

研究課題	地域資源を利活用した 6 次産業化へ提案！地域課題に着目した工業高校生が考える環境教育材料の開発と実践
副題	～ICT を活用した持続可能な環境・社会・経済の実現に取り組む人材育成を目指して～
キーワード	環境教育、環境分析、スマート専門高校、工業教育、主体性
学校/団体名	公立富山県立魚津工業高等学校 情報環境科・環境科学部
所在地	〒937-0001 富山県魚津市浜経田 3338 番地
ホームページ	<a href="http://www.uozu-th.tym.ed.jp/">http://www.uozu-th.tym.ed.jp/</a>

## 1. 研究の背景

新学習指導要領では、地域課題の解決等の探究的な学びを実現する取組みを推進することで、地域振興の核としての高等学校の機能強化を図ることが求められている。専門学科では地域の産業界等との連携・協働による実践的な職業教育を推進し、地域に求められる人材を育成することが重要である。本校は、平成 10 年より**環境教育**に力を入れており、毎年、外部講師による講話や生徒の研究発表を行う**環境講演会の開催**や**環境情報新聞の発行**、また環境イベントへの参加を通して**地域へ環境に関する情報発信**を行っている。

本研究により**地域社会との関わりをもつ**ことで、学校の中だけではできない**多様な社会体験を経験**し、高校生のうちに地元地域を知ることにより、地元への定着やUターンが促進されることが期待できる。また、**地域の活動に高校生が参画**することにより、**地域活力の向上へ貢献**できるようにしたい。特に、**地域の小学校や中学校と連携**し、ICT を活用した環境教育プログラムを立ち上げ、地域環境について幼少期より考える機会を生徒間でもたせたい。

## 2. 研究の目的

環境科学部では、**地域課題に注目した 3 つの調査研究活動**を行っている。1 **本校周辺に漂着する海洋ゴミや人間活動により排出されたプラスチックを利活用した水処理技術に関する研究**、2 **魚津市特産のバイ貝の貝殻を利活用した光触媒材料の開発**、3 **地域の水の美しさを保持できているか調査する水質・大気汚染調査**である。科学的な研究活動だけに力を注ぐのではなく、工業高校の特徴を十分に生かし、得られた研究成果を地域活性化へ活用するプロセスを経験することは、持続可能な時代を生き抜く生徒に大変重要であると考えられる。

本研究では、**環境教育を地域社会と連携し実施**することで、ものづくりに関する専門的な技術を身に付け、**持続可能な環境・社会・経済の実現**に興味関心を持った**地場産業を支える人材を育成**することを目的とした。また、小中学校と連携し、環境教育を行うことで、**環境に興味関心を抱く児童生徒を多く育てたい**。

本校は、活力ある生徒の育成を学校課題としている。生徒一人一人について、能力・適性の伸長を図ることを目標として、積極的に実践することのできる生き生きとした生徒の育成を図りたい。現状は、目的意識に乏しく、目標に向かって計画的・継続的・積極的に取り組もうとする態度がやや不足している。また、情報環境科の電子機械コースと化学工業コースの学びを主体的に

活用しようとする力が乏しい。

本研究により、研究成果を地域社会と関わりながら発信することで、自ら習得した知識や技術を見える化することができる。さらに、達成感や成就感を味わうことによって、積極的に行動し次の活動につなげようとする意識を高めることが期待できる。工業高校の学びを生かし、持続可能な環境・社会・経済の実現に興味関心を持った地場産業を支える人材を育成したい。

### 3. 研究の経過

本研究は、環境科学部 1～3 年 8 名、情報環境科 1～3 年 113 名を対象に実施した。対象科目は、課題研究、実習、電子機械、工業化学、地球環境化学とし、各コースの実習や座学の繋がりを意識した活動を心掛けた。

具体的には、水循環に注目し、廃棄物を利活用して環境浄化する光触媒材料の開発と開発した材料の応用に挑戦する。本校情報環境科の特徴的な電子機械と化学工業の学びを活用する力を育成し、地元の 6 次産業化等推進に向けて地域資源のバリューアップを提案する。また、得られた研究成果をものづくり教室やイベントなどで生徒が主体的に ICT を活用して発表できるようにする。

表 1 研究の経過

時期	取り組み内容	評価のための記録
4 月下旬	魚津市 6 次産業化等推進事業の調査	インタビュー
5 月～	バイ貝と酸化チタンの複合化と光分解の検討	観察記録・写真
5 月～	地域資源回収ロボットの開発	観察記録・写真
5 月 21 日	アースデイにいかわ参加 ものづくり教室開催（環境分析の体験）	参加者・保護者のコメント
6 月 5 日	アースデイとやま参加 ものづくり教室開催（環境分析の体験）	参加者・保護者のコメント
6 月 16 日	食品廃棄物を利活用した光触媒材料に関する研究発表	参加者のコメント
7 月 23 日	食品廃棄物を利活用した工業材料の開発についての発表、意見交換	参加者のコメント
8 月 5 日	ものづくり教室の開催（ライントレースカーの製作）	観察記録・写真
8 月～	光触媒を材料とした環境発電の検討	観察記録・写真
10 月	環境イベントの出展（魚津環境フェスティバル）	参加者のコメント
10 月～11 月	外部講師によるプログラミング講習会の開催	観察記録・写真
11 月 5 日	環境講演会の開催	参加者のコメント
12 月	光触媒を材料とした環境発電の検討	観察記録・写真
1 月	光触媒を電極とした環境発電の環境教育材料への展開	インタビュー
3 月 11 日	廃棄プラスチックを利活用した水処理に関する研究発表	参加者のコメント
3 月 12 日	食品廃棄物を利活用した光触媒材料に関する研究発表	参加者のコメント

#### 4. 代表的な実践

##### 4. 1 食品廃棄物を利活用した光触媒材料に関する研究

魚津市では6次産業化等推進事業としてバイ貝を全国的にPRしている。近年は地域おこしとしてバイ貝を食材として利用し、「バイ飯」として全国的にも知られるようになった。一般的に、ホタテ貝は工業材料として利用されているが、バイ貝の貝殻は利活用されていない。貝殻の成分には炭酸カルシウムが多く含まれており、これを活用して酸化チタン複合微粒子を調製し、漁業用の器具に海洋生物が付着しにくくすることを目的とした。廃棄物として処理される貝殻を利活用して環境保全に役立つ材料を提案し、SDGs12「つくる責任 つかう責任」の達成に向けた活動を行うことにした。

##### 4. 1. 1 貝殻と酸化チタンの複合方法の検討

sol-gel法により調製した各種複合微粒子(200°C焼成)の外観写真を図1に示す。参考として市販品のTiO<sub>2</sub>(WAKO)アナターズ型の様子も示す。これより、3時間の200°C焼成後は、TiO<sub>2</sub>は白色の微粒子となった。一方、その他の複合微粒子は、褐色の微粒子となることが分かった。(c)は、炭酸カルシウム溶液、(d)は、貝殻を塩酸で溶解したもの(貝殻(溶液))、(e)は、貝殻の粉末を水に分散させたもの(貝殻(粉末))をTBOTと加水分解させて、TiO<sub>2</sub>と複合した。

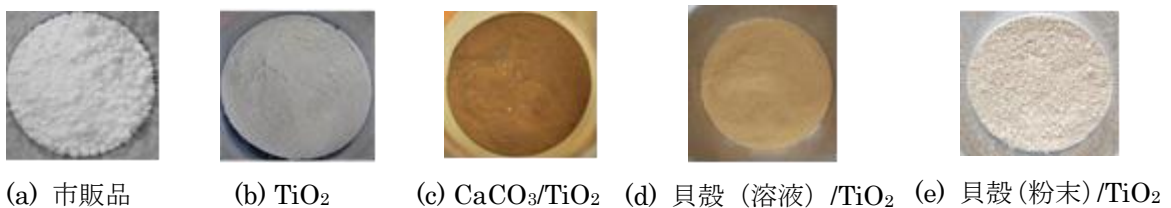


図1 TiO<sub>2</sub>を含有した微粒子の外観写真

##### 4. 1. 2 複合微粒子の物性評価

予め200°C焼成した各種複合微粒子を25°C~800°Cまで空気中で示差熱分析装置(Thermoplus EVO2 TG-DTA8122/C, RIGAKU)で示差熱(TG-DTA)を測定した。この装置は、国の事業である「スマート専門高校」の実現で導入された。測定結果を図2に示す。調製したTiO<sub>2</sub>、貝殻(溶液)/TiO<sub>2</sub>は、TG曲線の熱的安定領域の約400°C付近でDTA曲線に発熱ピークが確認できた。

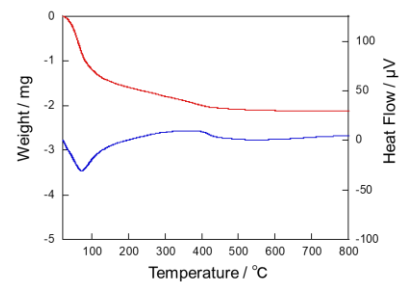


図2 TG-DTA曲線

文献値よりアナターズ転移が起きたと考えられる。しかし、図2に示すように貝殻(粉末)/TiO<sub>2</sub>のみ400°C付近のアナターズ転移が小さかった。また、測定開始からプラトー付近までの重量減少率は最も小さく-20%となった。貝殻を直接TiO<sub>2</sub>に複合させることによりアナターズ転移が抑制されることが示唆された。

##### 4. 1. 3 可視光照射による光触媒能の評価

自作した光照射装置内で、1時間光照射(λ≥470 nm)した後のメチルオレンジ(MO)の光分解実験の結果を図3と図4に示す。これより、分解物質に用いたMOは光照射の影響を受けないことを確認した。また、市販品はアナターズ型であることから、紫外線のエネルギーが必要である。よって、可視光領域ではMOがほとんど分解しないことが考えられる。sol-gel法で調製

した試料(a)~(e)はMOの残存率が低くなる傾向にある。特に、貝殻を分散させて直接TiO<sub>2</sub>を被覆した貝殻(粉末)/TiO<sub>2</sub>が最もMOの残存率が低くなることが分かった。暗所では分解しないことを確認したことから、MOを除去できる力が高いことが示された。

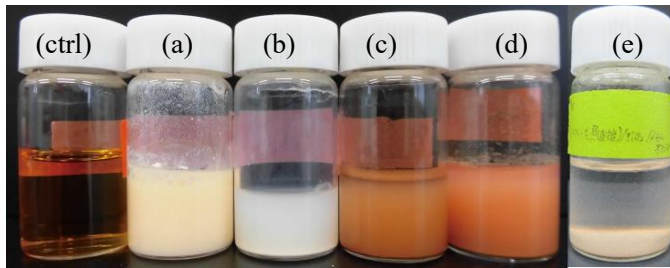


図3 光照射後の各種試料の外観写真

(ctrl)メチルオレンジ単独 (a)市販品  
(b)TiO<sub>2</sub> (c)Ca/TiO<sub>2</sub>複合微粒子  
(d)貝殻(溶液)/TiO<sub>2</sub>複合微粒子  
(e)貝殻(粉末)/TiO<sub>2</sub>複合微粒子

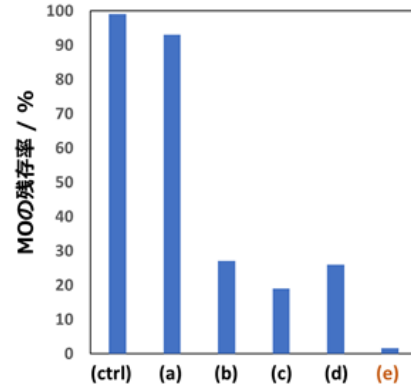


図4 光分解実験

(ctrl) MO, (a) 市販品, (b) TiO<sub>2</sub>  
(c) CaCO<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>  
(d) 貝殻(溶液)/TiO<sub>2</sub>,  
(e) 貝殻(粉末)/TiO<sub>2</sub>

#### 4. 1. 4 調製した光触媒を活用した色素増感太陽電池への応用

産業廃棄物となるバイ貝の貝殻を活用して光触媒材料にできることが示唆された。そこで、地元の方に身近な食材が工業材料として利活用できることを理解してもらうために、貝殻(粉末)/TiO<sub>2</sub>複合微粒子の太陽電池を作製することを試みた。今回は、モデル実験として、図5のように市販品のTiO<sub>2</sub>を使って色素増感太陽電池のモデルを作製し、オルゴールを鳴らしたり、プロペラを回したりすることを試みた。また、電流・電圧値をmicro bitを利用して測定することで、プログラミング体験も行えるようにした。さらに、色素には、ハイビスカスティーの抽出液を使用することで、幼児も安全に体験できる環境教育材料を提案した。鈍い音ではあったが、オルゴール音を鳴らすことができた。今後は、貝殻(分散)/TiO<sub>2</sub>複合微粒子で太陽電池を作製し、環境イベントで活用できるようにしたい。

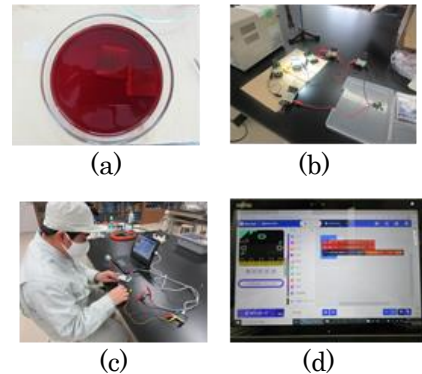


図5 太陽電池の作製の様子

(a) 色素吸着させた電極  
(b) 光照射の様子  
(c) 測定の様子  
(d) プログラミング

#### 4. 2 プラスチックを利活用した水処理技術に関する研究

環境科学部の生徒が主体となって、廃プラスチックを利活用した水処理技術に関する研究を行った。まず初めに、学校周辺の海岸で海洋プラスチックの漂着状態を調査した。そして、海洋プラスチックを廃棄するのではなく、凝集剤として利活用し、汚れた水をきれいにする研究を進めた。回収されたプラスチックごみはサーマル燃料とし熱処理されることが多い。よって、熱処理する以外の活用方法を提案した。

##### 4. 2. 1 漂着物調査・マイクロプラスチック調査

学校周辺の経田海岸に漂着する海洋ごみを調査した。図6は漂着物調査の様子を示す。内訳は

「その他人工物」の木材が最も多く、次いで「プラスチック類」、「紙類」、「発泡スチロール類」となった。片貝川河口付近ということもあり、河川から流入した木材の漂着が多いと考えられる。マイクロプラスチックは全体で4個のみ確認できた。調査範囲は広いため1区画100 m<sup>2</sup>全てを調査していないことから、少ない結果になった。



(a) マイクロプラスチック調査 (b) マイクロプラスチック  
図6 マイクロプラスチック調査の様子

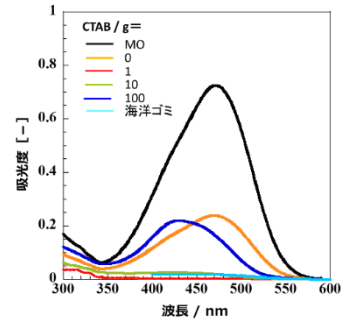


図7 染色排水(MO)の吸光度

#### 4. 2. 2 ポリスチレン (PS) を捕集剤とした染色廃液の処理

捕集剤に、発泡スチロール (ポリスチレン (PS)) とカチオン性界面活性剤である Cetyltrimethylammonium Bromide (CTAB) を使用した。また、汚染水モデルとして染料である Methyl orange (MO) を用いた。5 wt% の PS に 1~3 wt% CTAB 水溶液を重量比 CTAB : PS = 1:0~0:1 になるように混合し 0.03 mmol/L MO 水溶液を所定量加えて、5 分間マグネチックスターラーまたはミキサーで攪拌した。1 wt% CTAB 水溶液で処理したろ液の吸光度測定の結果を図7に示す。1 wt% CTAB 水溶液が 1 g (5×10<sup>-3</sup> wt%) で、吸光度が 0 に近づくことから、ろ液が透明になり、MO を除去できることが明らかとなった。また、最適条件で海洋ごみ (PS) を使用して処理実験を行ったところ、図7に示すように MO をほぼ処理できることが明らかとなった。

#### 4. 2. 3 研究成果の発表

海洋プラスチックを含め PS などのプラスチックを捨てるだけでなく、水処理用の捕集剤として活用できることが明らかとなった。そこで、これらの技術を地域の方々や小中学生に紹介して、環境保全に興味をもつことやプラスチックの利活用を考える機会にするため、図8の水処理装置の作製を試みた。この水処理装置は、オンラインによる研究発表や博物館などで展示し、工業高校生が考えた環境教育材料の一つとして紹介した。



図8 生徒が製作した水処理装置

### 5. 研究の成果

本研究は、研究成果を地域社会と関わりながら発信することで、生徒自ら習得した知識や技術を見える化することを意識した。このことから、達成感や成就感を味わうことによって、積極的に行動し次の活動につなげようとする意識を高めることができた。工業高校の学びを生かし、持続可能な環境・社会・経済の実現に興味関心を持った地場産業を支える人材育成に効果があったと考えられる。

#### 5-1 生徒が習得した知識や技術の見える化 (成果発表)

第17回高校環境化学賞 奨励賞

2022年6月16日(木)



日本海学研究グループ支援事業研究成果発表会	2022年7月23日(土)
環境講演会 2022	2022年11月5日(土)
令和4年度課題研究発表会	2023年2月2日(木)
第28回コカ・コーラ環境教育賞 優秀賞	2023年3月11日(土)
2022年度「高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援事業」成果発表会	2023年3月12日(日)

生徒自ら学んだことを分かりやすくまとめ、発表し、質疑応答にも適切に対応できる力を育成することができた。また、習得した知識や技術を理解し、次の活動につなげようとする意識を高めることができたと考えられる。関係者へインタビューしたところ、次のような回答を得られた。

- ・基礎研究から応用への展開に可能性あり、研究の進め方が大変興味深い。
- ・堂々と発表している。質疑も回答しており、大変成長を実感できる。

#### 5-2 持続可能な環境・社会・経済の実現に興味関心を持った地場産業を支える人材育成

地域の方へ実施したアンケート調査の一例を図9に示す。今回の研究発表を通して廃棄物となる貝殻(バイ貝)の光触媒への利活用に興味関心を持っていただけたことが分かった。この結果は、生徒が自信をもって活動できることに繋がり、地域資源の利活用や地元産業について考える良い機会となった。食品廃棄物の利活用について研究した生徒の中には、地元水産業へ就職することになったことから、目標であった地場産業を支える人材育成についても効果があったと考えられる。

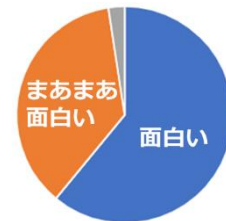


図9 食品廃棄物を利活用した光触媒材料について

## 6. 今後の課題・展望

本研究では、小中学校への出前授業を計画したが実現しなかった。生徒へのアンケートから出前授業を行いたかったという意見もあることから、来年度以降生徒が主体となった出前授業を実施したい。また、電子機械コースと化学工業コースの生徒の学びを共有する時間を多くとり、協同した活動を通して生まれるアイデアを形にすることも大事にしながら研究を継続したい。

## 7. おわりに

貴財団の研究助成により、情報環境科・環境科学部の生徒が主体的に活動し、自ら提案したアイデアを形にすることができた。全学年が環境というキーワードのもと、化学工業と電子機械の学びを融合したものづくりの実践に意欲的に取り組んだ。今後も主体的な学びの場を大切にしながら教育活動を実践していきたい。助成していただきました、公益財団法人パナソニック教育財団に御礼申し上げます。

## 8. 参考文献

溝田浩二(2013)「ミツバチ生産物を活用した環境教育の実践」『宮城教育大学環境教育研究紀要』5, 13-23