The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	アクティブラーニング授業「化学発展セミナー」の紹介
Author(s)	佐藤, 尚弘; 和泉, 雅之; 山中, 秀介 他
Citation	大阪大学高等教育研究. 2014, 2, p. 69-74
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/28101
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

大阪大学高等教育研究　2（2013），69−74

【教育実践レポート】

アクティブラーニング授業「化学発展セミナー」の紹介

佐藤　尚弘[※1]・和泉　雅之[※1]・山中　秀介[※1]・吉成　信人[※1]

Introduction to “Upgrade Seminar in Chemistry” Offered in Department of Chemistry, School of Science

Takahiro SATO[※1], Masayuki IZUMI[※1], Shusuke YAMANAKA[※1], and Nobuto YOSHINARI[※1]

Supported by the "Program for Promoting High-Quality University Education," Department of Chemistry, School of Science started offering "Upgrade Seminar in Chemistry" to the second grade undergraduate students belonging to the Department in 2009. In the seminar, each student selects by himself a theme of the independent study to do self-learning using textbooks, monographs, and internet. The instructor and other students joining the seminar ask questions to the report of the independent study to help the student to prepare his presentation of the independent study. After self-learning of several weeks, each student makes a 10-minute oral presentation, and other students who join the seminar make questions to the presentation, which is a good experience for the student to improve the presentation skill. This seminar is a typical example of the "active learning" recommended for the high-quality university education.

Keywords: high-quality university education, independent study, active learning, presentation skill

はじめに

大阪大学理学部では，日本学術振興会により支援された「質の高い大学教育推進プログラム」で，平成20年度から22年度までの3年間「知的能動性をはぐくむ理学教育プログラム」を実施した．この取り組みでは，幅広い視野に立って，将来展望を能動的に描き，高いモチベーションを持って学ぶという学生の「意識の質の向上」を目指して，以下の3つの取り組みを実施した．

①1年次の基礎から3年次の専門教育への橋渡しを図る「専門へのステップアップ科目」

②学生主体で取り組む「能動的学生啓発プログラム」

③社会で活躍する研究者や先輩・OGとの交流等を通して，自らの将来を展望するきっかけを与える「キャリアパス教育」

大阪大学理学部では，理学ベーシックを重視した「理学ミニマムカリキュラム」を新設するなど，教育カリキュラム上では質の高い教育を保証する枠組みを整備してきたが，受動的な学習態度が克服できない学生が少なくないことを鑑み，上記プログラムを立案・実施した．ハードウェアがどれほど整っていても，学生の意識改革なしには実質的な教育は不可能であるとの認識に基づき，最近注目されている，教員が学生を教えるのではなく学生が自主的に学習していく教育「アクティブ・ラーニング」の先駆けともいえる取組であった．

上記の「知的能動性をはぐくむ理学教育プログラム」の②能動的学生啓発プログラムの1つとして，理学部化学科2年生を対象に平成21年度から「化学発展セミナー」が開講された．理学部化学科2年生だけに開講さ

所　属：[※1]大阪大学大学院理学研究科
Affiliation : [※1]Graduate School of Science, Osaka University, JAPAN
連絡先：tsato@chem.sci.osaka-u.ac.jp（佐藤尚弘）

れているホームルーム的な授業がそれまでなかったので，この新規授業にはその役目も持たせることになった．したがって，理学部化学科2年生には，この授業は選択科目であるができるだけ履修するように指導されている．そのためもあって，化学科の入学定員77名のところ，毎年度60名程度の履修者がある．

授業の背景

理学部化学科では，1年次に「化学入門セミナー」が前期・後期に開講されており，ほとんどの1年生はその中で8名を一班とする少人数セミナーに参加している．このセミナーでは，各班の担当教員が化学に関するあるテーマを設定し，履修生はそのテーマに関する文献を読んだり，演習を行ったりする．簡単な実験を行う班もある．ただし，1年生では化学の専門的な知識をあまり持たないので，それほど深い考察を行うことは難しい．

化学科の1年生は，専門基礎教育科目として「基礎化学1，2」を履修し，そこで量子化学と熱力学の基礎，および香り・大気・色・酵素に関する化学について学ぶ．そして，2年生の前期に，この「化学発展セミナー」を履修する．まだ，化学の知識を十分持っているとはいえないが，この「化学発展セミナー」では，履修生が興味を持ったテーマを自分で探し，それについて自身で文献等を調べる．

2年生からは，化学科の専門科目も始まり，分析化学，無機化学，物理化学，有機化学，高分子科学などの必修科目を履修するようになる．「化学発展セミナー」において，自分で調べたテーマやクラスメートが発表したテーマに興味を持つことにより，他の専門科目の授業にも積極的に取り組むことを波及効果として期待して企画された．

授業の内容と進め方

この授業のスケジュールを表1に掲げる．最初と最後の週は，ホームルーム的な授業ということで，教務委員の先生に履修ガイダンスと2年生のクラス担任の先生によるクラス別懇談会に当てている．第2週に，このセミナーの目的と進め方などのガイダンスを行い，自主研究テーマの例を挙げて，各履修者がどのようなテーマを選ぶかについて考えてもらう．このセミナーでまず問題となるのは，このテーマ選びである．履修生の中にはすぐにテーマを見つける者もいるが，中々テーマを決められない者もいる．初年度の開講に先立って，化学教室の教員に2年生が興味を持ちそうなテーマとそれに関する教科書・単行本を推薦してもらった．その際に，現在全学教育推進機構の山口和也教授には多くの単行本を推薦していただいた．推薦いただいた研究テーマを表3のようにまとめ，第2週目に履修生に配布し，テーマ選びの参考にしてもらっている．もちろん，この表にはないユニークなテーマを選ぶ学生もいる．また，「質の高い大学教育推進プログラム」の予算があったので，初年度に推薦された本を中心に30冊ほど購入し，毎年授業で履修生に貸し出しを行っている．1週間テーマ探しを行った後に，第3週目に選んだテーマを提出してもらい，文献調査をスタートさせる．数名のグループで一つのテーマを協同で調べることも認めている．

第4週には，プレゼンテーションの仕方についての講義を行っている．最終的には調べた内容を口頭発表してもらうが，これまでに発表をほとんど経験したことのない学生も多いので，口頭発表の際に注意すべき事柄を指導している．参考にしている本は，藤沢晃治著「わかりやすい説明の技術」（講談社・ブルーバックス）である．声を大きく，ゆっくりとしゃべること，パワーポイントの字は大きくすることなどを注意しているが，必ずしもそれに従っていない発表も見受けられる．やはり上手な発表を行うためには，経験を積む必要がある．初年度の平成21年度にこの授業を履修した学生は，現在修士の2年生となっている．近年の大学院生のプレゼンテーション能力は向上傾向にあるようだが，2年次のこの授業の効果がどれほどあるのかは，もう少しデータを集めないといけないように思われる．

第5週から第8週までは，履修生を4つの班に分け，各班に教員が1名ずつ付いて自主研究の進捗状況報告を聞き，各報告に対して他の履修生も交えて質疑応答を行う．多くの進捗状況報告は，作成途中の発表資料を用いてプレゼンテーション形式で行っている．発表者以外の履修生は，興味をもった発表に対して質問票を提出し，その質問内容をフィードバックすることで，発表者はより多くの人に興味をもってもらえる発表となるように工夫する．また教員は，イントロダクション，自主研究の内容，まとめという発表の流れと，発表時間内に収まるよう内容の取捨選択を指導する．さらに，そのテーマをどのように掘り下げていくべきかを議論し，場合によっては研究テーマの変更を指導することもある．4班に分けても，一班15名程度の履修者があり，90分の授業時間内に全員の進捗状況報告を聞くことは不可能で，全員の自主研

究をまとめ上げるのには相当苦労する．担当教員をもっと増やして少人数の班で行えばよいのだが，それほどの人員をこのセミナーに割けないのが現状である．

第9週から第13週までは，2班ずつまとめて合同で自主研究発表会を行う．初年度は全ての班をまとめてクラス全員参加の自主研究発表会を行ったが，プログラム上1件当たりの発表時間を相当短くしなければならなかったために，次年度からは2つの発表会場に分けた．別の会場の発表も聞きたかったという学生の意見もあったが，各発表にある程度余裕を持たせた時間を割り振りたかったので，2会場制に変更した．

今年度の自主研究発表会のプログラムを例として表2に示す．一人で発表する場合は，質疑応答を含めて15分，二人で発表の場合には25分，三人では35分の時間設定とした．質問時間は5分を想定している．これでも，学生は調べた内容を多少省略して発表しないと時間内に収まらないことが多い．司会進行は，現在教員が行っているが，これも学生に任せてもよいかもしれない．

自主研究発表会では，自分の研究発表のプレゼンテーションを行うだけでなく，質疑応答の時間も重視している．質問に対して応答するだけでなく，発表に対して的確な質問を行う機会もあまりないため，この授業が貴重な体験の機会と考えている．必ずしも全ての履修生が積極的に質問を行っている訳ではないが，発表者も質問者も学生同士ということで，比較的気軽に質問をしているように見受けられる．当初，教員がしゃべる他の講義科目にもこの効果が波及するのではと期待したが，そのような効果はあまりみられないようである．

成績は，進捗状況報告と自主研究発表の出来に，出席点および質問を推奨するために質問回数を加味して評価している．

履修生による自主研究発表の例

これまでの履修生のいくつかの自主研究発表の例を紹介しよう．図1に示したのは，「ナノテクノロジー」というテーマで，カーボン・ナノチューブについて調べた履修生が作った発表資料の抜粋である．カーボン・ナノチューブの歴史から始まり，ナノチューブには構造の異なる種類が存在し，それぞれの電気特性の違いなどを調べた結果を紹介している．電気伝導度などの詳細については，量子力学の詳細を理解していないと深い考察はできないが，構造によって電気伝導度に違いがあることに興味を持ったようである．この履修生は，「化学オナーセミナー」も履修し，実際にカーボン・ナノチューブを研究している研究室で実験を行い，最先端の研究に触れる機会を得た．

3名のグループで，「スポーツの化学」というテーマで自主研究を行った例もあった．運動部に所属経験のある学生3名が，それぞれに縁のある，テニス，水泳，スキーという3つのスポーツ種目について，スポーツ用品に隠れている最先端技術について紹介した．ラケットの軽量化に使われるカーボン材料，水の抵抗を極限まで抑えるはっ水素材，極低温でも強度を保つ高密度ポリエチレンに焦点を絞り，なぜ，そのような高機能が発現するのか？という素朴な疑問を化学の視点（＝分子構造の視点）でうまく掘り下げられていた．ある履修生の感想は，「思いがけないところに化学が関連しているのが驚きだった」とのことで，材料化学への興味を深める良い契機になったと思われる．

それ以外にも，アレルギーのある履修生が自分の使用している薬の作用機作について調べる，ベランダで育てていた植物（ナス）の有用成分について調べる，電気工作の好きな履修生がハンダについて調べるなど比較的身近なものから，エネルギー問題や地球温暖化，原子力や放射線等，社会的に重要なテーマを取り上げる履修生，さらには不老不死といった本当に化学と結びつくのか教員が不安になるようなものもあるが，履修生たちは化学の講義の一環ということをきちんと理解して自主研究を行っていた．中には，有機化合物を用いた電池について自主研究を行った履修生で，関連の研究を行っている化学科の教員にアポイントメントを取って話を聞きにいき，内容自体は本人の理解を越えていたようであったが，実際に研究室に行って教員と話をする学生もいた．

理論に興味を持つ学生がいるのも本セミナーの特徴である．特に，大学に入ってから高校では全く習ってこなかった量子力学を一年次で初めて学び，その不思議さに強いインパクトを受けて量子力学関連のテーマを取り上げる学生が毎年一定数いる．そのテーマも，化学反応のウッドワード・ホフマン則や分子の励起スペクトルにおける量子力学の役割だけでなく，観測問題の哲学的議論まで踏み込む学生や，量子コンピュータや量子テレポーテーションへの応用を取り上げる学生もおり，化学科のカリキュラムでは学ばないトピックスを調べたり聞いたりする良い機会となっている．

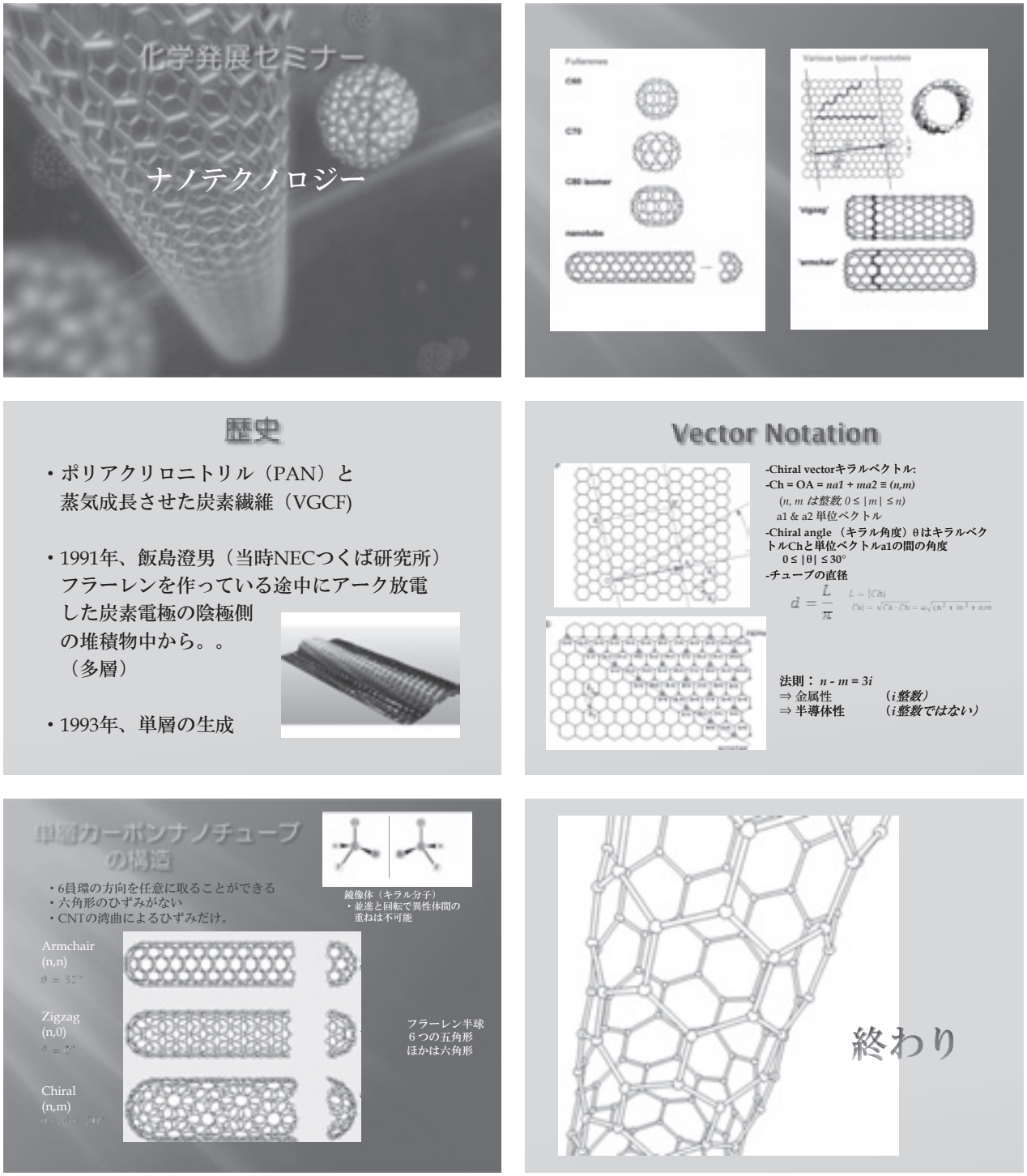

図１　カーボンナノチューブに関する発表資料（抜粋）

おわりに

もちろん履修生全員ではないが，多くの学生は自分で選んだ研究テーマを熱心に調べ，それなりに楽しんでいるように思える．授業の最後にとっているアンケートでも，このセミナーを肯定的にとらえている意見がほとんどである．その意味で，この「化学発展セミナー」は，当初の目的であった教員が学生を教えるのではなく学生が自主的に学習していく教育である「アクティブ・ラーニング」が実践されていると言えよう．

このセミナー授業の履修により，他の専門科目の授業にもより積極的に取り組むことも目指していたが，その目標がどの程度達成されているかは，適当な指標がないことにより明らかではない．ただし，上記の発表例に記されていたように，化学の理論に興味を持った学生や有機化学・材料化学に興味を持った学生など，この授業を

通じて化学への興味が広がったと思われる履修生は少なからずいて，化学科のカリキュラムにおいて，ある一定の役割を演じているのではないかと思われる．

しかしながら，理学部化学科には，1年生の前・後期に「化学入門セミナー」，2年生の前期にこの「化学発展セミナー」，そして2，3年生の前・後期には（履修者は少ないが）学生が化学科の研究室に行き実際に実験を行う「化学オナーセミナー」も開講されていて，セミナー授業が非常に多い．能動的な学習を推進する取り組みの結果であるが，学科内の教員からは，セミナー授業が多すぎて負担であるとの意見も耳にする．「化学発展セミナー」を開講して，今年度で5年になる．現在開講されている3種類のセミナー科目のあり方・役割分担について，もう一度吟味すべき時期に来ているのかもしれない．

最後に，この授業は毎年60名程度の2年生が履修しているが，化学科2年生の全員が履修しているわけではない．特に成績不良者は，この授業を履修していないか，途中で参加を止めてしまっている．学生の自主性を重んじる授業の性質上，必修にすべきではないが，この授業に参加しない学生にどのようにして化学の面白さを伝えるべきかは，非常に難しい問題である．「アクティブ・ラーニング」の限界を感じる．

受付 2013.12.05／受理 2014.01.29

表1　授業スケジュール

第1週	履修ガイダンス，クラス担任によるクラス別懇談会
第2週	セミナーのオリエンテーション，自主研究テーマ例の説明
第3週	自主研究テーマの希望調査アンケートの提出（授業はなし）
第4週	プレゼンテーション技術，テーマ班分けの決定と各班での話し合い
第5週	自主研究の進捗状況報告と議論（1）
第6週	自主研究の進捗状況報告と議論（2）
第7週	自主研究の進捗状況報告と議論（3）
第8週	自主研究の進捗状況報告と議論（4）
第9週	自主研究発表会（1）
第10週	自主研究発表会（2）
第11週	自主研究発表会（3）
第12週	自主研究発表会（4）
第13週	自主研究発表会（5）
第14週	履修ガイダンス，クラス担任によるクラス別懇談会

表2　自主研究課題例

1. 香りの化学（参考書：「ビギナーズ有機化学」（川端潤著・化学同人）
2. 大気の化学
3. 色の化学
4. 酵素の化学
5. 量子力学・量子化学（参考書：「絶対わかる量子化学」（齋藤勝裕・講談社）
6. 熱力学・熱化学
7. 自然に学ぶものづくり（参考書：「天然素材プラスチック」（木村良晴他著・共立出版）
8. 分子性結晶をつくる様々な結合（物質をつくる各種の結合とその機構について化学的な観点から学習する；参考書：「分子結晶」（J. D. ライト　江口訳））
9. 分子性結晶の物性化学（分子のつくる結晶の構造と物性を分子科学的な観点から調べる；参考書：「結晶の分子科学入門」（講談社））
10. 相転移（物質理解の基礎になる各種の相転移現象について熱力学的な観点から調べる；参考書：「相転移の分子熱力学」（朝倉））
11. 分子性の磁性体，超伝導体（有機ドナー，アクセプター分子，ラジカル塩などの性質について；参考書：「有機電子物性」（培風館））
12. 生物の体作りと分子（分子がどのように生命を形成しているのかについて調査する；参考書：「すべては卵から始まる」西田宏記 著・岩波書店）
13. 化学進化と生命の起源（生体を構成する分子の誕生から生命の起源についての学説を調査する；参考書：「生命の起源-化学進化からのアプローチ」原田 馨・UPバイオロジー）
14. 化学反応（参考書：「化学反応はなぜ起こるか」上野景平・講談社）
15. 身近な化学物質
16. 環境問題（オゾン層，地球温暖化，酸性雨，環境ホルモン）
17. エネルギーと化学（燃料電池，太陽光発電，バイオマス・バイオエタノール）
18. 食の安全・水の安全
19. 機能性材料（機能性高分子，有機EL，液晶ディスプレイ，バイオセンサー）
20. 光（光触媒，光化学，光合成）
21. ナノテクノロジー
22. 毒と薬（天然物，人工物）
23. 元素の知識（参考書：「元素発見の歴史」（ウィークス・レスター著　朝倉書店），「元素と周期律」（井口洋夫・裳華房）
24. 接着の化学（参考書：「接着の科学」（竹本喜一，三刀基郷・講談社）
25. レアメタル（参考書：「レアメタルのふしぎ」（齋藤勝裕・ソフトバンク）

表 3　自主研究発表会プログラム（H25 年度）

発表会場1

日　時		発表時間	題目
6月20日	10:30～10:55	25	漢方薬の化学
	10:55～11:10	15	錯体の色
	11:10～11:25	15	植物ホルモンと化学
	11:25～12:00	35	肥料について
6月27日	10:30～10:45	15	不老不死の化学
	10:45～11:00	15	魅力的な分子たち
	11:00～11:15	15	有機物の今
	11:15～11:30	15	銀イオンの殺菌作用
	11:30～11:55	25	接着の化学
7月4日	10:30～10:45	15	クロミズム
	10:45～11:20	35	薬の作用と副作用
	11:20～11:35	15	塩の溶解度
	11:35～11:50	15	写真の化学
7月11日	10:30～11:05	35	毒と薬
	11:05～11:20	15	化粧品の化学
	11:20～11:55	35	スポーツと化学
7月18日	10:30～10:45	15	アルカロイド
	10:45～11:00	15	液体金属
	10:00～11:15	15	ナス科植物の有用成分の研究
	11:15～11:30	15	香りの化学
	11:30～11:45	15	触媒と金属

発表会場2

日　時		発表時間	題目
6月20日	10:30～10:45	15	電子軌道について
	10:45～11:00	15	微生物燃料電池
	11:00～11:15	15	爆発の化学
	11:15～11:30	15	機能性高分子
	11:30～11:45	15	超臨界流体
	11:45～12:00	15	有機半導体
6月27日	10:30～10:45	15	量子化学
	10:45～11:00	15	身の周りのレオロジー
	11:00～11:15	15	食の化学
	11:15～11:30	15	資源について
	11:30～11:45	15	食感と化学
	11:45～12:00	15	DNA と RNA
7月4日	10:30～10:45	15	有機物質の構造決定における手法
	10:45～11:10	25	ダイオキシン類
	11:10～11:25	15	量子力学・化学について
	11:25～11:40	15	水の安全
	11:40～11:55	15	宇宙実験
7月11日	10:30～10:45	15	新エネルギー
	10:45～11:00	15	メタンハイドレート
	11:00～11:15	15	タイムマシン
	11:15～11:30	15	相転移
	11:30～11:45	15	水の安全と食の安全
	11:45～12:00	15	石油化学
7月18日	10:30～10:45	15	回折現象
	10:45～11:00	15	原子力発電の今と未来
	11:00～11:35	35	公害について
	11:35～11:50	15	光の化学
	11:50～12:05	15	光の化学