

電動機および発電機用 カーボンブラシ





目次

01	カーボンブラシとは？	3
02	カーボンブラシのグレード	9
03	カーボンブラシの主な形状、寸法および金属部品	18
04	カーボンブラシを回転機に取り付ける際の推奨事項	22
05	スリップリングおよび整流子の皮膜の図解ガイド	24
06	Mersen のサービス	29
07	カーボンブラシのご注文方法	31
	附属書	32



本カタログに記載の仕様およびデータは単に参考までに提示されているものであるため、いかなる保証も行いません。
これらの情報の一部または全部を複写、複製、もしくは翻訳するには、Mersen の書面による事前承諾が必要です。
また、絶えず技術は進歩し適用規格も変化するため、Mersen は本カタログに記載されている製品の特性や仕様を随時変更する権利を有します。

カーボンブラシとは？

(別名「モーター・ブラシ」)

カーボンブラシとは電動機または発電機の静止部品から回転部品へ電流を伝送するのに使用される摺動接点であり、直流回転機については無火花整流を行います。

カーボンブラシには、以下のことが可能です。

- 1つもしくは複数のカーボン・ブロックを用いて製作する。
- 1つもしくは複数のシャントまたは端子を設ける。

ブラシの製造には、5種類のブラシ・グレード群が用いられています。各グレードは特定の要件に対応しており、生産工程も固有です（本ガイド9～17ページ参照）。

作動パラメータ

カーボンブラシは、回転機の作動において重要な役割を果たします。

カーボンブラシが機能を発揮するには、次の3つのパラメータを考慮しなければなりません。

- 機械的
- 電氣的
- 物理的および化学的（環境）

当社の専門家が、お客様のチームより頂いた技術情報と共に上記のパラメータを考慮して、用途に最適なカーボンブラシのグレードをお選びすることが可能です。また、当社のチームより、お客様がお使いの回転機のパラメータを最適化する方法、およびメンテナンス作業を改善する方法についてもアドバイスいたします。貴社と Mersen との間でこのような共同努力を行うことで、お客様の機器の性能および寿命に貢献します。詳細については、**テクニカル・データシート AE-TDS/01*** の「優れたカーボンブラシの機能、知っておくべきこと」をご参照ください。

機械的パラメータ

スリップリングおよび整流子の表面状態（粗度）

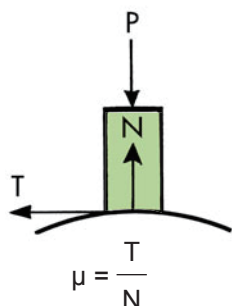
スリップリングまたは整流子の粗度が適切であると、カーボンブラシを適切に配置し、正確な送電を確実に行うことができます（**テクニカル・データシート AE-TDS/02*** 参照）。スリップリングおよび整流子の表面は、滑らか（光沢がある）すぎても粗すぎてもカーボンブラシの性能を最大限に高めることができません。

ハイマイカは、しばしば重大なブラシの問題を引き起こします。そのため、整流子は入念にチェックし（マイカのアンダーカットが適切で、整流子片のエッジ沿いにバリがないか）、整流子片のエッジは適切に面取りを施さなければなりません（**テクニカル・データシート AE-TDS/03*** 参照）。

また、整流子またはスリップリングの振れが許容限度を超えていないか確認することも必要です。



* 詳しい情報は、ご要望に応じてお送りする当社のテクニカル・データシートならびに当社ウェブ・サイト (www.mersen.com) にてご覧いただけます。



摩擦係数（「μ」）

カーボンブラシの摩擦係数「μ」は、ブラシが過熱することなく作動できるよう、長期にわたり低く安定していなければなりません。「μ」はカーボンブラシのグレード、速度、負荷、整流子（またはスリップリング）の状態および環境によって決まるさまざまな要素の結果のため、固定値はありません。特定のカーボンブラシのグレードについて、正確な「μ」値は摩擦係数を示すことができません。摩擦の大きさのみを示すことが可能です。但し、ほとんどのモーター/発電機的设计や企画においては摩擦の大きさのみで十分です。

摩擦係数「μ」の計算式

摩擦係数「μ」とは、T（摩擦による接線分力）とN（垂直力）との相関関係です。

振動

過度の振動が加わると、カーボンブラシと整流子またはカーボンブラシとスリップリングの接触の質、ひいては機器全体の性能が損なわれます。

振動は、以下が原因で発生する恐れがあります。

- 回転機のバランスが取れていない、ベアリングの不具合、ブラシ配列の不良
- 整流子の状態不良（変形など）
- 回転機の外部部品（ギヤ、連結器、駆動機器、負荷など）
- カーボンブラシのグレードが適切でない、大気が汚染されている、長期間低負荷がかかっている、または粗度が足りない（表面に光沢がある）ことが原因で摩擦が非常に高い、もしくは変動している
- 可動回転機（機関車、鉱山用トラックなど）

過度の振動が加わると、ブラシの重大な損傷や、ブラシホルダーおよび関連する整流子やスリップリングの破損が発生する恐れがあります。

このような事故は、ブラシを適切に設計したり、回転機のメンテナンスを定期的に行ったりすることで、無くすことはできずとも最小限に抑えることができます。

スリップリングや整流子に加わるカーボンブラシ圧

スプリング圧は、回転機の数にかかわらず、カーボンブラシとスリップリングまたは整流子との十分な接触を維持しなければなりません（**テクニカル・データシート AE-TDS/11*** 参照）。

Mersen の推奨は以下の通りです。

- 定置式回転機： 180 ～ 250 g/cm² (2.56 ～ 3.56 psi)
- 激しい振動を受ける回転機（トラクション・モーターなど）： 350 ～ 500g/cm² (5.00 ～ 7.11 psi)

すべてのカーボンブラシにおいて、電流分布が正常に行われるようスプリング圧は一定に保たなければなりません。そのため、スケールやロードセルを用いて**定期的に圧力測定**を実施されることを推奨します。

ブラシホルダー

ブラシがホルダー内で固渋したりホルダー内でガタついたりしないよう、高さおよびクリアランスが十分なブラシホルダーを使用しなければなりません。

公差およびクリアランスは、国際電気標準会議（I.E.C.）によって定められています（**テクニカル・データシート AE-TDS/04*** 参照）。



* 詳しい情報は、ご要望に応じてお送りする当社のテクニカル・データシートならびに当社ウェブ・サイト（www.mersen.com）にてご覧いただけます。

電気的パラメータ

電圧降下（または接触電圧降下）

過熱や異常な電気損失による摺動接点の損傷を避けるには、電圧降下は**わずか**でなければなりません。

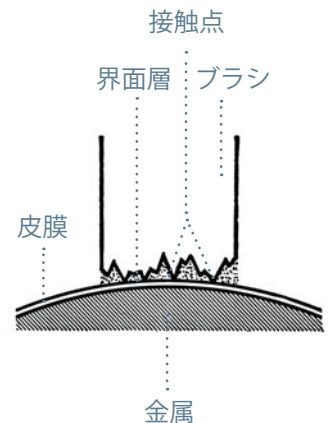
電圧降下は、カーボンブラシ間での整流や電流分布にも影響を及ぼします。

電圧降下は重要な特性で、**カーボンブラシのグレード**、**電気接点**および**皮膜**（金属酸化物、炭素および水の複合混合物で、スリップリングまたは整流子上に沈着）によって異なります。

そのため、接触電圧降下は、以下のような皮膜を変性させる可能性のあるすべての要因の影響を受けると考えられます。

- 室内の温度、圧力および湿度
- 環境不純物
- 整流子およびスリップリングの速度
- カーボンブラシにかかる圧力
- 横方向流

各グレードの Mersen 製カーボンブラシの接触電圧降下データは、**特定の作動条件で得られる標準値**です。これらの数値は「極めて低い」から「高い」までの5つの種類に分けられます（本ガイドの13～15ページ参照）。



整流（直流回転機）

整流とは？

整流とは、AC/DC 整流子電動機または発電機のブラシの下にあるアーマチュア・コイル内を流れる電流の方向を逆にするプロセスです。

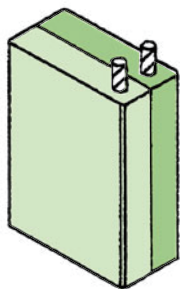
整流時間とは、完全に逆にするのに必要な時間を指します。

ブラシの位置を中性帯に対して正しく調整しなかったり、ブラシ押さえを非対称に調整したりすると、整流子が火花を発生させる恐れがあります。この火花は、以下が原因で発生する他の種類の火花と混同してはなりません。

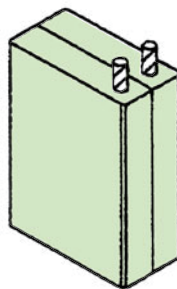
- 機械的原因（振動）
- 巻線の不具合（開回路や短絡）
- 整流子の構造不良
- 電子静電変換器からの直流供給（リップルまたはスパイク）の質、など

また、以下のようないくつかのソリューションにより、整流を改善することができます。

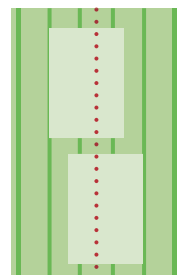
- マルチ・ウエハ・カーボンブラシ
- デュアル・グレード複合材カーボンブラシ（異なるグレードのウエハを搭載）
- 横流を制限し、皮膜の制御に好ましい影響をもたらす**サンドイッチブラシ**（同じグレードの層が2つ）。ウエハは接着されていること（**テクニカル・データシート AE-TDS/07*** 参照）。
- 大型で動きの遅い回転機に適した**スタッガー配列ブラシ**（**テクニカル・データシート AE-TDS/09*** 参照）



マルチ・ウエハ・ブラシ



分割ブラシ



スタッガー配列ブラシ

..... 中性線

* 詳しい情報は、ご要望に応じてお送りする当社のテクニカル・データシートならびに当社ウェブ・サイト (www.mersen.com) にてご覧いただけます。

ブラシ接触面での電流の分布

電流は、ブラシの接触面全体を均一に流れるのではなく、接触点と呼ばれるさまざまな数の非常に小さな部分を通して流れます。この接触点は均等に分布しているのが理想です。

このバランスは、接触点の数が集中したり減少したりした場合に崩れる恐れがあります。その場合、徐々に皮膜に溝、整流子片痕、筋、電食、劣化などの兆候が現れます。

このアンバランスを引き起こす各種要因には、以下のものがあります。

- 外部物質（ダスト、蒸気、過度の湿度、温度）
- 作動条件に適していないブラシのグレード（皮膜が厚すぎる、電流密度が高すぎるまたは低すぎる、換気不良など）
- スプリング圧の不均等により、整流子にある同じ極性のブラシの間および同じスリップリングにあるブラシの間での電流分布が均等でなくなる。

電流密度

電流密度とは？

電流密度とは、電流とブラシ断面積との比を指します。
記号は J_{Brush} です。

$$J_b = \frac{I}{S \times N_p}$$

I = 回転機を流れる電機子電流または回転子電流（Amp）

S = カーボンブラシ断面積（ cm^2 または in^2 ）

N_p = カーボンブラシ数（直流回転機におけるカーボンブラシ数の半分）もしくはスリップリング回転機におけるスリップリング 1 個当たりのカーボンブラシ数

電流密度は、摩耗や摩擦、温度といったブラシ性能のあらゆる局面に大きな影響を与えます。

各グレードの最大電流密度は、定格回転数時のものです。しかしながら、回転機の特長や換気方法によって異なります。

電流密度が低いと、電流密度が高い場合に比べてカーボンブラシおよび整流子またはスリップリングに害が及ぶ恐れがあることにご留意ください（詳細は当社までお問い合わせください）。

抵抗率

抵抗率とは？

材料の**抵抗率**は、通常ギリシャ文字 ρ (ρ) で表わされ、電流の流れに対する材料の抵抗を指します。

材料の抵抗率が高いと整流子回路全体の抵抗が増し、その結果、整流が向上します。抵抗率は、適したカーボンブラシのグレードを選択する際の主要なパラメータとなります（詳細は当社までお問い合わせください）。

マルチ・ウエハ・ブラシ、特にサンドイッチブラシは、横方向抵抗率を人工的に増加させて整流を向上させることができます。

注

本ガイドに記載されている各ブラシ・グレードの抵抗率の値は、半径方向に沿って測定されたものです（半径方向の寸法の定義については、本ガイドの 18 ページをご参照ください）。



物理的および化学的パラメータ（環境）

湿度

水は整流子やスリップリングの皮膜にとって不可欠な要素であり、周囲空気によって供給されます。皮膜は、空気の湿度が $8 \sim 15 \text{ g/m}^3$ ($0.008 \sim 0.015 \text{ oz/ft}^3$) の範囲にあるときに最も良く形成されます（**テクニカル・データシート AE-TDS/17*** 参照）。

空気が非常に乾燥している場合、皮膜の大半は金属酸化物が占めるため、摩擦が高くなりブラシの摩耗が発生します。

空気の絶対湿度率が限界である 2 g/m^3 (0.002 oz/ft^3) を下回ると、重大な問題を引き起こす可能性があります。

このようなことは、以下の場合に起こる恐れがあります。

- 回転機が高地の希薄大気の中で稼働することの多い航空宇宙および宇宙業界
- ブラシが乾性ガス（水素または窒素）の充填された筐体の中で作動する回転機
- 全閉モーター（IP 55）
- 砂漠環境や北極圏環境（スキー・リフトなど）

Mersen は、このような特別な用途に適した特殊処理済みのカーボンブラシをご提案いたします。どうぞお気軽にご相談ください。

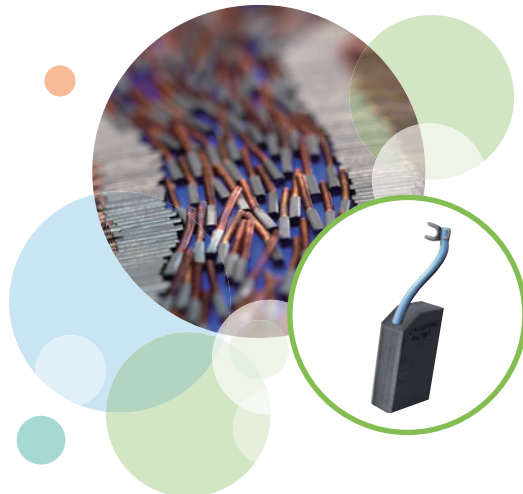
腐食性の蒸気またはガス

腐食性の蒸気やガスは、特に高湿度の状況においては、たとえ低濃度であっても接点皮膜に作用して皮膜を破壊し、整流子（またはリング）ひいてはカーボンブラシに損傷を与えます。

腐食性の蒸気またはガスの例

- 塩素および塩素化合物（塩素系溶剤）
- アンモニア
- 硫化水素
- 二酸化硫黄
- シリコンの高温蒸留物に由来する生成物

Mersen の処理済みブラシは、接触面に保護皮膜を形成することでこのような問題を軽減するのに役立ちます。



油および炭化水素

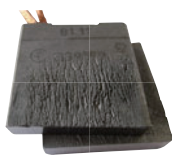
整流子、スリップリングおよびカーボンブラシは、以下のような各種の原因で発生する油脂によって汚染される恐れがあります。

- 正しく密閉されていないベアリングからの漏れ
- 通気によって運ばれる小さな水滴や霧
- 蒸気凝縮（高温点で発生）

これらの油汚染によって回転機内でのカーボンブラシの動作が妨げられるため、以下の発生につながります。

- 油と炭粉の粘性混合物による、ブラシホルダー内でのブラシの不動
- 接触面の厚い絶縁膜によるスリップリング、整流子およびブラシの性能低下

* 詳しい情報は、ご要望に応じてお送りする当社のテクニカル・データシートならびに当社ウェブ・サイト（www.mersen.com）にてご覧いただけます。



ダスト

ダストは摩耗性が高いほど有害で、以下を引き起こす原因となります。

- 整流子およびスリップリングでの溝の形成
- ブラシの高摩耗
- カーボンブラシ側面が巻き上がり（反対にある写真参照）、ブラシがホルダに引っ掛かる
- 回転機の汚染

ダスト溝を設けることでこのような問題をある程度は回避することができますが、清浄な過空気を回転機へ供給してこれらを予防することが最善策となります。

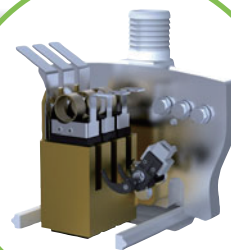
炭粉が絶えず再循環する全閉回転機では同様の問題が発生しやすいため、回転機が汚染されたり回転機の絶縁抵抗が低下したりする恐れがあります。そのため、このような回転機は定期的にクリーニングを行う必要があります。

Mersen では、ダストを発生源で取り出すことで回転機全体に分散することを防ぐモジュール式集塵システムの設計および供給を行うことができます（下記ボックス参照）。

MERSEN が特許権を所有する新しい画期的技術

ブラシホルダーに不可欠な集塵システム

- 発電機の改造は不要
- 取り付けが簡単
- カスタマイズ可能な標準品
- 問題を完全に解決するソリューション
- 機器に最初から取り付けることも改造時の組み込みも可能



Mersen は、このようなプロセス・パラメータを制御しメンテナンス・サービスを提供すること、とりわけ現場で回転機の分析および提言を行うことがどれほど不可欠であるかを十分承知しています。
本書の 29 ページをご参照ください。

カーボンブラシのグレード

本ガイドの冒頭部に記載の通り、主に5種類のブラシ・グレード群があり、それぞれが異なる性質を有しています。

これらのグループの一部は、含浸ブラシ材のサブグループによって補完されています（このような特殊材料の特性の詳細については、当社までお問い合わせください）。

最適なブラシ・グレードとしてどれを選択するかは、回転機およびその環境に関連する多数のパラメータによって異なります。特定の用途において最も力を発揮するブラシ・グレードを選択するには、ブラシの作動環境についての深い知識が必要です。そのため、Mersen はお客様の具体的なニーズについて支援する当社の専門家にお問い合わせされることをお勧めします。

Mersen は、最も困難な要件も満たすことのできる幅広いブラシ・グレードを展開しています。

今後は、主要グレード群の製造工程の説明に加え、材料の特性を記した表をご覧ください（14 ページおよび 15 ページの表をご参照ください）。

また、16 ページおよび 17 ページには、主な用途の概要および大半のグレード群の動作限界を記載しています（13 ページに記載されている当社の通常の慣習に基づきます）。

グレード群

EG 電気黒鉛ブラシ

電気黒鉛ブラシ材の製造方法は？

電気黒鉛材とは、2,500℃を超える温度で黒鉛化することで塩基性の非晶質炭素を人造黒鉛へと変化させて作られる炭素黒鉛材です。

主な特性

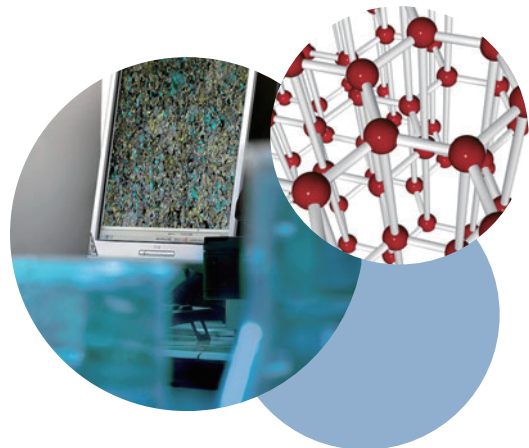
電気黒鉛ブラシは、接触電圧の降下が中程度で摩擦係数も低めであることから、電気損失も小さく、特に高周速（ ≤ 50 m/s）に適しています。黒鉛化工程により、高強度かつ低抵抗の、とりわけ高温に耐性を持つ材料が生み出されます。

主な用途

- 低、中、高電圧および定負荷または変動負荷で作動するすべての直流定置式または牽引式産業用回転機。交流同期式および非同期式スリップリングの用途でも使用。

動作限界

- ブラシの電流密度は以下の通り。
 - ・ 定常状態下では $8 \sim 12 \text{ A/cm}^2$ ($50 \sim 75 \text{ A/in}^2$)
 - ・ 最大負荷では $20 \sim 25 \text{ A/cm}^2$ ($130 \sim 160 \text{ A/in}^2$)
- 最高周速：50 m/s (154 ft/s)



A. 炭素黒鉛ブラシ

炭素黒鉛ブラシ材の製造方法は？

炭素黒鉛ブラシ材は、コークス粉末と黒鉛粉末の混合物をピッチや樹脂で凝集したもので作られています。この粉末をブロック状に成形してから高温で焼成し、結合剤をコークスに変質させます。なおこの材料は黒鉛化されていません。

主な特性

炭素黒鉛ブラシは、その高い抵抗により優れた整流を行い研磨作用をもたらすと同時に、接触電圧の降下を中程度で維持します。黒鉛ブラシは高温処理がなされているため、高温にも変動負荷にも耐えることができます。

主な用途

- 主に低速、補極がない、一般的に低電圧で作動するといった特長を有する旧式の回転機
- 永久磁石、サーボモーター、およびユニバーサル・モーターで作動する最新の小型回転機
- 低電圧バッテリー式モーター

動作限界

- ブラシの電流密度：8 ～ 16 A/cm² (50 ～ 100 A/in²) の間で用途により異なる
- 最高周速：25 m/s (82 ft/s)

LFC 軟黒鉛ブラシ (LFC = 低摩擦係数)

軟黒鉛ブラシ材の製造方法は？

主成分は精製天然黒鉛と人造黒鉛で、これに添加剤を加え、適切な結合剤を用いて凝集し、高温処理を行って結合剤を炭化しています。

主な特性

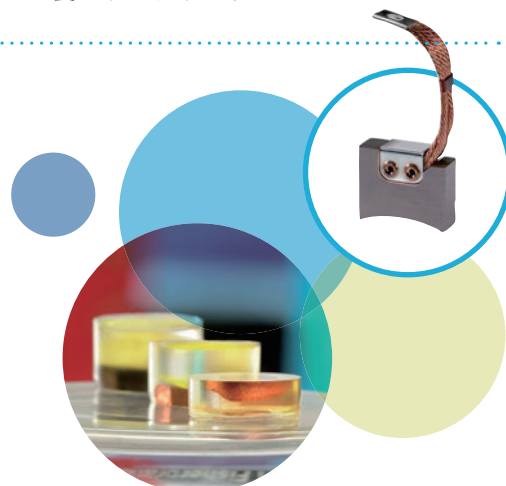
LFC ブラシはショア硬さが低く、衝撃吸収性に優れています。そのため、他の材質では不具合が発生するような用途でも機能することができます。また、摩擦、振動、気流、振れおよび熱に伴う機械的応力を増幅する高周速にも優れています。

主な用途

- 同期回転機用のスチール製およびステンレス製スリップリング

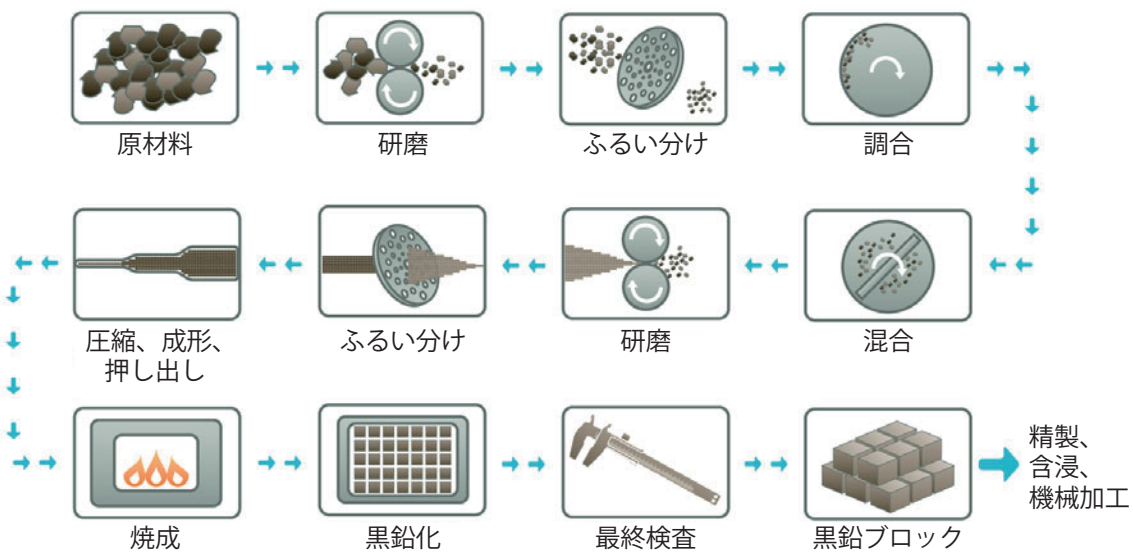
動作限界

- カーボンブラシの電流密度：10 ～ 13 A/cm² (71 ～ 84 A/in²)
- 最高周速：最高 100 m/s (328 ft/s)





電気黒鉛製造の概要



BG（ベークライト黒鉛）樹脂結合ブラシ

樹脂結合ブラシ・グレードの製造方法は？

粉末状の天然黒鉛または人造黒鉛に熱硬化性樹脂を混ぜます。
そして、その混合物を適切な温度で圧縮し、重合します。

主な特性

このカーボンブラシは電気抵抗、接触電圧降下性、電力損失、および機械的強度が高いもしくは非常に高いため、整流性およびクリーニング性に大変優れています。また、非常に低い電流密度でも機能します。

主な用途

- 交流シュラゲ型整流子電動機
- 中電圧の中速直流回転機

動作限界

- 樹脂結合グレードを定格より高い電流で使用しないでください。
- 許容周速：40 m/s (131 ft/s)

CG-MC-CA 金属黒鉛ブラシ

金属黒鉛ブラシ・グレードの製造方法は？

粉末状の天然黒鉛または人造黒鉛に熱硬化樹脂、銅粉、および（または）その他金属粉を混ぜます。そして、その混合物を不活性雰囲気中にて適切な温度で圧縮し、重合します。

このような金属黒鉛材には、金属を含浸させた EG カーボンブラシおよび A カーボンブラシも含まれます（金属含浸ブラシ・グレードについては 15 ページをご参照ください）。



主な特性

この高密度または超高密度カーボンブラシは摩擦が低く接触電圧降下も非常に少ないことから、損失が非常に少なく、高電流で作動します。

(CG) 銅基ブラシ・グレード

主な用途

- 低速、低電圧の直流回転機
- 中速、高負荷の交流非同期回転機（タービン発電機搭載）
- 中速交流同期電動機スリップリング
- 高電流収集システム（電解処理ライン、電線焼きなまし機、亜鉛メッキラインなど）
- 低電圧電流収集（軍、医療、医療補助、信号など）
- 特殊回転機
- ロータリ・ジョイントのスリップリング・アセンブリ

動作限界

- 電流密度：
 - ・ 定常状態下では $10 \sim 30 \text{ A/cm}^2$ ($75 \sim 200 \text{ A/in}^2$)
 - ・ 最大負荷では最高 100 A/cm^2 (660 A/in^2)。ただし金属含有量に応じて異なる
- 周速：最高 35 m/s (115 ft/s)、ただし金属含有量に応じて異なる

(CA/SG) 銀基ブラシ・グレード

銀グレードは銅グレードに比べて伝導度が高く、酸化銅の伝導性により特殊な低抵抗皮膜が形成されます。また、銀グレードは、低電圧電流信号を劣化することなく伝達することもできます。

主な用途

- 信号電流の伝達（熱電対、温度測定センサ、調整など）
- 回転装置へのパルス送信（レーダ、探鉱など）
- タコメータ発電機
- 航空宇宙および宇宙向け用途
- デュアル・グレード構造物における軸接地

動作限界

- 電流密度は最大 50 A/cm^2 (440 A/in^2)
- 周速：最高 25 m/s (82 ft/s)

カーボンブラシ・グレードの整理統合

現在使用しているブラシ・グレードやカーボンブラシの種類数を減らすことを望む企業数はますます増えています。Mersen はそのような期待に応えるお手伝いをいたします。

さまざまなブラシ・グレードがうまく機能するため、多くのシンプルな用途にとってこれは非常に簡単なことです。

しかしながら、取り扱いの難しい回転機の場合は入念に予備検査を行う必要があります。そのため Mersen は、お客様技術支援サービスにお問い合わせいただき、具体的な各事例に使用するブラシ・グレードを正しく選択されることをお客様にお勧めしています。

当社のお客様技術支援サービスは、どんなご質問でもご自由にお問い合わせいただけます。メルセン・エフエムエー株式会社までご連絡下さい。

TEL : 03-5325-6311 / Fax : 03-5325-6758

Mersen は世界 40 カ国以上の国々にございます。当社の支店にも、各地での技術支援をご自由にご依頼いただけます。

また、当社のウェブサイト (www.mersen.com) から世界的ネットワークにもアクセスいただけます。

接触電圧降下および摩擦の詳細（次ページの表参照）

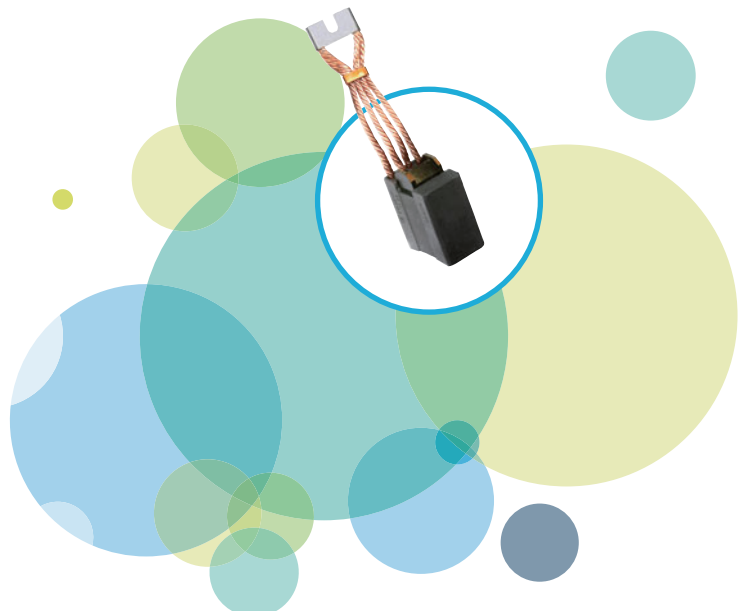
接触電圧降下および摩擦の値は、次表の通りです。

記号	語義	接触電圧降下 (両極性の合計)	摩擦 (μ)
H	高い	> 3 V	$\mu > 0.20$
M	中程度	2.3 V - 3 V	$0.12 < \mu < 0.20$
L	低い	1.4 V - 2.3 V	$\mu < 0.12$
VL	非常に低い	0.5 V - 1.4 V	
EL	極めて低い	< 0.5 V	

接触電圧および摩擦の値は、以下の実験室条件で銅整流子を用いて測定したものです。

要素	接触電圧降下	摩擦 (μ)
電流の種類	直流	直流
電流密度	10 A/cm ² (130 A/in ²)	10 A/cm ² (130 A/in ²)
速度	12.5 m/s (41 ft/s)	25 m/s (82 ft/s)
スプリング圧	18 kPa (2.6 PSI)	18 kPa (2.6 PSI)
温度	65-70°C (149-158°F)	65-70°C (149-158°F)
ブラシの種類	放射状	放射状

電流密度および周速作動条件は、正常に通常条件下で作動中の実際の回転機を観察して導いたものです。



ブラシ・グレード群の主な特性 (IEC 規格 60413 に準拠)

ブラシ・ グレード群	グレード	見かけ 密度	抵抗率 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ($\mu\Omega\cdot\text{in}$)	ショア 硬さ	曲げ 強度 Mpa (PSI)	接触 電圧 降下	摩擦	最大電 流密度 A/cm^2 (A/in^2)	最高 速度 制限 m/s (ft/s)	金属 含有量 %
EG - 電気黒鉛	EG34D	1.60	1,100 (433)	40	25 (3,626)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG389P	1.49	1,600 (630)	29	19 (2,756)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	L1	1.61	1,270 (500)	35	21 (3,046)	M	M	12 (77)	60 (197)	/
	EG362	1.60	2,500 (984)	35	21 (3,046)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG40P	1.62	3,200 (1,260)	57	27 (3,916)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG313	1.66	5,000 (1,968)	50	21 (3,046)	M	L	12 (77)	50 (164)	/
	EG367	1.53	4,100 (1,614)	52	21 (3,046)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG387	1.60	3,500 (1,378)	60	31 (4,496)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG300H	1.57	4,100 (1,614)	60	26 (3,771)	M	L/M	12 (77)	50 (164)	/
	2192	1.56	5,100 (2,008)	55	23 (3,336)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	CB377	1.71	6,350 (2,500)	75	29 (4,206)	H	L	12 (77)	40 (131)	/
	EG319P	1.46	7,200 (2,835)	52	26 (3,771)	H	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG365	1.62	5,300 (2,087)	40	15 (2,176)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
含浸電気 黒鉛	EG7099	1.72	1,100 (433)	40	34 (4,931)	M	M	12 (77)	45 (148)	/
	EG9599	1.61	1,600 (630)	33	28 (4,061)	M	M	12 (77)	45 (148)	/
	EG9117	1.69	3,300 (1,299)	77	36 (5,221)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG8019	1.77	4,700 (1,850)	77	31 (4,496)	M	M	12 (77)	45 (148)	/
	CB86	1.64	4,830 (1,902)	65	29 (4,206)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	2189	1.63	6,100 (2,401)	60	32 (4,641)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	510	1.44	7,100 (2,795)	45	17 (2,466)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	535	1.53	7,100 (2,795)	55	26 (3,771)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG8067	1.67	3,900 (1,535)	77	36 (5,221)	M	M	12 (77)	45 (148)	/
	AC137	1.72	5,100 (2,008)	80	41 (5,947)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	168	1.58	7,100 (2,795)	65	36 (5,221)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG8220	1.82	5,000 (1,968)	90	48 (6,962)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG7097	1.68	4,000 (1,575)	80	35 (5,076)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG341	1.57	7,200 (2,835)	74	34 (4,931)	H	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG7655	1.70	5,600 (2,205)	68	33 (4,786)	M	M	12 (77)	50 (164)	/
	EG6754	1.76	4,150 (1,634)	87	40 (5,802)	M	M	12 (77)	50 (164)	/

ブラシ・ グレード群	グレード	見かけ 密度	抵抗率 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ($\mu\Omega\cdot\text{in}$)	ショア 硬さ	曲げ 強度 Mpa (PSI)	接触 電圧 降下	摩擦	最大電 流密度 A/cm ² (A/in ²)	最高 速度 制限 m/s (ft/s)	金属 含有量 %
A - 炭素黒鉛	A121	1.75	2,250 (886)	30	26 (3,771)	M	L	12 to 20 (75 to 125)	≤ 15 (≤ 49)	/
	A176	1.60	52,500 (20,669)	40	20 (2,901)	H	L	8 to 10 (50 to 65)	30 (98)	/
	A252	1.57	45,000 (17,716)	27	16 (2,321)	H	L	10 to 12 (65 to 75)	≤ 25 (≤ 82)	/
	M44A	1.64	3,050 (1,201)	50	26 (3,771)	M	M	10 (65)	≤ 25 (≤ 82)	/
LFC - 軟黒鉛ブラシ	LFC501	1.46	1,900 (748)	10	8 (1,160)	M	L	6 to 10 (40 to 65)	75 (246)	/
	LFC554	1.26	2,000 (787)	12	11 (1,595)	M	L	11 to 13 (71 to 84)	100 (328)	/
BG - 樹脂黒鉛	BG412	1.82	13,800 (5,433)	/	36 (5,221)	H	M	8 to 10 (51 to 65)	35 (115)	/
	BG469	1.80	9,450 (3,720)	/	35 (5,076)	H	M	6 to 8 (40 to 50)	35 (115)	/
	BG348	1.50	25,500 (10,039)	/	25 (3,626)	H	M	8 to 10 (51 to 65)	40 (131)	/
CG - MC - 金属黒鉛 銅凝集	C6958	2.50	350 (138)	/	30 (4,351)	VL	M	10 to 25 (65 to 220)	≤ 32 (≤ 105)	25
	C7788	2.80	300 (118)	/	25 (3,626)	M	M	12 to 20 (75 to 125)	40 (131)	43
	CG651	2.95	130 (51)	/	30 (4,351)	VL	L	12 to 14 (75 to 90)	35 (115)	49
	CG626	2.88	180 (71)	/	45 (6,527)	VL	L	12 to 15 (75 to 100)	30 (98)	49
	MC79P	5.15	8 (3)	/	98 (14,214)	EL	L/M	25 to 30 (160 to 200)	20 (66)	83
	CG657	4.00	35 (14)	/	65 (9,427)	VL	M	12 to 20 (75 to 125)	30 (98)	65
	CG757	4.50	35 (14)	/	45 (6,527)	VL	M	16 (103)	25 (82)	75
	CG857	5.65	7.5 (3)	/	77.5 (11,240)	EL	M	20 to 30 (129 to 194)	20 (66)	91
	CG957	5.45	40 (16)	/	110 (15,964)	EL	M	20 to 30 (129 to 194)	20 (66)	87
	MC877	5.40	12.5 (5)	/	89 (12,908)	EL	M	20 to 30 (129 to 194)	20 (66)	87
CA - 金属黒鉛 銀凝集	CA38	2.55	250 (98)	/	10 (1,450)	EL	M	*	25 (82)	33
	CA26	3.60	20 (8)	/	40 (5,802)	EL	M	*	20 (66)	60
	CA28	4.00	40 (16)	/	45 (6,527)	EL	M	20 to 30 (129 to 194)	20 (66)	65
	CA10	8.00	6.5 (3)	/	160 (23,206)	EL	M	*	15 (49)	93
金属黒鉛 金属含浸	M609	2.65	310 (122)	35	33 (4,786)	VL/EL	EL	12 to 15 (75 to 100)	35 (115)	45
	M673	1.72	1,180 (465)	35	26 (3,771)	EL	H	10 to 12 (65 to 75)	40 (131)	5.5
	M9426	1.62	1,775 (699)	24	20 (2,901)	VL	M	12 to 15 (75 to 100)	30/45 (98/148)	9
	M621	3.00	400 (157)	34	35 (5,076)	EL	M	40 (267)	40 (131)	44
	M9020	1.75	2,700 (1,063)	68	37 (5,366)	L	M	12 to 15 (75 to 100)	45 (148)	5
	M8295	1.80	1,775 (699)	54	34 (4,931)	VL	M	12 to 15 (75 to 100)	30/45 (98/148)	9
	MA7696	3.00	250 (98)	/	33 (4,786)	VL	M	12 to 15 (75 to 100)	35 (115)	55

注: 1 MPa (メガパスカル) = 10 daN/cm² (デカニュートン/平方センチメートル) および 1 kPa (キロパスカル) = 10 cN/cm² (センチニュートン/平方センチメートル)。
*当社までお問い合わせください。(mA 低電流)。

用途別のグレード選定

Mersen は、最も困難な要件も満たすことのできる幅広いブラシ・グレードを展開していますので、当社のお客様技術支援サービスにお問い合わせいただき、具体的な各事例に最適なグレードを正しく選択されることをお客様にお勧めしています。

下表は、各種用途および作動条件（電流密度、周速および印加ブラシ圧）に最適なブラシ・グレードの詳細です。

回転機グループごとに最も一般的なブラシ・グレードをリストアップしています。

表内のブラシ・グレードの記載順は、性能の順位を表しているわけではありません。

絶対に1つのスリップリングまたは整流子において異なるブラシ・グレードを混ぜて使用しないでください。

「定置式」整流子回転機

電流の種類 / 用途	電流密度 A/cm ² (A/in ²)	速度 m/s (ft/s)	圧力 kPa (PSI)	ブラシ・グレード
直流				
補極のない旧型回転機				
全モーター	6 (40)	15 (49)	18 (2.6)	EG40P - A176 - EG34D
低電圧回転機（すべての入力電圧）				
船舶用タービン交流発電機 励磁機 30 ~ 50 V	4 - 8 (25 - 50)	25 (82)	18 (2.6)	LFC3H - EG7099 - CG651 - A121
溶接グループ発電機 30 ~ 50 V	0 - 20 (0 - 125)	< 20 (< 65)	18 (2.6)	EG389P - EG367 - EG313
産業用回転機（110 ~ 750 V）				
汎用モーター（高速）	8 - 12 (51 - 77)	20 - 45 (65 - 148)	18 (2.6)	EG34D - EG313 - EG367 - EG389P
水力タービン交流発電機 励磁機	8 - 12 (51 - 77)	< 20 (< 65)	18 (2.6)	EG34D - EG7099 - EDG389P EG9599 - EG365
熱タービン交流発電機励磁機	8 - 10 (51 - 65)	35 - 50 (115 - 164)	18 (2.6)	EG367 - EG365 - EG9599 - EG389P
パイロット励磁機	2 - 5 (13 - 33)	< 35 (< 115)	18 (2.6)	EG34D - EG389P - BG469
アンブリダイン	4 - 12 (25 - 77)	25 (82)	18 (2.6)	EG34D - EG389P
イルグナ発電機およびワード・ レオナード発電機（すべての速度）	4 - 12 (25 - 77)	20 - 35 (65 - 115)	18 (2.6)	EG389P - EG367 - EG313
製紙工場用電動機および 発電機	4 - 12 (25 - 77)	35 (115)	18 (2.6)	EG34D - EG9599 - EG7099 - EG34D EG389P - BG469 - EG313 - 168
船舶用発電機	4 - 12 (25 - 77)	20 - 35 (65 - 115)	18 (2.6)	EG34D - EG389P - EG7099 - EG313
圧延装置用転極電動機	8 - 20 (51 - 125)	0 - 15 (0 - 49)	18 (2.6)	EG319P - EG369 - EG313 - 2192 - 535 - 510
圧延装置用粗圧延発電機	8 - 15 (51 - 100)	20 - 35 (65 - 115)	18 (2.6)	EG389P - EG40P - EG319P - EG6489 EG313 - EG365 - 2192 - CB86
鋳業用巻取機発電機	12 (77)	25 (82)	18 (2.6)	EG313 - EG365 - EG367 - CB377
全閉発電機	10-12 (65 - 77)		18 (2.6)	EG9117 - EG8067 - EG7593
交流				
単相電動機および 反発電動機	8 (51)	5 - 15 (16 - 49)	18 (2.6)	A252 - EG367
シュラーゲ型三相電動機	8 - 12 (51 - 77)	5 - 35 (16 - 115)	18 (2.6)	BG412 - BG469 - BG348 - EG367
ショーシ型三相電動機	10 - 14 (65 - 90)	5 - 35 (16 - 115)	18 (2.6)	BG28 - BG469 - EG367 - BG348
セルビウス式回転機	7 - 9 (45 - 58)	30 (98)	18 (2.6)	EG389P - EG313 - LFC554 - EG362

「牽引式」整流子回転機

電流の種類 / 用途	電流密度 A/cm ² (A/in ²)	速度 m/s (ft/s)	圧力 kPa (PSI)	ブラシ・グレード
直流				
軽牽引				
全電動機	8 - 12 (51 - 77)	40 - 50 (131 - 164)	30 - 40 (4.4 - 5.8)	EG34D - EG7099 - EG387 - EG9599 - EG8067
重牽引				
旧型電動機	10 - 12 (65 - 77)	< 45 (< 148)	< 35 (< 5)	EG34D
最新型電動機	> 12 (> 77)	> 45 (> 148)	35 (5)	EG300H - EG9117 - EG387 - EG8067 EG7097 - EG6754 - EG8220
ディーゼル発電式牽引（機関車および電気トラック）				
発電機	10 - 14 (65 - 91)	40 (131)	25 (3.6)	EG389P - EG7099 - EG8067 - AC137
交流発電機（励磁）	8 - 12 (51 - 77)	< 50 (< 164)	22 (3.2)	EG34D - EG389P - L1
電動機	15 (100)	45 (148)	35 (5)	EG7099 - EG8067 - EG7097 - EG6754 - EG8220
フォークリフト・トラック用電動機および巻き上げ電動機（低電圧）				
開放型（操作）	15 - 20 (100 - 130)	10 - 25 (33 - 82)	35 (5)	A121 - M621 - C7788
整流電流				
重牽引				
最新型電動機	12 - 15 (77 - 100)	50 (164)	35 (5)	EG367 - EG300H - EG8067 - EG7097 - EG6754
交流				
16$\frac{3}{4}$ および 50 Hz 重牽引				
電動機	12 - 16 (77 - 104)	45 (148)	25 (3.6)	EG367 - E8067 - EG7097

スリップリング回転機

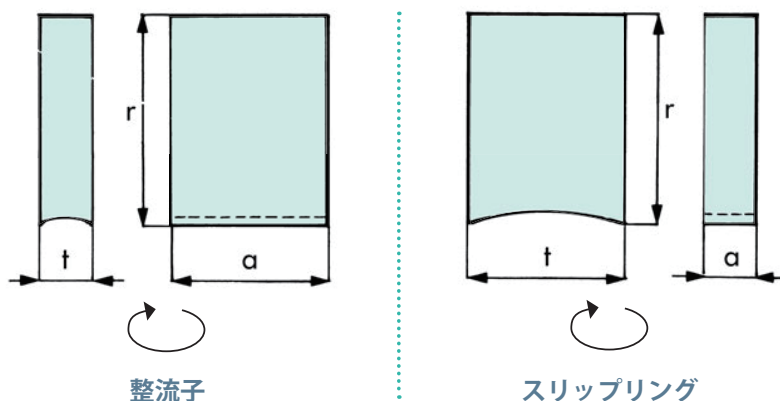
電流の種類 / 用途		スリップ リング材質	電流密度 A/cm ² (A/in ²)	速度 m/s (ft/s)	圧力 kPa (PSI)	ブラシ・グレード
地帰路電流ユニット（ERCU）						
すべて		スチール - 青銅	0 - 30 (0 - 194)	3 - 8 (10 - 26)	35 - 40 (5 - 5.8)	MC877 - MC79P
直流						
酸洗ロールおよびスズめっきロール		青銅	20 - 30 (125 - 194)	3 (10)	18 - 40 (2.6 - 5.8)	MC79P - CG957
同期回転機（溝付きまたは平面スリップリング）	3 000 rpm	ステンレス	11 - 13 (62 - 85)	≤ 100 (≤ 328)	13 - 18 (1.9 - 2.6)	LFC554
		スチール	6 - 10 (39 - 65)	≤ 70 - 80 (≤ 230 - 262)	15 - 18 (2.2 - 2.6)	LFC501
	1 500 rpm	スチール - 青銅	8 - 12 (51 - 77)	≤ 40 (≤ 131)	18 (2.6)	CG651 - CG657 (Bronze) EG34D - EG389P L1 (Steel)
	≤ 500 rpm	鋳鉄	6 - 10 (39 - 65)	≤ 20 (≤ 66)	18 (2.6)	EG34D - EG389P - L1
水素の等化器		スチール - 青銅	5 - 8 (33 - 52)	25 (82)	18 (2.6)	EG34D - EG9599 - M9426
交流						
非同期回転機	開放型	スチール - 青銅	12 - 16 (78 - 104)	15 - 25 (49 - 82)	18 (2.6)	CG651 - EG34D - EG389P CG657
	全閉型	スチール - 白銅	6 - 8 (39 - 52)	15 - 25 (49 - 82)	18 (2.6)	EG34D
カーボンブラシ持ち上げ装置付き電動機		スチール - 青銅	25 - 30 (163 - 195)	20 - 25 (66 - 82)	18 (2.6)	MC79P - CG957
高速非同期（ポンプ、換気装置）		青銅	8 - 10 (52 - 65)	≤ 50 (≤ 164)	18 (2.6)	EG389P - EG34D - M9426
同期誘導回転機		青銅	8 - 12 (51 - 77)	15 - 40 (49 - 131)	18 (2.6)	M673 - M9426
風力発電機		スチール - 炭素	12 - 15 (78 - 98)	45 (148)	18 (2.6)	M8285 - M9426 - CG626

主なカーボンブラシの種類、寸法および金具

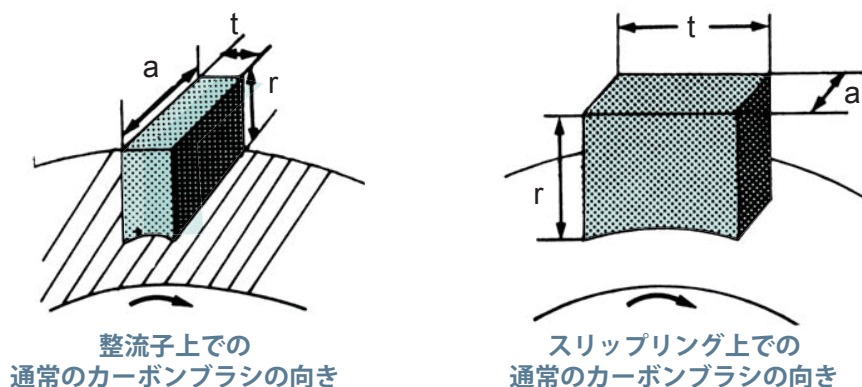
「t」、「a」、および「r」寸法

ブラシの要件について当社にお問い合わせの際は、以下についてお知らせください。

- 寸法「t」×「a」×「r」（IEC 規格 60136）
 - 「t」は接線寸法または「厚さ」
 - 「a」は軸方向寸法または「幅」
 - 「r」は半径方向寸法または「長さ」
 「r」寸法は参考としてのみ使用する場合があります。
- 整流子およびスリップリング・ブラシの両方に同じ規則が適用されます。
- 帝国単位とメートル単位は混同しやすいため、測定単位の指定にはご注意ください（1"は25.4 mmで、25 mmではありません）。

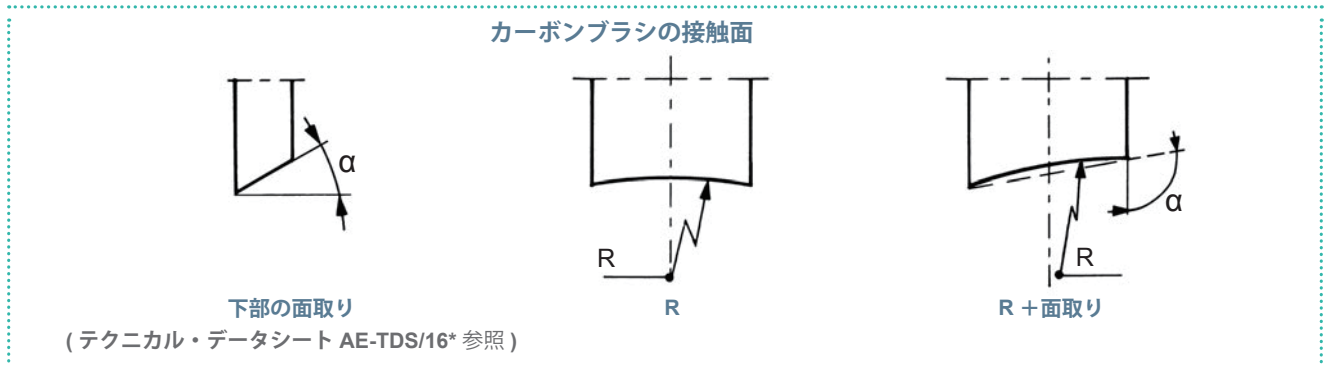
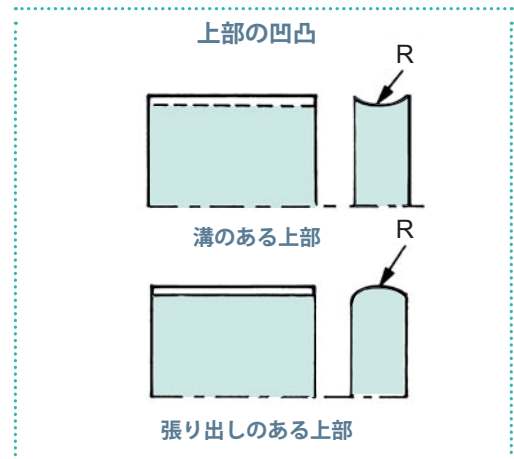
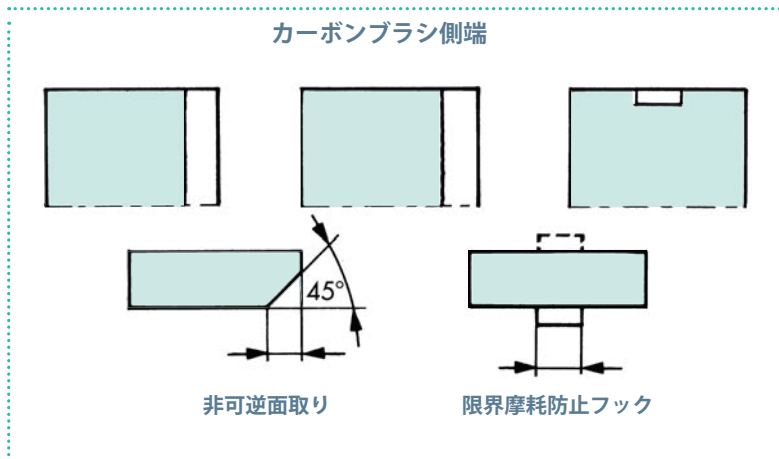
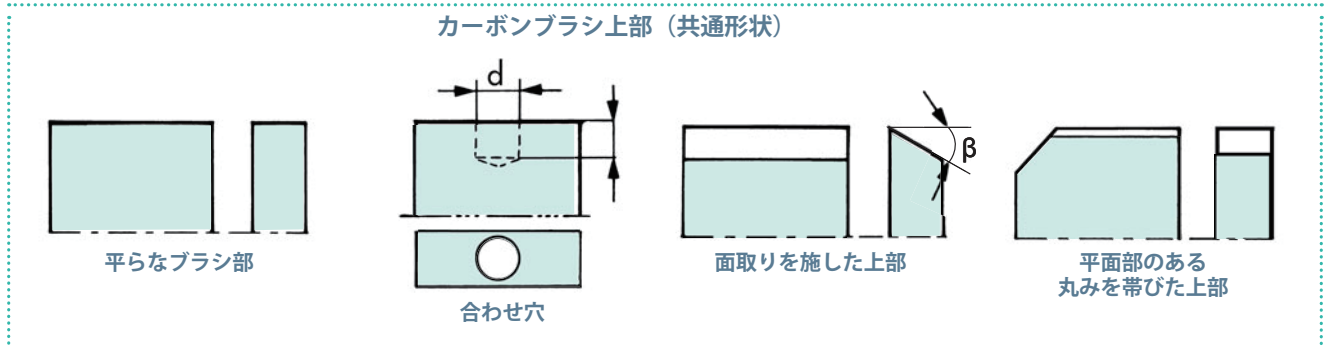


整流子またはスリップリング上でのカーボンブラシの向き



金具の種類

標準のブラシ構造



端子の種類および寸法

くわ形端子

フラグ端子

ダブル・シュー端子

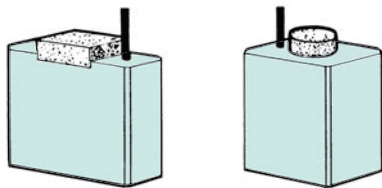
溝および穴の寸法						
ボルト直径 (mm)	3	4	5	6	8	10
d (mm)	3.4	4.3	5.2	6.5	8.5	10.5

シャント長さ

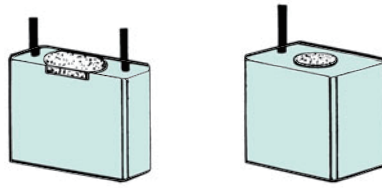
標準値 L (mm)
16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 56 - 63 - 71
80 - 90 - 100 - 112 - 125 - 140 - 160

* 詳しい情報は、ご要望に応じてお送りする当社のテクニカル・データシートならびに当社ウェブ・サイト (www.mersen.com) にてご覧いただけます。

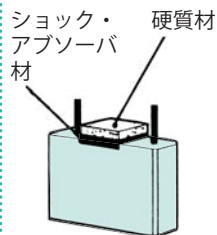
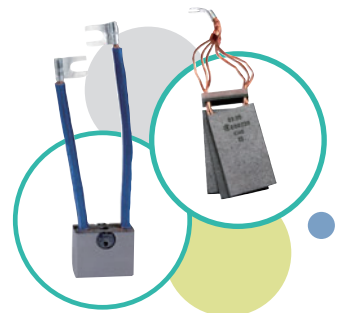
取付方法



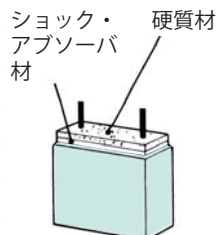
ショック・アブソーバを接着



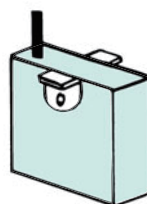
上部に硬質の絶縁処理
(埋め込み式および接着式)



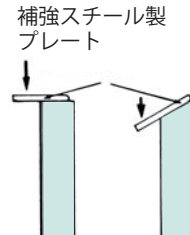
ショック・アブソーバ
および硬質材製固定
プレート
「SILESS」



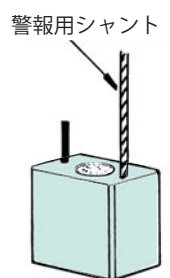
ショック・アブソーバ
および硬質プレート
(2枚のプレートは
2つの柔軟材にねじで
取り付けられており、
接着はされていない)



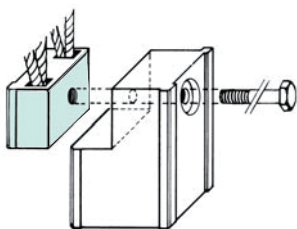
摩耗制限
プラスチック・
クリップ



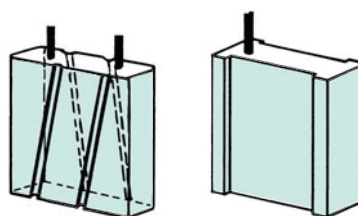
片持ち式圧力装置用
トップ・プレート



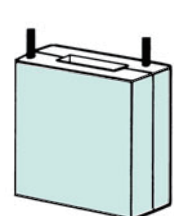
警報用シャント
付きブラシ



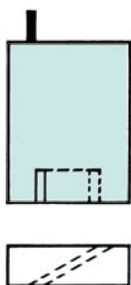
スズめつきロール用に
上部が取り外し可能なブラシ



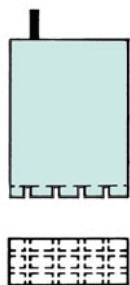
単一ブラシ



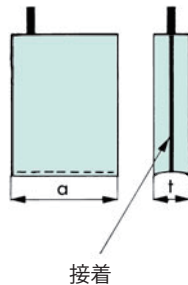
分割ブラシ



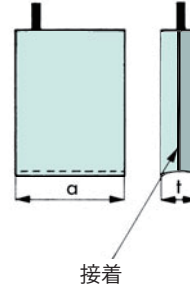
のこ引きされた
接触面



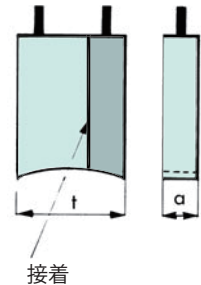
十字状に溝が
設けられた接触面



サンドイッチブラシ*
(EG2層)



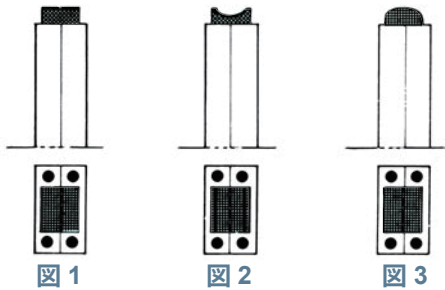
接着ブラシ*
EG1層
BG1層



接着
スリッピング用
デュアル・グレード
複合材製ブラシ*
EG1/3層
CG2/3層

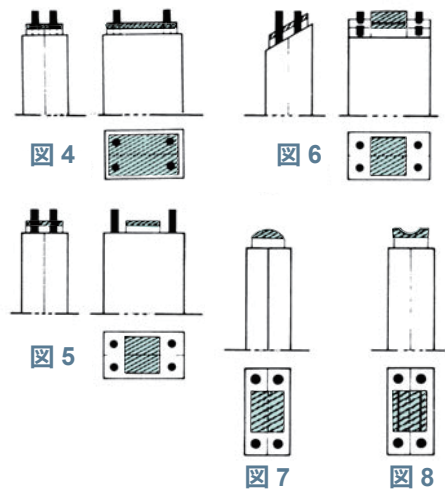
分割ブラシ用金具

接着式ゴム・パッド



このパッドは対称で、両方向に回転することができますが、圧力はスプリングの接触点にかかります。また、パワー・パッドの摩擦係数が高いため、スプリングがブラシ上部で自由にはずれず、水平力が働きます。

ショック・アブソーバ・プレートおよび硬質トップ・プレート



これは最も一般的な取付方法です。ショック・アブソーバ・プレートはカーボンブラシの上に直接配置され、プレート上部には硬質の非金属製プレートが置かれます。これら2つの部材は、シャントをその中通すことで所定の位置に保持されます。これらは自立させておくことも（図4）、互いにカーボンブラシに接着することも（図5および図6）可能です。硬質トップ・プレートは、スプリングの形状に応じて凸形状（図7）または凹形状（図8）に機械加工することができます。

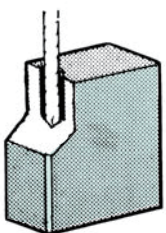
シャント

シャントの直径は、以下の通り工業規格に準拠しています。

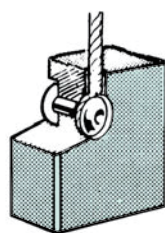
直径 (mm)	1.6	1.8	2	2.2	2.5	2.8	3.2	3.6	4	4.5	5	5.6	6.3
公称電流値 (A)	15	17	20	24	28	32	38	44	50	60	75	85	100

すべてのシャントには、腐食防止のためにスズめっきが施された電線を使用しています。

メイン・シャント／カーボンブラシ固定方法



タンピング：
導電性粉末をシャント
周辺の穴に機械的に充填。



かしめ：
特定の用途（航空機など）に使用する
工程。カーボンブラシ内に入れ込まれた
シャント・ループは、リベット留め
を行う前にあらかじめ工具で形成。

カーボンブラシを回転機に取り付ける際の推奨事項

カーボンブラシ

当社の推奨事項は以下の通りです。

- 重大な問題の発生を防ぐため、1 台の回転機でグレードの異なるカーボンブラシを混合して使用しないでください。
- カーボンブラシのグレード変更を行う際は、必ず既存の皮膜を除去してください。
- カーボンブラシがブラシホルダー内を自由に摺動し、またクリアランスが大きすぎないか確認してください（テクニカル・データシート AE-TDS/04* 参照）。
- カーボンブラシがブラシホルダー内に誤った向きで取り付け（または再取り付け）されていないか確認してください。これは、接触面が面取りされているカーボンブラシや金属製プレートをついた分割ブラシの場合は特に重要です。

カーボンブラシ座面のすり合わせ

カーボンブラシの座面とスリップリングまたは整流子の外周面とを正確に合わせるには、低負荷または無負荷運転時にブラシ座面用砥石（軽石の類い）を使用します。座面用砥石の砥粒がブラシの座面を素早く磨滅させて適した湾曲を作ります。もちろん、この作業の後に「M」（中型粒子）グレードの砥石を再度使用することが重要です。

カーボンブラシ材を大きく削り込む必要がある場合は、まず 60 または 80 グリットのサンドペーパーを用いて表面を粗磨きします。

粗磨きは、図 1 に示す通りに座面と整流子との間にサンドペーパーの研磨面を上にして挟み込み、前後に動かして行います。

ブラシのすり合わせが終了した後、研磨剤やカーボン・ダストを吹き払って座面全体をクリーニングします。

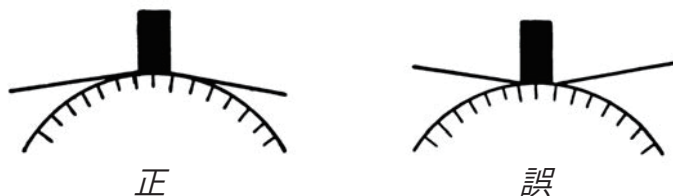


図 1

ブラシホルダー

- ブラシホルダーが作動していることを確認し、内面の状態を点検します。
- ブラシホルダーと整流子との間の距離を、2.5 ～ 3 mm に調節します（図 2）。
- カーボンブラシを、整流子片と平行に並べます。
- カーボンブラシ全体において圧力が均等であるか、適切なゲージを用いて確認します。

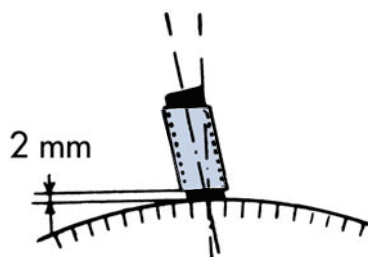


図 2

正常な作動状態での推奨圧力

グレード群		スリップ リング での圧力 kPa (PSI)	整流子での圧力	
			定置式 回転機 kPa (PSI)	牽引式 回転機 kPa (PSI)
電気黒鉛		18 - 20 (2.6 - 2.9)	18 - 20 (2.6 - 2.9)	35 - 45 (5.1 - 6.5)
樹脂含浸電気黒鉛			18 - 25 (2.6 - 3.6)	35 - 55 (5.1 - 8)
炭素黒鉛および樹脂接着			18 - 20 (2.6 - 2.9)	n/a
軟黒鉛		11 - 20* (1.6 - 2.9)		
金属黒鉛	通常速度	18 - 20 (2.6 - 2.9)		
	速度 < 1 m/s	25 - 27 (3.6 - 3.9)		

* 当社までお問い合わせください。

注: 1 kPa = 10 cN/cm² (センチニュートン / cm²) = 0.145 PSI では、ほぼ 10 g/cm² です。

整流子およびスリップリング

3 mil (75 μm) を上回る直径差や、表面に明らかな不具合がないか確認します (テクニカル・データシート AE-TDS/02* 参照)。必要に応じて、工具支持フレームを用いて研磨または機械加工します。整流子の溝を圧延するか切り下げます (図 1)。整流子片の端から 0.2 ~ 0.5 mm のところを 45° で面取りします (図 2)。表面を「M」グレードの砥石でクリーニングします。研磨紙や研磨布は使用しないでください。正しく皮膜を形成し維持するには、十分な粗さ (1.3 ~ 2 μm Ra) が絶対に必要です。

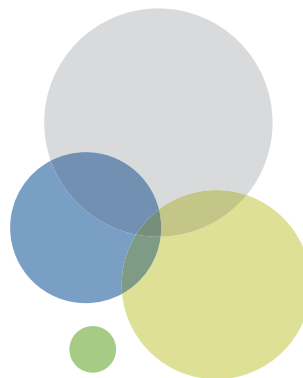
当社の専門家が現場で診断、メンテナンスおよび改修を行うことも可能です。



図 1



図 2



回転機の運転を開始する

まず、すべてのカーボンブラシがブラシホルダー内で自由に摺動し、シャントが正しく設置されており、端子が適切に締結されているか確認します。そしてできれば低負荷で回転機を始動し、全負荷に達するまで徐々に負荷を増します。

* 詳しい情報は、ご要望に応じてお送りする当社のテクニカル・データシートならびに当社ウェブ・サイト (www.mersen.com) にてご覧いただけます。

スリップリングおよび整流子の皮膜の図解ガイド

テクニカル・データシート AE-TDS/13

皮膜は金属酸化物、炭素および水の複合混合物で、コレクタまたはスリップリングの上に沈着します。皮膜を詳しくよく見ることで、回転機の状態を判断することができます。

以下は、皮膜の状態、および整流子やスリップリングの不具合ならびにその原因の各種例です。

P. 皮膜の種類

適切な皮膜

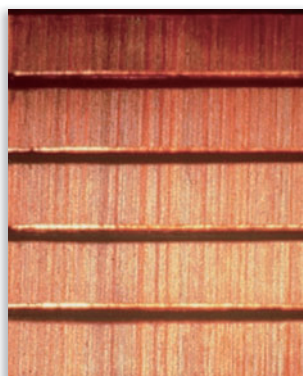
色の強度

● P2 - P4 - P6：正常な皮膜

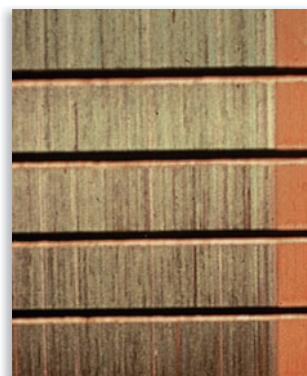
均一な明るい茶色（P2）から暗めの茶色（P6）。
回転機およびカーボンブラシは良好に機能している。



P2



P4



P6



監視が必要と思われる皮膜

皮膜蒸着の種類

- **P12：縞模様のある皮膜**

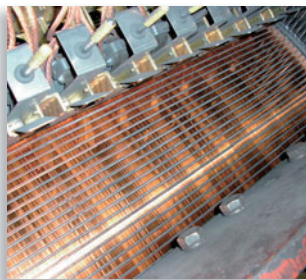
幅の異なる線状または帯状で、明るい箇所と暗い箇所が交互にあり、銅の摩耗はない。
主な原因：大気中の過度の湿度、オイル蒸気または侵食性ガス、カーボンブラシの負荷不足。

- **P14：溝がむき出しの皮膜**

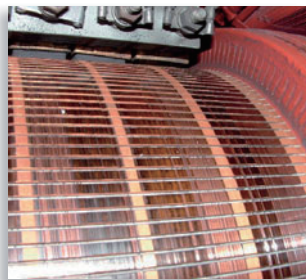
P12と同様であるが、銅色の溝がむき出しになっている、もしくは非常に色が明るい帯状の部分があり、金属が侵食されつつある。
主な原因：縞模様のある皮膜と同様であるが、さらに状態が悪いもしくは長期にわたっている。また、カーボンブラシのグレードが適していない可能性がある。

- **P16：まだらな皮膜**

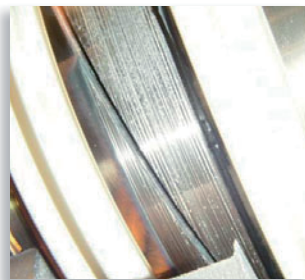
形状や色、大きさがさまざまな箇所があり、パターンが決まっていない。
主な原因：整流子に変形したり汚れたりしている。もしくはスリップリングの円が歪んでいる。



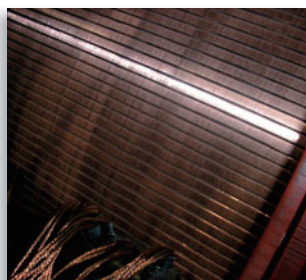
P12



P14a



P14b



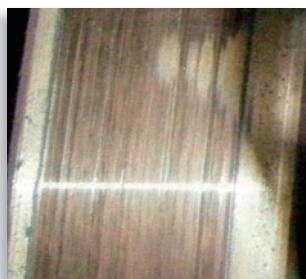
P14c



P14FF*



P16a



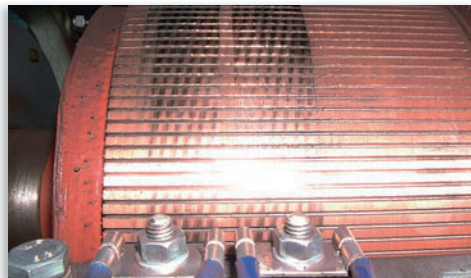
P16b



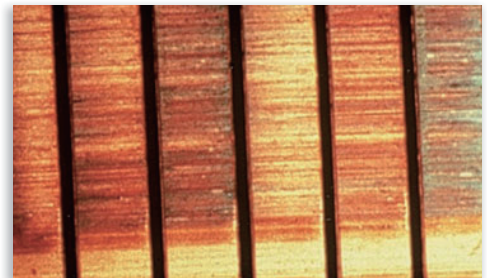
P16FF*

機械的原因による不均一

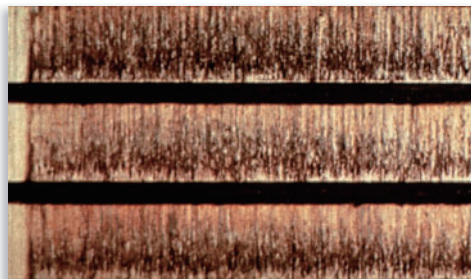
- **P22：均一でない皮膜、「ねじ山」の影響**
主な原因：メンテナンス作業時の整流子の機械加工不良（工具のがたつき）
- **P24：ところどころに黒ずみがあり、その後に色が薄く褪せている箇所があることが多い、整流子の変形の兆候**
主な原因：1つの整流子片または整流子片群に影響を及ぼし、カーボンブラシをバウンドさせる不具合。
整流子片の色が明るいとき高さが高く、色が暗いとき高さが低い状態。
- **P26～P28：中央または端部に黒ずんだ箇所がある**
整流子片の中央部（P26）または両端（P28）にある濃淡。
主な原因：整流子のメンテナンス不良。



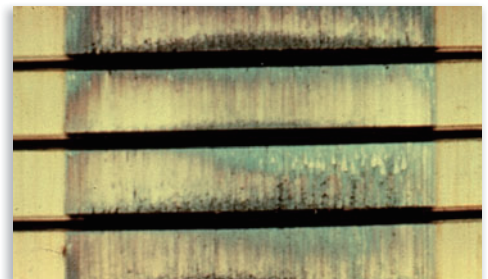
P22



P24



P26



P28

電気的原因による整流子片痕

- **P42：色の明るい整流子片と暗い整流子片が交互に存在**
色の暗い整流子片は、外観につやがある、つやがない、または黒い。このパターンが、整流子全体で繰り返されている。
主な原因は電気的なもの。これらはスロット1箇所当たりに複数の導体がある電機子において発生し、これによりスロット内の各導体の整流が連続的かつますます困難になる。
- **P44：陥凹 - 強力な火花痕**
主な原因：高周波電流フロー



P42



P44

汚染が原因による箇所

- **P62：皮膜上の強力な沈着物（油、グリス）**
主な原因：メンテナンス作業時にカーボンブラシが汚染。または環境要因。



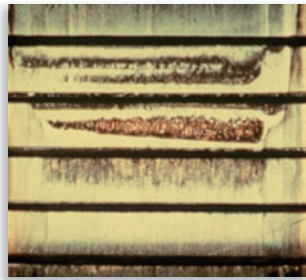
P62

B. 燃焼

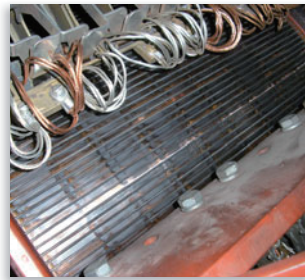
- **B6：整流子片の火花焼け**
- **B8：整流子片中央部の燃焼**
- **B10：皮膜の陥凹**
さまざまな数の色の明るい小さな箇所が、皮膜の施された正常な軌道上にランダムに広がっている。
主な原因：カーボンブラシ下での火花。



B6



B8

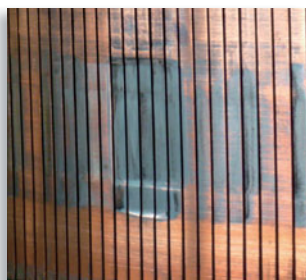


B10

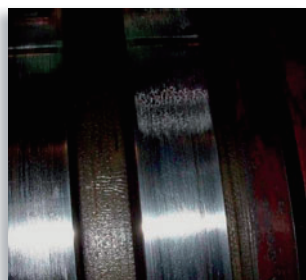
T. 痕

特殊な種類

- **T10：整流子にブラシの形**
- **T11：スリップリングにブラシの形**
整流子またはスリップリングにおいて、暗い色または黒色の痕がカーボンブラシの接触面の形状通りについている。
主な原因：長期にわたる停止期間における予想外の過負荷または電解痕。
- **T12：整流子片の高度が高い L2 が原因で暗い色の縞模様が発生**



T10



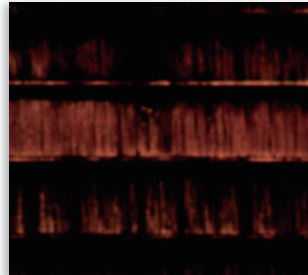
T11



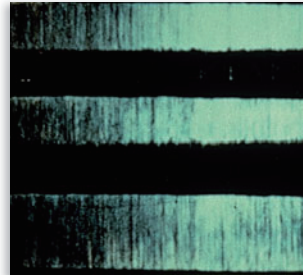
T12

特殊な種類（続き）

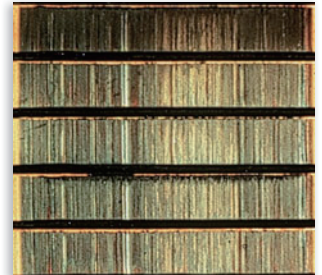
- **T14**：整流子片の高さが低い L4 が原因で**暗い色の縞模様**が発生
- **T16**：ハイマイカ L6 が原因で**暗い色の縞模様**が発生
- **T18**：バリ L8 が原因で**局所的に色の暗い箇所**が発生



T14



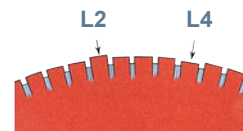
T16



T18

L. 整流子片の不具合

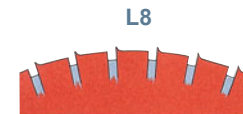
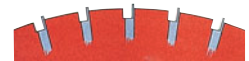
- **L2**：整流子片が高い
- **L4**：整流子片が低い
- **L6**：ハイマイカ
- **L8**：整流子片端部のバリ
- **L10**：銅・ドラッシング



L2

L4

L6



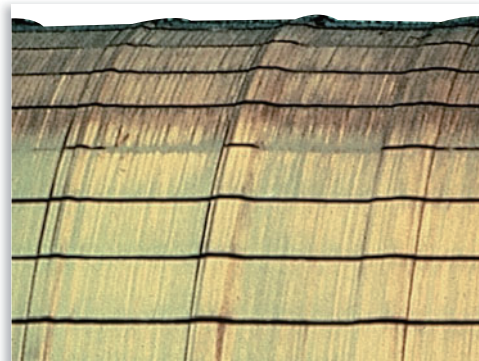
L8



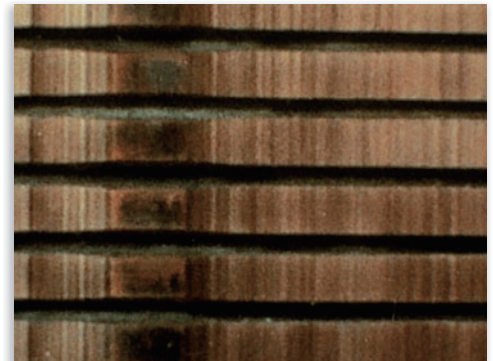
L10

R. 整流子片の摩耗

- **R2**：軸歯形を有する整流子の各軌道上に金属摩耗がみられる - スタッガー配列は適切。
この摩耗は、非常に長い期間動作を続けると発生する場合がある。
- **R4**：軸方向のスタッガー配列が正しく行われていないこと、カーボンブラシ材が適切でないこと、各種汚染などが原因で発生した異常な金属摩耗がみられる整流子。



R2



R4

Mersen のサービス

Mersen によるメンテナンスおよびサービスの提供

あらゆる技術的専門知識、メンテナンス、またはトレーニングについて、Mersen の専門家が幅広い知識、長年の経験および世界規模の展開を提供します。

専門知識

- 世界中の現場での実用的なサポート
- 整流に関する専門知識
- 測定および診断
- 日常的なサポート・サービス
- 電話による技術支援
- 当社ウェブサイト (www.mersen.com) 上でまたはご要望に応じて技術文書をオンラインで提供

Windtracker™ サービス

Mersen は、風力発電所のオペレータをサポートするために Windtracker™ サービスを開発しました。

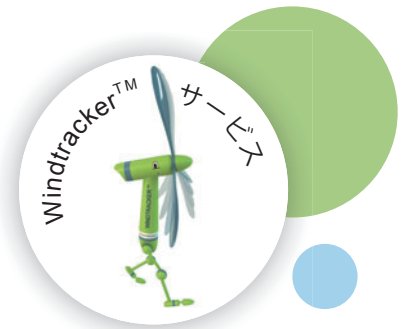
Windtracker™ の専門家、専任の風工学エンジニアおよび技術者が非常に優れたサービス、診断能力、具体的な技術支援およびトレーニングを提供するため、風力タービンの性能を最大限に高めることができます。また、これらは五大洲におよぶ大規模な専門家のネットワークによって支援されているため、Mersen はどこであってもお客様のニーズに応えることができます。

トレーニング

Mersen は、電動機のメンテナンスに関するトレーニング・コースを提供しています。25 年以上にわたり、3,000 人以上の技術者たちが当社の施設 (STAGELEC) または自身の施設 (EXTELEC) のどちらかでトレーニングを受けています。

メンテナンス

- 診断
- 現場での整流子、スリップリング、およびブラシホルダーの改修
 - 表面の調整
 - マイカのアンダーカット (整流子)
 - 整流子片端部の面取り (整流子)
 - らせん溝端部の面取り (スリップリング)
 - 直径差の機械加工
 - カーボンブラシ圧の測定
 - 適したカーボンブラシ・グレードの提案
 - カーボンブラシ、ブラシホルダーおよび整流子またはスリップリング・システム一式の再設計
 - 回転機の性能を向上させる機構の設置 (カーボンブラシ摩耗遠隔監視装置、ダスト摘出手法など)
 - 改造ソリューション
- 日常的サポート・サービス





工具およびアクセサリ

Mersen は、カーボンブラシの使用および回転機のメンテナンスに用いる工具およびアクセサリを提供しています。

- **CL-Profiler (CL- プロファイラ)**
 - ・整流子およびスリップリングの形状を計測。
 - ・低速誘導プローブ
- **ComPro2000™**
 - ・作動中に整流子の形状を測定
 - ・いかなる速度にも対応する非接触式渦電流変換器
 - ・接触測定
 - ・ルビーの先端により「通電」状態での測定が可能
- ブラシホルダー圧力システムを測定するための**電子力ゲージ**
- 回転機の表面のメンテナンスを行うための**工具**
 - ・砥石（研磨布、ブラシ配置石）
 - ・スクレーパおよび溝削り用やすり
- **マイカ・アンダーカッター**
- 回転機においてスリップリング、整流子およびカーボンブラシを制御するための**ストロボスコープ**
- **カーボンブラシ摩耗表示システム**
- **粗さ計**
- **スリップリングおよび整流子のメンテナンス用工具キット一式**（当社までお問い合わせください）
 - ・スプリング圧測定のための 0 ～ 2.5 daN フォース・ゲージ
 - ・皮膜およびカーボンブラシを監視するための電池式照明付き拡大鏡
 - ・カーボンブラシとブラシホルダーのクリアランスを測定するための隙間ゲージ（11 ブレード）
 - ・カーボンブラシの摩耗を測定するための 0 ～ 200 mm キャリパ
 - ・カーボンブラシの振動を測定するための絶縁プローブ
 - ・砥石
 - ・研磨布

カーボンブラシの注文方法

特性および識別コード

カーボンブラシは、以下の4つの特性によって明確に定義されています。

- ブラシに刻印されている部品番号またはブラシのグレード（材料および実施可能な処理）
- ブラシの形状と主な寸法（18 ページ参照）
- 追加金具の種類または取付方法（19 ～ 21 ページ参照）
- 用途および電動機の特性

部品番号でブラシを特定するのが最も優れた方法ですが、他の追加情報も役立ちます。

カーボンブラシを定義する方法は他にもあります。

図面カタログ

当社にて、図面およびお客様の工場で使用されているカーボンブラシのモデル・コードが含まれたブラシの図面カタログを製作することが可能です。このようなカタログを使用することで、メンテナンス担当者の方がカーボンブラシの識別およびスペアの発注を容易に行うことができます。カーボンブラシごとに図面とコード番号を設けていますので、図面カタログに記載されているコードを引用するだけで発注が可能です。

ブラシホルダーでの識別

Mersen 製ブラシホルダーの場合、ホルダーの種類とケージの「t x a」寸法、およびカーボンブラシのグレードをお知らせください。

モジュール式ブラシホルダー（MONG、MOSPI タイプ）の場合は、カーボンブラシの高さを決めるシース高さ（N、B、H および TH）が必要となります。

また、電動機でのブラシ・ギヤの配置によって異なるシャント長さ、およびターミナル・ボルトの直径も必要です。

その他すべてのタイプについては、カーボンブラシのサンプルまたはブラシホルダーの図面、ならびに電動機の種類と特性が必要です。

カーボンブラシのサンプル

通常は、カーボンブラシのサンプルがあれば、たとえ摩耗していても主な寸法を判断することができます。ただし、ブラシの高さだけは、ブラシホルダーに準じて I.E.C. が発行し当社に支給されるリストに基づいて別途選択する必要があります。

カーボンブラシの図面（または略図）

規格や Mersen の製造基準に基づく要件を除けば、カーボンブラシの図面を作成する際に必要な追加仕様はほとんどありません。

非常に特殊な場合以外は、以下を記載する必要はありません。

- 主なブラシ寸法およびシャント長さの公差
- 面取り寸法
- アタッチメントや接続具に使用されている材料の種類および厚み
- シャントの横断面図および構図
- シャントおよび端子部品の締結方法
- シャントのブラシへの挿入深さ
- 端子部品の全体寸法

納入

どのような種類の電動機にも適合するカーボンブラシの大半は、約 1 週間で供給できます。状況によっては 1 日での納入も可能です。

カーボンブラシ 用途記述書

(文は IEC 規格 60136 に準拠)

貴社名 姓 / 名
所在地 電話番号 Fax 番号
..... E-mail
ご記入日

青字で書かれている質問は、お使いの回転機に最適なブラシ・グレードを判定するのに欠かせない情報です。

回転機に関する情報

- 1• 回転機のメーカー名：
- 2• 回転機の種類：
- 3• 発電機：□CC □CA - 電動機：□CC □CA
回転方向：反転可能ですか？ □ はい □ いいえ
- 4• 変換器：□CC - CA □CA - CC

	公称値	実際値	
		通常	最大
5• 速度 (rpm)			
6• 電圧 (V)			
7• 電流 (A)			
8• 電力 (kW)			

- 9• 負荷：
- 10• 負荷サイクル（無負荷%含む）：
- 11• 励起：□シャント □他励 □直列励起 □複合励起
- 12• 回転機の構造：□開 □保護 □閉
- 13• カーボンブラシのメーカー名およびグレード
- 14• スリップリングの位置：
□ベアリングの間 □ベアリングの外
- 15• スリップリングは密閉されたケースの中に格納されていますか？ □はい □ いいえ

回転機的环境

- 16• 業種：
- 17• 周囲温度 (°C / °F)：
- 18• 稼働中の温度 (°C / °F)：
- 19• 相対湿度 (%)：
- 20• オイル蒸気：
- 21• 腐食性ガス - 種類？
- 22• ダスト - 性質：
- 23• 振動？

作動情報：

- 24• ブラシの平均寿命（時間）：
- 25• 問題の内容（問題がある場合）：

整流子

直径：
整流子片の数：
整流子片の幅：

マイカの幅：
軌道の数：
軌道当たりの
ブラシ本数：
ボールの数：

ブラシ寸法：
(図 1 参照)
t = a = r =

ブラシ下部の角度
(図 3、4 および 5 参照)
 $\alpha = \dots\dots\dots^\circ$

上面取り部の角度
(図 10 参照)
 $\beta = \dots\dots\dots^\circ$

分割ブラシ？
□ 図 6 □ 図 7
□ 図 8 □ 図 9

同じ経路にあるブラシは：
□ 一直線に並んでいる
□ スタッガ配列されている

スリップリング

直径：
幅：
数： □2 □3
材質：

らせん溝：
□あり □なし

リング当たりの
ブラシ本数：

ブラシ寸法：
(図 2 参照)
t = a = r =

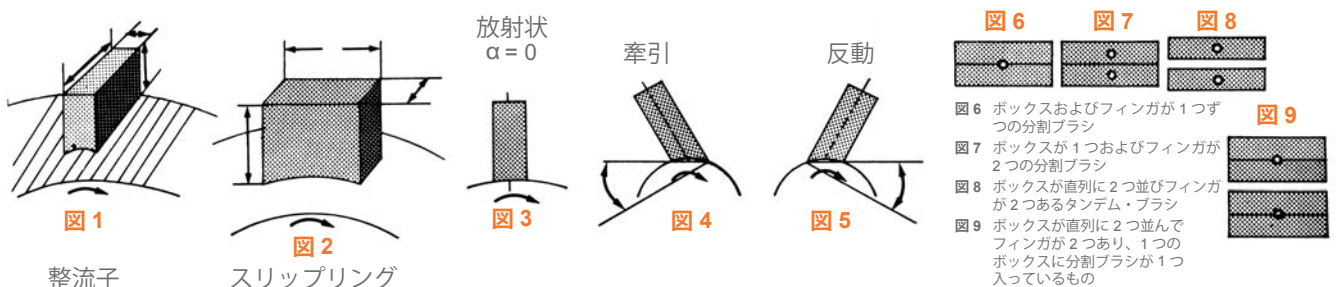
ブラシ下部の角度
(図 3、4 および 5 参照)
 $\alpha = \dots\dots\dots^\circ$

上面取り部の角度
(図 10 参照)
 $\beta = \dots\dots\dots^\circ$

分割ブラシ？
□ 図 6 □ 図 7
□ 図 8 □ 図 9

リング当たりの電流：
..... A
□CC □CA

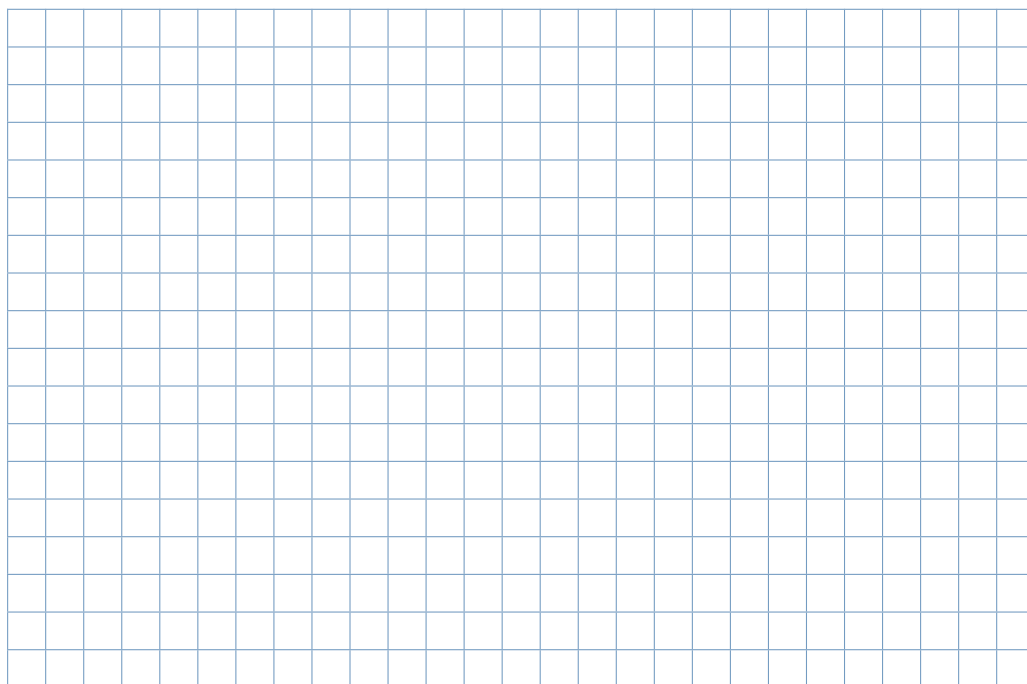
- 26• □ 整流子の状態 □ スリップリングの状態
□ 良い □ 光沢あり □ 光沢なし
□ 円滑な動き □ 摩耗あり □ 溝あり
□ 均一 □ 痕あり
痕：□ 均等に分布 □ 不規則に分布 □ 焼け
色：□ 明るい □ 平均 □ 暗い



お客様の特定の用途に最適なカーボンブラシをお探しいたしますので、
この用紙にご記入をお願いいたします。

可能であればお使いのカーボンブラシのサンプルをお送りください（摩耗したものでも可）。
シャントおよび端子が搭載された状態のブラシの詳細図でも結構です（下図 10 の絵を参考にお使いください）。

お使いのブラシの寸法入り手書き図



l シャント長さ (mm)		取付間隙の直径 または幅 (mm)	
---------------	--	----------------------	--

カーボンブラシの製作に必要な情報

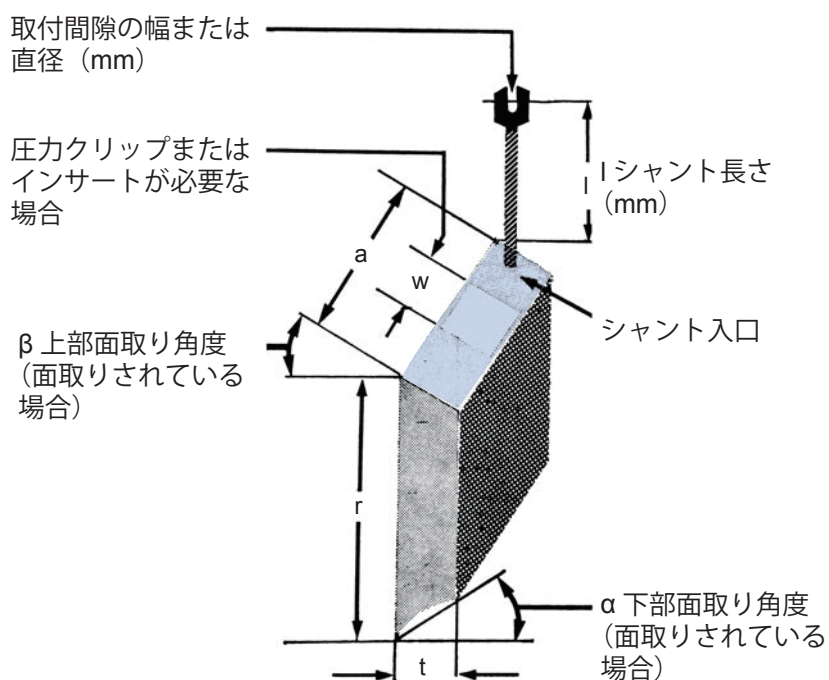
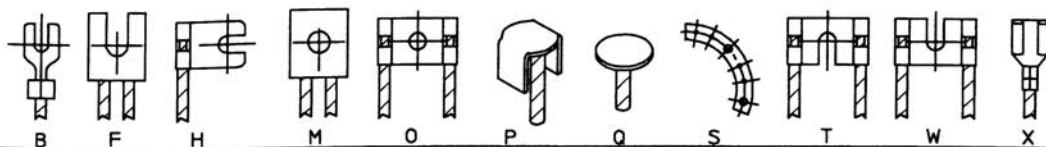


図 10

標準形状

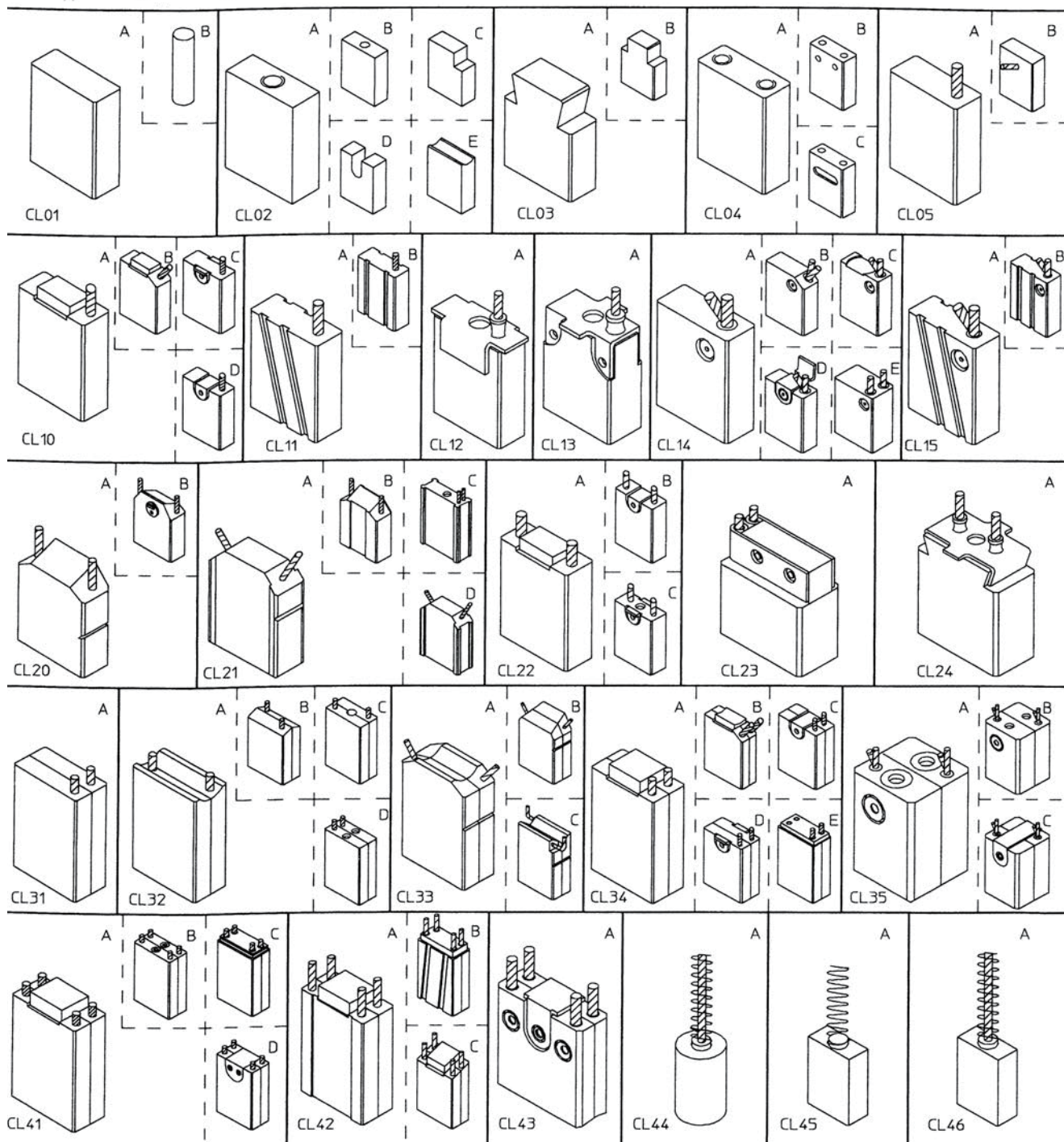
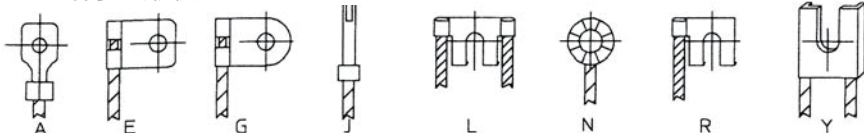
新型端子形状（推奨）

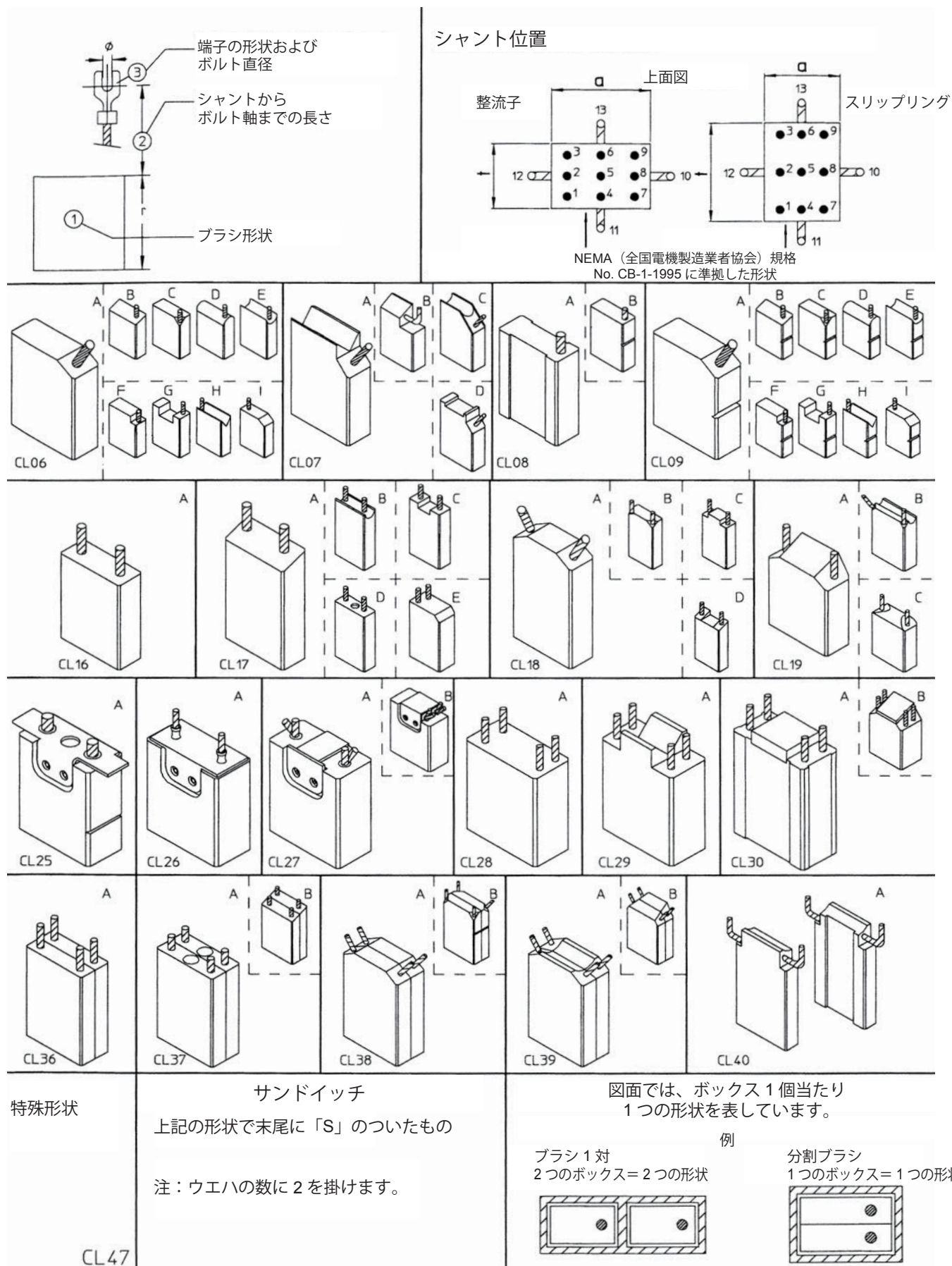


特殊形状の端子

Z

旧型端子形状

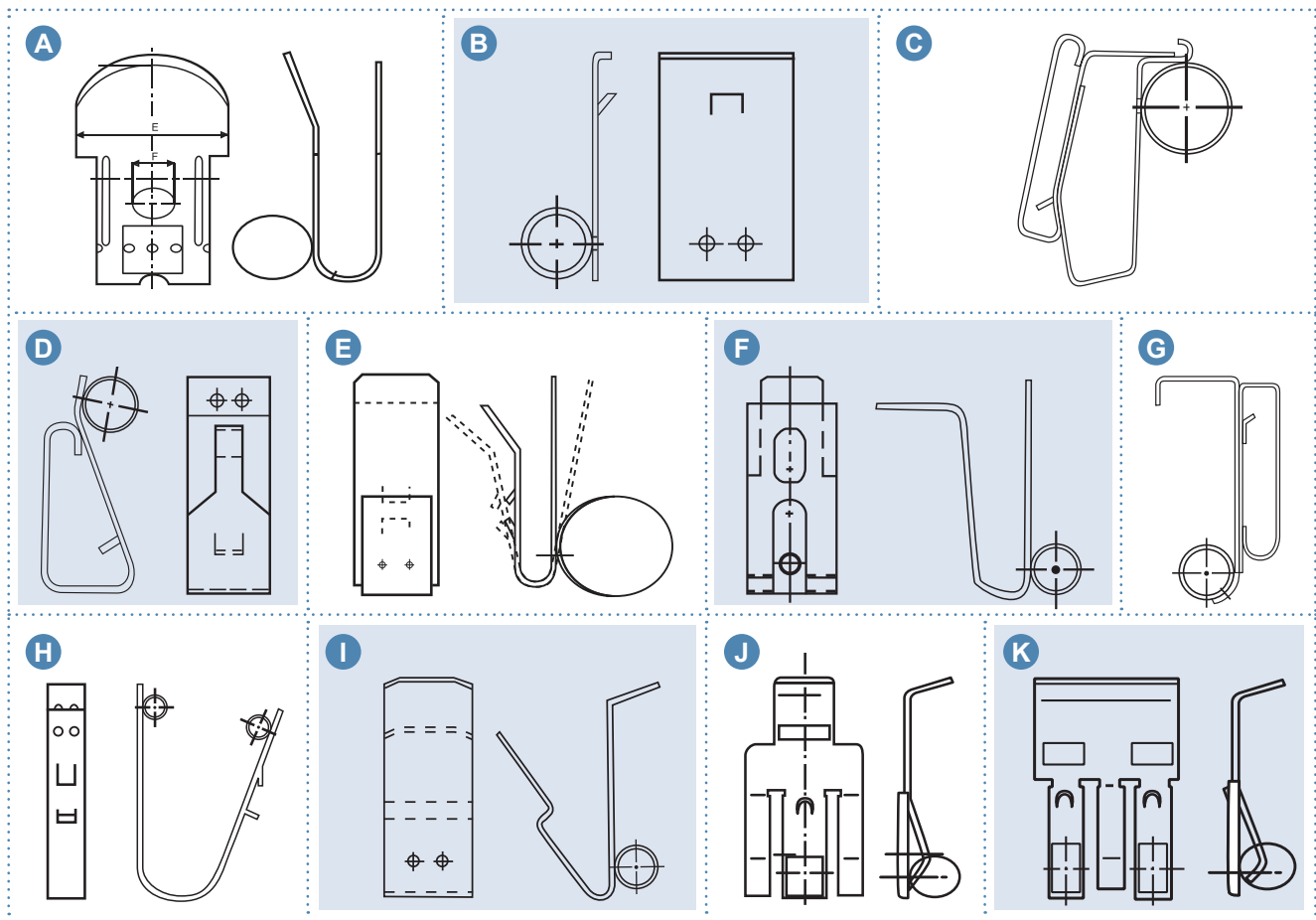




ブラシホルダー圧カシステム選択のための 質問表

貴社名 姓 / 名
 所在地 電話番号 Fax 番号
 E-mail
 ご記入日

欧州モデル用スプリングおよびスプリング・キャリアの識別



お客様のニーズに合っているもののアルファベットをご記入ください。

お探しのスプリングが上にある場合は、本用紙の裏面にスプリングの正面図と側面図をお描きいただくか、サンプルを当社までお送りください。なお、最低発注量は 4 個となっております。

寸法および特性

ブラシ寸法	t:	mm	a:	mm	r:	mm
スプリング	直径:	mm	幅:	mm		
スプリング・キャリア	幅:	mm	高さ:	mm	厚さ:	mm
	材質:				絶縁:	
ブラシホルダー	幅:	mm	長さ:	mm		
	ホルダ底部から取付ピンまでの寸法:					mm

その他情報

キャリアの刻印: 数量: ブラシ付きでの納入をご希望ですか？ ☐ はい ☐ いいえ

This image shows a full page of blank graph paper. The background is a very light gray, and it is covered by a precise grid of thin, light blue horizontal and vertical lines. These lines intersect to form a series of small, identical squares across the entire surface of the page. There are no margins, text, or other markings present.

[illegible]

本ガイドにおける専門用語の記載箇所

・見掛け密度	14, 15
・ベークライト黒鉛または樹脂接着カーボンブラシ（グレード）	11, 15
・整流子片端部の面取り	3, 29
・炭素黒鉛（グレード）	10, 14, 23
・カーボンブラシの設置または配置	22
・カーボンブラシの誘導またはブラシホルダー	4, 22
・カーボンブラシ位置	18, 31
・カーボンブラシ圧	4, 5, 6, 13, 16, 22, 23, 29, 30
・整流	3, 5, 6, 11, 26, 29
・接触面	6, 7, 19, 22
・腐食性蒸気またはガス	7, 25
・電流密度	6, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17
・電流分布	4, 5, 6
・デュアル・グレード（複合）カーボンブラシ	5, 20
・ダスト	6, 7, 8, 29
・電気黒鉛（グレード）	9, 14, 23
・曲げ強度	14, 15
・「 μ 」 摩擦係数または摩擦	4, 6, 7
・湿度	5, 6, 7, 25
・含浸	9, 12
・最大負荷、軽負荷、過負荷	4, 6, 25, 27
・金属含有量（グレード）	12, 15
・金属黒鉛カーボンブラシ（グレード）	12, 15, 23
・マイカ、マイカのアンダーカット	3, 23, 28, 29, 30
・マルチ・ウエハ・カーボンブラシ	5, 20
・油および炭化水素	7, 25, 27
・直径差、振れ、変形	3, 4, 23, 25, 29
・（周辺）速度	4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 23
・抵抗率	6, 14, 15
・サンドイッチ・カーボンブラシ	5, 6, 20
・ショア硬さ	14, 15
・皮、皮膜	5, 6, 7, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30
・軟黒鉛カーボンブラシ（グレード）	10, 15, 23
・スタagger配列されているカーボンブラシ	5
・表面状態／粗さ	3, 4, 22, 23, 29
・「t」、「a」、「r」寸法	18
・温度	5, 9, 11, 12, 13
・電圧降下／接触電圧降下	5
・振動	4, 5, 10, 30



本テクニカル・ガイドに加え、ご要望に応じて其他文書もご提供可能です。
どうぞお気軽にお問い合わせください。

MERSEN のテクニカル・データシートのリスト (www.mersen.com でも入手可)

AE-TDS/01 優れたカーボンブラシの機能、
知っておくべきこと

AE-TDS/02 整流子およびスリップリングの
表面の状態 - 粗さ

AE-TDS/03 整流子片端部の面取り
リングのらせん溝加工

AE-TDS/04 ブラシおよびブラシホルダーの公差
「t」 および「a」 寸法

AE-TDS/05 カーボンブラシの減少

AE-TDS/06 装置停止時のニュートラル設定

AE-TDS/07 サンドイッチブラシ - 複合ブラシ

AE-TDS/08 予防保全

AE-TDS/09 円周方向のブラシのスタッガー配列

AE-TDS/10 スリップリングのねじ切り

AE-TDS/11 ブラシのスプリング圧

AE-TDS/12 通気

AE-TDS/13 整流子およびスリップリングの
皮膜の外観

AE-TDS/14 ブラシの火花

AE-TDS/15 ブラシの摩耗

AE-TDS/16 カーボンブラシ寸法の標準化

AE-TDS/17 空気の湿度

AE-TDS/18 整流子およびリングの脱脂

AE-TDS/19 ブラシの配置

AE-TDS/20 スリップリング・ブラシ

AE-TDS/21 整流子片の銅製ブリッジ
(カップ・ドラッシング)

AE-TDS/22 同期回転機のスリップリング上の
ゴースト・マーク (ゴースト発生)

AE-TDS/23 シリコン

AE-TDS/24 ブラシの摩耗により発生するダスト

AE-TDS/25 軽負荷下の回転機



Mersen は、非常に厳しい環境に適した材質やソリューション、ならびに電気機器の安全性と信頼性に関する世界的なエキスパートです。

当社の市場：

- **エネルギー：** 風力・水力・太陽光発電・原子力・従来の火力・オイルおよびガス
- **輸送機関：** 鉄道・航空宇宙および航空・港湾および船舶・電気自動車
- **電子工学：** ポリシリコン・パワー・エレクトロニクス・半導体・化合物半導体・光ファイバ製造
- **化学物質および医薬品：** 有機化学薬品・無機化学薬品・精製化学製品および医薬品
- **プロセス産業：** 冶金・採掘・油およびガス・セメント・パルプおよび紙・ゴムおよびプラスチック
・水および廃水処理・アセンブリの製造・金型産業・ガラス産業・焼結・加熱炉産業
- **その他市場：** 商業・住居・データ通信・エレベータ・フォーク・リフト





MERSEN
Expertise, our source of energy

メルセン・エフエムエー株式会社
〒163-0706 東京都 新宿区 西新宿
2-7-1小田急第一生命ビルディング 6 階
TEL:03-5325-6311 FAX:03-5325-6758

www.mersen.com