

# ガラス計量器具の操作方法に関する研究

井上 満

Operating Methods of Glass Measuring Instruments

Mitsuru INOUE

## 1. 諸言

平成13年より、高校生ものづくりコンテスト全国大会が始まった。高校生が取り組んでいるものづくりの学習成果の発表の場として、全国の高校生が一堂に会して、技術・技能を競い合うというものづくりの甲子園である。当コンテストの化学分析部門は2時間30分の制限時間内にガラス計量器具を用いて化学分析作業を行うというものである。しかし、コンテストにおけるガラス計量器具の使用方法をめぐる、全国の高校指導者(教員)においてもさまざまな違いがみられ、コンテストの指導・審査方法をめぐり全国的な議論が起こっている。

本研究では、さまざまな操作方法がなされているガラス計量器具の操作方法に関するアンケート調査を詳細に実施し、その結果を科学的に解析することにより、ガラス計量器具の操作方法の統一化に向けた指針を作成したい。さらに、本研究では、本校生徒・教職員のみならず、多様な教育機関・産業界・学会等に広くその研究成果を発信することにより、ガラス計量器具の操作方法への正しい理解ならびに化学・科学技術への興味関心の一層の高揚を図ることも、重要な目的の一つである。

高校生ものづくりコンテスト化学分析部門が始まり、県予選・地区予選を経て全国大会を行っている。現在に至るまで、各学校で最善の操作方法を考え指導に当たってきたが、競技に向けて生徒を指導していく過程で、指導の方法が教員によって異なり学校内でも統一ができてい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

安要素として大きくなり、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、高校・事業所等の方々のご意見をいただき、詳細に調査・検討した。

## 2. アンケート調査

本調査は平成24年11月から平成25年1月にかけて表1に示す通りに行った。また、アンケート用紙の内容を以下に示す。

### 〈洗淨〉

まず、器具を水道水でよく洗い、少量の純水を用いて、内部に付着した水道水を流す。純水での処理は3回以上行う。ピュレット、ホールピペットは、その後、試料の量が少ないものでなければ、共洗いを3回以上行った後に使用する。試料の量が少なかったり、貴重な溶液の場合は純水処理後に器具を乾燥させて用いる。この場合、乾燥器を用いてはいけい。内部のガラスの表面が油などで水をはじくような時は洗剤に浸すなどで洗淨する。磨き砂やブラシは内側にキズをつけるので使用しない。ホールピペット先端外側は磨き砂やブラシを用いても良いのでよく水に濡れるようにしておく。

### 〈メスフラスコの利用に関する質問〉

- (1) 水道水でよく洗淨する。  
少量の純水で水道水を置き換える(3回以上)。栓も洗う。
- (2) 試料を入れる。  
容器・入れるために使用した器具は純水で洗い、全てメスフラスコに流し入れる。
- (3) 純水を入れて標線に合わせる。

表1 ガラス計量器具のアンケート調査実施状況

	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等	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%

※アンケート調査は原則として質問紙を作成し、郵送で行った。

メスフラスコ内で溶解させたり、入れる溶液が濃い場合には、純水を下部の半分程度まで入れてよく振り混ぜた後、標線に合わせる。溶解・希釈熱により溶液の温度が上がる場合には、あらかじめビーカーで溶解・希釈した後、メスフラスコに入れる。標線にはメニスカスの最下部に合わせる。

### (4) 溶液を均一になるまで振り混ぜる。

メスフラスコを逆さにし、空気を底部にしてから、よく混ぜ、元に戻す。この操作を3回以上繰り返す。

### 【質問A：純水置換の方法】

- 1 純水を入れ、栓をし、振った後に排出する。
- 2 器壁を流すように純水を入れ、メスフラスコを回しながら排出する。栓は別に流す。

### 【質問B：ビーカーから入れる場合の入れ方】

- 1 ビーカーの口を利用して入れる。
- 2 ガラス棒をメスフラスコ上部に挿し、ガラス棒に伝わせる。

### 【質問C：秤量ビン等ビーカー以外の口の広い容器から入れる場合】

- 1 ロートを使用する。
- 2 小さめのビーカーに移してから、前質問の方法で入れる。

### 【質問D：標線に合わせる時のメスフラスコの位置】

- 1 机に置く。
- 2 大きなものを除き、指2本または3本で目の高さまで持ち上げ操作する。

### 〈ホールピペットの利用に関する質問〉

試料が水の場合を除き、安全ピペッターを使用することが望ましい。特に揮発性、有毒、強酸・強塩基の場合は必ず使用する。

- (1) ホールピペットを水道水でよく洗う。
- (2) 純水で3回以上処理する。  
ホールピペットに純水を入れ、水平にし、標線上部まで純水を移動させた後、ホールピペットを回転させる。
- (3) 共洗いを3回以上行う。  
ホールピペットの先端の水滴をキムワイプでふき取り、分取した試料を適量吸い上げる。吸い口を指で押

さえ、ホールピペットを水平にし、指の加減で標線上部まで純水を移動させ、ホールピペットを回転させた後、先端より排出する。このとき溶液が吸い口に触れないように気をつける。

### (4) 試料を量り取る。

試料溶液を吸い上げ、標線に合わせてコンカルビーカーに入れる。標線にはメニスカスの最下部を合わせる。また標線に合わせる前にホール部分や標線の下を手で触り液が温まらないように気をつける。標線にあわせた後の先端の液滴を試料容器等で落とした後、コンカルビーカーに排出する。溶液の排出時はホールピペットの先端をコンカルビーカー等の壁につけ、溶液が壁を流れるようにする。溶液を全て排出するために、先端を壁につけたままの状態10秒～20秒待つ必要がある。ホールピペットはピペット台等に置き先端が他に触れないように、また転がらないように気をつける。

### 【質問E：水道水の入れ方】

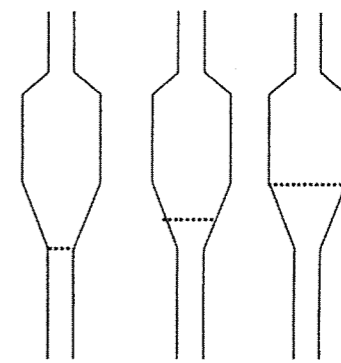
- 1 ホールピペットは必ず先端より吸い上げるように水を取り込む。
- 2 無理がなければ水道管やそこに付けたゴムホースより吸い口から水を入れる。

### 【質問F：純水の入れ方】

- 1 純水は、洗ビンを用いて吸い口から入れる。
- 2 純水をビーカーに入れ、先端より吸い上げる。

### 【質問G：純水の量】

- 1
- 2
- 3



### 【質問H：純水の排出】

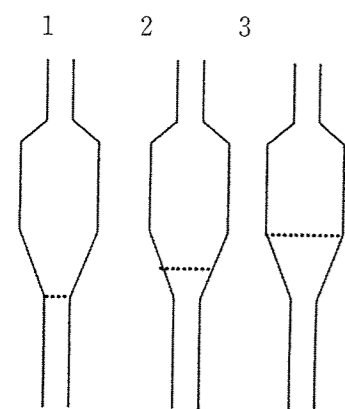
- 1 水は先端より排出する。

2 水を先端より排出させた後、吸い口からも排出する。

【質問I：共洗い時の安全ピペッターの使用】

- 1 吸入時のみ使用し、その後は外して操作する。
- 2 液を排出するボタンがあればつけたまま共洗いのする。

【質問J：共洗い時の液量】



【質問K：安全ピペッターの使用(排出ボタンがあるタイプを使用する時)】

- 1 吸い上げ時のみ使用し、その後は指の加減で標線に合わせる。
- 2 排出ボタンがあれば、ピペッターをつけたまま標線合わせを行い、排出時にピペッターをはずす。
- 3 排出もピペッターをつけたまま排出ボタンで行う。

【質問L：最後に残った液の処理】

- 1 吸い口を手で押さえ、ホール部分を握ってあたためて出す。
- 2 先端を壁につけた状態で出た分のみ使用し、無理に排出させない。

〈ビュレットの利用に関する質問〉

テフロン製コックは調節ネジで回転の固さ、漏れを調整する。ただし、コックが合わせガラスの場合は少量のワセリンを塗り、液漏れを防ぐ。

(1) ビュレットを水道水でよく洗う。

コックも回し、コック部分や先端部もよく水を通す。

(2) 少量の純水で水道水を置き換える(3回以上)。

純水を入れ、コックを数回まわし、コック部分や先端部に純水を通す。ビュレットを水平にし、回転させながら上部まで純水を移動させる。その後、コックを開いて純水を全て排出する。

(3) 共洗いを3回以上行う。

試薬を入れ、コックを数回まわし、コック部分・先端部に試薬を通す。ビュレットを水平にし、回転させながら上部まで試薬を移動させる。その後コックを開き、試薬を全て排出する。ビュレットに試薬を入れるときは、ビュレット台から外し、目よりも下で操作する。

(4) ビュレットに試薬を入れる。

多めに入れておき、コックを開いて液を急激に出すことでコックより下の気泡を出す。液を追加、排出することで液面を始めの位置にする。先端に付いている液滴を除く。

(5) 滴定を開始する。

液を急速に流出させると後流誤差が起るため、コックの開閉により途中で流出を止めながら操作を行うなど配慮する。終点間際には、先端に液滴を作りビーカーの器壁につけて流すことで、半滴・1/4滴を落とす。

(6) 終点時の目盛りを読む。

ビュレットに対して、目の高さを水平にして目盛りを読む。そのとき液を手で温めることがないように注意する。通常はメニスカスの一番くぼんだ部分の目盛りを読む。褐色ビュレットの場合はメニスカスの上部、青線入りビュレットでは青線の一番くぼんだ所の目盛りを読む。

【質問M：水道水の入れ方】

- 1 水道より直接入れる。
- 2 ビーカーを使用する。

【質問N：試薬ビンやメスフラスコに入った試薬の入れ方】

- 1 ロートを使用し、直接ビュレットに入れる。
- 2 ビーカーに分取し、ビーカーの口を利用して入れる。
- 3 ビーカーに分取した場合でもロートを使用する。

【質問O：共洗い時の液量】

- 1 最下目盛りより下(約5~7mL)
- 2 最下目盛りの少し上(約10mL)

【質問P：滴定開始時の液面の位置】

- 1 0.00に合わせる。
- 2 なるべく0に近い位置で、目盛りを正確に読む。

【質問Q：2回目以降の滴定開始時の液面(残っている液量が、滴下量より多い場合)】

- 1 試料を追加し、0.00に戻す。
- 2 試料を追加し、なるべく0に近い位置まで戻す。
- 3 試料を追加せず、その時点の目盛りから区切りの良い目盛り(たとえば15.00や16.00)に合わせる。
- 4 試料を追加せず、目盛りを読み始めの値とする。

【質問R：先端処理の仕方】

- 1 ろ紙で斜めにきり、ビュレット先端の溶液を処理する。
- 2 分取したビーカーやきれいなビーカーの器壁につけて処理する。

【質問S：コックの操作】

1 左手でコックを包むように操作し、右手はコニカルビーカーを振る。

2 左手でコックの根元を押さえ、右手で操作する。

【質問T：後流誤差防止の方法】

- 1 コックの調整でゆっくり流出させる。
- 2 流出を途中で止めながら流出させる。

【質問U：ビュレットの目盛りを読む姿勢】

- 1 ビュレットをビュレット台につけたまま目盛りを読む。
  - 2 ビュレットをビュレット台から外して目盛りを読む。
3. 結果および考察

全体の集計結果を基準として、各質問に関してどのような傾向にあるかを読み取った。そして、ガラス計量器具の使用法の統一に向けた方向性について検討した。図1に全体の調査結果を示す。また、図2~図4にそれぞれ化学系高校、化学分析に関する事業所等、ものづくりコンテスト審査委員の調査結果を示す。さらに、図5~図14に各地域における調査結果を示す。いずれの図も各質問に対する回答番号の割合を百分率で示した。○印は選択肢すべてについてどちらでもよい場合を示す。×印は1~4、○以外の操作方法の場合を示し、その他とした。これらをもとにして考察を行った。さらに、参考として関係機関から寄せられた意見等についても示した。

(1) 全体の結果と考察

図1の全体の集計結果を元に、各質問に関してどのような傾向にあるかを読み取る。全体の傾向を読み取ることでこの後のジャンル別での集計結果の考察への土台をつくりたい。ここで土台をしっかりと構築した後に、化学系高校、化学分析に関する事業所等、ものづくりコンテスト審査委員の3つについての比較と考察および北海道地方、東北地方、関東地方、北信越地方、東海地方、近畿地方、中国地方、四国地方、九州地方、愛知県地域的な比較と考察につなげていきたい。そして、ガラス計量器具の使用法の統一に向けた方向性を示したい。

まず、メスフラスコの利用に関するアンケート結果の考察を行う。

質問Aの「純水置換の方法」としては、回答の割合は「純水を入れ、栓をし、振った後に排出する。」が22.5%、「器壁を流すように純水を入れ、メスフラスコを回しながら排出する。栓は別に流す。」が53.2%、「どちらでもよい」が23.2%、「その他」が1.1%となった。過半数の機関が「器壁を流すように純水を入れ、メスフラスコを回しながら排出する。栓は別に流す。」と回答している。栓もしっかりと洗浄するためにこの方法を利用する機関

が多いと考えられる。また、2割以上の機関が「どちらでもよい」と回答していることも特徴の1つと言える。このようなばらつきが見られることから、決まった手法が認識されていない傾向が伺える。

質問Bの「ビーカーから入れる場合の入れ方」としては、回答の割合は「ビーカーの口を利用して入れる。」が48.9%、「ガラス棒をメスフラスコ上部に挿し、ガラス棒に伝わらせる。」が26.4%、「どちらでもよい」が15.1%、「その他」が9.5%となった。半数の機関が「ビーカーの口を利用して入れる。」と回答している。ガラス棒を利用する場合、試料がガラス棒に微量残ってしまうためにビーカーから直接入れる機関が多いと考えられる。

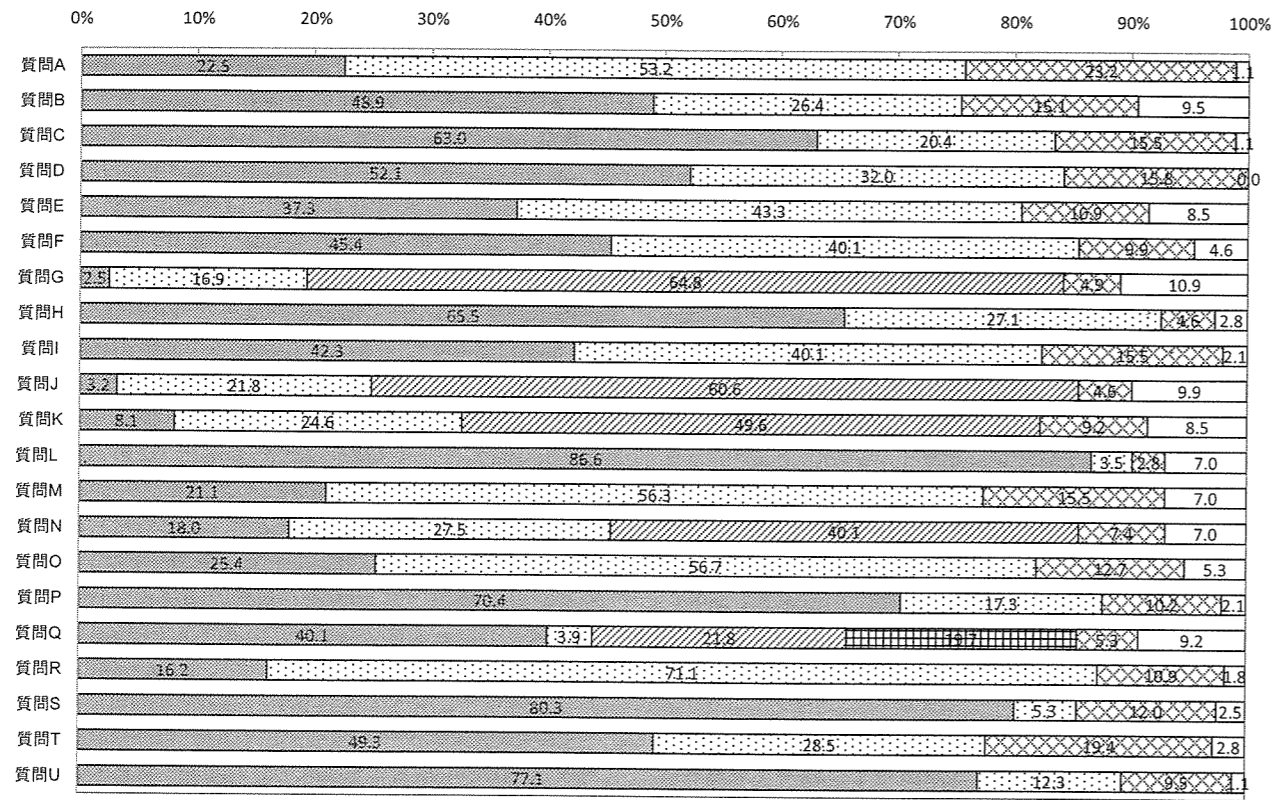
質問Cの「秤量ビン等ビーカー以外の口の広い容器から入れる場合」としては、回答の割合は「ロートを使用する。」が63.0%、「小さめのビーカーに移してから、前質問の方法で入れる。」が20.4%、「どちらでもよい」が15.5%、「その他」が1.1%となった。過半数が「ロートを使用する。」と回答している。ロートを利用することで確実に試料を移すためにこの方法を利用する機関が多いと考えられる。

質問Dの「標線に合わせる時のメスフラスコの位置」としては、回答の割合は「机に置く。」が52.1%、「大きなものを除き、指2本または3本で目の高さまで持ち上げ操作する。」が32.0%、「どちらでもよい」が15.8%となった。過半数が「机に置く。」と回答している。机に置いたほうが正確に標線を読み取ることができると、この方法を利用する機関が多いと考えられる。

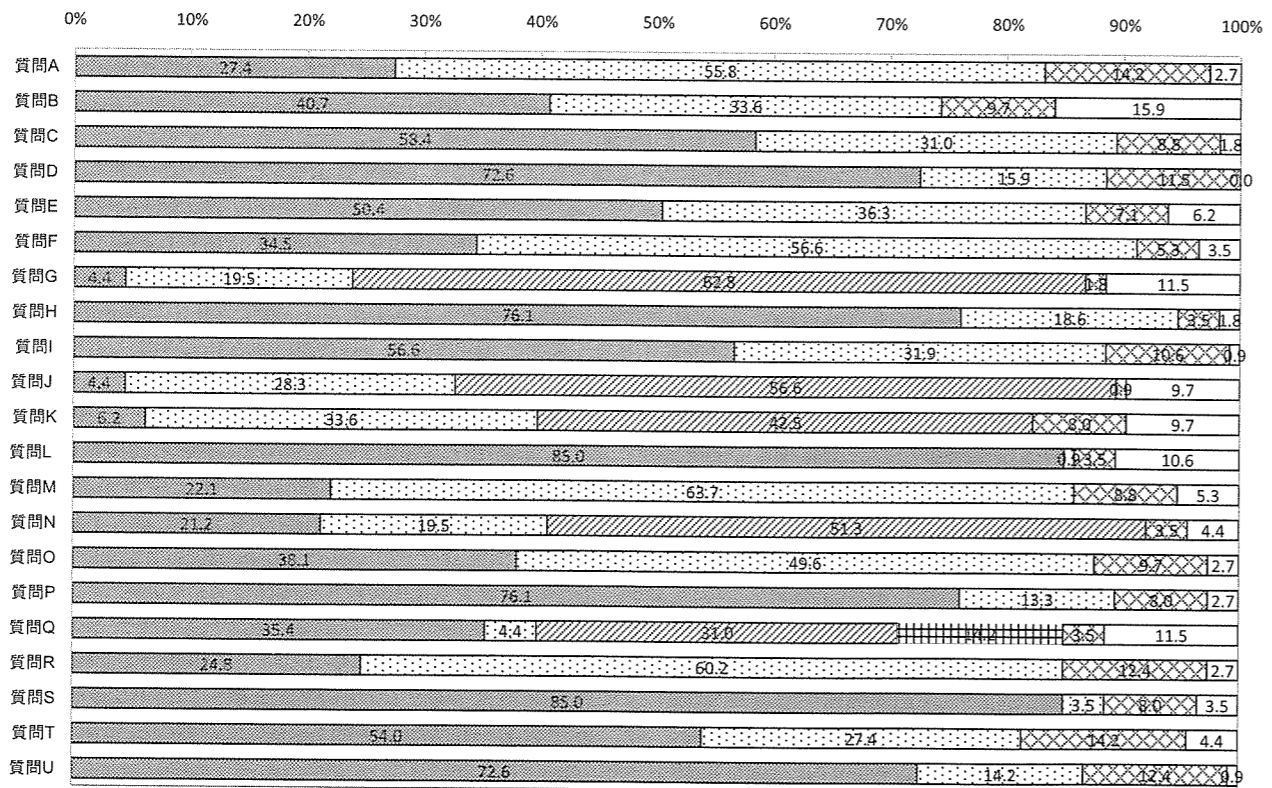
続いてホールピペットの利用に関するアンケート結果の考察を行う。

質問Eの「水道水の入れ方」としては、回答の割合は「ホールピペットは必ず先端より吸い上げるように水を取り込む。」が37.3%、「無理がなければ水道管やそこに付いたゴムホースより吸い口から水を入れる。」が43.3%、「どちらでもよい」が10.9%、「その他」が8.5%となった。「ホールピペットは必ず先端より吸い上げるように水を取り込む。」よりも「無理がなければ水道管やそこに付いたゴムホースより吸い口から水を入れる。」の方が6.0%多い。多少ではあるが、無理がなければ水道管やそこに付いたゴムホースより吸い口から水を入れる方法を利用する機関が多い傾向にある。

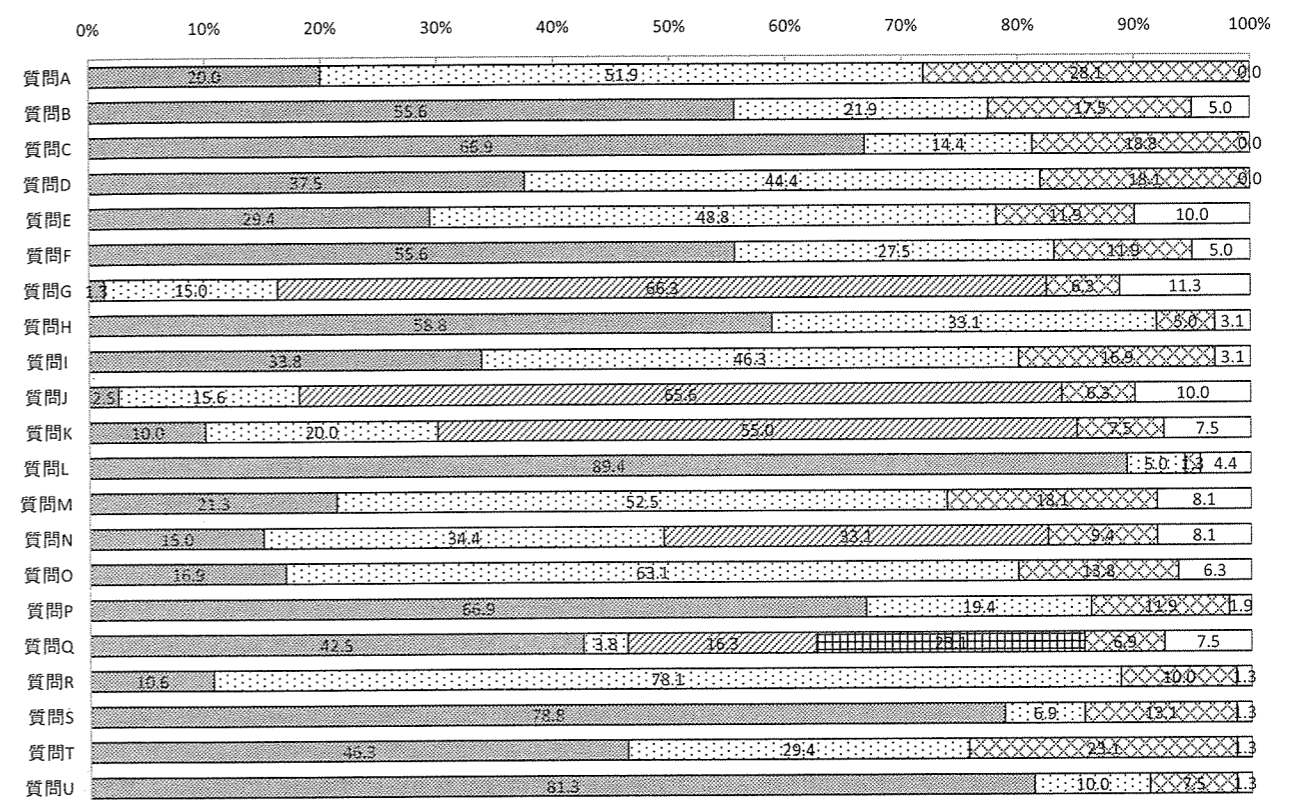
質問Fの「純水の入れ方」としては、回答の割合は「純水は、洗ビンを用いて吸い口から入れる。」が45.4%、「純水をビーカーに入れ、先端より吸い上げる。」が40.1%、「どちらでもよい」が9.9%、「その他」が4.6%となった。



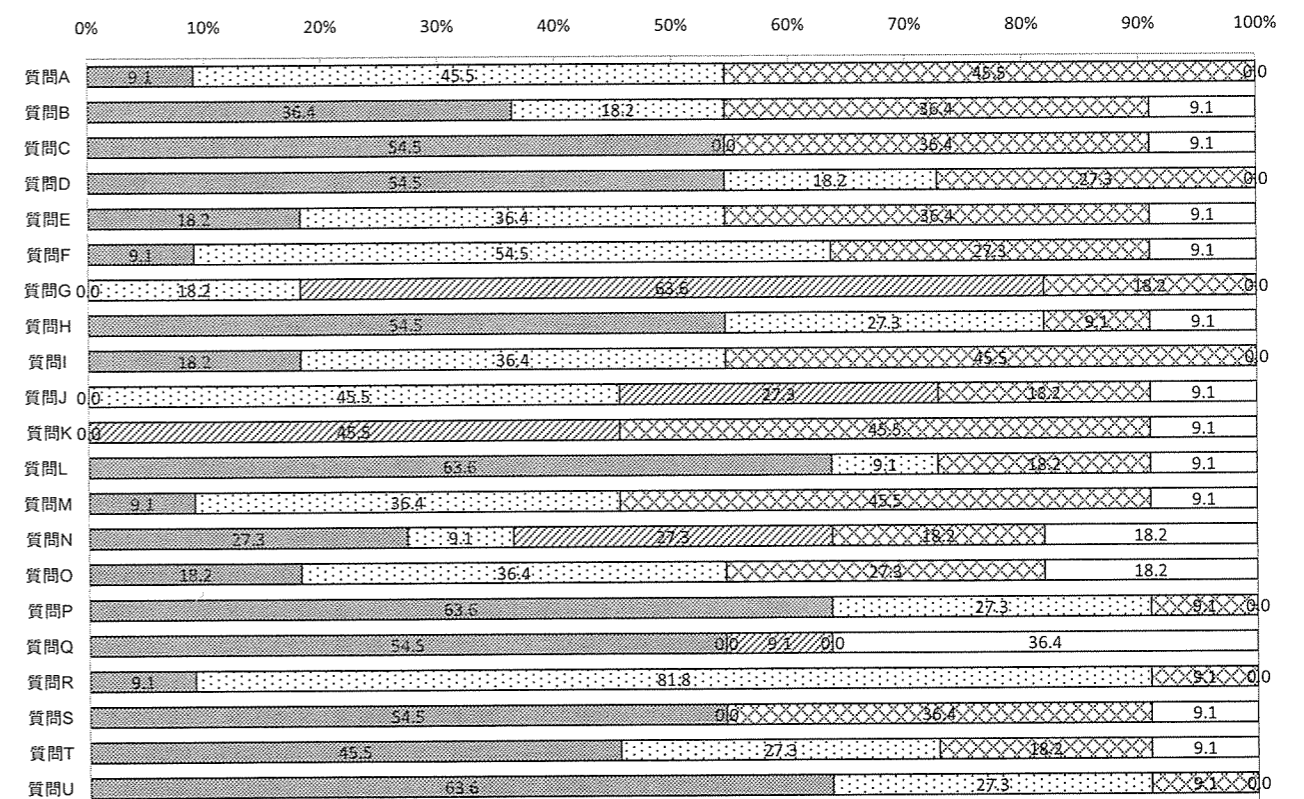
■1 □2 ▨3 ▩4 □0 □×  
図1 全体の集計結果



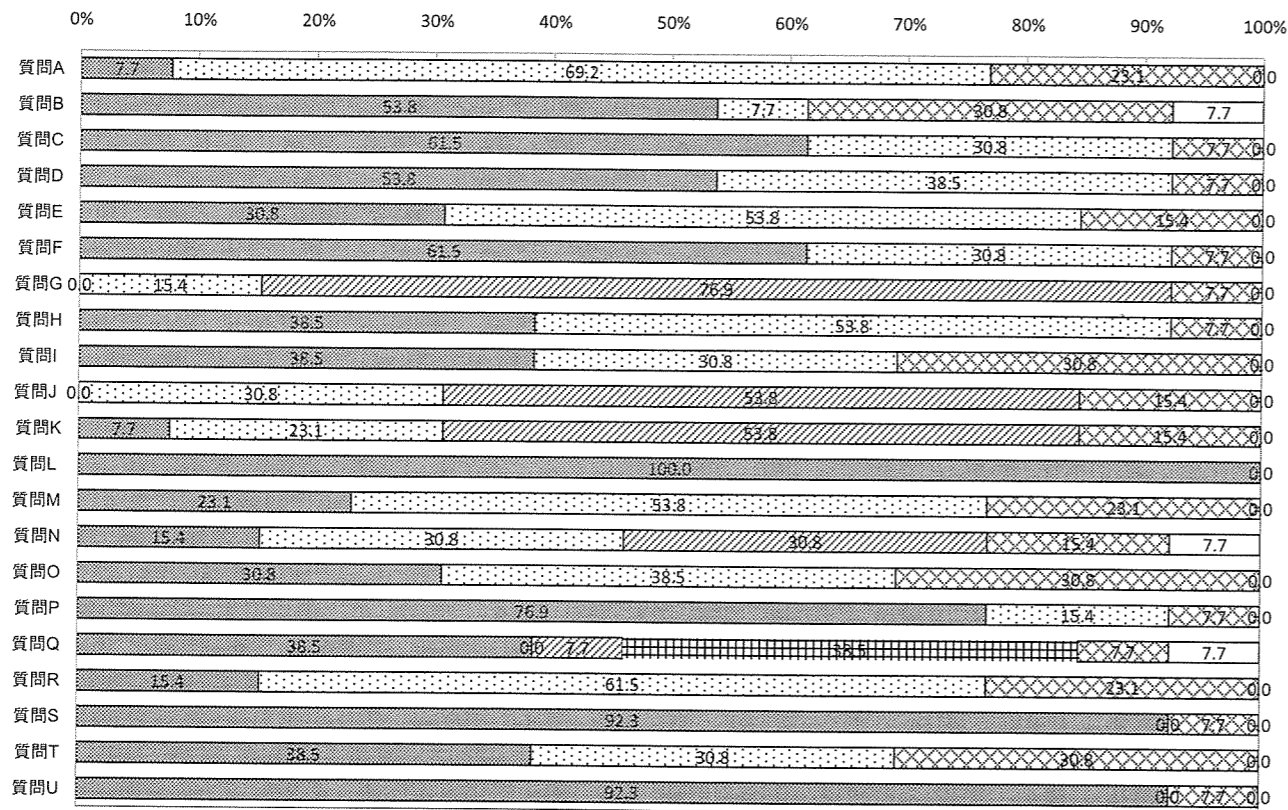
■1 □2 ▨3 ▩4 □0 □×  
図2 化学系高校の集計結果



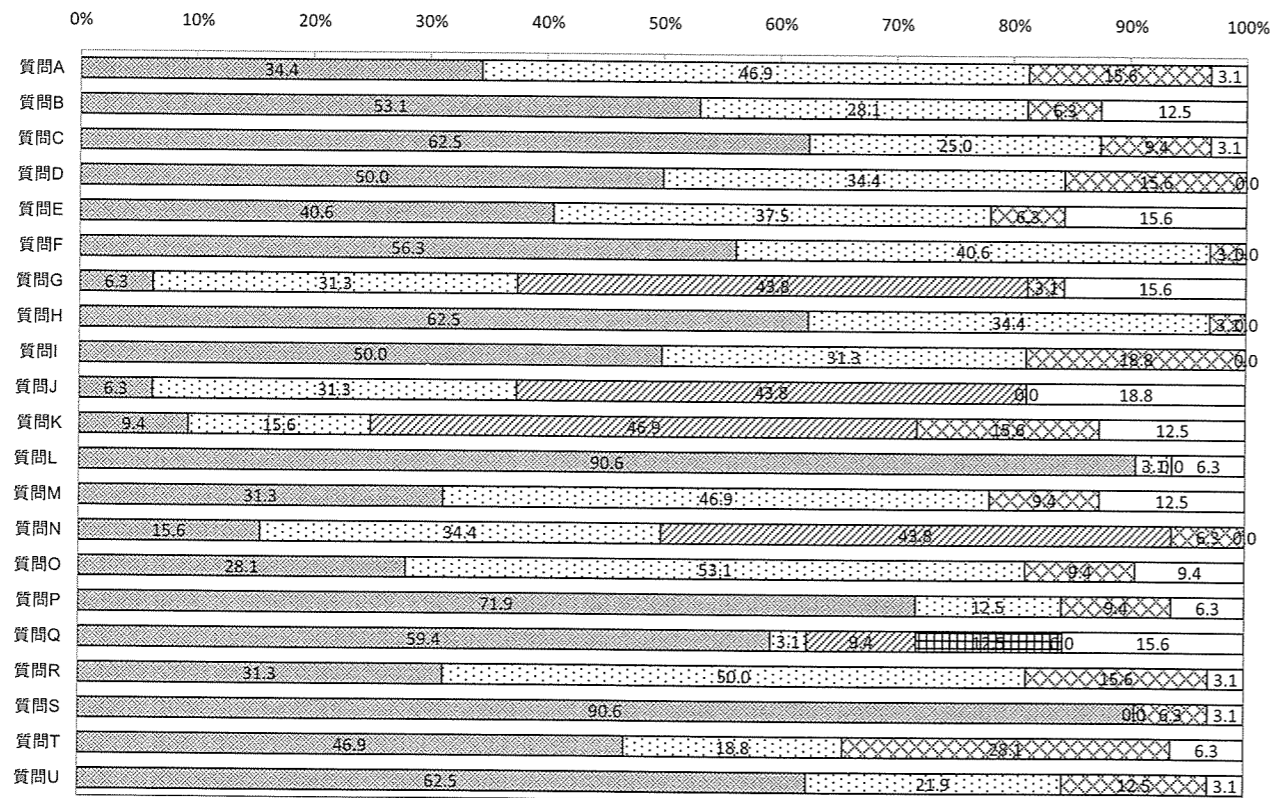
■1 □2 ▨3 ▩4 □0 □×  
図3 化学分析に関する事業所等の集計結果



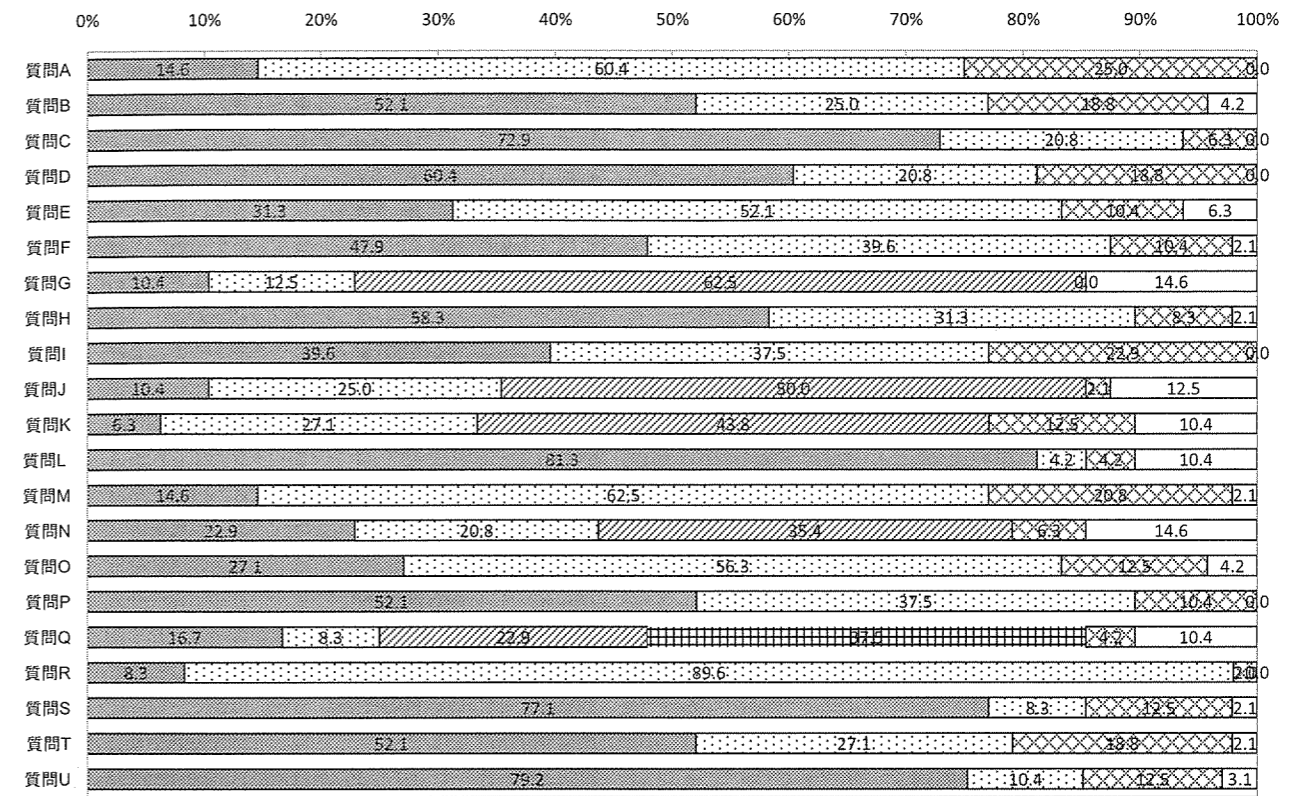
■1 □2 ▨3 ▩4 □0 □×  
図4 審査委員の集計結果



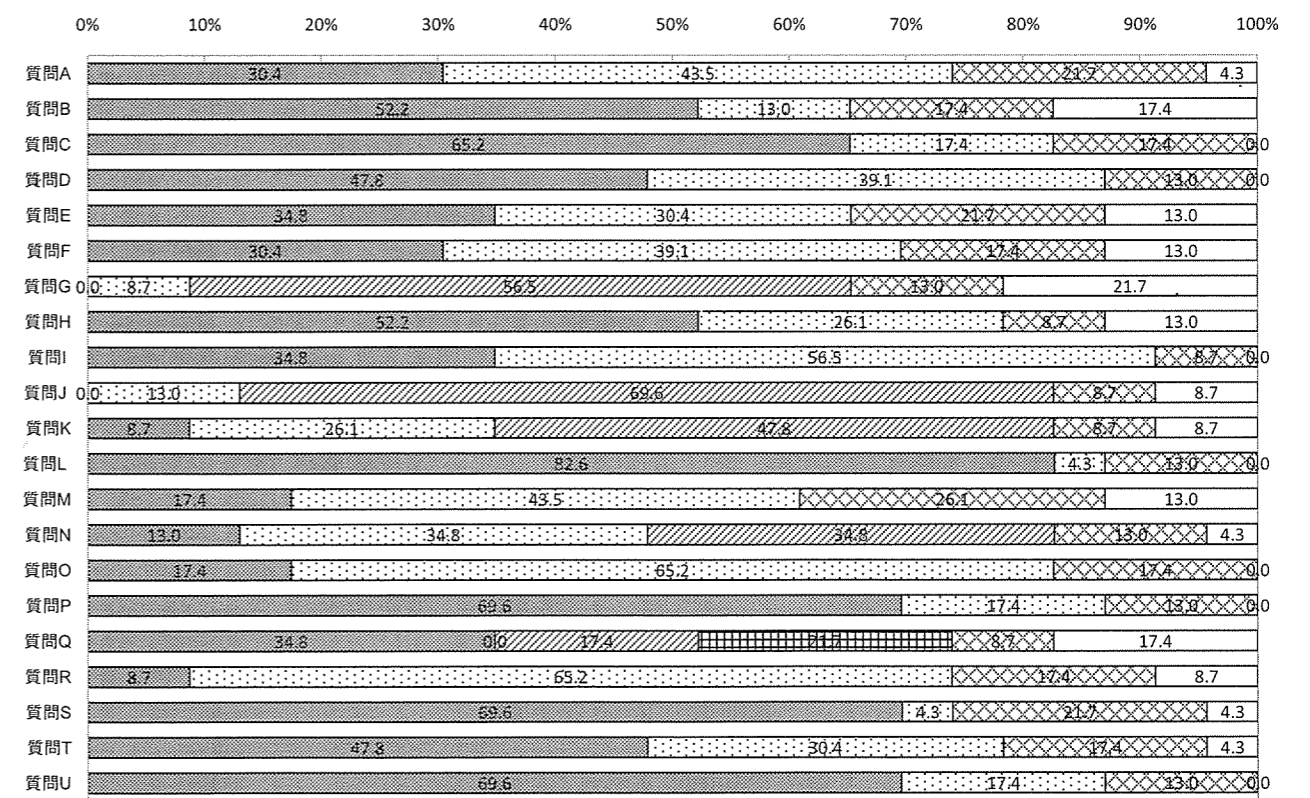
■ 1 □ 2 ■ 3 田 4 □ 0 □ ×  
図5 北海道地方の集計結果



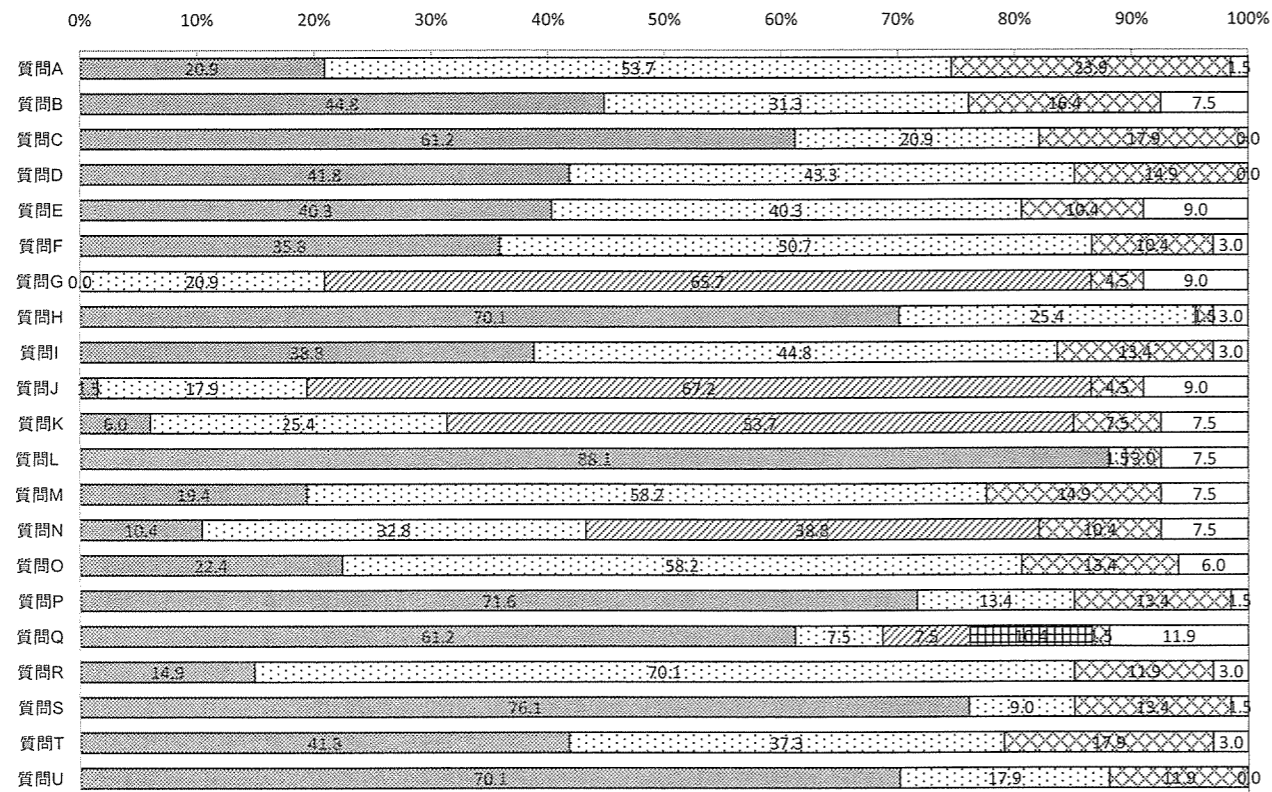
■ 1 □ 2 ■ 3 田 4 □ 0 □ ×  
図6 東北地方の集計結果



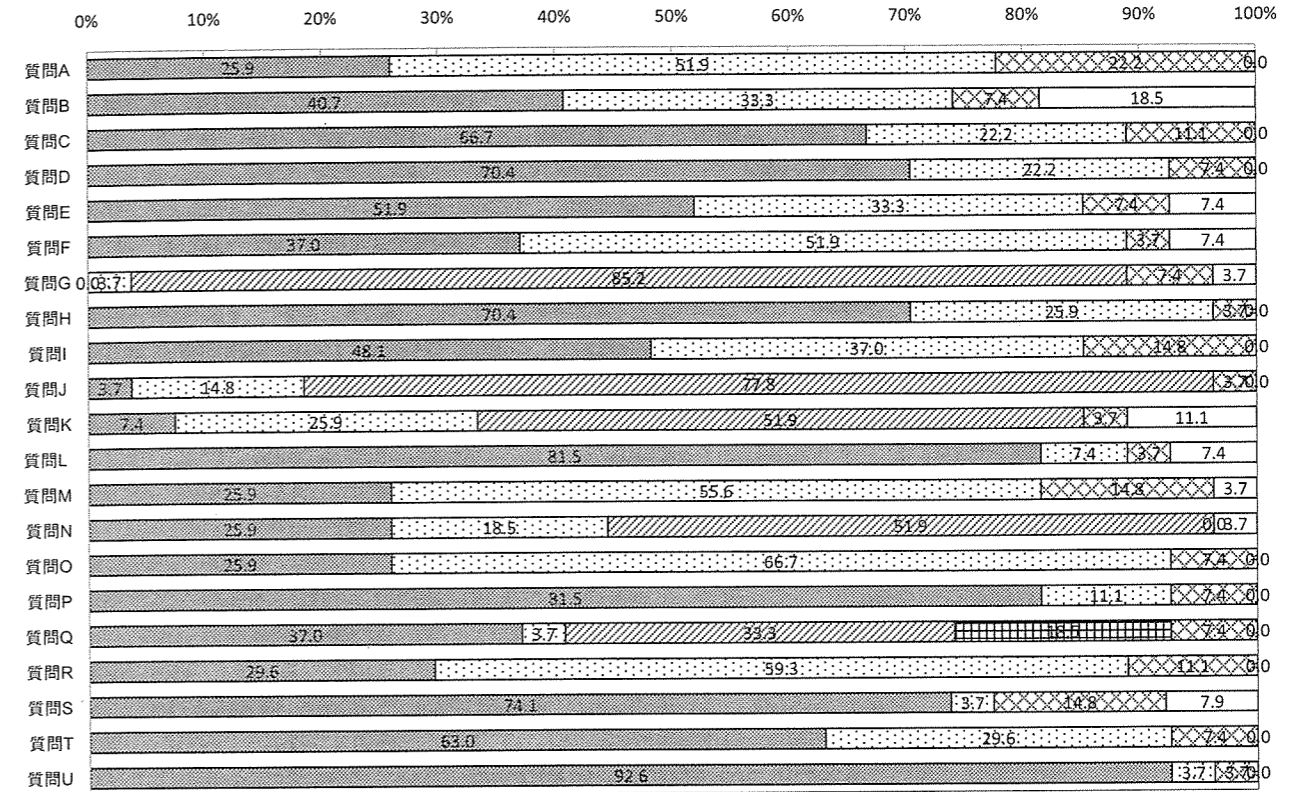
■ 1 □ 2 ■ 3 田 4 □ 0 □ ×  
図7 関東地方の集計結果



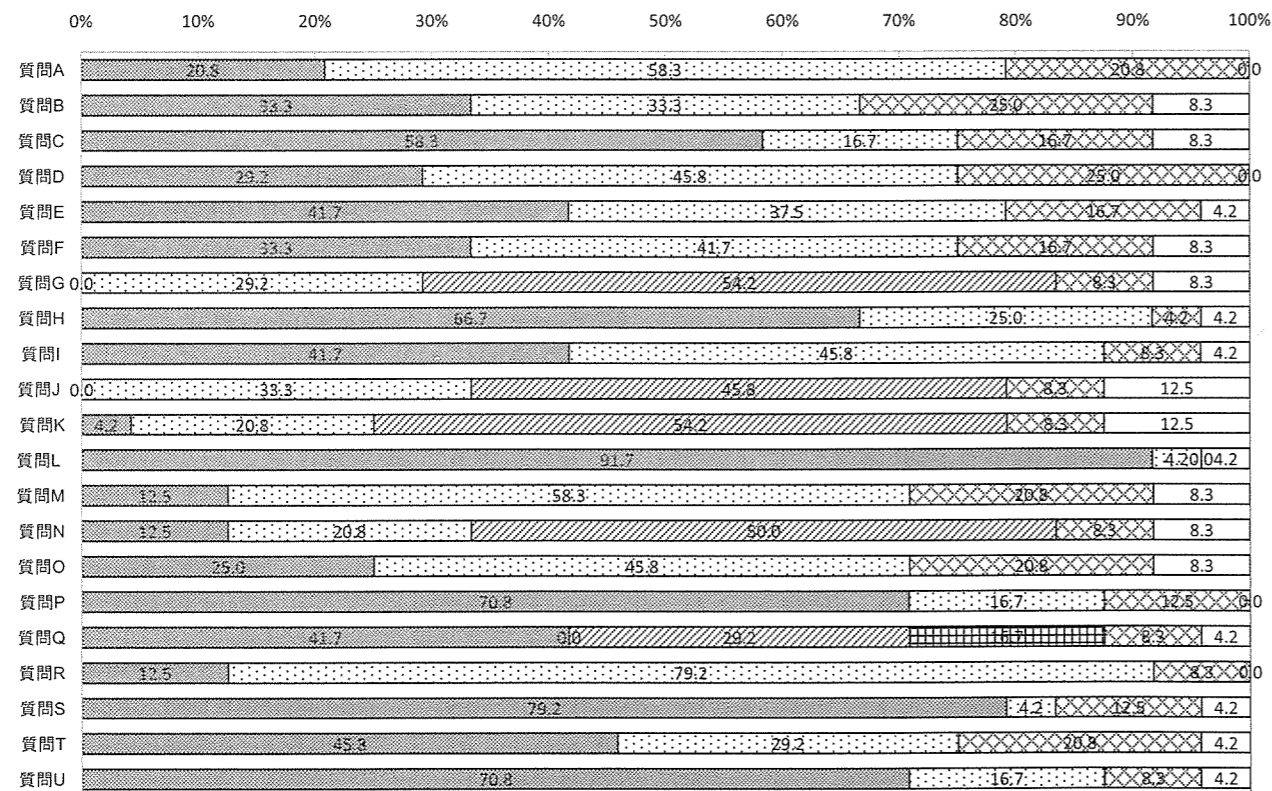
■ 1 □ 2 ■ 3 田 4 □ 0 □ ×  
図8 北信越地方の集計結果



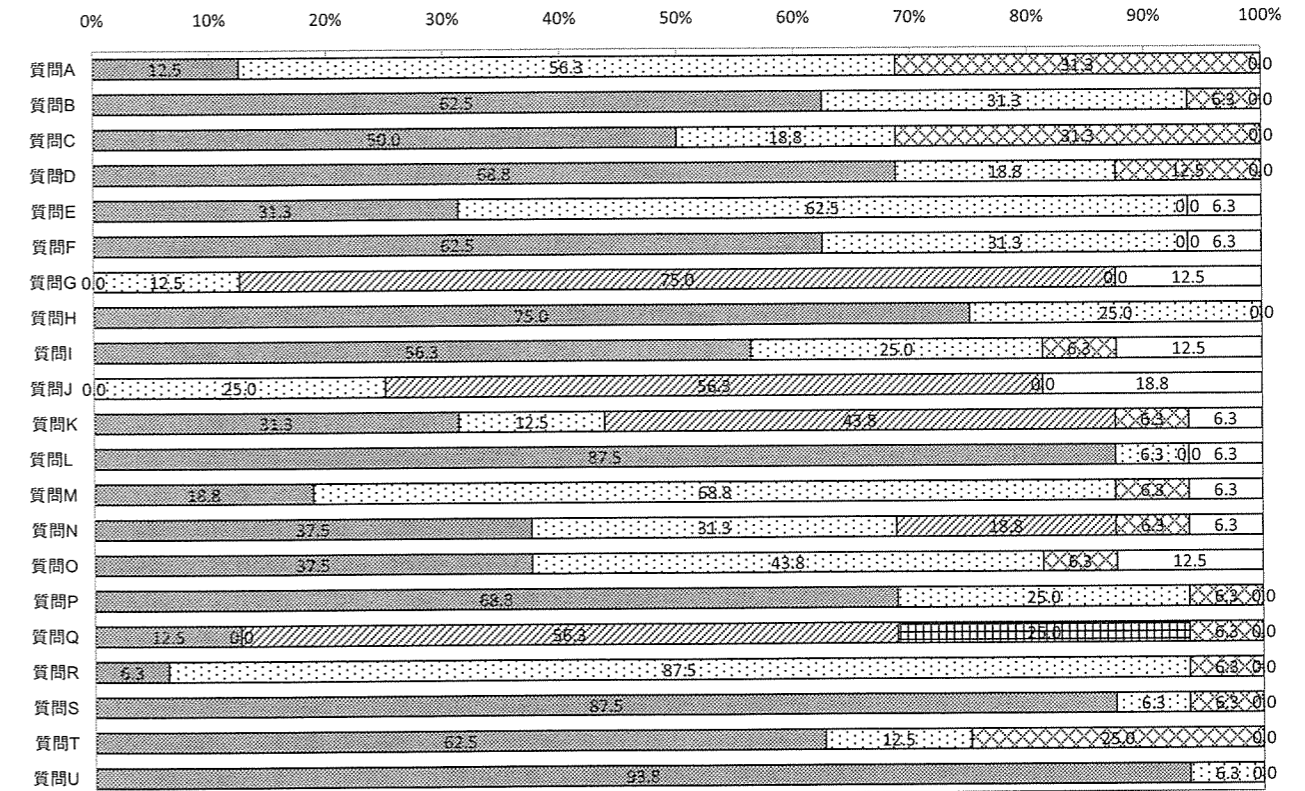
■ 1 □ 2 ■ 3 ■ 4 □ 0 □ ×  
 図9 東海地方の集計結果



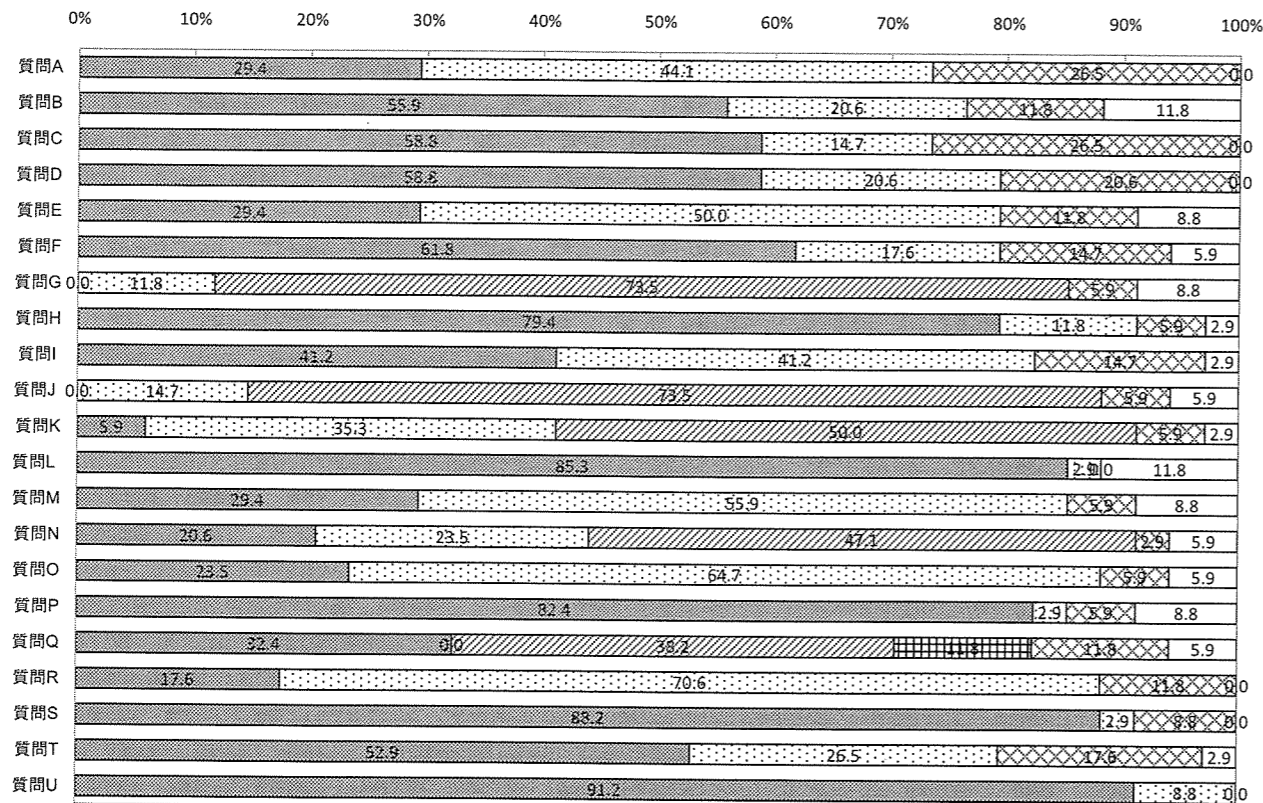
■ 1 □ 2 ■ 3 ■ 4 □ 0 □ ×  
 図11 中国地方の集計結果



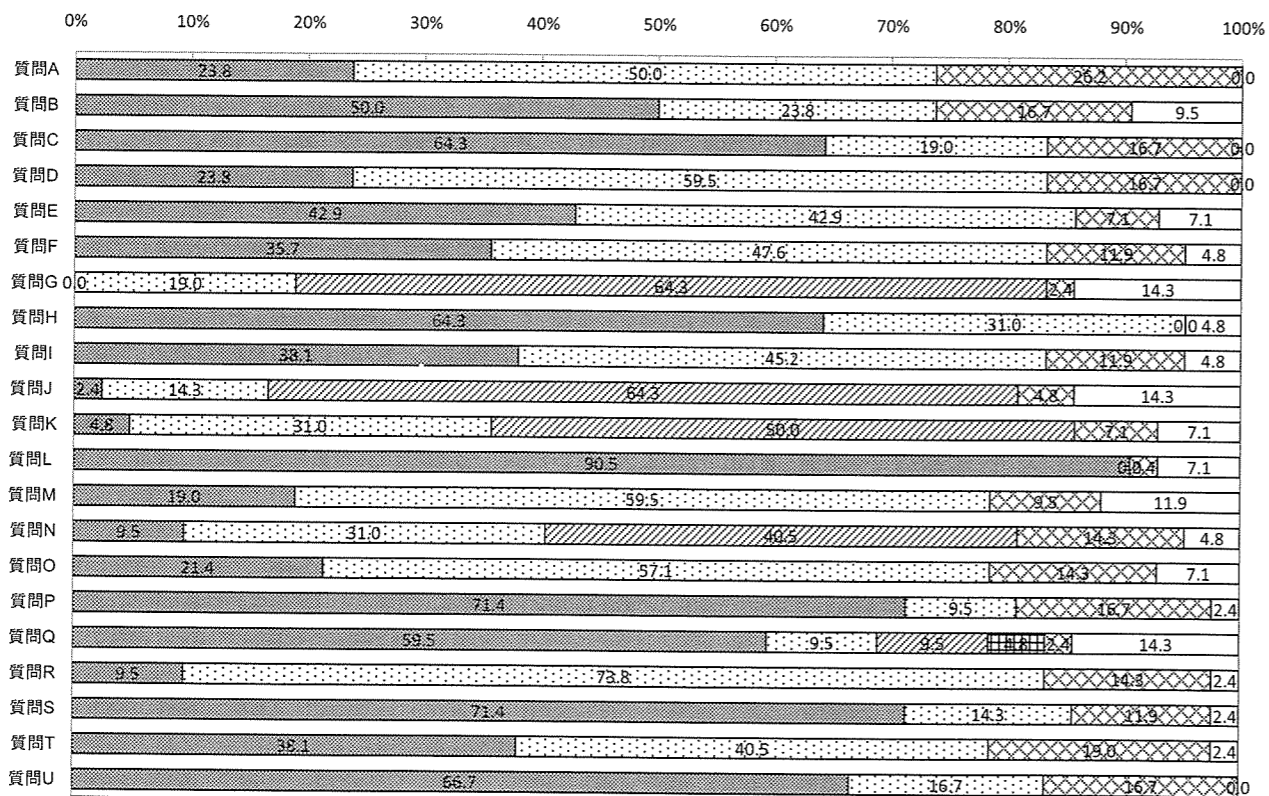
■ 1 □ 2 ■ 3 ■ 4 □ 0 □ ×  
 図10 近畿地方の集計結果



■ 1 □ 2 ■ 3 ■ 4 □ 0 □ ×  
 図12 四国地方の集計結果



■ 1 □ 2 ▨ 3 ▩ 4 □ 0 □ ×  
図13 九州地方の集計結果



■ 1 □ 2 ▨ 3 ▩ 4 □ 0 □ ×  
図14 愛知県の集計結果

こちら5.3%の差で多少ではあるが洗ピンを用いて吸い口から入れる方法を利用する機関が多い傾向にあることがわかった。

質問Gの「純水の量」としては、回答の割合は「1」が2.5%、「2」が16.9%、「3」が64.8%、「どちらでもよい」が4.9%、「その他」が10.9%となった。大半の機関が「3」と回答した。しっかりと洗浄するためにこの量を利用する機関が多いと考えられる。

質問Hの「純水の排出」としては、回答の割合は「水は先端より排出する。」が65.5%、「水を先端より排出させた後、吸い口からも排出する。」が27.1%、「どちらでもよい」が4.6%、「その他」が2.8%となった。大半の機関が「水は先端より排出する」と回答した。吸い口から排出した場合、残った水滴を吸引してしまう可能性があるため少ないと考えられる。

質問Iの「共洗い時の安全ピペッターの使用」としては、回答の割合は「吸引時のみ使用し、その後は外して操作する。」が42.3%、「液を排出するボタンがあればつけたまま共洗いする。」が40.1%、「どちらでもよい」が15.5%、「その他」が2.1%となった。2.2%の差とわずかではあるが吸引時のみに使用する機関が多いことがわかった。

質問Jの「共洗い時の液量」としては、回答の割合は「1」が3.2%、「2」が21.8%、「3」が60.6%、「どちらでもよい」が4.6%、「その他」が9.9%となった。しっかりと共洗いをするために、なるべく多くの液量を選択する機関が多い。

質問Kの「安全ピペッターの使用(排出ボタンがあるタイプを使用する時)」として、回答の割合は「吸い上げ時のみ使用し、その後は指の加減で標線に合わせる。」が8.1%、「排出ボタンがあれば、ピペッターをつけたまま標線合わせを行い、排出時にピペッターをはずす。」が24.6%、「排出もピペッターをつけたまま排出ボタンで行う。」が49.6%、「どちらでもよい」が9.2%、「その他」が8.5%となった。半数近くの機関がピペッターをつけた状態で全ての操作を行なっている。その方が容易に操作を行うことができることが理由の1つと考えられる。実験中にピペッターをはずすのは一見手間ひまがかかるため、実験を円滑に進める上では、行動が中断されてしまうという問題がある。また、実験にかけられる時間も限られているため、こうした操作を行うと考えられる。

質問Lの「最後に残った液の処理」としては、回答の割合は「吸い口を手で押さえ、ホール部分を握ってあなたためて出す。」が86.6%、「先端を壁につけた状態で出

た分のみ使用し、無理に排出させない。」が3.5%、「どちらでもよい」が2.8%、「その他」が7.0%となった。8割以上の機関がホール部分を握る方法を利用しており、残った液は可能な限り排出する必要があることを理解していると考えられる。

最後にビュレットの利用に関するアンケート結果の考察を行う。

質問Mの「水道水の入れ方」としては、回答の割合は「水道より直接入れる。」が21.1%、「ビーカーを使用する。」が56.3%、「どちらでもよい」が15.5%、「その他」が7.0%となった。ビーカーを利用する方法を過半数の機関が選択していることがわかる。水道から直接入れるよりもビーカーを利用するほうが容易かつ確実に入れることができるためと考えられる。

質問Nの「試薬ビンやメスフラスコに入った試薬の入れ方」としては、回答の割合は「ロートを使用し、直接ビュレットに入れる。」が18.0%、「ビーカーに分取し、ビーカーの口を利用して入れる。」が27.5%、「ビーカーに分取した場合でもロートを使用する。」が40.1%、「どちらでもよい」が7.4%、「その他」が7.0%となった。意見は分かれてはいるが、ビーカーに分取した場合もロートを使用する機関が多い。正確に入れるためにこの方法を用いている機関が多いと考えられる。

質問Oの「共洗い時の液量」としては、回答の割合は「最下目盛りより下(約5~7mL)」が25.4%、「最下目盛りの少し上(約10mL)」が56.7%、「どちらでもよい」が12.7%、「その他」が5.3%となった。過半数の機関が最下目盛りの少し上を選択しており、しっかりと共洗いできるように多めの液量を選択していると考えられる。

質問Pの「滴定開始時の液面の位置」としては、回答の割合は「0.00に合わせる。」が70.4%、「なるべく0に近い位置で、目盛りを正確に読む。」が17.3%、「どちらでもよい」が10.2%、「その他」が2.1%となった。「0.00に合わせる」と回答した割合が多く、正確に0.00に合わせることで滴定後の液面の読み取りを複雑にしないように心がける機関が多いことがわかる。

質問Qの「2回目以降の滴定開始時の液面(残っている液量が滴下量よりも多い場合)」として、回答の割合は「試料を追加し、0.00に戻す。」が40.1%、「試料を追加し、なるべく0に近い位置まで戻す。」が3.9%、「試料を追加せず、その時点の目盛りから区切りの良い目盛り(たとえば15.00や16.00)に合わせる。」が21.8%、「試料を追加せず、目盛りを読み始めの値とする」が19.7%、「どちらでもよい」が5.3%、「その他」が9.2%となった。「試料を追加し、0.00に戻す」と回答した割

合が最も多く、ここでも質問Pに見られた傾向と同様に滴定後の読み取りを複雑にしないように心がける機関が多い傾向が見られた。

質問Rの「先端処理の仕方」としては、回答の割合は「ろ紙で斜めにきり、ビュレット先端の溶液を処理する。」が16.2%、「分取したビーカーやきれいなビーカーの器壁につけて処理する。」が71.1%、「どちらでもよい」が10.9%、「その他」が1.8%となった。大半の機関がビーカーの器壁を使って処理すると回答した。

質問Sの「コックの操作」としては、回答の割合は「左手でコックを包むように操作し、右手はコンカルビーカーを振る。」が80.3%、「左手でコックの根本を押さえ、右手で操作する。」が5.3%、「どちらでもよい」が12.0%、「その他」が2.5%となった。8割以上の機関がコンカルビーカーを振りながら操作を行う方法を選択した。コンカルビーカー内の溶液をしっかりと攪拌することで滴定終了のタイミングを正確に読み取り、誤差の低減をはかることができると考えられる。

質問Tの「後流誤差防止の方法」としては、回答の割合は「コックの調整でゆっくり流出させる。」が49.3%、「流出を途中で止めながら流出させる。」が28.5%、「どちらでもよい」が19.4%、「その他」が2.8%となった。半数近くの機関がコックの調整で後流誤差を防止すると回答した。また、この項目も2割弱の機関が「どちらでもよい」と回答した。

質問Uの「ビュレットの目盛りを読む姿勢」としては、回答の割合は「ビュレットをビュレット台につけたまま目盛りを読む。」が77.1%、「ビュレットをビュレット台から外して目盛りを読む。」が12.3%、「どちらでもよい」が9.5%、「その他」が1.1%となった。ビュレット台につけたまま読み取る機関が大半であるとの結果となったが、目盛りを読み取る際に手で触れることによる誤差を考えた上での結果であると考えられる。

全体の結果の考察としては、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。したがって、その機関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。この問題に関しては次の化学系高校と事業所、ものづくりコンテスト審査委員との比較において考察したい。

また、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はないが、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。実験誤差を最小化することはもちろん重要ではあるが、作業効率が求められる環境も決して少なくはない。学校の授業の実験では授業時間という時

間制約が存在し、化学分析に関係する事業所でも納期という時間制約が存在する。したがって、実験誤差と作業効率のバランスを上手く取ることが求められていると考えられる。作業効率においては、安全性を考慮して、操作方法を選ぶ場合も考えられる。特に、学校の授業の実験では安全性を最優先していると言える。

さらに、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。このことについても、学校では実験に割り当てられる予算は限られており、事業所でも利益の最大化を図るためにはコストを低減させることが重要となる。

したがって、「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つつ実験を行なっているということがわかった。全体の結果の考察から明らかとなったこれらの傾向を元に化学系高校、化学分析に関係する事業所、ものづくりコンテスト審査委員の比較および考察、地域的な比較および考察を行う。

## (2) 化学系高校、事業所、ものづくりコンテスト審査委員の結果と考察

全体の結果の考察を参考にしつつ、図2-図4をもとに化学系高校、化学分析に関係する事業所等、ものづくりコンテスト審査委員の3つについて比較を行い、考察する。実験項目が多いため、ここでは特徴が現れた項目を中心に考察する。全体の結果の考察で明らかとなった3つの項目（「実験誤差の低減」、「実験コストの低減」、「作業効率の向上」）に着目して考察を行った。

質問Aについては、化学系高校と比較して事業所は栓をして振ったあとに排出する方法の回答の割合が低く、その分「どちらでもよい」の割合が多くなっている。また、ものづくりコンテスト審査委員はその傾向がより顕著に現れており、45.5%もの機関が「どちらでもよい」と回答している。

質問Cについては、化学系高校と比較し、事業所とものづくりコンテスト審査委員は小さめのビーカーを利用する方法の回答の割合が少なくなっている。特にものづくりコンテスト審査委員では回答率が0%となっている。事業所およびものづくりコンテスト審査委員がほとんど利用していない方法を化学系高校では3割以上の機関が利用している現状はあまり好ましくないと言える。

質問Dについては、化学系高校では72.6%もの学校が机に置いているのに対し、事業所では37.5%と大きく差が出ている。事業所では指で持って操作する方法を44.4%の機関が利用している。机に置かず指で持って作業するほうが作業効率は高いと考えられる。したがって、この結果は事業所が高い作業効率を求めていることに由

来する結果と言える。

質問Eについては、化学系高校では先端より吸い上げの方法が多数派であるが、事業所およびものづくりコンテスト審査委員では、水道を使っている。ここでも作業効率の向上を求めた結果が現れていると言える。

質問Fについては、化学系高校およびものづくりコンテスト審査委員ではビーカーを用いる方法を使っているが、事業所では洗ピンを用いている。これも高い作業効率を求める結果であると言える。

質問Iについては、化学系高校では安全ピペッターを外して共洗いを行うが、事業所およびものづくりコンテスト審査委員では装着したまま共洗いを行う。この項目ではどちらの手法でも実験誤差には影響しないが、作業効率およびコストに関係すると考えられる。安全ピペッターをつけたまま作業したほうが作業効率は高まるが、液体が安全ピペッターに入ってしまう可能性もある。高校では技術が高くない生徒も実験を行うため、なるべく故障する可能性の少ない手法を用いるものと考えられる。また、技術レベルも高く、安全ピペッターの使用コストは決して高いものであるとは言えないため、高い作業効率を求められる事業所では作業効率の高い手法が用いられるものと考えられる。

質問Nについては、化学系高校ではビーカーに分取してからロートを使用する手法が最も多く利用されているが、事業所ではビーカーに分取してからビーカーの口を利用する手法が最も多く利用され、ものづくりコンテスト審査委員ではロートで直接ビュレットに入れる手法とビーカーに分取してからロートを利用する手法が最も多く利用されている。ここでもビーカーの口を使って直接入れるという最も作業効率が高い手法を事業所が選択するという特徴が現れる結果となった。

以上より化学系高校、化学分析に関係する事業所、ものづくりコンテスト審査委員のそれぞれの傾向を考察する。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。したが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だろう。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項目は存在しなかった。したがって、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ここにも現れていると言える。

以上のことから、それぞれの場所における役割や意義によって、実験方法における差異も見られると言える。

## (3) 地域的な結果と考察

図5-図14をもとに地域的な結果についての考察を行う。ここでも質問項目が多いため、特徴が現れた項目を中心に考察を進めていきたい。

質問Dについては、北海道地方、東北地方、関東地方、北信越地方、中国地方、四国地方、九州地方では机に置

いて操作する傾向にあるが、東海地方、近畿地方、愛知県では指で持つて操作する傾向にあることがわかる。東海地方、近畿地方のみ他の地方と異なる傾向が現れた。したがって、東海地方、近畿地方のみ作業効率を向上させる手法を選択している傾向がある。

質問Fについては、北海道地方、東北地方、関東地方、四国地方、九州地方はホールピペットの先端から水を取り込む傾向にあるが、北信越地方、東海地方、近畿地方、中国地方、愛知県では無理がなければ水道管やゴムホースから直接水を入れる傾向にある。質問Dでの東海地方、近畿地方に加え、北信越地方、中国地方も他の地方と異なる手法を支持している。ここでも東海地方、近畿地方は作業効率を向上させる手法を選択している傾向があることが確認できた。

質問Hについては、北海道地方のみ水を吸い口からも排出する傾向にあり、他の地方では先端のみから水を排出する傾向にある。全体の結果はもちろんであるが、化学系高校や事業所、ものづくりコンテスト審査委員でも先端のみから水を排出する傾向にあり、北海道のみこの傾向が見られた。

質問Iについては、北海道地方、東北地方、関東地方、中国地方、四国地方、九州地方ではビュレットを共洗う際に吸入時のみ安全ピペッターを使用する傾向にあるが、北信越地方、東海地方、近畿地方、愛知県では装着したまま共洗う傾向にあることがわかる。ここでも東海地方、近畿地方を中心とした地域で他の地域と異なる特徴的な結果が現れ、作業効率の向上を求めるとの手法を選択していることがわかる。

質問Nについては、四国地方以外の地方ではピーカーに分取後にピーカーの口を利用する手法かピーカーに分取後にロートを利用する手法を選択している傾向にあるが、四国地方ではロートを利用して直接ビュレットに入れる手法を選択している傾向にある。ここでも特定の地方のみ他の地方とは異なる傾向が現れた。

質問Qについては、四国地方と九州地方以外の地方では試料を追加して0.00に戻す手法を選択する傾向にあるが、四国地方と九州地方のみ試料を追加せずにその時点の目盛りから区切りの良い目盛りに合わせる手法を選択する傾向にあることがわかった。また、北海道地方では0.00に戻す手法と同様に試料を追加せずに目盛りを読みはじめの値とする手法も支持されている。

以上より地域的な結果の考察を行う。それぞれの質問に現れる地域的な傾向を読み取ると、特定の地方においてのみ他の地方とは異なる傾向が現れることがあった。全体的な傾向があるというよりは、各項目において、地

域ごとに異なった傾向が見られるという特徴はあった。

最もそれが顕著に現れたのが東海地方、近畿地方である。東海地方、近畿地方が他の地方と異なる傾向が現れた質問項目に注目すると、全体の結果および化学系高校、事業所、ものづくりコンテスト審査委員の比較による考察でも拳がった作業効率に大きく関わる項目が多く見受けられる。したがって、東海地方や近畿地方においては作業効率を向上させるような手法を優先的に選択する傾向があると言える。これらの点については、民俗性や地域性にまで議論が広がる可能性も考えられる。

一方、北海道地方、四国地方、九州地方でもいくつか他の地域と異なる傾向が現れたが、この3地方に関しては質問項目から何らかの傾向を読み取ることはできなかった。その要因としては、化学教育が基本的には、どの地域であっても基本的なポイントは共通しており、地域的な差異が出にくいものだと見ることもできる。また、アンケート調査における偏りの可能性も排除することはできないので、この点にも留意することが必要である。

アンケート調査結果の全体を通じて、3種類のガラス計量器具の操作方法について、細かい操作や流儀が現在どのような状態であるのか明らかとなり、現状を詳しく理解することが可能である。さらに、関係機関における新任教育等にも活用することができ、科学技術への興味関心を一層高めることが可能である。

#### (4) アンケート意見欄等の概要

アンケート内容について、全国の関係機関から多くの意見をいただいた。その内容を整理して以下に示す。

##### 〈事業所〉

どの質問も細部にいたる状況説明がないため、あくまでも多数決意見である。決められたルールではなく、個々の状況における判断が重要である。

##### 〈事業所〉

実際にガラス器具等を使用して業務を行っている者に回答させてみました。回答者数7名の内訳は、新人から10年越えの中堅まで様々ですが、共通して言えることは、明確に自信をもって回答した者はいなかったという事(学生時代も社会人になってからもこれが正解だと言う事を学んでいない…らしい…)です。我が社が生業にしている計量証明を行っている事業所だけでなく、検査・分析・調査を行っている事業所は、はっきりと口に出すのがはばかれるのか、やはりこれが正しいやり方なのか? という疑心や不安を抱えていると思われます。昨今は、MLAPやGLP、試験所認定制度(ISO 17025等)が試験機関の技量評価の目安にされる事もありますが、それらを取得している機関が、必ずしも高度な技量や進

んだ作業の標準化を行っているかという疑問に思っています。これが学生ならまだ許されるかもしれませんが、お客様からお金を頂いている立場の者ではまずい事だと考えています。法律や公式の様に、正しいやり方が示されて、それが行われるだけの簡単な事なのですが、現状はそれが無いがしろにされ、各社独自の解釈・運用がされていることが多すぎるのがこの業界の問題点だと思っております。一番始めの基礎的な作業である容量器具の使い方のみならず、求められる数値の取り扱い方についても同様です。私は嘆かわしい事だとは思いますが、議論される事がないのでそれが業界の常識なのかもしれません。ごく稀に今回頂きましたような事に参加させていただく事がありますが、いつも何ら期待もせず、ただ応答だけの事が常なのですが、実は技術発表で、ある問題について「これはいかがなものか?」という発表をしたところ、意外に多くの方々に共感を頂き意を強くしたところもあります。

##### 〈事業所〉

卒業する年代によって、大学、高専等で教わり方が異なる事例があります。最近卒業した者が教わった方法ですと多検数を処理するには、不便が生じるため、新たに教え直す必要があり、不便を感じております。

1. ピペット操作で安全ピペッターを使用しない場合  
旧：人指し指で吸い口を操作  
新：親指で操作
2. ビュレットのcock操作  
旧：左手で操作し、右手でフラスコ等を振る  
新：右手で操作し、スターラーバーで攪拌
3. メスフラスコ等の標準合わせ  
旧：左手にメスフラスコを持ち、右手でピペット等で液体追加  
新：メスフラスコを実験台上に置き、ピペット等で液体追加

##### 〈事業所〉

- ・社内でも人により操作が異なる。
- ・試験の目的によりラフな操作の場合と、細かな注意をして操作する場合がある。

##### 〈事業所〉

本回答は分析部門員11名の回答を基に最も多い意見を集約した結果となっております。参考までに個別の回答書を同封いたしました。

##### 〈事業所〉

弊社は、環境測定、分析調査が主な業務であり多数のガラス体積計を使用しております。これらの操作方法については、一定の精度を維持しつつ、作業効率なども考

慮して実施しております。このため、回答内容にアンケートの趣旨と合わない部分もあると思っておりますのでご了承下さい。

##### 〈事業所〉

ものづくりコンテストで審査をさせていただいた経験がありました。その経験から少し感想を記載させていただきます。化学分析操作の標準化は、コンテストの判定が明確になりよいと思います。また、将来「仕事」の中で活かすためにも、基礎が十分に備わっているかないかで成果に大きな影響を与えている現状で、高校の授業で、原理に基づいた操作をしっかりと身につけていただくために、ある程度の分析操作の統一化、標準化は必要かもしれません。今回記載させていただいた回答は、それをふまえてさせていただきました。一方で、「仕事」として分析を行うには様々な「試料」を相手にするために、それら操作を全て適用できない場合も多々発生します。しかし基礎がしっかりしていれば、手順、操作を改良変更したとしても、キーポイントを見逃すことなく実施できます。今後も課題はつきないと思っております。優秀な技術者育成にご尽力いただきますことお願い申し上げます。

##### 〈事業所〉

統計処理後のデータを頂いたらありがたいと思います。参考にさせて頂きたいと思っております。

##### 〈事業所〉

分析操作の標準化をはかるのであれば、多数決よりもデータに基づいた操作を採用するほうがいいと思います。例えば、質問Dであれば同一の体積計で同じ環境条件で複数回定量操作を行い、それぞれの重量のばらつき具合とかたより具合をくらべる、など。事業所では、正確さを追求すると共に利益も上げなくてはならないため、どうしても一定の精度で満足しなくてはなりません。そのため、必ずしも事業所相手のアンケート結果が、一番正確な方法であるとは限らないと思っております。ぜひとも、実際の操作によるデータに基づいた標準化というものを検討していただけたらと考えます。

##### 〈事業所〉

全般に渡り、設問の内容はその時の状況によりどちらの回答も正解となり得る。別な言い方では状況により、“変ってしまう”、つまり“あいまい”なままでも良い質問。どちらでも誤っていることはないと思っております。また、弊社においても、標準化していないことが多く、個人的な意見となっておりますことご理解下さい。企業からすると、一つ一つの操作の本質を(教える)、学んでいただくことが重要です。今回の質問内容は、本質を理解せず、



回答〇〇が正しいと、機械的に覚えてしまうと、「大きな間違い」となってしまいます。生徒さんには、ぜひ、本質を理解する態度を身につけてくださいます様お願い申し上げます。

〈事業所〉

化学分析の競技会があることを知り、感激しております。学生時代に興味を持ってくれた方が、化学分析の業務に携わり、技術の発展に貢献していただくことを願っております。また、分析操作の統一化、標準化が整った際にはぜひ、お知らせいただきたいと思ひます。

〈事業所〉

標準化は大切なことと思ひます。期待しております!!

〈事業所〉

ピペット類に関しては、試薬であろうが、サンプルであろうが、共洗い1~2回した後、使用しております。

〈事業所〉

器具を洗浄して、純水で洗いかわしたものを使用しています。実際に即して答えようとする、困るような質問もありました。G, H(その場で使用するなら1ですし、通常だと2です)

〈事業所〉

現状又は時代にそぐわない内容も含まれています。

・最初に水道水洗いからですが、器具は使用後きれいにする事が通常ですので、通常は不要。

・すべての場合で安全ピペッターを使用する。

・純水はしっかり使用してきれいにする。(以前よりコスト安の純水が出来る様になっている)

〈事業所〉

当事業所においても、人によって作業に差異があるところもあります。

〈事業所〉

社内でも人によってやり方が異なりますので、当社共通のやり方はありません。

〈事業所〉

検査機関である弊社でも検査員の育成は重要な課題です。そこで感じるのは、現在多くの検査機関ISO 9001等の規格でSOPに基づく検査を行っていますが、検査員が手順書どおりに作業しているのに、品質が伴わないという問題がおきています。手順書どおりに作業しているので、間違いはないはずで、品質が落ちても自分のせいではなく手順書が悪いのだと思ひてしまいます。ホールピペット先端に残った液は手で握って温めて出す指導者を見かけますが、ピペットは先端を壁に付け、出ない分は無理に出さないことが分析化学界の基本です。こうしたことは教えるべきですが、どうやって洗うかは、たと

えば洗っている器具の上を持つか、下を持つかは考えれば分かることでルールではなく本人が工夫することで、審査員はその工夫を審査する力量があるはずです。ビュレットの場合、最後の一滴をどうするかで、半滴を壁につけて滴定しろという指導者がいますが、弊社ではあえてビュレットの先端は滴定する液につけると教えます。分析化学の多くの教科書では右手はビーカーを攪拌や先端を壁にあてるため必要で、コックは残った片手で操作するよう書いていますが、ビーカーはマグネチックスターラーで攪拌し、両手は微妙なコック操作に使います。検査機関で高度な滴定にはこの方法しかありません。弊社では検査員が手順どおりにやっていますと言うより、工夫してまますといわせています。私ども現場で手順書順守をお上から言われますが、そこでは「自分達は手順どおりにまます」という検査員をつくりまますますが実際の品質はある程度で止まらまますので、あまり細かな手順は作らず、工夫の余地を残すほうが品質は向上することがわかってまますました。新人の検査員は緊張して、メスフラスコでも共洗いをしたり、馬鹿丁寧操作しますが、滴定値は当然新人なので外れます。そのうち先輩達は、容量分析でなく重量分析をしてもう1桁有効数字の多い検査をしていることや、洗浄も検査目的に合わせてグレードがあることを覚えます。ものづくりコンクールでも、手順順守の審査ではなく、工夫の審査を期待まます。

〈事業所〉

ガラス体積計の操作方法については、大学や公共機関、企業において若干違いうよう、社内でも出身母体・年代によって意見が分かれてまます。また、該当する分析に求められる精度を頭に入れて、強弱をつける熟練者もまます。ただし、ガラス計の操作は、分析の基本的な操作ですので、是非標準化されることを望みます。しかしながら、理想的な手順だけを規定してまますと、使う側が面倒になって無視される可能性があります。選択肢をいくつかもたせ、注記等で「なぜその手順はさけるべきか」「それを簡略化するとどうなるか」と言った情報も含め、使うものが適切に判断できるものにしてはいかかでしょうか。

〈事業所〉

ご指導ありがとうございます。教育テストの作成や、インストラクターの教育に関わっています。アンケート結果がままとまましたら、可能な範囲で結構ですのでご教示頂ければ幸いです。

〈事業所〉

メスフラスコを手を持つ、机に置くなどは、熟練によって変わると思ひますが、実験データを取って、(重量測定

など)どちらの方法がよいか見てみるのもよいのではと思ひます。社内でも、人によって意見が様々で、ほとんど個人的な意見になってまます。

〈事業所〉

私の教わった方法に基づいて回答させていただきました。分析機器の操作や取り扱い方はご指摘の通り、基本的な事項でありながら統一がとれていなかったり、独自法でなされている部分があり、本研究は非常に興味深く思ひてまます。成果は大変有用なものになると思ひまます。

〈事業所〉

アンケートの集計結果を知りたいです。(技能向上のため)

〈事業所〉

統計結果もしくは研究発表後に、その情報をフィードバックしていただけると、ありがたいです。

〈事業所〉

学校で習った方法と、社会でやる方法とは少し違ひがあると思ひます。アンケートにはないですが、実験時に、ゴム手袋や保護メガネをする、うでまくりをしないなどと言った安全面も大切かと思ひます。

〈事業所〉

全国の方や学識経験者による統一された見解について、ご教示ください。よろしくお願ひいたします。

〈事業所〉

結局、精度良く分析できていれば、問題ないと思ひますが…。

〈事業所〉

私自身、分析業務の経験が3年程度でして、今回のアンケートについて非常に興味深く感じ、実際に現場で実施している通りに回答まますました。メスフラスコ、ピペットについては、形状が決まっていますので回答しやすいと思ひのですが、ビュレットに関しては色々な種類がある様なので(原理は一緒ですが)、形状を指定して頂けると良かったと思ひます。

〈事業所〉

大学の理学部化学科でも昔から分析器具の操作法は詳しく教えていなかったが、最近の分析は大半が機器分析になった為、ガラス器具の取り扱い方法は教えられていないようです。分析技術を競うなら、操作法よりも分析精度と正確さを競わせるべきではないでしょうか？

〈事業所〉

なかなか他の分析機関と分析技術において意見交換が出来ない現状において、このような取り組みはとても意義あるものだとおもいます。

〈事業所〉

化学分析を行う上での基本的事項であり、非常に良い設問と感じまます。このアンケートを社員にも出し教育の一環としたいと思ひます。アンケートの集計結果を公表していただければ幸いです。

〈事業所〉

今回お出しするアンケートの統計結果についての所見等を頂ければ幸いです。弊社の分析精度管理の向上に、役立てたいと思ひてまます。

〈事業所〉

「〇」の選択が多いのは複数の人が分析に携わっているためです。

〈高校〉

操作方法の統一化の必要性を我々も感じておりました。このアンケートを提出するにあたり、本科10名で話し合いをもち、本科の統一化も行うことができ、良い機会となりました。

〈高校〉

$1/10 \times 1/10 \times 1/10 \times 1/10 \times 1/10 \times 1/10 = 1/10^6$  (60ml)

$1/100 \times 1/100 \times 1/100 = 1/10^6$  (300ml)

$1/1000 \times 1/1000 = 1/10^6$  (2000ml)

上記の式から不純物を十分に捨てることで成り立つことは少しの純水で何度も洗う(共洗い)ことで、少ない液量で済むということになります。化学分析の極意と申せまますしょう。選択の極意でもまますあります。

いずれにせよ。真の値に近いもの、早く分析できるもの器具の使い方が正しいもの。背筋を伸ばして流れに乗っているもの等を評価すべきと思ひます。今回の器具の使い方も、あとで補正ができる方法を願う。ホールピペットのホールを握ることに違和感を覚えたが今は1滴の重みを感じている。(あとで、補正できることであるが)

〈高校〉

集約された結果等については、本校にも伝えていただきたいと思ひます。

〈高校〉

ものコンの上位大会の審査基準をもっとオープンにすべきだと私も思ひます。その地区の流儀でかまわないので、「こういう流儀でまますます」と公開すべきだと思ひます。

〈高校〉

高校生ものづくりコンテスト全国大会について、情報を共有し、公平かつ公正な運営がなされているとは思ひない状態であった。今後も競技についての情報の共有が事前に図れないのであれば、全国大会で技を競い合う価

値やその意義自体が揺るぎかねないと危惧しています。アンケートや情報をもとに、全国大会が権威ある、そしてものづくりを目指す高校生が等しく認めるような大会になるようにご尽力ください。

〈高校〉

ものづくりコンテストに参加して感じるのですが、先生方があまりにも細かいことにこだわりすぎているように思います。生徒は会場に用意されている器具をどのように用いて分析し、真のデータを出すことが、ものづくりコンテストの課題だと思うので、統一した分析方法が必要なのかな？ と思います。また審査員のほうも、統一した審査基準ではなく、それぞれの視点で採点していただいたほうが良いのではと思います。

〈高校〉

分析技術はその結果(数値)が正しく求められるかにあると思います。その過程において、器具の使い方が多少違っていても特に問題にすることはないと思います。研究機関によっては、メスフラスコに直接試料(検水等)を入れ、溶液にすることもあります。その方が器具を使わず、ロスも少なくなり効率的であるとも言えます。現場(企業)においては、何を分析するのか、どの程度の精度が求められるのか、どこまで効率化を図るのかなどの条件により、器具の扱い方や使用する器具などに違いが出てくるとも聞きます。何を標準化することがいいのか悩むところだと思います。

〈高校〉

「全国で統一した分析の操作方法」は、高等学校工業教育研究会のような小さな組織で標準化するよりも、日本化学会や、日本分析化学会が示している方法を採用するほうが適切かと思われます。

〈高校〉

コンテストの指導をして思うことですが、共洗いの回数、洗浄をていねいに行うことによって時間がかかってしまい時間内に終わらない場合があります。厳密にやればやるほど、指導が難しくなってくると思います。

〈高校〉

今回、滴定を担当している教員を中心に、回答いただきました。意見が分かれたりはしましたが、基本は同じ感じで行っています。

〈高校〉

分析操作の標準化作業ご苦労様です。私は以前より、「ものづくりコンテスト化学分析部門」に生徒を参加させていますが、疑問も多く感じています。勝手な意見を述べさせていただきます。

1. 「ものづくりコンテスト」の化学部門は「中和滴定」、

「キレート滴定」でよいものなのか。どこで議論されて決定されたのか。

2. 「化学分析部門」で中和orキレート滴定で今後も実施するならば「分析」の本来の主旨は何なのか。私は「正確さ」ではないかと考えている。誤差発生が予想されないならば、多少の操作の違いは仕方がないのではないかと思う。操作方法の全国統一は困難ではないでしょうか。

3. 全国大会レベルの大会審査員は大学の先生など著名な方々にお願いします。その審査員にも操作方法を統一していただくのでしょうか。

4. 操作の詳細を決定するよりは、審査員の基準を標準化させたほうがいいではありませんか。

運動部の顧問では審判者講習等で審判の基準を決めています。「化学分析」で今後も続けるならば全国大会の審査基準を各ブロックから全国認定審査員を選任し、地区大会、全国大会の審査を担当しなければいつまでも「〇〇地区の大会なので〇〇地区の選手が有利だ…」等の疑念が生じてしまうのではないのでしょうか。

〈高校〉

ものづくりコンテスト全国大会化学部門では、各地区でまだまだ操作のばらつきがあるように感じました。学校実験では結果に大まかな影響がなく、安全上問題なければ細かい操作の違いはあっても良いと思います。ものづくり大会に置いて基準を設けて、審査することはある程度必要と思います。

〈高校〉

洗浄：ホールピペット先端外側は磨き砂やブラシを用いても良い？→好ましくないのでは？

メスフラスコ：目の高さまで持ち上げて操作する→この方法が示されている文献は？

ホールピペット：(4)溶液の排出時は垂直保持が必要なのでは？

10~20秒待つ時間の根拠があれば知りたい。

ビュレット：(2)コックを開いて純水を全て排出する。

(3)コックを開き、試料を全て排出する→全量コックから排出するのか？

(3)ビュレット台から外し→目よりも下にあれば小さくても良いのでは？

〈高校〉

実験で使用する薬品や実験で求める精度などによって細かい部分は変化すると思われるので、この問いの質問方法では適切に答えることが難しいように思われる。また、質問の意図がわからないものも多いように思われる。

〈高校〉

器具の洗浄は「貴重な溶液」かどうかにかかわらず、基本的には使用後に行っています。純水処理後に乾燥している場合、貴重な溶液の場合は、そのまま使用しますが、そうでない場合、時間的な都合と作業効率的な観点から、使用前は、純水洗浄からはじめます。化学分析に限らず、一般に道具の使い方のスタンダードを学校の授業では指導するかと思いますが、ものづくりコンテストは「競技」であるため授業では教えない方法を指導する場合もあるかと思っています。

〈高校〉

化学分析を行っている民間企業・官庁・大学からそれぞれ講師を招いて分析に使用するガラス器具の取り扱いに関する研修を実施しました。基本的な使用の仕方については化学同人編集部発行の「実験を安全に行うために」「続・実験を安全に行うために」に記載されています。ものづくりコンテストでは上記より審査員をお願いし、「流儀」でやっていた所は指摘を受け「真摯」に受け止めて改善しています。

〈高校〉

危険な操作でなく、論理的に矛盾がなければ、どのような方法であっても良いと思います。また、より良い方法だと示した後は各人がやりやすい方法を選べばよいのであって、強制するものではないと考えます。作業内容がなにを意味するのかを理解、考えさせることが大切なことだと思います。

〈高校〉

全員にアンケートを行ってもらったが、同じ学校の中でも考え方がまちまちで、全員が一致する回答は1つの質問だけであった。

〈高校〉

教員によって細かい部分で指導に違いがあることが分かりました。皆さん主張が強く本校の意見として統一できなかったので生のまま、報告します。

〈高校〉

学校では全体での実習での取り扱いレベルと、競技会に出る生徒に対する指導レベルと2つのレベルがありますが、今回は全体へのレベルでの回答にしました。

〈高校〉

定量分析を行ったことがある先生に、ご意見をいただいた物をまとめました。このアンケートが、以前のように「ものづくりコンテスト」の基準にならないことを願っています。審査員の方は職場での分析で高い技術を持っておられます。以前100点ほどがピックアップされていたと思いますが、これを採点してほしいというのは無理なお願いです。自分たちの技術に近い選手の点を上げ

るでしょうし、分析データが近い物が優勝となるはずで。ぜひ、このアンケート結果はあくまで教員、生徒の技術向上に使い「ものコン」の審査基準ではないことをお願いしたい。

〈高校〉

正しい方法とは絶対にやってはいけない方法と考えた方が良い。安全性、正確性から考えてどちらでも良いと思われる項目が多くある。

〈高校〉

ビュレットの純水洗浄、試料薬等での共洗いについては内部に入れた液をすべてビュレット先端から排出をせず一部残りについては注ぎ口側から排出しています。

〈高校〉

毎年「ものづくりコンテスト」まえに各校で集まって、操作方法の確認を行います。その結果を審査員の方に伝えるのですが、やはり審査員の方でも基準が不統一となり厳正な審査とはならないように思います。全国で統一した方法を審査員の方に徹底できれば公正なコンテストになると思いますのでよろしくお願いします。

〈高校〉

ものづくりコンテストにおいても、重箱の角をつつくような規定で審査が行われている感じが担当者がその規定を知っているかどうかで勝負が決まっているように思います。その規定も何を根拠に決められているのか分からず、指導する際も難しい状態です。操作はあるにしても現状はあまりにも違う方向にあるように思います。正しい操作をすれば正しい結果が出る。早く分析が終われば効率がよい。この点に考慮するだけで細かな規定は要らないのではないのでしょうか。来年度より実施される分析の技能検定を参考に考えていくというのはどうでしょうか。技能検定もものづくりコンテストで見ているほど項目をチェックしていないはずで。

〈高校〉

技能検定の化学分析部門に3級を新設することで技術内容の共有を図るべきではないかと感じています。これは、ものづくりコンテストの技術向上につながります。化学系就職が厳しい昨今、分析技術の向上は企業へのPRとなり、大変重要な意味があります。化学系学科を盛り上げるきっかけとなればと思っています。

〈高校〉

原則、「安全であれば」になりますので、項目によって個人によるところがあります。また、アンケート結果の集計が知りたいのですが結果が出たら参考までに送ってください。

〈高校〉

○アンケート調査ご苦労様です。本校は時間数・指導内容とも他校の化学系学科に比べて大変少ないのが実態です。具体的には、このアンケートで調査されている滴定(中和滴定等)については、2年生で6時間しか指導していないという状況です。そのため、初めてビューレット、ホールピペット、メスフラスコ(全量フラスコ)を操作する初心者が『安全』に操作することを前提として指導している実態をもとに回答しています。

○基本的な指導方針として、『安全』にということを重視しています。その次に、出来る限り正確(精密)に操作することとしています。そのため、溶液の移動等については、『こぼさない(こぼすというようなミスが少ない方法)』で操作することで指導しています。化学分析技術者としての技術・技能を追求していません。(指導時間が絶対的に不足しているため、器具等の基本的な使用方法しか指導できない)

○ものづくりコンテストの化学分析部門が、分析技術者としての技術の修得を目標とするならば、JISの分析として、参加各高校に周知した上で、コンテストを実施すればよいと考えます。高校生として、科学的な知識を基本的な操作方法の修得を目指すのであれば、このようなアンケートを元に、標準的な操作方法として周知した上、コンテストを実施すればよいと思います。

○アンケートの項目について、全国的に操作方法等を統一する方向で整理するのであれば、その操作方法が、他の操作方法と比較して『科学的な根拠・理由』があつて優れていることを明示した上で統一するようにしてほしいと思います。科学的な根拠が明らかでない場合は、安全な方法であれば、どのような方法で行っても良いと考えています。また、統一した操作方法とするならば、日本の高校における化学教育が他の先進諸国と比較して、特異な状況とならないよう、グローバルな視点も加味していただくようお願いいたします。(知識レベルでは、かなり先進国の中でも指導内容が少ない状況があるはず)

〈高校〉

回答は授業とコンテスト出場の両方を考えながらしてしまい申し訳ありません。コンテスト出場に向けてはN・Sの間の回答よろしくお願いします。アンケートについては色々とお苦勞おかけしますが操作方法が統一されると指導する先生方もやりやすいと思います。

〈高校〉

まだまだ細かい部分があると思います。全国で統一での指導ができればいつも会議で話が出ます。

〈高校〉

ものづくりコンテストの競技をした後次の年へフィードバックがなかなかできていませんでした。

〈高校〉

化学分析実験器具操作について全国で統一がされるととても指導しやすくなるため、今回の調査についてとてもありがたく思っています。教員の指導の統一を図るため、企業の分析担当の方による講習会を実施しました。何年にもわたり「統一した方がよいが…」との意見がありつつもやっと一回目の実施をしたところ。地区大会でもできるだけオープンな評価となるように採点項目などの見直しを行っています。しかし、全国大会での基準がはっきり分からず、全国と地区の評価差について毎年ながら頭を悩ませているところ。今回のこのようなアンケートによって、オープンな評価基準ができれば大変よいと思います。先生方には大変なお手数になるとは思いますが、よろしくお願いいたします。

〈高校〉

アンケートの集約を行い、日本工化研において統一化を計って欲しいです。よろしくお願いいたします。

〈高校〉

ものづくりコンテストで、いつもひっかかっていたことです。それぞれの職人的技がはいっているの、生徒も迷っている、教員も迷っている人が多いのではないかと推測します。このような、操作の検証と標準化をぜひ、すすめて下さい。ありがたいと思います。

〈高校〉

質問Dについて、化学分析を専門に行っている企業の方からは「2」の方法が正しいと教わったことがある。ただ、「高校生にそこまで要求するか?」「誤って落とすときの処理」等を考慮して「2」の操作を指導していない。質問Uについても、質問Dと同様の理由で「2」の操作を指導していない。県大会、ブロック大会では、審査員の講評があります。審査員を、専門の企業の方に入ってもらくと、「操作手順はそれほど大きな問題ではない。スピードとデータの正確さが大事」だと言われ、審査基準もそのようになっています。教育現場に携わっている方の場合、スピードも大事だが、基本的な操作手順やガラス器具の役割を理解しているか等に重点を置いて審査しています。そのため、ものづくりコンテストに向けての練習の際には、最初は基本を丁寧に教えますが、審査員がどのような方かみて、操作方法等を検討しています。最初に基本を教える際に、分析操作が統一化されていると、大変助かります。

〈高校〉

アンケート趣旨に書かれているとおり、ガラス器具操

作方法にはいろいろと意見があり、まとまらないことも多々あります。もっとも頭を悩ませているのが、審査基準についてです。このようなアンケートを取られているところ、今までにも色々なデータをお持ちだと思われます。お忙しいところ恐縮ですが、そちらの地区のものづくり大会の審査基準、採点表のようなものがお有りて公開しているものなら、お送りいただけないでしょうか。

〈高校〉

・洗浄について

ビューレットやホールピペットは、洗剤(液体洗剤を含む)を使用してはいけなくと指導している。

・メスフラスコについて

メスフラスコ内では、溶解させないよう指導している。ピーカー内で完全に溶解したものをフラスコに移し、純水でピーカー内部に付着した溶液を洗いながら、メスフラスコに移す作業を数回行っている。

〈高校〉

私たち指導者は大学で最初に学んできた方法や先輩の先生たちから学んできた方法、自分自身の経験から工夫をした経験などがあり、〈流儀〉の違いがあつて当然です。また同じ学校の教師どうしても生徒の指導の仕方が異なります。今回のアンケートは私自身の勝手な意見です。生徒も卒業後企業等の分析室で仕事をしている者もいますが、また、そこでの会社流の方法を学んでいると思います。したがって、今回のアンケート結果から画一的な標準を作るのではなく、いろいろな意見としてみんなで共有するほうが良いと思います。マニュアル化することで、それがものづくりコンテストの審査基準となり、全国の工業高校の方法がみんな同じようになってしまうのは個々の文化を否定してしまうおそれがあります。ものづくりコンテストでは、どのように審査をするか、外部に審査を委託する方法なども議論されてきましたが、結局、約1年間の審査会で、真値との誤差の少ない生徒を入賞候補にして、その中から審査員6名ぐらいでレポートを見て、総合的にみて、意見を述べ合い、最終的に投票や合議で順位をつけるという方法をとっています。ものづくりコンテスト全国大会で最初思っていたのは、きちんと基準があつて数値化してほしいということや、審査結果を開示してほしいという考えでした。しかし最近になって思うのは、やはり、選手の動きを見て「この生徒は上手だな、無駄がないな」と思う生徒がいて、その生徒が上位になってほしいと思ひ、そのことが大きく評価されるべきだと思うのです。良いところを見せつけるスタンドプレーもおかしいし、やたら丁寧な操作(洗浄に時間をかけすぎなど)で無駄があつてもいけない。企業

で評価されるのはどんなタイプか? それを目指して指導もしています。そこら辺を審査員がどこまで評価しているかじゃないか、審査員の主観で良いのではないかとという考え方です。審査規定を細かくすることは球技のようなスポーツと違うので、やはり本来無理ではないか。また、キレートではJISの制限もあるので、そこら辺を熟知しているかなどの知識も大切だと思います。レポートの中に知識の問題も入れてはどうだろうか。今回のアンケートの選択においては、例えば入れる薬品や試料によってもいくらかの洗浄のしかた、共洗いのしかたなどが異なってくると思います。全国の指導者のみなさんの意見が楽しみです。

〈高校〉

審査員によって審査基準が変わる傾向があるのであらかじめ審査員に審査ポイントを伝えてもらいコンテストするのが好ましいと考える。そこを重点的に指導すれば公平なコンテストが出来るのではないのかと思われます。

〈高校〉

ものづくりコンテストでの審査基準について多くの意見がだされました。ぜひ、統一された基準を作つていただき、それを示してもらいたいと思います。

〈高校〉

お世話になります。本校では、化学分析の企業の方(一級技術士)の方から指導を教員、生徒共に受けながら実習、ものづくりコンテストに取り組んでいます。器具の操作方法を細かく統一することについては反対です。日本全国の企業や学校それぞれの指導方法があり、どれが正しいということはありません。逆に混乱を招くことになるのではないのでしょうか。ものづくりコンテストの各予選、全国大会において、事前に審査基準や採点基準に関わる器具操作の注意事項を生徒に完全公開し、生徒、教員へ周知させて、競技を行う事が一番大切なことではないでしょうか。事前に器具、薬品を公開しない、実験室を教員に見せないとか、事前説明を教員をはずして生徒のみで行う、報告書の様式についても公開されないで、全国大会が実施されて審査されていることに疑問を持ちます。大会当日になって気づいたのですが、数十年たつて発色しない指示薬が用意されていたり、デシケータ2人に一つしか用意されていないなど、とても全国大会とは思えない状況でした。出場校には事前に情報を平等に与え、オープンな状態で競技することが一番大切であると思います。

〈高校〉

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) という優れた本がありますの

で、参考にされたら良いと思います。化学分析・実験器具の操作に関するマニュアルができましたら、ぜひ一冊わけてください。

〈高校〉

地区大会での問題点を書かせてもらいます。審査員の流儀が順位に大きく影響する事は仕方ないと思いますが、生徒が、減点された内容を聞いて納得できるものではないと意味がないと思います。意味が不明な減点例「レポートを書いたり、実験中計算をしている際に保護メガネをはずしていた」このような減点が実際にあったという事です。アンケートにおいて、操作が示されていましたが、水道水や純水での洗浄が3回以上と書いてありましたが、3回という数字の意味がどうなのか又、地区によっては2回でもOKという所もあるのではないかと思います。

〈高校〉

メスフラスコ、ビュレット等ガラス器具は、前回使用時に所定の方法で洗浄および濯ぎがなされ、乾燥されていることが大原則である。そのため、実験開始時の器具洗浄は不要である。また、実験途中の容量器具の洗浄については、水及び水溶液のみを取り扱った場合は純水による洗浄のみでよい。洗浄後、ただちに使用する場合、外面は、キムワイプ、ろ紙等で拭く。内面は試料により複数回共洗いをおこなう。質問LとRに関して先端を器壁につけるような操作をしてはいけません。ただし、質問Rの滴定前に合わせる場合に限り、2の操作は可。ろ紙であれば、ビュレット先端内部の溶液を吸い出す可能性が考えられます。

〈高校〉

ものづくりコンテスト化学分析部門を指導しています。地区大会に出場させていただき、操作方法の違いに気付かされました。私もぜひ勉強したいと思っています。結果をぜひいただきたいと思っています。どうぞよろしくお願いいたします。

〈高校〉

- ・地区大会では、ガラス器具の洗浄は、事前に済ませておく。(時間短縮のため)
- ・ブロック大会は、会場の外からも、カメラビデオ等の撮影は出来ない。
- ・ブロック大会では、ガラス器具の洗浄を最初に行っている。
- ・ブロック大会では採点が開示されないで、どこが悪いかわからず、次の指導に活かされない。

〈高校〉

アンケート調査の結果を知らせてほしい。

〈高校〉

地域でも標準化のことが話題になっています。工業高校の研究会でも協議時間の9割をものづくりコンテストの審査基準について話し合いました。当番校でありました工業高校が各地域の審査基準を集めそれもまた各県に送りブロック大会の審査基準づくりをしようとしています。

〈高校〉

分析実験器具の操作をどのように指導していいのかわかりませんが、担当者間で検討をしていますが結論が出ず、他地域ではどのように指導されているのかわかりませんが、ものづくりコンテストが近づくといつも話題にしておりました。今回のアンケートの回答を紹介していただけましたら幸いです、よろしくお祈りします。

#### 4. 有識者による解説

岐阜大学工学部教授

竹内豊英先生

メスフラスコ、ホールピペットおよびビュレットの取扱いに関するアンケート結果をまとめていただきましてありがとうございます。アンケート項目L、P、R、SおよびUではある特定の操作法の選択率が7割を超えており、多くの実験者が同一の方法を選択していることが見受けられるが、その他の項目については、選択率はそれほど高くなく、実験者の実験環境や流儀によって操作法が決まっているように思われる。報告書では、集計結果のグラフ(図1)に基づいてアンケート項目(A~U)別に結果が紹介されており、メスフラスコ、ホールピペットおよびビュレットの取扱いに関するアンケート結果に対しそれぞれ適切な考察が加えられている。図2~4に基づいて回答者別(化学系高校・化学分析に關係する事業所・ものづくりコンテスト審査委員)の考察が加えられており、大変興味深い。とくに、「実験誤差の低減」、「実験コストの低減」および「作業効率の向上」のバランスが考慮されて操作法が決まっている点である。たとえば、事業所では作業効率の向上を重要視している傾向が読み取れるのに対し、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。また、ものづくりコンテスト審査委員では、実験コストの低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している。図5~14に基づいて地域別の考察もなされている。東海地方および近畿地方では作業効率を向上させるような手法を優先的に選択する傾向が読み取られている点は注目に値する。また、一部の質問項目に

対して、北海道地方、四国地方および九州地方で他の地域と異なる傾向が報告されている。

今後、アンケート結果について議論が進み、操作法の標準化に繋がれば幸いに存じます。

日本分析化学会

高田芳矩先生

「実験誤差の低減」、「実験コストの低減」及び「作業効率の向上」の3つの側面から化学系高校、化学分析に關係する事業所及びものづくりコンテスト審査委員の結果を比較考察しておられますが、当を得ていると思います。昔、大学の学生実験で教わったことが、その後の科学の進歩で、もっといい方法が分析の現場に取り入れられ、やっつけられないとされていたことでも、むしろ推奨されるようになっています。例えば、ガラス体積計を乾燥器で乾燥させる(ほうけい酸ガラス製で、温度の昇降による容積変化が無視できる)、全量フラスコ中に個体試料を直接量り取り、そのなかで溶解する(不確かさを小さくでき標準物質の調製に推奨されている)、乾燥器中ではビーカーは上に向けて乾燥させる(上から鉄さびが落ちてくる心配もなくなり、早く乾燥できる)等々沢山あります。そんな状況の中で、どのような操作が分析の現場で実施されているかという今回の調査には、多くの貴重なデータが含まれていると思います。今後の学校教育に有効に活用されることを期待します。

#### 5. 参考文献

- 1) 平成17年度化学分析実験器具操作指針策定委員会、日本工業化学教育研究会第53回全国大会(山形大会)「ガラス計量器具の使用法について」。
- 2) 日本工業標準調査会、JIS K 0050「化学分析方法通則」附属書C及び附属書H、2009。
- 3) 日本工業標準調査会 JIS R 3505「ガラス製体積計」、2010。
- 4) 小林基義(代表)、新版 工業化学実習1 化学的操作、実教出版、2010。
- 5) 井上満、水野敏彦、岡田雄司、植田郁生、齊戸美弘、松本明彦、日本化学会：化学と教育2008、56、353-354。
- 6) 井上満、浅岡孝次、日本化学会：化学と教育2003、51、204。
- 7) 井上満、日本化学会：化学と教育2004、52、552。
- 8) JIS R 3505 改定原案作成委員会、ガラス体積計の基礎知識。
- 9) 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。

10) 日本分析化学会関東支部編、第18回環境分析基礎講座、2012。

謝辞・付記

分析化学・科学教育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、豊橋技術科学大学環境・生命工学系の齊戸美弘准教授、山梨大学大学院医工学総合研究部の植田郁生助教、神奈川大学理学部長の日野晶也教授に対しまして深くお礼申し上げます。そして、日本環境測定分析協会、愛知環境測定分析協会、日本工業化学教育研究会、東海工業化学教育研究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。深くお礼申し上げます。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起工業高等学校の蜂須賀豊校長、古川輝久教諭、愛知県立名南工業高等学校の鈴木千明教諭、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、長谷川昇教頭、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。

今後、アンケート結果について、多くの方々からのご意見・ご指導等をいただき議論が深まれば幸いである。アンケート結果をご覧になった多くの関係機関からのご意見(ご指導・ご助言)等をいただきたく重ねてお願い申し上げます。

研究成果公表

- † 2013年6月28日 東海工業化学教育研究会 口頭発表 (岐阜)
- †† 2013年7月1日 愛知県高等学校工業教育研究会化学部会研究会 口頭発表 (愛知)
- ††† 2013年7月24日 日本工業化学教育研究会 全国大会 口頭発表 (宮城)
- †††† 2013年9月26日 日本環境測定分析協会環境セミナー全国大会 口頭発表 (鹿児島)