日立市日立理科クラブ向け茨城大学特別授業

（自治体等側）日立市教育委員会・指導課長
青木　房子
NPO 法人　日立理科クラブ
瀧澤　照廣
（大学側）理工学研究科（工学野）・工学部長
乾　正知

連携先

① 日立市教育委員会
② NPO 法人　日立理科クラブ

プロジェクト参加者

斉藤　恭正（日立市教育委員会、指導課指導主事)、担当：事業の企画・運営
池田　孝志（NPO 法人日立理科クラブ、理事、理数アカデミー理科クラス)、担当・事業の企画・運営
鈴置　昭（(NPO 法人日立理科クラブ、会員、理数アカデミー理科クラス)、担当：受講生の指導
正木　良三（NPO 法人日立理科クラブ、会員、理数アカデミー理科クラス)、担当：受講生の指導
関　由美子（NPO 法人日立理科クラブ、会員、理数アカデミー数学クラス)、担当：受講生の指導
堀　公彦（東京大学生産技術研究所、協力研究員)、担当：受講生の指導
乾　正知（茨城大学理工学研究科、教授)、担当：事業の企画・運営
井上　大（茨城大学理工学研究科、助教)、担当：特別授業講師
盛田　雅人（茨城大学理工学研究科、助教)、担当：特別授業講師

プロジェクトの概要

① プロジェクトの目的

日立市では科学への興味関心を高め、理数教育の充実を図るために、日立理科クラブの活動を支援している。日立理科クラブでは小中学校の児童生徒を対象に毎月１回、理数アカデミーを開講し、日立製作所や教員・職員 OB が経験を活かして、実験を中心に現象理解を深めさせる授業を実施している。理数アカデミーの児童生徒に、茨城大学工学部の先端研究を面白く理解できるよう工夫した特別授業を体験させる。日頃の理数教育と最先端の科学技術のつながりを理解させ、地域の小中学生の科学への学習意欲を向上させる。このような理数教育を推進することで、科学技術の発展に貢献し、将来国際社会で活躍できる児童生徒の育成を目指す。

② 具体的な活動計画及び役割

理数アカデミーでは、これまでに茨城大学工学部において特別授業を８回実施している。第１回は移動ロボットの製作実習、第２回はプログラミング学習と電気分解の体験実験、第３回は光る化合物とマグヌス効果による飛行体の実験、第４回は手の運動能力測定と振動で発電する装置製作、第５回は人工宝石の合成実験と暗号計算ゲーム、第６回は匂いの科学・エステル合成と体験する暗号理論、第７回はマイクロコンピュータとセンサーと線虫を使って匂いを感じる仕組みを調べる，第８回はパスタブリッジと電気いらずのコンピュータを行っており、いずれも好評を得ている。

日立理科クラブのメンバーは特別授業の企画、受講生の募集、引率、遠隔受講生向けの Zoom 配信を分担する。企業で製品開発を長く経験してきた技術者 OB のため、先端技術について十分な知識を有しており、授業中の受講生のサポートも担当する。一方、茨城大学は大学の資産を活用し、先端技術を身近に体験できるよう工夫

をこらした特別授業を計画し実施する。

日立市では、若い世帯の減少に伴う少子化が急速に進行している。若い世帯を地域に増やすためには、教育環境の魅力アップが重要であり、未来の生きる力として注目されているSTEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）教育の充実は、小さな子供を抱える家庭にとって特に魅力的である。本事業は、地域の大学と、技術の最前線で活躍してきた経験を有するシニアがコラボし、地域の小中学校の理科教育をレベルアップさせるものであり、本学の地域連携の一つとして非常に有益なプロジェクトと考えている。

活動内容及び成果

① 活動内容

日時：令和６年10月20日（日）12:30～15:50

表１実施内容：

No	カリキュラム	内容（実験・工作等）
1	大学紹介	茨城大学工学部の歴史について紹介
2	ゲーム理論入門	ゲーム理論という言葉を、みなさん知っていますか?ゲーム理論は現実の社会問題を分析し、予測するために用いられています。この授業では、数学の手法を使っていくつかのゲームの攻略方法を体験しながら、ゲーム理論を考えていきます。
3	光合成色素の抽出	海苔が黒く見えるのは、海苔に光合成色素や細胞保護色素など、様々な色素が含まれているためです。この実験では、具体的にどのような色素が海苔に含まれているのか、抽出して確認してみたいと思います。

会場：茨城大学工学部
No.１：N4棟小平記念ホール
No.２：E6棟4F409番教室
No.３：N6棟1F101番教室
講師：
No.１：乾教授（工学部長）
No.２：井上助教（工学部電気電子システム工学領域）
No.３：盛田助教（工学部物質科学工学領域）
受講生：
中学１年：16名
中学２年：7名

乾工学部長による理工学部紹介(No.1)の後、受講生を２班に分け、下記の二つのカリキュラムに90分ずつ取り組んだ。

図１　工学部紹介　乾工学部長

No.2 ゲーム理論入門

最初にカウントゲームに挑戦。同ゲームは二人の場合、10から数字を最大3個宣言し、数字を減らしていき「0」を言ってしまったプレーヤーが負けとなる。全員が二人組に分かれてゲームを何回か対戦してみてどうすれば勝てるかを考察。相手に4の倍数を言わせると勝てる攻略法に導いていただいた。

図２　カウントゲーム開始　井上助教

次はオニールゲームで、プレーヤーA、B にジョーカー（J)、数字 1，2，3 の 4 枚のカードを渡し、A,B 同時に 1 枚のカードを選んで出してもらう。勝ち負けのルールは、

・共にジョーカーを出した時は A の勝ち、
・共に数字札を出した場合で数字が異なれば A の勝ち、
・それら以外の場合は B の勝ち。

図３　オニールゲーム

A,B それぞれの勝利回数を記録した。さらに、利得表の作り方を勉強し、理論的に求まる勝率と実際の勝率を比較した。利得表は A,B の選択肢を第 1 列と第 1 行に並べ A の i 行目，B の j 列目の選択肢ペアの勝敗を表の（i，j）要素に配列してベストの選択を選ぶ。

最後に個人の利益を追求してかえって不利益になる「囚人のジレンマ」が紹介され、そのゲーム理論を体験する廃棄物ゲームを行った。

図４　廃棄物ゲーム

このゲームで、個人の利益と社会全体の利益が一致しない「外部不経済」を体験し、その問題をどのように改善するかを分析した(マーケットデザイン)。ゲームでは、相手の選択が分からない状況で利得表からベストの選択をしても、双方にとってベストの選択にならないことが、囚人ゲームの例として紹介された。ゲームに熱中しながらゲーム理論を体験するユニークな授業であった。

No. 3 光合成色素の抽出

植物は太陽の光を吸収して光合成することで、成長に必要なエネルギーを細胞内に作り出している。多くの植物が緑色をしているのは、太陽光を吸収して光合成するための光合成色素（クロロフィル)が含まれているためである。では、陸上の植物と同じように光合成によってエネルギーを生み出して成長している海苔はなぜ黒いのか。この実験では、おにぎりに使う海苔から光合成色素を抽出して海苔が黒い理由を探った。

図５　盛田先生の光合成色素抽出授業

図６　ひだ折りろ紙の製作

最初にひだ折りろ紙を製作。乾燥海苔を小さくちぎって乳鉢に入れてすりつぶした。乳鉢に抽出溶媒として食塩水とエタノールを入れてひだ折りろ紙でろ過して抽出液を試験管に収集。食塩水はそのまま静置。エタノールはヘキサンを加えてキャップして振り混ぜた。

ヘキサン側（上部）に緑色光合成色素クロロフィルが、エタノール側（下部）に黄色βカロテン（活性酸素から光合成色素を守る色素）、さらに別の試験管内の食塩水に光合成を助ける赤色色素フィコエリトリンに分離した。

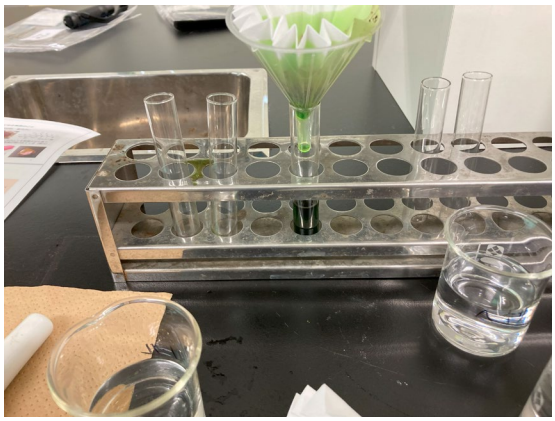

図７光合成色素クロロフィルの抽出

受講生各自の試験管から緑、黄色、赤の色素が抽出されると歓声があがった。色の３原色色素（色を付ける基になる物質）が混ざり合って黒色になっていることが分かった。

②　プロジェクトの成果

特別講義終了後の１週間(10/21-28)にマイクロソフト 365 フォーム（クラウドストレージサービス）を使用して、特別講義に関する受講生の感想他のアンケート調査を実施した。参加者 23 名のうちアンケート回答者は 20 名で回答率は 87%であった。表２に結果の一部を要約した。いずれも３択で質問、すなわち yes、no、いずれでもないから選択してもらった時の、yes 分の選択割合を示している。

表２　2024 年度茨大特別講義

質問内容	ゲーム理論入門	光合成色素の抽出
時間が短かった	50%	55%
分かり易かった	80%	70%
興味深かった	95%	95%
進路選択に影響	30%	35%

特別講義２テーマともに興味深いテーマを分かり易く説明していただいたことが、表２から確認できる。また、講義時間 90 分は少し足りなかったようである。受講生にとってもっとも重要な高校、大学の進路選択に、両講義とも３分の１の受講生が影響したと評価している。受講生へのインパクトは大きかったと評価できる。受講生が二つの特別講義から大きな感銘を受けたことを示す感想を付録に示す。

今後の課題及び展望

今年のテーマは少し専門性が高く昨年よりも参加者が少なかった。しかし、表１に示されているように２テーマとも大変、工夫され分かりやすい授業であった。

中学校や日立理科クラブで学んでいる分野とは全く異なるゲーム理論は、子供達に新鮮であった。「とっても面白かったです！授業を受けて、不法投棄のような、世の中にある他のたくさんの問題を、ゲーム理論を用いて解決方法を考えてみたいと思いました！新しい考え方を教えて

いただきありがとうございました！」と感想をまとめてくれている。

感想を見ると、参加者全員が体験した光合成色素の溶媒抽出実験は、例年に比べて参加者が少なかったが、この分野に興味のある受講生には貴重な体験であったことが窺える。また、短時間だが研究室見学は、受講生のキャリア学習に役立った。

毎年のことだが、茨城大学の先生方が工夫して中学生にも理解できるようにしていただいた先端技術の授業は、子供達にとって貴重である。テーマによって参加者が増減するが、参加者を募集する事務局側が、この特別講座の素晴らしさを子供達にうまく伝えられないことを反省している。また、先生方のご負担を増すことになるが近隣の子供以外にも授業を体験してもらえるオンライン授業も是非、検討課題としたい。

付録　茨城大学特別授業　受講者感想

① ゲーム理論入門

No.	感想
1	今回の受講では身近なことでも応用できるものだったので、とても親近感がわいた。この受講をしっかりと未来へと役立てていきたいと思う。
2	なし
3	社会問題をゲームとして簡略化できることがわかって興味深かった
4	廃棄物ゲームが特に面白かった。ルールが少し変わると不法投棄がしにくくなり、興味深かった。他にもマーケットデザインを調べてみたい。
5	とっても面白かったです！授業を受けて、不法投棄のような、世の中にある他のたくさんの問題を、ゲーム理論を用いて解決方法を考えてみたいと思いました！新しい考え方を教えていただきありがとうございました！
6	ゲーム理論では様々なゲームを数学を使って調べてみるなどとても興味深い内容でした
7	ゲームと数学を結びつけて考えること自体が新鮮で面白かった。単純なルールのゲームとかはよく考えたら勝ちやすくなるかもしれない
8	ゲームを通して数学を身近に感じることができてとても楽しかったです。
9	数学が様々なゲームに活用されていることがわかって面白かったです。
10	なし
11	興味深く楽しかったです。カウントゲームを家族や学校の先生や友達としました。
12	途中だったので時間もっと欲しかったです
13	ゲーム理論を家でもやりたい。
14	元々葉緑素の抽出に興味を持って参加しましたが、思っていたよりも興味深く楽しい内容で嬉しかったです
15	なし
16	ゲーム理論でやったゲームが面白かった
17	簡単（単純）なルールのゲームから数学を使って社会問題についても考えた廃棄物ゲームがとても興味深かった
18	複雑に見える問題であっても、「ゲーム」として俯瞰して考えることができれば、自力救済のような感情的な行動で問題を解決しようとするのではなく、戦略的な考えて、より良い解決策を導くことは、有意義なことだと思いました。　ただ、参加している人たちが、同等の知識をもっていないと、解決策が一方的になってしまい、誰かが損をしてしまうのかなとも思いました。　ゲーム理論を、もっと深く学んでみたいです。
19	なし
20	ほとんどが、私の知らないゲームでした。不法投棄する、しないか選ぶゲームが一番面白かったです。

② 光合成色素の抽出

No.	感想
1	光合成色素を学ぶ学習では、色に関する事だけではなく研究の仕方など実際に行うことでより分かりやすく受講できた。
2	なし
3	海苔が黒いのは色の三原色の色素が全て含まれている事がわかった。
4	光合成色素の抽出実験で、ひとりひとり海苔を用意してくれたのが初めてで嬉しかった。個人作業なので自分のペースで作業でき、じっくり観察・考察することができた。
5	ワクワクしました！海苔を見て、なぜ黒いのか考えたこともありませんでした。海苔から緑色、黄緑色、赤色の成分が抽出され、そのうちのひとつ緑色のクロロフィルだけが光合成反応をするのを実際に見て、私が日頃なんとなく見ている物も、分解していくと、いくつかの物にわかれてそれぞれ役割があるのではないかと思いました。もっと知りたいと思いました！とっても面白い体験をありがとうございました！
6	光合成色素の抽出は身近なもの（海苔）を使って色素の抽出をしたためとても分かりやすかったです
7	実際に抽出して紫外線ライトで確認できて面白かった。ろ紙の本当の折り方もしれて良かった。時間がもっとあれば乾燥のりの他にも何らかの植物も一緒に実験して比較してみたかった。
8	光合成に色々な色があるのが見られて面白かったです。
9	海苔をすり潰したのと食塩を混ぜたら色素が抽出できることに驚きました。
10	なし
11	海苔から色素を抽出出来るのが凄いと思った。
12	研究室が見られて良かったです
13	なし
14	葉緑素以外にも光合成を助ける色素などが含まれていることを知ることができ、色素の蛍光などもわかりやすく教えてもらえてよかったです。
15	なし
16	海苔からあんな色の液体を取り出せること
17	海苔から光合成色素を抽出する作業が大変だったが、上手く抽出出来て良かった。研究室を見たのも良い経験になった。
18	光合成が行われる際に、光エネルギーをとらえるのが、「光合成色素」です。光合成色素としてクロロフィルのほかに、カロテンやキサントフィルなどの色素も含まれています。このような色素を抽出して薄層クロマトグラフィーによって分離する実験は興味がありました。物質は様々な原子の集合体で、その中から抽出して分離して理解する過程は、小さな積み重ねによって、全体を理解していく過程だと思いました。
19	なし
20	海苔から色素が取れることに驚きました。他の植物などでもやってみたいです。

以上