

目 的

気体は目に見えず、手で把え難く、他の物質に比し密度も極端に小さく、従って物質性の極めて希薄な物質と言わねばならない。

とかく、日常生活の中で、その存在を見過ごされやすく、そのことが気体学習を困難なものにしている。逆に言えば、それほどに物質性が希薄であったればこそ、一端気体が物質として認識されたとき、化学(物質の科学)は面目を一新した。このことは、高校における化学の学習にもそっくりあてはまる。この把えがたい気体を、物質としてはっきり把えられるようになった時、生徒達の物質認識は格段に深化する。その意味でも気体学習は、化学学習の急所と考えている。

ところが、従来はこれといった魅力的な実験に乏しく、概念や公式による学習が先行し、生徒達を悩ませていた。ここでは、今一度気体の物質性を見なおし、簡単な実験ながら、印象的な実験を工夫し、できるだけ「見えない気体が見える」ようになる学習を心がけた。

概 要

まず気体の学習のねらいを、

1. 気体の物質性と通性の確認
2. 状態変化の普遍性(三態変化の一般化)
3. 気体の体積変化と量(温度・圧力との関係)
4. 気体における分子量の測定(状態方程式)
5. 実在気体としての大気認識

におき、表1のように学習計画をくみだてた。一方、準備・後始末に手がかからず、簡単に親しみがもて、しかも本質を端的に示す簡易実験を数多く工夫し、これに配した。

簡易実験の事例

私の報告は、簡易実験の工夫と、その使い方がメインになるので、これについて少し詳しく述べたい。

これらの簡易実験は、ア)仕掛けが簡単で、原理が誰にもわかること、イ)材料が手に入りやすく準備・後始末に手間がかからない、ウ)親しみやすくソフトなイメージをもっていることが特徴で、親しみやすさを強調するために、適当と思われるニックネームをつけた。

1. 気体をつかむ

気体に限らず、物質が共通して持つ特徴、いわば「物質の条件」は、量に応じた「かさと目方を持つ」ということである。しかし、生徒達はこの点がはっきりしない。「気体は手答えがない」「水素は軽さをもつ」等言う。

そこでポリ袋に気体を封じ、手答えを感じさせ、「化学ではとらえられた気体のみをあつかう」ことを明らかにする(目方については後述)。あわせて、「閉じられた器の中の気体は別の気体の有無に関わりなく、全体に拡がる=拡散」「気体の体種は圧力と温度で著しく変化する。気体の通性をおさえる。単に空気をポリ袋に入れてさわらせるだけだが、これも私は立派な実験と考えている。」

表1 学習計画

学習項目	学習内容	簡易実験
1. 気体って何だ	1. 気体をとらえる 2. 気体はクッション 3. 拡散のふしぎ } 気体の通性	1. 気体をとらえる 2. 拡散のふしぎ
2. 何でも3態	1. みえない気体 2. 何でも3態 3. ふつととと蒸発	1. 逆流の実験 2. 食塩液化、水銀気化、プロパン液化 3. アワの子の実験 4. 二連式減圧沸騰
3. あてにならない気体の体積	1. 1 molの気体の体積 2. ボイルの法則 3. シャルルの法則(絶対温度)	1. 1 molの気体の体積 2. フラスコボイル則 3. 熱気球の実験 4. MOL BOXの実験
4. 気体で分子量を	1. 気体の状態方程式へ 2. 状態方程式で分子量を 3. 気体比重で分子量を	1. エーテル分子量 2. ゴムマリ分子量
5. 実在気体	1. 大気圧はすごい 2. 空気とその成分(分圧則) 3. 大気は分子のゴミ捨て場 4. 理想気体と実在気体	1. 新マグデブルグ

* もりぐち じょう 渋谷教育学園幕張高等学校 非常勤講師 〒260 千葉県千葉市若葉町1-3 TEL(0472)71-1221

2. アワの子の実験

液体が気化するしかたに、蒸発と沸騰があるが、生徒達にはこの区別がついていない。

教科書等では、「沸騰は飽和蒸気圧が外圧に等しくなったときおこる」と記されているが、これが理解されにくい。そこで、まず沸騰に着目させ、蒸気の泡が液面をおす外圧に抗してふくらむことを確かめた上、沸点以下の温度では、泡が押しつぶされ見えない「泡の子」になっていると規定、今もし人間が手助けをして(具体的には注射器で)泡をふくらませたとき、その泡の中の蒸気圧が飽和蒸気圧だと説明する。そして、温度による蒸気圧の増加を、水又は湯を入れた時の手助けの力(バネ秤)の差として示す。この泡の子の内圧が、液面をおす力と等しくなったとき沸騰がおこる(図1)。

3. 二連式減圧沸騰

冷水をフラスコにかけ、冷やせば冷やすほど沸騰ははげしく沸騰する減圧沸騰は、生徒には不思議な現象とうつつる。図2のようにフラスコを二連にすると、一方のフラスコに冷水をかけることにより、他の一方がはげしく沸騰する。その様子がみやすく迫力がある。実験後、飽和蒸気圧の考えをつかって説明する。その後、自分の言葉で説明を書かせる。文章で現象・概念を説明する訓練には、もってこいの材料である。

4. 1 mol の気体

1 mol の気体の体積は標準状態では、22.4 l、これを常温常圧にすると、ほぼ24 lになる。このことは化学を学ぶ以上、十分理解させておきたいが、これを単なる数値としてだけでなく、具体的なイメージをもたせるにはどうすればよいかということで、図3の実験

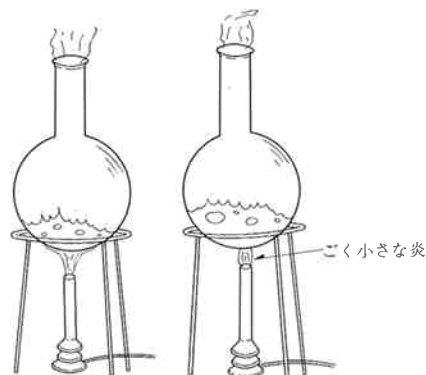


図2 二連式減圧沸騰

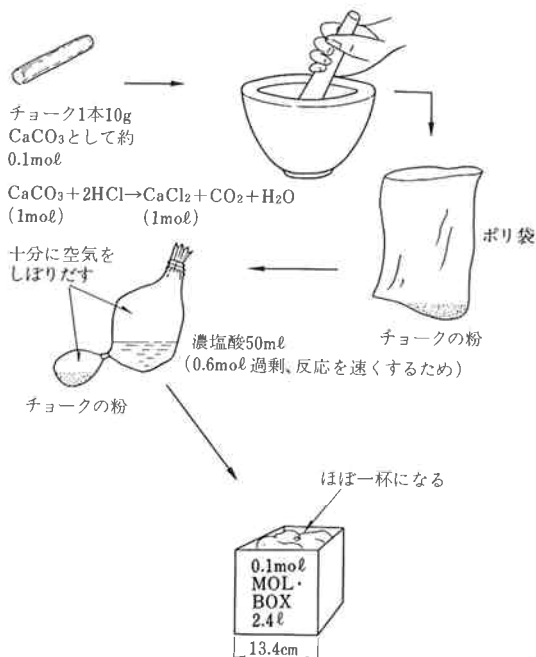


図3 1 mol の気体

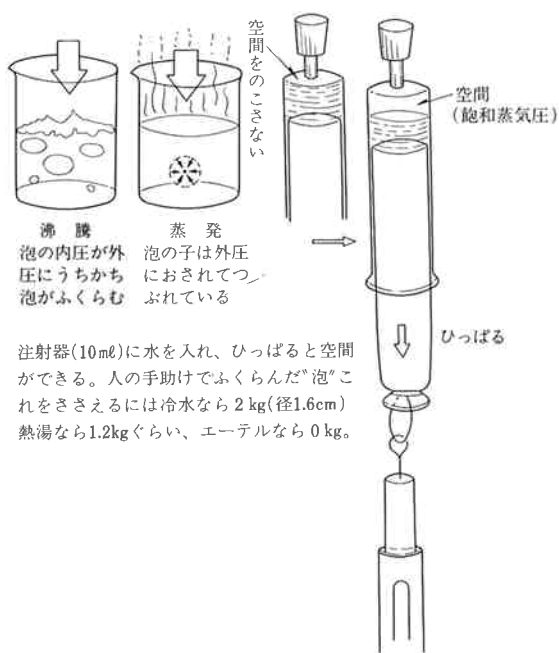


図1 「アワの子」の実験

を考えた。チョークは1本10g、これはCaCO₃として0.1 molにあたる。これを塩酸で分解すれば、計算上は0.1 mol、約2.4 lのCO₂を発生するはずである。そこで、ボール紙で内容積2.4 lのマスをつくり、ポリ袋に塩酸とチョークの粉を封じ、袋の中で反応させた。不純物が多いので完全に2.4 lにはならないが、ほぼ

袋は2.4ℓのマナー杯になる(図3)。

5. MOLBOX

シャルルの法則は実験が難しい。色々な案がだされているが、教師には満足しえても、生徒には今ひとつピンとこない。それで思いきって模型をつかう実験にきりかえた。

- 1) ビックリビールかんと熱気球
- 2) MOLBOX
- 3) 寒剤で空気を冷やす

図4は、1ℓのビールかんの口にポリ袋をとりつけてバーナーにかけるだけ、かんの空気があたたまると増張して袋が頭をだす。これだけで十分ユーモアがあるが、これを冷水にひたすと、またスルスルと袋が口の中にすべりこむ、これが何とも面白い。熱気球はポリのゴミ製をつかった教室用の簡易型。

図5は、1molの気体の体積を示すボール箱を用意する。100度、0度、-100度、-200度用を用意することで、労せずしてシャルル則のグラフをつくることができる。その結果を検証するために、60mlの空気を封じたポリ製のシリンジを、ドライアイスマタノールの寒剤にひたす。ほぼ予想通りの結果がでる。

6. フラスコボイル則

本実験は、フラスコの内圧を高めることで、フラスコに入れた注射器のピストンが自動的に圧縮されるので、気体の体積が圧力によってかわることが、感覚的にとらえられやすい。また、空気ポンプを注射針にとりかえ、ピンチコックを操作することで、たやすく圧力減少と体積増加の関係を示すグラフがえられる。

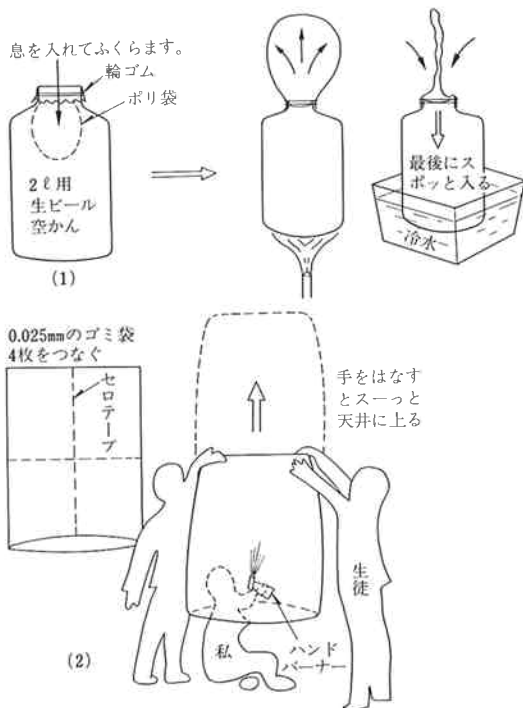


図4 ビックリビールかんと熱気球

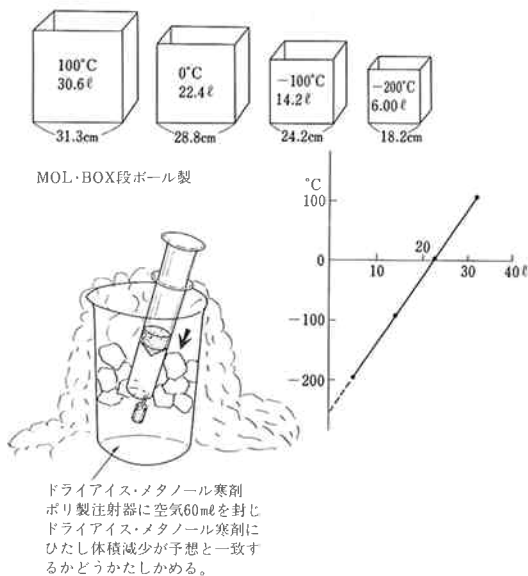


図5 MOL・BOX

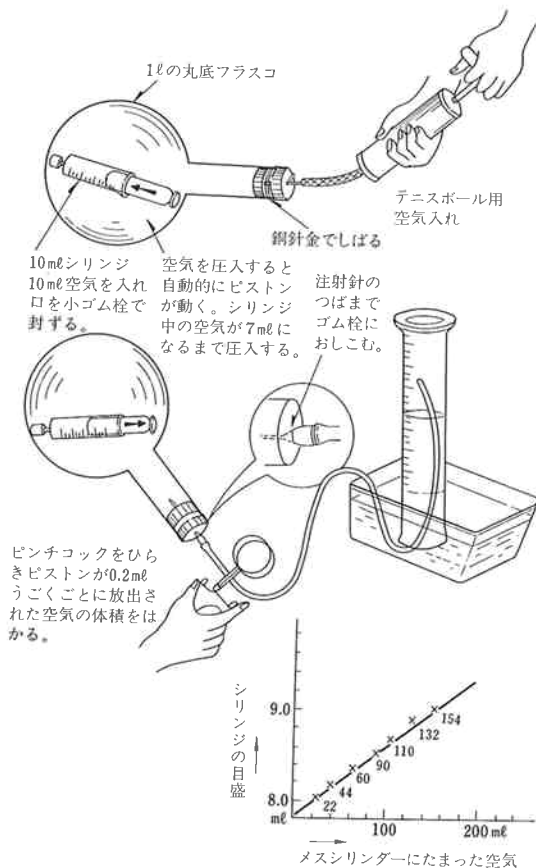


図6 フラスコ・ボイル則

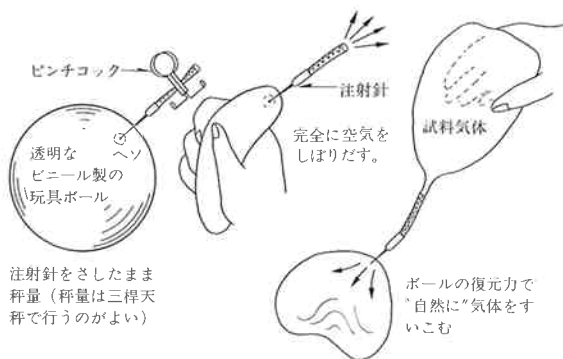
ただ、針につけかえるとき圧入した空気がもれるので、針の鏝元までしっかりさしこむ必要がある(図6)。

7. ゴムマリ分子量

分子量は単なる数値ではなく、物質の諸性質を示す、言わば物質の顔とも言うべき量で、その測定は重要な意味をもつ。従来気体の状態方程式を用いた、分子量の測定の実験は広く行われていたが、気体比重を用いた分子量の算出は計算のみにおわっていた。本実験は操作が簡単で、従って結果の精度は期待できないが、一応それらしい値がでる所を評価したい。ゴムマリは、1個100円位の透明なものを用い、ゴム(実はプラスチック)の復元力を利用して、一定量の試料気体を吸入する。秤量は三桿天秤で行うのが誤差が少なくてよい。また、予め空気(平均)と水素の分子量を既知のものとして、ゴムマリに吸入される気体の物質質量と、ゴムマリの重量をだす式をつくる。浮力も考慮して、気体の物質質量、ゴムマリ重量をだし、空気の質量を算出したら、あとは実験値から空気に対する気体比重をだし、これに28.8をかければ、その気体の分子量ということになる(図7)。

8. 新マグデブルグ

大気圧も、仲々実感できないもののひとつである。



注射針をさしたまま秤量(秤量は三桿天秤で行うのがよい)

試料気体	ボールごとの目方
空気	43.178g
水素	43.075
二酸化炭素	43.222
塩化水素	43.211
アンモニア	43.135
塩素	43.342

気体の目方=(気体の目方-気体のうける浮力)+(ボールの目方-ボールのうける浮力)
 空気 $(28.8x - 28.8x) + Y = 43.178g$
 水素 $(2.00x - 28.8x) + Y = 43.075$
 $26.8x = 0.103g$
 $x = 3.84 \times 10^{-3} mol$
 空気の目方 $= 28.8 \times 3.84 \times 10^{-3} = 0.111g$
 ボールの目方 - 浮力 $= Y = 43.178g$

二酸化炭素(二酸化炭素の目方(A)-浮力)+Y=43.222g

$$(A) - 0.111 + 43.178 = 43.222g$$

$$(A) = 0.155g \quad \text{気体比重}(B)(0.155 \div 0.111 = 1.40)$$

$$\text{分子量}(C)(28.8 \times 1.40 = 40.2(\text{文献値}44.0))$$

$$\text{塩化水素} \quad (A) = 0.144g \quad B = 1.30 \quad C = 37.3(36.5)$$

$$\text{アンモニア} \quad (A) = 0.068g \quad B = 0.61 \quad C = 17.6(17.0)$$

$$\text{塩素} \quad (A) = 0.275g \quad B = 2.48 \quad C = 71.4(71.0)$$

図7 ゴムボール分子量

これをあざやかに目にみえる形にかえた演示実験として、有名なマグデブルグの半球の実験がある。これは専用の器具が市販されているが、既成品をつかうよ



図8 新マグデブルグ

り、身近な器材をつかって行うことで、一層インパクトのつよい実験となる。ステンレス製サラダボールを2個用意し、一方にメタノールを少々入れて点火する。これにぬらしたボール紙のパッキングをおいて、もうひとつのボールをかぶせ、冷水中で冷やす。こうして密着した2個のボールは、ひっぱりが、ドライバーをさしこもうとしようが、はなれない。仲々見ごたえのある実験となる(図8)。

実践効果

気体と言えば、ボイル・シャルル則……といった、計算さえできるようになれば、と言う考えが私自身どこかにあったと思う。それが生徒達の学習意欲を削ぐ結果となっていた。

このような形で教材を見なおしてみる中で、気体というもの、私にも、また生徒にも目にみえるようになり、ボイルシャルル則のもつ意味もわかるようになった。もちろん、これだけでは十分でないし、ただちに計算がスラスラできるようにはならないが、以前よりはるかに抵抗感が少なくなり、かりに計算が不得手でも、気体が認識されているということが、このあとの学習にはかりしれないメリットを与えることになったことは事実である。