



本研究は、日本農芸化学会2024年度大会（東京）における「ジュニア農芸化学会」に応募された研究のうち、本誌編集委員会が優れた研究として選定した6題の発表のうちの一つです。

微生物に関するオンライン対応型出前授業教材の作成と展開

佐世保工業高等専門学校

北村凰妃, 坂本 董, 鈴江里梨歌, 前野心美, 山口倅奈

(指導教員: 佐世保工業高等専門学校 越村匡博, 藤井奈穂子, 九州文化学園中学校 岡 楓子)

コロナ禍において人々の行動が大きく制限され、それまで実施されていた出前授業が中止になるなど小中学生が科学に触れる機会が大きく減少した。また、これまでも都市部と地方において科学イベントの実施の機会に差があり、住む場所による教育格差が生じていた。本取り組みでは、そのような課題を解決する方法としてバーチャルリアリティ（VR）体験型微生物マップや微生物を用いた電池作成など、微生物実験に関するオンライン対応型出前授業教材を中学生と高専生が共同で作成した。

本研究の目的・方法・結果および考察

【目的】

2019年末より始まったコロナ禍により、それまで実施されていた出前授業などのイベントが中止となり、小中学生が科学に触れる機会が大きく減少した。また、佐世保工業高等専門学校（以下、佐世保高専）が位置する長崎県は日本一島が多い県⁽¹⁾であり、県内の小中学校の約2割が離島（架橋していない島）に存在している⁽²⁾。そのため、時間や金銭的な問題のために出前授業がほとんど実施されていない⁽³⁾。このような背景により、状況や場所に関係なく等しく出前授業を受けられるような体制を構築することで、理科教育に触れる機会の平等といった「平等な教育」を実現することができると考えた。また、多く子どもたちに実験を通して理科の楽しさや面白さを知ってもらうことで、微生物を取り扱う理科学習への興味関心を高めることができると考えた。

そこで、佐世保高専の学生と、九州文化学園中学校の生徒が共同でオンラインに対応できる出前授業教材を作成し、その教材を用いて学生や生徒が講師となって出前授業を実施することを目指した。

【方法】

1. 教材テーマの作成

教材作成を行うにあたり、佐世保高専の学生が事前の話し合いにより考えたテーマについて、九州文化学園中学校の1~3年の生徒約60名にアンケート調査を実施した。教材のテーマを考える際には微生物を含む生物に関する内容にすること、酸や塩基といった小中学生が扱うことができない試薬は使用しないことに注意した。各々のテーマについてグループ分けし、まずは各グループでどのようなことをするのかインターネットで情報収集を行った。活動実施場所である九州文化学園中学校は佐世保高専より離れているため、活動時は3~4名の学生が訪問し、その他の学生は学校からオンラインで参加した。そのため、活動中に分からないことがある場合は、オンラインでつながっている学生へ呼びかけアドバイスをもらうなどした。令和4年度は月2回、令和5年度は月1回の活動で、実験条件などを変えて小中学生でも簡単に実験できるような内容になるように繰り返し試行した。実験に使用する材料や器具などは原則として持参または中学校の備品を使用したが、寒天培地の作製など無菌操作を必要とするものは中学校で実施することが困難であるため、佐世保高専で事前に作製したものを使用した。

1.1 VRでマイクロな世界をのぞいてみよう！

九州文化学園中学校敷地内を360°カメラ（リコー THETA SCWH）を用いて撮影した。また、周辺にある樹木やきのこなどについてもタブレット端末のカメラ機能を用いて撮影した。撮影した360°画像データをMatterport社が提供する空間データプラットフォームにアップロードし、デジタルツインを作成した。作成し

たデジタルツイン上に土壤中の細菌を培養したシャーレやきのこの写真をピン留めし、そこに土壌細菌を培養したことなどを記載した。なお、きのこの同定は困難なため、同定はせずにきのこのこととして表記した。

NTTコノキュー社が提供するメタバース空間DOOR™においてルームを作成し、デジタルマイクروسコープ (KEYENCE VHX-8000) を用いて撮影した昆虫の羽表面拡大画像などを並べて表示した。画像の横には色や形状の特徴など中学生が観察し、考えた説明文を記載した。

1.2 DNA抽出実験

果汁100%オレンジジュース20mLに食塩 (0, 2.22, 4.44, 8.88g) を加えよく混ぜた後、冷エタノール40mLをビーカーの壁面を伝わらせてゆっくりと加えて静置した⁽⁴⁾。当初、ブロッコリーの花蕾をすり潰してDNAを抽出する実験方法を行ったが、上手くDNAを抽出することが出来なかった。そこで、簡単に入手することができる果汁100%オレンジジュースを用いる方法に変更した。

1.3 微生物アートを楽しもう！

独立行政法人製品評価技術基盤機構バイオテクノロジーセンター (NBRC) より入手した *Janthinobacterium lividum* NBRC 12613, *Methylobacterium aerolatum* NBRC 106314 を、LB寒天培地 (トリプトン1%, 酵母エキス0.5%, 塩化ナトリウム1%, 寒天1.5%) を用いて30°Cで培養した。事前にシャーレの大きさになるように紙に円を書いておき、そこに好きな絵を描いた⁽⁵⁾。下絵の上に作成したシャーレを置き、*J. lividum* NBRC 12613 を紫色、*M. aerolatum* NBRC 106314 を赤色、土壌より分離した未同定細菌を黄色とし、デイスポループを用いて寒天培地に菌株を塗り付け、室温で静置した。参考文献では様々な色を出すために複数の微生物が用いられているが、今回は紫色、赤色、黄色の3色を使用した。

1.4 野菜の酵素でボンッ!!

大根おろし大匙1~2杯を30mL容プッシュバイアルに入れ、オキシドールを大根おろしが浸るまで加えて速やかに蓋をし、1~2m離れた場所に置き、蓋が飛ぶまで1~2分程度観察した⁽⁶⁾。

1.5 牛乳からプラスチック

300mL容ビーカーに牛乳100mLを入れ、電子レンジで沸騰するまで加熱した。沸騰した牛乳に固形物が生じるまで酢を少しずつ加えた。ガーゼを用いて牛乳から固形物を取り出し、流水で洗浄した。その後、よく水分を取り成型した後、電子レンジを10秒ずつ乾燥するまで何度か照射した⁽⁷⁾。電子レンジを用いた乾燥では文献では1分ずつとなっていたが、使用する電子レンジによっ

ては出力が大きすぎて焦げてしまうため、10秒ずつに変更した。

1.6 微生物電池

畑などで取ってきた土に水を加えペースト状にした。5cm四方、3mm厚のカーボンフェルトを水道水に浸けて良く水を染み込ませた後、直径0.7mm、長さ20cmの銅線を横から刺した。500mL容ポリ容器に土を2cm程詰め、その上に銅線を刺したカーボンフェルトを銅線が容器の外側に出るようにして置いた。空気が入らないように土を3cm程被せ、その上に銅線を刺したカーボンフェルトを乗せ、フェルトが浸るくらいまで水を加えた⁽⁸⁾。電極となるカーボンフェルトをインターネット販売で購入できるものを使用することで、自宅でも実験できる形にした。

1.7 ゼリーを固めない果物

水250mLに粉ゼラチン5gを加えて加熱溶解した後、40°C程度まで冷却し果物を入れた別容器に分注した。その容器を氷の上に置き、30分程度ゼリーが固まるまで静置した⁽⁹⁾。果物を使用する際にみかんであれば中身と皮をそれぞれで実験するなど、部位による違いが分かるようにした。

1.8 麴であぶり出し⁽¹⁰⁾

蒸留水100mLに可溶性でんぷん1g、寒天1.5gを加え加熱溶解後、滅菌シャーレに分注し、でんぷんプレートを作成した。醤油や甘酒などを綿棒に付け、でんぷんプレートに文字や絵などを描いた後、でんぷんプレートを約40°Cのお湯に10分程静置した。その後、0.05 mol/L よう素溶液をでんぷんプレート表面全体に流し込んだ。

2. 教材テーマ決め

教材作成を行うにあたり、佐世保高専学生が事前の話し合いにより考えたテーマについて九州文化学園中学校1~3年生約60名にアンケート調査を実施した。なお、このアンケート調査はこれから教材と一緒に作成する中学1年生の生徒が作成した。

【結果と考察】

1. 教材テーマ

アンケートの結果より、人気上位4つ (令和4年度) または5つ (令和5年度) の実験内容を実施テーマと決定した (表1)。

2. 実験結果

令和4, 5年度の2年間で作成した教材を用いて実験を行った際の成果物を図1に示す。

2.1 VRでミクロな世界をのぞいてみよう！

VRを活用して微生物について身近に感じてもらうことを目的とし、デジタルツインにより九州文化学園中学

校内を3Dで見て回り、そこにある土壤中細菌を培養したシャーレやきのこなどの写真および説明を見ることができる微生物マップを作成した(図1a)。また、メタバース空間を用いた方法では、作成したルーム内をアバターを用いて見学するMicro Museumを作成した。微生物マップでは学校という身近な場所にある微生物などの存在を知るコンテンツとした。Micro Museumは様々な生物とその拡大画像および説明を見て回る博物館のようなコンテンツとした。作成当初は出前授業時にVRヘッドセットを使用して微生物マップおよびMicro Museumを利用してもらう予定であったが、小中学校のネットワークは接続先が制限されているとともに、部外者の端末を校内ネットワークに接続させることはセキュリティ上問題であったため、URL (<https://door.ntt/JBnuacJ/micro-museum-ver-04>)⁽¹¹⁾を共有することでパソコンなどを用いて体験できる形へと変更した。

表1 ■ 作成した出前授業教材

令和4年度	令和5年度
VRでミクロな世界をのぞいてみよう!	
DNA抽出実験	牛乳からプラスチック
微生物アートを楽しもう!	微生物電池
野菜の酵素でポンツ!!	ゼリーを固めない果物
	麴であぶり出し

2.2 DNA抽出実験

言葉はよく聞くが目に見ることができないDNAについて、市販されているジュースおよびエタノールを用いて抽出する実験を行うことで実感してもらうことを目的とした。食塩を加える条件を変えて実験した結果、食塩2.22gを加えた条件のときDNA析出量が最も多く、析出時間は約2分程度であった(図2)。一方、食塩8.88gを加えた条件ではDNA析出量は食塩2.22gの条件よりも少なかったが、析出する時間が最も短く約10秒程度であった。食塩を加えない条件ではDNAがほとんど析出しなかった。

2.3 微生物アートを楽しもう!

微生物を使って色々な絵を描くことで、普段触れることのない微生物について楽しく実験してもらうことを目的とした。*J. lividum* NBRC 12613, *M. aerolatum* NBRC 106314, 未同定細菌を用いてLB寒天培地上に絵を描くことができた(図1b)。しかし、3種類の細菌で増殖速度が異なるため、色が出てくるまでに時間が掛かるとともに、安定して発色しないことが問題点として挙がった。また、培養する時間が必要であるため、実験を何回かに分けて体験する形の講座として実施することが好ましい内容となった。

2.4 野菜の酵素でポンツ!!

野菜に含まれるカタラーゼにより過酸化水素水を分解

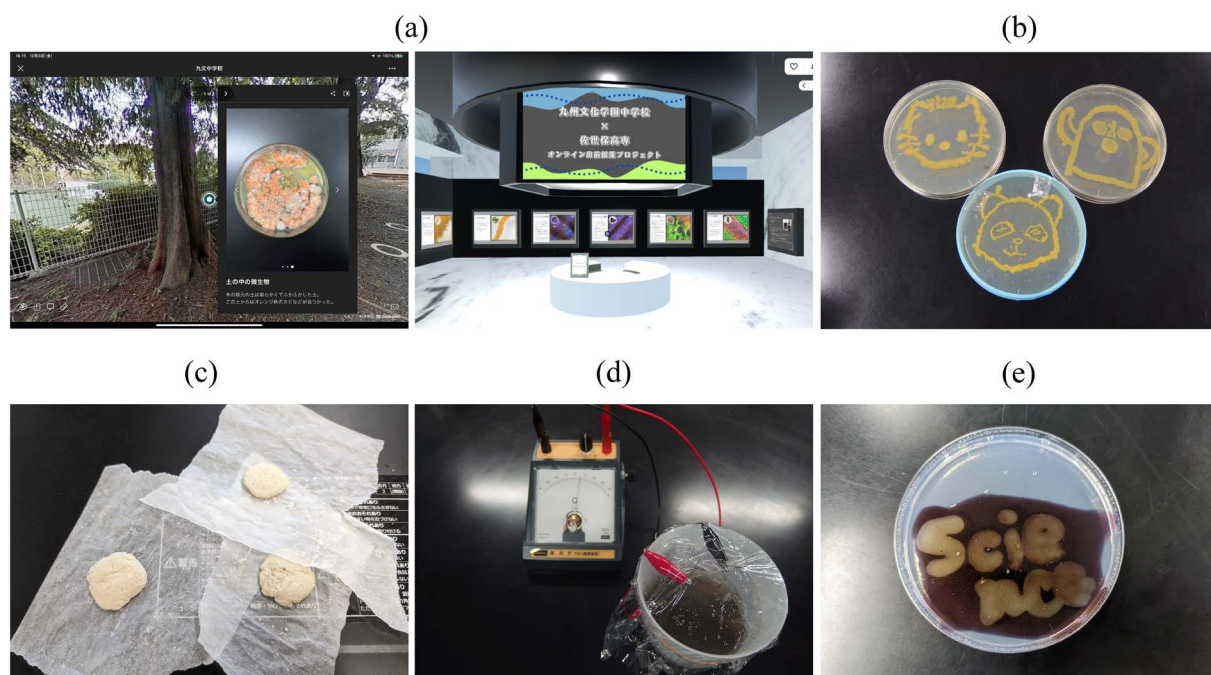


図1 ■ 作成した実験教材

(a) VRでミクロな世界をのぞいてみよう! (左) 微生物マップ, (右) Micro Museum. (b) 微生物アートを楽しもう! (c) 牛乳からプラスチック. (d) 微生物電池. (e) 麴であぶり出し.

し、酸素を生成することでプラスチック容器をロケットとして飛ばす実験を通して酵素反応について知ってもらうことを目的とした。大根おろしを使って過酸化水素水を分解し酸素を生成させることで、プッシュバイアルの蓋を約1mの高さまで飛ばすことができた。また、大根おろしの汁だけを用いた場合においても同様に蓋を飛ばすことができた。実験する人が異なっても同様な結果となるため再現性は高いが、大根おろしとオキシドールの使用量を同じにしても実験によって蓋が飛ぶまでの時間が異なることがあった。これは蓋を閉める際の力の入れ具合などの違いによるものと考えられる。また、参考文献⁶⁾ではフィルムケースを用いていたが、現在フィルムケースは入手困難であるため、その代替としてインターネットで購入することが可能なプッシュバイアルを使用することにした。本実験では内容物が飛散するため、ブース形式といった室内で実施する際には蓋付きクリアケースの中で実施するなどの工夫が必要である。

2.5 牛乳からプラスチック

牛乳に含まれるカゼインを取り出し、固めることで生分解性プラスチックを作ることができることを学び、環境に配慮したものづくりについて知ってもらうことを目的とした。牛乳から取り出したカゼインを成形し乾燥することでプラスチックを作成することができた(図1c)。しかし、電子レンジを用いて乾燥させる操作において出力および時間の調整が難しく、適度な硬さにするために十分に乾燥させると表面が焦げてしまった。そのため、電子レンジ照射については出力を低くして短時間にするか、一部に自然乾燥を用いると良いと考えられる。本実験で作成したプラスチックは生分解性であるため、土に埋めて経時的に変化を観察すると学習効果がより高まると考えられる。

2.6 微生物電池

微生物電池とは、微生物が有機物を分解する過程で生じる電子を利用して発電することであり、下水などを利用した創エネが可能となる。そのような発電を行う微生物が身近な土壌にも存在していることを知ってもらうこ

とを目的とした。微生物電池を作成して1週間後に電圧および電流を測定したところ、最大で0.3V、6 μ Aであった(図1d)。今回作成した微生物電池では電圧および電流値が低く、LEDを点灯させることができなかった。電池作成に使用した土によりそこに含まれている微生物が異なるため、色々な場所で採取して実験を行うとより電気を発生させる微生物がいる環境が解明されると考えられる。

2.7 ゼリーを固めない果物

果物の中にはゼリーに使うことができないものがあることを知り、その理由について学ぶことで酵素の働きについて知ることを目的とした。パイナップルやキウイを用いた場合ゼリーは固まらなかったが、みかんの果肉や果皮、舞茸などのきのこを用いた場合はゼリーが固まった。これより、タンパク質分解酵素が含まれている食品が分かった。また、パイナップルやキウイを加熱して用いた場合はゼリーが固まったことから酵素が失活したことを確認した。本実験は特別な器具などを必要とせず、ゼリーを作るという作業の中で体験することができるため、家庭で簡単に酵素について学べる内容となった。

2.8 麴であぶり出し

中学生にもなじみのある、ヨウ素デンプン反応を用いて文字やイラストを浮かび上がらせることで様々な食品にアミラーゼが含まれていることを知ってもらうことを目的とした。醤油や甘酒を用いてあぶり出しをすることができた(図1e)。しかし、当初は醤油などを塗りつけるだけで加温していなかったため、あまりはっきりと文字などが浮き出なかった。この結果より、アミラーゼによるでんぷんの分解では温度が重要であることが分かった。この実験では中学校で学ぶアミラーゼがヒトの唾液中だけでなく麴を使った食品中に含まれており、そのアミラーゼは麴によって産生されていると学ぶことができる内容となった。あぶり出しに用いるアミラーゼを含む食品は実験をする生徒自身に準備してもらうことで、どのようなものにアミラーゼが含まれているか考えてもらうように工夫した。



図2 ■ 出前授業の様子

DNA抽出実験。(左) ジュースにエタノールを加えている。(右) DNAの沈殿が形成された。左のビーカーはオレンジジュース、右のビーカーは乳酸菌飲料を使用。

以上の結果をもとに、オンライン対応出前授業テーマとして佐世保高専ホームページ上に掲載し⁽¹²⁾、令和5年度に対面2件（DNA抽出実験、野菜の酵素でポンッ!!）出前授業の申し込みがあり実施した（図2）。どの出前授業でも初めて行う実験に生徒たちはとても興味を持ち、「なぜそのようになるのか」について考えながら実験に取り組んだ。

本研究の意義と展望

本研究では、微生物などに関する出前授業の内容をオンラインでも対応できるようにキット化した。近年、教科横断的な学びにより課題を発見・解決する力を育む「STEAM教育」が重要視されており、「科学（Science）」、「技術（Technology）」、「工学（Engineering）」に関係している理科に対して興味を持ち、楽しむことがより一層重要と考えられる。現在、理科に対する好奇心や探求心を育む場としては博物館や民間の科学実験教室などがあるが、それらの多くは都市部にあるため地方に住む小中学生は体験する機会が少ないという格差が生じている。このような状況において本研究成果を活用することで、居住地に関係なく理科実験を体験することが可能となり、地方と都市部において理科教育に触れる機会を平等にすることができると期待されることから、本研究は教育上大変有意義であると考えられる。

現時点では長崎県内においても認知度が低く、令和5年度から現在（令和6年12月）までの出前授業の依頼件数は対面実施の2件のみであり、オンラインでの実施については0件となっている。対面、オンライン問わず多くの小中学生に科学の楽しさを伝えるために、今後は佐世保高専広報誌などを活用して本研究成果についてさらなる情報発信を行うとともに、実験キットのバリエー

ションを増やしていく予定である。そして、本研究成果を活用した出前授業を通して、小中学生の微生物に対する興味や関心を育成していきたいと考えている。

謝辞：本研究は、公益財団法人中谷医工計測技術振興財団 科学教育振興助成（令和4年度、令和5年度）により実施することができました。多大なるご支援に心から感謝申し上げます。また、佐世保高専の学生である芝真朱咲さん、堀清楓さん、本山李夏さん、岡村貴之さん、上村倫太郎さん、加藤千夏さん、山川彩葉さん、山道藍さんには中学生と一緒に実験キットの作成に取り組んでいただき、大変ありがとうございました。

文献

- 1) 国土地理院：「我が国の島の数一覧（全国及び都道府県別）」。
- 2) 長崎県教育委員会：「令和5年度 長崎県の教育」。
- 3) 佐世保工業高等専門学校：地域共同テクノセンター報・技術シーズ集 2024年度版。
- 4) 岩手県立総合教育センター：「高等学校「生物基礎」における観察、実験サポート資料」。
- 5) フナコシニュース、2023年2月1日号（No. 763）。
- 6) 日本分析化学専門学校：すぐできる！なるほど★ザ★化学実験室、<https://www.bunseki.ac.jp/naruhodo/experiment/expdetail.php?id=243>
- 7) 本田技研工業株式会社：HONDA Kids, 地球にやさしいプラスチックを作ろう～SDGsについても考えよう～、<https://www.honda.co.jp/kids/jiyuu-kenkyu/upper/27/>
- 8) 「国立大学55工学系ホームページ」運営事務局：長崎大学工学部 土壌微生物電池でLEDを点灯させよう!!、<https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/231013.php>
- 9) 新田ゼラチン：ゼラチンが固まらないときは？、https://www.nitta-gelatin.co.jp/gyomuyo_top/knowledge/notgelling.html
- 10) 日本農芸化学会学術活動強化委員会：「高校で出来る！農芸化学実験プロトコル～ひと味違う生物・化学実験～」。
- 11) 株式会社NTT コノキュー：Micro Museum ver.04、<https://door.ntt/JBnuac/micro-museum-ver-04>
- 12) 佐世保工業高等専門学校：令和6年度 出前授業一覧、<https://www.sasebo.ac.jp/wp-content/uploads/2024/07/R6dema-3.pdf>, 2024