

研究課題	生物基礎における農業データサイエンス教育を通じた課題解決能力とグローバルな視野の育成
副題	～ I C T 機器と地域の未利用資源を活用した循環型大豆生産モデルの構築と世界に向けた発信～
キーワード	データサイエンス教育 地域との協働 未利用資源 ICT 教育 SDGs
学校/団体名	私立学校法人東洋大学 東洋大学附属牛久中学校・高等学校
所在地	〒300-1211 茨城県牛久市柏田町 1360-2
ホームページ	https://www.toyo.ac.jp/ushiku/

1. 研究の背景

近年、日本の農業は担い手の高齢化や農業従事者の減少などの課題に直面している。これらの課題に対応するため、IoT センサーや気象データなどを活用したスマート農業の導入が進められており、栽培環境や生育状況をデータとして蓄積・分析する農業データサイエンスの重要性が高まっている。農業データを活用することで、土壌水分量や地温、気象条件などと作物生育の関係を定量的に把握し、栽培管理の最適化や収量向上に結びつけることが期待されている。

また、SDGs の観点から、地域で発生する未利用資源を農業に活用する取り組みも注目されている。例えば、ワイン製造の副産物であるワインパミスなどの資源を堆肥として利用することで、資源循環型農業の実現や環境負荷の低減が期待される。そして、このような取り組みでは、作物生育への影響を科学的に評価するために、データに基づいた分析が不可欠である。本研究で扱う大豆は、タンパク質を豊富に含む作物であり、日本の食文化において重要な農作物である。しかし、日本の大豆自給率は低く、多くを輸入に依存している。さらに、世界的には人口増加に伴うタンパク質需要の増加が指摘されており、持続可能なタンパク質供給の確保は重要な課題となっている。このことから、大豆は食料問題や持続可能な農業を考える教材としても適している。

一方、高等学校においては、新学習指導要領において探究的な学習やデータ活用能力の育成が重視されている。特に理科教育では、観察や実験で得られたデータを分析し、科学的根拠に基づいて考察する力を育成することが求められている。しかし、実際の授業では、生徒が大量のデータを扱いつつ課題解決を行う機会は必ずしも多くなく、特に農業や環境といった地域課題と結びついたデータ分析型の学習の実践例は限られている。そこで本研究では、地域の未利用資源を活用した大豆栽培の実データを教材として用い、生徒が土壌水分量や地温などの環境データと作物生育の関係を分析しながら栽培結果を考察する農業データサイエンス型授業を開発した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、生物基礎の授業において大豆栽培の実データを用いた農業データサイエンス型授業を開発し、その教育的効果を検証することである。具体的には、土壌水分量や地温などの環境データと作物生育データを分析する課題解決型授業を実施し、授業前後のアンケート調査を通して、生徒のデータ活用への興味関心、農業課題への認識、およびデータに基づく考察力にどのような変化が生じるかを明らかにすることを目的とする。

3. 研究の経過

本研究は、SDGs Lab という部活動に所属する 15 名の生徒による研究と、高校 1 年生 534 名の生徒による研究に分かれている。ここでは、SDGs Lab の生徒による活動について述べる。生徒達は、学校所在地である牛久市にある日本遺産「牛久シャトー」の未利用資源であるワインパミス（ブドウの搾りかす）を堆肥として利用することで二酸化炭素排出量を削減する循環型の仕組みを構想・実践した。次に、2030 年に予測される世界的な「タンパク質危機」への対策のために、ワイン堆肥を用いてタンパク質含有量が多い大豆を栽培した。さらに、収穫した大豆を取手市の染野屋に依頼して大豆ミートに加工し、絶滅危惧種に指定されているニホンウナギを守るために大豆ミートうな井を開発した（「牛久沼周辺」はうな井発祥の地とされている）。そして、大豆ミートうな井を各種イベントで販売し、私達の取り組みを世界に向けて発信していく。また、開発途上国への農業支援や宇宙日本食・日本災害食の開発にもつなげていく。

①ワインパミスの堆肥化に関する活動

生徒達は、ワインパミス、地元農家の米ぬか・粃殻、青山きこの園の菌床を混ぜて堆肥づくりを行った。堆肥は 2024 年 10 月から 2025 年 5 月まで 8 か月間発酵させた後、6 月に畑へ散布した。ワイン堆肥の性質を評価するために、「みどりくん土壌検査キット」を用いて、生育に重要な pH、窒素（N）、リン（P）、カリウム（K）の値を測定した。その結果、pH は 4.5 と低かったため、pH をおよそ 6.0 に調整した。一方で、硝酸態窒素は理想値よりもやや高い値を示した。また、リン酸はやや不足しており、カリウムも不足していた。

②ワイン堆肥を活用した大豆栽培に関する活動

ワイン堆肥の効果を測定するために、ワイン堆肥を使った場合と化成肥料を使った場合との収量の違いの比較を行った。また、黒マルチとシルバーマルチの 2 種類を使用した。黒は光を吸収して土壌温度が上がりやすく、シルバーは光を反射して温度が上がりにくい特徴があり、どちらのマルチが茨城県牛久市の大豆栽培に適しているかを調べる狙いがある。6 月に播種、7 月中旬に開花、8 月中旬に枝豆が形成、10 月下旬に収穫という栽培スケジュールで実施した。収穫量の結果は表 1 のようになった。



図 1 e-kakashi でのデータ測定

表 1 条件による大豆収穫量と草丈の違い

条件	肥料	マルチ	28 株合計収穫量	7/3 草丈	8/28 草丈
①	化成肥料	シルバー	3.4kg	24.9cm	110.3cm
②	化成肥料	黒	4.0kg	24.2cm	96.5cm
③	ワイン堆肥（P,K 添加）	シルバー	3.0kg	20.1cm	112.4cm

①と②より、黒マルチの方が収量が多くなった。また、③のように P と K を補えば、化成肥料と大きな差はなかった。来年度は、有機肥料だけで化成肥料を上回ることを目指し、牡蠣殻で pH の調整と P の補充を行い、草木灰で K を補充する予定である。なお、表 1 から草丈が必ずしも収量に影響しないことに気づくことが重要である。大豆は「開花～着莢(実がつき始める)期」にストレスがあると、花や莢を維持できず収量が下がることもある。表 2 は「e-kakashi」で測定した 7 月の開花期における土壌温度と土壌水分量のデータである。このデータから、収量が最も少なかった条件③において、開花期に土壌水分が最も高いことから、根が過湿状態になり、ストレスが大きかったことで、花や莢を維持できなかった(落としてしまった)可能性があると考えられた。

表 2 7 月の開花期における土壌水分量と土壌温度のデータ

条件	指標	平均	最小	最大
①	土壌水分量 (%)	31.6	30.2	35.7
①	土壌温度 (°C)	30.3	26.5	33.4
②	土壌水分量 (%)	26.4	24.0	33.9
②	土壌温度 (°C)	31.4	26.7	34.5
③	土壌水分量 (%)	41.3	38.2	47.1
③	土壌温度 (°C)	29.8	25.8	32.9

③栽培した大豆を活用した商品開発

私達は、改良を重ねながら大豆ミートうな井の開発に取り組んできた。豆腐を使用した代替うな井と異なり、大豆ミートを用いることで、食感もウナギに近づけることができた。2025 年 11 月には、牛久三大祭りの一つである「うしく Wai ワイまつり」に、専門学校と協力して初出店し、タレに牛久シャトーのワインを使用した「ワインに恋する Soy うな井」を販売した。成分表を作成し比較した所、カリウムや鉄分を多く含むという栄養的特徴があることも分かった。そして現在、土浦市のヒロフーズと連携し、「大豆ミートうな井」の商品開発を進めている。

④開発途上国への大豆栽培・大豆ミートの普及と飢餓の防止

人口増加率が高く、タンパク質危機が深刻化しやすいウガンダ、ケニア、タンザニアでの普及を目指している。現地の未利用資源を活用し、大豆栽培と手作業でも可能な大豆ミート加工技術を広めることで、飢餓や栄養不良の解決に貢献したいと考えている。実際に、2025 年 10 月に JICA の「学校訪問制度」を活用し、開発途上国の研修員を招いて堆肥化技術や大豆栽培技術を共有した。



図 2 畑での JICA 研修員との交流

⑤大豆ミートを用いた宇宙日本食・日本災害食の開発

宇宙では骨粗しょう症が課題であるが、大豆ミートはカルシウムによる骨形成促進効果と、イソフラボンによる骨分解抑制効果があり、宇宙食として適している。2026年1月に、宇宙日本食の開発に携わったことのある中沢孝様から、常温で1年半以上保存でき、無重力でも飛び散らないといった基準について伺うことができた。また、宇宙日本食は日本災害食に認定されやすいことも教えていただいた。試作品が完成次第、大豆ミートうな井をJAXAの宇宙飛行士の方に試食していただき、日本人宇宙飛行士の月面着陸までの完成を目指す。また、私たちが生きる時代は“千年ぶりの大地変動の時代”といわれ、今後数十年の間に大規模災害の可能性が指摘されている。こうした時代に、大豆ミートを活用した日本災害食が注目されることで、人々が日頃から災害に備える契機になることを目的としている。



図3 JAXA 筑波で中沢孝様と撮影

⑥2つのコンテストへの出場

①～⑤の活動成果を広めるために、「IBARAKI ドリーム・パス AWARD」と「全国ユース環境活動発表大会」という2つの大会に参加した。「IBARAKI ドリーム・パス AWARD」では、857件の企画のグランプリを受賞することができた。また、「全国ユース環境活動発表大会 全国大会」では、国連大学サステナビリティ高等研究所 所長賞（第3位）を受賞することができた。来年度以降は優勝を目指して活動を継続・発展させていきたい。



図4 IBARAKI ドリーム・パス AWARD



図5 全国ユース環境活動発表大会 全国大会

4. 代表的な実践

本研究の代表的な実践は、高1生徒全員を対象に、生物基礎の授業の中で農業データサイエンス教育を行ったことである。ワイン堆肥作りや大豆栽培などの農作業はSDGs Labの生徒が中心となって行ったが、種子の発芽・大豆の莢むき・データ分析の3点については、高1生徒全員で実施した。それぞれの活動にかけた時間は表2の通りである。

表 3 農業データサイエンス教育の授業内容と時間

時期	内容詳細
2025/5	①グリーン株式会社によるスマート農業の講演会 (50分)
2025/6	②大豆の発芽実験 (25分)
2025/11	③大豆の莢むきと大豆の分類 (50分)
2026/3	④IoT 機器で測定したデータに基づいた農業データサイエンス教育 (75分)

①グリーン株式会社によるスマート農業の講演会

本研究で使用した IoT 機器である「e-kakashi」を開発したグリーン株式会社から戸上様をお招きし、日本の農業が抱える課題とスマート農業について講演していただいた。生徒達は、土壌水分量を IoT 機器で測定することで、収穫量が 2 倍以上になったカルビーポテトの事例などを興味深く学び、農業データサイエンスに対する関心を高めることができた。



図 6 グリーン株式会社による講演会

②大豆の発芽実験

畑の土を紙コップに入れ、大豆の種子（品種は茨城県の推奨品種である里のほほえみ）と一緒に生徒一人ひとりに配布する。種を植える深さは 3~4cm を目安とした（人差し指の第一関節くらいの深さ）。この深さにした理由は、浅すぎると鳥に食べられてしまい、深すぎると発芽しにくくなってしまうためである。植えた大豆の種子は教室のベランダに置き、3~5 日で発芽させた後、苗を畑の土に植えた。



図 7 大豆の種子の発芽実験の様子

③大豆の莢むきと大豆の分類

大豆は 1 株あたり 100 程度の莢を付ける。私達の畑では、40000 個程度の莢が得られたので、これを 500 人の生徒で分担して莢向きを行った。1 人あたり 80 個程度の莢をむくことになり、大豆の分類と合わせるとかなり時間がかかった。大豆の中には、紫色のカビのようなものが付いた紫斑病の大豆もあったが、大豆ミートに加工するのに問題はないため、このような大豆も使用した。一方で、小さくて硬い豆については、機械の故障の原因になるため取り除いた。



図 8 大豆の莢むきと選別の様子

④IoT 機器で測定したデータに基づいた農業データサイエンス教育

本授業では、農業データサイエンスの考え方を理解させるために、実際に「e-kakashi」を用いて収集した大豆栽培データを用いたワークシートを作成した。ワークシートでは、牛久シャトーで発生するワインパミスを堆肥として利用し、大豆を栽培する実践を題材とし、地域資源の循環利用とタンパク質危機という社会課題を背景として提示した。生徒はまず、この活動の背景や実験条件を理解した上で、化成肥料区とワイン堆肥区、さらに黒マルチとシルバーマルチを組み合わせた栽培実験の結果を読み取り、収量や草丈などのデータを比較した。

ワークシートは主に5つの活動で構成した。まず、生徒は収量や草丈のランキングを作成し、データの基本的な読み取りを行った。次に、草丈と収量の順位が一致しない理由を考察させることで、単純な数値比較だけでは結論を出せないことを理解させた。その後、大豆の収量が開花期の環境条件に大きく左右されることに着目し、7月の土壤水分量や地温のデータから平均値・最大値・最小値を求め、平均値だけでなく極端な値にも注目して分析する重要性

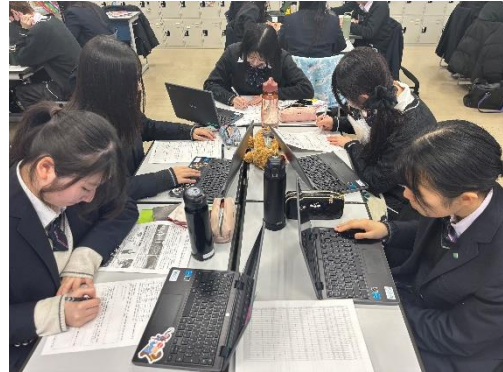


図9 Chromebook を活用したデータ分析

を学ばせた。さらに、土壤水分量と収量の関係について科学的根拠を示しながら説明させ、最後に来年度の栽培に向けた改善策を提案させた。このように、本ワークシートでは「データの読み取り」「科学的な考察」「改善提案」という一連のプロセスを体験させることで、生徒が農業の課題をデータに基づいて分析し、解決策を考える力を育成することを目的とした。

5. 研究の成果

本研究では、農業データサイエンス教育の効果を測定するために、①～④の実践を行う前と実践を行った後で、生徒の意識の変容を測定した。具体的には、Google Forms を用いて10個の選択式項目に、5件法（1＝まったくそう思わない～5＝とてもそう思う）で回答を求めた。生徒の回答の結果を分析した所、表3のような結果になった。なお、事前調査と事後調査で対応のあるt検定を行ったところ、すべての質問項目において1%水準で有意差があった（ $p < 0.01$ ）。質問項目は、①データ活用志向、②科学的思考、③社会課題認識の3つの観点から構成した。また、回答の一貫性を確認するために反転項目を1問設定した。項目の1、2、5、7、10はデータを使って問題解決をしようとする態度（①データ活用志向）に該当する。項目の8と9は科学的方法や実験デザインの理解（②科学的思考）に該当する。さらに、項目の3と4は農業問題やSDGsへの関心（③社会課題認識）に該当する。なお、項目6は反転項目であり、回答の解釈には注意が必要である。この項目についても有意な差が確認された。しかし、データをそのまま解釈すると、「農業ではデータよりも長年の経験や勘の方が重要である」と考える生徒が増加したことになり、本授業実践の目的とは必ずしも一致しない結果となる。反転項目は質問の意図が十分に理解されない場合があることが指摘されており、本研究においても、生徒が反転項目であることに気づかずに回答した可能性がある。そのため、この項目の結果については慎重に解釈する

必要がある。

各観点の平均値を算出したところ、データ活用志向は事前 3.09 から事後 4.17 へ大きく向上した。また、科学的思考は 3.79 から 4.31、社会課題認識は 3.60 から 4.23 へといずれも上昇した。この結果から、本授業実践は生徒のデータ活用志向を特に大きく高めるとともに、科学的思考や社会課題認識の向上にも一定の効果を示したと考えられる。

個別の結果に着目すると、特に注目すべきなのは、項目 2 の「私はデータを活用して農業の問題を解決することに興味がある。」という質問に対する数値の上昇である。10 項目の中で最も変化量が大きかったのはこの項目であり、本研究における農業データサイエンス教育の効果を最もよく示す結果であると考えられる。この項目の上昇は、生徒がデータを活用して社会課題を解決しようとする意識を高めた可能性を示している。特に、農業分野は人手不足が大きな課題となっており、データを活用した問題解決に関心を持つ人材の育成は、今後の農業の発展にとって重要であると考えられる。本研究の結果は、農業データサイエンス教育がそのような人材育成に寄与する可能性を示唆するものである。

表 4 事前・事後調査で回答させた質問項目と平均値・変化量

項目	質問	事前	事後	変化量
1	私はデータを活用して問題を解決することに興味がある。	2.82	4.08	1.26
2	私はデータを活用して農業の問題を解決することに興味がある。	2.55	4.06	1.51
3	日本や世界の農業が抱える課題について考えたことがある。	3.05	4.06	1.01
4	SDGs に配慮した農業の取り組みは重要だと思う。	4.16	4.40	0.24
5	農業では、データに基づいて分析し判断することが重要だと思う。	3.70	4.34	0.64
6	農業では、データよりも長年の経験や勘のほうが重要だと思う。	3.27	3.61	0.34
7	私は、実験や観察で得られたデータをもとに、なぜそうなったのかを考察することができる。	2.84	4.08	1.24
8	複数の条件を比べることで、何が植物の成長に影響したのかを明らかにできると思う。	3.64	4.30	0.66
9	植物の成長に大切な条件を調べるには、調べたい条件以外をできるだけそろえて比較することが大切だと思う。	3.95	4.32	0.37
10	生物基礎の授業を通して、データ分析能力や問題解決能力が身につくと思う。	3.56	4.29	0.73

6. 今後の課題・展望

本研究では、農業データサイエンス教育の実践を通して、生徒の意識の変化をアンケートによって測定した。しかし、本研究では生徒の意識の変化を中心に分析しており、実際のデータ分析能力や問題解決能力の向上については十分に検証できていない。今後は、データ分析の過程や提案内容を評価するルーブリックを作成するなど、より多面的な学習成果の評価方法を検討する必要がある。また、本研究は単年度の授業実践を対象としたものであるため、複数年度にわたる実践を通して教育効果の再現性を検証することも今後の課題である。

7. おわりに

近年、スマート農業の普及により、農業分野においてもデータを活用した意思決定の重要性が高まっている。本研究では、農業を題材としたデータサイエンス教育を実践し、生徒が実際の栽培データをもとに考察や改善提案を行う学習活動を行った。その結果、生徒のデータ活用志向、科学的思考、社会課題認識のいずれにおいても向上が見られた。これらの結果から、農業を題材としたデータサイエンス教育は、生徒が社会課題をデータに基づいて考える力を育成する上で有効である可能性が示された。

8. 参考文献

- ・文部科学省（2018）『高等学校学習指導要領（理科編）』文部科学省。
- ・岡安崇史（2022）「スマート農業の研究事例からみる数理・データサイエンス教育の必要性」, オペレーションズ・リサーチ, 67(11), pp.586-593.
- ・大久保紀一郎（2022）「小学校社会科第5学年の農業単元におけるドローンを用いたプログラミング教育の実践とその効果」, 『日本教育工学会論文誌』46(1).
- ・狩野剛（2025）「データサイエンス教育は『習う』より『考える』」, 工学教育, 73(5), p.5_92-5_97.
- ・茨城県（2022）茨城県における標準施肥の考え方
<https://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/kantai/suishitsu/documents/ibarakikennhyoujunnsehi.pdf>(2026年3月13日閲覧)