

令和元年6月23日現在

機関番号：51501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K04799

研究課題名(和文) 海岸漂着ごみ対策に取り組むエンジニアリングデザイン教育プログラムの開発と実践

研究課題名(英文) Development and practice of an engineering design educational program against seashore beach waste

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・准教授

研究者番号：30300528

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：高等専門学校の教育課程に「持続可能な開発のための教育」を導入するために漂着ごみの再資源化をテーマとしたエンジニアリングデザイン教育プログラムを開発、実践した。地域連携、学科混成グループワーク、合宿活動の3つを基軸とし漂着ごみ現状把握と再資源化について実現可能な解に到達するためのフィールドワークおよびグループワーク手法を構築した。漁網から製造した成形体の引っ張り強度は汎用性樹脂と同程度の力学的性質を示した。流木については簡易炭焼き窯を用いて流木炭焼きを行いその活用についてグループ討議した。このような経験を通じ学生に課題の解決に向けた知識の活用の重要性を与える機会となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

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・応用力が求めている。エンジニアリングデザイン(ED)教育はアクティブラーニング型技術者教育の根幹と言われているが、その効果的な実施法については多く試みられている。我々の取り組みは、社会問題となっている漂着ごみの再資源化をテーマとして有効な教育プログラムを確立したものである。工学的知識を統合して地域や自治体と協力しながら解決するものでアクティブラーニングが目指す「持続可能な開発のための教育」による技術者育成に資するものとする。学修達成度の評価より知識の統合による課題解決、多様な考え方の発達を検証している。

研究成果の概要(英文)：In order to introduce "the education for sustainable development" into the curriculum of a technical college, the engineering design educational program on the theme of recycling of beach waste was developed and practiced. Inter-regional association, subject-of-study mixed group work, and training camp activities, became a framework, and the fieldwork and the group work technique for reaching a solution realizable about beach waste stocktaking and recycling were built.

The tensile strength of the compact manufactured from the fishing net showed the mechanical property comparable as flexibility resin. About driftwood, I performed the driftwood charcoal burner using the simple charcoal kiln, and carried out group debate about the application.

The student has recognized the importance of application of the information towards solution of the subject through such experience.

研究分野：廃棄物再資源化

キーワード：エンジニアリングデザイン 再資源化 漂着ごみ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

中央教育審議会答申(平成25年8月)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。エンジニアリングデザイン(ED)教育はアクティブラーニング型技術者教育の根幹と言われ本校(鶴岡工業高等専門学校)では申請者が中心となり平成24年度より専攻科1年対象のカリキュラムに「実践的デザイン工学演習」を導入、実施した。本カリキュラムの特色は 地域連携型教育、学科横断型教育、合宿型体験教育を通じて地域の課題を抽出、実現可能な工学的解を見つけ出すものである。その試行的実施を進めていながらも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(人間力)の涵養に一定の効果を認めてきた。一方でテーマ設定においては、地域課題が社会、経済、産業、教育など複雑に関連している事から工学的アプローチ可能な教育プログラムの設定に困難を経験してきた。一方、研究代表者が居住する山形県日本海側の海岸は国内でも有数の漂着ごみ発生地帯であることが知られる。1級河川の赤川および最上川河口付近では年200トン超の漂着ごみが推計されるという報告もある。漂着ごみ問題は水産業や観光資源にとって損害であり海岸管理自治体の財政を圧迫、ごみの拡散による生態系への影響も懸念される。山形県では海岸美化を目的に「山形県海岸漂着物対策推進地域計画」を策定し平成23年度より美化事業を実施中である。申請者は県やNPO団体と連携して漂着ごみの現況調査や回収、再資源化に関する調査を行ってきた。その結果、漂着ごみ現存量の削減には、ごみの効率的な回収、再資源化・再利用、ごみ発生抑制という視点からの行動が必要であり、エンジニアリングデザイン活動でもテーマとして取り組める対象と考えた。

2. 研究の目的

学生にとって挑戦し甲斐のある地域課題の設定は本カリキュラムのアクティビティを向上させることが明白である。本研究課題の漂着ごみ対策の主要な柱に、プラスチックごみのリサイクル化、流木の炭焼きによる木炭の製造と科学的評価を定めた。工学的知識を統合して地域や自治体と協力しながら解決する課題として相応しくアクティブラーニングが目指す「持続可能な開発のための教育」による技術者育成に資するものと考え、そしてこのようなグループワーク、フィールドワークによって得られた有形、無形の解を広く市民に提案し批評を受けることで学生自身のエンジニアリングデザイン能力を向上させる事を目的とする。

3. 研究の方法

(1)漂着ごみの現況調査 山形県の沿岸部や河川敷において漂着ごみを回収しICC(国際海洋クリーンアップ,International Coastal Cleanup)データカードによりごみの分類調査を定期的に行う。ごみ状況によりICCに基づきランク評価する。

(2)プラスチックごみの再資源化研究

プラスチックごみについて熱分析(DSC)および赤外吸収スペクトル法等を用いて原料樹脂の成分調査を行う。材料毎によるプラスチック製造を行い、引っ張り、曲げ試験による強度測定の結果から材料ごとの強度比較を行う。市販材料との比較を行い使用可能な強度レベル(引張強度20MPa,弾性率1000MPa以上)を目指す。

(3)流木の炭焼きと炭の評価 移動式炭焼き窯を用いて流木炭を製作し、炭化物の多孔質構造を電子顕微鏡やヨウ素吸着表面積法(JIS法)により評価し吸着効果の高い(細孔径 $1\mu\text{m}$ 以下、比表面積 $1000\text{m}^2/\text{g}$ 以上)焼成条件を確立する。

(4)エンジニアリングデザイン教育への導入 演習科目2単位=90時間での実施を計画する。学科横断型教育を行うため学科混成による4~5名のグループを編成する。地域連携型教育を行うため参加学生全員による現況調査の実施する。「ごみ回収技術」、「再資源化技術」、「発生抑制技術」などの課題に対して取り組む(合宿および学内の時間割内で実施)。活動期間中、地域や自治体関係者による講演を開催しアイデア創出を支援する試みを行う。成果物を市民関係者に向けてプロポーザルを実施する。合宿型体験教育として活動期間中2~3泊の合宿活動を2回程度実施する。教育の達成度評価として次の視点1)~4)から総合評価する。1)プロポーザルにおける一般聴講者・地域関係者の評価(知識の統合力、多様な考え方の評価)2)プロポーザルにおける担当教員の評価(知識の統合力、多様な考え方の評価)3)最終報告書(取り組み姿勢、知識の統合力の評価)4)担当教員による活動全体の取組姿勢(チームワーク力、コミュニケーション力の評価)

4. 研究成果

(1)漂着ごみの現況調査

漂着ごみの発生源と時期を明らかにするため山形県庄内地方における沿岸部や河川敷のごみの著しい地点において100mを見渡し平均的にごみが散乱している個所における区間 $10\text{m}\times 10\text{m}$ に漂着している流木・海草を除く人工系海岸漂着物等を回収した(図1)。ICC(International Coastal Cleanup)データカードに基づいてごみの分類を行った。どの回収地点においても欠片(プラスチック、シート、発泡スチロール)が圧倒的に多いことがわかった。



図1 漂着ごみ回収作業

河口付近での総ごみ量は20L袋の約1杯分(指標ランク3)から2杯分(同ランク4)であった。この散乱ゴミ指標評価手法は国土交通省、一般社団法人J E A N / クリーンアップ全国事務局、特定非営利活動法人パートナーシップオフィスが協働で開発したものである。河口から離れた地点においては1/4杯分(ランク1)であり漂着ごみの発生する場所は特定の地域に偏っていることが分かった。

(2) プラスチックごみの再資源化研究

プラスチックごみの成分分析を赤外吸収スペクトル分光器 (FTIR) および示差走査型熱量分析 (DSC) によって行った。その結果、プラスチック製品の多くはポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンが主な成分化合物であった。長尺物である漁網についてもポリエチレン製もしくはポリエチレンとポリプロピレンの複合物であった。漁網から再生プラスチック製造を試みた。漁網を洗浄、裁断、溶融、熱プレスにより成形品を作成し強度試験を行った(図2)。ポリエチレン製漁網を原料とした場合には引っ張り強度は最大で25MPa、弾性率は1000MPa程度であり汎用性樹脂と同程度の力学的性質を示すことを確認した。材料の熱処理により再結晶化することで弾性率は向上した(図3)。しかしポリエチレン、ポリプロピレン混紡を原料とした場合、異種成分高分子による相分離構造が形成され力学的性質は低下した。しかしながら充填剤による補強効果を追求した結果、粒径1 μ m程度に微粉碎した粉殻を樹脂中に複合することで弾性率を向上する事を確認した。充填剤は樹脂中の空隙を塞ぐ作用、外力を分散、緩和する作用があり極めて細かく粉碎したものの弾性率工場の著しい事を認めた。

(3) 流木の炭焼きと炭の評価

流木については炭化物の性質やその応用を検討した。流木炭化物の性質やその応用を検討するため流木を所定温度で炭化した。炭化物の表面は多孔質構造であることを電子顕微鏡により確認した。活性炭に比べ特定の金属イオンを吸着する性質を認めた。ヨウ素吸着表面積法 (JIS法) や BET 窒素吸着法によると流木炭の比表面積は100平方mであり活性炭ほどの表面積は得られなかった。しかしながら活性炭に比べて特定の重金属イオンを吸着する性質がある事を確認したので水浄化剤としての機能が期待される。

(4) エンジニアリングデザイン教育への導入

アクティブラーニングが目指す「持続可能な開発のための教育」プログラムを構築するために本研究課題の実施に当たり、地域連携、学科混成グループワーク、合宿活動の3つを基軸として教育プログラムを立ち上げ実施した。フィールドワークを行う地域として山形県の離島「飛島」を選定し実施した。飛島での高齢化率が高い事から地域住民単独では不可能であるような、ごみの回収や再資源化を主テーマとし工学的見地から住民の暮らしを支援する解決策を確立していった。教員から複数のテーマや実施を示し、取り組みたいテーマを確立させた。以下のテーマで取り組みを行った。1 効果的荷役運搬デバイスの開発、2 流木の炭焼きと活用(図4)、3 海岸清掃装置の試作である。また、現地活動を実施していく中で漂着ごみ以外の廃棄物活用による地域支援の要望も寄せられた。そこで今後の展開の可能性を調査する為、廃材(間伐材)や廃棄衣類(シルク)を用いた環境浄化の予備試験を行った。現地での合宿において現地試作を行い試運転まで実施した。

漁網からの再生プラスチック製造

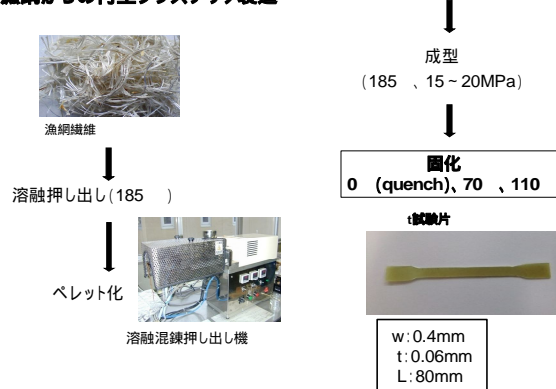


図2 漁網から再生プラスチック製造過程

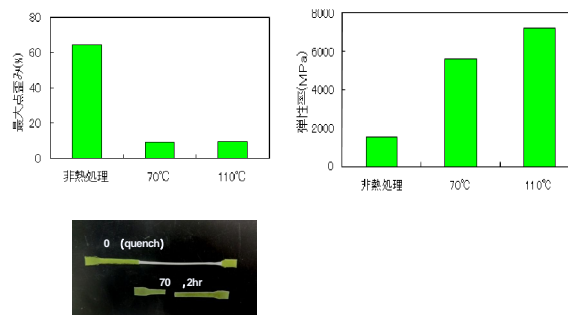


図3 ポリエチレン製漁網から再生したプラスチックの引張試験結果および熱処理の有無による破断歪変化



図4 簡易炭焼き窯による流木炭焼き

市民に向けての成果報告のため「環境フェア」つるおが 2017 (平成 29 年 9 月、於鶴岡市), および 2018 (平成 30 年 9 月、鶴岡市) さかた産業フェア 2017 (平成 29 年 9 月、於酒田市) にて学生による制作物およびポスター発表を実施した(図 5)。発表学生はメーカー技術者, 自治体関係者はじめ様々な分野の方々との意見交換することが出来た。成績評価には以下の基準を用いた。1) プロポーザルにおける一般聴講者・地域関係者の評価, 2) プロポーザルにおける担当教員の評価, 3) 最終報告書, 4) 担当教員による活動全体の取組姿勢 である。本プログラムに参画した学生のアンケート調査を行った。「班員皆が協力的であった」, 「現場の役に立つ技術を確認することの大変さを学んだ」, 「これからしっかり勉強していきたい」等といった今後の学習意欲を高める声が多数であることを確認した。このプログラムを適用する前後での学生の意識にも顕著な違いが見られた(図 6)。特にチームワーク力やリーダーシップ力の重要さと自己を研鑽した様子が強く伺える結果となった。このような経験を通じて学生にとっては予測困難な課題の解決に向けた知識の活用の重要性を理解する機会となった。

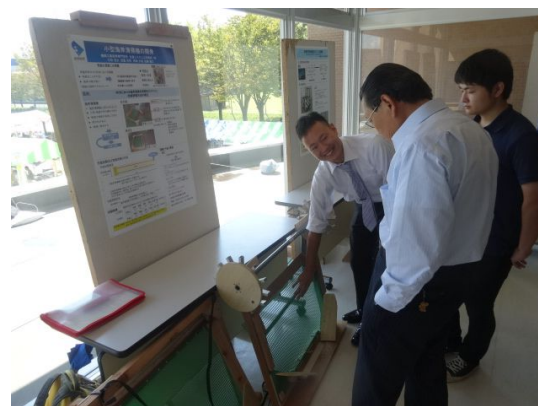


図 5 成果発表の様子

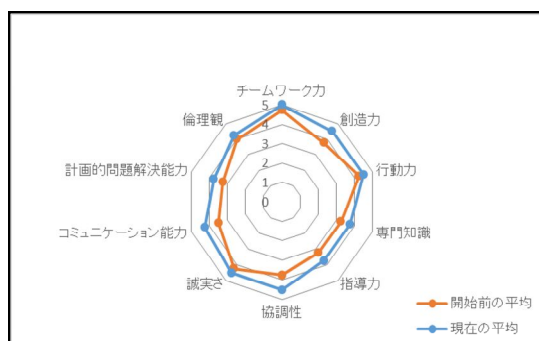


図 6 プログラム実施前後における学生の自己評価(平均)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8 件)

1. T. Sato, T. Takahashi, T. Sato, H. Iizuka, M. Shishido: Strength Properties of Adhesive Containing Porous Carbon Materials made from Rice Hull, Transactions of Mat. Res. Soc. Japan, vol.41, pp117-120(2016)
2. T. Sato, M. Shishido, T. Houga, R. Onodera: Development and Operation of Engineering Design Educational Program Cooperated with Local Community, Transactions of International Symposium on Advances in Technology Education 2016, pp141-146(2016)
3. T. Sato, M. Shishido, T. Houga, R. Onodera: Development of Engineering Design Educational Program Cooperation with Local Community, Transactions on GIGAKU, pp,03006/1-8(2016)
4. Tsukasa Sato, Tsugumi Seki, Shino Yokoyama, Shinko Ito: Adsorption of Cesium Ion on Silk Fibroin in Aqueous Solution, Transaction of the Materials Research Society of Japan, vol. 42, No.2, pp.19-22 (2017)
5. Tsukasa Sato, Saki Abe, Shinko Ito, Tatsuo Abe: "Silk fibroin fiber for selective palladium adsorption-Kinetic, isothermal and thermodynamic properties", Journal of Environmental Chemical Engineering, vol. 7, pp. 102958/1-8(2019).
6. Michiaki Shishido, Shinko Ito, Tsukasa Sato, Kento Honma, Takuma Ito, Takeshi Takahashi and Hiroshi Iizuka, "Surface Precipitates Formed on a Porous Carbon Material made from Rice Bran during Seawater Immersion", The Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol.43, No.3, pp.205-208 (2018)
7. Michiaki Shishido, Kodai Saito, Mitsuaki Yamada, Tsukasa Sato, Ryoji Onodera, "Effects of an Audience Response System for Peer Evaluations of Student Presentations in an Engineering Ethics Course", Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers, Vol.6, No.4, pp.148-155 (2018)
8. Kodai Saito, Mitsuaki Yamada, Takashi Miura, Tsukasa Sato, Ryoji Onodera, Michiaki Shishido, "Proposal and Evaluation on Formation of Abilities Averaging for Effective Active Learning", Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers, Vol.7, No.2, (2019) (in press)

〔学会発表〕(計 24 件)

1. T. Sato et.al.,: Development and Operation of Engineering Design Educational Program Cooperated with Local Community, The 10th International Symposium on Advances in Technology Education, No.1203(2016)
2. 佐藤春輝, 佐藤司ほか「セルローズハイドロゲルの作製とシルクタンパク質による複合化」, 第 19 回化学工学会学生発表会, 発表番号 E119(2017)
3. 佐藤慶, 佐藤司ほか「乾燥マコモ茶の血圧・心拍数に及ぼす影響」, 第 19 回化学工学会学生発表会, 発表番号 C117 (2017)

4. 菅原叶夢, 佐藤司ほか「山形県飛島の海水成分と島豆腐への利用の試み」, 第 19 回化学工学会学生発表会, 発表番号 C116 (2017)
5. ワユディン ビン ワギル, 佐藤司ほか「熱分解 BDF 製造のための固体触媒の調製と評価」, 第 9 回廃棄物資源循環学会東北支部, pp22-23 (2017)
6. 菅原博人, 佐藤司ほか「ニセアカシア間伐材炭化物に対する重金属イオンの吸着」, 第 26 回 MRS 学会, 発表 ID E2-P19-011" (2016)
7. 伊藤拓真, 宍戸道明, 佐藤司ほか「米糠から作製した多孔質炭素材料の海水浸漬下で生成される表面析出物分析」, 第 26 回 MRS 学会, 発表 ID E2-P19-018 (2016)
8. 古野颯人, 佐藤司ほか「酒田港大浜海岸における生物多様性創出実験」, 第 22 回庄内・社会基盤技術フォーラム, 講演番号 C-5 (2017)
9. T. Sato, et al., "Preparation and properties of cellulose/silk fibroin hybrid hydrogels", Tentative Program of CU-NUT Joint Symposium on Biomass Materials & Technology (タイ バンコク)
10. Michiaki Shishido, Kodai Saito, Mitsuaki Yamada, Tsukasa Sato, Ryoji Onodera : Effects of an Audience Response System for Peer Evaluations of Student Presentations in an Engineering Ethics Course, Proceedings of the 5th IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2017 , pp.433-439, (2017)
11. 宍戸道明, 齋藤広大, 山田 充昭, 佐藤 司, 小野寺良二: 技術者倫理教育における学生発表の相互評価と ARS の効果, 産業応用工学会全国大会 2017 講演論文集, pp.63-64, (2017)
12. Tsukasa Sato, Michiaki Shishido, Takeshi Houga, Ryoji Onodera: Operation of Engineering Design Educational Program Covering Environmental Problems in Local Community, The 6th International GIGAKU Conference in Nagaoka, p. 6 , (2017)
13. Tsukasa Sato, Tsugumi Seki, Saki Abe, Shinko Ito, Tatsuo Abe: Adsorption Behavior of Metal Ions on Silk Fibers, The 6th International GIGAKU Conference in Nagaoka, p.66 (2017)
14. 山下明哉, 佐藤司, 佐藤貴哉, 菅原吐夢, 佐藤慶, 櫻井憲一: Deodorant Material for Life Smell using Heat-Treated Bamboo (熱処理竹を用いた生活臭の消臭), 第 27 回日本 MRS 学会, 発表 ID S-06-003, (2017)
15. 菅原博人, 佐藤司, 長谷川一紗, 宍戸道明, 伊藤眞子: Adsorption of Heavy Metal Ion to Charcoal from Black Locust Scrap (ニセアカシア炭に対する重金属イオンの吸着), 第 27 回日本 MRS 学会, 発表 ID S-06-004, (2017)
16. 佐藤宏之, 佐藤春輝, 矢作友弘, 佐藤司: セルロースハイドロゲルの作製とシルクタンパク質との複合化, 第 20 回化学工学会学生発表会, 講演 ID C01, (2018)
17. 阿部咲葵, 横山詩乃, 佐藤司, 伊藤眞子, 阿部達雄: シルク繊維に対する白金族イオンの吸着と pH 効果, 第 20 回化学工学会学生発表会, 講演 ID B03, (2018)
18. 佐藤司, 宍戸道明, 小野寺良二, 宝賀剛: 離島住民の暮らしを支援するエンジニアリングデザイン教育の実施と課題, 第 23 回高専シンポジウム in 神戸, 講演番号 PG-037, (2018)
19. Tsukasa Sato, Michiaki Shishido: "Mechanical and Structural Properties for Recycled Thermoplastics from Waste Fishing Ropes", 5th 3R International Scientific Conference on Materials Science and Waste Management 2019, poster No. P2-5 (Feb. 27, 2019, Bangkok).
20. Tsukasa Sato, Shota Takahashi, Michiaki Shishido: "Recycled Thermoplastic Composites from Fishing Rope with Crushed Rice Hull", Proceedings of the 6th IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2018, poster No. PS-9 (Sep. 13, 2018).
21. H. Sato, T. Sato, H. Sato and T. Kobayashi: "Hydrogel properties of cellulose/silk fibroin composite prepared by LiCl/DMAc solution" (LiCl/DMAc 溶液から調製したセルロース/シルクフィブロイン複合ハイドロゲルの性質), 第 28 回日本 MRS 年次大会, 講演番号 G1-018-006 (2018)
22. T. Sato, S. Abe, S. Ito, and T. Abe, "Adsorption Behavior of Platinum Group Ions to Silk Fibroin from Aqueous Solution" (水溶液におけるシルクフィブロインタンパク質に対する白金族イオンの吸着挙動), 第 28 回日本 MRS 年次大会, 講演番号 G1-018-005 (2018)
23. 阿部哲也, 佐藤司: "ニセアカシア間伐材炭の炭化物に対するパラジウムイオンの吸着挙動" 第 11 回廃棄物資源循環学会東北支部研究発表会予稿集, pp.58-59(2019)
24. 佐藤司: "海岸漂着漁網を原料とした再生プラスチックの製造と熱処理による機械的性質の変化" 第 11 回廃棄物資源循環学会東北支部研究発表会予稿集, pp.28-29(2019)

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 宍戸 道明

ローマ字氏名: Shishido Michiaki

所属研究機関名: 鶴岡工業高等専門学校

部局名: その他部局等

職名: 教授

研究者番号 (8 桁): 30509675