

# 二極・三極針状火花ギャップの特性と 二極火花ギャップの特性の改良

大 塚 新 太 郎 ・ 織 田 勉

## Sparking Rate Characteristics of Two and Three-pole Spark Gaps and the Improvement in Two-pole Case

Shintaro OTSUKA ・ Tsutomu ODA

The comparison between the characteristic of spark plug sparking rate (SR) vs. Ignition coil highest generating voltage ( $V_{2p}$ ) and that of two-pole or three-pole pointed spark gap SR vs.  $V_{2p}$  surprises us by extreme differences between them. Intending to make the characteristic of two-pole spark gap approach that of spark plug, authors tested two types of electrodes which are the cylinders with the flat end plane and the hemisphere. We found that the hemisphere type with rather larger radius is satisfactory.

### 1. ま え が き

点火コイルの特性とか、飛火が完全に行なわれるか否かというような問題を調べるとき、本物の点火栓を用い、本式の混合気または圧力の高い空気をを用いることは、かなり面倒であるので、点火栓のかわりに（先端のとがった）二針又は三針のギャップ（円錐ギャップ）を用い、点火栓のギャップのまわりの混合気の圧等を変えるかわりに、ギャップの距離  $l_g$  を変えて対応するということが通常行なわれている。

図1-1、図1-2は通常の点火栓について、コイルの発生電圧  $v_{2p}$  ( $v_{2p}$  は飛火の行なわれな  
いときコイル2次側に発生する最高電圧で、飛火が行なわれる場合には飛火電圧は通常これより  
低い。) と飛火率  $S_R$  の関係の2例<sup>1)</sup>である。前者は通常タイプの点火栓（但し抵抗円藏）で、後  
者は沿面放電タイプのものである。図のように特性カーブはかなり単純で、 $v_{2p}$  を高い値から下  
げて行くと、あるところまで  $S_R = 100\%$  であるが、急激に  $S_R = 0$  となる。文献(1)により明  
らかなように、点火栓についてはどのタイプのものも、ほとんど同様な特性を示す。

ところが図1-3、図1-4に例示するように、通常用いられている二針、三針円錐ギャップ  
においては  $v_{2p}$  の小さいところの変化が複雑で、しかもこれは実験条件のわずかな変化（たとえ  
ば針先のとがり方、よごれ、湿度など）でひどく変動するので、飛火率  $S_R$  が問題となるような

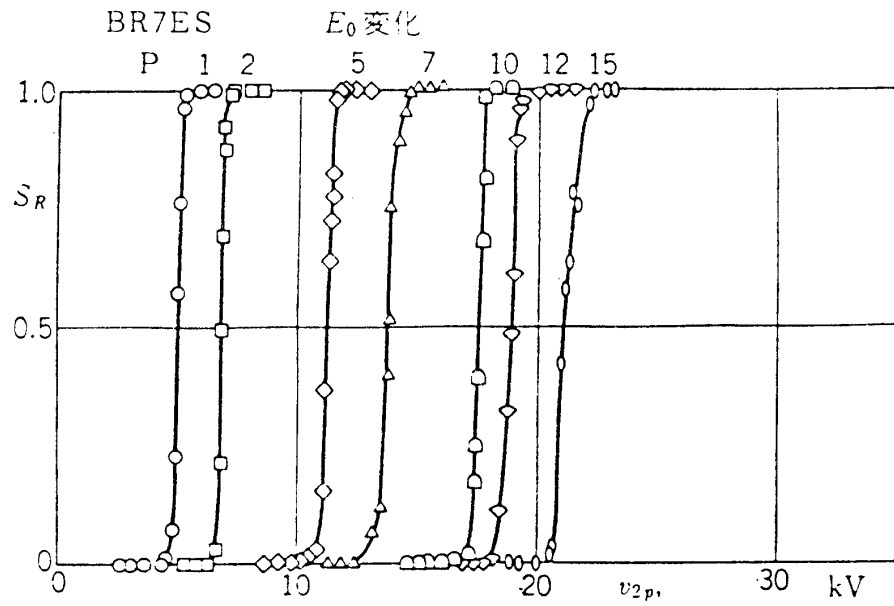


図1-1

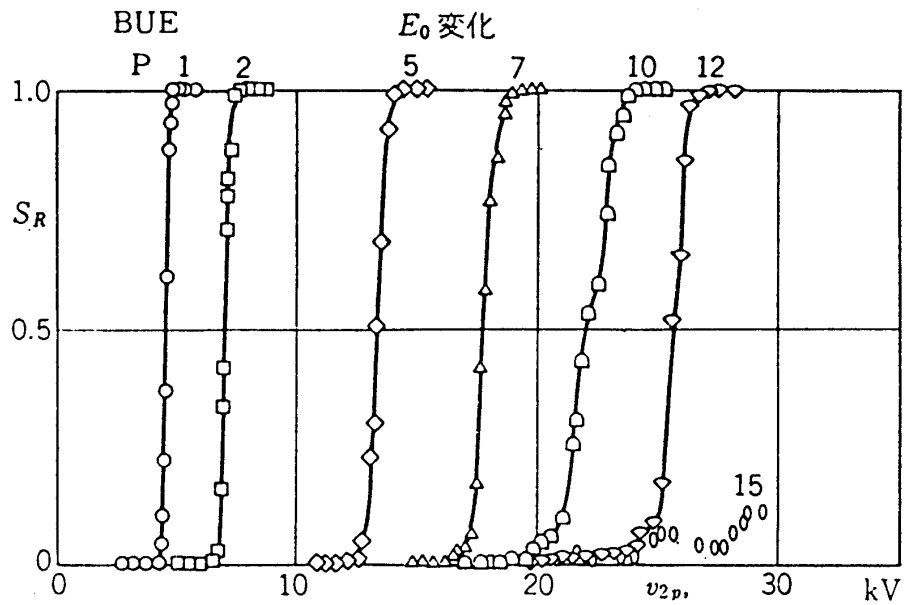


図1-2

実験課題において、二針、三針円錐ギャップを点火栓の代用品として用いることには、大きな疑問をいだかざるを得ない。

三針ギャップは二針ギャップの飛火を一層容易にしようとしたものと考えられるが、飛火率という面から見ると飛びにくい条件での飛火を無理に容易にしようとした形となり、飛火率曲線は二針ギャップより一層複雑となってしまった。(図1-3、図1-4を比較)

ここでは三針ギャップの複雑さを一先ず先の問題として残し、とりあえず二針ギャップについてしらべてみることにした。そして二針ギャップの飛火率特性を、実物の点火栓の飛火率特性と

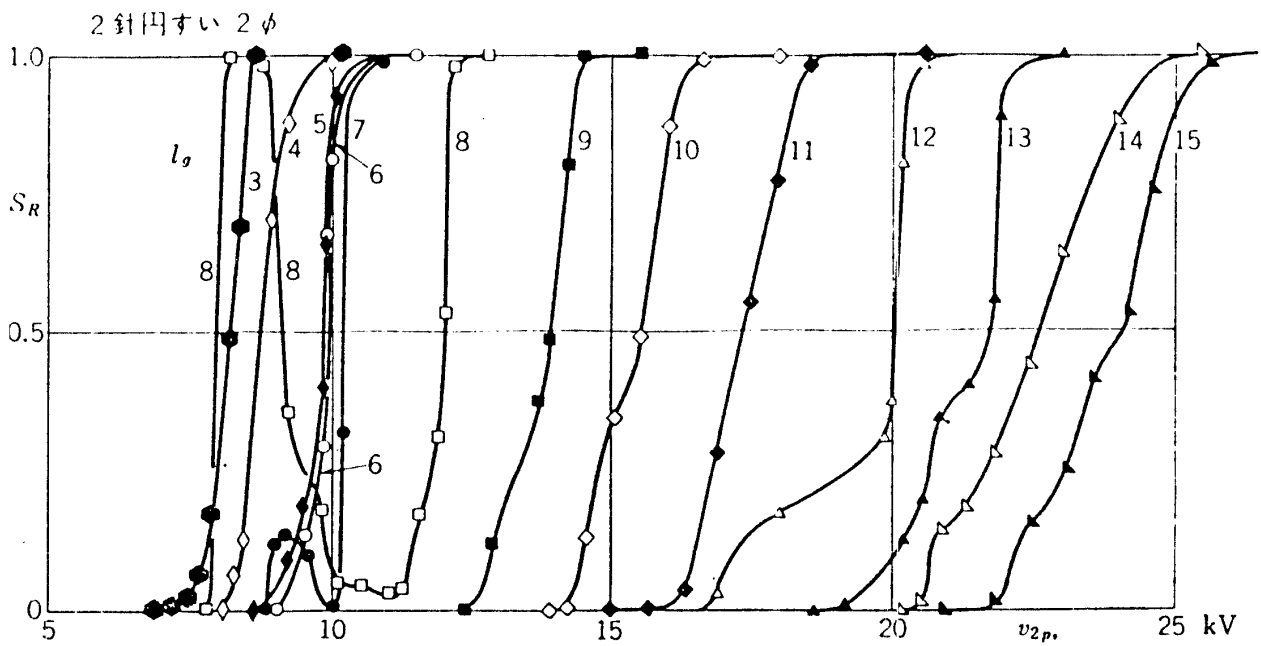


図 1 - 3

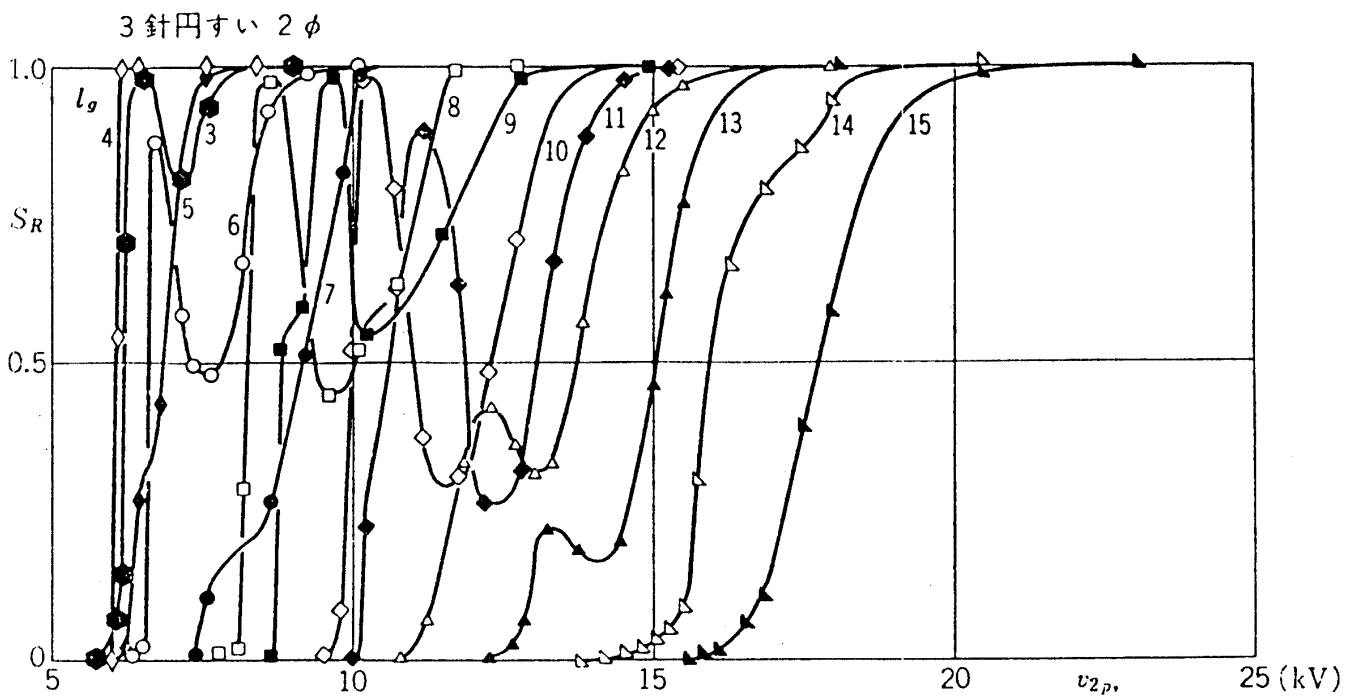


図 1 - 4

似たものとするを目的として、二針円錐ギャップの特性の異常が、その先端がとがっていることの影響ではないかの予想のもとに、先端の形状が円柱で平面のものと、半球面のものと特性を調べてみた。結果はこのような方針のもとで、かなりよい特性が得られることを示している。

## 記 号

A : アンペア

$C$  : 容量

$d$  : 電極直径

 $E_0$ : 電源電圧

F : ファラッド

H : ヘンリー

$i$  : 電流

k : ≠ □

$L$  : インダクタンス

 $l_g$  : ギャップ長

M : メグ

$$m : \equiv 1)$$

$P$  : 絶対気圧

 $P_0$  : 大気圧

p : ビコ

$R$  : 抵抗

 $S_R$  : 飛火率

S : 秒

t : 時間

V : ボルト

$v$  : 電圧

 $v_{2p}$ : 2次発生最高電圧

(飛火のないとき,  $l_g \rightarrow \infty$ )

$\mu$  : マイクロ

$\Omega$  : オーム

添 字

1 : コイルの 1 次側

2: コイルの2次側

## 2. 実験装置と実験経過

図2-1に実験装置の概要を示す。使用コイルは日立のC6R-632で、その2次発生電圧カー

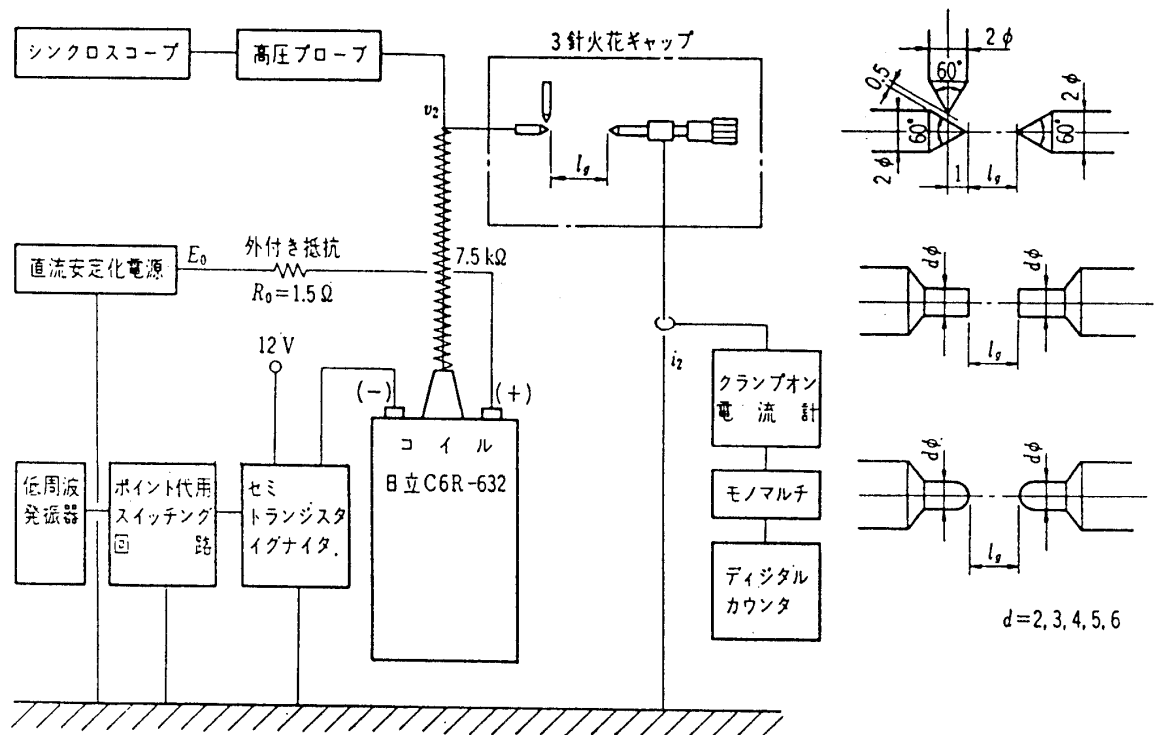


图 2-1

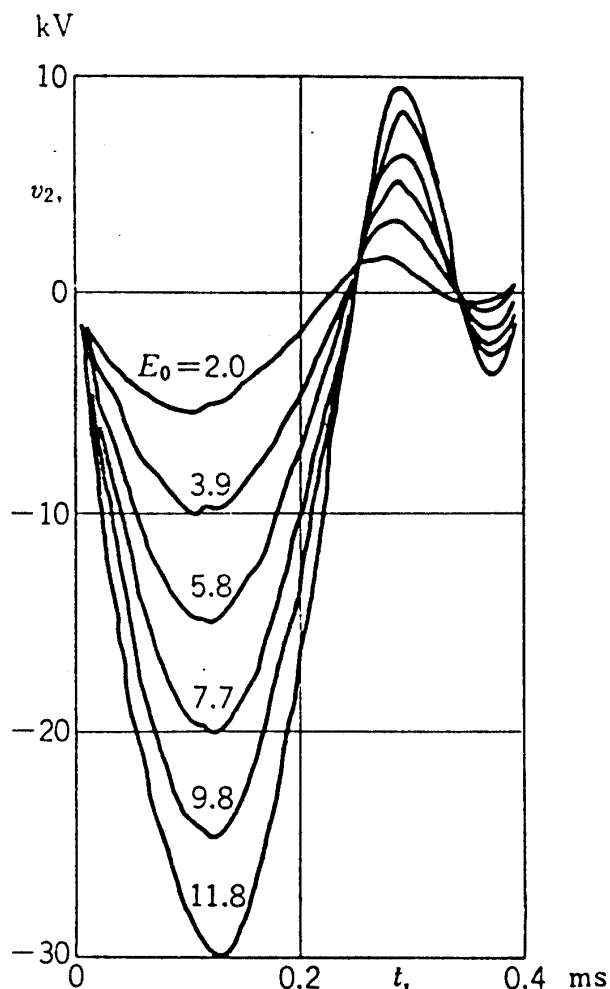


図 2-2 無飛火 2 次電圧

ブは図 2-2 に示す通りである\*。これは通常の機械式ブレーカー・ポイントで使用できる限界のコイルと考えられる。セミ・トランジスター・イグナイターはパワー・トランジスターとして 2SD 311 を用いたもので、1 次電流 10 A に耐えられるものである。1 次回路には機械式ブレーカー・ポイントは用いず、ON-OFF にはトランジスターを用いた。また低周波発振器は 50:50 の矩形波のものを用いたので、ドエル比は 50:50 である。1 次回路にはポイント・コンデンサーに相当するコンデンサーはつけていない。そのため図 2-2 に示すように 2 次側に発生する高周波の成分は極めて周波数が高いと同時に振巾が非常に小さい。

1 次の ON-OFF は 40 Hz とした。これで 1 次電流は飽和値に近い。電源電圧  $E_0$  を変えることによって 2 次電圧  $v_2$  が図 2-2 の様になり、そのピーク  $v_{2p}$  が発生最高 2 次電圧である。飛火率を  $v_{2p}$  によって整理することの妥当性については文献 (1) において検討さ

れている。

飛火率は 1 次回路の 2,000 回の ON-OFF に対する飛火回数からとめた。飛火は 2 次回路の電流をキャッチして検出するが、その波形が極めてイレギュラーであるので、モノマルチ・バイブレーターで飛火 1 回につき矩形波 1 回を出力するようにして、カウンターに入れた。飛火による電波雑音によるものと思われるが、飛火回数のカウントはなかなか計測しにくく、カウンターの入力の調整はかなり面倒である。そして飛火ギャップの大きいときと、小さいときにどうしても計測不可能なこともあった。後述のデータの中で欠けているのがあるのはそのためである。

電極材料は二針、三針ギャップはタングステンであり、円柱平面、半球形ギャップには純ニッケルを用いた。タングstenは消耗が少ないので、一般に三針ギャップに用いられているので、そのまま用いたのである。ニッケルはタングstenに次いで消耗が少なく、また火花の衝撃比が小さいということで用いた。[文献 (3) 参照] 一般の点火栓の電極材料にもニッケル合金が採用さ

\* コイル特性値:  $R_1 = 1.3 \Omega$      $R_2 = 10.4 \text{ k}\Omega$      $R_0$  (外つき抵抗) =  $1.5 \Omega$      $L_1 = 8.74 \text{ mH}$   
 $L_2 = 78.2 \text{ H}$

れている。但しこの実験のように電極面積の比較的大きい場合にニッケルが適当かどうかは一考の余地がある。これについては考察の項で少し考えてみたい。

### 3. 結果と考察

前出の図1-3, 図1-4は比較の意味で行った二針, 三針円錐ギャップの結果である。これらのカーブが実験条件のわずかな変化でひどく変動することは文献(1), (2)の同じケースの結果と比較してみても明らかであり, この研究を計画する原因となった。

図3-1(a)~(e)に二針円柱平面ギャップの  $S_R \sim v_{2p}$  特性を, 図3-2(a)~(e)に二針半球面ギャップの特性を示す。

#### 3.1 二針円柱平面ギャップ

ギャップ長  $l_g$  の大きい場合には  $S_R \sim v_{2p}$  のカーブの傾斜はゆるやかであるが, 一般には  $S_R = 1.0$  から  $0$  への特性は急激でかつなめらかである。これは点火栓の特性の近似としては良い傾向である。ただ残念なことは  $l_g$  の変化に対してカーブの位置が等間隔にならず, 一部にそれが極めて接近したり, 順序が入れかわったりしていて,  $l_g$  の大きさと飛火電圧 (飛火電圧をどのように定義するかの問題がある。  $S_R = 1.0$  の限界は決めにくいので, 例えば  $S_R = 0.9$  というようなところでの値。) が直線的な関係を示していない。カーブが等間隔にならぬ  $l_g$  は, 電極径  $d$  の小さい場合には  $l_g$  の小さいところ,  $d$  の大きい場合には  $l_g$  の大きいところとなっている。

二針円柱平面ギャップの実験で気のついたことの一つに, 理由はわからないが, 雑音電波が次に述べる半球面ギャップより著しく大きいことがあげられる。通常  $l_g$  の大きいところではカウ

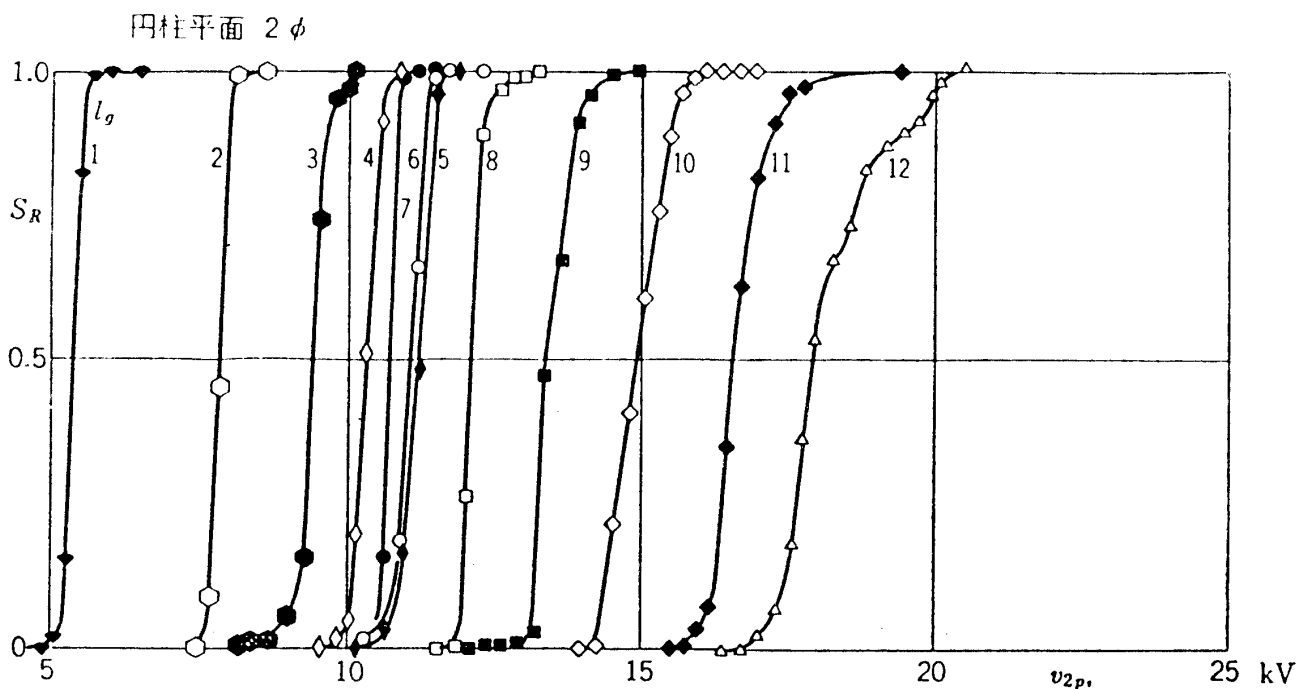


図3-1(a)

ターの指示値が狂い、データがとれなくなる。 $d = 2 \sim 4 \phi$  の  $l_g$  の大きいところのデータが欠けているのはそのためである。

### 3.2 二針半球面ギャップ

$S_R = 1.0$  から 0 への特性は大体において良い傾向にある。ただし  $d = 2 \sim 3 \phi$  においては一部

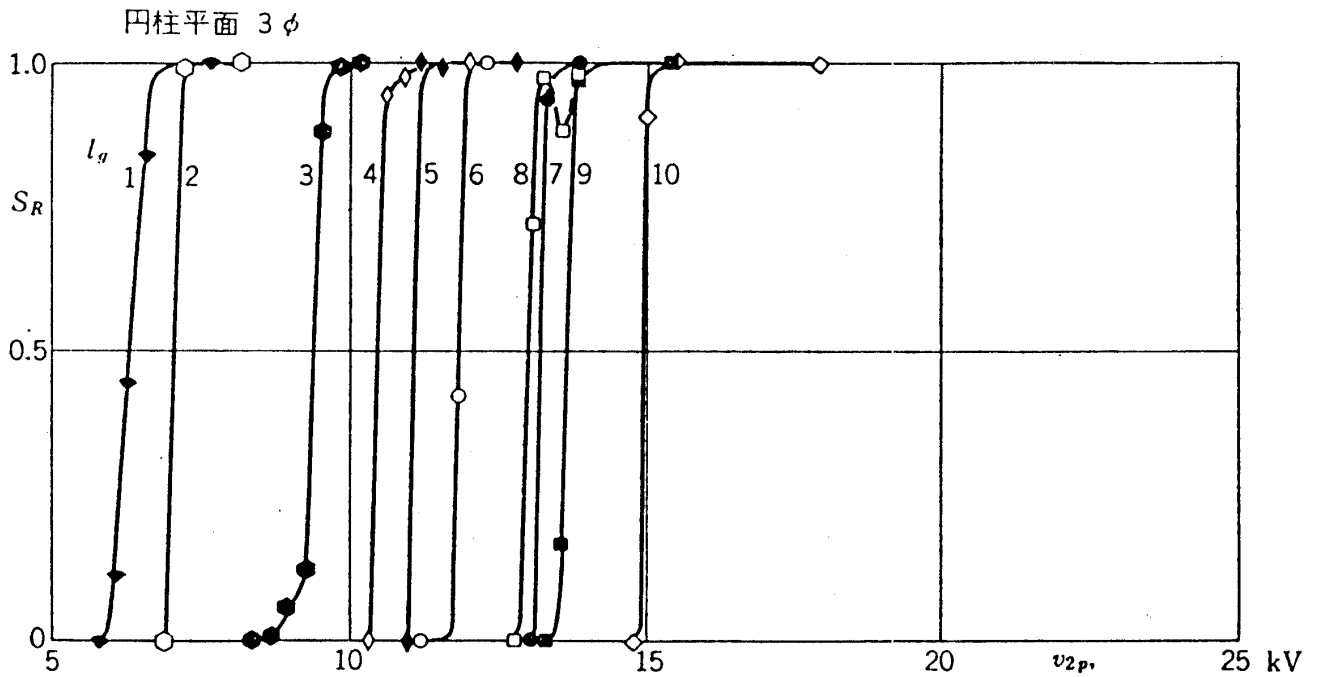


図 3 - 1 (b)

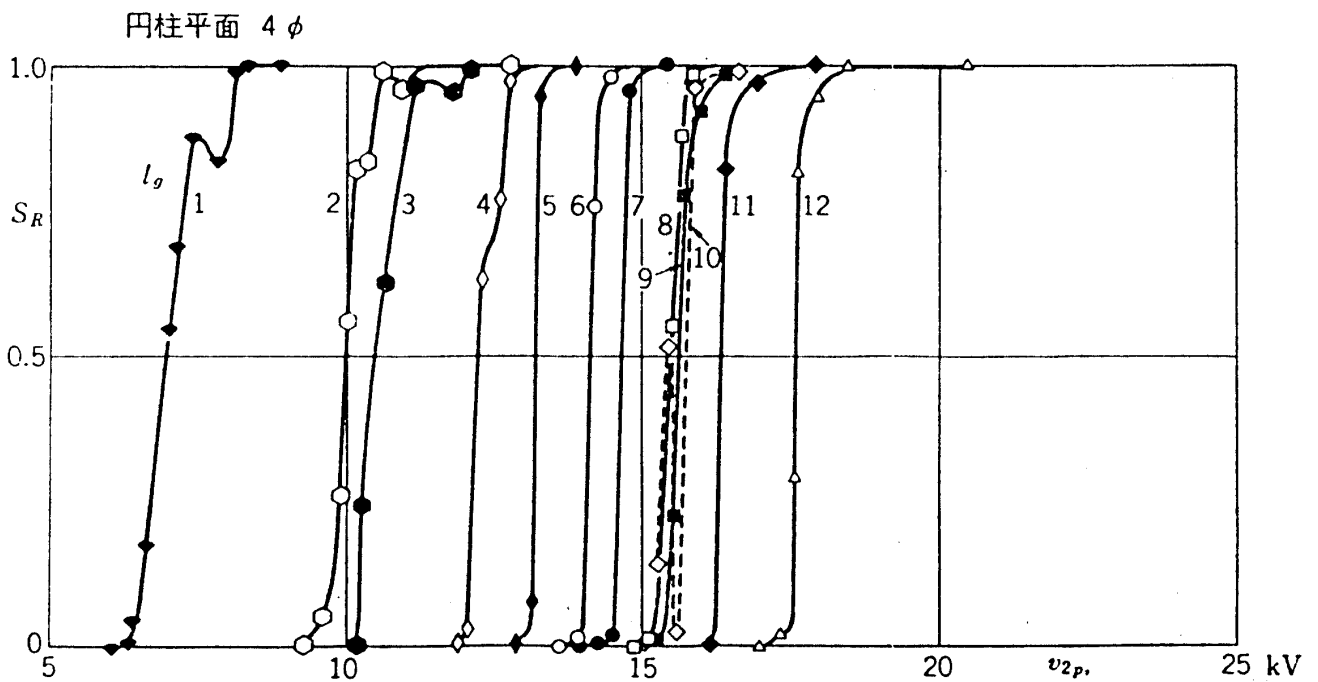
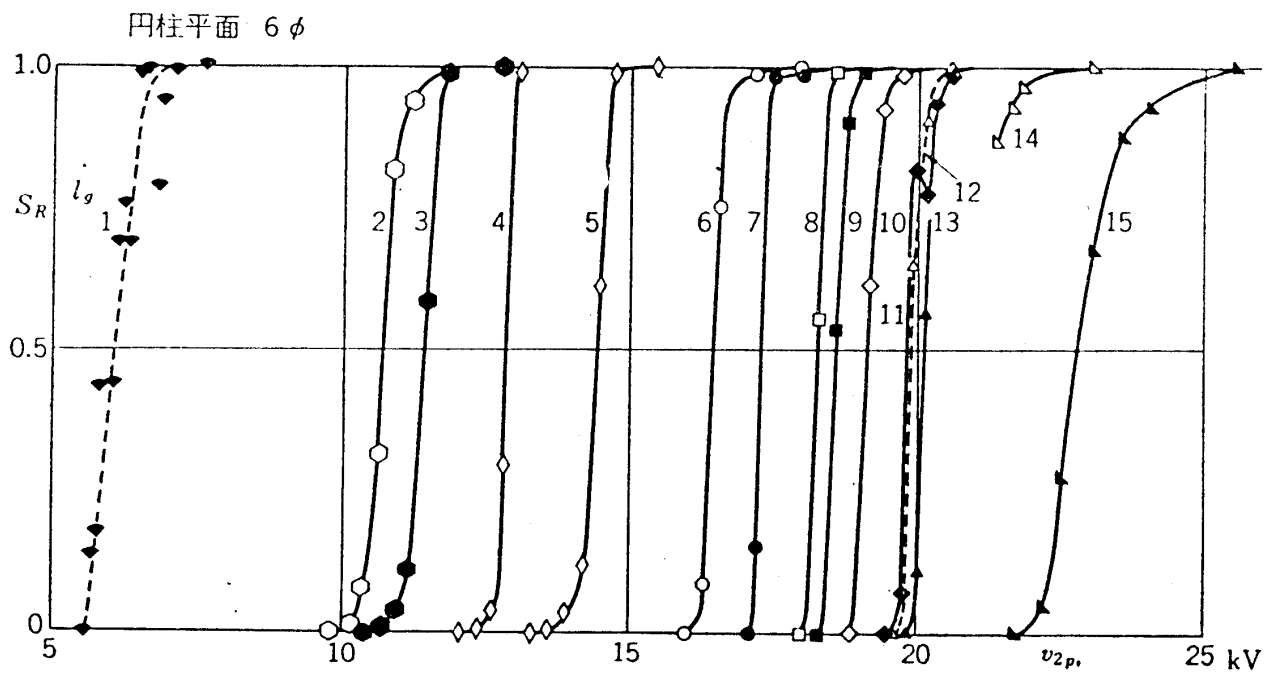
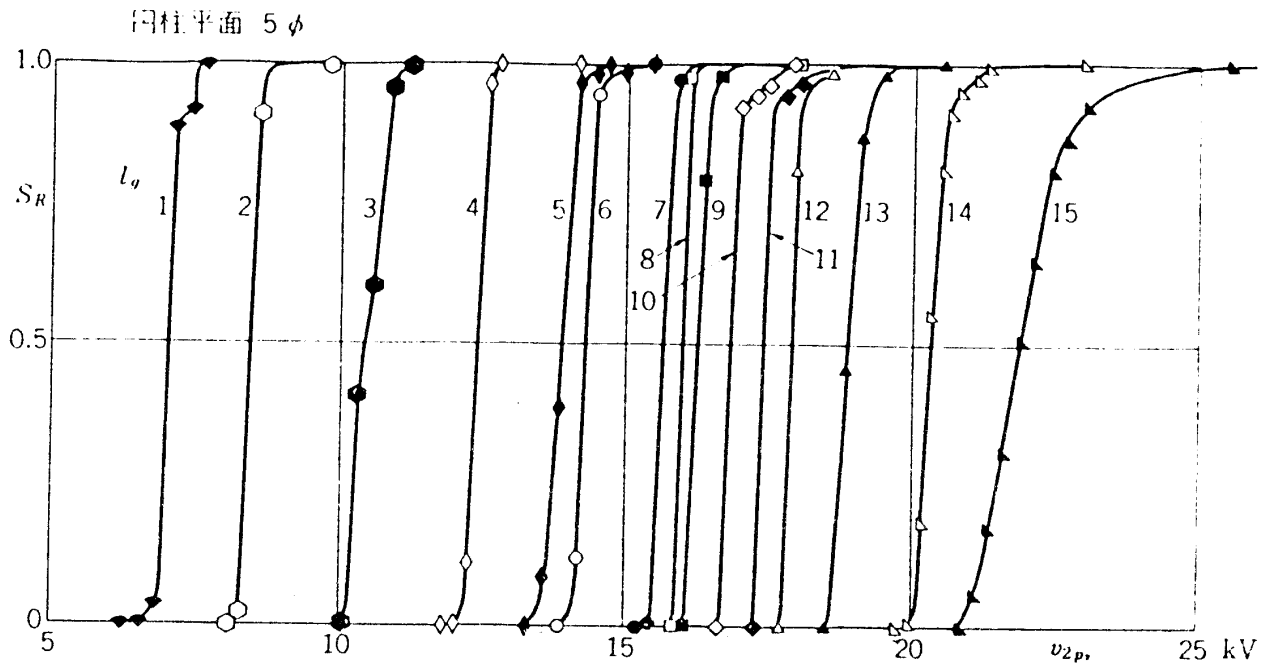


図 3 - 1 (c)

のカーブに異常がみられる。また  $d$  のすべての場合について  $l_g \geq 13\text{mm}$  においてカーブは異常である。この原因は明らかではない。火花電流を調べてみれば何かがわかるかも知れない。

半球面ギャップにおいては、カーブ位置の不等間隔はあるが、 $d = 5, 6\phi$  においては、その順序が入れかわってはいない。結局  $d = 6\phi$  において  $l_g \leq 12\text{mm}$  なら使いものになりそうである。一般的に言って半球の直径はもう少し大きい方が良さそうである。





### 3.3 問題点

前述のように電極材料は純ニッケルである。これは電極としてすぐれていて、[文献(3) 参照] 点火栓の電極材料もニッケルを主とする合金であることから使ってみたのであるが、問題がないわけではない。それは電極面をきれいに磨き、アセトン等でよごれをとった状態では火花が極めて飛びにくいということである。充分長い間(10~30分程度)、予備的に飛火をさせてから使用する必要がある。この間に表面は焼けてざらざらになり、このようになった後に飛火率カーブは

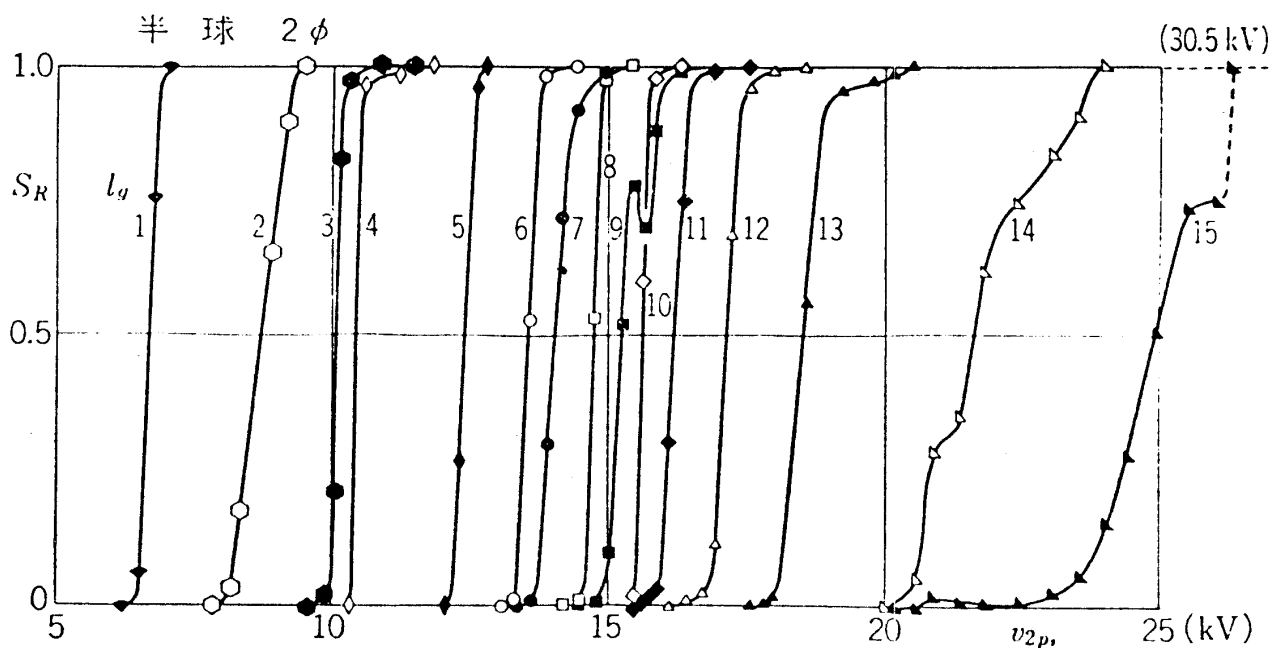


図 3 - 2 (a)

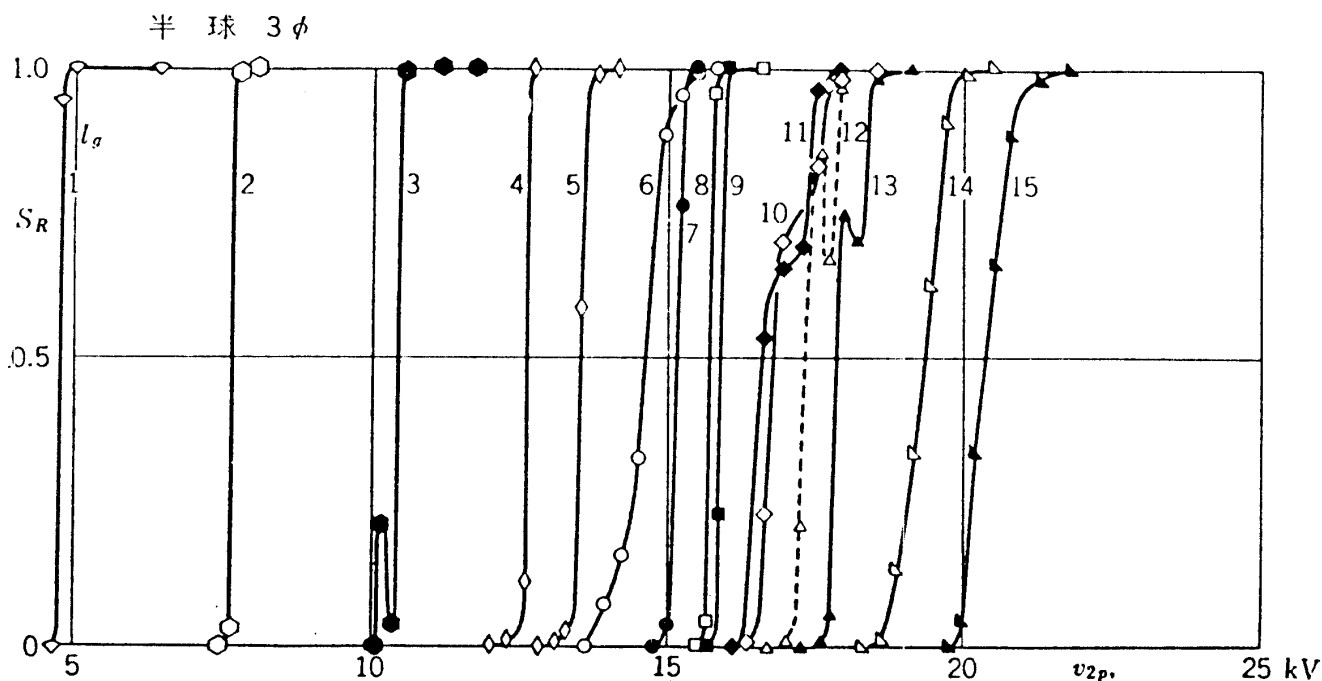


図 3 - 2 (b)

一定の形に落ちつくようになり，以後は大きな変動はないようである。円柱平面の場合には，この焼けた部分が円形の平面の周辺において進行し，半球の場合にはギャップの軸に近いところから進行する。飛火率カーブが半球の方が良さそうなのは，こんなことも考慮に入れて考える必要があろう。

火花が飛びやすくなるのは Malter 効果<sup>4)</sup>によるものであろうが，予備的飛火時間の長いのは

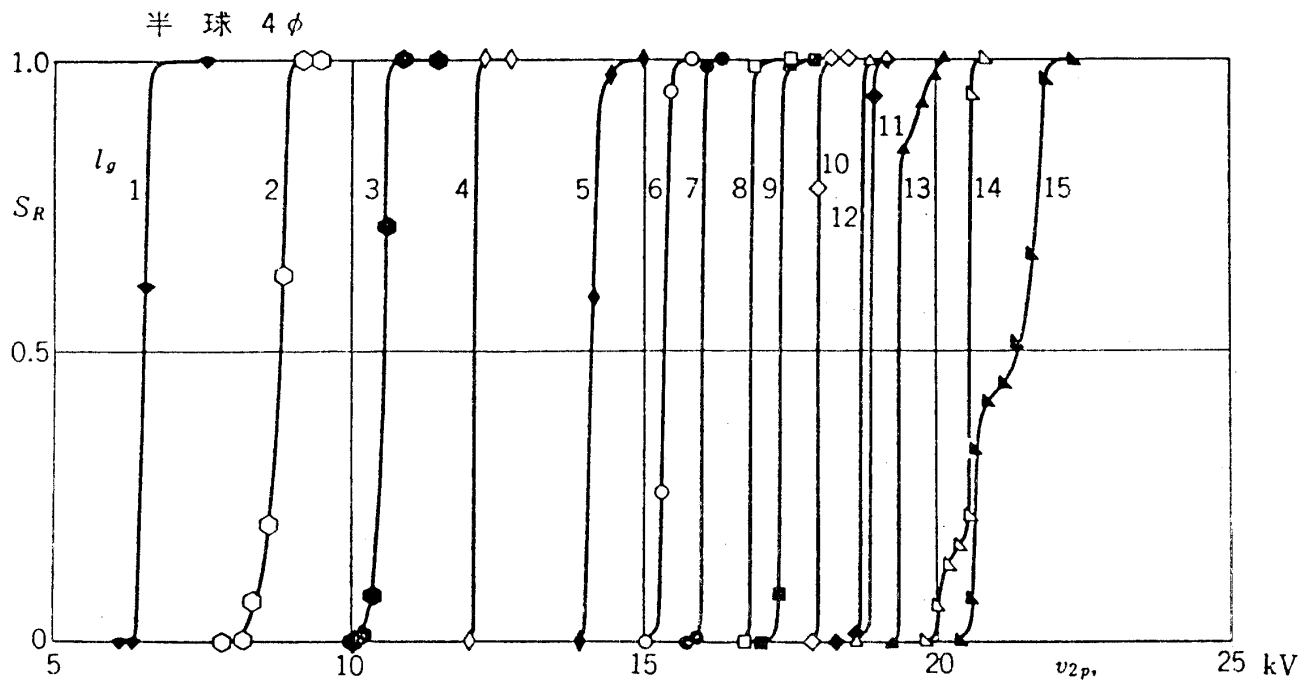


図3-2(c)

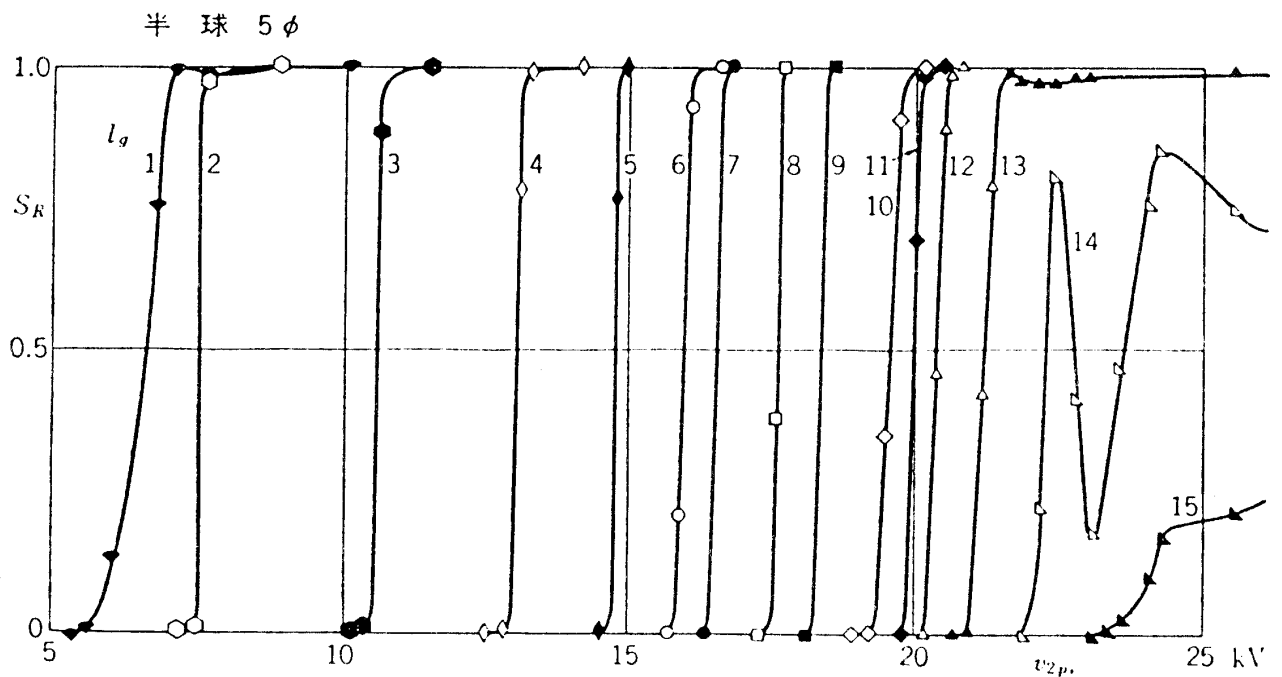


図3-2(d)

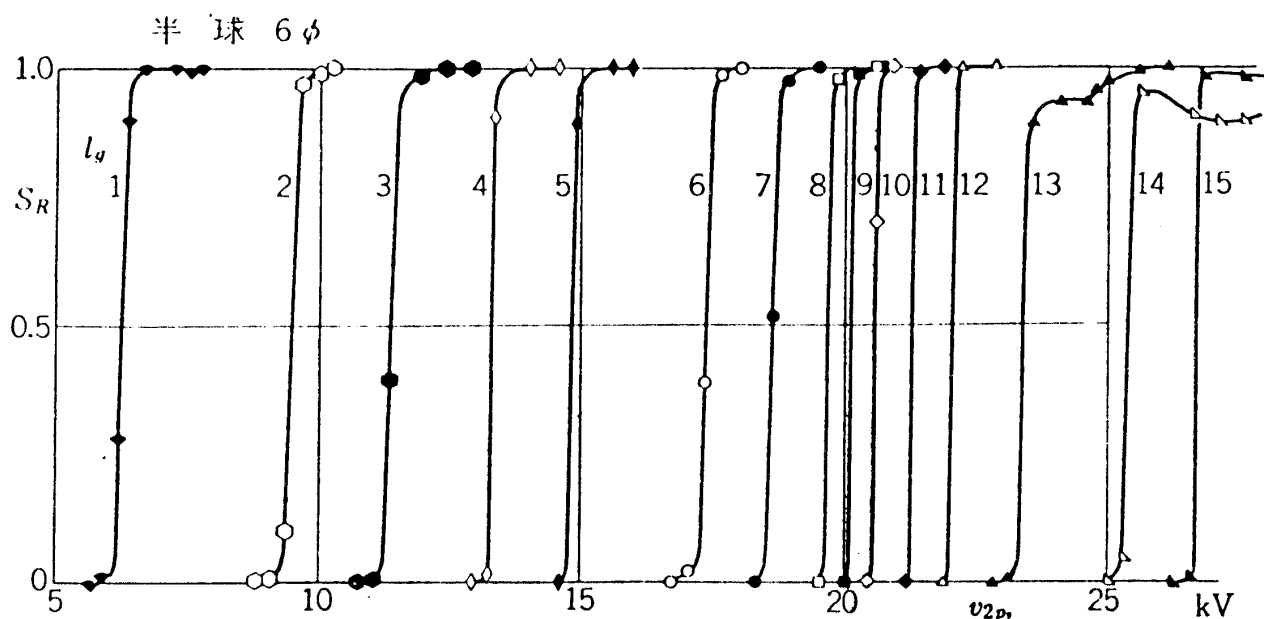


図 3 - 2 (e)

面倒な面もあるので、これの短い材料が無いものかと思い、各種材料について実験してみようと思っている。

実際の点火栓の飛火率カーブが何故  $S_R = 1.0$  から 0 に急落するのか。三針ギャップが何故  $S_R$  がなかなか 0 にならず複雑な様相を呈するのか。このへんの解明は困難であろう。ただ点火栓の代用として三針火花ギャップを用いるのは、飛火率或いは火花電圧のからむ実験には不適當であることは確かである。

#### 4. あとがき

二針火花ギャップの飛火率特性が、先端形状によってどう変るかを、円柱平面、半球面の場合について調べた。ギャップ長  $l_g$  の一定値については、円柱平面、半球面の場合とも、ほぼ点火栓の飛火率特性と近似の特性 ( $S_R \sim v_{2p}$  特性) を示すことがわかったが、 $l_g$  の変化に対しカーブの位置が等間隔になってほしいという要請に対しては、円柱平面は劣るようである。この点に関しては半球で直径 6φ のものが実験の範囲内では最良であったが、半球の直径はもう少し大きい方が良いのではないかとと思われる。

電極としてニッケルを用いたことに関連して、表面がきれいな状態では極めて火花が飛びにくく、これを飛びやすい状態にするには数十分の予備的飛火が必要で、これが材料をえらぶことによって改良されるかどうかは明らかでなく、今後の研究が必要である。

また三針ギャップと同様な第三電極を用いることも考えてみる必要があるだろう。

## 謝 辞

本研究を行なうにあたり、自動車電装品各メーカーからのご援助を受けた。また実験は機械工学科60, 61年度の卒業研究として行なわれたものである。関係の方々に心からの謝意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- 1) 大塚新太郎, 佐々木敏幸: 点火コイルの発生電圧と点火栓の飛火率。内燃機関 Vol. 24 No. 307 1985年6月
- 2) 大塚新太郎, 佐々木敏幸: 点火栓の汚損と飛火率。内燃機関 Vol. 22 No. 274 1983年2月
- 3) Debenham, W. R. and Haydon, F. G. : On the Erosion of Sparking Plug Electrode Materials and the Variation of Sparking Plug Voltage. R&M No. 1744
- 4) 本田侃士: 気体放電現象。東京電機大学出版局