

アニリン樹脂成型材料 CP-10N について

横山 亮 次*

樋口 英 健**

Aniline Plastic Molding Material CP-10 N

By Ryoji Yokoyama and Hidetake Higuchi
Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The CP-10 N is a plastic molding material having excellent dielectric properties. This material is essentially a thermo-plastic. Therefore, it is necessary to select the proper molding condition which differs from that of phenolic molding material. This report explains the relation between this molding condition to the properties, and gives the proper condition required to permit the CP-10 N to fully manifest its properties.

In the case of CP-10 N, although two or three factors of the molding condition are changed a little, there is no great change in its properties. However, in consideration of the outer appearance and stability of the dimensions, sufficient precautions must be taken concerning the molding temperature, pressure and dismantling temperatures of the metal mold. The molded product has a high mechanical strength and moreover, its dielectric properties are very good under normal conditions and at elevated temperatures. Absorption of moisture will cause tangent δ to increase approximately 30% from that at normal condition. But saturation is reached in a certain time and no further drop in properties will be observed. However, from the standpoint of the chemical structure of this material, it is desirable not to use it at high temperatures above 130 °C. If these precautions are taken, it can be used over a long period without losing its dielectric properties.

〔I〕 緒 言

アニリン樹脂成型材料 CP-10 N は、筆者の一人がさきに発表したスタンドライト成型材料 CP-60 N⁽¹⁾(フェノール樹脂の日立商品名)と同じく、通信機部品に使用される低損性有機絶縁材料である。

CP-10N は通常熱可塑性を有しているが、一般の熱可塑性樹脂よりも、その最高使用温度が高く、またほとんどの有機溶剤に不溶であり、その誘電特性はフェノール系材料にまさり、機械的強度もまた大きい。

このアニリン樹脂についても CP-60 N の場合と同じく、成型条件の変動に伴う成型品性能があまり変動しないこと、成型品は 100~130 °C の高温に耐え、高温多湿の悪条件下でも誘電特性が低下しにくいことなどが、その市場性を高める上からみて必要である。

従来アニリン樹脂については製造法に関する研究が多く^{(2)~(6)}、これらの諸特性をあきらかにしたものが少ないので、われわれは CP-10 N について成型条件と成型品

第 1 表 CP-10 N の 性 能 (保証値)

Table 1. Properties of CP-10 N (Guarantee Value)

試 験 項 目	性 能 保 証 値
流 動 度 (%)	30~50
揮 発 分 (%)	2 以下
カサ張リ係数	4~4.5
密 度 (g/cm ³)	1.2~1.23
吸 水 量 (mg/100 cm ²)	10 以下
耐 熱 性 (°C)	130
成 型 収 縮 率 (%)	0.5~0.7
曲 げ 強 さ (kg/mm ²)	8 以上
表面固有抵抗 (MΩ)	10 ⁷ 以上
体積固有抵抗 (MΩ-cm)	10 ⁷ 以上
絶縁抵抗(常態 (MΩ)	5×10 ⁶ 以上
煮沸後 (MΩ)	5×10 ⁵ 以上
耐 電 圧 (kV/mm)	13 以上
誘電体力率 (×10 ⁴) { 1 Mc	70~80
{ 10 Mc	55~65
誘 電 率 1~10 Mc	3.5~4.0

の性能との関係および成型品の特性についてより詳細にその内容を報告して使用者の便に供した。

* ** 日立製作所多賀工場

〔II〕 使用材料

使用した CP-10 N は第1表 (前頁参照) に示す性能保証値を有し、誘電特性にすぐれているほか、煮沸、水中浸漬処理などによる電氣的性能の低下も非常にすくなく、成型性も良好で通常のアニリン樹脂にみられるような型つき、流れ不良のない材料である。

〔III〕 成型条件と性能の関係

CP-10 N は熱可塑性を有するため、フェノール樹脂成型材料とは幾分異なる方法で成型を行う必要がある。すなわち、材料を金型に装填して加熱し(無加圧のまま)、適当な加熱温度に達したらこれを加圧プレスに移し、所定圧に加圧し所定温度まで冷却したのち、金型を解体して

成型品を取り出す必要がある。

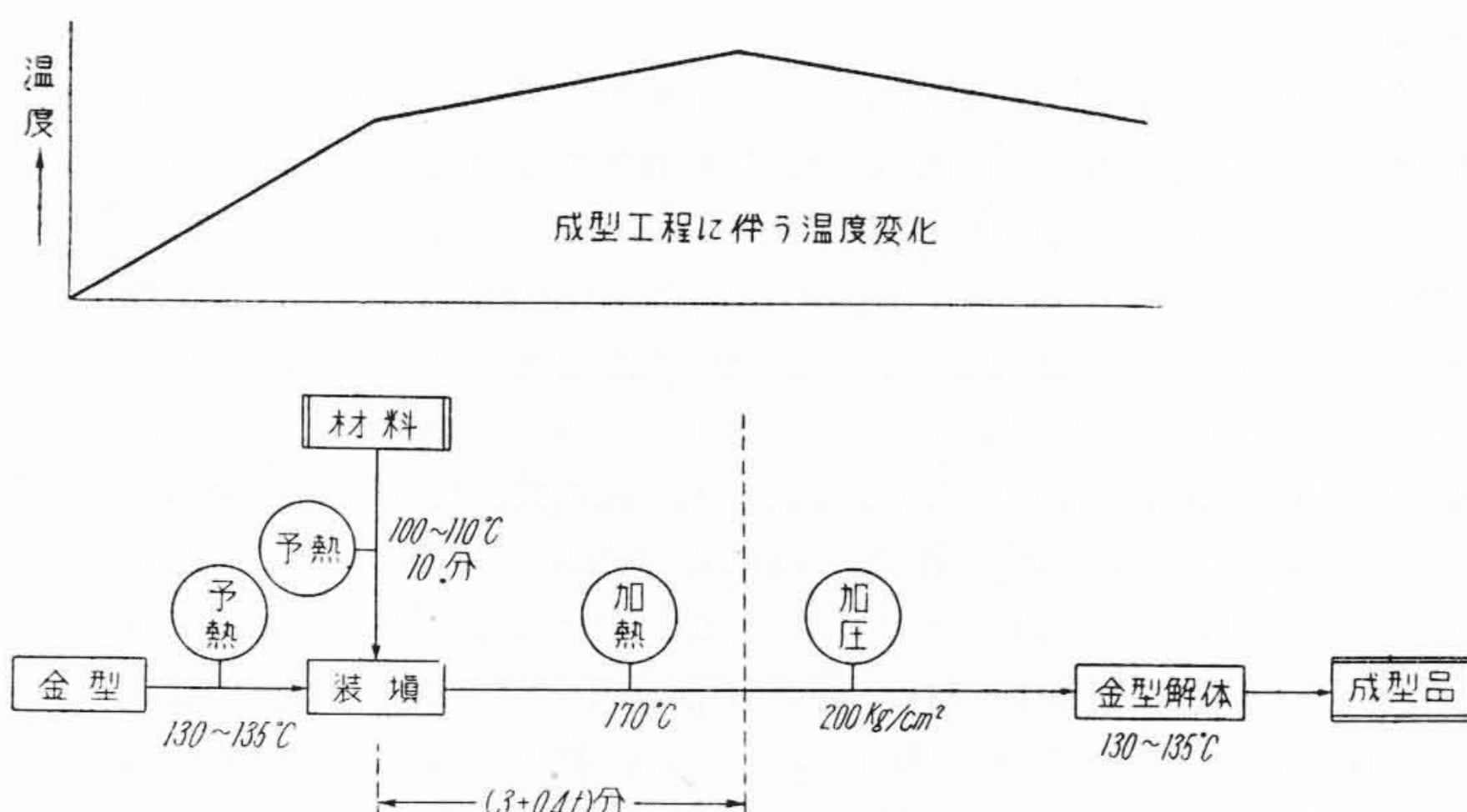
第1図はこの工程を図示したもので、図中加圧は可塑性化した材料の形態を固定するために欠くことのできない工程である。

CP-10 N の熱可塑性は射出成型を可能にするほどでないから、これを成型するときは圧縮成型法を用いるのが最もよい。これらの条件と以下に述べる性能試験から求めた標準成型条件を第2表に示した。第2表に示す加熱時間、成型温度、成型圧力などは成型品の性能に影響をおよぼす因子として考えられる項目である。

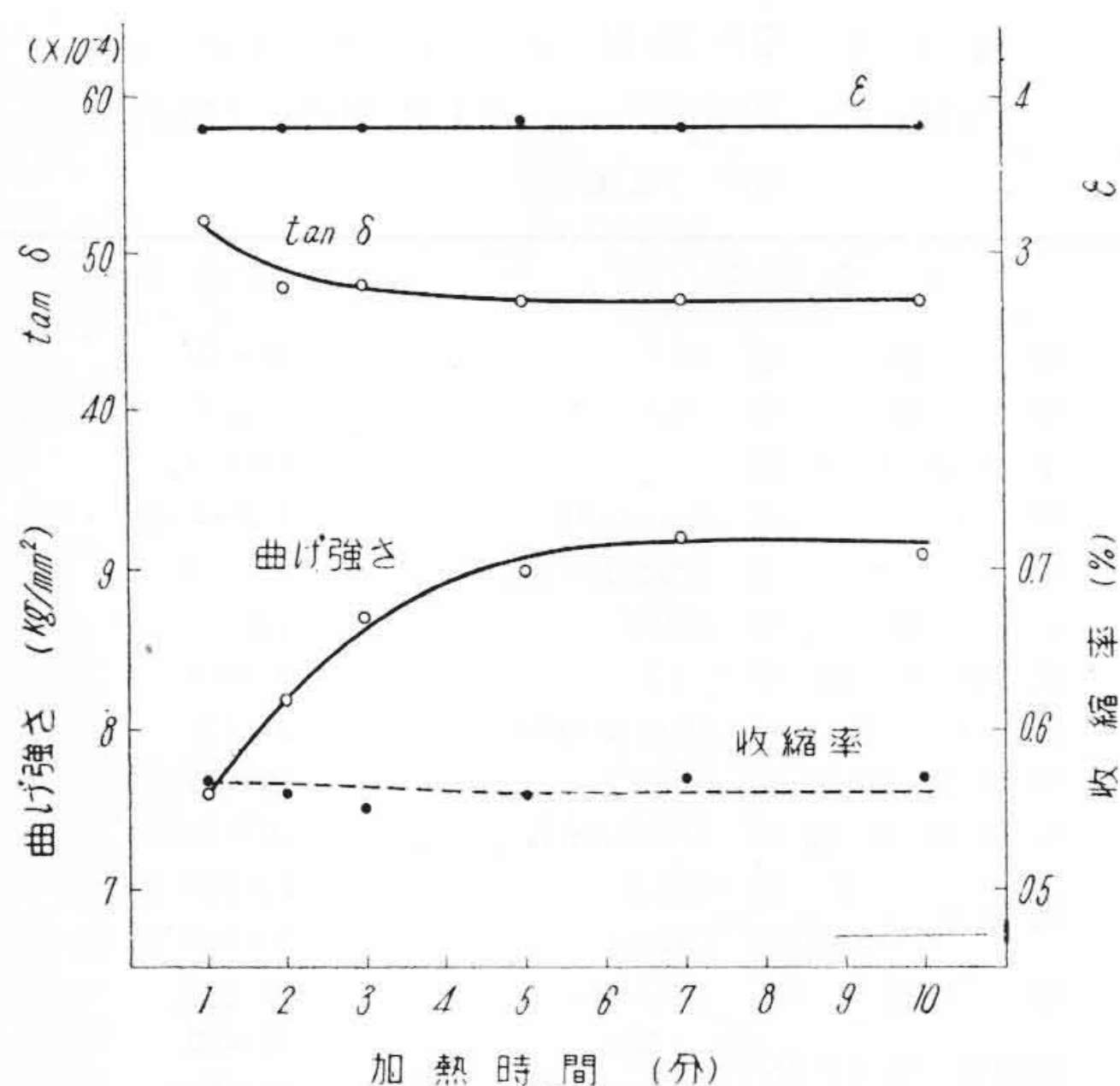
(1) 加熱時間および加熱温度について

この場合には加熱初温と最高温度との温度差および時間が問題となる。いま、加熱時間について考えると、初温 135~140 °C、最高温度 170 °C とした場合には時間

の変化によつて第2図のような性能変化を示す。これによると、誘電体力率 ($\tan \delta$) は約 3~4 分、曲げ強さは約 5 分の成型時間でほとんど一定値を示している。これに反して誘電率 (ϵ)、収縮率は加熱時間の影響を受けない。ここに $\tan \delta$ および ϵ 測定用試験片は $60 \phi \times 3t$ 、曲げ強さおよび収縮率測定用試験片は $120 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 10 \text{ m}\phi$ であるから、第2表の標準成型条件によれば加熱時間はそれぞれ 4.2 分および 7 分となる。したがって、加熱時間はフェノール系材料と大差ない。この場合標準時間よりも少ない加熱時間で作業

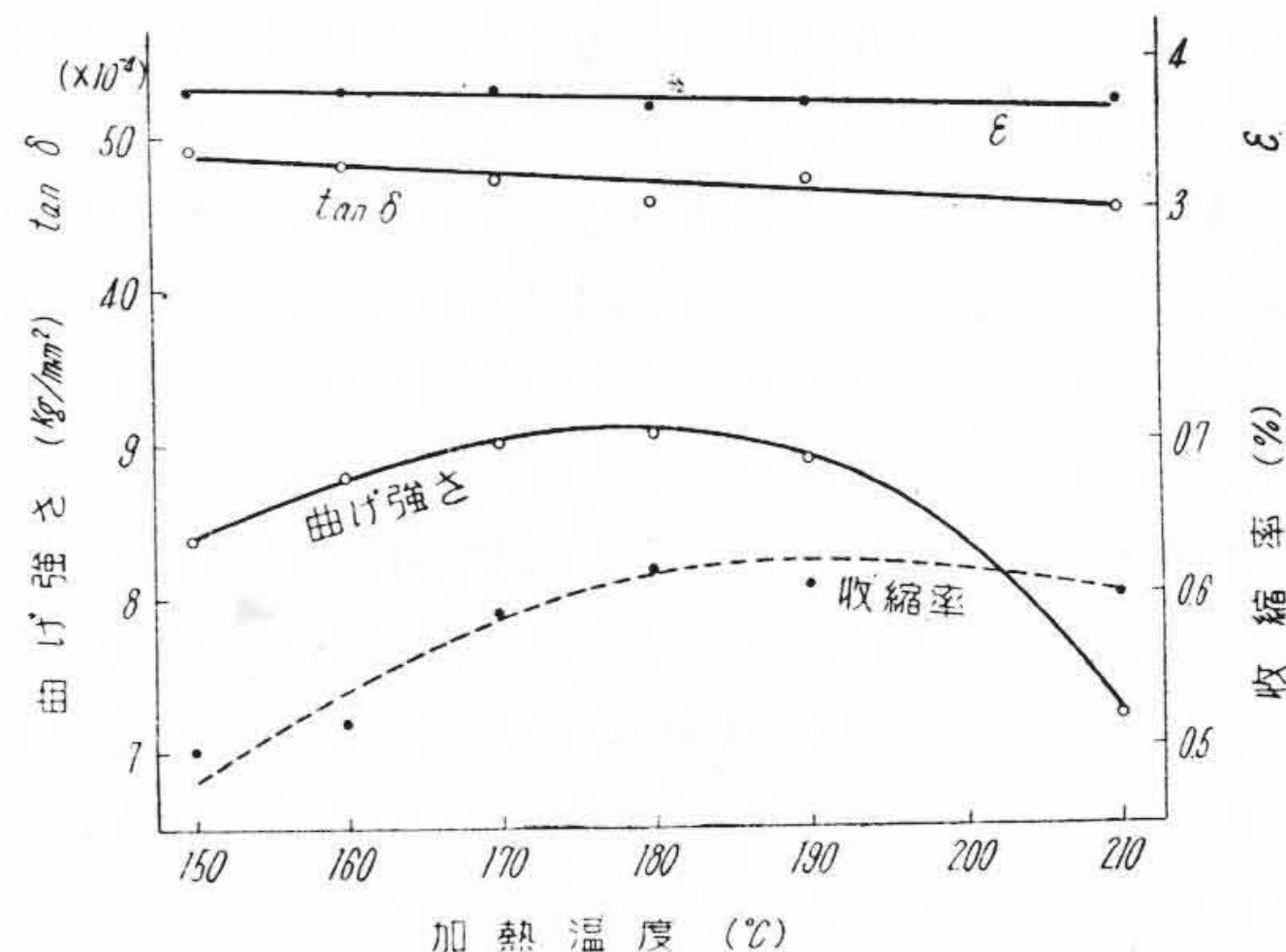


第1図 CP-10 N 成型工程
Fig.1. Molding Process of CP-10 N



第2図 曲げ強さ、収縮率、 $\tan \delta$ 、 ϵ と加熱時間の関係

Fig.2. Flexural Strength, Shrinkage, $\tan \delta$, ϵ vs. Heating Time



第3図 曲げ強さ、収縮率、 $\tan \delta$ 、 ϵ と加熱温度の関係

Fig.3. Flexural Strength, Shrinkage, $\tan \delta$, ϵ vs. Heating Temperature

第 2 表 CP-10 N の 成 型 条 件
Table 2. Molding Condition of CP-10 N

材 料 装 填 時 の 金 型 温 度 (°C)	130~135
金 型 で 測 っ た 加 熱 最 高 温 度 (°C)	170
加 熱 時 間* (分)	3+0.4 t
成 型 圧 力 (kg/cm ²)	200
金 型 解 体 温 度 (°C)	130~135
材 料 予 熱 温 度 (°C)	100~110
材 料 予 熱 時 間 (分)	10

* t は成型品の厚さ (mm) を示す。

第 3 表 成 型 圧 力 と 性 能 の 関 係
Table 3. Relation between Properties and Molding Pressure

圧 力 (kg/cm ²)		5	20	50	100	200
成型品	項 目					
tan δ, ε, 試 験 片	試験片厚み (mm)	4.5	3.5	3.4	3.4	3.4
	外 観	黄褐色カ ルメ状	内部欠 陥あり	褐色透明	同左	同左
	tan δ (×10 ⁴), 10Mc ε	—	47.4	47.5	47.6	47.2
曲げ強さ 試 験 片	試験片厚み (mm)	—	—	11.3	11.0	10.2
	外 観	—	—	不良	不良	良
	曲げ強さ (kg/mm ²)	—	—	5.8	7.6	8.4

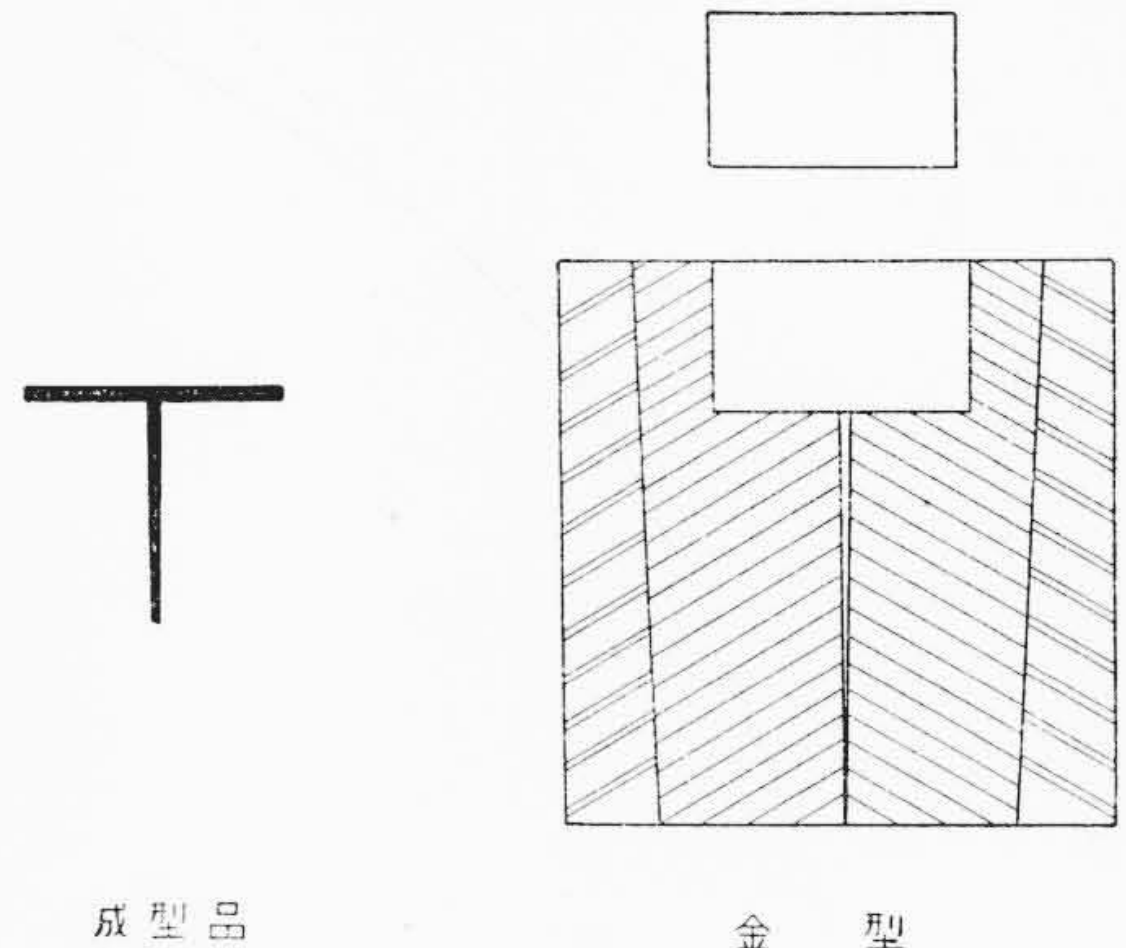
することも可能であるが、加熱時間が短くなると製品の
の外観もよくないから、標準成型条件はできるだけ守つ
てほしい。

つぎに、初温、加熱時間を一定（標準条件）に保ち、
加熱最高温度と性能の関係を求めて第3図に示すような
結果をえた。第3図によれば tan δ, ε は試験温度範囲
では大差なく、また曲げ強さ、収縮率は加熱温度 160~
180°C の範囲においては特にいちぢるしい変化があると
はいえない。しかしながら曲げ強さは加熱温度が上記範
囲以下または以上となると低下することが認められ、加
熱温度の影響をうける。したがってこれらのことから成
型条件としては、加熱時間がほぼ (3+0.4 t) 分となるよ
うに、また加熱温度が 160~180°C となるように管理を
すれば良好な性能を有する成型品をうることができる。

(2) 成型圧力について

加圧はすでに述べたように、材料の装填してある金型
を規定温度に加熱したのちこれを取り出し加圧プレスに
移すと同時に行う。成型圧力の影響を tan δ, ε および
曲げ強さについて検討してこれを第3表に示した。第3
表に示すように成型品の厚さがうすい場合 (tan δ 試験
片) には 50 kg/cm² の圧力でも成型可能であるが、厚
くなると外観不良となり (たとえば曲げ強さ試験片) ム
ラがしやすい。このような傾向があるため、標準条件
としては 200 kg/cm² 程度の成型圧力が必要である。

以上のほか CP-10 N の成型において注意しなければ
ならないことは金型解体温度であつて、この材料が熱可



第4図 流動度試験金型

Fig. 4. Mold for Flow Property Test

塑性を示すことから考えれば直ちに理解される。

たとえば 150°C 以上で解体した場合は若干軟化、変
形し、140°C ではやや軟化性を示すが、135°C 以下の
解体温度となると軟化変形などの外観上の異常はなく良
品をえられる。製品に対する上記の要求と作業能率とを
考えあわせれば第2表に示した解体温度 130~135°C と
いう条件は厳密に守らなければならない。

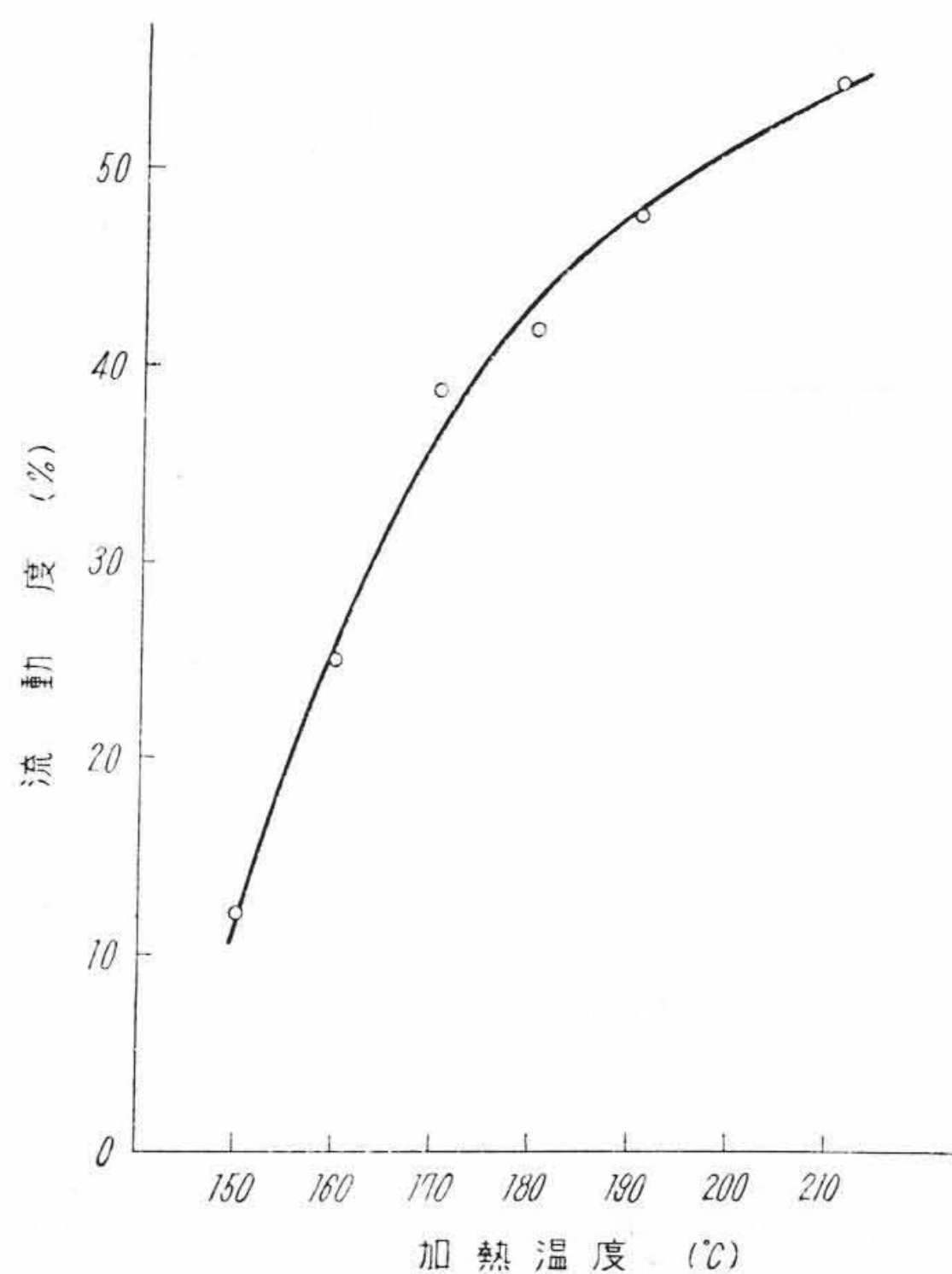
(3) 成型時の材料の流動性について

成型に当つて材料の有する可塑流動性は重要な要素で
ある。この流動度の測定には種々の方法がある。Krahl
法⁽⁷⁾に準じて一定の温度および圧力のもとで針状成型品
をつくり、その長さをもつて流動度を測定する方法をと
つた。金型の概要は第4図のごとくである。

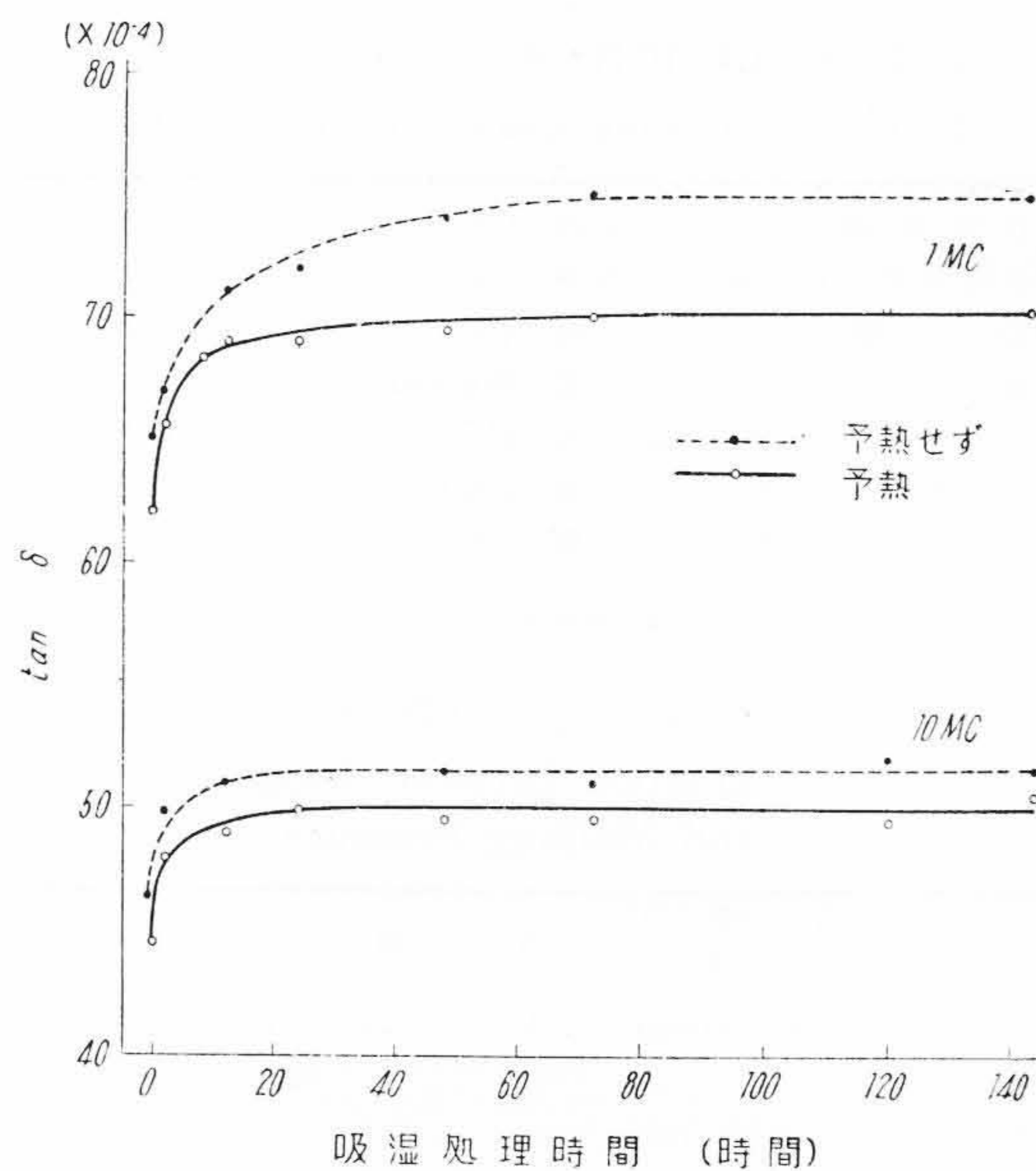
標準成型条件で成型した場合 CP-10 N の流動度は 30
~50% の範囲にある。この種の化学構造^{(8)~(10)} を持つ
材料の流動度が加熱時間よりも加熱温度に支配されるこ
とはあきらかであつて、たとえば最高温度が異なる場合
には流動度は第5図 (次頁参照) のように変化する。この
関係からも加熱温度は 170°C 程度にしなければ不十分
である。

〔IV〕 誘電特性におよぼす材料予熱の効果

一般に材料の成型性や成型品の性能を向上させるため
成型に先立つて材料を予熱することは有効な方法とされ
ている。CP-10 N についてもこの傾向が認められるが、
その例を第6図 (次頁参照) および第7図 (次頁参照)
に示した。試験に供した材料は受理状態のものおよび恒
温恒湿槽で 30°C-90% R.H. において 1~144 時間吸湿
処理したもので、この両者を予熱しないで成型した場合
および予熱して成型した場合 tan δ がどのようになるか
を調べた。たゞし予熱は 100~110°C, 10 分とし、成型
は第2表の標準条件によつた。

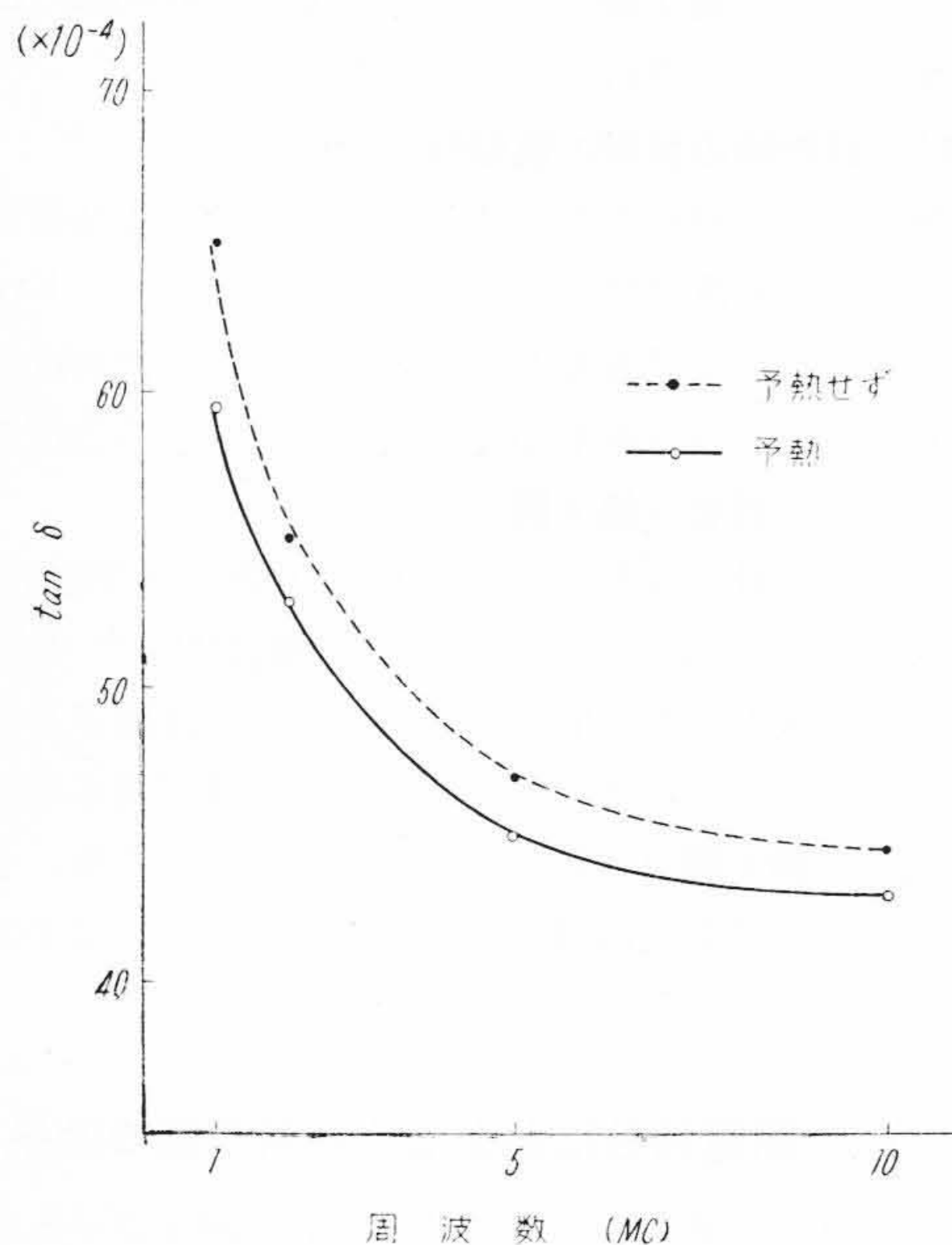


第5図 加熱温度と流動の関係
Fig. 5. Flow Property vs. Heating Temperature

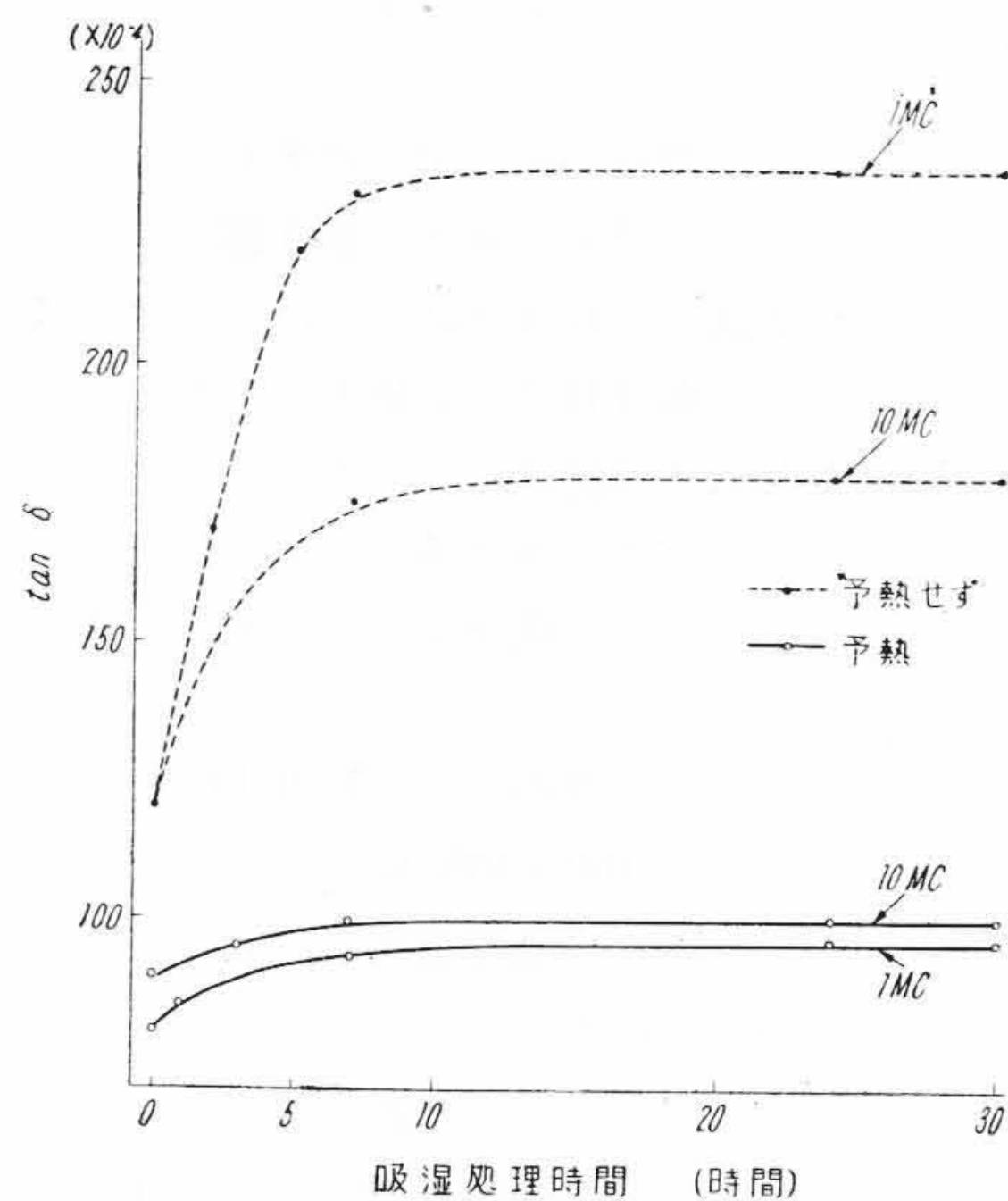


第7図 材料の吸湿処理時間と $\tan \delta$ の関係 (CP-10 N)

Fig. 7. $\tan \delta$ vs. Hygroscopic Time of Molding Compound (CP-10 N)



第6図 周波数と $\tan \delta$ の関係
Fig. 6. $\tan \delta$ vs. Frequency



第8図 材料の吸湿処理時間と $\tan \delta$ の関係 (CP-60 N)

Fig. 8. $\tan \delta$ vs. Hygroscopic Time of Molding Compound (CP-60 N)

第6図は受理状態の成型材料について予熱および無予熱の場合の周波数 (1~10 Mc) と $\tan \delta$ の関係を示したものであり、第7図は吸湿材料について予熱および無予熱の場合の 1 Mc および 10 Mc における $\tan \delta$ を示したものである。

すなわち受理状態および吸湿処理した試料についての予熱の効果はいずれも 3~10% で第7図と対照できる第8図から求めたフェノール樹脂の予熱効果 (受理状態の試料では 25~35%, 吸湿処理した場合で 40~60%) にくらべればかなりすくない。

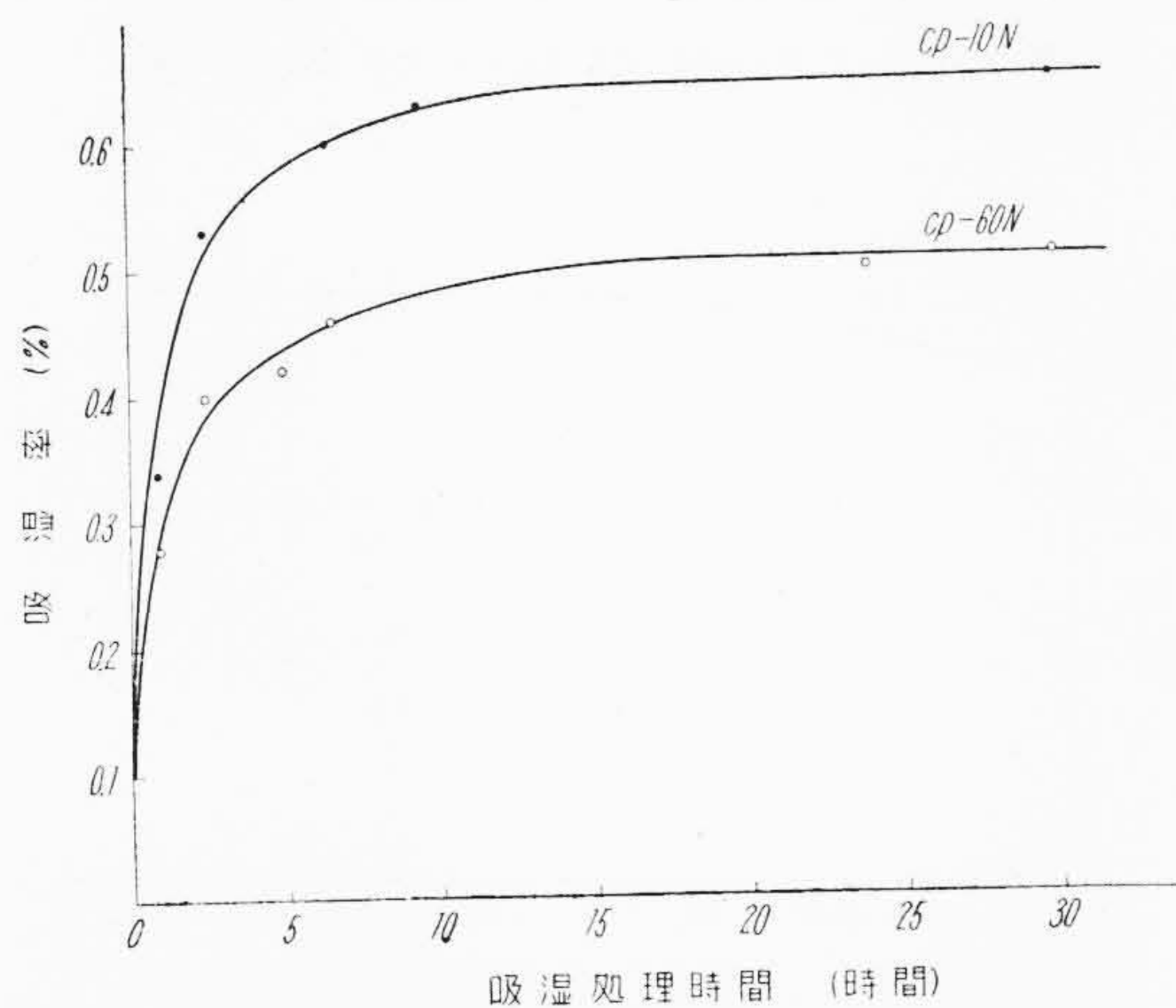
この差異は第9図に示すように CP-10 N が CP-60 N に比べ、幾分上廻る吸湿量を有しながら特殊な成型条件のためたとえ吸湿しても加熱、加圧時の脱湿が容易に行われるためである。

しかしながら予熱の効果はあきらかであるから、使用に先立つて材料は予熱した方がよい。

[V] 成型品の2,3の特性

(1) 吸湿による誘電特性の変化

以上の検討から CP-10 N の成型条件による性能変化が顕著でないことがわかったので本項では第2表の条件で成型した成型品の誘電特性が外的条件たとえば吸湿によつていかに変化するかを調べた。



第9図 成型材料の吸湿率 (30°C, 90% R.H.)

Fig. 9. Moisture Absorption % of Molding Compounds (30°C, 90% R.H.)

すなわち第4表に示す条件で処理した成型品の 1 Mc および 10 Mc における $\tan \delta$ の変化は第10図に示すようにいずれの処理条件のものについてもある処理時間後に $\tan \delta$ はほぼ一定の値を示している。

いまこの一定値にまで達したときの $\tan \delta$ の増加率を各処理ごとに比較検討してみよう。煮沸7時間後の増加率は 28~37% (1~10 Mc), 水浸144時間後の値は 24~31% (1~10 Mc), 吸湿 (30°C, 90% R.H.) 168時間後の値は 22~28% (1~10 Mc) でその増加の傾向はいずれも近似したその値も近似している。

したがって成型品を短時間煮沸するだけでその性能の低下度合を予想することができる。

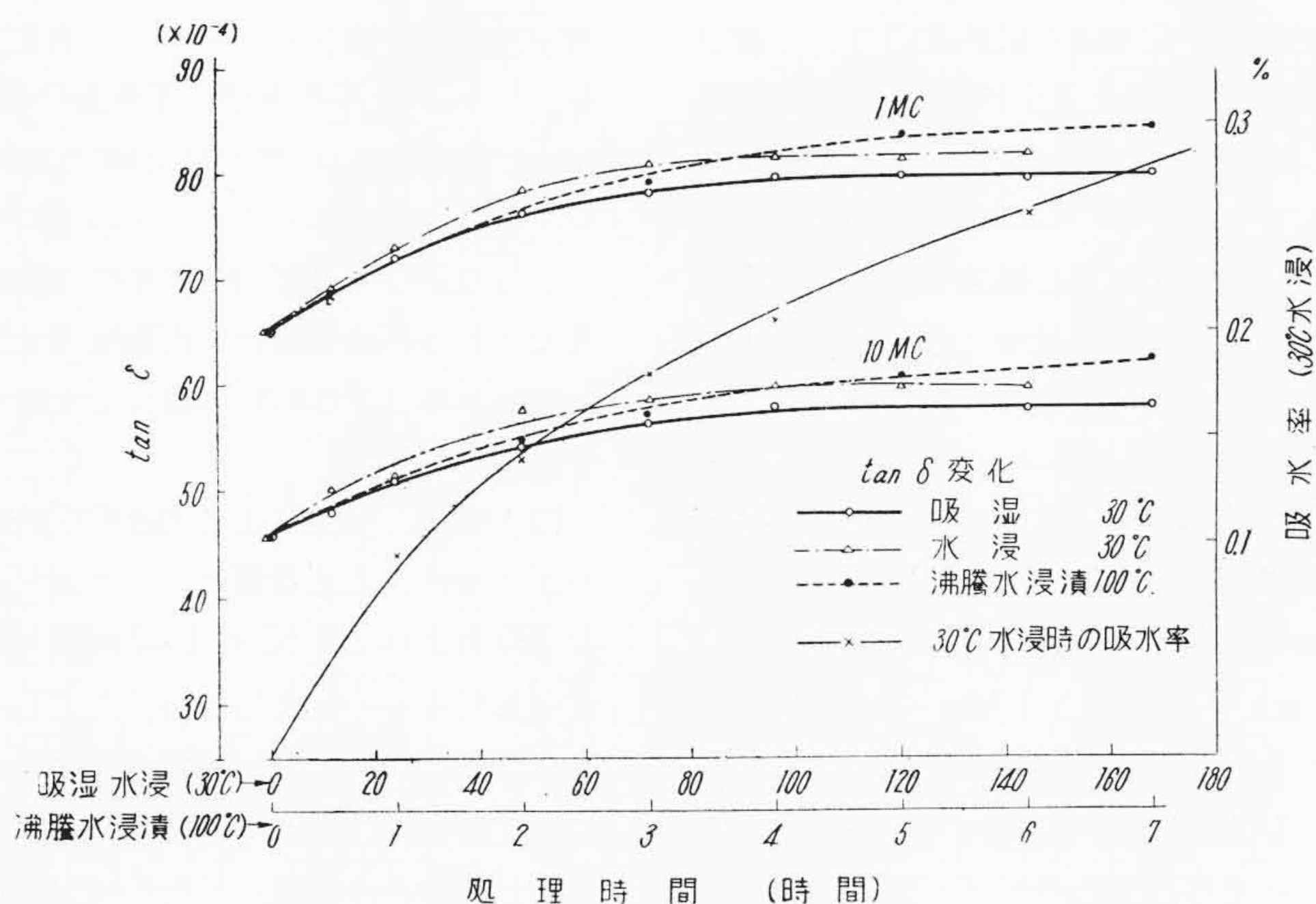
すなわち煮沸3時間の $\tan \delta$ は吸湿、水浸のほぼ 70 時間に相当し、しかも同時期後のそれぞれの増加率はほぼ飽和しているから、短時間の試験法としては成型品を 3 時間程度煮沸すればよいことになる。

このように吸湿、吸水による誘電特性の低下には一定の関係があるように考えられたので、第10図のうち吸湿処理による $\tan \delta$ の変化を吸水率との関連において、二、三、検討してみた。

第4表 吸 湿 処 理 条 件

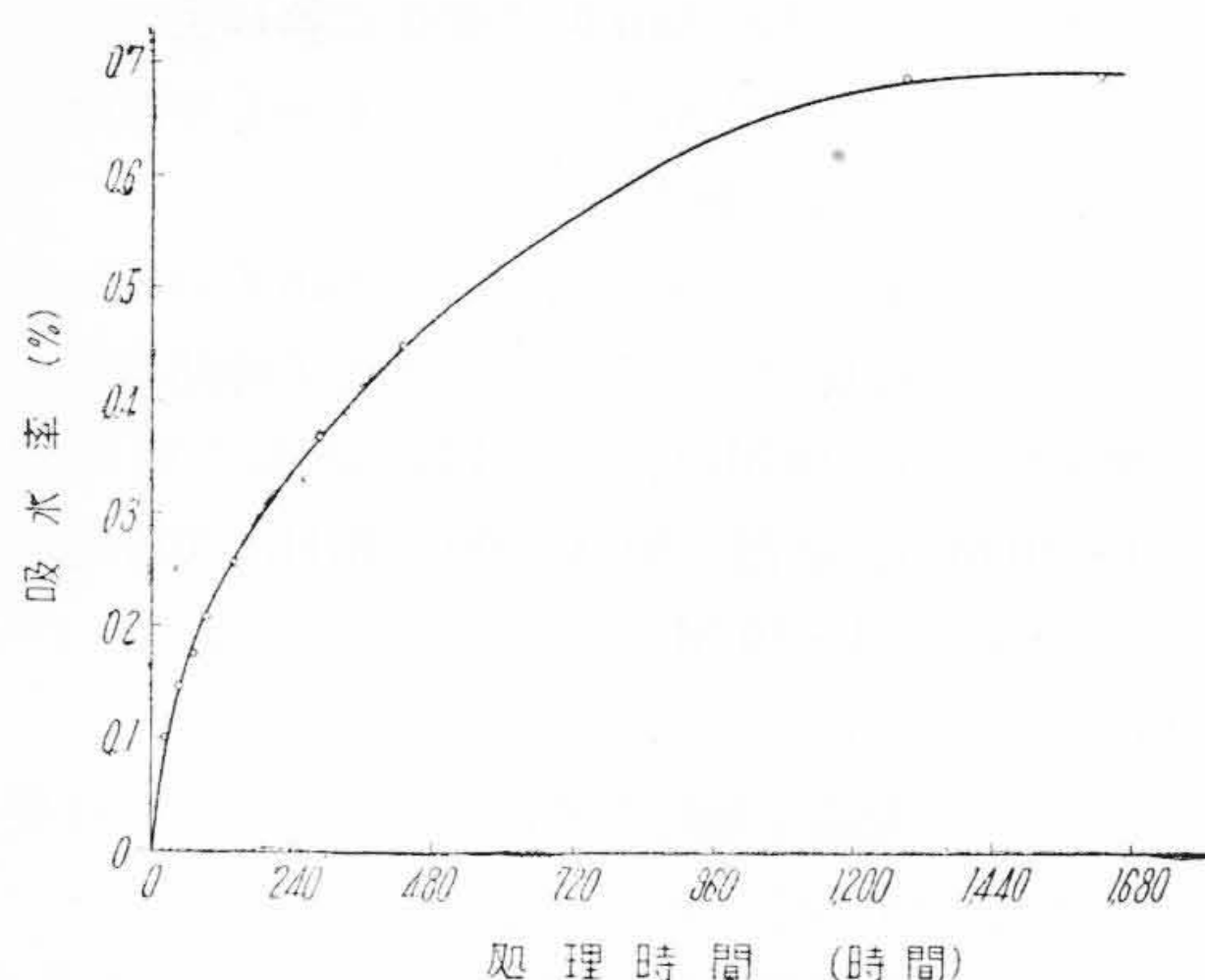
Table 4. Test Conditions for Moisture Absorption

条 件	項 目	吸 湿	水 浸
処 理 方 法		相対湿度 90% の恒温恒湿槽使用	蒸留水中に浸漬
温 度 (°C)		30	30 100
時 間 (時間)		0~168	0~144 0~7



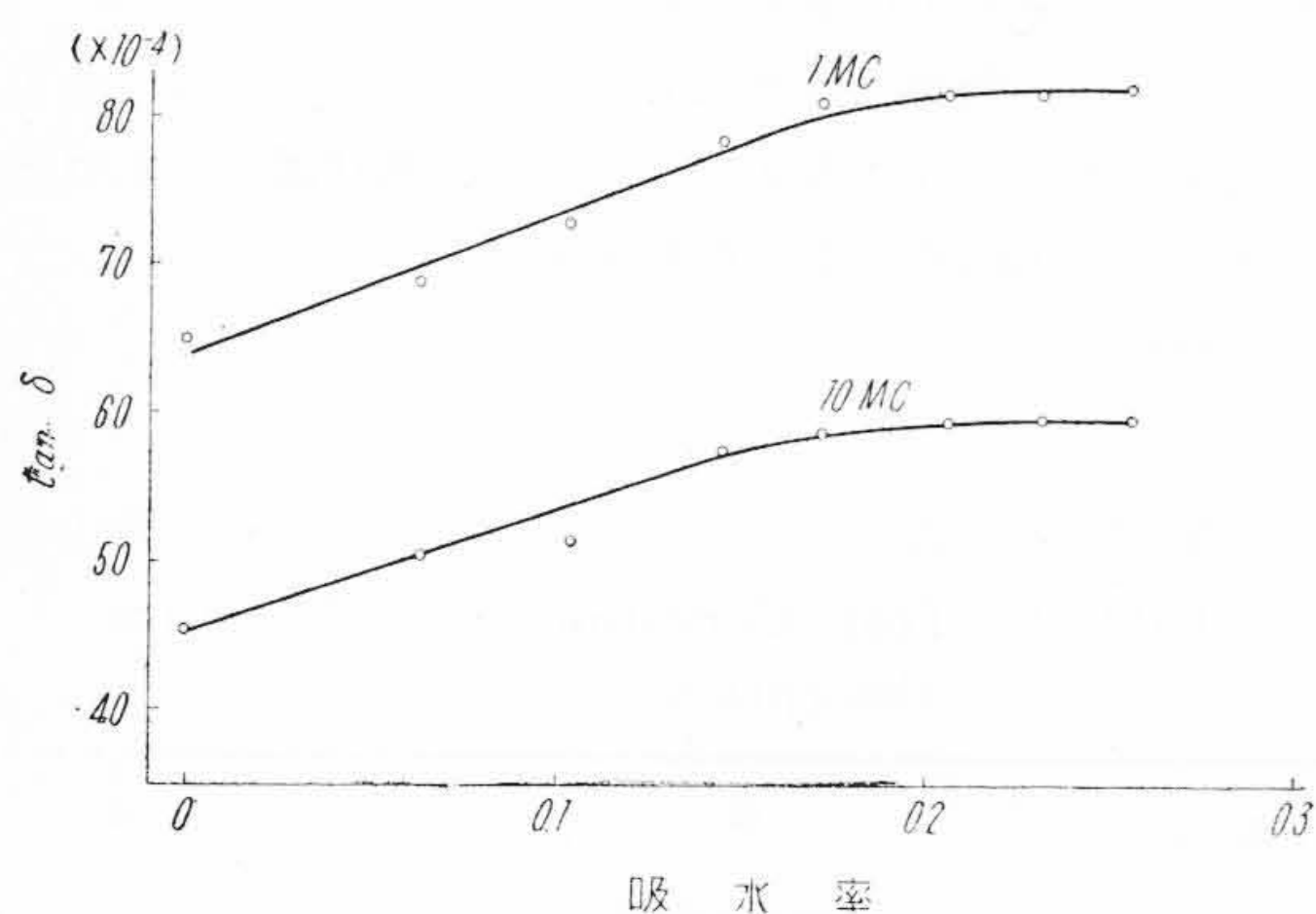
第10図 試験片の吸湿処理時間と $\tan \delta$ の関係

Fig. 10. $\tan \delta$ vs. Hygroscopic Time of Test Piece



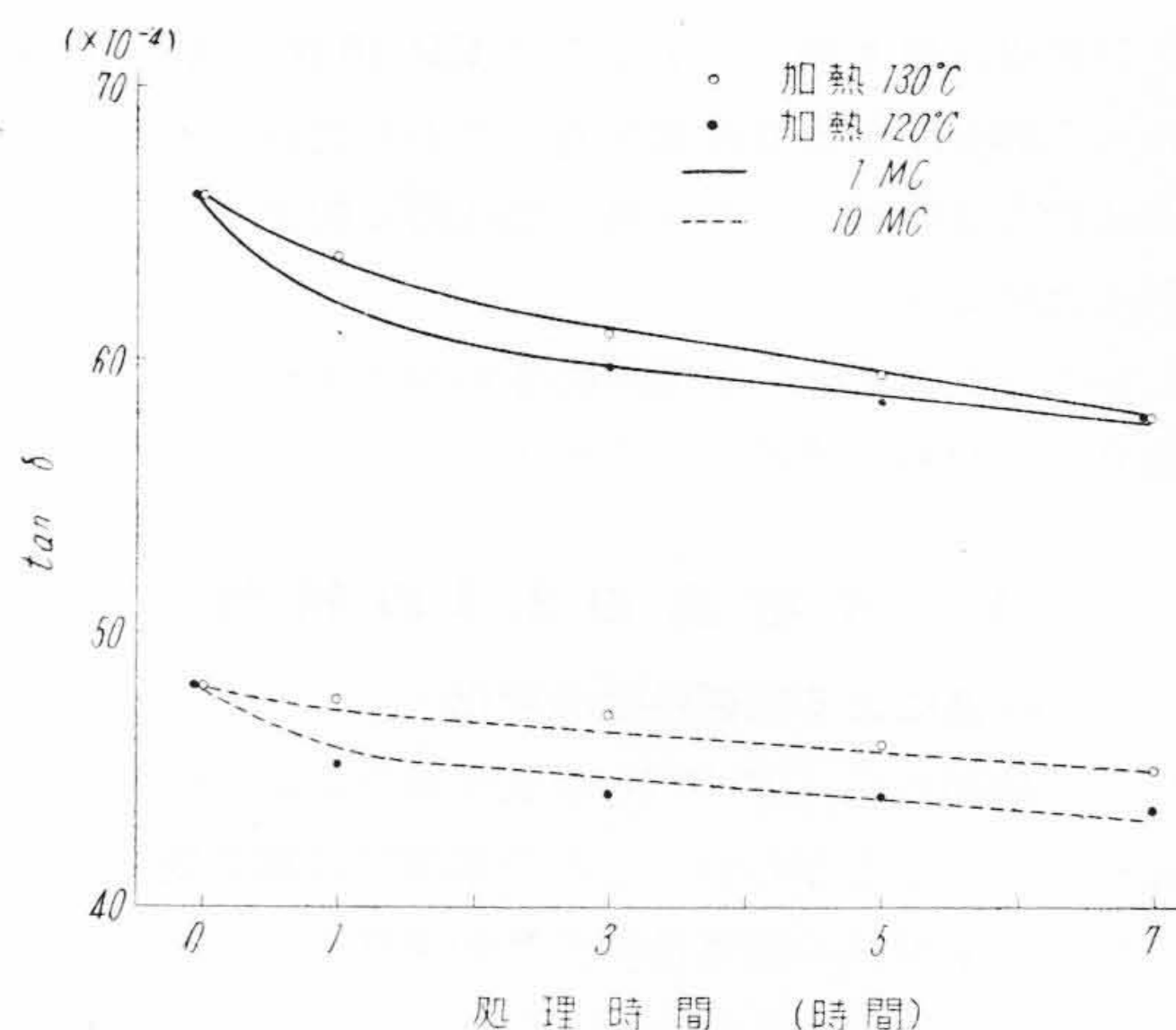
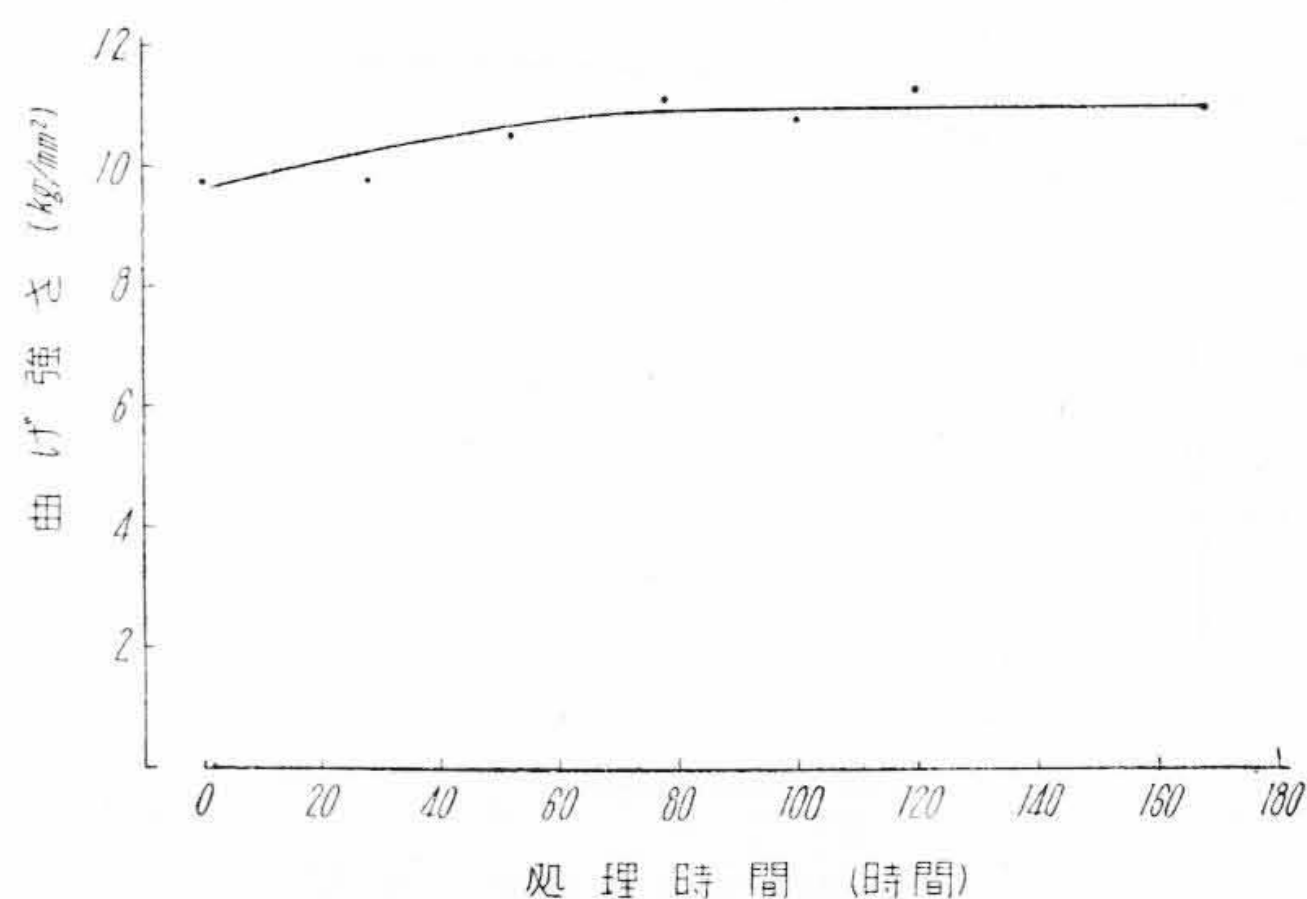
第11図 CP-10N 成型品の吸水率

Fig. 11. Water Absorption % of CP-10N Molded Products

第12図 吸水率と $\tan \delta$ の関係Fig. 12. $\tan \delta$ vs. Water Absorption %

CP-10N 成型品の吸水率を $\tan \delta$ 試験片について測定してこれを第11図に示した。(ただし、吸水試験条件は第4表に示す 30°C 水浸を適用した)。吸水率は150時間ではまだ飽和に達していないが、 $\tan \delta$ 測定結果から0~150時間の範囲の吸水率と $\tan \delta$ の関係を求めると第12図のようになる。 $\tan \delta$ は吸水分の増加に伴いほぼ直線的に増加するが、吸水率約0.17%で大体一定の値を示すことがわかる。第12図において、 $\tan \delta$ が直線的に増加する部分について吸水率0.1%当りの $\tan \delta$ の増加は1Mcのとき 9×10^{-4} 、10 Mcのとき 8×10^{-4} 程度である。また、 30°C で6日間水中浸漬したのちでは第10図からあきらかなように $\tan \delta$ の増加は1Mcで 17×10^{-4} 、10 Mcで 14×10^{-4} となり、これを吸水率0.1%当りの増加に換算すれば、1Mcおよび10 Mcでそれぞれ 6.6×10^{-4} 、 5.5×10^{-4} となり、きわめてすくない。ただしこれは吸湿平衡に達したときの値ではない。

なお材料中に活性不純物が存在する場合には、高湿に

第13図 加熱による $\tan \delta$ の変化Fig. 13. Change of $\tan \delta$ by Heating

第14図 吸水による曲げ強さの変化

Fig. 14. Change of Flexural Strength by Water Absorption

おいて誘電特性がいちぢるしく変化するといわれている。しかるに CP-10N 成型品の水浸 (30°C) による $\tan \delta$ の飽和値は $60 \sim 82 \times 10^{-4}$ (1~10 Mc) 程度であつて、水浸前の値とくらべてその値の変動はきわめて少い。したがって CP-10N 中には誘電特性の変動因子と見なされる活性不純物の存在は考えられない。

すなわち CP-10N は安定した誘電特性を有することができる。

以上吸湿、吸水による $\tan \delta$ の変化について述べたが、つぎに加熱による影響について述べる。CP-10N 成型品を 120 および 130°C で1~7時間加熱した場合の $\tan \delta$ もいちぢるしく変化しない。ただしこのような高温ではさらに長時間加熱すれば縮合による水分の放出が予想され、それに伴う $\tan \delta$ の増加も考えられるが、第13図に示した関係から推定してその増加分は性能を左右するほどのものとは考えられない。

(2) 機械的性質

冒頭に CP-10 N はかなり大きい機械的強度を有することを述べたが、この曲げ強さの平均は 8.5 kg/mm^2 程度である。これは第2表の標準成型条件にもとづいた場合であり、第3図に示したところからみても加熱温度が変れば曲げ強さにも若干の変化があることはあきらかである。

なお吸湿によつても強度は低下せず、吸水量とは無関係にほぼ一定の値を示す。たとえば、さきに 30°C の水中に浸漬して $\tan \delta$ の変化を求めたと同じ条件で曲げ強さの変化を求めると第14図のようにむしろ常態よりやや強い程度の値を示しており、これら吸水後の曲げ強さは吸水量とは無関係である。

CP-10 N の化学的構造から考察して吸湿による性能低下の少いことはあきらかであるが、誘電特性および機械的強度の検討より CP-10 N の特性が外的条件によつていちぢるしく左右されないということが確認されたと思う。

〔VI〕 結 言

以上 CP-10 N の成型条件と諸性能の関係および成型品の誘電特性、機械的強度などと外的条件の関係について述べた。

CP-10 N は上述のごとくこれに適した成型法を適用することによりすぐれた誘電特性を発揮することができる。また吸湿処理によるその特性の低下がすくなく、吸

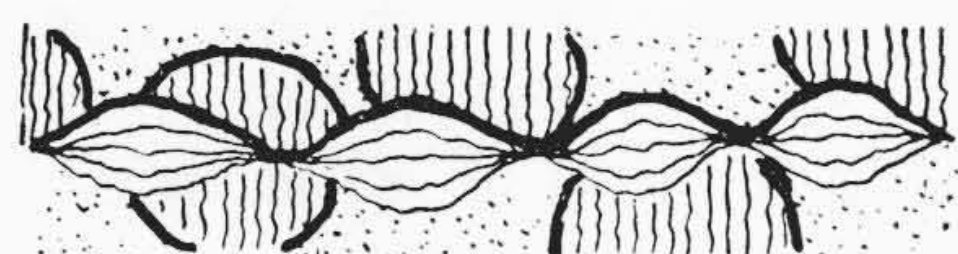
水量が増加しても $\tan \delta$ は一定値以上にならない。

また成型材料の状態で吸湿した場合にも誘電特性の低下は著大ではないが、予熱を行うことが望ましくこれによつて誘電特性を保証することができる。このように CP-10 N はすぐれた性能を有しており、フェノール樹脂成型材料とともに通信機部品用としての活用が期待される。

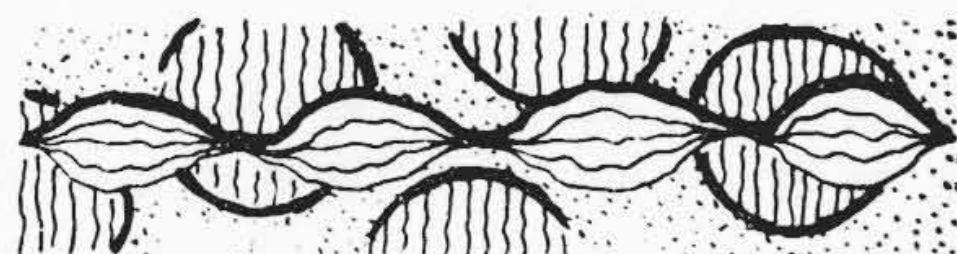
終りに本実験に協力された石田氏および種々御指導賜わつた関係各位に深謝申しあげる。

参 考 文 献

- (1) 横山, 石田: 日立評論 36 1849 (昭 29-12)
- (2) Chemical Abstract: 35 7576, 6194, 7795 (1941)
- (3) Chemical Abstract: 37 1804 (1943)
- (4) Chemical Abstract: 39 4263 (1945)
- (5) Chemical Abstract: 47 6695 (1953)
- (6) 野田: 工化 56 198 554 (昭 28)
- (7) M. Krahle: British Plastics, Nov. p. 235 (1934)
- (8) 鶴田: 日化 72 101, 104 (昭 26)
- (9) 野田, 井本: 工化 55 485 (昭 27)
- (10) P.D. Ritchie: A Chemistry of Plastics and High Polymers (1949)
- (11) R.S. Morrell: Synthetic Resins and Allied Plastics (1951)



特 許 の 紹 介



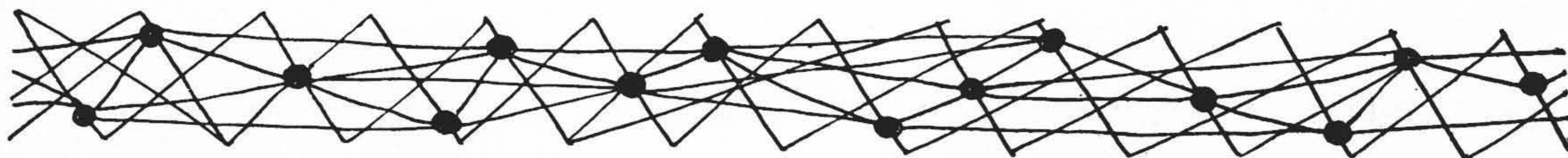
特 許 第 210890 号

三 浦 倫 義

大 容 量 乾 式 避 雷 器

ドライバルブ避雷器の抵抗盤特性要素に対する放電耐量の要求は日進月歩のはげしさで、これに刺戟されて抵抗盤の製造技術の進歩が促され、現在では $100,000 \text{ A}$ 級の放電耐量を有するものも出現している状態である。一方避雷器として実際使用するときこの放電耐量を制限するものは幾枚か積重ねた場合の沿面放電であつて、この対策として抵抗盤の側面に色々な加工を施すことが今日まで行われてきたのであるが、そのおおむねは側面閃絡距離を増す方法、塗料または塗薬を塗附あるいは焼付けする方法などに限られるものであつた。しかるにこのようないづれの方法も今日の大電流放電に際会してはあまり役立たぬ場合があることを知るにおよび、本発明は従来とは全く趣を異にした特殊ガス封填の方法によつたものである。すなわちその要点は、抵抗盤型特性要素を密封した容器内を真空に引いた後空気に比して遙かに高い絶縁耐力を有する絶縁気体を一気圧以上の圧力に充填

したものである。このようにすれば充填ガスは抵抗盤中の微細気孔にまで入り込んで完全包囲の形となるので、沿面放電に対する絶縁耐力はとみに向上する。一例としてフロンガスおよび六弗化硫黄を用いた場合にはつぎのごとくである。すなわち抵抗盤の厚さを 20 mm と見て、 20 mm の間隙における空気との破壊電圧との比をとつて見たところ商用周波に対して約 4.5 倍 $\left(\frac{62 \text{ kV}_{\text{eff}}}{13 \text{ kV}_{\text{eff}}}\right)$ 、またインパルスに対しては 3.5 倍 $\left(\frac{105 \text{ kV}}{30 \text{ kV}}\right)$ なる実測値をえている。一般に避雷器用抵抗盤は常圧大気中で沿面閃絡するか、それ自身を体内貫通するかであるが、そのいづれにおいても大差ないのが現状である。本発明による特殊ガス封填によれば抵抗盤の放電耐量は全部貫通破壊によつて決せられることになり、これを機として抵抗盤材質のさらに一層の改善がおのづから促進される効果がある。(宮崎)



日立製作所社員社外寄稿一覧 (昭和30年7月受付分)

寄稿先	題名	執筆者所属	執筆者
電気通信研究所 産業機械協会 東京工業試験所 電気車研究会	ファクシミル用高周波同期電動機 斜坑スキップ巻上設備について 日立調節計について 北海道留萌鉄道株式会社納日立液圧二軸ボギーディーゼル動車	多賀工場 本社 多賀工場 本社	上村民夫 氏原良男 小野寺進 永久脩三
鉄道現業社 日本規格協会	扇風機の話 資材管理方式における一考察	本社 中央研究所 本社	鈴木信一 島田正喜 家長三
電気通信学会 日本労務研究会	ジャンクショントランジスターによる水晶発振器 安全衛生	戸塚工場 本社	波多野泰吉 小清水義徳 小野実茂
日本規格協会 東京都立大学 理学部物理教室 オーム社	資材事務のIBM化 欧米の質量分析計を見て 第3編使用目的による自動電調整装置の分類	本社 中央研究所 中央研究所 本社	斉藤茂三 神原豊宏 渡辺三 井上清二
日本機械学会 日刊工業新聞 電波新聞社 日本能率協会 日本能率協会	復水管拡張部の疲れ強さ 工業テレビジョン テレビ用受像管について (その3) 外注単価の決定と支払方法 通信機工場における工数管理を中心とした製造手配事務の合理化	日立工場 中央研究所 本社 多賀工場 戸塚工場	大内田久夫 武井幸夫 内海金吾 福地元吉 黒沢康
東北保安協会 小峰工業技術 工業資料社 建設工業新聞 車輛技術協会 日本規格協会 照明学会 N.A.G. Press Ltd.	巻上機の取扱 工作機械の精度規格と精度管理 クロスパー式自動交換機について 鶴見第二発電所 280 t/h ボイラー 高速電車の経済的定格速度に関する一考察 平均範囲を用いた抜取検査その他 データシート京成電鉄ロマンスカー直流蛍光灯照明 ダイヤモンドダイスの真円度	亀有工場 川崎工場 本社 バブコック日立 日立工場 中央研究所 亀戸工場 電線工場	寺元秀彦 阿武芳輔 村上武郎 村山三郎 平田憲一 島田正三 西岡博方 久本崎公男 柿田篤篤 岩田篤篤 渡辺宏 小堀重吉 横山昇平 利部浩 利部浩 宮本一郎 前田庸二 小野健二 渡辺潔 長田宏 芳賀輝夫 井上清二 小林富士也
電気通信研究所 電気通信研究所 日本物理学会 日本機械学会	住友金属株式会社吹田製作所見学記 真空熔解について Excitation of a Plasma Wave 超音波によるキャビテーションの検出について	中央研究所 中央研究所 中央研究所 中央研究所 亀有工場 中央研究所	岩田篤篤 岩田篤篤 渡辺宏 小堀重吉 横山昇平 利部浩 利部浩 宮本一郎 前田庸二 小野健二 渡辺潔 長田宏 芳賀輝夫 井上清二 小林富士也
オーム社 オーム社 オーム社 応用物理学会 特殊鋼倶楽部	ミルの進歩 汽罐設計における最近の進歩 プラント輸出について パルス超音波装置 耐食試験	バブコック日立 バブコック日立 本社 中央研究所 日立研究所	利部浩 利部浩 宮本一郎 前田庸二 小野健二 渡辺潔 長田宏 芳賀輝夫 井上清二 小林富士也
産業機械協会 オーム社 関東信越熱管理協会	最近の空気輸送機の応用 使用目的による分類第4章電動機運転用 (レオナード等) 日立熱管理計器	川崎工場 本社 本社	長田宏 芳賀輝夫 井上清二 小林富士也