

自動車計器板に使用する印刷配線用銅張積層板の特性

Characteristics of Metal Clad Laminates for Printed Circuits for Use in Automotive Instrument Panel

横山 亮次*
Ryoji Yokoyama

伊藤 光夫**
Mitsuo Itô

黒沢 慈夫***
Chikao Kurosawa

内 容 梗 概

印刷配線用銅張積層板 (MCL) の新しい分野への応用として、これまで手配線 (ケーブル・ワイヤリング) を採用してきた自動車計器板 (計器板) の印刷配線化を行なった。

本文は、計器板の印刷配線用 MCL として開発した、紙基材フェノール樹脂 MCL とポリエチレンテレフタレートフィルム (PET) MCL の二種について、計器板という観点から求めた性能の紹介であって、その性能は十分に要求を満たしている。

1. 緒 言

従来、計器板の配線は手配線を行なってきた。そのため配線の確実性、信頼性および量産性に欠けていた。そこで、量産性、信頼性にすぐれた印刷配線方式を計器板の配線に採用することは、経済性ということも含めて、意義のあることである。

一般に、計器板の印刷配線方式には、ダイスタンプ法⁽¹⁾とエッチング法の二つが考えられる。

ダイスタンプ法は最近わが国にも紹介された方法で、多くの利点を有しているが、大量生産との関連において、まだあまり実用化されていない。

他方、エッチング法は均一な接着力が得られ、複雑な配線が比較的容易に、しかも安価にできる利点を有しているため、この方法による紙基材フェノール樹脂 MCL、ポリエチレンテレフタレートフィルム MCL が開発されている。

そこで筆者らは、今回新しく開発した MCL について、一般電子機器用 MCL の性能評価に由来から利用されてきた諸規格⁽²⁾と自動車計器板用 MCL に関する SAE 規格⁽³⁾に準拠し、各性能を測定し、一般の電子機器に比較して、より過酷な環境条件下にさらされる機会が多いことを考慮し、種々の性能の劣化特性などについて詳細な検討を加えた。以下その内容を述べ使用上の参考とする。

2. 計器板用 MCL の規格および設計基準

一般電子機器用 MCL の性能評価には、ASTM^{*}、NEMA^{**} および JIS の試験方法と規格値があるのでこれを採用しているが、計器板用 MCL の規格については、SAE 規格^{***}の中の Automotive Printed Circuits SAE : J 771 に規定してある。それを一括して表わしたのが第1表である。この SAE 規格によると、計器板用 MCL の大きな特長は、絶縁抵抗、引きはがし強さの規格値がラジオ、テレビなどに使用されている MCL より低く、ハンダ耐熱性の規定がなく、基板の色調が光を透過しない色でなければならないという点にある。また SAE 規格には、標準的な設計方法および寸法公差が規定されてあるので、これにしたがって無理な設計を行なわないことが肝要である。

わが国では、計器板用 MCL としての規格はなく、したがって

* 日立化成工業下館工場 工博

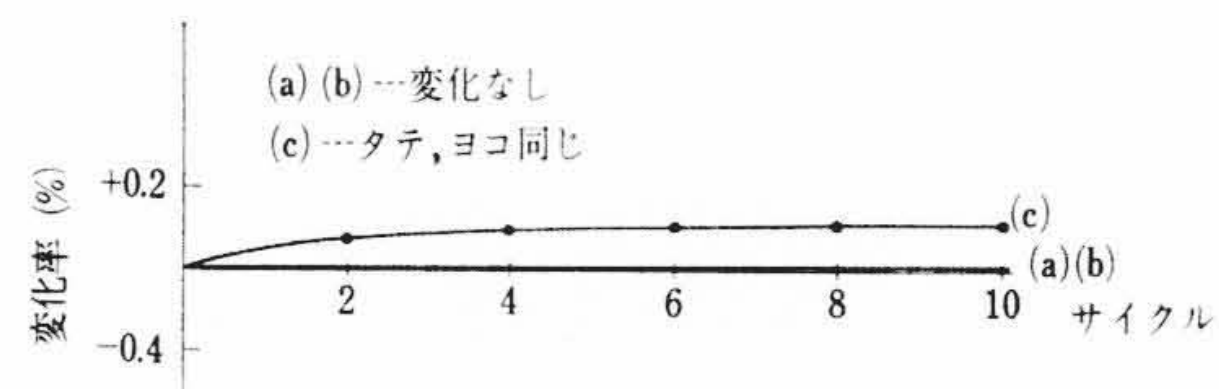
** 日立化成工業下館工場

*** 日立化成工業東京営業所

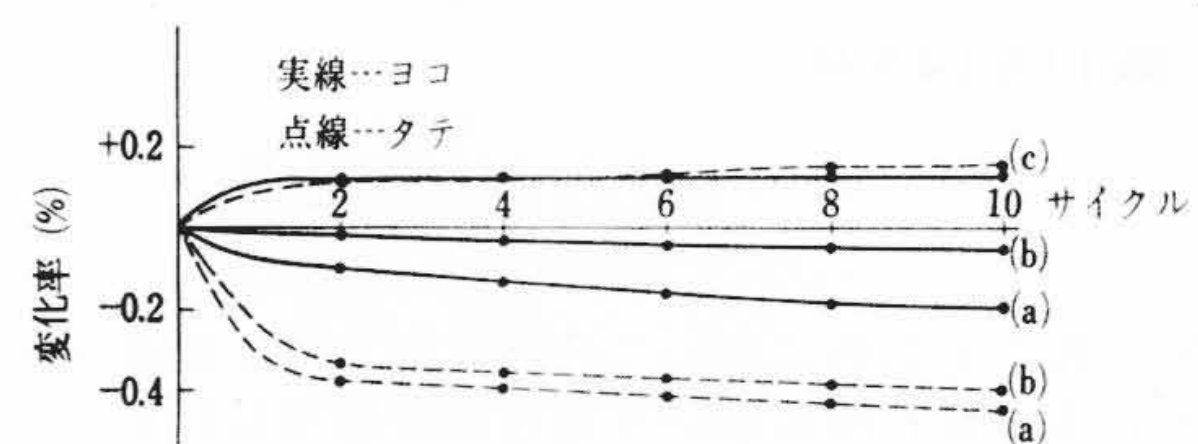
* American Society for Testing & Materials で定めた規格

** アメリカの電機製造者協会が定めた規格 (National Electrical Manufacturers Association)

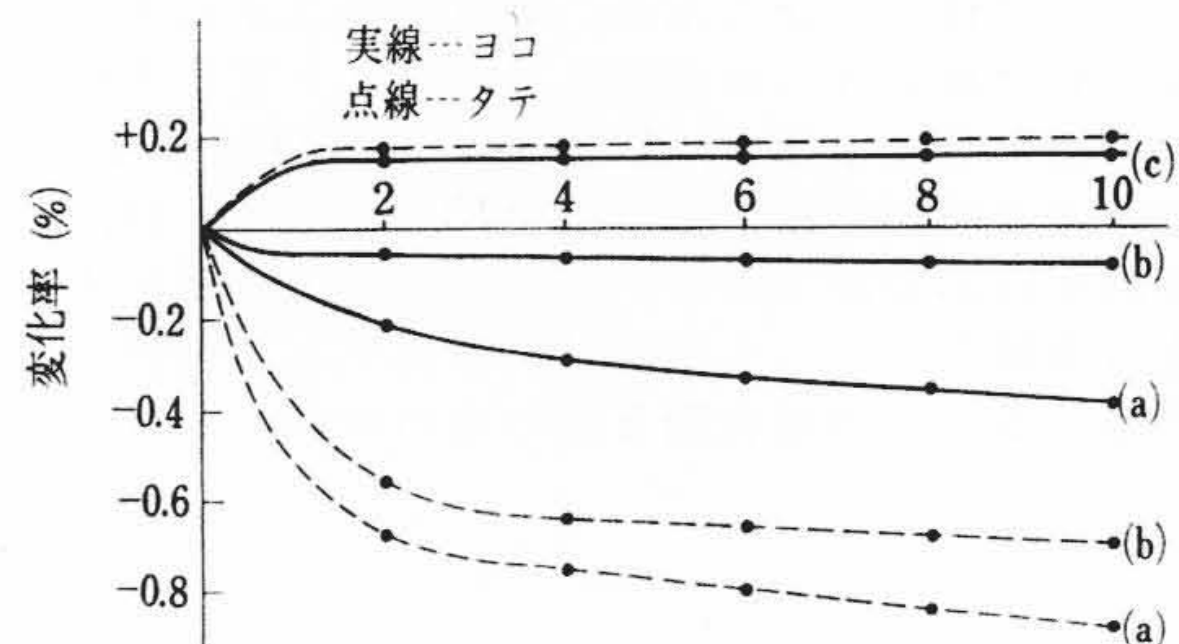
*** アメリカの Electrical Equipment Committee が定めた規格



第1図 20℃ 水浸による寸法変化率



第2図 50℃ 水浸による寸法変化率



第3図 100℃ 水浸による寸法変化率

SAE, NEMA, ASTM および JIS 規格などを参考に各社各様に規格値を定めているようである。

3. MCL の一般特性

第1表に示した自動車用計器板に使用される印刷配線基板の規格を基準にして開発した MCL (日立商品名: MCL-18B⁽⁴⁾) とフレキシブル MCL (日立商品名: MCF-10⁽⁵⁾) の2種類について、その一般特性を示したのが第2,3表である。これからわかるように MCL-18B は計器板用 MCL としては十分に満足しうるものであることが明らかであり、同様に MCF-10 については、高温で収縮を起こすが、実用上問題とならず、特にこのものの特長として電気特性がすぐれていることである。

4. 強制劣化試験

4.1 実験の方法

4.1.1 使用材料

使用材料としては、筆者らが開発した MCL-18B と MCF-10 を使用した。電流容量特性の実験に使用した、MCF-10 の支持基

第1表 自動車計器板用印刷配線規格

	項 目	規 格																											
		規 格 値	試 験 方 法	規 格 値	試 験 方 法																								
基 材	材 質	フェノール樹脂積層板	—	成 形 品	—																								
	色 調	不 透 明	—	不 透 明	—																								
	厚 さ (in)	0.062±0.005 (1.575±0.127)*	—	0.062±0.005 (1.575±0.127)	—																								
	吸 水 率 (%)	<5 (10 個の平均, 1 つでも 6.5% 以上はないこと)	ASTM D 570	—	—																								
	曲 げ 強 さ (psi)	タテ 13,000 psi< (9.15) ヨコ 11,000 psi< (7.74)	ASTM D 279D-490	11,220 以上 (7.90)	ASTM D790-58T																								
	引 張 り 強 さ (psi)	—	—	7,750 以上 (5.46)	ASTM D638-58T																								
	衝 撃 強 さ (ft-lb/in. notch)	—	—	1.3 以上 (7.08)	ASTM D256-56																								
銅 ハ ク	熱 変 形 温 度 (F) at 264 psi	—	—	225 以上 (107.2)	ASTM D648-56																								
	純 度 (%)	99.5 以上 電 解 銅																											
製 品	厚 さ (in)	0.00135 (10 Z/sq・ft), 0.0027 (20 Z/sq・ft), 0.004 (30 Z/sq・ft) (0.035) (0.070) (0.105)																											
	引 き は が し 強 さ (lb/in)	6 (10 個の平均), 4 (10 個の最小値) 引きはがし角度 90±5° (1.07) (0.71)																											
標 準 設 計 寸 法	導 体 間 抵 抗 (Ω)	200,000 以上 (C-24/170 F/100) 低電圧型抵抗計 (76.7)																											
	導 体 の 最 小 幅 (in)	0.060 (許容電流によって多少変化する) (1.524)																											
	導 体 間 の 最 小 間 隔 (in)	0.060 (1.524)																											
	基板の端面と導体間の最小距離 (in)	0.060 (1.524)																											
	穴と基板の端面間の最小距離 (in)	穴の直径に等しく, 基板の厚さ以上のこと																											
	導 体 パ ッ ド 直 径 (in)	スクリューヘッド直径より 0.090 in 以上大きいこと (2.286)																											
公 差	コ ー ナ ー ・ ノ ッ チ ・ ス ロ ッ ト の 最 小 R	1/32 (0.793)																											
	穴 径	直 径	公 差																										
	寸 法	0.500 in 以下 (12.70)	±0.003 in (±0.076)	(注) 角穴の場合はタテ, ヨコの公差に, 左表の値を適用する。																									
		0.500 から 1.00 in まで (12.70) (25.40)	±0.004 in (±0.102)																										
		1.00 in 以上 (25.40)	±0.005 in (±0.127)																										
	穴の中心間	±0.005 in (±0.127)	(注) 2 in を越えたときは1 in ごとに 0.001 in を加える。																										
	線幅と線間隔	±0.010 in (±0.254)	(注) ピンホール, ヒッカキキズ, 凹みなどには適用しない。このような欠陥は面積で 20%以下の場合は許容される。																										
	ソ リ	0.025 in/in (0.635/25.4)	(注) 試験方法は ASTM D709 による。 特殊公差の場合は当事者間の打合わせによる。																										
	厚 さ (製品厚さ 0.062 in)																												
	<table><tr><th>銅ハク (0 Z/sq・ft)</th><th>銅ハクの枚数</th><th>公 差</th><th>銅ハク (0 Z/sq・ft)</th><th>銅ハクの枚数</th><th>公 差</th></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>±0.0055 (±0.1397)</td><td>2</td><td>2</td><td>±0.0095 (±0.2413)</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td><td>±0.0065 (±0.1651)</td><td>3</td><td>1</td><td>±0.0075 (±0.1905)</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td><td>±0.0065 (±0.1651)</td><td>3</td><td>2</td><td>±0.0125 (±0.3175)</td></tr></table>						銅ハク (0 Z/sq・ft)	銅ハクの枚数	公 差	銅ハク (0 Z/sq・ft)	銅ハクの枚数	公 差	1	1	±0.0055 (±0.1397)	2	2	±0.0095 (±0.2413)	1	2	±0.0065 (±0.1651)	3	1	±0.0075 (±0.1905)	2	1	±0.0065 (±0.1651)	3	2
銅ハク (0 Z/sq・ft)	銅ハクの枚数	公 差	銅ハク (0 Z/sq・ft)	銅ハクの枚数	公 差																								
1	1	±0.0055 (±0.1397)	2	2	±0.0095 (±0.2413)																								
1	2	±0.0065 (±0.1651)	3	1	±0.0075 (±0.1905)																								
2	1	±0.0065 (±0.1651)	3	2	±0.0125 (±0.3175)																								

(注) * () 内は kg, cm, °C 単位に換算した値

板には、厚さ 0.7 t の鉄板と厚さ 1.0 t のスチレン板を選んだ。

4.1.2 試験項目と試験方法

試験項目と試験方法については第4表にまとめて示した。なお絶縁抵抗、電流容量特性試験は温度 20°C、湿度 65% RH の空調室内にて行なった。表中試験片の採取方向でタテ、ヨコ方向とあるのは、試験片の長辺を Y 軸方向にして採取した場合、もう一つの試験片はその長辺を X 軸方向にして採取することを意味しており、このような採取方法によって、X、Y 両軸の伸縮率、そり率の大小比較を知ることができる。

4.2 実験結果とその考察

4.2.1 伸縮率の検討

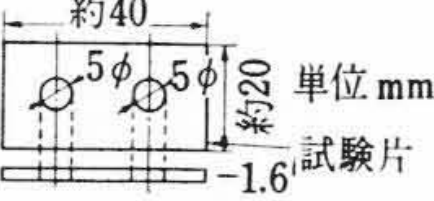
各種 PET フィルムの加熱劣化特性については山県氏⁽⁶⁾や Frank M. Clark 氏⁽⁷⁾らによって詳しく研究されており、四フッ化エチレンフィルムを除いて最もすぐれた耐熱性を有することが認められており、耐熱区分も E 種とされている。

実験に供した PET フィルムはルミラー（東洋レーヨン製）で

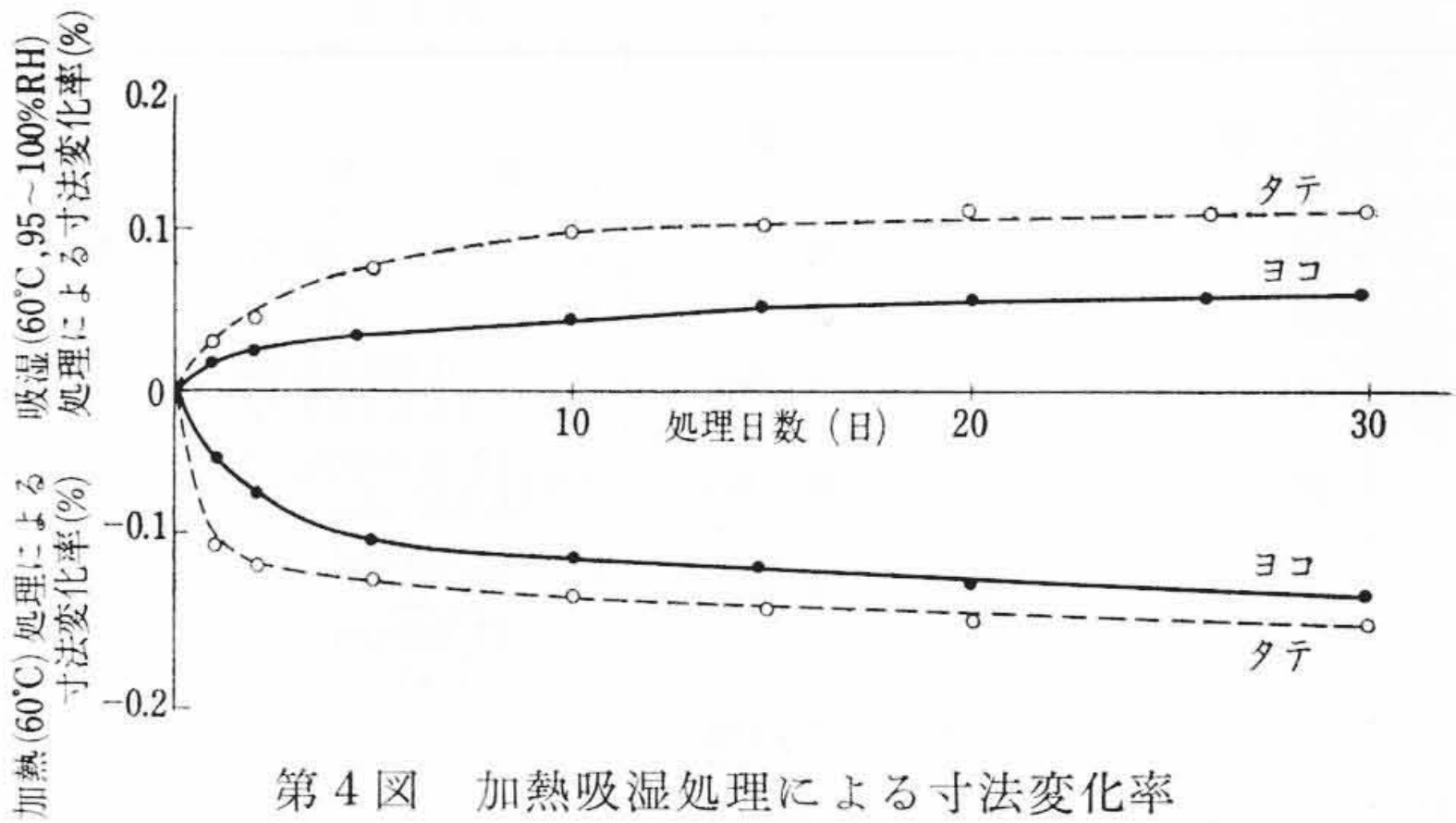
ある。水温 20, 50, 100°C に浸漬加熱した場合の伸縮率の測定結果を第1～3図に示す。水温 50(100)°C における、試験片 a のタテ、ヨコ方向の飽和収縮値は 0.45 (0.9)%, 0.2 (0.4)% で、試験片 b のそれは、0.4 (0.7)%, 0.05 (0.08)% となっている。またタテ方向とヨコ方向の収縮率比をとれば各温度で試験片 a が 2～3 倍、b が 8～9 倍タテ方向が大きくなっている。収縮率に与える回路の影響は、ヨコ方向に強く現われている。20°C における収縮率は、試験片 a, b とも認められなかった。このように、タテ、ヨコ各方向で伸縮率が違うのは、フィルム製造工程における延伸条件によるもので、この条件の選択によって、これら伸縮率の差をさらに小さくすることができる。

MCL-18B の場合は、各水温において膨張をみせており、20°C における飽和膨張値はタテ、ヨコ各方向ほとんど同じ 0.1% で、50 (100)°C におけるそれはタテ、ヨコ各方向で 0.15 (0.2)%, 0.13 (0.16)% となっている。そのほか、MCL-18B の場合は、気中加熱による寸法収縮がハトメ、ピン立てなどを行なう関係上重要にな

第2表 MCL-18Bの一般特性

試験項目	単位	処 理	試験結果	試 験 方 法
引きはがし強さ	kg/cm	A ^(a)	1.5~2.0	JIS-C-6481, 5.7項に準拠 銅ハク幅10±0.1mm, 引きはがし速度50mm/min, 引きはがし方向90度
		230℃, 5s ハンダ浸漬後	1.4~1.9	
ハンダ耐熱性	s	230℃	10~20	JIS-C-6481, 5.5項に準拠 25±1mm角の試験片を溶融ハンダ上にうかし, 銅ハク表面に異状を生ずるまで。
絶 縁 抵 抗	Ω	C-90/20/65 ^(b)	10 ⁹ ~10 ¹¹	JIS-C-6481, 5.10項に準拠 
		C-90/20/65 + D-2/100 ^(c)	10 ⁷ ~10 ⁸	
曲 げ 強 さ	kg/mm ²	A	9~13	JIS-C-6481, 5.8項に準拠. 試験片は 25±0.5×40×1.6t (mm) 支点間距離は 25.6±0.5 曲げ速度は 0.8mm/min
吸 水 率	%	E-24/50 + D-24/23 ^(d)	1.2~2.0	試験片は原厚×50mm角
耐 熱 性	—	E-1/140 ^(e)	異常なし	JIS-C-6481, 5.6項に準拠. 試験片は原厚×50mm角.
打抜加工性 (1.6t)	点	A	70以上	ASTM: D617に準拠.

(注) (a): 受理状態
(b): 20℃, 65% RHの恒湿槽中で90時間処理する。
(c): (b)の処理後100℃の水中に2時間浸漬する。
(d): 50℃で24時間気中加熱を行ない, その後23℃の恒湿水中に24時間浸漬する。
(e): 140℃で1時間気中加熱をする。



第4図 加熱吸湿処理による寸法変化率

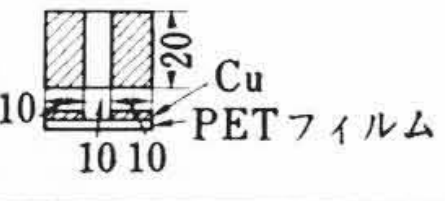
るため, 60℃ 気中加熱および 60℃, 95~100%RHの加熱加湿処理によるタテ, ヨコ各方向の寸法伸縮率を求め第4図の結果を得た。

4.2.2 引きはがし強さ

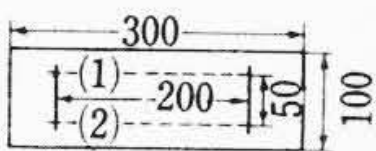
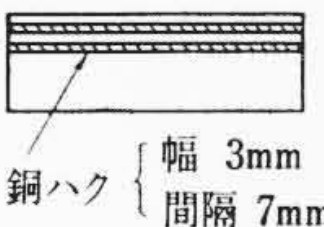
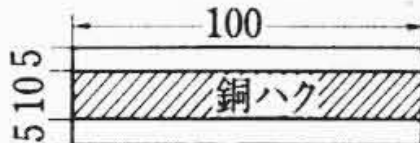
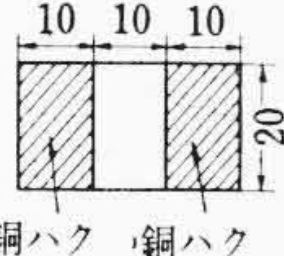
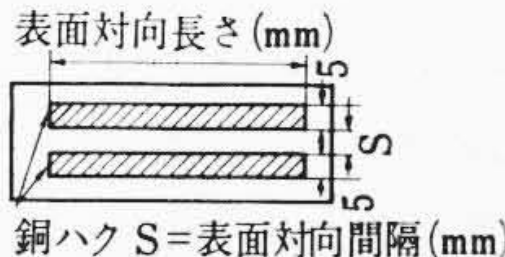
加熱(100℃), 冷凍(-15℃), 加湿(40℃, 95%RH)の繰り返し処理による MCL-18B と MCF-10 の引きはがし強さの劣化状態を第5図に示す。図から明らかなようにわずかの低下は見られるが, MCL-18B, MCF-10 とともに実用上必要な性能を十分満たしていることがわかる。

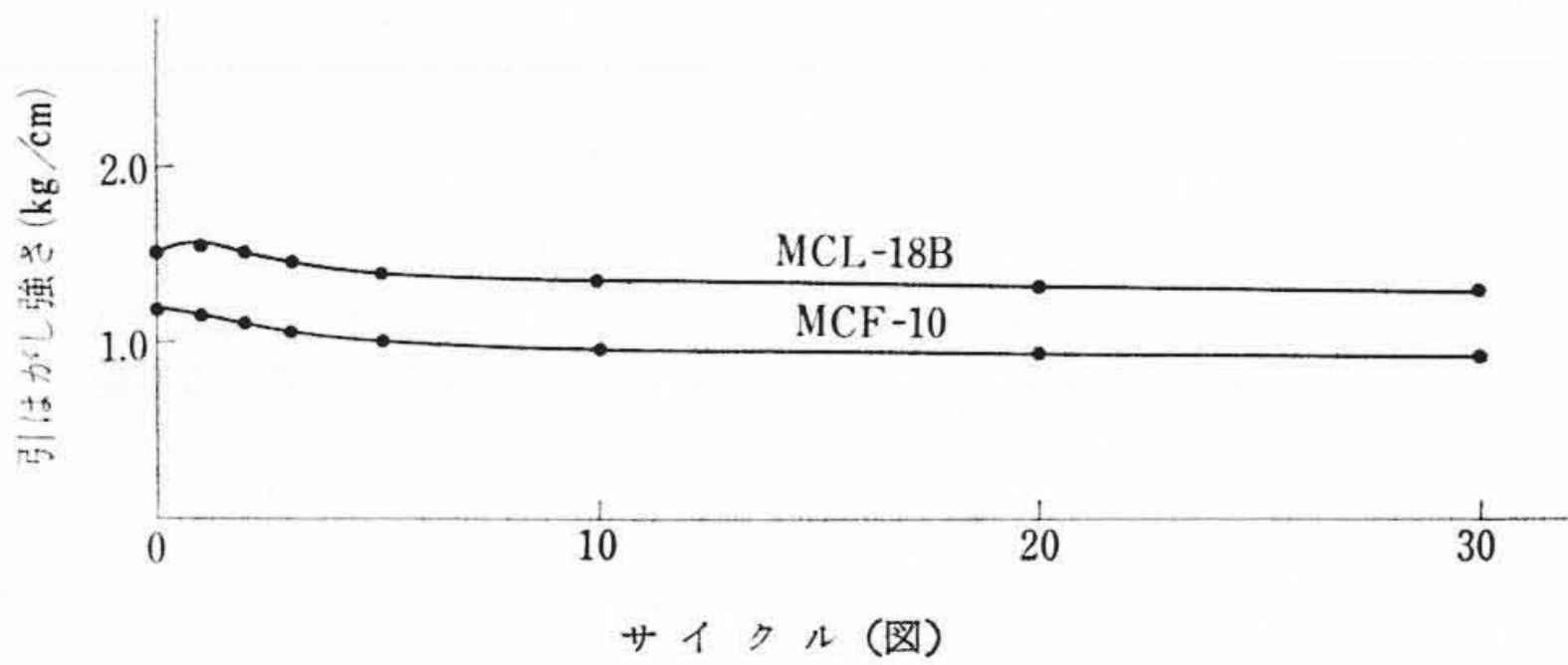
また, 有機溶剤(アルコールとベンゼンの混合溶液)浸漬による引きはがし強さの劣化状態を第6図に示す。図から明らかなように MCF-10 は, 10時間浸漬後の引きはがし強さが 0.8kg/cm²まで低下している。したがって, この MCF-10 を使用する場合はできるだけ有機溶剤中に放置しないようにしなければならない。

第3表 MCF-10の一般特性

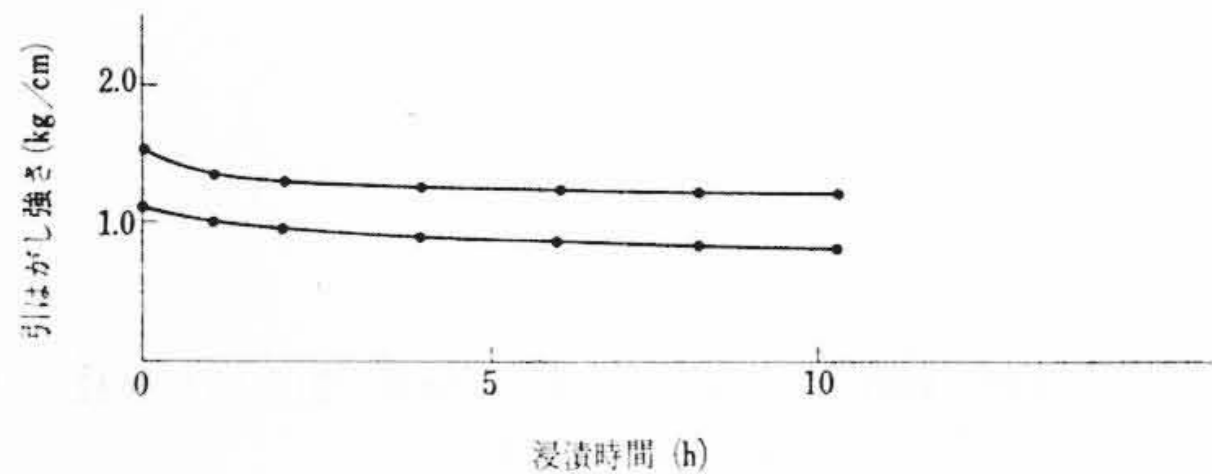
試験項目	単位	処 理	試験片の数	試 験 結 果	試 験 方 法
厚 さ	mm	—	10	0.130~0.145	
耐 熱 性	—	E-2/105	2	異常なし (カール現象あり)	JIS-C-6481「印刷回路用銅張積層板試験方法」5.6項耐熱性に準拠。 試験片は原厚のまま 50mm角とする。
		E-2/130	2	PET フィルム収縮	
ハンダ耐熱性	—	230℃ 10秒	4	PET フィルム収縮	JIS-C-6481, 5.5項ハンダ耐熱性に準拠 試験片は原厚のまま 25±1mm角とする。
		250℃ 10秒	4	PET フィルム収縮	
引きはがし強さ	kg/cm	A	4	1.0~1.2	JIS-C-6481, 5.7項引きはがし強さに準拠 銅ハクの幅は 10±0.1mm とする。
絶 縁 抵 抗	Ω	C-90/20/65	3	3.0×10 ¹⁴ ~1.5×10 ¹⁵	JIS-C-6481, 5.10項絶縁抵抗に準拠 試験片の形状寸法 
		D-2/100	3	2.0×10 ¹³ ~2.7×10 ¹⁴	
表 面 抵 抗	Ω	C-90/20/65	3	1.5×10 ¹³ ~4.5×10 ¹⁴	JIS-C-6481, 5.9項表面抵抗に準拠
体 積 抵 抗 率	Ω・cm	C-90/20/65	3	6.0×10 ¹⁴ ~8.0×10 ¹⁶	JIS-C-6481, 5.9項体積抵抗率に準拠
誘 電 正 接	—	C-90/20/65	4	0.0028~0.0032	Boonton Q Meter Type 260-A で測定
誘 電 率	—	C-90/20/65	4	2.6~2.9	Boonton Q Meter Type 260-A で測定
引 張 強 さ	kg/15mm タテ ヨコ	A	4	19.6~20.5	JIS-C-2317「電気用ポリエステルフィルム加工紙」に準拠
			4	17.8~20.5	
端 裂 強 さ	kg/20mm タテ ヨコ	A	4	4.5~5.7	JIS-C-2317「電気用ポリエステルフィルム加工紙」に準拠
			4	4.2~5.6	
引 裂 強 さ (エッチングなし)	kg/cm タテ ヨコ	A	4	125~148	JIS-C-2317「電気用ポリエステルフィルム加工紙」に準拠
			4	70~102	
引 裂 強 さ (エッチングしたもの)	kg/cm タテ ヨコ	A	3	80~85	JIS-C-2317「電気用ポリエステルフィルム加工紙」に準拠
			3	65~75	
引 張 強 さ (エッチングしたもの)	kg/cm ² タテ ヨコ	A	3	330~350	JIS-C-2317「電気用ポリエステルフィルム加工紙」に準拠
			3	280~290	
伸 び 率 (エッチングしたもの)	% タテ ヨコ	A	3	50~75	JIS-C-2317「電気用ポリエステルフィルム加工紙」に準拠
			3	60~75	
ハンダコテ性	—	—	—	コテ先温度 260~310℃ でPETフィルムの収縮を起す。銅ハクとPETフィルム間のフクレ, ハガレはない。	導体上に瞬間的にハンダを載せる。

(注) 処理記号は第2表と同じである。

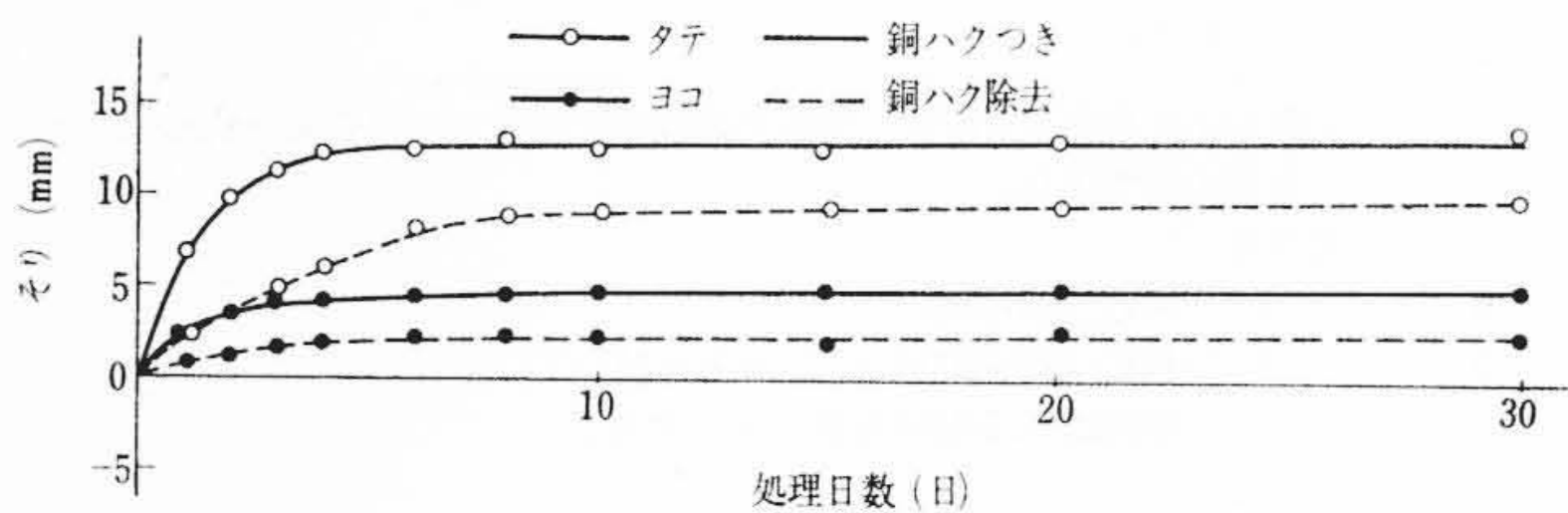
第4表 試 験 方 法												
試 験 項 目			試 験 片 の 形 状			試 験 条 件						
1	伸	縮	(1) 寸法および測定箇所			(1) 自然暴露 (雨水はさける) (2) 温度 23, 50, 100℃ の水中に浸漬放置する。 測定は各時間 (3時間単位) ごとに試料を取り出し、温度 20℃、湿度 65% RH の環境下に 0.5 時間放置したのち読み取り顕微鏡を使用して行なう。 (3) MCL-18B のみ。 (a) 温度 60℃ で気中加熱。 (b) 温度 60℃、湿度 95~100%RH で処理する。 測定は (2) に同じ。						
												
			測定箇所(1)..... の2箇所(2)..... 測定結果は2個の平均値で示す									
			(2) 形 状 (材料のタテ、ヨコ各方向から採取する)									
			第 ~ 図 に用いられて いる記号									
			形 状	供 試 料	個 数							
	a		 銅ハク { 幅 3mm 間隔 7mm	MCF-10	3							
	b		全 面 銅 ハ ク 除 去	MCF-10	3							
	c		全 面 銅 ハ ク 除 去	MCL-18B	3							
2	引きはがし強さ (JIS-C-6481に準拠)		(1) 寸法および形状			MCF-10	10	(1) 加熱 (100℃)、冷凍 (-15℃)、加湿 (40℃ 95% RH を1サイクルとしてくり返し処理を行なう。 (2) アルコール1部とベンジン1部の混合溶液中に浸漬放置する。 測定は各サイクルまたは各時間ごとに試料を取り出し、温度20℃湿度 65% RH の環境下に 0.5 時間放置したのち行なう。 テンジロン万能試験機を用い銅ハクを基材に対し 90±5 度の方向に、毎分 50 mm の速度で引っ張ったときの最小値をもって表わす。				
												
3	そ	り	(1) 寸法 300 mm×90 mm×1.6 t の大きさ タテ方向に採取したもの 銅ハク付き 銅ハク除去 ヨコ方向に採取したもの 銅ハク付き 銅ハク除去			MCF-18B	5	定盤の上に試験片を載せ (凹面を定盤面に向けて) 中央部の最大へだたりを拡大鏡で読む。 処理は (1) 60℃ 気中加熱 (2) 60℃、95~100%RH 吸湿処理 いずれも室内に 0.5 間時放置後測定する。				
						MCL-18B	5					
						MCL-18B	5					
						MCL-18B	5					
4	絶 縁 抵 抗	煮 沸	(1) 寸法および形状			MCF-10	3	(1) 温度 100℃ の水中に浸漬放置する。 測定は各時間 (2時間単位) ごとに試料を取り出し、30分流水中で冷却し、その後乾布でふき、直ちに行なう。印加電圧は 500 ボルトで行なう。				
			a 日立式									
					MCL-18B	3						
		銅ハク 銅ハク										
		b 実物の中から特定の回路を選択			MCF-10	3						
		回路幅 2 mm 回路長さ 165 mm 回路間隔 1 mm			MCL-18B	3						
	老 化	(1) 寸法および形状			MCF-10	3	順番		処 理 条 件		処理時間	
		実物の中から特定の回路を選択										
		回路幅 2 mm 回路長さ 165 mm 回路間隔 1 mm										
		回路幅 2 mm 回路長さ 165 mm 回路間隔 1 mm										
塩 水 浸 漬	(1) 寸法および形状			MCF-10	3	濃度 5%、温度 20℃ の食塩水溶液中に 24 時間浸漬し、温度 80℃ で 2 時間乾燥しのち、室内に 0.5 時間放置し、外観、絶縁抵抗を測定する。						
	実物の中から特定の回路を選択											
			回路幅 2 mm 回路長さ 165 mm 回路間隔 1 mm			MCL-18B	3					
5	表 面 絶 縁 抵 抗 特 性		(1) 寸法および形状			MCL-18B	3	印加電圧 500 ボルトを対向電極にかけ、そのときの絶縁抵抗を測定する。				
												
			銅ハク S=表面対向間隔 (mm)									
6	電 流 容 量 特 性		(1) 寸法および形状			MCF-10	5	50 c/s、100 V の交流電圧を印加しスライダックで電圧を通降し、規定電流を 10 分間通電したときの温度を熱電対 (銅-コンスタンタン) を使用して高温温度計で読み、後で補正する。 測定装置は第 15 図に示すものを組み立て、使用した。				
			a 									
			銅ハク l=回路長さ (=100) W=回路幅			MCL-18B	5					
						銅ハク	5					
						MCF-10	5					
						MCL-18B	6					



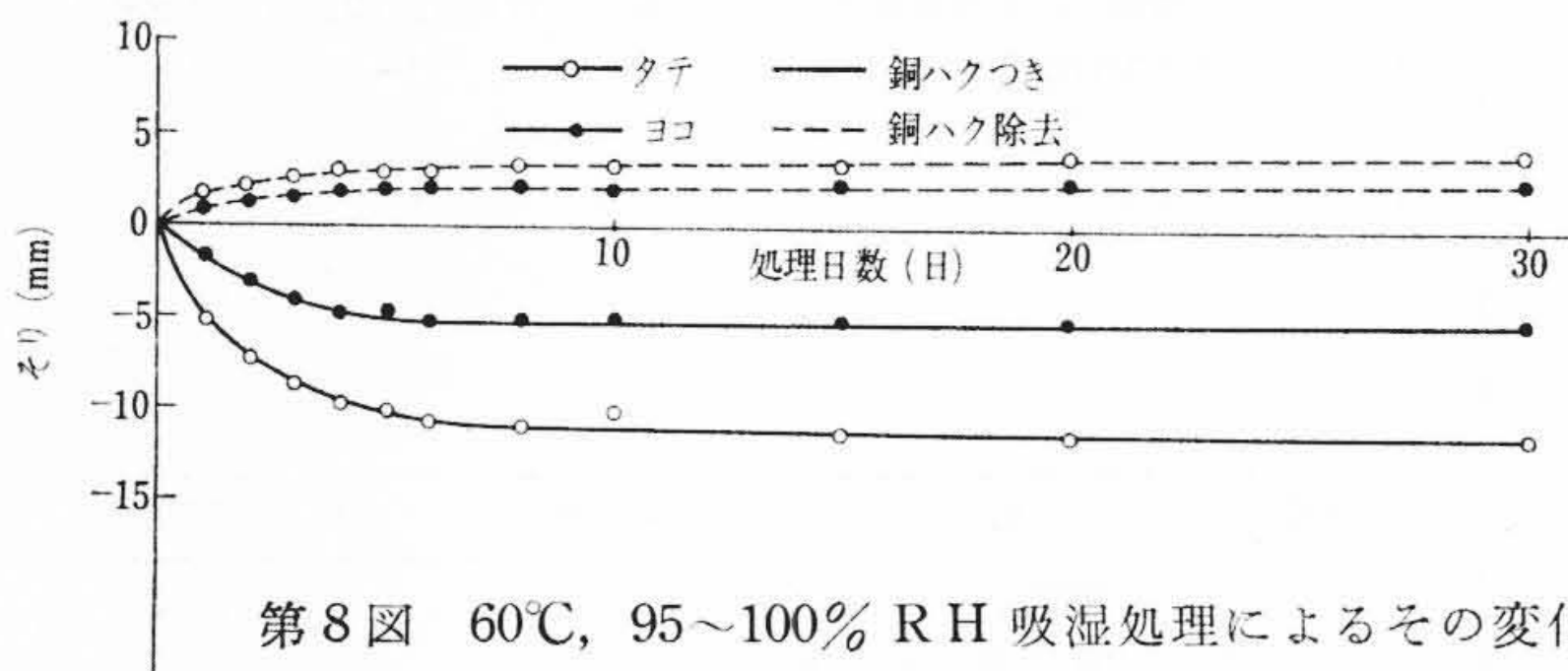
第5図 加熱、冷凍、加湿による引きはがし強さの変化



第6図 アルコール+ベンゼン(1:1)混合溶液中における引きはがし強さの変化



第7図 60°C 気中加熱によるそりの変化



第8図 60°C, 95~100% RH 吸湿処理によるその変化

このような低下は有機溶剤中ばかりでなく、100°C 水中浸漬の場合にも観察されている。MCL-18Bについては、実用上必要な性能を保持しており、低下がみられない。

4.2.3 そり

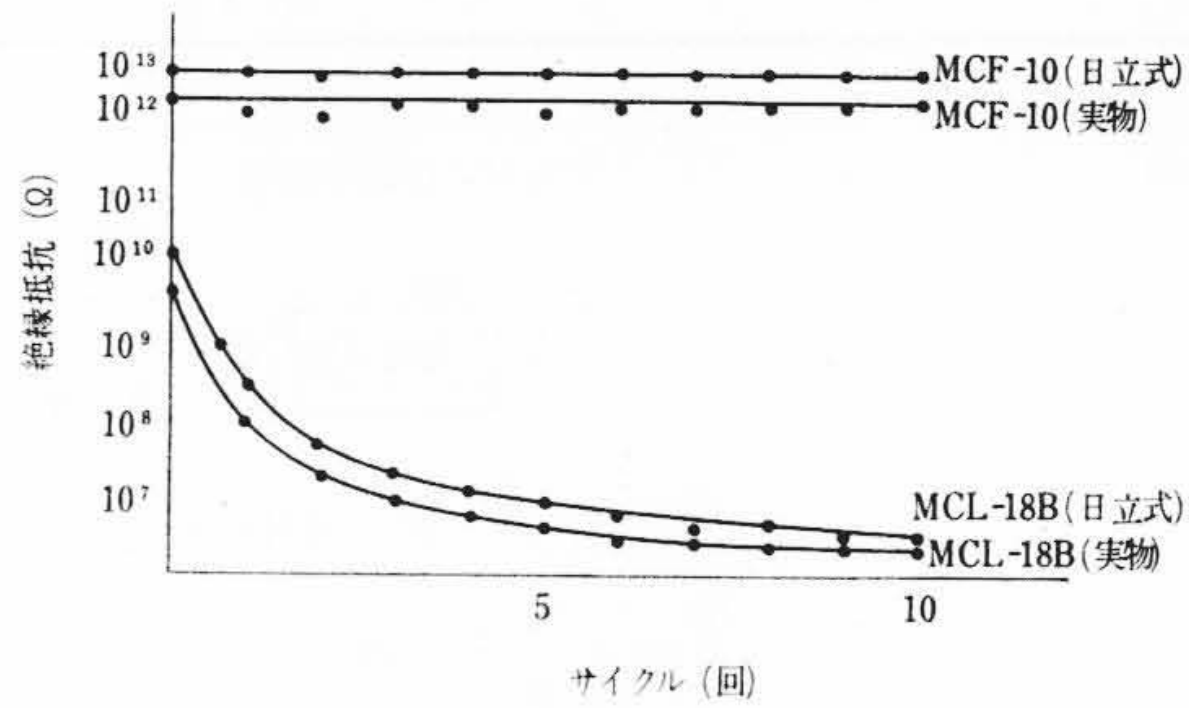
MCL は各種加工工程を経たのち使用され、機器に使用中も各種の環境条件下にさらされるので、そり特性の安定していることが要求される。そこで MCL-18B のそり特性を検討するため、気中加熱処理、および加熱加湿処理を施した場合のそりの変化を求めた。その結果は第7,8 図に示したとおりであり、すぐれた安定性を有している。

4.2.4 絶縁抵抗

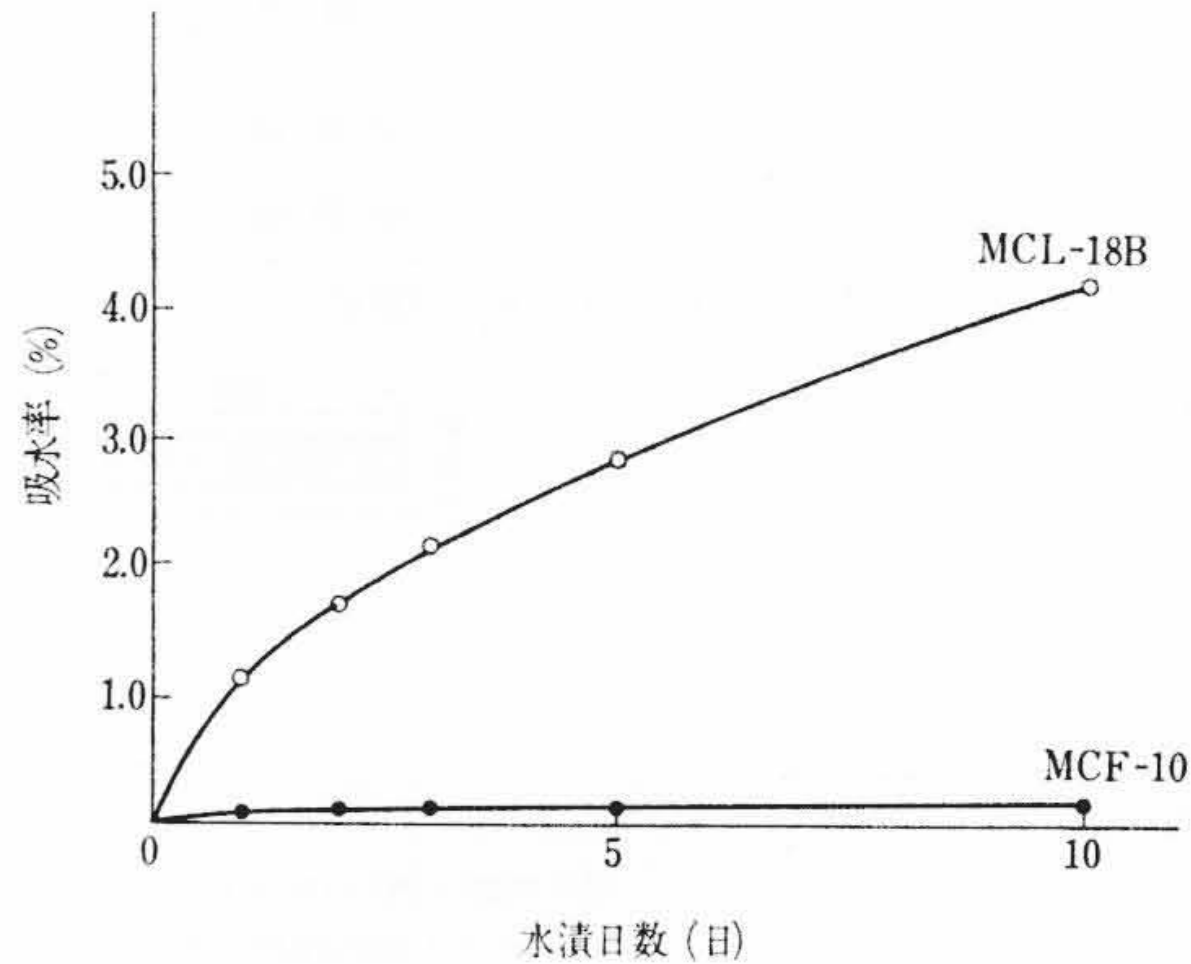
各種の環境条件下における絶縁抵抗の低下は重要な問題である。そこで各種強制劣化を施した場合の絶縁抵抗、外観の変化状態を観察した。

(1) 煮沸試験

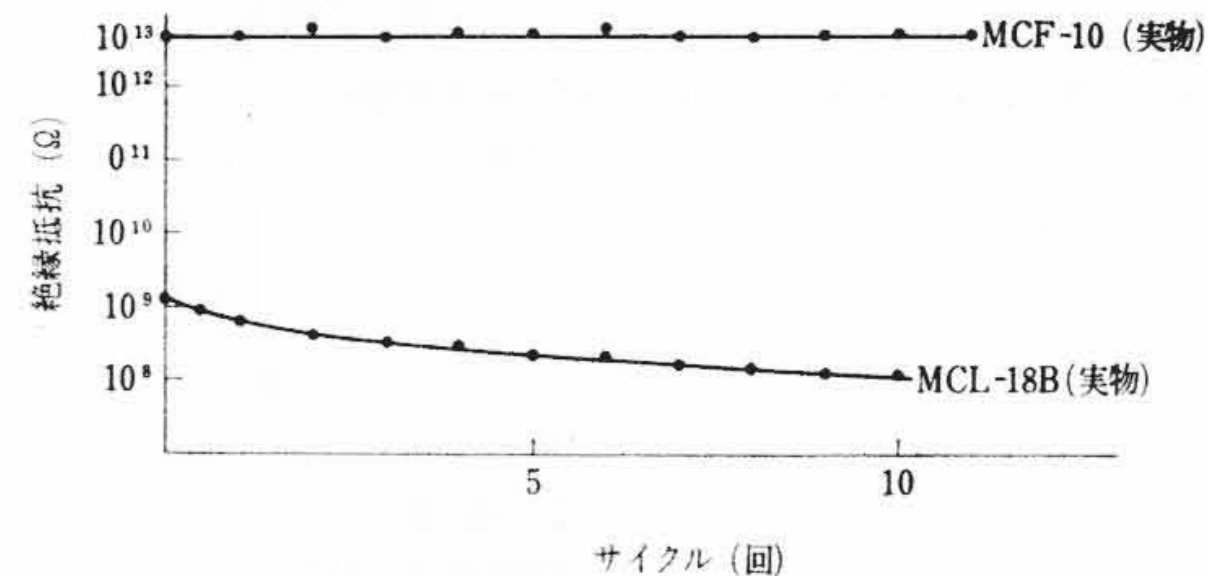
温度 100°C の蒸留水中に浸漬放置した場合の絶縁抵抗の劣化状態は第9 図に示すとおりである。試験片には日立式のものと実物回路の一部とを使用した。いずれも計器板用に使用する材料に要求される性能を十分満たしていることがわかる。なかでも MCL



第9図 100°C 水浸による絶縁抵抗の変化



第10図 吸水率の変化



第11図 老化による絶縁抵抗の変化

-18B に比べ MCF-10 は特にすぐれた特性を示しており、全然変化を見せていない。これは第10 図に示す吸水率の変化特性からも、おおた推定できる。外観上の変化(たとえば PET フィルムの白濁やクラック、MCL-18B の基板の退色や層間はく離など)はなんら観察されなかった。

(2) 老化試験

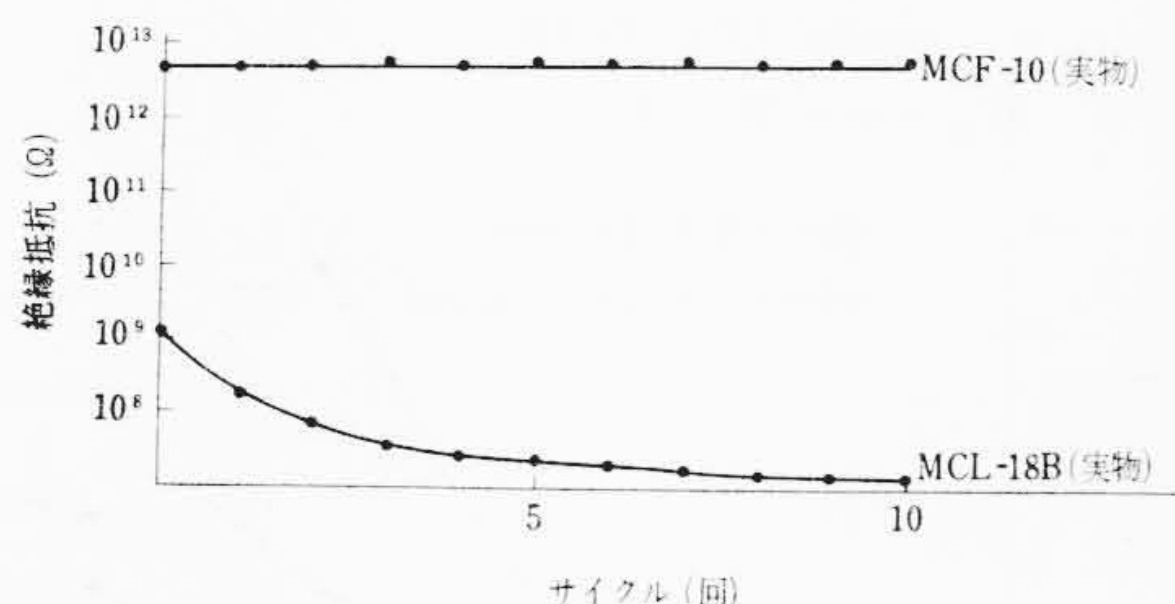
第4 表に示した各処理条件で強制劣化させた場合の絶縁抵抗の変化は第11 図に示すとおりである。この結果も、前述の煮沸試験の場合と同じような傾向を示しており、MCF-10 はほとんど低下していないことがわかる。また外観上の変化は、いずれにも観察されなかった。

(3) 塩水浸漬試験

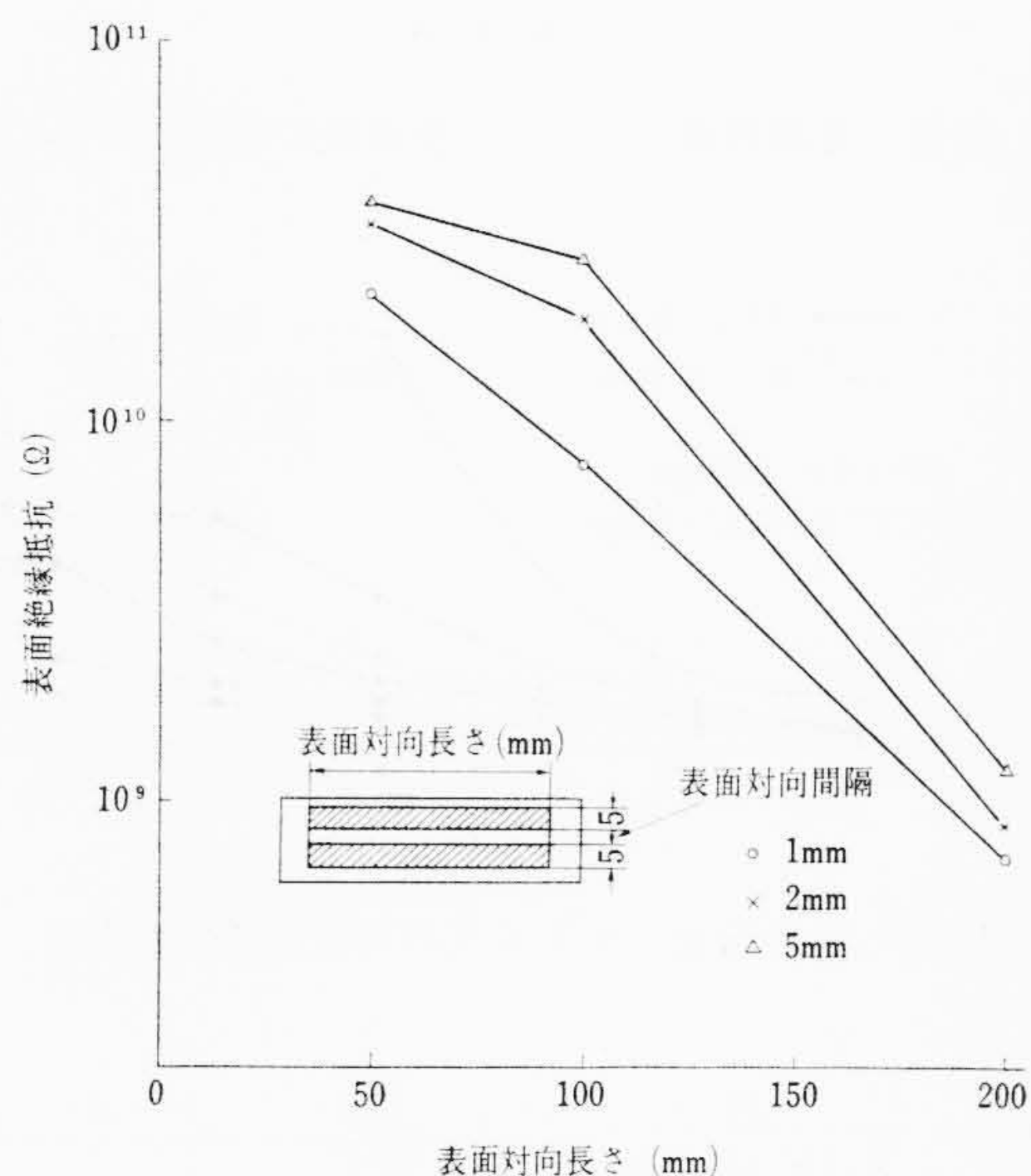
自動車が海岸線を走った場合あるいは潮風にさらされた場合のことを考え、食塩水中に浸漬した場合の絶縁抵抗、外観の変化を観察しその結果を第12 図に示した。これから明らかなように塩水による特別の影響はなく、十分な性能を保持していることがわかる。特に MCF-10 はすぐれており、10 サイクル試験終了後の外観は、回路に緑青(ろくしょう)が発生したこと、表面に食塩が析出したことによる変化が観察された。

4.2.5 表面絶縁抵抗特性

印刷配線回路の設計に当たって、重要なものの一つに隣接する



第12図 塩水浸漬による絶縁抵抗の変化

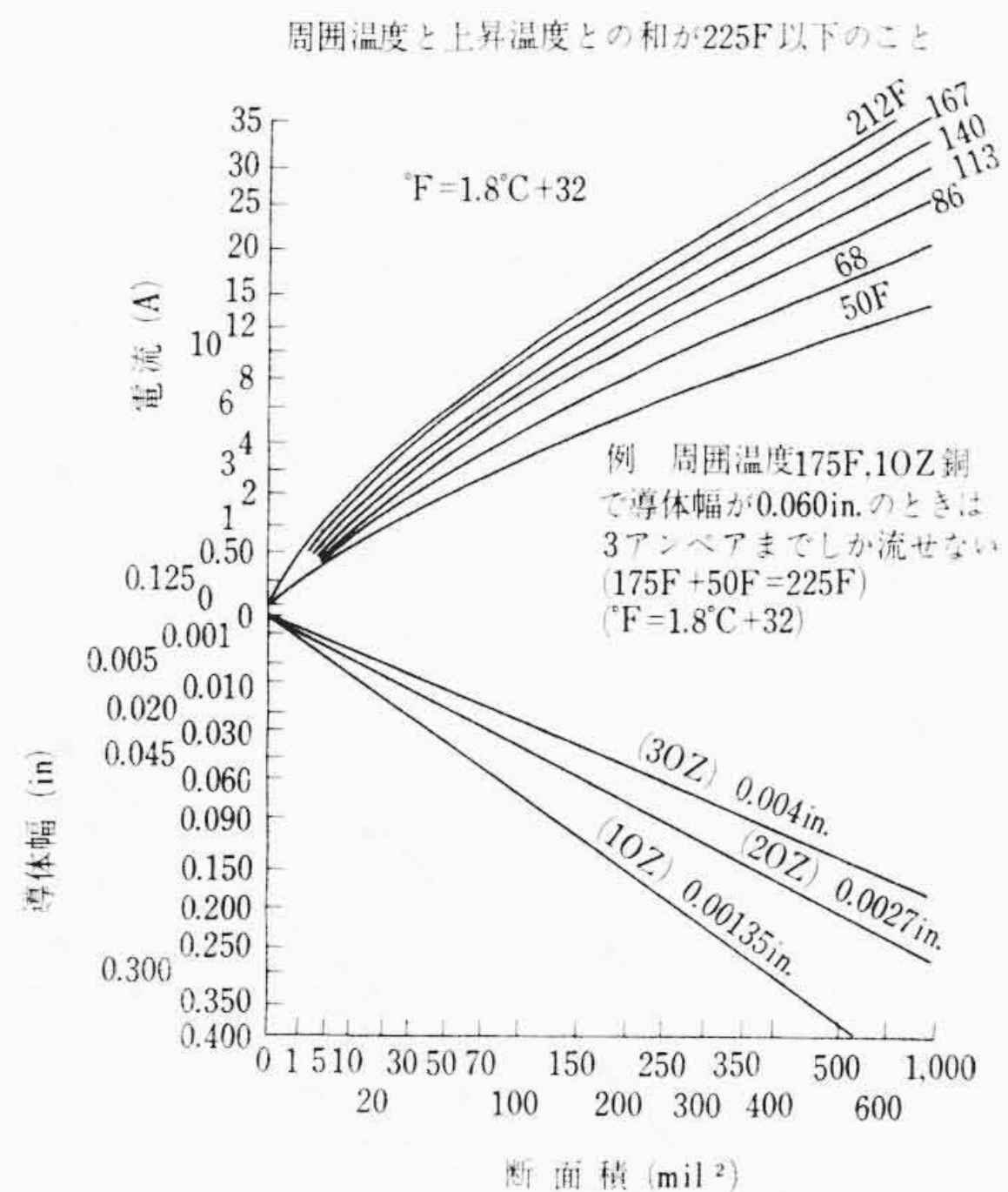


第13図 MCL-18Bの表面絶縁抵抗特性

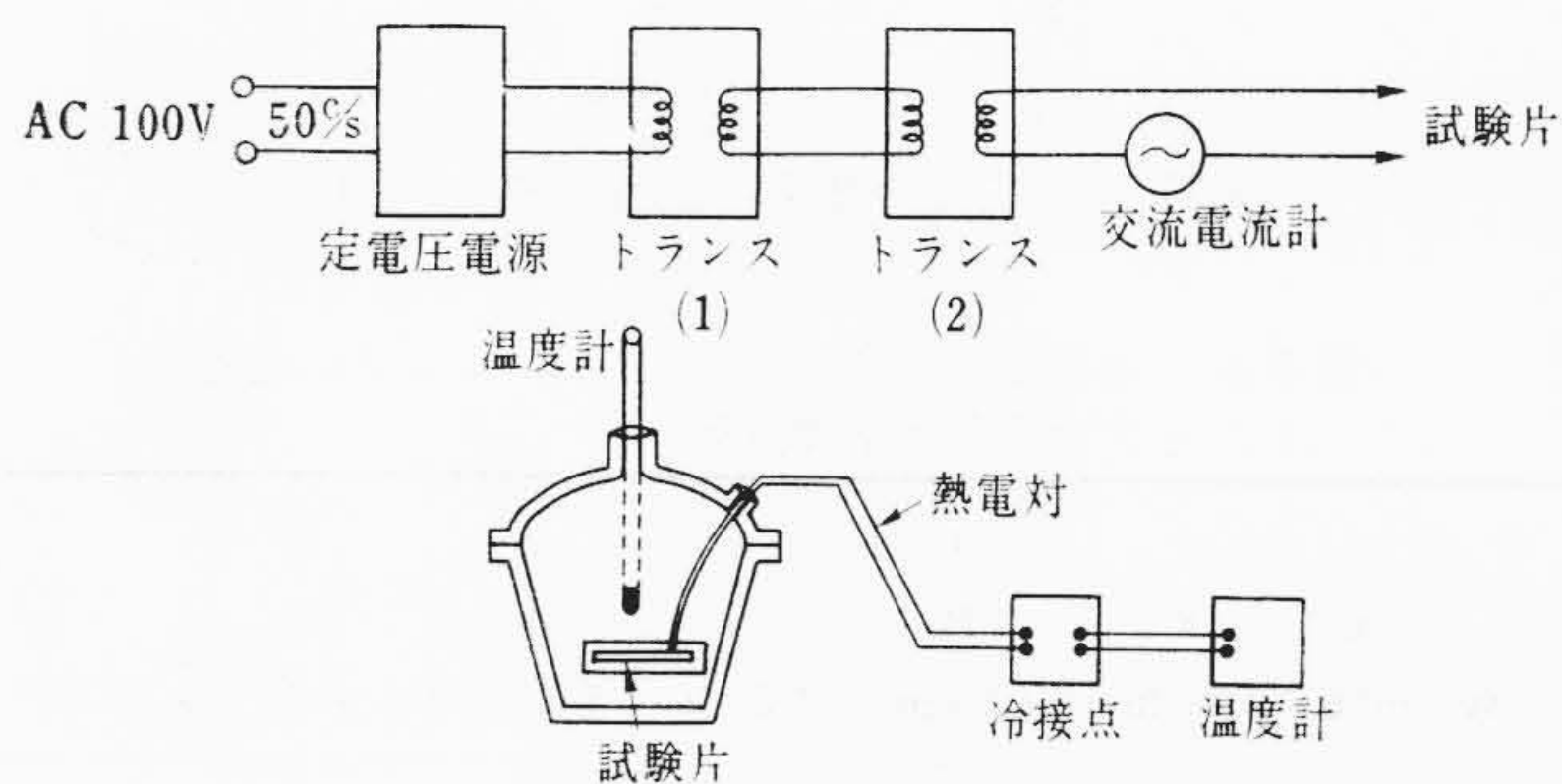
回路の表面对向間隔と表面对向長さが表面絶縁抵抗に影響するかどうかである。そこで、印加電圧 500V D.C. のときの表面对向間隔と表面对向長さを変えた場合の表面絶縁抵抗を測定した。第13図はその変化特性を示したものである。表面絶縁抵抗は、表面对向間隔にも影響されるが、その値はそれほど大きいものでなく、むしろ表面对向長さのほうから大きな影響を受ける。これは、電流が導体に流れたとき発生するジュール熱の大小によるものと考えられる。

4.2.6 電 流 容 量

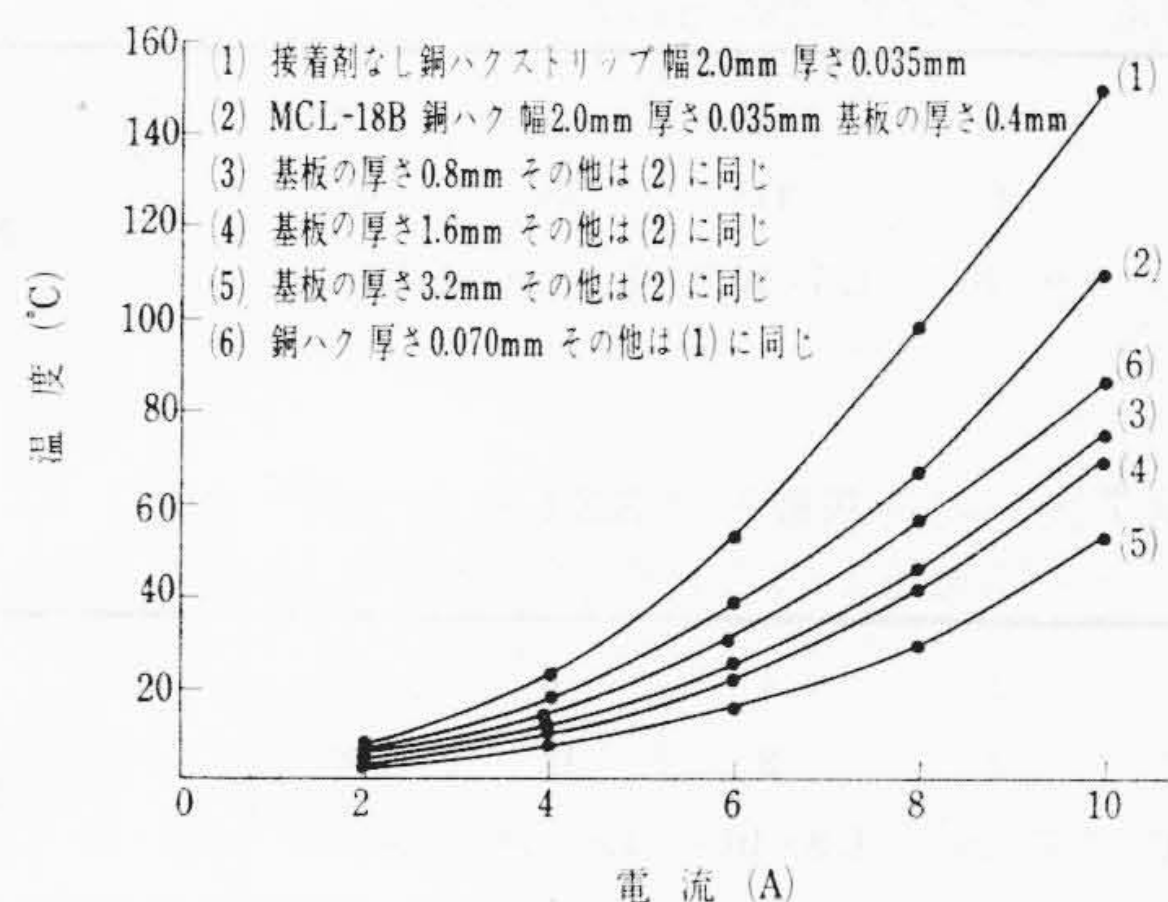
導体に電流を通ずると、その電流の2乗に比例し、かつ導体の抵抗に比例する熱の発生が始まる。その熱の一部は導体自身の温度を上昇せしめ、その他は導体の温度上昇にともなって、周囲へ伝わっていく。そして導体に発生する熱量が全部周囲へ伝わるに足る温度にまで上昇すると平衡して温度は一定となる。すなわち定常状態に達する。印刷配線の電流容量を支配する因子としては主として、(1)導体幅、(2)導体厚さ、(3)導体間隔があげられるが、そのほかにも周囲の環境条件、支持絶縁体、導体の表面処理、機器に組み込まれた状態 (たとえば印刷配線面が上を向いているか下を向いているか、あるいは垂直であるかなど) および負荷のかけかたなどが影響する。電流容量は許容温度上昇をいくらにするかで決定されるもので、これは導体をささえる絶縁体あるいはその周囲の部品に与える影響などを考慮して決定される。SAE規格には絶縁基板の耐熱性を 225°F (107.2°C) と規定している関係上、回路の許容温度上昇は第14図に示すように、全体の温度が 225°F を越えないように規定されている。たとえば周囲温度が 175°F (79.4°C) の場合、1オンスの銅ハクを使用した、0.060インチ



第14図 銅箔の厚さ、幅および電流容量 (回路幅の公差などにより 10% 位上下する)



第15図 測定装置



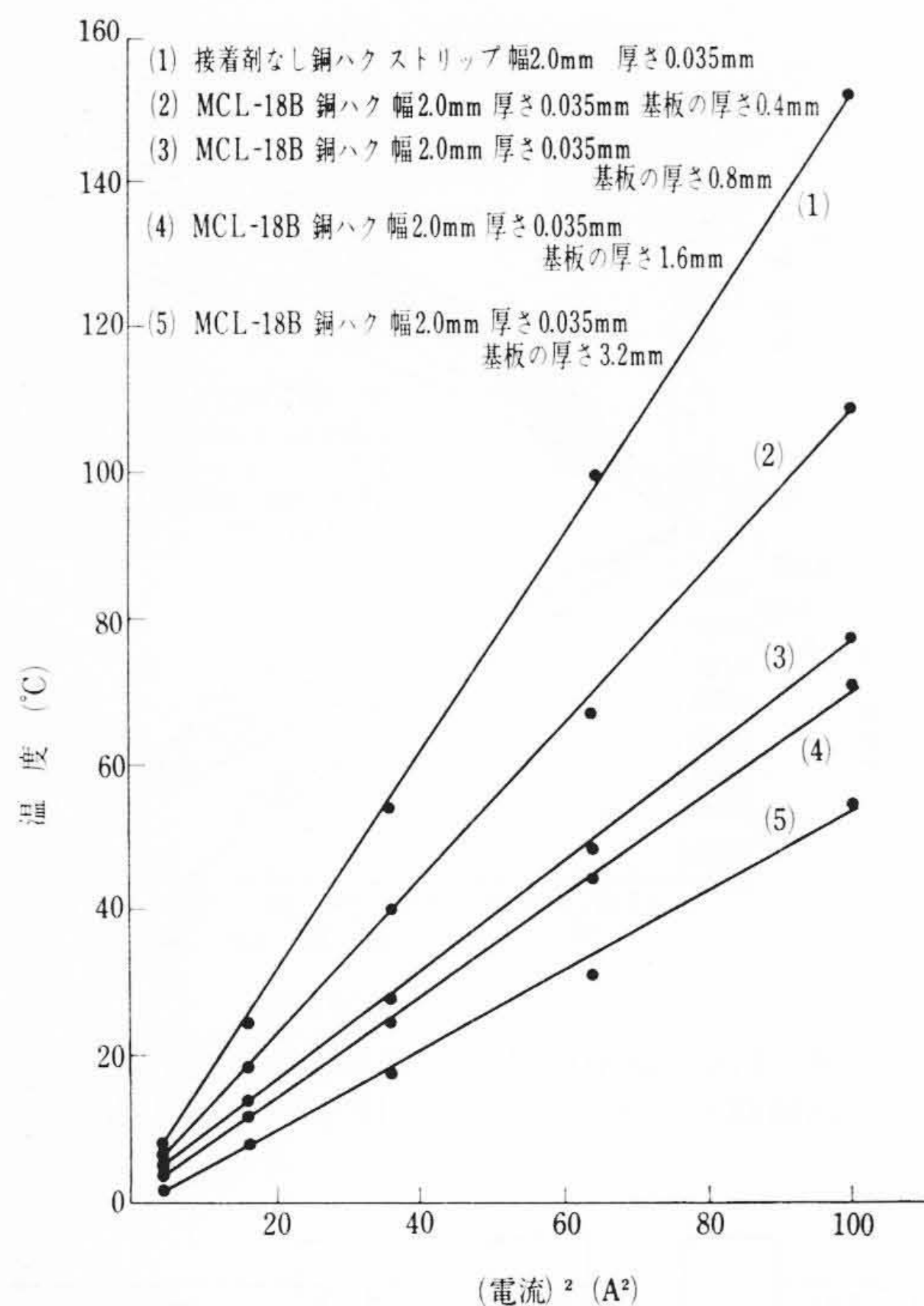
第16図 電流容量に与える支持基板の厚さの影響

(1.524 mm) 幅の回路には 3 アンペアの電流までしか流せないとしている。

第4表に示した試験方法にしたがい、さらに第15図の測定装置を用いて実験した結果を次に示す。

(1) 支持基板の影響

MCL-18Bの基板厚さの影響を知るため、厚さを変えた場合の電流と温度上昇の関係を第16図に示した。その結果、厚さによって温度上昇が異なることがわかる。このように、支持基板は導体の温度上昇を抑制する働きをもっており、これは導体のみのときの伝熱が対流と放射によって行なわれるのに対し、支持基板によって伝導現象が加わることによる。また導体に発生する熱量と温度上昇の関係を見るために、第16図に示した結果を、電流の2乗と温度上昇の関係になおして第17図に示してみた。その結果



第 17 図 電流の 2 乗と温度上昇との関係

第 5 表 支持基板なしの銅ハクストリップに通電したときの全伝熱係数 (k_T)

電 流 (A)	2	4	6	8	10	
温 度 (°C)	8	24	54	100	150	$\bar{k}_T$
k_T (W/cm ² °C)	3.0×10^{-3}	4.1×10^{-3}	4.5×10^{-3}	5.0×10^{-3}	5.9×10^{-3}	4.5×10^{-3}

第 6 表 支持基板厚さ 1.6 t をもつ銅ハクストリップに通電したときの全伝熱係数 (k_T)

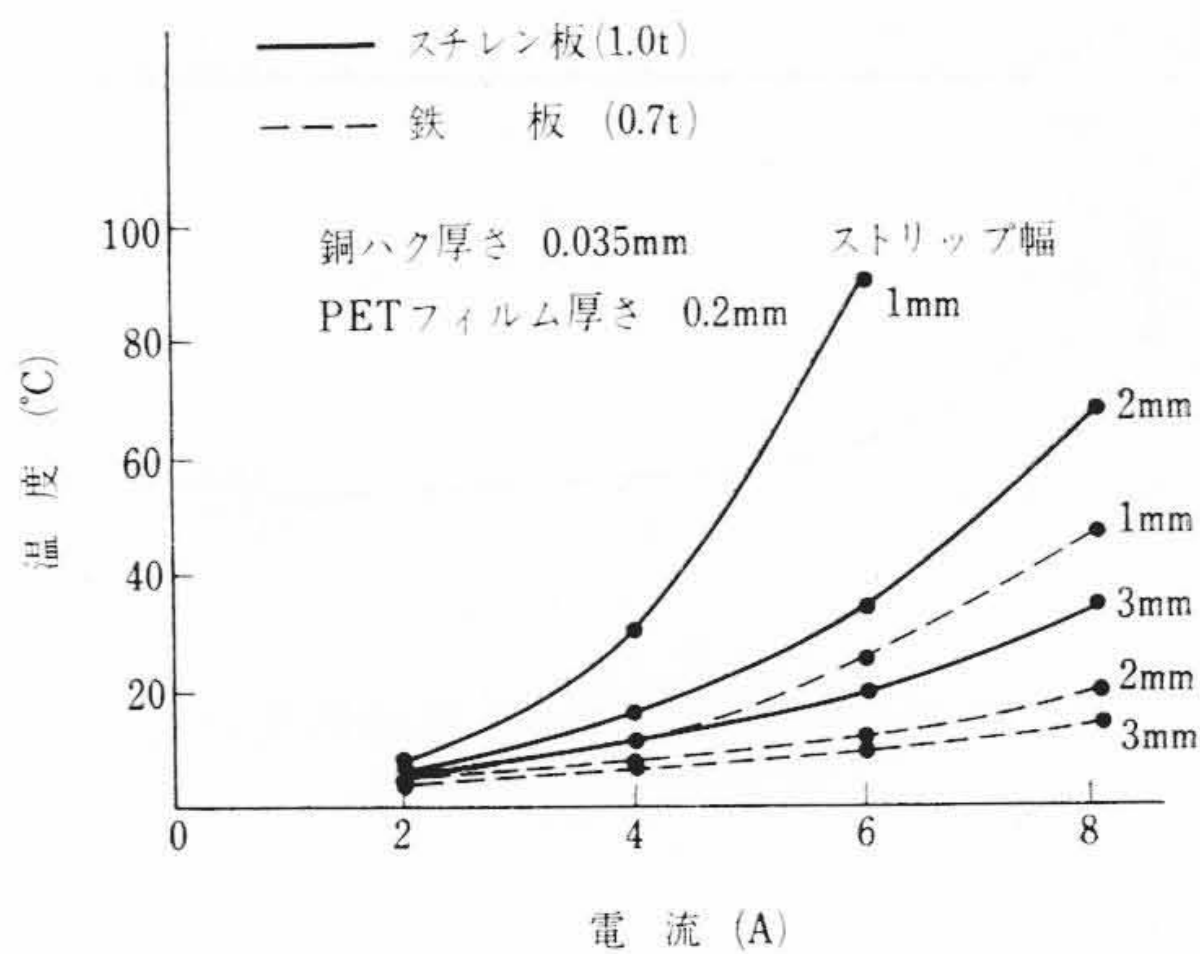
電 流 (A)	2	4	6	8	10	
温 度 (°C)	4	11	23	44	72	$\bar{k}_T$
k_T (W/cm ² °C)	0.9×10^{-2}	1.3×10^{-2}	1.4×10^{-2}	1.45×10^{-2}	1.5×10^{-2}	1.3×10^{-2}

第 7 表 支持基板厚さ 3.2 t をもつ銅ハクストリップに通電したときの全伝熱係数 (k_T)

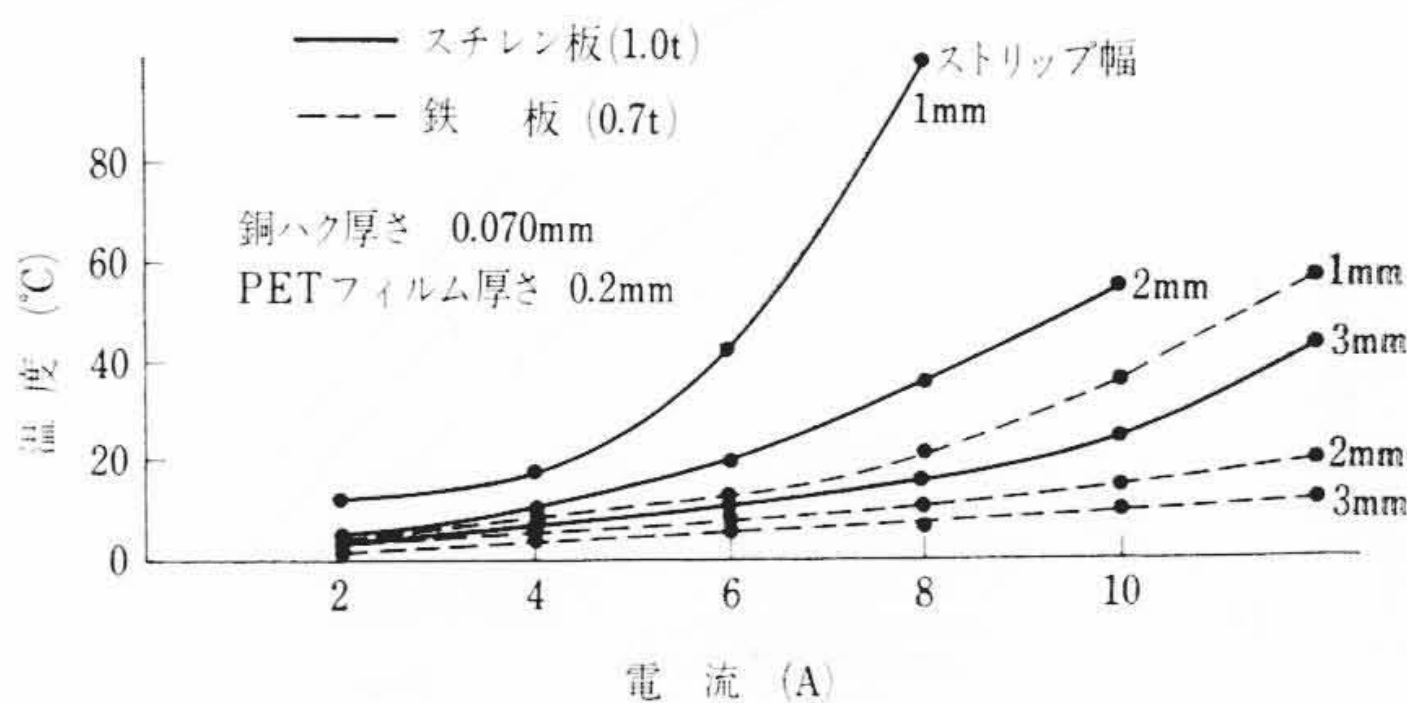
電 流 (A)	2	4	6	8	10	
温 度 (°C)	2	8	17	30	55	$\bar{k}_T$
k_T (W/cm ² °C)	1.7×10^{-2}	1.8×10^{-2}	1.9×10^{-2}	2.0×10^{-2}	2.0×10^{-2}	1.9×10^{-3}

近似的に比例関係になっていることがわかる。そこでこれらの結果をさらに明確化するために、熱収支 (energy balance)⁽⁸⁾ の観点から、伝導、対流および放射による伝熱係数を一括して全伝熱係数というものを考え、第 16 図の中から支持基板のない銅ハクストリップのみのものと支持基板の代表的な厚さ (1.6, 3.2 mm) のものを選び、これについて各温度における全伝熱係数 (k_T) を求めてみた。その結果は第 5～7 表に示すとおりである。これからわかるように、実験の範囲内での全伝熱係数 (k_T) は平均全伝熱係数 ($\bar{k}_T$) で代表してもよいと考えられる。この $\bar{k}_T$ が求められれば規定電流を流してから各時間における温度および定常状態になったときの温度を、(1) 式および (2) 式から求めることができる^{(9)~(11)}。

$$\theta = \frac{i^2 \rho_0}{\bar{k}_T l S - \alpha i^2 \rho_0} \left(1 - e^{-\frac{\bar{k}_T l S - \alpha i^2 \rho_0}{S^2 d c} t} \right) \dots\dots\dots (1)$$



第 18 図 電流容量に与える支持基板の種類の影響



第 19 図 電流容量に与える支持基板の種類の影響

$$\theta_{\infty} = \frac{i^2 \rho_0}{\bar{k}_T l S - \alpha i^2 \rho_0} \dots\dots\dots (2)$$

- ここに、 $\bar{k}_T$: 平均全伝熱係数 (W/cm²°C)
 θ : 温度 (θ_{∞} は定常状態における温度) (°C)
 i : 電 流 (A)
 α : 導体抵抗の温度係数
 S : 導体の断面積 (cm²)
 t : 時 間 (s)
 c : 比 熱 (J/(gdeg))
 ρ_0 : 導体の 0°C における固有抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}$)
 d : 密 度 (g/cm³)
 l : 導体の周囲長さ (cm)

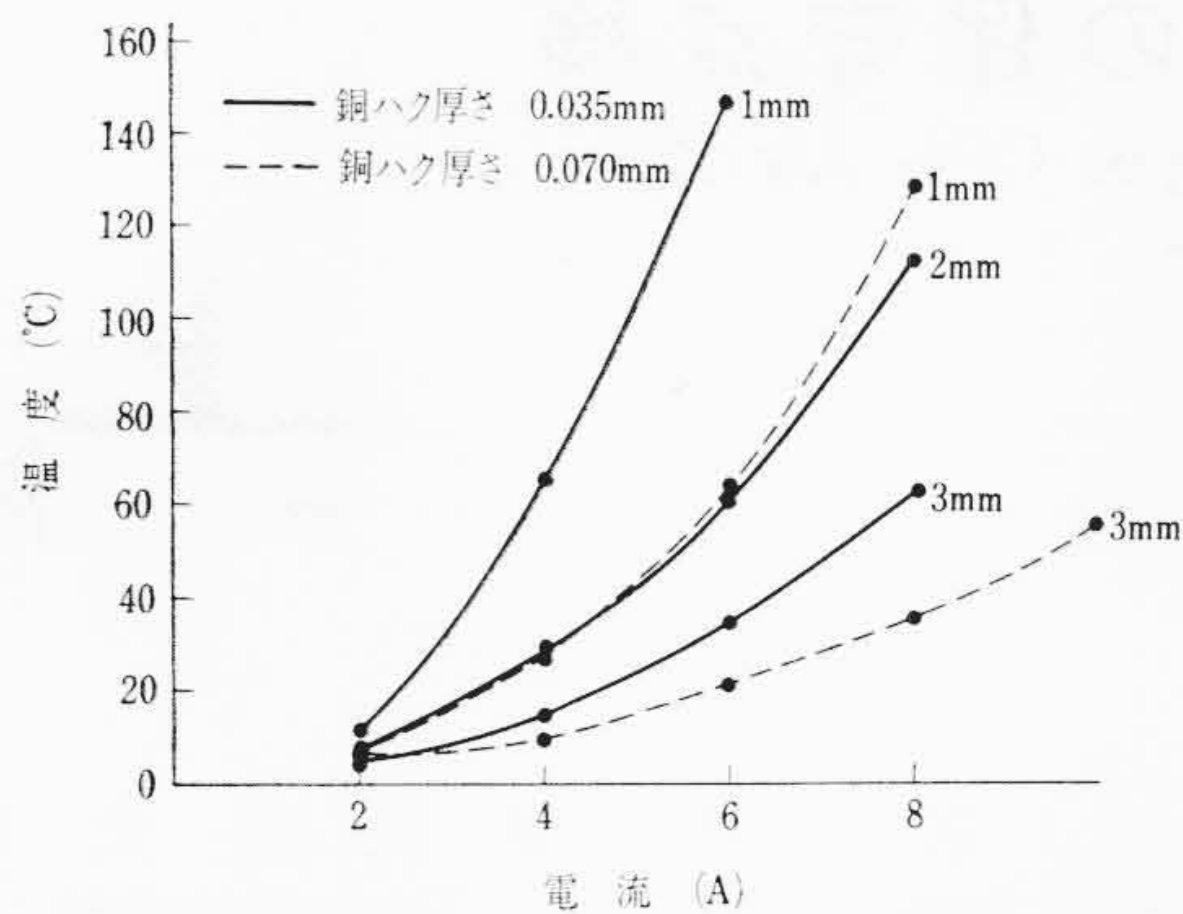
MCF-10 の PET フィルム側に厚さ 0.7 t の鉄板をはり合わせた場合と厚さ 1.0 t のスチレン板をはり合わせた場合の電流と温度上昇に与える支持基板の影響は第 18, 19 図に示すとおりである。支持基板として鉄板とスチレン板を比較したとき、その熱伝導度の差が第 18, 19 図に示すような熱伝導速度の違いになって現われている。したがって MCF-10 を使用する場合は、その支持基板として熱伝導度のよい材料を選ぶべきである。

(2) 導体幅と温度上昇

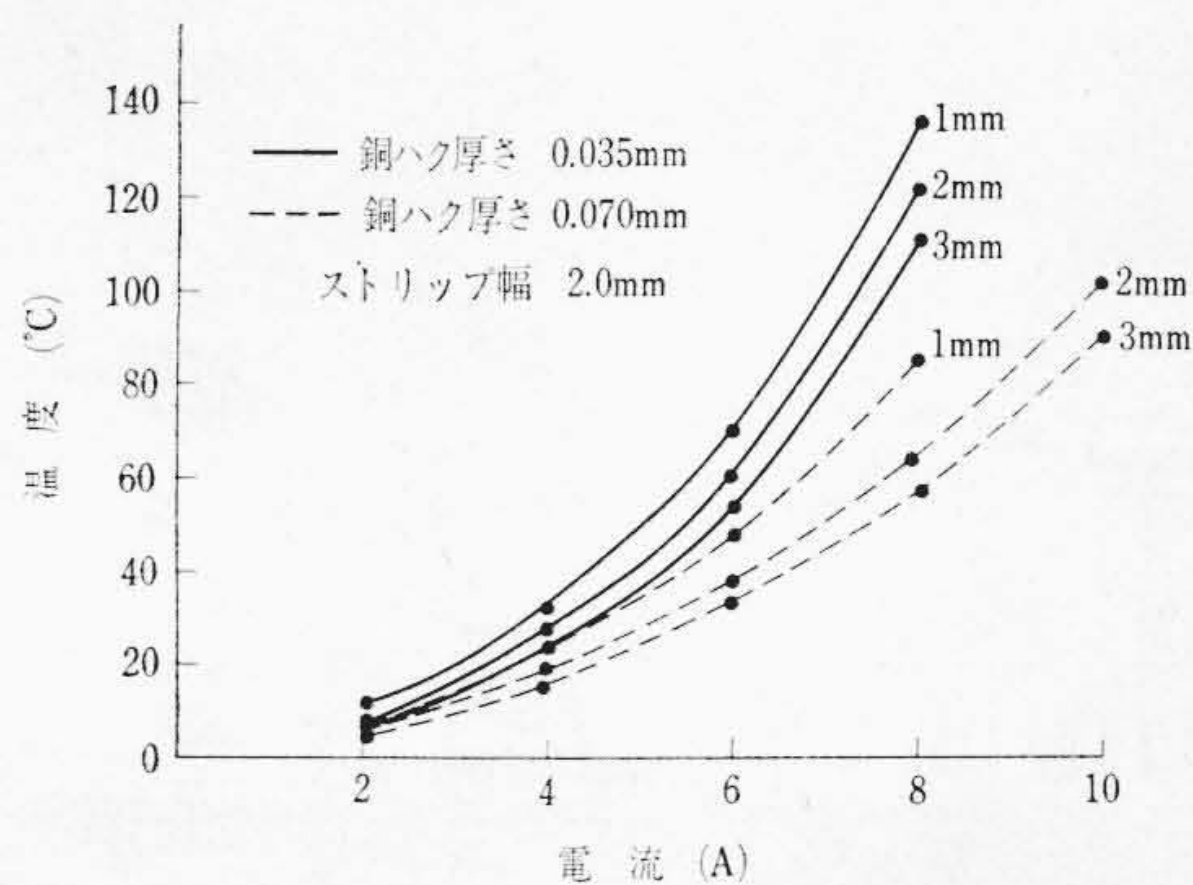
導体に電流を流した場合、発生する熱量は導体の断面積に反比例するから、導体幅が増せば同一電流に対する温度上昇は小さくなる。MCF-10 を使用して、導体の厚さが 0.035 mm と 0.070 mm の両者について、導体幅を変えた場合の電流と温度上昇の関係を求めその結果を第 20 図に示した。この結果からわかるように、導体幅が増加すれば同一温度の上昇を得るに要する電流値は増加するが、完全に正比例はしていない。これは有効伝熱面積比の相違および高温において温度の 4 乗に比例する放射が優位となり、対流にしても 1 乗以上に増加してくるなどの原因による。

(3) 導体間隔と温度上昇

MCF-10 を使用して、導体の厚さが 0.035 mm と 0.070 mm の



第20図 MCF-10 の導体幅と温度上昇



第21図 MCF-10 の導体間隔と温度上昇

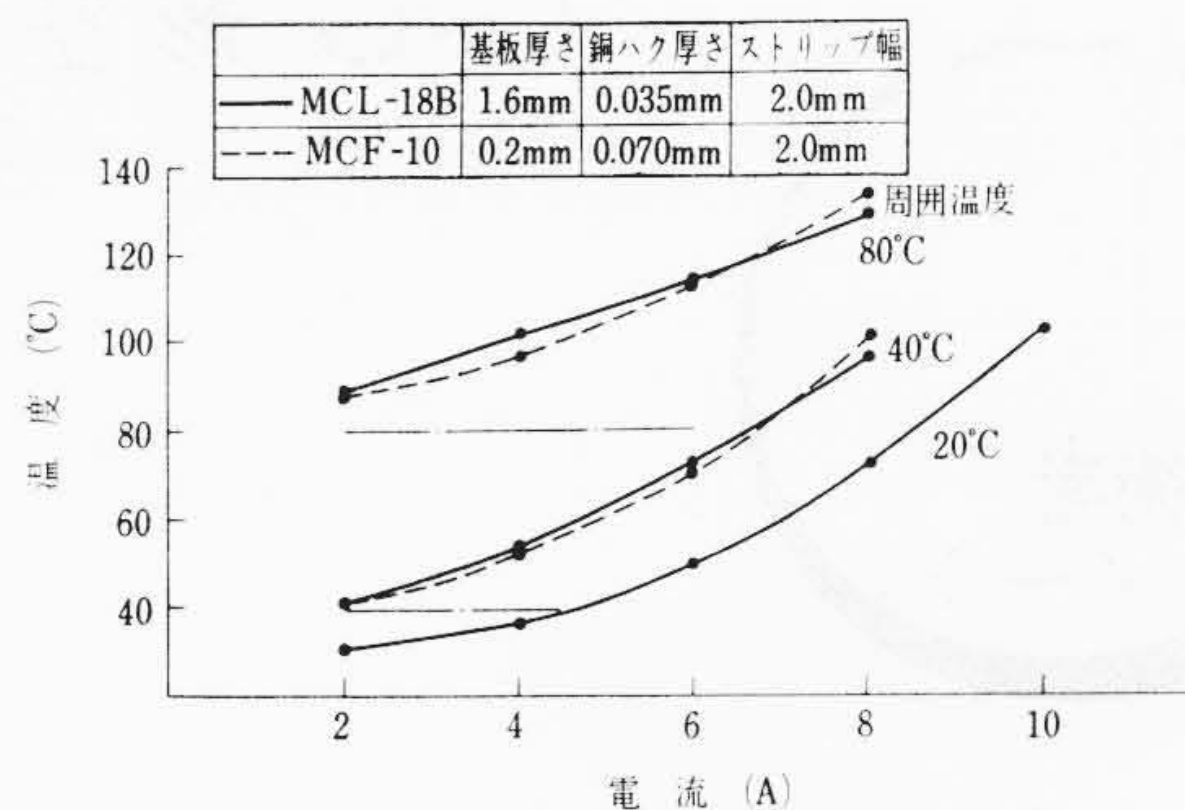
両者について、導体間隔を変化させたときの電流と温度上昇の関係を第21図に示した。これによって隣接回路に同時に電流が流れた場合の相乗作用による影響が明らかになった。この結果から、導体間隔が3mmになると相乗作用による影響はなくなり、2mm以下では電流8アンペアでおよそ10℃ぐらいの差があらわれている。

(4) 周囲温度の影響

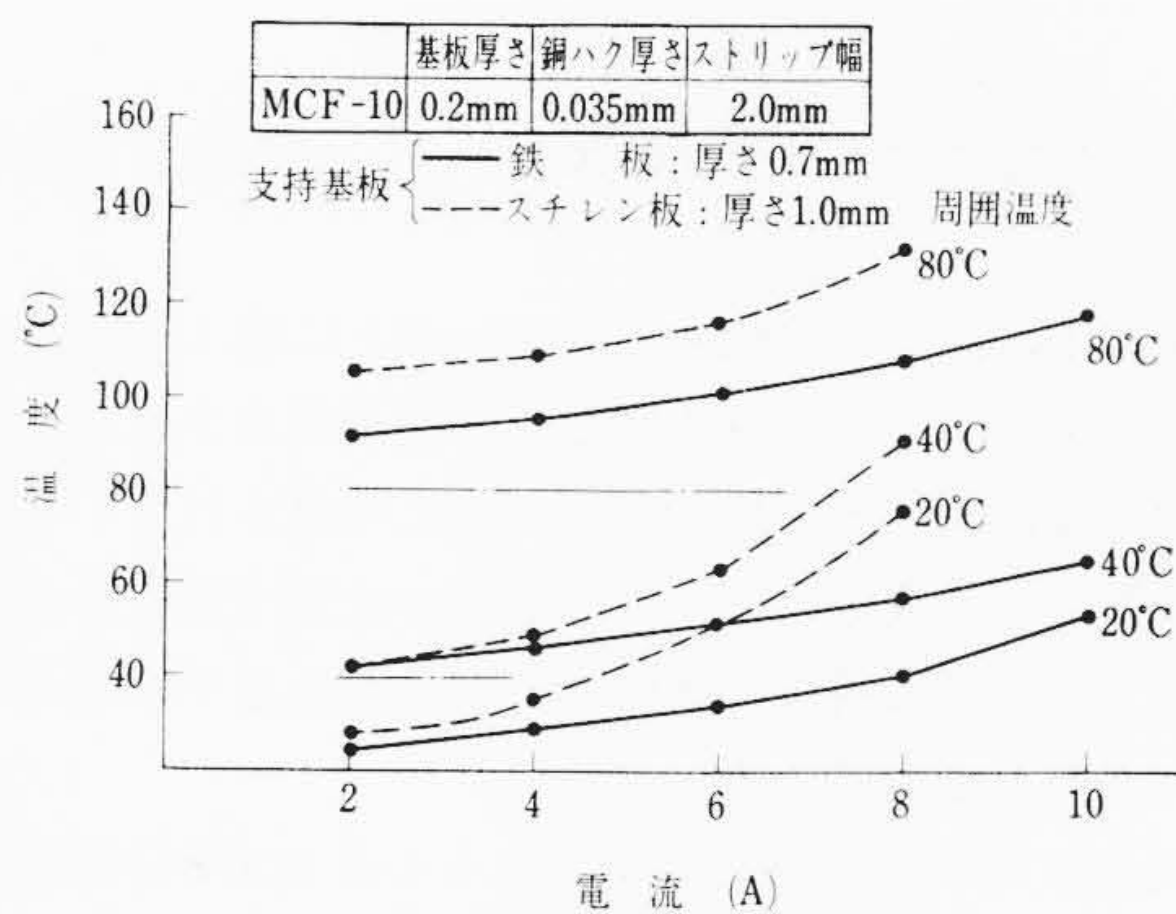
いろいろの周囲温度における電流と温度上昇の関係をMCL-18B, MCF-10 および MCF-10 に支持基板としてスチレン板や鉄板を用いた場合について、求めた結果を第22, 23図に示した。この実験はすべて静止流体中で行なったものであるから、温度差のために生ずる密度差によって、浮力がついて自然対流という形で導体表面から空气中へ熱が伝わって行く。伝導によって支持基板の中へ伝わる熱量も、導体表面の温度と支持基板の温度との温度差に比例している。さらに放射による伝熱を考えると、導体表面の温度の4乗と周囲温度の4乗の差に影響を受けて熱が移動する。このようなことから周囲温度が高くなるほど、伝熱抵抗は大きくなり、導体自体の温度上昇は増加する結果になる。

5. 結 言

本文で詳述したように、MCL-18BおよびMCF-10はいずれも計器板用MCLとしてすぐれた性能を有し、特にMCF-10の電気的性能は、実験の範囲内で、その劣化がみられなかった。しかし引きはがし強さの劣化試験の中でMCF-10の耐溶剤性がMCL-18Bより低く、10時間の浸漬で0.8 kg/cmにまで低下しているの、溶剤中に長時間浸漬しないことがたいせつである。このようにすぐれた性能をもつMCF-10は今後計器板以外のところの印刷配線にも利用さ



第22図 周囲温度と温度上昇



第23図 周囲温度と温度上昇

れるようになる。

このMCL-18BとMCF-10を使用して印刷配線を行なった計器板は従来の手配線による計器板と比較した場合、はるかに簡易化され、美的要素も加わっている。なお印刷配線計器板のうちでもMCF-10を使用したもののほうが美的要素が大である。

本文中で、触れておいた印刷配線回路の温度上昇特性に関する伝熱論的考察については別報にてその詳細を報告する予定である。

参 考 文 献

- (1) T. D. Schlack, D. K. Rider: Printed and Integrated Circuitry, 112 (1963, Mc Graw-Hill Book Company, Inc.)
- (2) JIS 規格: JIS-C-6481 印刷回路用銅張積層板試験方法 (1963)
NEMA Standard LP-1 Copper-Clad Laminate (1963)
ASTM D-1867-62T (1961~1963)
Military Specification: MIL-P-13949 C.
- (3) SAE Recommended Practice: Automotive Printed Circuit-SAE-J 771 (1961)
- (4) 社内技術報告資料 (1963~1964)
- (5) 横山: プリント配線技術講習会 (1964)
- (6) 山県: 日立評論 44, 1784 (昭 37-11)
- (7) Frank M. Clark: Insulating Materials for Design and Engineering Practice, 524 (1962, John Wiley and Sons, Inc.)
- (8) 黒沢: 日立評論投稿予定
- (9) Paul Eisler: The Technology of Printed Circuits, 232 (1959, Heywood & Company Ltd.)
- (10) 藤田重文: 化学工学, I, 54 (1958, 岩波書店)
- (11) W. R. Marshall, R. L. Pigford: The Application of Differential Equations to Chemical Engineering Problems, 6 (1952, University of Delaware).