

2024 年度 日産財団理科教育助成 成果報告書

テーマ：簡易 CO₂ 濃度計を用いた呼吸速度・光合成速度の測定と生態系の炭素収支測定への応用

学校名：浅野中学・高等学校

代表者：古梶裕之

報告者：小山悠太

全教員数：90 名

全学級数・児童生徒数：18 学級・840 名(中学校のみ)

実践研究を行う教員数：3 名

実践研究を受けた学級数・児童生徒数：12 学級・560 名

1. 研究の目的（テーマ設定の背景を含む）

現在の中学校における生物の単元において、植物の生理活性や生態系の物質循環を学ぶ場面は大きな割合を占めている。また、地球温暖化の進行に伴い、世界でも SDGs などに取り組む意向が示され、環境問題への関心も高くなっている。しかし、授業では自然界の現象を写真や映像で伝えるだけで終わってしまう場合が多い。また、呼吸・光合成に関する単元では、BTB 溶液を用いた定性的実験しか確立しておらず、身近な環境における二酸化炭素の吸収量や放出量を定量的に伝えられていないのが現状である。

地球温暖化が進行する中、実体験を通して自然界の現象を数値として捉えることは、環境問題への関心を高めることにつながる。また、自身で研究課題を発案し、その結果を外部に発信する機会をつくることは、研究を行う生徒だけでなく、受け手側の生徒や周囲の生徒の探求心の向上を促すと考えている。本研究を実践することで、理科教育を発展に加え、生徒の自主性や協調性を育むことを目的とした。

【本研究の3つの目的】

①実体験を通じた知識の定着と研究活動への応用

→本実験を通して呼吸や光合成の仕組みの理解を深めるとともに、生徒に自身の研究課題を発案を促す

②探求心の活性化と視野の広がり

→本実験を研究活動へ発展させ、学会発表に積極的に参加することで様々な方の指導を受ける機会をつくる

③環境問題の議論から持続可能な政策への発展

→本実験を軸に多様な生態系の現状を学ぶことで、地球温暖化対策等につながる対策を考案し、実行に移す

2. 研究にあたっての準備（機器・材料の購入、協力機関等との打合せを含む）

(1)助成金で購入させていただいた物品

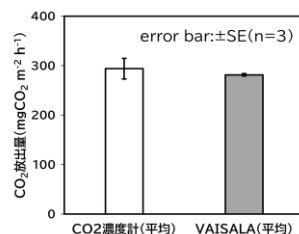
- ・CO₂濃度計→測定精度の評価を赤外線ガス分析器(VAISALA)と比較し、実際に使用精度が十分かを検証(⇒実験授業に十分使用可能)
- ・密閉容器、環境要因測定機器 →多角的な検証を行い、議論の幅を広げる

(2)課題研究を用いた学会発表参加への登録と申請

- ・INNOVATE AQUARIUM FESTIVAL2024 事前説明会：2024 年 5 月、申請：2024 年 7 月
- ・サイエンスキャスル関東大会 2024 申請、審査：2024 年 10 月、口頭、ポスター発表：2024 年 12 月
- ・第 72 回日本生態学会全国高校生ポスター発表大会(※中学生も参加可能)

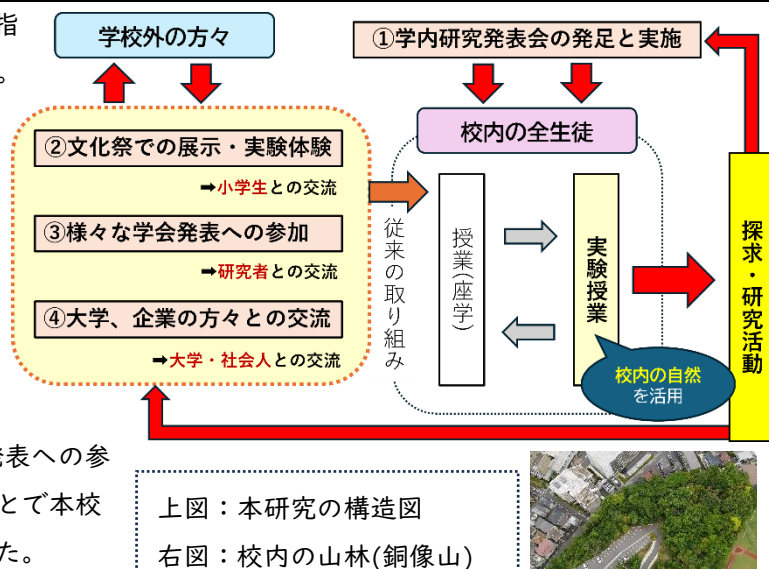
→申請：2024 年 10 月、要旨提出：2025 年 2 月、ポスターの提出・現地発表：2025 年 3 月

※ご協力をいただいた大学・企業：株式会社イノカ、栗田工業株式会社、玉川大学、早稲田大学



3. 研究の内容

本校校内には横浜市の鳥獣保護区にも指定されている銅像山という森林が存在する。校内の自然を活用し、自分たちで試料の採集から行い、生物の呼吸速度や光合成速度を測定する定量的実験を行った。実験の結果から新しい疑問を見つけ、研究活動に発展させることで、学内の生徒だけでなく、近隣や受験を考えている小学生にも理科を探究する楽しさを伝える機会をつくった。また、研究活動を活かし、様々な学会発表への参加や大学や企業の方々と共同研究を行うことで本校生徒の自主性や協調性を育む機会をつくった。



I. 実験授業における小型 CO₂ 濃度計を用いた呼吸速度・光合成速度の定量化

※対象：中2・中3生

中学2・3年生で学習する植物の生理活性、地球環境の授業(座学)を実施した後、Iの実験で使用する試料やどのような環境条件であれば違いが出るかを議論する実験を行った(1時間)。実験日には各班全員(1班4人)に役割がある CO₂ 濃度を定量的に示す実験を行い、自身の仮説や結果を Google スプレッドシートにまとめ、全クラスで共有した(1時間)。翌週に全クラスの結果や考察を用いて、本実験で差が出た原因や仮説との整合性を議論し、環境問題への取り組みへ議論を発展させた。



⇒実験を行う前：本単元に対する現状の理解度、仮説の調査(挙手・発言をもとに集計)

実験を行った後：Google フォームを用いたアンケート、本研究を行わなかった学年との得点率の比較

II. 模擬生態系の製作と文化祭での展示発表と体験実験

※中学生希望者、生物部(中学生：約100人)

Iの実験終了後、興味をもった生徒や生物部の生徒を中心に模擬生態系の製作に向けて議論を続け、夏期休業期間や実験授業の日を利用して様々な模擬生態系を製作した。9月に2日間にわたって開催される文化祭において展示を行い、来場者の方への説明や生徒考案した小学生向けの体験実験を実施した。



⇒文化祭で実施された来場者の人気投票、小学生からのアンケートを実施

III. 模擬生態系を活用した地球温暖化の影響を評価する実験(大学・企業との交流)

模擬生態系を製作する中で、環境移送企業であるイノカさんからアドバイスをいただいていた。Iの実験後の討論会で「地球温暖化」に興味をもっている生徒が多かったことから、IIで製作した模擬生態系を活用し、通常区と温暖化区の水槽をマングローブ生態系や海洋生態系で表現し、生物の成長速度や呼吸速度・光合成速度の測定に加え、継続的な観測や最終収量の計測も行うことで多角的に評価した。



IV. 学内研究発表の発足・実施と国内学会発表への参加

IIIで行ってきた継続的な研究成果を活かして、サイエンスキャスル関東大会や日本生態学会での学会発表に参加した。学会発表当日には、意見交換などを行ってきた各大学の学生と議論を交わす機会をつくった。文化祭後には学内研究発表委員会を発足し、2025年1月に校内の生徒、保護者へ向けて初の学年研究発表会を実施した。



⇒研究活動(III・IV)を行ってきた生徒を対象に Google フォームを用いてアンケートを実施

4. 研究の成果と成果の測定方法

【1】研究の成果の測定方法

(A)実験授業(小型 CO₂ 濃度計を用いた呼吸速度・光合成速度の測定)における考え方の変化

- ①実験前に仮説で議論していた内容と実験後の考察で議論していた内容の変化の比較
 ⇒実験前はクラスでの討論で出た内容、実験後は Google フォームを用いて各自の考察を集計・分析
- ②本単元の理解度の比較 ⇒本実践研究を行う前の学年と同時期に行った期末考査の得点分布の比較

(B)研究活動を行う前と行った後の意識の変化

- ①研究活動を通して研究、学会発表に対する考えの変化 ⇒Google フォームを用いて集計・分析
- ②生徒1人1人の活動の変化 ⇒教員の観察によるロジャーハートの「参加のはしご」の尺度で評価

【2】研究の成果 (A): 中学2年生 275 名が対象、(B)学会発表へ参加した 32 名が対象

(A) 実験授業における考え方の変化 ⇒考察の着眼点、理解力が大きく変容

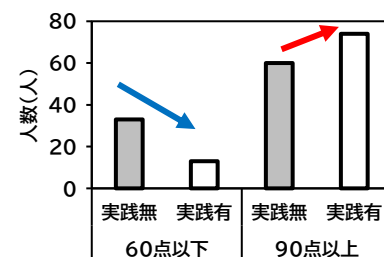
①本実験を行う前は大きな枠組み(植物・土壌の種類)に注目する生徒が大半を占めていた。一方、実際に校内の山林から採取した様々な植物を多くの班(学年で合計 72 班)で比較することによって、差が生じた原因を詳細に分析するようになった。これにより、**考察に記載する内容が具体的な表現に変容することが確認できた。**

②本実践研究を行う前の学年との期末考査の得点分布(100 点満点)を比較したところ、90 点以上を獲得した生徒の割合は 25%増加し、60 点以下となってしまう生徒の割合は 60%減少した。

→定量的な実験の実施によって生徒の理解度は向上した、特に理解が曖昧だった生徒への影響が大きいことが本結果より示唆された。

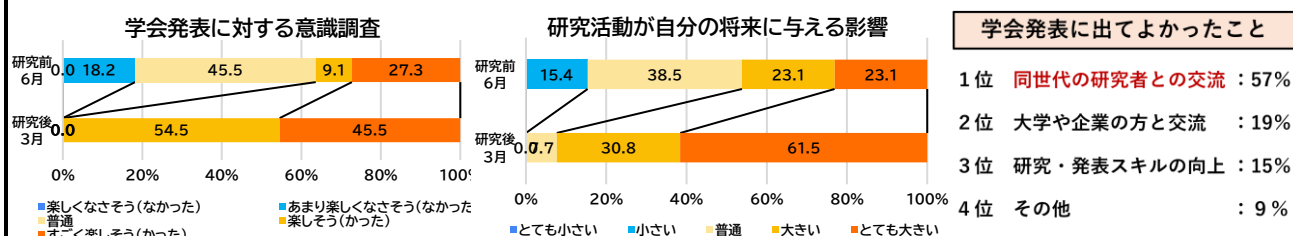
実験前の仮説	実験後の考察
・植物の種類	・各器官が占める割合: 65% (例)根の量、光合成器官の量
・植物の量	・土壌生物・微生物量: 50%
・土壌の種類	・土壌の環境条件: 47% (例)温度、土壌含水量
↑	
全クラスで共通	

⇒実験後は、**着眼点が具体的なものに変容した**



(B) 研究活動を行う前と行った後の意識の変化 ⇒大きく変容

①(A)で実施したような実験授業の形式には意欲的であったが、学会発表と聞くと参加へのハードルが高くなってしまい、学会発表のイメージも「普通」や「あまり楽しくなさそう」という意見が全体の 65%を占める結果となった(6月)。一方、実際に研究活動が続けることで探求や交流の楽しさに気づき、研究後には「とても楽しかった・楽しかった」に変容した(3月)。また、将来自分に与える影響の評価も研究後では「とても大きい、大きい」が大半を占めており、**研究活動における地道な努力の過程を肯定的に捉えることができた。**特に生徒が良かったと感じた項目は同世代の研究者との交流が最も高かったため、他校と協力し発表の機会を提供することは理科教育の発展に必要であると考えられる。



学会発表に出てよかったこと	
1位	同世代の研究者との交流 : 57%
2位	大学や企業の方と交流 : 19%
3位	研究・発表スキルの向上 : 15%
4位	その他 : 9%

②通常実験では、「④役割を与えられ情報を受ける」に分類される生徒がいる中で、その生徒からの支持を待つ「①操り」「②飾り」が多くなるが、(A)の定量的実験では1班全員に役割を持たせることで④に分類される生徒が大半を占めており、通常実験よりも変容がみられた。また、考察を用いた議論に加え、研究活動に移行する際には、**生徒からの研究テーマの相談が活発化したことから「⑦子供が着手し大人の指導を受ける」まで主体性が向上した。**その結果、学内研究発表会の運営を生徒主体で行うことにつながったと考えている。授業参観、学内発表会ともに保護者の方からの評価も非常に高かった。

5. 今後の展開（成果活用の視点、残された課題への対応、実践研究の可能性や発展性など）

本実験でも活用した小型 CO₂ 濃度計による定量的な測定は、小学生でも簡単に実施することができると同時に、PC などと一緒に利用した実験を行うことができるため、呼吸・光合成の仕組みを理解しながら ICT の活用にも積極的に触れることができると考えている。また、現在では CO₂ 濃度計の種類も多く、安価なものも販売されているため、様々な学校で実施することが可能である。(呼吸速度などの算出に用いる値は CO₂ 濃度の増加量で求めるため、ある程度の精度があれば活用できると思う)。現状、中学生の理科実験(植物、生態系の单元)では定性的な実験が多いため、本実験のような定量的な実験は理科が好きになるきっかけにもつながると考えている。対象とする植物や生態系の種類を変えることで、同じ測定手法であっても異なる面白い結果を議論することが可能であるため、本校でも引き続き実験を行っていく予定である。

学会発表については大学生などが参加するものとするのが一般的であったが、本実践研究を行って中学生から積極的に参加することは、生徒の知識を深化させるだけでなく、将来の可能性を広げるきっかけになると確信した。中学生の段階では高校生や大学生と比較して知識量は少ないが、柔軟な考え方や新しい研究テーマの創作については非常に面白いものが多く、大学生や研究者の方々からも賞賛されていた。また、中学生の段階から大学生や社会人と交流できる機会は学校行事の中でも少ないため、今後も積極的に実施していくことで生徒の主体性や協調性を育む機会をつくっていきたいと考えている。さらに、本研究結果などを小学生にも発信していくことで、理科の自由研究などにも活用できる環境づくりを行っていききたいと思う。

6. 成果の公表や発信に関する取組

※ 研究会等での発表や、メディアなどに掲載・放送された場合もご記載ください

＜本校の生徒が参加・研究発表を行った学会一覧＞

- ・ INNOVATE AQUARIUM FESTIVAL2024 ※INNOVATE AQUARIUM EGG に申請
- ・ 第 45 回打越祭 展示発表・体験実験の開催 ※2 日間での来場者数：約 17000 人
- ・ サイエンスキャスル関東大会 2024(東京) ポスター発表 ※中 3 生が口頭発表で最優秀賞を受賞
- ・ 第 1 回 ASEF2025(学内研究発表)の発足と実施
- ・ 第 72 回日本生態学会全国高校生ポスター発表大会(北海道) ポスター発表 ※小学生・中学生も参加可能

＜本校の教員・保護者へ向けた発信＞

- ・ 研究授業(理科)での実施 →その後の教科会で本実践研究について議論、研修会を実施
- ・ 授業参観での実施 ※教育実習期間には、教育実習生にも体験してもらいました
- ・ 第 10 回高校生国際シンポジウムの教員研修会への参加

→全国で探究活動を率先して行う先生方との交流を行うことができ、教員の成長につながる機会となった

7. 所感

本教育実践によって、中学生が日常の授業や実験から感じた疑問について調べ、それを研究として発展させることができたと考えている。また、中学生で学会発表や研究会へ参加することは、探求心やコミュニケーション能力の向上に加え、自身の進路や将来の可能性を広げる機会になっていることが分かった。さらに、同世代の研究仲間と交流し、意見交換を行える機会が増えることは、日本の理科教育の発展にも大きな影響を与えていると考えている。このように実験授業を活かし、積極的に学会発表へ向けて生徒が主体的に取り組むことができたのも、日産財団の理科教育助成のおかげである。本教育実践にも用いた呼吸速度や光合成速度の定量化は小学生でもできる簡単な定量的実験であり、比較的安価に実施することが可能であるため、多くの場所で活用できるよう、今後も生徒と試行錯誤をしながら様々な実験を展開していきたいと思う。