

# ガラス布基材ヒタフラン積層板の特性

## The Properties of Glass Cloth Base Hitafran Laminates

横山 亮次\* 我妻 行雄\*  
Ryōji Yokoyama Yukio Agatsuma

### 内 容 梗 概

化学工場向け電気器具類には耐酸性処理を施すだけでは需要を満たすことができず、耐アルカリ性処理を同時に必要とする場合も多い。

このような目的には従来から使用してきている積層板類では性能的に不満足であるため、電気的性能のほか耐酸、耐アルカリ性を同時に有する積層板の製品化が望まれるようになった。

本文で述べるガラス布基材ヒタフラン積層板はこの目的の一端を満たすものとして開発したものであり、その性能は本文でも詳記するように電気特性のほか、耐酸、耐アルカリ性にもすぐれている。またこの積層板は高温における機械的性能にもすぐれていて、F種絶縁としても期待できるものである。

### 1. 緒 言

ヒタフラン（フラン樹脂）はホルマール電線の耐摩耗性付与剤として生産を開始したものであるが、その後、この系統の樹脂が耐薬品性にもすぐれていることから耐薬品性絶縁塗料としても実用に供されるようになった<sup>(1)~(3)</sup>。

ヒタフランはこのように電気用として需要が喚起されたものであるが、その後、耐薬品性が重視されるにつれて構造用耐薬品性材料としての需要が急増し、現在ではヒタフランの用途はあたかも構造材料用のみと錯覚されるまでになってきている。

しかし、耐薬品性絶縁塗料としての使用実績と化学工場向け電動機具類の需要増加につれて電気特性のほか耐薬品性も必要とする積層板の需要が生じてきた。

この積層板は構造用材料として早くから望まれていたものであり、これまでの積層板に見られない長所が期待できるものと考え、その製品化研究に着手した。

一般に積層板はこれまでよく知られているように有機質繊維を基材とするものと無機質繊維を基材とするものとに大別できる。

筆者らはこれらのうちとりあえず無機質繊維特にガラス布、アスベスト布に着目して実験を行ったところ電気的性能はガラス布を基材とするものが良好であることを見いだした。

そこで、この積層板について耐薬品性を種々の方式で検討したところガラス布基材ヒタフラン積層板（ガラス布基材積層板）は常温状態においては電気特性のほか、耐酸、耐アルカリ、耐溶剤性にもすぐれていることが明らかとなった。

電気絶縁用積層板としてはこれまで耐薬品性という性質はあまり重視されていない傾向にあったため、試験方法も徹底を欠くきらいがあったので、本報告に用いた試

\* 日立製作所多賀工場

験方法についてもやや詳細に記載して使用者の参考としたい。

また、この積層板はF種絶縁材料として使用の可能性もあるものとして、高温処理による機械的強度の変化を検討したのでその内容も報告する。

### 2. 一 般 特 性

ヒタフラン積層板は、耐薬品性にすぐれていることを特長とする積層板で、耐酸用としてはガラス布基材、耐アルカリ用としてはアスベスト布基材の積層板が使用されている。ガラス布基材積層板の一般特性をフェノールガラス、シリコンガラス、メラミンガラス積層板と比較して第1表に、アスベスト布基材積層板の一般性能を第2表に示す。

本文で述べるヒタフランは、いわゆるフラン樹脂であって、この樹脂を目地セメント用として使用するときは通常200°Cまでの使用温度に耐える<sup>(4)(5)</sup>といわれているほどであるから、ヒタフラン積層板の使用温度も高く、シリコン積層板に次ぐ耐熱性を有していると考えられる。

電気的性能はフェノールガラス積層板と大差なく、機械的性能もフェノールガラス積層板とほぼ同等程度である。アスベスト布基材積層板の電気的性能もフェノールアスベスト積層板と大差ないが、ガラス布基材積層板に比べていくぶん劣る。したがって電気絶縁材料としての用途にはおのずから限界があるので、その用途はむしろ耐薬品性を主とする構造材料と考え、性能の詳細は耐食構造材料として別に報告したいと思う。

### 3. 耐薬品性試験法<sup>(6)~(8)</sup>

積層板の耐薬品性を表わすためにはいろいろの方法があり、一般にはこれらを組み合わせて性能の判定が行われている。実用されている試験方法には供試材料を試験液に浸漬したときの(1)試験液の着色変化、(2)浸漬

第1表 ヒタフラン積層板の一般特性

記号		LF-61N	LP-61N	LS-61N
基材		ガラス	ガラス	ガラス
結合剤		ヒタフラン	フェノール樹脂	シリコーン樹脂
耐電圧(貫層)	kV/mm	>5	>5	>5
耐電圧(沿層)	kV/15mm	>25	>25	>35
絶縁抵抗(常態)	MΩ	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>6</sup>	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>6</sup>	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>6</sup>
絶縁抵抗(煮沸)	MΩ	—	—	—
抵抗率(体積)	MΩ-cm	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>6</sup>	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup> ~10 <sup>7</sup>
抵抗率(表面)	MΩ	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>6</sup>	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>6</sup>	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>6</sup>
誘電正接(1Mc)		0.02~0.04	0.02~0.04	0.02~0.05
誘電率(1Mc)		4~6	4~6	4~5
引張り強さ	kg/mm <sup>2</sup>	10~15	12~20	8~12
曲げ強さ	kg/mm <sup>2</sup>	13~20	14~22	10~20
圧縮強さ(沿層)	kg/mm <sup>2</sup>	10~15	30~50	5~10
圧縮強さ(直層)	kg/mm <sup>2</sup>	30~45	30~50	30~50
衝撃強さ(沿層)	kgcm/cm <sup>2</sup>	15~30	15~30	30~50
衝撃強さ(直層)	kgcm/cm <sup>2</sup>	—	20~40	—
へき開強さ	kg	200~400	200~400	200~400
密度	g/cm <sup>3</sup>	1.6~1.8	1.8~2.0	1.8~2.0
吸水率	mg/100cm <sup>2</sup>	100~500	100~500	50~300
製作厚み範囲	mm	0.5~20	0.5~50	1~25
色相大いさ		960×960 黒	960×960 黄褐	960×960 淡黄白
最高使用温度	°C	175	145	205
用途		耐蝕性 耐熱性 耐摩耗性	耐熱高強度 電気絶縁材料	耐熱 低誘電体損失 耐弧性

第2表 アスベスト布積層板の一般特性

項目	単位	ヒタフラン積層板	フェノール積層板	シリコーン積層板
曲げ強さ	kg/mm <sup>2</sup>	6~8	8~10	6~8
へき開強さ	kg	400~500	450~600	300~400
吸水量	mg/100cm <sup>2</sup>	300~450	300~450	—
沿層耐電圧	kV/15mm	25	25	40

試験片の外観変化, (3)浸漬試験片の重量変化, (4)浸漬試験片の容積変化(寸法変化), (5)薬液処理したときの試験片の機械的性能の変化などを測定する諸方法があり, それらについてその大要をまとめて以下に示す。

3.1 試験液の着色変化

供試材料を試験液に浸漬するとき, その作用によって材料構成成分が溶解抽出され, このため液は着色する。

その着色の程度から耐性を判断するもので, 判定は肉眼で行い個々の材料によって定めた基準によって採点する。無色透明な材料や浸漬液が熱または放置によって着色するものには適用できない。

フラン樹脂関係材料の場合には, 次の基準が設けられている。

点数	着色状態
100	無色透明
98	透明で, かすかに黄色
95	透明で, 軽微黄色
90	透明で, かなり黄色

80	透明で, 濃い黄色
70	透明で, 軽い赤または褐色
60	透明で, かなりの赤または褐色
40	透明で, 濃い赤または褐色
10	不透明着色
0	黒色(炭化様)

3.2 供試材料の外観変化

浸漬液の浸透または腐食によって外観が変化する状態を肉眼で観察するもので, 構成材料によって変化の様相が異なるが, フラン樹脂材料関係の場合には次の採点基準が規定されている。

点数	変化内容
100	変化なし
95	表面の光沢失われる
90	表面に1, 2の微小なヒビわれまたは発泡を生ずる
80	全体がわずかにふくれる
70	表面にかなりの微小ヒビわれ発泡を生ずる
60	表面に多数の微小ヒビわれ発泡を生じ相当にふくれるが基材は現われない完全にふくれ, または基材が露出する
50以下	

3.3 供試材料の重量変化

有機材料を浸漬するとき腐食による溶解減量と浸透による増量が重なって現われる。したがって浸漬に伴う重量変化はたんなる減量のみでなく増量も見られるわけである。この増量は本質的の変化を現わさない場合もあるため一般には減量のほうが採点基準がきびしく, フラン樹脂では次の式によって採点している。

重量変化が(1) -2~-10%の範囲では

$$R = 12.5W + 125$$

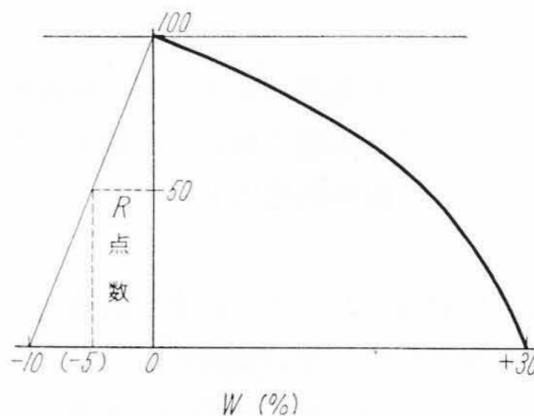
(2) -2~0%の範囲では  $R = 100$

(3) 0~+30%の範囲では

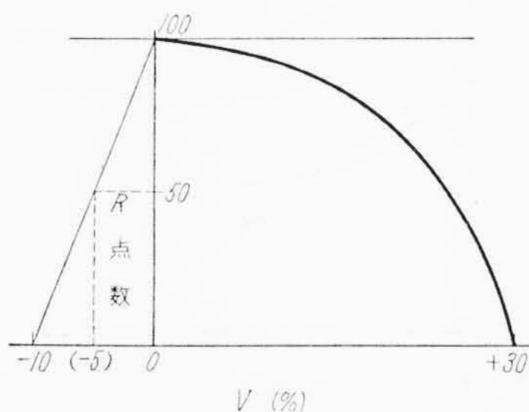
$$100 - R = W^3 / 270$$

ただし  $R$  は点数,  $W$  は浸漬による重量変化量

これら(1), (2), (3)式の関係をまとめて第1図に示す。図に示すように重量減量が5%になると採点は50となる。



第1図 重量変化による採点基準



第2図 容積変化による採点基準

3.4 供試材料の容量変化

一般に、有機材料において観察される浸漬液の浸透によるふくれ現象を特に考慮した試験方法である。ふくれによる容積変化は真の腐食を表わすものとはいえないが、寸法変化は材料使用上問題とされる場合が多いので必要な方法といえることができる。

フラン樹脂では次の採点基準が採られている。

容量変化が(1) -10~0%の範囲では

$$R = 10V + 100$$

(2) 0~30%の範囲では

$$R^2 = -333.2(V - 30)$$

ただしRは点数、Vは浸漬に伴う容積変化量(%)  
これら(1),(2)式の関係をもとめて第2図に示す。図に示すように容積変化が-5%になると採点は50となる。

3.5 供試材料の性能低下

使用目的に応じて特に必要と考えられる積層板の性能の浸漬に伴う低下の状態を測定して耐薬品性判定の尺度とするもので、きわめて実用に即した方法ではあるが、この方法はかならずしも本質的の腐食現象をそのまま表現していない場合もある。

以上に示してきた諸試験方法はそれぞれ腐食現象の一面に着目して考案されているものであり、それぞれ単独では腐食現象のすべてを表現することができないので、できるだけ全項目を併用して試験することが望ましい。

この場合(1),(2),(3),(4)の各項目についての実用に即した判定は下記に示すように

等級	平均点数	判定
E	(91~100)	不変化
G	(81~90)	こん跡程度
F	(75~80)	わずかに
P	(60~74)	中程度
N	(59以下)	著しい

E, Gを使用可能, Fを弱い条件のときのみ使用可能, P, Nをまったく使用不可能と級別して行われているので筆者らもこの方式を採用して以下の実験を行った。なお(5)については実験によって得られた強度低下の割合

第3表 ガラス基材積層板の試験条件

No.	試薬	温度(°C)	時間(h)	状態
a	濃塩酸(37%)	70	100	静
b	10%カセイソーダ	沸点	50	動
c	50%硫酸	沸点	50	動
d	40%カセイソーダ	70	100	静
e	100%アセトン	室温	100	静
f	100%氷酢酸	沸点	20	動

第4表 アスベスト基材積層板の試験条件

No.	試験液	濃度(%)	状態	温度(°C)	時間(h)
a	カセイソーダ	8	静	25~30 95~100	160 80
b	カセイソーダ	50	静	25~30 95~100	160 80
c	硫酸	60	静	25~30 95~100	160 80
d	炭酸ソーダ	5	静	25~30 95~100	160 80
e	酢酸	100	静	25~30 95~100	160 80
f	酢酸	80	静	25~30 95~100	160 80
g	アセトン	100	静	25~30	240
h	フルフラール	100	静	25~30 95~100	160 80
i	ベンゼン	100	静	25~30	240
j	トリクレン	100	静	25~30	240
k	塩酸	37	静	25~30 95~100	160 80

第5表 各種ガラス基材積層板の試験結果

No.	ヒタフラン積層板					フェノールメラミン積層板	
	液着色	外観変	容量変	重量変	判定	判定	判定
a	E	E	E	E	E	E	P
b	G	F	F	F~P	F	P~N	G~F
c	E	E	E	E	E	E	N
d	G	F	G~F	F	G~F	P	G
e	G	E	G	G	G	G~F	G
f	F	G	G	G	G	F	F

第6表 アスベスト基材積層板の試験結果

No.	ヒタフラン積層板				
	液着色	外観変	容量変	重量変	判定
a	G	E~G	G	G	G
b	G	E	G	E	G
c	F	F	F	F	F
d	G	E	G	E	G
e	F	G	G	G	G
f	G	G	G	G	G
g	G	E	E	G	G
h	F	E	E	E	E
i	G	E	E	E	E
j	G	E	E	E	E
k	G	E	E	E	E

から実用の可否が定められている。

4. 耐薬品性

試験法(1)~(4)を併用してガラス布基材積層板およびアスベスト布基材積層板(25×25×3t)について、それぞれ第3, 4表の浸漬条件で試験した結果を第5, 6表

第7表 浸漬液の着色に対する断面コーティングの効果

No.	断面露出のもの	断面コーティングしたもの	純樹脂
a	E	E	E
b	G	E~G	E
c	E	E	E
d	G	E~G	E
e	G	E~G	E
f	F	G~F	G

に示す。ガラス布基材積層板の場合は、b, dの各条件のアルカリ以外実用可能で併記したフェノールおよびメラミンガラス布基材積層板に比べて、すぐれた特色を見せている。なお浸漬液着色の点から見るとb, dの項目が比較的低い値が得られたのは、試験片の断面から基材に使用しているガラスが腐食を受けたためと考えられるので、その断面をヒタフランで処理したものと純樹脂とについて、前述の浸漬試験を行ったところ第7表に示すように成績は向上し断面処理の効果が認められた。

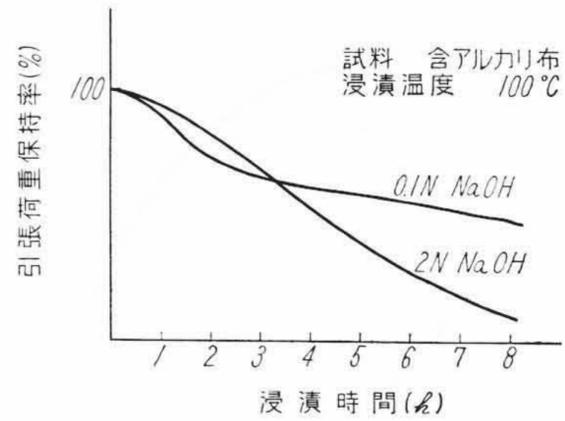
こうした現象は一般の積層板においても見られることであるが、ガラス布基材積層板を実用化するときには、切断面処理を行うか、切断端面が直接薬液に触れないようにする必要がある。なお、基材に使用したガラス布は第3図に示すように耐アルカリ性が乏しい。この点、耐アルカリ性の良いアスベスト布を基材とする積層板は第6表から知られるようにアルカリへの耐性は良好である。

以上の試験方法はさきにも述べているようにいずれも肉眼で観察できる面に着目して性能低下の状況を判断し使用可否のおおよそを定めるものであり、ヒタフラン積層板は上述の結果が示すように広範囲にわたって良好な結果が得られている。実用に際してはこのほか特に機械的強度変化の少ないことが要求される場合、また長期にわたる浸漬によって性能がどのように低下するかを知る必要のある場合もあり、この場合には3.5に示す方法を併用しなければならない。

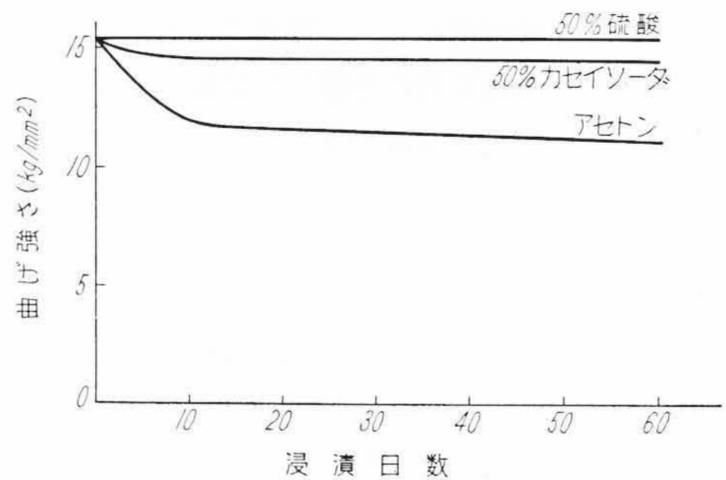
第4図はガラス布基材積層板を5%硫酸、50%カセイソーダ、アセトンに室温で浸漬したのち、これを取り出しデシケータ中で1昼夜乾燥したのちに求めた（以下すべてこの方法で測定した）ときの曲げ強さの変化を示す。

第5図は同じように比較的高温（80°C）に浸漬した場合の結果である。硫酸浸漬の場合には、室温高温を問わず曲げ強さはほとんど低下しない。これに反してカセイソーダ浸漬では濃度に関係なく温度の効果は著しく、室温ではほとんど変化が見られないのに80°Cでは低下がはなはだしく9日後には測定不能になっている。この結果と第5, 7表に示す結果とからガラス布基材積層板は常温においては耐アルカリ用として十分使用可能のようである。

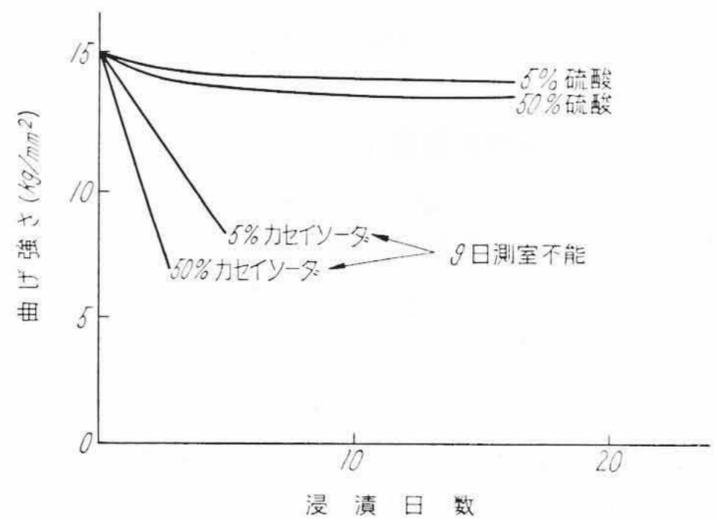
なお、ヒタフラン純樹脂注型品は第6図に示すように



第3図 アルカリ浸漬による基材ガラス布の引張荷重の低下



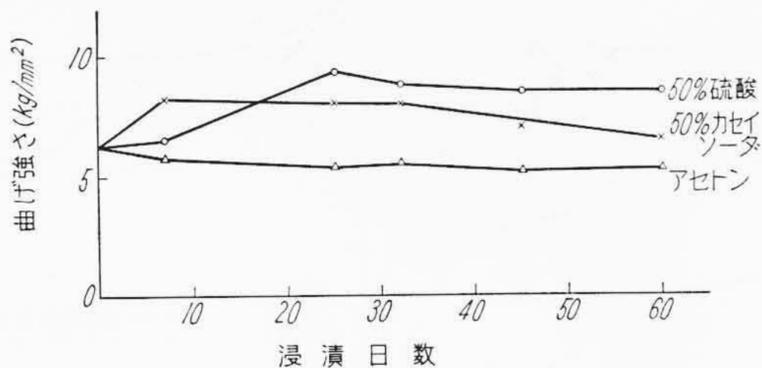
第4図 ガラス布基材ヒタフラン積層板の室温浸漬による曲げ強さの変化



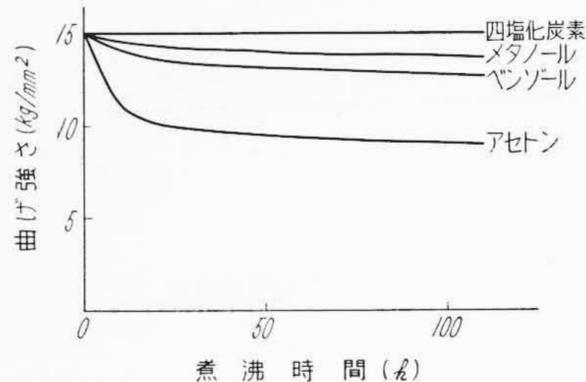
第5図 ガラス布基材ヒタフラン積層板の80°C浸漬による曲げ強さの変化

酸、アルカリ、アセトンいずれの薬液浸漬に対しても曲げ強さの変化はほとんど見られない。したがってガラス布基材積層板の高温耐アルカリ性に乏しい性質は基材に用いたガラス布に支配されるためと判断される。

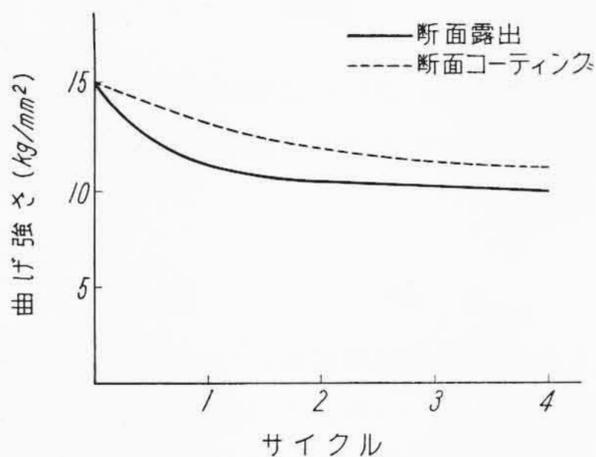
一般にアセトン浸漬では第4図に示すように測定温度にかかわらず初期にかなりの低下が見られた。この現象は試験片の断面の影響によるものと考え、この断面をヒタフランで処理した試験片についてアセトンで8時間煮沸16時間室温浸漬を1サイクルとする浸漬処理による曲げ強さの変化を求めた。結果は断面未処理のものと比較して第7図に示したように断面処理の効果が観察された。



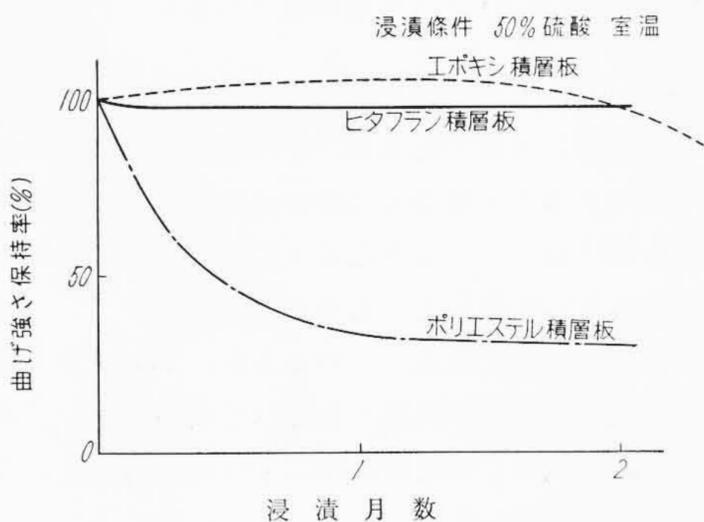
第6図 ヒタフラン純樹脂注型品の室温浸漬による曲げ強さの変化



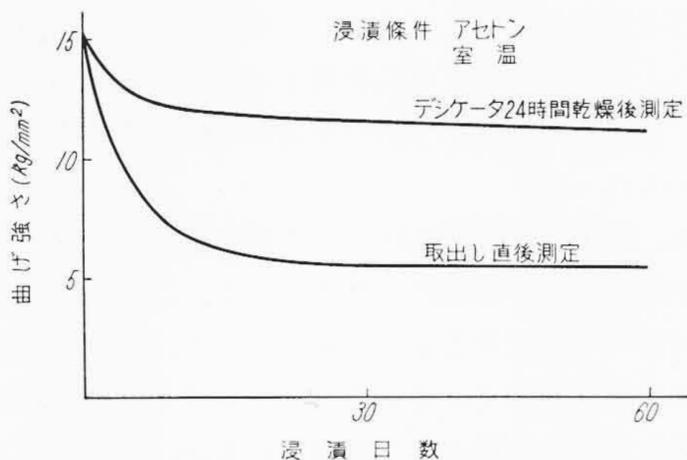
第9図 ガラス布基材積層板の各種溶剤煮沸による曲げ強さの変化



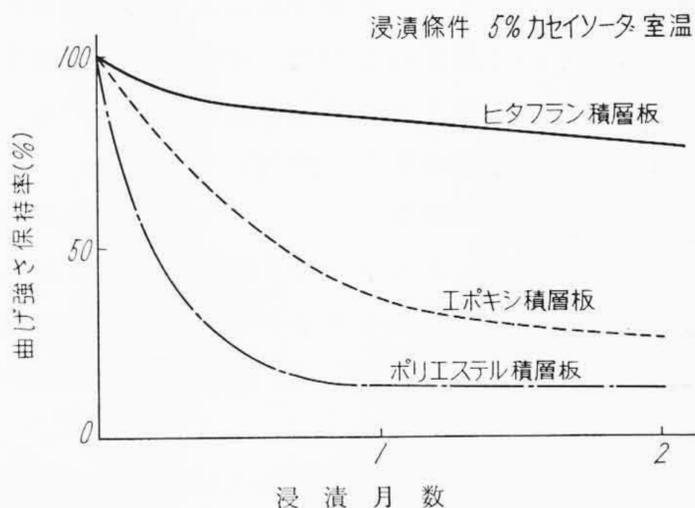
第7図 ガラス布基材積層板のサイクル浸漬による曲げ強さの変化



第10図 ガラス布基材各種樹脂積層板の50%硫酸(室温)浸漬による曲げ強さの変化



第8図 測定時前処理の差によるガラス布基材積層板のアセトン浸漬による曲げ強さの変化

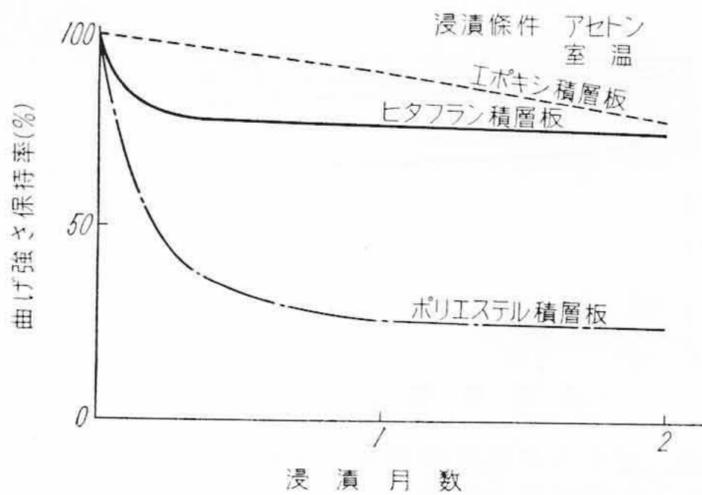


第11図 ガラス布基材各種樹脂積層板の5%カセイソーダ浸漬(室温)による曲げ強さの変化

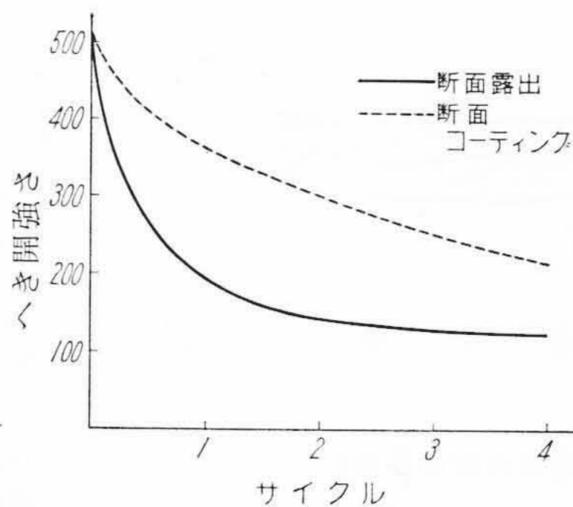
第8図はアセトン浸漬による曲げ強さの変化を浸漬試験片を取り出した直後のままの状態(アセトン含浸状態)で測定した結果と同一条件で浸漬した試験片を取り出してからこれまでの方法と同じくデシケータ中で1昼夜乾燥したのち測定した結果を比べて示した。この結果から、浸漬試験片を乾燥すると曲げ強さは著しく回復することがわかる。このように浸漬試験片を乾燥すれば曲げ強さが回復する現象から推して、アセトン浸漬によって観察される曲げ強さの低下は主として断面からの浸漬液の滲透によって基材層間の接着力が一時的に弱められるためと推測される。したがって、こうした現象も積層板の耐食性を検討する場合は見のがすことのできない問題の一つとして考慮する必要がある。第9図は断面無処理の試験片をアセトンおよびそのほか二、三の有機溶剤で

煮沸した場合の曲げ強さの変化を示したものでアセトンの作用が最も強いことがわかる。

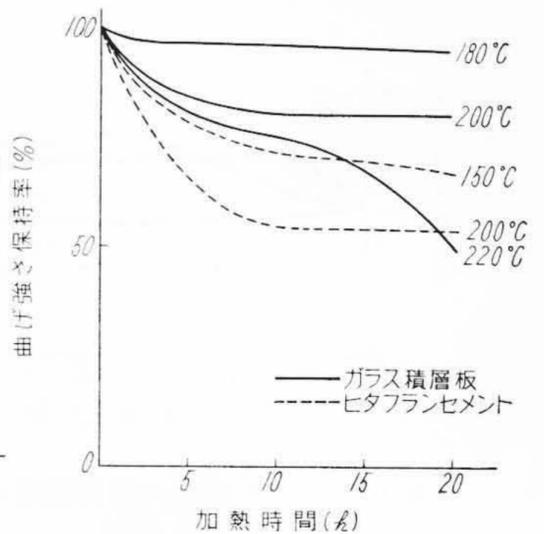
次に50%硫酸、カセイソーダ、アセトンなどに室温で浸漬した場合の曲げ強さの低下状態を、同一条件で試験したエポキシガラス積層板、ポリエステルガラス積層板と比較してそれぞれ第10~12図に示した。図に示すように硫酸浸漬ではポリエステル積層板の低下は大きく、エポキシ積層板とヒタフラン積層板とは大差ないが低下の傾向を異にしている。また、アルカリではヒタフランの強度低下は最も少ない。しかし基材に使用したガラス布の耐アルカリ性が劣るため低下はしだいに進む傾向を示



第12図 ガラス布基材各種樹脂積層板のアセトン浸漬(室温)による曲げ強さの変化



第13図 ガラス布基材積層板のアセトン浸漬によるへき開強さの変化



第14図 ガラス布基材積層板の加熱による曲げ強さの変化

している。アセトン浸漬での低下の傾向はポリエステルガラス積層板と同様であるが、その程度ははるかに少ない。エポキシガラス積層板は酸浸漬の場合と同様な傾向で低下を続ける。このような低下の傾向は一般にアセトンの作用によって樹脂そのものが変質を受けていく場合に観察されるようである。このように、ヒタフラン積層板は曲げ強さの低下の状態から推してもエポキシ、ポリエステル積層板よりは耐薬品性にすぐれた材料といえることができる。

ヒタフラン積層板の曲げ強さについて以上の実験から積層板の切断端面を処理しないときは著しい薬液の透過が観察されたが、こうした透過現象によって積層板の層間接着力の低下が予測されるので、その状態を観察することも耐薬品性を判断する有効な手段と考え、アセトン浸漬によるへき開強さの変化を検討した。

第13図は試験片の断面をヒタフラン処理した場合としない場合について、アセトンで8時間煮沸してから16時間室温に放置することを1サイクルとする浸漬処理によって求めたへき開強さの変化で、断面処理の効果が観察できる。

以上の諸結果から積層板を耐薬品性材料として使用する際は、使用条件によっては断面処理を行うことが必要である。

### 5. 耐 熱 性

ヒタフランは筆者の一人がこれまでしばしば述べてきた<sup>(4)(5)</sup>とおり175~200°Cまで使用可能というように耐熱性に富んだ樹脂であるから、H種絶縁材料として知られているシリコンに次ぐ高性能のものと考えられる。ガラス布基材ヒタフラン積層板もこうした耐熱性能を有することを明らかにするため180, 200, 220°Cで加熱したときの曲げ強さの変化を求めて第14図に示す。なお、同図中にヒタフランセメントについて求めた値を併記し参考に供したが、大差ない耐熱性を保持していることがわかる。またその値から最高使用可能温度は170~180°Cが

妥当と推定できるが、さらに詳細に高温諸特性を検討して耐熱区分から見たヒタフラン積層板の格付けをしたいと考えている。

### 6. 結 言

主としてガラス布基材積層板について種々の耐薬品性試験方法を取り上げ、いろいろの角度から使用の可否を検討した。この検討結果によれば、ガラス布基材の積層板は常温、高温を問わずほぼ満足すべき耐酸性、耐溶剤性を有している。またアルカリに対しても常温においては良好な耐性を有していることが明らかとなり、温度のあまり上がらないところに使用する電気機器部品として耐酸、耐アルカリ性いずれの用途にも使用できることが明らかとなった。

なお、筆者らは浸漬に伴うへき開強さの変化を求める方法を耐薬品性の判定にとり入れたが、この方法でも使用の可否は判定できるようである。また、この積層板は耐熱性にもすぐれていてシリコンガラス積層板に次ぐF種程度の絶縁材料として期待されるが、この点はさらに詳細な検討を加える予定である。

このようにガラス布基材ヒタフラン積層板は、これまで電氣的用途に使用してきた積層板類には見られない長所を有しているから、この積層板が耐薬品性を必要とする電気機器に使用されてその性能の向上に役立てば幸である。

### 参 考 文 献

- (1) 鶴田, 高野, 福村: 日立評論 32, 397 (1950)
- (2) 高野, 岩波: 日立評論 別冊 No. 13, 103 (1956)
- (3) J. Delmonte: I. E. C. 34, 764 (1942)
- (4) 横山: 日立評論 39, 1304 (1957)
- (5) 横山: 日立評論 38, 947 (1956)
- (6) R. B. Seymour: Corrosion 865~8 (1952)
- (7) W. H. Adams: Chem. Eng. 56, July (1949)
- (8) Ciba社型録: The Chemical Resistance of Glass Fibre Laminates.