

中学校理科・数学における電子黒板等ICT機器の活用事例の収集・分析と  
電子黒板等ICT機器を効果的に活用する指導計画の作成

池田中学校電子黒板活用研究会

研究代表者

横山 隆光

共同研究者

大久保 佳郎 笠原 康弘 加納 由佳里 久保田 修 佐藤 孝 竹中 正仁  
長井 円覚 林 宏昌 松井 勝彦 渡邊 恵子 和田 慎也

要約

電子黒板は、グラフを拡大提示して生徒の興味や関心を高めたり、生徒が電子ペンで星の見かけの運動を示して話し合いを深めたりできるため、学習への効果が期待される。しかし、学習内容や活用場面、活用方法などによって電子黒板の活用効果が現れない場合もある。教師が教材研究を行うとき、効果が見込める活用事例だけでなく効果が見込めない活用事例も参考にして指導案を作成することは意味がある。そこで、本研究では数学と理科を対象として、効果が認められる事例だけでなく、効果が認められない事例も収集し、効果が認められない事例についての検討を加えて蓄積・公開することにした。

電子黒板活用の効果が認められない事例について分析し、①ソフトウェアの機能、②電子黒板の機能、③活用場面、④活用方法、⑤教材の要素を取り上げて、分類した。その結果、電子黒板の活用による効果が認められない事例を分析することにより、電子黒板の効果的な活用方法が明らかになってきた。それは、電子黒板を活用する目的を明確にして活用することであり、その目的は次の2つに分けられる。(A)一斉授業においては、生徒が主体的に課題追究を行い生徒が活動する従来の授業形態で、4観点に沿って設定された本時の評価項目を達成するために活用する。(B)一斉授業においては、短い時間で正確に伝え、生み出された時間を生徒の活動に充てるために活用する。

1年目に電子黒板活用の効果が認められた事例は2年目の実証授業で効果を検証した。効果が認められなかった事例は再度修正して実証授業で効果を検証した。修正しても効果が認められない事例は、効果が認められない活用事例として「単元の指導・評価の計画」に記載することにした。修正して効果が認められた事例は3年目の実証授業で検証することにした。このようにして電子黒板活用の効果が認められた活用方法と効果が認められなかった活用方法を明示した「単元の指導・評価の計画」を作成した。

## 1 はじめに

本校は電子黒板の活用の研究を進めてきており、教科の授業に電子黒板等ICT機器を活用している。ICT機器は理科等の観察・実験を代替するものではなく、教材の提示、調べ学習、シミュレーション、ドリル学習などに利用し、教科の目標を達成するとともに生徒の情報活用能力の育成のために活用している。電子黒板はコンピュータや実物投影機と一体で運用することで、設置や準備の手間の軽減、簡便な操作性、DVDやネット上の教育用コンテンツ利用、生徒のノートや実験器具などの拡大提示などができ、効果が期待できる。しかし、学習内容や活用場面、活用方法などによって効果が現れない場合もある。これまで多くの電子黒板の活用事例が報告されているが、効果があった活用事例のみが報告され、効果がなかった活用事例は報告されていない。しかし、現場教師にとっては効果が見込める活用事例だけでなく効果が見込めない活用事例も必要であり、これらを参考にして教材研究を行い、指導案を作成し、電子黒板を活用して授業を行うことには意味があると考えている。そこで、本研究では効果が認められる事例だけでなく、効果が認められない事例も収集し、効果が認められない事例についての検討を加えて蓄積・公開することにした。

本研究では数学と理科を事例収集の対象として、電子黒板の活用による効果を検証することにした。電子黒板の活用による効果は数学と理科の4観点で調べることにした。研究内容として、効果が認められる活用事例の検証と事例収集、効果が認められない活用事例の分析を行い、学習内容、活用場面などとの関係を明らかにすることにした。また、研究の成果を反映させた指導計画を作成し、検証を続けることとした。

## 2 電子黒板の使用環境

本校は平成21年度より電子黒板の活用による学習効果の研究<sup>(1)</sup>をすすめている。本校は25学級の大規模校であり、電子黒板を移動させて普通教室や特別教室で利用している。電子黒板の設置では、起動時間が短いこと、生徒のノートなどの提示ができること、インターネット接続ができることなどが重要<sup>(2)</sup>であることがわかっている。授業と授業の間の休み時間は10分間であり、授業開始前の3分間活動の時間を確保するとなると電子黒板を移動させて起動するまでに5分もかかっているのは実用的ではない。そこで、電子黒板はパソコンと実物投影機が常に接続された移動式のを3セット導入した。この電子黒板は電子黒板とパソコンの電源を入れるだけで2分後には使用できるようになっており、教科系の生徒が移動し、起動させて活用している。実物投影機は生徒のノートや作品などだけでなく教師の演示実験を提示（右の写真）できるようにもなっている。パソコンは校内LANに接続されており、校内のストレージに蓄えられた教材を利用したりインターネットに接続したりできる。本校は実践を行いながら電子黒板の台数を増やしてきている。



教材はインターネット上にある教材や購入したデジタル教材を利用している。インターネット上の教材では、岐阜県中学校数学研究部会が作成したシミュレーションソフトや岐阜県中学校理科研究部会が作成した地域教材、JSTのデジタル教材などを利用している。

## 3 電子黒板の特徴

これまでの実証授業からわかった電子黒板の特徴は次のものである。

- ・画面をタッチして操作ができるので、教師や生徒の指し示す位置と視線が一致する

- ・静止画、動画の静止画面、実物投影機の画面に、電子ペンで書き込むことができる
- ・提示した画面を保存でき、再生できる
- ・インターネットに接続してネット上の教育用コンテンツを利用できる
- ・CD、DVD等で提供される教育用コンテンツを利用できる
- ・必要な部分を拡大表示できる
- ・複数のグラフなどを同時に提示して比較ができる
- ・必要な生徒が利用して復習や確認、繰り返しができる など

また、電子黒板の問題点は次のものである。

- ・画面を切り替えたり電源をオフにしたりすると提示画面が消える
- ・50インチ画面に最大表示しても字幕の文字は教室の後ろからは見えない
- ・中学生の座高では電子黒板の下の部分が前の生徒の頭に隠れる
- ・映り込みを防ぐ必要がある など

#### 4 指導計画への位置づけ

電子黒板は、黒板や紙媒体の掲示物・配付資料などと同じく事象をわかりやすく提示するためのツールのひとつである。電子黒板は、生徒の思考や理解を助けるよう効果的に活用する必要があり、従来の提示系と比較すると次の長所や短所がある<sup>(3)</sup>。

- ・生徒の思考を助ける資料や観察実験結果、生徒の発言記録などは授業の最後まで残す必要があり、黒板の方が適している
- ・1時間の授業の跡が構造的に残る黒板が主で、電子黒板やプロジェクタによる提示は従である
- ・複数の地形、物の形などを比較する場合は、掲示物が優れる
- ・画面やソフトウェアを何度も切り替えて提示し続けると生徒の思考がとぎれる場合がある
- ・画面をクリックして文節ごとに音声を再生するといった細かな操作を伴う提示には向かない
- ・一人一人の生徒が考えたり書き込んだり作図したりするにはノートやプリントが優れている
- ・黒板を使った授業に、電子黒板の機能が部分的に加わる方が導入しやすい
- ・教師の手元を拡大して提示し、電子ペンで書き込む電子黒板の提示は効果が大きい
- ・電子ペンで必要な部分を拡大提示する操作は、生徒の視線が一致し、生徒が集中する
- ・電子黒板と電子ペンによるシミュレーションなど動きを伴う提示は生徒が集中する

電子黒板等 ICT 機器には上述の特徴があるため、電子黒板やプロジェクタ、コンピュータだけでなく従来の黒板や紙による掲示物などの特徴を生かして、授業に効果的に活用できるよう指導計画に位置づける必要がある<sup>(4)</sup>。また、これらの特徴のため1時間の授業において電子黒板を利用する場面はあまり多くはない。本校では電子黒板の導入初期においては従来の授業展開に加えて効果が見込める場面のみ電子黒板を活用することにし、電子黒板を1時間の授業で利用する回数は2回程度、利用する時間も10分程度に限って利用してきた。

教科書に載っている小さな絵図を拡大表示して位置関係を明確にしたり考えさせたりすることは電子黒板ならではの機能であり、生徒の興味関心を増したり考察が深まったりすることが期待できるため、効果が見込める次のような場面で電子黒板を利用することにした。

- ・表を提示してグラフ上に点で示しグラフを書かせるといった手順を説明する
- ・シミュレーションを提示する

- ・ 提示画面に電子ペンや指で書き込む
- ・ 強調したいところ、考えさせたいところを拡大する
- ・ 実物投影機でノートやプリントを拡大して説明する
- ・ 音声や音を確かめる
- ・ 図形の書き方、実験器具の操作方法の演示などで教師の手元や手本を拡大する など

電子黒板は提示系としてはパソコンのディスプレイとして機能している。実物投影機からの入力、電子ペンや指による書き込みや操作、電子情報ボードの操作、インターネットへの接続も電子黒板に接続されたパソコンを介している。これらの機能は生徒にとっても役立つ機能であり、生徒が利用する場面としては次のものがあり、一斉授業で利用したり、個別学習で利用したりすることにした。

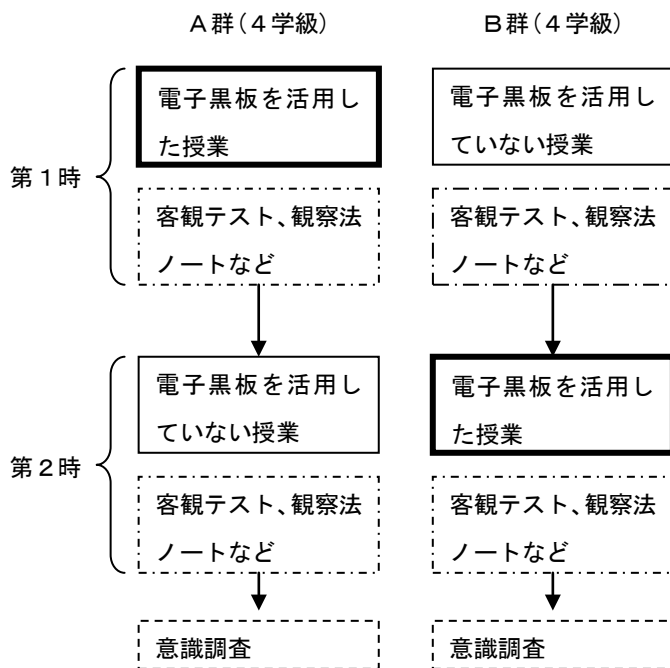
- ・ 生徒のノートを提示して、電子ペンで必要な部分を強調して説明する
- ・ インターネットに接続してウェブページを示しながら必要な部分を拡大して説明する
- ・ 画面上の絵図を電子ペンでタッチして、音声や音を利用する
- ・ 画面にグラフを提示し、電子ペンでグラフを作る
- ・ 撮影した動画再生を一時停止して、電子ペンで書き込む
- ・ 前時の学習を電子黒板で確認する など

今回の研究においては一斉授業での活用について検証を行うことにし、上述の効果が見込める場面に電子黒板を利用することにした。

## 5 効果の測定

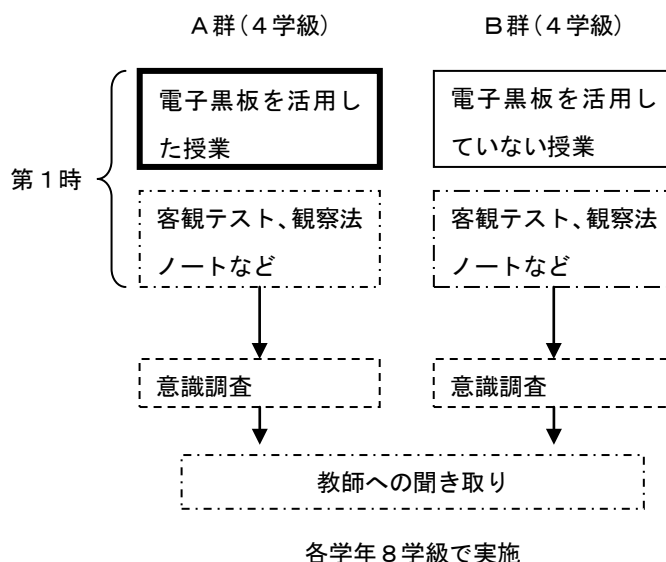
電子黒板活用の効果の測定方法は授業の評価と生徒の感想等から行う。指導計画作成の際、効果が見込める活用場面や活用コンテンツ、活用する電子黒板の機能等の検討を加えており、効果が認められなかった活用方法については、教師への聞き取りと撮影した授業VTR記録の分析等から、改善すべき点を明らかにしようとした。

本校の各学年は8学級あり、それを2群(A群とB群)に分けて、実証授業を実施し、電子黒板を活用した場合とそうでない場合について比較し、検証を行うこととした。これは、各教科で電子黒板を活用した授業を行っているため、各学年8学級で全校に3セット、実証授業の最後には6セットとなった電子黒板の数では、同時に6学級しか使うことができず、同じ進度の授業では電子黒板を使える学級と使えない学級ができるという状況が起こる。そのため電子黒板を使った実践と使えなかった実践を比較することにした。第1時と第2時では電子黒板を使う学級(群)を変え、学級(群)による差を考慮して検証を行った。



各学年8学級で実施

電子黒板は毎時間活用するわけではなく、2時間連続で使用しない授業では、電子黒板を使用するA群と使用しないB群の1回の授業で比較する。この場合、A群とB群に差があることを考慮して、電子黒板の活用効果の有無について授業を実施した教師と授業を観察した教師への聞き取りを行って判断した。A群とB群に所属する学級は固定されているわけではなく、単元毎に組み合わせを変えて実施した。学校行事等の関係で進度に多少の差ができるため、組み合わせを変えざるを得なかったためである。ただし、2年間の実証授業の分析からA群とB群の差は無視できるものであることが分かっている。



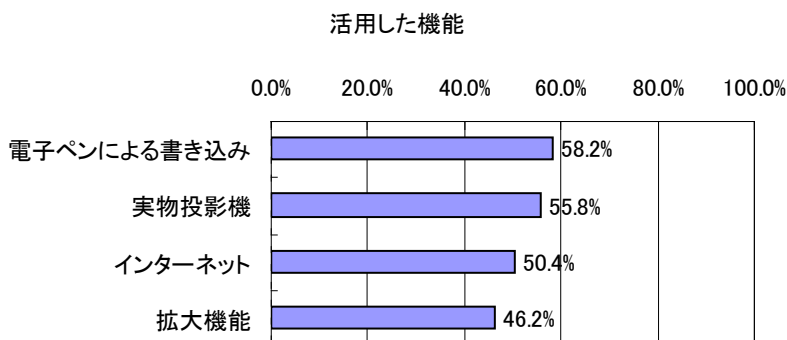
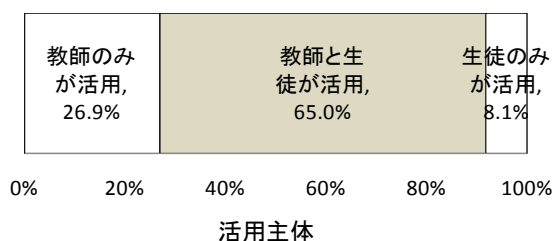
## 6 実証授業の結果から

### (1) 活用した機能など

2年間で実施した数学と理科ののべ 335 実践の分析を行った。電子黒板は移動式で、パソコン、実物投影機（スキャナカメラ）、収納ボックスがセットになっていて、教科系の生徒が移動させ電源を入れて、使用できる状態にしている。そのため、授業の3分前には使用可能な状態になっており、理科系や数学系の生徒が前時の復習に利用することができる。また、電子黒板を教室や理科室だけでなく、廊下や別室に準備して、前時の記録を見たい生徒やシミュレーションを繰り返したい生徒が必要に応じて利用できるようにしている。

このような活用状況で実証授業を行った結果、電子黒板を教師と生徒がともに活用した場面は65.0%、教師のみが活用した場面は26.9%、生徒のみが活用した場面は8.1%であった。教師が電子黒板に提示したモデル図に生徒が電子ペンでイオンや電子を書き込んで説明したり、生徒のノートを実物投影機で拡大提示して生徒が電子ペンで説明した後で教師がその図を使って補足したりして、教師と生徒が活用する場面が最も多いことが分かった。燃料電池の仕組みを解説したり、2次関数の係数を変えたグラフを提示したりするといった授業の発展の場面では教師のみが電子黒板を活用することが多く、自分の考えを書いたノートやホワイトボードを実物投影機で拡大して、電子ペンで拡大したり書き込んだりして説明する場面では生徒のみが活用する場面が多いことが分かった。

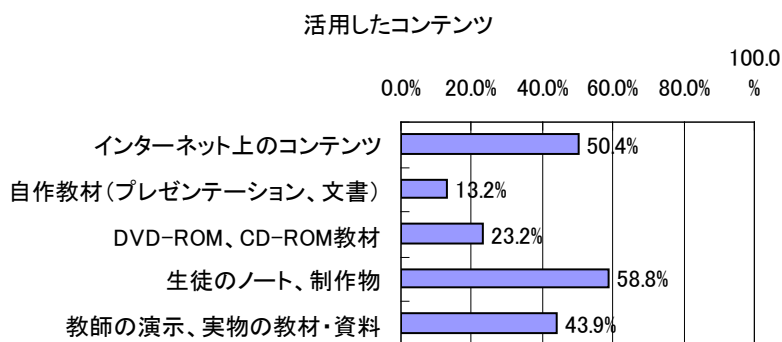
電子黒板の機能として、拡大機能、電子ペンでの書き込み、実物投影機、インターネットの利用を取り上げ、活用した機能を335実践に



ついて調べた。その結果、授業で活用した電子黒板の機能は、電子ペンによる書き込みが58.2%、実物投影機が55.8%、インターネットが50.4%の順である。今回の実証授業で扱った単元では、電子ペンによる書き込みはガスバーナーの使い方の説明、一次関数のグラフの切片や傾きの書き込みなどを教師が説明したり、ノートを提示して生徒が書き込んだりと多くの場面で利用しており、活用頻度が最も多い。生徒の発表に実物投影機を使ってノートやホワイトボードを提示する機会も多く、2番目に活用頻度が多くなっている。今回の実証授業では理科教育用デジタル教材(JST)や岐阜県中学校数学研究会のコンテンツなどを利用する授業が多く、インターネットの活用は3番目に多くなっている。

電子黒板で活用したコンテンツは、生徒のノート、制作物が58.8%、インターネット上のコンテンツが50.4%、教師の演示、実物の教材・資料が43.9%となっている。生徒のノートを実物投影機で提示したり観察・実験の様子や結果をデジカメで記録して提示したりする活用方法が最も多くなっていることがわかる。

活用した機能で記述したように今回の実証授業を行った単元ではインターネットを活用する機会が多く、活用したコンテンツにおいても2番目に多くなっている。3番目に多い教師の演示、実物の教材・資料では、教卓の周りに生徒を集めて操作方法を説明するよりガスバーナーを操作する教師の手元を映して説明する方が確実に操作内容や注意事項を説明できるため比較的多く利用されている。

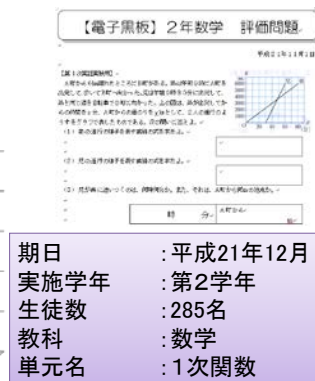
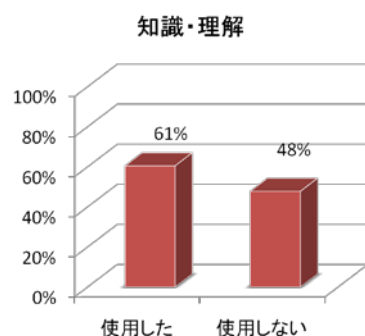


## (2) 活用の効果

授業の目標は学習指導要領に示された教科の目標を達成することであり、毎時間の授業においては本時のねらいと評価規準が設定されて一人一人の生徒の実態に応じた指導がなされる必要がある。電子黒板等ICT機器は1時間の授業のねらいと観点別評価規準の観点から効果を測定する必要がある。

知識・理解は主に客観テストの結果から効果を調べた。客観テストによる評価は授業の最後に評価問題を配付して回答させ、その結果をA群とB群で比較した。評価問題の結果を集計し、t検定をかけて比較した結果を右図に示す。右図は、平成21年12月に実施した、第2学年(生徒数285名)、数学、1次関数単元の結果である。実証授業はA群とB群とも同じ指導案で実施しており、結果に影響する要因は電子黒板の活用の有無である。右図の場合、有意水準5%で有意差があり、電子黒板の活用の効果が認められると判断した。

## 電子黒板活用の効果



(  $t(273)=2.03$   $p<0.05$  )

実験・観察の技能は客観テストや相互評価、観察法、ノート分析などで行った。平成21年12月に実施した、第1学年(生徒数281名)、理科、身のまわりの物質単元の結果を右図に示す。A群ではガスバーナーを実物投



影機のカメラで撮影して、電子黒板に教師の手元を拡大して提示した。教師の正面から見たガスバーナーの操作方法を電子黒板で提示して、全ての生徒が同じ映像を視聴した。B群では教師の実験機の周りに生徒を集めてガスバーナーの操作方法を説明するという従来から行ってきた演示による授業を行った。

従来の演示方法をとったB群では生徒の位置によって見える角度が異なるため教師の手元が見づらい生徒がいたり、炎の色がわかりにくい生徒がいたりした。電子黒板を活用したA群では電子黒板で操作方法を提示しただけでなく、

教師によるガスバーナーの操作を静止画で取り込んで電子黒板の画面上に電子ペンを使って書き込んで説明したため分かりやすかったと生徒がノートに感想を書いていた。

客観テストの結果と実習の相互評価の結果をt検定にかけた。客観テストの結果と実習の相互評価の結果の合計は有意水準1%で有意差があった。客観テストの結果と実習の相互評価の結果を別々に検定しても同様の結果となったため、電子黒板の活用が認められると判断した。

この他、関心・意欲・態度は、観察法、ノートや意識調査の分析から判断し、科学的な思考・表現は、観察法、ノートや班のホワイトボードの分析から判断した。

### (3) 活用の回数と時間

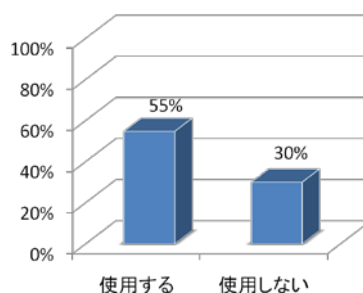
2年間で実施した数学と理科ののべ335実践の分析から、1時間の授業での電子黒板の活用回数と時間について考察した。

1時間の授業中に電子黒板を使う回数は一斉授業では1回が34%、2回が55%と、1回と2回の合計は89%と大半であり、3回以上利用する実証授業は少なかった。本校の実証授業では50分間の授業の大半は生徒が観察・実験で予想を確かめたり、二次関数の表を完成させて話し合ったりする生徒が活動する時間に充てられている。電子黒板は、生徒のノートを電子黒板で拡大提示して生徒が観察結果を説明する場面、xの値を変化させてyの値の増加量に着目させて本時の課題を生徒が生み出す場面などといった学習の流れに沿った活用をしている。この学習の流れでは生徒の意識が途切れることなく1時間の課題追究が行われる。生徒の活動を止めて電子黒板で説明を始めたり、電子黒板を使った説明を長く続けたりすると集中の途切れる生徒が出てくる。そのため、従来の学習の流れに沿って、電子黒板の活用によって生徒の興味や関心が増したり、生徒の考えを視覚的に分かりやすく伝えたりできるような場面で、できるだけ生徒が操作をして利用するといった活用方法がとられるようになってきている。

このような活用方法をとっているため、1時間の授業で電子黒板を活用する時間は複数回活用する場合の合計でも10分以内が大半であり、グループ毎に話し合った結果のノートやホワイトボードを拡大提示して順に説明するといった活用方法においても15分以内となっている。

なお、今回の実証授業は一斉授業を対象にしており、別室やワークスペースに電子黒板を設置して基礎コースを選択した生徒が電子黒板を使って復習したりグループで話し合いながら考えを電子ペンで書き込んだりするといった活用の場面も効果があるが、今回の報告には含めていない。課題別の学習や習熟度別の学習、個

## 電子黒板活用の効果



期日 : 平成21年12月  
 実施学年 : 第1学年  
 生徒数 : 281名  
 教科 : 理科  
 単元名 : 身のまわりの物質

説明+実習(相互評価)

( $t(135)=5.06$   $p<0.01$ )

別学習での活用方法は今後の課題として研究を進める予定である。

#### (4) 効果が認められない活用事例

効果が認められない事例について分析した。教師が予想した効果が得られなかった原因として、①ソフトウェアの機能、②電子黒板の機能、③活用場面、④活用方法、⑤教材の5つ要素を取り上げ、分類した。そして、効果が得られなかった事例、教師の意図、原因に含まれる5つの要素、対策を次の表にまとめた。

事例	教師の意図	原因	対策
Ⅰ、導入で前時に習った語句を提示する	前時に学習した語句の確認をする	教室の隅からは見えにくい ①②←原因の要素	文字が教室のどの位置からもしっかりと見える板書やカードの方が適している
		文字や語句を提示するだけでは生徒の意欲につながらない ④⑤	前時の観察・実験の写真、班で話し合ったモデル図など、視覚的に前時の想起につながるものの提示が適している
Ⅱ、ソフトウェアの定規を操作する	画面内にある定規を平行移動させて、素早く線分の関係を示す	三角定規を平行移動させて線分の関係を見出す操作が正確にできない生徒がいる ①②③④	教師が三角定規を操作して黒板で平行線の書き方を示す ノート上で三角定規を操作する様子を実物投影機で拡大提示する
		Ⅲ、動画コンテンツを視聴させる	粒子の動きをモデルで動的に示す
	観察・実験の方法を提示する	複雑な観察・実験の手順であったり危険な実験について動画で知ったりする以外は、手元にあっても観察・実験の手順が確認できる教科書や実験書の方が使いやすい ④⑤	観察・実験の手順や安全への配慮事項を掲示したり、教科書や実験書を使って説明したりする
	観察・実験の結果を動画コンテンツで確認する	生徒が行った観察・実験とコンテンツの観察素材や実験器具が異なっている ④⑤	生徒のおこなった観察や実験の様子や結果を撮影、提示して説明する
		既に結果を得ている観察・実験を視聴しても興味・関心が沸かない生徒がいる ④⑤	生徒が観察・実験の結果を示しながら、生徒なりに理解できたことや疑問を話す



IV、文字式を提示する	授業中に生徒が考えた文字式を提示し、保存して復習に役立てる	教室の後ろから見えるサイズの文字で書き込むと電子黒板の画面下部まで書き込むので文字が見えない ②⑤	上下方向のサイズが広い黒板の方が適している 電子黒板に書き込む文字のサイズ、分量、位置を予め指示しておく
		生徒の書く文字が細かったり、背景との区別ができない色を使って書いたりする ④⑤	生徒のノートを拡大提示したり、ホワイトボードに書かせた文字を提示したりする
		電子ペンの先を5mm以上持ち上げないと文字がつながって読みにくい ④⑤	電子黒板の操作に慣れさせる 生徒のノートを拡大提示する
V、教科書の一部を拡大する	絵図や写真を拡大提示して生徒の興味・関心を高める	生徒の興味・関心を高めるには役立つが、電子黒板の画面を切り替えると消えてしまう ②④⑤	拡大印刷して黒板に掲示するなどして、いつでも生徒が見ることができるようにする
Ⅷ、シミュレーションを提示する	天体の動きをシミュレーションで条件を変えて繰り返し提示する	電子黒板を使ったシミュレーションはわかりやすいが代表（指名された）の生徒の条件で操作される ③④	一人一人の生徒の考えた条件で繰り返し試すことのできる一人一パソコンが適している
		星の動いた軌跡の線が細くて離れた生徒から見えない ①④	電子ペンで軌跡を上書きして分かりやすく示す 一人一パソコンで確認する
Ⅸ、生徒のノートを提示する	生徒の考えを生徒のノートを拡大提示して電子ペンで書き込みながら生徒が発表する	余分な線が書かれていたり色が使ってあったりするものは見えにくい ④⑤	ホワイトボードに書かせるか、電子ペンで書き込ませて発表させる
		薄く細く書かれている文字や絵図が教室の後ろから見えない ④⑤	ノートは濃い鉛筆で書かせるか、拡大提示した絵図を電子ペンでなぞって書いたものを視認しやすくして説明させる

なお、本校では電子黒板が導入されて3年が経過しており、教師の電子黒板操作の慣れについては考慮していない。ソフトウェアの使い勝手や操作性については電子黒板の操作に慣れている教師においても影響を受けるため考慮している。生徒にとっては電子黒板の操作、特に電子ペンの操作にすぐに慣れる生徒と、なかなか慣れない生徒がいることがはっきりした。これらの生徒は電子黒板に文字を書くことだけでなく、正しく見やす

い黒板に文字を書くといった操作が難しい生徒もいたため、絵図で書かせたり、ノートを拡大提示してノートの上で操作させて発表させたりするといった方法が必要なことも分かってきた。

## 7. 単元の指導・評価の計画への反映

実証授業1年目に電子黒板の活用が認められた活用方法は単元の指導・評価の計画に位置づけた。効果が認められた活用方法で2年目の実証授業においても効果が認められることを確認した。1年目に効果が認められなかった活用方法は、活用をやめるか活用方法を改善して実施するかを判断して、改善した活用方法で2年目に実施した。2年目に実施して効果が認められた場合は効果が認められない活用方法と効果が認められる活用方法をどちらも単元の指導・評価の計画に明記した。効果が認められない方法での授業を行わないためである。

実証授業を続けてきて明らかになったことのひとつとして、電子黒板の活用方法だけでなく、教師の電子黒板の操作の熟練度や教科指導や教職経験の差が効果に影響を与えていることが明らかになってきた。そのため、誰が行っても効果が認められるもの、実証授業1年目においても2年目においても効果が認められたものについては単元の指導・評価の計画に明記し、効果が認められなかったものと2年目に効果が認められたものについては3年目の実証授業を行って判断することにした。また、実証授業の一部はベテランの教師が授業を参観しており、授業の分析結果にベテランの教師の意見を加味して単元の指導・評価の計画を公表することにした。

このようにして作成した単元の指導・評価の計画を次に示す。指導上の留意点に、電子黒板の活用が認められた活用方法を二重線枠で示し、効果が認められなかった活用方法を点線枠で示している。この例の場合、①は、4観点の観察・実験の技能に関して、教師が理科教育用デジタル教材を使って実験方法の説明をしても、教科書や黒板、掲示物などを使って説明をしても効果に差が無いことを示している。また、②は、科学的な思考・表現に関して、教師が実験結果を電子黒板を使って理科教育用デジタル教材で確認するよりも、撮影した実験結果を拡大提示して、生徒が電子ペンで書き込みながら、原子とイオンモデルを操作して説明した方が学

単元の指導・評価の計画(一部)

次時	学習活動	指導上の留意点	評価項目(方法)
3	1. 塩化銅水溶液に電流を流したときの電極の変化について確認する。	電子ペンを使って、原子やイオンを操作して前時の学習を復習する。[生徒] ←③	【観察・実験の技能】塩化銅水溶液の電気分解の実験を行い、それぞれの陽極と陰極にできた物質を調べることができる。(観察法) 【科学的な思考・表現】 ・変化をイオンや電子の動きで説明することができる。(観察、ノート)
	課題 塩化銅水溶液に電流を流したときの変化をイオンの考え方で説明しよう。	理科教育用デジタル教材(JST)を使って実験方法の説明をする。[教師] ←①	
2	2. 塩化銅水溶液に電流を流し、電極や水溶液中の変化を調べる。	・炭素棒に付着した物質や発生した気体の同定方法を確認する。 ・原子とイオンモデルを操作させて、実験から得た事実を説明できるか考えさせる。	
	3. +や-の電気をもった粒の動きで実験結果を説明できるか考える。 4. 考えたことを交流する。	実験結果を理科教育用デジタル教材で確認する。[教師] ←②	
	5. 本時のまとめをする。	撮影した実験結果を拡大提示し、電子ペンで書き込みながら、原子とイオンモデルを操作して説明する。 [生徒] ←②	

習効果が高いことを示している。この実証授業では、電子黒板で提示したコンテンツにある実験器具より、実験で生徒が用いた実験器具を使って説明した方が分かりやすかったこともあり、教師の技量というより活用したコンテンツに影響されると考えられる。

なお、本校では授業の開始前の3分間で教科係が前に立って前時の復習をしたり、質問したりするという活動を全ての教科で実施している。③の電子ペンを使って原子やイオンを操作して前時の学習を復習するという理科系の生徒による活動は、前時の学習内容を想起したり、前時の疑問を明確にしたりして本時の課題づくりを行う上で効果が認められる活動である。そこで、4観点の知識・理解に関わる電子黒板の活用方法として記載している。

実証授業の成果を反映させた単元の指導・評価の計画(一部)は資料として文末に掲載した。

## 8. おわりに

今回の実証授業によって、電子黒板の活用による効果が認められない事例を分析することにより、電子黒板の効果的な活用方法が明らかになってきた。それは、電子黒板を活用する目的を明確にして活用することであり、その目的は次の2つに分けられる。

(A) 一斉授業においては、生徒が主体的に課題追究を行い生徒が活動する従来の授業形態で、4観点に沿って設定された本時の評価項目を達成するために活用する。

- ・衛星写真や天体の動きなど視覚的にとらえやすい教材や図形の形状変化のシミュレーションなどは、電子黒板の機能を使って書き込んだり、色を付けて強調したり、必要な部分を拡大提示したりすることで疑問点や考えたいことが明確になり、本時の課題を生徒の言葉で生み出す。
- ・教科書や資料等を拡大提示して電子ペンで書き込むことは考える視点や指示を明確にしたり、焦点化したり、共通点や相違点に気づかせたり、内容を整理して理解を深めたりする。
- ・生徒が自分の考えを書いたノートや班で考えたモデルを提示して他の生徒や他の班の見つけた事実や考えと比較して、共通点や相違点を明らかにして、話し合いに繋げる。
- ・生徒の意見を取り入れてグラフや図形を操作して特徴を書き込んだり、2つのシミュレーションの画面を同時に提示・比較したりして、考えを深める。
- ・生徒が電子黒板に提示された他の生徒のノートや書き込みなどをつないで考えたり、付け加えたり、意見したりした交流をして、考えを広げたり、深めたりする。
- ・電子黒板の画面上でシミュレーションやアニメーションを操作して素早くイメージをつかませたり、動画や音声を一時停止したり繰り返し視聴させたりして理解を深めたり、リズムよく反復学習を行うことで定着を図ったりする。

(B) 一斉授業においては、短い時間で正確に伝え、生み出された時間を生徒の活動に充てるために活用する。

- ・簡単な操作で教材の提示や提示画面への書き込み、映像や音声の視聴ができたり、教科書や資料、ワークシート等を拡大提示して書き込めたりすることで、指示が明確になり、イメージを容易に伝えることができる。
- ・実物投影機で資料や演示を拡大提示でき、電子ペンで書き込めることで、ガスバーナーや電流計の扱い方等の演示を短い時間に正確に全員に伝えることができる
- ・電子ペンを使って動画やシミュレーションで視覚的に分かりやすく伝えたり、生徒のノートを拡大提示して電子ペンを使って説明したりすることができる。

本校では教職経験の少ない教師の割合が増えている。教材研究とともに、電子黒板等 ICT 機器を効果的に活用するノウハウを伝えることが急務となっている。また、本研究において次のことが課題として明らかになってきている。

- ・電子黒板の特徴を生かしたコンテンツが多数開発されること
- ・2年間にわたる研究では効果のある活用方法等は明らかになってきたが、効果が認められなかった活用方法の分析による対策の検証が3年次の実証授業によって明らかになるためさらに研究を進めること
- ・黒板や掲示物など従来の提示系の優れている点と電子黒板の優れている点を明確にして活用するだけでなく、教室のサイズ、明るさ、電子黒板の位置、ネットワークの速度などが学習の効果に影響を与えるため、さらに研究を進めること
- ・表示できる文字数、文字サイズ、識別しやすい色遣い、フルサイズでの動画表示、生徒のノートや活動の様子などの電子黒板への明瞭で簡便な記録方法、全員から見える電子黒板の高さ、重量の軽減、起動時間の短縮など、ハードウェアとも関係する事柄が操作性、使い勝手、活用場面等に影響を与えていること
- ・ワークシートに書かれた文字や細かい線は見えにくいため、太く書いたり大きな文字で書いたり、電子ペンで書き込んで説明したりするなどといった工夫を進めること など

#### 参考文献

- (1) 文部科学省(2009), 「電子黒板の活用により得られる学習効果等に関する調査研究」報告書
- (2) 清水康敬(2006), 電子黒板で授業が変わる ―電子黒板の活用による授業改善と学力向上―, 高陵社
- (3) 横山隆光 他(2010), 電子黒板等ICT機器を効果的に活用する指導計画の作成 ―中学校理科および数学の目標の達成に向けて, 日本教育情報学会第26回年会論文集
- (4) 文部科学省(2010), 教育の情報化に関する手引

#### 研究協力者

研究を進めるにあたって、岐阜大学益子典文教授よりご助言・ご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

#### 資料

実証授業1年目は理科と数学の各学年2単元で実証授業を行い、電子黒板等 ICT 機器を活用した授業の検証を行った。活用事例のうち活用効果が確認できなかったものは活用方法や活用場面を改善した。改善した活用事例は2年目の実証授業で効果を確認した。2年間の実証授業により電子黒板等 ICT 機器の活用に効果が認められた活用事例と効果が認められなかった活用事例を「指導・評価の計画」に明記したので、その一部を次に示す。「指導・評価の計画」の「指導上の留意点」に、効果が認められた活用事例は二重線の枠、効果が認められなかった使用例は点線の枠で記載している。

#### □化学変化とイオン

##### ○単元のねらい

化学変化についての観察、実験を通して、水溶液の電気伝導性や電子のやり取りについて理解させるとともに、これらの事物・現象をイオンモデルと関連づける見方や考え方を養う。

○単元の評価

【関心・意欲・態度】	【科学的な思考・表現】	【観察・実験の技能】	【知識・理解】
化学変化とイオンに関心をもち、意欲的に観察、実験を行い、それらの事象を日常生活と関連づけて考察しようとする。	水溶液の電気的な性質、電気分解、化学電池などについてイオンモデルと関連づけて、微視的な見方や考え方で説明することができる。	化学変化とイオンにおける観察、実験の基礎操作を習得するとともに、見つけた事実や <b>自分の考え</b> をわかりやすくノートにまとめることができる。	化学変化とイオンについての原理や知識を身につけることができ、科学技術と生活との関わりについて理解することができる。

○指導・評価の計画（8時間取扱い）

次時	学習活動	指導上の留意点	評価項目(方法)
1 1	1. 水溶液にも金属のように電流が流れるか考える。 <b>課題</b> どの水溶液にも電流が流れるのだろうか 2. いろいろな水溶液に電流が流れるか実験する。 3. 結果から分かったことを交流する。 4. 本時のまとめをする。	<b>理科教育用デジタル教材(JST)を使って実験方法の説明をする。[教師]</b> ・調べる水溶液を決め、実験計画をたてる。 ・実験から水溶液を電流の流れるものと流れないものに分け、共通点や相違点を見つける。 ・電流が流れる水溶液に共通する事実から、水溶液に電流が流れるわけを考える。 ・自分の考えと根拠とする事実を交流する。 <b>交流の場面でノートを提示して、発表する。[生徒]</b>	<b>【関心・意欲・態度】</b> 水溶液に電流が流れる理由を考えて発表できる。(観察法) <b>【観察・実験の技能】</b> 水溶液に電流を流し、電流が流れたかどうかを調べ、正確に記録することができる。(ノート)
2	1. 電気を帯びた粒が移動すると実験の事実が説明できることから、プラスやマイナスに帯電した粒が存在すると類推させる。 <b>課題</b> +や-の電気をもった粒があるのか調べよう 2. 電気を帯びた粒があることを原子核のモデルで示し、電子の振る舞いで実験の事実を説明できるか考える。 3. 考えたことを交流する。 4. 本時のまとめをする。	・電流は電子の流れであることを確認する。 <b>理科教育用デジタル教材(JST)を使って原子核のモデルを示す。[教師]</b> ・電解質水溶液に電流を流したときに見つけた事実を、ノート上で、原子とイオンのモデルを操作して説明させる。 ・班での交流では、班に配付したホワイトボード上で原子とイオンモデルを操作させて、実験から見つけた事実を説明できるか考えさせる。 <b>交流の場面でノートやホワイトボードを拡大提示して発表する。[生徒]</b>	<b>【科学的な思考・表現】</b> 電解質の水溶液に電流が流れるときのようすを粒子のモデルと関連づけて考察することができる。(観察法) <b>【知識・理解】</b> ・原子とその構造について説明できる。(ポストテスト)
3	1. 塩化銅水溶液に電流を流したときの電極の変化について確認する。 <b>課題</b> 塩化銅水溶液に電流を流したときの变化をイオンの考え方で説明しよう。 2. 塩化銅水溶液に電流を流し、電極や水溶液中の変化を調べる。 3. +や-の電気をもった粒	<b>電子ペンを使って、原子やイオンを操作して前時の復習をする。[生徒]</b> <b>理科教育用デジタル教材(JST)を使って実験方法の説明をする。[教師]</b> ・炭素棒に付着した物質や発生した気体の同定方法を確認する。 ・原子とイオンモデルを操作させて、実験か	<b>【観察・実験の技能】</b> 塩化銅水溶液の電気分解の実験を行い、それぞれの陽極と陰極に



2	<p>の動きで実験結果を説明できるか考える。</p> <p>4. 考えたことを交流する。</p> <p>5. 本時のまとめをする。</p>	<p>ら得た事実を説明できるか考えさせる。</p> <p>実験結果を理科教育用デジタル教材で確認する。[教師]</p> <p>撮影した実験結果を拡大提示し、電子ペンで書き込みながら、原子とイオンモデルを操作して説明する。 [生徒]</p>	<p>できた物質を調べることができる。(観察法)</p> <p><b>【科学的な思考・表現】</b></p> <p>・変化をイオンや電子の動きで説明することができる。(観察、ノート)</p>
	<p>1. 塩酸に電流を流すとどうなるか予想させる。</p> <p>課題 塩酸に電流を流して陽極から塩素、陰極から水素が発生するのか調べよう。</p> <p>2. 生徒の予想の根拠となる電子の流れをイオンのモデルで考える。</p> <p>3. 実験を行い、塩酸に電流を流し、電極に発生する気体が塩素と水素であることを確認する。</p> <p>4. 本時のまとめをする。</p>	<p>電子ペンを使って、原子やイオンを操作して前時の復習をする。[生徒]</p> <p>・塩酸は塩素と水素の化合物であることを説明し、塩酸の電気分解について既習学習を基にしながら予想させる。</p> <p>・電子やイオンの動きをイオンのモデルを操作させて考えさせ、班で交流させる。</p> <p>生徒のつくったホワイトボード上のモデルを拡大投影し、電子ペンで書き込みながら、原子とイオンモデルを操作して説明する。[生徒]</p> <p>理科教育用デジタル教材(JST)を使ってイオンモデルのシミュレーションを視聴させ、学習内容の強化を図る。[教師]</p>	<p><b>【科学的な思考・表現】</b></p> <p>・実験の事実から、陽極と陰極で<math>H^+</math>と<math>Cl^-</math>の電子のやり取りが行われ、全体として電子が移動することをモデルを使って説明することができる。(モデル図、観察法)</p>
3	<p>1. 雨水に2種類の金属の電極を入れ、電極間に電流計と抵抗をつないで、電流が流れる演示実験を行う。</p> <p>課題 どのような金属の組み合わせのときに電流が流れるのか調べよう。</p> <p>2. 電極に、亜鉛、銅、マグネシウムリボン、鉄を用いて、電流が流れる組み合わせを見つける実験を行う。</p> <p>3. 結果を交流する。</p> <p>4. 本時のまとめをする。</p>	<p>・雨水が弱い酸性になっていることを説明する。</p> <p>・金属がイオンになり、電子が移動していると予想させる。</p> <p>・金属の種類に着目させて実験を計画させる。</p> <p>・取り出される電流を大きくするために、雨水の代わりに塩酸を用いることを説明する。</p> <p>・同じ金属同士だと電流が流れないが、異なる種類の金属の組み合わせの時に電流が流れることをそれぞれの班でレポートにまとめる。</p> <p>レポートを拡大提示して電子ペンで書き込みながら結果を説明する。 [生徒][教師]</p>	<p><b>【関心・意欲・態度】</b></p> <p>・電流をとり出せることに興味・関心を持ち、電極に用いる金属板の種類を変えて意欲的に実験を行おうとする。(観察法)</p>
	<p>1. 前時の疑問から、組み合わせる金属と流れる電流の関係を調べを確認する。</p> <p>課題 2種類の金属を電極に用いて、どの組み合わせの時に大きな電圧が得られ</p>	<p>前時の実験結果を提示し、前時の疑問を確認する。[生徒]</p> <p>・電流を流す力に着目して、電極間の電圧を測定することを説明する。</p> <p>実験方法を拡大提示して電子ペンで書</p>	

	<p>るのか調べよう。</p> <p>2. 電極には亜鉛板、銅板、マグネシウムリボン、鉄を使用し、組み合わせを変えて実験する。</p> <p>3. 結果を交流する。</p> <p>4. 本時のまとめをする。</p>	<p>き込んで確認する。[教師]</p> <p>・金属の種類と電圧の大きさ、陰極になる金属と陽極になる金属の関係を整理して、表に書き表す。</p> <p>表を拡大提示して、金属の種類と電圧の大きさ、陰極や陽極になる金属の関係を整理する。[生徒][教師]</p>	<p><b>【観察・実験の技能】</b></p> <p>・実験結果を正確に記録し、発表できる。(ノート、観察法)</p>
7	<p>1. 前時の疑問を整理して、本時の課題をつくる。</p> <p><b>課題</b> 金属の種類によってイオンになりやすさが異なるという考え方で実験結果が説明できるのだろうか。</p> <p>2. イオンのモデルを使って、実験の事実を説明できるか考える。</p> <p>3. 確班の考えを交流する。</p> <p>4. 本時のまとめをする</p> <p>5. 発展として電池の仕組みを説明する。</p>	<p>前時の実験結果を提示し、前時の疑問を確認する。[生徒]</p> <p>・どうして金属によって陰極になったり、陽極になったりするのだろうか。</p> <p>・金属の種類によってイオンになる力が強いものと弱いものがあると考えられる説明できるのだろうか。</p> <p>・自分の考えをノートに整理し、班で話し合っ、班としての考えをホワイトボードに整理する。</p> <p>ホワイトボードを拡大提示し、電子ペンでイオンや電子の動きを操作して説明する。[生徒][教師]</p> <p>理科教育用デジタル教材(JST)を使って電池の仕組みを説明し、学習内容の強化を図る。[教師]</p> <p>・身近な材料で電池をつくることできる。</p>	<p><b>【科学的な思考・表現】</b></p> <p>・イオンのモデルで表し、電極で生じた電子が外部の回路に電流として流れることを説明できる。(観察法)</p> <p><b>【知識・理解】</b></p> <p>化学エネルギーから電気エネルギーへの変換について、説明できる。(ポストテスト)</p>
4 8	<p>1. 前時の復習をして、本時の課題を確認する。</p> <p><b>課題</b> 身近な材料を使って、電池をつくろう</p> <p>2. 身近な材料を使って、電池をつくる。</p> <p>3. 実験結果をレポートにまとめる。</p> <p>4. 燃料電池についての説明を聞く。</p>	<p>モデル図を示して前時の復習をする。[生徒]</p> <p>・家からもってきた身近な物を使って、木炭電池、果物を利用した電池などをつくり、電球を光らせたり、電流を測定したりする。</p> <p>各班でつくった身近なものを使った電池を拡大提示して、結果を交流する。[生徒]</p> <p>・電極の表面積や電解質水溶液の濃度などが電圧や電流などに与える影響について考察する。</p> <p>理科教育用デジタル教材(JST)を使って燃料電池の仕組みを提示する。[教師] 燃料電池の演示を拡大提示する。[教師]</p>	<p><b>【関心・意欲・態度】</b></p> <p>・電池の仕組みについて関心を持ち、身近な物を使って、化学電池をつくろうとする。(観察法)</p>