

ICT を活用した環境教育プログラムの開発

—岡山理科大学で学ぶ自然教室での実践—

山口 一裕*・春日 二郎¹⁾

岡山理科大学教育推進機構教育開発センター

1) 岡山理科大学科学ボランティアセンター

(2023年10月31日受付、2023年11月30日受理)

1. はじめに

環境教育においてミクロな対象物の観察では、ルーペ、実体顕微鏡、生物顕微鏡が利用される。身近な植物や水中の微生物を顕微鏡で観察すると、学習者はそれらの不思議さや巧妙さを知ることになる。しかし、顕微鏡観察における問題点として、学習者にとって光学顕微鏡の取り扱いが難しいこと、学習者が鏡下で何を観察しているのかが、指導者に分からないことがあり、適切な指導ができない。学習者の間違った観察により、観察の質が低下し、正しい知識の理解が進まない^{1, 2, 3)}。

一方、2020年度から始まったGIGAスクール構想によって1人1台端末や高速大容量ネットワーク環境が整備されている。理科授業にもICTの活用が求められ、授業方法などに大きな変化をもたらす。さらに、全面実施された新学習指導要領により、小学校理科では自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の力を養うこと、自然を愛する心情や主体的に問題解決しようとする態度を養うことを目指している。そのために、理科授業では、アクティブラーニングが取り入れられ、授業中の児童同士のコミュニケーションが重視される。しかし、顕微鏡観察では、個人個人の観察になるため、同じ画像をみんなと共有できず、話し合いによる学びが困難である。光学顕微鏡の代わりに最近安価で販売されているWi-Fi対応デジタルマイクロスコープ（以下、デジタル顕微鏡）を活用することで、鏡下の画像をみんなと共有でき、議論できれば、学習者の思考・判断・表現の観点から良い学習効果を与える可能性がある⁴⁾。

そこで本稿の目的は、デジタル顕微鏡をコアとした観察システムの構築と岡山理科大学で実施した自然教室において、構築した観察システムを活用し、1) デジタル顕微鏡観察の利点と問題点、2) 顕微鏡観察の問題点の克服、3) 感動の共有、の3つの観点から自然教室と観察システムの効果について検討することに



図1 デジタル顕微鏡システム

ある。

2. デジタル顕微鏡システムの構築

デジタル顕微鏡をコアに構築したシステムを図1に示す。デジタル顕微鏡は、付属のスタンドに設置すれば屋内用実体顕微鏡として、取り外して本体を野外に持ち出せば、野外用実体顕微鏡となる。観察している画像だけでなく、動画もSDカードに保存できるため、画像・動画を教材資料やレポート作成に簡単に利用できる。外部光源を設置すれば生物顕微鏡となり、偏光装置を設置すれば偏光顕微鏡となる。偏光装置は、3Dプリンターや市販の偏光フィルムを使って簡単に自作できる。

Wi-Fi対応デジタル顕微鏡は、付属のアプリケーションによってタブレット、スマートフォンなどに簡単に接続でき、観察している画像や動画を親子や友達同士のような小グループで共有できる。さらに、大型液晶モニターや液晶プロジェクターと接続すれば、画像、動画が教室全体で共有できる。1人1台タブレットなどが利用できる環境を整えばさらに有効な活用方法が考えられる。

3. 実践結果

3-1 自然教室での実践

岡山理科大学科学ボランティアセンターは、環境教育プログラムとして地域の親子を対象に「岡山理科大学で学ぶ自然教室」を15年続けている。学習内容は、岡山理科大学の授業科目「現代人の科学C(実験・観察で知る身近な科学)」とリンクしており、「自然教室」の講師は教員と学生が担当している。自然教室の参加者の多くは、県内の小学生とその保護者である。全7回シリーズで、身近な山や植物や海の生き物をテーマに自然の不思議さや巧妙さを学び、感動とより深く考える力を育てることを目標に行っている。

第1回では、岡山理科大学内の草花の観察や樹木の葉脈標本づくりを実施した。シリカゲルでドライフラワーの花標本を作成した。また、学内に多く自生しているアベマキ、コナラの葉脈標本を作成し、その働きについて学んだ。

第2回では、里山の生活をテーマに、里山の意味や人間に利用されてきた植物について学んだ。講師が自家栽培した綿を教材に、綿から糸を紡ぐ実習を行った。葛から繊維を取り出す過程とその繊維から作成した布を観察した。さらに、ミツマタの繊維から手漉き和紙づくりを行った。

第3回は、海や磯の生き物の生活について学んだ。アジの頭部から耳石を抽出し、観察した。ウミホタルの発光や採集方法を説明し、採取したウミホタルの発光実験を行った。また、海のプランクトンである沖縄の星の砂を観察した。

第4回は、身近な昆虫の目、クモの巣、セミの抜け殻などを通して里山の生活とさまざまな虫との関わりについて学んだ。クモの目とクモの巣の関係を説明し、クモの巣標本作りを行った。さらに、セミの生態、種類について説明し、岡山で多く見られる6種類のセミの抜け殻で「セミの抜け殻図鑑」を作成した。

第5回は、さまざまな秋の実を紹介し、植物の種子散布の戦略について説明し、学内のヒマラヤスギの種子散布の仕組みについて実験を通して学んだ。

第6回は、オナモミなどの身近に自生しているひつつき虫の構造やドングリの種類分けと標本作りを体験した。前回の続きとして、種子の構造を観察しながら、植物の種子散布の戦略に

ついて学んだ。19種類のドングリを用意し、ドングリ図鑑を作成した。

第7回は、地域の地質資源を活用した実習を行った。県北で採取してきた頁岩から貝化石などを取り出し、観察した。岡山県産二枚貝化石や外国産のアンモナイトのレプリカ作成を行った。岡山県産石灰岩中のフズリナやサンゴの構造を観察した。

2022年度の自然教室から、対象物の観察にデジタル顕微鏡を導入した。第1回の教室では、最初に参加者に対してデジタル顕微鏡の取り扱い方の説明を行った。

3-2 アンケート調査結果

自然教室の参加者、合計121人に対してデジタル顕微鏡についてのアンケート調査を行った結果について述べる。デジタル顕微鏡の利用について、「もっと見てみたいですか」の質問に対して、93%が「もっと見たい」、7%が「少し見たい」、と回答した。この結果から、参加者のデジタル顕微鏡利用への関心が高いことが分かる。「画像共有」についての質問では、81%が「共有できた」、17%が「少しできた」、と回答した。これから、液晶モニターやスマートホンなどを通じた画像共有について、しっかりと参加者間(親子間)で共有できていたと思われる。また、「画像記録が簡単にできること」に対して、86%が「すごい」、11%が「少しすごい」、と回答した。多くの参加者が、普通の光学顕微鏡の機能にはない、デジタル顕微鏡の録画機能のすごさを実感できていた。

デジタル顕微鏡の利用に関して自由記述のアンケートも実施した。テキストマイニング分析法を用いて、アンケートの解析を行った。今回の解析には、KH Coder⁵⁾を利用した。KH Coderとは、アンケート自由記述、インタビュー記録など、テキスト型データを統計的に分析するために制作されたフリーソフトである。

このアンケートにおける語の出現頻度の傾向は、「見る」が16回と最も多く、「楽しい」6回、「撮る」6回、「植物」6回、「思う」6回、「顕微鏡」4回、「写真」4回、「難しい」4回の順となっている。実物を「顕微鏡」で「見る」ことが「楽しい」と思ったという意見が多く出された。

次に、出現頻度の高い語間の共起関係から出現語をいくつかのクラスターに分類し、それぞれのクラスターの基本的概念を抽出した。その結果、4つのクラスター ①「見る・見られる」 ②「楽しい」 ③「撮

る・写真」④「難しい」に分けられた。以下にカテゴリー毎に分析結果を述べる。

カテゴリー①「見る・見られる」

デジタル顕微鏡の観察能力についてのコメントが多く見られた。具体的なコメントとして「植物の細かいところまで見え、知ることができた」「細かいところまで見えるのですごいと思った」「ちゃんとピントしたらきれいに見えたし、うまく見られて嬉しかった」などがあった。

カテゴリー②「楽しい」

「楽しい観察だった」「いつもじゃ見ることが出来ないものが発見できて楽しかった」「初めてWi-Fi顕微鏡を使って植物などの物を見たので、楽しかったし面白かったなあと思いました」「Wi-Fi顕微鏡でよく葉脈が見えて楽しかった」など、デジタル顕微鏡での観察によって新しいことを知る楽しさや面白さを実感していた。

カテゴリー③「撮る・写真」

「ちゃんとピントを合わせると見えるし、写真を撮ることで記録できるからすごい」「小さいものを写して、目で見えたものをiPadに映せてすごいと思った」「物を大きく見ることができから良いし、さらに写真が撮れるから便利だった」と、デジタル顕微鏡で観察した画像を撮れること、タブレットなどで見ることができると驚きとともに便利さを感じていた。

「いっぱい写真を撮ったけど、次は撮った写真を見たかったです」のコメントのように自然教室では写真を見返す時間が取れなかった。「いろんな花や種類の植物があったので、よく調べて、どこの向きで撮れば良いのかを、みんなで話し合っ、どこを撮ろうかを決めた」のコメントから、親子で画像を共有して話し合っていたことが分かった。

カテゴリー④「難しい」

「顕微鏡を使うのが難しかったけど、よく見えた」「ピントを合わせるとき、タブレットで撮るときのタイミングが難しかった」「固定することが難しかった」「ちょっと難しかったけど、勉強になった」など、デジタル顕微鏡の使用法についての難しさの指摘があった。参加者に小学生が多く、半数は低学年以下だったことを考えると、特に観察対象物を固定して、観察することは難しい作業であった。低学年でも、簡単に観察できるように、デジタル顕微鏡の使い方の説明などを改善したい。

次に自然教室全体に関する感想コメントに対してテキストマイニング分析法を実施した。このコメントにおける語の出現頻度の傾向は、楽しい 24回、面白い 14回、知る 12回、きれい 10回、できる 10回、する 9回、すごい 8回、難しい 7回の順になっている。これら出現語から参加者が自然教室に対して「楽しい」「面白い」と高く評価していることが分かる。

次に、デジタル顕微鏡に対するコメントの解析方法と同様にいくつかのクラスターに分類し、それぞれのクラスターの基本的概念を抽出した。その結果、4つのクラスター①「楽しい・面白い」②「知る」③「できる・したい」④「難しい」に分けられた。以下にカテゴリー毎に分析結果を述べる。

カテゴリー①「楽しい・面白い」

「楽しい・面白い」については、参加者が、自然教室の観察、実験の体験を楽しんでいること、その内容や説明を面白いと感じていた。具体的なコメントとして、「楽しかった」「知らないものがあり楽しかった」「楽しく作れた」「ハンマーでやって楽しかった」「面白い話だった」「探すのが面白かった」「形が面白かった」である。しかし、「あまり楽しくない」とのコメントもあり、実験（染色実験）がうまくいかなかったことが原因として挙げられる。

カテゴリー②「知る」

「見やすい方法を知った」「いろいろな実を知った」「落葉のしくみを知った」「知らなかったから嬉しい」「タンニン染めを初めて知った」「知らないものがあり、楽しかった」「外来種とは知らなかった」「殻斗初めて知った」ドングリが「22種類であることを知らなかった」「単眼についてもっと知りたい」のコメントから、自然教室を受講することで、これまで知らなかったことを初めて知る喜びと、さらにもっと知りたいという探求心を高めていることが分かった。

カテゴリー③「できる・したい」

「上手にできた」「作品として利用できる」「きれいにできたので、家に飾る」「こんなことができるのが驚いた」「普段手にできないセミの抜け殻を標本にできた」「きれいにすることができた」「家でもしたい」「家でも挑戦したい」「自分でもしてみたい」「別のもので挑戦したい」「産地を訪れたい」などから、参加者が観察、実験に挑戦して、達成できたことに感動していること、教室だけでなく家庭に帰って

からも自主的に学ぶ態度を育てていることが分かった。

カテゴリ④「難しい」

「少し難しかった」「かなり難しかった」「型を取るのが難しかった」など、自然教室で取り扱った内容や実験に難しいものがあり、もっと丁寧な説明が必要である。しかし、「難しかったが、面白かった」というコメントから、親子で協働して難しい作業をこなすことで、共に学ぶことの大切さを実感してもらえた。

以上の解析に用いたコメント以外に、「葉脈がきれいだった」「いろいろな色できれい」「とてもきれい」「きれいに保存できた」「きれいな色を出せて良かった」など、観察対象物や実験結果に対して「きれい」との感想が寄せられた。また、保護者から「こどもが興奮」「こどもが大喜び」「感動した」「熱中した」などのコメントがあり、親子の協働作業で感動を共感していた。自然教室の主催者としては、短時間で、ほぼ教室内で行う自然教室として、印象深いものを提供し、なるべく多くの実物を見て触れさせていくという姿勢をとっているため、素直に反応してくれた意見が多かった。

「現代人の科学C」の受講生に対しても、Wi-Fi デジタル顕微鏡の可能性と課題についてのアンケートを実施した。この講義では、将来、ICTを活用した環境教育の担い手となる大学生に対して、自然教室とほぼ同じテーマで講義を行った。受講生が少数であったため、毎回Wi-Fi 顕微鏡を1人1台と観察物を用意した。受講生の一部は自然教室の講師となり、授業での学習内容の理解をさらに深めた。講師役の受講生には、事前に研修を実施し、講師としての心構えやWi-Fi デジタル顕微鏡の活用方法などICT技法とともに、環境教育の理念についても習得し、将来学校現場などで活躍できる人材となることも目指した。

以下に、アンケートの結果について述べる。回答数が少ないので、コメントを利点と改善点に分類して、解析した。

利点のコメントでは、「持ち運びが便利である。観察がしやすい」「全員で同じものが観察でき、観察物が見やすいので学習効果が上がる」「Wi-Fi 顕微鏡で記録した画像は、スマートホンでも見やすく共有しやすい」「1人が設定すると、その画面をグループで共有できる」「従来の顕微鏡では一人しか見られず、スケッチもしにくいという問題があったが、Wi-Fi 顕微鏡に

よってその問題が解決し、その画像を保存することで、いつでも正確なものを確認することが出来るようになる」があり、これまでの学習経験から、光学顕微鏡と比較してデジタル顕微鏡の利点を正確に指摘している。

大学で情報リテラシーを学び、日頃よりWi-Fi 環境を利用してタブレットやスマートホンなどの情報機器を利用している大学生からは、改善点についての的確な指摘があった。改善点のコメントには、Wi-Fi 関連では、「利用するWi-Fi がフリーWi-Fi なのでセキュリティの強い端末では接続はおろか検出されない場合がある」「Wi-Fi がつながらないといった問題が起こる」「Wi-Fi を利用するので、顕微鏡だけでなく、端末に異常があれば使うことが出来なくなってしまう」などがあった。また、デジタル顕微鏡の画質については、「デジタル顕微鏡といっても、そこまでははっきりとは見えない」との指摘があった。

4. 考察

ここでは、1) デジタル顕微鏡観察の利点と問題点、2) 顕微鏡観察の問題点の克服、3) 感動の共有についての3つの観点から検討を行った。

4-1 デジタル顕微鏡観察の利点と問題点

自然教室の参加者には、デジタル顕微鏡の取り扱いについての簡単な説明を行っただけで、参加者は問題なく利用できた。このことからデジタル顕微鏡の利点として、光学顕微鏡と比較すると簡単に取り扱える。次の利点は、観察画像の共有である。デジタル顕微鏡は、モニターが付属しているので、画像の共有が簡単に行える。さらに、付属のアプリケーションにより、スマートホン、タブレットなどや液晶プロジェクターなどと接続でき、教室全体でも画像を共有することができる。アンケート結果からも多くの参加者が共有できたことが分かる。ただし、問題点としては、付属のアプリケーションが、スマートホンやタブレットの種類によっては相性が悪く、Wi-Fi 接続が難しい場合が見られた。Wi-Fi の接続に問題が発生することを念頭に自然教室の運営を考えておく必要がある。

デジタル顕微鏡は、簡単に観察画像や動画を保存できる。画像記録は、スマートホンなどに日頃より親しんでいる子どもたちに身近な機能であるが、光学顕微鏡の画像記録は顕微鏡用のデジタルカメラとパーソナルコンピュータなどの接続が必要であり、操作が複雑であるのに対して、デジタル顕微鏡では普通に画像記録できることにすごいと感じているものと思われる。ただし、自然教室ではあまり発表の機会を持たなかつ

たので、記録する意味は感じてもらえなかった。今後は、自然教室内で参加者同士の画像を共有して、議論する機会を設けたい。さらに自然教室で撮影した画像を家庭で見返して、より深い学びを促進するために、学校での学習と関連づけを行うなど、家庭学習で積極的に活用できる方法を検討したい。

デジタル顕微鏡の取り扱いや画質は、低倍率では問題ないが、高倍率のときはきれいな画像を映すことが難しく、焦点の合わせ方や光量の調整等の工夫が必要になる。

デジタル顕微鏡の製造に関する問題として、安価で販売されているデジタル顕微鏡の多くが外国産であり、付属のアプリケーションやメンテナンスに不安がある。国産で安価なデジタル顕微鏡の販売が求められる。

4-2 顕微鏡観察の問題点の克服

大学生のコメントで「従来の顕微鏡では一人しか見れず、スケッチもしにくいという問題があったが、Wi-Fi 顕微鏡によってその問題が解決し、その画像を保存することで、いつでも正確なものを確認することが出来るようになる」とあるように、光学顕微鏡観察の問題は、画像を共有することで解決できる。指導者は、学習者が鏡下で観察しているものをモニターやタブレットなどで知ることができ、学習者に正しい観察を促すことで、観察の質が向上し、正しい知識の理解を身につけさせることができる。さらに、指導者の観察している画像だけでなく、学習者の画像も簡単に教室全体で共有できることから、学習者間の話し合いによって個々の学習者の理解力が増し、教室全体の学習効果の向上が期待できる。

4-3 感動の共有

環境教育では、自然を愛するとともに感動する心情を育て、そこで発生する疑問や課題を主体的に発見し、解決しようとする態度を養うことが重要である。自然教室では、観察物として身近で印象深いものを提供し、なるべく多くの実物を見て触れさせていくという方針で運営している。参加者は、観察や実験を通して知らないことやものを知る楽しさや面白さを親子で体験した。実際の教室では、家族でモニターやスマートホンに映る観察画像をのぞき込み、楽しく会話する姿が多く見られ、きれいな画像に共感していた。子どもだけでなく、保護者も知的好奇心が刺激され、夢中に観察や実験を行い、自然の不思議さや巧妙さとともに、親子で共に学べることに感動していた。自然観察

の情報を瞬時に共有できるシステムの構築は、未知の自然に触れた感動と、自ら発見できた達成感を同時に味わうことができ、画像を残すことで、持続的な学習を促すことができる。

5. まとめ

デジタル顕微鏡をコアとする観察システムの構築は、身近な自然に触れ、その不思議さや巧妙さに感動と共感を育むとともに、顕微鏡観察が抱えている学習の問題点も解決できる。義務教育機関、高等教育機関でのデジタル顕微鏡のシステムの導入は、環境教育だけでなく、理科教育全体に良い影響を与えると考える。

今後も、自然教室を通し、限られた空間・時間の中での効果的な自然学習のあり方を考えていきたい。自然教室での学習からつながるSDGsの目標達成（豊かな陸・海の保全、気候変動対策、住みよい地域づくり）に向けたヒトとしての生き方を、より多く考えさせるような取組にしたいと考えている。

6. 謝辞

本研究を実施するに当たり八雲環境科学振興財団から環境研究助成を頂きましたことをここに改めて深甚なる感謝の意を表させていただきます。

参考文献

- 1) 後藤太郎他：実体顕微鏡レベルの観察に適したモバイル顕微鏡の開発とその有用性, 三重大学教育学部研究紀要, 第 73 巻自然科学, 9-14 (2022)
- 2) 小林 秀明：携帯電話のカメラを利用した顕微鏡観察—小学校理科における顕微鏡観察方法の検討—, 教育学部紀要, 文教大学教育学部第 52 集別集, 171-178 (2019)
- 3) 吉川武憲：タブレット PC を用いた地層観察および顕微鏡観察における観察記録作成の試み, 近畿大学教育論叢, 第 30 巻第 2 号 99-12 (2019)
- 4) 加藤直樹他：中学校におけるタブレット PC 活用に関する実践研究の検討, 日本教育情報学会第 28 回年会論文集, pp254-255 (2012)
- 5) 樋口耕一：「社会調査のための計量テキスト分析内容分析の継承と発展を目指して」, ナカニシヤ出版 (2014)

Development of Environmental Education Programs Using ICT

-Practice in the Nature Classes at Okayama University of Science-

YAMAGUCHI* Kazuhiro and KASUGA Jiro¹⁾

Center for Education Development,

Okayama University of Science

1) Science Volunteer Center,

Okayama University of Science

1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan

(Received October 31, 2023; accepted November 30, 2023)

We have been holding nature classes for local parents and children at Okayama University of Science for the past 15 years. We have been developing teaching materials for environmental education using ICT to be used in the nature classes. By constructing a system using a Wi-Fi enabled digital microscope, we have found that the system can solve the problems of microscopic observation and increase learners' interest in and deepen their understanding of environmental science through their excitement and empathy for the unknown nature.

Keywords: Environmental education, Nature classes, ICT, Digital microscope.