

化学実験器具の操作方法に関する研究

愛知県立岡崎工業高等学校
化学工業科 教諭 井上満

1. はじめに

高校生ものづくりコンテスト化学分析部門が始まり、予選を経て全国大会を行っている。競技に向けて生徒を指導していく過程で、指導方法が教員によって異なり学校内でも統一ができない現状が浮き彫りになってきた。以前は流儀で済まされていたことが、競技が始まり、審査という要素が入ったことで、審査委員との流儀の違いが指導者にとっては不安要素となり、全国で統一するという気運が高まった。本研究では、実際のガラス計量器具の操作方法について、高等学校・事業所等の関係機関のご意見をいただき調査した。(表1)

2. 結果と考察

全体の結果としては、どの質問項目についても回答にばらつきが見られることが確認された。従って、その機関の内部によっても手法が異なっている可能性もあると考えられる。可能な限り誤差を小さくする方法を選択する傾向があることは間違いないが、誤差が発生しにくい部分ではなるべく作業効率の高い方法を選択する傾向があることも確認された。また、実験のコストを低下させることも求められていることがわかった。従って、実験誤差の低減、実験コストの低減、作業効率の向上のバランスを考慮し、実験を行なっていることがわかった。

化学系高校では作業効率の向上よりも実験誤差の低減や実験コストの低減を求める傾向にあることがわかった。学校の実験というものにはなるべく丁寧に誤差が生じないように行うことが求められる。従って作業効率の向上よりも実験誤差の低減を求める傾向にあると考えられる。また、学校では実験に利用できる資金も限られており、コストの高すぎる実験は行うことが出来ない。つまり、なるべくコストを低減させることも求められると考えられる。以上より、化学系高校では作業効率

の向上よりも実験誤差の低減や実験コストの低減を重要視する傾向にあると結論付けることができる。また、いくつかの項目では化学系高校のみ事業所およびものづくりコンテスト審査委員と異なる傾向が現れた項目が存在した。事業所およびものづくりコンテスト審査委員が利用していない手法を化学系の学校のみ使用しているという現状は決して好ましいものではなく、正確な実験手法がしっかりと指導されていないのではないかと懸念される。

事業所では作業効率の向上につながる方法を利用する傾向が読み取れる。事業所では利益の最大化を図るために作業効率を向上させる必要がある。もちろん実験誤差を無視していいことはないが、実験結果に影響を及ぼさない範囲の誤差であれば作業効率を優先するべきであろう。また、利益の最大化のためには実験コストの削減も重要ではあるが、今回の質問項目では大きなコストにつながるような傾向は存在しなかった。従って、作業効率の向上を優先的に選択しているものと思われる。以上より、化学分析に関係する事業所では実験誤差の低減や実験コストの低減よりも作業効率の向上を重要視する傾向にあると結論付けることができる。

ものづくりコンテスト審査委員では作業効率の向上を求めながらも、可能な限り慎重に実験を行い、実験誤差を低減させることを優先することが読み取れる。また、実験コストの低減を求める傾向は読み取れなかった。また、どちらでもよいという選択肢を選択する割合が化学系高校および化学分析に関係する事業所と比較して極めて多いことも読み取れる。以上より、ものづくりコンテスト審査委員では実験コストの削減はあまり考慮せず、実験誤差の削減を最も重要視し、誤差が発生しない方法であれば作業効率の向上を図る傾向にあると結論付けることができる。このことは、ものづく

表1 化学実験器具のアンケート調査実施状況^{※1}

対象	依頼数	回答数	回答率
化学系学科を有する高等学校	132	113	85.6 %
化学分析に関係する事業所	272	160	58.8 %
ものづくりコンテスト審査委員	14	11	78.6 %
合計	418	284	67.9 %

※1: アンケート調査は質問紙を作成し、郵送で行った。

表2 10 mL全量ピペットの評価結果^{※2}

(1) 押し出しなしの場合

累積質量 [g]	1回質量 [g]	1回体積 [mL]
47.8630	—	—
57.7943	9.9313	9.9582
67.7274	9.9331	9.9600
77.6555	9.9281	9.9550
87.5843	9.9288	9.9557
97.5128	9.9285	9.9554
平均	—	9.9568
標準偏差	—	0.002162

(2) 押し出しありの場合

累積質量 [g]	1回質量 [g]	1回体積 [mL]
48.0049	—	—
57.9634	9.9585	9.9855
67.9200	9.9566	9.9836
77.8798	9.9598	9.9868
87.8400	9.9602	9.9872
97.7992	9.9592	9.9862
平均	—	9.9858
標準偏差	—	0.001421

※2: 水 24 °C : 密度 0.9973 g/mL として計算.

りコンテスト審査委員は化学系高校や化学分析に関係する事業所と異なり作業効率や実験コストの制約が少ないことに起因すると考えられる。また、実験誤差にも大きな影響を与えず、作業効率などもあまり変わらない項目に関してはどちらでもよいという選択肢を選択している。制約に影響されずに正確な実験方法を選択していることが現れていると言える。

アンケート内容における個別の分析操作の適否について、多くの関係者を納得させるためには、各操作の精確さについての定量化を行なう必要もあると考えられる。例えば、ホールピペットの残液の押し出しの可否を議論するには表2のような定量的なデータを積み重ねて行く必要がある。今後は、アンケート結果をもとに、定量化して数字で示していくことも必要である。国家資格としての技能検定に化学分析技能士がある。試験内容にキレート滴定も含まれており、内容的にもづくりコンテストと類似した部分もある。化学分析技能士が何を目的とし、どのように評価しているのか、参考になるものと考えられる。

3. 謝辞・付記

分析化学全般に関する知見を幅広くご教示いただきました岐阜大学工学部化学・生命工学科の竹内豊英教授、日本分析化学会の高田芳矩技能試験委員長、日本環境測定分析協会の濱地光男監事に対しまして深くお礼申し上げます。そして、日本工業化学教育研究会、東海工業化学教育研究会、日本環境測定分析協会、愛知環境測定分析協会からアンケート実施に向けてご協力をいただきました。心からお礼申し上げます。さらに、調査にあたり終始適切なご指導を賜りました愛知県立愛知工業高等学校の蜂須賀豊校長、愛知県立起工業高等学校の古川輝久教諭、愛知県立名南工業高等学校の長谷川昇校長、鈴木千明教諭、森野正行教諭、愛知県立小牧工業高等

学校の青井孝教諭、松田真樹教諭、清水浩一教諭、愛知県立岡崎工業高等学校の森田満夫校長、林雅彦教諭に対しまして深くお礼申し上げます。お忙しいところご協力いただきましたすべての関係者の方々に対しまして深くお礼申し上げます。本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金奨励研究(井上満、ガラス計量器具の操作方法に関する研究とその教材化、研究課題番号: 24915002)の交付決定を受けて行った。ここに記して深く感謝申し上げます。

4. 引用・参考文献

- 井上満：高校生ものづくりコンテスト化学系化学分析部門，化学と教育，52，552，2004。
井上満，浅岡孝次：高校生ものづくりコンテスト化学部門，化学と教育，51，204，2003。
井上満，水野敏彦，岡田雄司，植田郁生，齊戸美弘，松本明彦：化学分析を通じた高大連携の取り組みー地域農業への貢献をめざしてー，化学と教育，56，353，2008。
JIS R 3505 改定原案作成委員会：ガラス体積計の基礎知識。
小林基義：新版工業化学実習 1，化学的操作，実教出版，2010。
日本分析化学会関東支部編：第 18 回環境分析基礎講座，2012。
日本化学会編：第 5 版実験化学講座 1 基礎編 I 実験・情報の基礎，丸善，2003。
日本工業標準調査会編：JIS K 0050「化学分析方法通則」附属書 C 及び附属書 H，2009。
日本工業標準調査会編：JIS R 3505「ガラス製体積計」，2010。

[問い合わせ先]

〒444-8555 愛知県岡崎市羽根町字陣場 47 番地
愛知県立岡崎工業高等学校
E-mail : k610903e@m2.aichi-c.ed.jp