

電線用ゴム混和物の可塑性

山本三郎* 大内末夫**

The Plasticity of Natural Rubber Compounds
for Electric WiresBy 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 conditions for the extruding process, therefore, the writers had made a study on the plasticity of polyvinyl chloride compound for electric wires and reported in the previous issue on the three constants of plasticity of polyvinyl chloride compounds.

In this issue the writers publish his study on the plasticity of natural rubber compounds, the main points of the study being those that follow:

- (1) The result of the observation on the stream line distribution of rubber compounds in the orifice, showed that the theory related to extruded volume can be applied to the rubber compounds.
- (2) It was ascertained from the result of the calculations of "three constants" of many rubber compounds in which the components are varied, that as smoke sheets and paraffin contents become greater the plasticity increases, but the plasticity decreases with the growth of carbon black content.
- (3) The study of the dependence of plasticity on mastication for the constant component revealed that the plasticity increases with the mastication time, and its degree can be determined quantitatively from calculated value of "three constants" of the rubber compound flow.

〔I〕 緒 言

電線用被覆物として用いられる高分子物質の中には天然ゴム、合成ゴム、塩化ビニル、ポリエチレン、ナイロン、アミラン等がある。これらの高分子物質は主として熱可塑性であり、押出機による押出被覆法によつて製作されておるので、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、高分子物質の物理的性質

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ーを試作し、これを使用して電線用塩化ビニル混和物の押出しの流れ即ち可塑性を表わす3常数を求めて報告した。⁽¹⁾

引続き本論文に於ては電線用ゴム混和物の可塑性の実験結果に就いて次の諸点を報告する。

- (1) ゴム混和物の配合量に基く可塑性のうちゴム量、パラフィン量及びカーボン量を変えた場合の荷重と流出量の関係を求めこれより可塑性の3常

* ** 日立製作所日立電線工場

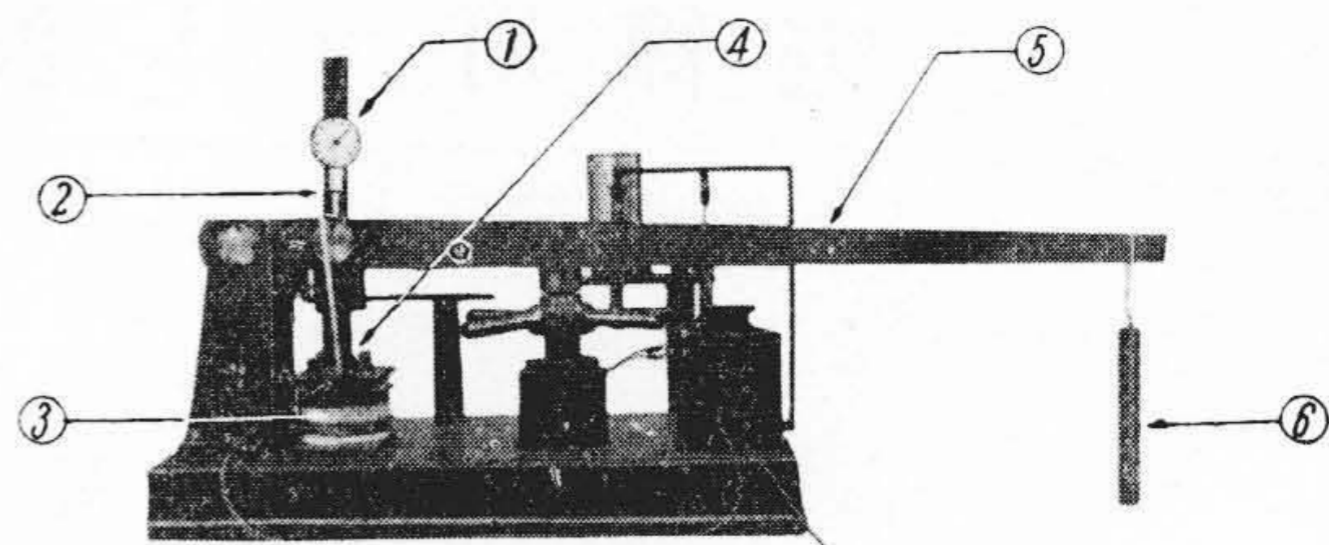
数を求めたこと。

- (2) ゴム混和物の細管中の流線の分布を実験的に求め、押出量に対する理論をゴム混和物の場合にも適用し得るかをおかを検討したこと。
- (3) ゴム混和物の素練及び精練時間を変えた場合の流出量の関係及びこの場合の可塑性の 3 常数の算出等である。

〔II〕 ゴム混和物の配合量に基づく荷重と流出量

従来電線用高分子物質の可塑性⁽²⁾⁽³⁾に関する文献は比較的少ない。高分子物質のレオロジー^{(4)~(7)}及び粘弾性^{(8)~(13)}に就いてはごく最近になつて多くの報告がなされており、近頃はその総合的解説も行われている。⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾ 又ゴムの物理的性質及び粘弾性に関する報告^{(14)~(28)} は多くあるが電線用高分子物質の可塑性の 3 常数は求められていない。前に⁽¹⁾塩化ビニルの可塑性の 3 常数を求めて報告したので本論文に於ては引き続きゴム混和物に就いてその配合量を変化させた場合の可塑性の 3 常数を求めることとした。

ゴム混和物の場合天然ゴム、加硫促進剤、老化防止剤、補強剤、軟化剤、充填剤等の種類が配合されているが、これらのうちゴム量、パラフィン量、カーボン量を変えた場合に就いて可塑性の 3 常数を求めることとした。使用した押出式プラストメーターの機構は第 1 図に示す通



第 1 図 押出式プラストメーター

- ①ダイヤルゲージ ②水銀寒暖計 ③本体
- ④プランジャー ⑤荷重伝達棒 ⑥荷重

Fig. 1. Extrusion Type Plastometer

りであつて前報⁽¹⁾の時に使用したものと同一であるが荷重をレバー式として荷重を少しあげた。即ち前には荷重 35.9, 45.9, 60.1, 70.7 kg/cm² であつたが今回は 47.6, 60.1, 72.7, 85.2 kg/cm² として実験を行つた。測定方法は前回と同様である。

(1) 試料の配合

本実験に用いたゴム混和物の配合は第 1 表の通りである。

(2) 試料の作製法

試料は大型ロールで 40 分間素練した素練ゴム 20 kg のなかから第 1 表の配合試料 1 kg をつくり、実験用 6' × 10' ロールで温度 65 ± 5°C に保ちながら練つた。ロール間隙は最初ロール巻付の時は約 3 mm とし、配合剤を加えて行くに従い間隙を増して行き切返し、練返しの場

第 1 表 供 試 ゴ ム 配 合 表

Table 1. Mixing Ratio of Testing Rubber Compounds

試料番号	配合薬品名	生ゴム	チウラム	亜鉛華	アルドール α+ナフチル アミン	カーボン	ステアリン酸	パラフィン	白艶華
R-64		100	3	5	1	3	3	1	40
R-49		100	3	5	1	3	3	1	90
R-39		100	3	5	1	3	3	1	140
R-32		100	3	5	1	3	3	1	200
P-0		100	3	5	1	3	3	0	100
P-2		100	3	5	1	3	3	2	100
P-4		100	3	5	1	3	3	4	100
P-6		100	3	5	1	3	3	6	100
C-0		100	3	5	1	0	3	1	100
C-3		100	3	5	1	3	3	1	100
C-10		100	3	5	1	10	3	1	100
C-20		100	3	5	1	20	3	1	100

R-64, R-49, R-39, R-32 は全配合量 100 に対するゴム量の百分率である。
 P-0, P-2, P-4, P-6 はゴム量 100 に対するパラフィン量の百分率である。
 C-0, C-3, C-10, C-20 はゴム量 100 に対するカーボン量の百分率である。
 表中の数量は重量比を示している。

第2表 試料のロール練時間(分)
Table 2. The Mastication Time of Sample by Roll (min)

試料番号	練時間	素練	ロール巻付	新練	切返し	計
R-64, R-49, R-39, R-32		40	3	13	2	58
P-0, P-2, P-4, P-6		40	3	13	2	58
C-0, C-3, C-10, C-20		40	3	17	2	62

合約8mmの間隙とした。このように練つたものを10φの旋孔器を使用して直径約10φ厚さ約8mmの円柱型試料を作つた。各試料のロール練時間は第2表のようである。なお第2表に示したロール練りの各作業を説明すると次のようになる。原料ゴムに配合薬品を良く練り込むために、予め生ゴムだけをロールに掛け可塑性を増加させる必要がある。この操作を素練と称している。この場合生ゴムは天然に備わる弾性によつて、最初はロールに容易に巻附かずちりめん状を呈するが、次第に飴状になつてロール表面に均一に巻附かるようになる。これがロール巻付である。次にロール上のゴムに配合薬品を少量づゝ加えて各部均等に混合する。ロール作業を新練という新練したゴムを十分放冷した後、再度ロールに掛け、配合薬品が更に均一に混合するようにゴムの一部にナイフを入れる。この操作全部を精練という、ナイフ入れを切返しという。

(3) ゴム量を変えた場合の荷重と流出量

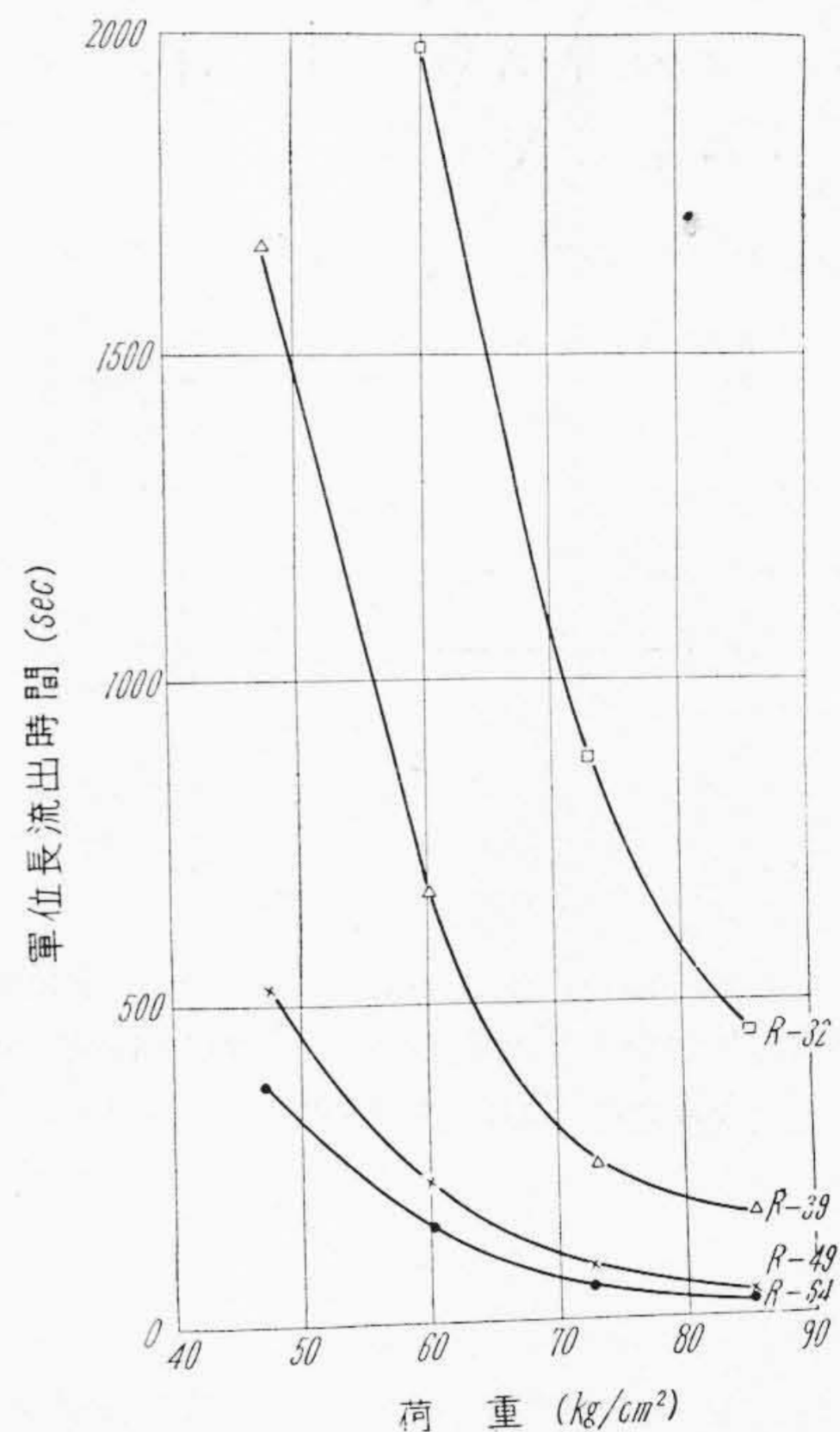
前述の方法で作製した試料を荷重 47.6, 60.1, 72.7,

第3表 ゴム混和物のゴム量を変えた場合の流出量
Table 3. Flowing Volume of Rubber Compounds Varying the Smoke Sheets Concentration

試料番号	荷重 (kg/cm ²)	流出時間 (sec)	流出量 (cm ³ /sec)
R-64	47.6	363	22.1×10 ⁻⁵
	60.1	147	54.4×10 ⁻⁵
	72.7	48.9	163×10 ⁻⁵
	85.2	26.7	300×10 ⁻⁵
R-49	47.6	529	15.1×10 ⁻⁵
	60.1	220	36.4×10 ⁻⁵
	72.7	83.8	95.4×10 ⁻⁵
	85.2	39.1	204×10 ⁻⁵
R-39	47.6	1,671	4.76×10 ⁻⁵
	60.1	672	12.0×10 ⁻⁵
	72.7	246	32.5×10 ⁻⁵
	85.2	164	48.6×10 ⁻⁵
R-32	47.6	5,320	1.51×10 ⁻⁵
	60.1	1,980	4.03×10 ⁻⁵
	72.7	880	9.45×10 ⁻⁵
	85.2	446	18.0×10 ⁻⁵

測定温度: 80°C

R-64, R-49, R-39, R-32 はそれぞれゴム量 64, 49, 39, 32 部の略号。



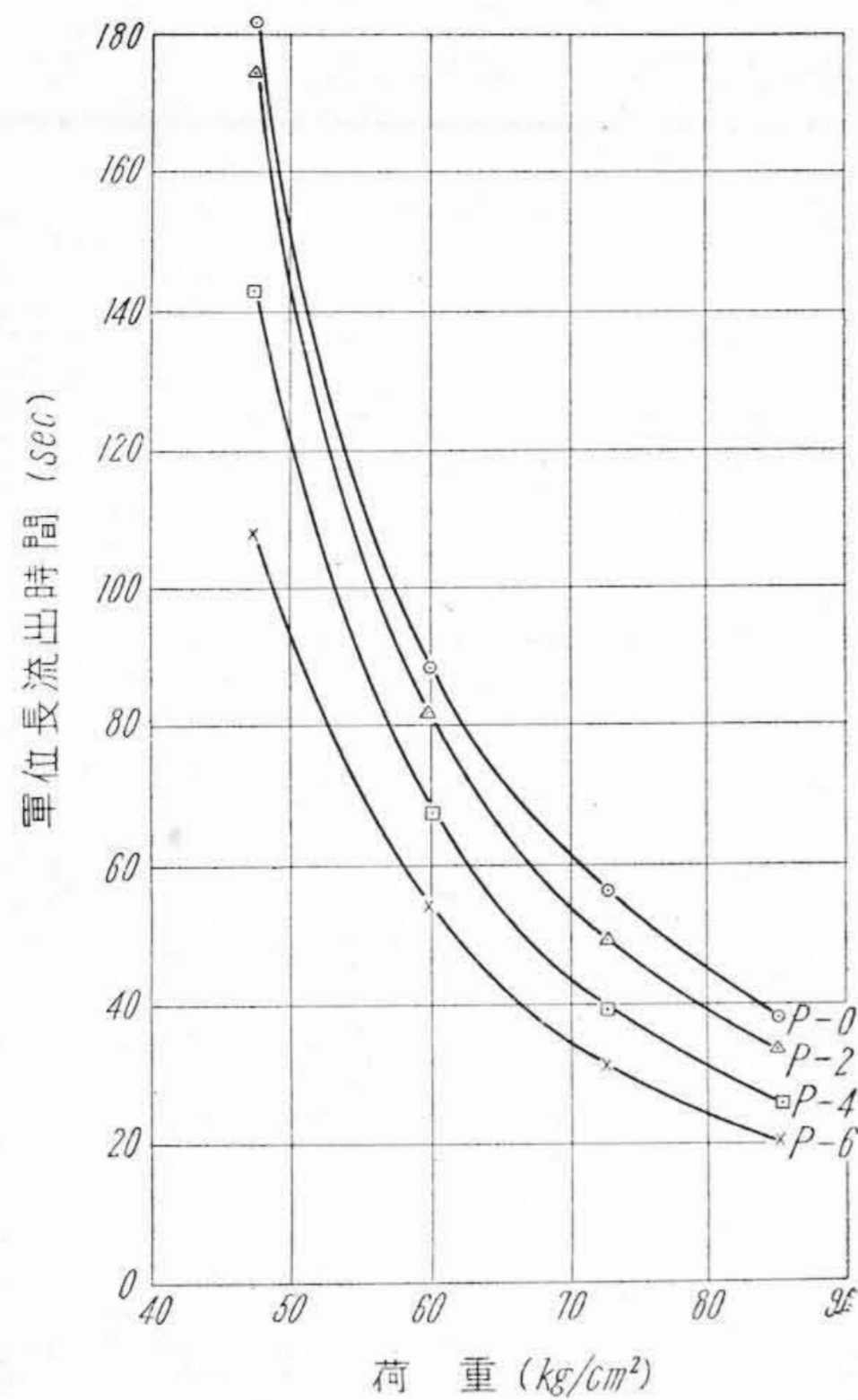
第2図 ゴム量の変化によるゴム混和物の荷重と流出時間の関係

Fig. 2. Relation between Load and Flowing Time of Rubber Compounds Varying the Smoke Sheets Concentration

85.2 kg/cm² の場合に就いて押出式プラストメーターを使用してゴム量を変えた場合の単位長さの流出時間を測定した結果は第2図の通りであり、また単位時間の流出量は第3表の通りである。なお流出時間は測定 3~5 回の平均値を示してある。流出量は流出時間より換算した値であり、ダイヤルゲージ 1mm は体積 0.0789 cm³ に相当する値になつている。

(4) パラフィン量を変えた場合の荷重と流出量

第1表に示すようなゴム量100部、白艶華100部、その他の配合剤もそれぞれ一定として軟化剤パラフィン量を 0, 2, 4, 6 部と変えた配合の試料を前述の方法で作製して押出式プラストメーターを使用してパラフィン量の変化に基づく流出時間を測定した結果は第3図(次頁参照)に示す通りである。また流出量の値は第4表(次頁参照)のようである。表中の流出時間は測定値 2~3 回



第 3 図 ゴム混和物のパラフィン量の変化による荷重と流出時間の関係

Fig. 3. Relation between Load and Flowing Time of Rubber Compounds with Varied Paraffin Concentration

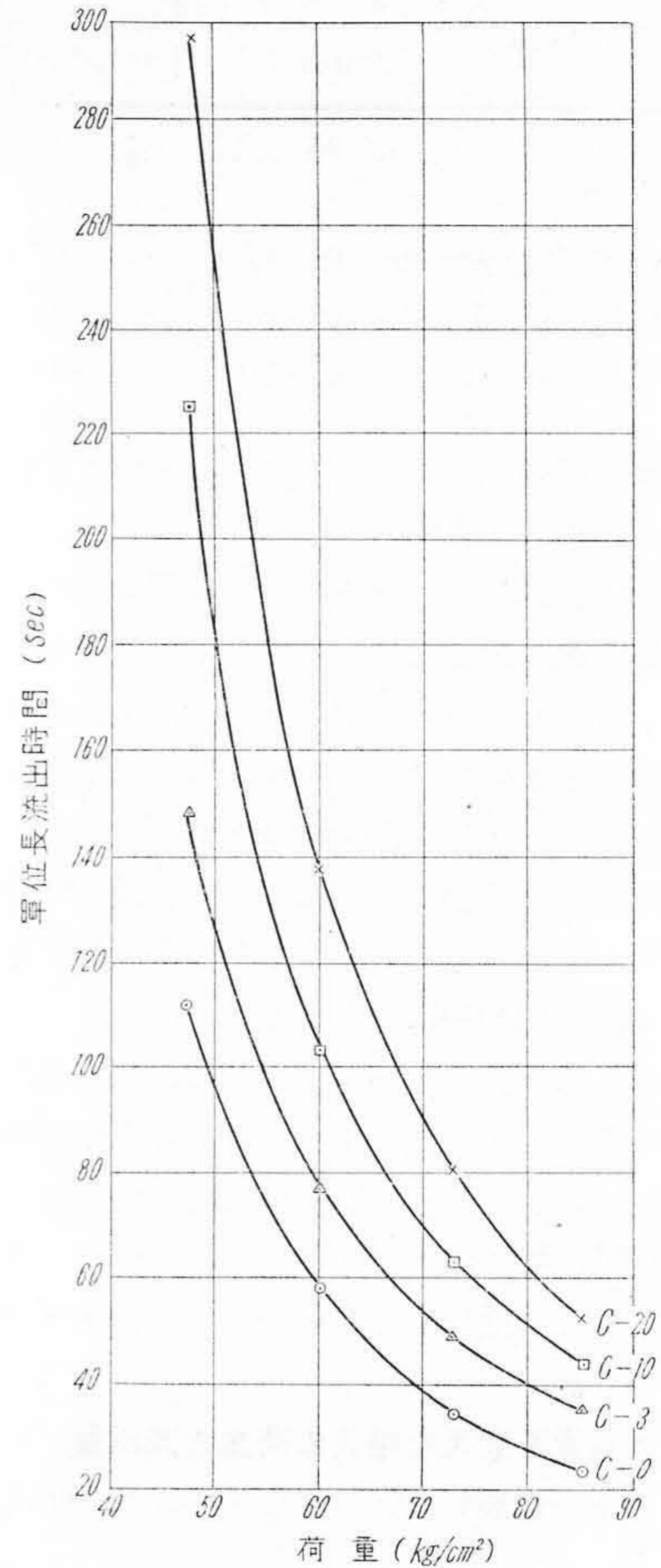
第 4 表 ゴム混和物のパラフィン量を変えた場合の流出量

Table 4. Flowing Volume of Rubber Compounds with Varied Paraffin Concentration

試料番号	荷重 (kg/cm ²)	流出時間 (sec)	流出量 (cm ³ /sec)
P-0	47.6	181	44.0×10 ⁻⁵
	60.1	88.5	90.1×10 ⁻⁵
	72.7	56.2	142×10 ⁻⁵
	85.2	38.0	210×10 ⁻⁵
P-2	47.6	174	45.7×10 ⁻⁵
	60.1	81.7	97.6×10 ⁻⁵
	72.7	49.0	163×10 ⁻⁵
	85.2	33.1	241×10 ⁻⁵
P-4	47.6	143	55.7×10 ⁻⁵
	60.1	67.5	118×10 ⁻⁵
	72.7	39.6	201×10 ⁻⁵
	85.2	26.0	306×10 ⁻⁵
P-6	47.6	103	73.8×10 ⁻⁵
	60.1	54.1	148×10 ⁻⁵
	72.7	31.0	257×10 ⁻⁵
	85.2	20.3	393×10 ⁻⁵

測定温度: 80°C

P-0, P-2, P-4, P-6 はそれぞれパラフィン量 0, 2, 4, 6 部の略号。



第 4 図 ゴム混和物のカーボン量の変化による荷重と流出時間の関係

Fig. 4. Relation between Load and Flowing Time of Rubber Compounds with Varied Carbon Black Concentration

の平均値である。本結果よりパラフィン量の増加により可塑性は著しくよくなっていることがわかる。

(5) カーボン量を変えた場合の荷重と流出量

第 1 表に示すようにパラフィンの場合と同様にゴム量その他の配合剤をすべて一定として、ゴム量 100 部に対しカーボン量のみを 0, 3, 10, 20 部と変えた場合に就いて押出式プラストメーターを使用して流出時間を測定した結果は第 4 図に示すようになった。また流出量の値を示すと第 5 表に示す通りである。第 4 図に示すように荷重と流出時間の関係は補強剤カーボン量を増加するほど増加している。即ち前の実験の可塑剤パラフィンの場合に比較すると反対の傾向にある。これは我々の常識にもよく一致するわけである。

第 5 表 ゴム混和物のカーボン量を変えた場合の流出量

Table 5. Flowing Volume of Rubber Compounds with Various Carbon Black Concentration

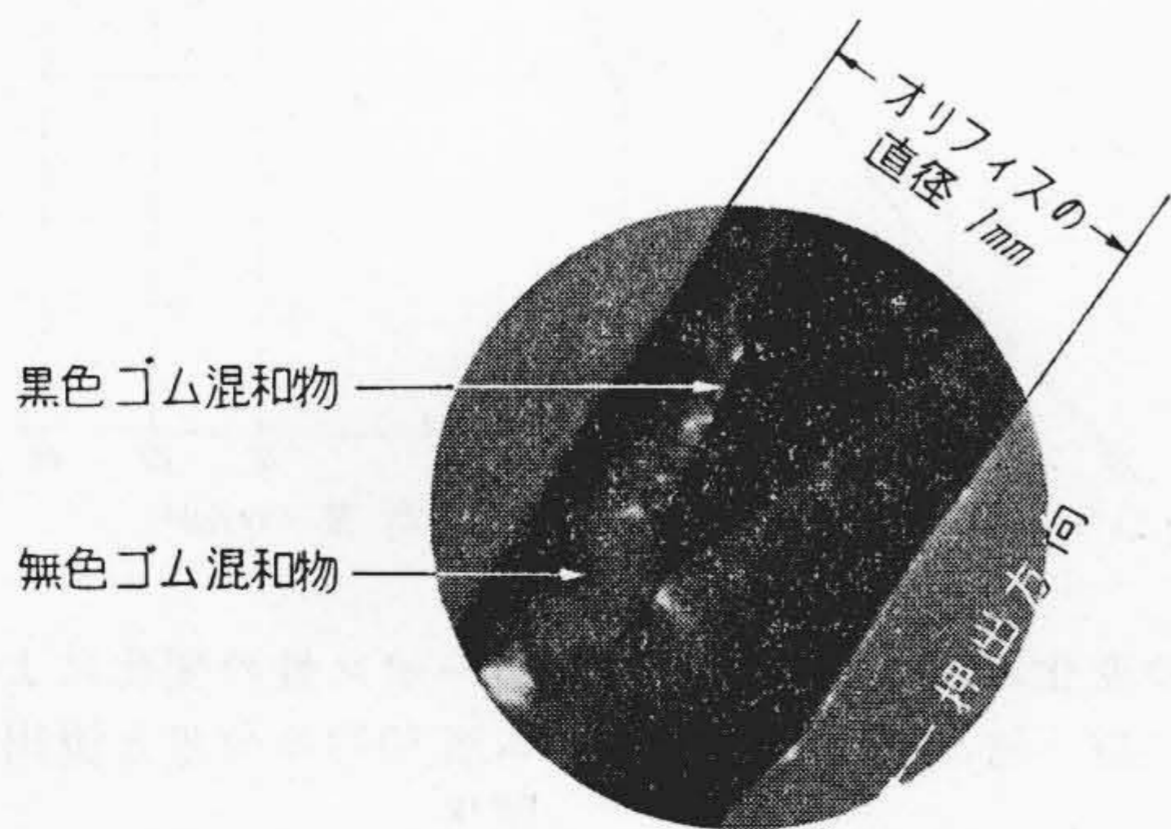
試料番号	荷重 (kg/cm ²)	流出時間 (sec)	流出量 (cm ³ /sec)
C-0	47.6	112	71.3×10 ⁻⁵
	60.1	58.0	138×10 ⁻⁵
	72.7	34.6	230×10 ⁻⁵
	85.2	23.4	341×10 ⁻⁵
C-3	47.6	149	53.5×10 ⁻⁵
	60.1	77.0	104×10 ⁻⁵
	72.7	48.7	164×10 ⁻⁵
	85.2	34.9	228×10 ⁻⁵
C-10	47.6	225	35.4×10 ⁻⁵
	60.1	103	77.3×10 ⁻⁵
	72.7	63.5	126×10 ⁻⁵
	85.2	44.1	181×10 ⁻⁵
C-20	47.6	295	27.0×10 ⁻⁵
	60.1	139	57.5×10 ⁻⁵
	72.7	80.0	99.7×10 ⁻⁵
	85.2	52.2	153×10 ⁻⁵

測定温度： 80°C

C-0, C-3, C-10, C-20 はそれぞれカーボン量 0, 3, 10, 20 部を配合した試料の略号である。

〔III〕 ゴム混和物の押出式プラストメーターによる流線の形状

前述したように従来押出式プラストメーターを使用して可塑性の3常数は電線用高分子物質に就いては求められていないので、まず塩化ビニル樹脂混和物に就いてこれを報告⁽¹⁾したが、同報告中の流出量より可塑性の3常数算出の理論の仮定がゴム混和物の場合にも成立するや否やを実験的に確かめることとした。本理論の仮定は流



第 5 図 押出式プラストメーターのオリフィス内のゴム混和物の形状

Fig. 5. Distribution of the Flowing Velocity of Rubber Compounds in the Orifice of Extrusion Type Plastometer

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で流速が零であるということである。これに就いて実験することとした。まずゴム混和物の試料を着色剤によつて白色と黒色の2種類のもを作り、白、黒色のゴム混和物を重ねて押出式プラストメーターのオリフィス(直径 1 mm)より押し出し細い紐とした。この細いゴム混和物の紐を中央部から2つにさくのであるが、これにはガイド⁽¹⁾と安全カミソリの刃でこの試料を2つに割り写真にとつた結果は第 5 図に示す通りである。その流速の分布は中央部の流速は大であつて、オリフィス周囲の流速は小である。即ち中央部の流速に比較して周囲の流速は無視し得る程度に小であることを実験的に確かめたわけである。即ちゴム混和物のオリフィス中の流れに対して後出の理論が成立するとみなし得ることを立証し得たので次にゴム混和物の可塑性の常数を求めることとする。

〔IV〕 ゴム混和物の配合量に基づく可塑性の3常数

可塑性の3常数算出の理論は既報⁽¹⁾に詳細に述べてあるので本論文に於ては算出方法の概略に就いて述べることにする。3常数は次式に示す n, η^*, f のことである。Herschel-Bulkley によると、

$$\eta^* \frac{du}{dr} = -(\tau - f)^n \quad \tau \geq f \dots \dots \dots (1)$$

なお本式は物性論的に導かれたものでなく実験的に求められたものであつて、

- $\frac{du}{dr}$: 流れ方向の速度勾配
- 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

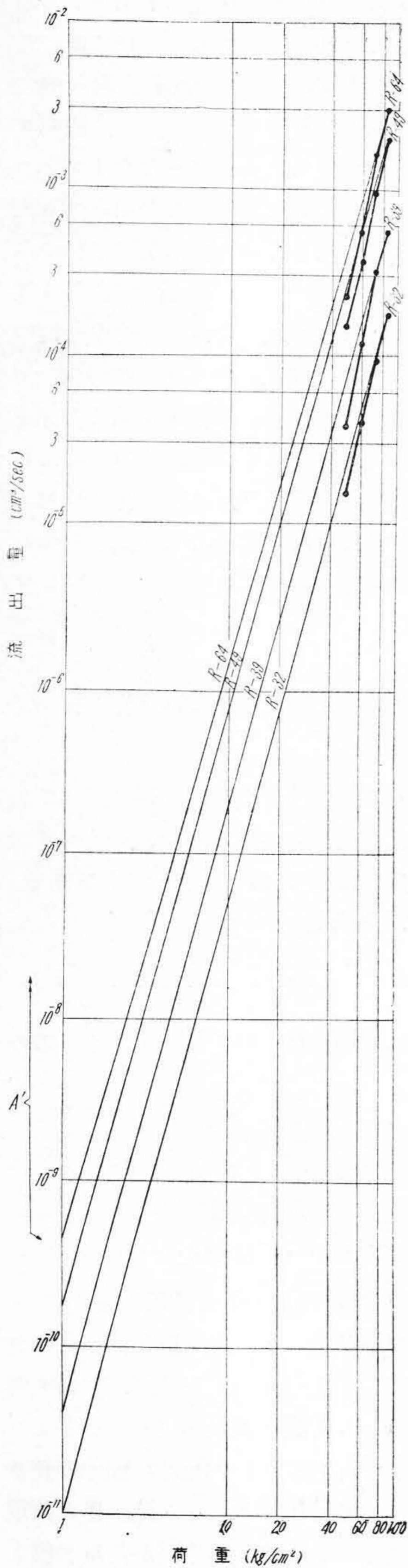
この f は成形品の形状保持能力にも関係をもっている。今ゴム量、パラフィン量、カーボン量を変えた場合の流出量 (cm³/sec) と荷重 (kg/cm²) の関係を両側対数のグラフにとり第 6, 7, 8 図(次頁参照)に示すように、この曲線に漸近線を引き図上より角度 α , 線分の長さ A' を読みとり次式により算出する。なお流出量と荷重との関係が直線の場合はこの直線の延長が荷重坐標となす角度 α , 及び線分の長さ A' を読みとつた。

$$\left. \begin{aligned} A &= \log \frac{\pi a^{n+3}}{(n+3)(2l)^n \eta^*}, \quad n = \tan \alpha \\ A &= \log A' \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

(2)式より n 及び η^* が求まる。

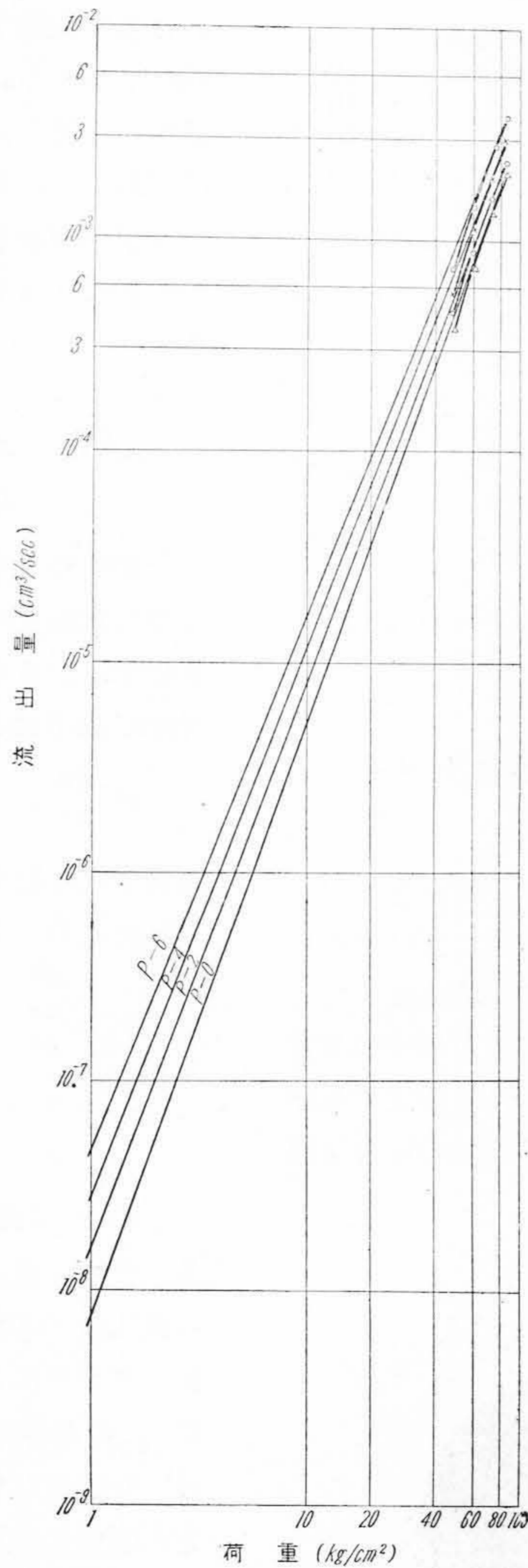
次に単位面積当りの降伏値 f は次式により求めた。

$$f = \frac{a}{2l} (P_1 - P_2) \dots \dots \dots (3)$$



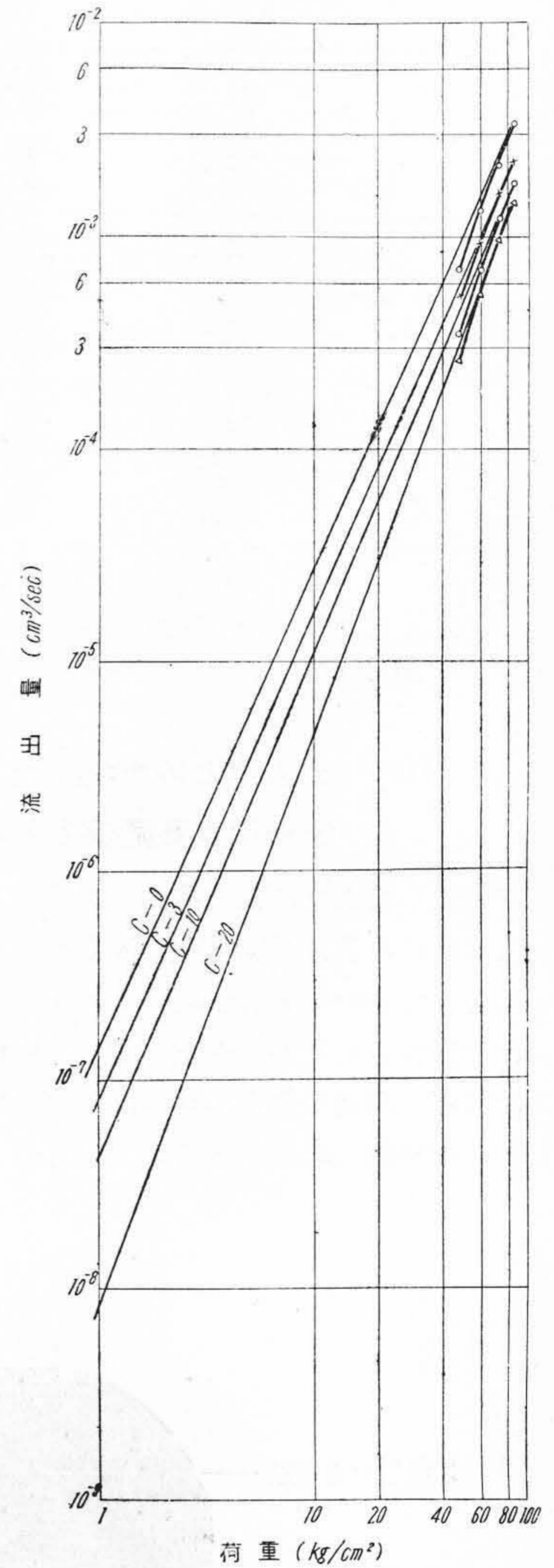
第 6 図 ゴム量の変化によるゴム混和物の荷重と流出量の関係

Fig. 6. Relation between Load and Flowing Volume of Rubber Compounds with Varied Smoke Sheets Concentration



第 7 図 パラフィン量の変化によるゴム混和物の荷重と流出量の関係

Fig. 7. Relation between Load and Flowing Volume of Rubber Compounds with Varied Paraffin Concentration



第 8 図 カーボン量の変化によるゴム混和物の荷重と流出量の関係

Fig. 8. Relation between Load and Flowing Volume of Rubber Compounds with Varied Carbon Black Concentration

但し、 α : 押出式プラスチックの細管の半径
 l : 押出式プラスチックの細管の長さ
 $(P_1 - P_2)$: 荷重

(3) の $(P_1 - P_2)$ は荷重をかけて流れがまさにおころうとする時の荷重を求めるのであるが、これは荷重を何回もとりかえて流れが始まろうとする場合の荷重を繰返し求めるのであるが、時間もかゝるので流出量と荷重との

第 6 表 ゴム混和物の配合量に基く可塑性の 3 常数
Table 6. 3 Plastic Flowing Constants of Rubber Compounds with Varied Concentration

試料番号	可塑性の 3 常数		
	n	η^* sec (kg/cm ²)	f (kg/cm ²)
R-64	3.606	1.325	0.234
R-49	3.689	2.781	0.305
R-39	3.732	13.20	0.401
R-32	3.776	32.21	0.467
P-0	2.877	0.884	0.246
P-2	2.747	0.642	0.228
P-4	2.651	0.517	0.204
P-6	2.583	0.389	0.162
C-0	2.264	0.356	0.101
C-3	2.318	0.549	0.130
C-10	2.434	0.714	0.160
C-20	2.773	1.290	0.174

測定温度: 80°C

曲線を実験により求め、この曲線と荷重坐標との交点に於ける値を読みとる方法も併用して定めた。(1)、(2)式を使用してゴム量、パラフィン量、カーボン量を変えた場合に於ける可塑性の 3 常数 n, η^*, f は第 6 表に示す通りとなつた。

〔V〕 ゴム混和物の素練及び精練時間と可塑性の 3 常数

(1) 試料の配合及び作製

前述したようにゴム混和物は原料ゴムに配合薬品を良く練り込むためにロールに掛け、素練、精練を行つて配合薬品を均一に配合し更に可塑性を増大してやる必要がある。この素練及び精練時間と可塑性の 3 常数がどんな関係にあるかを求めることとした。本実験に用いたゴム混和物の配合は第 7 表のものである。即ち配合量を

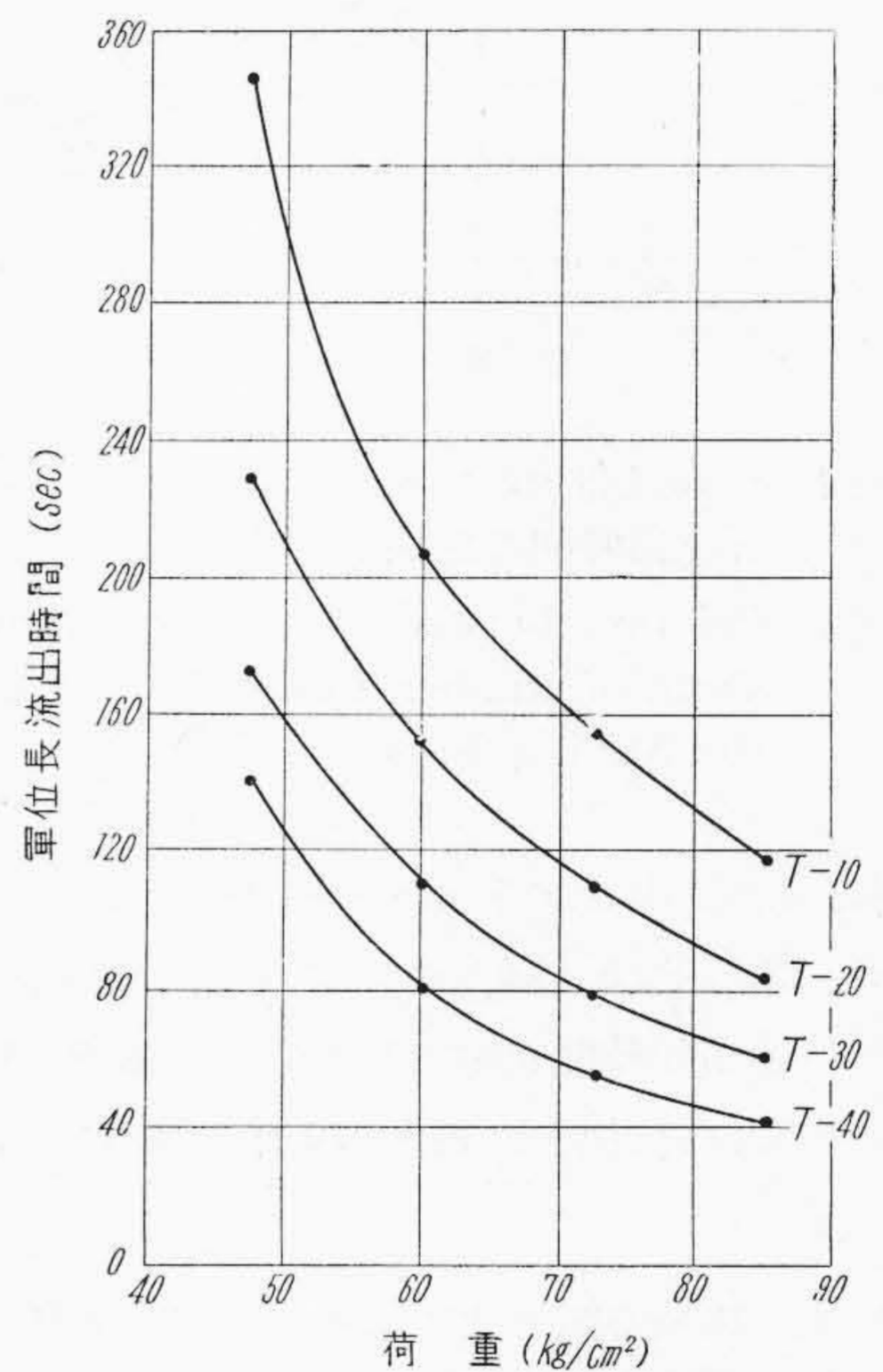
第 7 表 供試ゴム配合表
Table 7. Mixing Ratio of Testing Rubber Compounds

配合薬品名	配合量
生ゴム	100
チウラム	3
亜鉛華	5
アルドールαナフチルアミン	1
カーボン	3
ステアリン酸	3
パラフィン	1
白艶華	100

一定として素練時間を 10, 20, 30, 40 分、精練時間を 10, 20, 30, 50 分と変えた試料を用いることとした。第 7 表に示す配合試料 1 kg をつくり、前述の方法と同様にして直径約 10 φ, 厚さ 8 mm の円柱形試料を作つた。試料のロール練時間及びその合計時間は第 8 表の通りである。

(2) ゴム混和物の素練及び精練時間を変えた場合の荷重と流出量

ゴム混和物の配合量を一定にとり、第 7 表に示す配合のものを選んだ。この配合で素練時間及び精練時間を変

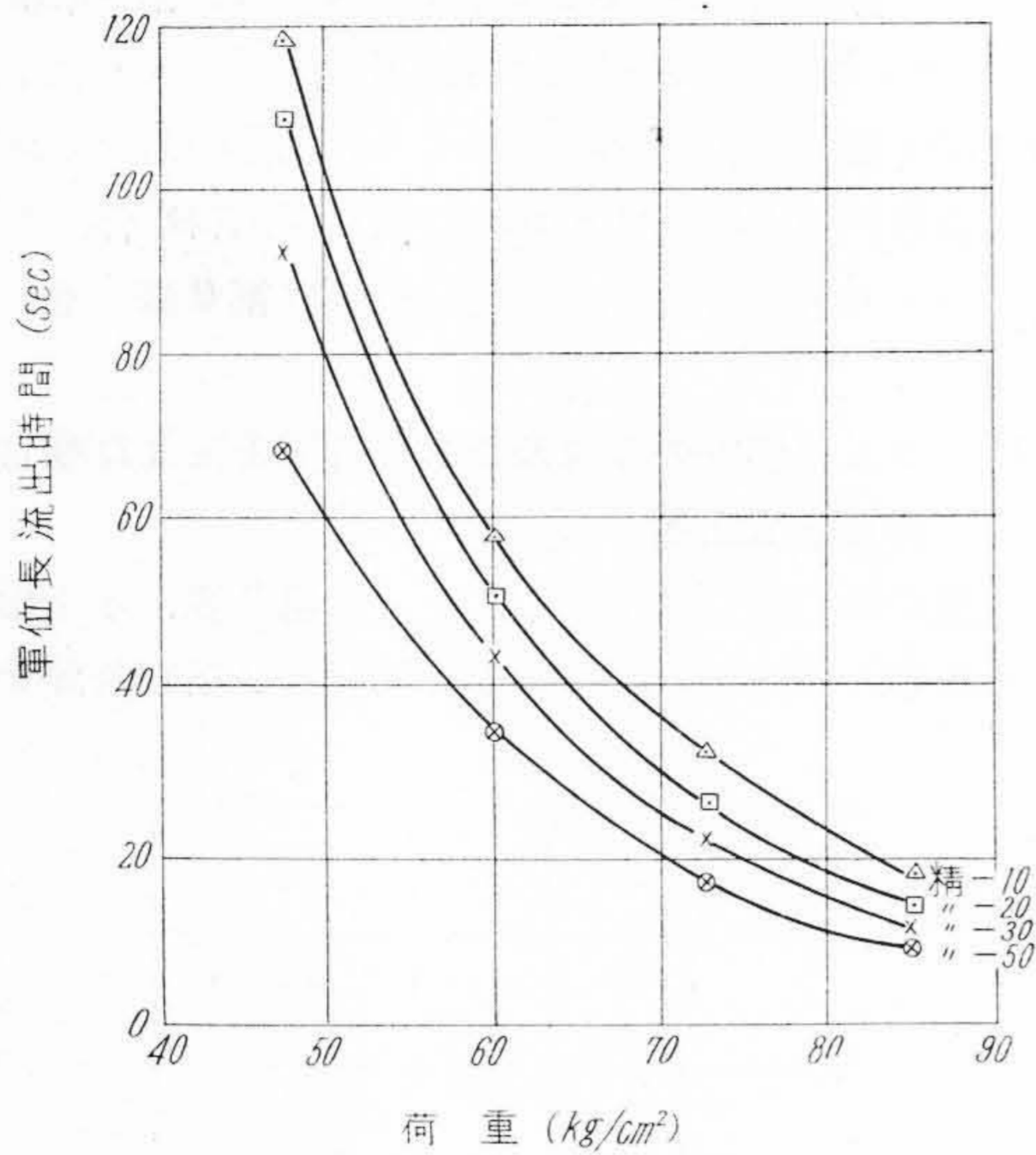


第 9 図 ゴム混和物の素練時間の変化による荷重と流出時間の関係

Fig. 9. Relation between Load and Flowing Time of Rubber Compounds with Varied Premastication Time

第 8 表 試料のロール練時間 (分)
Table 8. The Mastication Time of Sample by Roll (min)

試料番号	練時間					計
	素練	ロール巻付	新練	切返し練返し	精練	
素-10	10	—	13	4	—	27
素-20	20	—	13	4	—	37
素-30	30	—	13	4	—	47
素-40	40	—	13	4	—	57
精-10	—	3	17	2	10	32
精-20	—	3	17	2	20	42
精-30	—	3	17	2	30	52
精-50	—	3	17	2	50	72



第 10 図 ゴム混和物の精練時間の変化による荷重と流出時間の関係

Fig. 10. Relation between Load and Flowing Time of Rubber Compounds Varying the Milling Time

えた試料に就き押出式プラストメーターを使用して荷重 47.6, 60.1, 72.7, 85.5 (kg/cm²) の 4 種に就き測定温度 80°C に於ける流出時間を測定した結果は第 9, 10 図の通りである。なお流出量は第 9, 10 表の通りである。

第 9 表 素練時間を変えた場合のゴム混和物の荷重と流出量

Table 9. Relation between Load and Flowing Volume of Rubber Compounds with Varied Premastication Time

試料番号	荷 重 (kg/cm ²)	流 出 時 間 (sec)	流 出 量 (cm ³ /sec)
素—10	47.6	345	23.2×10 ⁻⁵
	60.1	208	38.4×10 ⁻⁵
	72.7	155	51.5×10 ⁻⁵
	85.2	118	67.6×10 ⁻⁵
素—20	47.6	228	34.9×10 ⁻⁵
	60.1	152	52.5×10 ⁻⁵
	72.7	109	73.2×10 ⁻⁵
	85.2	83.1	96.2×10 ⁻⁵
素—30	47.6	174	45.9×10 ⁻⁵
	60.1	109	73.1×10 ⁻⁵
	72.7	77.4	103×10 ⁻⁵
	85.2	60.1	133×10 ⁻⁵
素—40	47.6	141	56.6×10 ⁻⁵
	50.1	79.6	100×10 ⁻⁵
	72.7	57.2	140×10 ⁻⁵
	85.2	41.8	191×10 ⁻⁵

測定温度： 80°C

(3) ゴム混和物の素練及び精練時間を変えた場合の可塑性の 3 常数

ゴム混和物の素練及び精練時間を変えた場合の流出量と荷重の関係を両側対数グラフにとると第 11, 12 図に示すようになる。この曲線に漸近線を引き、図上より角度 α , 線分の長さ A' を各曲線に就き読みとり(2)式(前出)より n 及び η^* を求めた。なお f は(3)式(前出)より求めた。これらの可塑性の 3 常数 n, η^*, f の値は第 11 表に示すような値となつた。

第 10 表 精練時間を変えた場合のゴム混和物の荷重と流出量

Table 10. Relation between Load and Flowing Volume of Rubber Compounds with Varied Milling Time

試料番号	荷 重 (kg/cm ²)	流 出 時 間 (sec)	流 出 量 (cm ³ /sec)
精—10	47.6	118	67.4×10 ⁻⁵
	60.1	58.2	137×10 ⁻⁵
	72.7	32.2	247×10 ⁻⁵
	85.2	18.1	440×10 ⁻⁵
精—20	47.6	109	73.1×10 ⁻⁵
	60.1	51.3	156×10 ⁻⁵
	72.7	26.4	302×10 ⁻⁵
	85.2	14.5	550×10 ⁻⁵
精—30	47.6	92.6	86.1×10 ⁻⁵
	60.1	44.6	180×10 ⁻⁵
	72.7	21.8	366×10 ⁻⁵
	85.2	12.2	654×10 ⁻⁵
精—50	47.6	68.0	116×10 ⁻⁵
	60.1	34.9	227×10 ⁻⁵
	72.7	17.0	470×10 ⁻⁵
	85.2	9.2	868×10 ⁻⁵

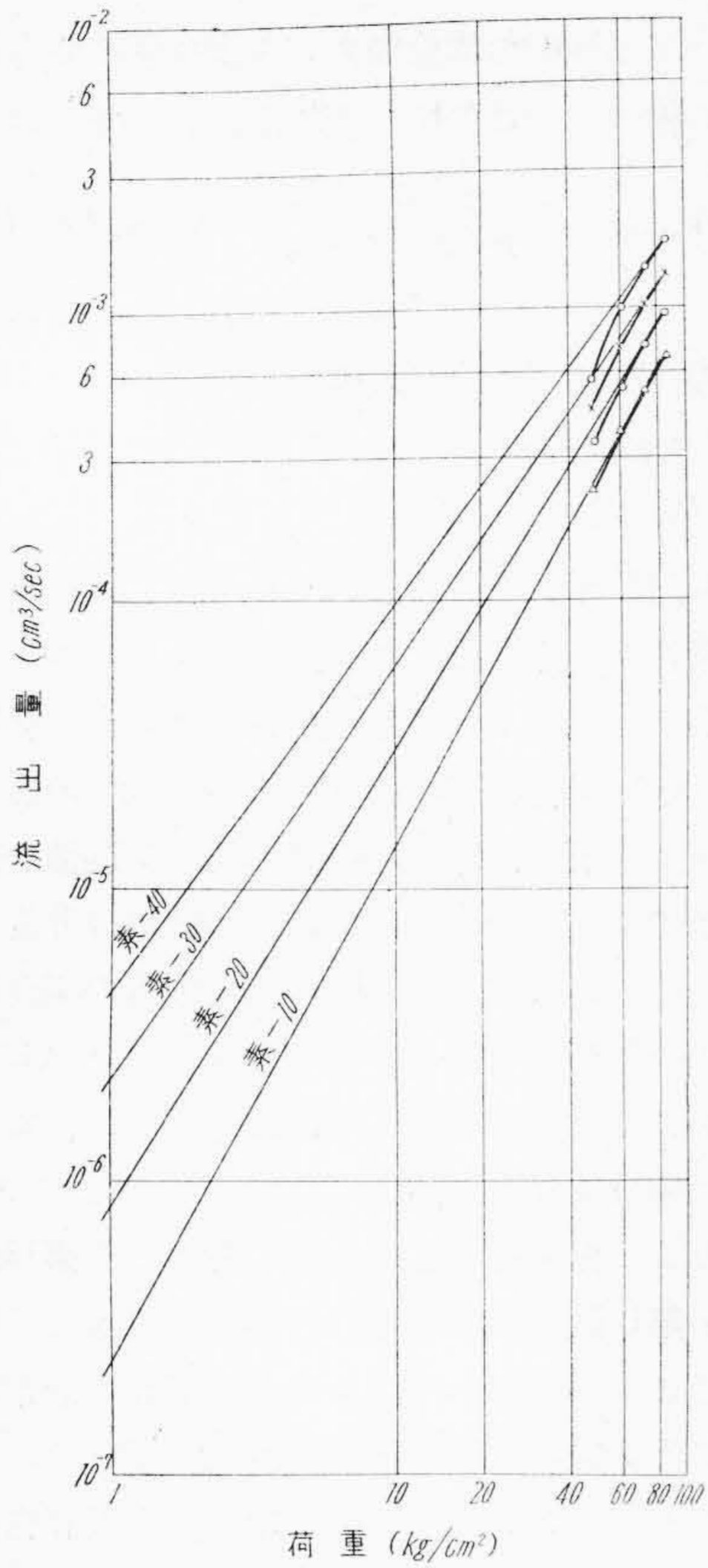
測定温度： 80°C

第 11 表 ゴム混和物の素練及び精練時間に基く可塑性の 3 常数

Table 11. 3 Plastic Flowing Constants of Rubber Compounds Varying the Premastication and Milling Time

試料番号	可 塑 性 の 3 常 数		
	n	η^* sec (kg/cm ²)	f (kg/cm ²)
素—10	1.82	1.04	0.162
素—20	1.63	0.58	0.122
素—30	1.44	0.39	0.080
素—40	1.35	0.28	0.041
精—10	4.33	1.83	0.093
精—20	4.11	1.63	0.080
精—30	4.01	0.95	0.043
精—50	3.96	0.68	0.034

測定温度： 80°C



第11図 素練時間の変化によるゴム混和物の荷重と流出量の関係

Fig. 11. Relation between Load and Flowing Volume of Rubber Compounds with Varied Premastication Time

〔VI〕 ゴム混和物の流出量に就いての理論値と実験値の比較検討

前述したようにゴム混和物の流速の分布は第5図に示すような結果を得ている。即ち既報⁽¹⁾に於て塩化ビニル樹脂混和物の流線の分布は第13図(次頁参照)のA図に示すように先端が平らであるのに対し、ゴム混和物の場合は先端がとがって第13図のB図のようになって、塩化ビニル樹脂混和物とゴム混和物の流れの形状の大きく異なることを実験的に見出した。

この第13図のA図の場合に於ける理論的流出量⁽¹⁾は、

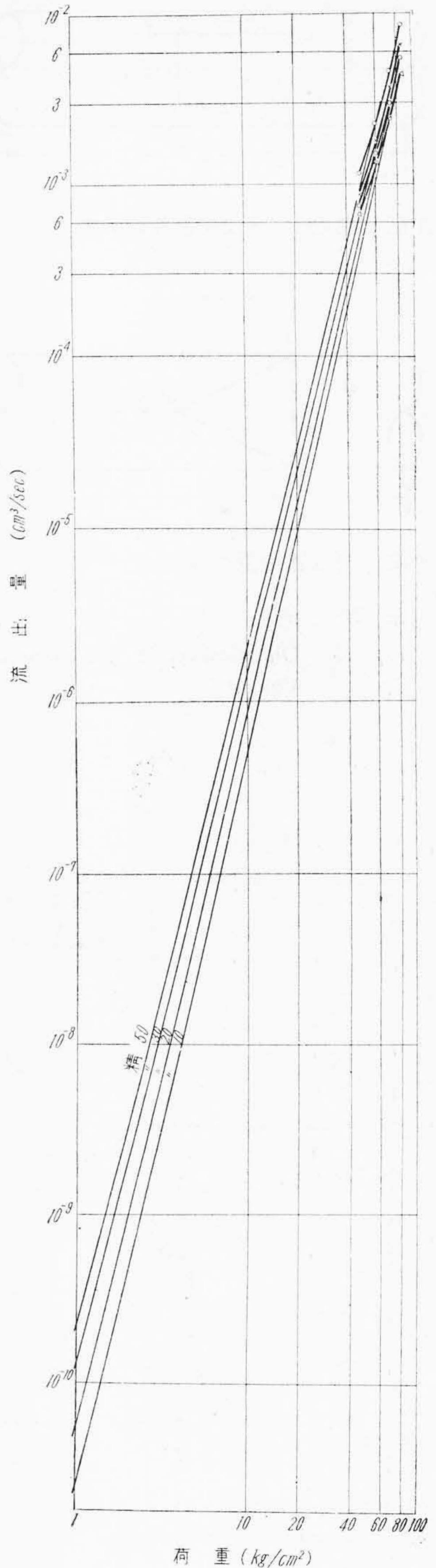
$$\frac{r_f}{a} = \mu \quad \text{とおくと、}$$

但し a = 細管の半径

$$r_f = \frac{1}{2} CD \quad (\text{第13図のA参照})$$

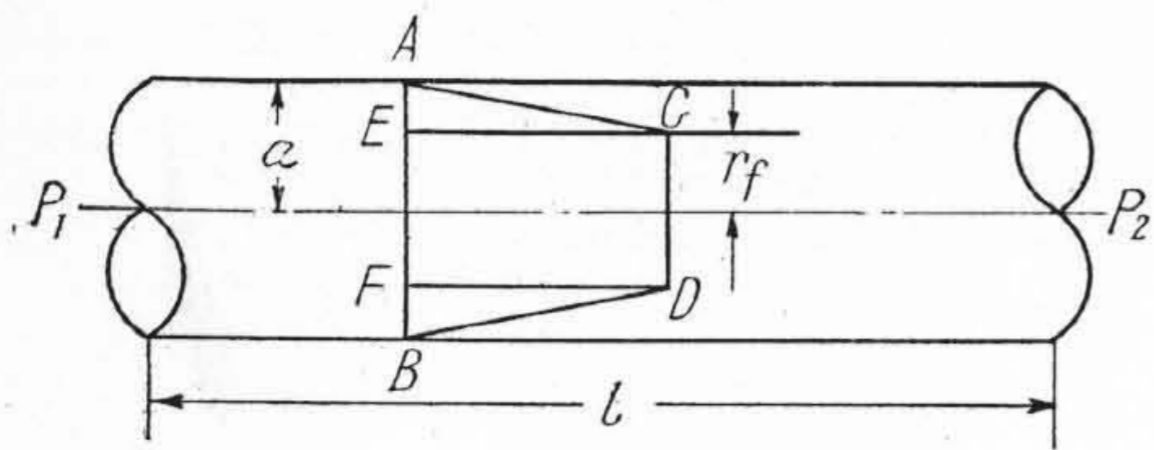
$$\log V = \log V_{\mu=0} - U$$

$$\left. \begin{aligned} \text{但し } -U &= \log \frac{2(n+3)}{n+1} + (n+1) \log(-\mu) \\ &+ \log \left\{ \frac{1}{2} - \frac{(1-\mu)^2}{n+3} - \frac{(1-\mu)\mu}{n+2} \right\} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

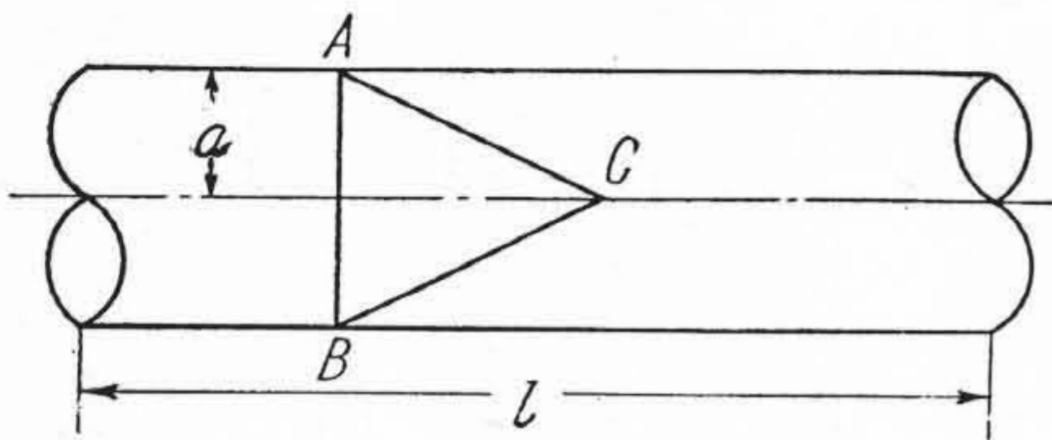


第12図 精練時間の変化によるゴム混和物の荷重と流出量の関係

Fig. 12. Relation between Load and Flowing Volume of Rubber Compounds with Varied Milling Time

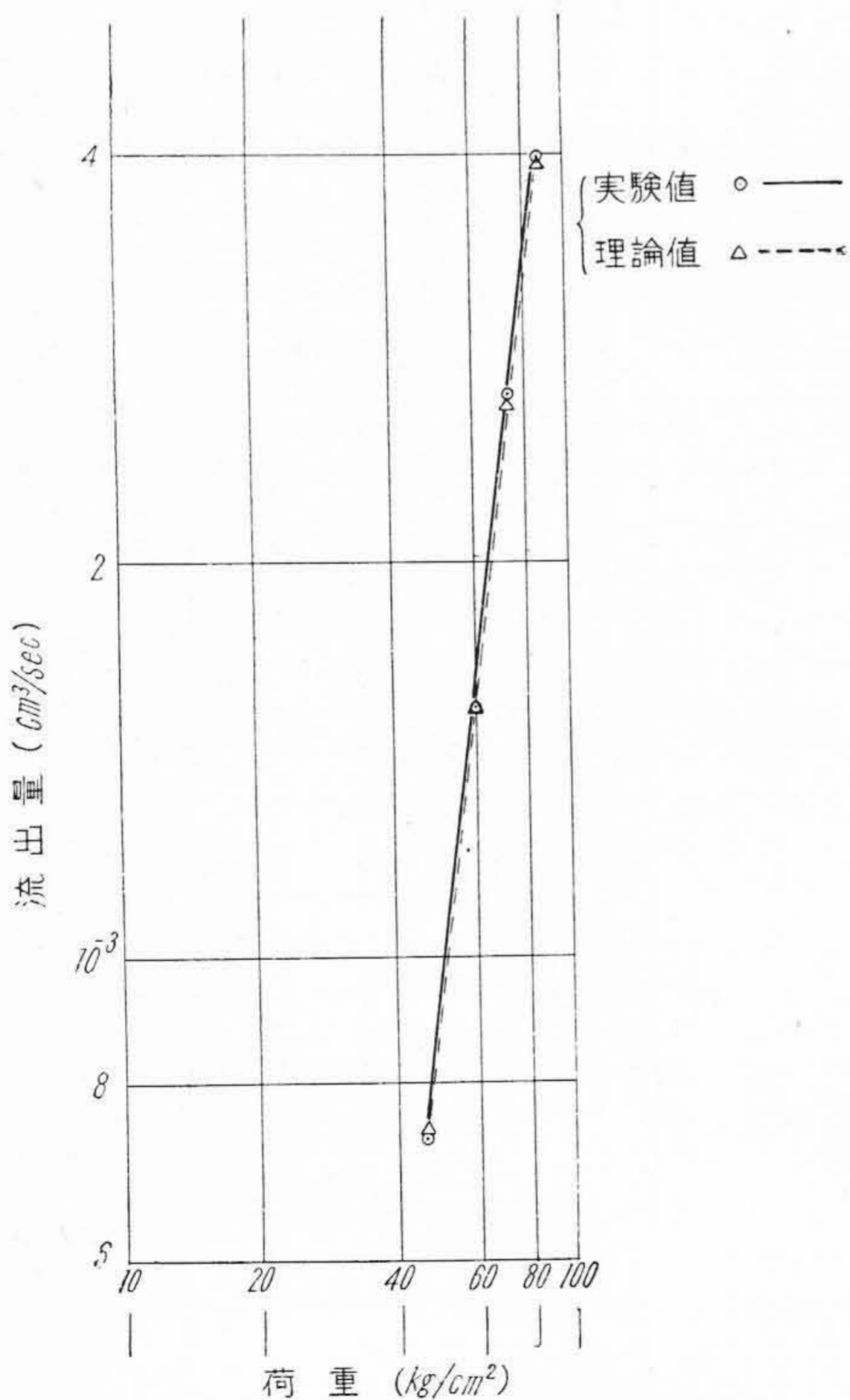


A 図 塩化ビニル樹脂混和物の場合



B 図 ゴム混和物の場合

第13図 流速分布
Fig. 13. Distribution of the Flowing Velocity



第14図 流出量と荷重の実験値と理論値の比較
Fig. 14. Comparison between the Observed Value and Calculated Value of the Relation between Flowing Volume and Load

である。又 $\mu=0$ の場合即ちゴム混和物のときは第13図のB図に相当し、この場合の理論的流出量⁽¹⁾は

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

但し n, η^* は可塑性の常数

l は細管の長さ

$(P_1 - P_2)$ は荷重

生ゴム白艶華各々100部、チウラム、カーボン、ステアリン酸各々3部、亜鉛華5部、アルドル α ナフチルアミン1部、パラフィン0部の配合のゴム混和物に就いて第6表に示す試料番号P-0の n 及び η^* の値を使用して(5)式より求めた流出量の理論値と実験値を示すと第14図に示すように理論値と実験値の曲線は非常によく近寄っている。なおゴム混和物の他の配合の場合にもよく近似している結果を得た。この理論値{(5)式による}と実験値がよく近よっているのは既報⁽¹⁾の塩化ビニル樹脂混和物の場合よりも一層よく類似していることが判つた。即ちこの結果をおしひろめて考えると第13図のB図の流れが第13図のA図の流れの場合よりもよく理論に一致することがいえるわけであるが、流れの分布の形状の種類による実験値と理論値の一致性に就いては今後なお検討してみたいと考えている。なおゴム混和物に就いて流出量の理論値算出に当り数値を使つて(4)式により計算した結果は U の値は $\log V_{\mu=0}$ の値に対して極く微小であつて、 $\log V = \log V_{\mu=0}$ になることが判つた。即ちゴム混和物の場合に(14)式が適用し得ることを計算上からも立証し得たことを附記する。

〔VII〕 結 言

以上を総括すると、

(1) ゴム混和物の押出式プラストメーターのオリフィス中に於ける流線の分布を実験的に求め、これを写真にとることが出来た。その流線の形状はオリフィス周辺部の速度は中央部の速度に比すると極めて小であることが判つたので押出量に対する理論を適用することが出来ることを立証することが出来た。

(2) 塩化ビニル樹脂混和物のオリフィス中の流速分布は先端が平らであり、ゴム混和物の流線形状は先端がとがっている。即ち流速分布の形状が塩化ビニル樹脂混和物とゴム混和物とが異なっていることが実験的に判つた。

(3) 押出式プラストメーターを使用してゴム混和物の配合量に基く可塑性のうちゴム量、パラフィン量及びカーボン量を変えた場合の可塑性の3常数 η^*, n, f を算出した結果は第6表に示す通りとなつた。即ちゴム量、

パラフィン量の増加にともなつて可塑性は増大し、カーボン量の増加に従つて可塑性は減少する。なお3常数 n , η^* , f のうちで、 η^* が大きくきいてくる。

(4) 押出式プラスチックメーターを使用してゴム混和物の配合量を一定にとり、素練及び精練時間の可塑性に及ぼす影響を実験した結果は第11表に示すような可塑性の3常数 n , η^* , f を求め得た。即ち素練及び精練時間の増加に従つて可塑性は大きく増加する。その程度を可塑性の3常数を以つて数字的に求め得たわけである。

(5) 押出式プラスチックメーターによるゴム混和物の流出量に関し理論値と実験値が非常に近よつており、塩化ビニル樹脂混和物の場合よりも更に一層よく類似していることが判つた。

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、日立中央研究所鳥山前所長、日立研究所鶴田部長、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伊勢、平野両君に厚くお礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 山本・大内：日立評論 35 (2) 79 (昭 28. 2)
- (2) M. T. Watson・W. D. Kennedy・G. M. Armstrong: Phys. Rev. 82 301 (1951){Chem. Abstracts 46 (15) (Aug. 10, 1952) 7357}
- (3) R. W. Whorlow: J. Rubber Research 20 71 (1951) {Chem. Abstracts 46 (7) (April 10, 1952) 3313}
- (4) R. Buchdahl・H. K. Nason: Ind. and Eng. Chem. 40 (4) 642 (1948)
- (5) W. D. Todd: Official Digest Federation Paint & Varnish Production Clubs (325) 98-112, 113-126 (1952) {Chem. Abstracts 46 Sept., 10, 1952) 8412}
- (6) H. Leaderman・R. G. Smith: Phys. Rev. 81 303 (1951) {Chem. Abstracts, 46 (15) (Aug. 10, 1952) 7357}
- (7) E. B. Atkinson・H. A. Nancarrow: Plastics Inst. (London) Trans. 19 (38) 23 (1951){Chem. Abstracts 46 (9) (May 10, 1952) 4269}
- (8) W. J. Lyons: J. Appl. Phys. 23 2 (Feb. 1952)
- (9) M. Morio・S. Onogi・C. Nakayama and K. Yamamoto: J. Appl. Phys. 22 466 (1951)
- (10) R. Buchdahl・L. E. Nielson: J. Appl. Phys. 22 1344 (1951)
- (11) G. W. Scoffblair: J. Appl. Phys. 23 600 (1952)
- (12) 古川：材料試験 1⁽¹⁾ 10 (昭 27. 8)
- (13) 竹中：化学と工業 4 (11) 12 (昭 26. 11)
- (14) A. W. Nolle: J. Appl. Phys. 19 753 (1948)
- (15) R. B. Blizard: Rubber Chem. Tech. 25 490 (July—Sept. 1952)
- (16) J. Z. Lichtman・C. K. Chatten: Analy. Chem. 24 (5) 812 (May, 1952)
- (17) G. M. Bartenev. L. A. Vishnitskaya: Zhur. Tekh. Fig. 20, 858 (1950) {Chem. Abstracts 46 (4) (Feb. 25, 1952) 1789}
- (18) H. Luttrupp: Chem. Tech. (Berlin) 3, 235—9, 243 (1951): Cfc. A. 45. 9298a{Chem. Abstracts 46 (4) (Feb. 25, 1952) 1790}
- (19) 古川・富久：ゴム協会誌 21 17 (1948)
- (20) 古川・富久：ゴム協会誌 21 51 (1948)
- (21) 古川・富久：ゴム協会誌 21 97 (1948)
- (22) 古川・富久：ゴム協会誌 22 1 (1949)
- (23) 古川・富久：ゴム協会誌 22 3 (1949)
- (24) 古川・富久：ゴム協会誌 22 106 (1949)
- (25) 吉田：ゴム協会誌 22 116 (1949)
- (26) 富久・古川：ゴム協会誌 23 273 (1950)
- (27) 飛石：ゴム協会誌 23 246 (1950)
- (28) W. E. Mochel・J. B. Nichols: Ind. and Eng. Chem. 43⁽¹⁾ (Jan., 1951) 154
- (29) 堀尾・小野木：化学と工業 5 (12) 577 (昭 27. 12)
- (30) 森：機械の研究 5 (1) 14 (昭 28. 1)





HITACHI REVIEW

No. 3

—NOW ON SALE—

The Hitachi Review started by Hitachi, Ltd. for the purpose of introducing to readers overseas the newest phases of engineering activities of the Company, continues to gain favourable comment from its inception.

The third issue has recently been published. Articles in this issue are as mentioned below; each of them deals with most interesting subject of the writer's field of study and is full of suggestion. Immediate subscription is invited.

- 27,500 kW Water Turbine with 28,500 kVA Alterator for Ojiya Power Plant,
Japanese National Railways
T. Komoriya and T. Takagi
- Switchboard and Carrier Current Protective Relaying Set for the Ojiya Power
Station, Japanese National Railways.....
H. Kawai, S. Morii, F. Saruwatari and H. Yakata
- 275 kV 70,000 kVA Transformers for Narude Hydraulic Power Station of the
Kansai Denryoku Company
K. Sudo
- New Type 80.5 kV 4,000 MVA Contrarc Circuit Breaker.....
M. Kuwayama and Y. Yamada
- 10,000 kW Steam Turbine and 12,500 kVA Turbine Generator for Madra Power
Station, India
H. Urata, K. Takabayashi, T. Nakahara and K. Moriyama
- 4,000 kW Ilgner Set for 950 mm 2-High Reversible Blooming Mill, Supplied to
Yawata Iron Works of the Yawata Iron and Steel Mfg. Co.....
O. Tazuki, S. Kida, M. Yamamoto, S. Izumi and K. Hirakawa
- Synchronized Drive of Wound Rotor Induction Motors with a Common Secondary
Resistor
S. Matsui and Y. Sonoyama
- A Low Energy Automatic Synchronizer
E. Kobayashi and S. Hira
- Calculating Formulae for Characteristics of Multigrid Vacuum Tubes
Y. Sawada
- Measurement of Displacement-Response Transducing Coefficient of Transmitter
Carbon Granule
S. Nishiyama
- The Parallel Operation of Blowers or Fans
K. Suzuki and H. Iesaka
- Economical Rate of Acceleration for Rapid Transit Trains and MMC Multi-
Notch Control System
K. Hirata
- Heat Treatment and the Properties of Cold Punching Die Steel
S. Koshiba

Price: ¥ 200 a copy Postage: ¥ 40

Publisher: Hitachi Hyoron Sha, Hitachi, Ltd.
Marunouchi, Tokyo, Japan