

青森県立大湊高等学校（青森県）

1) 活動の目的及び教育上の位置づけ

本校が位置する青森県下北地域は電源立地地域であり、国のエネルギー政策の重点地域である。一方で、下北ジオパークに指定されていることから、今後も自然環境を守りつつ、電源施設との共存を図ることを目的として、エネルギー・環境教育を推進する必要がある。

本活動では、化学の授業や課外活動を通して、エネルギー・環境教育を行うこととした。本校は進路多様校であるとともに、在籍する生徒の学力差が大きいため、生徒一人ひとりが達成感を抱いて、次なる学習に向かっていくためには、個人ないしペアでの実験活動が望ましいと考えている。

そのためには一人1台の電子端末と同様に、一人1セットの実験キットの整備が必要と考えた。グループで一つの実験キットで実験を行うと、役割分担ができるという点では協力する態度は育まれるかもしれない。しかし、実験というのは一つひとつの操作に意味があり、断片的に取り組むだけでは、科学的に物事を見出す力は得難い。得られる結果も一つとなるため、特定の生徒の発言がそのグループの意見となることが多く、主体的に現象を観察し、反応の規則性を見出すといった深い学びがなされず、対話的な活動が行われているようで実は行われていないと感じている。しかし、実験キットが一人一セット整備されると、少なくとも個人で操作を行い、観察することができるため、自らの意見を持ったうえでペア活動等に臨むことができ、科学的コミュニケーション力が培われると考えている。

自然エネルギーの一つである太陽光を用いた光触媒実験を探究的な活動の一環として行うが、いずれも光を用いた化学反応が起点となるものである。自然エネルギーが投入されるだけで、化学反応が進行することや電気エネルギーを取り出すことができることを実際に目の当たりにすることで、景観が問題視されるといった課題がある太陽光発電所や風力発電所への理解を深めることとしたい。また、実験材料として地蒔きホタテの貝殻や身近な植物由来の色素を用いることで地域の自然にも触れることができ、地域の環境を大切にしながら、エネルギー施設との共存を図っていくための態度を涵養することになる。

2) 具体的な学習・活動と教育活動費の利用内容

本活動は二つに大別される。一つ目として、座学で学んだ知識を実験及びその考察を通して、内容の確実な理解に繋げ、エネルギー化学への関心を高めることである。化学におけるエネルギーは電子の移動によって引き起こされる。そこで、電池や電気分解の実験を通して、化学エネルギーと電気エネルギーの関わりをみる実験を複数回実施した。さらに、電子移動の反応は、酸化還元反応に起因するものであり、酸化還元反応が起こる様子を観察できる実験を複数回実施した。加えて、新学習指導要領において、高等学校においてもエンタルピーやエントロピーの概念についての学習が導入された。熱エネルギーと化学反応の関係を視覚的に理解するための実験を考案し、実施した。これらの実験を行うにあたり、試薬を小分けするためのスポイト瓶や電気化学測定の実験に使用するデジタルマルチメーターなどを人数分用意するために本活動費を利用した。本校にはそういった実験器具がなかったためである。また、年度途中で安価で使い勝手の良い実験器具の情報を得たため、次年度の実施に向けた教材開発を目的として、予備実験用として電気・電子系の実験器具を購入した。

具体的な実験内容を以下で紹介する。

① 酸化還元反応

酸化剤、還元剤としてそれぞれ作用する試薬を混合し、反応前後の溶液の色の変化から反応が進んだこと、そして、生成する物質の色を推察する。また、酸化剤、還元剤の半反応式を足し合わせ

て、起こった反応の反応式を導くことになるが、複数の酸化剤、還元剤の組合せで実験を行うことで、反応式を導く演習にもなり、知識の定着にも繋がる。

② イオン化傾向と金属の析出

金属及び金属イオンの水溶液の組合せを変えて、それらを混合する。イオン化傾向の序列に応じて反応の進行の有無が決まる。複数の組合せで実験を行うことでその規則性を見出す。さらに、見出した規則性を基にして、他の組合せにおける反応の進行の有無を予想し、その妥当性を確認する実験も行う。この反応は金属が還元剤、金属イオンが酸化剤として作用するため、①の実験で導いた反応式をこの実験でも導く。

③ イオン化傾向と電池の起電力

電解質水溶液をろ紙に染み込ませ、その上に銅、鉄、亜鉛、マグネシウムを置く。任意の二枚の金属板をデジタルマルチメーターに接触させ、電位差（起電力の大きさ）を測定する。複数の組み合わせで行った実験結果から、イオン化傾向の差が電位差に一致することを確認する。

④ 電気分解

塩橋で隔てた二つの容器に同一電解質水溶液を入れ、ステンレス製針金を浸し、2本の乾電池を電源として電気分解を行う。用いた電解質水溶液から各極で起こるとされる反応を予想する。その妥当性を確認する。確認方法は、反応後の溶液にBTB溶液やデンプン溶液を滴下し、呈色の様子から判断した。

⑤ エントロピー・エンタルピーの概念

中学校までに学習する発熱・吸熱反応と高校で新たに学習するエンタルピーの概念を繋げるために、尿素の溶解や塩化カルシウムの溶解における熱の出入りから、エンタルピーが増加するか、減少するかを説明する。また、粒子の拡散、集合とエントロピーの概念を繋げるために、気体の発生や物質の溶解の実験を行い、これらの現象を微視的な視点で考察を行う。

⑥ 反応エンタルピーの測定

大学入学共通テストで出題されやすい内容である、実験結果をグラフ化し、それを解析する活動を行った。測定のしやすい尿素や塩化アンモニウムの溶解における温度低下から、溶解エンタルピーを導出する。座学でグラフの読み取り方や計算の方法を学習するが、実際に実験を行い、自ら得たデータを分析することで、自分ごととして実験に取り組む態度を培うことを狙った。

二つ目の活動は、化学に興味を持った生徒を対象として実施したサイエンスクラブの活動である。海藻由来のアルギン酸ナトリウム、貝殻由来の炭酸カルシウムを原料として、人エイクラと称されるアルギン酸カルシウムゲルを作製した。内部に光触媒活性のある二酸化チタンを封入しており、光触媒活性を発現できるか、そして、活性向上のための方策を検討し、試行実験を通して、仮説検証を行う活動を行った。研究成果はスライドやポスター、レポートにまとめ、各種コンテストへの応募や発表会での成果報告を行った。なお、こちらの活動に際し、光触媒活性を評価するために使用するメチレンブルーの購入、貝殻の焼成処理のための角型蒸発皿、酸化チタンの分散処理のための超音波洗浄機の購入のために活動費を使用した。

3) 学習・活動を通じての成果・効果

化学の授業において、エネルギーにまつわる生徒実験は表1に示すものを実施した。

表1 実施した生徒実験(電子移動を伴う化学反応)

No.	実験名	学年・科目	実施月
1	酸化還元反応	3年化学	4月
2	イオン化傾向と金属の析出	3年化学	4月
3	イオン化傾向と電池の起電力	3年化学	5月
4	電気分解	3年化学	5月
5	エントロピー・エンタルピーの概念	3年化学	6月
6	反応エンタルピーの測定	3年化学	6月

※No. 1~3は、化学基礎の内容であるため、2月に2年化学基礎でも生徒実験を行った。



図1 起電力測定の実験の様子



図2 反応エンタルピーの測定実験の様子
(測定、攪拌、記録のため、3人1組で実施)

コロナ禍に中学生活を送っていた生徒たちなので、中学校ではほとんど実験をしてこなかったようである。そのため、年度当初は実験器具の使い方を確認するところから始めた。回数を重ねるにつれて、操作も慣れてきた印象である。化学の醍醐味である目の前で色の変化が起こることや気体が発生することを目の当たりにして、驚嘆の声が上がっており、興味関心を抱かせることに繋がったと感じる。また、問題演習の一環としての実験を位置付けていたこともあり、実験を行った内容の方が、実験を行うことができなかった内容に比べ、内容の定着がよかったように感じる。

サイエンスクラブの活動では、アルギン酸カルシウム膜内に酸化チタンを封入したものが光触媒活性を発現すること、そして、茶抽出液と酸化チタンと共存させることで色素増感効果を発現することを見出した。光触媒活性を評価する実験は、メチレンブルー水溶液に本材料を浸し、太陽光LEDランプを3時間照射したのちに退色率を測定する方法で行った。以下の表は、各反応系におけるメチレンブルーの退色率を算出したものである。

表1 メチレンブルーの退色率[%]

				紅茶	烏龍茶	緑茶
本系	TiO ₂	抽出原液	光照射下	86.0	85.4	82.4
対照 実験 系	TiO ₂	抽出原液	暗室下	4.6	5.1	4.2
	TiO ₂	水	光照射下		31.8	
	—	抽出原液	光照射下	3.6	4.0	4.1
	—	水	光照射下		3.9	

色素増感効果は緑茶、烏龍茶、紅茶の順に大きくなった。これは、茶葉の酸化が進む順序と同一である。このことを踏まえ、緑茶の色素増感効果の向上を目的として、リンゴの芯に含まれる酸化酵素で酸化を行った。結果として、緑茶が紅茶のような色を呈するようになり、色素増感効果も増

大するという研究成果を得た。補足実験として、色素増感太陽電池の作製にも取り組んだ。デジタルマルチメーターで微量の起電力は観測できたものの、色素増感効果があるところまでは判別付かなかった。

表2 リンゴ投入による退色率[%]の変化

	紅茶	烏龍茶	緑茶
リンゴ投入前	81.2	77.3	71.6
リンゴ投入後	84.3	77.8	79.4

研究成果を10月に行われた青森県高等学校総合文化祭自然科学部門にて報告した。ポスター発表部門最優秀賞を受賞し、今年7月に香川県で行われる全国高等学校総合文化祭自然科学部門への出場権を得た。さらに、日本学生科学賞青森県予選、青森県高校生科学研究コンテストにおいても最優秀賞を受賞した。

生徒は研究初心者であることから、序盤は教員主導で研究活動を行っていたが、操作や反応原理の理解が進むにつれて、自ら実験計画を立てて研究を行うように成長した。この研究に取り組んだのは2年男子1名、1年女子1名であるが、協働作業を通じて、コミュニケーション力も培われた。

また、10月には東京都で行われた高校化学グランドコンテストの最終選考会にも出場したが、大学教員や全国の高校生とのディスカッションを通じ、この研究の意義や目的を再考する必要性に駆られたようである。地方の高校生は、井の中の蛙になりがちだが、外部コンクールへの参加を通じて、現状に満足してはいけないことに気づくことができたようである。さらに、色々な研究を直接見聞きしたことで、今後の研究アイディアも仕入れることができ、情報は受け取るのではなく、自ら集めることが大切であることを学ぶことができた。

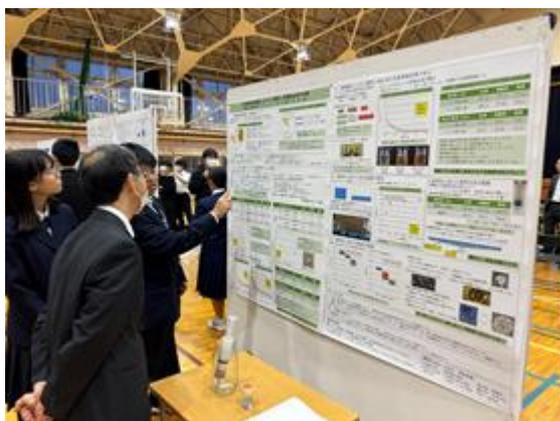


図3 県高総文祭でのポスター発表の様子



図4 大学生によるオンライン研究指導



図5 光触媒材料を作製する様子

4) 2025 年度以降の活動計画や方向性

授業における実験では、生徒の学力に応じて、考察内容や反応の組合せを変えて実施することで、より理解の一助となる実験を検討していきたいと考えている。また、本事業に取り組んでいた最中に安価な電源装置の情報を入手したので、次年度はこれを活用した電池・電気分解の生徒実験を開発、実施する予定である。直流安定化電源は高額なので4人1組での使用が限界だったが、この安価な電源装置は1人1個用意できるものなので、問題演習の一環とした実験も実施できると考えている。

サイエンスクラブについては、色素増感光触媒の活性向上をテーマとして引き続き活動を行っていききたい。緑茶の活性の向上とドーピング処理した酸化チタンの活用といった点で研究活動を進める予定である。さらに、人エイクラの包接特性を生かして、ミドリムシ(ユーグレナ)を包接し、本研究と同じように人エイクラ内で光誘起の化学反応を起こすことで、大気中の二酸化炭素の吸収と副産物としてミドリムシ(ユーグレナ)の培養をするという研究に着手する予定である。

酸化チタンという人工的に合成した光応答性のある物質、ミドリムシという天然に存在する光応答性のある物質の両方から、光エネルギーの活用について検討を進めることを目標としている。