

理科教育におけるデジタル教材活用に関する研究

- 教育用 IT 環境を利用した科学技術・理科教育のためのデジタル教材活用共同研究 -

高校教育研修課 主任指導主事兼課長 門脇 千里

情報教育研修課 主任指導主事 難波 宏司 企画調査課 指導主事 岡田 学

高校教育研修課 指導主事 田摩 幸夫 高校教育研修課 指導主事 山田 潔

はじめに

本県では、平成 15 年度より、児童生徒の理科に対する興味・関心を喚起し、「理科好き」の児童生徒を育成することを目的として理科教育推進事業¹⁾（いきいきサイエンス推進プラン）に取り組んでおり、観察・実験を生かしたわかる授業づくりの研修講座の充実を図っている。当所ではそれと同時に、理科教育におけるデジタル教材の活用を進め、平成 15 年 9 月から、独立行政法人科学技術振興機構（JST）と教育用 IT 環境を利用した科学技術・理科教育のためのデジタル教材活用共同研究を行っている。デジタル教材は、文章、画像、映像などをデジタル化した教材や素材のことであり、その特徴は複製しても劣化しないこと、編集、加工が容易にでき再構築しやすいことなどである。主に Web ページ、CD-ROM や DVD で提供されている。この共同研究のねらいは、「理科ねっとわーく」²⁾のデジタル教材を効果的に活用することにより、児童生徒の興味・関心・意欲を高めたり、抽象的な思考や理解を深めたりすることである。そのため、県内の小・中・高等学校 16 名の教員の協力を得て、デジタル教材を活用した学習指導案の作成、授業実践、ビデオカメラ等による授業の記録、アンケートの実施、公開授業と研究協議、授業実践評価の発表、Web ページの作成等に取り組んできた。本稿では、デジタル教材を活用した授業実践の成果とその課題からわかったことや児童生徒・教員からのアンケート結果の集計・分析を行ったことから、デジタル教材の効果的な活用方法について考察する。

1 理科教育におけるデジタル教材活用の概要

(1) 「理科ねっとわーく」の特徴

「理科ねっとわーく」は、科学技術・理科教育のために開発されたデジタル教材（図 1）を教育利用に限定して著作権処理しており、会員登録することにより、学校の授業で自由に使えるようにしたインターネットサイトであり、各教員が授業設計に応じたデジタル教材を、自由に編集や加工ができる。「理科ねっとわーく」のデジタル教材は、普通教室での一斉授業に重点をおいたもので、表示文字が大きく、画像等の拡大機能が標準化され、校種別や単元別の検索機能も充実している。さらに、授業に必要なデジタル教材を検索した後、個人用として「理科ねっとわーく」の中に保存でき、簡単に取り出せるようになっている。また、学習指導要領に準拠した内容で、教員が授業内容を説明するのに役立つティーチャーズガイド、児童生徒が授業内容を理解するのに役立つワークシートなどが添付されており、理解を促すシミュレーションや学校での実施が困難な実験映像など多くのデジタル教材が提供されている。



図 1 「理科ねっとわーく」のデジタル教材の一例（津波被害のアニメーション映像³⁾）

(2) 具体的な活用

理科教育においては、観察・実験をとおして、自然の事物・現象を理解させ、考察・探究する力を養っていくことが大切である。しかしながら、学習するすべての内容について観察・実験を行うことは困難である。それを補うために、デジタル教材の動画などを用いることにより、教科書や図説だけではつかみきれないもののイメージを児童生徒に具体的に示すことができる。授業の導入において興味・関心を持たせる教材として活用したり、展開部分において教師の説明だけでは理解しにくい内容を、アニメーション等により児童生徒にシミュレーションさせたり、仮想体験させたりすることで抽象的な概念や実体験することの困難な事象の理解を助ける教材として活用することもできる。授業実践を行った中から、その活用事例を以下に示す。

- ・夏の星座⁴⁾(単元 小学校 4年生「地球と宇宙」)を活用し、夜の星空の様子や星の動きを仮想体験させることで、空には明るさや色の違う星があることに気付かせ、星座について理解させることができる。
- ・マルチビュー天気教材⁵⁾(単元 小学校 5年生「天気の変化」)を活用し、雲が動いていく様子の動画により天気の変化の規則性を見つけさせ、明日の天気を根拠を持って予測させることができる(図2)。



- ・調べてみよう!ゆれる大地のしくみ⁶⁾(単元 中学校 第2分 図2 姫路市立広峰小学校で動画を活用した授業 野「大地がゆれる」)を活用し、地震について基礎的な知識を身につけさせ、日本近辺のプレートの運動について、プレートが移動するアニメーションにより、3次元的に理解させることができる。

また、繰り返し表示することが容易であるという特性を生かして、実験の再確認に用いたり、広範囲な単元の学習内容を短時間で表示したりすることで、効率よく復習できる。その活用事例を以下に示す。

- ・化学実験 Web コレクション⁷⁾(単元 高等学校 化学 「酸・塩基、中和」)を活用し、デジタル教材で中和滴定実験から中和滴定曲線を作成するシミュレーションをさせ、画面で指示薬の色と滴定曲線の変化を看することで、指示薬の色の変化と中和点及び滴定曲線との関係を理解させる。
- ・熱と温度⁸⁾(単元 高等学校 物理 「エネルギー」)を活用し、分子の熱運動をビデオ映像やアニメーションをとおしてイメージさせ、分子の熱運動の視点から説明することにより、熱とエネルギー、仕事の間を短時間で理解させる。

2 授業実践

(1) 児童生徒アンケート、教員アンケート調査の実施

平成15・16・17年度に公開授業を行った学校や「平成16・17年度小・中・高等学校 デジタル教材を活用した理科教育研究講座」の受講者の学校で、デジタル教材を活用した授業後に研究協力者、児童生徒を対象にアンケート調査を実施した。

- ・調査1 平成15・16年度 おもに児童生徒の興味・関心・意欲についてのアンケート調査(小学校158名、中学校148名、高等学校350名)
- ・調査2 平成16年度 指導する側の意見を聞くための研究協力者対象の記述式教員アンケート調査(14名)
- ・調査3 平成17年度 生徒の興味・関心・意欲に加え知識・理解等についてのアンケート調査(中学58名、高等学校437名)

(2) アンケート調査の結果と分析

図3は、デジタル教材を活用した授業を行った後、生徒に実施した調査3の項目とその結果である。

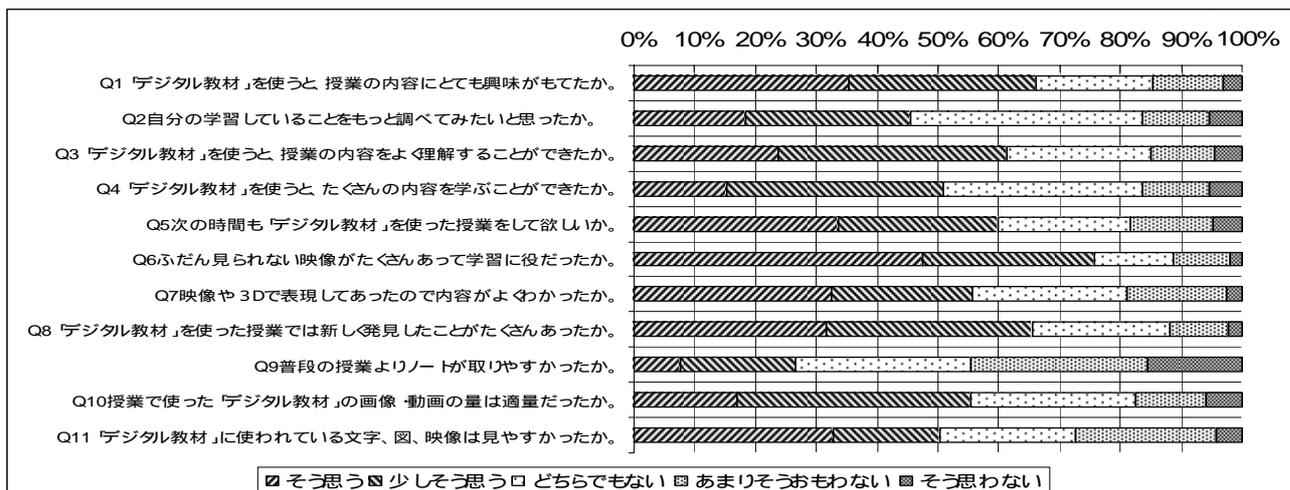


図3 デジタル教材を活用した授業アンケート（調査3）

ア 興味・関心についての効果

各授業においてデジタル教材やその活用方法等は異なっており、一律に論じることはできないが、図3の(Q1)デジタル教材を使うと、授業の内容にとっても興味がもてたか、(Q6)ふだん見られない映像がたくさんあって学習に役だったかや(Q8)デジタル教材を使った授業では新しく発見したことがたくさんあったかの問いでは、肯定的な意見が多かった。これらの3つの項目に関しては、使用したデジタル教材やその活用方法の違いによらず、どの授業実践でも、肯定的な意見が多く評価が高かった。

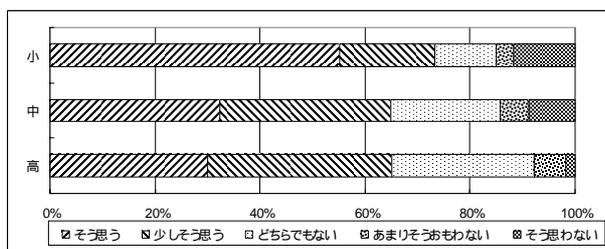


図4 デジタル教材を使った授業は楽しかったか（調査1）

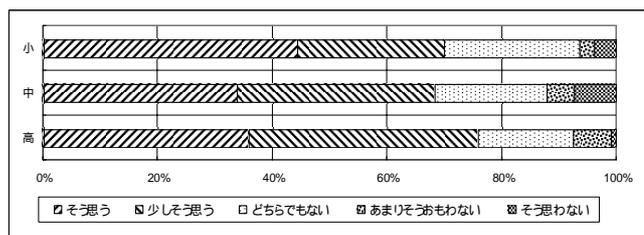


図5 本物を見るような映像やCGが学習に役だったか（調査1）

図4、図5は調査1におけるデジタル教材を活用した授業後のアンケート調査結果のグラフである。いずれも、小・中・高等学校の校種に関係なく約7割の児童生徒が肯定的に答えている。

また、平成17年度に小学校で調査3と異なった項目で実施したアンケート調査の「デジタル教材は学習の役に立ったか」という問いでは、9割以上の児童が肯定的に答えており、児童から次のような意見もあった。

- ・前に学習したことをわかりやすく思い出すことができた。
- ・自分たちでもデジタル教材を使いたい。
- ・映像が動いているのでよくわかった。

これらのことから、デジタル教材が、児童生徒の興味・関心を高めるうえで効果があることが認められる。

(ア) 教員アンケートから

調査2の「デジタル教材を利用することで授業が変わりましたか」という問いで、回答のあった14人中12人が変わったと答えている。具体的な意見は次のとおりである。

- ・実物を見ることができなくても映像をとおして体験させることができ、その結果、生徒の自然に対する関心や探究心が高まった。
- ・デジタル教材を使えば生徒の学習内容に対する関心が高まり、学習意欲を引き出しやすいように思う。一方的な話の中に、デジタル教材が何か1つでも入れれば、それをもとに話を発展させることができる。

・今まで図表など静止画で説明していたものが、動画で説明できるようになり、児童もイメージをつかみやすくなった。

・シミュレーション等のデジタル教材を映して説明すると生徒から「すごい」という歓声があがった。

このことから、デジタル教材を活用した授業は、活用していない授業と比べると、児童生徒に興味・関心を持たせたり、理解を深めさせたりするためには効果があることがわかった。

(1) 評価の高かった事例

・小学校 6年生「ヒトや動物の体」の単元で、ヒトや動物の体のしくみや構造を理解させるために、呼吸や消化・吸収、循環の仕組み、および脳や骨などを、CGアニメーション、実写映像、最先端医療画像等のデジタル教材を活用した授業。

・高等学校 化学 「酸化と還元」の単元で、ボルタ電池の原理を説明する場面でアニメーションを活用した授業。また、化学物質の立体構造やはたらきを生徒に理解させる3次元アニメーション、静止画を活用した授業。

教員アンケートや評価の高かった事例から、とくに、フィールドワークが行えないなど学校の環境においては実施が困難な実験やイメージしにくい事象においてアニメーションやコンピュータグラフィックによる映像などが効果的であると考えられる。

イ 平成17年度のアンケート調査結果の考察

調査1、調査2、調査3の結果から「理科ねっとわーく」のデジタル教材を活用することにより、児童生徒の興味・関心を持たせることが確認できた。しかし、図3の調査3の結果の中には肯定的な意見が少ない項目がいくつかあった。そこで、デジタル教材を活用した授業をより効果的に行うために、それらのうち、3つの項目(Q2, Q9, Q11)について考察する。

(ア) 探究心を喚起する活用方法について

図3の(Q2)自分の学習していることをもっと調べてみたいかの問いでは、否定的な意見の割合は多くないが、肯定的な意見の割合が5割に満たない。その原因について、デジタル教材が活用された授業の場面等を個別に示しながら考察する。

[高い評価が得られなかった事例]

・高等学校 化学 「酸・塩基、中和」の単元で、中和滴定の操作方法や中和における酸と塩基の量的関係を確認するために、デジタル教材の中和滴定実験シミュレーション映像を中心に、教室で一斉授業の形態で活用したケース。

・中学校 第2分野「天気の変化」の単元で、天気の変化と雲の動きとの関係に興味・関心を持たせるために、デジタル教材のひまわりの映像やアメダスなどを活用し、その後、ペットボトルの中で雲を作るという生徒実験を取り入れたケース。

生徒から「もう少し自分のペースでデジタル教材を見たい」「自分で関連のある事柄を自由に見ることができなかった」と不満の声があった。このアンケート調査は、主に普通教室や理科室などで1台のコンピュータを使った教師主導の一斉授業形式の授業後に行われており、デジタル教材を調べ学習の教材とするなど工夫した活用をしていないことが、高い評価を得られなかった原因の1つであると考えられる。

また、デジタル教材の完成度が高く、教材そのもののストーリーに教員が頼りすぎたことや内容を理解させる補助としての活用は行っているが、途中でデジタル教材を停止し発問を投げかける等の、生徒に問いかける工夫ができていないことが原因であると考えられる。すなわち授業でのまとめ、復習や実験操作の補助として、授業の効率化を図る活用方法は、生徒に「もっと調べてみたい」と思わせることをねらいとした学習にはあまり効果的ではないと考えられる。

[高い評価が得られた事例]

- ・高等学校 理科基礎「プレートテクトニクス説の成立」の単元で、阪神淡路大震災関連の写真や奥尻島の津波被害写真を映像で提示した後、地震や津波のシミュレーションを提示したケース。
- ・高等学校 生物 「刺激の受容と行動」の単元で、盲斑の存在を確かめることをねらいとして、「理科ねっとわーく」のデジタル教材に付属のワークシートを活用し、実際に実験を行った後、像が見えなくなることを確認説明のためにデジタル教材を活用したケース（図6）。

生徒から「地震のことは後世につたえていきたい」「もう一度自分で試してみようと思った」などの感想があり、生徒の学習意欲を喚起することが明らかになった。

それぞれの事例から、探究心を喚起するためには、生徒が今まで体験・経験したことと関連づけてデジタル教材を活用したり、身近な事象について実際に体験させたうえで、デジタル教材を活用して説明を加えたりすることなどが有効であると考えられる。

(1) 授業ノートについて

図3の(Q9) 普通の授業よりノートが取りやすかったかの問いでは、否定的な意見が半数近くある。

[高い評価が得られなかった事例]

- ・1時間の授業の中で、アニメーションや静止画などデジタル教材を多用したケース。

地震や津波のシミュレーションを活用した授業では「自分の学習しているところをもっと調べてみたい」の評価は高かったものの、生徒から「映像に熱中して、ノートを書くタイミングがわかりにくかった」との意見があった。また、アミノ酸・タンパク質・糖類の分野を理解させるために3次元アニメーションや静止画を多用したケースでは、「ノートを書く時間がなかったけれど、わかりやすかった」「動画があってわかりやすかったけど、ノートが少し取りにくかった」などの意見があり、ノートは取りにくい、内容を理解するには効果がある活用方法となったようである。この授業について(Q7)「映像や3Dで表現してあったので内容がよくわかったか」の問いでは約8割の生徒が肯定的な意見であったことから、内容を理解させるにはデジタル教材のこのような映像や3Dを活用した方法が有効であることがわかる。しかし、生徒は板書してある内容をノートに取るという学習形態に慣れており、内容

理解と同時にノートが充実するようにデジタル教材を活用した授業の展開で、教科書や黒板を併用するなど工夫する必要がある。

[高い評価が得られた事例]

- ・前述の「自分の学習しているところをもっと調べてみたいか」でも高い評価を得られた盲斑の存在を確かめることをねらいとして、「理科ねっとわーく」のデジタル教材にあるワークシートを活用したケース（図6）。
- ・高等学校 理科総合A「物質の構成」の単元で、純物質と混合物の性質の違いを理解させることをねらいとして、混合物を分離する方法を示した5つのデジタル教材を活用して、デジタル教材を提示する際に、1度目はそのま



図6 盲斑のコンテンツ、実験ワークシート⁹⁾

ま映し、2度目に各ポイントで映像を停止させながら説明を加えたケース。

それぞれの事例から、数多くあるデジタル教材の中から精選し、ワークシートを活用したり、図説の代わりにデジタル教材を停止させながら教師が説明を加え副教材として活用するなど、板書などのアナログとデジタルをバランスよく活用することによって、生徒は板書の内容をノートに取りやすくなると考えられる。

(ウ) IT環境について

図3の(Q11)「デジタル教材で使われている文字、図、映像は見やすかったか」の問いでは、肯定的な意見は約5割である。ここでは、特徴的な1例をあげて考察する。

[高い評価が得られなかった事例]

・スクリーンを用いるのではなくプロジェクタから黒板に直接映像を映し授業を展開したケース。

黒板に直接映す方法は、表示中のデジタル教材にチョークを使って直接簡単に書き込むことができ、生徒にとってはノートを取りやすくなるという利点がある。しかし、画面の縦の長さに制限ができ、教材によっては表示される文字が小さくなり、教室の後ろから文字を認識しにくくなる。その結果、「興味がもてた」「授業の内容をよく理解することができた」という意見がある一方で、「見えにくかった」という意見が多かった。

また、この事例以外のスクリーンを使用するケースでは、生徒の座席の位置や授業をする教師の立ち位置などの工夫が必要であることも確認できた。これらのことから、IT機器を活用する際に教室環境や生徒の人数に応じて、スクリーンの種類や大きさ、教室で設置する場所などの工夫が必要であると考えられる。

3 研究成果と課題

(1) デジタル教材を活用した授業の改善の視点

理科教育では観察・実験等をとおして興味・関心を持たせ、そのうえで、知的好奇心を喚起し、それを高め、理論付けを行う論理的思考力を養うことが重要である。そのために、デジタル教材を補助教材の1つとして活用することができる。アンケート調査結果の分析から、授業でデジタル教材を活用することにより、児童生徒の興味・関心を持たせることができることがわかった。一方、教員がデジタル教材のストーリーに頼ってしまう活用をすると、児童生徒が自分で調べて問題解決をしていくための探究する能力や態度が育たない危険性もアンケート調査結果の分析から

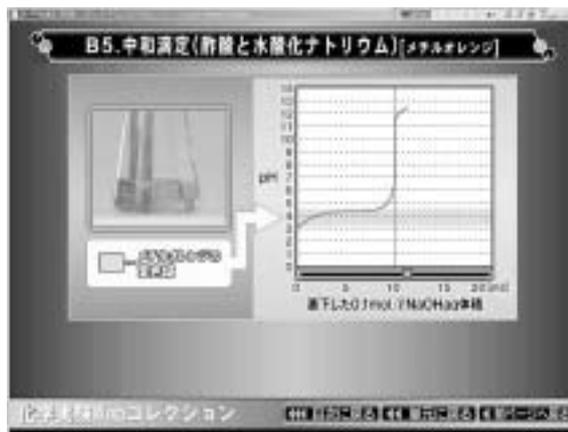


図7 中和滴定実験のコンテンツ⁷⁾

見えてきた。論理的思考力を養うためには、児童生徒が自分で調べて問題解決をしていく場面を重視した授業が必要である。そしてあくまでも理科教育で大切なのは観察・実験をとおした児童生徒の実体験を重視しながら、その補助としてデジタル教材を活用することである。

また、実験シミュレーションのデジタル教材を、授業のはじめで実験操作の説明のために活用する場合と実験を行った後にその実験結果から生徒が考察する際の助けとして活用(図7)する場面が考えられる。前者の活用は、実験を安全かつスムーズに行うことをねらいとし、後者の活用は現象について理解を深めることをねらいとしていると教員からの報告があった。

さらに、アンケート調査結果の分析からも同じデジタル教材を活用した授業で、その活用の方法によっては、効果が異なることも見えてきた。デジタル教材を活用するには、どの場面でどのように活用すべきか、活用のねらいを明確にし、そのねらいにあった活用をすることが大切である。

(2) わかる授業づくりに向けて

今回共同研究で活用した「理科ねっとわーく」には、教科書の単元にあわせた3次元アニメーションや観察・実

験のシミュレーション等デジタル教材が豊富に準備されていて、導入で生徒を引きつけるために活用したり、展開で教科書に掲載されている図などの一斉提示用に活用したり、観測や実験が不可能な事例等を提示することが簡単にできるようになっている。さらに発展学習用として、最先端科学技術を扱ったデジタル教材も用意されている。

しかし、児童生徒に自然の事物・現象を理解させ、科学的な見方や考え方を身に付けさせるためには、自分の目や耳、手や肌で感じる体験や観察・実験が最も大切である。実体験を重視し、それができない場面でのデジタル教材の活用が望ましい。具体的には、学校の中で簡単にできない科学実験、危険な実験、天体の運行、生物の器官、地震のメカニズムなどを動画、アニメーション等によって視覚的に学ばせ、教員が的確な問いかけをすることで児童生徒相互に感動や疑問を共有させる活用方法が考えられる。とくに、生徒が理解しにくい分野、たとえば微視的なもの、巨視的なもの、抽象的なものを扱う単元での活用が考えられる。

また、デジタル教材の活用には、デジタル教材のストーリーそのものに頼ってしまうのではなく、手軽に加工できたり、編集できるデジタル教材の特性を生かして、教員自身の授業スタイルにあった形で、活用することが大切である。そして、使用頻度と1時限での使用割合をよく考え、デジタル教材をどの場面で活用すべきか、活用のねらいを明確にし、授業の幅を広げる道具として活用することが重要である。教員の授業実践の中で、活用場面ごとに効果的であったデジタル教材の活用例を以下に示す。

- [導入] ・実験器具の細かい操作の注意点を説明するために活用
 - ・ドップラー効果のイメージをつかませるために活用
- [展開] ・地球のプレートの動画で地震のしくみを説明するために活用
 - ・観測不可能な夜の星の動きを説明するために活用
 - ・アニメーションでボイル・シャルルの法則を説明するために活用
 - ・リアルタイムに天気画像を提示し、天気の変化を説明するために活用
 - ・太陽の動きを早送りで映しだされた画像を提示し、1日の太陽の動きを説明するために活用
- [まとめ] ・中和における酸と塩基の量的関係の問題演習を行った後、その確認をするために活用
- [発展] ・エンジンの原理等実社会で使われている科学の様子を説明するために活用
 - ・分子の3Dモデル映像で分子の立体構造を説明するために活用

初めて「理科ねっとわーく」のデジタル教材を活用する教員にとっては、自分が授業に使いたいデジタル教材を検索したり、加工したりするのに若干時間を必要とすることが課題としてあげられる。それを解決するには、今後、単元ごとの有用なデジタル教材の一覧表の作成やWebページから簡単に検索し利用できるシステムの構築を行い、教材準備の時間の軽減を図れるようにしなければならない。また、観察・実験とデジタル教材を融合した授業実践の報告もあったが、実践例が少なく本稿では考察できていない。そのため、デジタル教材を活用し実験前に実験の予測をたてさせたり、実験で正確な結果が得られない場合にデジタル教材の実験内容を提示しながら説明を行ったりするなど、観察・実験とデジタル教材を融合した授業における生徒の理解度について、研究を進めていくことも必要である。

おわりに

デジタル教材の効果的な活用は、児童生徒の知的好奇心や探究心を高め、わかる授業づくりにつながる。しかしながらIT機器の操作を苦手としている教員も多く、デジタル教材を普及するためには、すべての教員が簡単に活用できるものであることが必要である。そのためにも、今後もデジタル教材を活用した理科教育の研修を続けるとともに、より多くの授業実践を行い、その結果を公表・共有することでより多くの教員が活用できるようになると考える。最後に、授業実践等に熱心に取り組んでいただき資料を提供して下さった研究協力者の方々に感謝します。

【研究協力者】

竹本 務	伊丹市立荻野小学校教諭	浦田 博幸	三田市立ゆりのき台小学校教諭
西川 康成	姫路市立広峰小学校教諭	酒井 宏	丹波市立和田小学校教諭
小池 理平	姫路市立四郷中学校教諭	中野 良紀	丹波市立柏原中学校教諭
安岡 久志	県立御影高等学校教諭	稲葉 浩介	県立神戸高等学校教諭
古田 昌弘	県立鈴蘭台高等学校教諭	中澤 克行	県立須磨東高等学校教諭
吉田 英一	県立宝塚東高等学校教諭	高田 泰英	県立神戸高塚高等学校教諭
東田 純一	県立明石高等学校教諭	片山 貴夫	県立小野高等学校教諭
森本 雄一	県立東播工業高等学校教諭	古家 里志	県立生野高等学校教諭

注)

- 1) 理科教育推進事業とは、児童生徒の理科に対する興味・関心を喚起し、「理科好き」の児童生徒を育成する観点から、小・中・高等学校における理科教育の推進方策の検討を行い、授業を改善するための教員研修を充実させるとともに、児童生徒により多くの観察、実験に触れる機会を提供し、自ら学ぶ意欲や知的好奇心、探究心を高める目的で平成 15 年度から兵庫県が実施している事業。
- 2) 「理科ねっとわーく」とは、科学技術・理科教育の授業で活用するためのデジタル教材を教育利用に限定して著作権処理し、JST がインターネットで提供しているサイトである。約 3 万点のデジタル素材を含む 83 タイトルのデジタル教材（平成 17 年 5 月現在）が公開されており、教育関係者は利用登録を行うことで、自由に編集・加工して利用することができる。 <http://www.rikanet.jst.go.jp/>
- 3) 使用コンテンツ、「理科ねっとわーく」コンテンツ番号 014000021c 津波が発生するしくみ。
- 4) 使用コンテンツ、「理科ねっとわーく」コンテンツ番号 004002210a 夏の星座。
- 5) 使用コンテンツ、「理科ねっとわーく」コンテンツ番号 013021001b マルチビュー天気教材。
- 6) 使用コンテンツ、「理科ねっとわーく」コンテンツ番号 014030001a 調べてみよう！ゆれる大地のしくみ。
- 7) 使用コンテンツ、「理科ねっとわーく」コンテンツ番号 00801173a 化学実験 Web コレクション 5 酸と塩基の反応。
- 8) 使用コンテンツ、「理科ねっとわーく」コンテンツ番号 005000101a 熱と温度(超低温・絶対零度の世界)。
- 9) 使用コンテンツ、「理科ねっとわーく」コンテンツ番号 022001080c 盲斑の確認実験。

* 授業実践事例については、Web ページで公表する予定である。