

小中学校を見通した系統性のある新しい理科学習教材の開発と 授業実践研究

栗田 克弘^{*1}・森戸 幹^{*2}・源田 智子^{*3}・小松 裕典^{*4}・柴田 勝^{*1}・重松 宏武^{*1}

The Research and Development for Teaching Material in Elementary and Junior high school
Science Lessons

KURITA Katsuhiko^{*1}, MORITO Miki^{*2}, GENDA Tomoko^{*3},
KOMATSU Yusuke^{*4}, SHIBATA Masaru^{*1}, SHIGEMATSU Hirotake^{*1}
(Received August 5, 2019)

キーワード：新しい教材、新しい観察方法、体験型理解、電気実験キット、自然観察、大学教員授業

はじめに

小学校の理科の学習内容は、中学校へ発展していくように構成されている必要がある。中学校の理科の学習内容は、小学校を土台として積み上げて構成される必要がある。しかし、実際には小学校と中学校の指導内容の関連が意識されない場合が多い。小学校は経験を重視した活動で完結し、中学校では知識を重視した学習指導で終始しているのが現状である。小学校と中学校の自然科学的な内容の系統性そのものが重視されていない実状がある。例えば、植物の学習では小学校6年生でも中学1年生でも、「ヨウ素デンプン反応」を行い、葉で養分（デンプン）が生成されていることを学習する。小学校では実験で調べるだけの活動であり、中学校では葉緑体で光合成が行われることを覚えるだけになってしまう傾向がある。個別の実験内容だけを見ては、それぞれの発達段階でどのようなところに指導の重点があるのかが見えにくい。そこで、小学校と中学校の学習内容を段階的かつ系統的にとらえ、児童生徒の発達段階の実態にあった学習内容を自然認識の過程に沿った形で系統的に組織していく必要がある。

本研究の目的は、児童生徒の自然認識の過程が系統的に学習指導されるようになるための新しい実験や観察を開発していくことである。ここでいう新しい実験や観察とは、文字通りあまり通常の授業では扱われないような材料や素材を使うものや、新しい授業の文脈の中で位置づけられるようなものを指している。このような要件を持つ理科の授業における新しい実験や観察の開発を研究の目的にしている。このことが小中一貫教育を意識した理科の授業内容のあり方について新しい提言を行うことも可能にする。

本研究の内容は、小学校や中学校での実験観察活動においてどのような自然認識をどこまで児童生徒が身につけるが可能であるかを明らかにし、児童生徒の自然認識の過程において適切な実験観察を再評価する、あるいは新しく開発することである。授業で扱われる実験や観察が、小学校や中学校のそれぞれの学年での学習活動に段階的かつ系統的に寄与しているかどうかについての考察も同時に行う。新しく開発した実験や観察を実際の授業の中でどのように児童生徒が受け取るかも探究する。教科書等にはまだ登場していない実験や観察の教材などについても、新しい価値ある取り組みとして位置づけることである。

1. 研究の概要について

2018年度に山口大学附属山口小学校にて、新しい実験や観察を活用した授業実践を以下のように行った。

* 1 山口大学教育学部理科教育選修 * 2 山口大学教育学部附属山口小学校 * 3 山口大学教育学部小学校総合選修
* 4 山口大学教育学部附属山口中学校

授業内容と授業日時は、附属山口小学校森戸幹教諭と理科の年間指導計画を元に決定した。

No	内容	学年	授業日
①	自然観察（春版）	小学校 4 年	4 月 19 日
②	春の紅葉の授業	小学校 6 年	5 月 9 日
③	電気実験キットを使った授業	小学校 4 年	7 月 7、11 日
④	養分を抽出するための実験	小学校 6 年	11 月 28 日
⑤	自然観察（冬版）	小学校 4 年	1 月 31 日
⑥	地形の観察	小学校 5 年	2 月 18 日、25 日
⑦	電波の授業	小学校 6 年	※実施できず

小学校 4 年生で児童は、「季節といきものようす」について年間を通して（春、夏、秋、冬のそれぞれの季節に）学校のまわりの自然観察活動を行っている。本研究では、山口大学の学部教員（柴田勝）が授業の中で、特に植物観察の指導に加わり、児童が季節ごとの着眼点を持てるようにした。さらに小学校 4 年生の電流の学習において、附属山口中学校での授業実践（栗田他 2018）を踏まえ、小学校での「電気実験キット」の活用を模索した。

小学校 5 年生では、地形の学習における 3D プリンタで製作した立体地形模型の活用を新しく取り入れた授業の準備のための授業を行った。実際に山口県の佐波川流域において野外観察活動を実施した。

小学校 6 年生では、植物の授業についていくつかの新しい内容や実験方法について試行を行った。養分（デンプン）を抽出するために、従来のエタノール等を使った実験ではない方法を試行した。電波の授業については、年度当初には新しい単元の構想を持って実験器具等を準備したが、授業時数の関係から次年度以降に授業実践を行うことにした。

本論では、主に小学校 4 年生の「電気実験キットを使った授業」及び「自然観察（春版）」と「自然観察（冬版）」の授業実践を元に言及する。授業実践はすべて山口大学教育学部附属山口小学校にて行った。

2. 研究の内容について

2-1 「電気実験キット」を活用した電流と回路の学習

2-1-1 “体験型理解”を目指した回路の学習（小学校 4 年）の実験について

実験において“体験型理解”と“思考型理解”があることを 2018 年における附属山口中学校の理科の授業実践にて明らかにしてきた（栗田他 2018）。佐藤学は「これからの学びを考える」で認知において二つの様相を、“REALITY”と“ACTUALITY”という言葉で表している（佐藤 2012）。“REALITY”とは思考を通して理解することであり、“ACTUALITY”は体験を通じた体感理解のことを指す。本研究では“REALITY”を“思考型理解”と、“ACTUALITY”を“体験型理解”と呼ぶことにした。

“思考型理解”は科学的用語を使った論理的な思考過程を重要視した理科の学習である。一方、実験や観察を行うことよって肌を通してわかる自然認識が“体験型理解”である。児童生徒は学習内容を科学用語や文字や記号を使って定式化していないが、自然科学の概念や法則を理解するための一つの様相である。

附属山口小学校 4 年生の理科の電気の回路の授業で「電気実験キット」（栗田他 2018）を使用し、一人一実験を行った。小学校の電気の回路の学習では“思考型理解”よりも“体験的理解”が多いため、中学校で試行した電気実験キットは活用できると予測した。具体的には回路を配線図（や回路図）を書くことで理解するのではなく、実際に手を動かして回路を配線し、モーターや電球を動かしたり点灯させたりすること



図 1 「電気実験キット」

を行い、回路とはどういうものかを理解する学習活動を一人ひとりが可能になるようにした。小学校では特に活動からできる、わかる場面が重要となると考えたからである。

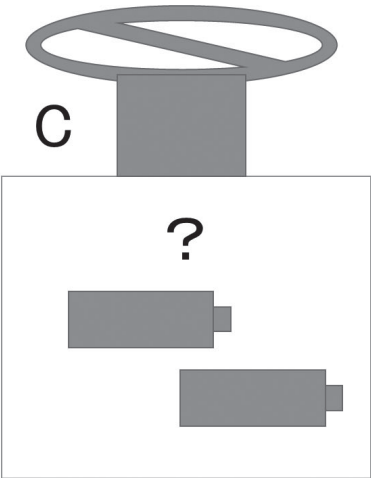
また、“思考型理解”は、発達段階における言語活動が大きく影響する。そのため小学校での回路の学習の初歩では言葉（概念）で自然の法則を理解させるのではなく、体験的な活動が重要となる。中学生でも回路図から回路を実際に配線するのは難しい活動の一つである。一つの回路図からでもたくさん配線が考えられるからである。小学校では、回路の学習の理解は思考からでなく、実物を通した活動から入るのが適切であると考えた。

2-1-2 回路の授業実践と考察

電池の直列つなぎや並列つなぎの学習において、下図のような発問を児童に行った。

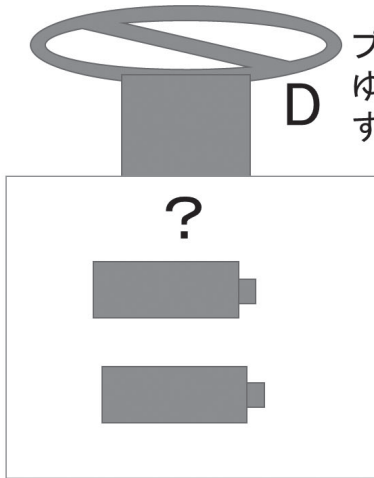
【発問】「CとDの電池とモータのつなぎ方はどうなっているのか？」

プロペラが早く回転する



C

プロペラがゆっくり回転する。

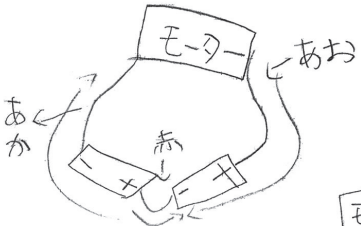


D

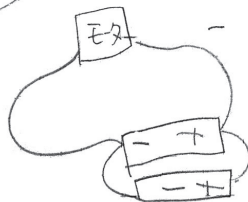
発問の後、児童に予想させて授業で意見を共有した。以下のような考えが児童から出てきた。

【子どもの予想の例】

Cの中



Dの中



「Cは、電池を直列つなぎにすると電池二個分のモーターの回転になりプロペラが早く回るようになる。Dは、電池を並列つなぎにすると電池一個分のモーターの回転になり、Cよりはプロペラがゆっくり回転するようになる。」、この予想をたてた児童は「電気実験キット」を使い、電池を配線コードでつなぎ確かめた。他の児童も自分の考えた予想を自分で配線しそれぞれがどうなったかを実験により確かめた。

児童がこのような一人一実験をどのようにとらえたかをノートの記述から見ると以下のようなになる。

【児童のノートの記述から（実験を行ってみた感想）】

①とは、最後できました。と
中で、頭かすしーのことくち
やくちやにな。てしました。
以外とかんたんに見えたけど、
やってみるととてもむずかし
かったです。回路を組むのにや
つとです。

少しむずかしが、たけど、自分な
りの実験ができました。こうして
むずかしが、たかというと、手が
足りなかつたからです。

②は、一人づつやる事がで
きうれいでした。

一人でやると、とてもむず
かしが、たかです。わたしの
やつてやると、とてもむず
かしが、たかです。

・一人で回路を組んがめて思。た
感想きいしは、飛ばせなかつた
けど何通りもや。たぶできたが
うれしがつたです。

児童のノートの記述にあるように、多くの児童は自分で配線して回路を確かめてみると「とてもむずかしかった。」という感想を持った。中学生と同じように、配線図を書く学習活動と実際に回路を配線して確かめる実験活動は別物ということである。学校の多くでは配線図を書く学習活動、すなわち“思考型理解”を優先する傾向にあるが、児童が自分で確かめてから理解についての確信が持てる学習活動では“体験的理解”を重要視する必要があると考えられる。「回路を組むのにやつとです。」や「手がたりなかったからです。」と書いた児童の記述から、実際の配線を自分で行った切実感が読み取れる。

さらに、「自分なりの実験ができました。」や「一人でつくることができうれしい。」「友達とやるとできました。」「何通りもやったらできたからうれしかった。」など、自分の手で確かめることができた時には達成感があつたと考えられる。

慣れない難しさを感じながら、自分の手で実験を最後までやりとげられる児童がいる反面、小学校4年生で「電気実験キット」を活用して一人一実験を行うにはグループ活動などまわりの友達の手助けがないとむずかしいと感じる児童もまだ多くいる。そのような児童が、自分で回路を作って学習を深めていくには、中学生用に製作した「電気実験キット」をより簡易なものにし、小学生にも使いやすいものに改善していく必要がある。

2-2 年間を通した自然観察活動について

2-2-1 年間を通した自然観察活動における大学教員の参加

自然観察活動において附属学校の教員と大学教員による共同授業を実施した。通常の授業では、児童は教科書を使い附属学校理科担当教員と学習を進めている。そうすると、時々自分たちで予想や考察を行ってみたけれども、児童だけでは解決できないものが出てくる。そのような場合に、児童が専門的に研究活動を行っている大学教員と触れあう機会は大変貴重である。大学教員は専門的立場にたち、児童が理解できるように指導を行う。日常的に児童と関わっている附属学校理科教員は、大学教員と児童の橋渡しをする。このような連携は多くの学校では難しいかも知れないが、大学附属学校ならで可能なことである。自然科学研究者が理科の授業に関わることは、新しい授業を創る上で大変重要である。

附属山口小学校4年生の自然観察では、児童一人ひとりが年間を通して観察する植物を決め一年間継続的に観察活動を行っている。植物の観察活動を通して、植物の季節による変化を児童自らが見つけだすことを指導の目標にしている。児童は観察活動ごとに、自己評価として「ワクワク度」を100%で表すようにしている。例えば、芽が出たり、花が咲いたり、種ができたことを見つけた時には、「ワクワク度」が高くなる。また、植物の大きな変化を発見したり、自分で何か新しいことに気づいた時にも「ワクワク度」が高くなる。この「ワクワク度」は自然観察活動の内容の適否等を評価する時に重要な尺度の一つとなる。

2-2-2 自然観察活動の授業実践について

附属小学校では一年間で、季節の節目に自然観察活動を継続的に行っている。この中で特に典型的な違いが見いだすことのできる春と冬の観察の指導に大学教員が参加した。

図2は附属山口小学校の同じ場所の春（4月23日）と冬（1月31日）の写真である。年間を通して植物の観察活動を行う場合には、樹木の変化が顕著に捉えられるようにしておくことが必要である。児童は季節の折々に、場面ごとの観察活動を行うが、それらを統一的にとらえる着眼点を持てるようにすることが年間を通しての自然観察活動の指導の目標である。



図2 春と冬の樹木（同じ場所）

2-2-3 春の自然観察活動

野外での観察活動に出る前に教室にて、大学教員（山口大学教育学部 柴田勝）から春の樹木の観察の視点について指導を行った。児童が春の観察活動で特に意識することは、「樹木の葉と全体を観察する」ことである。学校内の植物分布については事前に調査した（表1）。児童はこの観察活動を通して、自分が一年間観察活動を継続的に行う樹木を一つ選択することになる。

表1 山口大学附属小学校の校庭の樹木一覧

No	植物名	No	植物名	No	植物名
1	アオキ	21	キリ	41	ネズミモチ
2	アオギリ	22	キンモクセイ	42	ハクモクレン
3	アカマツ(タギョウショウ)	23	クジャクヒバ	43	ヒノキ
4	アカメガシワ	24	クスノキ	44	ヒマラヤスギ
5	アジサイ	25	クチナシ	45	ヒラドツツジ
6	アラカシ	26	グミ	46	マユミ
7	イスノキ	27	クロガネモチ	47	マンリョウ
8	イチジク	28	クロマツ	48	モッコク
9	イチヨウ	29	ゲッケイジュ	49	ヤツデ
10	イヌツゲ	30	ケヤキ	50	ヤナギ
11	イヌビワ	31	コブシ	51	ヤブツバキ
12	イヌマキ	32	ゴヨウマツ	52	ヤブニッケイ
13	イロハモミジ(ノムラモミジ)	33	サクラ	53	ヤマグワ
14	ウバメガシ	34	サツキツツジ	54	ユリノキ
15	ウメ	35	サルスベリ	55	ライラック
16	オウゴンヒバ	36	サルトリイバラ		
17	カイズカイブキ	37	シュロ		
18	カナメモチ	38	スギ		
19	カナリーヤシ	39	ナンキンハゼ		
20	キウイ	40	ナンテン		

まず、教室で大学教員からの指導を行う。（図3～図4）



図3 大学教員による授業



図4 「葉は何枚？」

教室ではさらに、葉の裏側に爪楊枝で文字を書くとそれが浮き出てくることを児童は体験した。観察前に葉を手にとって意識的に触れることは前述した”体験型理解”である。(図5～図8)

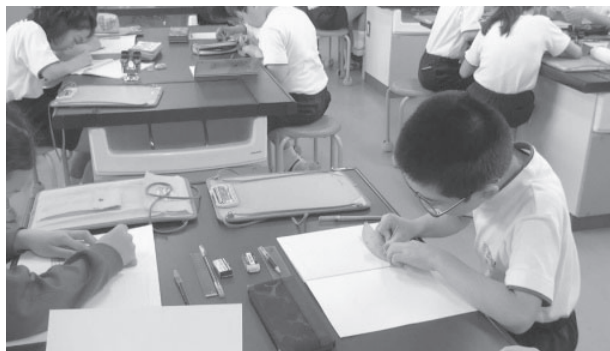


図5 葉の裏側に文字が書ける 1



図6 葉の裏側に文字が書ける 2



図7 葉の裏側に文字が書ける 3

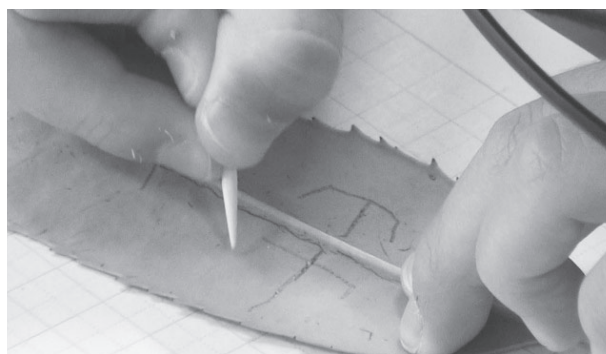


図8 葉の裏側に文字が書ける 4

附属山口小学校の児童は野外観察活動で使用する道具を各自が持っている。



図9 野外観察用具 1

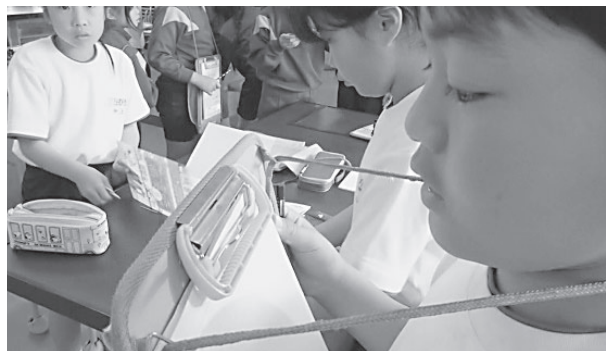


図10 野外観察用具 2

児童は野外に出てまずは全体の説明で具体的な観察の視点を聞く。そのあと自分の手で実際に触れて確認していく。(図11～図12)



図11 野外での観察の視点の説明



図12 自分の手で触り確かめる

児童は観察グループごとに観察活動を行っていく。大学教育と附属学校教員は巡回指導を行った。(図13～図18)



図13 葉や花を見ていく



図14 観察用具を使い記録する



図15 樹木の観察



図16 種子を見つける



図17 エゾマツの種子1



図18 エゾマツの種子2

2-2-4 冬の自然観察活動

2-2-4-1 理科室にての事前指導

まず理科室にて大学教員（山口大学教育学部 柴田勝）から冬の樹木の観察の視点について図19のように指導を行った。冬は直接目で確認できることが少ない。そのため春には「樹木の葉と全体を観察する」が観察活動の重点であったが、冬は「冬にはすでに春の準備を始めている。」「春から樹木の生命活動は始めるのではなく冬にすでに始まっていること」を指導の目標とした。

大学教員から、「冬の樹木の観察の視点」について説明を行った。春と違い葉が全て落ちてしまっている樹木については、冬には観察の手がかりは冬芽など限られてくる。そこで、観察の視点等を表2、図20、図21のように示した。



図19 冬の観察の視点を指導

表 2 冬の樹木の観察の視点

①	芽りん (がりん)	【ない樹木もあり、木の種類で違います】 中の寒さから守っている硬いもの
②	維管束こん (水の通り道のあと)	【木の種類で違います】 (この先が根につながっています)
③	葉こん (葉がついていたあと)	【木の種類で違います】
④	皮目 (ひもく)	小さな穴が開いており模様になっている (幹が呼吸をするための穴) 木の種類で違います

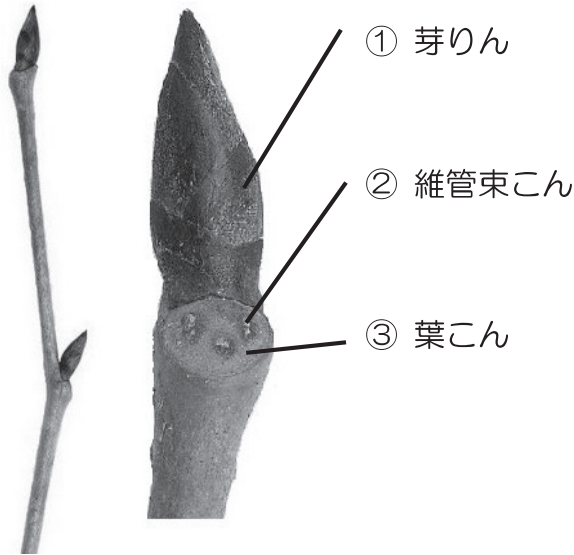


図 20 冬芽 (ふゆめ、とうが)

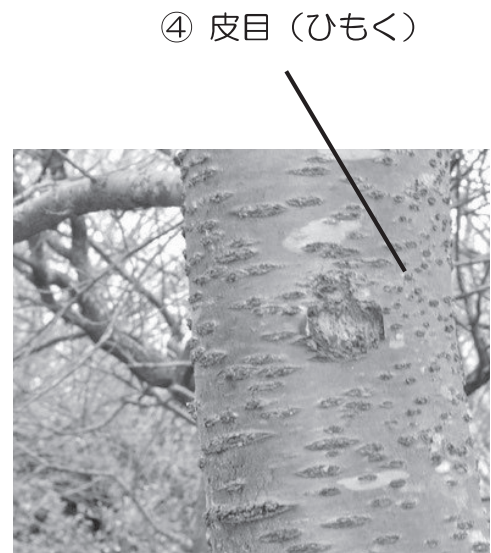


図 21 皮目

2-2-4-2 校内での野外観察活動

理科室での野外観察活動の事前指導の後、冬の樹木の観察の視点を持ち児童は野外観察で出た。

冬の野外観察は春にくらべ肉眼で確認できるものが少ないため、短時間の活動で終わった。すべての児童は事前に指示のあった冬芽の採取 (図 22) や皮目の観察を行った。理科室に戻り、冬芽の解剖を行いその観察及びその役割についての学習活動を行った。



図 22 冬芽を採る

2-2-4-3 冬芽の解剖と観察活動

理科室に戻り、冬の樹木の観察について大学教員から指導を行った。特に冬芽の解剖のしかたについては丁寧に行った。まずは採ってきた冬芽を大きく観察すること。そして、カッターナイフ等で冬芽を切り、内部の様子を観察すること。内部には、春に葉や花になる部分が見つかることが出来ること等の説明を行った。

右図にあるのは児童に配布したプリント資料 (図 23) である。

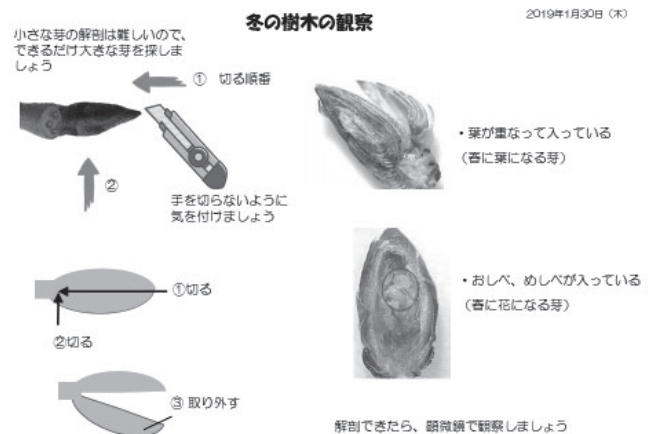


図 23 冬の樹木の観察



図 24 大学教員からの説明を聞く 1



図 25 大学教員からの説明を聞く 2



図 26 大学教員から説明を聞く 3

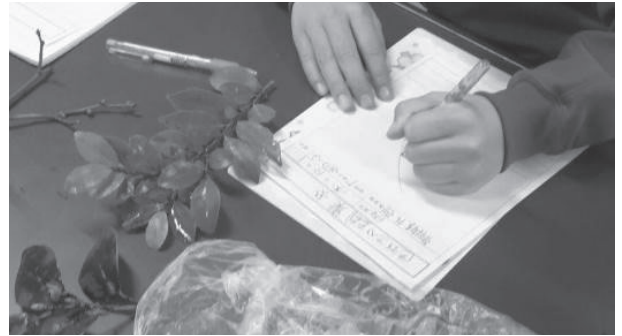


図 27 芽を採取する



図 28 芽の観察



図 29 スケッチを行う



図 30 芽を解剖する



図 31 双眼実体顕微鏡にて観察する

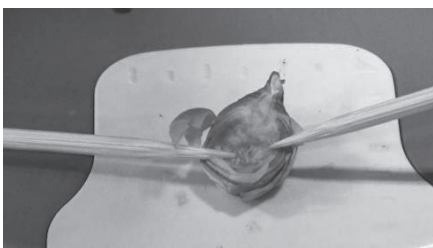


図 32 芽の中をさらに観察する



図 33 芽の中にはすでに花が

冬芽の観察活動を理科室で児童は各自取り組んだ（図 24～図 33）。そして冬芽にはすでに春に咲く花や葉がつくられていることを児童は自分の手で確認することができた。そこで、大学教員から次のような発問（クイズ）がなされた。

〈大学教員から発問〉

クイズ： 木の葉の一生（生まれて、落ちるまで）を季節で表すと①～④のどれになるでしょうか？	
① 春→夏→秋→冬	「教科書」の【始め】と【終わり】
② 冬→春→夏→秋	「カレンダー」の【始め】と【終わり】
③ 夏→秋→冬→春→夏→秋	「新しい芽」が【作られて】から
④ 夏→秋→冬→春→夏→秋→冬→春	【葉が落ちる】まで

この発問の意図は、児童が自分の手で行った観察活動から、春の花や葉はすでに冬芽の中で育ち準備がなされていることに気づくことである。多くの理科の教科書の記述から、①のように植物の成長は四季の順序で行われ冬に終わるような印象を持ってしまう。そこで、ここでは冬の自然観察の意味や価値付けを児童に感じとらせることも意図し、植物の成長の順序についても理解させたいということである。多くの児童は観察活動からすでに「冬芽に春の花や葉がある」ことを確認できているため、この発問は自然に受けとることができ十分理解できていた。

2-2-5 「ワクワク度」による児童の授業評価

小学校4年生は、1年間の自分の自然観察活動のすべてについて「ワクワク度」を数字（1～100%の数字、大きい数字が高い評価を示す）にて書き表している。大学教員が参加した春の自然観察と冬の自然観察の「ワクワク度」の人数分布とそうした児童の理由は以下の通りである。

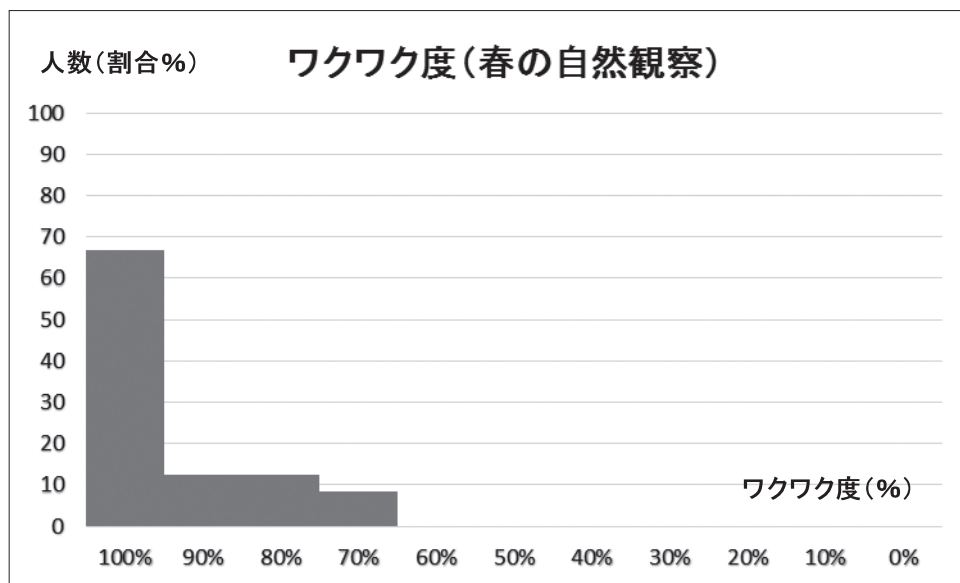


図 34 春の自然観察の「ワクワク度」 平均 93.8%

【春の自然観察の「ワクワク度」の児童の理由】

- ・しば田先生に木のことをたくさん教えてもらったから。（100%）
- ・しばた先生の話聞いてワクワクしたからです。（100%）
- ・しばた先生がいろいろ教えてくれたおかげでもの知りになれた。（100%）
- ・しば田先生が木のことをくわしくおしえてくれたのでうれしかったです。（100%）
- ・かくのがたいへんだった。（70%）
- ・はのことはよくしれたけど、ワクワクは少し。（80%）
- ・よくわかったけどちょっとわかりずらかったから。（80%）

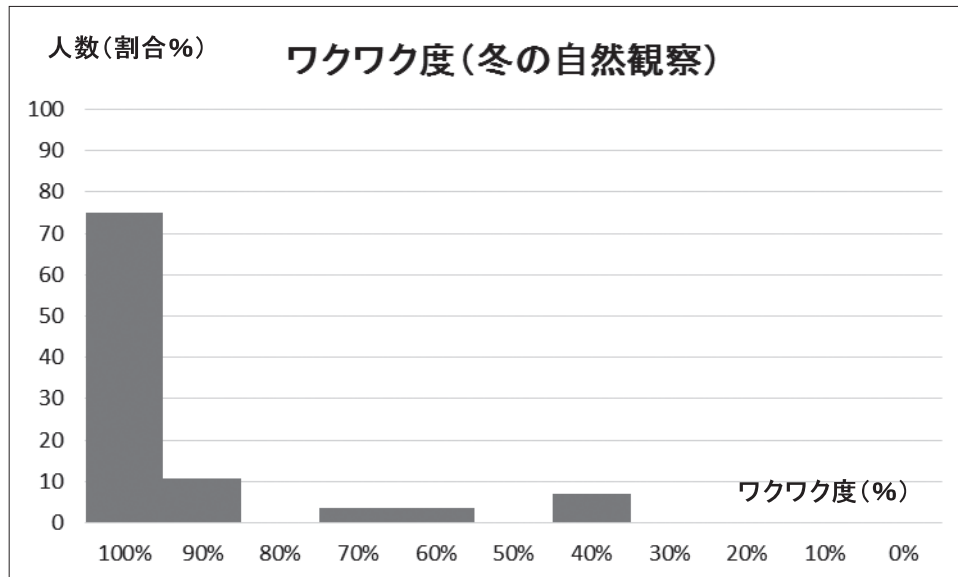


図 35 冬の自然観察の「ワクワク度」 平均 92.1%

【冬の自然観察の「ワクワク度」の児童の理由】

- ・芽の中身で春に花になるか葉になるかがわかるとしてよかったから。(100%)
- ・実の中がどうなっているか知れてとてもおもしろかった。(100%)
- ・つぼみの中をかんさつできた。(100%)
- ・つぼみをきってつぼみの中が見れたしつぼみの中がどうなっているか分かったから。(100%)
- ・葉っぱが全部かかれていた。(40%)
- ・木が少しかれていたので・・・。(60%)
- ・けんぴきょうでみたけどあまりよくわからなかったから。(70%)

2つの自然観察のどちらも「ワクワク度」が「100%」の児童の人数がかなり多くなっている。また、春と冬の自然観察の「ワクワク度」の平均値は、それぞれ 93.8%と 92.1%でかなり高い数値を表している。

春の自然観察の「ワクワク度 100%」の理由は、「大学の教員（「しば田先生」という記述）から教わったから」、というものが多い。大学教員がこのように小学校の理科の授業に適切に関わることは、児童の理解の大きな手助けになっているということである。逆に「ワクワク度」が他にくらべ低かった児童の理由は、「わかりずらかった」、とあるように大学教員の言葉による自然観察の視点の説明だけでは観察活動を十分行うことができなかったということが考えられる。また、年間を通した継続的な自然観察活動の初期の段階では、野外での手間のかかる観察活動の意味や価値が難しくわかりにくいということも考えられる。

冬の自然観察の「ワクワク度 100%」の理由は、「芽の中がどうなっているか知れた」「芽の中身で春に花になるか葉になるかわかった」「つぼみの中がどうなっているか分かった」というようなものである。春にくらべ自然観察の内容についての記述が多くなっている。観察の視点を絞り、何をどのように見てどう判断したかが明瞭だったからである。大学教員からの冬の樹木の観察活動の意図や一年間の植物の成長について理解させたいという指導の目標が十分伝わったと考えられる。

おわりに

本研究の成果と課題は以下の通りである。

まず、小中学校の内容と理解のつながりを見通した理科の実験について、発達段階を考慮した実験観察教材を開発し授業実践によりその教育的効果を検証することができた。特に小学校における“体験的理解”(ACUTILITY)に重点をおいた生物教材について、新しい教材開発を行いその価値について授業実践を通して評価することができた。自然観察活動を一年間の理科の指導計画に入れること、学校内の植物を活用すること等、小学校の授業実践から中学校へ適応できるものを明らかにすることができた。

中学校で一人一実験を可能にするために開発した「電気実験キット」を活用した小学校の理科の授業については、まだまだ改善の余地があることが明らかになった。中学校と比較して学習内容としての既習事項が少ない小学校では、日常生活での経験から身につけている電流や回路のイメージをどのように学習に活用させていくかをより考慮する必要があるであろう。小学生版として適切な「電気実験キット」をさらに改良し、小学生が学習に使える一人一実験をさらに追求していきたいと考えている。継続研究の予定である。

本論には詳細に述べなかったが、地学分野における地形学習は、まさに“体験的理解”そのものである。3Dプリンタによる立体地形模型を活用した地形野外観察活動における研究は今後の課題である。

また、学部と附属学校の教員による共同研究により、教育学部における教科専門及び教科教育教員と附属学校教員との授業実践研究の連携が円滑に行うことができた。特に附属学校教員及び大学教員が事前準備段階にて協働的に教材を考案することからより良い授業実践を創り出す可能性を高めることができた。さらに、深い授業評価を行うことにより具体的課題を明確にし、授業改善を行うことにより小学校と中学校を内容と認識の系統性を明確にした授業実践を考案したいと考えている。このような共同研究により大学教員は現場の教員に不足しがちな専門的領域の内容の提供を行い、附属学校教員は大学研究者にはできない子どもの認識の順序性をもとにした授業実践を行うことができる。本研究の授業実践研究組織は、今後の学部での学生指導や附属学校における理科教育に十分貢献できると考えられる。

参考文献

- 佐藤学：「これからの学びを考える」，ジュンク堂トークセッション 佐藤学×秋田喜代美，2012年9月8日池袋ジュンク堂書店にて，<https://www.youtube.com/watch?v=-VfeUNgLw-0>
- 栗田克弘他：中学校理科におけるアクティブラーニングにつながる学習教材の開発研究，山口大学教育学部学部附属実践研究紀要第15号，pp.91－100，2016年.
- 栗田克弘他：中学校理科（電流と回路）における学習教材の開発研究～アクティブラーニングと関連づけた一人一実験～，山口大学教育学部学部附属実践研究紀要第16号，pp.97－106，2017年.
- 栗田克弘他：中学校理科（電流と回路及び電流と磁界）における学習教材の開発研究Ⅲ～主体的学習における一人一実験の役割～，山口大学教育学部附属教育実践センター研究紀要第46号，pp.117-126，2018年.
- 文部科学省：小学校学習指導要領解説理科編，大日本図書，2008年.