

# 気体の性質（ボイルの法則）の検証実験

—注射筒とおもりを用いて—

榎 棒 光

## 1 はじめに

高等学校「物理」担当教員を対象とした当理科教育センターの研修講座「物理」において、講座実験の一つとして本実験を実施した。その方法は、ガラス製注射筒に空気を取り込み、それを垂直に立て、おもりによって加圧及び減圧し、その時の体積を測定するものである。

本実験について、装置の工夫と30回の試行実験を行ったところ、規則性からのずれも少なく、操作性もほぼ満足できる結果を得た。その結果を基に講座実験を実施した。受講者のアンケート結果も「良」とするものが多く、一応よい評価を受けてはいるが改善点もある。

ここでは、学習指導要領での取扱い、講座実験のねらい、講座実験の方法、結果の処理と考察、試行実験の結果、講座実験の実施状況と結果及び課題等について紹介し、皆さんの御批判をお願いし、今後の講座改善に反映させたいと考える。

## 2 学習指導要領での取扱い

現行学習指導要領高等学校理科「物理」では、「(1) 力と運動 ウ 気体分子運動 気体の法則」で扱っている。新学習指導要領高等学校理科「物理ⅠB」では、「(2) エネルギー イ 熱とエネルギー (イ) ボイル・シャルルの法則」で気体の体積・圧力・温度の関係を扱い、理想気体の状態方程式は、「物理Ⅱ」で扱い、気体分子運動の立場から取り上げることになっている。

## 3 講座実験のねらい

巨視的な気体の性質の基本を探究する講座実験題材として、①現象を五感をとおして直接把

握し測定できること、②実験をとおして圧力の理解と大気圧の意識化ができること、③圧力の単位のいろいろな表し方と相互の関係の理解を深められること、④測定値の処理の仕方をいろいろ工夫できることを考慮した。

## 4 講座実験の方法

### 準備

注射筒（硬質ガラス製 20ml）、注射筒を支える台（木製 自作）、おもり（200g、5個 自作）、スタンド、ばねはかり、ノギス（物差し）、気圧計、ゴム栓

### 方法

- (1) ピストンの質量と断面積を測定する。
- (2) ピストンにマシン油を付けて、注射筒とピストンとの動きが滑らかで、気密性が高まるようにする。
- (3) 注射筒内に空気を  $10\text{cm}^3$ ほど取り、注射口にゴム栓を付ける。
- (4) 図1のように、ピストンにおもりを1個、2個、3個、4個、5個と増加させてつるした場合と逆に減少させた場合の、注射筒内の空気の体積を測定する。

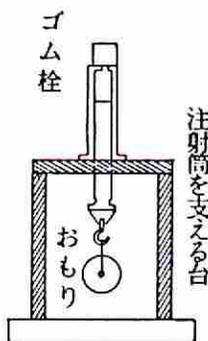


図1

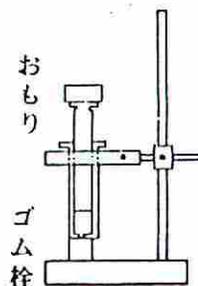


図2

- (5) 図2のように、ピストンにおもりを1個、2個、3個、4個、5個と増加させて載せた場合と逆に減少させた場合の、注射筒内の空気の体積を測定する。
- (6) おもりを増加させた場合と減少させた場合の注射筒内の空気の体積の平均を求める。
- (7) 大気圧を気圧計で測定する。
- (8) ピストンとおもりによる圧力と、大気圧を考慮して、それぞれの場合の注射筒内の空気の圧力を求める。

## 5 結果の処理と考察

- (1) 測定結果の例は、表1のとおりである。
- (2) 体積(V)と圧力(P)の関係のグラフは図3で反比例の関係、また、体積(V)と圧力の逆数(1/P)の関係のグラフは図4で比例関係になることを十分読み取ることができる。
- (3)  $\log V$ と $\log P$ の関係のグラフは図5である。図5のグラフの傾きは-0.994となり、 $PV = \text{一定}$ の関係があると判断できる。

表1 測定結果の例

気圧 76.18cmHg = 1,036g重/cm<sup>2</sup>

室温 23.2℃

注射筒(硬質ガラス製 20ml)

ピストンの質量 34.5g

注射筒の目盛りの補正值 +0.4cm<sup>3</sup>

ピストンの断面積 2.60cm<sup>2</sup>

おもり(鉛製 200g 5個)

おもりの個数	圧力 P		注射筒の目盛り (ml)			補正した空気の体積 V (cm <sup>3</sup> )	圧力の逆数 1/P (1/atm)	PとVとの積 (cm <sup>3</sup> ·atm)	
	(g重/cm <sup>2</sup> )	(atm)	おもり増加	おもり減少	平均				
膨 脹	5	637	0.616	15.9	-	15.9	16.3	1.623	10.0
	4	714	0.691	14.2	14.4	14.3	14.7	1.447	10.2
	3	792	0.766	12.8	12.9	12.9	13.3	1.305	10.2
	2	869	0.840	11.6	11.6	11.6	12.0	1.190	10.1
	1	946	0.915	10.7	10.7	10.7	11.1	1.093	10.2
		1036	1.002	9.7	9.7	9.7	10.1	0.998	10.1
圧 縮	1	1126	1.089	8.8	8.9	8.9	9.3	0.918	10.1
	2	1203	1.163	8.2	8.2	8.2	8.6	0.860	10.0
	3	1280	1.238	7.7	7.7	7.7	8.1	0.808	10.0
	4	1358	1.313	7.3	7.3	7.3	7.7	0.762	10.1
	5	1435	1.388	6.8	-	6.8	7.2	0.721	10.0
PとVとの積の平均値								10.1	

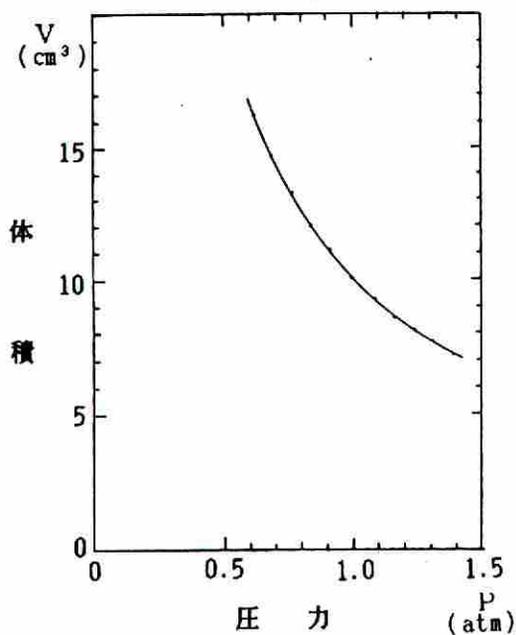


図3 体積と圧力の関係

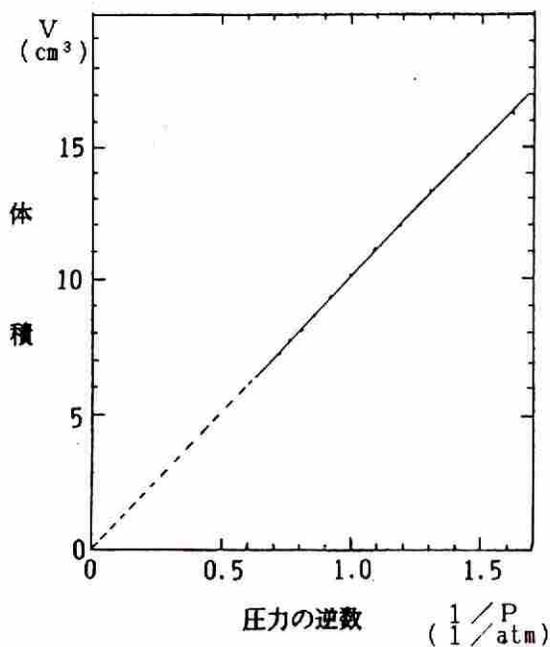


図4 体積と圧力の逆数の関係

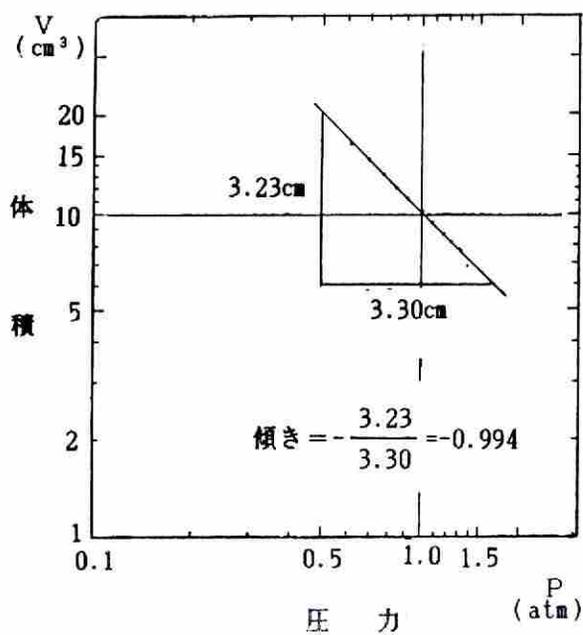


図5  $\log V$ と $\log P$ の関係

## 6 試行実験の結果

30回の試行実験から、次のことが分かった。

### (1) 体積(V)と圧力の逆数(1/P)のグラフの直線性について

これらのグラフの相関係数のばらつきは、相関係数  $r = 0.9991 \sim 1.0000$  (最小～最大) (平均  $r = 0.9997$ ) であった。

### (2) 体積Vと圧力Pとの積の値について

これらの実験で体積Vと圧力Pとの積の値は、それぞれの実験について有効数字2けたまで一致した。

### (3) $\log V$ と $\log P$ の関係のグラフの傾きについて

これらのグラフの傾きのばらつきは、傾き  $= -0.9831 \sim -1.0239$  (最小～最大) (平均  $-0.9995$  標準偏差  $= 0.0082$ ) であった。

これらのことから本実験は、前述のように規則性からのずれが少なく、定量的な取扱いができることが分かった。

化したことや、対数グラフを用いたことも好評であった。

### (3) 課題

本実験を、授業で定量化を目指して行うには内容を精選しても、2単位時間ほどが必要であろう。今後はより簡易な実験方法とデータ処理の工夫を図るなどして、気体の性質を定量的に理解を深める生徒実験として、適切なものになるように検討していく所存である。

## 参考文献

池本義夫編(1973年):三訂増補物理実験事典 P.52

(かしほう こういち 物理研究室長)

## 7 講座実験の実施状況と結果及び課題等

### (1) 実施状況

ア 本実験は、1班4人グループ6班編成で、研修時間を1時間半で実施した。

イ 計算処理については、電子卓上計算機を使用した。

### (2) 成果

ア 数値処理とグラフ処理の結果、規則性を確かめる実験として、定量的にも満足できる結果を得た。

イ 受講者にとって、初めての実験方法であり、ピストンの重量の取扱い、大気圧の再認識、圧力の単位のいろいろな表し方と相互の関係の検討など、効果的な内容であった。

ウ グラフのかき方については、反比例のグラフを、一方の量の逆数をとって直線