化作用など地球の恒常的な循環を、人工的に安定して再現すること。また、移動手段、居住区、発電所などのインフラ設備、AIなどIT関連、新しい医療、次世代ロケットや人工衛星など。経済活動もその環境において活発化するのが理想である。それらはまさに科学技術の結晶であり、人類の永遠の使命とも言える。本校では専門5科連携の元、それぞれの英知をもって臨む。

##### ア) 機械科

金属加工、切削・溶接の技術を生かして、建造物、移動手段やインフラ設備の根幹を製造する。

##### イ) 電気科

エネルギーの確保を検討する。太陽光や水素などを利用した電気設備を設計し、工事を担当する。

##### ウ) 電子機械科

循環システム、実験装置の試作。自動化のためのロボットや電子回路の制御、情報技術を中心に、ハードからソフトウェアへの橋渡しを担当する。

##### エ) 工業化学科

動植物の必須事項を化学的に調査し、水質や生体の分析、最適な養殖手段や栽培方法を提案する。

##### オ) 設備システム科

住環境をデザインし、最適化された空間を製作。空調設備や人工大気を供給できる設備を研究する。

特に、電子機械科と工業化学科は本プロジェクトの中心となる学科であり、全過程に大きく関わる。

#### (4) メインテーマの設定

宇宙開発以外にも、我々は様々な困難に直面している。そこで、SDGsの達成をも超越し、かつ、工業高校でこれまで研究対象として敬遠されてきた『食』や『生物』に関する分野について挑戦したいと考えた。特に漁業について、気候変動や乱獲等によって1990年代を境に、不足分については養殖で補っており、生産量は年々増加している(図1)。今後も養殖産業は拡大が見込まれ、近年は様々な企業、大学、研究機関が参入している。我々は宇宙養殖に注目し、メインテーマの一つを養殖と水耕栽培を組み合わせた『アクアポニックス』に設定した。

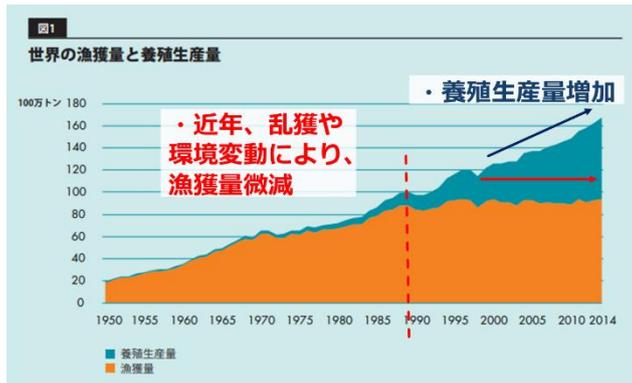


図1. 世界の漁獲量と養殖生産量の推移

#### (5) アクアポニックスについて

アクアポニックスとは、水産養殖(アクアカルチャー)と水耕栽培(ハイドロポニックス)を同時に行う循環型農法の造語である。魚の排泄物に由来する硝酸態窒素等を用いて植物を栽培する(図2)。



図2. アクアポニックスのサイクル

本校でも数年前から取り組んでおり、一昨年度から学校間連携、高大連携、産学連携も含めた研究を始めた(図3、4)。水産養殖では香川県立多度津高等学校、水耕栽培では岡山県立瀬戸南高等学校、アクアポニックスシステムについては金沢工業大学、特に岡山理科大学(以下理大)生命科学部の山本俊政准教授からは高度な陸上養殖技術を教わっており、今年度も多大な助言と協力を頂いている。



図3. メバル養殖



図4. 葉野菜水耕栽培棚

### 3 電子機械科の取り組み

#### (1) バナナIoTハウス

校内の敷地内に温室を製作し、各種モニタリングや温湿度管理が遠隔で可能なIoTハウスを設置した(図5、6)。ハウスの骨組みは中古資材。教員と生徒が一緒になり設置した。真砂土に腐葉土を混ぜた土耕栽培。冬場はヒーターによる加温が必要である。



図5. 温室内部



図6. アプリ管理

育成は順調で4月から12月頃まで収穫を予定している。(図7、8、9、10)。作物を『バナナ』に選定した理由はいくつかある。①生育旺盛で収穫スパンが短い。②日本で最も消費されているフルーツでありながら、99.9%を輸入に頼っている。③国産バナナは食べる楽しみ以上に育てる夢がある、など。最も大きな理由は「水耕栽培に適しており、養殖水の脱窒能力が高い」ということであり、アクアポニックスにおける比較実験で利用したいためである。



図7. バナナの開花



図8. 収穫作業



図9. 課題研究の班



図10. 追熟待ち

研究課題は多難である。成長中の土壌の養分変化や光合成との関連性を検証し、収穫量の最大化の要件を追求する、つまり耕作面積や栽培方法の最適化を突き詰めること。現状、各種パラメータは厳格ではなく、人間の経験に基づいたアナログ値である。気象条件も合わせると栽培に関するサンプリングは相当なビッグデータとなるため、蓄積し分析するには独自AIの開発が必要となる。芽かき作業や収穫などロボットによる自動化も急ぎたい。また、環境に負荷を掛けない発電方法、農作物の市場分析、流通、販路開拓は今後の研究内容として楽しみである。

## (2) ドラム型水耕栽培装置

水耕栽培の設備は『平面式』が一般的である。塩ビ管や雨樋、樹脂トレイを用いて、養液を一方方向へ循環させる方式が多く採用されている。図 11 は本校で試作したもので塩ビ管を加工した装置。図 12 はレタス栽培の様子で、極めて良い状態で収穫した。



図 11. 塩ビ管循環装置



図 12. LED のみで光合成

水耕栽培は、乾燥地帯や耕作不適地でも栽培可能であり、気象に左右されず安定的な供給が可能である。近年は様々な栽培方法が確立されてきており、植物工場で見かける多段栽培層や、イチゴ水耕栽培のような上下還流型のような装置もある。我々は当初より「月面や宇宙空間での栽培はどうか」を課題に挙げていた。限られた空間、重力の程度、光合成をいかに解決するかである。そこで検討を重ね、一つの装置を設計、試作した (図 13、14、15)。



図 13. アクリル組立



図 14. 完全防水加工



図 15. ドラム型水耕栽培装置外観

本体はアクリル板をレーザー加工機で切り出して、各パーツを溶着し、強度確保と完全防水のためシリコンで補強した。架台は炭素鋼を溶接して防水塗装。背後のモーターでギヤを噛み回転し、ドラムの遠心力で重力を生み出す。中央には光合成のための光源。円柱の形状により平面に比べて、耕作面積は約三倍となる。月面での水耕栽培を想定した装置である。

## (3) メロン水耕栽培システムの構築

葉野菜、イチゴ、バナナの水耕栽培方法は確立したため、現在はメロンに挑戦している (図 16、17)。



図 16. 発芽させた苗

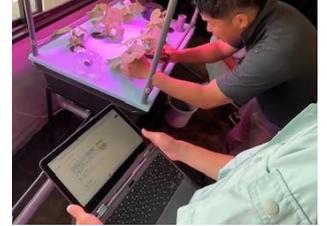


図 17. IoTシステム管理

この装置は、『甲殻類の養殖』を行うアクアポニクスと接続する。現状、システム稼働は順調で結実まで成功しているが、果実の収穫までには至っていない。葉や茎が繁茂する部分に最適な光源を設置できなかったことが要因である。今後は改良し、収穫を目指すとともに、マスカットなど『樹木』のフルーツを栽培する計画である。なお、液肥濃度や光源位置などの調整については、こちらも自動化させる予定で、スマート農業の事例としても継続研究する。

## (4) 車エビとモクズガニの養殖

並行して甲殻類の養殖を試みている。特にモクズガニの完全養殖は例がなく、世界的に稀な事例となる。小規模な設備で養殖効率をどれだけ向上できるのか。海上養殖とは方向性が異なる、工業高校の知識技能を駆使した取り組みとなる (図 18、19)。

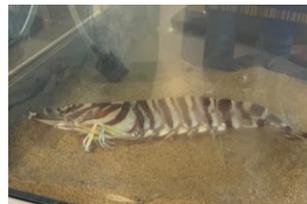


図 18. 車エビ養殖



図 19. モクズガニ養殖

## (5) 昆虫工場の稼働

完全循環を実現するには、既存の機構では大きな課題が存在する。“餌”の確保とそのコスト削減である。それらを解決するための昆虫工場は、廃棄食材などを再利用可能で、食物連鎖を再現できる (図 20、図 21)。つまり、「葉クズを幼虫が食べ、蛹粉をエビが食べ、エビを魚の餌に」といった循環を実現した。



図 20. 小規模昆虫工場



図 21. ミズアブ成虫の産卵

## (6) 次世代アクアポニックスシステム

理大から提供された好適環境水を利用して、海水魚（ハタ科の最大魚タマカイ）を育てながら葉野菜や果物（バナナやメロン）を栽培する。これが成功すれば世界初の事例となる。以下はそのモデル図の一部（図 22）と現在構築中の写真（図 23）である。

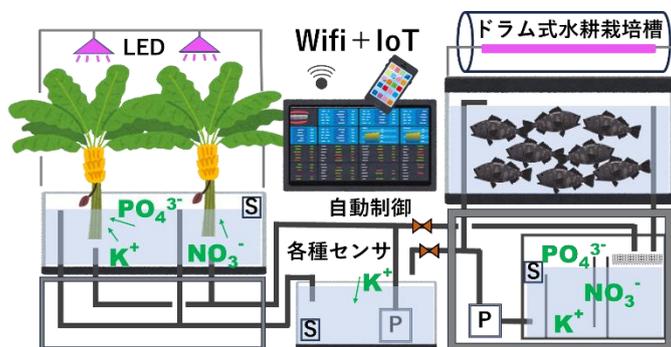


図 22. 次世代アクアポニックスシステム

月面程度の重力を想定して設計している。養殖層と栽培層の間には調整層を設置し、溶存イオンの自動制御を生体の成長に合わせて行う。また、配管や栽培棚を増設して、複数種類の育成が可能である。

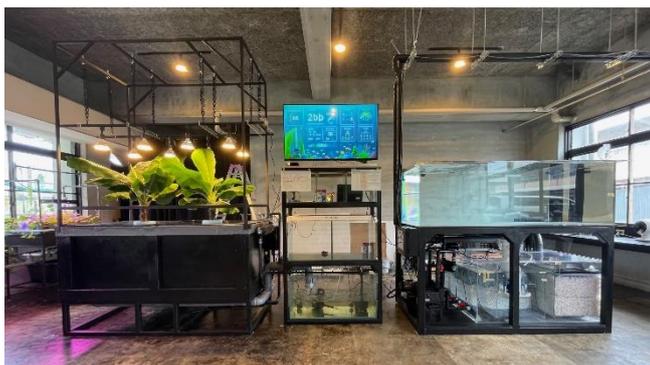


図 23. 構築中のシステム外観

魚は消費酸素量が少ない白身で、成長の早いタマカイを選択。クエの仲間でも食味が良く、市場価値が高い。絶滅危惧種であり、幻の高級魚である。アクアポニックスと同時に、完全養殖も目指したい。10月中旬に稚魚が納入。平均 4.8 cm、体重 3.0g。今後は育成状況を観察し、生態研究を行う（図 24）。



図 24. タマカイの稚魚

また、バナナを収穫した後の葉や幹の用途について。繊維は衣服の原料となり、さらに細かくすればセルロースナノファイバーとなる。これを鋼材や建材、樹脂に混ぜれば強靱で軽量な素材となり様々な工業製品に応用できる。電子回路や半導体の代替も研究されている。将来、諸問題の解決、理想的な環境、循環型社会のモデルをここに提案できるだろう。

## 4. 今後の課題

全く尽きない。無限である。人工的な循環型の仮想環境が実用可能なのか、産業として成り立つのか、システム全体の構成や規模を検証する必要がある。例えば、配管設計やフレームの強度、消費電力、動植物の必要条件など様々なデータを蓄積して分析する。軽量化や省電力化、育成の最適化が見込めるならば修正と改良を重ねる。



さらに高度な自動化のため、画像処理も兼ねた独自 AI の開発も進める。幸い本校には熱意溢れる生徒が多い。彼らが未来の地球をきつと導いてくれると信じている。教員の役割は、彼らと対話してレールの向きを示し、信頼して任せる。事業を教育に反映するために最善の方法を模索すること。例えば、普通教科と連携し学校全体に波及させるなど。生徒自身から「今度はこんな研究開発に挑戦したい」と今以上に多くの声がかかることを望んでいる。

## 5. おわりに

当初「工業高校でバナナを、養殖を、昆虫を」とは滑稽だと受け止められた。「流通、経済は校種が違う」と話題にも挙がらなかった。しかし、限られた条件や空間で理想的な環境を再現することこそ、科学であり工業高校の使命の一つであるはず。小さな一歩は個々の小さな研究から始まる。それらは積み重なり、歩み続ける。すべては地球や生命体の営みに繋がっており、人類や産業界の発展に寄与できる。環境問題を解決すること、工学を発展させること、宇宙開発に臨むこと、何れもベクトルは同じである。

私たちが工業教育の実践者として、「何を教授すべきか」という課題に想いを馳せる。一番は生徒の健全な成長、そして社会への貢献である。どのような人材を輩出し、激動の産業界や不測の地球環境にどう備えるか。彼らの生きる力を育む環境を、いかに整えるか、それこそ教育現場の使命である。二次産業に特化した人材はもちろん必要とされる。しかし、時代は移り変わっており、技術革新は公教育が描くものよりも早く変化し続けている。今こそ、一次産業、三次産業をも対応できる柔軟な思考と知識、確かな技術。何よりもその経験を高校段階で触れているかどうか。新しい工業教育とはそのような視点で展開されるべきだろう。生徒の未来にそれらを託す。