

# 三菱電機

—MITSUBISHI - DENKI—

VOL. 23 No. 4

4

## 目 次

絶縁ワニスの内部乾燥と絶縁抵抗	白井萬次郎	(1)	
Fe 不純物が Al およびその合金に及ぼす影響	(第 2 報)	長谷川武男	(5)
半波型倍壓整流回路の解析	北垣成一	(15)	
鋸屑の熱常数に及ぼす温潤の影響	尾島學二		
(第 2 報) 温潤による比熱の変化	長沼辰二郎	(19)	
電熱線の近況	川勝孝後		
	田村弘治郎	(23)	
運轉中における變壓器の絶縁油濾過	堀田滋矩		
	原仁吉	(31)	
直流電磁接觸器の接觸子材料	岩崎晴敏		
	澤吉夫	(37)	
新製品紹介	待島正		
ホイスト	表二		
ダイヤトーン 49-K型ラジオ	表三		

1949

三菱電機株式會社

# 絶縁ワニスの内部乾燥と絶縁抵抗

工場においてモータコイルに絶縁ワニスを含浸せる場合、しばしば問題となるところはワニスの内部乾燥と絶縁抵抗である。ワニスの内部乾燥が進むにつれて絶縁抵抗は増加するが、乾燥後加熱状態においては元の液體状態の絶縁抵抗に戻る。乾燥剤たる金属石鹼は絶縁抵抗を害するが、豫想されたほど大なるものではない。それよりも黒色ワニスが飴色ワニスより液體においても、また乾燥後の加熱時においても絶縁抵抗が低い。各成分の絶縁抵抗を測定せるところこれは黒色ワニスのみに含まれるギルソナイトの影響なることが推定されたが、ギルソナイトはまた黒色ワニスに耐湿性を與えている成分である。

研究所 白井万次郎

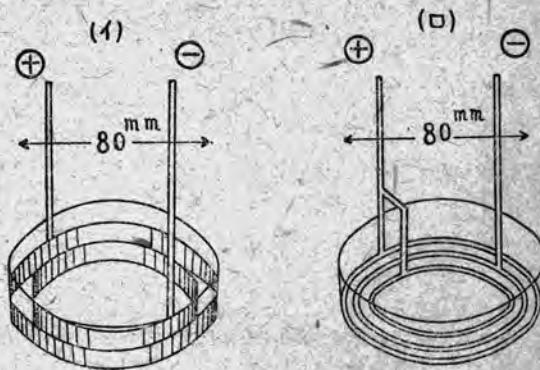
## I. 緒言

工場においてモータコイルの含浸に絶縁ワニスを使用した場合、しばしば問題になるのは、乾燥後モータを回転せる場合、乾燥したはずのワニスが浸み出すこと、絶縁抵抗が所期の値に達しないことがある事である。これはコイル含浸ワニスが普通の塗料のように皮膜にして乾燥するのではなく、コイルの内部に浸み込んだものが固まるのであるから、皮膜の乾燥のように充分に空気につれて、ワニスはかなりの厚さを持つたまま乾燥しなければならない。絶縁抵抗もコイル中の布や紙などの影響は別としても、皮膜で乾燥した場合と厚みをもつて乾燥したワニスの絶縁抵抗とは異なる事である。ある厚さをもつたまま乾燥したワニスの乾燥程度と絶縁抵抗との関係を述べたのが本報告である。

## II. 内部乾燥と絶縁抵抗

### 1. 実験方法

普通絶縁ワニスの絶縁間有抵抗測定は、所定の大きさの銅板に 0.08~0.1mm の厚さにワニスを塗り乾燥したものについて測定するものであるが、筆者の望むところはもつとワニスを厚く塗り、かつ液體のワニスより次第にワニスの溶剤が蒸発して行くにしたがつて、絶縁抵抗が如何に變つてゆくかを知りたいのである。よつて第1図(イ)の如き普通ワニスの内部乾燥に用いるような平皿に、帯環状の(+)(-)の電極を底に置いた容器を用いてほど目的を達することができた。しかし内部乾燥は始めのワニスの厚さに影響され、從つて絶縁抵抗も變つてくるので、厚さの影響を知りたいと思つたが、それにはなお電極の幅が廣いのでこの實験には(ロ)の如く平皿の底に環状の電線を置いたものを用いて實験した。上記の容器にそれぞれ一定の厚さにワニスを採取し、液體状態で重量および絶縁抵抗を測定し、これを 100~110°C の



第1図 絶縁抵抗測定に用いた容器

乾燥器にて乾燥し、一定時間ごとに取り出して重量と絶縁抵抗の測定を行つた。

重量減はその間に蒸発したワニスの溶剤の量である。

ワニスの厚みの影響の實験には、最初の液體のワニスの厚さを 8mm, 10mm, 12mm に變えて乾燥し、絶縁抵抗および重量減を測定した。

### 2. 試料

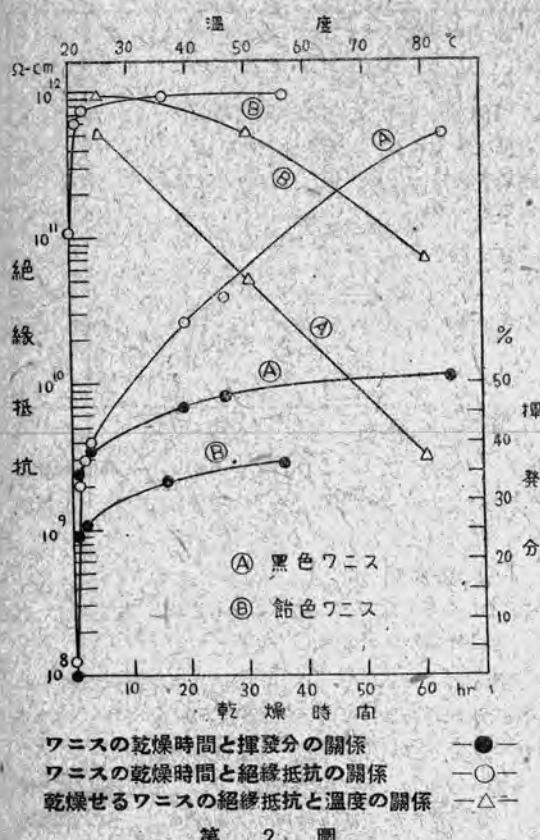
試料には黒色加熱乾燥コイルワニスと飴色加熱乾燥コイルワニスを用いた。前者は乾燥剤を含んでいたが、後者は乾燥剤を含んでいない。

### 3. 実験結果

容器(イ)を用いて行つた黒色ワニスと飴色ワニスの實験結果は第2図に示した如くで、容器(ロ)を用いて行つた黒色ワニスの厚みの影響の實験結果は第3図に示した如くである。

### 4. 実験結果の考察

黒色ワニスにおいては、液體では  $10^8 \Omega$  程度の抵抗値を示すが、乾燥と共に次第に抵抗は増加し、ほど不揮發分が一定となつた時には  $10^{12} \Omega$  程度に達する。しかしこの乾燥したワニスを加熱すると 80°C 位で軟かになりまた元の値の  $10 \Omega$  程度になる。すなわち加熱により乾燥し



第2圖

たワニスが軟かになると、溶剤が入っている元の状態と同じようになる。

乾燥剤の入つてない鮎色ワニスは、大いに趣きを異にし、これは液状において既に  $10^{11}\Omega$  程度を示し、乾燥して  $10^{10}\Omega$  程度になる。これを加熱しても  $80^\circ\text{C}$  において  $10^{10}\Omega$  程度であつて、黒色ワニスのように低くならない。すなわち液状において既に抵抗の良いワニスは、乾燥によつてあまり抵抗が變らず、乾燥したワニスが加熱された場合もまた抵抗の下がることが少ない。このようなワニスは少々乾燥が悪くても抵抗が低くないし、また乾燥後温度が上つても抵抗が下らないから、絶縁抵抗に関する限り優秀である。この原因は乾燥剤の有無によるものか、または黒色ワニスと鮎色ワニスの組成上の違いによるものかはつきの問題である。黒色ワニスと鮎色ワニスの組成上の大きな相違は黒色ワニスはギルソナイトの如きアスファルト質を含むが、鮎色ワニスはこれを含まない點である。

つぎに乾燥時のワニスの厚みの相違の影響を黒色ワニスについて行つたところでは、厚いものが幾分乾燥が遅れ、絶縁抵抗も少し悪いが、始めのワニスの厚さが 8mm, 10mm, 12mm の程度ではその差は餘り著るしく

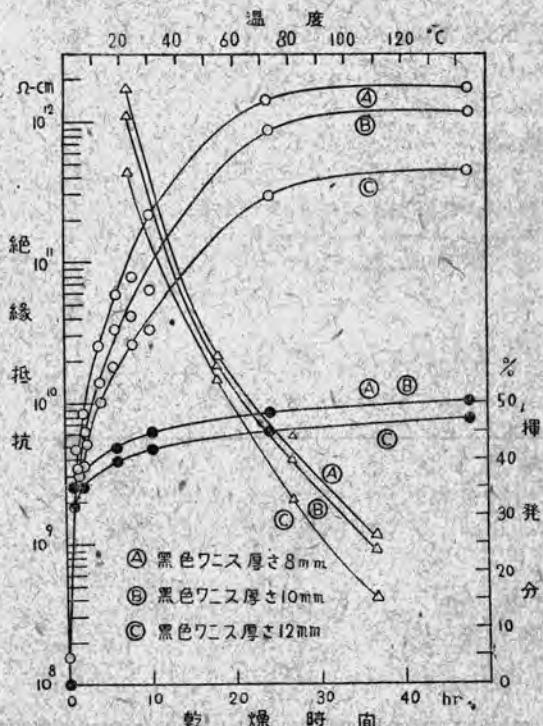
ない。ただ一定温度で一定時間乾燥する場合に、乾燥不充分の箇所ができれば、その部分の抵抗が低くなることはわかる。

### III. 種々の乾燥剤を含める絶縁ワニスの絶縁抵抗

#### 1. 絶縁ワニスの調製

第2章の実験により、内部乾燥が絶縁抵抗に大いに影響することがわかつたが、その影響はワニスの成分、乾燥剤の有無によつて異なることが暗示されているので、乾燥剤の入らぬ黒色ワニスおよび鮎色ワニスと、これに種々の乾燥剤を加えたワニスを実験室で作り、第2章と同様な方法にて絶縁抵抗を測定した。

乾燥剤は普通 Pb, Mn 等の亜麻仁油石鹼、ロジン石鹼を、亜麻仁油、ベンジン等に溶解した、いわゆる液體乾燥剤を工業的に用いるが、これは次第に金属石鹼が沈澱し、また溶剤が蒸発したりして使用中成分の一定が期し難い。よつて今回はベンゾール可溶性の Pb, Mn, Co のロジン石鹼を作り、これを粉末にしてその金属量を分析し、望む量の金属ロジン石鹼を採つて、これをベンゾールに溶解してワニスに加えることにより、ワニスに適當量の乾燥剤を加えることを得た。



第3圖 ワニスの厚さの異なる場合

試 料	乾 燥 剤	指 觸 乾 燥	内 部 乾 燥	粘 度	不 挥 發 分
黒 色 加 热 乾 燥 コイルワニス	無	10 時間	良好, 織よらず		
	Pb	8 ヶ	〃	1150 (15°C)	
	Co	6 ヶ	良好, 織が少しよる	430 (30°C)	50.5%
	Mn	2 ヶ	良好, 織がよる	(レドウツド秒)	
	Mn+Pb	1 ヶ	良好, 織最もよし		
飴 色 加 热 乾 燥 コイルワニス	無	3 ヶ	良好, 織よらず		
	Pb	3 ヶ	〃	391 (30°C)	
	Co	1 ヶ	良からず, 織よる	(レドウツド秒)	41.3%
	Mn	1 ヶ	〃		
	Mn+Pb	1 ヶ	〃		

第 1 表 試作したワニスの性質

金属石鹼中の金属量は分析の結果、つぎの通りであつた。

Pb ロジン石鹼中の Pb	22.33%
Mn ロジン石鹼中の Mn	2.26
Co ロジン石鹼中の Co	7.07

實驗室で作った黒色ワニスと飴色ワニスはおののの5つの部分に分ち、Pb, Mn, Co 量を各ワニスの油分100gに對して 0.003 モルになるように乾燥剤を添加した。他に乾燥剤を加えないものも作つてこれらと比較した。

調製した各ワニスについては簡単にその性質を試験した。試験方法は日本標準規格に據り、結果は第1表に示す如くである。乾燥に及ぼす乾燥剤の影響は著しいものである。

絶縁抵抗の測定は第2章に述べた電極入り平皿(ロ)を用い、乾燥前の液體ワニスの抵抗を測定し、これを 110°C で 24 時間乾燥して室温で抵抗を測定し、100°C

でまた測定し、つぎに耐湿性を見るため 24 時間蒸溜水に浸漬してから取り出し、表面の水を拭つて室温で抵抗を測定した。

## 2. 實験結果

實験結果は第2表に示す如くである。

## 3. 實験結果の考察

第2表を見るに黒色ワニス、飴色ワニス共に乾燥剤の入らぬものが絶縁抵抗最も高く、乾燥剤の入つたものはすべて抵抗が幾分低くなるが、柄が變る程低くならない。乾燥前の液體ワニスの絶縁抵抗においては、第2章の場合と同様な傾向を示し、飴色ワニスはすべて  $10^{10}\Omega$  程度であるが黒色ワニスは  $10 \sim 10^2\Omega$  である。もちろんワニスは成分のみで決定されるわけではなく、その製造の際に乾性油がどの程度まで煮られて重合しているかが問題となるのであるから、全く同じ條件で作られてない両ワニスを直接に比較するわけにはゆかぬが、第2章の結果

試 料	乾 燥 剤	絶 緣 抵 抗 ( $\Omega \text{--cm}$ )			
		乾 燥 前		24 時間 110°C 乾燥後	
		室 温	室 温	100°C	24 時間水浸後室温
黒 色 加 热 乾 燥 コイルワニス	無	$8.98 \times 10^1$	$6.09 \times 10^2$	$5.21 \times 10^1$	$5.54 \times 10^2$
	Pb	2.20	4.78	3.62	3.85
	Co	1.85	4.84	4.13	4.19
	Mn	0.96	3.47	1.12	3.27
	Mn+Pb	0.88	2.73	0.65	2.28
飴 色 加 热 乾 燥 コイルワニス	無	$2.48 \times 10^{10}$	$1.76 \times 10^{13}$	$1.40 \times 10^9$	$1.41 \times 10^{10}$
	Pb	1.92	1.46	1.29	0.42
	Co	1.54	1.12	0.76	0.18
	Mn	1.48	1.46	0.62	0.23
	Mn+Pb	1.53	1.52	0.87	0.22

室温 15~21°C 電圧 206V D.C.

第 2 表 試作したワニスの絶縁抵抗

試 料	絶縁抵抗 ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )
桐 油	$9.64 \times 10^1$
亜 麻 仁 油	$5.6 \times 10^0$
荏 油	$5.45 \times 10^2$
エステルガム 100g ミネラルターベン リ	$1.2 \times 10^{10}$
ギルソナイト 100g ミネラルターベン リ	$5.9 \times 10^1$
ミネラルターベン	$6.8 \times 10^2$
ベンゾール	$1.87 \times 10^2$
ベンゾール 150g Mn 0.001モル	$3.4 \times 10^0$
ベンゾール 150g Co 0.001モル	$9.9 \times 10^{10}$
ベンゾール 150g Pb 0.001モル	$6.2 \times 10^0$

第3表 ワニス原料の絶縁抵抗

から考えても黒色ワニスが飴色ワニスより絶縁抵抗が低い傾向がある。

乾燥後は黒色ワニスは  $10^2 \Omega$  まで上り、 $100^\circ\text{C}$  ではほど液體ワニスの抵抗の  $10^1 \Omega$  程度に下がる、飴色ワニスでは乾燥後  $10^3 \Omega$  まで上り、 $100^\circ\text{C}$  では液體ワニスの  $10^{10} \Omega$  に下る。これらはすべて第2章の実験結果と同傾向を示している。

乾燥後の耐湿性を見るため、24時間蒸溜水につけてから取り出し、表面を拭つてから測定する方法は、第2章では試みなかつたが、普通黒色ワニスは飴色ワニスより耐湿性が良いとされているので試みたところ、果して黒色ワニスは抵抗  $10^{12} \Omega$  のものが浸漬後  $10^2 \Omega$  ではほとんど下らないにもかくわらず、飴色ワニスは抵抗  $10^3 \Omega$  のものが浸漬後  $10^1 \Omega$  程度に下り吸湿による抵抗劣化が顯著であった。

#### IV. 絶縁ワニス成分の絶縁抵抗

##### 1. 試 料

以上において種々の乾燥剤の入つた黒色ワニス、飴色ワニスの絶縁抵抗を種々の條件で測定したのであるが、この値に大きな影響を與えるものはワニスの成分にあると考えられるので、ワニスの各成分について絶縁抵抗を測定してみた。エステルガムおよびギルソナイトはミネラルターベンに溶解したものについて、乾燥剤たる金属石鹼は 150g のベンゾールに對して、金属量が 0.001 モル

含むが如く溶解したものについて測定した。なおこれらの樹脂や油類は化學的に純粹な物質でないから、产地その他により、著しく抵抗を異にするであろう。すべて試料は當所ワニス工場で現在使用しているもの、および加工したものとくに精製せずして用いた。

測定容器は普通油類の抵抗測定に用いる徑 8cm の圓板電極を 1mm 離して電極とした硝子容器を用いた。

##### 2. 實 驗 結 果

実験結果は第3表に示す如くである。

##### 3. 實 驗 結 果 の 考 察

ワニス成分中の絶縁抵抗は溶剤が最も良く  $10^{12} \Omega$  程度、つぎは油類で  $10^1 \sim 10^{12} \Omega$  程度、つぎは樹脂成分たるエステルガムで  $10^0$  程度、最も悪いのはギルソナイトで  $10^1 \Omega$  程度、乾燥剤をベンゾールに溶かしたもののは  $10^{10} \Omega$  程度でギルソナイトより良い結果になつて、黒色ワニスが飴色ワニスより絶縁抵抗の低いのは、ギルソナイトを多量に含むことによるのであろう。

#### V. 結 言

1. 絶縁ワニスの内部乾燥と絶縁抵抗の關係を吟味せんとし、特殊な測定容器を用いて抵抗測定を行つた結果は、絶縁抵抗は絶縁ワニスの乾燥と共に上昇するが、これを  $100^\circ\text{C}$  に加熱すると、元の液體の場合における抵抗まで落ちる。液體の場合に抵抗の良いワニスは、加熱した場合も抵抗が下らぬ。實際の使用にあたつて乾燥の充分でない場合、乾燥後使用中溫度の上る場合には、液體のワニスの絶縁抵抗にまで下るのであるから、液體におけるワニスの抵抗を測定することも必要であると思う。

2. 普通乾燥剤に用いる金属石鹼が絶縁抵抗を害すると言わわれているので、種々異なつた乾燥剤を含むもの、全然含まぬ黒色、飴色ワニスを作り、その絶縁抵抗を測定したところ、乾燥剤を含むワニスは、含まぬワニスより抵抗は悪いが、その影響は豫想された程大きくなはない。また一般に飴色ワニスが黒色ワニスより絶縁抵抗は良いが、耐湿性が著しく悪い。

3. ワニス成分の絶縁抵抗を測定したところ、溶剤、油類は良く、乾燥剤のベンゾール溶液がこれにつぎ、つぎが樹脂質たるエステルガムの溶液で、アスファルト質のギルソナイトの溶液が最も悪く、黒色ワニスが飴色ワニスより絶縁抵抗の悪いのはこれによるのであろうが、黒色ワニスに耐湿性を與えているのもまたこのギルソナイトである。

# Fe 不純物が Al およびその合金に及ぼす影響 (第二報)

第一報では Al—Cu—Mg 系と Al—Si—Mg 系に Fe が及ぼす物理的性質及び鑄造性を記載したが、本報告では Al 熔解に使用する鐵器から Fe の擴散により悪影響を及ぼすため、灰銑 2 種類と軟鋼の試料を熔融 Al 中に 10 時間浸漬し 1 時間にごとに Fe の溶入量を調査し、その溶入防止策を報告したものである。

名古屋製作所 長谷川武男

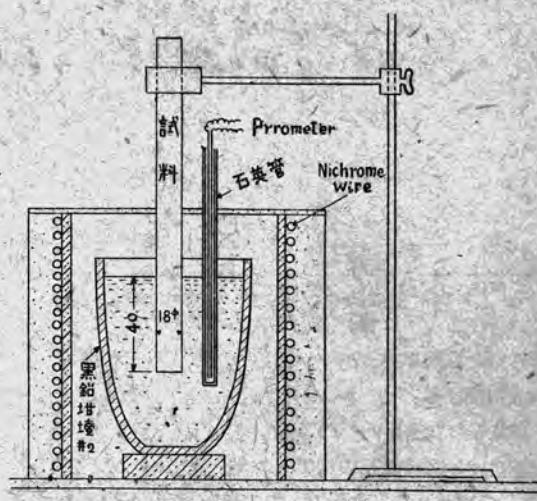
## 1. 緒 言

第一報において Al 合金の Fe 影響を物理的性質および鑄造性について述べたが、本報告では Al およびその合金の熔解は一般に鐵器を用いられているため、熔融 Al は用器の鐵と接觸して擴散によって熔融 Al 中に吸收されるから、その基礎實驗として二種の灰銑及び軟鋼の三種類の試料を熔融 Al 中に浸漬して、Fe の溶入を容量的に測定した。なお村上氏<sup>1)</sup>は Al に對する各種元素の擴散係数を發表せられているし、その他大日方博士<sup>2)</sup>は Al に對する鐵及び硅素の挙動について、軟鋼、硬鋼、白銑、灰銑、の四種類を熔融 Al 及びその合金に對して Fe の溶入研究を發表せられている。

しかし熔融 Al 中に Fe の溶入する報告はあるがその防止策についてはほとんど發表をみない。よつてここにその前記三種類の試料を熔融 Al 中に浸漬し Fe の溶入を調査しその対策を報告するものである。

## 2. 實驗方法と試料

第 1 表に示した純 Al を第 1 図に掲げた #2 の黑鉛坩堝に熔解して 800°C に加熱し、第 2 表に示した組成の試料を 18mmφ × 250mm に鑄造したものを Al 溶湯中に 40mm 浸漬し、1 時間にごとに熔湯を攪拌し、溶入した



第 1 図 實驗装置

Fe 量を分析して 10 時間まで行った。また試料汲出後浸漬試料は熔融 Al 中に折觸面を常に均一に保つた。

## 3. 實驗結果

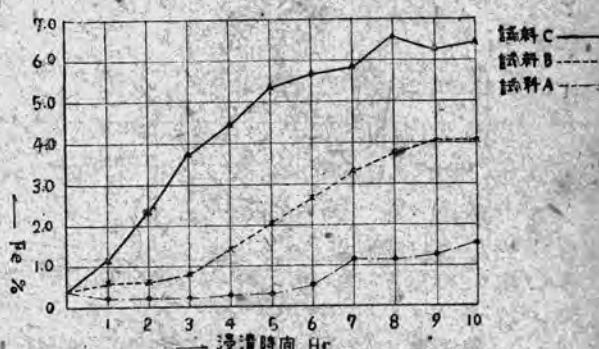
3 種類の試料 (第 2 表参照) を 800°C に保つた熔融 Al 中に浸漬し 1 時間にごとに分析試料を採取して、Fe 量を測定した結果を第 2 図に示した。試料 A と B は灰銑で組成の異つたものであるが白銑に近いほど Fe 量の溶入

試 料	成 分
純 Al	Fe = 0.37%

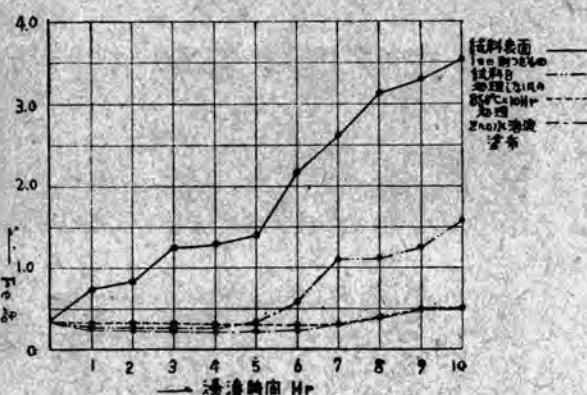
第 1 表 熔融 Al の成分

成分 試料符號	T.c	G.c	C.c	Si	Mu	P	S
A	3.26	2.46	0.80	1.82	0.95	0.23	0.048
B	2.82	2.28	0.54	2.43	0.41	0.39	0.180
C	0.18	—	—	—	—	—	—

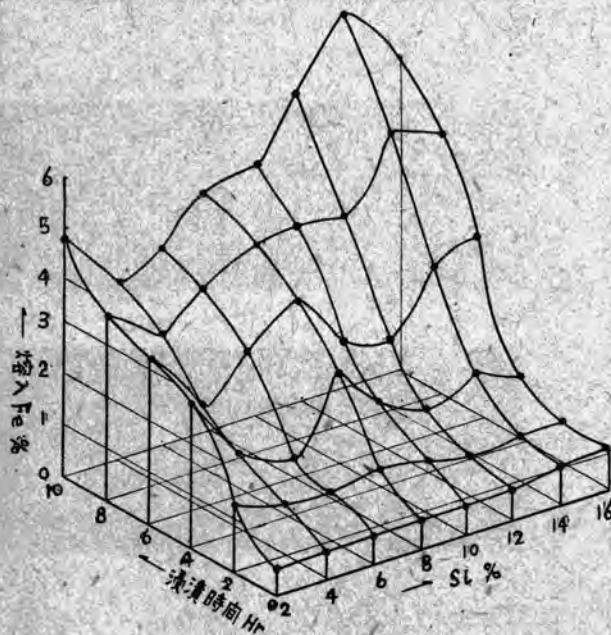
第 2 表 浸漬試料の成分



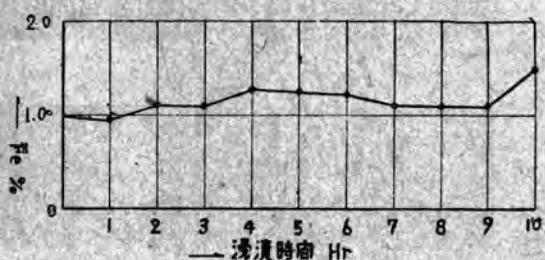
第 2 図 各試料による Fe の溶入量



第3図 試料Aを種々の処理をしたFeの吸収量

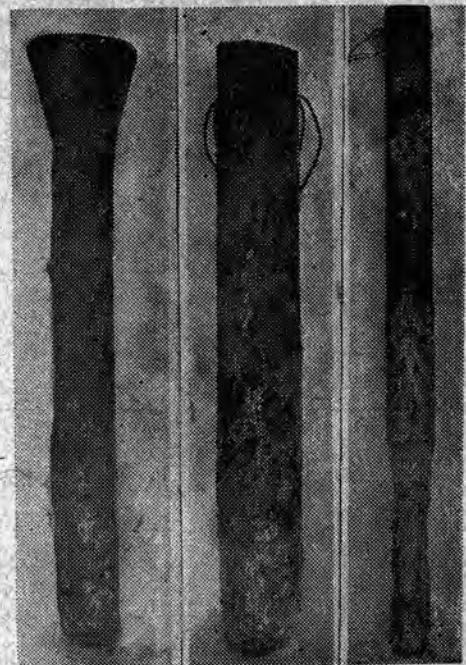


第4図 Al-Si 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16% 合金による試料Aを表面1mm削つたものを浸漬した吸収Fe量



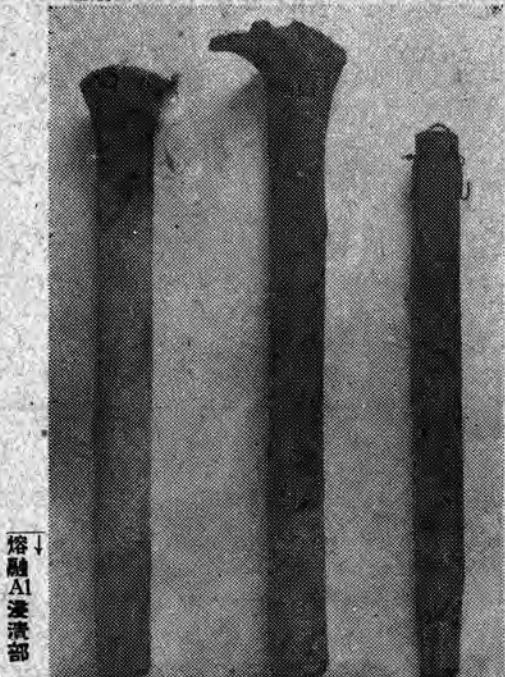
第5図 r-シリコンに試料Aを850°C×10Hr処理をしたFeの吸収量

試料A 試料B 試料C



写真第1 各試料の熔融Al中に10時間  
浸漬後の状態

ZnO水溶液塗布 850°C×10Hr処理 試料表面1mm削り



写真第2 試料Aの各処理を施したもの  
熔融Al中に10時間浸漬後の状態

が少なく、試料 C は軟鋼で極端に Fe の溶入が大であつた。しかし第 2 図において最も結果の良好であつた試料 A について操業の點から比較検討すれば 4~5 時間で次第に Fe の溶入が増加する傾向にあるため、この點を考慮して 10 時間操業においてもほとんど増加しない方法を種々実験したものである。実験は試料 A について行つた。その方法は

- 試料の表面 1mm 削つたもの
- 試料の表面に ZnO 水溶液を塗布したもの
- 試料を  $850^{\circ}\text{C} \times 10\text{Hr}$  烧純したもの

以上について実験した結果を第 3 図に示した。圖中試料を 1mm 削つたものは第 2 図の B 試料と似た結果をみた。また ZnO 水溶液を塗布したものと  $850^{\circ}\text{C} \times 10\text{Hr}$  烧純を行つたものは 10 時間実験後とほとんど Fe の溶入は同量でその結果は最も良好であつた。

また Gwyer and Phillips<sup>3)</sup>は種々 Al-Si-Fe の三元系について論じているが、Al-Si 系に對しても Fe の溶入量は大であることを大日方博士は発表されている。また同博士によれば Al-Cu 系及び Al-Mg 系よりも Al-Si 系の鐵材を使触し易いことを発表されているため、Al-Si 系について浸漬試料 A により



寫真第 3 純 Al の  
凝固状態(砂型)

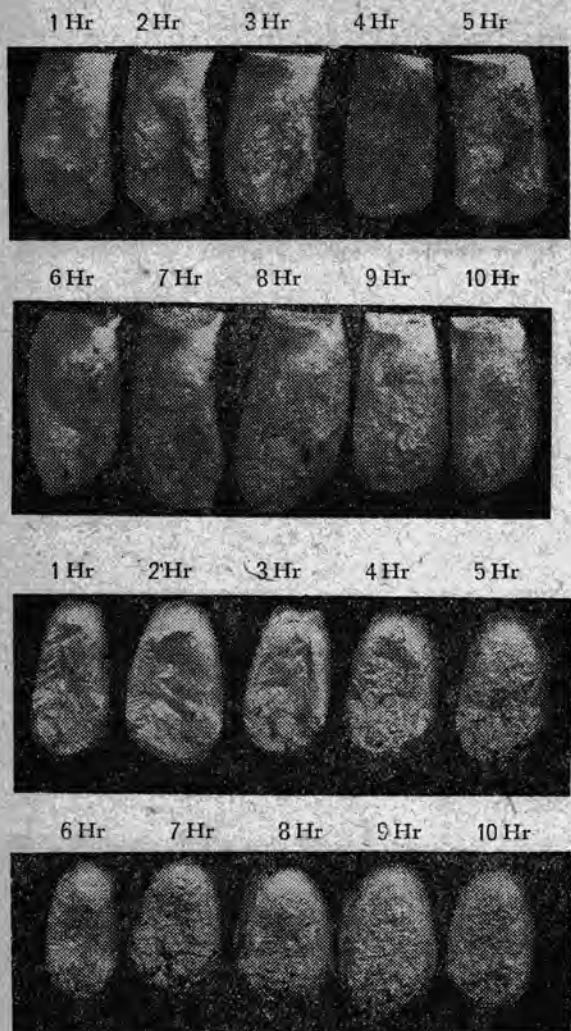
実験した。熔融 Al-Si 合金の Si 量を 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 % として前記同様の方法で行ない Fe の溶入量を測定した結果を第 4 図に示した。圖において Si 4% では Fe の溶入量が一段と低くなっているが、特に Si 6% 附近から急激に増加することがわかつた。

#### 4. アシルミン系に對する試料 A を $850^{\circ}\text{C} \times 10\text{Hr}$ 烧純したものの浸漬結果

種々実験の結果アシルミン(成分 Si 8%, Mg 0.8%, Mn 0.5%, Al 残部)に浸漬試料 A を  $850^{\circ}\text{C} \times 10\text{Hr}$  烧純を施し前記の実験方法と同様に行つた。その結果を第 5 図に示した。圖において 2 時間目より Fe の溶入がやや上昇し 10 時間までほとんど変化がなかつた。ここに 2 時間目より Fe の溶入増加は第 4 図 Al-Si 8% 合金の状態の結果からみても同様の傾向があつて Al-Si 8% 特有の現象と考



寫真第 4 各試料の毎時分析試料を採取したもの  
凝固状態



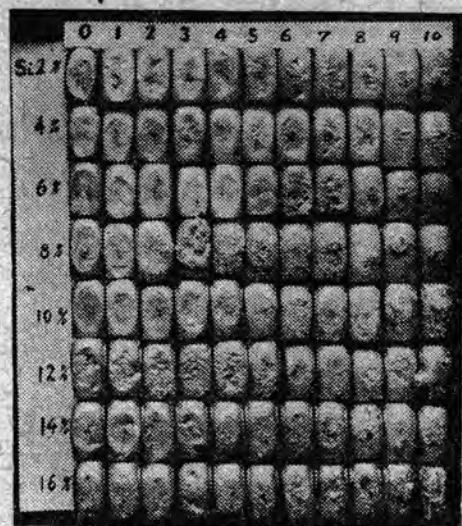
写真第5 試料Aの各処理を施したもの毎時分析試料を採取した凝固状態

試料 1mm 削つたものの凝固状態は写真第4  
試料Bと殆ど同様のため省略した

察した。

### 5. 各種試料の熔融 Al 中に 10 時間浸漬した試料の状態

写真第1に 10 時間浸漬した各試料の状態を示した。写真にみるとように浸漬状態を比較したが試料 B, C, において浸漬部は Al 中に鐵の浸蝕を認める。写真第2は前記試料Aの各種処理を施したものと比較した。試料の表面 1mm 削つたものはほとんど前記試料 C に似ている。このように Fe の溶入の少ない試料は一般に表面に Al の附着を認めなかつたが、Fe 溶入量の多いものは浸漬



写真第6 Al-Si 4~16% 装入したものに  
試料 A を表面 1mm 削つた試料を浸漬し毎時分析試料の採取した凝固状態

部で著しく浸蝕されている。

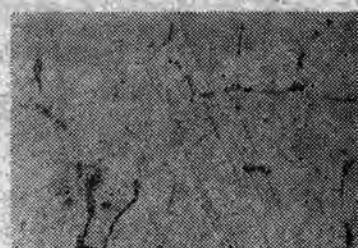
### 6. 各種試料の浸漬 1~10 時間における Al の凝固状態

写真第3は実験に使用した純 Al の凝固状態を示した。写真第4は各種試料の浸漬 1~10 時間までの凝固状態を比較した。写真第5は試料 A を各種の処理を施したものである。この状態をみて Fe の溶入量が 1% 以上になれば凝固表面のシリングゲージが少なくなり、一般にその表面はふくれ氣味となることを示した。写真第6は Al-Si 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16% の合金について試料 A を表面 1mm 削つたものを浸漬したもので Al-Si 12% 共晶附近を境として凝固状態が変化した。なおこの全試料採取は砂型で鋳造温度 800°C で行い同試料を分析して Fe の溶入量を測定した。

### 7. 各種試料の浸漬中における Al 顯微鏡組織

各種浸漬試料を熔融 Al 中に浸漬し Fe の浸漬状態を 1 時間ごとに調べたが、ここでは 1, 5, 10 時間の組織を発表した。写真第7は実験に用いた純 Al (Fe 0.37% 含有) を示した。写真第8は各種浸漬試料 A, B, C, の溶融 Al 中に浸漬して前記の各時間における組織を示した。また写真第9は浸漬試料 A の各種処理を施したものである。組織中針状に析出したものは Fe-Al<sub>3</sub> であるが純 Al の組織にみられるように Al-Cu-Si の 3 元化合物

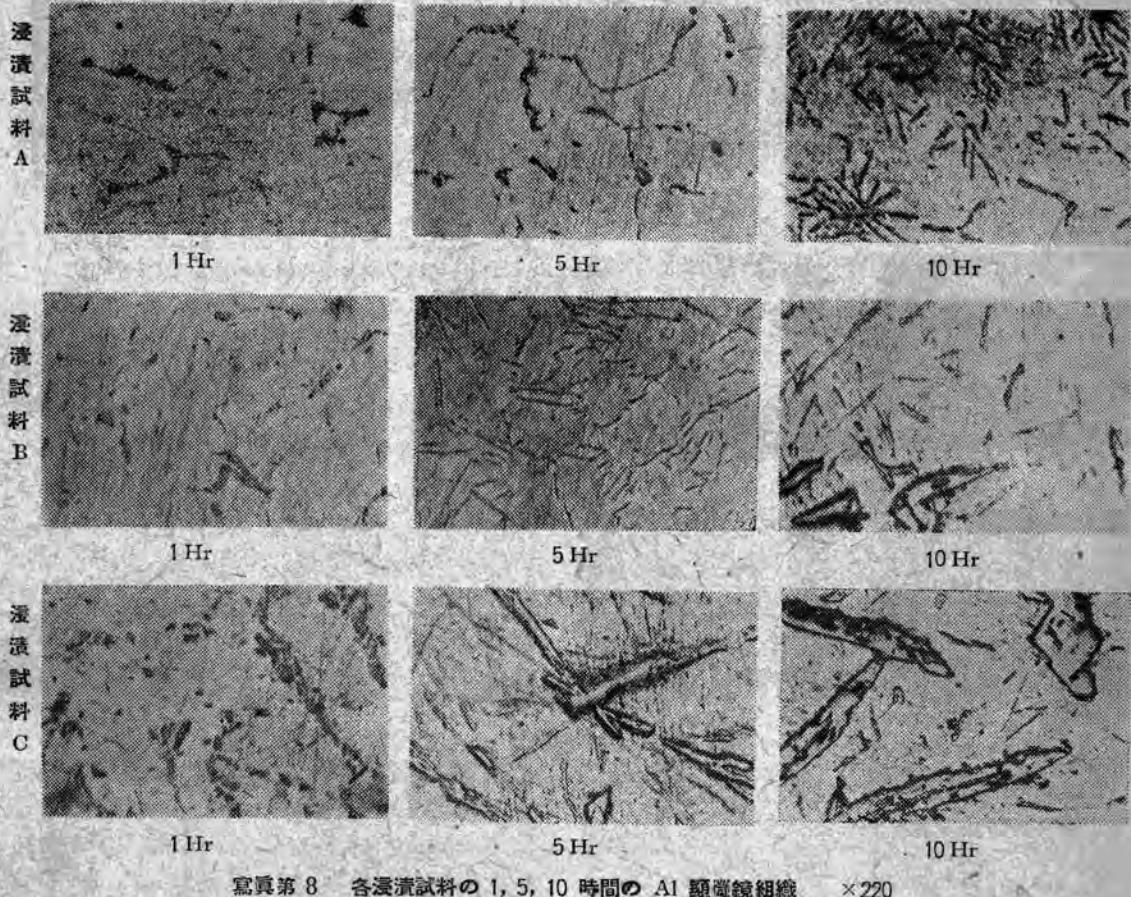
物と思われるものが點在している。10時間後においては浸漬試料Cの軟鋼にみる黒色針状晶は  $FeAl_3$  で  $Si$  と似ている結晶を認めるがこの組成は不明である。また写真第9は浸漬試料Aを表面に  $ZnO$  水溶液塗布したものと、 $850^{\circ}C \times 10\text{Hr}$  烧純したものはほとんど針状の  $FeAl_3$  を認めないが後者は8時間浸漬後より僅少の  $FeAl_3$  の析



写真第7 純 Al

出を認めた。なお同試料の表面 1mm 削つたものは細い黒鉛状の  $FeAl_3$  が存在した。

次に写真第10は  $Al-Si 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16\%$  を装入して浸漬試料Aを表面 1mm 削つた試料を熔融 Al 中に浸漬して 0, 1, 5, 10 時間の組織を示した。なお参考までに第6圖に  $Al-Si-Fe$  平衡状態図を掲げた。この状



写真第8 各浸漬試料の 1, 5, 10 時間の Al 顕微鏡組織  $\times 220$

浸  
漬  
試  
料  
A  
水  
溶  
液  
塗  
布

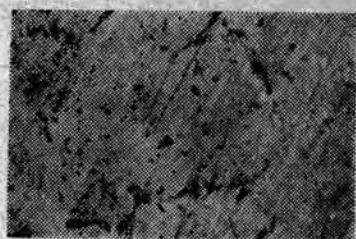
純 Al と同組織

純 Al と同組織

1 Hr

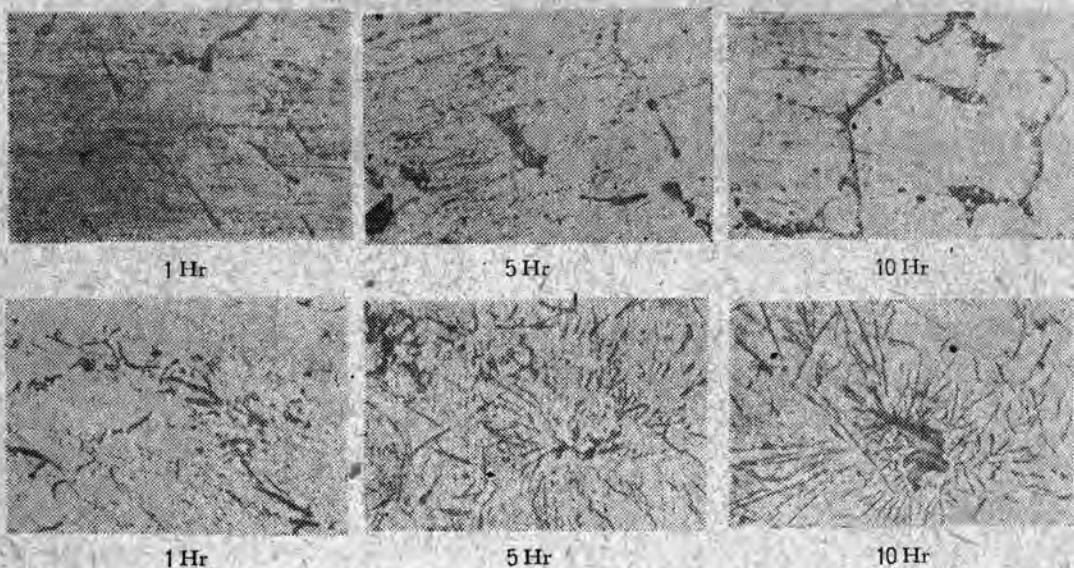
5 Hr

10 Hr

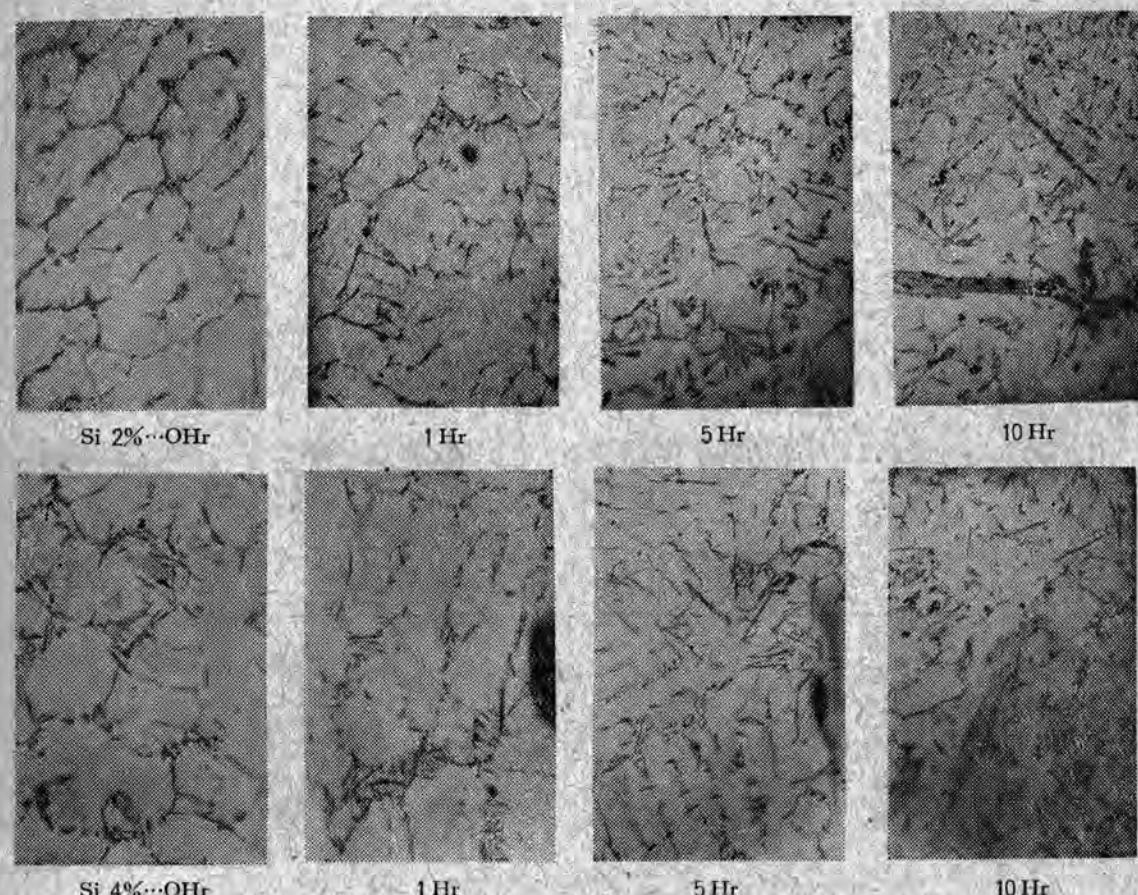


写真第9 浸漬試料 A の各種處理を施した 1, 5, 10 時間の Al 顕微鏡組織  $\times 220$

浸漬試料 A 處理  
850°C × 10Hr



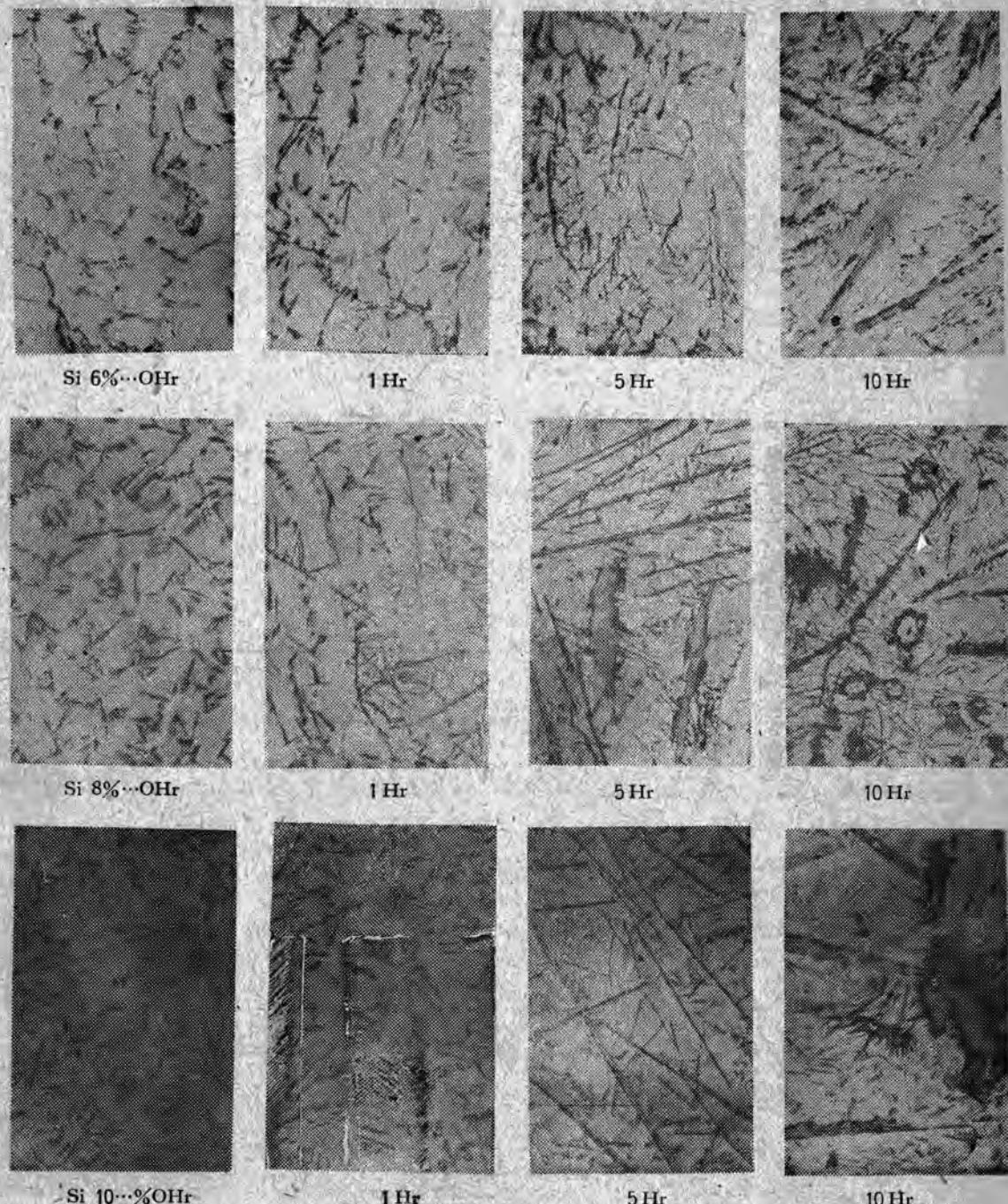
写真第 9 浸漬試料 A の各種処理を施した 1, 5, 10 時間の Al 顯微鏡組織  $\times 220$



写真第 10 Al-Si 2~16% 合金の浸漬試料 A を表面 1mm 削つた試料を  
1, 5, 10 Hr 浸漬した Al 組織  $\times 220$

態圖については多くの研究者によつて發表せられてゐるが Dix-Heath<sup>(4)</sup> や Gwyer-Phillips<sup>(5)</sup> あるいは西村博士<sup>(6)</sup>によつて詳しく述べてある。第 6 圖に掲げた状

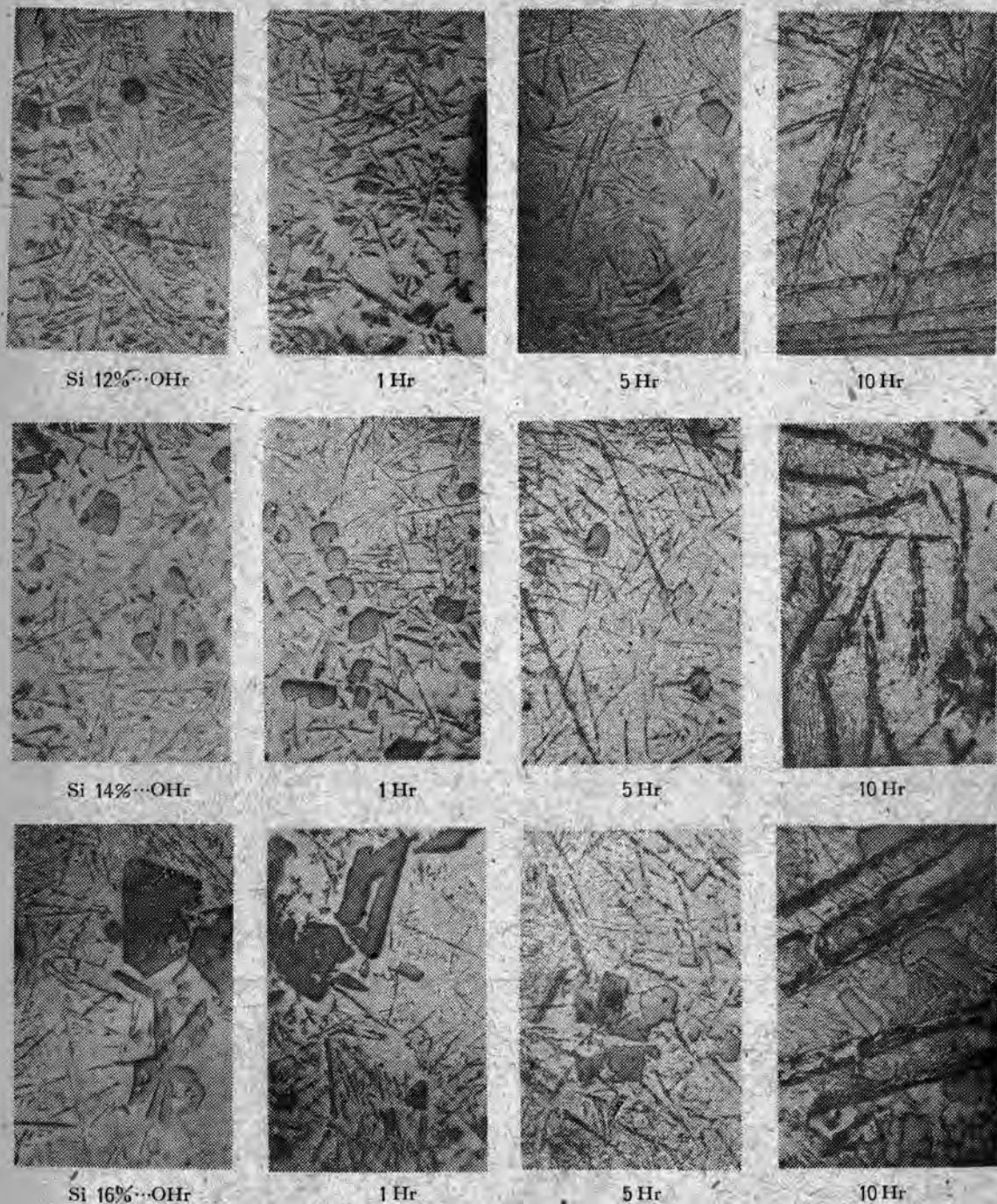
態圖は Dix-Heath の研究したものである。この研究者の論ずる處によれば Al-低Si 合金では  $\beta$  (Fe-Si) で寫眞 8~10 においてみる板状に形成したものであるが、



寫眞第 10 Al-Si 2~16% 合金の浸漬試料 A を表面 1mm 削つた試料を  
1, 5, 10 Hr 浸漬した Al 組織  $\times 220$

Al-Si-Fe 三元系の特有の支那文字形の結晶は Si が 5% 以上において浸漬 5 時間経過後写真<sup>写真 10</sup>においてみられるが、一般に Fe 量が多いため直線となつてゐる傾向

がある。含有 Fe 量の増加によつて一層明瞭になつてゐる。また組織の中に多角形の結晶は初晶の Si で、その他の部分は Al と Si の共晶であつて細長く発達した結

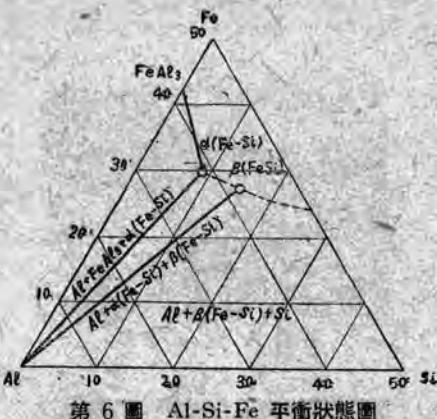


写真第 10 Al-Si 2~16% 合金の浸漬試料 A を表面 1mm 削つた試料を  
1, 5, 10 Hr 浸漬した Al 組織  $\times 220$

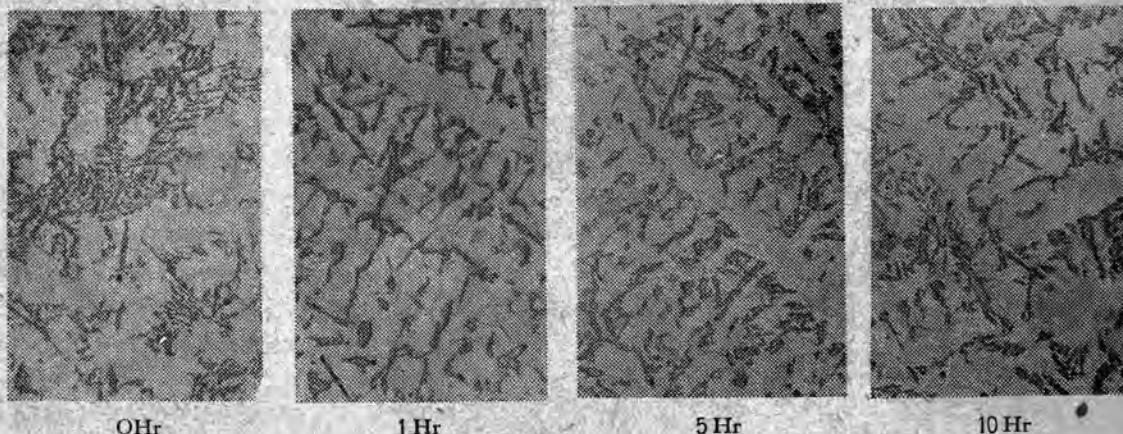
晶をしている。次に写真第11は  
アシルミンに對して浸漬試料Aを  
850°C×10Hr 焼鈍をした試料に  
よつて實驗した組織である。この  
組織については第1報を參照され  
たい。

## 8. 各種浸漬試料の顯微鏡組織

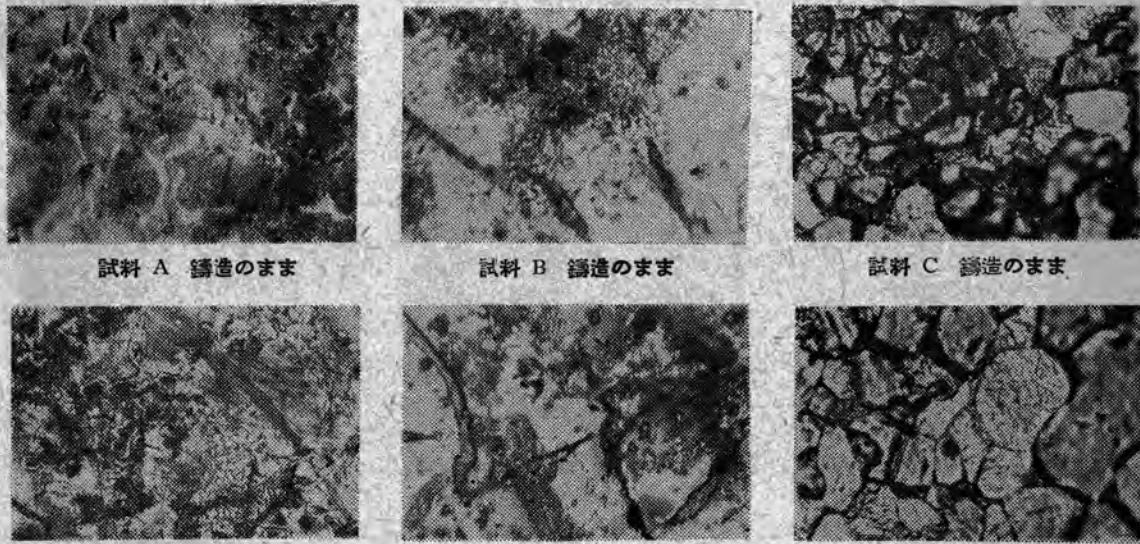
写真第 12, 13 に示したが灰銑の組織で黒い片状は黒鉛、素他はパーライトでパーライト中の條はセ



メンタイトであるが白色部はフェライトである。ここでみると鐵、セメンタイト、黒鉛、の三相が共存していることがわかる。また浸漬部は  $800^{\circ}\text{C}$  で 10 時間も加熱されているのでほとんど結晶組織の微粒化とセメンタイトあるいはパーライトの状態が変化している。次に  $850^{\circ}\text{C} \times 10\text{ hr}$  烧純したもののは遊離セメンタイト遊離フェライトも除かれているためパーライトとなつている。



写真第 11 ジルミンに浸漬試料 A を  $850^{\circ}\text{C} \times 10\text{ Hr}$  處理したものの  
0, 1, 5, 10 時間ににおけるジルミン顯微鏡組織



### 寫真第 12 各種清潔試料の浸漬前後の組織

× 650

## 9. 鑄鐵の成長

鑄鐵製 Al 熔解鍋使用中しばしば起る鑄鐵の成長について参考までに濱住博士の研究されたものを示すと第7図のようである。次鉄を繰返し加熱してその膨脹を測定したもので 950°C まで加熱して 950°C~650°C までを 9 回繰返し行われたものである。この膨脹の起る原因について同博士は次の結論を述べられている。

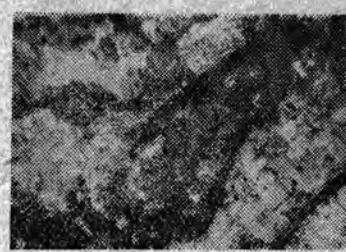
- Fe, C の分解による膨脹
- A<sub>1</sub> 變體に伴う體積の變化による膨脹
- 地殻に固溶した元素主として Si の酸化による膨脹
- Fe, C の分解の際に生ずるその周邊の微細亀裂による膨脹

以上のように鑄鐵製 Al 熔解鍋使用中に體験した點からみて黒鉛の間際に沿うて侵入するガスによつて酸化せられる原因が多いようく考えた。そのため熔融 Al 中にガスの侵入するがあり熔解に際して困つたことがあつた。また鑄鐵の成長に對する防止策として Piwowarsky の説によれば C, r の添加が最も効力があると發表しているが、要は黒鉛を微細化することによつてある程度成長を防止することができた。

## 10. 結 言

實驗結果を綜合して Al 熔解用に使用する鐵器の材質を検討し、熔融 Al に對する Fe の溶入防止方法を總括するところである。

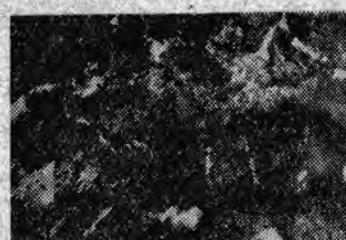
- 溶入 Fe 量は試料 A, B, C の順であつた。結果からみて白銑に近い程溶入 Fe 量は少ない。しかし溶入 Fe 量の少ない A 試料の表面を削つたものから考察すれば相當の差を認めた。そのため表面は處理をしない方がよい。
- ZnO 水溶液を塗布したものは Fe の溶入は少ないが操業上困難がある。



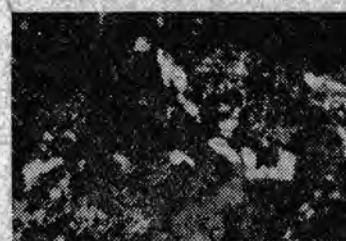
試料 A 鑄造のまま



試料 A の表面 ZnO 水溶液塗布  
10Hr 浸漬後

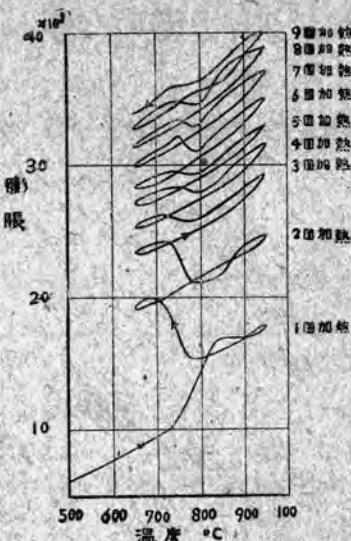


試料 A の 850°C × 10Hr 處理  
10Hr 浸漬後



試料 A の表面 1mm 削り  
10Hr 浸漬後

寫真第 13 試料 A の各種處理を施したもの 10Hr 浸漬後  
の組織 ×650



第7図 鑄鐵の繰返し加熱による膨脹

- 浸漬試料 A を 850°C × 10Hr 焼鈍を施し遊離セメンタイト、遊離フェライトを除いてペーライト組織にしたものと黒鉛を微細化したものは Fe の溶入は少なく、アシルミンに實際應用しても効果があり、Fe の溶入防止ができた。
- 實驗結果から長時間 Al 熔解に對して、各種鐵材の熔融 Al 中に Fe の浸蝕される量と凝固状態を示し作業上の参考となつた。

## 文 献

- 村上勝二・鐵と鋼 25 24(1939)
- 大日方一司・日本金屬學會誌 5 369 (1941)  
大日方一司・日本金屬學會誌 8 338 (1944)
- A. G. C. Gwyer, H. W. L. Phillips, J. Inst. Metals 38 29 (1927)
- E. H. Dix, X. D. Heath, Trans. Am. Inst. Min. Met. Eng., Techn. Publ., No. 30, (1927)

# 半波型倍壓整流回路の解析

半波型倍壓整流回路の解析を行ない、設計圖表を與えたものである。

研究所 北垣成一

## 1. 緒言

前論文<sup>1</sup>において全波型倍壓整流回路について觸れて置いたが、こゝに半波型整流回路の解析を加えて、單相整流回路の解析を完結したい。

トランジスレス受信機の出現以來既に久しう、その電源回路として半波型倍壓整流回路が用いられることが多いが、その解析を示したものは未だ見當らない。

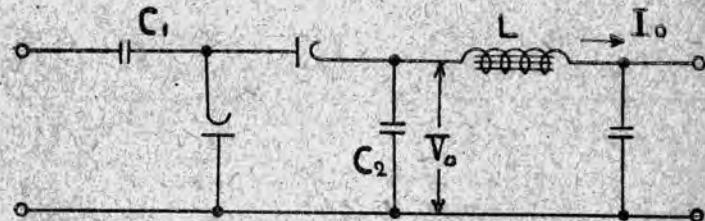
本文は前論文に示したと同様な電壓波形の近似によつて、解析を簡単にし實用的な結果を導いたものである。

## 2. 回路解析

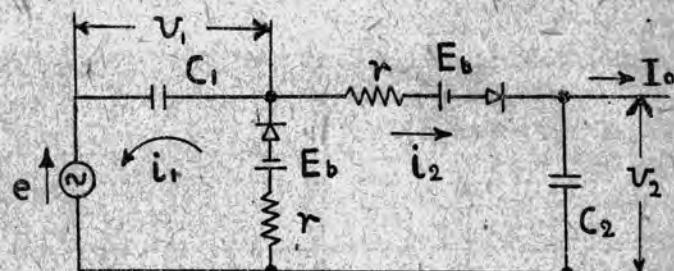
第1圖は半波型倍壓整流回路を示す。圖において塞流線輪のインダクタンス  $L$  が充分大なる時は、この塞流線輪を流れる電流の脈動を無視することができるから、第1圖は第2圖の如く書き直すことができる。たゞ整流管は簡単のため一定電壓降下  $E_b$  と一定抵抗  $r$  および正方向抵抗零、逆方向抵抗無限大の整流器の直列回路によつて代表し、この  $E_b$  および  $r$  をそれぞれ固有電壓降下および内部抵抗と稱することとする。 $e$  は印加交番電壓を表わす。

第3圖は一周期間の電壓および電流の關係を示す。すなわち電流  $i_1$  (は  $\theta=0$  より  $\theta=\theta_1$  までの期間だけ流れ他の期間は休止する) また電流  $i_2$  (は  $\theta=\pi+\theta_2-\theta_0$  より  $\theta=\pi+\theta_2+\theta_3-\theta_0$  までの期間だけ流れ他の期間は休止する)。

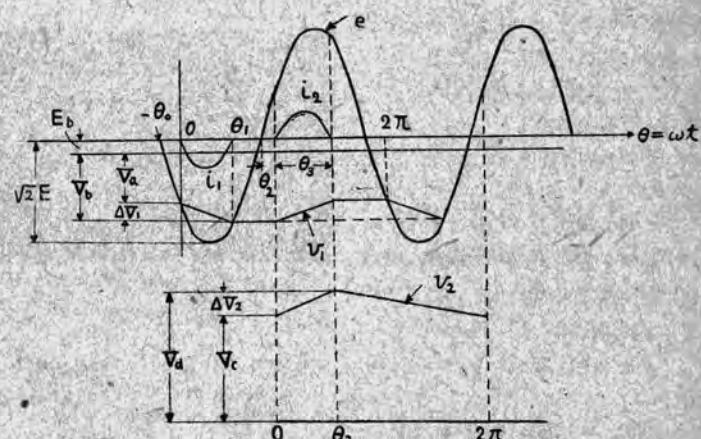
計算を簡単にするため、電壓  $v_1$  および  $v_2$  の波形を圖に示すように直線的に變化するものと假定すると、第2圖および第3圖より次の各式が成立する。



第1圖



第2圖



第3圖



$$\frac{R}{r} = \pi \left( \frac{1}{\tan \frac{\theta_1}{2} - \frac{\theta_1}{2}} + \frac{1}{\tan \frac{\theta_3}{2} - \frac{\theta_3}{2}} \right) \quad (26)$$

また (13), (22) の兩式より

$$\tan \left( \theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) = \frac{k_1 \tan \frac{\theta_1}{2}}{\tan \frac{\theta_1}{2} - \frac{\theta_1}{2}} \quad \dots \dots \dots (27)$$

を得る。

最後に  $\theta = \pi + \theta_2 + \theta_3 - \theta_0$  より  $\theta = 3\pi + \theta_2 - \theta_0$  まで、すなわち電流  $i_2$  の休止期間には次の各式が成立する。

$$v_2 = V_d - \frac{\theta - \theta_3}{2\pi - \theta_3} \Delta V_2 \quad \dots \dots \dots (28)$$

$$\omega C_2 \frac{dv_2}{dt} = -I_0 \quad \dots \dots \dots (29)$$

これより次の結果を得る。

$$I_0 = \frac{2\sqrt{2} E}{(2\pi - \theta_3) r} k_2 \left[ \cos \left( \theta_2 + \frac{\theta_3}{2} \right) \sin \frac{\theta_3}{2} - \cos \left( \theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) \sin \frac{\theta_1}{2} \right] \quad \dots \dots \dots (30)$$

ただし

$$k_2 = \omega C_2 r \quad \dots \dots \dots (31)$$

(22) および (30) の兩式より

$$\begin{aligned} & \frac{k_1}{2\pi} \cos \left( \theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) \sin \frac{\theta_1}{2} \\ &= \frac{k_3}{2\pi - \theta_3} \left[ \cos \left( \theta_2 + \frac{\theta_3}{2} \right) \sin \frac{\theta_3}{2} - \cos \left( \theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) \sin \frac{\theta_1}{2} \right] \end{aligned}$$

これより

$$\cos \left( \theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) \sin \frac{\theta_1}{2} = \frac{2\pi k_2}{(2\pi - \theta_3) k_1 + 2\pi k_2} \cos \left( \theta_2 + \frac{\theta_3}{2} \right) \sin \frac{\theta_3}{2} \quad \dots \dots \dots (32)$$

これを (22) に代入すれば

$$\begin{aligned} I_0 &= \frac{\sqrt{2} E}{\pi r} \cdot \frac{2\pi k_1 k_2}{(2\pi - \theta_3) k_1 + 2\pi k_2} \cos \left( \theta_2 + \frac{\theta_3}{2} \right) \sin \frac{\theta_3}{2} \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (33)$$

よつて (21) および (33) の兩式より

$$\tan \left( \theta_2 + \frac{\theta_3}{2} \right)$$

$$= \frac{2\pi k_1 k_2}{(2\pi - \theta_3) k_1 + 2\pi k_2} \cdot \frac{\tan \frac{\theta_3}{2}}{\tan \frac{\theta_3}{2} - \frac{\theta_3}{2}} \quad \dots \dots \dots (34)$$

(27), (32) および (34) の各式より  $\theta_0$  および  $\theta_2$  を去すれば

$$\begin{aligned} & \frac{1}{k_1^2 \sin^2 \frac{\theta_1}{2}} + \left( \sin \frac{\theta_1}{2} - \frac{\theta_1}{2} \cos \frac{\theta_1}{2} \right)^2 \\ &= \left[ \frac{1}{(2\pi - \theta_3) k_1 + 2\pi k_2} \right]^2 \sin^2 \frac{\theta_3}{2} \\ &+ \left( \sin \frac{\theta_3}{2} - \frac{\theta_3}{2} \cos \frac{\theta_3}{2} \right) \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (35)$$

(27), (34) および (35) 式によつて、 $\theta_0$ ,  $\theta_1$ ,  $\theta_2$  および  $\theta_3$  の関係が得られたわけである。

次に  $i_1$  および  $i_2$  の最大値を求めよう。

$$\theta = \theta_{m1} \text{ において } \frac{di_1}{d\theta} = 0$$

と置けば

$$\cos(\theta_{m1} + \theta_0) = \frac{1}{\theta_1} \left[ \sin(\theta_0 + \theta_1) - \sin \theta_0 \right] \quad \dots \dots \dots (36)$$

よつて

$$I_{m1} = \frac{\sqrt{2} E}{r} \left[ \sin(\theta_{m1} + \theta_0) - \sin \theta_0 - \theta_{m1} \cos(\theta_{m1} + \theta_0) \right] \quad \dots \dots \dots (37)$$

今

$$\theta_{m1} \approx \frac{\theta_1}{2}$$

とすれば

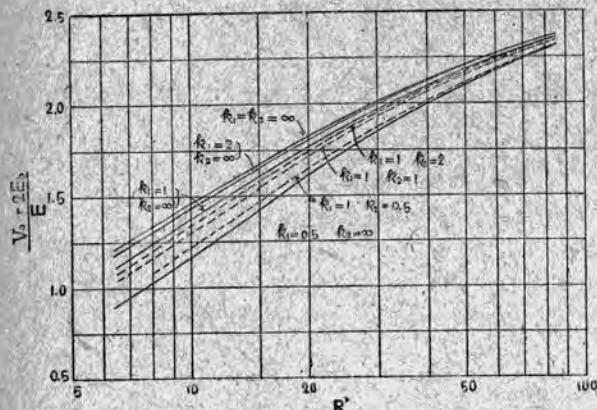
$$I_{m1} = \frac{\sqrt{2} E}{r} \sin \left( \theta_0 + \frac{\theta_1}{2} \right) \left( 1 - \cos \frac{\theta_1}{2} \right) \quad \dots \dots \dots (38)$$

従つて

$$\frac{I_{m1}}{I_0} = \frac{\pi}{\tan \frac{\theta_1}{2} - \frac{\theta_1}{2}} \cdot \frac{1 - \cos \frac{\theta_1}{2}}{\cos \frac{\theta_1}{2}} \quad \dots \dots \dots (39)$$

同様に

$$\frac{I_{m2}}{I_0} = \frac{\pi}{\tan \frac{\theta_3}{2} - \frac{\theta_3}{2}} \cdot \frac{1 - \cos \frac{\theta_3}{2}}{\cos \frac{\theta_3}{2}} \quad \dots \dots \dots (40)$$



第 4 圖

次に蓄電器  $C_2$  の両端の脈動電圧（基本波）実効値を  $V_z$  とすれば、 $v_2$  波形の解析より

$$V_z = \frac{4 \sin \theta_3/2}{\sqrt{2} \theta_3 (2\pi - \theta_3)} \triangle V_2$$

しかるに (6) および (30) の兩式より

$$\triangle V_2 = \frac{2\pi - \theta_3}{k_2} r I_0$$

また

$$V_0 + 2E_b = R' I_0$$

よつて

$$\frac{\triangle V_2}{V_0 + 2E_b} = \frac{2\pi - \theta_3}{k_2} \cdot \frac{r}{R'}$$

よつて結局

$$\frac{k_2 V_z}{V_0 + 2E_b} = \frac{\sqrt{2} \sin \theta_3/2}{\theta_3/2} \cdot \frac{r}{R'} \quad (41)$$

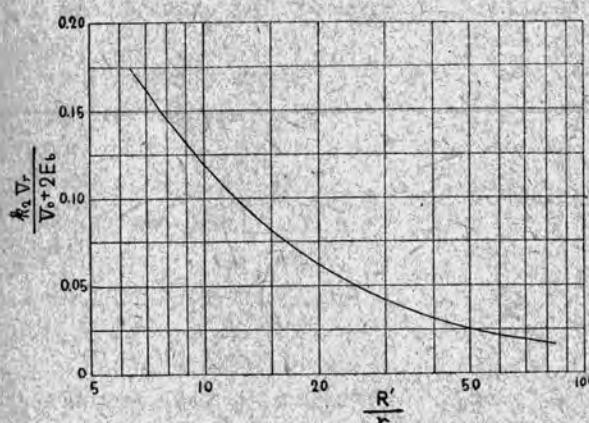
以上の各式より  $\theta_0$  ないし  $\theta_3$  を消去し、 $k_1$  および  $k_2$  を媒介變数としてと  $R'/r$  と  $(V_0 + 2E_b)/E$ 、 $I_{m1}/I_0$ 、 $I_{m2}/I_0$  および  $k_2 V_z / (V_0 + 2E_b)$  との關係を求める第 4 圖ないし第 6 圖となる。

### 3. 結 言

以上半波型整流回路を解析して設計圖表を導いたが、蓄電器両端の電圧波形を直線的と假定したためにどの程度の誤差を生ずるかは、實驗によつてこれを明らかにしたい考である。しかし從來設計に役立つ資料が、ほとんど發表されていないので、多少とも御参考になれば幸甚である。諸賢の御批判を仰ぐ次第である。

### 文 献

- (1) 北垣成一、單相整流回路の解析、三菱電機、21、150-157、昭和 22 年 11 月。



第 6 圖

# 鋸屑の熱常数に及ぼす湿润の影響 (第Ⅰ報) 濡潤による比熱の變化

鋸屑の如き吸湿性の纖維質熱絶縁物はその熱傳導率が含水率と共に急激に増加し、遂には熱絶縁物として使用に耐えなくなる。この含水率による熱傳導率の變化を測定する豫備実験として、含水率による比熱の變化を知らねばならない。かゝる熱絶縁物の比熱測定に適する測定装置、および方法を示し、含水率による比熱の變化は簡単に乾燥せる鋸屑と水分との混合體と考えれば説明がつくことを示す。

尾島辰勝  
研究所  
長川勝  
二郎俊

## 1. 緒言

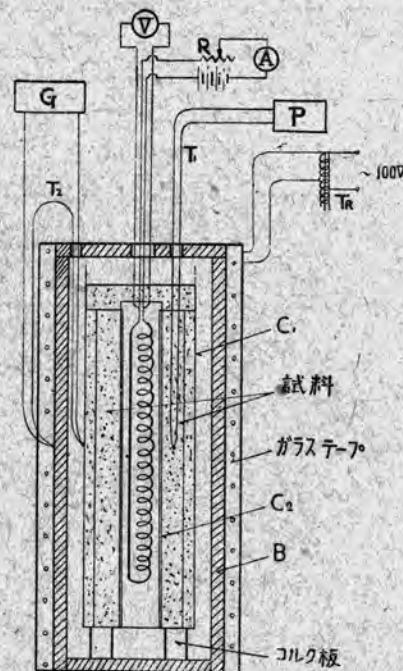
筆者等は前に<sup>(1)</sup>種々の纖維状物質の熱傳導率を測定し、冷凍機、温水器等の断熱材料として用い得る新しい物質を搜し求めた。ここで注意すべきことはあるものにおいては乾燥状態において、熱傳導率が小さくとも湿気を吸収すると急激に熱傳導率が大きくなり、断熱材料として使用に耐えなくなることである。とくに鋸屑の如くそれ自身吸湿性の大きい纖維状物質においては、湿润による影響が極めて大きいにもかゝわらず、水分を吸湿した状態で熱傳導率を測定することの困難なために含水率と熱傳導率との関係が明かにされているものは極めて少ない。外國の文献では L.F. Miller<sup>(2)(3)</sup>氏が纖維性物質について実験したもの以外は、論文がほとんど見當らない。これは試料内の温度分布が均一を缺くと、高溫部より低温部へと水分の移動が行われるという実験上の困難さがあるためである。

經濟的見地から現在においても、大きな冷蔵庫の熱絶縁物として、多量の鋸屑が使用されており、また温水器などの熱絶縁物としても用いられている。故にこれら熱絶縁物質の吸湿状態において、いかにその熱特性が変化するかを正しく認識しておくことは重要なことである。含水率による熱特性の変化を測定す

るには、水分の移動を防止して測定する必要がある。この條件を満足するように、試料に純正弦的に変化する温度波を印加し、表面と中心における位相差より熱擴散率を求める装置を作つた。この時試料の密度および比熱を知れば熱傳導率が計算できることとなる。

第Ⅰ報において鋸屑の比熱が、含水率によつていかに変化するかを測定した結果につき述べ、第Ⅱ報において熱擴散率および熱傳導率の、含水率による変化の測定方法および結果について述べることとする。

## 2. 比熱測定装置



第1圖 比熱測定装置

鋸屑のような熱絶縁物の比熱測定に對しては、水熱量計は不適當である。その原因は第一に試料の熱容量に比較して、水の熱容量が大きいことである。更に鋸屑のような熱の絶縁物にあつては、試料全體の温度が均一になりにくいことである。第二に試料容器を熱量計に入れる最初のときの、試料温度を正確に測定しにくいこと、および熱量計の周圍に逃げる熱の補正の計算が面倒であるためである。以上の理由から水熱量計を使用することを斷念して、第1圖に示す如き測定装置を作つた。C<sub>1</sub>は銅製の圓筒型の外側容器で、C<sub>2</sub>は銅製の内側容器である。C<sub>2</sub>の外側には等間隔に6個の銅製の巻がついていて、C<sub>1</sub>の内側に接するようになつてゐる。C<sub>1</sub>とC<sub>2</sub>との間

に測定しようとする試料を入れる。試料の温度は熱電対  $T_1$  とボテンシオメーター  $P$  で測定する。 $B$  は真鍮の圓筒型容器で、 $C_1$  とは  $B$  の底部にあるコルク板によつて絶縁されている。 $C_2$  の内部には直經 0.4mm, 抵抗約  $5\Omega$  の加熱コイルが入つている。 $C_1, C_2$  および加熱コイルとの絶縁は、加熱コイルに細い絶縁管（図示していない）を覆つて行つてある。コイルには 4 本の導線が蝋付けしてあり、その中の 2 本は電圧測定に用いる。 $T_2$  は試料と真鍮圓筒  $B$  との温度差を測るための示差熱電対である。 $T_1, T_2$  共に 0.4mm の銅-コニスタンタン熱電対である。真鍮圓筒  $B$  の外側をガラステープおよびマイカで絶縁した上に加熱線を巻き、これの入力はスライダック  $T_R$  によつて加減される。 $A$  は加熱用コイルの電流計、 $V$  は電圧計である。加熱用コイルの入力は可變抵抗  $R$  によつて調節される。 $G$  は温度差監視用の検流計で、電圧感度は  $3.1 \times 10^{-7}$  V/mm である。

### 3. 測定方法およびその原理

加熱コイルで試料に適當な一定のエネルギーを與えておき、これが外部へ逃げ去ることを完全に防げば、それによる試料の温度上昇を測つて比熱は直ちに求まる。これを實現するには、示差熱電対用の検流計  $G$  を監視しながら、電氣爐の入力を加減し真鍮圓筒と試料との間に温度差がないように調節すればよい。銅-コニスタンタン熱電対の起電力は、温度差  $1^\circ\text{C}$  に對して約 0.04MV であり、検流計の電圧感度は  $3.1 \times 10^{-7}$  V/mm なる故、温度差監視用検流計の一目盛は約  $0.008^\circ\text{C}$  に相當する。少しく馴れれば試料と真鍮圓筒との温度差を  $\pm 0.04^\circ\text{C}$  程度に保つことは容易である。このような操作を行ないながら試料の加熱速度を  $1^\circ\text{C}$  または  $2^\circ\text{C}$  おきに測つて行く。實際には温度測定用熱電対の熱起電力が、例えば  $0.05\text{ MV}$  上昇するに要する時間を測定して行く。

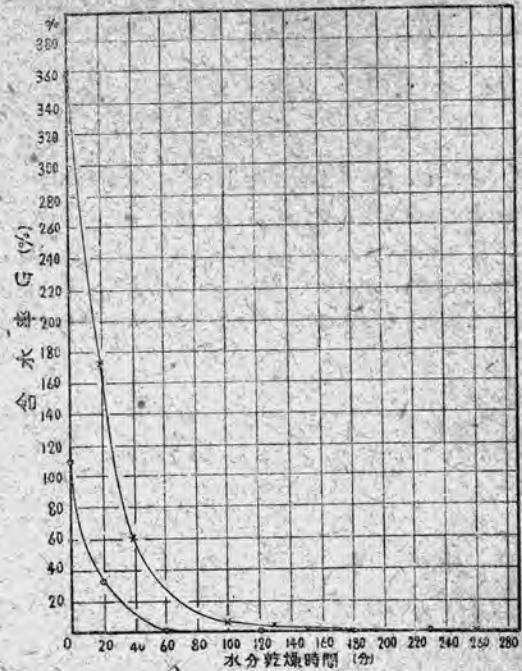
今試料の重さ  $m\text{ gr}$ 、比熱  $C\text{ cal/gr.}^\circ\text{C}$ 、比熱計の水當量を  $W\text{ gr}$ 、試料に與えたエネルギー  $Q\text{ cal/sec}$ 、比熱計から毎秒導線を傳つて逃げ去る熱量を  $K\text{ cal/sec}$ 、 $\Delta t$  を秒で表わしたエネルギー供給時間とし、この間の温度上昇を  $\Delta\theta^\circ\text{C}$  とせば次の式が成立する。

$$Q \cdot \Delta t = \Delta\theta (m + W) + K \cdot \Delta t \quad \dots \dots \dots (1)$$

これから求むる比熱を計算する式として次式を得る。

$$C = \frac{1}{m} \left\{ \frac{Q - K}{\frac{d\theta}{dt} \cdot \frac{dE}{dt}} - W \right\} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ただし  $d\theta/dE$  は熱電対  $T_1$  の熱起電力  $E$  の温度  $\theta$  における温度係数である。



第2圖 乾燥爐による錫屑の脱水曲線

また熱量計の水當量  $W$  および熱損失  $K$  は測定前に豫め各温度に對するこれ等の値を求めておく。

### 4. 容器の水當量及び熱損失の計算

前節で述べたようにある物質の比熱  $C$  を測定するには、比熱測定用容器の水當量  $W$ 、およびこの測定装置から單位時間に逃げ去る熱損失  $K$  の値を知らねばならない。熱損失としては容器  $C_1$  と真鍮圓筒  $B$  との間の空氣を通じて傳導または對流による熱損失と輻射によるもの、ならびにヒーター線および熱電対線を通つて傳導によつて外界に逃げ去る熱損失がある。しかしながら今の場合は、測定の平均温度が常温より僅か高い程度であり、かつ示差熱電対の助によつて常に  $C_1$  と  $B$  との間に温度差がないように調節しているから、熱損失の大部分は導線を通つて逃げ去る熱量である。

容器の水當量および熱損失を求めるには、比熱の知れた銅片を用いた。容器および銅片の水當量を  $W_1$  および  $W_2$  とすれば (1) 式を得たと同様にして、この場合次の方程式が成立する。

$$Q \cdot \Delta t = \Delta\theta \cdot W_1 + K \cdot \Delta t \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$Q' \cdot \Delta t' = \Delta\theta' (W_1 + W_2) + K \cdot \Delta t' \quad \dots \dots \dots (4)$$

たゞし  $Q = VI/J$ ,  $Q' = V'I'/J$  cal/sec

$J$  は熱の仕事當量で  $4.184\text{ Joule/cal}$

$\triangle t, \triangle t'$  : 秒で表わしたエネルギー供給時間

$\triangle\theta, \triangle\theta'$  : 溫度上昇  $^{\circ}\text{C}$

$K$ : 熱損失 cal/sec

いま  $Q=Q'$  なるように熱源を與えたものとすれば  
 $\frac{d\theta}{dt} = \frac{d\theta'}{dE} \cdot \frac{dE}{dt}$  なる故、上の二式より次の二式を得る。

$$W_1 = W_2 \frac{dE'}{dt} \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$K = Q - W_2 \frac{\frac{d\theta}{dE} \cdot \frac{dE}{dt} \cdot \frac{dE'}{dt}}{\frac{dE}{dt} - \frac{dE'}{dt}} \quad \dots \dots \dots (6)$$

すなわち  $W_2$  が既知のものであれば、温度測定に用いた銅-コソスタンタン熱電対の  $d\theta/dE$  はわかっているから  $dE/dt$  および  $dE'/dt$  を測定すれば容器の水當量  $W_1$  ならびに導線を通つて逃げ去る熱損失  $K$  の値を知ることができる。

使用した銅 (0.4φ)-コソスタンタン (0.45φ) 热電対の温度  $\theta^{\circ}\text{C}$  と起電力  $E$  MV との關係式は次の如し。

$$E = 0.03798\theta + 0.0000307\theta^2 - 0.000000005\theta^3 \quad \dots \dots \dots (7)$$

この式から  $d\theta/dE$  の値を求めることができる。銅片の比熱は次式で表わされる。

$$C_p = 0.0908(1 + 0.000446\theta) \quad \dots \dots \dots (8)$$

銅片の質量を  $m$  とせば  $W_1 = mC_p$  であるから (8) 式によつて各温度に對する  $W_1$  の値を知ることができる。したがつて (5), (6) 両式から  $W_1, K$  の各温度に對する値を求めることができる。

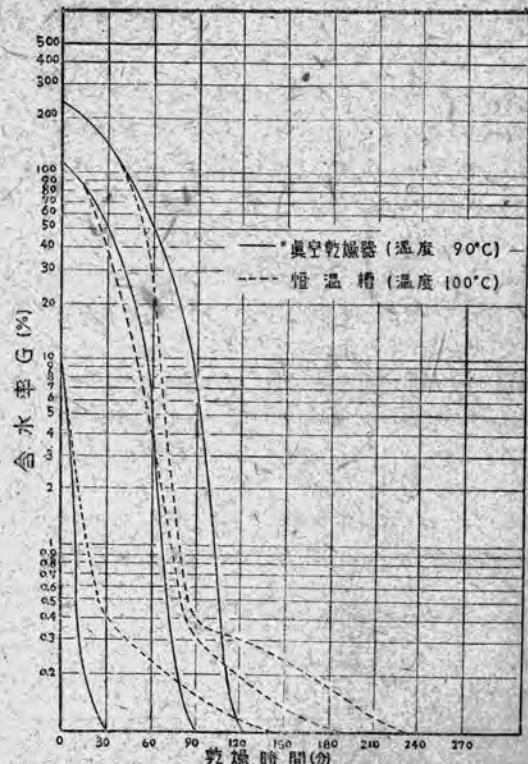
## 5. 測定結果

實験に供した試料の鋸屑は松で、粒の大きさは 7ないし 18 メッシュ間のものを選んだ。

### 1) 含水率の決定

比熱の測定を終つた試料の一部を平たいガス容器に移し、 $100^{\circ}\text{C}$  の恒温槽に入れて時間の経過と共に試料の重さの減少を測定する。2~3 時間経過すると重量の減少がほとんど止まつてしまふ。この時の試料を含水率が零の状態とする。この時の試料の重さを  $W_0$  とし、最初の時の重さを  $W$  とすれば、この試料の重量含水率  $G$  は次式から求めることができる。

$$G = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100(\%) \quad \dots \dots \dots (9)$$

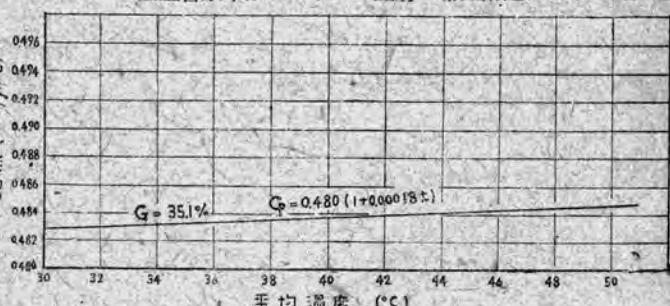


第3圖 真空乾燥器と恒温槽による乾燥速度の比較

乾燥器で乾燥する時、時間の経過と共に含水率の減少して行く有様の一例を第2圖に示す。真空乾燥器 (温度  $90^{\circ}\text{C}$ ) を用いて乾燥することをも試みたが、普通の乾燥器で乾燥せるものと含水率にはほとんど變化が現われなかつた。たゞ同じ試料を一つは恒温槽によつて、一つは真空乾燥器によつて乾燥する場合を比較すると、真空乾燥器による方が乾燥速度が早いが、含水率にはほとんど變化がない。恒温槽によつて乾燥する場合、含水率が 0.4% 以下になると乾燥速度が急に遅くなる。この乾燥速度の一例を第3圖に示す。

### 2) 比熱の測定結果

重量含水率が 35.1% の鋸屑の常温附近における比熱を



第4圖 鋸屑の比熱の測定結果

測定した結果を第4圖に示す。比熱  $C_p$  と平均温度  $t$  °C との関係式は次式で表わされる。

$$C_p = 0.480(1 + 0.00018t) \dots \dots \dots (10)$$

比熱の測定に際しては、とくに含水率の大きい場合、試料全體が一様な含水率になつてゐること、および測定中水分の一部が蒸発することによつて誤差が入つてくることに對して充分注意することが肝要である。

鋸屑の含水率と比熱との関係を第1表および第5図に示す。たゞし比熱の値は平均温度が40°Cの點における値である。

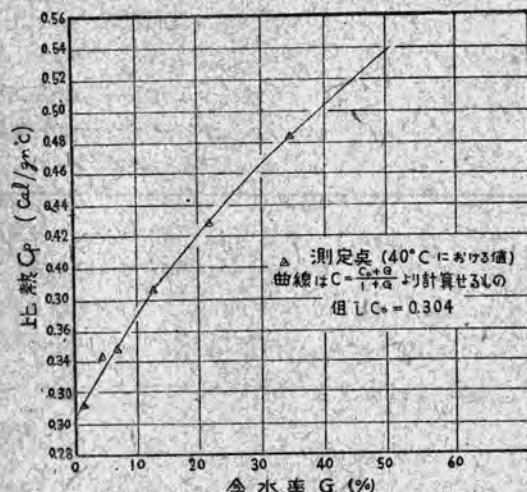
試料の乾燥状態における重さを  $W_0 \text{ gr}$  とすれば(9)式の含水率の定義によつて、この時の含水量は含水率を  $G$  とせば  $W_0 G \text{ gr}$  となる。含水率  $G$  における比熱を  $C_1$ 、乾燥状態における比熱を  $C_0 \text{ cal gr.}^{\circ}\text{C}$  とする。今この試料にある熱量  $\Delta Q \text{ cal}$  を與えてそのために全體の温度が  $\Delta\theta^{\circ}\text{C}$  だけ上昇したとすれば、氷の比熱を 1 と假定して次の式が成立する。

$$\begin{aligned}\triangle Q &= (W_0 + W_0 G) \mathbf{C} \cdot \triangle \theta \\ &= W_0 \mathbf{C}_0 \cdot \triangle \theta + W_0 G \cdot \triangle \theta \quad \dots \dots \dots (10)\end{aligned}$$

この式より

重量含水率 <i>G</i> (%)	比熱 (cal/gr.°C) (40°Cにおける値)	重量含水率 <i>G</i> (%)	比熱 (cal/gr.°C) (40°Cにおける値)
1.50	0.312	12.8	0.386
4.33	0.344	21.9	0.428
7.02	0.349	35.1	0.484

第1表 鋸屑の比熱の測定値



### 第 5 圖 鋸屑の含水率と比熱との関係

を得る。これは含水率  $G$  の変化による比熱の変化を表わす式である。第5圖の曲線は(11)式において  $C_0 = 0.304$  とおいた時の計算値より書いたもので(第2表参照)實測値がかなりよくこの曲線上に乗つている。すなわち含水率による比熱の変化は簡単に乾燥せる鋸屑と水分との混合體と考えれば良い。したがつて含水率の大きいところの比熱の値は(11)式から計算によつて求めることができる。

重量含水率 $G\%)$	比熱 (cal/gr. $^{\circ}\text{C}$ ) $C_0=0.304$	重量含水率 $G\%)$	比熱 (cal/gr. $^{\circ}\text{C}$ ) $C_0=0.304$
0	0.304	30	0.464
5	0.337	40	0.502
10	0.367	50	0.536
15	0.394	60	0.565
20	0.420	70	0.590

第 2 表  $C = \frac{C_0 + G}{1 + G}$  による比熱の計算値

6. 結 言

以上述べ來つたことを要約すると次の如し。

- 1) 水熱量計の代りに鋸屑の比熱を測定するに適した測定装置を作つた。この測定装置につき説明し、容器の水當量および熱損失の測定方法を示した。
  - 2) 次に含水率の決定法を述べ、あわせて比熱の測定結果を示した。

含水率が 35.1% の試料の比熱  $C_p$  と温度との関係は次式で表わされる:

$$C_p = 0.480(1 + 0.00018 t)$$

また含水率  $G$  による  $C_p$  の変化の測定値は、第 1 および 2 表に示す如く

$$C = \frac{C_0 + G}{1 + G}$$

なる関係で表わされる。温度が  $40^{\circ}\text{C}$  の點における比熱を考えれば  $C_0 = 0.304$  を得る。

最後に実験の一部を助力下さつた社内實習生木内、田  
野兩君に厚く御禮申上げます。

### 参 考 文 献

1. 尾島, 長沼; 三菱電氣第 21 卷第 1 號 昭和 22 年  
1 月 P 1.
  2. L. F. Miller; Ref. Eng. Nov. (1927)
  3. L. F. Miller; Phys. Rev. 29 (1927) 370

# 電熱線の近況

本稿は主として終戦後入手した電熱線についてその壽命値から品質を吟味して近況を知り社内規格制定の参考にした。また電熱線種別判定法について二三の方法を提案する。

名古屋製作所

田村弘治郎  
堀田滋矩

## 1. 緒言

市場に電熱器は溢れているがその評判は餘り芳しくない。電熱器は終戦後方々の工場で製作され、遂には値段の引き下げから益々品質の低下を來している。一方電熱線の品質は最近向上してきたが、一時は有名な製造所の製品の中にも粗悪品があつて、中には種別を混同している実例さえあつた。筆者は以下述べる方法で種別の判定と品質の選択を行ないこの方法で誤のないことを確認した。古來電熱線に關しての専門的研究は多く發表されているが、電熱器業者の立場から社内規格の妥當な値を検討したので、戦後の我が國電熱線の概況を述べ、併せて實用的な種別判定法の二三を提供して参考に資したいと思う。

## 2. 熱板の壽命

最近巷で問題にされるのは電熱線壽命の短い事である。終戦後は在庫品の耐熱鋼を線にして販賣し、また抵抗體用の品種を發熱體用として使用している事實を知り餘りの事に驚いたのである。第1表は筆者が行つた熱板の壽命値を示す。この壽命値は設計・工作上の差異とか使用状態によつて當然開きがあるが大體半ヶ月から6ヶ月の壽命とみてよい。更に斷線の理由を検討すると外部から加えられた原因によるものとか、化學的や物理的な線の不均齊による赤熱點發生によるものが多く、斷線個所を修理することにより更に10ヶ月以上使用することができる。このことは必然的に發生すると考えられる断線の原因を取り除くように考慮するならば、同一の線を使用したとしてもその壽命値が飛躍的に長くなることが想像されるのである。このような觀點からさきに當所で開發した鑄物埋込型熱板についてはその性能を既に發表した

熱板の種類	電熱線の種類	1回目の断線		2回目の断線		3回目の断線	
		使用日數	使用時間	使用日數	使用時間	使用日數	使用時間
200V 2 kw	鐵クロム線1種	15	37				
200 1.2	〃	42	74				
100 1.2	ニクロム線1號	85	639	86	642		
100 1.2	鐵クロム線1種	170	572	233	720	276	832
100 0.6	ニクロム線2號	60	83	101	132		
100 0.6	鐵クロム線1種	42	57	57	86	59	89

第1表 露出型熱板の壽命値

熱板の種類	電熱線の種類	使日數	使用時間	試験開始年月日	摘要
100V1.2kw	ニクロム線1號	511	4006	22-7-17	左の値は24-4-
〃	〃	439	3413	22-8-28	10現在までの累計
〃	〃	260	1453	23-1-27	

第2表 鑄物埋込型熱板の壽命値

が、この壽命値は本年4月10日現在で連續1年9ヶ月、合計4000時間を超過しているがなお繼續使用が可能である。第2表はこの状態を示す。鑄物埋込型熱板は露出型熱板とは根本的に構造を異にし、電熱線の品質以外に絶縁物の選択とか、工作法等の因子が大きく影響するもので、それらの総合結果が壽命値として現われてくる。最近電熱線の品質は著しく向上してきたが市場にはなお粗悪品が相當出廻っている状態であるから、電熱器業者は常に品質を検討し更に根本的な改良も行つて電熱線本來の優秀性を保持させるように考慮を拂いたいものである。

## 3. 試験と試料

鐵クロム線には規格臨 JES 199 があつて昭和 19 年に改訂された。またニクロム線の JES は制定されていないから當社の社内規格などを参考にして、電熱線の性能

種別	記號	固有抵抗 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 20°C	密度 $\text{g/cm}^3$ 20°C	抗張力 $\text{kg/mm}^2$	伸 % $l=50\text{v}/d$	熱起電力 Cutに對し mV 0~100°C	酸化增量 $\text{mg/cm}^2$ 4時間	抵抗 温度系數 0~ 400°C	最高使用 温度 °C	屈曲値 $n =$ (駒の半經 線經)
ニッケル クロム 1 號	NCR 1	105±5	約 8.43	70 以上	20 以上	+0.5~0.7	800°C 0.3以下	0.00015 以下	1100	—
ニッケル クロム 2 號	NCR 2	115±6	約 8.27	65 以上	20 以上	+0.1 以下	800°C 0.6以下	0.00025 以下	950	—
鐵クロム 1 種	FCR 1	140±7	約 7.34	70 以上	5 以上	—	950°C 0.4以下	0.0001 以下	950	$n$ 以上
鐵クロム 2 種	FCR 2	120±6	約 7.53	65 以上	7 以上	—	800°C 1.0以下	0.00025 以下	600	5n 以上

第 3 表 電熱線性能

種別	内外地別	製造所名	試料番號	平均線經 mm	固有抵抗 $\mu\Omega$ cm	密度 $\text{g/cm}^3$	抗張力 $\text{kg/mm}^2$	伸 % $l=100$	オエロ 磁性 キシル 反應	熱起電力 mV	成 分 %					
											Ni	Cr	Fe	Mn	其の他	
NCR 1	アメリカ 国 産	ホスキンズ社	S 4	0.498	102.6	8.3			非 リ	無 リ	+0.5	78.79	18.90	0.80	tr. Si 1.03 Al 0.48	
			S 41	0.535	103.0				リ	リ	+2					
			S 5	1/32" x 0.0056	110.8				リ	リ	+1.5	80.00	15.50	4.10	— Si 0.32 Al 0.132	
		A 社	SP 2	0.498	108.0	8.33			リ	リ	-2	77.0	17.3	6.2		
			S 23	0.490	110.0		73		リ	リ	+1~+2					
		B 社	S 1	0.507	111.2				リ	リ	—					
			S 3	0.497	109.7				リ	リ	—					
			S 42	0.517	110.0	81.2	29		リ	リ	+3	75.98	19.01			
			S 43	0.518	112.0	82.5	28		リ	リ	+5	76.59	17.27			
			S 44	0.518	108.0	82.5	28		リ	リ	+3	76.19	17.34			
NCR 2	アメリカ 国 産	ホスキンズ社	S 45	0.520	109.0	78.3	29		リ	リ	0	78.02	18.54			
			S 46	0.517	110.0	82.8	27		リ	リ	3	77.36	17.56			
			S 47	0.516	111.0	78.3	26		リ	リ	+1.5~+3	77.46	17.09			
			S 48	0.518	116.0	81.1	28		リ	リ	+5	76.15	19.26			
			S 49	0.518	112.0	82.3	28		リ	リ	+3	77.67	17.11			
		C 社	S 50	0.516	112.0	77.5	27		リ	リ	+3.5	77.75	17.21			
			S 51	0.519	110.0	80.6	27		リ	リ	+3	77.34	17.22			
			S 52	0.517	109.0	79.3	27		リ	リ	+3	76.01	18.24			
			S 53	0.516	111.0	78.5	28		リ	リ	+3.5	77.49	17.56			
			S 54	0.518	111.0				リ	リ	+2					
FCR 1	規格外 國 產	ホスキンズ社	S 55	0.516	108.0				リ	リ	+1					
			S 56	0.517	108.0				リ	リ	+2					
			S 57	0.517	114.0				リ	リ	+3.5					
			C 社	S 10	0.634	108.3	8.34	50.2		リ	リ	0				
			D 社	S 19	0.45	109.0			リ	リ	0					
		A 社	S 7	0.393	107.0	8.25			弱 リ	青色 リ	+11.5					
			S 70	0.64	—				リ	リ	+13					
			SP 1	0.499	113.0	8.20			リ	リ	+11					
			SP 3	0.499	116.4	8.35			リ	リ	+13	58.3	15.9	23.8		
			S 2	0.501	126.5				リ	リ	—					
FCR 2	規格外 國 產	E 社	S 58	0.565	108.6	7.78			非 リ	リ	+24	24.8	18.8	54.6		
			S 59	0.488	116.0	7.75			弱 リ	リ	+24	24.5	19.5	54.6		
	國 產	A 社	SP 4	0.491	127.2				強 リ	鮮青色 リ	+21	—	21.9	73.4		
			S 9	0.61	128.7				リ	リ	+24					
FCR 2	國	E 社	S 8	0.392	120.0				リ	リ	+19					
又は 3	產	A 社	S 39	0.45	97.0				リ	リ	+13					
850°C 1 時間焼純				S 9												

第 4 表 電熱線

成 分 %						壽 命		
Ni	Cr	Fe	Mn	Al	C	其の 他	試験溫度 °C	壽命值 回數
75~79	18~22	3~22	1.0~2.0	—	0.1~2.0	以下	1200	250
60	15~22	1.0~19	2.0~2.5	—	0.15~0.25	以下	1200	150
—	23~25	残部	1.0~以下	4~6	0.1~0.2	以下	1200	250
—	18~20	”	1.0~以下	2~4	0.1~0.2	以下	1200	150

一覽表を作ると第3表のようになる。以下種別に對しては第3表の記号を使用することにする。そして筆者が終戦後入手した電熱線をこれらの規格値と比較し、また種別も以下述べる測定法によつて判定し第4表のように分類整理した。壽命値の比較を行うため線經の太いものは0.5mmに線引きをしたが都合によつてそのまま用いたものもある。第4表には大體20個所の線經を測定したその平均値を示す。これらの試料のうちS-4・41・70はそれぞれアメリカ一流會社の電熱製品から取り出した中古品であり、S-5・7は戰前入手したホスキン社の新規品である。

一 覧 表

壽命値回					屈曲半經 R と 屈曲値 N																
					R=2			R=3.06			R=4.78			R=7.95			R=11.96				
1	2	3	4	5	平均	n	最大	最小	平均	n	最大	最小	平均	n	最大	最小	平均	n	最大	最小	平均
298-143-138	184-178				193																
165-147-144-112-106	168-156-152	194-151-140-134-122	147-135-128-94-89	199-152-149-100	282-266-214	288-271-195	248-219-147	285-233-228	126-116-43	174-168-142	233-206-206	330-253-217	228-197-183	239-184-166	303-234-210	230-158-45	183-147-91	208-126-116	232-147-105	34-52	197-194
1594.08	48	30	40.0	6.12	86	64	73	9.75	188	156	173	16.3	338	264	309	24.5	802	720	748		
1483.95	58	48	52.7																		
1503.87	54	38	44.8	5.81	74	70	73	9.25	140	122	133	15.5	444	336	371	23.1	1006	746	870		
2543.87	78	60	66.6	5.8	98	84	89	9.23	188	148	165	15.4	558	528	543	23.1	11210	886	1035		
2513.87	74	52	61.6																		
2053.85	50	32	41.4	5.77	86	76	82	9.20	172	154	162										
2493.87	64	50	56.6	5.81	104	102	103	9.25	192	172	184	15.5	578	546	557	23.1	1130	1082	1100		
953.88	62	42	54.2	5.82	94	88	92	9.26	170	130	150	15.5	424	362	387	23.2	1280	710	1080		
1613.86	66	46	56.2	5.8	102	92	95	9.23	184	176	181	15.4	566	416	507						
2153.86	60	50	55.2	5.8	112	98	103	9.23	222	162	189	15.4	586	464	525	23.1	11034	934	1000		
2663.88	70	48	57.8	5.82	100	92	96	9.26	200	156	172	15.5	556	432	495	23.2	1158	1008	1073		
2033.86	62	52	57.4	5.78	100	96	99	9.21	206	164	181	15.3	536	498	514	23.0	1159	1108	1140		
1963.87	70	44	53.0	5.81	100	90	94	9.25	214	186	200	15.5	546	502	518	23.1	1140	1104	1119		
2493.88	72	56	63.6	5.82	90	84	87	9.26	208	178	189	15.5	516	460	485	23.2	1134	1080	1107		
1443.86	50	32	42.4	5.8	94	66	84	9.23	164	120	141	15.4	510	376	443	23.1	1064	910	969		
1403.88	50	28	43.4	5.82	92	86	90	9.26	152	124	143	15.5	546	504	520	23.2	914	800	868		
1503.87	72	50	60.2	5.81	112	106	109	9.25	220	174	197	15.5	566	540	556	23.1	1179	992	1095		
1613.87	63	44	49.1	5.81	98	78	87	9.25	186	154	167	15.5	578	494	539	23.1	1158	1006	1061		
43																					
1964.45	66	42	52.5																		
164-122-100-71-70	1055.1	72	66	68.0	7.64	130	116	124	12.2	232	176	203	20.4	750	670	717	30.5	1636	1586	1611	
	3.1	44	36	59.6	4.7	84	62	73													
94-85-71-68-56	75	4	46	30	37.6	6	78	52	62	9.58	116	92	105	16	470	328	411				
96-96-90-81-81	89	4	64	42	50	6	104	84	98	9.58	182	138	155	16	492	444	467	24	1410	852	1161
85-82-80-78-36	72																				
228-190-171-126-72	157																				
160-147-124-121-74	125																				
150-143-126-92-74	1174.07	40	32	36	6.1	88	68	77	9.73	140	80	108	16.3	460	314	399	24.4				
275-262-243-161	2353.28	4	4	4	4.92	10	4	8	7.83	12	8	10	13.1	58	40	48	19.7	188	118	142	
25	255.1	66	18	37	7.65	112	62	94	12.2	152	120	141	20.4	530	360	439	30.0	1202	980	1114	
24	244.45	12	8	10																	
207	2073.28	20	16	17	4.92	54	40	47	7.83	78	46	62	13.1	286	228	262	19.7	528	482	504	

試 驗 結 果

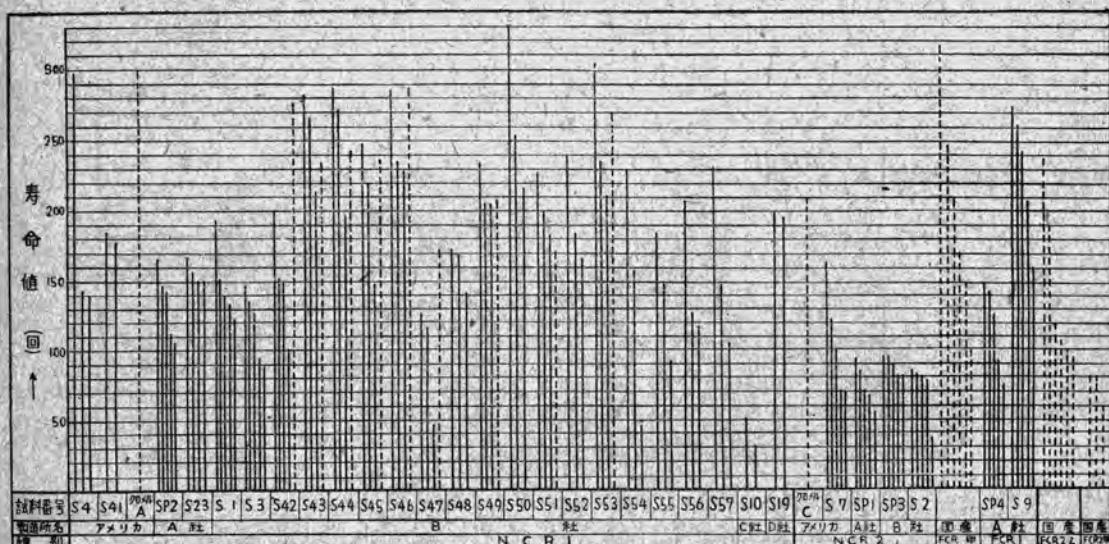
國產品の中には NCR 1 として納入されたものが試験の結果 NCR 2 であつたり、またニクロム線と稱して市場で販賣していたものが抵抗體用の鐵クロム線であつたりして、過渡的現象ながらかなり混亂した状態であつた。しかしアメリカの NCR 2 中 S-70 の試料は比較的低溫用發熱體に使用していたもので使用溫度により明確に使いわけている状態がよくわかる。

#### 4. 電熱線の壽命値

電熱線の品質判定には機械的試験、顯微鏡や X 線による組織の研究、化學成分、酸化度の試験等種々あるが、結局これ等の總合した結果が壽命試験に現われてくるものと思う。電熱線の壽命試験法として前記 JES に採用されたものは、線經を 0.5mm、長さを 200mm とし、線溫を 1200°C に保ち、2 分間の通電と停電を繰返す強制壽命試験方法である。よつて筆者もこの規格に準じて行い、その結果は第 4 表に示してある。また同一試験方法によりかつて中路博士が發表された試験結果<sup>(3)</sup>と、筆者

る、一般に A 社の製品はその品質が平均し壽命値にも大きなむらがなく 106~168 回で概して低い値である。これに反し B 社の製品は 330 回という最高壽命値を示すかと思うと赤熱點發生によつて 43 回で斷線したという極端なものまであつた。C 社の製品は線經が太いにも拘らず 43 回という平均値に終つてゐるが、その斷線原因も赤熱點發生でなく一様に脆弱化したためである。すなわち成分よりも製造技術に關心を向けるべきものと考えられる。D 社の製品は平均 200 回近い壽命値で A 社 C 社に勝る優秀性を示している。次に NCR 2 では試料 S-7 すなわちホスキソス社のクロメル C が線經の細いにも拘らず 105 回の壽命値を示し優秀なことがわかる。

A 社の製品では平均 75 回、B 社の製品もほどどうようで 72 と 89 回の平均値である。却つて E 社の規格外品と認められる製品がこれらを凌駕し 125 と 157 回の平均壽命値をもつてゐることは興味深い。FCR 系では A 社の製品が平均 235 と 117 回の壽命値を示した。この



第 1 図 電熱線壽命値

と同一試料について A 社で行つた試験結果とを合せて第 1 圖に示した。

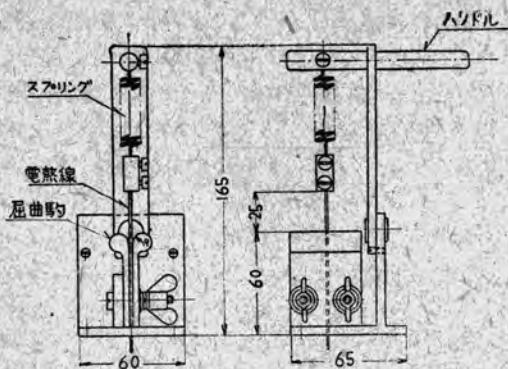
すなわち點線がこれらの参考値である。第 1 圖を見てまず感じられることは國產品中にも外國品に劣らないものがでてきていることである。まず NCR 1 ではアメリカ製品 S-4・41 は故障した埋込型熱板の中から取り出した後線引きしたという経験があるにも拘らず最高 298 回を数え、中路博士の實驗値とも一致した値を示してい

#### 1. B 社欄中の點線は A 社測定の壽命値

#### 2. 註 1 以外の點線は中路博士の發表値

#### 3. 線經の特別なものは S 7・9・10・19 である

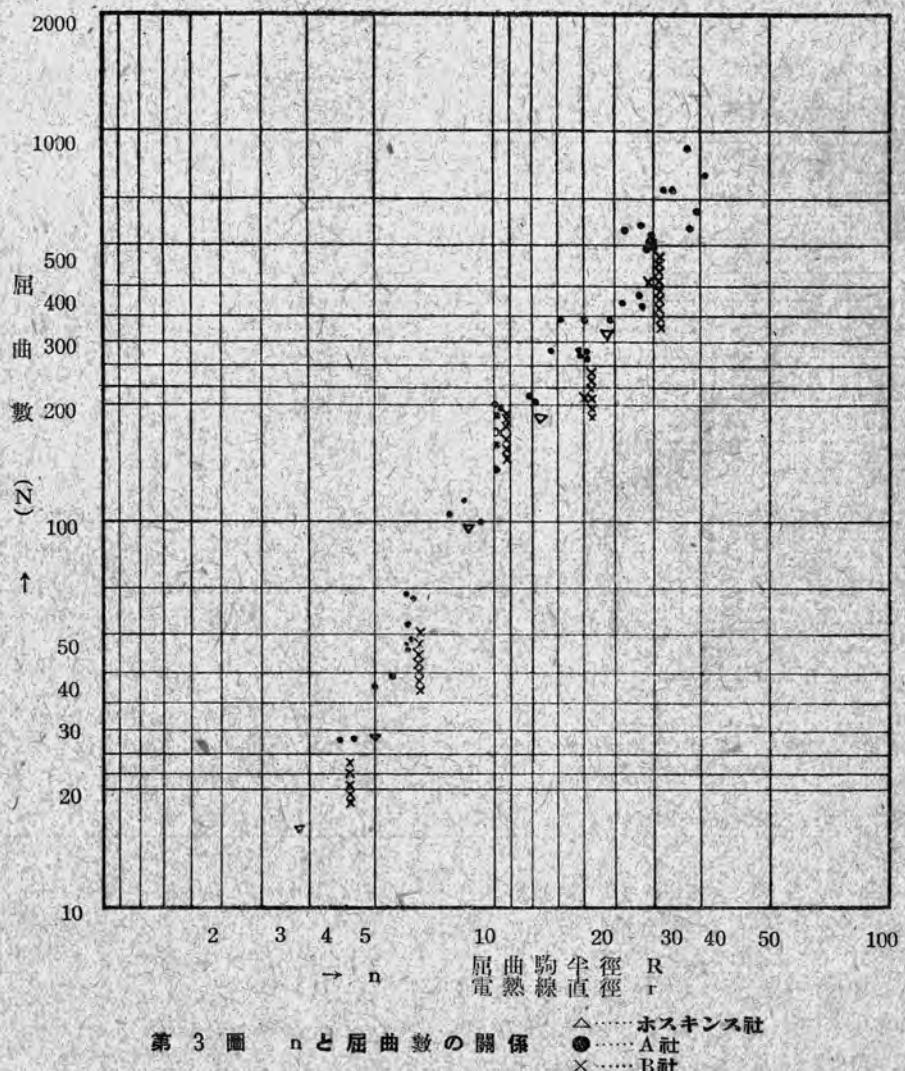
FCR 1 に対し抵抗體用の FCR 2 では F 社の製品が 25 回である。どうよう A 社の試料 S-39 も 24 回という低い壽命値を示した。この試料は或商店で販賣され A 社ニクロム線と商標がつけられ銀白色を呈していたものであるが、次の項で述べるように明らかに抵抗體用鐵クロム線であることに疑なく、電熱器業者はもちろん一般の需要者も恐わされないようにしなければならない。



第2圖 屈曲試験器  
Rの値 2, 3.06, 4.78, 7.95, 11.96

## 5. 電熱線の屈曲値

電熱線を一定の圓弧に沿つて屈曲しその繰返し荷重による疲労破壊の程度を比較するものである。筆者は第2圖に示すような簡単な裝置を試作して使用した。供試線にはスプリングによつて抗張力の2%程度を線經に應じ階段的に加え、線は屈曲駒で固定させた。そして90度屈曲するのを1回と數え切斷するまでの値を5種類の駒について求め、それらの結果から屈曲駒の半經・最大・最小・平均屈曲値および屈曲駒半經と線經の比を第4表に追加記入した。また屈曲駒半經と線經の比をnとして横軸にとり、屈曲値Nを從軸にとり兩者共對數目盛にしてその關係を圖示すると第3圖のようになる。圖からわかる



第3圖 nと屈曲數の關係

ようにB社の製品が最も勝れ、次いでホスキンス社、次がA社という順序である。これらから明らかのように屈曲値はnの取り方で非常に異なるものであつて、屈曲駆の仕上げと線経の測定は精密でなければならない事がわかる。図にはニクロム線の場合を示したが鉄クロム線についてもどうようことが云える。鉄クロム線のJESによると「nの値を2ないし4にとり、3個の試片について行う」と規定されているが、今迄行つた試料では殆んど全部が合格する。たゞ試料S-9はnが2なら不合格、4なら合格するという結果になつた。しかし乍らこの試料は非常に脆くて實際には使用できないものである。更にこれを850°C 1時間焼純した結果は表の欄外に示したように屈曲値は増し、壽命値も焼純前と何等の變化が認められなかつた。また入手時期の同じ線、例えばB社のS-42~57の16試料についてnの値がほどどうであるところから少し比較してみたい。

第4表に示した平均屈曲値の縦列についてその値の少いものを選び出すとS-42・45・47・54・55等であり、また最小値と最大値の比が60%前後のものを抽出すると、S-42・47・55である。なおこれらの値が共に勝れているとみられるのはS-43・46・53等の試料である。また平均壽命値の多いものと少いものとを選んで一覧表

試料番號	nの値と平均屈曲値					最小屈曲値×100 %	平均壽命回
	3.85~5.77	9.2~15.3	23.1~33.2	3.88	5.82		
S 42	44.8	73	133	391	870	54% n=3.87 の時	150
S 45	41.4	82	162	—	—	64 n=3.85	205
S 47	54.2	92	150	387	1080	55.5 n=23.2	95
S 54	42.4	84	141	443	969	64 n=3.86	144
S 55	43.4	90	143	520	868	56 n=3.88	140
S 43	66.6	89	165	543	1035	73~78.8%	254
S 44	61.6	—	—	—	—	70.2	251
S 46	56.6	103	184	557	1100	78.2~98	249
S 50	63.6	87	189	485	1107	77.8~93.3	249
S 53	57.8	96	172	495	1073	68.5~92	266

第5表 電熱線屈曲値と壽命値の関係

にすると第5表を得る。この表からみると、屈曲値の少いもの、開きの大きいものは一般に低い壽命値であり、屈曲値の勝れた電熱線はその壽命値も勝れているという興味ある結果が得られた。もちろん壽命値は各種複雑な因子の総合されたものであつて、疲労破壊の原因もまた簡単ではないが、実用的な簡易比較法として品質判定の一助になり得るものと考えられるのである。

## 6. 電熱線の他の性能

供試線の一部について抗張力、伸、成分等を測定しその値を第4表に示したが、一般に實用的でないため参考程度に止める。なお線経誤差と外觀について近況を述べると、一時は表面が甚しく荒れ肉眼でわかるような裂目やきずが無数に存在しているという粗悪なものもあつた。

一つの線束では卷初めと卷終りの差は殆んどなく、線経の大き過ぎたりまた小さ過ぎて規格値に合格しないものは520のうち44で約8.5%であつた。またこれを20ないし40個所の測定値平均すなわち平均線経に對して比較すると規格値以上の誤差は僅か1で不合格率0.2%に過ぎなかつた。これらの中には公稱経0.6と稱し乍ら實は0.55とした方が誤差が少いという方が多く結局どんな線経のものでもどれかに當てはまるという状態となるわけである。また直角方向の線経が異り梢直形とみなされる断面をしているものも少なくない、中にはこの比が長経の95%に達しない短経のものもあつた。

このような國産品に對しS-7のクロメルCはその誤差が殆んど認められない。このように我國電熱線の近況は戰時中の空白を取り戻しつゝあつてもう一步という所までになつた。しかし乍ら一般にはなお粗悪品が市場に

流れてる現状であるから、電熱線が何の種別に入るものを確實に判定できれば粗悪品を駆逐するのに役立つものと考えられる。次に筆者の行つた二三の判別法についてその概略を述べる。

## 7. 抵抗値の測定

単位長當りの抵抗値をケルビンダブルプリッジで測定し平均線経から計算して固有抵抗値を求めた。今第3表の固有抵抗値をみると109と110 $\mu\Omega$  cmの間の數値はNCR1とNCR2と重複るのでこの兩者を仕分けることはできない。今NCR1とNCR2の77試料について固有抵抗値から種別を判定しようとした場合、第6表

種別	判定	間違いな く判別し難いも の		間違つて て判別する もの		規格外	計
		判別し難いもの	間違つてて判別するもの	間違つて て判別する もの	規格外		
NCR 1	14	20	14	2	50		
NCR 2	10	6	0	11	27		
計	24	26	14	13	77		

第6表 固有抵抗値による電熱線の判別

から明らかなように  $24/77 \times 100 = 31.2\%$  だけが確実に分類できるといつた低い確率である。しかしこの項については規格値に對しても更に検討したいと思う。

## 8. 磁性の測定

鐵クロム線が常磁性體でありニクロム線が非磁性體であることは常識のことであるが、更に些細に検討するならば第4表に示したようにそれぞれの特徴を示すことがある。すなわち NCR 1 は全部非磁性であるが、NCR 2 は磁性を有するか殆んど有しないか二つの場合がある。

NCR 1 中の試料 SP-2 は元の線經 1.2 の時も 0.5 の時も非磁性であつて、更に 0.2 に線引したものは弱磁性を呈したが、この表面の酸化膜を削りとると非磁性に變化した。このように細線にするほど現象は著しくなる。この原因は線引工程中最も酸化し易いクロムが部分的に酸化して表面にクロム含有量の少ない部分を生じたためであると解される。SP-2 は第4表の分析値からみると鐵含有量が多い成分である。元來ニッケルにクロムを加えていた場合その量が 5% で磁氣變態點は常温になり、更に鐵を加えるとその磁氣變態點は變化していくことが知られている。従つてクロム含有量 5% 以上のものでも常温で磁性を生じてくることがあり得る。この

種別	判定	間違いなく判別できるもの	判別し難いもの	間違つて判別するもの	計
NCR 1	46	3	1	0	50
NCR 2	16	5	6	0	27
計	62	8	7	0	77

第7表 磁性による電熱線の判別

現象は極く僅かであるからいろいろ工夫して測定しなければいけない。鐵クロム線は強磁性であるから問題外として前どうよう 77 の試料について磁性だけで判別を行つた結果を第7表に示した。これは磁性のないものを NCR 1 とし磁性のあるものを NCR 2 として分類したのであるが、 $62/77 \times 100 = 80.5\%$  は分類できるという結果になつた。また表からわかるように NCR 1 で磁性を呈するものは少なくこれに比して NCR 2 で磁性を呈しないものが割合にあるということである。

## 9. フエロキシル反応

メツキ面のピンホール検出法と同じ方法であつて、電熱線に含有される鐵分を検出するわけである。筆者はよく磨いた電熱線をフエロキシル液の中に浸す方法をとつた。鐵クロム線は鮮青色を呈するから問題外として、前どうよう 77 の試料についてその青色反応を呈したもの

NCR 2 として區分したところ第8表に示す結果を得たすなわち  $73/77 \times 100 = 95\%$  という高率で判別が可能である。表中判別し難い NCR 1 の 3 試料は NCR 1 の規格値よりも幾分鐵含有量の多いものと判断される。また NCR 2 の 1 試料は S-7 のクロメル C であつて短時間の浸漬では殆んど青色反応がなく一夜浸した後漸く反応を認めたものである。この點國產品はどの試料も綠色の附着物が線の周圍を被い、その中にそれぞれの割合で反応を示した。

種別	判定	間違いなく判別できるもの	判別し難いもの	間違つて判別するもの	計
NCR 1	47	3	0	50	
NCR 2	26	1	0	27	
計	73	4	0	77	

第8表 フエロキシルによる電熱線の判別

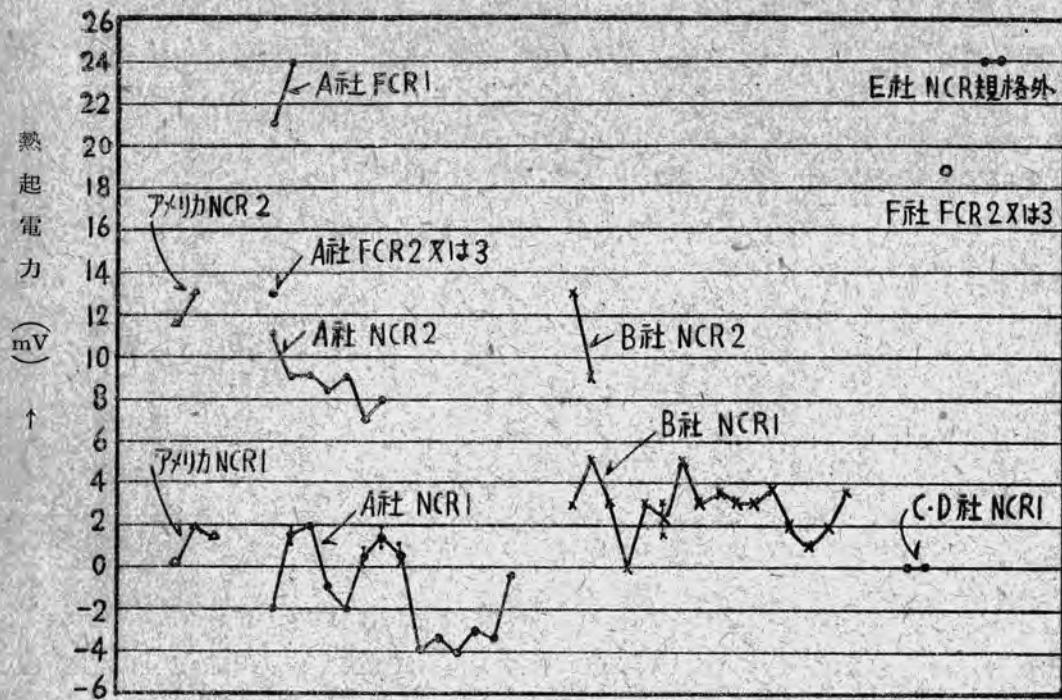
## 10. 起熱電力の測定

熱起電力の測定には各種の方法が考えられるが筆者は、東海理化工業所製の鋼判別器を使用した。この値は普遍的な數値ではないが電熱線の種別に對してはそれぞれの差を示し、また簡単でよい特徴があるのでこの例を前どうよう 77 の試料について求め第9表にこの結果を示した。すなわち  $76/77 \times 100 = 99\%$  は確實に判別し得るのである。そして短い試料から連續的に局部熱電力の測定が可能である。この測定結果の一部を圖示すると第4圖のようになるが、これらのことから判斷すると第4表の數値からわかるように、電熱線の實用的分類は分析などを行う必要がなく確實に仕分けることができる。例えば S-58 の試料は固有抵抗値と磁性からは NCR 1 と誤られ易いがフエロキシル反応と熱起電力の結果や更に比重でも明らかにそれでない事がわかる。また S-39 は A 社の商標をつけニクロム線と明示して某商店で販賣していたものであるが、固有抵抗値では NCR 1 とみら

種別	判定	間違いなく判別できるもの	判別し難いもの	間違つて判別するもの	計
NCR 1	50	0	0	50	
NCR 2	26	1	0	27	
計	76	1	0	77	

第9表 热起電力による電熱線の判別

れ、熱起電力では NCR 2 と誤られるが、強磁性を呈しつつフエロキシル反応で鮮青色を現わし明らかにそれでないことが判明した。



第4圖 電熱線の種別と熱起電力

## 11. 結 言

電熱線は熱板の生命であるが一般市場には粗悪品が氾濫している現状である。しかしその近況は一時戦後の混亂状態から脱却し漸く昔日の姿に歸ろうとしている。その壽命値はニクロム1號線ではクロメルAが300回、中古品でも138~298回で平均187回を示し、國產A社製品では106~168回で平均147回と均質ではあるが一般的に低い値を示している。B社製品では43~330回、平均186回で良否共極端である。C社製品は劣等で僅かに43回、D社製品は194~197回というかなりよい値を示している。ニクロム2號線ではクロメルCが210回、線經が細くても70~164回で、平均105回、A社製品では56~94回で平均75回、B社製品では36~96回で、平均81回である。E社製品は規格外とみられるが74~228回で平均141回というよい値を示している。鐵クロム1種線ではA社製品が74~275回で平均176回とニクロム線より勝れた値を示している。また低溫用鐵クロム線は25回というそれだけの數値しか示していない。電熱線の種別を判定するには熱起電力の測定、フェロキシル反応試験、磁性の判別を行えば実用的な方法として簡単でありかつ確實なものと考えられる。一般の露出型熱板ではその使用状態から電熱線本來の壽

命値を完うし得ないのが普通であつて、電熱線の品質を吟味し、更に根本的な設計工作を施すなら4000時間を超過してもなお繼續使用が出来る實例もあり、今後の改良に對しても電熱線・電熱器業者相協力して行きたいと念願するものである。終りに種々援助を頂いた當社世田ヶ谷工場加藤技師外各位に對し厚く感謝する次第である。

## 文 献

- (2) 中路幸謙・鐵クロム電熱線・電氣學會  
62 421 (昭 17-7)
- (1) 田村弘治郎・鑄物理込型熱板・三菱電機  
22 92 (昭 23-7)

# 運轉中における變壓器の絶縁油濾過

本文は從來実施されていなかつた變壓器の運轉中における絶縁油濾過について、

日發長門變電所における実験結果を主體にして報告したものである。

研究所

伊丹製作所

原  
岩  
吉

崎  
澤

仁  
晴  
敏

吾  
光  
夫

## 1. 緒 言

電氣機器の絶縁油は全般的に見て通常相當劣化したものも使用されているのが現状で、劣化した油は濾過によつてその大半は淨化することができる。この場合豫備變壓器のある場合、または運轉を中止して支えられない場合にはもちろん變壓器を運轉中止して濾過を実施出来るが、現在各發變電所において變壓器はフルに運轉され、運轉中止出来ないために長年月絶縁油は濾過されないでその儘使用されている状況で、運轉中に油を濾過する事が可能になれば、變壓器の保守上得るところは極めて大きい。從來種々の提案のため電壓印加中の變壓器油濾過は実施されていないが、コロナ式油試験器を應用し、内部の状態を打診しながら細心の注意をもつて実施すれば必ずしも危険ではないという確信のもとに、日發當局の英斷により昭和 22 年 5 月 日發神戸變電所でこの試験が実施され、また最近昭和 24 年 2 月 日發長門變電所において同様の試験を実施したのでその試験結果について報告する。

## 2. 供試變壓器

Westinghouse 社製を昭和 12 年 4 月當社で改造しその後明電舎にて改造（改造年月日不明）されたもので、昭和 20 年關東地方より移設され現在まで使用されていたものである。絶縁油の濾過は長門變電所に移設された直後及び昭和 22 年 7 月に實施されている。定格は次の通りである。

油入自冷單相變壓器

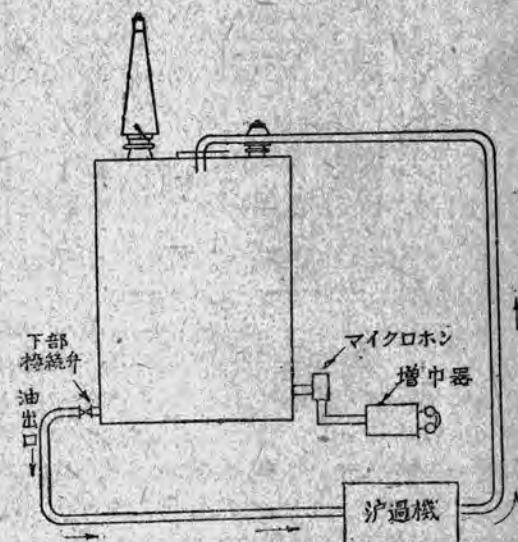
50 0KVA 50㎐ 油量 10500立

高壓 100KV 50A 低壓 22KV 11KV

インピーダンス 7.545%

## 3. 油の濾過實施方法

第 1 圖に示す通り絶縁油を變壓器タンクの下部排油口か



第 1 圖

ら濾過機に導き濾過された油をマンホールからタンク内に注入して（供試變壓器にはコンサベータが無く、コンサベータのある變壓器ではコンサベータから注入する）油を循環せしめ、變壓器は電壓を印加したまゝで連續的に濾過を実施した。この濾過実施中コロナ式油試験器のマイクロホンを變壓器タンクの下部排油口に取りつけ、變壓器内部のコロナ發生状況を當時聴取して内部状態を打診し、一方變壓器タンクの下部と濾過機の出口より 1 時間ないし 2 時間ごとに油を採取してコロナ式及び放電式の油試験を実施し（約 30 分間放置後実施）、濾過による油の変化状況をたしかめた。濾過機の濾紙はあらかじめ良好な油を通過させ、濾紙を構成する纖維の屑を除去し（濾紙の化成と稱する）實際に濾過する絶縁油の中に濾紙屑が入るのを防がねばならぬが、本試験においては濾紙を交換した際に濾過機自體の申を約 10 分間絶縁油を循環させて濾紙の化成を行つ

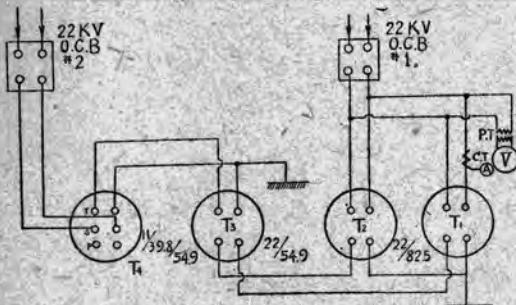
た。

なお絶縁油の中に気泡が入るのをできるだけ少なくするために濾過機と変壓器タクの下部排油口との接続はガス管を使用し(濾過機の出口よりマンホールに注入する側は蛇管)，またマンホールより落下する油の気泡をできるだけ油の表面に散らし油中に侵入するのを少なくするために蛇管の先に約15種平方の木板を取りつけた。第2圖は変壓器内に落下する油の状態を寫したものである。

第2圖



最初変壓器タクの下部の油を採取して試験したところコロナ開始電圧が15kV、連續コロナ電圧が25kVで非常に悪かつたため、約ドラム罐一本油を抜き取り上部から新油を注入した後、第1日目(2月4日)午前11時濾過運轉を開始した。この際変壓器は低壓側より励磁し高壓側は開放とし無負荷状態である。午後3時30分変壓器を無負荷状態から負荷状態に切換えた際にO.C.B.が故障し試験続行が不能となつたため濾過を中止し、第2日目(2月5日)第3圖の様な結線で返還負荷法により負荷電流約145A(低壓側)60%負荷の状態で濾過を再開し連續21時間実施した。第3圖でT<sub>1</sub>は供試変壓器、T<sub>2</sub>はT<sub>1</sub>と全く同一の変壓器、その定格は前述の通りである。T<sub>3</sub>は銅損供給用変壓器で三菱製(昭和23年10月改造)高壓60.5kV、入90kV、低壓44kV、22kV、インピーダンス10.16%定格のものである。T<sub>4</sub>はT<sub>3</sub>の電源用変壓器で芝浦製9000kVA、一次60.6kV/105kV



第3圖

二次39.8kV/69kV、三次11kV、インピーダンスは一次二次間9.15%、一次三次間6.77%、二次三次間2.54%のものである。

なお濾過機のバルブは第1日目濾過運轉開始後最初の30分間は約1/3開、次の1時間半は約1/2開とし、その後は全開にして濾過した。濾過能力はバルブ全開で約110立/分で供試変壓器の絶縁油は約1時間半に1循環する事になる。

#### 4. 試験経過及び結果

##### 第一日目(2月4日)

###### 1100 油試験(運轉前)

電圧印加、変壓器無負荷運轉、電圧低壓側23.5kV、高壓側88kV

###### 1103 濾過開始、バルブ1/3開

###### 1130 油試験

濾過中止、濾紙交換、濾紙には少量の水分及びスラッジが認められる。

###### 1151 濾紙の化成開始

1203 化成停止、濾過再開バルブ1/2開(停止時間25分)

###### 1230 油試験

1307 濾過中止、濾紙交換、水分スラッジ少量

###### 1319 濾紙の化成開始

1331 化成停止、濾過再開、バルブ全開(停止時間24分)

###### 1400 油試験

###### 1530 油試験

1533 變壓器電圧開放、變壓器に負荷電流を流す様に結線換え、濾紙交換

###### 1555 濾紙の化成開始

1616 化成停止、變壓器電圧印加、負荷電流は156A(65%負荷)で、T<sub>1</sub>のタップを変更して負荷電流を増加させるために變壓器の電圧開放にした際O.C.B.が故障し、その修理のため濾過運轉中止

##### 第2日目(2月5日)

第3圖の結線により負荷電流約145A(低壓)60%負荷で濾過再開

###### 1043 #1 O.C.B.投入

1045 #2 O.C.B.投入、變壓器負荷電流142A(低)60%負荷 電圧23kV(低)

1100 油試験、濾過再開、バルブ全開、負荷電流は145A(低)

1128 變壓器内コロナ音4回

## 1200 油試験

1212 變圧器内コロナ音5回、負荷電流146A  
電圧24kV(低)

1240 變圧器内コロナ音2回

1248 約30回/分のコロナ音20秒連續

1254 約20回/分のコロナ1分半連續

1258 コロナ音1回

1300 濾過中止、濾紙交換、濾紙は殆んど汚  
れず、油試験

1301 60回/分のコロナ40秒續く

1315 濾紙化成開始

1330 化成停止、濾過再開、停止時間30分

1400 油試験

1504 約60回/分コロナ音1分20秒連續  
負荷電流148A、電圧24.2kV(低)

1510 コロナ音2回

1520 連續コロナ音20秒續く

1523 コロナ音2回

1542 連續コロナ音1分間連續

1600 油試験

1601 約30回/分のコロナ音1分間連續

1612 「ジージー」という音30秒續く

1630 濾過中止、濾紙交換、濾紙に多量の黒  
いゴミ認められる

1646 濾紙化成開始

1700 化成停止、濾過再開、停止時間30分

1705 「ジージー」音2回

1718 「ジー」音1回

1752 「ジー」音1回

1800 油試験

2000 油試験

2035 約30回/分のコロナ2分間續く

2039 濾過中止、濾紙交換、濾紙に黒いゴミ  
有り、前回より少量

2052 濾紙化成開始

2110 化成停止、濾過再開、停止時間31分

2200 油試験

2225 コロナ音1回

第3日目(2月6日)前日に引き續き濾過續  
行)

0000 油試験

0031 濾過中止、濾紙交換、濾紙には極く少  
量の黒いゴミ有り

0046 濾紙化成開始

## 2月4日

探油 時刻	試料	放電々圧(kV)				コロナ電圧 (kV)		劣化 数 K
		平均A	最大値	最小値	最大一 B 最小	開始 電圧 C	連續 電圧 D	
1100	下部	24.5	27	21	6	20	40	0.53
	上部	37.7	46	29	17	25	35	0.67
1130	下部	25.5	31	18	13	20	45	0.53
	上部	31	40	24.5	15.5	25	35	0.57
1230	下部	24.9	29	19	10	25	45	0.58
	上部	42.9	46	40	6	25	40	1.0
1400	下部	35	39	32	7	25	35	0.7
	上部	37.5	45	33	12	25	40	0.79
1530	下部	34.9	43	26.5	16.5	25	35	0.65
	上部	32.8	39	27	12	25	40	0.69

## 2月5日

探油 時刻	試料	放電々圧(kV)				コロナ電圧 (kV)		劣化 数 K
		平均A	最大値	最小値	最大一 B 最小	開始 電圧 C	連續 電圧 D	
1100	下部	30.1	38	24	14	25	35	0.57
	上部	31.1	36.5	27	9.5	25	40	0.68
1200	下部	35.8	43.5	29.5	14	25	40	0.73
	上部	40.8	45	37	8	25	45	1.0
1300	下部	28.1	31	24	7	30	40	0.69
	上部	31.7	39	26.5	12.5	30	45	0.76
1400	下部	29.9	41	24.5	16.5	30	40	0.64
	上部	41.5	48	30	18	30	45	0.92
1600	下部	32.7	46	25	11	30	40	0.65
	上部	36.6	44	27	17	30	45	0.83
1800	下部	27.6	33	22	11	30	40	0.63
	上部	31.2	37	23	14	30	45	0.74
2000	下部	29	36	23	13	30	40	0.65
	上部	33.4	42	25	17	30	40	0.7
2200	下部	33.7	46.5	26	20.5	30	40	0.67
	上部	42.5	49	33	16	30	40	0.9

## 2月6日

探油 時刻	試料	放電々圧(kV)				コロナ電圧 (kV)		劣化 数 K
		平均A	最大値	最小値	最大一 B 最小	開始 電圧 C	連續 電圧 D	
0000	下部	36.6	46	27	19	30	40	0.75
	上部	35.6	41	32	9	30	45	0.91
0230	下部	37	48	30	18	30	40	0.76
	上部	36.6	47	30	17	35	45	0.9
0400	下部	37.8	47	31	16	30	40	0.8
	上部	38.6	47	30	17	35	45	0.93
0600	下部	37.2	48	32	16	30	40	0.79
	上部	38.4	46	32	14	35	45	0.95
0800	下部	36.8	46	32	14	30	40	0.81
	上部	36.4	47	30	17	35	45	0.88

第1表

0100 化成停止、濾過再開、停止時間 29 分  
 0230 油試験 (0200降雨のため採油不能)  
 0400 油試験  
 0513 濾過停止、濾紙交換、濾紙は汚れず  
 0528 濾紙化成開始  
 0545 化成停止、濾過再開、停止時間 32 分  
 0600 油試験  
 0735 コロナ音 2 回  
 0745 コロナ音 3 回  
 0800 油試験 (最終)  
 0801 濾過停止  
 0804 O.C.B. #2 及び #1 を開放となす、試験終了。  
 油試験の結果は第 1 表に示す通りである。表中平均 A は 5 回の放電々圧の平均値、最大値はその最大、最小値はその最小で、B は最大値と最小値の差である。コロナ電圧の中で C はコロナを開始する電圧、D は連續コロナ (1 分間 100 回以上) 電圧であり、劣化係数 K は次式より算出した値である。

$$K = \frac{A}{30} \times \frac{C+D}{35+45} \times \frac{1}{B+1} = \frac{A(C+D)}{50(B+50)}$$

なお試料の項で下部は変圧器下部より採油したもの、上部は濾過機の出口より採油したものである。測定結果は試験油を採取してから 1~2 時間後実施した値である。

以上の結果を曲線に描くと第 4 図ないし第 6 図の通りとなる。第 4 図は劣化係数の変化を示し、第 5 図はコロナ電圧、第 6 図は放電々圧の平均値の変化を示す曲線である。なお第 7 図は変圧器に負荷電流を流して濾過運転中の変圧器の温度変化を示す。温度は変圧器タンクの上部

及び下部に寒暖計を取りつけて読んだ値である。

## 5. 試験結果に対する考察

今回の試験により運転状態にある変圧器の絶縁油濾過は注意深く実施すれば可能であるとの結論に達したが、以下試験方法及び試験結果について考察を加えてみたい。

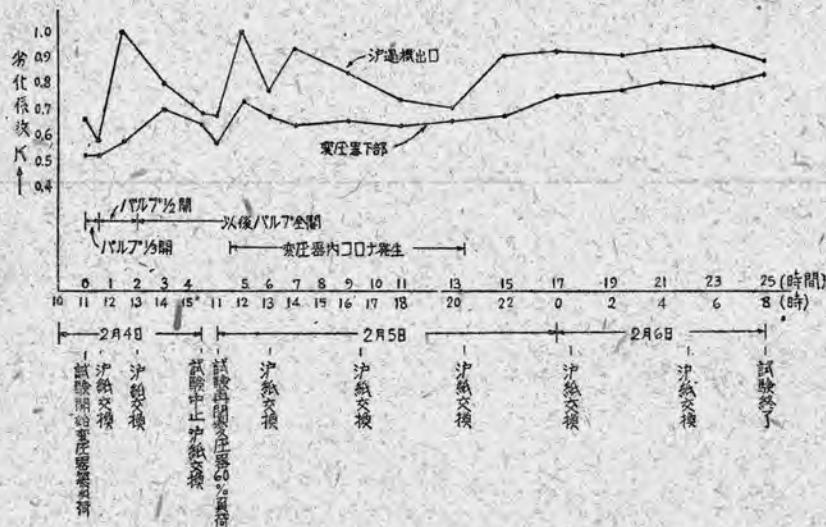
(イ) 供試変圧器にはコンサーベータがなく、從つて濾過された油はマンホールより注入したので気泡が変圧器タンク内に深く入るのを少なくするために蛇管の先に木板を縛りつけたが、コンサーベータのあるものはこの點今回の試験よりも条件が良い事になり、直接蛇管からコンサーベータ内に油を注油して差支えない。たゞしコンサーベータと変圧器タンクの接続管の流量が濾過機の送油量より小さい時は変圧器タンクの上部に貯留の部分が生ずるので、この點に關しては注意を拂わねばならぬ (この事は神戸変電所における試験の際に経験したことである)。

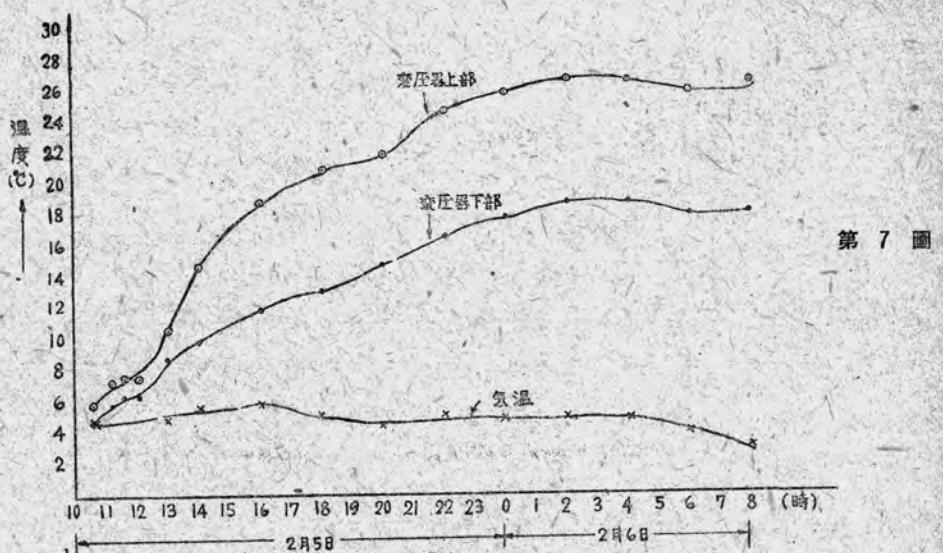
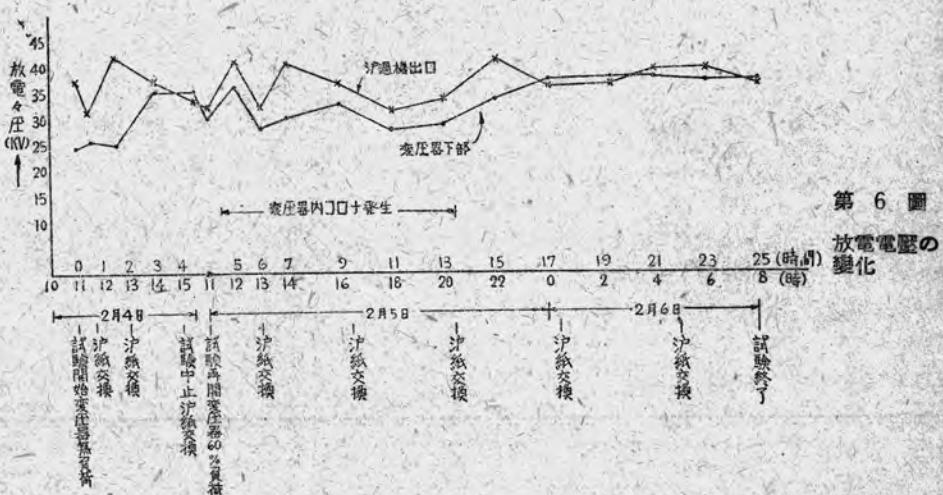
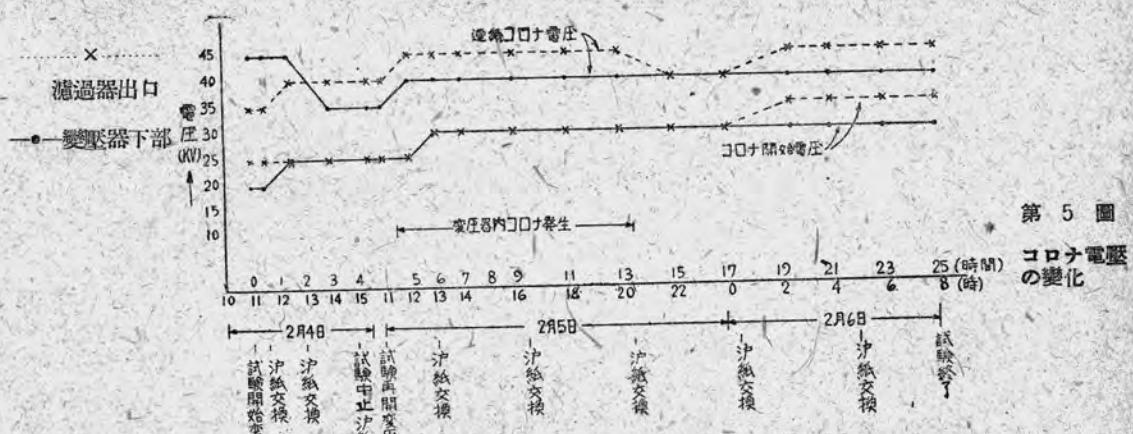
(ロ) 濾過運転前に変圧器タンクの下部の油は若干抜き取った後循環するのが安全であるが、どの程度まで劣化したものが抜き取られねばならぬかという問題は未だ試験回数少なきため結論を下す事はできない。

(ハ) 濾紙は 2 月 4 日 (第 1 日目) 午前 11 時に変圧器無負荷で濾過を開始してから 2 月 6 日午前 8 時濾過終了まで延 25 時間に 8 回交換し、最初は 30 分間次は 1 時間、次は 2 時間と次第に間隔を大にし、後に 4 時間ごとに交換した。濾紙交換の際に濾紙の化成を実施することは絶対に必要である。

2 月 4 日の最初及び二度目に交換した時は濾紙に少量の水分及び塵埃が認められたが、15 時 30 分の交換の際及

第 4 図  
劣化係数の  
変化





び2月5日変圧器負荷運転に入つてから2時間目第1回目の交換の際は濾紙にはほとんど塵埃は認められなかつた。

ところが16時30分、20時40分の濾紙交換の際はかなり多量の黒いスラッジがあり、2月6日0時30分の交換の際にも少量の黒いスラッジが認められ、その後においては濾紙の汚れは認められなかつた。2月5日16時30分及び20時30分の交換の際多量のスラッジが認められた事は、変圧器が無負荷の際には油は或る一定の認通路に従つて変圧器内を循環しているが、負荷運転の場合は変圧器の温度上昇による對流のために、油は攪拌され、ラジエータ内部その他の場所にあつた塵埃が出て来たものと考えられる。第7圖の温度上昇曲線より見て2月5日12時頃から24時頃までが最も温度変化の大きい事がわかる。濾過の進捗と共にこの塵埃はなくなり濾紙は汚れなくなつたのである。

(二) 第4圖は変圧器の下部と濾過機の出口から採油して試験した劣化係数の變化曲線で試験開始前に変圧器下部で0.53、濾過機出口で0.67であつたものが、圖の如き變化をして試験終了の際は変圧器下部で0.8、濾過機出口で0.9となつた。濾過が完全に終了すれば変圧器下部と濾過機出口の劣化係数が等しくなるはずである。

試験の最初頃特に濾過機出口の劣化係数が非常に不規則な變化を示しているのは、第6圖の曲線に見られる通り放電電圧が不規則に出たためで、全體の試験を通じ放電電圧はコロナ電圧に比較対照して大分高目に表われている様に考えられる。第5圖はコロナ電圧の變化曲線で、濾過機出口では最初25kVでコロナを開始し、35kVで連續していたものが、開始電圧も連續電圧も次第に上昇し、終りにはコロナ開始電圧35kV、連續コロナ電圧45kVとなり標準状態の結果と一致する様になる。途中で一度連續コロナ電圧の低下した原因是不明である。変圧器下部は最初20kVでコロナを開始し45kVで連續していたがすぐ連續電圧は35kVに低下した後また40kVに上昇し、開始電圧は次第に上昇して30kVになつた。変圧器下部で最初コロナ開始電圧が20kV、連續コロナ電圧が45kVで比較的コロナ開始より連續までの範囲が廣く連續電圧が高目に表われているのは油中の水分のために水分がなくなつたと考えられる所の第2回目の濾紙交換の後には連續コロナ電圧が低下し、その後40kVになつた。濾過が完全に終了すれば変圧器下部においても開始電圧が35kV、連續電圧が45kV程度まで上昇すべきである。

(ホ) 変圧器内部のコロナは2月4日変圧器無負荷運転で濾過中は一度も発生しなかつたが、2月5日壓變

器を負荷状態で濾過し始めたら間もなくコロナを発生し始め、特に12時頃から18時頃までに最も多く、連續コロナが1分間程度連續した事もあつた。濾過の初め変圧器無負荷の場合には変圧器内にコロナは発生せず、負荷運転に入つてからコロナを発生し出した事は変圧器の温度上昇による絶縁油の對流のために油中の塵埃が盛んに攪拌されたためであると考えられ、この事は2月5日16時30分及び20時40分の濾紙交換の際に濾紙が非常に汚れていた事と考え合わせると時間的によく一致する。20時30分以降ほとんどコロナ発生を見なかつたのは濾過により油が良くなつたためである。

(ヘ) 本試験では最初4時間は変圧器無負荷で濾過し、その後変圧器負荷状態で濾過を実施したが、本試験結果から考察すると、最初から負荷状態で濾過しても心配はないと思う。もしコロナの発生状況が甚しくて危険を感じる時は濾過機のバルブをしほれば良い。

コロナ発生は數分間の連續コロナ程度は大丈夫な事が本試験結果よりわかつた。変圧器内でコロナ発生に加えて「ジー」といふ音を時々発生していたが、この音はどこで発生するか不明である。恐らく油の表面の泡の部分で静電的の放電が起つていたものではないかと考える。

以上の結論として

(1) 変圧器を電圧印加したまゝの運転状態でその油を濾過する事は注意深く実施すれば可能である。

(2) 変圧器内のコロナは油中に塵埃の多い時は発生するが、濾過が進捗すれば次第に出なくなる。

本試験により活變壓器の油濾過に關する多くの貴重なデータが得られたが、今後も機會あればこの種試験を實施したい。

本試験にあたり種々御便宜を賜わつた日發中國支店發電課吉村氏、梅本氏、同山口支社長妹尾氏、長門變電所長堀野氏に感謝すると共に、試験に協力を賜わつた長門變電所の方々に深謝する次第である。

なお本試験は當社本店業務部電力技術課長木村技師の盡力と指導によつて実施されたもので、研究所電氣課長横須賀技師の指示に負うところも多い。こゝに特記する次第である。

## 文 献

- (1) 木村、内田 電力(昭22-12)
- (2) 木村、原 三菱電機(昭22-5)
- (3) 木村、原 電氣日本(昭23-8)

# 直 流 電 磁 接 觸 器 の 接 觸 子 材 料

消弧機構を備えた直流電磁接觸器の接觸子は比較的大きい負荷を閉閉して、異常に消耗したり、溶着したりすることがある。この観點から從來の銅接觸子と焼結合金、銅タングステンその他とを DC 200V, 300A誘導回路で比較實験し、溶着回数の測定及び接觸抵抗、接觸子消耗量、接觸子温度上昇の開閉回数に對する變化を測定したものである。

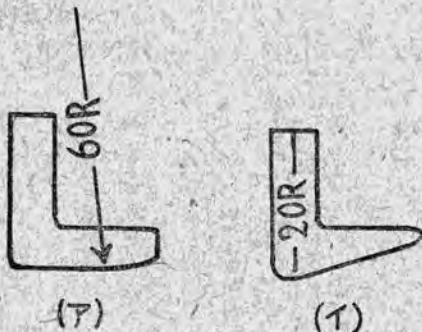
伊丹製作所 **待鳥正**

## 1. 緒 言

溶着がしばしば起り損耗が問題になる中負荷重負荷用の接觸子として、冷陰極材料と熱電子系材料を組合せたもの、例えは銅タングステン、銀タングステン、銀モリブデン等の焼結合金が優れていることが今までの色々の文書に述べられている。油中開閉器や氣中の交流または小負荷の直流に關する研究は種々行われて、結果が發表され、それに對する解説が加えられているが、直流重負荷に關する研究發表は殆んどないので、當面した問題である直流 200V, 200A の接觸器にこれらの焼結合金を採用してよいかどうか直ちに判断することができなかつた。

開路時の發生電弧の大きい直流重負荷の接觸器は消弧装置やワイプ作用を備える必要があるために、各種材料の精密な比較研究は難かしいのであるが、一應の目安をつけるためにこの實験を行つた。接觸子の研究としては接觸壓力や電流を變化して接觸抵抗や消耗量を比較しなければならないが簡単のために、ある接觸壓力、ある電流での接觸抵抗と消耗量及び温度上昇を測定し、そのほか、溶着に關し 2 つの接觸子形狀を比較した。

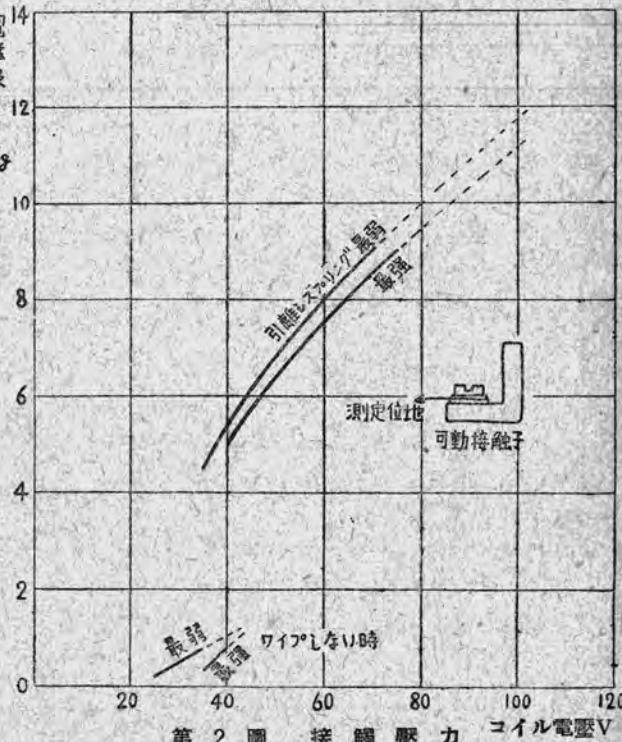
## 2. 實驗方法



第 1 圖 接 觸 子 形 狀

吹消コイル、アークボックスを備えた 1 個の電磁接觸器を使用した。接觸面は  $20 \times 20 \text{ mm}^2$  で第 1 圖 (ア) (イ) のような形狀である。使用接觸子は次のようにあつて、(イ) の Cu2 を除きすべて第 1 圖 (ア) の形である。

ア, Cu1 ……銅接觸子  
 イ, Cu2 ……銅接觸子、第 1 圖 (イ) の形狀  
 ウ, Cu3 ……銅接觸子  
 エ, Met. C ……發電機のメタルカーボン刷子を加工  
 オ, Cu-W1 ……a 社製銅タングステン (W 70%)  
 カ, Cu-W2 ……同上  
 キ, Cu-W3 ……b 社製銅タングステン  
 ク, Cu-W4 ……a 社製銅タングステン (W 70%)



第 2 圖 接 觸 壓 力 コイル電壓 V

ケ, Cu-W5 ..... c 社製銅タングステン  
 ニ, Ag 30-Mo 70 ..... b 社製銀モリブデン  
 サ, Ag 40-Mo 60 ..... b 社製銀モリブデン

ア, イ, エ, オ, カは溶着試験, 消耗試験に擦り直して幾度も使用した. 接触器の操作は時限繼電器を用いて電磁コイルの電流を閉鎖して行つた. 回路条件は多少の変動はあつたが 8.6mH, DC 200V, 300Aの誘導回路, 開閉頻度毎分 82 回または 64 回, 接触子間隙は 11.5 mm であつた.

接触子の温度は固定接触子の取付部に銅コンスタンタン熱電対を取付けて測定し, 接触抵抗は 300A 流した

時の接触子間の電圧降下を測定して算出した. 實験ではすべて固定接触子を陽極, 可動接触子を陰極とした. 接触压力はワイヤーした時 1.3kg であつて, 第2圖には電磁コイルの操作電圧による吸引力の實測値を示す. 同圖は引離しのスプリング最强と最弱の各々の位置で可動片最終位置の牽引力を測つたものである. 下方の「ワイヤーしない時」とあるのは電磁吸引力がスプリングよりも弱い時であつて, 可動片は未だ最終位置に達していないので, ワイヤーした時の曲線との間が切れた圖になつている.

### 3. 溶着試験

回路条件	電磁コイル操作電圧V	接触子材料	始めて溶着した回目	溶着回数	開閉回数	摘要
D. C. 6V, 500A 無導	45	Cu 2	7	15	500	7回以後ワイヤーしなかつた
		Cu 1	82	38	300	46回以後ワイヤーしなかつた
		Cu-W 1	—	—	500	
		Cu 2	118	38	300	
	90	Cu 1	—	—	300	
		Cu-W 1	—	—	200	
		Cu 2	—	—	200	
		Cu 1	215	1	415	
	40	Cu 2	4	10	390	10回中8回は自分で離れた
			4	3	6	
		Cu 1	5	9	39	
			1	1	1	
			10	3	336	
		Cu 2	20	4	311	
			—	—	200	
		Cu-W 1	—	—	200	
D. C. 約 200V, 300A, 8.6mH, 開閉頻度86回/分	(+) Cu-W 1	(-) Cu 1	3	5	31	
	(+) Cu 1	(-) Cu-W 1	2	4	20	
	(+) Met-C	(-) Cu 1	—	—	70	電弧が大きい
	(+) Cu 1	(-) Wet.C	—	—	100	同上

第 1 表

#### ア, DC 6 V, 500A無誘導負荷の時

引離しのスプリング最弱位置で電磁コイルの操作電圧を変えて、Cu 1, Cu 2, Cu-W 1, Met. C の材料の溶着回数を調べた結果を第1表に示す。

#### イ, DC 200V, 300A, 8・6mHの時

引離しスプリング最弱位置に置きアと同じ実験を行ないその結果は第1表に示す。第2図でわかるように第1図(ア)の形状の接觸子はコイル操作電圧 35V 以上でワイヤーする。35V よりも少し高い電圧では面が荒れるとワイヤーしなくなる。溶着の現象は操作電圧の高い時すなわち十分ワイヤーする時には殆んど起らないので、主に電圧の低い時について実験を行つた。

#### ウ, 考 察

(1) Cu 1. と Cu 2 を比較すれば操作電圧の低い時は Cu 2, 操作電圧の高い時は Cu 1 が良いと云うことがわかる。これは第2図で操作電圧 30V の時は Cu 1 の接觸圧力は 500g であつてワイヤーせず、開

路時溶融した位置でのみ接觸が行われるので溶着し易い。これに反して Cu 2 では可動片が最終位置に近づくので接觸圧力が 4 kg 近くに達し、ワイヤーしていたものと考えると溶着は起りにくい。操作電圧が高い時には Cu 1 は十分ワイヤーするので溶着しない。これに反し Cu 2 は閉路時の吸引力が殆んど 10kg に達し、跳りが起つて溶着し易いのではないかと考えられる。従つて最低動作電圧さえ高くてよいならば Cu 1 の形狀が良いと云える。

(2) Cu-W は溶着は起らないが、極の一方で Cu を使えば溶着が起る。一方で溶融し易い材料があれば他方に溶融しにくい材料をつけても溶融した銅がくつつく限り溶着はまぬがれない。

(3) Met. C は Cu と組合せて使用しても溶着しない。この時は Cu が溶けて Met. C にくついても C 材料が脆くて離脱するので溶着は起らないが、Met. C の消耗は激しいことになる。

#### 4. 連続開閉試験

この試験で接觸抵抗、消耗量、温度上昇を測定した。実験を 2 度行つたので第1, 第2実験として説明する。

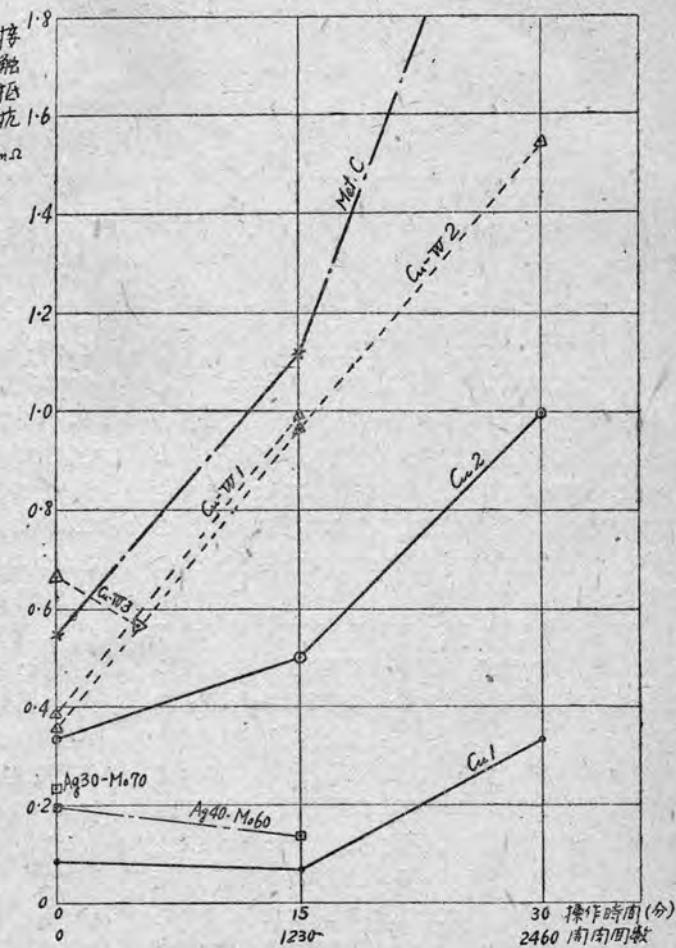
#### ア, 第1実験

多少の変化はあつたが DC200V, 300A,

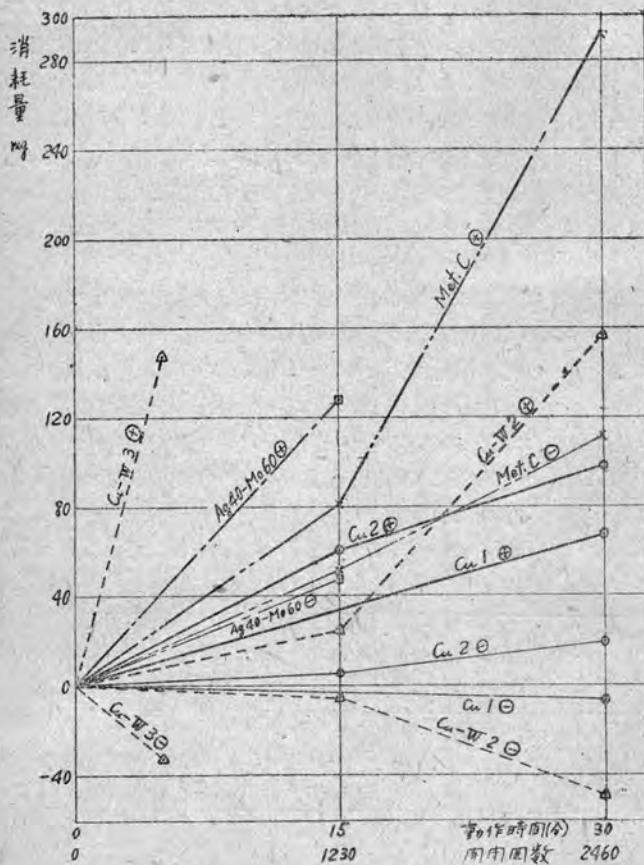
8・6mH, 82回/分、コイル操作電圧 80V の条件で 15 分づつ連続開閉し、Cu 1, Cu 2, Cu-W 1, Cu-W 2, Cu-W 3, Ag 30-Mo 70, Ag 40-Mo 60, Met. C の材料について接觸抵抗と消耗量を測定した。その結果をそれぞれ第3図と第4図に示す。この接觸器としては相當苛酷な試験であるので接觸子温度が高くなつて Cu-W 1 と Ag 30-Mo 70 の鑄付が離脱したので測定出来なかつた。Ag 40-Mo 60 は鑄付した試験片が薄く Cu の部分が露出したので 15 分で中止した。また Cu-W 3 は溶着が起り消耗が甚しかつたので 5 分で中止した。実験が苛酷すぎたのに一原因はあるが、鑄付が離脱したものは中央部に鑄が流れていなものや鑄付のフラックスが滲み出して電弧が緑色を呈するものもあつた。

#### イ, 第2回実験

Cu 3, Cu-W 4, Cu-W 5 の材料で接觸抵抗、消耗量、



第3図 接觸抵抗



第4圖 接觸子消耗量

温度上昇の測定を行つた。回路条件は多少の変動はあるが DC 200V, 280A, 8・6mH, 64 回/分コイル操作電圧 115V であつた。第1回実験で接觸子温度が相當高くなつて色々支障を來したので、今度は始め接觸子温度を 150°C で抑え、後半では 200°C~250°C に抑えて注意深く実験した。従つて數百回開閉して冷却を待ち、また同じ回数づつ開閉して接觸子を取り替え各材料を交互に測定した。

接觸抵抗は第2表に示す。消耗量と温度上昇はそれぞれ第5、第6圖に示す。第5圖の消耗量は最初の測定の開閉回数が各材料で少し違つたので第2回目の重量測定時を 0 として書いたものである。温度上昇曲線は數回測定したのであるが、Cu 3 は電流値が幾分高い時には温度上昇も大きくなれば、Cu-W5 は開閉回数が増せば温度上昇も大きくなるがその各段階で電流値の順に温度上昇曲線も並んでいた。Cu-W4 は幾本かの曲線は接近して上述のような判断はできなかつた。これらの中の近い電流値のものを取り出したのが第6圖である。同圖の Cu 3 と Cu-W4 は 4000 回前後の測定であり、Cu-

実験順序	測定時	接觸抵抗 mΩ		
		Cu	Cu-W4	Cu-W5
1	始終			0.38 0.78
2	始終	0.126 0.076	0.17 0.88	0.58 0.79
3	始終	0.267 0.031	0.67 0.89	0.90 0.95
4	始終	0.063 0.035	0.70 0.70	0.94 1.30
5	始終	0.377 0.033	0.62 0.58	1.12 1.26
6	始終	0.464 0.179	0.46 1.24	

第2表

W5 (284A) は 3000 回前後、Cu-W5 (281A) は 2000 回前後の測定である。Cu-W5 は材料の消耗移轉が甚しく温度上昇も大きくなつたので途中で中止したのである。実験後の寫真を第7圖に示す。

#### ウ、考 察

##### (1) 接觸抵抗

第3圖から接觸抵抗の順位は

Met. C > Cu-W1, Cu-W2 > Cu 2 > Ag-Mo > Cu 1

となる。Cu 2 が豫想外に大きいのはワイプ作用が少なくて接觸面と電弧発生面とが接近しているためと思われる。第2表ではワイプ作用が完全でありその上温度上昇を抑えていたために著しい接觸抵抗の増加は見られなかつたがその値を比較すれば、

Cu W 5 > Cu W 4 > Cu

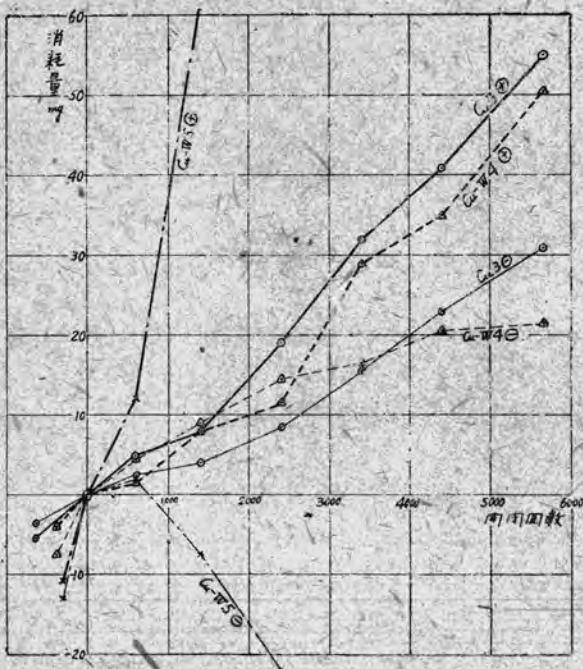
となつてゐる。また第2表で Cu 3 は連續開閉操作の始めでは終りより著しく抵抗が増しているのは Cu の酸化膜の抵抗のためであつて、電弧により容易に酸化膜が破れことがわかる。これに反して Cu-W は順次に大きい抵抗値を示している。

接觸子の形狀同じものについて上の結果を総合すれば接觸抵抗は次の順位になる。

Met. C > Cu W > Ag Mo > Cu

##### (2) 消耗量

第1回実験は相當苛酷であつたので第2回実験の結果すなわち第5圖から判断して見る。Cu 3 + 極、Cu 3 - 極、Cu - W4 + 極は約 1500 回位からほど直線的に消耗していく。Cu 3 + 極と Cu-W4 + 極は平行に進む



第5圖 接觸子消耗量

傾向にある、消耗状況を見れば Cu 接触子は Cu の溶けた粒子が飛散している、Cu-W 接触子は陽極の接触面(電弧発生面の部分)の一部が凹んで取れて陰極にくつつくような傾向があつて、これは第5圖でも見られる。

第4、5圖 いづれも消耗量は+極が大きく-極が小さく表われている。接触子材料の移轉現象は一般的によれば次のように分類される。矢印は移轉方向を示す。

- |        |  |
|--------|--|
| 小移轉    | 電弧放電を伴わない時                                   |
|        | 陽極 → 陰極                                      |
| 短間隙の移轉 | 電弧長短く陰極降下部を缺く時                               |
|        | 陽極 → 陰極                                      |
| 大移轉    | 電弧柱を伴う時                                      |
|        | 陰極 → 陽極                                      |
| 異常移轉   | 電極に對し電流が過大か、特殊の雰囲気で電弧を発生する時移轉量が著しく増大することがある。 |

この實験は明らかに異常移轉に屬するものであつて、その移轉方向が陽極→陰極と表われたことを考えて見れば、陰極から放射された電子の流速に比し、陽イオンは殆んど靜止していると見てよ

いので陰極面前の陽イオンは吹消コイルのフラックスによつて吹き飛ばされ、陰極降下が小さくなつて短間隙の移轉に近い移轉現象が表わされるのではないかと思われる。

陽極の消耗量を比較すれば

Cu W5 > Cu 3 > Cu W4

第4圖は各々の條件が違つていたかも知れないが、15分の時の消耗量は

Cu W3 > Ag Mo > Met. C > Cu 2 > Cu W2 – 30分操作後の消耗量は

Met. C > Cu W2 > Cu 2 > Cu 1

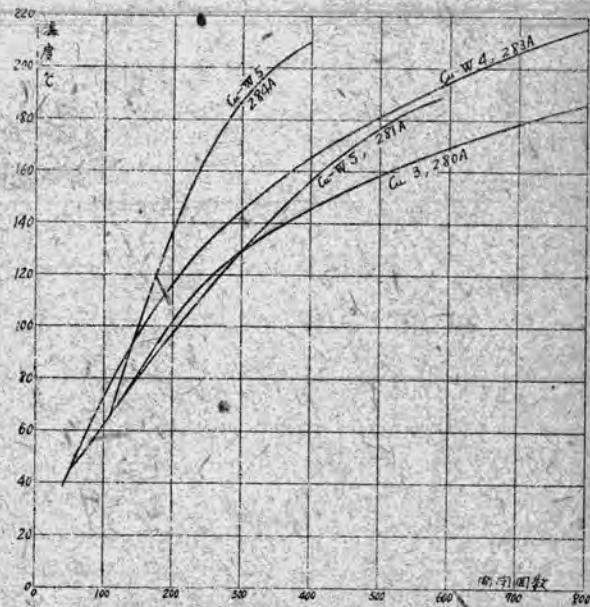
綜合して見れば Met. C は特に消耗が甚しくこの接触器には適しない、Cu-W はその結合組織によつてすなわち製作方法によつて相當の差違が表われているが、a社製の Cu-W は Cu 1 とはほぼ同様の成績である。

### (3) 溫度上昇

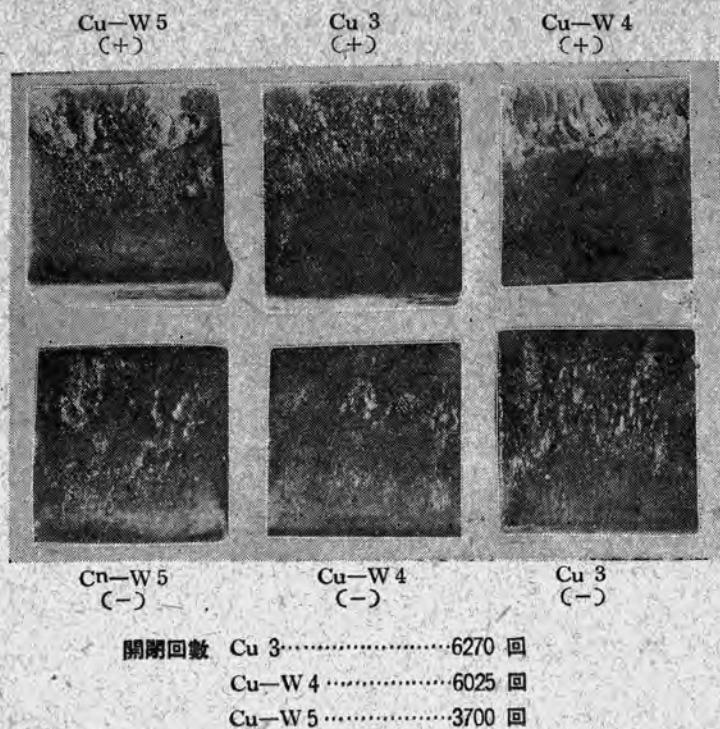
第6圖で Cu 3 と Cu-W4 は同じ開閉回数であり、Cu-W5 (284A) はそれより 1000 回少ない時の曲線である。それで各材料の溫度上昇は

Cu W5 > Cu W4 > Cu 3

であつて、Cu-W の溫度上昇は消耗量と密接な關係があり、Cu は開閉回数による影響が少なかつた。Cu-W5 のように急激に溫度が上昇するのは接触子に取つては面白くないことである。



第6圖 接觸子溫度上昇曲線



第 7 図 試験後の接觸子 (1.32倍)

## 5. 結 言

以上接觸子の種々の材料の実験状況について述べたが、  
b と c 社製の銅 タングステンは結果が良くなかった。  
また銀モリブデンは織付した試料が薄かつたので、a 社  
製の Cu-W 及び Cu と Met. C の三つの材料を比  
較すれば次のようになる。

ア、接觸抵抗 ..... Met. C > Cu-W > Cu

イ、陽極消耗量 ..... Met. C > Cu-W > Cu (第1実験)  
Cu > Cu-W (第2実験)

ウ、温度上昇 ..... Cu-W > Cu

エ、溶着 ..... Cu は起つても Cu-W, Met. C は  
起らなかつた。従つて直流電磁接觸器の 200V, 300A 附  
近では次のような結論になる。

ア、メタリックカーボンは消耗が甚しくて適切でない。

イ、十分ワイプ作用が行われれば銅が最も適している。

ウ、溶着が問題になる時には良い結合組織を持つた銅タ  
ングステンを使用すれば良い。

以上不充分な実験であつたが幾分の御参考になれば幸  
である。

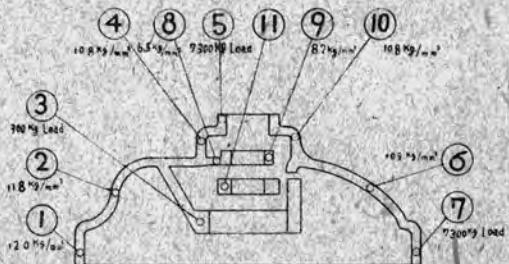
最後に電機課吉田技師、検査課佐宗、宮前兩技師に懇切  
な指導を受け実験に當つて援助を受けたことを附記する

## 文 献

(1) 鳳誠三郎：開閉接觸子材料に関する諸問題  
「電學誌」61, 632 (昭 16-3)

## 正 誤

VOL. 22 No. 6 「Fe 不純物が Al およびその合金に  
及ぼす影響 (第1報)」5 頁右側第3図を下記のように  
訂正致します。



## 新製品紹介

### ダイヤトーン 49-K型ラジオ

受信方式 6球スーパー ヘテロダイン式  
(ネガティブ フィードバック付)  
受信周波数帯 550~1600キロサイクル 6~18メガサイクル  
中間周波数 463キロサイクル  
使用真空管 6W-C5 周波数変換管 UZ-6D6 中間周波增幅管  
6Z-DH3 第二検波, 自動音量調整, 低周波增幅管  
UY-76 低周波增幅管 UZ-42出力增幅管 KX-80整流管  
無歪出力 2キロワット  
感度階級 極微電界級  
高音器 6 $\frac{1}{2}$ 時エレクトロダイナミック式 フリーエッジ型  
フィールド抵抗 1500Ω  
電源 50~60サイクル 100~85ボルト  
消費電力 75ボルトアンペア  
型状 高さ375耗 幅496耗 奥行258耗  
全重量 12キログラム



#### VOL. 23 掲載内容

- 最近の大型変圧器について ..... 田宮  
25,000KVA中性點絶縁低下変圧器の  
衝撃電壓試験 ..... 村上  
柱上変圧器 ..... 内田  
EV型デアイオン避雷器 ..... 大木  
新製品紹介

#### VOL. 23 内容豫定

- 鐵製イグナイトロン整流器冷却方式について ..... 加藤  
電車断流器の遮断特性 ..... 小川  
鋸歯の熱常数に及ぼす温潤の影響 ..... 尾島  
(第2報)温潤による熱傳導率の変化 ..... 沼石  
代用フィッシュ紙について ..... 島田  
新型三菱電氣扇 ..... 岩谷  
Heaviside演算子法に對する新しい考察と ..... 田中  
その電氣回路解析における應用 (XVI) ..... 野  
新製品紹介

## 「三  菱  電  機  」

VOL. 23 NO. 4

昭和24年7月30日印刷

『禁無断轉載』

昭和24年8月5日發行

定價1部 金15圓 (送料共)

編輯兼發行人

小林稻城

東京都港區麻布竹町一番地

印刷者

大橋松三郎

東京都港區麻布竹谷町一番地

印刷所

博文堂印刷所

東京都千代田區丸の内2丁目2番地

發行所

三菱電機株式會社内

「三  菱  電  機  」編輯部

電話丸之内4-3344(6)

日本出版販賣會員番號B213013