

2年生土曜日実験講習会（名古屋大学理学研究科）

研究開発の経緯

(1) 準備・打合せ

ア 6月初旬に名古屋大学理学部化学科に実施依頼。SSHの主旨を理解していただくとともに、本校生徒向けの実験実習の企画の依頼。

イ 6月下旬までにメールでのやりとりで、実施講座のテーマ・実施日時・実験実習担当者・実験実習に必要な消耗品などの大枠を決定。

ウ 9月初旬より、実習当日に向けて具体化の為、大学とのメールのやりとりを行い、9月10日に「実験実習を5つのテーマで実施する」「指導は7名の教官あたり、教官一人あたり3名の生徒を指導する」ことが最終決定。実験実習に必要な消耗品も確定した。

エ 10月10日に大学の研究室を訪ね、実習内容の確認と打合せを行うとともに、実習の各研究室を見せていただき、当日の実験概要を説明していただいた。

(2) 参加生徒の募集と決定については、他の2年生向けSSH企画が同時期に多くあり、各企画を一覧表にして9月下旬より参加を募った。また、理系生徒全体に対し集会を開き、各企画・講座の具体的説明をし、生徒の興味関心を喚起するとともに、多くの企画の中からの選択の一助とした。各講座の人数調整のため、最終的に10月中旬に参加生徒の決定をした。

(3) 事前指導

ア 10月中旬にこの企画の参加生徒21名を集め、この企画・講座の趣旨を説明した後、事前学習のためにと、大学の各講座担当者により作成いただいた事前学習資料(20頁～50頁におよぶプリント)と課題の指示のプリントを渡し、各講座のテーマについて簡単に説明した。また、実習当日までの学習についての指示をした。

イ 実習1週間前までに、各講座の課題を提出させ、疑問点など質問を受け付けた。

ウ 実習2日前に参加生徒を集め、直前指導として当日の日程、持ち物、留意事項の説明をした。また、大学で作成いただいた当日の実験・実習プリントを渡し、その場で目を通させ当日の実習の流れをイメージさせた。

(4) 事後指導

ア 本校提出用レポート(実験結果・考察・感想兼アンケート)を提出させた。

イ 大学提出用レポート(題目・目的・実験の方法・結果・考察・感想)を、各講座毎に当日出された課題を含め指示通り完成提出させ、各講座の指導教官に提出し指導を受けた。

研究開発の内容

(1) 実施目的

ア 大学学部の最先端ともいべき研究の一端に触れることで、高校の授業だけでは得難い別の角度からの化学に対する興味・視点を見いださせる。

イ 一つの研究テーマに対して、自ら調べ、学び、実際に実験実習することで、研究課題を深化させるとともに、最先端で活躍されている教官に触れ指導を受けるなかで、真理を追究する態度がどうあるべきかを掴ませる。

ウ レポートの作成を通して、イの項目を再確認させる。

(2) 実施日程

ア 実施日時 平成15年11月15日(土)

イ 実施場所 名古屋大学理学研究科

ウ 実施日程 9:00～9:20 開校式・大学及び理学部の紹介



(理学部紹介)

9:20 ~ 15:30 各講座別の講義・説明、実験実習、研究協議

15:30 ~ 16:20 全体協議、総括、レポートの書き方の指示

(3) 実施内容

ア 「磁石になる有機化合物」 分子機能研究室

- (ア) テーマ概要；従来有機物は反磁性（磁石に引き寄せられない）物質の代表と認識されていたが、1991年に、p-Nitrophenyl nitronyl nitroxide (p-NPNN)という磁石になる有機分子結晶が日本人の手によって発見され、全世界に向けて強烈なインパクトを与えることとなった。この発見を機に世界中で有機磁性研究のブームがわき上がり、今日までに20を越える有機分子磁石が発見されている。最近では有機分子固有の構造柔軟性、選択的化学反应性などの機能と磁性とをドッキングさせて、有機分子の状態変化に応じて磁氣的性質が激変するような、ユニークな分子素子の研究開発が盛んに行われており、高密度記録材料や分子スイッチなどへの応用が期待されている。



- (イ) 当日の実習；1. 概要説明 2. 講義「分子軌道理論と磁性学の基礎」
3. 磁性分子結晶Potassium 7,7',8,8' - tetracyanoquinodimethaneK・TCNQの合成
4. p-NPNN、K・TCNQ---電子スピン共鳴(ESR)スペクトルの温度依存性の測定
5. p-NPNN、K・TCNQの分子軌道計算 6. p-NPNN、K・TCNQの結晶構造解析

イ 「真空蒸着法による有機EL素子の作成と評価」物性化学研究室

- (ア) テーマ概要；有機EL(エレクトロ・ルミネッセント)素子は電極から電荷(電子など)注入を行い、有機薄膜中で発光を起こす発光素子である。その基礎研究は1960年代から始まっているが、80年代後半になって、その実用化への研究が本格的に行われるようになってきた。現在では、自発光型フラットディスプレイへの応用が盛んに研究され、実際に実用レベルまで達している。本研究テーマでは、実際にその有機EL素子を作成、評価を行い、基礎科学的な観点から、発光の原理を簡単な量子化学の知識を用いて理解すること、また応用技術的な観点からは



(有機薄膜専用真空蒸着装置)

素子としての特性を決定する要因について考察することを目的とする。現在、有機EL素子の作成にはインクジェット法、真空蒸着法、スピコート法が主に用いられているが、本テーマでは真空蒸着法という製膜技術を用いて低分子の色素を用いた多層型の素子の作成を行う。実験を通して、超高真空技術や蒸着技術に触れ、それぞれの原理についても学ぶ。



- (イ) 当日の実習；
1. 概要説明・講義(有機ELとは？、作成する有機EL素子の構造、真空蒸着法とは？)
2. ITO(Indium Tin Oxide)基板の洗浄 3. 蒸着源の用意 4. 有機薄膜専用真空蒸着

ウ 「熱フィラメントCVD (Chemical Vapor Deposition ; 化学気相成長)法によるカーボンナノチューブの合成とその生成メカニズムの研究」 物理化学研究室

(ア) テーマ概要 ; 最近、ナノテクノロジーという謳い文句が巷に流行している。そして、その“ナノテク”を支える基幹物質として、炭素系ナノ物質が非常に注目を浴びている。中でもカーボンナノチューブ(CNTs)は、直径約1 nm、長さ数mmに及ぶ超微細管という希有な構造から、1次元ナノ材料のプロトタイプと考えられている。しかもすべて炭素原子でできているため、熱的・化学的に非常に安定であり、毒性も低いことが予想される。すでに、“ナノテク”



(熱フィラメントCVD装置)

への応用も本格的に開発され始めている。しかし、CNTs研究は、まだまだ黎明期にあると言っても過言ではない。実際、その生成メカニズムは依然、謎に包まれているし、合成法にもまだ決定版がなく、新しい方法が次々に開発されている。本研究テーマでは、CNTsを、当研究室が最近開発した熱フィラメントCVD法を用いて合成し、形状や品質を走査型電子顕微鏡やラマン分光などによって評価する。そして、これまでに得られているデータも付け加え、その生成メカニズムを推理する。

(イ) 当日の実習 ;

1. 概要説明・講義
2. 熱フィラメントCVD法により、カーボンナノチューブを合成する。
3. 走査型電子顕微鏡、ラマン分光法によって、合成したカーボンナノチューブの評価をする。
4. レーザー蒸発法やアーク放電法におけるカーボンナノチューブ生成モデルを参考にして、CVD法を用いた場合の生成メカニズムを議論する

エ 「パルスアーク放電法による二層ナノチューブの生成と精製」 物理化学研究室

(ア) テーマ概要 ; 炭素は黒鉛、ダイヤモンドという二つの同素体が古くから知られてきた。近年、1000分の1マイクロメートル(1 ナノメートル=10⁻⁹ m)程度の球状炭素であるフラーレンと今回の対象であるカーボンナノチューブが新たに合成され、その際だった特性が研究されてきた。カーボンナノチューブは長さはミリメートルに達するほどの通常のサイズを持つが、直径方向は1ナノメートル程度であり、細長いチューブ状である。この細さは、1gの炭素を一本のナノチューブにした場合、地球



と太陽を往復するほどである。このように、際だって細いために、強度が鉄の100倍に達するほどの、超強化繊維としての可能性や、超高密度・超高速論理回路への応用が期待されている。本研究テーマでは、パルスアーク放電法という手法を用いて、二重の入れ子になった二層ナノチューブを生成し精製することを試みる。従来、カーボンナノチューブは細い一層で構成された単層ナノチューブと太く、複数の層(数十層)を持つ多層ナノチューブが知られていたが、二つの層をもつ二層ナノチューブだけを選択的に生

成し、精製することはできなかった。二層ナノチューブは最も細い多層ナノチューブであるため、単層ナノチューブの細さと多層ナノチューブの物理的・化学的強度を兼ね備えた、特異な物質である可能性が高い。事実、その細い先端から電子を放出させ、プラズマテレビより遙かに高性能なディスプレイを作成する研究において、電子を放出する能力が高くしかも、その放出する寿命が長いことがわかっており、非常に有望な物質として注目されている。今回の実験では、この二層ナノチューブの生成と精製とともに、どのようにして層数が制御できるのか、また、ナノチューブの層と層の間にはどのような関係があるのかを考えてみる。

(イ) 当日の実習；

1. 概要説明・講義
2. 高温パルスアーク放電法を用いて、ナノチューブ類を生成
3. 取り出したナノチューブをラマン分光法を用いて、単層ナノチューブか二層ナノチューブかを調べる
4. 高温パルスアーク放電法での生成の温度依存性を調べ、高温の時のみ二層ナノチューブが生成することを確認
5. 生成した単層ナノチューブと二層ナノチューブを空気中で加熱することにより、両者での酸化燃焼速度が顕著に異なることを確認する

オ 「分子の性質と分子集団の性質」 理論化学研究室

(ア) テーマ概要；この課題では、分子の成り立ち、分子間力、集団としての分子の性質を、コンピュータシミュレーションを通じて理解することを目指す。全ての物質は、原子から構成されている。原子の大きさは1ミクロンのさらに一万分の一ほどしかないが、互いに結びついて分子となり、時にはタンパク質やDNA分子のような巨大分子を形成する。さらに分子同士が分子間力でむすびつき分子集合体を作ることによって、私たちの体や、樹木や、惑星といった巨大な構造物を作り上げる。この講義・実習では、原子がどのように結合して分子を形作り、また、そうしてできた分子同士がどのように相互作用するかを計算機を用いて学習する。氷をあたためてゆくと水になり、やがて蒸発して水蒸気となる。このような固体液体 気体の状態変化は、水に限らずほとんどの物質で起こる。これらの状態は分子の尺度で見た時に何がちがうのか、分子には無限に近い種類があるのに、分子の集合体としての性質にはなぜこのような共通点があるのかを、実際に計算機シミュレーションを行い、相転移の様子を分子スケールで観察しながら考察する。



(概要説明・講義風景)

(イ) 当日の実習；

1. 概要説明・講義
2. 計算機を用いて分子軌道の計算により、分子の中の電子・分子の形と安定性・分子間の相互作用・分子の反応性を調べる。
3. 分子運動をコンピュータでみる・・・分子間の相互作用・状態変化・混合
4. 研究協議

実施の効果とその評価

(1) 事業実施による成果

今回の実験講習会に参加した生徒のほぼ全員が、今回の企画の参加を大変有意義であったと答えている。参加生徒はたいへん多くのものを得ることができた。主な点を上げてみると概ね次の通りである。

- ア 最先端の研究の場での実習から、今までとは異なる一步進んだ視点からの新たな興味関心を引き出した。
- イ 通常では体験できないことが体験できた喜びを得た。
- エ 物事を知り、探求していく喜びを得た。
- オ 真理を追究し、探求する態度がどうあるべきかを肌で感じる事ができた。
- カ 探求する者同士の協調性の重要性を認識することができた。

以下、生徒の感想の抜粋

「参加前は、テレビがなぜ光っているかということにも疑問に思わなかったのに、大学からのプリントで学習し、大学で実験をしてみても理解が深まったと思う。最先端の研究に接することができ、大学はどんな所でどんな研究をしているのかも分かったし、貴重な体験ができた。」「内容が高度でその場で十分理解することはできなくて、実験を楽しむというところまではいかなかったが、大学の研究室に初めて入ってその雰囲気味わうことができた。一人の教授に学生数名で、ほぼマンツーマンで、そういう中では自分の思ったことや考えたことをはっきりと他の人に話すことが大切になるだろうと思った。」「以前雑誌で有機ELの特集があり、以来、あの薄さ、画像の鮮明さの驚きを感じており、一度みてみたいと思っていた。大学の研究室の雰囲気も味わうことができる中で、実際にそれを制作し、制作したものが光った時の感動は何とも言えないものだった。」「事前に資料を読んだり、下調べをしたりしていたときは「本当に理解できるのだろうか」という不安しかなくて、とても心配だったのですが、実際に実験をして多くの貴重な体験ができて本当に良かったと思いました。実験の持つ大切さを学ぶことができた。」「資料を読んで事前学習をしたが難しくよく解らなかったが、実際に生成する中でよく解るようになった。」「大学ではとても高度で最先端をゆくことを追求していくということを改めて強く感じた。」

(2) 事業内容全体の評価

今回の実験実習講習会は大学の最先端の研究を、理系を選択している本校の生徒向けに、各研究室の先生方に考案していただいたものである。「理学部の研究を知ってもらいたい機会にもなる」講習会ともなるとのことで、5つの講座とも大学で現在取り組まれている内容の一部を参加生徒と一緒に探求するという形で組まれたものになっている。そのため、内容的にはかなり高度なものであるが、1ヶ月半も前から事前学習のために詳しい資料を作っていた(各講座とも20頁～50頁におよぶ資料)。ラマン分光法・分子軌道法・電子スピン共鳴など、高校生にとっては難しい内容も多く、(1)の生徒の感想にあるように事前学習ではかなり苦戦したようである。しかし、当日の講義・説明を加えながらの実験実習で、「理解できていない面もあるけれど、今回の実験講座を通じて「少しわかった気がする」、「もっといろいろなことが知りたいと思う」、「今回の実験はただ作るだけでなく、関連事項や装置の説明があり、なかなかよかった。説明の内容はそれ程難しくもないものばかりだったし、分かりやすく話してもらえて良かった」等の感想にみられるように、ある程度は理解できたようである。また、「大学からのプリントで学習し、大学で実験をしてみても理解が深まった」の感想にみられるように、高度な研究内容であっても事前学習の期間を取り入れることで、ある程度のカバーができ、当日の実験実習を生かすことができるといえる。次の生徒の感想が今回の講習会の評価となると思われる。「今の時代は機械は優れているけれど、その仕組みについて殆ど何も知らないし、与えられるだけで知ろうとしなかった自分に気が付いた。また、研究者としての心構えみたいなものを教えられました。このSSHを通して、未開発の分野について研究したいという気持ちが一層強くなってとても良い刺激になりました。」物事を知り、探求していく喜びを多くの生徒が得ることができた意義は大きい。

問題点及び今後の研究開発の方向

- (1) 今回のこの企画は早くから大学の先生方との打合せができ、事前学習の時間を設けることはできたが、同時期に多くの企画(2年生土曜日実験講習会だけで、大学学部単位で11もの企画)があり、そのうち当企画のように講座数が5講座に及ぶと、一人の教員だけでは5講座分の事前学習を充実させる(事前学習資料の理解を深めるための補足講義などを設ける)ことは困難となる。事前学習に大きな意義があるとの考えから、各企画の数や実施時期のバランスを配慮する必要があると思われる。
- (2) 大学の研究室を訪れての実習は、生徒にとって新鮮な感動を与えるものであり、多くのものを得ることができる。今後も大学や各研究機関との協力体制を確立し、発展させていきたい。