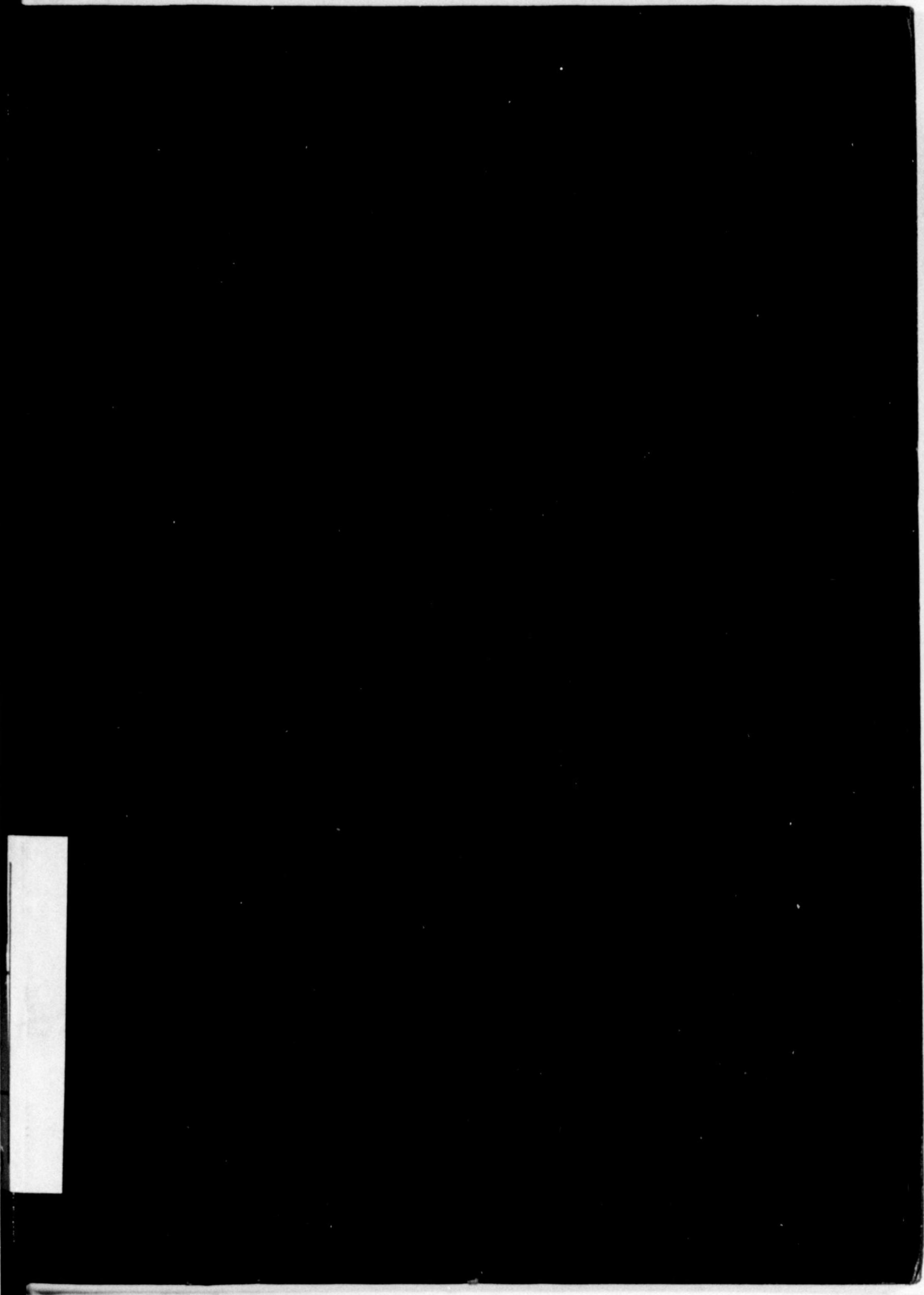
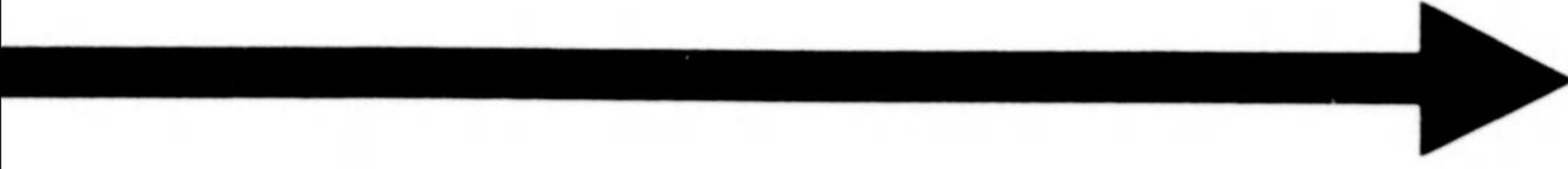


始



541.6  
D589

(7)

541.6  
D589

①

# 電 氣 材 料

電 教 社 編



館 文 綜 式 株  
行 發 社 會



## 緒言

電気工学の進歩発展は、これに伴ふ諸種材料の發達改良を促し、更に諸種材料に関する確實なる基礎的知識は、電気工学の進展に貢獻する點多く、電気理論は勿論電気材料に関する知識も亦電気工学にたすきはる者にとつて必要缺くべからざるものである。

電気工業に於て使用される一切の材料を其の電氣に對する使用の目的から次の四種に大別することが出来る。

- (1) 導電材料 (Conductor materials)
- (2) 磁氣材料 (magnetic materials)
- (3) 絶縁材料 (Insulating materials)
- (4) 構築材料 (Structural materials)

此の内 (1)は電流の通路として使用されるもので銅、鐵及びアルミウム等の金屬であり、(2)は電氣機械の鐵心として用ひられる薄鐵板や其の他の電氣計器、繼電器等に使用される磁石類等である。(3)は電氣絶縁に用ひられる雲母、木綿等であり。(4)は直接電氣には關係はないが、電氣工作物の支持又は電氣機械の構成に必要な鐵、木材、コンクリート等が之れに屬する。

# 電 氣 材 料

## 目 次

### 第一編 導 電 材 料

第一章 一般金屬	1
第二章 電線及導電用金屬	4
第一節 電線の太さの呼稱	4
第二節 標準銅及導電率	7
第三節 各種の電線	8
第三章 抵抗材料及可熔片	11
第一節 電流調整用及測定用抵抗材料	11
第二節 電熱用抵抗線	13
第三節 可熔片	14

### 問題 I

### 第二編 絶 縁 材 料

第一章 分類及一般性質	16
第二章 固體絶縁材料	19
第一節 雲母	19
第二節 大理石	21
第三節 磁器	22

第四節 硝 子 ... .. 23

第五節 護膜及其誘導體 ... .. 24

第六節 ガツターバーチャ... .. 26

第七節 天然樹脂及人造樹脂 ... .. 26

第八節 アスファルト ... .. 30

第九節 蠟 類 ... .. 31

問題 II

第三章 纖維質材料 ... .. 33

第一節 石 綿 ... .. 33

第二節 木 綿 ... .. 35

第三節 亞麻及マニラ麻 ... .. 36

第四節 絹 ... .. 37

第五節 紙 ... .. 37

問題 III

第四章 絶 縁 油 ... .. 41

第一節 變 壓 器 ... .. 41

第二節 植 物 油 ... .. 42

第五章 絶縁塗料及絶縁混和物 ... .. 44

第一節 絶 縁 塗 料 ... .. 44

第二節 絶 縁 混 和 物 ... .. 46

問題 III

第三編 磁 氣 材 料

第一章 磁氣性概念 ... .. 48

第二章 鐵の磁氣的性質 ... .. 50

第一節 物理的狀態の及ぼす影響 ... .. 50

第二節 化學的成分の影響... .. 51

第三章 各種磁氣材料 ... .. 52

第一節 珪素鋼板 ... .. 52

第二節 高導磁率合金 ... .. 53

第三節 壓粉硬化鐵心 ... .. 54

第四節 磁 石 鋼 ... .. 55

第五節 非磁性鋼及ホイスラー氏合金 ... .. 56

問題 V

第四編 構 築 材 料

第一章 鐵 材 ... .. 58

第一節 鐵 の 分 類 ... .. 58

第二節 銑 鐵 ... .. 59

第三節 鍊 鐵 ... .. 59

第四節 鋼 ... .. 60

第五節 鋼材の腐蝕及其の防護法 ... .. 62

第二章 銅合金及輕合金 ... .. 63

第一節 銅 合 金 ... .. 63

第二節 輕合金 ……63

第三節 パビットメタル ……65

第三章 木 材 ……65

第一節 木材の機械的性質……65

第二節 木 柱 ……66

第三節 木材の腐蝕及其の防護法 ……66

第四章 セメント及コンクリート ……67

第一節 セメント ……67

第二節 コンクリート ……67

第三節 鐵筋コンクリート……68

問題 VI

附錄

1. 標準軟銅線表 ……69

2. 標準硬銅線表 ……70

3. 錫鍍軟銅線表 ……71

4. 錫鍍硬銅線表 ……72

5. 標準軟銅撚線表 ……73

6. 標準硬銅撚線表 ……74

7. ニッケルクローム線性能表……75

8. 絶緣材料市場寸法表 ……76

9. 珪素鋼板規格表 ……78

# 電 氣 材 料

## 第一編 導電材料 (Conductor Materials)

### 第一章 一般金屬

金屬の種類は五十餘種と稱せられて居るが其の内吾人の生活に直接重大なる關係を有するものとしては次に示す如き十數種を擧げる事が出来る。

鐵, 銅, 亜鉛, 錫, 鉛, ニッケル, アルミニウム, 蒼鉛, 金, アンチモニー, 水銀, 白金, タングステン, 銀

等にして, 第一表は之れらの金屬特有の物理的性質を示す。

第一表 金屬材料の物理的性質

金 屬	原子符號	比 重	比 熱	熔融點 攝 氏	抗張 力	膨脹係數	抵 抗 溫度係數	固 有 抗 抵
アルミニウム	Al	2.56	0.218	657	1300	0.0000238	0.0039	2.62
アンチモニー	Sb	6.71	0.051	660	1000	0.0000109		
蒼 鉛	Bi	9.80	0.031	271		0.00001345	0.004	115.0
銅	Cu	8.89	0.093	1084	2200	0.00001798	0.00393	1.7241
金	Au	19.32	0.031	1065	1000	0.00000143	0.0034	2.4
鐵	Fe	7.86	0.110	1530	2500	0.000093	0.0062	11.00
鉛	Pb	11.37	0.031	327	900	0.0000293	0.0043	20.62
水 銀	Hg	13.59	0.032	-39		0.000182	0.000089	95.8
ニ ッ ケ ル	Ni	8.8	0.108	1450	4000	0.0000130	0.006	6.9
銀	Ag	10.53	0.056	961	1800	0.0000197	0.0038	1.62

金 屬	原子符號	比 重	比 熱	熔融點 攝氏	抗張力	膨脹係數	抵抗溫度係數	固有抵抗
タングステン	W	19.10	0.034	3370			0.0045	5.48
亜鉛	Zn	7.15	0.094	419	1500	0.0000297	0.0037	6.06
錫	Sn	7.29	0.055	232	200	0.000027	0.045	11.20
白金	Pt	21.50	0.032	1364	1500	0.00000975	0.0038	10.90

第一表中の用語に就いて簡単に説明しよう。

- 原子符號 各種元素の原子の特定の符號にして萬國共通のものである。
- 比 重 物質の密度と攝氏四度に於ける水の密度との比を比重と云ふ。
- 比 熱 C. G. S. 單位では一瓦の物質の溫度を攝氏の一度だけ高めるに要する熱量をカロリーで表はした數を其の物質の比熱と云ふ。
- 熔 融 點 固體の状態にある金屬は之れを高溫度に熱すると熔融するが此の熔融し初める時の溫度を云ふ。
- 抗 張 力 單位切斷面積を有する材料が引張の外力に耐へ得る強さを抗張力と云ひ、單位に kg/cm<sup>2</sup> なる記號を用ひる。
- 膨 脹 係 數 物質は一般に溫度上昇に依り其の長さを増すものにして攝氏一度の溫度上昇に依り長さの増加する割合を線膨脹係數と云ふ。
- 抵抗溫度係數 一般に金屬材料の電氣抵抗は溫度に依りて異り溫度が昇れば抵抗は増加するものである。攝氏一度の溫度上昇による抵抗増加の割合を抵抗溫度係數と云ふ。
- 固有抵抗 各金屬固有の電氣抵抗にして此の表はし方には種々あるが上表に示したるものは斷面積一平方厘、長さ一厘の材料の有す

る抵抗を百萬分の一オーム即マイクロオームで表したもので  $\mu\Omega\text{cm}$  なる記號を使用する。

上述の金屬を主要原料とせる合金も又多く用ひられて居るが之れ等個々の合金に就いての説明は後章に譲り本章では合金の一般的性質に就いて略述するに止める。

合金の諸性質は其の成分に直接比例するものでなく一般に次の如き變化を來すものである。抗張力、硬度、可鑄性、電氣抵抗等は共に増加し、熔融點、可鍛性及び展延性等は甚だしく低下する。第二表は合金の物理的性質を示す。

第二表 各種合金の物理的性質

合 金	主成分	比 重	固 有 抵 抗	溫 度 係 數	膨 脹 係 數 $\times 10^{-4}$	抗 張 力
鑄	Fe.C	7.85	20.6		0.11	5000~20000
珪素鋼	Fe. Si	7.6	62.5	0.00075	0.11	6000
洋銀	NiCuZn	8.4~8.78	17~41	0.00004~0.00038	0.184	4500~5600
眞鍮	Cu Zn	8.38~8.5	5~7	0.0014~0.002	0.19	3500~5600
磷青銅	CuSnP	8.6	2~6	0.003~0.004	0.17	2500~7000
珪素青銅	CuSi	8.8	2~4	0.0023~0.0038	0.17	4500~7600
フェロニッケル	Fe Ni	8.2	46	0.0021	0.1	
デュラルミン	Al.Cu. Mg.S.	2.8	3.35	0.00218	0.226	3500

數値は何れも概數を示せるもので殊に合金に於ては主成分の配合の割合に依り甚だ廣範圍の間にあり一定値を示すことが出來ない。



## 第二章 電線及導電用金屬

電流の通過を唯一の目的とする材料であるから電氣抵抗の最も小さい事が必要である。電線及び導電用金屬とは只線状をなして居るものを電線と云ひ、そうでないものを導電用金屬と云つたに過ぎない。

電線には裸電線と絶縁電線の二種があり、前者には裸銅線、カドミウム銅線、珪銅線、銅覆銅線、磷銅線、鐵線、アルミニウム線等があり、後者にはエナメル線、絹捲線、ゴム絶縁電線、綿捲線等がある。之れ等を説明する前に電線の太さの呼稱及導電率 (Electrical Conductivity) について説明しやう。

### 第一節 電線の太さの呼稱

従來は電線の太さを總線番號 (wire gage) で呼んでゐた。線番號とは各國に於て種々の標準によつて電線の太さを示した番號であつて我が國で主に使用されたものは、アメリカンワイヤゲージ及びスタンダードワイヤゲージである。前者は Brawn and Sharp wire gage と云はれ、B. S. なる記號で示され、大正三年以來大正十三年迄、我が國の標準線番號として採用されたもので直徑 0.005 吋を #36 とし直徑 0.46 吋を #4/0 とし、その間を 39階に分けたものである。B.S. #36 の電線とは其の直徑 0.005 吋の電線と言ふことである。この線番號では番號數が進めば直徑が小さくなるのである。

第三表は各種線番號に依る直徑の大小の關係を示すもので、M. M. G. とは 大正十一年十一月日本電氣工藝委員會電線標準調査會に於て定められたミリメートルゲージを表はす。

第三表 線番號表

ゲージ				直徑	ゲージ				直徑	ゲージ				直徑
mm G.	B.W. G.	B.S.	S.W. G.	(mm)	mm G.	B.W. G.	B.S.	W.G. S.	(mm)	mm G.	B.W. G.	B.S.	W.G. S.	(mm)
	5/0		7/0	12.70	2.9		9		2.900	.40				.4000
12				12.00		12			2.769				28	.3759
			6/0	11.79				12	2.642			27		.3606
		4/0		11.68	2.6				2.600		28			.3556
	4/0			11.53			10		2.591	.35				.3500
			5/0	10.97		13			2.413				29	.3454
	3/0			10.80				13	2.337		29			.3302
		3/0		10.40			11		2.310	.32	28			.3200
			4/0	10.16	2.3				2.300				30	.3150
10				10.00		14			2.108		30			.3048
	2/0			9.65			12		2.057				31	.2946
			3/0	9.45				14	2.032	.29				.2900
		2/0		9.27	2.0				2.000		29			.2870
9			2/0	9.00		15	13	15	1.829				32	.2743
				8.84	1.8				1.800	.26				.2600
	0			8.64		16			1.651		31	30	33	.2540
		0		8.25			14	16	1.626				34	.2337
			0	8.23	1.6				1.600	.23				.2300
8				8.00		17			1.473		32			.2286
	1		1	7.62			15		1.448			31		.2261
		1		7.35				17	1.422				35	.2134
	2			7.21	1.4				1.400		33			.2032
			2	7.01			16		1.295			32		.2007
7				7.00		18			1.245	.20				.2000
	3			6.58				18	1.219				36	.1930
			2	6.54	1.2				1.200			33		.1803
6.5				6.50			17		1.143	.18				.1800
			3	6.40		19			1.067		34			.1778

ゲージ				直徑 (mm)	ゲージ				直徑 (mm)	ゲージ				直徑 (mm)
mm G.	B.W. G.	B.S.	S.W. G.		mm G.	B.W. G.	B.S.	S.W. G.		mm G.	B.W. G.	B.S.	S.W. G.	
	4			6.045			18	19	1.016				37	.1727
6.0				6.000	1.0				1.000	.16		34		.1600
			4	5.893			19	20	.9144				38	.1524
		3		5.827	.90				.9000				35	.1422
	5			5.588		20			.8839	.14				.1400
5.5				5.500		21	20	21	.8128				39	.1321
			5	5.385	.80				.8000		35	36		.1270
		4		5.189			21		.7230				40	.1219
	6			5.156		22		22	.7112	.12				.1200
5.0				5.000	.70				.7000			37	41	.1118
			6	4.877	.65				.6500		36	38	42	.1016
		5		4.621			22		.6430	.10				.1000
	7			4.572		23			.6350				43	.0914
4.5				4.500				23	.6096				39	.0889
			7	4.470	.60				.6000				44	.0813
	8			4.191			23		.5740				40	.0787
		6		4.115		24		24	.5588			41	45	.0711
			8	4.064	.55				.5500				42	.0633
4.0				4.000			24		.5106				46	.0610
	9			3.759		25		25	.5080				43	.0564
		7	9	3.658	.50				.5000				47	.0508
3.5				3.500		26		26	.4572				44	.0502
	10			3.404			25		.4547	.05				.0500
		8	10	3.251	.45				.4500				45	.0447
3.2				3.200				27	.4166				48	.0406
	11			3.048		27			.4064				49	.0305
			11	2.946			26		.4039				50	.0254

此の外に Birmingham wire gage がある。又電線の切斷面積を以て其の太さを表はす單位に、サーキュラーミル (Circular mil) 及びスクエヤール (Squar mil) 等がある。前者は直徑1ミル (千分の一時) なる圓の面積、後

者は1平方ミルを以て單位としたものである。從來種々なる單位が使用された爲め不便が多かつたが、メートル法實施以來電線の直徑を耗で表はす様になつたので簡單で誤りが少くなつた。

### 第二節 標準銅及導電率

通常電線としての導電度は、或る標準となるべき銅を定め此の銅の導電率を百分として、之れと比較したものを夫々の電線の導電率として表はすのである。

標準銅としては、1913年に萬國電氣工藝委員會に於て次の様に決定した。

即ち

1. 密度は20°Cに於て1cm<sup>3</sup>に付8.89瓦
2. 容積固有抵抗は各部の斷面積均等にして、其の斷面積1平方耗、長さ1米につき20°Cに於て1/58=0.017241オーム
3. 質量比抵抗は長さ1米、質量1瓦で1/58×8.89=0.15328オーム
4. 抵抗溫度係數は20°Cに於て一度につき1/254.45=0.000393
5. 膨脹係數は攝氏一度に就き0.000017
6. 導電率100%

例 架空配電線路用として用ひられる銅線の導電率を97%とすれば其の容積比抵抗は導電率に逆比例するから

$$\frac{1}{58} \times 100\% \div 97 = 0.0177 \text{ オーム となる。}$$

### 第三節 各種の電線

電線としては各種の金属が使用されるが、次の如き諸性質を具備するものでなければならない。即ち

1. 比重小なること
2. 導電率高きこと
3. 機械的強さ大なること
4. 耐久力大なること
5. 價格低廉なること

等であつて現今最も多く使用されるのは、銅、鐵、アルミニウム及び之等の合金である。

(a) 銅線 銅は導電率高く、展延性に富み、機械的強度も大きく腐蝕し難く、且つ多量に産するので、電線として廣く使用されてゐる。銅中に不純物を含有する時は其導電率が著しく減少する。例へば銅に僅か1%のアルミニウムが混入しても導電率は約半減する。銅線には硬銅線と軟銅線があり、硬銅線は軟銅線に比して導電率は通常2.7%位低いが機械的強度が大きいためから架空線等に多く使用され、また軟銅線は焼鈍されて軟かくなつて居るので、特に可撓性を必要とする所に用ひられる。

銅線の抵抗温度係数は標準温度及び銅の導電率に依つて相違する標準銅の0°Cに於ける温度係数は $\frac{1}{2} \times 1.5$ である。

抵抗と温度の關係を表すのには次の式が便利である。

$$R_t' = R_t \frac{234.5 + t'}{234.5 + t} \dots \dots \dots (1)$$

上式に於て t, t' は任意の攝氏温度、R\_t', R\_t は各々其温度に於ける電氣抵

抗を示す。

軟銅線の伸は20~35%硬銅線の伸は0.5~3%程度である。抗張力は太さに依つて甚だしく相違するが、前者は25~28kg/mm<sup>2</sup> 後者は36~47kg/mm<sup>2</sup>程度である。

(b) アルミニウム線 (Aluminium wire) アルミニウム線の導電率は約62%で、抗張力は太さによつて異なるが17~18kg/mm<sup>2</sup>程度である。

アルミニウム線は導電率及び抗張力の點より見て銅線に遙かに及ばないが、比重が著しく小なる點で電線として用ひられて居るが殊に送電線用として電壓の甚だ高い時や長徑間の架空線に便利である。今同一長さ及び同一抵抗の銅線とアルミニウム線と比較すると次の様になる。

	銅	アルミニウム
切斷面積	1	1.56
直徑	1	1.25
重量	1	0.47
抗張力	1	0.75
價格	1	$0.47 \times \frac{P}{p}$

p, 及び P は各アルミニウム及び銅の時價を示す。

アルミニウム撚線の機械的強度を増大する爲に撚線の中心部を亜鉛鍍した銅線或は鋼撚線とした鋼心アルミニウム撚線がある。柱間距離を大にして送電線費を低下させる目的に屢々用ひられて居る。米國では66kV以上の送電線の過半数は此の種の電線を使用して居り、我が國でも高電壓の送電線は此の電線を採用したものが極めて多い。

(c) 鐵線及び鋼線 鐵線及び鋼線は導電率及び耐腐蝕性が低い爲め導線としては電信電話等の弱電流電線及び抵抗線等として用ひられて居る程度

である。殊に鐵中の不純物は其の導電率を著しく低下させる。即ち鐵の導電率は約17%であるが、鑄鋼は約10%、マンガン鋼は3%内外である。鐵線及び鋼線は導電線としてよりも、支線及び電纜の鍍装用の様な機構的用途に多く使用されて居る。

(d) **珪銅線及び磷銅線** 銅と錫との合金は青銅であるが、錫1%内外を含有する青銅に僅少の珪素又は磷を加へたものが珪銅線又は磷銅線である。これ等は導電率を減少させるが抗張力を著しく増加させる。最も普通に用ひられるものは珪銅線であつて抗張力は全體珪素の含有量に比例して増加する。電氣抵抗は銅の2.2~2.5倍、抗張力は硬銅線より35~70%大である。用途としては降雪多き地方の市内架空電話線及びトロリー線等に使用される。磷銅線は電線としては餘り使用されないが、強靱であるから發條やバインド線に用ひられる。

(e) **カドミウム銅線** 電氣銅にカドミウムを合金させたもので硬銅線より抗張力高く、又導電率も相當大きいから川越等長徑間の架空線に便利である。抗張力は50~59kg/mm<sup>2</sup>伸は0.7~1.7導電率は85%内外である。

(f) **コルソン合金線** 銅にニッケル、コバルト、クローム等の珪素化合物を加へ、適當な熱處理を施して得られる高抗張力と高導電率を併有する合金線で、我が國ではC合金線と言つて販賣されて居るのは此の合金線である。

此の合金線は腐蝕に對する抵抗高く、通信線、送電線、又は電車線等に使用されて居る。

(g) **銅覆鋼線** 電線としては導電率高く抗張力大なるを必要とするが、銅及びアルミニウムの如き導電率高き金屬は抗張力低く鐵及び鋼等は導電率に於て劣る。銅覆鋼線は、鋼線の周圍を銅で被覆して兩者の特長を發揮さ

せたもので導電率によつて考へられ抗張力は鋼によつて保持される。抗張力は70~90kg/mm<sup>2</sup>導電率は35~48%程度である。地線、電信、電話線等として使用されて居る。

### 第三章 抵抗材料及び可熔片

抵抗材料としては固有抵抗高く、抵抗溫度係數低く且つ機械的に強いものでなくてはならない。

合金線は一般に此の様な性質を具備してゐるから抵抗材料としては合金線が主に使用されてゐる。

これ等抵抗材料の中、單に電流の調整、或は測定等のために抵抗そのものとして利用するものと、熱又は光等を得るために使用されるものがある。

#### 第一節 電流調整用及び測定用抵抗材料

電流調整用抵抗線は、固有抵抗高く、電氣エネルギー消費に使用するものであるが、第二次標準用抵抗として使用される測定用抵抗線は、高固有抵抗を有すると共に、溫度係數極めて小さく、又銅に對する熱起電力の小さい合金が必要である。

(a) **洋銀 (German silver)** 洋銀は銅50~60%、ニッケル10~30%、亜鉛18~30%の合金で硬度高く耐蝕性に富む。其の品位は普通ニッケルの含有量に依つて示され18%線、30%線等と呼ばれ、18%線の抵抗は銅の約18倍、30%線の抵抗は銅の約28倍である。

洋銀に1~2%のタングステンを加へたものをプラチノイド (Platinoid) と云ふ。銀白色であつて空気中で永くその色澤を失はない。電気抵抗は大體18%洋銀線の1倍半位であり、温度係数は0.00022程度である。

(b) マンガニン (Manganin) 銅83~84%, マンガン12~15%ニッケル2~4%の合金である。固有抵抗は銅の約27倍、温度係数は極めて小さく0.000015以下、抗張力は45kg/mm<sup>2</sup>以上である。銅に對する熱起電力も小さいから標準抵抗等に使用されて居る。

(c) アドバンス (Advance) ニッケル 44~46%, マンガン 1%残部は銅よりなる合金である。固有抵抗は 49μΩcm 温度係数は極めて小さく0.000018 程度であるから精密機械用又は標準用として適當である。

(d) 鑄鐵グリッド 大電流制御用の抵抗器として、格子型 (Grid Type) の抵抗器が使用されて居る。此の格子型抵抗としては珪素を含む鑄鐵にアルミニウム或はニッケルを加へて強靱ならしめたものが使用され、錆止めを施して用ひられる。

(e) 水 (Water) 水は屢々抵抗材料として最も便利に用ひられる。河川の水は其固有抵抗 1200~12000 オーム糎を有して居るが普通は 2000~5000オーム糎の間にある。0°C から 100°Cの間に於ける抵抗の變化は大略次の式にて表はすことが出来る。

$$R_t = \frac{40R_{20}}{20+t} \dots \dots \dots (2)$$

上式中 t は任意の温度、R<sub>t</sub> は t°C に於ける抵抗、R<sub>20</sub> は 20°C に於ける抵抗である。

水も亦不純物に依つて其の抵抗は大いに變化するものであつて海水の固有抵抗は大略30オーム糎程度である。

第二節 電熱用抵抗線

電熱用抵抗線としては發熱體となるのであるから、電気抵抗大きくその融點も高く、且高温度で酸化し難いものでなければならぬ。

現今電熱線として使用されて居るものは主としてニッケル、クローム及び鐵の合金であるが、鐵を含むものは酸化し易く、抵抗温度係数が大であるが加工が容易であり、價格が低廉である等の利點がある。

鐵を含まずクロームの量の多いものは、酸化が少なく高温度に使用されるが、加工が困難になるためクローム含有量20%迄のものが使用される。

銅、ニッケル合金は600°C位まで、所謂黑熱状態で使用されるが赤熱状態では主にニッケル、クローム合金が使用され、1100°C以上になると炭珪素化合物や白金が用ひられる。

第四表は現今電熱線として使用されて居る主なる合金の成分と性質を示す。

第四表 電 熱 線

名 稱	成 分				固有抵抗 μΩcm.	温度係數	最高使用温度
	Ni	Cr	Fe	Mn			
ニクローム	60	12	26	2	109.2	0.00017	1000°C
クロメル A	80	20	—	—	103	0.00011	1190°C
クロメル B	85	15	—	—	89		1100°C
日本電熱線 第一號	78	19	1	2	104		1100°C

## 第三節 可熔片 (Fusible alloy)

可熔片は普通に熔融點の低い合金であつて配電線と電氣機械及び器具との間に入れ過大電流の通過に對して容易に融解して急速に電路を遮斷し機械及び器具の焼損を防ぐ爲めに使用される。普通、鉛錫、アルミニウム、或は銅片等が用ひられる。

可熔片には形狀及び使用の目的によつて、糸フューズ、板フューズ、爪附フューズ、タングステンフューズ及び溫度フューズ等がある。

第五表は各種フューズの成分並に熔融點を示す。

第五表

成分						熔融點 氏
錫	鉛	蒼鉛	カドミウム	アルミニウム	亜鉛	
4	8	15	3	—	—	65
25	25	50	—	—	—	98
50	—	50	—	—	—	160
80	—	20	—	—	—	200
67	33	—	—	—	—	166
—	—	—	—	100	—	660
—	—	—	—	—	100	420

## 問題 1.

- (1) 電線の太さを示すには如何なる方法があるか。
- (2) 銅中の不純物は銅の電氣的性質に如何なる影響を與へるか。
- (3) 標準銅の密度、固有抵抗、溫度係数を問ふ。
- (4) 20°Cに於いて長さ1米、質量1瓦の銅線の抵抗が0.1540オームなる時、此銅の導電率は何程か。
- (5) 導電率17%の鐵線の長さ1米、斷面積1平方耗の電氣抵抗は何程か。
- (6) 攝氏20°C度に於て2.5オームの銅線がある。25度に於ける抵抗を計算せよ。導電率は100%とする。
- (7) 銅線とアルミニウム線の得失を比較せよ。
- (8) 次の材料に就いて知れるところを記せ。
  - a. 珪銅線
  - b. カドミウム銅線
  - c. 銅覆鋼線
  - d. 洋銀線
  - e. マンガニン線
- (9) 鐵を含む電熱用ニッケル、クロム合金線と鐵を含まないニッケル、クロム電熱用合金線の性質を比較せよ。
- (10) 可熔合金の主要成分金屬を擧げよ。

## 第二編 絶縁材料 (Insulating materials)

### 第一章 分類及一般性質

電気工業上、電気絶縁の目的に使用される一切の材料を含んで居り、其の種類は非常に多いが、之を其の形態上より分類すると次の様になる。

絶縁體	固體	天然品 雲母、石棉、大理石、護謨、樹脂等
		人造品 { 磁器、硝子、紙、布、ファイバー、プレスボード エポナイト、ベークライト等
	製造體	混和物、ピッチ、硫化護謨、アスファルト、蠟等
	液體	樹脂油、植物油、礦物油、ワニス等
	氣體	空氣、窒素、水素等

絶縁材料使用上其の耐熱性は極めて重要な条件となるから、耐熱性によつて分類する場合もある。

日本電気機器標準規定によると、機器用絶縁材料は、次の様にABCの三種に分けられて居る。

A類Ⅰ……木綿、絹或は紙及びそれに類似の材料であつて最大温度上昇は50°Cで、最高使用温度は90°Cである。

A類Ⅱ……Ⅰに屬する材料をワニス類で含浸し、或は油中に浸したる場合及エナメル線が之に屬し、最大温度上昇は65°C、最高使用温度は105°Cとされて居る。

B類……雲母、石棉、其の他高温度に耐へる材料を、A種の材料と共に使用する場合に、A種の材料を單に構造上の目的にのみ使用し、

之が損じても全體として電氣的並に機械的の性質を害しないものであつて、(マイカナイト、石棉紙等) 最大温度上昇85°C、最大使用温度125°Cである。

C類……生雲母、石棉、磁器、石英の外B類の材料より更に高き温度に耐へ得る材料であつて、最大温度上昇及び最度使用温度の制限がない。

電気工業上重要な使命を持つ絶縁材料の具備すべき条件を、電気、機械、熱及び化學的の四方面より調べ、項目で示すと次の様になる。

#### (1) 電氣的性質

1. 絶縁抵抗の大なること。
2. 絶縁耐力の大なること。
3. 適當なる誘電率を有すること。
4. 誘電體損失の少いこと。
5. 之等の性質の温度係数の小さいこと。

#### (2) 機械的性質

1. 抗張力大なること。
2. 脆弱でないこと。
3. 多孔質及び吸濕性でないこと。
4. 加工容易なること。

#### (3) 熱的性質

1. 比熱大なること。
2. 熱の放散が良好なること。
3. 膨脹係數小なること。
4. 軟化點及熔融點高きこと。(固體に對して)

5. 沸點高く、凝固點低きこと。(液體に對して)
6. 粘度低きこと。(液體に對して)

#### (4) 化學的性質

1. 酸、アルカリ、油、水に溶けないこと。
2. 化學的に安定で變質しないこと。
3. 引火點及び發火點が高いこと。

以上の四項目中電氣的性質に就いて少しく記述する。

絶縁抵抗 (Insulation Resistance) とは、絶縁體に電壓を加へた時之を通じて流れる漏洩電流 (Leakage current) に對して絶縁體が與へる抵抗である。絶縁抵抗は容積絶縁抵抗 (Volume insulation resistance) 即固有抵抗と、表面絶縁抵抗 (Surface insulation resistance) に分けて考へられ、前者は絶縁體の實質を通じて流れる漏洩電流に對する抵抗、後者は絶縁體の表面を傳ふて流れる漏洩電流に對する抵抗である。

絶縁體の内部を流れる漏洩電流と、表面に沿ふて流れる漏洩電流の比は其の物質によつて異り、又周圍の状態によつて相異なる。容積絶縁抵抗が非常に大きい時、濕つた空氣中にある時、表面が變質したり、油等で汚れて居る時等には漏洩電流は大部分表面を通過する。絶縁抵抗は加電壓の種類、周波数の大小、溫度等によつて著しく相異なる。オーム纏 ( $\Omega\text{cm}$ ) 或はメガオーム纏 ( $\text{meg.}\Omega\text{cm}$ ) で示され、一立方纏抵抗をオーム或はメガオームで表す。メガオーム ( $\text{megohm}$ ) とは $10^6$ オームのことである。

絶縁體に加へられた電壓を次第に上昇すると、遂には火花放電を起して絶縁體は破壊される。此の時の加電壓を絶縁破壊電壓又は耐電壓と稱へ、絶縁體の單位厚さ當りの絶縁破壊電壓を絶縁耐力 (Dielectric strength) と云ふ。V/mil 或は K. V. /mm. で示される。

絶縁耐力は電極の形狀、試片の厚み、電源の種類及び外界の状態等によつて影響される。

或る絶縁體を使用する蓄電器の静電容量と、此の絶縁體を空氣と代へた場合の静電容量の比を、其の絶縁體の誘電率 (Dielectric constant) と云ふ。一般に溫度上昇及加電壓の周波数の増加によつて僅かであるが減少する。

絶縁體に交番電壓を加へると、絶縁體内で或る電力損失が起る。此の損失を誘電體損失と云つて居る。此の損失は總て熱となるもので、加電壓の自乗並びに周波数に比例する。電壓の低い時は左程問題にならないが、高電壓の場合或は高周波の時は可成りの値に達する。

## 第二章 固體絶縁材料

### 第一節 雲 母 (Mica)

雲母は花崗岩等に微小片として存する外、薄板狀の塊片として産出し、其の種類も甚だ多い。

然し電氣工業に於て主として使用されるのは、白雲母と金雲母である。

白雲母 (muscovite) は加里雲母とも云はれ、概ね無色透明であるが、綠或は紅色を呈するものもある。紅色のものは特にルビー雲母とも云はれて居る。

比重 2.79~4.0, 硬度 2.8~3.2, 化學的に安定で、鹽酸又は硫酸には殆ど侵されない。白雲母を熱すると、 $400\sim 600^\circ\text{C}$ 迄は透明度及び彈性に何等變化がないが、 $700^\circ\text{C}$ 附近の溫度になると結晶水を失つて銀白色になつて脆くな



るから、550°C位迄しか安全には使用されない。

**金雲母 (Phlogonite)** はマグネシヤ雲母又は琥珀雲母とも云はれ、比重2.75~2.90赤褐色、帯黄色又は帯緑色を呈して居る。鹽酸にも少し溶け、熱濃硫酸には完全に分解される。金雲母は900°C迄は何等變化せず、耐熱性は白雲母より勝れて居る。

雲母の電氣的性質は其の産地及び種類等によつて甚だしい相異があるから、定數を與へる事は困難であるが、概數を挙げると

絶縁抵抗  $9 \times 10^{15}$  オーム糎 (20°C)

絶縁耐力 20~60 K.V./mm.

誘電率 4.6~8.0

雲母の熔融點は1260~1290°Cと云はれて居る。

天然の儘の雲母即ち生雲母の大型の結晶は得難く價も高いから、特殊の場合に用ひられるに過ぎない。絶縁用には大抵貼付雲母板が使用される。

**マイカナイト (Micanite)** とは米國の或る會社の製品の名であるが、現今は雲母の薄片を或る種の膠着剤で貼り付けた所謂貼付雲母板の一般名稱になつて居る。

マイカナイトは硬質、型造用、可撓性、耐熱性の四種に分けられる。

硬質マイカナイトは整流子片間の絶縁用に主として使用されるもので、膠着剤にはシエラックが用ひられて居る。整流子セグメント用マイカナイト板は日本電氣協會の仕様書によると、幅約45cm、長さ約90cm、厚さの公差0.025mm以下、膠着剤の量1%以下、絶縁耐力32kv./mm以上となつて居る。

型造用マイカナイトは冷状態では硬質マイカナイトと同様に硬いが、膠着剤を10~15%含んで居るから、100~120°Cに加熱すると軟化して任意の形状に型造することが出来、又他のものを被覆することも出来る。冷却すると

硬化する。

**マイカフオリウム (Micafolium)** とは此の種のマイカナイトである。整流子Vリングの絶縁、高電壓の電機子線輪の絶縁等に使用される。

可撓性マイカナイトは常温で可撓性を持つて居るもので、普通蓖麻子油の様な不乾燥性油が膠着剤に混和されて居る。

マイカナイト紙又はマイカナイト布等は可撓性マイカナイトの片面或は両面へ紙又は布を貼り付けたものである。空氣冷却の變壓器の絶縁、電機子の溝絶縁等に使用される。

耐熱性マイカナイトは電熱器等に生雲母の代用として使用されるもので、膠着剤には水硝子等が用ひられる。

グリプタナイトと云ふのは膠着剤としてグリプタルを使用した一種の耐熱性マイカナイトの商品名である。此の膠着剤は高温度で分解しても、有害な導電性の残渣を残さない。

尙雲母型造物に**マイカレツクス (Micalex)** がある。之は雲母の細粉に硼酸鉛を適當に混じて675°C位に熱して軟化熔融したものである。電車用電動機の刷子保持器の絶縁、水銀避雷器の陽極絶縁等に使用される。

## 第二節 大理石 (Marble)

大理石は結晶性の石灰石であつて光澤高く色彩美しく彫刻及裝飾器具材料として使用され居るが、電氣工業に於ても低壓用配電盤パネル又は開閉器類の取付臺等として廣く使用されて居る。

その主成分は炭酸石灰であるが、炭酸苦土、炭酸鐵、粘土等を含んで居る。色は純粹なものは白色であるが、鼠色から黒色のもの等がある。尙黄鐵鏽等

による條脈や斑點は電氣的に甚だ有害である。

大理石は酸類によつて分解され炭酸瓦斯を發生し、熱によつても容易に分解して瓦斯を發生するから注意を要する。今電氣的性質の概値を挙げると、

- |          |  |
|----------|--|
| 1. 比 重   | 2.5~2.8                                |
| 2. 抗 張 力 | 260kg/cm <sup>2</sup>                  |
| 3. 抗 壓 力 | 800~1300kg/cm <sup>2</sup>             |
| 4. 絶縁抵抗  | 10 <sup>8</sup> ~10 <sup>10</sup> オーム種 |
| 5. 絶縁耐力  | 2~4kv/mm (厚さ25mmの場合)                   |

### 第三節 磁 器 (Porcelain)

磁器は電氣工業に於ける用途極めて廣く、磚子、磚管、套管等として電信電話の様な弱電流電線路から低電壓配電線路、特別高壓送電線路に至るまで架空線の支持物として缺くべからざるものである。

磁器の成分は陶土、石英及び長石で此の中陶土は純粹な粘土で磁器原料に可塑性を付け、石英は製品に機械的強度を與へ、長石は三原料中最も融點低く、焼成の際原料成分を互に結着させる役目をする。

原料の配合量は磁器の諸性質を支配するから所要の性質によつて適當に配合量を加減しなければならない。一般に陶土42~66%、珪砂13~30%、長石17~27%位である。

原料は粉碎機によつて細粉とし、水に混じて攪拌して泥状としてから篩を通して不純物や粗粒を除いて微粉末とする。此の様にして得られた粉末原料を適當に混和し、攪拌器でクリーム状とする。必要によつては磁力で鐵粉を除去する。過剰な水分は壓濾器で除去して粘塊とし、所要の形を作り、充分

乾燥し、釉薬をかけて耐火粘土の匣鉢に入れて、焼成爐で1200~1400°Cに2~4日間保つて焼成した後、除々に冷却する。全體で4~6日かかる。

磁器は焼成の際12~25%収縮するから、精確な寸法のものを得ることは仲々困難である。

釉薬は磁器に色彩を與へ、水分の浸透を防ぐために施される。

磁器の性質は其の原料の配合、焼成温度等によつて相異なるが概數を示すと、

- |          |                             |
|----------|-----------------------------|
| 1. 比 重   | 2.0~2.4                     |
| 2. 比 熱   | 0.17~0.22                   |
| 3. 膨脹係數  | 3.5~6.5×10 <sup>-6</sup>    |
| 4. 抗 張 力 | 180~270kg/cm <sup>2</sup>   |
| 5. 抗 壓 力 | 1000~5000kg/cm <sup>2</sup> |
| 6. 絶縁抵抗  | 10 <sup>14</sup> オーム種 (常溫)  |
| 7. 絶縁耐力  | 8~25kv/mm                   |
| 8. 誘 電 率 | 4~7                         |

溫度上昇によつて絶縁抵抗、絶縁耐力は著しく減少する。

電熱器用の陶器は溫度の急變に耐へなければならぬので、多孔質に作る。此の様なものは電氣的性質も機械的性質も非常に悪くなる。

### 第四節 硝 子 (Glass)

硝子は珪酸、石灰、曹達を適當に配合して熔融して得られるもので、組織によつて著しく性質が相異なる。今其の大略の傾向を述べると、曹達の多い場合は融點が低く、水や酸に侵され易い。曹達の代りに加里を含む加里硝子

は熔け難く、水や酸に侵され難くなる。前者は窓硝子や硝子瓶等に使用され、後者は化学実験器具に使用される。

又石灰の代りに鉛やバリウムを含むものは屈折率が高く、光澤が強いで光澤硝子や模造寶石用に使用され、硼酸を含むものは膨脹係数が小さく、電気的性質も優良である。

電球用硝子としては細工し易く、風化して曇る憂の少ない鉛硝子が使用され、真空管には誘電体損失少く、温度の激變に堪へ絶縁抵抗の高い硝子が必要であつて硼酸を含む硝子が使用される。

以上略述した様に硝子の性質は成分によつて著しく相異なるが、其の他熱處理等によつて異なるから硝子の性質は總括的に述べ難いが大略次の様になる。

即比重は 2.2~3.6 鉛硝子は大きく、石灰硝子は小さい。膨脹係数は大凡  $7 \times 10^{-6}$  位である。抗張力は  $140 \sim 730 \text{ kg/cm}^2$  抗壓力は  $500 \sim 750 \text{ kg/cm}^2$  位であるが、脆弱である。

硝子の絶縁抵抗は  $10^{11} \sim 10^{14}$  オーム程、表面絶縁抵抗は乾燥状態で  $10^{10} \sim 10^{14}$  オーム程、湿度 85% の時  $10^8$  オーム程程度である。

硝子を碍子として使用する事は一般に行はれて居ないが、米國又は佛國等では電信用の低壓碍子として使用されて居る。米國のバイレックス (Pyrex) 硝子や我が國のテレックス (Terex) 硝子は誘電体損失が非常に小さく高周波回路の絶縁用に使用される。

### 第五節 護謨及び其の誘導體

護謨は南米、亞弗利加或は南亞細亞等に生育する護謨樹に切付けを行ひ、それより流出する液汁 (Latex) を乾固して得られるもので之を生護謨と云ひ、

價が高く電気的性質が優れないばかりでなく物理的變化に對して鋭敏であるから絶縁用護謨としては硫黃其の他の物質を混和して、その性質を改善し價格を低廉にする。生護謨中に混和される硫黃の量が少なれば柔軟であるが、多量になると硬くなり所謂エボナイトになる。

(1) 軟質硫化護謨 生護謨に 10% 以下の硫黃を混和化合させたもので、硫黃の外炭酸石灰、陶土、珪藻土、硫酸バリウム、滑石等を混合増容して價格を低廉にする。又着色のためカーボンブラック、亞鉛華、硫化アンチモン等が混合され、或は硫化を促進させる目的でリサーチ、マグネシヤ、硝石灰等が加へられる。

軟質護謨は熱に對して甚だ弱く  $50 \sim 60^\circ\text{C}$  で軟化し、又空氣中に放置する時は漸次酸化されて樹脂狀の物質になる。電気的性質も其の配合の割合によつて甚だしく相異なるから一括して述べることは出来ないが、大略の値を挙げると次の様になる。

容積固有抵抗は  $10^{14} \sim 10^{16}$  オーム程、絶縁耐力は  $10 \sim 24 \text{ kv/mm}$ 、誘電率 2.9、抗張力  $70 \sim 140 \text{ kg/cm}^2$ 、比重  $0.95 \sim 1.7$ 。

軟質護謨は電線被覆、テープ類又は護謨手袋等として廣く使用されて居る。

護謨テープは普通の護謨混和物をリボン狀として適當に軽く硫化したものであり、護謨引綿テープは木綿テープに護謨混和物を塗刷したもので普通ブラックテープ或はフリクションテープ等と呼ばれて居る。

(2) 硬質硫化護謨 エボナイト (Ebonite) とも云はれ、其の製法は軟質硫化護謨と同様であるが、混和する硫黃の量は 20~35% 位で、緻密で非常に硬く、常温で優秀な絶縁性を有し、開閉器の把手、電気器具の覆ひ又は絶縁管等種々の目的に使用されて居る。

比重  $1.15 \sim 1.5$  黑色で不吸濕性であるが熱に弱く、普通のものは  $50 \sim 65^\circ\text{C}$ 、

高温用のものは100°C附近で軟化する。

空気或は日光に曝しても何等變化しないが、油或はオゾンに侵される。

エポナイトの絶縁抵抗は  $10^{10} \sim 10^{18}$  オーム $\cdot$ cm (20°C) 位、絶縁耐力は 30~60kv/mm、抗張力は 350~650kg/cm<sup>2</sup>、抗壓力は抗張力の約二倍位である。

### 第六節 ガツターパーチャ (Guttapercha)

熱帯地方に産する特殊な樹木より得られる液汁を凝固して得られる護膜様物質であつて、37°Cで軟化し、90°Cでは容易に塑造することが出来る。130°Cに熱すると融解して無色油状の物質になる。又空気或は日光に曝すと容易に酸化されて脆くなり樹脂の様な物質になるが、水に対する抵抗は甚だ大きい。専ら通信用の水底ケーブルに使用される。

比重0.97~0.98、絶縁抵抗は約  $3.5 \times 10^{10}$  オーム $\cdot$ cm、誘電率3.8~4、絶縁耐力10~25kv/cm、抗張力250kg/cm<sup>2</sup>、二硫化炭素及クロホルムに溶解する。

### 第七節 天然樹脂及び人造樹脂

天然樹脂は種々の針葉樹より分泌するものを直接採集したものと一旦地中に埋没し化石状態で發掘されるものがある。

コロホニー、コーバル、琥珀或はシエラツク等が主なるものであつて、型造絶縁物、絶縁塗料、混和物又は膠着剤等に使用する極めて重要なものである。

(a) コロホニー (Colobhony) コロホニーはロジン又は洋チヤンとも呼ばれ、松脂からテレピン油を溜出した残渣である。諸種の樹脂中生産高最も

多く廉價なものであるから可成り廣く使用されて居る。

コロホニーは淡黄色~暗褐色で、乾溜して 300~400°C の間で得られる粘性暗褐色の液体は樹脂油 (Rosin oil) である。熔融點は種類によつて相異なるが70°C位で熔融し初め、90~135°C で全く熔融する。非結晶質で甚だ脆く、エーテル、アルコール、アセトン、氷醋酸又は二硫化炭素等によく溶解する。

(b) 琥珀 (Amber) 琥珀は古代植物の樹脂が化石したもので其の種類も非常に多いが、優良なものは極めてよい絶縁性を有して居る。

色は淡黄色~暗褐色で、比重は2~2.5天然の儘のものは各種の有機溶剤に不溶があるが、一旦熔融したものはエーテル、ベンゼン、クロホルム、二硫化炭素又は加熱植物油に大部分溶解する。

琥珀は200~280°C 位に加熱すると熔融分解するから、使用温度は200°C 以下である。

アンブロイド (Ambroid) と云ふのは小粒の琥珀の良質のものを融着硬化して作られた獨逸製品で絶縁性の極めて優秀な材料である。

(c) コーバル (Copal) コーバルは本來亞弗利加産の化石樹脂に付けられた名稱であるが、生樹より採取される新生樹脂をも含んで甚だ廣義に使用されて居る。

コーバルは其の硬度から、硬質、中質及軟質の三種に分けられ、硬質にはザンチバル、マダガスカル、中質にはアンゴラ、コンゴ、シーラレオネ、軟質にはコロンビヤ、ブラジル、カウリ、マニラコーバル等がある。

熔融點は 110~205°C で、硬いもの程熔融點が高い。一度熔融したものは溶剤によく溶け、絶縁塗料、型造絶縁物等に使用され、堅硬な光澤の強い皮膜を與へるが、耐久性が乏しい缺點がある。

(d) シェラック (Shellac) 印度、印度支那及びシヤム等の熱帯地方に生ずるところの樹木の樹液を吸取して生育するラック虫の分泌物である。シェラックの絶縁性は優秀であるが其の儘單獨で使用される事は少く、型造絶縁物に混じたり、アルコール、アセトン或はテレピン油等に溶かして塗料或は成層絶縁物の膠着剤に使用される。

一般に薄片状に作られたものをシェラック、釘状に作られたものをボタンラック、板状に作られたものをガーネットラックと呼んで居る。

(e) フェノール樹脂 人造樹脂は近年著しく發達した絶縁物であつて用途も甚だ廣く、ベークライト (Bakelite) と云ふものは此の人造樹脂の一種である。人造樹脂も其の種類甚だ多く、其の中最も普通なものはベークライトの屬するフェノール樹脂である。

フェノール樹脂はフェノール類の代表である石炭酸の名を冠して石炭酸樹脂とも云はれ、石炭酸或はクレゾールと、フォルマリンを原料として加熱縮合させて作つたもので、初めに得られる粘稠性の液體と之を更に加熱して得られる黄色透明な固體で、酒精、アセトン石炭酸、グリセリン等に溶解する樹脂状物質をベークライトAと云ふ。ベークライトAを更に加熱すると、殆ど總ての溶剤に溶けない脆い固體の中間生成物が出來、ベークライトBと呼ばれる。此の中間生成物を更に高温度に熱すると、不溶解不溶融の透明な固體の最終縮合物が出來る。之がベークライトCであつて絶縁物としては電氣的にはエポナイトに匹敵し、耐熱的には遙かに之を凌駕する。

ベークライトワニスはベークライトAを酒精或はアセトンに溶解して造られたもので、紙布等の纖維質の絶縁材料に浸潤させ 65~75°C に加熱して溶剤を蒸散させた後 125~150°C に5~8時間加熱してベークライトCに變化させ絶縁の用に供する。

フェノールファイバー (Phenol fiber) は紙或は布等をフェノール樹脂で貼り合せ、加熱壓縮して作られたもので板状のもの管状のもの等がある。俗にベークライトと云はれるものは多く此の種の製品であつて、中でもウエスチングハウス社製のベークライトマイカルタは特に有名である。

フェノールファイバーは變質すること極めて少く、耐熱性も非常に優秀であるが、纖維質を填料として居る關係上幾分吸濕性になるから絶縁特性はエポナイトに劣る。

尙綿屑、木粉或は石綿、雲母等の粉末にベークライトAを混じて加熱し、適當な状態即ち熱する時は可塑性となり、短時間に硬化させることが出来るベークライトBの状態にしたものを冷却粉碎して得られる混合原料を鋼鐵製の型に入れて強壓し乍ら加熱して成型すると型造製品が得られる。

木粉を素地材料としたものは軽くて、樹脂の吸収がよく仕上りが美しいが、絶縁材料としては雲母粉を用いた製品が最も優れて居る。

フェノール樹脂の製品は配合原料、製造法等によつて性質に差異があるから定數を擧げることが困難であるが、最終縮合物即ベークライトCの性質の概略を示せば次の様になる。

色	淡黄色或は赤褐色
硬 度	30~45 (ブリネル)
抗 張 力	350~750kg/cm <sup>2</sup>
抗 壓 力	1500~2500kg/cm <sup>2</sup>
耐 熱 性	良好, 連續 200°C, 斷續 300°C
膨 脹 係 數	2×10 <sup>-5</sup> ~10 <sup>-4</sup>
誘 電 率	5~7
絶 縁 耐 力	25~40kv/mm

容積絶縁抵抗  $10^{12} \sim 2 \times 10^{16}$  オーム $\cdot$ cm

表面絶縁抵抗  $10^8 \sim 2 \times 10^{16}$  オーム $\cdot$ cm

尙ペークライトマイカルタ、磁器及エポナイトの性質を比較すれば次の様になる。

	ペークライト マイカルタ	磁 器	エポナイト
抗張力 kg/m <sup>2</sup>	750	240	500
抗壓力 kg/mm <sup>2</sup>	2500	1000~5000	—
耐熱度 °C	150~200	950	40~90
比 重	1.35	2.35	1.25
耐酸耐油性	良	良	稍々不良
絶縁耐力 kv/mm	25~40	8~25	30~50
絶縁抵抗メガオーム $\cdot$ cm	4500	$2 \times 10^6$	$10^6$
誘電率	4~5	4.5~5.5	2~3

### 第八節 アスファルト (Asphalt)

天然アスファルトは石油が自然に蒸溜酸化されて出来たものと考へられ、その主成分は炭化水素の混合物で黒褐色を呈し、比重は1.04~1.40である。

加熱すると70°Cで粘着性を帯び100°C附近で熔融する。

アスファルトは柔軟で弾性に富み二硫化炭素、エーテル、アルコール或はクロホルム等に多少溶解し、化学的には極めて、安定で耐酸塗料としても廣く使用されて居る。

誘電率は2.7、絶縁耐力は14kv/mm、可塑性及防水性に富むから型造絶縁物、絶縁塗料及混和物として廣く使用されて居る。

天然アスファルトは世界各地に多量に産するが、南米北岸の島トリニダットは最も有名である。

尙北米ユタ及コロラド州産のギルソナイト及西バージニア州産のグラハマイトは一般に其の熔融點高く、前者は121~173°C、後者に於ては173~290°Cである。共に絶縁塗料に賞用される。

原油の分別蒸溜によつて得られる石油アスファルトも天然アスファルトと類似の性質を有し、其の用途も天然アスファルトと同様であるが、天然アスファルトを壓倒して工業上廣く利用されてゐる。

### 第九節 蠟 類 (Wax)

絶縁材料として使用される蠟類は其の種類極めて多いが、其の儘で使用されることは少く、多くの場合他のものに含浸させるか、混和物として用ひられて居る。

(a) パラフィン (Paraffin) 石蠟とも云はれ、石油の分溜精製によつて得られる白色半透明の物質である。

比重は0.85~0.92、熔融點は55~60°C、劣等のもものは30°C位である。

常温では酸或はアルカリ其の他の藥品に作用されず、化学的に極めて安定である。容積固有抵抗は $10^{10} \sim 10^{19}$  オーム $\cdot$ cm、誘電率は1.9~2.3、絶縁耐力は7.6~11kv/mm位である。

石蠟は安價で且使用が容易であるから其の用途も廣く、殊に紙蓄電器、木綿被覆又は絶縁用木材等に含浸させ、或は他の蠟、樹脂等と混和して絶縁混和物或は塗料として用ひられる。

(b) オゾケライト (Ozokerite) 石蠟を含む物質が地中に於て自然に乾

溜され、揮発物を失つて出来たものと考へられる石蠟類似の物質で黄色或は黒色を帯びて居る。

熔融點は  $65\sim 82^{\circ}\text{C}$ 、誘電率 2.1、固有抵抗  $4.5 \times 10^{14}$  オーム種である。

オゾケライトを濃硫酸と木炭で精製して脱色したものを、セレンシン (Ceresin) と云ひ、熔融點は  $60\sim 90^{\circ}\text{C}$  固有抵抗は  $5 \times 10^{18}$  オーム種程度である。オゾケライトと共に絶縁混和物、編組等の耐水塗料として廣く使用されて居る。

(e) カルノバワックス (Carnobawax) カルノババラム樹の葉から採取され、黄色～緑褐色の塊状をなして居る。比重  $0.99\sim 1.0$  熔融點  $84^{\circ}\text{C}$ 、型造絶縁物等の原料として使用されて居る。

#### 問題 I

1. 絶縁材料の耐熱性による分類如何
2. 絶縁材料として具備すべき条件を列挙せよ。
3. 下記に就き説明せよ。
 

a. 絶縁耐力	b. 表面絶縁抵抗
c. 誘電率	d. 容積絶縁抵抗
4. マイカナイトに就きて説明せよ。
5. 絶縁材料としての軟質硫化護謨の用途を問ふ。
6. 次の物質の主成分或は主原料如何。
 

a. 磁器	b. 加里硝子
c. 大理石	d. ベークライト
e. アスファルト	f. アンプロイド
7. 下記に就き知れる所を記せ。
 

a. マイカフオリウム	b. マイカレツタス
c. フリクシオンテープ	d. グリブタナイト

8. フェノール樹脂の原料と製造段階によつて生ずる三種類の縮合體の名稱と性質を述べよ。
9. オゾケライト及セレンシンとは如何なるものか、又どんなものを使用されるか。
10. 次の材料の用途を問ふ。
 

a. 雲母	b. 大理石	c. 磁器
d. コロホニー	e. 琥珀	f. アスファルト
g. 石蠟	h. エポナイト	i. ガツタパーチヤ
j. シエラツク	k. コーバル	l. カルノバ蠟

### 第三章 纖維質材料

纖維は植物、動物及礦物性の三種に分けることが出来る。木綿亞麻或は大麻等は植物性纖維であり、動物性纖維には羊毛及び絹等があり、礦物性纖維には獨り石棉纖維があるだけである。

之等の纖維質材料中電氣工業上最も多く使用されるものは木綿、亞麻、絹及び石棉である。

#### 第一節 石 綿 (Asbestos)

石棉は礦物性纖維であつて、耐火性の絶縁材料として甚だ重要なものである。其の種類も澤山あるが、其の中で最も重要なものは蛇紋石に屬するクリソタイル (Chrysotile)、角閃石に屬するウロソドライト (Crocidolite)、トレモライト (Tremolite) である。

クリソタイルは温石絨と云はれ、其の産地は加奈陀又はローデシヤが最も有名であり、關東洲の金洲からも多量に産出される。

色は白色、青色又は褐色で、比重 2.25~2.27 稍々絹糸光澤を呈し 0.3~1.2cm の長さでしかも柔軟強靱な繊維であるから、電気材料として最も広く使用されて居る。

その成分は含水珪酸 マグネシウムで 450°C 位に熱すると化合水を放出して強度を失ふ。

クロソライトは南亞弗利加に産し、色は青く、成分は珪酸鐵曹達で、比重 3.2、長さは 3~8cm 質は稍々硬くクリソタイルより劣り、300°C 位で強度を失ひ初める。

トレモライトは伊太利及びウラル地方から産し、繊維は白色で長く 30cm 以上のものもある。

成分は珪酸 マグネシウム石炭で、比重は約 3 である。

石綿は其耐火性と繊維質とを利用して、種々の型式で広く使用されて居る。

(a) 石綿紙 石綿繊維に木綿繊維を混和して造られたもので、強度は普通の紙に比べて甚だ弱い。使用中高熱に曝らされると植物性繊維が脆化又は炭化して一層弱くなる。

石綿紙試験の一例を示すと、厚さ 0.5~1.0mm のものに於て、絶縁耐力 3~3.6kv/mm、水分 4~6%、灰分量 73.5~85% である。

乾燥状態に於ては甚だしく絶縁耐力を増大し 9kv/mm に達する。

石綿紙は開閉器箱の内張、發電機捲線及び溝絶縁等に使用される。

(b) 石綿糸 石綿繊維と木綿繊維を混用して造られ通常 15% 位の木綿繊維を含んで居る。

耐熱耐焰電線用編組、電熱用コード被覆等に使用される。

(c) 石綿板 石綿繊維と水硬性セメントで作られた堅硬な板状の絶縁體で切斷又は釘付等の加工や油、ワニス或はペイント等で仕上が可能であるから、大理石や石盤石等の代用として用ひられて居る。

## 第二節 木 綿 (Cotton)

木綿は纖維材料中最も重要なものであつて、木綿屬植物の種子を包む細毛から得られ、その長さは 15~60mm、直径は 0.01~0.04mm 程度である。

顯微鏡で見ると扁平管状で螺旋状に扭れ、縦に幾筋もの線條を認めることが出来る。

木綿繊維の主成分は纖維素であつて、その他脂肪、蛋白質、油及び水分等を數%含んで居る。

吸濕性甚だ大きく、乾燥空氣中でも普通 6~7% の水分を吸収して居る。

木綿繊維は濃硫酸に作用されて膠状となり、濃硝酸によつては硝化纖維素、無水醋酸によつては醋酸纖維素等の纖維素誘導體を生ずる。

アルカリにて處理する時は著しく收縮するが、張力を加へてアルカリ處理を施すと光澤を増し、色素の吸収力を増し、抗張力を増加させる。此の處理を受けた木綿をマーセライズドコットン (Mercerized cotton) と云つて居る。

尙木綿繊維は鹽化亞鉛、鹽化石灰又は酸化銅アンモニヤ等の溶液に溶解する。

木綿繊維を熱する時は 100°C 迄は吸収せる水分を失ひ、それ以上では化合水を放出して脆くなるから、最大使用溫度を 95°C とされて居る。

絶縁抵抗は常溫で  $10^8 \sim 10^{10}$  オーム種、絶縁耐力は 3~5kv/mm 誘電率は 3.9~7.5 程度である。



木綿繊維は紡いて綿糸として電線の絶縁被覆及び編組として其の儘或はパラフィン、塗料、混和物等を含浸して使用される。

綿糸の太さは番手 (Count) で示され、我が國に於ても英國法によつて 1 忽 (hank) の長さを 840 ヤードとして 1 封度に達する総数を以て表して居る。

細い電線及びケーブルには通常 36 番手綿糸、太いものでは 10 番手位のものを迄使用されて居る。

綿糸は織つて綿布とし、綿糸同様其の儘又は絶縁塗料等を塗布して電気機器の捲線等の絶縁に使用される。即エンパイヤクロス、ベークライトマイカルタ、ゴム引綿テープ等の素地として重要な材料である。

### 第三節 亞麻及マニラ麻

#### (Linen and Manila hemp)

亞麻は一年生亞麻植物の莖を醗酵させて取つた韌皮繊維で 70~80% の纖維素を含み、纖維の長さは産地等によつて相異なるが、木綿繊維に比べると遙かに長く又強靱である。熱傳導は木綿より非常に大きいが、藥品に對しては木綿より一般に抵抗力が小さい。

吸濕性は木綿と略同程度で乾燥空氣中で 7~8%、絶縁耐力は 5~8kv/mm 程度である。價格が低廉でないから特に摩擦に耐へなければならぬ様な部分に使用されるに過ぎない。

マニラ麻は南洋諸島殊にフィリピンに野生又は栽培される或る植物の葉から採取される纖維で、其の長さは平均 1.5m に及び、耐水性、耐久性に富み絶縁紙の原料として重要である。

### 第四節 絹 (Silk)

絹は蠶によつて紡がれた連続的な糸であつて、美麗な白色光澤を有し、絹糸素 (Fibroin) と稱するものから成り、其の他膠質、蛋白質、脂肪等の不純物を含んで居る。

抗張力は 4500kg/cm<sup>2</sup>、伸は 12~20%、比重 1.36~1.37、通常 10~12% の水分を含んで居る。

絹も優秀な絶縁性を有し、絹糸は各種絹捲線、電燈及電話用コードの編組として使用され、絹布はエンパイヤシルク或はマイカナイトの裏付等を使用される。

### 第五節 紙 (Paper) 及類似絶縁材料

(a) 紙 紙は植物性纖維の搦み合ふ性質を利用して薄層に造つたもので、極めて薄いものより特に厚紙と云はれる厚いものまで多くの種類がある。

紙の原料たる纖維は石綿紙の様な別の物を除けば皆植物性纖維であつて、木綿、麻、マニラ麻、黄麻、ウッドパルプ、雁皮、三稜等である。又サイズとして澱粉、ゼラチン、樹脂等が使用され、充填物として粘土其の他の無機粉末が混和されるが、絶縁紙としては一般にサイズ及充填物の使用を避け、特に使用の必要があれば樹脂が用ひられる。

紙は多孔質であるから吸濕性で常態では 4~12% の水分を含有して居る。従つて絶縁性は餘り良好ではないから低壓又は鉛被で保護される場合の外其の儘で用ひられることなく、常に耐濕性物質を含浸させて使用する。

尙紙は加熱すれば變質して弱くなるから 120°C 以上の温度で使用するこ

とは出来ない。

薄い紙にはコンデンサーチツシュ及薄葉日本紙がある。前者は木綿を原料とし均質で針孔のない様に造られたもので、蓄電器の製作に使用され、常にパラフィンを含浸させて用ひる。後者は雁皮、三極等を原料とした紙で雲母製品の裏付等に使用されて居る。厚さは  $0.012 \sim 0.025\text{mm}$  (0.5 ~ 1 ミル) である。

少々厚い紙にはクラフト紙、サルファイト紙、グリースブルー紙、マニラ紙等があり、厚さは  $0.25 \sim 0.125\text{mm}$  (1 ~ 5 ミル) である。

クラフト紙は褐色を呈し、其の質強靱でケーブル用紙、雲母製品の裏付用紙等として使用される。サルファイト紙は雲母製品の裏付、成層鐵心の鐵板間の絶縁等に用ひられる。グリースブルー紙はベークライト等を浸潤させてワニス絶縁紙としたり、其の他の絶縁の目的に使用されて居る。共に此等はウッドパルプで造られる。

マニラ紙は純良なマニラ麻を原料として造られた紙でケーブル用絶縁紙特に電話用乾紙ケーブルに必要欠く可からざるものである。

ロープペーパーはウッドパルプと黄麻の混合原料によつて造られたもので、電機子の溝絶縁及其の他の用途に使用され、赤色に着色したものをレッドロープペーパーと呼んで居る。厚さは  $0.125 \sim 0.8\text{mm}$  位である。

(b) プレスボード (Pressbord) ウッドパルプ、麻類或は木綿を原料として抄いたものを壓縮して光澤を興へたものである。其の色は多く赤褐色或は鼠色であつて、比重  $0.9 \sim 1.4$ 、比重が大きいもの程緻密で耐電圧が高い。耐電圧は厚さによつても相異なるが  $8 \sim 13\text{kv/mm}$ 、絶縁抵抗は  $10^{10} \sim 10^{12}$  オーム $\cdot$ cm、誘電率は  $4.5 \sim 5$ 、抗張力は  $350 \sim 550\text{kg/cm}^2$  である。發電機、電動機、變壓器等の線輪の絶縁に廣く使用される。

プレスパンと云ふのは元來獨乙製品に付けられたウッドパルプを原料としたものの名稱である。

(c) ヴァルカナイズト、ファイバー (Vulcanized fiber) 單にファイバーとも云はれ木綿を原料とした紙を塩化亞鉛溶液で表面を膠化し、之を適當な厚さに重ねて壓縮して洗滌乾燥したものである。赤色又は黒色の染料を加へて赤色又は黒色の製品を得る事も出来るが、染料を使用しない鼠色の製品もある。

ファイバーは強靱であつて加工性に富み、振動に耐へ、且廉價であるから用途極めて廣く、絶縁材料としても盛に使用されるが、吸濕性が高く電氣的性質は餘り優秀な方ではない。乾燥したものは比重  $1.1 \sim 1.5$  絶縁耐力は  $1 \sim 5\text{kv/mm}$ 、絶縁抵抗は  $10^{10}$  オーム $\cdot$ cm、誘電率は  $4.5 \sim 5.5$ 、吸水量は (24時間浸漬)  $25 \sim 50\%$ 、抗張力は  $500 \sim 1000\text{kg/cm}^2$ 、抗壓力は  $1700 \sim 4000\text{kg/cm}^2$  である。刷子保持器、套管、押釦、コイル棒、把手、可熔片筒、等に使用される。

(d) エムパイヤークロス (Empire cloth) 絶縁塗料を塗布した綿布であつて、此の名稱は米國のマイカインシュレーター會社のエムパイヤー工場で作られたもの、商品名で、オールドクロス、オールドキャンブリック又はバーニッシュドキャンブリック等は皆同じものに付けられた名稱である。

素地用の綿布は40番手以上の綿糸を用いた平織で、表面を毛焼きしてローラーで平滑に整へたものを使用する。塗料は鉛色又は黒色の加熱乾燥塗料を用ひ、素地綿布を塗料中に浸漬して引き上げ、加熱乾燥する操作を數回繰り返して所要の厚さの皮膜を作る。皮膜の厚さは  $0.025 \sim 0.04\text{mm}$  位である。

エムパイヤークロスの厚さは通常  $0.25\text{mm}$  (10 ミル) 位迄であるが、場合によつては  $0.5\text{mm}$  (20 ミル) 位のものも造る。

黒色エムバイヤークロスは化学的に安定なアスファルトを塗料の中に含むから變質し難く、黄色エムバイヤークロスに比べて絶縁耐力も幾分高いが耐油性が稍々劣つて居る。

エムバイヤークロスの絶縁耐力は10~50kv/mm. 抗張力140~300kg/cm<sup>2</sup>. 耐熱性も相當高く、取扱いも便利であるから電線の被覆、電気機械器具各部の絶縁等極めて廣く使用されて居る。

リノテープ (Lino tape) と云ふのはエムバイヤークロスを幅19~25mmの帯状にしたもので、發電機、電動機、變壓器等の線輪の絶縁に使用される。糸が45°の方向に向ふ様斜に切つた斜目テープが一層取扱い易い。

エムバイヤーシルクやエムバイヤーペーパーは絹や紙に同様の方法で加熱乾燥性の絶縁塗料を施したもので、特に狭小な場所或は特別に可撓性を必要とする部分に使用される。

#### 問題

1. 綿糸の太さはどうして表すか。
2. 木綿及び亜麻織維の性質及用途の相異を述べよ。
3. 絹糸の用途を説明せよ。
4. 石綿紙につきて知れるところを記せ。
5. 下記の紙は如何なる織維を原料とし、如何なるところに使用されるか。
 

a. 薄葉日本紙	b. クラフト紙	c. マニラ紙
d. ロープペーパー	e. プレスペーパー	f. ファイバー
6. ファイバーが工業上廣く使用される理由を述べ、併せて電気工業上に於ける用途を記せ。
7. エムバイヤークロス及リノテープとは如何なるものか、又其の用途如何。

## 第四章 絶縁油 (Insulating Oils.)

油も亦電気工業上極めて重要な絶縁材料であつて變壓器、開閉器等の絶縁に缺く可からざるものであり、又絶縁塗料或は混和物の原料としても廣く使用されて居る。

### 第一節 變壓器油 (Transformer oil.)

變壓器の冷却及絶縁用液體として使用される變壓器油は次の様な特性を必要とする。

1. 電気絶縁性の優秀なこと。
2. 熱の放散に適すること。
3. 引火及發火の危険なきこと。
4. 變壓器の構成材料を侵蝕しないこと。
5. 化学的及物理的に變化しないこと。

以上の目的に對して現今最も多く使用されて居る油は分別蒸溜法によつて粗石油より得られる鑛物性油である。

開閉器油も亦此の種の油であるが、一般に變壓器油より凝固點低く引火點の高いものが要求されて居る。

日本標準規格に於ては變壓器油及開閉器油を夫々第一種と第二種に分け、第一種變壓器油は比重0.91以下、粘度はレートウッド粘度計によつて20°Cに於て140秒以下、50°Cに於て50秒以下、75°Cに於て38秒以下、凝固點は-10°C以下、引火點は130°C以上、蒸發量は98°C5時間で0.5%以下に定められ、第二種變壓器油は比重0.93以下で幾分粘度が高く、従つ

て凝固点及引火点が高く、蒸発量も少い。絶縁耐力は 12.5mm の球状電極を用ひ、間隙 2.5mm に於て何れも 25kv 以上と規定されて居る。

開閉器油は第一種は比重 0.92 以下、第二種は比重 0.95 以下で変圧器油より稍々重く、凝固点は第一種は  $-30^{\circ}\text{C}$ 、第二種は  $-10^{\circ}\text{C}$  になつて居る。

尙其の他の性質の概要を示すと、誘電率は 2.2~2.3、固有抵抗は  $3 \times 10^{12}$  オーム $\cdot$ 種、比熱は約 0.39~0.51、傳熱率は 0.00033~0.00043 カロリー/種 $\cdot$ 秒 $\cdot$ °C、1 立方種 $\cdot$ 立方種 $\cdot$ の相對する二面間の温度差を  $1^{\circ}\text{C}$  とした時、此の兩面間を 1 秒間に通過する熱量、(カロリー)である。

油の絶縁耐力は濕氣を含むと著しく低下し、僅か 0.1% の濕氣は絶縁耐力を殆ど半減させる。微細な塵埃の存在も濕氣と同様の悪影響を與へる。又油の酸化によつて生ずる析出物即スラッジは絶縁性を害ふばかりでなく、粘度を高めて循環を悪くする。

故に油は常によく乾燥し、沈澱或は浮遊物を留めない様にして使用する事が必要である。

尙温度上昇によつて最初絶縁耐力が見掛け上増加する傾向が現れるのは、油中の濕氣が蒸散するためであつて、完全に乾燥せる油は温度上昇と共に絶縁耐力は減少する。

## 第二節 植物油 (Vegetable Oil) 及樹脂油

植物油は酸素と化合して乾燥固化する乾燥性油と、乾燥しない不乾燥性油に區分され、電氣工業に使用されるものは蓖麻子油、椿油及びオリーブ油等の不乾燥性油と、亞麻仁油、支那桐油及び荏油等の乾燥性油とである。

(a) 蓖麻子油 (Castor oil) 蓖麻の種子より得られる油で、比重は 0.959、

極めて粘調性で無水アルコールには任意の割合で溶解し、又薄層として空氣中に曝すも乾固しない。 $-12^{\circ}\text{C}$  で凝固する。

絶縁塗料或は混和物の軟化剤として少量づゝ混和して使用される。

(b) 亞麻仁油 (Linseed oil) 亞麻の種子より採取する油で、比重 0.935、空氣中で酸素を吸収して粘着性を帯び遂には硬化する。此の作用は乾燥剤を加へるか、加熱する事によつて一層促進される。

沸騰点は  $275^{\circ}\text{C}$ 、凝固点は  $-28^{\circ}\text{C}$ 、絶縁耐力は約 1200v/0.1mm、樹脂及アスファルトを溶解させる性質に富むから絶縁塗料の製造に最も多く使用され、其の他混和物、型造絶縁等に使用される。

(c) 支那桐油 (Tung oil) 比重 0.94、乾燥は亞麻仁油より遙かに速かであるが、皮膜に皺を生じ易い缺點がある。使用法は相當困難であるが適當に使用すると強靱な耐久性に富んだ皮膜が得られる。

絶縁塗料として亞麻仁油に混用させる事が多い。

(d) 荏油 (Perilla oil) 荏胡麻の種子より採取される乾燥性油で亞麻仁油によく似た性質を有し、同様の目的に使用される。

(e) ボイルド油 (Boiled oil) 亞麻仁油等の乾燥性油に硼酸マンガン或は硼酸鉛等の乾燥剤を加へて加熱酸化させるか、或は空氣を吹き込んで得られる粘度の高い乾燥速度の促進させた油の事である。

絶縁材料及混和物の製造に廣く使用される。

(f) 樹脂油 (Rosin oil) コロホニーを乾溜し、 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$  の間に得られる粘稠性暗褐色の液體で、比重 0.96~0.90、アセトン、氷醋酸其の他純アルコール等に溶解する。

樹脂油は紙ケーブルの含浸混和物及び絶縁塗料及び混和物の原料として使用されて居る。

## 第五章 絶縁塗料及絶縁混合物

## 第一節 絶縁塗料 (Insulating varnish)

ワニス是一般に電気機器の絶縁に廣く使用され、絶縁の外耐熱及耐久性を與へるものである。

其の主なる用途を挙げると

1. 發電機、電動機及び變壓器其の他の線輪或は鐵心板の絶縁
2. 布及び紙等に塗布或は浸潤
3. 電気機器の仕上塗料
4. 修理或は工事等に於ける絶縁並に防水塗料

主なる原料は樹脂及びアスファルトと、乾燥性油及び揮發性溶媒であつて、此の外乾燥を促進させるため、硼酸鉛、硼酸マンガン等の乾燥剤が附加される。

ワニスを大別すると、加熱乾燥性ワニスと自然乾燥性ワニスになり前者は塗布後約 80~100°C の温度で數時間加熱して、酸化乾燥させるものであり、後者は溶媒の蒸發によつて乾燥するもので、乾燥の迅速なものは 10 分、普通のものは 30分~1 時間位で乾燥する。

(a) 加熱乾燥性ワニス (Baking varnish) 琥珀、コーバル或はアスファルト等を亞麻仁油に溶解させたもので、外に少量の乾燥剤が加へられる。支那桐油の少量を混用することもある。

此のワニスは線輪、紙、布或は其の他の纖維質材料に塗布するのに使用され、市販の鉛色焼付けワニス (Clear baking varnish) 黑色焼付けワニス (Black

baking varnish) 等は此の種のワニスであつて、成分は大略次の如きものである。

鉛色焼付けワニス

ボイルド油 85%                      熔融コーバル 15%

以上の混合物に稀釋劑としてベンジンを加へて比重 0.94~0.95 に稀釋し、布地で濾過して製造する。皮膜は耐油、耐水、耐酸性に富み、強靱である。

黑色焼付けワニス

ボイルド油 85%                      熔融コーバル 2.5%

精製アスファルト 12.5%

ベンジンで稀釋して比重 0.94~0.95 として使用する。

(b) 自然乾燥性ワニス (Air drying varnish) 自然乾燥性ワニスにも鉛色及黑色等があり、何れもシエラック、コーバル或はアスファルト等酒精の様な溶媒に溶解し、溶媒の揮發によつて乾固して皮膜を生ずるものと、乾燥性油の少量に樹脂或はアスファルト等を多量に加へて早く乾燥する様にしたものがある。

仕上用、含浸用或は貼付用等に使用され、成分は大略次の如きものである。

鉛色自然乾燥性ワニス

亞麻仁油 60%                      熔融コーバル 40%

黑色自然乾燥性ワニス

亞麻仁油 35%                      アスファルト 65%

a 及 b 共適量の乾燥剤を加へる。

シエラックワニス

シエラック 16%                      メチールアルコール 84%

## 第二節 混合物 (Insulating compound)

混合物は電気絶縁の空所を充填し、表面を被覆して湿気の侵入を防ぎ、傳熱を良好にすると共に、絶縁性、耐熱性及び耐久性を増すために使用される。

混合物は多く常温で固体で、施工際加熱して液体とし、施された後再び冷却されると固体に復するが、ケーブル混合物の様に半固体又は粘液状のものもある。

混合物に使用される原料は樹脂、蠟、ゴム、ガツターパーチャアスファルト、油類であるが、注入の方法より見れば圧入用、充填用及び封塞用混合物に分ける事が出来る。

(a) **圧入用混合物** 琥珀、コーパル等の天然樹脂及び合成樹脂を主成分とする黄褐色のものと、アスファルトを主成分とする黒色のものとがある。前者は耐油性で油中で使用される線輪に適し、後者は耐油性は劣るが絶縁性が高いから磁極又は固定線輪に圧入するのに適して居る。性質の一例を示すと、

比 重	1.1	熔 融 點	88~93°C
注入温度	100°C	引 火 點	250°C
耐 電 壓	30kv/mm		

(b) **充填用混合物** 變壓器、開閉器等の導線引出口、地下線及び架空線接続函等の充填用に使用される。

日本電気協会の仕様書によると、變壓器用のものは耐油性で熔融點は90°C以上、注入温度は200°C以下、灰分は50%以下、固結速度1時間以下、収縮率は150°Cより20°Cまでの温度降下にて5%以内にして絶縁耐力は1mmにつき20kvと規定されて居る。

(c) **封塞用混合物** 蓄電池及び乾電池等の封塞用に使用されるもので耐酸性或は耐油性の大なるもので、しかも廉價である必要がある。

故に劣等なピッチ等が使用されるが、良質のものはアスファルト及び樹脂が用ひられる。

### 問 題

1. 變壓器油は如何なる性質を具備すべきかを説明せよ。
2. 變壓器油に対する湿気及塵埃は電氣的に如何なる影響を與へるか。
3. 絶縁塗料の主なる用途を挙げよ。
4. 下記につき知れる所を記せ。
  - a. ボイルド油
  - b. 支那桐油
  - c. 樹脂油
5. 次のものは如何なる成分を有するか。
  - a. 黒色加熱乾燥性ワニス
  - b. シエラツクワニス

## 第三篇 磁氣材料 (Magnetic materials)

### 第一章 磁氣性概論

磁場内で磁性を示す物質を磁性體と云ふ。一般に總ての物質は磁性體であるが、その程度は非常に相異なる。今磁場の強さを  $H$  としてその中に置かれた物質中に誘導される磁束密度を  $B$  とすると、

$$B = \mu H$$

の関係がある。此の  $\mu$  を導磁率 (Permeability) と云ふ。真空の  $\mu$  を 1 とすれば、鐵類、ニッケル、クロム、コバルト、マンガン等の  $\mu$  は 1 より大きく、水素、塩素、炭素、蒼鉛、アンチモン等の  $\mu$  は 1 より小さい。前者を正磁性體 (Paramagnetic substance) 後者は逆磁性體 (Diamagnetic substance) と云ふが、一般の物質は何れに屬して居るにしても導磁率は 1 に近く、此の如く磁性を殆ど表さない物質を無磁性體 (Nonmagnetic substance) と云ふ。

鐵、ニッケル、コバルト及び之等の合金は 1 より遙かに大きい導磁率を有する。此の如き物質を強磁性體 (Ferro magnetic substance) と云ひ、磁氣材料として最も重要なものである。

尙強磁性體だけの合金であつても磁性を現さないものもあり、反對に強磁性體でない金屬同志が合金されても強磁性を示すホイスター合金の如きものもある。

磁化されてない鐵を磁場に置いて磁場の強さを増して行くと、鐵中の磁束密度は初め急激に増加するが、終には磁場の強さを増しても殆ど磁束密度が

増加しない様になる。此の時鐵は飽和 (Saturate) したと云はれ、此の時の磁束密度を飽和密度と云ふ。磁場の強さを漸次減少させると磁束密度は強さを増した時より常に幾分大きく、磁場の強さを零にしても尙幾分の磁束が残留する。此の時の磁束密度を残留磁氣 (Residual magnetism) と云ふ。此の残留磁氣は全く取り去るには逆方向に磁化力を加へる事が必要である。此の磁化力は保磁力 (Coercive force) と云ひ、此の如く磁氣を残留する性質を保磁性 (Retentivity) と云ふ。耐久磁石には保磁力が大きい程良い材料であり、電磁石には小さい程良い材料である。

導磁率  $\mu$  の値は一般に  $H$  の増加と共に大きくなるが、或る點で最大になり、再び減少して 1 に近づく。導磁率の最大値を最大導磁率 (Maximum permeability) と稱へ、此の時の磁束密度と共に極めて重要なものである。磁化力が非常に小さく殆ど零の場合の導磁率を初導磁率 (Initial permeability) と云ふ。

交番磁界内で磁化される場合の様に磁化力が周期的に変化する時磁性體内に生ずる勢力損失はヒステリシス損失 (Hysteresis loss) と云ひ、材料によつて異り、磁束密度と周波數に關係する。尙此の際磁束の變化によつて鐵中に電位差を生じ、所謂渦電流が流れ、此の電流のために渦流損失 (Eddy current loss) を生ずる。渦流損失は電流の通路の抵抗が高い程少くなるから固有抵抗が高い材料程よい事になるが電氣機械等では常に薄鐵板より成る成層鐵心を使用して損失を著しく減少させて居る。

ヒステリシス損失と渦流損失との和を鐵損 (Iron loss) と云ふ。

## 第二章 鐵の磁氣的性質

鐵の磁氣的性質は其の物理的状態又は化學的成分によつて著しく相異なる。今その大略を述べると次の様になる。

## 第一節 物理的状態の及ぼす影響

(a) 焼鈍 (annealing) 電氣鐵板は之を適當に焼鈍すと、著しく磁性を改善することが出来る。即鐵損を減じ導磁率を増大する。軟鋼について實例を挙げると、導磁率  $\mu$  は  $B=12000$  及  $18000$  の場合に夫々次の様になる。

鑄込んだ儘	700 ( $B=12000$ )	400 ( $B=18000$ )
完全に焼鈍したもの	1300 (〃)	680 (〃)

焼鈍しを行ふには鐵板を焼鈍爐中で約  $850^{\circ}\text{C}$  に熱し、徐々に  $100\sim 150^{\circ}\text{C}$  に冷却した後、爐より取出せばよい。此の時に要する時間は  $12\sim 36$  時間である。焼鈍しは常に總ての加工が完了した後に行ふ。

(b) 機械的操作の影響 鐵は又機械的操作によつて著しく其の磁性を變化する。例へば軟鐵線に張力を加へると導磁率  $\mu$  は次の様に變化する。

完全に焼鈍したもの	3000 ( $B=8000$ )	1500 ( $B=14000$ )
張力を加へ1%伸張したもの	700 (〃)	300 (〃)

鐵板は切斷したり、或る形に打抜いたりすると、局部的に硬化して導磁率を減ずるが、焼鈍すと恢復する。

(c) 温度の影響 磁化された鐵を加熱すると温度の上昇と共に磁束密度

を減じ赤熱すると磁性を失ふ。他の磁性體に就ても同様である。磁氣を失ふ温度を臨界温度 (Critical temperature) 或は磁氣的變態點と云ふ。純鐵は  $790^{\circ}\text{C}$ 、ニッケルは  $390^{\circ}\text{C}$ 、コバルトは  $1150^{\circ}\text{C}$  である。

磁化力が極めて弱く例へば  $H=0.8$  位の時は温度の上昇と共に極めて僅かであるが磁束密度が増し、臨界温度に達する直前に一時磁束密度が著しく増大する。

鐵中に炭素又は其の他の不純物が混入されると臨界温度は漸次降下し或る場合には常温以下になる。

## 第二節 化學的成分の影響

鐵中に含まれる數種の元素が鐵の磁性にどんな影響を與へるかを簡単に説明しやう。

(a) 炭素 (Carbon) 炭素は鐵中に常に多少含まれ、磁性に及ぼす影響は甚だ大きい。即炭素は固有抵抗を高くし、導電率を減じ飽和密度を低め、保磁力を増し、ヒステリシス損失を増加させる。

(b) 錳 (Manganese) 錳は微量の時は無害であるが、含有量が  $12\%$  に達すると鐵を殆ど無磁性にする。錳  $12\%$  クロム  $1\%$  を含む鋼をハツドフィールドスチール Hadfield manganese steel と稱へ、導磁率は磁場の強さに関係なく約  $1.3$  である。

(c) 珪素 (Silicon) 珪素は鐵の磁性を著しく改善するもので導磁率を増し、ヒステリシス損失を減少させ、更に鐵の枯れを殆ど無くする特徴を持つて居る。

鐵の枯れ (aging) とは鐵の磁性が時と共に漸次劣化して導磁率を減じ、ヒ



ステリシス損を増大する作用を云ふ。従つて現今では總ての鐵心に珪素鋼を使用する。珪素は又著しく固有抵抗を増し、渦流損失を減ずるが鐵板を脆くする傾向があるのが唯一の缺點である。

(d) **アルミニウム** (Aluminium) アルミニウムは珪素と同様な影響を鐵の磁性に與へるが、實際には殆ど使用されて居ない。

(e) **ニッケル** (Nickel) 2%迄のニッケルは鐵の磁性に殆ど影響しないが、多量に加へると急激に導磁率を減少させ、25~30%で殆ど無磁性になるが、此の量を越えると、磁性を恢復し、磁化力の低い時に高い導磁率が得られる様になる。

(f) **タングステン** (Tangsten) **クローム** (Cromium) **コバルト** (Cobalt) 是等の元素は導磁率を減ずるが、保磁力を増大するから耐久磁石用材料として有用である。

(g) **砒素及び錫** (Arsenic and Tin) 是等の元素はアルミニウム及び珪素と同様の好影響を與へる。

### 第三章 各種磁氣材料

#### 第一節 珪素鋼板

發電機、電動機、變壓器等の電氣機械に使用される鐵材は大體次の二種に別ける事が出来る。

1. 導磁率高く、且磁束密度及び方向が絶えず變化しても鐵損の少きもの。
2. 磁路の一部をなすと共に機器の構成基體となるもので、磁氣的よりも寧ろ機械的強度を必要とする鐵材。

前者は發電機、電動機、變壓器等の鐵心として使用される薄鐵板で殆ど總て珪素鋼板が用ひられ、後者は直流機の繼鐵、廻轉界磁の輻鐵等に使用されるもので、磁鐵、鑄鋼等が使用され、軟鋼板を銲接したのも用ひられる。

珪素鋼板は電氣鐵板とも呼ばれ其の種類極めて多く、種々なる名稱で販賣されて居るが、其の品位は結局珪素含有量によつて決定される。珪素の含有量が多い程磁氣的性質はよくなるが、硬く脆くなつて加工が困難になる。變壓器の鐵板の様に加工の必要が殆どないものには4%位珪素の入つたものを使用するが、電動機又は發電機の様に溝を打抜く必要のある時には1~2.5%の珪素を含むものが使用される。

日本製鐵所(舊八幡製鐵所)製の電氣鐵板はA, B, C, D, Tの5種であつて、珪素含有量と用途の概要を示すと次の通りである。

- |    |       |      |   |
|----|-------|------|---|
| A. | 珪素含有量 | 1%   | 磁極、連続的に使用しない機械の電機子等。                      |
| B. | "     | 1.2% | 電機子、誘導電動機の廻轉子鐵心等。                         |
| C. | "     | 1.8% | 一般の電機子。                                   |
| D. | "     | 2.5% | 誘導電動機の固定子鐵心、高導磁率を要する變壓器、高能率の發電機及電動機の電機子等。 |
| T. | "     | 4%   | 變壓器の鐵心。                                   |

尙 D<sub>2</sub> 及び T<sub>2</sub> の二種が加へられ、夫々 D 及び T より一層損失の少ないものになつて居る。

之等の鐵板は截斷機にかけられたり、溝を打抜かれたりして著しい外力を受けると鐵損が増したり、導磁率を減少したりすることは前述の通りである。

#### 第二節 高導磁率合金

ニッケル 35~85% を含む鐵合金をパーマロイ (Permalloy) と稱へニツ

ケル 78.5 %、鐵 2.15 % のものが其の代表的のものである。初導磁率 9000 ~ 10000、ヒステリシス損失極めて少く、海底電線の連続装荷に用ひられるが、熱処理が困難であり、固有抵抗低く渦流損失が大きく機械力が加ると磁氣歪みが著しくなり磁性を害する缺點があるから、此れを除くために約 3.8% のクロームを加へたパーマロイ B、モリブデンを同量だけ加へたパーマロイ C、約 5 % の銅を加へたミューメタル、2~3 % のクロームと錫を配合した超パーマロイ等が使用される。

### 第三節 壓粉硬化鐵心

壓粉硬化鐵心は純鐵を使用するものと、パーマロイを材料とするものがある。

長距離電話線用装荷線輪の鐵心として廣く使用され、海底電話線用装荷線輪の鐵心にも使用される。

音聲周波數と電話電流の磁化力との範圍で導磁率が一定で且安定であり、渦流損失やヒステリシス損失の小さい事が望まれる。

壓粉鐵は電解鐵粒子をシュラック又は纖維素誘導體の薄い皮膜で絶縁し、1 平方糎に對して 20000 疋以上の水壓で壓縮して得られるもので、其の導磁率は粉粒の大小で相異なるが、大略 25~50 位で磁束密度 100 ガウスまでは殆ど一定である。

パーマロイの粉末を使用したものは導磁率 70~80 で矢張り磁束密度 100 ガウスまで殆ど一定である。

壓縮成形した後焼鈍されなければならないから絶縁物に耐熱性の高いものを使用する必要がある。

### 第四節 磁石鋼 (Magnet steel)

耐久磁石としては保磁力が大きく、残留磁氣の高い事が必要であり、又磁石の性質が時間の経過に伴つて變化せぬ事が必要である。熱処理も極めて大切であつて、普通 750~950°C に加熱し水中又は油中に投入し、急激に冷却して焼入を行ふ。焼入を終つたものは強い磁場内で充分磁化した後、磁性を安定させるため機械的振動を與へたり、湯の中で煮沸して人工的に枯らす。

(a) **タングステン鋼** 普通 5.5~8 % のタングステンと 0.5 % の炭素を含むものと、タングステン 2.5~3.5 %、炭素 1 % を含むものが使用され、多少のマンガンを含んで居る。

含有炭素の量が多い程磁性が高い。焼入温度は 850~950°C である。

タングステン鋼の保磁力は約 60 ガウス、残留磁氣は 10 キロガウス位である。

(b) **クローム鋼** クローム 4 %、炭素 1 % 位と少量のマンガンを含んで居る。クロームの量を増せば保磁力は大きくなる。

焼入温度は 750~900°C であつて、保磁力は 50~60 ガウス、残留磁氣は 10 キロガウス位である。

(c) **ニバルト鋼** 非常に優れた性質を持つて居て保磁力が甚だ大きい。本多博士の K. S. 鋼は炭素 0.4 %、コバルト 30~40 %、タングステン 5~9%、クローム 1.5~3 %、950~1000°C に加熱し、油中に焼入れて、保磁力 230~270 ガウス、残留磁氣 8~10 キロガウス位となる。

(d) **M. K 鋼** 東京帝大三島博士によつて發明されたニツケル 5~40 %、アルミニウム 1~20 %、炭素 1.5 % 以下を含む鐵合金で鑄造後焼鈍するだけで強い磁性を現し温度や機械的振動に安定である。比重約 7 で軽く、價格

も低廉である。

(e) 新 K. S. 鋼 本多博士によつて發明されたもので、ニッケル 10~25 %、チタニウム 8~25 %、コバルト 15~30 %を含む鐵合金である。金型に鑄造し、660°C に焼戻して使用される。

保磁力 800~900 ガウス、残留磁氣 6.5~7.5 キロガウス位である。

### 第五節 非磁性鋼及ホイスラー氏合金

鐵に適量の他の金屬を配合すると殆ど無磁性となるもので、ニッケル 20~30 %を含有する鋼、マンガン 12 % 炭素 1 %を含む鋼等が之に屬する。其の他二三の例を示すと、

ニッケル	クロム	マンガン	其他	導磁率
17%	4.5%	3.0%	—	1,004
9.42"	—	5.88"	9.32	1.06
22.73"	7.25"	0.68"	1.9	1.00以下

尙非磁性鑄鐵としてはニッケル 9~10 % マンガン 5~6 % を含有するものが使用されて居る。

銅、マンガン及アルミニウムより成る鐵を含まぬ合金が著しく磁氣性を示すことが、ホイスラー氏によつて 1898 年に發見され、此の合金をホイスラー合金と云つて居る。

其の組成は大體マンガン 25 %、アルミニウム 12.5%、銅 62.5 %である。其の導磁率は 90~100 ( $\beta=2200$ ) である。

### 問題 V

- 次の術語を説明せよ
  - 正磁性體
  - 逆磁性體
  - 強磁性體
  - 最大導磁率
  - 初導磁率
  - 鐵損
  - 保磁力
  - 臨界溫度
- 鐵の磁性に及ぼす溫度の影響を問ふ。
- 電氣用薄鐵板に珪素を含む理由如何。
- 鐵中に次の元素を含有する時、鐵の磁性に如何なる影響を與へるか。
  - ニッケル
  - アルミニウム
  - 炭素
  - タングステン
  - マンガン
- 珪素含有量大なる珪素鋼板が、變壓器に使用される理由を説明せよ。
- パーマロイに就いて知れるところを記せ。
- 壓粉硬化鐵心とは如何なるものか、又如何なる用途を有するか。
- 下記につき説明せよ。
  - K. S. 鋼
  - M. K. 鋼
  - 新 K. S. 鋼
  - 非磁性鋼
  - ホイスラー合金

### 第四編 構築材料 (Structural materials.)

#### 第一章 鐵 材 (Iron)

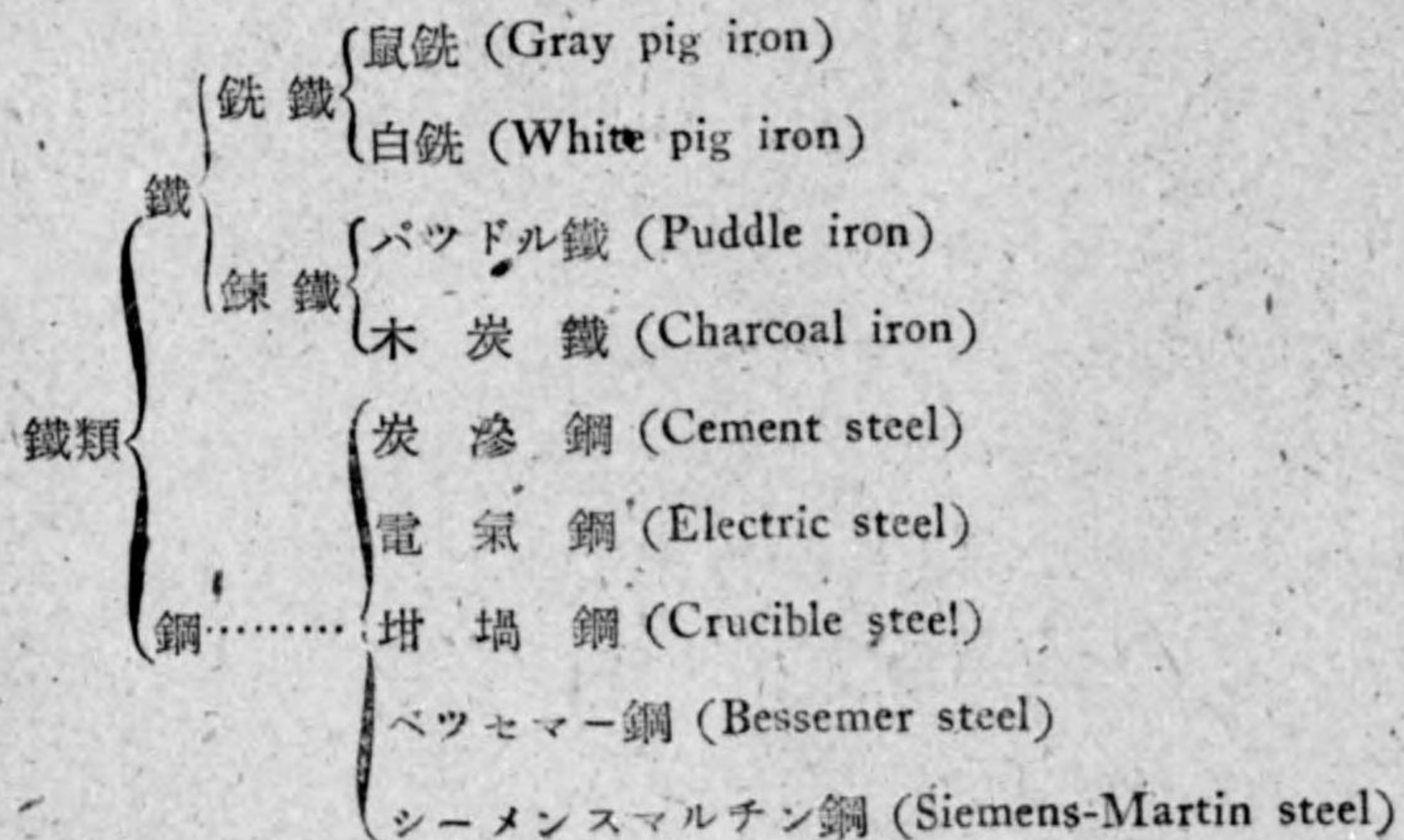
鐵は工業上必要缺く可からざる材料にして其の特長は

- (1) 機械的強度が大なること。
- (2) 容易に加工し得ること。
- (3) 價格の低廉なこと。
- (4) 合金とすれば其の成分によつて性質に甚だしき變化を來し、種々の用途に適する。

等である。

#### 第一節 鐵 の 分 類

鐵は之に含まれる元素と製造法によつて數多の種類がある。實用上の分類法の一例を示すと、



#### 第二節 銑 鐵 (Pig iron)

銑鐵は鐵礦石を燃料及び石灰と共に熔鍊爐内で熔解して得た鐵材最初の製品であつて鼠鉄は鑄物の原料になり、鑄鐵と呼ばれ、白鉄は鋼の原料となる。大なる抗張力や彎曲力を要する所には不適當であるが、抗壓力が大きいから用途は甚だ廣い。炭素の含有量は大體 3.25~4.5 %位であつて少量の珪素、マンガン、硫黃等を含有する。含有炭素の形態に二種ある。一は結合炭素であつて他は非結合炭素である。前者を多く含有するものが白鉄で、後者を多く含むものが鼠鉄である。

可鍛鑄鐵と云ふのは白鉄の鑄物を熔融點より稍々低い溫度に赤鐵礦或は磁鐵礦と共に加熱したもので、含有炭素は殆ど非結合炭素になり、外皮に殆ど炭素を含まない。抗張力の大きいこと、柔軟なることを特長とする。

#### 第三節 鍊 鐵 (Wrought iron)

鍊鐵は直接礦石より造ることも出来るが普通銑鐵を原料として製造する。即ち銑鐵中の炭素を燃焼除去させたもので炭素含有量は極めて少く 0.6% 以下である。

柔軟性に富み、高溫度より急冷しても硬化せず、可鍛性を有し容易に腐蝕されず、鍛接が出来る等多くの特長を有する。製造の際の加熱装置と使用燃料によつて木炭鐵とパツドル鐵に分けられる。木炭鐵は低小なる爐で木炭を用ひて銑鐵を熔融して造られ、パツドル鐵はパツドル爐を用ひて石炭を燃料として造る。前者は品質最良の鍊鐵であるが、大量生産に適しない。後者は爐が大きい上に石炭を燃料とするため製造が迅速に行はれ、工業的製産に適

して居る。

錬鐵の抗張力は  $25 \sim 50 \text{kg/mm}^2$  にして平均  $35 \text{kg/mm}^2$  になり、抗壓力も殆んど同じ値を有する。

#### 第四節 鋼 (Steel)

鋼は鐵を主成分とする一種の合金である。可鍛性及硬化性を有し且機械的強度が大きい。柔軟なものを軟鋼と云ひ、硬くて工具等に適するものを硬鋼と云ふ。次に其の製造法の概要を示す。

(a) 坩堝法 坩堝法は最良の鋼を造るのを目的とするもので、錬鐵(時に鋼屑を混す)を他の装入物と共に坩堝に入れ充分之を熔融して錬鐵中の鐵滓を除去する。坩堝鋼は炭素を含むこと多く、磷、硫黄等の含有が極めて少く、工具、發條等に用ひられる。

(b) ベツセマー法 1855年英人ベツセマー氏が發明した方法である。熔融せる銑鐵を轉爐と稱する爐に入れて之に高壓の空氣を吹き込んで原料中の不純物を酸化燃焼させて除去する方法であつて、他より燃料を與へず原料中の不純物の酸化熱を利用するから製造費が甚だ低廉で製産力も大きい。此の鋼は軌條、線條、工具、建築用等極めて用途が廣い。

(c) シーメンスマルチン法 現今最も盛んに用ひられる方法であつて、炭素の多い銑鐵と炭素分の少い鐵屑とを爐内に入れて瓦斯の酸化熱を利用し熔融して鋼を作る。此の方法の特長は屑鐵を利用し得ること、任意の銑鐵を原料とすることが出来るため大量生産に適することである。機械材料、建築材料として使用される鋼は多く此の方法で製造される。

(d) 炭滲法 炭素分の少い錬鐵を木炭と共に熱すると固體状態の儘炭素

を吸収して硬き鋼が得られる。其の用途は主として坩堝鋼の原料とする。

同様の方法を用ひて表面焼入法又は炭素焼 (Case hardening) を行ふことがある。即ち表面だけ鋼になつた頃之を赤熱の儘水中に投じて急冷し、表面のみ焼入れる。工具類及大型の拔型等に應用される。

(e) 電氣法 電氣爐によつて製造する方法であつて之に使用する爐には次の三種がある。

- a. 電弧爐 (Arc furnace) 爐内に炭素電極を挿入して電弧を生ぜしめ其の放射熱を利用する方法である。
- b. 誘導爐 (Induction furnace) 變壓器の原理を應用したもので高壓電流を線輪に通し、爐内の原料に低壓大電流を誘起させて材料を熔融させる方法である。最近は特に高周波誘導爐が賞用されて居る。
- c. 抵抗爐 (Resistance furnace) 電流を直接爐内の原料に通して加熱する方法である。

以上何れも良製品を得るのに適する。

(f) 鋼の種類 鋼の種類は甚だ多く夫々特長を有する。主なるものに就いて次に述べる。

- a. 炭素鋼 (Carbon steel) 普通に鋼と云ふのは此の種の炭素鋼を指すもので炭素の含有量は  $0.75 \sim 1.5\%$  である。炭素の含有量が多い程抗張力及び硬度が増し、伸を減ずる。

炭素鋼を常溫で加工すると一般に抗張力及び彈性限度を高めるが伸を減ずる。

赤熱して水中又は油中に投じて急冷すれば著しく硬度を増す。此の熱處理を焼入と云ひ、又焼入によつて硬化する性質を可淬性と云ひ、 $0.5\%$  以上の炭素を含むものは此の特性を有して居る。

焼入した儘のものは硬いが脆いため之を焼戻して使用するのが普通である。

- b. **クローム鋼** クローム鋼は 1~2 %のクローム及び 0.8~2.0 %の炭素を含む合金で頗る硬く弾性限が高い。
- c. **マンガン鋼** マンガン鋼は普通 13~14 %のマンガンを含み實際上無磁性である。硬度極めて高く工具を以て加工することは殆ど不可能である。故に鑄物として使用するのに適して居る。
- d. **ニッケル鋼** 1.5~4.5 %のニッケルと 0.2~0.5 %の炭素を含有する鋼であつて、炭素鋼より抗張力、抗壓力、弾性限共に高い。ニッケル 36 %を含む合金にインバーと稱するものがある。常温に於ける膨脹係数は殆ど零である。
- e. **タングステン鋼** タングステン 5~25 %, クローム 2~10 %を含む合金は高速度鋼と稱へ、金屬切削用の双物として炭素鋼の 2~3 倍の速度で使用される。

### 第五節 鐵材の防腐及其の防護法

鐵材を大氣中に放置する時は其の表面に錆を生じ、遂に赤褐色に變ずる、即ち鐵が空氣中に含まれる水分及炭酸等と化合して鐵の酸化物を作るからである。鐵の錆を防ぐには種々の方法がある。ペンキ、エナメル、ラッカー等を塗るか、錫、亜鉛、銅、ニッケル等を鍍金するのが普通である。屋外で使用される鐵塔等の鐵材は多く亜鉛を鍍金して用ひる。

## 第二章 銅合金及輕合金

### 第一節 銅 合 金

(a) **眞鍮 (Brass)** 錆びず美しく加工容易で低廉であるから、端子、ノッチ等の導電部を初め小螺子、ナット、座金其の他機器の部分品として盛んに使用される。板、棒等の壓延材と鑄造材には抗張力の高い亜鉛 40 %銅 60 %の四六眞鍮、線及管には延性の高い亜鉛 30 %, 銅 70 %の七三眞鍮が用ひられて居る。

(b) **砲金 (Gun metal)** 錫 10 %, 亜鉛 2 %, 銅 88 %程度のもので、强度高く、耐蝕性に富み、鑄造及切削等の加工が容易であるから構築材料として廣く使用される。抗張力は磨鈍されたもので 40~50 kg/mm<sup>2</sup>。抗壓力は約 90 kg/mm<sup>2</sup>。である。砲金は低速度重荷重の軸承にも使用されるが、稍々高速度の軸承には錫 8~9 %, 鉛 15~25 %, 銅 65~80 %程度の合金が一層良好である。

(c) **滿庵青銅 (Manganese bronze.)** マンガン 5~15 %を含む銅合金で、耐蝕性高く、高温度に於ける強さの減少が非常に少い特徴がある。高温度に曝される部分或は腐蝕され易い部分に使用される。

(d) **磷青銅 (Phosphor bronze)** 錫 9~10 %, 磷 0.5~1.0 %, 銅 89~90 %のものが強靱性に富み、耐蝕性高く、バルブ、發條等に使われ、鋼との摩擦係数が小さいからウォームホキール等としても廣く用ひられて居る。

### 第二節 輕 合 金

(a) **デュラルミン (Duralumin)** マグネシウム 0~0.05 %, 銅 3~4 %。

マンガン 0~1 %、珪素 0.~0.5 %、残りアルミニウム程度の組成である。500°C より焼入れると時間の経過と共に硬化する。所謂時効硬化によつて約 120 時間後に略々所定の強度になる。比重 2.8~3.0 抗張力 55~60kg/mm<sup>2</sup> を示し、航空機、自動車並に其の電気機器等に使用される。

(b) **アルドライ** (Aldrey) 珪素 0.4~0.7 %、マグネシウム 0.3~0.5 %、鐵 0.2~0.3 % を含むアルミニウム合金である。350~550°C で焼入れ後 120~200°C で加熱して硬化させる。比重 2.7、抗張力 35kg/mm<sup>2</sup>、導電率 54 %。歐洲大陸では送電線にも使用されて居る。

(c) **アルヂウル** (Aludur) アルドライと殆ど同種の合金である。2~5% の銅を加へたものもある。

(d) **シルミル** (Silmin) 珪素 13 % の鑄造用アルミニウム合金である。鑄造の際ナトリウム 0.1 % を加へて組織を緻密にする。比重 2.6、抗張力 18~23kg/mm<sup>2</sup> 電気機器にも廣く使用されるが、切削の際美しく仕上り難い缺點がある。

(e) **銅アルミニウム合金** 銅 7~9 % の NO 12 合金、銅 12 % の Ls 合金、銅 4 %、ニッケル 2 %、マグネシウム 1.5 % の Y 合金等がある。鑄造用のアルミニウム合金であつて比重 2.85~2.9 抗張力 12~18kg/mm<sup>2</sup>、500~520°C で焼入れ、130°C で焼戻して硬化させ強さを 50~80 % 増すことが出来る。高温度に於ける強さの減少が少ないこと、仕上りが美しいのが特長である。

(f) **獨乙合金** 亜鉛 15~25 % を含むアルミニウム合金は廉價であるが、衝撃に弱く、高温に於ける強さの減少が著しい缺點があるから銅を加へて之等の性質を改善したものが獨乙合金であつて亜鉛 8~12 %、銅 2~5 %、残りアルミニウムの合金である。比重 2.85~2.9、抗張力 12~18kg/mm<sup>2</sup>

500~520°C で焼入れ、130°C で焼戻して硬化させることが出来る。

(g) **カ・エス・ゼー・ワツシャー** (K.S.Seawasser) マンガン 2.5 %、マグネシウム 1.25 %、アンチモニー 0.2 % の鑄造用のアルミニウム合金であるが、壓延材とすることも出来る。比重 2.8 抗張力 16~19kg/mm<sup>2</sup> 海水による腐蝕によく耐へるから艦船用の電気機器に使用される。

### 第三節 バビットメタル (Babbit metal)

錫 80~90 %、アンチモニー 4~15 %、銅 4~10 % の合金である。電気機械の軸承として廣く使用される。

## 第三章 木 材 (wood)

木材は木質と云ふ有機物質と微量の礦物質(灰分)より成る。乾燥せるものは炭素 49 %、水素 6 %、酸素 44 %、窒素及灰分 1 % 程度である。

### 第一節 木材の機械的性質

乾燥せる木材の比重は 0.4~0.8 の間にあり。乾燥せる木材の重量と機械的強度は大略次の様になる。

材料	重量kg/m <sup>3</sup>	抗張力kg/cm <sup>2</sup>	抗壓力kg/cm <sup>2</sup>
杉	384	450	400
檜	464	570	500
樅	342	500	450

松	528	570	500
栗	496	600	350
樫	1008	1200	500
樺	672	870	500
オーク	880	1000	550
チーク	800	800	800

## 第二節 木 柱

電気工業上木材の最も重要な用途は電柱である。我が国では送電線路の電柱には主に杉、檜を用ひ稀に松を用ひる。

木柱の寿命は伐採時期産地設置場所等にもよるが大部分は防腐法の適否によるもので、大略5~25年位である。檜は杉より優良であるが高價である。

## 第三節 木材の腐蝕及び其の防護法

木材に細菌及び菌類が附着すると年と共に腐蝕するものである。之等は温暖にして濕氣、空氣及營養物に富む所に殊によく繁殖する。木柱の地際は此の條件を最もよく満足する故腐蝕は此の部分に最も起り易い。

之を除くためには防腐剤として一般に次の如き薬品が用ひられる。クレオソート、塩化亜鉛、丹礬等にしてクレオソートは最も高度の防腐力を有するが不廉である。塩化亜鉛は水溶液を注入するため再び水分を乾燥する不便がある。丹礬は多年用ひられたがクレオソート程有効でないため近年は餘り用ひられてない。防腐剤を以て處理した木材の寿命は大略次の通りである。

防腐剤を施さないもの	約8年
塩化亜鉛を注入せるもの	〃12年
丹礬を注入せるもの	〃12年
クレオソートを注入するもの	〃21年

## 第四章 セメント及コンクリート

### 第一節 セメント (Cement)

セメントはコンクリートの製造に缺く可からざる材料であつて、其の他碍子の磁器部と金具の接着剤等としても重要である。工業用のセメントにはポートルランドセメント、天然セメント、鑛滓セメントの三種がある。此の中ポートルランドセメントは最良質のものであつて、重要な構造物には常に之を使用する。ポートルランドセメントは炭酸石灰 80%と粘土 20%の混合物を適當な形に作つて之を焙焼した後微細な粉末にしたものである。比重 3.1以上で其の硬化は早くとも30分後に始まり、10時間後に硬化し終るものでなければならぬ。天然セメントは 20~40%の粘土を含む石灰石を其の儘焼いて粉碎したものである。強度が小さい缺點があるが硬化が早いから水中工事に適する。鑛滓セメントは硝石灰を熔岩の細粒と共に機械で混合粉碎したもので強度は更に小さいから地下埋設のコンクリート等の外余り用ひられない。

### 第二節 コンクリート (Concrete)

コンクリートは一般にセメント、砂、砂利又は割栗石の混合物にして其の



割合は上の順序で 1:2:4 等と云ふのが普通である。即ち容積に於いてセメント 1 砂 2 砂利 4 の配合の事である。此の割合は用途によつて異なる。最も普通に用ひられるものは 1:2:4 の配合であるが、機械基礎、其の他静止せる荷重を支へる基礎等には 1:2.5:5 或は 1:3:6 の配合が用ひられる。

コンクリートは硬化の際収縮による龜裂を生じ易い。又温度の變化や大きな外力を受ける時も同様である。施工に際し出来るだけ丁寧に行ふ事が必要である。

### 第三節 鐵筋コンクリート

鐵筋コンクリートは鐵材を骨組としたコンクリートであつて兩者の粘着力によつて抗張力に弱いコンクリートを補強したるものであつて、電柱等に作られる。鐵筋コンクリートに電流が漏洩すると著しく其の性質を害するから注意を要する。

#### 問 題 Ⅵ

1. 鐵材が工業上廣く作用される理由を列挙せよ。
2. ベッセマー製鋼法に就きて説明せよ。
3. 次の金屬につき知れるところを記せ。
 

a. 鑄鐵	b. 鍊鐵	c. 眞鍮
d. 砲金	e. デュラルミン	f. パビットメタル
4. 木材の腐蝕を防護するために一般に使用される方法如何。
5. コンクリートの配合と用途について説明せよ。

(1) 標準軟銅線表

直 徑 (mm)	直 徑 差 (mm)	切斷面積 (mm <sup>2</sup> )	重 量 (kg/km)	最大抵抗 20°C (オーム/km)	最 小 導電率 (%)	最 大 抗張力 (kg)	最 大 抗張力 (kg/mm <sup>2</sup> )	最小伸 250mm (%)
12.00	0.06	113.10	1,005.5	0.1540	59.0	2,828.	25.0	35.0
10.00	"	78.54	698.2	0.2217	"	1,964.	"	"
9.00	"	63.62	565.6	0.2737	"	1,591.	"	"
8.00	"	50.27	446.9	0.3464	"	1,257.	"	"
7.00	"	38.48	342.1	0.4526	"	1,000.	26.0	30.0
6.50	"	32.18	295.0	0.5249	"	862.7	"	"
6.00	"	28.27	251.3	0.6160	"	735.0	"	"
5.50	0.04	23.76	221.2	0.7330	"	617.8	"	"
5.00	"	19.64	174.6	0.8867	"	510.6	"	"
4.50	"	15.90	141.4	1.095	"	413.4	"	"
4.00	"	12.57	111.7	1.385	"	326.8	"	"
3.50	"	9.621	85.53	1.810	"	250.1	"	"
3.20	"	8.042	71.49	2.166	"	209.1	"	"
2.90	0.03	6.605	58.72	2.637	"	171.7	"	"
2.60	"	5.309	47.20	3.280	"	138.0	"	"
2.30	"	4.155	36.94	4.191	"	108.0	"	"
2.00	"	3.142	27.93	5.543	"	81.69	"	"
1.80	"	2.545	22.58	6.913	98.0	68.72	27.0	25.0
1.60	"	2.011	17.88	8.748	"	54.30	"	"
1.40	"	1.539	13.68	11.43	"	41.55	"	"
1.20	"	1.131	10.05	15.56	"	30.54	"	"
1.00	"	0.7854	6.982	22.40	"	21.21	"	"
0.90	0.02	0.6362	5.656	27.65	"	17.18	"	"
0.80	"	0.5027	4.469	35.00	"	13.57	"	"
0.70	"	0.3848	3.421	45.72	"	10.77	28.0	20.0
0.65	"	0.3318	2.950	53.02	"	9.290	"	"
0.60	"	0.2827	2.513	62.23	"	7.916	"	"
0.55	"	0.2376	2.112	74.04	"	6.653	"	"
0.50	0.01	0.1964	1.746	89.58	"	5.499	"	"
0.45	"	0.1590	1.414	118.8	97.0	4.452	"	"
0.40	"	0.1257	1.117	141.4	"	3.520	"	"
0.35	"	0.09621	0.8553	184.7	"	2.694	"	"
0.32	"	0.03042	0.7149	221.0	"	2.252	"	"
0.29	"	0.06605	0.5872	269.1	"	1.894	"	"
0.26	"	0.05309	0.4720	334.8	"	1.487	"	"
0.23	0.008	0.04155	0.3694	427.8	"	1.163	"	"
0.20	"	0.03142	0.2793	565.7	"	0.8793	"	"
0.18	"	0.02545	0.2263	698.4	"	0.7126	"	"
0.16	"	0.02011	0.1788	883.9	"	0.5631	"	"
0.14	"	0.01539	0.1368	1155.	"	0.4309	"	"
0.12	"	0.01131	0.1005	1572.	"	0.3167	"	"
0.10	"	0.007854	0.06982	2263.	"	0.2199	"	"

(2) 標準硬銅線表

直徑 (mm)	直徑差 (mm)	切斷面積 (mm <sup>2</sup> )	重量 (kg/km)	最大抵抗 20°C オーム /km	最小 導電率 (%)	最小 抗張力 (kg)	最小 抗張力 (kg/ mm <sup>2</sup> )	最小伸 250mm (%)
12.00	0.06	113.10	1005.5	0.1572	97.0	3981.	35.2	3.12
10.00	"	78.54	698.2	0.2263	"	2835.	36.1	2.64
9.00	"	63.62	565.6	0.2794	"	2367.	37.2	2.40
8.00	"	50.27	446.9	0.3536	"	1925.	38.3	2.16
7.00	"	38.48	342.1	0.4619	"	1516.	39.4	1.92
6.50	"	33.18	295.0	0.5357	"	1327.	40.0	1.80
6.00	"	28.27	251.3	0.6287	"	1145.	40.5	1.68
5.50	0.04	23.76	211.2	0.7481	"	976.5	41.1	1.56
5.00	"	19.64	174.6	0.9050	"	817.0	41.6	1.44
4.50	"	15.90	141.4	1.118	"	670.2	42.15	1.32
4.00	"	12.57	111.7	1.414	"	536.7	42.70	1.20
3.50	"	9.621	85.53	1.847	"	416.1	43.25	1.08
3.20	"	8.042	71.49	2.210	"	350.5	43.58	1.01
2.90	0.03	6.605	58.72	2.691	"	290.0	43.91	0.94
2.60	"	5.309	47.20	3.348	"	234.9	44.24	0.86
2.30	"	4.155	36.94	4.278	"	185.2	44.57	0.79
2.00	"	3.142	27.93	5.657	"	141.1	44.90	0.72
1.80	"	2.545	22.63	7.057	96.0	114.8	45.12	0.67
1.60	"	2.011	17.88	8.931	"	91.18	45.34	0.62
1.40	"	1.539	13.68	11.67	"	70.12	45.56	0.58
1.20	"	1.131	10.05	15.88	"	51.78	45.78	0.53
1.00	"	0.7854	6.982	22.87	"	36.13	46.00	0.48
0.90	0.02	0.6362	5.656	28.23	"	26.34	46.11	0.46
0.80	"	0.5027	4.469	35.73	"	23.23	46.22	0.43
0.70	"	0.3848	3.421	46.67	"	17.83	46.33	0.41
0.65	"	0.3318	2.950	54.13	"	15.39	46.39	0.40
0.60	"	0.2827	2.513	63.53	"	13.13	46.44	0.38
0.55	"	0.2376	2.112	75.59	"	11.05	46.50	0.37
0.50	0.01	0.1964	1.746	91.44	"	9.142	46.55	0.36
0.45	"	0.1590	1.414	113.0	"	7.411	46.61	0.35
0.40	"	0.1257	1.117	142.9	"	5.855	46.66	0.34

(3) 錫鍍軟銅線表

直徑 (mm)	直徑差 (mm)	切斷面積 (mm <sup>2</sup> )	重量 (kg/km)	最大抵抗 20°C オーム /km	最小 導電率 (%)	最大 抗張力 (kg)	最大 抗張力 (kg/ mm <sup>2</sup> )	最小伸 250mm (%)
12.00	0.06	113.10	1005.5	0.1572	97.0	2941.	26.0	25.0
10.00	"	78.54	698.2	0.2263	"	2042.	"	"
9.00	"	63.62	565.6	0.2794	"	1654.	"	"
8.00	"	50.27	446.9	0.3536	"	1307.	"	"
7.00	"	38.48	342.1	0.4619	"	1000.	"	"
6.50	"	32.18	295.0	0.5357	"	862.7	"	"
6.00	"	28.27	251.3	0.6287	"	735.0	"	"
5.50	0.04	23.76	211.2	0.7481	"	617.3	"	"
5.00	"	19.64	174.6	0.9050	"	510.6	"	"
4.50	"	15.90	141.4	1.118	"	413.4	"	"
4.00	"	12.57	111.7	1.414	"	326.8	"	"
3.50	"	9.621	85.53	1.847	"	250.1	"	"
3.00	"	8.049	71.49	2.210	"	209.1	"	"
2.90	0.03	6.605	58.72	2.691	"	171.7	"	"
2.60	"	5.309	47.20	3.348	"	138.0	"	"
2.30	"	4.155	36.94	4.278	"	108.0	"	"
2.00	"	3.142	27.93	5.657	"	81.69	"	"
1.83	"	2.545	22.63	7.057	96.0	68.72	27.0	20.0
1.60	"	2.011	17.88	8.931	"	54.30	"	"
1.40	"	1.539	13.68	11.67	"	41.55	"	"
1.20	"	1.131	10.05	15.88	"	30.54	"	"
1.00	"	0.7854	6.982	22.87	"	21.21	"	"
0.90	0.02	0.6362	5.656	28.53	95.0	17.18	"	"
0.80	"	0.5027	4.469	36.10	"	13.57	"	"
0.70	"	0.3848	3.421	47.16	"	10.77	28.0	10.0
0.65	"	0.3318	2.950	54.70	"	9.290	"	"
0.60	"	0.2827	2.513	64.20	"	7.916	"	"
0.55	"	0.2376	2.112	76.38	"	6.653	"	"
0.50	0.01	0.1964	1.746	92.41	"	5.447	"	"
0.45	"	0.1590	1.414	115.4	9.40	4.452	"	"
0.40	"	0.1257	1.117	145.9	"	3.520	"	"
0.35	"	0.09621	0.8553	190.6	"	2.694	"	"
0.32	"	0.08042	0.7149	228.1	"	2.252	"	"
0.29	"	0.6605	0.5872	277.7	"	1.849	"	"
0.26	"	0.05309	0.4720	345.5	"	1.487	"	"
0.23	0.008	0.04155	0.3694	446.2	93.0	1.163	"	"
0.20	"	0.03142	0.2793	590.0	"	0.8793	"	"
0.18	"	0.02545	0.2263	728.4	"	0.7126	"	"
0.16	"	0.02011	0.1788	921.9	"	0.5631	"	"
0.14	"	0.01539	0.1368	1205.	"	0.4309	"	"
0.12	"	0.01131	0.1005	1639.	"	0.3167	"	"
0.10	"	0.007854	0.06982	2360.	"	0.2199	"	"

(4) 錫鍍硬銅線表

直徑 (mm)	直徑差 (mm)	切斷面積 (mm <sup>2</sup> )	重量 (kg/km)	最大抵抗 20°C (オーム/km)	最小 導電率 (%)	最小 抗張力 (kg)	最小 抗張力 (kg/mm <sup>2</sup> )	最小伸 25mm (%)
8.00	0.06	50.27	446.9	0.3536	97.0	1759.	35.0	2.16
7.00	"	38.48	342.1	0.4619	"	1385.	36.0	1.92
6.50	"	33.18	295.0	0.5357	"	1194.	"	1.80
6.00	"	28.27	251.3	0.6287	"	1018.	"	1.68
5.50	0.04	23.76	211.2	0.7481	"	8554.	"	1.56
5.00	"	19.64	174.6	0.9050	9.70	707.0	"	1.44
4.50	"	15.90	141.4	1.118	"	572.4	"	1.32
4.00	"	12.57	111.7	1.414	"	452.5	"	1.20
3.50	"	9.621	85.53	1.847	"	346.4	"	1.08
3.20	"	8.042	71.49	2.210	"	289.5	"	1.01
2.90	0.03	6.605	58.72	2.691	"	237.8	"	0.94
2.60	"	5.809	47.20	3.348	"	191.1	"	0.84
2.30	"	4.155	36.94	4.278	"	149.6	"	0.79
2.00	"	3.142	27.93	5.657	"	113.1	"	0.72
1.80	"	2.545	22.63	7.057	96.0	94.17	37.0	0.67
1.60	"	2.011	17.83	8.931	"	74.41	"	0.62
1.40	"	1.539	13.68	11.67	"	56.94	"	0.58
1.20	"	1.131	10.05	15.88	"	41.85	"	0.53
1.00	"	0.7854	6.982	22.87	"	29.06	"	0.48
0.90	0.02	0.6362	5.656	28.53	95.0	23.54	"	0.46
0.80	"	0.5027	4.469	36.10	"	18.60	"	0.43

(5) 標準軟銅撚線表

公稱 斷面積 mm <sup>2</sup>	撚線構成 素線數/素線直徑	計算 斷面積 mm <sup>2</sup>	重量 kg/km	素線導電率 (%)	抵抗 20°C Ω/km
1000	127/3.20	1021.3	9261.	99.0	.01740
850	127/2.90	838.8	7607.	"	.02118
725	91/3.20	731.8	6636.	"	.02428
600	91/2.90	601.1	5450.	"	.02956
500	61/3.20	490.6	4448.	"	.03622
400	61/2.90	402.9	3654.	"	.04409
325	61/2.60	323.8	2937.	"	.05485
250	61/2.30	253.5	2298.	"	.07008
200	37/2.60	196.4	1781.	"	.09042
150	37/2.30	153.7	1394.	"	.1155
125	19/2.90	125.5	1138.	"	.1416
100	19/2.60	100.9	914.7	"	.1761
80	19/2.30	78.95	715.9	"	.2250
60	19/2.00	59.70	541.3	"	.2976
50	19/1.80	48.36	343.6	98.0	.3711
38	7/2.60	37.16	337.0	99.0	.4779
30	7/2.30	29.09	263.8	"	.6107
22	7/2.00	21.99	199.4	"	.8077
14	7/1.60	14.08	127.7	98.0	1.275
8	7/1.20	7.917	71.76	"	2.267
5.5	7/1.00	5.498	49.85	"	3.264
3.5	7/0.80	3.519	31.91	"	5.100
2.0	7/0.60	1.979	17.94	"	9.068
1.4	7/0.50	1.375	12.47	"	13.05
.9	7/0.40	.8799	7.975	97.0	20.60

(6) 標準硬銅撚線表

公稱切斷面積 (mm <sup>2</sup> )	撚線構成 素線數/直徑	計算切斷面積 mm <sup>2</sup>	1km重量 kg	素線導電率 %	1km抵抗 20°C Ω	最小抗張力 kg
1000	127/3.2	1021.3	9261	97.0	0.01775	40.060
850	127/2.9	838.8	7607	"	.02161	33.150
725	91/3.2	731.8	6636	"	.02477	28.710
600	91/2.9	601.1	5450	"	.03016	23.750
500	61/3.2	490.6	4448	"	.03695	19.240
400	61/2.9	402.9	3654	"	.04500	15.920
325	61/2.6	323.8	2937	"	.05598	12.900
250	61/2.3	253.5	2298	"	.07153	10.170
200	37/2.6	196.4	1781	"	.09230	7.822
150	37/2.3	153.7	1394	"	.1179	6.167
125	19/2.9	125.5	1138	"	.1445	4.959
100	19/2.6	100.9	914.7	"	.1797	4.017
80	19/2.3	78.95	715.9	"	.2297	3.167
60	19/2.0	50.70	541.3	"	.3037	2.413
50	19/1.8	48.36	438.6	"	.3788	1.963
38	7/2.6	37.16	337.0	"	.4879	1.480
30	7/2.3	29.09	263.8	"	.6234	1.167
22	7/2.0	21.99	199.4	"	.8243	888.9
14	7/1.6	14.08	127.7	96.0	1.301	574.4
8	7/1.2	7.917	71.76	"	2.314	326.2
5.5	7/1.0	5.498	49.85	"	3.332	227.6
3.5	7/.8	3.519	31.91	"	5.206	146.3
2.0	7/.6	1.979	17.94	"	9.257	82.72
1.4	7/.5	1.375	12.47	"	13.32	57.59
0.9	7/.4	.8799	7.975	"	20.82	36.95

(7) ニツケルクローム線性能表 公差(±) 直徑3%・抵抗%

直 徑	面積		1 料 / 抵 抗			1料ノ重 量 標準 (庇)				
	標準	最大	標準	最大	最小					
12	472.8	12.26	486.9	11.64	458.6	113.09	8.84	9.28	8.40	938.65
10	394.0	10.30	405.8	9.7	382.1	78.54	12.73	13.37	12.09	651.88
9	354.6	9.27	365.2	8.73	343.9	63.62	15.72	16.51	14.93	528.05
8	315.2	8.24	324.6	7.76	305.7	50.26	19.89	20.88	18.90	417.16
7	275.8	7.21	284.0	6.79	267.5	38.48	25.99	27.29	24.69	319.38
6.5	256.1	6.70	263.9	6.31	248.6	33.18	30.14	31.65	28.63	275.39
6.0	236.4	6.18	243.4	5.82	229.3	28.27	35.37	37.14	33.60	234.64
5.5	216.7	5.67	223.3	5.34	210.3	23.75	42.11	44.22	40.00	197.13
5.0	197.0	5.15	202.9	4.85	191.0	19.63	50.94	53.49	48.39	162.93
4.5	177.3	4.64	182.8	4.37	172.1	15.90	62.90	66.05	59.76	131.97
4.0	157.6	4.12	162.3	3.88	152.8	12.56	79.62	83.60	75.63	104.25
3.5	137.9	3.61	142.2	3.40	133.9	9.62	103.95	109.15	98.75	79.85
3.2	126.0	3.30	130.0	2.10	122.1	8.04	124.38	130.60	118.16	66.73
2.9	114.2	2.99	117.8	2.81	110.7	6.60	151.51	159.09	143.95	54.78
2.6	102.4	2.68	106.5	2.52	99.2	5.30	188.68	198.11	179.25	43.99
2.3	90.6	2.37	93.3	2.23	87.8	4.15	240.96	253.01	238.91	34.45
2.0	78.8	2.06	81.1	1.94	76.4	3.14	318.47	334.39	302.55	26.06
1.8	70.9	1.85	72.8	1.75	68.9	2.54	393.70	413.39	374.02	21.08
1.6	63.0	1.65	65.0	1.55	61.0	2.01	497.51	522.39	472.63	16.68
1.4	55.1	1.44	56.7	1.36	53.5	1.53	653.60	685.28	620.92	12.70
1.2	47.3	1.24	48.8	1.16	45.7	1.31	884.00	928.20	839.80	9.38
1.0	39.4	1.03	40.5	0.970	38.2	0.785	1,273.90	1,337.60	1,210.21	6.52
0.9	35.5	0.927	36.5	0.873	34.4	0.636	1,572.32	1,650.94	1,493.70	5.28
0.8	31.5	0.824	32.4	0.776	30.5	0.503	1,988.10	2,087.50	1,888.70	4.17
0.7	27.6	0.721	28.4	0.679	26.7	0.3845	2,598.50	2,728.8	2,468.58	3.19
0.65	25.6	0.670	26.3	0.631	24.8	0.3318	3,013.85	3,164.55	2,863.17	2.75
0.6	23.6	0.618	24.3	0.582	22.9	0.2827	3,537.32	3,714.19	3,360.45	2.35
0.55	21.7	0.567	22.3	0.534	21.0	0.2375	4,105.52	4,421.05	3,999.99	1.97
0.5	19.7	0.515	20.2	0.485	19.1	0.193	5,094.24	5,348.95	4,839.53	1.63
0.45	17.7	0.464	18.2	0.373	17.2	0.1590	6,290.44	6,604.96	5,975.92	1.32
0.40	15.8	0.412	16.2	0.388	15.2	0.1256	7,951.78	8,359.87	7,563.69	1.04
0.35	13.8	0.361	14.2	0.340	13.3	0.0962	10,950.01	10,914.76	9,875.26	0.798
0.32	12.6	0.330	13.0	0.310	12.2	0.0824	12,437.81	13,059.70	11,815.92	0.667
0.29	11.4	0.299	11.7	0.281	11.0	0.0660	15,151.51	15,909.09	14,393.93	0.548
0.26	10.2	0.268	10.5	0.252	9.9	0.0530	18,857.92	19,811.31	17,924.52	0.440
0.23	9.0	0.237	9.3	0.228	7.8	0.0415	24,096.38	25,301.20	22,891.56	0.344
0.20	7.9	0.206	8.1	0.194	7.6	0.0314	31,847.13	33,439.39	30,254.77	0.261
0.18	7.1	0.185	7.2	0.175	6.8	0.0254	39,370.35	41,338.87	37,401.83	0.211
0.16	6.3	0.165	6.5	0.155	6.1	0.0201	49,751.24	52,238.80	47,263.68	0.167
0.14	5.5	0.144	5.6	0.136	5.4	0.0153	65,359.48	68,627.45	62,091.51	0.127
0.12	4.7	0.124	4.8	0.116	4.5	0.0113	88,495.58	92,920.36	84,070.80	0.094
0.10	3.9	0.103	4.0	0.097	3.8	0.00785	127,388.54	133,757.97	121,015.11	0.065

ニツケルクローム線性能概要  
 比有抵抗 約8.3  
 抵抗温度係數 100マイクロオーム (Cm<sup>2</sup>) (at 20°C)  
 抗張力 0.0001以下 (1°C=付)  
 伸 55(kg/mm<sup>2</sup>)以上  
 10.0(%)以上



(10) 珪素銅板規格表 日本製鐵昭和10年4月制定

	鐵 損			磁束密度ガウス		
	ワット/kg 50サイクル 10キロガウス			50エルス テッド	100エルス テッド	300エルス テッド
	0.35mm	0.43mm	0.50mm			
A	2.60	2.88	3.20	15,900	16,950	19,300
B	2.40	2.62	2.92	15,750	16,850	19,200
C	2.15	2.30	2.46	15,300	16,500	18,700
D	1.95	2.10	2.35	15,150	16,350	18,500
Ds	1.65	2.76	1.88	—	—	—
T	1.45	1.57	—	15,100	16,200	18,300
Ts	1.30	—	—	—	—	—

昭和二十一年十一月廿五日 印刷  
昭和二十一年十一月卅日 初版發行

## 電 氣 材 料

定 價 八 円



編 者 教 社

發行者 伊 藤 由 雄

印刷者 花 光 正 太 郎

印刷所 工 文 社 印 刷 工 場

配給所 東 京 都 神 田 區 淡 路 町 2ノ9  
日 本 出 版 配 給 株 式 會 社

發 行 所 大 阪 市 北 區 曾 根 崎 上 4 丁 目 4

株 式 會 社 綜 文 館  
(會員番號 A119049)

541.6-D589ㄅ



1200500746082

541.6  
589

終