

新入生による自動滴定装置の設計と製作

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

ものづくり教育では、自由な発想によって問題解決を進める体験のほか、試行錯誤による目的到達、チームワークによるプロジェクト進行などを体験できる。また、知識を使って何かを完成、達成する喜びを感じることでできる点は、学修に対する興味を一層引き出すうえで極めて有効である。このように座学では得られない多くの利点を有するため、ものづくり教育プログラムは全国の大学で実践されるようになってきた。

我々はものづくり教育の活用を試みる一方で、化学系学科ではこれを実施しにくいという問題がある。これは化学実験では危険な物質を扱う場合が多いためである。工学部化学応用工学科では、2年、3年に行う学生実験を通じ、ガラス器具や各種分析器具の使い方および試薬の安全な取扱いを体得させている。これらのトレーニングを経ることなく試薬を自由に扱うようなプロジェクトを実施することはできない。

一方で、化学分野でのものづくり教育には、かならずしも合成を行う必要が無いと考えた。そして昨年より科学研究費補助金の支援を受けて化学分野で使用する分析装置を自作するプロジェクトを開始している。昨年は3年生を対象に沈降法による粒度分布測定装置の開発を実施した。これは実際のターゲットである新入生に対してプロジェクトを実施する前の試行段階として実施したものであるが、良好な反応が得られている[1]。本年度は新入生を対象とし、中和滴定を自動的に実施できる装置の開発を通じたものづくりプロジェクトを実施したので、報告する。

2. 滴定操作

良く知られているように、滴定とは所定量のサンプル溶液に酸またはアルカリを滴下してゆき、

水素イオン濃度、すなわち pH の変化を検出してサンプル中のイオン濃度を測定する分析手法である。化学において最も基本的な分析手法であり、高校や中学で体験している学生も多い。原理も単純であり、新入生はその内容を熟知していると考えられるので、本プロジェクトのテーマとしてふさわしいと考えた。

3. 取り組みの内容

化学応用工学科1年において、必修科目である化学応用工学基礎が開講されている。これは創成科目に相当し、各教員に3~4名の学生が振り分けられ、自由に題材を選定して調査・研究を行う内容となっている。そこで、平成25年度において外輪が担当することとなった学生4名を対象とし、この授業での取組として滴定装置の設計、製作プロジェクトを行った。

まず、学生に対して、従来のガラス器具を使用して滴定する作業を演示した。サンプルは約0.02Mの塩酸であり、滴定には0.1Mの水酸化ナトリウム水溶液を用いた。滴定の様子を観察したのちに、自動化の方針についてディスカッションを行った。そのうえで、実際に装置として実現できるかどうかをアドバイスし、修正を加えて最終的な装置の設計を目指した。

ディスカッションにおいて水酸化ナトリウムを滴下する操作が自動化できないかと尋ねたところ、高所に設置した容器などから液を一滴ずつ落とす仕組みを構築すればよいのではないかと意見が出た。滴下量と時間経過の関係をあらかじめ求めておけば活用できる方法であるが、温度によって粘度が変化するという問題点を、教員側から指摘した。すると、注射器をゆっくりとモーターなどで押すことで、一定流速での滴下が可能ではないかとの意見が出た。このアイディアはシ

リンジポンプを使えば実現できるため、採用することとした。

滴定の終点を自動的に検出する方式についても検討した。当初は指示薬の色を判断する画像解析装置を活用するアイデアが出た。大がかりで複雑となるなどの欠点を指摘したところ、そもそも pH を直接測定すればよいのではないかとの意見が出た。

滴定が終点に達したときに滴下を止める方式についても検討を行った。最終的な結論として、終点においても滴下を止める必要はなく、時間による滴下量と pH の変化を記録しておけば、終点を知ることができることが指摘された。

以上のアイデアをもとに装置の設計について検討を行った。その結果、シリンジポンプ、pH センサー、パソコン、スターラーから構成されるシステムの設計に至った。

装置を実際に構築して、滴定実験を行った。水酸化ナトリウムの滴下速度を変化させて測定を行った結果の一例を図 1 に示す。滴下速度を早くすると終点に早く到達できる一方で、pH の値がスムーズに変化しなかった。また、終点と考えられる pH=7 に達する滴下量は、滴下速度が大きくなるにつれて増大する傾向が見られた。これらは pH 計の特性によるものである。最終的に得られた濃度を表 1 にまとめる。構築した装置を使った場合、滴下速度を適切な範囲で使用することで、4%の誤差範囲内で手分析結果と一致する結果が得られた。この誤差は、シリンジポンプの送液速度の誤差に起因すると考えられる。

実験終了後に開発した装置のさらなる改善の余地について議論を行った。滴定を開始するまでにいろいろな装置を設定しないといけないので時間が掛かる、滴定に時間が掛かるといった問題点が指摘された。

4. まとめと今後の展望

手分析の様子を観察して改善点を見つけ、それを装置として具体化し、さらにその評価を行うという一連の流れを体験させた。参加した学生は、設計段階から、多様な意見を出してきており、意

欲的に取り組んでいる様子が観察された。実際に装置を構築して測定に成功した際には、覗き込むように装置の動きを見守っていた。

昨年の結果とも合わせると、分析装置開発の取組は化学分野でのものづくり教材として有用であると考えられる。今後も同様のプロジェクトを進め、化学分野のものづくり教材としての題材を開拓していく予定である。

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

謝辞

本研究は科学研究費補助金挑戦的萌芽研究「測定装置の開発を通じた化学分野のものづくり教育の研究」(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。

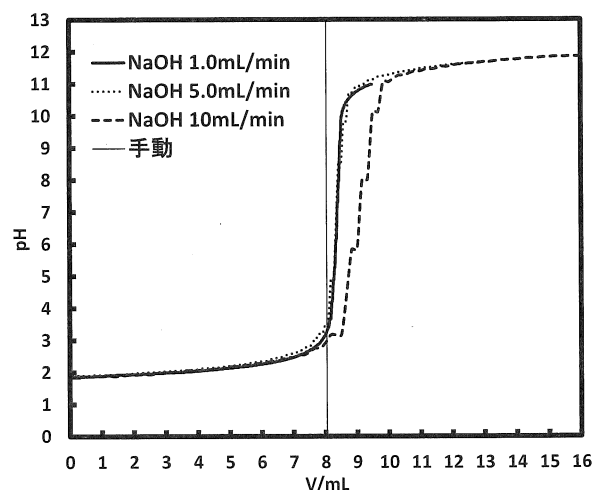


図 1 開発した装置で測定された滴定曲線と手分析の結果の比較

表 1 測定結果

滴下速度 (mL/min)	滴下量 (mL)	HCl 濃度 (mol/L)
(手分析)	8.04	0.0160
1	8.38	0.0166
5	8.35	0.0166
10	9.09	0.0181