

自動車スタータ用ブラシの接触電圧降下および摩耗特性

Contact Drop and Wear of Brush for Automobile Starters

広瀬 利男*
Toshio Hirose

要 旨

自動車スタータ用ブラシのおもな問題点となっている接触電圧降下およびブラシ摩耗について検討した。その結果、高電流密度下における接触電圧降下は電流密度の増大とともに直線的に増加し、ブラシの比抵抗が大きいほど一般に高くなる。また研摩性を与えると低下する。接触電圧降下の大きさはスタータの出力に直接関係する。電流密度が 150 A/cm^2 以上になると温度が急激に上昇するためブラシの摩耗は著しく増大する。研摩性ブラシを用いると摩耗および温度上昇が減少する点から考えて、ブラシ摩擦面の温度とブラシ摩耗との間に関連があることが推定された。またブラシの潤滑性を改善したり、ブラシを構成する粒子の結合強度を大きくすると摩耗は減少する。このほかマイカ切下げのない整流子を用いたスタータの場合はマイカのかたさに適応した削摩性ブラシを使用することにより非常に好結果を得た。日立化成工業株式会社では上述の研究を基礎にして、数種類の新ブラシを開発した。

1. 緒 言

自動車エンジン始動用スタータは電装品の中では最も重要な製品の一つであるが、これについてのブラシの実験研究に関する文献はほとんどない。しかし最近自動車の著しい普及と高性能化のため、ブラシに対する問題は多くなり、この究明はきわめて重要になってきた。スタータブラシは一般直流機に比較してきわめて高電流密度、高速度の過酷な条件下で使用されるので未知の現象が多い。本報告では、高電流密度、高速度下における接触電圧降下およびブラシ摩耗について述べる。

2. スタータ用ブラシの使用条件

2.1 スタータの負荷特性

自動車エンジンの始動用電動機（スタータ）は一般に直流直巻電動機が使用され、図1に示すような外観の電動機である。この電動機の負荷特性は一般直流機と著しく相違している。すなわち始動トルクが大きく、短時間定格のため、ブラシの電流密度を極端に高くとり、可能な限り小形化を行なっている⁽¹⁾。したがって始動時におけるブラシの電流密度は図2のオシログラムに示すように極端に高く $100 \sim 120 \text{ A/cm}^2$ に達している。またエンジン着火後の電動機は無負荷に近い状態になり、電流密度は 20 A/cm^2 前後に減少するが、その反面回転数は $6,000 \sim 12,000 \text{ rpm}$ まで上昇する。しかもこの動作時間は周囲大気温度およびその他の要因により差異はあるが、一般に1秒前後の短時間である。

2.2 具備すべき特性

スタータ用ブラシの具備すべき特性は次のとおりである。

- (1) 瞬時的に大電流になるので比抵抗が小さいこと。
- (2) 瞬時的大電流に対して火花の発生が少ないこと。
- (3) 静止時から急速に高速度回転になるので、ブラシの摺(しゅう)動特性が良好であること。
- (4) エンジンの振動に対してブラシが欠損しないこと。
- (5) 大電流、高温の条件下でもブラシ材質の崩壊、異常摩耗などを発生しないこと。
- (6) 整流子の損傷および目づまりを発生しないこと。
- (7) 低電圧電池を使用するため、ブラシ接触電圧降下過大による出力低下を起こさないこと。

以上述べたようにスタータ用ブラシとして種々の特性が要求され

* 日立化成工業株式会社

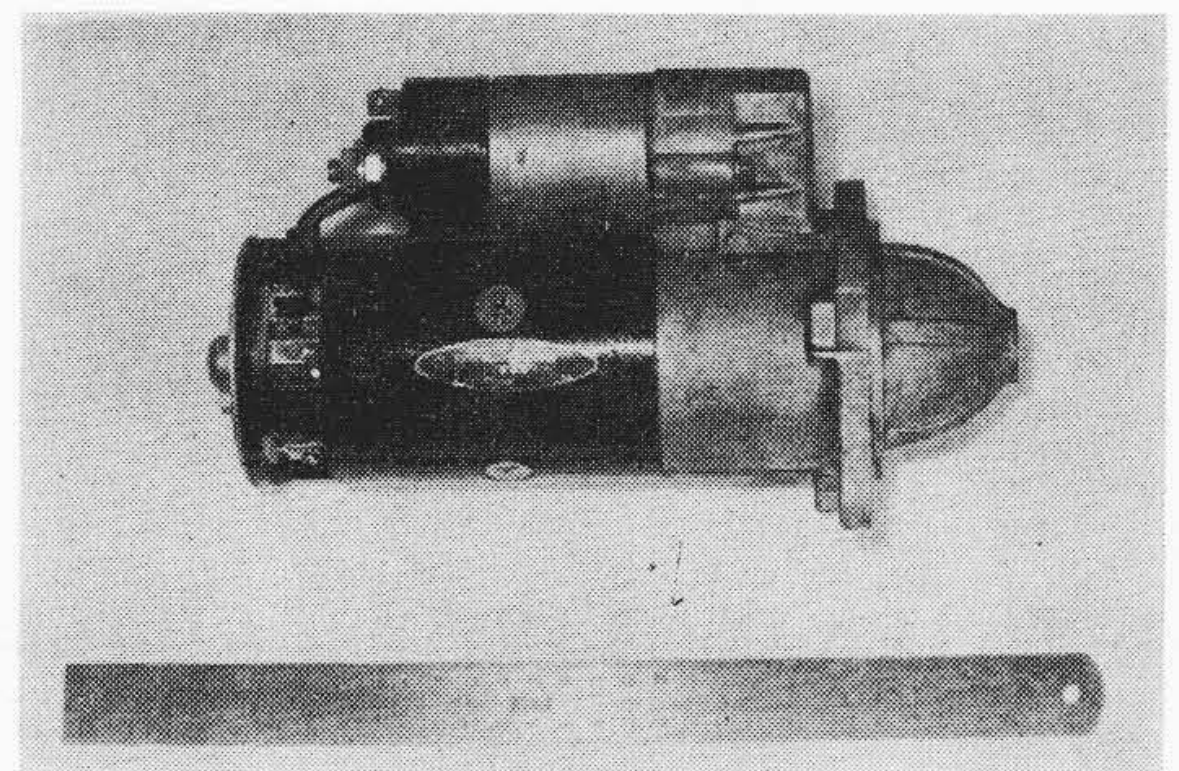


図1 スタータ

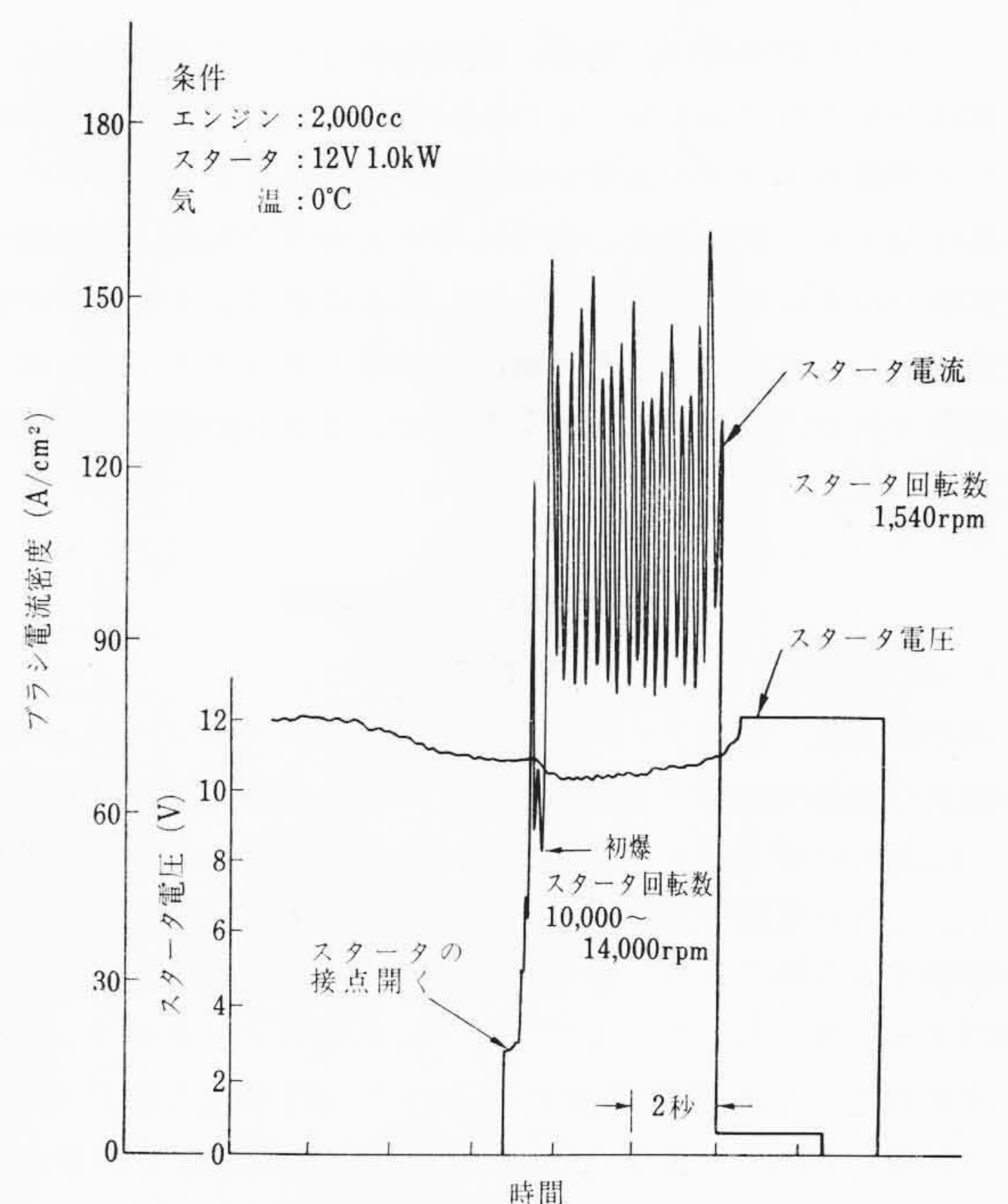


図2 エンジン始動時のスタータの電流特性

ているが、これらのうちで出力および温度上昇と関係がある接触電圧降下とブラシ摩耗が特に重視されている。なお後述するようにマイカ切下げのない整流子に対してはハイマイカを防止するため、適当なマイカ削摩特性が必要である。

表1 供試ブラシの物理特性

特性 ブラシ	見掛比重	比抵抗 ($\mu\Omega\text{-cm}$)	曲げ強さ (kg/cm^2)	かたさ (シヨア)	銅-黒鉛 組成	備 考
A-0	5.46	8.3	350	12	銅量大 黒鉛量大	金属黒鉛質ブラシ
B-0	4.37	21.5	260	14		金属黒鉛質ブラシ
C-0	4.03	23.4	190	14		金属黒鉛質ブラシ
D-0	3.76	40.6	140	14		金属黒鉛質ブラシ
E-0	3.01	500	260	21		金属黒鉛質ブラシ
A-1	5.21	12.8	720	15		A-0 ブラシに研磨性を与えたブラシ
B-1	4.08	30.2	280	16		B-0 ブラシに研磨性を与えたブラシ
C-1	3.79	33.5	200	15		C-0 ブラシに研磨性を与えたブラシ
A-2	5.43	7.6	400	12		A-0 ブラシに潤滑性を与えたブラシ
B-2	4.38	18.3	230	17		B-0 ブラシに潤滑性を与えたブラシ
C-2	4.06	24.0	200	16		C-0 ブラシに潤滑性を与えたブラシ

表2 スタータブラシの試験条件

項 目	条 件
ス タ ー タ	12V 0.6kW 1kW
印 加 電 圧	10 ~ 11 V
運 転 周 期	1.5s ON 13.5s OFF
負 荷	エンジン ブレーキ負荷

3. 実験方法

3.1 供 試 料

本実験はいずれも銅粉と黒鉛を主原料とした金属黒鉛質ブラシを用いたが、これらブラシの物理特性および特徴は表1に示すとおりである。なお表1以外のブラシも使用したが、この物理特性はその都度記載した。

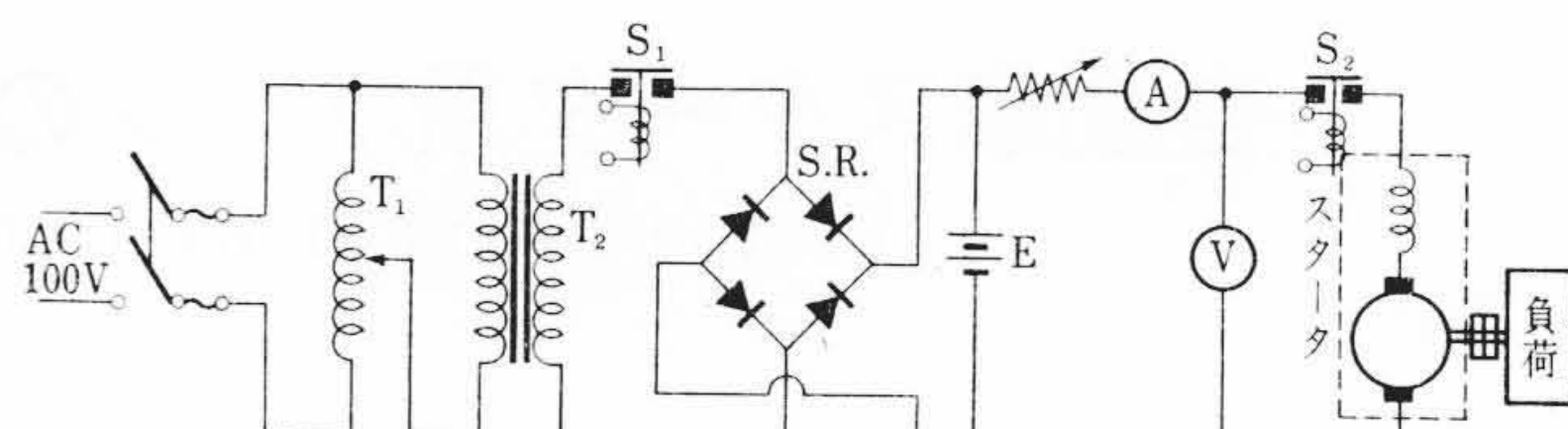
3.2 実験方法

スタータの負荷条件は、容量、使用条件などにより異なるので等価実験はかなりむずかしい。したがって本研究では実用状態に近づけるため実際のエンジンあるいはブレーキを負荷として用いた。試験回路は図3に、試験条件は表2に示すとおりである。以上述べた実機試験のほか現象解明用として、図4に示すようなリング試験機を使用した。本機は直径100mmの銅製スリップリングを同一軸に数個取り付け、電動機により駆動させ、ブラシの摺動特性実験を行なうものである。

4. 実験結果および考察

4.1 高電流密度下における接触電圧降下

一般の直流機ではブラシの電流密度が $6\sim 8\text{A/cm}^2$ のことが多い。この場合の接触電圧降下と電流密度との関係曲線（以下VI特性と呼ぶ）は飽和曲線を描き、電流方向による極性差を有するのが普通である。これは電流の増大によって銅表面に生成された亜酸化銅皮膜が破壊するためであり、接触電圧降下の極性差はその皮膜の特性に基因すると考えられている^{(2)~(4)}。しかしスタータブラシの場合は、はなはだしく高電流密度になるので、VI特性も著しく相違することが考えられる。図5はA-0, B-0, C-0, D-0およびE-0のブラシについて測定したVI特性である。図5のVI特性をみるといずれも関係曲線は直線になっている。このようにVI特性が直線になることは非常に高電流密度になっても皮膜の破壊は発生しないことを示すものである。電流による皮膜破壊が発生しないとすれば、皮膜が存在しないことも一応考えられる。しかし図6に示したように研磨性ブラシの場合は非研磨性ブラシよりも接触電圧降下が減少している事実を考えれば安定な皮膜が存在していることは容易に推定で



T₁, T₂: トランス
S₁, S₂: マグネットスイッチ
S.R.: シリコン整流器
E: バッテリ
R: 可変抵抗器
A: 直流電流計
V: 直流電圧計

S₁, S₂は時限回路に接続されS₂ ON時はS₁ OFFになるようにセットしてある。

図3 スタータブラシの試験回路

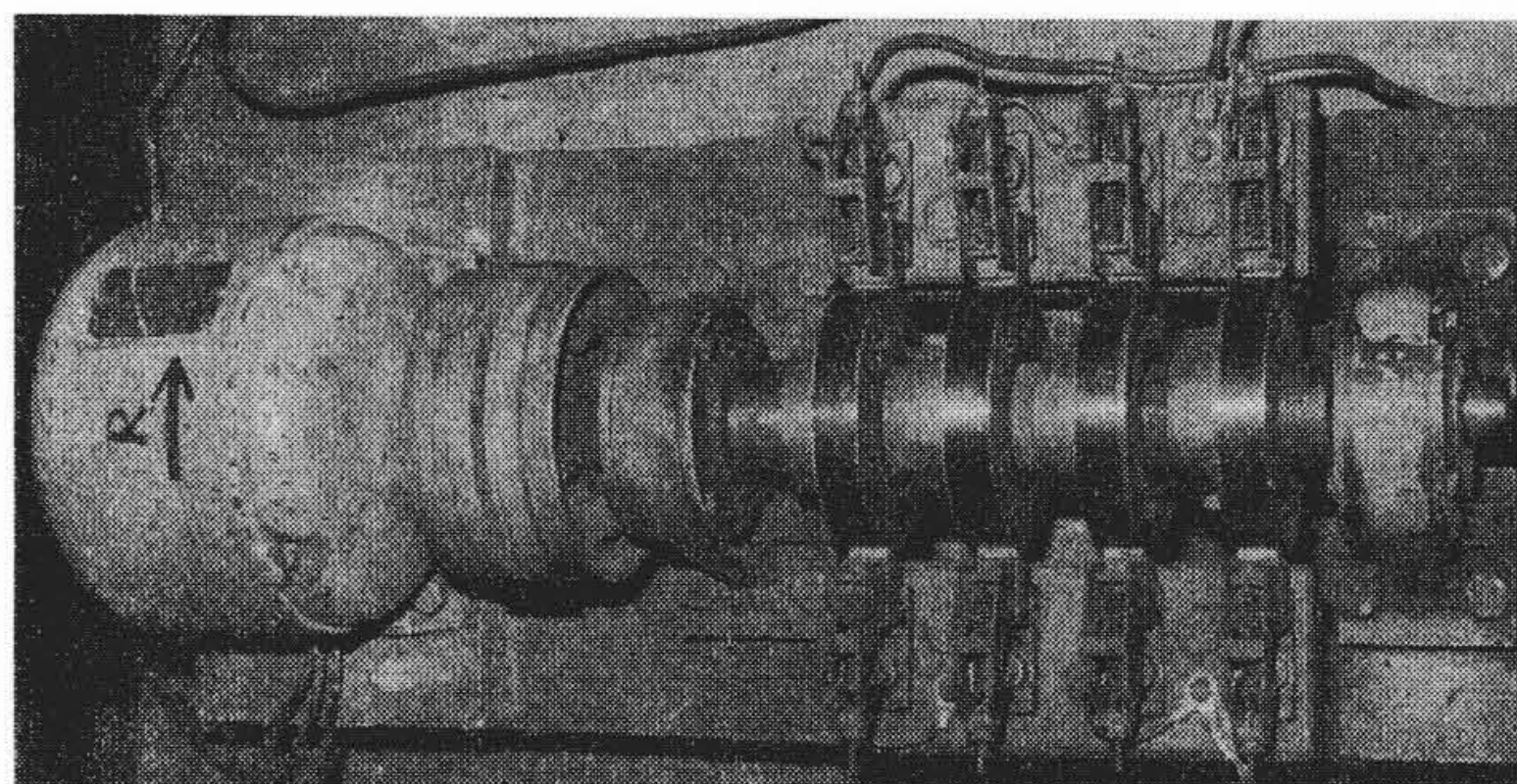


図4 多環式ブラシ試験機

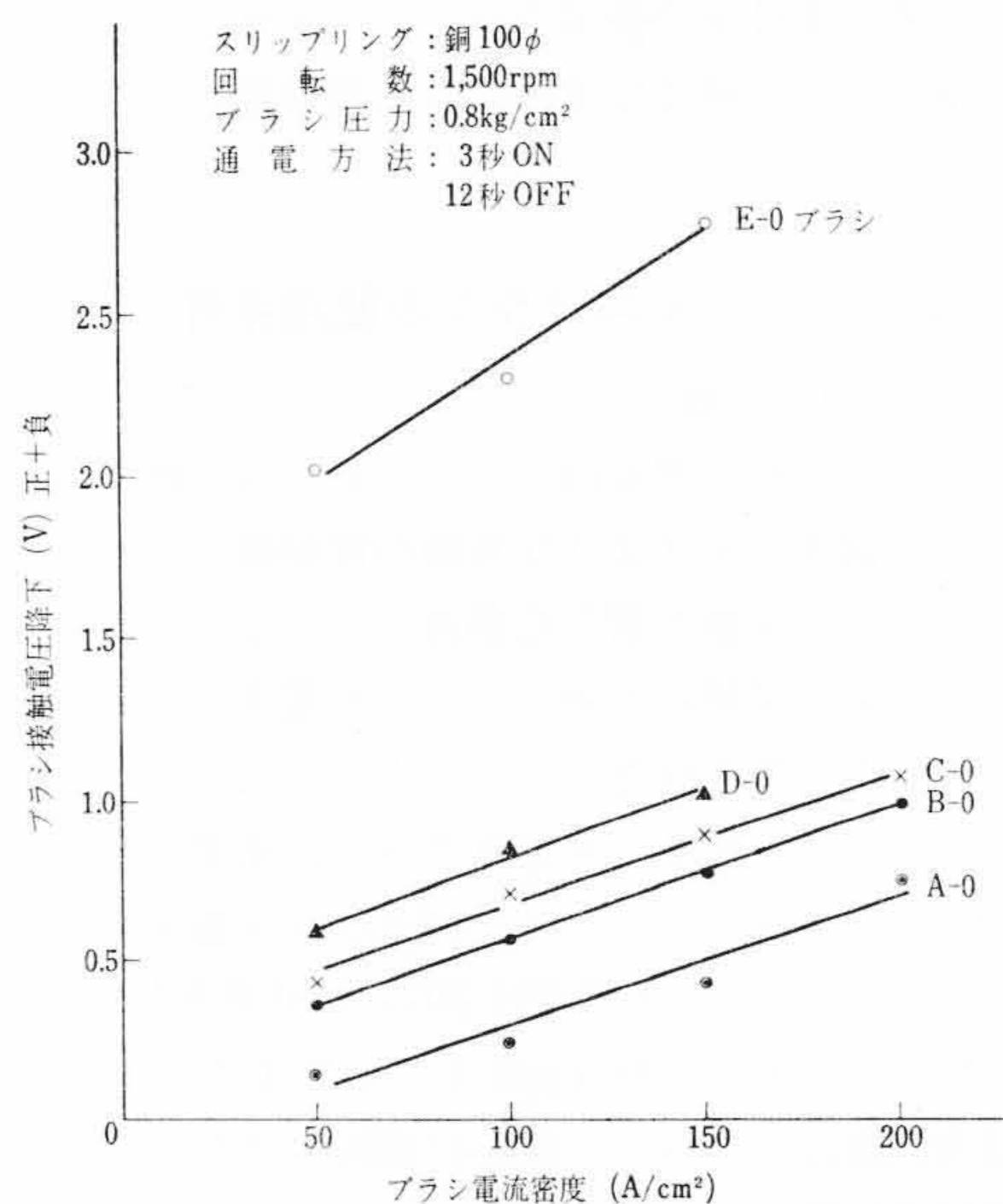


図5 ブラシ電流密度と接触電圧降下の関係

きる。このような安定皮膜生成の原因として温度および電流の二つが考えられる。温度に関しては星野氏による図7のような発表があるが、これによるとVI特性はブラシ温度が150°C前後になると直線となり、接触電圧降下は著しく低下し、電流方向による極性差はなくなる。一方、電流のみによる効果については実験的に確認されていないが、電流による皮膜破壊などの現象から考えてなんらかの効果を与えていることはじゅうぶん推定される。

4.2 出力と接触電圧降下

スタータの電源には12Vおよび24Vの低電圧電池が使用されているので、ブラシの接触電圧が大きい場合には、電機子に印加される有効電圧は小さくなり、出力は著しく低下する。図8にスタータのクランク時の回転数とブラシの比抵抗との関係を示したが、

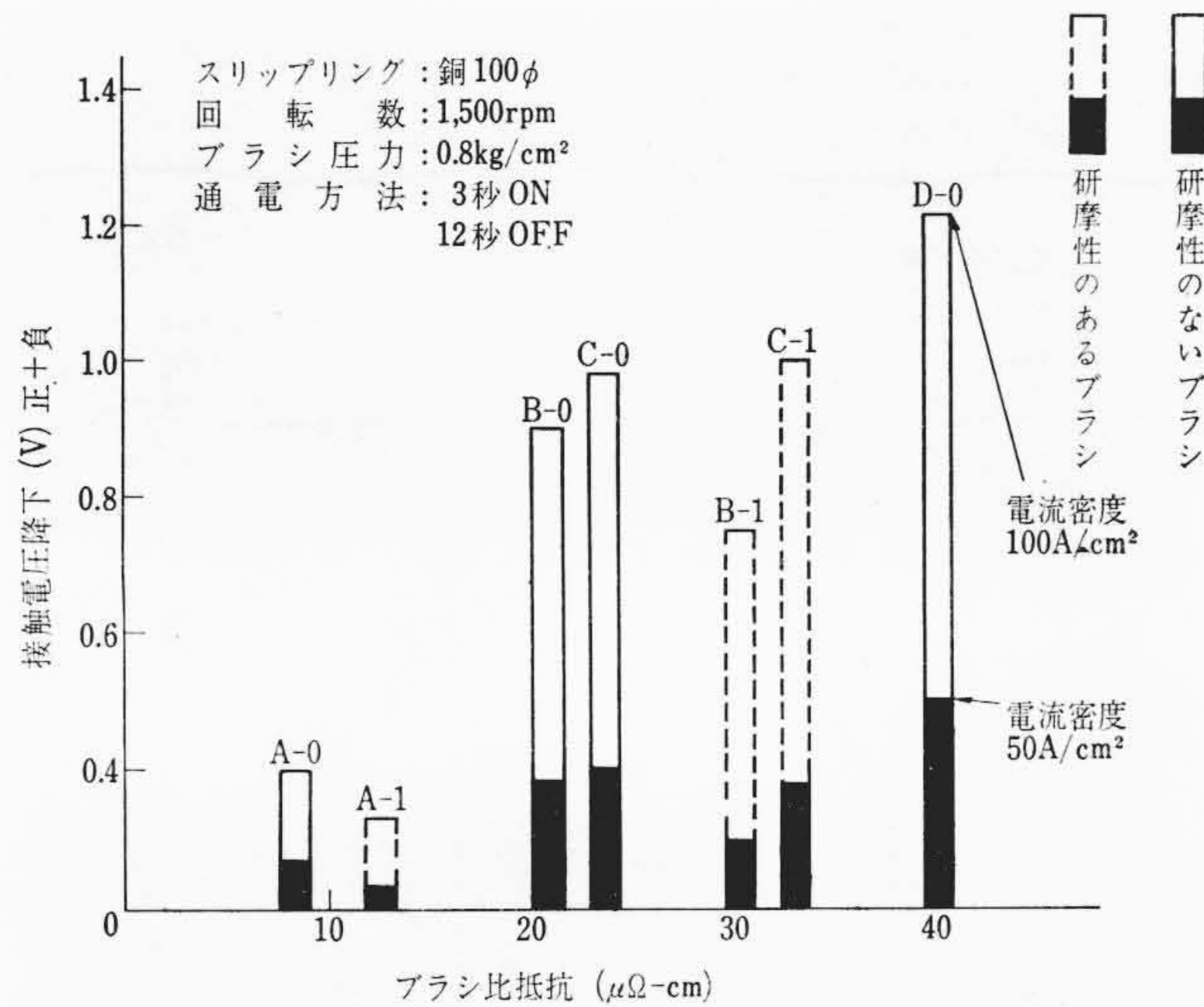


図6 ブラシの比抵抗と接触電圧降下の関係

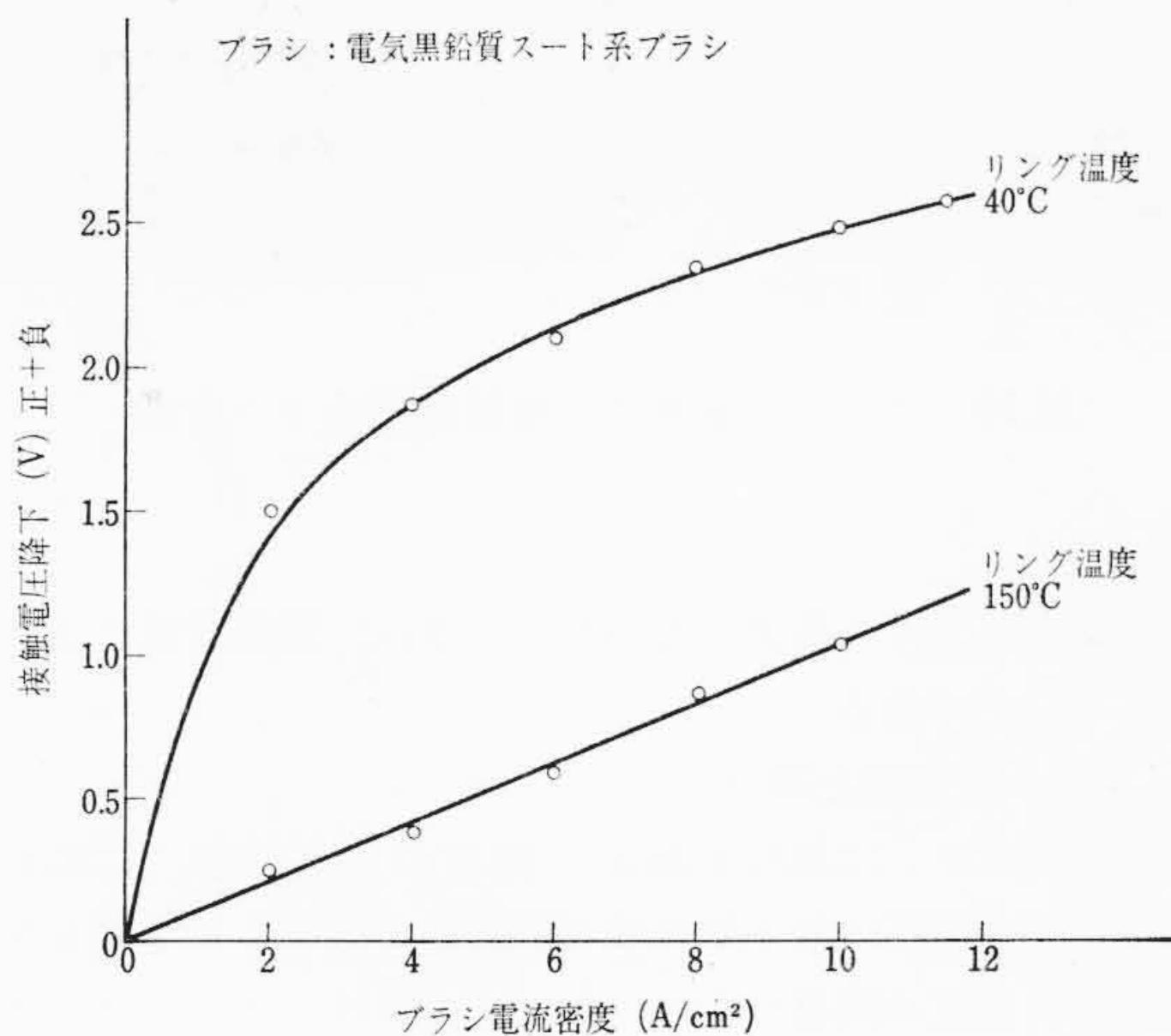


図7 低電流密度下におけるブラシ VI 特性

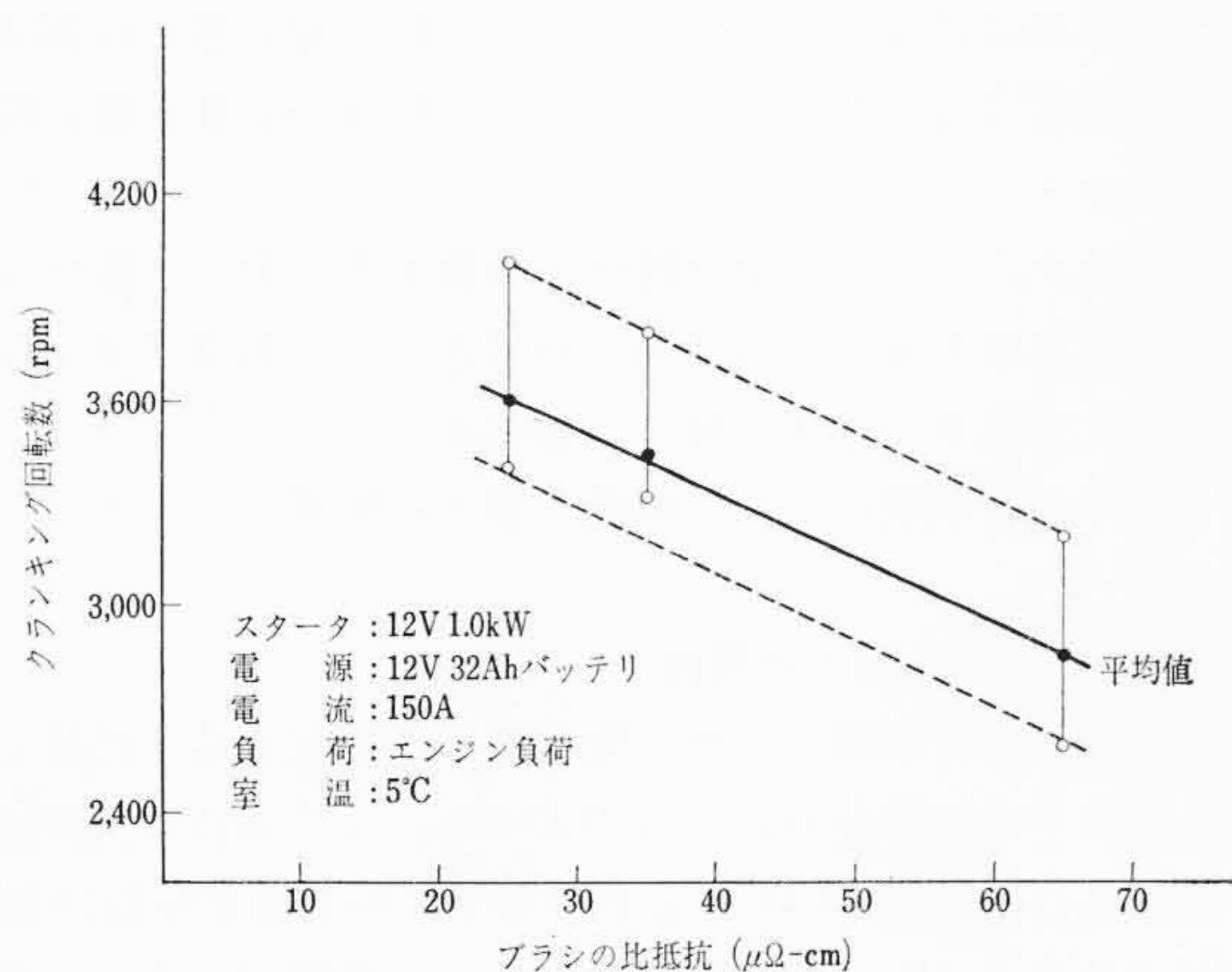


図8 ブラシの比抵抗とクランキング回転数の関係

比抵抗が大きくなるほどクランキング回転数は減少しスタータの出力は低下する。ブラシの比抵抗は図5に示したように接触電圧降下と比例関係にあるので、ブラシの比抵抗が大きいほどスタータの出力は小さくなることは明白である。

4.3 電流密度とブラシ摩耗

前述のように、スタータブラシはきわめて高電流密度で使用されるので、ブラシの電流密度と摩耗との関係を知ることはスタータブ

表3 電流密度とブラシ摩耗の関係

番号	比抵抗 ($\mu\Omega\text{-cm}$)	電流密度 (A/cm^2)	ブラシ温度 ($^{\circ}\text{C}$)	銅リング あらかさ (s)	ブラシ摩耗 (mm/10,000 回)		
					正	負	平均
A-0	8.3	50	58.2	1.1	1.11	1.14	1.12
B-0	21.5		68.8	1.2	0.56	0.69	0.65
C-0	23.4		72.9	1.3	0.94	0.70	0.82
D-0	40.6		78.3	0.9	0.58	0.89	0.73
A-0	8.3	100	70.2	1.8	1.03	1.24	1.13
B-0	21.5		99.7	1.0	0.32	0.56	0.44
C-0	23.4		103.9	1.3	0.30	0.26	0.29
D-0	40.6		115.6	1.0	0.22	0.62	0.42
A-0	8.3	150	68.9	1.2	1.05	1.04	1.05
B-0	21.5		125.3	2.5	0.52	0.34	0.43
C-0	23.4		131.5	4.0	1.07	0.58	0.83
D-0	40.6		136.5	2.2	1.79	1.03	1.41
A-0	8.3	200	114.1	6.0	2.21	3.1	2.65
B-0	21.5		150.0	4.7	2.40	1.0	1.70
C-0	23.4		165.0	4.6	4.98	2.46	3.72

試験条件：試験機：銅リング試験機，リング径 100φ，ブラシ圧力 0.8 kg/cm²
 通電方法：3 秒 ON，12 秒 OFF の繰り返し
 電流方向：正 串，負 串

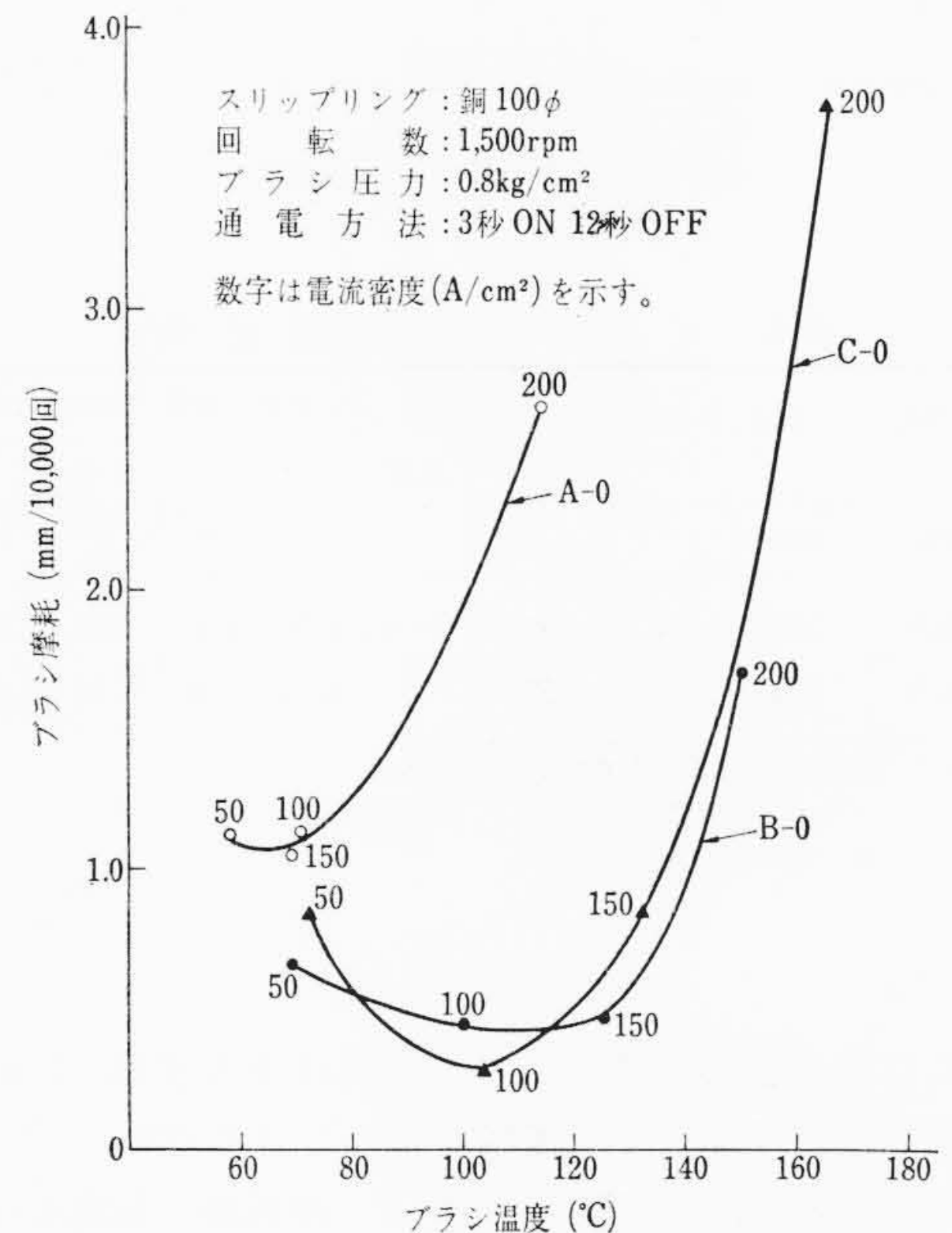


図9 ブラシ温度とブラシ摩耗の関係

ラの摩耗を考察するうえできわめて重要である。この見地から各種のブラシについて、実験を行ない表3の結果を得た。表3から一般にブラシの比抵抗が大きいほど高電流密度においてブラシの温度が高くなっている。これはブラシの接触電圧降下が大きいためである。またブラシは電流密度 100 A/cm² 前後までは温度も低く、摩耗も正常である。しかし 150 A/cm² の場合はブラシ温度も高くなり、ブラシ摩耗も増加の傾向が認められる。さらに 200 A/cm² の場合はブラシ温度はいずれも 100°C 以上に、またブラシ摩耗も 1.7 mm/10,000 回以上になっている。次にブラシ摩耗と材質との関係を見ると各電流密度において、B-0 ブラシが摩耗少なく良好である。結局ブラシ摩耗はブラシ材質すなわち銅、黒鉛の配合割合に重大な関係があることが判明した。

4.4 温度とブラシ摩耗との関係

高電流密度下においては接触電圧降下が増大し、ブラシ摩擦面の温度は非常に高くなる。このような高温ではブラシ摩耗に重大な影響を与えることが予想される。図9は温度とブラシ摩耗との関係を示すもので、B-0 および C-0 ブラシは 80~120°C で摩耗が最小に

表 4 研摩性の有無とブラシ摩耗の関係

ブラシ 番 号	ブ ラ シ 比 抵 抗 ($\mu\Omega$ -cm)	研 摩 性 の 有 無	接触電圧降下 正+負 (V)	ブラシ温度 上 昇 ($^{\circ}\text{C}$)	200A/cm ² における ブラシ摩耗 (mm/10,000 回)
B-0	18	な し	0.90	119	1.67
C-0	24	な し	0.97	139	4.16
B-1	13	あ り	0.75	88	0.92
C-1	25	あ り	0.88	102	1.67

試験条件：表 2 と同じ

表 5 ブラシの潤滑とブラシ摩耗の関係

ブ ラ シ	潤滑処理の有無	ブ ラ シ 摩 耗 (mm/10,000 回)
A-0	な し	4.1
A-2	あ り	3.4
B-0	な し	0.7
B-2	あ り	0.4
C-0	な し	2.5
C-2	あ り	1.1

試験条件 供 試 機：12 V 300 W スタータ
電 流：18~20 A
通電周期：3 秒 ON, 12 秒 OFF

表 6 ブラシ摩耗試験結果

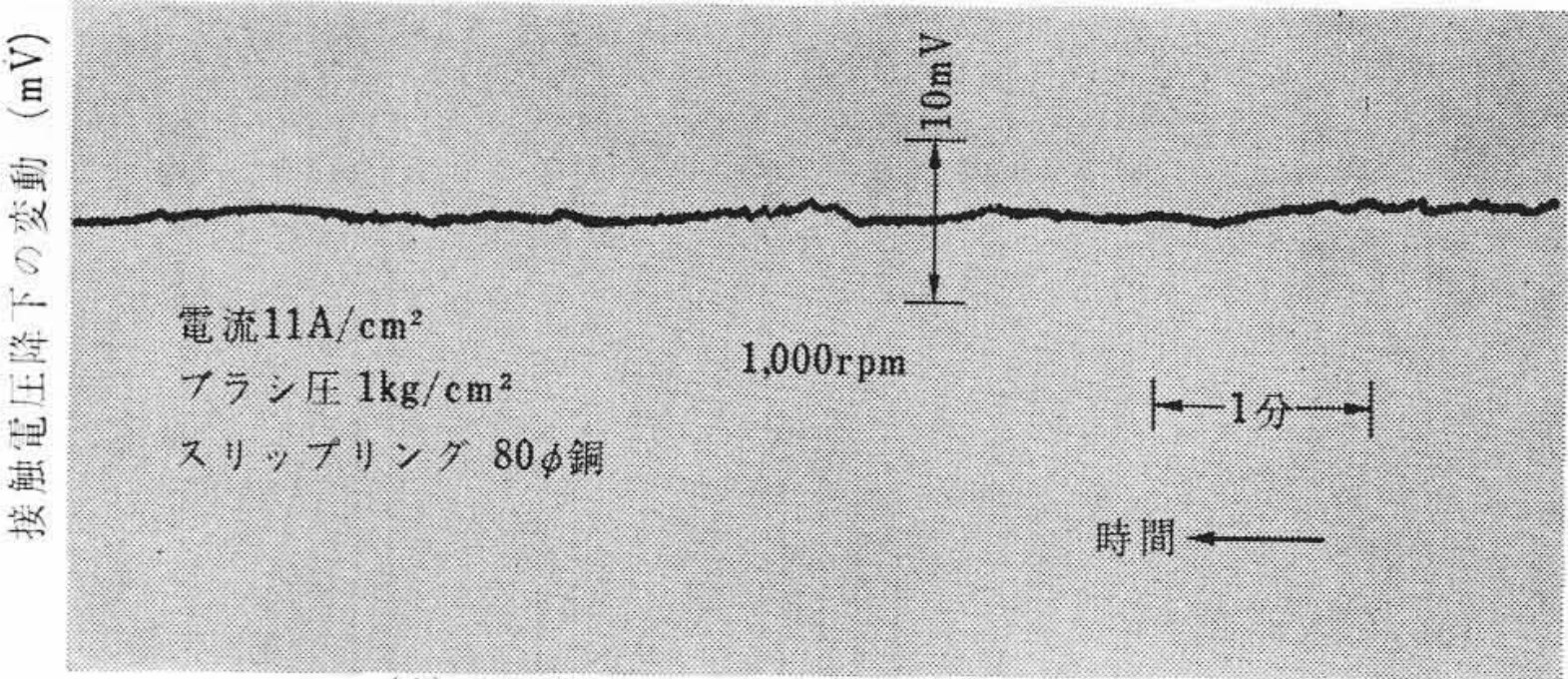
項目 ブラシ 番 号	比抵抗 ($\mu\Omega$ -cm)	曲げ強さ (kg/cm ²)	かたさ (シ ョ ア)	ブラシ 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	火花	ブラシ摩耗 (mm/10,000 回)				
						正		負		平均
						1	2	3	4	
E-0	16.9	262	14	88	5~6	1.20	1.40	1.62	0.54	0.94
E-3	14.9	474	16	57	4	0.74	0.80	0.52	0.36	0.61

試験条件 試験機：12 V 1.0 kW スタータ
ブラシ：銅配合量 E-0 と E-3 は同じ
電 流：100 A

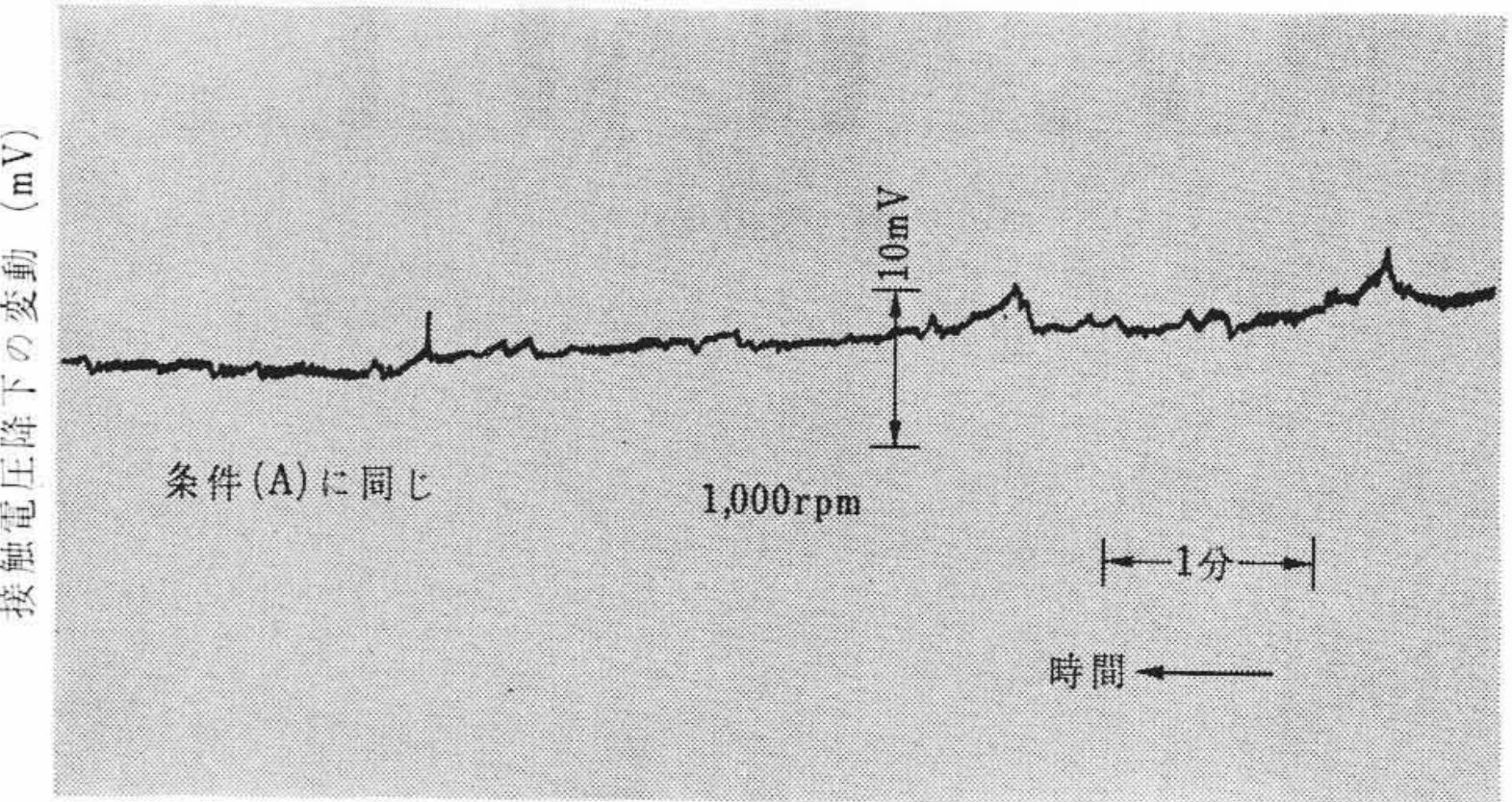
なり、それ以後高温度になるに従い摩耗は増大する。しかしこの場合は電流密度を大きくして温度を高くしたのであるから、当然電流密度の影響すなわち火花によるブラシ摩耗増大も考えられる。この点を確認するために B-0 および C-0 ブラシに特殊処理を行なって研摩性を与えた B-1, C-1 ブラシを用い表 4 の結果を得た。表 4 から明らかなように、ブラシに研摩性を与えると、接触電圧降下を低下させ、したがってブラシ摩擦面における温度も低下し、ブラシ摩耗も減少する。このように研摩性のあるブラシは接触電圧降下および摩耗が小さく良好であるが、その反面摺動特性が不安定になるため火花が発生し、逆に摩耗を増加させる場合もある。特にスタータの場合は 1 秒前後の短時間で静止の状態から 12,000 rpm 程度的高速回転になるので、ブラシの摺動特性は不安定になりやすい。このためスタータの場合は研摩性ブラシを用いて摩耗を増大させた実例はかなりある。図 10 は研摩性の有無とブラシ接触電圧降下の関係を示すもので、研摩性ブラシのほうが接触電圧降下の変動は大きい。

4.5 潤滑性とブラシ摩耗

前述のようにスタータブラシの場合はブラシの摺動特性が不安定になりやすいので、摺動特性の良好なブラシを用いたほうが摩耗特性が良好になることが考えられる。これを確認するために潤滑処理を与えたブラシ A-2, B-2, C-2 について実験を行ない表 5 の結果を得た。表 5 から明らかなように、潤滑性を与えるとブラシ摩耗特性が改善される。これは潤滑性を与えるとブラシの摺動特性が安定



(A) 研摩性のないブラシ



(B) 研摩性のあるブラシ

図 10 ブラシの研摩性と接触電圧降下の変動

し、ブラシ面における電流分布が均一化され、局部電流による火花が減少するためである。

4.6 ブラシの組織と摩耗

金属黒鉛質ブラシは銅粉と黒鉛が焼結の過程で相互に結合される。一方、ブラシ摩耗は粒子結合境界層付近で破壊され摩耗を生ずるので粒子結合強度に関係がある。たとえば高橋氏によればブラシ材の弾性係数が大きいほどブラシ摩耗が少なく⁽⁶⁾、またブラシの曲げ強さが大きいほどブラシ摩耗が小さいこと⁽⁷⁾などが知られている。なお弾性係数および曲げ強さはブラシの粒子結合強度に関係があり、銅、黒鉛配合比率が一定の場合にはこれらが大きいほど粒子間の結合強度は大きい。

上述の見地からブラシの摩耗特性を改善する目的で、E-0 ブラシとこれに特殊処理を施して曲げ強さを大きくした E-3 ブラシを用いて実験を行ない表 6 の結果を得た。以上述べたようにブラシを構成する粒子間の結合強度はブラシ摩耗に重大な影響を与えることが確認された。

4.7 銅配合量と摩耗との関係

金属黒鉛質ブラシの場合、銅の配合量が黒鉛配合量に比較して多くなると当然ブラシの見掛け比重は増大する。この場合の見掛け比重とブラシ摩耗との関係は図 11 のとおりで V 字形曲線を示し、銅の配合量があまり多くても、また逆に少なくとも摩耗が大きい。銅配合量の多いブラシは黒鉛量が少ないため、摩擦特性が高速度のため不安定になり、火花が発生し、摩耗を増大させるものと考えられる。また逆に銅を少なくして、黒鉛量を多くした場合は摩擦特性は良好になるが高電流密度のため、温度上昇が過大になり、摩耗が増大するものと思われる。

4.8 整流子マイカ切下げ効果とブラシ摩耗

整流子面はブラシとの摩擦によって摩耗していくがマイカ切下げのない整流子では整流子片と片間マイカとのかたさが異なるので、ハイマイカとなり、ブラシを踊らせ火花を発生させる。したがっ

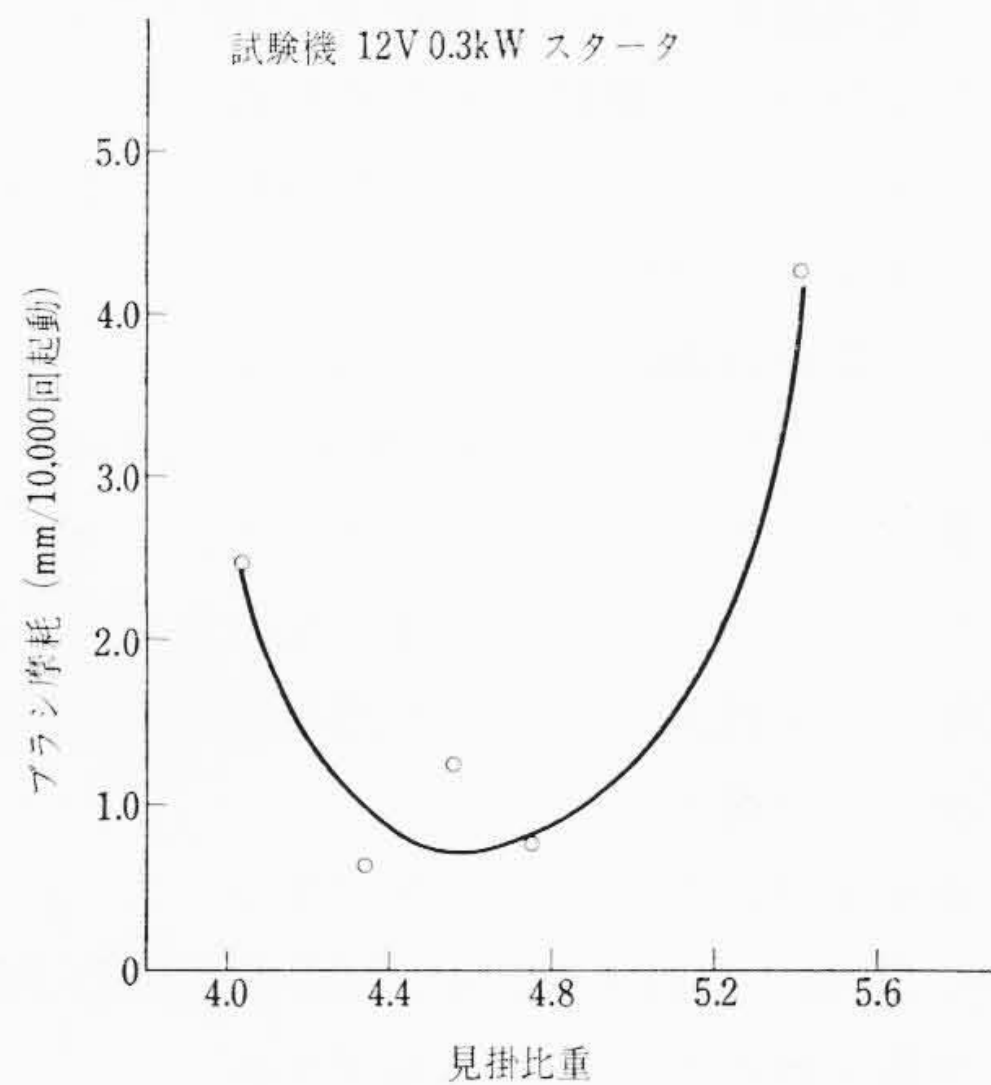


図11 見掛比重とブラシ摩耗の関係

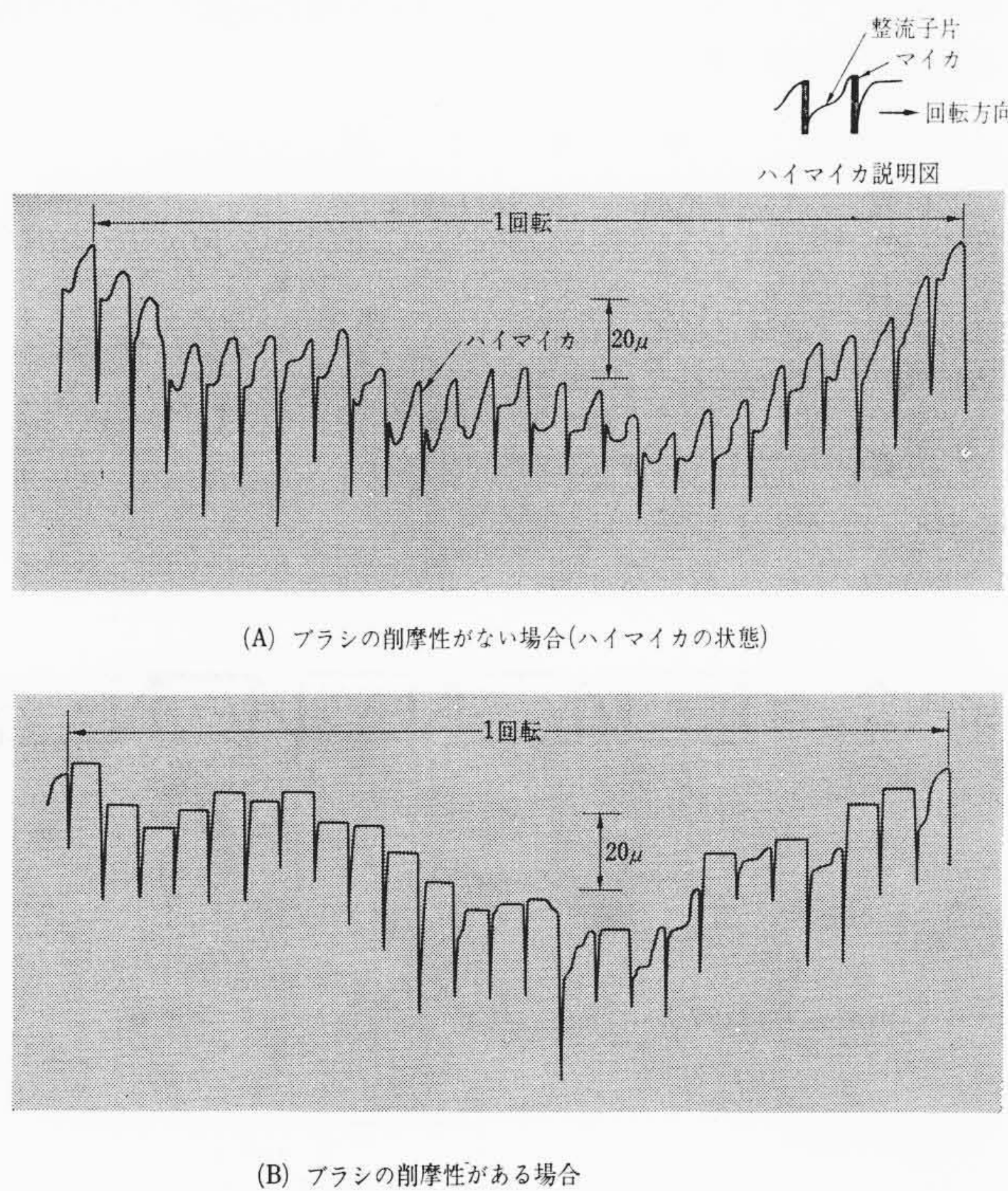


図12 ブラシの削摩性と整流子（フラッシュマイカ）の状態

て一般にはマイカ切下げを行なった整流子を用いるのが普通である。しかし最近、軟質マイカが開発され小形機にはマイカ切下げを省略したものが使用されるようになった。特に外国製のスタータではマイカ切下げを行っていないものが多い。マイカ切下げを行っていない整流子はハイマイカさえ発生しなければブラシの摺動特性は良好であり、かつ摩耗粉の目づまり現象を発生しないという特長がある。以上述べたようにマイカ切下げのない整流子にはマイカを削摩するようなブラシを用いる必要がある。図12はマイカ削摩性のないブラシと削摩性のあるブラシを用いたマイカ切下げのない整流子面の状態を示したものである。図12によると削摩性のないブラシの場合は、はなはだしいハイマイカになるが、削摩性のあるブラシの場合はほとんどハイマイカを発生してしない。表7はマイカ切下げのない整流子に用いられているブラシの一例で、銅粉の配合量の多い（見掛比重が大きくなる）ブラシを使用しているのが特徴である。図13は外国A社製スタータにA社使用ブラシと日立化成工業株式会社 MH-COL（開発品）および B-0 ブラシを用いて行なった実験結果の一例である。図13を見ると B-0 ブラシは起動回数 10,000 回前後で急速にブラシ摩耗が増大しているが、A社使用ブラシおよび日立化成工業株式会社 MH-COL は起動回数 30,000

表7 マイカ切下げなし整流子用ブラシの物理特性

項目	見掛比重	比抵抗 ($\mu\Omega\text{-cm}$)	曲げ強さ (kg/cm^2)	かたさ (シヨア)	用途
外国 A 社 使用 ブラシ	6.25	11.2	—	10	マイカ切下げなし
外国 B 社 使用 ブラシ	7.51	8.0	1,650	17	マイカ切下げなし
日立化成工業開発ブラシ MH-COL	6.46	14.0	1,100	14	マイカ切下げなし
B-0 (参 考)	4.37	21.5	260	14	マイカ切下げあり

表8 新 開 発 ブ ラ シ

特性	見掛比重	比抵抗 ($\mu\Omega\text{-cm}$)	曲げ強さ (kg/cm^2)	かたさ (シヨア)	備 考
MH-C20M	5.39	7	750	15	開発ブラシ
MH-C21M	4.38	13	470	18	
MH-C22M	4.18	20	400	16	
MH-C23M	3.73	25	340	18	
MH-32	4.38	18	240	14	現 流 品
MH-33	4.05	24	200	14	

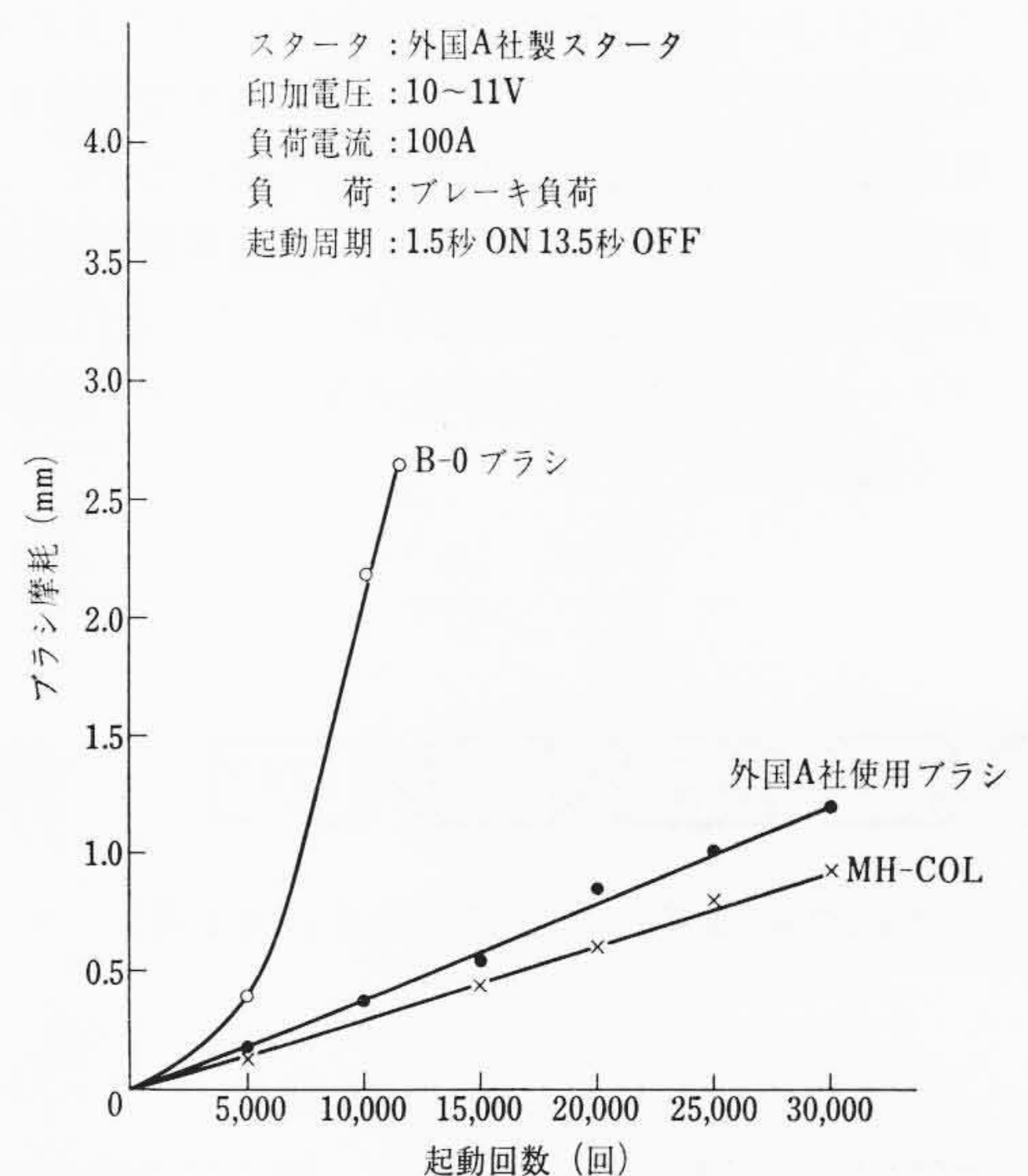


図13 マイカ切下げなし整流子付スタータによるブラシ摩耗試験結果

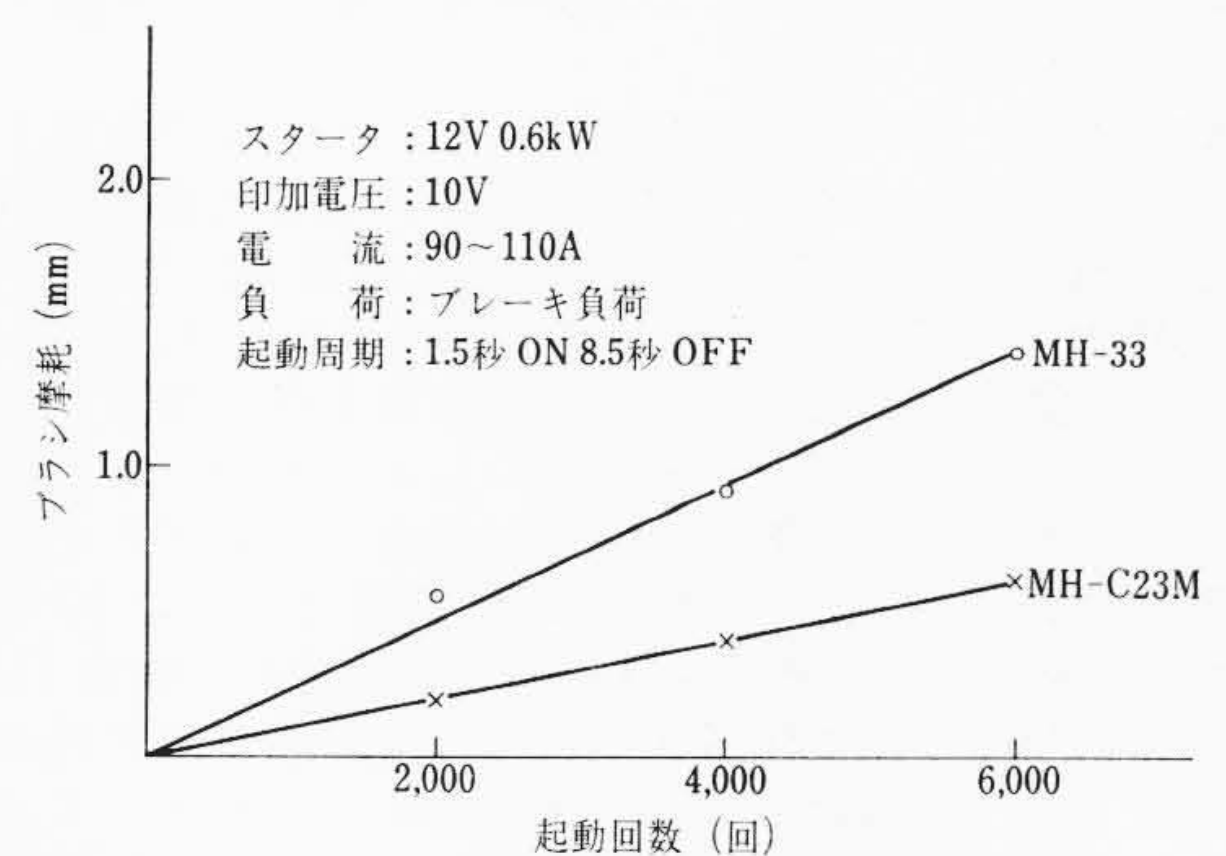


図14 新開発ブラシの摩耗特性

回に達しても正常摩耗である。なおブラシ削摩性は片間マイカのかたさに関係があるのでマイカのかたさに対してははなはだしく削摩性が高いと整流子の摩耗が大きくなり、また逆に削摩性が小さいとハイマイカになる。

4.9 新開発ブラシ

(A) マイカ切下げのある整流子

この場合はブラシ粒子間の結合強度を大きくし、かつ潤滑性を良くしたブラシの摩耗特性が最も良好であると考えられたので、これを基礎にして表8に示す新系列のブラシを開発した。図14

は在来品 MH-33 と新開発ブラシとの比較実験結果の一例で、新開発ブラシ MH-C 23 M は MH-33 に比較して摩耗特性が改善されていることが明らかである。スタータの容量、負荷条件に対して自由に選択できるように新開発ブラシには数種類のものが準備されている。

(B) マイカ切下げのない整流子

外国製のスタータにはマイカ切下げなしの整流子が多いが、国内では現在あまり用いられていない。しかし近い将来この種整流子を用いた国産のスタータが多く出現することと思う。前述した MH-COL は前記の摩耗特性改善効果を施したうえに、さらにマイカ削摩性を与えたブラシである。MH-COL の特性はマイカのかたさに多少影響されるが、現在の段階では外国製ブラシに劣らない良好な特性を有している。

5. 結 言

以上スタータブラシの特性、特に接触電圧降下および摩耗特性を中心に述べたが、これらの結果を要約すると次のとおりである。

- (1) 高電流密度下におけるブラシの VI 特性は直線となり、低電流密度の場合のような飽和曲線にならない。
- (2) 研摩性のあるブラシを用いると、接触電圧降下は減少するので、ある種の酸化膜が生成されていることは明白である。
- (3) ブラシの接触電圧降下が大きくなるとスタータの出力が著しく低下する。

- (4) ブラシ電流密度が 150 A/cm^2 を超過すると、ブラシの温度上昇およびブラシ摩耗が大きくなる。
- (5) スタータのブラシ摩耗は潤滑性が良く、かつブラシ粒子間の結合強度が大きいほど少ない。
- (6) ブラシの摩耗は銅の配合量に関係する。
- (7) 片間マイカの切下げのない整流子ではハイマイカを発生し、著しくブラシ摩耗を促進させるが、マイカ削摩性を与えたブラシはハイマイカの発生を少なくする。
- (8) 日立化成工業株式会社では前述の実験結果を基礎にして次のブラシを開発した。
- (A) マイカ切下げのある整流子用ブラシ
MH-C 20 M, MH-C 21 M, MH-C 22 M, MH-C 23 M
- (B) マイカ切下げのない整流子用ブラシ
MH-COL

本研究を行なうにあたり、多大なご援助を賜った日立製作所佐和工場関係者に深い謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 杉浦：自動車電装品（昭 43 山海堂）
- (2) Van. Brunt & R. H. Savage：G. E. Rev. July 16 (1944)
- (3) R. H. Savage：G. E. Rev. Oct. 13 (1945)
- (4) 武政：炭素 No. 56, p. 165
- (5) 星野、武政：日立評論 50, 444 (昭 43-5)
- (6) 高橋、鈴木：日立評論 22, 383 (昭 14-6)
- (7) 広瀬：日立評論 48, 323 (昭 41-2)



特 許 の 紹 介



特許 第 443645 号 (特公昭 39-21602 号)

蜂谷昌彦・戸村循一

多 段 式 高 圧 軸 封 装 置

一般に高圧容器の軸封装置においては、高圧容器内の圧力と軸封室内の油圧とをバランスさせたいいわゆる均圧式メカニカルシールが用いられているが、この場合高圧容器内の圧力が高くなるとシール面圧と回転数の積である PV 値が著しく大きくなる傾向があり、そのためシール面の温度上昇による焼付また摩耗による漏えいなどを生ずる欠点がある。

この発明は、上記の問題を解決したもので、高圧容器 1 内の圧力を P とし、メカニカルシール 4~6 の許容しゅう動面圧力を $1/2 P$ とすると、高圧容器 1 内の圧力 P は均圧管 12、ヘッド 8、均圧管 13、均圧タンク 7、油管 14 を経て下部軸封室 2 内に作用しており、下部軸封室 2 内の油圧は常時高圧容器 1 内の圧力とバランスされているため、メカニカルシール 4 のしゅう動面圧力は常時許容しゅう動面圧力 $1/2 P$ 内に維持される。一方、ヘッド 8 を経て調圧器 9 に作用する高圧容器 1 内の圧力は P 、直径ピストン 10 の面積比に応じて減圧（図示の 2 段式では $1/2$ に調圧）され、油室 11、油管 15 を経て上部軸封室 3 内に作用するため、上部軸封室 3 内の油圧は常時高圧容器 1 内の圧力 P の $1/2$ に保たれる。したがってメカニカルシール 5 および 6 のしゅう動面圧力は、それぞれ $P-1/2 P$ および $1/2 P$ となり、常時容許しゅう動面圧力 $1/2 P$ 内に維持される。

高圧容器内の圧力が非常に高い場合には、必要に応じて上部軸封室と同様な軸封室を多段に設け、かつ各段ごとに調圧器を設けて高圧容器内の圧力を順次減圧（たとえば 4 段の場合にはそれぞれ $3/4$, $2/4$, $1/4$ に調圧）し、それぞれの軸封室に作用させることにより各メカニカルシールのしゅう動面圧力を許容しゅう動面圧力内に維持することができる。

この発明によれば、ポンプその他の動力を必要とせず、かつ高圧容器内圧力の変動に関係なく、常時メカニカルシールのしゅう動面圧力を許容しゅう動面圧力内に維持することができ、メカニカル

シールの摩耗、熱損および漏えいを防止することができる。

(寺田)

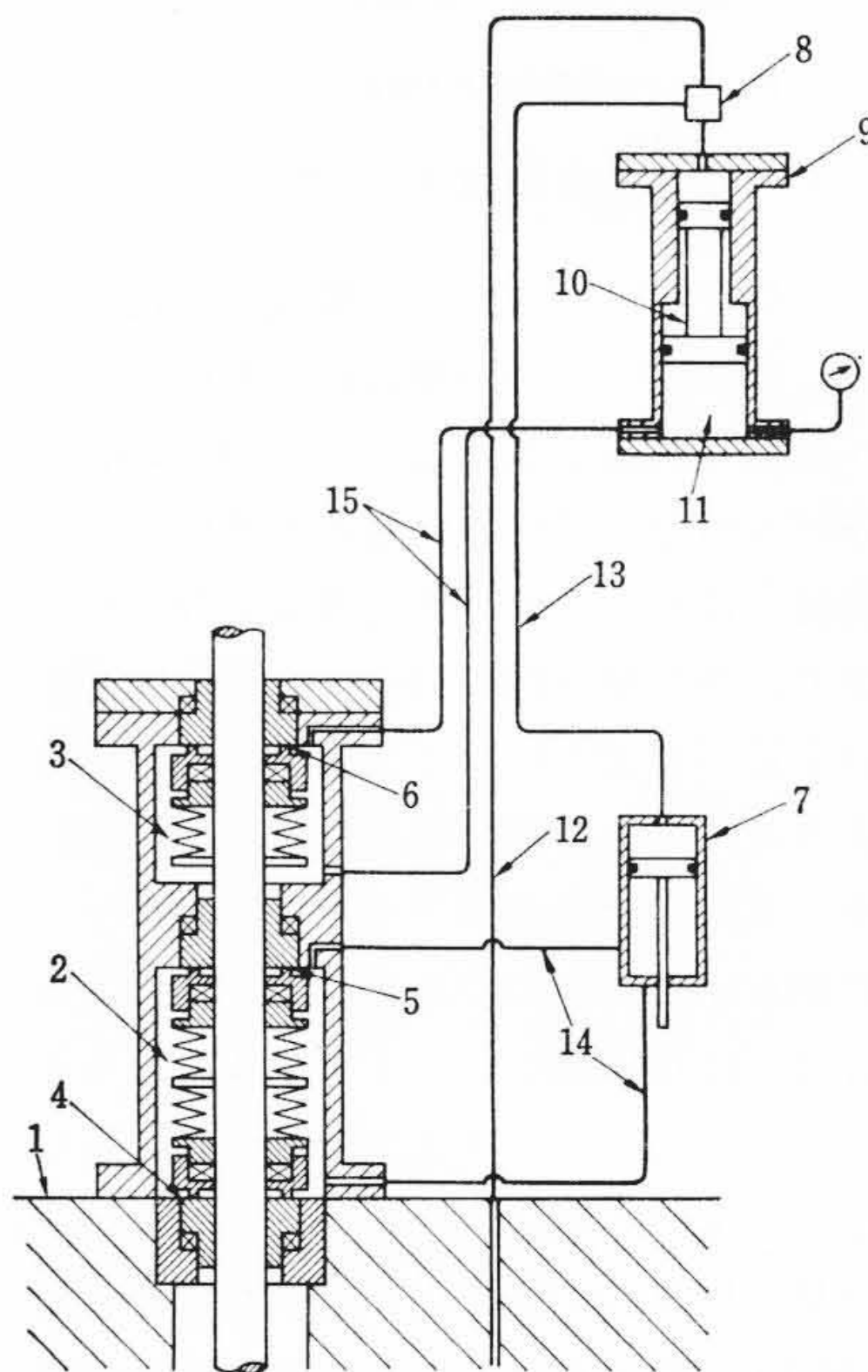


図 1 多段式高圧軸封装置