



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・物理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・物理に関する基礎的な知識が求められます。単位・計算の基礎、対数の公式、指数の計算から化学・物理・分析の基礎まで、多岐にわたる理解が必要になります。

本書は、公害防止管理者等国家試験対策に必要な化学・物理の基礎知識について平易に、かつ網羅的にまとめたものです。また、「公害防止管理者等資格認定講習用」に使用されているテキスト『新・公害防止の技術と法規』（産業環境管理協会刊）を読み解くための学習ガイドを付加し、どの受験科目にどのような化学・物理の知識が必要になるか、試験問題を解くにはどの知識をマスターしておくべきかを記載しております。

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。また文科系出身受験者の方には、高校化学の基礎知識をアレンジした『公害防止管理者になるための化学の基礎知識 入門編』をあわせてお勧めいたします。

本書が、公害防止管理者等国家試験の受験を目指している方々の必携書になれば幸甚です。

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 実践編

目次

● はじめに	i
● 本書の使い方	vi

Chapter 01 ■ 単位

002

- 接頭語の意味(SI 接頭語) ● 長さ ● 質量(重さ)
- 速度(速さ) ● 濃度 ● 割合 ● 温度 ● 圧力 ● 熱量

Chapter 02 ■ 計算

020

- 分数の計算 ● 比の計算 ● 比例、反比例
- 三角関数 ● 微分、偏微分

Chapter 03 ■ 対数の性質

032

- 対数の定義 ● 対数の公式 ● 対数を使ったグラフ

Chapter 04 ■ 指数の計算 038

- 指数関数の定義
- 指数の公式
- 指数関数のグラフ

Chapter 05 ■ 平方根(ルート)の計算 042

- 平方根の定義
- 平方根の公式
- 平方根のグラフ

Chapter 06 ■ 熱量の種類 046

- 燃焼熱
- 融解熱
- 凝固熱
- 蒸発熱(気化熱)
- 溶解熱
- 希釈熱
- 反応熱
- 中和熱

Chapter 07 ■ 化学の基礎 056

- 周期表と覚えておく元素記号
- 原子量と分子量、化学式量、原子価
- モルの定義と計算
- pH の定義と計算
- 電気伝導度

Chapter 08 ■ 酸と塩基(アルカリ) 064

- 酸
- 塩基

Chapter 09 ■ 中和反応 068

- 中和
- 中和剤としてよく使われる物質
- 中和曲線

Chapter 10 ■ 溶解度積 074

- 定義
- 金属水酸化物の溶解度積
- 硫化物の溶解度積

Chapter 11 ■ 酸化と還元 080

- 定義
- 酸化還元電位

Chapter 12 ■ 抽出操作 084

- 定義
- 抽出操作の種類
- 溶媒の種類

Chapter 13 ■ イオン交換樹脂 090

- イオン交換樹脂
- 種類

Chapter 14 ■ 燃焼計算 094

- 燃焼計算とは
- 燃焼計算で使う数値
- 燃焼の反応式の例
- 炭化水素の燃焼式

Chapter 15 ■ 化学反応式 100

- SO_x の石灰スラリー吸収法
- 塩素化反応

Chapter 16 ■ 無機化合物と有機化合物 104

- 無機化合物
- 有機化合物

Chapter 17 ■ イオン結合と共有結合 110

- イオン結合
- 共有結合



Chapter 18 ■ 物理の基礎 116

- 光の波長 (可視光線、赤外線、紫外線、X線)
- 光のエネルギー ● 浸透圧
- 電気抵抗 ● 大気の組成

Chapter 19 ■ 気体の状態方程式 126

- 理想気体 ● 理想気体の状態方程式

Chapter 20 ■ 気体の溶解度 130

- 気体の溶解度 ● ヘンリーの法則

Chapter 21 ■ 吸収と吸着 134

- 吸収 ● 吸着

Chapter 22 ■ 分析の基礎 140

- 比色分析 ● 吸光光度法 ● 原子吸光光度法
- ICP 発光分析法 ● クロマトグラフ法 ● イオン電極法
- 質量分析法 ● 検量線

※文中の図表は特に記載がない場合は『新・公害防止の技術と法規』より引用しております。

※参考文献

『新・公害防止の技術と法規 各編』(産業環境管理協会刊)

『公害防止管理者等国家試験 正解とヒント 各年度版』(産業環境管理協会刊)

本書の使い方

本書は公害防止管理者等国家試験対策に絞った化学・物理の基礎知識が網羅されています。まずは本文と図解説明で基本的な内容を理解してください。また、各節の終わりにある「**Guide**」には、本文で記述されている内容が受験科目のどの箇所と関係するのか、何を記憶すれば試験の正解を見つげることができるかなど、学習のコツとポイントが書かれています。そのため、「**Guide**」には受験科目名と受験対策テキスト名、受験対策問題集名が混在していますので、以下のように区分してください。

凡例

- テキスト → 『新・公害防止の技術と法規』
- テキスト『大気編』 → 『新・公害防止の技術と法規 大気編』
- テキスト『水質編』 → 『新・公害防止の技術と法規 水質編』
- 大気関係 → 公害防止管理者等国家試験 大気関係
- 水質関係 → 公害防止管理者等国家試験 水質関係
- テキスト「大気特論」 → 『新・公害防止の技術と法規 大気編』『Ⅲ章 大気特論』
- 「大気特論」 → 受験科目名としての「大気特論」

※テキストに続いて受験科目名を記載した場合は『新・公害防止の技術と法規』の各章を指します。特に記載がない場合は受験科目名そのものを指します。

受験科目名一覧

共通 ・ 公害総論	
大気関係 ・ 大気概論 ・ 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	水質関係 ・ 水質概論 ・ 汚水処理特論 ・ 水質有害物質特論 ・ 大規模水質特論

その他

- 『正解とヒント』 → 『公害防止管理者等国家試験 正解とヒント 各年度版』

公害防止管理者等国家試験において出題されている問題を解く上で必要な単位の定義（単位の意味）と計算の仕方を以下に説明する。

現在、世界のほとんどの国で合法的に使用でき、多くの国で使うことが義務づけられているのがメートル条約に基づき定められた単位系で、国際単位系（SI 単位系）と呼ばれている。

SI 単位系は、時間（s）、長さ（m）、質量（kg）、電流（A）、熱力学温度（K）、物質質量（mol）、光度（cd）の七つを基本単位とし、七つの単位を組み合わせることで組立単位を定義している。

1-1 接頭語の意味（SI 接頭語）

ある物理量について一つの単位しかなかったら、非常に大きな数字や小さな数字を扱わなければならなくなる。例えば、長さの単位がメートル（m）しかなかったとすると、東京と大阪の距離は 500,000m（500km）、平均的な髪の毛の直径は 0.0001m（0.1mm）と書かなければならない。この不便さを解消するため、基準となる単位に 10 の^{るいじょうばい}累乗倍（ $10^2 = 10 \times 10 = 100$ 倍、 $10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1,000$ 倍……）の数を示す接頭語をつけることにより、扱いやすい数字で表す方法が使われている。500,000m は m の 1,000 倍を表す「キロ（k）」の接頭語をつけることで 500km（キロメートル）、0.0001m は m の 1,000 分の 1 を表す「ミリ（m）」の接頭語をつけることで 0.1mm（ミリメートル）と表す。

よく使う接頭語の種類と意味を 6 ページの表に示す。

接頭語を使った単位換算の計算の仕方の例を次に示す。

(1) 長さの単位換算の例

$$1\text{km} = 10^3\text{m} = 1,000\text{m}$$

したがって、

$$1\text{m} = \frac{1}{10^3}\text{km} = \frac{1}{1000}\text{km} = 0.001\text{km}$$

東京と大阪の距離 500km を m で表す場合は、 $1\text{km} = 1,000\text{m}$ なので、

$$500\text{km} = 500 (\text{km}) \times 1000 (\text{m}/\text{km}) = 500000\text{m}$$

となる。

逆に、500,000m を km で表す場合は、 $1\text{m} = \frac{1}{1000}\text{km}$ なので、

$$500000\text{m} = 500000 (\text{m}) \times \frac{1}{1000} (\text{km}/\text{m}) = 500\text{km}$$

となる。

別の計算方法では、 $1\text{km} = 1,000\text{m}$ なので、

$$500000\text{m} = 500000 (\text{m}) \div 1000 (\text{m}/\text{km}) = 500\text{km}$$

となる。

(2) 重さの単位換算の例

$$1\text{kg} = 10^3\text{g} = 1,000\text{g}$$

したがって

$$1\text{g} = \frac{1}{10^3}\text{kg} = \frac{1}{1000}\text{kg} = 0.001\text{kg}$$

体重 80kg を g で表す場合は、 $1\text{kg} = 1,000\text{g}$ なので、

$$80\text{kg} = 80 (\text{kg}) \times 1000 (\text{g}/\text{kg}) = 80000\text{g}$$

となる。

逆に、80,000g を kg で表す場合は、 $1\text{g} = \frac{1}{1000}\text{kg}$ なので、

$$80000\text{g}=80000(\text{g})\times\frac{1}{1000}(\text{kg/g})=80\text{kg}$$

となる。

別の計算方法では、 $1\text{kg}=1,000\text{g}$ なので

$$80000\text{g}=80000(\text{g})\div 1000(\text{g/kg})=80\text{kg}$$

となる。

(3) 電力の単位換算の例

$$1\text{kW}=10^3\text{W}=1000\text{W} \quad (\text{W:ワット、エネルギーの単位})$$

$$1\text{MW}=10^6\text{W}=1000000\text{W}$$

したがって、

$$1\text{MW}=1000000\text{W}=1000\text{kW}=10^3\text{kW}$$

である。

したがって、200万kWの発電量をMW(メガワット)とWに単位換算すると、

$$\begin{aligned} 2000000\text{kW} &= 2000000(\text{kW})\div 1000(\text{kW/MW}) \\ &= 2000\text{MW} \quad (2000 \text{メガワット}) \quad (= 2\text{GW} \quad (2 \text{ギガワット})) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2000000\text{kW} &= 2000000(\text{kW})\times 1000 \quad (\text{W/kW}) \\ &= 2000000000\text{W} \quad (20 \text{億ワット}) \end{aligned}$$

となる。

また、接頭語は常に累乗に優先する。例えば「 km^2 」は「平方キロメートル」であって「キロ平方メートル」ではない。すなわち、

$$3\text{km}^2 = 3 \times (\text{km} \times \text{km}) = 3 \times (1000\text{m} \times 1000\text{m}) = 3000000\text{m}^2$$

であって、

$$3\text{km}^2 \neq (3\text{k}) \text{m}^2 = 3000(\text{m} \times \text{m}) = 3000\text{m}^2$$

ではなく、

$$3\text{km}^2 \neq (3\text{km})^2 = 3000\text{m} \times 3000\text{m} = 9000000 \text{m}^2$$



でもない。

さらに、二重接頭語、すなわち複数の接頭語を同時に使用することが昔は行われていたが、SI 単位系の導入のときに廃止された。例えば、 10^{-9}m (メートル)を 1nm (ナノメートル)といわずに $1\mu\text{mm}$ (マイクロミリメートル: 10^{-6}mm)や $1\text{m}\mu$ (ミリマイクロン = ミリマイクロメートル: $10^{-3}\mu\text{m}$)と言った時代があったが、現在ではこのような二重接頭語の使用はできない。

キログラム (kg) は SI 基本単位の中で唯一接頭語がついており、グラム (g) はその質量の 1,000 分の 1 として定義されている。しかし、SI 単位系では二重接頭語は認めていないので、接頭語はキログラムではなくグラムに対してつけられている。すなわち、 $2,000\text{kg}$ は 2kkg (にキロキログラム) であるが、このような使い方はできないので、 2Mg (にメガグラム)という。ただし、 $2,000\text{kg}$ (にせんキログラム)という言い方は、接頭語は k (キロ) が使われているだけなので使用できる。

→Guide

- ① 単位の定義(意味)の理解と単位換算の方法は計算問題を解くときに不可欠な知識なので、必ず記憶しておく。
- ② 単位換算の際には、単位記号だけの計算も行い、換算後の単位を確認する。
- ③ ミリ、マイクロ、ナノとキロ、メガ、ギガの定義(意味)は頻出なので必ず記憶しておく。

接頭語の種類

大きさ指数		接頭語	記号
10^{-1}	0.1	デシ (deci)	d
10^{-2}	0.01	センチ (centi)	c
10^{-3}	0.001	ミリ (milli)	m
10^{-6}	0.000001	マイクロ (micro)	μ
10^{-9}	0.000000001	ナノ (nano)	n
10^{-12}	0.000000000001	ピコ (pico)	p

大きさ指数		接頭語	記号
10^1	10	デカ (deca)	da
10^2	100	ヘクト (hecto)	h
10^3	1,000	キロ (kilo)	k
10^6	1,000,000	メガ (mega)	M
10^9	1,000,000,000	ギガ (giga)	G
10^{12}	1,000,000,000,000	テラ (tera)	T

単位の計算の仕方

単位換算においては、数字の計算と同じように単位だけの計算を行って単位の計算結果が正しいことを確認しておく(分母と分子に同じ単位記号がある場合は数字の場合と同様に、約分して消去することができる)。

3ページの(1)の $500\text{km} = 500(\text{km}) \times 1,000(\text{m}/\text{km}) = 500,000\text{m}$ において、単位計算をすると、

$$\text{km} \times (\text{m}/\text{km}) = \frac{\text{km} \times \text{m}}{\text{km}} = \text{m} \text{ となる。}$$

また、 $500,000\text{m} = 500,000(\text{m}) \div 1,000(\text{m}/\text{km}) = 500\text{km}$ においては、

$$\text{m} \div (\text{m}/\text{km}) = \frac{\text{m} \times \text{km}}{\text{m}} = \text{km} \text{ となる。}$$