



To-Be エンジニア試験公式テキスト

化学Ⅱ

(物理化学電気化学・分析化学環境化学・化学プロセス)

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 物理化学・電気化学 1~62

1	化学熱力学	1
1.1	エネルギーについて	2
1.1.1	各種エネルギー	2
1.1.2	エネルギーの単位	3
1.1.3	化学熱力学の基本的な法則	3
1.2	熱容量	11
1.2.1	理想気体	11
1.2.2	PV 線図	12
1.2.3	定積比熱（定容比熱）と定圧比熱	14
1.3	第一法則	16
1.3.1	エンタルピー変化	16
1.3.2	エンタルピー変化の計算	17
1.4	第二法則	19
1.4.1	エントロピー	19
1.4.2	エントロピー増加の計算	20

2	酸化と還元	21
2.1	酸化・還元定義	22
2.1.1	物質の酸化と還元	22
2.1.2	電子授受	23
2.2	酸化数	23
2.2.1	酸化数の考え方	24
2.2.2	酸化数の計算	25
2.3	酸化剤・還元剤①	27
2.3.1	酸化剤	27
2.3.2	還元剤	29
2.4	酸化剤・還元剤②	30
2.4.1	酸化剤の働き	30
2.4.2	酸化還元電位	30
2.4.3	酸化還元滴定	31
3	電池の化学	35
3.1	電池	36
3.1.1	ダニエル電池	36
3.1.2	電池のモデル	37
3.2	電池の電解液	38
3.2.1	電極と電解液	38
3.2.2	電池の形状	39
3.3	標準電極電位	44
3.3.1	標準水素電極	44
3.3.2	標準電極電位の測定	46
3.4	起電力	47
3.4.1	ダニエル電池の起電力	47

3.4.2 各種電池の起電力	47
----------------------	----


4 金属材料の腐食

4.1 イオン化傾向	52
4.2 腐食反応	52
4.2.1 水中の腐食反応	52
4.3 腐食の形態	55
4.3.1 腐食の種類	55
4.3.2 局部腐食のいろいろ	56
4.4 腐食しろ	58
4.4.1 腐食と材料の厚さ	58
4.4.2 腐食の防止	60

2章 分析化学・環境化学

1 機器分析 I 電磁波、X線を用いる分析法

1.1 赤外分光法	64
1.1.1 光の性質	64
1.1.2 赤外分光法の原理	66
1.1.3 分子の振動	67
1.1.4 FT-IR	70
1.2 紫外分光法	71
1.2.1 原理	71
1.2.2 測定の実際	73
1.2.3 吸収帯と化合物	74

1.3	ラマン分光法	75
1.3.1	ラマン分光法	75
1.3.2	装置構成	76
1.3.3	特徴	76
1.3.4	応用例	78
1.4	蛍光 X 線分析法	78
1.4.1	原理	78
1.4.2	装置構成	79
1.4.3	具体例	80
	機器分析Ⅱ 電子顕微鏡、熱分析、クロマトグラフィー	83
2.1	電子顕微鏡 (TEM)	84
2.1.1	TEM と SEM の原理	84
2.1.2	TEM の実際	86
2.1.3	応用例	87
2.2	電子顕微鏡 (SEM)	88
2.2.1	基礎	88
2.2.2	応用例	90
2.2.3	EDX と EPMA	90
2.3	熱分析	91
2.3.1	熱分析の定義	91
2.3.2	示差走査熱量測定 (DSC)	92
2.3.3	熱重量測定 (TGA)	94
2.3.4	熱機械分析 (TMA)	96
2.3.5	まとめ	96
2.4	クロマトグラフィー	97
2.4.1	基本原理	97

2.4.2	吸着・分配クロマトグラフィー	99
2.4.3	イオン交換クロマトグラフィー	100
2.4.4	サイズ排除クロマトグラフィー	101
2.4.5	液体クロマトグラフィーの最近の進歩	102
3	分析の現場への応用	105
3.1	pH 測定	106
3.1.1	酸とアルカリ	106
3.1.2	pH の測定方法	107
3.1.3	現場での pH 測定	108
3.2	電気伝導率	109
3.2.1	電気伝導率とは	109
3.2.2	電解質	110
3.2.3	電気伝導率の実際	111
3.3	濁度測定	113
3.3.1	濁度とは	113
3.3.2	濁度測定の実際	114
3.4	沈殿法	116
3.4.1	金属イオン	116
3.4.2	凝集沈殿法	117
4	環境規制と化学物質	121
4.1	化学物質	122
4.1.1	化学物質関連法規	122
4.1.2	化審法	122
4.1.3	特定化学物質	124
4.2	有機溶剤	127

4.2.1	関連法規	127
4.2.2	特別有機溶剤	128
4.3	危険物	131
4.3.1	関連法規	131
4.3.2	指定数量の倍数	132
4.4	環境問題に関する規制	133
4.4.1	関連法規	133
4.4.2	大気・水質に関する規制	135
4.4.3	国、地方公共団体、事業者、国民の責務	136

3章 化学プロセス 137~216

1 化学工学基礎 I 137

流動混合分離

1.1	物質の流動	138
1.1.1	プロセスの種類	138
1.1.2	物質の収支	138
1.1.3	液体の流動	141
1.2	蒸留と抽出	147
1.2.1	蒸留	147
1.2.2	抽出	149
1.3	分離方法①	152
1.3.1	吸着	152
1.3.2	イオン交換	154
1.3.3	膜分離	155
1.4	分離方法②	157
1.4.1	昇華	159

1.4.2	再結晶	160
2	化学工学基礎Ⅱ 反応・攪拌・混合	163
2.1	化学反応(反応次数)	164
2.1.1	酸化還元反応	164
2.1.2	反応速度	164
2.1.3	反応次数	166
2.1.4	半減期	168
2.2	液体の取り扱い	170
2.2.1	液体の貯蔵	170
2.2.2	ポンプ	171
2.2.3	攪拌	175
2.3	粉砕と混合	178
2.3.1	粉体の製造	178
2.3.2	粉体の特性	179
2.3.3	粉砕	181
2.3.4	粉体の混合	183
2.4	攪拌翼	184
2.4.1	攪拌翼の種類	185
2.4.2	攪拌の目的と攪拌翼	186
3	化学反応と触媒	187
3.1	触媒の働き	188
3.1.1	触媒の始まり	188
3.1.2	触媒の働き	188
3.1.3	触媒の種類	193
3.2	触媒と使用される工程	195

3.2.1	石油の精製	195
3.2.2	触媒の使用	196
3.3	触媒生産量	198
3.3.1	触媒の需給	198
3.3.2	用途別生産量	198
3.4	工業触媒の組成	200
3.4.1	さまざまな触媒	200
3.4.2	触媒の原料	201
3.4.3	触媒の担体	202
	化学製品とプロセス基礎	203
4.1	化学製品製造技術	204
4.1.1	加圧	204
4.1.2	加熱・冷却	204
4.1.3	反応	205
4.2	石油化学製品の製造	206
4.2.1	石油化学	206
4.2.2	ナフサの分解	207
4.2.3	改質	209
4.2.4	分解	210
4.3	アンモニア製造法	212
4.3.1	アンモニアの製造装置	212
4.3.2	尿素の合成	213
4.4	食塩電気分解	214
4.4.1	電解ソーダ工業	214
4.4.2	食塩水の電気分解	215
4.4.3	苛性ソーダの製造	216

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Ⅱ（物理化学・電気化学、分析化学・環境化学、化学プロセス）](#)」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 物理化学・電気化学

1. 化学熱力学

学習のポイント

現在、私たち人類が日常生活を営むには、各種エネルギーを大量に消費しなければなりません。それらのエネルギー源は化石燃料や太陽光などです。エネルギーを利用するために、熱力学が発達しました。さらに、化学反応においてエネルギー保存則などを扱うには、熱力学を化学に応用した化学熱力学を用いています。

1.1 エネルギーについて

1.1.1 各種エネルギー

エネルギーとは仕事をする能力のことをいいます。エネルギーの形態には、熱、化学、光、運動、位置、電気などがあります。図 1_1.1 に示すように、それらのエネルギーを相互に変換しながら利用しています。

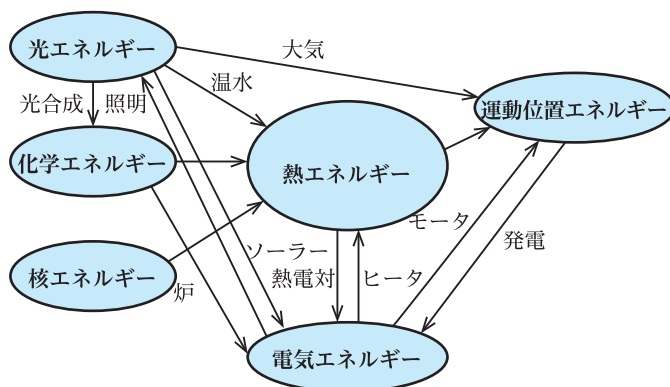


図 1_1.1 エネルギーの変換

化学エネルギーの元になる化石燃料は有限で、何年か後には枯渇します。そこで、太陽光、風力や地熱といった自然エネルギーの利用に切り替えなければなりません。

変換効率では、力学的エネルギーや電氣的エネルギーを仕事に変換する効率は高いのですが、熱エネルギーを電氣的エネルギーに変換する効率は低くなります。電気エネルギーを光エネルギーに変換する効率も低いのですが、これまでの白熱電球から LED に代わって効率は飛躍的に向上しました。

1.1.2 エネルギーの単位

エネルギー（仕事、熱）のSI単位は、ジュール（ $J = N \cdot m$ ）ですが、使いやすい大きさはkJ、MJです。従来熱量の単位であるカロリー（cal）とJとの間には、

$$1 \text{ cal} \doteq 4.18 \text{ J}$$

の関係があります。

また、単位時間当たりの仕事エネルギーを示す仕事率（動力ともいう）のSI単位は、ワット（ $W = J/s$ ）です。従来からエンジン出力表示に使われてきた馬力を示すPS（Pferd Stärke）とWの間には、

$$\begin{aligned} 1 \text{ PS} &\doteq 735.5 \text{ W} \\ &= 0.7355 \text{ kW} \end{aligned}$$

の関係があります。

1.1.3 化学熱力学の基本的な法則

自然界では、エネルギーの見かけの形が変化しても、その総量は変わらずに保存されるという、エネルギー保存則が成立しています。このような一般的な考え方を化学反応でも適用して、さまざまな設計や考察を行なっています。たとえば、

$$\begin{aligned} &(\text{反応物質の持っている全エネルギー}) = (\text{生成物の持っている全エネルギー}) \\ &+ (\text{放出したエネルギー}) \end{aligned}$$

のように計算されます。

では、化学熱力学における基本的な法則や考え方をいくつか学習します。

(1) 第ゼロ法則

私たちが経験で知っているように、温度の異なる物体を接触させると高温物体

から低温物体へ熱が移動し、十分な時間が経過すると両者は同じ温度になり、熱平衡の状態となります。図 1_1.2 に示すように熱力学の第ゼロ法則は熱平衡の法則とも呼ばれ、次のように表現されます。

「物体 1 と物体 3 が熱平衡にあり、また物体 2 と物体 3 が熱平衡にあれば、物体 1 と物体 2 は熱平衡にある」

物体 3 を温度計として使えば、物体の温度を求められます。私たちが額に手を触れて体温を調べるのはこの例です。この法則がゼロ番目の法則として呼ばれるのは、第一法則が定められた後で法則化されたからです。



図 1_1.2 熱平衡

(2) 第一法則

熱と仕事の関係を表しているのが、次の第一法則です。

「いろいろな形をとってもエネルギーの総量は変わらない」

このエネルギー保存の法則は、たとえば、力学的エネルギーと熱エネルギーは相互に変わる、ということを示しています。

この第一法則を式で記述するには、系を密閉系と開放系に分けて、次のように考えます。

図 1_1.3 の密閉系の状態 1 から状態 2 への変化で、熱量 Q_{12} が供給され、外部へ仕事 W_{12} を行い、内部エネルギーが U_1 から U_2 に変化するとすれば、第一法則は、次のようになります。

$$Q_{12} = U_2 - U_1 + W_{12}$$

これは状態 1 ~ 2 間で系に供給された熱量が内部エネルギーの変化と外部にした仕事の和として保存されることを表します。