



To-Be エンジニア試験公式テキスト

# 化学 I

(化学の基礎・無機化学セラミックス・有機化学高分子化学)

To-Be エンジニア試験企画委員会 編著

株式会社 コガク



# 目次

## 1章 化学の基礎..... 1~78

<b>1</b>	<b>元素の性質と周期表</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>原子モデル</b> .....	<b>2</b>
1.1.1	原子と元素 .....	2
1.1.2	原子モデルの歴史 .....	3
1.1.3	素粒子の大きさ .....	8
<b>1.2</b>	<b>周期表</b> .....	<b>9</b>
1.2.1	周期表 .....	9
1.2.2	族と周期 .....	10
<b>1.3</b>	<b>イオン化エネルギー</b> .....	<b>14</b>
1.3.1	イオン化エネルギーとは .....	14
1.3.2	周期表とイオン化エネルギー .....	14
1.3.3	イオン化エネルギー・電子親和力・電気陰性度の違い .....	15
<b>1.4</b>	<b>電子配置</b> .....	<b>16</b>
1.4.1	電子殻 .....	16
1.4.2	価電子 .....	16

<b>2</b>	<b>化学結合</b> .....	<b>19</b>
2.1	電気陰性度 .....	20
2.1.1	分子の構造 .....	20
2.1.2	極性 .....	22
2.1.3	電気陰性度 .....	23
2.2	化学結合① .....	24
2.2.1	共有結合 .....	24
2.2.2	配位結合 .....	25
2.2.3	金属結合 .....	26
2.2.4	イオン結合 .....	28
2.2.5	まとめ .....	30
2.3	化学結合② .....	31
2.3.1	結合角・結合長・結合エネルギー .....	31
2.3.2	共有結合結晶 .....	33
2.3.3	水素結合 .....	34
2.4	電子軌道 .....	35
2.4.1	s軌道とp軌道 .....	35
2.4.2	混成軌道 .....	37
<b>3</b>	<b>化学量・化学反応</b> .....	<b>41</b>
3.1	物質質量(アボガドロ数) .....	42
3.1.1	原子量 .....	42
3.1.2	分子量・式量 .....	43
3.1.3	物質質量 .....	45
3.2	物質質量(理想気体) .....	46
3.2.1	物質の三態 .....	46

3.2.2	気体の法則	48
<b>3.3</b>	<b>物質質量（完全燃焼）</b>	<b>52</b>
3.3.1	化学反応式	52
3.3.2	熱化学方程式	53
<b>3.4</b>	<b>化学反応（量論）</b>	<b>55</b>
3.4.1	反応速度	55
3.4.2	アレニウスの式	57
3.4.3	まとめ	57
	<b>酸・塩基</b>	<b>59</b>
<b>4.1</b>	<b>酸・塩基の定義</b>	<b>60</b>
4.1.1	歴史展望	60
4.1.2	アレニウスの定義	61
4.1.3	ブレンステッド・ローリーの定義	63
4.1.4	ルイスの定義	66
4.1.5	まとめ	66
<b>4.2</b>	<b>酸・塩基の働き、解離定数</b>	<b>67</b>
4.2.1	酸・塩基の強弱	67
4.2.2	電離平衡	71
<b>4.3</b>	<b>中和反応</b>	<b>74</b>
4.3.1	中和滴定	74
4.3.2	中和の定義	75
<b>4.4</b>	<b>水のイオン積</b>	<b>77</b>
4.4.1	水のイオン積	77
4.4.2	pHの計算	77



## 2章 無機化学・セラミックス..... 79~156



### 1 固体化学と結晶構造 ..... 79

1.1 結晶構造① .....	80
1.1.1 固体の構造 .....	80
1.1.2 結晶の種類 .....	80
1.1.3 結晶格子 .....	84
1.2 結晶構造② .....	86
1.2.1 充填率 .....	86
1.2.2 欠陥 .....	87
1.3 結晶生成 .....	91
1.3.1 固体の生成 .....	91
1.3.2 単結晶の生成 .....	92
1.3.3 多結晶の生成 .....	94
1.3.4 アモルファスの生成 .....	96
1.4 結晶構造の解析 .....	98
1.4.1 結晶の面と方向 .....	98
1.4.2 結晶構造の解析法 .....	101



### 2 無機化合物の合成 .....103

2.1 成形・焼結 .....	104
2.1.1 成形 .....	104
2.1.2 焼結の原理 .....	107
2.1.3 焼結の種類 .....	108
2.2 物質移動 .....	110

2.2.1	拡散	110
2.2.2	焼結の拡散機構	112
<b>2.3</b>	<b>粉末の合成（液相法・気相法）</b>	<b>112</b>
2.3.1	液相法	113
2.3.2	気相法	116
<b>2.4</b>	<b>粉末の合成（固相法）</b>	<b>117</b>
2.4.1	固相反応法	117
2.4.2	成形	119
	<b>無機化学製品及びセラミックス</b>	<b>121</b>
<b>3.1</b>	<b>電気特性</b>	<b>122</b>
3.1.1	導電性	122
3.1.2	誘電性	123
3.1.3	応用事例	126
<b>3.2</b>	<b>機械特性</b>	<b>126</b>
3.2.1	セラミック材料の機械的性質	126
3.2.2	金属とセラミックスの比較	128
3.2.3	合金の構造と特性	130
<b>3.3</b>	<b>熱電・光電特性</b>	<b>132</b>
3.3.1	熱電変換素子	132
3.3.2	光電特性	134
<b>3.4</b>	<b>バイオセラミックスの生体親和性</b>	<b>138</b>
3.4.1	バイオセラミックスの種類	138
3.4.2	機械的な結合	138
3.4.3	生体内部に吸収	139
3.4.4	化学的に結合	140
3.4.5	炭酸アパタイト	141

<b>4</b>	<b>無機化学工業</b> .....	<b>143</b>
4.1	窯業製品 .....	144
4.1.1	伝統的セラミックスとファインセラミックス .....	144
4.1.2	セメント .....	144
4.1.3	ガラス .....	146
4.2	セメントの製造 .....	147
4.2.1	原料工程 .....	147
4.2.2	焼成工程 .....	148
4.2.3	仕上げ工程 .....	149
4.3	ガラスの製造 .....	150
4.3.1	ガラスの原料 .....	150
4.3.2	ガラスの製造工程 .....	151
4.4	耐火物 .....	151
4.4.1	耐火物の種類 .....	151
4.4.2	耐火物の特徴 .....	153
4.4.3	耐火物の用途 .....	153

**3章 有機化学・高分子化学..... 157~251**

<b>1</b>	<b>有機化合物と合成</b> .....	<b>157</b>
1.1	有機化合物とは .....	158
1.1.1	有機化合物の定義 .....	158
1.1.2	有機化合物と無機化合物の違い .....	158
1.1.3	歴史的背景 .....	159

1.1.4	有機化合物の分類	160
<b>1.2</b>	<b>異性体（構造異性体、立体異性体）</b>	<b>161</b>
1.2.1	異性体の分類	161
1.2.2	連鎖異性体	162
1.2.3	位置異性体	163
1.2.4	官能基異性体	163
1.2.5	幾何異性体	163
1.2.6	光学異性体	165
<b>1.3</b>	<b>求電子置換反応（求核付加反応・アルキル化）</b>	<b>166</b>
1.3.1	有機反応の種類	166
1.3.2	ベンゼン環の置換反応	167
1.3.3	置換基と配向性	172
1.3.4	フリーデル・クラフツ反応	174
1.3.5	グリニャール反応	175
1.3.6	マイケル付加反応	176
<b>1.4</b>	<b>転位反応</b>	<b>177</b>
1.4.1	転位反応について	177
1.4.2	ベックマン転位	177
1.4.3	ホフマン転位	178
1.4.4	アルドール縮合（求核付加反応）	179
	<b>高分子化合物と合成</b>	<b>181</b>
<b>2.1</b>	<b>連鎖重合</b>	<b>182</b>
2.1.1	基礎知識	182
2.1.2	ラジカル重合	186
2.1.3	イオン重合	189
2.1.4	配位重合	191

2.1.5	立体構造制御	192
<b>2.2</b>	<b>逐次重合</b>	<b>195</b>
2.2.1	重縮合反応	195
2.2.2	重付加反応	197
2.2.3	重合度	198
<b>2.3</b>	<b>重合方法</b>	<b>199</b>
2.3.1	重合方法の分類	199
2.3.2	気相重合	200
2.3.3	液相重合	201
2.3.4	固相重合	202
<b>2.4</b>	<b>ポリエチレン</b>	<b>203</b>
2.4.1	特徴と分類	203
2.4.2	高圧法	205
2.4.3	中圧法	206
2.4.4	低圧法	207
	<b>天然有機及び高分子化合物</b>	<b>209</b>
<b>3.1</b>	<b>天然ゴム</b>	<b>210</b>
3.1.1	基礎知識	210
3.1.2	化学構造	213
3.1.3	合成ゴム (NR 代替)	215
3.1.4	最近の話題	217
<b>3.2</b>	<b>バイオマス高分子材料</b>	<b>218</b>
3.2.1	バイオマスプラスチックとは?	218
3.2.2	カーボンニュートラルとは?	219
3.2.3	バイオマスプラスチックの分類	220
<b>3.3</b>	<b>アミノ酸</b>	<b>222</b>

3.3.1	アミノ酸とは？	222
3.3.2	アミノ酸の略号と性質	224
3.3.3	アミノ酸の分類	225
3.3.4	アミノ酸合成	226
<b>3.4</b>	<b>木質系高分子</b>	<b>228</b>
3.4.1	木材の組織と成分	228
3.4.2	セルロース	228
3.4.3	ヘミセルロース	229
3.4.4	リグニン	230
3.4.5	木質系高分子の活用	231
<b>4</b>	<b>有機化学工業及び 高分子化学工業製品</b>	<b>233</b>
<b>4.1</b>	<b>生産量</b>	<b>234</b>
4.1.1	化学工業	234
4.1.2	高分子化学工業製品（プラスチック）	235
4.1.3	プラスチックの種類別生産量（日本）	236
4.1.4	プラスチックの種類別生産量（世界）	237
<b>4.2</b>	<b>熱硬化・熱可塑</b>	<b>238</b>
4.2.1	熱硬化と熱可塑	238
4.2.2	熱硬化性樹脂	240
4.2.3	熱可塑性樹脂	243
4.2.4	高分子の構造	244
<b>4.3</b>	<b>天然ガス改質</b>	<b>244</b>
4.3.1	天然ガス	244
4.3.2	水蒸気改質	245
4.3.3	メタノール製造	245
<b>4.4</b>	<b>アクリロニトリル</b>	<b>246</b>

4.4.1	用途	246
4.4.2	モノマー合成	247
4.4.3	重合体	249
4.4.4	共重合体	250

## To-Be エンジニア試験とは

To-Be エンジニア試験は、モノづくり製造業に入社しようとする理系の方で入社後エンジニアになろうとする方を対象に、必要な基礎知識を総合的に測る試験です。

日本における技術者教育では 1969 年の創立から実績を持つコガクが、産業界と大学の専門家からなる試験企画委員会を創設し、調査・検討を重ねて試験内容が決定されました。

今後もプロジェクトによる作品開発が主流となる製造業のエンジニアにとって、特に若い時代に幅広い技術基礎知識を習得することが大切です。そのようなコンセプトから To-Be エンジニア試験は、機械系・電気電子系・情報系・品質系の 4 分野に加え、化学分野の「技術知識マップ」も作成し、さらにその下の階層に設定された中小の項目に基づいて出題されています。

### 技術知識マップ

機械分野	電気電子分野	情報分野	品質管理分野	化学分野
機械工学基礎 (4力)	電気回路の基礎	情報の基礎	品質	化学の基礎
材料	電子回路の基礎	プロセッサ	管理	無機化学・セラミックス
設計・製図	半導体デバイス	プログラミング	QCの考え方	有機化学・高分子化学
加工	インターフェース	システム構成	改善と問題解決	物理化学電気化学
機械要素	モータと電力	システム開発	統計的考え方	分析化学環境化学
計測制御	センサ技術	ネットワークとマルチメディア	QC七つ道具	化学プロセス

成績結果は全問題の総正解率によって A ～ D のランクに分けられます。

入社試験に本試験を利用している多くの企業では、ご自身の専門分野が 60%、全分野が 50%以上であることを、入社選考の目安にしています。

試験企画委員会としては、将来、仕事のできるエンジニアをめざすには全分野正解率が最低 60%以上であるのが望ましいと考えています。

## 【ランク分けと判定の基準】

ランク	内容定義	正解率
A	エンジニアとして必要な幅広い基礎知識をかなり十分に持っている。このまま優秀なエンジニアをめざして精進してほしい。	80.0%以上
B	エンジニアとして必要な幅広い基礎知識を概ね持っている。更に弱点補強の学習でレベルアップしてほしい。	60.0%～ 79.9%
C	エンジニアとして必要な幅広い基礎知識を持っているが、まだ不足している。一度知識を整理して弱点分野を復習する必要がある。	50.0%～ 59.9%
D	エンジニアとして必要な幅広い基礎知識が不足している。もう一度、一から学習する必要がある。	49.9%以下

本書籍は To-Be エンジニア試験の「技術知識マップ」に完全に対応した To-Be エンジニア試験公式テキスト「[化学 I \(化学の基礎, 無機化学・セラミックス, 有機化学・高分子化学\)](#)」になります。

ポイントを絞って分かり易くまとめ上げられていますので、テンポよく効率的に学習を進めることができます。

既に To-Be エンジニア試験を受けた結果から、[化学系](#)知識を補強したい方、これから試験に向けて準備したいという方は、ぜひ本書で技術基礎知識を確かなものとして下さい。

本書が皆様の成長への一助となることを祈念しています。

尚、To-Be エンジニア試験の詳細につきましては、コガクの Web サイトを参照下さい。

To-Be エンジニア試験企画委員会

企画委員長 塩田 泰仁

# 第1章 化学の基礎

## 1. 元素の性質と周期表

---

### 学習のポイント

有史以前より、物質の根源はなんであるかの議論が、なされてきました。

ここでは元素の性質を理解するため、まずは原子モデルから、電子、陽子、中性子の発見の歴史と共に学習を進めていきます。また、元素の周期表について学びます。

周期表は物質を構成する基本単位である元素を、それぞれが持つ物理的または化学的性質が似たもの同士が並ぶように決められた規則（周期律）に従って、配列した表です。元素の性質を体系的に理解できるので、「化学のバイブル」とも呼ばれています。

---

## 1.1 原子モデル

### 1.1.1 原子と元素

(1) 物質とは

物質とは何かと問われた時、どのように説明されるでしょうか。考え方としては、図 1\_1.1 のように分類されています。

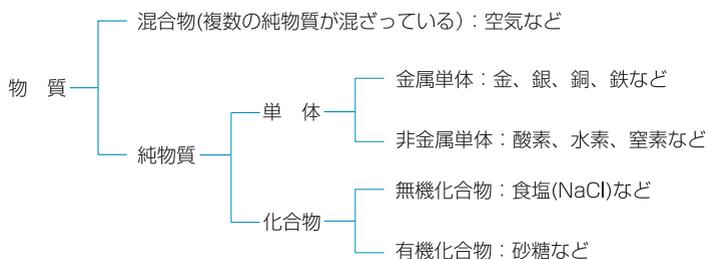


図1\_1.1 物質の分類

物質は純物質と混合物に分けられます。

純物質とは化学式で表すことのできる、ある一定の性質を持つ化学物質のことをいいます。

さらに、純物質は単体と化合物に分ける事ができ、単体は 1 種類の元素からなる純物質(例えば、酸素  $O_2$ ) であり、化合物は 2 種類以上の元素からなる純物質(例えば、食塩  $NaCl$ ) のことをいいます。

混合物とは、2 種以上の物質が互いに結合せずに単に混ざり合って存在しているものをいいます(例えば、空気や海水)。

(2) 原子と元素の違い

物質を細かく分けていくと、混合物、純物質、単体(金属、非金属)、化合物(無機、有機)に分類でき、さらには元素にたどり着きます。元素は 118 種類の

存在が確認されていて、それぞれに元素記号と原子番号がつけられています。

原子も元素も、物質を構成する最小単位を意味する言葉ですが、その違いは何かでしょうか。

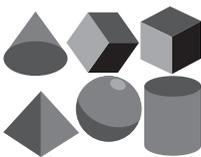
「原子」は粒子（構造）に着目するときの呼び方で、種類に着目するときは「元素」と呼びます。実際、原子は1粒、2粒…と数えますが、元素は1種類、2種類…と数えます。原子はさらに、陽子、中性子、電子という小さな粒子からできています。

### 1.1.2 原子モデルの歴史

#### (1) 有史以前（哲学の時代）

物質の根元についての学説はアリストテレス（Aristoteles）が完成させた四大元素（火、空気、水、土）が有名で、「万物は分割できる連続体」と考えられていました。

一方、物質が「極めて小さく不変の粒子」から成り立つという原子論については、紀元前400年ごろの古代ギリシアの哲学者、デモクリトス（Demokritos）が言及しています。



アトモスのイメージ

自然においては、それ以上不可分な無数の原子の結合と分離によって万物は生成・変化・消滅する

「いかなることも偶然によって起こりえない」



デモクリトス

図1\_1.2 デモクリトスの分子論

#### (2) 18世紀～19世紀（原子説の復活）

ドルトン(John Dalton)は化学的現象の説明として原子説を発表しました。「元