

SDGsの開発目標を基盤とした

「身近な課題から国際貢献へのつながりを見据える」

科学部の活動に向けて



実施担当者 青森県立弘前中央高等学校
教諭 柴田 大毅

1 はじめに

弘前中央高校自然科学部は、一昨年春、顧問に私が就任し、休部状態から再開した部活動である。再始動するにあたり、活動のテーマとして「SDGsの開発目標をキーワードとした研究」を掲げて活動を始めた。令和2年度青森県高総文祭自然科学部門において、学校が位置する弘前市の特産物であるリンゴの廃棄量削減をテーマとした「落下リンゴの材料リサイクル～アップルペクチンのキレート作用の評価～」が最優秀賞を受賞し、全国高総文祭和歌山大会に出場した。「SDGsの開発目標に即したテーマ選定」が評価を得ての受賞である。そこで、今年度の活動では、

- ①SDGsの開発目標によるテーマ選定を、地域貢献に留まらず国際貢献に広げる。
- ②研究現場で実際に行われている評価手法を用いて研究を行うこと。

この二本柱で活動を行うこととした。そこで、研究テーマの一つとして、主成分が CaCO_3 で共通である、学校で廃棄されるチョークと本県の代表的な水産業であるホタテを加工する際に生じる貝殻の再利用法を検討することを掲げた。

2 実験概要

2-1 試料作製と評価手順

本校の教室から、細くなったチョークや黒板消しクリーナー内の粉末を回収した。ホタテ貝殻は食べ終わった稚貝の貝殻を持ち寄った。これらを金槌と乳鉢・乳棒で粉碎し、吸着材を作製した。また、試料の焼成加工は粉碎する



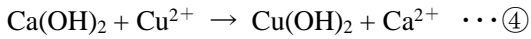
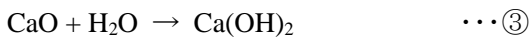
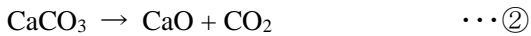
前の各試料を小型電気炉で3時間、 $200\sim 800^\circ\text{C}$ で焼成した。

得られた試料の吸着能を検討するための吸着実験は、次の手順で行った。

- ① 1.0 mol/L 硫酸銅(II)水溶液 50 mL に対し、作製した粉末試料を添加した。
- ② マグネチックスターラーで 1 時間攪拌した後、ドライアスピレーターで吸引る過を行った。
- ③ 分光光度計を用いて、800 nm における濾液の吸光度を測定し、予め作成した検量線の直線回帰式を用いて、 $[Cu^{2+}]$ を算出した。

2-2 吸着実験の結果と考察

吸着実験の結果を図 2 に示す。吸着材の質量が増加するにつれて、吸着率が増加した。さらに、焼成処理したことで、未焼成の場合に起こっていた吸着率の頭打ちが改善された。濾別によって得られた沈殿が青緑色を呈していたため、塩基性炭酸銅(II) $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ が生じたことで吸着が進行したものとされる。起こったとされる反応式は、



であり、化学吸着としては①による $CuCO_3$ 生成による機構と②～④による $Cu(OH)_2$ 生成による機構の二つと考えられる。

この考察を補足するものとして、吸着に寄与しているとされる $CaCO_3$ 、 CaO 、 $Ca(OH)_2$ の標準試薬を吸着材として同様の実験を行い、 Cu^{2+} の除去を表 1 に示すとおり、確認している。

一方、未焼成の場合に吸着材の質量が増加するに従って、吸着率の頭打ちがみられたため、物理吸着も進行しているのではないかと考え、吸着材の添加方法を種々変えたもので吸着率の変化を観測した。結果は図 3 の通りであるが、吸着材を小分けにして添加することで、吸着率が高くなった。

結論としては、 $CaCO_3$ による Cu^{2+} の除去は、化学吸着のみならず、物理吸着も寄与している複合的な機構で進行しているというものだった。

この考察を補足するものとして、試料を焼成した際にチョークの場合は色素が抜け、白色粉末に変化していた(図 4)。ホタテ貝殻の場合は高温で焼成するほど、白い灰状に変化していた(図 5)。いずれの試料でも、焼成すると不純物が除かれて物理吸着が減少し、吸着材どうしの衝突による脱離が回避されるようになったと考えられる。つまり、未焼成の場合は不純物に対して物理吸着が起こるため、脱離が起こりやすかったと考えた。

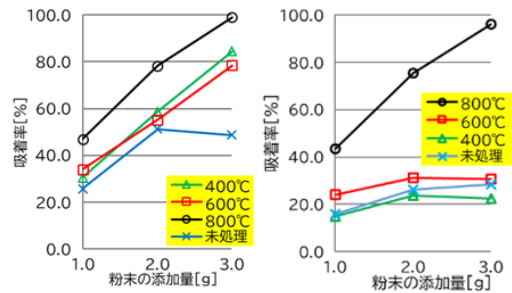


図 2 吸着実験の結果
(左：チョーク粉末、右：ホタテ貝粉末)

表 1 標準試薬による吸着率

試薬	吸着率 [%]
$CaCO_3$	25.7
CaO	35.0
$Ca(OH)_2$	49.1

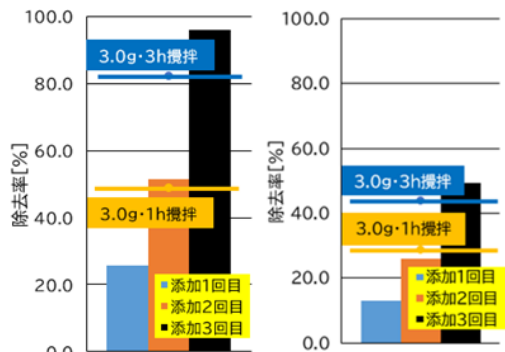


図 3 添加方法の違いによる吸着率
(左：チョーク粉末、右：ホタテ貝粉末)



図 4 チョーク粉末の変化
(左：未焼成、右：800°C焼成)



図 5 ホタテ貝殻の変化
(左：600°C焼成、右：800°C焼成)

2-3 青森県産業技術センター工業総合研究所での測定

最先端の研究方法を生徒に体験させるべく、研究機関に赴く活動を行うことを計画した。しかし、新型コロナウイルス第5波の最拡大期と重なり、校外での活動の自粛が要請されたため、実際に測定を行うことは叶わず、試料作成及び得られたデータの分析・評価は生徒自身が行い、実際の機器操作は研究所に依頼をした。

物理吸着は表面構造の違いによって、吸着効率が変化するとされる。そこで、青森県産業技術センター工業総合研究所にて、走査型電子顕微鏡(SEM)を用い、表面構造の変化を観察した。

チョークでは焼成処理したことで、一つひとつの粉末が膨らみ、膨らんだことで表面に亀裂が生じ、鱗のような見た目に変化した。これは、前述の反応式②が粒子内部で進行し、 CO_2 が発生したことで粒子内部から膨らんだためではないかと考えている。

一方、ホタテ貝殻では焼成処理したことで、細孔が生じた。これも、チョークと同様に反応式②が内部で起こり、発生した CO_2 が外部に逃げる際に細孔が生じたのではないかと考えている。また、ホタテ貝の形成過程を考えると、貝殻の主成分は炭酸カルシウムであるが、これは体の一部であり、タンパク質をはじめとする有機分子で結合されている。そのため、高温で焼成すると、この有機分子が揮発し、細孔の形成や微粉末化が進行しやすくなったとみられる。これらの理由によって、細孔の内部まで Cu^{2+} が取り込まれたことで吸着能が格段に向上したものと考えている。

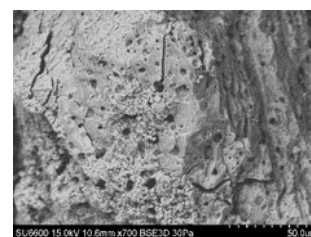
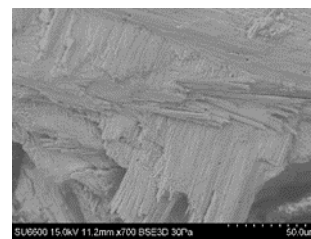
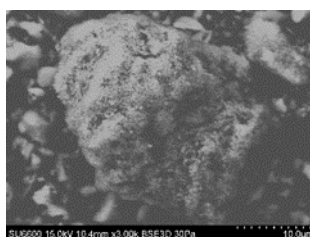
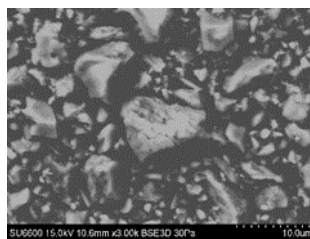


図6 SEM像(チョーク) 図7 SEM像(ホタテ)
(いずれの試料も上：未焼成、下：800℃焼成)

2-4 使用後の吸着材の利用に向けて～光触媒材料への変換に向けた試み～

濾過後の沈殿をそのまま廃棄してしまうと、本研究の意味をなさない。申請段階では、沈殿を溶解し、電気分解することで銅単体としての回収を考えていた。しかし、他の研究テーマを扱っている班がアルギン酸-酸化チタン系光触媒材料の作製を実現しており、Cu由来の光触媒材料にできないかを検討する方向にシフトした。



図8 焼成後の沈殿

これまでと同様に、800℃の電気炉で3時間焼成処理を行ったところ、青緑色だった沈殿が黒色に変化した。酸化銅(II) CuO が生成したものとみられる。しかし、光触媒活性を発現するのは酸化銅(I) Cu_2O であるため、現段階では光触媒材料としての活用には至っていないものの、塩基性炭酸銅(II)を酸化物に変化できるという事実は、実験室レベルで可能であることを示すことができた。

3 研究成果の発表

3-1 青森県高等学校総合文化祭

11月30日(火)、第45回青森県高等学校総合文化祭自然科学部門の論文審査が行われた。本来であれば、10月に口頭及びポスター発表の形式で行われる予定だったが、第5波の収束が見通せないという理由で論文審査に変更となった。そのため、本来は発表練習に割かれる時間を実験に充てることができ、締め切り直前まで実験及び得られたデータの検討を行うことができた。結果は、化学部門第2位の優秀賞を受賞した。惜しくも来夏の東京総文への出場権を得ることができなかったが、実験を主に担当した生徒は2年連続の優秀賞の受賞となった。なお、東京総文へは他の2班が出場権を得ている(研究発表生物部門、ポスター発表部門)。

研究の締めくくりとして、成果を論文にまとめることは必須事項であり、次年度論文コンクールへの応募を予定しているため、出品にあたっての下準備としても有意義な活動となった。

3-2 青森県高校生科学研究コンテスト

12月12日(日)、第9回青森県高校生科学研究コンテスト(於:青森大学)にて口頭発表を行った。全体のトップバッターとして発表に臨んだ。大学教員からの質問にも、柔軟に答えることができ、1年間の成長を感じるものだった。夏に日経サイエンスの取材を受けたが、当時は記者の質問にうまく答えることができず、ショックを受けていたが、そのときと比べて、堂々たるものだった。結果は、全体第2位である、優秀賞を受賞した。コロナ禍のため、当初予定していた県外の学会参加等は叶わなかったが、口頭発表の機会があったことを感謝したい。



図9 発表の様子

3-3 中谷財団成果発表会での発表

12月26日(日)、中谷財団成果発表会(於:東京工科大学蒲田キャンパス)にてポスター発表を行った。来賓のはやぶさ2ミッションマネージャー吉川真氏に直接発表をする機会があり、質疑応答を通して、これまでの研究において不足している点や今後の方針を明確にすることができた。

同月にプレゼン発表とポスター発表の二つを行ったが、同じ内容を報告するにしても、二つの発表には分かりやすく伝えるための違いがあることを感じたようである。プレゼン発表では、如何に視覚的に捉えやすいスライドを作成するかが重要であり、一方、ポスター発表では、ポスターの構成だけでなく、対面的なコミュニケーション力を高めることが大切であると気づいたようである。次年度以降、各種学会でポスター発表を行う予定であるため、科学的コミュニケーション力を更に鍛えていきたい。

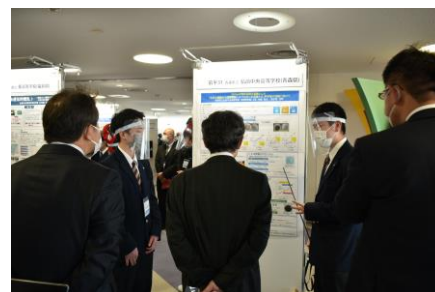


図10 吉川氏との議論の様子

4 まとめ

学校及び地域の課題を科学的に解決の糸口を探る取り組みを行う一環として、本活動を行った。高校の実験室レベルで行う実験に留まらず、大学の研究室で用いられている高価な研究機器を導入することで、高大接続を意識しつつ、科学者の卵を育成することに繋げることができた。現に、部員の進路志望も化学・バイオ系への志望が5人ほど増加したため、このような体験的な活動を積み重ねることが、生徒のキャリアデザインにも繋がることを体感した。

研究内容に関しては、取り組みの最中に研究方針が変更になったものの、他班が得た最新の研究成果を取り入れるという理由だったため、「最新の動向を注視する力」という、研究者として必要な能力が備わった証と考えている。今後も光触媒材料としての適用可能性を探るという視点で研究活動を進めていきたい。

謝辞

本活動は令和3年度中谷医工計測技術振興財団 科学教育振興助成により行わせていただきました。部活動レベルで本格的な研究活動を行うのは資金面で難しい中、このような機会を与えていただき、感謝しております。また、日経サイエンス社の吉盛 猛様には、本校の研究活動について紙面掲載していただき、身の引き締まる思いで一年間、生徒とともに研究に邁進させていただいたことを感謝いたします。

以上