

## ● 化学ワンポイントアドバイス ●

# モルって何? — Part.1

駒場東邦中学高等学校 今井 泉



### 原子、分子、イオンを「集団」で扱う?

原子、分子、イオンにはそれぞれ固有の質量がある。しかし、原子1個の質量は非常に小さく、水素原子は $0.000000000000000000000000167\text{g}$  ( $1.67 \times 10^{-24}\text{g}$ )しかない。このような非常に軽くて小さい原子、分子、イオンをグラム単位で表すのは不便である。どのように扱えばよいのだろうか。その答を探るためのヒントが、日常生活の中に隠されている。われわれは、ボールペンを1ダース(12本)、ピンポン玉を1グロス(144個)、海苔を1帖(10枚)など、あるひと一括りを単位として扱う考え方をする。その考え方を利用すれば、非常に小さい粒子の扱いが可能となる。すなわち、ある数の粒子ひとまとまりを「集団」として扱うことで、質量が手ごろな大きさになる(天秤で量ることが可能となる)。それでは、いったい、どのくらいの数の粒子を「集団」とするのであろうか。

化学者は、 $6020000000000000000000000$  ( $6.02 \times 10^{23}$ )個の粒子をひとつの「集団」と考えた。

### 6020000000000000000000000 (6千20垓(がい))!!

全く実感のわかない6千20垓。たとえば、校庭の砂場の砂を1秒間に1個ずつ砂粒を数えたとしても約 $1900000000000000000$  ( $1.9 \times 10^{16}$ )年。とは言うものの、それだけの数の砂粒が校庭の砂場にあるのだろうか。砂粒一粒の体積の大きさにもよるが、6千20垓個の砂粒を集めると、富士山約30個分の体積となる。どちらにしても、身近なもので6千20垓という数を実感できない。「すごく大きい数字なんだ!」という感想を持つことができれば充分。何しろ、それだけの数の原子や分子を集めてくれば、化学の研究者のみならず中高生の諸君も、実際に「集団」の質量を測定することが可能になる。たとえば、水素原子は1 g、酸素原子は16 g、水分子は18 gというように、かなり実感できる質量となる。

### 物質とモル

中学校理科第1分野でも学んだように、電気分解とは、自然に進まない化学反応を電気エネルギーの助けで進める操作だ。たとえば、水酸化ナトリウム水溶液に白金の電極を入れ、一定値以上の電圧をかけると陰極(−極)で水素、陽極(+極)で酸素が発生する。粒子に注目し、2個の水分子 $\text{H}_2\text{O}$ が分解し、2個の水素分子 $\text{H}_2$ と1個の酸素分子 $\text{O}_2$ ができることも学習した( $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ )。このとき、水分子の個数が決まれば、電気分解で生成する水素分子や酸素分子の個数も決まってくる。化学では、粒子の数に注目して物質の量を考えると、化学反応が理解しやすくなる。粒子の個数に着目した物質の量を「物質量」(amount of substance)という。物質量は**モル**(記号mol)という単位で表し、物質1 molには先ほどの $6.02 \times 10^{23}$  (6千20垓)個の粒子が含まれる。この数を**アボガドロ定数**(Avogadro constant)<sup>注1)</sup>という。水の電気分解は、物質量を使えば、「水2 molが分解し、水素2 molと酸素1 molになる」と、わかりやすく言い表せる。

現行の単位系の基本は、国際単位系(SI)<sup>注2)</sup>である。SIは世界の多くの国で採用され、広く使われている。SI基本物理量(表1)のうち、「長さ」、「質量」、「時間」などは日常生活における必要性とも関連して親しみやすい。「物質量」は高等学校理科(化学)で新しく登場する。化学のコミュニケーション手段:物質量(単位mol)を積極的に使いこなそう。

表1 SI基本物理量とSI基本単位<sup>注3)</sup>

| 基本物理量 | 量の記号  | SI単位の名称 | SI単位の記号 |
|-------|-------|---------|---------|
| 長さ    | $l$   | メートル    | m       |
| 質量    | $m$   | キログラム   | kg      |
| 時間    | $t$   | 秒       | s       |
| 電流    | $I$   | アンペア    | A       |
| 熱力学温度 | $T$   | ケルビン    | K       |
| 物質量   | $n$   | モル      | mol     |
| 光度    | $I_v$ | カンデラ    | cd      |

### 注1) アボガドロ定数

アボガドロ定数の精密な測定値は $6.0221415 \times 10^{23} / \text{mol}$ である。イタリアの物理学者・化学者アメデオ・アボガドロ(1776-1856年)は、長年にわたりトリノ大学の物理学教授をつとめた。1811年にアボガドロの仮説を発表し、分子の存在を仮定した。しかし、1860年の国際会議で再評価され広く認知されるまで、約半世紀間影響力を持たなかった。 $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ をアボガドロ定数と呼ぶのは、いうまでもなく彼の功績を記念するものである。

### 注2) SIという略語の由来

国際単位系(SI)は、1960年の国際度量衡総会で決議され、他の国際組織などの協力のもとに、数回の修正や拡張を経て普及の努力が続けられている。「国際単位系」の仏語名はLe Système International d'Unités、英語名はThe International System of Unitsであるが、国際度量衡総会の公式な用語は19世紀のメートル条約以来の伝統でフランス語と定められている。したがって、国際単位系の略語もSIに統一されている。(日本化学会編、朽津耕三著、化学で使う量の単位と記号、丸善、2002。)

### 注3) 基本物理量

多数の研究者の長年にわたる研究の成果と国際機関での100年を超える議論を経て、7種の基本物理量に基づく現在の国際単位系が1960年に採用された。(日本化学会編、朽津耕三著、化学で使う量の単位と記号、丸善、2002。)

今回はPart.2。「アボガドロ定数が質量の新基準に？」

## コーヒーブレイク

### Coffee Break



### … たたら製鉄 …

1997年に大ヒットしたアニメ映画「もののけ姫」を知っていますか?この映画の中で、村人たちが、たたら製鉄を行っている様子が描かれています。たたら製鉄とは、日本古来から行われてきた製鉄技術です。粘土で築いた箱形の低い炉に、原料の砂鉄と燃料の木炭を入れ、鞴(ふいご)で炉内に風を吹き込むことによって鉄を作ったのです。一方、現在の製鉄では、鉄鉱石(主成分 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、コークス(C)、石灰石( $\text{CaCO}_3$ )を溶鉱炉に入れ、 $1200^\circ\text{C}$ の熱風を高圧で吹き込むことによって鉄を作っています。

たたら製鉄には、砂鉄から直接に「鋼(はがね)」をつくる鑄(けら)押し法と「銚(ずく)」をつくることを目的とする銚押し法があります。「鋼」は叩いたり、伸ばしたりして鍛えることができ、しかも焼きを入れて硬くすることができるので、日本刀をはじめ、刃物、工具などに用いられてきました。一方、「銚」は炭素量が多いため、もろくて溶けやすいので鑄物に用いられましたが、大鍛冶場で炭素抜き鍛錬することによって包丁鉄としても使われました。

明治時代以降、たたら製鉄は生産性で劣るために現在の製鉄方法に対抗できず、ついに大正12年に商業生産を終えました。その後も断続的に生産はされてきましたが、戦後しばらく途絶えていました。ところが、たたら製鉄で得られる鋼は、日本刀素材として欠かすことができないもので、日本刀制作に支障をきたすようになりました。そこで、昭和52年に(財)日本美術刀剣保存協会が文化庁の補助事業として島根県仁多郡横田町(現:奥出雲町)でたたら製鉄を復活させました。これを「日刀保(にっとうほ)たたら」と呼びます。現在、鑄(けら)押し法による操業は毎年冬期に三回程度行われ、生産された鋼は全国の刀匠約250人に分与され、これによって日本刀が制作されています。



島根県飯石郡吉田村にある全国で現存する唯一のたたら建築(中央にあるのが製鉄炉)