

ICT を活用した中学理科の授業実践を通じた 教員志望学生の指導力向上

興治文子*1・小林昭三*1

Email: okiharu@ed.niigata-u.ac.jp

*1: 新潟大学教育学部

◎Key Words ICT, 教員養成, 理科

1. はじめに

新潟大学では、2009年度より特色ある教員養成事業の一環として、ICTを活用した理科指導力を持った教員の育成を行っている。その背景には、2008年度に実施された初等・中等教育段階の理科を教える教員に対する調査結果から、幾つかの課題が明らかになったことにある^{1,2)}。その課題とは、理科では実体験を伴う観察・実験などを通じた科学概念形成が欠かすことが出来ないが、全教科担任制の小学校教員はもとより、理科を専門教科とする中学校、高等学校の教員も、分野によっては得手・不得手があることなどである。

中学校理科教員に対する調査結果からは、分野に対する苦手意識は一般的には教員経験が長くなるにつれて改善されているが、ICTを活用した理科授業については、経験年数に関わらず約5割以上の教員が「やや苦手」や「苦手」と感じていることが明らかになっている。そこで、新潟大学では、2つの養成方針を柱とし、通常の教員養成に加えて2年間の特別な養成プログラムを策定し、3年間で約14名を養成した^{3,4)}。1つ目の養成方針は理科4科目における専門外科目の理解の深化であり、2つ目はICTを駆使した教育時戦力の育成である。受講生は、教育学部と理学部に所属する学生、教育学研究科と自然科学研究科に所属するの大学院生と現職教員である。

本稿は、この養成プログラムのうち、ICTを活用した理科指導力育成に関わる内容と、2年間の養成プログラムを受講し認定された学生に対する調査結果についてまとめたものである。

2. ICT を活用した理科指導力育成プログラム

2.1 理科授業におけるICT活用の特色

教育分野におけるICT利活用推進の目的で、学校現場でのパソコンなどのインフラの整備が進んでいる。2010年には、64人台(小・中・高校、中等教育学校及び特別支援学校)になったが、韓国5.0人(小・中・高校)やシンガポール2.0人台(小・中・高校)に比べて十分ではないとして、総務省は「フューチャースクール推進事業」を立ち上げ、タブレットPCやインタラクティブ・ホワイトボードなどを公立小学校に整備し、ICT活用の実証的研究を進め始めている⁵⁾。また、デジタル教科書の導入なども検討されている。

学校現場でのICT環境が整い始めている一方で、ICT化することによる学びの質が変化しなければ、単に教

具のICT化で終わってしまう。理科においては、小学校では1998(平成10)年公示の学習指導要領において、資料収集や整理の観点から導入が始まった。中学校においては10年早い1989(平成元)年から、実験の情報検索やデータ処理、計測への活用を配慮するように求められている。

次世代のICTを活用した理科教育においては、素朴概念から脱却し、科学概念を形成していくといった学習過程において本質的な観点で効果的なICT活用の有効性が吟味され、取り入れられていくべきである。我々は様々な分野において情報技術の進歩なしには成しえなかった、生徒が能動的に参加し、科学概念を構築していくようなアクティブ・ラーニング(AL)型の授業づくりや教材研究などを行ってきた^{3,6,7)}。ALでは、課題設定をし、生徒は課題に対して結果がどのようになるのかの予想をし、グループで議論し、実際に実験で検証し、明らかにしていく手法を取る。課題設定では、生徒の素朴概念を明らかにするような選択肢を含んだ現象に対する質問項目を用意し、生徒に実験結果などを予想させる。ここで重要となるのは、考えの筋道で、なぜそのような結論が導き出されるのかという科学的根拠を生徒自らに考えさせ、他者と議論することで予想の正否だけではなく、どのような概念が培われているのかをはっきりさせる。議論を経た上で実際に視覚に訴えるようなICTを活用した実験をその場で見せることによって、インパクトを持って科学概念を定着させるのである。ALにおいては実験は必ずしもICTを活用しなければいけないわけではないが、次に述べるように物理分野ではICT活用が特に有効であり、中等教育や高等教育においては特に効果的である。

このような科学概念形成のプロセスの理解も含め、生徒が能動的に取り組み効果的な科学概念形成のためのICT活用理科教授法を、特別な理科教員養成プログラムとして開設した。以下に、理科授業におけるICT活用例について簡単に述べる。

2.2 観察・実験装置としての活用

物体の運動、作用・反作用、電流と電圧、電磁誘導など様々な分野でセンサーを活用した演示実験や生徒実験が可能である³⁾。

安価になった高性能(1000fps)なデジタルカメラで中学校理科の教科書に載っているような物体の運動や、高校物理の波の単元での固定端反射、自由端反射といった単元を手軽に撮影し、教材として利用することが

可能である^{6,7)}。

デジタルカメラで撮った画像を、更に動画分析ソフトと併用することで、撮影された物体の運動の位置や速度の時間変化をグラフとして示すことが可能となる。2次元の運動も分析できるため、放物運動や2物体の衝突などの分析でも活用できる^{6,7)}。

観察の場面では、顕微鏡にカメラを接続し、電子黒板などで映し出すことでクラスで観察物を共有することが可能である。

2.3 授業の展開での活用

電気回路など小さな実験装置での実験をクラス全体に見せるための実物投影機の活用、班ごとの実験結果をまとめるための無線機能付き SD カードを挿入したデジタルカメラの活用、生徒の概念抽出の道具としての電子黒板の利用などがある。

その他、教員と生徒の双方向型授業を実現するための道具としてクリッカーに代表される Audience Response System の導入がある。特に、大学では大人数の講義であったり、生徒にとって受動的な授業であることもあり、テストの成績の良否と実際の科学概念形成が必ずしも一致していないことが明らかになってきた。そこで、クリッカーを利用して授業時間内での生徒の理解度を確認しながら授業を行っていくことで、生徒にとっては授業に参加する能動的な授業へ、教員にとっては生徒の理解度を確認しながら授業を進めていくことが可能となった⁸⁾。

3. 中学校における実践的指導力向上の取組

3.1 中学校での実践の枠組み作り

2章で述べたような演習に基づいた ICT 活用理科授業法を学んできた学生たちが実践的な指導力を身に付ける目的で、県内の中等教育学校と連携し、実際に中学3年生を対象に ICT を活用した理科実験授業を行うこととした。実践は、土曜日に行っている「土曜講座」の枠を使用し、教員免許を持っていない学生でも授業を行えるようにした。受け入れる中等教育学校側にとっては、普段の授業ではなかなか取り入れられない理科実験を「土曜講座」で行ってもらうことで、通常授業で学習した内容を深められるようにとのねらいがあった。そこで、大学側では、「中学校で学習している内容がどのように高校で学習する内容や最先端の科学・技術に繋がっているのか理解できること」を授業の核となるように授業づくりを工夫し、単元設定から生徒の科学概念形成に有効な ICT 活用の方法まで検討し、実践することとした。実践は、中学3年生を対象に、1年間で5回行い、物理、化学、生物、地学の4分野を各1回ずつ、大学教員による物理の回の補助である。大学教員が講義を行う回は、大学への進路指導に繋がるような内容を中等教育学校から依頼されているため、授業自体は大学教員が行うが、授業内容である ICT を活用した理科実験の補助として学生が参加している。この取り組みは2010年度と2011年度の2年間で、計10回実施した⁹⁾。

学生による研究授業の実践が、教員養成課程で必須とされている教育実習など大きく異なる点は、1つの授業づくりを1カ月程度かけて参加している学生全員で行い、当日の授業も授業者や実験補助者として関わることである。授業終了後には、大学教員、中等教育学校の教員と合同で1時間程度の協議会も行っている。日によっては参加できない学生もいるが、原則的として全員参加であり、常時5名程度の学生が集まっている。授業実践は必ず実験を含むため、中学3年生1クラス約40名を6~8班に分けて実施し、授業者以外の学生は各班に実験補助として担当するようにし、それぞれの学生に役割を持たせた。土曜講座の授業時間は80分で、2クラスである。

3.2 実践した授業内容

10回の実践について、実施時期と内容、参加した学生数、活用した ICT 機器を箇条書きで示し、授業の内容についても述べる。授業は、黒板を併用する回もあったが、全てパワーポイントを用いて行っている⁴⁾。

(1) 2010年5月実施 (物理)

- ・内 容：物体の運動の速さと向き
- ・参加人数：11名
- ・ICT活用：運動センサー

この単元では、記録タイマーのテープを取り付けた台車を水平面や斜面で運動させ、テープに記録された打点から台車の運動を理解させる実験を行う。テープを切ってグラフを作る作業は一定の教育的効果はあるが、作業だけで時間がかかるという問題点がある。そこで、台車実験を既に行った中学生たちに、同じ実験を運動センサーを用いて行ったどのように理解が深まるのか、アクティブ・ラーニング型授業で行った。台車の運動を予想させ、グラフを予想シートに記入した後で実際に実験を行わせた。生徒たちは、初めて使う運動センサーを用いた実験で、瞬時に台車の運動のようすがグラフで表わされることに驚いていたようであった。

(2) 2010年7月実施 (物理, 大学教員)

- ・内 容：運動の速さと向き
- ・参加人数：5名 (教員採用試験のため、4年生は参加不可)
- ・ICT活用：デジタルカメラ, 運動分析ソフト

5月に行った実験を、デジタルカメラを用いた教授法で再び行った。デジタルカメラの画像を運動分析ソフトと同期させ、コマ送りで台車の運動にしろをつけていくと、台車の運動のグラフ ($x-t$, $v-t$) が動画と同期して表示される。この実験では、人間の目では追えないような瞬時の物体の運動でも、ゆっくりとコマ送りしながら物体の運動のようすが理解できることにある。自分の理解にあわせて何度でも繰り返し分析することが出来ることに利点がある。今回は運動分析ソフトをインストールしたパソコンを大学から持ちこんだため、班で1台しかなく、1人1人の生徒が実際にパソコンを触りながら分析した時間が少なかったことが残念であった。学校のパソコンルームに動画分析ソフトをインストールしておいたり、自宅のパソコンで動画分析ソフトが使用できるような環境を整

えられると、学習内容を補完するような演習が可能となる。

(3) 2010年10月実施 (生物)

- ・内 容：DNA と生物
- ・参加人数：12名
- ・ICT活用：Eye-Fi (無線機能付き SD カード)

生物の観察実験では、生徒が見ているものが、教師が見てほしいものと同じかどうかのカギとなる。例えば、光合成が葉緑体行われていることを観察する実験では、ヨウ素液でうまく葉緑体が染まらなかったり実験がうまくいかないことも多くあり、実際に生徒が顕微鏡をのぞいてみている実験結果と、教科書に載っている実験結果の写真とは異なることがある。このような、実験結果を共有する必要がある単位では、IT機器を活用して確認することが重要となる。

この回は、身近なものにDNAが含まれているかを予想し、班ごとに異なる材料を用いてDNAの抽出実験を行った。異なる材料を使ったために、他の班がどのような結果になったのかを、クラスで共有する必要があった。無線機能付きSDカードを内蔵したデジタルカメラで実験結果を撮影し、教師用パソコンで集約し、実験結果をクラス全体で共有した。

(4) 2010年12月実施 (地学)

- ・内 容：燕周辺で見られる地形と地下の構造
- ・参加人数：12名
- ・ICT活用：デジタルカメラ

中学生にとって、時間や大きさのスケールを実感しながら学ぶことが難しい学問である。授業では、新潟平野の模型を作製し、実際に撮影してきた露頭などの写真を模型の該当位置に貼りつけ、写真に表れている特徴から、地層の傾きや連続性から内部構造を推測し、平野の成り立ちを理解させることをねらいとした。

(5) 2月実施 (化学)

- ・内 容：化学電池とイオン化傾向
- ・参加人数：11名
- ・ICT活用：電圧センサー

電流計や電圧計でも回路に流れる電流、電圧は測定できるが、その時間経過を針の振れから見とることは難しい。様々な金属板を組み合わせて作った化学電池の電圧を電圧センサーを用いて測定させた。

(6) 2011年5月実施 (生物)

- ・内 容：DNA と生物
- ・参加人数：11名
- ・ICT活用：デジタルカメラ

(3)と同様の展開で行った。

(7) 2011年7月 (物理、大学教員)

- ・内 容：力と運動
- ・参加人数：4名 (教員採用試験のため、4年生は参加不可)
- ・ICT活用：デジタルカメラ、運動分析ソフト

(2)と同様の展開で行った。

(8) 2011年10月 (地学)

- ・内 容：級化構造のでき方
- ・参加人数：9名
- ・ICT活用：デジタルカメラ

中学までの既習事項の発展として、湖や海での堆積を扱うこととした。砂がどのように水中で堆積し

ていくのか、堆積のようすが観察できるような安価な水槽実験を開発し、生徒実験を行わせた。ここで、堆積された砂は一瞬で水槽内に沈殿してしまう為、どのように堆積されていくのかを1/1000秒の分解能を持つデジタルカメラで事前に撮影しておき、コマ送りで再生画像を見せることで、堆積のようすが確認させた。また、砂の粒径によって沈降速度が違うことを実感させる生徒実験も行わせた。

(9) 12月実施 (物理)

- ・内 容：なぜ空は青く、夕焼けは赤いのか
～光の波動性～
- ・参加人数：10名
- ・ICT活用：なし

光の波動性をテーマとした。スペクトルを示すようなセンサー類もあるのだが、中学生は幾何光学しか習っていないため、センサー類は使用せずに授業を行った。また、カメラを通すと色も変わってしまう為、画像も制限し、なるべく実物を用いた生徒実験を行った。内容は、「見る」ためには光が必要であること、太陽光は白色光であること、簡易分光器によるスペクトルの観察、夕焼け実験による光の散乱などであった。

(10) 2012年2月実施 (化学)

- ・内 容：物質の三態変化
- ・参加人数：12名
- ・ICT活用：温度センサー、実物投影機

中学1年で習う物質による沸点の違いを授業の柱とし、導入に液化したブタンの沸騰実験を行った。液化ブタンは試験管に入れており、沸騰している様子を40人の生徒に見せることは容易ではない。そこで、実物投影機も併用し、後ろの方に座っている生徒でも反応のようすが良く見えるように工夫した。また、そのときの温度変化のようすを温度センサーを用いて表示し、沸点が極めて低い(-0.5℃)ことを確認させた。

次に、生徒実験として、ウイスキーやワイン、エタノールと水の混合液体の分留実験を行った。ここでは、温度センサーを用いて、加熱の時間変化をグラフ化して見せることで、エタノールと水の沸点の違いがあることを視覚的に理解させた。最後にエタノールやメタノールをビニール袋に入れて熱湯をかけて気化させる実験を通して、物質の違いや物質を構成する原子の違い、それらの構造の違いなどによって沸点などの性質が異なることを結びとした。

4. 養成プログラム修了時のアンケート

このようなプログラムを受講してきた学生のうち、2010年3月に8名の学生に修了を認定し、2011年3月に6名の学生に修了の認定を行った。ここでは、中学校でのICT活用の実践授業を2年間にわたって行ってきた2011年3月認定の受講生6名に対し、記述式でアンケート調査を行った結果について述べる。

『ICTを用いた授業の組み立てに活用することができるようになりましたか?』という項目については、多くの受講生が具体的なイメージができてきたようである。以下に受講生からの回答を列挙する。「選択肢の

1つとしてITCの活用は含まれるようになった。定量的な実験やグラフ化にはセンサーを用いるなど、ICTの利点を理解でき始めたので、これから少しずつ活用できると思う。」「以前はICTと聞くと、自分だけでは使えないような大掛かりな装置を想像していたが、準備を簡単に行える機器も多くあることが分かった。」「有効な面と、その難しさの両方を感じることができた。」「温度センサーや電流・電圧センサーなど、実際に目で見ることでできない現象を説明する際に、IT機器を使うことで生徒の理解がより深まるように感じた。しかし、センサーを使うことで実際に値が数値化されてしまうことで問題が生じてしまうこと（水とエタノールの蒸留実験では、50℃付近で実際の蒸発が起こってしまう）もあると今年のインターンシップで学んだ。参加する以前はICTを授業に利用することなど考えもしなかったが、この2年間でICTを使った授業が効果的である場合が多くあることを学び、将来教壇に立ったときに生かしていきたいと思う。」「受講して初めてICTの存在を知りました。授業に活用できるかは少し不安です。」「センサーがついている器具等を知ることができたため、ICTを用いた授業の組み立てはできるようになった。特に、スライドは抵抗なく使うことが出来る」などである。

次に、『どのようなICT機器をどのような授業で使ってみようと思いますか?』という項目に対しては、実験での活用を挙げた受講生が多かった。「速度センサー、温度センサー、電流電圧センサー、速度センサーなど」、「酸素と二酸化炭素の濃度を測定できるセンサーがあるので、燃焼の実験で数値的な理解を促したい」、「作用・反作用の力や電磁気の分野などの目に見えない化学概念形成において運動分析ソフト（Logger pro）を使ってみよう」、「ハイスピードカメラを用いて、変化をとらえる」などである。そのほか、教師実験や、実験のまとめの部分などでの活用例である、実物投影機を挙げたもの、「書画カメラのように簡単に使えるものは頻繁に使いたい」や、実験結果のまとめでの活用（Eye-Fi）を挙げたものもいた。

電子黒板やパワーポイントの使用についても、生徒がどのように科学概念形成をするのかを念頭に置いて考えている回答もあった。「電子黒板で、児童の考えを流動的な形でクラスに広めることができる（〇〇さんの授業参観より）」、「子どもたちそれぞれの考えを聞く時に、電子黒板を用いて、考えの共有をし、後からでも見なおせるように使いたい」、「パワーポイントでアニメーションを用いることで、誤概念を防ぐ」などである。

5. まとめと今後の展望

本プログラムに参加した学生は、大学の授業で勉強したICT活用の理論と演習を活かし、実際に皆で中学3年生を対象に授業を行うといった実践的な方法で理科におけるICT活用指導力を身に付けてきた。特に、センサー類やデジタルカメラを効果的に実験装置として活用し、科学概念形成に役立たせるという点については理解が深まったようである。認定者14名のうち9名が既に教員として働いている。残りの5名は大学院へ

進学したが、博士課程進学者1名をのぞき皆教員希望である。

理科におけるICT指導力を持った教員養成を引き続き行くと共に、教員として働き始めた方に対しても追跡調査を行い、更にこのような取組の成果と課題を深めていきたい。

謝辞

このプログラムを行うにあたり、2011年度の(3)~(5)の授業実施に関して平中宏典氏の指導があったことに対し御礼申し上げます。また、教員志望学生の実習先として快く受け入れてくださった中等教育学校の皆さまにも御礼申し上げます。

参考文献

- (1) (独) 科学技術振興機構理科教育支援センター, “平成20年度小学校理科教育実態調査及び中学校理科教師実態調査に関する報告書(改訂版)”, http://rikashien.jst.go.jp/investigation/cpse_report_006B.pdf (2012.6.9 アクセス) .
 - (2) (独) 科学技術振興機構理科教育支援センター, “平成20年度高等学校理科教員実態調査報告書”, http://rikashien.jst.go.jp/highschool/cpse_report_009.pdf (2012.6.9 アクセス) .
 - (3) 興治文子, 小林昭三, 畠山森魚, “ICTを基盤とした物理教材の開発と活用の推進—新潟大学でのとりくみ—”, CIEC研究会論文誌, 1, pp.49-54 (2010) .
 - (4) 平中宏典, 興治文子, “大学生による中学理科の教育実践—実験を中心とした多様なICT活用例とその効果—”, PCカンファレンス論文集, pp.234-237 (2011). 文部科学省, “平成21年度学校における教育の情報科の実態等に関する調査結果” http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/07052402/1295101.htm, (2012.6.9 アクセス) .
 - (5) 総務省, フューチャースクール推進事業, http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/kyouiku_joho-ka/future_school.html, (2012.6.9 アクセス) .
 - (6) 小林昭三, 興治文子, 畠山森魚, “衝突現象の効果的概念形成とICT-Based Active Learning—ミリ秒分解能で分子運動・波動・衝突の世界をすっきりと解明—”, CIEC研究会論文誌, 1, pp.41-48 (2010) .
 - (7) 畠山森魚, 小林昭三, 興治文子, “Active Learning型授業を創新するミリ分解能ICT基盤システムの新展開”, PCカンファレンス論文集, pp.412-413 (2011).
 - (8) 兼田真之, 新田英雄, “クリッカーを用いたピア・インストラクションの授業実践”, 物理教育, 57-2, pp.103-107 (2009) .
- 注) 2012年度も継続して行っているが、本稿で扱っている事業は終了したため、参加学生は本研究室の学生がほとんどである。