

化学教育カリキュラム構築小委員会は下記の主旨により、2011年6月に発足し、2020年より新メンバー(※印)が加わりまとめた。

(趣旨)

日本の教育は定期的に学習内容等を見直し、約10年ごと学習指導要領を変え、教科書の改訂を行ってきた。その内容は、扱う内容そのものというより、科目の名称変更、標準配当時間の変更、学習項目の順番の入れ替えなどが主である。そのため、教員や生徒は、新しくなった教科書に振り回され、学問体系から見ると、筋の通った合理的な教科教育がなされていない可能性が否めない。このもっとも大きな原因は、教科書にあり、教科書のページ数や内容に制限が加えられているため、必ずしも生徒が理解しやすい内容を十分に記載できていない可能性がこれまでも指摘されている。

そこで、さまざまな制約がある学習指導要領の必要性も十分理解した上で、公益社団法人日本化学会として、日本の高校生に必要な化学リテラシーに関して、制約のない理想的な教育課程を提案する必要がある。日本の高等学校の教科「理科」の中の科目「化学」では、「高校の化学はこう教えて欲しい!」という願いと想いを込め、どのような項目や内容をどのような順番で学習するのが望ましいか、高等学校の化学教育の理想的な教育課程(シラバス)を検討した。なお、本教育課程の検討に際して、2つの視点、高等学校の化学教育が国際的にも通用するものとする視点、その後の大学教育とりわけ理系に進む生徒にとってスムーズに繋げるものとする視点を重視した。

※ 化学の学習を高等学校で終える生徒には、必ずしも必要としない内容は、一部選択(*表記)とすることも含まれている。

公益社団法人日本化学会 教育・普及部門 学校教育委員会

化学教育カリキュラム構築小委員会委員 (○委員長)

※飯田寛志 静岡県総合教育センター

※今井 泉 東邦大学

岩藤英司 東京学芸大学附属高等学校

○柄山正樹 東洋大学

後藤顕一 東洋大学

※鮫島朋美 東京学芸大学附属国際中等教育学校

下井 守 東京大学名誉教授

杉村秀幸 青山学院大学

中込 真 和洋九段中学校高等学校

松原静郎 桐蔭横浜大学名誉教授

渡辺 正 東京理科大学

※渡部智博 立教新座中学校・高等学校

高等学校 化学教育カリキュラム 従来型 (学習指導要領と同様配置)

公益社団法人日本化学会 教育・普及部門 学校教育委員会

化学教育カリキュラム構築小委員会

1. 高校化学の目標：化学が身近な現象や物質に深く関わっていることに気付き、探究の過程、課題解決の過程を通じて、中学校までの化学に関する知識や概念を更に深化し、さまざまな事象に潜む機構を推測したり予想したり、活用することができるようにするために、以下の資質・能力を育成する。

- (1) 化学の基本的な概念や原理・法則の理解
- (2) 科学的な思考力，想像力，判断力，表現力
- (3) 科学に対する興味，学びに向かう意欲

上記の実現には、化学に関する知識と理解、化学の知識をもとに物理学や生物学などの周辺分野、他の科学領域や科学技術領域に興味を持ち、理解する能力、さらには、知識や理解したことを用いて活用する力、例えば、持続可能社会形成の基盤領域に関わる環境、エネルギー、資源、経済、医療福祉などの現実的な課題を化学の視点から理解し、問題解決に向けて判断できる資質・能力などが求められる。

そのためには、実験や実習、演習や課題研究などの学習方法が考えられる。また学習方法を進めるためには、探究的な学習過程を通じて、課題抽出能力、論理的思考力、課題解決能力、情報収集能力、解析力、判断力、創造力、プレゼンテーション力、コミュニケーション力など、ジェネリックスキルとしても身につけるべき基本的資質・能力が求められ、以下に示す内容を扱う際の学習活動に内包させていく必要がある。

2. 内容

第1章 化学の有用性

1. 私たちの生活を支えている物質の見方

私たちの生活を支えている身近な「物質」を科学的な視点で捉えることができる力を培うことが大切である。身近な「物質」の科学的な視点での捉え方とは、様々な物質の構造、性質や変化を、電子、原子核、原子、分子、イオンの振る舞いを基本として理解しようとする見方である。

(内容の取扱い)

例えば、さまざまな商品を構成物質に分け、それらの分析からはじまり、物質の恩恵によって支えられている現代生活について、分析という基本的な科学の考え方・手法を示す。

- ① 携帯電話、ゲーム機器など身近にあるさまざまな製品を徹底的に素材まで分けた後、化学的に分析することなどを扱う。

② 岩石の分析による元素の発見とその歴史などを扱う。

2. 身の回りの素材の合成方法

身の回りの素材の合成方法を知るうえで、まずは、化学反応についての整理が必要である。化学反応は有機化学的な反応と無機化学的な反応に大別される。有機化学的な反応は、触媒反応など錯体化学や有機金属化学が関わる場合もある。また創製した物質を分析するために分光学的な解析手法や化学分析が必要となる。更に、物質合成の設計には、経験に基づく方法だけでなく理論化学（計算化学）に基づく方法がある。

(内容の取扱い)

- ① 分析によって明らかにされた物質が、どのようにして合成されるかの実例を扱う。
- ② プラスチック、医薬品などを中心に、高機能材料等を扱う。

3. 安全や製品の質を守る機器による分析

化学研究に様々な機器による分析は欠かせない。またこの機器分析装置は、高精度で短時間の分析、使用方法の簡便化、装置のコンパクト化などの開発研究が進んでいる。物質の化学反応性を利用する分析法と物理的な性質を利用する分析法、並びに構成成分の種類を決定する定性分析と、量を決定する定量分析を学ぶ。

また、分析の原理や方法を知るだけでなく、環境や生活の観点から必要な分析手法と分析条件を考えられる力を身につける必要がある。

(内容の取扱い)

質量分析法 mass spectrometry (MS), 紫外可視分光法 UV-Vis spectrometry (UV-Vis), 赤外分光法 infrared spectroscopy (IR), 核磁気共鳴分光法 Nuclear Magnetic Resonance spectroscopy, 誘導結合高周波プラズマ発光分光分析法 Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES), 誘導結合高周波プラズマ質量分析法 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) 等を扱う。

第2章 化学の基本

1. 物質の構成粒子（混合物，純物質，単体，化合物）

化学は、物質の組成、構造、性質、変化を研究する学問である。物質の組成は、物質に含まれる元素の種類と関係し、物質の構造は原子がどのように配置されているかに関係する。また、一つの物質が他の物質と区別できる性質を、その物質の特性と呼ぶ。物質の多くは混合物でできており、純物質には、単体と化合物の2種類があることを学ぶ。

(内容の取扱い)

- ① 物質を単体、化合物と混合物に分類することを扱う。
- ② 純物質は、単体か化合物のいずれかに分類され、単体は1種類の元素から、化合物は複数の元素から成ることを扱う。
- ③ 混合物は2種類以上の純物質から成り、それぞれの純物質の化学的性質はそのままであることを扱う。

2. 元素の性質と周期表

元素の周期律と周期表の族や周期との関係について学ぶ。

(内容の取扱い)

- ① 周期律, 周期表, 周期, 族, 同族元素, アルカリ金属, アルカリ土類金属, ハロゲン, 貴ガス, 典型元素, 遷移元素, 金属元素, 非金属元素, 陽性, 陰性を扱う。
- ② 典型元素の原子半径の周期性を扱う。

3. 原子の構造

物質の物理的・あるいは化学的性質は、原子の構造に起因していることを学ぶ。基礎的な内容として、原子の構造(原子の簡単なモデル)、電子配置と周期表を学ぶ。発展的な内容として、物質の粒子性と波動性、原子の構造(量子力学モデル)、電子の軌道とエネルギー、電子の軌道の大きさと形、電子の詰まり方を学ぶ。

(内容の取扱い)

- ③ 原子, 原子核(陽子, 中性子), 電子, 原子番号, 質量数, 同位体, 放射性同位体, 半減期を扱う。
- ④ 電子殻(K殻, L殻, M殻, N殻), 電子配置, 最外殻電子, 価電子, 閉殻を扱う。
- ⑤ 周期表の同じ列にある元素は、同じような型の最外殻電子(価電子)配置を持っていることを扱う。
- ⑥ 周期表の縦および横で原子半径, イオン半径, イオン化エネルギー, 電子親和力, 電気陰性度に一連の傾向があることを扱う。
- ⑦* 原子の輝線スペクトルとボーアモデルを扱う。
- ⑧* 物質波, 不確定性原理を扱う。
- ⑨* 軌道(orbital)と量子数, 軌道の表示(s軌道, p軌道, d軌道, f軌道), 軌道とエネルギー準位, パウリの排他原理を扱う。
- ⑩* 構成原理, フントの規則, パウリの排他原理を用い, 原子番号36番までの原子やイオンの電子配置の規則性示し, CrとCuの電子配置は例外として扱う。
- ⑪* 周期表の同じ列にある元素は、同じような型の外殻電子(価電子)配置を持って

おり、4つの副殻(s軌道, p軌道, d軌道, f軌道)に関連する4つのブロックに分かれることを扱う。

- ⑫* 有効核電荷を用いた原子半径の周期的傾向を扱う。
- ⑬* 遷移元素は、配位子と錯イオンを形成し、触媒活性や磁気特性を示すことを扱う。

4. 化学結合

化学結合は3種類に大別できる。主にイオン結合、共有結合、金属結合について学ぶ。基礎的な内容として、イオンとイオン結合・イオン結晶、分子と共有結合・分子結晶・共有結合の結晶、金属と金属結合・金属結晶を学ぶ。発展的な内容として、格子エネルギー、双極子モーメント、形式電荷、原子価殻電子対反発(VSEPR)モデル、混成軌道(sp混成軌道, sp²混成軌道, sp³混成軌道)を学ぶ。

(内容の取扱い)

- ① イオン、イオン化エネルギー、電子親和力、イオン半径、イオン結合、静電的な引力(クーロン力)、組成式、イオン結晶を扱う。
- ② 分子、共有結合、分子式、ルイス構造(電子式)、オクテット則、電子対、不對電子、共有電子対、非共有電子対、単結合、二重結合、三重結合、構造式、原子価、配位結合、電気陰性度、分極、無極性分子、極性分子、水素結合、ファンデルワールス力、分子間力、分子結晶、共有結合の結晶を扱う。
- ③ 金属結合、自由電子、金属結晶の構造を扱う。
- ④* イオン性化合物の格子エネルギーの大きさは、イオンの電荷やその大きさ、固体の配列の仕方に依存することを扱う。
- ⑤* 第一イオン化エネルギーの周期的な変化を扱う。
- ⑥* 双極子の大きさの定量的な尺度である双極子モーメントを扱う。
- ⑦* 形式電荷とルイス構造の選択について扱う。
- ⑧* 分子の形を推定するために原子価殻電子対反発(VSEPR)モデルを扱う。
- ⑨* 混成軌道(sp混成軌道, sp²混成軌道, sp³混成軌道)を扱う。
- ⑩* 金属結合の強さをイオンの電荷と金属イオンの半径の関係の観点で扱う。

5. 物質質量と量的関係(化学式・化学反応式 化学式量と物質質量 化学反応の量的関係)

物質質量と粒子数、質量、気体の体積との関係について理解すること。

化学反応に関する実験などを行い、化学反応式が化学反応に関与する物質とその量的関係を表すことを見いだして理解すること。

(内容の取扱い)

- ① 物質質量とその単位である「モル」を導入し、モル質量との関係や原子量、分子量、式量との関係を扱う。

- ② 気体の体積と物質との関係、溶液の体積と溶質の物質との関係を表すモル濃度を扱う。
- ③ 化学反応式の係数の比が化学反応における物質の比を表すことを扱う。
- ④ 物質の変化量を化学反応式から求めることができるようにするため、反応に関与する物質の質量や体積の間に成り立つ関係を物質と関連付けて扱う。

6. 物質の三態

物質の三態（固体・液体・気体）を構成粒子（原子・分子・イオン）のふるまいに注目して調べ、状態変化と熱の出入り（エンタルピー変化（第3章））を関係付け、状態図（相図）の意味と使いかたを学ぶ。

(内容の取扱い)

- ① 粒子（原子・分子・イオン）間の引き合いや反発の根元が電気力だということをつかみ、イオン-イオン相互作用、イオン-双極子相互作用、双極子-双極子相互作用、ロンドン力、水素結合などの発生原因と相対的な強さを扱う。
- ② ある温度・圧力で物質が示す状態を、粒子間に働く力の強弱と関連づけて扱う。水素結合がもたらす水の特異な性質にも触れる。
- ③ 固体・液体・気体の変化を、構成粒子の存在状態と相互作用エネルギーの変化（相転移エンタルピー）に関連づけて扱う。
- ④ 温度・圧力の値に応じて物質がとる状態を表す状態図（相図）について紹介し、圧力変化に応じた融点や沸点の変化などを半定量的に扱う。
- ⑤ 臨界点と超臨界流体も扱う。

7. 固体の性質

固体内の原子やイオンがもつ規則的な配列と、イオン固体、分子固体、ネットワーク固体、金属の特徴的な性質（融点、硬さ、展性延性など）を、構成粒子の引き合いに注目してつかむ。固体をまとめ上げている安定化エネルギーの大きさについても触れる。また、暮らしに使う固体材料の一部も紹介する。

(内容の取扱い)

- ① 構成粒子の種類に応じ、固体がイオン固体、分子固体、ネットワーク固体（ダイヤモンドなど）、金属に分類できることと、それぞれの粒子配列を扱う。
- ② 構成粒子の配列や引き合いに応じ、融点や硬さ、展性・延性、光沢などに明確な差が生じることを扱う。融点については、粒子どうしが引き合うエネルギーの大きさとの関連にも触れる。
- ③ 絶縁材料、半導体、高分子材料、光学材料など、身近な機器や素子に利用する固体材料の一部につき、性質と用途の関係を扱う。

8. 気体の法則

気体の体積と圧力や温度，物質量との関係を理解すること。その関係は気体の種類によらず，どの気体にも適用可能なことを理解すること。

なお，すでに学習した粒子の熱運動と物質の三態変化との関連を考慮し，気体の法則に関する基本的な知識の習得と概念の形成を図るため，系統的に学習し，科学的な思考力，判断力及び表現力を育成する。

(内容の取扱い)

- ① 絶対温度の定義を扱う。
- ② 気体の法則については，ボイルの法則，シャルルの法則，ゲイ・リュサックの法則，ボイル・シャルルの法則や理想気体の状態方程式を扱う。
- ③ 混合気体では分圧の法則について扱う。
- ④ 実在気体についても扱う。
- ⑤ 気体の法則では，理想気体の体積と圧力や絶対温度との関係を理解させる。その際，既習のアボガドロの法則とも関連付けて物質量との関係も扱う。
- ⑥ 気体については，ボイル・シャルルの法則がすべてに適用できることを扱う。
- ⑦ ボイル・シャルルの法則から理想気体の状態方程式が導かれることを扱う。その際，分子量測定にも触れる。
- ⑧ 混合気体については，分圧の法則及びそれぞれの気体についてもボイル・シャルルの法則で考えられることを扱う。その際，空気や炭酸飲料など身近な例を取り上げ，興味・関心を喚起する。
- ⑨ 実在気体については，理想気体との違いについて扱う。その際，ボイルの法則やシャルルの法則の検証実験などを利用し，実在気体の状態方程式における二つの補正因子にも触れる。

9. 溶液と溶解度

溶解の仕組みを溶媒の極性に関連付けて理解すること。また，溶解度を溶解平衡との関連で理解すること。

なお，既習の気体の温度と粒子の熱運動との関連，絶対温度，物質量と気体の体積との関係を考慮し，溶解に関する基本的な知識の習得と概念の形成を図るため，系統的に学習し，科学的な思考力，判断力及び表現力を育成する。

(内容の取扱い)

- ① 溶液と溶解度では，溶解の仕組みを理解させるとともに，固体及び気体の溶解度を溶解平衡と関連付けて扱う。
- ② 溶解の仕組みについては，溶媒及び溶質の極性とその組合せにより，溶解のしや

すさが異なることを粒子のモデルと関連付けて扱う。また、1価のイオンを含む化合物に易溶性のものが多くイオン化合物の種類による水への溶解度についても触れる。

- ③ 飽和溶液を取り上げ、溶解平衡が成り立っていることと、溶解度積と共通イオン効果も扱う。また、過飽和についても触れる。
- ④ 気体の溶解度については、ヘンリーの法則を扱う。その際、二酸化炭素や酸素の水への溶解などを取り上げ、炭酸飲料や温排水など身近な現象との関連に触れる。ここで扱う実験としては、例えば、水やヘキサンなどへの極性分子及び無極性分子の溶解の実験などが考えられる。

10. 希薄溶液の性質（コロイドを含む）

身近な現象を通して溶媒と溶液の性質の違いを理解すること。その関係は溶質の種類によらず、適用可能な束一的性質について理解すること。

(内容の取扱い)

- ① 希薄溶液の性質では、溶媒と溶液の性質の違いを身近な現象を通して扱う。また、コロイド溶液も扱う。
- ② 溶液の性質については、蒸気圧降下、沸点上昇、凝固点降下、浸透圧を取り上げ、溶媒との違いについて扱う。その際、束一的性質について、溶質の種類によらない理由と現実の溶液での違いについても触れる。また、凝固点降下に関連して、過冷却や溶質の分子量測定について触れる。
- ③ コロイド溶液の性質については、チンダル現象、ブラウン運動、透析、電気泳動などを扱う。また、疎水コロイド、親水コロイド、保護コロイドにも触れる。ここで扱う実験としては、例えば、水溶液の凝固点降下の測定実験、コロイド溶液の性質を調べる実験などが考えられる。

第3章 化学反応

反応を物質の変化だけでなく、それに伴うエネルギーの変化に注目し、反応の起こる向き、反応の速さ、化学平衡の原理を解説する。また、代表的な化学反応として、酸・塩基や酸化還元反応などを含む内容についてくわしく解説し、これらの化学反応についての知識や概念の理解を深めるとともに、化学反応と日常生活と社会とのかかわりについても触れながらその重要性について示し理解する。

1. 熱化学

化学変化と物理変化に伴う熱の出入り（反応熱）につき、反応熱が生じる原因をつかみ、定温・定圧条件下の反応熱（エンタルピー変化）の測定法、標準生成エンタルピー、結合エンタルピー、反応熱の表記法（熱化学反応式）について学ぶ。

(内容の取扱い)

- ① 定温・定圧条件下の反応熱をエンタルピー変化 (反応エンタルピー) とよび、記号 ΔH で書くことを扱う。 ΔH の測定法についても触れる。
- ② 標準状態 (1 bar = 10^5 Pa) での化合物 1 mol の生成に伴うエンタルピー変化を標準生成エンタルピー (standard enthalpy of formation) とよび、記号 $\Delta_f H^\ominus$ で表すことを扱う。
- ③ 原子間結合の強さの目安として結合エンタルピーを考えると、結合エンタルピーと反応エンタルピーが密接に関連することを扱う。
- ④ 反応式とエンタルピー変化 (反応エンタルピー) のセットを熱化学反応式 (thermochemical equation) とよぶことと、熱化学反応式の使いかたを扱う。

2. 反応の進む方向

自発変化の向きを左右する要因の一つにエントロピー変化 ΔS (反応エントロピー) があることと、エンタルピー変化 ΔH (反応エンタルピー) とエントロピー変化を合わせたギブズエネルギー変化 ΔG (反応ギブズエネルギー) が最終的な変化の向きを決めることを学ぶ。また、反応が進むと ΔG の絶対値が減り、 $\Delta G = 0$ のとき平衡に達することを理解する。

(内容の取扱い)

- ① あらゆる現象は粒子の乱雑さが増す向きに起こり、乱雑さを定量的に表すエントロピー S という量を紹介したうえ、熱の出入りとエントロピー変化 ΔS の関係を扱う。
- ② 物質 (反応系) の変化しやすさは、エンタルピー変化 ΔH とエントロピー変化 ΔS を組み合わせたギブズエネルギー変化 (反応ギブズエネルギー) ΔG で表せることを扱う。
- ③ 標準状態での化合物 1 mol の生成に伴うギブズエネルギー変化を標準生成ギブズエネルギーとよび、記号 $\Delta_f G^\ominus$ で表すことを扱う。
- ④ 自発的に起こる反応の向きは、反応物のギブズエネルギー G が減る ($\Delta G < 0$ の) 向きになることを扱う。
- ⑤ 反応が始まるとギブズエネルギー変化 ΔG が初期値 ($\neq 0$) から 0 に向かい、0 になると平衡に達することを扱う (3.参照)。

3. 反応速度と化学平衡

反応速度が単位時間内に変化する物質の量で表されることや、反応速度が濃度、温度、触媒などの影響を受けて変わることについて学ぶ。また、可逆反応、化学平衡及び化学平衡の移動について学ぶ。

(内容の取扱い)

- ① 反応速度の表し方及び反応速度に影響を与える要因を扱う。また、活性化エネルギーにも触れる
- ② 化学反応が正反応と逆反応が同時に進行し、その速さが等しいときが化学平衡の状態であることを扱う。
- ③ 平衡状態での反応物の濃度と生成物の濃度の関係を示す平衡定数を扱う。
- ④ 可逆反応、化学平衡及び化学平衡の移動(ルシャトリエの法則)を扱う。

4. 酸・塩基

身の回りの酸・塩基に関連づけて説明し日常生活との深いかかわりを示しながら、酸と塩基の性質、アレニウスとブレンステッド・ローリーの酸・塩基、ルイスの酸・塩基、強弱、電離度について理解させる。さらに、構造と性質の相関について、沸点、酸性度、塩基性度にも触れて理解を深める。

(内容の取扱い)

- ① 酸や塩基については、水素イオンの授受による定義を扱う。
- ② 酸や塩基の強弱と電離度の大小との関係を扱う。

5. 水素イオン濃度と pH

水素イオン濃度と pH のかかわり、水の電離について触れ、pH の測定について、pH 試験紙や pH メーターについて説明する。さらに、酸・塩基の解離平衡の平衡定数、弱酸の pH、極めて薄い水溶液の pH、単純な緩衝液の原理を理解する。

(内容の取扱い)

- ① pH と水素イオン濃度の関係を扱う。水の電離との関係にも触れる。
- ② 酸・塩基の解離平衡の平衡定数、弱酸の pH、極めて薄い水溶液の pH、緩衝液などについても扱う。

6. 中和反応、塩の性質

中和反応について、酸や塩基の価数と物質量との関係を学ぶ。その際、反応する酸や塩基の強弱と生成する塩の性質との関係も学ぶ。

(内容の取扱い)

- ① 塩の性質、塩の加水分解を扱う。
- ② 中和滴定(酸滴定とアルカリ滴定)、滴定曲線、指示薬の選択、直接滴定と間接滴定(逆滴定)を扱う。

なお、中和滴定の方法、注意点についても詳細に触れながら理解させる。さらに、容量分析についても触れる。

7. 酸化還元反応

酸化、還元については、その定義を酸素や水素の授受から電子の授受へと広げ、酸化還元反応が電子の授受によることを学ぶ。また、酸化と還元が常に同時に起こることを学ぶ。また、酸化還元反応は、反応に関与する原子やイオンの酸化数の増減により説明できることを学ぶ。

(内容の取扱い)

- ① 酸化還元反応の定義、酸化数、酸化剤・還元剤を扱う。身の回りの酸化還元反応に関連づけて説明し、日常生活や社会との関かかわりを理解する。
- ② 3～12族元素(dブロック元素)、Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Hgの酸化数とイオンの色、過マンガン酸イオン、クロム酸イオン、二クロム酸イオンの酸化還元反応について扱う。さらに、酸化還元滴定(過マンガン酸塩滴定、ヨウ素滴定)についても触れる。

8. 電池と電気分解

電気エネルギーを取り出す電池の仕組みを酸化還元反応と関連付けて学ぶ。また、電気分解は、外部から一定電圧以上を加えた電気エネルギーによって電気分解が起こることを、酸化還元反応と関連付けて学ぶ。また、その反応に関与した物質の変化量と電気量との関係を学ぶ。

(内容の取扱い)

- ① 電池の原理と種類を扱う。自発的反応(9頁2.④参照)であることを理解する。
- ② 電気分解の原理を理解し、電池との違いを理解する。また、日常生活や社会とのかかわりについて触れる。
- ③ 基礎的な電気化学として、起電力、ネルンストの式、電解、ファラデーの法則について扱う。

第4章 物質に関する各論

本章では、身近な物質の物理的・化学的性質をまとめ、第1章から第3章までの理論において扱う際に参考とする。それぞれの物質の性質に関する知識を単に記憶することが目的ではなく、物質の共通点・相違点に注目しながら、身近な物質への理解を深め、学んだ理論を実証する際のデータとして使用する。

第1節 無機化合物に関する各論

各元素は独自の特徴を持ち、その特徴は元素の単体や化合物の物理的、化学的性質に反映される。各元素の単体と化合物（有機化合物を除く）の名称、構造、性質、安全性を学び、それぞれの物質の類似性と独自性を理解する。その際に性質を決定する基盤となる周期表の族による分類、電子軌道(s, p, d, f 軌道)による説明、など系統的に理解できるようにする。さらに自然界における分布、資源としての使用状況を知り、精錬法や製造にかかわる事象ともに、社会生活との関りを理解する。

1. 非金属元素とその化合物,

第2章化学の基本で扱った化学結合、周期表などの概念に関連付け、代表的な非金属元素の単体および化合物の性質や反応を学ぶ。

(内容の取扱い)

水素、炭素、窒素、酸素、ケイ素、リン、硫黄、ハロゲン、貴ガスの単体とそれらを含む化合物を扱い、日常生活や社会における用途や役割を性質と関連付けて理解する。

工業的製法・日常生活とのかかわりについては、アンモニアや水酸化ナトリウムなどのアルカリ、硫酸、硝酸、塩酸などの酸、そして高純度ケイ素などすべての産業の基幹となる物質の製法に触れ、第2章、第3章で学んだ事項との関連を理解する。

- ① 50種類前後の単一元素からなる物質(単体)について性質を一覧表に表す。
- ② 前章までに学んだ物質(50種類前後)の性質を一覧表に表す。
- ③ 物質をグループ分けする際の分類法について触れる。

2. 典型金属元素とその化合物、代表的な無機物質の製造法

化学の基本で扱ったさまざまな概念に関連付け、代表的な典型金属元素の単体および化合物の性質や反応を学ぶ。

(内容の取扱い)

1族ではリチウム、ナトリウム、カリウム、2族ではマグネシウム、カルシウム、12族では亜鉛、水銀、13族ではアルミニウム、14族ではスズ、鉛、単体とそれらを含む化合物を扱い、日常生活や社会における用途や役割を性質と関連付けて理解する。

工業的製法・日常生活とのかかわりについては、炭酸ナトリウム、アルミニウム、水酸化ナトリウム、リチウムなど日常生活に関連の深い物質の製法に触れ、第2章、第3章で学んだ事項との関連を理解する。

3. 遷移元素とその化合物、イオンの反応と分離

ここでは遷移元素の単体および化合物の性質を扱い、遷移元素の特徴とそれに基づく日常生活への応用例を紹介し、物質への理解をより深めることを目的とする。

(内容の取扱い)

扱う元素の種類は、鉄、銅、銀、クロム、マンガン、亜鉛を主に扱い、日常生活への応用例ではチタン、タングステン、金、白金、コバルト、ニッケルなどの単体、化合物と代表的な合金を扱う。さらに放射性元素、レアメタルなど社会に与える影響の大きい遷移元素の応用例も紹介することにより、社会生活と物質の関連の深さを理解する。

工業的製法については、鉄、銅などのコモンメタルが基幹材料として多用される物質を中心に、セラミックス、さまざまな高機能材料の開発や製法にも触れる。イオン反応と分離については、各々の物質の性質を利用して物質が分離できることを理解し、フローチャート(流れ図)による分離の手段、類推や推定により物質を同定する際に必要な思考力、判断力を身につける。

第2節 有機化合物の各論

1. 有機化合物の特徴

有機化合物の性質や反応を観察、実験などを通して探究し、有機化合物の分類と特徴を理解するとともに、それらを日常生活や社会と関連付けて考察できるようにする。

(内容の取扱い)

(1) 有機化合物の特徴

- ① 有機化合物は炭素原子を骨格とした化合物であり、構成元素の種類は少ないが、化合物の種類はきわめて多いことを学習する。
- ② 有機化合物の多くは分子からなり、融点や沸点が比較的低いこと、水に溶けにくく、有機溶媒に溶けやすいものが多いこと、燃焼しやすく、完全燃焼すると二酸化炭素と水が生成することに触れる。

(2) 有機化合物の分類

- ① 炭化水素は炭素原子の結合のしかたによって、鎖式、環式化合物、飽和、不飽和化合物、芳香族、脂環式化合物などに分類されることを学習する。
- ② 同じ官能基をもつ化合物は、その官能基に特有の性質を示すことから、官能基によって分類できることを学習する。

(3) 有機化合物の構造と反応性

- ① 電気陰性度が異なる原子間の共有結合は、一方の原子に結合電子が引きつけられることで極性が生じ、分子中に電子が偏ると分極が起こることに触れる。
- ② 有機化合物の反応には、電子が豊富な原子や分子が電子不足の原子や分子を引き

つけることによって進むものがあり、その反応性は求核性や求電子性によって説明されることに触れる。

(4) 構造と性質の相関

- ① 分子間の引力が強くなるほどその物質の沸点は高くなることに触れ、極性物質は非極性物質よりも一般に沸点が高いことを学習する。

2. 炭化水素

脂肪族炭化水素については、アルカン、アルケン、アルキンの代表的な化合物の構造、性質及び反応を学習する。その構造については、分子模型を用いて炭素骨格の形には鎖状のものと環状のものがあることを扱う。また、構造に関連して、構造異性体や立体異性体としてシス-トランス異性体も扱う。

(内容の取扱い)

(1) 炭化水素の構造

- ① アルカン：鎖式飽和炭化水素であり、炭素数4以上では枝分かれ構造による構造異性体が生じること、立体構造は炭素原子を中心とした正四面体構造であること、炭素数が増加するに従って、融点・沸点が高くなることを扱う。
- ② シクロアルカン：環式飽和炭化水素であり、炭素の正四面体構造に由来してシクロヘキサンにはいす形構造と舟形構造の二つの配座異性体があることを扱う。
- ③ アルケン：炭素原子間に二重結合を持つ鎖式不飽和炭化水素であり、二重結合を構成する2個の炭素原子と、それに結合する原子を含んだ合計6個の原子は常に同一平面上に位置し、炭素原子間の二重結合は回転できないために、2-ブテンのようなアルケンではシス-トランス異性体が存在することを扱う。
- ④ シクロアルケン：環構造で炭素原子間に二重結合を持つ炭化水素であり、アルケンと似た性質を示すことを扱う。
- ⑤ アルキン：炭素原子間に三重結合を持つ鎖式炭化水素であり、三重結合を構成する2個の炭素原子とそれに結合する合計4個の原子は、常に一直線上に位置することを扱う。

(2) 炭化水素の反応

- ① アルカン：代表的な反応として燃焼反応、ハロゲン原子による置換反応を扱う。
- ② アルケン、シクロアルケン：不飽和結合の一つが他の原子や原子団と結合する付加反応を扱う。
- ③ アルキン：アルケンと同様な付加反応を起こす他に、塩化水素や酢酸、水の付加により工業的に重要な化合物を生成することを扱う。
- ④* アルカンの正四面体構造やアルケンの平面構造は sp^3 , sp^2 混成軌道による σ 結合や π 結合の生成によることを学習し、アルケンへの付加反応は求電子付加反応であることを扱う。また、炭素が正四面体構造であることから、4つの置換基が

すべて異なる時には鏡像異性体が生じること、分子の鏡像関係はキラリティーに由来し、キラルな分子の一方の鏡像異性体は光学活性であることも触れる。

- ⑤* 二置換の内部アルケンはその立体配置をシス-トランスで表記してもよいが、三置換以上ではE-Z表記することに触れる。

3. 酸素を含む有機化合物

官能基をもつ化合物 官能基をもつ脂肪族化合物の性質や反応について学習する。官能基をもつ脂肪族化合物については、アルコール、エーテル、カルボニル化合物、カルボン酸、エステルなど代表的な化合物を取り上げ、官能基により性質が特徴付けられることや、これらの化合物相互の関係を反応や構造と関連付けて扱う。

(内容の取扱い)

(1) アルコールとエーテル

- ① アルコールは、炭化水素の水素原子をヒドロキシ基で置換した構造であり、価数による分類と級数による分類があることを扱う。
- ② アルコールの性質として、水溶性、高融点・高沸点を持つこと、反応として、ナトリウムとの反応によるナトリウムアルコキシドの生成、脱水反応によるアルケンの生成、二分子間の脱水反応によるエーテルの生成、酸化剤との反応を扱う。
- ③ エーテルは、酸素原子に炭化水素が二つ結合した構造であり、アルコールとは構造異性体であるが、その性質は大きく異なることを扱う。

(2) アルデヒド、ケトン

- ① カルボニル基に水素原子が結合したアルデヒドは、第一級アルコールを酸化することによって得られ、酸化されてカルボン酸になりやすいことから還元性を示すことを扱う。
- ② 第二級アルコールを酸化して得られるケトンは、さらに酸化されることはないので還元性を示さないことを扱う。
- ③* ケトンにはエノールとの速い平衡状態にあり、これを互変異性と呼ぶことに触れる。

(3) 脂肪族カルボン酸、エステル

- ① カルボン酸について、構造と分類、性質を扱う。
- ② 具体的な化合物としては、ギ酸、酢酸、ジカルボン酸としてシュウ酸、アジピン酸、マレイン酸、フマル酸を取り上げ、それぞれの性質を学習する。
- ③ カルボン酸とアルコールが脱水縮合することによってエステルが生成することを学習する。
- ④ 自然界の重要なエステルの例として、グリセリンと3分子の高級脂肪酸が縮合した油脂を取り上げ、これを水酸化ナトリウムでけん化するとセッケンが得られる

ことを扱う。

4. 芳香族化合物

芳香族化合物の構造，性質及び反応について学習する。芳香族化合物としては，芳香族炭化水素，フェノール類，芳香族カルボン酸，芳香族アミンなど代表的な化合物を取り上げ，ベンゼン環及び官能基により性質が特徴付けられることや，これらの化合物相互の関係を反応や構造と関連付けて扱う。

(内容の取扱い)

(1) 芳香族炭化水素

- ① ベンゼン環が平面正六角形の環状構造を持ち，ベンゼン環を含む炭化水素を芳香族炭化水素の構造と性質を理解する。
- ②* ベンゼン環の π 電子は非局在化していること，このため一般の不飽和炭化水素よりも安定であり，その安定性を芳香族性と呼び，極限構造式を用いた共鳴が書けることを学習する。
- ③ 芳香族炭化水素はその芳香族性による安定化のために，脂肪族の不飽和炭化水素のような付加反応を起こさず，求電子置換反応が進行することを扱う。具体的には，ハロゲン化，スルホン化，ニトロ化について触れる。

(2) フェノール類

- ① ベンゼン環にヒドロキシ基が結合したフェノール類の構造と性質，検出反応について扱う。
- ② フェノールの求電子置換反応の特徴や，エステル化反応，フェノールの合成法についても触れる。

(3) 芳香族カルボン酸

- ① ベンゼン環にカルボキシ基が結合した芳香族カルボン酸の構造と性質，反応について，安息香酸やフタル酸，サリチル酸を例として触れる。

(4) 芳香族アミンとアゾ化合物

- ① ベンゼン環にアミノ基が結合した芳香族アミンの構造と性質，反応について触れる。
- ② 芳香族アミンであるアニリンをジアゾ化して得られる塩化ベンゼンジアゾニウムを用いるジアゾカップリングについて触れる。

5. 有機化合物の分析

(内容の取扱い)

(1) 有機化合物の分離と精製

① 身の回りに混合物として存在する状態から、純粋な物質として分離する方法について示す。

(2) 成分元素の検出

① 有機化合物を構成している元素は、それぞれの元素に特有な検出反応によって知ることができることを扱う。

(3) 元素分析

① 有機化合物の成分元素の質量組成を調べて組成式を求める実験手法について扱う。

② 組成式から分子式を求め、官能基の検出反応などから、どのような官能基が存在するかを調べることで有機化合物の構造が決定できることを学習する。

6. 糖類・アミノ酸

人間生活に広く利用されている有機化合物について学習する。単糖類、二糖類、アミノ酸については、例えば、グルコース、フルクトース、マルトース、スクロース、グリシン、アラニンなど代表的なものを扱う。

(内容の取扱い)

(1) 単糖類・二糖類

① 糖類は単糖類、二糖類、多糖類などに分類されることを示す。

② 単糖としてはグルコース、フルクトース、ガラクトースを取り上げ、それらの構造、性質、存在、機能などを扱う。

③ 二糖類としては、スクロース、マルトース、ラクトース、セロビオースを取り上げ、それらの構造、性質、存在、機能などを扱う。

(2) アミノ酸

① アミノ酸は α -位の置換基の違いによって 20 種類あることに触れる。

② アミノ酸の構造と性質について、グリシン以外は不斉炭素原子を持つこと、水溶液中では双性イオンとして存在すること、さらに等電点や検出反応について扱う。

7. 天然高分子化合物

天然繊維や食物の主な構成成分である天然高分子化合物の構造や性質について学習する。天然高分子化合物については、タンパク質、デンプン、セルロース、天然ゴムなどを取り上げ、その構造や性質を単量体との関係から扱う。また、DNA などの核酸の構造にも触れる。

(内容の取扱い)

(1) 多糖類

① 同一の単糖が脱水縮合により多数結合した多糖類について、デンプン、グリコー

ゲン、セルロースなどを取り上げ、それらの所在、構造、性質について触れる。

- ② セルロースのヒドロキシ基を修飾することにより、樹脂状のセルロイドやアセテート繊維のような半合成繊維などとして利用されていることに触れる。

(2) タンパク質・核酸

- ① アミノ酸どうしがペプチド結合によって鎖状に結合したタンパク質の構造、分類、性質などを扱う。
- ② 生体触媒として働くタンパク質である酵素について、その機能の特徴について触れる。
- ③ 遺伝子を形作る物質である核酸について、その単量体がヌクレオチドであること、DNA と RNA があること、DNA が二重らせん構造をとると遺伝情報を保存していることを扱う。
- ④ 生命と物質

化学の視点で見る物質としての生命に触れ、生物とはどのように定義されるのか、生命の進化に関する物質の役割をたどり、細胞、ウイルス、疾病と人類が開発してきた医薬品について扱う。

8. 合成高分子化合物

合成繊維やプラスチックなどの合成高分子化合物の構造、性質及び合成について学習する。合成高分子化合物については、代表的な合成繊維やプラスチックとして、例えば、ナイロン、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリスチレン、ポリエチレンテレフタレート、フェノール樹脂、尿素樹脂などを取り上げ、それらの構造、性質及び合成を扱う。

(内容の取扱い)

(1) 合成繊維

- ① 縮合重合によって合成される高分子化合物として、ナイロン 66 に代表されるポリアミド系繊維とポリエチレンテレフタレートに代表されるポリエステル系繊維を扱う。
- ② 不飽和結合を持つ化合物の付加重合によって合成される高分子化合物としてポリエチレンなどのオレフィン系繊維、アクリル系繊維、ポリビニルアルコールやビニロンなどに触れる。

(2) 合成樹脂

- ① 合成樹脂の熱による性質の違いにより、熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂に分類されることに触れる。
- ② 付加縮合や縮合重合によって合成される樹脂として、フェノール樹脂、アミノ樹脂、アルキド樹脂、シリコーン樹脂などに触れる。
- ③ 付加重合によって合成される樹脂として、ポリ塩化ビニルなどについて触れる。

- ④ 合成高分子の結晶化度と性質に触れる。(低密度ポリエチレンと高密度ポリエチレンの違いなど、密度や透明度の違いが表れ、比較的身近に見られる)

第5章 核化学

放射能というと負のイメージで語られることが多く、必要以上に恐れがちである。しかし放射線は、工業(非破壊検査)、農業・食品管理(保存・殺菌)などの他、放射線医療において、病気の早期発見や治療に日常的に利用されており、人の健康管理にも必要不可欠である。

(内容の取扱い)

本章は、放射線を正しく理解し、利用、活用すべき場所や状況について、適切な判断力を育成することを目的とする。

- ① α 線、 β 線、 γ 線などの放射線について扱う。
- ② 放射線の生じる反応、核反応式を扱う。
- ③ 放射能の単位、ベクレル Bq, グレイ Gy, シーベルト Sv の意味と使用法の相互関係について扱う。
- ④ 放射性同位体の壊変と半減期を扱う。また、年代測定についても触れる。
- ⑤ 放射線を利用した病気の診断、治療方法を扱う。
X線撮影、CT、MRI などにも触れる。
- ⑥ 核分裂や核融合によって生じるエネルギーを扱う。

終章 化学が果たす役割と化学が築く未来

第1章から3章までで学んだ化学の基本概念と関連付けながら、それぞれが社会生活を送る上で、第4章から第5章などを通じて健全な物質観を育成することを目的とする。また探究活動を通じて、物質や現象全般をミクロの視点、マクロの視点から捉える力を身につけることを目的とする。

(内容の扱いの一例)

SDGs と GSC

SDGs は、Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標) の略であり、2015年に国連で開かれたサミットの中で、世界のリーダー達によって提案された2030年までの開発目標である。17の目標(ゴール)・169のターゲットから構成され、地球上の「誰一人取り残さない (leave no one behind)」ことを誓っている。我々人類は、化学を通じて、経済性と環境負荷を両立し、全ての人が豊かに安心して暮らしつつ地球全体で持続的な社会を築いていかななくてはならない。

例えば、SDGsの目標12の「つくる責任・つかう責任」などは、化学に深くかかわっており、Green and Sustainable Chemistry (GSC) はその象徴的なものと言える。

GSC の精神に基づき、元素循環、エネルギーの利用、資源リサイクル、環境問題などを理解し、現代生活を送る上で必要な物質観を育成する。

自然界における物質の組成と、地球規模における物質の循環に触れる。生活を支える化学的諸現象について学び、生活を阻害する環境問題を理論、数値などの科学的根拠に基づいて理解することができる。

現代生活の基本となるエネルギーの利用に触れ、それぞれのエネルギー源が持つ基本的な性質と、内包する諸問題を数値や事実に基づいて理解する。GSC の精神に基づき現代生活の質を持続してゆくための諸条件について学ぶことができる。

なお*印の付いた項目は、発展的な内容であり、化学を専攻とする生徒に必要な内容である。