

インダクタ付き閉磁路形点火コイル

Closed Core-type Ignition Coil with Inductive Resistor

下 昭 次* 吉 成 孝* 沢 田 博 次**
Shôji Shimo Takashi Yoshinari Hiroji Sawada

要 旨

自動車用エンジンの高性能化に伴って、始動性能、高速性能のすぐれたレジスタ付き点火コイルが一般化しつつあるが、ディストリビュータ接点に突起、汚損を起こしやすい欠点がある。これに対して、閉磁路形点火コイルを開発して始動性能、高速性能の向上を図るとともに、ディストリビュータ接点の突起と点火コイルの電圧波形との関係を追求し、点火コイルにインダクタを組み合わせることにより、接点の突起、汚損問題を大幅に改善することができた。

1. 緒 言

自動車用エンジンは、近年ますます高速高圧縮化の傾向にあり、また、低温時の始動性能の向上が要望されている。このため、点火コイルは、高速時および低温始動時の火花性能向上を図ったレジスタ付き点火コイルが主流となりつつある。しかし、レジスタ付き点火コイルではディストリビュータの接点の突起や汚損が著しく、エンジン性能を低下させることがあるのでこの解決が望まれてきた。

接点の突起、汚損対策として、古くから接点材質、接点しゃ断機構および消弧コンデンサ容量などについて検討が加えられ、ある程度の効果が認められたが、いずれもじゅうぶんなものではなかった。ここで、レジスタなし点火コイルのあるものは接点の突起、汚損が比較的少ないことに着目し、点火系の電気回路定数および電圧、電流波形について研究を進め、点火コイルの一次回路にインダクタンス（厳密には抵抗分を含んだインダクタンスで以後インダクタと呼ぶ）を付与することにより接点の突起、汚損を著しく少なく保てることを発見した。さらに、このインダクタを閉磁路形点火コイルと組み合わせることにより、閉磁路形点火コイルのもつすぐれた高速性能、始動性能にあわせて、ディストリビュータの接点の長寿命化を飛躍的に改良することができた。

2. 閉磁路形点火コイルの特長

2.1 閉磁路形点火コイルとは

自動車用点火コイルの機能は、ディストリビュータの接点の断続作用により 10~30 kV の高電圧を誘起し、点火プラグに火花をとばしてエンジンシリンダ内の可燃混合気に点火し、燃焼を起こさせるものである。構造として、図 1 (a) の開磁路形点火コイルと、図 1 (b) の閉磁路形点火コイルに大別される。図 1 (a) では鉄心がオープンになっているので、磁束は鉄心および空間を通ることになる。図 1 (b) では鉄心が閉路し、磁束は鉄心のみを通る。このように閉磁路形点火コイルは一般単相変圧器の構造と類似しており、古くから使用されていたことが文献^{(1)~(3)}に紹介されている。しかし、閉磁路形が普及しなかったのは、開磁路形に比べて高圧絶縁構造が大がかりとなり、大形化とコスト高に弱点があったためと考えられる。

近年に至り、絶縁および成型についての材料、技術が急速に進歩し、点火コイルのモールド化が進められるにつれて、閉磁路形コイルの絶縁問題も解決の見通しがつき、再び脚光を浴びるにいたったのである。図 2 は日立製作所が 1968 年に「GT ワイド」の名で初めて発売したもので、続いて、1969 年より GM の Pontiac 車に Delco-Remy 社製の閉磁路形点火コイル(図 3)が装着された。

* 日立製作所佐和工場

** 日立製作所日立研究所

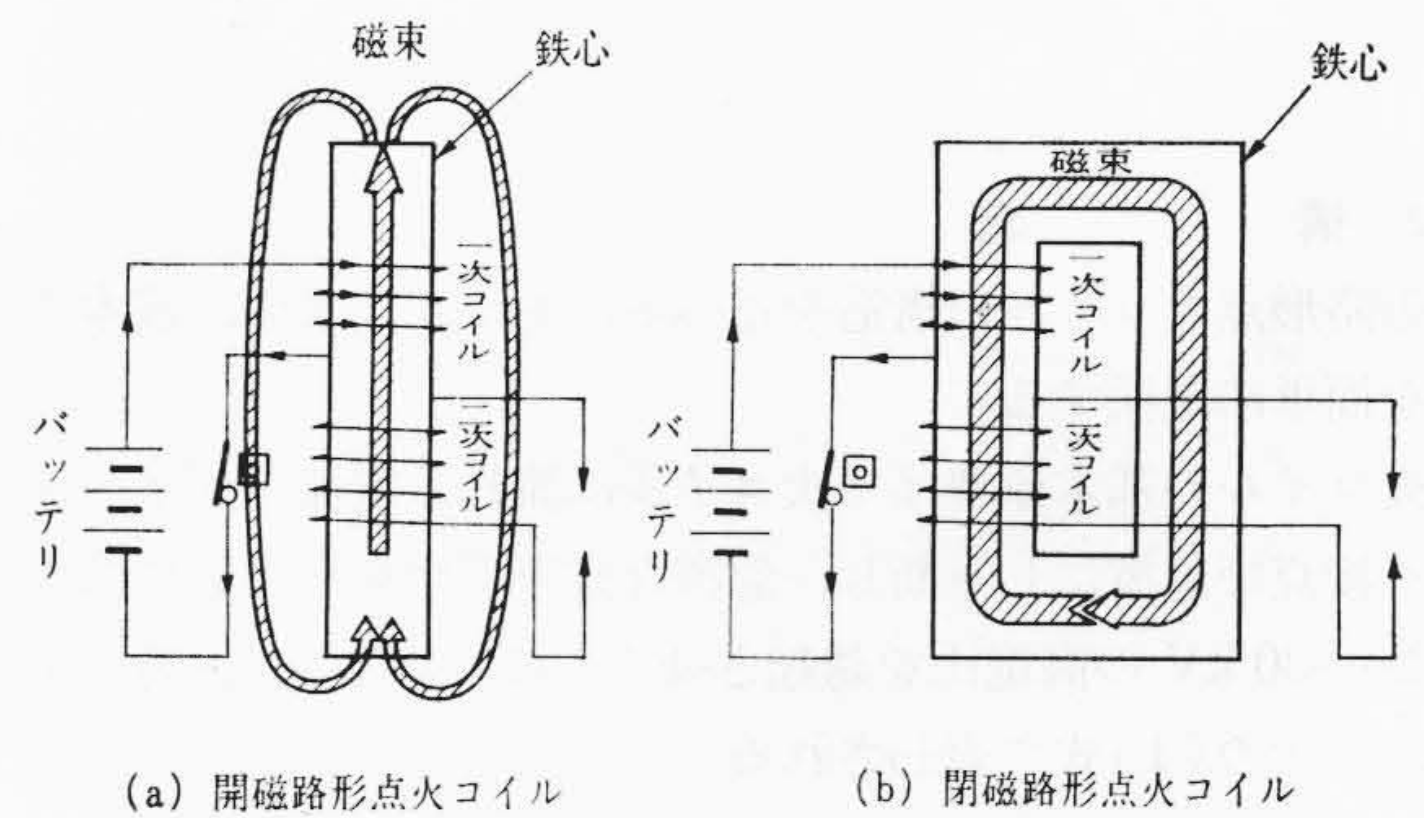


図 1 開磁路形点火コイルと閉磁路形点火コイルの原理的構造

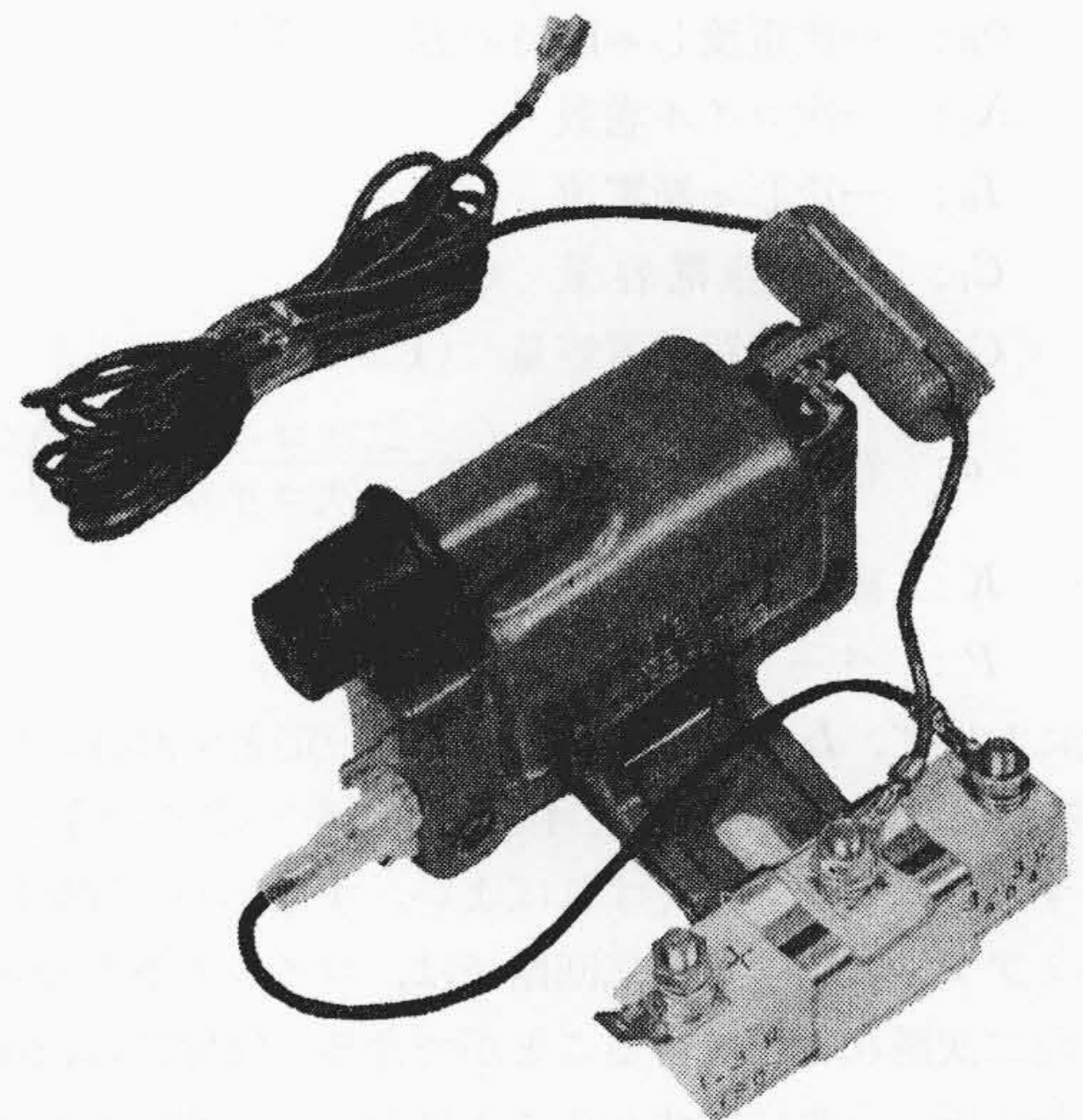


図 2 閉磁路形点火コイル「GT ワイド」

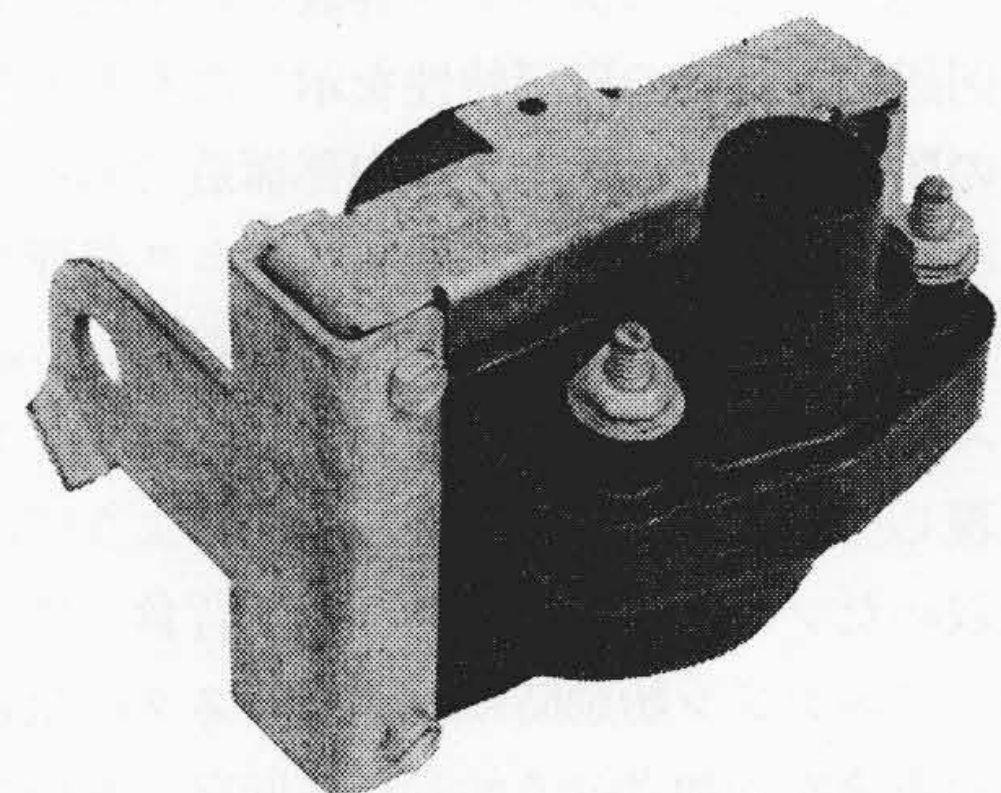


図 3 Delco-Remy 社製閉磁路形点火コイル

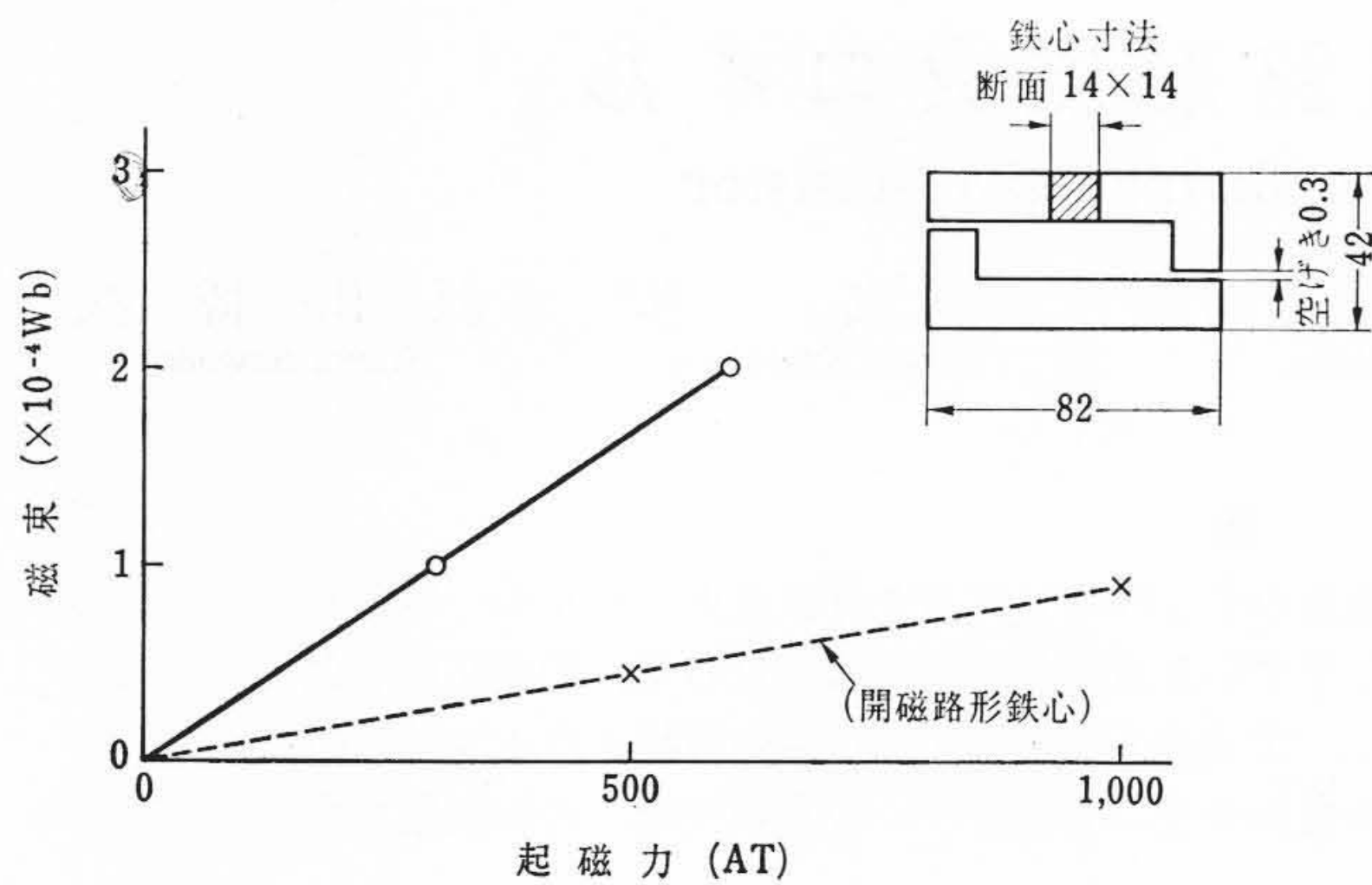


図4 閉磁路形鉄心の磁気特性

2.2 構造

閉磁路形点火コイルの構造を述べるにあたり、まず、基本的な考え方を簡単に説明する。

点火コイルの基本原理は一次コイルに流れる電流をディストリビュータ接点で急激にしゃ断し、急激な磁束変化を利用して二次コイルに20~30 kVの高電圧を誘起させるものである。二次誘起電圧の波高値は次の(1)式で表わされる。

$$e_{2m} = K \sqrt{\frac{\phi_B \cdot N_1 I_B}{\frac{C_1}{a^2} + C_2}} \quad (1)$$

ここに、 $\phi_B = PN_1 I_B$

e_{2m} : 二次誘起電圧波高値 (V)

ϕ_B : 一次電流しゃ断時の磁束 (Wb)

N_1 : 一次コイル巻数

I_B : 一次しゃ断電流 (A)

C_1 : 一次静電容量 (F)

C_2 : 二次回路静電容量 (F)

a : 巻数比 $\left(= \frac{\text{二次コイル巻数}}{\text{一次コイル巻数}} \right)$

K : 補正係数

P : パーミヤンス (Wb/A.T.)

(1)式において、 I_B 、 C_1 、 C_2 および a を一定とすれば、同じ値の e_{2m} を得るためには ϕ_B を大きくすれば N_1 を小さくでき、また ϕ_B を大きくするには P を大きくすればよい。すなわち、閉磁路形のようなパーミヤンスの大きな磁気回路では、コイルの巻数を少なくしても大きな二次誘起電圧を得ることができる。実際には、 ϕ_B がすべて二次誘起電圧の発生にあずかることはなく、一次電流しゃ断による ϕ_B の変化を最大効率にするため閉磁路形鉄心回路に適当な空けきを設けてある。

このようにして、一次、二次コイル巻数を約半減させることができた。図4は閉磁路形鉄心の磁気特性を示したものである。図5は日立製作所製の閉磁路形点火コイルの内部構造である。ボビンに一次コイル、二次コイルの順に同軸に巻いてワニス処理を施し、これに2組の積層L形鉄心を組み合わせて閉磁路を構成し、一次、二次ターミナルのみ外部に出るように外側をポリプロピレン樹脂成型により完全に被覆してある。また、図2でわかるように、本体後部にダイオードを収めたプラスチックカプセルを背負っている。スタータ回路を利用してエンジン始動時に付属レジスタの全部または一部を短絡し、一次電流を増加させる始動補償回路において、このダイオードはスタータ回路への電流の逆流防止を目的としている。

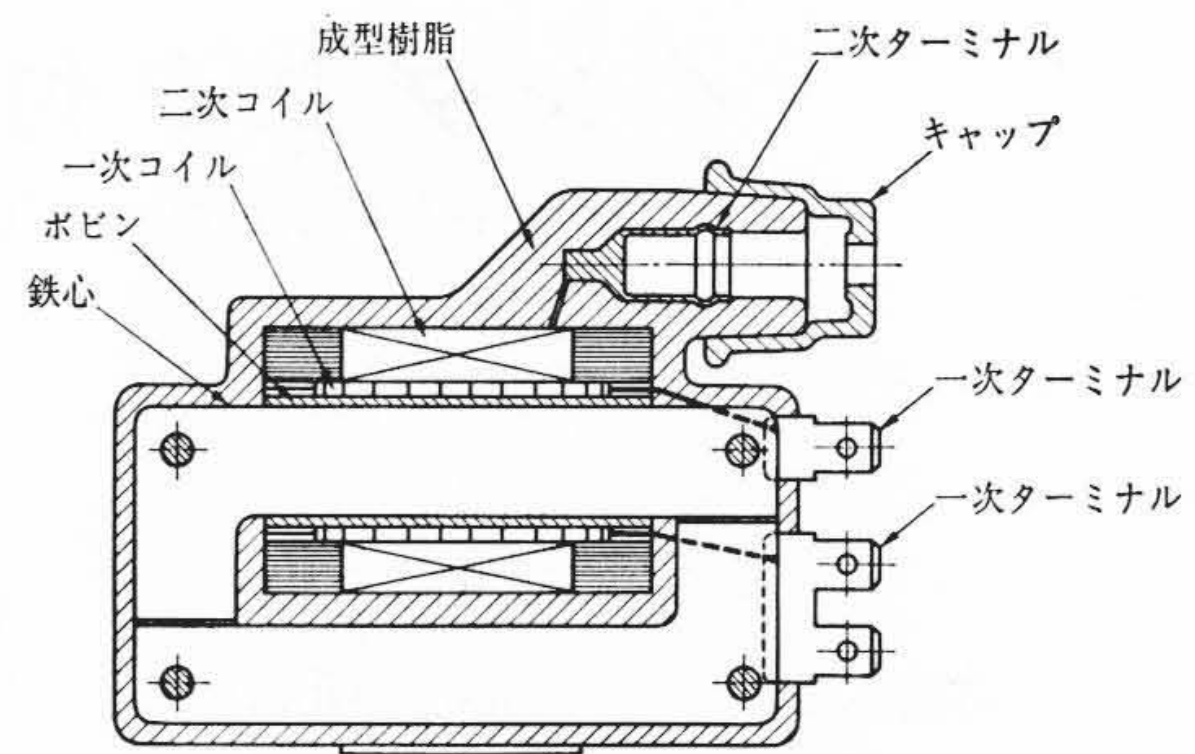


図5 閉磁路形点火コイル(CM1R-101)の構造

2.3 特長

閉磁路形点火コイルは開磁路形に比べて次の特長をもっている。

(1) 火花性能と耐久性

一次コイル巻数が少ないので、一次コイル抵抗をじゅうぶん小さく選ぶこともできるので、付属レジスタの抵抗分担率を増加させることにより、温度上昇からの制約を受けずに、一次電流を大きくとることも可能である。したがって、コイル巻数、抵抗配分、鉄心空けきなどを適当に変えることにより、高速形特性、低速形特性など種々の火花性能をもたせることができる。

耐久性については、ポリプロピレン樹脂成型により各部品を固定し、包みこんでいるので、耐振性、耐水性にすぐれ、また、経時的性能劣化はきわめて少ない。

(2) 低温始動性能

エンジン始動時には、レジスタ短絡方式を採用しているので、低温始動時におけるバッテリー電圧の大幅な低下(12V定格が約6Vに低下)およびガソリン混合気の気化不じゅうぶんの状態においてすぐれた火花性能により混合気への点火が著しく向上する。

(3) 開磁路形に比べ小形軽量

小さなアンペアターンで大きな磁束変化が得られるので、一次、二次コイルの巻数が約50%ですみ、仕上り寸法が小さいので、鉄心の磁気回路方向の寸法も小さくなり、全体として、容積、重量とも約30%の小形軽量化が達成できる。

また、構成部品点数が約50%であり、各構成部品が一まとめでインジェクション成型されるので、品質の均一化と生産性の向上が可能となる。

3. インダクタの原理

3.1 ディストリビュータの接点突起の発生

自動車用電装品のなかで、整備ひん度の最も高いものはディストリビュータの接点である。接点面に移転現象による突起が発生したり、タングステンあるいは油脂類の酸化物による汚損が発生すると、一次電流しゃ断性能が低下し、二次火花の不足をきたしてエンジン不調の原因となる。

接点の突起および汚損現象は、エンジンの速度パターン、点火プラグ所要電圧、電源電圧などによってその程度が異なってくるが、組み合わされる点火コイルの要因が最も大きい。特にレジスタ付き点火コイルはレジスタなしのものに比べて、突起および汚損が発生しやすい。概して、接点の突起が発生しやすい点火コイルは、接点面の汚損をも発生しやすい傾向にあるので、接点の不具合状態を示す尺度として定量的表現の容易な突起の大きさ(突起長)を用いることにする。図6は東京都および各地方での実車走行における接点の突起発生状態の例である。参考のために各点火コイルの一次電圧、一次電流、二次電圧比較を表1に示す。

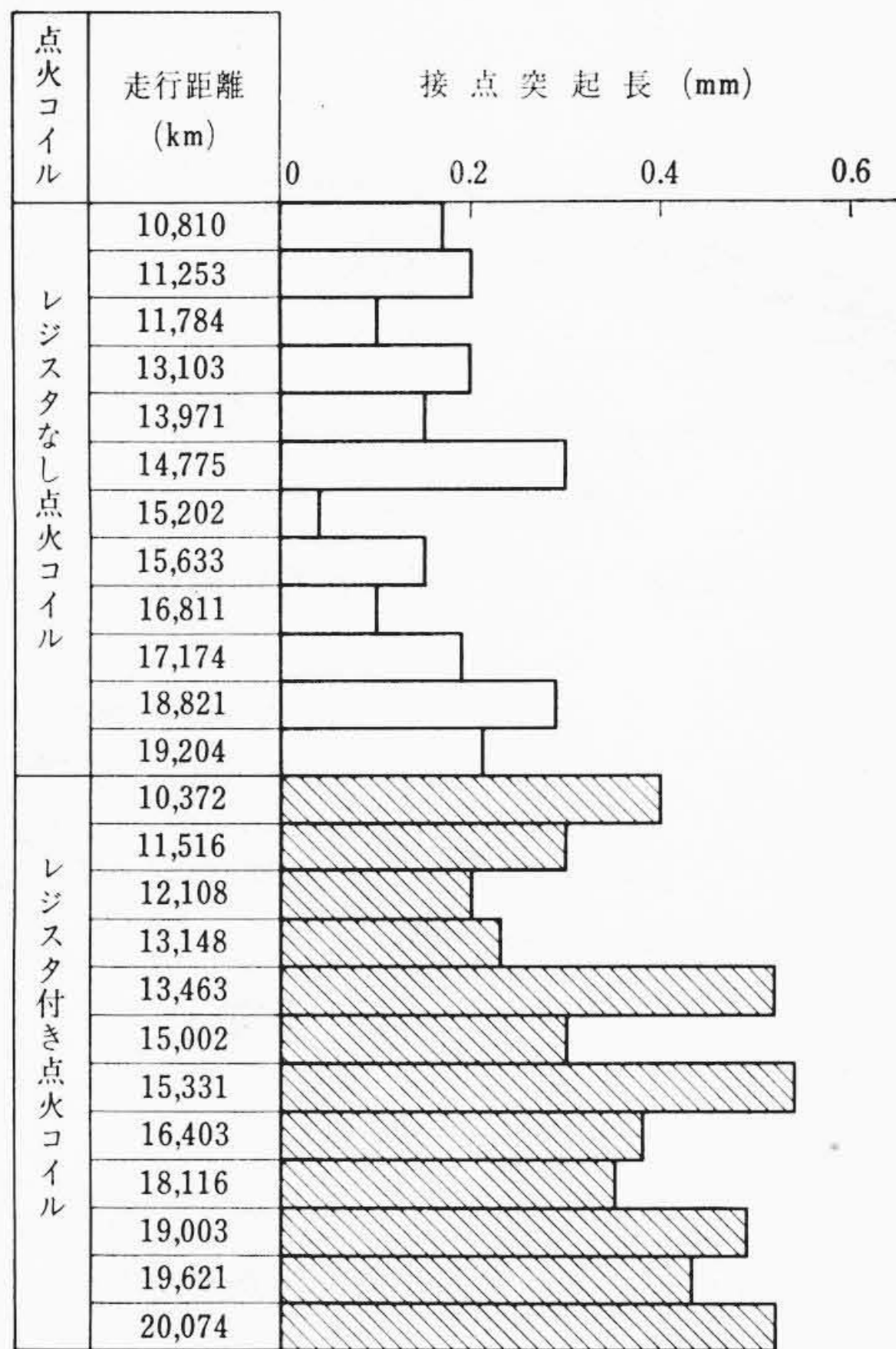


図6 実走行状態における接点の突起発生状態

表1 点火コイルの一次電流, 電圧, 二次電圧比較

点 火 コ イ ル	一 次 電 流	一 次 電 圧	二 次 電 圧
	しゃ断電流 (A)	接点間電圧 (V)	放 電 電 圧 (kV)
レジスタなし点火コイル	2.6	230	10
レジスタ付き点火コイル	4.0	160	10

電 源 電 圧: 14 V ディストリビュータ: 4気筒用 1,000 rpm
二次放電間げき: 二針間げき 4 mm

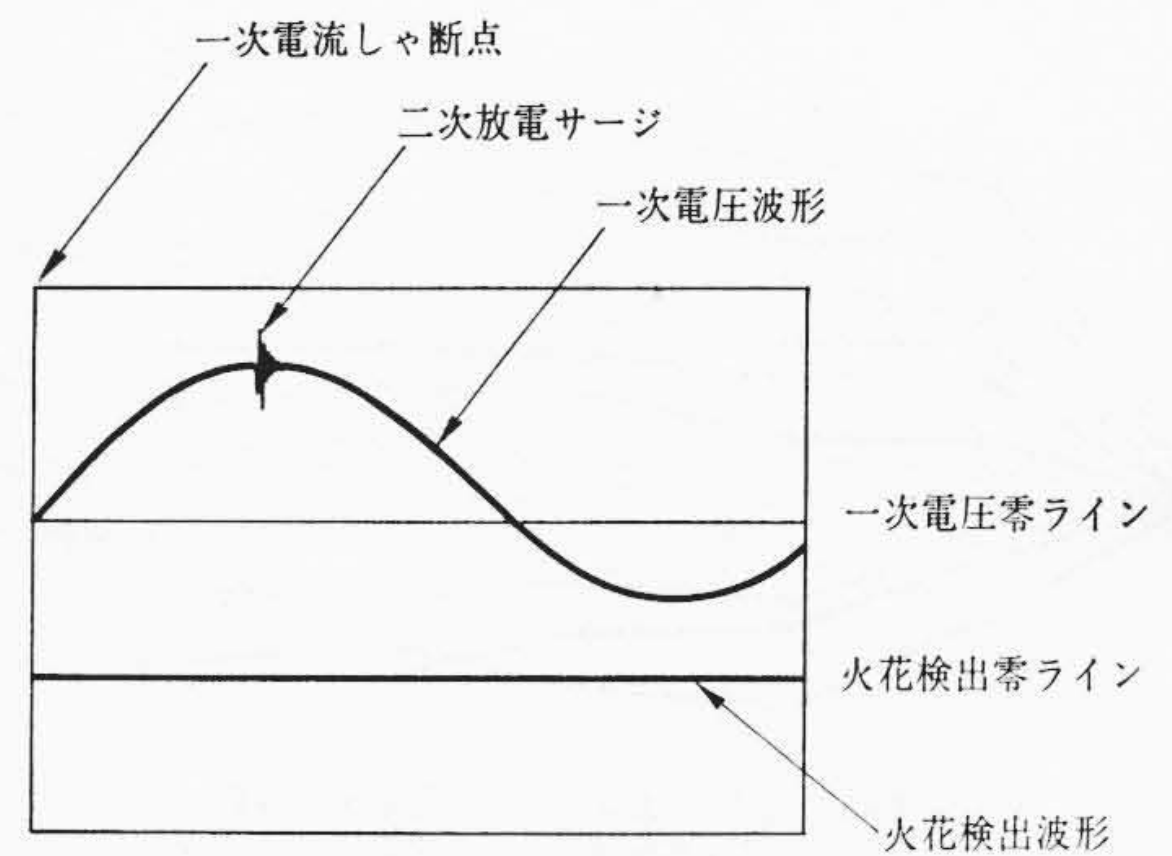
3.2 接点における放電の発生時期と突起現象

点火回路において、接点に突起の生ずる原因は接点の断続時に生ずるジュール熱、あるいは接点間の放電によって接点面が局部的に加熱され、接点材が蒸発し、他方の極に凝結、付着する移転現象である。このため、点火回路における火花の発生時期を明確に把握(はあく)することは、突起の発生原因を究明するうえで重要な鍵(かぎ)となる。

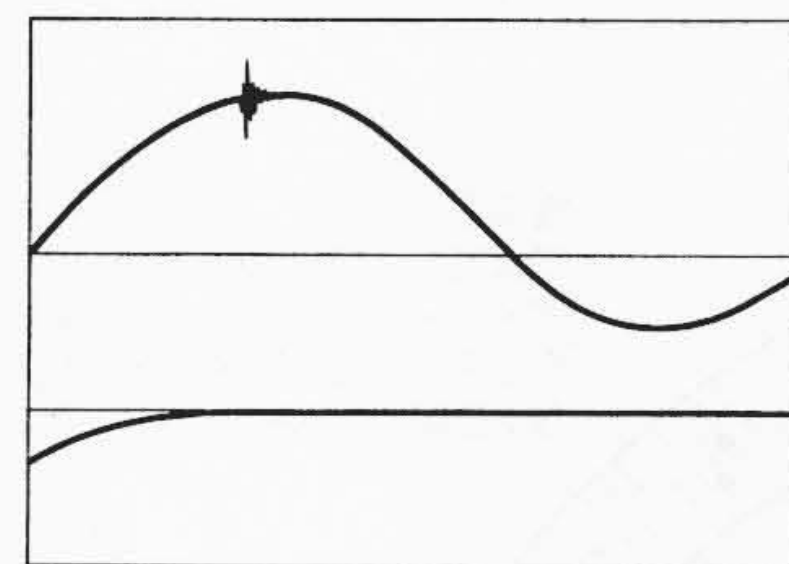
まず、火花の発生時期を検出するため、火花放電に伴う光を電気信号に変えるための火花検出装置により接点間の火花放電をとらえ、これと一次発生電圧とを二現象同時掃引形のシンクロスコープで観察し、両者の関係を調べた。図7はその代表的波形の写真をスケッチしたものである。火花発生の時期として、

- (1) 接点がOFFして一次電流がしゃ断する直前(図7(b))
- (2) 一次電流がしゃ断したのち、点火コイルの一次発生電圧によって接点間が絶縁破壊した場合(図7(c))
- (3) スパークプラグの放電によるサージ電圧によって接点間が絶縁破壊した場合(図7(d))

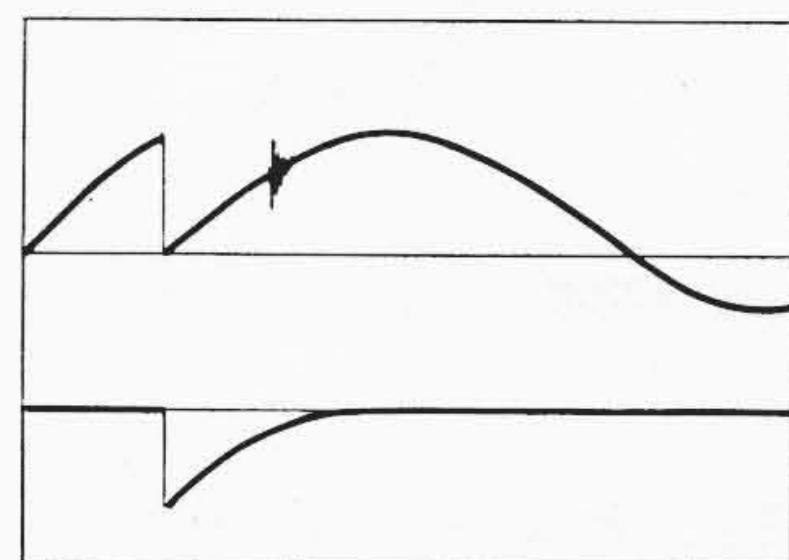
が顕著に現われている。このうち、(2)と(3)は点火コイルに発生する一次電圧の放電であるから、現象的には同じであると考えてよい。接点に発生する火花の発生時期を分類して接点突起に及ぼす影響を明らかにするため、各種の点火コイルにつき、火花発生の時期別にそのひん度を調べた結果を表2に示す。ここで、試験条件のディストリビュータ回転速度1,000rpm、火花間げき二針4mmは実車での平均値として選んだ値である。表2より、一次電流しゃ断直前に発生する火花はどの点火コイルでも35~40%とあまり差は認



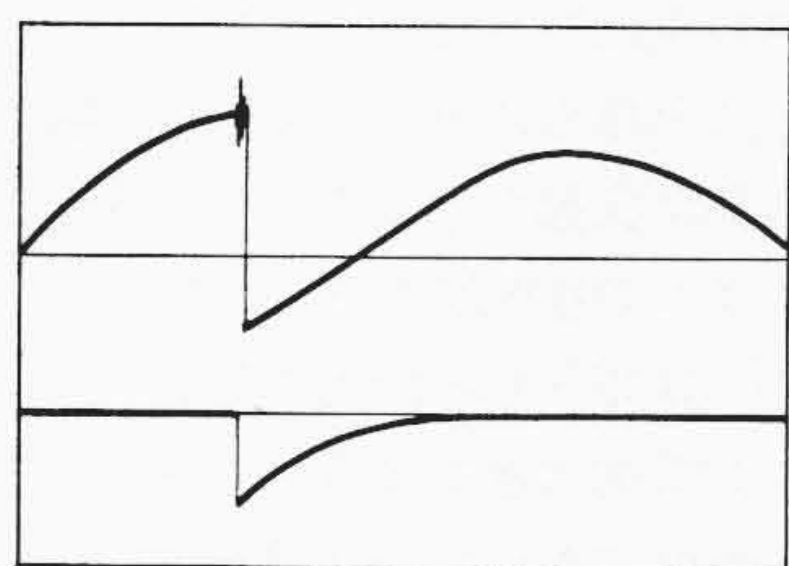
(a) 火花放電なし



(b) 電流しゃ断時火花発生



(c) 一次電圧上昇時火花発生



(d) 二次放電時火花発生

図7 接点火花の発生時期

表2 点火コイルによる接点火花の発生率比較

点 火 コ イ ル	接 点 火 花 発 生 率 (%)	
	一次電流しゃ断時の火花放電	一次電圧による火花放電
レジスタなし点火コイル	39.5	17.3
レジスタ付き点火コイル	35.6	9.5

電 源 電 圧: 14 V ディストリビュータ: 4気筒用 (1,000 rpm)
二次放電間げき: 二針間げき 4 mm

められず、また、一次電圧による火花発生は10%前後で、レジスタ付き点火コイルがややひん度が小さい傾向にある。ただし、一次電圧による火花発生ひん度は、二次静電容量、二次放電間げきの大きさによりかなり敏感に変化するので慎重な判断を必要とする。

固定接点に生ずる突起は、一次電流しゃ断時のジュール熱と、陰極より放出された電子の陽極面への衝突による発熱によって陽極か

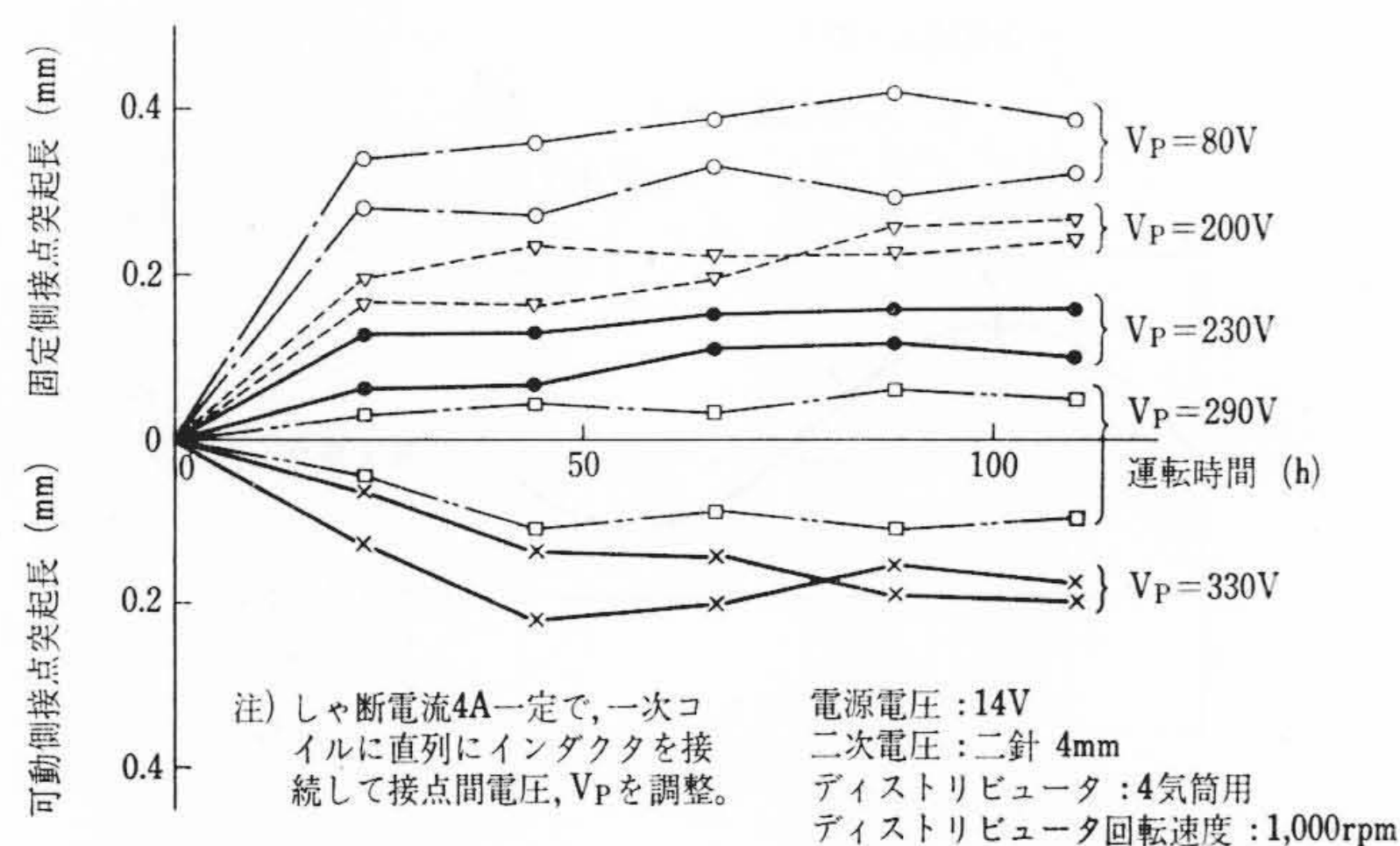


図8 接点間電圧と接点突起長

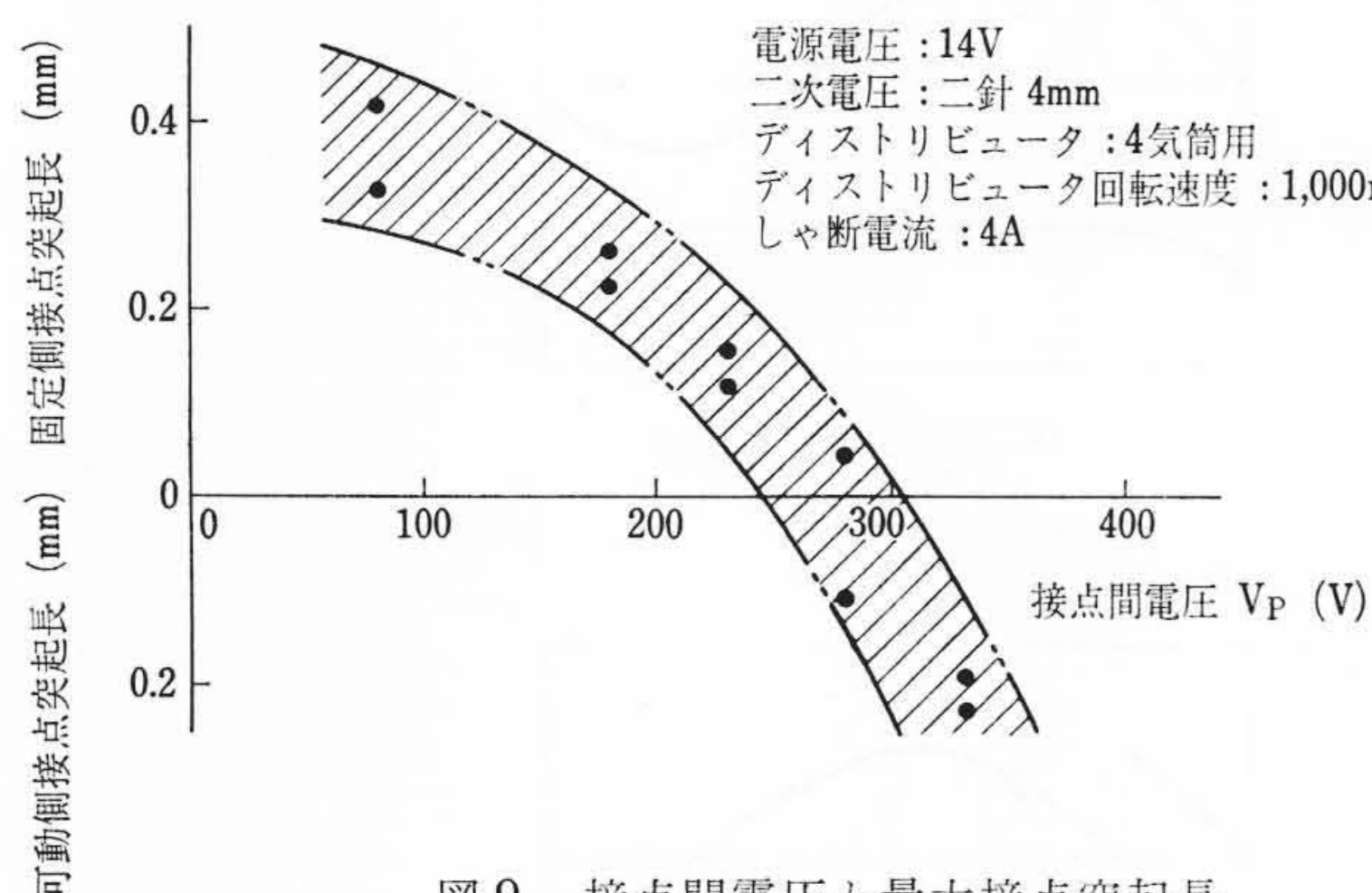


図9 接点間電圧と最大接点突起長

ら陰極への移転現象で成長し、次に、一次電圧上昇時の放電によって蒸発、離散しているものと考えられる。すなわち、接点OFF時には微小接触点に高密度電流が流れ、ジュール熱のため局部的に加熱され、接点が機械的に開放されると、その部分にアーク放電が発生する。このアーク放電は短いため、電子が原子や分子に衝突電離を起こすことなく強く陽極面に衝突し陽極が加熱され、陽極から陰極へ移転が起こり陰極に突起を生ずると考えられる⁽⁴⁾⁽⁵⁾。この場合の突起現象は点火コイルの種類による差はあまりない。

次に、図7(c), (d)の一次電流シャ断後に発生する火花について考える。この場合には、比較的大きな接点ギャップ(ディストリビュータの回転速度 1,000 rpm において約 0.02 mm)を絶縁破壊し、放電エネルギーは $1/2 CV^2$ となる。この C は近似的に接点消弧用コンデンサの容量に等しく、 V は一次電圧であるから放電エネルギーはきわめて大きい。このような放電はアークが長くなり、電子の衝突による陽極の加熱よりも、陽イオンが陰極面に衝突して陰極面を加熱するほうがはるかに大きい値となり、陰極より陽極に移転が起こる。この場合、一次電圧の放電が発生する電極面の位置は、電界の関係から、一次電流シャ断時に発生した突起部分に起こるチャンスが最も多く、突起を蒸発、離散させる作用をもつと考える⁽⁴⁾⁽⁵⁾。われわれが実車で観察している接点の突起は、主として上述の二種の放電による移転現象の産物であるといえる。一般に、レジスタ付き点火コイルがレジスタなしの標準点火コイルより突起が発生しやすいのは、一次電圧上昇による接点間の放電において、レジスタ付き点火コイルの一次電圧が小さいので突起の消耗が少なく、標準点火コイルでは一次電圧が大きいので放電エネルギーも大きく、突起を絶えず消耗させるため見かけの突起が小さくなっていると考えられる。図8は一次コイルに直列に各種の L, R を適当に接続することにより、一次シャ断電流を 4A 一定に保ち、二次放電時の接点間電圧を 80V

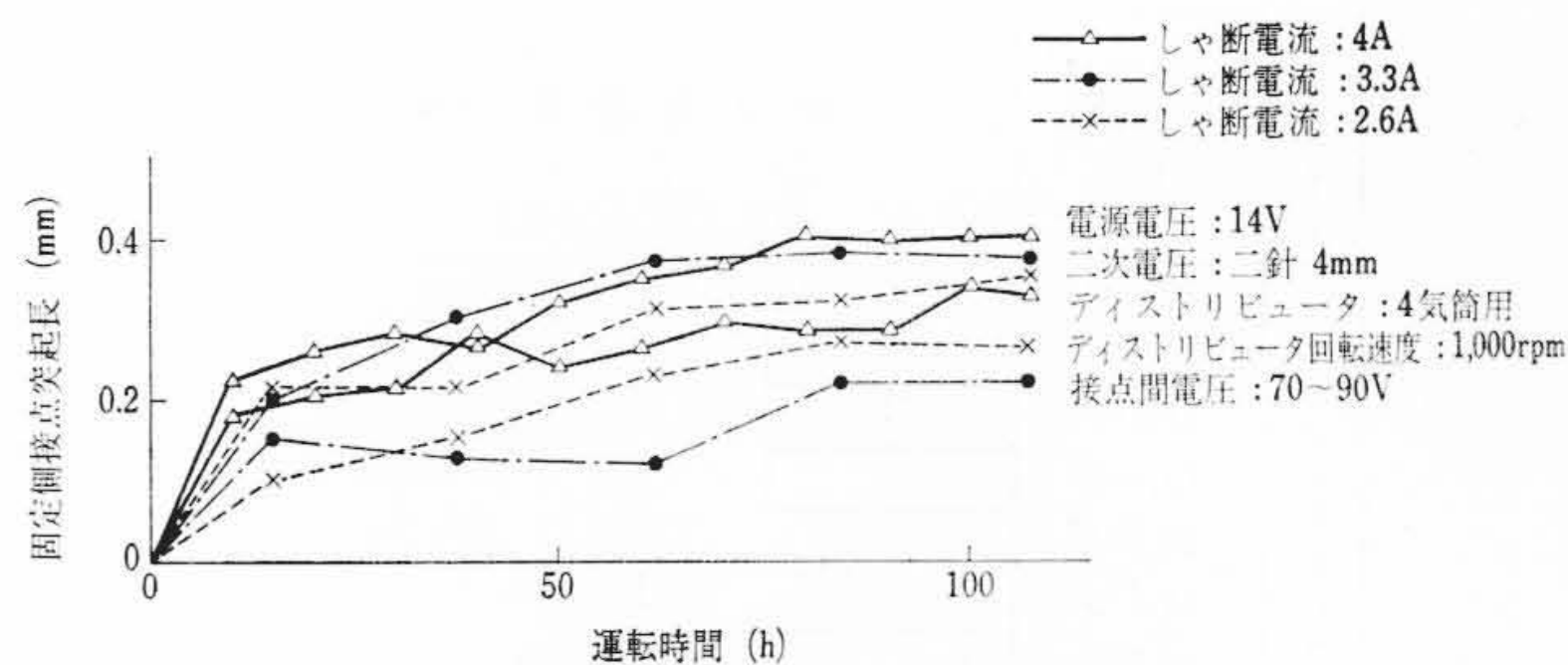


図10 シャ断電流と接点突起長

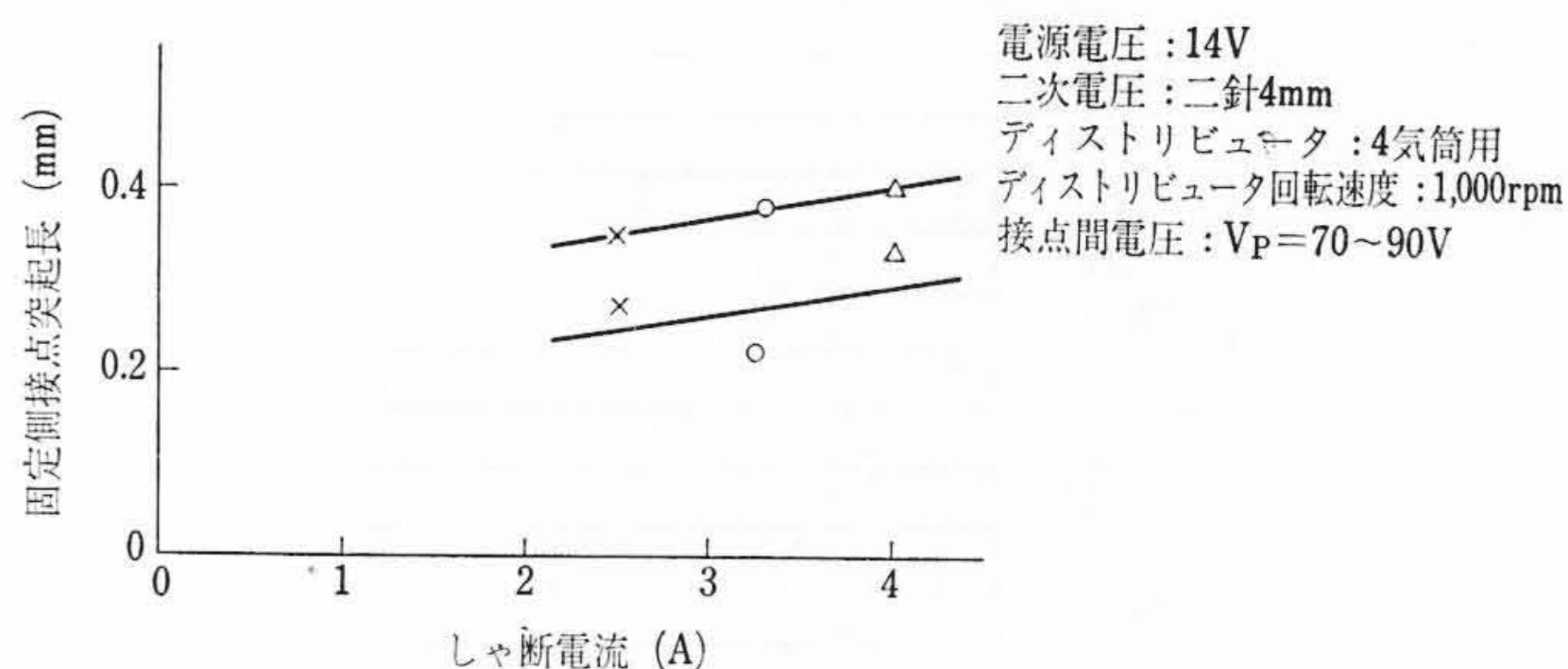


図11 シャ断電流と最大接点突起長

から 360V まで変化させた場合の接点突起の大きさを調べた実験結果である。図9は図8のデータを最大突起長と接点間電圧との関係にまとめたものである。図8, 9よりわかるように、一次電圧による接点間放電、すなわち、二次放電時の一次電圧が大きな値をとるにつれて、固定側接点(陰極)突起が減少し、ある値を越えると可動側接点(陽極)に突起が発生するようになり、突起の程度も大きくなる。次に、二次放電時の接点間電圧を一定として一次シャ断電流の値を変化させた場合の接点突起長の時間的变化を図10に示す。図10の最大突起長を一次シャ断電流との関係で表わしたのが図11である。

図8~11より、接点突起長は、二次放電時の接点間電圧により成長の度合いが著しく異なり、一次シャ断電流にはそれほど影響を受けないといえる。これは、一定試験条件下での結論であるが、市場における実車で各種点火コイルと接点突起長との関係とほぼ一致している。

3.3 インダクタンスによる一次電圧波形の調整

ディストリビュータの接点突起は、一次電流シャ断時に陰極(固定接点)に発生し、この突起を二次放電時のサージ電圧で誘発される接点間放電(二次放電と関係なしに、一次電圧の上昇によっても接点間放電が起こることがあるが発生率は10%以下である。)により消耗させることになるので、二次放電時の接点間電圧を適当に選ぶことにより、接点突起を最も小さく保つことができる。

先に述べたように、レジスタ付き点火コイルでは固定接点(陰極)の突起が大きい、これは二次放電時の接点間電圧が小さすぎるからである。採点間電圧を大きくするためには、一次インダクタンスを大きくすればよいが、二次発生電圧の高速特性が低下し、レジスタ付き本来の目的に反する。つまり、レジスタ付き点火コイルの高速性を保持させ、かつ一次インダクタンスを大きくすることが望ましい。ここで、レジスタの代わりにインダクタ(インダクタンス+抵抗)を用い、インダクタンスの値を適当に選んで一次電圧波形を調整し、接点突起が最も小さくなるように二次放電時の接点間電圧を所要値に選ぶことを考案した。

一次コイルに直列にインダクタンスを接続した場合の一次電圧波形、特に接点間電圧波形の解析は、図12および図13の単純化した点火回路における次の回路方程式から求めることができる。

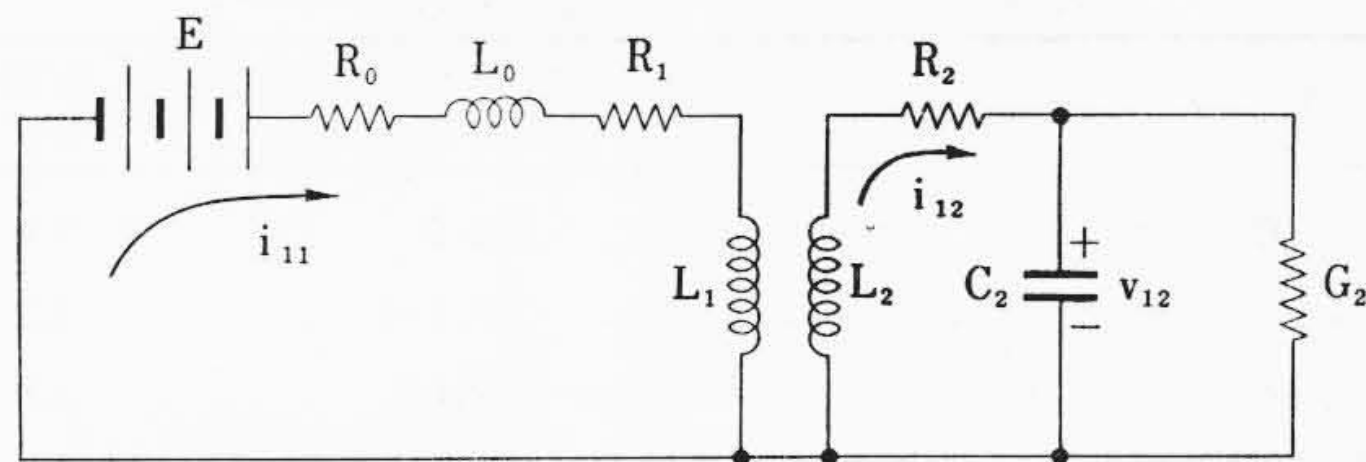


図12 接点閉時の回路(第1回路状態)

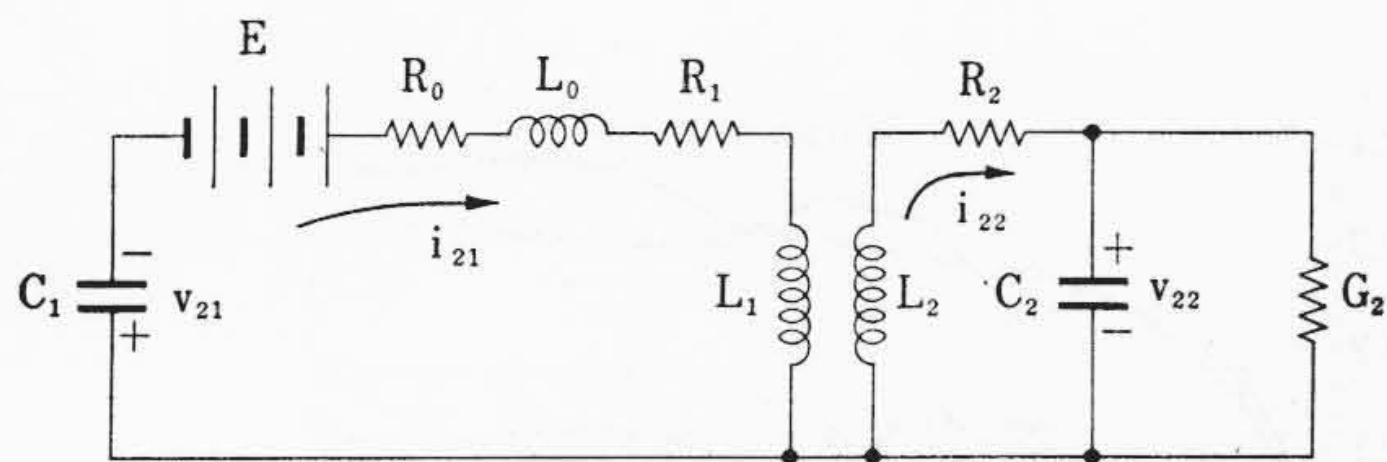


図13 接点開時の回路(第2回路状態)

$$\left. \begin{aligned} (L_0 + L_1) \frac{di_{11}}{dt} + (R_0 + R_1) i_{11} + M \frac{di_{12}}{dt} &= E \\ M \frac{di_{11}}{dt} + L_2 \frac{di_{12}}{dt} + R_2 i_{12} + v_{12} &= 0 \\ -i_{12} + C_2 \frac{dv_{12}}{dt} + G_2 v_{12} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

$$\left. \begin{aligned} (L_0 + L_1) \frac{di_{21}}{dt} + (R_0 + R_1) i_{21} + M \frac{di_{22}}{dt} + v_{21} &= E \\ M \frac{di_{21}}{dt} + L_2 \frac{di_{22}}{dt} + R_2 i_{22} + v_{22} &= 0 \\ -i_{21} + C_1 \frac{dv_{21}}{dt} &= 0 \\ -i_{22} + C_2 \frac{dv_{22}}{dt} + G_2 v_{22} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

ここに、 E : バッテリ電圧 (V)

R_0 : インダクタ直流抵抗 (Ω)

R_1 : 一次コイル直流抵抗 (Ω)

R_2 : 二次コイル直流抵抗 (Ω)

L_0 : インダクタ自己インダクタンス (H)

L_1 : 一次コイル自己インダクタンス (H)

L_2 : 二次コイル自己インダクタンス (H)

M : 一次二次間相互インダクタンス (H)

C_1 : 一次側キャパシタンス (F)

C_2 : 二次側キャパシタンス (F)

G_2 : 二次負荷コンダクタンス (U)

(2)式は図12の接点閉時(第1回路状態)を表わす連立微分方程式であり、(3)式は図13の接点開時(第2回路状態)を表わす連立微分方程式である。ただし、(3)式は二次側無放電状態のものである。(2)、(3)式より一次電圧波形を求めるのであるが、 R, L, M および C をすべて時間的変化のない定数として、これらに実測値を入れて電子計算機を用いて一次電圧波形を求める⁽⁶⁾と、図14が得られる。しかし、実際にはこれらの電気回路要素は定数ではなく、特に閉磁路形点火コイルでは、 L, M が非線形的特性をもつので真の波形とは若干異なることが予想される。したがって、電子計算機による解析はおおよその見当をつけるにとどめ、 L, M, R の最終的仕様は図15に示す一次電圧波形の実験結果から決定した。

4. インダクタ付き閉磁路点火コイルの試験結果

閉磁路形点火コイルにインダクタを組み合わせることは、閉磁路形点火コイルのもつすぐれた低速火花性能、高速火花性能とインダクタのもつディストリビュータ接点への清浄作用と長寿命化とをあ

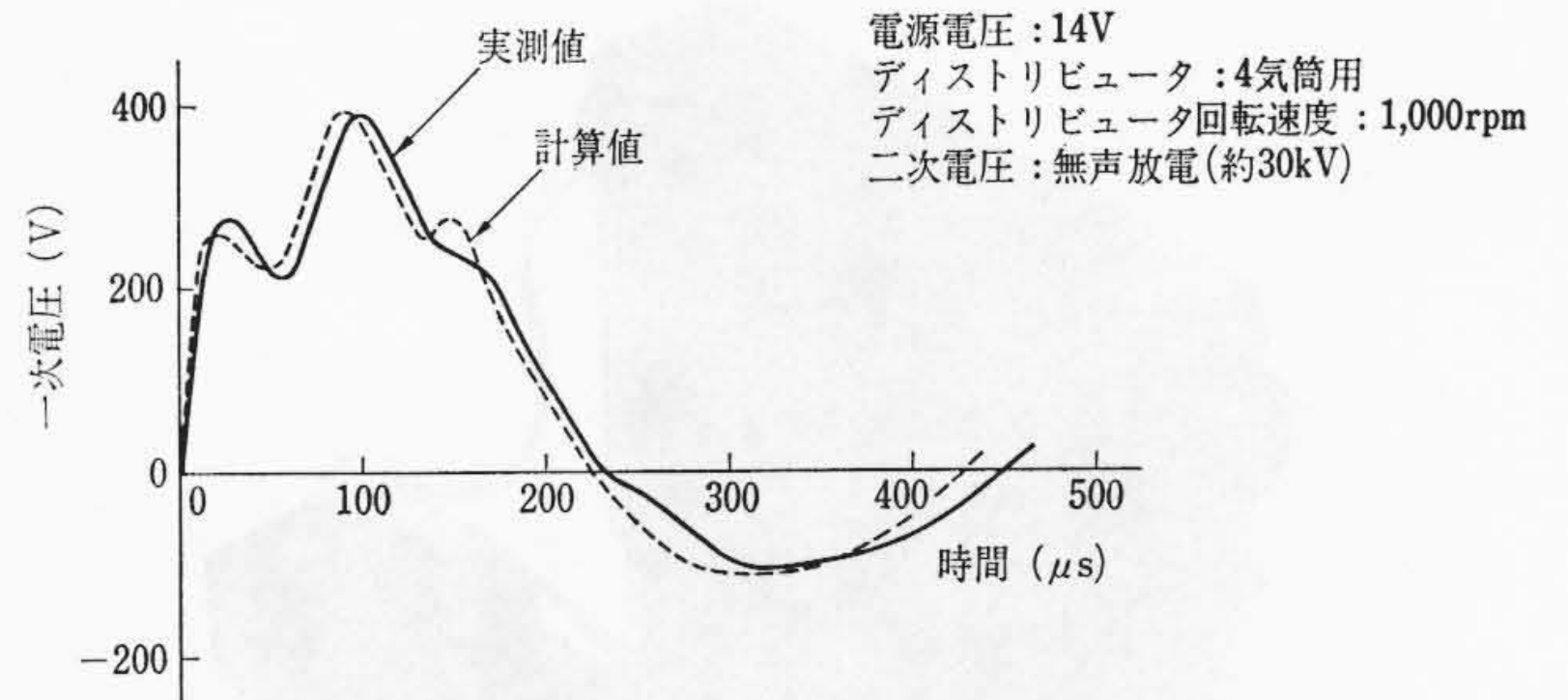


図14 インダクタ付き閉磁路形点火コイル一次電圧波形

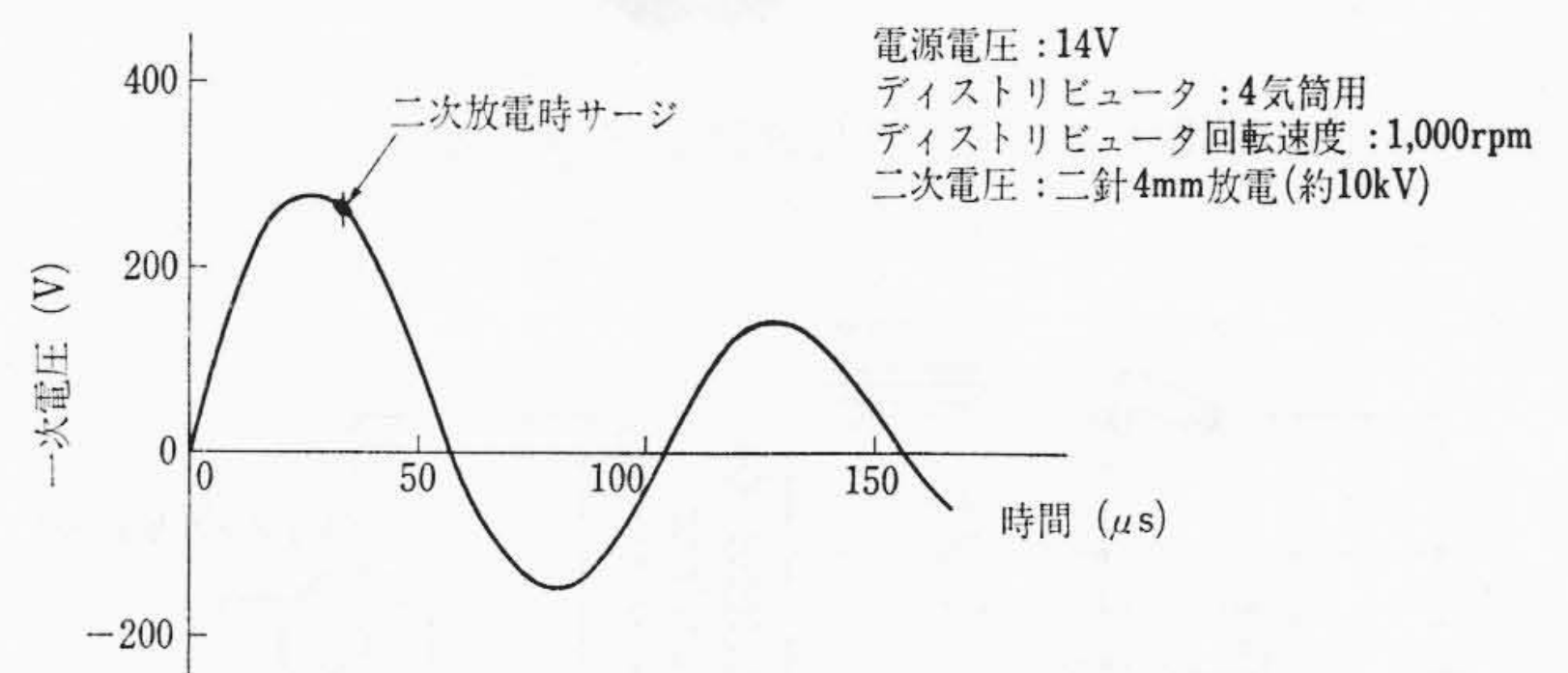


図15 インダクタ付き閉磁路形点火コイル一次電圧波形

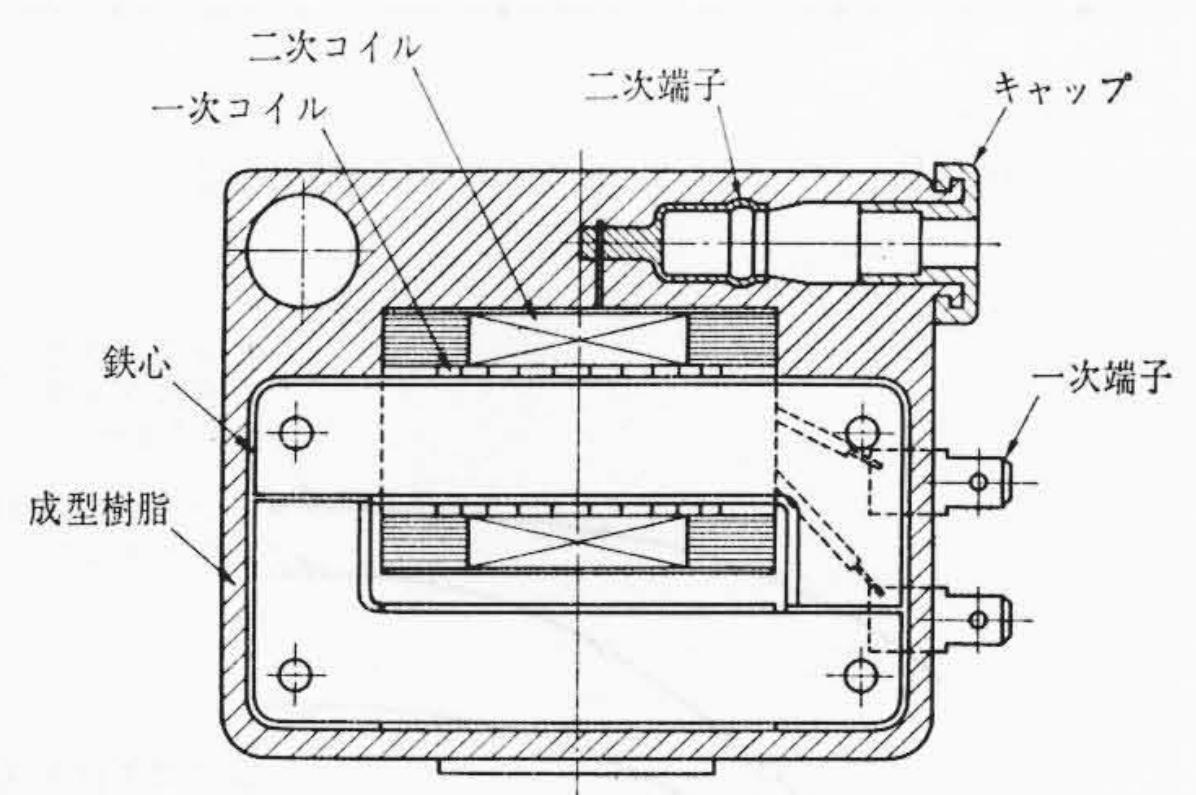


図16 インダクタ付き閉磁路形点火コイルの構造

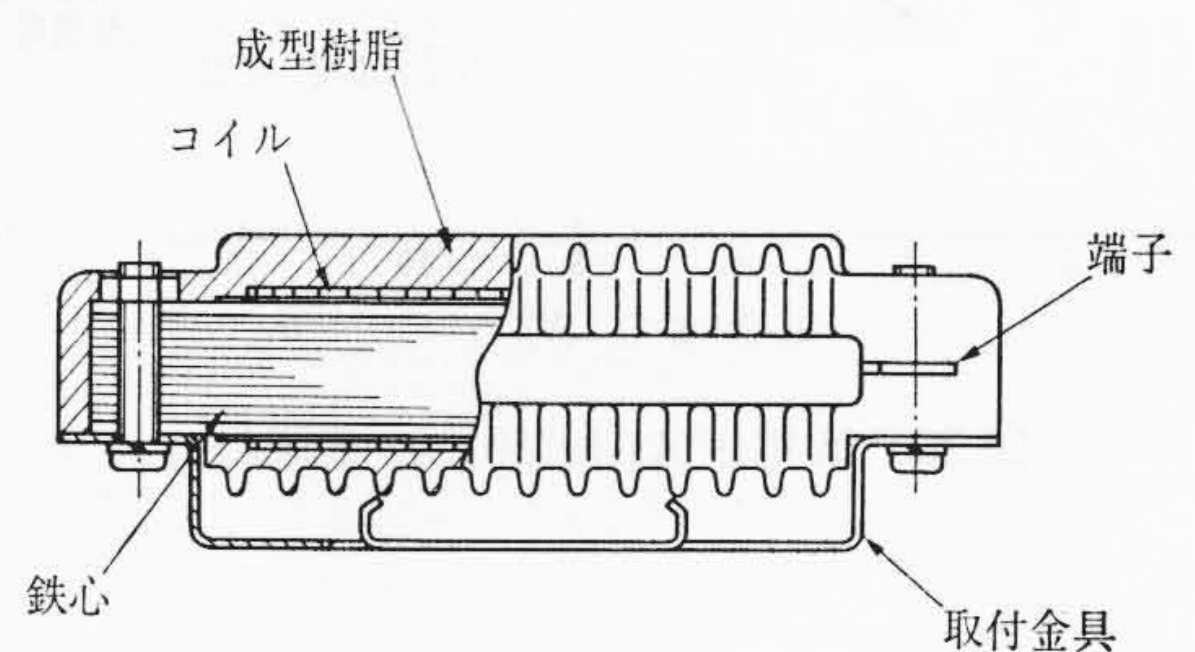


図17 インダクタ構造

わせ備えることを意図したものである。図16, 17はそれぞれの構造を示したもので、図18は外観であり、図19はその結線図である。

図20は低電圧低回転時の二次電圧特性であり、エンジン始動時の点火性能を左右するものである。図21は普通運転時の二次電圧速度特性である。表3は二次放電火花一発あたりの火花エネルギー実測値である⁽⁷⁾。

ディストリビュータ接点に与える影響をほかの点火コイルと比較してみる。図22はディストリビュータの回転速度を5段階にとり、それぞれ一定回転速度で接点突起の状況を調査したものである。こ

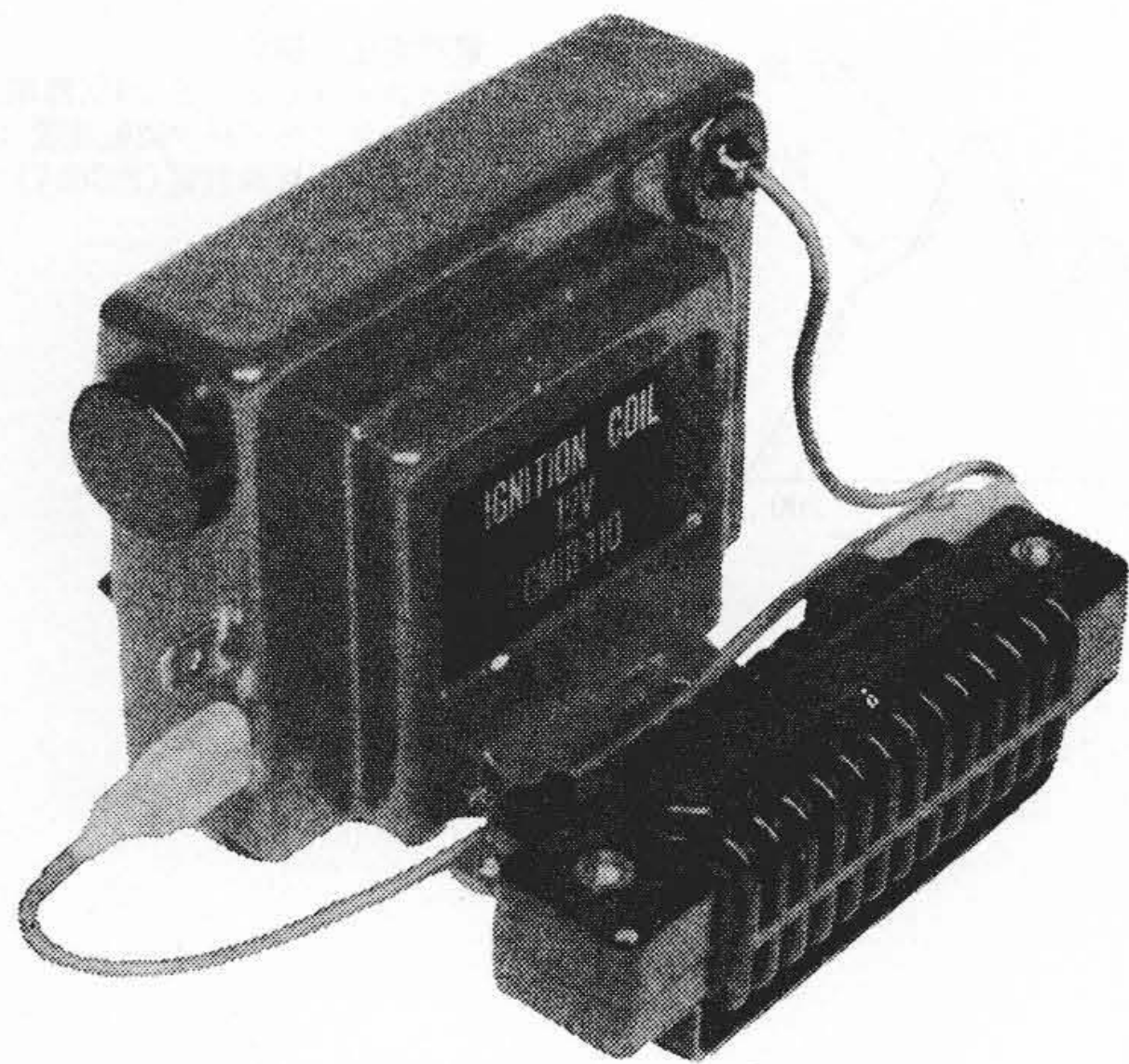


図18 インダクタ付き閉磁路形点火コイル

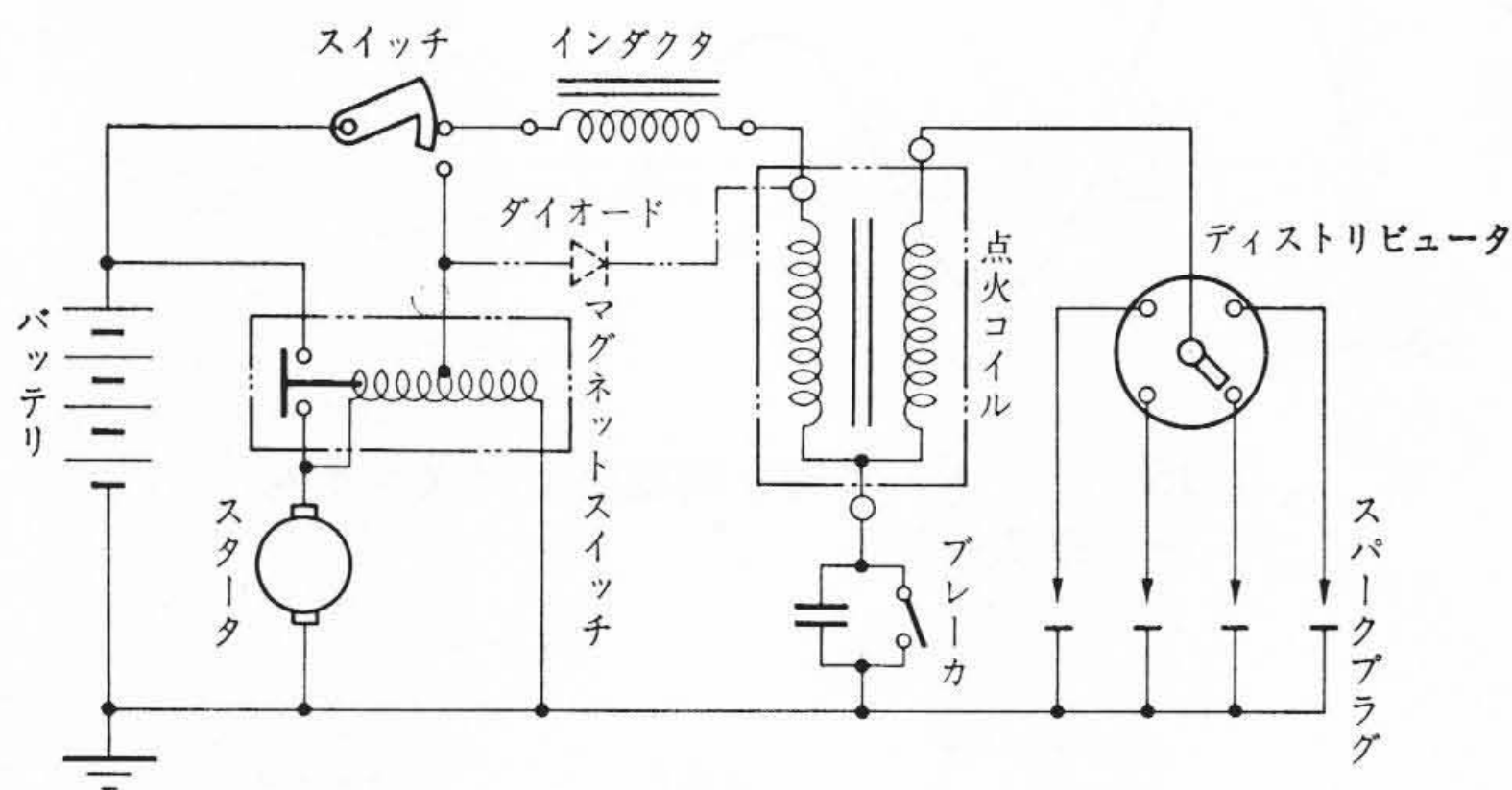


図19 イグニションコイル結線図

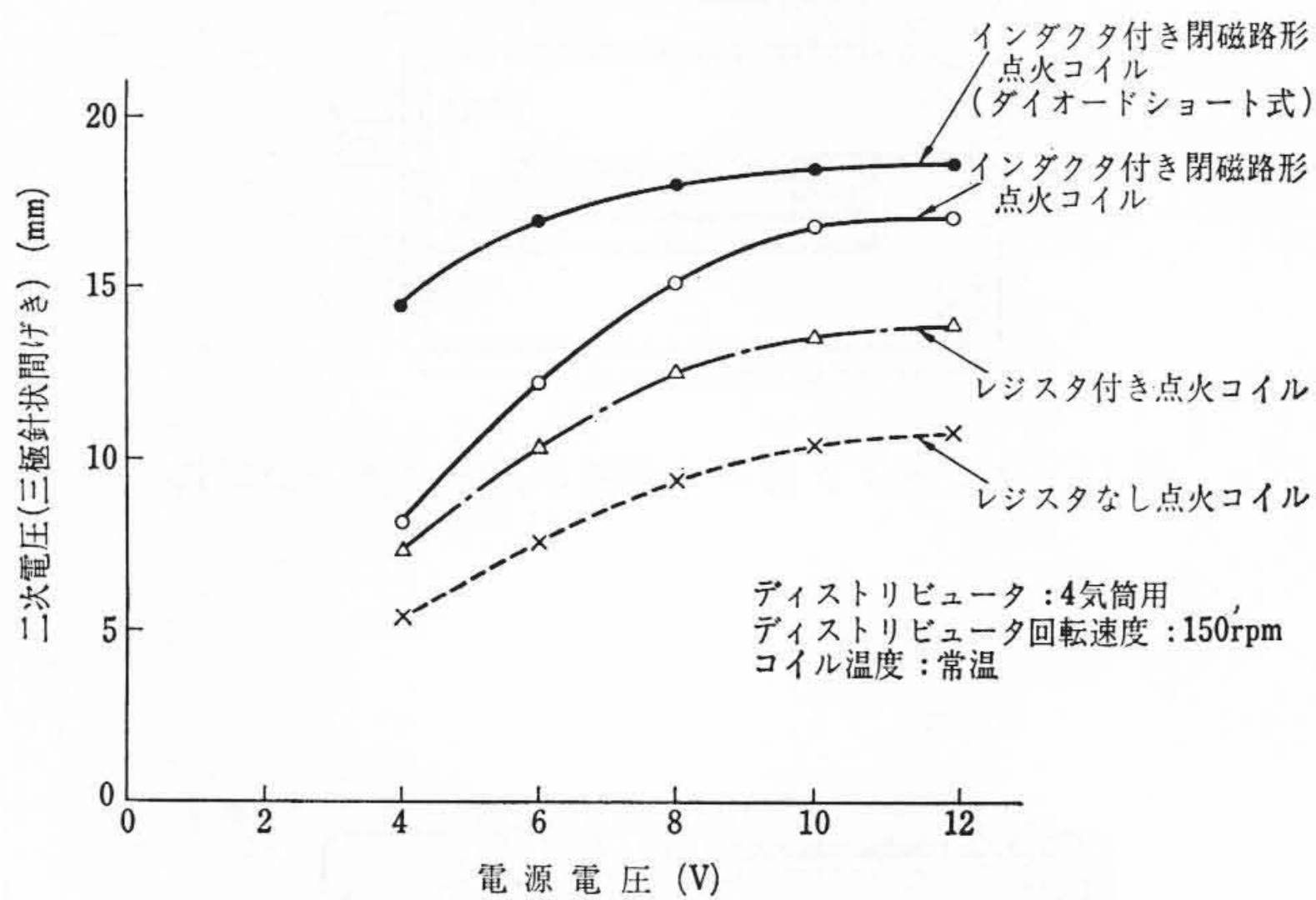


図20 低電圧低回転時二次電圧特性

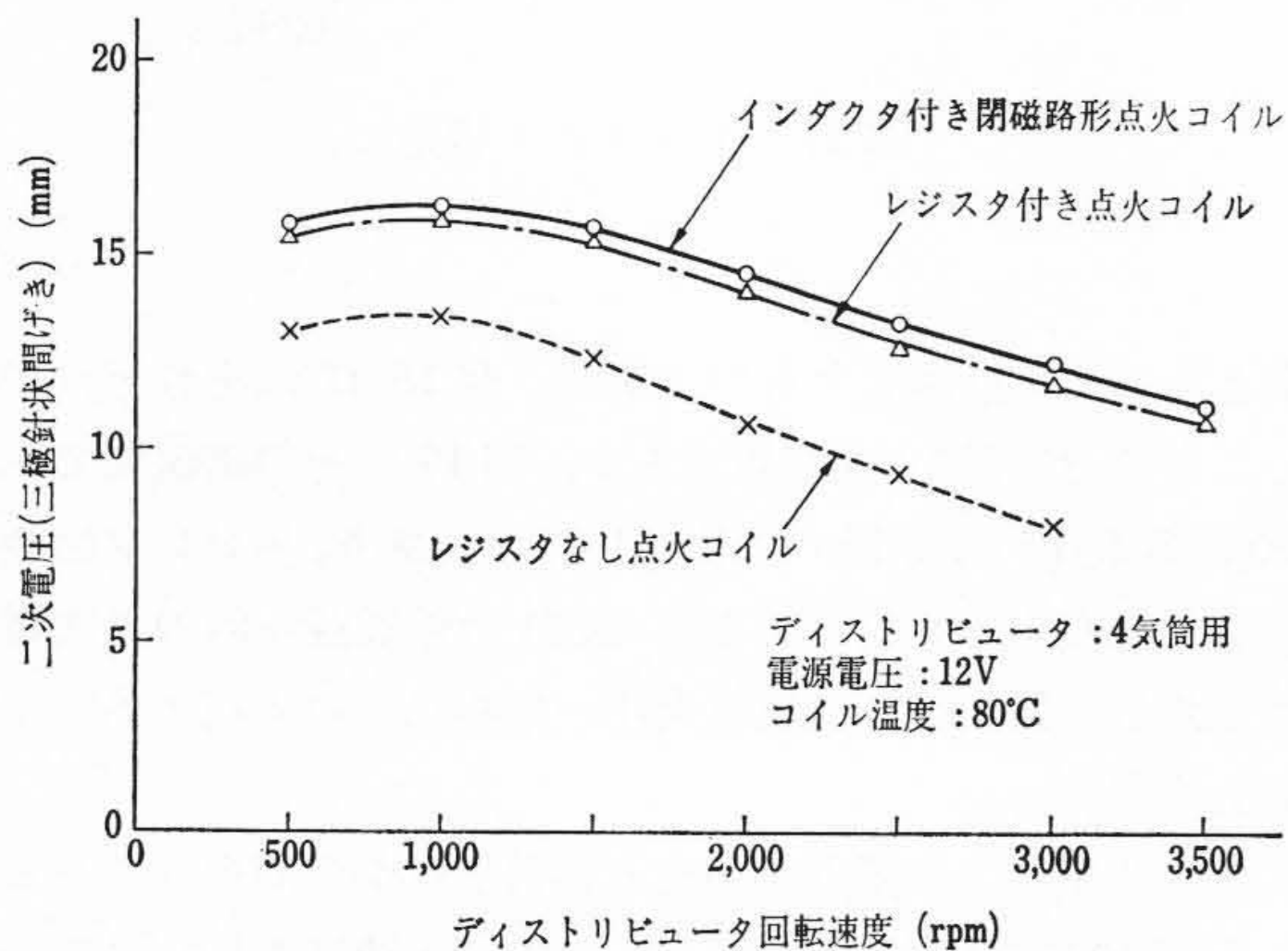


図21 定格電圧時二次電圧速度特性

表3 点火コイルの火花エネルギー

点 火 コ イ ル	火花エネルギー (ミリジュール)	火花持続時間 (ms)
本 点 火 コ イ ル	35.5	1.6
レジスタ付き点火コイル	27.0	1.2
レジスタなし点火コイル	22.0	1.0

電源電圧: 12 V
ディストリビュータ: 4気筒用 (1,500 rpm)
二次放電間隔: 三針間隔 7 mm

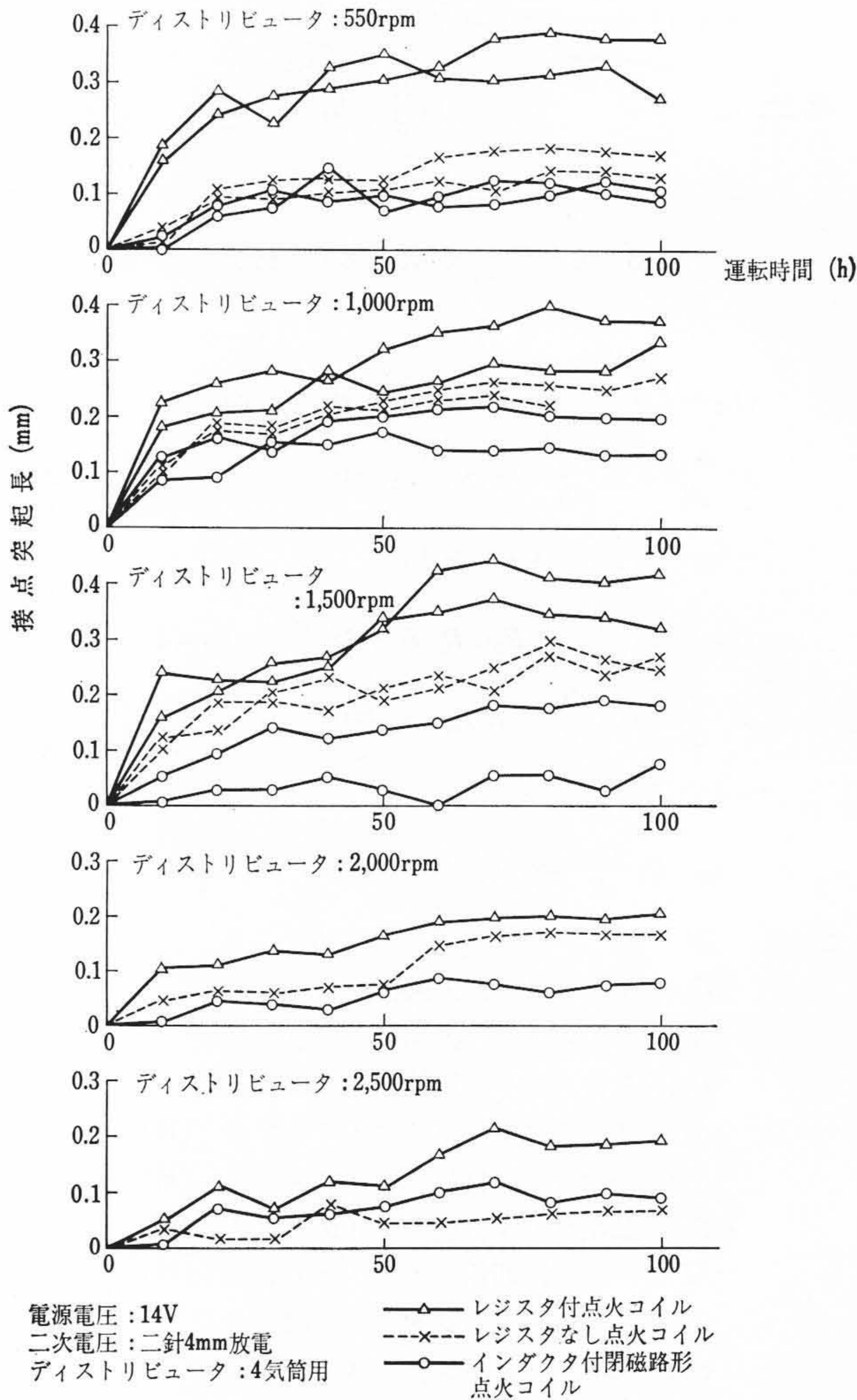


図22 ディストリビュータ回転数と接点突起長

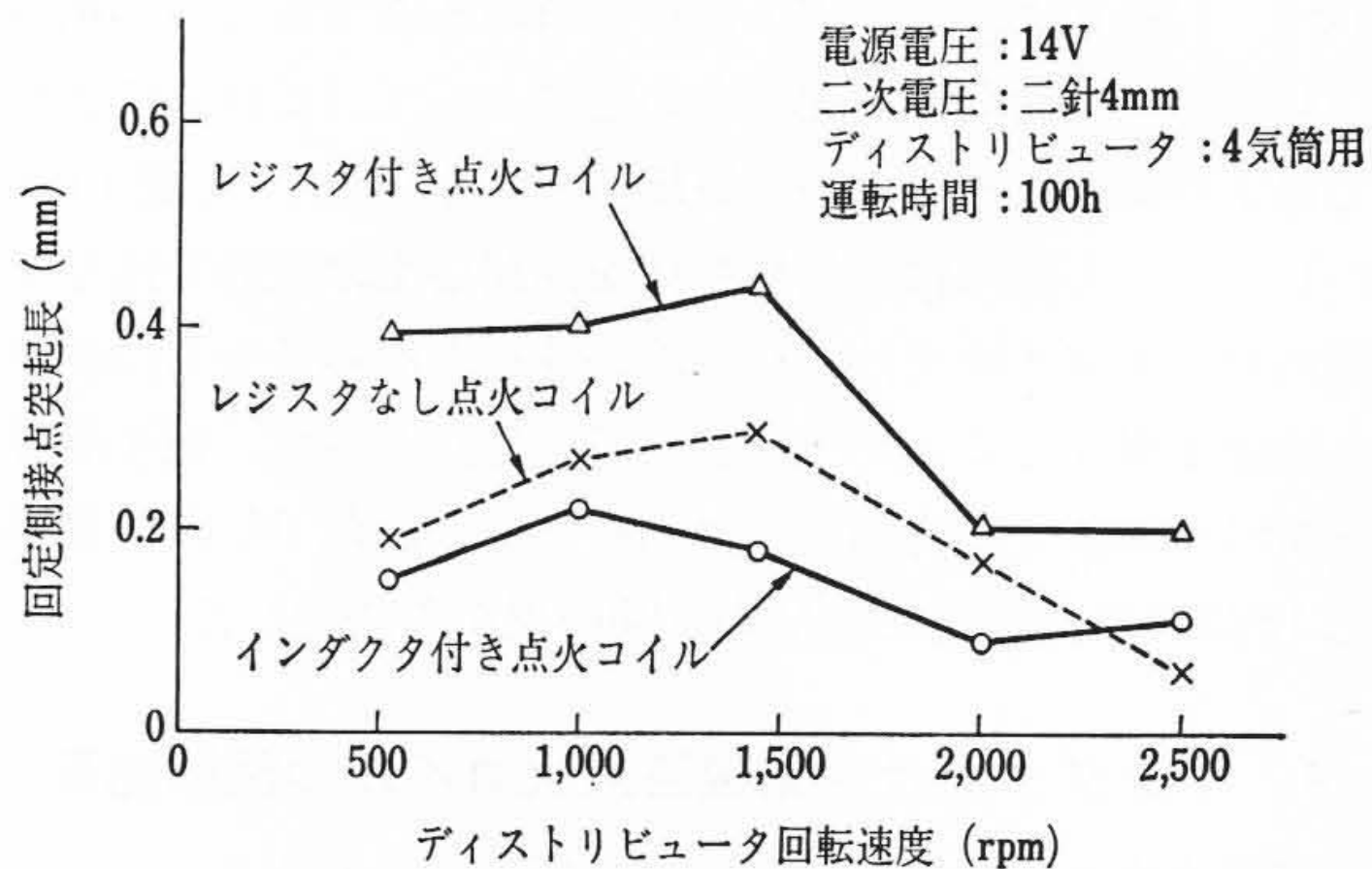


図23 ディストリビュータ回転速度と接点最大突起長

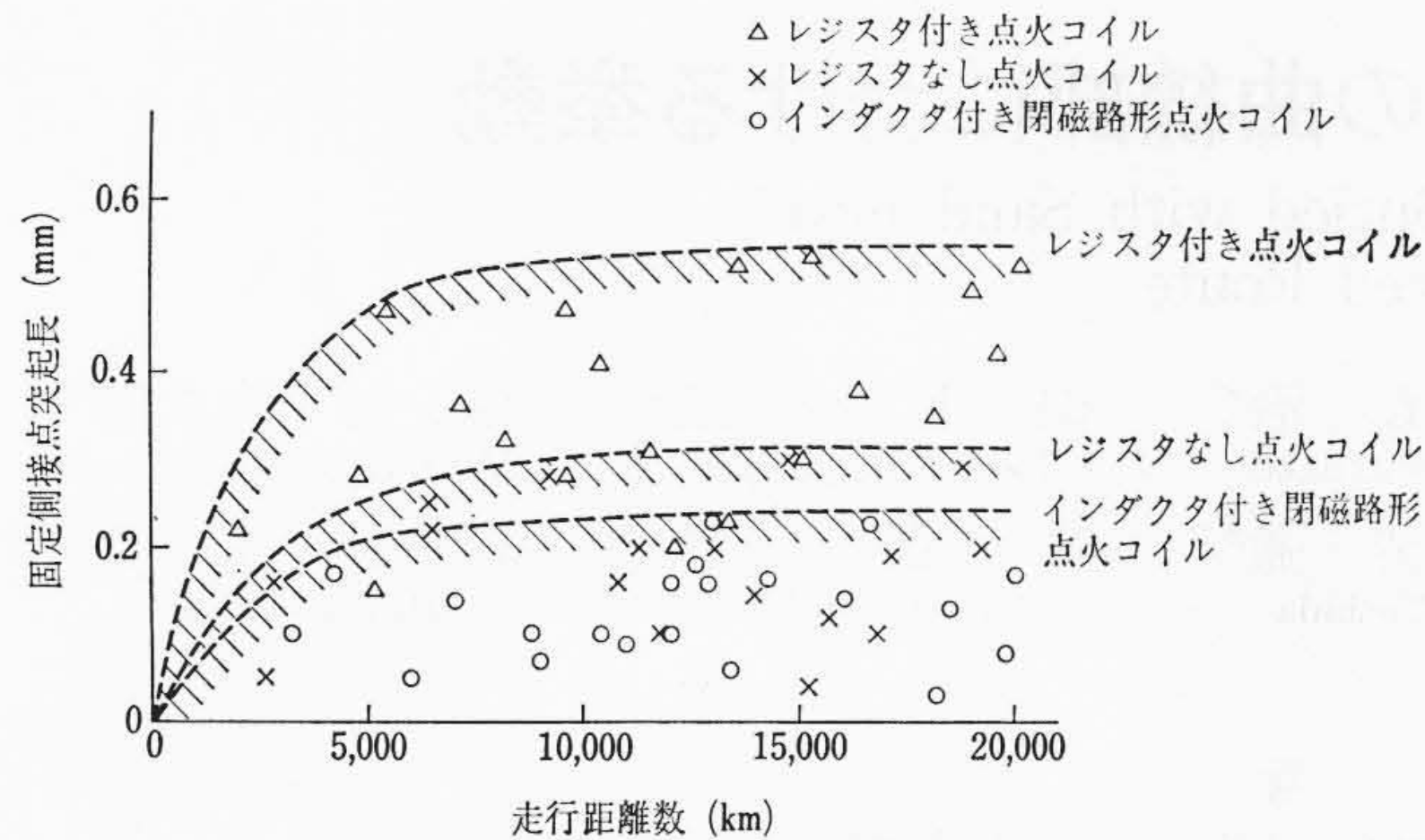


図 24 実車走行距離と接点突起長

ここで用いたレジスタなし点火コイルは、接点突起の最も小さい点火コイルとして定評のあるものを選んだ。3種類の点火コイルについて、接点突起はいずれも固定側（陰極）に発生し、50～80時間くらいで突起長は飽和状態となり、それ以後は成長と消耗の一進一退を繰り返すのみで、ほぼ一定の値をとっている。図23は図22における最大突起長をディストリビュータ回転数の関数として表わしたものである。インダクタ付き閉磁路形点火コイルでは、接点突起長は1,000rpm付近で最大値約0.2mmで、ほかの2種の点火コイルに比べて最もすぐれていることがわかる。ここで、さらに二次放電時の接点間電圧を大きくすれば突起はゼロに近づくのではないかと考えられるが、この場合には、可動側（陽極）にも突起が発生する可能性があり、可動側では突起が成長しやすいので（図9参照）、これを避けるようにした。図24は市場ユーザーによる実車試験での走行距離と接点突起長の関係をとったものである。図24と図22とはほぼ同じ傾向を示し、接点突起に対する期待どおりの結果が得られた。

5. 結 言

点火コイルとして従来より開磁路形点火コイルが一般に用いられてきたが、閉磁路形鉄心のもつかずかずの長所に着目して、磁束の有効利用、高電圧部の絶縁問題などの解決により、性能、耐久性、生産性の点ですぐれた閉磁路形点火コイルを製品化することができた。

さらに、レジスタ付き点火コイルの欠点であるディストリビュータ接点の突起、汚損の問題を解決するため、接点間の火花放電時期の分析から接点突起生成のメカニズムに検討を加え、二次側放電時の接点間電圧の値が接点突起に大きく影響していることを究明した。レジスタ付き点火コイルに、レジスタの代わりに所要の接点間電圧を発生する（抵抗）+（インダクタンス）をもったインダクタを組み合わせることで、接点の突起、汚損問題を大幅に改善することができた。

終わりにのぞみ、本研究に協力いただいた日立製作所日立研究所渡辺博、佐和工場 佐々木俊幸、筒井光圀、柏崎清一の諸君に厚く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) RAY F. KUNSら：Automobile Ignition and Electrical Equipment, 91 (1950)
- (2) Automotive Industries, 117 (Jul. 1936)
- (3) 熊谷：発動機電気点火論, 72 (昭-16 山海堂)
- (4) 藤本：電気接点材料 (昭-38 オーム社)
- (5) 鳳：電気接点と開閉接触子 (昭-37 金原出版)
- (6) 藤崎：日立評論 48, 614 (昭41-5)
- (7) 酒井ほか：機械の研究 18, 12 (1966)
- (8) 林：演算子法と断続回路 (昭21-8 大化書院)
- (9) 柴田ほか：自動車電装品研究会報告

第 33 卷

日

立

第 4 号

目

次

- ・ グラフ / 輸 出 車 両 の 故 郷
- ・ 解 説 / エレクトロニクスの散歩道 第4回
 超大形コンピュータへの道
- ・ ル ボ / 上 野 駅
 宇宙に夢を求めて——岐阜天文台——

- 春 の 縁 起 市——深大寺だるま市——
- ・ インタビュー / ティーティングマシンと教育
- ・ High-Light / 東 電 ・ 鹿 島 火 力 P S
- ・ P R コ ー ナ ー
- ・ ホ ー ム サ イ エ ン ス

発 行 所 日 立 評 論 社

東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
郵便番号 100

取 次 店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
郵便番号 101

振 替 口 座 東 京 20018 番