

令和 4 年 6 月 30 日現在

機関番号：99999  
研究種目：奨励研究  
研究期間：2021～2021  
課題番号：21H04068  
研究課題名 持続可能な生態系利用を学ぶための校内生態系の統合的な活用方法の開発

## 研究代表者

墨野倉 伸彦 (Suminokura, Nobuhiko)

立教新座中学校・高等学校・教諭

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 470,000円

研究成果の概要：従来、個別の教育利用に留まることが多かった校内の生態系を、「炭素循環プロセスの解明」に着目することで統合的に活用するフィールドワーク形式の授業を開発した。野外での測定や観察は生徒の関心を集め、主体的な取り組みを高める題材とすることができた。また、炭素循環プロセスの測定に用いるCO2センサーを、コロナウイルスの流行に伴って普及が進んだより低価格なセンサーに代替可能かの検証も行い、生徒実験において活用可能であることが確認できた。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

「炭素循環プロセスの解明」を共通指標とすることで複数の生態系を統合的に活用する試みは、中高の理科教育において前例が少なく、新規性のある試みであったと考えられる。野外での測定は楽しんで取り組める生徒が多く、実体験を伴って得た結果は活発な議論につながりやすいことから、本題材は生徒の身近な生態系への関心を高め、気候変動をはじめとする諸問題と持続的な生態系利用について生徒に考えさせるきっかけを提供するものであったと考えられる。

研究分野：理科教育

キーワード：炭素循環 環境教育 フィールドワーク 生態系活用 理科教育 生態学 CO2センサー

## 1. 研究の目的

学校内の生態系を統合的に活用し、生徒が持続可能な生態系利用の方法を体感的に学ぶためのフィールドワーク手法を開発し、その教育効果を検証することを目的とする。

## 2. 研究成果

学校内の生態系を森林・草原・農地に区分し、炭素循環プロセスを共通の指標として異なる生態系を同一の視点で捉えることのできるフィールドワーク形式の授業を開発することができた。高校生を対象とした1年間の実習授業において下記のような開発と実践を行った。

### (1) 各生態系における炭素循環プロセスの解明方法

草原生態系では、内部が密閉される容器を生態系表面に被せ、内部のCO<sub>2</sub>濃度の経時変化をセンサーで測定・記録する手法で各生態系の炭素吸収/放出量を測定させた(図1)。草原では、容器に網や暗幕をかぶせることで光条件を変化させると同時に照度の測定を行い、光条件と吸収量の相関関係(光-光合成曲線)を調べさせた(図2)。連続測定が可能なセンサーで測定した照度の連続データおよび気象庁の連続データから、生態系が1年間に吸収/放出する炭素量を推定させた。

森林生態系では、校内の雑木林に10m×20mの区画を設置し(図3)、センサーによる測定で土壌呼吸速度を測定し、温度と炭素放出量の相関関係を調べ、別に連続測定した土壌温度から、一年間の放出量を測定した。吸収量は毎木調査によって測定した樹木成長量から算出し、合算することで、年間値を推定させた。

農耕地については、校内の空き地を耕作し(図4)、作物を栽培することで農耕地に区分される生態系を再現した(図5)。得られた作物の収量を測定(図6)し、森林における手法と合わせることで農耕地が吸収する炭素量を推定させることができた。

炭素循環プロセスの測定に加え、それらに影響を及ぼす土壌水分量や雨量などの環境要因の測定も導入した。また、生物多様性を明らかにするために、昆虫の採集や鳥類の観察を定期的に行い、各生態系への影響を考察させた(図7)。

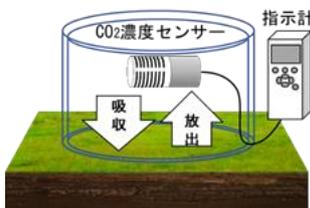


図1. 吸収量の測定原理



図2. 測定の様子



図3. 区画設置と毎木調査の様子



図4. 耕作の様子



図5. 作物の育った畑



図6. 収量測定の様子



図7. 昆虫採集の様子

### (2) 教育効果

野外観察やフィールドワークに対しては82%、耕作や農作業に対しては91%の生徒が「とても」または「比較的」興味をもって取り組めたと回答しており、このような実習に対する生徒の潜在的な興味関心の高さが窺えた。また、「受講前と比べて身近な生態系への関心が高まったか」については82%、「受講前と比べて気候変動への理解は深まったか」についても82%の生徒が「とても」または「比較的」興味をもって取り組めたと回答しており、本研究が身近な生態系への生徒の関心を高め、気候変動をはじめとする問題への認識とそれを踏まえた持続的な生態系利用について学ぶきっかけを提供したと考えられる。

### (3) 低価格CO<sub>2</sub>センサーの導入

当初、上記のような炭素循環プロセスの測定には5万円~数十万円程度の高価格なセンサーを導入して行っていた。その中で、新型コロナウイルスの感染対策に伴う換気需要の高まりにより、5000円程度の低価格CO<sub>2</sub>センサー(図8)の普及がすすんだため、低価格CO<sub>2</sub>センサーが炭素循環プロセスの測定に耐えうるものかを研究用センサーと比較(図9)するこ

とで検証した。その結果、低価格センサーは研究用センサーと極めて近い濃度変化を示し(図10)、生徒実験レベルの測定には十分に活用可能であることが明らかになった。こうしたセンサーは植物の光合成の測定に広く用いることができるため、理科教育上における幅広い応用可能性が明らかになった。



図 8. 低価格 CO<sub>2</sub> センサー

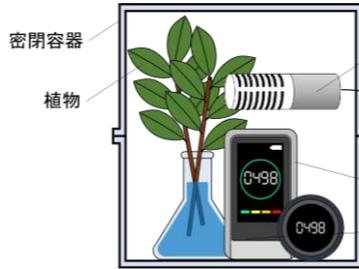


図 9. 比較実験の様子

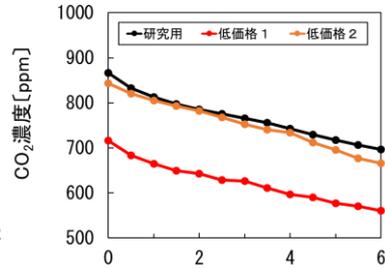


図 10. 各センサーの CO<sub>2</sub> 濃度変化

(4) 生徒間の議論と発表

本研究では生徒の主体的な活動を重視し、各測定・観察は、具体的な測定方法に関する指導を一切行わず、目的のデータと測定機器の説明のみを行い、測定方法や条件検討は生徒間の議論に基づいて決定させた。

各生態系の1年間の炭素吸収量の違いから、各生態系を比較させ、その要因について議論させた。また、校内全体を1つの閉鎖系として捉え、各生態系の面積を調べ、スケールアップすることによって校内の全生態系が1年間に吸収する炭素量を求めた。年間消費電力をもとに算出した年間放出量と比較することで、持続可能な生態系利用の方法をグループで議論させた。本研究では測定方法の検討や結果の解析などにおいて生徒間で議論するタイミングが頻繁に設けられた。また、農作業やフィールドでの測定は楽しんで取り組める生徒が多く、実体験を伴って得た結果は活発な議論につながりやすい傾向が見られた。

1年間取り組んだ内容は、レポートとポスターの作成を通じて発表させた。概ねの生徒が、研究背景、手法、結果と解析、考察、結論に至る一連の科学研究プロセスに従って実習内容をまとめられており、科学研究の手法と思考過程を体験させることができたと考えられる。

### 校内の生態系における炭素吸収量の比較

立教新座高等学校 3年 組 番

#### I. 目的

前回の研究では校内の草原生態系が1年間に吸収する炭素量を求めた。これに加えて校内の森林生態系と農耕地が1年間に吸収する炭素量を求めたい。また、校内の全生態系が1年間に吸収する炭素量を求めたい。

#### II. 方法

##### 森林生態系の年間炭素吸収量

① 測定場所の選定  
② 測定方法の選定  
③ 測定結果の解析

##### 農耕地の年間炭素吸収量

① 測定場所の選定  
② 測定方法の選定  
③ 測定結果の解析

#### III. 結果

##### 森林生態系の年間炭素吸収量

森林生態系内の区画の様子

区画	面積 (m <sup>2</sup> )	年間炭素吸収量 (kg)
区画1	1000	1000
区画2	2000	2000
区画3	3000	3000
区画4	4000	4000
区画5	5000	5000
区画6	6000	6000
区画7	7000	7000
区画8	8000	8000
区画9	9000	9000
区画10	10000	10000

##### 農耕地の年間炭素吸収量

区画	面積 (m <sup>2</sup> )	年間炭素吸収量 (kg)
区画1	1000	1000
区画2	2000	2000
区画3	3000	3000
区画4	4000	4000
区画5	5000	5000
区画6	6000	6000
区画7	7000	7000
区画8	8000	8000
区画9	9000	9000
区画10	10000	10000

#### IV. 考察

草原生態系、森林生態系、農耕地における単位面積あたりの年間炭素吸収量は、草原生態系: 0.9764825kg、森林生態系: 1.1735299kg、農耕地: 0.814822kgであり、森林生態系>草原生態系>農耕地という結果になった。つまり、森林生態系が最も年間炭素吸収量が多い。これは草原生態系、農耕地の面積が多かったことによる。

#### V. 課題

本研究では以下の課題により得られたデータと実際のデータに誤差が生じている可能性がある。

### 立教新座キャンパス生態系の物質循環について

立教新座高等学校 3年 組 番

#### 目的

生態系が二酸化炭素を大気どのくらい吸収したり排出しているのか、知らない。  
立教新座キャンパスには、『草原』『森林』『農耕地』の生態系が存在している。  
身近に存在する生態系の物質循環を明らかにし、各生態系ごとの比較を行う。

#### 測定場所

立教新座キャンパス

#### 測定方法

##### 草原

透明チャンパーによる測定法  
光条件を測定CO<sub>2</sub>濃度を測定

##### 森林

DBHの測定  
透明チャンパーによる測定法  
土壌呼吸速度と土壌温度を測定し、土壌呼吸速度を推定。気候データの取得データから単位面積当たりの炭素吸収量を算出。スケールアップする。

##### 農耕地

作物の収穫量から炭素吸収量を推定。土壌呼吸から炭素吸収量を推定。両者を比較し、炭素吸収量を求める。今回は、右に記した森林生態系の測定方法と同等の方法を用いた。

#### 結果

単位面積当たりの炭素吸収量: 0.88 kgCO<sub>2</sub>/年/m<sup>2</sup>  
全草原生態系の炭素吸収量: 4853 kgCO<sub>2</sub>

単位面積当たりの炭素吸収量: 0.47 kgCO<sub>2</sub>/年/m<sup>2</sup>  
全森林生態系の炭素吸収量: 30026 kgCO<sub>2</sub>

単位面積当たりの炭素吸収量: 0.29 kgCO<sub>2</sub>/年/m<sup>2</sup>  
全農耕地生態系の炭素吸収量: 24763 kgCO<sub>2</sub>

#### 考察

単位面積当たりの炭素吸収量が少ない要因として、草原の面積が森林生態系の広さよりも狭く、小さいことや、葉の面積が少ないことが挙げられる。それにより、光合成量が減少している。また、今回は検証できていないが、草原生態系は森林生態系と比べて地上に蓄積する炭素量が少なく、土壌中の炭素も少ないため、炭素吸収量が少い要因なのではと考えた。

単位面積当たりの炭素吸収量が多い要因として、草原の面積が森林生態系の広さよりも狭く、小さいことや、葉の面積が多いことが挙げられる。また、草原生態系は地上に蓄積する炭素量に対して、森林生態系は土壌中に炭素を蓄積する傾向があるため、日光にあたりやすいのではと考えた。

農耕地は作物を栽培するために、日当たりの良い場所を用いることが多い。しかし、作物それぞれに日当たりが異なるように、間隔を取って栽培されるため、日照が均等に当たらない。

また、炭素吸収として蓄積した作物や、その茎などは、いずれ分解されなくなるため、実質的な炭素吸収量はゼロなのではと考えた。

#### 改善点

今回の研究では、改善が求められる点が多くある。①草原生態系と森林生態系の測定を同時に行っていない。②森林生態系の土壌温度の測定が不十分。③DBHの測定が高さがバラバラで正確ではない。など。

今回の研究を通して、自分の手で身近な生態系がどれほどCO<sub>2</sub>を吸収しているのかを確かめることができた。また、フィールド調査でのデータの取り方や記録の仕方、レポートへの取り組み方、友人との協力仕方など、これら将来に役に立つことも有意義な研究・授業であった。

図 11. 生徒のポスター例

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 墨野倉伸彦
2. 発表標題 校内生態系を統合的に活用する教育手法の開発 フィールドワークで学ぶ持続可能な生態系利用
3. 学会等名 日本理科教育学会 第71回 全国大会（群馬大会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 墨野倉伸彦 ・和泉利香 ・宇津木春菜
2. 発表標題 低価格CO2センサーを活用した新しい光合成実験の開発
3. 学会等名 日本生物教育学会 第106 回全国大会（SBSEJ106）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 墨野倉伸彦
2. 発表標題 持続可能な生態系利用を学ぶための学校内フィールドワークの開発 低価格 CO2センサーを活用した炭素循環プロセスの測定
3. 学会等名 日本生物教育会 第75回全国大会北海道大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
----	--------