

## 2 化学

### (1) ねらい

放課後講義及び土曜日の実験については、授業で学んだ内容をさらに深めることをねらいとし、授業進度に合わせて計画した。また、サイエンスアプローチでの講演会について、社会における化学の役割を認識させることをねらいとし、特に化学が医学に果たしている役割について学習することを主眼においた。大学研究室との連携のもとに研究活動に取り組む「プロジェクト実験」では、探究活動を通じて研究者としての資質を育てることをねらいとした。

### (2) 実施概要

#### 【高大連携】

##### < 授業との関連・発展型講義 >

本講義は、興味・関心の高い希望者に対して、放課後の時間帯に北海道大学での講義を2回実施するとともに、研究室見学を行った。

#### ア 第1回(分野)「電子1個のエネルギーはどれくらい？」

平成16年9月30日(木) 16:30~18:30

場所：北海道大学 参加生徒：希望者8名

講師：北海道大学大学院理学研究科教授 村越 敬 氏

高等学校で扱う電池、電気分解では、電子の動きが目で見えず、電子の粒子性と波動性を体感するところまでは至らない。そこで、本講義では、電子の流れを微視的に考えることに主眼をおいて、テーマを設定した。

講義では、銅原子数十個から成る金属ナノドット構造や金属原子数個でつながった金属ナノ接合などの観察など、ナノテクノロジー技術を利用した研究を紹介し、化学結合や化学反応における電子の役割やそれを応用した最新技術についての理解を深めた。また、講義後に研究室を見学することもできた。

#### イ 第2回(無機化学分野)「はみ出し元素とその不思議な性質」

平成16年11月30日(火) 15:50~17:20

場所：本校視聴覚室 参加生徒：希望者8名

講師：北海道大学大学院理学研究科教授 日夏 幸雄 氏

周期表にあるランタノイド元素やアクチノイド元素は、周期表の欄外にはみ出した形で書かれる元素である。ウランをはじめこういった希土類元素が重要な役割を担っている例は少なくなく、また、新たな人工放射性元素を発見すべく研究が進められている。

本講義では、高等学校では学ばないこれらの元素のいくつかについて利用例などの研究を紹介した。これらの原子についての解説には不可欠な原子軌道についてのやや難解な解説にも生徒はある程度の理解を示していた。また特に磁石の開発の歴史やしくみについての解説は電磁気学の知識のない生徒にもわかりやすく説明され、遷移元素の特徴を生かしたその利用例について、多くの知識を得た。

### ウ 第3回(有機化学分野)「環境調和型有機化合物合成法を生物に学ぶ」

平成16年12月14日(火) 16:30~18:30

場所:北海道大学 参加生徒:10名

講師:北海道大学大学院理学研究科教授 及川 英秋 氏

有機合成化学は、医学、薬学への応用が期待される学問であるが、一方環境問題の深刻化に伴い、環境を破壊しない合成法の確立が重要視されている。本講義では、有機化学が現在抱えている問題や生物と密接に関わった化学の手法について、多くの例を通して学ぶ機会となった。遺伝子技術を応用して微生物に生産させた酵素を利用した新しい有機合成法を紹介しながら、不斉炭素原子や光学異性体について説明した。また、それらを用いて薬を合成することにより、高い変換効率で生体に有益な物質だけを合成する手法についての解説を行った。生徒の理解をうながすため、途中で光学異性体の例を分子模型を用いて実際に作ってみるなどの簡単な実習も行った。

#### 《評価と課題》

図1は講義参加人数のグラフである。本年度の参加人数は、各回 10名程度で推移した。また、1 回目、2回目については、2年生 の参加が少なく、授業の発展型と しての講義シリーズの役割を果た したとは言えない。

しかし、今年度のシリーズには、2名の生徒が3回継続して参加し、様々な分野の発展的な知識や研究内容についての知見を得た。

図2は講義への理解度のグラフである。一定の理解度があったことを示している。今年度は、講義を実施するにあたり事前の打ち合わせをしっかりと行い、高校化学との接続を意識した導入を設定したことから、一定の成果があった。

また、アンケートから、大学での講座に伴って実施した研究室見学は生徒の興味関心を深め進学意欲を高めるという結果が得られた。見学だけでなく、このような講義と見学を組み合わせることで、実際の研究内容がより深く理解出来ることから、大学と連携した講義を大学で実施することは重要である。さらに、授業との関連性などを考えると、研究の紹介を中心においた現在の講義内容は検討の余地があり、研究に触れることと授業との関連性の双方を満たすような方法について、現在検討を行なっている。

### <授業との関連・発展型実験>

高等学校の設備では実施が難しい実験や発展した内容の実験を、北海道大学内の実験室で実施した。

#### ア 第1回「リン酸の解離定数の測定」(酸と塩基)

平成16年6月26日(土) 10:00~17:00

場所: 北海道大学 参加生徒: 希望者28名

講師: 北海道大学理学部理学研究科助手 石坂 昌司 氏

今年度は6月中に実施したが、ほとんどが1年生であり、実験に必要な物質量やモル濃度に関する内容をまだ学習していなかったため、事前に参加者を集め学習会を行った。実験内容に関しては初年度の報告書と重複するので省略する。

実験は順調に行なわれ、pH曲線について十分な結果が得られた。また、測定結果から得られた解離定数も理論値に近い値が得られた。

#### イ 第2回「セリメトリー」(酸化還元)

平成16年9月4日(土) 10:00~17:00

場所: 北海道大学 参加生徒: 希望者10名

講師: 北海道大学理学部理学研究科教授 喜多村 昇 氏

##### (ア) 実験概要

鉄( )イオンがセリウム( )イオンと反応して鉄( )イオンに次第に変化していく。溶液中に存在する鉄( )イオンの量を求めるために、両方の鉄イオンと色の異なるキレート錯体を作る化合物を用いて溶液の色の变化から求める実験と、溶液に浸した白金電極と参照電極間に流れる電流の電位差(電圧)変化から求め合わせて3つの実験を行った。

##### (イ) 実験操作

溶液の色の变化から求める実験の原理と、実験の実施状況は次の通りである。

鉄( )イオンはフェナントロリン3分子と錯イオンを作り赤色を示す。ここにセリウム( )イオン溶液を加えると鉄( )イオンは酸化され、鉄( )イオンに変化する。生成した鉄( )イオンも同様にフェナントロリンと青色の錯イオンを作る。この変化により最初赤色を示している溶液は、セリウム( )イオン溶液を加えることで次第に青色に変化していく。溶液が完全に青色となったところを滴定の終点とする。この実験では、滴定の終点で青色溶液中の赤色の消失を観察しなければならぬために、色の变化の確認が難しかったが、生徒は標準となる色の溶液を作り、それと比較することでよい滴定結果を得ていた。

また、電位差(電圧)変化から求める実験の原理と実験の状況は、以下の通りである。

鉄( )イオンと鉄( )イオンが存在する溶液中を流れる電流の電位差(電圧)はそれぞれ異なる。セリウム( )イオン溶液を加えることで鉄( )イオンが鉄( )イオンに変化すると、溶液中を流れる電流の電位差(電圧)は次第に変化し、変曲点を生じる。この変曲点を滴定の終点とする。この実験では最初セリウム( )イオン溶液を加えてもあまり電圧変化はないが、終点付近で急激に変化するので、

溶液の滴下量と電位差のグラフを同時に作成しながら行わなければいけないため、慌ただしい実験であった。ここでも生徒はうまく仕事を分担し、ほぼ作成した溶液と同じ値を求めていた。

### ウ 第3回「スピロピランの合成とホトクロミズム」(有機化学)

平成17年3月12日(土) 10:00~17:00

場所：北海道大学 参加生徒：希望者13名

講師：北海道大学理学部理学研究科教授 鈴木 孝紀 氏

#### (ア) 実験概要

紫外線を当てると青色に発色し時間が経つと無色になる機能性高分子であるスピロピランの合成実験を行った。この実験は有機化合物の合成手法の理解と、化合物が持つ性質の応用の可能性に関する内容が重要と考え選定した。

#### (イ) 実験操作

反応物のトリメチルメチレンインドリンとニトロサリチルアルデヒドをナス形フラスコに取り、還流冷却器をつけ、ホットスターラー上の湯浴に浸けて30分間80 程度で反応させた。最初赤色だった溶液中に黄色のスピロピランが生成してくる。温度を下げ合成実験終了後、生成物を吸引ろ過し濾別する。得られた生成物をベンゼンに溶かし、紫外線を当て色の変化を観察した。また変色後の溶液の温度を変化させ、色が消えるまでの時間変化を観察した。

### 〈評価と課題〉

#### ア 第1回「リン酸の解離定数の測定」

実験終了後のアンケートでは、1年生は「実際に実験することでやっと事前学習の内容が理解できた」「中学校ではやったことがない高度な実験でとても興味深かった」等の内容が多かった。2・3年では、「内容としては理解していたつもりだったが、実際実験することでpH曲線や解離定数に対する理解が深まった」という記述が多かった。このことからこの実験項目は、化学平衡に関する具体的なイメージを与え理解を深めるものとして有効であると思われる。

#### イ 第2回「セリメトリー」

実験終了後のアンケートでは、「授業では有色溶液が無色になる(又はその逆)変化が主であったが、元々ある色の中の他の色を見分けるのが大変だった」「教科書で変曲点を持つグラフを見ていたが、左右に少し伸びたようなグラフとなった」等の感想が多かった。実際の実験での観察の難しさと、実測値によるグラフの作成を体験する実験として有効であったようである。

#### ウ 第3回「スピロピランの合成とホトクロミズム」

今回の合成実験は、化学が苦手な生徒も注意して実験を行いさえすれば生成物が得られ、特有の色の変化やその観察実験が行えるため、1年生が特に楽しそうに実験を行っていた。実験終了後のアンケートでも、期待以上にわかりやすく楽しいものであったとの記述や、今後の興味関心につながった記述が多かった。

#### エ 課題

今年度は実施時期の変更をして、2学年の授業進度に合わせた実験内容にしたが、

今年度も2年生の参加が少なかった。募集の方法や実施対象学年などの限定が必要と思われる。また、昨年度から学習指導要領が改訂され、1年生では理科総合の一部でしか化学を学習していないため、ほとんどの実験内容を事前の学習会で指導したが、十分なものにならないため、実際の実験においても、生徒の理解が不十分であったように思われる。そのため2年生になっても継続して実験に参加する生徒が、減少すると予想される。その点今年度の第3回の合成実験は、計算や化学的知識がなくても注意して実験をすれば目的の物質を合成できるので、年度始めの1年生が参加する実験として最適のものであると思われる。

### <プロジェクト実験>

昨年度「アビエチン酸の消臭効果」「水中水滴」の2テーマで実施したプロジェクト実験について、今年度は、「水中水滴」の1テーマを継続し、新たに2テーマを加えて、全3テーマで研究を行うこととした。このうち、分析化学研究室で行った2テーマについては、主として本校において実験を実施し、月に1度北大に出向き1ヶ月間の実験の進行状況を報告するとともに、教官から指導助言を受けながら実験を進めた。また、新たに設定した生物科学専攻高分子機能学研究室での1テーマについては、北大で核磁気共鳴装置や質量分析計など最先端の測定機器を用いたデータ解析を行う研究を実施した。

## ア 「水中水滴に関する研究」

場所：北海道大学 参加生徒：1名

講師：北海道大学理学部理学研究科助手 石坂 昌司 氏

### (ア) 実験内容

界面活性剤を含む水溶液中に独立した別の水滴を作る実験である。昨年度の経過をふまえ今年度は、分子中の二重結合の数と水中水滴のできやすさの関係を調べることにした。実験に使用した界面活性剤は、昨年度実験に使用したオレイン酸ナトリウム(二重結合を1個持つ)の他に、リノール酸(二重結合を2個持つ)リノレン酸(二重結合を3個持つ)の各ナトリウム塩を用いた。昨年度の実験より得られた最適濃度とその前後の濃度の水溶液を作り、実験を行った。

### (イ) 実験とその結果

オレイン酸よりリノール酸の方が水中水滴を形成しやすいが、リノレン酸は水中水滴を形成しなかった。

分子を一個の球として考えたときの半径を表面張力を用いて調べてみると、二重結合の増加とともに分子が屈曲するため、分子の占有体積が大きくなっていることがわかった。

これらの実験結果より、分子の形(分子の占有体積)が水中水滴の形成に対して大きく影響を与えていることがわかった。

水面上や水中水滴表面に丁度よい大きさでよく直立した分子はきれいに並び、空気を挟んだ二重膜を形成することができるのに対し、二重結合の数が増え分子が必要以上に屈曲すると分子の占有体積が増加し、分子同士がきれいに並べなく

なり、二重膜を形成・維持できなくなることがわかった。これらの実験成果を12月のSSデイで発表した。今後は他の界面活性剤についても今回の実験と同様の結果が得られるかどうかを検証するとともに、界面活性剤以外の物質でも水中水滴ができるかどうかを実験する。

## イ 「二酸化チタンの光触媒反応とエチレンの分解」

場所：北海道大学 参加生徒：4名

講師：北海道大学理学部理学研究科教授 喜多村 昇 氏

### (ア) 実験内容

昨年戸のアピエチン酸と同様に何かを吸収又は分解して環境浄化や物質の保存に役立つような研究対象を模索した。その中で、二酸化チタンの光触媒作用についての実験をすることとした。

### (イ) 実験と結果

#### 実験 1

二酸化チタンは光を当てるとそのエネルギーを利用して酸素分子から活性酸素を発生させ、発生した活性酸素は周りの物質を酸化分解する。最初にそのはたらきの検証として、たばこの煙の中に含まれる物質の分解実験を行った。職員の喫煙室にあった空気清浄機のフィルターから煙の成分をエタノールで抽出し、ガスクロマトグラフィー(以降GC)で分析した。その結果無数の物質が混合していることがわかった。この抽出物をそのまま実験に用いたのでは何が分解されているかがわからないので、その中に含まれていたニコチンだけを取り上げて分解実験を行った。 $1.6 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$  のニコチン水溶液に0.1mgの二酸化チタンを加えた溶液を作り、攪拌しながら高圧水銀灯で光を当て、10分ごとに溶液を少量取り出しGCによってニコチンの分解を調べた。この実験により二酸化チタンの光触媒効果が検証できたのと同時に、光の照射時間に分解量が比例することがわかった。

#### 実験 2

次に、この光触媒効果の利用実験として、植物の傷みや果物の熟成に係るエチレンの分解を行った。様々な野菜や果物から発生したエチレンは周りの野菜や果物の傷みや熟成を促進する。現在の冷蔵庫ではできるだけ庫内の換気をよくすることでエチレンの影響を押さえている。

最初に果物からのエチレンの生成を確認するためにバナナとリンゴを使い、様々な条件でエチレン量の測定を行った。測定条件は、暗所・明るい室内・冷蔵庫の野菜室のそれぞれにデドラーバッグに入れたバナナとリンゴを入れ、24時間ごとにデドラーバッグ内のエチレン量を測定した。エチレン量の測定にはエチレンの標準気体を利用し、二種類のGCカラムとも同じリテンションタイムで検出されることでエチレンと確認した。この実験からエチレンの生成は温度が高い方が多いこと、光には関係がないこと、バナナよりリンゴの方が発生量が多いこと、の三点がわかった。

次に二酸化チタンを用いてリンゴから発生するエチレンの分解実験を行った。

リンゴをビーカーに入れその上にシャーレに入れた二酸化チタンを載せる。そのビーカーをデドラーバッグのシートで密閉し、24時間蛍光灯の光を当てた。比較実験としてリンゴだけを入れたもの、二酸化チタンだけを入れたものについても同時に同様の実験を行った。この実験により、リンゴだけのものはエチレンが増加していったが、二酸化チタンを入れたものはエチレンの濃度が低く抑えられていたという結果を得た。このことから二酸化チタンはエチレンの分解に有効であることがわかった。

これらの研究成果を12月のSSディで発表した。今後の実験としては、生成するエチレンのGCによる定量実験や使用する二酸化チタンの種類を変えた実験を行う予定である。

## ウ 「北海道の薬用植物に由来する生理活性物質に関する研究」

場所 北海道大学 参加生徒：希望者3名

講師 北海道大学大学院理学研究科助教授 門出健次 氏

### (ア) 研究の概要

北海道で産出するある種の植物には抗肥満作用に関連したものがあり、これらの生理活性はある種のタンパク質阻害が関係していると考えられている。本研究ではこの中の1つの植物から、既に確立している分離方法を用いて生理活性物質を単離したのち、各種機器分析（質量分析など）により構造を考える研究を行った。また、阻害されるタンパク質（唾液アミラーゼ）の構造についてのX線データをもとに、阻害物質がタンパク質に働くしくみについて、生化学的手法やコンピュータによる3次元映像を使いながら議論した。

### (イ) 研究内容と結果

北海道大学原生林より、研究の試料とする、ハナヤスリ科エゾフユノハナワラビの採集を行った。実験室に持ち帰り、エゾフユノワラビを地上部と根の部位に分け、50のオープンで乾燥後、地上部と根の部位からそれぞれメタノールで抽出を行った。数日後、得られた抽出液を減圧濃縮して、地上部と根の抽出物を得た。その抽出物を用いて、 $\alpha$ -アミラーゼ阻害活性測定を行った結果、地上部の抽出物に阻害活性があることが分かった。

続いて、地上部抽出物から、阻害物質の単離・同定を行うため成分の分離を行った。まず、分液漏斗を用いて、ジエチルエーテル - n-ブタノール - 水の各層に分配した。次に、 $\alpha$ -アミラーゼ阻害活性の最も強かったn-ブタノール層について阻害作用を指標として、フラッシュクロマトグラフィー、高速液体クロマトグラフィー等の各種クロマトグラフィーを用いて成分の分離・精製を行った。その結果、1種のフラボノイド配糖体の単離に成功し、阻害活性測定から、この化合物を $\alpha$ -アミラーゼ阻害物質と同定した。化合物の構造解析は、NMR、質量分析器のスペクトル解析をもとに行なった。

上記フラボノイド配糖体は既知の化合物であったが、続いて単離された同様の生理活性のある化合物については構造を解析した結果、現在までに報告されていない新規の化合物であることがわかった。現在、コンピュータを用いてアミラー

ぜと阻害物質の構造の関係を考察している。今後の研究成果と合わせて、生徒自身が科学論文を書き、学会で発表するという形で、完結するよう計画している。

## 〈評価と課題〉

### ア 「水中水滴に関する研究」

2年目を迎え、生徒の研究に対する姿勢の変化が見られた。昨年度はテーマの選定や実験の進め方に対して、受け身の部分が多かったが、今年度は疑問点や実験の方向性に対して本人なりの考えや意思をはっきり示すことができるようになった。また、発表に関してもまとめかたやプレゼンテーションの方法について進歩がみられた。

今後、この研究を論文形式でまとめ、論文集として残す必要がある。

### イ 「二酸化チタンの光触媒反応とエチレンの分解」

実験を開始した時点では入学したばかりの1年生であったが、次第に実験に慣れ、しばらくするとガスクロマトグラフィーの設定や測定に関しても十分な操作ができるようになった。また何度かの発表原稿や、プレゼンテーション資料の作成で、自分たちの研究についての理解が深まり、より積極的に実験に参加している。

今後、この研究をどのように自分たちで発展させていくかが課題となる。

### ウ 「北海道の薬用植物に由来する生理活性物質に関する研究」

本研究では、大学の卒業研究レベルの価値の高い研究成果が得られた。また、生徒は本研究を通して、新しい生理活性物質の抽出という目的を達成するために基礎的な有機化学を熱心に学習した。また、高度な機器分析の手法を通じて、有機化合物の構造と官能基の特徴などを深く学んだ。研究結果として新規化合物を発見するに至った成果はもちろん、そこに至る過程を経て、参加した生徒は研究者としての基礎的な資質を高めることができた。

## 【サイエンスアプローチ】

### <全体講演>

サイエンスアプローチにおける講演は、学年全体の生徒に対する講演であることから、特に生徒が化学と実社会、あるいは化学と他分野の科学技術との関わり合いについてより深く認識できるようになることを目的として実施した。

### ア 1 学年生徒対象講演

#### 「生体内での化学反応～脳内で働く微量元素の役割・環境ストレスと生体応答～」

平成16年9月22日(水) 13:30～15:00

場所：本校第一体育館 対象：第1学年全生徒(360名)

講師：北海道大学大学院医学研究科助教授 齋藤 健 氏

本講演では、医学部の研究者を講師として、医学における化学の役割などをわかりやすく解説した。

講演前半では、生体内、特に脳内で微量な金属イオンなどがどのような役割を果たしているか、それをどのように測定し医学に役立てているかを解説した。また、

講演後半では、ダイオキシンなどの環境ストレスが生体に及ぼしている影響とその対策を、実際の測定や治療、予防医学といった側面から解説した。

講演後には1年生ながら専門的な内容にまで踏みこんだ質問が多く出され、活発な質疑応答が行われた。

## イ 2 学年生徒対象講演

### 「ゲルで創る人工軟骨」

平成16年12月14日(火)13:30~15:00

場所：本校第一体育館 対象：第2学年全生徒(360名)

講師：北海道大学大学院理学研究科教授 龔 劍萍 氏

ゲルとは、タンパク質などが何らかの作用で水を含んで固まった状態で、生体中には多く存在する。また、近年、紙おむつなど水を多量に吸収する高分子化合物が多く開発され、その特異な特性を生かして多くの分野で種々の機能性高分子が実用化されている。

講演では、特に生体内におけるゲルの役割として、関節などの軟骨に焦点をあて、その仕組みとこれを模した人工軟骨の開発について解説した。また、これらの開発を通じて得られた知見が、他の医学的、工業的な摩擦の問題にも革新的な方法を与える例を紹介し、化学と医学、化学と社会のつながりについて、生徒に新たな知識を与えた。

講演後には当を得た質問が多く出され、活発な討議が行われた。

### 《評価と課題》

医学部、看護学部、薬学部などへの進学を希望している生徒に対して、基礎学問の大切さを理解させることができた。また、化学が実社会に果たす役割について理解することで、文系生徒が化学の重要性を理解する場としても成果を上げた。さらに、12月の講演では、国際社会における科学者の役割の大切さを訴え、生徒に深い示唆を与えた。

### 【担当講師による評価・意見】

北海道大学大学院理学研究科化学専攻教授 喜多村 昇 氏  
スーパーサイエンスハイスクール『化学』を振りかえって

#### 1 はじめに

札幌北高校のスーパーサイエンスハイスクール(SSH)指定にかかわって、北海道大学・大学院理学研究科が理科科目の全般的な支援を行うこととなった。化学については化学専攻に支援の要請があったが、その当時、専攻内で高大連携に関する委員をしていたこともあり、筆者が担当・連絡係となった。これを受け、その後の約2年半の間、1) 札幌北高あるいは理学研究科における講義、2) 化学専攻の施設・設備を使った化学実験、3) 札幌北高生と連携して行うプロジェクト実験の3つの取組を行ってきた。1) については化学専攻のみならず、理学研究科の他専攻の教官にも協力を依頼して実施した。個々の講義について筆者は関与していないため、その内容については、ここでは割愛する。

以下、2)および3)についての取組内容の概要をまとめる。

## 2 化学実験

化学実験は理学研究科6号館・化学専攻学生実験室および学部2年生が学生実験で使用している器具・薬品などを用いて行った。6回の実験のテーマ等については次の表のとおりである。専攻の学生実験室を使用する都合上、化学実験は大学の夏季・春季休暇中、あるいは実験室に物品が置かれていない土曜・日曜日に行った。

年月日	実験テーマ	参加生徒数
平成15年3月 8日(土)	キレート滴定実験	17
平成15年3月23日(日)	リン酸の解離定数の決定	26
平成15年8月 3日(日)	陽イオンの系統分析	7
平成16年3月 6日(土)	イオン交換クロマトグラフィー	14
平成16年6月26日(土)	リン酸の解離定数の決定	23
平成16年10月2日(土)	酸化還元反応と起電力に基づく定量分析実験	11
平成17年3月12日(土)	有機化学実験	13

実験に際しては、我々が用意した実験の原理・考え方や内容を記したパンフレットを事前に北高に送付して参加者を募った。参加者は全学年にわたるため、参加者全員が実験内容や実験で出てくる化学用語などを習っている訳ではない。したがって、実験当日に北高の教諭が実験内容を説明するとともに、必要に応じて我々が補足説明を行ってから実験を行った。毎回、9時半頃に大学に集合してもらい、10時からのガイダンス後に実験を開始し、昼食をはさんで4時までには終了するようにした。大学側から教官2名程度、ティーチングアシスタントとしての大学院学生2名が参加するとともに、北高からも化学の教師が2名参加して行った。また、当然のことながら、実験に際しては北高が用意した白衣と安全メガネを着用させるとともに、事故や怪我が起こらないように万全の注意を払った。実験終了後には、実験結果を生徒に発表させ、他の生徒の結果と比較させたり、教官から、行った実験は身の回りや社会の中でどのような意味があるかなどについて、教官側から改めて解説するなどの工夫もした。

上で述べたように、参加者は実験内容を習っているとは限らないとともに、たとえ学習済みであるとしても、ある程度の技術が必要であるために、実験は必ずしも簡単では無い。また、実験データの整理・解析・計算についても未習の知識が必要となることが多いために平易ではなく、難しいと感ずる生徒が多い実験テーマもあったようである。特に、リン酸の解離定数の計算は北大の学部2年生でも苦勞する課題である。それにも関わらず、実験について概ね満足感や達成感を感じて終了していることが、実験終了後に書いてもらっている感想文から伺えた。以下に、数人の感想文をそのまま引用する。

- 生徒感想文 -

「今回の実験は私にとって未知の世界でしたが、とても楽しかったです」(テーマ：キレート滴定、1年生)

「今回の実験では、まず器具を洗って心をこめることが大切なのだと思います。

午後からは本格的に白衣も着て少し良い気分になりました。液を落とすときは、研究はタイミングだと思って真剣に取り組みました。その結果としてなかなかいい計算結果が表されたので、満足です」(テーマ：リン酸の解離定数の決定(2年生))

「今回の実験は一言でいうと、すごく楽しかった。なぜなら、今まで小中学校でやってきた実験は教科書を少し読み進めれば結果とかも全てわかってしまったからだ。それに比べ、今回の実験は、となりの人やむかいの人とも結果が違い、やってみなくてはわからないものだったので、自分でいろいろ考えることができた」(テーマ：陽イオンの系統分析(1年生))

「金属イオンを使った実験は、色が綺麗なので見ていて飽きずに楽しめる。さすがに、イオン交換樹脂を授業でやっただけに、原理についてはだいたい理解できたと思う。Co<sup>2+</sup>の2色のイオンの変化については非常に不思議である。何故、急に青赤の変化が起こるのだろうか。Fe<sup>3+</sup>が思ったよりも綺麗な黄色だったのも驚いた。もっと褐色に近いと思っていたのですが。今回の実験は色も大変綺麗で、Co<sup>2+</sup>の不思議な変化もあり、大変楽しめたとし、理解できたと思う」(テーマ：イオン交換クロマトグラフィー(3年生))

「実験の精度を高めるのに細かい事にまで注意を払わなければいけなかった事に、高校と大学の大きな違いを見つけたような気がします」(テーマ：酸化還元反応と起電力に基づく定量分析実験、3年生)

「難しかった」、「疲れた」という感想ももちろんあるが、「つまらない」、「意義を感じない」という否定的な意見は皆無であった。さらに、大学の実験設備を使うことから、「大学における研究の実際を垣間見ることができてよかった」という感想や、「ティーチングアシスタントの大学院生と話すことができてよかった」など、「化学を学ぶ」こと以外でも生徒に有意義だった点もある。

### 3. プロジェクト実験

プロジェクト実験においては、我々が提案した実験テーマを北高および北大(筆者の研究室)の実験装置を用いて生徒自らが個々のテーマを研究した。また、定期的の実験の進捗状況を報告してもらい、適宜、我々が助言を与えつつ行った。なお、実験を進めるにあたっては、筆者が全体的な指導にあたり、各テーマには助手および大学院生2名ずつがティーチングアシスタントとして実験指導と補助を行った。実験テーマと取組内容は以下の通りである。

#### 1) 平成15年度「アビエチン酸の化学」(1年生4名)

松脂の成分の一つであるアビエチン酸に消臭効果があることを、アビエチン酸結晶によるアンモニアの吸収実験を通して研究した。北高におけるガスクロマトグラフィー測定実験、北大における赤外吸収スペクトル測定実験、結晶の元素分析測定などを行い、アビエチン酸の消臭効果について考察した。

#### 2) 平成15年度「水中水滴の実験」(1年生1名、2年生2名)

石鹼水溶液中にガラス管から石鹼水1滴を滴下することにより水中水滴ができ

ることは古くから知られているが、大学・研究所レベルでも詳細な研究はなされていない。そこで、どのような条件の時に水中水滴が出来やすいかについて研究を行った。主として水中水滴の形成実験は北高で行い、実験結果の考察に必要な表面張力測定については北大で行った。これを通し、界面活性剤の濃度と水中水滴の出来やすさの関係について考察した。

### 3) 平成16年度 「水中水滴の実験」(2年生1名)

平成15年度に引き続き、界面活性剤の分子構造と水中水滴の出来やすさの関係について研究を行った。必要に応じて北大の器具を貸し出し、全ての実験を北高で行った。これに基づき、界面活性剤中の二重結合の数と水中水滴の出来やすさの間に関係があることを考察した。

### 4) 平成16年度 「二酸化チタンの光触媒効果」(1年生4名)

身の回りで知られている二酸化チタンの光触媒・分解作用を取り上げ、果物が発するエチレンガスや喫煙で生じるニコチンの光分解について研究を行った。分解の過程を北高のガスクロマトグラフィー測定から定量化するとともに、北大においてガスクロマトグラフィー・質量分析実験も一部試みた。これらを通し、二酸化チタンには上記の化合物を光分解する能力があることを明らかにするとともに、その分解作用について考察した

いずれの研究テーマについても北高のSSディ(平成16年2月9日および平成16年12月14日)において、生徒自らが研究発表をおこなった。なお、「水中水滴の実験」については、平成16年8月10~11日に東京で開催された全国規模の平成16年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会においても研究発表を行った。

## 4. SSH事業を振り返って

約2年半の間、筆者と北高の住山教諭が連絡・調整を行いながらSSH事業を行ってきたが、内容・規模の両面から大きな問題も無く、概ね成果を得たと考えている。実験については、高校の学習範囲内であることはもちろん、グループ実験ではなく、なるべく生徒一人一人で行える実験を行うことにした。そのため、大学側が用意できる実験テーマには限度がある。そのような状況の中で、高校の学習範囲内で、かつ重要な項目である「滴定」、「キレート形成」、「酸解離定数」、「イオンの定性分析と炎色反応」、「酸化還元」などについて実験を行ったことは適切であったと考えている。さらに、高校では実験時間数が限られている現状においては、少なくとも「化学実験」に触れてもらう良い機会であったことは言うまでもない。

参加生徒の感想にもあるように、化学の楽しさの一つは「色の変化」や「匂い」といった五感で体験できることである。このような実験・体験から独創性や創造性が必ずしも養われるものではないと思うが、「不思議だ」、「楽しい」と感ずるところから未知のものへの探究心が芽生えるであろう。その意味では、化学実験は化学・科学を学ぶ動機づけになったはずである。

一方、プロジェクト実験については、大学における卒業研究としても良いようなテーマを提案した。これは、既に分かっているテーマでは、研究・実験の面白さを体験でき

ないと考えたからであるとともに、未知な問題であるからこそ、生徒の発想を試すことができると思ったからである。実際に、生徒の実験結果を考察する上で、我々自身も勉強させられることがあった。逆に、このことは、生徒にとっては難しいテーマであったと言えるかもしれない。平成15年度に参加した2年生については、実質的な実験期間が4ヶ月程度であったために、やや受身的で終わった感がある。しかしながら平成15年度から現在まで継続して「水中水滴の実験」を研究している生徒と、平成16年度から「二酸化チタン光触媒効果」を研究している生徒は積極的に参加しており、楽しみながらも、自らの興味や工夫をもって実験を行っている様子が伺えた。これを継続することにより生徒の独創性や創造性が養われるものと期待しており、プロジェクト実験は大きな効果があったと考えている。さらに、研究発表を行う上で、実験結果をまとめ、第三者に分かりやすくプレゼンテーションをする経験は、将来、必ず役に立つものと確信している。

全体を通して希望者が参加する実験であるため、いずれの場合にも生徒は熱心に取り組んでいた。また、「実験で分からなかった部分を勉強する」との感想文を残した生徒も多く、学習意欲を高める一定の効果はあったと考えられる。大学側としては、そのような気持ちを維持して様々な分野を学習してもらいたいと考えるのは当然であろう。しかし、実験などに参加した生徒が、その後、どのような進路を辿っているのかについての情報は高校側から全く提供されていない。したがって、今回のSSH事業の教育成果を大学側から判断することは難しいと言わざるを得ない。今後も何らかの形で化学実験や講義などを継続するのであれば、北高からの情報提供やSSH事業の評価報告が必要であろう。当然のことながら、大学側はSSH事業やその他の高大連携を支援するために時間と労力を要する。その一方で、「出前授業のために準備したのに、数名しか参加生徒がおらず、残念であった」と感想を述べる化学専攻の教官も複数いる。高大連携を継続するには、高校側の努力も当然ながら必要である。

更に、あえて言うならば、北高がSSH事業や高大連携に対して何を期待しているかは見えて来ない部分もある。高校で為し得ないことの単なる補完であるのか、生徒の独創性・創造性を育てるためなのか、あるいは進路指導の一環であるのだろうか。受け入れ側の化学専攻としての取り組み方針は、高校生に「化学」を好きになってもらい、(北大理学部化学科を目指してもらおうのが最善であるが)一人でも多く、進路として「化学」を選んで欲しいという一点にある。高校がSSHに限らず、高大連携に期待するものを明確に打ち出し、その上で、高大両者にとって、更に実のある取り組みになることを願うものである。

## 5. おわりに

SSH事業に対して大学側からの評価は難しいと述べたが、「成果」があったことは事実である。すなわち、SSHに参加した生徒が平成16年、17年度の理学部化学科のAO入試において1名ずつ入学・入学予定である点である。高大連携の努力が報われた結果であり、大学側としては喜ばしいことである。化学専攻としては、今後とも積極的に高大連携を進めていくつもりであり、専攻内で新たな取り組みも議論され始めている。大学生の学力低下は、大学における基礎研究を危うくするものであり憂慮している。

高大連携が高校生に勉学意欲や目的意識を向上させ、学力低下をくい止める一助になれば幸いである。

最後に、上記の化学実験、プロジェクト実験を行うにあたり、本研究室助手 石坂昌司氏、研究員 小林（旧姓 畠山）美奈子さん（平成15年度）、秘書 置田貴代美さん（平成16年度から）、大学院生の荒木武志、上田雄一、岩田訓志、作田絵里、山田桃子、西島喜明、山田小夏 諸氏にお手伝い頂きました。この場を借りて心から感謝の意を表します。