

先端科学分野に関する Web 上の理科教材の開発†

浜井 三洋・留野 泉*

秋田大学教育文化学部

和田 光弘**

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科

上田 晴彦・小松 正武・山岡 剛***

秋田大学教育文化学部

秋田大学教育文化学部内に構築したサーバーに、「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」についての理科教材をアップロードし、ホームページとして公開した。これら先端科学に関する Web 上の教材には図、静止画像、動画、アニメなどを多く採り入れ、Web の特徴を生かすようにした。シクロデキストリンのコンテンツでは β -シクロデキストリン分子の空洞にナフタレン分子が包接される反応過程を分子動力学により計算した結果をアニメとして構成し、シクロデキストリンの包接現象を理解しやすいようにした。化学発光の Web ページでは実験の様子ビデオ映像を採り入れた。レーザーマニピュレーションの Web ページでは多数の微粒子がレーザー光に捕捉されて文字や図形として配列する様子なども動画として見るようにした。

キーワード：インターネット、理科教材、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

1. はじめに

インターネットの普及が社会に与えた影響は大きく、社会構造あるいは社会構造の土台そのものが大きく変化していく気配を感じさえする。社会の枠組みに組み入れられている教育分野においても、その影響ははかりしれないものがあるように思われる。

事実、大学教育においてはすでに学生への連絡やカリキュラムの一部にインターネットが利用され始めている。中等教育などにおいても、学校現場にパソコンが導入されてきており、インターネットの利用がますます進むものと思われる¹⁾。しかし、学校においてインターネットを有効に活用するためには、パソコンなどのハード面での充実だけではなく、同時にソフト面たとえば Web 上の教材などの開発、充実が必須のものとなってくる。

Web 上の理科教材に関しては個々のテーマに関するいくつかのホームページが存在する。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/>)

2005年1月24日受理

†Development of Learning Materials for Advanced Science on the Web

*Sanyo HAMAI and Izumi TOMENO, Faculty of Education and Human Studies, Akita University, Akita

**Mitsuhiro WADA, Division of Analytical Research for Pharmcoinformatics, Department of Clinical Pharmacy, Course of Pharmaceutical Sciences, Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki University, Nagasaki

***Haruhiko UEDA, Masamu KOMATSU, and Tsuyoshi YAMAOKA, Faculty of Education and Human Studies, Akita University, Akita

では多くのテーマの実験が文章のみでなく動画などでも解説されている。仙台市科学館のホームページ (<http://www.kagakukan.sendai-c.ed.jp/yakuhin/>) には静止画像で説明したいくつかの実験が掲載されている。科学技術・理科教育のためのデジタル教材提供システムとして「理科ネットワーク」のホームページ (<http://www.rikanet.jst.go.jp/>) がある。さらに、これらの化学教材のリンク先を掲載した「化学の学校」 (<http://www.juen.ac.jp/scien/cssj/005flrs.html>) のようなホームページも存在する。インターネット上の全分野の理科教材のコンテンツを検索するシステムとしては教育政策研究所で構築している NICER がある²⁾。しかし、このシステムでは登録してある各ホームページ上のコンテンツしか検索できない。一方で、Web 上の理数科教材の一覧をまとめた冊子も発行されている³⁾。

このように Web 上に各種の理科教材があるが、量的にまだまだ不足しているとともに、教員用の教材が比較的多いように思われる。したがって、学習者に直接利用してもらえ教材を Web 上に数多く作成する必要があると考えている。また、一部の理科教材を除いては、比較的身近なテーマを取り上げたものがほとんどである。Web 上の理科教材作成の1つの方向としては、Web 上の教材としての特色を生かした、生徒が普段実験できない、あるいは教科書に載っていない、現代科学のまさに発展中の分野に関する教材の開発が挙げられる。古典的な科学だけではなく、現代科学の先端分野における研究成果を教材化することにより、子供達の興味を理科、ひいては自然科学へ引きつける一助となると考えている。このような考えに基づいて、我々は特に先端科学分野に絞り、主として中高校生を対象とする Web 上の理科教材の開発および公開を行ってきた

ので、それについて報告する。

2. サーバー

Web 上の理科教材の開発・公開には教材を置く Web サーバーが必要となる。我々にとって幸いなことに、文部科学省の科学研究費補助金、特定領域「新世紀型理数科系教育の展開研究」(領域代表者：増本 健 東北大学名誉教授) において研究課題「先端科学を採り入れた学習における IT 活用の新しい理科教育カリキュラムの開発」(浜井 (代表者)、留野、和田、上田、小松、山岡) が採択された。そのプロジェクト遂行のために購入し、秋田大学教育文化学部内に設置した HIT 社製の HPC-P4F8 を Web サーバーとして使用した。サーバーの規格およびソフトウェアは以下のとおりである。CPU：インテル Pentium4 (3.0GHz)、メモリー：2GB、HDD：120GB、OS：Red Hat Linux release 8.0、Web サーバーソフト：Apache ウェブサーバー。サーバーとして立ち上げたのは2003年10月である。それまでは一時的に、秋田大学総合情報処理センターにおける上述の研究課題の代表者のディレクトリーを使用していた。

3. 理科教材の Web マップ

これまでに、我々のグループで作成した Web 上の理科教材は「超伝導」、「シクロデキストリン」、「化学発光」および「レーザーマニピュレーション」の4テーマである。この Web 上の理科教材の構成としては、トップページとして「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」などの各テーマに飛ぶためのボタンを配置した (図1)。(財) 国際超電導産業技術研究センター (<http://>

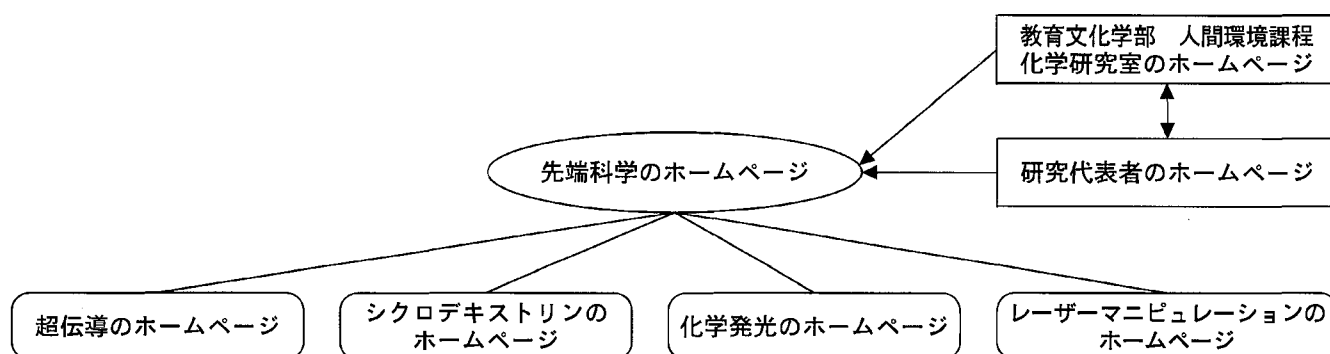


図1 先端科学の理科教材の Web マップ

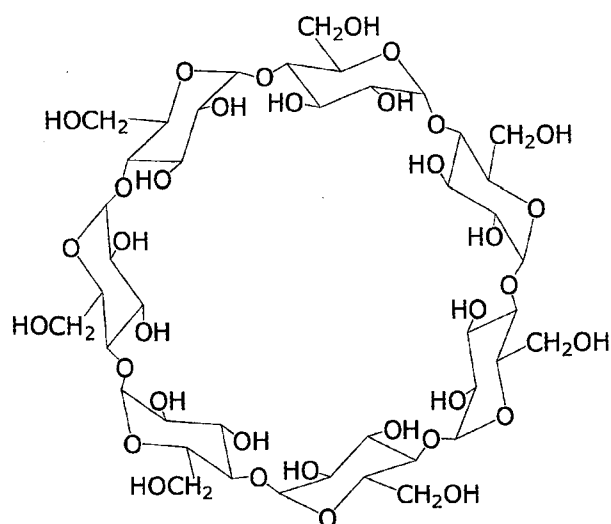
www.istec.or.jp/index-J.html) の超電導関連サイトから我々の「超伝導」の Web ページへのリンクが存在する⁹⁾。また、「先端科学」および各テーマのホームページに対して、教育文化学部人間環境課程の化学研究室および研究代表者のホームページからもリンクを張ってある。本プロジェクトにおける理科教材の独立性を考慮して、現在のところ、逆方向になる「先端科学」のホームページから化学研究室および研究代表者のホームページへのリンクは張っていない。「先端科学」のホームページへのアクセス数は開設以来2005年1月中旬で2300回を超えており、かなり多くの人たちがアクセスしていることが窺える。

4. 理科教材のテーマ選定

生徒たちに理科や自然科学に興味をもってもらい、理科離れを少しでも解消するために、自然科学の先端分野のテーマを Web 上の理科教材とすることを旨とした。そのために、現在活発に研究が行われており、現象として興味をひきそうなもの、なおできれば、その研究の成果が社会で応用されている分野があればよりインパクトの強い教材となりうるので、そのような分野を優先的に選んだ。

4.1. 超伝導

以上のことを考慮して最初に採り上げたのが、「超伝導」である。このテーマは何よりも学術的に非常に面白い分野であり、超伝導に関する研究に対して過去にノーベル賞受賞者を4回出している分野でもある。すなわち、極低温での超伝導現象の発見により、1913年にオネスが超伝導分野の研究における最初のノーベル物理学賞を受賞し、超伝導現象を説明するBCS理論を打ち立てたバーディーン、クーパー、シュリーファーらが1972年に、高温超伝導を発見したベドノルツとミュラーが1987年に、MRI(磁気共鳴画像診断装置)開発の基礎を築いたラウターバーとマンズフィールドが2003年にノーベル賞を受賞している。超伝導現象を利用すると、非常に強い磁場を発生する超伝導磁石を作ることができ、これを用いたMRIが先端医療装置として社会で使われている。さらに、超伝導磁石が開発されたことにより、物質の磁氣的性質を解明することのできるNMR(核磁気共鳴装置)が物理学、化学、生物学の広い分野で使用されて研究の進歩に貢献し、もはや科学の研究に無くてはならない実験装置となって



β-シクロデキストリン

図2 β-シクロデキストリンの構造式

いる。また、超伝導磁石はリニアモーターカーに使われており、これも将来実用化されて社会に大きな利便を与えることが予想される。

4.2. シクロデキストリン

シクロデキストリン(環状オリゴ糖)はD-グルコース(D-グルコピラノース)が6個以上環状につながった化合物で、そのため分子の中心に空洞がある非常に珍しい形をしている⁹⁾。一例としてβ-シクロデキストリンの構造式を図2に示す。シクロデキストリン分子には空洞が存在するため、化学結合を形成することなく、物理的な力で疎水性の有機化合物などを空洞内へ取り込む(包接する)という他の分子では見られない特異な性質をもっている。このような特性をもつシクロデキストリンは食品、菓子、飲料、医薬品などの身の回りの製品に使われている。代表的な使用例として、チューブ入りの練りワサビの製品がある。それに添加されているシクロデキストリンはワサビの香気成分を空洞内に包接することにより、香気成分が製品から抜けないようにする働きをしている。このように、学術的な観点だけではなく、応用的あるいは社会的にも有用な物質であるため、生徒に物質の特性などに関する科学への興味をもたせる格好のテーマであると考えた。

4.3. 化学発光

化学発光の代表的な例としてはホタルが放つ光がある。化学発光は熱を伴わず、この点で白熱灯や蛍光灯などと異なる特異的な発光である。発光はエネ

ルギーの高い励起状態からエネルギーの低い状態（通常は基底状態）への電子遷移に伴う電磁エネルギーの放出である。したがって、発光が起こるためには励起状態が生成される必要がある。通常、励起状態は光、放電、熱などのエネルギーを用いて生成されるが、化学発光では化学反応のエネルギーにより励起状態が作られる。この化学発光現象自体が学術的に興味のある分野であるにも拘わらず、反応機構などが未だ完全に解明されておらず、研究が続けられている⁶⁾。応用面では、携帯用の光源（ケミカルライト）や夜釣り用の浮きとして化学発光を利用した製品が実用化されている。このようなことから、理科教材として適していると考えた。

4.4. レーザーマニピュレーション

レーザー光の指向性の良さや集光度の高さなどの特徴を生かして、レーザー光により微粒子を捕捉し操作する技術をレーザーマニピュレーションという。レーザーはレーザーポインターやレーザープリンターなど身近な製品に使われ一般の人にも知られるようになったが、レーザーマニピュレーションについてはほとんど知られていない。しかしこの技術は、レーザー光をあたかもピンセットとして、ミクロの装置（マイクロマシーン）の製作や、DNAなどの高分子の取り扱いのできる手法として注目されている。学術的にも光の圧力に関する興味ある課題であることから、先端科学の理科教材のテーマとして取り上げた。

5. ホームページのコンテンツ作成

文書による教材では内容の概略は目次などを見たり、パラパラとページをめくったりすれば一目でわかる。しかし、Web上の教材では表示画面の狭さなどもあって、内容の概略を一目でつかむことは困難である。そこで「先端科学」の教材では、内容の概略が一目でわかるように、各Webページの構成は左右に分割したフレーム型とし、左側のフレーム内には「歴史」、「原理」、「実験」、「応用」などの項目のボタンを配置して内容の概略が一目でわかるようにした。これらのボタンをクリックすると、それに対応した内容が右側のフレーム内に表示される。

5.1. 超伝導

超伝導のWeb上の教材では（財）国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所の使用許可を得た超伝導物質や超伝導コイルなどの画像および

超伝導物質の磁気浮上の画像、（財）日本相撲協会の許可を得た力士の磁気浮上の画像、（財）鉄道総合技術研究所から使用許可を得たリニアモーターカーの画像、動画などを配置した。これら以外に、我々のグループで合成した超伝導物質（ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ）を用いた磁気浮上の実験をビデオ撮影し、コンテンツとした。この超伝導物質は約90K以下で超伝導を示すので、液体窒素を用いて磁気浮上を実現できるものである。

5.2. シクロデキストリン

シクロデキストリンの教材ではD-グルコピラノースがそれぞれ6, 7, 8個からなる α -、 β -、 γ -シクロデキストリンに焦点を当ててコンテンツを作成した。CambridgeSoft社のChemDrawとChem3Dソフトを用いてそれぞれ構造式と各種の分子モデルの3次元画像を作成した。また、D-グルコースが光学異性体であることから、光学異性についても分子モデルを用いて解説した。ゲスト分子がシクロデキストリンの空洞内に取り込まれる包接現象を理解してもらうために、 β -シクロデキストリンの空洞にナフタレン分子が包接される反応過程をChem3Dソフトを用いMM2（分子動力学計算）により計算し、その結果を用いて、どのような反応経路で包接過程が進行するかを分子モデルのアニメとして作成した。このことにより、直接目で見ることのできない分子レベルでの出来事を視覚的に認識できると考えた。

我々の行った計算によると、 β -シクロデキストリン分子とナフタレン分子の距離が離れているときと β -シクロデキストリン分子の空洞に包接されたときの系のエネルギー差は30.604kcal/molにもなることがわかった。包接による安定化エネルギーがこのように大きいのに対し、常温付近の熱エネルギー（RT）の値はおよそ0.6kcal/molであるので⁷⁾、常温付近でナフタレン分子の包接が充分起こりうる事が理解できる。図3aには β -シクロデキストリン分子とナフタレン分子が離れているとき、図3bには β -シクロデキストリン分子の空洞にナフタレン分子が包接されたときの様子を示した。シクロデキストリンの空洞にナフタレン分子が引き込まれる原因は物理的な分子間力によるものである。これまで、この系での計算は行われていなかったが、ナフタレン分子が β -シクロデキストリンの空洞に包接されるにつれて、 β -シクロデキストリンの形状が歪んでくるのが確認された。 β -シクロデキストリ

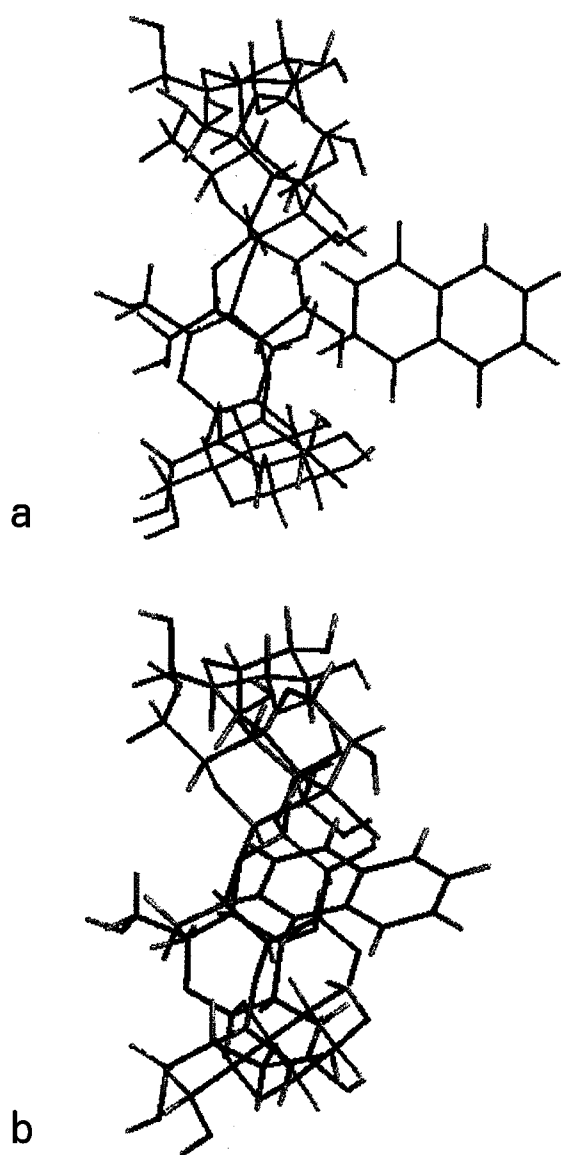


図3 (a) β -シクロデキストリン分子とナフタレン分子が離れているときの配置 (計算開始時の分子配置).
(b) β -シクロデキストリン分子とナフタレン分子との包接錯体形成後の配置 (計算終了時の分子配置).

ン分子自身は空洞が歪むとエネルギーが高くなり不安定になるが、空洞が歪むことにより空洞内のナフタレンと β -シクロデキストリンとの距離が短くなるため、分子間力は大きくなる。その結果、系全体のエネルギーは低下することが考えられる。このエネルギー計算は真空中に β -シクロデキストリン分子とナフタレン分子を配置したときのものであるが、実際の系では水中で包接が起こる。したがって、今後、可能ならば、溶媒としての水を考慮したエネルギー計算を行いたいと考えている。この研究において、エネルギーの低い反応経路を計算し、包接反応

の過程を視覚的に示したコンテンツを加えたことにより、学習者が包接現象のイメージをとらえやすくなったと思われる。

5.3. 化学発光

シクロデキストリンのコンテンツとしては、3次元の各種の分子モデルを多く採り入れたが、化学発光の教材ではルミノール発光と過シュウ酸エステル化学発光の実験の様子を撮影したビデオ映像を主なコンテンツとして構成した。当然ながら、化学発光は化学反応の1種であるので、構造式や化学反応式などもWebページに図として表示した⁶⁾。ルミノール発光では、ルミノールが反応して生じた生成物からの発光が観測される。一方、過シュウ酸エステル化学発光では、シュウ酸エステルと過酸化水素との反応生成物により、共存している蛍光物質の励起状態が生成され、そこからの発光が観測される。したがって、共存している蛍光物質を変えることにより、発光特性すなわち発光色を制御できるという特徴がある。

ルミノール発光の各ビデオ画像の作成において用いた試薬および操作は以下のとおりである。

- (1) 10倍に希釈した次亜塩素酸ナトリウム水溶液 3mL におよそ $1 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ のルミノール水溶液 3mL を加えた。
- (2) およそ 10mg のヘモグロビンを 10mL の水に溶かした溶液 1mL に過酸化水素溶液 3mL を加え混合し、さらにルミノール溶液 3mL を加えた。
- (3) 擬似血痕の検出では、あらかじめヘモグロビン溶液を布に染み込ませておき、そこへルミノール溶液と過酸化水素溶液の等量混合液を滴下して、ルミノール発光を観測した。

一方、過シュウ酸エステル化学発光のビデオ撮影の際に用いた試薬および操作は以下のとおりである。この実験では発光物質としてペリレンとローダミン B を用いた (図 4)。ペリレンの溶液は淡黄色であるが、蛍光は青白い色をしている。したがって、ペリレンを用いた過シュウ酸エステル化学発光も青白い発光である。一方、ローダミン B は溶液も蛍光も赤色である。したがって、ローダミン B を用いた過シュウ酸エステル化学発光では赤色の発光を観測することができる。

- (1) ペリレンを発光物質とした過シュウ酸エステル化学発光
ペリレンの $1 \times 10^{-3} \text{ M}$ フタル酸ジメチル溶液 3mL

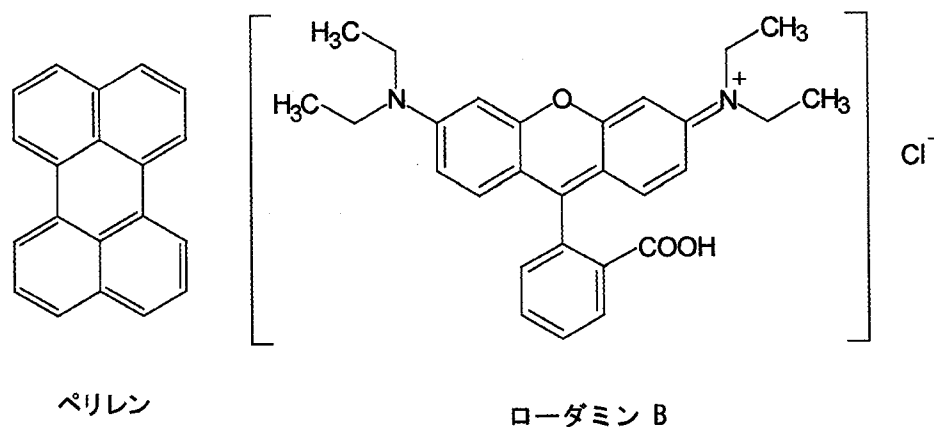


図4 ペリレンおよびローダミン B の構造式

に0.2M の過酸化水素の 2-メチル-2-プロパノール-フタル酸ジメチル (20:80) 溶液 3mL を加える。この混合溶液におよそ 2mg のシュウ酸ビス (2,4-ジニトロフェノール) を加えて良く振り混ぜると、ペリレンからの発光を見ることができる。

(2) ローダミン B を発光物質とした過シュウ酸エステル化学発光

ローダミン B の 1×10^{-3} M フタル酸ジメチル溶液 3mL に 0.2M の過酸化水素の 2-メチル-2-プロパノール-フタル酸ジメチル (20:80) 溶液 3mL を加える。この混合溶液におよそ 2mg のシュウ酸ビス (2,4-ジニトロフェノール) を加えて溶かすと、ローダミン B からの発光を観測できる。

過シュウ酸エステル化学発光は夜釣り用の浮き、コンサート会場などで使う発光棒 (ケミカルライト)、キャンドルとして製品化されているので、ケミカルライトが光っている様子などのビデオ画像もコンテンツとして掲載した。

5.5. レーザーマニピュレーション

レーザーマニピュレーションは、レーザー光によりマイクロメートルのオーダーの微粒子を自在に操作する技術をいう。レーザーマニピュレーションを理解してもらうためには、レーザー発振やレーザー光の性質などについての基礎知識をある程度もつことが望ましい。そこでこの教材では、レーザーについての解説も掲載した。レーザー (laser) は Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation の略で、レーザーが開発される前にすでにそれより波長の長いマイクロウェーブでの発振が実用化された。マイクロウェーブの波長領域の発振の場合はメーザー (maser) と呼ばれており、レー

ザーにおける Light を Microwave で置き換えた用語が用いられていた。

レーザー光は太陽光などと異なり、(1)指向性に優れている、(2)単色性に優れている、(3)コヒーレントな光である、(4)強いパワー密度の光が得られるなどの特徴を備えている。そのため、それぞれの特徴を生かして種々の分野、用途で使われている。レーザーマニピュレーションは、レーザー光の特徴のうち、指向性に優れている点と強いパワー密度を生かした応用技術である。「レーザー」項目ではレーザー発振の原理について、図などを作成して解説した。また、He-Ne レーザー、YLF レーザー、Ar レーザー、Ti-サファイアレーザー、色素レーザーの静止画像や He-Ne レーザー、Ar レーザー、Ti-サファイアレーザーの発振の様子をビデオ撮影してコンテンツとした。

光には粒子性があるため運動量をもち、光 (光子) を含めた系全体において運動量保存則が成り立つ。光が反射したり屈折したりして進行方向が変化すると、光のもつ運動量も変化する。したがって、系全体の運動量保存則から媒質に運動量変化つまり力が働くことになり、これが光の放射圧となる。この光の放射圧を利用し、微粒子を捕捉して移動させるなどの操作を行うのがレーザーマニピュレーションである。「原理」項目では、光の放射圧を理解してもらうために図などを作成した。さらに、レーザーマニピュレーションの原理をアニメとして作成したビデオ映像もコンテンツとした⁹⁾。また、夏目漱石の「三四郎」に野々宮君が理科大学で行っている光線の圧力の実験の話が出てくるので、それも余談として「歴史」項目において紹介した。実際にレーザー

光を用いて溶液中のポリスチレン微粒子を動かしている様子のビデオ映像を「実験」の項目に載せた⁸⁾。この映像では、レーザー光の方向を繰り返し変えることにより、レーザー光で捕捉した多数の微粒子をレーザー光の軌跡に並ばせることができ、微粒子による文字や図形なども描けることを示している。同時に、レーザー光の軌跡のスキャンを止めたり、レーザー光による干渉縞を消滅させると、微粒子がレーザー光の放射圧の束縛から放たれて、不規則な運動をしながらランダムに分布するようになるブラウン運動の様子も見る事ができる。

6. おわりに

以上述べてきたように、各教材の最初のページを二分割のフレーム型として片方に見出しを配置し、また、動画やアニメを含む映像を多く取り入れ、さらに、文中の用語の解説をすぐ参照できるようにするなど、Web上の教材であることの利点を生かすとともに、一覧性に難がある点を克服する方向で教材を作成してきた。利用者が我々との間で、疑問や質問とそれらへの回答をメールによってやり取りするシステムを用意したことも、Web上の教材であることの利点を生かしたものと言える。今後さらにWeb教材の特色を生かすために、類似のテーマに関する他のWeb上の教材へのリンクなども取り入れる必要があるかもしれない。また、これまで作成した教材では、Webページのデザイン等は市販の絵やイラストなどを用いてすべて著者が行っていたが、予算があればデザインの専門家にイラストの製作やホームページのデザインの製作を依頼して、生徒により魅力的な画面あるいは画面構成にバージョンアップすることを考えている。

「超伝導」と「シクロデキストリン」に関しては、それぞれ秋田大学教育文化学部附属中学校と秋田県立能代高等学校の生徒にホームページを見せてアンケート調査を行った⁹⁾。その結果を用いて、これらのホームページの改善に役立たせることができた。「化学発光」と「レーザーマニピュレーション」についても、生徒に対するアンケート調査を実施し生徒たちの意見を取り入れ、さらにわかりやすい教材としたいと考えている。

謝辞：本研究の成果は特定領域、「新世紀型理数科系教育の展開研究」において採択された平成15-16年

度文部科学省科学研究費補助金（課題番号15020210）の援助により得られた。

各種レーザー発振の静止画像、ビデオ撮影を快諾してくださった関西学院大学理工学部化学科の玉井尚登教授に厚くお礼申し上げます。

文献等

- 1) 浜井三洋, 留野泉, 和田光弘, 上田晴彦, 小松正武, 山岡剛 (2004) 「超伝導」に関するITを活用した新しい理科教材の開発 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要 第26号, pp.101-110.
- 2) NICER は National Information Center for Education Resources の略である。これは教育政策研究所 教育研究情報センターで作成した教育情報検索システムで、ホームページのURLは <http://www.nicer.go.jp/> である。
- 3) 増本健 (2003) 文部科学省科学研究費補助金 特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」平成14年度 作成教材一覧。
- 4) 「超電導」も「超伝導」と同じく正しい用語である。
- 5) 戸田不二 緒監修, 上野昭彦編集 (1995) シクロデキストリン—基礎と応用— 産業図書。
- 6) 今井一洋編 (1990) 生物発光と化学発光—基礎と実験— 廣川書店
- 7) R, Tはそれぞれ気体定数, 絶対温度である。
- 8) レーザーマニピュレーション中で微粒子を操作する実験のビデオ映像は新技術事業団(現 独立行政法人 科学技術振興機構) 増原極微変換プロジェクト作成のものを許可の上使用させていただいた。
- 9) 「超伝導」のホームページに関するアンケート結果は文献1)に掲載されている。

Summary

The present paper describes a set of web-based learning materials of natural science. The topics covered in the material included superconductivity, cyclodextrins, chemical luminescence, laser manipulation, just to name a few. One of the most unique features of the material is that they are accompanied by a number of audio-visual materials, including figures, pictures, videos, animations, and so forth. For example, to help

users visually understand the notion of the cyclodextrin inclusion process, an animation is prepared which illustrates the molecular mechanics calculation method of energy level that is produced in the process of the inclusion complexation between β -cyclodextrin molecule and naphthalene molecule. In the section of the chemical luminescence and laser manipulation, a video is prepared to demonstrate an experiment in which a number of minute particles are arrayed on the shape of characters and figures. Besides various examples, the paper offers suggestions for future developers of a similar type of materials.

Key Words : Internet, Teaching Materials for Sciences, Superconductivity, Cyclodextrins, Chemical Luminescence, Laser Manipulation.

(Received January 24, 2005)