
電 気 機 器 材 料 特 集

印刷回路用銅張積層板（MCL）の熱劣化および熱間特性	59
焼結形タンタル固体電解コンデンサ.....	66
電子計算機用フェライト記憶素子ならびにその応用.....	71
ポリアミドイミド系ワイヤエナメルの開発.....	78
日立塗装用粉末樹脂の特性.....	82
小形交流整流子電動機用ブラシの摩耗.....	89

印刷回路用銅張積層板 (MCL) の熱劣化および熱間特性

Thermal Degradation and Properties of Metal Clad Laminates
for Printed Wiring at Elevated Temperatures

中 川 武 寿* 池 添 善 幸* 横 倉 元 信*
Takehisa Nakagawa Yoshiyuki Ikezoe Motonobu Yokokura

要 旨

印刷回路用銅張積層板の特性については、すでに報告されているが、いろいろな材料について同時に比較した例は少ない。
本報告は、機器の稼動状態を想定して各種の銅張積層板の熱劣化および熱間特性について検討した結果を述べている。

1. 緒 言

プリント配線方式は電子機器の小形化、量産化に適しているためラジオ、テレビなどの民生用機器はもちろんのこと各種の無線、搬送装置などの通信機器や電子計算機、自動制御、計測器などの電子応用機器の分野にも盛んに利用されている。一方、印刷回路用銅張積層板（以下日立商品名 MCL と称す）の性能も年々改良され使用目的に応じた MCL の開発も盛んに行なわれている。
われわれも、種々の MCL を開発^{(1)~(5)}し市場の要求に応じてきた。電子機器に使用される MCL は半永久的なもので当然長期の寿命が要求される。機器に組み込まれた MCL は、部品の放熱などにより熱劣化を受けることが予想される。また、昇温したふん囲気で

使用された場合の特性変化を考慮する必要がある。本稿は、MCL に要求される特性のうち熱劣化と熱間特性について検討したもので設計者、使用者各位の材料選定の参考となれば幸いである。

2. 供試料と MCL の一般特性

MCL は、紙、ガラス繊維布およびテトロン繊維布などの基材にフェノール樹脂またはエポキシ樹脂を含浸、乾燥して得られた塗工紙布と銅ハクとを重ね合わせ、加圧加熱して製造される。最近では、熱可塑性樹脂⁽⁵⁾もこの分野に応用されている。このように基材と樹脂の組み合わせによっていろいろの MCL が得られる。われわれが市販している代表的な MCL の品種と JIS 試験法⁽⁶⁾に基づいて測定した特性値を示したのが表 1 である。本実験には、これらの MCL

表 1 日立 MCL の 一 般 特 性 板 厚：1.6 mm 銅ハク：片面, 35 μ

供 試 料	MCL	MCL -47F	MCL -44	MCL -47	MCL -41	MCL -8-4(1)	MCL -48	MCL -8	MCL -E-47	MCL -E-48	MCL -E-61	MCL -E-64	MCL -E-97	MCL -PE-61
(日立商品名)	(対応積層板)	LP-47F	LP-44N		LP-41N	—	LP-48N	LP-42N	LE-47N	—	LE-61N	—	LE-97N*	LPE-61N
JIS (案) 記 号		PP 1	PP 2	PP 2	PP 3	PP 4	PP 5	PP 6	PE 1	—	GE 4	GE-4	SE 1	—
NEMA Grade		FR-2	XXXP	XXXP	XXXPC	—	—	—	FR-3	FR-3	G-10	G-10	—	—
基板構成 (基板・樹脂)		紙・フェ ノール	紙・フェ ノール	紙・フェ ノール	紙・フェ ノール	紙・フェ ノール	紙・フェ ノール	紙・フェ ノール	紙・エポ キシ	紙・エポキ シガラス布	ガラス布・ エポキシ	ガラス布・ エポキシ	テトロン布 ガラス布・ エポキシ	架橋化ポリ エチレンガ ラス布・エ ポキシ
項 目	単 位	処理**												
引きはがし強さ	kg/cm	A	1.4~2.0	1.4~2.0	1.5~2.5	1.4~20	1.2~2.0	1.4~2.0	1.2~2.0	1.5~2.0	1.7	1.5~2.0	1.5~2.0	1.5~2.0
ハンダ耐熱性	s/℃	A	10~30/ 260	10~30/ 260	8~30/ 260	10~30/ 260	10~30/ 246	15~30/ 246	8~20/ 246	60以上 /260	60以上 /260	60 以上 /260	60 以上 /260	10~30 /260
絶 縁 抵 抗	Ω	A D-2/100	5×10 ¹¹ ~ 10 ¹² 5×10 ⁹ ~ 10 ¹¹	10 ¹¹ ~ 10 ¹³ 10 ⁹ ~ 5×10 ¹⁰	10 ¹¹ ~ 10 ¹³ 10 ⁹ ~ 5×10 ¹⁰	5×10 ¹¹ ~ 10 ¹³ 10 ⁹ ~ 5×10 ¹⁰	10 ¹⁰ ~ 5×10 ¹¹ 10 ⁷ ~ 10 ⁹	10 ¹⁰ ~ 5×10 ¹¹ 5×10 ⁷ ~ 10 ⁹	5×10 ⁹ ~ 10 ¹¹ 5×10 ⁶ ~ 110 ⁸	5×10 ¹³ ~ 10 ¹⁴ 10 ¹⁰ ~ 10 ¹¹	10 ¹⁴ 10 ¹¹	10 ¹² ~ 5×10 ¹³ 10 ⁹ ~ 5×10 ¹¹	10 ¹² ~ 5×10 ¹³ 10 ⁹ ~ 5×10 ¹¹	10 ¹² ~ 5×10 ¹³ 10 ¹⁰ ~ 5×10 ¹¹
tan δ 1Mc	—	A D-48/50	0.025~ 0.032 0.027~ 0.035	0.033~ 0.040 0.035~ 0.045	0.033~ 0.040 0.035~ 0.045	0.030~ 0.035 0.035~ 0.040	0.035~ 0.045 0.070~ 0.100	0.050~ 0.058 0.070~ 0.085	0.045~ 0.060 —	0.028~ 0.035 0.032~ 0.038	0.031 0.035	0.025~ 0.030 0.030~ 0.035	0.020~ 0.027 0.023~ 0.030	0.030~ 0.037 0.032~ 0.040
ε 1Mc	—	A D-48/50	3.8~4.2 4.0~4.5	4.5~5.2 4.8~5.8	4.5~5.2 4.8~5.8	3.8~4.5 4.3~4.8	4.2~4.7 5.0~6.5	4.8~5.5 5.5~6.7	5.5~7.0 —	3.7~4.2 4.0~4.5	4.0 4.2	4.8~5.3 5.0~5.5	4.8~5.3 5.0~5.5	4.0~4.5 4.1~4.6
曲げ強さ たて よこ	kg/ mm ²	A	8~10 7~9	12~20 10~15	12~20 10~15	8~12 8~11	12~20 12~20	10~13 8~12	15~23 12~18	12~18 10~15	22 20	40~60	45~60	40~60 30~50
吸 水 率	%	E-24/50 D-24/23	0.4~0.6	0.5~0.9	0.5~0.9	0.4~0.7	0.8~1.5	0.8~1.3	1.2~2.0	0.2~0.35	0.18	0.1~0.2	0.08~0.15	0.1~0.2
打抜加工性 (ASTM)	A	常 温 Good	160℃ 3 分 Fair	160℃ 3 分 Fair	常 温 Good	90℃ 3 分 Fair	常 温 Good	90℃ 3 分 Fair	常 温 Good	常 温 Good	—	—	常 温 Good	常 温 Fair
製 品 特 長		高絶縁 自己消炎性 常温打抜用	高絶縁 加温打抜用	高絶縁 加温打抜用	高絶縁 常温打抜用 加温打抜用	中程度の 絶縁 加温打抜用	中程度の 絶縁 常温打抜用	低価格 汎用品	高絶縁 自己消炎性 常温打抜用	高絶縁 自己消炎性 常温打抜用	耐湿 高強度 寸法安定性 良	耐湿 高強度 寸法安定性 良	耐湿 常温打抜用	高周波特性 良 常温打抜用
用 途		テレビ 通信機器	テレビ 通信機器 計器類	テレビ 通信機器 計器類	テレビ 通信機器	ラジオ テレビ	ラジオ テレビ	ラジオ テープレ コーダー 補聴器	電子計算機 通信機器	通信機器 電子計算機	通信機器 計器 テレビ	通信機器 計器 テレビ	通信機器 計器 テレビ	テレビ 通信機器
価 格 比		1.5~20	1.2	1.0	1.2	0.85	1.1	0.7	2.5	3.0	5.5	5.5	5.2	3~4

注 * LE-97N はガラス布基材を併用せず、テトロン布基材のみである。

** 処理の記号はそれぞれ次のことを示す。

A：受理状態 D-2/100：沸騰水中で 2 時間煮沸処理をする D-48/50：50℃恒温水中に 48 時間浸漬処理をする
E-24/50+D-24/23：50℃空气中で 24 時間乾燥処理をし、次に 23℃ 恒温水中に 24 時間浸漬処理をする

* 日立化成工業株式会社下館工場

表 2 NEMA 規格 1965 年 版 板 厚 1.6 mm

試 験 項 目			単 位	処理条件	XXXXP	XXXPC	FR-2	FR-3	FR-4	FR-5	G-10	G-11
					紙・フェノール	紙・フェノール	紙・フェノール	紙・エポキシ	ガラス布・エポキシ	ガラス布・エポキシ	ガラス布・エポキシ	ガラス布・エポキシ
ハンダ 耐熱性	エッチングなし		s/℃	A	5/260	5/260	5/260	10/260	20/260	20/260	20/260	20/260
	エッチング				5/260	5/260	5/260	10/260	20/260	20/260	20/260	20/260
耐 熱 性			min/℃	A	30/120	30/120	30/120	60/120	60/140	60/140	60/140	60/140
引きはがし強さ	銅ハク 35 μ	ハンダ後 加熱後	kg/cm	A	1.07	1.07	1.07	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
				E-1/120	1.07	1.07	1.07	1.43	1.43	1.43	1.43	1.43
	銅ハク 70 μ	ハンダ後 加熱後		A	1.25	1.25	1.25	1.61	1.79	1.79	1.79	1.79
				E-1/120	1.25	1.25	1.25	1.61	1.79	1.79	1.79	1.79
体 積 抵 抗 率			Ω・cm	C-96/35/90	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹¹
表 面 抵 抗			Ω	C-96/35/90	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹	10 ⁹
吸 水 率			%	E-1/105 +D-24/23	1.0	0.75	0.75	0.65	0.35	0.35	0.35	0.35
沿 層 耐 電 圧			kV	D-48/50	15	15	15	30	30	30	30	30
誘 電 正 接 (1Mc)			—	D-48/50	0.050*	0.050*	0.050*	0.045*	0.045	0.045*	0.045	0.045
誘 電 率 (1Mc)			—	D-48/50	5.3*	5.3*	5.3*	5.0*	5.8	5.8*	5.8	5.8
曲 げ 強 さ	た て よ こ		kg/mm ²	A	8.4	8.4	8.4	14.1	38.7	38.7	38.7	38.7
					7.4	7.4	7.4	11.3	31.6	31.6	31.6	31.6
熱間曲げ強さ保持率			%	E-1/150	—	—	—	—	—	40	—	40
消 炎 性	時 間 燃焼距離		s mm	A	—	—	15	15	15	15	—	—
					—	—	25.4	25.4	25.4	25.4	—	—
耐 溶 剤 性			—	トリクレン 蒸気 2 分	良	良	良	良	良	良	良	良
製 品 特 長					加温パンチ	コールド パンチ	コールド パンチ 自己消炎性	コールド パンチ 自己消炎性	自己消炎性	耐 熱 用 自己消炎性	一 般 用	耐 熱 用

注 * 板厚 1.6 mm には規定がなく、2.4 mm の規定を参考のために示した。

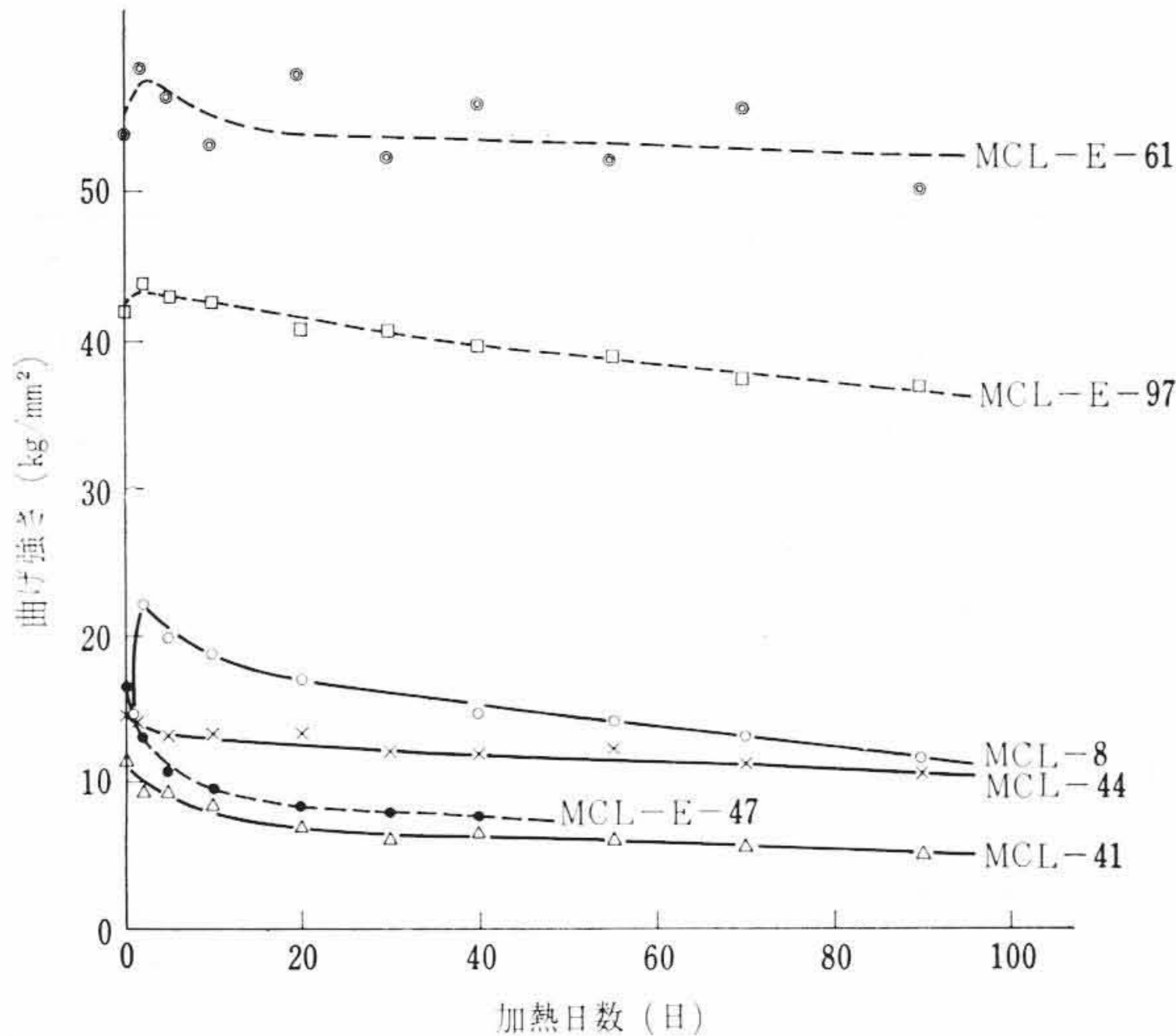


図 1 150℃ 定温劣化における曲げ強さの変化

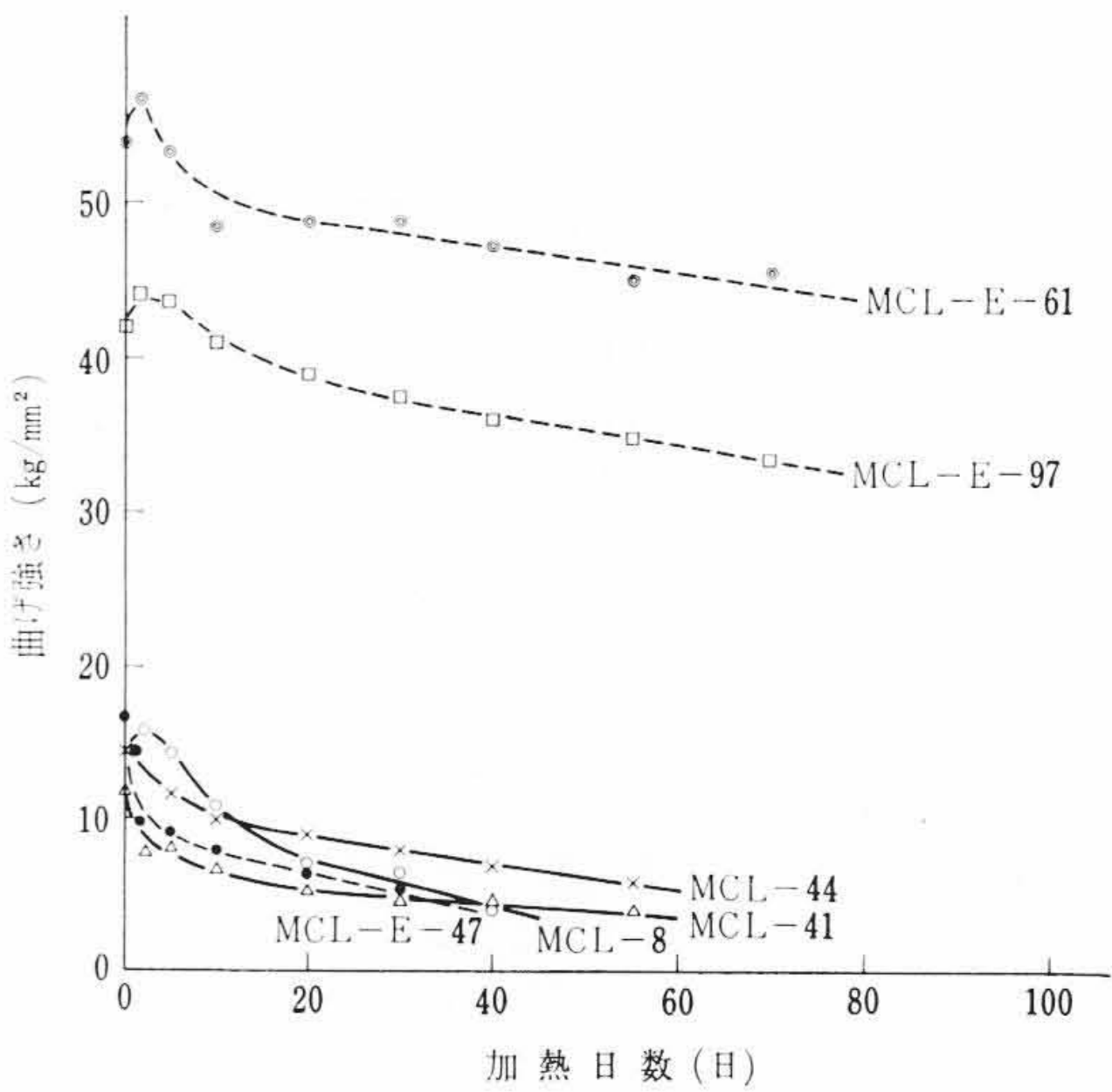


図 2 180℃ 定温劣化における曲げ強さの変化

のうちから数種を選んで熱的性質を調べた。

MCL は、電子工業界に広く普及しているがその性能に関する JIS 規格は現在のところ制定されていない。しかし、工業技術院の委託により電子機械工業会およびその他の委員により最終原案(以下 JIS (案)と称す)の審議が完了しているので近く公布になるものと思われる。この JIS (案)は、アメリカの NEMA (National Electrical Manufactures Association)⁽⁷⁾、MIL (Military Specification)⁽⁸⁾、ASTM (American Society for Testing and Materials)⁽⁹⁾、ドイツの DIN (Deutsche Industrie Normen)⁽¹⁰⁾などを参考にしたが、一般に広く国内で使用されている NEMA 規格が骨子になっており、この規格値と JIS (案)とを比較すると JIS (案)のほうがきびしい項目もいくつかみられる。JIS 規格が公布になっていないので参考のため NEMA 規格を表 2 に示す。

3. 熱劣化特性

MCL の熱劣化は、基板(積層板)の劣化と銅ハクの接着強度 (JIS 試験法では引きはがし強さという用語を用いている)の劣化とにわけられる。ここでは、MCL を強制的に高温にさらし熱による曲げ強さ、電気特性および引きはがし強さの劣化を検討した。

3.1 曲 げ 強 さ

試料を温度 150℃、180℃、210℃ に保った通風式恒温乾燥器に入れて促進劣化を行なった。処理後試験片をシリカゲル入りデシケータ中で 30 分間放冷後 JIS 試験法に準じて測定を行なった。

実験結果を図 1～3 に示す。これらの図から明らかなように、ガラス布基材エポキシ樹脂 MCL (MCL-E-61)の劣化は非常に小さいことがわかる。紙基材を使用したものは、ガラス布やテトロン布を基材としたものより初期強度も小さく、熱劣化も比較的大きい。紙基材のなかでは、加温打抜用の MCL-44は劣化が比較的小さい。MCL

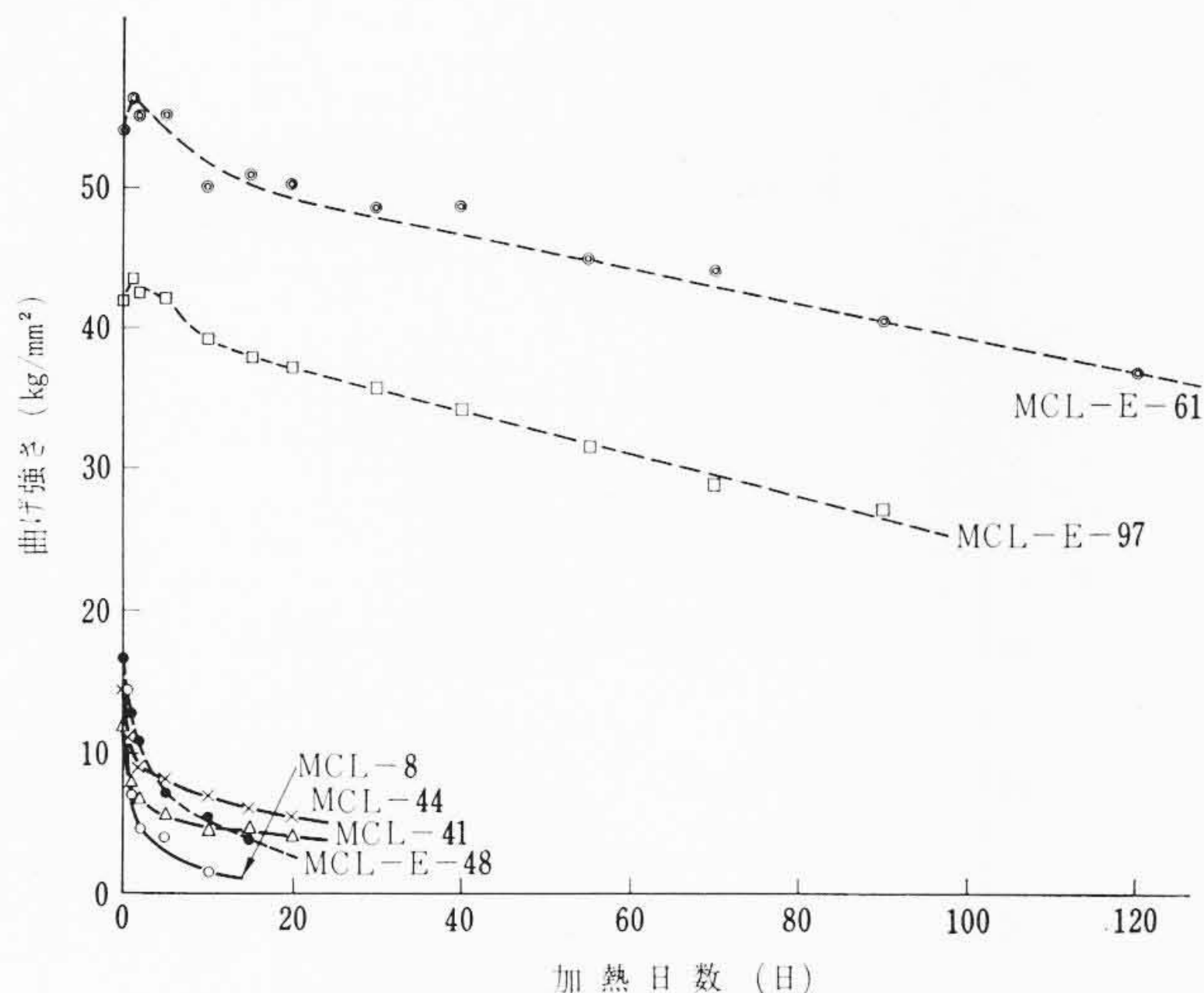


図3 210°C 定温劣化における曲げ強さの変化

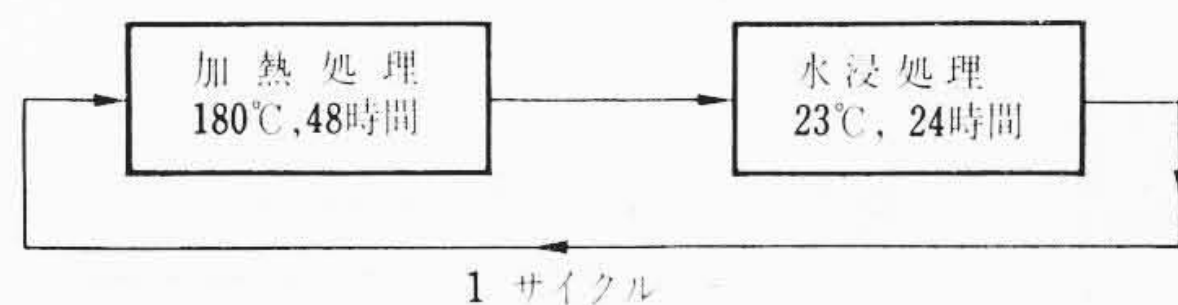


図4 電気特性のサイクルテスト

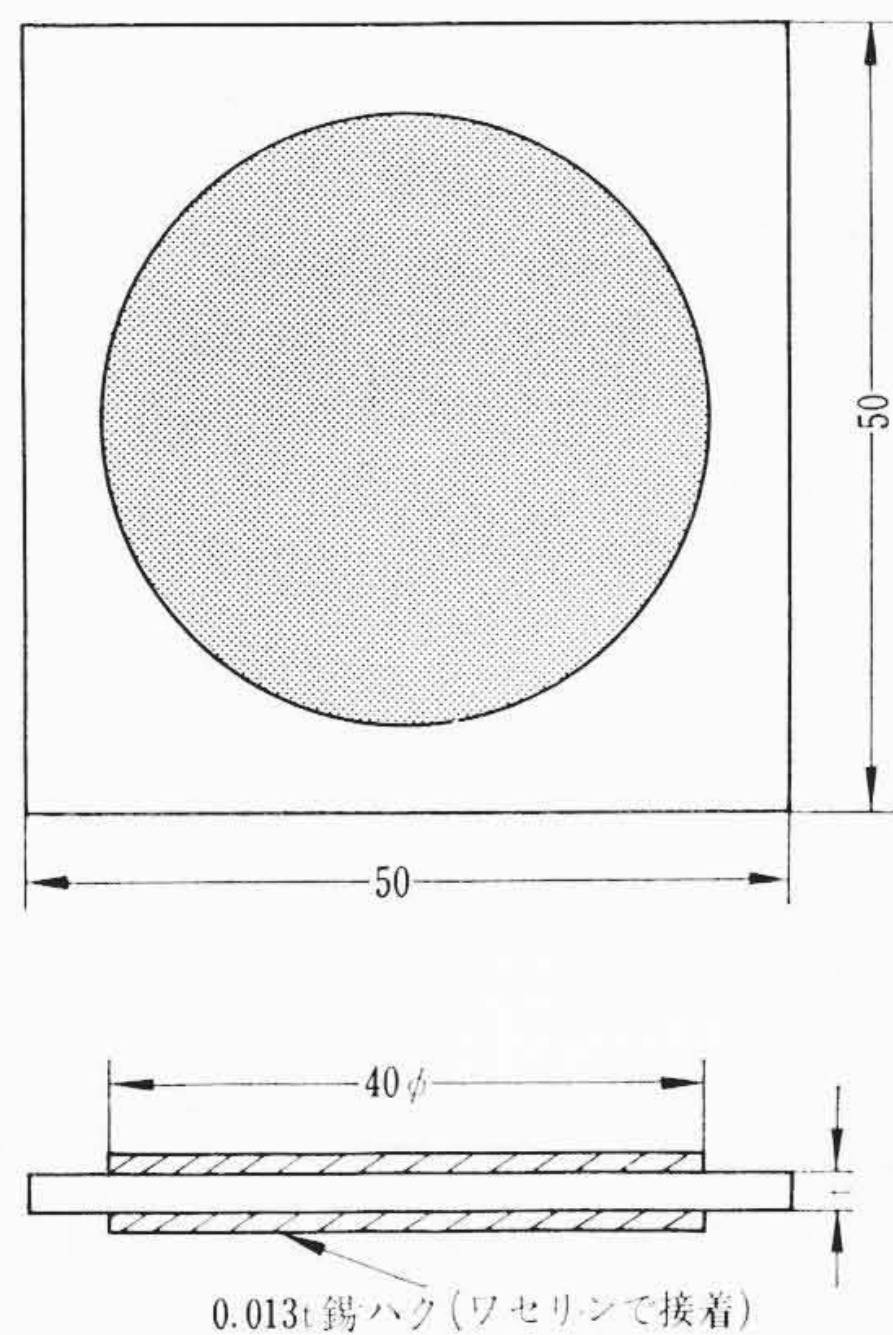


図5 誘電正接および誘電率試験片

-41 や MCL-E-47 はやや大きい。これは樹脂の性質によるもので、後者の場合常温で打抜加工が行なえるように樹脂を可塑化しているので高温での熱安定性は多少劣る。しかし、一般の電子機器の許容最高温度は 120°C 程度と推定され、実用温度はこれよりかなり低いので使用上問題はないと考えられる。

3.2 電気特性

図4に示すように 180°C で 48 時間加熱後、さらに 23°C の恒温水中に 24 時間浸漬処理することを 1 サイクルとした劣化試験を行なった。絶縁抵抗の測定は、JIS 試験法に準じて行ない、誘電正接 (以下 $\tan\delta$ と称す) および誘電率 (以下 ϵ と称す) の測定には図5に示す試験片を用いた。測定は、いずれの場合にも浸漬処理後表面の水分を乾いた布でふき 2 分以内に行なった。

絶縁抵抗を測定した結果を図6に、1 Mc の $\tan\delta$ 、 ϵ を測定した結果を図7, 8に示す。これらの図から明らかなように、このような過酷な条件で処理しても高級紙基材フェノール樹脂 MCL (MCL-44, MCL-41) およびエポキシ系 MCL (MCL-E-47, MCL-E-61,

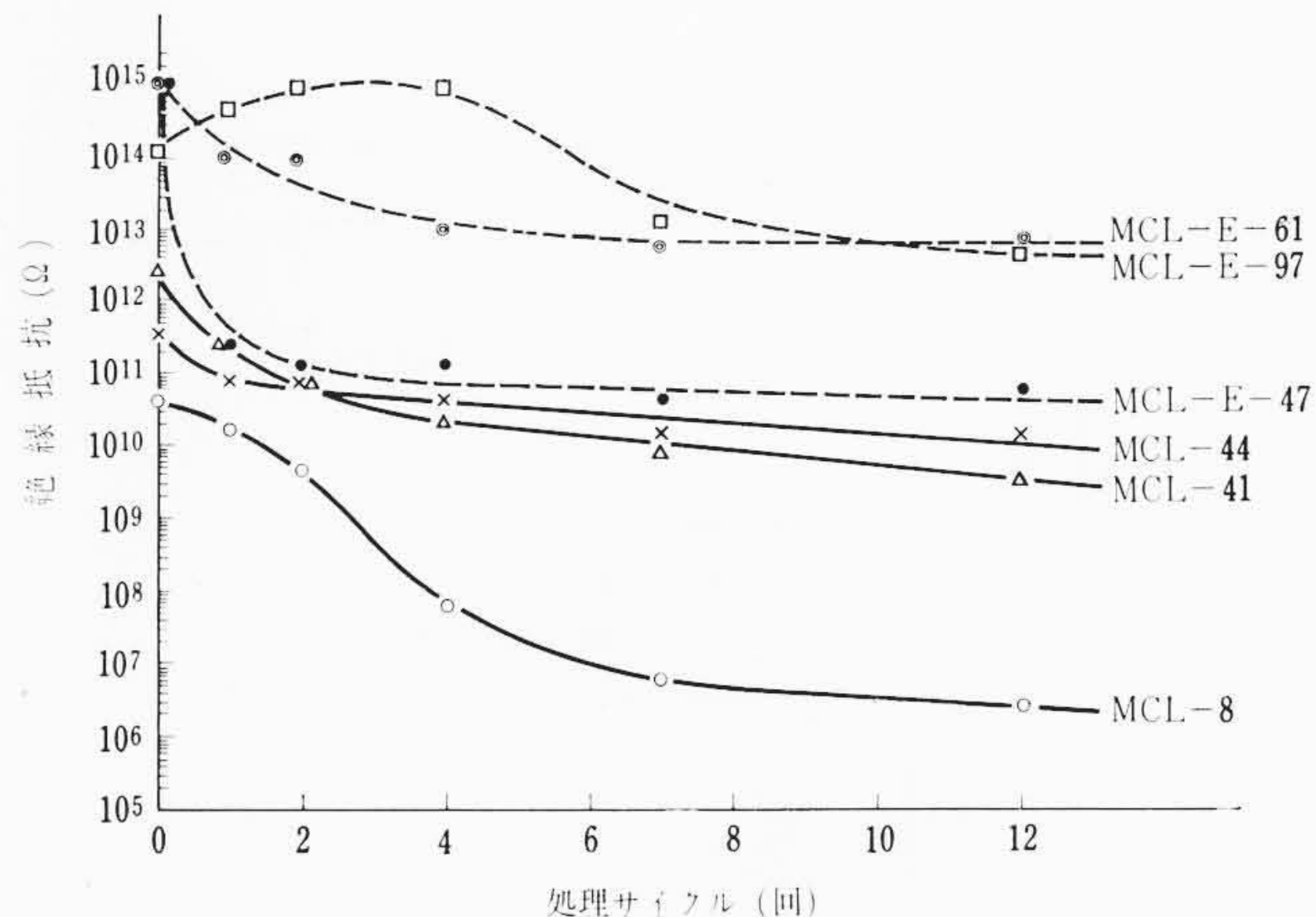
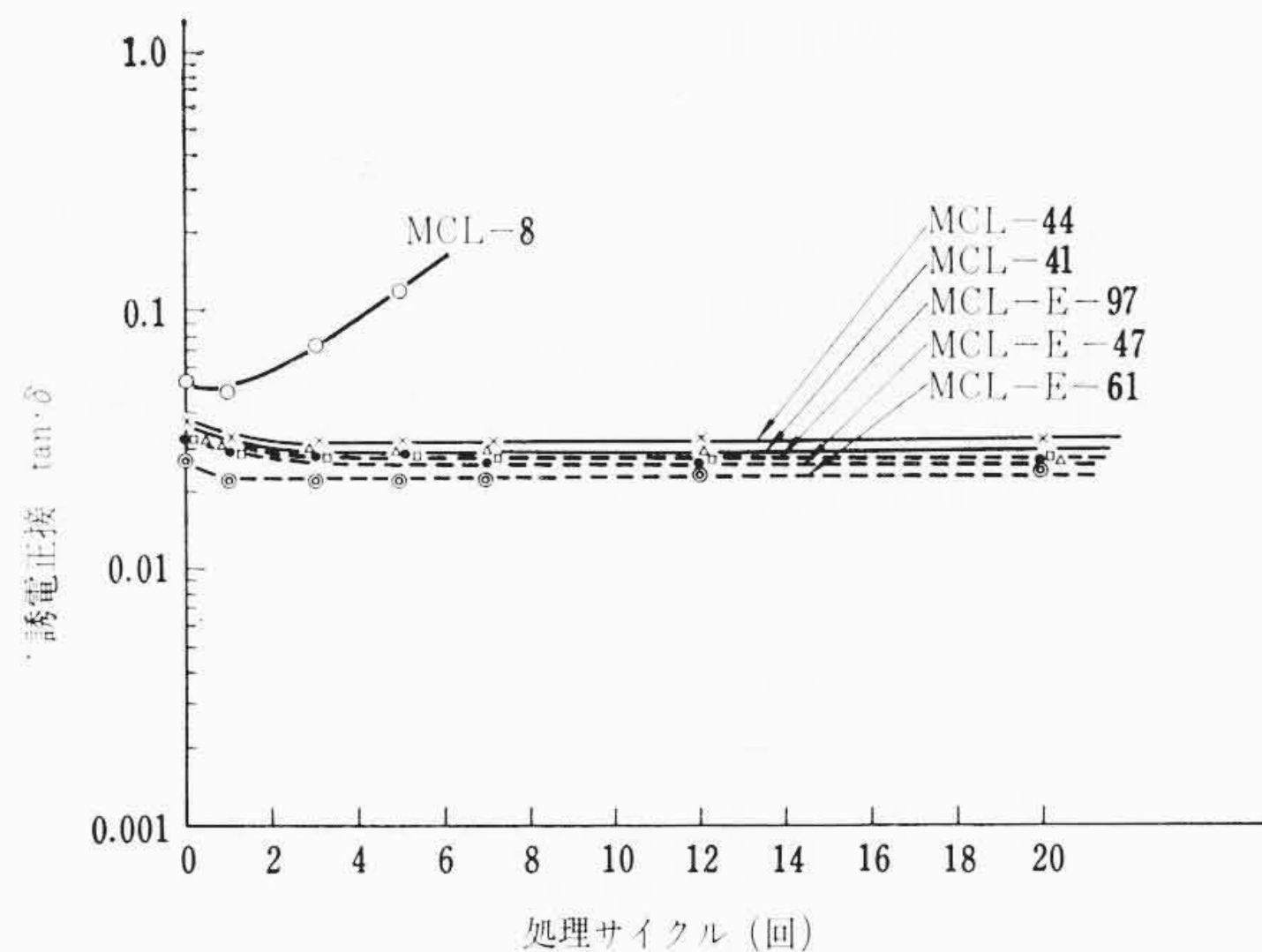
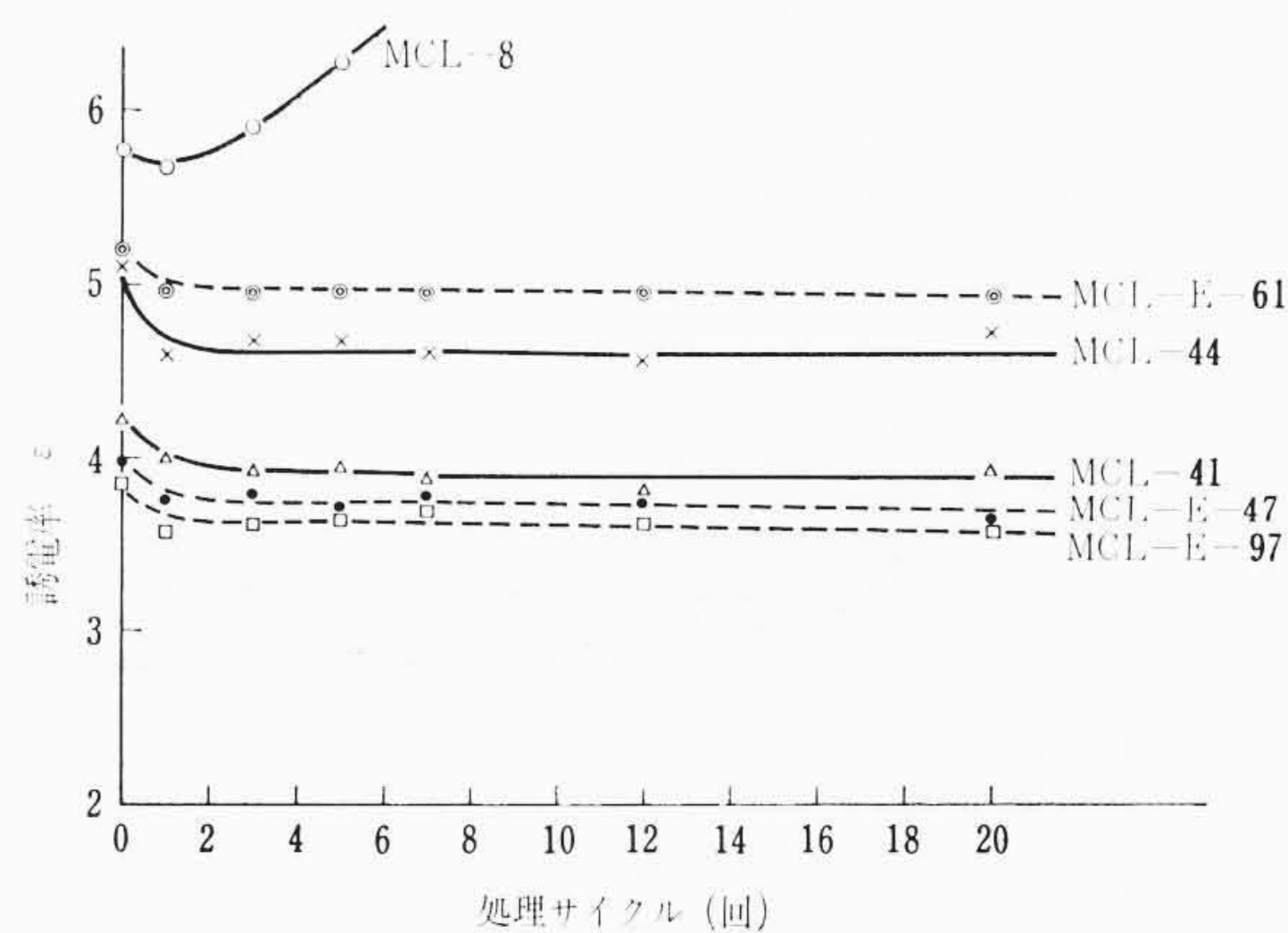


図6 加熱・吸水サイクルによる絶縁抵抗の劣化 (加熱温度 180°C)

図7 加熱・吸水サイクルによる $\tan\delta$ (1 Mc) の劣化 (加熱温度 180°C)図8 加熱・吸水サイクルによる ϵ (1 Mc) の劣化 (加熱温度 180°C)

MCL-E-97) は、性能の劣化がほとんどみられず高信頼性を要求される機器に十分使用できる。一方、これらに比べて汎用品の紙基材フェノール樹脂 MCL (MCL-8) は、特性の低下がやや大きい。

3.3 引きはがし強さ (銅ハク接着強度)

基板と銅ハクの接着強度の良否は、印刷回路板の生命を左右するといっても過言ではないほど重要である。そこで 120°C, 140°C, 160°C で加熱処理したものと、40°C で 90~100% RH の湿度下に放置して吸湿処理したものの引きはがし強さを測定した。測定は、処理後室温に放置して JIS 試験法に準じて行なった。

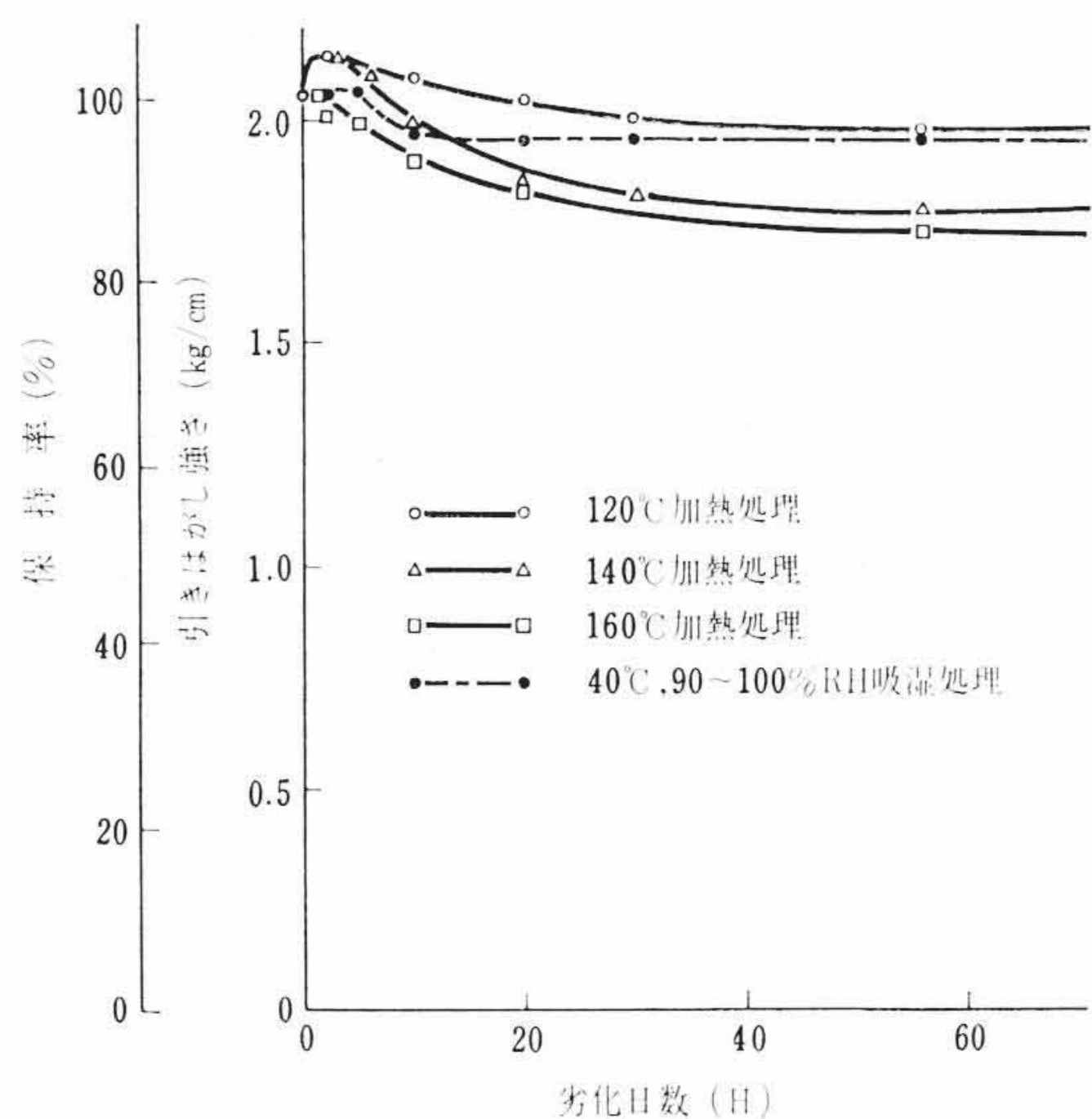


図9 MCL-8の引きはがし強さ特性

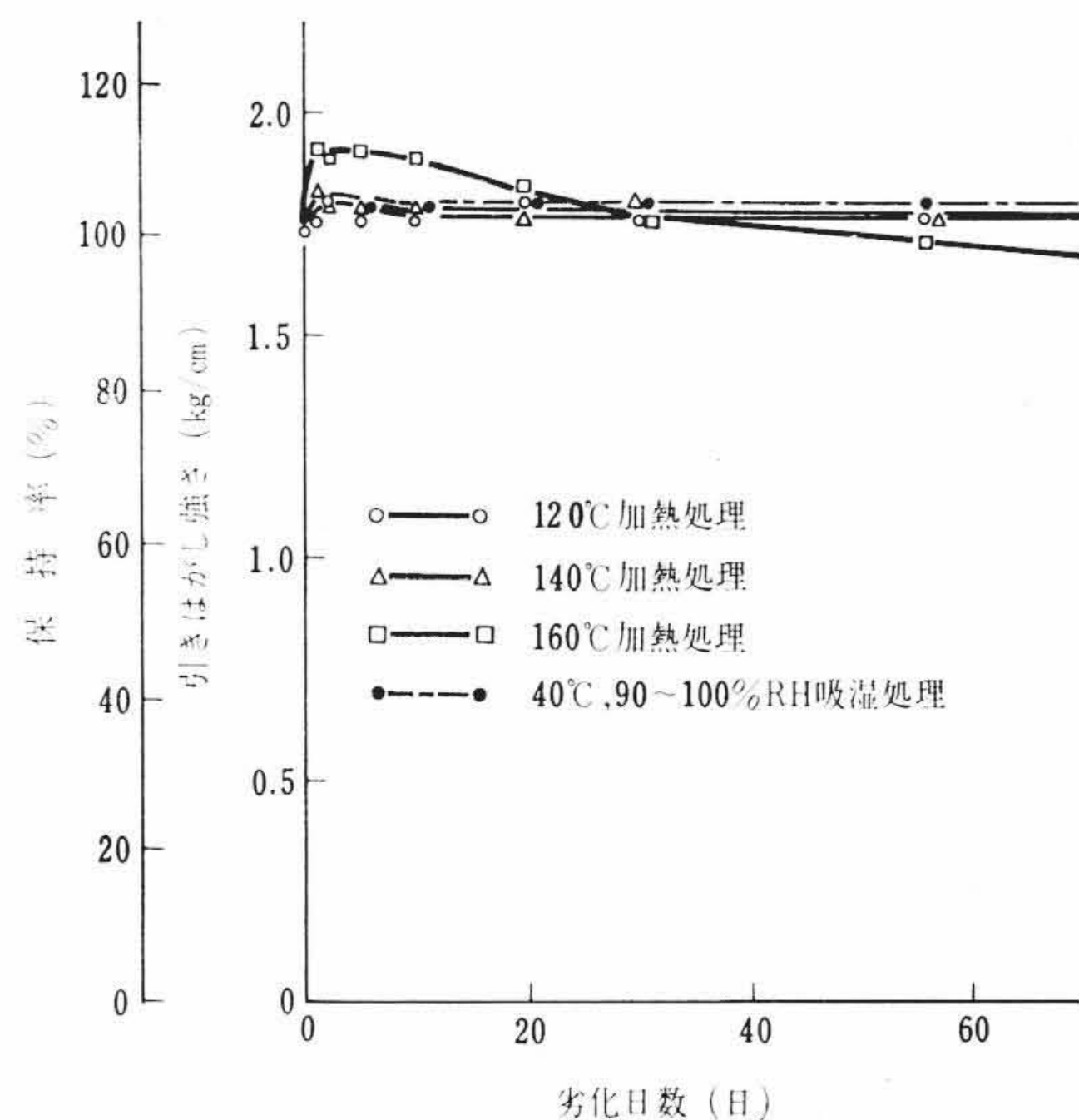


図12 MCL-E-61の引きはがし強さ特性

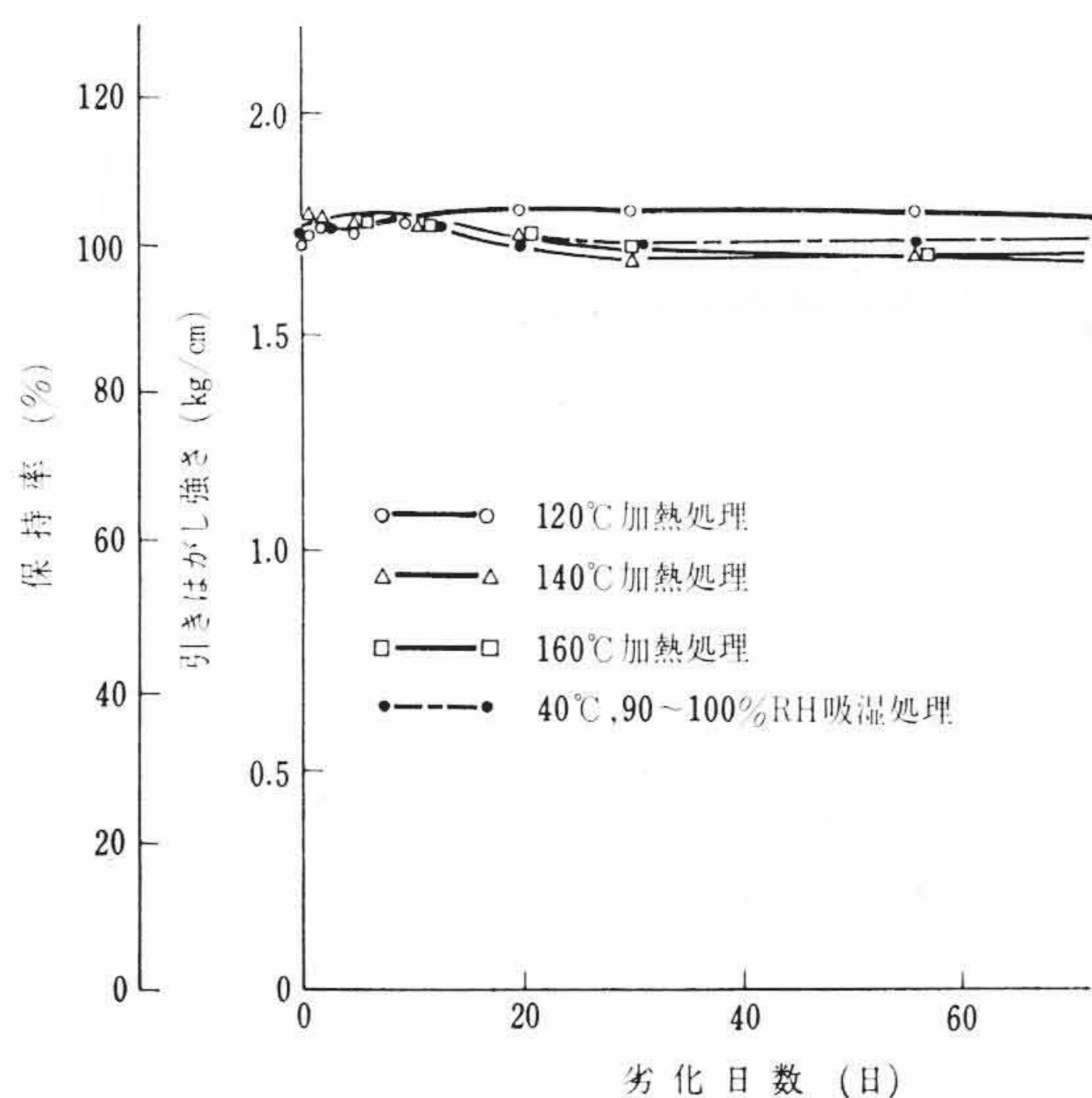


図10 MCL-41の引きはがし強さの特性

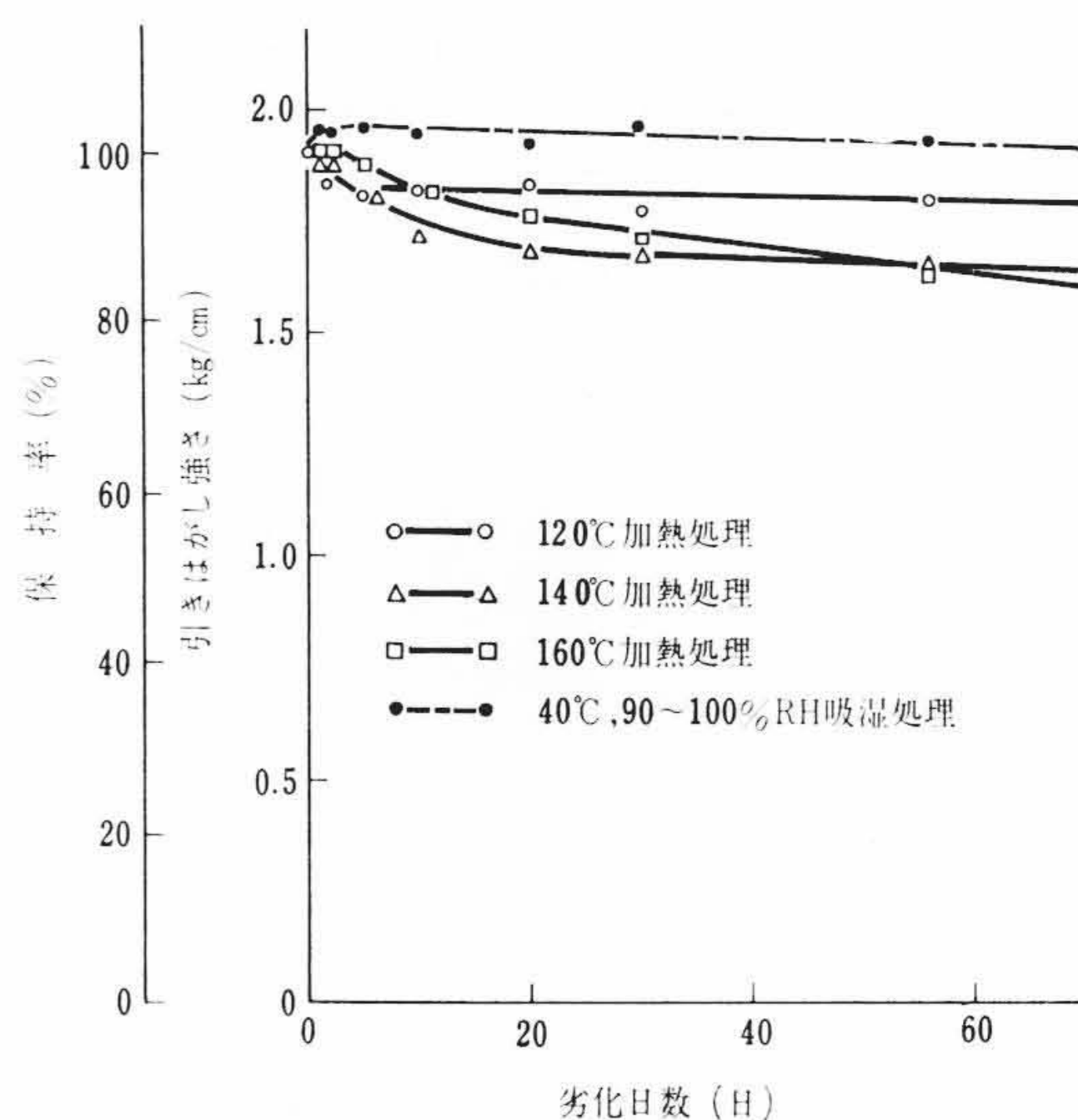


図13 輸入 MCL (XXXPC) の引きはがし強さ特性

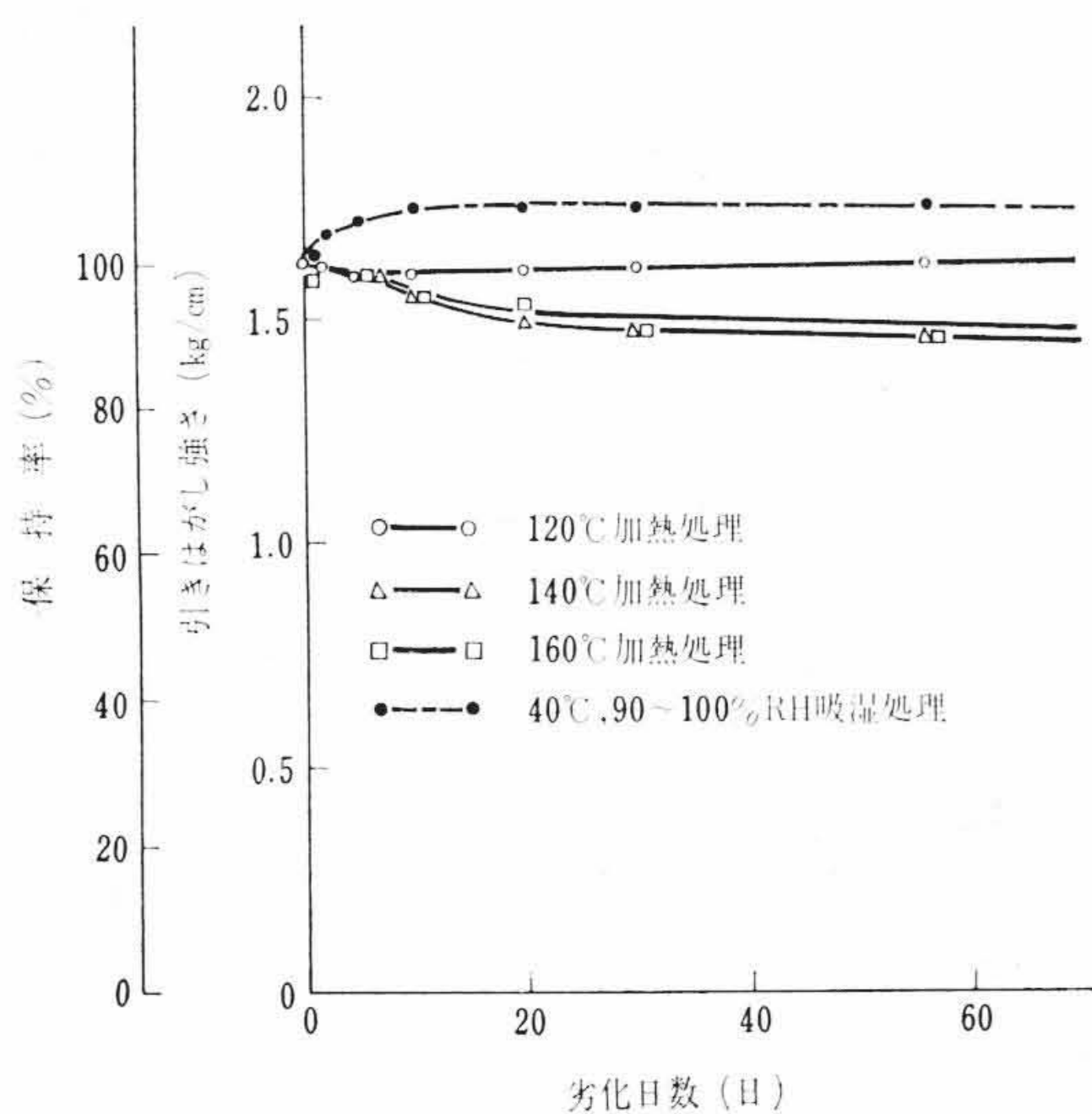


図11 MCL-47Fの引きはがし強さの特性

代表的な特性を図9~12に示す。比較試料としてアメリカから入手した銅張積層板(XXXPC)の特性も同時に調べたのでこれを図13に示した。これらの結果から、日立MCLは高温で連続使用されて

も接着強度の劣化はほとんどないと考えられる。また、外国のMCLと同一GradeのMCL-41を比較してもなんら見劣りしないことがわかった。

3.4 UL規格⁽¹¹⁾

アメリカのUnderwriters' Laboratories Inc.は、災難、盗難などに関連する装置、機器、材料などについて試験検討しその安全性を確認する非利益団体である。ここで発行されるStandardsに準じて各種の試験が市販製品について実施されその安全性が確認されることによって、換言すればUL規格に合格することによってその製品が販売上有利になる。最近テレビ、ラジオそのほかの機器の輸出(特にアメリカ)にはUL規格に合格していることが必要条件となりつつある。プリント配線のUL認定は、原則としてラジオ、テレビなどの製造業者またはエッチング加工業者しか受験できないが、MCLを製造している日立化成工業株式会社としても材料についてUL規格に準拠して実験⁽¹²⁾を行なった。以下にその一部を示す。

UL規格には、モデルパターンまたは実物パターンについてある許容温度を決めそれに相当する試験温度で1,344時間の加熱処理を行ない、その後の引きはがし強さが1 lb/inch (0.18 kg/cm) 以上という規定がある。

一例として、汎用紙基材フェノール樹脂MCL(MCL-8)の結果を図15および図17に示す。これらの実験に用いた試験片はそれぞれ

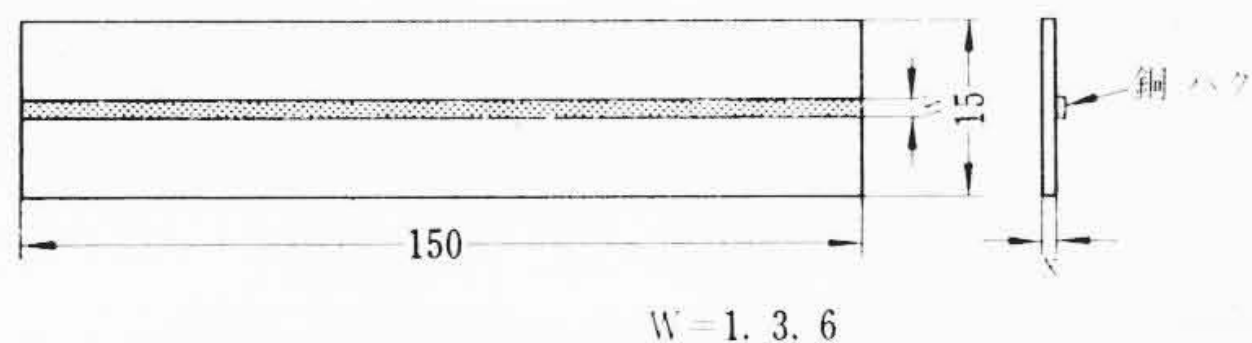


図14 UL規格確認試験片 (単位: mm)

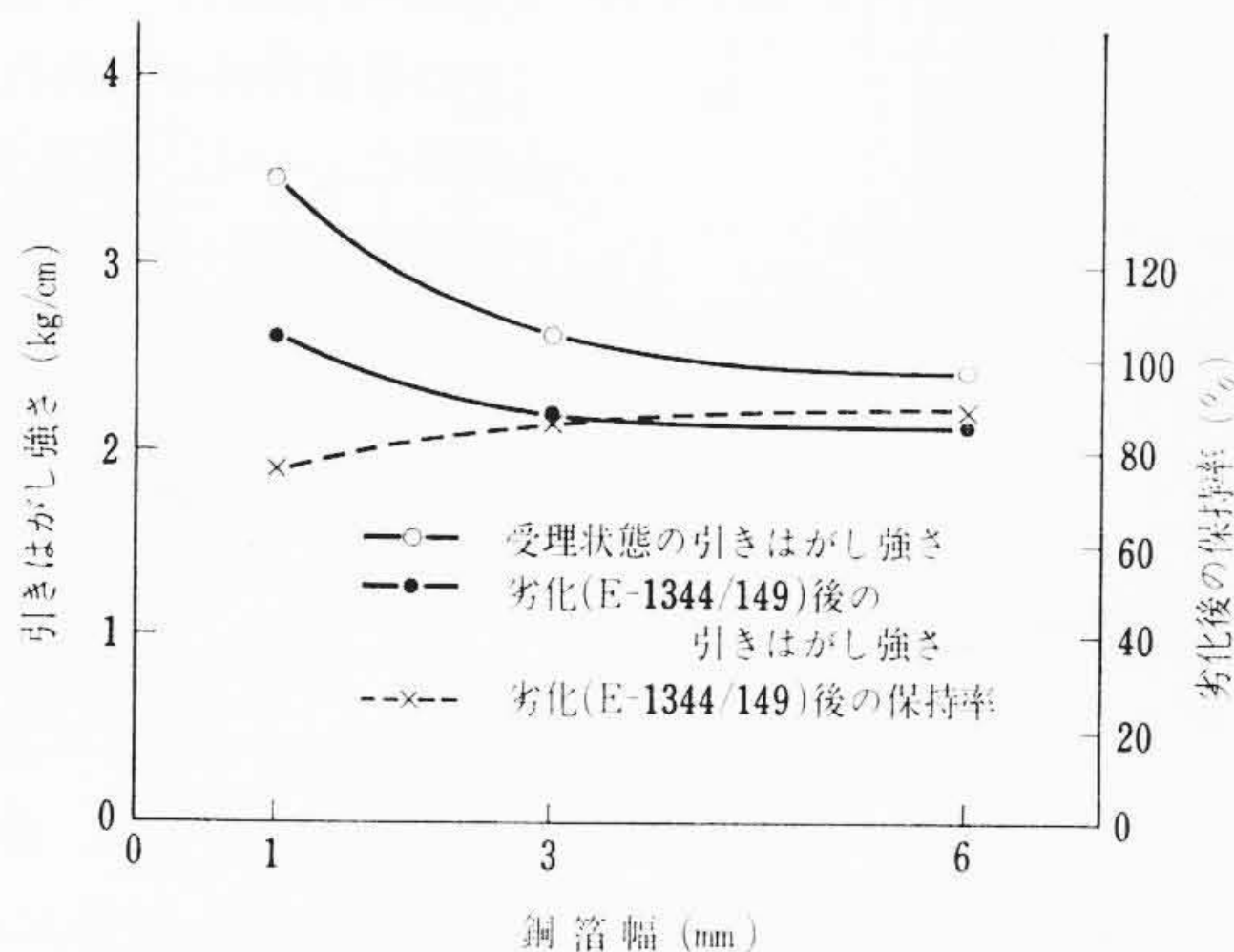


図15 MCL-8の銅ハク幅と引きはがし強さの関係

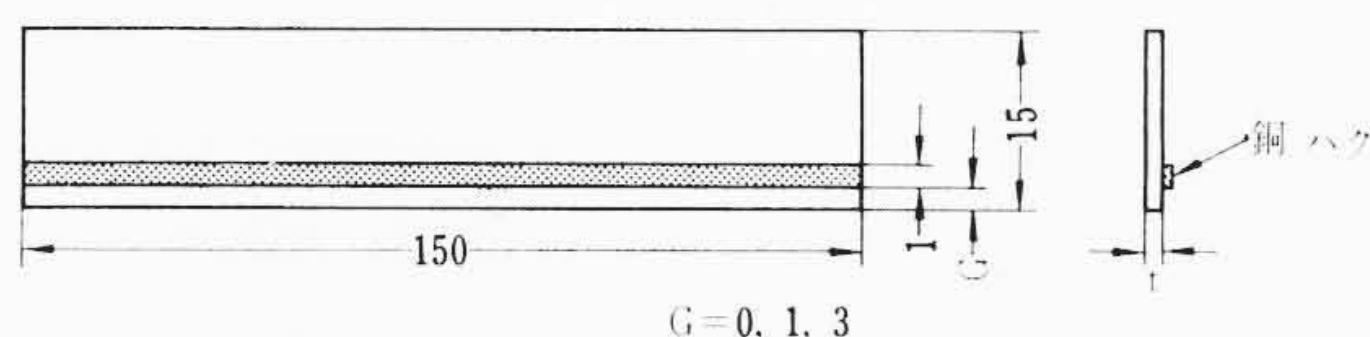


図16 UL規格確認試験片 (単位: mm)

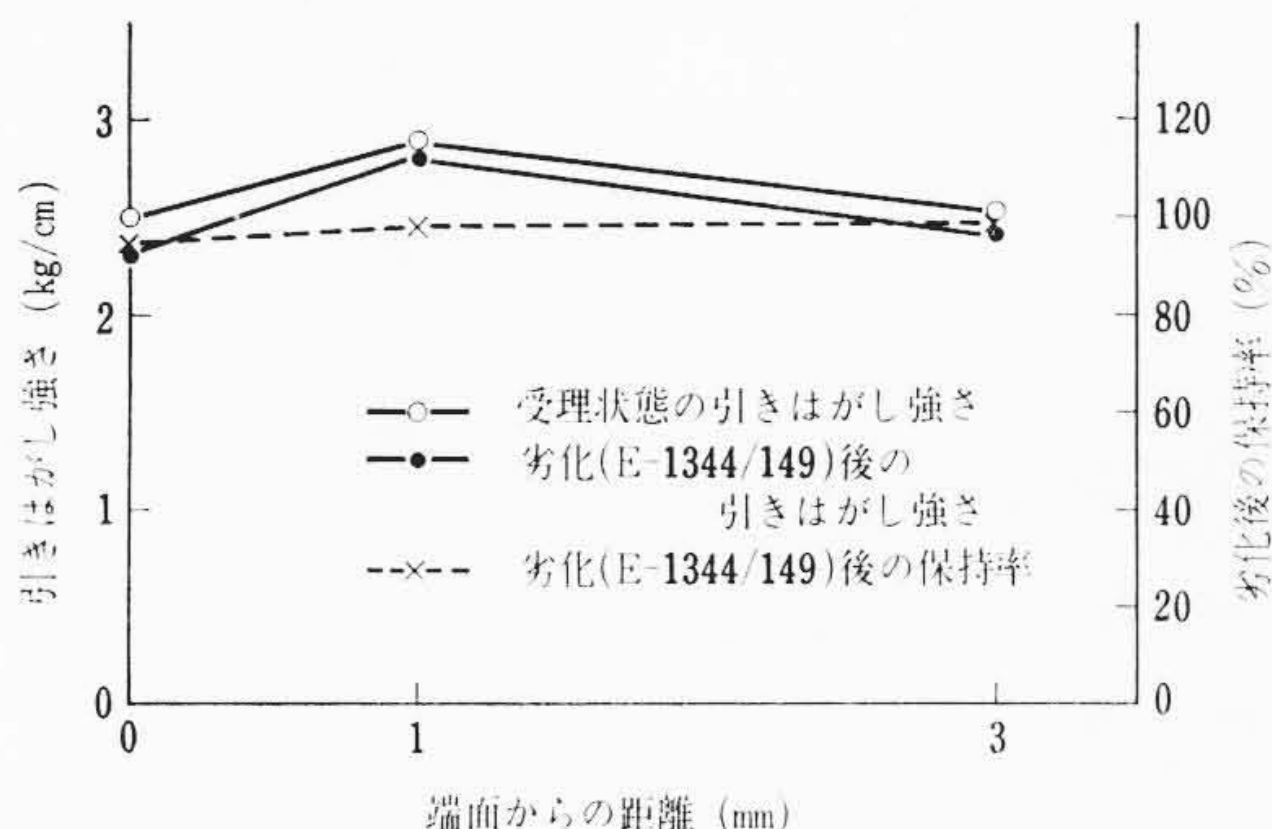


図17 MCL-8の端面からの距離と引きはがし強さの関係 (銅ハク幅 1 mm)

図14, 16に示すものである。この結果から、銅ハク幅が小さくなれば加熱処理後の劣化率が大きくなるが、それほど極端でない。また基板端面から銅ハクまでの最小距離は0 mmでも十分規格を満足することがわかる。なお、これらの実験の加熱処理温度は、いずれも149°C*で行なったものでUL規格の許容温度125°Cに相当するものである。

4. 熱間特性

前章では、MCLの熱劣化について述べたが、通常機器に組み込まれた場合の稼動状態すなわち、温度の上った状態における特性も重要な問題である。

4.1 電気特性

4.1.1 体積抵抗率および表面抵抗の温度特性

試験片はJIS試験法に準じて作られた。図18に示す加熱槽の



図18 加熱槽

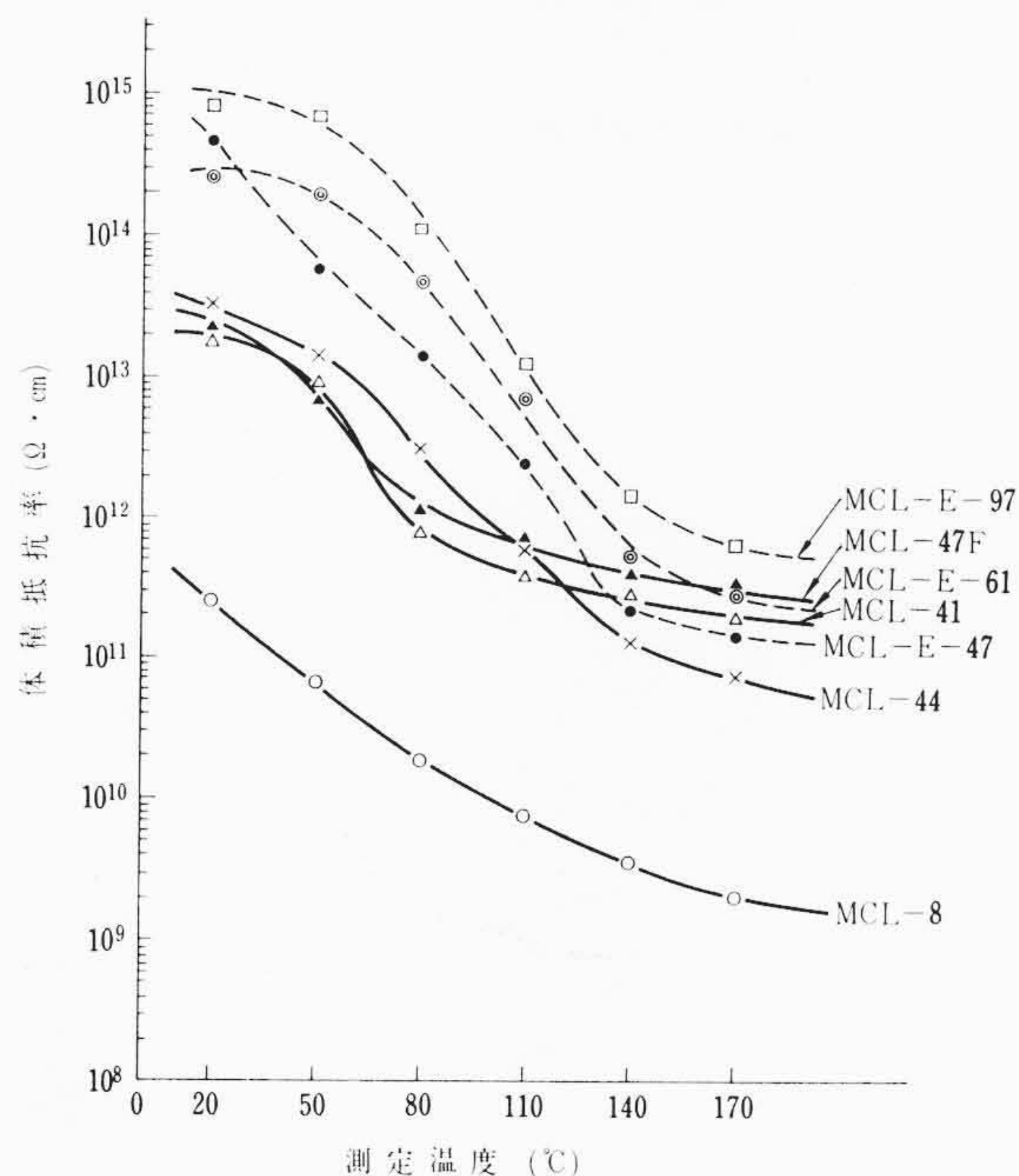


図19 体積抵抗率の温度特性

中に試験片を入れ、室温(20°C)、50°C、80°C、110°C、140°C、170°Cの各温度にそれぞれ30~45分間保持し、その温度で体積抵抗率および表面抵抗を測定した。

体積抵抗率の結果を図19に、積層板面の表面抵抗を図20に、接着剤面の表面抵抗を図21にそれぞれ示した。図19から明らかなように、各試料とも温度が高くなるにしたがって体積抵抗率は低下する傾向にある。そのなかでも比較的低下率の小さいものは、MCL-47F、MCL-41の高級紙基材フェノール樹脂MCLである。初期特性の良好なエポキシ系MCLの低下の割合は前者より大きく、特に、80~140°Cの間で著しく低下する。

表面抵抗は、一般に体積抵抗率のように規則的な変化を示さない。紙基材フェノール樹脂MCLについては約80°C付近に最低値が現われた。これらのことについてはまた別の機会に述べたい。

4.1.2 $\tan \delta$ および ϵ

試験片は、JIS試験法に準じて作った。測定温度は室温(20°C)、50、80、110、140°Cの5点とし、試験片をその温度に30~45分保持した後、1 Mcでの $\tan \delta$ および ϵ を測定した。測定結果は図22に示すとおりである。1 Mcにおける $\tan \delta$ および ϵ は温度上昇によって大きな変化はみられないが、一般に、紙基材フェノール樹脂MCLの ϵ は80°C付近で最大を示し、エポキシ系MCLの ϵ は、温度とともにいく分増加する。

* (注) 加熱処理温度と許容温度の関係はつぎのとおりである。

$$T = 1.02(R + 15 + 273) - 273$$

T : 加熱処理温度 (°C)

R : プリント配線板が許容される温度 (°C)

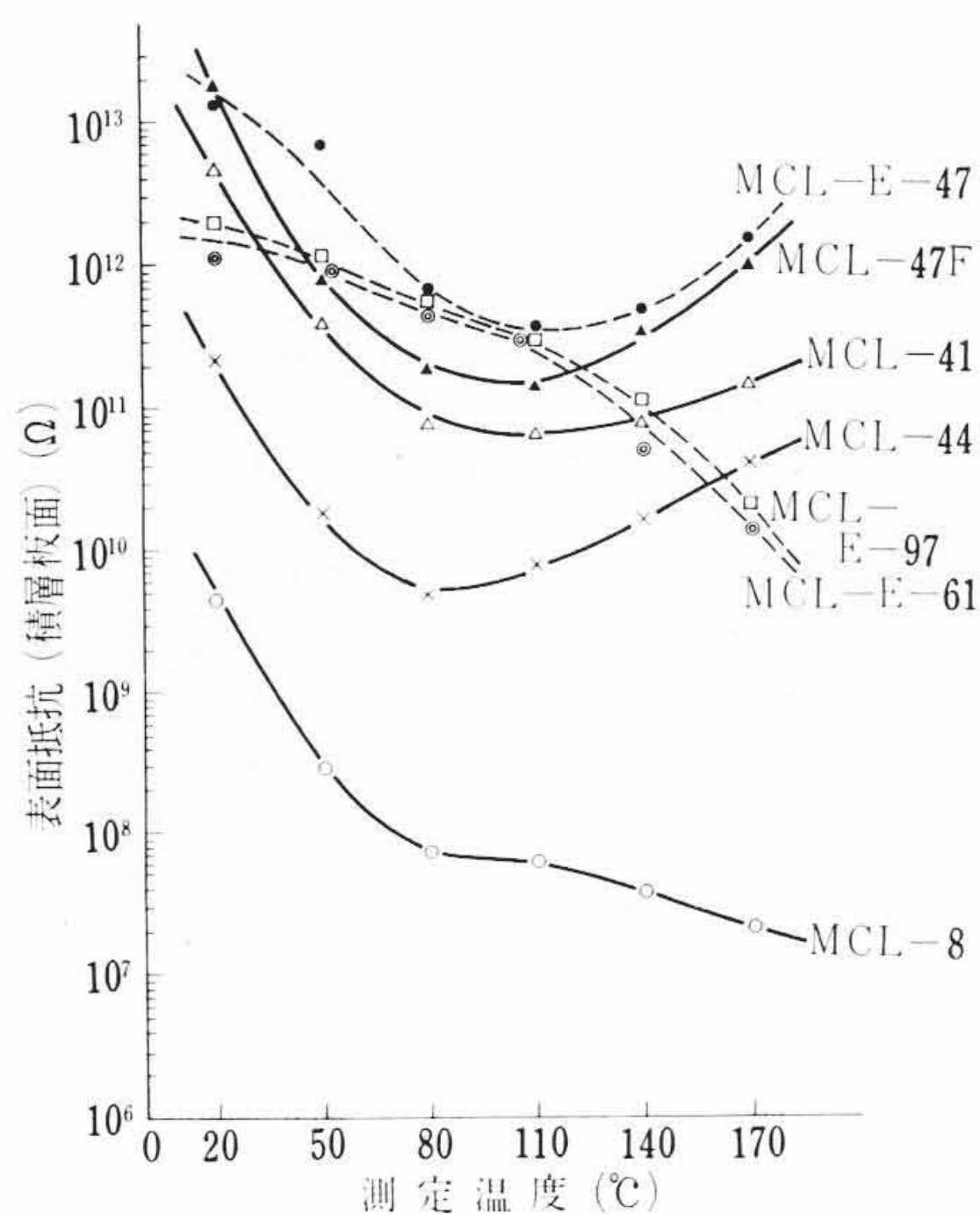


図 20 積層板面の表面抵抗の温度特性

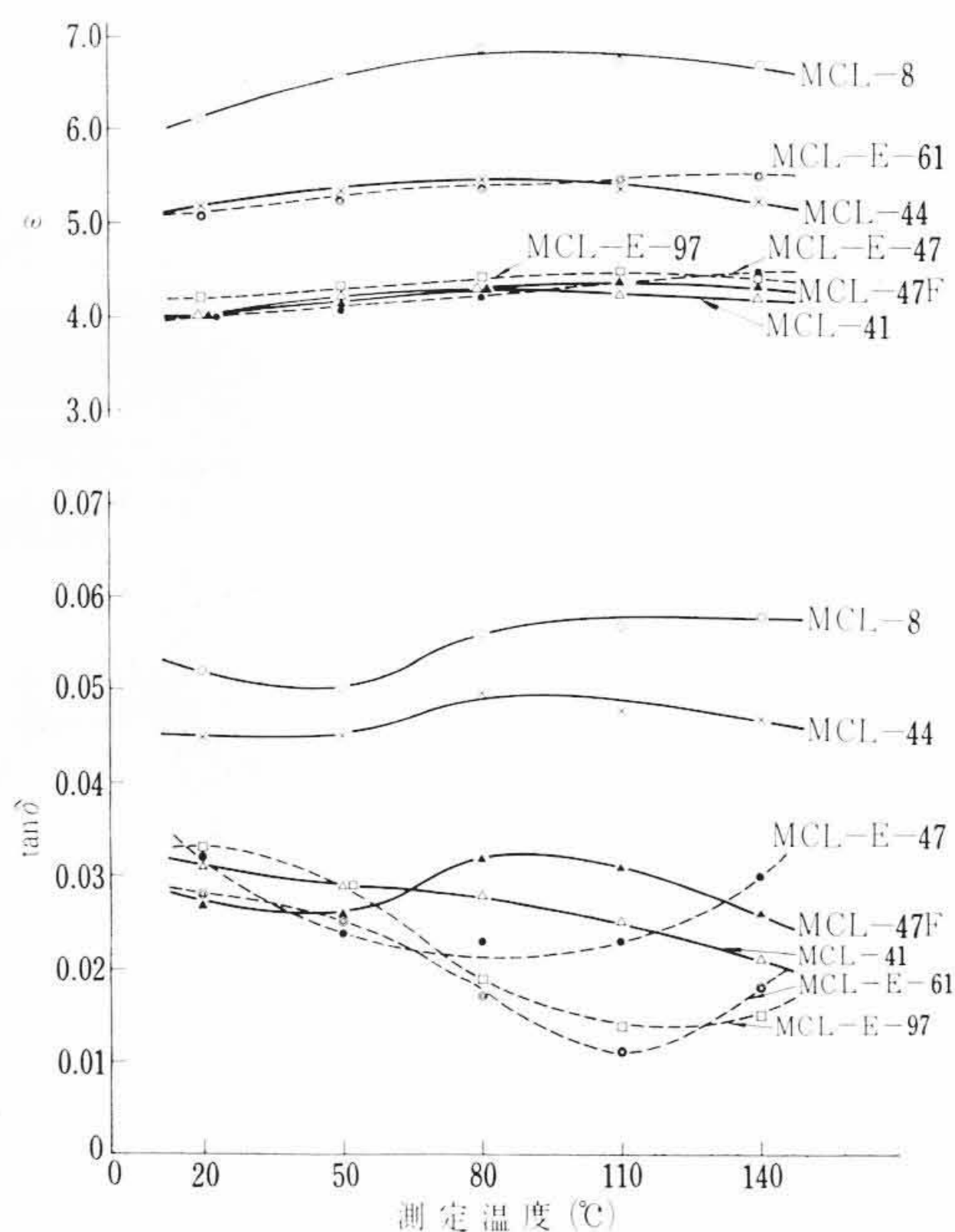
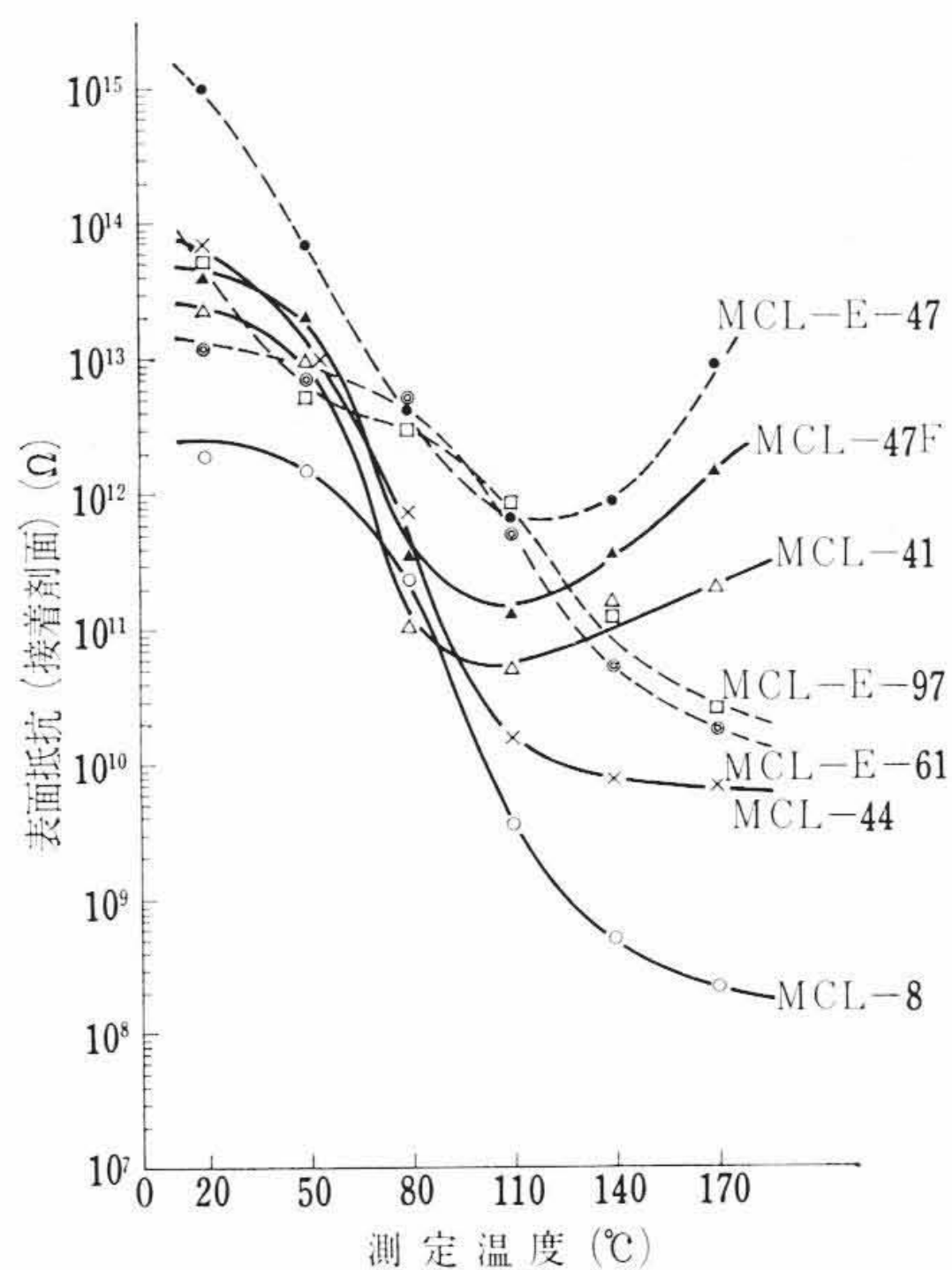
図 22 1 Mc における $\tan \delta \epsilon$ の温度特性

図 21 接着剤面の表面抵抗の温度特性

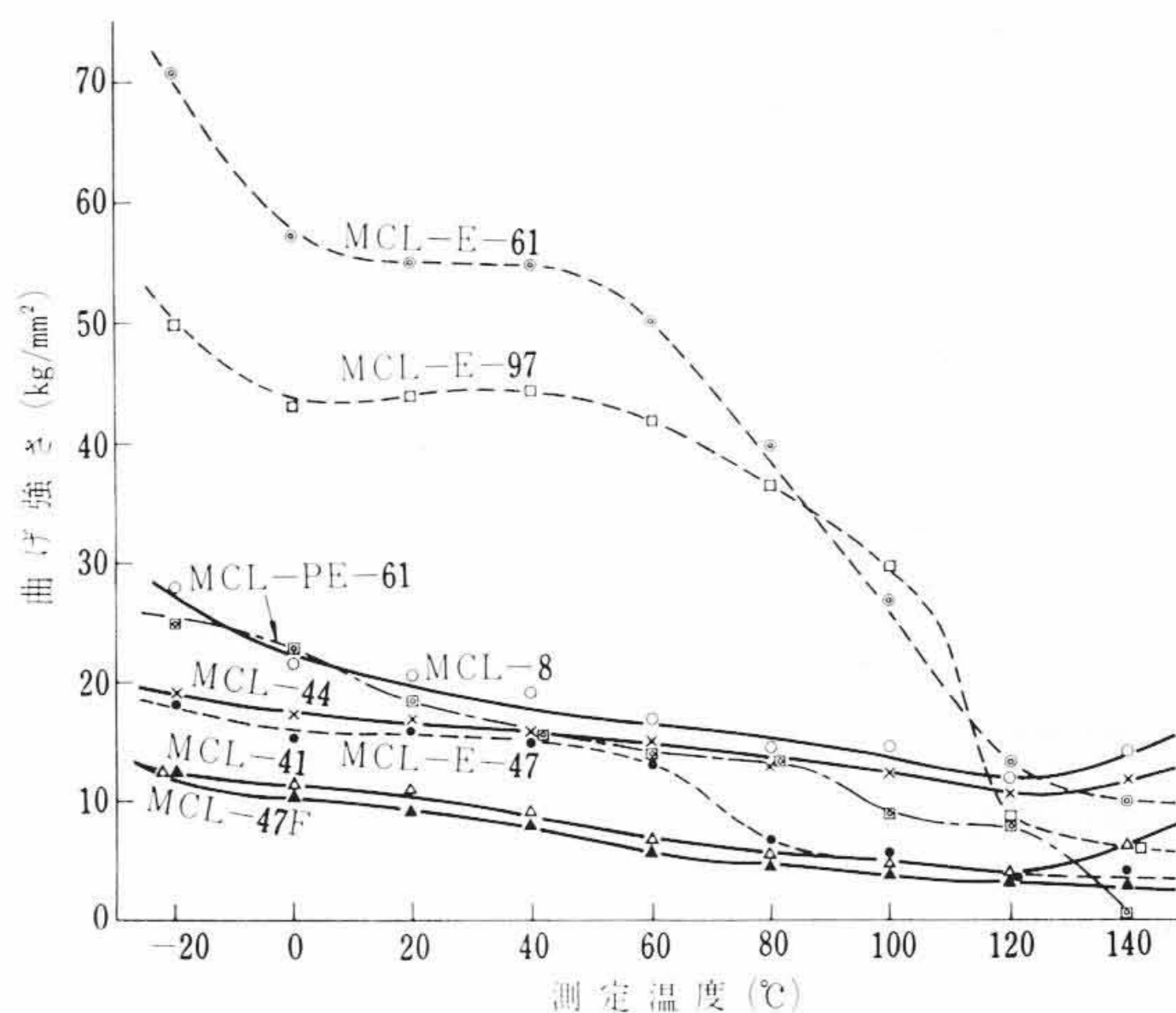


図 23 曲げ強さの温度特性

4.2 曲げ強さおよび曲げ弾性率

試験片は、JIS 試験法に準じて作った。測定温度は $-20, 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140^{\circ}\text{C}$ の 9 点とし試験片をその温度に 30~45 分間保持し、その温度で曲げ強さおよび曲げ弾性率を測定した。

各種 MCL の曲げ強さの温度特性を図 23 に、曲げ弾性率のそれを図 24 に示す。これらの結果から、紙基材フェノール樹脂 MCL の加温打抜用 (MCL-8, MCL-44) のものが、高温まで安定した曲げ強さ、曲げ弾性率を示すことがわかる。また、エポキシ樹脂を使用した MCL は、ある温度 ($80\sim 100^{\circ}\text{C}$) 以上になると曲げ強さ、曲げ弾性率が低下するが、これは樹脂の軟化が影響しているためと考えられる。ガラス布基材のものでも 120°C 以上の高温で使用する場合には、この点を十分留意して使用しなければならない。エポキシ樹脂の耐熱性は、使用樹脂や硬化剤によって大きく変わる⁽¹³⁾ので用途に応じて耐熱用、一般用に分類して使用するのが望ましいと考える。NEMA 規格には、表 2 に示したように耐熱用ガラス布基材エポキシ樹脂 MCL として G-11 がある。日立化成工業株式会社でも耐熱用ガラス布基材エポキシ樹脂を開発している⁽¹⁴⁾。NEMA 規格に準じてその熱間の曲げ強さ保持率を測定した。その結果は図 25 に示すように、NEMA 規格の G-11 を十分満足することがわかる。

4.3 引きはがし強さ(銅ハク接着強度)

プリント基板が高温で使用される場合には、銅ハクの接着強度が問題になる。この点を考え、本項では熱間における 90° 方向の引きはがし強さの温度特性を求めた。測定温度は -10°C 、室温 (20°C)、 $50, 80, 110, 140^{\circ}\text{C}$ の 6 点である。図 26 はその結果であるが、図から明らかなように、エポキシ系 MCL は、 110°C までフェノール系 MCL よりすぐれた特性を示すが、 140°C の温度ではフェノール系より低くなる。これは、接着剤の特性にもある程度起因するが、ハク離面の現象から考えると曲げ強さの温度特性のところで述べたように基板樹脂の軟化現象によるものと考えられる。比較のため耐熱用ガラス布基材エポキシ樹脂 MCL の特性を図中に示したが、高温における引きはがし強さは一般用よりかなりすぐれている。これら高温における引きはがし強さの結果と実用面とを対比させて考えると、機器の温度上昇は過去の経験から一応 120°C 程度と考えられるが、 $1.2\sim 0.8\text{ kg/cm}$ の引きはがし強さを保持できるので実用上支障はないといえる。以上は機器の使用中の温度上昇を想定して実験した

ものであるが、回路の補修などにはコテを用いてハンダあげを行なう場合がある。ハンダ付け作業のような高温下においては、図 26 の結果から接着力が著しく低下していると考えられるので、ハンダ作業にあたってはこの点を特に留意する必要がある。接着強度は、前述したように長期間極端な高温下にさらされない限り、これを常温にもどせば初期の接着強度に復元する性質をもっている。

5. MCL の総合的な評価

代表的な MCL の熱劣化と熱間特性について検討し、その結果を述べた。MCL に要求される特性すなわち、材料選択基準には用途により規格試験などに示される一般性能で十分なもののや、本稿で述べた熱的な特性のほかに吸湿特性、寸法安定性、耐薬品性、複雑な形状を打抜加工するための高度な加工性を要求されたり、あるいは自己消炎性を要求される場合もある。今回実験にとり上げなかった特性も含めて各種 MCL の概要を以下に述べたい。

5.1 フェノール系 MCL

一般に紙基材を使用した MCL は、耐湿性がエポキシ系 MCL に比べてやや劣る。しかし、紙基材のなかでも高級な MCL-44, MCL-47, MCL 41, MCL-47F などは、比較的良好な耐湿性を有してお

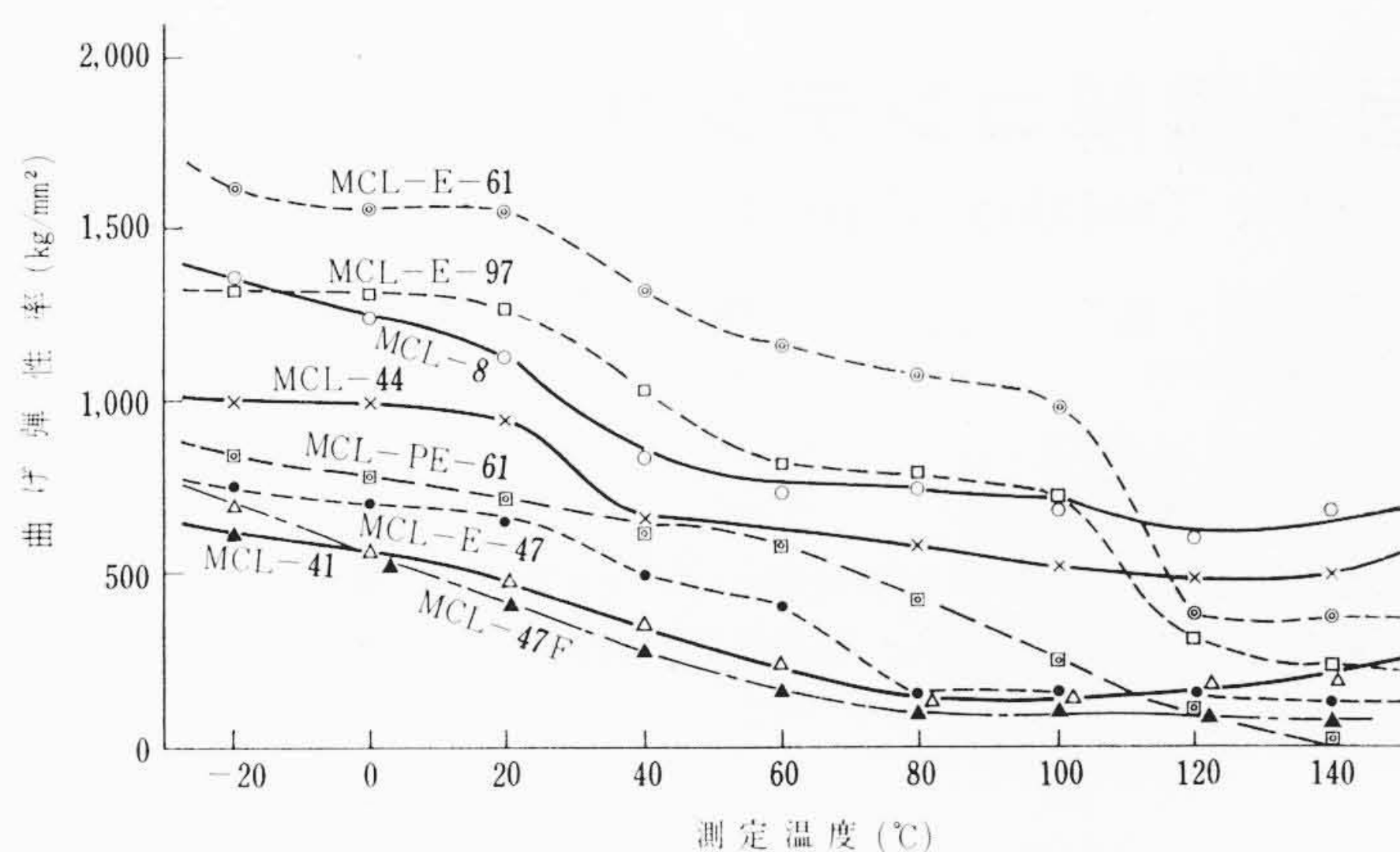


図24 曲げ弾性率の温度特性

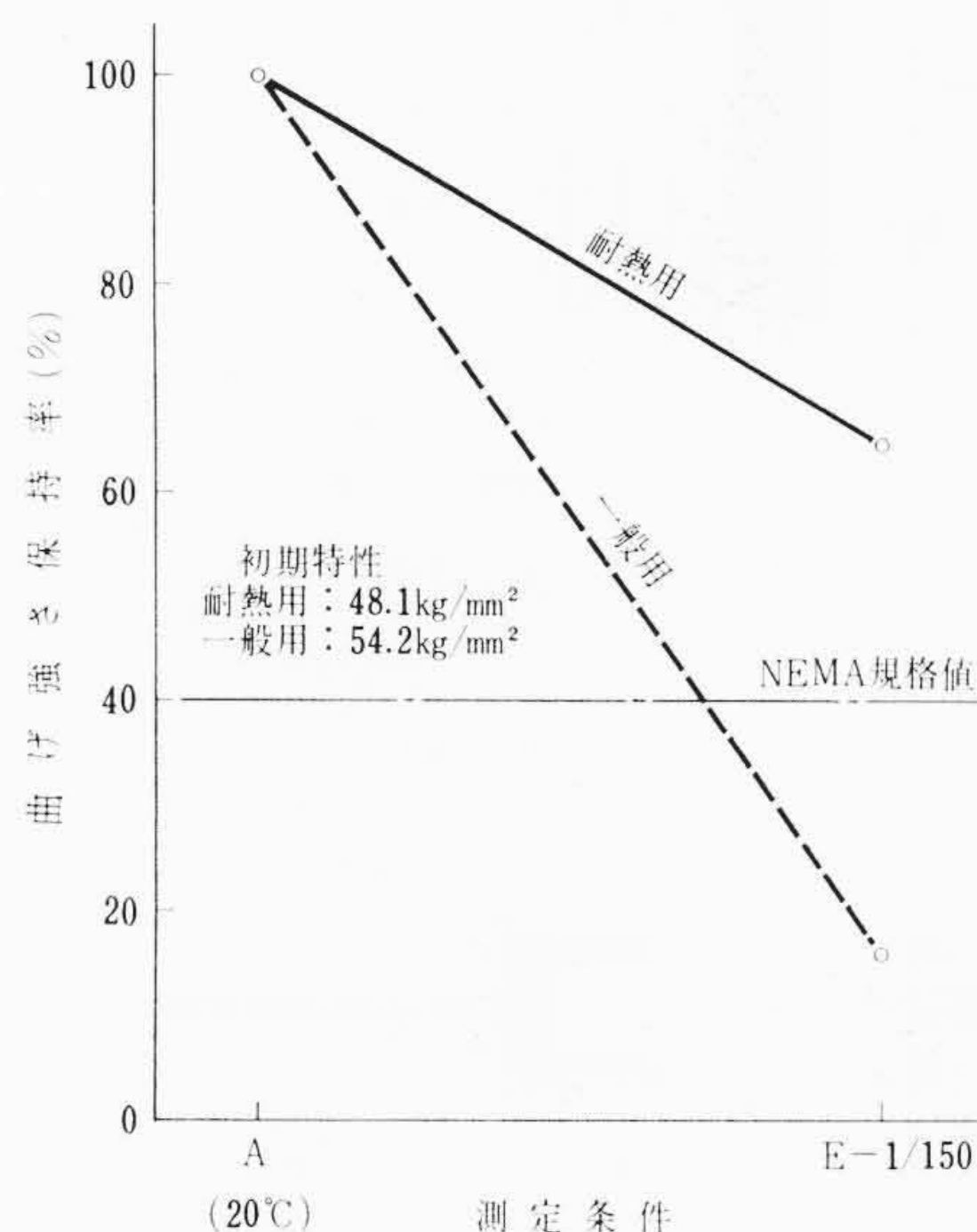


図25 ガラス・エポキシ MCL の一般用と耐熱用の熱間曲げ強さ保持率の比較

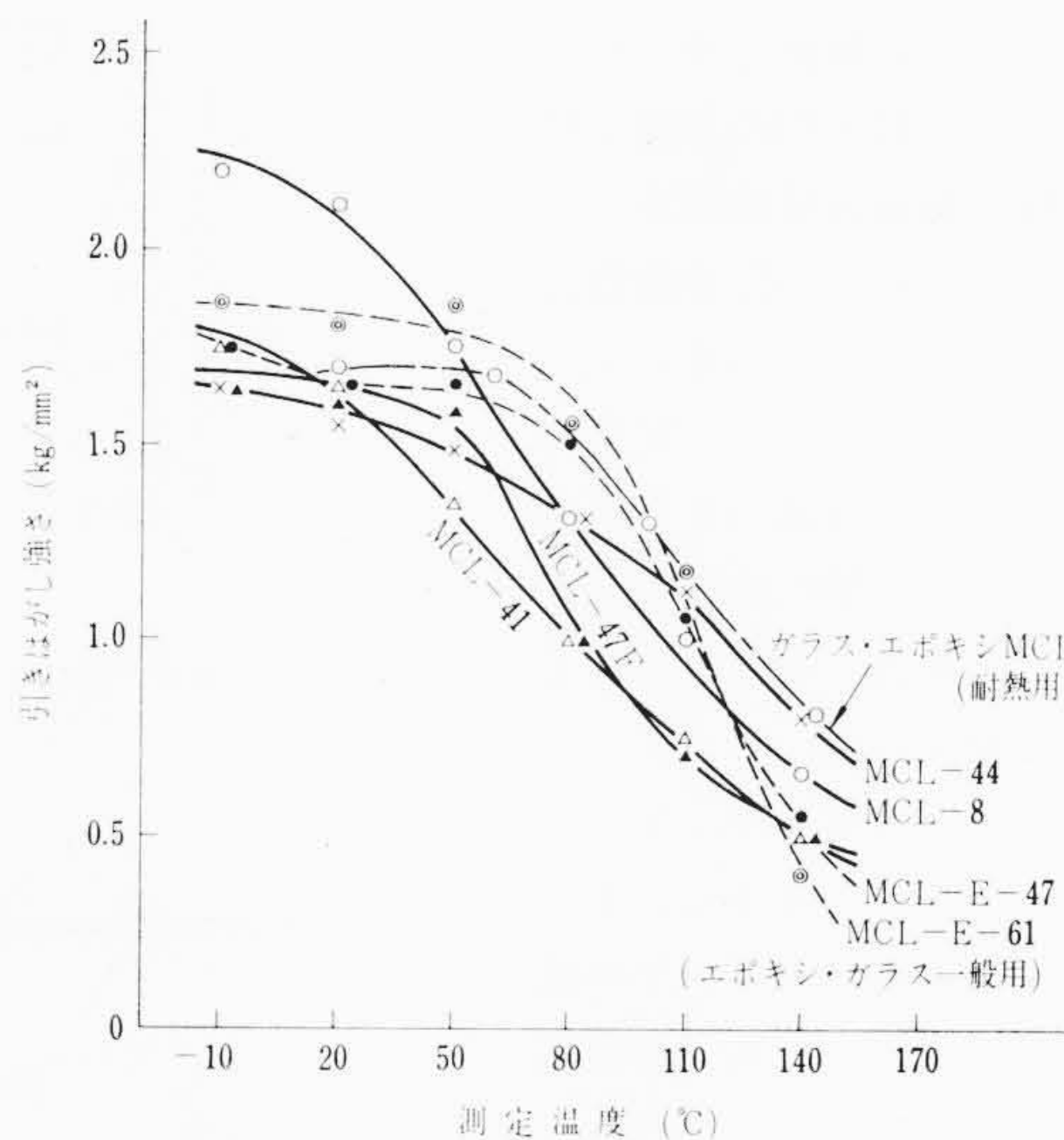


図26 引きはがし強さの温度特性 (90度方向)

り高信頼性を要求される電子機器、通信機器に使用できる。

曲げ強さは、基材の性質上ガラス布基材のものほど強くはないが、加温打抜用の MCL-8, MCL-44 (47) は 120~140°C まで比較的安定した強度をもっている。引きはがし強さの熱劣化はほとんどみられず長期間の使用に十分耐える。また、MCL-47 F は自己消炎性を有し、NEMA 規格 FR-2 の特性を満足する。

5.2 エポキシ系 MCL

エポキシ系 MCL としては、紙基材自己消炎性の MCL-E-47, MCL-E-48 (ガラス布補強), ガラス布基材の MCL-E-61, MCL-E-64, テトロン布基材の MCL-E-97 がある。

MCL-E-47, MCL-E-48 は、すぐれた打抜加工性と耐湿性を有する。ガラス布基材のものは、すぐれた諸特性をもっており特に熱劣化特性、耐湿性、寸法安定性はほかの追随を許さない。しかし、樹

脂の性質上高温での曲げ強さの低下の割合がフェノール系のものより大きい。エポキシ系で特に熱間の耐熱を必要とする場合には、4.2 項で述べた NEMA 規格 G-11 相当品を使用する必要がある。テトロン布基材の MCL は、耐湿性が特にすぐれほかの諸特性もほぼガラス布基材の MCL と同等であり、ガラス布基材の欠点とされている常温での打抜加工性を改良したものである。

5.3 架橋化ポリエチレン MCL

MCL-PE-61 は高周波用に開発されたもので $\tan \delta, \epsilon$ が小さく周波数特性も良好である。このものは、ガラス布で補強されているため 120°C まで安定した機械強度をもっている。

6. 結 言

MCL が機器に組み込まれた場合の諸条件を想定して、各種 MCL の熱劣化および熱間における電気的性質機械的性質および引きはがし強さなどの諸性能について述べた。設計者や使用者各位の材料選択上の指針となれば幸いである。本報でとり上げた特性のほかに、最近では寸法安定性と打抜加工性がかなり重要な課題になっており今後これらの角度から検討したいと考えている。

終わりに本実験に協力くださった山中君に深謝する。

参 考 文 献

- (1) 横山, 樋口: 日立評論 40, 367 (昭 33-3)
- (2) 斎木, 伊藤: 日立評論 43, 1112 (昭 36-9)
- (3) 斎木, 鈴木, 横倉: 日立評論 46, 504 (昭 39-3)
- (4) 中川, 池添: 日立評論 46, 1337 (昭 39-8)
- (5) 上山, 三島: 日立評論 46, 1509 (昭 39-9)
- (6) 日本工業規格: JISC 6481「印刷回路用銅張積層板試験方法」
- (7) NEMA 規格 Part 10: Copper-Clad Laminates
- (8) ASTM D 1867-61T: Copper-Clad Thermosetting Laminates for Printed Wiring
- (9) MIL-P-13949C: Plastic Sheet, Laminated, Copper-Clad (for Printed Wiring)
- (10) DIN 40802: Kupferkaschierte Schichtprebstoff-Tafeln
- (11) UL 規格: Subject 492 Proposed Requirement for Printed Wiring Boards (Jan. 1961)
- (12) 日立化成工業株式会社編: 技術資料 F-[1]-10 MCL の UL 規格による試験結果 (昭 40-3)
- (13) たとえば佐久本: ラバーダイジェスト Vol. 15, No. 4 (1963-4)
- (14) 鈴木: 未発表