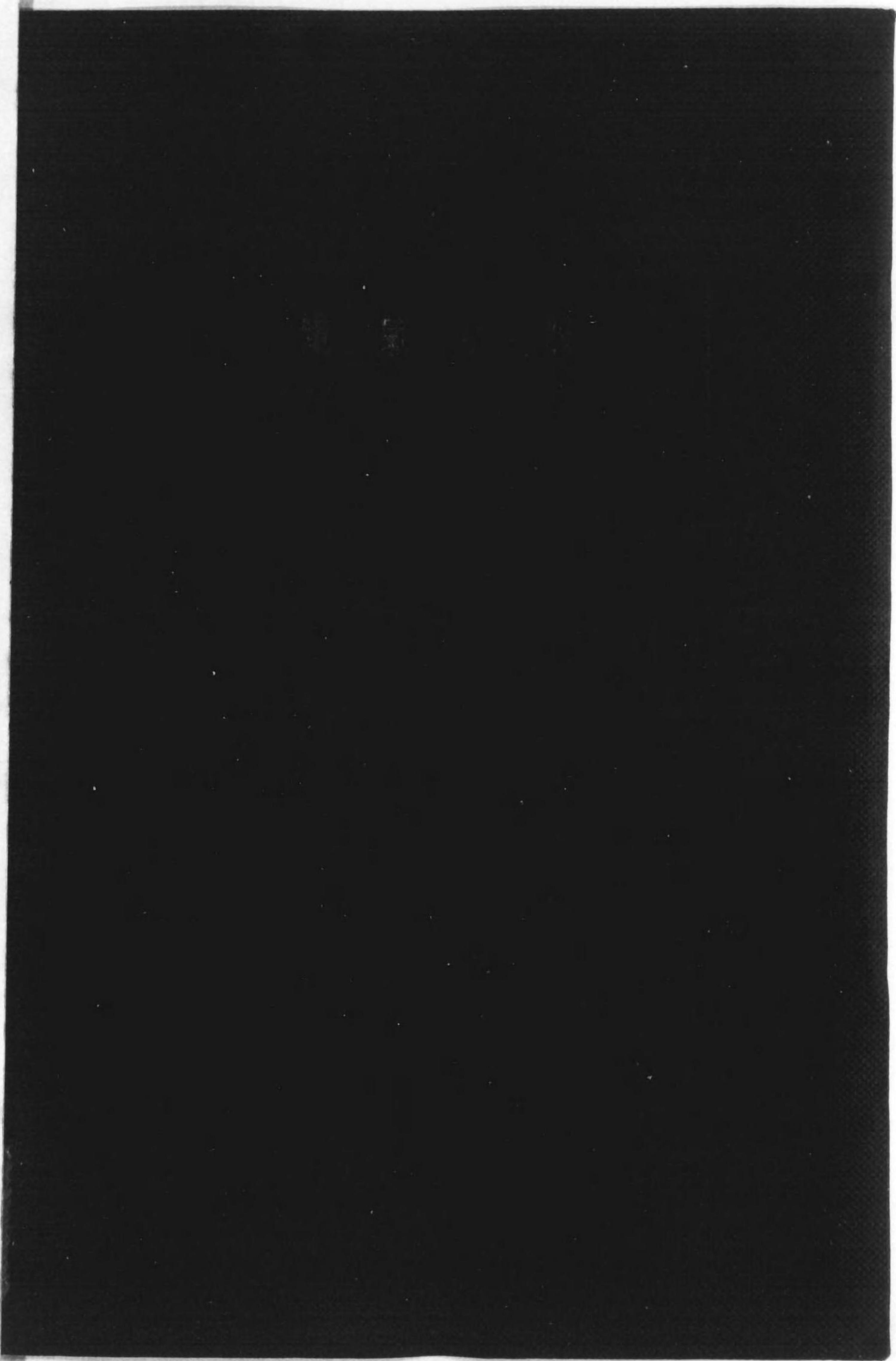


器



406
297

時225
184



電 氣 材 料

全

東京・銀座

財團法人國民工業學院

發 行



電 氣 材 料

目 次

緒 言	1
第1編 絶縁材料	2—82
第1章 絶縁材料の分類と諸性	2—10
1. 絶縁材料の分類 2. 絶縁抵抗 3. 誘電率 4. 誘電體 の吸収及び残留現象 5. 誘電體損 6. 絶縁耐力	
第2章 天然無機絶縁物	10—19
7. 石綿 (クリソタイル—クロシドライト—石綿紙—石綿 布—アスベスト板) 8. 雲母(電氣的性質—電氣的用途— 雲母加工品 (1)マイカナイト (2)マイカレツクス (3)マイカ、セ ロフアン) 9. 大理石 10. 石盤石 11. 玄武岩 12. 硫 黄	
第3章 合成無機絶縁物	20—28
13. 熔融石英 14. 硝子 15. 磁器 16. 磁器類似品 17. 金屬酸化物 18. セメント	
第4章 植物纖維及びその誘電體	29—45
19. 植物纖維((1)木綿 (2)亜麻 (3)黄麻 (4)苧麻 (5)マニラ麻) 20. パルプ 21. 纖維素誘導體 ((1)硝化纖維素 (2)醋酸纖維 素 (3)ベンジル纖維素 (4)セロフアン紙) 22. 木材 23. 紙 (1)電氣絶縁用紙 (2)板紙 (3)バルカナイズト・ファイバー)	

第5章 蛋白系絶縁物	45—47
24. 絹 25. カゼイン	
第6章 石油系絶縁物	47—53
26. アスファルト 27. 硫化ビチューメン 28. ビツチ	
29. パラフィン 30. ペトロラタム 31. 絶縁用鉱油	
(1)変圧器油 (2)開閉器油 (3)ケーブル油	
第7章 植物性油及び蠟	53—55
32. 亞麻仁油 33. 桐油 34. 荏油 35. ヒマシ油 36.	
綿實油 37. ボイル油 38. スタンド油 39. ファクチス	
40. モンタワツクス 41. 密蠟 42. カルノバワツクス	
第8章 天然樹脂	55—59
43. ロジン 44. 樹脂油 45. コーバル 46. 琥珀 47.	
シエラツク 48. 其他の天然樹脂	
第9章 人造樹脂	59—70
49. フェノール樹脂 50. アルキッド樹脂 51. アクロレ	
ン樹脂 52. ウレア樹脂 53. ビニール樹脂 54. クーマ	
ロン樹脂 55. スチレン樹脂 56. ゴム((1)軟質ゴム (2)硬	
質ゴム) 57. ゴム誘導體((1)環化ゴム (2)鹽化ゴム) 58. グ	
ッタベルカ 59. バラタ 60. バラガッタ	
第10章 塗料及び含浸材料	70—78
61. 漆 62. ワニス(油ワニス—精ワニス—(1)自然乾燥ワ	
ニス (2)加熱乾燥 (3)エンバイヤクロース (4)エナメル線) 63.	
ペイント	
第11章 絶縁混和物	78—79

64. ケーブル含浸混和物 65. 壓入用混和物, 充填用混和物, 封塞用混和物	
第12章 型造絶縁物	79—82
66. 型造絶縁物 ((1)低熱用型造絶縁物 (2)高熱用型造絶縁物 (3)電弧用型造絶縁物)	
第2編 電気用金属材料及び炭素材料	
83—124	
第1章 金属材料に於ける通念	83—92
1. 金属の組織 2. 鐵—炭素合金の組織 3. 焼入 4. 加工 5. 焼鈍 6. 時効	
第2章 鐵及びその合金	92—102
7. 鐵の一般的性質 8. 鐵の磁性 9. 鐵の磁氣履歴 10. 熱處理 ((1)焼入 (2)焼鈍) 11. 加工 12. 鐵及び鋼 13. 合金鋼	
第3章 銅及びその合金	102—107
14. 銅の性質 15. 銅線 16. 銅の合金 ((1)黄銅 (2)青銅 (3)磷青銅 (4)珪素青銅 (5)洋銀 (6)銅—ニッケル合金 (7)マンガニン (8)カドミウム—銅合金 (9)ベリリウム—銅合金)	
第4章 アルミニウム, マグネシウム, 輕合金	107—110
17. アルミニウム 18. マグネシウム 19. 輕合金 ((1)チユラルミン (2)アルドライ (3)耐蝕性輕合金 (4)鑄造用輕合金 (5)鑄造, 鍛造用輕合金)	
第5章 其他の金属並びに合金	110—115
20. 熔融點の高い金属並びに合金 ((1)白金 (2)タングステン (3)モリブデン (4)ニッケル (5)コバルト (6)マンガ)	

21. 熔融點の低い金屬並びに合金 (1)鉛 (2)錫 (3)蒼鉛 (4)水銀)
- 第6章 炭素.....116—122
22. 炭素の性質 23. 炭素質刷子 (1)炭素刷子 (2)黒鉛刷子 (3)炭素黒鉛刷子 (4)電氣黒鉛刷子 (5)金屬黒鉛刷子) 24. 炭素電極 (1)電解用電極 (2)電氣爐用電極 (3)電池用電極 (4)水銀整流器用電極 (5)弧光用炭素棒電極 (6)熔接用炭素電極) 25. 其他の炭素製品 (1)送話器用炭素粒粉 (2)炭素抵抗體)

電 氣 材 料

緒 言

電氣材料 といふのは電氣機械及び器具の製作、送電、配電に要する電路の建設等に用ゐる材料をいふので、導電、磁氣、絶縁等の目的に従つて撰擇すべき材料を異にする。この他、機械の軸、枠、或は電線を支へる電柱、鉄塔の如き一般構造用の材料も必要であるが、この種の材料は直接電氣に關係することが少いので、こゝには省くことにした。

電氣材料中、導電及び磁氣に關しては主として金屬が使用せられるが、非金屬では炭素即ちカーボンが導電材料として用ゐられる。絶縁材料としては無機物、有機物に互り廣く各種の物質が使用せられ、新製品も多い。

第 1 編 絶縁材料

第 1 章 絶縁材料の分類と諸性

1. 絶縁材料の分類 絶縁材料とはその用途から見て電流を阻止する目的に使用させる物質をいふので、抵抗が如何に大でも使用の目的が絶縁でなく抵抗であるときは、それは抵抗であつて絶縁物ではない。總べての物質は常に或程度の電気傳導性を有するもので、導體と絶縁物とを厳密に區別することは困難である。

絶縁材料の種類は極めて多く、分類の方法も多いが成分によつて分類すれば第 1 表の如くで最も便利である。第 2 章以下に記述した主題は成因、成分、用途等から分類したものである。

2. 絶縁抵抗 絶縁體はその固有の抵抗が甚だ大なるものであるが、絶對的不導體はないから、絶縁體にある電壓を印加すると兩電極間には多少電流が流れる。この電流を漏洩電流と稱し 2 種あつて、一つは絶縁體の實質に通つて流れる内部漏洩電流と、他は絶縁體の表面に附着せる濕氣、塵埃、その他イオン化せる物質を傳うて流れる表面漏洩電流である。内部漏洩電流に対する絶縁體の種立方に付ての固有抵抗を容積固有抵抗といひ、表面漏洩電流に対する種平方に対する抵抗を表面漏洩抵抗と稱し、この兩抵抗を絶縁抵抗といふ。この兩漏洩電流は並列回路をなし、空氣濕潤の際等には著しく表面漏洩電流を増し、容積固有抵抗は殆ど現れない。

絶縁抵抗を測定するには絶縁體に電壓を印加し、そのとき流れ

第 1 表 絶縁物分類

無機物	天然品	元 素—硫黄 珪 酸 鹽—雲母、石棉、石膏、ステアタイト 炭 酸 鹽—大理石 珪 酸 鹽—熔融石英、硝子、磁器、セメント		
	人工品	酸 化 物—酸化鉛、酸化アルミニウム 型造絶縁物—結着劑及び填料共に無機物（人造石）		
有機物	天然品	瀝 青 質—マラフィン、アスファルト、鑛物油、ピッチ、オゾケライト、セレシン、ペトロラタム、モンタンワックス ゴム炭水化合物—ゴム、ガツタパーチヤ、バラタ 樹 脂—コーバル、琥珀、エレミー、ダンマー、マスタック、サンダラック、コロホニー、シエラック、樹脂油 脂肪酸とそのエステル—ステアリン酸、パルミチン酸、日本蠟、植物油、雲蠟、鯨蠟、支那蠟、カルナーバー蠟 含窒素化合物—カゼイン、絹、羊毛 纖 維 素—植物纖維、木材		
		人工品	合成樹脂—ベークライト、グリプタール、クマロン樹脂、フルフラール樹脂、ビニール樹脂 纖維素誘導體—硝化纖維素、醋酸纖維素、ベンジル纖維素、グイスコーズ 鹽化炭水化合物—四鹽化炭素、クロールナフタリン、鹽化ゴム 型造絶縁物—結着劑及び填料共に有機物 ワ ニ ス—油ワニス、アスファルトワニス、酒精ワニス、ヒゲメントワニス 混 和 物—含浸混和物、充填混和物	
			紙	ホ ー ル ド 絲 及 び 布—綿布及び絲、絹布及び絲 ワニス混和物含浸材—ワニスペーパー、處理カンアリツク、樹脂化薄材料、處理ホールド 化學處理紙—グアルカナイズトペーパー、パーチメントペーパー、ベークライトアセチルローズ 含 浸 木 材—マラフィン含浸木材、油含浸木材、空氣乾燥ワニス處理木材 硫 化 ゴ ム 及 び エ ポ キ ー
			混合物	型造絶縁物—無機填料と有機結着劑 雲母製品 石棉製品

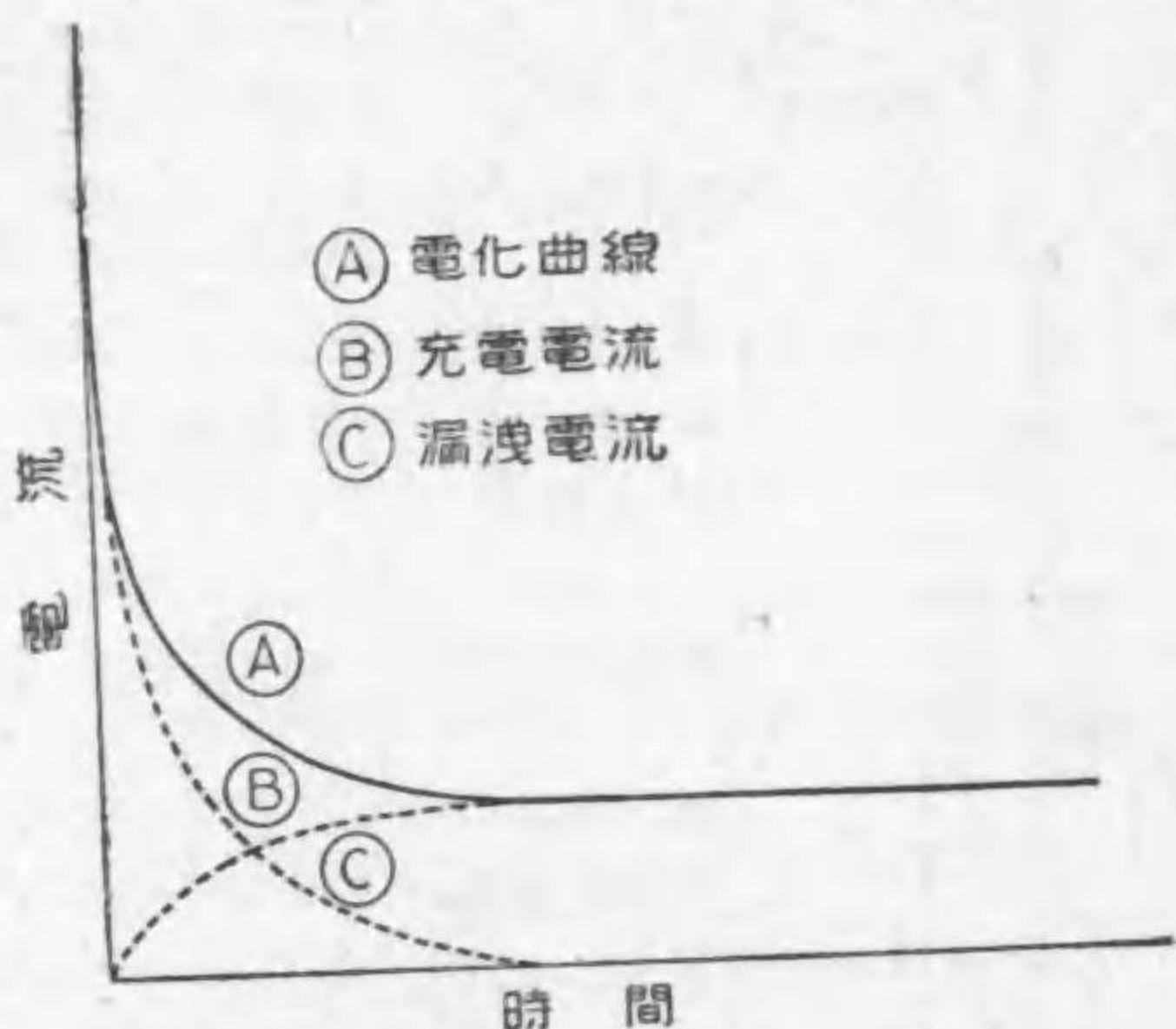
る電流と電圧の値から オームの法則 によつて求める。即ち

$$\text{絶縁抵抗} = \frac{\text{印加電圧}}{\text{漏洩電流}}, \quad \text{漏洩電流} = \frac{\text{印加電圧}}{\text{絶縁抵抗}}$$

併し絶縁體なる1誘電體を挟んで二つの電極が對立すれば蓄電器を構成するから、電圧印加の初は蓄電器としての充電電流が流れること勿論である。この電流は時間の経過に従つて減少するから、絶縁抵抗測定の際に

第1圖 充電電流曲線

流れる電流は、第1圖に示す如く誘電體實質を通じて流れる漏洩電流と充電電流との合併したものである。



絶縁體の抵抗は同一物質に於ても 温度，加電圧，濕氣等の原因によ

つて相違するから、測定の際にはこれ等に注意を要する。第2表は常温に於ける種々の絶縁物の抵抗を示したものである。

絶縁抵抗は温度が上昇するに従つて減少する。濕氣は表面絶縁抵抗に甚大なる影響を與へ、纖維質絶縁材料の如き吸濕性大なるものでは殊に甚だしく、濕度 10% の變化が抵抗を 10 倍以上變化せしめることがある。

3. 誘電率 蓄電器の2導體間を空氣を以て絶縁する代りに、硝子、雲母等の如き誘電體を以て置き換へた際の蓄電器の容積の増加率、即ち誘電體と空氣との場合の容量の比を誘電率といふ。

第 2 表 固体絶縁物の固有抵抗と表面漏洩抵抗

	表面漏洩抵抗 (類に付 メグオーム)			容積固有抵抗 (立方に付 メグオーム)
	湿度 50%	湿度 70%	湿度 90%	
玻 珀	6×10 ⁸	2×10 ⁸	1×10 ⁸	5×10 ¹⁰
密 蠟 (黄)	6×10 ⁸	6×10 ⁸	5×10 ⁸	2×10 ⁹
セ ル ロ イ ド	5×10 ⁴	2×10 ⁴	2×10 ³	2×10 ⁴
フ ェ イ バ ー (赤)	2×10 ⁴	3×10 ⁵	2×10 ²	5×10 ³
硝 子 (板)	5×10 ⁴	6×10	2×10	2×10 ⁷
硬質ゴム(新(エポナイト))	3×10 ⁹	1×10 ⁸	2×10 ³	1×10 ¹²
大 理 石 (伊 國)	3×10 ³	2×10 ²	2×10	1×10 ⁵
雲 母 (透明)	2×10 ⁷	4×10 ⁵	8×10 ⁸	2×10 ¹¹
パラフィン(パロワックス)	9×10 ⁹	7×10 ⁹	6×10 ⁹	1×10 ¹⁰
磁 器 (未釉薬)	6×10 ⁵	7×10 ⁸	5×10	3×10 ⁸
樹 脂	6×10 ⁸	3×10 ⁸	2×10 ⁸	5×10 ¹⁰
封 蠟	2×10 ⁹	6×10 ⁸	9×10 ⁷	8×10 ⁹
シ エ ラ ッ ク	6×10 ⁷	3×10 ⁶	7×10 ³	1×10 ¹⁰
ス レ ー ト	9×10	3×10	1×10	1×10 ²
硫 黄	7×10 ⁹	4×10 ⁹	1×10 ⁸	1×10 ¹¹
木材(パラフィン注入マホガニー)	4×10 ⁶	5×10 ⁵	7×10 ³	4×10 ⁷

(表中の数字は約 20°C の値にて是等の値は尙化學的成分に依つて差異がある。)

誘電率は常に 1 より大きい。空氣は眞空に比較すると 1.00059 倍であるが、殆ど 1 に近いから、特別の場合を除いては空氣を單位としてゐる。第3表は誘電體の誘電率を示したものであるが、實際は測定の物理的條件又は化學成分の相違に依つて可成相違する。

誘電率は温度に依つて影響を受ける。固体誘電體は温度の上昇と共に増大するもの多く、液体誘電體は却つて減少するものが多い。併しその變化はごく僅少で、攝氏 1° につき雲母が +0.04% エポナイトが +0.07% 程度である。氣體誘電體は温度のみでな

く、氣壓の増加と共に増大する。

第3表 固体誘電体の誘電率

固 體 誘 電 體	誘 電 率	測 定 者
ア ス フ ァ ル ト	2.68	V. Pirani
エ ボ ナ イ ト	2.1 — 3.15	Boltzman
フ リ ン ト 硝 子 比 重 4.5—2.87	9.90—6.61	Hopkinson
鉛 硝 子 比 重 3.0—3.5	5.4 — 8.0	Gray-Dobbie
ガ ッ タ パ ー チ ャ	3.3 — 4.9	—
大 理 石	7.8 — 8.3	Schmidt
雲 母	3.0 — 8.0	E. Wilson
紙 (通 信 用)	2.0	Campbell
紙 (電 力 用)	2.5	V. Pirani
パ ラ フ ィ ン	2.1 — 2.32	Zeitkowski
磁 器	5.3 — 6.8	Starke
シ ョ ラ ッ ク	2.95—3.73	Wüllner
純 ゴ ム	2.35	—
水 晶	4.38—5.06	Ferry
方 解 石	7.56—8.49	Fallinger
琥 珀	2.86	Fallinger
硫 黄	3.6 — 4.2	Fallinger
木 材	3.64—6.84	—

誘電率は又電界の強さ及び高周波で測定する場合の周波数の變化に依つても變ずるものである。

4. 誘電体の吸収及び残留現象 絶縁體に直流電壓を印加すると瞬間的に大なる電流が流れるが、絶縁抵抗の項に説明した如くその後は急速に減少して或時間後には一定の電流に達する。この一定の電流は導電流であつて、初の電流から導電流を引き去つたものは絶縁體に吸収されたものである。これを吸収現象と稱し、吸収された電流を吸収電流といひ、その電流を吸収した電荷を

吸収電荷と稱へる。

次に電路を切つて電壓印加を停止しても、その誘電體の正印加の端は正極に、負印加の端は負極になつてゐて、電壓が残留する。これを残留電壓或は残留電位差と稱する。この兩端を短絡するときには残留電壓の極性に從つて瞬間に容量に對する充電電流を放出する。そして吸収電流も亦次第に放出される。後の電流を残留電流といひ、この電流を形成した電荷を残留電荷と稱し、これ等の現象を残留現象といふ。

吸収現象及び残留現象は優秀なる誘電體即ち絶縁の高いもの程永く繼續する。故に普通直流で絶縁抵抗を測定するときは、この吸収電流が小さくなつた時分、即ち1分間目の電流の讀を用ゐて抵抗値を求めることにしてゐる。

5. 誘電體損 誘電現象だけを有する理想的絶縁體を以て蓄電器を構成し、その兩極に交番電壓を加へた場合、蓄電器に消費される電力は零であるが、斯様な理想的誘電體は真空以外にはなく通常前述の吸収電流及び導電流が流れて幾分電力が消費される。この誘電體内で消費される電力を誘電體損といひ、熱となつて放散される。誘電體損は直流の場合には殆どなく、一般に交流の場合のみを指す。今交流の場合の電壓を E 電流を I とし、その位相の差を ϕ とすれば、誘電體損 W は次式で求められる。

$$W = EI \cos \phi = EI \sin \delta \quad (\delta = 90^\circ - \phi)$$

$\cos \phi$ 又は $\sin \delta$ は力率と稱されるもので、角が小さければ $\sin \delta = \tan \delta = \delta$ としても差支ない。又實効容量を C、リナックスを G、周波数を f とすれば、 $\tan \delta = G/2\pi f C$ となる。 $\cos \phi$ 、

$\tan \delta$, δ , 又は G/C が小さい程優秀な絶縁物である。

6. **絶縁耐力** 或絶縁物に電圧を印加し、その電圧を上昇せしめて行けば、初は漏洩電流のみ流れるが、遂には急激な中和を生ずる。この場合耐へ得る強さを **絶縁耐力** といひ、中和の瞬間の電圧を **破壊電圧** と稱してゐる。絶縁は時に絶縁物の内部を通らずに表面で電極間に電弧が續いて沿面火花放電が起り、絶縁が破れることがある。この破壊電圧を **表面弧絡電圧** と稱する。かやうに **絶縁耐力** (又は **耐電圧**) とは絶縁物の内部を通じて絶縁が破壊されるとき単位長さ當の電圧を意味するが、時には又絶縁物が絶縁力を失ふことなしに使用し得られる **規定電圧** の意味に用ゐることがある。

絶縁耐力は絶縁物の種類に依つて相違する外、同一物質でも電極の形状及び大きさ (電界の分布), 電極の距離 (試料の厚さ), 加電時間, 周波数, 温度, 湿度 等に依つても相違する。

氣體の絶縁耐力はその壓力に依り相違し、液體の場合は液體中の水分, 塵埃及び吸収瓦斯 等に依つて大なる影響を受ける。

電極の形状については平板電極を用ゐた場合よりも尖端電極を用ゐた場合の方が電界が1點に集中するため破壊電圧が低い。平板電極を用ゐてもその端に集中する傾があるから、破壊電圧測定には近頃は球狀極が用ゐられる。

破壊電圧と絶縁物の厚さとの關係は實用上最も必要なことである。この關係は次の實驗式で示される。

$$V = vt^n$$

V.....破壊電圧, t.....破壊部の厚さ, n.....物質の種類及び破壊條件

に依る定數, v.....単位厚さの時の破壊電圧

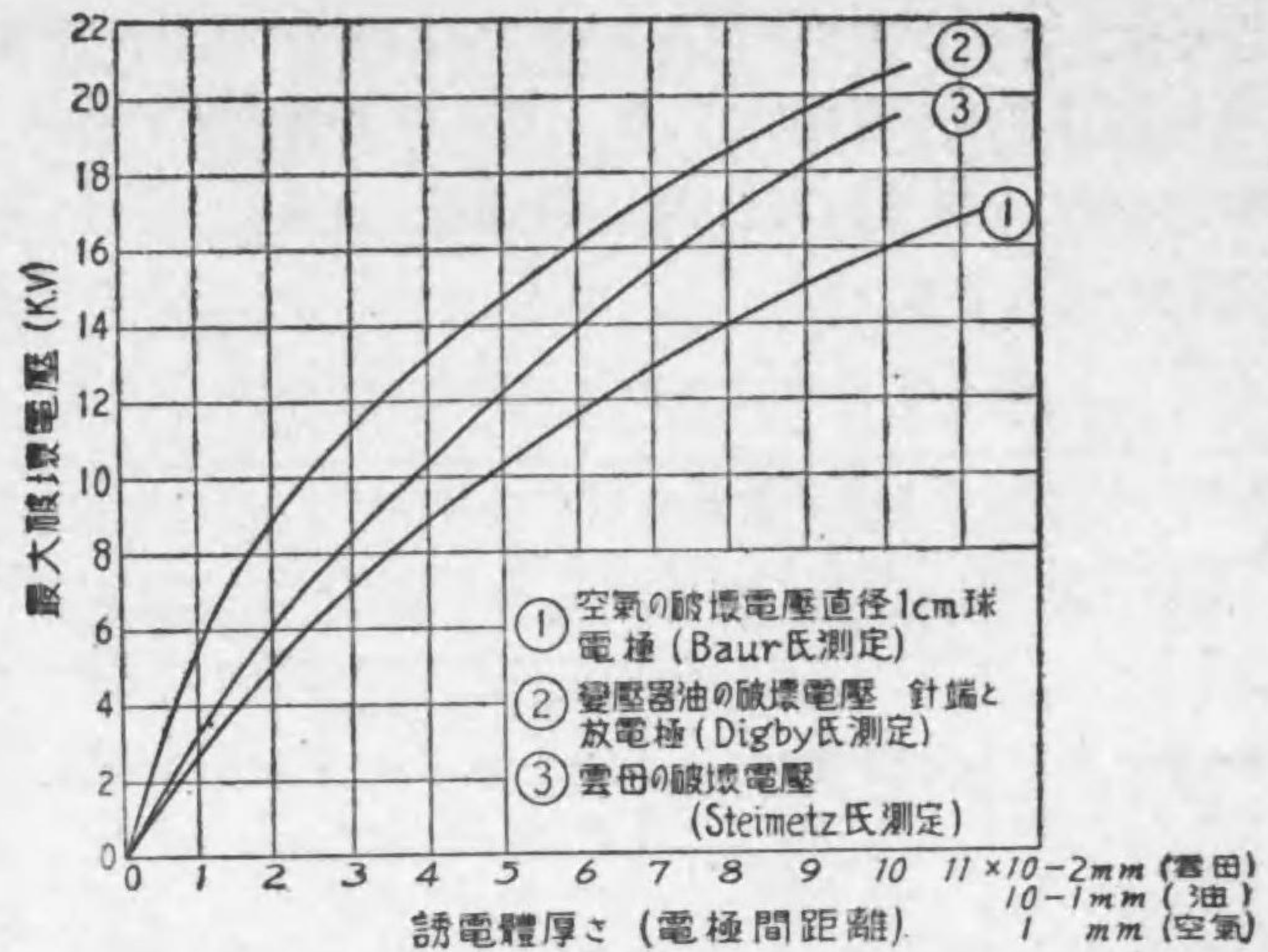
n は通常 $\frac{1}{2}$ 乃至 1 の間にあるもので、t が 1 cm 位迄の範圍に於て適用し得るものである。第 4 表は種々の絶縁物について v の値を示す。第 2 圖は 空氣, 高壓器油, 雲母 についてこの關係を圖示してゐる。

第 4 表 単位厚の破壊電圧 (v の値)

1. Baur 氏 測定			
種 類	1 耗の破壊電圧 V.	種 類	1 耗の破壊電圧 V.
雲 母	58000	赤色 硫化纖維	5000
マイカナイト	約 35000	石 綿 紙	4300
パラフィン板	30000	硫 化 石 綿	3500
パラフィン紙	30000	變 壓 器 油	9000
乾燥木纖維	13000	溶解パラフィン	8000
磁 器	13000	料理用亞麻仁油	8000
油處理亞麻布	12500	テレピン油	6500
プレスパン	12000	絶縁ラック	5000
レザロイド	10000	油	1500
硫化ゴム	10000	空氣 (A.C.にて)	3300
2. C. Kinzbrunner 氏 測定			
種 類	1 ミルの破壊電圧 V.	種 類	1 ミルの破壊電圧 V.
プレスパン	117	油引絶縁布	201
マニラ紙	56	レザロイド	73
普通紙	37	エボナイト	682
ワニス紙	267	硫化ゴム	502
赤 色 紙	239	ガッタパーチャ	454
含 浸 紙	107	純パラゴム	370
ワニス布	256		

(1 ミルは $\frac{1}{1000}$ インチ なる長さの單位である。)

第 2 圖 誘電体の厚さと破壊電圧



加電時間を増加すれば破壊電圧は低下する。故に測定の際の昇圧速度が速い程絶縁物の破壊速度は高くなる。

温度の上昇と湿度の増加とは共に破壊電圧を低下する。

第 2 章 天然無機絶縁物

7. 石綿 石綿は石絨とも稱し礦物中唯一の纖維質物質で、織布を造ることが出来、耐熱、耐酸、耐アルカリ等の性質がある。主に珪素、マグネシウム、アルミニウム等の酸化物から成り、クリソタイル、クロシドライト等種類が多く、夫々外観、成分を異にする。

石綿は電気材料の他保温、耐熱、耐酸、耐アルカリ材料及びアスベスト・セメント又はスレートとして建築材料に用ゐられる。

クリソタイル (温石絨) は石綿中最も細長く絹糸状を呈し、可撓性に富み、抗張力大にして石綿布を織るに用ゐられる。金属酸化物を含むこと少く電気絶縁物として使用し得るが耐酸性の弱い缺點がある。纖維の長さは普通 3~10 cm である。

クロシドライト (青石綿) は鉄分を 37% 以上も含有するため電気用には使用し得ないが、耐酸性が強く、熱傳導度が小さいため化学工業に多く使用されてゐる。

この他のものは夫々特性もあるが缺點もあつて用途は少い。

石綿の品質は纖維の纖維度、長さ、可撓性、抗張力、耐火、耐酸、耐油、耐アルカリ、耐水性、及び電気的性質、熱傳導度等で決定される。纖維の纖維度は 0.001mm 乃至 0.009mm 程度で長さは不定であり、又有機物纖維の如く表面に鱗状突起なく、硝子の如く平滑なるため紡織が困難である。耐火性強く 1100 乃至 1600°C に耐へるがクロシドライトはやゝ低い。

石綿の電気的用途は次の如きものである。

石綿紙 石綿に木綿纖維を加へて薄く抄造したもので磁界線輪の銅帶間の絶縁に用ゐ、又合成樹脂を以て膠着した積層品 (ベークライト・マイカルタ) として種々の形状に造られる。

石綿布 石綿の細い纖維に少量の木綿纖維 (15% 以下) を加へて織つたものである。合成樹脂、ワニス等で膠着して硬くて厚い積層成品に造る。ベークライト・アスベストはその 1 例で、特別堅牢なるためタービン發電機など高温で運轉する電気機械の各種絶縁物として用ゐられる。石綿布のテープは耐酸、耐熱の要ある電線の被覆に用ゐる。石綿電線が即ちこれである。熔接用變壓

器，自動車，アーク燈等の線輪の如く高温に昇るものには石綿絶縁電線を用ゐる。

アスベスト板はアーク抵抗等に用ゐるが、完全な絶縁物とは稱し難い。市販のものにはシンダンヨー，エボニー，シルミナイト，アクロライト，アスベストーン等がある。これ等の内黒色のものは特に配電盤として用ゐられてゐる。

8. 雲母 雲母は花崗岩，雲母片岩，片麻岩等の成分をなして地上広く存在するが、又單獨に薄板状の結晶をなして産する。その主成分はアルミニウムの珪酸化合物で、少量の他の金属と結合してゐる。第5表に示す如く種類は多いが、實際使用の價値あるものはマスコバイト（白雲母）とフロゴバイト（マグネシヤ雲母，金雲母又は琥珀雲母）の2種である。

第5表 雲母の種類

名 稱	化 學 式	色	硬 度	劈 開 性	實 用 價 値
1 マスコバイト (加里或は白雲母)	$H_2KAl_3(SiO_4)_3$	通常無色透明 赤鉄黄褐色 硝子光澤	大	最大	電氣用に多し マイカナイト の原料となる
2 パラゴナイト (曹達雲母)	$H_2NaAl_3(SiO_4)_3$	白緑褐色	大	大	産額少く 價値なし
3 レピドライト (リシヤ雲母)	$Khi[Al_3(OH,F)_2]Al(SiO_3)_3$	無色藍赤 淡紫灰黄 光澤あり	—	中	酸化リシウムの 原料となる のみにて價値 なし
4 バイオタイト (鐵マグネシヤ雲母)	$(H,K)_2(Mg,Fe)_2Al_2(SiO_4)_3$	黄褐色至 透明色又は 棕色の光澤	脆弱	小	價値なし
5 フロゴバイト (マグネシヤ雲母)	$[H,K(MgF)]_3Mg_3Al(SiO_4)_3$	黄褐色琥珀色 光澤少し	比較的軟	中	耐熱用又は電 動機の整流子 用に多し
6 シンラルダイト (鐵リシヤ雲母)	$(K,Li)_3[Al(OH,F)_2]FeAl_2Si_5O_{16}$	褐赤鉄灰	—	—	産額少く鐵 分含有せる 為價値なし

雲母の性質は比重 2.7 ~ 3.1 で鑛物中最大の劈開性を有し、白雲母の如きは 1/1000 耗に剥ぐことが出来る。その層の間には屢

他の金属を含有して色彩を呈し、或は氣泡及び水分を含んでゐる。可撓性も大きく、弾性は白雲母が最大で、琥珀雲母には殆どない。水は表面からは吸収しないが、軟いものは層間から吸収することがある。高温に耐へ、白雲母は 400°~600°C に對し變化なく、1000°C で結晶水を失ひ白色となり脆くなる。琥珀雲母は結晶水が少いため 1000°C 位迄使用し得る。熱傳導率は非常に小さく、比熱は約 0.207，膨脹係数は約 0.00003 で温度の急變に抵抗し得る。

化學的には白雲母は硫酸，鹽酸に作用せられず、弗化水素にはその表面を侵される。琥珀雲母は熱硫酸には完全に分解されるが、鹽酸には僅かに溶ける。耐油性は酸を含まぬ油には一般に完全である。

電氣的性質 絶縁耐力は測定條件によつて相違するものであるが多くの 0.1 耗の厚さで測定したとき 1 耗に付 150~250KV である。容積固有抵抗は温度と共に降るが約 10^{12} ~ 10^{15} オーム種である。表面漏洩抵抗は表面附着の物質に依るので決定が困難であり、容積固有抵抗と完全に分離することも出来ないし、又温度によつて著しく變化するが、湿度 60% に於て約 10^{10} ~ 10^{13} オーム種である。誘電率は約 8 で試料の厚いもの程小となる。これは層内に空氣を含むからである。湿度に依る影響は比較的少く僅かに増加する。力率は 0.0002~0.07 である。

雲母は形状により次の三種に區別され夫々用途を異にする。

板マイカは相當の大きさを有する板状のもので、電氣絶縁用，耐熱用等に用ゐられる。剥しマイカは比較的小さいもので、

0.01~0.05 耗の厚さとしマイカナイトの原料とする。スクラップマイカは小片又は切屑で粉末にして利用される。

電氣的用途 第一は整流子セパレーターである。この場合は硬度が最も重要で、銅セグメントより硬い時は雲母は整流子の面に突出する。この缺點を除くためアンダーカットと稱し銅面より少し低く切り下げて置く。琥珀雲母は硬度が最も適してゐてアンダーカットの要はない。この他發電子コイル及びバーの絶縁、ランプソケット、可熔片函、電熱器等の絶縁に、又蓄電池の誘電體として用ゐられる。誘電體として使用する時は誘電體損の最も小なることが必要で、印度産透明雲母及びベンガル産が適してゐる。耐熱用には琥珀雲母が適し、ストーブの窓等に用ゐるのはこれである。

雲母加工品 雲母を膠着剤で固めて適當の形狀、性質を與へたもので、原料及び膠着剤の種類によつて次の如きものがある。

(1) **マイカナイト** (貼付雲母板) 小形の剝し雲母をシェラック、樹脂等の膠着剤で貼合せて任意の板としたもので次の4種がある。

硬質マイカナイト 製造工程中強壓を加へて膠着剤を搾り出し、その量を5%以下にしたもので、整流子隔板用のものは1%以下に規定することがある。マイカナイト中最も丈夫で熱しても軟化しないが膠着剤にシェラックワニスが多量に使用したものは油に侵される缺點がある。

型造用マイカナイト は膠着剤にシェラックワニス10~20%を用ゐたもので、105~115°Cに熱すれば軟化するから任意の形狀

に型造し得る。主に整流子 Vリング、スロット裏付、プッシングに用ゐる。

可撓性マイカナイト 膠着剤にシェラックとゴム又はヒマシ油の如き不乾性油を加へて常温で可撓性を保たせたもので、この片面又は両面に紙、絹、綿布等を貼付けて補強したものをマイカナイト紙、マイカナイト布、マイカテープ等と稱する。發電子コイル、磁界コイル、變壓器コイル等の絶縁に用ゐる。

耐熱性マイカナイト 膠着剤に無機性のソーダ、白陶土等を使用したものである。用途は電熱器具の絶縁で、450~500°C以下には白雲母を、それ以上には琥珀雲母が用ゐられる。

第6表は電氣協會編纂のマイカナイト仕様書である。絶縁抵抗は約 10^{15} オーム 種、誘電率は 3.3 である。

第 6 表 マイカナイト仕様書 (電氣協會編纂)

	型造マイカナイト板	整流子セグメント用マイカナイト板	可撓性マイカナイト板
比 重	2.15—2.35	約 2.4	約 2.0
厚 偏 差 mm 以下	0.025	0.025	—
膠 着 剤 % 以下	2.0	1.0	—
絶 縁 耐 力 v/mm	32000	32000	20000
大 小 寸 法 cm ²	45×90	45×90	45×90

(絶縁破壊電壓—直径 1.25cm, 厚さ 0.6cm の平圓板電極, 周波数 50~)

(2) **マイカレックス** 雲母粉に硼酸鉛を加へ 700°C 近くで強壓型造したもので、任意の形狀に造り得る。陶器の如き硬度を有しながら強靱にして、穿孔、鋸引、旋盤仕上を施すことが出来る。耐火性強く 450°C に至るも軟化、炭化等の惧なく、特殊品は弧光にさへ抵抗し得るものがある。電氣的性質は第7表の如くで、高周波に於ける誘電性も良好である。

用途は甚だ廣く、電
車用電動機の刷子保持
器の絶縁、電車軌道の
絶縁、水銀避雷器の陽
極電極絶縁、その他懸
垂碍子或は一般低壓及
び通信用碍子等に利用
し得る。耐熱性を利用
して弧光遮断蔽、發火
栓絶縁物等に、又最近

第 7 表 マイカレックスの性質

絶縁耐力KV/mm	12.5—15	20—100°C
固有抵抗オーム ^{cm}	10 ¹² —10 ¹⁵	—
誘電率	8	1000~
力率%	0.2	1000~
電力損K×カ率	0.016	—
膨脹係數	7—8×10 ⁻⁶	0—300°C
比重	3.0—3.3	—
水分吸收率%	0.5以下	24時間浸水
イールドポイント	450°C	—
硬 度(ブリネル)	40—50	—
抗張力 kg/cm ²	600	—
抗壓力 kg/cm ²	1800	—

は高周波に於ける良質を利用して高周波回路の絶縁に利用する。

(3) **マイカ・セロファン** マイカナイトの裏付にセロファンを用
ゐたもので、和紙裏付に比し絶縁高く、空気を遮断して膠着剤の
酸化を防ぎ、かつ熱時粘着をも防ぎ得る。

第 8 表 各種大理石及び

産 地	品 名	岩 石	外 観	顯 微 鏡 的 観 察
山口縣	長 州 中 目	大理石	白 色	等粒質 粒の太さ 0.3mm
福島縣	白龍石	大理石	白 色	粒の太さ 1—1.5mm
朝 鮮	紅 霞	大理石	淡紅色、完晶質、精晶状	粗粒、不等粒質、粒の太さ 3—5mm
茨城縣	寒水石	大理石	白 色	不等粒質、粒の太さ 0.5mm
支 那 天 津	支那白	大理石	白色、石墨及び褐色雲母點在	方解石結晶の太さ 0.5—0.6mm
山口縣	カスミ	石灰岩	淡藍色、質緻密、角岩に類似	薄晶質、介類の化石多量、方解石小 膜あり
山口縣	薄 雲	大理石	白色、不純物に依り汚染	等粒質 粒の太さ 0.1mm
伊太利	伊 太 利 白	大理石	白色、僅かに不純物に依り汚染	等粒質 粒の太さ 0.2—0.3mm
茨城縣	縞 鼠	大理石	灰色、不純物に依り層状に褐色 汚染	等粒質 粒の太さ 0.15 mm

9. **大理石** 緻密な結晶組織を有し、主成分は炭化石灰で、炭
酸苦土、珪酸、粘土、酸化鉄等の不純分を含有する。純粹なもの
は白色であるが、瀝青質炭素を多量に含むものは黒色を呈する。
又種々の金属酸化物を含むものは着色せられ、中にも黒鉄鏽の條
脈や斑點を含むものは導電性を帯び品質最も不良である。

大理石の性質は含有する不純物のため一定しないが、後述のヌ
レートよりは優れてゐる。比重 2.5~2.8, 抗張力 295kg/cm², 膨
脹係數 2.6×10⁻⁶, 吸濕性(24 時間浸水後) 0.32~1.0%, 吸油性
0.35%, 絶縁耐力 4~6.5KV/mm, その他の性質は第 8 表の如く
である。

大理石は古くから配電盤、開閉器板等に使用せられてゐる。適
品が少く、高價のために漸次鉄製品及び型物が代用されてゐる。
大理石の粉末は ワニス、樹脂 等の膠着剤に依つて型造製品の原
料となり、又充填用混和物に混用せられる。

石 灰 岩 の 一 般 的 性 質

炭酸石灰 含有量%	固有抵抗(オーム ^{cm})		誘電率		力率%	
	濕(70%)	乾	濕(70%)	乾	濕(70%)	乾
98.61	9.37×10 ¹¹	3.06×10 ¹³	11.48	11.20	4.97	3.02
98.91	4.42×10 ¹¹	3.36×10 ¹³	10.57	10.40	5.41	2.56
98.86	3.36×10 ¹¹	12.11×10 ¹³	9.16	10.00	4.40	2.41
99.39	2.12×10 ¹¹	4.66×10 ¹³	10.60	9.97	6.52	1.56
96.16	7.8 ×10 ¹⁰	3.23×10 ¹³	10.83	10.04	10.9	1.64
98.39	1.09×10 ¹⁰	5.34×10 ¹¹	10.70	9.81	14.9	1.99
98.52	8.50×10 ⁹	3.24×10 ¹³	11.05	9.85	21.0	1.53
99.48	5.8 ×10 ⁹	7.5 ×10 ¹³	13.00	9.25	18.7	1.81
90.08	1.84×10 ⁹	2.12×10 ¹³	12.30	10.28	33.0	3.34

10. **石盤石** スレートとも呼ばれ、粘土、砂等の水中に沈澱堆積して成層固結したもので、普通粘土と同じ成分を有し、約4%の化合水を含み、多くは酸化鉄又は硫化物等の不純物や炭素分を含有してゐる。一般的性質は大理石に劣るが價格低廉なるため低壓用の配電盤、各種パネルの隔壁板等に廣く用ゐられてゐる。しかしこれとても他の加工製品に漸次駆逐されつゝある。

スレートは粘土、緑泥石を主成分とする粘土スレートと、石灰、雲母、緑泥石を主成分とする雲母スレートの2種がある。前者は有孔性で吸水性大なるため、電気用には専ら後者が用ゐられる。電気用スレートの吸水量は24時間浸水後0.3%以下である。採掘のまゝのものは多量の水分を含むから、自然乾燥又は加熱乾燥に依つて水分を除いた後、油又はパラフィン蠟等を吸収せしめる(吸油量約0.04%)。

スレートは比重2.78~2.9、抗張力245kg/mm²、大理石よりやや硬く、變色の傾向少く、膨脹係數10⁻⁶、劈開性大にして、1.5mmの厚さに剝離することが出来る。

電氣的性質 容積固有抵抗は5⁶~100⁶、絶縁耐力は1.3~3KV/mmで、濕潤なときは電極間に電解腐蝕が行はれる傾向があり、何れにしても高壓用には不適當である。

再成スレート 天然スレートの粉末や種々の天然又は人工練土材料を用ゐて型造したもので、層、脈等を有することなく、これ等の中には電氣的及び機械的に天然スレートに優るものが多い。しかしその製造には未だ相當の經費を要するため、價格低廉ならざる缺點がある。

11. **玄武岩** 玄武岩は塩基性の甚だ硬い火山岩で、これに類似の安山岩と共に最近利用されるに至つたものである。これ等の鑛石を爐中で1300°~1500°Cに熱して熔けしめ、鑄型に流し込んで冷却固化せしめるときは黑色硝子状を呈し、このものは甚だ脆いが、これをその原石に應じて500°~900°Cで焼鈍すときは粒の細かい非常に堅牢なものとなる。本品は鑄込に際し金屬部分を同時に鑄込み得ると、絶縁が破壊した場合に自癒性があつて、破壊した部分は自癒し、自癒した部分は却つて破壊電壓が高くなる等の特徴があり、機械的及び化學的に強く、電氣的性質も第9表に示す如く良好で、且原料は本邦至る所に

第9表 玄武岩熔融物の性質

色	黑色緻密
比 重	2.5-2.9
屈 折 率	1.58-1.59
膨 脹 係 數	10 ⁻⁶
固 有 抵 抗	10 ¹⁵ -10 ¹⁶ オーム・cm
誘 電 率	5-9
力 率	0.1-0.1%
絶 縁 耐 力	55-95 KV/cm
鹽酸に對する溶解度	0.68%
硫酸	0.82%
苛性曹達	0

豊富で將來有望であるが、最近のもので未だ廣く用ゐらるゝに至らない。

12. **硫黄** 硫黄は絶縁物中唯一の固體元素である。固體の間は良好な絶縁物であるが、脆弱にして熔融し易く、且可燃性なる缺點がある。約120°Cで熔融し、注入後比較的速かに凝固するから低壓用のもの例へば通信碍子の心棒、又は開閉器のターミナルの金屬部等はこれを注入して取り付ける。この際膨脹係數を小さくするため、珪砂、硝子粉、輕石粉、セメント等を混用することがある。

第 3 章 合成無機絶縁物

13. 熔融石英 水晶又は石英を熔融して所要の形としたものを熔融石英、水晶硝子、又は石英硝子等と稱し、その成分は無水珪酸である。熔融に高温

を要し、且熔融點と氣化點とが近くて十分流動性のある液體を得難いため原料中に含まれた氣泡を除くことが困難で、氣泡の殘存するものは不透明の製品となる。

性質は第 10 表に示す如く、高熱及び温度の急

變に耐へ、電氣的にも優秀である。又紫外線をよく透過し水銀燈に用ゐられる。用途は價格が高く細工が困難のため化學用品、高温度計、特殊真空管、發火栓、水銀燈等特殊のものに限られる。

14. 硝子 硝子は珪酸(珪砂)、アルカリ(酸化ナトリウム、酸化カリ)及びアルカリ土類(石灰、苦土、酸化鉛、酸化バリウム、酸化亜鉛等)を熔融したもので、種類が非常に多い。

石灰硝子 といふのは成分のアルカリ土類に石灰を使用したもので、これに二種ある。そのアルカリにソーダを用ゐたものをソーダ石灰硝子 又は クラウン硝子 といひ、カリを用ゐたものを カリ石灰硝子 又は ボヘミヤ硝子 といふ。これ等は板、壘、

第 10 表 熔融石英の性質(透明)

比 重	2.15
軟 化 點 (C°)	1400-1700
硬 度	7
膨 脹 係 數	0.54×10^{-6}
比 熱	0.168
屈 折 率	1.54
耐 電 壓 V/ミル	650
誘 電 率	3.5-3.6
固有抵抗(オーム ² cm)	$10^{14}-10^{17}$
力 率 (%)	0.15(10 ⁵ サイクルにて)
耐 壓 力 kg/cm ²	210-560
吸 水 性	微
耐 酸 性	耐ふ(弗素酸、磷酸を除く)
耐アルカリ鹽基性	耐へず(熔融鹽類)

食器等に一般に用ゐられてゐるものである。

鉛硝子 は石灰の代りに酸化鉛を用ゐたもので、フロント硝子又は クリスタル硝子 と稱し、優秀品はアルカリにカリを用ゐ、重くて軟く、且熔け易い。光線を強く屈折するため、光學用品、裝飾品、模造寶石等に用ゐられる。

その他、鉛硝子に似たもので酸化バリウムを加へたバリウム硝子 は押型加工に適する。又 エナ硝子 と稱する堅牢な光學用硝子は珪酸の代りに硼酸、磷酸を用ゐる等種々の種類があつて、これ等と呼ぶのにその成分に従つて、例へば石灰の外に亜鉛を含むものを亜鉛クラウン といひ、又鉛硝子で硼酸を含むものを硼珪酸フロント といふ。

硝子は弗化水素等に侵される外、水にも侵される。硝子が大氣中の水分と炭酸ガスに侵蝕されて曇を生ずる現象を硝子の風化と稱する。硝子の水に最も溶け易い成分は珪酸アルカリで、その溶解されたものは加水分解を受けて苛性アルカリと珪酸とに分解し、苛性アルカリは更に大氣中の炭酸ガスを吸収して炭酸塩に變じ、これは更に水の助を借りて硝子の他の成分を侵し、尙これによつて内部に侵透した水は温度の變化に依つて膨脹し、硝子の表面に微細な龜裂を與へ、かくして硝子は次第に風化して曇を生ずる。故に成分中にアルカリが多ければ水や酸に侵され易くソーダはカリに比して一層甚だしい。又珪酸が多ければ風化に耐へる力を増す。硼酸は硝子の耐水性を増すと共に膨脹を減じ電氣的性質を良くする。鉛及びバリウムは屈折率を増し光澤を與へる。

硝子の製造には硝子の主體となる物質の外に、酸化劑、還元劑

清澄剤，着色剤，消色剤等を調合し、熔融，成形，焼鈍，仕上等の工程を終る。熔融温度は 1500°C 以上で 450°~650°C で焼鈍を行ひ歪を除去する。焼鈍は光學用には特に必要である。

硝子の性質はその成分に依る外、熱處理に依つて著しく相違するが、大體第 11 表に示す如きものである。

第 11 表 硝子の物理的性質

比重	石灰硝子	2.4—2.8	比熱 (カロリー/1°C)0—100°C 熱傳導率 (カロリー/°C厘・秒)	0.08—0.25
	鉛硝子	2.8—3.6		0.0011—0.0028
比重	鉛バリウム硝子	2.8—3.6	石灰硝子 熱膨脹率 0—150°C 鉛硝子 理化學用硝子 バイレックス硝子	11×10 ⁻⁶ —8×10 ⁻⁶
	特に密なる鉛硝子 特輕、硼珪酸硝子	6.5 2.25		9×10 ⁻⁶ 7×10 ⁻⁶ —5×10 ⁻⁶ 3.2×10 ⁻⁶
耐伸力 (kg/cm ²)		400—850	軟化温度(°C)	500—800
耐壓力		6000—12000	失透温度(°C)	700—100
彈性率		5×10 ⁵ —8×10 ⁵	光屈折率	1.5—1.9
硬度 (モ—硬度計)		5—8		

電氣的性質はその成分に依つて異なり、絶縁抵抗は特にソーダの増加と共に減少するが、その固有抵抗は常温に於て 10¹¹~10¹⁴ オーム厘で、周波数が増加すれば減少し、又温度が昇れば著しく低下する。誘電率は珪酸，硼酸の増加に従つて減少し、アルカリ及びアルカリ土類の増加に従ひ増大する。硼珪酸硝子は 4.5~6.5 で、石灰硝子は 6.5~7.5，鉛硝子は 6.5~9 である。力率は 0.015~0.0004 で、蓄電氣用の鉛硝子には 0.00035 位のものもある。耐電壓は普通 5~20 KV/mm で、アルカリ及び酸化鉛の増加はこれを低下せしめる。

電氣的用途は電球，真空管，X線管，蓄電器，各種碍子等で、第 12 表はこれ等用途による原料配合の數例を示す。

第 12 表 硝子成分の配合例

	電球用	電球用	電球用	X線管用	プリズム用	蓄電器用	絶縁用 I	絶縁用 II	絶縁用 III	エナ 16'''
珪砂	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
炭酸加里	36	—	—	—	33	13	14.6	6.5	16.5	—
硝石	3	—	—	20	—	—	—	—	—	1
炭酸曹達	—	33	33.5	36	—	10	2.8	5	12.6	37
マグネシヤ	—	—	—	—	—	—	8.5	—	—	—
鉛丹	20	16	18	—	—	105	—	—	—	—
炭酸石灰	10	14	10	17	—	—	31.6	16	—	20
炭酸バリウム	—	—	—	—	20	—	—	—	70.6	—
アルミナ	1.5	1	—	1	—	—	3.5	—	—	6
酸化亜鉛	—	—	—	—	—	—	—	—	16	10
硼砂	—	—	4.5	4	1	—	16.5	24	—	4
マンガン	0.1	0.1	0.2	—	0.1	—	—	—	—	0.2
砒素	—	—	1.5	—	4	—	—	—	—	—

真空管の中電力の損失が性質上の問題になるもの、又はモリブデン，タングステン等の特殊金属を封入するものは多く硼珪酸硝子に酸化鉛を配合したものをを用ゐる。X線管用にはソーダ石灰硝子が用ゐられてゐるが、最近ではバリウム硝子，硼珪酸硝子等も用ゐられる。蓄電氣用硝子は高電壓使用の方面で使用され、力率が小で誘電率の大なる鉛硝子である。市販のものに邦産エレキ硝子獨逸産ミノスフラッシュエン・グラス等がある。

硝子碍子は主に硼珪酸硝子で、表面漏洩抵抗，誘電體損，風化或は温度の急變に對する抵抗等が著しく改善され、無線電信用即ち高周波回路及び高電壓輸送用に用ゐられるが、尙高價なため一般用には未だ採用されない。市場にある米國産バイレックスは珪酸 80% 以上アルカリ 5% 以下の極めて高珪酸低アルカリの硼

珪酸硝子で、國産テレックス硝子は同じく硼珪酸硝子である。第13表は最近發表された兩者の成績である。

第13表 バイレックス及びテレックスの性質

	バイレックス	テレックス
比 重	2.25	—
軟 化 溫 度	600°C	670°C
線熱膨脹係數	3.2×10^{-6}	3.2×10^{-6}
比 熱	0.2	0.20
耐 電 壓	35KV/100ミル	23KV/mm 27KV/1.2mm
誘 電 率	4.5	4.48
力 率	0.0028(30000サイクル)	0.0028(30000サイクル)
熱 傳 導 度	—	0.0026
容積固有抵抗	—	10^{14} オーム \cdot cm
表面漏洩抵抗	38%	10^{14} オーム \cdot cm
	84%	10^9 オーム \cdot cm

15. 磁器 粘土を主成分として焼成したものに土器、陶器、石器、磁器がある。土器は最も劣等な粘土を原料としたもので釉薬を施さない。土管、煉瓦、瓦の如きものである。磁器は最も進んだもので、陶器の磁器に似たものが石器である。

粘土にその粘性を緩和して収縮を減ずるために脱粘原料（珪石珪砂、或は粘土を一旦焼いて粉碎した焼粉等）を混和し、これに融點の低い加里長石や、粘土中の礬土又は珪酸等と熔融し易い化合物を造る石灰等を溶剤（熔媒剤の義）として加へて焼き、熔けた溶剤に依つて固着せしめたものを素地とし、これに釉薬を施したものが陶磁器である。

陶器は原料が不純で、高温で素焼をした後融點の低い釉薬を施し低温で本焼を行ふもので、素地は不透明、且吸濕性である。

石器は素地が堅固な珪土質で黄褐色を帯び不透明であるが吸濕性はない。施釉しないこともあるが普通食塩釉を施す。これには素焼を行はず、本焼の終に窯の焚口に食塩を撒布し、その揮發したものが素地の表面で長石質の透明な釉を造るのである。

磁器は原料に白陶土（純良粘土）又は石英粗面岩等を用ひ、その素地は白色半透明で吸濕性がない。素焼後石英、長石、粘土、石灰等を混合した釉を施して高温で本焼をなし、これを叩けば金屬性の音響を發する。成分中陶土分を多く含むものは耐熱性強く石英は強度を増し、長石は質を緻密にして絶縁力を増加する。

磁器には軟質と硬質とがある。軟質のものゝ本焼の際の最高温度は $1100^{\circ} \sim 1280^{\circ} \text{C}$ であるが、硬質のものでは $1300^{\circ} \sim 1450^{\circ} \text{C}$ で、碍子には主に硬質のものを用ひる。

電氣用磁器は諸強度と價格の點が主で、必ずしも白色透明なることを要しない。又石器も使用せられ、殊に乾燥焼成に依る収縮が少いから大型のものも正しい寸法に仕上げ得る便利がある。

磁器の性質は次項の第14表中に示してあるが、その膨脹係數は鋼の約 $\frac{1}{3}$ で、碍子の心棒取付に考慮を要するのはこのためである。抗張力は斷面 10 平方 cm^2 のもので 400 kg/cm^2 、斷面 50 平方 cm^2 のもので 200 kg/cm^2 である。石器の抗張力は幾分少いが、大型になるために生ずる強度の減少は磁器よりも少い。

電氣絶縁耐力に對しては質が緻密で氣泡の無いことを要し、これはその製法に關係がある。原料はよく粉碎し、水を加へて泥土状として不純物、粗粒等を除去し、壓濾器にかけて水分を除去し、捏和機によつて良く練り合はせて最も有害なる氣泡を十分に

除去する。かくして得たものを坏土はいどと稱し、これを數日間貯藏して粘力を増加せしめたものを用ゐて成型する。

成型法には乾式と濕式とがある。乾式法は坏土をやゝ乾燥して粉粒状とし、これを鐵型に入れて型造する方法で、小型物の多量製産には適するが電氣的良質のものは得られないから、端子臺、線押せんおさへ、紐線吊等低壓用のものに限られてゐる。濕式法では素地の泥漿でいしやうを轆轤ろくろを用ゐ、或は押出、押型等によつて成型する。高壓碍子の如き複雑な形のものには注入法又は鑄込法と稱し、石膏型に注入して成型する。

16. 磁器類似品

ステアタイト (凍石) 天然珪酸マグネシヤ (滑石) の緻密なもので、原石に加工し、又はその細粉けつちやくざいに結着剤として珪酸ソーダこんを混じたものを磁器同様成型焼成すれば硬く強いものとなり、施釉することも出来る。**ラバ**と稱するものはこの製品である。

ステアタイトに粘土、長石等の磁器原料を混和し 1410°~1460 Cで焼成したものは磁器より緻密で機械的に強く、収縮も少くて大型製品に適する。**メラリット**と稱するものはこの製品で、性質はステアタイトと磁器の中間にあり、外觀も硬質磁器と全く同様である。尙ステアタイトと粘土とを原料とする製品にフリケンチット、ヂバ、マグネトソリット等がある。

アルミナ (酸化アルミニウム) を磁器の如く成型焼成したものに獨逸品の **ジintelコルント** がある。性質優秀にして温度の急變に對する抵抗が磁器、ステアタイト等よりも大なるため、發火栓、碍子等に甚だ優秀である。

第 14 表は磁器及び類似品、硝子等の性質の比較を示す。

第 14 表 磁器及び類似品の性質

	磁 器	石器	ステア タイト	ジ n t e l コ ル ン ト	硝 子
比 重	2.3—2.5	2.5	2.5	3.9	2.2—3.8
耐縮耐力 (kg/cm ²)	4000—5000	4200	6300	5100	6000—12600
抗張力 "	210—520	310	647	350	350
弾 性 率	5—8×10 ⁶	—	10 ⁶	2.35×10 ⁶	5—8×10 ⁶
硬度(モース硬度計)	7—8	—	—	9	5—8
熔 融 點 (C°)	1650—1700	—	—	2050	1000—1500
膨 脹 係 數 × 10 ⁻⁶	3—4	3.5	6	4.6(20—100°) 8.0(20—800°)	3.2—11
比 熱	0.2—0.25	0.19	0.25	0.2	0.08—0.25
耐電壓KV/cm.20°C	90	78	80	46	5—20/mm
誘 電 率	4—7	5.5	5.4	—	4.5—9
固有抵抗(オーム割)	1×10 ¹⁶ (20°C) 4×10 ⁸ (250°C)	—	—	1.2×10 ¹³ (300°) 3.5×10 ⁸ (800°)	10 ¹¹ —10 ¹⁴ (20°)

17. 金屬酸化物

酸化アルミニウム皮膜 アルミニウムを加熱法、電解法、煮沸法等に依つて處理するときはその表面に酸化アルミニウムの皮膜が出来る。この皮膜は 0.0025

~0.01 mm の薄層であるが、耐熱性で絶縁性高く、第15表 (理化學研究所發表) の如き性質を有し、アルミニウム・

第15表 酸化アルミニウム皮膜の性質

耐電壓KV/mm	25—30
固有抵抗(オーム割)	7.5×10 ¹²
表面漏洩抵抗乾 "	4×10 ¹²
同 濕 "	2.3×10 ¹⁰
誘 電 率	3.12—9.99

セル避雷器に専ら用ゐられ、アルミニウム絶縁電線等にも利用せられてゐる。

アルミニウム酸化物は皮膜として利用する外、アルミナを高熱して熔融結晶せしめ、コランダム、ルビー、サファイヤー等を造

り、研磨材料、人造寶石、時計及び電気メーター類の軸受材料等に使用する外、最近は絶縁物にも製造されるに至り、既述のジントロンはアルミナの製品である。

酸化銅皮膜 は絶縁性はあるも未だ實用には用ゐられない。

酸化鐵皮膜 は電気機器用の薄鉄板相互間の絶縁に利用される。

酸化鉛皮膜 はオキサイドフィルム避雷器に絶縁物として用ゐられる外、鉛丹又は一酸化鉛としてセメントの材料、ゴム混和物型造絶縁物、塗料乾燥剤等に用ゐられてゐる。

酸化亞鉛 は亞鉛華として各種絶縁顔料に使用される。

18. セメント セメントは磚子各部の接合、心棒の取付、スキッチ金属部の取付、その他各種の絶縁接合に用ゐられ、石灰石、石膏、金属酸化物等種々のものを主體とし多くの種類がある。

ポートルランドセメントは石灰石（炭酸石灰）と粘土の混合物を焼いて粉碎し、少量の石膏を加へたもので、單にセメントと稱して一般に使用されてゐるものである。類似のものに製鉄の際生ずる鑛滓を原料とする鑛滓セメントがある。

石膏（硫酸石灰）に明礬、硫酸アルミニウム、炭酸加里、硼砂等を混合したものにキーンズセメント、アラバストリンセメント、マルチンスセメント等がある。石膏に一割のデキストリンを混じたものは丈夫な耐熱性を有する絶縁力の優れたセメントで切込形整流子の切込部分を埋めるのに用ゐられる。

以上は水硬性であるが、氣硬性のものにはマグネシヤと塩化マグネシウムとを混合したソーレルセメント、一酸化鉛（リサーチ）にグリセリン $\frac{1}{3}$ を混じたリサーチセメント等がある。

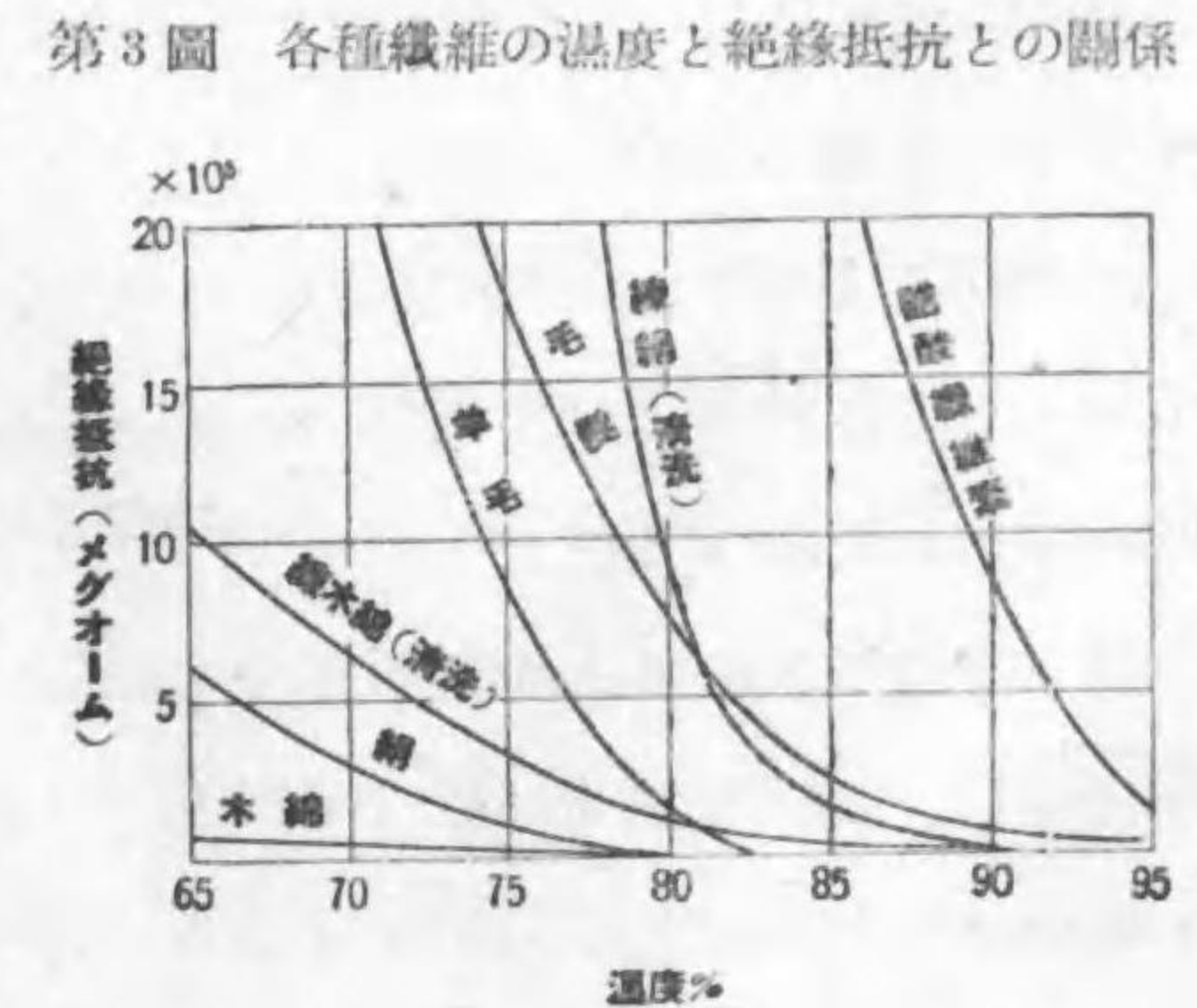
第 4 章 植物纖維及びその誘導體

19. 植物纖維 植物纖維には木綿の如き種子を包む種子毛纖維、亞麻大麻の如き肉皮から得る韌皮纖維、マニラ麻又は藁の如く葉莖から得る稈葉纖維、針葉樹又は潤葉樹の樹幹から得る木纖維の四種がある。純粹の纖維は纖維素（セルローズ）と稱する高級炭水化物 $(C_6H_{10}O_5)_n$ から成り、樹脂質、色素、リグニン（木質）、タンニン、ペクチン（ゴム質）、その他無機物質等を夾雜してゐる。天然纖維中木綿は最も純粹で纖維素に近い纖維である。

植物體中から分離された纖維は糸、布、紙等に加工され、又は化學的に處理して硝化纖維素、醋酸纖維素等の纖維素誘導體として廣く利用せられ、電気材料として重要なものである。

纖維には吸濕性があつて、絶縁性はこれに依つて著しい影響を受ける。植物性纖維は絹、羊毛の如き動物性纖維に比して吸水量は少いのであるが、同じ吸水量に對する絶縁性は劣つてゐる。吸收された濕氣は著しく

絶縁性を害するから、各種纖維の絶縁抵抗は第 3 圖に示す如く大氣の濕度、即ちその時の吸水量によつて著しく變化する。一體純粹の水の電気抵抗は甚だ大きいのであるが、吸收



された水分は繊維中に存在する塩類や、染料、又は漂白剤等に含まれてゐるイオン化物質を溶解するために電導性を生じて絶縁を害するのである。故にこれを清洗してイオン化物質を除去した精練品は絶縁性が大いに改善せられるものである。

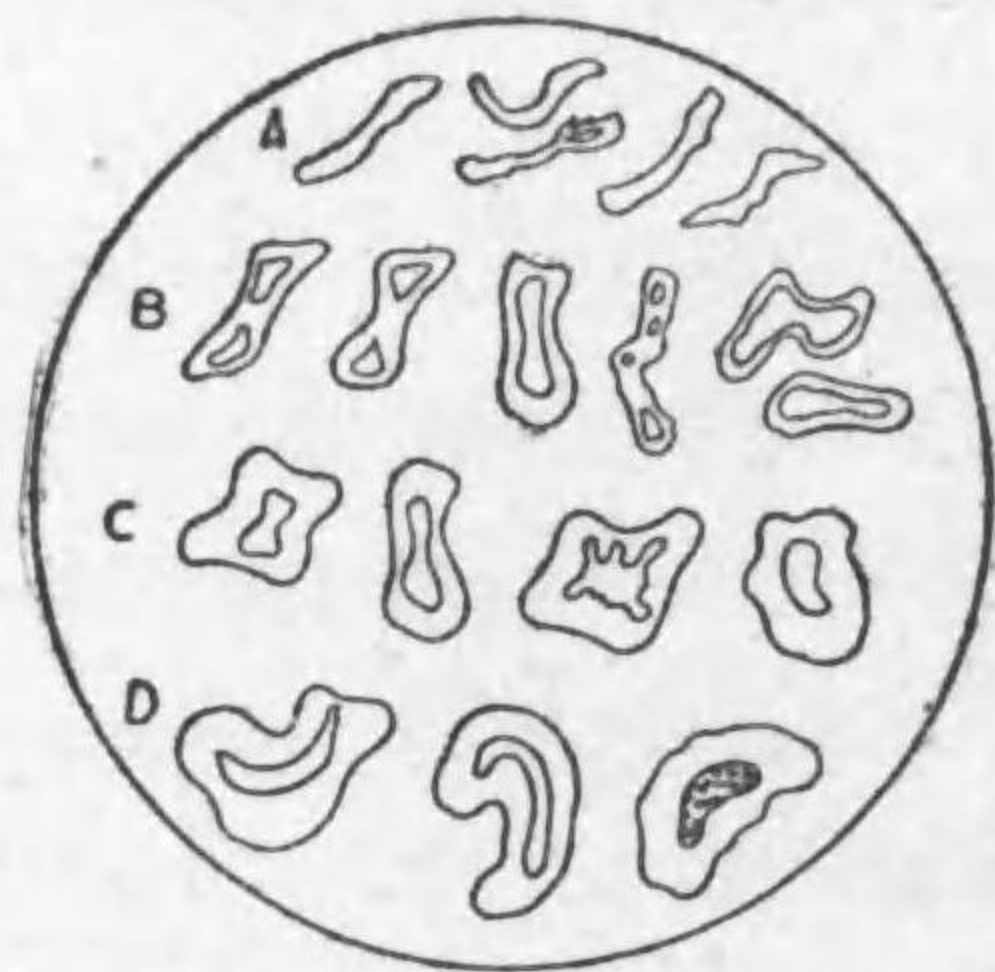
(1) 木綿 木綿は綿花の種子を包む細毛即ち種子毛繊維で、綿糸、綿布を製し或は纖維素誘導體の原料とし、又襪襪は製糸原料に用ゐられる。纖維は細長い管状をなし、一端は閉塞され他端は切斷された不規則な形をしてゐる。その成熟したものは不規則な螺旋形に振れた帶状を呈し、中央に隧道を有するが未熟のものは

隧道の孔も殆どなく、質も脆弱で、普通枯綿と稱へられてゐる。第4圖は各種綿纖維の断面を示す。

抗張力は絹と羊毛の略中間で、弾性は兩者よりやゝ劣つてゐる。吸濕性強く、常溫に於て6~16%の水分を含み、これを乾燥するも、大氣中に10~12時間放置すれば再び元の水分を吸収する。

成分は纖維素の外、少量の水分、蠟質、脂肪質、その他の雜物を含有し、これを熱すれば100°Cまではその水分を失ひ、100°Cを超せば化合水を失ひ質が脆化する。併し150°C位までは冷却すると失つた水分を吸収する。160~170°Cは臨界溫度で分子に

第4圖 綿纖維断面



A 未熟綿纖維(枯綿) B 半熟綿纖維
C 成熟綿纖維 D マーセライド綿纖維

變化を與へて纖維は黄色化し、更に熱すれば遂に炭化し始める。但し長時間熱すると130°C位でも分解するから、最高使用溫度を95°Cとする。

酸は木綿に強く作用し、無機酸は有機酸よりも作用が強い。

アルカリ類は殆ど作用しないが、木綿中に含まれる不純物を溶解して除去する性質がある。但し濃厚なアルカリは纖維素と化合してアルカリ・セルローズを作り、これを水洗すれば分解して纖維素の水酸化物となる。この現象をマーセリゼーションと稱し、マーセライズされたものは收縮して強度と光澤を増す。このものを本邦ではシルケットと稱してゐる。

綿糸 綿花を紡いで糸としたもので、精紡によつて出来たものを單糸或は片撚糸といひ、これに右撚と左撚とがある。單糸を合はせて單糸と反對の撚をかけたものを撚糸といひ、單糸の本數によつて二子撚、三子撚等の名稱をつける。瓦斯糸は綿糸のけばをガスの火焰で焼き取つたものである。

綿糸の太さは番手で示す。番手とは糸の長さ重量との割合でこれを式で示すと

$$\text{番手} = \frac{\text{長さ(米)} \times 0.590551}{\text{重量(瓦)}}$$

細い電線及びケーブルには通常36番手、太いものには10番手位まで用ゐてゐる。

綿糸は漂白剤(漂白粉、過マンガン酸加里)を用ゐて色素を酸化せしめて純白とし、又は色別のため染色して使用する。この際漂白剤が残留し、或は酸性の強い染料を使用するときは著しく強

度を害する。又既述の如くイオン化物質を含むときは吸湿性のためにその電氣的性質を害する。尙天然の木綿繊維は吸湿性の大きな脂肪状物質を含み、これ等は清洗によつて除去し得る。普通販賣の綿糸はこれ等の物質を含むから、電氣用には清洗した練糸を用ゐなければならない。

綿糸は電線の被覆に用ゐ、又は綿糸にパラフィン塗料その他混和物等を含浸して使用する。

綿布には手織、綾織、縹子織等があるが、絶縁材料としては手織、綾織の二者が用ゐられる。電氣協會の仕様書では油及びワニス塗布用綿布を第 16 表の如く規定してゐる。

第 16 表 綿布の品位

	一 號 品	二 號 品	三 號 品
水 浸 液 反 應	中 性	中 性	中 性
遊 離 塩 素	不 含	不 含	不 含
灰 分 (%以下)	0.3	0.3	0.3
厚 さ (mm)	0.0875	0.105	0.145
糸 の 本 質 (經緯1cmにつき以上)	48	36	28
重量 (1m ² につきg以下)	55	80	100

綿布の用途は綿糸同様であるが、又エムバイヤクロス、ペークライトマイカルタ等の生地材料として廣く用ゐられる。

(2) 亞麻 亞麻は亞麻草の莖を醱酵せしめて採取した肉皮纖維で、70~80%の纖維素を含んでゐる。この纖維は數個集つて纖維を造り、透明の管状をなし、厚い細胞壁を有し、所々に節がある。抗張力は木綿より強いが、酸及びアルカリに對しては木綿より弱い。

麻布は高價のため特に摩擦に耐へることを要する場合にのみ使用される。

(3) 黄麻 植物の莖から採るもので、その纖維は木質纖維素リグニンを多量に含むリグノセルローズである。耐久性弱く、濕潤な所に曝せば速かに強度を減じて脆弱となる。黄麻は價格低廉なためタンニンで染め、又は混和物を含浸して耐久性を附與し、電纜の充填物等に使用する。

(4) 苧麻 (ラミー) 植物纖維中強度最も大にして吸湿性少く、熱の傳導良好にして耐熱性あり、纖維は細く裂くことが出来る。木綿、亞麻と同様に使用し得るが、幾分硬質で高價である。

(5) マニラ麻 南洋諸島に産する植物の葉から採る纖維で、長さは約 1.5 米に及び、耐水性、耐久性に富んでゐる。採取の層によつて三種に區別され、外層から採るものは最も強く、中間層のものこれに次ぎ、内層のものは最も美しいが強度は少い。絶縁紙の原料に用ゐられ、主にロープに使用せられた廢物を利用する。

第 17 表はこれ等各種纖維の強さを比較したものである。

第 17 表 各種天然纖維の強さ(苧麻を標準として)

	苧 麻	大 麻	亞 麻	絹	木 綿
抗 張 力	100	36	25	13	12
伸 縮	100	75	66	400	100
捻 回	100	95	80	600	400

20. パルプ パルプは植物體中から適當な純度の纖維素を抽出し、これを細かく離解したもので、普通板状に固めてある。主として製紙及び人造絹糸の原料とし、又型造絶縁物の素地材料とす

る。襤褸は既に抽出された繊維であるから、附着してある油脂、染料、その他の汚れを除き、紡織されてある繊維を離解すればパルプとなる。楮、三桠、雁皮の如き植物の靱皮繊維は繊維素ガベクチンと稱する非繊維物質と結合してあるから、苛性ソーダ又はソーダ灰と共に煮沸した後離解する。藁、竹、マニラ麻、エスパルト（アフリカ、スペイン等に産する禾木科植物）、バカス（甘蔗から糖分を搾り取つた殻）等の稈葉繊維は、ベクチン、リグニン等の非繊維物を含むもので、石灰乳を加へて煮沸した後繊維を離解する。

木材パルプは主に唐檜、樺、梅、松等の針葉樹を用ひ、潤葉樹は繊維が短く、ポプラ、樺、桐等が混合用として用ひられるに過ぎない。これ等木材繊維は優良ではないが、供給潤澤で價が廉いため重要な原料である。

木材パルプは製法によつて多くの種類がある。單に機械的に碎いて木繊維を離解したものを碎木パルプ又は機械パルプと稱し、繊維素を抽出したものではないから、木材中に含まれた非繊維物質の大部分が残留し、これを原料とした紙は容易に黄色に變色して脆弱となる。化學パルプは木質中に含まれるリグニンその他の非繊維物質を化學的に除去し、比較的純粹な繊維素を抽出したもので、これに三種ある。亞硫酸で處理したものを亞硫酸パルプといひ、苛性ソーダで處理したものを苛性ソーダパルプといふ。苛性ソーダと硫酸ソーダの混合溶液を以て處理したものを硫酸ソーダパルプといひ、苛性ソーダのみを以て處理したものより温和なため苛性ソーダ法は殆ど行はれない。特にこの硫酸ソーダ

法をやゝ不完全な程度に止めて、褐色の強靱な繊維を抽出したものをクラフトパルプといふ。これ等は總べて剥皮割碎された木片を薬品の溶液を以て蒸煮し、蒸解せしめるものである。

21. 纖維素誘導體 人造絹糸（レーヨン）として發達したもので、電氣材料として用ひられるものは主として硝化纖維素、醋酸纖維素、ベンジル纖維素等の誘導體である。

(1) 硝化纖維素 は纖維素を硝酸及び硫酸の混合液中に1~2時間浸漬して得られる。このものは綿火薬の原料となるもので極めて燃焼し易く、電氣材料としてはこれを塗料及びセルロイドとして使用する。

セルロイドは硝化纖維素 100、樟腦 30~35、酒精 30~60 を加へてロールにて練り酒精を蒸發せしめ、加温壓延して形成したものである。これを加温すれば柔軟となり加工し易い。

塗料には硝化纖維そのまゝ又はセルロイドをアセトン、アミルアルコール等の溶剤に溶解し、可塑劑としてカストル油その他樹脂等を加へ、弾力性、可撓性、粘着性等を増加せしめ、或は染料顔料を加へ着色して使用する。この種のことをニトロセルローズラッカーと稱し、耐水、耐油、耐久性に富み、乾燥速かにして噴霧法で塗抹され、電氣機器の仕上に用ひられる。

セルロイドワニス はセルロイドをアミルアセテートとアセトンの混合溶剤に溶解したものである。

(2) 醋酸纖維素 は綿纖維を無水醋酸、接觸劑及び稀釋劑より成る醋酸化溶に入れて醋酸エステルとなし、次に醋酸、硫酸、水等の作用に依り水解反應を起さしめてアセトン可溶とし、最後に

纖維素を沈澱せしめ、水洗乾燥して得られる。電気材料としては塗料、型造絶縁物、及び人造絹糸として使用される。

塗料は單に醋酸纖維素を溶劑に溶かし、又はこれに可塑劑を加へたものである。

醋酸纖維素絹糸は醋酸纖維素をアセトン又は醋酸等に溶解したものでから紡糸したものである。人造絹糸の製法には 硝化法、酸化銅アンモニヤ法、ビスコース法、醋酸法 の四種があり、硝化法による硝化式人造絹糸は現在は殆ど使用せられず、一般には酸化銅アンモニヤ式人造絹糸及びビスコース人造絹糸が用ゐられてゐる。これ等は製法は異なるも結局は纖維素を再生するもので、強度少く、吸濕性大きく、電氣の絶縁性に乏しいから、絶縁材料としては不適當でコード等の編組に裝飾的に用ゐられるに過ぎない。醋酸纖維素絹糸は實質が醋酸纖維素であるから價が高く生産は少いが、再生纖維素の缺點を補ひ耐水性が大で絶縁性が高く、強さは尙十分ではないが將來有望である。

醋酸纖維素は難燃性で、火焰に觸れた部分は燃えるが燃焼を傳導することなく、又爆發性もない。温めれば柔軟となり、150°で褐色を帯び、漸次黒褐色を呈して 300°C で静かに炭化する。油及び揮發性油に作用されないから塗料として有望で、ゴム又は編組に塗布してこれを耐油性とし、又吸濕性が小さいから、木綿、絹等に塗布してその絶縁性を改善し、或は直接銅線に塗布して絶縁電線を造る。このものは皮膜に瑕瑾少く小皮膜電線に適する。

(3) **ベンジル纖維素** バルブを濃苛性ソーダに浸漬してアルカリ纖維素とし、これを壓搾してクロルベンジルを加へ、100°C 又

はそれ以上の温度で反應せしめ、酒精で洗滌して得られる。可塑性物質の原料として注目されてゐる。

(4) **セロファン紙** 亞硫酸バルブをアルカリ纖維素とし、これに二硫化炭素を作用せしめて纖維素ザントゲンソーダとし、これを水に溶解して得る粘性の溶液をビスコースと稱し、ビスコース人造絹糸はこれを酸及び塩類溶液から成る凝固液中に射出して糸としたものである。セロファン紙はこのビスコースを凝固液中に細隙から流し出して薄膜状としたもので、水、硫化ソーダ液及び酸を以て十分清洗し、グリセリン溶液に浸漬して柔軟性を與へ乾燥したもので、濕氣や油を透す缺點はあるが、雲母裏付、ゴム絶縁編組の中間被覆、可熔片筒消弧用等に用ゐられる。

各種纖維誘導體の性質は第 18 表に示す。

第 18 表 纖維素誘導體の性質

	セルロイド	セロファン	醋酸纖維素 皮 膜	醋酸纖維素 絶縁電線	ベンジル 纖維素
比 重	1.3~1.5	—	1.2~1.35	—	1.2
軟化點 (°C)	60~95	—	150 多少褐色 200 黒 褐 色 300 炭 化	—	—
熔融點 (°C)	—	—	183~234	—	—
吸 水 量 (%)	0.2~1.0	10~20	1.0~4.0	—	0.5~1.0
耐 電 壓 (KV/mm)	0.85~1.5	36.6	72(25°C83%)	11.6 濕	154
固 有 抵 抗 (オーム厘) (22°C)	$2-4 \times 10^{10}$	3.8×10^9	5×10^{13} (50%R.H) 1×10^{13} (70%,)	3.2×10^{14} 乾 1.5×10^{13} 濕	1×10^{13} ~ 2.1×10^{16}
表面漏洩抵抗 (オーム厘) (50%R.H)	5×10^{10} 60%R.H 9×10^9 (80%,)	2.3×10^{12} (50%R.H)	3×10^{14} (90%R.H)	—	—
誘 電 率	—	4.3~15	4.4(50%R.H) 5.0(70 %)	4.64 乾 6.03 濕	3.10~3.26
交 流 導 電 率 (オーム厘)	—	3.4×10^{-9}	9×10^{-12} (70%R.H)	7.75×10^{-11} 乾 1.30×10^{-10} 濕	2.7×10^{-11} 27.3×10^{-11}
抗 張 力 (kg/mm ²)	4~5	7~14	4.3	—	10

22. 木材 木材は電柱及び腕木として多量に使用される外、各種機構材料及び絶縁材料として用ゐられ、又その繊維はパルプとして利用されることは既に述べた通りである。

電柱用材としては杉を主とし、落葉松、エゾ松等にクレオソート、バデリット、硫酸銅を注入して防腐したものを用ゐる。腕木にはケヤキを主とし檜、檜等が使用される。

木材は加工し易く、電氣的性質も良好であるが、吸湿性強く、爲に絶縁耐力を著しく低下する。故に絶縁材料として使用するには、絶縁ワニス、パラフィン、絶縁コンパウンド、礦油、亞麻仁油、各種乾燥油、石炭酸樹脂等を乾燥直後に塗布、浸漬、真空又は加圧注入等の方法により含浸せしめる。含浸量は木材の種類に依て相違し、檜の如きものは含浸し難い。第 19 表は注入の難易を示すもので、絶縁材料としては楓、櫻等が適し、マホガニー、チーク、トネリコ、松、杉、桂等も用ゐられる。

第 19 表 真空含浸によるパラフィン注入量

樹種	檜	櫻	胡桃	桂	櫻	朴	松	鹽地	檜	杉
含浸量%	4.9	19	33	39	41	55	57	59	92	121

第 20 表 各種木材の抵抗

樹種	水分	抵抗 (メガオーム) (試料 4cm 立方體)		
		木口	柱目	板目
白 檜	15.3	1.200	7.400	4.500
ブ ナ	16.1	1.900	9.810	4.220
杉	16.8	0.850	2.270	1.830
赤 松	17.5	4.600	11.010	10.930
檜	17.0	1.490	5.810	3.450
檜	15.4	10.730	38.500	35.300
ミ ツ メ	19.3	1.660	7.580	5.780
イ ス	25.6	0.158	0.620	0.441

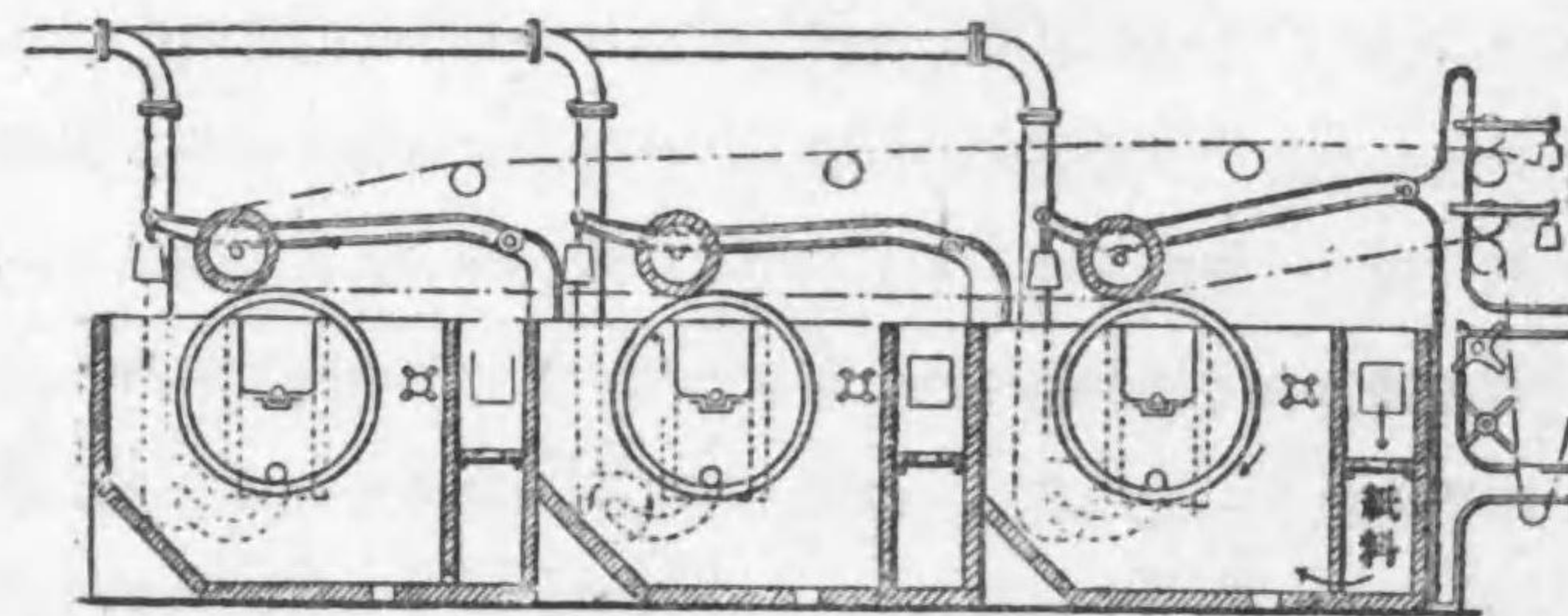
23. 紙 紙は植物繊維の搦み合ふ力を利用してこれを薄層に抄造したもので、楮、三桠、雁皮、木綿、マニラ麻、木材、藁、等種々の繊維を使用の目的に従つて適宜混合し、これに表面を平滑にし、且印刷インキを吸収せしむるために填料として白土、タルク (滑石) 等の粉末を混じ、尚耐水性を與へて筆記等に適させるためサイズを加へ、ビータ (叩解機) の水槽中に入れて繊維を叩解し、その糊状となつたものを漉いて乾燥したものである。サイズは普通ロジン石鹼を用ゐ、これに明礬又は硫酸アルミニウム等を加へて繊維に固着せしめるのであるが、澱粉、膠、樹脂等を用ゐることもある。

叩解の方法は紙質を左右するもので、原料パルプの繊維はまだ小繊維の分岐なく、粗剛で、搦み合ふ性質乏しく、又長さ等も適當でないから、これを截斷、引裂、壓潰等によつて適當の大きさの膨大柔軟なものとする必要がある。この工程を叩解といひ、遊離状叩解と稱して截斷を主とし、引裂、壓潰を避ければ水漏の早い多孔質の弾力ある紙が得られ、粘状叩解といつて截斷を避け、引裂、壓潰を主として叩解し、繊維を強く膨軟ならしむるときは緊密な水漏の遅い強靱な紙が得られ、これ等の中間の叩解を行へば種々な紙質のものが得られる。

叩解を終へた紙料は夾雜物を漉し去つて抄造する。抄造には手漉と機械漉とあり、機械漉には長網式と圓網式とがあつて、夫々品質の異なつた紙が出来る。手漉は小規模であるが機械漉の及ばざる上等紙を造り得るから、特種の紙は手漉に依つてゐる。機械漉は普通長網式で、これは無端の漉網の上に紙料を流し出し、網

に横の水平動を與へて纖維を搦み合はせながら（これをセーキといふ）網を紙料の流と同じ方向に進めつゝ紙層を造り、その進行中に紙層の脱水を行つて濕紙の状態とし、これを乾燥部に送つて加熱筒を周つて乾燥せしめる。圓網式では圓筒形の枠に金網を張つたものを紙料槽内に装置し、圓筒を廻轉しつゝ筒外の紙料との間に水準の差を生せしめ、その水壓によつて網面上に紙層を造つたものを毛布上に取上げて乾燥する。この式は構造が簡單で小規模の工場に適し、手漉の代用品を造ることが出来、又これを數ヶ連続すれば容易に漉合を行ひ得る。但し圓網式ではセーキを行はないから纖維の搦み方が横に少く、従つて紙の強さが縦の方向に強くて横の方向に弱く、その差が著しい。

第 5 圖 三枚漉合せ用圓網式抄紙機



右端の圓網上に出来た紙層はフェルトに附着して左方に運ばれ、更に次の圓網の紙層がこれに重ねられる。

(1) 電気絶縁用紙 以上は普通の紙について述べたのであるが、電気用絶縁紙には主として木綿、マニラ麻、クラフトパルプ等を原料とし、填料及び樹脂以外のサイズを使用せず、且特に必要ある場合の外は、漂白、染色等を行はないものを用ゐる。

紙は吸湿性があり、常温に於て 4~12% の水分を含むため、

鉛皮等に依つて湿気から保護されるか、又は耐湿性物質を含浸せしめなければ絶縁體として使用し得ない。尙良質の紙でも 120°C 以上に熱すれば變質脆化し、リグニン質の多い木材パルプを原料としたものは 90°C で變質脆化するから、使用上注意を要する。

紙は既述の如く、原料纖維の種類、叩解の程度、抄紙法等に依つてその品質を異にし、種類は極めて多いが、電気絶縁用紙としては、電纜用、蓄電器用、各種電気機械絶縁用等に分けられる。

電纜用紙には通信ケーブル用のものと、動力ケーブル用のものと 2 種ある。

通信ケーブルは鉛管内で極度に乾燥され、その心線間の絶縁は主として乾燥空氣に依るもので、紙は只各心線間の隔避に役立つに過ぎないとされる。それ故成るべく薄い紙に不規則な皺を設けて螺線状に一層だけ捲付け、容量の小さい空間能率のよいものとして十分乾燥して用ゐるのであるが、心線に捲く場合に切断することのないやうに、厚さが一様で且縦の方向に抗張力の大なる紙を必要とする。このやうな紙には圓網式で合せ漉を行つたものが適し、尙捲き上げた後に加熱乾燥するから變質しないやう、又耐久力の大なるやう純マニラ紙を用ゐてゐる。しかし近來はクラフトパルプを混用するものがある。我が國市内ケーブル用絶縁紙の規格によると、主要原料に長き強靱な纖維を用ゐ、金屬、澱粉、その他吸湿性物質を含まず、質及び厚さが均等で、乾燥完全、水浸液反應は中性、不分離纖維僅微、可溶性無機塩類 1.0% 以下、灰分 3% 以下、吸湿量 12% 以下、裂斷長は 0.5 耗心線用のものは 5.5 耗、0.65 耗以上の心線用のものは 4 耗以上としてある。

動力ケーブル用紙は高圧に耐へる必要があるので、厚い強靱な紙に絶縁コンパウンドを含浸せしめ、又は礦油を充填して使用する。絶縁耐力は絶縁紙の氣密度（空氣透過抵抗度）の高い程大であるが、粘状叩解を行つて纖維を崩し、密着せしめて氣密度を著しく増したものは耐電圧は高いが誘導體損が多く、可撓性も減ずるから、現今ではマニラ麻又はクラフトパルプを適當に叩解して抄造後カレンダー（艶出し等に用ゐるロール機）にかけて壓縮して氣密度を高めたものを使用する。

抗張力は經 $490 \sim 560 \text{ kg/cm}^2$ 、緯約 245 kg/cm^2 で、伸は經 2~2.5%、緯 4~5% である。これをよく乾燥して絶縁混和物を含浸せしめると抗張力は約半減する。

蓄電器用絶縁紙 には厚さ 0.013~0.025mm 位の薄い紙を用ゐる。かやうな薄い紙を薄葉（チッシュ）と稱し、蓄電器用には木綿を原料としたコンデンサー チッシュと稱するものと、雁皮、三極等を原料とした薄葉日本紙とがある。前者は均質で針孔なき様注意して抄造し、通常パラフィン等を含浸して使用する。

電氣機器絶縁用には 0.02~0.1 mm 位の厚さの紙が用ゐられ、これには、クラフト紙、サルファイト紙、グリーズブルーフ紙、襤褸紙、マニラ紙等がある。

クラフト紙はクラフトパルプを原料とした紙で、褐色を呈し、甚だ強靱で、ケーブル用紙、ワニス絶縁紙、雲母製品裏付及びマイカルタの如き成層絶縁物に用ゐられる。

サルファイト紙は亞硫酸パルプを原料とした紙で、多くは用ゐられないが、時に雲母製品の裏付、薄鉄板コア間の絶縁等に用

ゐる。

グリーズブルーフ紙はパラフィン紙ともいひ、電氣用のものは硫酸等の薬品を用ゐず、化學パルプを極度に粘状叩解し水化状態として造つたもので、絶縁被覆及び高級ワニス絶縁紙として用ゐられる。

襤褸紙は木綿纖維を原料とするもので、従つて耐久性に富み、捲線間の絶縁、特殊ワニス絶縁紙の原料等に用ゐられる。

マニラ紙にはマニラ麻の纖維のみの純マニラ紙と、これに化學木材パルプ等を混じたものがある。純マニラ紙は主にケーブルに用ゐられる外、成層絶縁物に用ゐられ、木材パルプを混ずるものはローブペーパー等に用ゐられる。

(2) 板紙 プレスボード又はフラーボード等と稱され、紙と同様に紙料を調製し、抄紙機の圓網に十分な厚さに達するまで幾層も紙料を吸着せしめたものを乾燥し、カレンダーを通して仕上げたものである。

プレスボードの原料に木綿、亞麻を用ゐたものは電氣的性質良好で、強靱且柔軟であるが、黄麻、マニラ麻、木材パルプ等を用ゐたものは剛性で可撓性乏しく、高温で脆化し易い。その木材パルプを原料としたものをプレスパンと稱し、原料の関係上耐久性乏しく、機械強度も幾分劣る。又軟質劣等なプレスボードをミルボードと稱する。

板紙の厚さは 0.8~2.4mm で鼠色から赤褐色まで種々ある、比重は 0.9~1.4 で、比重の大なるもの程緻密で耐電圧が大きいが、厚さ 250 ミルのもので 220~280V/ミルである。厚さと耐電圧と

の関係を油中で試験した結果は第6圖に示す如くで、礦油を吸収するときは耐電壓は倍加する。

力率は3~4%、誘電率は4.5~5、抗張力は經550~650kg/cm²、緯250~300kg/cm²である。

用途は端子板、開閉器板、層狀絶縁物、油入變壓器部分品等である。

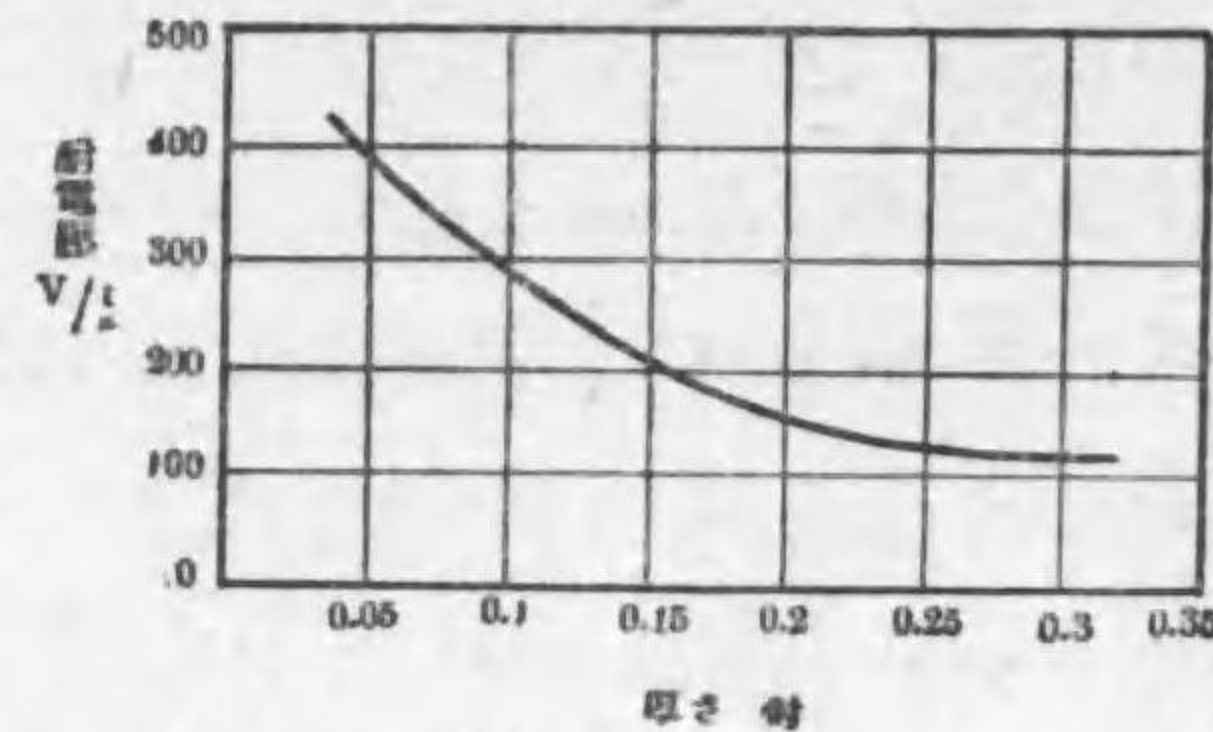
(3) **バルカナイズト・ファイバー** 略して單にファイバーとも稱し、木綿、麻、木材パルプ等を原料とせる紙を40°C位の温度の塩化亞鉛67~75%溶液中を通過せしめ、表面を膠化させて粘着性となつたものを加熱ロール上に幾層も巻き取り、これを壓着して洗滌したもので、灰色であるが、これを赤色又は黒色に着色する。電氣用には染料等の使用を避けて着色せざる灰色のものが最も適し、その性質は第21表に示す如くである。

第21表 バルカナイズト・ファイバーの性質

厚 　　さ (mm)	0.89~32	抗 張 力 (經, kg/cm ²)	700~850
比 　　重	1.2~1.45	(緯, ")	450~550
硬 　　度 (ショアー)	25~170	絶 縁 耐 力 (kv/mm)	9~16
吸 水 量 (24時間浸水%)	25~50	誘 電 率 (%)	5~6
膨 脹 係 數 (經)	0.000025	力 　　率 (%)	5
(緯)	0.000052	固 有 抵 抗 (乾燥) (オーム 綫)	10 ¹¹ ~10 ⁹

羊皮紙 (パーチメントペーパー) はバルカナイズト・ファイバーを

第6圖 板紙の厚さと耐電壓



唯一層だけで製したもので、良品は裂断面が滑かて鋸齒状を呈するが不良品は紙の様に纖維質を見せてゐる。

纖維の膠化に藥品を用ゐず、叩解を極度に行ひ粘狀となせる紙料から製造せるものに、ホーンファイバー、ハードファイバー、レザロイド、ファイバロイド、フィッシュペーパー、アマリン等と稱するバルカナイズト・ファイバー類似品がある。

ファイバーには硬性と可撓性の二種があり、後者は吸濕性の物質を含むことが多いから電氣用には不適當である。併し兩者共強靱で加工容易、且寒暑、摩擦、振動に耐へ、廉價であるから、その一般用途は頗る廣汎である。電氣的にはコイル枠、可熔片筒、その他各種絶縁物に使用される。

第22表はこれ等處理紙及び板紙の特性を示したものである。

第22表 處理紙及び板紙の性質

	レッド ロープ紙	パーチ メント紙	ホーンフ ファイバー	レザ ロイド	プレス ボード
原料纖維 (主なる)	マニラ麻	ウッド パルプ	大 麻	木綿纖維	マニラ麻
厚 　　さ (mm)	0.13~0.25	0.13~0.25	0.13~0.76	0.8~1.6	0.8~2.4
抗張力 (經) (kg/cm ²)	750~900	700~1000	300~500	1000~1200	550~650
(緯) (")	300~400	300~400	130~200	500~650	250~300
絶縁耐力 (KV/mm)	9~11	9~11	8~10	11	7~12

第 5 章 蛋白質系絶縁物

24. 絹 絹は蠶が口頭にある左右の管から吐き出す粘液が空氣に觸れて凝固したもので、左右の糸は吐出口で合着する。吐き出した儘の纖維を生糸と稱し、主成分はフィブリン (C₁₅H₂₃N₅O₆)

で、外部はセリシンと稱する膠質その他の不純物(全體の 20~25%)を以て覆はれてゐる。これを熱湯、又は石鹼、ソーダ等のアルカリ性熱溶液を以て精練^{せいれん}するときはセリシン等は溶出して纖維は二本に別れ、平滑で白色光輝ある絹糸(フィブロイン)となる。

生糸は木綿より吸濕性が大きく、通常 10~12%、湿度の大なるときは 30% にも達するが、精練したものは 5~8% に減ずる。抗張力は甚だ大にして 4,500 庇/平方厘、伸張率は 15~20% である。

酸に對しては木綿よりも強いが羊毛よりも弱く、殊に濃厚^{のうこう}な無機酸及び濃厚な熱有機酸には直ちに溶解する。アルカリに對しては木綿よりも弱く、羊毛よりも強い。濃厚な苛性アルカリは忽ち絹を溶解する。

絹糸の精練したものは電氣的性質良好で、天然纖維質材料中第一位であるから、絶縁電線に絹巻として用ゐられることが多い。

屋内飼育の蠶即ち家蠶から取る普通の絹糸の外に、クヌギ、ナヲ等の林木に野生繁殖する野蠶から取る絹糸に、柞蠶絹糸、天蠶絹糸等がある。

柞蠶絹糸は纖維が扁平で家蠶絹糸より太く、黄褐色を呈し、表面に無数の空隙^{くうげつ}があり、従つて吸濕性が大で絶縁性が劣る。併し實用上には大差なく、廉價なので絹糸に代用される。

天蠶は山繭とも稱し、本邦特産の野蠶で、纖維は淡黄色を帯び、柞蠶より細く、吸濕性も少くて普通 10~14% である。

25. カゼイン 牛乳中の蛋白質^{たんぱくしつ}で、3~3.5% 含まれてゐる。牛

乳を急速度で廻轉して脂肪を分離した後、50°C 位に温め稀薄酸を加へて凝固せしめたものを洗滌乾燥せしめて得られる。水及び稀薄酸に不溶解であるが濃酸及びアルカリに溶解する。

カゼインは塗料及び型造絶縁物の原料となり、又硬化處理^{かたくわしり}に依り板及棒状にしてこれを加工し、種々の製品とする。

カゼイン製品は着色が自由で、研磨すれば光澤を發してセルロイドに似る。難燃性^{なんねんせい}であるがセルロイドより可撓性乏しく、吸濕性甚だ大なるため、明礬、ホルマリン、タンニン等で耐水性を増して使用する。耐電壓は乾燥状態で 16000 V/mm であるが、5~10% の吸濕時には 4000 V/mm、24 時間浸水後は 600 V/mm になる。故にカゼイン製品の電氣的用途は、殆ど乾燥せる場所、或は低壓用器具に限られ、本邦の如き温度の高い所では不向である。

第 6 章 石油系絶縁物

26. アスファルト 固體又は半固體の瀝青質^{れきせいしつ}の混合物である。瀝青質(ピチューメン)とは炭化水素及びその誘導體の混合物をいふので、その中には天然瓦斯の如き氣體のもの、石油の如き液體のもの、アスファルトや石炭の如き固體のものがある。

アスファルトには石油が地層中で自然の蒸溜作用を受けて出来た天然アスファルトと、石油精製の際の殘溜物として得らるゝ石油アスファルトとがあり、両者は殆ど類似のもので、一般に硫黄及び微量の窒素並びに酸素の化合物を含み、天然アスファルトは多量の無機物を含んでゐる。南米トリニダットは最も著名なる天

然アスファルトの産地である。北米産のギルソナイト及びグラマハイトは熔融點の高い天然アスファルトで甚だ脆弱であるが、これを濃厚重油に溶解してゴム状物質としたものは膠着力に富み温度の感受性少く、絶縁材料に使用される。

アスファルトは鋪道材料等に用ゐられ、天然アスファルトの生産は需要を充たすに足らず、大部分は石油アスファルトが使用される。天然アスファルトは灰分多く硫黄の含量は2~10%であるが、石油アスファルトは灰分少く、硫黄は2%以下である。

石油アスファルトは製法によつて、直溜アスファルトとブローンアスファルトの二種がある。石油の原油は各種炭化水素の混合物で、脂肪屬炭化水素を多量に含むパラフィン基原油と、多量のナフテン屬炭化水素を含むアスファルト基原油とがあり、ガソリン、燈油、軽油等を分溜した後、前者からはパラフィン(石蠟)を採取し、後者からはモービル油、機械油、及びアスファルト等を採取する。故にアスファルトの製造にはアスファルト基原油又は混合原油を原料とする。

直溜アスファルトは原油を蒸溜釜に入れ、過熱を避けるため蒸氣を吹込みつゝ下底より熱して360°C以下で比較的揮發性のある機械油までを溜出せしめた後これを冷却したもので、蒸溜に長時間を要し、加熱のため製品を害する恐がある。これを真空中で蒸溜して蒸溜時間を短縮すれば優良な製品が得られる。

ブローン(空氣吹込)アスファルトは原油を蒸溜して前の如く機械油まで溜出せしめ、釜の残油たる重油に約230°Cに於て空氣を吹込んで製造したもので、炭化水素が酸素のため酸化されて熔

融點を上昇し、硬度を増し、温度による硬度の變化も少く、品質が優良である。

アスファルトは防水性があり酸、アルカリに侵されず、可塑性があり、電氣的性質も優良であるから、絶縁塗料、型造絶縁物、各種の混和物、電纜の絶縁物、充填用混和物等に多量に使用されてゐる。併し耐熱性に乏しく容易に軟化熔融するから、電氣用には多くブローンアスファルトを使用する。ブローンアスファルトの誘電率は3.07~3.12、容積固有抵抗50~72×10¹³オーム・センチ、絶縁耐力は純粹のもので100~400V/ミルである。

27. 硫化ビチューメン アスファルトに硫黄を加へ、加熱して重合せしめたもので、耐濕、耐酸性があり、絶縁力も良好である。鑛山又は藥品工場特殊な場所に用ゐる電纜の被覆に用ゐられる。

28. ビッチ 蒸溜物の残渣をビッチといふ。石油ビッチは石油の蒸溜に際し生成する残渣で、石油アスファルトに似てゐるが脆くして弾力乏しく、熱に對して弱いから、地下電纜の保護用混和物等に用ゐられるに過ぎない。コールタービッチは石炭タールの残渣で、電池封塞用混和物、アークランプ用カーボン、乾電池電極カーボン及び型造絶縁物等に使用される。ステアリンビッチは動物性油脂の蒸溜残渣で、弾性を有し高温に耐へるので、塗料、混合物、エナメル軟化剤等に用ゐられる。その他木タールビッチ、ロジンビッチ等がある。

29. パラフィン 及び 地蠟 パラフィンは主にパラフィン基原油分溜の際に得られる白色半透明結晶性の固體で、揮發油には

よく溶解するが、酸、アルカリ、水などに對して抗力が強い。熔融點は 38~70°C で優良品は高い。誘電率は 1.9~2.5, 絶縁耐力 8~12 KV/mm, 容積固有抵抗 10^{10} ~ 10^{10} オーム種である。

パラフィン^{キヤロシ}は布, 木材, 紙等の吸濕性材料^{ガムシ}に含浸せしめて絶縁耐力, 力率, 吸濕性等を改善し、又はゴム混和物等に用ゐる。

地蠟(オゾケライト)はパラフィンを含有する物質が地中に於て自然乾溜を受けて生じたパラフィン類似の礦物性蠟で、黄色乃至黒色を帯び、熔融點は普通 62~82°C, 誘電率 2.1, 固有抵抗 4.5×10^{11} オーム種である。オゾケライトを精製漂白した白色のものをセレシンと稱し、熔融點 60~90°C, 誘電率 21~22, 容積固有抵抗 5×10^{10} である。これ等はパラフィンと同様に各種の絶縁混和物に使用される。

30. **ペトロラタム** 石油を蒸溜する際に過熱すると、分解して有害な炭化水素を増し、且パラフィンは結晶性となるから、優良な機械油などを得るためには、蒸氣を多量に吹き込むとか、或は真空蒸溜を行ふ等により、成るべく過熱を避ける。故に良質の機械油原料中には非結晶質パラフィンが含有される。ペトロラタムは之から除去せられる非結晶質パラフィンで、機械油精製の副産物として得られ、ソゼリンは之を精製したものである。ペトロラタムには軟質パラフィンと重質機械油とを混合して造つたものがある。これは質が均一でなく、電氣用には不向である。

ペトロラタムは白色または濃緑褐色^{ニク}の軟膏状のもので、誘電率 2.3~2.9, 絶縁耐力 13~21 KV/mm, 容積固有抵抗 10^{11} ~ 10^{13} オーム種で、主に電力用電纜^{ケーブル}の紙絶縁體含浸混和物に用ゐられる。

31. **絶縁用鑛油** 機械油と同じ蒸溜度のものを尙細かく分溜し、且硫酸、アルカリ、水、酸性白土等を用ゐて十分精製し、各種不飽和炭化水素^{オレフィン}, 樹脂質, アスファルト質等を除去したものである。

(1) **變壓器油** 嘗ては綿質油, 樹脂油等が使用されたが、良品を得難く、價も高いために、専ら鑛油が使用されてゐる。

變壓器油にはパラフィン系のもの, ナフテン系のもの, 及びこれ等を混合したものがある。使用の性質上、絶縁耐力の大なること、熱の放散に適すること、發火の危険なきこと、變壓器の材料^{材料}を侵蝕^{シロク}せざることを要し、その規格は日本標準規格第 93 號(第 23 表参照)に示してある。

第 23 表 變壓器油の規格

(日本標準規格第 93 號抜萃)

變 壓 器 油	第 一 種	第 二 種
比 重 (15°C)	0.91 以下	0.93 以下
粘 度	(20°C) 140 秒 以下	220 秒 以下
	(50°C) 50 " 以下	70 " 以下
	(75°C) 38 " 以下	45 " 以下
凝 固 點	-10°C 以下	-5°C 以下
引 火 點	130° 以上	145°C 以上
蒸 發 量	0.5% 以下	0.2% 以下
絶 縁 耐 力	* 25000V 以上	* 25000V 以下

* 供試油中に 2.5mm の間隙に保ちて徑 12.5mm の球狀電極を置き、常温に於て 50 サイクル又は 60 サイクルの正弦波電壓を加へた時。

第一種のもものは高圧に使用する関係で、温度の上昇を防ぐために引火点の方を多少犠牲にして粘度の少い循環良好な油を指定してある。粘度はレッドウッド氏粘度計を用ひ、一定量の油が細孔より滴下するに要する秒数で定める。

油が酸化すると樹脂物質を析出する。この析出物(スラッジ)は銅等の金属があると成生し易く、これが多量に生ずるときは變壓器捲線間に沈積して局部的過熱を起し、變壓器の絶縁を破壊する。これを防ぐには十分鑛油を精製するのであるが、精製過度なるときは却つて酸化し易くなる。日本標準規格は第9條に徑約70mm, 高さ約100mmのピーカーに試料約40ccを入れ、これを140°Cの油浴内にて8時間加熱して取出し、20時間室内に放置したる後瀘過し、瀘紙上に析出物を認めざることを要すと規定してある。尙吸濕性物質、水分等を夾雜するときは耐電壓を低下し、両者が共存するときは特に著しい。

變壓器油は使用中加熱されて酸化し着色して析出物を生じ又酸性物質を生ずる。かやうな汚損油の不純物及び濕氣を除くには通常瀘過機を用ひ數層の吸取紙を通じて高圧を加へつゝ瀘過して使用する。又油の酸化を豫防するため微量のナフテン酸錫等を混入することもある。

(2) 開閉器油 油入開閉器又は油入遮斷器に使用する鑛油で、變壓油よりも重き油を使用し日本標準規格に依ると、第一種開閉器は比重0.92以下、凝固-30°C、第二種開閉器油は比重0.95以下、凝固點-10°C以下となつてゐる。

(3) ケーブル油 動力ケーブルの含浸用混和物に使用するも

のと充填用に使用するものがある。前者にはシリンダー油に類似の稍々重き油を用ゐるが、後者には變壓器油に近いものが用ゐられる。

第7章 植物性油及び蠟

植物油は脂肪酸とグリセリンとの化合物で、酸素と化合して乾燥固化するや否やに依り、乾燥性油(亞麻仁油、桐油、荏油、罌粟油等)、半乾燥性油(綿實油、大豆油等)、及び乾燥性油(ヒマシ油、オリーブ油等)に大別される。

32. 亞麻仁油 亞麻の種子から採取する油で、空氣中に曝すときは酸素を吸収し、薄層とすれば四五日で乾燥硬化する。亞麻仁油の成分はリノレニン酸、リノリン酸、オレイン酸等のグリセリッドで、熱すればこれ等は重合又は酸化して粘度及び乾燥性を増し、その乾燥皮膜も良好となる。

亞麻仁油の誘電率は約3, 固有抵抗は 10^{13} ~ 10^{16} オーム種で、絶縁塗料、コンパウンド型造絶縁物等に用ゐられるが、多くはボイル油として使用される。

33. 桐油 支那桐の種子から採取する油で、國産桐油はこれに類似し古くから油紙に用ゐられてゐる。橙黄色を呈し、亞麻仁油よりも乾燥甚だ速かで、そのため皮膜に皺を生じ、光澤少く不透明になり易い。これを熱すれば漸次膠化して不溶解性の弾力ある物質になり、支那桐油は250°Cに於て固體となる。皮膜は強靱で耐水性に富み、絶縁塗料として賞用され、亞麻仁油と混合してボイル油とすれば良好なる乾燥膜を生ずる。

34. **荏油** ^{スゴマ}荏胡麻の種子から採取される。^{シヤブツ}煮沸荏油は乾燥速かで、その皮膜は平滑で光澤があり、強靱にして吸湿性少く、亞麻仁油の代用として用ゐられる。

35. **ヒマシ油** ^{ヒマ}蓖麻の種子から採取する不乾燥性油で、比重 0.95~0.97, 凝固点 $-10\sim-18^{\circ}\text{C}$, 粘度頗る高く、華氏 100°C に於けるレッドウッド秒数 1160~1190、航空發動機^{にんくわつ}の潤滑油として最も重要なものである。誘電率 4.7, 固有抵抗 3×10^3 オーム糎, 破壊電圧 20 KV/mm で、絶縁塗料に乾燥硬化を防ぎ柔軟性を與へるために屢々用ゐられ、ケーブル紙絶縁體の含浸混和物にも軟化剤として使用される。

36. **綿實油** 大豆油等の半乾燥性油はボイル油として塗料製造に用ゐらる。

37. **ボイル油 (煮沸油)** 亞麻仁油等の乾燥性油及び半乾燥性油を^{ほうさん}硼酸マンガ、^{しゆじ}樹脂酸マンガ、^{ほうさん}硼酸鉛等の乾燥剤と共に加熱し、空気を吹込んで酸化させた粘度の高い油で、油に亞麻仁油のみを用ゐたものを特に^{きんげんれう}煮沸亞麻仁油と稱する。ペンキの基本原料である。

38. **スタンド油** ボイル油類似のものであるが、その製法を異にし、乾燥剤を用ゐず、加熱温度を更に高め、且酸化を避け主として成分を重合せしめて^{ねんちう}粘稠とした油で、原料及び加熱温度によつて種々の粘度のものが得られ、絶縁塗料に用ゐられる。

39. **ファクチス** 俗にサブと呼ばれ、天然ゴムに^{はいがよぐりやう}配合増量して^{あんか}安價なゴム製品を造るに用ゐられる弾力ある粉末である。褐色ファクチスは乾燥性又は半乾燥性油に硫黄を加へ加熱して得られ、

白色ファクチスは硫黄の代りに塩化硫黄を用ゐる。

40. **モンタワックス** ^{かつたん}褐炭からベンゾール、石油蒸溜物等の溶剤を用ゐて抽出した^{ろうしゆつ}蠟で、白色乃至褐色を呈し、絶縁混和物に多く用ゐられ、その電氣的性質は良好である。

41. **密蠟** ^{みつろう}蜂房から抽出される黄色の蠟で、黄蠟とも稱され比重 0.962~0.975, 熔融点 63°C 、常温で^{くわりよじやう}顆粒状を呈し、温めれば粘性を帯びて^{かたせい}可塑性を示す。パラフィン、樹脂等と混合して絶縁用混和物に使用される。

42. **カルノバワックス** ^{カルノバ}カルノバ・^{バルサム}バルサム樹の葉から採取される黄色又は緑褐色の蠟で、比重 0.99~1.0, 熔融点 84°C 、型造絶縁物及びケーブル製造に用ゐられる。高價ではあるが、少量をパラフィン等に加へてその熔融点を著しく高め得る。

第 8 章 天 然 樹 脂

樹脂の多くは針葉樹から^{ぶんび}分泌した^{せいゆ}精油 (バルサム) の揮發性成分が揮發して固化したもので、化石して地中から出るもの、又は^{こんちゆう}昆蟲の分泌物がある。複雑な有機酸及びその誘導體から成り、水に不溶性なるもアルコール、エーテル等には良く溶解する。

43. **ロジン** 松樹から分泌したターペンチンを蒸溜してテレピン油 (松精油) を分離した^{たんこほくしよく}残留物である。淡琥珀色又は濃赤褐色透明の脆い固體である。誘電率 2.5~2.9, 容積固有抵抗 5×10^{16} オーム糎, 絶縁耐力 24 KV/mm で、含浸混和物に用ゐられ、その他支那桐油と共に塗料及び型造絶縁物の膠着剤に用ゐられる。ロジンは又銅の接合に於ける熔剤、ワニス乾燥剤、及び紙のサイ

第 24 表 各 種 樹 脂

	アセトン	エーテル	エチルアセテート	エチルアルコール	アミルアセテート	アミルアルコール	ベンチン
琥 珀	不溶解	殆ど不溶解	—	殆ど溶解	—	殆ど不溶解	殆ど不溶解
ダンマー (スマトラ)	80	60	一部溶解	一部溶解	溶解	溶解	一部又は殆ど溶解
エレミー (軟質)	一部又は殆ど溶解	殆ど又は溶解	殆ど又は完溶	殆ど又は完溶	殆ど又は完溶	完溶	一部又は殆ど完溶
エレミー (硬質)	一部溶解	一部溶解	同上	同上	同上	一部又は殆ど完溶	一部溶解
ロジン	溶解	溶解	溶解	溶解	溶解	溶解	約90
アソコバール	殆ど完溶	50—75	—	60—85	殆ど完溶	殆ど完溶	約30
ベンゲラコバール	僅か又は一部溶解	—	—	一部溶解	一部又は殆ど完溶	僅か又は一部溶解	僅か溶解
ブラジルコバール	約 80	約60	—	約75	—	約80	約20
カウリコバール	60—90	40—70	—	60—70	殆ど完溶	殆ど又は完溶	一部溶解
コンゴ	60—90	約50	—	20—70	殆ど又は完溶	>80	約40
マダガスカルコバール	約 35	約35	—	26—65	約75	約80	約20
マニラコバール (軟質)	殆ど完溶	70—90	一部溶解	90—100	殆ど完溶	殆ど完溶	僅か溶解
マニラコバール (硬質)	50—90	40—50	僅か又は一部溶解	40—50	一部溶解	同上	同上
ザンチバルコバール	約 25	20—40	—	約70—90	約60—70	約40	約40—50
シエラレオネコバール	一部又は完溶	50—60	—	約40—60	殆ど完溶	殆ど完溶	—
サンダラック	殆ど完溶	殆ど又は完溶	—	殆ど又は完溶	—	同上	僅か溶解
シェラック	50—80	10—25	—	85—98	一部又は完溶	同上	殆ど不溶解
マスチックス	一部溶解	完全に溶解	—	一部溶解	完溶	完溶	僅か又は一部溶解

の 溶 解 度

ベンゾール	クロロホルム	メチル・アルコール	二硫化炭素	氷 醋 酸	テレピン油	四塩化炭素
殆ど不溶解	殆ど不溶解	殆ど不溶解	一部溶解	殆ど不溶解	一部溶解	—
溶解	溶解	60	溶解	一部溶解	殆ど完溶	溶解
同上	同上	一部溶解	同上	—	完 溶	一部溶解
殆ど溶解	殆ど溶解	殆ど溶解	一部又は殆ど完溶	—	一部溶解	同上
完 溶	完 溶	完 溶	完 溶	完 溶	完 溶	完 溶
一部溶解	40—60	約 30	—	殆ど不溶解	約20—30	僅か又は一部溶解
僅か又は一部溶解	—	僅か溶解	—	同上	僅か溶解	—
約 35	約 50	約 55	—	—	—	—
一部溶解	40—60	50—70	—	—	約25—40	約20—35
同上	約40—60	約30—50	—	—	約25—40	約 20
約 45	約 30	約 20	—	—	約 40	約 15
一部溶解	一部溶解	—	—	—	約35—40	約 40
同上	同上	—	—	殆ど不溶解	約20—30	約 30
同上	僅か溶解	約15—30	—	—	殆ど不溶解又は僅か溶解	殆ど不溶解
50 又はそれ以上	約 50	約 50	—	—	—	約 30
僅か又は一部溶解	一部溶解	一部溶解	僅か溶解	一部溶解	一部溶解	15—30
10—20	25—40	完 溶	殆ど不溶解	完 溶	約10—15	5—15
完 溶	一部溶解	一部溶解	僅か溶解	一部溶解	一部溶解	—

ズとして広く用ゐられる。

44. 樹脂油 (ロジン油) ロジンを乾溜すれば $300^{\circ}\sim 400^{\circ}\text{C}$ で得られる暗褐色粘性の液體で、比重 $0.96\sim 0.99$ 、著しい螢光を有し、紙に対する滲透力が優れてゐるため、樹脂を溶解し又は鑛油を混じてケーブル含浸混和物に使用する。

45. コーバル 種々な化石樹脂であるが、生樹から採取する新生樹脂をもコーバルと稱し、産地によつて相違があり、多種である。通常、硬質、半硬質、軟質の三つに分けられ、ワニス及び混和物原料として使用される。

46. 琥珀 地質時代の樹脂が地中に埋れて化石となつたものである。色は黄、赤、緑、乳白等で、硬度は $2\sim 3$ 、主成分は琥珀酸エステルである。絶縁抵抗は非常に高く、これより製造した型造絶縁物アンブroidは極めて優秀なる電氣的性質を有し、精密な測定器の絶縁に使用される。

47. シェラック 熱帯地方でアカシヤ、ミモサ等の樹木の液汁を吸取するラック蟲の分泌物で、樹脂と少量の蠟狀物質より成り、塊狀をなして樹枝を覆ひたるものをそのまま採取してこれをステックラックと稱し、夏冬二回収穫する。シェラックはこれを精製したもので、産地の風土及び製法等により色や性質を異にする。誘電率 $2.3\sim 3.8$ 、容積固有抵抗 $10^{15}\sim 10^{16}$ オーム \cdot cm、絶縁耐力 $10\sim 23\text{KV/mm}$ である。

シェラックには色と性質を變ずるため微量の硫化砒素及び $3\sim 5\%$ のロジンを加へることがある。シェラックの種類中 TN シェラックは半透明な濃橙色の標準品でロジン含有量は 3% 以下で

ある。オレンジシェラックは淡橙色透明の高級品、ボタンラックは熔融したラックを滴下してボタン狀に固めたものでロジン含有量は 5% 以下である。ガーネットラックは赤色棒狀でロジン $5\sim 15\%$ を含む。

シェラックは酒精、アセトン、テレピン、エーテル等に溶解する。膠着性に富み、型造絶縁物、マイカナイト等の膠着剤に使用され、又塗料として使用される。

48. 其他の天然樹脂 ダンマーは蘭領東印度に産するフタバガキ科に屬する樹の樹脂、ステックは地中海沿岸に生ずるウルシ科樹木の樹脂、サンダラックは南アフリカに産する柏亞科樹木の樹脂で、何れも絶縁塗料、型造絶縁物、膠着剤等に使用される。

第 24 表は各種樹脂の溶解度を示す。

第 9 章 人 造 樹 脂

人造樹脂とは天然樹脂に類似した不定形の合成有機物質で、現在知られてゐる製品は、フェノール樹脂、グリブタール樹脂、フルフラール樹脂等十數種がある。

49. フェノール樹脂 1908年米人ベークランド氏はフェノール類の代表物たる石炭酸とホルマリンとを縮合して人造樹脂を造り、これを發明者の名に因んでベークライトと命名して以來人造樹脂が發達したもので、實に人造樹脂の嚆矢である。ベークライトとはフェノール樹脂の登録商品名で、フェノールには石炭酸の代りに廉價なクレゾールが用ゐられる。

ベークライト 石炭酸とホルマリンに苛性カリ、アンモニヤ

等の縮合剤を加へ加熱すると重合して油状の縮合物を生成する。
この初期の縮合物はアルコール等に溶解し又熔融する。これをべ

第 25 表 ベークライト及び製品の性質

	ベーク ライト C	積 層 製 品		型 造 品		
		ベークラ イトマイ カルタ	ベークラ イトデレ ット	鋸屑質料	石棉質料	
比 重	1.27	1.25—1.35	1.34—1.38	1.35	1.89	
硬 度 (ブリネル)	30—45	34—40	28—41	30—38	38—42	
吸水量24時間浸水(%)	0.05—0.4	0.33—1.00	0.21—1.7	0.05—0.2	0.05—0.1	
膨 脹 率	0.0001	0.00002	0.000025	0.00003	0.00002	
絶 縁 耐 力 (V/mm)	26000 —40000	50000 —60000	20000 —40000	450—550 V/cm	150—200 V/cm	
絶 縁 抵 抗 (オーム値)	10^{12} — 2×10^{16}	2.13×10^{13}	3×10^{12}	3×10^{10}	10^{18} — 10^{10}	
表 面 漏 洩 抵 抗 (オーム値) at 90%	10^9 — 10^{15}	10^8 — 10^{10}	10^8 — 10^{15}	—	—	
誘 電 率	5.7—8.85	4—5.2	5.0—5.5	4.5—5.5	2—2.5	
力 率	0.0017 —0.009	0.023 —0.066	0.042 —0.099	0.015—0.07	0.05—0.2	
耐伸強度 (kg/cm ²)	770	700—1000	840	310—360	295	
耐圧強度 (kg/cm ²)	2240	1400—2500	1400—1600	2250—2450	2530	
耐屈曲強度 (kg/cm ²)	1750	1400	—	880	890	
耐 酸 性	大	大	大	大	大	
耐 アルカリ性	大	稍々大	稍々大	稍々大	稍々大	
耐 油 性	大	大	大	大	大	
耐 熱 性	断続的	300°C	180°C	150°C	150°C	300°C
	連続的	150—200°C	125°C	105°C	105°C	150°C
紫外線に対する抵抗力	表面の抵抗を減ず					

ークライトAと稱する。これを更に加熱すると可塑性、不溶解性のベークライトBに變じ、更に加熱して重合を進めると最後に不溶解、不熔融のベークライトCになる。かくの如くベークライトは縮合が進行するに従つて次第に水を放出し、製品の内部に気泡又は龜裂を生じ多孔脆弱となるから加熱の際には加壓釜を用ゐてこれを防止する。最近は何々の物質を添加し常温に於て完全に硬化せしむる方法が行はれてゐる。

最終縮合物たるベークライトCは絶縁物として廣く利用される外、外觀が美しいから美術工藝品としても盛に用ゐられる。初期縮合物ベークライトAはメチルアルコール、アミルアルコール、アミルアセテート等の溶剤に溶解してラッカー又はエナメルとして用ゐ、或はこれ等を紙、布、雲母等と共に積層成品の材料として優秀なる製品が得られる。又石綿、木屑、綿布屑、石灰、亞鉛華、バルブ、雲母粉等を素地材料として各種の造型絶縁物製造に用ゐられる。

ベークライトCは淡黄色又は褐色の光澤ある透明物質で極めて堅いが、弾性及び可撓性に乏しい。第 25 表はベークライト及びその積層製品、型造品等の性質を示す。

積層製品及び型造品は素地材料の種類に依り性質を異にする。

50. アルキッド樹脂 グリセリンと無水フタル酸の如き多基塩基酸とを縮合した合成樹脂で、グリフタル樹脂はその代表的のものである。通常オレイン酸を加へて可撓性を増す。フェノール樹脂に比し、炭化せず、膠着力強く、可撓性に富んだ良質な樹脂で、塗料、型造絶縁物として用ゐられ、特に雲母、石綿、紙、

布等膠着剤として成層絶縁物を造る重要な原料である。又ペークライトに混和してその靱性を増すことが出来る。

51. **アクロレン樹脂** グリセリンを脱水して得られる毒瓦斯アクロレンを重合剤を用ゐて重合せしめたもので、電氣的性質良好で、温度及び湿度に對する變化少く、極めて優良な絶縁物である。

52. **ウレア樹脂** 尿素とフォルマリンから出来る樹脂で、耐熱性も電氣的性質も甚だしく劣るから、電気材料としての用途は少いが、無色透明で、ボラップス、プリスタオル、ビートル等の商品名を有するものはこれに屬する。

53. **ビニール樹脂** ビニールアセテートを高温でベンゾイルパーオキサイド等の接觸剤で重合させた樹脂である。普通市場にはモウイリット、ビニライト、ダルバ等の商品名で販賣され、塗布して防濕効果ありと稱せられてゐる。

54. **クーマロン樹脂** 松脂類似の外観を有し、コールタールから分離したナフサを硫酸によつて重合して得られる。熔融點は10~160°Cで製法によつて大差を生ずる。脆弱ではあるがアルカリに強く、型造物原料として用ゐられるが、重なる用途は塗料で、クマルはその商品名である。

55. **スチレン樹脂** ステロールの重合に依り生ずるメタステロールより成り、無色透明にして絶縁物としては人造樹脂最高品位のものである。周波數の増加に依り却つて誘電體損失が減少する特徴を有し、トロリツル、レゾグラツ、ビクトロン等はその製品名である。

56. **ゴム** ゴムは甚だ弾力に富む工業材料で、アラビヤゴム、タラカントゴム等と區別するため**弾性ゴム**とも稱する。種々の植物の樹皮から分泌する乳狀液から得られるが、熱帯産大戟科のバラゴム樹から得られるものが最良で産額も多く、現今のゴムは殆どこれである。

● ゴム樹皮の内部にある乳管組織を傷つけば乳液が流出する。これをラテックスと稱し、牛乳狀又は淡黄色の液體で、空中で凝固し、ゴム質、水分の外に少量の樹脂、蛋白質、灰分等を含んでゐる。ラテックスを集めてこれからゴム質を分離したものを**生ゴム**（粗製ゴム）といひ、その方法によつて多くの種類がある。南米アマゾン地方では土人が野生のバラゴムから得たラテックスを長い棒につけては椰子の實等を燃やした煙の上にかざして、次第に卵形の大塊とする。ゴム質は煙に含まれてゐる醋酸、アセトン、クレオソート、炭酸瓦斯及び熱等の作用を受けて凝固乾燥する。これを**ファインバラ**といふ。栽培ゴムの場合はラテックスを細目の金網で濾して不純物を去り、これを15~20%位の濃度に薄めた後、醋酸又は蟻酸を加へて凝固させ、ロールにかけて漿液を絞リ、次第に間隙の小さいロールを通して薄板とし、水洗して燻煙室に於て約10日間燻煙乾燥する。この生ゴム板を**スモークシート**と稱する。ロールの間を通すとき兩方のロールの速度を違へれば表面の縮んだ生ゴム板が得られる。これを**クレーブ**といひ、常温にて一二週間陰干にする。ラテックスを塔の頂上から噴霧して、塔内に送入された温かい空氣に觸れて凝固せしめたものを**L. S. ゴム**と稱する。

生ゴムはゴム質(炭化水素)92~94%の外多少の樹脂,蛋白質,糖分,無機塩類等の不純物を含み、スモークシート及びクレープは外觀は異なるがその成分は類似する。L.S ゴムは樹脂,蛋白質等がラテックスのまゝ含有されるから不純物がこれより多い。

生ゴムは常温では弾性に富むが、冷却すれば次第に弾性を失ふ。これを熱すれば約100°Cに於て少しく粘着性を帯び、200°C内外で熔融する。容易に水分を吸収し、又極めて多量の油を吸収する。永く空中に置くときは酸化し、且光線の作用を受けて變質劣化する。かくの如く熱及び光線に對し敏感で、機械的性質も良好でないが、これに硫黄を加へて硫化するときは著しく性質を改善する。故に生ゴムは主として硫化ゴムの原料とされ、そのまゝで使用されること少く、電気材料としては、ゴム被覆線の硫化ゴム層と心線との間に設けるゴム層或はゴムテープ等を使用される位のものである。

ゴムを硫化するには、生ゴムと硫黄の混和物を約150°Cに數十分間加熱する熱硫化法と、生ゴムを塩化硫黄の二硫化炭素溶液に數分間浸漬し又は塩化硫黄の蒸氣に觸れしめる冷硫化法とがあり、冷硫化法は薄ゴム品のみに適適用され、電気材料に用ゐるゴムは殆ど熱硫化のものに限られてゐる。硫化ゴムはその硫黄の量により軟質,硬質の別を生ずる。軟質ゴムはゴムに對し6%内外の硫黄を加へたもの、硬質ゴムは30%前後を加へたもので、エポナイトと稱されてゐる。ゴム製品は硫黄の他に通常、硫化促進劑,補強劑,軟化劑,酸化防止劑,増量劑,着色劑等を添加する。

硫化ゴムは温度の變化に對しその影響を受けること少く、零下

50°C位まで使用に耐へる。電氣的性質は第26表に示す如くで、配合剤を増すに従つて次第に劣化する。

第26表 生ゴム及び硫化ゴムの性質

	生 ゴ ム	硫化ゴム 硫 黄 93.5% 硫 黄 6.5%
抗 張 力 (kg/mm ²)	0.15—0.24	2.50
伸 張 率 (%)	500—800	500
熱 傳 導 率	0.00032—0.00042	0.00040
誘 電 率 1000 サイクル	2.12—2.34	2.78
力率 tan δ 1000 サイクル	0.014—0.028	0.026
固有抵抗 直流 100 V	3—50×10 ¹⁴	2.6×10 ¹⁵
耐 電 壓 (V/mm)	—	24200

近來直接ラテックスを電線被覆に用ゐ、又は弾性糸,紙,石綿板,ゴム引布,木材防水,接着劑,ゴム手袋,その他型造物等に應用せらるゝに至つた。ラテックス中のゴム粒子は陰電荷を有するから、これを適宜の形をした陽極上に電着凝固せしめ、或は素焼製の型をラテックス中に浸漬して引上げると漿液は素焼に吸収されてゴム質が型の表面に凝固し直ちに所要の形のものを得られる。硫化せしめるためラテックス中に硫黄その他の配合剤の微粉末を混じて凝固せしめ、又はラテックスのゴム質を硫化し硫化ラテックスとして用ゐる。

(1) 軟質ゴム ゴム製品を造るには先づ原料生ゴムをロールで薄板に引伸ばしつゝ水洗して夾雜物を除き、その乾燥したものを次のロールにかけて素練を行ひ、生ゴムを幾分軟くして混合ロールにかける。こゝで種々の配合剤を添加して練り、その可塑性となつた混和物を型に入れ、鉄製圓筒形の硫化罐に入れて直接又は間接に蒸氣で加熱して硫化させる。

軟質ゴムの主なる用途は、電線被覆、テープ類、ゴム手袋、ゴム靴、タイヤ等の絶縁或は補強用である。

ゴム被覆電線には、電力線、電燈線、通信線、水底電線等があるが、通例何れも低圧用で用途によつて夫々構造を異にし、単にゴム被覆のまゝのもの、木綿、絹の編組を施したもの、鉛管等で保護されたもの等種々ある。導體にゴムを被覆する場合には、ゴム中の遊離硫黄が導體を侵すのを防ぐために、導體に完全な錫メッキを施し、或は硫化ゴム層と心線との間に生ゴム層を設ける。

ゴムを用いたテープには純ゴムテープ、ゴムテープ、ゴム引綿テープ等の種類がある。純ゴムテープは純粹の生ゴムをそのまゝテープとしたもので、絶縁物破損箇所の修理、海底電線の心線接續等に用ゐられる。ゴムテープは絶縁性ゴム混和物をテープとしたもので、電線及びケーブルの接續用に用ゐられ、未硫化のもの、硫化を行ひその表面に粘着物を塗布したものがある。ゴム引綿テープは黒テープとも稱し、ゴムと種々の配合剤を混合ロールで練り、これを木綿テープに捺刷したもので、電気工事には廣く用ゐられる。

ゴム手袋は電工施工の際に使用するもので、雑用の手袋と異なりアルミニウムの型を良質ゴム混和物溶液中に數回浸漬し、肉の厚みを均一にし、特に氣泡のない様注意して成形し、これを完全に熱硫化したもので、板状ゴムを繼いで造つたものは用ゐない。

酸、アルカリ、特に耐油性のゴム被覆電線には軟質ゴムと硬質ゴムの中間である半硬質ゴムが使用される。

(2) 硬質ゴム (エポナイト) 高級品は生ゴムと硫黄のみから成

り、配合物の多いほど劣等品となる。製造に際しては硫黄を硫化の割合以上に多量配合し、通常 40% 以上を配合する。尙強度を増すために麻の切屑等を混入することがある。硫化の場合の収縮が多く、正確な寸法を與へることが出来ないから、重要な製品は板又は棒から加工する。一般に強靱で、酸、アルカリ、油等に耐へ、電氣的性質も良好であるが、空氣中に於て表面酸化して硫酸等のイオン化物質を生じ、表面漏洩抵抗を劣化し易い欠點がある。純良なエポナイトの成分は、ゴム量約 65% 化合硫黄約 27%、遊離硫黄 1% 以下、灰分 8% 以下である。

エポナイトは電信、電話、計器等の部分品、蓄電池容器、ラヂオ部分品等に用ゐられる。

57. ゴム誘導體 ゴムは主に硫化ゴムとして使用するが、近來種々の誘導體を製造し、型造物、塗料等に利用してゐる。

(1) 環化ゴム はゴム炭化水素分子を重合環化させたもので、生ゴムをフェノールサルホン酸と共に、又は有機性及び無機性の緩和剤のある所で濃硫酸と共に捏和して得られる。薬品の使用量、温度、作用時間等によつて、可塑性のグッタベルカの如きものからシエラックの如き樹脂状のものまで出来る。

(2) 鹽化ゴム 生ゴムを四塩化炭素に溶解し、塩素瓦斯を吹込んで得られ、耐アルカリ性なるため塗料として用ゐられる。

58. グッタベルカ (ガッタバーチャ) 海底電線絶縁材料として最も主要なもので、主としてマライ半島、ボルネオ、スマトラ等の限られた地方に産する赤鉄科のバラキウム屬植物の乳液を乾燥凝固せしめたもので、樹皮又は葉から抽出する。自然に凝固し、

ゴムラテックスの如く凝固剤を用ゐる要なく、土人は樹皮に傷つけ、流れ出る樹液の自然凝固したものを集めてこれを湯の中で練り、適宜の形に固める。

グッタベルカはこれを採取した樹種及び産地によりその主成分たるグッタ分（炭化水素）の性質を異にし、且樹脂、灰分等の不純物を含む外、他の成分を混じたものもあつて甚だしく品質が相違し、市販のものは30~84%のグッタ分を含んでゐる。純粹のものは稍紅灰白色細胞状である。常温では緻密、平滑、強靱で水を滲透することなく、零下數度の低温に於ても變化を生じない。39°Cに於て柔軟となり、90°Cに至れば粘着性を帯び、130°Cで熔融する。比重は0.97~0.98であるが、壓縮すれば1.01~1.02を有するに至り、これが眞の比重である。誘電率は2.58~3.5、耐電壓18000V/mm、固有抵抗 10^{15} ~ 10^{17} オーム種、力率0.01~0.03である。

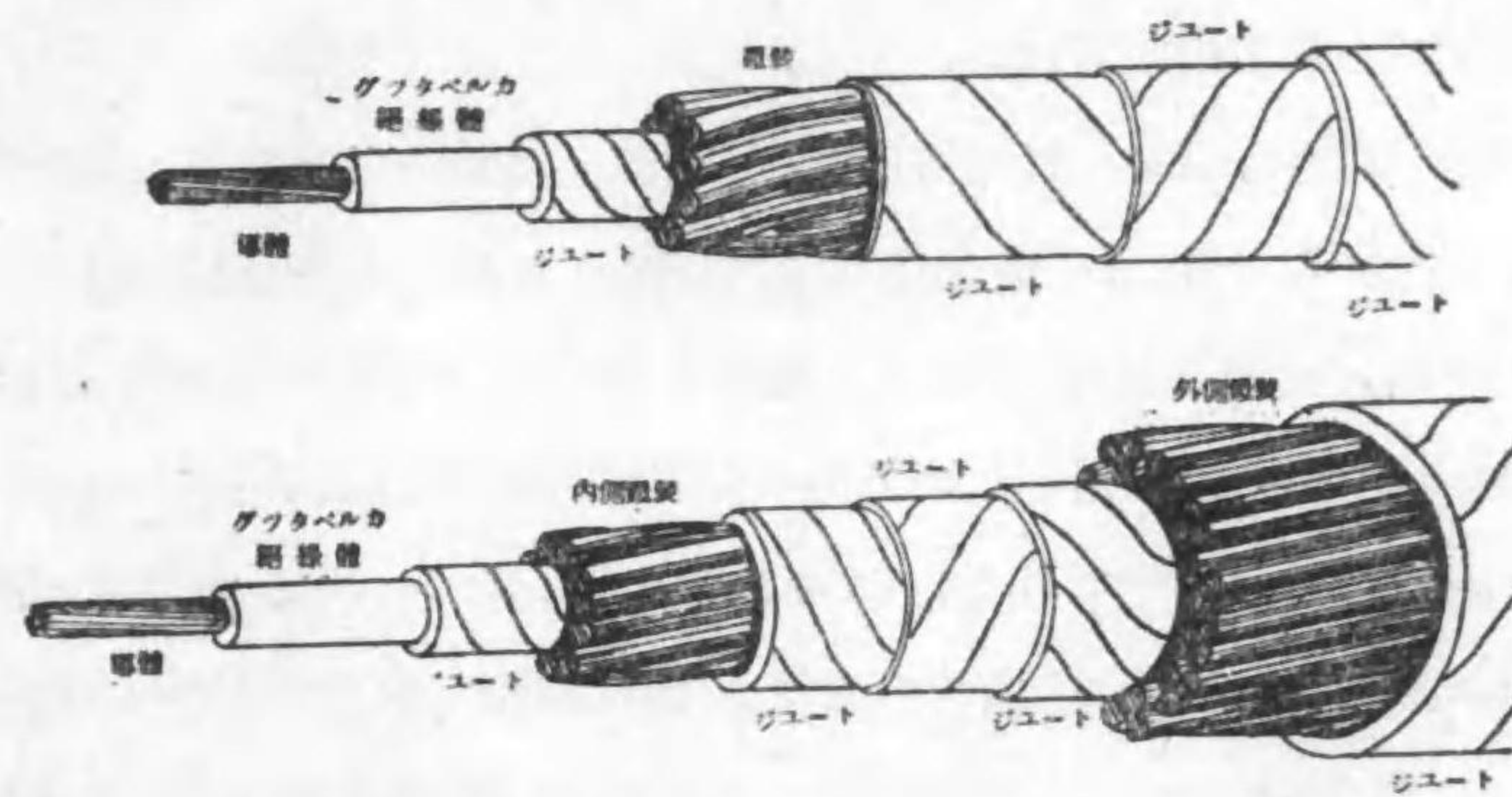
グッタベルカは50°~65°Cで可塑性となり、確實な密着被覆を行ふことが出来、吸水量甚だ少く、又空氣及び日光に曝すときは著しく酸化作用を受けて脆弱となり、電氣的性質も大いに劣化するが、光線を遮断して水中に保存するときは殆ど永久的のものであるから、海底の如き低温暗黒の場所に於ては極めて安定で海底電纜用絶縁物として最も適してゐる。しかし産額少く高價のため一般的には使用されない。

海底ケーブルは導線に銅の撚線を用ゐ、これを絶縁した上に鎧装を施し、外傷、虫害等を保護したものである。ケーブル絶縁用のグッタベルカは種々の成分のものを調合して純グッタ量50

%、樹脂量約40%になるやうにしたものを用ゐる。第7圖は海底ケーブルの構造を示したもので、先づ導線の撚線にチャタートン混和物（木タール20%、樹脂20%、グッタベルカ60%の混合物）を塗布して撚線間の間隙を充填し、その上にグッタベルカを被覆してこれをよく粘着せしめ、導線と絶縁體との間に隙間を生じないやうにする。グッタベルカは普通三層に重ねて被覆し針孔の生ずることを防いでゐる。

被覆を終つた線はオズケライトを浸した綿テープを巻き、

第7圖 海底線の構造



次に黄銅又は磷青銅製テープを巻き、更にタンニン液に浸した黄麻（グユート）を巻いてその上に鎧装を施す。鎧装は鋼線を密に列べてこれを螺旋形に巻き、強さと重さを與へるもので、その上を木タールに浸した黄麻で巻き、最後にブライト及びクラーク混和物（アスファルト86%、シリカ7%、タール7%）を十分に塗り、最後にチヨーク塗を施す。眞鍮テープ、ブライト及びクラーク混和物はグッタベルカを蝕害する海虫テレドを防ぐ

ためである。

59. **バラタ** 赤鉄科の植物 ミンソップス 属の樹皮に切付を行ひ、溢出する乳液を集めて乾燥凝固させたもので、グッタ分と同様な炭化水素と多量の液状樹脂より成り、ゴム と グッタペルカ との中間の性質を有し、その乳液は グッタペルカ より流れ易く凝固し難いから液状で採收され、従つて グッタペルカ の如き細かい夾雑物を含むこと少く、爲に電氣的性質もよく且吸水量も少い。バラタはグッタペルカより軟くして機械的に稍劣るが、誘電體損少く、 $\tan \delta$ は 0.005 位であるため電話用海底電纜の絶縁材料として用ゐられる。

60. **バラガッタ** 近年海底電纜が電信用のみならず電話に使用せられるに至り（搬送式電話用には近距離でも）、絶縁材料にグッタペルカを用ゐたのでは誘導體損が大きくて不適當であるためバラタを代用したのであるが、更に研究の結果發明されたのがバラガッタである。これはグッタペルカ又はバラタ中から溶剤を用ゐて樹脂分を抽出して得た純粋な炭化水素分 50% と、生ゴムから蛋白質を除いた純粋な炭化水素 40% とを混じ、これに機械的性質を改良するためにモンタワックス又はセレシンの如き蠟類を加へたものである。最良品は誘電率 2.6 (2°C , 400 氣壓, 2000 サイクル), 誘電體損 $\tan \delta$ は 0.00103, 實效交流導電率は 3×10^{-12} モー 種の成績を表してゐる。

第 10 章 塗料及び含浸材料

61. **漆** 漆樹の幹につけた傷から分泌する樹液で東洋の特産物

である。六月中旬から十二月頃まで採收し、六月末から七月末までに採收したものが優良品で、終期に近づくに従ひ品質が低下する。

採收したまゝの漆液は灰白色の粘稠液で、これを生漆といひ、強い臭氣を有し、その成分はウルシオールと稱する一種のフェノールと水分、ゴム質、含窒素物等より成り、空氣に觸れて黒褐色の堅い不透明質となる。漆が乾燥硬化するのはその中に含まれてゐる酸化酵素ラッカーゼの作用によつてウルシオールが酸化ウルシオールに変化するためである。故にその乾燥には適當の温度と濕氣とを要する。但し 50°C 以上に加温すると酵素を弱めて乾燥度を減じ、 70°C 以上に加温すれば酵素は分解して常温では全く乾燥性を失ふ。然るにこれを 100°C 以上に加熱すれば成分が重合して急速に硬化し、金屬、陶器等の表面にも極めて強く密着し、吸濕性なく、全く漆臭のないものとなる。

漆塗料は生塗に種々の材料を配合してそのまゝ用ゐるものと、更に精製したものとがある。精製漆は生漆を鉢の中で數時間搗り混ぜた後日光又は炭火で温めつゝ攪拌して水分を蒸發させ（この工程を黒めといふ）、途中で荏油、亞麻仁油等を加へ、更に目的によつてボイル油、乾燥劑、その他種々のものを加へたものである。その中黒漆は砥水、醋酸鉄等を加へて黒色としたもので、蠟色、塗立、上花等數種ある。透漆は透明の膜を作るもので、これに朱合（鉛色で朱を混合すれば鮮明な朱色を呈するもの）、梨地、上溜、その他數種ある。普通のもは 24°C 内外で適當な濕氣を與へれば10時間内外で乾燥する。昔から乾燥劑として水飴、

蜂蜜，グリセリン等を用ゐ、或は鉛又はマンガンの樹脂塩類，ヘキサメチレンテトラミン等を加へて乾燥を促進し得るけれども、絶縁耐力を低下するから電気絶縁材料には使用を避ける。

精製漆 は塗面美しく、堅牢度高く、耐酸，耐油性極めて大にして電氣的性質も良好で、固有抵抗は乾燥時 10^{16} ，湿潤時 10^{13} オーム種，耐電圧は $10 \text{ kV}/0.1 \text{ mm}$ 程度であるが、アルカリに弱く、吸湿性に富み、湿氣のために絶縁抵抗を著しく減する欠點がある。併し $100^{\circ} \sim 150^{\circ}$ で加熱乾燥したものは固着力強大にして硬度高く、水分を吸収せず、水と共に煮沸するも剥脱することなく、従つて電気材料には精製漆を加熱乾燥して使用する。

漆は塗料として重要なもので、美術品，日用品，防銹塗料等には古くから用ゐられてゐるが、電気絶縁材料としてはエナメル線の製造に用ゐられるのみである。

62. ワニス ワニスは塗料の一種で、その塗膜を透して被塗物の體面が見えるものを指し、漆は天然ワニスである。

普通ワニスと稱するものには、油ワニスと精ワニスとがある。

油ワニス はコーバル，琥珀の如き硬質樹脂或は瀝青質を亞麻仁油その他の乾性油に加熱溶合せしめ、ベンジン，テレピン油等の溶剤で稀釋せるもので、コーバルワニス，ゴールドサイズ，スパーワニス，人造樹脂ワニス，アスファルト油ワニス等の種類がある。

精ワニス はアルコールの如き揮發性溶剤に樹脂又は瀝青質を溶解したものと、纖維素化合物を溶解したものとがある。前者にはラックワニス，ロジンワニス，ダンマーワニス，アスファル

トワニス（一名黒ニス）等がある。後者は纖維素ワニスで、硝化纖維素塗料，醋酸纖維素塗料等これに屬する。

ラック 又は ラッカー と稱するものはセラックの如き樹脂，ゴム等を酒精の如き揮發性のものに溶解したもので、低温で金屬面等に焼付けられることもある。又硝化纖維素に軟化劑や樹脂等を加へた塗料をパイロキシリンラッカー 或は單にラッカーといふ。ワニスは又使用の方法によつて、自然乾燥ワニス及び加熱乾燥ワニスの二種に分けられる。

(1) **自然乾燥ワニス** 常温の大氣中で比較的早く乾燥し得る種類のもので、空氣乾燥ワニスとも稱し、精ワニスの如く溶剤の揮發に依り皮膜を形成するものと、乾性油の少量に樹脂又は瀝青質等を多量に配合して乾燥を早めたものとがある。精ワニスは10乃至20分位、油ワニスは數時間で乾燥するやうに製してある。加熱乾燥ワニスに比し可撓性，耐熱性，電氣的性質等遙かに劣るものであるが、加熱し得ざる所に使用するに適し、器具の仕上塗料の外、布，紙，ファイバー等に含浸せしめ、或はこれ等を膠着するに用ゐられる。

(2) **加熱乾燥ワニス** 焼付ワニスとも稱し油性ワニスの乾燥劑の少いもので、加熱した空氣中で溶剤を除き、樹脂及び油の酸化，重合等に依り機械的に優れた皮膜を作る。鉛色焼付ワニス，黒色焼付ワニス，コイルワニス，絶縁ワニス等と稱するものはこの種類である。電気機器の捲線等に浸潤せしむる含浸用ワニスは浸透性に富む加熱乾燥ワニスで、絶縁，耐濕，耐熱，耐油及び可撓性に富んだ皮膜を與へる。

加熱乾燥ワニス中、^{あめいろ}鉛色ワニスは亞麻仁油、支那桐油等を熔融樹脂に加へて溶解し、乾燥剤を加へ、ベンジン等で稀釋したもので、^{くろ}黒色ワニスはこれに絶縁性、耐濕性等を増すためにアスファルトを添加し(耐油性は稍減する)、六ヶ月乃至二年間貯藏して浮遊物及び沈澱物を除去したものである。

一般に早く硬化するものよりも、^{ゆるや}緩かなものの方が耐久力が優れてゐる。これは表面が早く硬化して内部の乾燥を妨げ、乾燥不完全な油が次第に變質酸敗するため、油の重合を進めたスタンダード油を用ゐたものは内部乾燥が十分に行はれるので推奨される。尙乾燥剤は絶縁油の酸化を助け、これを含むワニスを油入機械に用ゐるとスラッジを生じて油の劣化を促すから、乾燥剤は使用しない方がよい。近年乾燥性油と人造樹脂とを混じたワニス^が電氣的にも機械的にも優良なので絶縁用に利用されてゐる。

加熱乾燥黒色及び鉛色絶縁ワニスの耐電圧は、鉄道省の規格(昭和六年)では、塗膜の厚さ $\frac{1}{100}$ mm に付 500 V 以上、24 時間水中浸漬後 300 V 以上とせられてゐる。

(3) エンバイヤクロース(絶縁油布) 平織綿布を毛焼して平滑に仕上げた厚さ 5 ミリ位の素地に鉛色又は黒色加熱乾燥ワニスを數回塗布して 7~10 ミルの厚さとしたものである。素地の仕上に^{にかは}膠又は澱粉等の糊を用ゐた製品は硬質で、糊の少ないもの又は用ゐないものは可撓性に富むが外觀劣り劣化も早い。黒色のものは黄色のものより劣化し難く、絶縁性、耐水性等も勝る。これに^{はすかれ}バイヤステーブと稱し斜切を用ゐたものがある。斜切とは^{おりのい}織糸の方向に斜に切り取つた布で、伸長率大きく、可撓性に富む

から、曲面、角、又は不規則のものを巻いても皺を生ずることなくよく密着する。併しこのテープの塗料皮膜には龜裂を生じ易いから使用後の耐電圧は著しく減する。第 27 表はその性質の一例を示したものである。

第 27 表 エンバイヤクロースの性質

	黄色	黒色
絶縁耐力 V/ミル (標準圓筒筒絶縁電線 20°C)	780	900
同 上 (同 90°C)	550	700
同 上 バイヤステーブ (3 封度/平方吋 張力附加)	820	920
同 上 (5 封度/平方吋 張力附加)	800	900
誘電率	5.5	4.0
破裂強度 (封度/平方吋)	12.5	12.5
抗張力 (封度/平方吋) 經	40	50
同 上	30	40
耐摩擦	極良	良
絶縁油の影響	ナシ	僅少
酸アルカリの影響	僅少	極僅少
厚さ (吋)	0.007	0.007

エンバイヤクロースは取扱が簡単のため、電線の絶縁被覆、電気機械の各部の絶縁等に廣く用ゐられる。

綿布の外、絹布、紙等に加熱乾燥ワニスを塗布したものをエンバイヤシルク、エンバイヤペーパーと稱し、^{けいせう}狭小な場所又は著しく可撓性を要する場合に用ゐるエンバイヤクロース類似品である。

(4) エナメル線 エナメルとは元來金屬、燒物等の表面に燒付けた硝子質又は^{はふらうしつ}珪瑯質の釉をいふのであるが、その意義が漸次擴張されて、金屬の表面に燒付ける加熱乾燥ワニス、又は常温で塗装され比較的強い光澤を出すエナメルペイントをもエナメルと稱する。常温乾燥ワニスに顔料を混じたものは次に述べるべ

イントに属するもので、珐瑯質エナメルと共に電気絶縁性はあるけれども、これ等を絶縁用に供することは殆どなく、主として防銹用に用ゐるものである。焼付エナメルの主なる用途はエナメル線の製造で、通信用、高周波電路用、電気測定機械用線輪、その他電気用諸機械の捲線等に近來盛に使用される。

エナメル線は銅線に黒色又は鉛色加熱乾燥ワニス^{ワニス}を塗り(漆を用ゐることもある)、加熱爐で約 300°C で焼付け、この操作を 4 乃至 8 回位繰返して所要の厚さに被覆する。

塗料の成分は亞麻仁油、支那脂油或は荏油に樹脂又はステアリンピッチ、タールオイル、その他の瀝青質を配合し、ベンジン、パラフィン、テレピン油等で多少稀釋したものが用ゐられる。最近は一ベークライト、グリプタール等の人造樹脂も用ゐられる。被膜の厚さは線の太さにより異なり、市販品は大體次の如くで、

銅線径(mm)	2.0	1.5	0.9	0.6	0.4	0.25	0.15	0.10	0.07
被覆の厚さ(mm)	0.050	0.040	0.035	0.030	0.020	0.015	0.012	0.010	0.008

これを木綿被電線に比較するときは非常に薄くなつてゐる。

エナメル線の電氣的性質は第 28 表に示す如くで、被膜が薄く

第 28 表 エナメル電線の性質

導 體 直 径 (耗)	0.6
エ ナ メ ル の 厚 さ (耗)	0.025
誘 電 率	3.38
直 流 絶 縁 抵 抗 (メガオーム/米)	289500
固 有 抵 抗 (オーム/種)	5.83×10^{15}
破 壞 電 壓 (kV/mm 交流)	9.25
纏捲耐倍徑(龜裂を生ぜざる最小自己直径倍率)	3.5

て空間能率がよく、高熱に耐へ耐濕性も優秀で、鑛油、酸、アルカリ等に對して強いが、大氣中で比較的速かに老化し、三ヶ月近くも日光に曝露^{ばくろ}するときは被膜は脆弱となり針孔を生ずる欠點があるから注意を要する。

63. **ペイント** 鉛白、亞鉛華、リトホン*、光明丹、酸化鉄、クロム、群青、カーボンブラック、レーキ等の如き顔料を含む塗料で、塗装面に不透明の塗膜を作つて被覆面を隠蔽^{いんぺい}するものである。これに油性ペイント、エナメルペイント、水性ペイント、著色ラッカー等がある。

油ペイント は俗にペンキと稱するもので、顔料をボイル油の如き展色料と混合し、ボイル油、テレピン油等で適當の粘稠^{ねんちゆう}度に稀釋し、これに乾燥剤を加へたもので、これを調合ペイントと稱し攪拌すれば直に塗装し得る。顔料を展色剤で煉つたまゝのものを硬煉ペイントといひ、塗粧に際し稀釋剤、乾燥剤を混じて使用する。中煉ペイントと稱し中間の硬さに煉つたものもある。又耐火ペイントと稱してアスベスト、雲母等を混じたものもある。一般にペンキを著色する場合には白色ペンキを素地として適當の顔料を煉り合はせるのである。

エナメルペイント は常溫乾燥ワニスに顔料を混じたものである。

水性ペイント は顔料展色料として、膠、カゼイン、アラビヤゴム、澱粉等の水溶液を使用するもので、光澤のない皮膜を作

* リトホン——硫化バリウムに硫酸亞鉛を作用せしめて生じた硫酸バリウムと硫化亞鉛との混合物で、無毒の白色顔料である。

る。カゼインを用いたものは割合に堅牢であるが、或種のもの^{電入で}は洗滌にも堪へない。

第 11 章 絶縁混和物

絶縁混和物とはその用途に従つて必要な性質を與へるため特種の主成分に他の成分を添加したもので、形状も液體，半液體，固體等種々になつてゐる。

64. ケーブル 含浸混和物 油状の混和物で、電力用電線の紙絶縁體含浸に使用され、その種類は多いが現今では主に ベトラタム，シリンドラ油，又はこれ等と樹脂との混和物が使用されてゐる。ベトラタムは誘電體損を少なくするために用ゐ、樹脂は絶縁耐力を高め、粘度を調節し、浸漬を容易にするために添加される。

含浸混和物としての要件は (1) 高温度では粘度小にして短時間で完全に含浸出来ること、(2) 電線の動作温度 (20°~50°C) では粘度が大なること、(3) 膨脹係数の小なること、(4) 誘電率が小さくて固有抵抗及び絶縁耐力が高く、高温でも誘電體損の少いこと、(5) 化學的に安定で、瓦斯，濕氣を吸収しないこと、(6) 絶縁紙の各層を良く粘着せしめ、金属，纖維材料等に對し化學作用を及ぼさないこと、である。

65. 壓入用混和物，充填用混和物，封塞用混和物 これ等は何れも常温で固體で、使用の目的に應じて、天然アスファルト，人造アスファルト，ロジン，シエラック，コーバル，フェノール系樹脂，コールタールピッチ，ステアリンピッチ，ゴム，グッタペルカ，鑛油，植物性油脂，ワセリン，パラフィン，セレシン，モン

タワックス，黄蠟，アスベスト，雲母，石英粉末，硫黄等を適宜に數種混和したものである。

第 12 章 型造絶縁物

66. 型造絶縁物 型造絶縁物とは粘質材料を型に入れ、固めて成形した絶縁物を指す。従つて結着剤と、收縮を防ぎ堅牢性を與へ且價格を低下するための素地材料とを主成分とする。その原料は大略次に示す如きものである。

結 着 剤	{	植物性 (ゴム, シエラック, コーバル, 亞麻仁油, 蠟, 樹脂, ビッチ)
		動物性 (カゼイン, 蛋白質)
		無機質 (瀝青質, セメント, 可溶性珪酸塩類)
		合成樹脂 (ベークライト, グリプタール, その他)
素地材料	{	無機質 { 石棉, 雲母, マグネシヤ, タルフ, 珪砂, 珪藻土, 炭酸石灰, 粘土, 石板石, 鹽萍毛
		植物性 (鋸屑, 木綿屑, 麻屑, パルプ, 木粉)

結着剤と素地材料とを均一に混和し、^{けいそ}型塑に適するやうこれを微粉末とし、原料の種類その他により^{あつしゆく}壓縮して物理的に硬化し、或は硫化，酸化，重合，水和等の化學的作用によつて硬化せしめる。この際硬化を常温で行ふか又は高温で行ふかに依つて型造物を冷製型造物，熱製型造物の二種に分ける。

型造絶縁物の電氣的性質は主としてその結着剤の性質に依つて支配されるが、素地材料も多量に配合される場合にはその性質が加味される。吸濕性は無機性結着剤を用ゐるものでは一般に大きく、有機性結着剤を用ゐるものではその素地材料の性質によつて

定まる。耐熱性は結着剤の性質に依つて定まるが、有機性結着剤を用ゐた場合は素地材料に無機質を用ゐ、尙その配合量を増せばこれを高め得る。第 29 表は各種代表的型造絶縁物の原料と性質とを示すものである。その材料につき大體を示せば、

瀝青質型造絶縁物に對して樹脂を混和すれば瀝青質の熔融を助け、且製品に光澤を與へる。

礦物性粉末は抗張力及び硬度を増加する。

纖維質は結合力を強め、衝撃に對し龜裂を防ぐ効果がある。特に石綿纖維は耐火性を與へる特性があるが、同時に吸濕性を大

第 29 表 型造絶縁物の一般的性質

	熱 製 型 造					冷 製 型 造	
	エポナイ ト (硬質 ゴム)	硬質ゴム (素地材 料多き もの)	シエラツ ク、コー バル混和 物 (素地礦 物質)	シエラツ ク、瀝青 質混和物 (素地 石綿)	合成樹脂 混和物 (素地木 材)	瀝青質、 酸化油混 和物 (素地 石綿)	結着剤 セメント (素地 石綿)
比 重	1.2—1.5	1.5—1.8	1.4	1.5	1.4—1.5	1.9	1.6—1.8
耐 熱 (°C)	60	90	45—55	70	弧光に不 耐	170	弧光
加熱油の影響	腫	稍々腫	吸収	吸収	耐	吸収	吸収
濕氣の吸収(%) (24 時間浸水)	全然無	0.02 以上	全然無	全然無	0.3 以上	1.0	12—20
絶縁耐力 (V/ミル 厚さ 1/16 吋常温)	700 以上	550 以上	530 以上	420 以上	300—500	90	20—150
表面抵抗 (オーム 値)	1×10 ²² 以上	1×10 ¹⁸ 以上	1×10 ¹³ 以上	1×10 ¹¹ 以上	1×10 ¹² 以上	1×10 ¹¹ 以上	2.5×10 ⁹ 以上
固有抵抗 (オーム 値)	1×10 ¹⁷ 以上	2.8×10 ¹⁵ 以上	1×10 ¹⁴ 以上	1×10 ¹² 以上	1×10 ¹³ 以上	1×10 ¹³ 以上	7.9×10 ⁸ 以上
誘電率 (ラネオ周波数)	3—4	3	—	—	4—6	—	—
力率 (ラネオ周波数)	0.02	0.04	—	—	0.05	—	—
抗張力 (kg/cm ²)	245	280	109	84	280	73.5	66.5
抗壓力 (kg/cm ²)	9.10	1085	665	595	1400	545	560
型造仕上	劣	劣	優良	良	優良	劣	良
研磨仕上	優良	優良	優良	良	優良	劣	—
機械的性質	優良	良	良	劣	優良	劣	悪

らしめる欠點がある。

木炭粉を混じたものは表面が美しく仕上がる。

アスファルト は化學的に安定で絶縁性が大きく廉價なため多く用ゐられる。

型造絶縁物は又耐熱の程度に依つて次の如くに分類される。

(1) 低熱用型造絶縁物——100°C 内外に耐へ得るもの

(2) 高熱用型造絶縁物——150°~300°C //

(3) 電弧用型造絶縁物——300°~500°C //

(1) 低熱用型造絶縁物

(a) ゴム製品 純粹のゴムに有機又は無機混和物を加へて硫化

したもので、軟質ゴム と硬質ゴム (エポナイト) の二種がある。通常、陶土、炭酸マグネシウム、酸化亜鉛、リトホン等を混じて價格を低下し耐熱性を高めてゐる。可塑性及び混合を容易ならしむるため軟化剤に瀝青質、蠟、植物性油等を使用する。本品の欠點は製品の出來上り面が至つて粗で仕上に機械削と磨を要することである。

用途は高壓、低壓、電信、電話等の各種器具に利用される外、種々の バックینگ 或は酸化防止被覆等に多く使用される。

(b) 有機熱製型造絶縁物 樹脂質或は瀝青質のやうな天然有機物を結着剤とし、これに植物性又は礦物性の素地材料を 60% 近く混和し精製したものである。一般に結着剤が多い程仕上りが美麗で、絶縁性、耐熱性に富み、無機質素地材料を増加すれば耐熱性を高め得る。

本品の特徴は非常に速く出來、寸法も正確且價格低廉なことで

ある。本類に属するものはセルロイド製品、カゼイン製品等である。

(2) 高熱用型造絶縁物 この種に属するものにはフェノール樹脂製品及び有機冷製絶縁物がある。

(a) フェノール樹脂製品 ベークライトのアルコール溶液又は粉末に石綿、木屑、綿屑、石灰、亜鉛華、雲母粉等を混じ、加熱加圧に依り型造したもので、機械的に強く、電氣的性質も良好で耐熱度も比較的高く、細工が容易である所から電気絶縁材料として広く使用されてゐる。

(b) 有機冷製絶縁物 石綿を主材とする無機物を素地材料とし、これに液状乃至粘状の有機性結着剤少量を混じ、壓縮して固めた後加熱乾燥したもので、ベークライト製品に比し多少劣るが、至極廉價で、しかも同程度の熱に耐へるから、電燈配線器具等に盛に用ゐられる。

(3) 電弧用型造絶縁物 素地も結着剤も共に無機質を用ゐ、熱を加へずに押し固めて乾燥硬化した無機冷製絶縁物で、多くは水性セメントと石綿を混和したものである。併し珪酸ナトリウム或は粘土を少量添加することもある。

この型造絶縁物は耐熱は勿論、軟化、收縮或は高温による歪を生じないが、吸濕性になると機械強度が比較的小なる欠点がある。吸濕性と絶縁耐力を改良するためには、瀝青質、蠟、或は油等を含浸せしめて加熱乾燥する。

本品は高温に耐へ、價格低廉な所から主に耐電弧材料として広く用ゐられる。

第 2 編 電気用金属材料及び炭素材料

第 1 章 金属材料に於ける通念

1. 金属の組織 一般に金属は熔融状態から冷却凝固する際にはその原子が整然と排列して結晶粒を形づくる性質がある。その原子の排列は温度に依つて變化し、又結晶粒の大きさは冷却の速度に關係し、速ければ細かく結晶して組織は緻密となり、遅ければ結晶が成長して粗大となる。第 1 圖は純鉄の組織を顯微鏡で擴大した寫真で、この網目の

第 1 圖

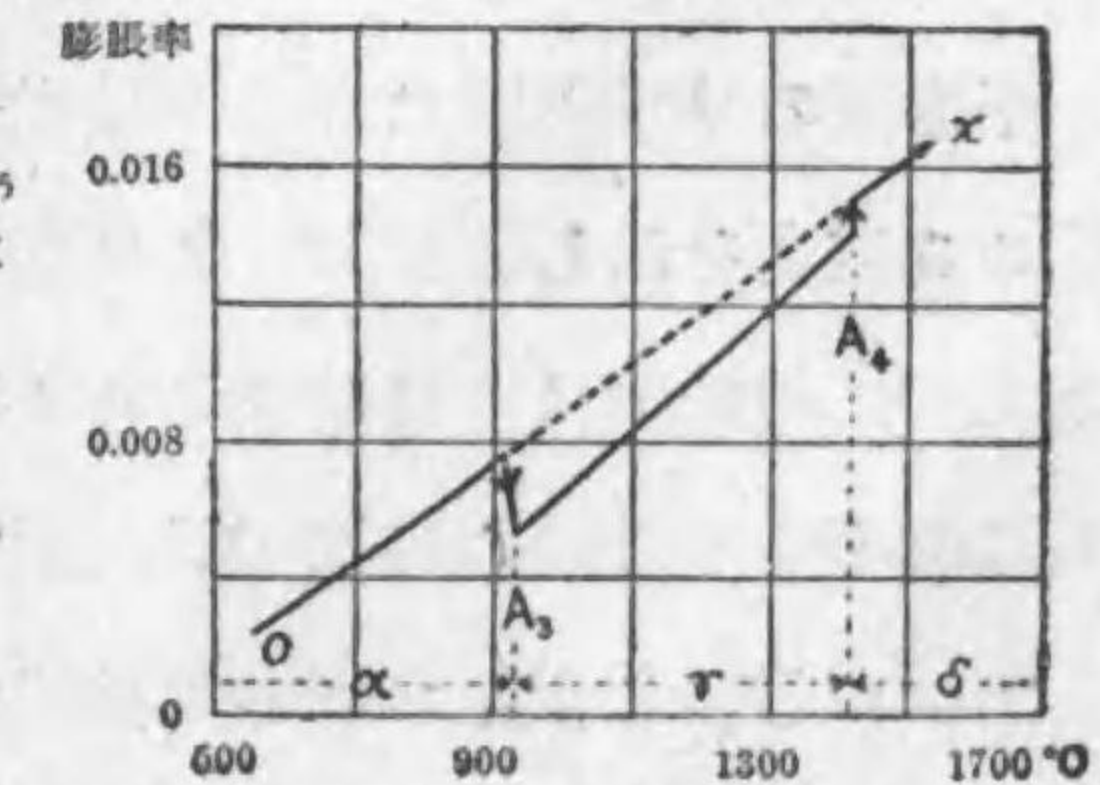


一つ一つは結晶粒で、その中では鉄の原子が整然と排列してゐる譯である。この原子の排列と結晶粒の大きさは金属の性質に重大な關係をもつてゐる。

一種の元素から成る金属でも、又は他の元素を含む合金でも、温度の一定界域では原子の排列は一定してゐるが、他の温度界域に移ると原子の排列が變化し、

従つて金属の性質が變る。例へば純鉄の棒を熱しつゝ、その膨脹の有様を觀察するに、第 2 圖に示す如く 900°C 附近に於て棒の長さが一時減少し、再び徐々に長さを増して 1400°C に至り急

第 2 圖



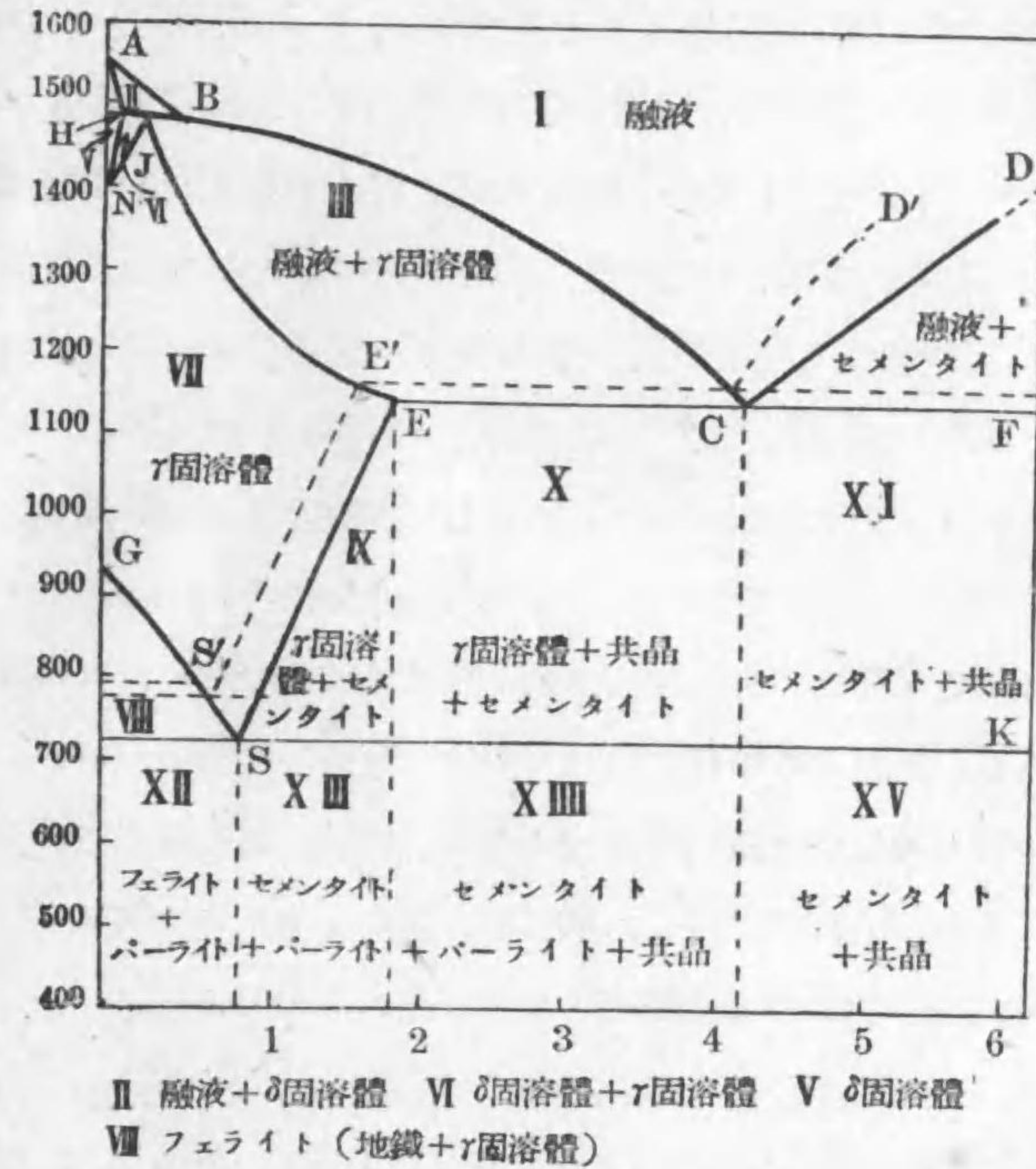
に少しく膨脹し、その以後は又徐々に膨脹を續ける。これは温度 A_3 と A_4 を境として結晶粒内の原子の排列が變化するために生ずる現象で、 A_3 間では OA_3 間の排列に戻ることを示してゐる。これ等各區間に於ける鉄を夫々 α 鉄, γ 鉄, δ 鉄 といひ、 A_3 , A_4 等の温度を 變態點 と稱する。この他、純鉄及び炭素を含む鉄に於て 769°C で磁性を失ふ變態を生ずる。これを β 鉄と稱へ、その變態點を A_2 と稱するが組織の變化は起らない。

以上は純鉄の場合であるが、これに炭素が加はつた鉄と炭素の合金の場合には、これ等の變態が炭素含有量に依つて變化するのみならず、 721°C に於て他の變態が起る。この温度を A_1 變態點 と稱し、炭素の量に係らず常に一定である。

2. 鉄-炭素合金の組織 工業用の普通の鉄は炭素と合金をなし、その組織變化の状態は第3圖の平衡圖に依つて示される。平衡圖とは状態圖ともいひ、炭素量と種々の變態を起す温度との關係を線圖に示したものである。鉄には α, γ, δ 等の變態があることは已に述べたが、 α 鉄は殆ど炭素を溶解することなく、 γ 鉄は最高 1.7% までを溶解し、 δ 鉄は α 鉄に似たものである。そして變態點 A_3, A_4 等は合金の炭素含有量に依つて變化する。

平衡圖の BCD 線は合金が熔融状態から冷却するとき、凝固し始める温度を示し、JEF 線は凝固し終るときの温度を示してゐる。加熱の際は逆に熔け始める温度と熔け終る温度を示す。即ちこれ等兩線で限られた III 及び IV の界域内では融液と固體とが混在し、炭素量零即ち純鉄附近及び 4.3% の所で兩線が一致してゐるのは、この炭素量のものは冷却中凝固し始めてから終る

第 3 圖 鉄-炭素合金の平衡圖



までは温度の變化なく全部が同一温度で凝固し、凝固後に再び温度が下降することを示してゐる。この現象は食塩の水溶液に似てゐる。食塩はある分量以上は水に溶解しない。この溶液を飽和溶液といひ、温度が高い程溶解を増す。今高温の飽和溶液を冷却すると溶解力が減じて食塩の結晶を析出し、次第に濃度を減じて遂に一定の濃度に達したとき、水と食塩とが悉く分離して同時に結晶し、溶液は全部凝固する。これを共晶といふ。若し最初の食塩溶解量が少くして共晶の濃度以下であれば、水分が先

に析出されて濃度を増し、共晶濃度に達したときに共晶する。

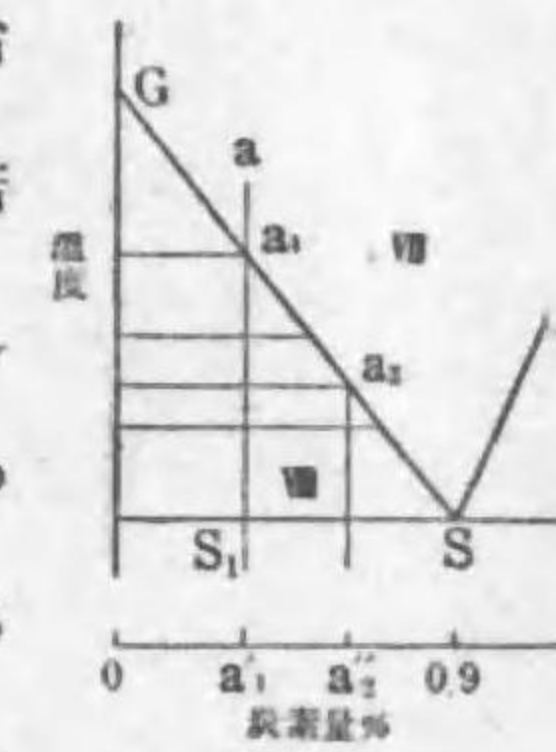
前に γ 鉄は炭素を溶解すると述べたが、炭素は固体の γ 鉄中に恰も塩が水に溶けると同様に溶解して一様な組織のものとなるのであつて、かやうに固体が他の物質を溶解するものを固溶體と稱してゐる。さて、炭素 4.3% 以下の合金が冷却するときは融液から γ 固溶體 (炭素容量 1.7% 以下) が析出されて残液の炭素量は増し、4.3% 以上の場合は鉄と炭素の化合物 (Fe_3C) なるセメンタイト (炭素量 6.6%) を析出して残液の炭素量を減じ、何れも 1145°C に達して 4.3% となつた時に残液が γ 固溶體とセメンタイトとに分れて共晶する。共晶中は温度は一定に保たれて下降しない。共晶する場合には二つの結晶が同時に出るため、これ等は發達し得ないで微細な組織となり、従つて凝固直後の合金の組織は融液から結晶した γ 固溶體、若しくはセメンタイトの大なる結晶と、細かい共晶組織との混合したものである。

炭素 1.7% 以下の合金に於てはこの状態は少しく違ふ。 γ 固溶體の炭素溶解量は 1145°C に於て最大で 1.7% であるから、炭素 1.7% 以下のものを冷却する場合には、 γ 固溶體を次第に析出して融液中の炭素が遂に 1.7% に達する瞬間には全部凝固してしまふ。従つて共晶は生じない。この共晶組織のあるものが銑鉄で、ないものが鋼である。但し實際にはかやうに嚴密な區別はなく、炭素 2% 内外を含むものも尙鋼と呼ばれることがある。

凝固後の變化 今述べた通り炭素 1.7% 以下の合金は平衡圖の VII の界域では全部凝固した γ 固溶體であるが、温度が降つて G S 線に達するまでは變化は生じない。G は純鉄の A_3 變態點で、

炭素が加はるに従つてこの温度は GS 線の如くに低下する。炭素が 0.9% 以下のもの、例へば第 4 圖 a の状態にある γ 固溶體 (炭素含有量 a_1' %) の温度が降つて變態點 a_1 に

第 4 圖



達すると、 γ 鉄の一部が α 鉄に變じて分離し始める。炭素を殆ど溶解しない α 鉄を分離する結果は γ 固溶體の炭素が増し、 a_2' % の濃度に達したものの變態點は a_2 度に降る。更に温度が降つて益々 α 鉄を分離し、遂に炭素溶解量が 0.9% に達すれば温度 S 即ち 721°C に於てセメンタ

イトと α 鉄との結晶を同時に析出して γ 固溶體はこゝに消失する。この同時に析出した組織を共析組織即ちパーライトといひ、その共晶された兩結晶は極めて微細となつて層状に重なり合ふ。先に分離された α 鉄から成る組織をフェライト (地鉄) といふ。その後は温度が降つて常温に達するも組織の變化は起らないから、炭素 0.9% 以下の合金は界域 VIII (a_1' % のものでは a_1 s_1 間) に於てフェライト + γ 固溶體であり、721°C 以下即ち界域 XII に至ればフェライト + パーライトとなる (第 5, 7, 8 圖参照)。第 6 圖はパーライトの微細な層状組織を 300 倍に擴大して示したもので、炭素 0.9% の鋼は全部この組織から成る。

炭素 0.9~1.7% の合金では γ 固溶體の炭素溶解度が共晶温度に於ける 1.7% から温度の下降に伴つて ES 線の如くに減ずるから、餘分の炭素がセメンタイトとして析出されて、 γ 固溶體の炭素含有量が遂に 0.9% に達した時、 α 鉄とセメンタイトとを共析する。故に界域 XIII に於ては、界域 IX にあつたセメンタイト

の外、 γ 固溶體から分離したセメンタイトと共析組織とから成る (第 9 圖参照)。共析溫度を A_1 變態點と稱し、炭素含有量の多少に拘らず總べて 721°C である。

炭素が 1.7% 以上になると共晶組織が表れ、4.3% のときは全く共晶組織だけに成る。その中炭素 4.3% 以下のものでは、溫度が降るに従つて界域 X 中の γ 固溶體がセメンタイトを分離し、 721°C に至り共析してパーライトの層狀組織を作り、界域 XIV に於てセメンタイト+パーライト+共晶に變ずる。勿論共晶中の γ 固溶體も同様の變化をする譯である。

第 10 圖は炭素 4.3% 以下の銑鉄の組織である。黒色部はパーライトで、融液から結晶した γ 固溶體が變化したもの、白色部はセメンタイトで、所々にある斑點が共晶組織である。寫眞では共晶組織は甚だ不明瞭であるが、これは冷却中に共晶組織中のセメンタイトや γ 固溶體が互に集合して大きくなるため、極めて急速に冷却して集合を妨げれば明瞭に現れる。

これまではセメンタイトは冷却の途中何等の變化もしないものとして來たが、實際にはこの化合物は不安定で、鉄と黒鉛とに分離し易く、炭素を多量に含む銑鉄に於ては黒鉛のために折口が黒色を呈する。これを鼠銑といひ、外側の急冷を受けた薄い部分のみが白色を呈する。白銑を得るには普通黒鉛の分離を助長する珪素及びこれを妨害するマンガンの量を加減するのである。

以上種々の變態は加熱の場合には多少溫度に相違はあるがそのまゝ逆に進行するのである。尙平衡圖の點線 $S'E'D'$ 等はグラフアイトが分離するときの溫度である。

第 5 圖 0.2% 炭素鋼の組織
(100倍)

白色部はフェライト 黒色部はパーライト

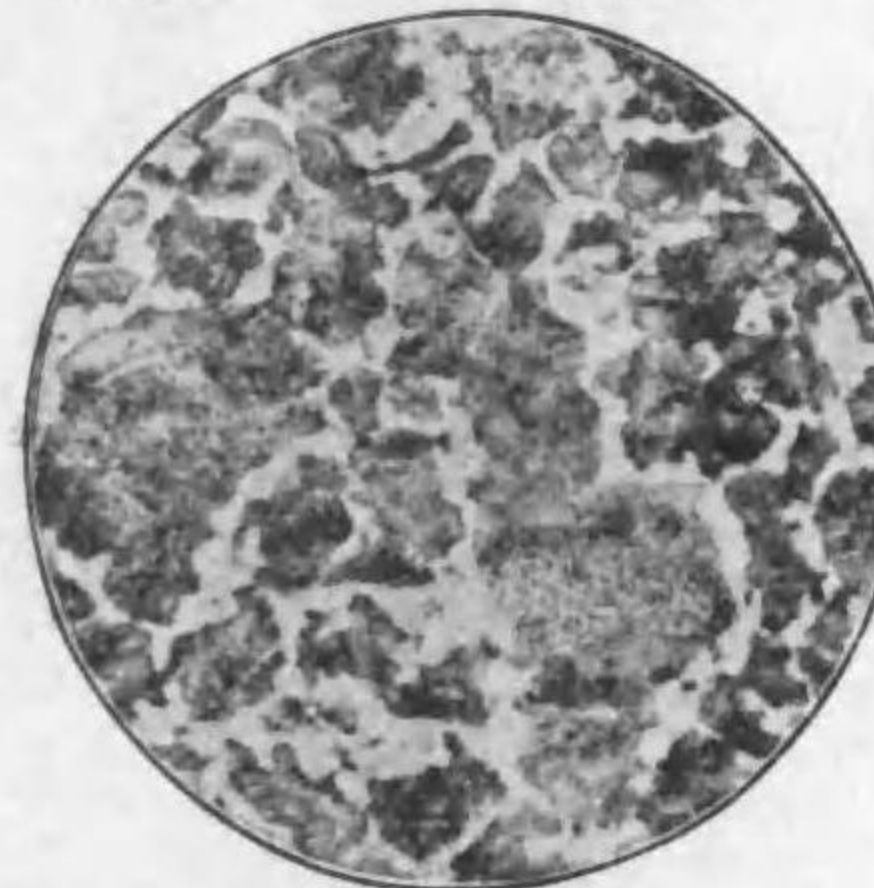


第 6 圖 パーライト組織 (500倍)

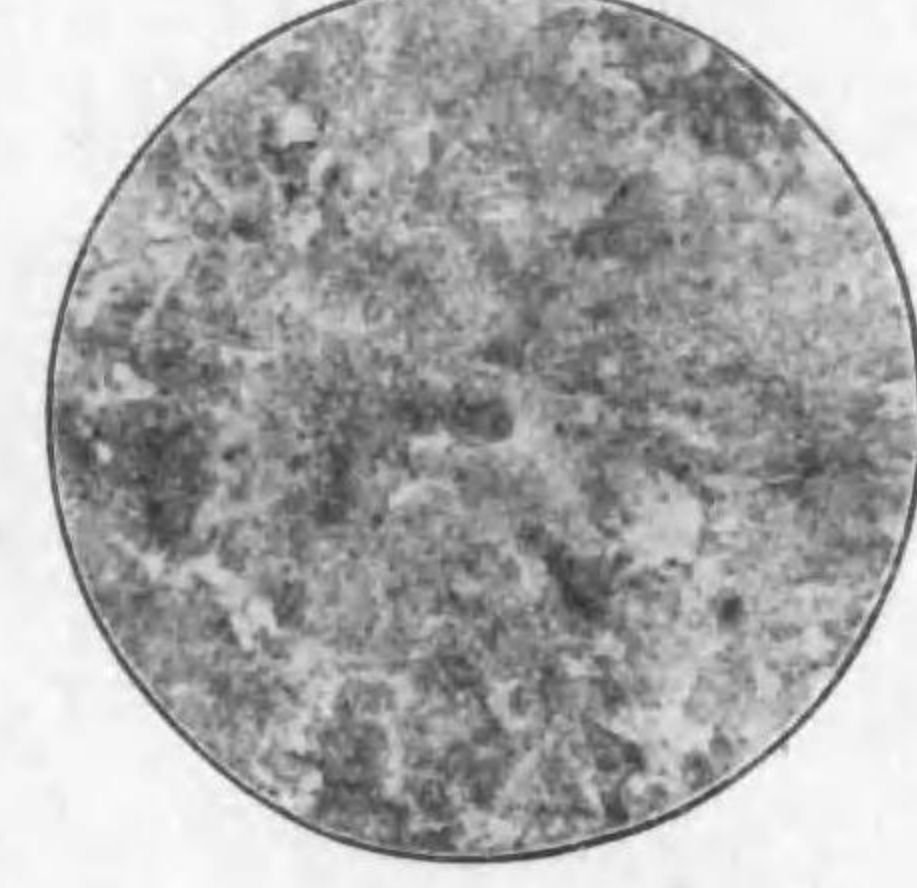


第 7 圖 0.6% 炭素鋼

白色部フェライト 黒色部はパーライト



第 8 圖 0.75% 炭素鋼



第 9 圖 1.2% 炭素鋼

白線はセメンタイト 黒色はパーライト



第 10 圖 白銑組織

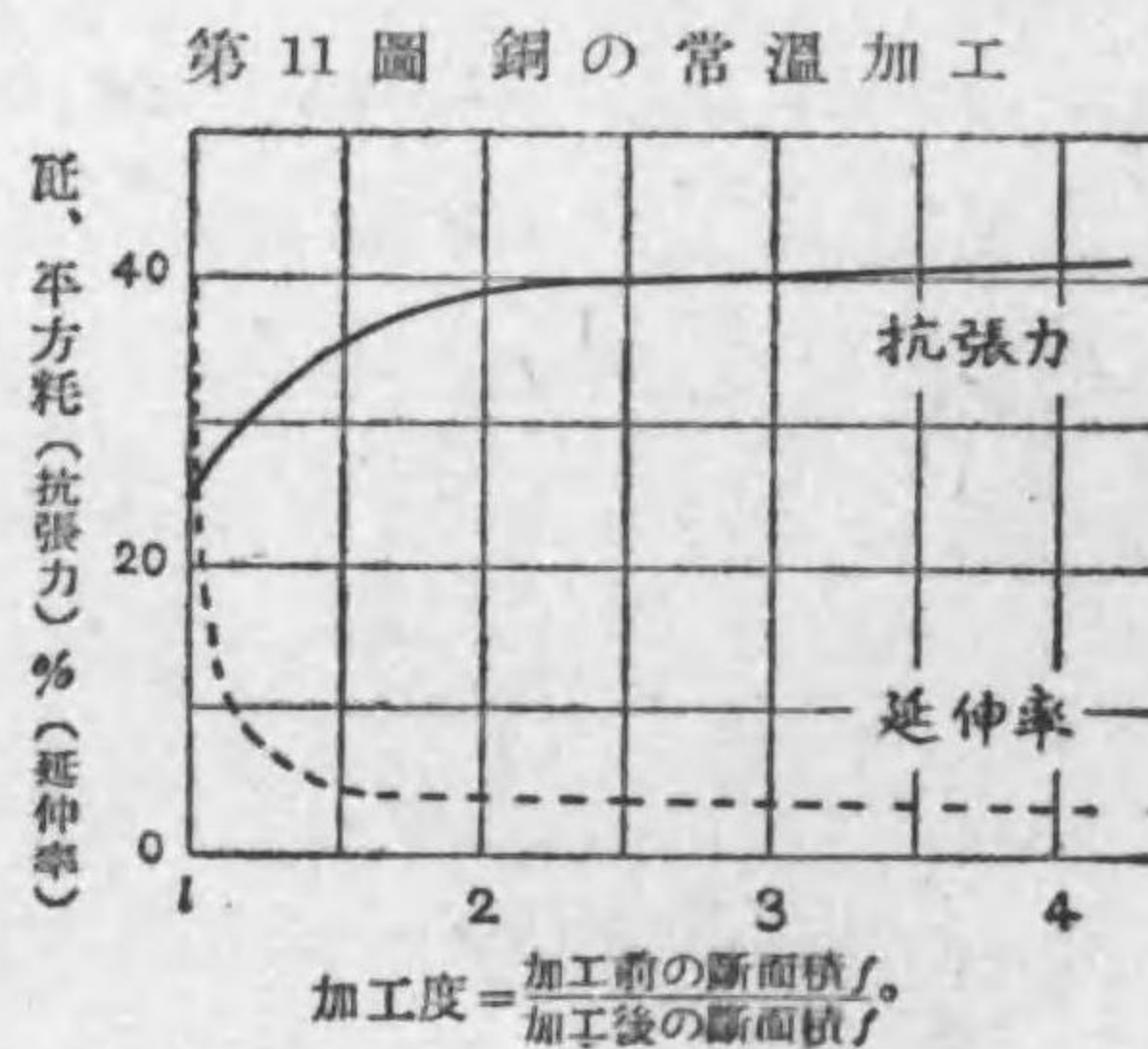
白色部は共晶セメンタイト 黒色部はパーライト



3. **焼入** 金属が變態して組織を變へる場合には或時間の経過が必要である。それ故例へば高温から水中に入れて急激に冷却するやうな場合には組織變化の暇がなく、高温度の組織そのままが常温で得られる。高温度で表れる硬い組織を常温で利用するのが焼入である。焼入したものを元の温度に加熱して徐々に冷却し、組織變化に必要な時間を與へれば焼は戻る。

合金にはその配合によつて組織變化の速度が非常に遅くなるものがある。例へば炭素鋼にクロムを加へたものは速度を著しく減じて長時間を要する様になり、自然冷却によるもよく焼が入り、従つて大きな鋼塊にも十分に焼入を施し得る。又合金に依つては變態點を常温以下に低下せしめて焼入と同じ効果を生ずることがある。例へば高温度に表れる炭素鋼の硬い組織（後に詳述する）は冷却中に失はれるが、これにマンガンを追加してマンガン鋼とするときには常温に於ても尙その硬い組織を保つから、軌條等の材料に用ゐて優秀なものとなり、且焼の戻りがない。

4. **加工** 金属は一般に高温に於ては延伸率を増し、加工し易くなる。加熱して加工したものは内部組織の結合状態が良好となり、強度並びに延伸率を増すものである。然るに常温に於て加工するときはその結晶組織は歪め



られて硬化し、抗張力は増すが延伸率を減じて脆化し、引續いて加工し得なくなるのが普通である。故に焼入に依つて強度や硬度を増すことの出来ない銅の如き金属は、常温加工に依つて焼入同様の目的を達することが出来る。第 11 圖は常温加工に依り断面積 f_0 なる銅棒を断面積が f になるまで引伸ばした場合、抗張力の増加及び延伸率の減少を示したものである。

5. **焼鈍** 常温加工を受けたもの、或は焼入、鑄造等に依つて一部が急速に冷却されたものは内部に歪を生じて硬度を増し、延伸率は減じて脆化し、導電率も減するが、これを爐内で加熱して一定時間適當な温度に保てば、その温度に應じた結晶組織を再生し、ために歪は除かれて延伸率、導電率を増加する。これを焼鈍といふ。加工中屢加熱するのは、加熱により組織を變じて加工性を恢復せしむるためである。

6. **时效** 焼入等のために金属内部に生じた不平衡状態がその後時間の経過と共に徐々に平衡状態に戻る場合がある。この現象を时效といふ。时效は加熱して或温度に保ち一種の焼鈍を行へばこれを促進することが出来る。例へばアルミニウム導線の抗張力増加の目的でマグネシウム及び珪素 1% を含ませたアルドライ合金は 580°C 温度に於て、アルミニウム中にマグネシウムと珪素の化合物 Mg_2Si 約 1.8% を溶解する固溶體を作る。これを 500°~600°C から水中に焼入するとその溶解度は著しく減じて固溶體は過飽和の状態となる。かゝる材料を常温に於て任意の形に仕上げた後、200°C 位に加熱して时效を促進すれば、アルミニウム中に飽和以上に溶けてある化合物は結晶粒として析出されて組織を變

じ、抗張力、延伸率等を増加する。

第 2 章 鉄及びその合金

7. 鉄の一般的性質 鉄は強靱にして加工性に富み、炭素と合金して炭素鋼及び鑄鉄とし、或は他の元素を加へて特殊の合金鋼として優秀な性質を與へることが出来るから、機械、器具その他あらゆる構造物に使用されてゐる。電気機器としては、回轉機のヨーク、軸、臺等に用ゐられるが、その特徴とする所は鉄の強磁性を利用する用途である。回轉機、變壓器、誘導電壓調製器、各種繼電器、各種計器等に於ける磁氣回路は何れも鉄の合金によりて形成せられてゐるのである。

8. 鉄の磁性 H なる強さの磁界に置かれた磁性體の中に誘導せらるゝ磁束密度 B は H に比例する。即ち

$$B = \mu H \quad \text{又は} \quad \mu = \frac{B}{H}$$

μ は定數で物質に依つて相違し、普通の物質では 1 内外で、空氣は 1 である。即ち空氣中では磁場の強さと同じ密度の磁束が流れる。鉄、ニッケル、コバルトの如き特に μ の値が 1 に比して大なるものを強磁性體といひ、自然 μH は H に比して大である。故に強磁性體を用ゐれば容易に大なる磁束が得られる譯である。この磁束に依つて強磁性體に生ずる磁化の強さ I はやはり H に比例し、 $I = KH$ で示される。この常數 K を磁化率といふ。

$$\text{即ち} \quad \text{磁化率} \quad K = \frac{I}{H}$$

一般に磁場の強さ H、誘導磁束密度 B、磁化の強さ I との間には次の關係がある。

$$B = 4\pi I + H$$

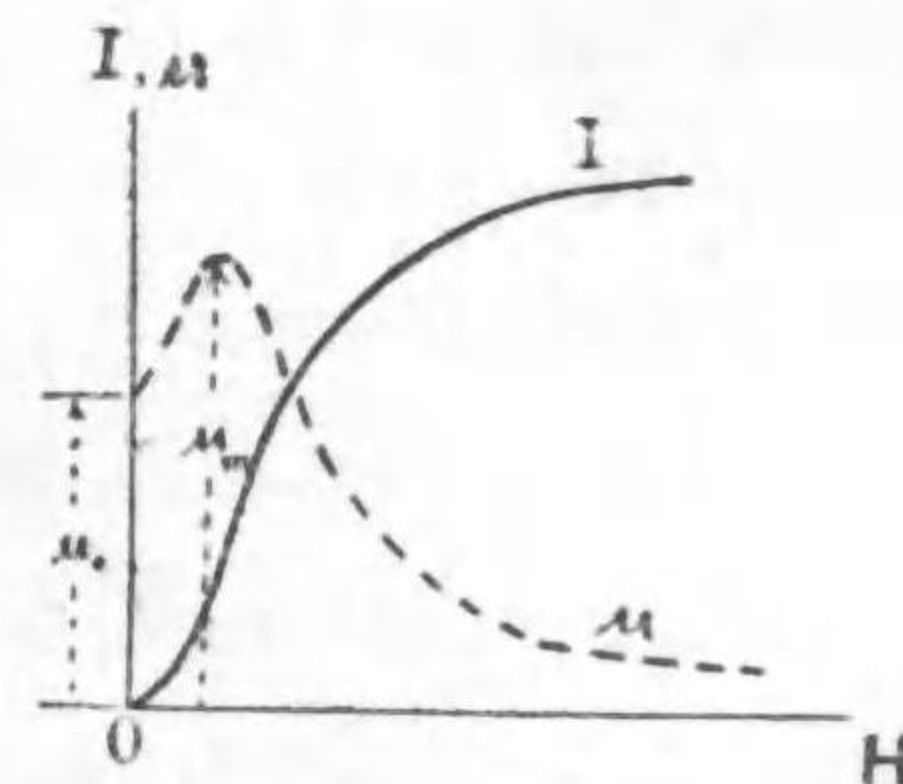
$$\text{依つて} \quad B = 4\pi KH + H \quad \text{又は} \quad \frac{B}{H} = 4\pi K + 1$$

$$\text{故に} \quad \mu = 4\pi K + 1$$

9. 鉄の磁氣履歴 (ヒステレシス) 鉄を磁場から除去つても多少磁氣が残る。これを消すには可なり強い交番磁界に置き、この磁界を徐々に弱めて遂に零とすればよい。斯様にして完全に消磁を行つた鉄を改めて磁化すると、その場合の磁界 H と磁化の強さ I との關係は第 12 圖の實線で示す如く、H が増すに従つて I が増加するが、H がある

第 12 圖

値に達すると I の増加は少くなり一定値に向つて近づき、磁氣飽和の状態を呈する。 μ の變化は圖に點線で示す如く μ_m で最大の値をもつ曲線となる。H = 0 のときの値 μ_0 を初導磁率



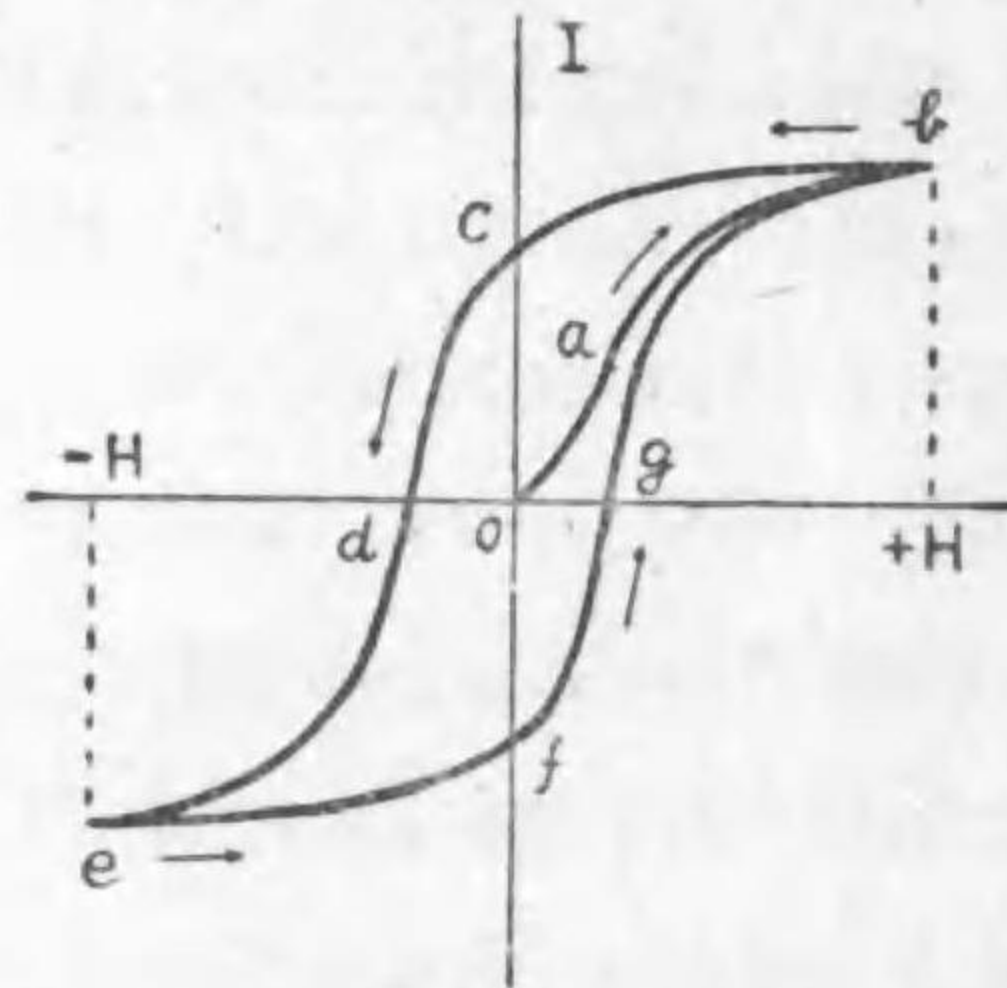
といひ、 μ_m を最大導磁率といふ。 μ の値が H の大きさによつて變化し易いことも強磁性體の特徴である。

今第 13 圖の如く消磁されて $I = 0$ となつた鉄を、磁場の強さを高めて H とした時 0ab 曲線の示す如くに磁化されたとする。次に H を減じて行くと I の値は元の曲線 0ab を辿つて歸らずに bc の如き経路を取る。そして $H = 0$ としたとき $I = 0$ なる値が残る。次に H の方向を變へて $-H$ に達せしむれば、I は曲線 cde の如くに變化し、磁場の強さが 0d なる負の値になつた時にはじめて $I = 0$ となる。更に磁場を $-H$ より $+H$ に

戻せばこの度は efgb 曲線の如く變化して、bcdefgb は一つの閉じた曲線となる。この曲線を **磁氣履歴曲線** といひ、その形、大きさは材料に依つて異なり、この曲線の包む面積はその材料内で失はれる磁氣的損失を示すのである。故に珪素鋼の様な磁氣的損失の少い材料ではこの閉曲線の幅が狭くなつてゐる。

H = 0 の時の I の値 $0c$ は磁化を終つた永久磁石に残留する磁氣の強さを示してゐる。又 $0d$ に相當する磁界は $0c$ を消し去る爲に必要な反對方向の磁界で、これが大きい程残留磁氣が安定な譯である。これを **頑磁力** といふ。永久磁石

第 13 圖 鉄の磁氣履歴曲線



の材料としては頑磁力の大きなるものが適する。

鉄を磁化してその温度を上げて行くと、 769°C 附近で急激に磁力を失ひ常磁性體となり β 鉄に變ずる。

10. **熱處理** 焼入, 焼戻, 焼鈍に依つて鉄の性質を改善するのを熱處理といふ。

(1) **焼入** 炭素 0.5% 以上を含む鋼を高温から急冷して焼入を行ふときは種々の組織が得られる。

オーステナイト γ 固溶體の結晶から成る組織をオーステナイトと稱し、これは常温では見られないが、高温から液體空氣の如きものゝ中に投入して極めて急激に冷却すると、組織を變ずる暇

なく、これを常温で得られる。(第 14 圖)。オーステナイトは磁性なく、軟い延性に富む組織である。

マルテンサイト オーステナイトがパーライトに變化するときには種々の中間組織を経て、オーステナイト→マルテンサイト→トルースタイト→ソルバイト→パーライトの如く變化する。マルテンサイトはこの中間組織の第一階段で、第 15 圖の如く針状に結晶する。第 14 圖にはオーステナイトの一部がマルテンサイトに變じてその針状結晶が混在してゐる。非常に硬くて脆く、剃刀の刃等には適するが他の工具には適さない。マルテンサイトは容積が最大であるから、この組織が現れる場合には膨脹する。

トルースタイト 變化の第二階級で、冷却速度が多少遅ければマルテンサイトがこれに變ずる(第 16 圖)。硬さはマルテンサイトに次ぐがこれより強靱で工具の刃に適する。この組織は又マルテンサイトを $200^{\circ}\sim 250^{\circ}\text{C}$ に加熱しても得られる。

ソルバイト 變化の第三階級で、冷却速度を更に遅くするか又はマルテンサイトを 500°C 位に熱するとき得られる(第 17 圖)。硬度はトルースタイトより更に低いが靱性に富み、弾性限界, 抗力等も高く、且衝撃抗力も大で、構造材料として最も優秀である。急冷速度に調節してこの組織を得ることは困難だから、急冷して得たマルテンサイトを $500^{\circ}\sim 600^{\circ}\text{C}$ に加熱して得る。

以上述べた如く焼入は A_1 以上の温度から急冷して、マルテンサイト又はトルースタイト等の組織を得ることで、温度は A_1 以上 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{C}$ が適當である。

強く焼入して全部マルテンサイトになれば焼入の際の膨脹多く

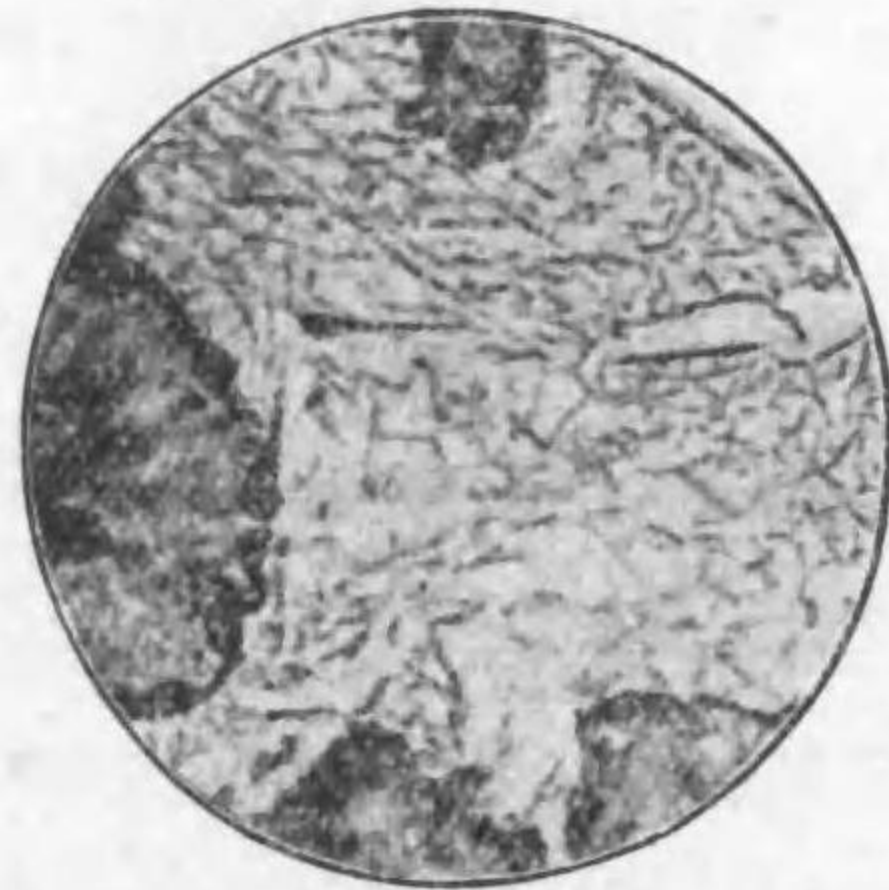
第 14 圖 1.5% 炭素鋼 (焼入品)
白色の地はオーステナイト
黒地の針状のものはマルテンサイト



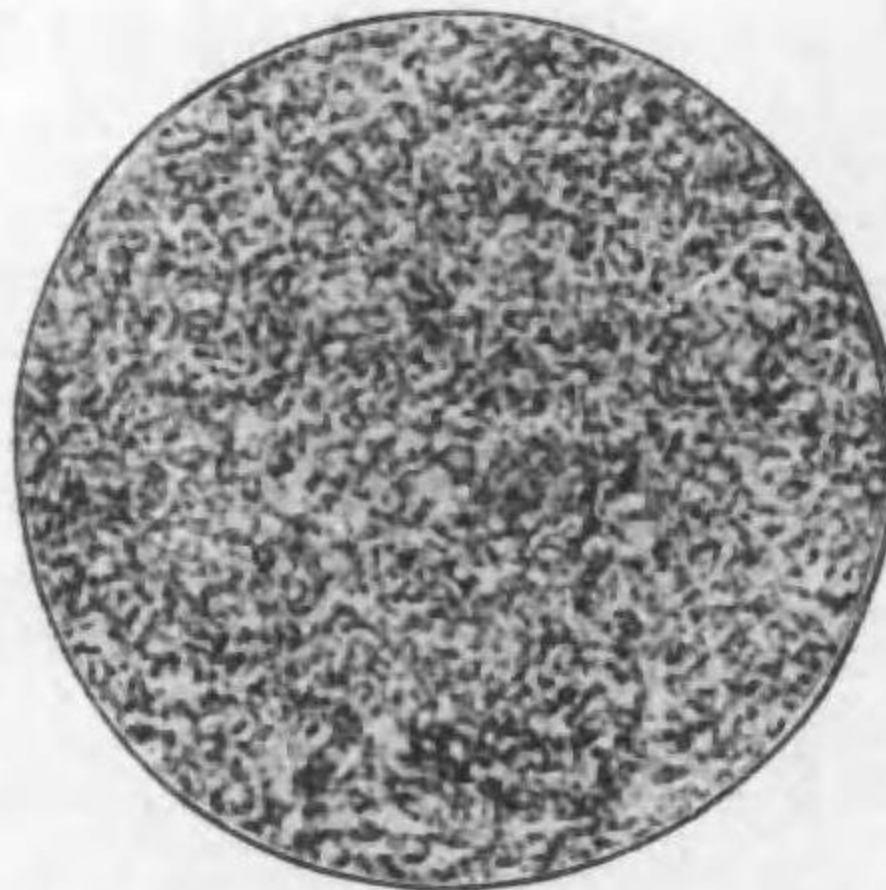
第 15 圖 マルテンサイト
(150倍)



第 16 圖 トルースタイト (450倍)
黒色部はトルースタイト
白色部はマルテンサイト



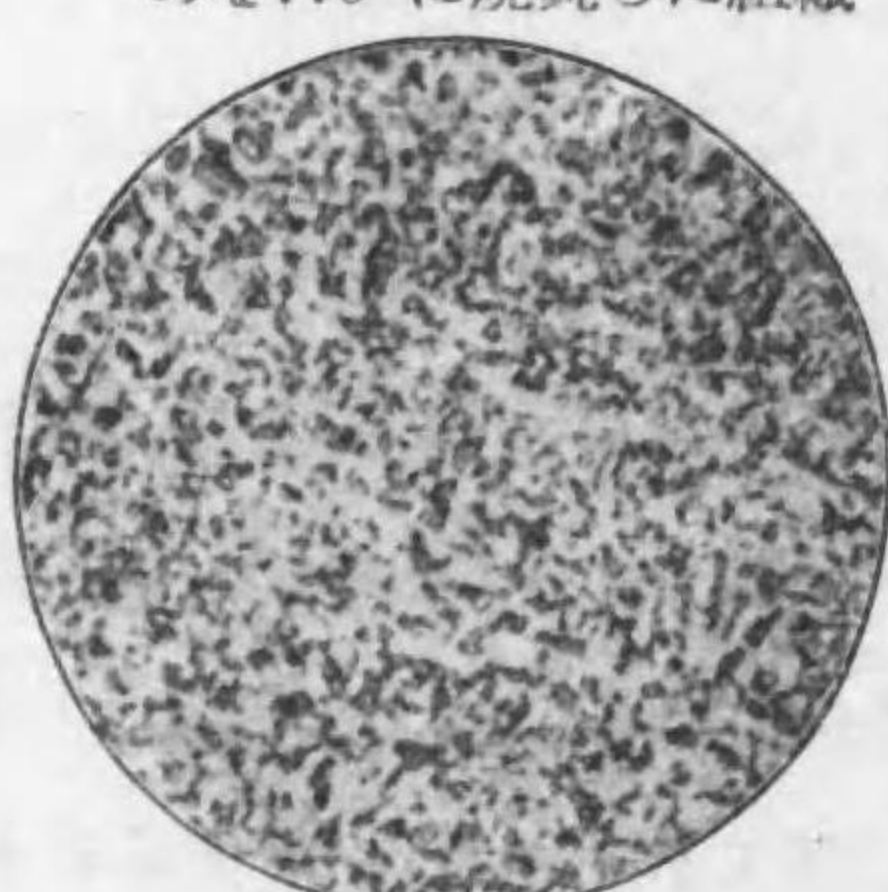
第 17 圖 ソルバイト (500倍)



第 18 圖 鑄造状態の組織



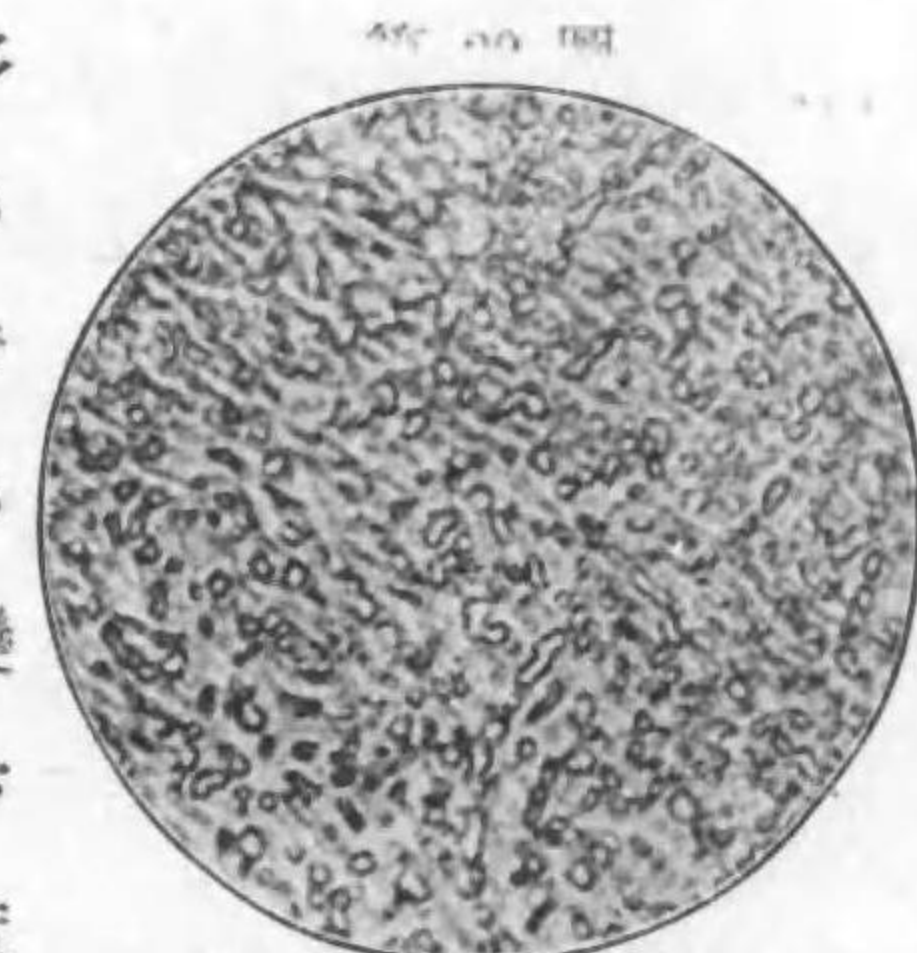
第 19 圖 第18圖の鑄造状態のものを775°に焼鈍した組織



焼割を生ずる。焼入前材料に歪がある^{ゆがみ}と焼割を助けるから、焼鈍して材質を改善して置くと焼割や變形を減^{へんけい}ずることが出来る。又焼入度を弱めてマルテンサイトの一部又は全部をトルースタイトに變へれば、多少硬度は減ずるが焼割を防ぎ且強靱性を増す。軟かに焼を入れるには冷却液に油等を用ゐる。

(2) 焼戻 急冷によつて焼入したものを更に加熱して焼戻す時は、焼入組織を調節し得るのみならず、急冷によつて生ずる歪を除くことが出来る。焼戻温度は高い程硬度を減じて靱性を増すので、使用の目的に依り、タガネの如き大なる衝撃を受けるものは 250°C 位の温度で焼戻し、剃刀の如きものは單に歪を去るだけの温度即ち 100°~150°C でよいから、熱湯に漬けても焼戻し得る。

焼戻は焼入直後に行ふ。焼割は多く常温近くまで冷却した際に現れるから、焼入のまま放置すると危険である。焼戻温度を 350° 以上にする^{はうち}とトルースタイトがソルバイトに變じ、600°~700°C でソルバイトがパーライトに變化し始める。この温度で長く保持するとパーライト中のセ



球状 (又は粒状) セメンタイト (1,000倍)

メントイトが第 20 圖の如く球状になり、その機械的性質は最も優秀で、主要な構造材料にはこの組織を與へるやうにする。

(3) 焼鈍 鑄物は肉の厚薄等に因り不均等の冷却を受けて内部に歪を生じ、外力に對し甚だ弱くなつてゐる。普通の鑄鉄品では A₁ 以下の温度即ち 600°C 位で焼鈍せばこの歪を除き得る。

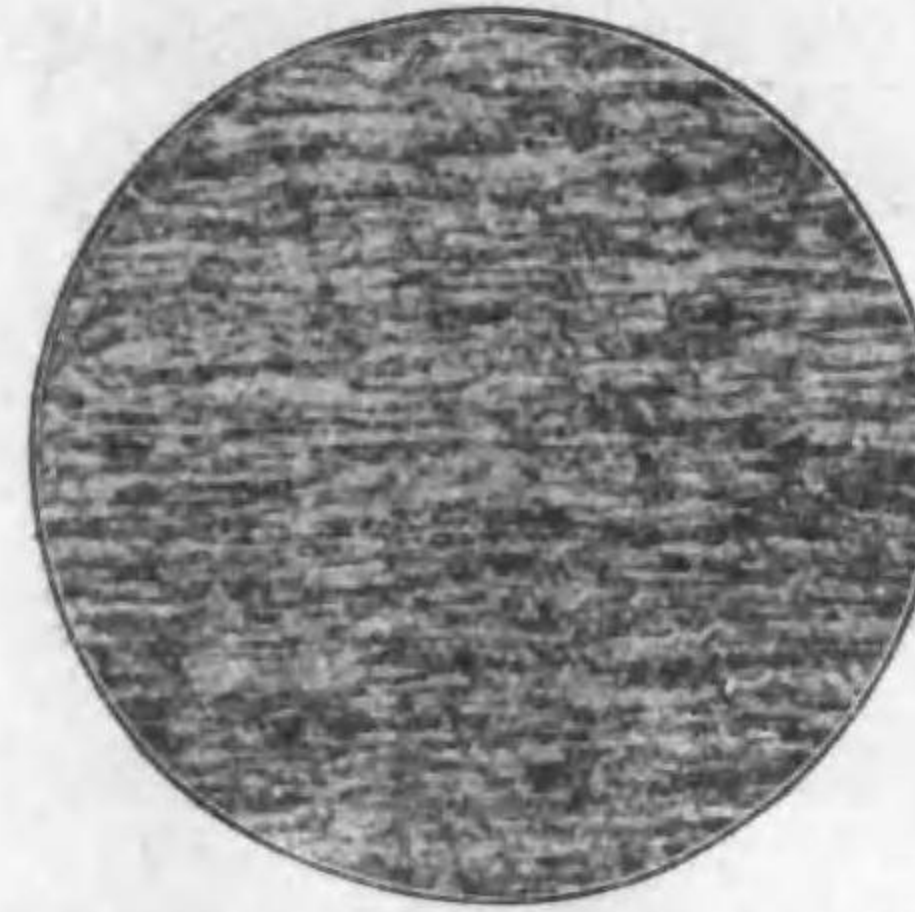
鋼鑄物では冷却中に結晶粒が第 18 圖の如く著しく發達して組織が弱くなつてゐる。これを A_1 以上僅か高く加熱して全部が一様な γ 固溶體に變ずるまで保ち、この新 γ 固溶體の結晶が未だ發達しない中に冷却して微細な組織のもの (第 19 圖) とすれば改善し得る。但し焼鈍温度に長く保ち過たり、又は高温に過ると結晶が發達し、その後冷却したのでは焼鈍の効果はない。

工具用の高炭素鋼では第 9 圖に見る如く、セメンタイトは網状をなし、その硬度は高く加工は困難である。これを A_1 點より少し高い温度に長く保つて焼鈍すとセメンタイトが球状となり、硬度を下げ加工が容易になる。同様にパーライト中のセメンタイトも球状とすることが出来る。これを球(粒)状パーライトといふ。

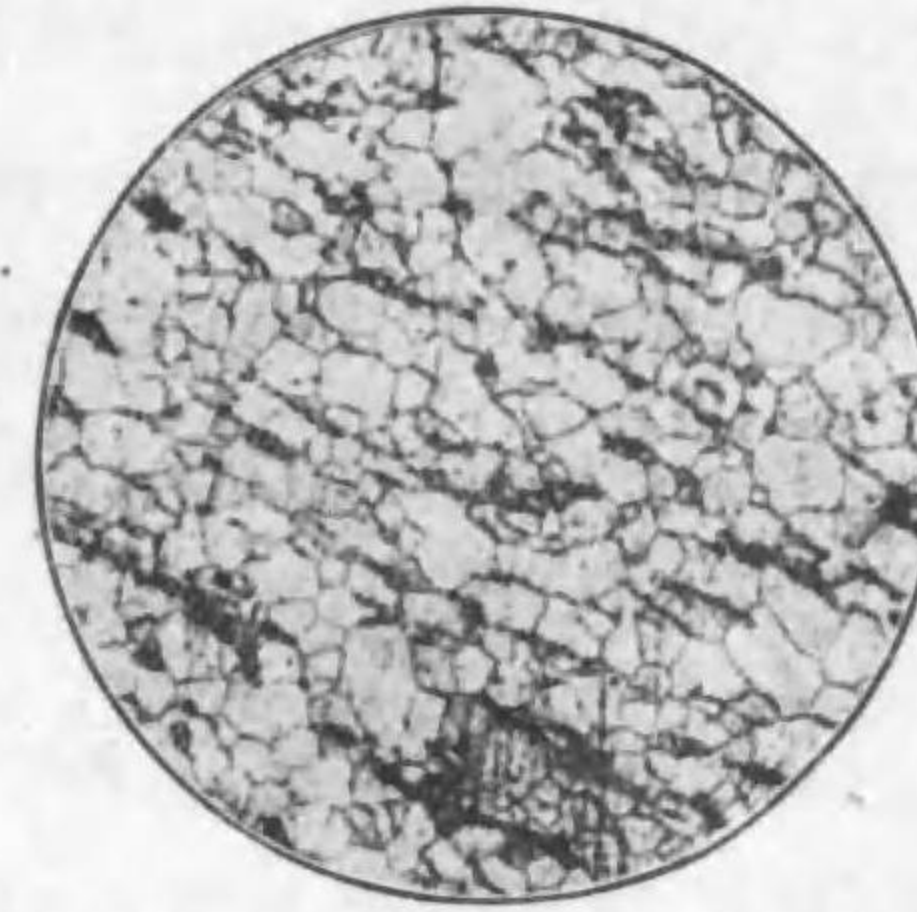
11. 加工 壓延、鍛錬等の作業は A_1 變態點以上の温度で γ 鉄の軟い組織の間に加へると容易であり、その粒子は碎かれて微細になるが、一方高温のため粒子の發達が著しいから、餘り高い温度で作業を終へると温度が A_1 まで降る間に粒子が發達して組織の粗いものとなる。依つて作業は A_1 近くで終へる様にする。

鋼線や鋼板を A_1 以下の低温又は常温で加工するときは粒子が歪められて硬くなる。第 21 圖はフェライトとパーライトが常温加工を受けた方向に引伸ばされたものである。これを加熱すると 500°C 附近で新しく結晶し直す。これを再結晶温度といひ、この温度に達すると硬度が減つて延伸率が増す。このときの有様は第 22 圖に示す如くフェライトは再結晶するがパーライトは尙變形を受けてゐる。これは A_1 點迄加熱すれば除かれる。故に常温加工に依る歪を除くには $600^\circ\sim A_1$ 點迄加熱するを要する。

第 21 圖

0.08% 炭素鋼線
常温率伸組織 (100 倍)

第 22 圖

0.08% 炭素鋼線、常温率伸後
變態點以下で焼鈍せるもの (100 倍)

12. 鉄及び鋼 普通の鉄材は鉄と炭素の合金で、外に少量の珪素、マンガン、燐、硫黄等を含んでゐる。普通炭素の少いものを錬鉄といひ、0.5~1.5 内外のものを鋼、2% 以上のものを銑鉄或は鑄鉄といふ。但しこの區別は嚴密ではない。炭素の少い鋼は軟くて鍛接し得、多いものは硬くて工具に用ゐられる。電解に依つて得られる電解鉄は純鉄に近いが、甚だ高價で普通には使用しない。

銑鉄には鼠銑と白銑とがある。鼠銑は折口が黒く普通の鑄物用に用ゐられ、白銑は折口が白く主に製鋼原料である。

鑄鉄は鼠銑鉄に多量の古鑄物屑を配合して熔融し、鑄物用に供するもので、機械の構造材料として廣く用ゐられる外、鑄造グランドとして大電流制御用抵抗に用ゐられる。炭素含有量は 2.5~4% 内外で一部は黒鉛一部は化合炭素として存在し、化合炭素の多い程硬く、又導磁率が減ずる。鑄鉄に鋼屑 50% 以下を加へたものをセミスチールといひ、抗張力強く 20~30 瓦/平方種に昇る。

可鍛鑄鉄 は白鉄鑄物に特殊の熱處理を施して炭素の一部を除いたもので、抗張力強く且延性があつて稍曲げることが出来る。

鋼鑄物 は機械的強度の大なるを要する所に廣く用ゐられる。

13. **合金鋼** 鉄に炭素及び他の金屬元素を加へた合金を合金鋼といふ。その中最も用途の廣いものはニッケル鋼である。

(1) **鉄-ニッケル合金** ニッケル 10% 以下を含むものはニッケルの増加と共に延伸率は漸次低下するが、抗張力、彈性限度を著しく増す。ニッケル鋼中の炭素は増加するのに従つて強度は増すが、延伸率を著しく減ずるから、伸の多いものを得るためには炭素を 0.3~0.5% とす

第 1 表 ニッケル添加と鋼の強度

C(%)	Ni(%)	抗張力 (延, 平方耗)	彈性限界 (延, 平方耗)	延伸率
1.0	0	56.0	27.0	40
1.0	3.8	111.0	57.0	60

る。第 1 表は炭素 1% のものがニッケル添加に依つて強度を増加した有様を示す。又ニッケルの含量を増加して行くと耐蝕性を増す。

アンバー ニッケル 36% を含む合金で、その膨脹係数は甚だ小さく、 0.9×10^{-6} で炭素鋼の $\frac{1}{10}$ 以下である。又鉄 62~65%、ニッケル 31~33%、コバルト 4~6% の合金は **超アンバー** と稱し、その膨脹係数はアンバーの $\frac{1}{10}$ 以下である。かかる膨脹の少い材料は計器類の如き精密機器の製作に必要な材料である。

ブラチナイト ニッケル 44~47%、殘部鉄より成る。膨脹係数が鉛硝子に近く、爲に電球、真空管等の球内へ導線を引込む硝子壁に封入する部分に用ゐられ、昔この部分に用ゐた白金線の代用品となつたものである。

(2) **鉄-マンガン合金** マンガン 12~14%、炭素 1.5%、殘

部鉄の合金はマンガンの添加に依つて非磁性のオーステナイト組織を常溫で現すから、これを非磁性鋼と稱する。又マンガン 10% を加へた鋼は硬度を著しく増し、軌條材料として優秀である。

(3) **鉄-クロム合金** クロムを含む鋼は變態點は變らぬが、變態の溫度が遅く、急冷せずして焼入した結果となり、硬い鋼を得易い。故にこの系のものは工具材料ともなる。クロム 12~13%、炭素 0.1~0.4%、殘部鉄の合金は**不銹鋼**と稱して耐蝕性大きく、その炭素 0.3% 以上のものは硬くして刃物となる。更にニッケル約 10% を加へ焼入したものは一層耐蝕性が強い。

(4) **タンゲステン、モリブデン、クロム、ワナチン** 等を加へて高溫度焼入を行つたものは工具用刃物として重要な**高速度鋼**と稱する系統の合金である。

(5) **耐久磁石用材料** これにはタンゲステン 5~7%、炭素 0.5~0.7%、殘部鉄の合金が用ゐられて來たが、その後現れた KS 磁石鋼と呼ばれるものは、タンゲステン 6~8%、コバルト 30~35%、クロム 1.5~2.0%、炭素 0.6~0.8% を鉄に加へたものである。KS 鋼の頑磁力は約 240 ガウスであつて、タンゲステン鋼の 4 倍もある。棒磁石の直徑に比して長さが短いものは消磁力が大であるから、頑磁力の大なる KS 鋼は比較的短い磁石に於て第 2 表に示す如く優れた性質を表してゐる。

第 2 表 磁石の寸法と強さの比較

棒磁石の長さ (直徑の倍數にて)	5	10	15	20	25
磁石の強さの比 KS鋼:タンゲステン鋼	2.36	2.33	1.77	1.40	1.08

最近には鉄に多量のニッケルを加へ更にアルミニウムを添加し

た合金が頑磁力 800 ガウスを有し、優秀な磁石鋼であることが発見された。又強磁性金属の酸化物を押し固めたものは頑磁力が大で、任意に成型し得る等の興味ある性質が示されてゐる。

(6) 珪素 2~4% を含む低炭素の珪素鋼は磁氣履歴損失が少く、その薄板は發電機、發動機、變壓器等の鉄心に多量に用ゐられる。交番磁界一周期間に於ける磁氣履歴損失 W は、

$$W = \eta B^{1.6} \text{ エルグ}$$

で表される。定数 η を 磁氣履歴定数 と いひ、その値は第 3 表に示す。

第 3 表 鉄材の磁氣履歴定数

材 料	η
珪 素 鋼	0.001
鍊 鉄	0.003
鍛 鋼	0.020
鑄 鉄	0.012

又珪素は鉄の電氣抵抗を増す性質があり、普通使用せらるゝ 3~4% の珪素鋼の電氣抵抗は純鉄の約 3~4 倍も大であるから、これを電氣機器に用ゐれば渦流損失が少くなる。

第 3 章 銅及びその合金

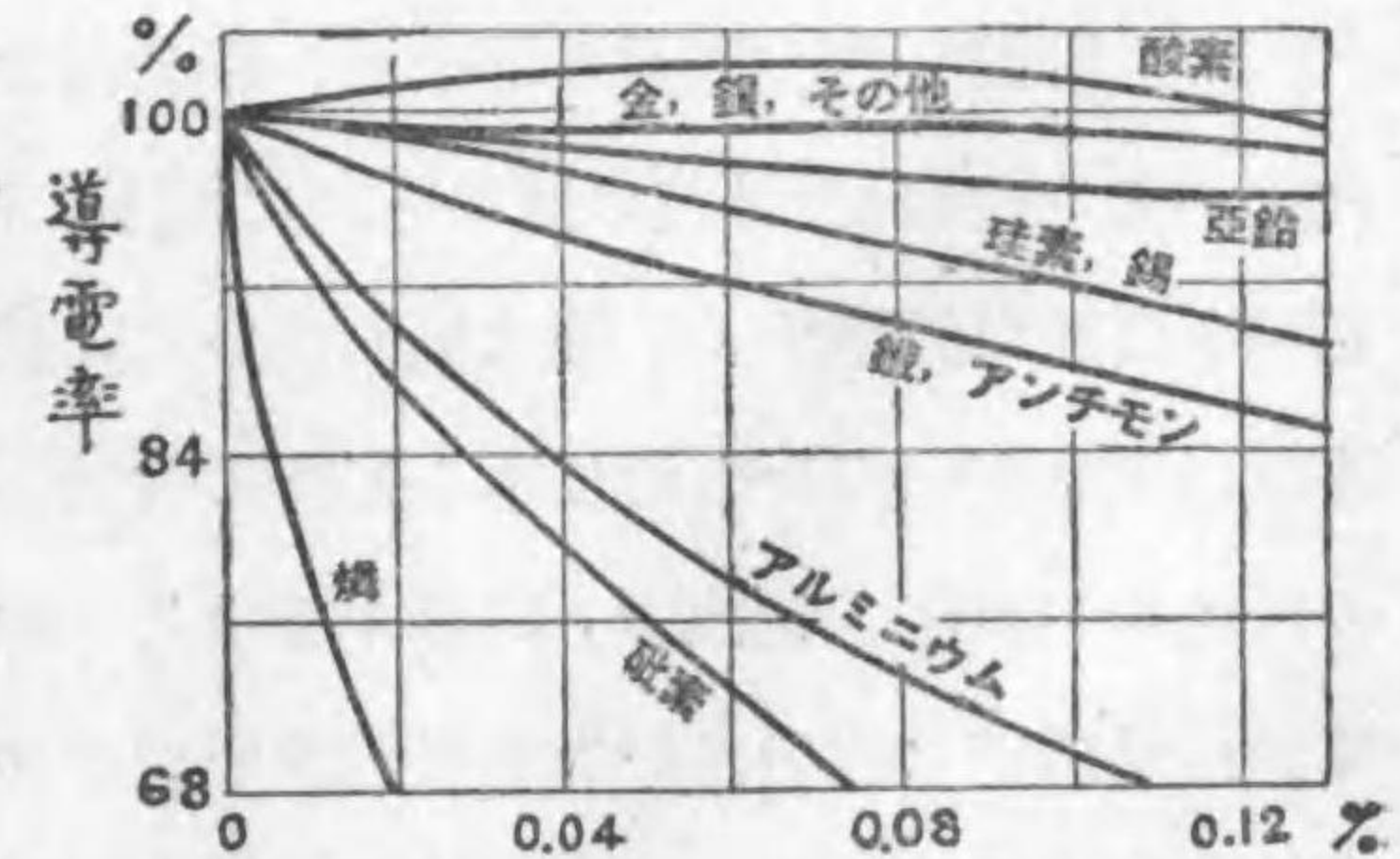
14. 銅の性質 銅は電氣分解に依つて精鍊するときは容易に 99.99% の純度のものが得られる。延伸率は極めて大きく、加工が容易で且純銅のまゝで耐蝕性に富んでゐるから、その消費の 80% 以上が単體で使用されてゐる。導電率、熱傳導度は金属中銀に次いで良好で、電導材料として広く用ゐられ、その大部分は電線として使用されてゐる。

15. 銅線 電線材料は導電率、抗張力、耐蝕性の大きなることを要する。導電率の點では實用上銅に優る金属はない。抗張力は硬

銅線で約 40 瓦/平方耗で、比重は重く 8.9 であるから、若し自重が軽いか又はより大なる抗張力を有する材料があれば、送電線等に使用して線の弛度を少くし、鉄塔の高さを低くすることが出来、又大なる塔間距離が許されて送電線の渡河等にも甚だ有利な譯である。これ等の點からだけいへば鋼線が最もよいのであるが、實際上鋼の用ゐられた例は少い。鋼の強度と銅の導電率とを併せて利用するために、鋼線を銅で覆つた所謂銅覆鋼線がある。純銅の 40% の導電率を持たせることが出来るけれども、銅被覆が一様に行かぬとか、鋼と銅との接觸が悪い等の技術的困難がある。鋼を心線にして軽くて比較的導電率のよいアルミニウム線を束ねた鋼心アルミニウム線が歐洲で用ゐられたが、兩金属の膨脹係數に差があつて使用中に弛みを生じ、又構造上腐蝕し易い等の缺點が見出されてゐる。これ等の計畫は主として銅の産出少き歐洲に於て行はれてゐるが、産額の多い我國では専ら銅線が使用されてゐる。

銅に少量の不純物が混じても導電性を害するから、成るべく純度の高い銅を用ゐなければならぬ。第 23 圖は不純物の影響を純銅の導電率に對する百分率で示してゐる。尙酸素は

第 23 圖 銅中の不純物と導電率



* 金、銀、その他は、金、銀、若鉛、カドミウム、硫黄、鉛、テルル。

銅中では酸化銅 (Cu_2O) として存在し、このものは銅と共晶してその脆い共晶組織は銅質を害する。

銅線は常温で引伸ばされ、従つて硬度を増してゐる。これを硬銅線といひ、導電率は減するも抗張力が大きいから架空線等に用ゐられる。硬銅線を $450^\circ\sim 600^\circ\text{C}$ で焼鈍したものを軟銅線といひ抗張力は低い軟く、特に可撓性を要する所に用ゐられる。軟銅線に僅かに加工したもの、又は硬銅線を軽く焼鈍したものを半硬銅線といふ。

16. 銅の合金 銅は種々な元素と種々の合金を作る。

(1) 黄銅 銅と亜鉛との合金で真鍮とも稱へる。この合金の色調は亜鉛の増加につれて黄色から緑色に移る。黄銅の配合は七三配合 (銅 69~72%), 二一配合 (銅 65~68%), 六四配合 (銅 58~61%) 等があり (残部は亜鉛)、七三配合のものは常温加工が容易であるが、亜鉛を増すに従つて伸を減じ、50% 以上のものは加工困難である。抗張力は軟質のもので $28\text{kg}/\text{cm}^2$ 硬質のもので $48\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上に達する。

(2) 青銅 銅-錫系の合金で、錫の増加に伴ひ黄赤色より灰白色に變る。抗張力は錫の増加と共に増し、約30% で最大に達し、延伸率は逆に減少する。故に錫の少いものは常温加工に依り、板、線等に造るが、多いものは専ら鑄物の材料とされる。錫の多いものは焼入が出来、抗張力、延伸率を増し、硬度を減する性質がある。電気抵抗は錫の多いもの程大きい。この系のものは大氣中で耐蝕性が優れてゐて、往時は鏡の材料となつた。現今の銅貨も多くこの系に屬し、我國の銅貨は錫 4%, 亜鉛 1% を含む青銅であ

る。錫の含量がこの程度のものでは壓延、型打が利く。錫 8-12% の青銅は古い大砲の材料で砲金と稱してゐたが、現今では機械鑄物の材料として賞用されてゐる。錫 15~17% の青銅に少量の亜鉛、鉛等を添加したものは軸受材料として用ゐられる。

(3) 燐青銅 銅-錫系の合金に少量の燐を加へたもので、錫の含量は 0~20% のものが用ゐられてゐる。概して機械的性質が優れてゐるため、軸受、齒車、バックリング環、スプリング等に用ゐられ、鑄造材料ともなる。電氣計器用スプリング、吊線材料等はこの系統の合金で造られる。但し第 23 圖に示された如く、燐は銅の導電率を甚だしく害するから、導線には用ゐられない。

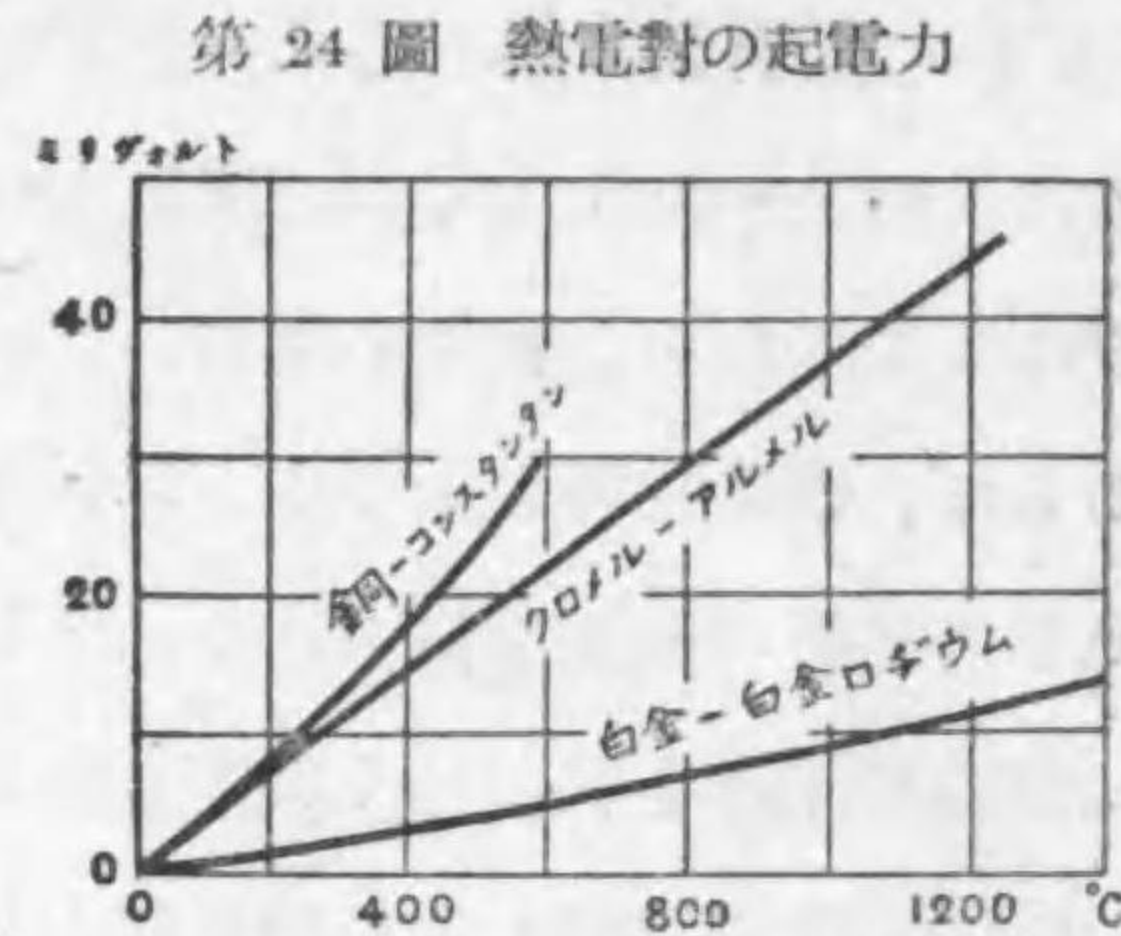
(4) 珪素青銅 銅に脱酸剤としてやゝ過剰に珪素を加へ、或は更に錫、亜鉛等の少量を加へたもので、近時電線として賞用され、その導電率は純銅の 40~50% であるが、抗張力は 70~80 瓦平方耗に達する。第 23 圖に示した如く珪素は銅の導電率を下げることも少いのみならず、耐蝕性を良くする。

(5) 洋銀 銅 62%, 亜鉛 23%, ニッケル 15% の合金で、比抵抗 36×10^{-6} オーム糎、比抵抗の温度係数は 40×10^{-6} 以下であつて、電氣抵抗材料に用ゐられる。洋銀中のニッケルをマンガンで置換へたもの、即ちマンガン 15~20%, 亜鉛 10~25%, 残部銅から成る合金を滿俺洋銀といひ、洋銀に代用される。

ブラチノイド は銅 60%, 亜鉛 24%, ニッケル 14%, タングステン 2% の組成を有し、比抵抗 34×10^{-6} オーム糎、温度係数 25×10^{-6} で、抵抗材料として用ゐられる。

比抵抗*——單位斷面積、單位長さの導線の電氣抵抗。

(6) **銅-ニッケル合金** コンスタantanは銅 60%, ニッケル 40% の合金で、比抵抗は 49×10^{-6} オーム種、その温度係数は $-40 \sim +10 \times 10^{-6}$ である。電気抵抗材料として用ゐられ、銅と接觸した場合起電力の大きいのが缺點であるが、この缺點を逆に利用して銅-コンスタantan熱電對を作り、接點附近の温度測定に用ゐる。この熱電對は銅線の消耗が著しい爲、高温の方は $200^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ に止め、零下は 200°C 位までの測定に適する。更に高温に對しては、



クロメル-アルメル、白金-白金ロヂウム熱電對を用ゐる。

ニッケリン は銅 74.5%, ニッケル 25%, 鉄 0.5% の組成を有し、比抵抗 43×10^{-6} オーム種、その温度係数 17×10^{-5} で、電気抵抗材料となり、膨脹係数の小なる特徴がある。

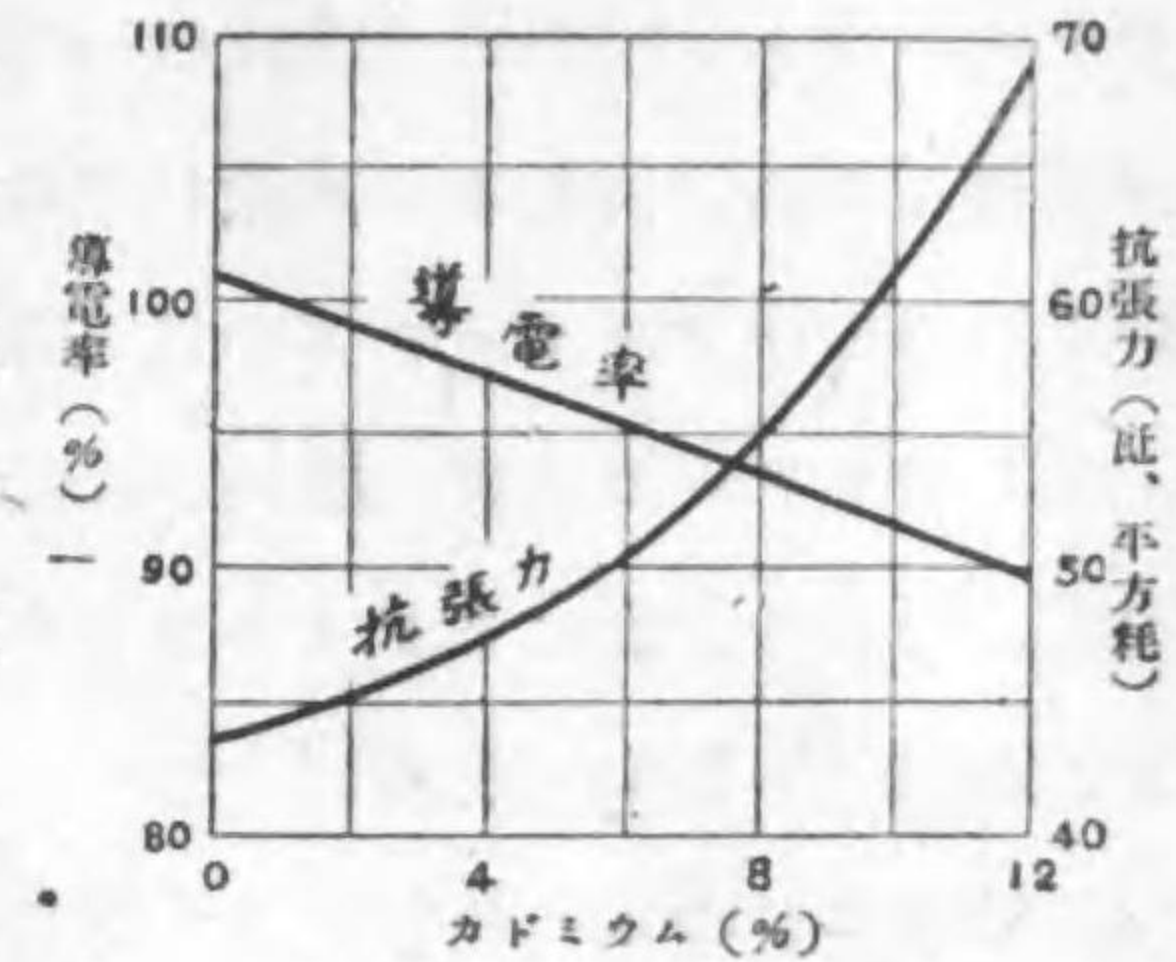
コルソン合金 と稱するものは、ニッケル 2~5%, 珪素 0.4~1.5%, 残部銅の如き組成のもので、この合金中に生じた珪素化合物は時効硬化性を與へる。その抗張力は 80~90 瓦平方耗に達し、耐蝕性に富むから電線、バネ等の材料として使用される。

(7) マンガン^を銅に加へると機械性質は改善されるが導電率が著しく害される。銅 80~84%, マンガン 12~18%, ニッケル 1.5~4% の合金は有名な **マンガニン** である。比抵抗は 44×10^{-6} オーム種、温度係数 $2 \sim 50 \times 10^{-6}$ で、銅との間の起電力も小さいから電気抵抗材料として重用せられる。

(8) **カドミウム-銅合金** カドミウムは銅を脱酸して機械的強度を増し、且導電率を害

第 25 圖 カドミウム銅の性質

することが比較的少いからその少量を加へたカドミウム銅は電車の架空線、送電線等に用ゐられる。第 25 圖はカドミウムの含量が導線の抗張力並びに導電率に及ぼす影響を示してゐる。



(9) **ベリリウム-銅合金** ベリリウムはマグネシウムに似た金属で産額が甚だ少いから單獨には用ゐられないが、これを銅に加へると脱酸して時効硬化性を與へて強度の大なる合金を生じ、且その導電率を害することが少いから、ベリリウム銅は電線として好箇の材料である。實用のベリリウム銅線は約 2.25% のベリリウムを含み、 300°C 附近で熱處理を行つたものである。

尙金属の電線材料並びに電気抵抗材料に關しては卷末附録第 2 表及び第 3 表に一括して掲げたから参照されたい。

第 4 章 アルミニウム、マグネシウム、輕合金

17. **アルミニウム** 比重約 2.7 の輕い金属である。加工性、鑄造性に富み、電気及び熱の傳導よく、且空氣中で表面に薄い酸化膜を生じ、これに保護されて耐蝕性を増す。歐洲ではアルミニウム線又は鋼心アルミニウム線を送電線に用ゐたが思はしい成績が得られず、現今では強度大なる合金が用ゐられてゐる。その他機

械器具の部分品，蓄電器，避雷器，ペイント，日用器具等に用ゐられ、その合金は航空機には缺くべからざる材料である。

アルミニウムは精練の改良に依つて次第に価格は下つてはゐるが尙高價である。併しその地殻に埋藏せらるゝ量は鉄を凌いでゐるから、その中アルミニウム時代を現出することは想像に難くない。但し酸，アルカリ等に腐蝕され易いから耐蝕性を持たせることが必要であり、既にアルミニウムの表面に薄い丈夫な酸化膜を作り、耐蝕性，絶縁性を有たせたアルマイトが發明されてゐる。

18. **マグネシウム** 比重約 1.7 の軽金属である。機械的性質はアルミニウムに匹敵し、鑛石も豊富で、又苦汁からも電氣的に精練される。この金属もアルミニウムと同様空気中では緻密な酸化皮膜に保護されて腐蝕が内部に侵入しない。酸，海水に對しては弱いけれどもアルカリに對しては強い。マグネシウム單體としては殆ど用ゐられないが、電氣工業で真空管製造の際、排氣後の残留ガスを取除くためのゲッターとして用ゐられる。合金としてマグネシウムを主體とするものゝ外、アルミニウム合金中には大抵マグネシウムが含まれてゐる。

19. **輕合金** アルミニウム，マグネシウム等を主體とする輕合金は航空機材料並びに現代の一般的材料として用途が廣い。

(1) **デュラルミン** アルミニウムに銅 3.0~4.5%，マグネシウム 0.3~1.0%，マンガン 0.5~1.0% を加へたものであるが、この系統のものは各國で研究されて色々の名稱のものが現れてゐる。比重は約 2.8 で、そのまゝでは抗張力約 20 庇，平方耗に過ぎないが、これを $500^{\circ}\pm 20^{\circ}\text{C}$ を標準として水中に焼入すると

きは三，四日経過中に急激に抗張力を増して 40~50 庇，平方耗に達し、硬度及び延伸率を増す。故に焼入後 24 時間以内で時効硬化の始まらぬ内ならば相當に加工することが出来る。デュラルミンは空中では耐蝕性があるけれども、海水に對して甚だ弱い。この缺點を除く爲に純アルミニウムをその表面に延べて合せ板としたデュラルプラット，アルクラット等と稱するものがある。

(2) **アルドライ** アルミニウムにマグネシウム及び珪素合せて約 1% を加へたもので、抗張力約 35 庇，平方耗、電導率は純銅の 50% 以上，比重約 2.7 の合金である。著名な電線材料で、同系のものに、ラウタール，アルデール，モンデカール，テレクタール，アルメレック，シルマレック等の名稱のものがある。

(3) **耐蝕性輕合金** アルミニウム—マグネシウム系のものは一般に耐蝕性が良好で、この系統のものに **チユナラリウム**，**ヒドロナリウム**等がある。デュラルミンの海水に侵され易い點を改善しようとして發明されたもので、抗張力は 35~38 庇，平方耗で少しく劣るが耐蝕性は優れてゐるから、強度が改善された曉には重要な輕合金が得られるであらう。

その他耐蝕性の合金としては **KS ゼーワッサー**がある。この合金はマンガン 2.5%，マグネシウム 2.25%，アンチモン 0.2%，殘部アルミニウムから成り、海水に對する耐蝕性が大である。一般にアルミニウムにマンガンを加へた合金は耐蝕性を増すと共に機械的性質を改善する特徴を有つてゐる。

(4) **鑄造用輕合金** 従來アルミニウム—銅—亜鉛系のものが用ゐられたが、アルミニウムに珪素 13% を加へた**シルミン**は鑄

造性があつて機械的性質のよい重要な合金である。アルミニウムにマグネシウムを加へ、更に少量のクロム及び鉄を加へたクルミンも機械的性質よく耐蝕性に富む優秀な鑄造材料である。

(5) 鑄造，鍛造用軽合金 これはマグネシウムを主體とする合金で、獨の Elektron，米の Dowmetal が著名である。Elektron はマグネシウム-亜鉛系のもので、亜鉛 4~8%，銅 0~1%，マンガン 0~0.1%，アルミニウム 0~1.6%，錫 0~0.35%，殘部マグネシウムから成る。Dowmetal はマグネシウム-アルミニウム系で、アルミニウム 2~8.5%，マンガン 0.15~0.3%，銅 0~4%，カドミウム 0~2%，亜鉛 0~0.5%，殘部マグネシウムの組織を有し、用途に応じて要素を加減する。兩者共鑄造用及び鍛造用に供される。鑄物の抗張力 15~20 庇・平方耗，延伸率 5% で、延壓物では 30~40 庇平方耗，10% である。

第 5 章 其他の金屬並びに合金

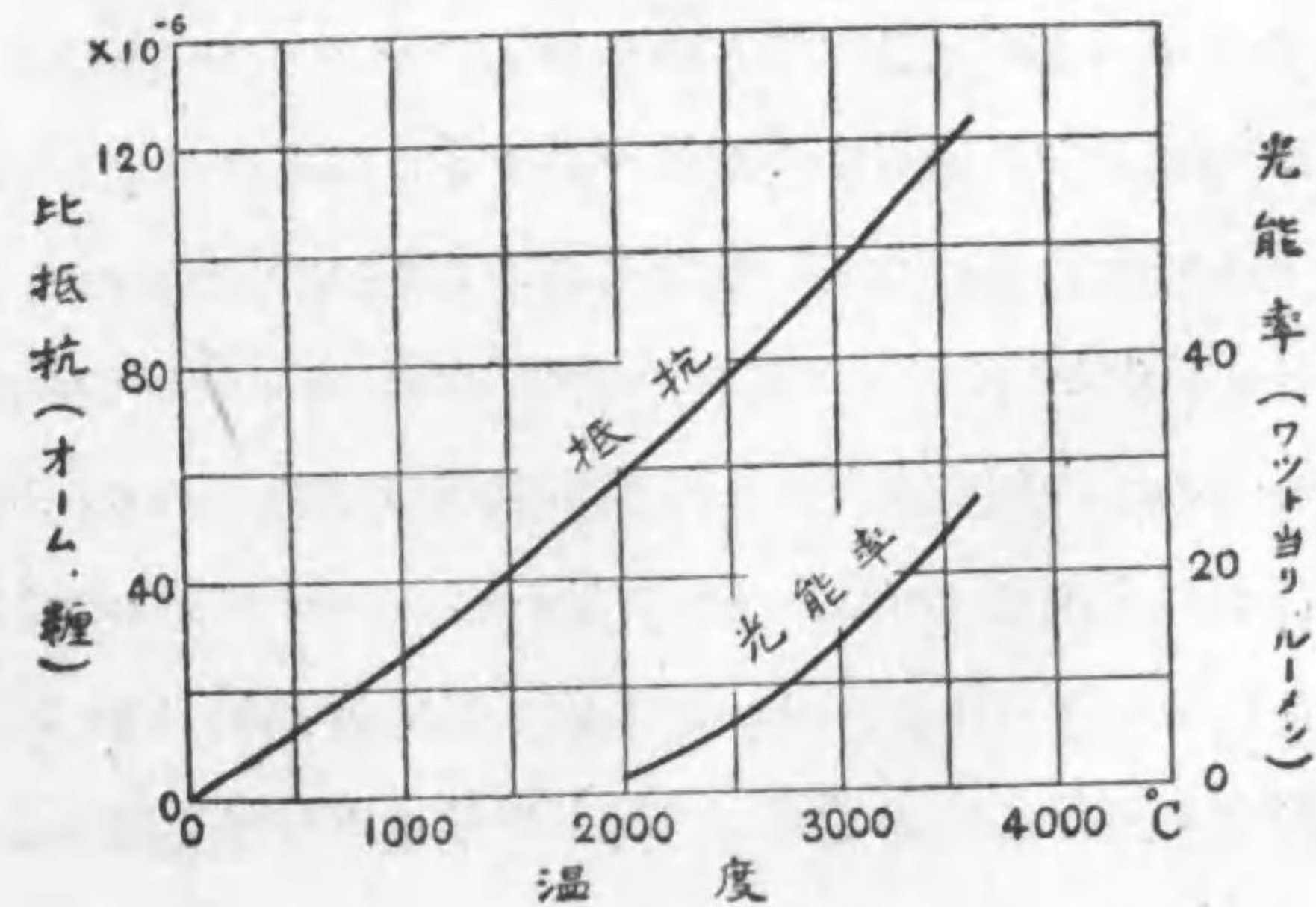
20. 熔融點の高い金屬並びに合金

(1) 白金 熔融點 1700°C、耐蝕性が大で、酸、アルカリに溶けず、王水、熔融アルカリ、塩素水、臭素水に侵されるだけである。貴金屬であるから、學術用小装置の電氣抵抗體，抵抗高溫度計等に用ゐるに過ない。ロヂウム 10~13% を含む白金ロヂウム合金を用ゐた熱電對は 1600°C 位まで測定し得る(第 24 圖参照)。又イリヂウム 20% を含む合金は發火栓として優れてゐる。

(2) タングステン 熔融點 3382°C で金屬中最高である。弗化水素と硝酸の濃混合液，熔融アルカリ等に侵される外、酸，ア

ルカリ等には侵されない。この金屬は粉末を固めて 1300~1400°C の高溫度で鍛造を繰り返すと漸く延展性を生じて線狀とすることが出来る。高溫度に耐へ、電球，電熱子管等の纖維や、X 線管の對陰極，真空電氣爐等に用ゐられる。タングステンの結晶粒は使用中に成長する特性を有し、ために材質は脆弱になる。殊に低い溫度で加工し高溫度で用ゐる場合にはこの現象が著しく、電球の纖維等は結晶成長の爲に甚だ壊れ易い。これを防ぐには酸化トリウム (ThO₂) を加へるが、過剰は加工性を害するので約 0.75% を限度とする。タングステンが溫度と共に電氣抵抗，發光能率 (1 ワット當りルーメン) を變化する有様を第 26 圖に示す。タングステンは又接點として廣く用ゐられ、發火栓用電極としては白金イリヂウム合金に劣るが價格の點から一般に用ゐられてゐる。タングステン鋼が永久磁石として用ゐられることは既に述べた。炭化タングステンは硬度が高いから工具の主要材料となる。

第 26 圖 タングステンの電氣抵抗と發光能率



(3) **モリブデン** 熔融點 2600°C で加工性はタングステンに優るけれども耐蝕性は遙かに及ばない。電気工業の方面では電球内の吊子、真空電気爐等に用ゐられる。又合金鋼の材料として近時その用途が廣められてゐる。

(4) **ニッケル** 熔融點 1450°C で、耐蝕性が優れ、高温度に於ても酸化皮膜が表面を保護するため腐蝕が侵入することなく、殊に海水、アルカリに對して強く、酸にも侵され難い。高價で單體として用ゐられること少く、エヂソン蓄電池の電極、電球、その他真空管等に用ゐられる外著しい用途はない。合金としてはニッケル鋼が優秀な構造材料であることは既に説明した。銅とニッケルの合金には有用な電気材料が多い。

コンスタンタン は銅 60%、ニッケル 40% の合金で、電気抵抗材料に用ゐられる。ララ、ユーリカ、フェリー等の名稱をもつ電気抵抗材料はコンスタンタン類似の合金である。銅コンスタンタン熱電對は比較的低温の測定に使用されることは前に説明した。アドバンスと呼ぶ抵抗線も略^ほコンスタンタンと同じ割合の銅、ニッケルを含み、更に少量のマンガン、鉄等を含有する。

銅-ニッケル合金に**ニッケリン**のあることは已に述べた。**アルメル**はニッケル 94%、マンガン 2.5%、アルミニウム 2%、珪素 1%、鉄 0.5% の組織を有する耐熱電気抵抗材料である。同じ目的の材料**クロメル**はクロム 9.8%、鉄 1%、マンガン 0.2% から成る。このアルメルとクロメルから成る熱電對は約 1000°C までの高温測定に用ゐられる(第 24 圖)。**フライトレー**と稱するものもクロメル同様の目的に用ゐられる。

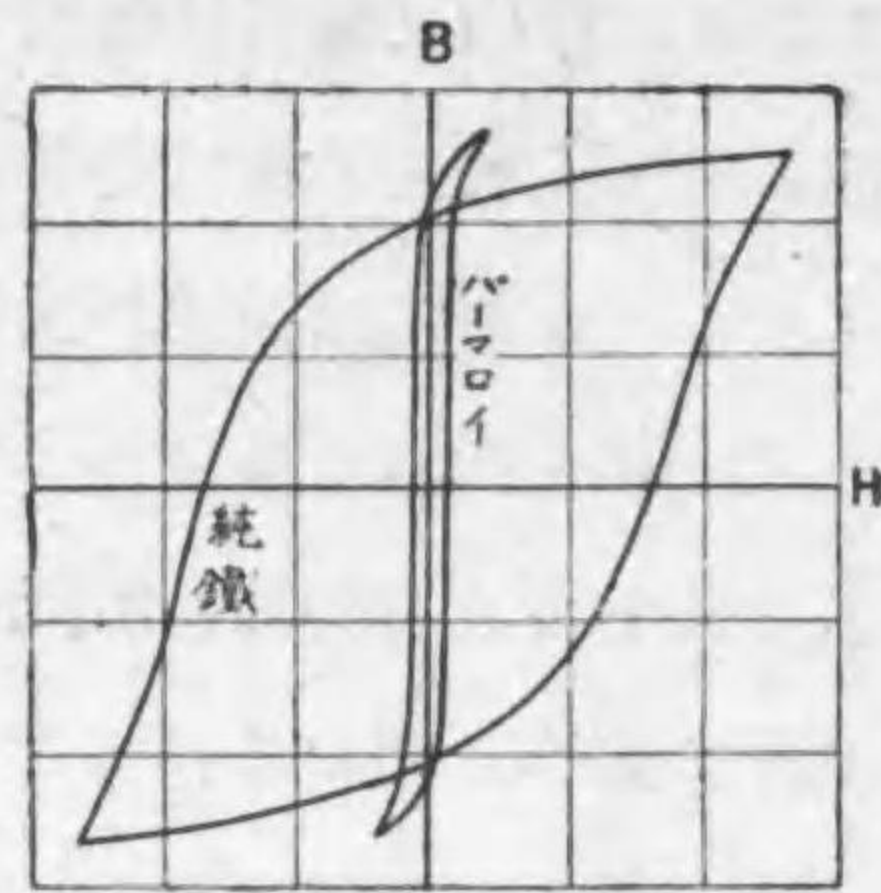
洋銀及びプラチノイドは前に述べた如く共に銅-ニッケル合金である。洋銀は電気抵抗體として用ゐられるばかりでなく、加工性、耐蝕性が良く機械器具の材料として廣く用ゐられる。又銅-ニッケル合金は耐蝕性が優れてゐるので特殊の用途をもち、ニッケル 65~70%、銅 30~35% に少量の鉄、マンガンを加へた有名な**モネルメタル**は、濕氣、海水に對して強く、タービン翼、船の推進機等に用ゐられてゐる。

ニッケル-クロム合金 これには有名な**ニクロム**がある。70%以上のニッケルにクロムを加へた組織を有し、電気固有抵抗が大きく、高温に耐へて酸化消耗すること少く、耐蝕性が優秀である。又加工性が優れ、細線、リボン状等に造り出すことが出来るから、耐熱機械材料、電気爐用熱線材料として用ゐられる。ニッケル-クロム合金は性質優秀であるが價が高いので、これに多量の鉄を加へた代用品が現れてゐる。**フェロクロム**はこの代用品で、60%ニッケル、15%クロム、25%鉄のフェロクロムでは、加工性並びに機械的性質は殆どニクロムと變りなく、比抵抗が幾分大である。ただ酸化、耐蝕性については幾分劣り、ニクロムが空氣中に於て約 1000°C まで用ゐられるに反し、フェロクロムは約 800°C を限度とされてゐる。

ニッケル-鉄合金 には優れた磁氣材料が多い。有名な**パーマロイ**はニッケル 78.5% に鉄を加へたもので、初導磁率 9×10^3 、最大導磁率 10^5 に達し、甚だ弱い磁界にて飽和に達する。この合金を以て海底電線を包めば回路のインダクタンスを増し通話能率を擧げることが出来る。第 27 圖はパーマロイと純鉄との磁氣履歴

曲線を比較したものである。この種の合金には類似のものが幾種類も表れてゐる。パーミンバーはニッケル、鉄の外にコバルトを含み、或範圍の磁界に對しては導磁率が一定であるといふ性質を有つてゐる。シューメタルはニッケル、鉄、銅の合金で、高抵抗、高導磁率を有する。

第 27 圖 パーマロイと純鉄の磁氣履歴曲線



(5) **コバルト** 耐蝕性に富み、單體で鉄、鋼等に鍍金して腐蝕を防ぐ。又硬いからこれを主としたステライトは非鉄工具材料として名高い。既述の KS 磁石鋼はコバルト鋼である。

(6) **マンガン** 脱酸劑として各種金屬に添加される。電氣抵抗材料として、マンガニン、滿俺洋銀のあることは既に述べた。又アルミニウム 10~12%、マンガン 18~23%、鉛 0~4%、殘部銅の組成を有するホイスラー合金は強磁性元素を含まぬにも係らず強磁性を示すので有名である。

21. 熔融點の低い金屬並びに合金

(1) **鉛** 蓄電池極板、ケーブル被覆等として大量に消費されてゐる。純鉛は機械的性質及び耐蝕性が不十分で、殊に振動の伴ふ所では使用中に脆くなり裂目が出る。故にケーブル被覆には錫、アンチモン、カドミウム等の少量を加へて強度及び硬度を改善し、蓄電池極板用の鉛には 4% アンチモンを加へ更に 0.2% の砒素を加へて耐酸性をよくする。接合用の半田は鉛-錫系の合金で、第 6 表の如き組成を有し、1, 2, 3 の順序に融點が高くな

つてゐる。電氣用フューズには主として鉛-錫-アンチモン系の合金を用ゐるが、アルミニウムリボンも相當多量に用ゐられてゐる。回轉機の軸受合金としては鉛 80% 前後アンチモン並びに少量の錫、

第 6 表 半田の化學的組成

	1	2	3
錫	63-68%	49-52%	28-32%
アンチモン	<1.0	<3.0	<1.0
亞鉛	<0.05	<0.05	<0.05
砒素	<0.05	<0.05	<0.05
鉄	<0.2	<0.2	<0.2
鉛	殘	殘	殘

銅、鉄、砒素、蒼鉛を加へた種々の成分の合金が用ゐられてゐる。

(2) **錫** 箔として蓄電器に用ゐられる外、半田、フューズの材料となる。又錫を多量に含む軸受合金は高價ではあるが性質が優れてゐる。

(3) **蒼鉛** 半田、フューズ等の熔け易い合金には必ず含まれてゐる。又この金屬は磁場に於て電氣抵抗を變化するから、純蒼鉛で螺旋を作り、磁氣測定に用ゐる。

第 28 圖 蒼鉛螺旋



(4) **水銀** 金屬中唯一の液體元素で、用途は甚だ廣く、水銀擴散ポンプ、水銀整流器、水銀燈、水銀封入ランプ並びに整流管等に用ゐられる。水銀は金屬と容易に液狀或は泥狀の合金即ちアマルガムを形成するが、鉄、ニッケル、コバルト、マンガン、白金等は普通の状態ではアマルガムを作り難い。水銀は非常に有害であるから、常時これを取扱ふものは注意を要する。

第 6 章 炭 素

22. 炭素の性質 炭素は非金属元素であるが、金属材料同様に電気の導體として用ゐられるから本編に併せて述べる。

炭素の熔融點は約 3600°C で、木炭，コークス，油煙の如き非晶質のものと、黒鉛，ダイヤモンドの如き結晶質のものがある。黒鉛は比重 2.0~2.5 で、酸素中でも 660°C まで燃焼しない。天然黒鉛は概して軟く、比抵抗は小さく、灰分が多い。人造黒鉛は一般に天然黒鉛に優り、純度も高く 99% 以上である。優良な原料炭素は石油，コークスで、石油を燃焼して得た煤炭をアルコール及びエーテルで洗滌し、約 450°C の真空中で乾燥すれば 92~93% の純度をもつ炭素が得られる。現今では石炭ガス製造に際してレトルト内に残れるレトルトカーボン，又はピッチ類を乾溜して得られるピッチコークス等が多く用ゐられる。前者は比較的純粋で、後者は生産は多いが揮發分を多く含む。

23. 炭素質刷子 炭素で刷子を造るには炭素原料を破砕機にかけて微粉状となし、一時に付數百乃至數千の網目を有する篩にかける。この粉状原料を所要の割合に混合し、これにコールタール，ピッチ，糖蜜，樹脂等の結合剤を加へてよく捏り混ぜる。この原料を鋼製の型に詰め、水壓機にかけて壓縮成形し、焼成爐に入れて徐々に爐の溫度を高めて素地中に含む揮發分を追ひ出し、最後に 1400°C 位で焼き締めた後徐々に冷却する。黒鉛化する必要あるものはこれを更に電氣爐で 2000°C に焼くのである。

かくして造られた刷子は、原料の選擇，製造工程の相違により

大別して炭素刷子，黒鉛刷子，炭素黒鉛刷子，電氣黒鉛刷子，金屬黒鉛刷子の五種とする。第 7 表はこれ等の性質を示す。

第 7 表 炭素製刷子の性質

刷子種類	硬 度 (シヨ ア-)	摩 擦 係 數	扯斷力 kg/平方 mm	接觸電 壓降下	比抵抗 オ-ム/ 立方mm	電流密度 アムペア/ 平方mm		灰 分 %	周速度 呎/分	見 掛 比 重
						整流子	聚電環			
炭 素	35~50	大	250	大	0.005	5.0	6.0	4.0	3.500	1.6
炭素黒鉛	25~45	中	250	中	0.0035	6.0	7.0	1.5	4.000	1.6
黒 鉛	15~25	小	150	小	0.0018	8.0	9.0	8.0	5.000	1.75
	15~25	小	150	小	0.0015	8.0	9.0	4.0	5.500	1.75
電氣黒鉛	25~40	中	250	中	0.002	8.0	9.0	1.0	5.000	1.70
	35~50	中	300	中	0.0017	8.0	9.0	0.5	5.000	1.75
金屬黒鉛	8~15	中	300	小	0.000025	—	20.0	—	5.000	4.0
	8~18	中	350	小	0.00002	—	20.0	—	5.000	4.3

刷子に重要な性質は、その固有抵抗の小さいこと、機械的強度が大きく、磨耗は少く、且整流子や聚電環等を傷つけないこと、摩擦係数が小さくて接觸面を過熱しないこと等である。但し整流に當つては回轉子捲線内に比較的大なる起電力が誘起せられるから、これによる電流をあまり大きくしない爲に刷子の接觸抵抗が相當大きなものを選ばなければならない。

(1) 炭素刷子 材質は非晶質炭素で黒鉛化してゐないものである。固有抵抗，接觸抵抗，摩擦係數共に大きく、硬度，機械的強度も大である。接觸抵抗が大きいから、整流作用の困難な機械例へば電車電動機，交流整流子電動機等に使用するに適して併し刷子本體並びに接觸面に於ける發熱量が大であるから、

刷子の電流密度は小に取らなければならぬ。

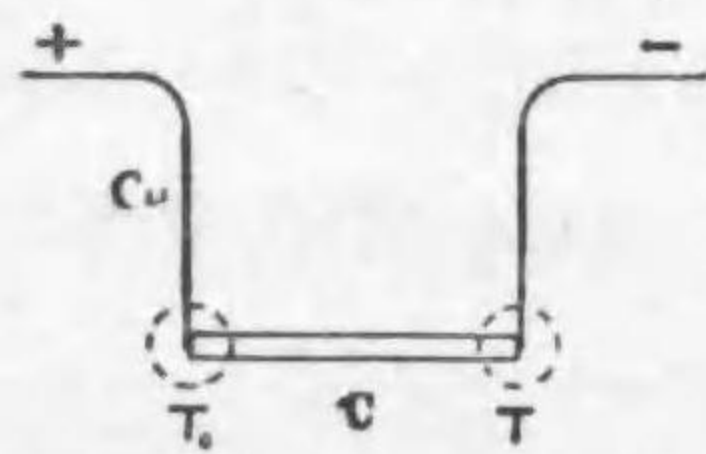
(2) **黒鉛刷子** 良質の天然黒鉛を原料としたもので、炭素刷子に反し固有抵抗、接觸抵抗共に低く、黒鉛の油滑性^{油くわつせい}のために摩擦係数は小さく、機械的強度は小さくて軟い。小型電動機に用ゐられ、又聚電環に多数の刷子を用ゐる場合、油滑の目的でこの種の刷子數箇を混用することがある。

(3) **炭素黒鉛刷子** 非晶質炭素と天然又は人造黒鉛とを適度に混合焼成したもので、炭素刷子の接觸抵抗、機械的強度並びに黒鉛刷子の電氣的性質、油滑性を兼ね、その中間の性質を有する。

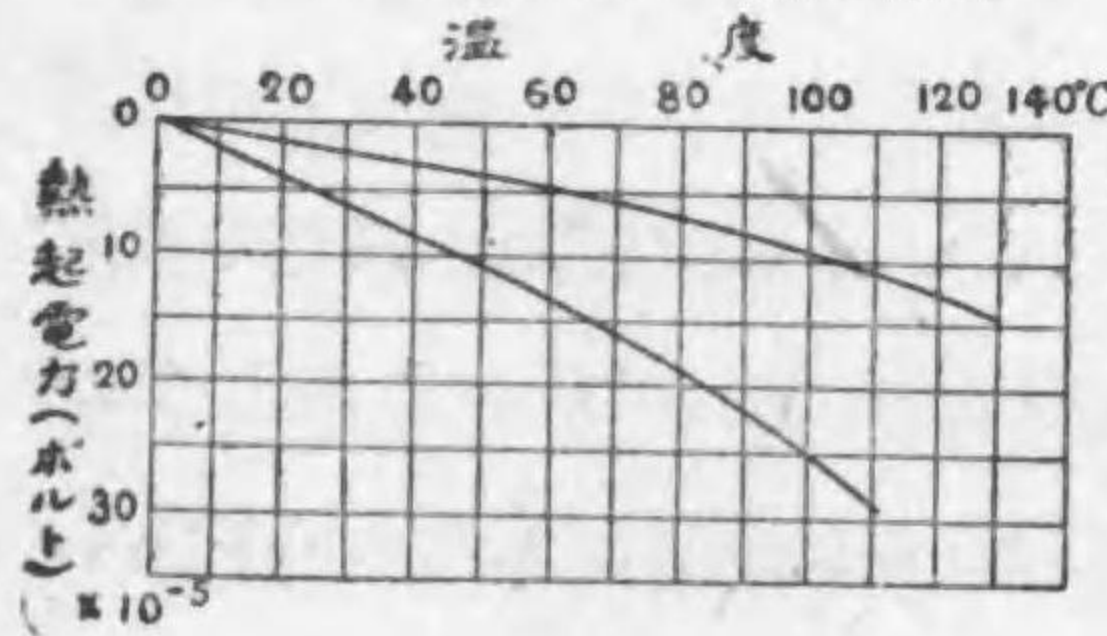
(4) **電氣黒鉛刷子** 非晶質原料で成形した後黒鉛化したもので、炭素刷子に於ける機械強度、表面硬度、並びに接觸抵抗の優秀性を失はずして固有抵抗を小さくし、且油滑性を有せしめたものである。高温處理に依つて原料中に含まれた不純分は蒸發し去り、刷子が整流子を傷つけることも少く、最も優秀である。

これ等の刷子類に於ける 黒鉛含有の程度は 刷子試料と銅との間の熱起電

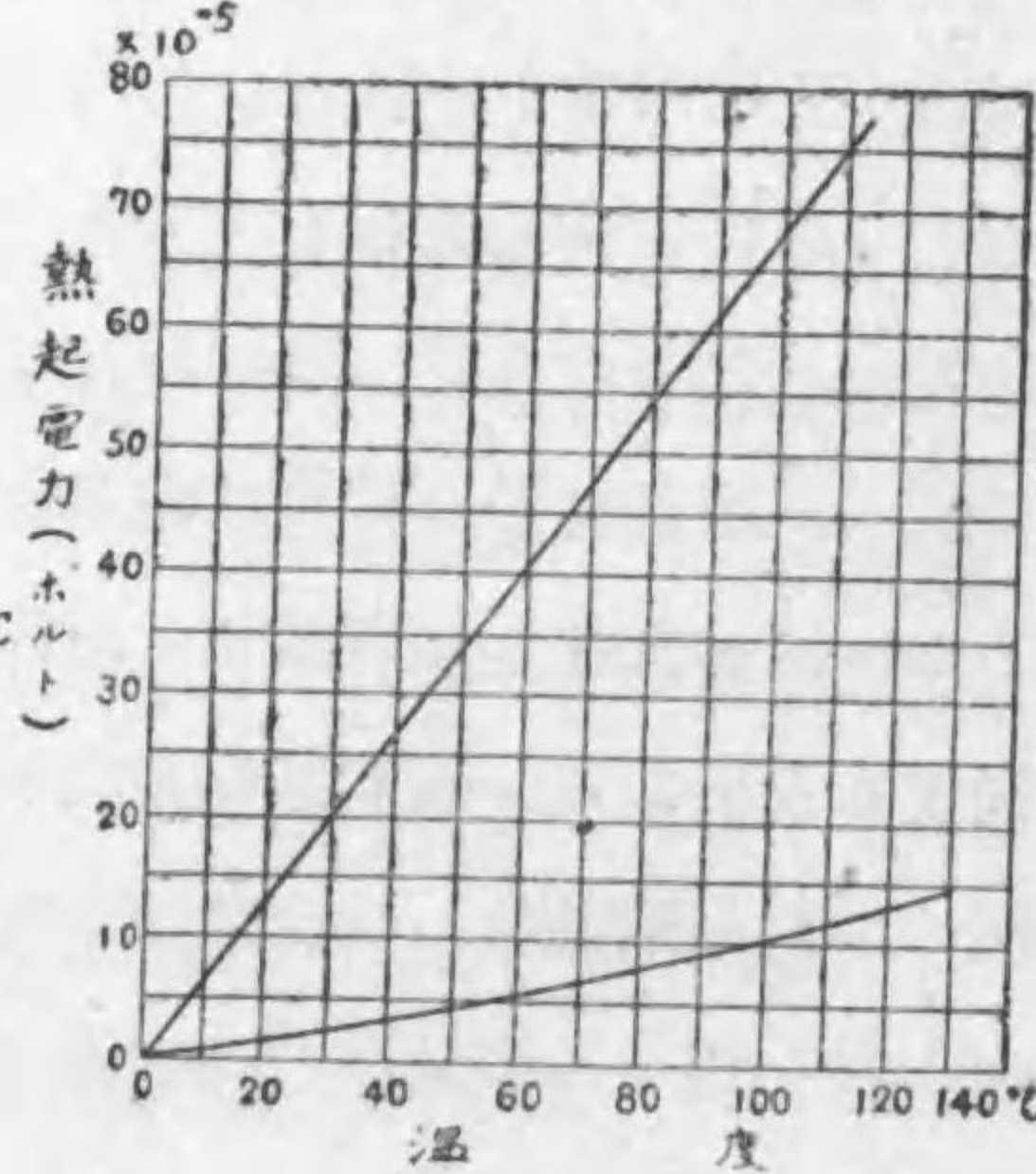
第 29 圖 熱起電力の測定



第 31 圖 炭素刷子の熱起電力



第 30 圖 黒鉛刷子の熱起電力



力を測定すれば大體見當がつく。第 29 圖の如く刷子材料 C と銅線 Cu との間に二つの接點を作り、 T_0 を定温度とし、 T の温度をより高く上げると、黒鉛質の勝つたものでは正の大なる熱起電力を示し、非晶質の試片では起電力が却つて負になる。その傾向を第 30 圖及び第 31 圖に示す。

(5) **金屬黒鉛刷子** 黒鉛の微粉と銅、アルミニウム、黄銅等の微粉とを固めて作つたもので、固有抵抗、接觸抵抗、摩擦係數等は甚だ小である。それ故電流密度を大きくして使用し得るから交流機の聚電環、その他大電流の電機に使用される。

24. 炭素電極

(1) **電解用電極** 熔融塩電解、水溶液電解等に於ける電極は電氣化學工業の死命を制する重要なもので、例へばアルミニウム精鍊に於ては、アルミニウム製造高の 75% 位の電極が消費され、且その品質は製品の品質を支配する。かやうな重大な関係があるから、電解用には不純物の少い機械的強度の大きいものが要求せられるけれども、消耗多量のためにその價格が直接製品の價格を左右するので必要以上の良品を使用することは出来ない。第 8 表は電解用電極の性質と、併せてその用途とを示してゐる。

第 8 表 電解用電極の性質

電極の種類	固定炭素 %	灰分 %	酸化度 %	比重	有孔度 %	電氣比抵抗 10^{-3} オーム/厘米	熱傳導度 C.G.S	扯斷力 斤/厘米 ²
アルカリ電解用人造黒鉛質電極	99	0.08	18	2.1	23	0.8	0.32	170
アルミニウム電解用炭素質電極	99	0.5	40	1.95	20	7.0	0.10	270
マグネシウム電解用天然黒鉛電極	80	18	34	2.1	24	3.0	0.26	120

(2) **電氣爐用電極** これも用途によつて品質を變へる必要がある。高級製鋼用のものは灰分の痕跡^{こんせき}をも厭^{いと}ふが故に人造黒鉛電極を用ゐるが、合金鉄とか炭化石炭製造等には 80% 位の純度の

もので足りる。電気爐用の電極としては固有抵抗の小なる材質を必要とすること勿論であるが、尙電極が太くなるとこれを通して熱の散逸が多くなるから熱傳導度の小なることが望ましい。尙多孔のものは酸化消耗が激しいから強力な水壓機を用ゐて電極を壓縮成形し、緻密で且機械強度の大なるものとする必要がある。電気爐用電極に於ける電流密度は極が太くなる程小さくするので、直徑 10~50 種のものでは平方種當り 20~12 アンペア位で使用されてゐる。第 9 表は製鋼用電極の性質を示す。

第 9 表 製鋼用電極の性質

電 極 の 種 類	固定炭素 %	灰 分 %	扯断力 kg/cm ²	電気比抵抗 10 ⁻³ オーム/cm
高級製鋼用人工黒鉛質電極	99	痕 跡	220	1.2
普通製鋼用黒鉛質電極	80	17	180	1.8
合金鐵，炭化石灰用黒鉛炭素質電極	80	16	120	3.4

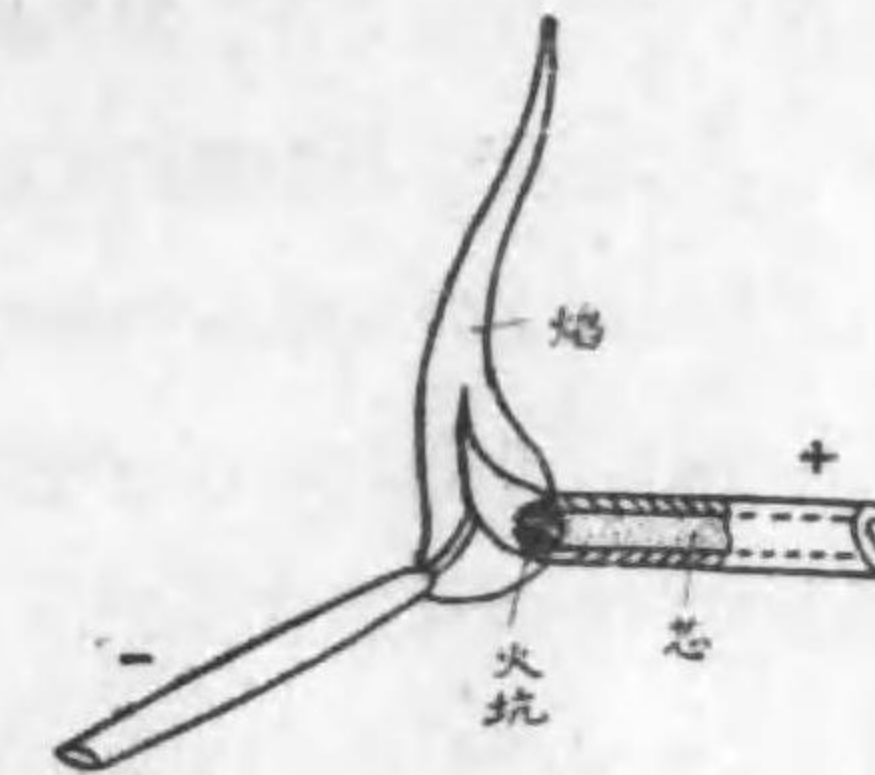
(3) 電池用電極 この炭素製品に就いては一般の乾電池用のものは殊にいふべきところはないが、携帯用電燈に用ゐる小型乾電池に使用する炭素電極は成るべく重量を軽くし、且電池の内部抵抗を小さくせねばならぬ關係上種々の形狀を與へてゐる。

(4) 水銀整流器用電極 陽極に炭素製品を用ゐるが、これには水銀を汚すやうな不純物を含まないことが必要である。

(5) 弧光用炭素棒電極 普通の光源として炭素弧光燈を用ゐることは殆どないが、探照燈の如き光度の極めて大なる光源を作るためには有芯の炭素棒電極が用ゐられる。第 32 圖は探照燈に於ける發焰弧光の略圖であつて、光は大部分火坑中の光球から發し、この單位面積當りの發光が大であること、大氣をよく透過す

第 32 圖 發 焰 弧 光

第 10 表 光源の輝度



光 源	燭光/耗 ²
タングステン 纜 條	20—40
タングステン 弧 光 燈	55
炭 素 弧 光 燈	150—180
高 光 度 發 焰 弧 光	500—1,000
太 陽	1,600
ア セ チ レ ン	0.1
蠟 燭	0,005

る波長の光を多く含むこと等を必要とする。それで芯に詰める材料

には弗化カルシウム，弗化ストロンチウム，弗化バリウム，弗化或は酸化セリウム等が用ゐられるが、これ等芯材を詰めたものを陽極として強電流を通ずるときは電極端に半球狀の火坑が出來、この中で發焰物質は炭素化合物となり、これが強熱せられるため強烈な光を出し、平方耗當り 1000 燭光にも達する。第 10 表は各種光源の輝度を比較したものである。活動寫眞撮影用にはマグネシウムを詰めたものが用ゐられる。

(6) 熔接用炭素電極 電気熔接に用ゐる炭素電極は直徑 1.5 耗以下、長さ 30 耗位の小電極ではあるが、製鋼電気爐用電極と同様灰分の少い人工黒鉛より成る優良の材料を必要とする。又弧光の安定なこと、電流密度の大なること、膨脹係數の小なること等難かしい條件を必要とするものである。

25. 其他の炭素製品

(1) 送話器用炭素粒粉 電話のソリッドバック送話器及びマイクロホンには炭素粉，デルビル送話器には炭素粒，炭素振動

板，炭素ケース及びリング等を使用する。

炭素粉，炭素粒は何れも接触抵抗體として用ゐられ、振動板によつて與へられた壓力の變化に應じてその粉粒間の接触抵抗を變ずるものである。ソリッドバック送話器用炭素粉は硬度の高い、灰分の少い無煙炭を原料とし、800°~1300°Cで焼成し、一吋平方につき80~100の網目を通し、送話器に詰めた状態で40~80オームの抵抗を有するものが用ゐられる。マイクロホンには1500°C以上に熱して黒鉛化した自身の抵抗の少いものが適するといふことである。デルビル送話器用炭素粒はカーボンブラック、レトルトカーボン等を原料とし、コールタール、ピッチ等を膠着剤として直徑約1耗の丸粒とし、これを炭素粉末中に埋めて800~1300°Cで焼成したもので、表面緻密で硬く、粉末を生せず、濕氣を吸収せず、且粘着性のない眞圓球が要求される。

(2) 炭素抵抗體 これには炭化珪素を主とする成形品が用ゐられ、その配合に依つて廣範圍のものが得られる。クォルチライト、シリット、エレマ、グローバー等の商品名のものは電熱用抵抗として1500°C附近の高温に使用される。エレマは國産品で、製法により1000°C以下用と1450°C以下用とがある。

避雷器用抵抗體に炭珪素化合物でサイライトと稱するものがある。その固有抵抗は電流密度が増加すると著しく低下し、異常に電壓が高まれば急に抵抗を減じて電流を通じ避雷の目的を達する。一般に良導體と不良導體との混合製品にはこの性質があり、エレマ、クォルチライト等もこの性質を有つてゐる。

(終)

附録 第1表 金屬元素の性質

金 屬	記號	比抵抗 マイクロオ ーム20°C	比抵抗の 温度係數 20°C	比 重 20°C	線膨脹 係數 20°C	熔融點 °C
銀	Ag	1.62	0.0038	10.5	18.9×10^{-6}	960.5
アルミニウム	Al	2.62	0.0039	2.7	23.03	660.0
金	Au	2.40	0.0034	19.3	14.2	1063.0
蒼鉛	Bi	115	0.004	9.8	13.3	271
カルシウム	Ca	4.6	—	1.55	25.0	810
カドミウム	Cd	7.5	0.0038	8.65	29.8	320.9
コバルト	Co	9.7	—	8.9	12.3	1480
クロム	Cr	2.6	—	7.1	8.2	1615
銅	Cu	1.69	0.00393	8.92	16.6	1083
鐵	Fe	10.0	0.0050	7.86	11.7	1535
水銀	Hg	95.8	0.00089	13.55	—	-38.9
イリジウム	Ir	6	—	22.4	6.5	2350
カリウム	K	7.0	—	0.86	83	62.3
リチウム	Li	9.3	—	0.53	56	186
マグネシウム	Mg	4.46	0.004	1.74	25.6	651
モリブデン	Mo	4.77	0.0033	10.2	4	2620
ナトリウム	Na	4.6	—	0.97	71	97.5
ニッケル	Ni	6.9	0.006	8.90	12.8	1452
オスミウム	Os	9	—	22.48	6.1	2700
鉛	Pb	21.9	0.0039	11.37	29.1	327.5
パラチウム	Pd	10.8	0.0033	12.0	11.8	1555
白金	Pt	10.5	0.003	21.45	8.9	1755
ルビヂウム	Rb	12.5	—	1.53	90	38.5
ロヂウム	Rh	5.1	—	12.5	84	1955
錫	Sn	11.4	0.0042	7.35	20	231.85
ストロンチウム	Sr	23	—	2.6	—	800
タンタラム	Ta	15.5	0.0031	16.6	7	2850
タングステン	W	5.48	0.0045	19.3	4	3370
亜鉛	Zn	6.1	0.0037	7.14	33	419.4

附録 第2表 電線材料

種 類	抗 張 力 砵、平方耗	延 伸 率 %	導 電 率 %	比 重
アルミニウム	18	4	60	2.7
鋼	143	4	8	7.9
軟 銅	25-28	20-35	97-99	8.9
硬 銅	36-47	1-3	96-97	8.9
珪 銅	55-62	1-2	50	8.8
カドミウム銅	52-60	0.7-1.4	85	8.9
ベリリウム銅	135	0.8	35	—
銅 覆 鋼	70-90	1-2	35-48	8.1
コルソン合金	75-95	1-1.5	25-45	—
アルドライ	32-38	6	50	2.7

附録 第3表 電気抵抗材料

金 属 名	組 成	比 抵 抗 マイクロオーム	比 抵 抗 の 温 度 係 数
白 金	Pt	11	0.0038
ニ ッ ケ ル	Ni	12	0.0067
マンガン	Cu-Ni-Mn	44	0.00001
コンスタンタン	Cu-Ni	49	0.000005
ラ ラ	Cu-Ni	47	0.000005
アドバンス	Cu-Ni-Fe-Mn	47	0.000001
ニクローム	Ni-Cr	100	0.0001
洋 銀	Cu-Ni-Zn	36	0.0004
ニッケリン	Cu-Ni-Zn	43	0.00017
プラチノイド	Cu-Zn-Ni-W	34	0.00025
アルメル	Ni-Mn-Fe	33	0.0012
クロメル	Ni-Cr-Fe-Mn	90	0.0003
フェリー	Cu-Ni	47	0.000001

昭和十五年九月廿五日 印刷

昭和十五年九月三十日 発行

不 許
複 製電 氣 材 料 全
定 價 金 壹 圓編輯兼 財團 國民工業學院
發行者 法人

代表者 岩 崎 清 七

東京市小石川區久堅町一〇八番地

印刷者 大 橋 松 雄

東京市小石川區久堅町一〇八番地

印刷所 共 同 印 刷 株 式 會 社

發 行 所

財團法人國民工業學院

東京市京橋區座六ノ四交詢ビル

電話銀座(57)2.555番

振替東京10.555番

特 225

184

終