

# 手作り自動滴定装置の改良・改善プロジェクト

外輪健一郎 上田昭子

(徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部)

## 1. 緒言

工学部に所属する大学生の学習意欲を高めるうえで、ものづくり教育は非常に有効であると考えられている。ものづくり教育プログラムでは、目的を達成するために自由な発想で創意工夫を行う。その中で実際の現象に触れ、観察できるほか、今後学修する内容の重要性を理解することができる。このような体験は特に初学者にとって重要であると考えられる。

化学分野では創意工夫による合成実験は危険を伴う場合が多い。特に初学者は実験器具の使い方や試薬の取り扱い方を十分に理解していないため、自由な条件での実験は極めて危険である。このため、いわゆる化学実験をテーマとしたものづくり教育プログラムは、機械、情報分野などと比較して、あまり開発されていない。

我々は化学分野において使用される各種の実験機器を開発することを目的とすれば、化学分野でのものづくり教育を実現できると考えた。2012年度から科学研究費補助金の支援を受け、2012年度に沈降法による粒度分布測定装置開発プロジェクト、2013年度に自動滴定装置開発プロジェクトを実施してきた。これらのプロジェクト実施後のアンケート調査では、極めて良好な反応が得られている[1,2]。

本年度は、昨年に取り組んできた自動滴定装置をさらに改善し、使用しやすくすることを目的としたプロジェクトに取り組んだ。前年の継続となる活動を取組としたことにはいくつかの理由がある。昨年までのプロジェクトで取り上げた粒度分布測定装置や、自動滴定装置のように学生が最初から設計、製作できる実験機器の数は多くないと考えられる。また、最初から設計し、装置を製作すると実施に長い時間が掛かる場合が多い。既存の装置の改善、改良に取り組むプロジェクトが実施できれば、1つの実験器具について実施可能プログラム数が増え、さらに短時間での実施が可能になると考えられる。

## 2. 滴定操作と滴定装置

滴定は所定量のサンプルに対して既知の濃度の酸あるいはアルカリ溶液を滴下していき、中和が達成されるまでの滴下量からサンプルの濃度を測定する。通常の手分析では、中和点で変色するpH指示薬を利用して中和点を確認する。滴下中は滴下した液とサンプルをよく混ぜるため、ビーカーを手で振る必要がある。

これに対し、2013年は以下のような機能を備えた装置を作製し、自動滴定装置とした[2]。

- ・液の攪拌はマグネチックスターラーで行う
- ・滴下にはシリンジポンプを用いる。
- ・サンプルのpHをpHメーターで連続的に測定し、pHが所定の値に達した点を中和点として検出する。このときpHを連続測定するためにpHメータとパソコンを接続し、データを記録する。

この装置を実際に製作して使用したところ、全く手を触れることなく滴定操作を行うことが可能であることが確認された[2]。被験者に対してのものづくり教育の効果が確認された。しかし装置としては、滴定そのものは自動化されたものの、滴定を開始するまでの準備(シリンジへの液の注入、サンプルの定量、センサーの設置など)に多くの時間を費やしてしまうという問題点が明らかとなっていた。

## 3. 取り組みの内容

化学応用工学科1年の必修科目である化学応用工学基礎の中で本プロジェクトを実施した。この科目は創成科目であり、各教員あたり3~4名の学生を指導するように振り分けられる。本年度外輪が担当することとなった学生は4名であり、その全員を被験者とした。実験やディスカッションや実験においては、教員および大学院生(TA)が助言を行った。

まず、通常ガラス器具を使った手分析による

滴定実験、および、昨年度作製した自動滴定装置を使った滴定実験を行った。その後自動滴定装置の問題点について議論した。すると、以下の点を含む多くの意見が出された。

- ① 所定量のサンプルを取り分けるのが面倒
- ② ケーブル類が多いので、すっきりさせたい
- ③ 各装置、センサーを所定の位置にセットするのに時間が掛かる

これらの問題を解決する方法を議論したところ、以下の方針で装置を改善することとなった。

- ① サンプルは量さえ分かっていたらよく、一定量である必要は無い。このため、一定量を量り取る代わりに、ビーカーに適当な量のサンプルを入れ、天秤でその重量を測定して記録することとする。
- ②、③ ケーブル類が多いのは仕方ないとして、装置をより一体型となるように配置する。また、pH メータのセンサーを固定できるスライド式の装置を開発することとする。

以上の方針に基づいて、設計図を描き、製作を業者に依頼した。また、簡単な工作は被験者らに体験させた。その結果完成した装置を図1に示す。



図1：改良後の滴定装置

電子天秤の上に自作のスターラーがあり、その上にビーカーを設置している。pH メータのセンサーは右側の支柱に固定されたアームに取り付けられている。アームを上下させることで、ビーカーの交換を容易に行うことができる。

#### 4. アンケートによる教育効果の評価

本取組の教育効果を検証するため、プロジェク

ト終了後にアンケート調査を実施した。

改良後の装置については、改良前に比べて使いやすくなったとの回答であった。一方で、まだ多くの問題点が残っているとの意見が多く、より長い時間を掛ければ、改善を続けることができると考えられる。

このプロジェクトに参加したことについての感想としては、「実験中に思いついたことを積極的に取り入れることができた」、「自分の意見を出せたことがよかった」、「今まで実験といっても教科書に載っている順序に従ってただ作業をするという感じでしたが、今回はみんなで話し合って初めより毎回装置がよくなっているのを感じる事が出来ました」、「話し合いをしながら実験することによるグループワークを学べた」といった意見がみられた。実験を行うだけではなく、グループで議論しながら創意工夫によって設計・製作を行い、目的を達成するというものづくり教育を化学の分野で実践できたと考えられる。

#### 5. まとめと今後の展望

実験機器の改良・改善プロジェクトは、化学分野のものづくり教育として有効である。この視点に基づけば、多数の化学分野用ものづくり教育プログラムを開発できる可能性がある。指導に要するマンパワーやコストを勘案し、より多くの学生が参加できる仕組みを検討することが望まれる。

#### 参考文献

- [1]外輪健一郎、上田昭子 “粒度分布測定装置の開発を通じた化学におけるものづくり教育の探求” 平成24年度大学教育カンファレンス in 徳島、徳島大学、2012年12月
- [2]外輪健一郎、上田昭子 “新入生による自動滴定装置の設計と製作” 平成25年度大学教育カンファレンス in 徳島、徳島大学、2013年12月

#### 謝辞

本研究は科研費挑戦的萌芽研究 (24650559)の補助を受けて行われました。ここに記して感謝いたします。