

装置設計・製作を取り入れた化学分野における導入教育の開発

上田 昭子* 外輪 健一郎**

徳島大学 技術支援部 常三島技術部門 分析グループ*

京都大学大学院 工学研究科 化学工学専攻**

1. はじめに

大学1年生を対象とし、化学らしい導入教育を行うことは重要である。特に、化学における合成実験は非常に有意義であるが、その一方で危険を伴う場合が多々ある。十分に知識と技能を持ち合わせた上で実験を行う必要があり、初学者が実施できる合成実験は限定されている。

そこで我々は、合成を主体とした化学実験に固執せず、各種物性測定装置を設計・製作するという化学分野のための導入教育の開発に取り組んでいる。科学研究費補助金の支援を受け、これまでに粒度分布測定装置の設計・製作^[1]、自動滴定装置の設計・製作^[2]、およびその改良^[3]などを実施しており、学生アンケートにより良好な結果を得ている。以上に引き続き、本稿では界面張力測定装置の設計・製作及び溶解度測定装置の設計・製作を題材としたプロジェクトの実施について報告する。

2. 界面張力測定装置

界面張力は物体の物性の1つであり、液体の挙動や液体を用いた材料合成で重要である。高校化学においても、石けんの界面活性作用に関する学習を行っているが、実際に界面張力を数値として測定する機会はない。安価な手作り装置で測定する体験は貴重であると考えられ、界面張力への理解が進むと期待できる。

この取り組みは、2016年度及び2017年度後期に開講されたSTEM演習という講義の一環として実施した。被験者は外輪が担当することになった1年生4名である。設計・製作に使える時間数としては、5コマ程度である。

まず、教職員により手掛かりとして測定原理を提示した。学生らは、ガラス管に入った水の中に

チューブを設置し、シリンジポンプを接続してチューブから気泡を発生させる装置を考案した。気泡の発生に伴い内圧が振動する際の最大圧力を測定し、計算によって界面張力を求めることができる。実験装置のイメージを学生らに描かせ(図1)、必要な器具を選定させた。

構築後は装置(図2)の動作が不安定であったが、次第に扱いに慣れて安定した測定が可能となった。水と空気の界面張力は常温で 7.28×10^{-2} N/mであるが、本装置を用いると 7.40×10^{-2} N/mという測定値が得られた。また、界面活性剤を加えていくことにより、界面張力が低下する様子を観察することができた。

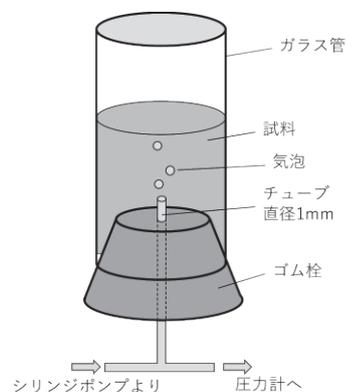


図1 設計した界面張力測定装置の構造
(圧力計とシリンジポンプは省略している)

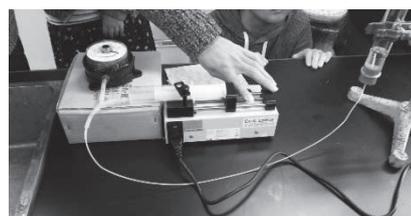


図2 作製した界面張力測定装置の全体像

3. 溶解度測定装置

2018年度は、STEM演習で外輪が担当する1年生3名を対象とし、溶解度を機械的に測定できる装置の設計・製作プロジェクトを実施した。物質の溶解度も極めて基本的な物性値である。化学分野では、晶析操作等に必要のパラメータであるだけでなく、その温度依存性から融解熱を算出することができる。

まず、溶質が電解質であった場合、濃度を上昇させると電気伝導度も上昇し、溶解度に達した後は電気伝導度が一定になることを被験者に示した。続いて、食塩を例として取り上げ、濃度により電気伝導度が変化することを確認した。議論の結果、食塩の飽和水溶液に対してシリンジポンプから溶媒である水を徐々に加えていき、電気伝導度が低下し始める点を検出して溶解度を算出する方法を考案し、そのための装置を構築した(図3)。食塩の溶解度は100 mLあたり32 gという測定値が得られ、化学便覧に掲載されている37 gと約14%の誤差が認められた。学生らは誤差の原因として、食塩の溶解は瞬時に進行しないため水を加える速度が速すぎるなど複数の事項を指摘し、議論を深める様子が見受けられた。

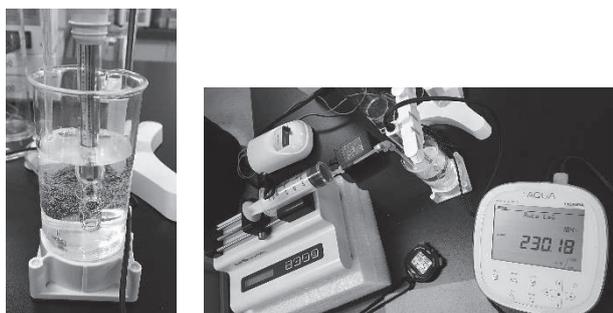


図3 作製した溶解度測定装置の様子
(左) 懸濁液の入ったビーカー、(右) 全体の様子

4. 考察

本プロジェクトにおいて、学生らは装置に関連する文献や理論値との誤差等について自主的に調査を行っていた。プロジェクトが進行するにつれて積極的に取り組む様子が多く見られ、自ら行動を起こして探求する素養が育成されたと言える。また、学生アンケートにおいて役割分担や情報共有が円滑に行えた点が良かったとの回答が

得られた。いずれのプロジェクトも、テーマとなる現象に対する理解を深めるために有効な取り組みであると考えられた。

一方で、測定装置を何も無いところから構築するため、予期しないトラブルが発生する。経験の浅い被験者だけではそのようなトラブルを解決できないので、教職員が積極的に関わる必要がある。トラブルを回避するために十分な予備実験を実施しておき、失敗しない方向にプロジェクトの進行を誘導するという方法も考えられる。しかし、準備のための教職員の負担が格段に大きくなることから、実施の可能性について検討が必要である。ある程度失敗を経験し、その原因について考察することも重要であることから、教職員が与える手掛かり等の情報量を適宜調整しながら、プロジェクトを進行することが理想であると考えられる。

5. まとめ

化学の分野において重要な物性測定装置の製作プロジェクトは、学生の協働力養成、物性値の性質に関する理解度向上に有効である。教職員の負担や費用を考慮した上で、今後も継続して実施することが望まれる。

参考文献

- [1] 上田昭子, 外輪健一郎, 「粒度分布測定装置の開発を通じた化学分野のものづくり教育」, 日本化学会第93春季年会, 2013年3月
- [2] 上田昭子, 外輪健一郎, 「自動滴定装置の開発を通じた化学分野のものづくり教育」, 日本化学会第94春季年会, 2014年3月
- [3] 外輪健一郎, 上田昭子, 「手作り自動滴定装置の改良・改善プロジェクト」, 平成26年度大学教育カンファレンス in 徳島, 2014年12月

謝辞

本研究は科学研究費挑戦的萌芽研究(16K12792)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。