

中学校理科の生物分野と高校生物で 指導上難しさを感じる事項と改善方法に関する考察[†]

石井 照久*

秋田大学教育文化学部

保坂 学**

秋田市立山王中学校

佐藤 宏紀***

湯沢市立湯沢北中学校

三浦 益子****

秋田県立能代高等学校

中学校理科の生物分野と高校生物において、教師が指導上難しさを感じることのある単元や箇所を抽出し、指導を困難にしている原因を明らかにするとともに改善策を検討した。抽出された事項は、(1)教科書の記載に関するもの、(2)色に関するもの、(3)実験の技術に関するもの、(4)教授法に関するもの、に大別された。そのうち(1)には、教師の指導を困難にしているだけでなく、生徒の理解を混乱させるものも含まれていた。それぞれの改善策を検討した結果、教師側の教材研究・実験技術の向上、などにより改善できる場合もあったが、教科書出版会社に改善を依頼したほうがいい場合もあった。また、容易には解決できない事項もあった。

本報告は、秋田大学大学院教育学研究科の教科教育専攻理科教育専修の授業科目「生物学研究Ⅱ」において、平成23年度前期の授業で展開された成果報告でもある。

キーワード：中学校理科生物分野、高校生物、新学習指導要領、指導上のつまずき、専門用語

はじめに

教育の現場では、教師は児童や生徒に、よりよい授業を与えようと日々努力している。著者らの教育

の場である秋田県は、平成19年と20年に実施された全国学力・学習状況調査で好成績を取めたが、その一因として、秋田県の教師の力量が大きく関わっていること、校内研などの研修で教師達が切磋琢磨されていること、などが秋田大学「あきたの学力と教員養成に関する調査プロジェクト」の報告書(2009)からうかがえる。

その一方で、教師自身が指導上で感じている難しさや悩みなどは、一般にはあまり公にされたり、共有されたりすることは少ない。著者の一人で大学教員である石井は、小学校、中学校、高校へ出前授業に行った経験がある(関係する報告が秋田県教育

2012年2月9日受理

[†]Difficulties and discussion in teaching of biological classes in junior high school and high school

*Teruhisa ISHII, Faculty of Education and Human Studies, Akita University

**Manabu HOSAKA, Sanno Junior High School of Akita City, Akita

***Hiroki SATO, Yuzawa-kita Junior High School of Yuzawa City, Yuzawa

****Masuko MIURA, Akita Prefectural Noshiro Senior High School, Noshiro

庁義務教育課（2008, 2009, 2010）、秋田大学教育文化学部 大学・学校パートナーシップ実施委員会（2007）、秋田大学教育文化学部わかる理科教育推進ワーキンググループ（2008）、石井（2011）および科学技術振興機構（2010）よりなされている。しかし、現場で教師が困っていることを知る機会はこれまでなかった。本報告では、中学校で理科を担当する現役教師2名、高校生物を担当する現役教師1名、のそれぞれから「指導が難しいと感じる単元や題材」をいくつか出し合い、指導を困難にしている原因を明らかにするとともに改善策を検討した。

本報告は、秋田大学大学院教育学研究科の教科教育専攻理科教育専修の授業科目「生物学研究Ⅱ」において、平成23年度前期の授業で展開された成果報告でもある。石井は「生物学研究Ⅱ」授業担当者であり、保坂は教育学研究科の大学院生として、佐藤および三浦は秋田県総合教育センターの研修員として、それぞれ「生物学研究Ⅱ」を受講した。

抽出された中学校理科の生物分野と高校生物で指導上難しさを感じる事項とそれらの具体的な問題点

(1) 教科書の記載に関するもの

- 1) 中学校理科生物分野；被子植物と裸子植物の比較学習－やくと花粉ぶくろ（花粉のう）の記載について－

被子植物と裸子植物の生殖を学習する部分の教科書の記載には長年「やく」という記述がみられたが、いつの頃からか「やく」は被子植物に限定され、裸子植物のそれは「花粉ぶくろ」という記載に変わった。また、この記載変更はすべての教科書ではなかった。そのため、このような名称の変更や出版社による違いは、教師に対してはもちろんのこと、生徒にも混乱を生じさせると思われた。

- 2) 中学校理科生物分野；植物と動物の生殖細胞の比較－精細胞と精子－

中学校では、「雄と雌の生殖細胞の核が合体すること（受精）による生殖を有性生殖という」と学習し、植物の生殖細胞を精細胞と卵細胞と習い、動物の生殖細胞を精子と卵と習う。しかし、生徒は精子を精細胞と答えたり、卵を卵細胞と答えたりして、混乱がみられる。このように、似たような語句の混在は生徒の理解の妨げとなっていると思われた。

- 3) 中学校理科生物分野；刺激に対する反応－脳が関わる反応と反射－

ある教科書では、脳が関わる反応の経路を「感覚器官→感覚神経→せきずい→脳→せきずい→運動神経→運動器官」としてまとめている。一方、反射を脳が関わらない運動とし、その経路を「感覚器官→感覚神経→せきずい→運動神経→運動器官」とまとめている。しかし他の教科書では、脳が関わる反応の経路を「感覚器官→感覚神経→脳→せきずい→運動神経→運動器官」としているものもあり、生徒のみならず教師の理解を混乱させていると思われた。

(2) 色に関するもの

- 1) 中学校理科生物分野；ヨウ素デンプン反応の色

光合成がどこで行われているかを調べるためにオオカナダモを使って実験を行い、光を当てる条件を変えて、その結果をヨウ素デンプン反応で検出しようとするが、反応結果の色がはっきりせず、実験に失敗することが多い。何かコツはないのか。

- 2) 中学校理科生物分野；ベネジクト反応の色

デンプンの分解実験で、だ液を加えたデンプン溶液はヨウ素液では変化しないが、ベネジクト液を加えると赤褐色になる、と教えたところであるが、実際に実験を行うとなかなか赤褐色にならずオレンジ色か黄色にしか見えなかった。実験を体験した生徒にはテストでは、オレンジ色や黄色と書かずに赤褐色と書くんだよ、と教えることもあった。

- 3) 中学校理科生物分野と高校生物；染色液の適切さについて

中学校や高校の教科書では、細胞の内部構造を染めて観察する場合に染色液を用いているが、その染色液の種類が限定されすぎている。たとえば核を染めるのは、さまざまな染色液があるのに、酢酸カーミンか酢酸オルセインの一点張りの傾向が強い。観察材料に応じて教科書に記載されている染色液以外の染色液を使いたいと思っはみるものの、入試のことを考えると踏みとどまってしまう、結局酢酸カーミンか酢酸オルセインを使用した。これでいいのだろうか？

(3) 実験の技術に関するもの

- 1) 中学校理科生物分野；植物の茎の切片を作る作業

ピス（ニワトコの髄）やニンジン根の根に植物の茎を挟んで切片を作って観察する内容があるが、生徒にとってこの切片作成はとて難しく、時間だけ浪費してしまいがちである。スライドグラスを2枚重ねてまな板状にして切っていく方法も試してみたが、あまり改善されなかった。

- 2) 中学校理科生物分野；タンポポのおしべが見えない

タンポポの花の構造を調べる単元では、花びらが5枚なのはルーペを用いると容易に確認できるが、おしべが5本というのは容易には確認できず、教師も生徒も実感がわかない。

- 3) 中学校理科生物分野；アブラナのめしべの胚珠がよく見えない

生徒にアブラナの花を解剖してもらい胚珠を観察してもらおうと試みるがなかなかうまくいかない。なにか良い方法はないだろうか。

- 4) 中学校理科生物分野；タマネギの細胞分裂を見つけるのが困難

タマネギの根やネギの種子を発芽させて、細胞分裂している細胞を生徒に探して観察してもらう実験があるのだが、なかなか見つめるのが困難な実験となっている。何か良いコツはないだろうか。

- 5) 中学校理科生物分野；花粉管の観察が困難

寒天培地に花粉をまいて花粉管の伸長を観察する実験では、花粉管の伸長変化が授業時間内にあまり実感できずに終わってしまう。何かこの観察に適した良い植物があるのだろうか？

(4) 教授法に関するもの

- 1) 高校生物；「生殖と発生」分野で、いかに生徒の学習意欲を高め、大学入試に対応できる学力を身に付けさせるか？

生殖と発生の単元は、説明主体の授業となり、実験は確認（観察のみ）を目的とするものが多くなる。そのため内容を半ば暗記させるような授業になりがちである。生徒の学習意欲を喚起しなおかつ大学入

試に対応できる知識・学力を身に付けられるような授業方法はないものだろうか。

- 2) 論理的な思考育成と表現力育成はどのようにしたらよいか？

科学的事象を理解する際には、原因と結果の関係を論理的に考えたり、判断したりすることが大切である。また、それらを科学的な表現を使って筋道を立てて論述する力は、主体的に課題を解決する時に必須の力である。論理的な思考育成と表現力育成は、中学校理科の生物分野や高校生物では、どのように習得させるのがよいのだろうか。

抽出された中学校理科の生物分野と高校生物で指導上難しさを感じる事項とそれらの改善策について

抽出された前述の事項一つ一つについて、「生物学研究Ⅱ」の授業者及び受講者の全員で原因や改善策について意見交換・情報交換・議論・検討を行った。問題の解決には情報交換が有効だった（他の教師が解決策を持っていた）。また、場合によっては、問題提起をした本人がさらに調査を深めることによって改善策が見いだされることもあった。以下、項目ごとに見出された改善策について詳細を述べていく。ただし、すべて解決できたのではなく、教科書出版会社の協力を必要とする部分もあった。

(1) 教科書の記載に関するもの

- 1) 中学校理科生物分野；被子植物と裸子植物の比較学習－やくと花粉ぶくろ（花粉のう）の記載について－

中学校理科において、被子植物の「やく」の表記には変更がないものの、裸子植物の「やく」はいつの頃からか「花粉ぶくろ」に変更になっていた。そこで現行の学習指導要領下における教科書5社分を調べたところ、このような表記はある1社の教科書において見られた。裸子植物の「やく」をなぜ「花粉ぶくろ」と表記変更したのか、についてその教科書会社のホームページに説明があった。その説明によると学術的（専門的）には、裸子植物では「やく」は不適で「花粉嚢」が正しいため、平成8年度の教科書から、表記を改めることにしたそうである。また「花粉嚢」はもともと英語のpollen sacの訳語であり、その訳には「花粉嚢」と「花粉ぶくろ」の2つがあるので、中学1年生によりやさしくイメージ

のとらえやすい「花粉ぶくろ」の表記を採用することにした、ということである。

さらに平成24年度から中学校で本格実施される新学習指導要領のもとで使用される予定の教科書について、5社の教科書の見本版をみると、裸子植物のそれは5社すべての教科書で「花粉のう」の記載に変更になっている。1社が先行して使用した「花粉ぶくろ」に倣い、学術的（専門的）に正確な記載に変更したことになる。もちろん「花粉ぶくろ」と先行して記載していた会社も「花粉のう」の記載に変更している。これらのことは学術的には正しいので、文句のないところであるが、現場は混乱するので、その記載変更については、新しくなる教科書などとともに教師へのガイドブックなどを作って周知してほしいものである。

ともあれ、今後は、被子植物では「やく」で、裸子植物では「花粉のう」なので、これを踏まえて指導することで混乱はなくなりそうである。

2) 中学校理科生物分野；植物と動物の生殖細胞の比較－精細胞と精子－

中学校では、植物の生殖細胞を精細胞と卵細胞と教え、動物の生殖細胞を精子と卵と教える。しかし、学術的（専門的）には複雑である。まず、卵と卵子は同じである。そして精子に対する言葉が卵である。つまり精子を作る生物種の雌性生殖細胞を卵と呼ぶのが正確なところである。

動物では、一般に精子を作る種が多いので、「精子と卵（卵子）」でよい。しかも動物では卵と卵細胞もイコールである。ややこしいのは植物である。精子を作る種では「精子と卵（卵子）」で正しいのだが精子を作る種類は少数派で、一般の植物は精子を作らず精細胞を作る。その場合は「精細胞と卵細胞」となる。ただ卵と卵子と卵細胞は本質的には同一であるので、精子を作る植物では「精子と卵細胞」でも間違いではない。一般には動物でも植物でも卵（卵子）と卵細胞を混同してもよい。

しかし、精細胞と精子は全く異なる。精細胞が変態し、運動性を有する特殊な姿になったのが精子だからである。卵＝卵子＝卵細胞は正しいが、精細胞≠精子、である。以上からすると生徒が、精子を作らない植物において「精子と卵」と答えるのは間違いだが、「精細胞と卵」と答えたり、動物において「精子と卵細胞」と答えたりしても間違いとは言えない

と思う。指導上、精細胞と精子が全く別物であることだけきちんと押さえることができているならば、卵についてはどちらでもいいのだと思う。この単元では、単なる暗記になりそうな語句を教えることよりも本質にこだわって指導したいところである。

3) 中学校理科生物分野；刺激に対する反応－脳が関わる反応と反射－

一般に脳が関わり意識しておこす反応の経路は「感覚器官→感覚神経→せきずい→脳→せきずい→運動神経→運動器官」で正しく、中学校の教科書はそのように記載されている。一方、反射を脳が関わらない無意識の反応とし、その経路を「感覚器官→感覚神経→せきずい→運動神経→運動器官」とまとめている。しかし、ある教科書では、意識しておこす反応の経路を「感覚器官→感覚神経→脳→せきずい→運動神経→運動器官」としていて混乱のもととなっていた。

このことについて詳しく調べてみると各教科書によって、取り上げている実験をもとに刺激に対する反応のしくみを説明していることに由来することが判明した。すなわち、意識しておこす反応でも、目などの感覚器官から感覚神経をとおって直接脳に伝わる場合、せきずいを経由しないで脳に刺激が伝わっている。その後、意識して運動をおこすと確かに「感覚器官→感覚神経→脳→せきずい→運動神経→運動器官」となるのである。たとえば、目の前で物差しをわざと落としてもらい、物差しが落ちたらそれをつかんでみよう、という実験がこれにあたる。一方、手をつないで一列に並んで、手が握られたら次の人の手を握る、という反応の経路は「感覚器官→感覚神経→せきずい→脳→せきずい→運動神経→運動器官」である。つまりどちらの経路の記載ともに正しいのである。これまでの教科書では、意識して運動を起こす場合には、どちらか一方だけの記載（「感覚器官→感覚神経→せきずい→脳→せきずい→運動神経→運動器官」が普通）であったが、新学習指導要領下での見本版の教科書では、目で受け取る刺激に対する反応と皮膚などで受け取る刺激に対する反応の両方を取り上げていて、実際起きていることをより正確に説明している。

また、無意識におこる反射反応については、これまでの教科書と新しい教科書の記載に大きな変更はない。どちらも具体的な実験では「ひとみの大きさ

の変化を観察する」ことを紹介し意識とは関係なく反応がおこることに気付かせ、「熱いやかんに触ったときに思わず手を引っ込める」ことを例に反応の経路を説明している。さらに、食物を口に入れるとだ液が出ることや体のつきあい、体温調節なども反射反応であることを補足説明している。

これらの記載は一見問題はないようであるが、「ひとみの大きさの変化を観察する」の反応経路は「感覚器官→感覚神経→脳→運動神経→運動器官」であり、また「熱いやかんに触ったときに思わず手を引っ込める」の反応経路は「感覚器官→感覚神経→せきずい→運動神経→運動器官」であり、両者の経路は異なっているにもかかわらず、ひとみの大きさの変化の実験で刺激が伝わる経路は説明せずに終わる。これでは、ひとみの大きさが変化する場合の反応経路も「感覚器官→感覚神経→せきずい→運動神経→運動器官」と生徒は誤解するのではないだろうか。

厳密には、反射とは大脳を介さない行動であり、反射の中核は、せきずい、延髄、中脳などがある。そして脳から出ている末梢神経は、せきずいを介さず直接脳につながっているため、ひとみの大きさの調整や、顔に水がかかると一瞬目をとじる反射反応は、せきずいを通さず直接中脳に刺激が入り、せきずいを通さず直接中脳から運動指令が出ることになる。このように実際の体の中では、いろいろな経路を使って反応が起きている。しかし、中学校の教科書では、反射の反応経路は「感覚器官→感覚神経→せきずい→運動神経→運動器官」で説明されてしまう。高校の教科書になると反射の反応経路は「感覚器官→感覚神経→反射中枢→運動神経→運動器官」が一般的となり、より専門的に正確に記載している。中学校の教育現場で反射を扱うとき、生徒に体験してもらった実験の内容と説明に用いる現象が異なるとき、指導上の注意が必要となるだろう。反応の経路の単元は、内容を詳しく説明しないと不正確のまま伝わってしまう単元でもあるので、教師はこのことを十分に承知して指導しなければいけない。生徒の理解度によっては、中学校でも無意識におこる反応経路を「感覚器官→感覚神経→反射中枢→運動神経→運動器官」として教えてもいいのだと考える。

(2) 色に関するもの

1) 中学校理科生物分野；ヨウ素デンプン反応の色

実験では、さまざまな条件設定が難しく、理想的な結果が出ないことが多い。特に光合成の実験は難しい。前日から、光を当てる・当てない、を用意してもヨウ素デンプン反応の色の差ははっきりでない。原因の一つに生成されるデンプン量の少なさが考えられるので、できるだけ元気のよい材料を使ったり、光を当てる・当てないことを一晩でなく二晩にしてみたりすることによって、生成デンプン量をより増やすような工夫が有効だと思われる。これらの改良を施し、生徒に「青紫色」を体験させたいところである。

2) 中学校理科生物分野；ベネジクト反応の色

デンプン液にだ液を加えて温め、さらにベネジクト液を加えて加熱すると、デンプンがだ液によって分解され還元糖ができ、その還元糖がベネジクト液を還元して赤褐色を呈する。しかし、実際にこの実験を行うとなかなか理想的な赤褐色にならず、オレンジ色あるいは黄色くらいにしかならない。これについては、時間をかけることで解決できる。反応直後は、生成される還元糖の量が少ないためにオレンジ色に見えるが、そのまま放置しておくことで生成される還元糖の量が増え、その結果、たしかに赤褐色の沈殿物ができる。赤褐色を確かめることができるとテストでも違和感なく「赤褐色」と答えることができる。

3) 中学校理科生物分野と高校生物；染色液の適切さについて

細胞の中の核は一般に負の荷電基を持っているので塩基性色素で染色することができる。一方、細胞質は一般に正の荷電基を持っているので、酸性色素で染色することができる。塩基性色素は、カーミン、オルセインだけではなく、アズール、塩基性フクシン、サフラニン、トルイジンブルー、ヘマトキシリン、メチルグリーン、メチレンブルー、ライトグリーン、など沢山存在する。カーミンやオルセインを酢酸に溶いた酢酸カーミンや酢酸オルセインは、たしかに核を染める定番染色液であるが、これがすべてではないのは周知の事実である。ところが中高の教科書では、酢酸カーミンか酢酸オルセインしか登場しない。これは困ったことで教科書会社をお願いをするべきことなのかもしれない。

(3) 実験の技術に関するもの

1) 中学校理科生物分野：植物の茎の切片を作る作業

中学生自身に植物の茎の切片を作成してもらって観察してもらいたいところだが、なかなか切片がうまく作れないのが常である。授業では、時間的な制約もあるので、生徒に作ってもらってもいいが、できの良い切片を教師があらかじめ準備しておくのが良い。そのためには教師が切片作成の腕をあげておくしかないと思われる。授業の目的は、きれいな切片を作ってもらうことではなく、観察によって植物の構造を理解してもらうことにある。ただ、教師が全部用意し、生徒はただ単に観察だけする、のでは、生徒の主体的な学習意欲を導き出すことは難しいかもしれない。そこで、生徒にも切片づくりを体験してもらいながら、切片づくりの難しさを理解してもらいつつ、観察活動を実施するのがよいと思われる。生徒が良い切片を作ったらそれを観察し、そうでない場合は、教師の作った切片を観察してもらうという方法である。

切片を作成する自作のマイクロトームが新学習指導要領下での見本版の教科書に載っていたり、下敷きを使った自作マイクロトームの情報(This is の田のホームページ)がホームページに載っていたりするので、これらを参考に切片作成装置を自作するのも一つの方法である。

2) 中学校理科生物分野：タンポポのおしべが見えない

タンポポの花で、花卉の数やおしべの数を確認するのはもともと難しい。なぜかという、花卉は癒合しており、先端でわずかに五つに分かれていてその部分をルーベなどで拡大すると5枚なのを確認できるのみであるからである。逆におしべは基部で5つに分かれているものの、おしべの上部は癒合していて分かれているのが確認しづらい。このような難しさを教師があらかじめ予備実験で周知しておくことが重要となる。さらに外来植物の繁殖にともない、身近なところで観察できるタンポポは従来のカントウタンポポからセイヨウタンポポになってきている。セイヨウタンポポでは花粉の大きさがまちまちとなり、絵苧が反り返るなどの点でカントウタンポポと異なる。また最近では、セイヨウタンポポとカントウタンポポの雑種もできているようであり、一

概に種を判定するのが難しくなっている。

3) 中学校理科生物分野：アブラナのめしべの胚珠がよく見えない

生徒に、アブラナのめしべをカミソリで切り開きその根元にある胚珠を観察してもらうことを挑戦させても、なかなかうまくいかない。その対策として、チューリップ、カーネーション、ピーマン、シロツメクサのようにおおきな子房をもつめしべを観察することが挙げられる。(ピーマンの花は入手が困難かもしれない。)これらの花のめしべでは、胚珠が小さな粒として確認しやすいのである。ただ、アブラナを使うと、1株のいろいろな花を観察することにより、すでに受粉を終え、子房の中で種子が作られているもの、種子が作られる途中のもの、未受粉のもの、などいろいろな段階の胚珠が見ることができるので、どのように種子が作られていくかを理解しやすい。そこで、できるだけアブラナを用いて胚珠の観察実験を実施したい。その場合なるべく大きな花をつけるアブラナを用意することが重要なかもしれない。アブラナも品種によって花の大きさが違うのである。大きな花をつけるアブラナの品種を準備し、教師があらかじめカミソリで切り開く技術を身に付けることで、この問題は解決できそうである。

4) 中学校理科生物分野：タマネギの細胞分裂を見つけるのが困難

タマネギの根で細胞分裂像を探すのは、大学の授業においても難しい課題である。少しでも改善するために、次の点が考えられる。まずは、成長したタマネギの根を切り取る時間を正午近くにするとよい。これは経験則だが、正午近くだと分裂像が多い。また、核と細胞質を別々に染めて、染色体がより際立つようにすると、細胞分裂をしている像を発見しやすくなる。実際には、核を0.3%サフランインで染色し、細胞質を0.05%ファーストグリーンで染める。これにより青く染まった細胞質の中に、赤く染まった染色体が鮮明になり、分裂像が見やすくなる。また、ほとんどの教科書には、温めた塩酸につける行程が書いてあるが、塩酸は温める必要はない。ただ、入試では、60℃くらいの塩酸処理をする、がよく出題される。実験の安全性と準備などを考えると塩酸の湯煎は省略したいところであるが、この扱いは難

しいところである。中学校の授業時間内で生徒にどこまでやってもらうか(あるいは演示実験としても)にもよるが、以下の手順で染色・観察まで行うとよい結果が得られる。

タマネギを発根させて正午に根端約1-3cmを切り取り、エタノール：酢酸(3:1)の液(使用直前に調合)で約24時間固定する。その後70%エタノールに移して保存する(すぐに次のステップに行く場合は、この保存行程を省略できる。また70%エタノールで1年間は保存可能である)。1N塩酸で5-10分処理をする(もっと長くてもよい、一晚でも)。次に、0.3%サフラニんかつ0.05%ファーストグリーン溶液に3-5時間(一晚でも可)つけて染色をする。その後観察直前に水中に移す。あとは、根端をスライドグラスにのせ、先端部を1mmほど切り捨てて、グリセリン水(グリセリン：水=1:1)を垂らして、カバーをかけ、柄付き針を使ってカバーの上からこんこんと叩きながら根端を押し広げる。あとは、プレパラートを濾紙ではさみ、指で押しつぶす。押しつぶしたプレパラートを顕微鏡で観察し、分裂像を探す。

5) 中学校理科生物分野：花粉管の観察が困難

花粉管は花の種類によって伸びるスピードが違うので、できるだけ早く伸びる種類が観察に適している。教科書には、ハウセンカ、ムラサキツユクサ、インパチェンス(別名アフリカハウセンカ)などが取り上げられている。ハウセンカとムラサキツユクサはたしかに早いですが、インパチェンスはそれらに比べると早くない。これらのうちハウセンカとムラサキツユクサは入手が難しい。一方、インパチェンスは生花店などで容易に入手できるが、注意が必要である。インパチェンスには品種が異なるニューギニアインパチェンスというのがあり、これだと花粉管の伸長がインパチェンスよりさらに遅いのである。以上のほかにも、チャの花、プライダルベール、トレニア、も花粉管の伸長が早いので、実験に適している。これらを踏まえ、教師があらかじめ予備実験をして入手時期、入手方法などもあわせて実際の実験で使えるよう周到に準備することで対応できる。

(4) 教授法に関するもの

1) 高校生物：「生殖と発生」分野で、いかに生徒の学習意欲を高め、大学入試に対応できる学

力を身に付けさせるか？

「生殖と発生」の単元は生殖細胞の形成と受精、発生とその仕組み、の二つからなっている。この分野は、説明が多くなり、イメージをもたせにくく、実験は観察するだけのものが多くなってしまっていた。これまでに、動画や画像を見せたり、モデルや模型を使ったり(卵割、原基分布図、ウニの胚とカエルの胚、プルテウス)、観察(ヒドラの出芽、ムラサキツユクサの葯の減数分裂、エダマメの無胚乳種子、トウモロコシの有胚乳種子、プライダルベールの花粉管、市販のウニ・カエルの発生過程観察セット)を多く行ったり、ワークシート(発生の仕組み単元で図に色を塗る)などを使ったりしてきたが、教育効果が上がっているのか実感が少ない。このような悩みであるが、これだけの観察を行ってれば、もうこれ以上の指導法はないように思われた。ただ、実生活との関わり合いを伝えるようにしたり(たとえばウニの発生をヒトの発生と比較しながら話したり)、この分野の知見を研究者がどのように解明してきたかの研究史を話したりすることで、少しは改善できると思われる。また、生徒が自ら調べる活動を増やしたり、調べたことを発表したり、生徒同士で教え合う活動を増やしたりするのも有効だと考えられる。

限られた時間の中で、生徒の考える場面を確保しながら、生徒の学習意欲を高め、なおかつ、入試に対応できる学力を身に付けさせることは、中学校と高校の教育の場では常につきまとう大きな課題だと思われる。学習単元ごとに、適した教授法があるのかもしれない。もし、よい方法見つけたら、現場で共有しあって広めてもらいたいものである。

2) 論理的な思考育成と表現力育成はどのようにしたらよいか？

論理的な思考育成と表現力育成は、中学校理科の生物分野や高校生物の両方において共通する重要な課題である。現象の原因と結果をよく観察し、その因果関係をじっくり探る、という姿勢がまずは基本になる。そして現象を把握する力、把握したことを記録しまとめる力、記録したことを解析する力、が必要となる。また、何度も確かめる(追試をする)という態度も必要である。

一般に、中学校理科や高校理科の単元では、先人達が論理的な思考と表現力によって長い時間をかけ

て解き明かしてきたことを学ぶ、という機会が多い。先人達が築き上げてきた科学の世界を、すべて追試したり、追体験したりするのは、かなり難しいと思う。できるだけ実験や観察を通して、実感として基礎的知識を身につけてほしいのは理想であるが、なかなかすべて実験や観察を行うことは時間の上で、また準備の上で無理である。また、俗に天才と言われた人達が解き明かしてきた自然現象の法則を中学生や高校生に容易に理解してもらうのも難しいことだと思う。それでも現代社会での技術革新は進み、これからの世の中を生きていくには、基礎的な知識はもちろんのこと、理論的な思考力・判断力・表現力に基づく問題解決能力が必要となっている。中学生と高校生には、知を受け継ぐだけではなく、さらなる知を創造してほしいのである。このためには、単に入試に出るから「〇〇の問題には〇〇の答えを覚える」というような暗記的な学習ではなく、「なぜ」から始まり「なるほど」で解決する学習をしてもらいたい。その過程では、「それでいいのか」「こっちのほうがいいのではないか」などの批判的な視点も重要となる。さらには「自分ならこうする」「次こうしたらこうなるのでは」など、次のアクションにつながるように発展してもらいたい。単なる答えの暗記学習でなく、なぜそうなるのか、どう考えたか、を大切に授業を組み立てていくといいのではないだろうか。

考察

現場の先生が本音で悩みを相談できる場の設定

本報告の指導上難しさを感じている事項は、中学校・高校の現場で教鞭をとっている現役の先生方の生の声に基づいて抽出されている。秋田大学大学院教育学研究科の教科教育専攻理科教育専修の授業科目「生物学研究Ⅱ」の平成23年度前期の授業では、当初、中学校理科第2分野の内容を主な対象にして、内容の理解と中学生への教育指導力を培うことを目的としていた。そのところ実際の受講生は、現役の中学校教師2名、現役の高校生物教師1名、であった。そこで、授業の対象内容を高校生物まで拡大して授業を行った。生徒への指導力を高めるための早道の一つとして、現役の教師がつまづきあるいは指導上の困難を感じている部分を見つけ出しそれらを解決する、ということが考えられる。そこで、この授業では、まず現役の教師3名それぞれから指導上

難しいと感じている事項を出し合ってもらった。出し合った(抽出された)事項は一部が重複したものの、ほとんどが重複しなかった。この授業では、授業者である大学教員を含め4名で、抽出された事項について協議・検討を重ね改善策を探った。その結果は本報告のとおりであるが、ある現役教師の悩みは他の現役教師が解決策をもっていたことが多かった。逆に、大学教員が解決策をもっていたことは少なかった(このことは本報告の大学教員の力量不足によるものであり、一般論ではないことを断っておきたい)。また、問題の部分について本人がじっくり時間をかけて検討をすると解決できた部分もあった(例：花粉のう、の表記について)。

以上から、現場の教師がもっている悩みを教師同士、本音で相談できる(恥ずかしいから聞けない、プライドがあるので、というはなしにして)場の設定を切望する。多くの研修の場は、こういった教育指導上の悩みを解決する場になっているのだろうが、本音をさらけ出すことが果たしてできているのであろうか。また、今回は、大学院の授業であり、受講した1名は現役の教師であるものの正規の大学院生であるため、こういった問題を検討する時間的余裕があった。他の2名は秋田県総合教育センターの研修員として派遣されている現役教師なので、時間的余裕は、一般の教師と比べて担保されていた。日頃、毎日教壇に立ち指導を行っている教師にはやはり時間的余裕が少ない。是非とも現職の大学院入学制度や研修員の制度を活用して、時間的余裕を確保してもらい、自分のもつ教育指導上の悩みの解決にあててほしい。すべての人が大学院生や研修員という機会に恵まれるわけではないので、やはり、本音で悩み(学校にまつわるすべてを扱う)を相談できる場を作ってもらいたい。

秋田大学も教員免許法の改正に伴う教員免許状更新講習を過去3年間に渡り実施してきているが(報告書が2010年と2011年に出ている)、こういった場の設定を考えた講座の導入も視野に入れるべきなのかもしれない。

大学教育での反省は？

著者の一人は大学教員である。ここでは、大学教員サイドとして考えたことを述べてみたい。

幼稚園、小学校、中学校、高校の各教員には、文部科学省の管轄の教員免許状が一部の例外を除き必

要であることは周知である。一方、大学教員には免許がいない。また教員養成学部の大学教員に必須の免許はない。近年では、教職の現場を経験している方を教員養成学部の大学教員として採用するケースが多くなっているため、教員免許をもつ大学教員が増えているのは事実である。簡単にいうと大学教員は教育に関する公的免許がなにももらいないのである。著者の一人の大学教員は、たまたま小・中・高の各専修免許状を有しているが、完全なペーパードライバーである。それは、大学院で博士（理学）を取得してからもっぱら大学に勤めてきたからである。

著者の大学教員は、大学で教員免許状に関する授業科目を担当している。今回、大学院の授業「生物学研究Ⅱ」を行って、反省しなければいけないことに気がついた。それは教員免許状に関する授業において、その内容が中学校や高校の教科書を踏まえたものであったかどうかである。著者の大学教員は、中学校と高校の理科のうち生物分野の授業科目の一部を担当している。自分の担当している科目の授業内容は、果たして大学生たちが教師として教壇に立つ時に有益なものとなっていた（いる）のだろうか、自分の専門分野に走りすぎたり偏ったりはしていなかったのだろうか、教科書を踏まえてきたのだろうか、という反省である。一通り、中学校理科と高校生物の教科書はそろえてあり、時々さっと目を通してきたものの、今回の「生物学研究Ⅱ」を行って、現場の先生方の声を聞きながら改めて教科書を見ると、きちんと教科書に記載されていることを理解していなかったことを痛感した。たとえば語句の表記の問題など、まったく気にも留めなかったのである。

著者の大学教員が担当している中高理科の教員免許状用の科目である生物の基礎実験では、なるべく教師になったときにも活用できるように教育の現場を踏まえて、授業を組み立ててきたつもりである。しかし、今回、指摘があった技術的な事項や実験後の色に関する事項は、それらすべてを基礎実験で教えてはいなかった。大学教育にも時間的制約があり、中高の教科書に掲載されているすべての実験を大学生に体験してもらうことは困難であるのは事実である。しかし、特に理解に実験が重要である生物分野では、実験や観察が中高を通じて重要な位置を占めているのも事実である。その実験項目を、自信をもって指導できる教師を送り出すのは教員養成学部の使

命であろうから、なるべく多くの実験を大学生に体験させたいものであるし、実験の背景にある知識・論理も大学生に習得してもらいたいと思っている。この「生物学研究Ⅱ」の授業をきっかけに、著者の大学教員もこれらの点を反省して、授業改善を行っていききたい。

教科書会社へ望むこと―特に教科書の変わり目に際して―

中学校では、これまでの学習指導要領（文部省、1998）による指導体制から、新学習指導要領（文部科学省、2008）による指導体制に平成24年度から本格移行する。それに伴い、教科書が一斉に新しくなる。本報告を執筆している平成23年の12月の時点では、まだ見本版の教科書が入手できるばかりである。先に述べたように見本版では、すべて裸子植物のこれまでの「やく」表記は、すべて「花粉のう」に変わった。これはある教科書出版会社がいち早く「花粉ぶくろ」を採用したことに準じている。その会社は、教科書の記載では、専門的には最適な表現である「花粉のう」を使いたいが、中学1年生には難しいので「花粉ぶくろ」を採用し教科書の記載を途中で変更した。それに倣ったかたちで、学習指導要領の改訂にともない、より専門的だが難しい言葉である「花粉のう」を各教科書会社が一斉に新教科書で採用した。

こういった専門用語の一斉変更については、教科書会社は現場の教師に向けて改訂点などをわかりやすく解説したガイドブックを作成・配付する義務があるのではないだろうか。さらには、教科書会社は、異なる表記の専門用語（卵や卵細胞）を他社教科書と統一するか異なる場合にはその理由説明をするか、さらには、教える内容を正確に記載してもらいたい（例：意識しておこす反応の経路や無意識におこす反応の経路）。教科書は、最良・最高の教材であるので、現場の教師が突然の教科書の語句名称変更にとまどったり、内容が不正確であることにとまどったりしないように、教科書会社に配慮をお願いしたい。

現場の教師は、教科書の記載について本報告にあるような事実をきちんと把握し、混乱しないで教育指導にあたっていただけだと願う。また、教科書の記載について、常に疑問をもって教材研究と教材理解に励んでほしいと思う。

教科書を越えた教材開発

教科書の題材・実験にしばられずに、独自の教材を開発するのは時間がかかる。しかし、教師の手作りの教材は、生徒にはとても親しみやすく、学ぶ意欲が高いものになると考えられる。新しい教材を開発する場合、何も一人ですべてを行わなくてはいけない、と重く考える必要はなく、近場の教師と一緒に、あるいは大学教員と一緒に開発するのが良いと思う。著者の大学教員はこれまでいくつかの教材開発に関わってきた。たとえば小学生向けの水生生物観察ソフトの開発（三浦，2002）、中学生向けの簡易エコボール教材の開発（石井・篠木，2009）などである。また市町村のシンボル生物（石井・菅原，2010）、学校指定の生物（学校園の植物）などに着目して、一つ一つの地域・学校にあった教材を開発するのも有意義かもしれない。秋田県で合併で消滅してしまった旧市町村のシンボル生物のなかには、その土地の特産生物（ホップ、ワサビ、サクランボなど）や伝統文化（マタギ文化と関わりの深いモロビなど）に根差したものなどがあるので、教育利用価値が高いのである。是非、こういったことをヒントに新しい教材・親しみやすい教材・ぬくもりのある教材の開発に取り組んでみてはいかがだろう。

実験を重視する授業の大変さと重要性

実験・観察を少しでも取り入れると実感を持った学習となり、生徒の学習意欲が高まり、教育効果の向上がより期待できる。しかし、実際には実験を準備し実施するということが、現場の教師にとって時間的・技術的に大変なことである。秋田大学教育文化学部わかる理科教育推進ワーキンググループは秋田県内の小学校教員に、希望する出前授業に関するアンケート調査を行った。その結果、小学校教員は出前授業として「実験内容」を希望する事が多かったとワーキンググループは報告している（2008）。ここから小学校教員の理科の実験に対する苦手意識あるいは実験を避けたいという意識がみてとれる。中学校ではどうなのだろうか。中学校理科や高校生物を担当する教師は、多くの小学校教師とは異なり、理科を得意とする教師ではあるものの、やはり実験にはある種の困難感（実験準備において、実験が成功するかどうかについて、実験による教育効果がどうかについて、実験の安全実施について）を感じていると思われる。実際に実験・観察を授業に取り入

れたとしても思うような結果にならず、教育効果上、一見逆効果のように思われる状況がしばしば発生する。

このような困難感を伴う実験であるが、やはり教育の場では実験をたくさん実施してほしいと願う。たとえ実験結果が思うようにならなくても、失敗しても良いのだと思う。よく言われるように失敗は成功のもとであり、研究者たちは多くの失敗を重ねて成功にたどりついてきているのである。わざと失敗をさせる必要はないが、失敗がないように手とり足とり指導するよりも多少失敗をさせても（安全は確保して）良いのだと思う。このことは、科学の歴史が沢山の失敗を繰り返して、成功・正解にたどりついていることを実感・体得するばかりか、失敗をしてはいけない、という変な意識を払拭することにも役立つだろう。小学校では児童が活発に自分の意見を発するが、中学校、高校では生徒の活発な発言は、徐々に少なくなっていくように思われる。大学ではほとんど学生は発言しない。この一つの要因に、「正解であると自信がもてること以外は発言を控える」ということがある。このことは中学校、高校、大学へと進むほど傾向が強くなる。発言が間違っている、と指摘されるのが恥ずかしいのか、嫌なのか怖いのか分からないが、とにかく発言をしなくなっていく。間違いや失敗から、正解や成功が導き出されることを理解していれば、もっともっと生徒は活発に発言をし、主体的に学習するようになるのではないだろうか？こういった意識づくりにも実験・観察の授業はとても重要だと思われる。

入試（受験）との関係

今回抽出できた事項の中には、専門用語に関する事、色に関する事、などがあったが、この取り扱い方は入試とどうしても密接に関係してしまい、なかなか難しい所である。前述のようなデンプンの分解実験で失敗して、ベネジクト液で赤褐色にならなくてもテストでは「赤褐色」と書かないと正解とならない。また光合成の実験でも光をあてた葉の葉緑体の部分がヨウ素液で青紫色に染まったと答えたと正解になる。たとえ実験で理想的な結果が出なかった場合でも教師は入試に備え「テストでは、〇〇と答えるように」と教えなければならない現状は、科学的な思考に基づき自ら解決しようとする生徒の態度に水をさすことになる。しかし、やはり入試の対

策として教師サイドとしてはやむを得ない、のだろう。細胞の中の部品を染める染色液についても同様のことが言える。細胞核を染めるのは、何も酢酸カーミンと酢酸オルセインだけではなく、医学・生物の専門分野ではよくヘマトキシリンが用いられる（このことは大学生くらいになると知る）。また、サフランは、細胞壁だけでなく、核もよく染める。しかし、大学入試や高校入試の場面になると、核を染めるのは、酢酸カーミンや酢酸オルセインが王道の正解となってしまう。教師サイドとして、やむを得ないので、王道の答え方を教えるのだが、これは決してよい状況とは思えない。これには、入試を出題する側に改善を期待するしかない。つまり、単に〇〇の実験をすると〇〇の色になる、という暗記的な知識を問うような問題を出すことを止めて、実験の考え方やそれに基づく結果の予測などを問う思考力を問う問題に変換してほしいものである。さらには、生物分野には多様性（例外）が多く、教科書の記載以外でも科学的に正しいことはよくあるので、入試を出題する側がどれだけこのあたりに注意をして出題をするかも気になるところである。簡単な例で恐縮だが「魚は必ず卵生（卵を産卵して子孫を残す）」なわけではないので、これに関する出題の場合は気をつけなければいけないのは容易に気付くところである。

文 献

秋田県教育庁義務教育課 (2008)；平成19年度理科支援員等派遣事業実施報告書
 秋田県教育庁義務教育課 (2009)；平成20年度理科支援員等派遣事業実施報告書
 秋田県教育庁義務教育課 (2010)；平成21年度理科支援員等派遣事業実施報告書
 秋田大学「あきたの学力と教員養成に関する調査プロジェクト」(2009)；秋田大学教育フォーラム『秋田の学力と教員養成を考える』報告書
 秋田大学教育文化学部 大学・学校パートナーシップ実施委員会 (2007)；学校ボランティアによる学びの広がり 学校と大学の新しい連携のカタチ 学校・大学パートナーシップ事業 報告書
 秋田大学教育文化学部わかる理科教育推進ワーキンググループ (2008)；平成18・19年度秋田大学大学戦略研究 わかる授業の実現をめざす 小学校教員の理科系教科指導力向上プロジェクト報告書

秋田大学教員免許状更新講習推進センター (2010)；平成21年度教員免許状更新講習
 秋田大学教員免許状更新講習推進センター (2011)；平成22年度教員免許状更新講習 特集 教員免許状更新講習フォーラム in 秋田大学
 石井照久 (2011)；小学校理科単元「動物の誕生」における実践例と考察。秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要33：155-165。
 石井照久・篠木 碧 (2009)；中学校理科教材の開発研究－簡易エコボール教材の開発と実践－。秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要31：119-141。
 石井照久・菅原麻有 (2010)；秋田県における市町村のシンボル生物の変遷とその教育利用。秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要32：125-133。
 科学技術振興機構 (2010)；理科支援員等配置事業 卓越した理科特別講師。(独)科学技術振興機構 東京
 三浦 基 (2002)；小大学生を対象とした水生動物観察教材ソフトの開発。平成14年度秋田大学教育文化学部科学教育研究室研究生報告書
 文部科学省 (2008)；中学校学習指導要領 (平成20年3月告示)。国立印刷局 東京
 文部省 (1998)；中学校学習指導要領 (平成10年12月告示)。国立印刷局 東京
 This is の田のホームページ；
<http://www2e.biglobe.ne.jp/~shinzo/>

Summary

Difficulties in teaching of biological classes in junior high school and high school were reported. Difficulties in teaching were classified into four categories; 1) Technical terms in the textbooks, 2) Problems of colors in experiments, 3) Technical problems in experiments and 4) Teaching methods. In this report, the solutions to those problems were discussed.

This report depends on the "Biological special course II" which is one of the educations of Division of Natural Sciences Education, Course of Major Subjects Education, Graduate School of Education, Akita University.

Key Words : biological classes of junior high

school and high school, new course
of education in Japan, difficulties in
teaching, technical terms

(Received February 9, 2012)