

比の関係で計算する

石川県立金沢西高等学校

江頭 和子

ねらい

これから化学を学ぶにあたり、計算や公式でつまずきそうだと思いませんか？

たしかに、化学では数学の授業に先んじてアボガドロ定数・モルを学びます。また、濃度の計算（%濃度，モル濃度）などみなさんが拒絶反応を示しそうな計算も必要です。

中学時代のつまずきを克服しないまま高校に来ている人はもちろんのこと、そうでない人も、指数や分数を扱う計算に抵抗感をもつのではないのでしょうか？そのあたりの漠然とした不安感に光をあて、「なーんだ、公式なんて憶えなくてもいいんだ。」「計算って案外かんたん」と思ってもらえる方法を説明します。

目次

1. 大きな数を扱うアボガドロ定数・小さな数を扱う原子量の表し方
2. 脱！公式
3. 原子量と相対質量
4. 原子量とアボガドロ定数
5. 質量%濃度
6. モル濃度

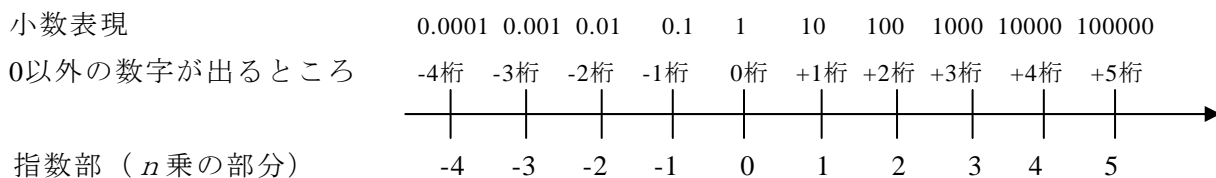
まず、1. で指数の扱いを理解し、2. で公式にとらわれない「比」を使った方法をつかんだら、3. 以降の演習でじっくり、階段を上るように理解を積み上げてください。

1. 大きな数を扱うアボガドロ定数・小さな数を扱う原子量の表し方

① 指数表現（「10の n 乗」）について

化学の授業でまずみなさんが悩まされるのが、この指数表現です。水素原子1個の質量を小数で表現すれば、0.0000000000000000000000001674グラムです。これでは、小さすぎて質量がつかめませんね。そこで、 1.674×10^{-24} と指数で表現するのです。

たとえば100のことを 10^2 「10の2乗」と表現することがありますね。これが指数表現です。この「10の n 乗」について、小数点と数直線を使って理解してみましょう。



上の数値の0.0001は小数点から4桁小さいところ(マイナス側)で1がでるから 1×10^{-4}

(1の上位に0が4つ)と表現します。

こうすると1が 1×10^0 である(1の上位にも下位にも0がない)ことも理解できますね。

② 対数表現について

対数とは①の指数表現した数直線を y 軸に変換したものと思ってください。

これが酸・塩基の単元で扱う pH の縦軸となります。一目盛の大きさが10倍ずつ変化する対数グラフ目盛です。

2. 脱！公式

化学で出てくる計算は、実はほとんどが比の関係で解けるのです。

① 相対質量について

「相対質量」とは原子の質量などのように極めて小さな数や大きな数を扱うときに活用される数値換算です。基準となるものの値をきめて、他の物の値が基準の何倍かで表すのです。

50gの卵を基準「1」とすれば、200gのリンゴの相対質量はその4倍だから「4」です。

3. 以降の演習で相対表現をつかみ、比の関係式から解けることを理解しましょう。

② 比の関係式

$1:2=3:X$ や $2:3=X:9$ の X はだいたいわかりますね。

では、 $3:4=5:X$ は？ $1.4:4=6:X$ は？

みなさんは $a:b=c:d$ のとき $a \times d = b \times c$ になることを、知っていますね？

$1:2=3:X$ ならば $a \times d = b \times c$ を用いて、 $1 \times X = 2 \times 3$ から $X=6$ です。

$3:4=5:X$ や $1.4:4=6:X$ も同様にやれば、ちょっと複雑な数の比でも求められます。

では、求めてみましょう。

③ 式量と諸数値の関係を比で表すと換算はラクチンだ！

どんな気体でも1molは標準状態で22.4リットルの体積を占めることを理解しよう。

物質質量(mol)が2倍になれば、個数も質量も気体の体積も2倍になります。

したがって、これらの数値には比の関係式が成り立っているのです、・・・

物質の量(mol) : 個数(個) : 質量(g) : 気体の体積(L)

の基本の比ができあがります。

原子量4の単原子分子ヘリウムの場合は、1mol、 6.0×10^{23} 個集めると4gになり

$1(mol) : 6.0 \times 10^{23}(\text{個}) : 4(g) : 22.4(L)$

ヘリウム0.3molは何g? というときは、この基本の式からmolとgのみ抜き出して、

$1(mol) : 4(g) = 0.3(mol) : x(g)$

の式を作り、 $1 \times x = 4 \times 0.3$ から、 $x = 1.2g$ を得ることができます。

式量、体積など数値換算も、比の式から同じ計算方法で求められるからラクチン!

④ 濃度計算も同じ方法で取り組む

5. 以降の演習では、濃度の公式を使わなくても、表に数値と未知数を入れ、未知数を含む比の関係式を作ることによって解けることが理解できます。

「～の濃度を求めよ」、

「この濃度の溶液を作るには何gの溶質が必要か」、

「この濃度の溶液は何gできるか」

など、濃度についてのどの数値がわからなくても、同じ形の比の関係式、同じ計算で解けるのです！

数値の取り扱いにコンプレックスのあるひとは、公式を使いこなすことに抵抗を感じています。この方法で理解できてきたら、自分の作った式をみてみよう！
結局のところ、教科書にある公式の形になっていることに気が付きませんか？

⑤ 積算（かけ算）は最後に

最後に、計算するときのコツをひとつ・・・

皆さんは計算を伴う問題が出てきたとき、どんな順番でしますか？

かけ算とわり算があるときは、わり算（分数の約分）を先にすることで、ずいぶん計算時間が短縮できるものです。

例えば、 $\frac{22.4 \times 7.4}{2 \times 1.12}$ は、 $22.4 \times 7.4 (=165.76)$ を $2 \times 1.12 (=2.24)$ で割ると筆算を3回します。
でも、 $22.4 \div 2 (=11.2)$ を 1.12 で割って $(=10)$ $\times 7.4$ すれば、
筆算せずとも答えの74にたどり着けますね。

限られた時間で解答するときは、迷わずわり算(約分)を先にしてしまいましょう！

3. 原子量と相対質量

原子1個の質量：極めて小さい

例) 質量数1の水素の質量は ${}^1\text{H} = 1.674 \times 10^{-24}$ g です。

単位 (g) がついていますね。これを (絶対質量) といいます

↓

しかし、前述したように、原子の質量は極めて小さくてグラム単位で扱うことは不便です。

↓

そこで各原子の質量をひとつの基準と比較して表す。

このとき、この数値には **単位がありません**。これを (相対質量) といいます

例1) A子さんの質量(ほぼ体重と同じ) : 50kg
ゾウの質量(ほぼ体重と同じ) : 2000kg (2t) } (絶対質量)

A子さんの体重を1とするとゾウの体重は $2000\text{kg} / 50\text{kg} = (1.40)$ となる。
(基準) (相対質量)

$$\left. \begin{array}{l} \text{例 2) 地球の質量: 約 } 6.0 \times 10^{24} \text{ kg} \\ \text{太陽の質量: 約 } 2.0 \times 10^{30} \text{ kg} \end{array} \right\} \text{(絶対質量)}$$

絶対質量では膨大すぎて比較しにくいので地球の質量を1とすると太陽の質量は・・・
(基準)

$$\frac{2.0 \times 10^{30} \text{ kg}}{6.0 \times 10^{24} \text{ kg}} = 3.3 \times 10^5 \rightarrow \text{太陽の質量は地球の (2. 33万) 倍とわかる}$$

(相対質量)

$$\left. \begin{array}{l} \text{例 3) } {}^1_2\text{C 原子 1 個 (質量数12) の質量: } 1.99 \times 10^{-23} \text{ g} \\ {}^1_1\text{H 原子 1 個 (質量数1) の質量: } 1.67 \times 10^{-24} \text{ g} \end{array} \right\} \text{(絶対質量)}$$

${}^1_2\text{C}$ の質量を12とすると ${}^1_1\text{H}$ の質量は1.00となる.
(基準) (相対質量)

↓

さらに天然に存在する原子は一定の存在比で同位体を持つので、存在比をもとに相対質量の平均値を出す.

例 1) ${}^1_1\text{H}$ (相対質量 1) の存在比は 99.99% (10000個のうち 9999個)

${}^2_1\text{H}$ (相対質量 2) の存在比は 0.01% (10000個のうち 1個)

$$1 \times \frac{99.99}{100} + 2 \times \frac{0.01}{100} = (3. 1.0001)$$

または,

$$\frac{1 \times 9999 + 2 \times 1}{10000} = (4. 1.0001)$$

↓

では、塩素の同位体の存在比を参考にして、水素と同じように相対質量の平均値を求めてみよう.
 ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ (相対質量 35) の存在比は 75.76% ${}^{37}_{17}\text{Cl}$ (相対質量 37) の存在比は 24.24%

$$\text{(計算) } 35 \times 0.7576 + 37 \times 0.2424 = 26.516 + 8.9688$$

$$= 35.4848$$

$$\approx 35.5$$

↓

こうして求めた各原子相対質量の平均値を (5. 原子量) といい、いろんな化学の計算に用います.

【練習 1】よく用いられる原子の原子量を元素の周期表をみて答えなさい.

$$\text{H} = (6. 1.0) \quad \text{C} = (7. 12) \quad \text{N} = (8. 14)$$

$$\text{O} = (9. 16) \quad \text{Na} = (10. 23) \quad \text{Al} = (11. 27)$$

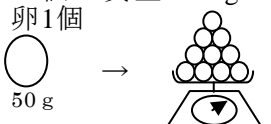
$$\text{S} = (12. 32) \quad \text{Cl} = (13. 35.5) \quad \text{K} = (14. 39)$$

$$\text{Ca} = (15. 40) \quad \text{Fe} = (16. 56) \quad \text{Cu} = (17. 64)$$

$$\text{Ag} = (18. 108)$$

4. 原子量とアボガドロ定数

卵1個の質量が50gのとき, 1.5kg(1500g)の卵の山に, 卵は (1. 30) 個ある.

卵1個  ←何個かな? $\frac{1500\text{g}}{50\text{g}} = (2. 30)$ 個

↓
←1.5kg!(1500g)

卵の質量を1としたとき (相対質量) のリンゴの質量が5だったとすると
リンゴの質量は卵の (3. 5) 倍である.

↓
卵1個が50gだったのでリンゴ1個の絶対質量は (4. 250) g.

↓
さきの卵1.5kgの山と同数個 (5. 30) 個のリンゴを集めると
(6. 250) g × (7. 30) 個 = (8. 7500) g = (9. 7.5) kg

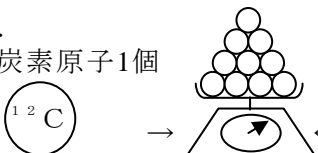
↓
卵とリンゴ (10. 30) 個どうしの質量の比は
(11. 1500) g : (12. 7500) g = (13. 1 : 5) ←最も簡単な整数比

↓
つまり, 何個かの卵とリンゴの質量比が相対質量比(1:5)と等しければ, その卵とリンゴの個数は等しいのである!

原子の世界では $^{12}_6\text{C}$ の質量を12とした相対質量で原子量, 分子量, 式量を求めてきた.

H = (14. 1.0) O = (15. 16) H₂O = (16. 18) など...

↓
 $^{12}_6\text{C}$ 1個の質量が 1.99×10^{-23} gなので, 炭素12g中に, 炭素原子は (17. 6.03×10^{23}) 個ある.

炭素原子1個  ←何個かな?

$^{12}_6\text{C}$ \rightarrow $\frac{12\text{g}}{1.99 \times 10^{-23}\text{g}} = (18. 6.03 \times 10^{23})$ 個

↓ 1.99×10^{-23} g ←12g

卵とリンゴの同数個どうしの質量の比較を思い出して下さい.

CとHの原子量 (相対質量) の比は

C 1個 : H 1個 = 12 : 1
 C 2個 : H 2個 = 24 : 2 = (19. 12 : 1)
 C 10個 : H 10個 = (20. 120 : 10) = 12 : 1
 C n個 : H n個 = 12n : 1n = (21. 12 : 1)

↓
∴同数個どうしの質量比は (22. 相対質量) の比に等しい.

↓
ところで, $^{12}_6\text{C}$ の12g中にはC原子が (23. 6.03×10^{23}) 個ありましたね?

$^{12}_6\text{C}$ (24. 6.03×10^{23}) 個 : H (25. 6.03×10^{23}) 個 = (26. 1 : 1)

↑最も簡単な質量比

↓

しつこいようですが、 ^{12}C (27. 6.03×10^{23}) 個は12gでしたよね！

ということは (28. 6.03×10^{23}) 個のHの質量は (29. 1) gとなります。

↓

この、12gや (30. 1) gはそれぞれの原子の (31. 相対質量) にg単位をつけたものです。

↓

このことから、原子量や分子量、式量にg単位をつけた質量中には、常に同じ数 (32. 6.03×10^{23}) = N_A 個の粒子が存在するのです。

↓

そこで、この粒子数 N_A 個を (33. アボガドロ定数) といい、単位記号mol(モル)をつけ、1molで表します。

これは、12個を1ダースというのと同じ考え方です。

このように、いくつかの数をひとまとめにして、ある単位で表した量を以下にあげます。

【練習2】 (34. 60) 秒=1分 (35. 7) 日間=1週間

(36. 12) ダース=1ダース 300分= (37. 5) 時間

物質1mol中に存在する粒子数 N_A ($=6.02 \times 10^{23}$ 個/mol)のことを (38. アボガドロ定数) といいます。

物質質量：「物」の「質量」？、「物質」の「量」？

初めに化学で行き詰まる人はここでつまづいているようです。

「あの、モルっていうのが解らなかつたのよ〜！」って。

そこでよく聞いてみると、「質量、質量っていうのに重さじゃないでしょ？個数とか体積とか出てきて、わけ分かんなくなっちゃって・・・」

なるほど、彼女は物質質量を「物」の「質量」と思っていたのでしょうかね。

そうではなくて、物質質量は「物質」の「量(個数)」と考えてください。

1ダースの物質質量は12個と同じように、

1モルの物質質量は 6×10^{23} 個っていう膨大な個数なんだって。

どうですか？つかめましたか？

↓

物質の質量や物質質量は、各原子の原子量をもとに比で計算できる。

例) 炭素の原子量は12だから、C 1molは (39. 12) g.

C 1.5molは、1mol : 12g = 1.5mol : x g 内項の積=外項の積 ($a:b=c:d$ のとき $a \times d = b \times c$)

だから、1mol $\times x$ g = 12g \times 1.5molとなり、 $x =$ (40. 18) g

【練習3】銀 A gの原子量は108です。

1) A g 1.0 mol = (41. 108) g

2) A g 32.4g = (42. 0.3) mol

3) A g 4.5 mol = (43. 486) g

4) A g 270g = (44. 2.5) mol

5. 質量%濃度

基本：溶液100g中に xgの溶質が溶けているとき， x%である。

(1) ショ糖25gを水100gに溶かした。この溶液の質量%濃度を求めよ。

	溶質	溶媒	溶液	
X	A	Xg	B 100g	←基本！ A : B = C : Dだから A × D = B × Cになる
%	C	25g	D (125g)	

$125 X = 100 \times 25 \quad X = 100 \times 25 / 125 = 20 \quad \text{答え} 20\%$

(2) (1)と同じ濃度の溶液160gは水何gとショ糖何gか。

	溶媒	溶質	溶液	
X	A	B 20g	C 100g	←基本！
%	D	E Xg	F 160g	

$20 : 100 = X : 160 \text{より } X = 160 \times 20 / 100 = 32g$

(3) 81gの水に9.0gの塩化ナトリウムを溶かした溶液の質量%濃度を求めよ。

	溶媒	溶質	溶液	
X	A	B Xg	C 100g	←基本！
%	D	E 9g	F 90g	

$X : 100 = 9 : 90 \text{より } X = 100 \times 9 / 90 = 10\%$

(4) 120gの水で(3)と同じ濃度の食塩水を作ったら食塩は何g溶かせばよいか。

	溶媒	溶質	溶液	
X	A 90g	B 10g	C 100g	←基本！
%	D	E Xg	F	

$90 : 10 = 120 : X \text{より } X = 10 \times 120 / 90 = 13.33g$

(5) 100gの水に30gの硝酸カリウムを溶かした溶液の質量%濃度を求めなさい.

	溶媒	溶質	溶液	
X %	A	B X g	C 100g	←基本!
	D	E	F	
	100g	30g	130g	

$$X : 100 = 30 : 130 \text{ より } X = 100 \times 30 / 130 = 23.17\%$$

(6) (5)の溶液を水で薄めて5%にしたい. 何gの水を加えたらよいか.

	溶媒	溶質	溶液	
X %	A 95g	B 5g	C 100g	←基本!
	D	E	F	
	$100 + X$ g	30g		

$$95 : 5 = (100 + X) : 30 \text{ より } 100 + X = 95 \times 30 / 5 = 570\text{g} \\ X = 470\text{g}$$

(7) 30°Cの水100gに硝酸カリウムは45g溶けて飽和した. 質量%濃度を求めなさい.

	溶媒	溶質	溶液	
X %	A	B X g	C 100g	←基本!
	D	E	F	
	100g	45g	145g	

$$X : 100 = 45 : 145 \text{ より } X = 100 \times 45 / 145 = 31.0\%$$

(8) (7)の溶液に水を45g加えた. この溶液の質量%濃度を求めなさい.

	溶媒	溶質	溶液	
X %	A	B X g	C 100g	←基本!
	D	E	F	
	$100 + 45$ g	45g	190g	

$$X : 100 = 45 : 190 \text{ より } X = 100 \times 45 / 190 = 23.68\%$$

6. モル濃度

基本：溶液1リットル中にXmolの溶質が溶けているとき、Xmol/Lである。

(1) ブドウ糖(分子量180)0.2molを水に溶かして250mLにしたときのモル濃度。

	溶質		溶液		
	溶媒	溶質	溶媒	溶質	
X		A Xmol	B	1000mL	←基本！ A : B = C : Dだから A × D = B × Cになる
mol/L		C 0.2mol	D	250mL	

$X \text{ mol} : 1000 \text{ mL} = 0.2 \text{ mol} : 250 \text{ mL}$

！注目！↑表の縦の列で単位が同じこと

比の式を作るときの注意ポイント！同じ場所の単位をそろえること (mol) : (リットル) = (mol) : (リットル)

$$250X = 1000 \times 0.2 \quad X = 200 / 250 = 0.8 \quad \text{答え} 0.8 \text{ mol/L}$$

(2) ブドウ糖(分子量180)54gを水に溶かして200mLにしたときのモル濃度。

	溶質		溶液		
	溶媒	溶質	溶媒	溶質	
X		A Xmol	B	1000mL	←基本！ A : B = C : Dだから A × D = B × Cになる
mol/L		C 54g	D	200mL	

$X \text{ mol} : 1000 \text{ mL} = 0.3 \text{ mol} : 200 \text{ mL}$

↓ molに直す
 $1 \text{ mol} : 180 \text{ g} = Y \text{ mol} : 54 \text{ g}$
 $180 Y = 54$
 $Y = 54 / 180 = 0.3 \text{ mol}$

注意！単位をそろえること
 $200 X = 1000 \times 0.3$
 $X = 300 / 200 = 1.5$
 答え1.5 mol/L

(3) NaCl(式量58.5)を0.2mol/Lの水溶液200mLにするにはNaClを何g溶かせばよいか。

	溶質		溶液		
	溶媒	溶質	溶媒	溶質	
0.2		A 0.2mol	B	1000mL	←基本！
mol/L		C Xmol	D	200mL	

$0.2 \text{ mol} : 1000 \text{ mL} = X \text{ mol} : 200 \text{ mL}$

Xを求めたらgに直す
 $1 \text{ mol} : 58.5 \text{ g} = X \text{ mol} : Y \text{ g}$
 $Y = 58.5 \times X$
 $= 58.5 \times 200 \times 0.2 / 1000$
 $= 2.34 \text{ g}$

(4) 150mL水溶液中に0.75molのショ糖が溶けている。モル濃度を求めよ。

	溶質		溶液		
	溶媒	溶質	溶媒	溶質	
X		A Xmol	B	1000mL	←基本！
mol/L		C	D		

$X : 1000 = 0.75 : 150$ より $X = 1000 \times 0.75 / 150 = 5.0 \text{ mol/L}$

(5) ショ糖0.3molを溶かして0.2mol/Lの水溶液にするには水で何mLに薄めたらよいか.

	溶媒	溶質	溶液	
		A 0.2mol	B 1000mL	←基本!
mol/L		C 0.3mol	D XmL	

$0.2 : 1000 = 0.3 : X$ より $X = 1000 \times 0.3 / 0.2 = 1500\text{mL}$

(6) NaOH(式量40)10gを1.25mol/Lの水溶液にするには水で何mLに薄めたらよいか.

	溶媒	溶質	溶液	
		A 1.25mol	B 1000mL	←基本!
mol/L		C 10g	D YmL	

↑ 10gをmolに直す
 $1 \text{ mol} : 40\text{g} = X \text{ mol} : 10\text{g}$ $X \text{ mol} = 0.25\text{mol}$
 $1.25 : 1000 = 0.25 : Y$ より $Y = 1000 \times 0.25 / 1.25 = 200\text{mL}$

(7) ブドウ糖(分子量180)0.2mol/Lの水溶液250mLにはブドウ糖が何g溶けているか.

	溶媒	溶質	溶液	
		A 0.2mol	B 1000mL	←基本!
mol/L		C Xmol	D 250mL	

↓ gに直す
 $1 \text{ mol} : 180\text{g} = X \text{ mol} : Y\text{g}$
 $0.2 : 1000 = X : 250$ より $X = 0.2 \times 250 / 1000 = 0.05\text{mol}$
 $Y = 180 \times 0.05 = 9\text{g}$

参考文献

[1] 鍵本 聡, 計算力を強くする, 講談社BLUE BACKSシリーズ, 2005年