

印刷回路用基板の特性

Characteristics of Base Plates for Printed Circuits

横山 亮次* 樋口 英健*
Ryoji Yokoyama Hidetake Higuchi

内 容 梗 概

電子工業に使用する印刷回路方式は、配線方式の簡易化と機器の小型化のためにわが国でも近年急速に発達しつつあるもので、今後ますます普及の傾向を示している。この目的に使用する基板は各種合成樹脂板に金属箔を貼合せたものが使用され、種々の特性について高度の要求があるので、本報告ではそれらの要求性能について銅箔貼合せフェノール樹脂積層板を用いて詳細の検討を試みた。

その結果本文で述べる印刷回路用基板は長期使用に十分耐える性能を有していることを明らかにした。

1. 緒 言

印刷回路用基板（以下 MCL と略称する）は、配線方式の簡易化を目標としたいわゆる金属貼合せ板で^{(1)~(8)}、第二次大戦を契機として急速に発達してきたものであり、用途に応じて各種合成樹脂板を使用している。

現在、最も多量に使用しているものは銅箔貼合せ紙基材フェノール樹脂積層板で、最近国産化されている MCL のほとんど大部分はこの系統に属し、ラジオ、テレビその他の電子工業に高度に応用されている。

要求性能としては電気絶縁特性、接着強度、製品ソリ、耐熱性などでいずれも要求条件が高く、また長期使用による性能の保証も求められているので、これまで行つた実験を主体としてその特性の一端を報告し使用者各位の便に供した。

2. MCL の種類と用途および一般性能

MCL は第 1 表に示すように各種の積層板を基板とし

たものが知られ⁽⁹⁾、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、メラミン樹脂系以外のものは接着強度が低く実用上なお改善の余地がある。

これら基板のうち、フェノール樹脂積層板（紙基材）は多量生産用として最も好適とされ、需要の開拓いかんによつてはフェノール樹脂積層板の大きな販路の一つと数えられている。米国においては第 2 表に示すように 1952 年に NEMA 規格に取りあげられ、逐年規格が改訂されているほどであり⁽¹⁰⁾、わが国においても印刷回路研究会が発足しその規格化が審議されている。

第 2 表 印刷配線用基板の NEMA 規格 (1957 年)

耐 熱 性 半 田 浸 漬 気 中 加 熱	232 ± 2°C 10 秒, 異常ないこと 120 ± 2°C 30 分, 異常ないこと
接着強度 常 態, 平 均 最 低	5 lb/in 4 lb/in
誘電体力率 (1MC)	0.035

第 1 表 各種印刷配線用積層板の特性

材 料	最 高 使 用 温 度 (°C)	曲げ強さ × 10 ³ psi	吸 湿 率 (24 時間) (%)	誘 電 率 (1MC)	銅 箔 接着強度 (lb.)	打 抜 性	耐アーク性	半田浸漬 data		Cost
								温度(°C)	時間(S)	
紙または布基材 XX, Phenolic XXP XXX XXXXP epoxy	120	18	1.3	5	4~8	F	P	210~240	3~5	low
	120	17	1.0	4.5	4~8	EX	P	210~240	3~5	low
	120	15	0.8~1.3	4.7	4~8	P	P	210~240	3~5	low
	120	19~23	0.55~1.3	4~5.5	4~8	F~G	P	210~240	3~5	med.-low
	120+	24.5	0.27	4.3	6~10	F	VG	220	>30	med.
ガラス繊維基材 melamine silicone polyester epoxy teflon	127	55	0.6~2.0	6.8	4~6	F	VG	265	15	med.
	150	40	0.2~0.3	3.5	1.5~7	F	VG	240~265	30	med.-high
	120	23	0.2	4.3	2~4	F	F	—	—	med.
	120+	60	0.24	4	6	G	VG	275	30	med.-high
	150+	—	0.3	3.3	1~3	—	VG	240~265	—	high
ナイロン布基材 phenolic	75	16	0.2	3.3	3~5	EX	—	210~240	5	med.

* 日立製作所多賀工場

第3表 ASTM による基板の特性値

項 目	処理条件	種 類 厚さ (in) 単 位	XXXXP		XXP		PC	LP-44-4N	
			1/16	1/8	1/16	1/8		1/16	1/8
絶縁破壊(沿層)	A	KV	60	60	60	60		60.5 以上	60.5 以上
	D-48/50		15	15	8	8		48 以上	53.5 以上
衝 撃 値	E-48/50	ft-lb/in	0.35	0.35	0.45	0.45	0.60		0.58
タテヨコ			0.30	0.30	0.40	0.40	0.55		0.59
曲 げ 強 さ	A	psi	12,000	12,000	14,000	14,000	10,000	20,800	19,400
タテヨコ			10,500	10,500	12,000	12,000	8,000	17,600	17,500
吸 水 率	E-1/105 +D-24/23	%	1.0	0.75	1.8	1.10	5.5	0.40	0.28
誘 電 率 (1MC)	A		4.6	4.6	5.0	5.0			
	D-24/23		4.8	4.8	5.3	5.2			4.8
	D-48/50			5.3		5.8			
誘電体力率 (1MC)	A		0.030	0.03	0.040	0.04			
	D-24/23		0.035	0.035	0.06	0.05			0.035
	D-48/50			0.05		0.10			

第4表 打 抜 加 工 用 積 層 板

日立製作所製品名 該当日本工業規格 規格電電公社仕様書		LP 44-4N — P3B, P4B		LP33NP — P4B	LP48N — P4B
項 目	処理条件	単 位	フェノール樹脂 紙 基 材	フェノール樹脂 紙 基 材	フェノール樹脂 紙 基 材
貫層耐電圧	A	kV/mm	>18	>11	>11
沿層耐電圧	A	kV/15mm	>35	>25	>25
沿層絶縁破壊電圧	A	"	>40	>30	>30
	D-48/50	"	>15	—	—
沿層絶縁抵抗	A	MΩ	5×10 ³ ~10 ⁴	5×10 ² ~10 ⁵	5×10 ² ~10 ⁵
	D-2/100		4×10~6×10 ²	2~5×10	1×10~10 ²
体積固有抵抗	A	MΩ-cm	10 ⁵ ~10 ⁷	5×10 ³ ~10 ⁶	5×10 ³
表面固有抵抗	A	MΩ	10 ⁵ ~10 ⁷	5×10 ³ ~10 ⁶	5×10 ⁵
誘電体力率(1MC)	A		0.02~0.05	0.04~0.07	0.04~0.08
誘電率	A		4~6	4.5~7	4.5~7
引張り強さ	A	kg/cm ²	7~13	8~14	6~12
曲げ強さ(層に垂直)	A	"	12~18	9~15	9~15
耐熱性試験温度	A	°C	130	130	120
密 度	A	g/cm ³	1.34~1.42	1.34~1.44	1.34~1.44
吸 水 度	A	mg/100cm ²	50~160	100~300	80~200
収 縮 率	(通研仕様書) E-4/100	%	3~5	4~8	3~7
打 抜 加 工 性	ASTM: D617	Point	80~90	70~90	70~80

第5表 MCL の標準性能(保証値)

試験項目	品 性	MCL-44	MCL-4	MCL-PC
耐 熱 性				
半 田 浸 漬		230°C ~10秒浸漬で異常なし		
気 中 加 熱		130°C ~30分加熱で異常なし		
接着強度(kg/cm)				
常 態		1.3 以上		
熱 処 理 後		1.0 以上		
沿層絶縁抵抗				
煮沸2時間後		10 ³ 以上	10 ² 以上	10 以上
半田処理後		10 ² 以上	50 以上	10 以上
煮沸2時間				
打 抜 加 工 評 点		fair 以上		

注: MCLの打抜加工条件

MCL-44 加工温度 120 ~ 140°C
MCL-4 加工温度 80 ~ 100°C
MCL-PC 加工温度 常温(5~30°C)

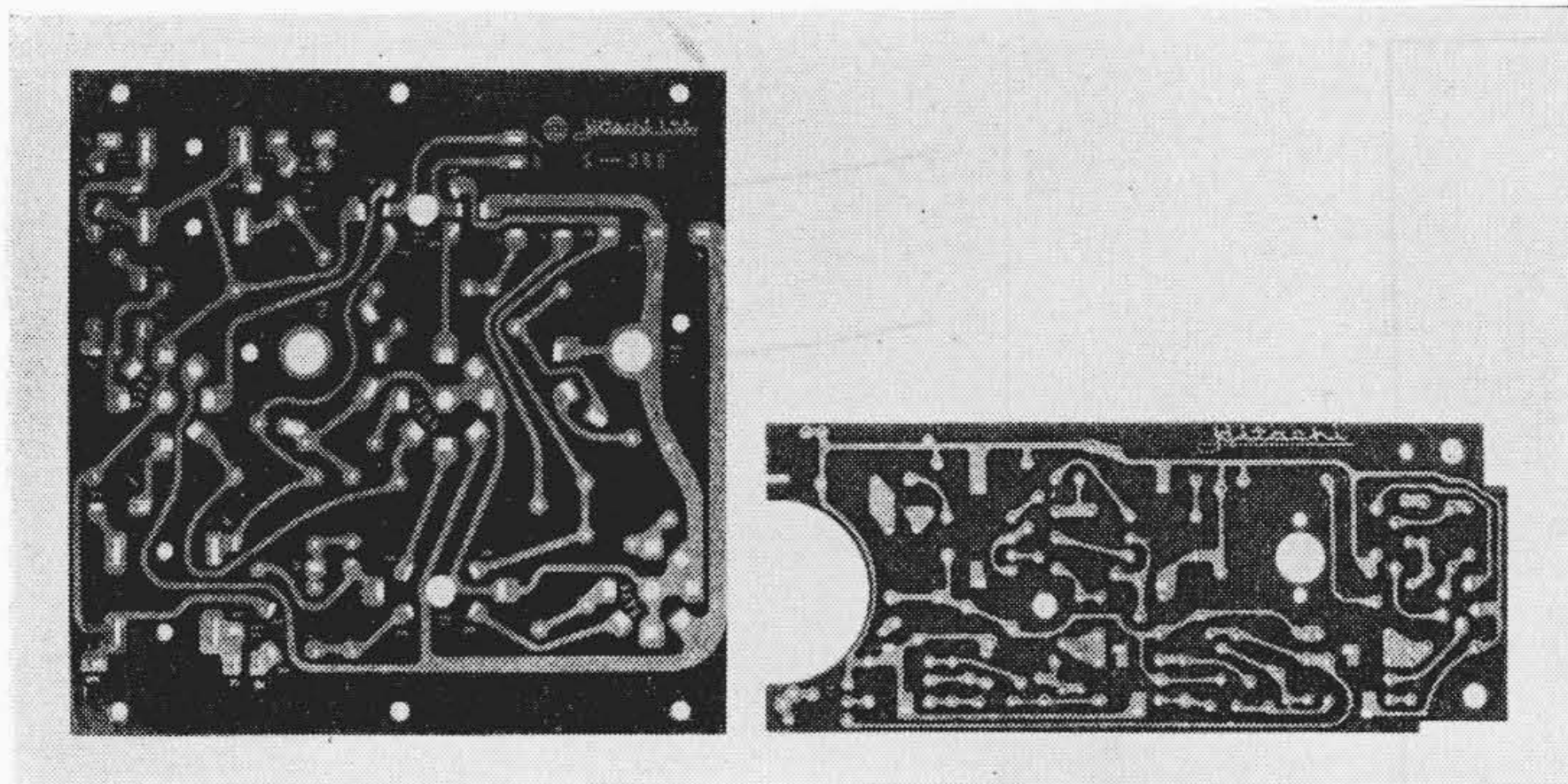
上記の紙基材フェノール樹脂積層板はA種程度の耐熱性を有しているの
で⁽¹¹⁾⁽¹²⁾, これよりも耐熱性を必要と
するときはエポキシ樹脂, シリコン
などの積層板を使用する必要があり,
特に高周波特性を必要とするときはナ
イロン布~フェノール積層板, エポキ
シ樹脂, シリコン積層板などを基板
とし, 耐アーク性を必要とするときは
メラミン, シリコンなどの積層板が
使用されている。

基板に使用する積層板は, 打抜加工
性と電気絶縁性が重要視されているた
め, ASTM による XXX-P^{(13)~(15)} 級
の積層板が最も多く, ついで XX-P
級の積層板が使用される。また打抜性

を特に重要視するときはPC級の積層板が使用されてい
る。

第3表はこれら基板に使用する積層板の ASTM によ
る規格値⁽¹⁶⁾と, 日立製作所で製造している XXX-P 級
積層板(LP-44-4N)の性能を示したもので, 第4表は
JIS 方式に基いて求められている打抜加工用積層板の性
能を示したものである。日立製作所においては, これら
3種類の積層板を用い第5表の標準性能を有する MCL
を生産し, それぞれ市場の要求をみたしている。

MCL の標準仕様は第6表に示すとおりで, 第1図は
これを用いた印刷配線の適用例である。



MCL-44 基板 MCL-PC 基板
第1図 印刷配線応用例

第6表 MCL の標準仕様

厚さおよび許容差(mm)	JIS-K 6706 付表2 PL-111に準ずる
大 小 (mm)	1,000 ± 10
銅箔厚さ (mm)	0.035 ± 0.005
反 り (mm)	厚さ1.6mm未満 1,000mmにつき 150mm以下 厚さ1.6mm以上 1,000mmにつき 120mm以下

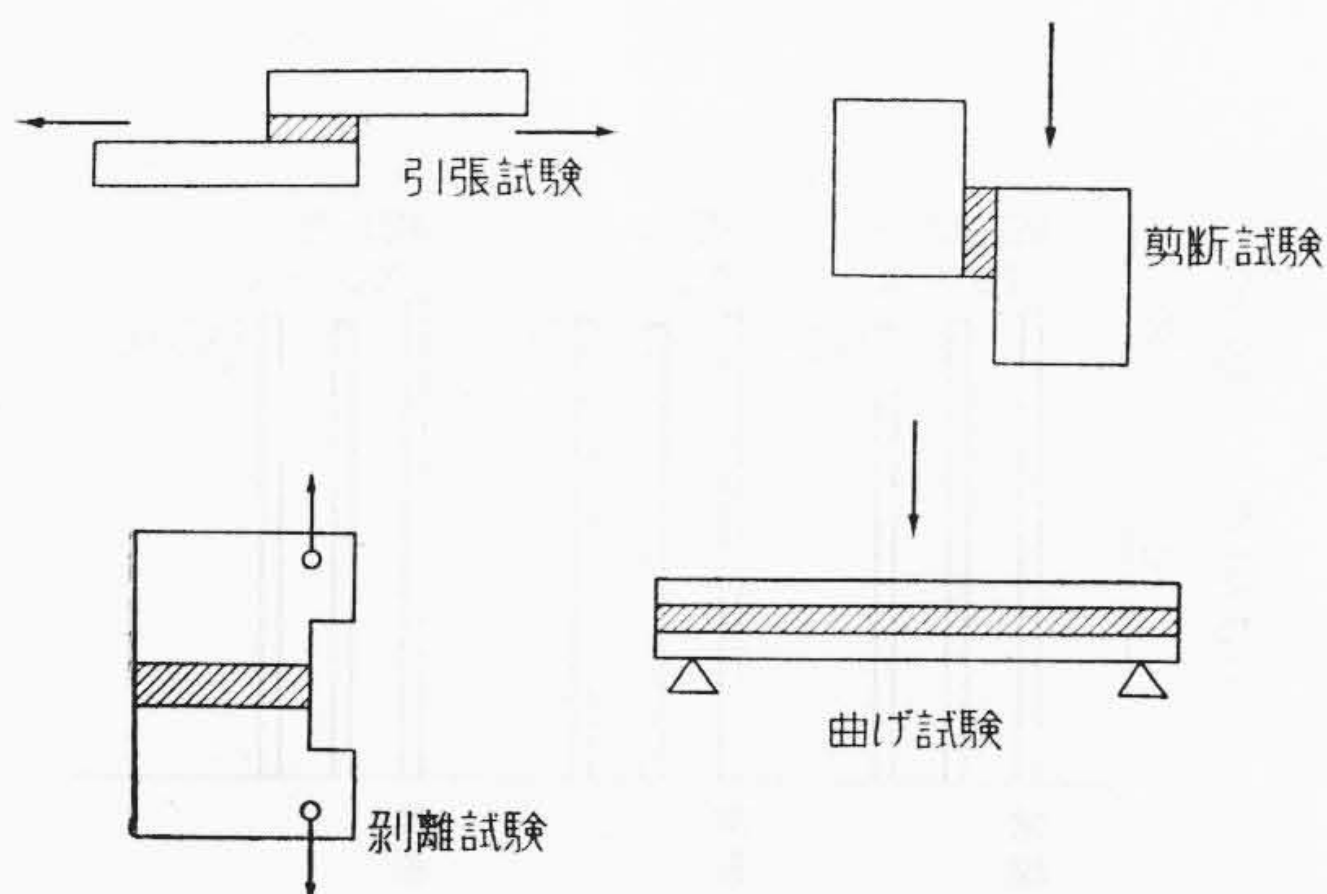
3. 引はがし強さ

銅箔とそれに使用している合成樹脂板との接着性は、加工作業上最も重要な特性の一つで、接着むらのないこと、接着強さの大きいこと、半田浸漬処理後の強度低下の少ないことなどが必要条件の第一にあげられている。

一般に、接着強さは第2図に示すように抗張剪断、剥離、曲げ試験などの方法で求められる⁽¹⁷⁾。この場合は主として接着剤の強度試験を主目的とし、被接着材はいずれも同質、同厚みであるため、基板と銅箔厚みを異にするMCLにはこの方法をそのまま適用することはできない。

そのためMCLの場合には、第3図に示すa、bいずれかの引はがし方法でその接着強さが求められている。

すなわち、a方法は基板より銅箔をはがし、これを垂直方向に、b方法は180度方向に引はがしたときの平衡



第2図 接着強度測定法

引はがし強さを求めて接着強度としているので、a法はb法に比べて高い値の得られるのが通例である。NEMA規格はaの方式、本報告はbの方式を採用している。

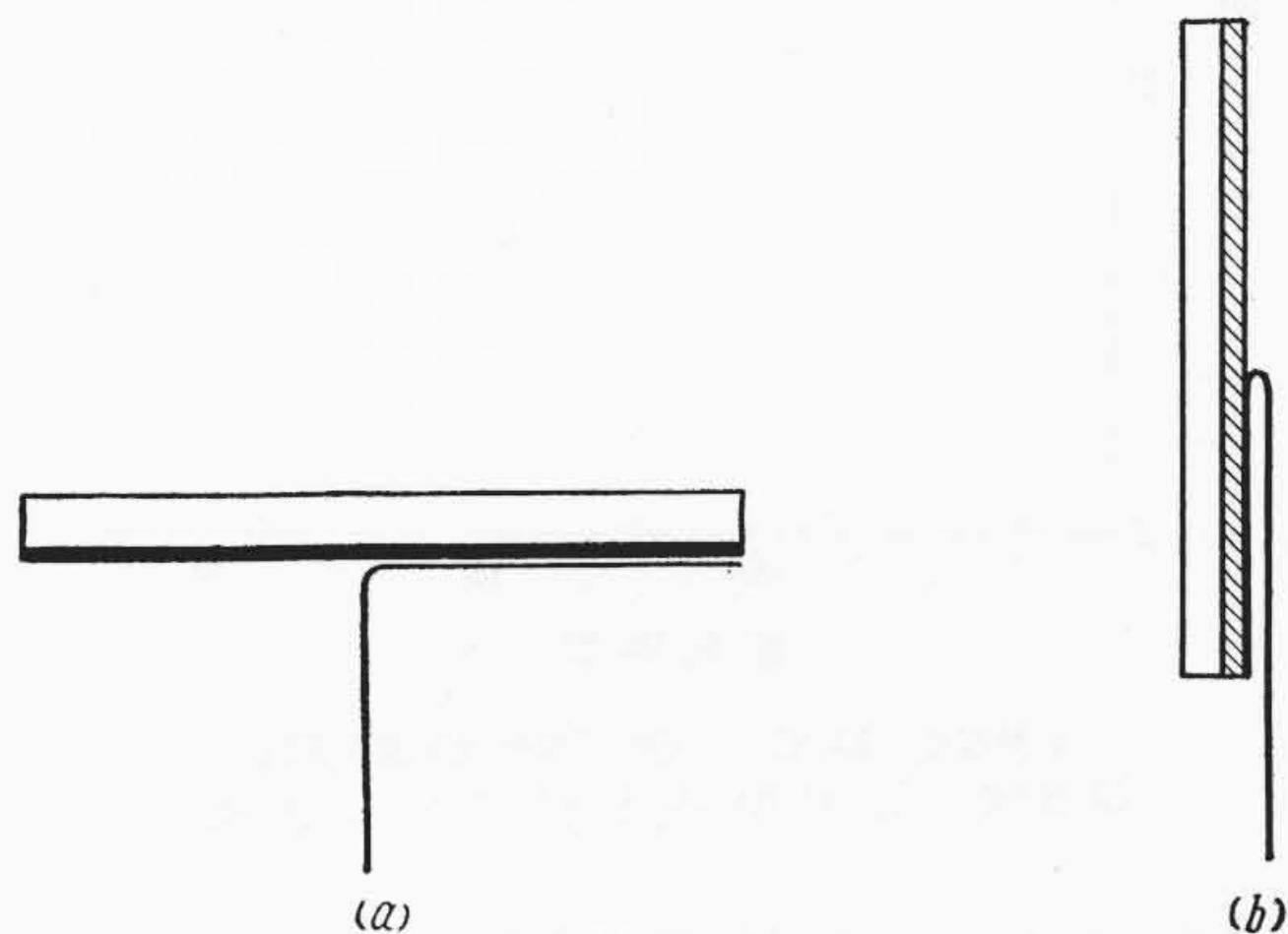
第7表は、1,000×1,000mm 角のMCLについて第4図に示す各箇所より100×10mmの試料をとり、それぞれについて求めた引はがし強さで、その値が示すように接着強度むらが少なく、比較的均一な接着特性を示している。

またその強さは約80℃まで加温しても著しい変化を示さない。

第5図は、130℃気中で加熱したときの引はがし強さの変化で、その値はMCL-44>MCL-4>MCL-PCであるが、いずれも著しい低下がなく、接着剤の変質はみられない。

第6図は、エポキシガラス積層板を基板とするMCLで、第5図と同様の傾向を示している。

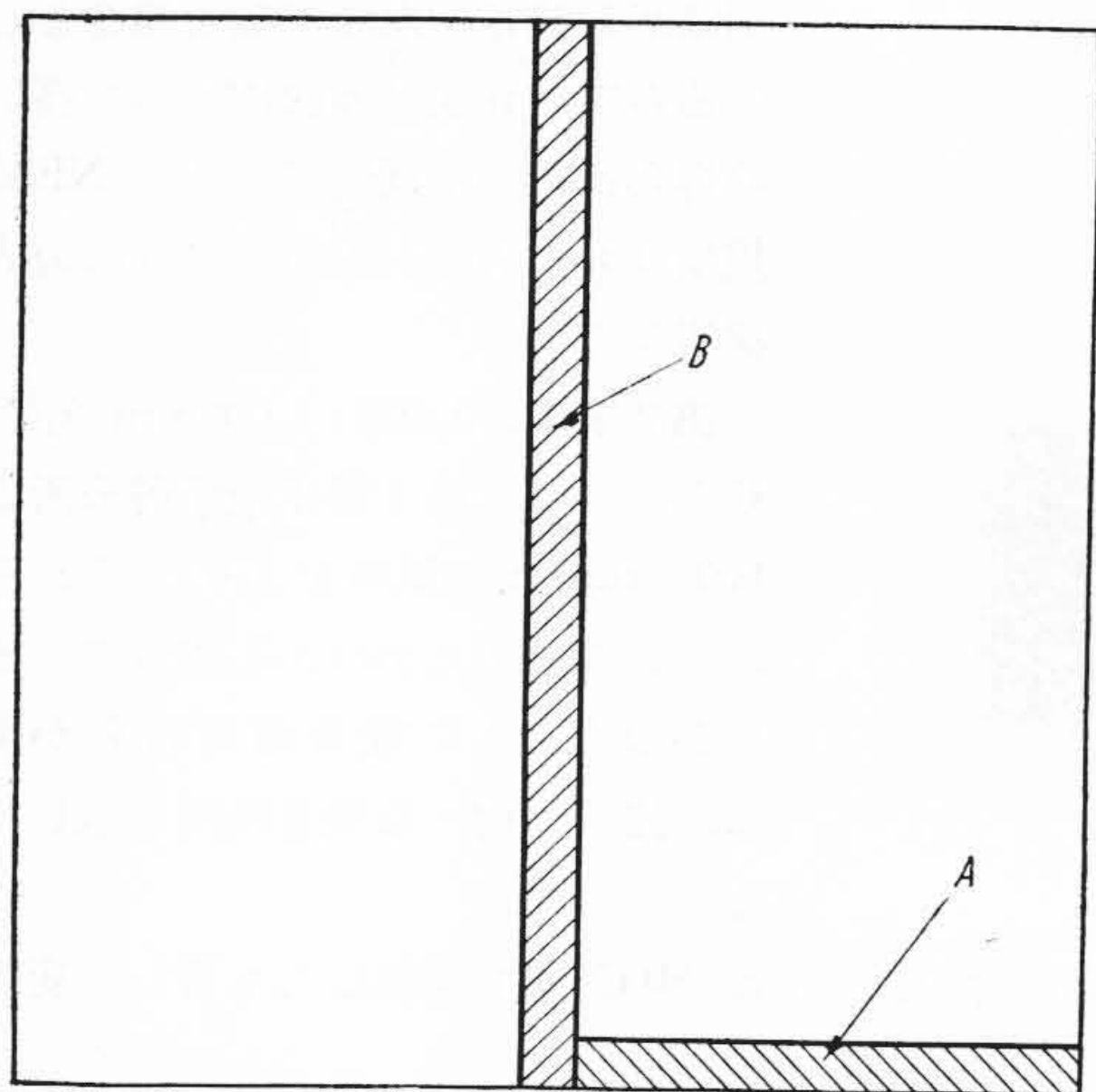
第7図は、銅箔面を220~240℃に加熱してある半田上に10秒間浸漬したときの値で、常態強度に比べてほと



第3図 MCL の接着強度測定法

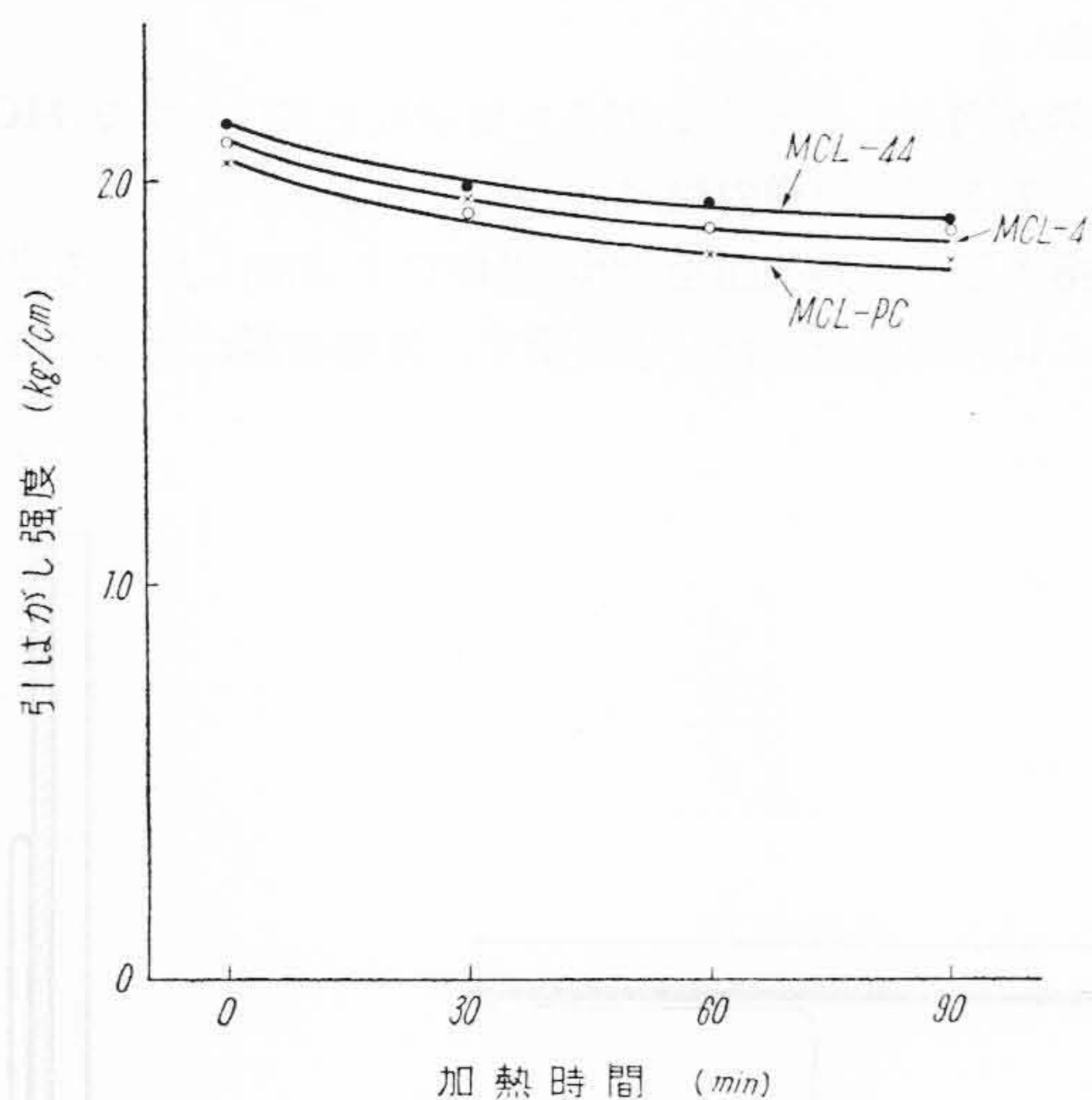
第7表 中央部および端部の接着強度 (単位 kg/cm)

	A (端 部)		B (中 央 部)	
測 定 値	2.0	2.0	2.0	2.0
	2.0	2.0	2.0	2.0
	2.0	2.0	2.0	2.0
	1.8	2.0	2.0	2.0
	2.0	2.2	1.8	2.0
	2.2	2.0	2.0	2.0
	2.0	1.8	1.9	1.9
最 大 値	2.2		2.0	
最 小 値	1.8		1.8	
平 均 値	2.0		1.97	



(斜線部は試験片切取部)

第4図 試験片切取部

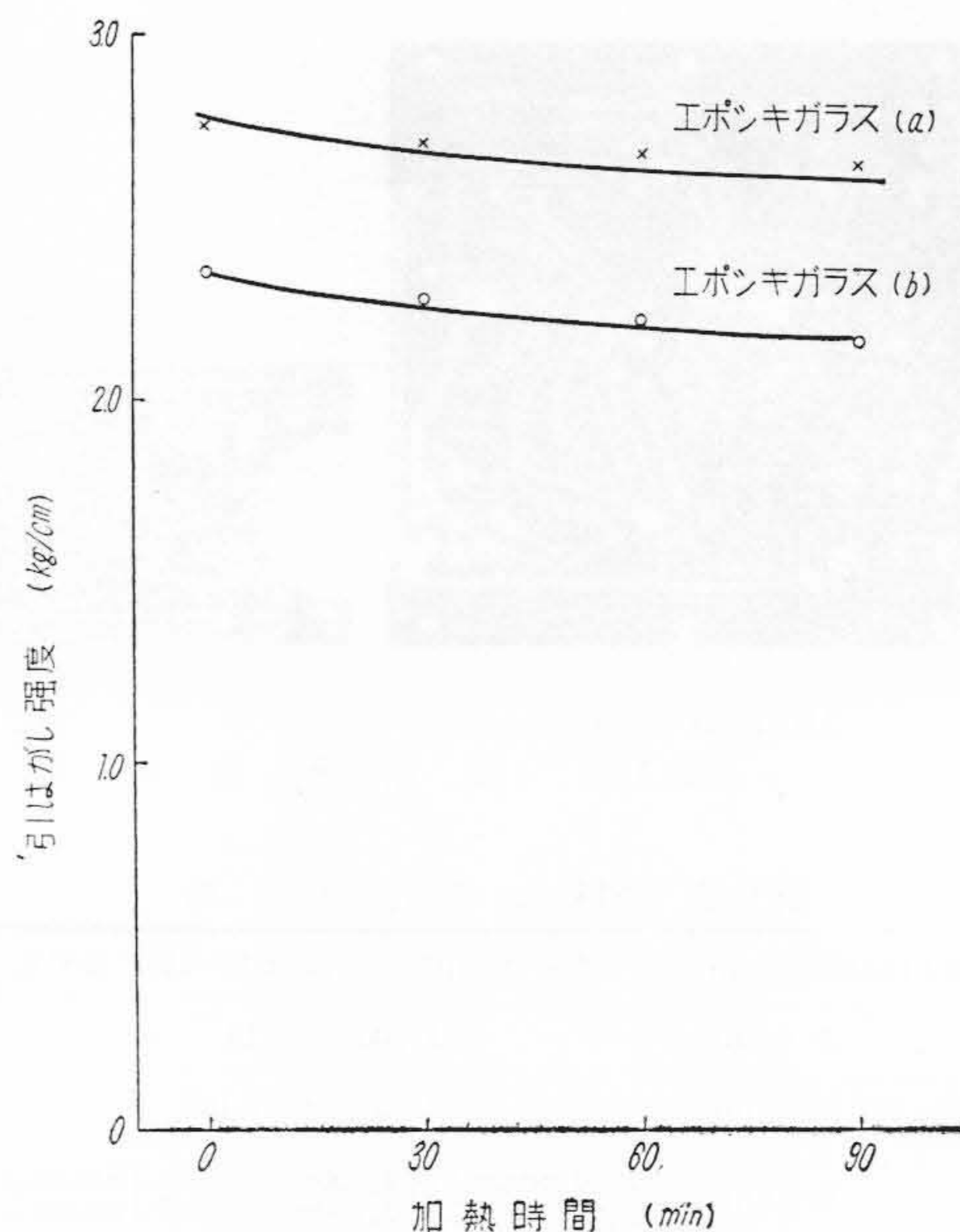


(加熱温度 130°C 一定時間加熱後常温で測定)

第5図 気中加熱と引はがし強度

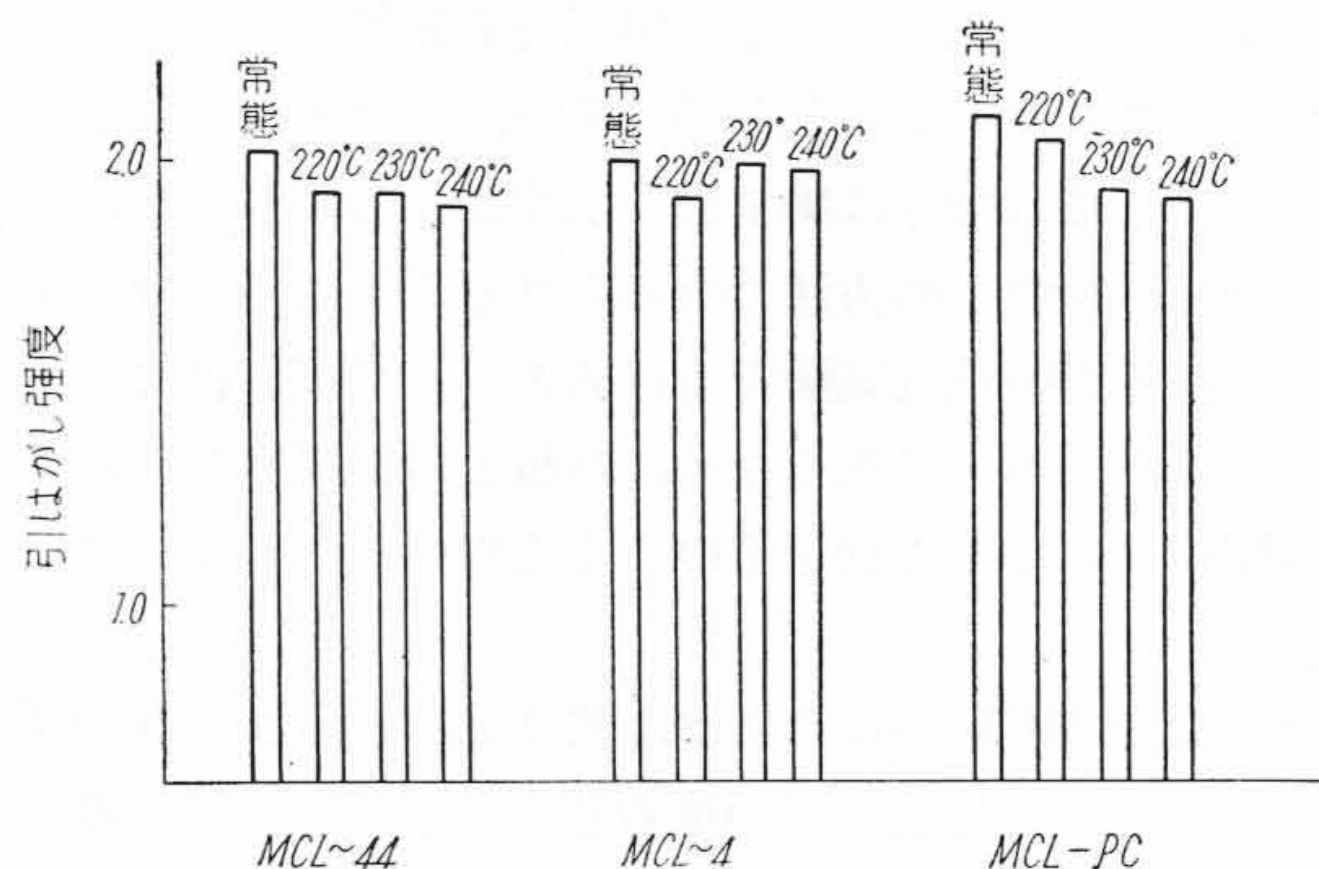
んど差がなく、この程度の瞬間的温度条件に対しても接着剤の変質はみられない。また半田浸漬後の銅箔表面には小ぶくれ、そのほかの異状がほとんどみられずきわめて安定した性能を有しているから、実用上半田浸漬工程には十分耐えうる接着特性を有しているものといえよう。

第8図はベンゾール、アルコールに24時間浸漬したときの値で、強度の変化がなく、この系統の溶剤類は処理工程中使用してもさしつかえないが、KCN溶液に対しては強度低下がみられ、たとえば3% KCN溶液に対しては144時間浸漬により、接着強度は約65~70%程度となり、10%溶液では30分程度の短時間で同様の傾向を示している。したがって薬液の種類によつては耐久性が

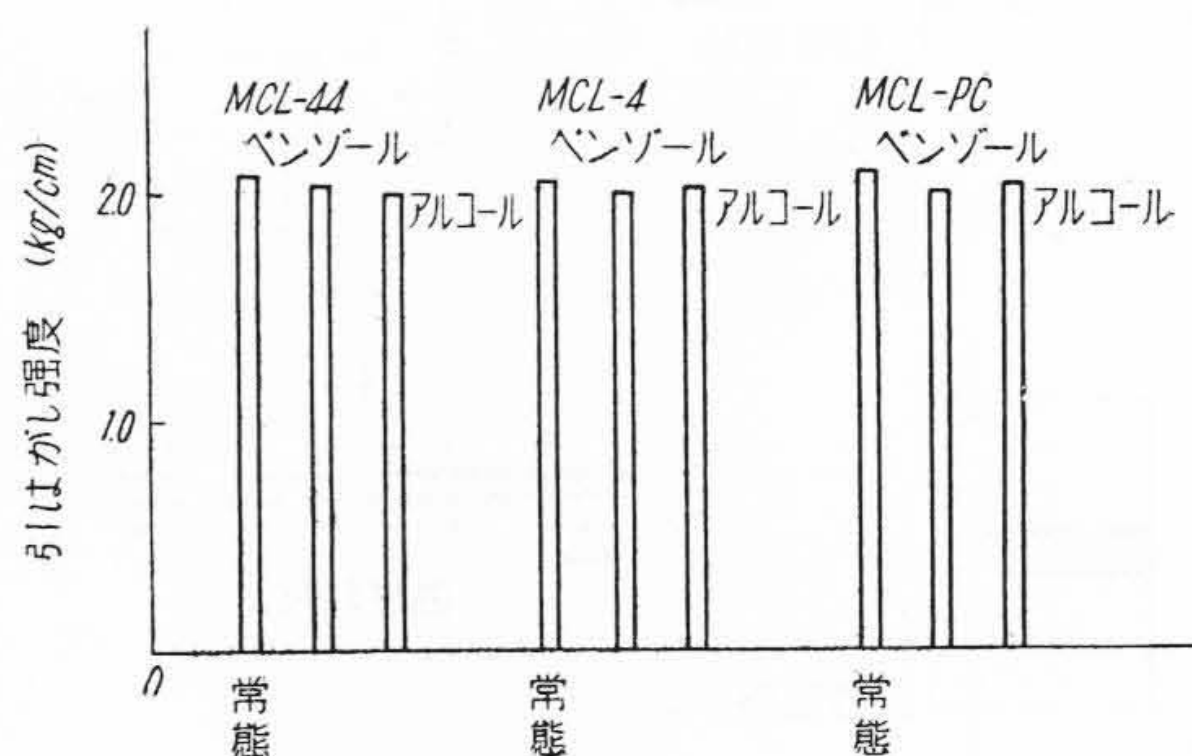


(加熱温度 130°C 一定時間加熱後常温で測定)

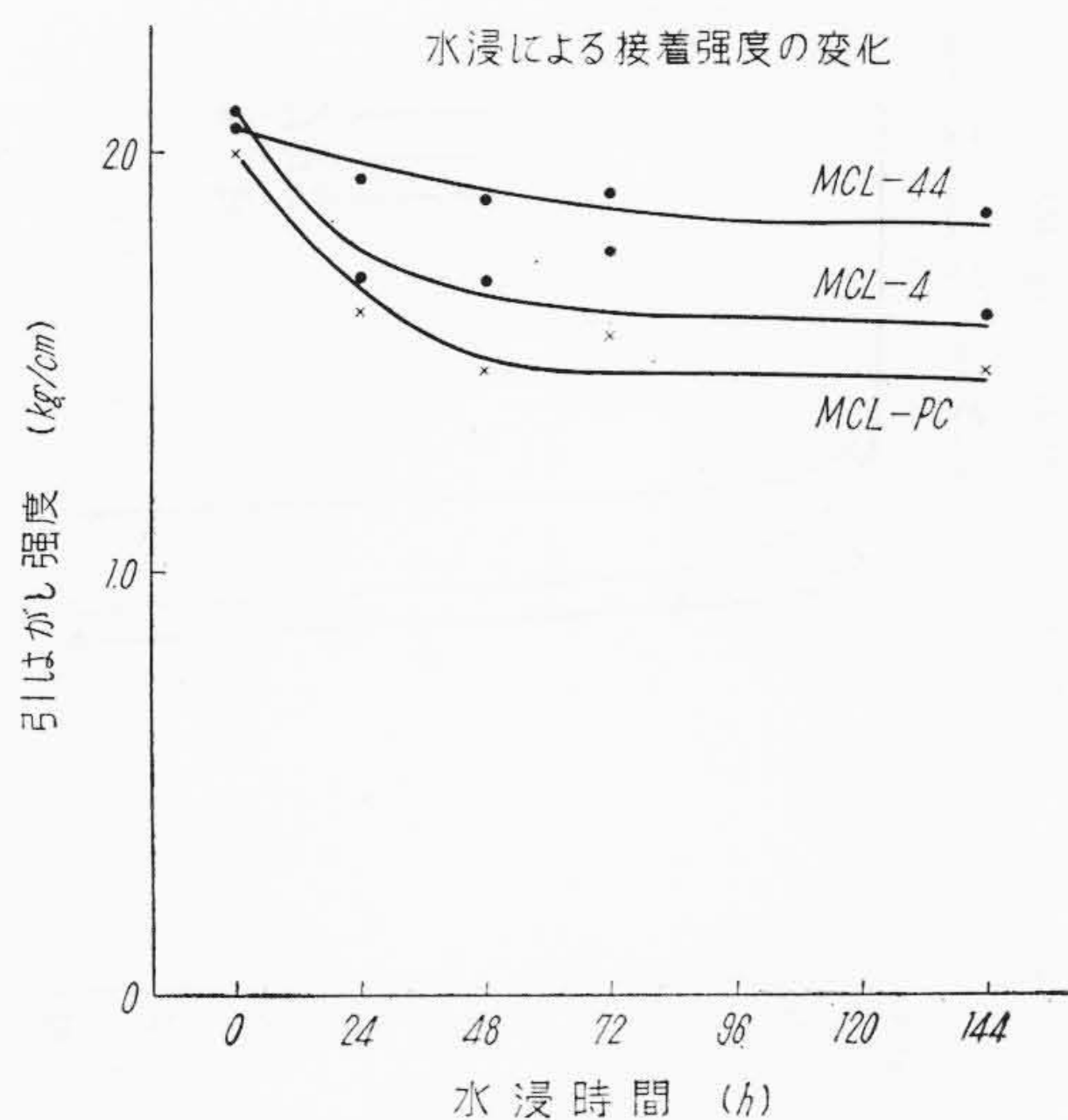
第6図 気中加熱と引はがし強度



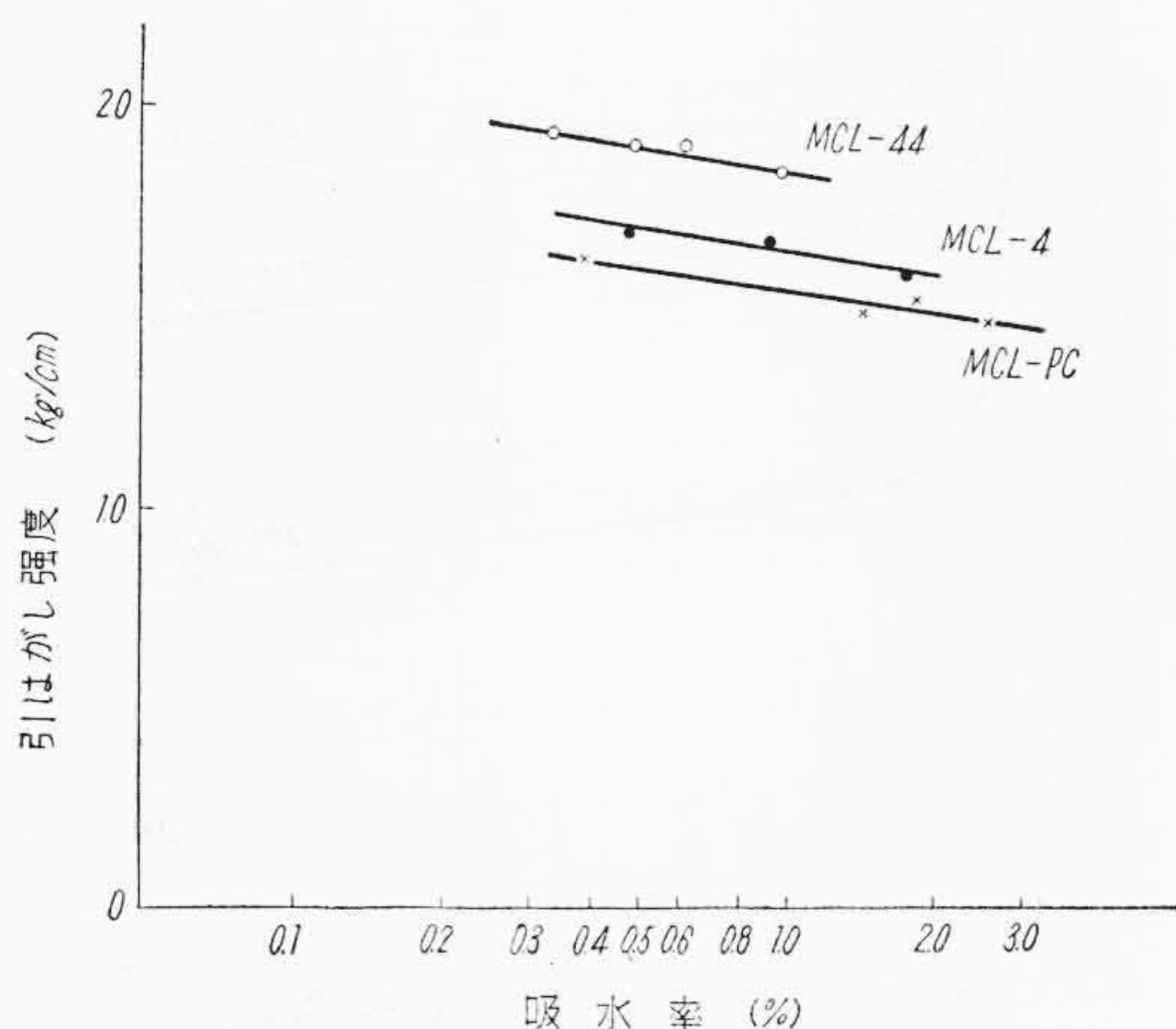
第7図 半田浸漬処理と引はがし強度



第8図 MCL の耐薬品性



第9図 水浸時間と引はがし強度

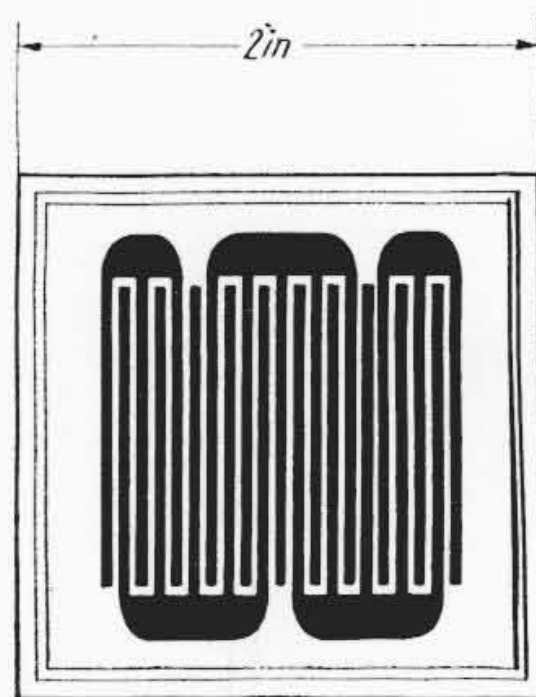


第10図 吸水率と引はがし強度

少なく、加工のさいはこの点特に注意しなければならない。

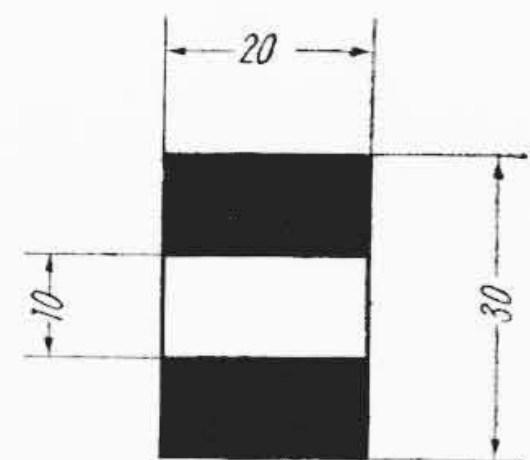
MCL は使用中多湿条件にさらされることがあるので水浸による強度の変化を求めて第9, 10図に示した。

図に示すように吸水によつて強度はいくぶん低下するが水浸48時間でほぼ一定値に達し、144時間というように比較的長時間浸漬してもその値はさらに低下することがみられない。この関係を吸水率でみるときは、第10図に示すように一般使用条件では考えられないほど（たとえば2%）吸水してもその強度低下が少なく、したがって接着強度の点では多湿条件下でも十分実用できるものといえる。



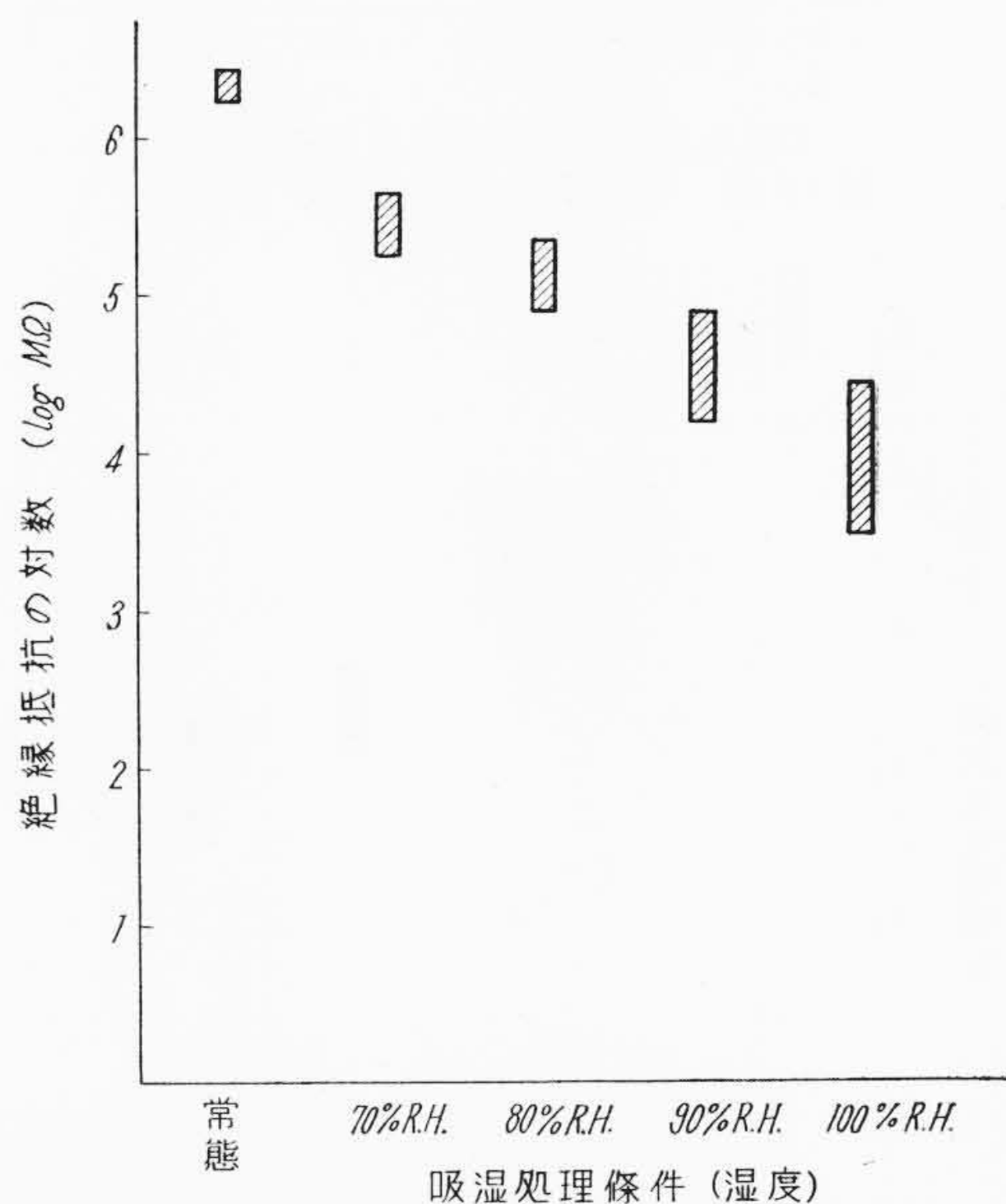
(a) 絶縁抵抗試験片

線巾 0.025in
間隔 0.050in



(b) 絶縁抵抗試験片

第11図 絶縁抵抗試験片



測定時の温度、湿度範囲は10~25°C, 40~85% なお常態とは etching, 水洗後 70°C, 30分乾燥 (184時間吸湿処理後の絶縁抵抗)

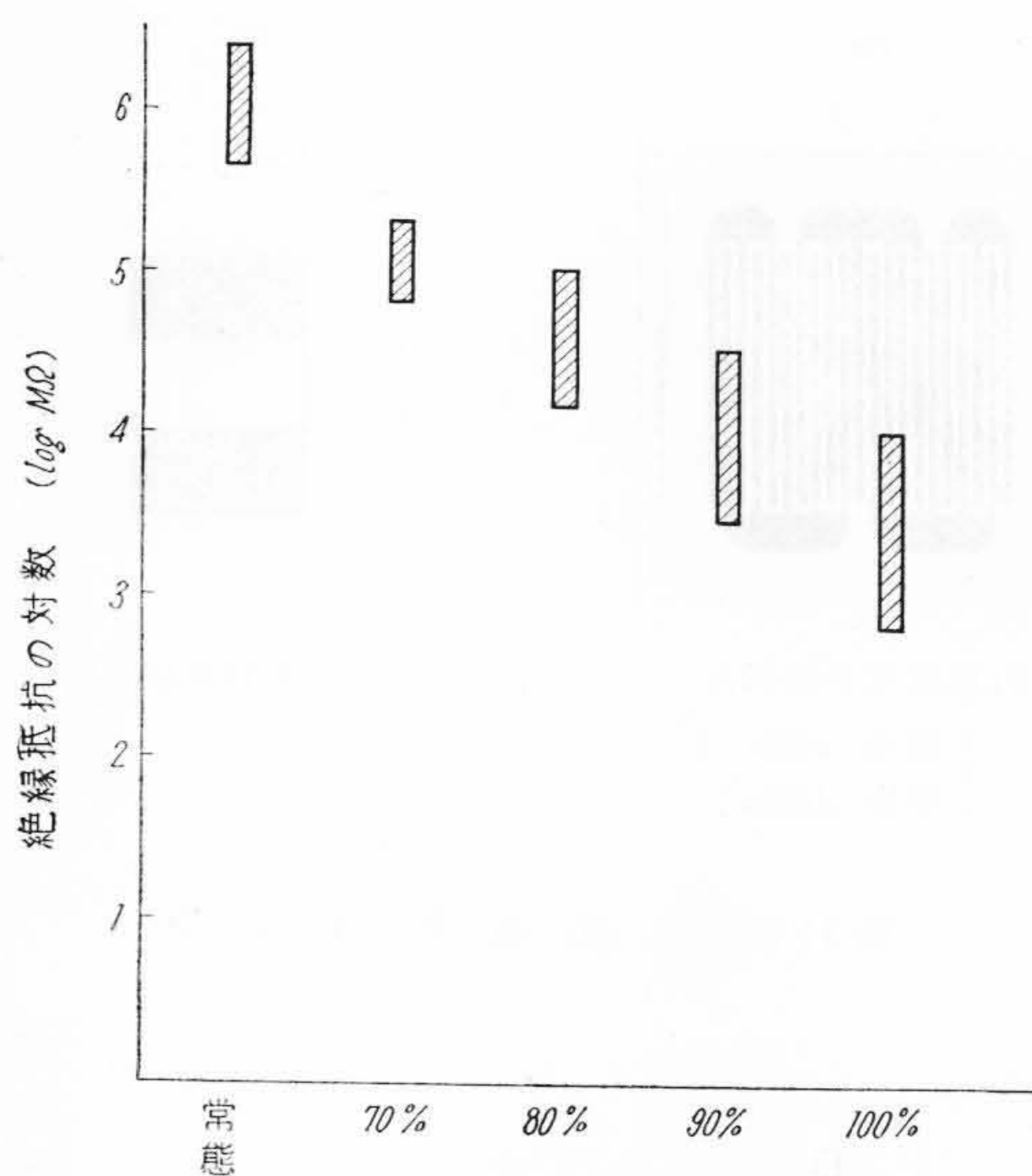
第12図 MCL-44 の絶縁抵抗

4. 電気特性

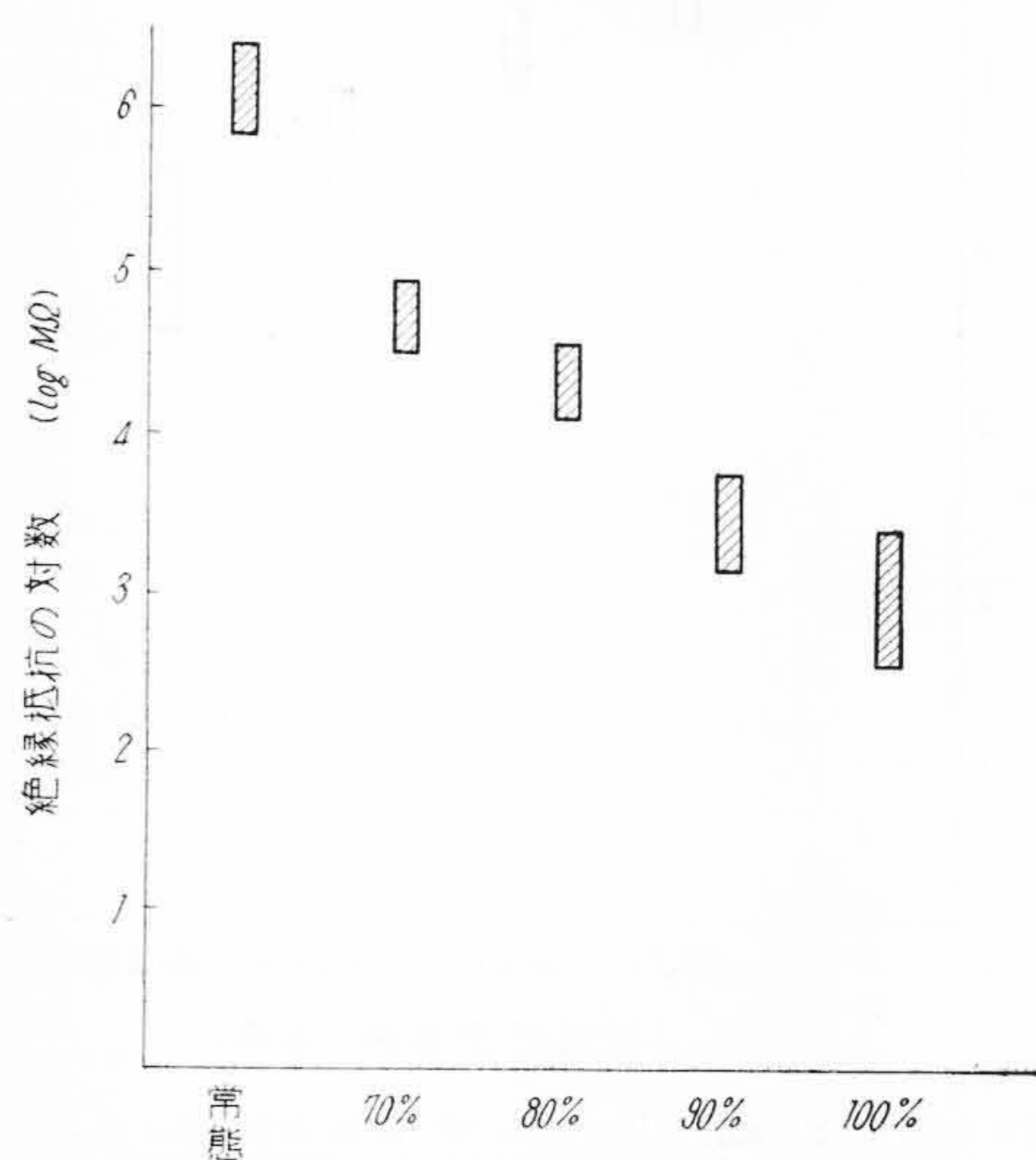
筆者の一人はさきに打抜加工用積層板について絶縁抵抗を代表例とした電気特性を種々検討しているので⁽¹⁸⁾, 特性比較上本報告においても絶縁抵抗について検討した。

絶縁抵抗の測定は第11図に示すa, b方式の試験片が用いられ⁽¹⁹⁾, それぞれエッチング試薬を用いて作製されている。本報告ではb方式を用い銅箔間隔を10mmとし、エッチング後30分間流水中で水洗し、エッチング試薬を十分洗いおとしたのち測定に供した。

常態のときはそのまま、処理のときは吸湿、煮沸、半



(184時間吸湿処理後の絶縁抵抗)
第13図 MCL-4 の絶縁抵抗



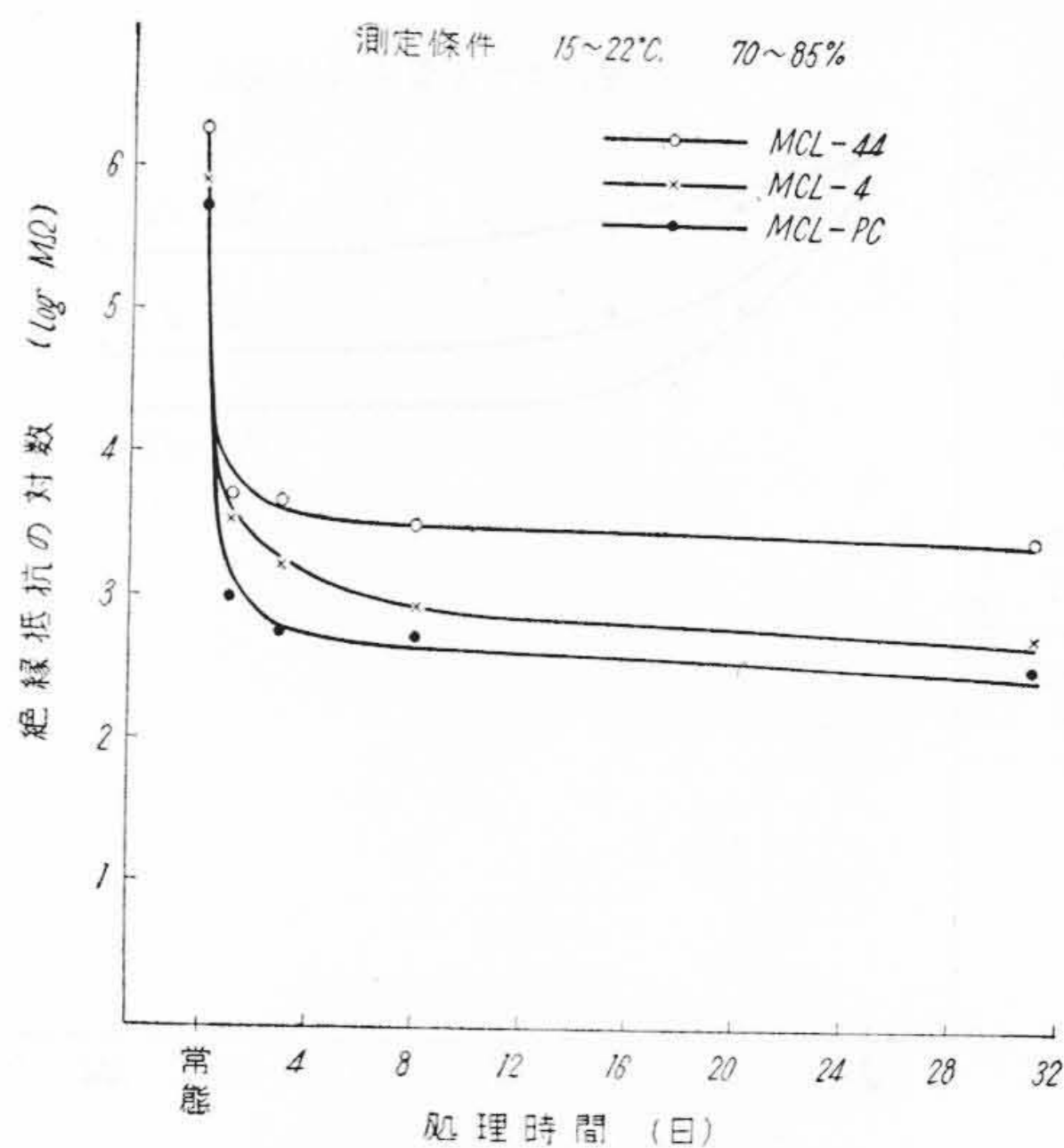
(184時間吸湿処理後の絶縁抵抗)
第14図 MCL-PC の絶縁抵抗

田浸漬などを行つたのち銅箔部を電極にはさみ測定する。

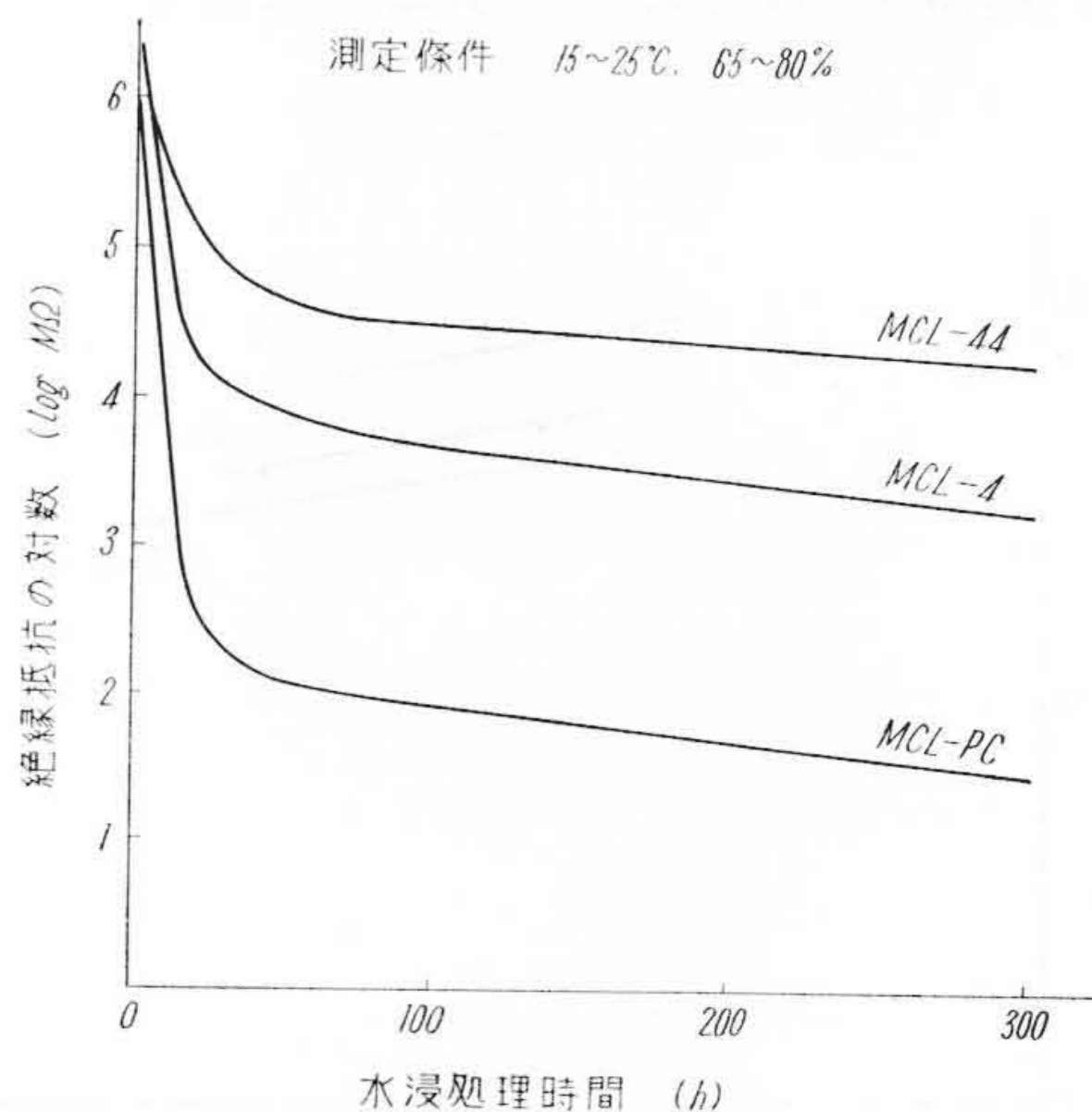
第12～14図は、湿度処理を異にする絶縁抵抗で、その値は湿度の増加につれていずれも低減している。

第15、16図は100%RH吸湿処理および30°C水浸処理による絶縁抵抗で、さきに筆者の一人が第4表に示す積層板について求めた結果⁽¹⁸⁾とほぼ同様の特性がえられた。

積層板についてすでに求められているこの特性から第17図に示す関係が知られ⁽¹⁸⁾これより経年変動に伴う積層板性能の最低値は $10^2 \sim 10^3 \text{ M}\Omega$ にあることが推定されている。



第15図 吸湿処理と絶縁抵抗



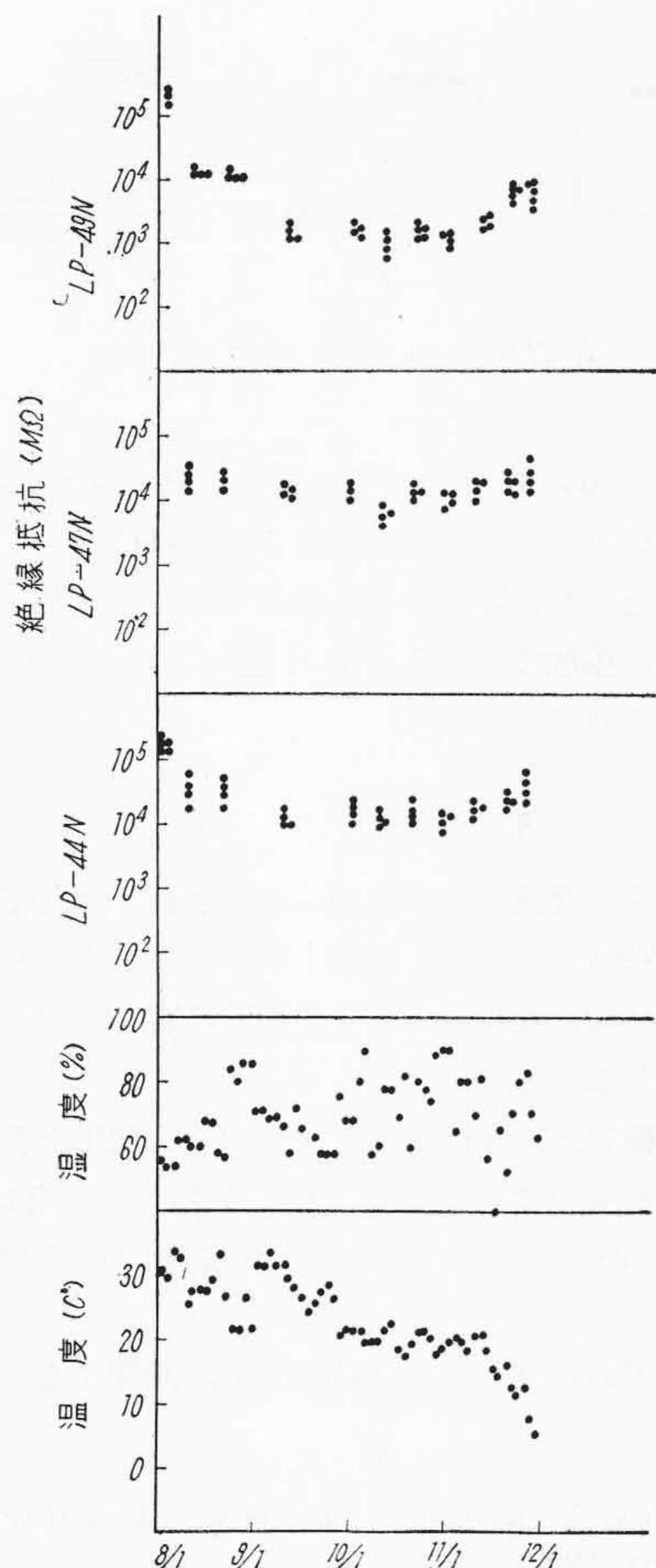
第16図 水浸処理と絶縁抵抗

したがって、このような積層板を基板として使用しているMCLについても同程度の特性保証のあることはいうまでもないことで、安定した性能を有し長期間の使用に対して十分使用に耐えるものといえよう。

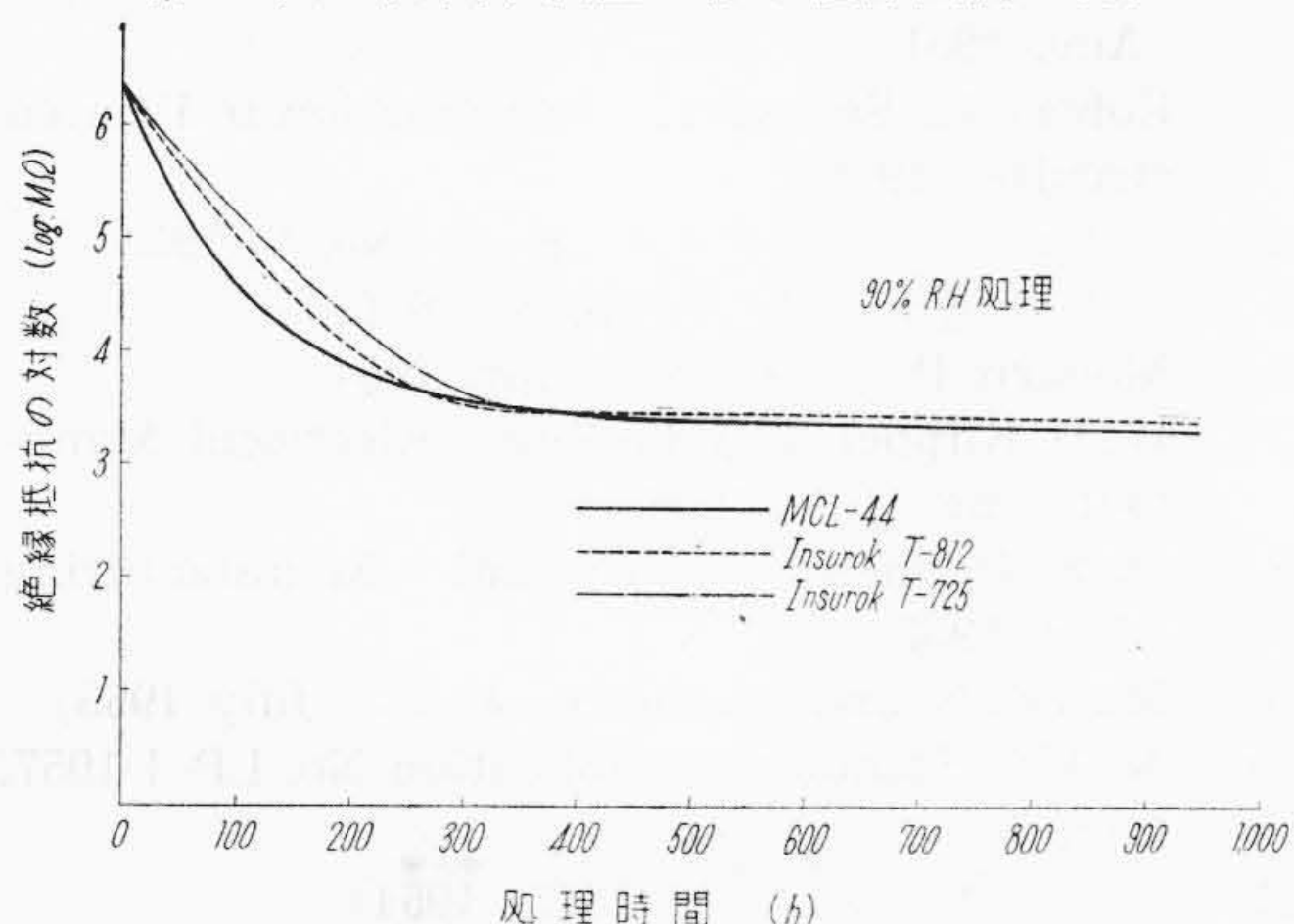
第18図は、湿度90%で、第19図は30°C水浸により求めた絶縁抵抗の比較値で、日立製作所製MCLは基板の特性が示すようにそれぞれXXX-P, XX-P, PC級として生産されているLamicoid製品またはInsurok製品に比べて遜色がない。

5. 耐熱性

MCLの耐熱性は主として接着剤の変質有無を重点として求められるもので、気中加熱または半田浸漬処理後のはがれ、ふくれなどの外観変化がなく、また同一処理後接着強度低下の少ないことが望まれている。



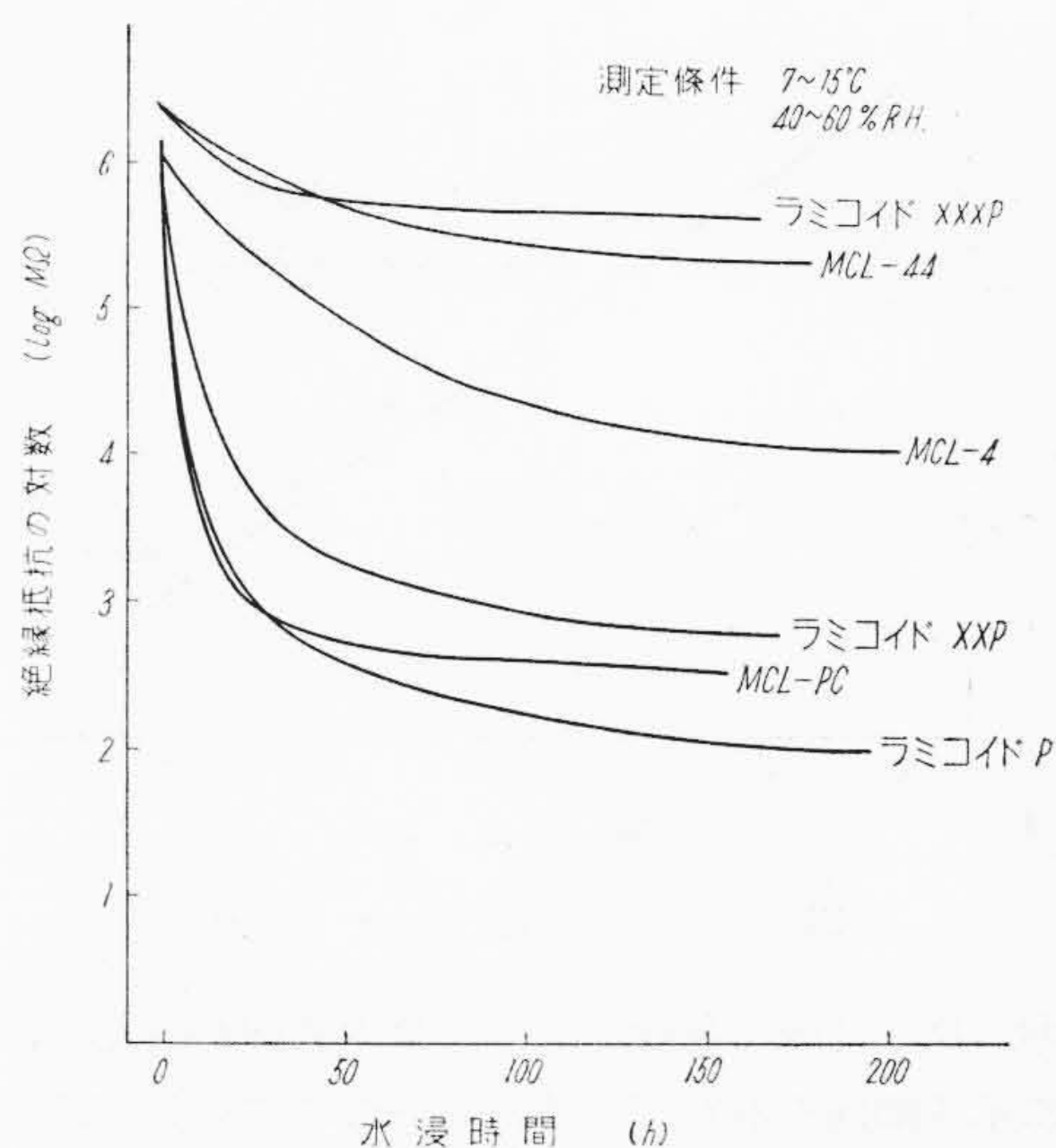
第17図 大気中放置に伴う絶縁抵抗の変化



第18図 吸湿処理と絶縁抵抗

試験条件としては130°C 気中、230°C 半田浴が用いられ、MCL-44、-4、-PCとも、気中90分、半田浸漬10秒処理してもふくれ、はがれなどなんら変化が認められていない。

接着強度については第5～7図に示してあるように、気中または半田浴による高温処理を施しても強度低下が少なく、加工作業工程中における変質はみられず、した

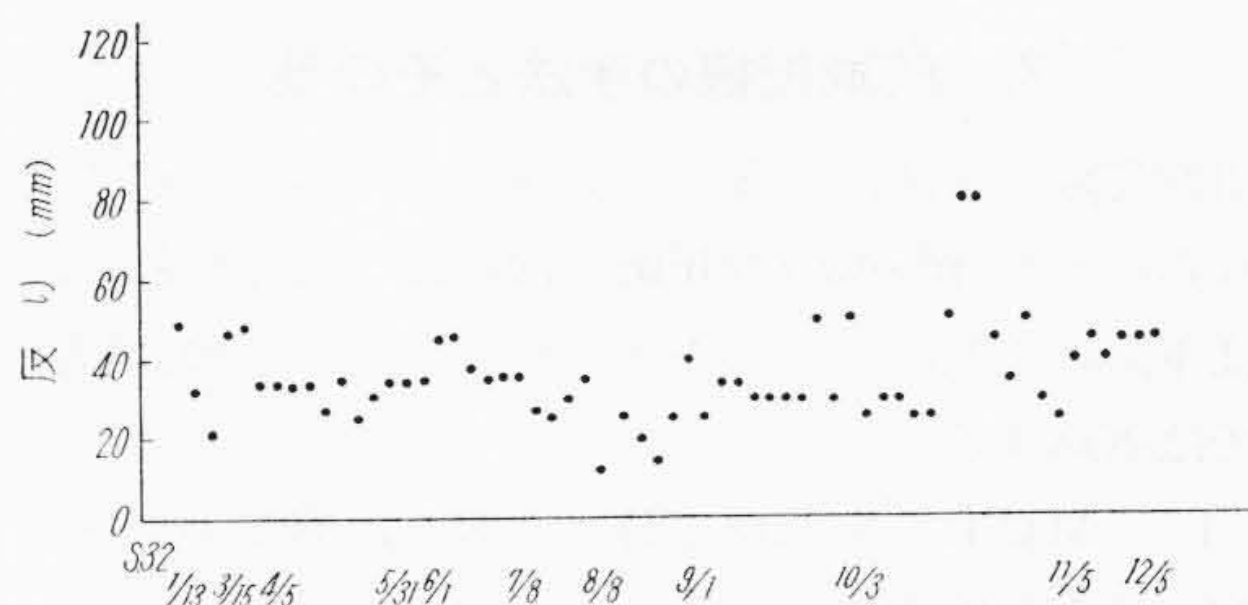


第19図 水浸処理と絶縁抵抗

第8表 NEMA規格による反り (XXXP)

厚 さ 範 囲	銅 箔 片 面		銅箔両面
	銅箔厚さ 0.0014"	銅箔厚さ 0.0028"	銅箔厚さ 0.0014および 0.0028"
1/32" ~ 3/64" (incl.)	20 %	24 %	6 %
3/64" ~ 1/16" (incl.)	15	18	6
1/16" ~ 1/8" (incl.)	10	12	3
1/8" ~ 1/4" (incl.)	5	2	1.5

併: ただし反りは長さ 36" 基準の値である。



第20図 ロットごとの反り (MCL-44, 厚さ1.6mm)

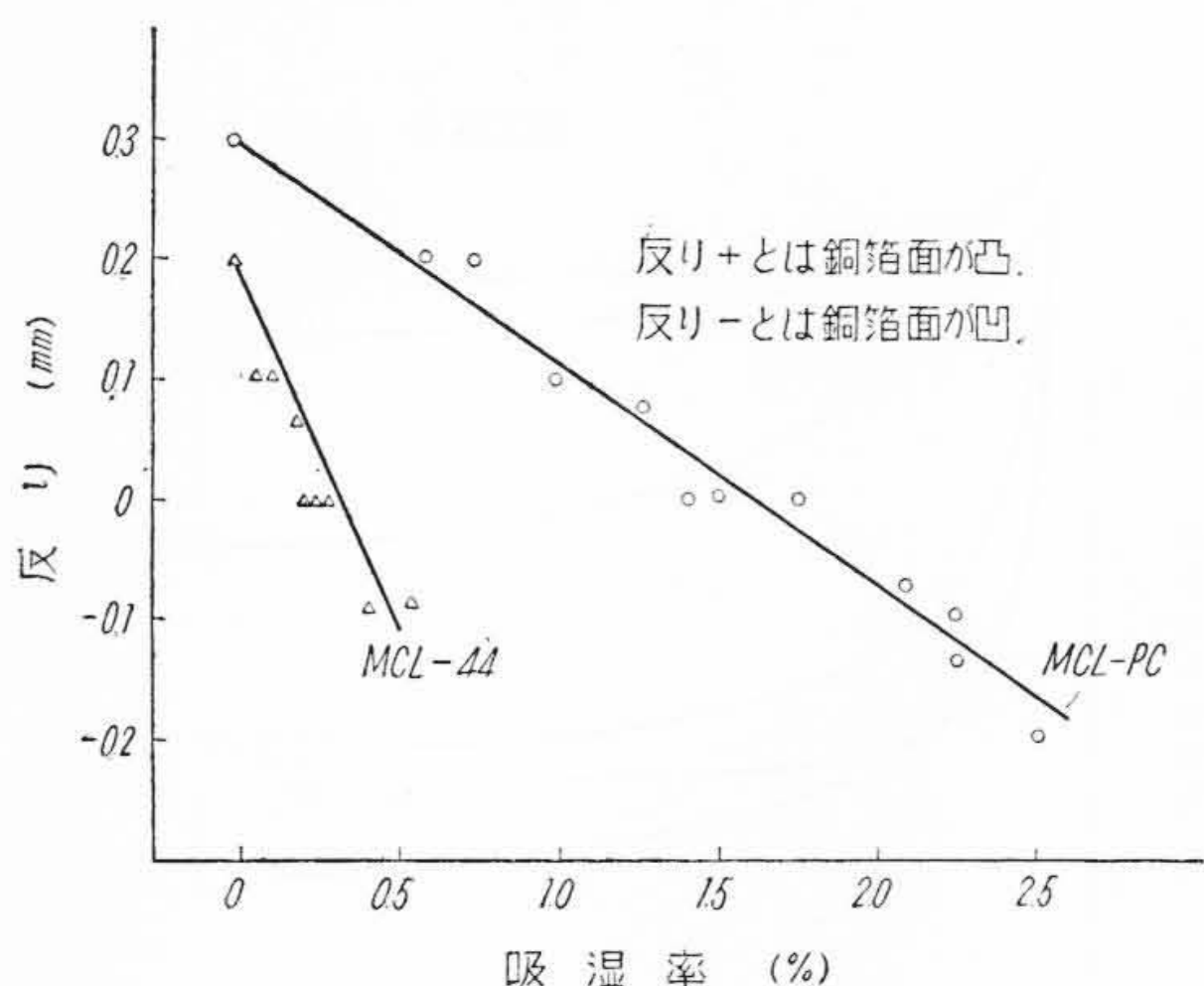
がつてこのような処理によつて生ずる長期使用の性能低下はほとんど誘引されないもののようである。

6. 反り特性

膨脹係数を異にする金属箔と合成樹脂板とからなるMCLは、その特性差からみて基板よりも大きな反りが現われる傾向にあり、NEMA規格⁽¹⁰⁾では第8表に示す値が規定されている。

この値は基板に比べて比較的に大きく、実用上はできるだけ少ないことが望まれている。

第20図は、これまで生産したMCL-44について求めたロットごとの反りで、規格値に比べて少なく安定した値を示している。



第21図 吸湿処理と反り

なお、反りは吸湿乾燥によつて発生方向が異なり、第21図に示す傾向を有しているから保管にさいしてはできるだけ一定湿度のところに保管するようにこころがける必要がある。

反りは、また加熱によつて発生し、特に半田浸漬処理にさいして生ずる反りの少ないことは加工作業上重要な要求条件のひとつである。この点 MCL-PC は反りの発生がみられず、たとえ生じたとしても容易に反りを矯正することができる。

MCL-44, -4においてもこの点には特に注意し、実用上さしつかえない程度特性内で生産されている。

7. 印刷配線の手法とその他

印刷配線の手法には多くの方法をあげることができ⁽⁵⁾ これらのうち photo-etching 法が最も広く行われ、回路は下記の手順によるものとされているがその詳細は本文では省略する。

(1) MCLの表面を十分に洗滌し、感光エナメルを均一に塗布する。

(2) 塗布体を乾燥したのち、ネガをあて焼枠に取り付けてアーク灯で焼きつける。

(3) これを現像液に浸漬し、感光しない部分を溶解する。感光部は処理後不溶性であるから基板上に密着して残る。

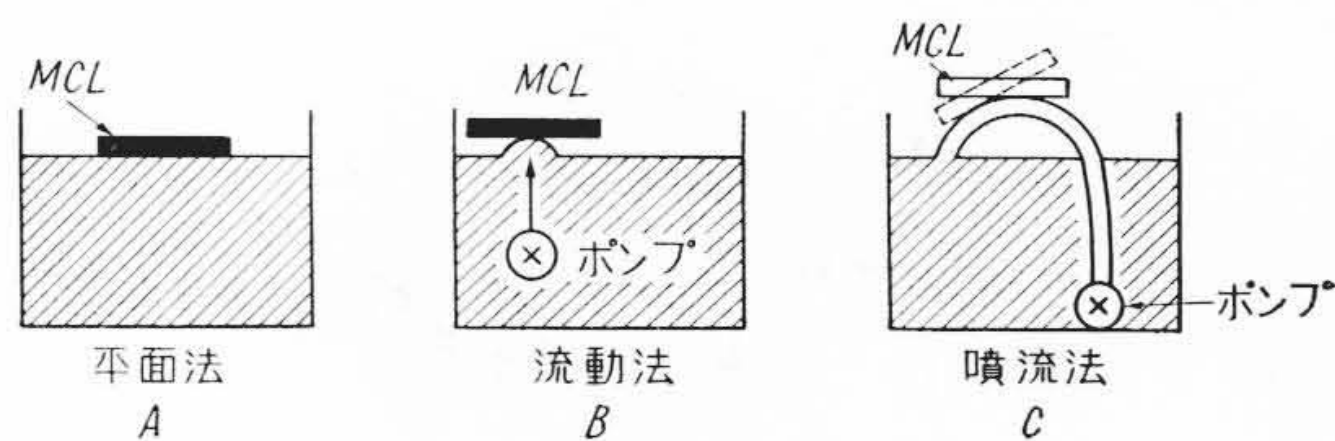
(4) 冷水で洗い、乾燥してからエッチングする。

(金属箔が銅箔のときは塩化第2鉄溶液 (38~40度 Bé) が使用されている)

(5) エッチング後の注意

エッチング作業終了後印刷ずみの基板上に付着している余分の銅箔を取り去るために配線表面をブラシがけする場合には、腐蝕液によつて多少膨潤している接着剤フィルムが剥離しないようブラシの選択、作業方式などについては特に規定をもうけて行う必要がある。

そのほかの事項としては半田浸漬処理であるが、作業



第22図 半田浸漬処理方法

は $S_n : P_b = 63 : 37$ のところにみられる共融点 (183.3°C) で行うのがよく、浴液の安定上 $183 + 50^\circ\text{C}$ が最も妥当な作業温度とされ、浸漬作業は新鮮な半田が銅箔表面にたえず均一に接触できるように第22図 a 方式よりは b, c 方式が推奨されている⁽²⁰⁾。

8. 結 言

電子工業の発達に伴い急速に使用され始めた印刷回路用基板の特性について、実用上特に重要とみられる諸性能をやや詳細に記載し、十分実用性に富んでいることを明らかにした。

印刷配線方式は今後ますます作業の合理化上普及の速度が早まるものであるから、その特性についてはさらに検討を進めるとともに新品種の開拓をはかる所存である。

終りに実験に協力した伊藤光夫君に深謝する。

参 考 文 献

- (1) Alex. E. Javitz: Electrical Manufacturing, July 1952
- (2) Robert L. Swiggett: Modern PLX. 28, 99 (Aug. 1951)
- (3) Robert L. Swiggett: Introduction to Printed circuits (1956)
- (4) 長津: プラスチックス 6 1 (No. 9, 1955)
- (5) 長津: 通研月報 V. 10, No. 6 (1957)
- (6) Modern PLX. 31 91 (Apr. 1954)
- (7) W. H. Klippel, E. J. Lorenz: Electrical Manufacturing (July 1956)
- (8) D. S. Hoynes: Electrical Manufacturing (Apr. 1957)
- (9) Materials and Methods 42 94 (July 1955)
- (10) NEMA Standards Publication No. LP-1 1957, Part 7.
- (11) 日月: 日立評論 36 1397 (1954)
- (12) 電気学会技術報告 No. 19 12 (1957)
- (13) NA. Skow: Electrical Engineering 74 1092 (Dec. 1955)
- (14) Formica Co. Catalogue
- (15) Mica Insulator Co. Catalogue
- (16) ASTM D709 55T
- (17) ASTM D1062-51, D1002-53T, D905-49
- (18) 横山, 横野: 日立評論 39 371 (1957)
- (19) T. D. Schlabach, E. E. Wright その他 ASTM Bulletin. No. 222
- (20) 長津: 通信機化工材料研究会で講演 (1957)