

高絶縁、常温打抜加工用紙基材フェノール樹脂 銅張り積層板 (XXXPC) の特性

The Properties of the High Insulation Resistance, Cold Punch Paper-Phenolic
Metal Clad Laminates (XXXPC)

中 川 武 寿* 池 添 善 幸*
Takehisa Nakagawa Yoshiyuki Ikezoe

内 容 梗 概

一般に最も広く用いられている印刷回路用紙基材フェノール樹脂銅張り積層板 (MCL) は、耐湿性、電気的性能のほか打抜加工性の向上が要求されていた。そのため筆者らはこれらの性能の向上に努めた結果、NEMA規格 XXXPC に該当する MCL-41 を製品化することができた。この MCL についていろいろの角度から特性を検討した結果、常温打抜加工性、寸法安定性、絶縁性、誘電特性、耐湿性などにすぐれ、高性能の機器に十分使用できることが明らかとなった。

1. 緒 言

電子機器工業と表裏一体となって普及、発展してきた印刷回路方式は、そのすぐれた量産性、工数の低減とそれに基づく経費の節減、高信頼性、機器の小形化などの多くの利点があるため、電子機器はもちろんのこと、通信機器、計測器、自動車部品、家庭電器品、重電機器にまで広く取り入れられるようになった。したがって印刷回路の素材となる MCL にもそれぞれの用途に適合した性能が要求されるようになり、日立化成工業株式会社では、いろいろの種類の MCL を製品化して、市場に供してきた^{(1)~(4)}。

その中で紙基材フェノール樹脂 MCL は安価であるために、最も多く使用されているが、耐湿性、電気特性がさらに向上すればその利用範囲も広まるので、性能の向上が望まれていた。また MCL には打抜加工の工数低減と打抜加工品の寸法精度の向上を目的に常温打抜加工用、いわゆるコールドパンチ用の MCL の開発も強く要求されていた。

これらの要求に基づき筆者らは耐湿性、電気特性にすぐれたコールドパンチ用紙基材フェノール樹脂 MCL (日立商品名 MCL-41) を製品化した。

この MCL を使用するにあたっては、MCL の一般的特性である引きはがし強さ、ハンダ耐熱性、電気特性、機械特性、その他の特性のほか、これらの特性が長期間の使用によってどのように変化するかを求めておくことが必要なので、今まで行なわれてきた強制劣化試験法^{(1)(2)(4)~(6)}によって長期使用の安全性を推定することにした。

本稿ではこの結果を報告し、使用者各位の参考に供したい。

2. MCL の種類と規格について

MCL は、紙、ガラス繊維布、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を銅ハクと重ね合わせ、加圧加熱することによって製造される。したがって基材と樹脂の組合せによって、いろいろの MCL が得られるわけで、日立化成工業株式会社では、第 1 表に示す用途をもった各種 MCL を市販している。

ここで使用される銅ハクは、高純度の電解銅ハクであり、その厚さは第 2 表に示したものが標準品として用いられている。

MCL は前述のように一般に広く普及しているが、国家規格として統一された規格がなく、現在ようやく工業技術院の委託により、

* 日立化成工業株式会社下館工場

第 1 表 MCL の 品 種 と 用 途

品 名	NEMA Grade	組 成	用 途
MCL-41	XXXPC	紙 フェノール	電 子 工 業 計 測 器 工 業 通 信 機 工 業 自 動 車 工 業 家 庭 電 器 工 業 そ の 他
MCL-44 -47	XXXP	紙 フェノール	
MCL-47 F	FR-2	紙 フェノール	
MCL-48	—	紙 フェノール	
MCL-8	—	紙 フェノール	
MCL-E-97	—	テトロン布エポキシ	電 子 工 業 計 測 器 工 業 通 信 機 工 業 軍 需 工 業 航 空 機 工 業 そ の 他
MCL-E-64	G-10	ガラス布エポキシ	
MCL-E-61	G-10	ガラス布エポキシ	
MCL-E-60	G-10	ガラス布エポキシ	
MCL-E-47	FR-3	紙 エポキシ	
MCL-E-41	—	紙 エポキシ	ロータリスイッチ、 コンミュータなどの のしゅう動回路のあ る機器類、カメラ工 業、電子工業、計測 器工業
MCL-8H*	—	紙 フェノール	
MCL-47H*	XXXP	紙 フェノール	
MCL-E-61H*	G-10	ガラス布エポキシ	
MCL-E-97H*	—	テトロン布エポキシ	

注： H は平面回路用 MCL を表わす。

第 2 表 銅 ハ ク の 性 状

呼び厚さ (mm)	許 容 差 (mm)	純 度 (%)
0.035	+0.010 -0.005	99.5以上
0.070	+0.018 -0.008	99.5以上

電子機械工業会およびその他の委員により、日本工業規格 (JIS) が審議されている。

国外においては MCL に関する規格が早くから定められており、アメリカの NEMA (National Electrical Manufacturers Association)、MIL (Military Specification)、ASTM (American Society for Testing and Materials)、ドイツの DIN (Deutsche Normen) などがよく知られている。これらの規格の一例として第 3 表に本稿に特に関係のある紙基材フェノール樹脂 MCL の規格値を NEMA⁽⁷⁾より抜萃して示した。

3. MCL の一般特性

3.1 JIS 試験方法による特性

MCL の試験方法はすでに JIS C 6481 (以下 JIS と略す) に規定されている⁽⁸⁾ので、それに基づき MCL-41 を試験した一般特性を第 4 表

第 3 表 紙基材フェノール樹脂 MCL の NEMA 規格
(銅ハク 0.0014 インチ、板厚 1/16 インチの場合)

試 験 項 目		処理条件	XXXP	XXXPC	FR-2
引きはがし強さ (lb/in)	ハンダ浸漬後	A	6 以上	6 以上	6 以上
	高温処理後	E-1/120	6 以上	6 以上	6 以上
耐 熱 性	ハンダ浸漬	260℃	5 秒, 異常ないこと	5 秒, 異常ないこと	5 秒, 異常ないこと
	気中加熱	120±2℃	30 分, 異常ないこと	30 分, 異常ないこと	30 分, 異常ないこと
体積抵抗率 (MΩ-cm)		C-96/35/90	10 ⁴ 以上	10 ⁴ 以上	10 ⁴ 以上
表面抵抗 (MΩ)		C-96/35/90	10 ³ 以上	10 ³ 以上	10 ³ 以上
吸水率 (%)		E-1/105 + D-24/23	1.00 以下	0.75 以下	0.75 以下
沿層耐電圧 (kV)		D-48/50	15 以上	15 以上	15 以上
誘電率 (1 Mc)		D-48/50	(5.3 以下)*	(5.3 以下)*	(5.3 以下)*
誘電正接 (1 Mc)		D-48/50	(0.05 以下)*	(0.05 以下)*	(0.05 以下)*
曲げ強さ (lb/in ²)	縦	A	12,000 以上	12,000 以上	12,000 以上
	横	A	10,500 以上	10,500 以上	10,500 以上
自己消炎性	消費時間 (s)	A	—	—	15 以下
	燃焼距離 (in)	A	—	—	1 以下
打 抜 加 工			加熱打抜加工用	低温 (23℃) 打抜加工用	低温 (23℃) 打抜加工用

注： A：受理状態
E-1/120：120℃の恒温気中で1時間加熱処理
C-96/35/90：35℃, 90%RH の恒温恒湿の気中で96時間処理
E-1/105：105℃の恒温気中で1時間加熱処理
D-24/23：23℃の恒温水中で24時間浸漬処理
D-48/50：50℃の恒温水中で48時間浸漬処理
* この規格値は 3/32 in 以上の板厚について規定されている。

第 4 表 JIS による MCL-41 の試験結果 (板厚 1.6 mm)

試 験 項 目		処 理 条 件	MCL-41
絶 縁 抵 抗 (MΩ)		C-90/20/65	7.0×10 ⁶ 以上
		D-2/100	1.2×10 ⁴
表 面 抵 抗 (MΩ)	接着剤面	C-90/20/65	5.5×10 ⁷
		C-96/40/90~95	1.3×10 ⁷
	積層板面	C-90/20/65	2.4×10 ⁶
		C-96/40/90~95	1.2×10 ⁴
体 積 抵 抗 率 (MΩ-cm)		C-90/20/65	4.3×10 ⁷
		C-96/40/90~95	1.1×10 ⁷
誘 電 正 接 (1 Mc)		C-90/20/65	0.031
		D-48/50	0.039
誘 電 率 (1 Mc)		C-90/20/65	4.10
		D-48/50	4.25
曲 げ 強 さ (kg/mm ²)	縦	A	11.2
	横		9.2
引きはがし強さ (kg/cm)		A	1.70
ハンダ耐熱性 (s)		260℃	10
耐 熱 性		E-0.5/120	異常なし

注： C-90/20/65：20℃, 65%RH の恒温恒湿の気中で90時間処理
C-96/40/90~95：40℃, 90~95RH の恒温恒湿の気中で96時間処理
D-2/100：100℃の水中に2時間浸漬
E-0.5/120：120℃の恒温気中で30分加熱処理

に示す。

3.2 NEMA 規格による特性

JIS 試験方法に基づいて特性を求めた結果によると、MCL-41 は NEMA 規格 XXXPC の規格値を満足するようであるが、念のため NEMA 規格に基づき試験を行なったのでその結果を第 5 表に示す。

この表によると MCL-41 は NEMA 規格を十分に満足していることが明らかである。

4. MCL の 諸 特 性

MCL を実用するにあたり、前述の規格に定められた特性値のほ

第 5 表 NEMA 規格による MCL-41 の試験結果 (板厚 1.6mm)

試 験 項 目		処 理 条 件	NEMA XXXPC 規格値	MCL-41
曲 げ 強 さ (kg/mm ²)	縦	A	8.5 以上	12.0
	横		7.4 以上	9.5
誘 電 率 (1 Mc)		A	—	4.1
		D-24/23	—	4.2
誘 電 正 接 (1 Mc)		A	—	0.0315
		D-24/23	—	0.032
沿 層 耐 電 圧 (kV)		D-48/50	15 以上	50 以上
表 面 抵 抗 (MΩ)		C-96/35/90	10 ³ 以上	4.9×10 ⁴
吸 水 率 (%)		E-1/105 + D-24/23	0.75 以下	0.45
耐 熱 性	ハンダ浸漬 (s)	260℃	5 以上	15
	気中加熱	120±2℃	30分異常なし	異常なし
引きはがし強さ (kg/cm)	ハンダ浸漬後	A	1.07 以上	1.80
	高温処理後	E-1/120	1.07 以上	1.85
打 抜 加 工 性 (ASTM 型) (点)	S	23℃	70 以上	80
	E			80
	H			80

第 6 表 供 試 試 料 の 性 状

品 種	板 厚 (mm)	銅 ハ ク
MCL-41	1.55~1.65	片面、厚さ 0.035 mm
MCL-44	1.55~1.65	片面、厚さ 0.035 mm

かに、使用条件の異なったふん囲気での諸特性と長期使用による性能の変化を知っておく必要がある。

そこで MCL-41 の機械特性、電気特性、その他の特性について長期寿命を推定するための強制劣化試験と設計基準の作成に必要な試験を行なった。第 6 表は MCL-41 と比較のために用いた MCL-44 の性状を示してある。

試験片の切り出し、エッチングは JIS に定められた方法で行ない、前処理として 20℃、相対湿度 65% の室内に 96 時間放置したものを常態として試験に供した。

なお試験片の形状、試験方法も JIS に合わせて行ない、JIS に規定されていない試験項目、試験方法はその都度記すことにした。

4.1 機械的性質および物理的性質

4.1.1 引きはがし強さ

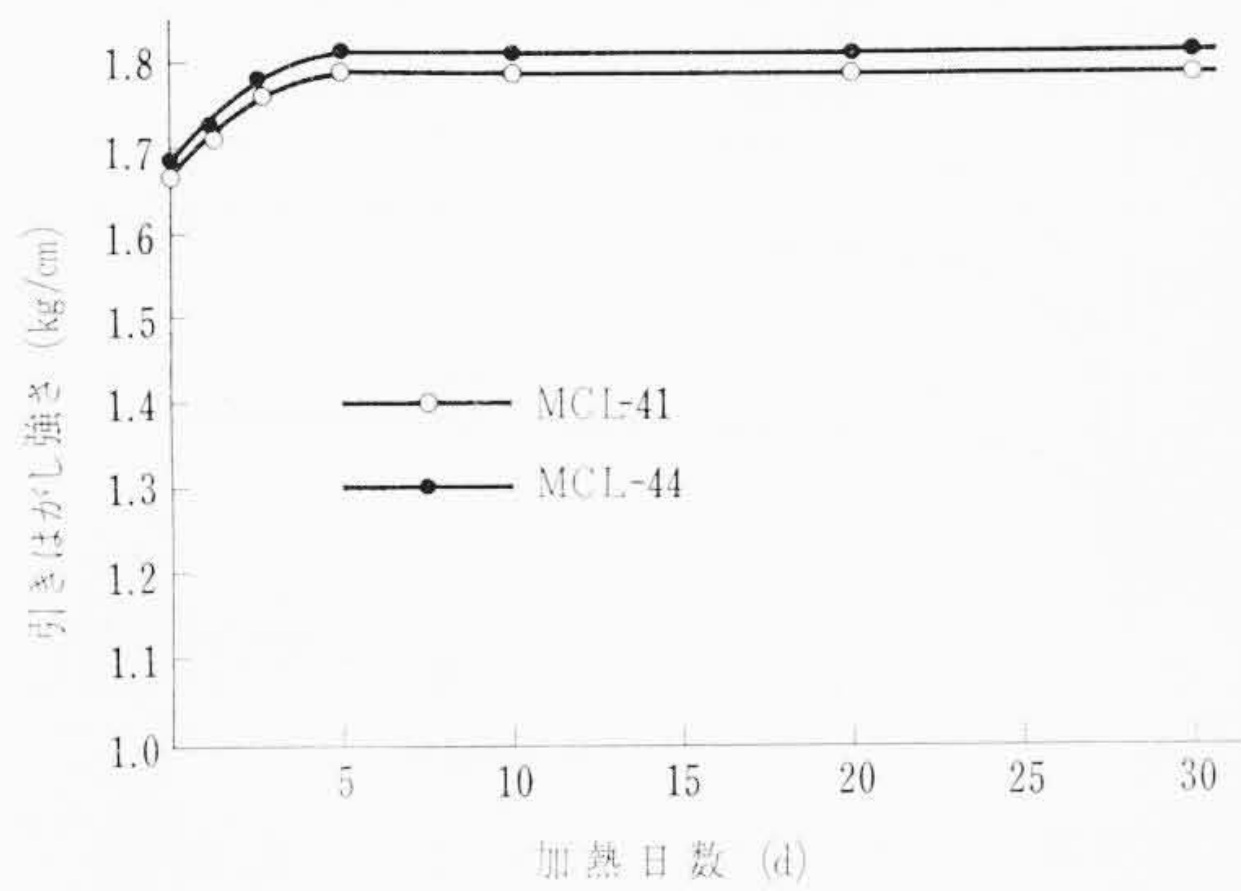
MCL は積層板と異質の銅ハクを張り合わせてあるので、積層板と銅ハクとの接着力がまず問題とされるが、この点については今までにしばしばあらゆる角度から検討されて^{(1)~(6)}、信頼性の高いことが十分認められている。

また一般に銅ハクと基板との接着力の大小は銅ハクの接着面の状態、および接着剤の種類によって支配され、基材の影響は少ないことがわかっているの、ここでは加熱処理と吸水処理を長時間施した場合の接着力の変化を求めてみることにした。

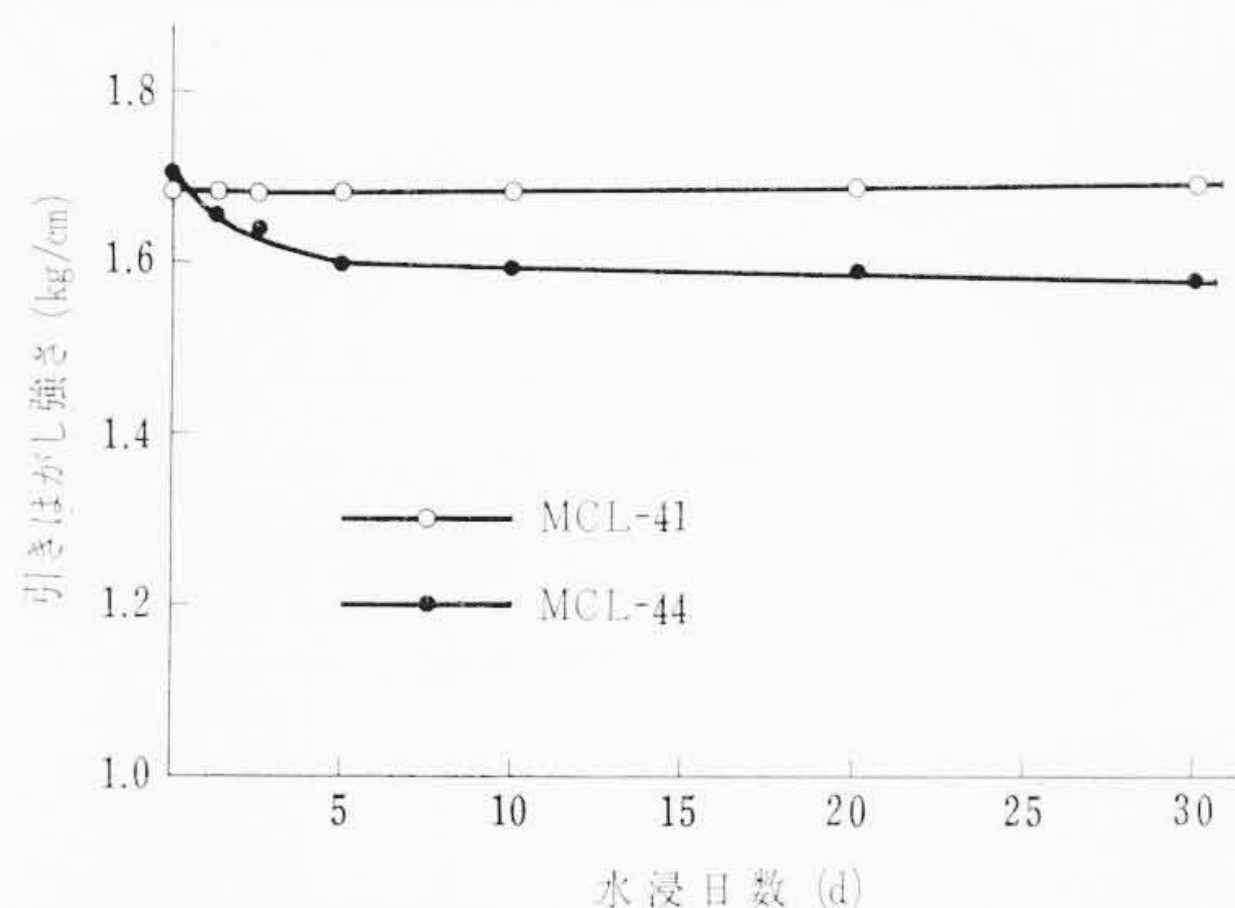
MCL は加工時において熱処理を受けるうえに、機器に組み込まれて連続的に高温で使用される場合があるので、120℃において30日間気中加熱処理を施して引きはがし強さの変化を求めた。

第 1 図は、前処理をほどこした試験片を一定時間、120℃の恒温気中に放置後、取り出し、常温に放冷してから測定して、時間の経過による引きはがし強さの変化を求めたものである。図にも見られるように 120℃の熱処理ではいずれの MCL にも著しい変化はみられない。

MCL は加工工程で、ある程度の水浸処理を受ける。また機器に組み込まれたのち高湿度下で使用されることがあるので、水浸



第1図 加熱(120℃)による引きはがし強さの変化



第2図 水浸(23℃)による引きはがし強さの変化

処理によって引きはがし強さの強制劣化試験を行なった。

試験方法はすでに検討されて適格な方法であることが認められている方法、すなわち 23℃ の蒸留水の中に試験片を 30 日間浸漬してのち引きはがし強さを求め、水浸処理を施さないときの値と比較する方法を選んだ。

第2図には30日に至るまでの過程で引きはがし強さがどのように変化するかについても示してある。

これによれば吸水率の小さい、MCL-41は引きはがし強さの水浸による低下も小さく、十分加工工程における水浸処理、高湿度下での使用にも耐えうるということがわかった。

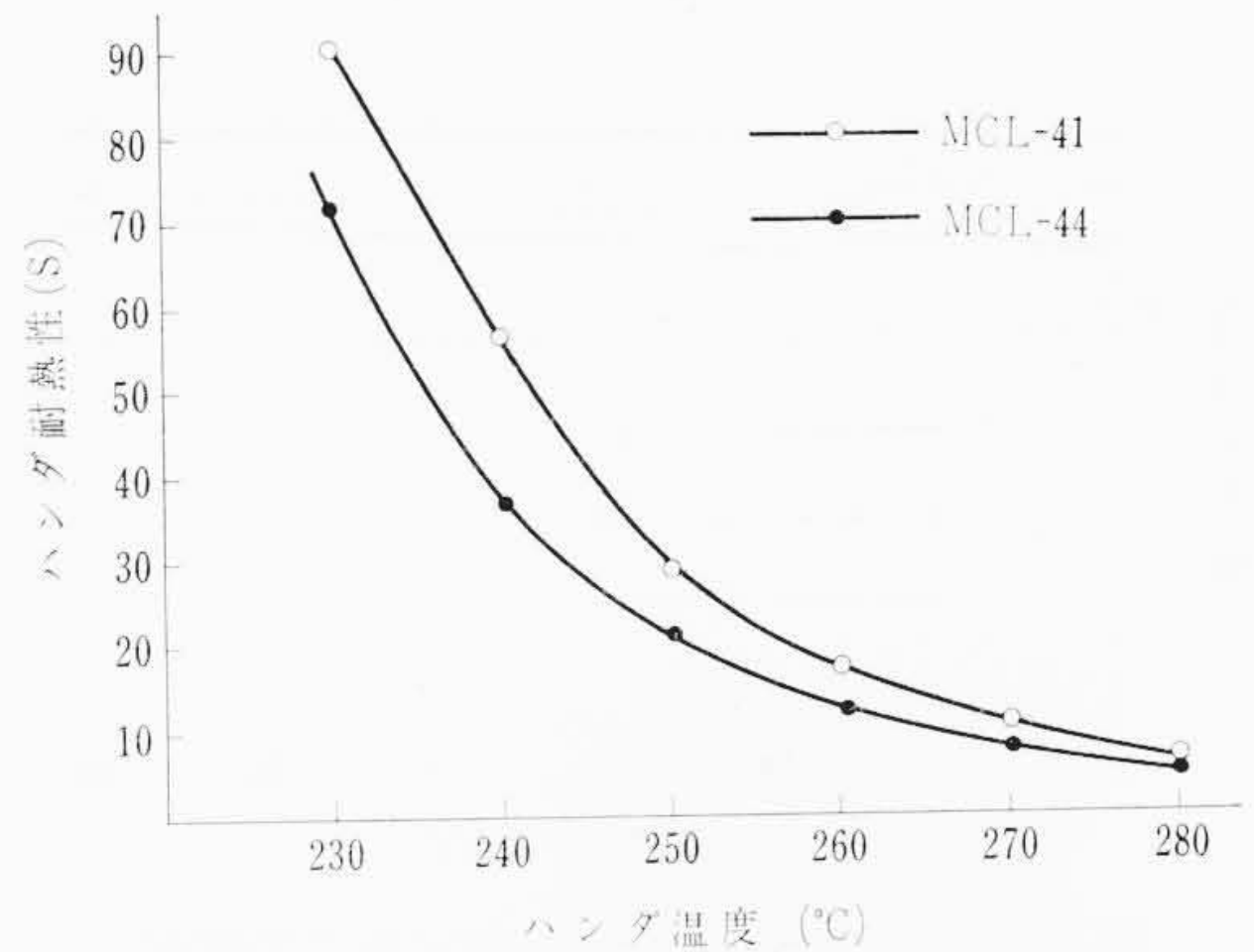
4.1.2 ハンダ耐熱性

エッチング後打抜加工された MCL は特殊な例を除いてほとんどハンダづけにより部品が取り付けられる。したがって MCL にはハンダ耐熱性が要求され、前述のようにすべての規格に規格値が定められている。しかしながらハンダによる部品の取り付け作業の条件は使用者によってまちまちであるので、異なる温度のハンダ浴に試験片を浸漬して銅ハク面、あるいは基板にふくれやはく離などの異常が生ずる時間を求めた。第3図はその結果を示したものである。

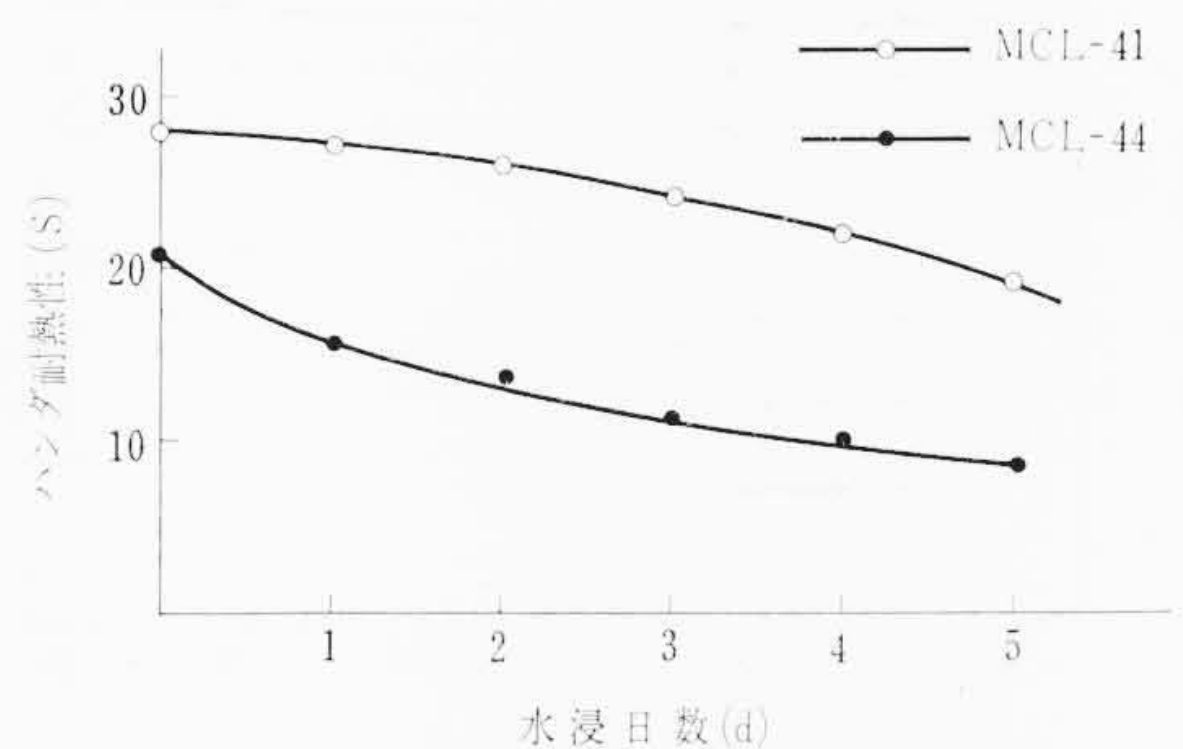
第3図によると MCL-41 は MCL-44 とほぼ同じようなハンダ耐熱性をもって従来どおりのハンダづけ作業で十分使用できることがわかった。

ハンダ耐熱試験のときにおきる銅ハク面のふくれは基板より発生する揮発性物質のガス圧が銅ハクと基板の接着を破壊することによっておきる。この揮発性物質としては、主として MCL の製造工程中で除去しきれなかったもの、樹脂の硬化によって発生したもの、MCL の保管中あるいは加工工程で吸湿した水などが考えられる。

前二者は、基板の種類によって決まるので、ここでは後者の水について検討した。すなわち 23℃ の蒸留水中に 25 mm 角の試験



第3図 ハンダ温度とハンダ耐熱性の関係



第4図 水浸(23℃)によるハンダ耐熱性の変化

片を浸漬して、水浸日数とハンダ耐熱性との関係を調べ、結果を第4図に示した。図から水浸日数が長くなると、すなわち MCL の吸水率の増加とともにハンダ耐熱性は低下していくことがわかる。

吸水した MCL は脱水することによって、ほぼ吸水前のハンダ耐熱性をもつようになるが、材料保管中の吸湿、加工工程における余分な水洗いはできるだけ避けることが望ましい。

4.1.3 曲げ強さ

MCL は構造材料的な役割りも果たしているから、必然的に曲げ強さ、衝撃強さ、引張り強さなどの機械強度も要求される。そのため MCL は NEMA, MIL, ASTM で曲げ強さを、DIN で引張り強さを規格として要求されている。

ここでは一般に広く用いられている曲げ強さについて気中加熱処理による変化を求めた。選んだ加熱温度は 90℃ と 120℃ で、試験片は引きはがし強さの気中加熱による変化を求めたときと同じように一定時間高温気中に放置後取り出し、常温に放冷してから測定した。

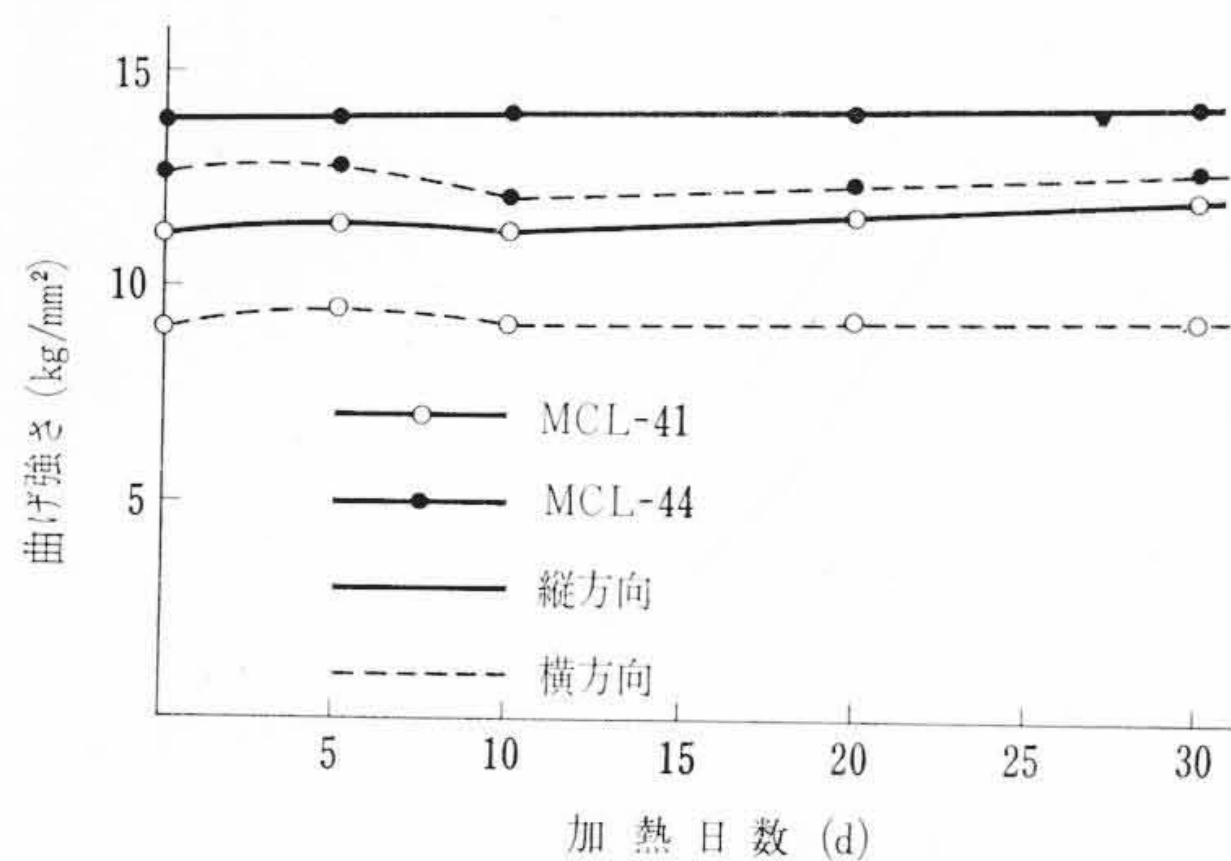
結果は第5,6図に示したように、MCL-41, MCL-44 は気中加熱によってほとんど曲げ強さの低下はみられず、連続高温での使用にも耐えうるということがわかった。

MCL-41 の曲げ強さは MCL-44 より低いのが、その理由については次に述べる。

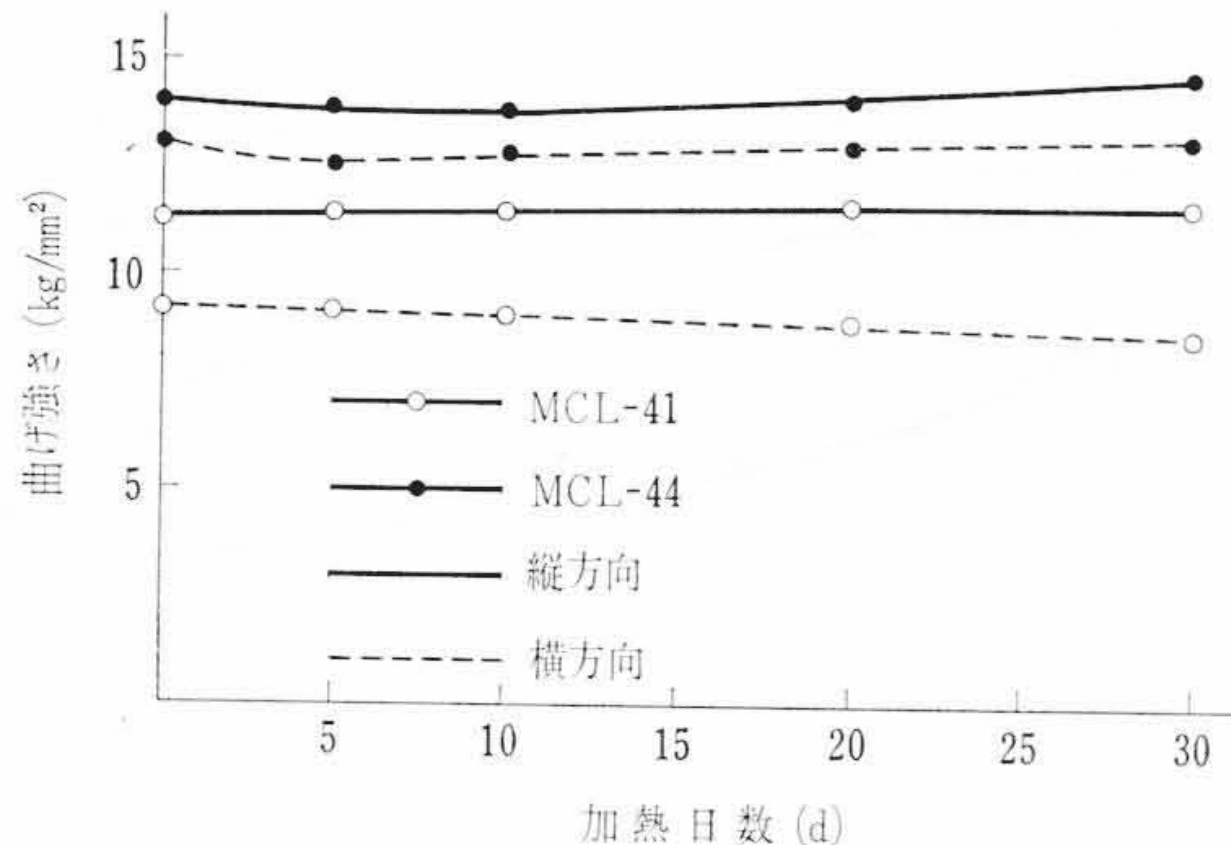
4.1.4 打抜加工性

フェノール樹脂積層板の物性と打抜加工性との関係についていろいろの研究がなされている^{(9)~(12)} ようであるが、まだ明確なる関係は見出されていないようである。したがって打抜加工性は実際に打抜加工した品物の外観を肉眼にて観察してから判定する方法が採用されており、ASTM 法⁽¹³⁾が試験方法として有名である。

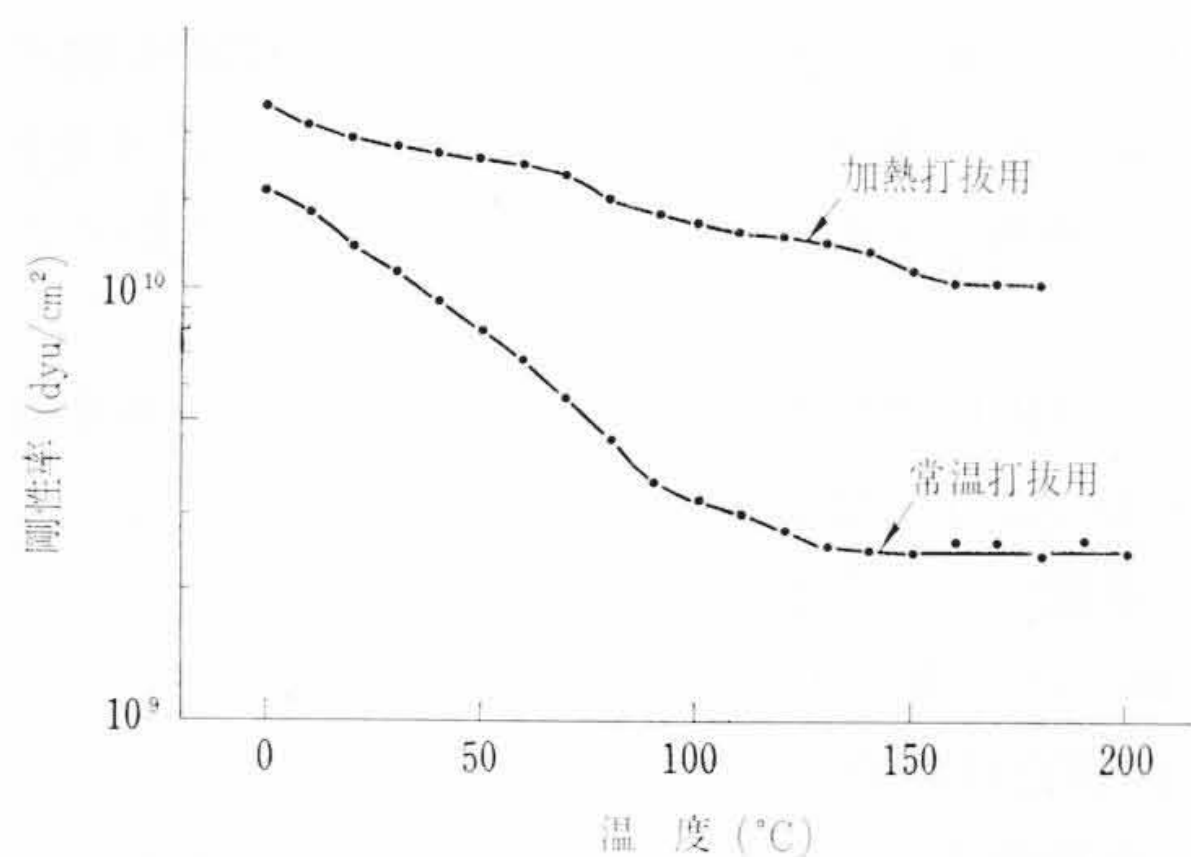
一方材料面からみた場合、積層板や MCL の打抜加工性は、基板の樹脂の種類、樹脂量、基材の種類、積層板、MCL の製造条件（主として硬化条件）などに左右されるが、NEMA XXXPC の要求性能を満たすには、おのずからこれらの条件にも制約が生ずる。



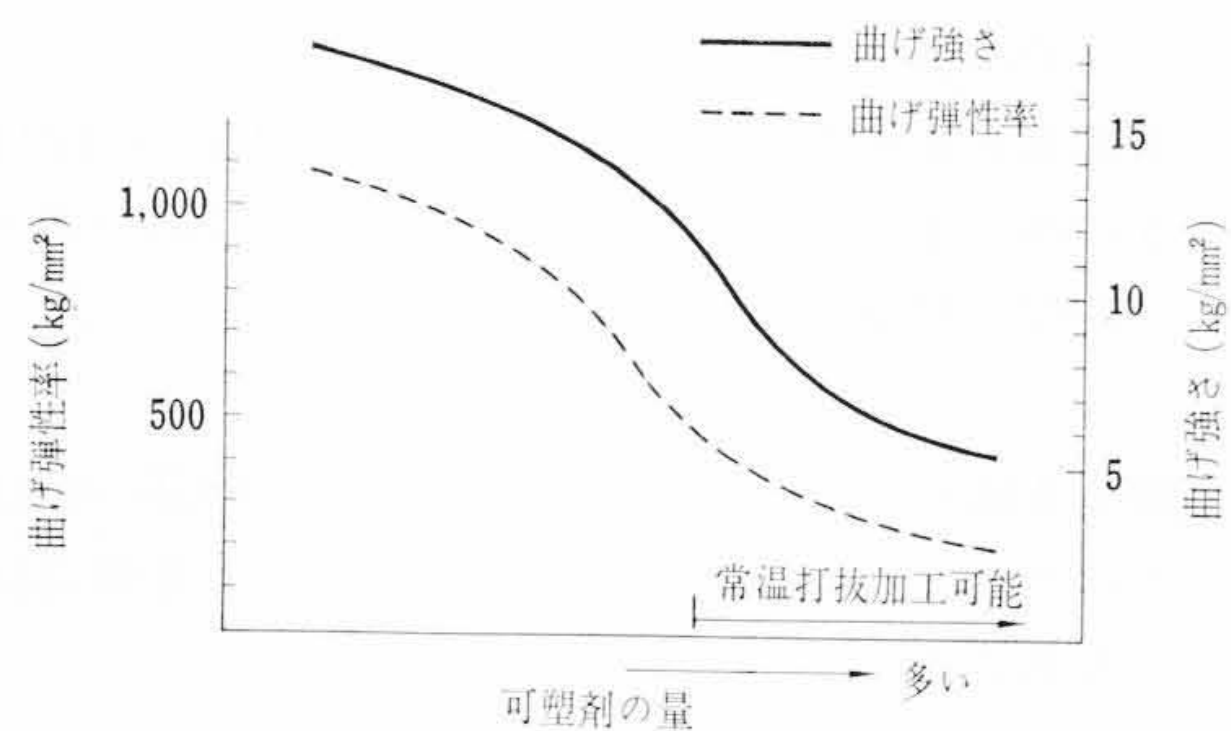
第5図 加熱(90°C)による曲げ強さの変化



第6図 加熱(120°C)による曲げ強さの変化



第7図 積層板の温度と剛性率の関係

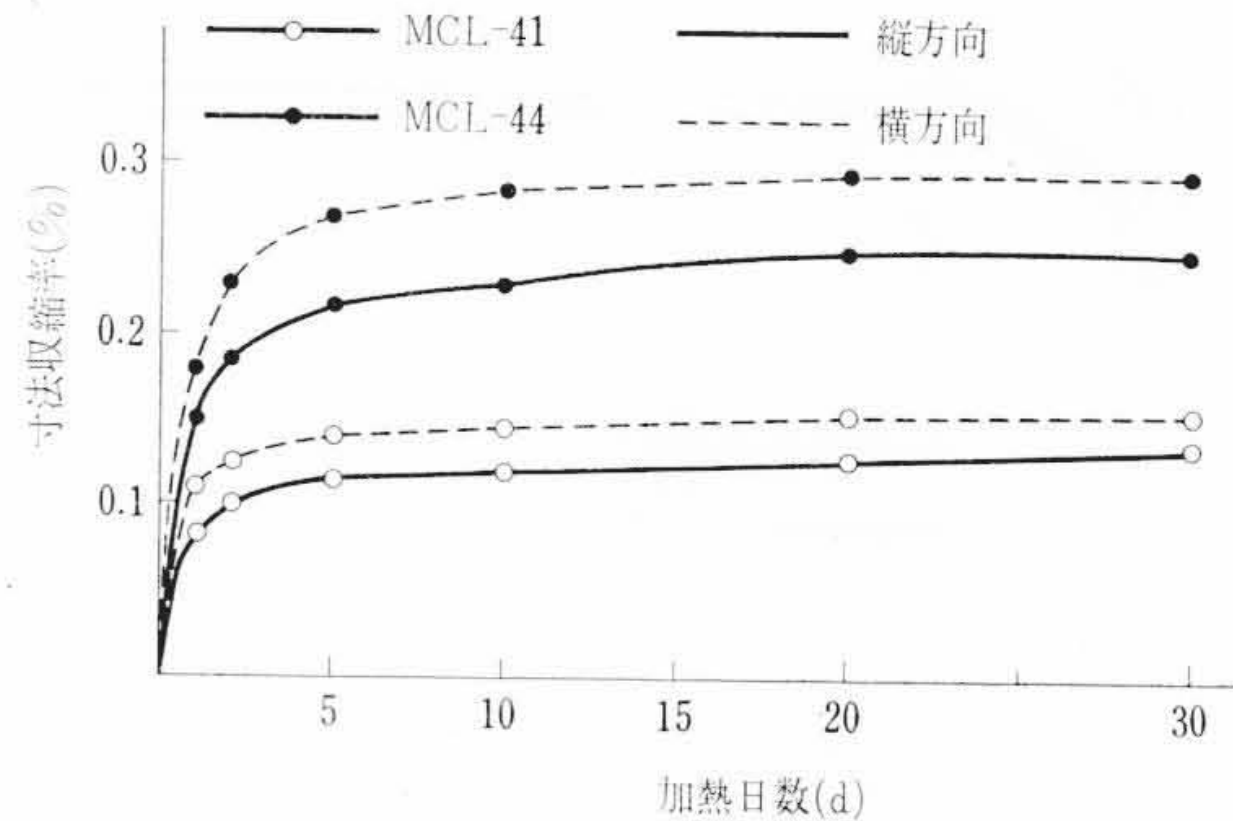


第8図 フェノール樹脂可塑剤の量と曲げ弾性率、曲げ強さの関係

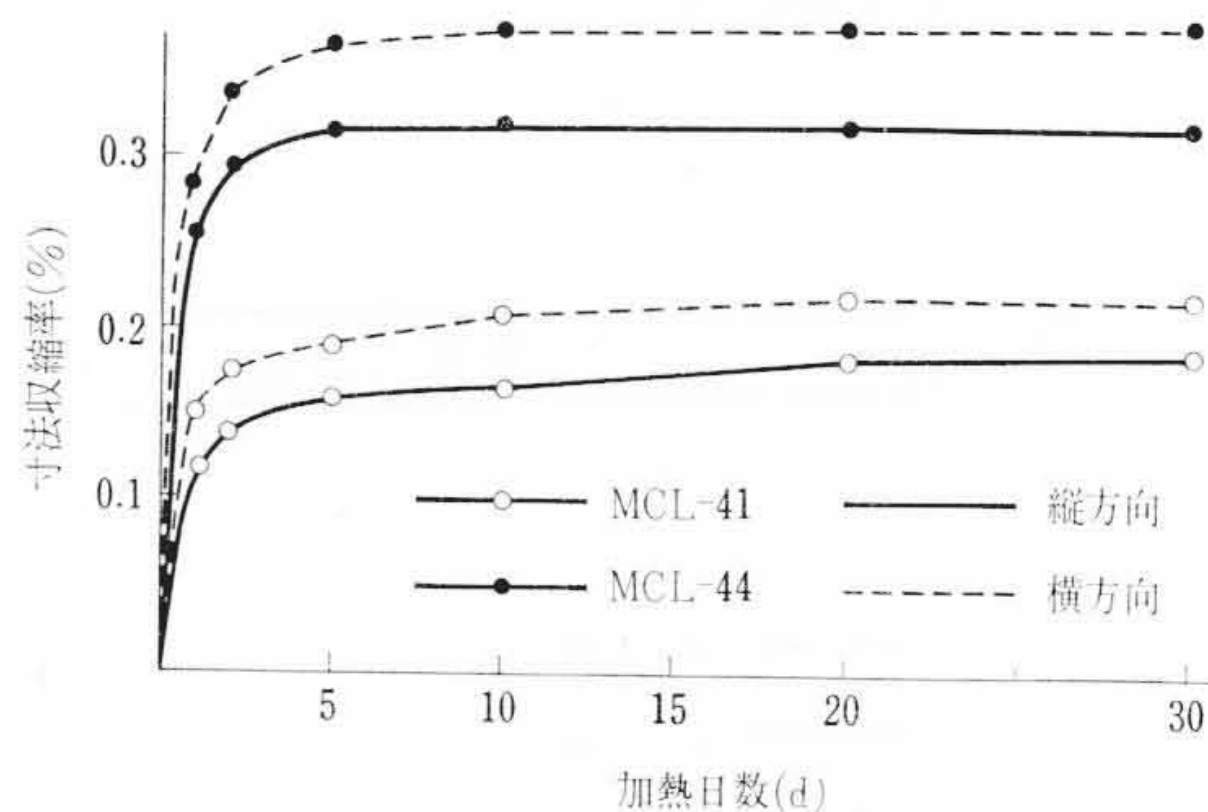
そこでフェノール樹脂の変性が必要となるが、積層板の打抜加工性と物性との関係が理論的に十分解明されていないために、経験によっていろいろの変性が行なわれている^{(14)~(16)}。

筆者らの経験によると第7図に示したように、加熱打抜加工用積層板の打抜加工可能温度の剛性率と、常温打抜加工用積層板の常温の剛性率とはほぼ同じ値を示していて、同じようなことが曲げ弾性率についても認められている。

またフェノール樹脂の内部可塑剤の量と、その変性樹脂を用いた紙基材積層板の曲げ弾性率、曲げ強さとの関係は第8図のよう



第9図 加熱(90°C)による寸法収縮



第10図 加熱(120°C)による寸法収縮

になっている。すなわち常温打抜加工用積層板は曲げ強さが一般に低いようである。

MCL-41は特殊な変性樹脂を用いて製造した積層板に銅ハクを張り合わせたもので、やはり加熱打抜加工用 MCL より曲げ強さは低い、打抜加工性はすぐれている(第7表参照)。

MCL の配線図形の三原則⁽¹⁷⁾に基づいて設計された配線板を打抜加工すれば、MCL は十分常温で打抜加工できるが、それを無視した場合に金型のクリアランスや室内の温度などの条件によって満足な加工品が得られないこともあるが、そのときは第7表を参考にいくぶん加熱して打抜加工することが望ましい。特に端面の仕上がりは加熱したほうが良いようで、アメリカのR社などでは穴抜きは常温で行ない、外わくは70°C程度に加熱して打抜く二段打抜加工方式を採用しているといわれている。

4.1.5 寸法収縮率

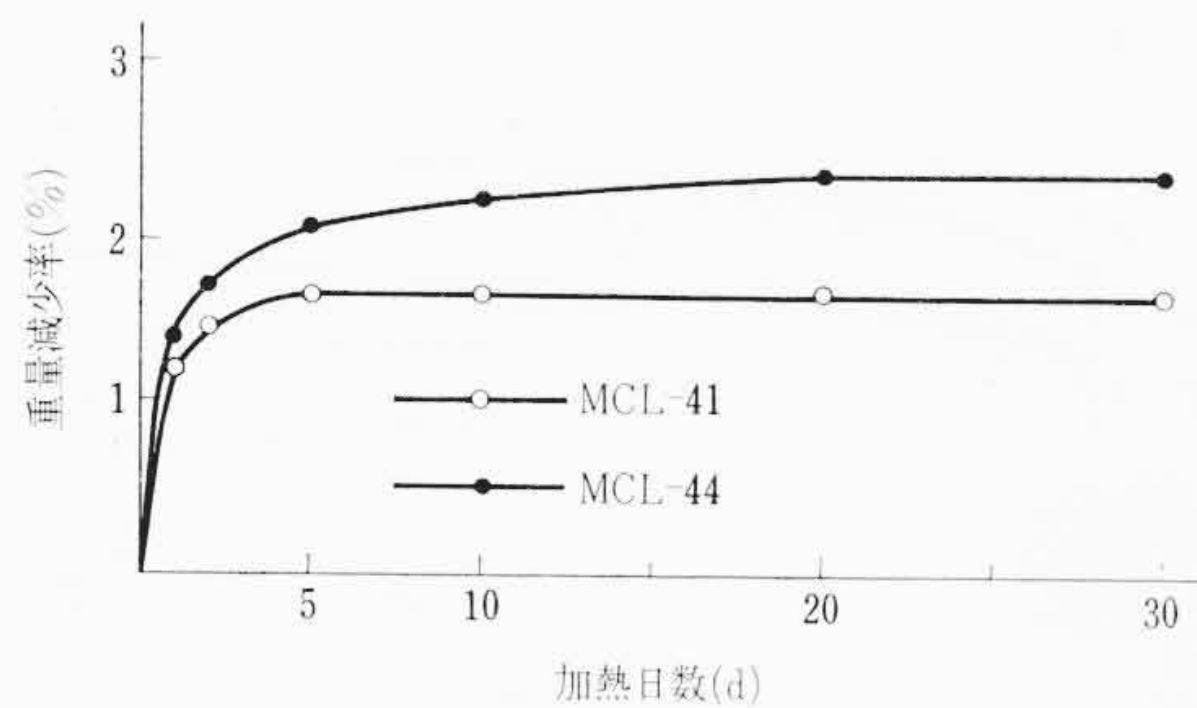
MCL を加熱膨張した状態で打抜加工すると、加工品は金型より小さな寸法に仕上がるため、打抜加工前の予備加熱温度はできるだけ低く一定していることが望まれる。この点 MCL-41 は第8表にも示したように、低い温度で打抜加工できるために寸法収縮率は小さく安定性にもすぐれている。

第7表 予備加熱温度と打抜加工性の関係 (ASTM 法)

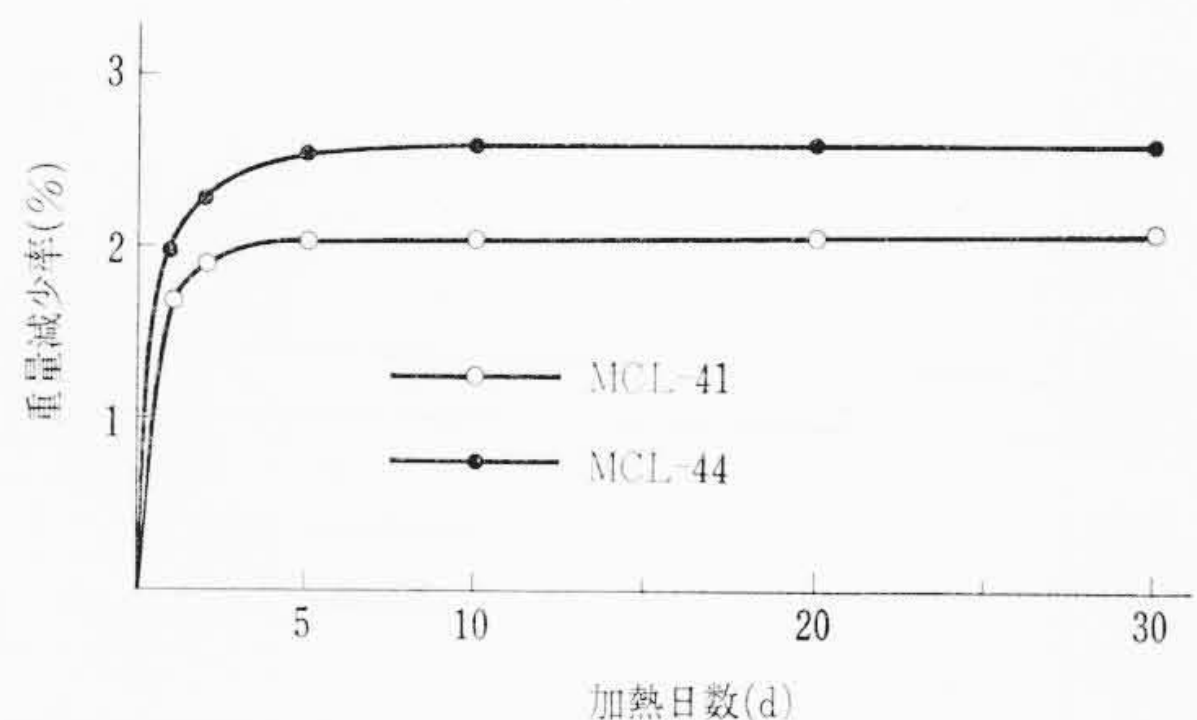
品種	加熱条件 (°C-分)	室温 23°C	40-3	60-3	80-3	120-3	140-3	160-3
MCL-41		80	80	80	70	—	—	—
MCL-44		—	—	—	—	70	70	80

第8表 MCL-41とMCL-44の寸法収縮率

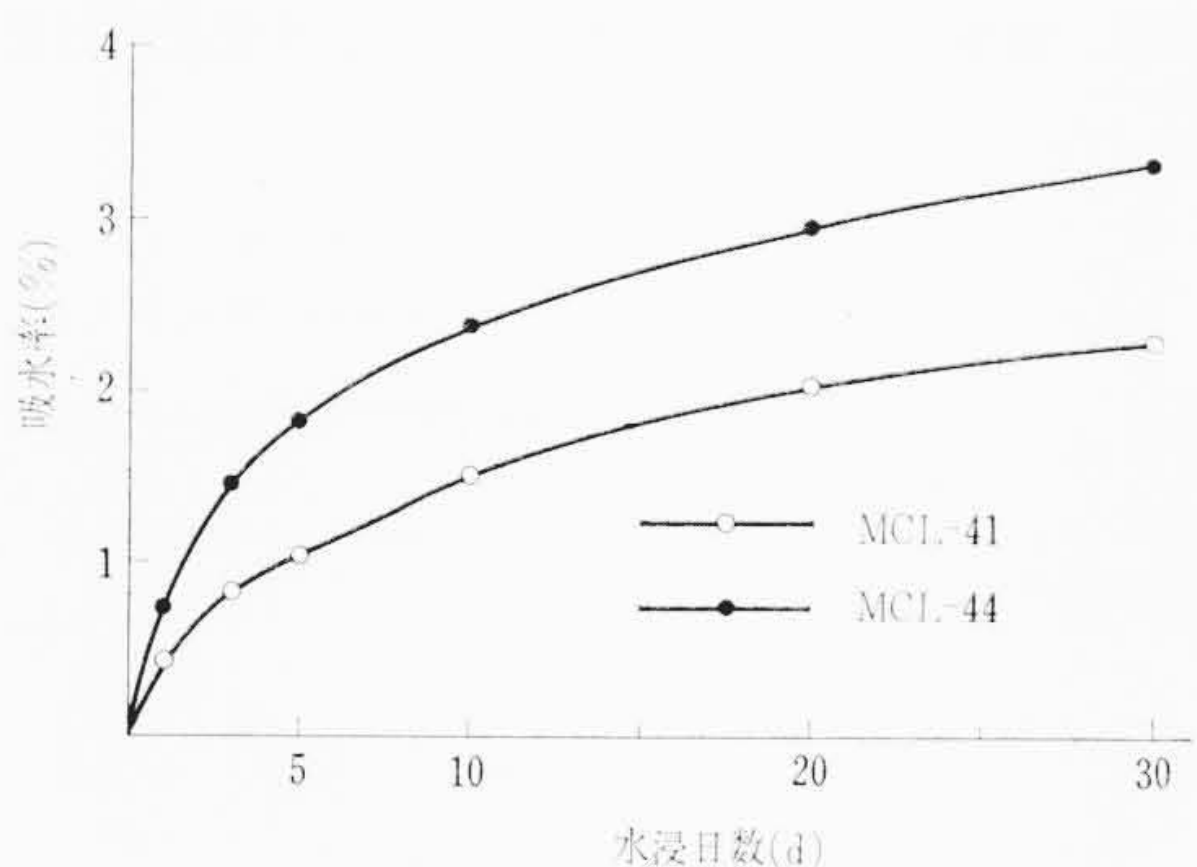
品 種	加熱条件 (°C-分)	収 縮 率 (%)
MCL-41	50-10	縦 0.03~0.04
		横 0.03~0.04
	75-5	縦 0.07~0.12
		横 0.10~0.15
	90-3	縦 0.10~0.15
		横 0.10~0.20
MCL-44	140-3	縦 0.15~0.25
		横 0.30~0.40
	165-3	縦 0.20~0.35
		横 0.35~0.45



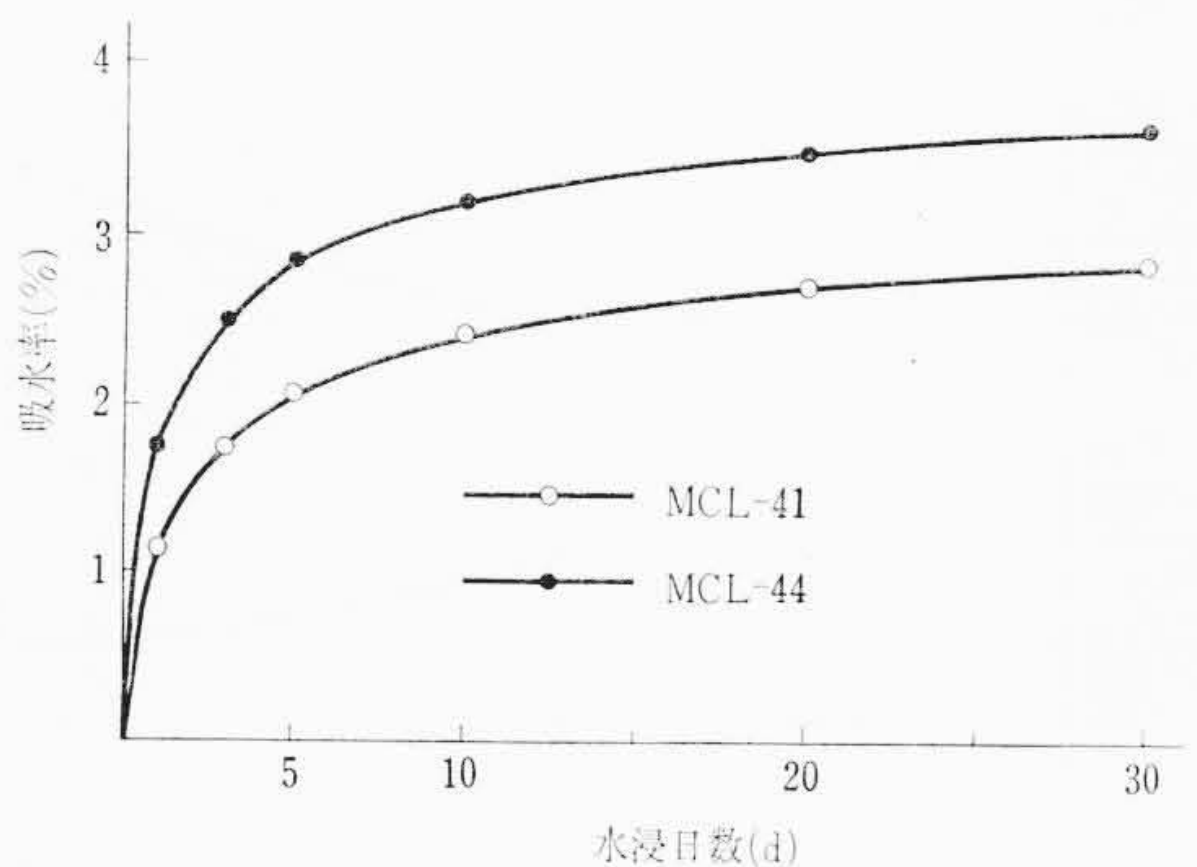
第11図 加熱 (90°C) による重量減少



第12図 加熱 (120°C) による重量減少



第13図 水浸 (23°C) による吸水率の変化

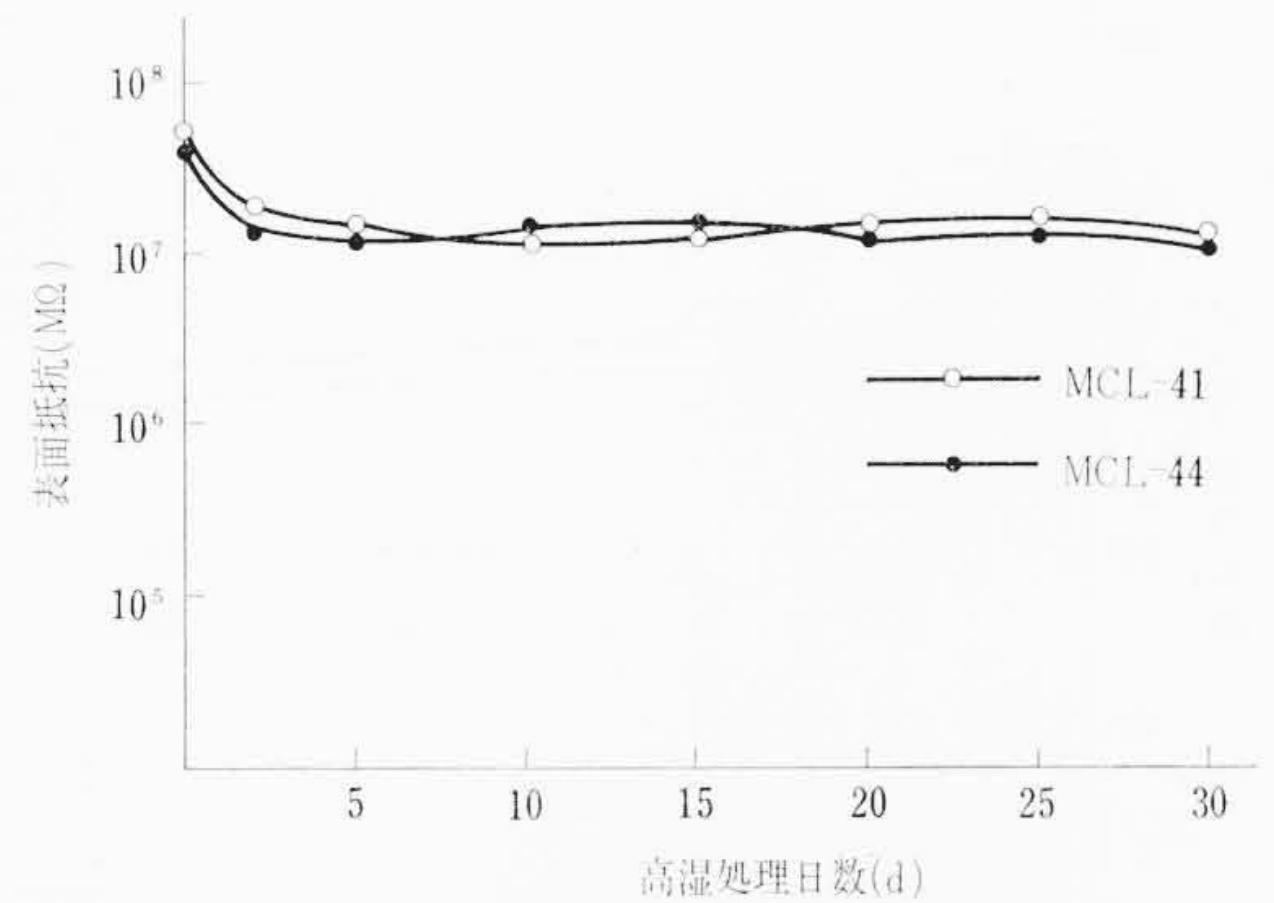


第14図 水浸 (50°C) による吸水率の変化

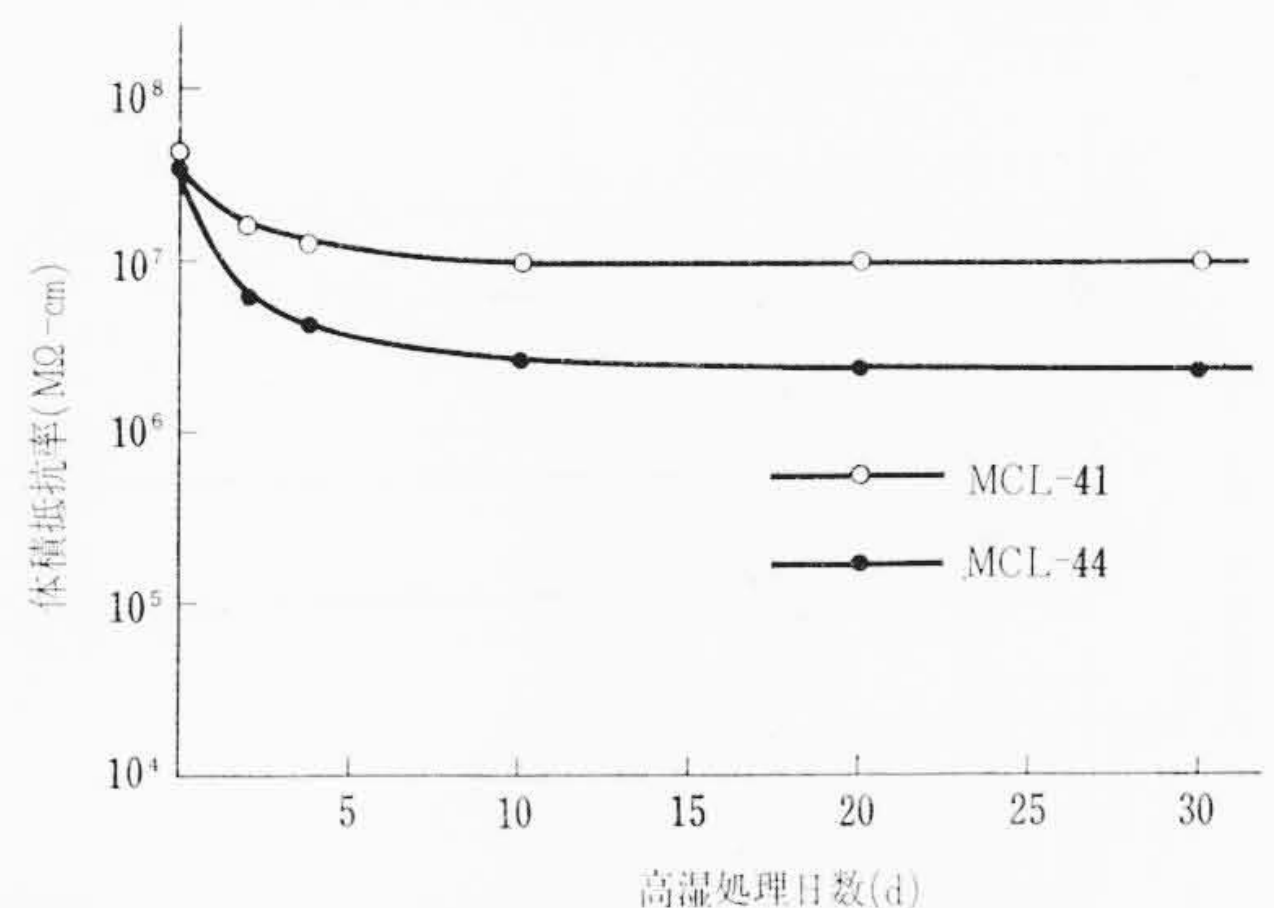
なお試験は試料を打抜加工できる温度に加熱してから、MCL-41 が常温 (19°C) にて 140×50 (mm) の大きさに打抜ける金型で打抜き、長手方向の寸法から 140 (mm) を基準に収縮率を求める方法で行なった。

熱硬化性樹脂は長時間加熱することによって重量を減少し、寸法収縮を起こすが、この収縮は特に紙基材フェノール樹脂 MCL の場合大きいとされているので、この点についても検討した。

試験はおのこの試料の縦、横からそれぞれ 140×13 (mm) の大きさに切り出した試験片を別個に 90°C と 120°C の気中に放置後、測定日ごとに取り出し、常温に放冷してから寸法を測定する



第15図 高湿処理 (40°C, 90%) による表面抵抗の変化



第16図 高湿処理 (40°C, 90%) による体積抵抗率の変化

方法(一般用熱硬化性樹脂化粧板試験方法 JIS K 6902 の 2.10 項)を採用した。

第 9, 10 図に示した結果によると MCL-41 は常温打抜加工用であるにもかかわらず、加熱減量(第 11, 12 図)も少なく、寸法安定性にすぐれている。

4.1.6 吸水率

MCL の吸水率と電気特性との間には密接な関係があるために、NEMA その他の規格では吸水率が規定されているが、新しく制定された JIS には吸水率の試験方法が定められていない。

そこで MCL の銅ハクを除去(前述の前処理のすんだもの)してから JIS K 6911 の試験方法に準拠して吸水率を測定した。

第 13 図は試験片を 23°C の蒸留水に 30 日間、第 14 図は試験片を 50°C の蒸留水に 30 日間浸漬して吸水率を求めた結果を示したものである。

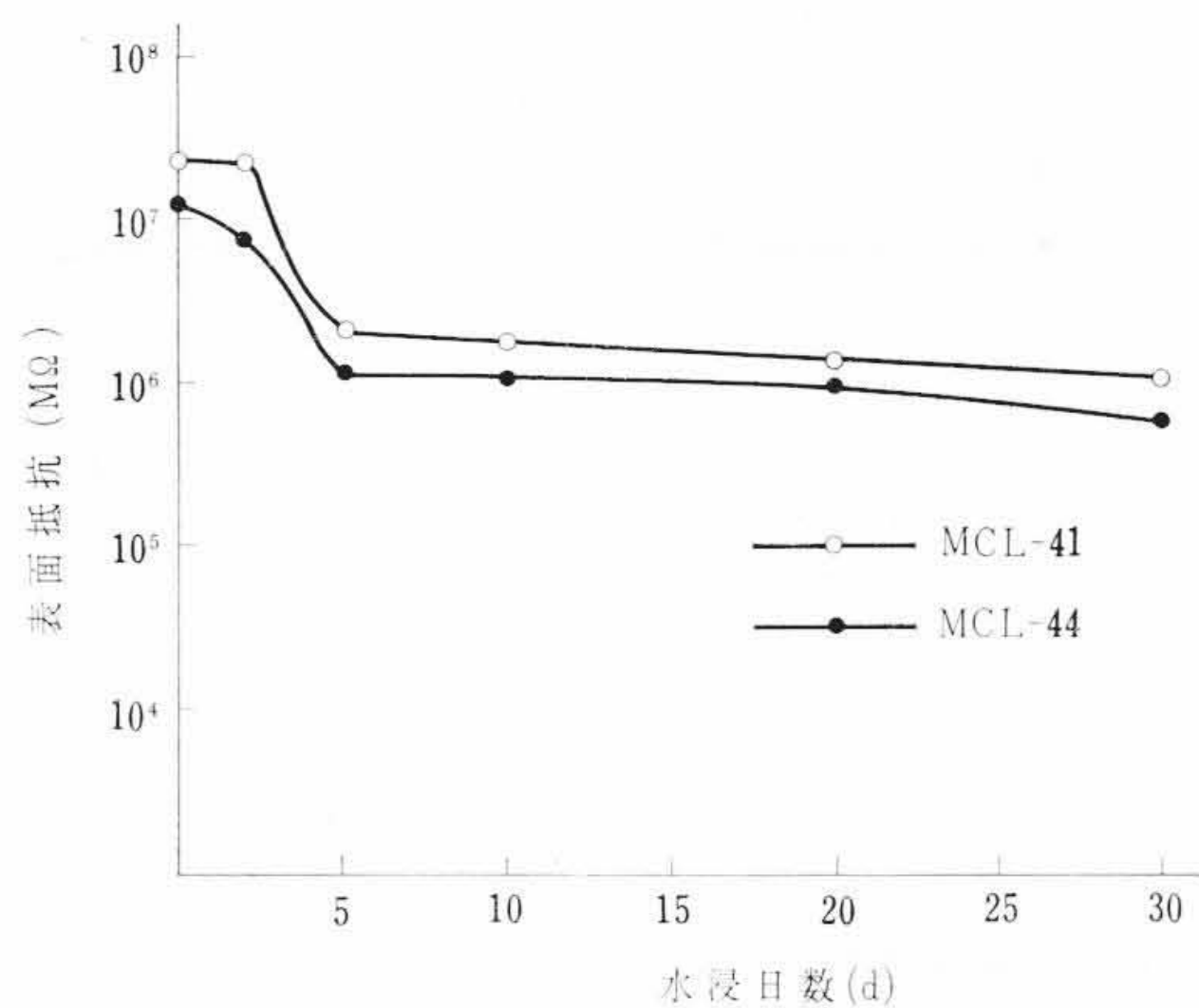
この結果によると、吸水率は水浸した初期には急激に増加するが、水浸日数が長くなるにともなって増加は鈍り、飽和値に近づいている。この傾向は 50°C のときに著しく、MCL-41 はいずれの温度にても吸水率が小さく耐水性にすぐれていた。

4.2 電気的性質

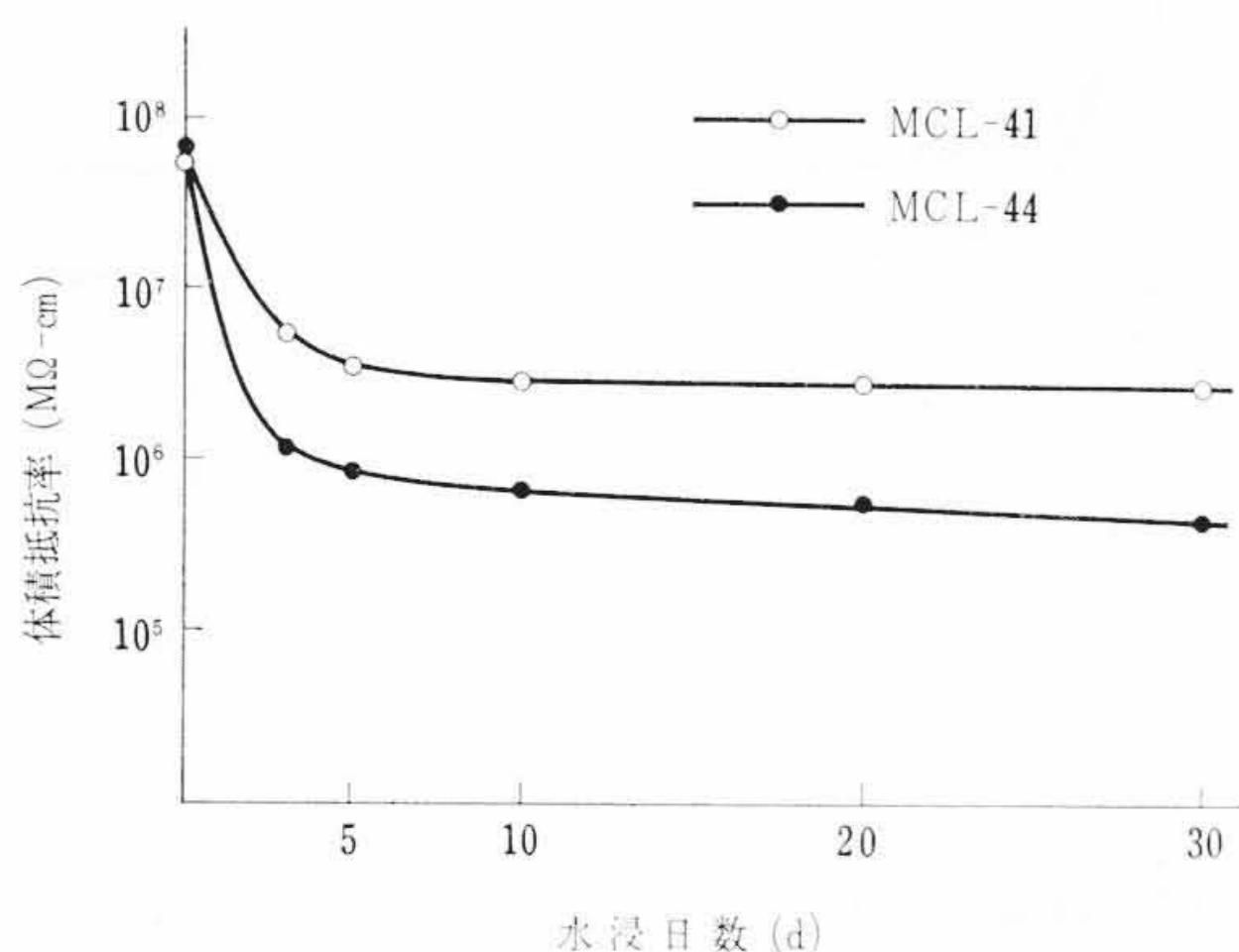
4.2.1 表面抵抗および体積抵抗率

MCL の接着剤の電気特性は松井氏⁽¹⁸⁾、綱島氏⁽¹⁹⁾、小柳氏⁽²⁰⁾によって明らかにされているように、フェノール樹脂積層板にまさる性能をもっている。特に表面抵抗にすぐれているために、MCL の接着剤面の表面抵抗 (以後表面抵抗と呼ぶ) は大きな値を示すが、その値はいくらか基板の性質にも左右される傾向がある⁽²⁾⁽⁶⁾。そこで MCL-41 と MCL-44 の試験片を 40°C, 90% 相対湿度の恒温、恒湿そうの中に放置し、測定日ごとに取り出して JIS の方法にて放冷してから恒温恒湿そう (20±3°C, 60~65% 相対湿度、以下同様) 内で測定した。

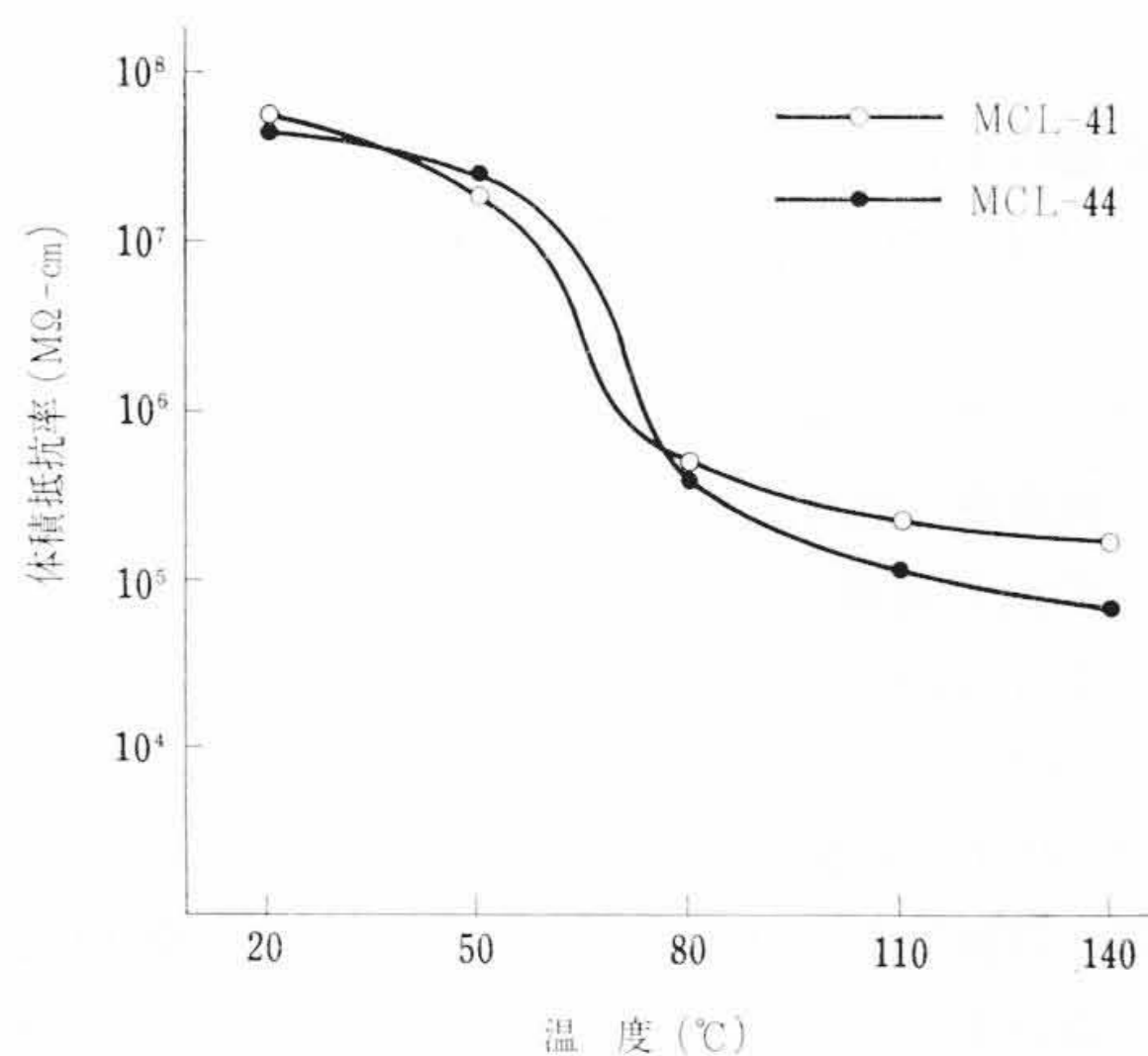
測定結果は第 15 図に示したように、MCL-41, MCL-44 とともに



第17図 水浸(50°C)による表面抵抗の変化



第18図 水浸(50°C)による体積抵抗率の変化



第19図 体積抵抗率の温度による変化

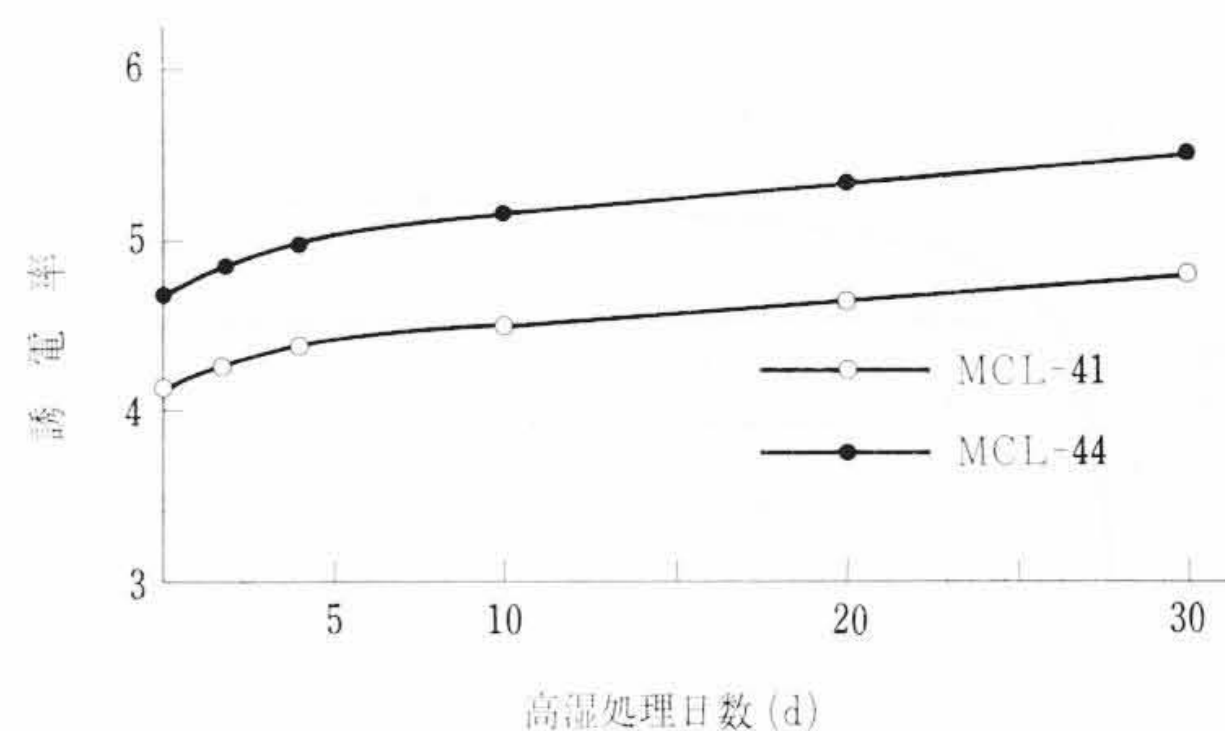
表面抵抗にすぐれ、吸湿による表面抵抗の低下も少なかった。

体積抵抗率についても同じような実験を行なって、結果を第16図に示した。この場合は基板の耐湿性の差が明らかに表われてMCL-41がすぐれていた。

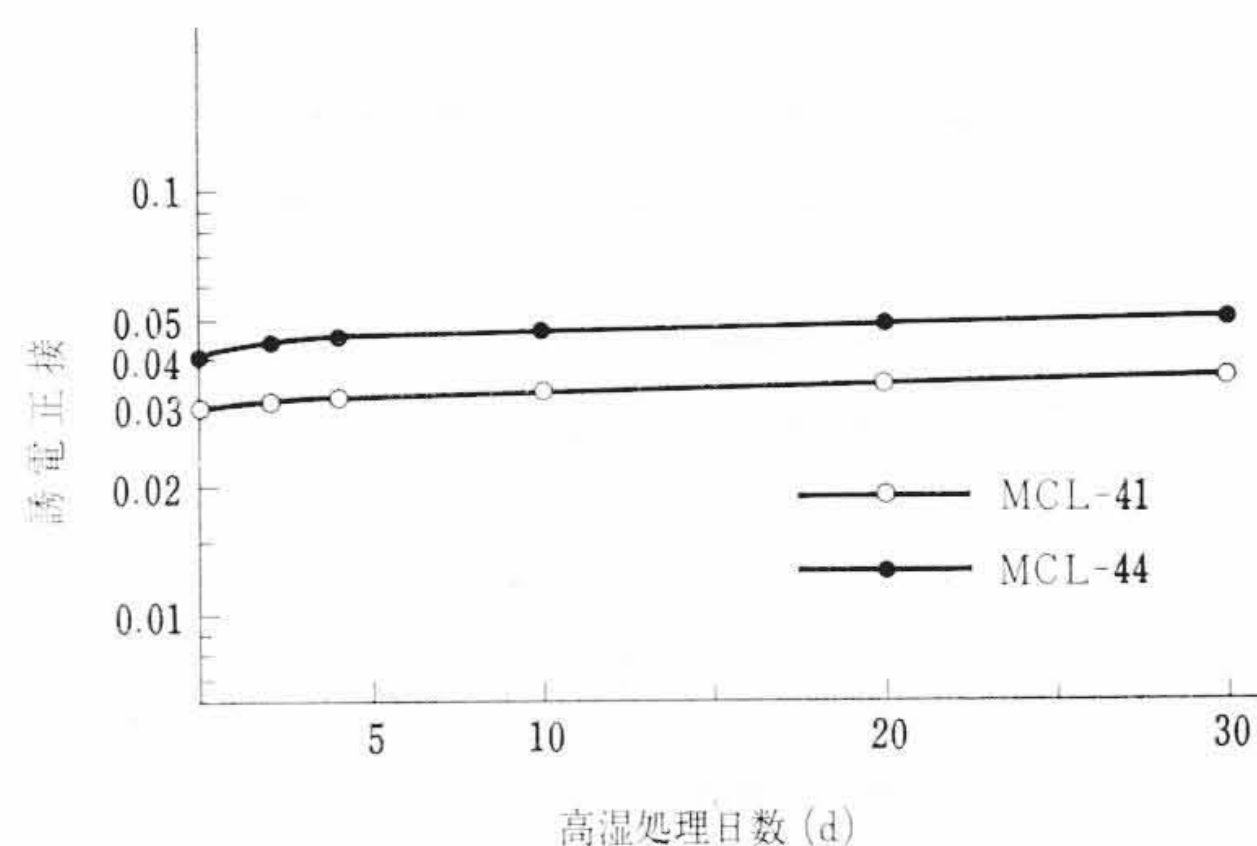
第17図と第18図は水浸処理(50°Cの蒸留水に浸漬)を施した場合の表面抵抗と体積抵抗率の変化を示したものであるが、この試験は湿度処理よりさらに過酷のようでそれぞれの値が1けた低下している。しかし低下後もMCL-41は表面抵抗で 10^6 MΩ以上、体積抵抗率で 10^6 MΩ-cm以上の値を示し非常にすぐれている。高湿下の長期間の使用にも十分耐えうるであろう。

MCLが高温にて使用されることを想定して、試験片をそれぞれの温度の気中に30分間放置後、その温度で体積抵抗率を測定した。第19図はその結果を示したものである。

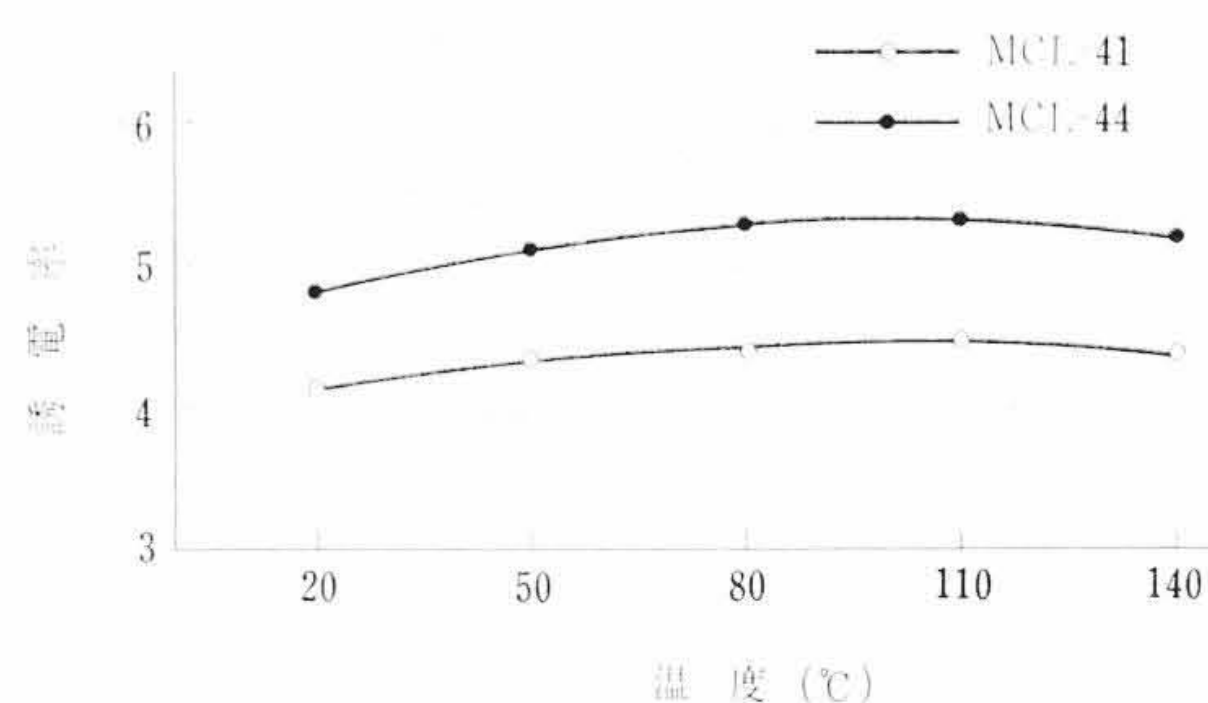
絶縁材料で一般に認められているように、温度の上昇にともなって、体積抵抗率は低下している。



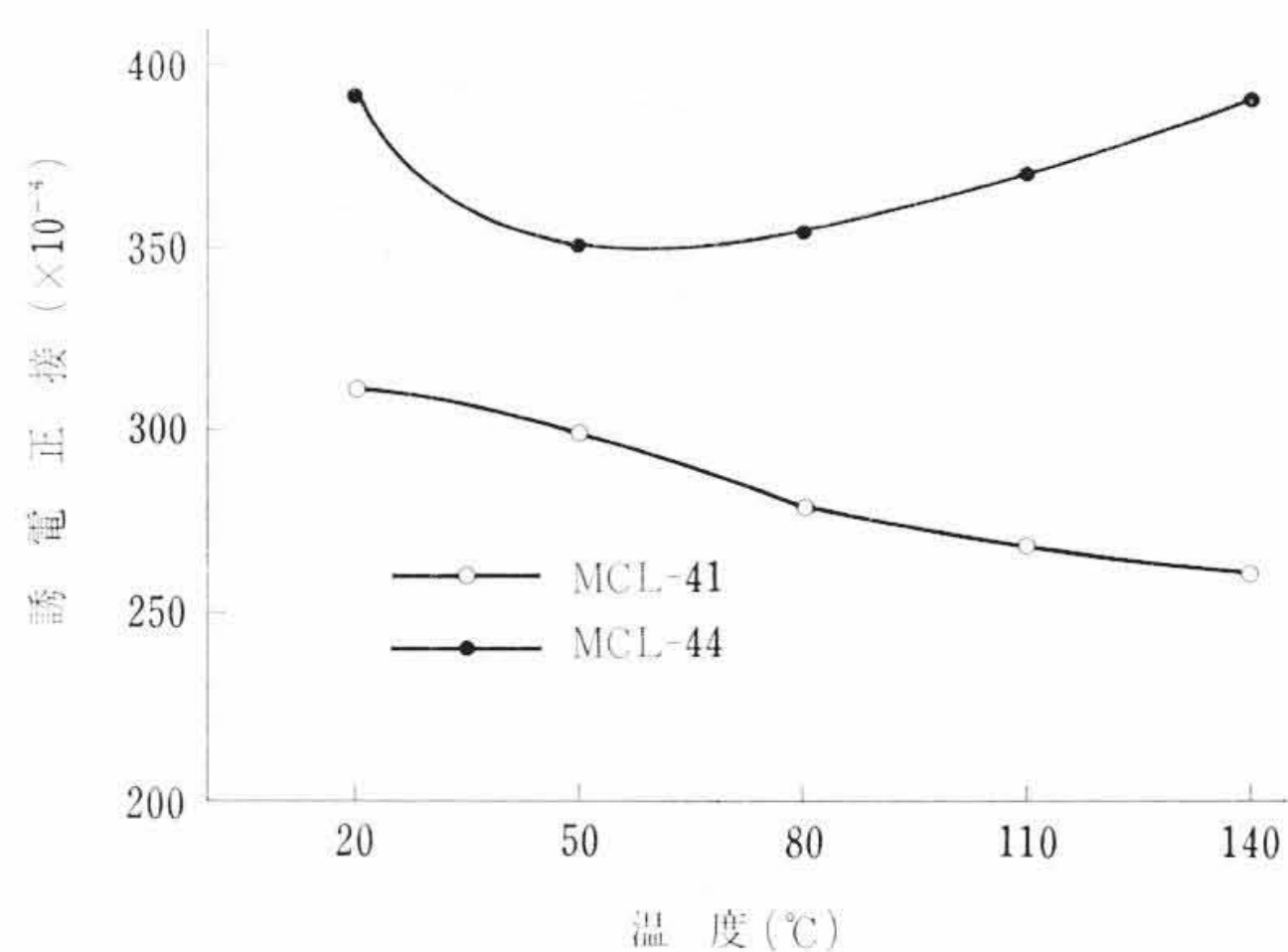
第20図 高湿処理(40°C, 90%)による誘電率の変化



第21図 高湿処理(40°C, 90%)による誘電正接の変化



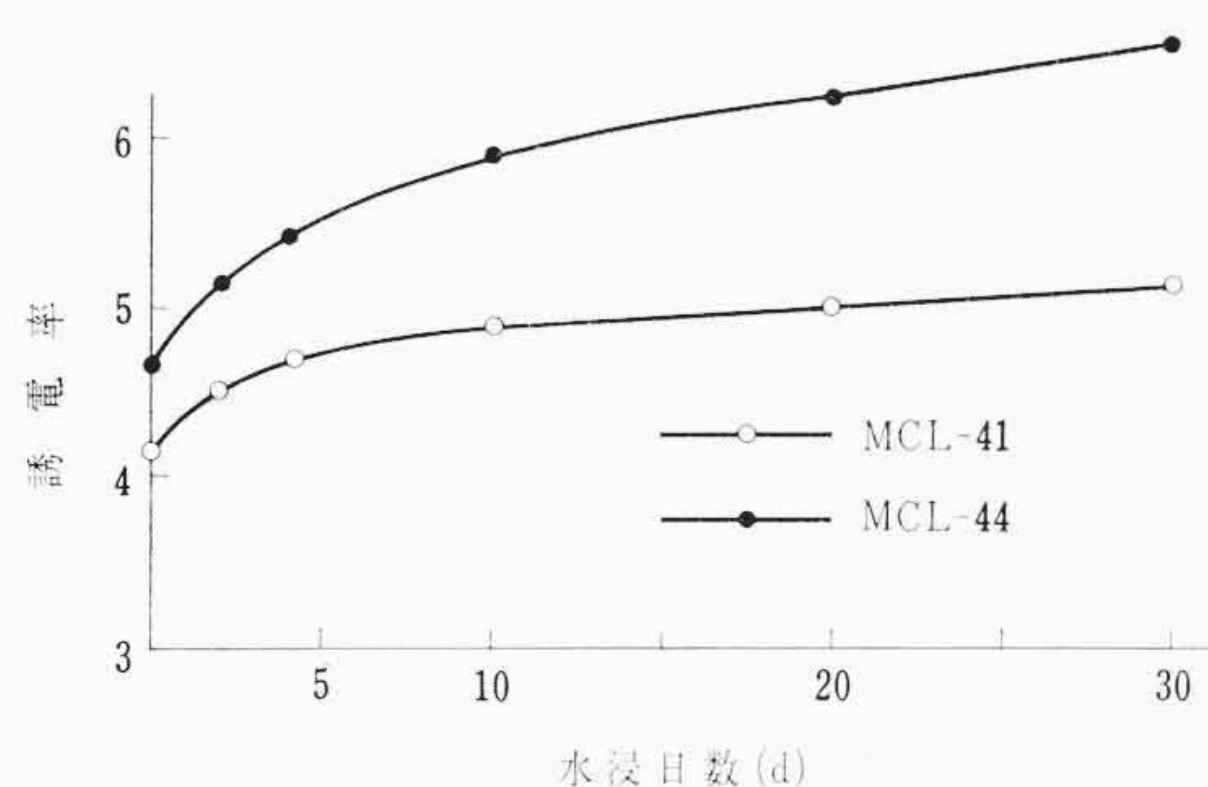
第22図 誘電率の温度による変化



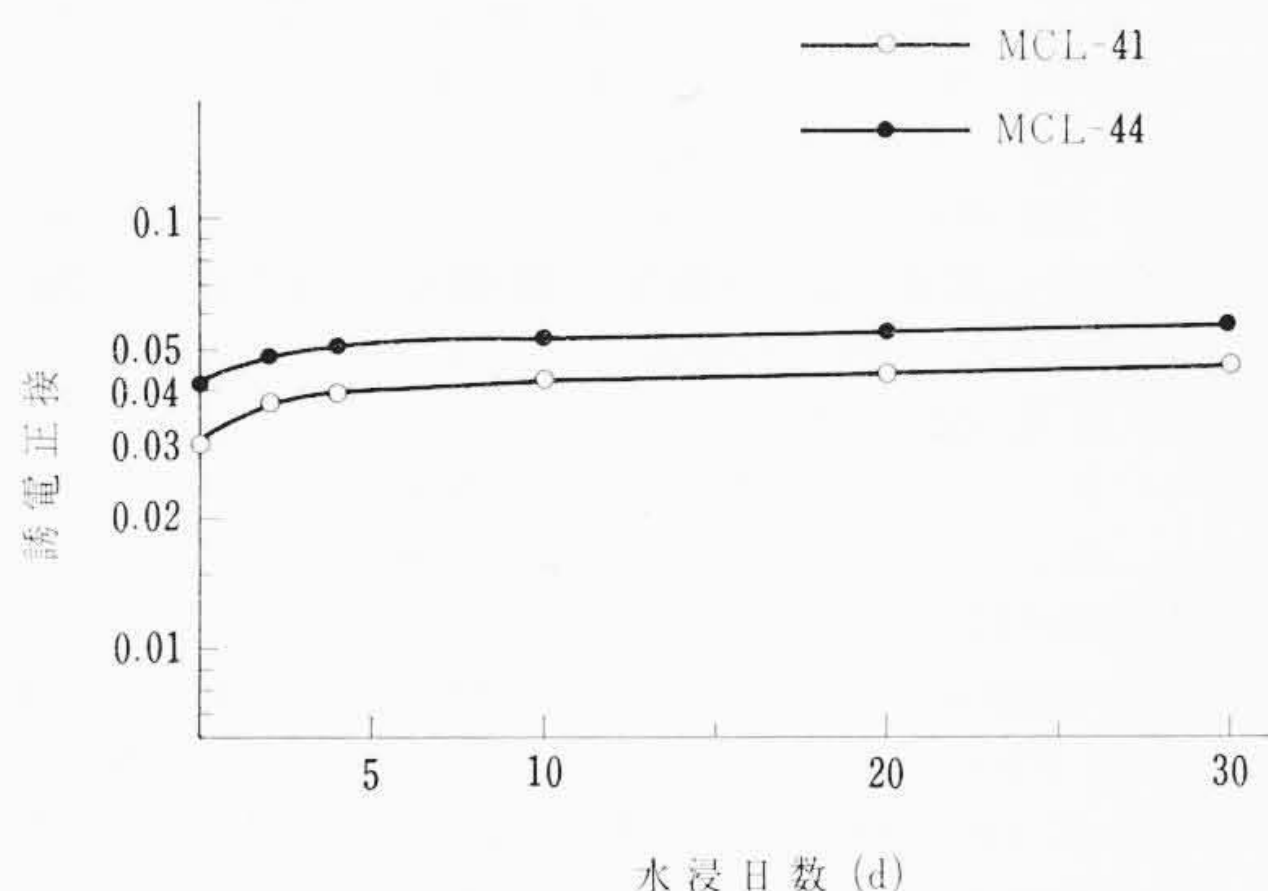
第23図 誘電正接の温度による変化

4.2.2 誘電的性質

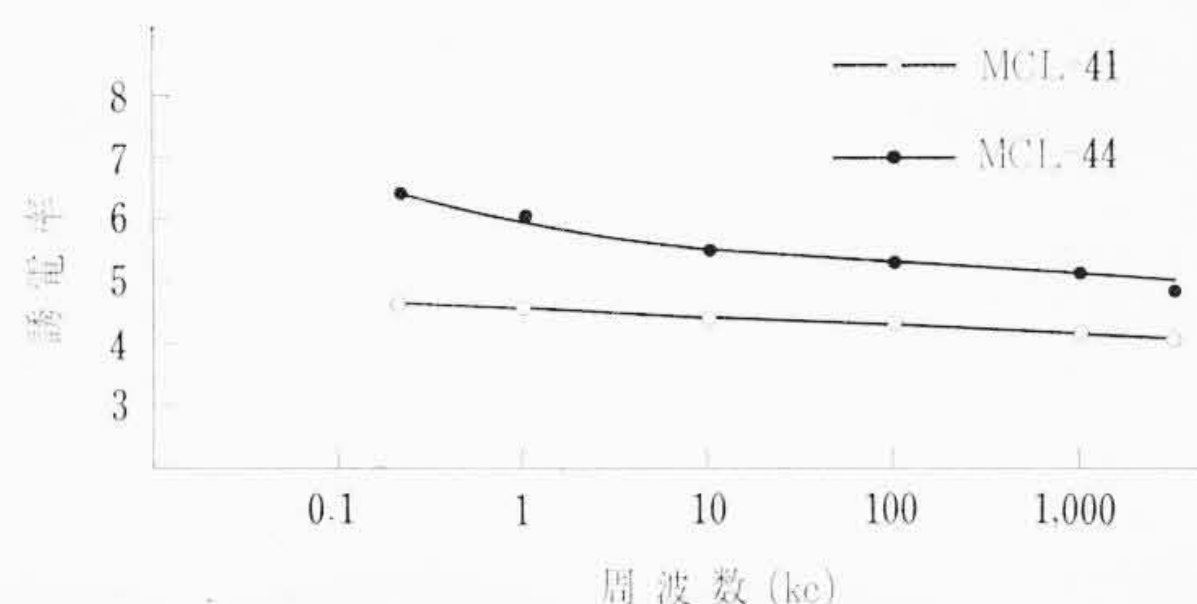
MCLを高度の性能を要求する機器に使用する場合、誘電特性が周囲の条件や周波数によって変動しないことが第一条件となる。また誘電率、誘電正接の値の小さいことも望まれるが、従来の紙基材フェノール樹脂MCLは紙基材エポキシ樹脂MCL、ガラス繊維布基材エポキシ樹脂MCL、テترون繊維布基材エポキシ樹脂MCLにくらべてややそれらの値が大きいために、使用範囲がせばめられているようであった。この点MCL-41は第20～23図



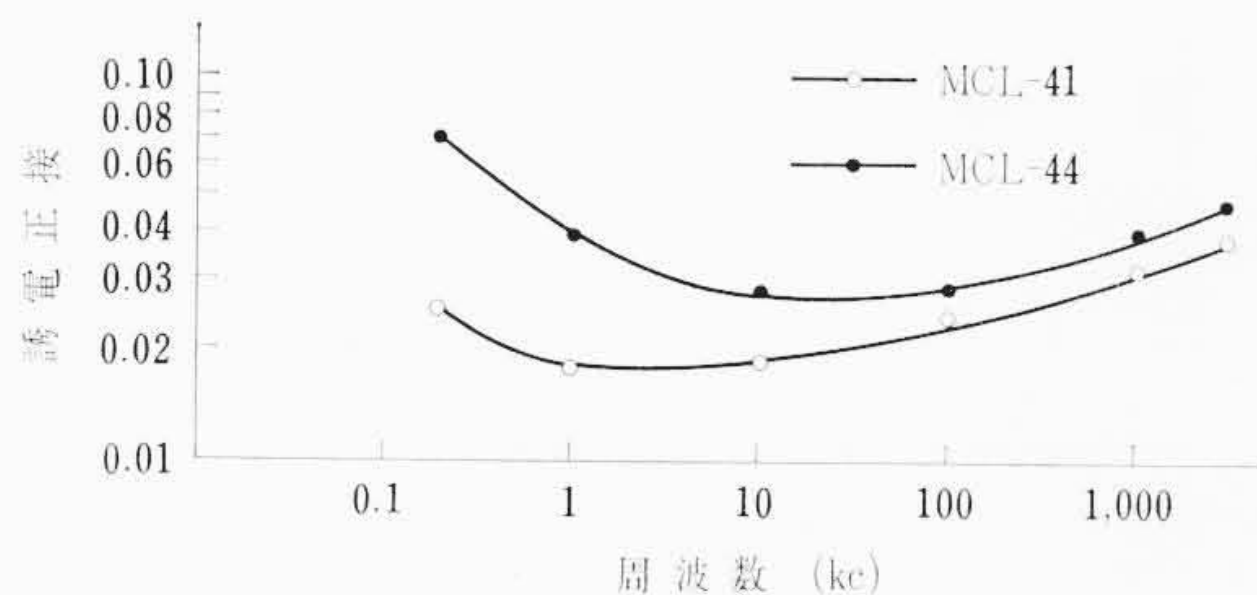
第24図 水浸 (50°C) による誘電率の変化



第25図 水浸による誘電正接の変化



第26図 誘電率の周波数による変化

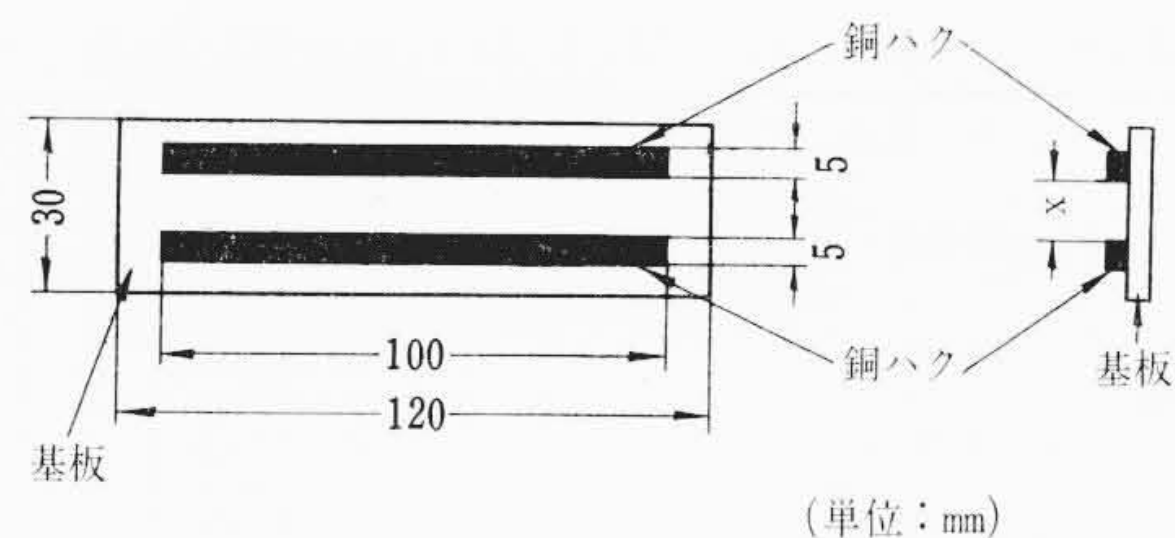


第27図 誘電正接の周波数による変化

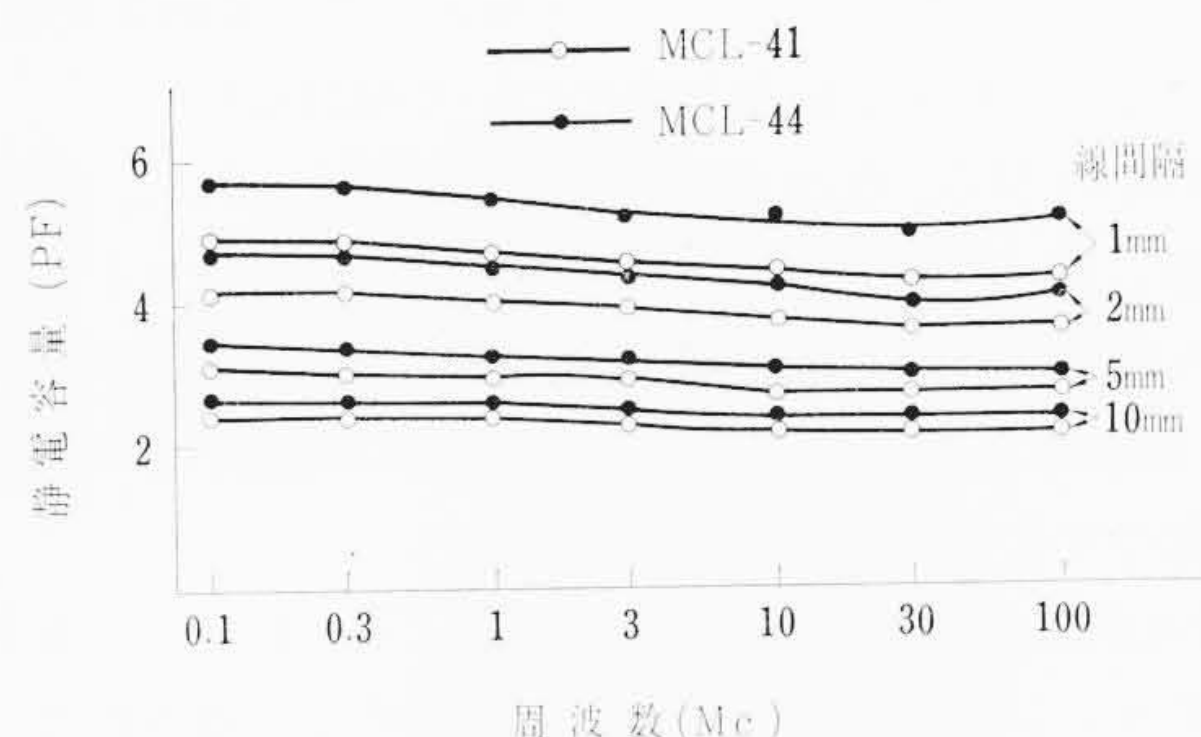
に示すように、1 Mcにおいては、誘電率、誘電正接の値が小さいうえに、温度、湿度などの周囲の条件によって変動が小さくすぐれている。なお第20, 21図の結果は試験片を表面抵抗の湿度処理による変化を求めたときと同じ方法で処理したものである。第22図と第23図の結果は体積抵抗率の温度特性を求めたときと同じ方法で試験片を処理してから得られたものである。

湿度処理よりさらに過酷な水浸処理(50°Cの蒸留水に浸漬)によるMCL-41の誘電率、誘電正接の変化は第24, 25図より明らかにように少なく、長期間の高湿度のもとでの使用に十分耐えうることが推定できる。

第26図と27図は恒温、恒湿の部屋で誘電率、誘電正接の周波数特性を求めた結果を示したが、これらの結果からMCL-41は周波数に対しても安定した性能をもっていることがわかる。



第28図 静電容量試験片の形状



第29図 静電容量と周波数の関係

MCLの使い方からいって、同一面上で対向する電極に生ずる静電容量がしばしば問題となるので、第28図の試験片で電極間距離を1, 2, 5, 10 mmと変化させて、各周波数における静電容量の変化を求めた。第29図はその結果を示したものである。

測定は恒温、恒湿内で行なったが、MCL-41はMCL-44より静電容量が小さく、同一面上に電極を対抗させると広い周波数領域でさらに安定した性能を示すことが明らかとなった。

4.2.3 電食と銀の移行性

MCLは電気の導体である銅と絶縁材料である基板とが絶えず広い面積にわたって接触して使用されるから、電食の問題は普通の絶縁材料以上に問題となる。特にフェノール樹脂MCLの場合は、電圧、湿度、温度などの外的条件のほかに、未反応物質の存在と吸水率などの基板の諸特性も影響を与えているので⁽²¹⁾、MCL-41の電食を通信機用積層板研究会の「通信機用積層板の電食に関する研究⁽²²⁾」に準拠して試験した(40°C, 90% 相対湿度のもとで直流電圧135 Vを96時間印加した)。

また導体に銀を利用した場合には、銀が絶縁材料に移行して絶縁材料が変色するにとどまらず、最後には絶縁破壊を起こすが、この現象は銀の移行現象 (Silver Migration) と呼ばれ、フェノール樹脂積層板、MCLの場合は特に問題とされている。そこで銅の電食の場合と同じ方法で銀の移行現象を検討し、その結果を第9表に示した。表によるとMCL-41の耐電食性はMCL-44と大差がなく銀の移行性についてはややすぐれていることがわかった。

4.3 化学的性質

MCLは加工工程で、水のほか、いろいろの溶剤、および薬品にて処理されるから、これらの処理に耐えることが要求される。これらの処理のうち水についてはすでに問題のないことを明らかにしたの

第9表 MCL-41とMCL-44の電食と銀の移行性

試験項目		供試材料	MCL-41	MCL-44
電 食 (点)	銅	+	60~80	50~80
		-	60~80	60~80
移 行 性 (点)	銀	+	60~80	50~70
		-	100	100

ただし100点満点

第 10 表 MCL-41 と MCL-44 の耐溶剤，耐薬品性

品 種	溶剤，薬品 処理時間	メタノール		アセトン		ベンゼン		10% 塩酸	10%苛 性ソー ダ
		15分	60分	15分	60分	15分	60分	120分	120分
MCL-41	溶 剤 中	○	○	○	×	○	△	○	△
	蒸 気 中	○	○	○	△	○	△		
MCL-44	溶 剤 中	○	○	○	△	○	○	○	×
	蒸 気 中	○	○	○	○	○	○		

ただし ○ 変化なし △ やや侵される × 侵される

で，メタノール，アセトン，ベンゼンなどに対する耐溶剤性，塩酸，カ性ソーダなどに対する耐薬品性について検討した。

試験は実際の MCL の加工作業条件を考慮に入れて，耐溶剤性の場合は沸騰している溶剤の中と，その蒸気の中にそれぞれ試験片を一定時間入れて外観の変化を調べ，耐薬品性の場合は 50℃ に保たれた 10% の塩酸と 10% のカ性ソーダ水溶液に試験片を 2 時間浸漬してから外観の変化を調べる方法を採用した。

第 10 表は試験結果を示したものであるが，それによると MCL-41 は長時間アセトンあるいはベンゼンで処理すると浸されている。

加工工程で必要以上の溶剤への浸漬，蒸気にさらすことなどは避けるべきで，処理時間は少なくとも 15 分以内にとどめるべきである。

耐塩酸については別に問題ないが，カ性ソーダに浸漬した場合は基板の変色がやや大きかった。基板の変色のほかに銅ハクの腐食も起きるから，薬品処理はできるだけ短時間にとどめることが好ましい。

5. 結 言

紙基材フェノール樹脂 MCL の性能向上と新しい用途への応用を目的に開発された MCL-41 は，本文に詳述したように常温打抜加工が可能で，寸法安定性，絶縁性，誘電特性などにすぐれている。

また耐湿性と耐熱性にすぐれているため，強制劣化試験による性能の低下も小さいので，高度の電気特性を要求する機器への使用が期待される。

参 考 文 献

(1) 横山，樋口：日立評論 40, 51 (March 1958)

(2) 斉木，伊藤：日立評論 43, 1112 (Sept. 1961)

(3) 横山，斉木：工業材料 9, 11 (1961)

(4) 斉木，鈴木，横倉：日立評論 46, 504 (March 1964)

(5) 樋口，小林，中川：日立評論 別-31, 79 (July 1959)

(6) 横山，中川：日立評論 43, 2211 (Dec. 1961)

(7) NEMA Standard: Copper Clad Laminates (1963)

(8) JIS C 6481「印刷回路用銅張り積層板試験方法」(1963)

(9) PB レポート：PB-131983

(10) 中野：工化 65, 3 号 (1962)

(11) 中野：プラスチック 7, 9 号 1 (1956)

(12) 北条：高分子材料講習会 (April 1964)

(13) ASTM D-617

(14) G. R. Sprengling ほか：J. Appl. Poly. Sci. v, No. 13 (1961)

(15) James H. Freeman ほか：S. P. E. Journal, 17, No. 7 (1961)

(16) William R. Brookes：Ind. Eng. Chem., 53, 570 (July 1961)

(17) W. H. Klippel：Elect. Manuf., 58, 92 (1956)

(18) 松井，山方：日立評論 特集号 No. 31, 65 (1959)

(19) 綱島：National Technical Report No. 3

(20) 小柳：電化 26, 557 (1958)

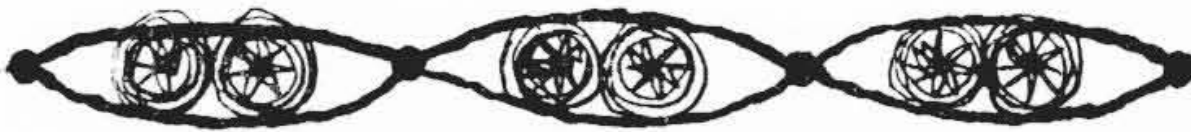
(21) たとえば通信機用積層板研究会資料

(22) 「通信機用積層板の電食に関する研究」(Feb. 1962)



特許 第 414654 号

特 許 の 紹 介



阿 部 春 雄

変 圧 器 用 放 圧 弁

この発明は，変圧器油槽内に発生する異常圧力を確実に外部へ放出し誤動作を起こさないようにしたもので，図面のように変圧器油槽上に設けた放圧管 1 の端部の開口部を放圧板 2 とこれに近接して油槽内圧力に應動して伸縮するベローズ 3 とによって閉鎖し，放圧板 2 に対応して外側には一端に杵 4 を設け他端にはベローズ 3 の自由端へ接触対向する突起 11 を形成した叩打用のテコ 7 をほぼ中央部でピン 8 によって枢着支持しており，テコ 7 の肘 4' 部分にはピン 9 にて圧縮バネ 5 および 6 の一端がまとめて固定されており圧縮バネ 5, 6 はテコ 7 のピン 8 に対応してピン 10 にて固定されている。テコ 7 の肘 4' のピン 9 は，ピン 10 とテコ 7 を固定するピン 8 とを結ぶ直線の外方に位置してありデッドポイント機構を構成している。

このようにした場合，放圧板 2 は油槽内の圧力が多少変動してもベローズ 3 が伸縮して吸収するため疲労することがなく，ベローズ 3 に生じた矢印方向の膨張力と圧縮バネ 5, 6 の力とによって突起にかかる矢印方向の力とがつり合ってテコ 7 は動かず放圧板 2 は破壊されないが，油槽内に異常圧力が発生した際にはベローズ 3 が伸びてテコ 7 をピン 8 を支点として回転させるから，デッドポイントを越えると圧縮バネ 5, 6 のトルクが加わるためテコ 7 は急に回転し杵 4 にて放圧板 2 を破壊し内部の圧力を放出する。

この発明によれば，簡単な機構のため各部の摩擦による影響がなく確実に安定した放圧機能を発揮できる。(白土)

