

2019 年(令和元年)作成

# 船舶電気装備技術講座

(初級)

## 電気工学の基礎編

# は し が き

電気工学の基礎編は、すべての電気技術の基礎となるもので、これを十分に理解し、原理をしっかりとつかむことが必要である。

本指導書は船舶電装業の実務に初めてたずさわる方を対象として作成したもので、本指導書により直流と交流の理論等の概念を理解し更に上級の指導書を学ぶ場合の基礎となるよう心掛けてもらいたい。

なお、本書はポートルースの交付金による日本財団の助成金を受けて作成したものである。

## 目 次

1 電気の基本概念 .....	1
1.1 原子と電子 .....	1
1.1.1 原子の構成 .....	1
1.1.2 束縛電子、自由電子、イオン .....	1
1.2 電子から見た導体、不導体、半導体 .....	2
1.2.1 導 体 .....	2
1.2.2 不 導 体 .....	2
1.2.3 半 導 体 .....	2
1.3 摩擦電気・電気力線・電界 .....	3
1.3.1 静電誘導 .....	5
1.3.2 静電しゃへい .....	5
1.3.3 静電容量 .....	5
1.3.4 静電気と動電気 .....	6
1.4 電位差、起電力、電圧 .....	7
1.5 電 流 .....	8
1.6 電気抵抗 .....	8
1.7 オームの法則と電気回路 .....	9
1.7.1 オームの法則 .....	9
1.7.2 電気回路 .....	10
1.8 電気の発生 .....	10
1.8.1 電気発生の分類 .....	10
1.8.2 圧電現象 .....	11
1.8.3 熱電現象 .....	11
1.9 直流、交流、瞬時電流、周波数 .....	12
1.9.1 直 流 .....	12
1.9.2 交 流 .....	12
1.9.3 瞬時電流 .....	13
1.9.4 周波数・波長 .....	14
1.10 復習問題 (1) .....	16
2 磁気と電気 .....	17
2.1 磁 石 .....	17
2.2 磁界・磁力線・磁力 .....	17
2.3 磁性体 .....	18
2.4 磁界の強さと方向 .....	19
2.5 磁力線・磁束・磁束密度 .....	20
2.6 電流の磁気作用と電磁石 .....	21
2.6.1 アンペアの右ねじの法則 .....	21
2.6.2 直線状電流による磁界 .....	21

2.6.3	円形電流による磁界 .....	22
2.6.4	起磁力 .....	22
2.6.5	電磁力、電流力、フレミングの左手の法則 .....	22
2.7	電磁誘導・誘導起電力 .....	23
2.7.1	電磁誘導 .....	23
2.7.2	誘導起電力の方向（レンツの法則） .....	24
2.7.3	誘導起電力の大きさ（ファラデーの法則） .....	24
2.7.4	フレミングの右手の法則 .....	25
2.8	うず電流・うず電流損 .....	26
2.9	磁化曲線、ヒステリシスループ、ヒステリシス損 .....	26
2.9.1	磁化曲線 .....	26
2.9.2	ヒステリシスループ、ヒステリシス損 .....	27
2.10	自己誘導・自己インダクタンス .....	27
2.10.1	自己誘導 .....	27
2.10.2	自己インダクタンス .....	27
2.10.3	磁束鎖交数 .....	28
2.11	相互誘導、相互インダクタンス .....	28
2.11.1	相互誘導 .....	28
2.11.2	相互インダクタンス .....	29
2.12	電磁結合 .....	29
2.13	磁気ひずみ現象 .....	30
2.14	磁気しゃへい .....	30
2.15	復習問題（2） .....	31
3	電流の化学作用と電池 .....	32
3.1	電気分解 .....	32
3.2	金属腐食 .....	32
3.3	防食 .....	34
3.4	電池 .....	34
3.4.1	乾電池 .....	34
3.4.2	二次電池（蓄電池） .....	35
3.4.3	電池の接続法 .....	38
3.5	復習問題（3） .....	41
4	直 流 .....	42
4.1	直流の種類 .....	42
4.1.1	電池電源の直流 .....	42
4.1.2	直流発電機の直流 .....	42
4.1.3	整流回路による直流 .....	43
4.2	電圧、電流、抵抗、オームの法則 .....	44
4.3	電 力 .....	45

4.3.1	水の仕事と電気の仕事.....	45
4.3.2	電 力.....	46
4.4	ジュール熱、ジュールの法則.....	46
4.5	電力量.....	47
4.6	入力、出力、効率.....	47
4.7	復習問題 (4).....	48
5	交 流.....	49
5.1	単相交流の発生.....	49
5.2	単相交流の基礎.....	50
5.2.1	電気角と周波数.....	50
5.2.2	位 相.....	52
5.2.3	交流の大きさの表し方.....	53
5.2.4	ひずみ波交流.....	56
5.3	正弦波交流のベクトル及び複素数表示.....	56
5.3.1	正弦波交流のベクトル表示.....	56
5.3.2	ベクトル和と合成電流.....	57
5.3.3	正弦波交流の複素数表示.....	58
5.3.4	複素数の計算.....	59
5.4	単相交流回路の計算.....	61
5.4.1	交流回路のオームの法則.....	61
5.4.2	基礎回路.....	61
5.4.3	直列回路.....	64
5.4.4	並列回路.....	70
5.4.5	インピーダンス計算式のまとめ.....	73
5.5	単相交流の電力と力率.....	74
5.5.1	抵抗回路の電力.....	74
5.5.2	インピーダンス回路の電力.....	75
5.5.3	力 率.....	75
5.5.4	回路定数と力率との関係.....	76
5.5.5	各種負荷の力率の値.....	76
5.5.6	有効電力 P、皮相電力 S、無効電力 Q.....	77
5.5.7	電圧、電流の有効分と無効分.....	78
5.6	復習問題 (5).....	80
6	電気材料.....	81
6.1	概要.....	81
6.2	導電材料.....	81
6.2.1	気体.....	81
6.2.2	液体.....	81
6.2.3	固体.....	82

6.3	半導体材料 .....	84
6.3.1	半導体の性質 .....	84
6.3.2	使用目的による分類 .....	85
6.4	絶縁材 .....	86
6.4.1	絶縁材料の分類と電気絶縁の耐熱クラス .....	86
6.4.2	絶縁材料の特性 .....	87
6.5	磁気材料 .....	90
6.5.1	概要 .....	90
6.5.2	磁心材料 .....	91
6.5.3	永久磁石材料 .....	91
6.5.4	その他の磁気材料 .....	91
6.6	特殊電気材料 .....	92
6.6.1	光電子放出材料 .....	92
6.6.2	熱電子放出材料 .....	92
6.6.3	熱電対材料 .....	92
6.6.4	圧電材料 .....	92
6.7	復習問題 (6) .....	93
7	付録 1 電気用数学の手ほどき .....	94
7.1	三角関数 .....	94
7.1.1	直角三角形の辺と角との関係 .....	94
7.1.2	直角三角形における三つの角の関係 .....	94
7.1.3	直角三角形の解き方 .....	95
7.1.4	角 $\theta$ が $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ の三角関数の値 .....	95
7.1.5	特別な角の三角関数 .....	96
7.1.6	$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$ の変形 .....	96
7.1.7	二角の和と差の三角関数 .....	97
7.1.8	二つの三角関数の積を和と差の形にする .....	97
7.1.9	二つの三角関数の和及び差を積の形にする .....	98
7.1.10	倍数の三角関数 .....	98
7.1.11	弧度 .....	98
7.1.12	角速度 .....	99
7.2	ベクトル .....	100
7.2.1	ベクトルの表示 .....	100
7.2.2	ベクトルの正と負 .....	100
7.2.3	ベクトルの和 .....	101
7.2.4	ベクトルの差 .....	101
7.3	ベクトルの複素数表示 .....	101
7.3.1	複素数 .....	101
7.4	復習問題 (7) .....	104

8 付録 2 主な量記号・単位記号 .....	105
9 附録 3 国際単位系 (SI) .....	108
9.1 表 1 SI の構成.....	109
9.2 表 2 基本単位.....	110
9.3 表 3 接頭語 .....	110
9.4 表 4 電機・電子機器業界で比較的良好に使われている単位.....	111
9.5 表 5 統一単位.....	112
9.6 表 6 国際単位系 (SI) へ切り替えられた主な単位 .....	112
9.7 表 7 国際単位系(SI)と法定計量単位から削除対象となった計量単位の関係 .....	113
9.8 表 8-1 その他の計量単位と SI 単位の換算関係 (仕事率、工率) .....	114
9.9 表 8-2 その他の計量単位と SI 単位の換算関係 (仕事、エネルギー) .....	114
9.10 表 8-3 その他の計量単位と SI 単位の換算関係 (圧力) .....	114
9.11 表 8-4 その他の計量単位と SI 単位の換算関係 (応力) .....	114
9.12 表 9 術語及び単位の比較.....	115
10 復習問題解答 (数字は章、節、項等を示す) .....	116
1.10 復習問題 (1) .....	116
2.15 復習問題 (2) .....	116
3.5 復習問題 (3).....	116
4.7 復習問題 (4).....	116
5.6 復習問題 (5).....	116
6.7 復習問題 (6).....	116
7.4 復習問題 (7).....	116