

メスフラスコの使い方に関する考察

渥美 太郎*¹, 出川 強志*²

Consideration of How to Use Volumetric Flask

Taro ATSUMI and Tsuyoshi DEGAWA

A volumetric flask is a piece of laboratory apparatus that is used to make solutions with very accurately known concentrations. Many references describe that a funnel should be used to transfer a solution from a beaker to the volumetric flask so as not to spill the solution. We think, however, that the solution of the beaker can be easily transferred without the funnel because the beaker has an indentation in its mouth. In this study, we consider benefit of using the funnel based on experiment of 205 students. Although most of the students do not spill the solution without the use of the funnel, more than 70 % of the students answer that the funnel is required to prevent spilling the solution.

KEYWORDS : Volumetric Flask, Beaker, Funnel

1. はじめに

化学実験における液体の体積を測定するガラス器具には、メスピペット、ホールピペット、ビュレット、メスシリンダー、メスフラスコなどがある。メスピペット、ホールピペット、ビュレットは、排出される液量を測定する「出用」の器具であり、メスシリンダーは、入った液体を測定する「受け用」の器具である。メスフラスコには「出用」と「受け用」があるが、化学実験では、「受け用」が用いられることが多い。これら器具の許容誤差はJISで定められており、呼び容量100 mLと比較すると、メスフラスコは ± 0.1 mL(クラス A), ± 0.2 mL(クラス B), メスシリンダーは ± 0.5 mL(クラス A), ± 1.0 mL(クラス B)である。

メスフラスコは正確な濃度の溶液を調製する

ために用いられ、その使い方は基礎化学、分析化学、化学実験などの書籍に記載されている。メスフラスコの使い方を表1のようにA~Gの7項目に分け、それらが書籍^{2,3)}中に記載されているかを調査した結果を表2に示す。表中には、理由を含んだ詳細なものに限らず、短い文章、イラスト、写真によるものも載せているが、全ての項目を含む文献は1つのみであった。項目のなかで「A. 試料の溶解, 希釈方法」, 「C. 標線に合わせる方法」, 「D. 溶液の攪拌方法」, 「G. 保管方法」に関しては文献間の記述がほぼ一致している。「E. 洗浄方法」, 「F. 乾燥方法」の記述には文献間で違いが見られる。「E. 洗浄方法」では、クロム酸混液の使用について違いが見られたが、環境への配慮から専用の洗浄液の使用を推奨している文献が多い。「F. 乾燥方法」については、1975年出版の文献⁷⁾に、ホウケイ酸ガラスのような低膨張硬質ガラス

*1 物質工学科(Dept. of Materials Chemistry and Bioengineering), E-mail: atsumi@oyama-ct.ac.jp

*2 技術室(Technical Office)

表1 メスフラスコの使い方の分類

記号	方 法
A	試料の溶解, 希釈方法
B	溶液を注ぐ方法
C	標線に合わせる方法
D	溶液の攪拌方法
E	洗浄方法
F	乾燥方法
G	保管方法

表2 メスフラスコの使い方(文献)

参考文献	A	B	C	D	E	F	G
2	○						
3	○	○					
4	○					○	
5					○	○	
6	○	○	○	○			
7					○	○	
8		○	○				
9	○	○	○	○			
10						○	
11	○			○	○	○	
12	○	○	○	○			
13	○				○		
14	○	○	○				
15	○			○			
16	○				○	○	○
17	○	○	○	○	○		
18	○		○		○	○	
19				○			
20	○	○	○	○	○	○	○
21	○	○	○	○			
22		○	○				
23	○	○	○	○		○	
24	○		○	○			
25	○				○	○	○
26	○		○	○		○	
27	○	○	○				
28	○						
29	○	○	○	○	○		
30	○		○	○			
31	○		○				

製のメスフラスコであれば加熱に対して神経質になる必要はないとの記述があり, また, 1994年のJIS規格¹⁾で, ガラス体積計の材料に関して, 線熱膨張係数が $55 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 以下のホウケイ酸ガラスと規定されている。しかし, 多くの文献には, 容積変化を防ぐために加熱乾燥は避けるべきとされている。他に, 溶媒となる溶液で洗浄することで乾燥が不要^{18,25)}や, 汚染の原因となる乾燥は厳禁¹⁶⁾という記述もある。「B. 溶液を注ぐ方法」は, 固体試料をビーカー内で溶解し, その溶液をメスフラスコに移す操作である。この操作として, ロー

トを使用する, もしくは必要であれば使用するという記述がある文献が多い。これに対して, ある文献²³⁾にはロートの使用を避けてビーカーからメスフラスコに直接注ぐとあり, その理由としてロートに溶質が残る可能性が高くなることを挙げている。ロート使用とあるほとんどの文献には, ロートの洗浄について書かれていないので, 多くの人は溶液の付着や不純物の混入によって正確な濃度の溶液が調製できなくなる可能性を考えないであろう。その一方, ロート使用の理由が書かれていない文献が多いが, こぼさずに正確な濃度の溶液を調製できるためと推測し, その使用に疑問を持たないであろう。しかし, ロートを使用しないとこぼしやすいと言えるだろうか。ビーカーには注ぎ口が付いており, さらに図1に示す100 mLメスフラスコの口と100 mL, 及び200 mLビーカーの注ぎ口の寸法を比較してみても, ビーカーからメスフラスコへ直接注ぐことが困難であるとは考え難い。

本研究では, 溶液をビーカーからメスフラスコへ移す操作においてロートを使用すべきか否かを, 学生205人の実験結果とアンケートから検討した。

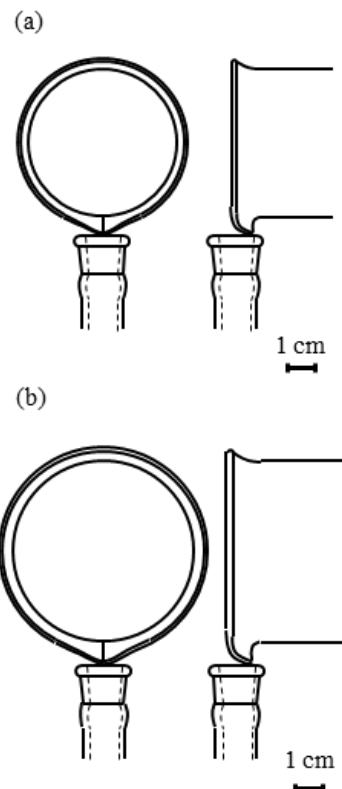


図1 メスフラスコ 100 mL の口とビーカー (a) 100 mL, (b) 200 mL の注ぎ口の寸法比較。

2. 方法

2019年度の工学基礎において、機械工学科、電気電子創造工学科、物質工学科、建築学科の1年生205名に対し、メスフラスコの使い方に関する実験とアンケートを行った。物質工学科の学生41名は学生実験においてメスフラスコを1回だけ使用した経験があり、その他の学生は初めての使用である。

はじめに化学実験におけるメスフラスコの用途について説明し、続いて溶質の秤量と溶解の操作を説明した後、ビーカーに入れた水を溶液とみなして次の①～⑤の操作を行ってもらい、それらの成否と所要時間を記録させた。

- ① 100 mL ビーカー中の水 80 mL を、100 mL メスフラスコへ直接注ぐ。
- ② 洗瓶を用いて 100 mL ビーカー内側を水洗し、その水を①のメスフラスコへ直接注ぐ。この操作を2回繰り返す。
- ③ 洗瓶を使用して②のメスフラスコに水を加えて、標線にメニスカス下部を合わせる。
- ④ 100 mL ビーカー中の水 80 mL を、ロートを用いて 100 mL メスフラスコへ注ぐ。
- ⑤ 洗瓶を用いて④のビーカーの上で、ロートの内側と足外側を水洗し、ビーカーに溜まった水を④のメスフラスコへ注ぐ。

実験後、一定濃度の水溶液を調製する手順は、ロート不使用の場合が① → ② → ③、ロート使用の場合が④ → ⑤ → ② → ③であることを説明し、溶液調製に要する時間をそれぞれ計算させた。

実験結果をもとに、以下のアンケートを行った。

- [1] ビーカーからメスフラスコに溶液を注ぐ方法として、「ロートを使う」と「ロートを使わない」のどちらが適しているか。
- [2] [1]でそれを選んだ理由を答えよ。

3. 結果および考察

学生 205 人の各①～⑤の操作に要した時間の平均値と、その操作に成功した人数を表3に示す。操作に要した時間の平均値を比較すると、操作①のロートを使用しないでメスフラスコに注いだ場合は、操作④のロートを使用した場合のおよそ 2.5 倍時間がかかっている。ほとんどの学生がメスフ

表3 各操作に要した時間と成功した人数

操作	時間 (s)		成功した人数	
	平均	標準偏差	(人)	(%)
① ビーカー, 直接	14.3	7.8	198	96.6
② ビーカー, 洗浄	32.4	13.9	180	87.8
③ 標線	26.3	13.5	91	44.4
④ ビーカー, ロート	5.6	3.5	193	94.1
⑤ ロート洗浄	24.4	10.9	170	82.9
① + ② + ③	73.0	27.4		
④ + ⑤ + ② + ③	88.7	30.4		

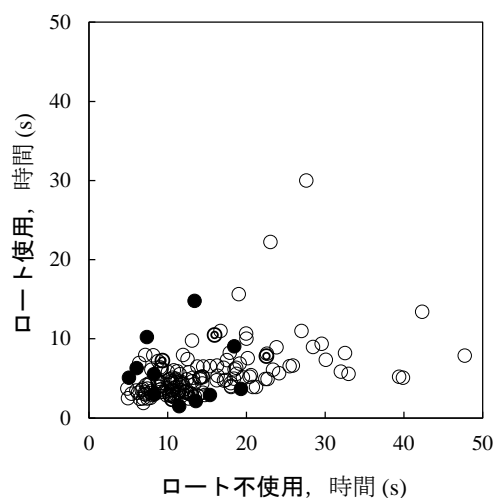


図2 ビーカー 100 mL からメスフラスコ 100 mL に水 80 mL を注いだ時の時間。

ラスコを使ったことがないにもかかわらず、操作①も操作④もこぼした学生は数人であり、どちらも難しい操作ではないことがわかる。図2に操作①と操作④の所要時間の関係を示す。両者の間には正の相関(相関係数 0.44)があり、操作時間が短い学生はロートの使用、不使用ともに短く、実験①と実験④長い学生は両方とも長い傾向があることがわかる。操作時間の標準偏差の値が大きくなっているのは、学生の性格、思い切りの良さや慎重さ、のためと思われる。図中、操作①でこぼした人を○、操作④でこぼした人を●で示した。両操作ともこぼした人は0人である。こぼした学生について、特に傾向はみられなかった。次に、一定濃度の溶液を調製するためにかかる時間の目安として、ロートを使用しない場合の所要時間(① + ② + ③)の平均値と、ロートを使用した場合の所要時間(④ + ⑤ + ② + ③)を比較する。表3

の所要時間の平均値を見ると、ロートを使用したほうが大きくなっている。ロートを使用すると注ぐ操作に要する時間は短い、ロートを洗浄する操作が必要になるためである。図3に見られるように、これらの所要時間の間には強い正の相関(相関係数 0.92)がある。これは、メスフラスコで溶液を調製するために要する時間のうち、溶液を注ぐ時間が占める割合が小さいためである。以上の結果から、ビーカーの注ぎ口がその役割を十分に果たしており、直接注いでも溶液をこぼす可能性はロートを使用した時と変わらないことが実験的に証明できた。操作に要する時間も、注ぐ操作のみを比較するとロート使用の優位性が見られるが、一定濃度の溶液の調製にかかる時間を考えると、ロート使用と不使用の所要時間に大きな差はない。したがって、溶液をメスフラスコに注ぐ際にロートを使用すべき理由はないので、不純物混入の可能性を低くするためにもロートの使用は避けるべきであろう。

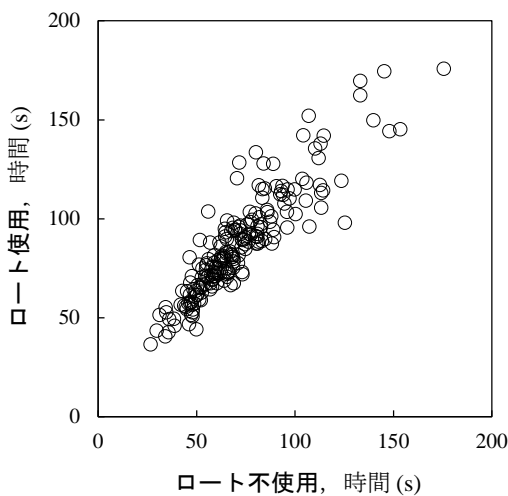


図3 メスフラスコ 100 mL に注ぐ操作から標線に合わせる操作までにかかる時間。

実験直後に行ったアンケートの回答を表4にまとめた。ビーカー内の溶液をメスフラスコに注ぐ際に、「ロートを使う方法」と「ロートを使わない方法」のどちらを推奨するかという問いに対して、146名の学生が「ロートを使う方法」を選択した。そのうち112名の学生が理由として「こぼさずに注ぐことができる」を挙げたが、実際に実験において、ロート不使用の操作①でこぼし、ロート使

用の操作④でこぼさなかった人は6名のみである。100名の学生が操作①と④でこぼしていない。操作④でこぼし、操作①でこぼさなかったにもかかわらずこの理由を挙げた学生が6名もいた。2番目に多かった理由は「操作を短時間で行うことができる」であった。この理由を挙げた学生69名全員が、操作①よりも操作④の所要時間が短かったが、ロートを使用した場合の溶液調製にかかる所要時間がロートを使用しない場合よりも短かったのはわずか7名であった。「ロートを使う方法」を選択した学生は、こぼさないであろうという安心感を優先し、実験結果を考慮しない、もしくは結果の一部分だけ考慮する傾向が強いといえる。

「ロートを使わない方法」と回答した学生は59名であった。こちらを選択した学生の理由で最も多かったのは、理由が述べられていないもの、文章が読み取れなかったものを分類した「なし、その他」であり、次に多い「ロート使用で濃度が薄くなる」も実験結果とは無関係な回答である。「ロートを使わない方法」を選択した学生もまた実験結果を考慮しない傾向が強かった。「操作が少ない」、「ロートの洗浄操作が難しい」、「操作を短時間で行うことができる」、「洗浄する水の量が少ない」、「不純物混入の可能性が低くなる」といった実験結果に基づいた理由を挙げた学生はわずかであり、今回の実験によってロートを使うとこぼさないという固定観念を覆すことはできなかった。

表4 アンケート回答結果

[設問1] ビーカーからメスフラスコに溶液を注ぐ方法として、「ロートを使う」と「ロートを使わない」のどちらが適しているか。	
ロートを使う	146 人 (71.2%)
ロートを使わない	59 人 (28.8%)
[設問2] 設問1で選んだ理由(複数回答可)。	
・「ロートを使う」を選んだ人の回答	
こぼさず注ぐことができる	112 人 (76.7%)
操作を短時間で行うことができる	69 人 (47.3%)
その他	12 人 (8.2%)
なし	6 人 (4.1%)
・「ロートを使わない」を選んだ人の回答	
なし、その他	26 人 (44.0%)
ロート使用で濃度が薄くなる	12 人 (20.3%)
操作が少ない	11 人 (18.6%)
ロートの洗浄操作が難しい	9 人 (15.3%)
操作を短時間で行うことができる	9 人 (15.3%)
洗浄する水の量が少ない	4 人 (6.8%)
不純物混入の可能性が低くなる	2 人 (3.4%)

4. 結論

ビーカーからメスフラスコ中へ溶液を移す操作において、ロートを使用すべきかを否かを、学生205人の実験結果とアンケートから検討した。実験では、ほとんどの学生がこぼさずにビーカーから直接溶液を注ぐことができ、溶液調製にかかる時間もロートの使用、不使用で変わらなかった。したがって、溶液を注ぐ操作にロートを使用する利点はないので、不純物混入を避けるためにもロートの使用は避けるべきと考えられる。

アンケートではロートを使用すべきという意見が多く、こぼさないという安心感を得ることが優先される傾向にある。しかし、安心感で正確な濃度の溶液を調製することはできないことに注意しなければならない。

参考文献

- 1) 日本工業標準調査会：JIS R 3505 ガラス製体積計，1994.
- 2) 金田一雄：教養課程 化学実験，116，裳華房，1959.
- 3) 林良治，段勝：基礎分析化学実験，19，共立出版，1963.
- 4) 石橋雅義：実験 分析化学 訂正版，119，共立出版，1964.
- 5) 中村周，平田正：大学教養 化学実験，159，朝倉書店，1964.
- 6) 日本分析学会北海道支部編：解説 水の分析，59，化学同人，1966.
- 7) 岩本振武：2. 基本的な量のはかり方，日本化学会編「新実験化学講座1 基本操作I」，84-85，丸善，1975.
- 8) 西山隆造：図解 初めて実験をする人のために（増補改訂版），44，オーム社，1976.
- 9) 北海道大学教養部化学教室：化学実験，10-11，三共出版，1977.
- 10) 頼実正弘 編：化学系実験の基礎と心得，129，培風館，1977.
- 11) 日本分析化学会北海道支部編：増補 新版 分析化学実験，121，化学同人，1978.
- 12) 千谷利三，白井俊明 監修：原色図解理科実験大事典 化学，27，全教図，1979.
- 13) 内海諭，川垣恭三，奥谷忠雄：基礎教育 分析化学実験，58，東京教学社，1979.
- 14) 小林正光，野村祐次郎 監修：化学 実験ノート，15，数研出版，1983.
- 15) 理科実験教育研究会化学部会：パーフェクト 化学実験全書 上巻(基礎編)，148-149，東陽出版，1986.
- 16) 化学同人編集部編：(新版) 続・実験を安全に行うために，114，化学同人，1987.
- 17) 浅田誠一，内出茂，小林基宏：図解とフローチャートによる定量分析 (第二版)，19，技報堂出版株式会社，1988.
- 18) 今泉洋，上田一正，澤田清，田口茂，永長幸雄，長谷川淳，本浄高治，山田明文：基礎 分析化学，51-53，化学同人，1988.
- 19) 名古屋工業大学化学教室編：化学実験，16，学術図書出版，1990.
- 20) 長倉三郎，武田一美 監修：新訂 図解実験観察大事典 化学，41，東京書籍，1992.
- 21) 北海道大学自然科学基礎実験(化学)実験書編集委員会編，自然科学基礎実験 (化学編)，12，三共出版株式会社，1996.
- 22) 岩附正明，太田清久：図解 分析化学の実験マニュアル，40，日刊工業新聞社，2002.
- 23) 岡田勲：2. 実験例に付随する基本操作 2.2 計量，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」，136-137，丸善，2003.
- 24) 片山幸士，木曾祥秋：ベーシック 分析化学実験—環境理解へのツール—，8，ケイ・ディー・ネオブック，2003.
- 25) G. D. Christian, 原口紘丞 監訳：クリスチャン 分析化学I 基礎編，39，丸善，2005.
- 26) 卜部吉庸：理系大学受験 化学I・IIの新研究，140，三省堂，2005.
- 27) 数研出版編集部編：視覚でとらえるフォトサイエンス化学図録，55，82，数研出版，2006.
- 28) 東京工業大学化学実験室編：理工系大学 基礎化学実験 第3版，40，講談社，2008.
- 29) 飯田隆，木戸寛明，澁川雅美，菅原正雄，鈴鹿敢，辻智也，南澤宏明，宮入伸一：イラストで見る化学実験の基礎知識(第3版)，43-45，丸善，2009.
- 30) 静岡大学工学部共通講座化学教室編：工学基礎化学実験，26-27，学術図書出版，2010.
- 31) 広島大学総合科学部化学系編：改訂第3版 基礎化学実験，18，大学教育出版，2011.

[受理年月日 2020年9月3日]