

「モデル化」を活用した、生態系分野の授業実践

きうち ようこ
木内 葉子

I. はじめに

本校では、新カリキュラム開始に向けて理数探求基礎の実施の準備を進めており、数学科と協力しながらシラバスの検討を行っている。実験を行なって得られたデータをもとに、統計的な分析を行い規則性を見出したり、数学的手法を用いて、普遍的・一般的な関係を見出したりするような教材を検討している。また、生徒たちが、いつどの分野でどのような力をつけているのか把握し、それをもとに授業の内容を改善することを目的として、科目別カリキュラムの一覧を作成している。教員が現行の授業で行っている内容において、その分野で養いたい力をカリキュラムとともに整理している。

本授業において生徒たちは、パースニップという植物の種子発芽について、なぜそのような特徴をもつのか仮説を立て、検証する。この活動を通じて生徒は、思考力や判断力をはたらかせながら、これまでに身につけた知識や技能を教科の枠を取り払って活用する機会とすることを目的としている。また、探究活動はペアでアイデアを出し合いながら行い、最後に探究の結果をプレゼンテーションする。論理的に説明するとともに自由な思考を交流する機会とするとともに、互いを認め合い主体的で協働的な学びとなることを目指した。

本校の生物選択者のなかには数式を扱うことに苦手意識をもち、理科4科目の中で生物を選択したという生徒もいる。一方で、数学モデルを用いて生命現象をとらえることで、法則性や共通性を見出すことができれば、数学と生物の両方のおもしろさを味わうことができると考えた。これらの背景より、数学と生物の教科横断的な学習を模索した。

数学的手法で法則性や共通性を見出すことは、物理学や、化学の特定の分野では当たり前に行われていることである一方、高校の生物分野ではごく一部で扱われるに限られる。生物分野で扱う現象は要素が多く、原因と結果が1対1で対応しない場合がほとんどである。このため一般的な生物の授業であれば、対照実験等を設定して条件を整え、調査をする。今回は、実際の実験は行わず、サイコロを用いたシミュレーションを行うとともに、数学的手法を用いて特定の仮定のもとで結論を導く展開を試みた。

本授業で用いるのは、2次関数と確率という基本的な数学的手法である。しかし、環境条件と確率を関連させたり、種子の数や割合を文字で置き換えたりして式を立てていく過程は、仮説や条件の設定によって幾通りもある。生徒は各々定めた仮説に沿って条件を整理していく。

II. 指導案

モデル化を活用した、生態系分野の授業実践

発表者 木内 葉子

(1) 概要とねらい

パースニップの種子は冬を越して春に発芽する種子と、休眠して秋に発芽する種子がある。この理由を予想し、環境の変化と種子の生残数を考えながら環境と個体数の関係を考察する。

生態と環境について学ぶ事前学習として、個体の形質の多様性と環境への適応について意識させたい。

探究的な形式の活動を通じて、教科や科目の枠を超えて知識・技能を活用するとともに、数学モデルを用いて生命現象をとらえることのおもしろさを感じてもらうことを目的としている。

(2) 教材

「パースニップの発芽条件（「生き物の進化ゲーム」 酒井 聡樹 より）」

(3) 単元と計画

高校3年生 1クラス10名×2クラス

単元：生態系

本授業は生態と環境について学ぶ事前学習として扱う

第1時：「パースニップの発芽条件」の理解・シミュレーションによる予想

第2時：数学モデルの考案とグラフ化・考察

(4) 授業の目標

- ① 探究的な学びのなかで、教科や科目の枠を超えて知識・技能を活用する思考力、判断力、表現力を身につける
- ② 主体性をもって、班員と協働して学ぶ態度を身につける

(5) 授業の評価

評価	論理的思考・判断力・表現力	主体性を持って多様な人々と協働して学ぶ態度
A	シミュレーションの結果をもとに、自ら条件を選択・設定し、モデルの数式を作成して最適な割合を予想できる	条件の妥当性について班員と話し合い、より適切な選択や設定について相互に考えを交流できる
B (標準)	自ら条件を選択・設定し、モデルの数式を作成することができる	班員の助けを得ながら、条件の妥当性について検討し設定できる
C	条件の選択や設定ができなかった	条件の選択や設定ができなかった

(6) 授業の展開

過程	生徒の学習活動	教員の活動	指導上の留意点
第1次	<p>「パースニップの発芽条件」の理解</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 原産地の気候からそのような形質となる仮説を立てる。 2 仮説の検証方法を検討する。(条件の選択・整理) 3 簡単な数でシミュレーションする。 <p>エクセルシートに数値を入力し、シミュレーションする。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 環境条件を限定したり、条件を操作したりする。 2 サイコロを用いて環境条件を決め、シミュレーションする。 3 多様な種子を生じる場合について考える。 	<p>課題1の提示 「最適発芽条件の異なる種子が生じるのはなぜか」</p> <p>クラスルームにシートを配布する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・シートに入力された数式の説明をする ・単純な数字をあてはめて理解させる 	<ul style="list-style-type: none"> ・生徒が自由な発想で条件を設定できるよう促す。 ・シミュレーションを通じて環境と生残数の関係を理解させる
第2次	<p>最適な混合割合を予想し、仮説を立て検証する。</p>	<p>課題2の提示 「どのような割合で、春型と秋型の種子のが含まれると2年後の生残数が多くなるか。」</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル化が難しい生徒に対して、第1時で作成した表を適宜使用しながら、個別に助言を行う。

第 2 次	<p>1 仮説の検証方法を考える。 例：文字で置き換え，生存率を数式で表す・手書きのグラフ用紙に二次曲線のグラフを描く など</p> <p>2 最適混合割合を求める</p> <p>3 ペアで検証結果をまとめ，ホワイトボードなどを用いてプレゼンテーションする</p> <p>4 予想との比較・例外の検討をする</p>		
-------	---	--	--

Ⅲ. 生徒の反応

授業についての生徒の感想には、「他の条件も一般化して $(1-x)$ などと置いて考えればよかった。」

「環境条件も一般化して考えたが，自然条件では例外が起こる。そのことを数学で表現するには難しい。」「予想との違い（理論上は種子の割合が異なっても生存率は一定）が意外だったが，実際の自然は想定通りでないからそのようになるのだと思った。」「難しかった。」という記述が見られた。生物の現象について，数学を用いて考えるという普段行わない体験から，戸惑ったり，どのように考えどのような道具を使うべきか迷ったりしたためだと考えられる。

Ⅳ. 分析

未知の課題を解決する方法を考えると，まずはその教科・科目で過去に学習した内容の中から使える道具を探すという方法を繰り返してきたために，今回の授業を「難しかった」と感じたのではないかと考えられる。生徒のなかで知識や概念を「系統立てて整理し習得した」段階であることが伺われる。異なる教科・科目で扱った内容との関連性に気づきそれを活用するためには，1対1で原因と結果を結びつけた学びでは不十分である。その点においては，今回の授業では教科の枠を超えて知識を活用するという取り組みは十分行えたと考えている。

一方で，生物の授業であるが分子遺伝学的な背景や生態学分野との関連についてはほとんど扱うことができなかった。このために，質的・量的に現象を捉え分析させることはできていない。この側面からも教材を扱うことで1つの事柄を多面的に捉える力を養うことにつながると考えられる。一方でこのような授業を展開し生徒に1つの事柄を多面的に捉える力を修得させるためには1年間あるいは3年間をかけた取り組みが必要であり，現行の科目内だけでは授業時数や評価の観点から難しい。今回研究授業に取り組む上で最も難しかったのは2時間という短時間でこの目標を達成しようとした点である。

今回の授業は，「種子の発芽時期」について分析することを生徒に求め，方法として数式を使うことを教師が指定した。生徒はその制限された条件のなかでどのような式を使うか考えた。しかし，「生物の現象に対して数式で考える」という発想が生徒から自発的になされることが理想的である。このような機会をつくりだすにはどのような授業をするべきか，課題である。

Ⅴ. 参考文献

- 生き物の進化ゲーム 酒井聡樹 他 共立出版（2012）
 数理生物学入門 巖佐庸 共立出版（1998）
 種子休眠・発芽の生理とメカニズム 川上 直人 牧草と園芸 第 69 巻第 4 号（2021）
 教科の本質から迫るコンピテンシー・ベースの授業づくり 奈須正裕他 図書文化社（2015）