

(Memoirs of the Faculty of Education and Human Studies)
 Akita University (Natural Science)
 61, 39-43 (2006)

Web上での化学教材

—シクロデキストリンについて—

浜井三洋*・留野 泉*・和田光弘**・上田晴彦*・小松正武*[§]・山岡 剛*

Learning Materials for Chemistry on the Web; cyclodextrins

Sanyo Hamai*, Izumi Tomeno*, Mitsuhiro Wada**, Haruhiko Ueda*,

Masamu Komatsu*[§], and Tsuyoshi Yamaoka*

*Faculty of Education and Human Studies, Akita University

**Graduate School of Biomedical Sciences, Course of Pharmaceutical Sciences,

Department of Clinical Pharmacy, Nagasaki University

Abstract

We have prepared learning materials for a field in chemistry, cyclodextrins, on a web server at Faculty of Education and Human Studies, Akita University. The web-pages for the learning materials have been expressed as a frame-page type, which has divided a screen into two parts. The contents corresponding to the indication of a button are represented on a screen of the right-hand side, when one clicks a button on the part of the left-hand side. The learning materials have been reviewed by students of Noshiro high school. Their comments based on the review have been analyzed to improve the learning materials on the server.

1 はじめに

インターネットの普及に伴いWeb上での学習システムの開発がなされてきている。たとえば、6段階のレッスンとレッスン内容に沿った演習から構成されている栄養学に関するWeb学習システムの構築が報告されている¹⁾。一方、実際の学習システムでは現場の教師の関与が必要なため、教師が利用できるWebベースのシステム開発ツール構築の試みもなされている²⁾。また、Web上での化学(実験)に関する教材も最近はいくつか見られるようになってきた。たとえば、岩手化学教材研究会のホームページ(URL: <http://www.geocities.co.jp/HiTeens-Panda/3609/frametop.html>)には「白金線でメタノールを燃やす」、「氷と濃硫酸の反応」などの解説と静止画像

の他に「Mgと高温の水蒸気との反応」などの動画も掲載されている。また、「いますぐできるわくわく化学実験」(<http://www005.upp.so-net.ne.jp/konan/>)では多くのテーマの実験が説明のみでなく動画などでも解説されている。さらに、「化学の学校」(<http://www.juen.ac.jp/scien/cssj/005flrs.html>)では化学教材に関するリンク集などが掲載されている。

これらの化学教材は比較的身近なものを使用したり、生徒でも実験できるテーマを扱っているものがほとんどである。学校教育における理科の学習内容は学習指導要領の制約を受けるため、自然科学分野の最新の進歩がたとえどんなに魅力的であっても、それを授業に取り入れることは最近まで困難であった。しかし、学校教育への総合的な学習や選択教科の導入と、インターネット網の学校や家庭への著しい浸透によって、Web上で魅力的な

[§] Deceased

理科教材を提供できさえすれば、教科書に載っていない自然科学の面白さ、先端科学の躍動感を伝えることが可能になってきたと思われる。このような状況の下、著者らはWeb上に理科教材を置いて生徒がいつでも自由にインターネットを通してアクセスし、新しい領域の自然科学について学習できるシステムを構築することを目指した。

今回著者らが作成しているのは、先端科学の複数の事項に関するWeb上の教材であり、現在も新たな項目について作成中であるが、ここではその中から化学分野の「シクロデキストリン」について述べる。

6個以上のD-グルコピラノースが環状につながった分子であるシクロデキストリンを化学教材として取り上げ、Web上に「シクロデキストリン」に関するホームページを作成した。このホームページを実際に高校1年生と3年生に見せて、アンケートに答えてもらい、化学教材としての有効性を調べるとともに、この教材を改良するためのデータ収集を試みた。

2 結果と考察

1) Webページ全体の構成

著者らのグループが作成したコンテンツを含む理科教材をアップロードするための専用のサーバーを秋田大学教育文化化学部内に構築した。そのサーバーに先端科学のホームページ (<http://science.is.akita-u.ac.jp/education/sentan/index.htm>) を置き、そこに、「超伝導」、「シクロデキストリン」、「化学発光」、「レーザーマニピュレーション」、「燃料電池」の教材のサイトへ跳ぶためのボタンを配置してある。先端科学のホームページから移ることのできる「シクロデキストリン」のトップページのURLはhttp://science.is.akita-u.ac.jp/education/cyclodextrin/framepage_1.htmである。

2) シクロデキストリンのWebページ

印刷物では全体の構成は目次を見ると一目でわかる。しかし、Web上のホームページでは全体的な様子がわかりにくいことが多い。そこで、教材（ここではシクロデキストリン）の全体構成が一目でわかるように、フレーム型のページ構成とし、画面を左右に2分割した。左側のフレーム内に「歴史」、「構造-1」、「構造-2」、「包接現象」、「応用」、「用語」、「質問」のボタンを配置し、それぞれのボタンをクリックするとそれに対応した内容が右のフレーム内に表示されるようにした。例として図1に「構造-1」のボタンをクリックしたときの画面の一部を示す。実際の画面では背景に色がついているが、図を見やすくするために、ここでは背景を無色にしてある。われわれが今回作成した他の教材では実験のビデオ映像などを採り入れた場合もあるが、シクロデキストリンの教材では結晶

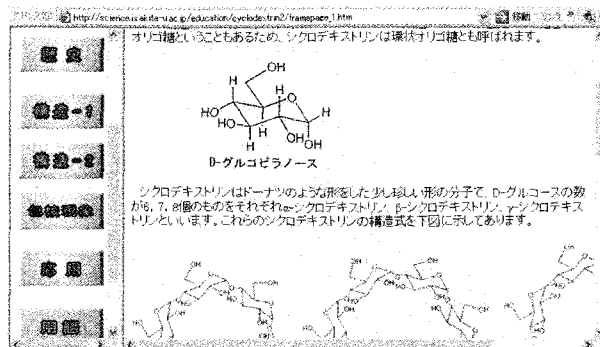


図1 「構造-1」ボタンをクリックしたときの画面。

の写真、構造式、包接現象の図の他に、3次元の分子モデルを多用してシクロデキストリンのイメージをつかめるようにした。

「構造-1」および「構造-2」ではシクロデキストリンを構成しているD-グルコース（D-グルコピラノース）の説明と各種のシクロデキストリン分子の形などを説明している。

「包接現象」では、他の物質では見られないシクロデキストリンの特異的な包接現象を、ナフタレンをゲスト分子として、分子モデルのアニメーションを用いて解説した。なお、包接過程の様子はMM2（分子力学法）で計算した。「応用」ではチューブ入りの練りわさびなどの製品に用いられていることなどを、写真なども使って解説した。これらの解説を読んでも疑問に思う点は著者らにメールで質問できるようにした。質問に対してはメールで回答することにしてある。これは学習者の理解を助けるだけでなく、質問事項から学習者が理解しにくい点がかかるため、教材の改善に役立つことも期待できる。

Web上での教材でも理想的には各学年別に作成すれば良いが、実際には時間や労力などのことがあって非常に困難である。印刷教材と異なるWeb上の教材の特性を生かして、あまり基礎知識をもたない学習者にも読んでもらえるよう、難しそうなる用語については、クリックする

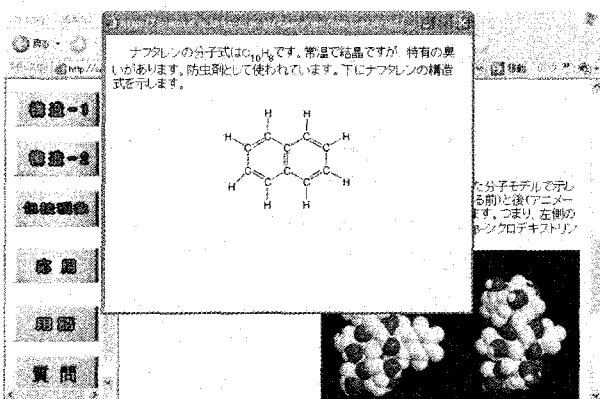


図2 本文中でナフタレンをクリックしたときに現れた用語解説のための新しいwindow。

と別windowが開いて解説を読むことができるようにした。もちろん、用語解説のwindowにも必要に応じて図などを入れた。これにより、基礎知識のある学習者にとっては、すでに自分が理解している余計な解説文に煩わされることなく内容を読み進むことができる。すなわち、学年（知識の程度）にある程度の幅のある者が学習できる化学教材になったのではないと思われる。

図2には本文中にある用語の「ナフタレン」をクリックしたときに現れた新しいwindowの様子を示している。なお、左側のフレームの「用語」ボタンをクリックすると、別windowで解説を読むことのできる用語の一覧表が右側のフレーム内に表示され、そこからそれぞれの説明文を参照することができる。

3) Webページについてのアンケート調査

サーバー上に作成した上記のシクロデキストリンのWebページを、秋田県立能代高等学校の1年生68名（男子40名、女子28名）と3年生40名（男子24名、女子16名）に見てもらい、アンケートに答えてもらった。50分間の授業時間の30-40分間で、各人1台のパソコンを用いてWebページを見てもらい、残りの時間でアンケート用紙に書き込んでもらった。実施時期は1年生が2004年7月末、3年生が8月末である。3年生は理系のクラスであるが、1年生はまだ文系、理系の区別がない。1年生は「化学I」を履修し始めたばかりで、有機化学をまだ学習していないのに対し、3年生は「化学IB」を履修済みであり、さらに「化学II」で夏休み前にデキストリンについて学習している。また、デキストリンに関連してシクロデキストリンについても、授業で教師がふれたとのことである。

アンケートの質問項目には、最後の自由記述の欄以外にも記述欄（主にその項目で○をつけた理由など）を設けたものもあるが、本論文ではスペースの関係でそれらには深くふれないこととする。

(1) 「シクロデキストリン（環状オリゴ糖）を知っているか」について尋ねた。この間に対する「はい」は1年生6名、3年生29名であった。この学年による差は授業で教師がふれたことがあるかどうかの違いと考えられる。実際、「はい」と答えた3年生の生徒のほとんどは「先生から聞いた」と記述していた。

(2) 知らなかったこと、わからなかったことについて理解できたかについて尋ねた結果を表1に示す。表1のデータから、明らかに3年生の方が、内容を理解できたと感じた者が多かった。この違いはやはり、有機化学の基礎知識の差によるところが大きいように思われる。

表1 理解度の回答状況。

	1年生	3年生
理解できた	12%	20%
少し理解できた	53	73
理解できなかった	35	5
すでに知っていた	0	0
無答	0	3
総計（人数）	68	40

(3) シクロデキストリンの分子モデルに対する興味について尋ねた結果を表2に示す。

表2 分子モデルについての回答状況。

	1年生	3年生
興味をもてた	9%	20%
少し興味をもてた	50	63
あまり興味はもてない	38	13
全く興味はない	3	3
無答	0	3

表に示すように、3年生では8割以上の生徒が分子モデルにある程度興味を示したのに対し1年生では「（あまり）興味はもてない」という者が4割を超えた。後述のように1年生では、自由記述欄に内容が難しいと書いた生徒が比較的多く、加えて、3年生には見られない、「構造の部分がわからない」という記述が複数あったことから、原子数の多いシクロデキストリンの分子モデルを複雑でわかりにくく感じた者がかなりあったと推測される。

(4) シクロデキストリンがナフタレンを包接する過程を描いたアニメーションについて尋ねた結果を表3に示す。

表3 包接現象のアニメーションについての回答状況。

	1年生	3年生
面白い	12%	40%
少し面白い	32	43
あまり面白くない	46	15
全く面白くない	6	0
無答	4	3

ここでも3年生の方が、興味をもった者が多かった。

(5) Webページには、シクロデキストリンが使われている製品の一部分やその成分表の写真を載せて説明してある。その上で、シクロデキストリンを含む製品を使ったことがあるか尋ねた。その結果を表4に示す。学年を問わず、ほとんどの生徒が使ったことがあると答えている。

表4 シクロデキストリンを含む製品を使ったことがあるか否かについての回答状況。

	1年生	3年生
はい	87%	96%
いいえ	12	3
無答	1	0

(6) 上の質問で「はい」と答えた生徒に、シクロデキストリンが含まれているのを知って製品を使ったかどうか尋ねた結果を表5に示す。

表5 シクロデキストリンが含まれているのを知って製品を使ったか否かについての回答状況。

	1年生	3年生
はい	0%	5%
いいえ	87	90

1年生、3年生ともほとんどの生徒が、シクロデキストリンが含まれているのを知らずに製品を使っていた。(7) 関連する用語で難しいものは、クリックすると新しい別windowが開いて解説を読むことができるが、それらを見たかどうかを尋ねた結果を表6に示す。

表6 用語解説を参照したか否かについての回答状況。

	1年生	3年生
見た	53%	80%
見ない	37	8
別の用語が欲しかった	4	0
無答	6	13

1年生では、用語の解説を全く読んでいない者が約37%いたが、3年生ではほとんどの者が読んでいた。

ここで、いくつかの回答項目についてクロス集計を行った。用語解説参照の行動と教材理解度との関連を見ると、ほとんどの者が解説を読んだと答えた3年生では相関が認められなかったが、1年生では、表7に示すように正の相関が見られた。

表7 1年生における理解度と用語解説参照との関連。

	見た	見ない	その他	人数
理解できた	100%	0%	0%	8名
少し理解できた	53	39	8	36
理解できなかった	38	46	17	24

また教材の理解度と分子モデル図に対する興味の度合いとの関連についても、3年生では相関が見られなかったが、1年生では、「(あまりあるいは全く)興味をもてなかった」と答えた者の割合が、「教材を理解できなかった」と答えたグループで高かった。次に、教材理解度と包接現象のアニメーションに対する興味の関係を見ると、1・3年生とも、理解度を高いと感じた者ほど、興味を強く感

じていた(3年生についての集計結果を表8に示す)。

教材に対する理解度とアニメーションへの興味との相関が比較的明瞭だったことは、焦点が絞られた内容のこのアニメーションが、包接現象に対する理解や興味を強める働きをもつことを示唆する。その一方表3に示す1年生と3年生の比較から、アニメーションに興味をもつには予備知識が必要なことが窺える。

表8 3年生における理解度とアニメーションへの興味との関連。

	面白かった	少し面白かった	あまり面白かった	全く面白くない	無答	総計
理解できた	100%	0%	0%	0%	0%	8名
少し理解できた	28	55	14	0	3	29
理解できなかった	0	0	100	0	0	2
無答	0	100	0	0	0	1

アンケートの最後に自由記述で、このシクロデキストリンのWebページ教材を見た感想を書いてもらった。自由記述なのでさまざまなことが書かれていたが、似た内容を整理して集計した。一人で複数の項目にわたる記述をした者もあった。

1年生では、シクロデキストリンがたとえばチューブ入りの練りワサビに入っていてそれを知らずに食べていたことを知り、「シクロデキストリンが身近にあることが分かった」、「シクロデキストリンが身近で使われているのは驚き」といったようなことを書いた生徒が20人ほどいた。このような驚きを、化学に興味を持たせるきっかけとして使えたらというのが、著者らの1つの思いでもある。一方3年生では、上のようなことがらについて触れている生徒も数人いたが、むしろ「新しい知識を得ることができた」「包接現象について知ることができた」「有機化学の分野に興味をわいた」など、新しい知識を吸収していく意欲を感じさせる記述が目についた。

また、教材が「わかりやすい」と記述した者は、1年生では数人しかおらず、逆に「難しかった」「難しくてもよくわからなかった」などの記述が15人ほどと比較的多かった。これに対し3年生では、「わかりやすかった」「アニメーションや図が入っていてわかりやすかった」などの肯定的な意見を述べた生徒が、半数の20人近くもいた。また、教材の内容を理解できたか否かの質問に対して、1年生と3年生で回答にかなりの差があるのは、表1に示した通りである。

以上の結果から著者らは、有機化学を学んでいない高校1年生は、教材のWebページに詳しく述べた、構成単位であるD-グルコピラノースについての解説を受け入れ

るのに必要な基礎知識がないために、シクロデキストリンについての記述を理解するのが難しかったものと考えた。化学Iでは官能基を含む化合物について、化学IIでは食品中の主な成分や生命体を構成する基本的な物質の構造と性質を学ぶ。したがってこのWebページは、高校程度の有機化学を学んだ生徒には十分理解できる内容であると思われる。

教材を作成するさいに、対象とする生徒の知識レベルに対する配慮が求められるのは当然であるが、このアンケート調査ではその必要性が、学年による明瞭な違いという形で具体的に示された。すなわち、今回の教材ではWebの特徴を生かして難しい用語などの解説を別windowで容易に読めるよう工夫したが、それでも有機化学の基礎知識がない1年生の場合、シクロデキストリンの説明内容を難しいと感じることが示唆された。この点、今後さらに改善に取り組む必要がある。

このWebページでは、内容が理解できなかつたり疑問が生じたりしたときには、著者らに質問のメールを送ることができるようにしてある。わからないことや、疑問について、メールで直接専門家から教えてもらえるシステムにすれば、Web上の教材の価値が非常に高まると考えられる。しかし、残念ながら学校現場の多くは、今回の調査をお願いした高校と同様、教室のパソコンから生徒がメールを送れる設定にはしていないようである。この点に関しては、アドレスを表示することにより、携帯電話からメールを送ってもらうといった工夫が考えられるかもしれない。

4 おわりに

以上述べてきたように、今回作成した、シクロデキス

トリンをテーマとしたWebページ上の化学教材は、有機化学を学んだ高校3年生には十分理解できる内容であった。その一方、有機化学を学んでいない生徒にとっても興味深く理解しやすい内容となるよう、改良が必要であると思われる。今後、シクロデキストリン分子による包接という特異的な現象を通じて、より多くの生徒に対して化学への興味を喚起できる教材にしたいと考えている。

このアンケート調査終了後、2005年の7月にホームページのバージョンアップを行った。フレーム型ではWeb上で検索を行ったときに片側のフレーム内容しか表示されない問題点があることがわかり、フレーム型を止めることにした。しかし、ホームページの全体像が一目でわかるように項目ボタンを各ホームページの右上に表示されるようにしたので、ホームページ製作の基本方針に変化はない。今後、この新バージョンでのアンケート調査を行うことも視野に入れて、Web上の理科教材の改善を続けたいと考えている。

謝 辞

本研究のアンケート調査を行うにあたりご協力いただいた、秋田県立能代高等学校の菊谷一校長ならびに腰山岳大教諭、桜井博文教諭に深く感謝します。

本研究は文部科学省の平成15-16年度科学研究費補助金特定領域研究(2)「新世紀型理数科系教育の展開研究」(課題番号15020210)の助成により行われた。ここに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 吉本優子, 前迫孝憲, 教育システム情報学会誌, 20, 284 (2003).
- 2) 朱仲武, 新田保秀, 王樵, 近藤邦雄, ベルーズ・ファー, 教育システム情報学会誌, 16, 149 (1999).