

# 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—

小林 秀明\*

## Microscope Observations Using a Mobile Phone Camera: Study Using the Microscope Observation Method in Elementary School Science Lessons

Hideaki KOBAYASHI

**要旨** 平成29年3月告示の小学校の新学習指導要領の理科では、第5学年の「水中の小さな生物」が第6学年に移行した。その理由の一つが、生きて動き回る生物の観察には高度な操作技術が必要なことである。そこで、この動き回る小さな水中の生物の、簡単でかつ効果的な観察と撮影方法の検討を行った。今回、最も優れた器具として、マイクロネット社のi-NTER LENSを組み合わせたシステムを選んだ。このシステムにより、動く個体でもクリアな静止画像が得られ、教室全体に画像情報を提供することが可能となった。

**キーワード**: 理科教育 小学校理科 顕微鏡観察 携帯電話 水中生物

### はじめに

教員免許状更新講習などの際に小学校の先生方と話す機会があり、小学校の理科の実験観察で困っていることや改善してもらいたいことを聞くと、ほぼ毎回以下のような回答が得られる。

- ・見えない電気がなかなか理解できない。
- ・月の満ち欠けがわからない。
- ・地層の堆積実験がうまくいかない。
- ・顕微鏡観察において対象物が正しく認識できない。
- ・植物の水の通り道において、切片をうまく作ることができない。

これらを見ると、ほとんどが生物・地学分野の実験であることがわかる。そこで本稿では、小学校での顕微鏡観察実験の問題点を解消すべく、顕微鏡に携帯電話のカメラを接続させる方法で、動き回る微生物に対して上手に観察できる方法について検討を試みた。

### I 新学習指導要領における小学校理科の改訂の要点

理科の改訂の経緯と基本方針、改訂の趣旨については、小林秀明<sup>1)</sup>「新学習指導要領における高等学校用生物教科書への提案」中で述べているので参照してもらいたい。ここでは小学校理科の改訂の要点について述べる。

#### (1) 「水中の小さな生物」の移行

小学校学習指導要領解説<sup>2)</sup>の理科では、改訂の要点の冒頭部分で以下のように記述がされている。

「今回の改訂は、小学校理科で育成を目指す資質・能力を育む観点から、自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、その結果を基に考察し、結論を導きだすなどの問題解決の活動を充実した。また、理科を学ぶことの意義や有用性の実感及び理科への関心を高める観点から、日常生活や社会との関連を重視する方向で検討した（筆者がアンダーラインを加筆 以下同様）」とあり、観察と実験の重要性が示されている。また日常生活と関連するものとして、顕微鏡観察では、植物の構造や魚類の卵、

\* こばやし ひであき 文教大学教育学部学校教育課程理科専修

水中の微生物などを挙げるができる。

次に内容の見直しである。指導要領解説の『小学校理科の内容の改善』の中では以下のように追加した内容、学年間で移行した内容、中学校へ移行した内容が示されている。

今回の改訂で、理科の目標である「自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力」を育成することを実現するために、追加、移行及び中学校への移行を行った主な内容は、以下のとおりである。

○追加した内容

- ・音の伝わり方と大小〔第3学年〕
- ・雨水の行方と地面の様子〔第4学年〕
- ・人と環境〔第6学年〕

○学年間で移行した内容

- ・光電池の働き〔第6学年（第4学年から移行）〕
- ・水中の小さな生物〔第6学年（第5学年から移行）〕

○中学校へ移行した内容

- ・電気による発熱〔第6学年〕

この中で着目したい内容が「水中の小さな生物」が第5学年から第6学年に移行された点である。移行理由には様々な意見があるが、筆者は以下のように考える。まず、小学校の第5学年で扱う観察対象であるデンプン粒・花粉・メダカの卵、植物の維管束は、基本的に動かずに静止しているために観察が容易であるのに対して、水中の小さな生物は激しく移動していることが多く、第5学年の技量では動きを追うことができない点が挙げられる。もうひとつは、中学校の第一学年との連続性である。中学校学習指導要領<sup>3)</sup>の理科の第2分野の内容に以下のような記述がある。

内容

(1) いろいろな生物とその共通点

身近な生物についての観察、実験などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

ア いろいろな生物の共通点と相違点に着目しながら、次のことを理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けること。

(ア) 生物の観察と分類の仕方

㉦ 生物の観察

校庭や学校周辺の生物の観察を行い、いろいろな生物が様々な場所で生活していることを見い出して理解するとともに、観察器具の操作、観察記録の仕方などの技能を身に付けること。

このように、第一学年の生物分野では「生物の観察」を扱うことになり、小学6年で観察した「水中の小さな生物」との関連性が重視されている。

以上のように、顕微鏡観察のうち「水中の小さな生物」の観察は身近な生物であること、顕微鏡といった観察器具を扱うこと、動きのある対象物を観察すること、そして何といても中学で習う生命の共通性と多様性を見いだす観点からも小学校の第6学年の内容として重要な観察実験であることがわかる。

(2) 小学校理科の目標

小学校新学習指導要領解説の理科編の中で目標は以下のように記されている。

自然に親しみ、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象についての問題を科学的に解決するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

(1) 自然の事物・現象についての理解を図り、観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。

(2) 観察、実験などを行い、問題解決の力を養う。

(3) 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。

さらに(1)の「観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする」については以下のような解説がある。

「観察、実験などに関する技能については、器具や機器などを目的に応じて工夫して扱うとともに、観察、実験の過程やそこから得られた結果を適切に記録することが求められる。児童が問題解決の過程において、解決したい問題に対する結論を導き出す際、重要になるのは、観察、実験の結果である。観察、実験などに関する技能を身に付けることは、自然の事物・現象についての理解や問題解決の力の育成に関わる重要な資質・能力の一つである。」

この解説の中で重要と思われるのは、「器具や機

器などを目的に応じて工夫して扱う」ことと「得られた結果を適切に記録すること」である。本稿では、この解説中に記述された重要点でもある「器具の工夫」と「記録」に対して、多くの教師が所有している携帯電話の機能を利用した教材を提案する。

また目標の(2)については以下のような解説が補足されている。「これらの問題解決の力は、その学年で中心的に育成するものであるが、実際の指導に当たっては、他の学年で掲げている問題解決の力の育成についても十分に配慮することや、内容区分や単元の特性によって扱い方が異なること、中学校における学習につなげていくことにも留意する必要がある。」

このように中学における学習につなげていくことに対しては、まさに第6学年の「水の中の小さな生物」の観察が該当する。小中の学習内容の連携という面からも、本稿で提案する教材は有用であるものと考えられる。

## II 小学校における顕微鏡観察

小学校の理科の実験で顕微鏡を使うのは第5学年からである。それまでは虫眼鏡を用いて植物や昆虫を拡大している程度である。最初に顕微鏡を扱うのが、第5学年の生物分野「植物の発芽、成長、結実」の単元であり、次はやはり第5学年の「動物の発生」の中で、メダカなどの魚類の卵の観察をおこなう。そして次に顕微鏡を扱うのが第6学年「植物の水と養分の通り道」と「水中の小さな生物」となる(図1参照)。

### (1) 第5学年の「花粉の観察」

花粉の観察で、主な観察材料としてはアサガオが取り扱われている。その他にもユリ、スギ、マツ、ホウセンカなどが季節や生育環境によって学校毎に選択可能である。グリセリンをスライドガラスに塗ったり、両面テープをスライドガラスに貼ったりして検鏡する。適当な濃度のショ糖液を滴下すれば、花粉は収縮することなく自然の状態のまま観察ができる。アサガオの花粉であれば、動くことなく比較的大きい(約 $100\mu\text{m}$ )ののですぐ見つけることができる。

学年	生 命		
	生物の構造と機能	生命の連続性	生物と環境の関わり
第3学年	身の周りの生物 ・身の周りの生物と環境との関わり ・昆虫の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり		
第4学年	人の体のつくりと運動 ・骨と筋肉 ・骨と筋肉の働き	季節と生物 ・動物の活動と季節 ・植物の成長と季節	
第5学年	動物の発生、成長、結実 ・動物の発生 ・動物の成長 ・動物の結実	動物の構造 ・動物の体のつくり ・動物の体のつくり	
第6学年	人の体のつくりと働き ・骨格・呼吸 ・消化・排泄 ・循環系 ・泌尿系 ・生殖系 ・免疫系の存在	動物の発生と水の循環 ・動物の発生 ・動物の成長 ・動物の結実 ・動物の体のつくり	生物と環境 ・生物と環境との関わり ・生物による環境の改善(本格的な観察を行う場合、学習指導要領を参照)
第1学年	生物の観察と分類の仕方 ・生物の観察 ・生物の分類と観察の仕方		
第2学年	生物の体の共通点と相違点 ・動物の体の共通点と相違点 ・植物の体の共通点と相違点 (必要に応じて学習指導要領を参照)		
第3学年	生物と環境 ・生物と環境		
第4学年	動物の体のつくりと働き ・動物の体のつくりと働き (必要に応じて学習指導要領を参照)		
第5学年	動物の体のつくりと働き ・動物の体のつくりと働き ・動物の体のつくりと働き ・動物の体のつくりと働き		
第6学年	生物の成長と観察方法 ・動物の成長と観察方法 ・植物の成長と観察方法 ・動物の観察と観察方法 ・植物の観察と観察方法 ・動物の観察と観察方法 ・植物の観察と観察方法 (必要に応じて学習指導要領を参照)		
第7学年	生物と環境 ・生物と環境 ・自然環境の保全と科学技術の利用 (第1分野と共通)		

図1 小学校・中学校理科の「生命」を柱とした内容構成(学習指導要領解説より)

### (2) 第5学年の「デンプン粒の観察」

オオムギの種子やジャガイモの芋の部分を実験室で切開し、断面をスライドガラスに貼り付け検鏡する。そのまま検鏡する場合とヨウ素液を加えてデンプン粒を染めて観察する2つの方法を取る事が多い。いずれにせよデンプン粒は小さい(2~50 $\mu\text{m}$ )ので高倍率でなければ検鏡できない。しかし、顕微鏡の使い方さえ習得してしまえば、動くこともないので対象物を探せないということはない。

### (3) 第5学年「メダカの卵の観察」

メダカの場合、同一卵を約3日間観察し、卵の中の様子をスケッチする。卵は比較的大きい(約1.5mm)ので見つけることは容易であるが、立体的であるので焦点深度が定まりにくく、児童にとってはピントが合わせにくいという技術的な問題に直面する。さらに卵の周囲にある絨毛によって、卵が少しばかり回転したり振動したりする。顕微鏡の扱いに慣れてからの方が良い観察実験である。

#### (4) 第6学年「植物の水と養分の通り道」

双子葉植物ではセロリ，単子葉植物ではアスパラガスが，茎の断面積が大きいので観察しやすい。わざわざこのような植物を購入しなくても，校庭に生えている植物でも簡単に維管束を観察できる。その際は2～3日前に赤いインクに茎や根を漬けておけば，道管部分が赤く染まるので観察が容易となる。秋から冬に行う場合，オシロイバナの茎が観察には適しているが，茎が細いために切片をつくって横断面を顕微鏡で観察する。カミソリで複数の切片を作り，最も薄く切れたものを観察に用いる。

#### (5) 第6学年「水中の小さな生物」

まず屋外の池や河川で，水中の微生物を採集するところからはじめる（もちろん教師が事前に採集しておいても良い）。できればプランクトンネットを引いたり，底の石を採取したりして，微生物を採集するところから児童には体験させたい。この点について黒宮梨奈，石田典子<sup>4)</sup>は，身近な3つのため池において付着生物の種類を異なる基質で調べている。その結果，環境が異なると付着藻類の出現にも特性があることを報告している。従って，児童に採集を行わせる際には，多様な微生物が出現する場所を事前に教師が調べ，フローラ（出現個体）を確認しておくことが大切である。

採集後，教室に戻り顕微鏡を用いて検鏡をはじめ。このように自然のフィールドより採集した微生物は，多様な動植物個体が見られるが，一方で生物以外のゴミなども多く含まれることになる。また，時にはセンチウヤイトミミズなどの小動物も含まれることもある（これらは水中の消費者であるが，児童にとっては観察の対象としても良い）。プランクトンネットで引いた場合には，微生物数が少ないために遠心分離機で濃縮後に，運動を弱める方法を用いて観察させることも可能である。しかし筆者は水中の微生物は，元気に動き回っていることに価値を感じ，児童にも「動き方」まで観察させたいと考えている。繊毛や鞭毛を動かして回転しながら移動する動物プランクトンや，さらには藻類の仲間（珪藻類）には，滑走運動をするものも見ることで面白（藻類なのに動くという驚き）。このように水中の微生物の観察では，動き回る状態で，動く

個体と動かない個体を観察することが重要である。

では，次にいくつかの市販の接眼レンズ取り付け型の観察システムについて解説する。

### Ⅲ 各種顕微鏡用取り付けアダプター

現在，市販の携帯電話（スマートフォンを含む）のカメラを用いた顕微鏡観察のための主な商品は以下の通りである（メーカーや通販により購入可能なもの）。

- ・ケンコー・トキナー「Do・Nature Advance STV-A200SPM」1万3,000円～1万7,000円（顕微鏡とセット価格）
  - ・サンコー 顕微鏡接眼レンズ取り付けスマホアダプタ 3,000円～4,000円
  - ・学研ステイフル スマホ用顕微鏡 2,000円～3,000円
  - ・iミクロン スマホ用顕微鏡 クリップで簡単取り付け 10,000円前後
  - ・マイクロネット株式会社 顕微鏡用iPhone取り付けアダプター i-NTER LENS 90,000円前後
- 今回は，これらの中から「顕微鏡用iPhone用取り付けアダプター i-NTER LENS」を用いた観察実験を行う。この機器を選んだ理由は，すべての商品について検証した結果，画像の解像度が一番優れていた点が挙げられる。

なお，この機器を顕微鏡観察実験の授業で効果的に活用するために以下の付属品を用いた。

- ・i-NTER LENS用の専用アプリ [i-NTER SHOT] 無料 →振動による撮影時のブレを抑制することが可能となるアプリ。
- ・Apple TV 8,000円前後 →観察している顕微鏡像を，リアルにWi-Fiを用いて教室内のモニターに映すことができる受信機。

### Ⅳ 顕微鏡用iPhone取り付けアダプター i-NTER LENSの性能と利便性

#### (1) iPhone用に開発されたレンズ

筆者はiPhone7 Plusを観察用に使用しており，i-NTER LENSを装着するためには無料（購入時に選択）の付属の専用ケースを用いる（図2）。

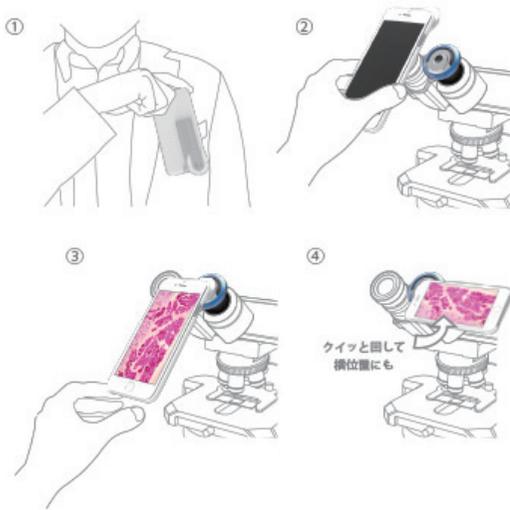


図2 顕微鏡の接眼レンズへの取り付け方法

また、i-NTer LENS (図3) は、iPhoneのカメラレンズと顕微鏡の双方に対して最適となるように光路などが設計されており、全画面視野はもちろん、歪みや収差を極限まで抑えた顕微鏡像を得ることができる (図4)。



図3 i-NTer LENSを構成するレンズ群

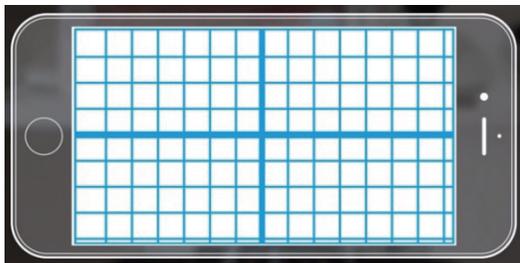
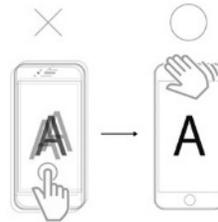


図4 画面の四隅まで収差 (歪み) が抑えられている。

(2) i-NTer LENS用専用アプリ [i-NTer SHOT] で撮影・保存

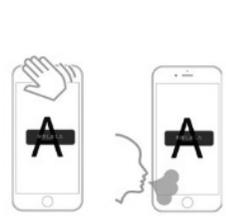
高倍率の顕微鏡像をカメラで撮影する際には、シャッターボタンを押す際の僅かな振動で画像はぶれてしまうことがある。例えば、一眼レフカメラを顕微鏡に装着した場合は、レリーズやタイマーを使うことでこの現象を防いでいる。iPhoneの場合には、このi-NTer SHOTアプリを使うことで解消できる。iPhoneに触れずに、手をかざしたり息を吹きかけたりするだけでシャッターを切ることができ、また、撮影した画像の様々な処理も可能である (図5)。

1. タッチレスシャッター



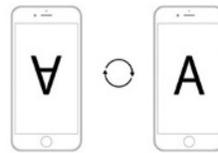
顕微鏡にとって振動は大敵。手をかざすだけのタッチレスシャッターで振動を100%キャンセルします。

2. タッチレス操作



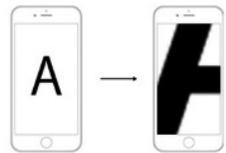
その他の操作もタッチレスに。フッと息を吹きかけるだけで、いらぬ画像は簡単削除。

3. 画面反転



反転像の鏡筒に対応する便利な反転機能。

4. ピント拡大



ピンポイントをワンタップで確認できる便利な拡大ボタンを設置。

5. 各種グリッド表示



顕微鏡撮影に便利な各種グリッドも用意。

図5 i-NTer SHOTアプリの様々な機能

### (3) Wi-Fiによる画像転送のためのApple TV

iPhoneには「画面ミラーリング」という機能がある。この画面はWi-Fiでリアルタイムに飛ばすことが可能で、これをApple TVで受信し、HDMIケーブルを介して大型モニターに投影することが可能である。まさに児童が今観察している顕微鏡像を教室全体で共有することができるのである。初期設定さえ済ましてしまえば、次回からは設定の必要がないのも便利である。また、Wi-Fi環境が備わっていない教室では、ケーブルで直接iPhoneからモニターに接続することも可能である(図6)。

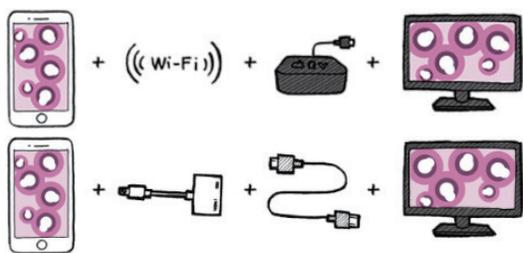


図6 iPhoneとモニターとの接続方法

## V 授業現場での検証

### (1) 大学での事前動作確認

小学校での模擬授業を行う前に、以下のような動作確認を文教大学の115物理・理科教育実験室で行った。

- ①顕微鏡への取り付け具合の確認。i-NTER LENSと接眼レンズの径の大きさの確認
- ②解像度の良い顕微鏡像がiPhone画面に正しく映るかを検証
- ③Apple TVとiPhoneとのWi-Fi接続の確認
- ④教室のモニターにiPhoneの画面が正しく投影されるかを検証
- ⑤i-NTER SHOTで正常に撮影・保存ができるかを検証

その結果、i-NTER LENSはアダプターを用いることなく顕微鏡の鏡筒(接眼レンズが入る筒)にしっかりと装着することができた。Wi-Fiを通したiPhoneとApple TVとの動作確認も問題なく行われ、顕微鏡像が教室内のモニターに投影されることがわかった。

### (2) 模擬授業での実践

西野秀昭、坂倉真衣、伊藤明夫<sup>5)</sup>によれば、スマホ顕微鏡活用の可能性に関して以下のような長所を挙げている。1) 知識量・経験によらず操作可能であること、2) 観察対象をリアルタイムに共有可能であること、3) 「見たもの」を直ぐ記録可能であること。この先行研究の中には、リアルタイムの観察像の共有と記録・保存という長所が挙げられている。今回の実践ではApple TVでより解像度の良い顕微鏡像を大画面のモニターに映し、教室内の児童・生徒役の大学生全員に共有させることをねらいとしている。また、記録・保存においても、i-NTER SHOTアプリで簡単に自分の携帯電話に保存することが可能である。

田島与久<sup>6)</sup>は、「人間形成を考える理科」の中で、指導内容・方法の工夫と題して、大学の授業を通して、教員養成の時期から、大学生自らが観察・実験を通して、知的好奇心や科学の不思議、巧妙さ・有用性などを感得し、将来教壇に立った時の子どもの「なぜ」「どうして」「へえー」「なるほどー」を、引き出す指導技術や手立てを学ばせたいと記している。まさに、本学の学生にもそのような体験をさせて、どのような反応が得られるかを聴取したいと考えた。

動作確認後、実際に文教大学の理科教育Ⅱ(3年体育専修)の顕微鏡実習において学生たちに体験してもらった。授業内容は小学校6年生「植物の水と養分の通り道」における維管束の観察である。

顕微鏡像がよく見えている学生の光学顕微鏡(KENIS Model FX)の接眼レンズを外し、i-NTER LENS用のケースにiPhone 7 PLUSをはめて顕微鏡に装着した(図7)。

オシロイバナの茎の維管束(赤インクで染めたもの)の切片をプレパラートに封入した物をi-NTER SHOT上の画面に投影した。かなり解像度の高い観察像であることがわかる(図8)。

次にこの画面をWi-Fiを通してApple TVで受信し、教室内のモニターに投影した。この画面を教室内の学生全員が見ることができた(図9)。



図7 理科教育の所有する顕微鏡にi-NTER LENSを装着したところ。iPhoneは7 PLUSである。

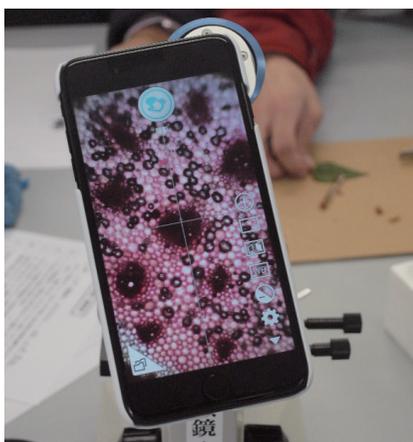


図8 iPhone 7 PLUSの画面上の観察像

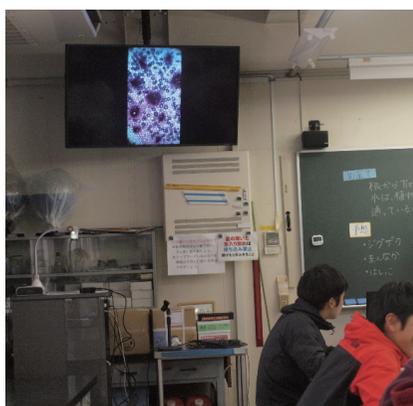


図9 教室内のモニターに映された観察像

この顕微鏡を観察していた学生（掲載了承済）は、i-NTER SHOTの機能を使い、手をかざして画像を撮影し、再び反対方向に手をかざしてiPhoneに画像を保存した（図10）。大学生の場合、自分のスマホを持っているので、撮影時に使用したiPhone 7 Plusに保存した画像を自分のiPhoneに転送して保存することも可能である。実習課題でスケッチを行う場合、顕微鏡の台数が限られているので、このように自分で見つけた像を自分のiPhoneに保存し、これをスケッチさせている。

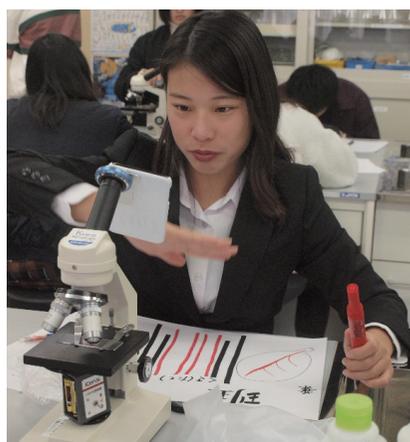


図10 i-NTER SHOTアプリによる撮影と画像保存

### (3) 大学生の感想

この模擬授業を行ったのは3年生の体育専修の学生（36名）であった。8割の学生が小学校の教員を志望している。よく見えている何人かの学生の顕微鏡像をモニターに提示した（悪い例は提示していない）。

授業後の感想には以下のようなものがあった。主なものを挙げる。

- ・茎の断面のどこを見て良いのが全員で共有できた。
- ・観察像の中にあるものが、ゴミなのか気泡なのかがわかった。
- ・観察時に適した倍率がわかった。
- ・切片の厚さが自分のものは厚いことがわかった。
- ・画像を保存し、自分のスマホに転送することで観察記録になった。

・小学生にとって有効活用できると思う。

このような感想から、実際の小学生の顕微鏡観察実験の際にも有効なツールであることがわかった。特に6年生の「水中の小さな生物」で使用する際には、次のような利点が考えられる。

- ・動く生物の静止画像の撮影が可能であること。
- ・児童たちに水の中の小さな生物の名前を紹介できること。
- ・絞りの状態（明るさ）や倍率を指示することができること。
- ・観察しなくても良いものを明示できること。などである。

## VI まとめ

今回、実際に小学校での顕微鏡観察を行う前に、大学の模擬授業において各機器の動作確認と授業実習での活用をおこない数々の良い成果を得ることができた。初期設定時にはWi-Fi環境のもとApple TVとのマッチングが必要であるが、その後のマッチングは不要であることもわかった。したがって、小学校の現場で利用する場合、システムの準備にかかる時間は必要ではなく、顕微鏡の接眼レンズの径の大きさにより、アダプターが必要かどうかを確認すれば良いことになる。このi-NTER LENSには、付属のマウント（アダプター）が用意されているので、どの小学校の顕微鏡にも装着できるものと思われる。

最後になるが、今回使用したi-NTER LENSの欠点を挙げるならば、価格が9万円と高価であること、iPhoneとの相性が良くアプリも充実しているがアンドロイド携帯との相性が良くないことである。しかし、検証を行った他の撮影装置に比べ遙かに解像度が良く、一眼レフカメラを装着する高価な顕微鏡撮影装置にも匹敵するような緻密で繊細な画像が得られた。これは小学生に対し、神秘的な水中の小さな生物の世界に興味・関心を抱かせるには必要なことである。一人に一台の顕微鏡を使える環境は、現在の公立の小学校では数少ない。それならば、より本物に近い顕微鏡像が得られるi-NTER LENSシステムの導入を検討しても良いのではないかと思う。

今後は、実際に小学校の6年生の「水中の小さな

生物」の顕微鏡観察実験時に、このi-NTER LENSシステムを活用させて児童の反応を調べたいと思っている。必ずや顕微鏡観察に対する誤解や不安を解消できるものと確信している。

## 謝辞

この度のi-NTER LENSの購入、操作方法などについて数々の助言を頂いた、有限会社 浜野顕微鏡社長 浜野一郎氏、ならび浜野直子氏に心より感謝申し上げます。

## 引用・参考文献

- 1) 小林秀明『新学習指導要領における高等学校用生物教科書への提案』文教大学 教育研究所紀要 第27号 2018
- 2) 文部科学省『小学校学習指導要領 解説 理科編』平成29年7月 8-10
- 3) 文部科学省『中学校学習指導要領』平成29年7月 88-89
- 4) 黒宮梨奈, 石田典子『小学校第5学年における「水の中の小さな生き物」の観察に関する検討』日本理科教育学会東海支部大会研究発表要旨集 2013
- 5) 西野秀昭, 坂倉真衣, 伊藤明夫『「水の中の小さな生き物」観察にスマホ顕微鏡を活用することの可能性』—親子を対象としたサイエンスカフェでの実践からの考察— 福岡教育大学紀要 2016.
- 6) 田島与久『小学校理科の授業の向上に関する研究③ —指導内容, 方法の工夫・改善—』北海道文教大学研究紀要 第37号 2013