

# ゴム絶縁電線の連続加硫に関する基礎的考察

山本三郎\* 伊勢明\*\*

## Fundamental Researches in the Continuous Vulcanization of the Rubber Insulated Electric Wires

By Saburō Yamamoto and Akira Ise  
Hitachi Electric Wire Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

A conventional oven curing for rubber insulated wires is completed only after getting through a number of processing. In order to simplify the process, therefore, the writers developed some time ago a continuous vulcanizing process, which has proved such a success that in their Wire Works this new system is now in a practical use on an extensive scale.

In this paper, several points which were given rise in the course of their study are dealt with, the abstract of which is as follows:

- (1) The leakage stopping apparatus of the high pressure steam:

From the theoretical discussion of the labyrinth packing, it was made clear that one labyrinth packing effects double decrease of the steam pressure.

At the entrance of the labyrinth packing

$$\Delta P_I = \frac{\rho}{2g} (u_1 - u_2)^2$$

At the outlet

$$\Delta P_{II} = \frac{\rho}{2g} (u_3 - u_4)^2$$

where  $\Delta P_I$ ,  $P_{II}$ : decrease of pressure at the entrance and the outlet respectively

$\rho$ : density of steam

$g$ : acceleration of gravity

$u_1$ ,  $u_2$ : velocity of the steam at the front and back of the entrance of the labyrinth packing respectively

$u_3$ ,  $u_4$ : velocity of the steam at the front and back of the outlet of the labyrinth packing respectively.

As the results of their practical tests, the mechanism using the labyrinth, rubber and water packing has been found to be most suitable for the apparatus of the continuous vulcanization.

- (2) The foaming of rubber during the vulcanizing process:

It has been found that rubber foams when the balance between the pressure and the temperature is broken during the vulcanizing process. Rubber for the electric wire assumes a spongelike formation if the constant temperature is 190°C and the pressure is less than 6 kg/cm<sup>2</sup>. This foaming can be restricted to some degree by the use of well selected rubber compound.

\* \*\* 日立製作所日立電線工場



〔I〕 緒 言

近頃の電線製造業界に於ては、諸外国の技術及び資材を導入して新製品の開拓を行うと共に、製造設備を合理化して原価の低減と品質の向上とを積極的に推進している。かような客観情勢の推移に伴い、ゴム絶縁電線の連続加硫法の問題は、日立製作所に於ても関心の中心となつてきた。

ところでゴム絶縁電線の加硫に際しては、加硫温度と圧力とに密接な関係があり、温度に対して圧力の低い場合には被覆ゴムは発泡してスポンジ状のゴムとなる。このため連続加硫機には熱源及び加圧源として蒸気を使用する方式が広く採用されている。この方式のものは1930年頃米国に於て完成されたが、<sup>(1)(2)</sup> 蒸気の漏洩防止法等に問題があり、今なお諸外国に於ても研究が続けられている。その大勢を表示すると第1表の通りである。即ち連続加硫機は加硫時の熱源によつて蒸気式、高周波式及び熔融金属式等に大別されるが、ゴム絶縁電線を一方から連続的に供給し、他方から出るまでに加硫が終結している点に於ては各方式とも共通である。従つて現在の罐加硫法と異なり、加硫時に於ける変形、偏心等の防止が出来るばかりでなく、作業工程を著しく減少出来る利点がある。

一方日立製作所に於ては昭和 23 年以来、高周波式及び蒸気式の連続加硫法に就いて基礎研究を行い、蒸気と電熱とを熱源とする加硫機を試作した。この加硫機は既に研究用としての段階を脱し、実用化の域に達している。今回はまずこの加硫機の主要部である蒸気漏洩防止装置の理論的、実験的考察及びゴムの発泡に就いて検討した結果の概要を報告する。

〔II〕 蒸気漏洩防止装置の理論的考察

筆者等が試作した連続加硫機は

- (1) 蒸気漏洩防止装置
- (2) 加 硫 筒
- (3) 冷 却 槽
- (4) 引 取 機
- (5) 巻 取 機

等よりなつている。この加硫機の概略を図示すると第1図の通りである。加硫筒には電熱加熱用の熱源が備えられこの外に蒸気が筒内に充満している。未加硫のゴム絶縁電線はこの筒内を通過して加硫されるが、この蒸気の漏洩防止装置にはラビリンスパッキンの原理を応用したものをを用いた。

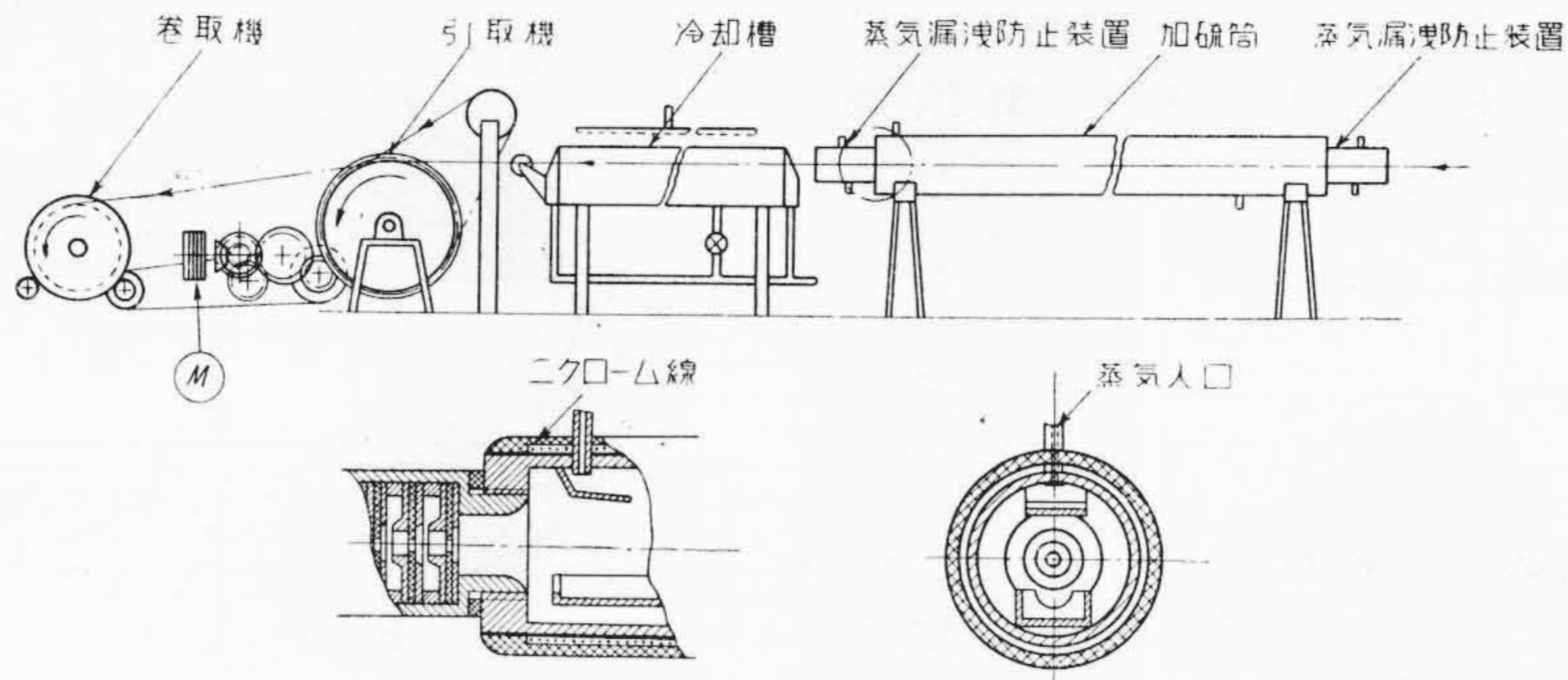
ラビリンスパッキンには色々な型式があるが<sup>(12)</sup>、今回使用したラビリンスパッキンは第2図のような構造のもの

第 1 表 各 国 の 連 続 加 硫 機 の 総 括  
Table 1. Summary of the Continuous Vulcanizing Machine of the World

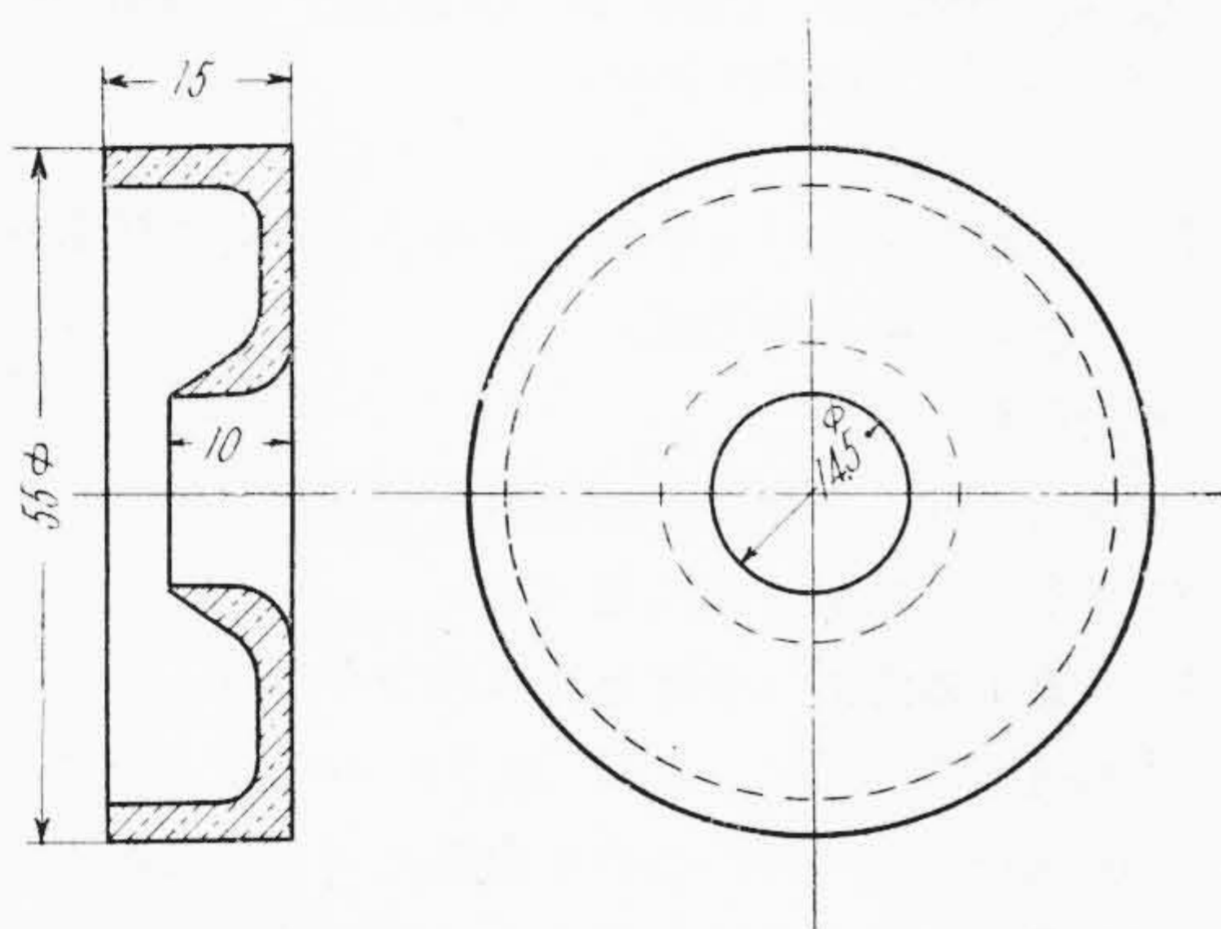
| 国 別 | 社 名                               | 熱 源             | 加 圧 法              | 蒸気漏洩防止装置の構造                        | 備 考         |             |
|-----|-----------------------------------|-----------------|--------------------|------------------------------------|-------------|-------------|
| 日 本 | 日 立                               | 蒸気+電熱           | 蒸 気                | 第 1 方式<br>(ラビリンスパッキン)              | 押出機と加硫筒の併用式 |             |
|     |                                   |                 |                    | 第 2 方式<br>(ラビリンスパッキン+ゴムパッキン)       |             |             |
|     |                                   |                 |                    | 第 3 方式<br>(ラビリンスパッキン+ゴムパッキン+水パッキン) |             |             |
|     | 古 河                               | 蒸気(4)<br>高周波(5) | 蒸 気                | 綿 テ ー プ                            | 水圧と蒸気圧との平衡  | 罐内回転ドラム式    |
|     |                                   |                 |                    |                                    | —           | 多数分割式電極     |
|     |                                   |                 |                    |                                    | —           | 押出機と加硫筒の併用式 |
|     |                                   |                 |                    |                                    | —           | 粉末埋没式電極     |
|     |                                   |                 |                    |                                    | —           | 傾斜加硫筒式      |
| 住 友 | 蒸気(6)<br>高周波(7)<br>熔融金属(8)        | 蒸 気             | 綿 テ ー プ<br>溶 融 金 属 | ゴムパッキン+空気圧                         | 押出機と加硫筒の併用式 |             |
|     |                                   |                 |                    | —                                  | 粉末埋没式電極     |             |
|     |                                   |                 |                    | —                                  | 傾斜加硫筒式      |             |
| 米 国 | John Royle <sup>(9)</sup>         | 蒸 気             | 蒸 気                | —                                  | 押出機と加硫筒の直結式 |             |
|     | Davis Standard <sup>(10)</sup>    |                 |                    | —                                  |             |             |
| 英 国 | Callender's Cable <sup>(11)</sup> | 蒸 気             | 蒸 気                | * 金属パッキン+加圧水<br>** ゴムパッキン+加圧水      | 押出機と加硫筒の併用式 |             |

\* 線入口部の漏洩防止装置  
\*\* 線出口部の漏洩防止装置

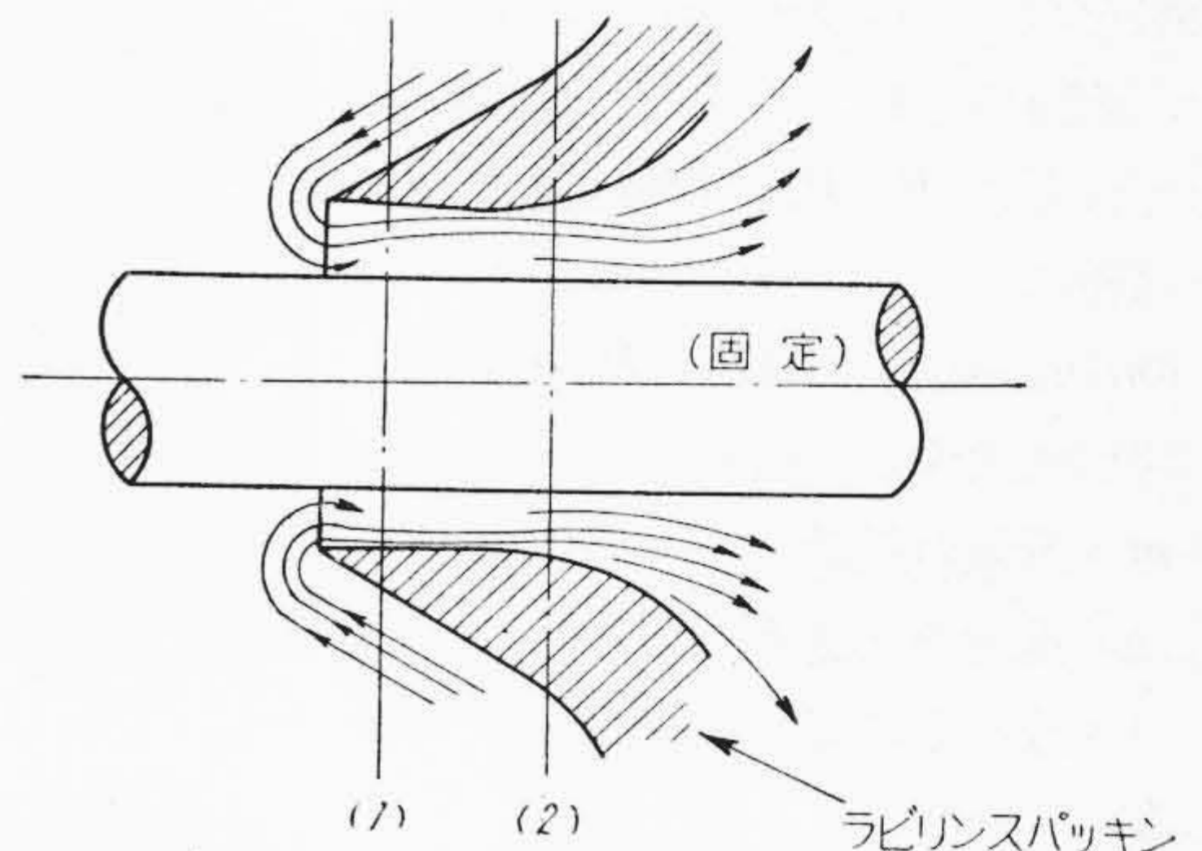




第1図 連続加硫機 (日立式)  
Fig. 1. Continuous Vulcanizing Machine (Hitachi)



第2図 ラビリンスパッキン  
Fig. 2. Labyrinth-Packing



第3図 漏洩蒸気の流れ (入口部)  
Fig. 3. Stream-Line of Leakage-Steam at the Entrance-Part

のである。ラビリンスパッキンの減圧機構は主に蒸気の流れの変化に起因するもので、ラビリンスパッキンの入口部及び出口部に於てこの作用が働く。この両者で働く減圧機構を理論的に検討してみると次のようになる。

(1) 入口部に於ける減圧機構

漏洩蒸気はラビリンスパッキンの入口部で第3図のような流れを示すものと仮定する。即ち蒸気流速の最大部——断面(1)——に於て平均流速を  $u_1$  収縮係数を  $\alpha$  とし、流れの安定した部分——断面(2)——の平均流速を  $u_2$  とすると

$$u_1 = \frac{u_2}{\alpha} \dots\dots\dots (1)$$

の関係が成立する。しかし流れが安定——断面(2)——するまでに、速度は摩擦、乱流等によつて減少する。<sup>(13)</sup> 一方、蒸気の質量  $m$  に就いて力積が運動量の変化に等しいとすれば、次の関係が成立する。

$$dm(u_1 - u_2) = A_2(P_2 - P_1)g \cdot dt \dots\dots\dots (2)$$

但し、 $m$  = 蒸気の質量

$t$  = 流れるに要する時間

$g$  = 重力の加速度

$A_1, A_2$  = 断面 (1), (2) の面積  
 $u_1, u_2$  = 断面 (1), (2) に於ける流速  
 $P_1, P_2$  = 断面 (1), (2) に於ける静圧とする。

なお  $\frac{dm}{dt} = \rho \cdot A_2 \cdot u_2$  であるから、(2) 式は更に

$$P_2 - P_1 = \frac{\rho \cdot u_2(u_1 - u_2)}{g} \dots\dots\dots (3)$$

となる。但し  $\rho$  は蒸気の密度である。

断面(1)(2)の間で渦巻が起らないと仮定すると、Bernoulli の定律から (5) 式が誘導がされる。

即ち

$$\frac{u^2}{2g} + Z + PV = \text{常数} \dots\dots\dots (4)$$

ここで  $Z$  は落差で、この場合は常数となる。また  $V$  は比容積であるから  $\frac{1}{\rho}$  で表わされる。従つて(4)式から

$$P_1 + \frac{\rho \cdot u_1^2}{2g} = P_2' + \frac{\rho \cdot u_2^2}{2g}$$

$$P_2' - P_1 = \frac{\rho}{2g}(u_1^2 - u_2^2) \dots\dots\dots (5)$$

となる。



ここで  $P'_2$  は断面 (2) の箇所で実測した値である。故に、損失により低下した圧力は (5) 式から (3) 式を減じた  $\Delta P_1$  である。即ちこれは

$$\begin{aligned} \Delta P_1 &= \frac{\rho}{2g} (u_1^2 - u_2^2 - 2u_1u_2 + 2u_2^2) \\ &= \frac{\rho}{2g} (u_1 - u_2)^2 \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

となる。

(2) 出口部での減圧機構

ラビリンスパッキンの出口部での減圧機構は、入口部と反対に急激に流路が拡大されるために生ずる。

この蒸気の流れる状態は第 4 図のように考えられる。即ち直径  $d_3$  の小孔を流れていた蒸気が、急に直径  $d_4$  の箇所に流入すれば  $d_3, d_4$  の差に応じて混流が起り、ある距離をおいて再び流れが安定する。

今、断面(3)(4)に於て、この面積を  $A_3, A_4$  とし、静圧をそれぞれ  $P_3, P_4$ 、平均流速を  $u_3, u_4$  とすると、前節と同様に

$$dm(u_3 - u_4) = A_4(P_4 - P_3)g \cdot dt \dots\dots\dots (7)$$

の関係が成立する。但し

- $m$  = 蒸気の質量
- $g$  = 重力の加速度
- $t$  = 流れるに要した時間

である。

更に、 $\frac{dm}{dt} = \rho \cdot A_4 \cdot u_4$  であるから (7) 式は

$$P_4 - P_3 = \frac{\rho \cdot u_4 (u_3 - u_4)}{g} \dots\dots\dots (8)$$

となる。但し  $\rho$  は蒸気の密度である。

なお、この場所でも渦巻が起らないものと仮定すると、Bernoulli の定律から

$$P'_4 - P_3 = \frac{\rho}{2g} (u_3^2 - u_4^2) \dots\dots\dots (9)$$

となる。 $P'_4$  は実測値であるから (8) 式及び (9) 式から低下した圧力  $\Delta P_{II}$  を求めることが出来る。

即ち  $\Delta P_{II}$  は (10) 式で表わされる。

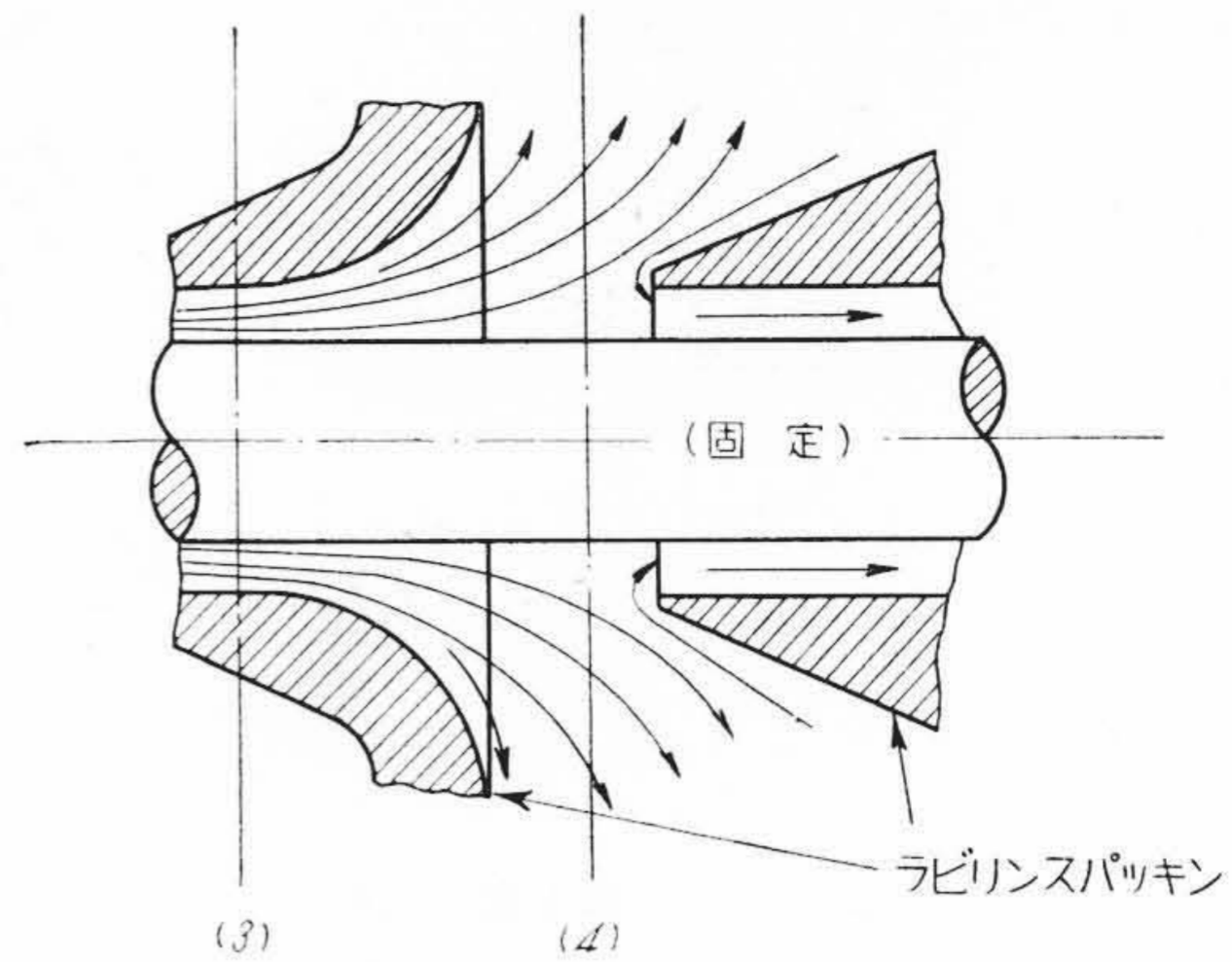
$$\Delta P_{II} = \frac{\rho}{2g} (u_3 - u_4)^2 \dots\dots\dots (10)$$

以上のように 1 箇のラビリンスパッキンで 2 回の減圧をする。これを多数使用すれば、等比級数的に著しく減圧され、蒸気の漏れは極めて少くなる。

〔III〕 蒸気漏洩防止装置の実験的考察

以上述べたラビリンスパッキンの減圧理論から、蒸気の漏洩を防ぐ方法として、

- (1) ラビリンスパッキンを用いる方法(第 1 の方式)
- (2) ラビリンスパッキンとゴムパッキンとを併用する方法 (第 2 の方式)



第 4 図 漏洩蒸気の流れ (出口部)  
Fig. 4. Stream Line of Leakage Steam at the Outlet-Part

(3) ラビリンスパッキンとゴムパッキン及び水パッキン (第 3 の方式)

等が考えられる。

この 3 者に就いて空気の漏洩速度を測定し、これを実験的に考察した結果を次に述べる。

(1) 第 1 の方式 (ラビリンスパッキン)

連続加硫筒の一端に、孔径 14.5φ のラビリンスパッキン 10 箇をとりつけ、この中央部にゴム絶縁電線の代りに第 2 表のような鉄棒を挿入して間隙をつくつた。次に加硫筒内に圧縮空気を導入して、筒内の圧力と間隙から漏れる空気の速度との関係を求め、これより漏洩防止装置を検討した。

漏洩空気の速度はカタ寒暖計を使用して測定した<sup>(11)</sup> (15)(16)。カタ寒暖計は第 5 図のように下端に球部を有するアルコール寒暖計で、温度が 37.8°C (100°F) から 35.0°C (95°F) まで冷却する時間を測定して、次の式より流速を算出する。

$$H = \frac{F}{T} \dots\dots\dots (11)$$

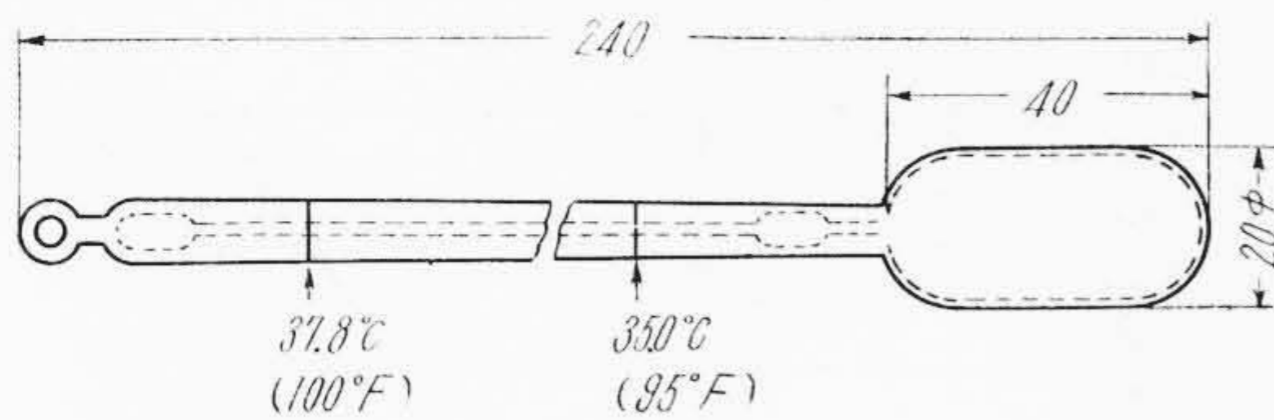
$$V = \left( \frac{H/\theta - 0.14}{0.45} \right)^2 \dots\dots\dots (12)$$

第 2 表 漏洩速度の測定条件 (第 1 方式の場合)  
Table 2. Measuring Conditions of the Leakage Velocity (1st Method)

| 実験番号 | 鉄棒の外径 (mm) | ラビリンスパッキンとの間隙 (mm) |
|------|------------|--------------------|
| 1    | 13.9       | 0.30               |
| 2    | 13.6       | 0.45               |
| 3    | 13.2       | 0.65               |
| 4    | 12.9       | 0.80               |

(備考) ラビリンスパッキンの孔径は 14.5φ





第5図 カタ寒暖計  
Fig. 5. Kata-Thermometer

但し  $H$  = カタ冷却力 (mcal/cm<sup>2</sup>/s)  
 $F$  = カタ率 (mcal/cm<sup>2</sup>)  
 $T$  = 測定時間 (s)  
 $V$  = 流速 (m/s)  
 $\theta = 36.5^\circ\text{C} - t^\circ\text{C}$  ( $t^\circ\text{C}$  は流体温度)

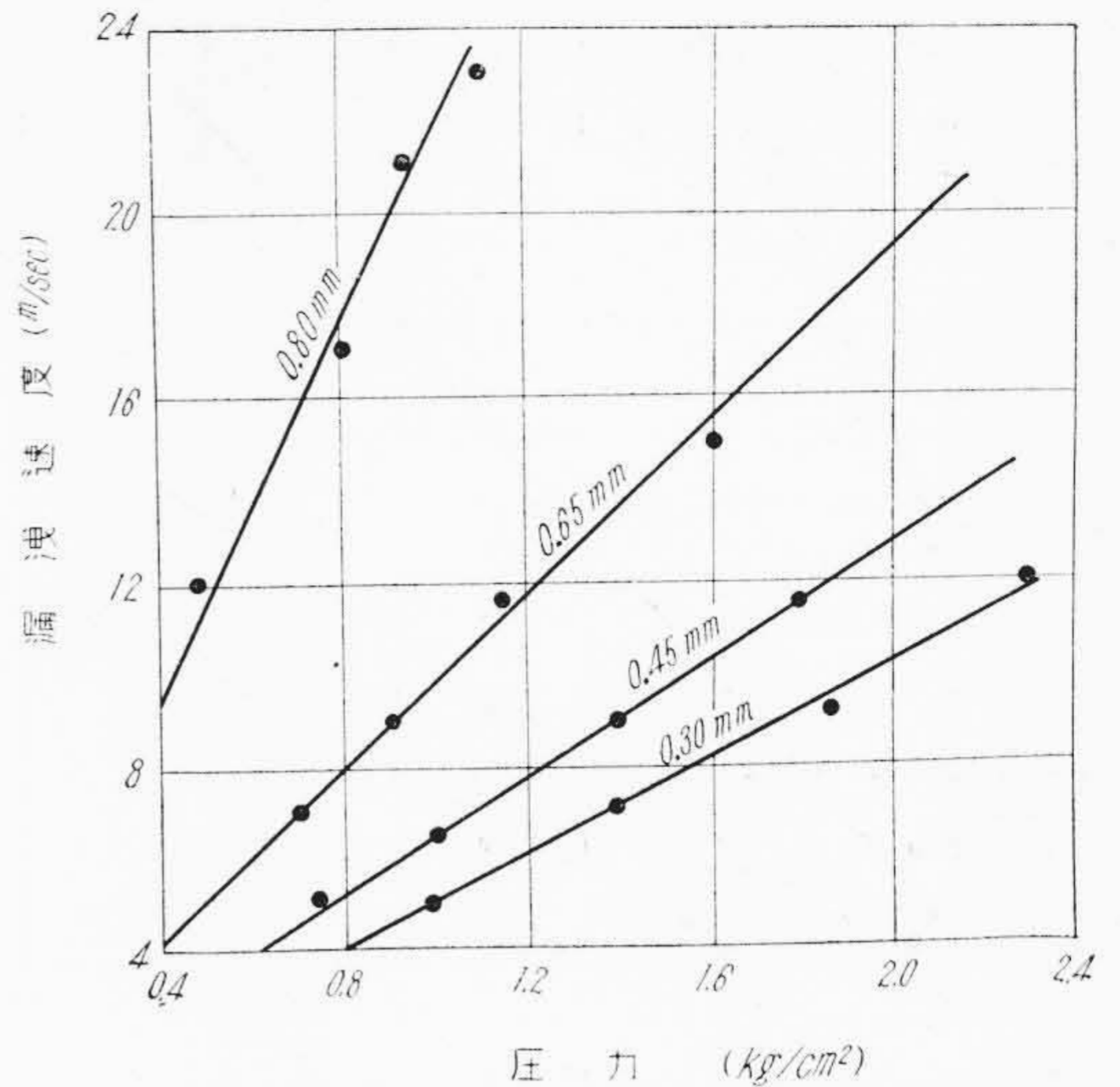
である。

なお、流速測定にあつては、漏洩防止装置に内径約60φのパイプをとりつけ、空気の流れが安定した箇所<sup>(17)</sup>即ち最外部のラビリンスパッキンから約50 cmの距離をおいて測定した。この結果を図示すると第6図のようになる。なおこの図より、間隙と漏洩速度との関係を求めると第7図のようになる。第7図に於て圧力 2 kg/cm<sup>2</sup>の曲線上で見ると空気の漏洩速度を 3 m/s 以下にするためには、ラビリンスパッキンと鉄棒との間隙を 0.05 mm 以下にしなければならない。なおこの間隙を小さくすればする程、漏洩防止の効果がより大きくなることは、実験的——第6図参照——にも理論的にも明らかである。

英国製の連続加硫機に於ても、やはりこの間隙は 0.05 mm 位要求されている。

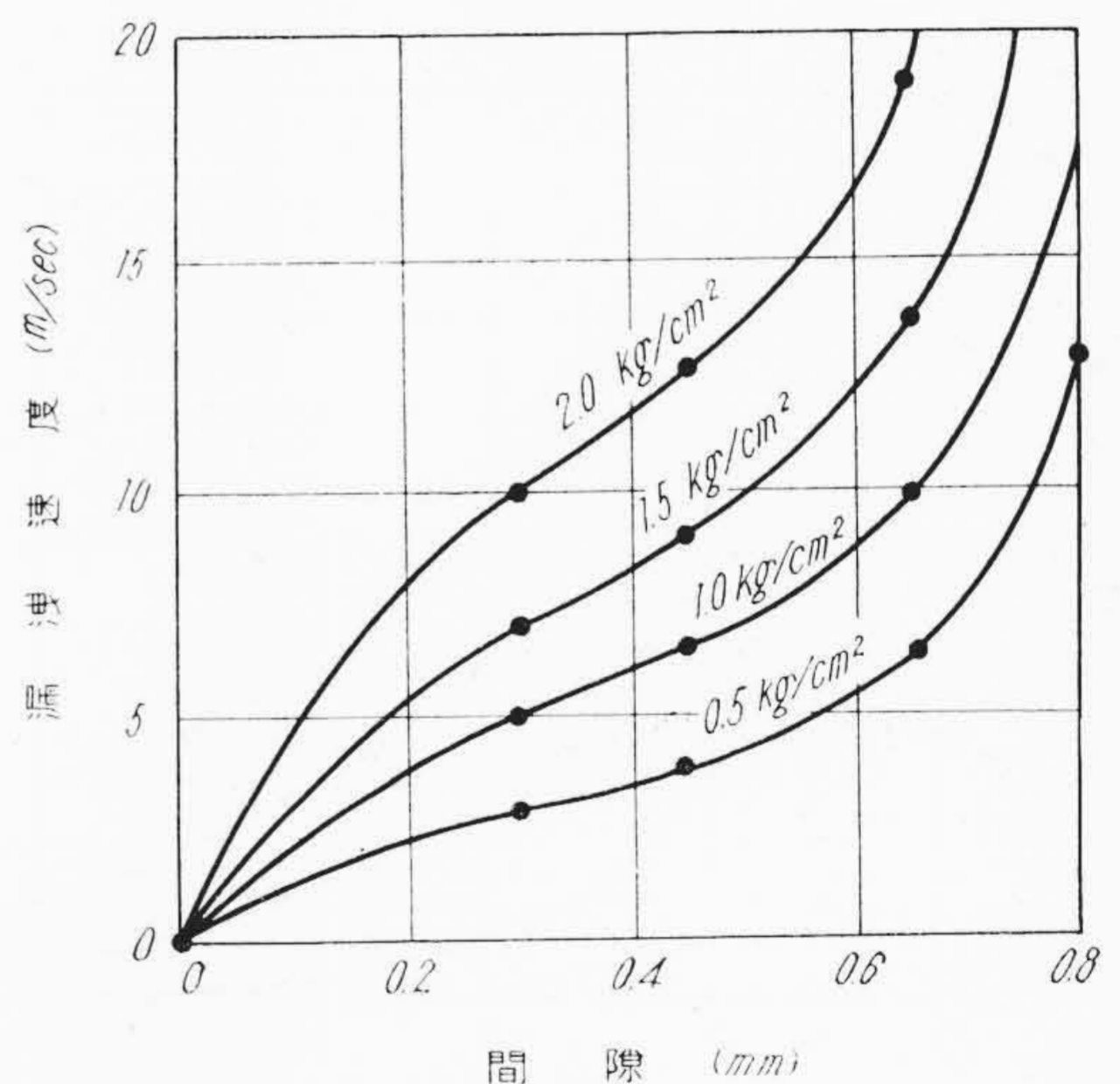
(2) 第2の方式 (ラビリンスパッキン+ゴムパッキン)

ラビリンスパッキンを使用すれば以上のように蒸気の漏れを防ぐことが出来る。しかしゴム絶縁電線の外径公差を 0.05 mm 以下にすることは難しいので、多少ゴム絶縁電線の外径が変動しても、蒸気が漏らないようにラビリンスパッキンの孔部に弾力性のある物質を併用することにした。即ちラビリンスパッキンとゴムパッキンを組合せ、この箇數に応じて空気の漏れを測定した。本実験は前述と同様に第3表のようなラビリンスパッキン 10 箇とゴムパッキンを併用した。ゴムパッキンを 3, 5, 7, 9 枚とそれぞれの場合に就いて、漏洩速度を求めると第8図 (次頁参照) のようになる。なおゴムパッキンの枚数と漏洩速度との関係を求めると第9図 (次頁参照) のようになる。図のようにゴムパッキンを併用するとその効果は非常に大きく、例えばゴムパッキンを 3 枚併用しただけで、漏洩速度は併用しない場合の約 1/10 に減少する。なお連続加硫機に於て漏洩速度が約 3 m/s まで許されるとするならば、ゴムパッキンを 9 枚併用す



第6図 圧力と漏洩速度との関係 (I) (間隙を変えた場合)

Fig. 6. The Effect of Leakage-Velocity due to Pressure at the Various Gap



第7図 間隙と漏洩速度との関係 (II) (圧力を変えた場合)

Fig. 7. The Effect of Leakage-Velocity due to Gap at the Various Pressure

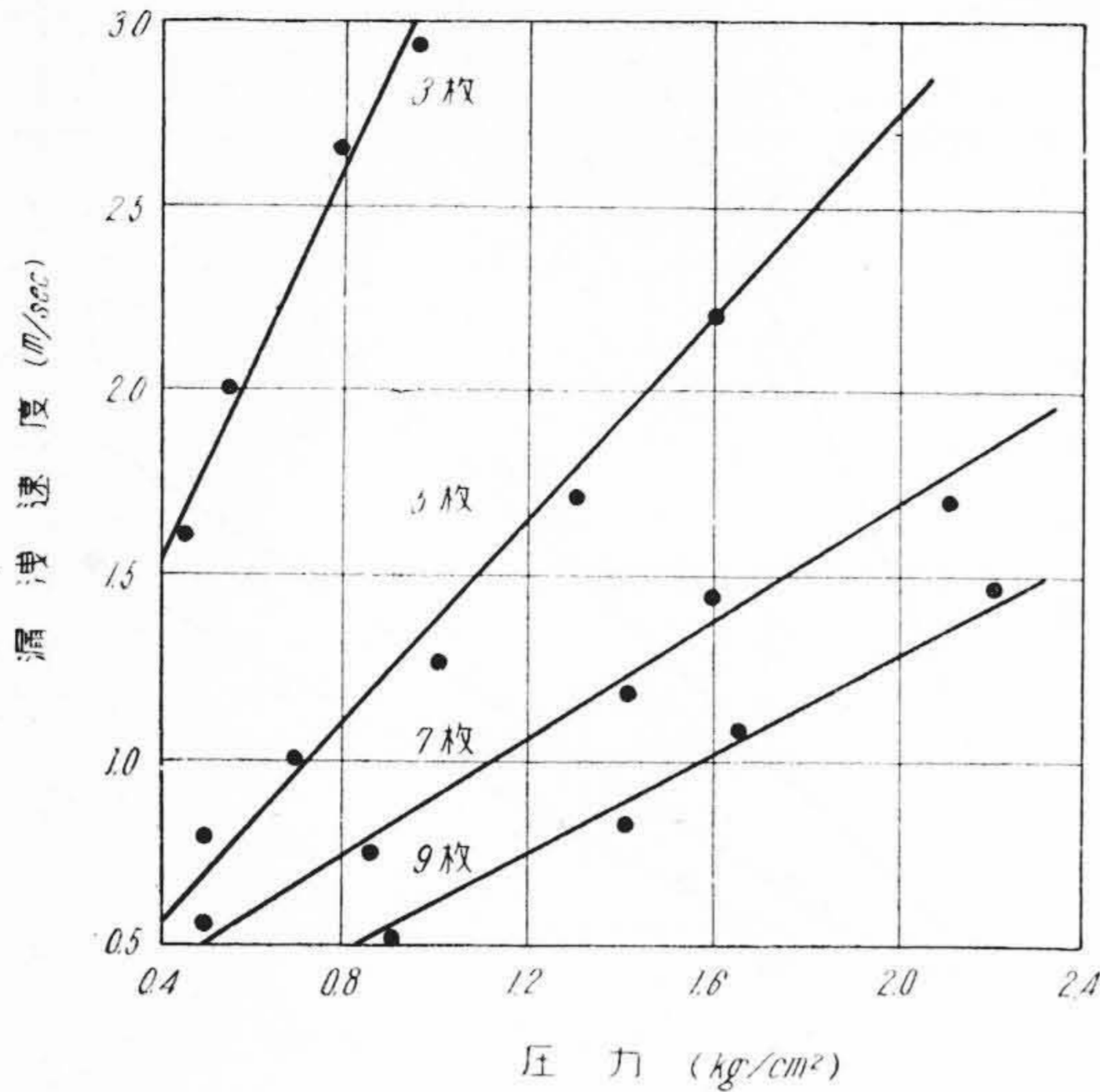
第3表 漏洩速度の測定条件 (第2及び第3方式の場合)

Table 3. Measuring Conditions of the Leakage Velocity (2nd and 3rd Method)

| 項目      | パッキンの種類   |        |
|---------|-----------|--------|
|         | ラビリンスパッキン | ゴムパッキン |
| 孔径 (mm) | 14.5      | 9.5    |
| 間隙 (mm) | 0.8       | -1.7   |

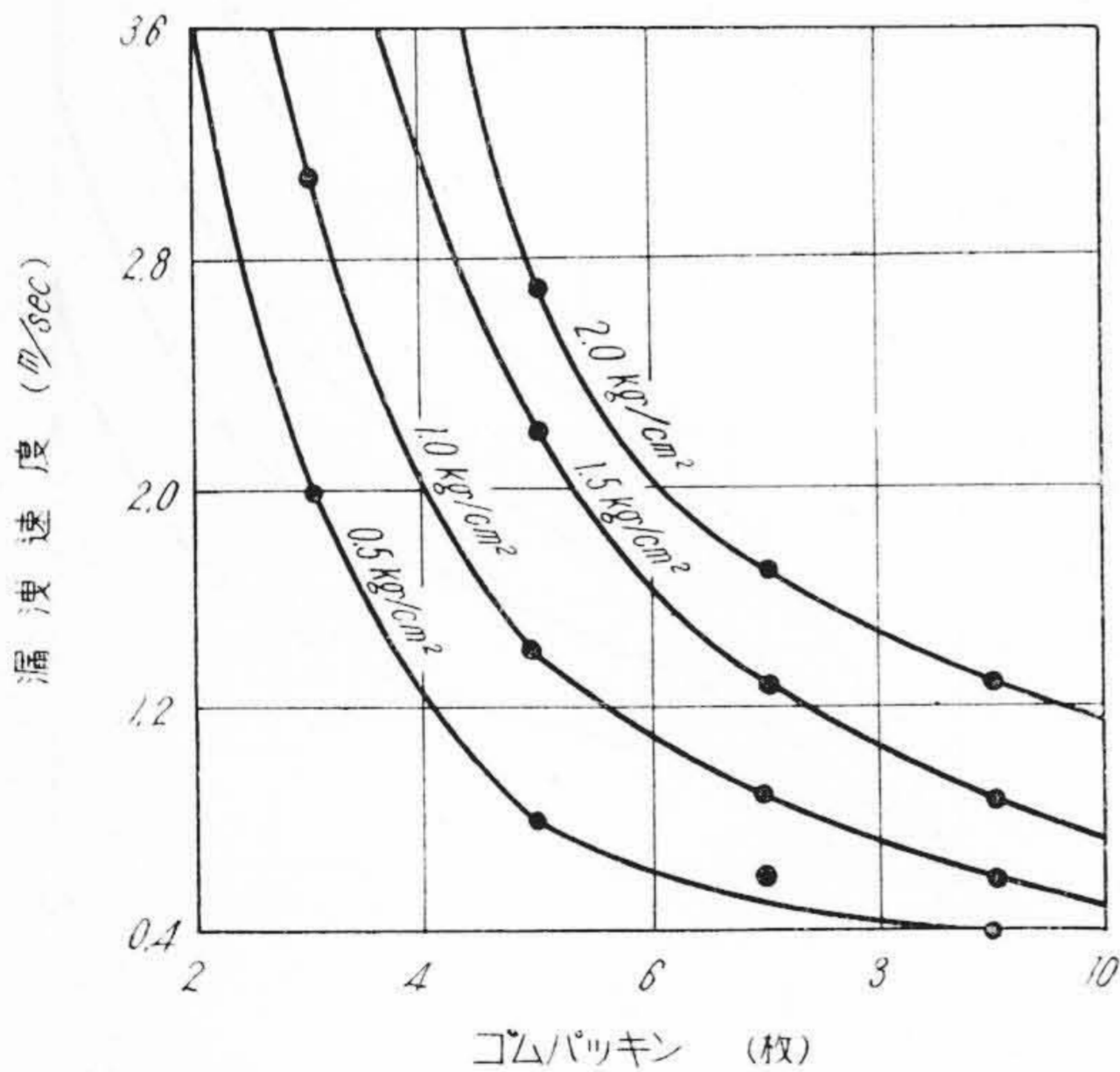
(備考) 鉄棒の外径は 12.9φ





第 8 図 圧力と漏洩速度との関係 (III)  
(ゴムパッキンの枚数を変えた場合)

Fig. 8. The Effect of Leakage Velocity due to Pressure at the Various Number of Rubber-Packing Sheets

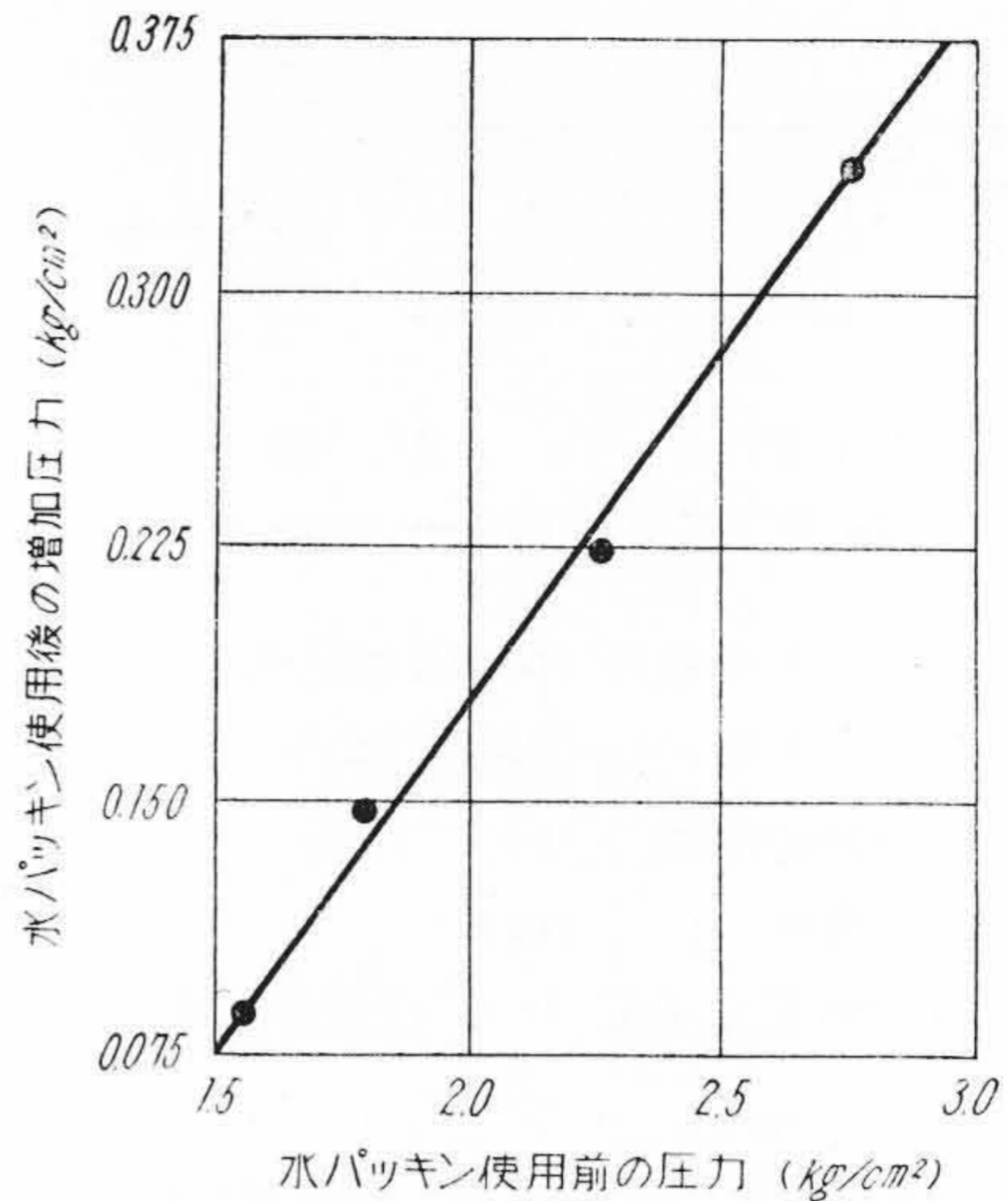


第 9 図 ゴムパッキンの枚数と漏洩速度との関係 (IV) (圧力を変えた場合)

Fig. 9. The Effect of Leakage Velocity due to the Number of Rubber-Packing Sheets at the Various Pressure

れば十分である。但し、この方式ではゴムパッキンの弾性、厚さ、孔径等によつて、蒸気の漏れを増減させるばかりでなく、ゴム絶縁電線の表面を汚損する場合がある。

筆者等はこの点に就いて長期にわたり研究し、一応の結論を得ている。しかし今回使用したゴムパッキンは弾性効率約 40% (Schob 式試験機にて 20°C で測定した



第 10 図 水パッキンによる増加圧力

Fig. 10. The Pressure Increase due to Water-Packing

結果である) 厚さ 0.5 mm のものである。

(3) 第 3 の方式 (ラビリンスパッキン+ゴムパッキン+水パッキン)

この方式はラビリンスパッキンとゴムパッキンとを併用した上に、加圧水を送り漏洩量を更に減少させようという考えのものである。

この方式では漏洩空気中に水が含まれているので、前述のようにカタ寒暖計を用いて漏洩空気を測定することは出来ない。従つて次のような方法で蒸気の漏洩量を間接的に求めた。即ち始めは加圧水を通さずに一定量の蒸気を加硫筒内に導入し、漏洩する蒸気量と導入蒸気量とを平衡させる。次にこのまま装置内に約 1.5 kg/cm² の加圧水を送り再び平衡状態に達した時の圧力を読み前者との差からこの効果を求めた。なお本実験は前回と同様に第 3 表のようなラビリンスパッキン 10 箇とゴムパッキン 9 枚とを併用して行つた。筒内の各圧力に対して増加した圧力を算出すると第 10 図のようになる。即ち水パッキンの効果は差程大きく現われなかつたが、水圧を高くすればこの方式は有効である。このように加圧水を用いて蒸気の漏れを防止する方法は英国 (キャレンダーケーブル) に於ても採用されているが<sup>(11)</sup>、この水圧は加硫筒内の蒸気圧よりも僅かに高くなつている。なお国内 (住友) に於ても、以上のような原理——圧縮空気を用いて——で蒸気の漏れを防止している<sup>(6)</sup>。

なお水パッキンは蒸気の漏れを防止するばかりでなく、この装置や未加硫ゴム絶縁電線の冷却——未加硫ゴムの軟化防止——及びゴムパッキンとゴム絶縁電線との摩擦を少なくする等の大きな利点がある。



以上、各方式の蒸気漏洩防止装置に就いて簡単な基礎実験を行つたが、この結果よりラビリンスパッキン、ゴムパッキン及び水パッキン3者の併用方式が最もゴム絶縁電線の連続加硫機に適するといえる。

〔IV〕 ゴムの発泡に関する予備実験

ゴムを加硫する際、外部より圧力を加えなければ加硫中に発生する硫化水素、空気及び充填剤中の水分等によつてゴムは発泡する<sup>(18)</sup>。このゴムの発泡はゴム絶縁電線の電気的性能及び機械的性能を左右するので、極力これを防止しなければならない。筆者等は発泡の少ないゴムを確立するために、予備実験として次の諸項目に就いて検討した。

(1) ゴム量の影響

電線用被覆ゴムは大体 30~60% のゴム量を含むしているが、本研究に於ては発泡がゴム量によつてどのように変化するかを就いて検討した。なお発泡の程度は通常行つている加硫条件、即ち 133°C で 2 kg/cm<sup>2</sup> の蒸気中で加硫したゴムを基準として比重の減少率を求め、これを発泡率(%)<sup>(19)</sup>として、その程度を表わすことにした。

第4表のような配合ゴムを加熱空气中で 130°C で 20 mn加硫し発泡率を算出すると第11図のようになる。即ち圧力を全然加えない場合にはゴム量の増加と共に発泡率も多くなる。次に圧力 0.5 kg/cm<sup>2</sup> にした場合、ゴム量 0%までは発泡率が多くなり、それ以上のゴム量になると減少する。これらの原因は、ゴム量が少い場合、即ち充填剤の量が多い時はゴムが硬くなり、発泡に対する機械的抵抗が大きく比較的発泡しづらくなる。しかし圧力を加えた場合には気泡は多少減少するが、ゴム量の多いものより抑圧が困難になるので気泡が残ると考えられる。

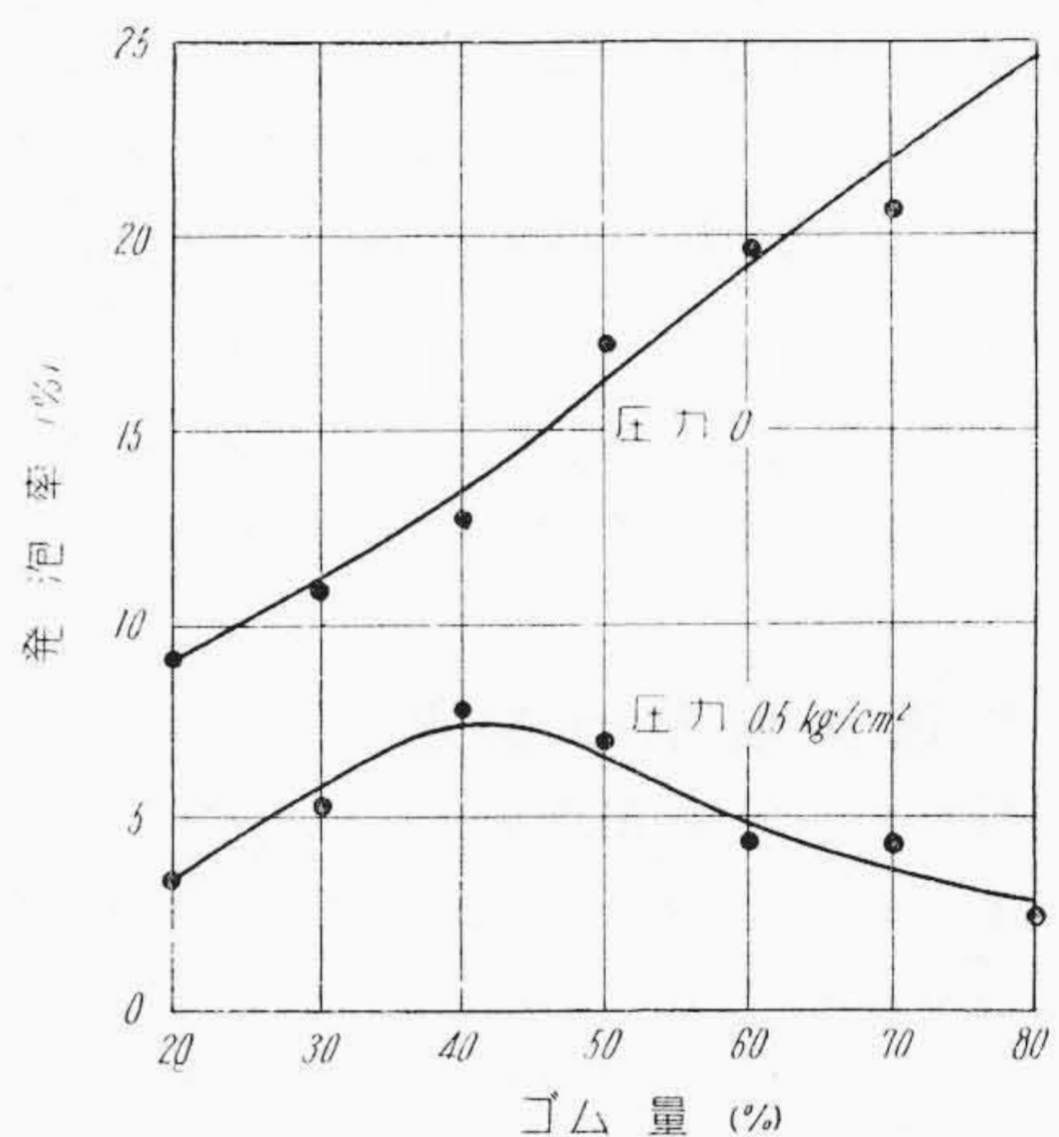
(2) 硫黄量の影響

硫黄はゴムの加硫に際し、主反応にあずかるものでこの反応によつてガスの発生も考えられる<sup>(20)</sup>。

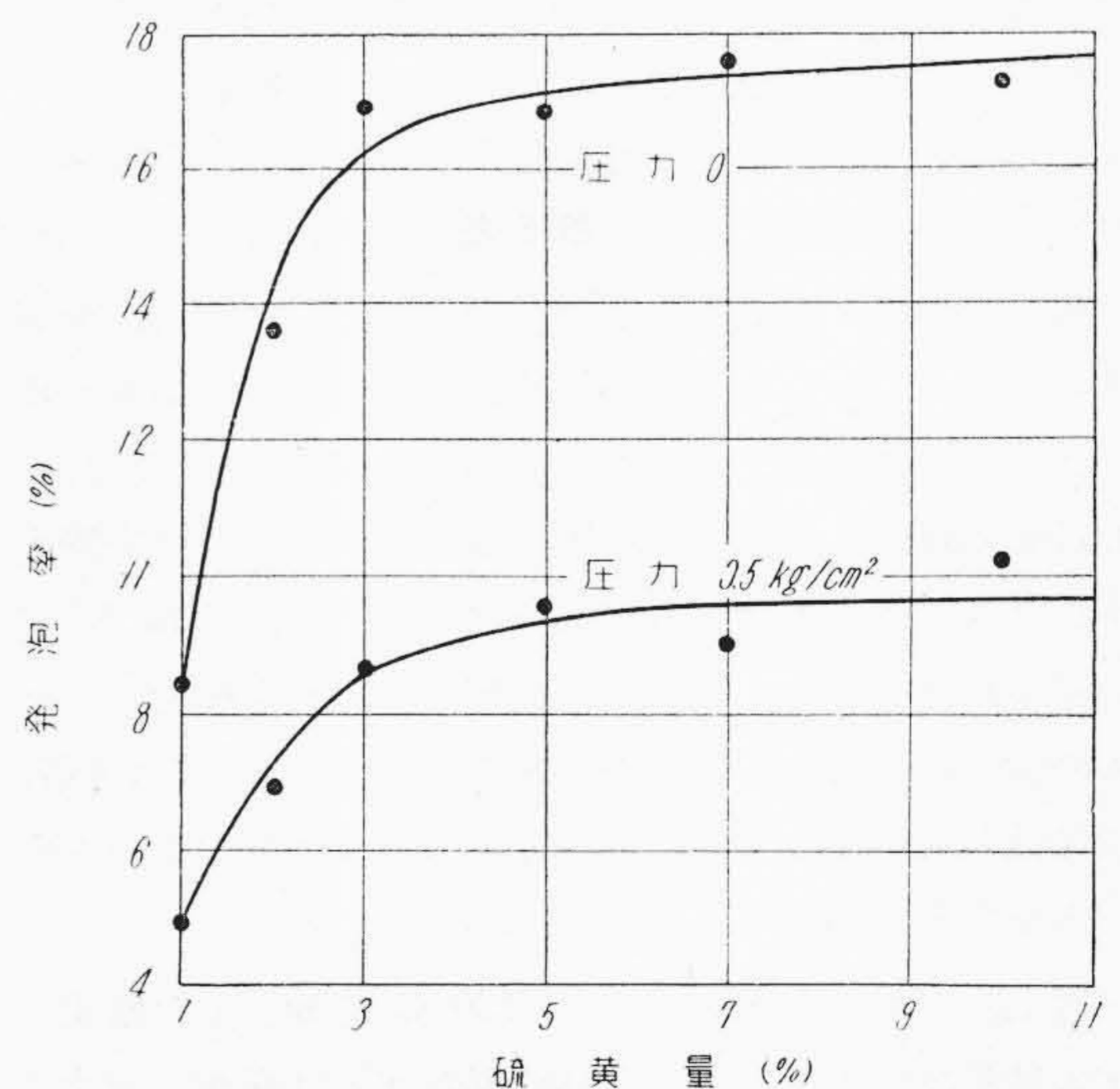
この影響をみるためにゴム量を 50% とし、硫黄 1~10% 加え、残部の配合剤を前回のゴム No. 4 と同様にして試料ゴムを作り、発泡率を算出した。その結果は第12図のようになり、硫黄量の増加と共に発泡も多くなる。しかし硫黄量が 3% 以上になると発泡率がほぼ一定になる。この原因は硫黄量の増加と共に硫化水素の発生量も多くなり<sup>(20)</sup>発泡しやすくなる<sup>(18)</sup>。一方加硫速度も必然的に早くなり、硫黄量の少いゴムに比し発泡する時間が短縮される。なお加硫時に発生した硫化水素が全部気泡になるわけではなく、一部は促進剤等と反応し、その生成物がゴムの加硫にあずかることも考えられる<sup>(21)</sup>。

第4表 試料ゴムの配合表  
Table 4. Tested Formulation of Rubber

| 配合剤     | 試料番号   |        |        |        |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | No. 1  | No. 2  | No. 3  | No. 4  | No. 5  | No. 6  | No. 7  |
| 生ゴム     | 20.00  | 30.00  | 40.00  | 50.00  | 60.00  | 70.00  | 80.00  |
| 硫黄      | 0.50   | 0.75   | 1.00   | 1.25   | 1.50   | 1.75   | 2.00   |
| DM      | 0.20   | 0.30   | 0.40   | 0.50   | 0.60   | 0.70   | 0.80   |
| 亜鉛華     | 0.60   | 0.90   | 1.20   | 1.50   | 1.80   | 2.10   | 2.40   |
| パラフィン   | 0.60   | 0.90   | 1.20   | 1.50   | 1.80   | 2.10   | 2.40   |
| ステアリン酸  | 0.30   | 0.45   | 0.60   | 0.75   | 0.90   | 1.05   | 1.20   |
| 老防C     | 0.20   | 0.30   | 0.40   | 0.50   | 0.60   | 0.70   | 0.80   |
| 炭酸カルシウム | 77.60  | 66.40  | 55.20  | 44.00  | 32.80  | 21.60  | 10.40  |
| 計       | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |



第11図 ゴム量と発泡率との関係 (加硫温度 130°C)  
Fig. 11. The Effect of Foaming Rate for the Rubber-Content (Vulcanizing Temperature 130°C)



第12図 硫黄量と発泡率との関係 (加硫温度 130°C)  
Fig. 12. The Effect of Foaming Rate due to the Sulphur-Content (Vulcanizing Temperature 130°C)



次に加圧下 (0.5 kg/cm<sup>2</sup>) で加硫すると全般的に発泡率は減少するが、なお少量の気泡が見られる。これより硫黄の及ぼす影響は他の配合剤よりも大きいものと考えられる。

(3) 亜鉛華量の影響

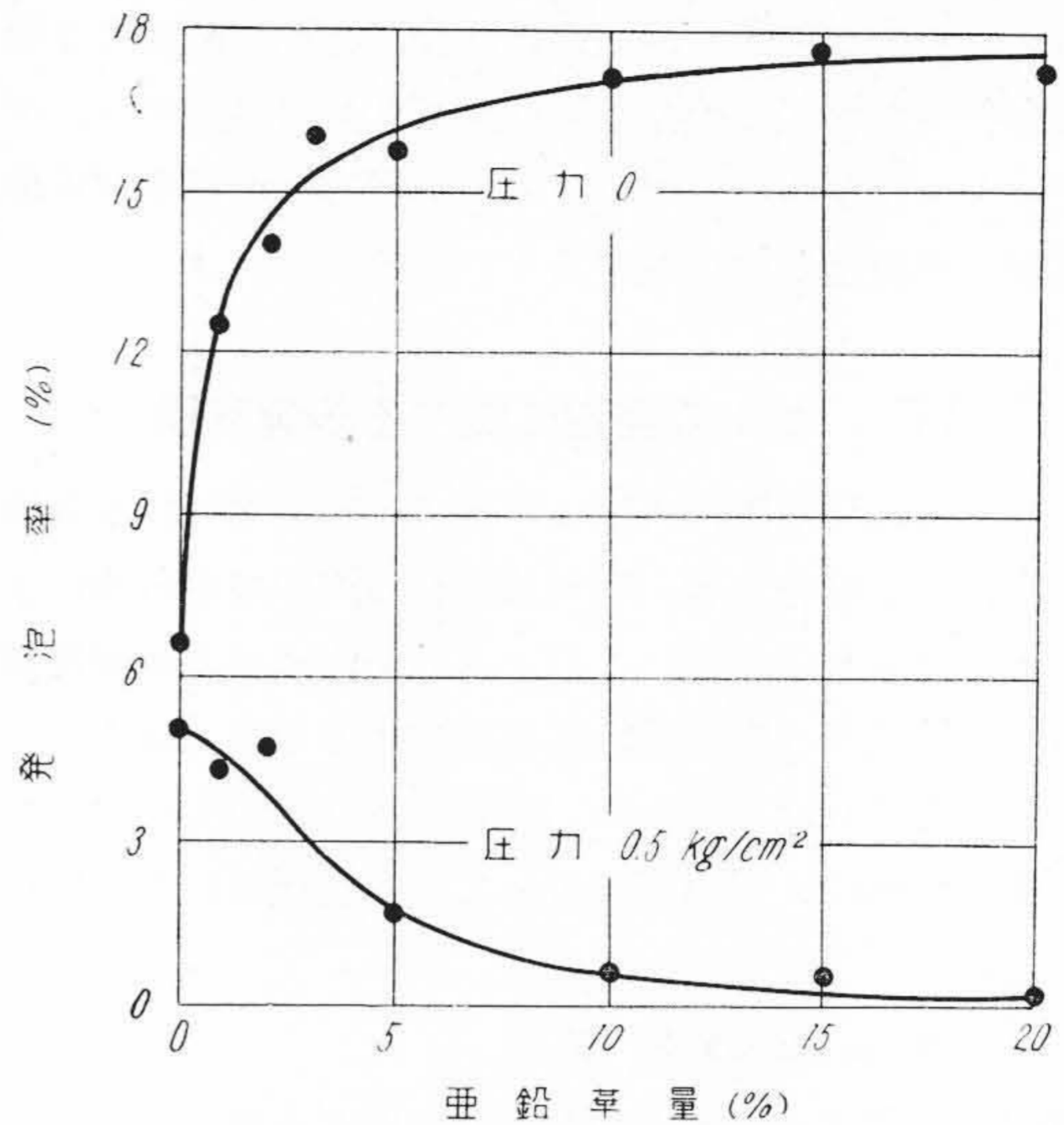
亜鉛華は有機促進剤の活性剤として、硫黄及びゴムの反応に関与するものと考えられている<sup>(22)</sup>。従つて亜鉛華の量を変え、ゴムに対して1~20%まで配合しその影響を検討した。試料ゴムはゴム量 50% とし、他の配合剤は前述の場合と同様にした。亜鉛華の量に対して発泡率を求めると第13図のようになる。これより発泡状態を検討すると圧力 0 の場合は何れも発泡が多く見られる。これは亜鉛華の混入によりゴムが解重合<sup>(23)</sup> を起すため非常に軟くなり、発泡しやすい状態になつていてと考えてよからう。しかし圧力を 0.5 kg/cm<sup>2</sup> にすると、気泡は減少する。

文献にも亜鉛華を混入すれば、硫化水素の発生量は減じ特にチウラムを混入する場合には著しく減ぜられるといわれている<sup>(24)</sup>。

(4) 各種充填剤の影響

電線用被覆ゴムには炭酸カルシウム、タルク、カタルポ、白艶華、カーボンブラック、炭酸マグネシウム等が充填剤や補強剤として用いられる。これらの配合剤はゴム中に多量使用されるのでゴムの発泡に少なからぬ影響を与えると考えられる。又ゴム中に消石灰を混入すると発泡が少くなるといわれているが<sup>(25)</sup>、これらの充填剤に就いて検討した。試料ゴムはゴム量を 50% とし、ゴム量に対して前回と同様に各配合剤を加え、残部を充填剤とした。なお各充填剤は含有水分量が 0.08% 以下になるまで十分に乾燥し、これを使用した。充填剤の種類に対して発泡率を算出すると第5表のようになる。即ち充填剤の種類によつては、圧力を全然加えない場合、発泡するものとしめないものがある。ガスを吸着するカーボンブラックは極端に大きな気泡が認められる。圧力を 0.5 kg/cm<sup>2</sup> にした場合、カーボンブラック及び炭酸カルシウム以外の配合ゴムは気泡の有無が肉眼で判定出来ぬ程度に減少する。充填剤の影響は、これを配合したゴムの軟さによることは勿論であるが、充填剤のガス吸着、或は微粉末による空気の混入等も大きな影響をもつものであると考えられる。

以上、ゴムの発泡に就いて 130°C で検討した結果、ゴム量及び硫黄量の増加と共に混合ゴムは発泡しやすくなり、亜鉛華、炭酸マグネシウム、消石灰等の混入によつて或る程度これを防ぐことが出来ること等が明らかになつた。



第13図 亜鉛華量と発泡率との関係 (加硫温度 130°C)

Fig. 13. The Effect of Foaming Rate for the Content of Zinc-Oxide, (Vulcanizing Temperature 130°C)

第5表 各種充填剤の発泡率 (%)

Table 5. Foaming Rate of Some Fillers (%)

| 圧力 (kg/cm <sup>2</sup> ) | 充填剤の種類  |     |     |          |          |      |     |
|--------------------------|---------|-----|-----|----------|----------|------|-----|
|                          | 炭酸カルシウム | タルク | 白艶華 | 炭酸マグネシウム | カーボンブラック | カタルポ | 消石灰 |
| 0                        | 20.0    | 7.0 | 4.9 | 0        | 22.3     | 4.9  | 0.2 |
| 0.5                      | 3.7     | 0.7 | 0.7 | 0        | 4.0      | 0.7  | 0   |

[V] ゴムの発泡に関する実験的考察

予備実験でゴムの発泡は配合剤を吟味することによつて、或る程度防止出来ることを知つた。

しかし、電線用被覆ゴムは電氣的及び機械的性能より、配合剤の種類や量には一部制限がある。なお連続加硫法は罐加硫法と異なり、比較的高温でゴム絶縁電線を加硫しなければ経済的に成立しない。

従つて筆者等は電線被覆用ゴムとして許される範囲のもので、更に高温下下に於ける発泡を検討した。

(1) 絶縁ゴム

絶縁ゴムはその線種によつてゴム量及び配合剤を異にするが、最も一般的な 600 V ゴム絶縁電線に使用するものに就いて検討した。即ちゴム量 33% とし、これに

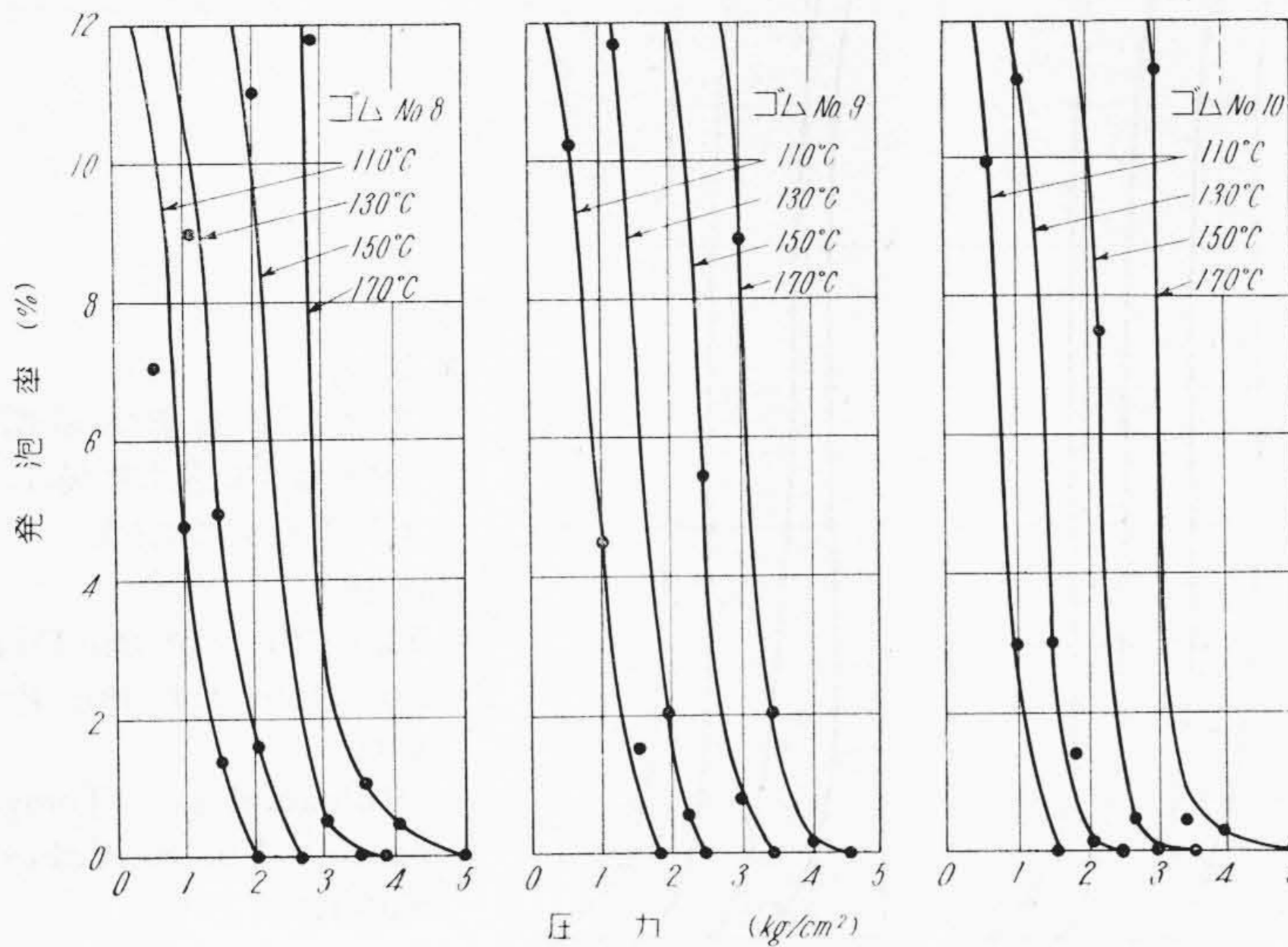
硫黄+DM+チウラム ゴム No. 8

チウラムのみ ゴム No. 9

チウラム+消石灰 ゴム No. 10

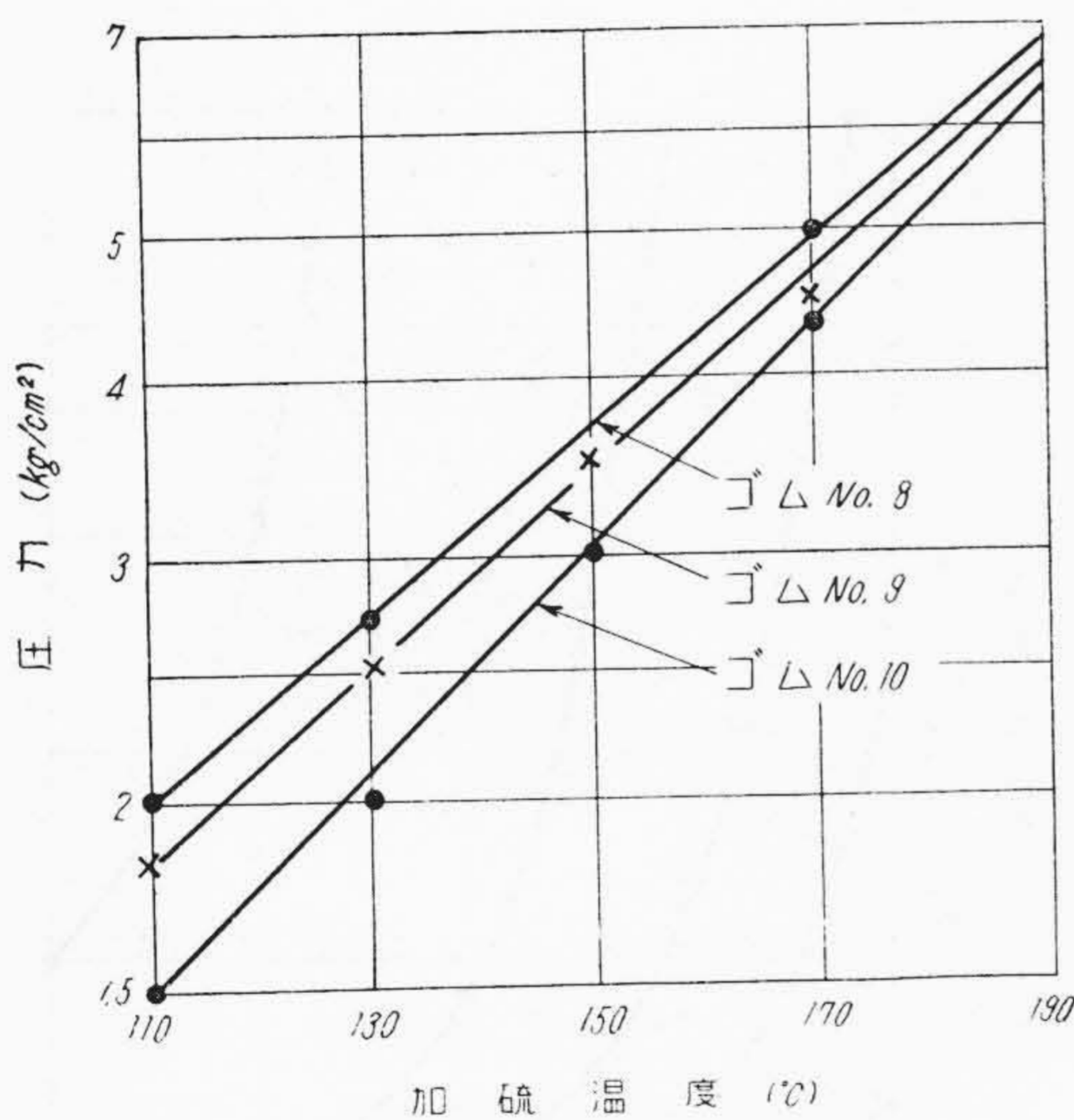
等、3種にした。なお各ゴムにはこの他促進剤、充填剤等の一定量混入した。





第14図 圧力と発泡率との関係 (加硫温度を変えた場合, 絶縁ゴム)

Fig. 14. The Effect of Foaming Rate for the Pressure (Vulcanizing Temperature is Varied, Insulation Rubber)



第15図 加硫温度と圧力との関係 (絶縁ゴム)

Fig. 15. The Effect of the Pressure for the Vulcanizing Temperature (Insulation Rubber)

各ゴムを 110~170°C の温度で、圧力を変えて加硫し発泡率を算出すると第14図のようになる。即ち各ゴムは加硫温度が高くなるにしたがって、発泡率が增大する。しかし圧力の増加と共に発泡率は減少し、或る一定の圧力以上になると気泡は殆ど消滅する。この発泡を防ぐための最小圧と温度との関係を求めると第15図のようになる。第15図より 190°C に於けるこの圧力を推定すると 6~6.5 kg/cm<sup>2</sup> となる。なお第14図及び第15図より各ゴムの発泡状態を検討すると、ゴム No. 8 が最も発泡しやすく、No. 9, No. 10 がこれに次いでいる。ゴム No. 8 は DM とチラウムとを加硫促進剤としているが、チラ

ウムの配合量が僅少であるため硫黄と DM との影響が強く現われ、気泡を生じやすくなるものと思う。

消石灰を配合すると (ゴム No. 10) 低温に於てはその影響は認められるが、高温になると効果が少くなる。

(2) キャブタイヤゴム

キャブタイヤケーブルに用いるゴムは、このケーブルの用途からしても明らかなように特に機械的強度が要求される。なおこのゴムは通常押出機でケーブル上に被覆されるため、他のゴムよりも可塑性を大きくしなければならない。従つてこのゴムは約 50% の生ゴムを含み、カーボンブラック、白艶華等の補強剤やステアリン酸、パラフィン等の軟化剤が絶縁ゴムより多量に配合されている。

ゴム量、促進助剤、充填剤、他の配合剤をほぼ一定にして、

|          |           |
|----------|-----------|
| 硫黄+DM    | ゴム No. 11 |
| チラウムのみ   | ゴム No. 12 |
| チラウム+消石灰 | ゴム No. 13 |

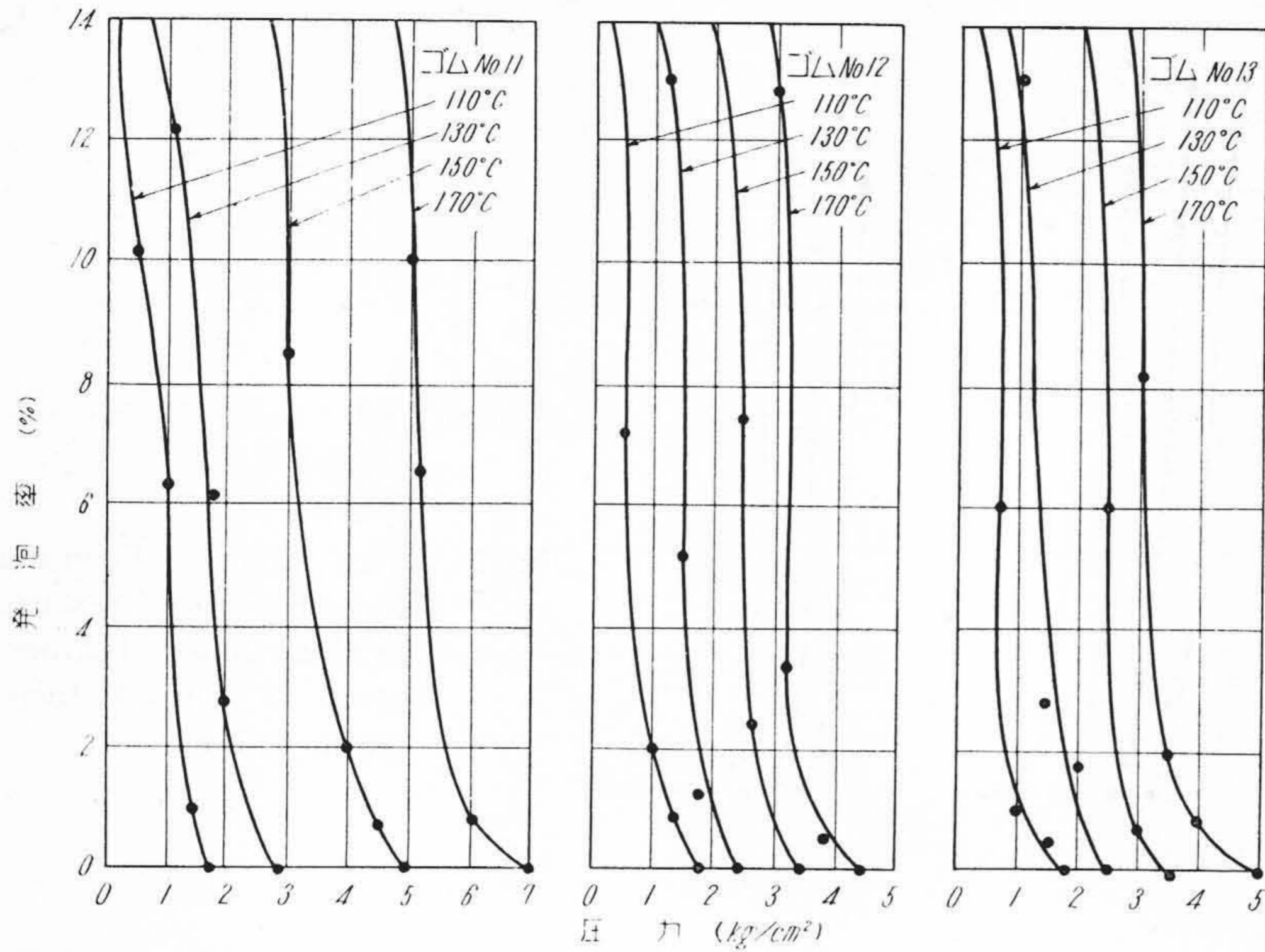
等に就いて発泡率を算出すると第16図 (次頁参照) のようになる。なお加硫温度と発泡を防ぐ最小圧との関係は第17図 (次頁参照) の通りである。

ゴム No. 11 はゴム No. 12, No. 13 よりも発泡率が大きく、無発泡にするためには、より大きな圧力を必要とする。

この原因は

- (1) 硫黄量の相違
- (2) DM を配合すると加硫の初期に於てゴムは解重合を起し軟化する。しかしチラウム系ゴムは逆に硬化するらしいといわれているが<sup>(26)</sup>、このような加硫中の硬度の相違



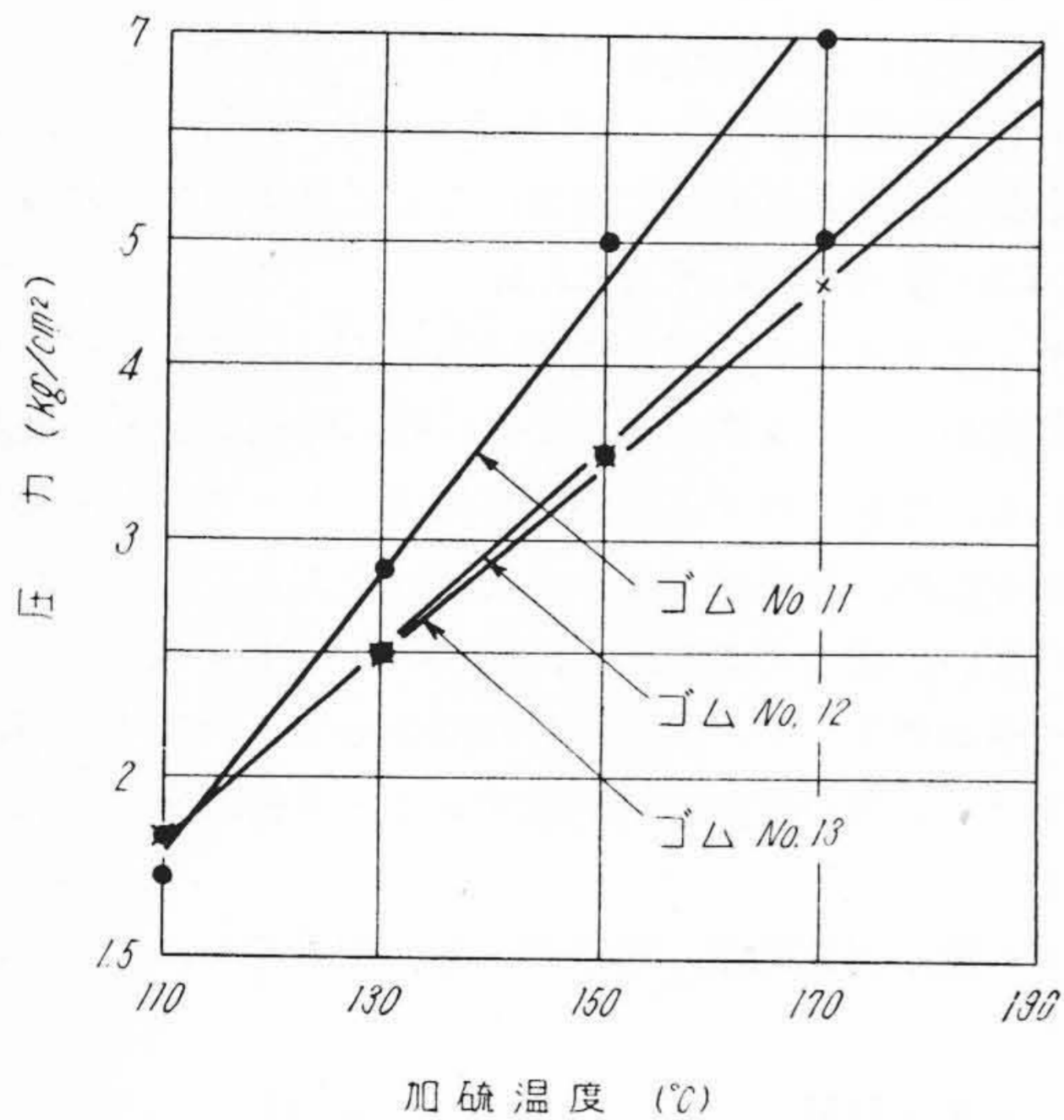


第 16 図

圧力と発泡率との関係  
(加硫温度を変えた場合、  
キャブタイヤゴム)

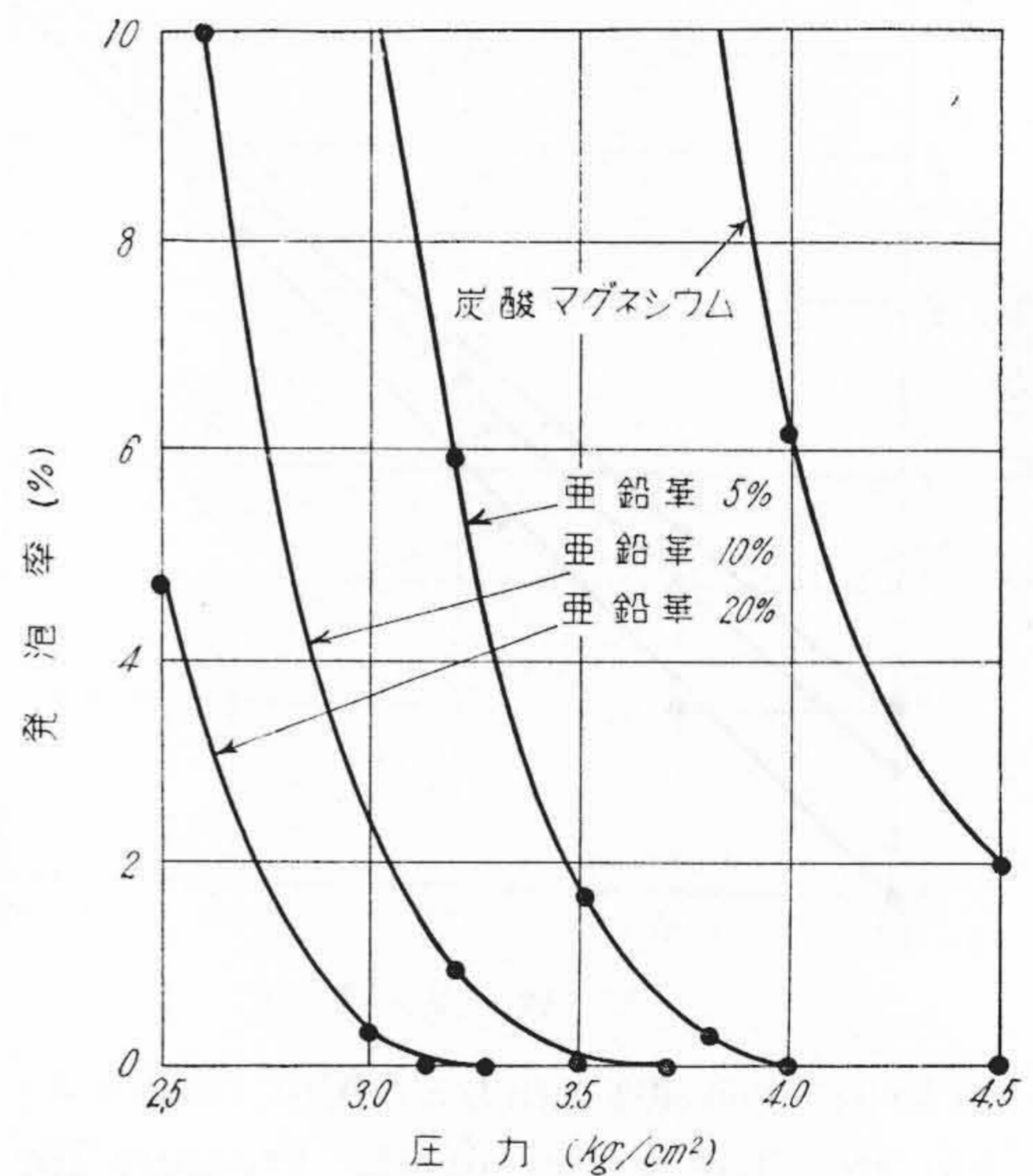
Fig. 16.

The Effect of the Foaming Rate for the Pressure  
(Vulcanizing Temperature Is Varied, Cabtyre-Rubber)



第 17 図 加硫温度と圧力との関係  
(キャブタイヤゴム)

Fig. 17. The Effect of the Pressure on the Vulcanizing Temperature (Cabtyre-Rubber)



第 18 図 圧力と発泡率との関係  
(亜鉛華及び炭酸マグネシウムの影響)

Fig. 18. The Effect of the Foaming Rate on the Pressure (Zinc-Oxide and Magnesium-Carbonate Is Varied)

(3) チラウムと亜鉛華を含むゴムは硫化水素の発生が少いということ<sup>(24)</sup>

等から判断出来る。

なお消石灰は 110~170°C の範囲では差程その効果が認められなかつた。これはゴム量及び軟化剤が比較的少量に用いられているので、この影響の方がより強く現われたゝめではなからうか。

次に 170°C に於ける亜鉛華及び炭酸マグネシウムの影響を求めると第 18 図のようになる。

これらのゴムは亜鉛華 5~20%、或は炭酸マグネシウム 80% (何れもゴム量に対して) を加え、他の配合剤は No. 12 と同一にして、その加減は充填剤で行つた。亜鉛華を加えると、高温に於ても前章の場合と同様に発泡は減少する。しかし炭酸マグネシウムは高温になると、逆に発泡を増加させる。これはゴム用の炭酸マグネシウムには 3~11 分子の結晶水を含有しているが<sup>(27)</sup>、この水分が揮発するためではなからうか。



以上の実験より、

- (1) 電線用被覆ゴムは 190°C に於て 6 kg/cm<sup>2</sup> 以上の圧力を必要とする。
- (2) チウラム系ゴムは発泡しづらい。
- (3) 炭酸マグネシウムは高温になると逆に気泡を誘発する等が明らかになった。

### 〔VI〕 結 言

以上の結果を総括すると、

- (1) 蒸気漏洩防止装置にはラビリンスパッキンを使用した。これを理論的に検討すると 1 箇のラビリンスパッキンで 2 回減圧する。
- (2) この原理を利用して各方式の蒸気漏洩防止装置をつくり、これを実験的に検討した。その結果ラビリンスパッキン、ゴムパッキン及び水パッキンを併用した装置が最もゴム絶縁電線の連続加硫機に適することが判つた。

なお最近入手した文献によると、英国 (キャレンダーケーブル) 及び国内 (住友) で用いている装置と日立式のものとは、原理的に同一であることが本研究終了後に判明した。

- (3) 加硫中に発生するゴムの気泡は、加硫温度と圧力との不均衡に起因するが、配合剤を吟味すれば或る程度これを減少することが出来る。

- (4) 電線用被覆ゴムは 190°C で 6 kg/cm<sup>2</sup> 以上の圧力を加えないとスポンジ状のゴムとなる。

となる。なお温度上昇時の発泡及び加硫率等に就いては後の機会に発表する。

最後に本研究を行うにあたり、終始御鞭撻を賜つた日立製作所馬場重役及び御指導を戴いた日立製作所日立電線工場、内藤部長、山野井部長、久本博士に深謝し、御援助を願つた松山主任及び福田氏に御礼申し上げる。

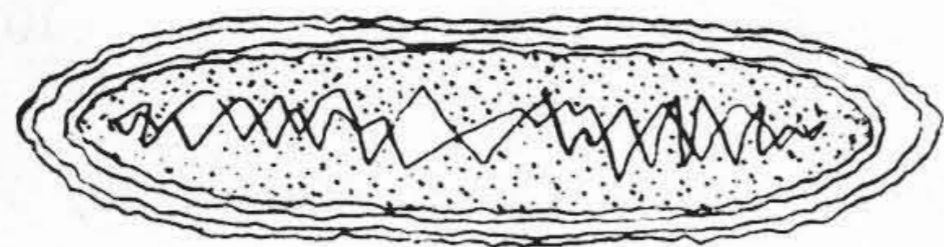
### 参 考 文 献

- (1) S. E. Billhart: Ind. Rub. World, **86**, 51 (1932)

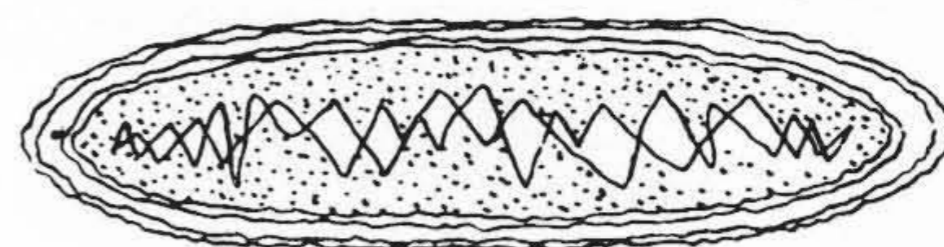
- (2) A. R. Kemp: Rub. Chem. Tech., **10**, 743 (1937)
- (3) 笈川: 特許 昭 26-2482; 電気学会雑誌 **72**, 87 (昭 27)
- (4) 橋本, 他 5 名: 特許 昭 26-2737
- (5) 鳴海: オーム **38** 268 (昭 26)  
鳴海・平田・滝山: 電気三学会大会講演予稿集 6-5 (昭 25)
- (6) 横瀬・望月: 特許 昭 28-5692
- (7) 杉・郡: 住友電気彙報 **38** 1 (昭 25)
- (8) 横瀬・望月: 実用新案 昭 26-2280
- (9) John Royle: 資料 (昭 28 入手)
- (10) Davis Standard: 資料 (昭 28 入手)
- (11) E. Tunncliff: Trans. Inst. Rub. Ind., **29**, 55 (1953)
- (12) 日本機械学会編: 機械工学便覧 **6** 13-128 (昭 27)
- (13) 内田・亀井: 化学工学 **46** (昭 16 丸善社)
- (14) 勝田: 生産研究 **2** 16 (昭 25)
- (15) 一樹: 建築学会論文集 **31** 40 (昭 19)
- (16) 猿田: 労働衛生と生理 **58** (昭 23)
- (17) 藤本: 流体の力学と流体機械 **60** (昭 26 養賢堂)
- (18) 大北: ゴム加硫の理論と実際 **92** (昭 26 黎明社)
- (19) W. H. Roger: Trans. Inst. Rub., Ind., **11** 197 (1935)
- (20) 大北: 日本ゴム協会誌 **12** 580 (昭 14)
- (21) 河岡: 日本ゴム協会誌 **26** 147 (昭 28)
- (22) 荘林: 日本ゴム協会誌 **16** 71 (昭 18)
- (23) 湊谷・小林: 日本ゴム協会誌 **20** 159 (昭 22)
- (24) 大北: 日本ゴム協会誌 **13** 404 (昭 15)
- (25) 日本ゴム協会編: ゴム工業便覧 **40** (昭 24 丸善社)
- (26) 湊谷・石山: 日本ゴム協会誌 **25** 502 (昭 27)
- (27) 日本ゴム協会編: ゴム工業技術 **68** (昭 24 工業通信社)







# 特 許 と 新 案



## 最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その4)

(第38頁より続く)

| 区 別  | 登録番号   | 名 称                    | 工場別          | 氏 名                  | 登録年月日     |
|------|--------|------------------------|--------------|----------------------|-----------|
| 実用新案 | 412513 | 屈 折 計                  | 多賀工場         | 橋本武三郎                | 29. 4. 17 |
| "    | 412514 | 回 転 軸 受 の 漏 油 防 止 装 置  | 多賀工場         | 秋山幸夫                 | "         |
| "    | 412538 | 紡 糸 電 動 機              | 多賀工場         | 萩野谷忠昭                | "         |
| "    | 412539 | 紡 糸 電 動 機 の 給 油 装 置    | 多賀工場         | 萩野谷忠昭                | "         |
| "    | 412543 | カーボンパイル抵抗器における圧縮バネ調整装置 | 多賀工場         | 杉浦慎三孝<br>沢田三孝        | "         |
| "    | 412544 | 堅 型 電 動 機              | 多賀工場         | 川崎光彦<br>河村三郎         | "         |
| "    | 412545 | 反撥起動型单相誘導電動機の刷子保持器固定装置 | 多賀工場         | 萩野谷忠昭<br>友部忠一        | "         |
| "    | 412549 | 扇 風 機                  | 多賀工場         | 四倉輝夫                 | "         |
| "    | 412550 | カットアウトリレー付カーボンパイル電圧調整器 | 多賀工場         | 小室甲二郎                | "         |
| "    | 412551 | カットアウトリレー付カーボンパイル電圧調整器 | 多賀工場<br>日立工場 | 小室甲二郎<br>田中貞之助       | "         |
| "    | 412552 | 紡 糸 電 動 機              | 多賀工場         | 吉田金太郎                | "         |
| "    | 412553 | 堅 型 電 動 機              | 多賀工場         | 川崎光彦<br>河村三郎         | "         |
| "    | 412557 | カットアウトリレー付カーボンパイル電圧調整器 | 多賀工場         | 小室甲二郎                | "         |
| "    | 412559 | 紡 糸 電 動 機 の 給 油 装 置    | 多賀工場         | 大岡宏                  | "         |
| "    | 412560 | 紡 糸 電 動 機 の 油 槽        | 多賀工場         | 大岡宏                  | "         |
| "    | 412561 | 紡 糸 電 動 機 支 持 装 置      | 多賀工場         | 大岡宏                  | "         |
| "    | 412563 | 差 込 み プ ラ グ            | 多賀工場         | 四倉輝夫                 | "         |
| "    | 412566 | 積 算 電 力 計 試 験 装 置      | 多賀工場         | 高田昇平                 | "         |
| "    | 412497 | 高圧ケーブルを管球支持腕の中に通したX線装置 | 亀戸工場         | 稲木利市<br>和馬正勝<br>田場脩彦 | "         |
| "    | 412498 | X線管球支持腕と透視台可動部との結合装置   | 亀戸工場         | 和小松正長<br>田林本一<br>脩平雄 | "         |
| "    | 412499 | X線透視台可動部の制動装置          | 亀戸工場         | 和小松正長<br>田林本一<br>脩平雄 | "         |
| "    | 412500 | X線透視台の螢光板支持部           | 亀戸工場         | 和小松正長<br>田林本一<br>脩平雄 | "         |
| "    | 412501 | X線透視台の踏台取付装置           | 亀戸工場         | 和小松正長<br>田林本一<br>脩平雄 | "         |
| 実用新案 | 412502 | 整流管陰極加熱電流測定装置          | 亀戸工場         | 和小松正長<br>田林川<br>脩平三  | 29. 4. 17 |

(第72頁へ続く)