

令和2(2020)年度科学研究費助成事業(科学研究費補助金)  
 実績報告書(プログラム実施報告書)  
 (研究成果公開促進費)「研究成果公开发表(B)  
 (ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI)」

課題番号：20HT0009

プログラム名：ポリフェノール！プラスチックから薬剤輸送材料まで！



所属 研究 機関	名称	国立大学法人岩手大学
	機関の長 職・氏名	学長 小川 智
実施 代表者	部局	理工学部
	職	准教授
	氏名	芝崎 祐二

開催日	令和2年9月26日(土)
実施場所	岩手大学理工学部上田キャンパス(5号館200講義室、100実験室)
受講対象者	① 中学3年生 ② 高校生
参加者数	高校生34名
交付申請書に記載した募集人数	① ② 30名

## プログラムの目的

天然に存在するポリフェノールがどこにあり、どのような機能を持っているのかを知り、我々人間がそれらをどのように摂取しているのかを学びます。ポリフェノールの植物ならびに動物体内における機能を学び、特に植物中ではそれらが脂質二分子膜中にカプセル化されていること、生体防御機能剤としてはたらいっていることを学びます。カプセル化をキーワードとして、昨今の薬品の種類、さらには薬剤の患部への送達のための手法としてドラッグデリバリーを学びます。以上の知識をより深く理解するため、茶葉からのカテキンの抽出実験、カテキンの酸化重合、アルギン酸による色素のカプセル化、ラウリル硫酸ナトリウムとドデシルピリジニウムクロリドによる色素のカプセル化とアルカリ水溶液中での色素の放出を実験により実施し、班内のメンバーで観察した現象を討論、理解を深め、全体発表を行い、研究することの楽しさを体験することを目的とします。

## プログラムの実施の概要

## 1. 広報活動

当初、8月上旬の高校生の夏休み期間を利用して本プログラムを実施する予定でしたが、新型コロナウイルス拡大のため、予定を延期し、9月26日(土)の実施となりました。新型コロナの影響で受講生の確保が危ぶまれたことから、近隣の主要な高校に案内状を郵送するとともに、市内のいくつかの高校には直接訪問してPRを行いました。実際には、新型コロナの影響でほとんどの講演会、講習会、課外活動が中止となっており、上記PR活動を行ったことで、当初予定していた定員30名は瞬く間に埋まりました。定員到達後も高校生からの要望が大きかったため、受講人数を36名まで拡充しました。当日、部活動の試合の

ため2名の欠席がありました。岩手県内の新型コロナ患者数が0であったため、感染対策を十分に行いつつ実施することができました。また、高校の先生2名も参加されました。

## 2. 当日のスケジュール

スケジュールは、下記のとおりです。なるべく受講生が自分で実験をして観察し、それを自分で考え、班内で議論、意見を交換し、実験が示す普遍的な事実が読み取れるような形式としました。

- ・全体説明、班内の自己紹介
- ・ミニレクチャー(ポリフェノールについて)
- ・(実験1)茶葉からのアミノ酸、カフェイン、ポリフェノールの抽出実験
- ・(実験2)カテキンの酸化重合
- ・昼休み
- ・ミニレクチャー(薬について)
- ・(班活動)薬クイズ
- ・(実験)アルギン酸による色素のカプセル化、放出実験
- ・(実験)色素封入ミセルの調整とアルカリ条件における薬物の放出
- ・(班活動)実施した実験の考察と班発表の準備
- ・(班活動)各班から今回の授業で学んだこと、印象に残ったことを発表

## 3. 実施の様子

9:45集合ということで、部活動で欠席した2名以外の生徒は9時30分には受付を済ませ、配布されたテキストを緊張した面持ちで眺めていました。テキストについては8月に入って作成を開始、実施する実験内容を吟味し、最終版を1週間前に完成、製本しました。今回のテーマは私たちの研究テーマであるポリフェノールでした。ポリフェノールを知るには、フェノール、そして有機化合物の理解が必要です。これらは高校3年生で学ぶ内容であることから、HGS分子モデルを一人一個準備し、各原子は三次元的に結合して分子を形成していることを学ばせました(図1)。生徒は自分の手で作成したメタンを眺め、それが正四面体であること、その理由は、C-Hの4つの分子軌道がもっとも離れた配置を取るためであることを学びました。次に、ポリフェノールを知ってもらうため、身近なポリフェノールであるカテキンに着目し、ポリフェノールが動植物に広く存在すること、私たちが好んで飲んでいる茶の抽出液中に多量のカテキンが入っていること、茶の抽出方法によって、その他抽出されるアミノ酸、カフェインとの割合を変更可能であること、カテキンの人体への効果について説明し、実験により体験、班内で議論して意見交換をしました(図2)。テキストにはカテキン類の化学構造式を明記し、さらに茶の歴史を合わせて記載しました。生徒たちはそれらを熱心に読むとともに、茶を摘んだ後、なぜ乾燥する必要があるのか、なぜ揉捻するのか、そしてなぜ加熱するのかについて学びました。すなわち、カテキンが茶葉中の細胞内にある小胞に存在し、それを機械的に破壊することで発酵を促し、適切なタイミングで発酵を止め、細胞外に放出されたカテキンが湯で抽出されやすいようになっているということを学びました。最後のアンケートには、茶のこのような仕組みを理解することができてとても為になったと書かれていました。

カテキンの構造式は高校生にはやや難しいですが、茶を飲んで味わうことで、少しばかり理解しやすくなったのではないかと思います。その後、エピカテキンを用いた緩衝溶液中における酸化重合を各班で実施することで、始めは薄い黄色であった溶液が、時間とともに深い赤色になることを観察し、発酵過程を目



図1. 分子モデル組み立てによる理解



図2. 茶の抽出条件による抽出物の違いを議論する生徒たち

で確かめることができました。生徒たちは溶液色の変化に興味深く観察し、写真を撮っていました。その後昼休みを取り、班内で交流して、午後の部に移りました。

午後の始めはミニレクチャーで、薬について説明しました。薬の定義、現在市販されている薬を紹介しつつ、それらが腸溶性であったり、徐放性であったり、口内貼りつけ型であったりと、目的に応じた工夫がされていることを学びました。その後、薬についてクイズを実施し、班内で意見交換しました。

薬のキーワードはカプセル化です。そこで色素を薬剤に見立ててそのカプセル化を体験しました。すなわち、水彩絵の具をアルギン酸塩内に閉じ込める実験により、可視化可能なカプセル化を実施しました。この色素封入カプセルをアルカリ水溶液に投入することでカプセルが徐々に崩壊して、中の色素が放出される様子を観察しました(図3)。生徒たちにとっては、様々な色のカプセルが簡単に調整できることが驚きであったようです。また、カプセルが徐々に崩れていく様はとても興味深かったと話していました。



図3. 調整されたアルギン酸塩によりカプセル化された色素の写真を撮る生徒

実際の薬物はナノサイズであり目で見ることにはできません。このナノカプセル化をカチオン性ならびにアニオン性ミセルにより実施しました。可視化可能なように、色素を封入しました。色素とミセル化剤を水に溶かすだけで簡単にミセルが形成できていることは最初、生徒たちには理解しがたいようでしたが、色素が水溶液中に均一に分散していること、その水溶液にアルカリを投入すると、一方の溶液からは色が速やかに消えるものの、他方のミセル溶液では色が消えないことから、色素がカプセル内に閉じ込められていることを理解しました。どうしてアルカリが一方の色素のみをカプセル内から外部に放出させたのかについて説明し、その現象を理解しました。生体内では、pHなどの変化する領域があります。その違いをうまく利用することで、任意の場所でカプセル内の薬物を放出可能であることを説明することができました。

最後に、学んだことを班内で意見交換し、さらに全体発表により、他班がどのようなことを学び、考えたのかを知る機会があり、より幅の広い深い考察に至ったのではないかと考えます。その後、記念撮影、修了証の授与、アンケートを書いてもらい、スケジュール通りに終了しました。

#### 4. 今後の発展性と課題

本講義では、大学で行っている合成ポリフェノールの開発と応用展開を高校生に学んでもらうことを目的とし、レクチャーと実験、班活動を適切に配置したプログラムを作成して実施しました。アンケートは生徒たちがこの講義を非常に興味深く、積極的に参加できたことをうかがわせる結果であり、実施側としても充実した一日となりました。高校の先生、生徒さんからは、このような講義であればもっと頻繁に実施して欲しい、機会があれば絶対に参加したいと言っていただきました。本化学コースでは研究室が交代で、学会主催の化学教室などを毎年開催しておりますが、今年は新型コロナの影響で対面開催がほとんど実施されていない状況であったことから、今回の開催は高校生にとって非常に有意義な機会となったようです。

今回体験した高校生が、将来、もし私たちの研究室に入ってくれるとした場合であっても、私たちの研究は現在よりもさらに先のフェーズへと進展していると考えら、今回のプログラムは直接的には有用ではないかもしれませんが、しかし、高校で学んだ知識と、その時に大学の実験教室で刺激された興味がその生徒の学問的興味となって継続することができれば、それは高校生に対する教育の成功例であると考えます。学問は教科書に張り付いた文字ではなく、常に変動し、躍動するものであることを、今後も継続して伝えていけたらよいなと感じております。

今回、開催に際して大変お世話になりました大学事務局、お手伝いいただいた助教の塚本先生、研究室の学生さん、また、広報でご協力いただきました教育学部の菊地先生、参加していただいた高校の先生と生徒さんにはこの場をお借りして深く御礼する次第です。