

有極リレー接点に関する考察

Some Consideration of the Polarized Relay Contact

三井 忠夫*

Tadao Mitsui

森山 寛美*

Hiromi Moriyama

露木 利勝*

Toshikatsu Tsuyuki

内 容 梗 概

有極リレーは感度が高くその応用範囲も広いが、クロスバ交換機には欠くことのできないリレーの一つとなっている。筆者らは、有極リレー接点の性能をさらに改善し、より信頼度の高いリレーをうるため、現在用いられている接点の特性確認の意味で Pt 対 Pt, PGS 対 PGS, GS 対 GS を、また、さらに性能のすぐれていると思われる接点組み合わせ W 対 Pt, Pt 対 GS を取り上げ 2 回にわたる検討実験を行なった。その結果、使用ひん度の特に大きいところでは W 対 Pt が、少ないところでは GS 対 GS が、より好ましい組み合わせであることがわかった。

1. 緒 言

有極リレーは、従来電信の送受信リレーとして使われてきたが、感度が高いこと、マージナル動作がとりやすいこと、極性を有することなどの特長を生かし、インパルスリレー、タイミングリレー、マージナルリレーなどとして、クロスバ交換機⁽¹⁾⁽²⁾に欠くことのできない機器の一つとなっている。日本電信電話公社で標準化された C41, C51 クロスバ交換機⁽³⁾においては、5,000 回線の場合約 1,000 個と比較的大量に使用されており、性能も高度のものが要求されている。

日立製作所においては、クロスバ交換機用機器開発の一環として EF 形有極リレー⁽⁴⁾を実用化したが、日本電信電話公社蔵局をはじめ、官庁、民間会社のクロスバ交換機などに使用され好成績で運転中である。

有極リレーは、一般に感度が高く、駆動電力が多くとれないところにはなくてはならない重宝なりリレーであるが、その接点には性能改善の余地があり、さらに信頼度の向上が期待される。

ここでは、クロスバ交換機用有極リレーの現用接点 Pt 対 Pt, PGS 対 PGS, GS 対 GS, およびさらにすぐれていると思われる接点組み合わせ W 対 Pt, Pt 対 GS を取り上げて計 2 回にわたる実験を行ない、熔着、損耗、接触抵抗などを総合的に検討した結果を述べてある。

2. 有極リレーの寿命と信頼性

平衡形有極リレー⁽⁴⁾にあつては、アーマチュアが一端をクランプされた片持はり構造となっており、その先端に接点がついた形式のものであるから、一般リレーのような摩耗部分はなく、寿命は主として接点の電氣的消耗で決定される。また、有極リレー接点の信頼度を定めるものとして熔着やロッキング（以下熔着で代表する）を引き離すことができないための開離下能の障害を考えなければならない。このほか接触不良による閉成不能障害も考えられる。これら障害は、一度発生したら寿命がきたという性質のものではなく、確率的に発生するもので最も保守のしにくいものである。したがって、一般接点の場合のような消耗のほか、熔着および接触不良による誤動作の発生ひん度が問題となる。

すなわち、有極リレー接点の特性は

- (1) 寿命に関する消耗
- (2) 信頼性に関する熔着の発生ひん度
- (3) 信頼性に関する接触抵抗

によってほぼ決定される。このうち、使用ひん度の比較的大きいと

* 日立製作所戸塚工場

ころでは(1)と(2)が、使用ひん度の小さいところでは(2)と(3)が主要なものであると思われる。今回の実験は前者に重点をおき、熔着の計数回路を特に設けて行なった。

3. 実験計画法による検討

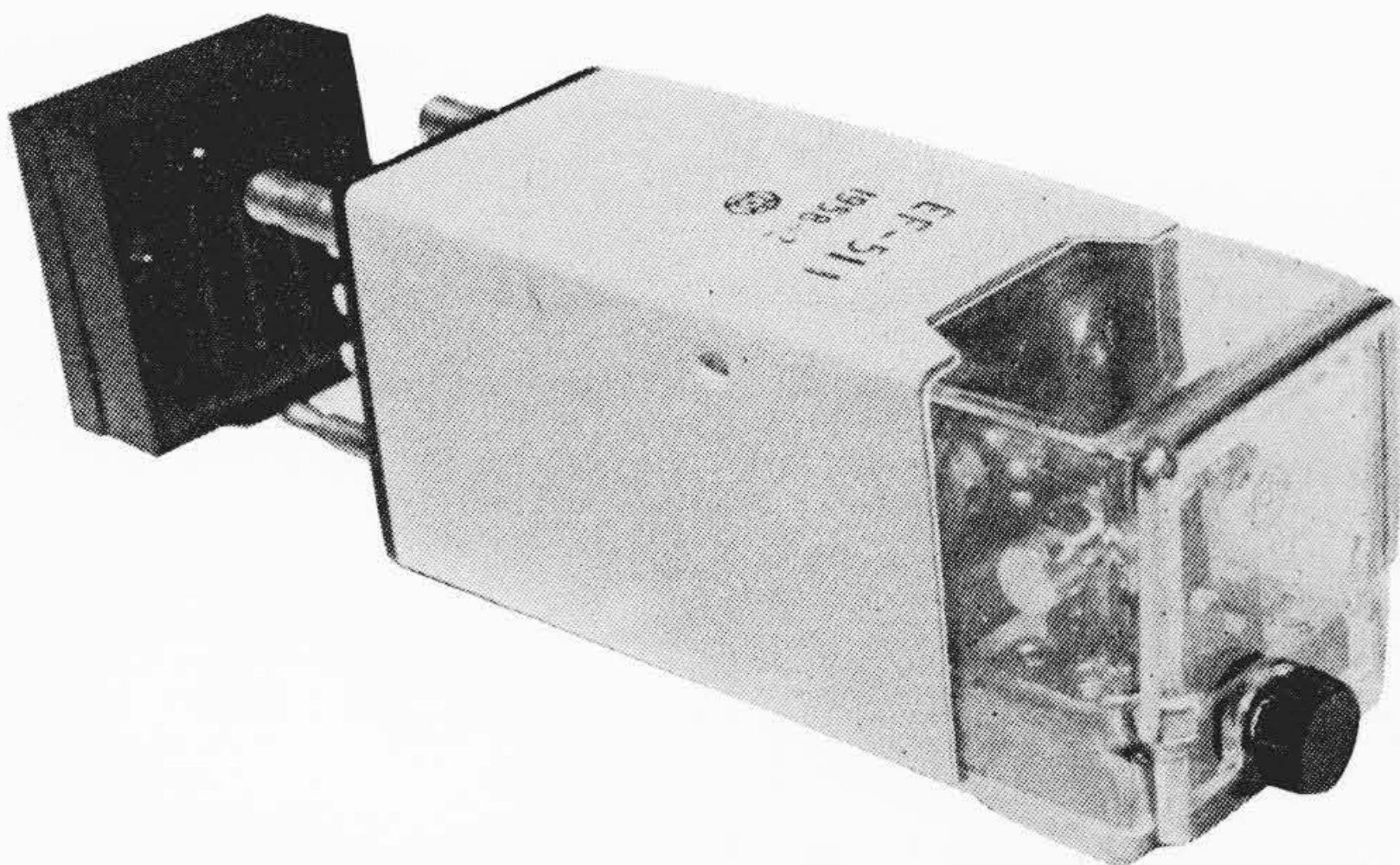
3.1 実験の計画

取り上げた要因と水準を第 1 表に示す。これを L_{27} 直交表⁽⁵⁾にわりつけた。供試リレーは第 1 図に示す EF 形有極リレー⁽⁴⁾ 27 個である。

実験は第 1 表に示すように、接点を変えて 2 回にわたって行なったが、1 回目は現用されている接点 Pt 対 Pt, PGS 対 PGS, GS 対 GS を対象とし、2 回目は熔着のひん度が少ないと思われた W 対 Pt, Pt 対 GS を取り入れたものである。比較のために 2 回目にも Pt 対 Pt を入れてある。負荷、リレー種類、駆動アンペアターンは 1, 2 回目ともまったく同じである。動作回数は、1 回目は 2,000 万回、2 回目は 5,000 万回までとった。負荷はワイヤスプリングリレー

第 1 表 実験に取上げた要因と水準

要 因		水 準			L27直交表列番	
記号	名 称	1	2	3		
A	接点材質	1 回目	Pt : Pt	PGS : PGS	GS : GS	2
		2 回目	⊕W : ⊖Pt	⊕Pt : ⊖GS	Pt : Pt	
B	負荷 ^(WA リレー) コイル抵抗	270Ω	400Ω	700Ω	1	
C	リレー種類	① (バイアススプリングなし Gc小) ② (バイアススプリングなし Gc大) ③ (バイアススプリングあり)			9	
D	駆動アンペアターン	大	中	小	5	
ω	動作回数	1 回目	2,000 万回まで			列外
		2 回目	5,000 万回まで			



第 1 図 EF 形有極リレー

第 2 表 分 散 分 析 の 結 果 (1 回目)

要 因		接点材質 A	負 荷 B	リレー種類 C	駆 動 D	A×B	A×D	B×D	動作回数 ω	$\omega \times A$	$\omega \times B$	$\omega \times C$	$\omega \times D$
特 性 値	1 回以上を不良としたとき								**53.9				
	100 回以上を不良としたとき	* 9.2			* 8.8				**15.7	* 2.4			
	10,000 回以上を不良としたとき			**10.4					** 2.9			** 9.5	* 1.6
陽極側接点に生じた穴の直径 d_1	M 接点	**80.3							—	—	—	—	—
	S 接点	**74.1							—	—	—	—	—
陽極側接点に生じた黒色生成物の直径 d_2	M 接点	**59.5							—	—	—	—	—
	S 接点	**26.6							—	—	—	—	—
陽極側接点に生じた穴の深さ d_3	M 接点								—	—	—	—	—
	S 接点								—	—	—	—	—
陽極側接点に生じた穴の体積 $d_1^2 d_3$	M 接点	**60.4	* 5.6					*15.5	—	—	—	—	—
	S 接点	**53.3	* 4.9			*11.9			—	—	—	—	—
接 触 抵 抗	M 接点	**25.7	* 1.2					* 2.0	**10.8	* 5.8		* 5.0	
	S 接点												

注 (1) * は 5% の危険率で有意差のあるものを示す。

(4) 空欄は有意差のないもの。

(2) ** は 1% の危険率で有意差のあるものを示す。

(5) — は 2,000 万回動作後の特性値であるため、動作回数の主効果および動作回数との交互作用のないもの。

(3) 数字は寄与率を示す。

第 3 表 分 散 分 析 の 結 果 (2 回目)

要 因		接点材質 A	負 荷 B	リレー種類 C	駆 動 D	A×B	A×D	B×D	動作回数 ω	$\omega \times A$	$\omega \times B$	$\omega \times C$	$\omega \times D$
特 性 値	1 回以上を不良としたとき					* 9.3			**28.2	** 4.8		** 2.7	* 0.9
	100 回以上を不良としたとき	**21.1							**16.8				
	10,000 回以上を不良としたとき								** 3.8	** 2.1		** 3.0	** 2.2
陽極側接点に生じた穴の直径 d_1	M 接点	**52.9		* 7.2		*12.0			—	—	—	—	—
	S 接点	**68.5				*15.5			—	—	—	—	—
陽極側接点に生じた黒色生成物の直径 d_2	M 接点	*19.8							—	—	—	—	—
	S 接点	**31.6	* 5.9	**10.7	* 7.4	**17.9		**14.2	—	—	—	—	—
陽極側接点に生じた穴の深さ d_3	M 接点								—	—	—	—	—
	S 接点								—	—	—	—	—
陽極側接点に生じた穴の体積 $d_1^2 d_3$	M 接点	*17.3		**24.3					—	—	—	—	—
	S 接点	*30.8							—	—	—	—	—
接 触 抵 抗	M 接点	**42.4							**23.7	** 7.2		** 1.6	
	S 接点	**37.8	* 0.5	** 3.2	** 2.5	** 3.7	** 2.8		**15.0	** 8.9			

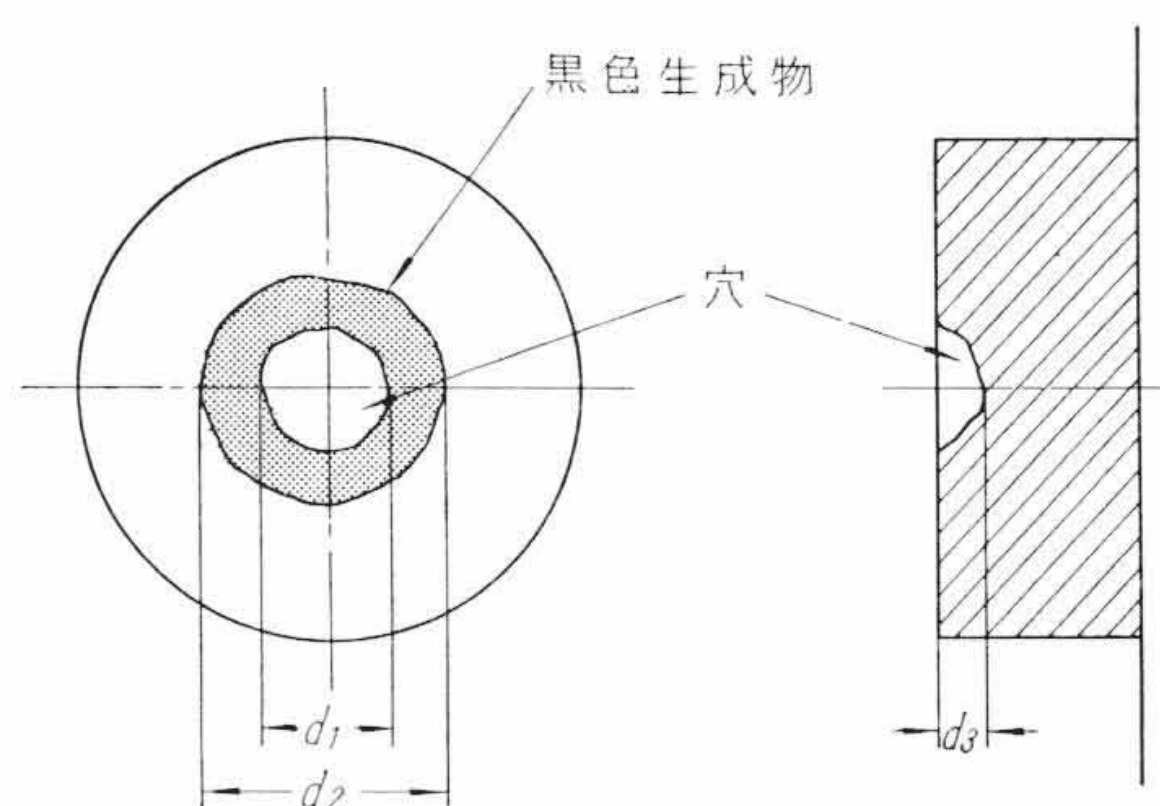
注 (1) * は 5% の危険率で有意差のあるものを示す。

(4) 空欄は有意差のないもの。

(2) ** は 1% の危険率で有意差のあるものを示す。

(5) — は 5,000 万回動作後の特性値であるため、動作回数の主効果および動作回数との交互作用のないもの。

(3) 数字は寄与率を示す。



第 2 図 陽極側接点の接点面状態と特性値の記号

(WA 形)⁽⁶⁾の標準コイルの 270 Ω , 400 Ω , 700 Ω のものを使用し、火花消去器はそれぞれ負荷に適した SiC バリスタ⁽⁷⁾とした。リレー種類は、バイアススプリングのあるもの、ないもの、ないものについてはコイル G_c の大きいもの、小さいものをとった。駆動アンペアターンは、大:中:小が 4:2:1 にとってある。

特性値には第 2 表および第 3 表に示すように、熔着回数、陽極側接点に生じた穴の直径 d_1 、穴の深さ d_3 、穴の体積対応量 $d_1^2 d_3$ 、黒

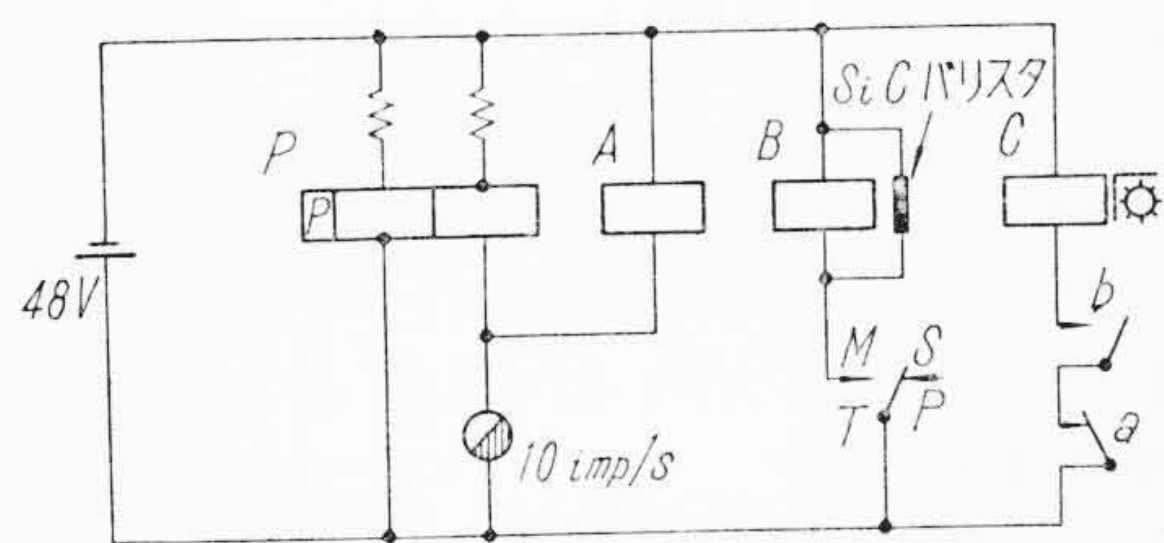
色生成物の直径 d_2 、接触抵抗などをとった。 $d_1 \sim d_3$ については第 2 図に説明してある。

陰極側接点には陽極側接点の穴に相応して突起が生ずるが、生長の途中で折れたり脱落したりするので分析しにくく、ここでは取り上げないことにした。

なお、第 2, 3 表に M 接点、S 接点とあるが、有極リレーは第 3 図に示すようにトランスファ接点をもっており、バイアスコイルに電流を流したとき S 接点が閉じ、さらに駆動コイルに電流を流したとき M 接点と切り替えられるものである。これは電信のマーク (M)、スペース (S) に相当する。

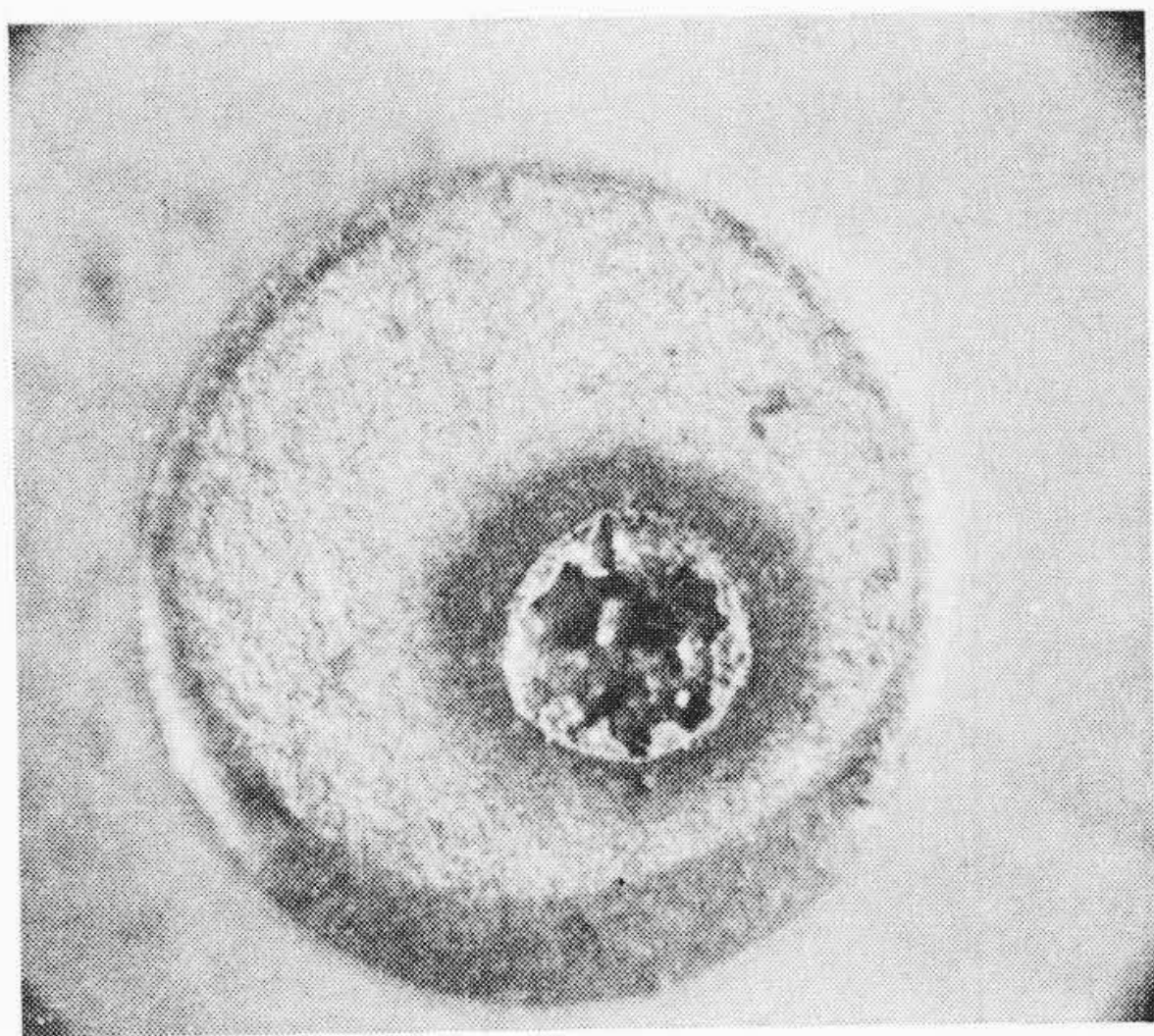
3.2 熔 着 の 検 出

第 2 章の趣旨に従がい、第 3 図に示すような、熔着検出回路を設け、動作不良回数を計数した。この回路は、供試有極リレー P を駆動する接点で同時に動く補助リレー A のブレード接点 a と、有極リレー接点の負荷リレー B のマーク接点 b との直列回路で度数計 C を動作させるものである。リレー P が正常に動作している場合は、リレー A とリレー B すなわち接点 a と接点 b は同時に動くので度数計は動作することはないが、供試リレーの接点 p が熔着を起すと、リレー B が動作すなわち接点 b が閉じたままとなり度数計 C が動作す



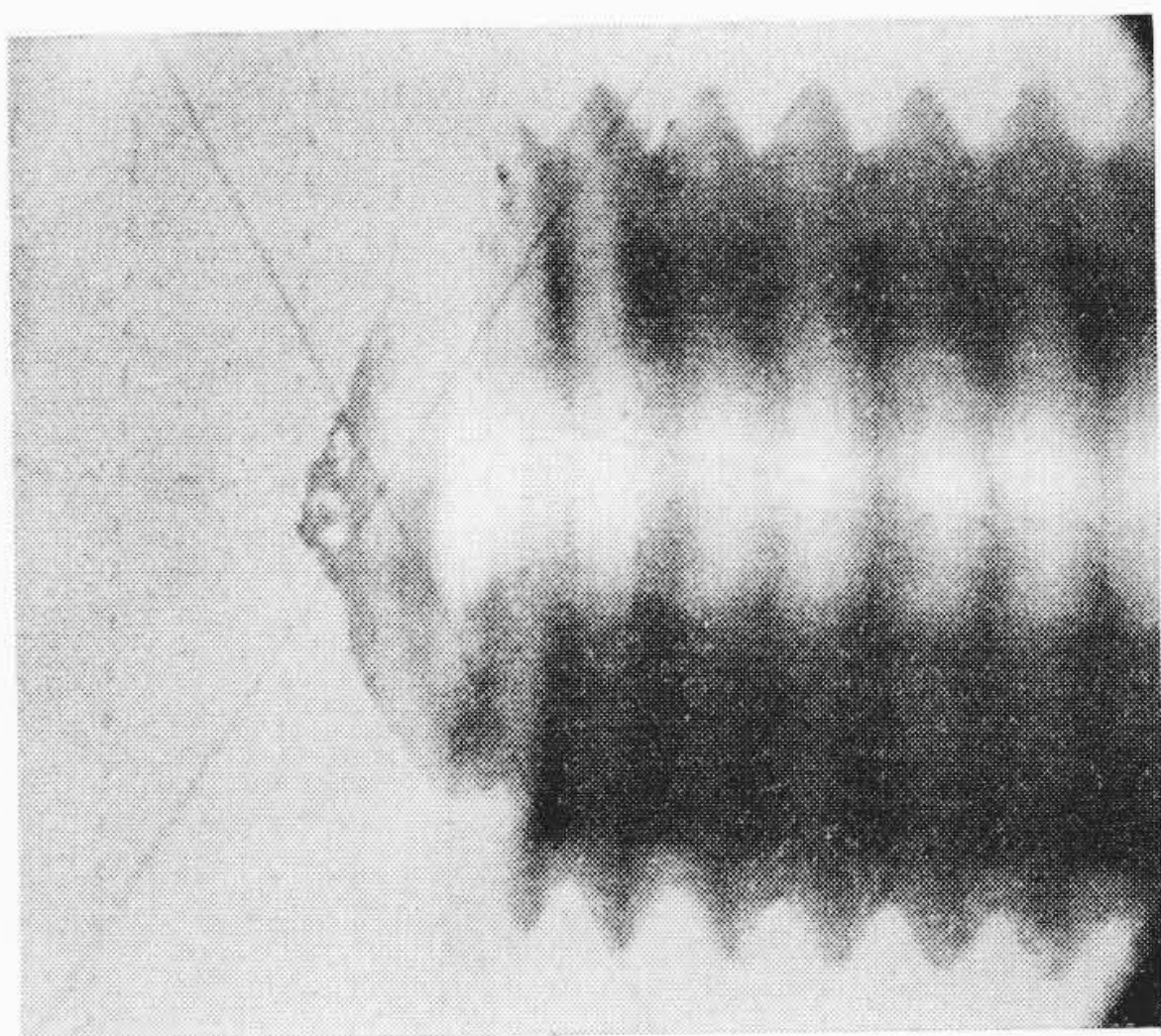
P: 供試リレー A: 補助リレー
B: 負荷リレー C: 度数計

第3図 熔着検出回路



PGS対PGSで2,000万回動作後

第4図 陽極側接点の表面状態の一例



PGS対PGSで2,000万回動作後

第5図 陰極側接点の突起の一例

る。これは、強い熔着が起るとリレーAの駆動周期で連続計数するので、単なる熔着回数だけでなく熔着の強さをも同時に表現するものである。また、熔着が弱い場合には、度数計が動作する前に接点が離れてしまうこともありうる。

この検出回路は、S接点側では度数計の動作が保証できなかったためM接点側だけにつけた。したがって熔着のデータはM接点のみである。

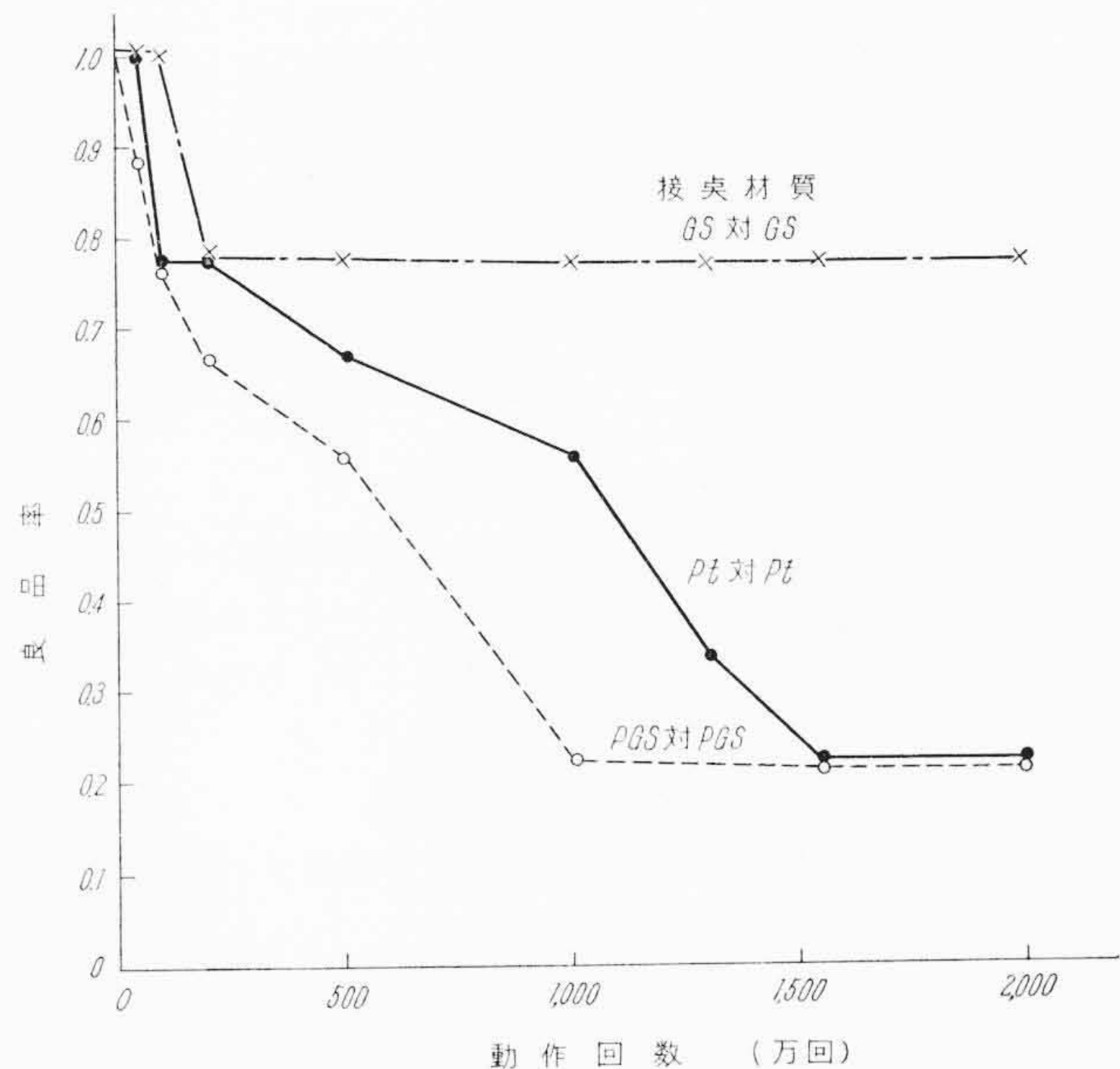
3.3 実験結果 (1回目)

実験結果の一覧表を第2表に示す。接点損耗および突起の代表的な例を第4~5図の写真に示す。

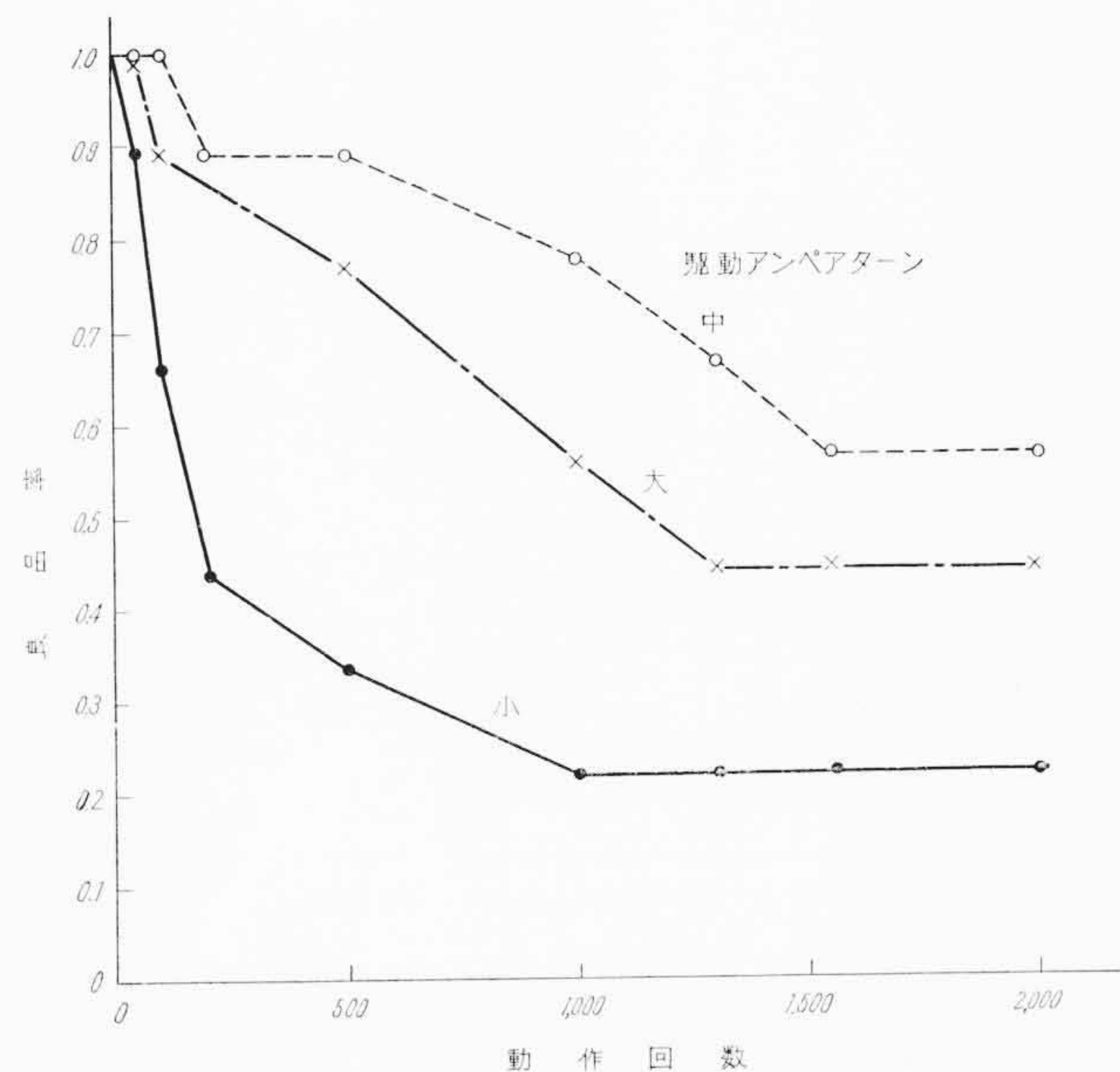
3.3.1 熔 着

熔着は次の基準で分析した。

(1) 熔着の起らないものを1, 1回でも起ったものを0とした場合



第6図 100回以上熔着の起ったものを不良とした場合の接点材質と動作回数の効果 (1回目)



第7図 100回以上溶着の起ったものを不良とした場合の駆動アンペアターンと動作回数の効果 (1回目)

(2) 熔着が100回以下のものを1, 100回以上起ったものを0とした場合

(3) 熔着が10,000回以下のものを1, 10,000回以上起ったものを0とした場合

このうち(1)では動作回数のみ有意であるが、(2)では第2表に示すとおりで接点材質A, 駆動アンペアターンD, 動作回数 ω , および $\omega \times A$ が有意である。(3)ではリレー種類C, 動作回数 ω , $\omega \times C$, $\omega \times D$ が有意である。このうち重要と思われるものについて第6,7図に示す。これから、熔着の起りはじめに関しては有意な要因はないが、ある程度の熔着回数については接点材質はGS対GSがよく、駆動アンペアターンは小が悪いことがわかる。図には示さなかったがリレー種類はバイアススプリングを有するものが悪い。

3.3.2 陽極側接点に生じた穴の直径 d_1

2,000万回動作後の穴の直径は第2表のとおり接点材質のみ有意である。これは、第8図に示すとおりGS対GSが大きく、次

いで PGS 対 PGS, Pt 対 Pt の順である。

3.3.3 陽極側接点に生じた黑色生成物の直径 d_2

これも接点材質のみ有意で、第 8 図に併記してあるように穴の直径 d_1 とまったく同様の傾向を示している。

黑色生成物は接点材料の酸化物が飛散し接点面に付着したものであると思われるが、この飛散距離は Pt, PGS, GS によって平均的にみて差がないといえる。

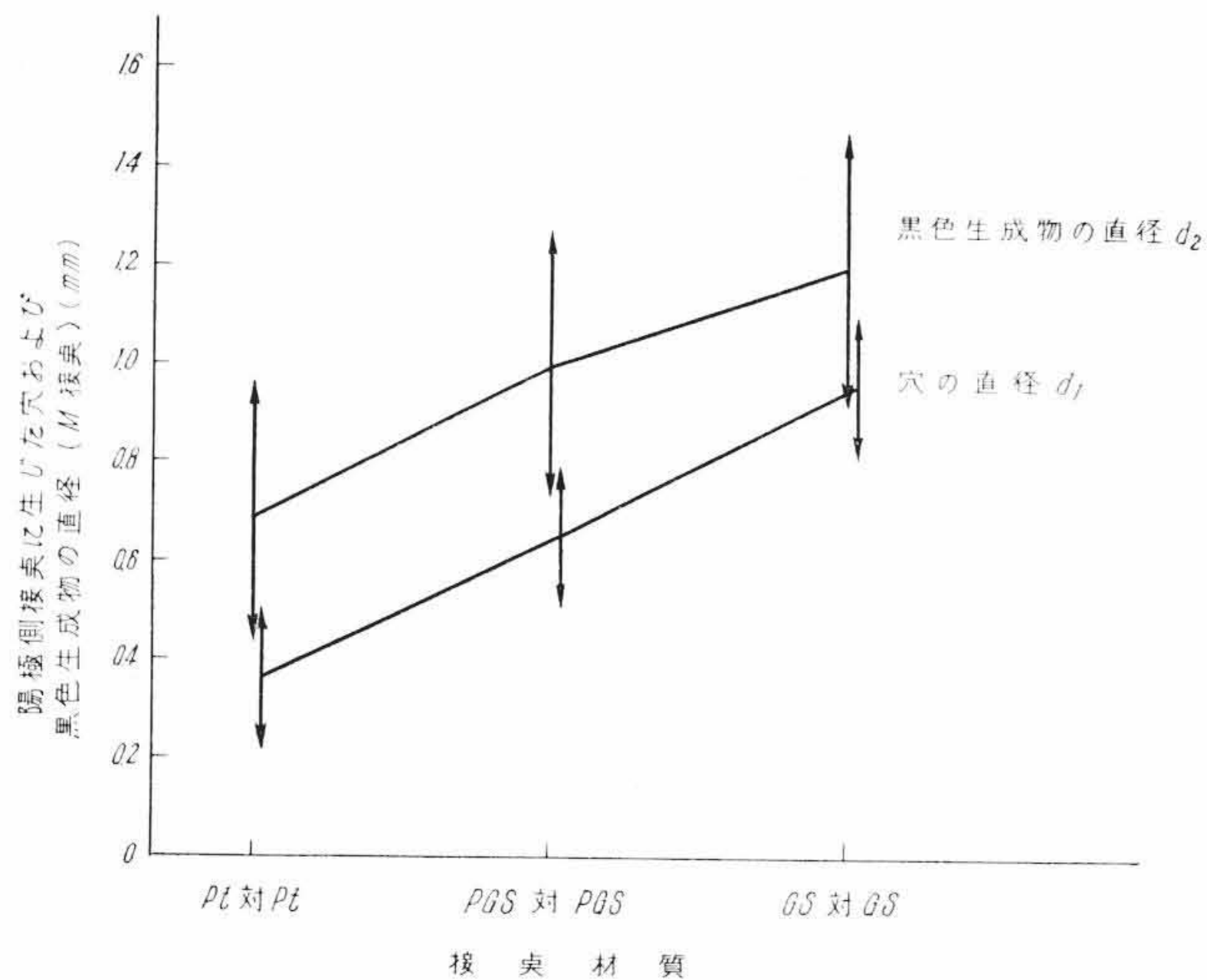
3.3.4 陽極側接点に生じた穴の深さ d_3

探針法によって測定した穴の深さには有意差はなかった。これは突起がある程度生長すると折れて飛散し、また生長するという現象をくり返し、穴の深さもそれに対応しているので、バラツキ多く有意差がでないものと思われる。

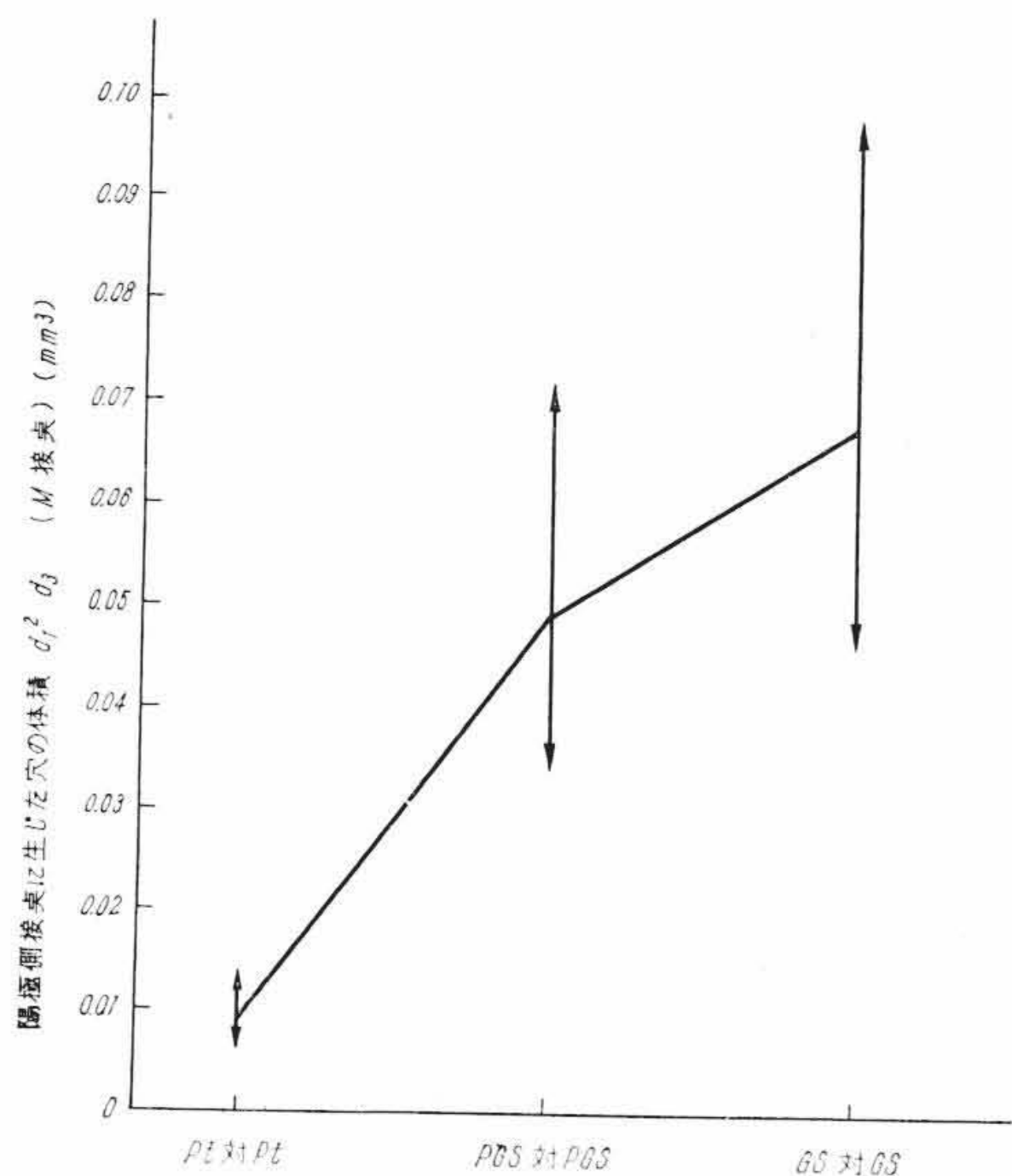
3.3.5 陽極側接点に生じた穴の体積 $d_1^2 d_3$

消耗体積の等価的な表現として、(穴の直径) $^2 \times$ (穴の深さ) すなわち $d_1^2 d_3$ を求め分析した。

これは接点材質 A が支配的で、ほかに負荷 B, $A \times B$, $B \times D$ なども有意となっている。M 接点は主として接点材質で決まり、第 9 図のようであるが、S 接点では第 10 図に示すように明瞭な交互作用がみられる。すなわち、GS 対 GS 接点は負荷電流により



第 8 図 陽極側接点に生じた穴および黑色生成物の直径に対する接点材質の効果 (1 回目)



第 9 図 陽極側接点に生じた穴の体積に対する接点材質の効果 (1 回目) (M 接点)

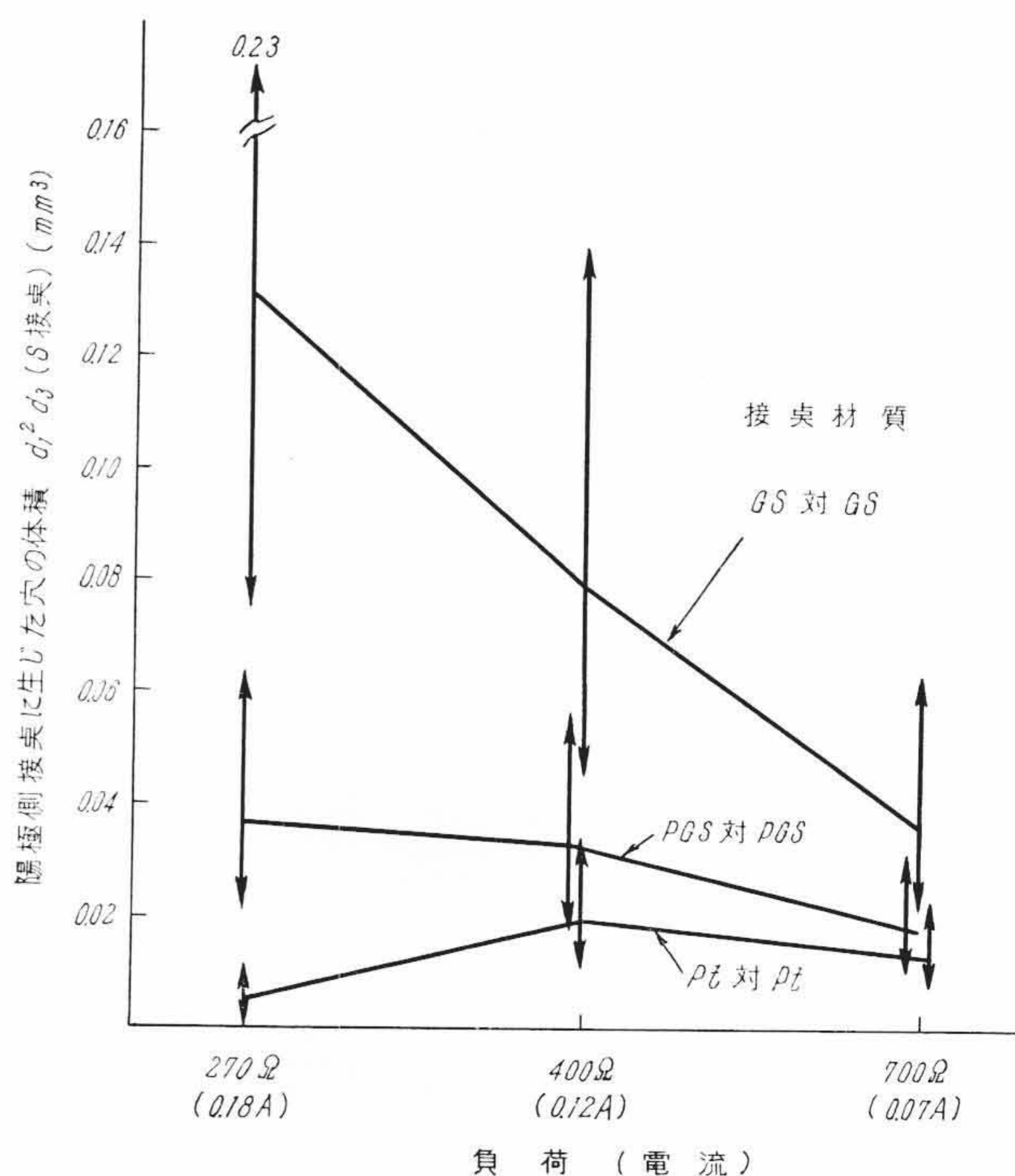
穴の体積が大幅に変るが、PGS 対 PGS, Pt 対 Pt はほとんど変わらないということである。これは GS 接点の最小アーク電流 $I_{\min}^{(8)}$ が Pt や PGS に比べ小さいので、270 Ω , 400 Ω ではアークが起ったためと思う。M 接点では駆動の違いのためか、700 Ω でもアークが起っていて消耗が大きいのではないかとと思われる。

3.3.6 接点接触抵抗

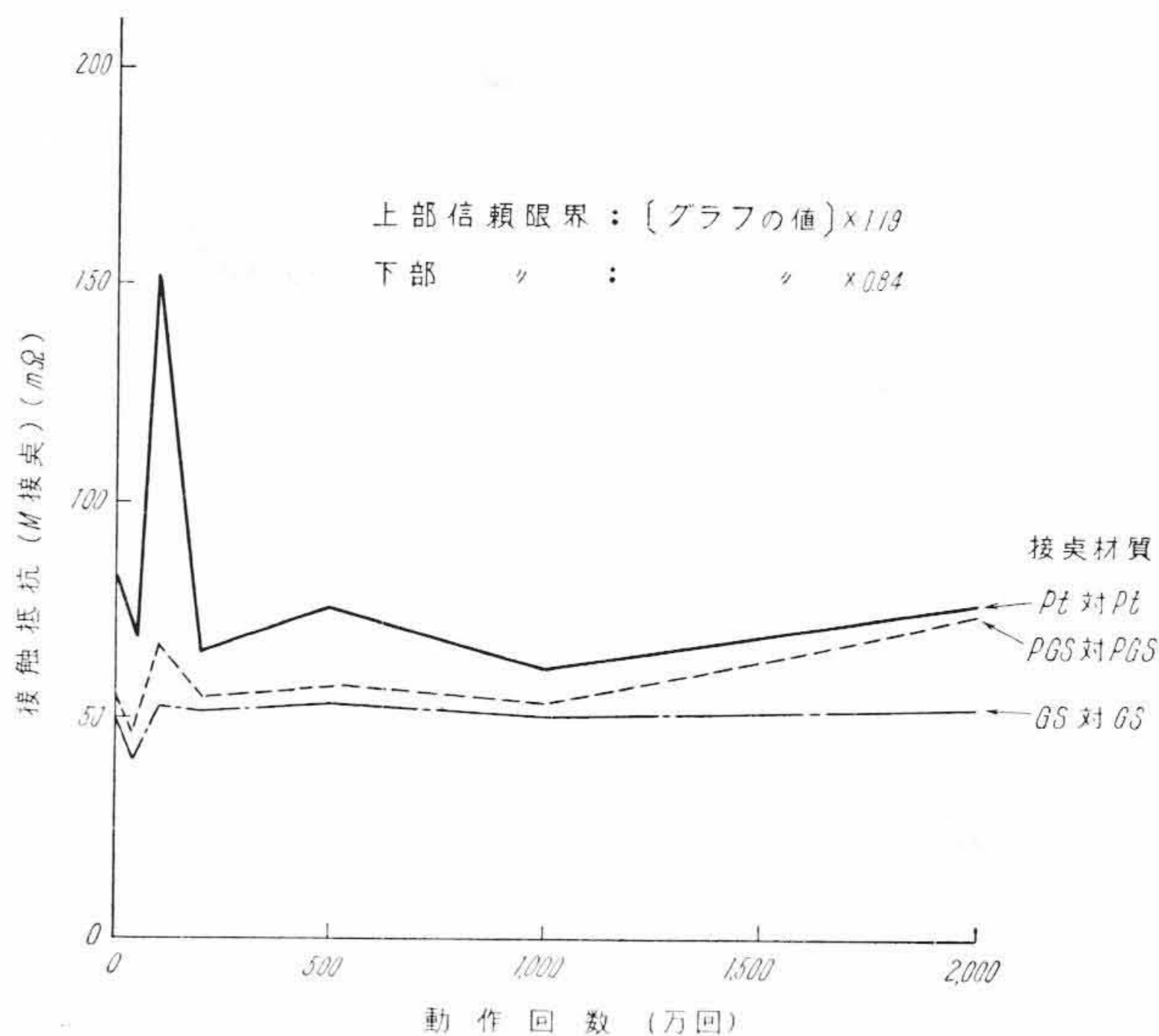
M 接点だけであるが、接点材質 A, 動作回数 ω , $\omega \times A$ に比較的大きな効果が現われた。これは第 11 図のように Pt 対 Pt が途中大きな抵抗値を示したからである。全体からみて Pt 対 Pt が高いが初期に比較的大きな抵抗値のものがでる可能性があることがわかる。なお、抵抗値の測定は接点に 100 mA を流し電圧降下法による。分析は対数をとって行なった。

3.4 実験結果 (2 回目)

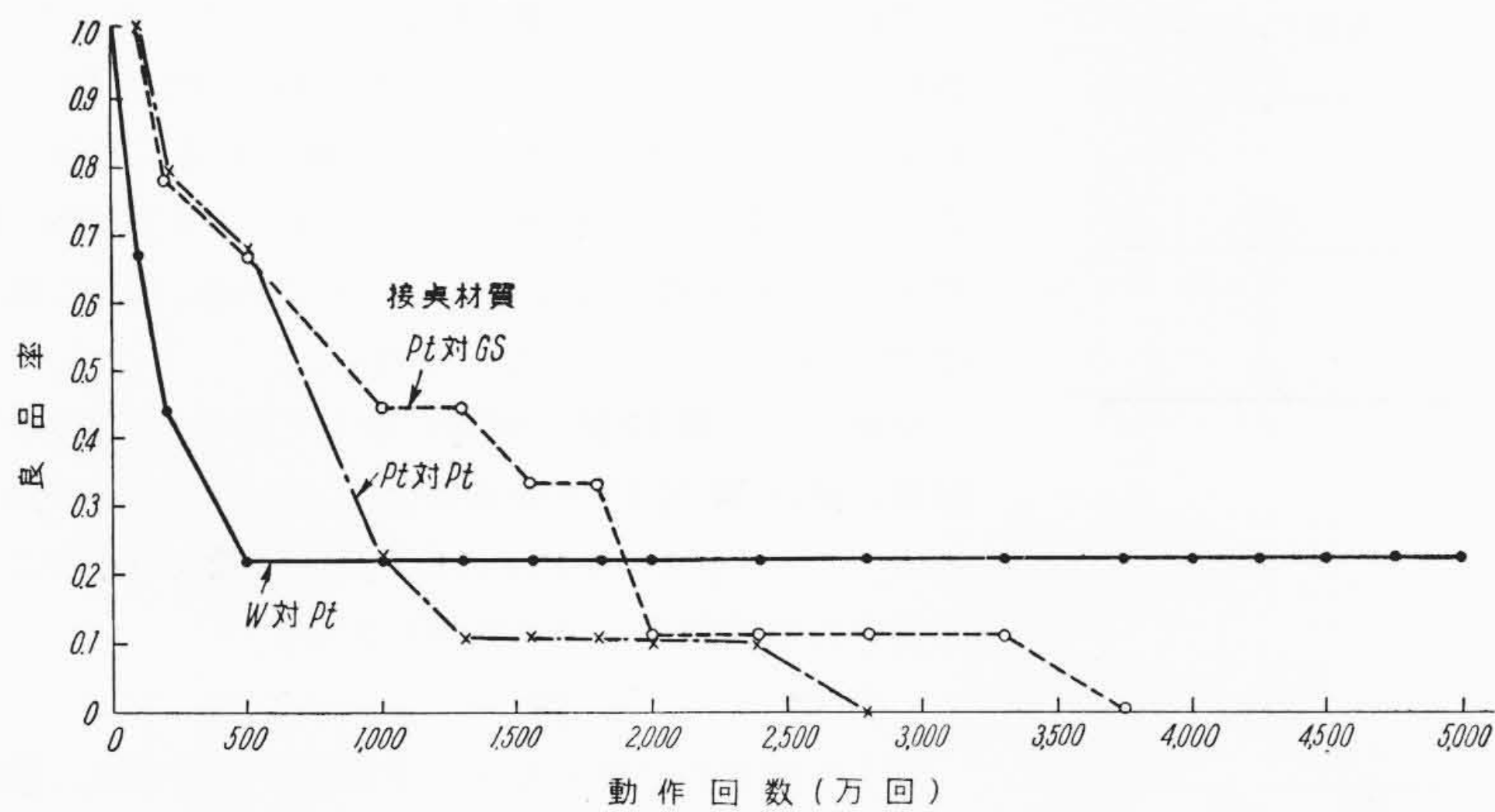
実験結果の一覧表を第 3 表に示す。



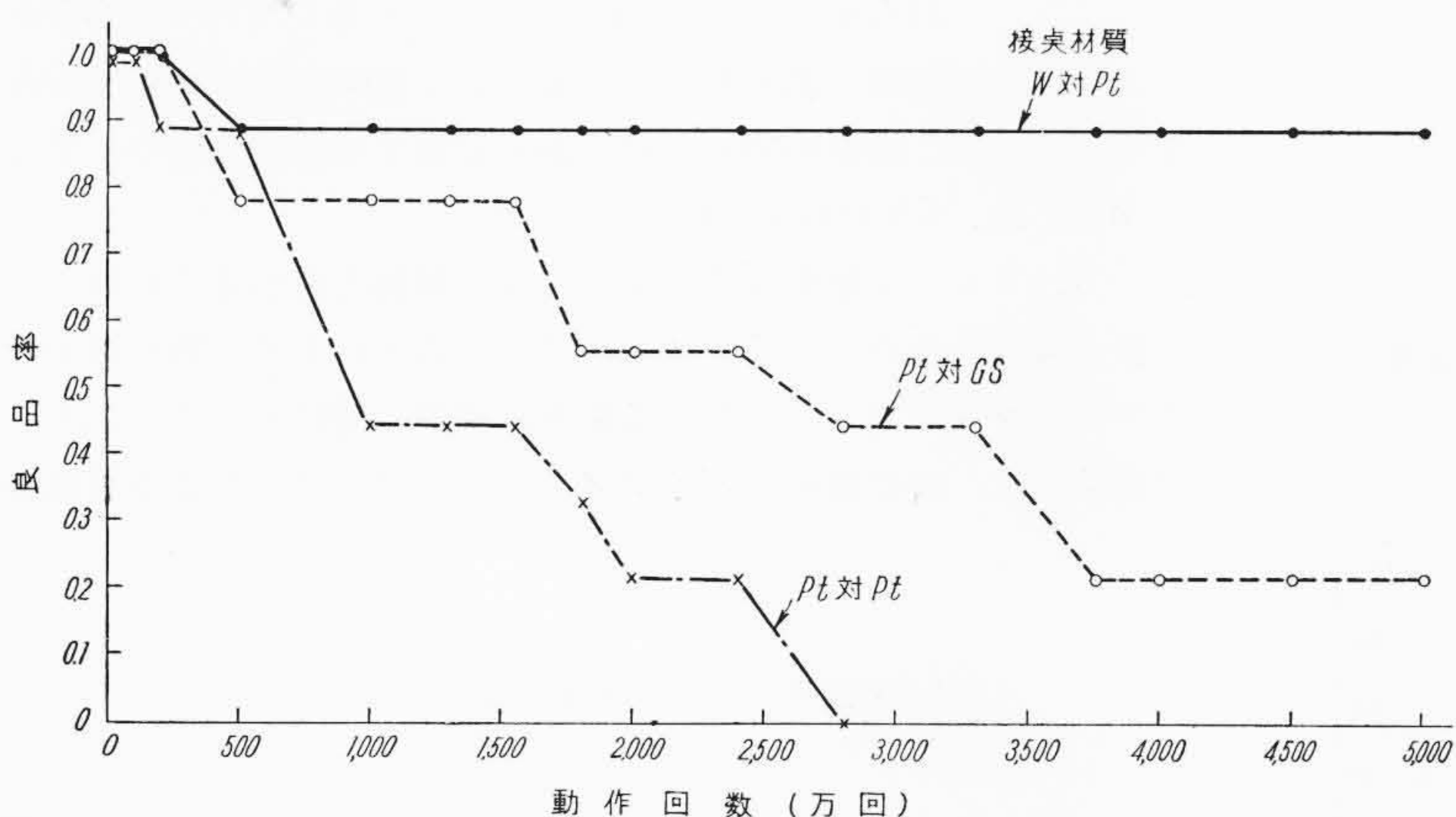
第 10 図 陽極側接点に生じた穴の体積に対する接点材質と負荷の効果 (1 回目) (S 接点)



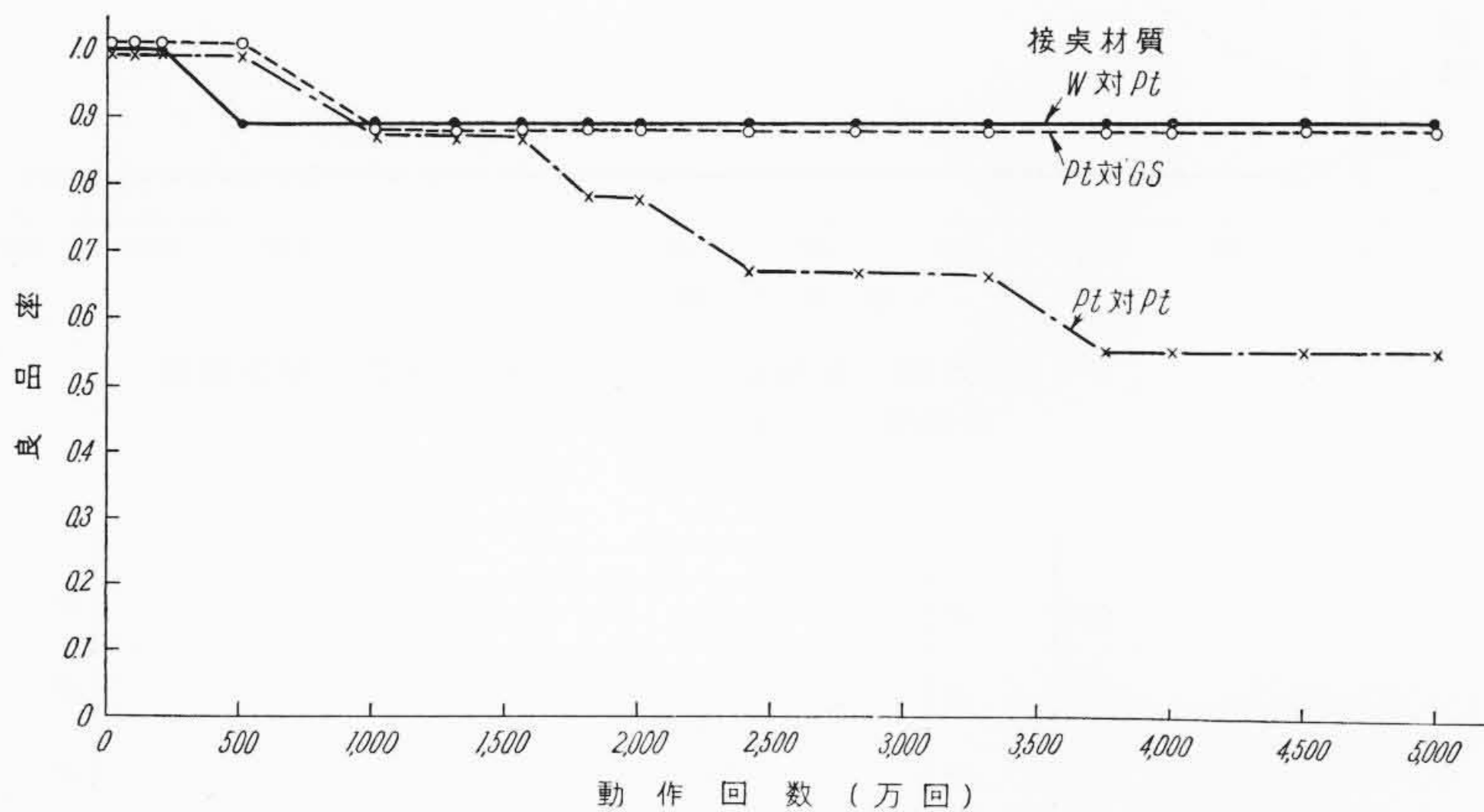
第 11 図 接触抵抗に対する接点材質と動作回数の効果 (1 回目)



第12図 1回以上熔着の起ったものを不良とした場合の接点材質と動作回数の効果 (2回目)



第13図 100回以上熔着の起ったものを不良とした場合の接点材質と動作回数の効果 (2回目)



第14図 10,000回以上熔着の起ったものを不良とした場合の接点材質と動作回数の効果 (2回目)

3.4.1 熔 着

分析の基準は1回目と同様にとった。有意とでた要因はいくつかあるが、特に重要と思われる接点材質について第12～14図に示す。

接点材質については、熔着をどの程度まで許容できるかという基準によって結果が異なってくる。W対Ptは第12図のように早くから熔着を起すが、第13, 14図のようにあまり増加しない。Pt対Ptは熔着の開始はW対Ptよりもおそいが、一たん始まると回数は急速に増加する。Pt対GSは総合的に見て前二者の中間にあるといえる。

負荷についてはたいした効果はない。また、リレー種類については、バイアススプリングを有するものが悪く、特に復旧をバイアススプリングだけにたよっている場合は最も悪い。この場合、いずれの接点でも1,000万回までに1万回以上の熔着が発生している。

駆動アンペアターンについては第15図に示すとおり小が悪い。

3.4.2 陽極側接点に生じた穴の直径 d_1

これは接点材質が大勢を決しており、第16図に示すようにW対Ptが一番大きく、Pt対GS, Pt対Ptは同程度である。

3.4.3 陽極側接点に生じた黒色生成物の直径 d_2

これも同様接点材質が大きな寄与を示しており、第16図に併記してあるようにW対Ptが最も大きく、以下Pt対GS, Pt対Ptの順である。Pt対GSとPt対Ptは穴の直径は同程度であるが、Pt対GSのほうが黒色生成物の飛散は大きいといえる。

3.4.4 陽極側接点に生じた穴の深さ d_3

1回目の実験と同様に有意とはならなかった。

3.4.5 陽極側接点の消耗体積 $d_1^2 d_3$

第17図に示すようにW対Ptが大きく、Pt対Pt, Pt対GSは同程度である。穴の深さに差がないので、直径の傾向がそのまま体積に現われているといえる。

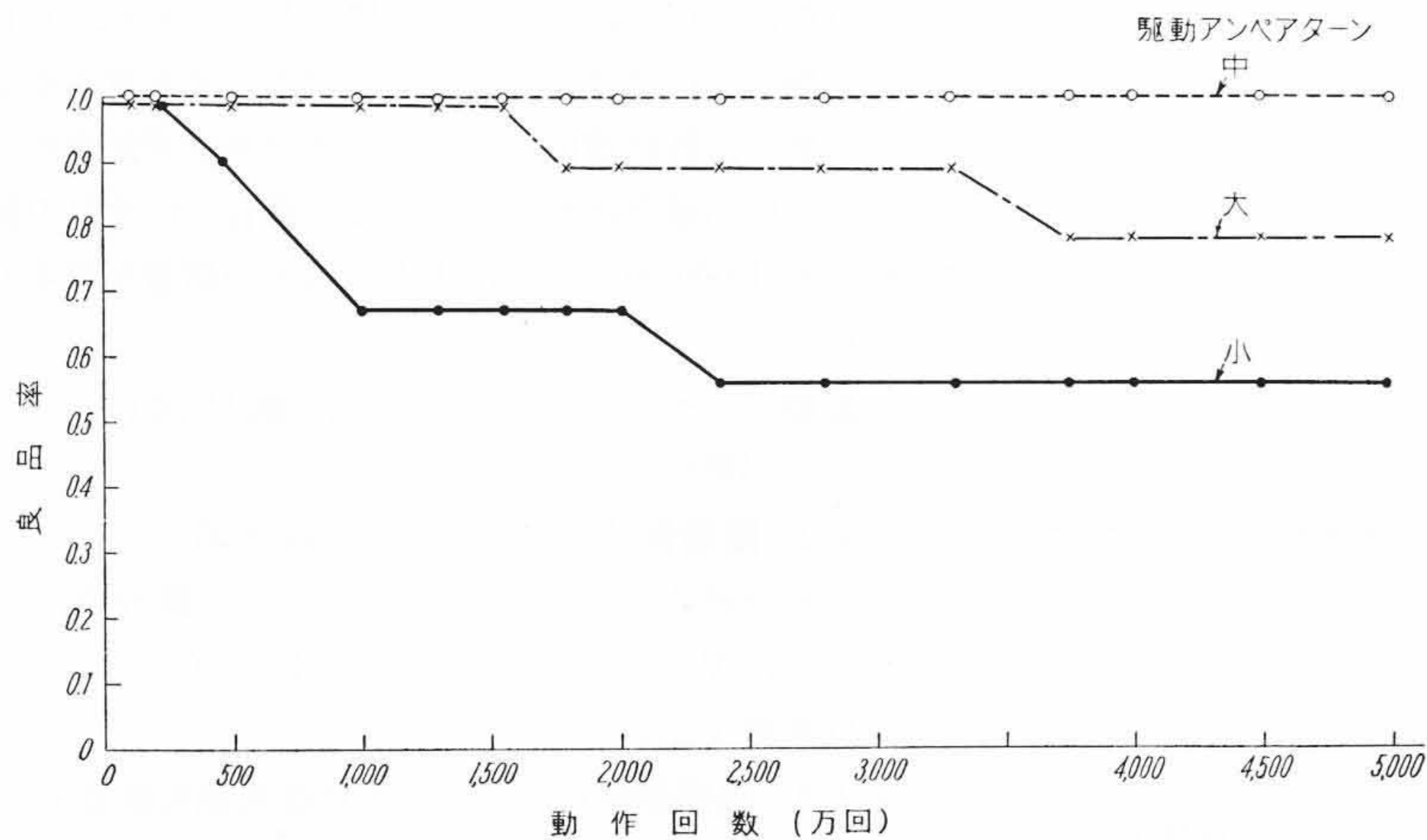
3.4.6 接点接触抵抗

接触抵抗については、接点材質A、動作回数 ω 、および $\omega \times A$ が有意かつ比較的大きな寄与を示している。これは第18図に示すように、W対Ptが大きく、Pt対GS, Pt対Ptが同程度である。W対Ptは、初期値はほかの接点と同程度であるが、動作開始後まもなく10倍程度に増加し、動作回数によって変動はあるが徐々に増加する傾向にある。Pt対GSおよびPt対Ptについては、初期値に対して動作開始後の値は若干増加し、以後動作回数によって変動はあるがほぼ安定しており、5,000万回動作後の平均接触抵抗は100 m Ω 以下でW対Ptの場合より1けた小さい。

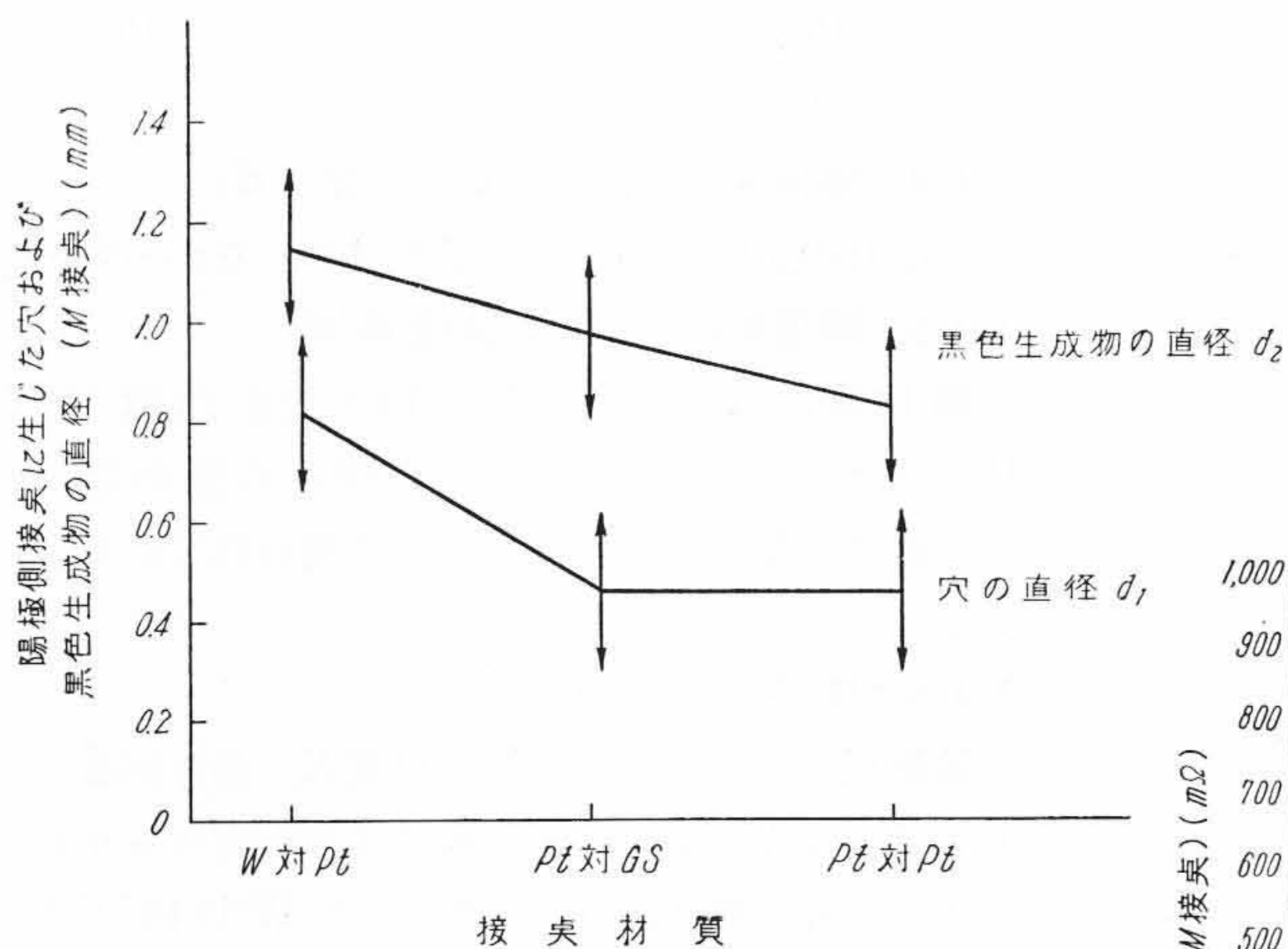
3.5 考 察

バリスタによる火花消去をつけた場合、接点開離時の接点消耗移転の主体は、最小アーク電流 I_{min} 以下の負荷に対しては、いわゆるブリッジ⁽⁹⁾となるが、この場合陽極から陰極に向って移転が生じる。このため陽極には穴があき、陰極には小突起が生じる。本実験では移転はすべてこの方向であり理論と一致している。

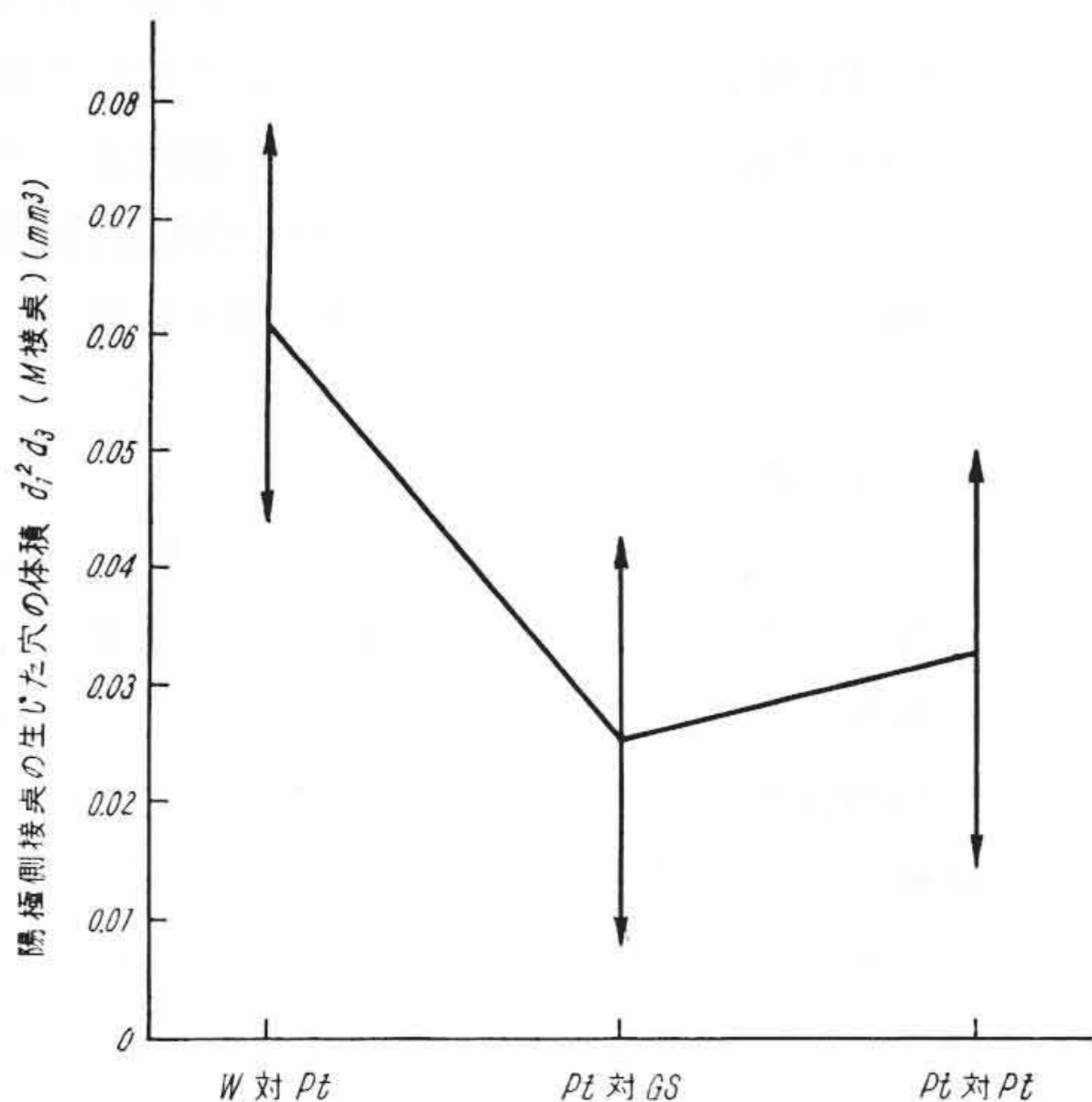
熔着の発生理由の一つは、ケーブルなどの浮遊容量に充電された電荷を接点閉成時に放電することによるものであるが、これについてはすでに解明されており、防止対策も立てられている⁽¹⁰⁾。もう一つは、本実験の場合で、上記の移転による小突起が考えられる。ケーブルなどによる大きい浮遊容量のない場合、閉成時にはわずかの浮遊容量によるエネルギーの小さい放電しかないが、開離時にできた小突起の非常に細い先端に放電が起れば、先端が熔融状態となり熔着を考えることができる。甘田氏らによる熔着原理⁽¹¹⁾も一つの見方である。また、この突起は非常に複雑な形をしており、機械的ロッキングにより開離不能となるチャンスも十分考えられる。



第 15 図 10,000 回以上熔着の起ったものを不良とした場合の駆動アンペアターンと動作回数の効果 (2 回目)



第 16 図 陽極側接点に生じた穴および黑色生成物の直径に対する接点材質の効果 (2 回目)



第 17 図 陽極側接点に生じた穴の体積に対する接点材質の効果 (2 回目)

2 回にわたる実験を通じて熔着のまったく起らないと推定できる接点材質または駆動条件はなく、多かれ少なかれ熔着の起ることがわかった。熔着の少ないものからみると第 19 図に示すように 100 回以上熔着したものを 0 とした場合、W 対 Pt, GS 対 GS, Pt 対 GS, PGS 対 PGS, Pt 対 Pt の順である。ただし 2,000 万回までを対象とした。

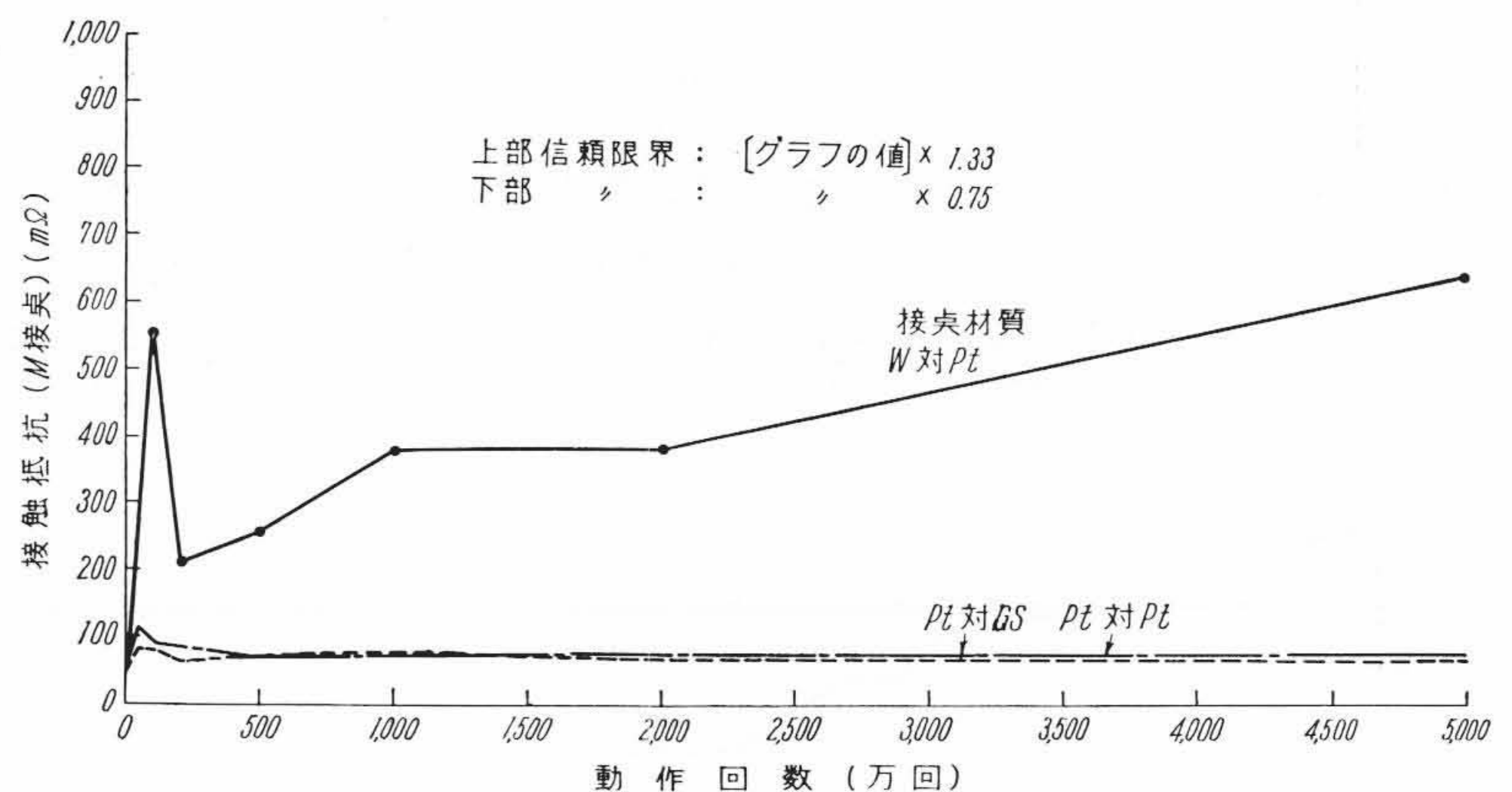
消耗体積については第 19 図に併記してあるように、消耗の少ないものからみると Pt 対 GS, Pt 対 Pt, W 対 Pt, PGS 対 PGS, GS 対 GS の順である。興味のあることは、陽極側の材質が同じである Pt 対 GS, Pt 対 Pt は消耗体積がほぼ等しいことである。しかし熔着は Pt 対 GS のほうがかなり少ない。

接触抵抗は第 19 図に同時に示してあるが、2,000 万回後の値は W 対 Pt が最も大きく、ほかは大同小異である。ただし、Pt 対 Pt には 1 回目の第 11 図のように大きな抵抗値を示す可能性がある。

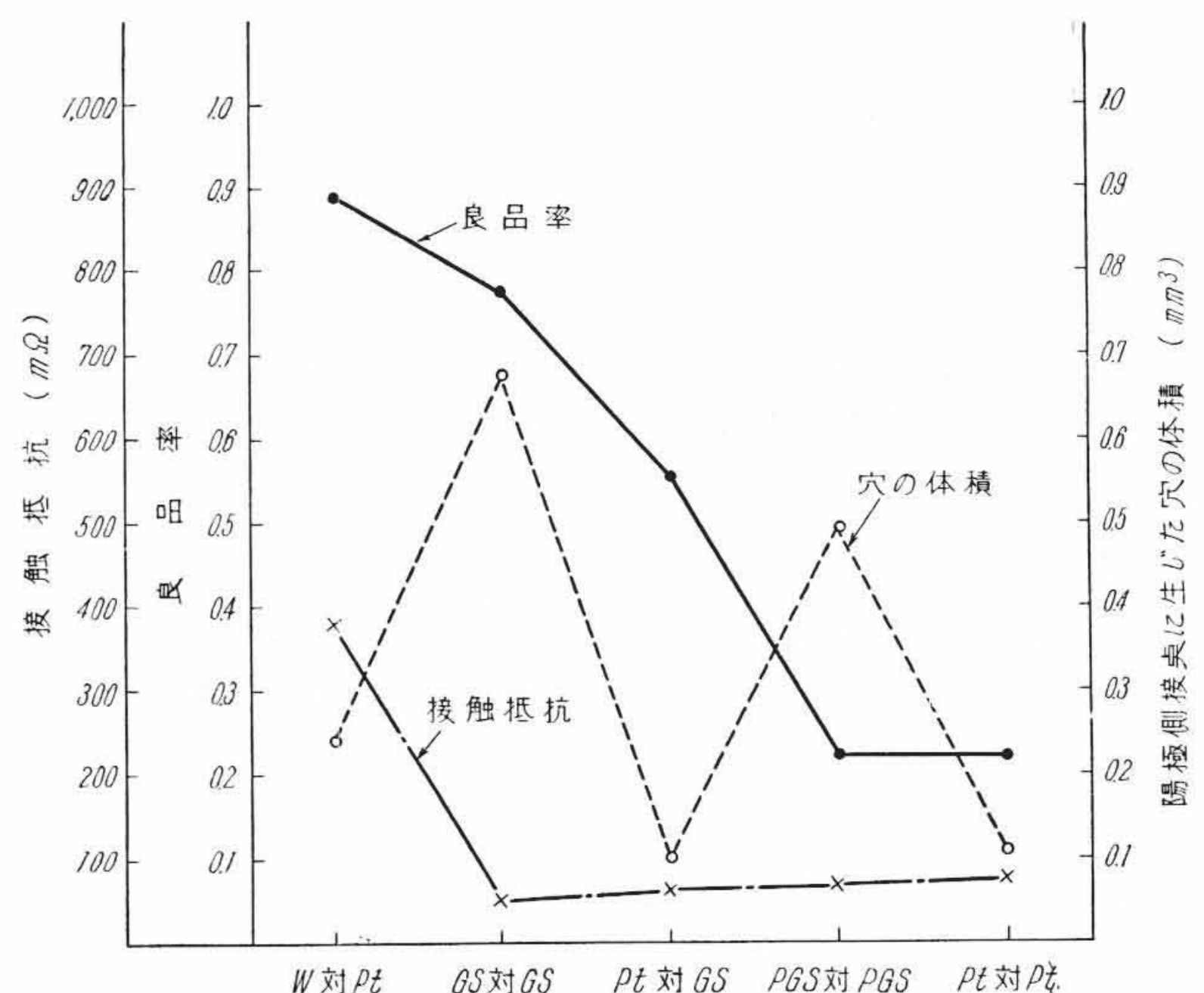
3.6 結 論

以上を総合的に考えると、本実験の範囲では、動作ひん度の比較的多いところには熔着が少なく消耗も比較的少ない W 対 Pt がよく、動作ひん度の少ないところには消耗は多いが熔着少なく接触抵抗の安定な GS 対 GS, または熔着はいくぶん多いが Pt 対 GS がよいといえる。熔着と消耗形式の関連という意味では、熔着を少なくするためには、接点の消耗が接点面に分散する形式のもの、すなわち W 対 Pt, GS 対 GS が有効といえる。

一方、リレーを駆動する立場からは、駆動力を小さくしないことが接点障害を少なくするために必要であるといえる。特に復旧をバイアススプリングだけにたよる駆動は絶対に避けるべきである。この実験では、特に復旧をバイアススプリングだけにたよる駆動条件



第 18 図 接触抵抗に対する接点材質と動作回数の効果 (2 回目)



100 回以上熔着が起ったものを不良とした場合の良品率および接触抵抗に対する接点材質の効果。すべて M 接点の 2,000 万回動作にける値である。

第 19 図 陽極側接点に生じた穴の体積

を取り入れたが、実際のクロスバ交換機ではこのような使い方はなされていないので、それほど大きな問題はないはずである。

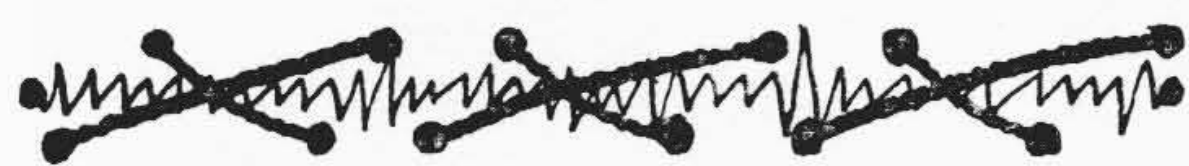
4. 結 言

有極リレー接点に関する2回にわたる実験、すなわち、現用のPt対Pt, PGS対PGS, GS対GSに関する実験、さらにすぐれていると思われる組合接点, W対Pt, Pt対GSを取り入れた実験の範囲で、それぞれ目的に応じた使い方ができることが判明した。中でもW対Ptは使用ひん度の大きいところに有望であるが、実用状態での試験を行ない確認する必要があるので、日本電信電話公社のご協力を得て蔵局クロスバ交換機で昭和36年3月から実用試験を行なっている。

終りにのぞみ、ご指導いただいた日本電信電話公社の関係各位、討論いただいた日立製作所戸塚工場三谷主任に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 米沢, 本庄, 天野, 窪小谷: 通研月報, 10, 515 (昭32-12)
- (2) たとえば渡辺: 日立評論 36, 1347 (昭29-9)
- (3) 若林ほか: 日立評論 42, 733 (昭35-7)
- (4) 三井, 森山: 日立評論 42, 461 (昭35-4)
- (5) 田口玄一: 実験計画法(上)(下) (昭33, 丸善)
- (6) 小林, 田島, 三井, 鈴木: 日立評論 40, 385 (昭33-3)
- (7) 田島, 三谷: 日立評論 40, (昭33-3)
- (8) 鳳誠三郎: 電気接点と開閉接触子, 25 (昭31, 金原出版)
- (9) J. J. Lander & L. H. Germer: Applied Phys, 19, 910 (1948-10)
- (10) 三谷: 電学誌 79, 881 (昭34-2)
- (11) 甘田ほか: 通研研究実用化報告 9, 64 (昭35-1)
- (12) 三井, 森山: 昭35電気通信学会全国大会 396
- (13) 三井, 森山: 昭36電気四学会連合大会 1637



特 許 の 紹 介



特 許 第 274216 号

前 川 愛 一・桜 木 義 祐

交 流 電 気 車 両 用 主 変 圧 器 電 圧 調 整 装 置

この発明は、調整変圧器およびこの調整変圧器より給電される主変圧器からなる交流電気車両用主変圧器電圧調整装置の改良にかかわり、調整変圧器へ制御回路の電源となる二次巻線を設けたものにおいて、この二次巻線より引出した制御回路の一線と、調整変圧器の調整タップを一括した引出線とを、導線により電氣的に接続して等電位とし、もって制御回路の機器絶縁を軽減するようにしたものである。

図はこの発明の電氣的結線図であって、いま電気車の起動時においては、比較的低下側タップ、たとえば偶数列タップ T_2 の閉合により電磁接触器4を介して主変圧器 T_M の一次巻線8へ電圧が供給され、その二次巻線9側に接続されている電気車駆動用電動機は、前記電圧に相当したトルクで駆動されているが、かかる状態より正常運転への切替は、順次単巻調整変圧器 T_A のタップを奇数列タップ T_3 、偶数列タップ T_4 、奇数列タップ T_5 などのように切替えることにより行なわれ、しかしてこのような操作において、たとえばタップ T_2 より T_3 への切替操作は、タップ T_2 が閉合している状態において、タップ T_3 を閉合し、その後単巻調整変圧器 T_A の二次巻線11より給電される接点5bを閉合して電磁線輪5cを付勢し電磁接触器5を閉合して次に接点7bを閉合して電磁線輪7cを付勢し、電磁接触7を閉合して限流抵抗6を短絡し、同時にタップ T_2 および電磁接触器4を開放して一段のタップ切替動作を終了する。

このような操作を繰返して最高タップ T_8 まで切替えるものである。

ところで、上述のように主変圧器 T_M の一次側へ調整変圧器 T_A を設けた場合には、各調整タップと電磁接触器へ一次側の高電圧が加えられるため、特に電磁接触器における主回路接点と、別に設けた制御回路へそう入され励磁される電磁接触器用電磁線輪との間には、全調整タップ電圧に相当する絶縁を施さねばならず、このため電磁接触器は大形に構成されるきらいがあった。

たとえば全調整タップ電圧を20,000V、制御回路電圧を200Vとすれば、その浮動電圧差は19,800Vとなり、したがってインパルス試験電圧を見込めば、約120,000Vに耐えうる絶縁を施さねばならず、このため接点間の距離が増大し、實際上その製作が困難であった。

この発明では、これを改良して制御回路の一線と、調整変圧器 T_A の調整タップを一括した引出線とを、導線により電氣的に接続して

等電位とするものであるから、制御回路には主回路電圧、すなわち調整変圧器の各調整変圧器の各調整タップに応じた電圧と、本来の制御回路の電圧、すなわち電磁接触器用電源となる二次巻線の電圧とが加わることになり、両者間に浮動電圧はなくなり、制御回路と主回路間との電圧差は単に本来の制御回路電圧のみになり、電磁接触器の絶縁軽減上有効で、このため、電磁接触器を小形軽量化することができ、車両内空間の有効利用ができる。

なお、この発明においては、タップ調整用電磁接触器は、もちろん、それぞれ全調整タップの対地電圧に耐えうる絶縁台上に支持されなければならない。(須田)

