

せいぞうぶんやとくていぎのう ごうひょうかしけん
製造分野特定技能1号評価試験

きんぞくひょうめんしょりくぶん
(金属表面処理区分)

がくしゅうようさんこう
学習用参考テキスト

目 次

第 1 章 試験の概要と学び方

1.1	試験の概要	1
1.1.1	試験の内容	1
1.1.2	金属表面処理区分に含まれる技能	2
1.1.3	受験時の注意事項	2
1.2	学習する上での注意事項	3

第 2 章 安全衛生

2.1	基本作業	4
2.1.1	安全衛生の心得	4
2.1.2	労働安全衛生法	5
2.1.3	あいさつ	6
2.1.4	ほうれんそう	6
2.1.5	整理・整頓・清潔・躰 (5S)	7
2.1.6	三定	9
2.2	安全の教育	10
2.2.1	雇い入れ時、作業内容変更時の教育	10
2.2.2	特別教育	10
2.2.3	オン・ザ・ジョブ・トレーニング (OJT)	11
2.2.4	危険予知トレーニング (Kiken Yochi Training KYT)	
	11	
2.3	保護具	14
2.4	安全衛生の知識	15
2.4.1	ハイインリッヒの法則	15
2.4.2	リスク・アセスメント	15
2.4.3	労働安全衛生マネジメントシステム(OSHMS)	16
2.4.4	絶対安全	16
2.5	標識	17
2.5.1	禁止標識	17
2.5.2	注意表示	18

2.5.3	かがくぶつしつ きけんゆうがいせい ひょうじ 化学物質の危険有害性の表示	18
2.5.4	その他の標識 ひょうしき	19
2.6	こべつさぎょう あんぜん 個別作業の安全のポイント	20

だい しょう ひんしつかんり 第3章 品質管理

3.1	ひんしつかんり きほん 品質管理の基本	22
3.1.1	ひんしつ 品質とは	22
3.1.2	ひんしつかんり かんが かた 品質管理の考え方	23
3.2	ひょうじゅんか 標準化	27
3.2.1	さぎょうひょうじゅん 作業標準	27
3.2.2	こうていぎ QC工程図	28
3.3	どうぐ QC7つ道具	29
3.4	きかく 規格	32
3.4.1	こくさいひょうじゅんかきこう ISO(国際標準化機構)	32
3.4.2	にほんさんぎょうきかく 日本産業規格(Japanese Industrial Standards, JIS)	32
3.4.3	こくさいたんいけい 国際単位系SI	33

だい しょう いつばんちしき 第4章 一般知識

4.1	かがく 化学	34
4.1.1	pH	34
4.1.2	さんか かんげん 酸化と還元	34
4.1.3	ひじゅう 比重	34
4.2	しげん かつよう 資源の活用	36
4.2.1	リデュース、リユース、リサイクル	36
4.2.2	サーキュラーエコノミー	36
4.3	でんき 電気	37

だい しょう こうがいぼうし 第5章 公害防止

5.1	こうがい 公害	38
5.1.1	かんきょうきほんほう 環境基本法	38
5.1.2	すいしつおだく ぼうし 水質汚濁の防止	39
5.1.3	たいきおせん ぼうし 大気汚染の防止	41

5.1.4 その他の公害	42
5.1.5 金属表面加工と環境影響	44
5.2 環境マネジメントシステム	45
5.2.1 ISO 14001	45
5.2.2 RoHS指令	46
5.2.3 REACH規則	46

だい しょう 第6章 測定・検査

6.1 溶液に関する測定	48
6.1.1 溫度の測定	48
6.1.2 比重の測定	49
6.1.3 pH の測定	50
6.1.4 中和滴定	51
6.2 電気に関する測定	53
6.2.1 電流の測定	53
6.2.2 電圧の測定	54
6.3 膜厚測定	56
6.3.1 めっきの膜厚測定	56
6.3.2 陽極酸化皮膜の膜厚測定	58
6.3.3 その他の知識	59
6.4 耐食性試験	61
6.4.1 塩水噴霧試験	61
6.4.2 アルカリ滴下試験	62
6.5 その他の測定・検査	64
6.5.1 外観試験	64
6.5.2 色合わせ	65
6.5.3 その他の測定・検査	65

だい しょう 第7章 材料

7.1 金属材料	67
7.1.1 鉄鋼と非鉄金属	67
7.1.2 金属の密度	67

7.1.3	金属の融点	68
7.1.4	金属の導電率	69
7.1.5	銅合金	70
7.1.6	アルミニウム合金	70
7.1.7	亜鉛合金	71
7.2	腐食と防食	73
7.2.1	腐食	73
7.2.2	めっきにおける腐食と防食	74
7.2.3	鉄鋼(鉄)の腐食と防食	75
7.2.4	銅の腐食	75
7.2.5	アルミニウムの腐食と防食	76
7.2.6	亜鉛の腐食	76
7.3	表面処理に用いられる材料	79
7.3.1	治具	79
7.3.2	マスキング材料	80
7.3.3	処理槽の材料	80

だい しょう 第8章 化学一般

8.1	酸と塩基	82
8.1.1	酸と塩基	82
8.1.2	電離と電離の程度	82
8.1.3	中和	83
8.1.4	塩	84
8.2	溶解と沈殿	85
8.2.1	溶媒、溶質、溶液	85
8.2.2	沈殿	85
8.3	酸化物	87
8.3.1	酸化物の分類と性質	87
8.3.2	酸化と還元	87
8.4	モル濃度と規定度	89
8.4.1	モル濃度	89
8.4.2	規定度	89

8.5	pH	91
8.5.1	水素イオン濃度	91
8.5.2	水素イオン濃度と pH	91
8.5.3	pH メーター	92
8.6	電解質と電解	94
8.6.1	電解質	94
8.6.2	強電解と弱電解	94
8.7	イオン化傾向	95
8.8	電気分解	97
8.8.1	電気分解と電極反応	97
8.8.2	電極反応と化学反応	97
8.9	めっきと電気	99
8.9.1	めっきと電流	99
8.9.2	めっきと電圧	99
8.10	めっき浴中の現象	101
8.10.1	アノードとカソード	101
8.10.2	電流密度分布	101

第9章

電気

9.1	基礎	103
9.1.1	電流、電圧、抵抗	103
9.1.2	直流と交流	104
9.1.3	記号	105
9.1.4	電流と磁場	105
9.2	オームの法則	108
9.2.1	電流、電圧、抵抗の関係	108
9.3	抵抗の合成	111
9.3.1	直列つなぎ	112
9.3.2	並列つなぎ	112
9.4	その他の法則	114
9.4.1	フレミングの法則	114
9.4.2	キルヒホッフの法則	115

だい しょう 第Ⅹ章 金属の表面処理

10.1	もくてき ぶんるい 目的と分類	117
10.1.1	ひょうめんしょり もくてき 表面処理の目的	117
10.1.2	ひょうめんしょり ぶんるい 表面処理の分類	118
10.1.3	かくしゅひょうめんしょり とくちよう 各種表面処理の特徴	119
10.1.4	てきようれい 適用例	120
10.2	めっき	122
10.2.1	めっきとは	122
10.2.2	めっきの種類	122
10.3	陽極酸化	124
10.3.1	陽極酸化とは	124
10.3.2	陽極酸化皮膜の特徴	124
10.4	化成処理	126
10.4.1	概要、目的	126
10.4.2	化成処理の種類	126
10.5	塗装	129
10.5.1	概要、目的	129
10.5.2	塗装の方法	129
10.5.3	塗装の種類	131

だい しょう 第Ⅺ章 めっき

11.1	でんき 電気めっき	132
11.1.1	ほうほう とくちよう 方法、特徴	132
11.1.2	しうるい きのう 種類、機能	133
11.1.3	しょりこうてい かんり 処理工程、管理	134
11.1.4	しょうせつび じぐ 使用する設備、治具	137
11.1.5	ざいりょう (きざい) めっきする材料 (基材)	141
11.1.6	でんき 電気めっきの不良	142
11.2	とうゆう 溶融めっき	145
11.2.1	ほうほう とくちよう 方法、特徴	145
11.2.2	しうるい 種類	146

11.2.3	処理工程、管理	147
11.2.4	溶融めっきの不良	148
11.3	その他めっき	150
11.3.1	無電解めっき	150
11.3.2	乾式めっき	151

だい 第12章 しょう アルミニウム陽極酸化処理 ようきょくさんかしょり

12.1	陽極酸化処理	153
12.1.1	陽極酸化処理の原理	154
12.1.2	陽極酸化処理の作業手順	155
12.1.3	陽極酸化処理の設備と治具	156
12.2	陽極酸化皮膜の膜構成	159
12.3	陽極酸化皮膜の性質と評価	161

だい しょく しけん がいよう まな かた
第1章 試験の概要と学び方

1. 1 試験の概要 (2025年11月時点)

1号特定技能外国人は「相当程度の知識または経験を必要とする技能」を有していることが求められます。製造分野特定技能1号評価試験は、当該技能水準を確認するための試験です。

1. 1. 1 試験の内容

表 1-1 試験の内容

試験水準	特定技能1号の試験免除となる技能実習2号修了者が受験する技能検定3級試験程度を基準とする
実施方式	CBT（コンピューター・ベースド・テスティング）方式 学科試験：問題文の内容が正しいか間違っているかを選ぶ問題 実技試験：実際の作業工程や材料に関連する内容を読んで、正しい答えを4つの選択肢の中から選ぶ問題
問題数	学科試験：30問 実技試験：10問
試験時間	学科試験・実技試験あわせて80分
合格基準	学科試験：正答率65%以上 実技試験：正答率60%以上
言語	日本語 ※漢字にはふりがな（ルビ）が付く
受験資格	原則として、試験日当日において満17歳以上（国籍がインドネシアの場合は満18歳以上）の外国人で、試験に合格した場合に日本国内で就業する意思のある者

1. 1. 2 金属表面処理区分に含まれる技能

表 1-2 試験区分に含まれる技能

金属表面処理区分	めっき、アルミニウム陽極酸化処理
----------	------------------

1. 1. 3 受験時の注意事項

(1) 問題・解答の持ち出し・共有は禁止

試験で出題された問題やその解答（問題や解答の部分的な情報も含む）を何らかの方法で持ち出すこと、公開・非公開を問わずSNSやその他の手段で共有することは一切禁止されています。問題の持ち出し・共有は、受験者の公平性を失わせる重大な不正行為です。

(2) セキュリティ対策

試験会場には、監視カメラや監督者が配置されています。受験中、受験者の行動は常に監視されており、疑わしい行動をとった場合、即時に発見されます。

(3) 不正行為への対応

不正行為を行った受験者については、当該試験結果の無効のほか、必要に応じて厳しい措置がとられます。

措置の例

- 将来にわたる受験資格の剥奪
- 在留資格を司る出入国在留管理庁への通報等

1. 2 学習する上での注意事項

(1) 本書の内容が分かるよう、日本語の勉強をしてください。

試験は、本書のような日本語で書かれています。そのため、本書の日本語がわからなければ、問題の意味を理解できません。

本書の日本語がむずかしければ、日本語の勉強もあわせてすすめましょう。

(2) 職場の上司や同僚などに質問してください。

本書には、技能についての専門的な言葉が数多く出てきます。自分で調べても、分からなことがあります。そんな時は、職場の上司や同僚などに質問して、専門的な言葉を理解できるように学習しましょう。

(3) 意味を調べなくとも分かるまで、何度も繰り返して読んでください。

試験の時間は80分です。日本語の意味を考えこんでしまうと時間がなくなってしまいます。日本語になれて、技能のことが分かるように、本書をなんども繰り返して読んで、おぼえていきましょう。

(4) 正しいか、間違っているか、文の最後までよく読みましょう。

日本語は、最後まで丁寧によまないと、正しく意味が分かりません。あわてて読んでしまうと、まったく反対の意味に理解してしまうことがあります。最後まで丁寧に読んで、間違えないようにしましょう。

だい しょう あんぜんえいせい
第2章 安全衛生

2. 1 基本作業

2. 1. 1 安全衛生の心得

製造現場には高温、重量物、機械設備、化学物質など、多くの危険があります。これらの危険から、作業者の命と健康を守るための取組みが、安全衛生活動です。

作業者が仕事や通勤が原因で、負傷したり、病気にかかったりすることを労働災害といいます。作業者一人ひとりが、労働災害を防ぐよう努力しなければなりません。

[安全のための重要な心得]

- ① 職場のルールを守ってください。作業者を守るためのものです。
ルールを守らないと周りの人にも危険が及びます。
- ② 知らない機械や道具には、勝手に触ってはいけません。
必ず、上司に聞いてください。
- ③ 道具は丁寧に扱ってください。使った後は、正しい場所に保管してください。投げ渡したり、乱雑においたりしてはいけません。
- ④ 危険がなくても、法律やルールを守ってください。
日本の法律は、作業者一人ひとりを守るためにあります。
- ⑤ 何か異常（変な音、におい、振動など）に気づいたら、機械を止めて上司に報告し、その指示に従ってください。

2. 1. 2 労働安全衛生法

労働安全衛生法は、労働者の安全と健康を守るために定められた、日本の法律です。主な内容は、つぎの3つです。

(1) 労働災害防止のための危害防止基準の確立

この法律は労働災害を防止するための基準をルールとして定めています。
会社も作業者も、このルールを守らなければなりません。

(2) 責任体制の明確化

この法律は、会社がつくるべき安全衛生の責任体制を、定めています。
「安全衛生委員会」は職場の安全と健康についての課題を話し合う組織です。
また「安全管理者」や「産業医（企業で働く人々の健康を守る専門の医者）」
などの安全や健康の専門家も設置し、職場の安全をチェックして安全に働く
ように支援します。

(3) 自主的活動の促進

この法律は、作業者一人ひとりが、安全について考え方、行動することを
促進しています。職場で話し合って、作業の中の危険を発見し、その対策を考
えていけば、全員の安全に対する気持ちが高まり、安全な職場になります。

【練習問題2-1】

正しい場合はA、間違っている場合はBを選びなさい。

- ① () 工場で作業するとき、動きやすければ服装は何でもよい。
- ② () 職場で「危ない」と感じた時は誰にも言わずに自分で解決する。

【解説】

①安全な服装は、機械への巻き込みや汚れから体を守るために重要です。動きやすくても、ひらひらした服は機械に巻き込まれることがあります。サンダルでは落下物で足をけがすることがあります。

答 (B)

②職場で危ないことや変なことに気づいたら、すぐに上司やリーダーに伝えます。そうすれば大きな事故になる前に対応できます。個人で判断すると、かえって状況を悪化させたり、自分自身が危険にさらされたりする可能性があります。

答 (B)

2. 1. 3 あいさつ

事故を防ぐための取り組みの中で、もっとも基本的で大切なことがあいさつです。通路で作業員とすれちがう時には、朝は「おはようございます」「おつかれさまです」とあいさつします。他に「(今日も一日)ご安全に」などがあります。異なる職種の作業員どうしがあいさつをすることで、一体感が生まれ、気持ちよく作業を進めることができます。相手のことを知らなくても、元気にあいさつしましょう。

2. 1. 4 ほうれんそう

スムーズに作業を進めるためにはコミュニケーションが重要です。そのためのポイントを表した「ほうれんそう」という言葉があります。「ほうれんそう」は、報告・連絡・相談を組み合わせた言葉です。「ホウレンソウ」という野菜があるのに合わせたい方です。

明るく、話したいポイントを絞ってわかりやすく、結論は先にいうようにしましょう。

(1) 報告：仕事の進捗や結果などを先輩や上司に伝えることです。

(2) 連絡：仕事に関する情報や、自分のスケジュールなどを先輩や上司に伝えることです。

(3) 相談：トラブルが発生した場合や、わからないことを先輩や上司に伝えすることです。

2. 1. 5 整理・整頓・清掃・清潔・躰 (5 S)

これら 5 つの言葉は、アルファベットの S で始まるので「5S」と言われています。仕事を、安全に、確実に、効率良く、行うための基本的なルールです。職場で協力して、5Sを当たり前にできるようにしましょう。

(1) 整理 Seiri

いらないものを捨てることです。「要るもの」と「要らないもの」を分けて、要らないものをなくします。

(2) 整頓 Seiton

いるものを使いやくしく置くことです。誰でも、すぐにものが探せるように、場所を定めます。

(3) 清掃 Seisou

きれいに掃除することです。汚れやゴミをなくして、いつもピカピカにします。

(4) 清潔 Seiketsu

きれいな状態を保つことです。整理、整頓、清掃をいつも続けて、きれいな職場を保ちます。

(5) 蔽 Shitsuke

ルールを守る習慣を身につけることです。

【練習問題 2-2】

5 S と関係あることに A、ないことに B と書きなさい。

- ① () 職場に道具がたくさんあるが、ほとんど使わない。
つか
- ② () 道具を探しているが、なかなかみつからない。
- ③ () 床が機械油で汚れていて、すべりやすい。
- ④ () 作業ルールを守らない人がいた。
- ⑤ () 朝から熱があって、体調が悪い。

【解説】

- ① 整理ができない状態です。 答 (A)
- ② 整頓ができない状態です。 答 (A)
- ③ 清掃ができません。 清潔になっていません。 答 (A)
- ④ 蔽ができません。 答 (A)
- ⑤ 体調管理は大切ですが、5 S とは関係ありません。
体調が悪い時は上司に伝えてください。 答 (B)

2. 1. 6 三定

ものの置き場所や数を定めることで、作業をスムーズにするためのルールです。定位、定品、定量の三つを合わせて、「三定」といいます。三定によつて、「誰でも、いつでも、迷わずに」必要なものを見つけられるようになります。その結果、仕事の効率が上がり、誰でも同じように作業ができるようになります。

(1) 定位：置き場所を定める

すべてのものの置き場所をはっきりと定めることです。床に線を引いたり、棚に名前を貼ったりして、「ものの住所」を定めます。こうすることで、「探す時間」をなくします。

(2) 定品：置くものを定める

定めた場所に、定めたものだけを置くことです。例えば、「工具Aの場所」には「工具A」だけを置きます。違うものが混ざるのを防ぎ、間違いをなくします。

(3) 定量：置く量を定める

定めた場所に置くものの数を定め、その数を守ることです。「この棚にはネジを10個から20個まで」のように、適切な量を定めて管理します。

2. 2 安全の教育

労働災害や健康障害を防止するために作業者に必要な知識と能力を、
教育で身に付けます。労働安全衛生法で、定められています。

2. 2. 1 雇い入れ時、作業内容変更時の教育

安全衛生教育は、働く人を危険から守るためのものです。ですから、新しい仕事を始める時は、必ずその仕事の安全教育を受けてください。

[雇い入れ時、作業内容変更時の教育の内容]

- ① 機械や原材料などの危険性・有害性と、これらの取扱い方法
- ② 安全装置や保護具の機能、これらの取扱い方法
- ③ 作業手順
- ④ 作業開始時の点検
- ⑤ 整理、整頓、清掃、清潔の保持
- ⑥ 事故がおきた時の応急措置、退避など

2. 2. 2 特別教育

労働安全衛生法では、特に危険な作業や特に有害な作業は、事前に特別教育を受けなければならないと、定められています。

(例：フォークリフトの運転、産業用ロボットの保全・設定、玉掛け※作業)

※玉掛け：クレーンなどを用いて荷物を吊り上げたり、移動したりする作業

2. 2. 3 オン・ザ・ジョブ・トレーニング (OJT)

じつさい しごと とお ぎょう む ひつよう ちしき しゅうとく きょういくほうほう
実際の仕事を通して、業務に必要な知識やスキルを習得させる教育方法で
す。

まず、上司が作業を説明して、実際にやって見せてくれます。その後、
しんじん じょうし しんじん まちが ただ
新人がやってみます。その後、上司が新人にアドバイスして、間違いを正しま
す。

2. 2. 4 危険予知トレーニング (Kiken Yochi Training KYT)

しょくば しゃしん み はな あ しごと きけん くんれん
職場で、イラストや写真を見て話し合い、仕事の危険をみつける訓練です。
たが はな あ ひとり きけん たい かんど たか ひろ
お互いに話し合うことで一人ひとりの危険に対する感度が高くなります。広く
KYT 4 ラウンド法が用いられています。

[KYT4 ラウンド法]

第1 ラウンド 「どんな危険がひそんでいるか」

え げんば じょうきょう ふあんぜん こうどう ふあんぜん じょうたい あら だ
絵や現場の状況から、不安全な行動や不安全な状態を洗い出します。

第2 ラウンド 「これが危険のポイントだ」

なか はな あ じゅうよう きけん えら
それらの中から、話し合って、もっとも重要な危険を選びます。

第3 ラウンド 「あなたならどうする」

きけん たい ぐたいてき たいおうさく あら だ
その危険に対して、具体的な対応策を洗い出します。

第4 ラウンド 「私たちにはこうする」

なか はな あ しょくば まも たいさく えら
それらの中から、話し合って、職場で守る対策を選びます。そして、それを
じっせん こうどうもくひょう き ぜんいん しょうわ
実践するための「チーム行動目標」を決めて、全員で唱和します。

【練習問題 2-3】

以下の作業のイラストを見て、KYT第1ラウンド「どんな危険がひそんでいるか」を考えてください。

<p>1. 金属プレスの作業 を行っています。 (左右のスイッチを共に押して作動する)</p> 	<p>2. ボール盤で金属を加工しています。</p> 	<p>3. 場内の道路を歩行しています。</p> 
<p>【解説】</p> <p>①右スイッチをテープで常時ON しているので、右手を入れたまま間違って左スイッチを押すと挟まれる。</p> <p>②進入防止センサーがないので、誤って手をはさまれる。</p> <p>③背面が開放されているので、第三者が近づいたら挟まる。</p>	<p>【解説】</p> <p>①ドリルが回転しているので、部材が接触しはんと破片が飛ぶ。</p> <p>②保護メガネをつけていないので破片や粉塵が目に入る。</p> <p>③綿の軍手をしているので、ドリルが軍手を巻き込んで手をけがする。</p>	<p>【解説】</p> <p>①フォークリフトはにもつまえみ荷物で前が見えず、トラックや人とぶつかる。</p> <p>②側溝の蓋が外れているので、人や車輪が溝に落ちる。</p> <p>③手をポケットに入れているので、転倒した時に体を支えられず大けがする。</p>

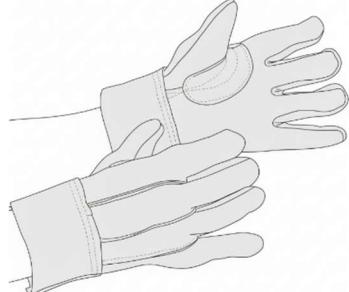
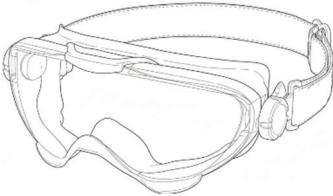
<p>4. 荷物を2階から下ろしています。</p>	<p>5. 金属の脱脂作業用の槽を清掃しています。洗浄液に有機溶剤が含まれています。</p>
	
<p>【解説】</p> <p>①荷物で足元が見えないので階段を踏み外して転倒する。</p> <p>②手すりを持てないので、踏み外した時に転倒する。</p> <p>③ケーブルや突起物につまずいて、転倒する。</p> <p>④荷物が重いと、腰痛になる。</p>	<p>【解説】</p> <p>①有機溶剤用の保護具を着用していないので、気化した溶剤を吸い込んでしまう。</p> <p>②換気扇が回っていないので、室内に気化した有機溶剤が溜まってしまう。</p> <p>③バケツの蓋が開いているので、有機溶剤が室内に広がってしまう。</p> <p>④床がぬれているので、作業者がすべて転倒する。</p>

2. 3 保護具

作業中の事故や危険から身体を守るために装着するものです。作業者は定められた保護具を使用しなければいけません。

作業によって危険は異なるので、ある作業では保護具であっても、他の作業では危険要因になることがあります（例：ボール盤作業では、手袋があると巻き込まれる）。ですから、作業に適した正しい保護具を着用してください。

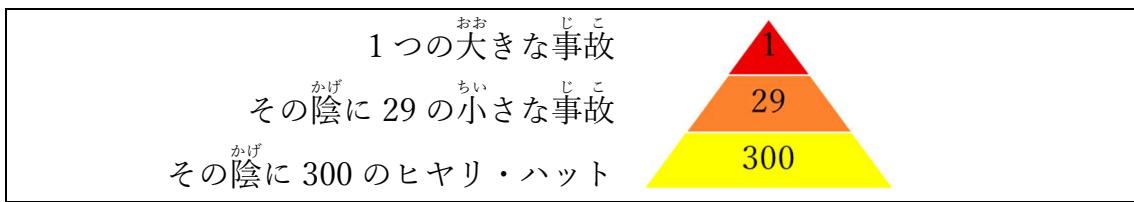
表 2-1 代表的な保護具

<p>安全靴</p> 	<p>安全手袋</p> 	<p>保護メガネ</p> 
<p>足への落下物や、足元の障害物から足を保護します。</p>	<p>危険から手を保護します。作業に適したタイプを使ってください。</p>	<p>危険から目を保護します。作業に適したタイプを使ってください。</p>

2. 4 安全衛生の知識

2. 4, 1 ハインリッヒの法則

たくさんの小さな事故の後に、大きな事故が起こるという考え方です。



「ヒヤリ・ハット」とは、事故にならなくとも「危ない！」とヒヤリしたり、ハッと驚いたりするできごとです。「ヒヤリ・ハット」を無視せずに対策を行っていけば、大きい事故を防ぐことができます。

2. 4. 2 リスク・アセスメント

リスク・アセスメントは、仕事の中にある危険や健康を害する可能性を見つけて、その危険をなくすための方法を考える活動です。

[リスク・アセスメントの手順]

① 危険を見つける

仕事の現場を見て「どこにどんな危険があるか？」を探します。

② 危険のレベルを考える

危険それぞれのレベルを評価します（危険の程度、作業の頻度など）。

③ 対策を考える

危険のレベルが高いものから、レベルを下げる具体的な対策を考えます。

④ 対策の実行と徹底

決めた対策を実施します。

2. 4. 3 労働安全衛生マネジメントシステム（OSHMS）

OSHMS (Occupational Safety and Health Management System) は、「**安全で健康な職場**」をつくるための、会社のルールや仕組みのことです。つぎの4つのステップを繰り返して進めます。

[OSHMS の手順]

- ① **計画** 危険の状況を調べて安全目標を立て、計画を立てます
- ② **実行** 計画した安全ルールを実行します。また安全教育を行います。
- ③ **評価** 計画が実行状況と成果を、チェックします。
- ④ **改善** もし問題があれば、その原因を考えて、計画を改善します。

2. 4. 4 絶対安全

絶対安全という言葉は「絶対に危なくない」という意味ですが、これはありえないと考えられています。どんなに厳重な対策を講じても、事故や災害の可能性をゼロにすることは不可能と考えます。

機械は、突然故障することがあります。

人間は、うっかりミスをすることがあります。

自然は、予期せぬ災害を起こすことがあります。

ですので、私たちは「絶対安全」を目指すのではなく、「できるだけ危険を少なくすること」を目標にしています。危険をなくす努力を続けて、事故が起る可能性をできる限り小さくすることが、本当の「安全」です。

2. 5 標識

工場や日本の社会にはさまざまな標識があります。正しく理解して、指示にしたがいましょう。

2. 5. 1 禁止標識

特定の場所・状況での行動・行為を禁じるための標識です。

表 2-2 禁止表示

一般禁止 Prohibition	禁煙 No Smoking	火気厳禁 No Fires	立ち入り禁止 No Entry	走るな/かけ込み禁止 No Running
さわるな Don't Touch	飲めない Not for drinking	携帯電話 使用禁止 No Cell Phones	電子機器 使用禁止 No Electronics	進入禁止 No Entry

2. 5. 2 注意表示

特定の危険や有害な状況が存在することを知らせるための標識です。

表 2-3 注意表示

一般注意 Caution	障害物に注意 Caution: Obstacles	上り段差に注意 Caution: Step Up	下り段差に注意 Caution: Step Down	注意滑りやすい Caution: Slippery Surface
転落注意 Caution: Falling Hazard	頭上注意 Caution: Watch Your Head	感電注意 Caution: Electric Shock Hazard	津波危険地帯 Tsunami Hazard Zone	崖崩れ・地滑り注意 Caution: Landslide Rockfall

2. 5. 3 化学物質の危険有害性の表示

化学物質の危険有害性を示す標識です。化学物質の包装や、安全データシートに記載されています。

表 2-4 化学物質の有害性の表示

可燃物 引火性ガスなど Flammable Materials	金属腐食性、皮膚腐食性、 Corrosive	健康有害性 Health Hazard	水生環境有害性 Aquatic Hazard	急性毒性、 皮膚刺激性、 目刺激性など Toxic / Irritant

2. 5. 4 その他の標識

表 2-5 その他の表示

消火器 Fire Extinguisher	自動体外式除細動器 AED	広域避難場所 Wide Area Evacuation Site	避難場所 (建物) Evacuation Building	津波避難場所 Tsunami Evacuation Site
				

自動体外式除細動器：心臓がけいれんして血液を全身に送ることができなくなった状態の時に、電気刺激によって正常なリズムに戻す医療機器です。

AED (Automated External Defibrillator) とも呼ばれます。この標識のあるところに設置されています。

広域避難場所：地震に伴う大規模な火災から身を守るために、一時的に避難する大規模なオープンスペースのことです。都市部で火災が延焼し、通常の避難場所では安全が確保できない場合に利用されます。

2. 6 個別作業の安全のポイント

(1) 機械作業

①仕事の前に機械を点検する。もし故障がみつかれば、上司に知らせる。

②事故を防ぐためのガードやカバーなどの安全装置は、絶対に外さない。

③機械が動いている間は、絶対に手や体を入れない。

④非常停止スイッチは、機械に危険が発生した際、作業者がただちに機械を停止させる安全装置。どこにあるか確認する。



非常停止スイッチ

(2) 感電の防止

人体に強い電流が流れると、筋肉が収縮して手が離せなくなったり、心臓の機能を乱したり、火傷をしたりします。死につながることもあります。感電を防ぐために、機械にアースをして漏電（電気が外に漏れだすこと）を防止するなどの対策を実施します。

(3) 運搬作業

①重量物は、まず腰を下げて荷を抱え、それから足を伸ばして持ち上げる。

②玉掛け作業中は、吊り荷の下や周囲から離れる。

(4) 錫造工程

①炉の周囲は高温になるので、熱射病に注意する。

②砂型や研磨作業で粉塵が発生するので、防塵マスクを着用する。

(5) 化学物質の取り扱い

①安全データシート（SDS）は、化学物質の危険性や有害性、取り扱い方法、緊急時の対応などが記載された文書であるので、取り扱う前に読んでおく。

- ②容器には危険有害性をしめす絵表示があるので、それを見てその化学物質の危険有害性を理解して、注意して取り扱う。
- ③暴露防止装置（フード、換気装置など）を稼動させて、作業する。
- ④特殊健康診断を受診して、健康状態を把握する。

だい しょう ひんしつかんり
第3章 品質管理

3. 1 品質管理の基本

日本の企業は品質管理を発展させて、世界的に高い評価を得てきました。
この品質管理の基本を説明します。

3. 1. 1 品質とは

品質とは、製品やサービスが、顧客や利用者の期待や要求をどれだけ満たしているかを示すものです。製造する側の要求を満たすことではありません。ただ「良いか悪いか」だけでなく、信頼性、安全性、そして顧客が感じる価値全体を含んだ、幅広い概念です。

- **設計品質（ねらいの品質）**
製品を企画・設計する段階で定めた、顧客の意図を満たす品質のことです。
顧客のニーズや市場の動向を分析して設定します。
- **製造品質（できばえの品質）**
製造を通して製品として実現した品質です。設計通りの性能や特性を、安定して実現する能力を指します。
- **物流品質**
製品が顧客に届くまでの物流プロセスにおいて、顧客の要求や期待を満たす程度のことです。注文通りの製品・数量、納期、品質を納めることです。

3. 1. 2 品質管理の考え方

(1) 品質管理の3つの要素QCD

品質・コスト・納期を、それぞれ英語の頭文字をとって QCD といいます。

また、それにものづくりの基本である安全を加えて、QCDS ということもあります。

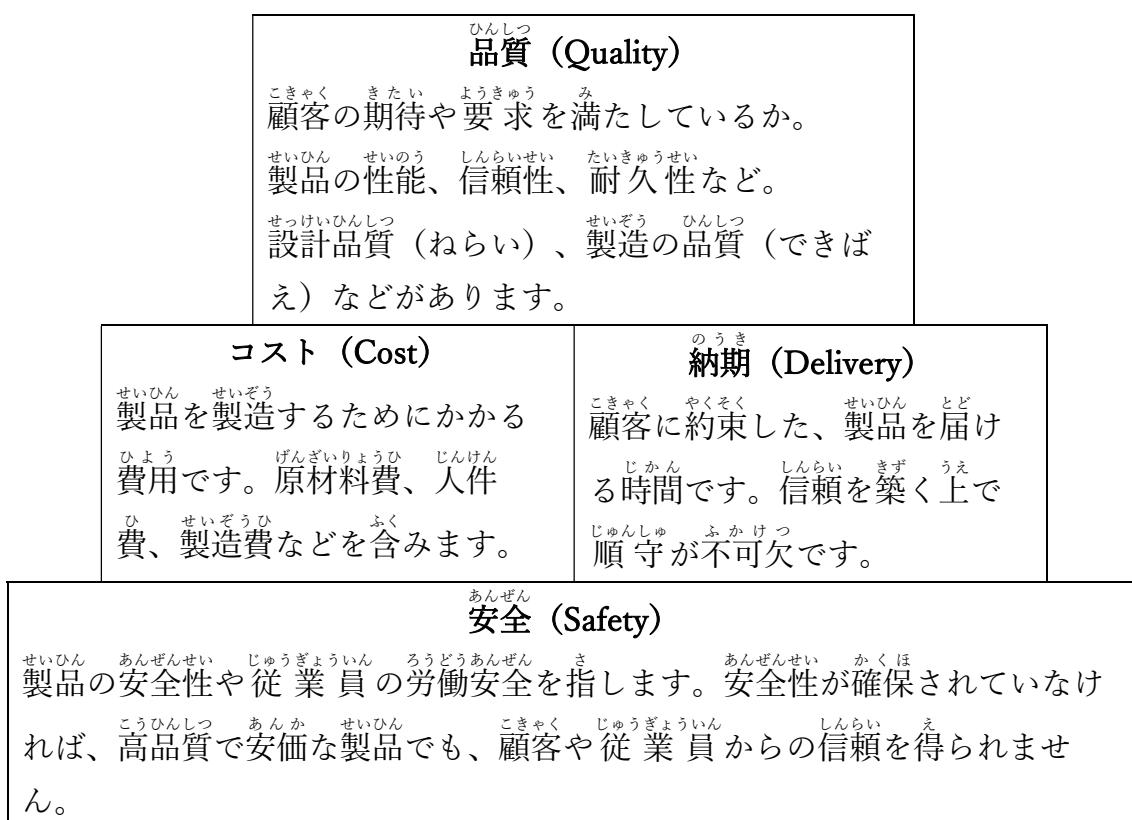


図 3-1 QCDS の構造

(2) 製造の4M

製造業における生産活動の基本要素を指す言葉です。これらは、製品の品質、コスト、納期などを管理し、改善していくために不可欠な4つの要素です。すべて M で始まるので 4M といいます。

表 3-1 製造の4M

Man  作業者	製品をつくる作業者のことです。作業者のスキル、知識、経験、そして教育や訓練といった要素が品質に影響します。
Machine  機械/設備	製品を製造するために使用する機械や設備のことです。機械の性能や状態が、生産効率や製品の品質を左右します。
Material  材料/部品	製品を製造するための原材料や部品のことです。材料の品質や供給の安定性は、最終製品の品質に直接影響します。
Method  方法	製品を製造するための作業方法や手順のことです。同じ材料と機械を使っても、作業手順が異なれば、品質や生産効率に差が出ます。

(3) 三現主義

管理や問題解決を行うためには、事実を正しく把握しなければなりません。
事実を正しく把握する取組みの姿勢を、三現主義といいます。

表 3-2 三現主義

現場	問題が発生している現場に足を運ぶこと。 報告書や話し合いだけではなく、現場へ行って観察や確認をする。
現物	問題を引き起こしているものや製品を観察すること。 不良品などを直接手に取って、状態や原因を探ります。
現実	現場と現物から得られた事実に基づいて判断すること。 自分で確認した事実を根拠として、真の原因をみつけます。

(4) 管理のサイクル PDCA

管理や問題解決は、一度の取組みで解決しないことがあります。結果を把握して、改善を繰り返していくことが必要です。この繰り返しを「**管理のサイクル**」といい、各ステップの頭文字をとって **PDCA**ともいいます。

Plan (計画)

達成すべき目標を設定し、それを達成するための具体的な計画を立てる段階です。

Do (実行)

計画に基づいて具体的な行動や業務を実行する段階です。

Check (評価)

実行した行動の結果を、目標と比較して評価する段階です。

Act (改善)

評価結果をもとに、つぎのサイクルで改善策を検討し、計画や行動に反映させる段階です。

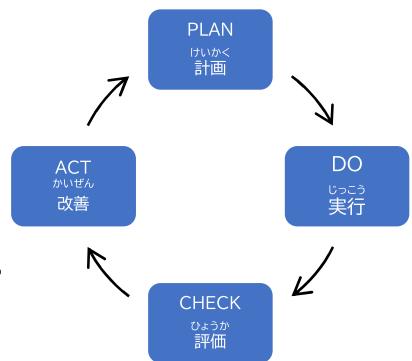


図 3-2 PDCA サイクル

【練習問題3-1】

つぎの 20 個の言葉を、グループに分けてください。

安全、整理、品質、C：評価、整頓、材料/部品、方法、清潔、D：実行、
清掃、作業者、納期、A：改善、現実、躾、現物、P：計画、
機械/設備、コスト、現場

表 3-3 練習問題の回答

グループ	ことば 言葉
QCDS	
管理のサイクル	
4 M	
三現主義	
5 S	

【解説】

テキスト本文を見てください。

3. 2 標準化

製品や製造工程を、誰もが同じように理解できるように、定めたルールや基準です。ばらつきをなくし、効率化や品質向上を図ることができます。

品質の安定と向上

誰が作っても、どこで作っても同じ品質の製品を提供できるようになります。不良が減少し、顧客満足度を高めることができます。

効率化

手順が統一されることで、作業の無駄がなくなり、生産性が向上します。また、部品を標準化すれば、大量生産によるコスト削減にもなります。

3. 2. 1 作業標準

製品を製造する際の作業内容、手順、方法、使用設備、工具などを定めたものです。誰が作業しても、いつ作業しても、安全に、同じ品質を保てるようにするためのルールブックです。

表 3-4 作業標準書の一例

作業標準書		作成: 2024年12月21日	職場: 製造部 製造3課
		番号: RS-200-BP03	工程: ボディプレス機03号
ボディプレス機03号 昇降シリンダー修理手順_3			
No.	作業手順	ポイント	守らないとこうなる
10	シリンダー下部を外す ※手袋着用 ※二人作業 ※高所作業	高所作業のためヘルメットを必ず着用する シリンダー下部を設備からおろす時は二人作業で行う。	落下した場合大けがにつながる バランスを崩し転倒する。設備から落下する
11	プレスを清掃する	カエリが出ていれば砥石でカエリを落とす	組み込み時、他の部品に傷が入る
12	シリンダー下部を清掃しパッキン・メタルを交換する。	カエリが出ていれば砥石でカエリを落とす	組み込み時、他の部品に傷が入る
13	シリンダー下部を取り付ける ※手袋着用 ※二人作業 ※高所作業	高所作業のためヘルメットを必ず着用する シリンダー下部を設備からおろす時は二人作業で行う。	落下した場合大けがにつながる バランスを崩し転倒する。設備から落下する
14	ロッドを清掃しパッキンを交換する	ネジ山にカエリが出ていれば砥石でカエリを落とす	フランジをはめる時にフランジが回らなくなる

3. 2. 2 QC工程図

製造プロセスの各工程で「何を」「いつ」「どのように」管理するかを明記した図のことです。QC工程表とも言います。

- 工程名**：製造プロセスの各ステップ（例：切断、溶接、塗装など）。
- 管理項目**：各工程で管理すべき項目。製品の寸法、重量、硬度、温度など、品質に影響を与える特性を指す。
- 管理方法**：管理項目をどのように測定・検査するか（例：ノギスで測定、目視で確認など）。
- 管理頻度**：測定・検査をどれくらいの頻度で行うか（例：1ロットに1回、1時間に1回など）。
- 異常時の処置**：管理項目が基準から外れた場合に、どのような対応を取るか（例：ラインを停止する、上司に報告する、不良品を隔離するなど）。
-

表 3-5 QC工程図の一例

QC工程図（品名：キャップスクリュー）

工程番号	工程名/工程図	管理ポイント		管理の方法						
		管理項目	品質特性	管理担当	時期	場所	試験・計測	採取・頻度	異常時の連絡先	
1	材料受入れ検査(SX60伸線)	◇	外観 線径 引張強さ 伸び	検査係	入荷時	材料倉庫 -試験室	目視 マイクロメータ -引張試験機	全数検査 抜取検査(AQL3%) 1入荷Lot 1鋼番毎n=1	1.外注係 →伸線製造業者 2.社内加工係 3.工場管理担当	
2	材料倉庫	▽	ロットの区分在庫量	防さび	倉庫係	入庫時 在庫中	材料倉庫	識別表示 目視	入庫ロット毎	1.担当係長 2.工場管理担当
3	頭部圧造	○◇	治工具の取付状態 加工速度 治工具の交換時期	外観 軸部径 軸部長さ 軸部高さ 頭部径	作業員	作業開始時 治工具交換時 作業中	作業場	目視/限度見本 マイクロメータ ノギス 〃	下記品質特性のチェックによる 機械別 初期n=2 30分毎にn=1 チックシート	1.社内加工係 2.設備管理担当 3.工場管理担当
4										

3. 3 QC7つ道具

QC7つ道具とは、品質管理において、製造工程の管理や改善に用いられる基本的な7つの手法です。主に数値データを視覚的に分析するために使われ、特別な知識がなくても活用できます。

表 3-6 QC 7つ道具

チェックシート																																							
不良項目チェックシート				データを収集するために、あらかじめ項目が記載された表です。不良の種類や発生場所などを記録し、データの整理を効率的に行います。																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>4/5</th><th>4/6</th><th>4/7</th><th>4/8</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>割れ</td><td>///</td><td>///</td><td>///</td><td>///</td></tr> <tr> <td>ピンホール</td><td>///</td><td></td><td>///</td><td></td></tr> <tr> <td>しわ</td><td>///</td><td>///</td><td>///</td><td>///</td></tr> <tr> <td>キズ</td><td>/</td><td>/</td><td>///</td><td></td></tr> <tr> <td>汚れ</td><td>///</td><td></td><td></td><td>///</td></tr> <tr> <td>その他</td><td>/</td><td>///</td><td>///</td><td>///</td></tr> </tbody> </table>					4/5	4/6	4/7	4/8	割れ	///	///	///	///	ピンホール	///		///		しわ	///	///	///	///	キズ	/	/	///		汚れ	///			///	その他	/	///	///	///	
	4/5	4/6	4/7	4/8																																			
割れ	///	///	///	///																																			
ピンホール	///		///																																				
しわ	///	///	///	///																																			
キズ	/	/	///																																				
汚れ	///			///																																			
その他	/	///	///	///																																			
パレート図				もんだい問題の原因や不良の種類を、件数の多い順に並べた棒グラフと累積比率の折れ線グラフを組み合わせた図です。重要度の高い項目を特定し、優先順位を付けて改善活動に取り組むことができます。																																			
				もんだい問題の原因や不良の種類を、件数の多い順に並べた棒グラフと累積比率の折れ線グラフを組み合わせた図です。重要度の高い項目を特定し、優先順位を付けて改善活動に取り組むことができます。																																			
グラフ				データの推移や関係性を視覚的に示すための基本的なツールです。棒グラフ、折れ線グラフ、円グラフなど、目的に応じて使い分け、傾向や変化を把握します。																																			
				データの推移や関係性を視覚的に示すための基本的なツールです。棒グラフ、折れ線グラフ、円グラフなど、目的に応じて使い分け、傾向や変化を把握します。																																			
特性要因図				ある問題に対し、それに影響を与える要因を、「魚の骨」のような形に整理した図です。ひと人、機械、材料、方法など、4Mの視点から原因を掘り下げ、真の原因を特定するのに役立ちます。																																			
				ある問題に対し、それに影響を与える要因を、「魚の骨」のような形に整理した図です。ひと人、機械、材料、方法など、4Mの視点から原因を掘り下げ、真の原因を特定するのに役立ちます。																																			

<h3>ヒストグラム</h3> <p>粘度の分布 n=110, 平均値: 9.38、標準偏差: 0.466</p>	<p>データのばらつきや分布の形を、データ数で表した棒型のグラフです。</p> <p>製品の寸法や重さなどのデータが、どのようにあつまっているかを把握して、工程能力を分析するのに使われます。</p>
<h3>管理図</h3> <p>管理図 (歩留り%)</p>	<p>製造工程が安定した状態にあるかどうかを管理するための、時系列での折れ線グラフです。</p> <p>上限管理線、下限管理線を設定し、その範囲内にデータが入っているかを監視することで、異常を早期に発見できます。</p>
<h3>散布図</h3> <p>(°C) 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80</p> <p>オイル温度</p> <p>n=47</p> <p>期間 : 2020.9~10月 作成日 : 2020.11.02 作成者 : 田中一郎</p> <p>スロットル開度 mm</p>	<p>2つの異なる変数(項目)の関係性を、縦軸と横軸でプロットした図です。</p> <p>たとえば「作業時間」と「不良品数」の関係性など、相関関係があるかどうかを分析するのに使われます。</p>
<p>【練習問題3-2】</p> <p>つぎの文章は「QC7つ道具」のうち、どの手法についての説明ですか。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 2つの異なる変数の関係を、わかりやすく見せる。 ② データの個数を棒の長さで表して、データのばらつきの状態を示す。 ③ 不良の内訳を件数の順に棒グラフで示し、累積比率を折れ線で書く。 <p>【解説】 テキスト本文を見てください。</p>	

3. 4 規格

製品などの品質、安全性、性能、寸法、試験方法などを定める取り決めのことです。これにより、製品が一定の基準を満たし、安心して利用できることが保証されます。

3. 4. 1 ISO (国際標準化機構)

世界共通の規格を定めている国際機関です。つぎのような規格を定めています。

(1) ものの規格

製品そのものや、表示など具体的な製品・サービスを対象とした規格。

(2) マネジメントシステムの規格

組織が、活動を管理するための仕組み（マネジメントシステム）の規格

例

ISO 9001 (品質マネジメントシステム)

製品やサービスの品質と顧客の満足を、継続的に提供するための仕組み。

ISO 14001 (環境マネジメントシステム)

企業活動が環境に与える負荷を減らし、環境保全に取り組むための仕組み。

3. 4. 2 日本産業規格 (Japanese Industrial Standards, JIS)

これは日本で定められた規格・標準のことです。日本産業規格には「JISマーク制度」があります。このマークが付いている製品は、JISの要求事項を満たしていることが確認されており、信頼性の高い製品として認められます。

[測定器の JIS マーク]

製造業では精密な測定が不可欠です。測定器に JIS マークが付いていることは、その測定器が正確で安定した測定結果を提供することを意味します。JIS マークがついた測定器で検査することは、信頼できる製品であることの証明になります。



図 3-3 JIS マーク

3. 4. 3 國際単位系 SI

世界共通の単位の体系です。独立した 7 つの「SI 基本単位」があります。科学、技術、ビジネスなど、あらゆる分野で使われます。

長さ：メートル (m)

質量：キログラム (kg)

電流：アンペア (A)

時間：秒 (s)

物質量：モル (mol)

光度：カンデラ (cd)

熱力学温度：ケルビン (K)

【練習問題 3-3】 つぎの SI 単位は何ですか。

- ① 長さ () ② 重さ () ③ 電流 ()

【解説】 テキスト本文を見てください。

だい しょう いっぽんちしき
第4章 一般知識

4. 1 化学

4. 1. 1 pH

pHとは、水溶液の酸性・アルカリ性の度合いを示す単位で、水素イオン指数とも呼ばれます。pH値は0から14までの数値で表され、pH7が中性です。pH7より小さい場合は酸性で、値が小さいほど酸性が強くなります。pH7より大きい場合はアルカリ性で、値が大きいほどアルカリ性が強くなります。

4. 1. 2 酸化と還元

酸化は、物質が酸素と結びつくことを指す化学反応です。

広い意味では、物質が電子を失うこと、水素を失うことも酸化と呼ばれます。

酸化の例

鐵がさびる 鉄と空気中の酸素が結びつき赤褐色の「酸化鉄」に変わる。

物が燃える 燃焼は物質が酸素と急激に結びつき、熱や光を発生させる。

還元とは、酸化した物質が酸素を失うこと（もしくは、電子や水素を受け取ること）です。

4. 1. 3 比重

比重とは、ある物質が基準となる物質と比べてどれだけ重いかを示す値です。固体や液体の場合は4°Cの水を基準（比重1）とします。

きんぞく ひじゅう れい
金属の比重の例

アミ 2.68 鉄7.87 ニッケル 8.69 銅8.82 鉛 11.43 金19.32

4. 2 資源の活用

4. 2. 1 リデュース、リユース、リサイクル

リデュース (Reduce) : ごみの発生を減らすことです。

マイバッグやマイボトルを持ち歩くこと

過剰な包装を断ること、必要なものだけを買うこと

リユース (Reuse) : 一度使ったものをくり返し使うことです。

フリーマーケットやリサイクルショップで物を売買すること

詰め替え用製品を選ぶこと、不要になったものを他人に譲ること

リサイクル (Recycle) : ごみを資源として再利用することです。

ペットボトルや牛乳パック、古紙を分別して出すこと

資源ごみの回収ボックスを利用すること

壊れた家電製品を適切に処分すること

4. 2. 2 サーキュラーエコノミー

「循環経済」と訳され、これまでの大量生産・大量消費・大量廃棄という一方通行の経済システムから脱却し、資源を循環させながら持続可能な社会を目指す新しい経済システムのことです。

例

廃棄物や汚染をなくす

製品の設計段階から、廃棄物や環境汚染の原因となる物質を排除すること

製品や素材を循環させる

製品や部品を繰り返し利用できるように、修理やリサイクルを行うこと

自然を再生する

再生可能なエネルギーの活用や、生態系の回復などの取組み

4. 3 電氣

(1) 直流と交流

電氣の流れ方には、直流と交流の2つがあります。

直流：電氣が常に一定の方向に流れる

交流：周期的に流れる向きを変える

(2) 電圧

電氣を流そうとする「電氣の壓力」のことです。単位はV（ボルト）で表されます。

一般に供給される電氣の電圧を商用電圧といいます。日本では、一般家庭や工場向けには主に100V（交流）ですが、200Vも使われています。

(3) 導電性

電氣の通しやすさのことです。

絶縁体：電氣を通しにくい物質（例：ゴムやプラスチックなど）

導電体：電氣を通しやすい物質（例：金属）

だい しょう こうがいぼうし
第5章 公害防止

5. 1 公害

こうがい ひと けんこう せいかつかんきょう ひがい しょう こうじょう せいさん
公害とは、人の健康や生活環境に被害を生じさせるもので、工場での生産
かつどう ひと せいかつ はっせい しゅるい こうがい
活動や人の生活によって発生します。つぎの7種類の公害があります。

すいしつおだく
①水質汚濁

たいきおせん
②大気汚染

どじょうおせん
③土壤汚染

そうおん
④騒音

しんどう
⑤振動

じばんちんか
⑥地盤沈下

あくしゅう
⑦悪臭

5. 1. 1 環境基本法

かんきょうきほんほう にほん かんきょうしきく こんかん さだ ほうりつ きほんてき かんが かた
環境基本法は、日本の環境施策の根幹を定める法律です。基本的な考え方
てん
は、つぎの4点です。

おせんしゃふたん げんそく こうがい だ もの かいぜん
①汚染者負担の原則（公害を出した者が改善する）

かんきょうこうりつせい よ かんきょう
②環境効率性（より良い環境にしていく）

よぼうてき ほうさく お ほうほう と い
③予防的な方策（起こらないような方法を取り入れる）

かんきょう ていげん お かのうせい ひく ほうほう と い
④環境リスクの低減（起こる可能性が低い方法を取り入れる）

かんきょうきほんほう もと しゅるい こうがい ぐたいてき しきく さだ
環境基本法に基づいて、7種類の公害それぞれについて、具体的な施策を定
められた法令が制定されています。図5-1は、国際連合が定めた「持続可能な開発
ほうれい せいてい す こくさいれんごう さだ じぞくかのう かいはつ
目標」を示すSDGsのロゴです。SDGsには環境改善が含まれています。



図5-1 SDGsロゴ

5. 1. 2 水質汚濁の防止

めっき処理や陽極酸化処理の洗浄水などを、そのまま河川へ放流したり地下へ浸透させたりすると、環境の破壊や健康への被害が起こります。これを防止するために、水質汚濁防止法という法律が定められ、廃水による汚染の防止や廃水の排出基準を定めています。

(1) 廃水基準

国や都道府県は、水を使う人や環境への影響が少なくなるよう、排出する水に含まれる有害物質の基準を定めています。これを廃水基準といいます。工場は、この基準に従って廃水の処理と管理をしなければなりません。

排出基準の例

水素イオン濃度pH（基準：5.8~8.6）、金属成分濃度(例えばCuは3 ppm) COD (Chemical Oxygen Demand), BOD (Biochemical Oxygen Demand), SS(Suspended Solids)、毒物(シアン)、劇物 (6価クロム)

このため、工場で発生した廃水は廃水処理設備でシアンの分解や6価クロムの還元処理などを行ないます。廃水基準以下の濃度で処理した後で放出します。行政は、定期的に工場から出る廃水の分析を行います。

廃水処理設備	工場などから排出される汚れた水を、河川などに放流できる水質まで浄化する設備。つぎの3つの処理方法を組み合わせる。
	①物理的処理 ②化学的処理 ③生物学的処理

(2) 地下への浸透防止

廃水が地下への浸透しないようにしなければなりません。もし、廃水が地下へ浸透すると、井戸水を汚染し、それを利用する人の健康に影響するからです。

めっき処理や陽極酸化処理を行う設備では、めっき液・処理液・水洗水が外部に漏れていないことを確認できる構造が必要です。

(3) 水質汚濁の影響

廃水を河川に放流すると、有害物質が農業用水や魚を汚染し、その作物や魚を食べることで、人の健康に被害が発生することがあります。カドミウムを含む廃水が河川に流出して発生した、イタイイタイ病などが知られています。

【練習問題 5-1】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 硫酸電解液は、そのまま河川に放流できる。
- ② () 廃水があふれて地面に染み込んだ。乾いたのでそのままにした。

【解説】

① 硫酸電解液は、酸性が強く基準値まで pH を調整してから放流することが必要です。答 (B)

② 地下水へ廃水が染み込むことで地下水が汚染される可能性があります。染み込んだ土を取り除いて有害物質がないことを確認する必要があります。答 (B)

5. 1. 3 大気汚染の防止

工場で発生するばい煙・揮発性溶剤・粉塵が大気に排出されれば、酸性雨や光化学スモッグなどの原因になり、人の健康や環境に悪い影響を与えます。

これを防止するために、大気汚染防止法が定められ、大気の汚染を防止するとともに排出基準が決められています。

(1) 排出基準

大気汚染防止には、大きく分けて「環境基準」と「排出基準」の2つが定められています。

環境基準	大気汚染物質の人への健康影響や生活環境への影響がないよう、維持されることが望ましい基準
排出基準	工場などから排出される大気汚染物質の種類や、施設の種類・規模ごとに、排出量の上限を定めた基準 対象：ばい煙（NO _x やSO _x を含む）を発生する施設、自動車

(2) 適用を受ける工場が行うこと

ボイラーや自動車で燃料が燃焼すると、NO_x（窒素酸化物）やSO_x（硫黄酸化物）が発生します。このような設備を設置するときは、都道府県への届け出が必要です。必要に応じて排出ガスの測定を行い、基準値を満たしていることを確認して行く必要があります。

(3) 大気汚染の影響

- 健康 ぜんそく患者の増加
- 酸性雨 SO_xやNO_xが排出されて雨の中に溶け込み酸性に
- 光化学スモッグ フロンなどの有機塩素系物質が太陽光で分解し有害物に

(有機塩素系物質は、クーラーの冷媒や洗浄用の溶剤として使用されてきたが、近年使用に対し規制が強化されてきている)

【練習問題 5-2】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 酸性雨の主な原因物質として、SO_xとNO_xがある。
- ② () 自動車からは、大気汚染の有害物質は発生しない。

【解説】

- ① 酸性雨の主な原因是、工場や自動車から排出されるSO_xやNO_xです。答 (A)
- ② 自動車への規制が強化され排出量は減少しているが発生している。答 (B)

5. 1. 4 その他の公害

(1) 土壌汚染

土壌汚染とは、土壌に有害な物質が染み込むことで、人間の健康、生活環境、生態系に多大な影響を与えます。土壌汚染は、病気や機能障害を引き起こします。地下水が汚染されると飲用水を飲めなくなります。農作物などの生育は悪くなり、生物が死滅したりします。

(2) 騒音

工場や建築現場で発生する騒音は、人の生活環境に影響を与えることがあります。病院や学校など静かな環境が必要な施設の周辺では、特に発生を抑える必要があります。また、夜間の騒音も、発生を抑える必要があります。都道府県の知事が指定した場所や住居の近辺などでは、騒音規制法による制限が行われています。

めっき工場での騒音は、大型の送風機、排気ガス洗浄装置などから発生する
ことが多いです。

(3) 振動

工場・事業場の機械や建設工事、道路交通などによって振動は発生します。
大きな振動を発生する工場や工事が規制の対象です。指定された事業所では、
事前に届出を行い、定められた振動規制基準を守る必要があります。

(4) 地盤沈下

地表面が徐々に沈下する現象を地盤沈下と言います。原因は、過剰な地下水
くみ上げによる粘土層の収縮や、地震による地層の液状化、などです。
対策としては、事前調査と必要な地盤改良を行い、地下水くみ上げの規制や
水量の調整が有効です。

(5) 悪臭

工場などの生産活動で発生する悪臭物質は、人の生活環境に影響を与える
ことがあります。この悪臭物質には、アンモニアや硫黄化合物があります。
めっき工程では、6価クロムを含む廃液を還元する時に重亜硫酸ナトリウムを
使いますが、この分解物は硫黄化合物で悪臭を放ちます。また、無電解銅めっき
では、アンモニアが使われます。これらが放出されないよう管理が必要です。
このような悪臭防止するために悪臭防止法が制定されました。

排気ガス 洗浄装置	処理槽や処理している品物から発生した毒性の強いガスや 悪臭物質を取り除くために用いられる。大容量の空気を送る ために大きな音が発生することが多い。
--------------	---

【練習問題5-3】

正しい場合はA、間違っている場合はBを選びなさい。

() 排気ガス洗浄装置を夜間連続運転しても問題はない。

【解説】

排気ガス洗浄装置は、大きな音を発生させてるので夜間の許容値に入る
か事前確認を行った後問題がなければ運転する。答 (B)

5. 1. 5 金属表面加工と環境影響

金属表面加工は、つぎのような公害発生の原因となることがあります。

(1) めっき工程 (陽極酸化処理を含む)

- 各種処理を行う薬品の排出
- 薬品から発生するガスの排出
- 発生したガスの処理装置からの騒音

(2) 塗装工程

- 塗料からの溶剤の蒸発
- 塗装設備からの騒音

他に、廃水の土壤汚染や、溶剤の臭いも公害として扱われることがあります。このように、金属表面処理では公害防止が大きな課題となります。

5. 2 環境マネジメントシステム

5. 2. 1 ISO 14001

ISO14001 とは、組織が環境への影響を管理し、継続的に改善するための国際規格です。

つぎの活動を実行することによって、環境パフォーマンス（影響を抑え）を向上させ、持続可能な社会の実現に貢献することを目指します。

- ① 組織の活動、製品、サービスが環境に与える影響を評価
- ② 環境方針を策定
- ③ 目標を設定
- ④ 達成に向けて計画/実施/監視改善（Plan/Do/Check/Act）を行う

めっきや陽極酸化処理の工場では、環境への影響が大きい薬品を扱うので、ISO14001 の認証を取得していることが多いです。

環境負荷を減らすための基本的な考え方として、「3R」が知られています。

- Reduce（リデュース：発生抑制）、Reuse（リユース：再使用）、
- Recycle（リサイクル：再生利用）

ISO14001 の取得を目指す企業は、3R を意識した活動を行っていくことが求められています。

【練習問題 5-4】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 環境の 3R とは、リデュース、リユース、リサイクルである。
- ② () 品質マネジメントシステムと言われるものと環境マネジメントシステムは同じものである。

【解説】

- ① 環境負荷を減らすために Reduce (リデュース：発生抑制)、Reuse (リユース：再使用)、Recycle (リサイクル：再生利用) の 3R を行う。答 (A)
- ② 品質ISOは、ISO9001、環境ISOはISO14001で別の規定であるが、日本では、認証機関がいずれの規格も対応できることが多く両者の認証を取得していることも多い。答 (B)

5. 2. 2 RoHS指令

RoHS指令とは、「Restriction of Hazardous Substances」の略で、EU（欧洲連合）が電気・電子機器に含まれる特定の有害物質の使用を制限する指令です。日本語では「有害物質使用制限指令」と言われます。

この指令は、環境汚染や健康被害を減らすことを目的としています。このため、環境マネジメントシステムの中でも取り扱われます。特に「部品」をヨーロッパに輸出する場合は、取り扱う薬品の種類や手順がRoHS指令に適合していることを宣言し保証する必要があります。

5. 2. 3 REACH規則

REACH規則もEU（欧洲連合）が定めた化学物質に関する規則です。化学物質の情報を管理し、登録の義務を定めています。

【練習問題 5-5】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

() REACH規則は、ヨーロッパで有害物の使用を制限する規則です。

【解説】

RoHS指令は、EU（おうしゅうれんごう）が電気・電子機器に含まれる特定の有害物質の使用を制限する指令です。REACH規則は、製品に含まれる化学物質の情報を登録する規則です。答 (B)

だい しょう そくてい けんさ
第6章 測定・検査

6. 1 溶液に関する測定

めっき皮膜、陽極酸化皮膜などの品質を安定化させるために処理液の温度、濃度などの条件を管理することはとても大切です。ここではさまざまな処理条件を測定する方法を説明します。

6. 1. 1 温度の測定

(1) 目的

めっき液、陽極酸化液などの温度はめっき皮膜、陽極酸化皮膜の膜厚（膜の厚さ）、外観（色、明るさ）などに影響します。決められた値に設定されているかどうかを確認するために測定します。品質不良を防ぐために大切です。

(2) 測定器具・装置

測定器具・装置には以下のようなものがあります。

- ・センサー（熱電対、白金抵抗体など）式デジタル温度計
- ・液柱（アルコール、水銀）式温度計

図6-1 のように水平に見ましょう。



図 6-1 溫度計の読み

- 処理液を温めたり冷やしたりする装置には以下のようなものがあります。

- ・冷却蛇管：蛇管に水などを通して液を冷却します。
- ・槽外熱交換装置：めっき槽などの外に設置して温度調整します。
- ・投入式電熱装置（ヒーター）：直接液中に入れて液を温めます。

6. 1. 2 比重の測定

(1) 目的

めっき液、陽極酸化液に含まれる金属成分などの濃度はめっき皮膜、陽極酸化皮膜の膜厚（膜の厚さ）、外観（色、明るさ）などに影響します。濃度が高いほど比重は大きくなるため、濃度が決められた値に設定されているかどうかを確認するために比重を測定します。品質不良を防ぐために大切です。

(2) 測定方法

- 比重測定は液体用比重計を測定したい液を入れた容器に浮かべて液面の目盛りを読みます。このときメニスカスの上を読みます（上縁視定）。図 6-2 の例では 1.131 になります。
- 比重と濃度の関係を示すグラフから濃度が分かります。図 6-3 の例では比重が 1.152 のとき、濃度は 336g/L になります。（赤点線）

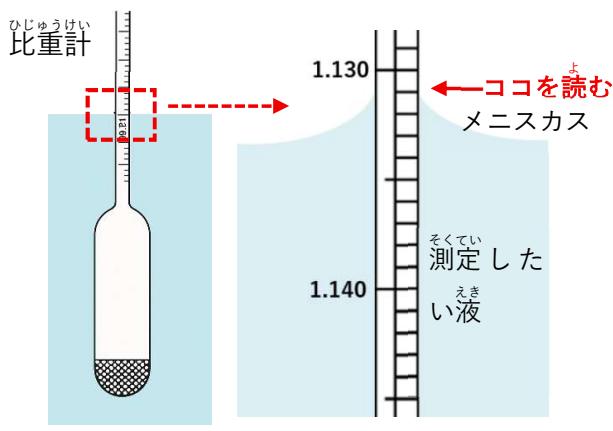


図 6-2 比重計の読み

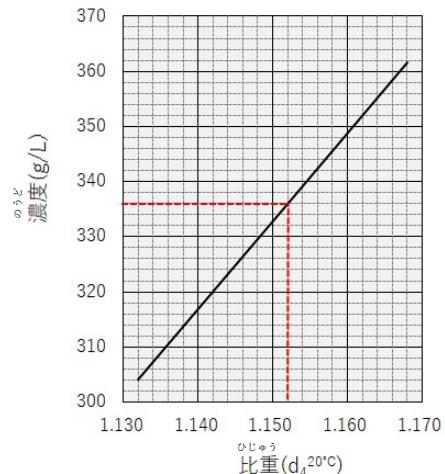


図 6-3 濃度と比重の関係

【練習問題 6-1】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 温度計は上下斜めから見て読んでもよい。
- ② () 図6-3 で比重が 1.142 のときの試験液濃度は 330g/L である。

【解説】

- ① 温度計は水平に見ないと正確に目盛りを読みません。答 (B)
- ② 比重が 1.142 のときの濃度は 320g/L になります。答 (B)

6. 1. 3 pH の測定

(1) 目的

めっき液、陽極酸化液などの pH はめっき皮膜、陽極酸化皮膜の膜厚（膜の厚さ）、外観（色、明るさ）などに影響します。決められた値に設定されているかどうかを確認するために測定します。品質不良を防ぐために大切です。

(2) 測定方法・器具

- リトマス紙：液をつけて酸性かアルカリ性かを知ることができます。赤くなれば酸性、青くなればアルカリ性です。
- pH試験紙：酸性からアルカリ性まで広い範囲でpHを確認できます。赤くなれば酸性、青くなればアルカリ性、変化がなければ中性です。
- pH計（メーター）：pH電極（センサー）を溶液に浸漬して直接pHを測定できます。温度の影響を受けるため測定温度には注意が必要です。工業用、卓上用、携帯用などがあります。

6. 1. 4 中和滴定

(1) 目的

中和滴定は、酸とアルカリがお互いを中和する反応を利用して、酸やアルカリの濃度を正確に調べる方法です。例えば硫酸銅めっき液中の硫酸濃度を分析するときに用いられます。品質不良を防ぐために大切です。

(2) 測定方法・装置

- 濃度が分かっている標準液(例えば水酸化ナトリウム)を少しづつ濃度を知りたい液(例えば硫酸溶液)に加えていきます。酸とアルカリがちょうど反応しきった瞬間=「中和点」を指示薬を使って色の変化で判断します。
- 中和点での標準液の量から、濃度を知りたい液の濃度を計算で求めます。
- 測定器具、装置、薬品には以下のようなものがあります。
- ・ビューレット：標準液を入れて少しづつ滴下します。
 - ・ホールピペット：濃度を知りたい液を測りとります。
 - ・フラスコ、コニカルビーカー：濃度を知りたい液、指示薬を入れます。
 - ・標準液：濃度が分かっている溶液です。少しづつ加えていきます。

・指示薬：中和点で色が変わります。以下のものがあります。

フェノールフタレン　無色（酸性）、赤（アルカリ性）

メチルオレンジ　赤（酸性）、黄（アルカリ性）

BTB　黄（酸性）、緑（中性）、青（アルカリ性）

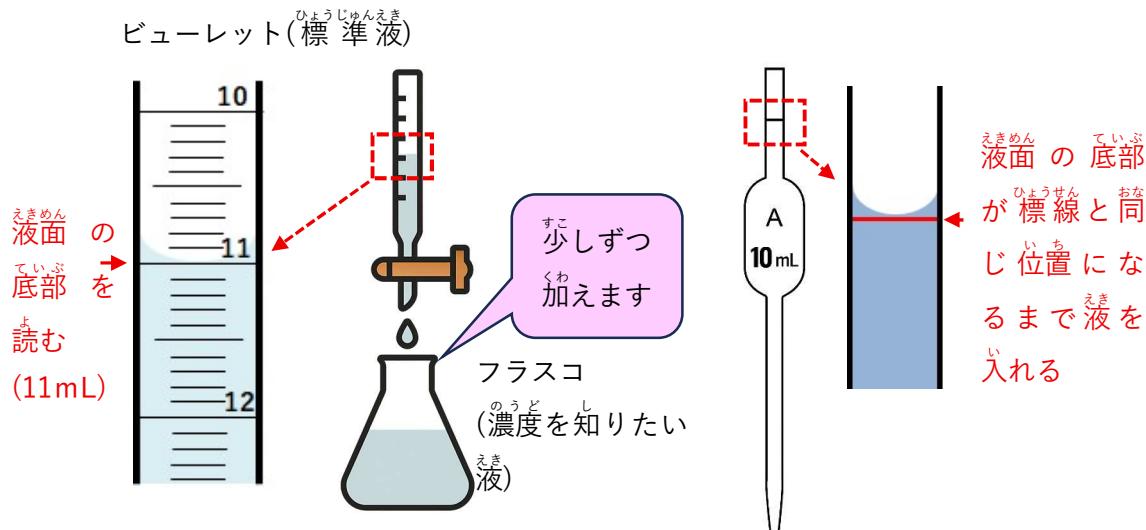


図 6-4 中和滴定、ビューレット

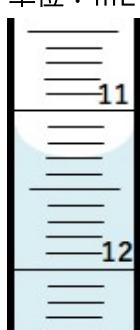
図 6-5 ホールピペット

【練習問題 6-2】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () pH試験紙の色が青く変化したときはアルカリ性である。
- ② () フェノールフタレンは酸性で赤色である。
- ③ () ビューレットが右図のとき滴定量は 11.3mL である。

単位: mL



【解説】

①正しい。 答 (A)

②酸性の時は無色です。 答 (B)

③正しい。 答 (A)

6. 2 電気に関する測定

電気めっき、陽極酸化において電流、電圧は皮膜の膜厚（膜の厚さ）、構造などに影響するためとても大切です。ここでは電流、電圧を測定する方法について説明します。

6. 2. 1 電流の測定

(1) 目的

電気めっき、陽極酸化などの電流はめっき皮膜、陽極酸化皮膜の膜厚（膜の厚さ）、外観(色、明るさ)などに影響します。決められた値に設定されているかどうかを確認するために測定します。品質不良を防ぐために大切です。

(2) 測定器具・装置、接続方法

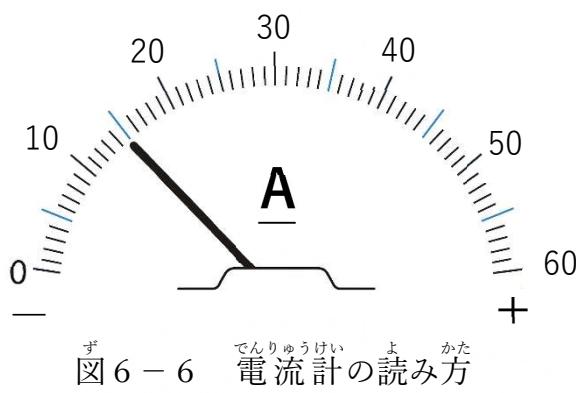


図 6-6 電流計の読み方

- アナログ電流計：針で電流値を表します。図6-6では15Aになります。
- デジタル電流計：数値で電流値を表示するため読み取りミスが少ないです。
- クランプメーター：電線をはさんで測定します。回路を切断せずに使えます。

- 電流計は直列につなげます。

6. 2. 2 電圧の測定

(1) 目的

- 電気めっきでは電解液の劣化、不純物の混入などにより電圧が変動します。工程異常を早期発見するために電圧を測定します。
- 陽極酸化では電圧は酸化皮膜の膜厚（膜の厚さ）や構造などに影響します。決められた値に設定されているかどうかを確認するために測定します。

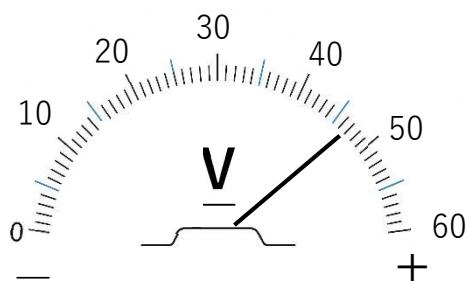
(2) 測定器具・装置、接続方法

- アナログ電圧計：針で電圧を表示します。
- デジタル電圧計：数値で電圧を表示するため読み取りミスが少ないです。
- 電圧計は並列につなげます。

【練習問題 6-3】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 電圧計が下図の場合、電圧は 47V である。
- ② () 電流計は並列につなげる。



【解説】

- ①正しい。 答(A)

②電流計は直列につなげます。

答 (B)

6. 3 膜厚測定

めっき、陽極酸化において皮膜の膜厚（膜の厚さ）は品質に影響するためとても大切です。ここではその測定方法について説明します。

6. 3. 1 めっきの膜厚測定

(1) 目的

めっきの膜厚は、外観(色、明るさ)、耐食性、はんだ付け性などの特性に影響します。決められた値通りにめっきされているかどうかを確認するために測定します。品質不良を確認するために大切です。

(2) 測定方法、装置

- 蛍光X線膜厚計**：X線を使って膜厚を測定します。
- 渦電流式膜厚計**：高周波電流の流れるプローブを当てて膜厚を測定します。磁性金属（鉄鋼など）上の非磁性導電性膜（亜鉛、銅、アルミニウムめっきなど）が測定できます。
- 電磁式膜厚計**：低周波電流の流れるプローブを当てて膜厚を測定します。磁性金属（鉄鋼など）上の非磁性皮膜（亜鉛めっき、銅めっき、塗膜など）が測定できます。
- 磁力式膜厚計**：磁力線を出すプローブを当てて膜厚を測定します。非磁性金属（銅など）上の磁性膜（ニッケルめっきなど）、磁性金属（鉄鋼など）上の非磁性金属膜（亜鉛めっき、銅めっきなど）が測定できます。
- 顕微鏡断面試験法**：めっきの断面試料をつくり顕微鏡で拡大して膜厚を測定します。
- 皮膜質量法**：皮膜を溶解し溶解前後の重量差から皮膜質量、膜厚を

計算します。

(3) 測定値の評価

- 膜厚は全体のばらつきなどを確認するために通常は複数点測定します。
- 最大値、最小値が目標の範囲に入っているかどうか確認します。表6-1の例ではB、Cが狙いから外れており不良品になります。

表 6-1 不良品の判定

試料	最大値	最小値	目標の範囲	判定
A	4.8 μm	2.3 μm	2.0~5.0 μm	良品
B	5.2 μm	3.5 μm	2.0~5.0 μm	不良品
C	4.5 μm	1.7 μm	2.0~5.0 μm	不良品

- 平均値を計算して試料間の差を比較します。平均値は以下の式で計算します。表6-2の例では1~5点の合計(測定点の合計)を5(測定数)で割ります。

$$\text{平均値} = \frac{\text{測定点の合計}}{\text{測定数}}$$

表 6-2 平均値の算出(単位: μm)

試料	①	②	③	④	⑤	平均
D	5.3	4.7	4.5	5.0	5.5	5.0
E	4.5	4.2	4.8	4.3	4.7	4.5

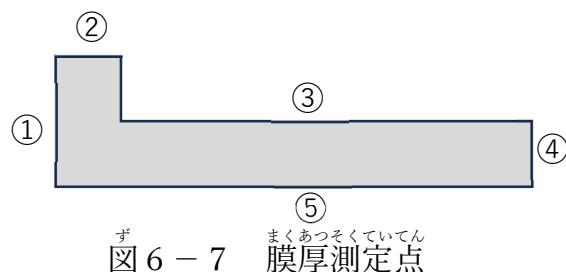


図 6-7 膜厚測定点

【練習問題 6-4】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

① () めっき膜厚の測定装置として蛍光X線膜厚計がある。

② () 試料F の平均膜厚は、下の表から 小数点第一位を四捨五入し、
整数値を求めるとき、 $11\mu\text{m}$ である。

単位： μm

試料	①	②	③	④	⑤	平均
F	10	12	15	11	9	

【解説】

① 正しい。 答(A)

② 正しい。 $(10+12+15+11+9) \div 5 = 11.4$ 、四捨五入で 11。 答(A)

6. 3. 2 陽極酸化皮膜の膜厚測定

(1) 目的

陽極酸化皮膜の膜厚（膜の厚さ）は外観（色、明るさ）、耐食性などの特性に影響します。膜厚が決められた値かどうかを確認するために測定します。品質不良を確認するために大切です。

(2) 測定方法、装置

- 湧電流式膜厚計：高周波電流の流れるプローブを当てて膜厚を測定します。
- 湧電流膜厚計は膜厚標準板で校正を行ったのち測定します。



うずでんりゅうしきまくあつけい
渦電流式膜厚計

ひょうじゅんばん
標準板

図 6-8 涡電流式膜厚計、標準板

- 顕微鏡断面試験法**: めっきの断面試料をつくり顕微鏡で拡大して膜厚を測定します。
- 皮膜質量法**: 皮膜を溶解し溶解前後の重量差から皮膜質量、膜厚を計算します。

6. 3. 3 その他の知識

- JISマークがついている測定器は日本産業規格により品質が保証されています。測定器は保証されたものを使いましょう。
- 涡電流式膜厚計のように素材を破壊(切る、溶かすなど)せずにそのまま測定する検査方法を**非破壊検査**といいます。
- 顕微鏡断面試験法、皮膜質量法のように素材を破壊して検査する方法を**破壊検査**といいます。

【キーワード】

渦電流	こうしゅうはこうりゅうじかいはっせいどうでんせい 高周波により交流磁界を発生させるコイルを導電性 ひじせいきんぞくひょうめんちかこうしゅうはこうりゅうきんぞく 非磁性金属表面に近づけると、高周波交流により金属 ひょうめんうずじょうでんりゅうはっせい 表面に渦状の電流が発生します。
蛍光X線	X線管から発生したX線を試料物質にあてると、元素に せんかんはっせいせんしりょうぶっしつげんそ 特有の波長を持ったX線（蛍光X線）を放出します。

【練習問題 6-5】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 陽極酸化皮膜の膜厚測定方法として顕微鏡断面試験法、
ひまくしつりょうほう
皮膜質量法などがある。
- ② () 渦電流式膜厚計は標準板で校正したのちに測定する。
- ③ () 渦電流式膜厚計を使った膜厚測定は破壊検査である。

【解説】

- ① 正しい。 答 (A)
- ② 正しい。 答 (A)
- ③ 非破壊検査です。 答 (B)

6. 4 耐食性試験

耐食性（腐食・さびの起こりにくさ）はめっき皮膜、陽極酸化皮膜に求められる特性の1つです。目的の性能を発揮できるかどうかを確認するために耐食性試験を行います。ここでは代表的な試験方法について説明します。

6. 4. 1 塩水噴霧試験

(1) 目的、種類

- 海辺や汗のような「塩分が多い環境」でのさびの出方を調べます。
- 中性塩水噴霧試験： 中性の塩水を噴霧します。
- 酢酸酸性塩水噴霧試験： 塩水に酢酸を加えた液を噴霧します。
- キャス試験： 塩水に酢酸と塩化銅を加えた液を噴霧します。

(2) 中性塩水噴霧試験の条件

- 塩水を霧状にして、試験片に噴きかけ続けます。
- 塩の種類は塩化ナトリウム (NaCl) です。
- 塩水の濃度は 50 g/L ± 5 g/L (約5%) です。
- 塩水の温度は 35°C ± 2°C です。
- 塩水の pH は 6.5~7.2 (中性) です。

(3) 醋酸酸性塩水噴霧試験の条件

- 中性塩水噴霧試験の塩水に酢酸 1 mL/L を加えます。
- 塩水の pH は 3.0~3.1 (25°C、酸性) です。

(4) キャス (CASS) 試験の条件

- 醋酸酸性塩水噴霧試験の塩水に塩化第二銅として 0.205 g/L ± 0.015 g/L を加えます。

- 塩水の pH は 3.0~3.1 (25°C、酸性) です。

(5) 評価方法

- どれくらいの時間でさびが出るか、表面がどう変化するかなどを観察します。キズをつけて試験することもあります。
- キャス試験が一番厳しく、中性塩水噴霧試験が一番緩やかな条件になります。

6. 4. 2 アルカリ滴下試験

(1) 目的、種類

- 材料の耐アルカリ性を評価するための試験方法です。
- アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の耐アルカリ試験（アルカリでの耐食性試験）などに使用します。

(2) 試験条件

- アルカリの種類は水酸化ナトリウム (NaOH) です。
- アルカリ濃度は 100 g/L です。
- 液の温度は 35°C ± 1 °C です。

(3) 評価方法

- 水酸化ナトリウム溶液を 5 秒間隔で滴下します。
- 回路計で導通を確認します。
- 耐アルカリ性は皮膜が溶けて導通するまでの時間で評価します。

【練習問題 6-6】

ただ ぱあい まちが ぱあい えら
正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () キャス試験は塩水に硫酸と塩化銅を加えた液を噴霧する。
- ② () アルカリ滴下試験は水酸化カリウム溶液を滴下する。

【解説】

- ① 硫酸ではなく酢酸を加えます。答 (B)
- ② 水酸化カリウムではなく水酸化ナトリウムを滴下します。答 (B)

6. 5 その他の測定・検査

ここではその他の重要な測定・検査方法について説明します。

6. 5. 1 外観試験

(1) 目的

めっき、陽極酸化皮膜表面にキズ、ムラ、変色、ピット（小さな穴）など
の欠陥がないかを確認するために行います。出荷前に行うことにより不良品
が顧客に流出することを防ぎます。

(2) 方法

- 目視検査**：人の目で検査を行います。個人差を減らすために許容できる外観の例を示したサンプル（限度見本）を使います。
- 機器検査**：カメラや画像処理装置などを用いて検査を行います。

(3) 目視検査の検査環境

- 照明は直射日光を避け、北窓光やキセノン標準白色光を使用します。普通の作業では500ルクス以上、非常に精密な作業では1500ルクス以上の照度で検査します。
- 背景は黒色またはそれに準ずる背景を使います。
- 視角（見る角度）は垂直方向から目視するか、照明を垂直方向から照射し45度方向から目視します。

6. 5. 2 色合わせ

(1) 目的

陽極酸化の着色皮膜などが目標の色になっているかどうかを確認するために行います。色ムラなどを確認します。

(2) 方法

- 目視検査**: 人の目で行います。個人差を減らすために色の濃さの段階見本（色見本）などを使います。
- 機器検査**: 測色計、色差計などを用いて検査を行います。

(3) 色合わせの注意点

- 人によって見え方が異なります（年齢・色覚・疲労など）。
- 光源の影響が大きく、昼光、蛍光灯、LEDなどで色が変わります。
- 目視検査と機器検査を組み合わせることも大切です。

6. 5. 3 その他の測定・検査

(1) 密着性試験

めっき皮膜が基材にどれだけしっかりと付いているかを評価します。
テープ剥離試験、曲げ試験、やすり試験、熱衝撃試験などが使われます。

(2) 硬度測定

- 耐摩耗性**（摩擦、こすれに強いこと）などが要求されるめっき皮膜では硬度測定を行います。
- マイクロビックカース硬度試験、ロックウェル硬度試験、ブリネル硬度試験などが使われます。

【練習問題 6-7】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 外観試験は照度500 ルクス以下で行う。
- ② () 色合わせは測定機器のみを用いて行う。

【解説】

- ① 検査の内容に応じて 500 ルクス以上で行います。 答 (B)
- ② 色合わせは目視でも行います。 答 (B)

(3) はんだ濡れ性試験

- はんだ付けが要求されるスズめっき、金めっきなどで確認します。
- 試料をはんだ槽に浸漬し濡れ広がりを確認する方法などがあります。

だい しょう ざいりょう
第7章 材料

7. 1 金属材料

7. 1. 1 鉄鋼と非鉄金属

金属材料は大きく鉄鋼と非鉄金属に分けられます。目的によって使い分けられています。

(1) 鉄鋼

鉄鋼とは、純粋の鉄ではなく、鉄を主成分とした合金です。合金材料として、炭素やニッケル、クロムなどが添加されています。鉄鋼は、鉄よりも強くて加工しやすいというメリットがあります。添加材料を変えることで、多くの種類の鉄鋼が作られます。

鉄鋼	鉄鋼は鉄よりも強度と韌性(粘り強さ)、加工性に優れた金属です。 鉄は炭素量が0.02%未満の金属で、もろく酸化しやすく加工が困難なため、工業用製品の材料としては向いていません。
----	---

(2) 非鉄金属

非鉄金属とは鉄以外の金属で、鉄と鉄鋼を除く金属の総称です。具体的には、銅、アルミニウム、亜鉛、鉛、スズ、ニッケル、マグネシウムなどが含まれます。金、銀、白金も非鉄金属ですが、貴金属ということもあります。

7. 1. 2 金属の密度

金属の密度(比重)は、その用途や性能に大きな影響を与える重要な特性で、最適な金属を選定する際の重要な情報です。しかし、強度、耐食性、

たいねつせい　た　とくせい　こうりょ　じゅうよう
耐熱性など、他の特性も考慮することが重要です。

だいひょうてき　きんぞく　ひじゅう　ひょう
代表的な金属の比重は、表 7-1 のとおりです。

ひょう　だいひょうてき　きんぞく　ひじゅう
表 7-1 代表的な金属の比重

番号	日本語	英語	記号	比重	特徴	用途
1	リチウム	Lithium	Li	0.534	最も軽量	バッテリー、合金
2	マグネシウム	Magnesium	Mg	1.74	軽量で高強度	航空宇宙、電子機器
3	アルミニウム	Aluminium	Al	2.70	軽量で高強度、耐食性	自動車、建築材
4	ナトリウム	Sodium	Na	0.971	軽量、反応性が高い	バッテリー、合金
5	チタン	Titanium	Ti	4.51	高強度、高耐食性	航空宇宙、医療機器
6	亜鉛	Zinc	Zn	7.13	耐食性	鉄鋼のめっき、合金
7	鉄	Iron	Fe	7.87	高密度、加工性良	建築材、機械部品
8	銅	Copper	Cu	8.93	高導電性、耐食性	電線、配管剤
9	ニッケル	Nickel	Ni	8.90	高強度、耐食性	ステンレス鋼、合金
10	コバルト	Cobalt	Co	8.85	高強度、耐熱性	超合金、磁石
11	銀	Silver	Ag	10.49	高導電性	宝飾品、電気接点
12	鉛	Lead	Pb	11.36	高密度、柔軟性	放射線遮蔽、バッテリー
13	すず	Tin	Sn	7.30	高耐食性、加工性	はんだ、食品缶
14	モリブデン	Molybdenum	Mo	10.22	高強度、耐熱性	超合金、電子部品
15	白金	Platinum	Pt	21.45	高耐食性、耐熱性	宝飾品、触媒
17	金	Gold	Au	19.32	高導電性、耐食性	宝飾品、電子部品
18	クロム	Chromium	Cr	7.19	耐食性、硬度	ステンレス鋼、めっき
19	ベリリウム	Beryllium	Be	1.85	軽量、高強度	合金
20	タングステン	Tungsten	W	19.30	耐熱性	高融点、航空宇宙
21	マンガン	Manganese	Mn	7.43	硬度	乾電池
22	ビスマス	Bismuth	Bi	9.80	低融点	はんだ

7. 1. 3 金属の融点

金属の融点とは、金属が固体から液体に変化する温度のことです。

鉄：約1538°C、銅：約1085°C、金：約1064°C。

亜鉛：約420°C アルミニウム：約660°C

スズ：約232°C (融点が低い「6 : 4 はんだ」：約180°C)

金属の融点は、加工方法に影響します。

融点の低い金属は、融解して加工しやすいため、自動車部品や生活用品など、量産するものによく使われます。

融点の高い金属は、高温でも強度を維持しやすいため、建築や重工業などの分野で使われます。

7. 1. 4 金属の導電率

金属の導電率は、金属の種類によって異なります（表 7-2）。

- 銀は一番導電率が高く、高周波部品のめっきなどによく用いられます
- 銅は安価で、高い導電率が必要な電子機器によく用いられます。
- アルミニウムは、導電率が銅に比べて低いものの軽量なので、大電流を扱う場合に断面積を大きくすることで対応できます。

表 7-2 代表的な金属の導電率

順位	材質名	導電率 (10^6 S/m)
1	銀 (Ag)	62.1
2	銅 (Cu)	59.6
3	金 (Au)	44.2
4	アルミニウム (Al)	37.7
5	ナトリウム (Na)	21
6	マグネシウム (Mg)	22.7
7	タンゲステン (W)	18.2
8	亜鉛 (Zn)	16.9
9	ニッケル (Ni)	14.3
10	リチウム (Li)	11
11	コバルト (Co)	10.2
12	鉄 (Fe)	10
13	白金 (Pt)	9.4
14	スズ (Sn)	9.1
15	チタン (Ti)	2.38

どうでんりつ 導電率の たんい 単位	どうでんりつ でんきていこう ぎやくすう あたい おお 導電率は電気抵抗($\Omega \cdot m$)の逆数です。つまり、値が大きいほど でんき とお たんいけい 電気を通しやすいということになります。SI単位系では S/m(ジーメンス・パー・メーター)とされていますが対象の大きさ によって、マイクロジーメンス、ミリジーメンス(mS)の単位が 使 しよう 用されます。 なんどう どうでんりつ ひ どうでんりつ しめ たんい つか 軟銅の導電率を100として比導電率を示すACSという単位が使 われることもあります。
-----------------------------	---

7. 1. 5 銅合金

どう でんき ねつ つた でんしききようと ひろ つか じゅんすい どう
銅は電気や熱を伝えやすいので電子機器用途に広く使われます。純粹な銅
やわ こうぞうようざいりょう ようと すぐ おうどう あえん
は、軟らかいため構造用材料としての用途は少ないですが、黄銅(亜鉛を
てんか せいどう てんか はくどう てんか てつ くら たいしょく
添加)、青銅(スズを添加)、白銅(ニッケルを添加)は、鉄に比べて耐食
せい ねつでんどうせい きょうど そうとう こうぎょうじょうじゅうよう きんぞく
性・熱伝導性がよく、強度も相當にあるので工業上重要な金属となっています。

たと でんねつかん ぎいりょう おうどうけいごうkin はくどうけいごうkin ひろ つか
例えば、伝熱管の材料として黄銅系合金や白銅系合金が広く使われています。
また、銅はめっき材料として素材との密着性が良いため下地めっきとしてよく使われます。

7. 1. 6 アルミニウム合金

かる やわ きんぞく ごうkin きょうど とくせい
アルミニウムは軽く軟らかい金属ですが、合金にすることで強度などの特性
こうじょう が向上します。

ごうkin かこう せいけいかこう せっさくかこう ちゅうぞう おこな
アルミニウム合金の加工は、成形加工、切削加工、鋳造で行います。しか
ようせつ ようだん むずか ようとへんこう おう かいぞう しゅうぜん ようせつ ようだんさぎょう
し溶接・溶断が難しく、用途変更に応じた改造や、修繕での溶接・溶断作業
こんなん は困難です。

(1) ジュラルミン

Al-Zn-Mg-Cu系のアルミニウム合金です。航空機材料として使用することが代表例です。鋳造加工します。

(2) アルミニウムダイカスト ADC12

アルミニウムとケイ素に銅が含まれた合金です。鋳造の流動性と機械的特性に優れています。ダイカスト成型に適しています。

ダイカスト	鋳造法の一種で、溶融した金属を、金型に高圧で射出成形する方法です。融点の低いアルミニウム、亜鉛、マグネシウムなどの非鉄金属合金が使用され、自動車部品、家電製品、OA機器など、幅広い分野で利用されています。
-------	--

7. 1. 7 亜鉛合金

比較的融点が低いため、溶融亜鉛めっきに使用されます。亜鉛ダイカスト成型などにも用いられます。めっきでは、比較的安価で鉄に対するさびを防ぐ力も高いので、よく鉄系の材料のめっきに使われます。

【練習問題 7-1】

正しい場合はA、間違っている場合はBを選びなさい。

- ① () 亜鉛を塩酸に溶かすと酸素ガスが発生する。
- ② () 同じ体積のアルミニウムと鉄では、アルミニウムの方が重い。
- ③ () イオン化傾向の大きさは、金属により異なる。
- ④ () 銅よりアルミニウムの方が、電流が流れやすい。
- ⑤ () アルミニウムダイカスト ADC12 は、けい素と鉄を添加した合金である。
- ⑥ () 青銅（ブロンズ）は銅とスズの合金である。
- ⑦ () 鉄鋼は、機械的・物理的特性にすぐれた安価な基礎材料ある。

【解説】

- ① 亜鉛を塩酸に溶かすと水素が発生します。 答 (B)
- ② 鉄とアルミニウムでは、アルミニウムのほうが比重が軽いです。
答 (B)
- ③ 金属によってイオン化傾向は異なり腐食のしやすさと同じです。
答 (A)
- ④ 銅のほうが導電率が低く電流が流れやすいです。 答 (B)
- ⑤ アルミニウムダイカスト ADC12 はけい素と銅を添加した合金です。
答 (B)
- ⑥ 銅にスズを添加したものは青銅です。 答 (A)
- ⑦ 鉄鋼は比較的安価で物理的にすぐれた材料です。 答 (A)

7. 2. 腐食と防食

7. 2. 1 腐食

(1) 電気化学的腐食

金属が電解質溶液中で電気化学的な反応を起こし、腐食する現象です。イオン化傾向の異なる金属間で電流が流れ、イオン化傾向の高い金属が腐食されます。異種金属が接触する場合には注意が必要です。

(2) 局部電池と局部腐食

金属表面の微小な部分で電位差が生じ、それが電池のように作用して腐食を引き起こす現象です。特に、異種金属が接触する場所や、金属表面にキズや汚れがある場合に局部電池が形成され腐食が進みやすいです。また、金属の種類、不純物の存在、温度差、溶液の濃度差によって腐食の程度が異なります。

図7-1は、ニッケルとアルミニウムの局部電池形成のイメージです。

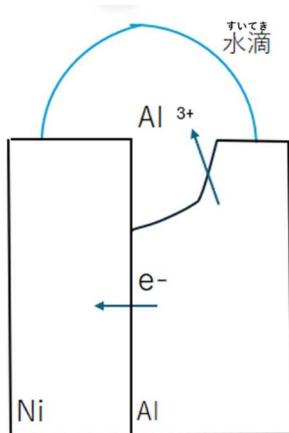


図7-1 局部電池

7. 2. 2 めっきにおける腐食と防食

(1) ピンホール腐食

ピンホールは、金属表面にできる小さな穴のことです。めっきの欠陥や素材の欠陥、製造上の問題など、さまざまな原因で発生します。

このピンホールから水や酸素が侵入し、下地の金属を腐食させることを、ピンホール腐食と言います。ピンホール腐食から、腐食が広がっていくことがあります。

図7-2は、ピンホールに水滴がついたピンホール腐食の模式図です。

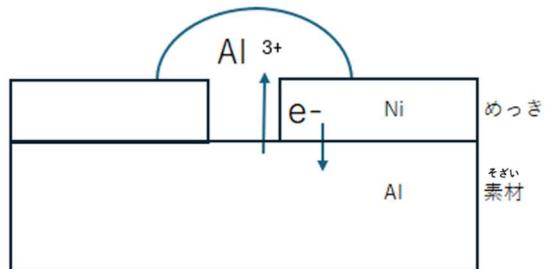


図7-2 ピンホールからの腐食

(2) 異種金属との接触

異なる種類の金属が接触し、電解質（水溶液など）が存在する環境下で、イオン化傾向が大きい金属が優先的に腐食する現象があります。これは、金属が持つイオン化傾向の違いによって、電子のやり取りが発生するためです。このため、異なるめっきを行った部品同士の接触や金属を含むごみなどの付着によって腐食が発生することがあります。局部電池の原理と同じです。

7. 2. 3 鉄鋼（鉄）の腐食と防食

（1）鉄鋼の腐食

鉄鋼は、環境中の酸素や水分と反応してさびる（腐食する）性質があります。この反応は、電気化学的な現象として進行します。水分の存在下、海水や土壤中の塩分、高い温度で速く進行します。

（2）防食方法

この腐食を防ぐ対策が防食です。防食には、①被覆防食、②電気防食、③材料自体の耐食性向上などの方法があります。

（3）被覆防食

- ① 塗装：鉄鋼の表面に塗料を塗布し、酸素や水分を遮断する方法です。
- ② めっき：亜鉛めっき、ニッケルめっきがあります。

亜鉛めっきは、鉄よりもイオン化傾向が大きいため、鉄が腐食する前に亜鉛が犠牲電極となって水溶液に溶け出すことで、鉄を保護します。

7. 2. 4 銅の腐食

銅は、他の金属と比べて安定した金属であり、さまざまな環境下でも腐食を起こしにくいです。これは表面に酸化皮膜などを形成して、不動態化するためです。

この耐食性を十分に利用するには、銅の特性（硫化物に弱いなど）を踏まえて対応する必要があります。また、耐食性は高いものの、色が変わることがあるので、これを抑制する変色防止処理をすることもあります。

7. 2. 5 アルミニウムの腐食と防食

アルミニウムは、空気にさらされると、表面に薄い酸化アルミニウム (Al_2O_3) の皮膜を形成します。この皮膜は緻密で安定しており、アルミニウムを腐食から保護する役割を果たします。

しかし、自然にできる酸化皮膜は非常に薄いので、この酸化皮膜が破壊されたり、溶解したりすると、アルミニウムは腐食しやすくなります。

このための対策として、ニッケルめっきや、化学皮膜処理（アルミニウム表面にクロム酸などを反応させて、薄く安定な酸化皮膜を形成）があります。

化学皮膜 処理	酸またはアルカリ性水溶液を用いてアルミニウム表面に化学的に皮膜を生成させる処理のことです。表面に酸化皮膜や無機塩の薄い皮膜を作り、防せいや塗装下地として活用されています。
------------	---

7. 2. 6 亜鉛の腐食

亜鉛は、溶融亜鉛めっきや電気めっきで鉄鋼上に処理を行う材料です。しかし、亜鉛は大気中や水中では腐食しやすいです。

特に、酸性やアルカリ性の環境、塩化物や炭酸塩を含む環境で、腐食が促進されます。したがって、用途に対しては配慮が必要です。

亜鉛めっきは、亜鉛が犠牲的に腐食することで、下地の鉄を保護します。つまり、亜鉛自体が腐食します。このため、亜鉛めっきの後処理として、クロム酸処理を行う、「クロメート処理」がよく行われます。



図 7-3 亜鉛めっきのクロメート処理

溶融亜鉛めっき	高温で溶かした亜鉛に鋼材を浸し、表面に亜鉛皮膜を形成する技術です。亜鉛めっき加工を施した鋼材は、さびや腐食を発生しません。塗装や電気めっきなどとは異なり、亜鉛と鉄から形成される合金層により、亜鉛と鉄が強く金属結合しているため、屋外向けの構造部材に使われることが多いです。
犠牲防食作用	鉄などの金属を腐食から守るために、より腐食しやすい金属を犠牲にして、対象の金属を保護する現象のことです。亜鉛めっきが施された鉄の場合、亜鉛が鉄よりも先に腐食することで、鉄の腐食を防ぎます。

【練習問題 7-2】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () アルミニウムは、活性な金属であり空気中の酸素と結びついて薄い自然酸化皮膜ができる。
- ② () 鉄鋼は、湿度や海塩粒子により腐食しやすい。
- ③ () 亜鉛は、鉄よりも傷つきやすい金属である。
- ④ () アルミニウム材料は腐食を防ぐため、ほこりや結露を避けて保管する必要がある。
- ⑤ () アルミニウム材料は、耐食性が優れているので屋外に保管しても腐食しない。
- ⑥ () 鉄鋼は、海塩粒子では腐食しない。

⑦ () アルミニウムは、空気中の酸素と結びついて薄い酸化皮膜ができる。

⑧ () 金属の防食方法には、化成処理がある。

【解説】

① アルミニウムは、活性な金属であり空気中の酸素と結びついて薄い自然酸化皮膜ができる。このため耐食性に優れる。答 (A)

② 鉄鋼は、湿度(水分)や海塩粒子(塩化ナトリウム)により腐食しやすい。答 (A)

③ 亜鉛は、鉄よりも柔らかく傷つきやすい金属である。答 (A)

④ アルミニウム材料の酸化皮膜は安定ではあるが外部の影響を受けやすい。腐食を防ぐためには、ほこりや結露を避けて保管する必要がある。答 (A)

⑤ アルミニウム材料は、耐食性が優れているが、屋外に保管すると風雨の影響で腐食しやすくなる。答 (B)

⑥ 鉄鋼は、海塩粒子の塩分で腐食する。答 (B)

⑦ アルミニウムは、空気中の酸素と結びついて薄い酸化皮膜(Al_2O_3)ができる。答 (A)

⑧ アルミニウムの防せい方法には、化成処理が適用されることが多いがすべての金属に有効ではない。答 (B)

7. 3 表面処理に用いられる材料

7. 3. 1 治具

めっきや陽極酸化処理では、「治具」と呼ばれる器具を用いて、製品の固定や、効率的な加工・前処理・搬送を行います。他の呼び方に、ひっかけ、タコ、ラックなどがあります。

治具は、品質を左右する重要な物です。製品の治具への付け方により、キズ・打痕・変形・治具跡などの不良も発生します。治具を製品に電気を流すために使う場合には、治具が劣化すると、無めっき・膜厚不足・ムラなどの不良も発生します。

治具は、使用後にめっき処理で付いためっき金属を、強力な酸で剥離するため、劣化します。ある程度使用すると交換が必要となります。

材料としては、強度が必要なことから、リン青銅やステンレスが使用されることが多いです。アルミニウムのめっきや陽極酸化処理には、アルミニウムがつか使われます。

めっき金属の付着を防ぎ、治具を長持ちさせるために、塩化ゴム系やフッ素系のコーティングが行われることもあります。



図 7-4 ひっかけ治具

7. 3. 2 マスキング材料

マスキングは、めっきしない対象部分を処理から保護し、不要な部分に薬品や処理が施されないようにするための手法です。

マスキングには、つきのような多様な方法や材料が使用されています。

(1) マスキング材料

レジスト塗料、レジストテープ、シリコンゴム、耐熱テープなどが一般的にも用いられています。これらの材料は、それぞれの処理環境（温度や薬品）に耐えられるように選定されています。

(2) 陽極酸化処理（アルマイト加工）における注意点

アルマイト加工では、酸溶液中での陽極電解によって表面処理を行います。が、アルミニウムやチタン以外の金属は酸に溶解する可能性があります。したがって、異なる金属部分にはマスキングが特に重要です。

7. 3. 3 処理槽の材料

めっき処理工程では、各工程で使用する薬剤の種類や温度はさまざまです。そのため、それぞれの工程に最も適した材料で作られた処理槽を使用します。たとえば、70°C以下では塩化ビニル製の処理槽、高温ではステンレス製、強酸にはFRP製の処理槽が使われます。

リン青銅	銅とスズの合金である青銅に、リンを添加した銅合金の一種です。リンを添加することで、強度、硬度、耐摩耗性、弾性、耐食性などが向上し、特に電気伝導性やばね特性に優れています。めっき処理の治具に使われることが多い。
------	--

FRP	<p>ポリエステル樹脂やエポキシ樹脂をガラス纖維等で補強した 材料です。軽量で、高い強度・優れた耐食性・耐候性、 加工の多様性など、数多くの特質を持ち、特に各種液体の貯蔵 タンクや処理槽の材料として使われます。</p>
-----	--

【練習問題 7-3】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () チタンはめっき治具には使用できない。
- ② () アルミニウム治具とチタン治具を比べるとチタン治具のほうが
寿命が長い。

【解説】

- ①チタンは酸やアルカリに強くめっきだけでなく陽極酸化処理にも使用される。
答 (B)
- ②チタンはアルミニウムに比べ酸やアルカリに強く寿命が長い。
答 (A)

だい しょう かがくいっぽん
第8章 化学一般

8. 1 酸と塩基

8. 1. 1 酸と塩基

- 酸は、水溶液中で水素イオン (H^+) を生じる物質です。
- 塩基は、水溶液中で水酸化物イオン (OH^-) を生じる物質です。
- 酸と塩基の強さは、水溶液中でどれだけ電離するか（イオンになるか）によって決まります。

イオン	電子を失ったり得たりすることで、電気を帯びた状態の分子。 電子を失ってプラスの電気を帯びたものを陽イオン、電子を得てマイナスの電気を帯びたものを陰イオンという。
-----	---

8. 1. 2 電離と電離の程度

- 電離：物質が水溶液中で陽イオンと陰イオンに分かれる現象です。
(例：塩化水素 $HCl \rightarrow$ 水素イオン H^+ と塩化イオン Cl^-)
- 電離する物質を電解質、電離しない物質を非電解質と言います。
- 電離度は、水溶液中において、電解質が溶解した全量のうち、実際にイオンに分かれている割合です。
- 電離度が大きいほど、水溶液中でイオンを多く放出するので、酸や塩基としての力が強くなります。電離度がほぼ1に近い酸・塩基を、強酸・強塩基と言います。電離する酸や塩基を強酸や強塩基と言います。
(例 強酸：塩酸 HCl 、強塩基：水酸化ナトリウム $NaOH$)
- 電離度が小さい酸や塩基を、弱酸や弱塩基と言います。
(例 弱酸：酢酸 CH_3COOH 弱塩基：アンモニア NH_3)

8. 1. 3 中和

(1) 中和反応

酸と塩基（アルカリ）が互いの性質を打ち消し合い、水と塩を生成する化学反応です。酸の水素イオン H^+ と塩基の水酸化物イオン OH^- が結合し、水 H_2O となります ($H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$)。残りのイオンが結合して塩を形成します。

例: 塩酸 HCl と水酸化ナトリウム $NaOH$ の中和反応では、塩化ナトリウム $NaCl$ と水 H_2O が生じる。



中和反応では、酸と塩基がちょうど中和する点（中和点）があり、この点を境に溶液の性質が変化します。中和点では、溶液は中性 ($pH=7$) になる場合が多いですが、酸や塩基の強さによっては中性にならない場合もあります。

(2) 中和滴定

中和滴定とは、酸と塩基の中和反応を利用して、溶液の濃度を測定する方法です。中和点を確認するためにフェノールフタレインなどの指示薬を用います。図8-2参照してください。

- 試料の酸性水溶液に、フェノールフタレイン溶液を数滴添加する。
- 濃度のわかっているアルカリ性の水酸化ナトリウム水溶液で滴定する。
- 溶液がピンク色になった時点で滴定をやめる。この量が中和点となる。
- 水産化添加量から計算して、酸の濃度を求める。

指示薬	溶液の pH や特定物質の存在を色で示す試薬のこと。色が変わることで滴定の終点を示す。中和滴定では、メチルオレンジ、フェノールフタレインなど用いられる。
-----	--

8. 1. 4 塩

- 塩とは、酸と塩基の中和反応によって生じる化合物のことを言います。
- 酸が電離して生じる陰イオンと、塩基が電離して生じる陽イオンが、イオン結合してできた物質を指します。
- 塩は、化学式に水素イオン、水酸化イオンも含まない正塩、水素イオンを含む酸性塩、水酸化イオンを含む塩基性塩の3種類に分類されます。

【練習問題8-1】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい

- ① () pH 7 の水溶液は、酸性である。
- ② () 食酢はアルカリ性を示す。
- ③ () 硫酸電解浴中の硫酸濃度の分析は、中和滴定で行う。
- ④ () フェノールフタレイン指示薬は、アルカリ性で赤色を示す。
- ⑤ () 塩化ナトリウムは水溶液中で電離しない。

【解説】

- ① pH 7 の水溶液は、中性です。答 (B)
 - ② 食酢は、電離して弱酸性を示します。答 (B)
 - ③ 硫酸電解浴中の硫酸濃度の分析は、中和滴定で行います。
- 答 (A)
- ④ フェノールフタレイン指示薬は、アルカリ性で赤色を示します。
- 答 (A)
- ⑤ 塩化ナトリウムは水溶液中で電離して溶解しています。答 (B)

8. 2 溶解と沈殿

8. 2. 1 溶媒、溶質、溶液

溶質：溶ける（溶けている）物質

溶媒：溶かす液体

溶液：溶質が溶媒に溶けてできた均一な液体

例「食塩水」
溶質：食塩
□ 溶媒：水
□ 溶液：食塩水

8. 2. 2 沈殿

沈殿とは、化学変化によって溶液中に不溶の固体が現れる現象です。

化学変化でできた反応の生成物が、溶媒に溶けにくい場合に沈殿は発生します。

この性質を利用してめっき液に含まれる化合物を定量分析する方法もあります。

例・塩素イオン Cl^- +銀イオン Ag^+ → AgCl 白色の沈殿

・硫酸イオン SO_4^{2-} +バリウム Ba^{2+} → BaSO_4 白色の沈殿

定量分析	定量分析は、試料に含まれる成分の量を調べる方法です。めっきの液分析では、容量分析を行います。①中和滴定、②酸化還元分析、③キレート分析などがあります。
硫酸の分析	硫酸の分析には、酸性度を中和滴定で分析する方法と硫酸根(SO_4^{2-})をバリウムイオンなどで沈殿分離して重量分析で定量する方法があります。分析の目的に応じて使い分けます。

析出 溶液や固体の中からある物質が固体の形で分離して現れる現象です。溶液の冷却、溶媒量の変化、電気分解、固体の冷却などで溶解度が低下したりすることで起こります。

【練習問題 8-2】

(1) この文章で①～③の組み合わせとして正しいものはどれか。A～Dの中から1つ選びなさい。

「液体が他の物質（気体・液体・固体）を溶かし均一な混合物になる現象を（①）といい、物質が均一に（②）している液体を（③）という。」

- A. 水溶液 ② 溶解 ③ 溶液
- B. 溶液 ② 溶解 ③ 水溶液
- C. 溶解 ② 溶液 ③ 水溶液
- D. 溶解 ② 水溶液 ③ 溶液

(2) 正しい場合はA、間違っている場合はBを選びなさい

() 硫酸電解浴中の硫酸濃度の分析は、中和滴定で行う。

【解説】

(1) 液体が他の物質（気体・液体・固体）を溶かし均一な混合物になる現象を溶解といい、物質が均一に溶解している液を溶液という。液体が水の場合これを水溶液という。答 (C)

(2) 硫酸電解浴中の硫酸濃度の分析は、中和滴定で行う。硫酸電解浴は、主成分が硫酸でありその酸性度を中和滴定で測定しても大きな誤差は発生しない。答 (A)

8. 3 酸化物

酸化物は、酸素と他の元素との化合物です。

8. 3. 1 酸化物の分類と性質

酸性酸化物、塩基性酸化物、両性酸化物、中性酸化物に分類されます。

- 酸性酸化物：塩基と反応して塩を生成する酸化物

二酸化炭素 (CO_2)、二酸化硫黄 (SO_2)、三酸化リン (P_4O_6)

- 塩基性酸化物：酸と反応して塩を生成する酸化物

酸化ナトリウム (Na_2O)、酸化カルシウム (CaO)、酸化鉄 ($\text{FeO}, \text{Fe}_2\text{O}_3$)

- 両性酸化物：酸とも塩基とも反応して塩を生成する酸化物

酸化アルミニウム (Al_2O_3)、酸化亜鉛 (ZnO)

- 中性酸化物：酸とも塩基とも反応しない酸化物

一酸化炭素 (CO)、水 (H_2O)

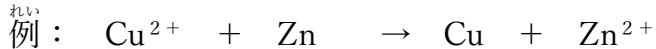
8. 3. 2 酸化と還元

酸化は、物質が酸素と化合することです。また、広い意味では電子を失う反応も含まれます。

還元は、物質が酸素を失うことです。また、広い意味では、電子を得る反応も含まれます。

酸化と還元は常に同時に起こります。一方が酸化されると、必ずもう一方は還元されます。これを酸化還元反応と呼びます。

酸素の受け渡しがなくても、電子の受け渡しがある場合も酸化還元反応です。例えば、酸化還元電位（イオン化傾向）の差によって自発的に金属が析出する反応です。



金属亜鉛 Zn は電子を失って亜鉛イオン Zn^{2+} となり、銅イオン Cu^{2+} は電子を受け取って金属銅 Cu になっています。

めっきや陽極酸化処理では、こういった酸化還元反応を電気化学的に進めていきます。

酸化還元と 中和反応	酸化還元反応は、反応物の構成元素のうち、酸化数が変化するものが必ず存在する。中和反応は、水素イオンと水酸イオンの反応で酸化数は変化しない。
電気化学	物質から物質への電子の移動すなわち酸化や還元を伴うさまざまな現象を扱う分野です。

【練習問題8-3】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

① () 硫酸銅の溶液に鉄板を入れると、鉄板表面に金属銅が析出する。

② () 「酸化」とは、物質が水素と化合することをいう。

【解説】

① 硫酸銅の溶液に鉄板を入れると、鉄板表面が酸化され銅イオンが鉄によって還元され金属銅が析出する。答 (A)

② 酸化とは通常物質が酸素と結合することをいう（狭義の酸化金属）。

めっき（電気化学）での酸化還元は、電子を失うこと（広義の酸化）。答 (B)

8. 4 モル濃度と規定度

8. 4. 1 モル濃度

モル濃度とは、溶液1リットル中に含まれる溶質の物質量（モル数）を表す単位です。単位は mol/ℓ で、溶液1リットル中に何モルの溶質が含まれているかを示します。

例：「モル濃度2mol/ℓ の水酸化ナトリウム水溶液」

水溶液1リットル中に、水酸化ナトリウムが 2mol 含まれています。

8. 4. 2 規定度

規定度は、溶液1リットル中に含まれる溶質のグラム当量数です。モル濃度を酸・塩基の価数で割った濃度で、反応の当量を示します。酸・塩基の反応における当量計算を簡便にするために用いられます。

例：1mol/ℓ の硫酸 H_2SO_4 は2価の酸なので、2規定（2N）となる。

① 硫酸 H_2SO_4 は、2価の酸で、1モルの重量は分子量の 98g となる。

② 1グラム当量は、 $98\text{ g} / 2\text{ 価} = 49\text{ g}$ となる。

③ 水酸化ナトリウムは、1価の塩基であるので1グラム当量は 40g となる。

モル数	物質の量を表す単位。水素分子1molとは、約 6.02×10^{23} 個の水素分子のことです。重さは、原子量である2gになります。
規定度	溶液の濃度を表す単位の1つで、溶液1リットル中に含まれる溶質のグラム当量数で表されます。規定度は「N」で表記され、容量分析などで用いられます。

【練習問題8－4】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい

() 1 規定の水酸化ナトリウム溶液リットルには、約40g の水酸化ナトリウムが溶解している。

【解説】

水酸化ナトリウムの分子量は、 $\text{Na} : 23$ 、 $\text{OH} : 17$ なので約40。1mol の重さも 40 g となる。答 (A)

8. 5 pH

8. 5. 1 水素イオン濃度

- 水素イオン濃度は、水溶液中の水素イオン H^+ の濃度です。
- 水素イオンが多いほど酸性が強く、少ないほど水酸化イオン OH^- が増加します。
- 水酸化イオンが水素イオンより多いとアルカリ性になります。
水酸化イオンが多くなるほど、アルカリ性が強くなります。
水素イオン濃度が水酸化イオン濃度と同量あれば中性となります。

8. 5. 2 水素イオン濃度と pH

- pH は水溶液の酸性またはアルカリ性の強さを表す尺度で、水素イオン濃度から計算されます。

pH が低い	=	水素イオン濃度が高い	=	酸性が強い
pH が高い	=	水素イオン濃度が低い	=	アルカリ性が強い

- pH が 1 小さくなると水素イオン濃度は 10 倍になり、pH が 1 大きくなると水素イオン濃度は 10 分の 1 になります。
- 指示薬とは滴定で反応の終点が分かるように添加する薬品です。

フェノールフタレインやベンゾチモールブルー (BTB) やメチルレッドなどがあります。

フェノールフタレイン液では、図8-1 のようにアルカリ性では無色からピンク色になります。中和滴定の終点の pH に合った指示薬を使用することで精度よく分析ができます。

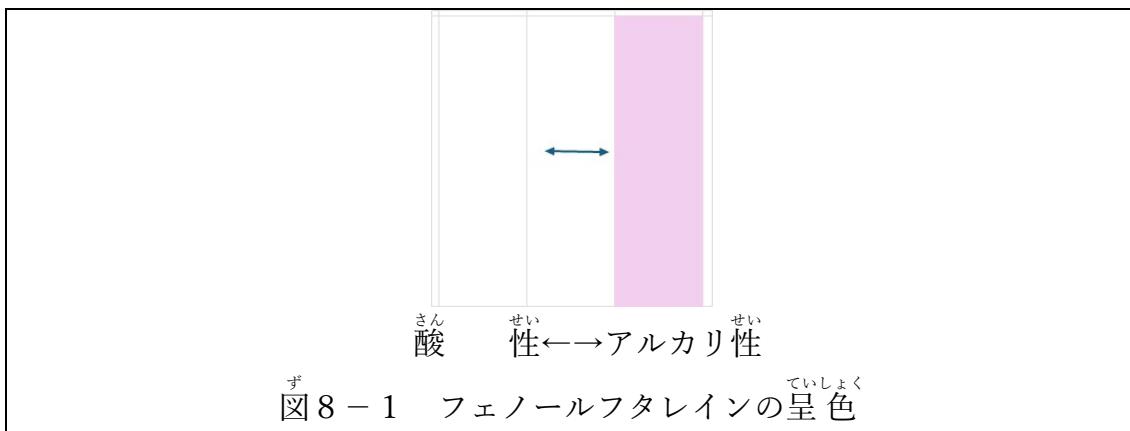
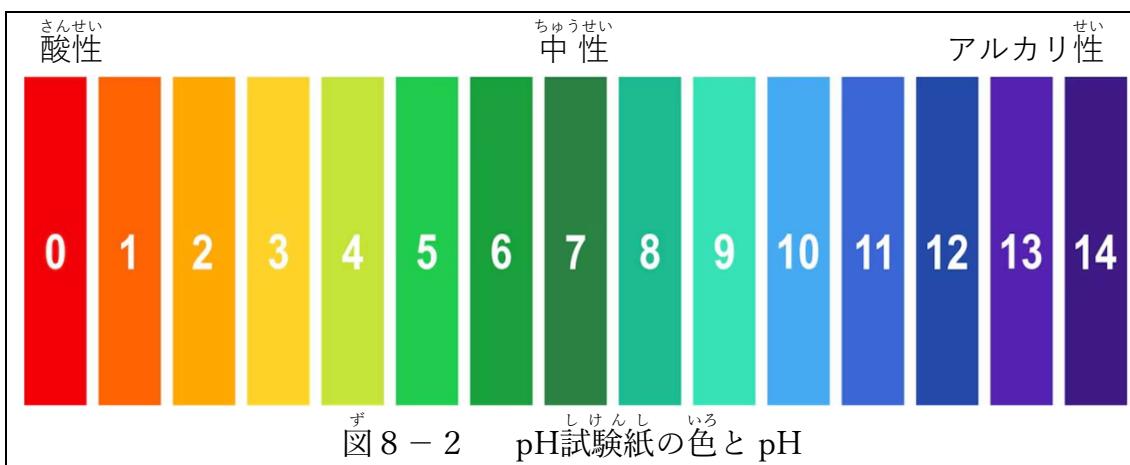


図 8-1 フェノールフタレインの呈色

ほか
他にもブロムチモールブルー (BTB) など、さまざまな呈色試薬が中和滴定
で使用されます。

- pH試験紙は各種試薬を組み合わせて作られています。異なる指示薬がそれ
ぞれのpHで呈色するので、pHが分かるようになっています。図8-2
は、pH試験紙の色とpHの値の関係を示したものです。



8. 5. 3 pH メーター

- pHメーターは、pHを測定するための装置です。
- pHメーターにはガラス電極と比較電極を使用します。ガラス電極は
電極をガラス薄膜で覆ったもので、中はpH7.0に調整した塩化カリウム
KClで満たされています。

- ガラス電極内外の溶液の pH が異なることで起電力 (pH が 1 差になると約 60mV) が生じます。ガラス電極外の溶液 (pH を求めたい溶液) に比較電極を浸けて、発生した起電力の差を測定することでその溶液の pH を測定します。
- pH メーターは、用途に応じて固定用、ハンディ用、卓上用などがあります。図8-3 に卓上 pH メーターの例を示します。



図 8-3 卓上 pH メーター例

【練習問題 8-5】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () pH4 と pH6 の溶液を同じ量混ぜても、pH5 にはならない。
- ② () pH 試験紙が青色を示す水溶液は、酸性である。
- ③ () pH7 より数値が大きいときはアルカリ性という。
- ④ () pH 計には、工業用、卓上用、携帯用がある。

【解説】

- ① pH4 と pH6 の溶液は、水素イオン濃度が大きく異なる (約 2 衍) ため同量の水溶液を混合しても間の値になりません。答 (A)
- ② pH 試験紙が青色を示す水溶液は、アルカリ性です。答 (B)
- ③ pH7 より数値が大きいときはアルカリ性といいます。答 (A)
- ④ pH 計には、工業用、卓上用、携帯用など各種生産されています。

答 (A)

8. 6 電解質と電解

8. 6. 1 電解質

- 電解質は、水溶液中でイオンに解離し、電気伝導性を持つ物質です。
- 電解質溶液は十分に高い電圧（一般に数ボルト程度）をかけると電気分解することができます。「電解質」という名称はこのことから付けられました。

8. 6. 2 強電解質と弱電解質

- 電離度（8. 1. 2 参照）が高い電解質を強電解質、電離度が低い電解質を弱電解質といいます。溶液中でイオンに分かれる程度が異なります。
- 強電解質は水溶液中でほぼ完全に電離します。弱電解質は一部しか電離しません。
- 電離度は、電解質が水に溶けたときにイオンに解離する割合を示す指標です。強電解質は電離度が 1 (100%) に近く、弱電解質は電離度が 1 より小さいです。

8. 7 イオン化傾向

- イオン化傾向は、金属の酸化されやすさを示す指標です。金属は電子を放出してイオンになろうとする性質を持ちます。その強さがイオン化傾向です。酸化還元反応のしやすさを決定する要因の1つです。
- 金属ごとにイオン化傾向の強さが異なります。これがさびやすさの違いを生み出します。

例：亜鉛やマグネシウムは、鉄よりもイオン化傾向が高い
 ⇒ 亜鉛やマグネシウムは、鉄よりも酸化しやすい

図8-4に、代表的な金属のイオン化傾向を表します。水素よりイオン化傾向が大きい金属は、酸性の水溶液(例えば塩酸)に浸漬すると、水素を発生して溶解します。

リチウム	Lithium	Li	大
ナトリウム	Sodium	Na	
マグネシウム	Magnesium	Mg	
アルミニウム	Aluminium	Al	
亜鉛	Zinc	Zn	
鉄	Iron	Fe	
ニッケル	Nickel	Ni	
すず	Tin	Sn	
鉛	Lead	Pb	
水素	Hydrogen	H	
銅	Copper	Cu	
銀	Silver	Ag	
白金	Platinum	Pt	
金	Gold	Au	小

図8-4 代表的な金属のイオン化傾向

イオン化傾向と耐食性	<p>イオン化傾向は、金属がどれだけ溶けやすいか（腐食しやすい）を示す指標として有効です。しかしながら、アルミニウムなどは、イオン化傾向だけでなく、金属表面に形成される酸化皮膜が保護膜となり見掛け耐食性が高いように見えます。</p>
------------	--

【練習問題8-6】

(1) 鉄、亜鉛、アルミニウムを、イオン化傾向の大きい順に並べたものとして、正しいものはどれか。A～Dの中から一つ選びなさい。

- A. アルミニウム>亜鉛>鉄
- B. 鉄>アルミニウム>亜鉛
- C. 亜鉛>鉄>アルミニウム
- D. 鉄>亜鉛>アルミニウム

(2) 正しい場合はA、間違っている場合はBを選びなさい。

- ① () 塩化ナトリウムは水溶液中で電離しない。
- ② () イオン化傾向の大きさは、すべての金属で同じである。

【解説】

- (1) 図8-4の順でAとなる。答 (A)
- (2) ①塩化ナトリウムは水溶液中で電離して溶解している。答 (B)
②イオン化傾向の大きさは、すべての金属で異なる。答 (B)

8. 8 電気分解

8. 8. 1 電気分解と電極反応

- 化合物に電圧をかけて電流を流すことで、電極上で化合物中の成分を化学的に分解する現象です。
- 電解質水溶液や溶融塩などに直流電流を流すと、電極間で化学反応が起こります。物質が分解されたり、新しい物質が生成されたりします（図8-5）。
- プラス極をアノード、マイナス極をカソードと言います。

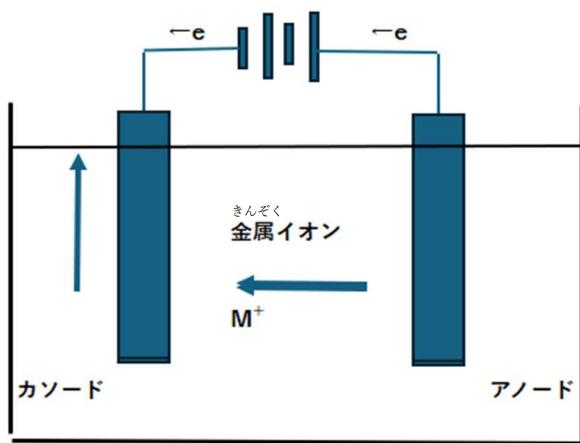


図8-5 電気分解イメージ

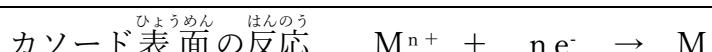
8. 8. 2 電極反応と化学反応

電極のアノード表面では、つぎの反応で金属が酸化されて溶解します。



溶解した金属イオンは溶液中をアノード側からカソード側に移動します。

電極のカソード表面では、アノード表面の逆反応で、金属が析出します。



- このように金属が還元されて析出するのがめっき処理です。
- 一方、陽極酸化処理 (ANODIZE) では、アノード側のアルミニウムが電子を放出すると水溶液中の酸素イオン (O^{2-}) と反応して、 Al_2O_3 の膜が成長します。

8. 9 めっきと電気

めっきは、電気分解によって金属イオンを還元させたり、金属イオンを酸化させたりして処理する方法です。

8. 9. 1 めっきと電流

- めっきで利用する電気化学反応においては、析出または溶解する物質の量は流した電気量に比例します（ファラデーの法則）。電気量が同一の場合、析出または溶解する物質の量は、その物質の化学等量に比例します。
- この性質を利用して、およそのめっきの析出量を推定できます。
しかし実際のめっき反応では、水素発生などの副反応が起こるため、めっきの析出量は理論値より低くなります。これを補正するのが電流効率です。

$$\text{実際のめっき析出量} = \text{金属の電気化学等量} \times \text{電流} \times \text{時間} \times \text{電流効率}$$

8. 9. 2 めっきと電圧

めっきでは、電圧をかけることで金属イオンが電子を受け取り、金属として析出します。

電圧を高くすると電流も大きくなります。電流密度が限界を超えると、析出が不安定になることがあります。

金属の場合は、酸化還元電位はその金属の水溶液中で電子を放出のしやすさ、イオンになりやすさを示します。つまりイオン化傾向と関係があります。

イオン化傾向	酸性溶液 ($\text{pH}=0$) において金属が溶解してイオンになりやすい順に並べたもの
酸化還元電位	イオン化傾向を水素発生の電位を基準として数値にしたものの。溶液中の物質でも同様に、電子を放出しやすい化合物かどうかを示す指標となる。

実際のめっき処理では、治具や配線なども抵抗として作用するために適正な電流となるよう、電圧を調整して処理を行います。表 8-1 は、各種金属の酸化還元電位です。

表 8-1 各種金属の酸化還元電位(V)

Fe/Fe ²⁺	-0.44
Co/Co ²⁺	-0.27
Ni/Ni ²⁺	-0.23
Pb/Pb ²⁺	-0.126
H ₂ /2H ⁺	0
Cu/Cu ²⁺	0.34
Ag/Ag ⁺	0.799
Pt/Pt ²⁺	1.2
Au/Au ⁺	1.7

8. 10 めっき浴中の現象

8. 10. 1 アノードとカソード

電気めっきにおけるアノードとカソードは、役割が異なります。

アノード (陽極)	めっきしたい金属を配置します。電気分解によって金属がイオン化してめっき液に溶け出す役割を担います。
カソード (陰極)	めっきの対象物を配置します。液中の金属イオンが電子を受け取り、金属として析出する場所です。

注) 白金や酸化イリジウムなどを使用した溶けない電極を使用することもあります。

図8-6は、電気めっきの模式図です。アノードで金属がイオンとして溶けます。カソードでイオンが還元されて金属になります。

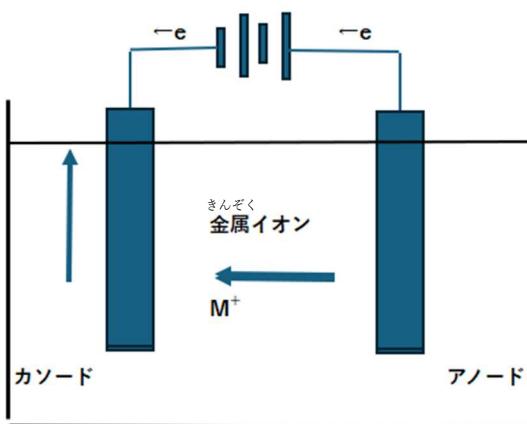


図8-6 電気めっきの模式図

8. 10. 2 電流密度分布

めっきにおける電流密度分布とは、電解液中でめっき対象物の表面に電流がどのように分布するかを示すものです。

電流密度が高い部分では、めっきが速く析出し、膜厚が厚くなります。

電流密度低い部分では、めっきが遅く析出し、膜厚が薄くなります。

電流密度分布が不均一だと、めっき層の膜厚も不均一になります。この原因は、めっきをする品物の部位によって、発生する電位差に違いが生じるためです。

シャープなエッジ部では電解強度が高くなるので、その部位のめっき層は厚くなります。一方、平面部で電解強度が低くなるので、めっき層は薄くなります（図8-7）。したがって、凸部のめっき層は、凹み部より厚くなります。



図8-7 めっきのつきまわり例

電界強度
電界の強さを表します。電界強度が強いとイオンは強く引かれます。このため電界強度が高い部位ではめっき層が厚くなります。

【練習問題8-7】

正しい場合はA、間違っている場合はBを選びなさい。

① () めっきの付着膜厚は、電圧に比例する。

② () めっき作業で水素の発生が多いと膜厚は厚くなる。

【解説】

①めっきの付着膜厚は、流す電流に比例する。答 (B)

②めっき作業で水素の発生が多いと、電流効率が悪化し、めっきの膜厚は理論値より薄くなる。答 (B)

だい しょう でんき
第9章 電気

9. 1 基礎

でんき ようきょくさんか でんき つか ひまく でんき
電気めっき、陽極酸化では電気を使って皮膜をつくります。ここでは電気の
きほんてき じこう せつめい
基本的な事項について説明します。

9. 1. 1 電流、電圧、抵抗

でんき きほんてき ようそ でんりゅう でんあつ ていこう せつめい
電気の基本的な要素である電流、電圧、抵抗について説明します。

(1) 電流

- 電流は「電気の流れ」です。水道管に例えると水の流れになります。
すいどうかん たと みず なが
水道の水が流れるように電気が回路の中を流れています。
- 記号は「I」で表されます。単位はアンペア (A) です。
- 電流が高くなると「流れる量」が多くなります。

(2) 電圧

- 電圧は「電気を流そうとする力」です。水道管に例えると水を押し出す
ちから みず たか なが いきお たか
力になります。水は高いところから流すと勢いがあります。この高さが
でんあつ そうとう
電圧に相当します。
- 記号は「E」で表されます。単位はボルト (V) です。
- 電圧が高いほど電流を強く流すことができます（多く流せます）。

(3) 抵抗

- 抵抗は「電気の流れを邪魔するもの」です。水道管で例えると「管の大
きさ」が抵抗になります。例えば管が細いと水は流れにくくなります（流
れる量が減ります）。これが抵抗です。
- 記号は「R」で表されます。単位はオーム (Ω) です。
- 抵抗が大きいと電流は流れにくくなります。

9. 1. 2 直流と交流

電流には直流と交流があります。それぞれの特徴について説明します。

(1) 直流

- プラス (+) 極とマイナス (-) 極があり、電流はプラスからマイナ
ス方向に一方向に流れます。大きさは変化しません。
- 電圧も時間とともに変化しません（一定です）。
- DCで表されます。乾電池など電池の電流はすべて直流です。

(2) 交流

- 電流の向きが周期的に変わります。例えば日本では毎秒50回や60回切
り替わります。大きさも変化します。
- 電圧も波のように変わります。
- ACで表されます。日本の商用電源は交流で100Vと200Vです。
家庭用コンセントは主に100Vが使われています。

9. 1. 3 記号

回路図で使う電気用図記号には以下のものがあります。

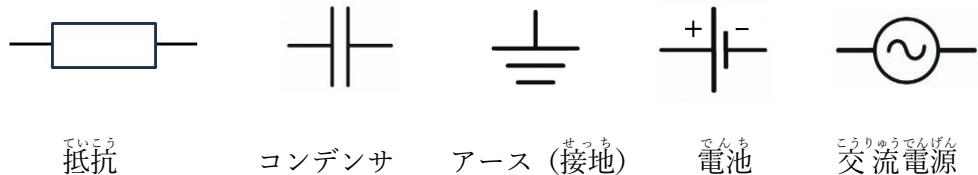


図 9-1 電気用図記号

【練習問題 9-1】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 電流の単位は V である。
- ② () 直流はマイナス極からプラス極に電流が流れる。

【解説】

- ① 電流の単位は A です。答 (B)
- ② 直流はプラス極からマイナス極に電流が流れます。答 (B)

9. 1. 4 電流と磁場

電流と磁場には密接な関係があります。ここではそれらの関係性について
説明します。

(1) 電場と磁場

- 電場は電気がつくる力の場です。電荷 (物体が持つ+や-の電気の量) があると、そのまわりに力の場ができます。
- 磁場は磁石や電流がつくる力の場です。

- 電場の変化が磁場を生み、磁場の変化が電場を生むという関係があります。
- 応用例として、電流によってできた磁場を使って回転する力を作り出すモーターなどがあります。

(2) 電流と磁場

- 電線に電流を流すと、電線の周りに磁場がドーナツ状にできます。
- この磁場は磁石の力と同じような性質を持っていて磁針を動かします。

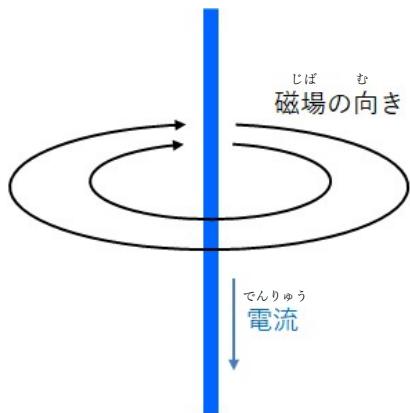


図9-2 電流と磁場

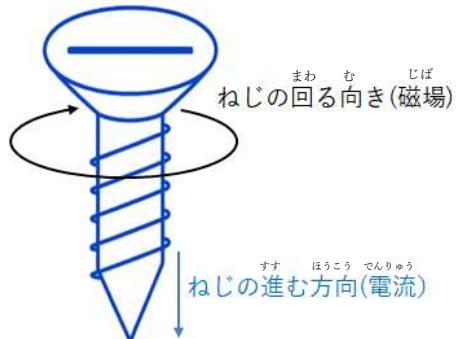


図9-3 右ねじの法則

(3) 右ねじの法則

電流が下向きに流れの場合、磁場の向きは時計回りになります。ねじが回る向きと進む方向の関係と同じため、この電流と磁場の関係を右ねじの法則といいます。

(4) 右手の法則

- 直線電流においては、電流を右手親指に、磁場を4本の指に対応させることで電流と磁場の関係が表せます。

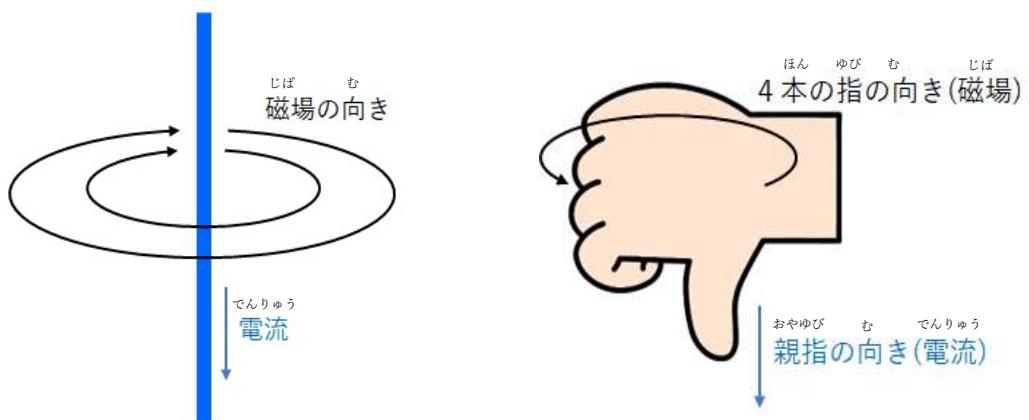


図9-4 右手の法則（直線電流）

□ コイルにおいては、磁場を右手親指に、電流を4本の指に対応させることで電流と磁場の関係が表せます。

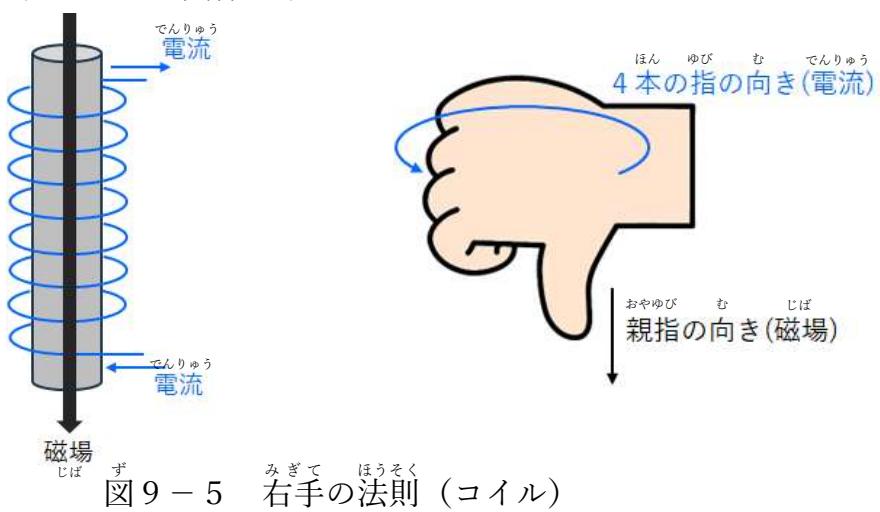


図9-5 右手の法則（コイル）

【練習問題9-2】

正しい場合はA、間違っている場合はBを選びなさい。

- ① () 電線に電流を流すと、電線と平行に磁場ができる。
- ② () 右ねじの法則は電流と磁場の向きの関係を表す法則である。

【解説】

- ① 磁場は電線の周りにドーナツ状にできます。(B)
- ② 正しい。(A)

9. 2 オームの法則

オームの法則は、^{ほうそく} ^{ぶつりがくしゃ} ドイツの物理学者ゲオルク・ジーモン・オームが発見した
法則で、^{ほうそく} 電気の^{でんき} 基本^{きほん}を理解するうえでとても重要な考え方です。

9. 2. 1 電流、電圧、抵抗の関係

- 図9-6 の回路において、電流 (I) 、電圧 (E) 、抵抗 (R) の間には
以下の関係が成り立ちます。

$$\text{電圧 (E)} = \text{抵抗 (R)} \times \text{電流 (I)} \quad \dots \quad (1)$$

$$\text{電流 (I)} = \frac{\text{電圧 (E)}}{\text{抵抗 (R)}} \quad \dots \quad (2)$$

$$\text{抵抗 (R)} = \frac{\text{電圧 (E)}}{\text{電流 (I)}} \quad \dots \quad (3)$$

* (1) 、 (2) 、 (3) は基本的に同じもので表し方が違っています。

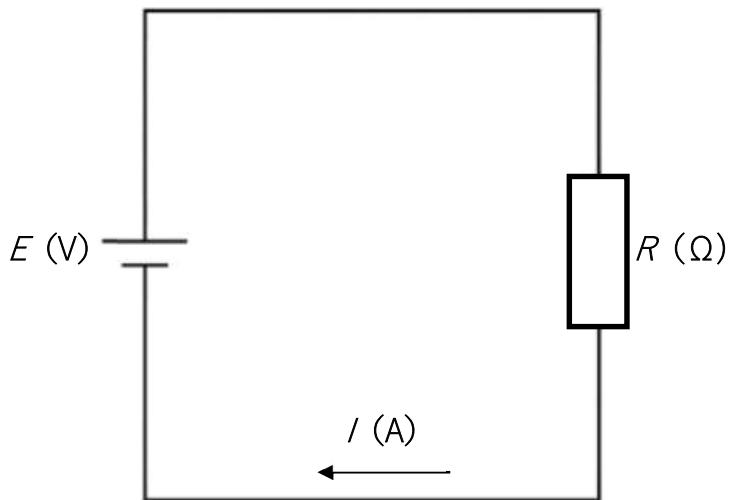


図9-6 電流、電圧、抵抗の回路

- (1) 式をグラフで表すと図9-7 のようになります。
- 電圧と電流は比例し、電流が大きくなると電圧も大きくなります。
(電圧が大きくなると電流も大きくなります。)

- 電流が同じとき、抵抗が大きくなると電圧も大きくなります。
- 電圧が同じとき、抵抗が大きくなると電流は小さくなります。

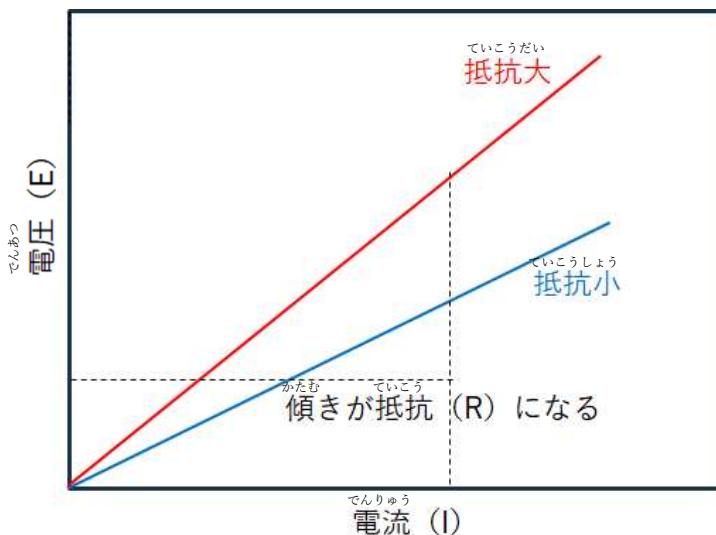


図9-7 電流、電圧、抵抗の関係

【練習問題9-3】

正しい場合はA、間違っている場合はBを選びなさい。

- ① () 図9-6において電流が10A、抵抗が2Ωのとき電圧は20Vである。
正解: A
- ② () 図9-6において電圧が30V、抵抗が5Ωのとき電流は5Aである。
正解: A
- ③ () 図9-6において電圧が250V、電流が10Aのとき抵抗は24Ωである。
正解: B
- ④ () 図9-6において電圧が30mV、電流が1mAのとき抵抗は30mΩである。
正解: A
- ⑤ () 図9-6において電流が2mA、抵抗が5Ωのとき電圧は10mVである。
正解: B

【解説】

- ① $E = R \times I$ なので、 $E = 2\Omega \times 10A = 20V$ になります。答 (A)
- ② $I = E \div R$ なので、 $I = 30V \div 5\Omega = 6A$ になります。答 (B)
- ③ $R = E \div I$ なので、 $R = 250V \div 10A = 25\Omega$ になります。答 (B)

④ $R = E \div I$ なので、 $R = 0.03V \div 0.001A = 30\Omega$ になります。 答 ^{こたえ} (A)

⑤ $E = R \times I$ なので、 $E = 5\Omega \times 0.002A = 0.01V (= 10mV)$ になります。

答 ^{こたえ} (A)

9. 3 抵抗の合成

回路にいくつかの抵抗があるとき、それらの抵抗をまとめて1つの抵抗と見なしたものを合成抵抗といいます。ここでは合成抵抗の求め方を説明します。

9. 3. 1 直列つなぎ

(1) つなぎ方、合成抵抗の計算

- 図9-8のように抵抗を一直線につなげることを抵抗の直列つなぎといいます。
- 図9-8で R_1 と R_2 を1つの抵抗と見なした合成抵抗を R とすると、 R は R_1 と R_2 の和で表せます。

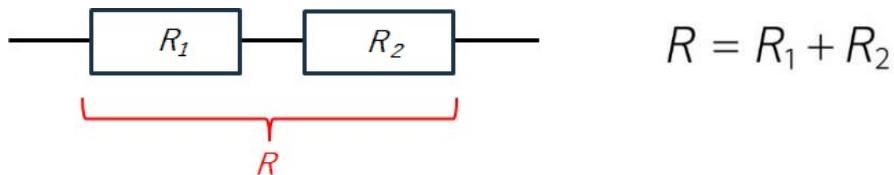


図9-8 抵抗の直列つなぎ

(2) 特徴

- 直列つなぎではすべての抵抗に流れる電流の大きさは同じです。
- 直列つなぎではそれぞれの抵抗にかかる電圧は抵抗の大きさにより異なります。
- 直列つなぎでは全体の抵抗値は大きくなります。

9. 3. 2 並列つなぎ

(1) つなぎ方、合成抵抗の計算

- 図9-9のように抵抗を並べてつなげることを抵抗の並列つなぎといいます。
- 図9-9で R_1 と R_2 を 1 つの抵抗と見なした合成抵抗を R とすると、 R の逆数 ($1/R$) は R_1 と R_2 の逆数 ($1/R_1$, $1/R_2$) の和で表せます。

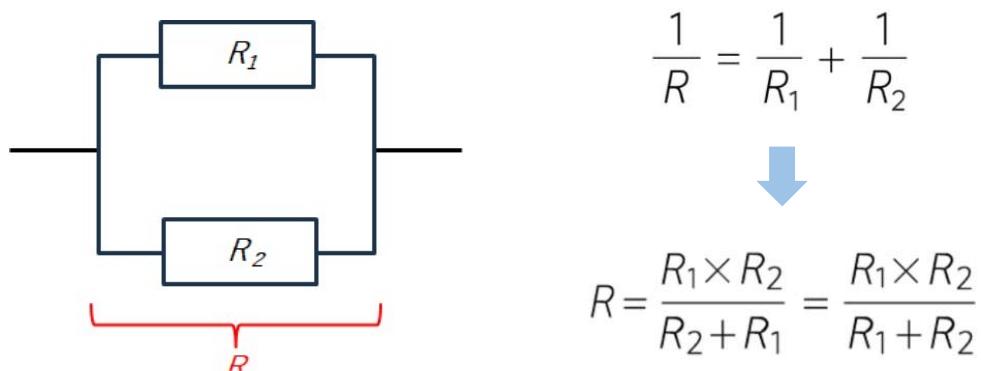


図9-9 抵抗の並列つなぎ

(3) 特徴

- 並列つなぎではそれぞれの抵抗に流れる電流は抵抗の大きさにより異なります。
- 並列つなぎではすべての抵抗にかかる電圧の大きさは同じです。
- 並列つなぎでは全体の抵抗値は小さくなります。

【練習問題9-4】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 図 9-8 で $R_1=10\Omega$ 、 $R_2=5\Omega$ のとき、合成抵抗 R は 15Ω である。 こうせいていこう
- ② () 図 9-8 で $R_1=10\Omega$ 、 $R_2=500m\Omega$ のとき、合成抵抗 R は 15Ω である。 こうせいていこう
- ③ () 図 9-8 で $R_1=70m\Omega$ 、 $R_2=80m\Omega$ のとき、合成抵抗 R は $150m\Omega$ である。 こうせいていこう
- ④ () 図 9-8 で $R_1=2\Omega$ 、 $R_2=2\Omega$ のとき、合成抵抗 R は 4Ω である。 こうせいていこう
- ⑤ () 図 9-8 で $R_1=8\Omega$ 、 $R_2=2\Omega$ のとき、合成抵抗 R は 1.6Ω である。 こうせいていこう

【解説】

- ① $R=R_1+R_2=10+5=15\Omega$ 。こたえ (A)
- ② $R=R_1+R_2=10+0.5=10.5\Omega$ 。こたえ (B)
- ③ $R=R_1+R_2=70+80=150m\Omega$ 。こたえ (A)
- ④ $R=(R_1 \times R_2)/(R_1+R_2)=(2 \times 2)/(2+2)=4/4=1\Omega$ 。こたえ (B)
- ⑤ $R=(R_1 \times R_2)/(R_1+R_2)=(8 \times 2)/(8+2)=16/10=1.6\Omega$ 。こたえ (A)

9. 4 その他の法則

電気にはオームの法則以外にも大切な法則があります。ここではそれらの法則について説明します。

9. 4. 1 フレミングの法則

(1) フレミング左手の法則

- 電流が流れる導線を磁場に置くと、導線が力を受けます。この力の向きを知るための「手の使った覚え方」がフレミング左手の法則です。
- 中指、人差し指、親指をお互いに直角になるようにしたときに、「電流の向き」、「磁界の向き」、「力の向き」がそれぞれ対応した指の向きになります。
- 電流と磁界の向きが分かっているときに力の向きを求めるときに使います。(電流を流してものを動かすとき)



図9-10 フレミング左手の法則

図9-11 フレミング右手の法則

(2) フレミング右手の法則

- 中指、人差し指、親指をお互いに直角になるようにしたときに、
「電流の向き」、「磁界の向き」、「力の向き」がそれぞれ対応した
指の向きになります。これはフレミング左手の法則と同じです。
- 磁界と力の向きが分かっているときに電流の向きを求めるために使い
ます。（運動を使って電流をつくるとき）

9. 4. 2 キルヒ霍ッフの法則

(1) キルヒ霍ッフの第一法則（電流則）

回路の任意の点において流れ込む電流の総和と流れ出す電流の総和は等しくなります。

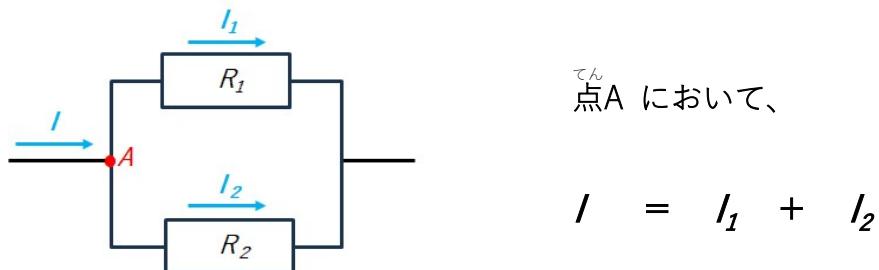
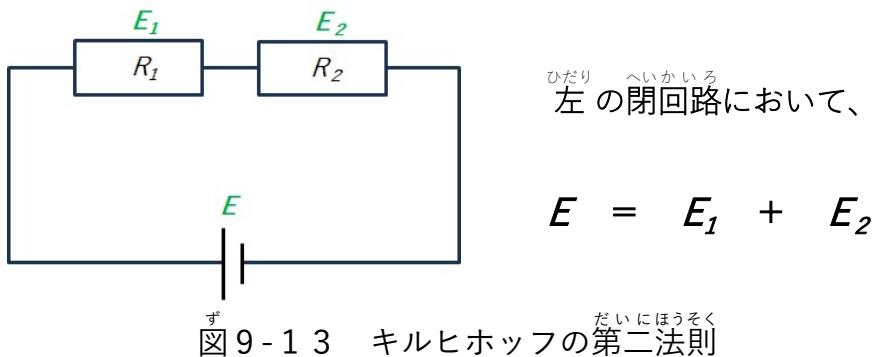


図9-12 キルヒ霍ッフの第一法則

(2) キルヒ霍ッフの第二法則（電圧則）

閉回路において、「起電力の総和」と「電圧降下の総和」は等しくなります。



【練習問題9-5】

正しい場合はA、間違っている場合はBを選びなさい。

- ① () フレミング左手の法則は電流、電圧、磁場の方向を左手で表す法則である。
- ② () フレミング左手の法則で親指は力の向きを示す。
- ③ () キルヒ霍フ第一法則では流れ込む電流の総和と流れ出す電流の総和は等しくなる。

【解説】

- ① フレミング左手の法則は電流、磁場、力の向きを表します。答 (B)
- ② 正しい。答 (A)
- ③ 正しい。答 (A)

だい しょう きんぞく ひょうめんしょり
第10章 金属の表面処理

10.1 目的と分類

金属にはめっき、陽極酸化などさまざまな表面処理が使われます。ここではその目的、分類、特徴などについて説明します。

10.1.1 表面処理の目的

(1) 耐食性の向上 (さびを防ぐ)

- 基材金属の耐食性向上のために使われます (基材のさびを防ぐ)。
- 自動車部品、屋根・壁材、家電製品などを酸化、さびから守ります。

(2) 美観の向上 (見た目をきれいにする)

- 基材金属の美観向上のために使われます (見た目をきれいにする)。
- めっきではアクセサリーなどに光沢、金属感、高級感といった美観を与えます。
- 陽極酸化では皮膜に色を染み込ませることができますため、カラフルな仕上がりにできます。

(3) 耐摩耗性の向上(表面を硬くする、キズがつきにくくする)

- 基材金属表面の耐摩耗性向上ために使われます。表面を硬くし、キズがつきにくくします。
- 工具、自動車部品などの基材表面を硬くするために使われます。

(4) その他の目的

- 基材金属の導電性を変化させるために使われます。
- 接合性 (はんだ付け性、ボンディング性) を向上させるために使われます。

- プリント配線板、電子部品などの配線形成に使われます。
- 磁気特性などの性能を向上させるために使われます。

10.1.2 表面処理の分類

- 表面処理には図10-1に示す方法があります。
- めっきは金属、樹脂などの表面に金属の皮膜をつくる方法です。
- 陽極酸化は金属表面を酸化させ酸化皮膜をつくる方法です。
- 化成処理は化学反応により金属表面に化合物皮膜(りん酸塩など)をつくる方法です。
- 塗装は金属表面に樹脂皮膜をつくる方法です。
- その他の方法として溶射、エッティング、研磨、焼き入れ、窒化などの方法があります。

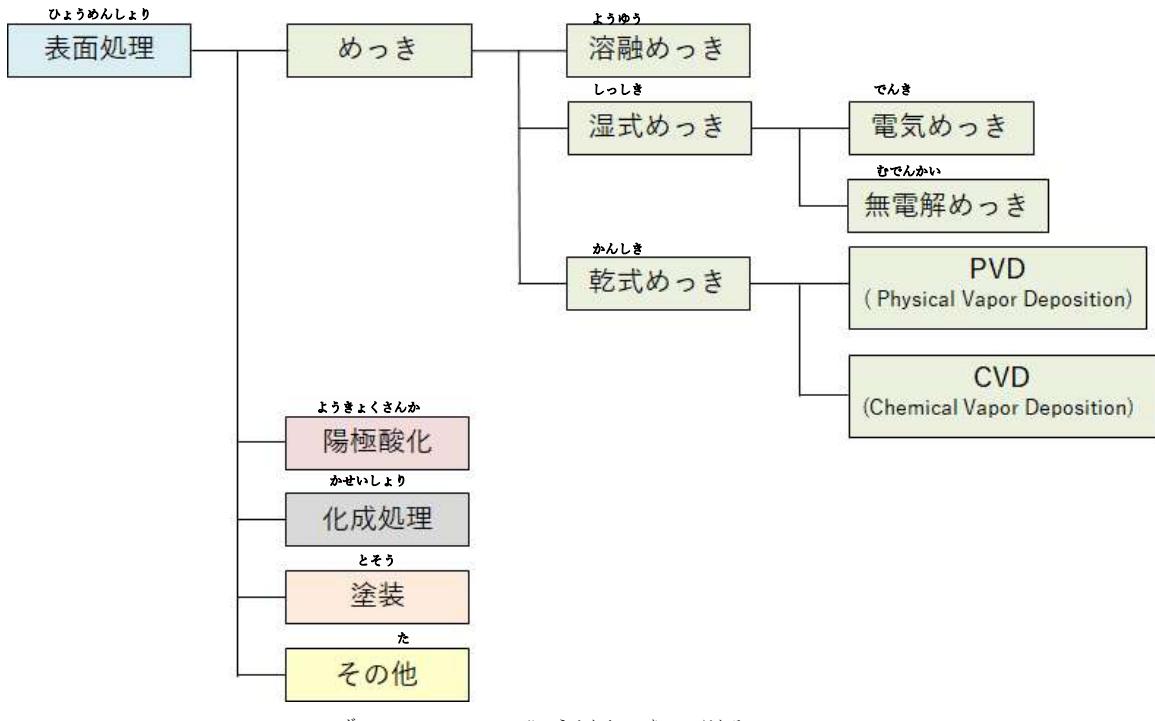


図10-1 表面処理の分類

【練習問題 10-1】

ただ 正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 金属の表面処理は耐食性を向上させることだけが目的である。
- ② () 金属表面処理の方法はめっきと陽極酸化のみである。

【解説】

- ① 耐食性向上以外に美観の向上、表面を硬くするなどの目的があります。答 (B)
- ② めっきと陽極酸化以外に化成処理、塗装などの方法があります。答 (B)

10.1.3 各種表面処理の特徴

めっき、陽極酸化、化成処理、塗装の特徴をまとめると表 10-1 のようになります。

表 10-1 表面処理の分類

処理方法 しりょうほうほう	基材 きざい	作られる皮膜 ひめい		付与できる機能 ふよ きのう
		種類 しゅるい	膜厚 まくあつ	
めっき	金属(鉄鋼、銅、アルミニウム合金など)、樹脂など	金属(亜鉛、クロム、ニッケル、金、スズ等)	約0.1~150 μm	耐食性、耐摩耗性、導電性、装飾性
陽極酸化	アルミニウム、チタン、マグネシウム	酸化皮膜(アルミニナなど)	約1~150 μm	耐食性、耐摩耗性、絶縁性、染色性、触媒性
化成処理	金属(鉄鋼、亜鉛めっき鋼板、ステンレス、アルミニウムなど)	化合物皮膜(リン酸塩、クロム酸化皮膜など)	約0.01~20 μm	耐食性、潤滑性、塗装下地
塗装	金属(鉄鋼、ステンレス、アルミニウムなど)、樹脂、木材など	樹脂皮膜	約15~150 μm	耐食性、防水性、耐候性、意匠性、断熱性

10.1.4 適用例

金属の表面処理はさまざまな分野で応用されています。ここではその適用例を説明します。

(1) 自動車

- 外板（ドア、フェンダーなど）には耐食性向上のため、亜鉛めっき、リン酸塩処理、塗装などが使われています。
- ボルトやナットなどにも耐食性向上のため亜鉛めっき、クロメートなどが使われています。
- ドアハンドル、グリルには美観を向上させるためニッケル-クロムめっき、塗装などが使われています。

(2) 家電、電子機器

- 冷蔵庫・洗濯機などの外装パネルには美観、耐食性向上のため塗装が使われています。
- スマートフォン、タブレット本体などには美観、耐指紋性（指紋の付着防止）を向上させるため陽極酸化処理、PVD などが使われています。
- 電源端子、接点部などには導電性、接合性向上のためにニッケル、金、スズなどのめっきが使われています。

(3) 半導体、電子部品

- 内部配線には銅などのめっき、PVD、CVD などが使われています。
- 電源端子・接点部などには導電性、接合性向上のためニッケル、金、スズなどのめっきが使われています。

(4) 建材

- 外壁材、屋根材には耐食性、美観を向上させるため亜鉛、亜鉛合金、
亜鉛-アルミニウム合金などの溶融めっき一クロメート、塗装などが使
われています。
- 窓枠、サッシには耐食性、美観を向上させるため陽極酸化処理、
塗装などが使われています。

【練習問題 10-2】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () めっきができる基材は金属のみである。
- ② () 陽極酸化処理はどんな金属でも可能である。
- ③ () めっきは自動車、家電、建材などさまざまな用途で使用されて
いる。

【解説】

- ① プラスチックなどにもめっきすることが可能です。答 (B)
- ② 陽極酸化できる金属はアルミニウム、マグネシウムなどに限定され
ます。答 (B)
- ③ 正しいです。答 (A)

10. 2 めっき

金属の表面処理にめっきがあります。ここではその目的、種類などを簡単に説明します。詳しくは第11章で説明します。

10. 2. 1 めっきとは

- めっきとは、金属や樹脂などの表面に金属の皮膜をつくる技術です。
- 大別すると溶融めっき、乾式めっき、湿式めっきに分類できます。
- 耐食性、耐摩耗性、美観、導電性などの性能向上に使われます。

10. 2. 2 めっきの種類

(1) 溶融めっき

- 金属を高温で溶かした浴に基材を浸漬して皮膜をつくる方法です。
- 溶融亜鉛めっき、合金化溶融亜鉛めっき、溶融アルミニウムめっき、溶融亜鉛-アルミニウム合金めっきなどがあります。

(2) 湿式めっき

- 溶液中で金属イオンを還元して基材表面に金属皮膜を作ります。電気めっきと無電解めっきがあります。
- 電気めっきは溶液中で基材に電流を流すことにより金属イオンを還元して金属皮膜を作ります。
- 無電解めっきは還元剤などにより化学的に金属イオンを還元して金属皮膜を作ります。電流は流しません。

(3) 乾式めっき

- 乾式めっきは真空中で行われ、PVD (Physical Vapor Deposition 物理蒸着法) と CVD (Chemical Vapor Deposition 化学蒸着法) があります。
- PVD は金属を蒸発またはスパッタして基材に付着させる方法です。
- CVD はガス状の原料を用いて基材表面で化学反応を起こして皮膜をつくる方法です。

10.3 陽極酸化

金属の表面処理に陽極酸化があります。ここではその目的、種類などを簡単に説明します。詳しくは第12章で説明します。

10.3.1 陽極酸化とは

- 陽極酸化とは、アルミニウムなどの金属表面に酸化皮膜をつくる技術です。
- 酸性溶液中で基材（金属）を陽極にして電流を流すことにより基材表面に酸化皮膜を作ります。
- 耐食性、美観、耐摩耗性などの性能向上に使われます。

10.3.2 陽極酸化皮膜の特徴

- 基材はアルミニウム、チタン、マグネシウムなどに限定されます。
- アルミニウムの陽極酸化皮膜（アルマイト）は緻密なバリア層と微細な孔を持つポーラス層から成ります。
- 電流は直流、交流、交流重畠電流などが使われます。
- 基材の材質と電解条件の組み合わせによりさまざまな色に発色できます。
- 生成された多孔質の皮膜に染料や顔料を浸透させることで、美しく染色できます。

【練習問題10-3】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 溶融めっきは溶融した金属中で基材に電流を流して皮膜をつくる方法である。
- ② () 乾式めっきには金属を蒸発させて皮膜をつくる方法などがある。
- ③ () 陽極酸化では直流のみが使用される。

【解説】

- ①溶融めっきは溶融した金属に基材を浸漬するのみで電流は流しません。
答 (B)
- ②正しい。答 (A)
- ③陽極酸化では交流なども使われます。答 (B)

10.4 化成処理

金属の表面処理に化成処理があります。ここではその目的とさまざまな処理方法について説明します。

10.4.1 概要、目的

(1) 化成処理とは

- 化成処理はリン酸塩、クロムなどを含む水溶液に金属を浸漬することにより金属表面に化学反応を起こします。
- 金属表面に基材の性質とは異なった皮膜をつくる技術です。

(2) 目的

- 基材金属の耐食性を向上させます。
- 塗装の下地処理として塗膜の密着性を向上させます。

10.4.2 化成処理の種類

(1) リン酸塩処理

- 基材をリン酸塩系の処理液に浸漬し表面にリン酸塩皮膜を作ります。
- 処理液は、リン酸亜鉛、リン酸鉄、リン酸マンガン、リン酸カルシウムなどがあります。
- 表面を保護し耐食性、塗料との密着性、潤滑性などを向上させる効果があります。
- 主に鉄鋼製品の処理として使われています。

(2) クロメート処理

- 基材を6価クロム、3価クロムを含む処理液に浸漬し表面に酸化皮膜を作ります。
- 酸化皮膜は自己修復作用があり、耐食性の向上や変色防止の効果があります。
- 塗装の代替として使える着色クロメートや、塗装の前処理として使える塗装下地クロメートなどもあります。
- 主に亜鉛めっきが施された基材(鉄鋼製品)の処理に使われます。

(3) ジンケート処理

- 基材をジンケート(亜鉛酸塩)を含んだ処理液に浸漬し亜鉛の皮膜を作ります。
- アルミニウム合金、マグネシウム合金のめっき前処理として使われます。
- 基材の酸化皮膜を溶かし、亜鉛皮膜をつくることでめっきの密着性を向上させます。
- 密着性向上のためにジンケート処理を2回行うダブルジンケート処理もあります。

(4) 黒染め処理

- 基材をアルカリ水溶液を使った処理液に浸漬し黒色の酸化皮膜を作ります。
- 鉄鋼製品の化成処理として使われます。
- 薄い酸化皮膜(四酸化三鉄)が作られることで黒く変色します。
- 耐食性、耐熱性が向上し、見栄えも良くなります。
- 耐食性向上効果は他の化成処理よりも低く、コストも低くなります。

【練習問題 10-4】

ただ 正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () リン酸塩処理の処理液の 1 つとしてリン酸亜鉛溶液がある。
- ② () クロメート処理は基材表面にリン酸塩皮膜をつくる処理である。
- ③ () アルミニウム合金のめっき密着性を向上させる処理としてジンケート処理がある。

【解説】

- ① 正しい。 答 (A)
- ② クロメートは基材表面に酸化皮膜をつくる処理です。 答 (B)
- ③ 正しい。 答 (A)

10.5 塗装

金属の表面処理に塗装があります。ここではその目的とさまざまな処理方法について説明します。

10.5.1 概要、目的

(1) 塗装とは

- 基材表面に塗料（樹脂）の皮膜をつくる方法です。
- 基材は金属、プラスチック、コンクリートなどです。

(2) 目的

- 基材表面を酸素や水分から守り耐食性を向上させます。
- キズなどから基材表面を守ります。
- さまざまな色や模様により基材の美観を向上させます。
- 滑り止め、撥水性などの機能を付加することができます。

10.5.2 塗装の方法

(1) スプレー塗装

- 圧縮空気で塗料を霧化させて塗装します。
- 複雑な形状にも均一に塗装できます。

(2) 静電塗装

- 霧化した塗料をマイナス、基材をプラスに帯電させ静電気で付着させます。
- ムダが少ないですが、装置が大掛かりで複雑になります。

(3) 電着塗装(電気泳動塗装)

- 水溶性樹脂液中に製品を浸漬し、直流電流を流して塗装します。
- アニオン電着塗装とカチオン電着塗装があります。
- 均一な塗膜をつくることができ耐食性に優れるため、自動車外板などに使われています。自動車ではカチオン電着塗装が使われます。
- 設備費が高くなります。

(4) 粉体塗装

- 粉体にした塗料を静電や溶射により基材に付着させ、加熱溶融して塗膜にします。
- 溶剤不要で環境に優しく、厚塗りが可能です。
- 設備費が高くなります。

(5) 焼付塗装

- 塗装した基材を高温で加熱し、塗膜を硬化させて塗装します。
- 耐久性、耐熱性が高く、長期間美しさを保てる塗膜がつくれます。

(6) 浸漬塗装

- 基材を塗料に浸漬して塗装します。
- スジなどが出やすいので外観が悪くなります。

10.5.3 塗料の種類

- 水性塗料と油性塗料があります。油性の方が耐久性があり、発色性も良いです。
- 塗料に含まれる樹脂にはアクリル系、ウレタン系、シリコン系、フッ素系などがあります。フッ素系塗料が一番耐久性が高いです。

【練習問題 10-5】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 自動車部品に使われる電着塗装はカチオン電着塗装である。
- ② () 電着塗装には直流電流が使われる。

【解説】

- ①正しい。 答(A)
- ②正しい。 答(A)

- 塗料が1つだけの1液型塗料、2つの塗料を混ぜる2液型塗料があります。

だい しょう
第11章 めっき

11.1 電気めっき

めっき方法の1つに電気めっきがあります。電気めっきはさまざまな用途で広く使われている方法です。ここではその特徴、種類、処理工程、品質不良などについて説明します。

11.1.1 方法、特徴

- 直流電源を使ってめっきします。
- めっき液中に陽極（+極）、陰極（-極）を設置して電流を流すと陰極表面に金属皮膜（めっき皮膜）が析出します。
- 陽極と陰極の距離は極間距離といい、膜厚のばらつきなどに影響します。
- 陰極表面では金属イオンが電子をもらって金属になります（還元）。
- めっき液中には金属イオン、pH緩衝剤、光沢剤などが含まれています。
- めっき皮膜の膜厚は一般的には0.1~100μm程度です。
- 単金属だけでなく合金もめっきすることができます。
- 100°C以下でめっきするため溶融めっきのように基材との合金層は出来ません。

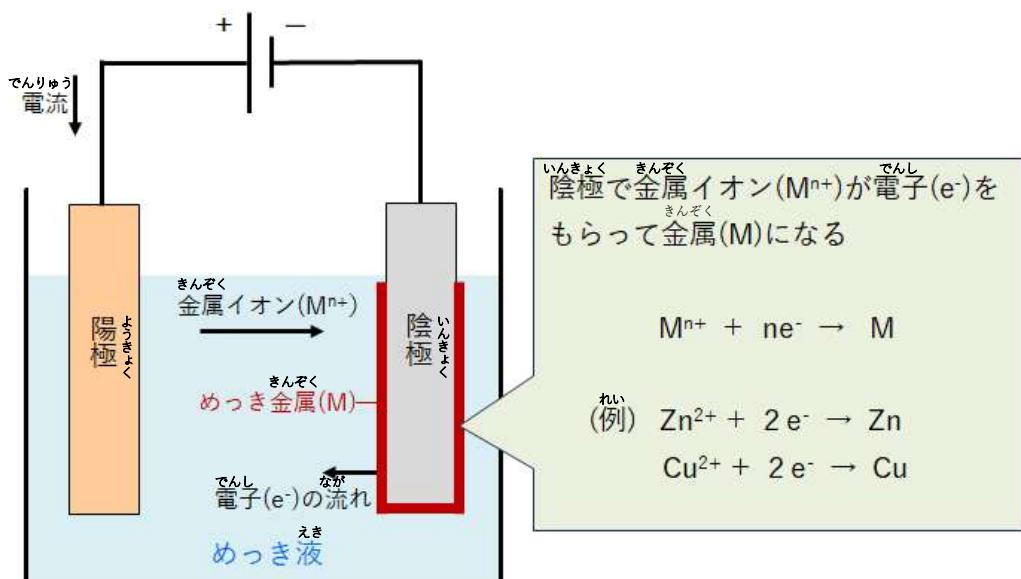


図 11-1 電気めっきの原理

11.1.2 種類、機能

(1) 耐食性を向上させるめっき (さびを防ぐ)

- 亜鉛めっき、亜鉛ニッケル合金めっき、亜鉛一鉄合金めっきはめっき層が鉄などの基材よりも先に腐食し基材の腐食を防ぎます (犠牲防食効果)。
- クロムめっき、ニッケルめっきはめっき層が酸素や水分を遮断して基材の腐食を防ぎます (バリア効果)。

(2) 美観を向上させるめっき (装飾用)

- 装飾用クロムめっきは時計、眼鏡、家電、自動車の外装部品、などに使われています。
- 金めっき、銀めっき、白金めっきなどはアクセサリーなどに使われています。

(3) 耐摩耗性の向上(表面を硬くする、キズがつきにくくする)

- 硬質クロムめっきは硬度が高く自動車のピストンリングやバルブ部品などに使われています。

(4) その他の目的で使われるめっき

- ニッケル／金めっき、スズめっきは電子部品などの接合性(はんだ付け性、ポンディング性)を向上させるために使われています。
- 銅めっきは導電性が高くプリント配線板などの配線形成、スルーホールの導電性付与に使われています。
- 鉄—ニッケル合金めっきなどは磁気特性が良く、磁気ヘッドなどに使われています。

【練習問題 11-1】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 電気めっきでは直流が使われる。
- ② () 電気めっきではめっき皮膜は陽極表面につくられる。

【解説】

- ①正しい。(A)
- ②めっき皮膜は陰極表面につくられます。(B)

11.1.3 処理工程、管理

(1) 前準備

- 装置、治具はめっきしたい基材の数や形、求められるめっきの品質に応じて選定します。

(2) 洗浄、脱脂

- 基材表面の油分、汚れなどはめっき液をはじくため除去します。
- めっきの密着性を高めるために重要です。
- アルカリ脱脂剤、有機溶剤などを使います。超音波洗浄などの方法もあります。
- 洗浄液の濃度、温度、処理時間などを管理することが大切です。

(3) 活性化処理(酸洗)

- 酸処理で酸化皮膜を除去して、基材表面を活性化します。
- めっきの密着性を高めるために重要です。
- 希塩酸、希硫酸などを使用します。
- 処理液の濃度、温度、処理時間などを管理することが大切です。
- 処理後の基材は酸化しやすいため、処理後はできるだけ早くめっきを開始します。

(4) 下地めっき(必要に応じて処理します)

- 密着性向上や腐食防止のために薄くめっきして下地層をつくることがあります。銅めっき、ニッケルめっき、金めっきなどで使用されます。
- 処理液の濃度、温度、pH、かくはん条件、電流(電流密度)、処理時間などを管理することが大切です。

(5) 主めっき(目的の金属のめっき)

- めっき液中で電流を流して陰極に金属皮膜をつくります。
- 電流を陰極表面積で割った値を電流密度(=電流 ÷ 陰極表面積)といいます。めっき速度の指標になり大切です。
- めっき液の濃度、温度、pH、かくはん条件、電流(電流密度)、処理時間などはめっき皮膜の品質に影響するため管理することが大切です。

(6) 後処理 (必要に応じて処理します)

- 耐食性を高めるためクロメート処理、変色防止処理などを行なうことがあります。
- 処理液の濃度、温度、pH、処理時間などを管理することが大切です。

(7) 乾燥

- 基材表面の水分を除去して乾燥させます。
- 乾燥の温度、時間、送風速度などを管理することが大切です。

(8) 水洗について

- 各工程終了後に処理液を洗い流すために水洗を行ないます。
- 純水での洗浄が望ましいです。洗浄水のきれいさを確認するため伝導度を測定することがあります。

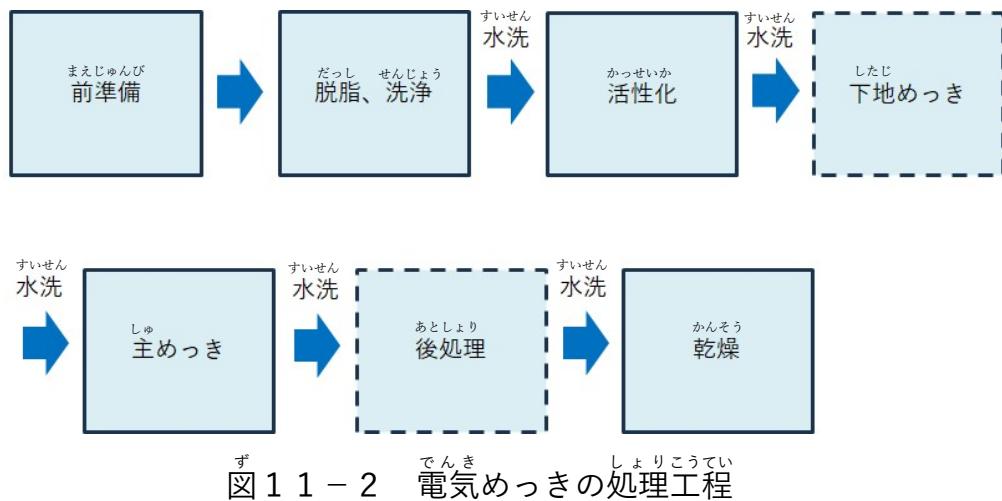


図 11-2 電気めっきの処理工程

【練習問題 11-2】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- () 電気めっきの活性化処理は硫酸などで基材表面の酸化皮膜を除去し、めっき密着性を向上させる。

【解説】

ただ
正しい。答 (A)

1.1.4 使用する設備、治具

(1) めっき槽

- めっき液、陽極、陰極（基材）を入れ、めっきする槽です。
- めっき液のpHなどに応じて適切な材質を選定します。
- PVC（ポリ塩化ビニル）、PP（ポリプロピレン）FRP（繊維強化プラスチック）、鉄にPVCを被覆した材料などが使われます。

(2) 電源装置（整流器）

- 安定した直流電流を流すための装置です。
- パルス電流などの特殊な波形の電流を流せる装置もあります。
- 流す電流の大きさにより適切な装置を選びます。

(3) 陽極

- めっきする金属と同じ金属を溶かしながら使う陽極を、可溶性陽極といいます。
- 溶けない材料（酸化イリジウム、白金など）を使う陽極を不溶性陽極といいます。不溶性陽極では酸素が発生します。
- 形状は、板状、粒状（バスケットに入れて使用）などがあります。

(4) 陰極

- 陰極はめっきする基材になります。
- 流す電流は陰極の面積により変わります。基材の表面積計算は大切です。

- 図11-3 の例で、断面積（端面の面積）を考えないとき表面積は 2m^2 となります。

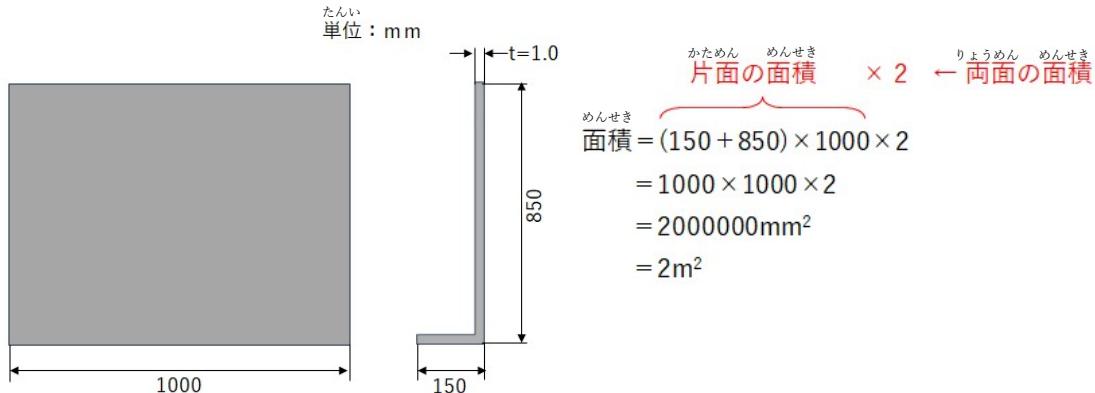


図11-3 基材表面積の計算（端面を考えないとき）

- 図11-4 の例で、断面積（端面の面積）も考えると表面積は 23200mm^2 となります。

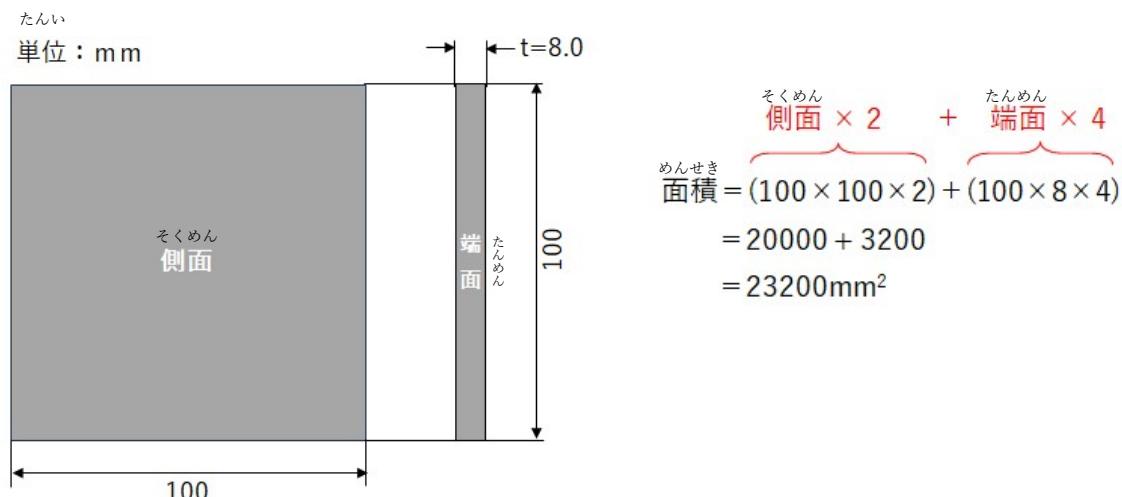


図11-4 基材表面積の計算（端面を考えるとき）

- 部品など形状が複雑なものは吊り下げ治具に引っ掛けめっきすることがあります。この方法はラックめっきと言われています。

- 引っ掛けられない部品や非常に小さな電子部品などはバレルめっきと呼ばれる回転式のめっき方法を使うことがあります。
- ロールに巻かれた板状、線状の基材はフープめっき（リール to リールめっき）と呼ばれる方式で連続めっきされることがあります。

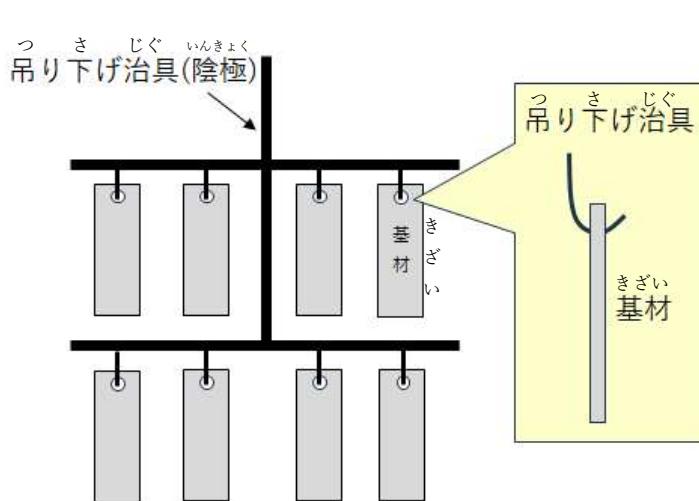


図 11-5 ラックめっき

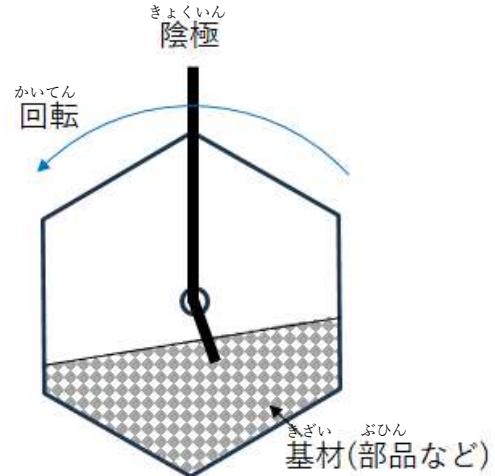


図 11-6 バレルめっき

(5) かくはん装置

- めっき液をかくはんして濃度、温度を均一にするために使います。
- エアー式、機械式(プロペラ、ポンプなど)があります。

(6) 溫度制御装置

- めっき液の温度を決められた値に保つために使います。
- 投入式電熱装置 (ヒーター)、冷却蛇管、槽外熱交換装置などがあります。

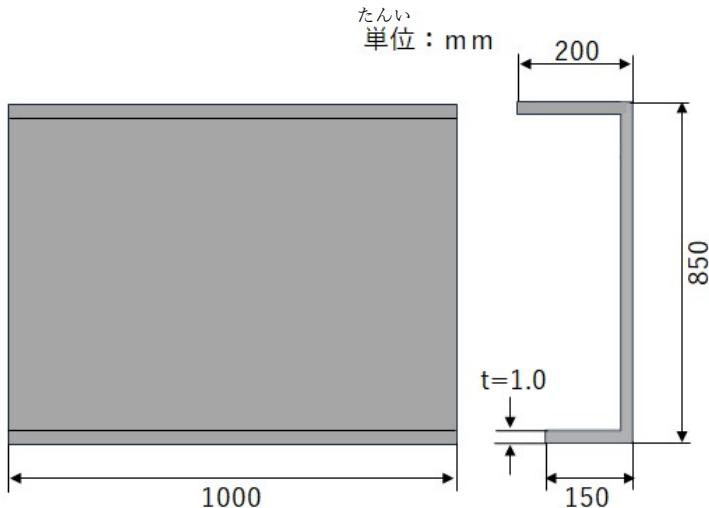
(7) フィルター循環装置

- めっき液中の不純物や微粒子などを除去（ろ過）するためには、
つかいます。
- ポンプなどでゆるやかに液を循環し、フィルターで不純物や微粒子を
除去します。

【練習問題 11-3】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 電気めっきの陽極はめっき液に溶けるものを使う。
- ② () めっき液の濃度、温度を均一にするためにかくはんは大切である。
- ③ () 下図の製品の表面積は 2m^2 である。ただし、断面積は考えない。



【解説】

- ① 溶解しない不溶性陽極を使うこともあります。答 (B)
- ② 正しい。答 (A)
- ③ 表面積 = $(150 + 850 + 200) \times 1000 \times 2 = 1200 \times 1000 \times 2 = 2400000\text{mm}^2$
 $= 2.4\text{m}^2$ 答 (B)

11.1.5 めっきする材料 (基材)

(1) 鉄・鉄鋼材料

- もっとも一般的で、亜鉛、ニッケル、クロムなどのめっき基材として使われます。
- 用途は自動車部品、屋根・壁材、工具などになります。

(2) ステンレス鋼

- ニッケル、クロムなどのめっき基材として使われます。
- めっき密着性確保のため薄い下地めっき(ストライクめっき)が必要になります。
- 用途は医療機器、厨房器具、装飾品などになります。

(3) 銅・銅合金

- ニッケル・金めっきなどのめっき基材として使われます。
- 用途は電子部品、端子、装飾品などになります。

(4) アルミニウム・アルミニウム合金

- ニッケル、クロムなどのめっき基材として使われます。
- めっき密着性確保のため特殊な前処理(ジンケート処理)が必要になります。
- 用途は航空機部品、精密機器、装飾品などになります。

(5) マグネシウム合金

- ニッケル、クロムなどのめっき基材として使われます。
- めっき密着性確保のため特殊な前処理(ジンケート処理)が必要になります。
- 用途はモバイル機器、カメラ部品などになります。

11. 1. 6 電気めっきの不良

(1) ふくれ

- 基材との密着が悪い部分のめっき皮膜がはがれてふくれた状態です。
- 前処理（洗浄、脱脂、活性化）の不良が原因である場合が多いです。



図11-7 めっきのふくれ

(2) 変色

- めっき皮膜の一部が酸化したり異物などが付着して変色した状態です。
- 基材不良、水洗不良、保管方法の影響などが原因として考えられます。

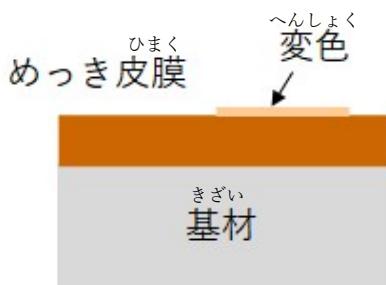


図11-8 めっきの変色

(3) ピンホール、ピット

- めっき皮膜に穴が空いた状態で、基材に到達するものをピンホール、到達しないものをピットと呼びます。

- ピンホール、ピットとともに腐食の原因になりますが、ピンホールの方がリスクが高くなります。
- 基材の欠陥（穴など）、めっき時のごみ付着や水素ガス付着などが原因として考えられます。

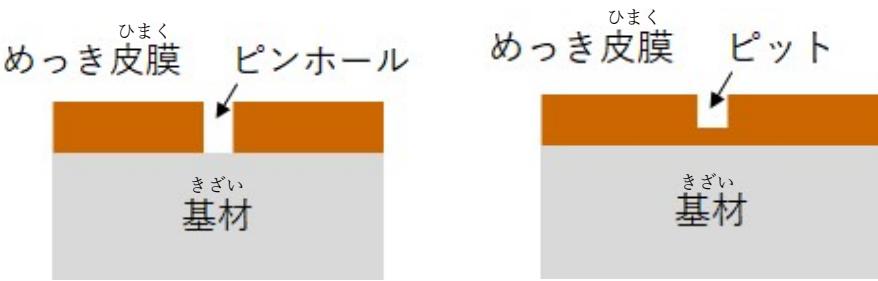


図 11-9 めっきのピンホールとピット

(4) 不めっき

- 基材の一部にめっきがつかない状態です。
- 前処理（洗浄、脱脂、活性化）の不良が原因である場合が多いです。

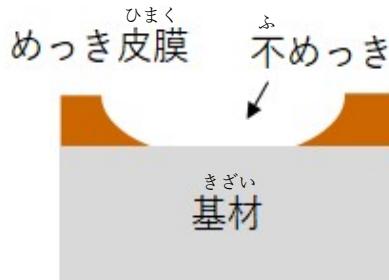


図 11-10 不めつき

【練習問題 11-4】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 基材の一部の密着性が悪くめっきがふくれた状態になる不良を
不めつきという。

② () めっき皮膜に基材に届く小さな穴ができる不良をピンホールとい
う。

【解説】

① 「ふくれ」の説明です。 答(B)

② 正しい。 答(A)

11.2 溶融めっき

めっき方法の1つに溶融めっきがあります。溶融めっきは基材（鉄鋼など）の耐食性向上のために広く使われている方法です。ここではその特徴、種類、処理工程、品質不良などについて説明します。

11.2.1 方法、特徴

- 溶融した金属の浴に基材を浸漬して、取り出し後に冷却して基材表面に金属皮膜をつくります。
- めっき金属（亜鉛など）は犠牲防食作用を持ち、基材の耐食性を向上させます。
- 電気亜鉛めっきなどに比べて膜層が厚く、 $10\text{ }\mu\text{m} \sim 150\text{ }\mu\text{m}$ 程度の厚さになります。そのため屋外や海岸地域などの過酷な環境でも高い耐食性を示します。
- 耐食性はめっき皮膜の膜厚に比例して高くなります。
- 基材は鉄鋼材料、鋳鉄、ステンレスなどで、基材とめっきの界面には合金層がつくられます。

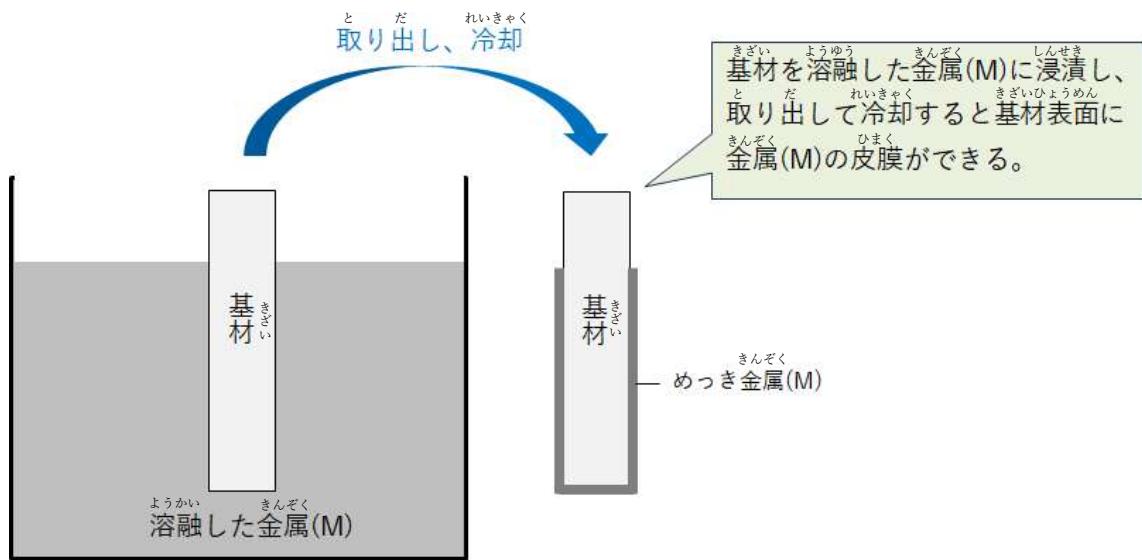


図 11-11 溶融めっきの原理

11.2.2 種類

(1) 亜鉛系めっき

- 亜鉛めっき、亜鉛と基材（鋼材）を合金化した合金化溶融亜鉛めっきがあります。
- 合金化溶融亜鉛めっき鋼板は、自動車外板用として広く使われています。

(2) 亜鉛-アルミニウム系めっき

- 亜鉛-5%アルミニウム系、亜鉛-55%アルミニウム系があります。
- 亜鉛系めっきより耐食性が高く、鋼板や線材のめっきに多く使われています。

(3) アルミニウム系めっき

- めっき浴にシリコンを約10%添加しためっきと純アルミニウムめっきがあります。
- シリコンを10%添加しためっきは加工性と耐熱性に優れており、純ア

ルミニウムめっきは耐食性に優れています。

(4) スズめっき

- 無毒性であるため食品缶などに使われています。

1 1. 2. 3 処理工程、管理

(1) 洗浄、脱脂

- 基材表面の油分、汚れなどは溶融金属をはじくため除去します。
- アルカリ溶液などに浸漬します。めっき密着性向上のために重要です。
- 洗浄液の濃度、温度、処理時間などを管理することが大切です。

(2) 活性化処理（酸洗）

- 酸処理で酸化皮膜を除去して基材表面を活性化します。
- 希塩酸、希硫酸などを使用します。めっき密着性向上のために重要です。
- 処理液の濃度、温度、処理時間などを管理することが大切です。

(3) フラックス処理

- 基材を加熱したフラックス（塩化亜鉛アノニウム水溶液など）に浸漬し、基材表面にフラックス皮膜を形成させます。
- 酸洗後のさびの発生を抑え、基材と溶融金属の合金反応を促進させます。

(4) 乾燥

溶融金属（亜鉛など）の飛散を抑えるために基材を乾燥させます。

(5) めっき (目的金属のめっき)

- 基材を溶融金属の浴に浸漬してめっき皮膜をつくります。
- 基材の材質、形状、寸法などに応じて温度、浸漬時間などを調整します。

(6) 冷却

- めっきされた基材を温水などで冷却します。この冷却によって、基材(鉄鋼など)とめっき(亜鉛など)の合金層の成長を抑えます。
- 冷却の温度、時間などを管理することが大切です。

(7) 仕上げ

- 余分な亜鉛、酸化物などを除去します。ヤスリ、サンダーなどを使用します。

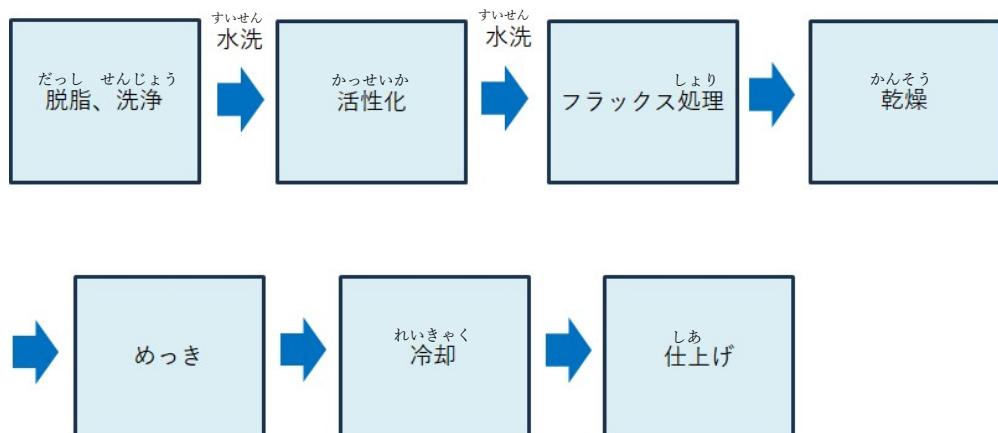


図 11-12 溶融めっきの処理工程

11.2.4 溶融めっきの不良

(1) 不めっき

- 基材の一部にめっきがつかない状態です。
- 前処理(洗浄、脱脂、活性化)の不良が原因である場合が多いです。

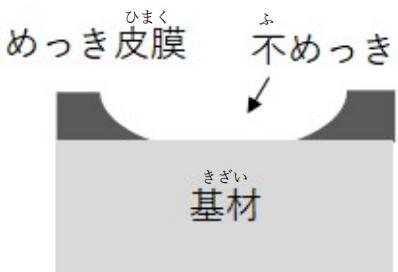


図 11-13 溶融めっきの不めっき

(2) たれ

- 亜鉛が垂れたようになり、素材の表面や端部等に多く付着している状態です。温度が低いときに溶融金属の流動性が低下し発生します。
- 耐食性への悪影響は少なく、実用上の問題（寸法オーバーなど）がないときはそのままにしておきます。

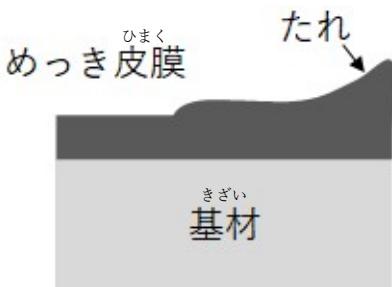


図 11-14 溶融めっきのたれ

【練習問題 11-5】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 溶融めっきでは基材とめっきの間に合金層ができる。
- ② () フラックス処理は基材のさびを防ぎ基材と亜鉛の合金化を促進する。

【解説】

- ① 正しい。 答 (A)
- ② 正しい。 答 (A)

11.3 その他めっき

電気めっき、溶融めっき以外にもめっき方法はあります。ここでは無電解めつき、乾式めっきについて説明します。

11.3.1 無電解めっき

(1) 原理、特徴

電源を使わず化学反応によって基材表面に金属皮膜をつくります

- 還元剤を使う還元めっきと基材とのイオン化傾向の差を利用する置換めつきがあります（例：硫酸銅溶液に鉄を入れると鉄表面に銅皮膜ができる）。
- めっき皮膜の膜厚は一般的には $0.1\sim50\mu\text{m}$ 程度になります。
- 複雑な形状の基材にも均一な膜厚でめっきができます。
- 還元めっきではプラスチック、セラミックス、ガラスなど導電性のない基材にもめっきできます。
- 還元めっきでは反応を開始させるためにパラジウムなどの触媒をつける処理が必要になります。
- 還元めっきでは一度反応が始まると皮膜自身が触媒となって反応が継続します。（自己触媒作用）
- めっき液の濃度、温度、pH、かくはん条件などを決められた値に保つ必要があります、管理には高度な技術、設備が必要です。
- 電気めっきに比べて材料費や処理時間が増加しやすく、コストが高くなる傾向があります。

(2) 種類、用途

- ニッケル-リンめっきは耐食性、耐摩耗性が高いため金型部材、電子機器、電子部品などに使われています。
- 金めっきは導電性、耐食性が高いため電子部品、プリント配線板などの接点部に使われています。
- 銅めっきは導電性が高いため電子部品、プリント配線板などの配線材料として使われています。

11.3.2 乾式めっき

大きく分類すると PVD と CVD があります。

(1) PVD (Physical Vapor Deposition物理蒸着法)

- 真空中で材料を加熱して蒸発させ基材に粒子を堆積させる方法（蒸着）、プラズマでターゲット材を叩き、飛び出した粒子を基板に堆積させる方法（スパッタリング）などがあります。
- 比較的低温（100～500°C程度）で処理できます。
- 膜厚は一般的には 0.2～5 μm程度になります。
- 工具の耐摩耗性向上（窒化チタンなど）、プリント配線板の配線形成（銅など）、食品包装材（アルミニウム）などの用途があります。
- 化学薬品を使わないと、排気や廃液がほとんど出ません。

(2) CVD (Chemical Vapor Deposition化学蒸着法)

- ガス状の原料を用いて基材表面で化学反応を起こし皮膜をつくる方法です。
- 高温でガスを分解する熱CVD、プラズマを使って反応させるプラズマCVDなどの方法があります。
- 処理温度は高温（400～1000°C程度）になります。

- 微細構造や複雑な形状にも均一に皮膜を作れます。
- 膜厚は一般的には $5\text{~}20 \mu\text{m}$ 程度になります。
- 半導体の絶縁膜形成（窒化ケイ素など）、太陽電池の薄膜形成などの用途で使われています。

【練習問題 11-6】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () 無電解めっきには還元剤を使う還元めっきがある。
- ② () CVD は基材表面に物理的に皮膜をつくる方法である。

【解説】

- ① 正しい。答 (A)
- ② CVD は化学的に皮膜をつくる方法である。答 (B)

だい しょう 第12章 アルミニウム陽極酸化処理

12.1 陽極酸化処理

- アルミニウムの表面では、特別な処理を行わなくても空気中の酸素と結合して酸化薄膜が生じます。アルミニウムの酸化薄膜は化学的に安定しており、酸素はもちろん液体や酸にも強く、それ以上の反応を起こしません。
- この酸化薄膜が、内部を腐食から保護します。アルミニウムがさびにくくと思われているのはこのためです。
- しかし、自然発生した酸化皮膜の皮膜は厚みが2nm程度と薄膜であるため、物理的な刺激により簡単に内部が露出してしまいます。アルミニウムは本来イオン化傾向が高く、水や酸素とも反応しやすい金属ですので、露出があると腐食が始まります。
- この酸化膜の厚みをミクロン単位まで厚くして、耐食性と耐摩耗性を向上させる方法の1つが陽極酸化処理（アルマイト）です。アルミニウムを（アノード）陽極として電解液中で電気分解し、表面に頑丈な酸化皮膜を形成します（図12-1）。

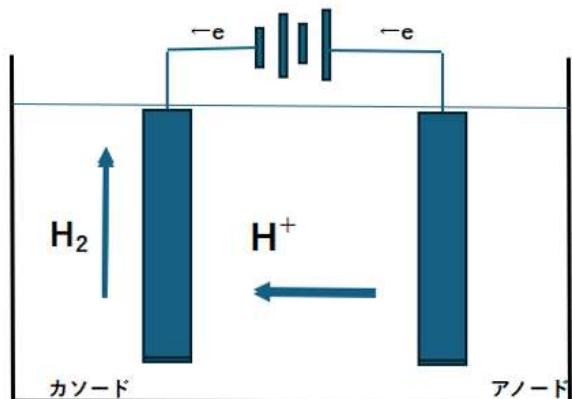


図12-1 陽極酸化処理の反応イメージ

12. 1. 1 陽極酸化処理の原理

□ つぎの流れで、処理をおこないます。

- ① 電解液にアルミニウム製品を入れる。
- ② この製品を陽極とし、直流、交流、または交直流の電流を流す。
- ③ 表面に酸化皮膜が形成される。

□ 各電極での反応は、つぎのようになります。

アノード側	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$ 、 $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}^{2-} + 2\text{H}^+$ 、 $2\text{Al}^{3+} + 3\text{O}^{2-} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$
カソード側	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$

□ 条件には、電解液の種類（硫酸・硝酸・クロム酸など）・濃度・温度・電流密度などの電解条件、アルミ合金の種類などのいろいろな組み合わせがあります。

この組み合わせで、つぎのような効果を生むことができます。

- ① シルバー、ゴールド、黒などの発色（発色・着色）
- ② 耐摩耗性を付与した、より硬い皮膜をつくる
- ③ 染料を酸化皮膜の結晶中に入れることで、更に鮮やかな着色をする。

□ 図12-2に陽極酸化処理の模式図を示します。

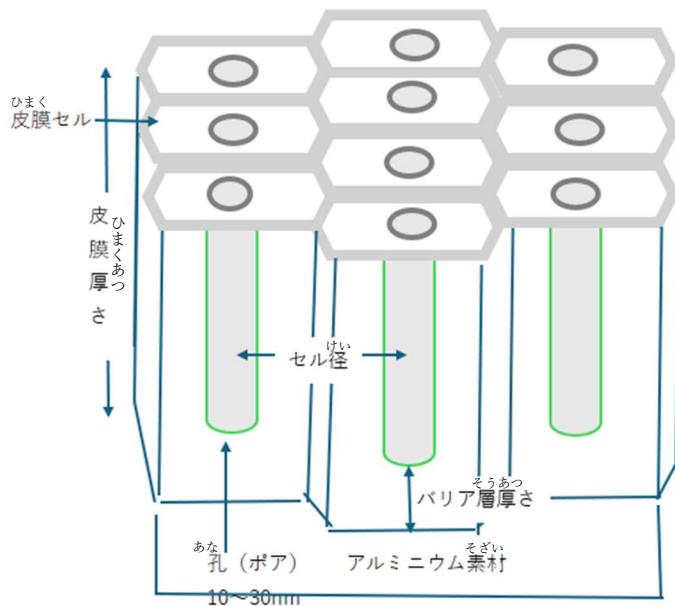


図12-2 陽極酸化処理の皮膜層の模式図

12.1.2 陽極酸化処理の作業手順

陽極酸化処理の工程には、大きく分けて予備処理、前処理、陽極酸化処理、後処理があります。

(1) 予備処理

アルマイトライン外で行なわれる処理です。バフ研磨・ヘアーライン・梨地・模様付けなど、アルマイト皮膜を形成させる前に物理的方法で行う加工です。主に表面の美観をよくするために行います。

(2) 前処理

脱脂・エッティング・デスマットなど素地表面の清浄・溶解の工程です。この工程で表面の汚れを取り除き、均一に反応するように不純物を取り除きます。

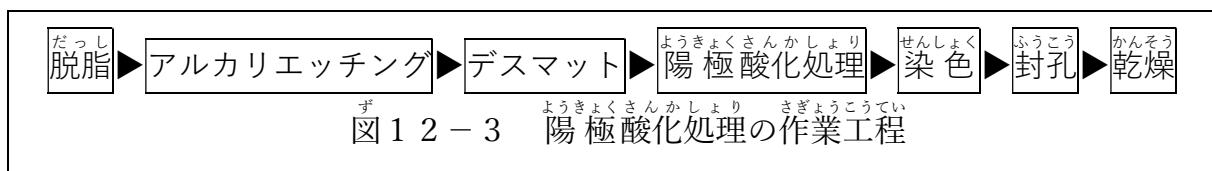
(3) 陽極酸化処理

アルマイト皮膜を形成する工程です。要求される皮膜品質を満足するため
に、電解浴・電源波形・浴温・攪拌・電解時間など処理条件を設定します。

(4) 後処理

電解処理(陽極酸化)の後は封孔処理を行います。目的に応じてその前に、染色や2次電解着色を行ない、更に電着塗装などを行なうことがあります。

陽極酸化処理の作業工程を図12-3に示します。



12.1.3 陽極酸化処理の設備と治具

(1) 陽極酸化処理の設備

□ つぎの工程では、耐食性に優れた塩化ビニル製の処理槽が使用されます。

①アルカリエッティング(水酸化ナトリウム)

②デスマット(硫酸や硝酸)

③陽極酸化処理(硫酸など強酸)

□ つぎの工程では、ステンレス製の処理槽が使用されます

④封孔処理では、沸騰状態の処理液を使用するため。

電源は、主に直流の整流器が使用されることが多いですが、交流を上乗せした電源を使用することができます。

かくこうてい　ないよう　やくえき
(2) 各工程の内容と薬液

こうてい 工程	しょり　ないよう　しょう　やくえき 処理の内容と使用する薬液
だっし 脱脂	ゆうきょうざい　しょう 有機溶剤を使用することもありますが、界面活性剤を使用すること も多いです。
アルカリ エッティング	すいさんか　しゅせいぶん　せいしょりえき　しづん　けいせい 水酸化ナトリウムが主成分のアルカリ性処理液で、自然に形成され た薄い酸化皮膜を溶解除去します。また、表面の微細なキズや、 ふちやく　おせんぶつ　ゆしぶん　じょきょ　付着している汚染物や油脂分も除去します。 すいそ　はっせい　おお　きょくぶはいき　そうち　ひっす　すいそ 水素ガスの発生が多いので、局部排気装置が必須です。水素ガス は、アルカリミストと空気中に浮遊しやすく体に有害です。
デスマット	けっかはっせい　そざい　なか　ふく アルカリエッティングの結果発生したアルミニウム素材の中に含まれ る銅やシリコンなどの不純物を溶解除去する工程です。主に硝酸 しうせいぶん　しょりえき　しょう　いもの　おお が主成分の処理液が使用されます。铸物などシリコンが多いときは さん　てんか　しょりえき　しょう　おお フッ酸を添加した処理液を使用することもあります。
ようきょくさんか 陽極酸化 しょり 処理	りゅうさん　しゅせいぶん　しょりえき　つか　おお　こがねいろ　まく　え 硫酸が主成分の処理液を使うことが多いです。黄金色の膜が得ら れるシュウ酸やクロム酸が使用されることもあります。
せんしょく 染色	ゆうきせんりょう　そざい　ふく　きんぞくぶん　くろ　し　あ 有機染料だけでなく素材に含まれる金属分によって黒っぽく仕上 げたり、無機染料を使用したりすることもあります。後工程とし て封孔処理は必須です。
ふうこうしょり 封孔処理	ようきょくさんかひまく　けっしょうちゅう　あな　くち　ふさ　しょり　こうおん 陽極酸化皮膜の結晶中の孔(ボア)の口を塞ぐ処理です。高温 じゅんすい　さくさん　てんか　ふうこうこうか　こうじょう の純水や酢酸ナトリウムなどを添加して封孔効果を向上させること おお　ふうこうしょり　たいしょくせい　こうじょう が多いです。封孔処理で耐食性を向上させるとともに染色剤 かいぶ　ようしゅつ　ふせ　せんしょくざい の外部への溶出を防ぎます。
かんそう 乾燥	ふうこうしょりごじゅんすいせんじょう　おこな　ねつぶうかんそう　おこな 封孔処理後純水洗浄を行い50~60°Cで熱風乾燥を行います。 ねつ　くわ　まくひょうめん　はっせい　かのうせい 熱を加えすぎると膜表面にクラックが発生する可能性があるので あ 100°Cより上げてはなりません。

(3) 陽極酸化処理に使用される治具 (JIG)

治具の材料は、素材と同じアルミニウムやチタンが使用されます。

アルミニウム製の治具は、処理によって摩耗が進むため寿命が短いです。このため大量産品で繰り返し使用することが多い場合は、チタン製の治具を使用することが多いです。また、接触部以外は樹脂でコーティングして摩耗を防ぐ場合も多いです。図12-4は、代表的な治具の例です。

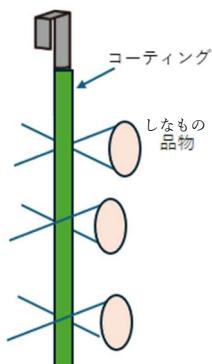


図12-4 チタン製治具の例

12. 2 陽極酸化皮膜の膜構成

陽極酸化皮膜の模式図を図12-5に示します。6角形の皮膜セルが並んだような構造をしており、素材のアルミニウムから酸化皮膜が成長しています。セルの中心部には孔（ボア）と呼ばれる空洞が成長しています。アルミニウム素材から孔（ボア）までの厚さがバリア層と呼ばれます。皮膜の厚さは、バリア層から孔を含めた厚さになります。

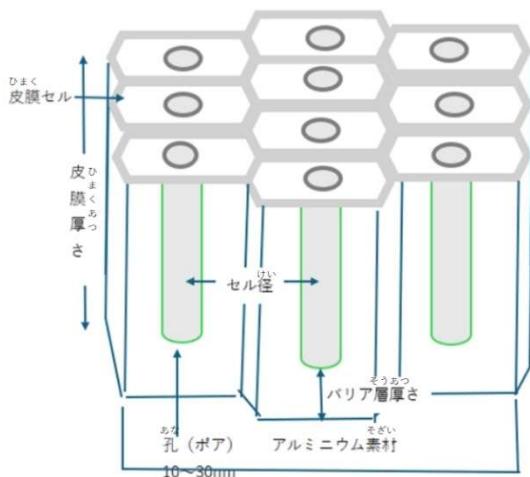


図12-5 陽極酸化皮膜の皮膜層の模式図

(1) 陽極酸化処理の酸化皮膜

処理を行った陽極酸化皮膜のセルには、孔が存在しています。後処理を行わないと耐食性はバリア層の厚さのみで発現することになります。バリア層は膜厚に対しそれほど大きくありません。全体の皮膜厚さは、減少した（陽極酸化した）アルミニウムのもとの厚さのほぼ2倍に成長します。

(2) 陽極酸化処理の着色

陽極酸化膜中に存在する孔（ボア）に、染料を入れることで色を付けます。処理を行うアルミニウムの素材によっては、素材に含まれる銅やシリコン

等の酸化物がボアに入り込み、グレーに発色することがあります。処理液に硫酸の代わりにシュウ酸を使用すると黄金色になることもあります。使用する染料は水溶性で、多様な色に染色することができます。

(3) 封孔処理

陽極皮膜の染色後に封孔処理を行います。これによって、陽極酸化皮膜の耐久性が向上し、染料の溶出を防いで美観を向上します。具体的には、純水の沸騰水で処理する方法や、酢酸ニッケル水溶液を用いて酸化皮膜表面に水酸化アルミニウムの膜を成長させる方法があります。

(4) 硬質陽極酸化処理

硬質陽極酸化処理は、生成膜厚を厚くするために極低温（0°C以下）で行う処理です。硬度が高い（HV450～500）ため、自動車や機械など工業分野で広く使われています。皮膜は30～100μm厚まで可能です。硬度だけでなく膜厚も厚くできることにより、耐久性も向上します。ただし厚い膜厚の為に耐熱性が低下し絶縁抵抗が悪化などのデメリットもあります。また、封孔処理で耐摩耗性が低下するので、通常は封孔処理を行いません。

12. 3 陽極酸化皮膜の性質と評価

処理した酸化皮膜の特性を維持管理するために各種評価試験を行います。
試験方法とその特性は、日本産業規格（JIS）に規定されています。

JIS H 8601 「アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜」

JIS H 8603 「アルミニウム及びアルミニウム合金の硬質陽極酸化皮膜」

(1) 膜厚

膜厚は、渦電流式膜厚計を用い測定することができます。通常の陽極酸化皮膜は、 $3\text{ }\mu\text{m}$ から $25\text{ }\mu\text{m}$ 程度で加工されます。硬質陽極酸化皮膜は、 $25\text{ }\mu\text{m}$ から $50\text{ }\mu\text{m}$ を超える膜厚が生成されます。膜厚計の例を図12-6に示します。



図12-6 漩渦電流式膜厚計

(2) 耐食性

陽極酸化皮膜は非常に耐食性に優れます。サンプルを5%の塩水の霧の中に置いて耐食性を評価する塩水噴霧試験が通常行われます。336時間以上という長期間の評価を行います。

このため、短期間で評価する方法としてJIS H 8681では、アルカリ滴下試験

や塩水に塩化銅を添加したキャス試験なども実施されます。

(3) 耐光性

着色陽極酸化皮膜は鮮やかな色を示しますが、着色した染料は太陽光などで色が薄くなることがあります。これを評価するために JIS H 8685 では、キセノンアークランプやカーボンアークランプを照射して紫外線に対する強さを評価するよう規定されています。

(4) 耐熱性

陽極酸化皮膜は、表面がアルミニウム酸化皮膜であるために 100°C を超えるとクラックが入り、絶縁性や耐食性が損なわれます。このため、特殊な顔料や後処理で耐熱性を向上させた処理も行われています。

(5) 耐摩耗性

陽極酸化皮膜処理は、表面に硬いアルミ酸化物を生成するために耐摩耗性に優れた皮膜です。特に硬質陽極酸化処理では、封孔処理を行わずにその耐摩耗性を生かした処理が行われます。JIS では、砥石を陽極酸化皮膜の上で 10,000 回転（かいとん）させその摩耗量を評価する回転摩耗試験を規定しています。

HV	ビッカース硬さのことです。 ダイヤモンド製の四角錐の頂点を試験片に押し付け、圧痕の「表面積」で硬さを求める手法です。実際には、皮膜自身が薄い（ $50 \mu\text{m}$ 程度）ので硬度測定の要求は少ないです。
----	---



図 12-7 マイクロビッカース圧痕のイメージ

(6) 耐電圧性

陽極酸化処理は、優れた耐電圧特性も持っています。50 μm の膜厚で2 kV程度の耐電圧性を持っています。JISでも評価方法が規定されています。電子機器の放熱フィンの表面処理に応用されていることが多いです。

【練習問題 12-1】

正しい場合は A、間違っている場合は B を選びなさい。

- ① () アルミニウム材料の陽極酸化処理は直流法だけが使われる
- ② () 陽極酸化皮膜の品質は JIS H 8601 に定められている。
- ③ () アルミニウム合金の鋳造材には、陽極酸化処理ができない。

【解説】

- ① アルミニウム材料の陽極酸化処理は直流法だけでなく交流重畠などで着色目的で使用されることもある。答 (B)
- ② 陽極酸化皮膜の品質は JIS H 8601 に定められている。答 (A)
- ③ アルミニウム合金の鋳造材は、スマット処理などで特殊な処理は必要であるが陽極酸化処理は可能である。答 (B)

せいぞうぶんやとくていぎのう ごうひょうかしけん
製造分野特定技能1号評価試験

きんぞくひょうめんしょりくぶん
(金属表面処理区分)

がくしゅうようさんこう
学習用参考テキスト

2025年12月 第一版

編集 一般財団法人海外産業人材育成協会（AOTS）

執筆 北川昭浩

滝本淳

平山克郎

間島勝彦

（五十音順）

発行 一般社団法人工業製品製造技能人材機構（JAIM）

〒105-8501 東京都港区虎ノ門5丁目11番2号

URL <https://www.jaim-skill.or.jp/>

©2025 Japan Association for Human Resources in Industrial Product Manufacturing