

界面張力測定装置の設計・製作プロジェクト

外輪健一郎 上田昭子

徳島大学大学院社会産業理工学研究部理工学域

1. 緒言

工学分野において重要な活動の1つに設計がある。これは目的を達成するために必要な機械、材料あるいはソフトウェアを具体的に産み出していく作業であると言える。豊かな創造性、独自性をもって設計を行うことで、競争力の高い工業製品を作り続けることができる。

しかし、現在の工学系教育において、なにかを設計することにはあまり重きがおかれていないように見受けられる。とくに我々が教育に従事している理工学部理工学科応用化学システムコース(旧工学部化学応用工学科)では、設計に関する授業は1つだけである。この理由の1つは当然ながら、大学において獲得すべき知識が非常に多いことがある。このため座学を中心した講義によって、知識を獲得する時間を必ず十分に確保しなくてはならない。設計はいわゆる教科書的な練習問題とは異なり、決まった解がなくまた個性が現れる活動である。このような活動の指導には多大な労力を必要とする。さらに化学という分野が対象としている物質合成に設計を導入し、所望の性質を持った物質を見いだす活動を行うには、時間と費用がかかりすぎてしまう。

我々は、化学分野の教育課程に導入しやすい設計の対象として、化学物質や材料ではなく、化学分野で用いる多様な機器に着目した。このような装置は化学の知識が無くては設計ができないので化学の学生にとって良い学習材料となることが期待される。また材料開発とは異なり、多種の薬品を扱うことが無いので安全に実施できる。一方で、その指導には時間を要することは事実であるし、装置の構築には少ないかもしれないが費用が必要である。

設計した結果に基づいてなにかを製作し、使用するという取組は、単なる設計の体験が得られる

だけではない。座学で得た知識を実践することでその内容の理解を深める、広く専門科目に対する興味を深める、大学での学習する教科の意義を認識するといった、大学初年次の学生に極めて重要な教育効果をもたらすと期待できる。

我々は2016年度に科学研究費補助金を獲得し、実際に学生を対象として装置設計を体験させる取組を開始した。本発表では、その取組内容を説明する。

2. 取組の実施体制

上述の通り本取り組みは、大学の新生を対象として、設計の体験のほか、学習意欲の向上を狙うことが望ましいと考えられる。我々が教育を担当している応用化学システムコースでは、後期にSTEM演習という講義を開講している。これは新生に独自にテーマを見つけてもらい、自由研究などを行って、発表させるというものである。応用化学システムコースでは、夜間主も含めて約85名の1年生が在籍している。これを全教員がそれぞれ3ないし4名ずつの学生を受けもって指導を行う体制となっている。2017年度はこの講義で外輪が受け持った4名の学生を被験者とし、設計のテーマとして界面張力測定装置を取り上げた。設計、製作の取組はSTEM演習の講義時間を使って行うこととした。実際に活用できる1週間に1コマで、発表準備を除くと、設計、製作に使える時間数としては5コマ程度である。

界面張力は、液体の挙動や、液体を使った材料合成で重要になる性質であり、化学においてこれに対する理解は極めて重要である。石けんの界面活性作用など、高校の化学においても界面張力に関する学習を行ってきているが、実際に界面張力を数値として測定する体験をしている学生は皆無である。実際のところ、市販されている界面張

力測定装置は高価なものばかりである。精度が悪くなるであろうが、これを安価な手作りの装置で測定する体験は貴重であるといえる。さらには、界面活性剤の種類や濃度を変えて界面張力の測定を行い、その変化の様子を考察することで、界面張力への理解が一層進むと期待できる。

3. 界面張力測定装置の原理

被験者はなにもないところからこのような装置の設計を発案することは困難であり、また、可能だったとしても時間がかかりすぎてしまったり、高価な装置を考案したりする恐れがある。そこでまず、測定原理だけは提示することとした。

水中にチューブ設置し、そこに空気をゆっくりと押し込んで、先端から気泡を生じさせる場合を考える。空気をチューブにゆっくり押し入れると、チューブ先端で気泡が成長し、一定の大きさに成長したときに先端から離れ、単一の気泡として上昇する。チューブの先端で気泡が成長している間は、チューブ内の圧力は界面張力の影響を受けて上昇し、気泡が離れると急激に降下する。このときの最大の圧力は、圧力、浮力、界面張力のバランスで決定される。従って、チューブ内部の圧力を測定し、気泡の発生に伴って内圧が振動する際の最大の圧力を測定すれば、計算によって界面張力を求めることができる。

4. 装置の設計

いわゆる工学的に正式な設計を行うならば、装置の製図が必要になるであろう。しかし、被験者は製図の知識は全く無く、それを教えたとしてもそれだけで長い時間が必要になってしまう。設計は「決める」という活動であるが、今回は、使用する圧力計および装置を組み立てる部品の決定を設計の活動とした。

まずは使用するチューブの内径は 1.0 mm であるとした。そしてこのチューブの先端から気泡が発生する際の圧力を予想し、使用する圧力計に求められる測定範囲を決定させた。そのほか、測定に必要な実験装置イメージを描かせ、その作成に必要な器具を選定させた。設計した測定装置を図

1に示す。垂直に立てたガラス管の下部をゴム栓で封じ、ゴム栓の中心からチューブを上向きに挿入する。チューブの一方の端は、分岐部を設けて、圧力計と空気をゆっくり押し出すためのシリンジポンプが接続されている。

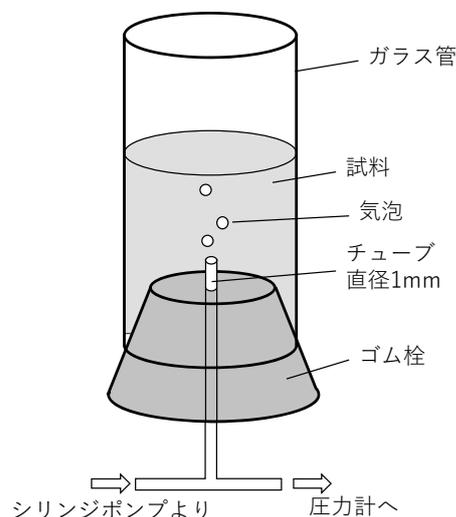


図1：設計した測定装置の構造
シリンジポンプと圧力計は省略している。

5. 進捗状況

本稿作成時では、本取り組みを行っているSTEM演習は授業期間中であり、まだ完成には至っていない。現段階では部品の調達が完了したところで、次回のSTEM演習の時間にはじめてこれを構築し、代表的な流体である水の界面張力を測定する予定である。発表時には学生の感想なども合わせて示す予定である。

謝辞

科学研究費補助金(挑戦的萌芽研究 16K12792)