

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：51501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K02900

研究課題名(和文) 離島の課題を高専ものづくりで解決するエンジニアリングデザイン教育の実現

研究課題名(英文) Realizing the engineering design education that solves problems on remote islands through technical college students' skills of manufacturing

研究代表者

佐藤 司 (Sato, Tsukasa)

鶴岡工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：30300528

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：高専専攻科1年生を対象とした、地域の課題に「ものづくり」で解決を目指すエンジニアリング・デザイン実習プログラムの開発および実施方法の確立と教育効果を検証した。学科混成型のグループ活動、合宿を通じたコミュニケーションの活性化、地域貢献の要素を含んだ活動を志向し、活動場所として高齢者の割合が高く且つ自然環境の厳しい山形県の離島(酒田市飛島)を選定した。成果については市内での環境イベントを利用し市民に向けた発表を行い、参加者から多様な考え方による指摘やアドバイスに触れることができた。成果は実用性の観点から評価を受けることで学生の取組み意欲が高まった。協力教員と連携しながら実施する体制が整った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国内でのエンジニアリングデザイン教育の多くは活動場所や移動手段の制限により学内での活動に終始するものが多いが、本申請のように地域との連携やグループワークを重視し合宿活動を通じて調査、製作に取り組む活動は全国的に少ない。学生(高専専攻科生)は中学卒業後から実践的・創造的技術者育成のための実験実習スキルを受けており、実用性、完成度が高くコスト面に優れた制作物が期待できる。高齢者の割合が高く且つ自然環境の厳しい「離島」という条件で、準備や計画立案にも入念さを必要とし、また現地での自然の厳しさにも耐える成果物を工学的アプローチで挑戦するもので、極めて社会的意義が高い。

研究成果の概要(英文)：Specialized engineering design educational program for first-year students in the advanced engineering course of a technical college was developed, aiming to solve local issues through "manufacturing," established implementation methods, and verified the educational effects. Aiming for activities that include elements of mixed-department group activities, revitalization of communication through training camps, and contribution to the local community, we selected a remote island in Yamagata Prefecture (Tobishima, Sakata City), which has a high proportion of elderly students and a harsh natural environment, as the location for the activities. We used an environmental event in the city to present the results to the public. As the results were practical, it was inevitable that the students' motivation to get involved increased. A system was established to implement the program in collaboration with cooperating faculty members.

研究分野：アクティブラーニング、廃棄物利用、材料化学

キーワード：エンジニアリング・デザイン教育 STEAM教育 ものづくり 工学教育

1. 研究開始当初の背景

エンジニアリング・デザイン(ED)とは、「社会ニーズを満たす制作物の創造および管理のために、種々の学問・技術を統合して、実現可能な解を見つけ出して行くその全過程」として定義され、課題設定力、計画性、チームワーク力など多くの能力を含み、国連が提唱する「持続可能な開発のための教育(ESD)」の内容に沿った技術者教育の根幹といえる。中央教育審議会答申(平成25年、30年)は学士課程教育に対してアクティブ・ラーニングの積極的導入、すなわち修得知識の実質的活用・応用力を求めている。高等専門学校は、中学校卒業後の5年間一貫の教育により実践的・創造的な技術者の養成に大きく貢献してきた。さらに専攻科課程において、より高度な課題解決能力を有する研究者、技術者を養成している。現在、産業構造の変化に応じた新分野の人材育成、地域の特色ある産業や地域課題における工学的な知識・技術・知見を活用することができる人材育成が要請される。従って高等専門学校へのED教育の積極的導入は必須である。本校では申請者を中心に平成24年度より専攻科1年向けのカリキュラム「実践的デザイン工学演習」を開発した。知識の統合による課題解決、多様な考え方、コミュニケーションスキルの涵養に一定の効果を認めた。一方、取組み課題の関わる範疇が地域の社会問題や経済、環境問題にも及んでいるため、社会、経済、産業、教育などと複雑に関連している状態で工学的アプローチを主として解決に取り組もうとする教育プログラムの設定に困難を経験してきた。課題が相応しくない場合、課題解決に向けて注力すべき点がずれると作業意欲の衰退、チームワークの欠如など指導困難な事態に陥る恐れがあった。その回避のため、地域からの強い要望を受けて高専「ものづくり」が直接貢献できる課題、学科融合で発想する解決策、学科の違いによるコミュニケーション不足の解消、を志向する進化した教育プログラムへ発展させる必要があった。

2. 研究の目的

これまで開発してきたED教育の特徴は、地域連携型教育、学科横断型教育、合宿型体験教育を基軸としており、知識の統合による課題解決、多様な考え方、コミュニケーションスキルの涵養に一定の効果を認めた。一方で、学生が提案する課題には地域の社会問題や、経済・環境問題を解決しようとするものが中心となる傾向が表れやすく、工学的アプローチだけで解決可能な教育プログラムの設定に困難を経験してきた。そのため、地域からの強い要望を受けながらも、高専「ものづくり」が直接貢献できそうな課題、学科融合で発想する解決策、を志向した進化した教育プログラムへと発展させる必要があった。そこで本申請では、高齢者の割合が高く且つ自然環境の厳しい「離島」という条件での活動に注目した。そこには、回収と処分の困難な漂着ごみに対する回収技術の開発やリサイクル技術、人口減少・高齢化の影響を受けている産業や生活の持続化に関する課題、豊かな自然やバイオマス資源の活用技術、DX技術を活用した観光の活性化など、工学的アプローチで解決、挑戦し甲斐のある課題が山積している。しかも離島ゆえ、現地合宿によるものづくり活動のためには周到な調査、計画と準備が求められる。このような場面での学生チームがグループワークを十分にを行い、複雑な課題に挑戦するED教育プログラムの開発は、ESD教育の実質化であり創造性を育むプログラムが期待できる。本研究を実行するにあたり、機械、電気・電子、情報コースに所属する教員3名の協力を得ながら取組みを行い、実施体制の確立および教育効果の検証を進める。

3. 研究の方法

活動場所として山形県の離島(酒田市飛島)を選定した。研究代表者および協力者は地方自治体、地域代表等との意見交換を行い、当該地域における社会的な課題の概要を把握した。重点課題として、発生の著しい漂着ごみ問題に対応するための回収装置の技術化やリサイクル技術、人口減少・高齢化による労働力不足を解消するための装置の提案、安心して生活を送るための課題、豊かな自然やバイオマス資源の活用技術、DX技術を活用した観光の活性化などを活動対象として学生に提示した。なおテーマ選定に関しては教員が提示したテーマの他に、学生自身が提案したテーマについても協議により実施を認めることもあった。高等専門学校専攻科1年生の必修科目「実践的デザイン工学実習」のなかで実行するプログラムの開発に着手した。本研究課題の期間中において研究は次のI~IIIの段階を踏んで進捗した。

- I 工学的解決方法のための予備実験および予備制作の実施： ゴミ回収装置の設計 プラスチック廃棄物の再資源化 通信技術を用いた観光情報の提供システムの検討
- II 実習期間中における学生への指導： 課題解決プランニング グループワークおよび合宿指導 市民に向けての成果報告会に関するアドバイス
- III 年度単位でのED教育の検証と改善： 制作物の評価 活動の安全性 合宿の管理体制 専門知識の活用状況からより適切化を図る

特に「II、III」については本研究活動の主要となる段階であり、その具体的内容を ~ に示す。
合宿に備えた事前準備： 出身分野(機械、電気電子、制御情報、化学・生物)を混成した4~5名のグループを約5班編成、自己紹介、アイスブレイク実施、学内研究者情報の把握
テーマ選定： 活動現場(飛島)の状況、調査から見えた課題の説明、班単位でのグループデ

イスカッション、グループと教員との討議を重ねてテーマ選定

デザイン作業：製作デザイン案の提案、設計、費用算出、活動計画の策定、必要物品確認、スケジュール確認、製作目標の明確化

離島での合宿活動：協力教員3名と連携しながら学生の引率、現地視察を目的とした1泊2日の合宿活動の実施、制作及び現地での実装を目的とした3泊4日の合宿活動の実施、合宿期間中に外部講師（技術士）を招いてのエンジニアリング・デザインに関する講演会の実施
校内での製作活動（継続）および中間報告会

環境つるおか推進協議会主催のイベント「環境フェアつるおか」の場を活用して、学生による成果物の成果を市民や関係者に報告

学生自身の意識調査：最終レポートやアンケートにより自身の向上した面やプログラムに対する改善点の指摘など

実習活動によって学生が取り組んだ具体的な活動内容は概ね以下のように分類された。

- ・漂着ごみ問題 微細化したプラスチック破片（マイクロプラスチック）の回収装置の作製、流木の再資源化のため炭化焼成および炭の化学的物物理的特徴による水質浄化や空気浄化など有効な応用につながる実験データの収集、廃棄プラスチックのリサイクル技術の開発

- ・高齢者に優しい危険防止機材 居住集落を中心に危ない個所をピックアップし掲示や看板の図案や形状をデザイン、小型太陽光パネルを利用した夜間照明や人感センサーによる局部照明装置などを考案

- ・豊かな自然やバイオマス資源の活用技術 間伐材を原料にしたペレットストーブの設計製作、ペレット製造方法の開発、海水からのミネラル抽出と食品添加剤としての応用

- ・DX 技術を活用した観光の活性化 QR コード機能やドローン技術を活用した観光情報の提供システム、VR 技術による観光体験の提供

4. 研究成果

(1) エンジニアリング・デザイン教育プログラムと教育方法の確立

本研究課題は、本校専攻科学生を対象とした実践的なエンジニアリング・デザイン実習プログラムを開発するもので、離島の環境問題への提案、人々の安全な生活や産業の持続化、観光活性化につながる支援について、ものづくりを通じて実現しようとする試みである。高齢者の割合が高く且つ自然環境の厳しい「離島・飛島」で合宿活動を導入しながら「ものづくり」で課題解決を試みるユニークな教育プログラムである。プログラムの基軸は、地域貢献を念頭に置いたモチベーションの高い活動、学科混成型のチームによる複合融合型の課題解決、合宿を通じたチームワークの涵養である。合宿期間中には外部講師を招いて講話と情報交換の場を設けたことで学生はより高度で専門的な助言を受ける機会を得ることができた。特に離島を活動対象としているため、ものづくり活動に加えて経済性、安定性、計画性について学生同士が考え実行する点において、学生の主体性や積極性をより一層発揮する実習となった。専攻科1年生前期（2単位）で実施できる実習科目を設計し、エンジニアリング・デザイン(ED)教育プログラムの開発と実践、検証を行った。具体的な取り組み課題として、海岸漂着マイクロプラスチック等の破片ごみ回収技術の開発やリサイクル、流木や間伐材の再資源化に向けた炭化物の製造と活用、高齢化・労働者不足に対応した自動運搬車の開発、観光を活性化するための空中ドローンやVR技術の活用、農海産物の食品化、バイオマス資源を活用した機能性製品などに取り組むことが出来た。市内での環境イベント（毎年9月下旬に鶴岡市で開催される「環境フェアつるおか」）を利用し市民に向けた発表を行い、参加者から多様な考え方による指摘やアドバイスに触れることができた。これらの取り組みの中には、複数年度にわたって継続することで学会発表につながる優れた成果が得られた例もあった。活性炭の機能評価や廃棄プラスチックの有効利用、ドローンの制御技術の向上などであった。

(2) 指導方法、協力体制の確立、成績評価方法の確立

本研究課題を提案した大きな理由の一つである「適切なテーマの設定」に関しては、成果が実践的で目標への到達度が理解しやすいものであったため、適切なテーマを生み出すのにふさわしいプログラムであることを証明した。必然的に学生の取り組み意欲が高いものであった。本プログラムの実施による学生の成績評価は、学生が設定したテーマの適切さ、課題解決の達成度を製作物やレポート等により確認した。その内容は創造性、デザイン能力の評価項目に反映させた。グループ活動、合宿活動中の様子については協力教員と連携することで適宜状況を把握し、チームワーク、コミュニケーションスキルの評価対象とした。協力教員との連携は、合宿前の準備、合宿中の現地視察や制作活動にも及び、毎年度の実習においてもスムーズに実施できる体制を確立した。また、自然環境の厳しさによる予測できない装置上のトラブルを体験することもあり、その対応を検討することが有効な工学教育の機会となった。やりがいのあるテーマの設定とグループ内での相互理解が進みグループ活動の有効性を確認した。

COVID-19 感染予防のため、高齢者の割合の多い離島での合宿を中止せざるを得ない期間もあり現地見学や現地製作が進捗しなかったこともあった。その場合は、県内において離島と同様な状況が当てはまる地域での活動に場所を切り替えるなどしてプログラム研究の継続を実施した。社会に影響を与える感染症の流行や自然災害に備えた実習体制の確立が必要だと痛感し、今後に向けた課題とする。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Watanabe Satoshi, Sugiyama Takahiro, Nakaya Naofumi, Shirahama Naruki	4. 巻 10
2. 論文標題 An Attempt to Pulse Wave Analysis to Listening of “Nishi-ure Dengaku” Music (One of Japanese Traditional Music)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers	6. 最初と最後の頁 84 ~ 89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12792/JIIAE.10.84	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 佐藤 司	4. 巻 57
2. 論文標題 (解説) 合宿活動を取り入れた地域貢献型エンジニアリング・デザイン教育の実践 (SDGs と高専ものづくりの融合)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本設計工学会誌	6. 最初と最後の頁 542-547
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sato Tsukasa, Shishido Michiaki	4. 巻 22
2. 論文標題 Mechanical and structural properties for recycled thermoplastics from waste fishing ropes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Material Cycles and Waste Management	6. 最初と最後の頁 1682 ~ 1689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10163-020-01062-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Saito Kodai, Yamada Mitsuaki, Miura Takashi, Sato Tsukasa, Onodera Ryoji, Shishido Michiaki	4. 巻 7
2. 論文標題 Proposal and Evaluation on Formation of Abilities Averaging for Effective Active Learning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers	6. 最初と最後の頁 51 ~ 58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12792/jiaae.7.51	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sato Tsukasa, Shishido Michiaki	4. 巻 7
2. 論文標題 Thermoplastic Composites Recycled from Fishing Rope Fiber	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers	6. 最初と最後の頁 118 ~ 121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.12792/JIIAE.7.118	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sato Tsukasa, Abe Saki, Ito Shinko, Abe Tatsuo	4. 巻 7
2. 論文標題 Silk fibroin fiber for selective palladium adsorption: Kinetic, isothermal and thermodynamic properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Chemical Engineering	6. 最初と最後の頁 102958 ~ 102958
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jece.2019.102958	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 永田鼓太郎, 伊藤真子, 矢作友弘, 佐藤司
2. 発表標題 グルコマンナンのエステル誘導体化によるプラスチック材料の製造と評価
3. 学会等名 第15回廃棄物資源循環学会東北支部
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Tsukasa Sato, Shuya Abe, Kano Komaki, Yumiko Matsuura, Michiaki Shishido
2. 発表標題 Evaluation of Glass Ash Obtained by Pyrolysis of Glass Fiber Reinforced Plastic GFRP Waste and Adsorption of Copper Ions
3. 学会等名 The 12th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 佐藤恭大, 齋藤駿太郎, 佐藤司
2. 発表標題 間伐材を原料とした多孔質材料の作製と重 金属イオンの吸着挙動
3. 学会等名 令和4年東北・北海道地区高等専門学校専攻科 産学連携シンポジ ウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Michitaka Nishida, Akihiro Ishikawa, Ryoji Onodera, Tsukasa Sato, Michiaki Shishido
2. 発表標題 Evaluation on Interactions between Simple Telexistence System and 3-Axis Pick-and-Place Unit
3. 学会等名 10th International Conference on Industrial Application Engineering (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Riko Hasegawa, Shinko Ito, Tsukasa Sato, Michiaki Shishido
2. 発表標題 Evaluation of Moisturizing Effect of Metasilicate Extracted from Rice Hull
3. 学会等名 10th International Conference on Industrial Application Engineering (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤司
2. 発表標題 内川の水質とゴミ調査報告
3. 学会等名 内川フォーラム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石川明寛, 西田統尊, 佐藤司, 宍戸道明
2. 発表標題 パススルー機能を用いたFPV操作のドローンとVRゴーグルとの連携および操縦性評価
3. 学会等名 日本設計工学会東北支部設立45周年記念研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石川明寛, 黒田琴音, 西田統尊, 佐藤司, 宍戸道明
2. 発表標題 FPV視点によるドローンの操縦と物体追跡
3. 学会等名 令和4年東北地区若手研究者研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒田琴音, 石川明寛, 西田統尊, 佐藤司, 宍戸道明
2. 発表標題 openCVを用いたトラッキング によるドローンの操縦性評価
3. 学会等名 令和4年東北地区若手研究者研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Riko Hasegawa, Shinko Ito, Tsukasa Sato and Michiaki Shishido
2. 発表標題 Evaluation of Moisturizing Effect of Metasilicate Extracted from Rice Hull
3. 学会等名 10th International Conference on Industrial Application Engineering 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Michitaka Nishida, Akihiro Ishikawa, Ryoji Onodera Tsukasa Sato and Michiaki Shishido
2. 発表標題 Evaluation on Interactions between Simple Telexistence System and 3-Axis Pick-and-Place Unit
3. 学会等名 10th International Conference on Industrial Application Engineering 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤司、和田惇之介、阿部哲也、伊藤眞子、松浦由美子、宍戸道明
2. 発表標題 ニセアカシアを原料とした活性炭の製造とパラジウム吸着
3. 学会等名 第30回日本MRS年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤司、クルタトタンヤ、佐藤宏之、伊藤眞子
2. 発表標題 水溶液中におけるシルクフィブロイン繊維に対するパラジウム及び白金イオンの等温吸着挙動
3. 学会等名 第30回日本MRS年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安喰洋幸、川崎拓哉、佐藤司
2. 発表標題 キチンを担持したセルロースハイドロゲルの作製と銅イオン吸着
3. 学会等名 令和2年度東北地区高専専攻科産学連携シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤司、阿部哲也、伊藤眞子
2. 発表標題 二セアカシア炭に対するパラジウムイオン吸着の動力学および等温吸着解析
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤司、菅原博人、長谷川一紗、伊藤眞子
2. 発表標題 二セアカシア炭を利用した水溶液からの重金属イオン回収
3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsukasa Sato, Michiaki Shishido, Yumiko Maturura
2. 発表標題 Composites of Recycled Plastics from Waste Fishing Rope with Rice Hull and Improvement of Tensile Properties
3. 学会等名 The 3R International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林歩夢、伊関恭互、佐藤司
2. 発表標題 身の回りの生分解性プラスチックは本当に分解するか
3. 学会等名 第22回化学工学会学生発表会(東京大会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

「環境フェアつるおか」において学生が成果報告した内容の一覧： 【令和5年度】 ・海岸漂着ゴミの効率的回収と景観保全（「漂着ゴミの回収に革命を」） ・DX 技術の応用による新しい観光振興の提案 ・ご当地名産品の開発による食の提案（「ラーメンを作ろう！」） ・漂着ごみリサイクル 流木から和紙をつくらう ・地場特産農産物のブランディング「海と大地の恵みを味わう『飛鳥塩味ごといもポテチ』」 【令和4年度】 ・海岸清掃（飛鳥海岸で活用できるごみ回収機の製作とその改善点の提案） ・UberEats（自動運転による無人配送システムの開発） ・地域名産品の開発（飛鳥活性化を目的とした名産品の提案） ・美容と健康（飛鳥産昆布を用いたスキンケア商品の開発） 【令和3年度】 ・VR技術活用による新観光の提案 ・海洋ごみ回収ロボットの検討 ・マイクロプラスチック・セラミックボール ・マイクロプラスチックを用いたアロマキャンドルの作製 ・避難経路誘導用照明
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------