

化学のデジタル教材活用法

和洋九段女子高等学校 中込 真

1. はじめに

文部科学省、総務省、経済産業省は、平成 22 年度に教科書のデジタル化を決定し、いよいよ完全デジタル化に向けた議論も盛んになってきた。フランスでは 2011 年、韓国では 2013 年にデジタル教材の常用化が終わったので、日本も 2020 年の常用化に向けいよいよ具体的な準備に移りつつある¹⁾。

デジタル版の教科書は、まだなじみが薄く、導入に当たっても活用方法が明確ではない、など実際に授業でフル活用されている学校はまだ少数であろう。

筆者は、数研出版から 2014 年 4 月より発行された「改訂版 フォトサイエンス 化学図録 デジタル版 for iPad[®] (以下デジタル化学図録)」の編集に協力した関係上、教科書をはじめとする映像教材の活用や、デジタル化の流れに触れる機会が多かったので、デジタル教材の魅力について、いくつかの事例を挙げながら紹介することにする。

2. デジタル教科書・教材とは

大きく分けると以下のように分類できる。

① 学習者用デジタル教科書

文部科学省検定済みの教科書紙面をそのまま載せ、動画やアニメーションをスタートさせるアイコンや書き込み用のツールがついたもの。各種の追加機能をもつものもある。

② 指導者用デジタル教科書

①と同様の動画・アニメーションや追加機能をもつが、指導者用にプリントの作成機能なども充実しているものが多い。

③ デジタル教材(副教材)

本稿で主に紹介する数研出版の「デジタル化学図録」や、「Studyaid D.B.」のような大学入試問題を中心とした問題データベースなど。

④ PC やタブレット端末で利用できる無償あるいは有償の一般向けアプリケーション

本稿では③の iPad 版デジタル化学図録と④のタブレット端末向けアプリケーションを中心にそれらの特徴と実践例を紹介する。

3. 数研版デジタル教科書・副教材の特徴

他の教科書会社のものも似たような作りであるが、まず最初に数研出版のデジタル教科書、デジタル化学図録に共通する機能を紹介しておく。画面の下には以下のようなツールバーがあり、使用する際に学習の手助けを行う仕組みになっている(図 1)。



図 1 教材に共通するツールバー

- a ~ k のアイコンの機能は以下のとおりである。
- 目次の表示: 現在見ているページから他に移動する場合やコンテンツを探すのに便利である。逆に化学図録の場合は、アニメーション 24 種、映像 91 種を含むので、これがないと探すのに困難を生じる。
 - サムネイル表示: ページの全体を表示し、記事などをおおまかに探す際に使用する。
 - 検索: キーワードを入力し、目的に合ったページを探す。
 - d, e しおり, 付箋紙: ページに挟んで使用する。メモなども入力できる。
 - f, g スタンプ, ペンツール: 「試験」「重要」などのスタンプをタッチするだけで作成したり、重要事項に手書きラインを引くことができる(図 2)。



図 2 スタンプを押すなど加工した紙面

- h ブラインド: 任意の範囲を隠すことができる。試験前に生徒がよく使う赤いプラスチックシートと同じような機能をもつ。
- i, j 画像・動画の貼り付け: 端末本体に記録している画像や動画を、画面上に貼り付けることができる。

k リンク作成: 画面に関連する Web ページのリンクを貼ることができる。

このような機能から、あくまでもこれらの教材は個人として使用することを前提に開発されていることが理解できる。百聞は一見にしかずの喩えどおり、これらは実際に試されると、その使い勝手がわかりやすい。数研出版の HP (<http://www.chart.co.jp/software/tab/ipad/sample.html>) よりサンプル版をダウンロードするなどして、動かしてみるとよいであろう。

4. デジタル化学図録の特徴

現在、デジタル教科書を購入する場合、紙媒体の従来のもも購入していることになる。そこでデジタル教材を追加するのなら、同じ紙面であるデジタル教科書よりもデジタル化学図録の方が効率が良いと考える。

デジタル化学図録の教材としての特徴は、以下の 2 点に集約される。第 1 に、視覚化した方が理解するのが早いであろうと推測される題材は、アニメーションにしてあることである。24 点のアニメーション教材は、それを意識したもので、下記のように分類される。

- ① 反応機構や原理などを解説したもの
浸透圧、中和滴定、各種の電池、セッケンのはたらき、DNA のらせん構造、ボイル・シャルルの法則などである。特に三次元的な広がりを理解することが大切な事象をモデル化している。
- ② 各種の工業的製法をまとめたもの
アンモニアソーダ法、ハーバー・ボッシュ法、オストワルト法、接触式硫酸製造法(接触法)。反応過程の暗記ではなく、物質の流れを理解することに重点を置いている。
- ③ 結晶格子
イオン結晶、金属結晶、ダイヤモンドなど。特に新課程から重要性が高くなったイオン結晶では、硫化亜鉛型なども詳しく扱っている(図 3)。第 2 に、実験ならびに物質そのものの映像である。日本化学会からのデジタル教科書に関する提言²⁾を踏まえ、一般的な実験の動画はそれほど多くない。これは、重要な実験を見ることだけによって理解する事は、デジタル教科書としての趣旨に反するからである。よって、以下のような映像に特化して掲載

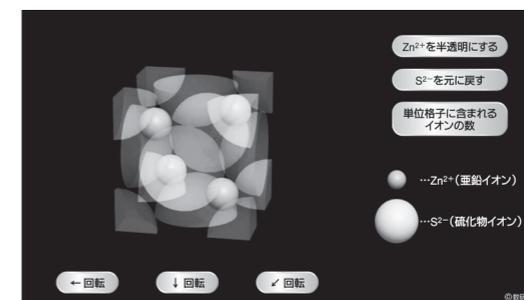


図 3 硫化亜鉛型の結晶構造

してある。

① 危険と費用を伴うため、教室では容易に演示できない実験

例 テルミット反応

(図 4)、黄リンの燃焼、王水と金の反応、マグネシウムの二酸化炭素中での燃焼、メタンハイドレート(hydrate)の燃焼など



図 4 テルミット反応

- ② 拡大することによってわかりやすくなるもの
例 金属樹の析出、蛍石の発光など
- ③ 反応時間がかかるため、すぐに見せられないもの
例 溶解度と結晶の析出、臭化銀の感光性など
- ④ 試薬のレベルを超えた美しい単体の画像
例 各種の金属結晶、鉍石、隕鉄など
- ⑤ 工場など実際の現場の映像
例 アルミニウムのリサイクル、銅の電解精錬、オゾンによる浄水、地熱発電など
一般的な実験は、これまでどおり画像として掲載してあるが、動画の方はやや特殊なものが中心になっている。

5. ハードウェアの準備

iPad を 1 台準備して上記のソフトウェアを利用するだけなら個人でも対応できるが、一斉授業として準備するには、ハードウェアも考えなければならぬ。現行では数台の iPad と電子黒板での試行授業が主流であろうが、生徒全員との双方向通信の環境を考えると、現状の教室すべてを改造する必要も出てくる。

※ Windows 8 版も発行されている。

筆者の勤務校では、2014年度秋から「フューチャークラスルーム」と称する教室を新築し、iPad専用の学習環境を構築する。その概要を説明する。

① 基本的な教室設備の条件

・広さは一般の教室と同じだが、ある程度の暗さも必要になるので、遮光カーテンを常備し、照明の調節も手元の端末で行うことができること。

・iPadは45台常に稼働できること。またWi-Fiでの一斉通信に通信システムが耐えられること。

・一般教室より高機能であるためには、2面以上の大型ディスプレイ(壁一面のもの)があること。これは生徒の意見などを列挙する際に必要な広さである。

・双方向の通信を一斉に行える通信設備とサーバーを備えていること。

・全員分のiPadが充電可能なラックがあること。このラックは端末の保管以外にも、同一のソフトウェアを一斉にインストールする際に使用可能であること。

② ソフトウェア関連

・双方向の通信システムをコントロールするソフトウェア。本校ではPioneer社製の「TabletSync」というアプリケーションを用い、生徒と教員の間での画像提示を行えるように準備している。これがなければ、電子黒板による授業と同じスタイルになってしまう。

・必要最小限のアプリケーション(以下アプリと表記する)が入っていること。たとえば、「Kingsoft Office Suite Free」のような無償アプリで、Microsoft社の「Word」、「Excel」、「PowerPoint」と互換性のあるもの。その他にも各教科で使用の可能性のあるものを全部の端末に搭載しておく。

6. デジタル教材を用いた授業の実践例

① 中和滴定実験後のまとめの授業展開例

以下に授業展開の骨子を示す。この授業はあくまでも中和滴定の実験を終えた後に行うように設定してある。

- (1) 化学図録滴定シミュレーションのアニメーション動画を各自スタートさせる(図5)。
- (2) 実験で行ったものと同じ酸・塩基、濃度、指示薬を設定し、シミュレーションを行う。この場合、実験では酢酸と水酸化ナトリウムで行う。

(3) 以下の課題を全員に送り、シミュレーションを行わせ、意見をまとめてまとめる。

- ・なぜ指示薬としてメチルオレンジを使用しなかったか？
- ・酢酸を同じ濃度の硫酸に変えると何が変わるか？
- ・中和点がわかりにくいので、中和滴定に適さない試薬の組み合わせはどれとどれか？

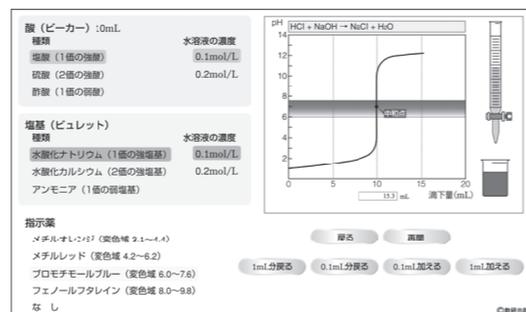


図5 滴定曲線のシミュレーション動画

これらの課題は生徒の理解度に合わせて変えると良いであろう。今までの板書形式では、滴定曲線を含む図の作成に時間がかかり、とすると作図の方に時間をとられ、理由を考える時間が少なかった。

シミュレーションであれば十分に考える時間もあり、ディスカッションによって論点がはっきりする。

さらにレベルを上げれば、以下のような課題にも取り組むことが可能である。

(4) 実験中に中和点より1.0mL手前の混合液では、水素イオン濃度はいくらか？

この課題では、iPadの使い勝手の良さを認識することができる。それはMyScript社製の無償の手書き計算アプリ「MyScript Calculator」を使用できるからである。常用対数の計算ができるので、 $-\log x = 5.2$ と入力すると、 6.309×10^{-6} のように計算ができる。この計算アプリを用いると、対数の理解にも非常に高い学習効果を期待できる。いろいろな計算例から対数の仕組みを実感できるからである。

② 有機化学の構造異性体における授業展開

アルカンの構造異性体は、有機化学における異性体を理解する上で、欠くことができない分野である。本校では、最初に市販の分子模型を組み立てさせ、それを構造式に書かせる、という一般的な展開であるが、これも生徒個人の手先の器用さ、速さにより

授業の進度を調整するのが非常に難しかった。

これを解消するには、グループでのディスカッション形式も有用だが、個人で考えさせて提示させる形式も思考力を鍛える上では効果がある。以下は分子模型での3次元的な理解を得た上で行う展開例である。

(1) 最初に以下のように課題を出す。

「ヘプタン C_7H_{16} の異性体は9通りある。すべて書いてみるが、炭素の鎖(主鎖)の長さで分類して書く。構造式ができたなら、教員側のPCに送る。」事前に炭素の鎖6個、5個、4個のようにグループ別に指示を出してもよい。

(2) 提出されたものをすべて掲示し、同じものをグループ化する。理解度が高い場合は、命名法により名前をつけさせ、名称からも異性体であることが確認できるように指導する。

この展開例では、きれいに書こうとすると大切な考える時間が減ってしまうので、敢えて手書きで提出させる方法をとった。操作にも慣れているのであれば、PerkinElmer社の「ChemDraw」や「Chem3D」などのアプリを使わせると非常にきれいにできる。特に「Chem3D」などで解答を作っておくと、構造式と実際の分子の関わりがよく理解できる(図6)。

もちろん生徒の理解度によって、与える内容を変化させることが大切である。炭素数5個から始めてもよいし、炭素3個+塩素2個の形でも構わない。

理解度が高い生徒の集団には、炭素8個(18通り)以上の課題を与えても興味深く取り組める。

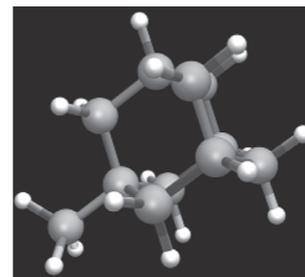


図6 「ChemDraw」や「Chem3D」の分子表示

7. アプリと組み合わせた使用方法

iPadのアプリは非常に多く、Android端末に比べて授業に利用可能なものが多く含まれている。App Storeから無償でダウンロードできるものも多いので、ある程度使える状態にするまでの初期投資が低くて済むことが大変良い。また、生徒の携帯端末はiPhoneを使用している場合が多いので、操作能力も教師より熟練していることがある。

化学で使えるアプリで無償または低価格のものは、「Kingsoft Office Suite Free」や「ChemDraw」などの他にもいろいろある。

・Mild EleMints(Mochi Development社)

周期表のアプリケーション。フルバージョンでなくても使用可能である。

・元素図鑑イン・アクション(Touch Press社)

「世界で最も美しい元素図鑑」の動画バージョンである。有償だが奇抜な実験映像を多く含む。

・各種デジタル教材のサンプル版など。

その他、他教科で使用しているものでも、美術科用のアプリ、「タイム・ライン-美術館」のいくつかの絵を用いて、無機塩の色を説明することなども可能であり、教科の枠を超えた授業形態を生み出すことが可能であろう。

8. おわりに

これらの教材を使用する際に、指導する方々にとっては、電子教科書の使用によって学力の低下や、実験観察を行う時間の縮減につながらないこと、穴埋めや○×問題の増加につながらないこと、単なるプレゼンテーション授業にならないこと、など留意すべき点は多々ある。そしてこれらの点に留意すると導入には後ろ向きの姿勢にならざるを得ない、という意見が多いことも事実である。確かにこのシステムならではの、という学習形態は今のところ少ないかもしれない。良質の教材がある程度の量を提供されるまで、併用などの工夫をする形がしばらく続くであろう。

今現在の生徒は生まれたときからデジタル端末が身近にある「デジタルネイティブ世代」である。彼らに最適の授業を提供してゆくことも我々の世代の務めであると考えている。

参考文献

- 1) 新たな情報通信技術戦略(教育関連)
平成22年5月11日高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部決定 p.40
- 2) 日本化学会「デジタル教科書」推進に際してのチェックリストの提案と要望
日本化学会ホームページ
http://www.ipsj.or.jp/03somu/teigen/digital_demand.html