

各種積層板および成形品の熱劣化

Thermal Degradation of Some Laminates and Molding

渡辺 武美* 土屋 昭夫* 小川 哲郎*
Takeyoshi Watanabe Akio Tsuchiya Tetsuo Ogawa

内 容 梗 概

積層板および成形品は単に電気機器の構造材料としてばかりでなく、絶縁材料としていろいろの分野に使用されてきたにもかかわらず、その耐熱性についてはあまり検討されていなかった。したがって絶縁材料として使用する場合に特に要求される温度と寿命の関係などを検討しておく必要を感じたので、各種積層板および成形品などの熱劣化試験を行なった。

熱劣化は定温劣化および昇温劣化を行なってこれらを比較した。すなわち180~220℃の定温で加熱劣化したときの電気的性質および曲げ強さの変化ならびに重量減少率を測定し、さらに本多式熱天秤(びん)を用いて5分ごとに10℃の昇温速度で加熱した場合の加熱減量を測定した。その結果、温度と寿命の関係、劣化状態、酸化による熱分解および定温劣化と昇温劣化の違いなど種々の知見が得られた。

1. 緒 言

積層品および成形品は建築物、機械部品および日用品の構造材料や装饰材料として使用されてきた。電気機器の分野でもこれらの材料はフェノール樹脂積層板以外はほとんど構造材料として使用されていたが、最近では単に電気機器の構造材料ばかりでなく絶縁を主目的とした部分にも使用されるようになってきた。ところがこれらのものの耐熱性、特に温度と寿命に関する検討は従来ほとんど行なわれていなかった。

筆者らは電気学会耐熱区分専門委員会の依頼をうけて積層板の耐熱性試験を行なったところ、今まで良いと考えられていたメラミン樹脂積層板の耐熱性が意外に悪いことを知った。そこで、一般に使用されている各種積層板および成形品を同一条件で耐熱性試験を行ない、その劣化特性を比較しておく必要を痛感した。

各種積層板および成形品を180~220℃の定温で加熱劣化させた場合、機械的性質および電気的性質がどのように変化するかを測定し、これと本多式熱天秤を用い5分ごとに10℃の昇温速度で加熱した場合の加熱減量とを比較した。

積層板および成形品は樹脂の特性および含有率、基材(補強材)、充てん剤ならびに製造条件などが広範囲に異なっているため一義的にその耐熱性を評価することは困難であるけれども、電気学会耐熱区分専門委員会資料⁽¹⁾および文献^(2~4)などを参考にしてこれらの熱劣化特性を検討した。

2. 実 験 方 法

2.1 供 試 料

試料は各種積層板9種および成形品一種で第1表に品種および以下使用する略号を示す。

180, 200, 220℃の定温加熱劣化の曲げ試験片は第1図に示すような、沿層絶縁抵抗および沿層絶縁破壊電圧試験片は第2図に示すようなJIS-K 6707 フェノール樹脂積層板試験方法に準拠した形状のものを使用した。プリミックス成形品については120×10×10(t)mmの試験片で曲げ強さおよび重量減少率を測定した。

本多式熱天秤による加熱減量の測定には側面をエメリーペーパーNo. 800 できれいにみがいた約5×5×5mmの立方体試料(約350mg)およびのこぎりでひいて粉末(60~100メッシュ)にした試料(約350mg)の2種類を使用した。試料は測定直前にアブデルハルデン真空乾燥器を用い常温で2時間乾燥した。

* 日立製作所山崎工場

第1表 供 試 料

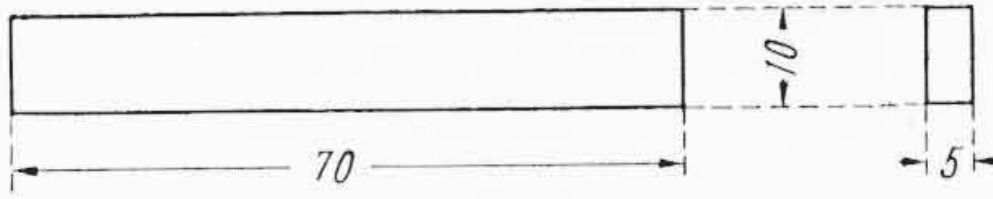
試 料	略 号*
フェノール樹脂~ガラスクロス積層板	PhG
フェノール樹脂~木綿クロス積層板	PhC
フェノール樹脂~紙 積 層 板	PhP
メラミン樹脂~ガラスクロス積層板	MG
メラミン樹脂~木綿クロス積層板	MC
エポキシ樹脂~ガラスクロス積層板	EG
フ ラ ン 樹 脂~ガラスクロス積層板	FG
シリコーン樹脂~ガラスクロス積層板	SG
ポリエステル樹脂~ガラスクロス積層板	PsG
プ リ ミ ッ ク ス 成 形 品	PR

* 以下試料を略号で記述する。

第2表 定温の加熱劣化条件

温 度 (℃)	劣 化 日 数				
180	3	10	20	30	60
200	1	3	10	20	30
220	1/3	1	3	6	15

(注) MCはこの温度では高すぎるので、それぞれ20℃下げ、160, 180, 200℃で劣化させた。



第1図 曲 げ 試 験 片 (mm)

2.2 実 験 方 法

定温加熱劣化は試料を強制通風式定温乾燥器に第2表に示した温度と時間入れて行なった。

劣化後の試料は塩化カルシウム入りデシケータ中で冷却し、次の3種類の測定を行なった。測定値はいずれも3回の平均値で表わした。

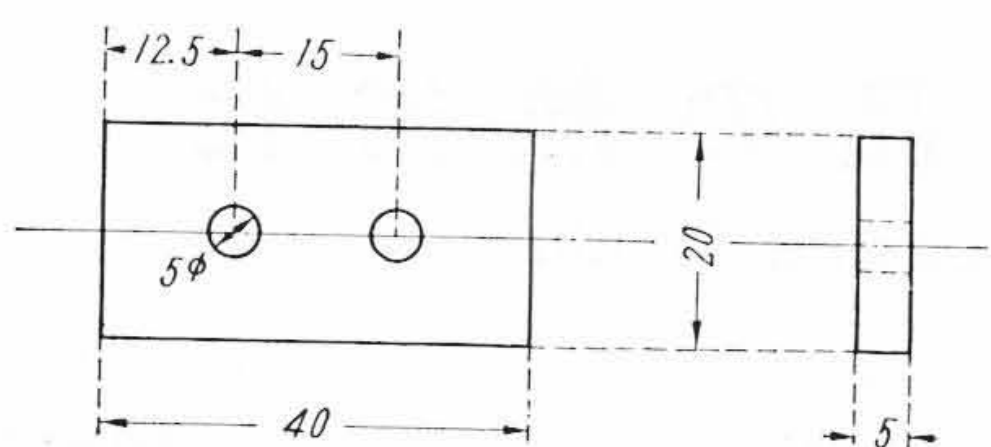
(1) 曲げ強さ

アムスラ万能試験機(東京衡機株式会社製、0.2~2トン油圧式)を用い、常温で荷重速さ15mm/分による曲げ強さを測定した。

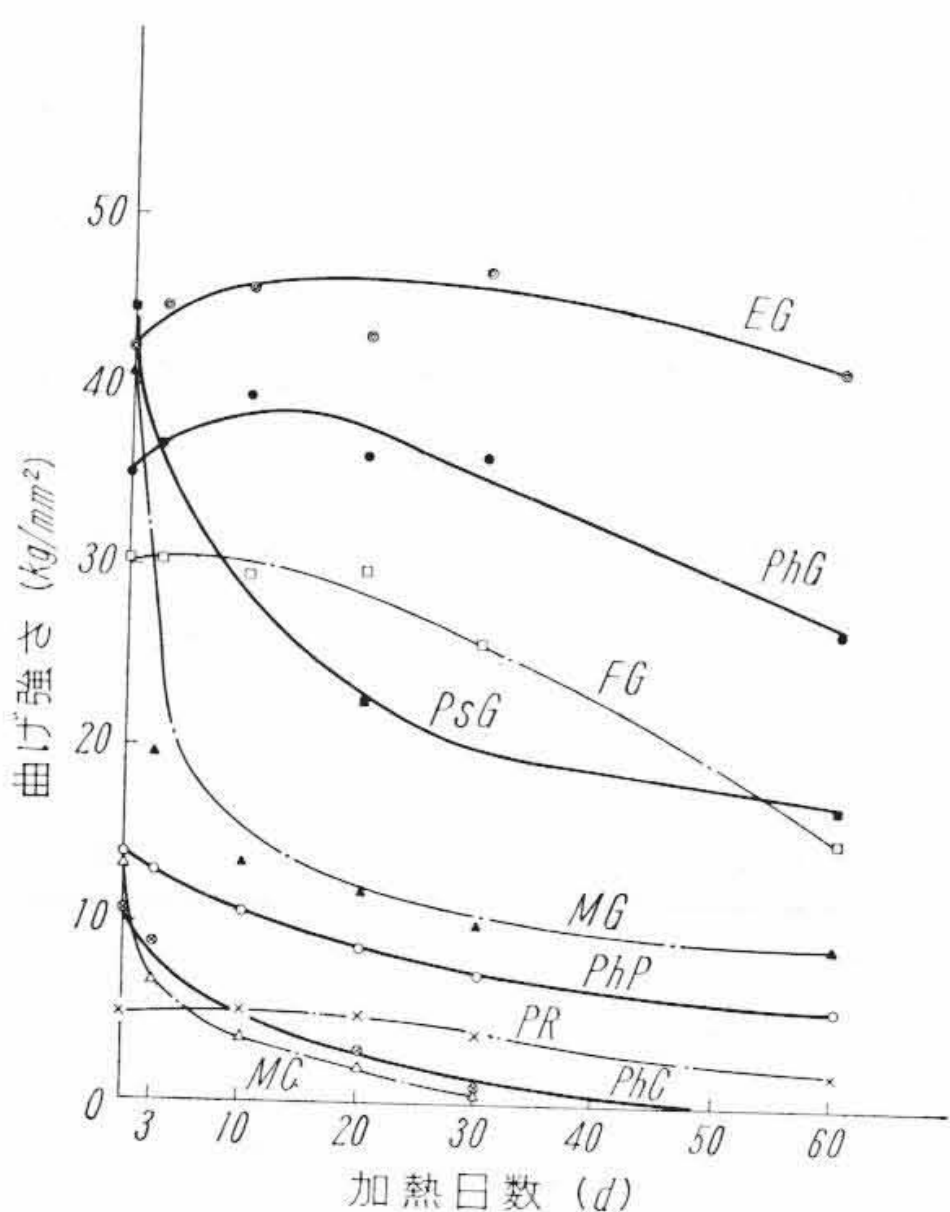
(2) 吸湿後の沿層絶縁抵抗および沿層絶縁破壊電圧

加熱劣化後の試料を冷却し、底部に水を入れたデシケータの素焼板の上に置き、このデシケータを40℃の定温槽に72時間浸漬してから第2図の試験片の穴に真ちゅう棒電極をそう入して吸湿後の沿層絶縁抵抗を測定した。この試験直後に同じ試験片を用いて沿層絶縁破壊電圧を変圧器油中で測定した。

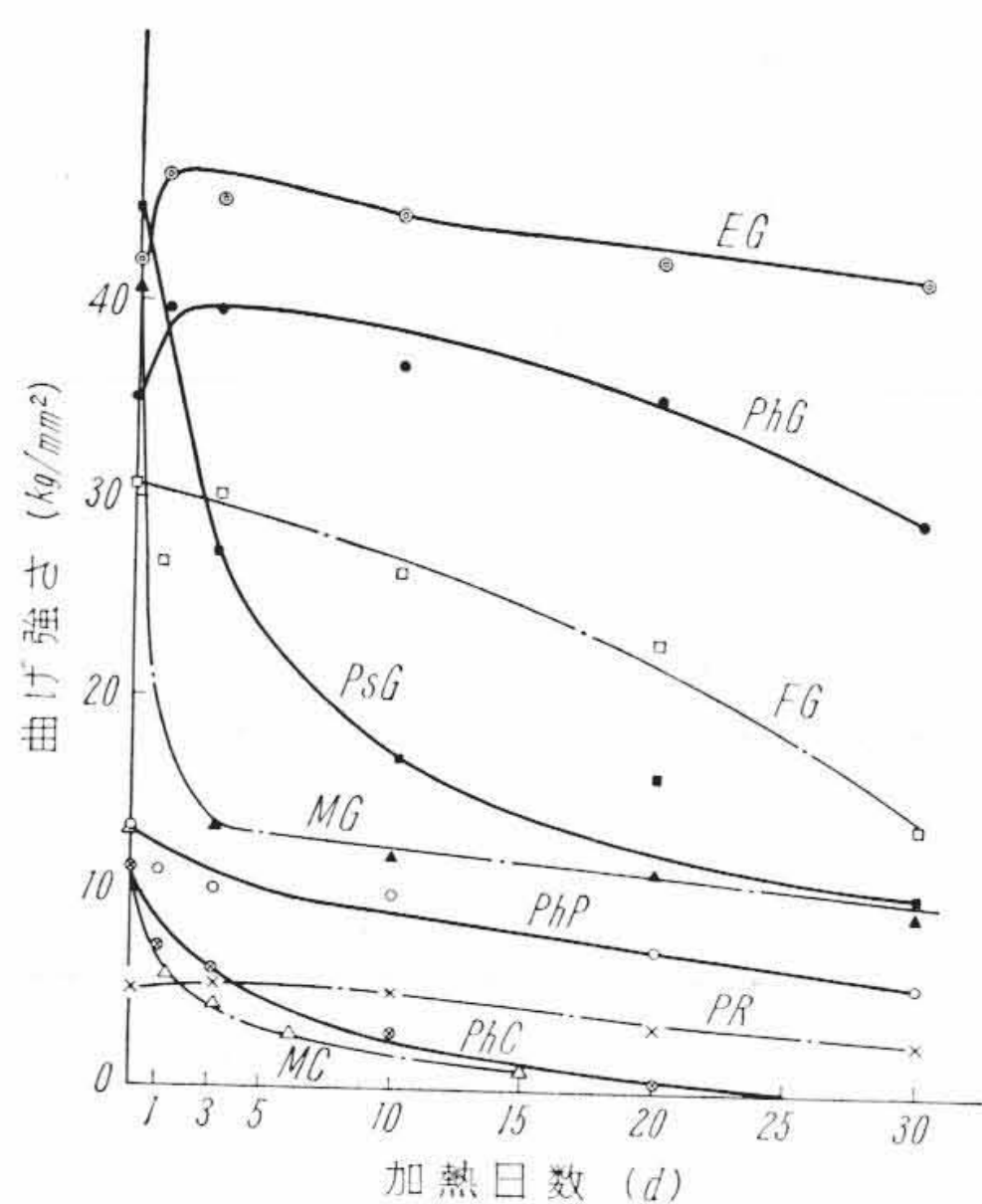
(3) 重量減少率



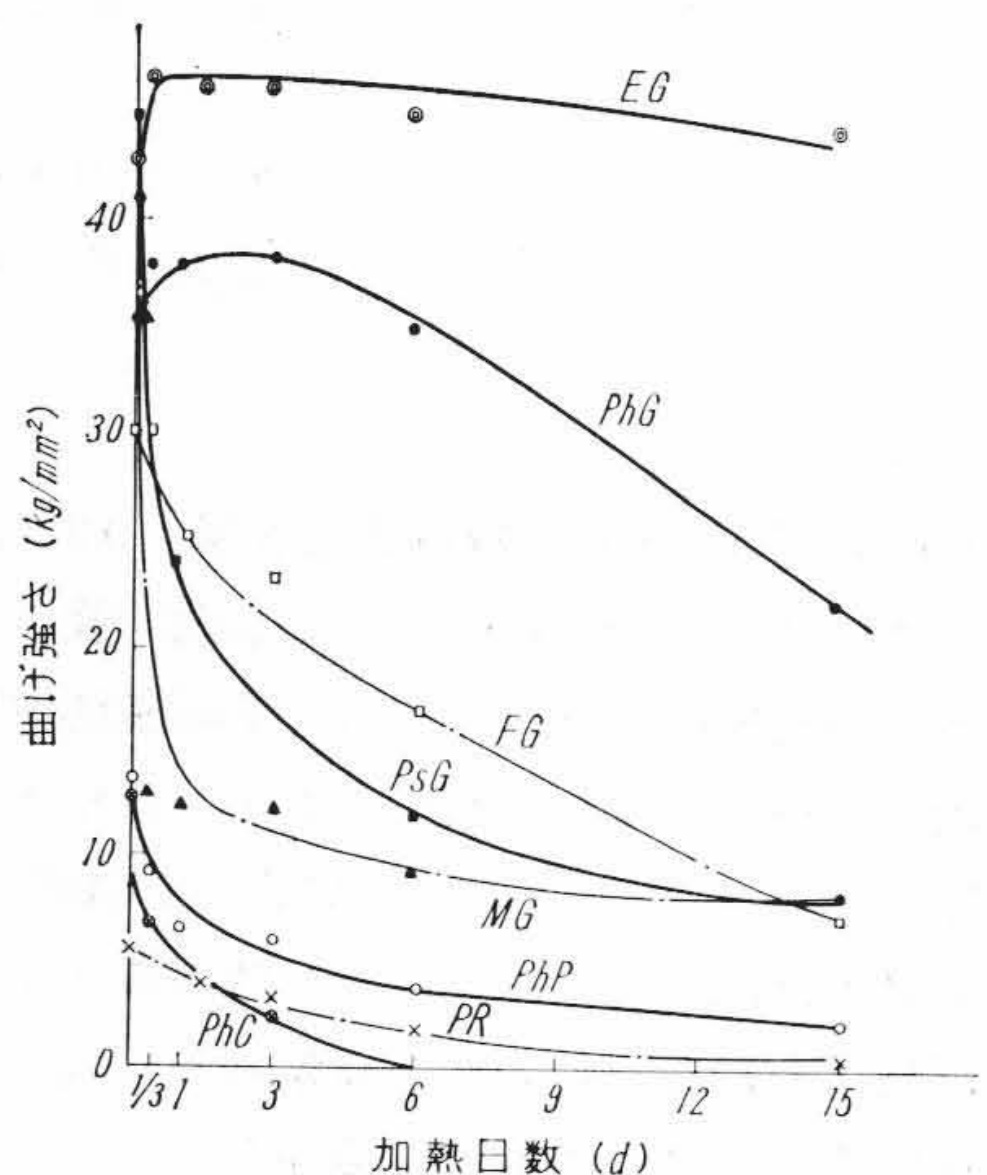
第2図 絶縁抵抗および絶縁破壊電圧試験片 (mm)



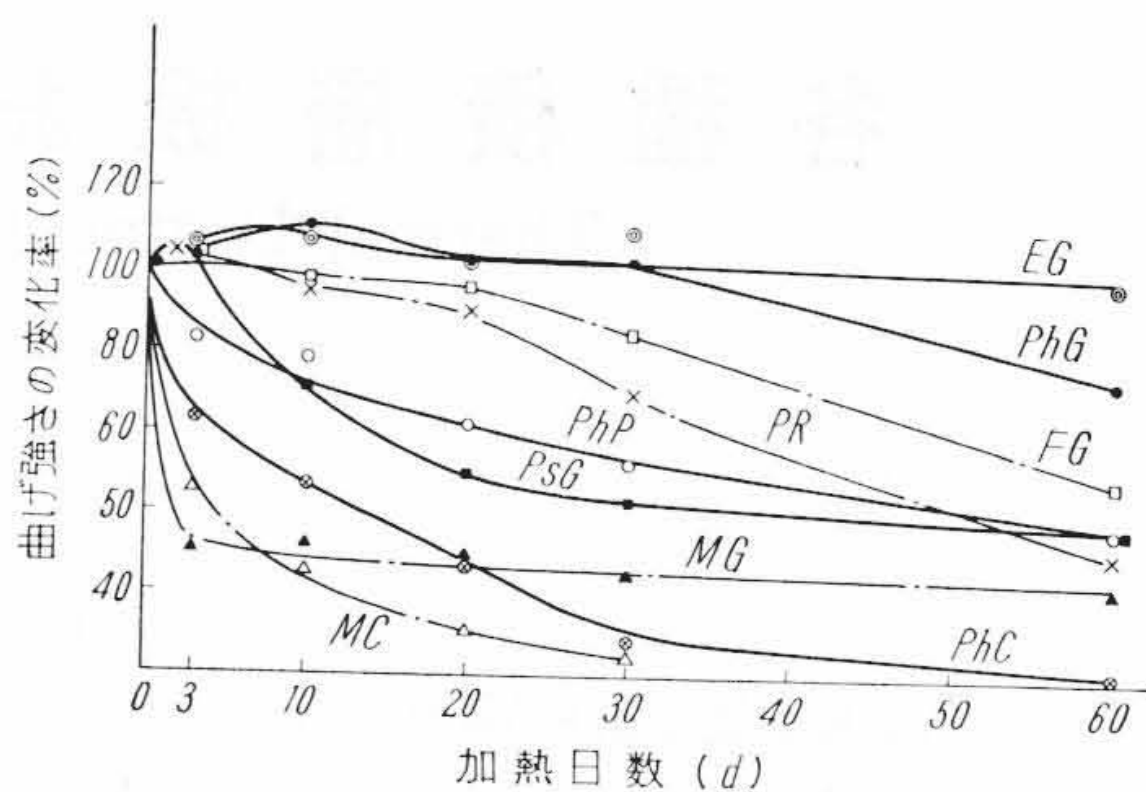
第3図 180°C 定温劣化における曲げ強さの変化



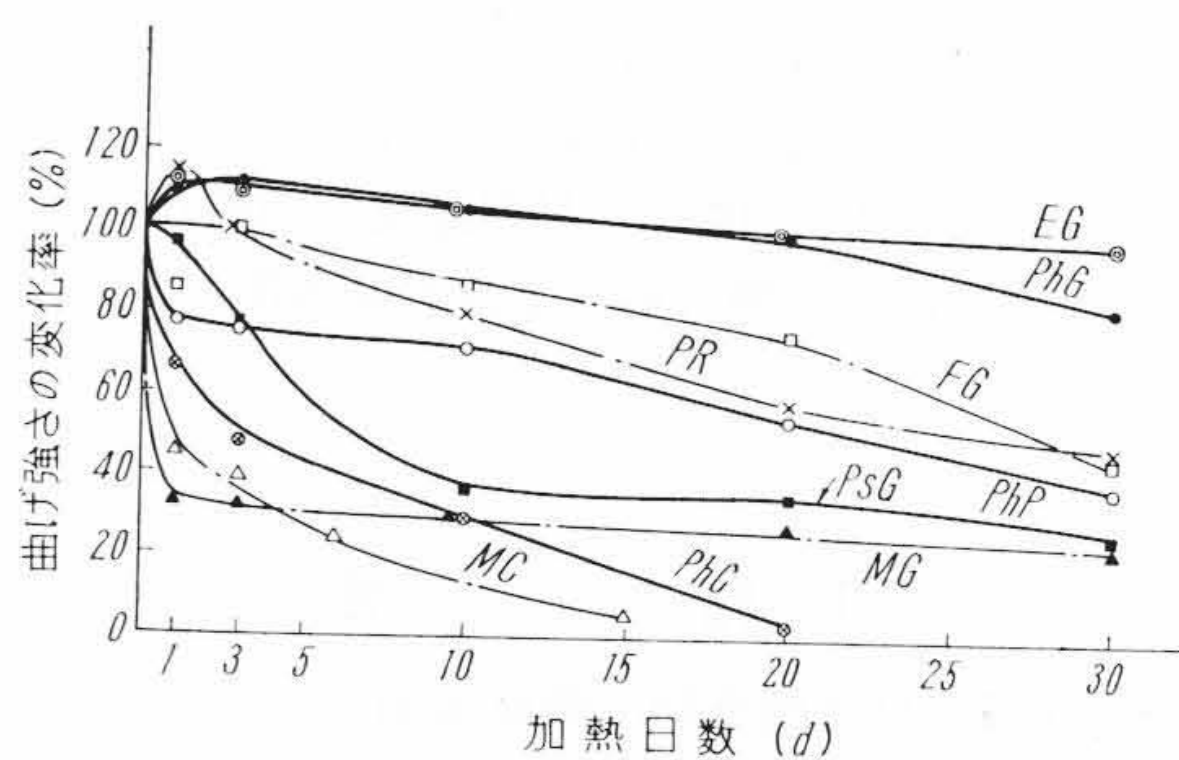
第4図 200°C 定温劣化における曲げ強さの変化



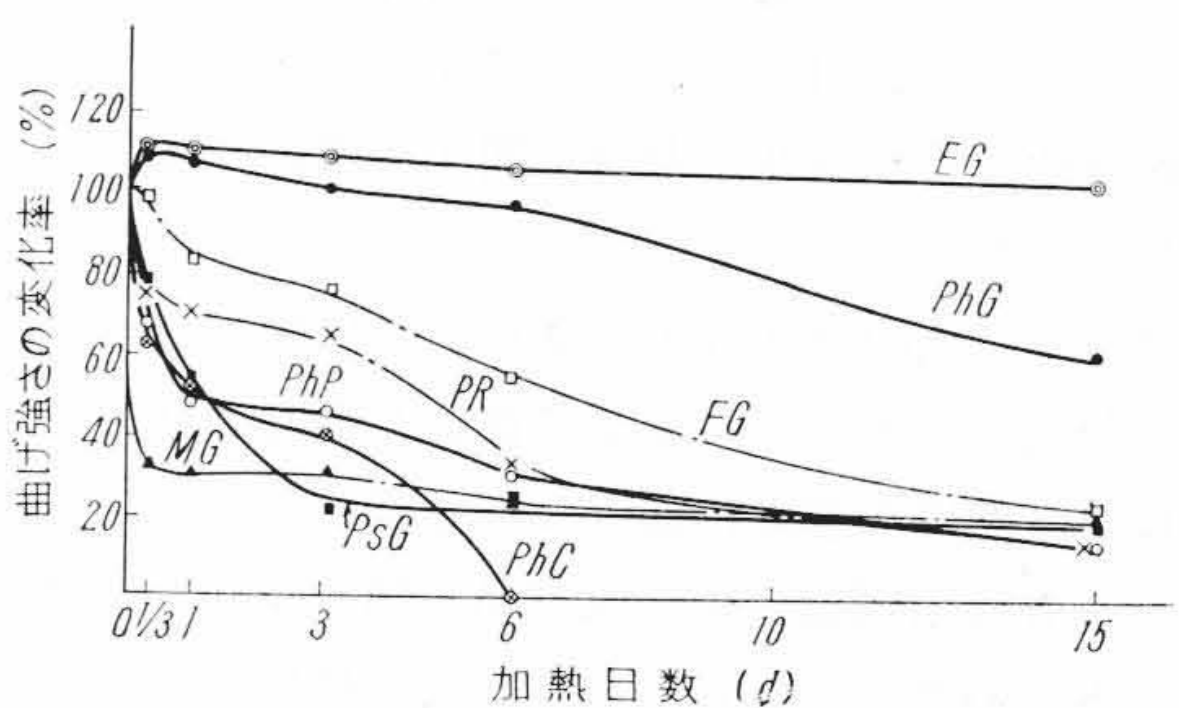
第5図 220°C 定温劣化における曲げ強さの変化



第6図 180°C 定温劣化における曲げ強さの変化率



第7図 200°C 定温劣化における曲げ強さの変化率



第8図 220°C 定温劣化における曲げ強さの変化率

上記の定温劣化とは別に本多式熱天秤を用いて5分ごとに10°Cの昇温速度で立方体試料および粉末試料の昇温劣化を併行して行なった。

3. 実験結果

3.1 曲げ強さ

曲げ強さの測定結果は第3～5図に示すとおりである。

EGはほかのものに比べて耐熱性が一段とすぐれていることがこれらの図からわかる。加熱劣化前のMGおよびPsGの曲げ強さは他のものに比べて良いが、加熱劣化すると急激に強度が低下する。また、PhGおよびFGは劣化初期にはあまり強度低下が見られないが、後期にかなりの低下が見られた。これに対しPhPおよびPRは初期の性能はあまり良くないが、劣化してもそう大きな低下が見られない。

加熱劣化による曲げ強さの変化率を第6～8図に示す。これらの図から上記のことがさらにはっきりする。曲げ弾性係数を求めたがやはり第3～8図と同じような傾向を示しているのでここでは省略する。

3.2 電気的性質

40°C, 100% RH, 72時間吸湿後の沿層絶縁抵抗を第3表に、沿層絶縁破壊電圧を第4表に示す。

電気的性質の測定値はばらつきが大きいため劣化前と劣化終了後の値だけを示したが、これらについては後述する。

3.3 重量減少率

重量減少率の測定結果は第9～11図のとおりである。

これらの図からEGはいずれも重量減少率が約1.5%で耐熱性の良いことがわかる。PhG, PR, FG, PhP, PsG, PhC, MG, MCの順で劣化後期になるほど曲線が立上ってくる。これらの傾向は高温ほど著しくなり、熱劣化には加熱温度のほかに加熱時間の因子を

第3表 沿層絶縁抵抗の変化(Ω)

試料	劣化前	180°C, 60日	200°C, 30日	220°C, 15日
PhG	5.70×10^9	1.55×10^8	1.58×10^8	1.40×10^8
PhC	1.29×10^7	8.41×10^6	1.03×10^7	7.80×10^6
PhP	2.74×10^9	4.73×10^8	6.85×10^8	2.22×10^7
MG	1.11×10^8	2.56×10^{11}	2.60×10^{11}	1.31×10^7
MC	1.14×10^{10}	1.20×10^{10}	1.19×10^{10}	—
EG	1.74×10^8	2.91×10^{11}	2.99×10^{11}	3.90×10^{11}
FG	5.32×10^8	5.93×10^6	1.19×10^6	3.70×10^6
PsG	1.60×10^{10}	2.50×10^7	1.64×10^{10}	1.17×10^6

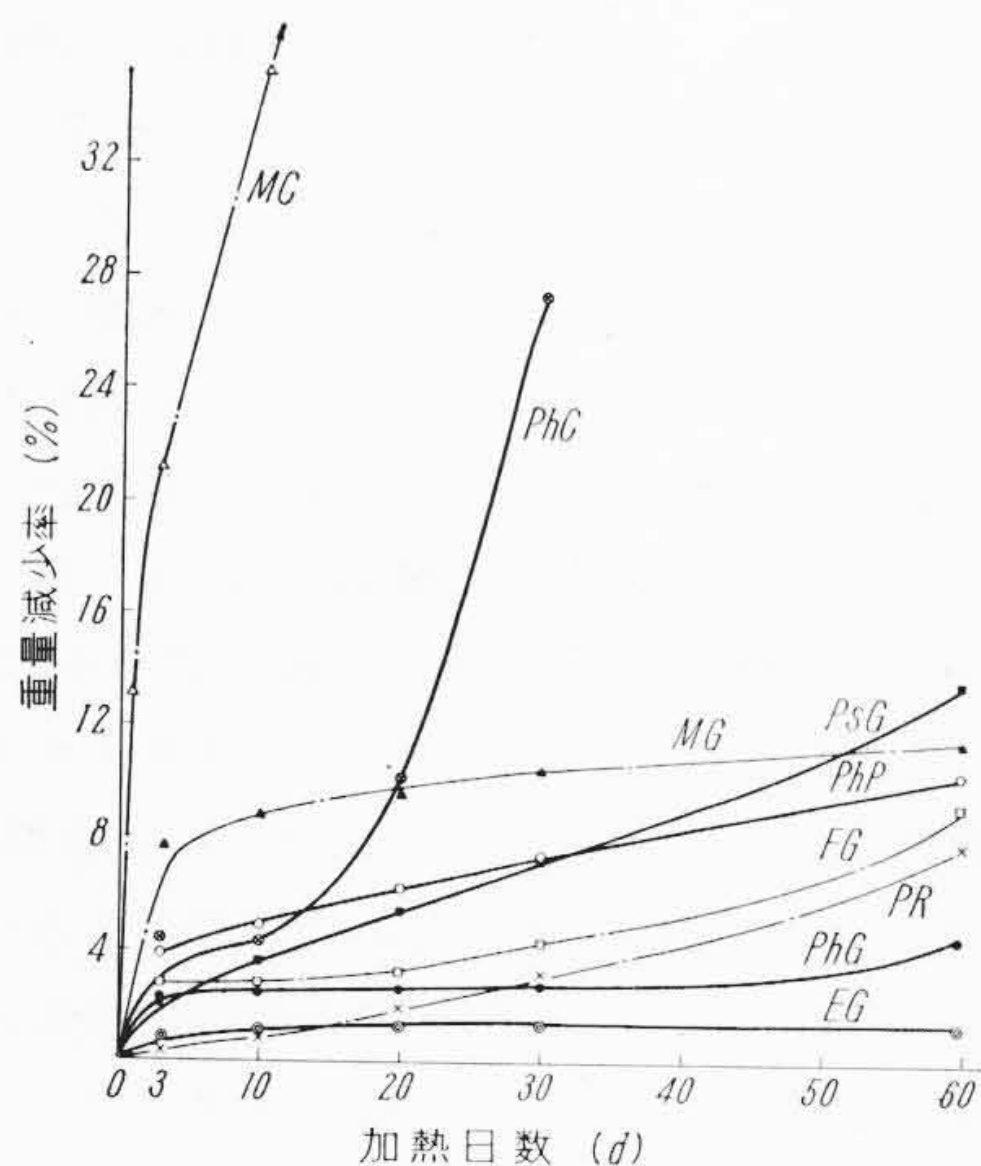
* 180°C 30日後の沿層絶縁抵抗の値

** 200°C 15日後の沿層絶縁抵抗の値

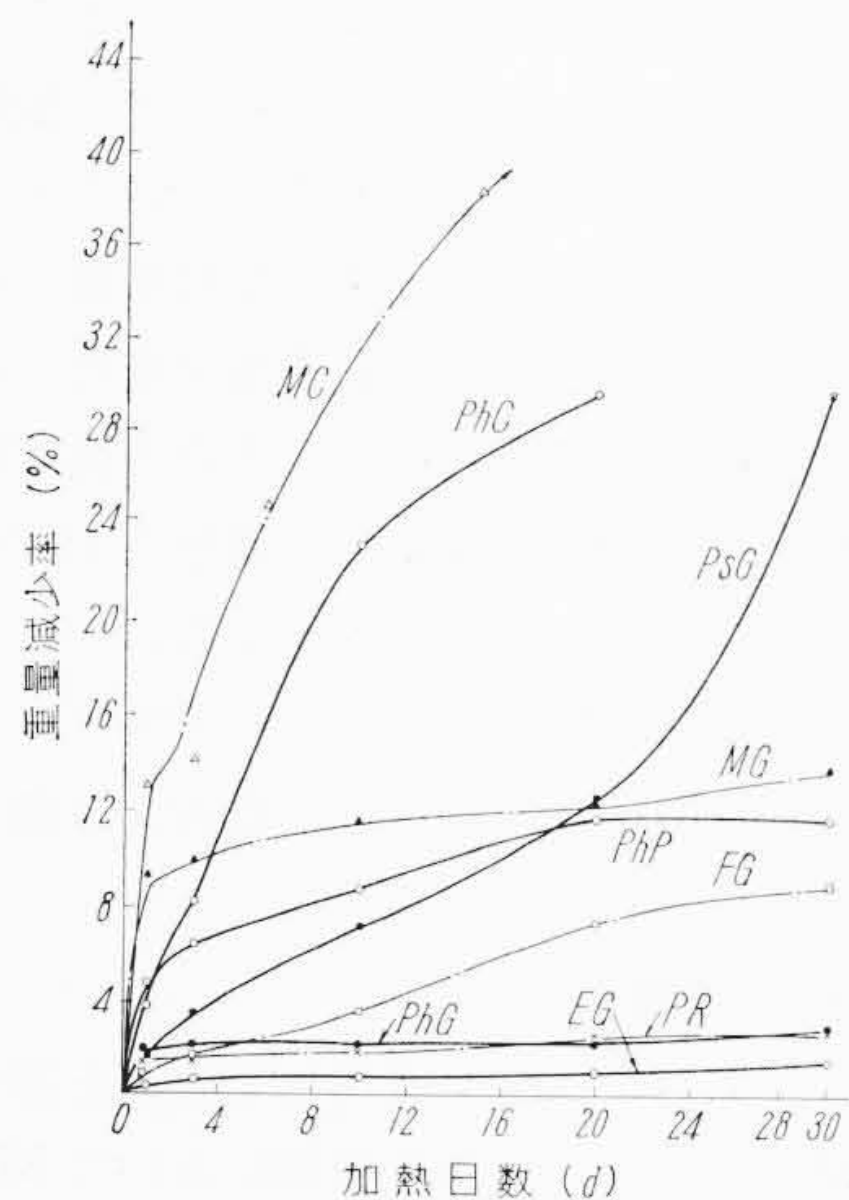
第4表 沿層絶縁破壊電圧の変化(kV)

試料	劣化前	180°C, 60日	200°C, 30日	220°C, 15日
PhG	26.9	25.3	20.0	17.8
PhC	20.9	18.8	16.4	11.2
PhP	36.5	21.1	14.5	7.0
MG	19.8	12.0	10.8	17.9
MC	30.6	24.0*	—	—
EG	25.2	34.8	33.2	26.7
FG	26.6	10.1	8.0	3.5
PsG	29.5	10.5	13.6	4.0

* 180°C 30日後の絶縁破壊電圧の値



第9図 180°C 定温劣化における重量減少率

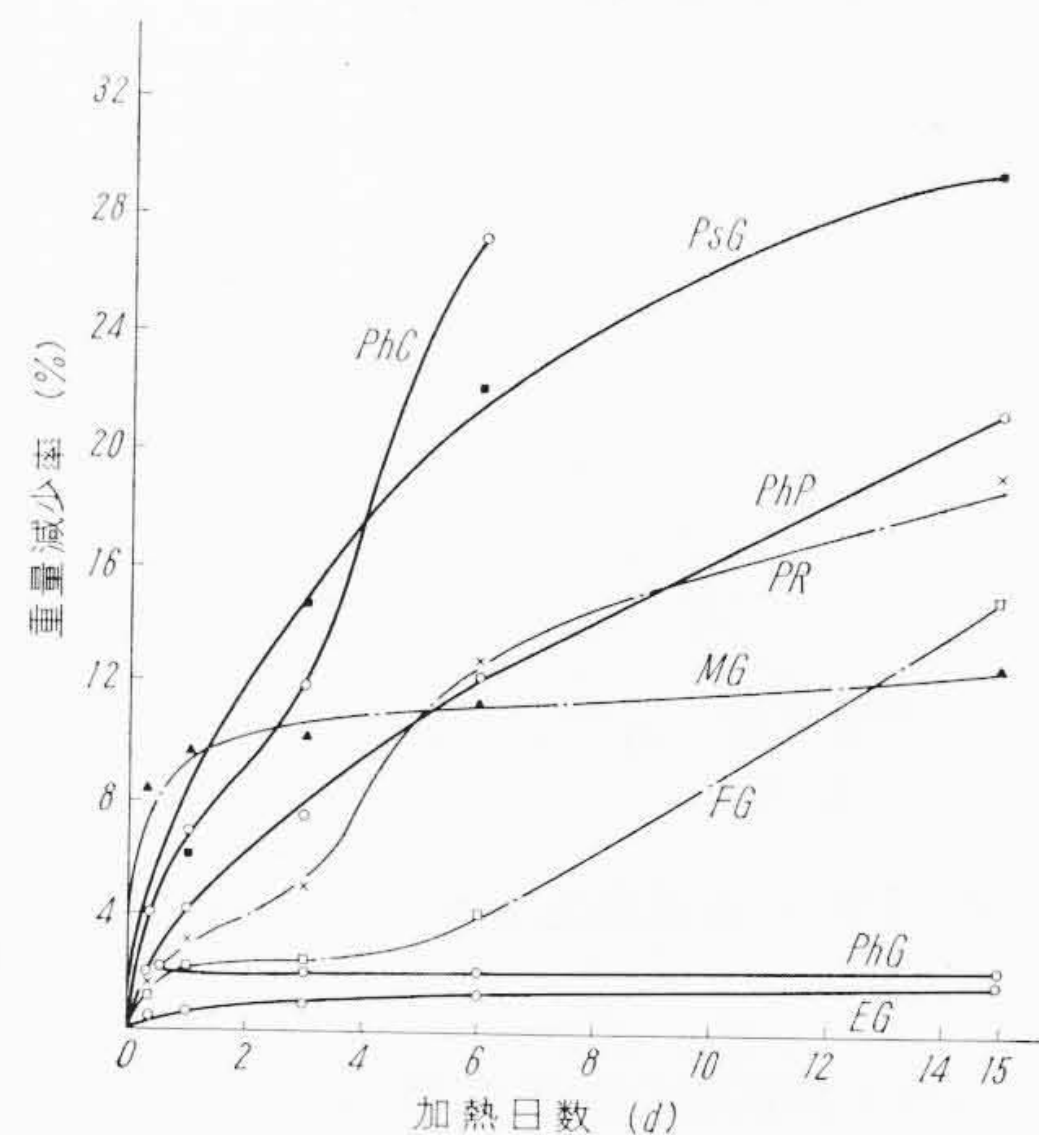


第10図 200°C定温劣化における重量減少率

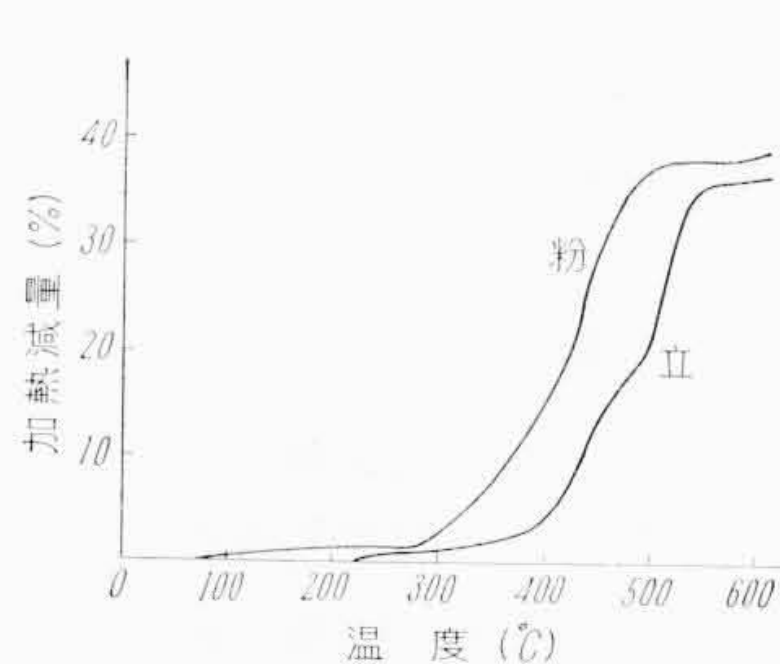
考えなければならないことを示唆している⁽⁵⁾。

3.4 熱天秤による加熱減量

熱天秤試験の結果を第12～21図に示す。ガラス基材積層板およびプリミックス成形品は基材の減量はなく、樹脂の減量(約20～50%)だけであり、木綿および紙基材積層板は基材の減量も起きているので減量は100%になる。したがって、これらの図はガラス基材積層板およびプリミックス成形品の縦軸(減量軸)を木綿および紙基材積層板の縦軸の2倍にしてある。比較のため木綿あるいは紙基材積層板によく使用されている金布(かなきん)およびリントパルプ

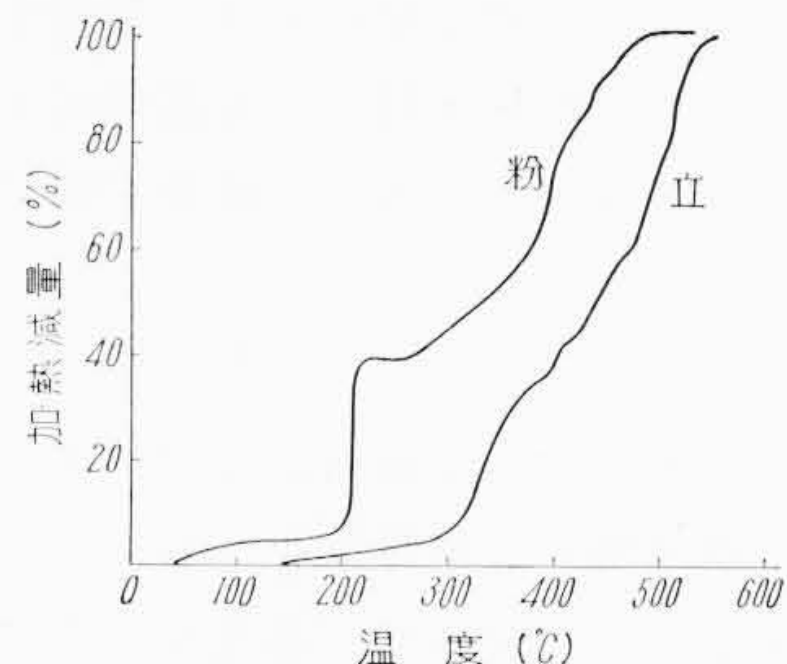
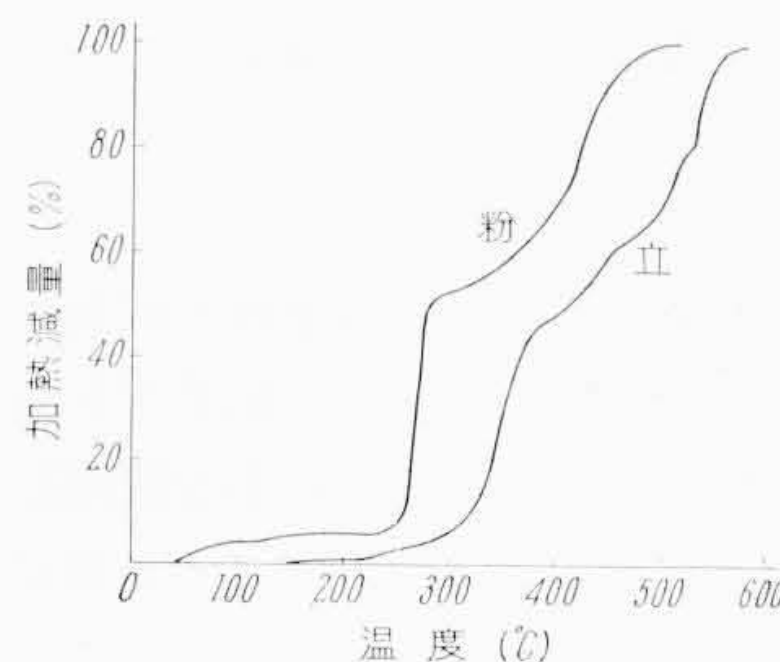
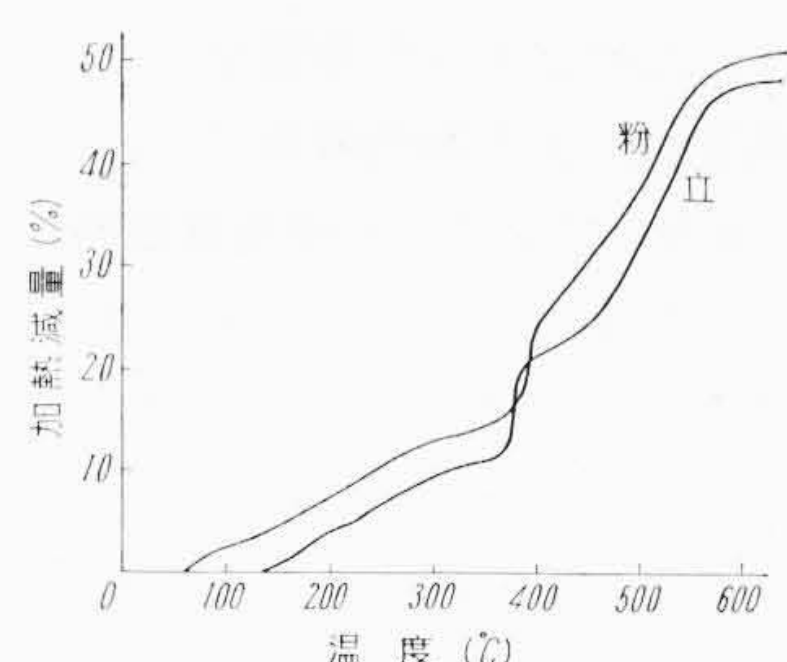
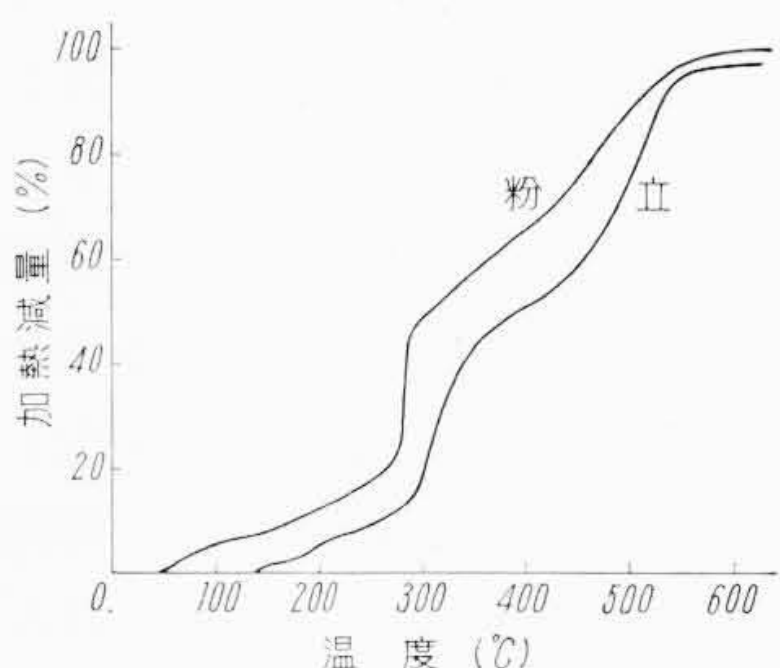
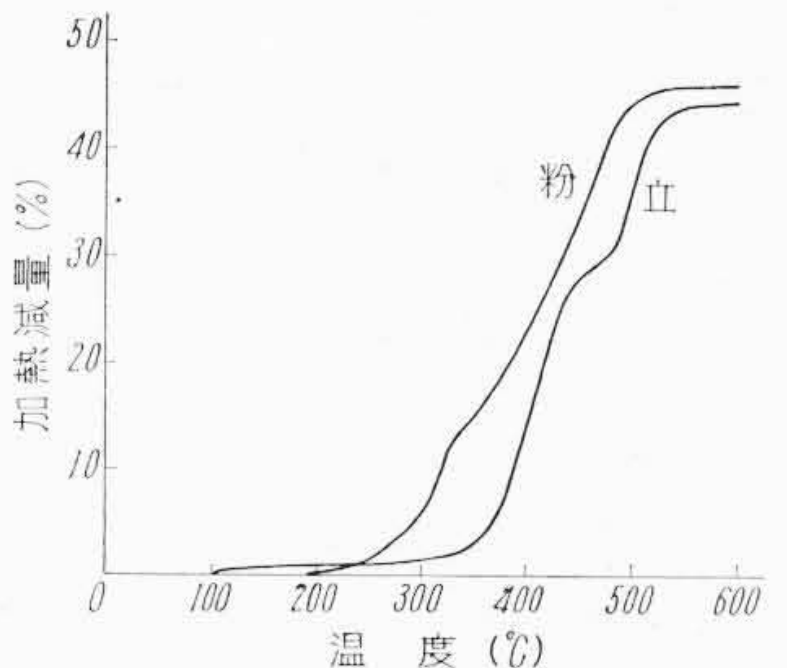


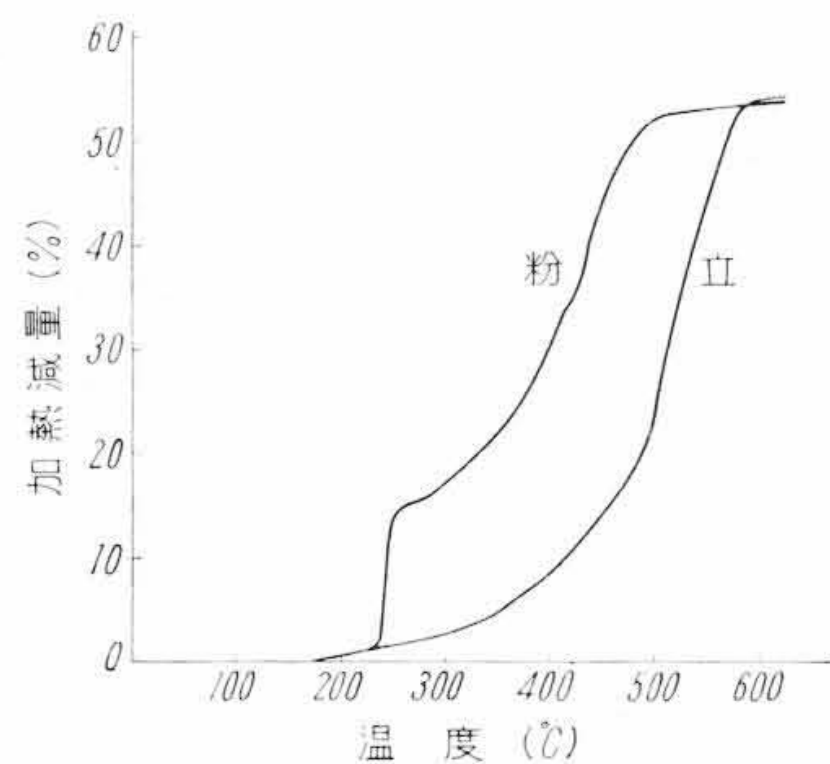
第11図 220°C定温劣化における重量減少率



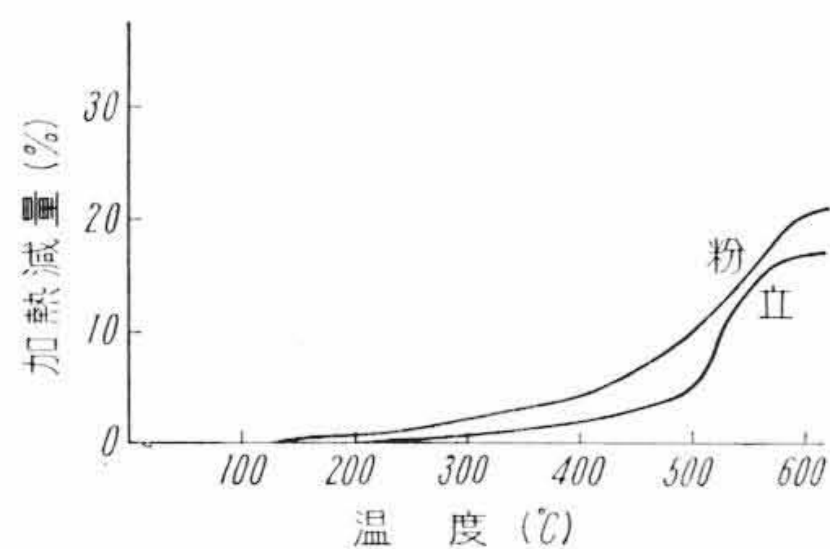
(粉: 粉末試料, 立: 立方体試料, 以下同じ)

第12図 PhGの加熱減量曲線

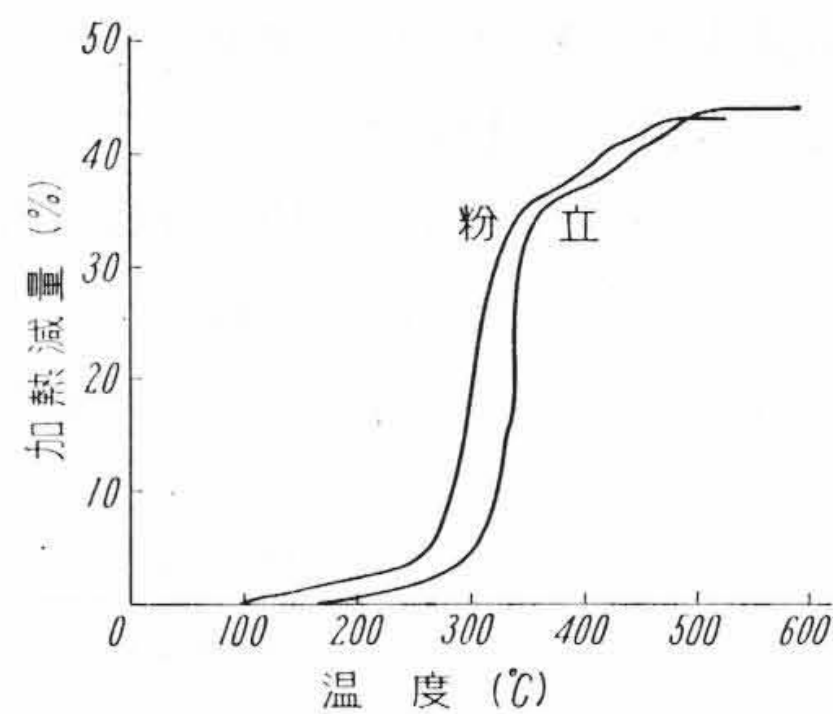
第13図
PhCの加熱減量曲線第14図
PhPの加熱減量曲線第15図
MGの加熱減量曲線第16図
MGの加熱減量曲線第17図
EGの加熱減量曲線



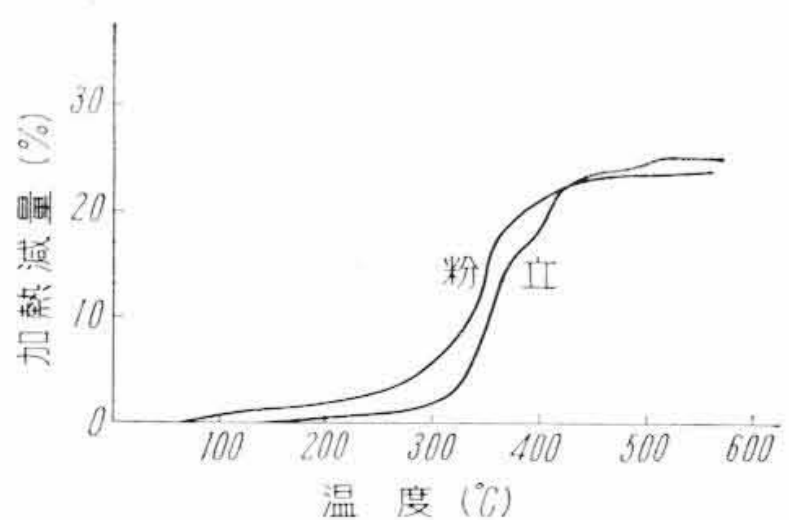
第 18 図 FG の加熱減量曲線



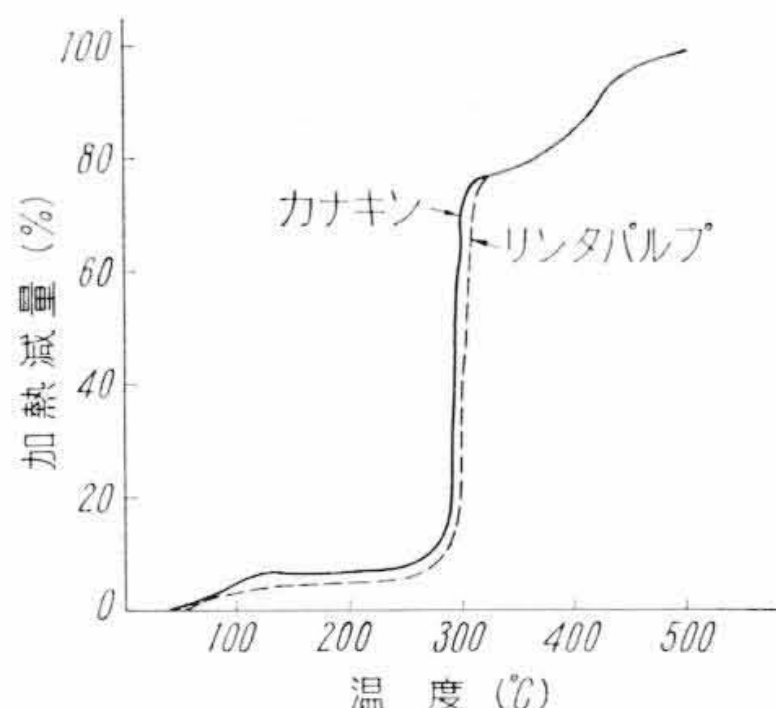
第 19 図 SG の加熱減量曲線



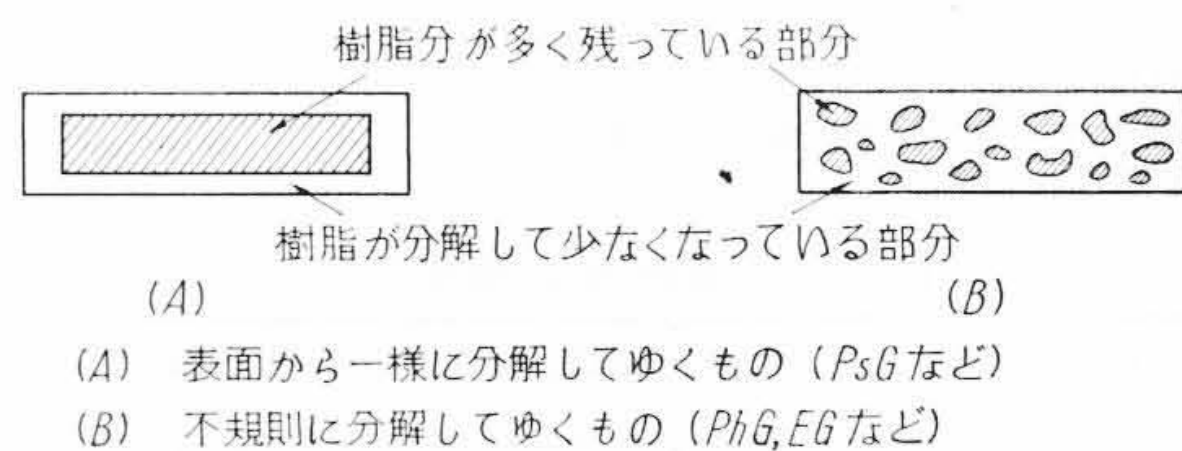
第 20 図 PsG の加熱減量曲線



第 21 図 PR の加熱減量曲線



第 22 図 金布およびリントパルプの加熱減量曲線



第 23 図 劣化後の試料の内部状態

の同条件による熱天秤試験の結果を第 22 図に示す。

これらの図は、酸素の影響を受けやすい粉末試料はいずれも立方体試料より加熱減量曲線が低温部にずれ、曲線の立上りが急激でいかに酸化が熱分解に大きく影響するかということを示している。

また、樹脂が同じでも基材によってかなりの差があるが、このことは前述の曲げ強さの結果と同じような傾向である。

4. 考 察

積層板および成形品を加熱劣化させるとそれらの樹脂および基材が熱分解して重量減少がおき、機械的性質および電気的性質が低下する。したがって、劣化を左右する因子はそれらの樹脂、補強材として使用している基材の劣化特性および樹脂と基材との接着状態の低下などがおもなものであると考えられる。これらのことを念頭において以下の考察を行なった。ただし、電気的性質はばらつきが大きいため立入った考察をさけ、おもに曲げ強さ、重量減少率および熱天秤による加熱減量について考察した。

4.1 フェノール樹脂積層板

定温劣化においては曲げ強さと重量減少率から評価される耐熱性は $\text{PhG} > \text{PhP} > \text{PhC}$ の順で、すでに報告されている結果⁽⁴⁾とほとんど一致する。しかし、PhP と PhC は同じような樹脂を使用していると思われるが、劣化初期はあまり差がないのに対して後期においてその差が加速的に大きくなることに注意しなければならない。

劣化後の試料の内部を調べると、その状態は第 23 図の (A) および (B) のように大別できる。フェノール樹脂積層板は (B) のような劣化をしているので、内部における樹脂と基材との接着状態の低下が大きく影響していると考えられる。すなわち、接着状態が低下したためにはく離れた内部へ酸素がはいり、まわりの樹脂の劣化を促進していると考えられる。PhC および PhP は内部で酸化による熱分解が著しく、PhC は劣化後期に形がくずれて測定不能の試料も生じた。しかし、長期劣化の場合には温度による劣化因子のほかに時間による劣化因子（経日変化）を考えなければならないので、これだけのデータでは木綿基材と紙基材積層板の劣化特性の差ははっきりしない。

熱天秤による昇温劣化も上述の傾向と同じである。立方体試料の場合は PhG、PhC および PhP の熱天秤による加熱減量曲線の形がよく似ているので同じような機構で熱分解していると考えられるが、やはり PhG が一段とすぐれている。しかし粉末試料ではかなり曲線の形が違ってくる。曲線の立上りは PhG が 290°C、PhC が 190°C そして PhP が 250°C であり、PhC および PhP は PhG に比べてかなり急である。一般に紙基材に使用されているリントパルプは短い木綿セルローズを精製したもので主成分は木綿と同じである。大谷氏ら⁽⁶⁾はセルローズの炭化についてくわしく研究し、300°C 以下ではわずかに脱水反応がおきるだけで構造の変化はほとんど生じないことを報告している。筆者らは第 22 図に示したように木綿およびリントパルプは 280~290°C で減量曲線が立上り、この付近で分解しはじめることを知った。したがって、ガラスクロスはもちろん木綿および紙基材も 280~290°C 以下ではほとんど分解しないので、PhG、PhC および PhP の間の大きな差は基材によるためではないことがわかる。これを樹脂だけに帰因すると仮定すると、第一にフェノール樹脂は普通フェノールあるいはメタクレゾールとホルマリンの縮合あるいは共縮合によって製造されているが、これらの組み合わせあるいはホルマリン過剰率の違いによってかなり耐熱性が違ってくるのでフェノール樹脂の違いが考えられる⁽⁷⁾。第二に樹脂の硬化が不完全なほど分子が小さく、したがって、加熱減量が大きくなるので積層板の成形条件もかなり影響していると考えられる。これらの点を十分知っていなければ定量的な取り扱いは無理である。

長期劣化させると曲げ強さおよび重量減少率などの曲線が急に低下または立上ってくる試料は熱天秤による立方体試料と粉末試料の加熱減量曲線の大きなずれから酸素の影響を受けやすい試料 (PhC のほかに FG など) であることが推定できる。

なお、熱天秤試験では試験終了後残ったガラスクロス基材を調べると、その積層板に使用したクロスの枚数および織り方を知ることができる。

4.2 メラミン樹脂積層板

MG と MC は同じような樹脂を使用していると思われるが、比較にならないほど MC がわるい。劣化後期において MC は形がくずれてしまい測定できなかったものが多い。

Lady 氏ら⁽⁸⁾はメラミン樹脂の熱劣化試験を行ない、200°C 位ではトリアジン環(メラミン環)はほとんど安定であるが、側鎖の C-O および C-N 結合が切れて揮発物を発生し、クラックを生じ機械的強度が低下してしまうことを報告している。定温劣化の結果からあきらかなように、200°C 付近で重量減少が大きく、そのため発生する揮発物がクラックの原因となり、急速に劣化してしまうことは Lady 氏らの報告と一致している。MG と MC は同様な樹脂を使用していると考えられ、熱天秤による加熱減量曲線から MG の樹脂分は約 50%、MC は約 60% と推定できるから、昇温劣化において 250°C 以下ではどちらもほとんど同じような劣化過程をたどっていると考えられる。したがって、長期の定温劣化において急速に劣化するのは樹脂と基材の接着状態が急速に劣化し、酸化されやすくなるためである。

MG の加熱減量曲線は 380°C 付近で急に立上り、トリアジン環の分解が知られるが、一方 MC は 290°C 付近で曲線が立上り、これは第 22 図と比べるとトリアジン環より先に基材が分解してしまうことがわかる。

4.3 エポキシ樹脂積層板

EG は定温劣化においてもっとも耐熱性がよいが、昇温劣化においては SG および PhG の次になっている。これは樹脂の硬化剤にアミン化合物を使用しているためであろうと考えられる。硬化剤に酸無水物を使用すれば PhG より良くなるはずである。

定温劣化における曲げ強さの結果からわかるように劣化初期には大きくなるが、試験終了後の曲げ強さは劣化前とほとんど変わらない。また、重量減少率も 1.5% 以下である。したがって、200°C 付近の加熱では後硬化が進んで性質が良くなるので、劣化しても樹脂の性質あるいは樹脂と基材との接着状態などはほとんどそのままであるとえられる。昇温劣化では加熱減量曲線から粉末試料は 250°C 付近で曲線が立上り、酸化による熱分解がえられる。立方体試料は 350°C 付近で立上り、この付近から熱分解していることを示し、450°C 付近に変曲点があり、それ以上の温度では炭化物の酸化など異なった反応がおきていることを示している。

4.4 フラン樹脂積層板

定温劣化の結果からわかるように FG の劣化は高温になるほど、または劣化後期になるほど、すなわち劣化が進むほど加速的に進行する。

昇温劣化においてもやはり同じようなことがいえる。すなわち、粉末試料と立方体試料との加熱減量曲線が 15% になるところを第 18 図で比べると、その温度は約 200°C のへだたりを生じている。このように FG は酸素の影響を受けやすい材料であることに注意する必要がある。

4.5 シリコン樹脂積層板

SG については熱天秤試験のみを行なったが、その熱安定性はもっとも良好であった。Sobolevskii ら⁽⁹⁾は、シリコン樹脂を 400°C 以下で熱分解させた場合、末端のメチル基およびフェニル基などがはずれる分解と新しい構造の生成の二つの違った反応が起き、酸化による熱分解では後者のほうが優先するので分解速度もおそく、機械的強度も低下しないことを報告している。したがって、第 19 図の SG の加熱減量曲線が 400~500°C にならないと立上らないことは上記から説明できる。すなわち SG はもっとも良い耐熱性をもつと考えられる。

4.6 ポリエステル樹脂積層板およびプリミックス成形品

曲げ強さの結果からわかるように劣化前においては PsG は 45kg/mm²もあるが、劣化とともに急速に低下してしまう。一方 PR は曲げ強さが劣化前には 6.5 kg/mm² しかないが劣化による強度の低下は少なく、200°C 以下の加熱では後硬化の影響さえ現われている。

熱天秤による加熱減量曲線からわかるように PsG の樹脂分は約 43% であるのに対して、PR はその約半分の 24% (プリミックス成形品は一般に充てん剤として炭カルが約 50%、補強材としてガラスせんいが約 20~30% はいっている)である。このように PR は充てん剤が多量に存在するため酸化されにくい状態にあることが、その耐熱性に影響を及ぼしていると考えられる。さらに PsG 用のポリエステル樹脂は普通スチレン形であり、PR 用のポリエステル樹脂はジアリルフタレート形であることも耐熱性を良くしている一因であろう。

4.7 機械的性質

曲げ強さと同時に曲げ弾性係数を測定したが、そのばらつきは非常に大きい。このため曲げ弾性係数から材料の耐熱性の優劣を判定するのは困難である。定温劣化において初期に曲げ弾性係数が大きくなるものが多いが、これは EG および PhG などの曲げ強さが大きくなったのと同じように後硬化によって樹脂の硬化がさらに進み、その結果樹脂がかたくなったことを示している。

4.8 電気的性質

電気的性質は大きくばらつくので、耐熱性の評価には使用できなかった。試料の劣化状態が第 23 図のようになっているため内部の吸湿状態が一つ一つ違い、そのため値がばらつくのであろうと思われる。

絶縁破壊した試料をよく見ると、破壊が表面をとおしているものと内部を貫通しているものとがあるが、前者が多いことから表面近くの吸湿状態が電気的性質に影響しているらしい。吸湿後の試料は表面に水滴のついているものとつかないものがあるので、表面をよく拭いて水分を除いた。水滴の有無による表面破壊の現象を調べたが、ばらつきが大きかったので関連性をはっきりつかむことができなかった。

4.9 重量減少率

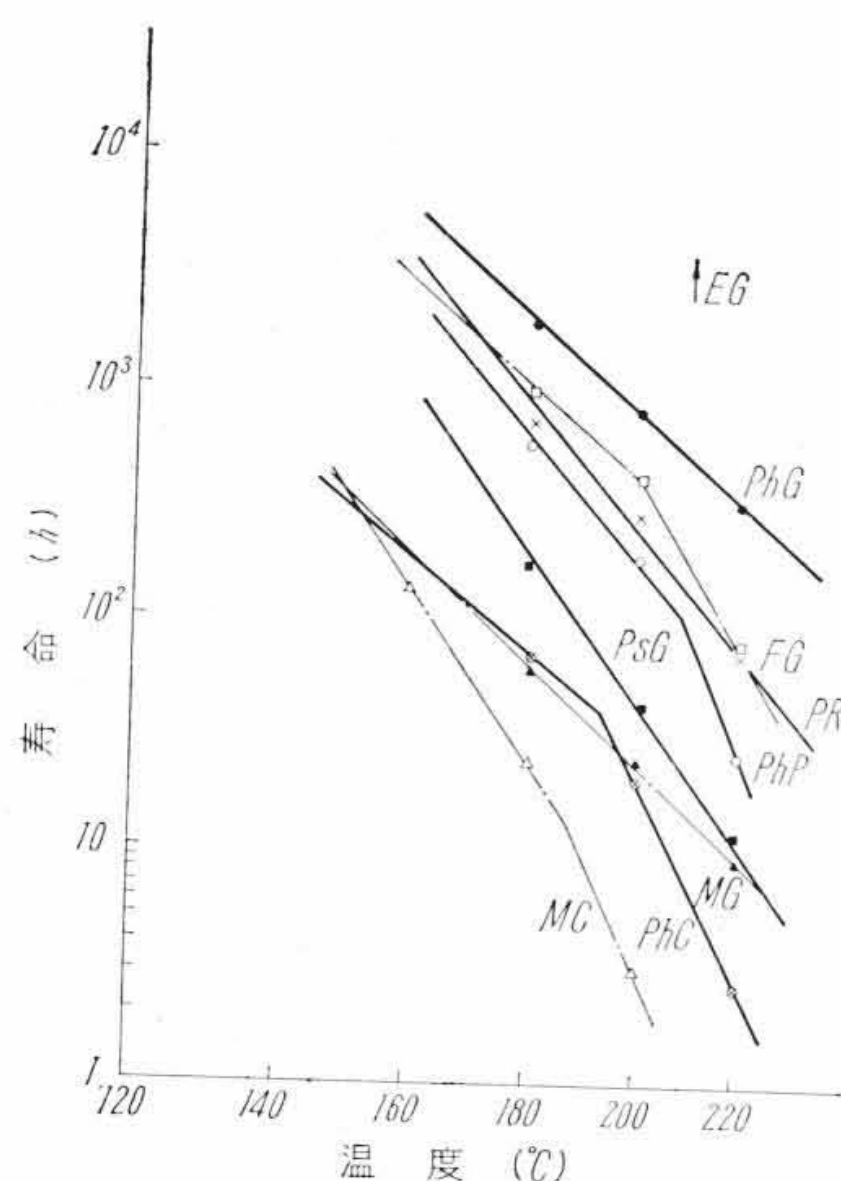
第 9~11 図の重量減少率と第 3~5 図の曲げ強さの変化とを比べると、この間にはかなりの関連性があるようにえられる。すなわち、加熱劣化初期から重量減少率の大きいものは曲げ強さの低下も大きいし、加熱劣化後期においても重量減少を続けているものは曲げ強さの低下が続いている。このように劣化初期の加熱減量と曲げ強さに密接な関係があるのは積層板の機械的強度が樹脂含有率と密接な関係にあるためである。しかし、劣化後期においてはクラックの発生および接着面のはく離などのため重量減少率と機械的強度の関係はほとんどなくなってしまう。

積層板などは機械的劣化がまずおこり、これによって電気的性質も悪くなるとえられるので、耐熱性は機械的性質から判定したほうが適当と考えられる。

4.10 耐熱性の評価

第 6~8 図に示す各図から曲げ強さが初期値の 75% に低下するまでの寿命と温度との関係を求めると第 24 図のようになる。EG は実験の範囲内で 75% に曲げ強さが低下する点を求めることができなかったため図には示さなかった。図に示すように、直線関係が成立するものとしなないものがある。単に 3 点の温度で、しかも高温における寿命試験の結果から寿命直線を求めたので、第 24 図は厳密な意味での寿命を示しているとは思われない。特にこの結果から低温部実用温度における寿命論を推することは困難であろう。しかし、一応材料の優劣の判定には役立つものと考えられる。この図から木綿基材のものは紙基材のものに比べて数段劣っていることがわかる。また、樹脂としてはメラミン樹脂が特に劣っている。これらの点は熱天秤による加熱減量からも推定できる。すなわち、これらの材料は比較的低温で熱分解がおきている。

以上の結果を基材について整理すると、木綿、紙、ガラスの順に



第 24 図 曲げ強さが劣化前の 75% に低下するまでの温度と寿命の関係

耐熱性が良くなり、樹脂について整理すると、メラミン、ポリエステル、フェノール、エポキシの順に耐熱性は良くなる。

5. 結 言

各種積層板および成形品を 180~220°C の定温で加熱劣化させ、機械的性質、電気的性質および重量減少率を測定し、これと併行して本多式熱天秤による 5 分ごとに 10°C の昇温速度で加熱劣化したときの減量とを比較検討した。その結果、

(1) 熱劣化による重量減少率と曲げ強さの低下率とはかなり関

連している。

(2) 劣化が表面から一様に行なわれるものと不規則なものがある。

(3) これは酸化による熱分解が起こりやすいものとそうでないものとの差によるが、熱天秤で粉末試料と立方体試料とを比較するとはっきりする。

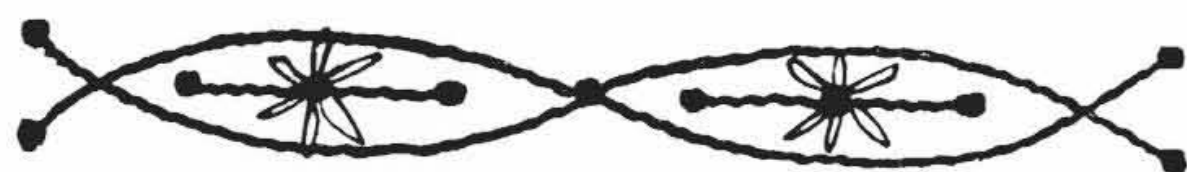
(4) 基材による差がいちぢるしくあらわれる。

(5) 電気的性質の変化は小さく、しかもばらつきが大きい。曲げ強さの変化は大きく、ばらつきは小さいので劣化判定に使用した。熱天秤試験の結果などを参考にして温度と寿命の関係を求めると第 24 図のようになる。

終わりに、終始ご指導いただいた日立製作所山崎工場長鶴田博士および古賀博士、日立製作所下館工場河合博士ならびに実験に協力してくださった米倉幸子さんに深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 電気学会耐熱区分専門委員会資料 (昭和 35 年)
- (2) 宮入, 小川: 日立評論, 42, 294 (1960)
- (3) 電気学会編: 高分子材料の劣化, コロナ社 (昭和 33 年)
- (4) Hausman ら: Mod. Plast., 20, 79 (1943)
- (5) 牧: ラバーダイジェスト, 12, No. 5, 40 (1960)
- (6) 大谷: 工化, 62, 871 (1951)
大谷ら: 工化, 63, 1443 (1960)
- (7) 鶴田, 中戸川: 工化, 54, 577 (1959)
- (8) J. H. Lady ら: J. Appl. Polymer Sci., 3, 65 (1960)
- (9) M. V. Sobolevskii ら: Plastickeskie massy, No. 1, 54 (1959), C. A., 54, 20281 d (1960)



特許第 275425 号

特 許 の 紹 介



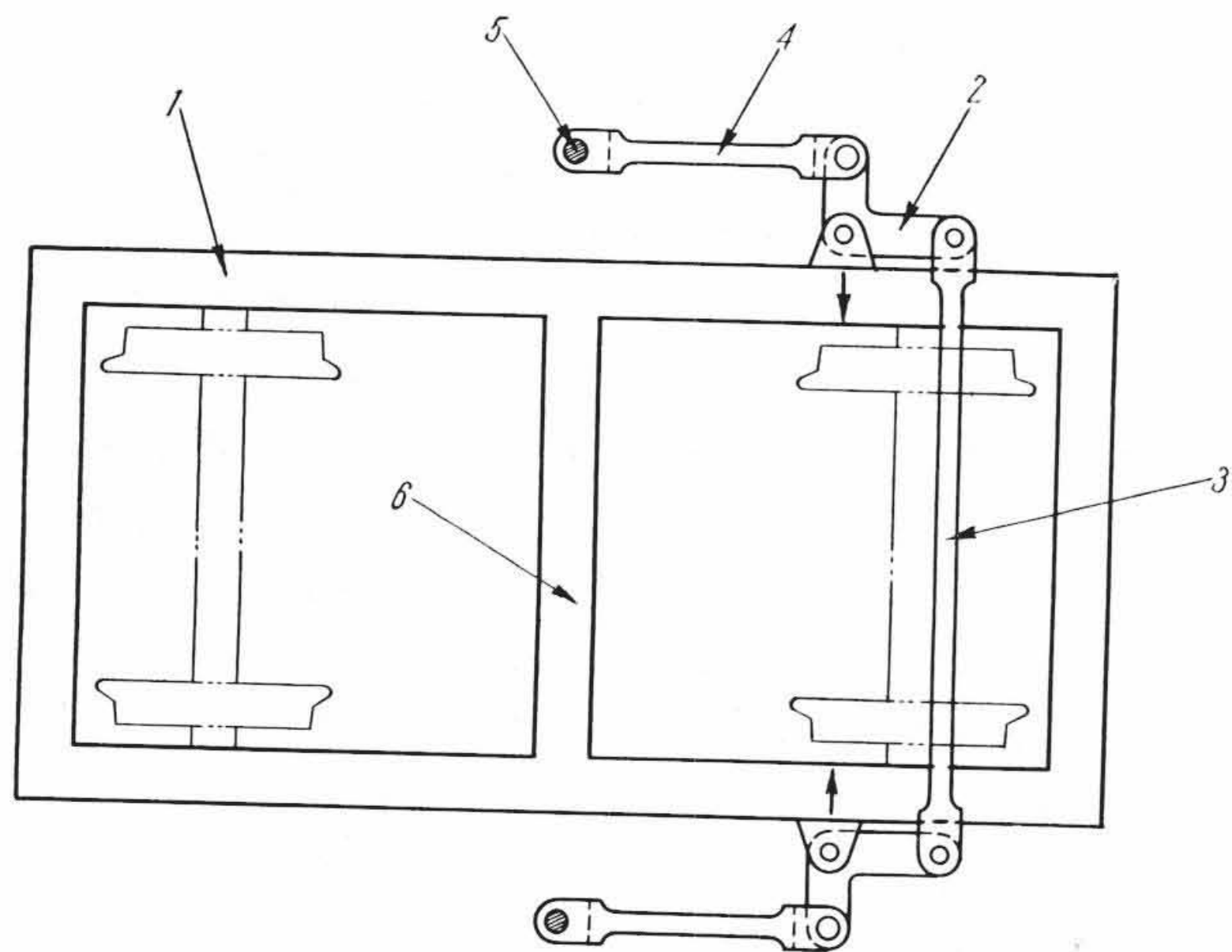
石 田 周 二

鉄道車両用けん引力伝達装置の改良

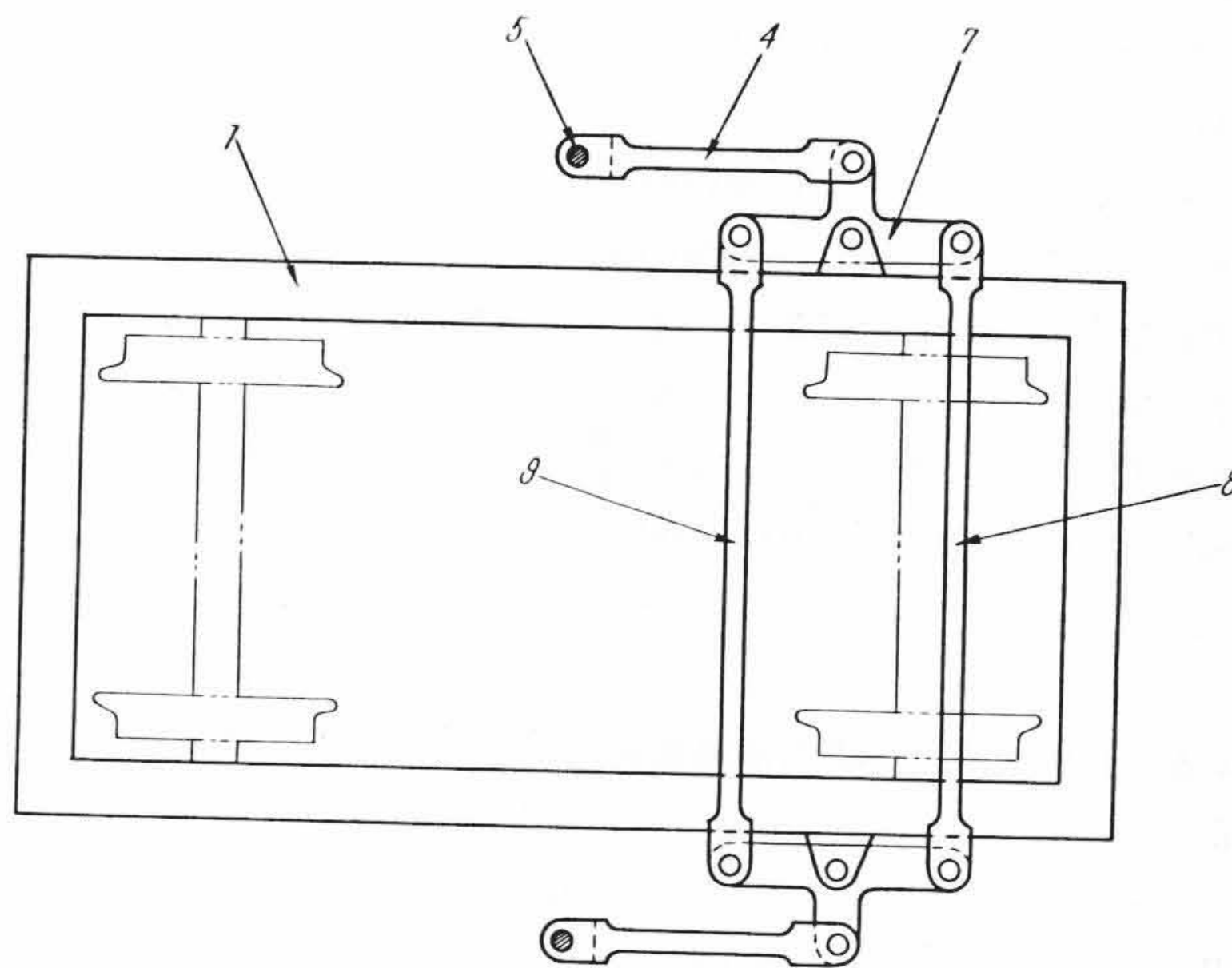
一般に鉄道車両においては車体と台車間の回転中心に心皿あるいは中心ピンを用いて車体と台車間の回転およびけん引力伝達を行なっているため、横ばり、あるいは揺れ枕などを必要とし、台車中心部の構造が複雑である。これを解決するため従来より第 1 図に示すような台車わく 1 の左右両側に一端を連結リンク 3 で連結され他端をリンク 4 を介して車体に取り付けられたピン 5 に連結された L 形リンク 2 を枢着して、車体と台車間の回転およびけん引力伝達を行なうようにしたものが用いられているが、台車わく 1 が L 形リンク 2 の取付位置において連結リンク 3 の反力を受け図示矢印のように左

右方向に圧縮または伸張されるため、台車わく 1 に過大な応力を生じ台車わく 1 の強度上横ばり 6 を必要とする。

この発明は、第 2 図に示すように一端をリンク 4 を介して車体に取り付けたピン 5 に連結した T 形リンク 7 を台車わく 1 の左右両側に対称して枢着し、T 形リンク 7 の他端を 2 本の連結リンク 8, 9 で連結して、連結リンク 8 の反力を連結リンク 9 によってつり合わせるようにしたもので、台車わく 1 に左右方向の力を受けないため台車わくを簡易軽量化することができる。



第 1 図



第 2 図