化学系学生実験におけるスキルの評価

Evaluation of Skills in Student Experiment Classes of Chemistry Course

胸 組 虎 胤^{※1}

Toratane MUNEGUMI

Keywords : Evaluation, Skills, Student Experiment, Chemistry

キーワード：評価，スキル，学生実験，化学

1. はじめに

化学系教育では、リービッヒの化学実験室以来(1824年)、「一度に多数の学生に実験をさせて薬学・化学を学ばせる」¹⁾という実験重視の教育方法が世界的に定着している。日本でもそれは例外ではない。

現在、日本の高等専門学校多くの化学系学科をもち、それらは化学を基礎としたコース制(材料と生物)をとっている。それぞれのコースに関係する学習を進める上で、化学はその共通部分をなしており、重要な位置を占めている。しかし、化学の教科書の知識だけでは実践的な知恵を働かすことにはつながらない。高等専門学校ではこのような実践的な知恵を開花させるために、低学年から実験教育を行っている。この低学年からの実験的体験はいわば「原体験」^{2), 3)}として、学生にとって強い動機付けになると考えられる。

この体験中心の実験教育は重要であるが、技術者として「～できる。」といえる技術を身につけること(スキル)も必要となる。本研究では高等専門学校の学年毎に必要とされる実験内容の体験性－スキル性の配分について考察し、分野と実験テーマに共通の実験技術

が存在することを示し、さらに、スキルと実験科目の評価方法について提案を行う。

2. 実験科目における体験とスキル

低学年の「原体験」であるが、卒業までに基礎的な実験操作を身につけることも重要である。ここで、前者に重点を置くものを「体験型実験」、後者に重点を置くものを「スキル型実験」と呼びたい。「体験型実験」には、教科書の記述にある現象を確認する実験がある。

たとえば、「塩化ナトリウムとショ糖の室温における溶解度を比較する実験テーマ」があったとする。この実験で、それぞれ100mlずつ水を入れた2個のビーカーに上記の化合物の固体を別々に徐々に加えながら、溶液をガラス棒で攪拌するとする。この実験における体験は、(1)実験器具を見て、それに触れる。(2)メスシリンダーで100mlの水を計量しビーカーに入れる。(3)天秤で化合物の質量を測定しビーカーに移す。(4)固体を溶解させるためにガラス棒で攪拌する等である。しかし、実験はこれで終わりではない。(5)さらに化合物の結晶を徐々に加えて攪拌を繰り返す。(6)

表1 化学実験における体験とスキルの関係の例

体験	スキル
(1) 実験器具を見て、それに触れる。	⇒安全で操作性のよい持ち方ができる。
(2) メスシリンダーで100mlの水を計量しビーカーに入れる。	⇒水がこぼれないようにメスシリンダーに入れることができる。ピペットを使ってメニスカスを合わせることができる。水をビーカーに確実に移すことができる。
(3) 天秤で化合物の質量を測定しビーカーに移す。	⇒天秤を適切に使用できる。薬包紙を適切に使用できる。薬さじを使って、試薬をこぼさないように薬包紙に移すことができる。試薬をこぼさないようにビーカーに移すことができる。
(4) 固体を溶解させるためにガラス棒で攪拌する。	⇒ビーカーを一方の手で固定し溶液をこぼさないように攪拌できる。
(5) さらに化合物の結晶を徐々に加えて攪拌を繰り返す。	⇒飽和に達するためにどの程度の重量の結晶を加えたらよいかを、溶解の様子を見ながら見積もることができ、結晶を徐々に加えることができる。
(6) 結晶が溶解しない状態になったら、加えた結晶の質量の合計を算出する。	⇒加えた結晶の量を記録でき、合計できる。

平成22年9月14日受付

※1 小山工業高等専門学校

結晶が溶解しない状態になったら、加えた結晶の質量の合計を算出する。ここで、結晶を加えるのをどこで止め、結晶が溶解しなくなるところをどのように判断するかはむずかしい。

(1)から(6)までの操作は、すべて「体験型実験」を構成する要素（単位操作）であると同時に、それなりのスキルを必要としている。特に、(5)と(6)にはスキルが必要である。つまり、実験は「体験性」と「スキル性」の両側面を併せ持つ。このまとめを表1に示す。

水の計量をメスシリンダーではなく、コップで行うならば、計量の正確さは重要でなくなり、「体験性」の色彩が強まる。逆に、溶解度の比較を定量的に行うことを目的とするならば、個々の実験操作の正確さが必要となり、「スキル性」の要素が強まる。

3. カリキュラムにおける体験とスキルの割合

体験すべき化学現象と実験スキルを学年毎にどのように配置していくかはむずかしい問題であるが、低学年には体験中心、高学年ではスキル中心であろう。最初からスキルのみを教え込んでいては、学生が実験に興味を持ちにくくなる。まず、化学現象の面白さに目を向けさせ、体験を多く取り入れることが重要であろう。体験を多く積んだ学生は余裕があり、「スキル」に自分の意識を焦点化でき、自分の将来との関連の点

からもスキルを磨く動機付けがされやすいであろう。

4. 化学系分野で共通のスキルの評価

化学実験で要求されるスキルは様々あると考えられるが、無機化学、有機化学、物理化学、生物化学等の分野で必要なスキルの共通項の1例を挙げる（表2）。

この表のスキルに示すのは化学実験で必要とされる実験操作の例である。○印は各実験テーマで使われるスキルを示している。各実験テーマを体験し、丸印にチェックを入れ、チェックの数を合計すれば、そのスキル習得のための練習回数がわかる。また、これらの単純な操作の場合、個人差があるにしても体験を数多く積むことによって、スキルが向上すると考えられる。ただし、この表の項目を達成する基準を定める必要がある。たとえば、どのようなレベルの操作をしたときに「正しくできる」とするかを定めておく必要がある。このような達成度確認表を作れば、体験とスキルを評価できる。評価の機会を学期の終わりに設けて、スキルを点数化して試験を実施することを提案したい。

5. 化学系実験科目の評価方法の問題点

実験科目では学生が実験を体験したこと、どのようなスキルを修得したかを評価に反映するべきであるが、実験レポートの点数だけで評価されていることが

表2 単位操作毎の達成度確認表

スキル名	実験項目（実験テーマ）：体験項目						スキルの総合評価 (レベル1, 2, 3 など)
	テーマ1 5%食塩水を作る	テーマ 2	テーマ 3	テーマ 4	テーマ 5	テーマ N	
A. ピペットを正しく持つことができる	○	○	○	○	○		
B. メスシリンダーを使うことができる	○						
C	○	○		○	○		
D	○				○		
E. 電子天秤を正しく使うことができる	○		○	○	○		
F		○			○		
G			○		○		
H		○		○			
I			○	○	○		
J				○			
K			○				
L					○		
M				○			
N					○	○	
O					○		
P						○	
Q				○		○	
R						○	
S					○		
T						○	
U						○	
V						○	
W						○	
X					○		
Y						○	
Z						○	
実験レポートの評価							

多いと思われる。レポートだけの評価は実験科目の特性を反映しておらず、実験内容を学問的に理解し、データをまとめ、表現することに主眼が置かれている。良いレポートを書くことが、質の高い実験体験をし、スキルを身につけたことにはならない。重要な学習成果（アウトカムズ）は実験に費やした時間の中で形成されると見るべきであり、実験レポート以外の評価を無視すべきでない。このようなことを踏まえ、体験の確認、スキルの習得、実験レポートの提出をも含めた総合的な評価をすべきである（表2）。

6. 実験操作ができることは重要な教育成果

JABEEの審査では教育成果（アウトカムズ）が審査される。最近の中央教育審議会答申⁴⁾の中でも、大学の国際的な動向として「何を教えるか」よりも「何ができるか」に力点が置かれていることを挙げている。また、ラーニング・アウトカムズの検討が提言され⁵⁾、ある調査研究報告書⁶⁾でも海外の進んだ評価方法が紹介されている。これらの報告は、学士の能力をスキルも含めたアウトカムズとして提示している。このようなことを踏まえると、「実験操作ができる」というスキルも重要な教育成果として見ていいはずである。

7. おわりに

高等専門学校の化学系実験科目のあり方を例として

議論してきたが、実験科目に対する同様な取り組みは、高専の化学系以外にも、大学にも適用できるであろう。近年、高等学校在学中に実験を経験せずに理系大学に入学する学生が増えている⁷⁾状況の中で、学生実験の内容と必要性を、スキルを含めた適切な評価の点から考察すべきではないかと考える。

参 考 文 献

- 1) 島尾永康：人物化学史, p.61, 朝倉書店, 2002
- 2) 小谷正博：原体験を積んで豊かになろう, 化学と教育, 44, p.221, 1996
- 3) 胸組虎胤：高等専門学校の教育に注目しよう, 科学教育研究, 25, pp.290-291, 2001
- 4) 中央教育審議会答申：学士課程教育の構築に向けて(答申), 第2章第1節学位授与の方針, (1)国際的な動向, 2008
- 5) 川嶋太津夫：ラーニング・アウトカムズを重視した大学教育改革の国際的動向と我が国への示唆, 名古屋高等教育研究, 8, pp.175-191, 2008
- 6) 芝浦工業大学, 東京電機大学, 工学院大学：文部科学省 平成21年度 先導的大学改革推進委託事業『実践型工学技術者育成における教育成果の評価のあり方に関する調査研究(成果報告書)』, 2008
- 7) JST理科教育支援センター&国立教育政策研究所：『平成20年度高等学校理科教員実態調査』, 2009