

電線用合成ゴム混和物の可塑性と電気的性質

— 合成ゴムの種類及び合成ゴム混和物の軟化剤配合量による影響 —

山 本 三 郎* 大 内 末 夫**

The Plasticity and Electrical Characteristics of Synthetic Rubber Compounds for Electric Wires

— Effect of Synthetic Rubber Series and Softener
Content of Synthetic Rubber Compound —

By Saburō Yamamoto and Sueo Ōuchi
Hitachi Electric Wire Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

As the insulating materials for electric wires, many high polymers including natural and synthetic rubber, polyvinyl chloride, polyethylene, "Nylon", "Amilan", etc., are generally in use. These thermoplastic materials are made into the insulation of electric wires through extruding method.

With a view to searching out the best method theoretically and experimentally for the wire extruding the process of which had been left to individual operator's skill and experience, the writers investigated sometimes ago into the plasticity of polyvinyl chloride and natural rubber compounds for electric wires and reported in the previous issue on the three constants of plasticity of those compounds.

In this issue the writers publish the result of their study on the plasticity and electrical characteristics of synthetic rubber compounds, the summary being as follows:

- (1) The observation on the stream line distribution of rubber compounds in the orifice by means of photography proved that the theory on extruded volume can be applied to the rubber compounds.
- (2) From the measurement of the three constants of plasticity of the eight series synthetic rubbers is decided the order of these compounds.
- (3) The three constants of plasticity measured with the Neoprene GNA Compounds, varying the content of sovaloid, the softener, are as shown in the table, indicating the fact that the value decreases greatly with the increase of softener content.
- (4) At the low pressure, the synthetic rubber compound showed constant flow, but at the high pressure the flow curve was disordered.
- (5) The electrical characteristics (ϵ , $\tan \delta$, etc.) of the synthetic rubber seemed to vary little by the variation of softener content.

* ** 日立製作所日立電線工場

〔I〕 緒 言

電線用被覆物として用いられる高分子物質は主として熱可塑性物質であり、押出機による被覆法によつて製作されているので、均一性のある製品を得るための最適押出作業条件を把握する目的で被押出物質の物理的性質中特に可塑性及び粘度の面より研究を進めた。

先に押出式プラストメータを試作し、これを使用して電線用塩化ビニル樹脂混和物の押出の流れ、即ち可塑性を表わす3常数を求めた⁽¹⁾⁽²⁾。なお圧縮型プラストメータを試作し、塩化ビニル樹脂混和物の可塑性計粘度を求め⁽¹⁾、引続き天然ゴム混和物の可塑性の3常数⁽³⁾に就いて報告した。

本報告に於ては合成ゴムとして珪素ゴム、GRI、ネオプレン3種、GRS、ハイカー2種の計8種類の合成ゴム及び合成ゴムの一種ネオプレンGNAに配合剤を加え、合成ゴム混和物として軟化剤ソバロイドの配合量を変えた場合の可塑性の3常数 n , η^* 及び f を算出したのでこれらに就いて報告するとともに合成ゴムネオプレンGNA混和物のソバロイドの配合量を変えた場合の電気的諸性質即ち固有抵抗 ($\Omega\text{-cm}$), 絶縁耐力 (V/mm), 誘電率 (ϵ), 誘電正切 ($\tan \delta$) の測定結果に就いて報告する。

〔II〕 合成ゴム及び合成ゴム混和物の荷重と流出量

各種合成ゴムの物理的諸性質^{(4)~(11)}, 合成ゴム混和物の配合の研究⁽¹²⁾, 合成ゴムの絶縁電線への応用^{(13)~(15)}に就いては報告があるが、可塑性に就いては報告はないようである。今各種合成ゴムに就いて押出式プラストメータ⁽¹⁾⁽²⁾により荷重と流出量の関係を求め、可塑性の3常数を算出する。

(1) 試 料

合成ゴムに就いては珪素ゴム SE-460, GRI, ネオプレンQ, ネオプレンGNA, ネオプレンW, GRS-65,

第 1 表 合成ゴム混和物の配合表
Table 1. Mixing Ratio of Synthetic Rubber Compounds

配合薬品名	試料番号	S-5	S-10	S-15	S-20
ネオプレンGNA		100	100	100	100
酸化マグネシウム		4	4	4	4
亜鉛華		5	5	5	5
ソバロイドA		5	10	15	20
カーボン		20	20	20	20
ステアリン酸		0.5	0.5	0.5	0.5
白 蠟 華		100	100	100	100

(註) 表中の数量は重量比を示し、S-5, S-10, S-15, S-20 はそれぞれソバロイド量 5, 10, 15, 20 部を配合した試料の略号である。素練 5 min, 混練 32 min, 精練 3 min

ハイカー OR-25, ハイカー OR-15 の8種を試料とした。なお合成ゴム混和物としては、合成ゴムとしてネオプレンGNA, 充填剤, 加硫促進剤等の種類が配合されているが、これらのうち軟化剤としてソバロイドを選びその配合量を変えたものを試料として選定し実験を進めることにした。ネオプレンGNA混和物の配合は第1表

第 2 表 試料のロール練時間

Table 2. Mastication Time of Sample by Roll

試 料	素練時間 (min)
珪素ゴム SE-460	20
G R I	0
ネオプレン Q	20
ネオプレン GNA	20
ネオプレン W	20
GRS-65	20
ハイカー OR-25	30
ハイカー OR-15	30

第 3 表 合成ゴムの流出量

Table 3. Flowing Volume of Synthetic Rubber

試 料	荷重 (kg/cm^2)	流出時間 (sec)	流出量 (cm^3/sec)
珪素ゴム SE-460	47.6	59.2	133.0×10^{-5}
	60.1	21.6	364.0×10^{-5}
	72.7	11.0	714.0×10^{-5}
	85.2	5.6	$1,400.0 \times 10^{-5}$
G R I	47.6	496.0	15.8×10^{-5}
	60.1	132.0	59.4×10^{-5}
	72.7	46.0	171.0×10^{-5}
	85.2	15.6	504.0×10^{-5}
ネオプレンQ	47.6	97.7	$1,270.0 \times 10^{-5}$
	60.1	6.2	
	72.7		
	85.2		
ネオプレンQ	137.0	183.0	43.0×10^{-5}
	198.0	103.0	76.2×10^{-5}
	223.0	49.7	158.0×10^{-5}
	248.0	23.2	339.0×10^{-5}
	273.0	11.9	660.0×10^{-5}
ネオプレンGNA	47.6	240.0	32.7×10^{-5}
	60.1	111.0	71.1×10^{-5}
	72.7	59.9	131.0×10^{-5}
	85.2	33.3	236.0×10^{-5}
ネオプレンW	97.7	24.4	323.0×10^{-5}
	47.6	253.0	31.1×10^{-5}
	60.1	128.0	61.5×10^{-5}
	72.7	78.0	101.0×10^{-5}
GRS-65	85.2	53.0	148.0×10^{-5}
	97.7	37.3	209.0×10^{-5}
	47.6	455.0	17.0×10^{-5}
	60.1	220.0	36.0×10^{-5}
ハイカー OR-25	72.7	124.0	63.0×10^{-5}
	85.2	77.7	101.0×10^{-5}
	97.7	48.8	161.0×10^{-5}
	85.2	840.0	9.4×10^{-5}
ハイカー OR-15	97.7	347.0	22.7×10^{-5}
	123.0	141.0	52.1×10^{-5}
	148.0	88.0	89.2×10^{-5}
	173.0	65.6	120.0×10^{-5}
ハイカー OR-15	97.7	444.0	17.7×10^{-5}
	110.0	301.0	26.2×10^{-5}
	123.0	206.0	39.2×10^{-5}
	148.0	111.0	70.8×10^{-5}
	173.0	57.4	137.0×10^{-5}
	198.0	43.8	180.0×10^{-5}

(註) 測定温度 80°C

第4表 合成ゴム(ネオプレン GNA)混和物のソバロイド量を変えた場合の流出量

Table 4. Flowing Volume of Synthetic Rubber (Neoprene GNA) Compounds Varying the Sovaloid Concentration

試料番号	荷重 (kg/cm ²)	流出時間 (sec)	流出量 (cm ³ /sec)
S-5	97.7	446.0	17.3×10 ⁻⁵
	123.0	173.0	45.4×10 ⁻⁵
	148.0	83.4	94.0×10 ⁻⁵
	173.0	35.3	222.0×10 ⁻⁵
	198.0	20.6	381.0×10 ⁻⁵
S-10	97.7	372.0	21.1×10 ⁻⁵
	123.0	115.0	68.0×10 ⁻⁵
	148.0	48.6	162.0×10 ⁻⁵
	173.0	22.4	350.0×10 ⁻⁵
	198.0	13.7	572.0×10 ⁻⁵
S-15	85.2	457.0	17.2×10 ⁻⁵
	97.7	205.0	38.3×10 ⁻⁵
	123.0	68.7	114.0×10 ⁻⁵
	148.0	30.0	262.0×10 ⁻⁵
	173.0	14.0	561.0×10 ⁻⁵
S-20	60.1	296.0	26.6×10 ⁻⁵
	72.7	136.0	57.9×10 ⁻⁵
	85.2	67.2	117.0×10 ⁻⁵
	97.7	36.2	217.0×10 ⁻⁵
	123.0	12.7	619.0×10 ⁻⁵

(註) 測定温度 80°C
S-5, S-10, S-15, S-20はそれぞれソバロイド量 5, 10, 15, 20部を配合した試料の略号である。

に示す通りである。ロール練作業は試験用 6×12" ロールで回転比 1:1.13, ロール温度 65±5°C で行った。合成ゴム混和物のロール練時間は第1表の註に示す通りであり、各種合成ゴムのロール練時間は第2表のようである。

(2) 荷重と流出量

上記試料に就いて、測定器は押出式プラストメータを用いて、測定温度 80°C, 予熱時間は 15 min で実験を行った。合成ゴム及び合成ゴム混和物の荷重と流出時間及び流出量の測定結果は第3表及び第4表の通りである。

以上合成ゴムの流出量を求めるに当つて合成ゴムの種類及び合成ゴム混和物の場合は軟化剤の配合量に応じて測定荷重が異つてゐるが、これは次のような理由にもとづくものである。即ち低荷重の場合は流れは定常流をずるが、高荷重即ち高圧力になると流れは乱れを生じてくるので本実験に於ては、流れが乱れを生ずる限界荷重以下に於て行い3常数を求めることとした。

〔III〕 合成ゴム及び合成ゴム混和物の押出式プラストメータによる流線の形状

後述(4)式の流出量より可塑性の3常数算出の理論の仮定が合成ゴム及び合成ゴム混和物の場合にも成立するかどうかを実験的に確かめることとした。本理論の仮定は流速分布に於てオリフィス中の流動の状況がオリフィスの周囲に於て流速が零であるということである。流線分布が妥当であるかどうかを調べるため、ネオプレンWに



第1図 押出式プラストメータのオリフィス内の合成ゴム(ネオプレンW)の形状
荷重 47.6 kg/cm²

Fig.1. Distribution of the Flowing Velocity of Synthetic Rubber (Neoprene W) in the Orifice of Extrusion Type Plastometer

白艶華及びカーボンで試料を白、黒に着色し、プラストメータのオリフィス内に白黒の試料を重ねて押し出し、流れ出した紐状の試料を2つに縦に切つて反射光線を利用して撮影した結果は第1図に示す通りである。この流速分布は中央部の流速に比較して周辺の流速は無視し得る程度に小であるので押出量の理論が成立するとみなし得るから、次に可塑性の3常数を求めることとした。

〔IV〕 合成ゴム及び合成ゴム混和物の可塑性の3常数

一般に可塑性の流れは(1)式で表わされる⁽¹⁾。

$$\left. \begin{aligned} \eta^* \frac{du}{dr} &= -(\tau - f)^n \quad \tau \geq f \\ \frac{du}{dr} &= 0 \quad \tau < f \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

こゝに $\frac{du}{dr}$: 流れの方向の速度勾配

η^* : 粘性係数に相当する流れの常数

τ : 単位面積当りの剪断応力

f : 単位面積当りの降伏値

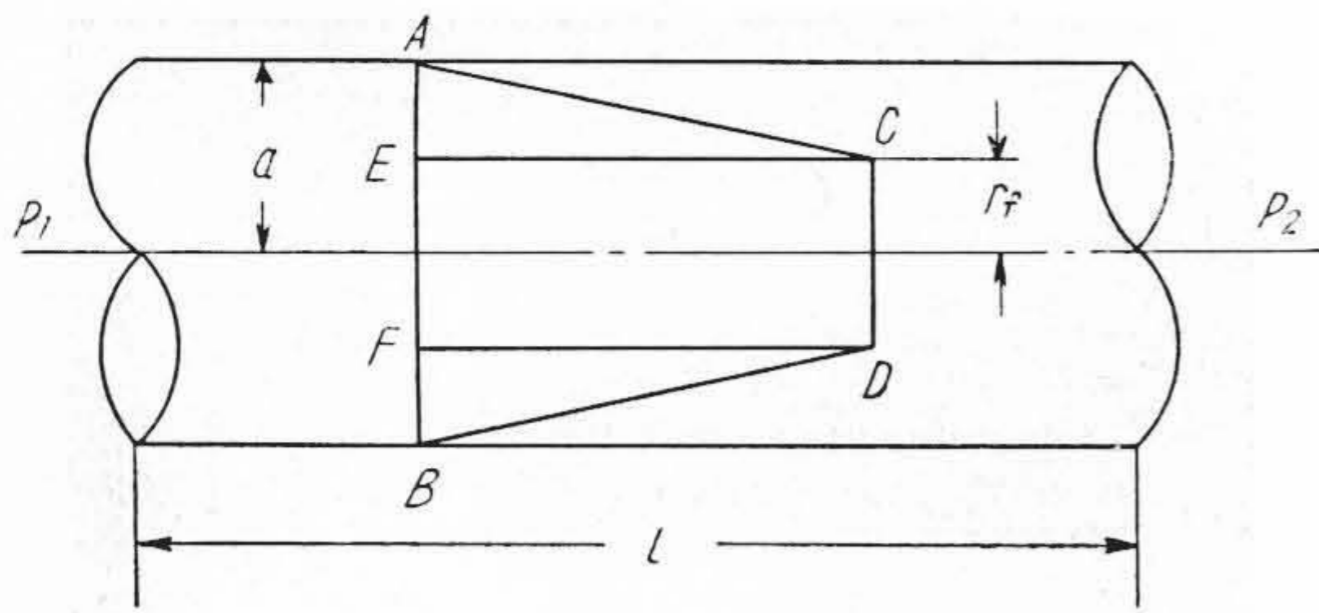
(1)式は物性論的に導かれたものでなく、実験的に算出されたものである。今オリフィス中の流動の状体を第2図(次頁参照)に示すようなものと仮定する。オリフィスの長さを l とし、その両端の圧力を P_1, P_2 とすれば

$$f = \frac{P_1 - P_2}{2l} r_f \dots\dots\dots(2)$$

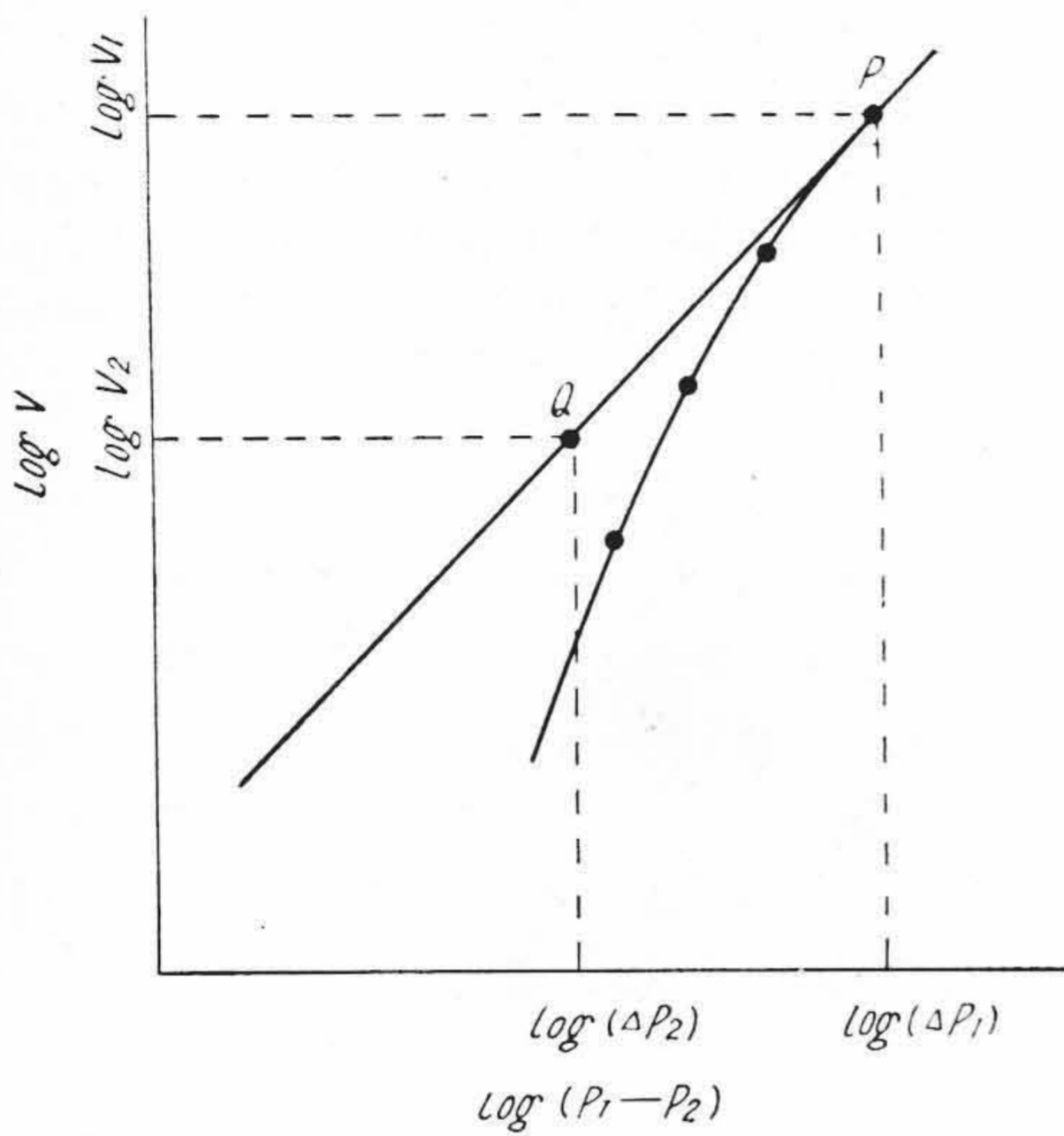
次に壁面に於て滑りがないと仮定する。 $r=a$ なるとき流速 $u=0$ とすれば $\frac{r_f}{a} = \mu$ とおいて単位時間に流れる流出量 V は次式で表わされる。

μ が小さい場合には

$$\log V = \log V_{\mu=0} \dots\dots\dots(3)$$



第2図 流速分布
Fig. 2. Distribution of the Flowing Velocity



第3図 V と (P₁-P₂) との関係
Fig. 3. Relation between V and (P₁-P₂)

任意の μ に対しては

$$\log V = \log V_{\mu=0} - U \quad \dots\dots\dots(4)$$

但し

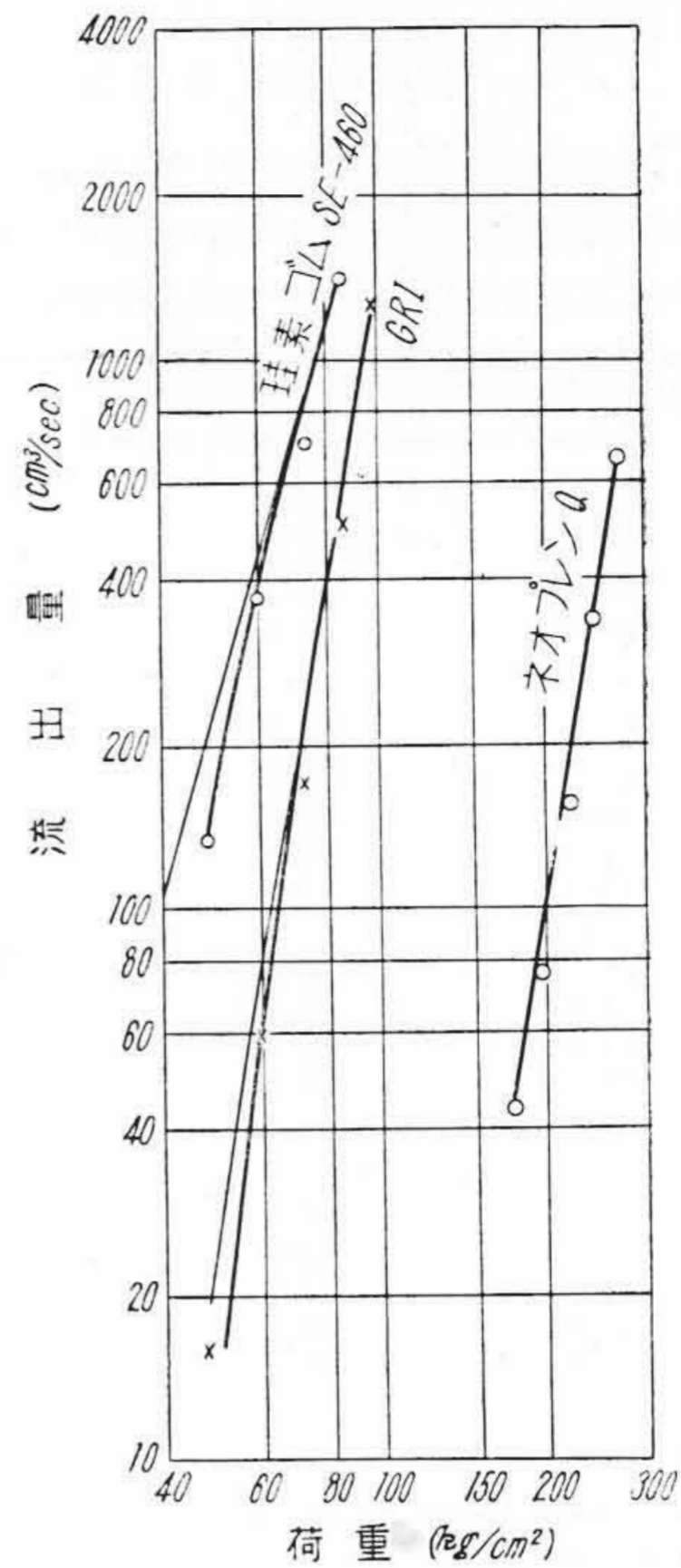
$$-U = \log \frac{2(n+3)}{n+1} + (n+1) \log(1-\mu) + \log \left\{ \frac{1}{2} - \frac{(1-\mu)^2}{n+3} - \frac{(1+\mu)\mu}{n+2} \right\}$$

$$\log V_{\mu=0} = \log \frac{\pi}{n+3} \frac{a^{n+3}}{(2l)^n} \frac{1}{\eta^*} + n \log(P_1 - P_2) \quad \dots\dots\dots(5)$$

これらの式を基礎として測定結果より次のようにして流れの3常流 n , η^* 及び f は決定される。

オリフィス両端の圧力差 $P_1 - P_2$ が大きいところでは μ の値が小さくなり、流出量は(3)式に従うことになる。今第3図に示すように実験結果を両側対数グラフにとると一つの曲線を得る。然し $P_1 - P_2$ の大きいところでは漸次直線になるということから $P_1 - P_2$ の大きいところで漸近線を作り、漸近線上の任意の2点 P , Q に於て、 $P_1 - P_2$ 及び V の値を読みとりそれらの値をそれぞれ ΔP_1 , ΔP_2 及び V_1 , V_2 とすれば、次の連立方程式を得る。

$$\left. \begin{aligned} \log V_1 &= A + n \log(\Delta P_1) \\ \log V_2 &= A + n \log(\Delta P_2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(6)$$



第4図 珪素ゴム SE-460, GRI, ネオプレン Q の荷重と流出量の関係
Fig. 4. Relation between Load and Flowing Volume of Silicone Rubber SE-460, GRI, Neoprene Q

ここに

$$A = \log \frac{\pi}{n+3} \cdot \frac{a^{n+3}}{(2l)^n} \cdot \frac{1}{\eta^*} \quad \dots\dots\dots(7)$$

従つて上式 A , n を未知数として解けば、流れの3常数の一つである n は次のようにして求まる。

$$n = \frac{\log V_1 - \log V_2}{\log(\Delta P_1) - \log(\Delta P_2)} \quad \dots\dots\dots(8)$$

又同様に A は、

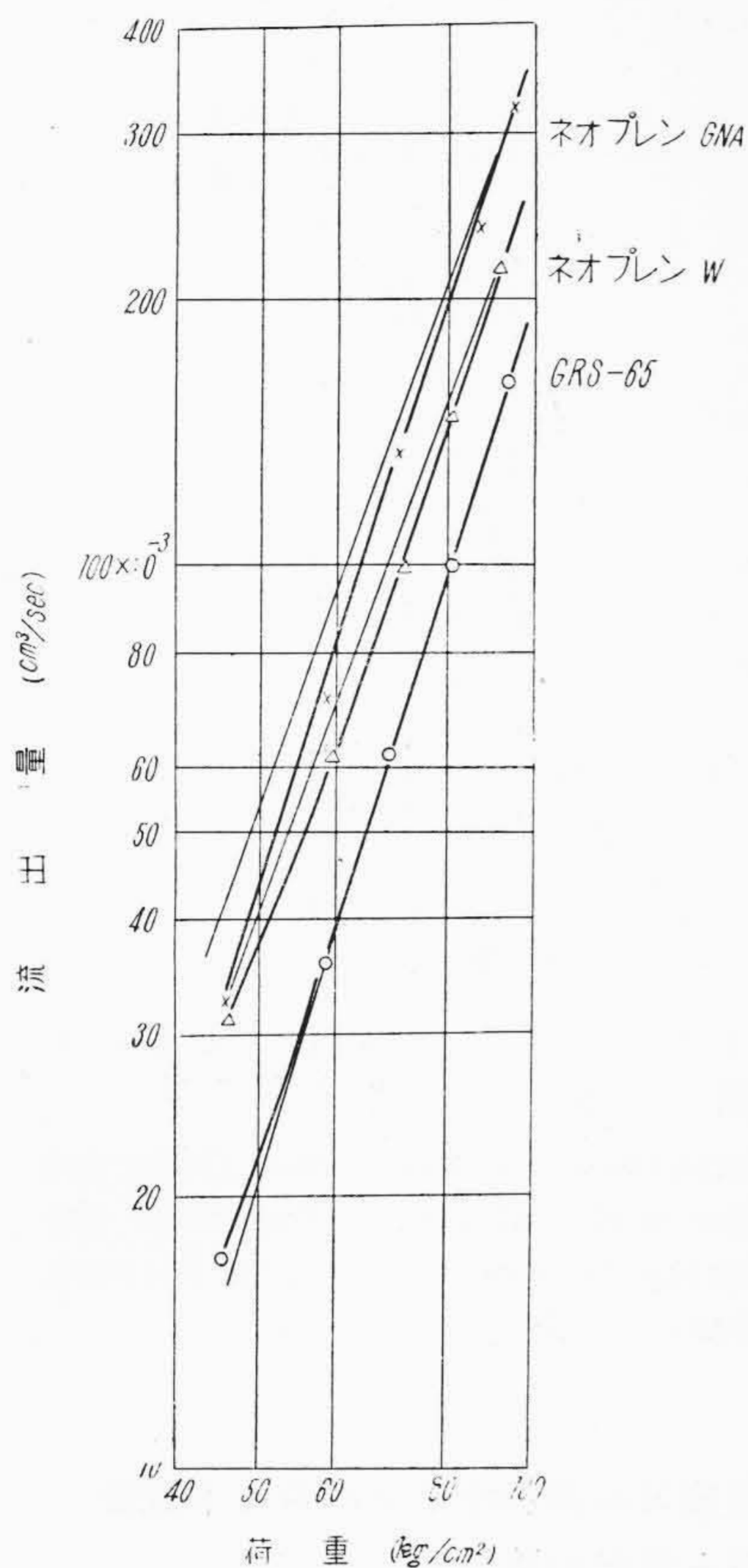
$$A = \frac{\log V_2 \log(\Delta P_1) - \log V_1 \log(\Delta P_2)}{\log(\Delta P_1) - \log(\Delta P_2)} \quad \dots\dots(9)$$

として求められる。この A の値を(7)式に代入して η^* は決定される。また別に単位面積当りの降伏値 f は次のようにして求める。荷重を負荷して正に試料が流れ始めようとする時の圧力差 $P_1 - P_2$ をとれば、

$$f = \frac{P_1 - P_2}{2l} a \quad \dots\dots\dots(10)$$

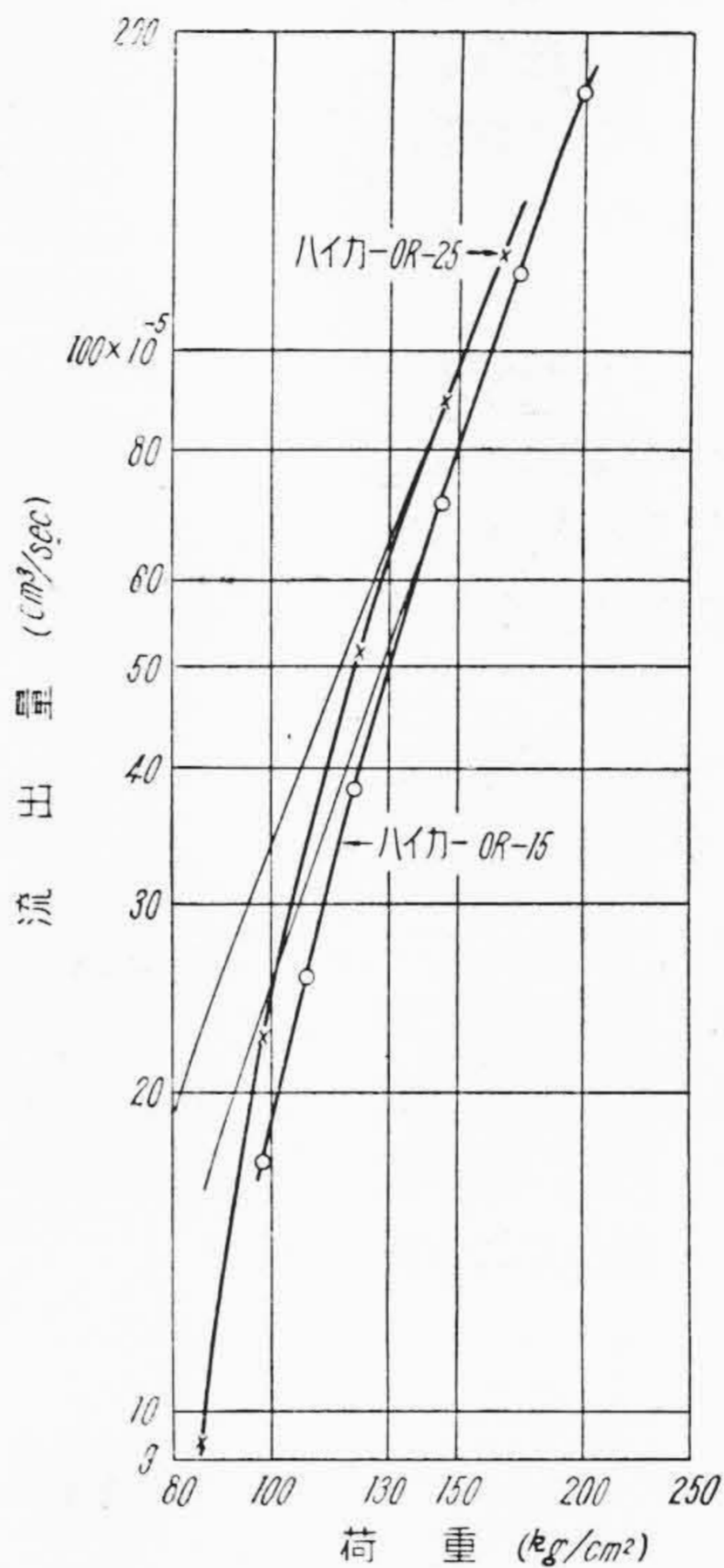
以上で流れの3常数 n , η^* 及び f は決定される。

次に合成ゴム及び合成混和物の荷重と流出量の関係を両側対数グラフにとると、第4図~第7図に示すようになる。この曲線に漸近線を引き、前述の(6)~(10)式より n , η^* , f を求めた。合成ゴム及び合成ゴム混和物の可塑性の3常数 n , η^* , f の値は第5表及び第6表に示すような値となつた。



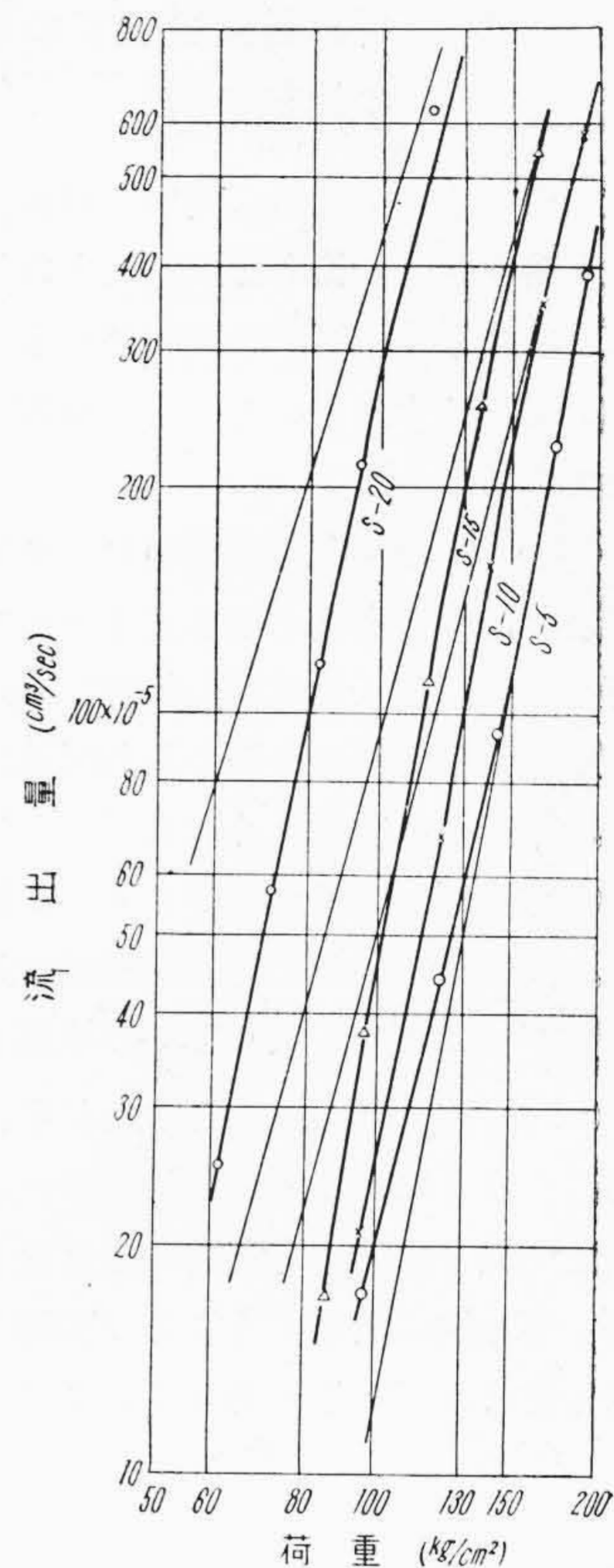
第5図
ネオプレン GNA, ネオプレン W, GRS-65 の荷重と流出量の関係

Fig. 5.
Relation between Load and Flowing Volume of Neoprene GNA, Neoprene W, GRS-65



第6図
ハイカー OR-25 及びハイカー OR-15 の荷重と流出量の関係

Fig. 6.
Relation between Load and Flowing Volume of Hycar OR-25 and Hycar OR-15



第7図
ネオプレン GNA のソバロイド量を変えた場合の荷重と流出量の関係

Fig. 7.
Relation between Load and Flowing Volume of Neoprene GNA Compounds Varying the Sovaloid Concentration

第5表 合成ゴムの可塑性の3常数
Table 5. 3 Plastic Flowing Constants of Synthetic Rubber

試料	可塑性の3常数		
	n	$\eta^* \text{sec}(\text{kg}/\text{cm}^2)$	f (kg/cm ²)
珪素ゴム SE-460	3.5	3.12×10^{-1}	0.158
G R I	5.9	1.10×10	—
ネオプレン Q	6.2	2.68×10^4	—
ネオプレン GNA	2.5	7.44×10^{-1}	0.151
ネオプレン W	2.2	8.25×10^{-1}	0.254
GRS-65	2.7	1.95	0.198
ハイカー OR-25	2.5	6.29	0.793
ハイカー OR-15	2.8	2.48×10	0.396

(註) 測定温度 80°C

第6表 合成ゴム(ネオプレン GNA) 混和物のソバロイド量を変えた場合の可塑性の3常数

Table 6. 3 Plastic Flowing Constants of Synthetic Rubber (Neoprene GNA) Compounds Varying the Sovaloid Concentration

試料	可塑性の3常数		
	n	$\eta^* \text{sec}(\text{kg}/\text{cm}^2)$	f (kg/cm ²)
S-5	4.2	9.54×10	—
S-10	3.7	2.00×10	0.24
S-15	3.4	9.25	0.32
S-20	3.1	1.26	0.52

(註) 測定温度 80°C

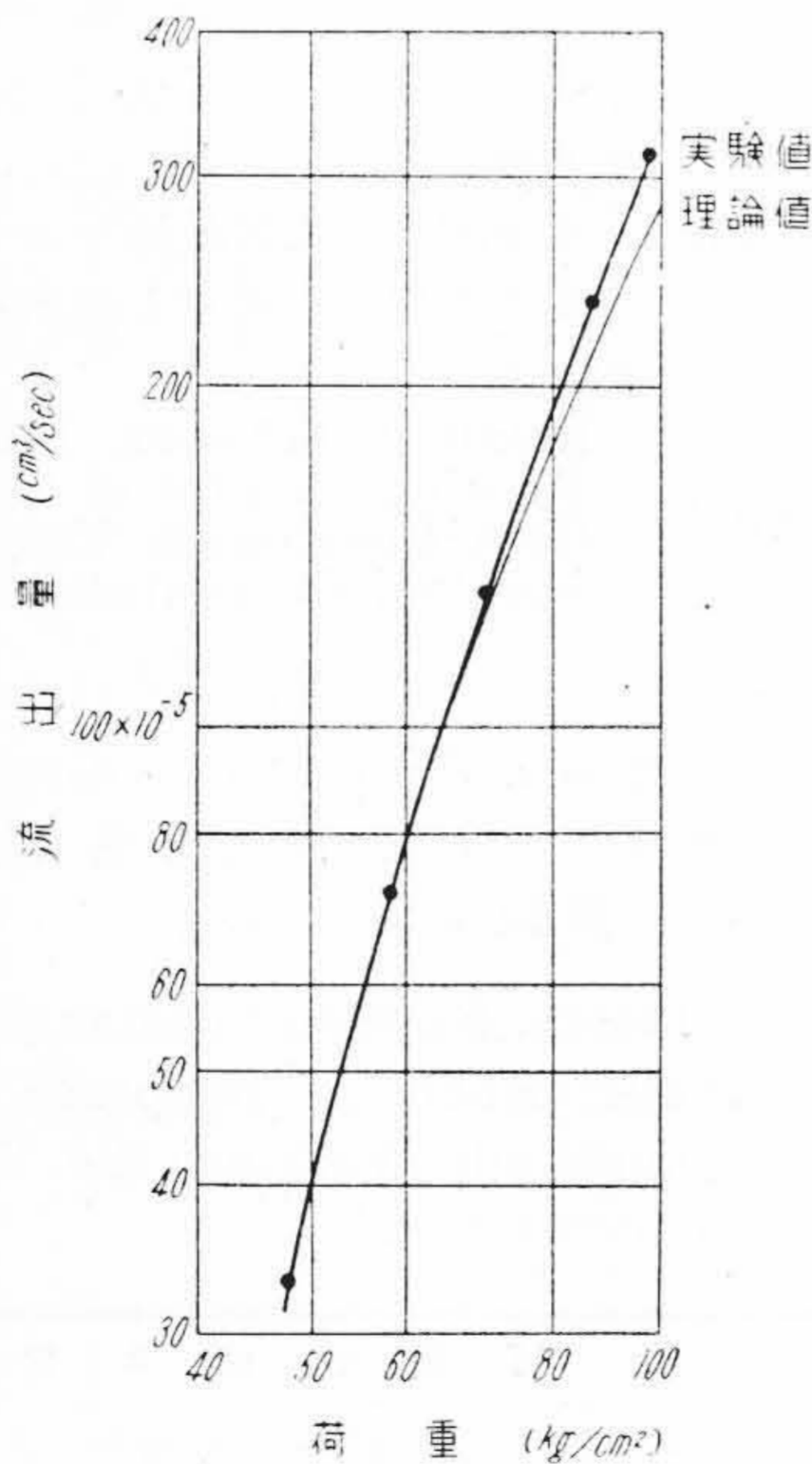
〔V〕 押出量に就いての理論値と実験値の比較検討

合成ゴムの押出量に就いて理論値と実験値の関係を示すと第 8 図及び第 9 図の通りとなる。これから低荷重部に於ては理論、実験の両値が一致しているが、高荷重部に於てははずれている。この原因としては次のように考えている。

(1) 流出時間測定の場合、荷重が大きくなつて流出速度が、漸次増加するとダイヤルゲージの回転角速度も速くなる。回転角速度の如何に拘わらず、測秒計読み取り誤差の絶対量が一定であれば流出速度が大きくなる程、相対誤差は大きくなる。

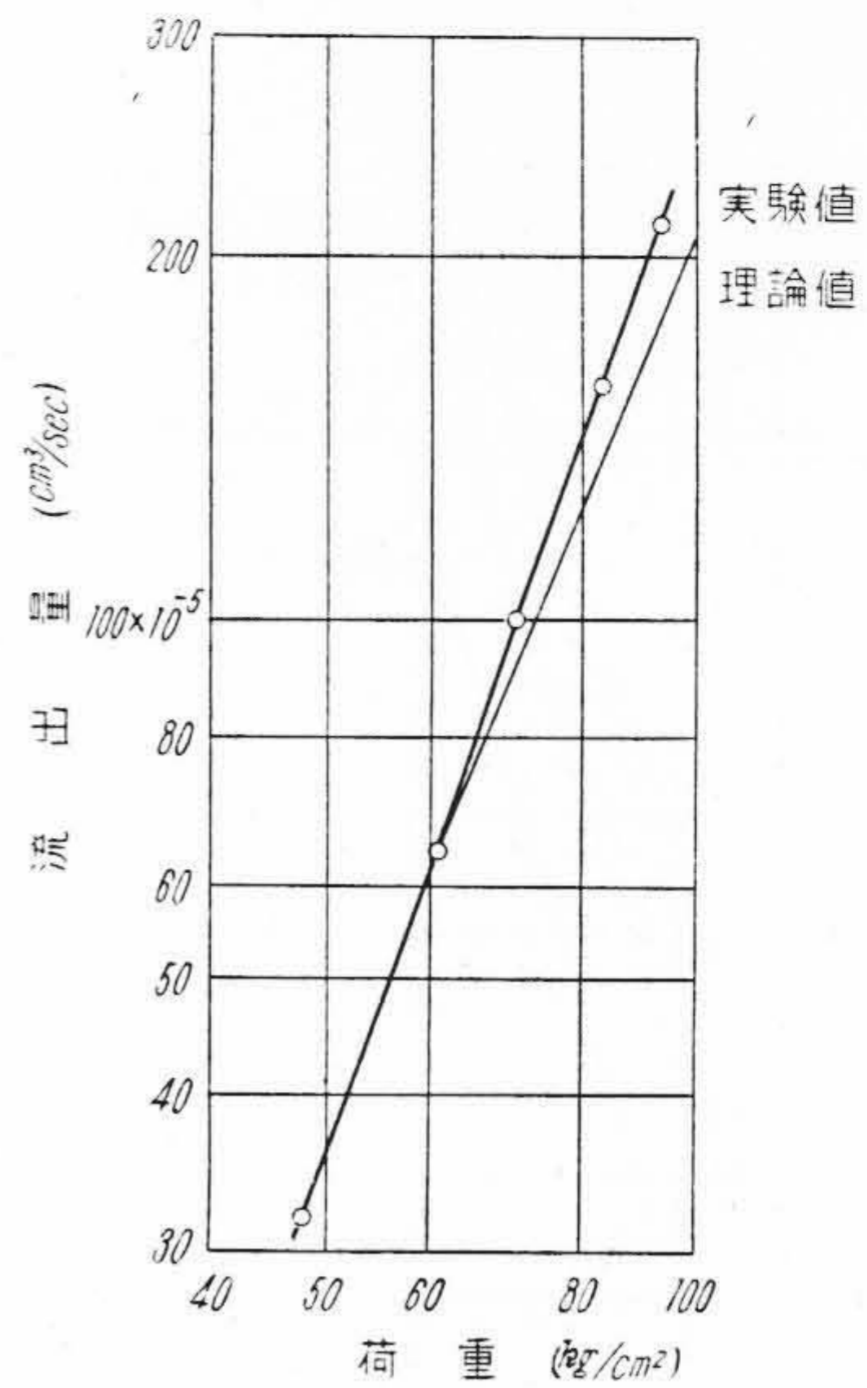
(2) プランジヤ及びシリンダ間には僅かの間隙があり、荷重を負荷して時間が経過すると、プランジヤ、シリンダ間に試料が入り誤差の原因となる。

(3) 高荷重になると流れが乱れを生じてくるので前述したように、本実験に於ては、この流れの乱れない限界圧力以下に於て可塑性の 3 常数を決定したが、限界圧力を実験的に決定することは困難であり、従つてこの誤差も含まれていると考えている。



第 8 図 ネオプレン GNA の荷重と流出量の実験値と理論値の比較

Fig. 8. Comparison between the Observed Value and Calculated Value of the Relation between Load and Flowing Volume of Neoprene GNA



第 9 図 ネオプレン W の荷重と流出量の実験値と理論値の比較

Fig. 9. Comparison between the Observed Value and Calculated Value of the Relation between Load and Flowing Volume of Neoprene W

〔VI〕 合成ゴム混和物のソバロイド配合量と電気的諸性質

合成ゴムとしては各種のものがあるが、本実験ではその一種ネオプレン GNA を用いた。この合成ゴムの軟化剤としてソバロイドを用い、合成ゴム 100 部に対しこのソバロイドの配合量 5, 10, 15, 20 部の場合の電気的諸性質に就いて固有抵抗 ($\Omega\text{-cm}$), 絶縁耐力 (V/mm), 誘電率 (ϵ), 誘電正切 ($\tan \delta$) に分けて以下述べよう。

(1) 固有抵抗

測定電圧 D.C. 100V, で直偏法により 1min 充電後の値を測定した。電極は水銀電極で 70φ リングを用い、検流計の感度は 1×10^{-10} A である。実験に使用した試料の大きさは 100φ, 厚さは 0.6~0.8 mm である。これを恒温槽中に入れ、測定温度 30, 40, 50, 60, 70°C で測定した結果は第 7 表に示す通りである。本結果からソバロイドの配合量によつて固有抵抗は大差はないが 10 部配合の場合がやゝ良い。

(2) 絶縁耐力

電極は直径 25φ, 材質は真鍮, 電極周辺は $R=5$ mm にまるみをとつてあり、試料にかかる全荷重は 500 g である。試料は大き 50φ, 厚みは 0.6~0.8 mm 程度のもを使用した。試験方法は第 1 種変圧器油中で電圧上昇は 500 V/sec の連続上昇で行つた。測定温度 0, 10,

第7表 合成ゴム混和物のソバロイド配合量と固有抵抗

Table 7. Sovaloid Concentration and Volume Resistivity of Synthetic Rubber Compounds

ソバロイド配合量(部)	測定温度				
	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
5	6.2×10 ¹¹	2.5×10 ¹¹	1.2×10 ¹¹	5.7×10 ¹⁰	3.3×10 ¹⁰
10	7.8×10 ¹¹	3.3×10 ¹¹	1.4×10 ¹¹	7.1×10 ¹⁰	4.2×10 ¹⁰
15	7.0×10 ¹¹	2.9×10 ¹¹	1.3×10 ¹¹	6.2×10 ¹⁰	3.3×10 ¹⁰
20	7.4×10 ¹¹	2.9×10 ¹¹	1.3×10 ¹¹	6.7×10 ¹⁰	4.0×10 ¹⁰

(註) 測定電圧 D.C. 100 V, 直偏法, 1 min 充電後
水銀電極 70φ リング

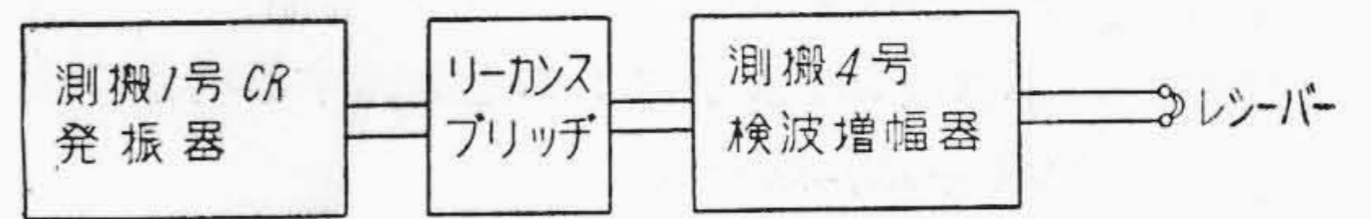
第8表 合成ゴム混和物のソバロイド配合量と絶縁耐力

Table 8. Sovaloid Concentration and Dielectric Strength of Synthetic Rubber Compounds

測定温度(°C)	ソバロイドの配合量(部)	絶縁耐力(V/mm)	標準偏差
0	5	16,800	1,100
	10	22,600	1,400
	15	21,200	1,100
	20	14,600	1,700
10	5	28,300	800
	10	28,400	800
	15	27,400	1,200
	20	20,700	1,200
40	5	17,800	700
	10	17,600	1,200
	15	20,900	700
	20	19,300	700
70	5	21,600	1,000
	10	24,100	1,300
	15	23,300	1,000
	20	23,400	800

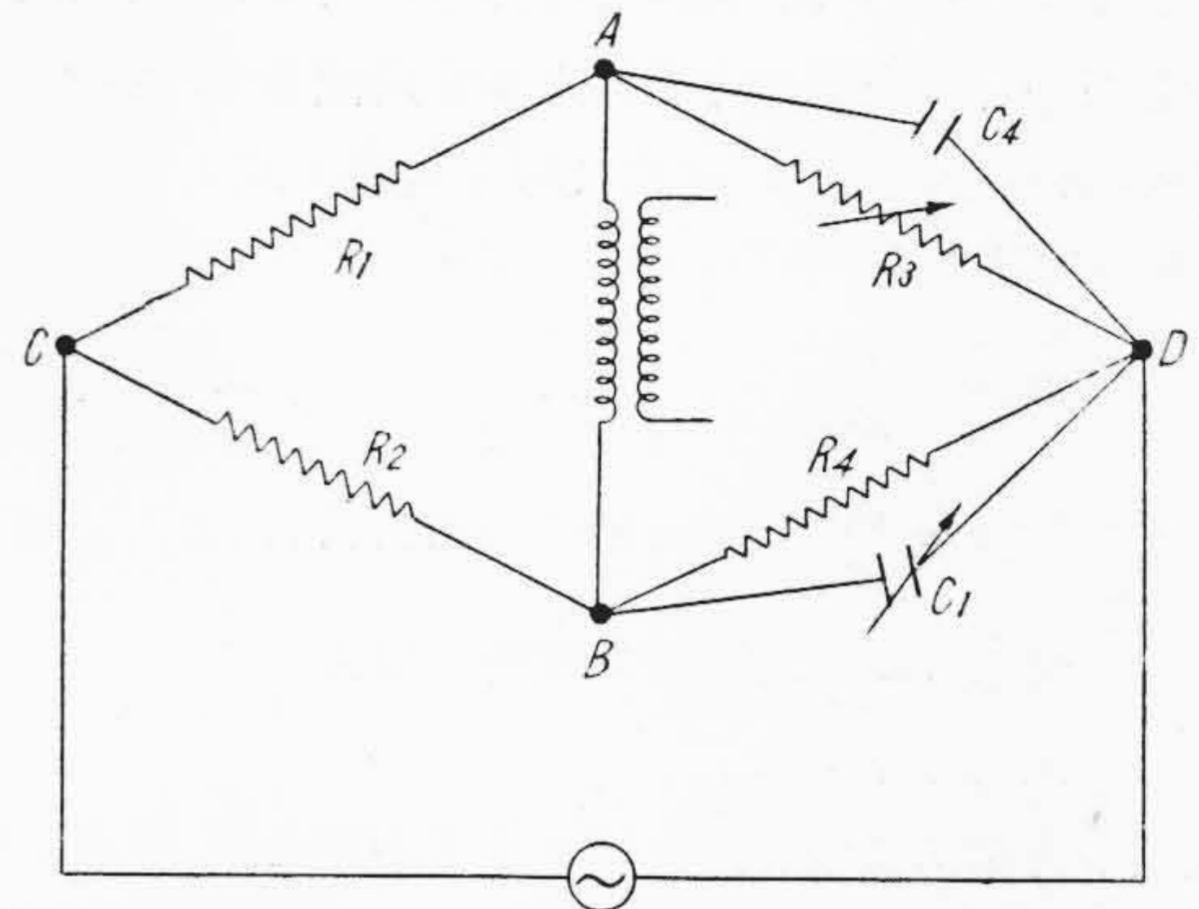
(註) 電極 25 mm (R=5 mm), トランス油中
電極は 500 V/sec の連続上昇
標準偏差は試料6ヶの測定値より算出

40, 70°C に於る絶縁耐力は第8表に示す通りである。本表から明らかなように絶縁耐力はバラッキが多く標準偏差もかなり大きくなっている。そのためソバロイドの配合量及び測定温度によつて絶縁耐力に優劣があるとは判定し難い。



第10図 測定回路

Fig. 10. Measurement Circuit



R₁, R₂: 比例辺抵抗 R₃: 零調整及び測定用可変抵抗
R₄: 固定抵抗 C₁: 測定用主蓄電器
C₄: 蓄電器

第11図 GB-11型リーカンスブリッジ略図
Fig. 11. Schema of GB-11 Type Leakance Bridge

(3) 誘電率及び誘電正切

(A) 測定装置

試料は大き 100φ, 厚さ 0.6~0.8 mm のものを用い, 水銀電極ではさみ, 湿気の影響を防ぐために無水磷酸入りのデシケータ内で測定した。測定器は GB-11 型リーカンスブリッジ(安藤電気製)を用い, 第10図に示すような配置である。なお GB-11 型リーカンスブリッジの略図は第11図に示す通りである。

(B) 測定法

第11図に於て, 電源端子及び受話器端子にそれぞれ電源及び受話器を接続し地気端子を接地する。測定を行う場合には D 点を接地し, 主蓄電器 C₁ の目盛を零に合わせる。次に空気蓄電器と抵抗ダイヤル R₃ を調整して零調整を行う。このときの R₃ の値を R₀ とする。端子 A, D に被測定物を接続するとブリッジの平衡がくずれるので, 抵抗ダイヤル R₃ と主蓄電器 C₁ を操作してブリッジの平衡をとる。そのときの値を R_S 及び C_S とすると次の式により試料のコンダクタンス及び容量を求めることが出来る。今試料のコンダクタンスを G, 容量を C とすれば

$$G + \frac{1}{j\omega C} = \frac{R_S - R_0}{(998 + R_0)(998 + R_S)} + \frac{1}{j\omega C_S}$$

$$G = \frac{R_S - R_0}{(998 + R_0)(998 + R_S)} \dots \dots \dots (11)$$

$$C = C_S \dots \dots \dots (12)$$

ここで $998 + R_0 \approx 1,000$
 であるので、小さなコンダクタンスを測定する場合には
 $998 + R_S \approx 1,000$
 となり、 G は次のようになる。

$$G = \frac{R_S - R_0}{1,000^2} = (R_S - R_0) \times 10^{-6} \dots\dots(13)$$

但し $(R_S - R_0)$ は $\mu\bar{v}$ で表わされたコンダクタンスを示している。上記の方法により各周波数に於ける試料の C と G を測定し、次の (14), (15) 式より ϵ 及び $\tan \delta$ を算出した。

$$\tan \delta = \frac{G}{\omega C} \dots\dots(14)$$

$$\epsilon = \frac{4\pi t C}{S} \times 9 \times 10^{11} \dots\dots(15)$$

但し $\omega = 2\pi f$, $t =$ 試料の厚さ

(C) 測定結果

上述の方法によつて、ソバロイドの配合量 5, 10, 15, 20 部の場合、温度 $-10, 0, 10, 40, 70^\circ\text{C}$ 及び周波数 1 kc から 100 kc の間に於て ϵ 及び $\tan \delta$ を算出した結果は第12図~第15図に示す通りである。

合成ゴム混和物のソバロイド配合量と誘電率の関係は第12図からソバロイドの配合量がまず従つて誘電率は小さくなる傾向を示している。但しソバロイド配合量10部と15部は一般に平坦で誘電率は変化ないが20部になると減少の程度がはつきり出ているので従来いわれている⁽¹⁶⁾誘電率に関する混合の理は成立しないようである。

誘電率と温度の関係は第13図に示すように -10°C から 0°C 付近までは増加の傾向を示し、それ以上の温度ではやゝ減少する傾向を示しているがソバロイドの配合量によつて多少傾向は異なるようである。 -10°C から 0°C の間で誘電率増加の傾向は周波数の大きくなるに従つて大きくなる。

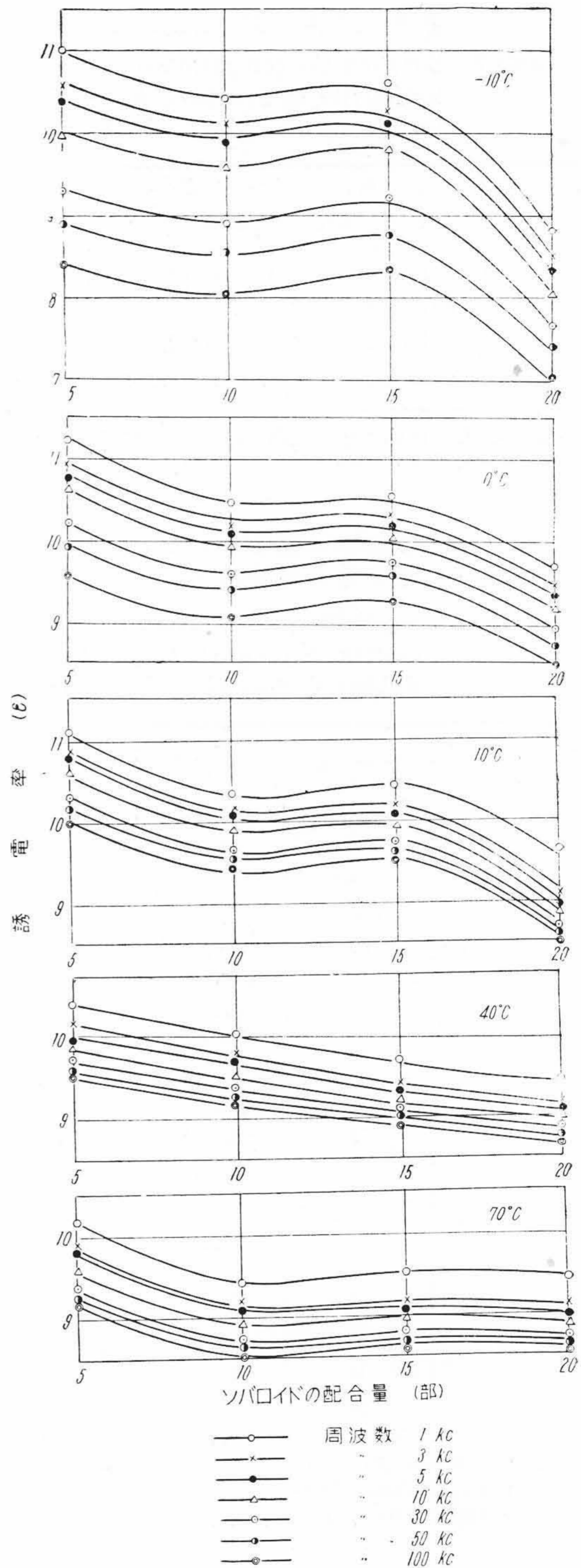
次に $\tan \delta$ に就いてはソバロイドの配合量5部から20部の範囲内に於ては第14図からあまり大きな変化がないことが判つたが周波数によつては傾向が異つている。

一般に $\tan \delta$ と温度との関係は第15図から低温度で大きく温度の上昇に従つて $\tan \delta$ は小さくなり更に温度が高くなると $\tan \delta$ は再びわずかに増加する。即ちある温度で最小値となる。この最小値となる温度は周波数と関係があり、周波数が小さいときは最小値の温度は低いが周波数が大きくなるに従つてこの温度も高い方に移行する。

[VII] 結 言

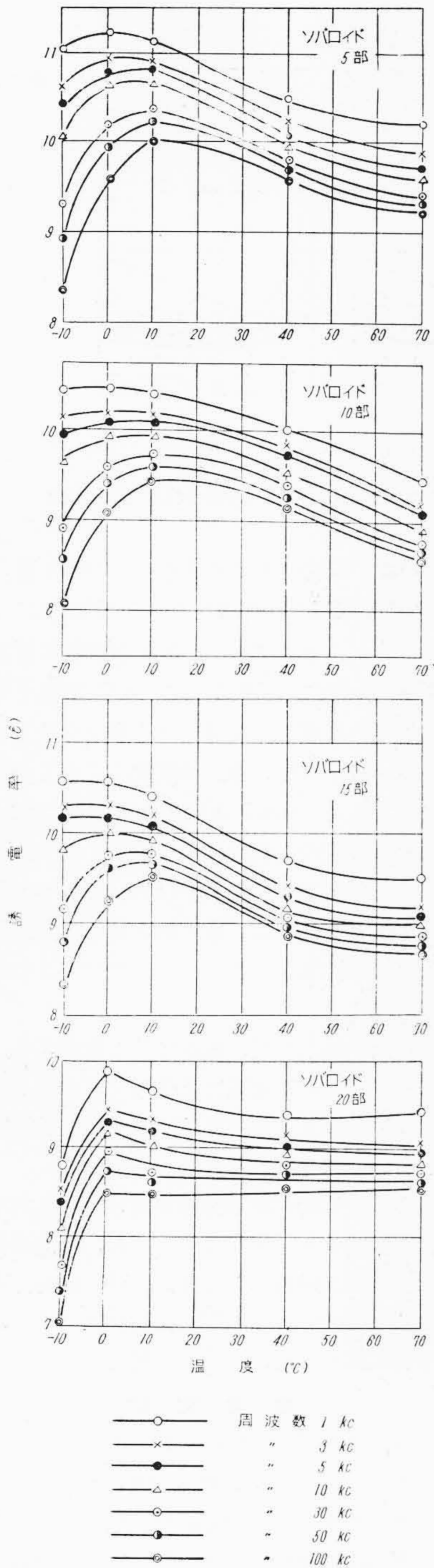
以上を総括すると、

(1) 合成ゴムの押出式プラストメータのオリフィス中に於ける流速の分布を写真にとつた結果その流線の形



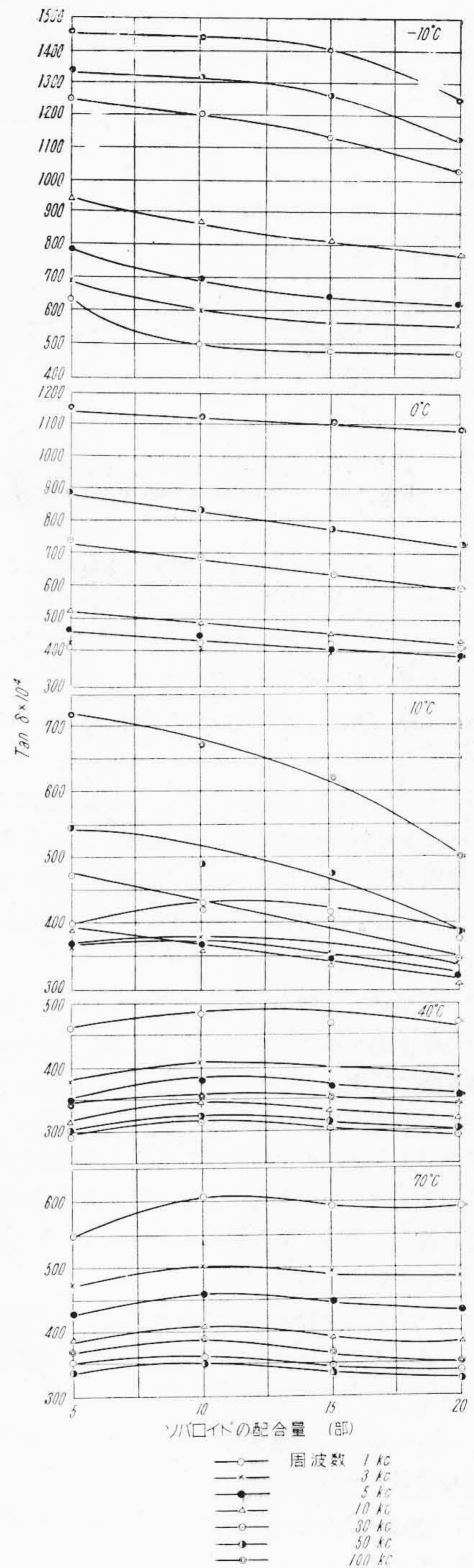
第12図 合成ゴム混和物のソバロイド配合量と誘電率との関係

Fig. 12. Relation between Sovaloid Concentration and Dielectric Constant of Synthetic Rubber Compounds



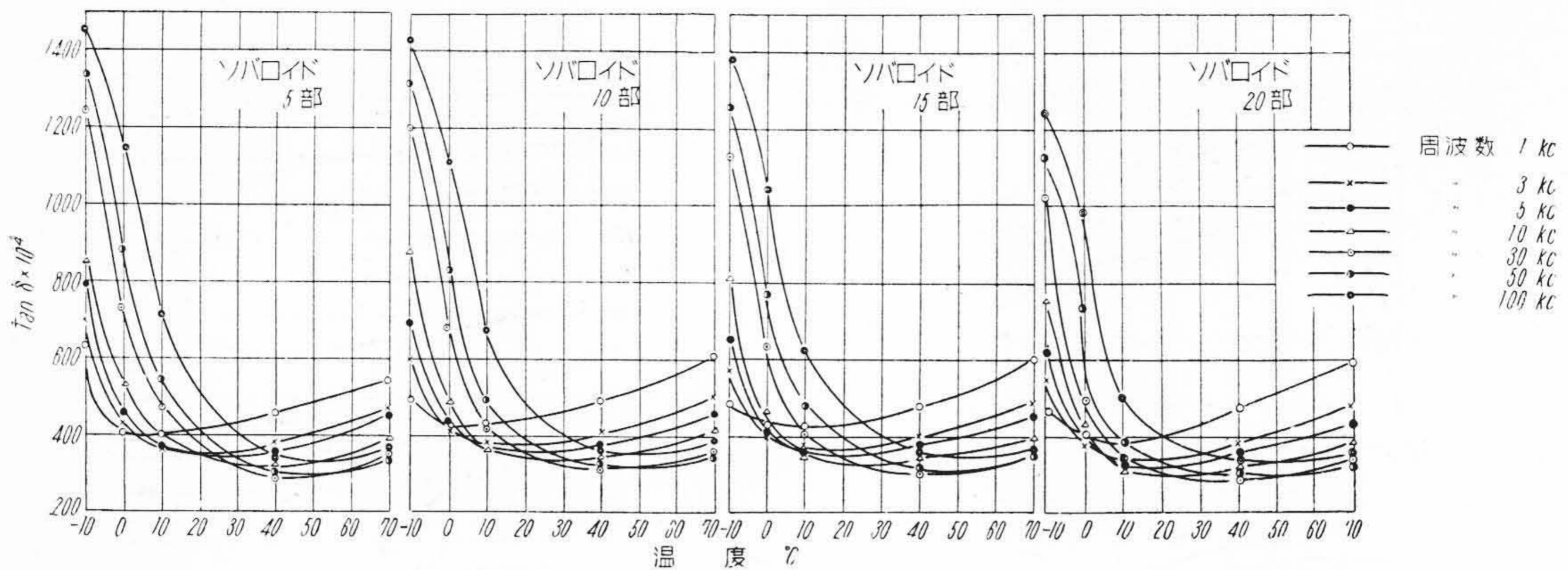
第13図 合成ゴム混和物の誘電率と温度との関係

Fig. 13. Relation between Dielectric Constant and Temperature of Synthetic Rubber



第14図 合成ゴム混和物のソバロイド配合量と誘電正切(tan δ)との関係

Fig. 14. Relation between Sovaloid Concentration and Dielectric Loss of Synthetic Rubber



第 15 図 合成ゴム混和物の誘電正切 ($\tan \delta$) と温度との関係

Fig. 15. Relation between Dielectric Loss and Temperature of Synthetic Rubber

状はオリフィス周辺は中央部の速度に比較すると極めて小であることがわかつたので押出量に対する理論を適用して差支えないことを確めた。

(2) 合成ゴムには多くの種類があるがそのうち珪素ゴム SE-460, GRI, ネオプレン Q, ネオプレン GNA, ネオプレン W, GRS-65, ハイカー OR-25, ハイカー OR-15 等の可塑性の 3 常数 n , η^* , f は第 5 表に示すように粘性係数に相等する常数 η^* はネオプレン Q, ハイカー OR-15, GRI, ハイカー OR-25, GRS-65, ネオプレン W, ネオプレン GNA 珪素ゴムの順位になっている。

(3) 合成ゴム混和物としてネオプレン GNA 混和物に就いて軟化剤ソバロイドの配合量を変えた場合の 3 常数は第 6 表に示すように配合量によつて η^* が非常に変化することが判つた。ソバロイド量 20 部配合のものは 5 部配合のものにくらべると η^* は約 1/80 に低下する。

(4) 合成ゴム及び合成ゴム混和物は低荷重の場合には定常の流れをするが高荷重即ち圧力が大になると流れに乱れを生ずる。

(5) 合成ゴム混和物としてネオプレン GNA 混合物に就いて軟化剤ソバロイドの配合量と電氣的諸性質を実験した結果は、

- (A) 固有抵抗は大差がないがソバロイド 10 部配合の場合がやや良い。
- (B) 絶縁耐力は測定値にばらつきがあるがソバロイドの配合量によつて優劣がないようである。
- (C) 誘電率に就いてはソバロイドの配合量が多くなると多少小さくなるがソバロイド 10 部と 15 部は一般に平坦で 20 部になると急に減少しているの、従来いわれている誘電率に関する混合の理は成立しない。

(D) $\tan \delta$ に就いてはソバロイドの配合量 5 部から 20 部の範囲内ではあまり大きな変化がない。

(6) 合成ゴムネオプレン GNA 混和物の誘電率と温度との関係は一般に -10°C から 0°C 付近までは増加し、それ以上の温度でやゝ減少する傾向を示している。しかしソバロイドの配合量、周波数によつて多少傾向は異なるようである。 $\tan \delta$ と温度との関係は $\tan \delta$ は低温度で大きく温度の上昇に従つて小さくなり、更に温度が高くなると再びわずか大きくなる。即ち $\tan \delta$ がある温度で最小値となる。この最小値となる温度は周波数と関係があり、周波数が大きくなるに従つてこの温度も高い方に移行する。

(7) 以上の結果を更に総括すると合成ゴム、ネオプレン GNA 混和物の可塑性は軟化剤ソバロイドの配合量によつて極めて大きく変化するが電氣的諸性質はあまり変らないという結果になる。

終りに貴重なる御討論御指導を戴いた東北大学林威教授、日立製作所中央研究所鳥山前所長、御指導御鞭撻を戴いた日立電線工場斎藤工場長、内藤、山野井両部長、久本課長及び実験に援助を頂いた試作課の平野、堀口、岩上の諸君に厚くお礼申上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 山本, 大内: 日立評論 35 (2) 79 (昭 28-2)
- (2) 山本: 高分子化学(物理) 10 (102) 1 (昭 28-10)
- (3) 山本, 大内: 日立評論 35 (6) 92 (昭 28-6)
- (4) V.H. Vodra and L.A. Jarvis: India Rubber World 125 (5) 633 (Feb., 1953)
- (5) J.Z. Lichtman and C.K. Chatten: Analy. Chem. 24 (5) 812 (May, 1952)
- (6) H. Lattropp: Chem. Tech. (Berlin) 3, 235-9, 243 (1951)

- (7) W.E. Mochel and J.B. Nichols: Ind. Eng. Chem. **43** (1) 154 (Jan., 1951)
- (8) W.E. Mochel: J. Polymer Science **8** (6) 583 (June, 1952)
- (9) R.E. Morris and J.W. Hollister: Rubber Age (N.Y.) **70** 195 (1951)
- (10) A.M. Neal and P. Otten-Hoff: Ind. Eng. Chem. **36** (3) 653 (1944)
- (11) N.L. Cotton, E.H. Krismany and W.N. Keen: Rubber Chem. Tech. **22** 250 (1949)
- (12) P.B. Stickney and L.V. Echeyney: J. Polymer Science **3** (2) 231 (1948)
- (13) 吉川, 福田, 鈴木, 吉野: 日立評論 **34** (7) 71 (昭 27-7)
- (14) 吉川, 福田, 渡辺: 日立評論 **35** (4) 95 (昭 28-4)
- (15) 吉川, 中牟田: 日立評論 **35** (7) 85 (昭 28-7)
- (16) 宮本, 大北, 北岡: 住友電気彙報 (26) 1 (昭 17-10)



特許第201462号

間瀬 喜好・鶴田 四郎
高野 憲三・小林 清三郎

絶縁電線 (VF線)

VF線とは、ポリビニルホルマール (PVF) を各種溶剤で溶解した液を普通の油性系エナメル線と同様の方法で焼付したもので、エナメル線に比べ耐摩耗性、耐油性、耐溶剤性、耐薬品性、耐熱性などに優れた特長をもっている。

この発明は発明者が戦時中からフラン樹脂の研究に従っていた処からフルフリルアルコールとフルフラールと

の共縮合物を PVF の添加剤とすることを発明するに至ったもので、これは PVF にフルフリルアルコールとフルフラールとの共縮合物を 5~40% 加えて銅線に塗布焼付けた絶縁電線である。これによつて VF 線の諸特性を著しく改善し得ることが出来、また焼付操作に当つても偏肉、片焼を起さず均等な厚みの塗膜が得られその製造が容易になつた。

(長山)



日立製作所社員社外寄稿一覧表 (昭和28年11月分受付)

寄稿先	題名	執筆者所属	執筆者
日本機械学会	最近の印刷機械	川崎工場	山岸隆一
日本機械学会	最近の圧縮機及び送風機	川崎工場	伊藤茂
計測懇談会	計器可動部の鉄粉と寄生回転力	多賀工場	北川栄
日本機械学会	荷役機械	本社	荒井勉
電気学会	ホルマール線のワニス処理に就いて	日立電線工場	間瀬喜好
日本化学会	炭化珪素抗体に関する研究 (第二報)	日立工場	中戸川武
日本化学会	炭化珪素抗体に関する研究 (第三報)	日立工場	中戸川武
日本機械学会	水車	日立工場	小森谷享
大同広告社	日立製作所中央研究所	中央研究所	大倉勉
北海道農業改良普及協会	農事用モートルの取扱方と簡単な分解手入れ	本社	香田武夫
日本自動車整備振興会	新しい電装品の取扱と修理 (その三)	多賀工場	杉浦慎三
関西電力株式会社	製氷冷蔵設備と冷凍機に就いて	本社	山岸茂
電力社	昨年度に於ける技術的成果	本社	吉山博吉
日本硫安工業協会	水電解槽の熱収支	日立研究所	川島夏樹
日刊工業新聞社	最近のボイラーの自動制御	日立工場	吉岡孝幸
家庭電気文化会	日立電気井戸ポンプの紹介	本社	香田武夫

Vol. 15 日立造船技報 No. 1

◇目次◇

セメント砂鑄型に関する研究 (第2報).....	{吉田文 豊二.....(1)
偏心2円により支えられた平板のたわみおよび応力(厳密解と近似解との比較)..	{山中秀博 男史.....(7)
耐酸れんがの強度に関する研究.....	{安田益 一.....(11)
大型ピストンリング試験装置の試作とその応用.....	{加藤 三 富.....(17)
水力発電所に関連した二つの水理実験例.....	布施 肇.....(17)
携帯水圧器による無加熱加工.....	中島 康吉.....(22)
製品紹介.....	{宇津 茂.....(26)
特許・新案紹介 (20).....	{黒河内 茂夫.....(26)
	筒井 茂夫.....(32)
	筒井 茂夫.....(34)

本誌につきましても御照会は下記発行所へ御願致します。

発行所

日立造船株式会社技術研究所

大阪市此花区桜島北之町60