

# 化学反応式の指導におけるICT活用

金子 俊明 新井 健

理科学習における中2生徒を対象とした化学反応式の指導において、ICTを活用した学習指導を行った。デジタルコンテンツの活用では、電子黒板による拡大提示と生徒による予想の発表や操作を組み込むことにより、視覚的なフィードバックを重視した指導が可能であった。また、タブレットPCの活用では、iBooks Authorを用いて作成した自作教材を一人1台のタブレットPCに組み込み、化学反応式に関する基本的な知識の定着を促すための学習を行った。その結果は概ね良好であり、さらに効果的な学習のデザインが可能であることが示唆された。

【キーワード】 理科学習 化学反応式 デジタルコンテンツ タブレットPC 知識の定着

## 1 はじめに

理科学習の中で、化学反応式の学習は化学反応や原子と分子の質量の関係を理解する上で重要である。中学校で学習する化学反応式はそれほど多くはないが、高校化学では反応前後の質量比や体積比、モルを用いた学習に進むことを考えると、中学校段階で考え方をしっかり理解させたい。しかし、中2生徒を対象とした学習では毎年同じようなつまづきが観察できる。具体的には、元素記号の読み書きがあいまい、原子価の理解が不十分、化学式が正しく書けない、化学反応式で係数を適切に求められない等である。また、元素記号はアルファベットを用いるため、アルファベットを理解した上で化学の記号として理解することが必要であるが、その対応が覚えきれない生徒も見られる。化学式の読み書きや化学反応式は、さらに複雑になるため、暗記ではなく考え方を理解することが重要である。

そこで本稿では、化学反応式の学習に関するこれまでの実践事例をもとに、生徒の興味・関心を高め、操作を通して化学反応式の作り方を学ぶためのICT活用事例について述べる。すなわち、デジタルコンテンツの活用、及び学習内容の定着を促進するためのタブレットPCの活用に関する指導事例を振り返り、その利点と課題について検討する。

## 2 化学反応式の指導に関する配慮点

本校生徒を対象とした化学反応式の指導では、従来からプリント教材を用いて化学式の読み書きを何度も確認するようにしてきた。単に記号を覚えるだけの学習にしないように、学年によっては分子模型を作る活動も組み込み、結合の手を原子価と対応させ、視覚的な分子のイメージを持たせることにも配慮した。また、化学反応式の学習では、色分けや一部に空所を作って補充させるなどの指導を段階的に行い、定着を促すためには、生徒が模造紙に書いた化学反応式を短冊状に切り、校舎内の階段の余白に貼り付けて一定期間掲示した上で、小テストに取り組ませたこともあった。

また、毎回の授業の冒頭に、生徒一人ひとりに問題を提示し、化学式の名称・構成している原子の名前・結合の仕方を答えさせる活動を行った。名称の持つ意味（酸化銅＝酸素と化合した銅）にも注目させることで、化学式と名称の対応のみにならないように配慮した。化学反応式の指導では、主に原子モデルを用いて、反応の前後で各原子の数を合わせるという指導方法をとった。各原子の数を合わせる段階で、何が足りないか、数を合わせるためには何を増やせばよいか、またそれはどこから持ってくるかを生徒に考えさせ、段階を踏んで化学反応式を作り

上げるようにした。理解が困難な生徒には、数を合わせる活動の段階で、原子モデルではなく分子モデルを使うことにより、数を合わせる際には、「分子という塊を増やす」というイメージを定着させた。

以上のような通常の指導を拡充し、視覚的な提示や考え方の可視化、定着を促すためのツールとして以下のように ICT を取り入れた。

### 3 デジタルコンテンツの活用

#### (1) 活用したデジタルコンテンツ

化学領域に関する ICT 活用では、初めはプレゼンテーションソフトウェアを用いて、プリントの一部をスライドにして提示し、解説を丁寧に行った。次に理科ねっとわーく（科学技術振興機構）のデジタルコンテンツを積極的に活用した。用いたデジタルコンテンツは、中 2 対象の『デジタルスケラーで学ぶ原子・分子の世界—化学反応のより深い理解のために—』である。この教材は、「デジタルスケラー」（物質の拡大、原寸大から電子顕微鏡写真まで）、「原子・分子への道」（原子・分子に関する科学史アニメ）、「化合物を作ってみよう」（分子を作るシミュレーション）から成っている。この中で、定期的活用したのは「化合物を作ってみよう」であった。

#### (2) 活用のしかた

実際の授業では、化学反応式の学習を復習する場面でデジタルコンテンツ「化合物を作ってみよう」を活用した。すなわち、通常のワークシートやマグネット、プレゼンテーションソフトウェアによるスライド等を用いた学習の後に、既習の知識を活用して考え方を見直す場面でのデジタルコンテンツの活用である。図 1 の授業時の写真に示したように、電子黒板上で操作ペンを用いて、反応させる分子のイラストを移動させ、矢印を押して化学反応を進め、生成される分子を確かめた。実際の授業で配慮したのは言語化のステップを組み込むこと、すなわち、はじめに生徒自身に予想を表現させてから画面を操作すること、結果について質疑応答をすることであった。生徒は分子の構成や化学反応全体をイメージしながら操作し、何度も繰り返して学習に取り組むことができた。



図 1 デジタルコンテンツを活用した授業の様子

#### (3) 評価

学習指導要領解説理科編では、理科における ICT 活用の例として、「…より総合的な考察、観測しにくい現象などのシミュレーション」や「コンピュータをプロジェクタと組み合わせて、画面を拡大して提示」といった使い方が示されている。今回のデジタルコンテンツの活用方法は、このような利用にあてはまり、一斉指導場面におけるシミュレーションソフトウェアの活用であった。電子黒板を用いたデジタルコンテンツの活用に関して、授業後の生徒のアンケートでは次のような回答があった。「楽しみながらできる」「わかりやすい」「ポイントがわかりやすかった」「まちがえた時はなぜ？とみんなで考えられる」等。電子黒板を用いてデジタルコンテンツを拡大提示し、生徒に操作させることで生徒自身が「考え方が見てわかる」のは大きな利点であった。また、予想を発表する活動を組み込んだことは、言語活動を促す上でも良好であった。

化学に関するデジタルコンテンツには、3D の分子模型を提示する教材等、精細な視覚提示が可能な教材も多い。しかし、プロジェクタで拡大提示して解説するだけではなく、試行錯誤を通して考え方を具体的に学ぶ教材、どのように考えていけば良いのかを視覚的に把握できる教材が必要であった。「化合物を作ってみよう」は、そのようなニーズに合ったデジタルコンテンツであり、通常の授業と自然に融合するようにして活用することができた。電子黒板を用いて生徒自身が操作することで、思考過程を可視化できること、生徒の回答に対してすぐに正誤が表示され、速やかなフィードバックが得られること

などは、教育上の大きな利点である。デジタルコンテンツを活用することで、生徒が「わかった」という実感を得ることができたといえる。一斉指導場面で効果が上がったことは確認できたが、生徒の理解という点では必ずしも十分とはいえない。ワークシートの活用以外にも、どのようにして理解を保持させるか、定着を促すための工夫が求められた。そこで、理科における ICT 活用の検討は、次に自作教材を組み込んだタブレット PC の活用へと進んだ。

#### 4 タブレット PC の活用

##### (1) 活用した教材とタブレット PC

化学反応式の基本事項を確認するために、金子は iBooks Author(Apple)を用いてタブレット PC 用教材を自作した。理科の教科書から化学反応式を抜き出し、①原子記号【基本】【発展】、②化学式【基本】【発展】、③化学反応式【基本】【解答編】に関する全 6 章 50 問の問題を作成した。この中には 4 択式のクイズコンテンツとアプリの NoteAnytime を用いて生徒が解き方を手書きで説明する課題を入れた。これはタブレット PC をデジタルノートとして活用する使い方にあたる。電子黒板を用いた一斉提示の後、タブレット PC を用いた個別の学習を設定して学習内容の定着を促した。

##### (2) 活用のしかた

実際の指導では、中 2,3 生徒を対象として授業を行った。まず中 3 生徒を対象に、原子や分子、化学反応式の考え方を確認した後、生徒一人ひとりに自作教材の入ったタブレット PC と、結果を記入する記録用紙を配布し、各自で取り組ませた。記録用紙は、自作教材の性質上、解いて終わりになってしまう傾向にあるため、生徒が自分でどこをどう間違ったのかを後で確認できるよう作成した。解答時には、各章の冒頭に示した考え方やヒントを参考にしながら取り組むよう指導した。次時の授業では、前時の学習で取り組んだ化学反応式の問題の模範解答を、生徒一人ひとりが NoteAnytime を使って作成する活動を行った。一人 1 問以上を作成した後、スマートボード上に各自で作成した解説画面を提示し、他

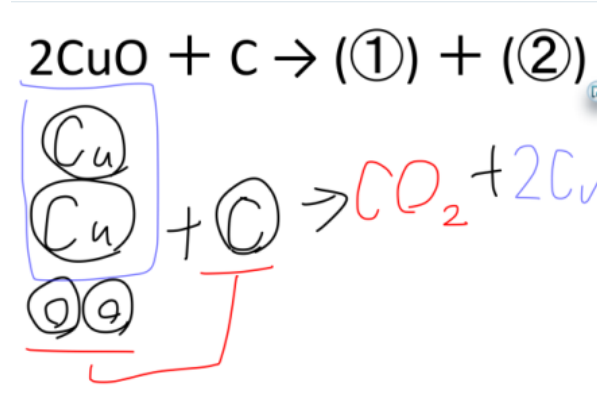


図2 解説画面の例



図3 タブレット PC を使った学習の様子

の生徒に向けて説明させた。その解説の様子を他の生徒がタブレット PC を用いて撮影し、解説のしかたについて、質問や改善点などをクラスで話し合わせた。

その後、中 3 生徒が作成した解説画面と解説動画を自作教材に追加してバージョンアップした教材を用いて、中 2 生徒を対象として授業を行った。中 3 生徒の場合と同様に、はじめに考え方の確認をした後、各自で問題演習に取り組ませた。その後、分からない箇所については中 3 生徒の解説動画を見て解き方を確認させた。

##### (3) 評価

授業内での生徒の様子を見ると、全体的に集中して問題演習に取り組んでいた。普段はあまり授業に積極的でない生徒も、ゲーム感覚で問題に取り組むことができた。自作教材を解き終えた段階でのアンケートによれば、「ゲーム感覚でできたので、なるほど！楽しい！と思った。」「クイズみたいに楽しくで

きるから良かった。」など、取り組みやすさに注目した生徒が多く見られた。分子の構造や化学反応の仕組みへの興味を持った生徒も多かった。一方、一人で1台のタブレットPCを活用したことに注目する生徒も多く、「一人1台のほうが集中しやすい。」「自分のペースで取り組める。」などの感想も得られた。一人で1台のタブレットPCを使うことで、意欲的に集中しながら解答することができ、早く終わった生徒の中には、自主的に2回目に取り組み生徒も見られた。煩雑な操作もなく、自由に2回目3回目に進める点から、問題演習は一斉指導でなく、授業外の時間に取り組むように設定し、考え方の発表や意見交換を授業の中で行う方が有効な活用のしかたであると感じた。

意欲面・理解面の評価も良好であったが、やはり化学式や化学反応式の問題ごとの解説画面の提示や、間違えた際のヒントの提示などといった、生徒が自分で間違いに気付き、理解しながら進むための工夫が必要であると感じた。生徒の感想にも、「勘で当たってしまうことが多かった。」「特に応用編には解説もあった方がいい。」「答えが間違っていたら、何かポイント(ヒント)を出せばわかるのでは。」といった意見があった。ほとんどの生徒が興味を持ち、意欲的に取り組んでいた一方で、教材の中だけでは疑問が解消しきれず、やや消化不良と感じた生徒もいたようだった。

## 5 考察

### (1) 化学反応式に関する指導について

化学は物質に関する科学であり、「たしか物質概念の形成を図ること」が目標である。左巻・内村(2009)らは、「物質を粒子としてとらえる必要性和利点を感じさせる」ことが重要であると述べている。通常の指導の中では、知識の定着を図るためにフラッシュカード(中学部の授業で利用)やイオンカード(高等部の授業で利用)を用いてきた。これらは1対1の対応であるために生徒にとって取り組みやすいものであったが、化学反応式は難度が増し、読んで理解することが必要となる。松井・三井(1991)は、化学反応式の初期の段階での指導方法として、

次のような4段階を示している。①事実を日本語で書く、②それを分子模型図でかき表す、③分子式に置き換える、④係数を合わせて化学反応式として書き表す。

今回のタブレットPC活用は、通常のフラッシュカードの使用と、松井・三井(1991)の③、④の段階を置き換えたことになる。また、学習者の問題解決学習を支援するための理科固有の教授スキルについて、日本理科教育学会(編)『理科の授業と学習の成立』(1998)によれば、「必要などころでは、前に学習した知識との結びつきや関連を明らかにすること」の重要性を指摘している。「知識との結びつきや関連」に関する教授スキルは化学反応式の学習にも当てはまるといえよう。化学反応式が示す現象を正しくとらえるには、目では見えない分子レベルの動きや変化を考える必要がある、アニメーション等による視覚化も有効である。生徒自身が既習事項を活用して考える際には、学習上の適切な道案内が必要であり、適切なフィードバック、目で見てわかるような即時のフィードバックを効果的に活用しながら学習を進めることが望まれる。この点でタブレットPC活用の効果が期待できる。

### (2) デジタルコンテンツ活用の利点と課題

聴覚障害教育においては視覚情報の活用ニーズが高く、操作を通して結果がすぐに提示され、フィードバックを活用できる教材は効果が見込まれる。この点で、電子黒板を活用した化学反応式のデジタルコンテンツの活用では、原子のイラストを生徒が移動して化合物を作るステップや、係数を考えて化学反応式を作るステップが有効であった。「考え(かた)が見てわかる。」という生徒の感想が示すように、分子の操作を通して考える過程を視覚化できる点は聴覚特別支援学校の指導では非常に有益であろう。到達目標を明示し、生徒の学習上のつまずきへの対処を試行錯誤しながら行える点も大きな利点であった。

理科教育におけるデジタルコンテンツの活用について、科学技術振興機構(2006)の活用目的分析によれば課題提示、教員の説明資料、モデルの提示、調べ学習等が多いことが示されている。本校中学部では、電子黒板導入後はむしろ生徒による説明の用

途が多く、思考・表現に関する活用が増加しているのが実状である。

### (3) タブレット PC 活用の利点と課題

タブレット PC を操作しながら化学反応式に関する自作教材の問題を解くという学習について、生徒は集中して取り組むことができた。生徒の操作スキルは、生徒個人のスマートフォン利用と同様であった。また、iBooks 形式の自作教材は、何度でも生徒自身のペースで取り組める点が、プリント教材よりも取り組みやすいようであった。また、すぐに答えを確かめることができる点も生徒にとって大きな利点であった。実際の授業で活用してみると、文字等の提示や教材のクイズ式の部分の仕様が決まっており、生徒の状況に応じて変更できないことが気になった。今回のような問題演習形式の教材は、タブレット PC 活用のスタートにあたるものと位置付けることができる。通常の指導では、化学反応式を正しく読む→自分の考えを書く→発表する→討議するというステップも重視しており、この部分の一斉指導は必須である。生徒一人 1 台のタブレット PC をより効果的に活用するには、むしろ協働学習や発表を取り入れて、生徒間の相互作用を重視する取り組みが望まれる。

また、タブレット PC の利点は個人利用であり、学習の機会を必ずしも授業時間に限定する必要はないことを鑑みると、それぞれの生徒の学習のスピードに合わせて繰り返して反復練習を行うには、むしろ授業時間の他に学習の機会を設定し、学校の授業との関連を深めるほうが現実的かもしれない。生徒がいつでもどこでも学習を継続できるようにすることで、生徒の定着をさらに促すことができると考える。

## 6 おわりに

理科学習における中学部生徒を対象とした化学反応式の指導に関する ICT 活用の実践事例として、デジタルコンテンツの活用及び自作教材を用いたタブレット PC の活用事例について述べた。デジタルコンテンツの活用は視覚的なフィードバックという点で利点があり、自作教材をタブレット PC で活用し

た学習では個別の学習を進める上での効果が見込まれた。今後は e ラーニングを活用した学習環境へと展開することで、さらに効果的な学習のデザインが可能であると考えられる。

### 〔参考文献〕

- 科学技術振興機構 (2006) 平成 17 年度教育用 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成果報告書 I~IV
- 左巻健男・内村浩編著 (2009) 授業に活かす！理科教育法 中学・高等学校編. 東京書籍
- 日本理科教育学会編 (1998) 理科教育学講座 3 理科の授業と学習の成立. 177-179, 東洋館出版社
- 日本理科教育学会編 (2002) これからの理科授業実践への提言. 東洋館出版社
- 松井吉之助・三井澄夫 (1991) 化学変化の教え方 むぎ書房