

# 摩擦係数安定銅フリーブレーキパッド

## Copper-Free Brake Pads with Stable Friction Coefficient

原 泰啓 Yasuhiro Hara 西村 圭一郎 Keiichiro Nishimura 藤岡 蔵 Osamu Fujioka

モビリティ事業本部 モビリティ開発センタ 高機能部材開発部

### 1 概要

自動車の制動部品であるブレーキパッドは、車両の静粛性を損なう鳴きや振動と関連する摩擦係数の安定性を求められている。近年、電気自動車の普及に伴う回生協調ブレーキ増加や自動制御技術向上のために、摩擦係数安定性がより強く求められるようになった。一方、ブレーキパッドから排出される摩耗粉に含まれる銅が河川を汚染するという懸念から、北米で銅使用規制が始まり、2025年以降の北米販売製品は銅フリー化される。本稿ではその規制に対応して2016年より生産開始した銅フリーブレーキパッドの摩擦係数安定化について述べる。

Brake pads of automobiles are required to have a stable coefficient of friction, which is correlated to squealing and vibration that impair the quietness of the vehicle. Because of the increase in regenerative coordinated brakes and improved automatic control technology accompanying the spread of electric vehicles, friction coefficient stability is strongly demanded. On the other hand, due to concerns that the copper contained in wear powder discharged from brake pads contaminates rivers, restrictions on the use of copper began in North America, and products sold in North America after 2025 will be made copper-free. This article describes the friction coefficient stabilization of copper-free brake pads that started production in 2016.

### 2 製品の特長

- ・ 2025北米銅規制に適合する。
- ・ 静粛性に優れる(鳴き・ジャダー振動に優れる)。
- ・ 高温制動においても摩擦係数不安定化、摩耗増大が起きにくい。

### 3 開発の経緯

ブレーキパッドは摩擦力で自動車を停止させる部品で、鉄や銅などの金属繊維、無機繊維、有機繊維と研削剤や潤滑剤などの摩擦調整材を熱硬化性樹脂(主にフェノール樹脂)で固めた摩擦材を鉄製プレートに接着したものである(図1)<sup>1)</sup>。ブレーキパッドには摩擦係数( $\mu$ )の高さや安定性、耐摩耗性や相手ディスクの低研削性が求められる。摩擦係数安定性は制動性能やブレーキノイズにつながる(図2)<sup>2)</sup>。相手ディスクの研削性が高いとディスクが偏摩耗し、ジャダー振動を引き起こす<sup>3)</sup>。

米国で摩耗粉に含まれる銅が河川の水質を汚染すると懸念され、銅フリー化を進めている<sup>4)</sup>。銅は高い熱伝導率、融点と展延性をもち、摩擦界面に存在し、摩擦係数安定性や摩耗に対して影響を及ぼす<sup>4)</sup>。



図1 銅フリーブレーキパッド  
Figure 1 Copper-Free Brake Pads

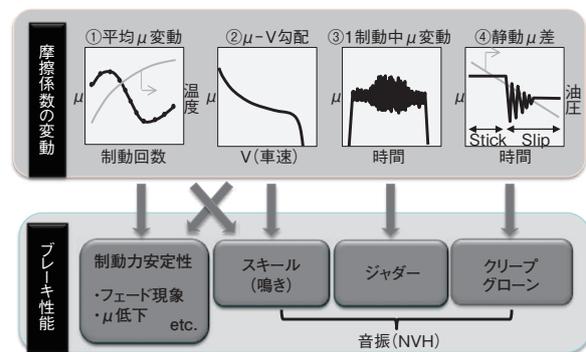


図2 摩擦係数の変動とブレーキ性能の関係  
Figure 2 Relationship between Friction Variation and Brake Performance

### 4 技術内容

銅を含むブレーキパッドの摩擦表面には展延した銅が見られる(図3)。銅皮膜内に研削剤として摩擦材に添加している無機粒子が保持されるため、研削性が高くなる。銅フリー化すると、同量の研削剤を加えてもディスク摩耗量は小さい(図4)。そ

のため、ディスク摩耗を起因とするジャダー振動が起きにくい。

一方、銅フリーブレーキパッドとディスクは直接接触するため、ブレーキパッドに含有される有機物の変化が摩擦特性の変化として発現しやすい。ブレーキパッドに含まれるフェノール樹脂は摩擦によって熱分解し、摩擦表面に熱分解物が発生する。そのため、樹脂分解温度付近で $\mu$ は不安定になり、高温摩耗量は大きくなる傾向を示す。金属などの触媒はその熱分解物を分解し、摩擦特性安定化に寄与することが知られている<sup>5)</sup>。開発した銅フリーブレーキパッドにおいては、フェノール樹脂分解物に対する分解触媒作用のあるチタン酸塩を添加した<sup>6)</sup>。

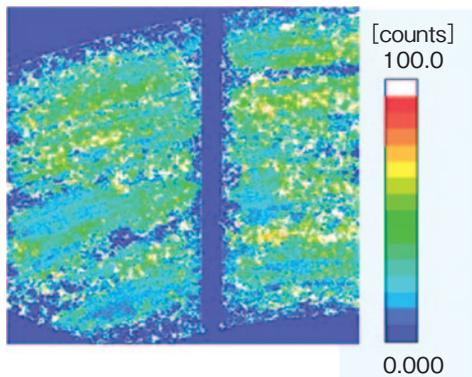


図3 銅含有ブレーキパッド摩擦表面の銅成分  
Figure 3 Copper on the Friction Surface of Copper-Containing Brake Pad

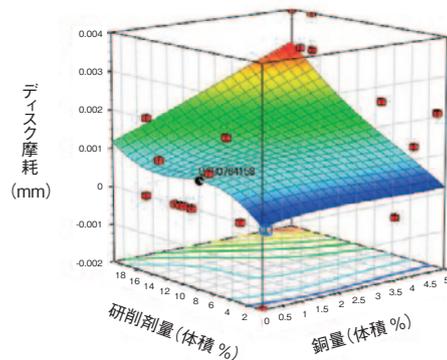


図4 研削材量とディスク摩耗量の関係に及ぼす銅の影響  
Figure 4 Effect of Copper on the Relationship between Abrasive Volume and Disc Wear

温度別摩擦試験をすると、銅含有材においても400℃付近で一制動中の $\mu$ の変化が大きくなり、それ以上の温度での摩耗の増大が見られる(図5,6)。チタン酸塩A添加の場合には、より低温の200℃付近で $\mu$ の変化が大きくなり、摩耗増大が見られるが、チタン酸塩B添加の場合、500℃でのみ $\mu$ の変化と摩耗の増大が見られる。

$\mu$ の変化が大きいときの摩擦表面観察を行った。安定しているときの摩擦面と違い、ディスク表面のトランスファーフィルムが消滅し、ブレーキパッド表面に粉碎されて細くなった材料が存在していた。熱分解物によって摩擦界面が流動化し、摩擦材とディスクとが直接接触しやすいた状態になり、 $\mu$ の変化と摩耗増大をもたらしたと考えられる。

チタン酸塩の種類で触媒効果に差が生じた。また、その種類で硬さや粒度も異なり、平均 $\mu$ にも差があった。開発材においては摩擦特性の要求に応じてその配合量を調整した。本手法で鳴きも低減した。

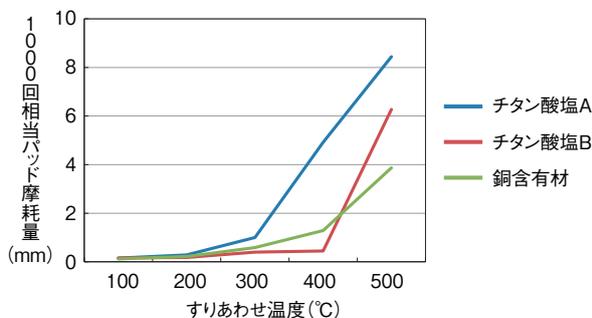


図5 温度別摩耗  
Figure 5 Temperature Dependence of Wear

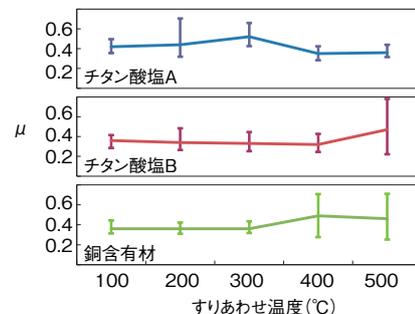


図6 温度摩擦試験時の摩擦係数  
(バーは一制動中の摩擦係数の変化を示す)  
Figure 6 Friction Coefficient at Wear test  
(The Bar indicates the Friction Coefficient Variation during One Braking)

## 5 今後の展開

- ・銅フリーブレーキパッドの適用拡大
- ・自動運転技術、回生協調ブレーキ要求への対応

### 【参考文献】

- 1) 原泰啓 他：ブレーキ用高摩擦係数ディスクパッド，日立化成テクニカルレポート，No.41，p45，(2003)
- 2) 西脇正明：ブレーキ鳴き，自動車技術，42-12，88，(1989)
- 3) 中川勝之 他：ブレーキジャダーの解析AXIS，107，17-
- 4) 光本真理：摩擦係数安定銅フリーブレーキパッド，日立化成

テクニカルレポート，No.59，p24，(2016)

- 5) 井上光弘 他：せん断力によるブレーキ材料用フェノール樹脂硬化物の分解(第二報)，機C，56-526，270，(1990)
- 6) Emiko Daimon, et al., Chemical Effects of Titanate Compounds on the Thermal Reactions of Phenolic Resins in Friction Materials-Part 2, SAE technical paper 2012-01-1790