

## ま え が き

これまでみなさんは、実験の際にいわゆる本と首っ引きで、一行読んではそこに書かれていることを操作するといったやり方をしたことはないでしょうか。ひとつのテーマのはじめから終わりまでの操作手順を一通り把握しないまま実験にとりかかって、その途中で器具や試薬のないことに気付いてあわてたことはないでしょうか。

そんなとき、もし**実験操作手順に関する情報**が活字の数行分をひとまとめにして得られたら、と考えたことでしょうか。また、ひとつの操作の前後関係やテーマの全体像を把握するときに、**一目で理解できる方法**も考えたことでしょうか。

そこで本書は、物理化学実験をはじめて学ぶ入門者ばかりでなく、大学の教養および専門課程の学生諸君や社内教育機関にあるみなさんのために、**パターン認識による情報伝達のメリットを生かした**、従来にない新しい形式による実験書としました。

すなわち、物理化学実験の操作手順の表現方法に工夫をこらし、実際に使用する器具を図で示したり、その操作の流れを**フローチャート**にしてわかりやすくしたものです。この方法によると、実験テーマとその内容などの**理解が確かに早くなる**という結果が生れています。

本書は著者らの実験指導の経験にもとづいて執筆・編集されたものですが、なにぶんにもはじめての試みのために不十分な点も多いことと思われまふ。本書が使われた方々のご指摘によって、さらに万全を期せれば幸いです。

なお、本書の出版にあたりご尽力いただいた技報堂出版(株)の横山猛氏、宮村正四郎氏に厚く感謝の意を表します。

1982年4月

著 者

本書の執筆にあたり，以下に掲げる文献を参考にさせていただきました。  
ここに深く感謝の意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) 後藤廉平 編，物理化学実験法，共立全書 19，共立出版。
- 2) 井本立也・原納淑郎 編，物理化学実験法，工業化学基礎講座 12，朝倉書店。
- 3) 山本大二郎・北出健治・楠見善男 共著，基本物理化学実験，産業図書。
- 4) 岡秀彦・広瀬哲也 共著，物理化学実験，共立出版。
- 5) 関東工業化学教育研究会 編，工業化学実習テキスト，オーム社。
- 6) 鮫島実三郎 著，物理化学実験法，裳華房。
- 7) M. L. McGlashan 著，関・徂徠 共訳，SI 単位と物理・化学量，化学同人。
- 8) 立花太郎・古賀正三 編，電気技術ハンドブック，東京化学同人。

# も く じ

## PART Ⅰ 実験のはじめに 1

- 1.1 わかりやすい実験操作手順のフローチャート化 2
- 1.2 簡単なフローチャート記号とその約束ごと 4
- 1.3 さあ始めよう物理化学実験——その心がまえ 6
- 1.4 レポートの項目 7
- 1.5 たいせつな数値計算とレポートのための用意 8
  - 1.5.1 測定値の誤差と有効数字 8
  - 1.5.2 測定値の計算 8
  - 1.5.3 数値の丸め方 10
  - 1.5.4 誤差の表わし方 11
  - 1.5.5 グラフの利用 12
  - 1.5.6 実験式のつくり方 13
- 1.6 基本単位と誘導単位 16
  - 1.6.1 SI基本単位 16
  - 1.6.2 SI誘導単位 17

## PART Ⅱ 実験器具・装置と操作の基礎 19

- 2.1 質量の測定 20
  - 2.1.1 質量と重量とのちがい 20
  - 2.1.2 てんびんの種類 20
  - 2.1.3 直示化学てんびん 21
- 2.2 圧力の測定 24
  - 2.2.1 圧力の単位 24
  - 2.2.2 圧力計 25

2.2.3	高压のつくり方	28
2.2.4	低压のつくり方	28
2.3	温度の測定	29
2.4	恒温槽の取扱い	30
2.5	体積の測定	31
2.5.1	固体の体積	31
2.5.2	液体の体積	31
2.5.3	気体の体積	33
2.5.4	容器の体積	33
2.6	諸量の検出に用いられる計器類	34
2.6.1	電流計・電圧計	34
2.6.2	検流計（ガルバノメーター）	34
2.6.3	標準電池（standard cell, STD）	35
2.6.4	電位差計（ポテンシオメーター）	36
2.6.5	ホイートストンブリッジ	37
2.6.6	各種の電極	37
2.7	塩橋（salt bridge）のつくり方	40
2.8	水銀の取扱い	40

## PART 3 基礎的な物理化学実験 41

実験 1	水銀温度計の補正	42
実験 2	ベックマン温度計の調整	47
実験 3	熱電対温度計による温度測定	50
実験 4	固体の密度測定	55
実験 5	液体の密度測定	59
実験 6	気体の密度測定	62
実験 7	液体の粘度測定	67
実験 8	液体の表面張力測定	72
実験 9	液体の屈折率測定	84
実験 10	液体の旋光度測定	88
実験 11	固体の溶解度測定	92
実験 12	液体の相互溶解度測定	96
実験 13	液体の沸点上昇測定	100

実験 14	液体の凝固点降下測定	103
実験 15	一次反応の反応速度測定	109
実験 16	二次反応の反応速度測定	116
実験 17	化学反応の平衡定数	120
実験 18	合金の溶融点測定	124
実験 19	電極電位の測定	129
実験 20	ダニエル電池の起電力測定	135
実験 21	濃淡電池の起電力測定	137
実験 22	分解電圧の測定	140
実験 23	水素イオン濃度の測定	144
実験 24	導電率（電解伝導度）の測定	147
実験 25	イオンの輸率測定	152
実験 26	吸着平衡の測定	158
実験 27	電気泳動の測定	161
実験 28	溶解熱の測定	166

付 録 171

付-1	ギリシア文字	171
付-2	物理化学定数	171
付-3	標準電極電位	172
付-4	単位換算表	172

索 引 173

# PART 1 実験のはじめに

物理化学実験では、使用される装置に高価なものが多いうえに、テーマごとにいろいろな器具が用いられる。したがって、実験の前処理や操作手順、結果の整理などに多くの注意をはらう必要がある。

本書では、実際に即した装置や器具などの図解を多くとり入れて、決められた簡単な記号と約束による操作手順のフローチャート化がなされている。

これは、実験テーマについての実験操作手順が明確になるばかりでなく、実験が終わったのちも、いつまでも印象に残り、実験体験をより効果的なものとするであろう。

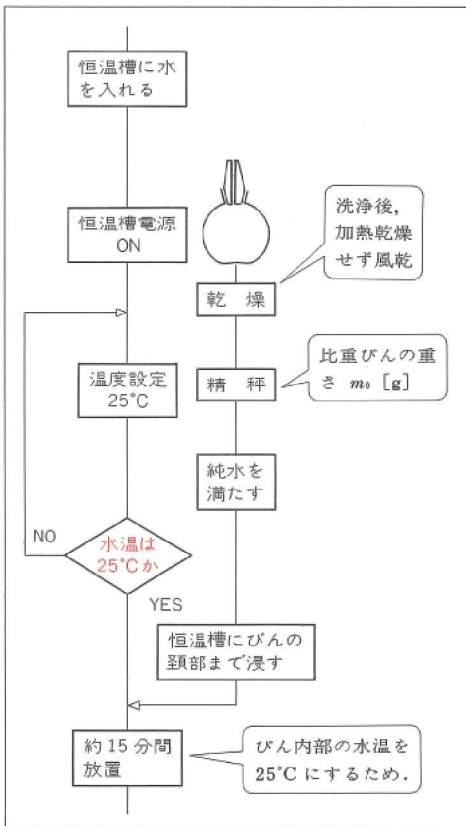
本章では、実験上の心得や測定値の取扱いなどについてとりあげる。

### 1.1 わかりやすい実験操作手順のフローチャート化

一般に、実験操作の手順などは文章表現で記述されている。これを図解およびフローチャート化すると、情報の把握が一目でわかり、内容の系統的な理解が容易になるという良い特性がある。

次に、その両者の例を対比してみよう。

フローチャート図

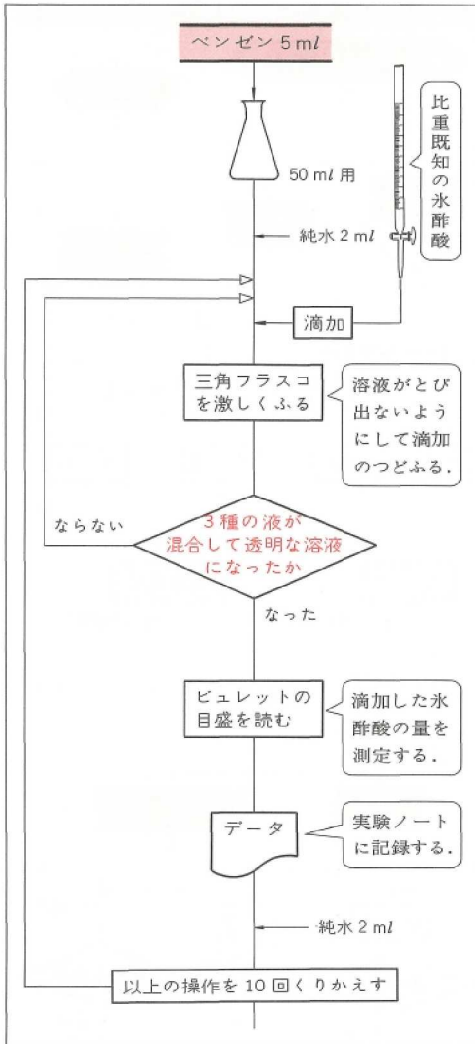


実験操作手順

- ① 恒温槽に水を入れる。
- ② 恒温槽の電源を入れて水温が  $25^{\circ}\text{C}$  になるようにコントローラーをセットする。
- ③ 次にあらかじめ全体をきれいにした比重びんをよく乾燥しておく。  
この際、加熱乾燥してはいけない。風乾で行なう。
- ④ 比重びんの重量を直示てんびんで精秤し、重量  $m_0$  [g] を測定する。
- ⑤ 比重びんに純水を満たす。
- ⑥ 恒温槽の水温が  $25^{\circ}\text{C}$  になっているかどうか調べて、まだならばコントローラーを確認したのちしばらく待つ。
- ⑦ 水温が  $25^{\circ}\text{C}$  になったら比重びんを頸部まで水中に浸し、びん内部の水温が  $25^{\circ}\text{C}$  になるまで約 15 分間放置する。

フローチャート図

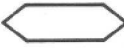

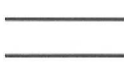
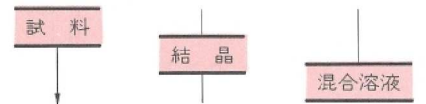


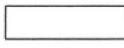




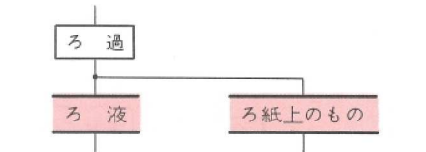
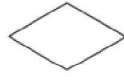
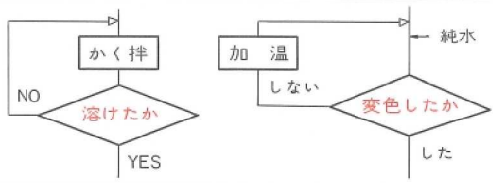
実験操作手順



- ① ベンゼン 5 ml を 50 ml 用三角フラスコにとる。
- ② さらに純水を 2 ml 加える。
- ③ あらかじめ比重のわかっている水酢酸をビュレットに用意しておき、ベンゼンと純水の入っている三角フラスコ中に滴加する。
- ④ 滴加するごとに、三角フラスコを内容物がとび出さない程度に激しくふってよく混合させる。
- ⑤ 三角フラスコ内の液体がよく混合して透明な溶液になったかどうかを調べて、もしなっていなければ再びビュレットから水酢酸を滴加し、三角フラスコを激しくふってよく混合する。
- ⑥ 溶液が透明になったら、そのときのビュレットの目盛を読んで滴加に要した水酢酸の容量を測定し、第 1 回目の操作のデータとして記録しておく。
- ⑦ さらに純水 2 ml を加えて ③～⑥ の操作を 10 回くりかえして行なう。



1.2 簡単なフローチャート記号とその約束ごと

	記号	約束・意味	例
1		器具, 装置 などの準備	
2		試料, 反応 物質, 生成 物質など	
3		試薬などの 添加, 物質 の移しかえ	
4		操作の指示	
5		操作の指示 のうち基本 操作として 別項に解説 されている 操作	
6		混合物成分 の分離など 主となる操 作手順の流 れから分岐 させる操作	
7		条件や反応 状態などの 判断によっ て操作手順 の流れを変 える指示	

	記号	約束・意味	例
8		くりかえし フィードバ ックさせる 場合などの 操作手順の 流れの指示	
9		操作上の注 意点、アド バイス、ノ ウハウ、反 応の様子な どの提示	
10	①	操作手順の 流れが次に 継続する場 合の接続符 号	
11		記録、計算 などの指示	
12	指定容器	別の実験操 作に用いたり、廃液処 理などのた めに、いつ たん指定さ れた容器に 貯蔵する	
13	図中の数字	使用器具の 容量、規格 などを示す	