

# パンタグラフ用カーボン系すり板

(1990年頃～現在)

Key-words: 電気鉄道、集電、パンタグラフ、カーボン

**注1** すり板は、厚さ1～2.5cm、幅2.5～4cm、長さ約27cmの小片で、1台のパンタグラフに4～8枚取り付けられており、摩耗する毎に取り替えられる。

**注2** 電車に電気を供給する架線群を総称して電車線と呼ぶ。電車線のうちパンタグラフが接触する線がトロリ線で、直径が12～17mmの純銅または銅合金でできている。

**注3** 電車の電源には交流と直流があり、交流は新幹線(25kV)と北海道、東北、北陸、九州の在来線(20kV)のみで、それ以外はほとんどが直流(1.5kV)である。直流電車の1台のパンタグラフの電流は最大1600A程度まで達する。

電車のパンタグラフ用カーボン系すり板は、パンタグラフとトロリ線(架線)との摩擦部分に使われる材料で、炭素材料の持つ潤滑性によりすり板自身のほか相手材であるトロリ線の摩耗も少なく、設備の保守経費節減に有効である。実用化のためには材料の導電性を純カーボンの10～15倍まで高める必要があり、国鉄改革前後には経費削減策の一つとして開発が進められた。営業車に搭載してすり板・トロリ線双方の摩耗状況を調査した結果では、すり板の摩耗は従来からの焼結合金すり板並み、トロリ線の摩耗は従来の約1/2～1/3に減少することが確認されている。1990年頃からは急速に普及し、2001年には在来線電車の約2/3で使用されている。近年は新幹線などの高速車両への適用が検討されている。

## 1. 製品適用分野

電車のパンタグラフ

## 2. 適用分野の背景

電車の屋根上にはトロリ線(架線)から電気を取り入れるためにパンタグラフがあり、その最上部にすり板<sup>注1</sup>が取り付けられている(図1)。すり板はトロリ線<sup>注2</sup>と接触・摩擦し電流<sup>注3</sup>を取り入れる部材で、車両部品としての機械的強度、電気部品としての導電性、摩擦部品としての潤滑性・耐摩耗性、消耗部品としての経済性・環境適応性が求められる。これら特性のうちいずれを重視するかは時々の状況により異なり、状況に応じていくつかの材料が使われてきた。例えば、第二次大戦以前は純銅、戦時中の物資不足の際は一時的に純カーボン、戦後は新幹線も含め焼結合金などである。1990年頃からは鉄道の経費節減、特に設備保守経費節減のために、すり板の相手材のトロリ線の摩

耗が少ない、カーボン系すり板が使われている。なお、カーボンと炭素とは同義であるがパンタグラフ用の炭素材料製品には従来から「カーボン」の語が用いられているため、本稿ではすり板材料をさす場合は「カーボン」を用いる。

## 3. 製品の特徴と仕様

摩擦材として炭素材料を使うと、潤滑が良好で互いの摩耗が少ない状況が生じ、相手材の摩耗もわずかなる。

すり板などの摩擦材として使われる炭素材料は結晶構造が未発達な多孔質炭素材料で、コークス、黒鉛などを原料とし、これにコールタールピッチなどを加えて練り成形し焼成されて製造される。焼成したままの多孔質炭素材料(純カーボン)は抵抗率が30 $\mu\Omega$ m程度で、すり板としても使用可能だが、焼成前の原料粉の段階や焼成後の炭素に金属を含有させることにより、強度を約2倍、導電性を約10倍に高めることができる。これらの金属を含有したすり板用の炭素材料をカーボン系すり板と呼んでいる。2000年頃からは炭素繊維を用いた炭素繊維強化炭素複合材(C/C複合材)の基材に金属を含有させた材料もすり板に適用されている。

## 4. 製品の開発経緯

国鉄(当時)でのすり板への炭素材料適用の試みは1975年頃に遡る。炭素材料をすり板に適用する場合は導電性が問題となる。すり板とトロリ線の接点に通電すると接点温度が上昇し、

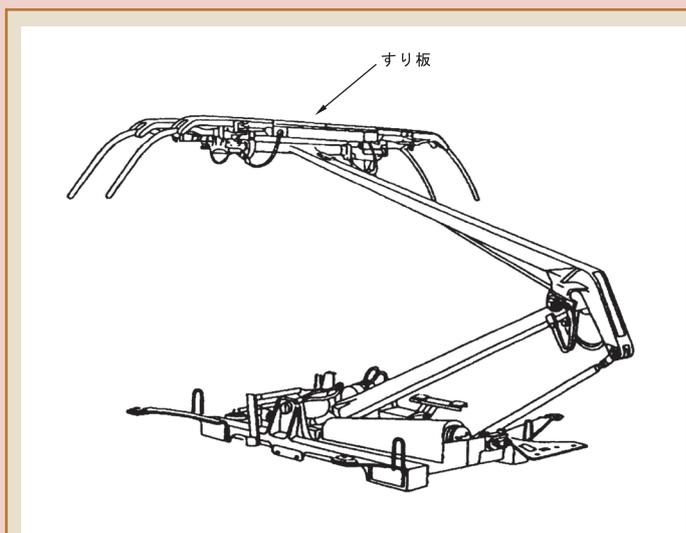


図1 在来線用パンタグラフの例

パンタグラフすり板は、パンタグラフの最上部に取り付けられた部材で、摩耗する毎に取り替えられる。

電車の停車中は接点の位置が動かないため温度が高く  
なる可能性がある。一方、トロリ線は銅合金であり、  
例えば純銅では90℃以上の温度に一定時間以上曝さ  
れると強度が低下して最悪の場合は断線する可能性が  
ある。実験の結果、パンタグラフ電流が大きい国鉄の  
直流電車で炭素材料をすり板として安全に使うには、  
抵抗率を3 $\mu\Omega\text{m}$ 以下にする必要があり、表1の仕様  
を目標として国鉄と炭素材料メーカーで共同開発が進め  
られた。国鉄改革後の1988年には目標仕様を満足す  
る材料が開発され、開発材を実車に搭載しすり板とト  
ロリ線の摩耗状況を調査した結果、すり板の摩耗は従  
来の焼結合金並み、トロリ線の摩耗は従来の約1/2～  
1/3で、トロリ線の摩耗低減効果が高いことが確認さ  
れた。その後JR各社の在来線では焼結合金すり板か  
らカーボン系すり板への置き換えが進められ、2001

年の時点で在来線の約2/3の電車でカーボン系すり板  
が使われている。

1998年には、C/C複合材(炭素繊維強化炭素複合材)  
の基材に銅チタン合金を含ましすり板材料が開発さ  
れた。この材料はそれまでのカーボン系すり板より軽  
く、衝撃強さが約2倍で、ネジ止めにより直接パンタ  
グラフに装着することができる。

## 5. 製法

現在は3種類の製法により金属を含有させたカー  
ボン系すり板が使われている。それぞれの物性および  
製造工程はそれぞれ表1および図2に示すとおりであ  
る。

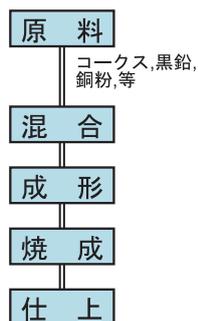
(1) 金属粉を混合し焼結

コークス粉、黒鉛粉等と銅粉とを混合してCIP成形

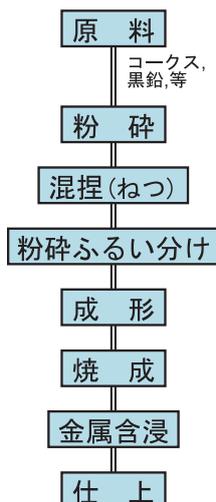
表1 カーボン系すり板の開発目標値と製造方法ごとの実用材の物理特性例

製造方法		実用材			開発 目標値
		図2(1)	図2(2)	図2(3)	
成 分	基材となるカーボン材	多孔質 炭素材	多孔質 炭素材	C/C 複合材	
	含有金属	Cu	Cu	Cu, Ti	
	金属の含有方法	混合	含浸	含浸	
物 理 特 性	抵抗率 ( $\mu\Omega\text{m}$ )	1.0	1.8	1.1	3以下
	密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	3.7	2.9	2.7	---
	曲げ強さ (MPa)	120	110	150	100以上
	シャルピー衝撃値 ( $\text{kJ}/\text{m}^2$ )	4.2	4.0	7.0	3以上

(1) 金属粉を混合し焼結する場合



(2) 多孔質炭素材料に金属を含浸する場合



(3) C/C複合材に金属を含浸する場合

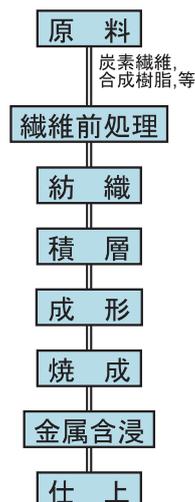


図2 カーボン系すり板の製造工程例

現在実用されている3種類のカーボン系すり板の製造工程。

し、銅の融点を下回る約 970°C で焼結する。銅の重量比は約 50% である。

#### (2) 多孔質炭素材料に金属含浸

コークス粉、黒鉛粉等とコールタールピッチを混捏（こねつ）して CIP 成形し、約 1300°C で焼成してできた多孔質炭素材料に、溶融した銅を含浸させる（図 3）。

銅の重量比は約 48% である。

#### (3) C/C 複合材に金属含浸

熱可塑性樹脂で前処理した炭素繊維で布を織り、これを積層し圧縮成形した後に焼成してできた C/C 複合材に、溶融した銅チタン合金を含浸させる（図 4、図 5）。

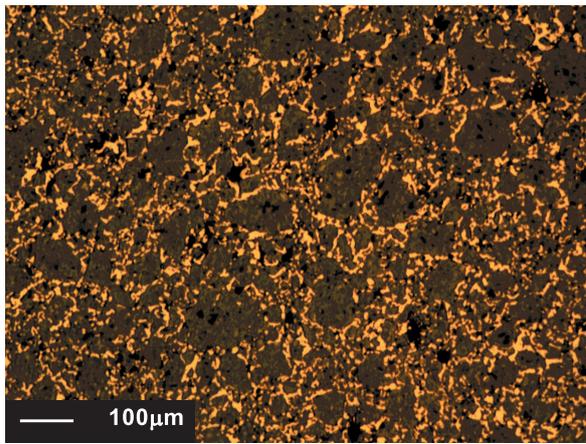


図 3 多孔質炭素材料に金属を含浸して製造されたすり板の断面組織

茶色の部分がカーボン基材、黄色の部分が含浸された銅である。なるべく少ない金属でより低い抵抗率（高い導電性）を得るために、金属がネットワーク状につながる構造になっている。

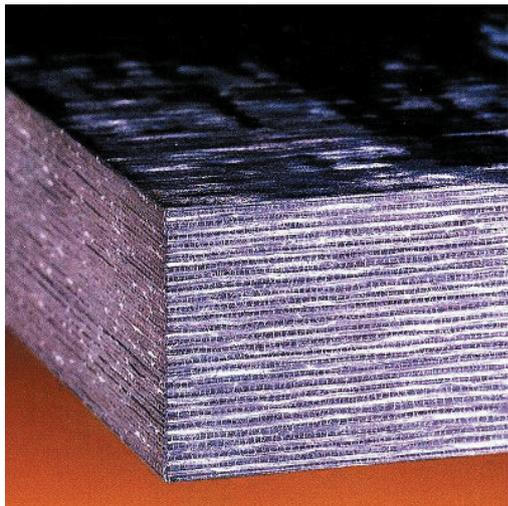


図 4 C/C 複合材に金属を含浸して製造されたすり板の外観

炭素繊維の織布を積層し成形しているため、層状の構造が観察される。

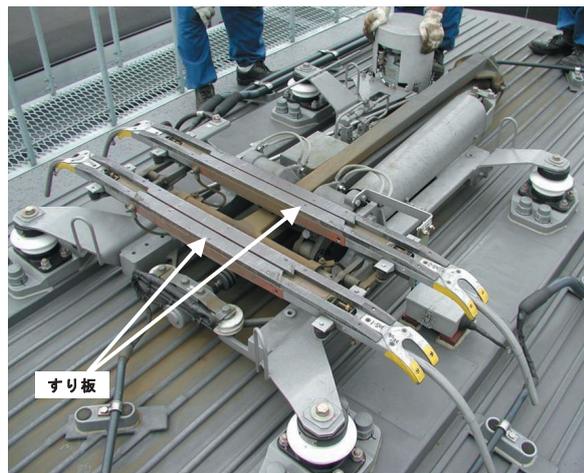


図 5 C/C 複合材によるカーボン系すり板の取り付け状況

C/C 複合材に金属を含浸して製造したカーボン系すり板をパンタグラフに取り付けた状況。ネジ止めにより取り付けられている。

銅・チタンの重量比は約 34% である。

## 6. 将来展望

多くの電車でカーボン系すり板が使われるようになり、トロッコ線の摩耗低減による設備保守経費節減に寄与しているが、在来線の電気機関車および新幹線では実用化には至っていない。新幹線においては、過去にカーボン系すり板を営業車に搭載して調査が行われ、使用可能であることが確認されている。しかし、現状では、新幹線用パンタグラフは形状に対する制約が厳しくカーボン系すり板を装着するにはさらに開発を要すること、炭素材料の持つ脆性に対する懸念が払拭されていない状況であること等のため、実用化は進んでいない。

このような状況下で、C/C 複合材を基材としたカーボン系すり板は軽量で強度が高く、ネジ加工も可能であることから、新幹線などの高速車両のパンタグラフへの応用が期待されている。

### 文献

久保俊一, トライポロジスト, 50, 3, pp.202-207 (2005).

[連絡先] 久保 俊一

財団法人鉄道総合技術研究所 材料技術研究部  
〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38