



## はじめに

本書は、公害防止管理者等国家試験（大気関係・水質関係）を初めて受験する方を対象に、化学の基礎的な知識を理解していただくことを目的として書かれています。

公害防止管理者等国家試験の法令を除いた受験科目（「大気特論」、「ばいじん・粉じん／一般粉じん特論」、「大気有害物質特論」、「大規模大気特論」（以上、大気関係4科目）、「汚水処理特論」、「水質有害物質特論」、「大規模水質特論」（以上、水質関係3科目））では、化学に関する基礎的な知識が求められます。たとえば原子量と分子量、モル濃度、pHの定義、平衡定数、酸化と還元、化学反応を用いた化学計算、トリクロロエチレン等有機化合物の化学構造といったことなど、化学の基本に対する理解が必要です。

本書は高校化学の基礎知識を公害防止管理者向けにアレンジしているので、化学が苦手だったり、化学を忘れていた文科系出身受験者の方には最適の入門書になっています。

本書で学習したあと『新・公害防止の技術と法規』に取りかかれば、高くみえた国家試験のハードルがぐっと身近になっているのがわかります。さらに化学・物理の知識を深めてから学習したい方には、『公害防止管理者になるための化学の基礎知識 実践編』をあわせてお勧めいたします。

最後になりましたが、ご多忙のところ執筆にあたられた溝呂木昇氏に深く感謝申し上げます。

2014年7月

一般社団法人 産業環境管理協会

# 公害防止管理者になるための 化学の基礎知識 入門編

## 目次

●はじめに ..... i

### Chapter 01 ■ 原子の構造 ..... 002

- 原子と元素 ●原子の構造 ●原子の質量数 ●原子の質量
- イオン ●元素の周期律 ●同素体 ●電気陰性度

### Chapter 02 ■ 分子をつくる化学結合 ..... 022

- 化学結合 ●共有結合 ●イオン結合
- 金属結合 ●分子間に働く力

### Chapter 03 ■ 固体・液体・気体 ..... 034

- 物質の状態変化 ●蒸気圧 ●気体の性質

### Chapter 04 ■ 溶液 ..... 054

- 水に溶けやすい物質 ●溶解度 ●溶液の濃度

- 沸点上昇と凝固点降下
- 浸透圧
- コロイド溶液
- 界面活性剤

## Chapter 05 ■ 化学反応 ..... 080

- 化学反応熱
- 化学反応の速さ
- 化学平衡
- 化学平衡の移動
- 化学反応式
- 化学反応計算

## Chapter 06 ■ 酸と塩基の反応 ..... 110

- 酸と塩基
- 酸・塩基の分類
- 塩

## Chapter 07 ■ 水素イオン指数(pH)と中和 ..... 118

- 水の電離
- 水のイオン積
- 水素イオン指数 (pH)
- 中和
- 中和滴定
- 緩衝溶液
- 金属イオン濃度と pH との関係

## Chapter 08 ■ 酸化還元反応 ..... 134

- 酸化と還元
- 電気分解
- 金属のイオン化傾向
- 電池

## Chapter 09 ■ 有機化合物の性質 ..... 146

- 有機化合物の特徴
- 有機化合物の種類
- 官能基による分類
- 炭素骨格による分類
- 脂肪族炭化水素
- 芳香族炭化水素
- 異性体
- 有機化合物の反応
- 高分子化合物

装丁

テラカワ アキヒロ (Design Office TERRA)

本文デザイン

山崎 ワタル

# 原子の構造

## 1-1 原子と元素

物質を構成しているもとなる粒子を「原子」という。原子の種類、いわゆる「元素」がいくつあるかという、水素、炭素、酸素、窒素、りん、カドミウム、鉛など 109 種類である。これらのうち自然界で確認されたものは 90 種類で、その他のものは人工的につくりだされたものである。

元素とは、同一の原子番号（後述）をもつ原子の総称であり、水素といったときは元素の一種をいい、水素元素には重水素や三重水素などの質量数の異なる原子（同位体（後述））が存在する。元素 109 種類というが、原子の数でいうと安定なものだけでも約 300 種類となる。

原子の種類=元素= 109 種類（自然界で確認されたもの 90 種類）

## 1-2 原子の構造

水は、酸素原子 1 個と水素原子 2 個とが結合した水分子の集合体である。水分子は、酸素原子を中央にしてその両側に水素原子が結びついている。酸素原子と水素原子は直線状に結合しているのではなく、水素原子がぬいぐるみの耳のように酸素原子に結合しており、それぞれの原子の中心を結ぶと「くの字」の形になっている。

原子の直径は、1 億分の 1cm ( $10^{-8}$ cm = 0.1nm (ナノメートル)) 程度



図 1.1 水の分子構造

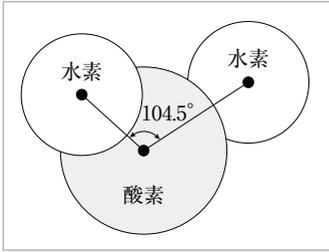


表 1.1 粒子のもつ電気量の絶対値

粒子の種類	電気量
陽子	+ 1.602C (クーロン)
中性子	0
電子	- 1.602C (クーロン)

\*注 C (クーロン) は電気量の単位。1A の電流によって 1 秒間に運ばれる電気量。

である。水分子の酸素原子と水素原子の原子核間の距離は、二つの原子が多少重なり合っているため、0.1nm より少し短く、原子核間の角度は直角より大きく 104.5° に開いている (図 1.1)。

原子は、さらにミクロにみると、原子核とその周囲を動き回っている何個かの電子からできている。原子の中心にある原子核は、陽子と中性子とからなる複合粒子で、その直径は  $10^{-12}$ cm 程度で、原子の 1 万分の 1 程度の大きさである。

**原子の大きさ：およそ 1 億分の 1cm**

**原子核の大きさ：原子の 1 万分の 1 程度**

電子はマイナスの電荷を帯びた粒子で、陽子はプラスの電荷をもつ粒子であるが、電子と陽子の電気量の絶対値が等しく符号だけが反対である。

原子を構成している陽子と電子の数は等しく、原子全体は電氣的に中性である (表 1.1)。

原子核に含まれる陽子の数によって、元素の種類が決まる。陽子の数が原子番号となる。原子番号 1 (陽子 1 個) の元素が水素、原子番号 8 (陽子 8 個) の元素が酸素である。

図 1.2 水素と酸素の原子モデル

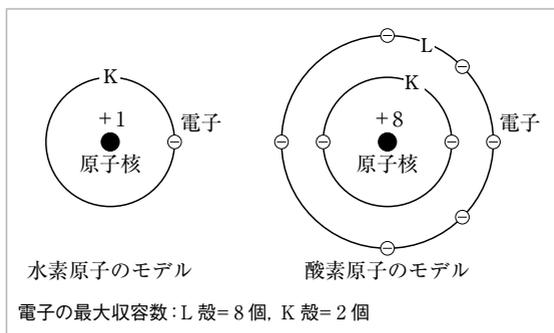


表 1.2 原子の最外殻電子の配置

H ·							He :
Li ·	· Be ·	· B ·	· C ·	· N ·	· O ·	· F ·	· Ne :
Na ·	· Mg ·	· Al ·	· Si ·	· P ·	· S ·	· Cl ·	· Ar :

原子番号=陽子の数=電子の数

電子は原子核の周囲を動き回っている。電子の位置を正確に測定するために光を照射しても、電子は光粒子にはじかれてしまうため、その瞬間的な位置を特定することはできない。このため、電子は原子核の周囲に綿雲状に巻きついたような状態で存在していると考えられる。しかし、原子の構造をより理解しやすくするために、原子の模型を太陽系の太陽と惑星との関係に似せたモデル（ボーアの原子モデル）で表すことがある。ボーアの原子モデルで原子核の周囲の円は電子の軌道を表した「電子殻」である。

電子の配置は規則的であり、原子核に近い電子殻が電子で満杯になると、次の電子殻に収容される。電子殻は原子核に近いほうから K 殻, L 殻, M



殻, N 殻とよんでいる。電子の最大配置数は K 殻が 2 個, L 殻が 8 個, M 殻が 18 個, N 殻が 32 個である。

たとえば, 酸素原子の電子 8 個は, K 殻に 2 個, L 殻に 6 個がそれぞれ配置される (図 1.2)。主要な原子について, 最外殻に配置されている電子の数を示すと, 表 1.2 のとおりである。

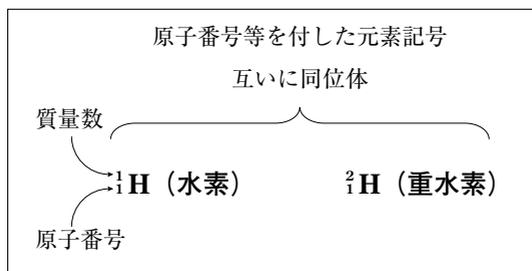
ボーアの原子モデルで最外殻に配置されている電子の数をその原子の「価電子」といい, 原子の化学的な性質を決めるカギになる。原子の電子配列を示した表で縦の列の原子は原子価が同じである。表の右端のヘリウム (He), ネオン (Ne), アルゴン (Ar) のように最外殻の電子の数が電子殻の最大収容数になっているものは化学的にきわめて安定である。

### 1-3 原子の質量数

原子の陽子と中性子の数を加えた値を原子の質量数という。

$$\text{質量数} = \text{陽子の数} + \text{中性子の数}$$

水素原子は, 通常, 中性子をもたず, 陽子 1 個と電子 1 個からなり, 質量数は 1 である。しかし, 自然界には中性子 0 個のものが 99.98% 以上を占めているが, 中性子を 1 個もつ質量数 2 の「重水素」が 0.015% 存在し, 中性子 2 個, 質量数 3 の「三重水素」もほんの少し存在する。このように陽子の数 (原子番号) が等しくても中性子の数 (質量数) の異なる原子がある。これらの原子どうしを「同位体」という。水素原子には 3 種類の同位体が存在する (表 1.3, 図 1.3)。



**同位体：陽子の数（原子番号）は等しく、中性子の数（質量数）が異なる原子どうし**

原子の化学的な性質は、電子の数（電子配列）によって決まる。同位体は、中性子の数は異なるものの電子（陽子）の数が同数なため、化学的な性質はまったく同じである。このため、同位体は同一の元素として扱われ、同じ元素記号で表す。同位体を区分したいときは、元素記号に原子番号と質量数を付す方法がある。

原子番号 8 の酸素も、自然界では 99.76% が質量数 16（中性子 8 個）であるが、質量数 17（中性子 9 個）のものが 0.037%、質量数 18（中性子 10 個）のものが 0.204% 存在する。

3 種類ずつの同位体を有する水素と酸素から、総数で 18 種類の組合せの水分子ができる。これらの中で最も多いのが、質量数 1 の水素 2 個と質量数 16 の酸素 1 個が結びついた水分子で、最も軽い水なので「軽水」（通常、水というときは軽水を指す）とよばれるものである。軽水が水全体の 99.76% を占める。原子炉で減速材に用いられる質量数 2 の重水素 2 個と質量数 16 の酸素 1 個からなる「重水」は、自然界には 100 万分の 3% しか存在しない（表 1.4）。

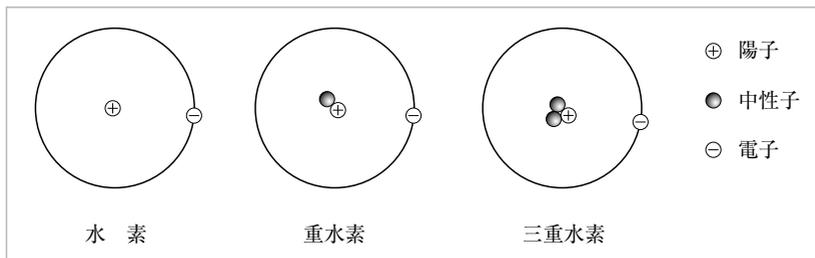
表 1.3 水素の同位体

	水素	重水素	三重水素
陽子の数	1	1	1
電子の数	1	1	1
中性子の数	0	1	2
質量数	1	2	3

表 1.4 水（軽水）と重水の物性

	水	重水
分子量	18.0	20.0
最大密度	1.000g/cm <sup>3</sup> (4℃)	1.106g/cm <sup>3</sup> (11.2℃)
融点 (1 気圧)	0℃	3.81℃
沸点 (1 気圧)	100℃	101.4℃
比熱 (25℃)	4.19J/g	4.21J/g

図 1.3 水素、重水素および三重水素の原子モデル



## 1-4 原子の質量

一つの原子の質量は  $10^{-23} \sim 10^{-24}$  g 程度である。陽子と中性子の質量はほぼ等しく、電子は陽子の約  $1/1840$  の質量である（表 1.5）。したがって、原子の質量は、電子の質量がきわめて小さいのでこれを無視し、原子核をつくっている陽子と中性子の質量の和と考えてよい。

表 1.5 原子を構成する粒子の質量

粒子の種類	質量 (g)
陽子	$1.673 \times 10^{-24}$
中性子	$1.675 \times 10^{-24}$
電子	$9.109 \times 10^{-28}$

原子の質量 =  $10^{-23} \sim 10^{-24}$  g 程度

原子の質量  $\approx$  陽子の質量 + 中性子の質量

原子の質量は値が小さいため、他の原子の質量と比較するには不便である。そこで、特定の原子 1 個の質量を基準として相対質量値を比べる。この基準として質量数 12 の炭素原子の質量の値を 12 と定め、他の原子の質量を相対的に表す方法がとられている。この相対的な質量を「原子量」という（表 1.6）。

原子量：質量数 12 の炭素原子の質量の値を 12 として他の原子の質量を相対的に表した値

元素には質量数の異なる同位体が存在する。したがって、元素の質量は、その同位体の存在比に応じて求めた値となる。