

化学教育の授業

1. コア・カリキュラムを意識した教育の到達目標

化学の大学教育での到達目標は、物質に関するすべての現象が化学の自然法則に従っていることを理解させることであり、具体的には、物質を支配する自然法則と物質の正しい取り扱い方法を理解する能力を身に付けることである。

物質を支配する自然法則の理解とは、物質を構成する原子・分子のような微小粒子、またはその集合体の挙動を支配する自然法則を理解させ、これに基づく物質の成り立ち、状態、そして変化を学生自らが考えられるようにする。これにより、日常生活で使われているさまざまな物質が作り出される過程と、使用後または使用の過程で生じる副生成物および廃棄物が環境に与える影響を考え、これらを無害化し、再利用することの重要性を理解できるようにすることを目指す。

また、物質の正しい取り扱い方法の理解とは、日常生活では物質のもつ良い側面を活用しているが、取り扱い方を誤るとその悪い側面が現れることから、安全教育の徹底が必要となる。すなわち、物質の備えている毒性や危険性を正しく理解させ、事故や被害を未然に防ぐ方法を実践できるようにすることを目指す。

これらを通して、「環境に優しい循環型社会の実現」という21世紀の地球規模の課題に適切な態度で対応できる能力を育てる。

2. 教育現場での課題

上記の到達目標の達成を目指す上で、教育現場で克服すべき重要な課題を指摘する。

(1) リメディアル教育

高校教育の多様化、大学入試制度の多様化と入試科目の減少に伴い、新入生の化学教育の到達度に大きなばらつきが生じている。大学卒業までに上記の到達目標を達成するには、化学教育の到達度の低い学生を対象とするリメディアル教育を入学後の早い時期に行う必要がある。現在、さまざまな努力がなされているが、単なる高校の復習に終始している場合が多い。学習経験の乏しい学生に対して、化学教育の理解が日常生活で重要であることを認識させ、学習意欲を高めるのに適したものに改善する必要がある。

(2) 実験教育の課題

化学の授業で学ぶことが単なる紙の上での知識でないことを認識する上で、実際に物質に触れる実験を通して、物質を支配する化学の法則を学ぶことが、何よりも効果的である。また、それは物質のもつ毒性と危険性の一端を認識し、物質を安全に取り扱うための正しい操作の重要性を理解する機会でもある。しかし、小・中・高等学校で適切な実験教育が困難になっているにもかかわらず、従来の実験教育法は実験技能の習得に重点が置かれている場合が多く、上記の目標の達成に適してはいない。

(3) 体系的教材と教育方法の開発

現在使われている教材の多くは、必ずしも「物質に対する理解」と「安全教育」のための体系的な学習に適したものではない。これらに対応するために、新たな教材と教育方法の開発が必要である。

3. 教育改善のための授業設計・開発・運営の方向性

(1) リメディアル教育の授業設計・開発の方向性

科学技術創造立国を目指す我が国にとって若者の理科基礎学力の低下は致命的である。リメディアル教育の具体的方法としては、大学の基礎教育での能力別クラス編成に加えて、大学入学直後に行うITを活用した自己学習型電子教材、いわゆるeラーニングの開発・導入が有効である。この中で学生は、自己の学習到達度を確認しつつ、高校化学教育の不足を補い、また魅力的な化学の可能性について興味を抱くことができるように教材の工夫が必要である。一般に小・中・高生向けに行われている夢化学的な内容、例えば、青白い光を発するルミノール反応、界面活性剤を用いた巨大シャボン玉など、人間の五感に直接訴えるような実験教材を積極的に取り扱うことが望まれる。なお、教材の整備には、高校と大学、大学間、NHKなど報道機関と連携し、ネットワークを介しての利用が可能となることを期待したい。

(2) 導入教育の授業設計・開発の方向性

- ① 学生自らが化学の面白さとその必要性を認識し、基礎教育に続く専門教育において、化学が他の学問分野とどのように相互に関連しているか、将来、基礎研究や応用研究、ひいては社会にどのように関連してゆくかを理解できるようにすることが、これからの化学教育において最も重要である。
- ② ファカルティ・デベロップメントという立場から、この目的を達成するために大学教員は何をなすべきか、どのような方法を用いるべきか、本協会の化学教育IT活用研究委員会で議論に議論を重ねた結果、教育の原点は個々の学生に興味を抱かせ、モチベーションを高めることにあるとの認識にもとづき、コア・カリキュラムを意識しつつ、「基礎化学」、「実社会に必要な化学」の二つの側面から化学教育を再考した。
- ③ 基礎学力の低下と高校における実験不足を解決するために、「基礎化学演習」、「化学実験」、「安全教育」に力を入れ、さらに「安全教育」では、社会との連携を重視した授業を実施して行くべきであるとの共通認識を得た。これにより、化学物質をいかに「創り」、「使い」、「循環するか」という命題と基礎理念を教育することが可能になるであろう。
- ④ 学生にとってインセンティブな教育・学習方法とは何か、またその教材とは何かという問いかけに対し、「教える教育」から「学ぶ教育」を達成するために、対面授業とeラーニングの併用が効果的である。しかし、単にその授業モデルを示すだけでは受動的授業に慣れきった学生や、授業でのIT活用に消極的な教員の関心を引くことはできない。したがって、ITを活用した導入教育を効果的に行うには、次のことを提案したい。

＊ 予習・復習を目的とした自己学習型演習電子教材（オンラインリソース）として、これまで教員が蓄積しているパワーポイントなどのコンテンツをWebサイトから利用できるような仕掛けを構築する。

＊ 化学特有の各種データベースの学部教育への積極的な導入として、MSDS、PRTR、CASなどのデータベースの利用は、化学物質の性質、毒性、危険性、安全性、取扱法に関する正確な情報をより早く容易に入手でき、学生の興味を惹く良い手段になる。

これらの教材の活用により、教育現場では教員・学生間での基礎知識や教育・学習方法に関する種々の情報を共有でき、しかも化学系の分野で最も端的に現れているとされる「入学者の多様化、基

「基礎学力の格差」の問題を、効果的に解決するための糸口を見出すことができるだろう。以上のことを前提に、委員会では「基礎化学」の教育用電子教材の一例として「有機化学演習問題データベース」を開発し、委員会のWebサイト (<http://www3.juce.jp/blog/chem/>) に掲載した。

(3) 実験教育の授業設計・開発の方向性

教育の原点は個々の学生に興味を抱かせ、そのモチベーションを高めることにある。では学生に興味を抱かせる最善の方法は何であろうか。それは自然科学の原点とも言うべき実験のおもしろさと論理の明快さを体験させることである。実験のおもしろさは、未発達の科学に対する興味を育み、学生自身のモチベーションを高めるための最良の手段である。また、学生実験はその延長上にある研究実験のためのトレーニングとしても位置づけられ、未来のノーベル賞受賞者の卵とも言うべき原石を磨く一手段でもある。さらに、化学物質をいかに「創り」、「使い」、「循環するか」という命題を、化学者・化学技術者が実社会において絶えず念頭に置いて行動できるようにする素地を育成するための基盤でもある。実験教育での基本姿勢は、教員・学生のために使い易さを追及することである。委員会では、実社会に必要な化学の教育用電子教材の一例として、後に掲げる授業事例で紹介するように、使い易さを追及して部品化された「化学実験動画データベース」を構築し、実際に授業で活用し、その有効性を検証した。今後は、このような教材を発展させる必要がある。それには、本協会のサイバー・キャンパス・コンソーシアムを活用して、大学、社会の関係機関に協力をもとめ、ネットワークを介して利用できるような仕組みが期待される。

(4) 安全教育の授業設計・開発の方向性

社会生活においてもはや欠くことのできない存在となった化学物質を、いかに「使い」そしていかに「循環するか」という命題の解決、つまり環境調和型化学を達成するためには、安全教育の徹底が必要である。それには、化学物質の有用性と危険性をよりインセンティブに学生に知らしめる工夫が必要で、社会との連携が欠かせない。社会からの現場情報、体験情報をネットワークを介して教室に導入し、現実感覚の中で化学物質の安全管理の重要性、管理対策の実情などの情報をリアルタイムで提供し、質疑応答できるような授業設計が有効である。そこで、大学が連携した上で、社会から授業に必要なエビデンスの提供が可能となるよう、一つの試みとして委員会では安全教育をテーマにした産官学連携のコラボレーション授業を提唱し、後に掲げる産官学連携安全教育授業をネットワークを介して多地点遠隔授業として実施した。

(5) 教育改善のための授業運営の方向性

① 教員・学生に使い易いIT環境の整備

ITを活用した教育の成功の鍵は、教室IT環境の整備、オンラインリソースの簡便な操作性、コンテンツに授業との関連性を明確に提示することである。特に、手持ちのパワーポイントなどによるコンテンツを容易にアップロードすることができること、教員が短時間に一人で容易にセッティングできることが、情報システムに要求される最小限度の条件である。支援環境としては、電子教材作成のための技術的・経済的な支援体制の充実が必要である。教員の情報技術の支援・講習、eジャーナルの充実の他に、ティーチングアシスタント、学生による支援は、授業運営において必要不可欠である。とりわけ、教材の作成・更新の支援、eラーニングでのメンタなどについて、質・量ともに十分とは言い難い。教育支援者を養成する仕組みも開発することが望まれる。

② 教育業績の評価

教育業績の評価法の確立は、教育改善を行う上で避けては通れない問題である。研究業績にとどまることなく、教育業績も正当に評価されるべきである。教員が積極的に教育に眼を向け、創意工夫できる環境作りを迅速に進めねばならない。一部ですでに行われてはいるが、斬新な教育プログラムへの資金援助、優れたプログラムに対する顕彰制度など、大学として工夫すべきことが多い。評価を合理的に行うには、今後、評価基準の確立に向けた議論がいっそう活発になされることが重要である。学生による評価だけに頼ることなく、教員が掲げた改善目標に対する自己評価、教員・社会人を含めた授業参観による評価など、大学の組織を上げて構築すべきである。真に学生のためを思ってなされた授業が不利にならないよう、慎重な評価が望まれる。

4. ITを活用した授業モデルの事例紹介

実験動画を用いた化学実験授業

1. 授業のねらい

この化学実験の授業は、実体験を通して、物質の性質や自然の法則に対して造詣を深めるとともに、実験ノートの作成法、実験器具および薬品の取り扱い方、基本操作、データの取得・解析方法、安全に実験を行う方法、適正な廃液処理法、報告書の書き方など、将来研究を行うために必要となる実験方法に関する基本的な知識および技術の習得を目指すものである。

2. 授業のシナリオ

授業は、理学部および工学部などの1、2年生（1クラス50～80名）を対象に、2単位の選択または必修科目として開講され、午前もしくは午後の2時限を連続して用いる。

ここでは、pHメーターを利用した中和滴定実験について紹介する。このテーマは、実験結果を定量的に扱うための導入として設定されている実験であり、多くの学生にとって、操作方法、データの取得・解析などに関する初めての体験となり、それゆえ指導上の困難さを伴っている。

表1は、対面授業による授業のシナリオおよびITを用いたシナリオを示したものである。実験実習は1班2名の構成で実施する。また、履修者が多い場合は大学院生をティーチングアシスタントに採用している。

表1 対面およびIT活用授業のシナリオの比較

	時間		体面授業シナリオ	IT活用授業シナリオ
授業外		事前学習	指定の実験書を参考にしながら、実験原理の学習、実験ノートの作成を行う。実験ノートには実験の操作方法、実習を行うに必要な情報をまとめる。	
授業内	60分	原理・操作説明	化学実験実習室にて ・OHCを用いた実験原理の説明 ・演示による実験器具・操作方法の説明・安全上の説明 ・OHCを用いたグラフの書き方の説明	コンピュータ実習室にて ・電子コンテンツによる原理の学習 ・実験動画による操作の学習 ・電子コンテンツによるグラフの書き方の学習 ・ドライラボによるブレ実験 実験室にて ・安全上の説明
	120分	実験実習	化学実験実習室にて ・pHメーターの校正 ・試薬の標定 ・pHメーターを用いて滴定時の試料のpHを逐次測定 ・滴定曲線の作成とデータ解析	
		面接・質疑応答	実験が終了次第、各自が取得したデータおよび実験内容に関して、担当教員（TAを含む）と質疑・応答を行う。	
授業外		事後まとめ	実験結果を基に、実験レポートを作成し・提出する。	

3. IT活用の詳細

(1) 自己学習型教材の開発

知識および経験の不足に起因して、実験書に書かれている活字から、実験操作を十分に理解できない学生が多く、安全かつ効果的に実験実習を行うことが難しくなっている。演示をともなう説明も指導上の効果が高いが、指導を徹底できない場合も多い。そこで、実験動画を組み込んだ自己学習型教材を作成し、これを学生に利用させることによって、各人に実験の内容を理解させる指導を試みた。

図1は、学生が利用している教材のメニュー画面の画像である。この教材は、実験の原理やグラフの書き方、デジタルビデオソースによる操作方法の学習、シミュレータを用いたプレ実験が行えるようになっており、インターネット経由で利用できる。



図1 教材メニュー画面

(2) 授業での活用

IT活用授業では、まず学生をコンピュータ実習室に集合させ、教材の簡単な説明を行った後、各自にWebブラウザを用いて教材に接続させ、45分程度自由に学習させる。その間、教員は教室内を巡視しながら、必要に応じて不明な点などについて質疑に応じる。その後、実験実習室に移動し、安全上の説明を追加した後、実験実習に入る。

図2は、実験動画を組み込んだ部分の一例を示したものである。実験動画は操作方法を書き記した文字情報と連動して表示されるようになっている。演示による説明では、一度見逃してしまうと、それが重要な内容であったとしても、遡って閲覧することはできない。これに対し、動画を組み込んだ教材では、学習者が必要に応じて自由に再生することが可能である。また、ライブの演示とは異なり、クローズアップした意図的な強調を的確に準備できるため、効果的な情報伝達が可能である。なお、授業の中で教材を個別に利用させているのは、学生が単なる視聴者になることを防ぐためである。自ら教材を操作し、学習しなければならない状況下におけば、指導を個人レベルまで徹底できると考えたからである。

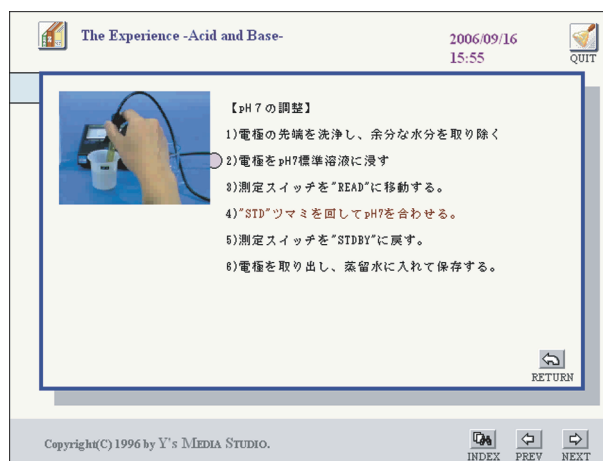


図2 実験動画利用例

4. 授業効果

(1) 操作方法の理解が向上

実験動画を利用した授業では、通常の演示による授業に比べて、実験中における操作方法に関する質問の増加現象が認められた。また、演示による授業では、操作の理解が十分ではないために、必要

以上に実習に時間を費やしてしまい、時間内に実験が終わらない、あるいは終わったとしても実験後十分な質疑応答ができない班の発生頻度が高かったが、実験動画教材を利用した場合には、その頻度が減少した。ただし、コンピュータに対して苦手意識を有する学生では、逆に実験時間が延びる傾向も認められた。これらの結果から、実験動画教材を用いた個別指導は、操作方法の把握に対して有用である。

(2) 実験操作の正確性が向上

実験動画教材を用いた場合には、実験操作の正確さの向上においても効果が認められた。例えばビュレットの操作で、演示による指導では、測定前のビュレット先端部の脱気を半数以上の班で行わず、実験中にその都度指示する必要があったのに対して、実験動画を用いた教材では、そのような指示は必要なかった。演示、実験動画教材とも当該部分では先端部分をクローズアップして表示することにより、同じように強調して説明していたが、演示では学生の視聴者化が起こり、このような差が生じたものと考えられる。

(3) 実験時間が短縮

標定や滴定に要する時間も、実験動画教材を用いた方が短くなったが、実験動画教材にはプレ実験用のシミュレーション教材が組み込まれているため、実験動画による操作理解の向上が時間短縮の要因なのか、プレ実験用シミュレーションの効果なのかは特定できていない。しかしながら、実験後に提出されたグラフの正確さなどからみて、このような教材を個別に利用させることが重要であると判断できる。

実験終了の約一ヶ月後、当該実験テーマの原理に関する質問に対する正解率では、演示による授業と実験動画教材を用いた授業間に有意差は認められなかった。教材作成の目的が実験指導の徹底による安全かつ効果的な授業運営であり、知識の獲得ではなかった点を考えると、当然の結果ともいえる。

5. 問題点・課題

ここで用いた教材は、学生の利便性を考慮し、インターネット経由で利用する形態をとったが、動画は情報量が多いため、ネットワークへの負荷も大きく、また様々な状況でインターネットが利用され、回線が恒常的に渋滞した状態にあり、授業中使用している際、配信の遅延やネットワークの不具合などが多々発生した。今後も、動画を用いた教材は増加していくと考えられ、ネットワーク回線の拡充、ネットワーク回線の負荷を軽減する配信方式の採用などの検討が必要であろう。

動画を含む教材は、文書を主体とする教材に比べ、制作に必要な労力を格段に必要とし、制作する教員に多大な負荷を掛けている。また、そのような教材をどのように利用すれば実験実習をより魅力的に、安全かつ有意義なものにできるかの情報も不足している。この点を改善する目的で、化学教育IT活用研究委員会では、実験動画を集積したデータベースの構築を試みている。さまざまな実験に関する動画およびその動画を用いた授業に関する情報を集積し、教員が相互に利用できるようになれば、現在行われている実験実習に対しても、同種のテーマの比較、教授方法を比較することにより、より有用な実験実習の創出や教授方法の開発が期待できる。なお、このデータベースには製品安全データシート（MSDS）が組み込まれており、今後ますます重要となる実験安全教育にも配慮されている点を付記しておく。

なお、委員校では、この実験動画データベースをすでに1年の基礎化学実験で利用し、127名中119

名から回答が得られた。その結果、112名がこのデータベースが役立ったと回答している。また、良かった点としては、動画が用いられていて分かりやすい、実験が円滑に行えた、などがあげられたが、その一方で、画質の改善を望む声も多く、今後の課題である。

オンラインリソースを活用した有機化学演習授業

1. 授業のねらい

この有機化学演習の授業では、有機化学の内容を体系的に整理し、有機反応を実践的に使用できる能力を持つことを目的とする。

2. 授業のシナリオ

本授業は、2年生を対象として後期に開講された1単位の必修科目である。授業運営は4名の教員で行い、教員一人当たり約25名の学生を担当した。毎回の授業は、事前にプリントで配布した演習問題を当日指名して解答させる形式で進めた。また、授業の初めに前回の授業内容についての小テストを行い、復習に当てた。さらに、毎回宿題を課し、メールにて教員に提出させた。

なお、演習は講義と相補的なものであり、通常、講義の内容とその進捗状況に合わせて行うのが効果的である。それ故、本授業においても、ハロゲン化アルキルの合成、ハロゲン化アルキルの反応（求核置換と脱離）、共役ジエンと紫外分光法、ベンゼンと芳香族性、ベンゼンの化学（芳香族求電子置換）など前期に開講された有機化学の講義内容の復習・補足を行い、その応用問題を学習させることにしている。

3. IT活用の詳細

有機化学の分野では、日々新しい反応が見出され、新しい教科書が出版されるたびにその厚さが増している。学生に教えるべき内容は膨大な量となっているが、それらを限られた時間内で講義することは不可能に近い。このような状況下で有機化学を効果的に学習させるためには、学生が積極的に自習したくなる環境を提供することが必要である。学習意欲を喚起させるための一つの方策として、教科書の出版社が運営しているオンラインリソース (<http://chemistry.brookscole.com/mcmurry6e>) を活用した。

(1) 授業中に行う演習問題

オンラインリソースには、各章ごとに「対話型問題 (Organic Interactive)」(図1) がある。ここでは英文で問題が示されており、その解答を選択肢で選ばせるか、「作図画面 (Drawing pallet)」で構造を描かせる形式になっている。有機化学では、立体化学の表記が必要であるため、この作図画面の使用は有効である。これらの問題には解答用画面とは別に、PDF形式の印刷用画面が用意されている。こ

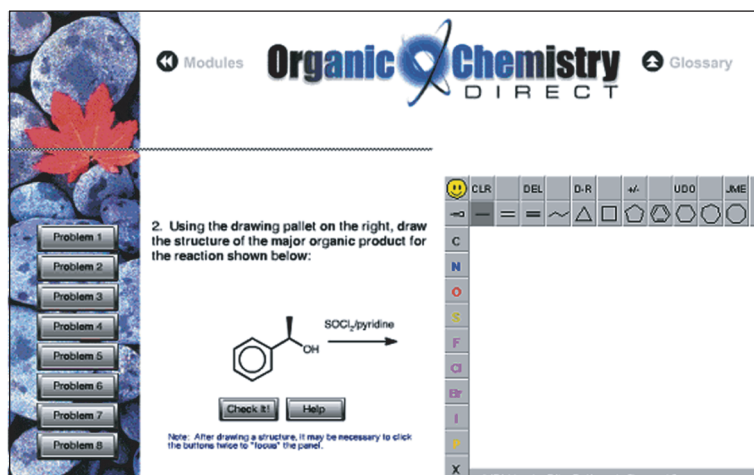


図1 作図画面で解答を書かせる対話型問題の例

の印刷用画面を予めプリントして学生に配付し、予習させるとともに90分の授業の中で15分ほどの時間を割いてその解説を行った。

(2) 授業内容の復習

このオンラインリソースには対話型問題とは別に、各章ごとに「章末問題 (Chapter Quiz)」が準備されている (図2)。4 択問題となっており、ラジオボタンをチェックすることで解答できる。章末問題には画面上で解答した問題の結果をウェブ経由で教員に送信できる機能がある。この機能を使うことによって、解答の採点結果を教員は受け取ることができる。期限を決めて各章の問題を教員に提出させることにより、授業の復習をさせた。

(3) 学生の理解度把握と評価

上記で学生から送信された内容を図3に示す。これにはその学生の正解率と各問の正誤がわかるようになっている。これによって全体の正解率と各問の正誤を把握することができる。これを解析することで、次回の講義の時に問題をフォローアップすることが可能となった。また、送信された結果を成績評価の一部として使用することもできる。実際にこれらの正解率を点数化し、評価の一部として用いた。採点する必要がないことは、教員側にとっては大きなメリットであると考えられる。

4. 授業効果

オンラインリソースを用いた授業について、表1のようなアンケートを行った。

表1 オンラインリソースを用いた授業についてのアンケート結果

		1 この 問題 は、 興味 がも てる	2 この よう な問 題は 自分 でや ろう と思 は	3 英語 での 表記 は難 しか った	4 日本 語だ たら 今 以上 にや る	5 授 業で 解い た以 外 に自 分で やっ てみ たい	6 授 業中 にこ のよ うな 問題 はや つた ほ うが よい	6 授 業中 にこ のよ うな 問題 は 自 習用 には よい	8 この 問題 を使 って の授 業に つい ての 感想 があ れば 簡単 に書 いて くだ さい。
	n	82	82	82	82	82	82	82	
	平均	2.98	2.83	2.83	2.88	2.71	3.02	3.30	
肯定的	4	23	19	26	27	28	26	39	(注) 下記参照
⇕	3	37	37	24	26	19	38	31	
	2	19	19	24	21	18	12	10	
否定的	1	3	7	8	8	17	6	2	

(注) 問8の学生の感想はおおむね次のようであった。

- ・好きな時間を楽しみながら (ゲーム感覚で) 手軽にできる (11人)
- ・問および解説の英文の翻訳が難しい (7人)
- ・英語の勉強になる (2人)
- ・問題が表示されないとき (HP修正のために “Coming Soon” が表示されていた時期) があって困った (8人)
- ・問題に間違いがあった (3人)

Which of the following is the definition of chirality?

☐ a. A molecule with a mirror image

1. ☐ b. The superimposability of an object on its mirror image

☐ c. A molecule that has a carbon atom with four different substituents

☐ d. The non-superimposability an object on its mirror image

Which of the following statements is true?

☐ a. All molecules that have chirality centers are chiral

2. ☐ b. Isomers that are not superimposable on their mirror images are enantiomers

☐ c. Superimposable structures are enantiomers

☐ d. All compounds with mirror images are enantiomers

Which of the following structures is different from the other three?

3. ☐ a. 3

☐ b. 4

図2 章末問題の画面

QUIZ REVIEW

correct = 17.0 (85.00%)

incorrect = 3.0 (15.00%)

not answered = 0.0 (0.00%)

total possible = 20.0

Question 1: status: correct

Question 2: status: correct

Question 3: status: correct

図3 Web経由で送られてきた章末問題の採点結果

以上のアンケートの結果をまとめると以下ようになる。

(1) 自習するための動機付け

自宅あるいはキャンパス内から、いつでもゲーム感覚で問題を行うことができることに対しては概ね評価が高かった。これはITを用いた授業における大きなメリットの一つであり、化学の分野においてもオンラインリソースを用いた授業が学生の自習意欲の向上に対して効果的であることがわかった。

(2) 英文による問題の採用

アンケートの問3と問4からわかるように、サイトが英語表記であるため、これが学生にとっては一つのバリアであることがうかがえる。問題は一度解説すると類似の文章が並ぶためそれほど学生にとっては苦痛ではないが、解説を翻訳するためには時間がかかることが何人かの感想に書かれてあった。しかし、学生の国際化という立場から考えると英文による演習問題は積極的に採用すべきであると考ええる。

(3) 常に当該サイトにアクセスできる環境

アンケートの問8（感想）で多く見られたのが、問題が表示されていない時間が多かったことに關する不満であった。いつでも好きなときにできるのがITのメリットであるが、一度授業が始まってからはサイトが使えなくなることは極力避ける必要がある。

5. 問題点・課題

オンラインリソースは、自習させるための動機付けとなることが明らかになったが、いくつかの問題点も浮上してきた。

- ① オンラインリソースでは、問題の出題パターンが限られてしまう点があった。問題形式は択一式の問題か、または作図画面で構造を描かせる二通りの問題である。立体化学的な観点からはこの作図画面は有効であるが、有機化学できわめて重要である電子の移動を矢印で示す反応機構に関する問題を出すのには限界がある。電子の移動を伴う反応機構は学生が理解しにくい内容の一つであるため、この点を踏まえたオンラインリソースの開発が必要であろう。現在、化学教育IT活用研究委員会では、独自に有機化学分野のオンラインリソースを開発しているので、これらを解決したオンラインリソースの公開が望まれる。
- ② アカデミックイヤー中にオンラインリソースが使用できなくなることは学生に大きなストレスを生じさせる。一度公開した際には使用できない期間がないような工夫も必要であろう。
- ③ オンラインリソースは教員側にも大きな利点があることがわかった。問題の正誤を短時間に把握でき、間違いが多かった問題の解説を次の時間に行うことができる点は非常に大きな利点である。課題を教員自らが採点する必要がないということも教員の負担の軽減につながると考えられる。
- ④ オンラインリソースの上手な活用は、学生が積極的に自習できる環境を提供できるばかりでなく、教員がかゆいところに手が届く授業を行うことができる点でも、大きな学習効果をもたらすことが期待される。

1. 授業のねらい

この安全教育の授業では、産官学連携による共通の理解を通して、化学物質の危険予知情報の共有化や安全教育の標準化を考えることを目的とした。ここでは、学生および生産現場での技術者の「化学物質の取り扱いと安全教育」への理解と共通認識を深める特別授業として実施した。

2. 授業のシナリオ

連携授業では、危険予知情報の標準化とそのための産官学連携の強化が必要であることを示した。テーマとして、安全・安心な社会形成における国の科学技術政策、化学物質の安全管理政策、MSDSによる化学物質の安全・危険情報の標準化、化学実験室における薬品の取り扱い方、高圧ガスの安全管理手法、工場における静電気爆発の防止対策などを取り上げ、事例紹介の後、総合討論を行った。以下に、連携授業の概要を掲載する。

授業概要

- 「化学物質の取り扱い方法と安全教育」
 —安全・安心な社会形成における社会と連携する大学—
- ＜モデル＞産官学連携、実践的な理工学教育・人材育成
 ＜形式＞ 音声を伴うインターネット双方向通信、90分間
 ＜日時＞ 2006年7月15日（土）10:45～12:15
 ＜対象＞ 私情協加盟大学の教員・学生（今回は委員会メンバーのみに限定）、事業所
 ＜内容＞
- キーノート：危険予知情報の標準化と産官学連携の強化 (10分)
 同志社大学工学部 高野 頌 氏
- 基調講演1：安全・安心な科学技術政策の動向 (ビデオ出演：10分)
 文部科学省 科学技術・学術政策局・安全・安心科学技術企画室長
 兼計画官付企画官 岡村 直子 氏
- 基調講演2：化学物質の安全管理政策の考え方 (ビデオ出演：10分)
 経済産業省 製造産業局・化学物質管理課長 獅山 有邦 氏



図1 基調講演の画面

- 事例紹介1：化学薬品の取り扱いとMSDS情報 (10分)
 早稲田大学理工学術院 武岡 真司 氏
- 事例紹介2：濃硫酸と水との瞬時反応 (10分)
 近畿大学理工学部 木村 隆良 氏
- 事例紹介3：実験施設における高圧ガスの安全管理 (10分)
 城西大学理学部 堀合 公威 氏
- 事例紹介4：化学工場における静電気爆発の防止対策 (10分)
 関西ペイント（株）小野事業所 所長 中島 安男 氏
- 総合討論 (20分)

3. IT活用の詳細

授業は、ASPサービスのインターネット会議システム（Live On）（図1参照）を用いて、私情協事務局をキー局として図2のように運営した。

Live Onは、基本的にWebカメラとヘッドセット（ヘッドフォン+マイク）を接続したPCを通じて専用のWebサイトにアクセスすれば、最大10地点同時に動画と音声による通信が可能となる他、オンライン上のホワイトボードやWebページを共有できる。しかし、会議システムのサーバに、ファイルのアップロードをすることができないため、各講師が用いるパワーポイントや動画ファイルを私情協

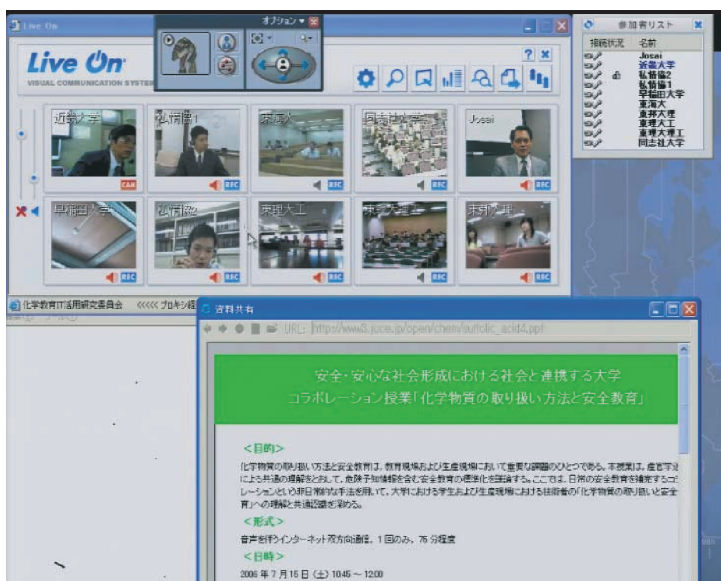


図2 インターネット会議システムによる授業風景

のサーバにアップロードし、LiveOnのWebページ共有機能を用いて配信した。なお、今回接続した地点は、化学教育IT活用研究委員会の委員校である、東京理科大学（2キャンパス）、城西大学、創価大学、東邦大学、武蔵工業大学、早稲田大学、近畿大学、東海大学、同志社大学であった（図3参照）。

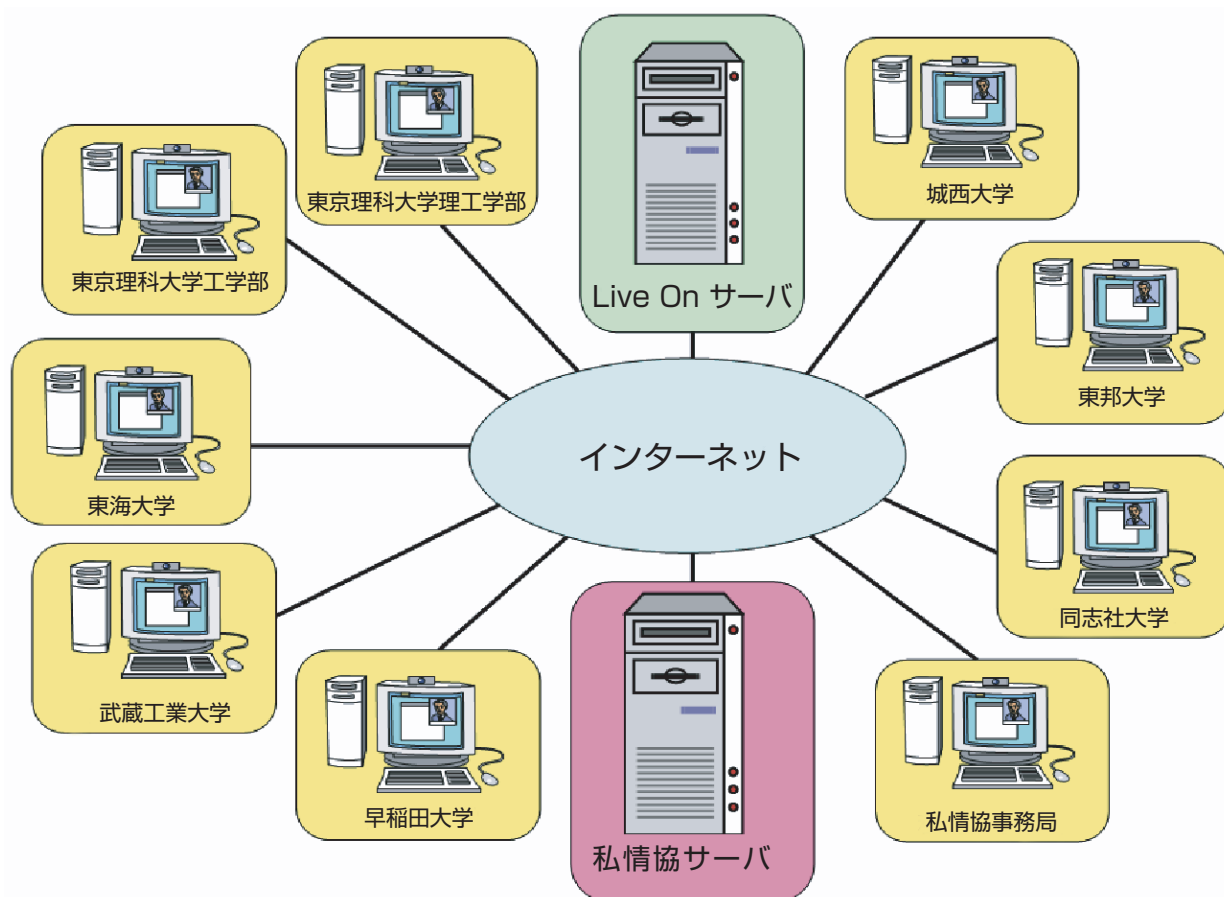


図3 インターネットによる大学間連携

4. 授業効果

(1) 安全教育の必要性を実感

安心・安全で持続的な社会の創出を目指して、どのような社会的コンセプトを形成するのか、そのためのリスクコミュニケーションへの共通認識には何が必要なのかなど、連携授業で目的とした技術者としての安全教育を補完するというコンセプトには十分な教育的効果があった。個々の学生は、教育現場や職場における安全教育の必要性を実感するとともに、化学を知る一般市民の一人として、かけがえのない人間の安全をどのように確保すべきかを考えることができた。さらに、連携授業を通して、社会との連携について具体的なイメージをつかむとともに、化学物質の危険予知情報の共有化やその標準化などを考える機会となった。

(2) 専門性を高める討論

総合討論では、MSDS情報データベースが実際の授業の現場でどのように活用されているのか、工場において事故の予知・防止対策がどのように作業手順で標準化されているのか、また安全対策としての高圧ポンベの取り扱い実習教育の効果などの質疑応答がなされた。

アンケートの結果は、印象にあるコンテンツでは、国の政策（32%）、各大学のコンテンツ（53%）、企業のコンテンツ（15%）、役にたったか否かでは、役にたった（90%）、役にたたなかった（5%）、どちらともいえない（5%）であった。

意見としては、実験動画での色の判定が不鮮明、動画が重く開くのに時間がかかりすぎ、動画のはじめの音声がノイズで聞き取りにくい、動画の画質がもう少しよくなればいい、もう少し映像の画面を大きくして欲しい、授業により安全教育の重要性への理解をいっそう深めるために別のコンテンツが必要、授業時間中だけではなくいつでも閲覧可能にしてほしい、MSDS情報を活用するための日常的な取り組みが必要だ、などの回答があった。

5. 問題点・課題

- ① 接続地点数が多かったことにより、ネットワークの遅延に対処することが難しかった。特に、動画再生では各地点の始まりと終わりにかなりバラツキがあり、キー局側で制御し切れなかったことなど、多くの課題が残った。
- ② 当初はhtml化での運用を予定したが、直前になって不都合が発覚し急遽パワーポイント形式のまま配信したが、スライド表示についてソフト機能に問題が発生し、うまく実施できなかった。当初から予想されていた各大学間のネットワーク転送速度の差が顕著であったため、画像などの大容量データの通信に時間がかかった。実際に、多地点間での送受信では、実施日が土曜日午前中という時間にもかかわらずデータ転送速度が遅く、結果的に多地点遠隔授業の運営は難しかった。
- ③ 社会との連携という意味では、オンデマンド方式による配信や大学間ネットワークの強化など、さらに連携の具体的なイメージが必要だが、ここでは、教育機関としての大学の特長を生かして、学生および技術者を対象とする「安全教育」に焦点を絞った。
- ④ 今後、IT活用としてインターネットを利用するだけでは不十分であり、データベース情報の共有や活用の連携網、さらに大学間ネットワーク環境設定への柔軟な対応を可能とするため、大学における新たな情報環境整備についての提案が必要である。また、今回は対象を私情協の小グループによる試行に限定したが、さらにオープン化するのは大学間ネットワークの情報転送速度の確保など、次世代学術情報ネットワーク（スーパーSINET3）整備などの動向が重要となるだろう。

5. IT活用に伴う課題

(1) 入力システム・解析エンジンの整備

化学では、反応式や構造式といった独特な情報を扱う必要があるが、それらを簡便に入力・解析し、活用できるシステムが十分に整備されていない。構造式や反応式を直接入力しデータベースを検索するシステムは確かに存在するが、同様の入力システムや解析エンジンを教員が独自の演習システムに組むといったことは、現状では難しい。化学における情報入力に絡む技術的な制約の解消は、ITを活用する上での一つの課題といえる。

(2) IT活用支援ツールの開発

ITを活用する教員の裾野を広げるためには、単に情報の電子化を支援するだけでなく、理論や教員の持つイメージの可視化を支援するツール、多様な形態の情報を有効利用できる電子ノートなど、より高度かつ有用なツール群の開発と授業への活用研究が必要である。

(3) ネットワーク利用環境の検討

ネットワークの信頼性向上、ユビキタスな環境整備も課題の一つといえる。近年ネットワークの利用頻度が高まり、ネットワークの不具合がIT利用の足かせとなる場合も少なくない。ITの多くがネットワークに依存している以上、ネットワークが安心かつ安全に利用できることはIT活用上の必要条件である。また、IT活用とネットワークセキュリティの関係も検討すべき課題である。ネットワークを管理する側の事情は理解できるが、過度のセキュリティ設定により、有用なネットワーク技術が利用できないという状況は改善されなければならない。さらに、ユビキタスなインフラ整備も欠かせない。教員、学生相互が何時でも何処でも簡便にITを利用できる環境の構築は、IT活用を後押しする重要な要因である。

(4) 全学的な支援体制の確立

ITの進歩に伴い、利用できる情報也多岐に亘る。それゆえ、ITを活用するには多くの技術的な知識が必要となってきた。これらを教員個人が全て網羅することは困難であるし、得策ではない。ITを活用して教育を改善しようとするならば、今後ますます全学的・組織的な支援体制の確立が必要であろう。

(5) FDの支援・推進

いくら優秀なコンテンツを創出し、また環境を整備しようとも、教育の主体となる教員がITを活用しなければ、本質的な部分は何も変わらない。授業の中でITがどのように利用できるのか、そういったものをどのように授業に結びつけばよいのか、そのことによってどのような変化が生まれるのか、何がIT利用に向き、何がIT利用に向かないのかを知っている教員は少ない。ITの活用は授業内容を豊富化し、高度化できる可能性がある。しかし、それを実現するためには、教員の授業内容・方法への改善の取り組みを後押しする必要がある。そのためには、ITを活用するためのファカルティ・デベロップメントコースの提供、教材・教授方法の共有、IT活用に関して繰り返し再認できる仕組みの構築、ティーチング・ポートフォリオの活用など、教授方法の改善、新たな教授・学習形態の開発を支援する政策の実施などを組織的に行う必要があり、それらの確立が今後の課題である。