

押出機におけるビニル材料の流動挙動

Some Rheological Behaviors of Plasticized Polyvinyl Chloride in a Screw Extruder

鎌 田 長 生*

Osao Kamada

内 容 梗 概

熱可塑性プラスチックの押出加工性に及ぼす諸要因の影響を明確にするため、ポリ塩化ビニル混和物の流動特性を押出形レオメータとスクリュ押出機の両者について測定した。ポリ塩化ビニル混和物の流動特性は配合によって変化するが、滑性の有無によっても左右されると考えられるので、滑性剤を配合した混和物について実験したところ、すべり効果のあることを認め、このような場合、レオメータの場合とスクリュ押出機による場合の流動特性は相反する挙動を示すことを見いだした。

1. 緒 言

最近、プラスチック材料の顕著な進歩にともない、その成形加工も大きな分野を占めてきた。電線工業においてもポリ塩化ビニル樹脂をはじめ各種のプラスチック材料が絶縁材料あるいは保護被覆として大量に使用され、今後さらに増加の傾向を示している。

プラスチック電線の製造法に押出法 (Extrusion) があるが、これはスクリュ押出^{(1)~(4), (25)~(29)} (Screw Extrusion) とラム押出 (Ram Extrusion)⁽⁵⁾ に大別される。特にスクリュ押出法は原則として熱可塑性物質の成形加工に適用され、ゴム、ポリ塩化ビニル、ポリエチレン、ナイロンなどの電線の製造上大きな比重を占めている。

押出条件の良否は生産効率に影響するだけでなく電線の性能、外観を左右する。最適押出条件をどのように設定するかという命題には押出機 (Extruder) 自体の機械設計上の問題と、材料の流動特性の問題を含んでいる。

前者についての論議は別の機会にゆずるとして、本報告には後者についての考察をとりあげてある。

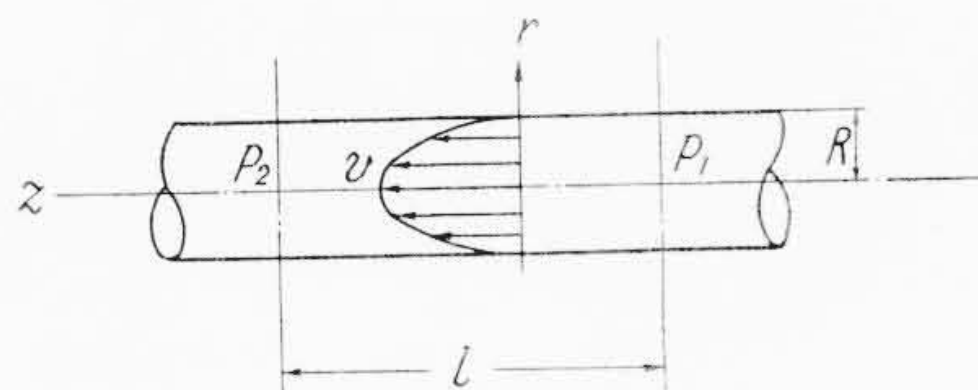
溶融プラスチックのような高粘性物質の流動挙動については多数の研究結果が発表されているが^{(6)~(11)} レオメータによるものが多く、生産規模における実際的データに乏しい。したがって筆者は実際応用の面からレオメータによる流動特性が直接、押出機の流動挙動に適用できるものかどうかを確かめるため、また実際押出作業にたずさわるとき遭遇する問題、たとえば材料の練りが良いとか、悪いとかのような諸問題に考察を加えるため、まずポリ塩化ビニル混和物のもつ滑性を焦点として、押出形レオメータとスクリュ押出機の両方について流動特性の測定を行った。

2. 押出形レオメータによる流動特性

2.1 レオメータにおける流動理論⁽¹⁹⁾

高粘性物質の流動特性測定に用いられるレオメータ

* 日立電線株式会社電線工場



第1図 流管模型

(Rheometer)には通常、押出形^{(10)(12)~(14)}、圧縮形⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾、回転形⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾の3種類があるが、この実験には押出形レオメータを用いた。

押出形レオメータにおける流体の運動は第1図に示されるように細管中の流動模型で表わされる。

この場合の流動理論については多数発表^{(10)(12)~(14), (19)}されているから詳細はさけるが、物質の本質に従って次のような流動形式が知られている。

(A) ニュートン流体 (理想流体)

$$\frac{dv}{dr} = \frac{1}{\eta} \cdot p_t \dots \dots \dots (1)$$

(B) ビンガム固体

$$\frac{dv}{dr} = \frac{1}{\eta} \cdot (p_t - g) \dots \dots \dots (2)$$

(C) 一般性ニュートン流体

$$\frac{dv}{dr} = \frac{1}{\eta'} \cdot p_t^n \dots \dots \dots (3)$$

(D) 一般性ビンガム固体

$$\frac{dv}{dr} = \frac{1}{\eta'} \cdot (p_t - g)^n \dots \dots \dots (4)$$

ここで dv/dr = 剪断速度勾配

$p_t = r \cdot \Delta p / 2l$ = 剪断応力

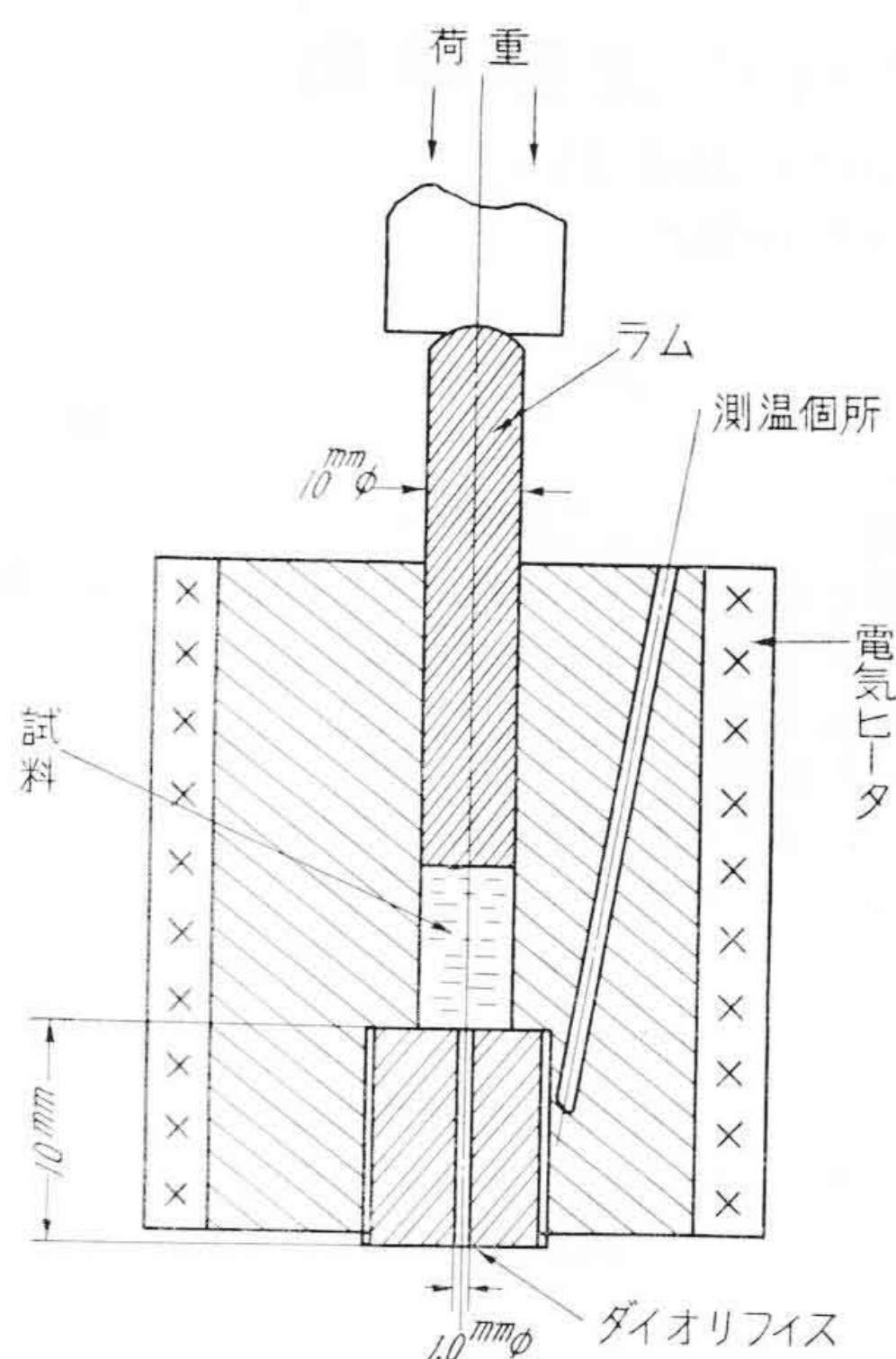
$\Delta p = p_1 - p_2$ = 管路の圧力差

η = 粘度

η' = 見掛け粘度

g = 降伏剪断応力

n : 物質の定数



第2図 押出形レオメータの構造

あとの説明のために(3)式から管路中の流動量を求める。

$$dv/dr = 1/\eta' \cdot (r/2l \cdot \Delta p)^n \quad (5)$$

$$\therefore v = \frac{1}{\eta'} \cdot \frac{2l}{\Delta p} (r \cdot \Delta p / 2l)^{n+1} / (n+1) + C$$

半径 R の流管の壁面で流体は完全に粘着してすべりがないと仮定すると $r=R$ で $v=0$ であるから

$$C = -k2l/\Delta p \cdot (R\Delta p/2l)^{n+1} / (n+1)$$

$$\therefore -v = \frac{1}{\eta'} \cdot \frac{2l/\Delta p}{(n+1)} \left\{ \left(\frac{R \cdot \Delta p}{2l} \right)^{n+1} - \left(\frac{r \cdot \Delta p}{2l} \right)^{n+1} \right\} \quad (6)$$

単位時間の流動量 Q は(7)式で与えられる。

$$Q = \int_0^R v \cdot 2\pi r \cdot dr = \frac{1}{\eta'} \cdot \pi R^3 \left(\frac{R \cdot \Delta p}{2l} \right)^n / (n+3) \quad (7)$$

(1), (2), (4)式からいずれも同様の取扱いによって流動量を求めうるが省略する。(7)式で $n=1$ のときはニュートン流体の流動量を表し、ポアズイユ式となる。このときは $\eta'=\eta$ で真の粘度を示す。

しかしながら(3), (7)式は経験則にすぎないので理論上いくつかの障害をもっているが、ここではふれない。

2.2 レオメータによる測定結果

2.2.1 測定装置

測定器主要部分を第2図に示す。オリフィスよりの単位時間流出量はダイヤルゲージで読み計算した。温度調節範囲は170~190°Cで、設定値の $\pm 1^\circ\text{C}$ におさえた。

第1表 供試配合

試料番号	1	2	3	4	5	6	7
配合剤							
Geon IOIEP	62	62	62	62	62	62	62
DOP*	31	31	31	31	31	31	31
三塩基性硫酸鉛	7	7	7	7	7	7	7
ステアリン酸鉛	—	1	2	3	—	—	—
ポリエチレン	—	—	—	—	1	2	3

* DOP=Di-2 ethylhexyl Phthalate

第2表 降伏値

試料番号	1	2	3	4	5	6	7
温度 ($^\circ\text{C}$)							
170 p_0 (kg/cm 2)	(32.34)	(31.50)	13.2	6.6	7.1	15.8	15.6
170 ϑ (kg/cm 2)	0.80	0.79	0.34	0.71	0.18	0.40	0.39
180 p_0 (kg/cm 2)	15.3	10.7	10.2	8.0	15.4	12.8	12.8
180 ϑ (kg/cm 2)	0.38	0.27	0.26	0.20	0.39	0.32	0.32
190 p_0 (kg/cm 2)	12.6	9.8	13.5	0.3	10.4	12.8	12.6
190 ϑ (kg/cm 2)	0.32	0.25	0.34	0.008	0.26	0.32	0.32

荷重範囲は26~52 kg/cm 2 である。

2.2.2 供試配合

ポリ塩化ビニル(以下PVCと略称する)混和物は基本的にはPVC樹脂と可塑剤、安定剤で構成されるが、このほかに加工性を改善するため滑性剤を混合することがある。ゴム配合に滑性剤を加えてロール練の際の離れをよくすることは古くから行われているが、PVC混和物に加えられた滑性剤、あるいは滑性のある安定剤が押出の際どんな作用をするか不明であるので、滑性剤としてステアリン酸鉛(以下 $Pb-S_t$ と略称する)をえらび、これと逆に粘着効果を期待してポリエチレン(以下PEという)をえらび、それぞれ同一基本配合にロールで混合した。

配合内容を第1表に示す。PEは一般にPVCに混合しないが、この程度の量では均一に分散する。

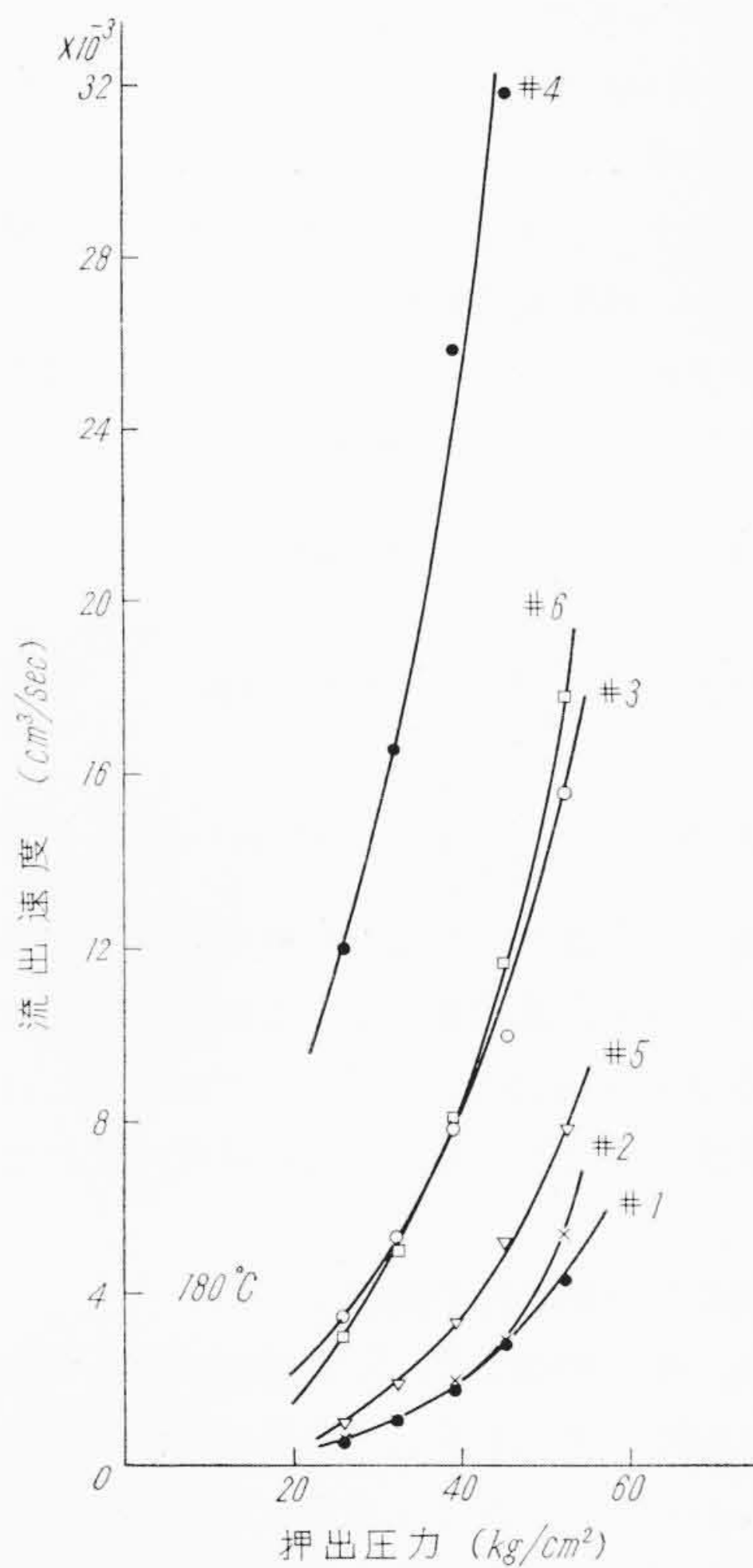
2.2.3 測定結果

第1表の各試料を前述の方法で測定した結果の一例を第3図に示すがこの曲線形は一般性ビンガム固体と同様で、 $Q=0$ である降伏値 p_0 をもつ。Lagrangeの方法によって求めた p_0 を第2表に示す。 ϑ は $\vartheta = R \cdot p_0 / 2l$ によって求めた降伏剪断応力である。 p_0 は温度によって変化することは容易に予想されるが、滑性剤特に $Pb-S_t$ の添加とともに著しく減少することがわかった。

圧力と流出速度の関係は降伏値 p_0 を含んで表わされるべきであるが一定の形とならず、この圧力範囲ではむしろ(8)式がよい近似で成立することがわかった。この関係の一例を第4図に示す。

$$Q = A \cdot p^n \quad (8)$$

(8)式は(7)式と同一形式であるが、筆者のほかの



第3図 流出速度と押出圧力の関係

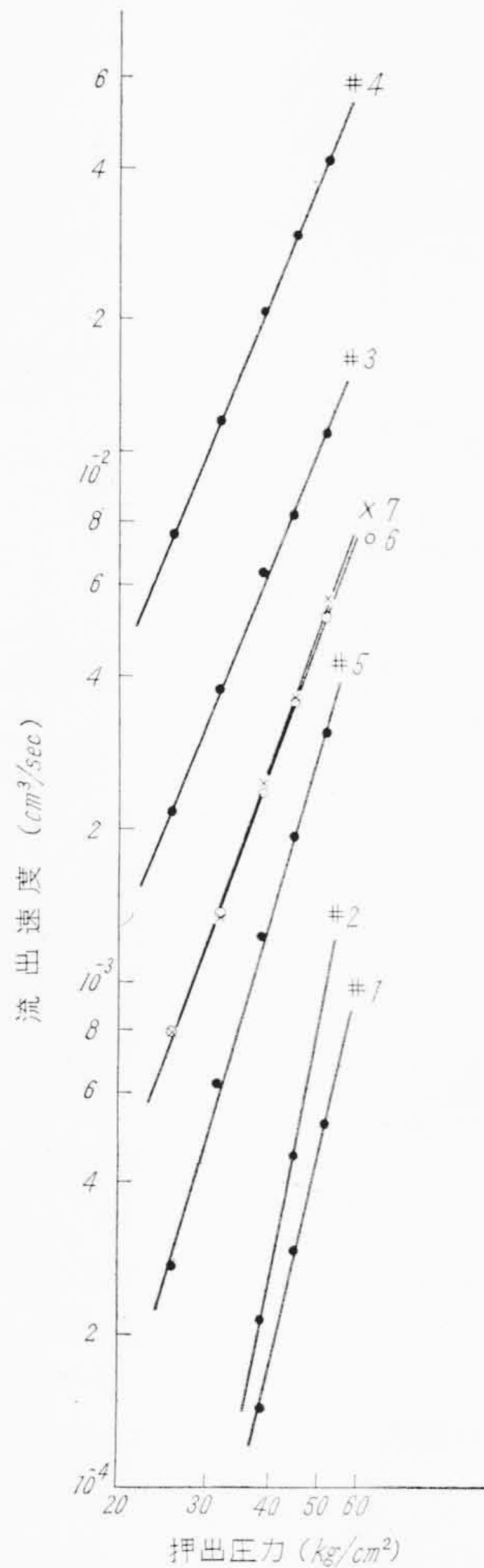
実験で(7)式の半径 R , オリフィス長さ l , 圧力 p を変数として求めた n の値はすべて異なるので(8)式で求めた n をもってただちに(7)式の式に換算することは妥当でない。

A , n の値を第3表に示す。

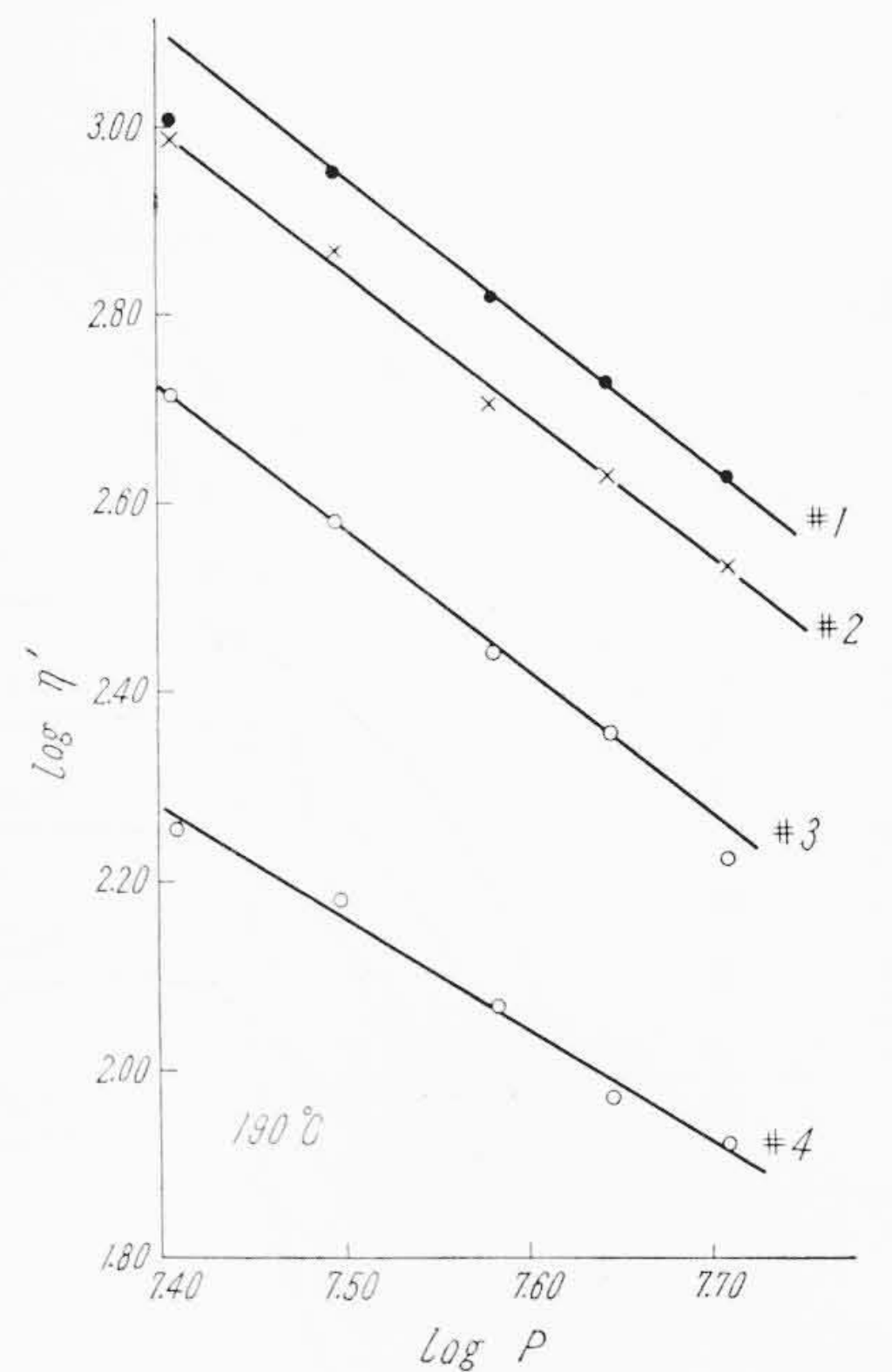
次に(7)式において $n=1$ とおけば, (すなわちポアズイユの式から求めた粘度は見掛粘度であるが), 第5図に例示するように圧力に対して指数関係が成立し, (9)式で表わされる。

第3表 流出速度と圧力の関係常数

試料番号	温度(°C)	n	A	試料番号	温度(°C)	n	A
1	170	4.41	1.54×10^{-11}	5	170	3.37	5.24×10^{-9}
	180	2.87	5.16×10^{-8}		180	2.98	6.10×10^{-8}
	190	2.49	6.17×10^{-7}		190	2.48	1.12×10^{-6}
2	170	5.39	5.63×10^{-8}	6	170	2.79	8.76×10^{-8}
	180	2.85	5.88×10^{-8}		180	2.58	6.78×10^{-7}
	190	2.53	6.74×10^{-7}		190	2.24	5.53×10^{-6}
3	170	2.43	8.47×10^{-7}	7	170	2.78	9.37×10^{-8}
	180	2.10	3.73×10^{-6}		180	2.47	9.23×10^{-7}
	190	2.57	1.11×10^{-6}		190	2.38	2.42×10^{-6}
4	170	2.44	2.66×10^{-6}				
	180	2.03	1.49×10^{-5}				
	190	2.11	1.41×10^{-5}				



第4図 流出速度と押出圧力の関係



第5図 見掛粘度と押出圧力の関係

$$\eta' = \eta_0 \cdot p^m \quad (9)$$

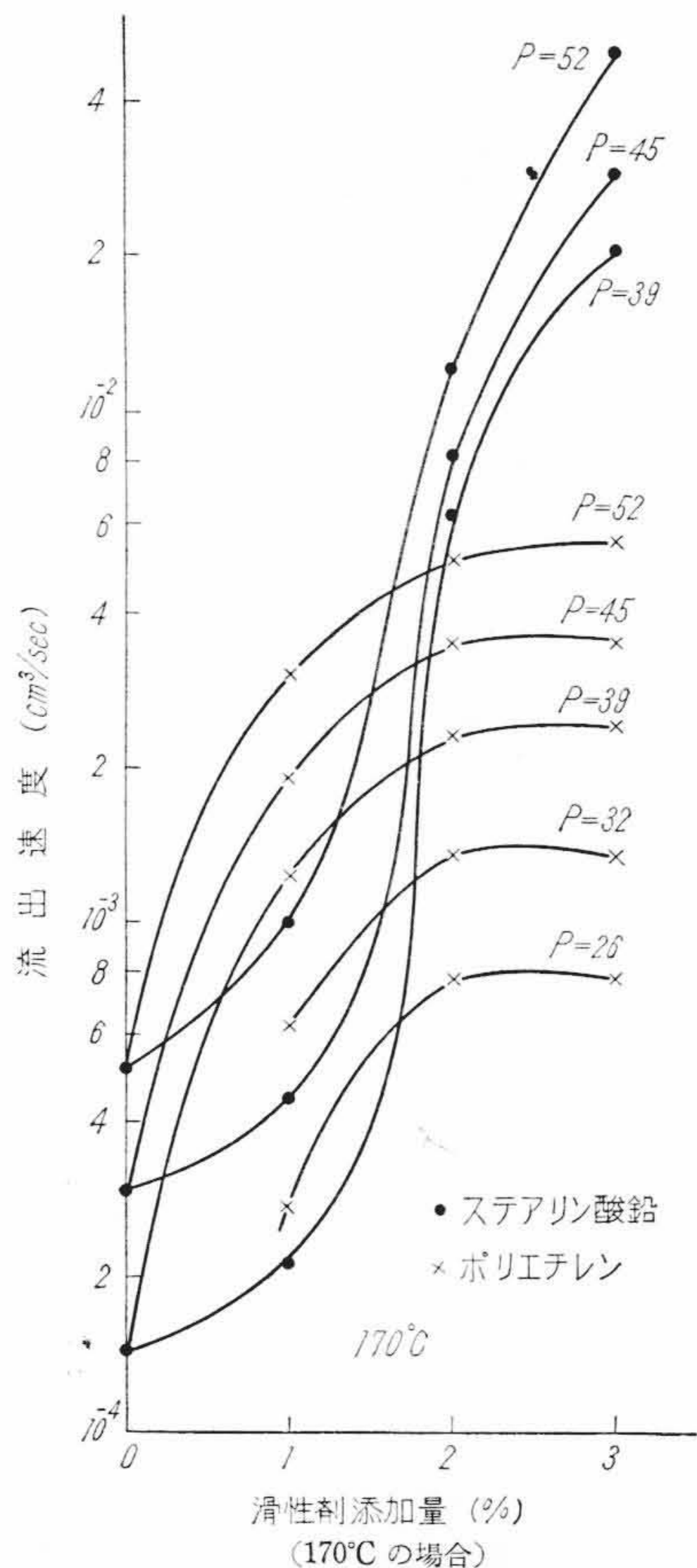
η_0 , m を第4表に示すが, 各配合とも圧力の増加に対し η' は急激に減少する。このような見掛粘度の圧力変化に対しては Buckingham-Reiner氏⁽¹⁹⁾ の考察があるが(9)式の場合 $p=0$ のとき $\eta' \rightarrow \infty$ となって現実と矛盾する。結局, (3), (7)式があくまで経験則の域を出ないと

同様に(9)式も経験的な形でしかない。したがって η' をもってただちに流れの性質を決定することは適当でない。

次に流出速度と P_b-S_t PE 添加量との関係を求めると第6図に例示するように滑性剤の添加によって流出速度ははなはだしく増加する。PE に粘着効果を期待したが, 滑性効果を示した。

第4表 見掛粘度と押出圧力の関係常数

試料番号	温度(°C)	m			η_0 (ポアズ)		
		170	180	190	170	180	190
1		(-3.82)	-1.99	-1.56	(2.33×10^{33})	2.54×10^8	4.52×10^{14}
2		(-4.28)	-1.80	-1.53	(5.92×10^{36})	8.47×10^{16}	1.35×10^{14}
3		-1.48	-1.00	-1.51	1.05×10^{14}	1.82×10^{10}	7.91×10^{13}
4		-1.45	-1.00	-1.20	1.78×10^{13}	5.55×10^9	1.48×10^{13}
5		-2.29	-1.97	-1.45	7.31×10^{20}	1.01×10^{18}	3.90×10^{13}
6		-1.88	-1.55	-1.35	2.93×10^{17}	2.56×10^{14}	2.70×10^{12}
7		-1.86	-1.48	-1.31	2.00×10^{17}	8.20×10^{13}	2.20×10^{12}



第6図 滑性剤添加量と流出速度の関係

このような少量の滑性剤の添加によって流動特性が著しく変る現象について若干考察を加える。

2.2.4 結果の考察

前節で流出速度 Q , 見掛粘度 η' , 降伏値 θ などの流れの常数が滑性剤の添加によって大きく変化することを知ったが, この原因として材料と管路壁との滑り要素⁽²⁰⁾⁽²¹⁾を考えなければならないと思う。

(1) “すべり”についての理論的解釈⁽²⁰⁾⁽²¹⁾

(6), (7)式の導出過程で積分常数を決定するため「流体は管壁ですべりを起さない」という境界条件をもってきたが, これはあくまで理想状態であって実在の物質では完全にすべりがないとみるのは不自然で, この境界条件は不適当である。M.Reiner氏⁽¹⁹⁾などはこの点に対し, 流動理論として考慮を払っているが, 実際の高粘性物質についてすべりの挙動をあげたものはほとんど見当たらない。

一般的に流体と流管壁の間ですべりが存在するときの流動方程式は第1図を参照して次のように導かれる。

$$dv/dr = f(p_t) \dots\dots\dots (10)$$

$$p_t = 1/2 \cdot r \cdot dp/dz$$

$r=R$ における剪断応力を p_R とすると

$$p_R = 1/2 \cdot R \cdot dp/dz \dots\dots\dots (11)$$

$$\therefore p_t = p_R \cdot r/R \dots\dots\dots (12)$$

また壁面でのすべり速度 v_R は壁の剪断応力の関数とみられるから, (13)式で表わす。

$$v_R = S(p_R) \dots\dots\dots (13)$$

$$\therefore dv = f(p_t) \cdot dr = f(p_R \cdot r/R) \cdot dr$$

$$v = S(p_R) + \int_0^R f(p_R \cdot r/R) \cdot dr$$

$$= S(p_R) + \frac{R}{p_R} \int_{p_R \cdot r/R}^{p_t} f(p_t) \cdot dp_t \dots\dots (14)$$

$$\therefore Q = \pi R^2 S(p_R) + \frac{1}{p_R} \int_0^{p_R} p_t^2 \cdot f(p_t) \cdot dp_t \dots\dots (15)$$

すなわち流出速度はすべり項と粘性流動の和で表わされる。しかし PVC 混和物のような粘弾性的な流れに対しては $S(p_R)$ の関数形が明らかでないので, (15)式の適用は数値的には不可能で今後の研究にまたなければならない。

(2) 滑性剤量と流動特性の関係

実験の結果, 滑性剤特に $Pb-Si$ の添加によって流出速度は二けた程度の増加を示し, 見掛粘度の低下も著しいことがわかった。これは山本氏⁽⁸⁾らの可塑剤量を変えて測定したデータと比較すると可塑剤が2倍程度になったときの粘性変化に匹敵するほど大きい。

PVC に強い溶媒和能をもつ可塑剤を加えることはPVCの極性を緩和して粘度を下げることにほかならない⁽²²⁾⁽²³⁾。

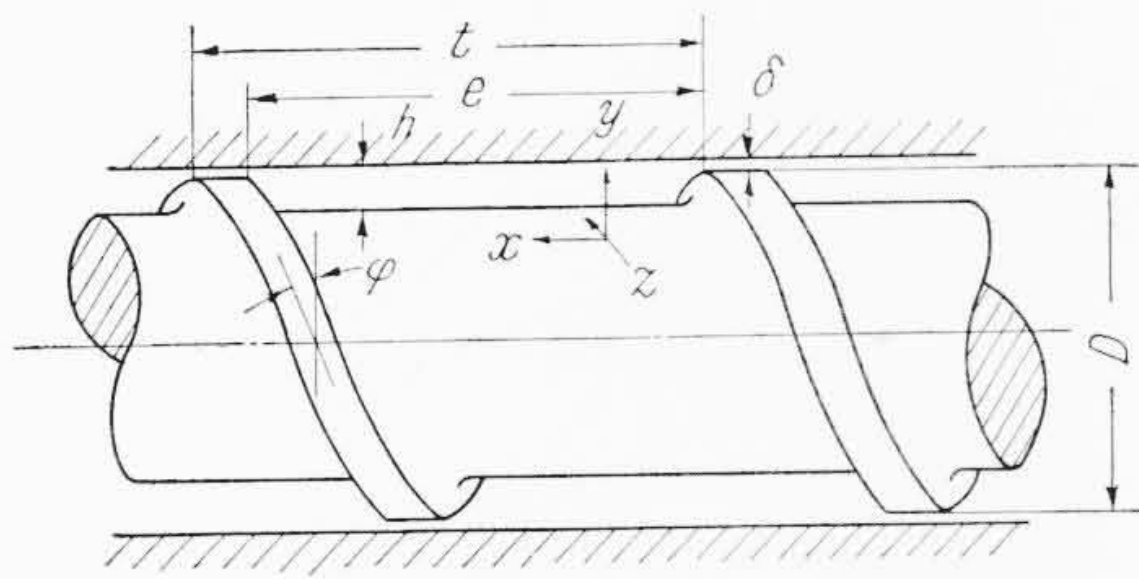
ところがこのようにPVCに可塑化能をもたない $Pb-Si$ あるいはPEの少量の添加で大きな見掛粘度低下をきたしたのは理解しにくい。結局配合上からみて滑性剤の添加により, PVC混和物の滑性がこのような見掛上の流動性変化を与えたものと解釈される。

また(7), (8)式の n の値は物質固有のもので流れの性質を表わすものとの考え方が一般的であるが, 滑性剤の添加, 温度の上昇とともに減少する一般傾向がある。この現象もすべり要素との関係で明白にされる必要がある。

以上のように滑性剤の添加による流れの諸常数の変化について考察を加えた結果, すべりの数値的取扱は今の段階では不可能であるが, この形式のレオメータではすべりを無視して一義的に流れの本質を規定することは誤った考え方のようにみえる。このことは以下に述べるスクリュ押出機における実験結果から明白になる。

3. スクリュ押出機における流動特性

ある材料が与えられたとき, その加工性の良否をいち



第7図 スクリュ溝内の流動モデル

いち押出機で確かめることは時間的、経費的な損失が大きく実用的でない。この観点から PVC 混和物製造工程における品質管理方式として前記のレオメータが使用される。

ところが前述のように単なる滑性の相違が流動特性のうえに大きな影響をあたえることがわかり、果して従来のレオメータの概念から見掛粘度あるいは流出速度を求め、それからただちに押出加工性を判定してよいものかどうかという疑問が生じてきた。

そこで筆者は前述の PVC 混和物について実際の押出機で実験を行った。

3.1 スクリュ押出機中での流動理論^{(24)~(29),(11),(4)}

スクリュ押出機の使用は古くから行われていたが、その流動現象の解析は比較的最近で、W. T. Pigott⁽²⁴⁾, J. F. Carley⁽⁴⁾ 氏などによって理想流体については一応完成されたとみられる。

理想流体が第7図のようなスクリュ溝内を流動するとき、その流出速度は(16)式で与えられる。

$$Q = \alpha N - \beta \cdot (\Delta P / \eta) - \gamma (\Delta P / \eta) \quad (16)$$

ここで

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot n \pi D h (t/n - e) \cos^2 \varphi$$

$$\beta = 1/12 L \cdot n h^3 (t/n - e) \sin \varphi \cdot \cos \varphi$$

$$\gamma = 1/10 \cdot e L \cdot \pi^2 D^2 \delta^3 \tan \varphi$$

Q = 容積単位押出速度 (cm³/s)

N = スクリュ回転速度 (rps)

n = スクリュのフライト数

t = フライトのピッチ (cm)

D = スクリュの外径 (cm)

h = スクリュの溝深さ (cm)

φ = スクリュのネジ角度

δ = フライトの山とライナ壁の間隙 (cm)

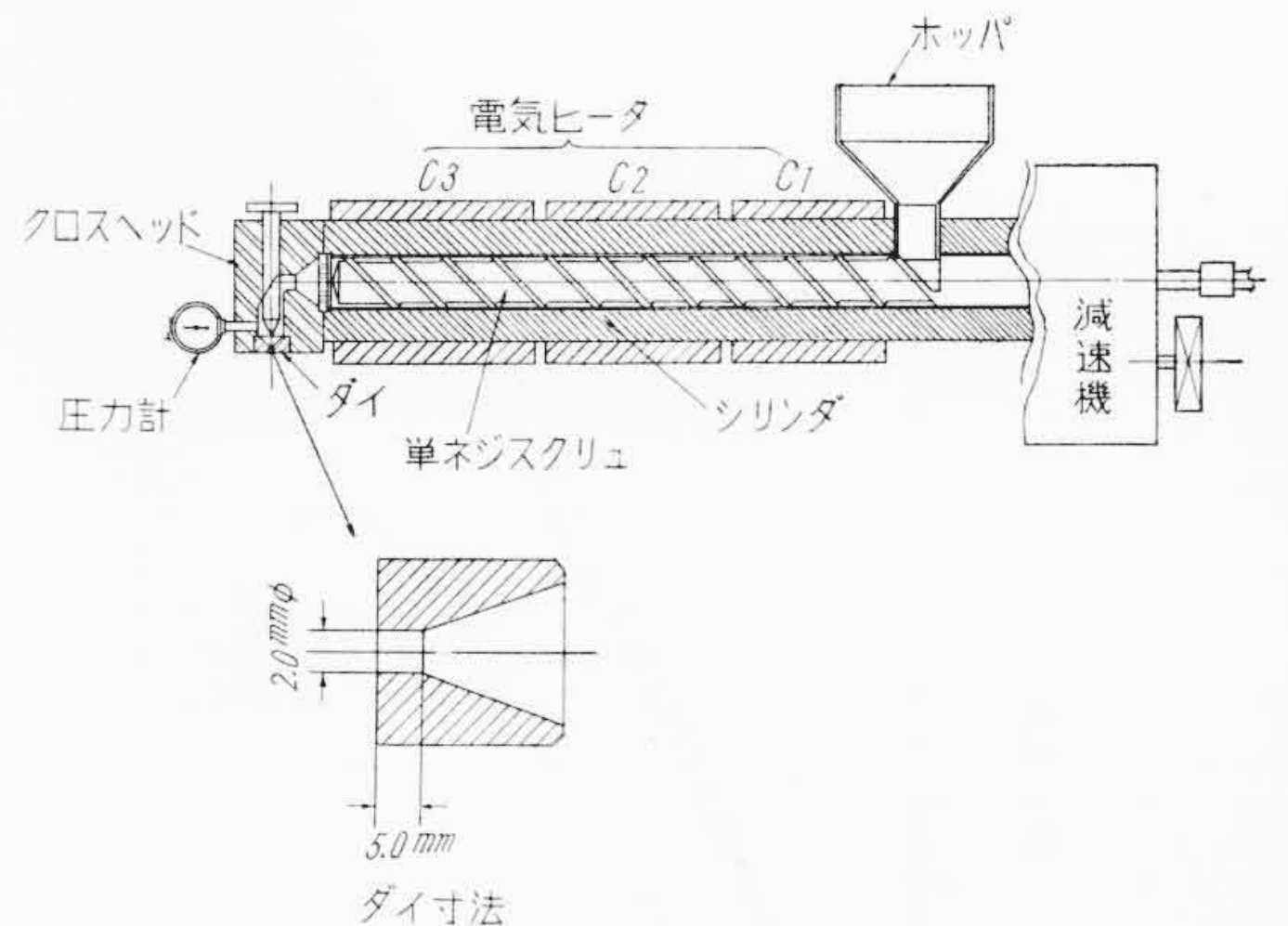
e = スクリュの溝幅 (cm)

η = 粘度 (Poise = s(dyne/cm²))

L = スクリュ溝の展開長 (cm³)

ΔP = スクリュ全長の圧力上昇 (dyne/cm²)

である。



第8図 40 mm 押出機略図

しかし、これはあくまで理想流体を基礎として導かれたもので、高粘性物質に対してはそのまま適用できず、ポリエチレンについての筆者の実験では次の形式で表わされることがわかっている。

$$Q = C \cdot N^m \quad (17)$$

$$\Delta P = C' \cdot N^{m'} \quad (18)$$

さらに実際の押出機は圧縮比などの問題を含んでおり、(16)式のような単純な形で表わすことはできない。

3.1.1 測定方法

実験には第8図のような 40 mm 押出機を用い、使用したダイの寸法を第8図に併記した。モータの駆動パワーを測定するためワットメータを回路に入れ、押出圧力の測定はクロスヘッド内のダイ直前に装置した圧力計で行った。

押出速度は単位時間内のダイよりの吐出量を重量単位で求め、膨脹係数と比重で補正して高温状態の体積単位速度に換算した。

3.1.2 押出速度とスクリュ速度の関係

押出速度とスクリュ速度の関係を第9図に例示したが、両者の間には直線関係は成立せず、(16)式で表わされるような理想流体から明らかに背反している。

筆者はポリエチレンについては(17)式の関係を与えているが、この場合はさらに複雑で近似的に(19)式の関係が成立することがわかった。これはさらに(20)式で示される。

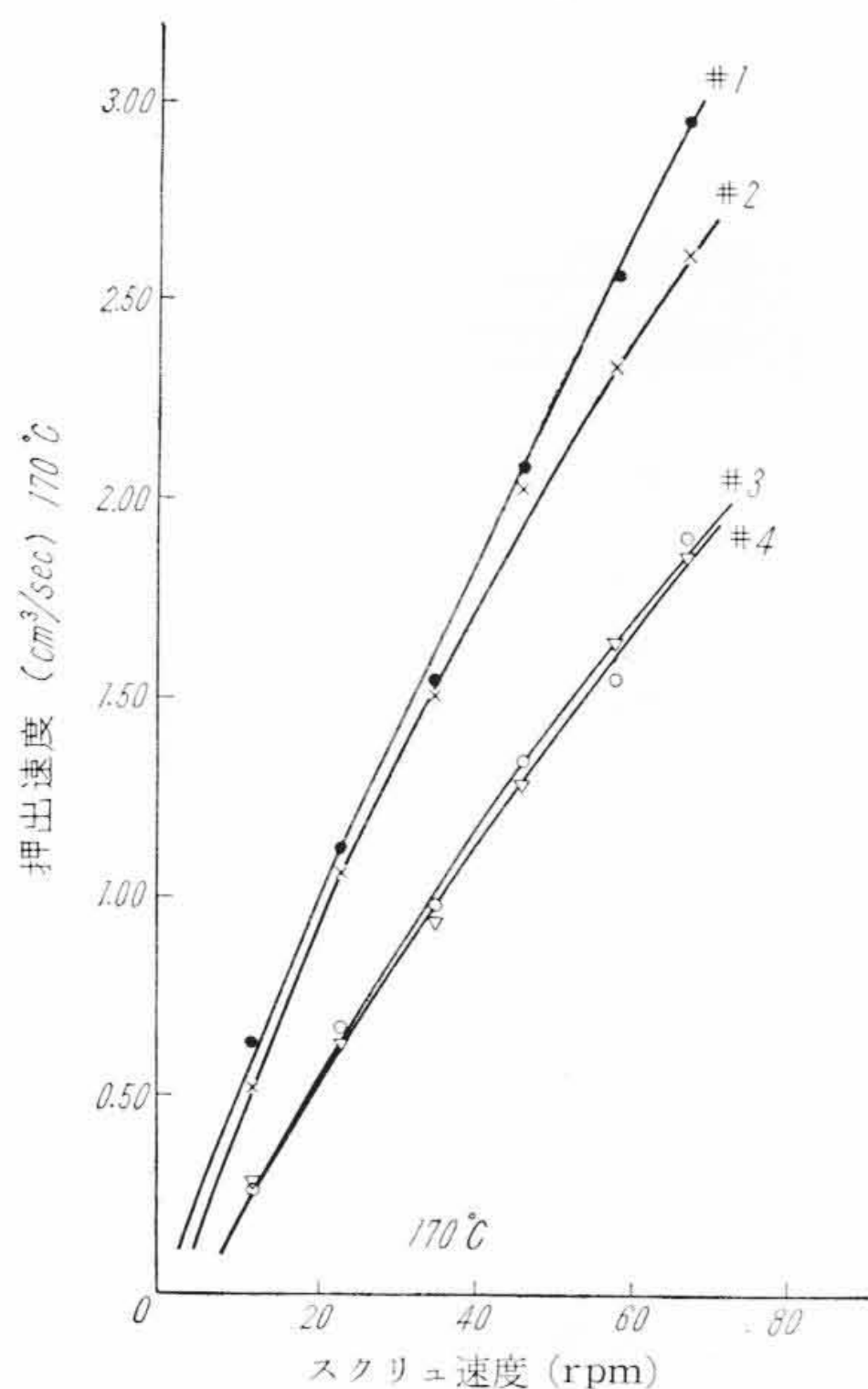
$$Q = \alpha + \beta N^\gamma \quad (19)$$

$$\log(Q - \alpha) = \log \beta + \gamma \cdot \log N \quad (20)$$

これによって求めた実験常数を第5表に示すが、ばらつきが大きく一定の傾向を示さない。常数の意味は次項で説明する。

3.1.3 押出速度に及ぼす滑性剤の影響

滑性剤の添加量と押出速度の関係をスクリュ速度を



第9図 押出速度とスクリュ速度の関係

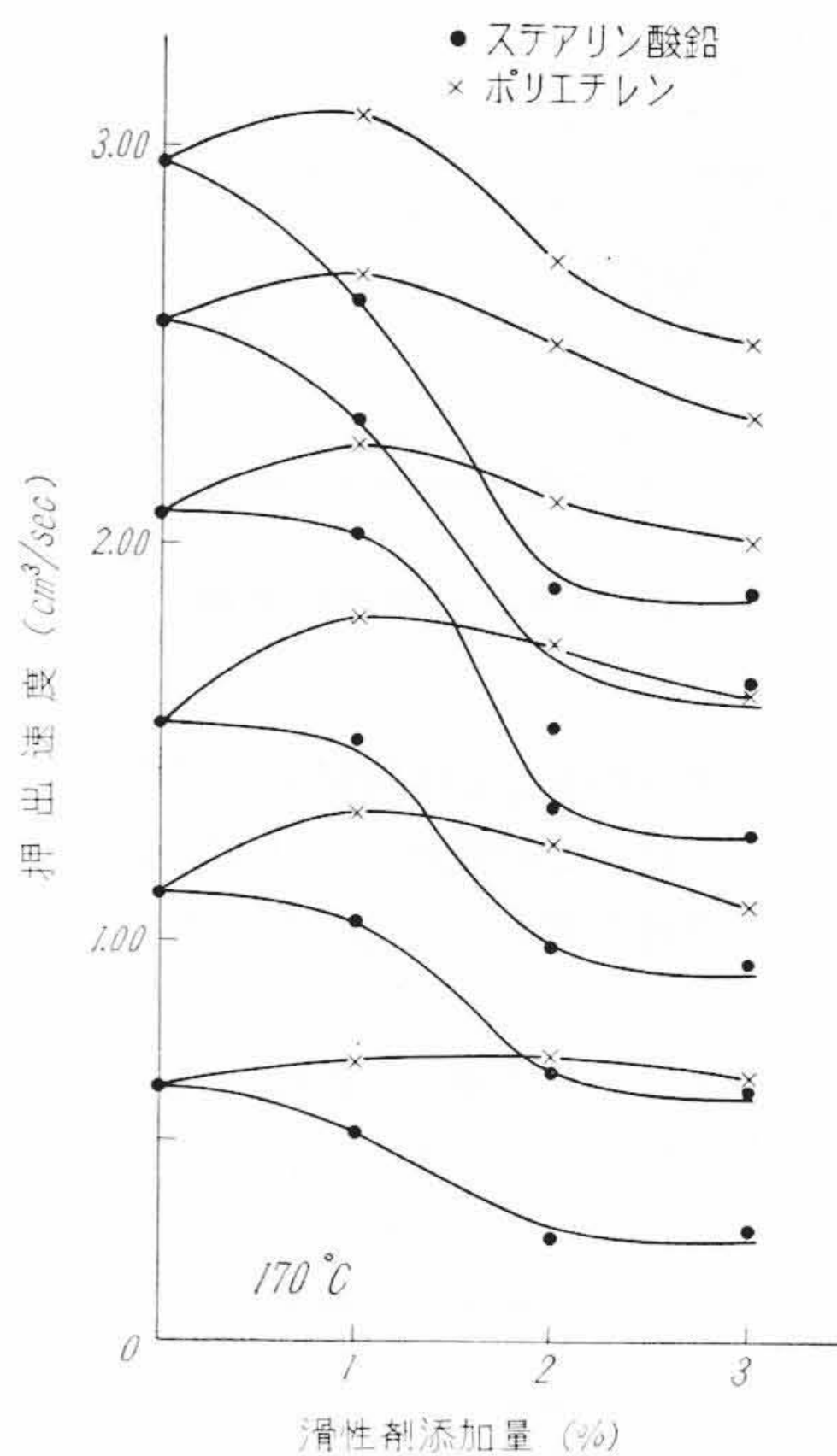
第5表 押出速度とスクリュ速度との関係定数

温度 (°C)	試料 番号 常数	1	2	3	4	5	6	7
170	α	-0.181	-0.422	-0.285	-0.178	-0.217	-0.968	-1.19
	β	0.120	0.187	0.0895	0.050	0.145	0.487	0.642
	γ	0.767	0.654	0.746	0.873	0.739	0.480	0.415
180	α	-0.237	-0.198	-0.183	-0.490	-0.803	-0.270	-0.235
	β	0.160	0.095	0.047	0.122	0.418	0.200	0.203
	γ	0.710	0.821	0.873	0.694	0.521	0.644	0.620
190	α	-0.305	-0.010	-0.126	-0.378	-0.717	-1.840	-0.843
	β	0.167	0.051	0.108	0.121	0.401	1.080	0.554
	γ	0.713	0.965	0.694	0.691	0.532	0.343	0.423

パラメータとして示すと第10図のようになる。 P_b-S_t の添加とともに押出速度は急激に減少し、はなはだしき場合は基本配合のものの1/2程度に低下する。PE添加配合では1%の場合いずれも若干の向上を示し、それ以上では幾分の低下を示す。

これをレオメータの場合の第6図と比較すると全く逆の現象である。この原因としてすべり要素を考えると説明がつく。すなわちスクリュ溝中の物質の流動速度はスクリュ底に対する相対速度と考えなければならないが、物質とスクリュ、ライナ間にすべりがあるとすれば物質のもつ相対速度はすべりの分だけ減少することになる。

すべりを含む数値的取扱は難解で今後の研究にまっほかないが、ともかくレオメータの場合と押出機の場合とで滑剤の効果が逆になることは重要で、すべりの存在するときは、レオメータで測定される流れの常数



第10図 滑性剤添加による押出速度の減少

は押出機にそのまま適用するわけにはいかない。

さて(19)式の実験常数 α , β の物理的な意味は次のとおりである。(19)式から $Q=0$ とおくと

$$N^r = -\alpha/\beta \dots\dots\dots (20)$$

この場合の N はまさに流れ始まろうとするときのスクリュ回転速度に相当し、これを N_0 として第6表に示す。実験の精度があらいためか、ばらつくが、 P_b-S_t の添加量に比例して増加する傾向にあり、結局 N_0 の値はスクリュ、ライナ壁と PVC 混和物とのすべりによって起るスクリュの空転を意味していると考えられる。

押出圧力の測定結果は省略する。

3.1.4 スクリュ駆動電力

スクリュ駆動電力の測定はワットメータによったが、無負荷時(スクリュ空回し)の電力を z_0 、負荷押出時の電力を z_T とし、ギヤロスなどを一定とみて PVC 混和物押出に消費された電力 z を(21)式で求めた。

$$z = z_T - z_0 \dots\dots\dots (21)$$

z と N の関係について E. Gasper⁽²⁵⁾, J. F. Carley⁽⁴⁾ 氏は単純なモデルから(22)式を与えている。

$$z = B \cdot N^2 \dots\dots\dots (22)$$

ただし $B=f(\eta)$ の関係にある。

PVC 混和物についての実験結果は第11図に一例を示すようにいずれも滑性剤の添加によって z は大きく

第6表 N_0 の値

押出温度(°C)	170	180	190
試料番号			
1	1.70	1.75	2.33
2	3.45	2.47	0.19
3	4.72	4.64	1.25
4	4.24	7.41	5.16
5	1.73	3.48	2.96
6	4.16	1.60	4.79
7	4.39	1.27	2.68

第7表 所要電力に関する実験式常数

試料番号	B			n		
	170	180	190	170	180	190
1	14.93	11.62	7.91	1.18	1.22	1.28
2	3.85	1.80	0.62	1.42	1.58	1.84
3	1.90	0.78	0.19	1.51	1.68	1.97
4	1.63	0.34	0.13	1.52	1.84	2.03
5	9.64	7.07	6.27	1.31	1.30	1.30
6	7.47	5.90	5.37	1.28	1.30	1.30
7	6.47	5.27	4.73	1.28	1.31	1.31

変化する、これを両対数で表わすと(23)式の関係が成立する。

$$z = B \cdot N^{\frac{1}{n}} \quad (23)$$

実験常数 B , n の両値を第7表に示すが、 B は P_0-S_0 の添加によつて著しく減少する。理論上 B は粘度の関数であるから滑性剤の添加によって極度に粘度低下をきたしたことになるがこれは事実と反し、結局レオメータでの見掛け粘度の低下と同様に、すべりのため流体にかかる剪断力が小さくなるためと考えられる。

4. 結 言

PVC 混和物の流動特性を押出形レオメータとスクリュ押出機の両者について測定し次の結論をえた。

(1) レオメータの場合

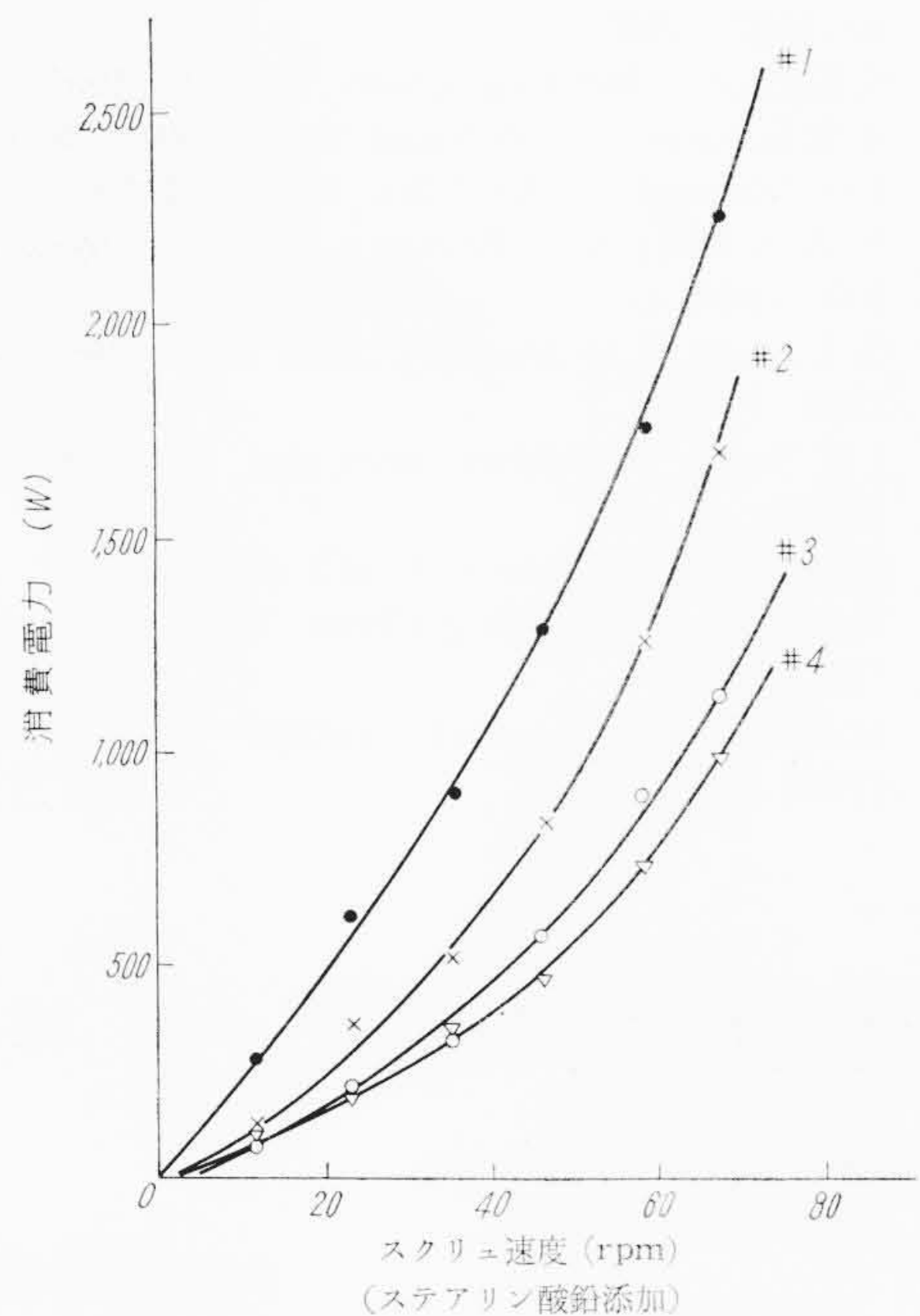
PVC 配合にステアリン酸鉛、ポリエチレンを混合するといずれも滑性剤としてはたらき、流れ速度、見掛け粘度などの流れの諸常数に非常に大きな影響を及ぼすことがわかり、結局押出形レオメータで流れの常数を決定してもすべり要素を考慮に入れない限り真の流れを表わすものではない。

(2) スクリュ押出機の場合

押出速度、駆動電力とスクリュ速度の間には指数関係が成立し、PVC 混和物の流動特性は理想流体の特性から非常に背反する。

押出速度は滑性剤の添加によって急激に減少し、レオメータの場合と全く逆になる。しかしこの理由はPVC 混和物のすべりを考えることによって説明される。

(3) 以上二つの場合を組合わせると、スクリュ押出



第11図 スクリュ駆動電力

にレオメータでの測定結果を適用するときにはすべりのない状態での真の粘度を算出しないと誤った結論に導かれる。

したがってすべり要素を除外できるレオメータが必要であるが、筆者は圧縮形レオメータによってこの相異が明らかにできると考えている。

またスクリュ溝中での非理想流体の流動現象の数値的解析も実用化の観点からあわせて行わなければならないと考える。

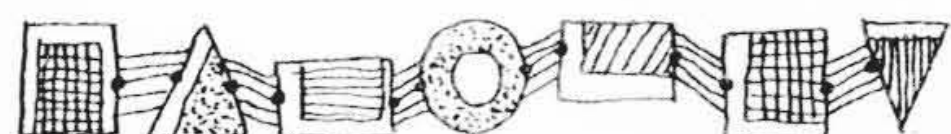
終りに本研究にあたっては日立電線株式会社電線工場、山野井部長、間瀬、山本、吉川各博士に御指導を仰いだ、あらためて深謝の意を表する。

参 考 文 献

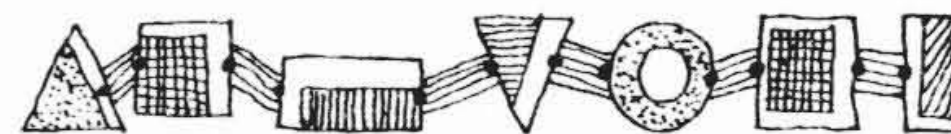
- (1) D. Grant, W. Walker: *Plastics Progress*, 245 ~ 253 (1951. Issue)
- (2) B. H. Maddock, W. M. Land: *Mod Plastics*, 30, 126 (Dec. 1952)
- (3) J. M. Mc Kelvey: *Ind. Eng. Chem.*, 46, 660 (1954)
- (4) J. F. Carley, R. A. Stub, R. S. Malouk J. M. Mc Kelvey, C. H. Jhonson: *Ind. Eng. Chem.*, 45, 969~993 (1953)
- (5) J. F. Lontz, J. A. Jaffe, L. E. Robb, W. B. Happoldt: *Ind. Eng. Chem.*, 1805 (Aug. 1952)
- (6) 村上健吉: *高分子化学*, 8, 232 (1951)
- (7) 村上健吉: *高分子化学*, 9, 469 (1952)
- (8) 山本三郎, 大内末夫: *日立評論*, 35, 457 (1953)
- (9) 山本三郎, 大内末夫: *日立評論*, 35, 977 (1953)
- (10) J. H. Greenblatt, D. Fenson: *Ind. Eng. Chem.*,

- 19, 1037 (1949)
 (11) S. Eccher: Ind. Eng. Chem., 43, 479 (1951)
 (12) R. S. Spencer: J. Polymer Sci., 5, 591 (1950)
 (13) J. G. Oldroyd: J. Coll. Sci., 4, 333 (1949)
 (14) H. A. Schultz, R. C. Bryant: J. Appl. Phys., 15, 360 (1944)
 (15) G. J. Diens, F. D. Dexter: Ind. Eng. Chem., 40, 2319 (1948)
 (16) J. R. Scott: CRubber hem. and Tech., 8, 587 (1935)
 (17) M. Mooney: Physics., 7, 413 (1936)
 (18) M. Mooney: Ind. Eng. Chem, Anal. Ed., 6, 147 (1934)
 (19) Markus Reiner: Deformation and Flow, (1950 Issue)

- (20) C. Henniker: J. Coll Sci., 7, 443 (1952)
 (21) M. Mooney, S. A. Black: J. coll. Sci., 7, 204 (1952)
 (22) J. Skinner: India Rubber World, 115, 813 (1947)
 (23) J. M. Debell: Mod. Plastics, 11, 89 (Nov. 1942)
 (24) W. T. Digott: Trans. Amer. Soc. Mech. Eng., 947 (1951)
 (25) E. Gasper: Plastics Progress., 151 (1955. Issue)
 (26) B. H. Maddock: Mod. Plastics., 34, 210 (apr. 1957)
 (27) A. Kennaway: Brit. Plastics., 31, 268 (1958)
 (28) W. D. Mohr, R. L. saxton, C. H. Japson: Ind. Eng. Chem., 49, 1855 (1957)
 (29) P. H. Squires: S. P. E. J., 14, 34 (May. 1958)



新案の紹介



実用新案第475954号

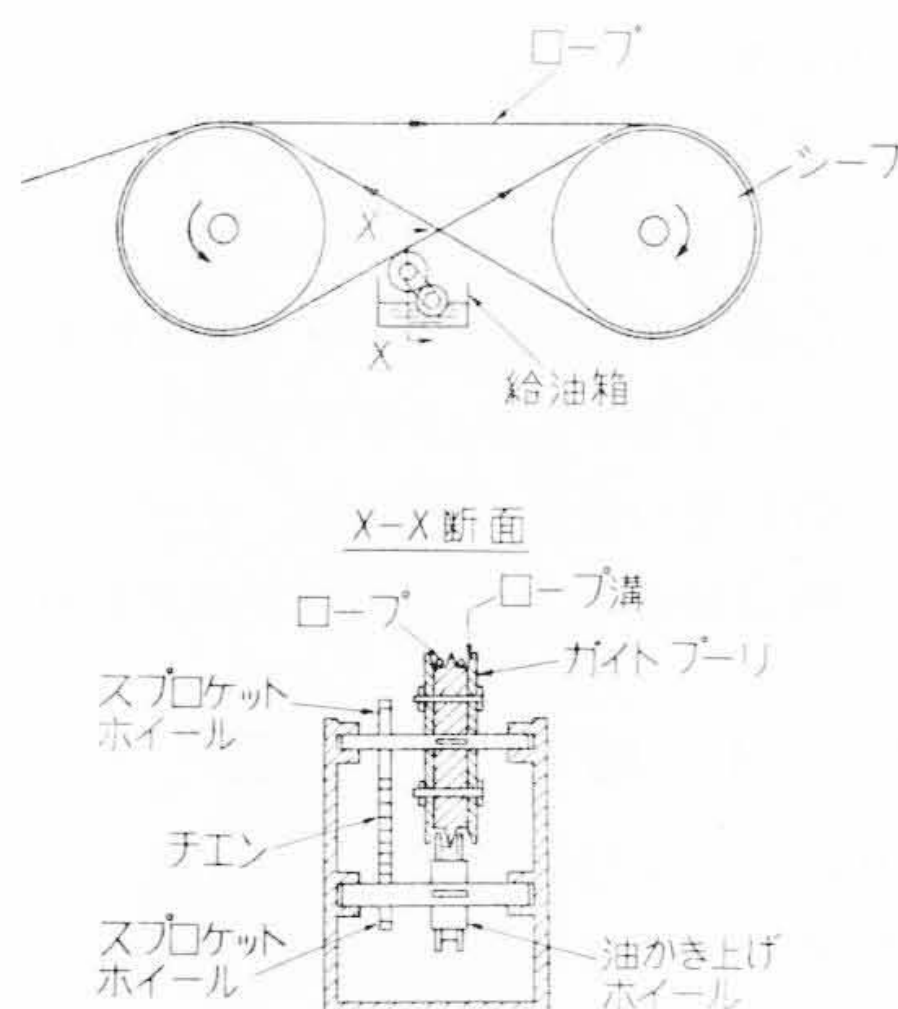
井上啓

多索巻上装置における鋼索保護装置

多索巻上装置においてはシーブに巻き込まれる隣接したロープが互に接触してはなはだしく摩耗する欠点がある。

この新案はそれを解決するために、ロープの交叉点付近に給油箱を設置し、その給油箱にロープと接触するガイドプリーおよび油かき上げホイールを取り付け、その両者の軸にそれぞれ固定したスプロケットホイール間にチェーンをかけわたしたものである。

上記構造によれば隣接したロープはガイドプリーのロープ溝に案内されて相互に接触するのを防止されるばかりでなく、油かき上げホイールによりロープ溝に油を常に供給するからロープの摩耗するのが非常に減少される。(野村)



「日立評論」綴込カバー

特価1組 ¥50 (送料共)

「日立評論」の綴込み用として美しい綴込みカバーを発売いたしております。

御希望の方には実費でおわかり致しておりますから下記に御申込み下さい。

東京都千代田区丸の内1の4 (新丸ビル7階)

日立評論社

振替口座 東京71824

日立造船技報

Vol. 20

No. 2

目次

- ◎機関車形ボイラの外火室を補強する横ステーの強さの研究
- ◎熔接部欠陥と強さとの関係について
- ◎鉄塔用Y形断面材に関する研究
- ◎わん曲管の組合せ曲げねじり降伏について
- ◎船舶におけるけい光灯照明
- ◎放電加工法に影響する諸因子
- ◎各種ステンレス鋼の適正使用に関する研究

本誌につきましての御照会は下記発行所へ御願いたします。

日立造船株式会社技術研究所

大阪市此花区桜島北之町