

応用化学科物理化学実験について

材料・化学系（応用化学科） 小林 隆夫

1 はじめに

私は、応用化学科に異動して今年で9年になる。この間、業務の1つとして応用化学科2年次学生対象の物理化学実験（後期授業、必修）に携わってきた。

本報告では、物理化学実験の概要と学生への対応などについて紹介することとする。

2 実験環境

物理化学実験は、応用化学科内の反応化学研究室と電気化学研究室の教職員が担当しているが、旧工業化学科時代からの歴史と伝統もあって、現在は事実上松山教官と私が担当している。対象学生数はその年度によって変動があるが、これまでは概ね100名前後である。

実験室は、旧工業化学時代の物理化学実験室（H217）であり、最大40名を対象につくられた実験室であるため、当然のごとく全員を一同に会しての実験は困難である。このため、カリキュラム上物理化学実験は週1回午後1時からとなっているが、同時期の他の曜日に同じ学生を対象とした分析化学実験が組まれていることもあって、相互協力・入れ替え方式で実験を行っている。すなわち、後期授業日程をさらに前半・後半に分け、学生もA、B半々に分けて、前半Aグループは分析実験を、Bグループは物理化学実験を行い、後半は入れ替えて、Aグループが物理化学実験を、Bグループが分析化学実験を行う方式である。したがって、実験日も週1回ではなく、週2回となっている。その上で、物理化学実験では、受講学生をさらにa、b半々に分けて実験を行うことにしている。理由は、前述したように、実験室の規模が最大40名用につくられ50名では困難なこと、さらに以前にはなかった測定機器や薬品庫、蒸留水製造装置、乾燥機、冷凍機等の機器類が増えていることから、いっそう手狭になっているためである。このため、a、b2つに分けたグループは、一方が実験を行う日に、他方は直前に行った実験の結果を報告し理解を深めるための「演習日」もしくは「結果報告日」として対応している。

3 実験テーマと概要

物理化学実験は、実験日の1日目に講義室において実験の大枠や注意事項、教科書の訂正（資料を各自に配布）などについて説明を行い、その後実験室に移動して実験装置類を目の当たりにしての若干の注意と説明およびガラス細工の実演を行っている。したがって、

実際の実験は実験日の2日目から行うことにしている。

また、実験は1テーマ毎に2組の実験装置を用意して、2人1組（時には3人あるいは1人のこともある）で行うことを基本にしており、教科書として「新しい物理化学実験」（三共出版）を用いて以下の7つのテーマで行っている。

- ①凝固点降下
- ②分配係数と溶存状態
- ③スズ-鉛系合金の状態図
- ④固体の表面積の測定
- ⑤ED A錯体の電子スペクトル
- ⑥均一触媒反応
- ⑦ガラス細工

①の凝固点降下は、希薄溶液における凝固点降下量が溶質の重量モル濃度に比例することを利用して、未知溶質の分子量を求める実験である。実験装置を図1に示すが、極めて簡便である。

本実験では、溶媒としてシクロヘキサンを、溶質としてナフタレンを使用しており、ナフタレンの添加量を4段階に変えてその凝固点降下量を各々測定し、その結果からナフタレンの分子量を導出するものである。実験当日は測定結果を作図した上で分子量計算をした結果も図示させることにしている。

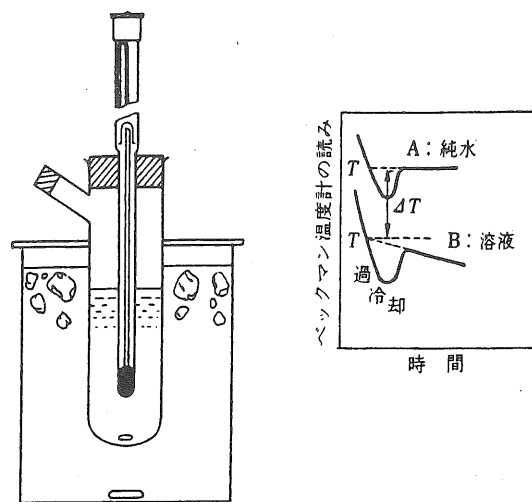


図1 凝固点降下測定装置と冷却曲線

②の分配係数と溶存状態は、ベンゼン-水系への安息香酸の分配を測定している。これは、互いに不溶性であるベンゼンと水が2層をなしているところへ安息香酸を添加すると、安息香酸は両層へ分配される。分配平衡に達したときの各層の安息香酸濃度を測定することによって、安息香酸の溶存状態を把握するものである。

実験装置は図2に示すが、当日は測定結果を単純に図示した上で、相互の溶存量を

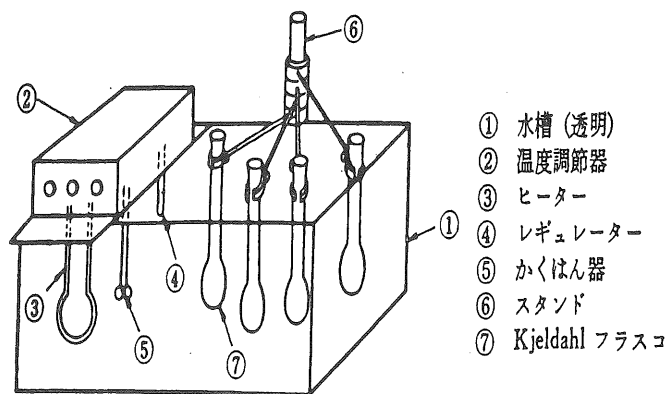


図2 分配係数実験装置

対数計算した結果も図示することとしている。

③のスズ-鉛系合金の状態図は、読んで字のごとくスズと鉛の種々の割合の熔融混合物（ハンダ）の冷却曲線をもとにして状態図を作成し、その結果から合金の性質や状態図の見方などを理解することを目的とした実験である。

実験装置は図3に示すもので、当日は、5種類の混合割合の試料を測定し、その結果に基づいて各々の冷却曲線を作図し、その結果をもとに状態図の作成まで行うこととしている。

④の固体の表面積の測定は、BET法によりアルミナの表面積を測定する実験である。固体を気体に接触させると、気体分子は固体表面に吸着される。吸着量は、温度、圧力、表面積の関数である。液体窒素温度で固体表面への窒素の吸着を測定し、吸着量と圧力の関係を解析して表面積を算出するものである。

本実験で使用している装置とは若干異なっているが、模式的吸着実験装置を図4に示す。当日は、ヘリウムを使っての死容積と吸着管容積の決定および窒素吸着による吸着等温線を作成して示すこととしている。

⑤のEDA錯体の電子スペクトルは、電子受容体分子と電子供与体分子の混合によって生じる錯体が、どのような化学結合をしているのか、およびその錯体の色はどうして決まるのか等を理解することにある。

実験は、図5に示すような方法で試料をつくり、ガラスセルに入れて分光光度計で各波長における吸収スペクトルを測定している。電子受容体としてはクロラニルと2,6ジクロ

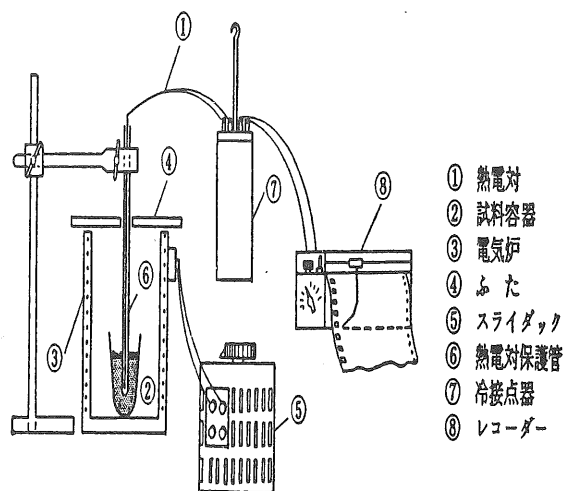


図3 スズ-鉛系合金実験装置

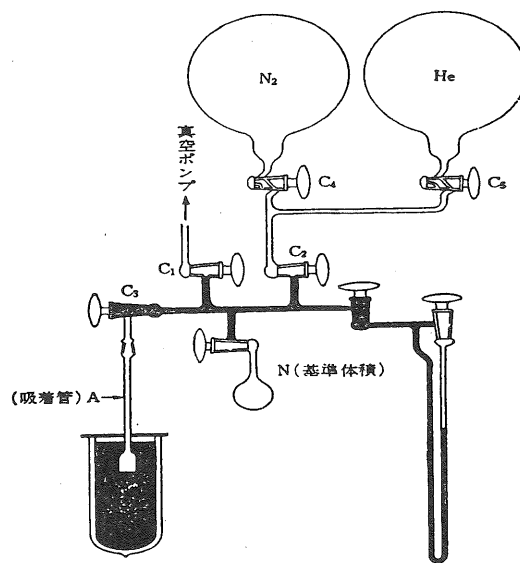


図4 固体の表面積測定装置

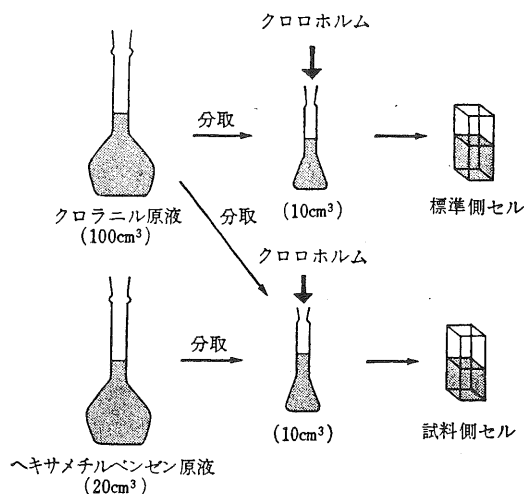


図5 EDA錯体試料の調製

ロー-p-ベンゾキノンを用い、電子供与体としてヘキサメチルベンゼンとペンタメチルベンゼンを用いており、当日は各々の吸収スペクトルを測定して波長に対する吸収曲線を作図するところまで行わせている。

⑥の均一触媒反応は、化学反応や触媒および活性化エネルギーなどに関する理解を得ることを目的に、酢酸エチルの加水分解をモデル反応として行っている。

実験装置を図6に示すが、反応は25℃、30℃、35℃の3種の温度で行い、当日は測定結果に基づいて各々の温度毎に時間に対する反応進行状態を作図し、それをもとに反応速度定数と時間との相関を作図することになっている。

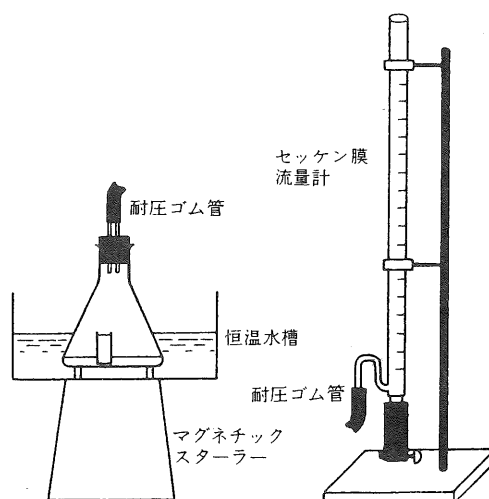


図6 反応装置の一例

⑦のガラス細工は、ガラスの性質やガラスに馴染むことおよびガラス細工とはどのようなものかなどの初歩を学んでもらうために実験テーマの1つに加えている。ただ、他の6テーマと違って、レポート提出等は課していない。作業課題は、ガラス管同士の接合とガラス管に横穴を空けてそこに他のガラス管を接合すること、およびガラス管の真ん中をできるだけ大きく丸く膨らますことであり、できあがったら私たちに見せることにしている。

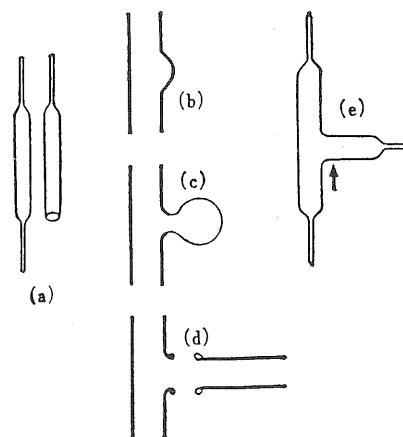


図7 T字管の作製手順

「演習」は、99年度まではガラス細工を除く6テーマ全てについて各々のテーマ毎に時間を指定して行っていたが、1テーマに対する時間的制約などもあって昨年からは表面積・錯体・反応の3テーマについてのみ、別グループの実験日の午後2時から5時までの間に松山教官が対応する形で行っている。このため、残された他の3テーマについては、実験当日の結果に基づく作図等を増やし、実験結果のある程度の考察等についてできるだけ学生とのコミュニケーションをとることで対応することになっている。

4 実験における学生の現状と対策、課題等

実験にあたっては、前述したように教科書に基づいて行うことにしているが、実際には教科書と異なる薬品や装置も使用するので、A4判11頁の「教科書の訂正と注意事項」（各自の実験予定一覧を含む）を作成し、事前に配布している。また、実験室の当該実験台の上にその実験で使用する薬品や器具の種類と数、取扱の注意事項等もA4判1枚に整理して提示し、学生が誤った取扱をしないよう配慮している。

実験にあたって私たちは、できるだけ学生個々が自分で考え、理解することを第一義としてのぞんでいる。当然、当該実験における測定および作業が何を主目的としているかを事前に教科書等を読んで概略を把握しておくべきであると、事前およびその都度学生に指摘しているのだが、その効果を確かめるのは残念ながら一握りの学生にすぎないのが実情である。

学生の間では、物理化学実験は長時間を要するということが、先輩から後輩へと伝授されているらしく、学生は予め長時間作業の覚悟を決めてきているらしい。実際今年度の場合、実験の第2回目位までは午後1時から始めて最後になったグループが実験を終えたのは午後10時位というのが実態であった。カリキュラム上の物理化学実験の時間は、午後1時から4時位までであるからこの実態は異常ともいえる。実験テーマの設定等に問題があるのではないかと他から指摘されたこともあるが、仮に私が同じ実験を行う場合いずれも3時半位までには終了するであろうテーマではある。不馴れであっても実験の目的を事前に把握してのぞめば午後5時には終了するであろうと想定しているのだが……。実際、6回目となる実験の最終日になると早いグループは午後4時半位、遅いグループでも午後6時半位には実験を終えるようになるが、それまでの間が悩みである。

長時間になる第一義的な原因が、当該実験に関して事前に予習してこないことにあるのは明らかである。実験室にきてから教科書を広げて初めて当該実験に関する記述を読んでいる学生が初期段階では圧倒多数である。私たちがだまっていると1時間以上何もせずに教科書を読んでいるだけの学生もいるのである。わからなければ私たちに聞きにきなさいと事前に話していても、聞きにこない学生が多数である。こうした場合、こちらからその学生のところに行って、何がわからないのか話し合い、実験目的や具体的手立てを教えることにしているが、自ら能動的に行動しようとしなない学生の態度には疑問が残る。実験時間短縮を目的としたテーマ変更や測定回数減少について松山先生らと議論したこともあるが、器具入れ替え費用や学生に対する教育効果への影響などもあって逡巡しているというのが実情である。

個々の実験における学生をつまづきや操作手順の誤りなどに対する具体的指導や対処については、本報告では字数と時間の関係もあり省略するが、実験に携わっていると高校までの教育との齟齬に突き当たることもしばしばある。特に近年その傾向が深刻になってきていることを実感させられている。器具の使用方法はいうにおよばず、化学のなかで基

本中の基本でもあるモル濃度とは何か、その算出方法や中和滴定などの基本操作をまともにできない学生が増えているのである。しかし、これは一概に学生の責任とばかりいえないようである。聴くところによると、高校では政府の進める「ゆとり教育」によって、化学教育や生物学教育が選択制になったため、どちらか一方しか受講できない実態が生じているというのである。

私たちは今年度の物理化学実験を始めるにあたって、試験的に学生に対する簡単なアンケートを行った。高校までの授業（「高校で」としなかった点が拙かったかもしれない）で化学を習ったことがあるかなど、物理化学実験を行う上での基本的な事項についてである。アンケート結果の内容は本報告書では省略するが、高校教育までの実態をある程度裏付けるものであった。こうした事態は今後ますます進行していくものと考えられ、化学実験の位置付けや学生への対処方法などにいっそうの工夫と指導方法の改良が必要になってくるものと思われる。

また、6テーマすべての実験終了後1カ月から2カ月位の間をおいた期間中に、各々の実験に関するレポートを提出させることにしている。レポートの採点は、以前は該当する全教官で分担して行っていたが、最近はすべて松山教官が行うことにしている。これは、我々が実験や演習において指導や助言を行ってきたことを、学生がどこまで理解してくれているのか、努力の成果が現れているのか等を確認すること、これからの実験に対する工夫や教育法を考える上での必要性などからそのように改めたものである。結果、レポートの書き方やデータの整理の仕方、作図の仕方などについては改善されてきているようであるが、考察を書かない（書けない？）学生が多いのが悩みとして残されている。さらに、近年実験は終了しているのに期限内にレポートを提出しない学生が相当数にのぼっていることも問題点として残っている。

5 おわりに

今回、技術部内でのいきさつや私自身の思いもあって、2年次学生対象の物理化学実験を技術報告とすることに決めたが、いざ報告文書の作成に携わってみると「公の目に触れる可能性のある文書」の制約や純粹に(?)技術業務といい得るかどうかがあいまいなこと、これを主に目にするであろう技術職員の多くが化学と疎遠であることなどもあって、実験中の種々の出来事や問題の具体的かつ詳細な内容について、あまり書き得ないことを実感している。ただ、学生実験に携わることも現状では教室系技術職員として重要な業務であり、本学の他の分野でも学生実験・実習の実情等について本報告書に掲載することを切望して私の報告とする。