

電話機用ダイヤルの速度変化に就いて (第1報)

— 潤滑油の影響 —

北条 徳* 軽部 政雄**

The Speed Variation of Telephone Dial (Part 1)

— Effect of Lubricating Oil —

By Toku Hōjō and Masao Karube
Totsuka Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Type No. 4 Automatic Telephone is designed collaborately by the big four among Japan's communications equipment specialists headed by Hitachi, Ltd. on the basis of the specifications of the Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation. And in the incipient stage of mass production of this type of telephone started in 1950, No. 4 Dials used with the No. 4 Telephones had not been entirely free from a few functional short-comings. The major problem was speed variation of dial rotation witnessed in some portion of the products.

The writers, in their elaborate investigation to determine causes of this defect, found that it was attributable to the lubricating oil, temperature of and moisture in atmosphere, and defect of operational mechanism. This article concerns solely with the problem of lubricating oil, telling how the writer has found the answer by the use of the synthetic oil L_1 after experimenting effects of various kinds of lubricating oil on the dial speed.

〔I〕 緒 言

4号型ダイヤルはアメリカの Automatic Electric 会社製 24 型ダイヤルを基礎とし、これに我国の生産技術にマッチするよう修正を加えて設計された新型(4号)電話機用最新型ダイヤルであるが、その量産にあたっては当初は予想し得なかつた問題があり、何れも量産の遂行、品質の確保のため早急に解決する必要が要請された。

こゝにはこれ等の問題のうち、最も本質的であるダイヤル速度変化をとり上げた。筆者はダイヤルの速度変化の要因が潤滑油、外気の温度、湿度及び機構部分にあることを知り、これが解決に成功した。

第1報ではダイヤルの速度変化の要因の一つである潤

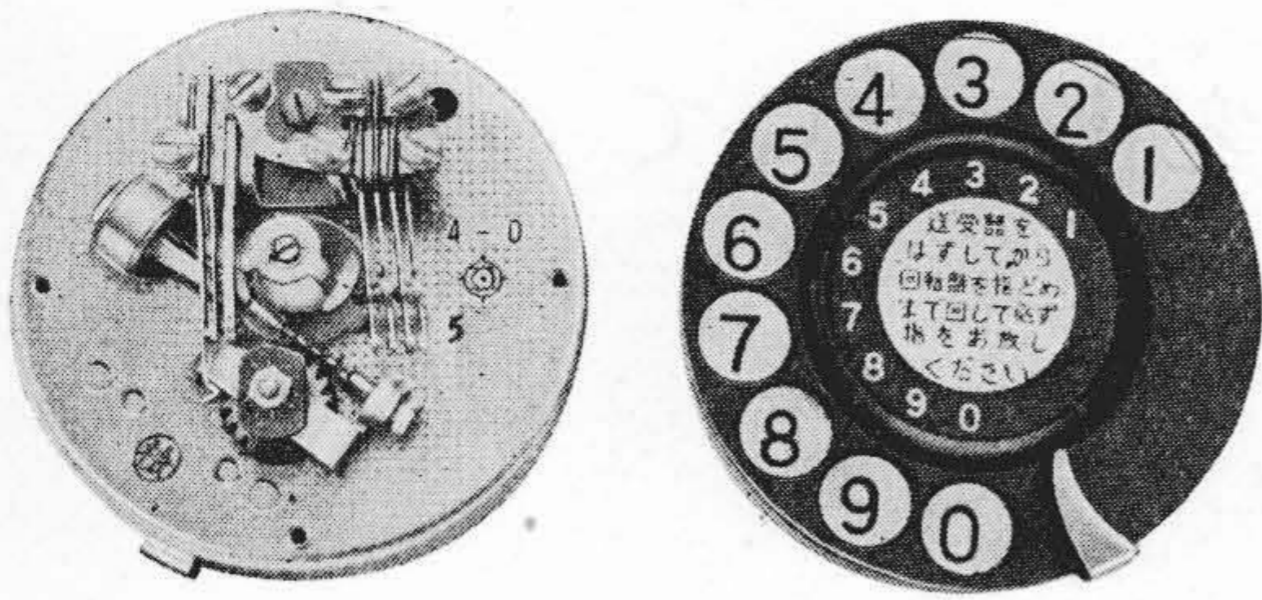
* ** 日立製作所戸塚工場

滑油に就いて検討した結果を報告する。

〔II〕 電話機用ダイヤルの概要

電話機用ダイヤルはいうまでもなく自動交換機の接続に使用され電氣的インパルスを発生するもので1から0にいたる10箇の指孔を有するフィンガープレートの任意の孔に指を入れて指止めまで廻して放すと、内部の電気接点はその指孔に示された数だけ(0は10回)一定速度で断続する構造のもので第1図(次頁参照)にこの4号型ダイヤルの写真を示す。

断続速度は毎秒 10 ± 1 回の範囲内にあることが自動交換機の動作の上から要求される。この断続速度をダイヤル・インパルス速度(本稿では以下ダイヤル速度と呼ぶ)と呼んでいる。



第1図 4号型ダイヤル
Fig. 1. No. 4 Telephone Dial

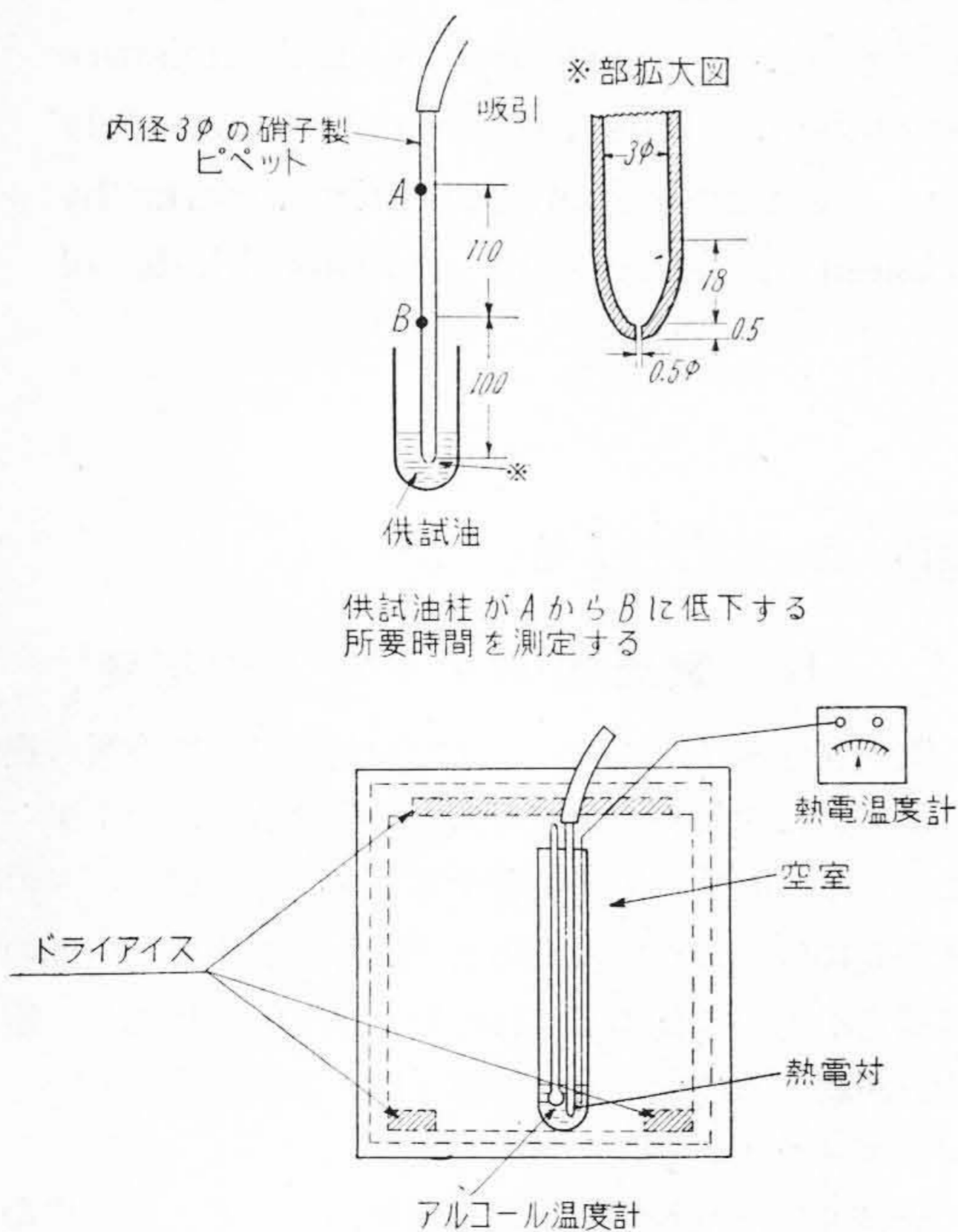
〔III〕 ダイヤル速度に与える潤滑油の影響

ダイヤルの軸受及び歯車噛み合い面には摩擦損失を少なくするために潤滑油を与えており、これは減磨耗や材質の腐蝕を軽減、防止する効果があるが、その反面潤滑油の粘度が何かの原因で変化するとダイヤルの速度がこの影響をうけて変化する欠点を有することになる。

即ち、潤滑油が鉱物、植物、動物、合成の何れであつても、温度変化によつて多かれ少かれ粘度が変化するので、摩擦係数に変化を生じ、また注油後時間の経過に従つて蒸発変質して粘度が変化し摩擦係数が変つてくる。

そしてダイヤル速度が潤滑油の物理的、化学的性質の影響をうけて変化することになる。

本研究では第1表に示す通り現在我国で入手し得る代表的な各種の潤滑油をとり、その中からダイヤル速度の



第2図 潤滑油粘度測定装置
Fig. 2. Viscosity Measuring Apparatus of Lubricating Oil

第1表 研究に使用した潤滑油
Table 1. Lubricating Oil Used in This Investigation

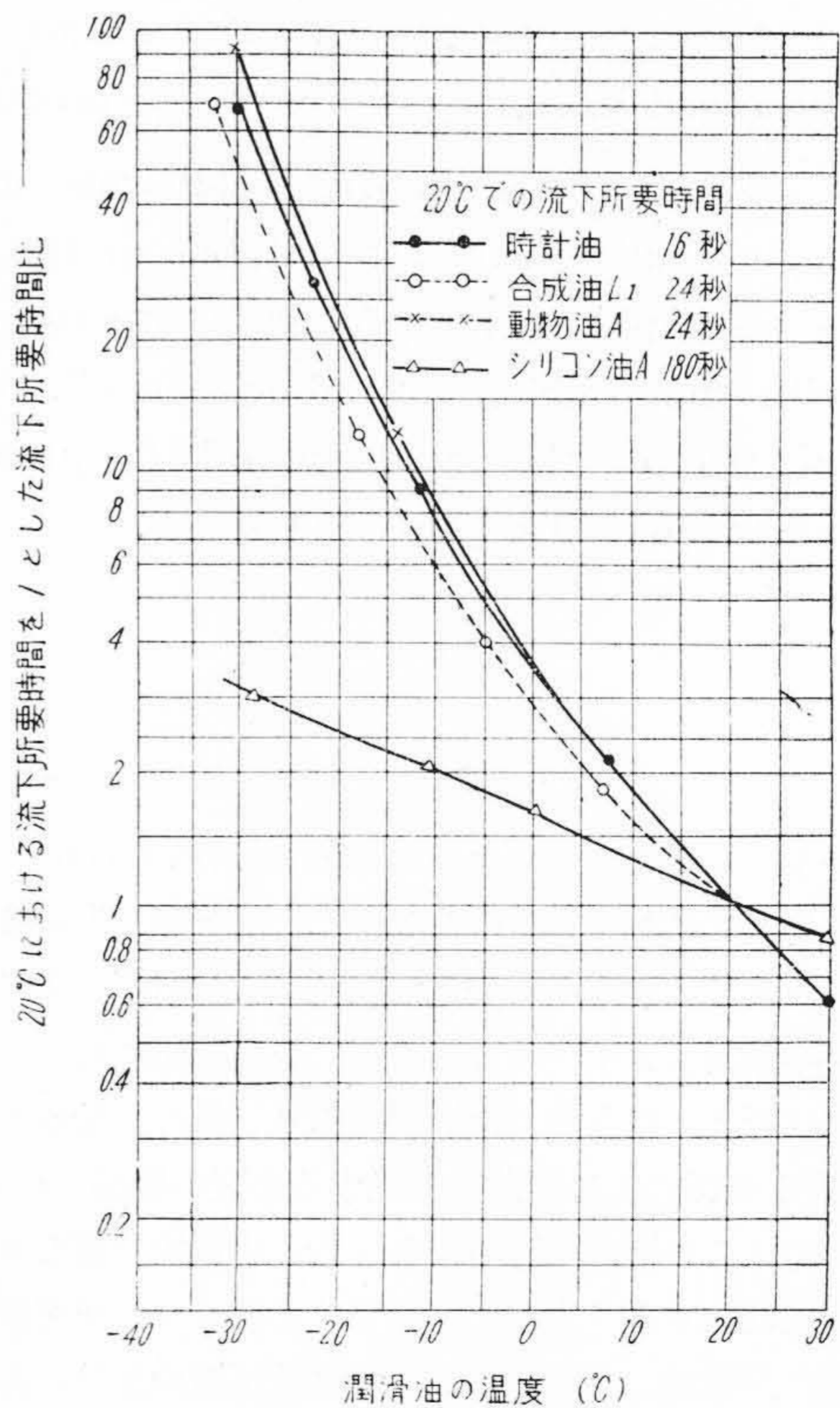
油名	成分
時計油	一般品
動物油 A	アイ鯨系
合成油 L ₁	
シリコン油 A	メチル系
シリコン油 B	油性向上剤添加
シリコン油 C	フェニール系
シリコン油 D	同上
シリコン油 E	同上

変化が周囲の温度の変化によつても時間経過によつても最小であるものを見出そうと努めた。

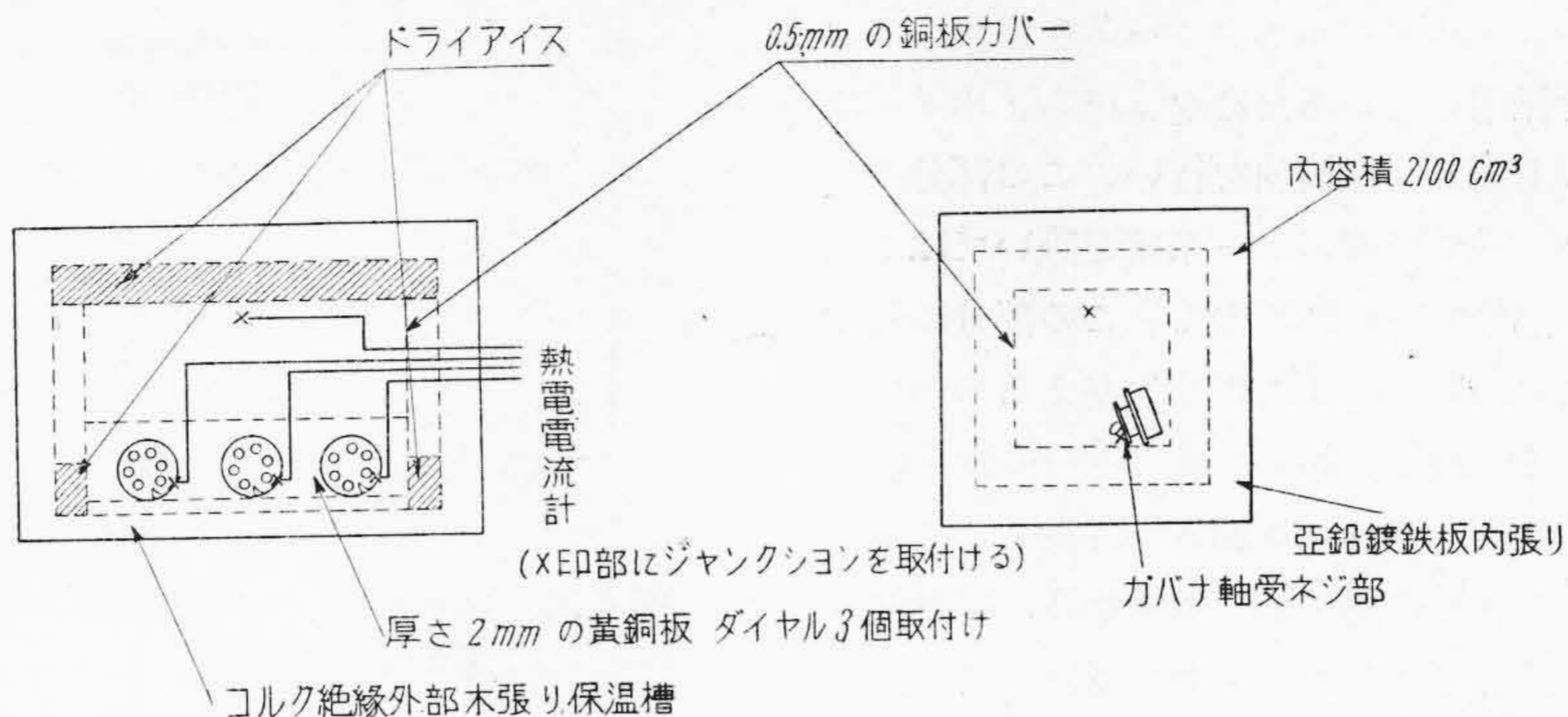
〔IV〕 周囲温度がダイヤル速度に与える影響

(1) 各種潤滑油の粘度—温度特性

ダイヤルに使用するためには温度が変化しても粘度に大きな変化のない潤滑油が望ましいので、代表的潤滑油



第3図 各種潤滑油の粘度—温度特性
Fig. 3. Viscosity vs. Temperature of Various Lubricating Oil



第4図 4号ダイヤル速度の低温測定装置

Fig. 4. Low Temperature Device for the Measurement of Dial Speed Variation

に就いて温度によつて粘度がどの程度の変化をするかを第2図のような流下時間測定法によつて比較試験を行つた。その結果は第3図の通りで、 $-30^{\circ}\text{C} \sim +30^{\circ}\text{C}$ の間で粘度—温度特性の最も良いのはシリコン油Aであり、残る4種の中では合成油L₁が良い。

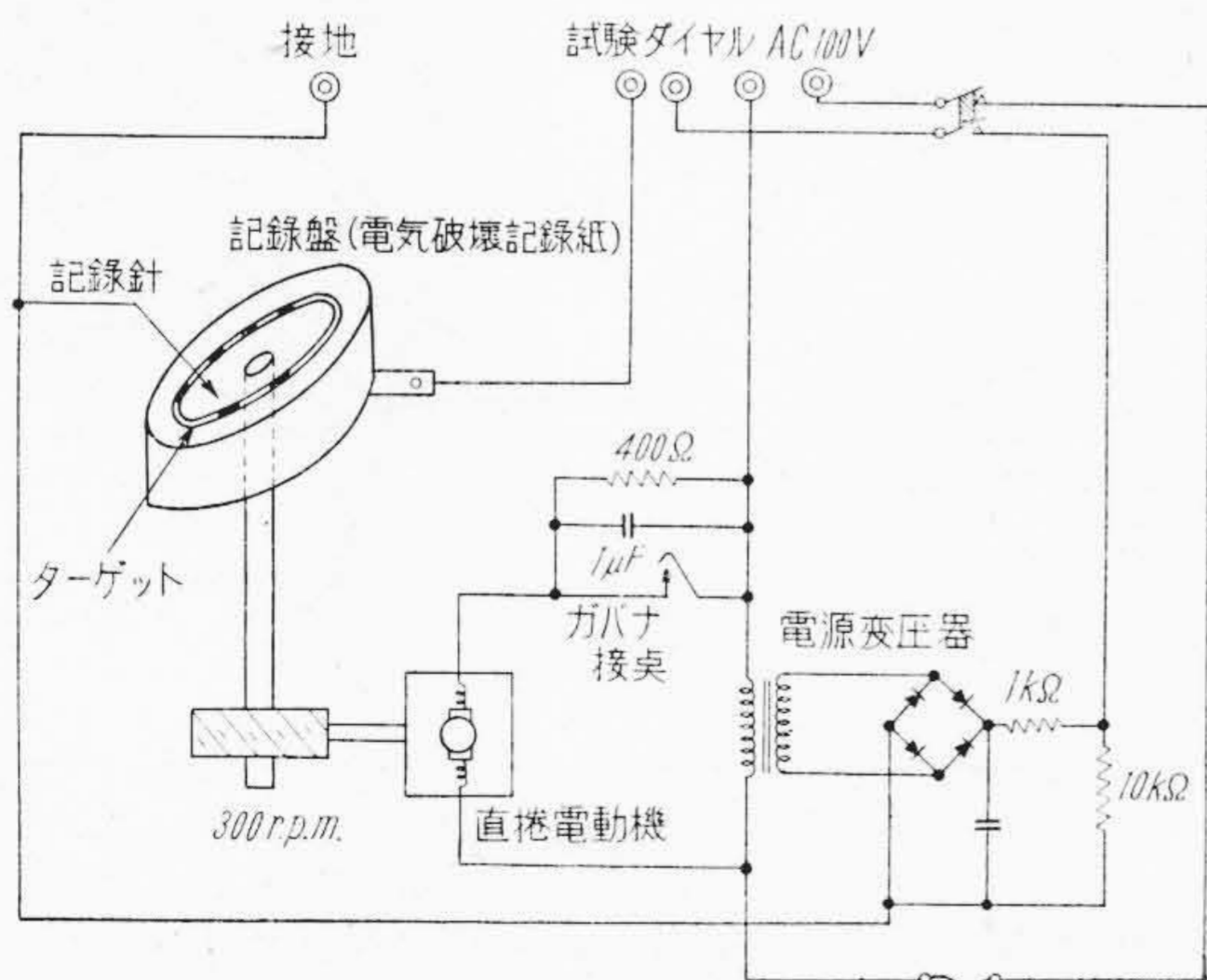
(2) ダイヤル速度と潤滑油の粘度—温度特性との関係

前項で述べたように、潤滑油は温度の変化によつて粘度が変化するのでこれ等の潤滑油を使用したダイヤルは外気条件によつてダイヤル速度が変化する。

ダイヤルを第4図に示す低温試験装置を使つて室温から徐々に冷却したときのダイヤルの速度を第5図に示すような調24号ダイヤル試験機で測定した。

その測定結果の一例を示すと第6図の通りであつて、時計油、合成油L₁、動物油A及びシリコン油Aの中では時計油が最も速度低下が大きい。

合成油L₁、動物油A及びシリコン油Aとはほぼ同一の



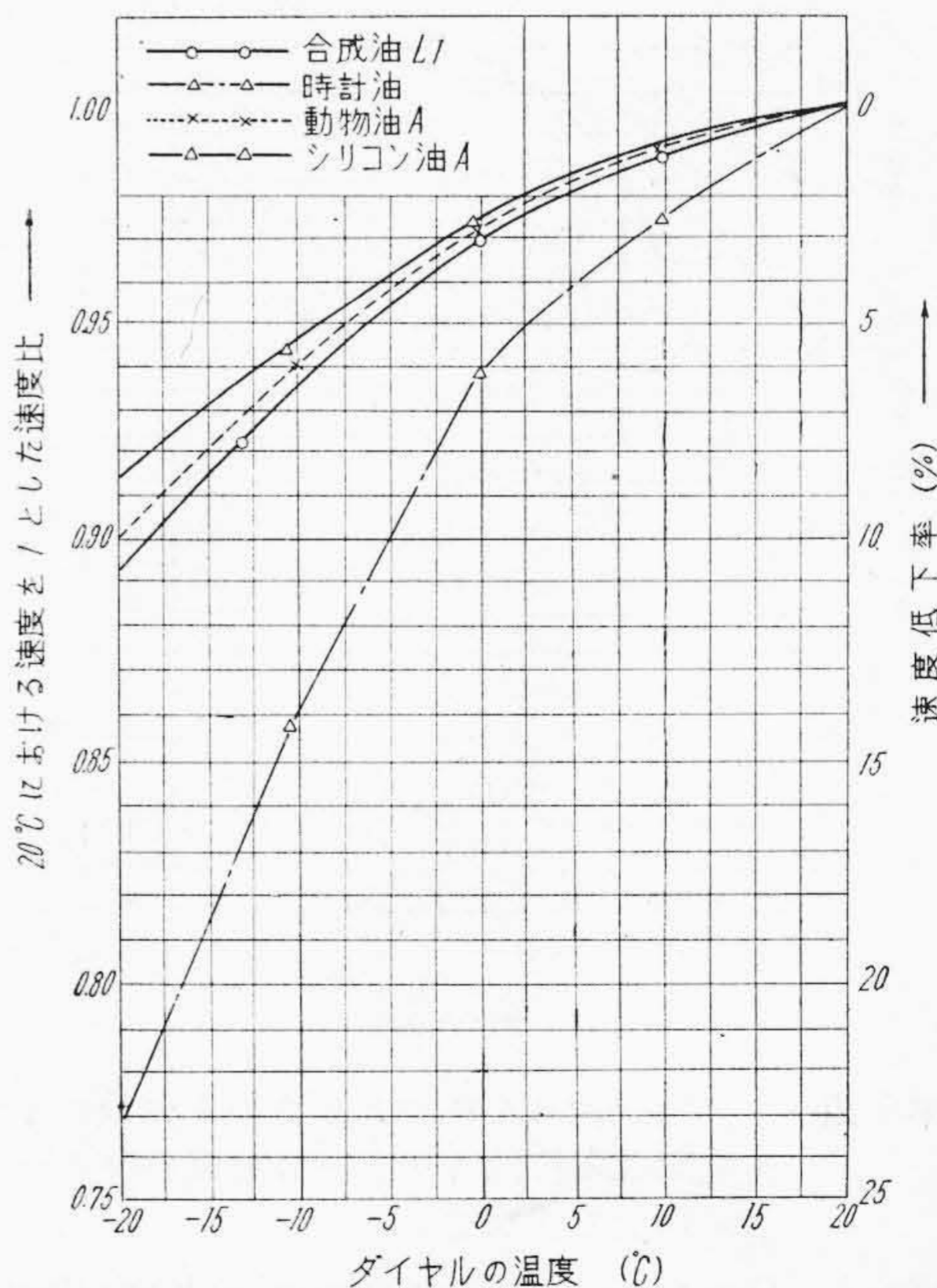
第5図 調24号Aダイヤル試験機の原理
Fig. 5. Principle of the Cho-No. 24-A Dial Testing Apparatus

傾向を示し、この実験結果からは有意差は認められなかつた。

この種の実験を多数行つた結果は相当ばらつきはあるが傾向はほぼ同様になる。

結果がばらつくのは各潤滑部分への注油程度を一定に保ちがたいためと考える。

次に、温度変化による潤滑油の性能変化の影響が場所により異なるのではないかと考え、構造上潤滑油の性能が最も鋭敏に現われるウォーム軸の部分に就いて各潤滑油の比較試験を行つた。本ダイヤルは歯車の組合せを簡単



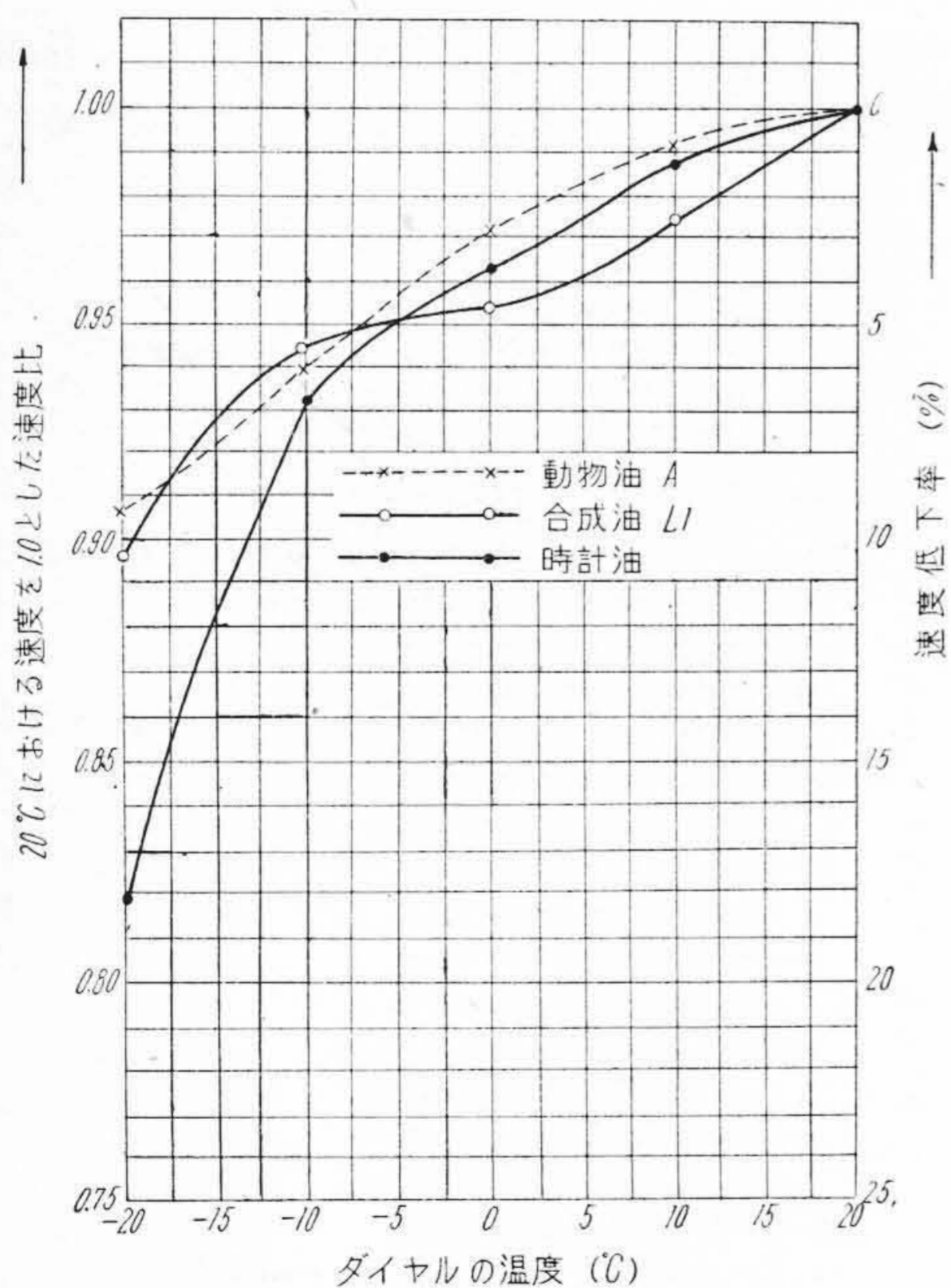
第6図 4号Dダイヤルの速度—潤滑油温度特性
Fig. 6. Dial-speed vs. Temperature, with Lubrications by Various Oils

にするためウォーム・ホイールがウォームを駆動するという特殊な機構を採用しているためウォーム・ホイールの歯先とウォーム歯面とは点接触を行い、この部分の効率はきわめて悪い。従つてガバナー系統を除いてはトルクの大部分はこの部分で失われるので、この部分に対する潤滑油の性質はきわめて大きな影響を与えるものである。即ちウォーム軸の歯面を除いた他の部分には比較的粘度——温度特性の良いシリコン油Aを注油し、ウォーム軸の歯面には他の3種の潤滑油、動物油A、時計油及び合成油L₁を注油してダイヤル速度が温度によつてどのように変わるかを実験した。

その結果は第7図に示す通り、ウォーム歯面に注油した潤滑油の性質がダイヤル速度に大きな影響を与え、時計油を使用した場合に速度変動が最大で、動物油Aと合成油L₁との間に際立つた差は認められなかつた。

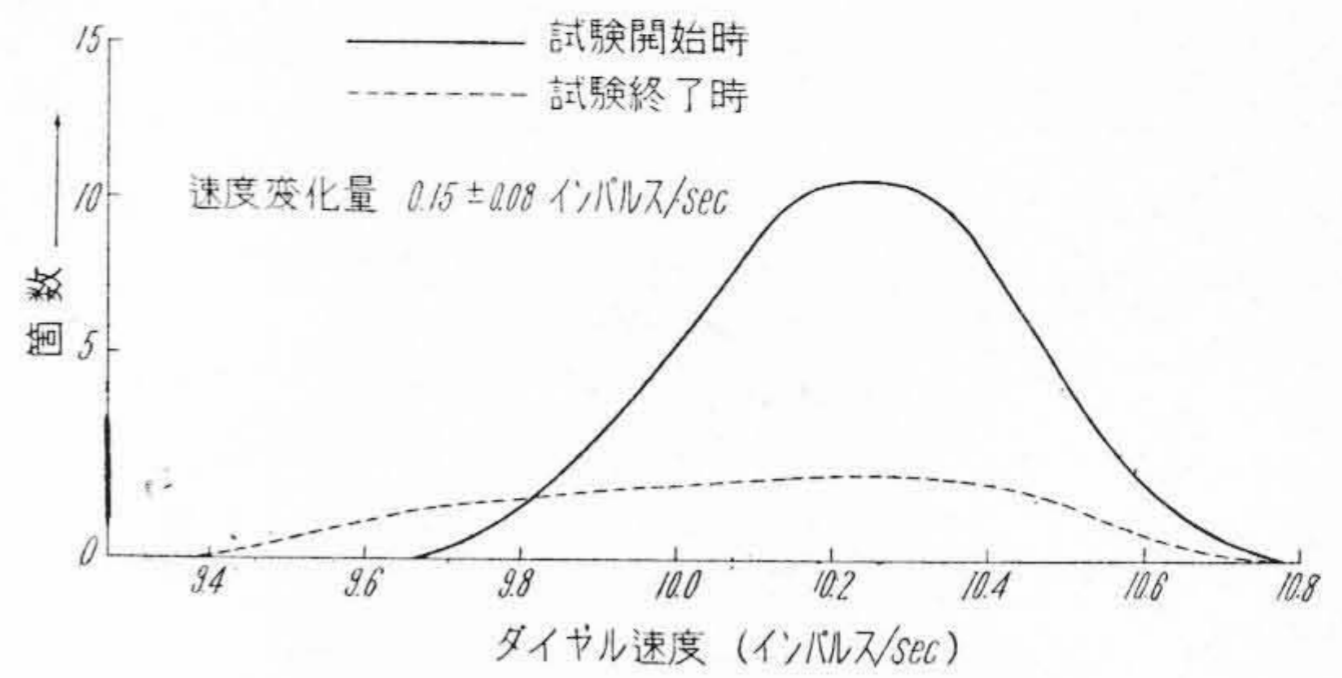
〔V〕 潤滑油の蒸発特性がダイヤル速度に及ぼす影響

今まではダイヤル速度が外気温度変化による潤滑油の粘度変化に影響される点を述べた。



第7図 シリコン油Aを使つたときの4号Dダイヤル速度温度特性 (ウォーム歯面のみカーブ附記の油を注加す)

Fig. 7. Dial-Speed vs. Temperature; Each Curve Showing the Difference of Lubricating Oil, Dropped on the Teeth of Worm and Worm Wheel, while the Other Parts Are Lubricated with Silicone Oil



第8図 合成油L₁を使用した4号Dダイヤルの速度経時変化

Fig. 8. Speed Distribution of Dials; Each Dial Are Lubricated with the Synthetic Lubricant L₁. Solid Curve Shows the Distribution at the Start of Test, and Dotted Curve Shows the Distribution of the End

次に外気温度が変わらなくても時間の経過に従つて速度が変化するが、これは主として潤滑油の蒸発特性に基因する変化である。

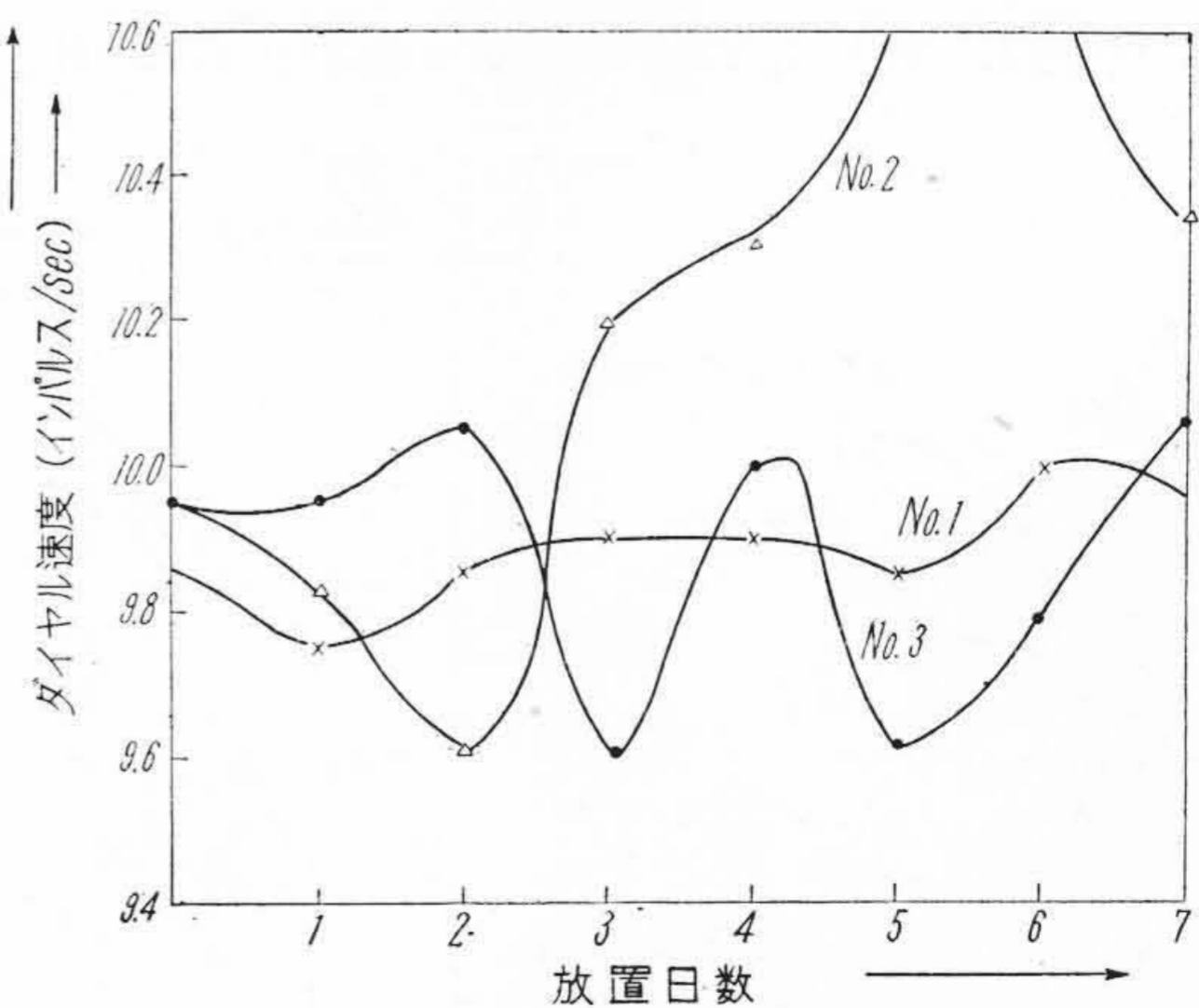
(1) 時計油を注油したダイヤルの速度

量産のダイヤルを検査工程に於て100箇中から無作為に20箇抽出して速度を測定し、その後電話機へ取付けてから1箇月経過後再び速度を測定したところ、平均速度低下は毎秒0.6インパルス(6%)であつた。

(2) 合成油L₁を注油したダイヤルの速度

量産中のダイヤル185箇中から30箇を無作為抽出し、速度変化を求めた結果は第8図の通りになる。

即ち、最初速度の分布は毎秒10.2~10.4インパルス附近を一つのピークとして分布していたが、1箇月後はピークが殆ど消えた分布を示すようになった。



第9図 シリコン油を注加した4号Dダイヤルの速度経時変化

Fig. 9. Speed Changing of No.4-D Telephone Dials; Each Dial Lubricated with Silicone Oil

この実験では最初の標本値存在範囲は 10.41 ± 0.078 インパルス/sec ($\alpha=5\%$) で、終了後は 10.26 ± 0.12 インパルス/sec ($\alpha=5\%$) に変化した。この変化は信頼度 95% で有意差がある。

たゞし試験開始時と終了時の速度分布 (不偏分散) を求めると、前者 $U_A^2=0.04575$, 後者 $U_B^2=0.0978$ で、両者の分布には信頼度 95% で有意差は認められない。

即ち、平均速度の変化は 0.153 インパルス/sec であり、これは時計油に比し $1/4$ にすぎず、試験前後に於て速度のばらつきの差は殆どないといえる。

(3) シリコン油を注油したダイヤルの速度変化

最後にシリコン油を使用した場合の速度経時変化を試料 10 箇に就いて求めたが、その結果は第 9 図のとおりで、経過日数に伴う速度変化は有意差検定を行うまでもなく、合成油 L₁ と比較してきわめて悪い。

これは潤滑性能の悪いことに基くもので、そのため速度変動が大きくなっているのである。

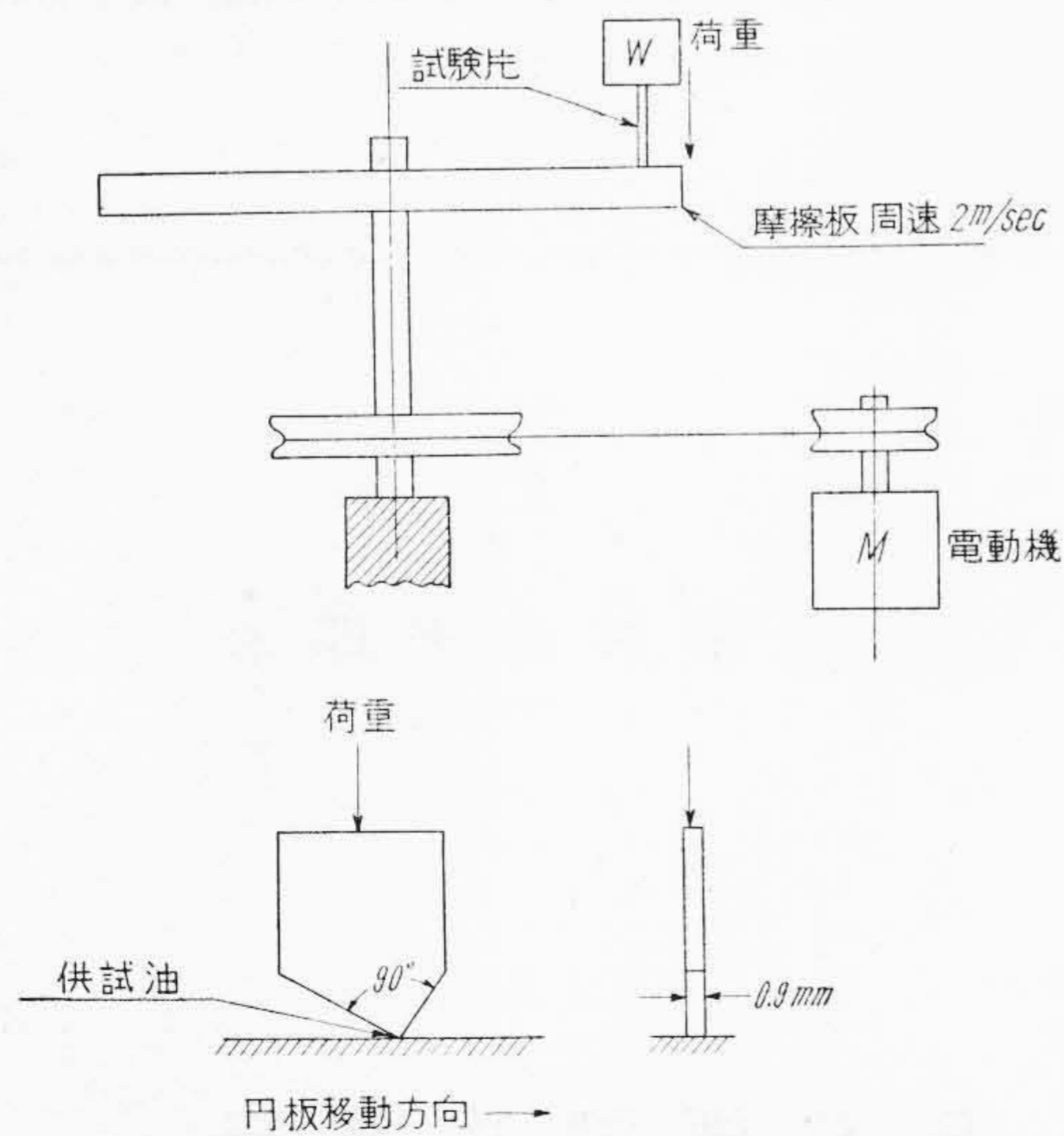
[VI] 潤滑油の潤滑性能

潤滑油としては粘度—温度特性及び蒸発量のほか潤滑性能に就いても十分な考慮を払わなければならない。

さて潤滑性能の測定には種々の方法があるが、今回は測定が簡単で測定誤差が少く再現性が高い点から本多式磨耗試験装置を採用した。

この装置は第 10 図に示すように、磨擦板に先端直角の試験片の稜線を押しつけ、磨擦板と試験片との間に供試潤滑油を注油磨擦板を回転させるものである。

磨擦板と試験片の材料は実際の組合せ材料を使用する



第 10 図 潤滑油の本多式油性測定装置の原理
Fig. 10. Principle of the Honda's Oiliness Measuring Apparatus

もので、この実験では磨擦板に冷鋼(ウォーム材)、試験片に磷青銅(ウォームホイール材)を使用した。

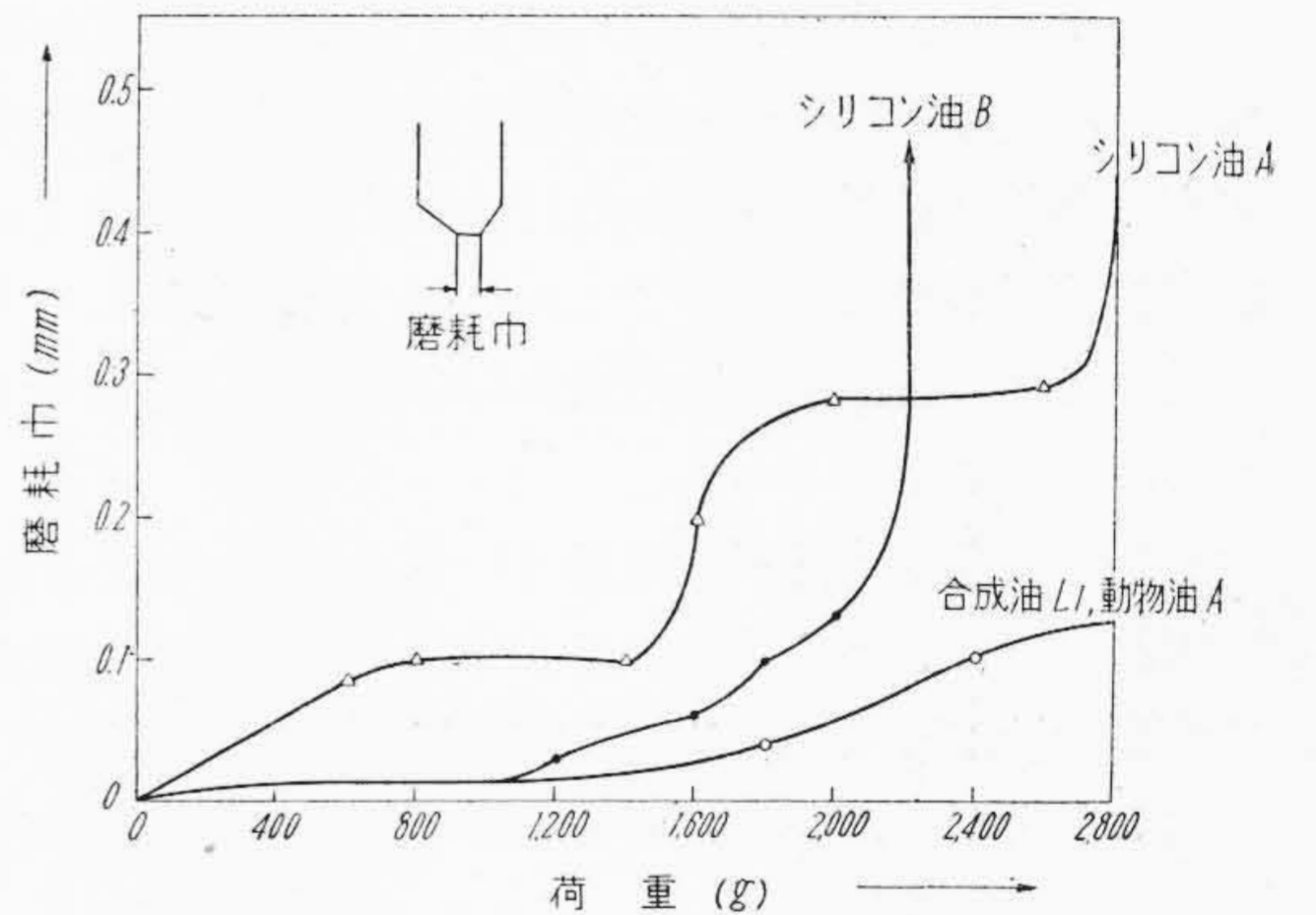
試験方法は下記の通りである。

- i) 荷重は最初 200 g とし、5 分間運転後の磨耗量を測定する。
- ii) 次に荷重を 200 g 増して、さらに 5 分間運転後の磨耗量を測定する。
- iii) 以上のように 200 g 段階で荷重を漸増させて 5 分間づゝ運転して、荷重 2,800 g まで試験を継続する。
- iv) 途中で磨耗限または異常を認めたときは、試験を中止する。

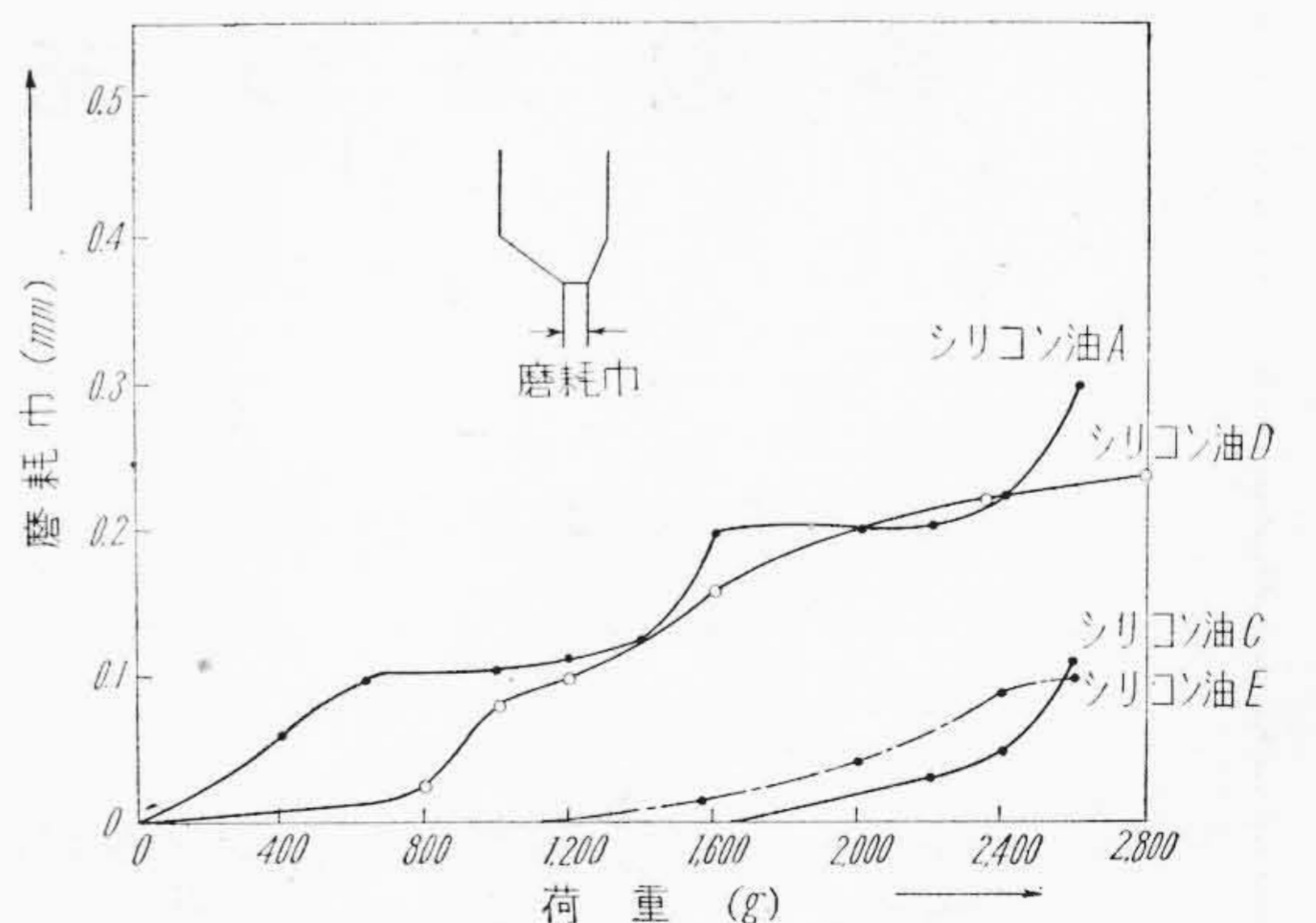
このようにして各種潤滑油の磨耗特性を検討した結果は第 11 図及び第 12 図の通りである。

第 11 図は供試潤滑油としてシリコン油 A・B, 合成油 L₁ 及び動物油 A を使用した。

図に明かなように純粹のシリコン油 A は 2 段の曲線があらわれる。即ち、ある荷重に達すると急激に磨耗が増加し、その後しばらく飽和し、再び急激に磨耗が促進し



第 11 図 各種潤滑油の油性
Fig. 11. Oiliness of Various Lubricating Oils



第 12 図 各種潤滑油の油性
Fig. 12. Oiliness of Various Lubricating Oils

て遂に試料が局部的に熔融し、試料の一部は摩擦板に転移していわゆる焼付現象を生ずるようになる。

油性向上剤を加えたシリコン油Bではこのような2段の曲線は現われないが、ある荷重になるとやはり急激に熔着磨耗が発生し瞬時に破壊磨耗に達する。

合成油 L₁ と動物油Aとはともに殆ど同一の経過を経て荷重の増加とともに磨耗量が漸増するが 2,800 g までに破壊磨耗に達することはない。

第12図は同様に各種シリコン油の磨耗——荷重特性の結果を示すものである。

純粋のシリコン油は前述のように2段の曲線になる。

大体 A・D はともに相当量の磨耗を示すが同じシリコン油でも油性向上剤の相当入った C・E では合成油 L₁・動物油Aとあまり変らない特性を示している。

しかし、C・Eはこれ以上の荷重になると破壊磨耗を示すことが判つている。

これ等のほか多数の実験を行つたが何れの実験に於ても結果はほぼ同様であつた。

〔VII〕 研究結果の検討

ダイヤルの速度は潤滑油の性質によつて大きく影響される。潤滑油を粘度——温度特性、蒸発量及び潤滑性能の点から見た結果は従来の時計油に比し、合成油 L₁ 及び動物油Aが優れていることがわかつた。しかしてさらに入手条件、及び市場性の点から合成油 L₁ を使用することに決定した。

しかし、温度特性、蒸発量に於てシリコン油がきわめて優れていることは前述の通りであり、致命的欠陥である潤滑特性が解決されるならば、将来すこぶる有望であることを附言したい。筆者等はさらに潤滑油の潤滑性能

に就いて現在研究を進めている。

〔VIII〕 結 言

ダイヤル速度変動を潤滑油の点より考察した結果、外界の温度変化による潤滑油の粘度変化、蒸発による粘度変化が大きな影響を与えていることが判つた。

今まで使用していた時計油は蒸発変質が大であり、現状では合成油 L₁ が最も良好なことを知つた。

そして合成油 L₁ を使用したことによりダイヤルの速度変化を著しく少くすることに成功し、自動電話交換サービスの安定化に寄与することができた。なおダイヤルの速度変化の他の要因に就いては稿を改めて報告することとする。

終りに当り潤滑油の研究に絶大な御援助を頂いた電気通信研究所機構部品課の大友、岩崎、古沢三氏、潤滑油の実験に有益な御指導、御援助を下さつた日立製作所中央研究所南波、萩原両氏、シリコン油の資料入手に多大の便宜を与えて下さつた日立製作所日立研究所鶴田、中牟田両氏、実験を直接担当して下さいた栗本氏、研究の当初から絶えず指導、鞭撻下さつた戸塚工場幹部及び各関係各位に厚く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 日本電信電話公社施設局施設部調査課：施調 25-24,007, 25-24,008, 25-24,010, 25-24,4013
- (2) 日本電信電話公社電気通信研究所器材実用化部機構部品課：成果報告第38号
- (3) C. C. Curie and M. C. Hommel: Ind. and Chem., Boundary and Lubricating Characteristics of Organopolysiloxanes.

蓄電池の充電

日立製作所 多賀工場 若林圭次郎 著

A 列 5 判 34 頁 定 價 30 円 十 8 円

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
(新丸ビル7階)

日立評論社発行