

# スパークプラグ用釉薬ペースト

Glaze paste for the Spark plug

荒川孝保 / 研究開発カンパニー 研究開発センター 筑波研究所  
Takayasu Arakawa Tsukuba Research Laboratory, R&D Center, R&D Company



## 1 はじめに

近年、自動車業界は環境規制の強化にともない、電動化という大きな変化を迎えている。自動車の電動化は、自動車市場を既存のエンジン車、ハイブリッド車 (HEV)、プラグインハイブリッド車 (PHEV)、電気自動車 (EV) に細分化し、メーカーは市場が拡大していく電動車と縮小していくエンジン車への両面対応が求められるようになると予測されている<sup>1)</sup>。

各電動車市場は成長するものの、細分化されて台数が限定的になることから、開発投資比率が大きくなってしまい儲けることは難しい。一方で、既存のエンジン車市場は5年程度でピークアウトが見込まれるものの、その減少はゆるやかで、十数年はパワートレイン (自動車、バイク、バスなど) の主力を担うと考えられている。これらの背景から、メーカーはスパークプラグなど既存のエンジン部品の効率的な生産が求められるようになると考えられる。

スパークプラグの構造とエンジンのシリンダー内部での取り付け位置を図1に示す。スパークプラグは、中心電極と接地電極間に高電圧を印加することで放電し、エンジンのシリンダー内で混合気 (霧状のガソリンと空気の混合状態) に点火する部品である。スパークプラグの表面には、フラッシュオーバー (ターミナル部とハウジング部間で直接火花が飛んでしまう現象) を防ぐ目的で、防汚と絶縁のための釉薬 (ガラスコート) が施されている。

スパークプラグの釉薬部分の現行の製造方法は、ガラス粉の水スラリーをスプレーやディップ、ローラーで碍子の側面に塗布し、その後高温焼成して釉薬 (ガラス膜) が形成されている。しかしこれらの既存の塗布方式には、いくつかの問題が存在する。

例えばスプレー塗布やディップ塗布は塗布中にスラリーが周りに飛散してしまうため、水スラリーの歩留まりが悪く、また製造ラインを汚染してしまう問題がある。ローラー塗布では、硬いアルミナ製碍子とローラーが接触することでローラーに磨耗が発生するため、量産品質を保つのが

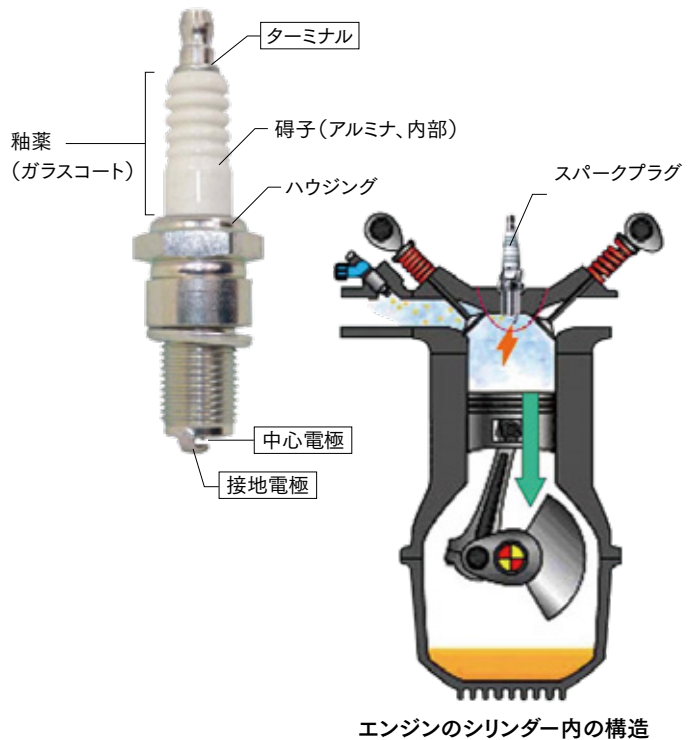


図1 スパークプラグの構造とエンジン内での役割

難しい。さらに水スラリーに共通する問題として、スラリーの増粘を管理しなくてはいけないことがある。

本稿で述べるスパークプラグ用釉薬ペーストGL-238<sup>2)</sup>とその塗布技術<sup>3)</sup>は、これらの問題を解決できる全く新しいコンセプトの製品である。

## 2 釉薬ペーストGL-238と塗布工法

### 2-1 釉薬ペーストの概要

ガラス粉を樹脂と混合し作製される釉薬 (ガラス) ペーストは、世の中に数多くあるが、塗布性を考慮し、そのほとんどがチキソ性のペーストである。チキソ性のあるペーストは引っ張り応力を加えると応答良く切れてくれるため、スクリーン印刷での版離れやパッド印刷でのヒゲ防止、ノ

ズル式ディスペンサーでの吐出精度を良くするなどの理由で一般的に利用されている。しかし当社の釉薬ペーストGL-238は、チキソ性とは逆の物性、すなわち通常は嫌がられる糸曳きの高さを追求した物性となっている。特許出願済みの塗布方式と組み合わせて、この糸曳き性をうまく利用することで、ペーストの高速薄膜塗布が可能となっている。

また一般的に、焼成ペーストにはバインダ樹脂(有機物)が含まれているため、塗布が厚膜化すると焼成膜中に残炭しやすくなる。釉薬ペーストの場合も、塗布が厚膜化すると残炭し軟化したガラスに炭素が閉じ込められ、ガラスが黒変する問題が発生してしまう。そのため、釉薬ペーストの薄膜塗布は工程上必須条件である。

一般的なチキソ性の釉薬ペーストをディスペンサーの平ノズルで高速薄膜塗布すると、塗布中のペーストに引っ張りの応力がかかるため前述の理由からペーストが途切れてしまい、全面塗布は不可能となる。またチキソ性ペーストをゆっくり薄膜塗布することは可能だが、製造のタクトタイムに問題が発生してしまう。当社の釉薬ペーストGL-238は伸張する特性があるため、薄く引き伸ばしながらの高速塗布が可能である。

このように当社の釉薬ペーストとディスペンサーでの高速薄膜塗布工法の組み合わせは、従来工法(スプレー塗布、ディップ塗布、ローラー塗布)よりも歩留まりが高くなり、製造ラインの汚染も発生しないためメリットが多い。また非接触塗布であるため、部品磨耗がなく、量産での品質向上が見込める。さらに水スラリーと異なり、経時で増粘しないため粘度管理が不要であるといったメリットもある。

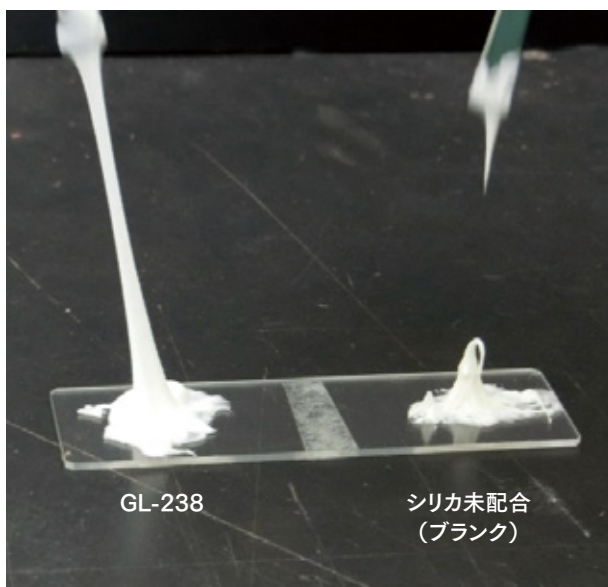


写真1 釉薬ペーストGL-238とシリカ未配合ペースト(ブランク)の糸曳き性比較

表1 釉薬ペーストGL-238の構成成分

成分	組成	役割	配合比
ガラス粉	共同開発先提供品	ガラス構成成分	60%
シリカ	SiO <sub>2</sub>	糸曳き性向上	0.1%
バインダ	当社製造アクリル樹脂	糸曳き性向上	10%
分散剤	ノニオン系界面活性剤	分散性向上	1%
溶剤	非極性溶剤	粘度の最適化	29%

## 2-2 釉薬ペーストの設計

釉薬ペーストGL-238は、当社が製造している水酸基を持つ凝集力の強いバインダ樹脂にガラス粉や糸曳き性付成分を分散した混合物である(表1)。ガラス粉は、スパークプラグ1本当たりを使用するペーストのコストと焼成時の残炭の影響を考え、60%と高い配合比率にしている。

GL-238の高い糸曳き性能には、当社のバインダ樹脂とシリカの組み合わせが重要であり、シリカを配合しなかった場合は糸曳き性は低いままである(写真1)。糸曳きのメカニズムを図2に示す。凝集力の強いバインダ樹脂に糸曳き性の付与成分としてシリカ(0.1%)が分散されると、樹脂の水酸基とシリカの相互作用により、ペーストに著しく強い糸曳き性が発現する。

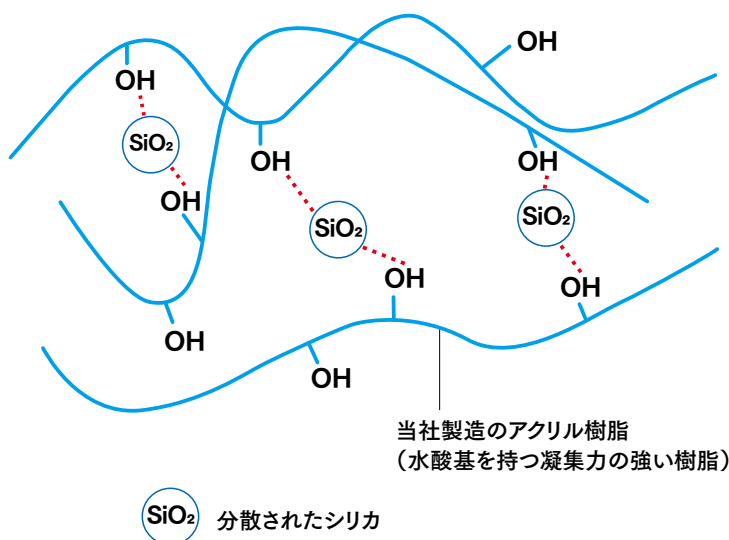


図2 釉薬ペーストGL-238の糸曳きメカニズムのイメージ図

またこのバインダ樹脂は、350°Cで全成分が焼失する残炭しにくい成分で構成されているため、釉薬ペーストなどの残炭が著しく悪影響を及ぼす焼成用途には最適である。

### 2-3 釉薬ペーストの塗布方法

釉薬ペーストGL-238は、前述の高い糸曳き性により3倍以上に伸張されても切れない特徴がある。この特徴を利

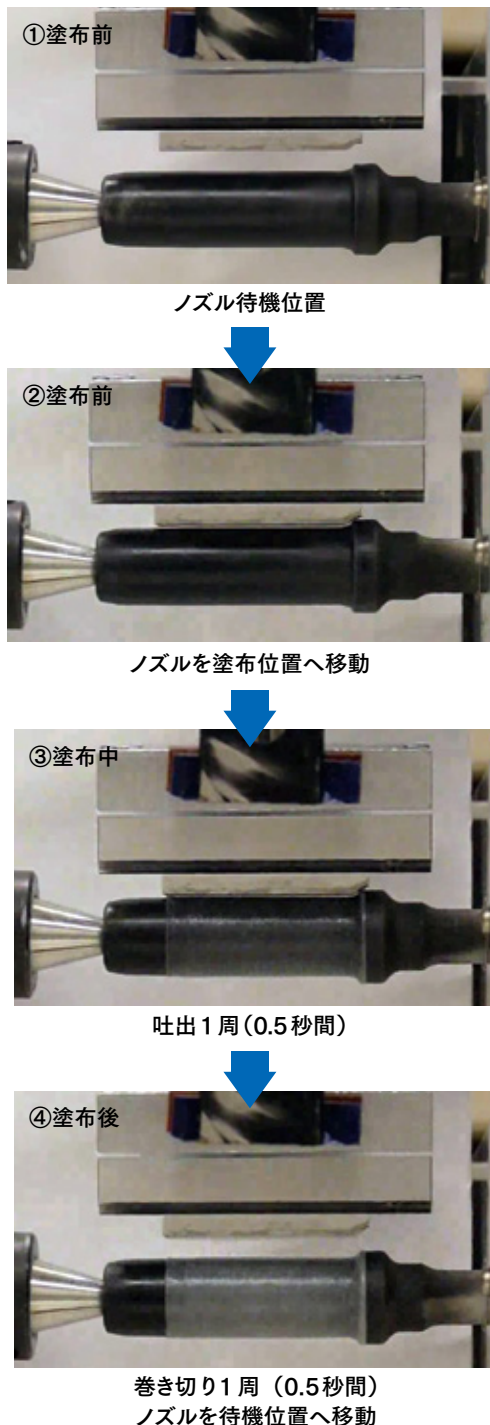


写真2 ストレート罫子への釉薬ペーストGL-238の塗布の様子  
(罫子を黒く着色して撮影)

用して、平ノズルのディスペンサーで罫子などの円筒形状の側面に薄く均一に高速塗布できる。塗布方法は、罫子の形状に対応する特注の平ノズルを装着したディスペンサーに釉薬ペーストを充填し、250rpmで回転させている罫子(φ1cm)の表面にペーストを着地させて塗布していく。ディスペンサーは0.5秒間ペーストの吐出駆動を行い、約1cm長のペーストをノズルのスリットから吐出する。一方で、ペーストが着地している罫子表面は、吐出時間の0.5秒間で約3.1cm進むため、吐出されたペーストは3倍以上に引き伸ばされて塗布されている計算になる。

実際の釉薬ペーストの塗布動画解析を写真2に示す。ディスペンサーの吐出時間0.5秒で回転している罫子側面にGL-238の塗膜をウェット膜厚約130μmで形成し、その後吐出停止した状態で罫子がもう1回転してペーストを巻き切る形で塗布が終了する。

また平ノズルの形状を工夫する必要があるが、写真3のように凹凸形状を持つ罫子への塗布も可能となる。凹凸形状への塗布は、凹凸部でペーストの流動が複雑化し、多方向へペーストが引っ張られてペーストの途切れが発生しやすい。しかし当社の糸曳き性の高いGL-238なら途切れずに高速薄膜塗布できる。

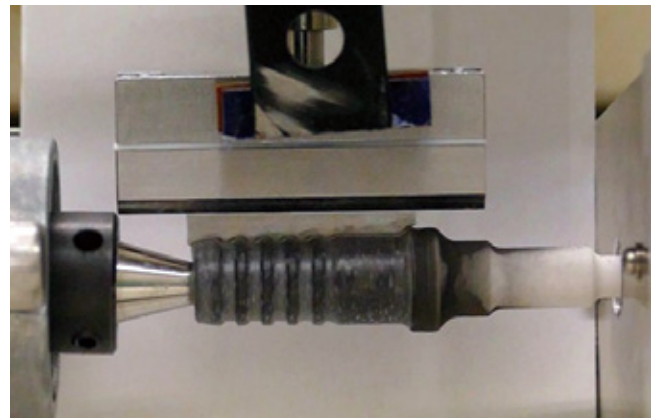


写真3 凹凸罫子への釉薬ペーストGL-238の塗布の様子

### 2-4 釉薬ペーストの焼成方法

罫子表面に塗布した釉薬ペーストは、顧客の製造ラインのリフロー炉で焼成することを想定している。

当社の実験では、バッチ式有風オープンで200°C 3分の乾燥の後、バッチ式マッフル炉で660~850°Cの多段階昇温プログラムで焼成して釉薬(ガラス膜)を形成している。乾燥・焼成後の様子を写真4に示す。乾燥後のペースト表面の状態に不塗れはなく、また焼成後の状態に残炭やガラスの抜けがない状態である。

### 2-5 ガラス膜厚の解析

釉薬ペーストGL-238で罫子側面に形成された釉薬を分析した結果を写真5と6に示す。





写真4 凹凸碍子へ釉薬ペーストを塗布し乾燥・焼成した様子

釉薬ペーストは、乾燥・焼成を経て釉薬（ガラス膜）になると体積は約1/3になる。前述条件でGL-238をストレート形状の碍子に塗布した場合、ウェット膜厚は約130  $\mu\text{m}$  であるため焼成後の釉薬の膜厚が約43  $\mu\text{m}$  になる計算である。実際の焼成後のガラス膜厚は40  $\mu\text{m}$ （ストレート部）となっていた。ただし碍子の先端に近い傾斜部では塗布時のペーストの流動に合わせて18~87  $\mu\text{m}$ の膜厚になっていた。

またGL-238で凹凸形状の碍子へ釉薬を形成した場合、凸部でペーストが引っ張られてペースト量が減少し、凹部はその分ペースト量が増加するという流動が発生するため、

今回の試作品ではガラス膜厚は凸部で17-23  $\mu\text{m}$ 、凹部で41-123  $\mu\text{m}$ になっていた（現行のディップ塗布量産品と同等水準）。このガラス膜厚は、碍子形状とディスペンサーノズルのスリット形状に依存するため、各部のペーストの流動を計算した調整でさらなる均一化も可能である。

### 3 おわりに

本稿で紹介したスパークプラグ用釉薬ペーストGL-238は高い糸曳き性を有する焼成ペーストである。この高い糸曳き性は、当社の特殊な凝集力の強い樹脂と分散しているシリカが相互作用して発現している。

GL-238の糸曳き性をうまく利用する塗布方法と組み合わせることで碍子側面に薄膜で高速塗布することができた。またペーストは伸張されても切れにくいいため、凹凸部への高速塗布も可能である。

碍子に塗布されたペーストは、乾燥・焼成を経て釉薬（ガラス膜）を形成する。ガラス膜厚は塗布されたペースト量に依存するため、凹凸部で均一化するためにはペーストの粘性調整やノズルデザインなどの工夫が必要である。

今回の高曳糸性ペースト技術は、ガラス粉以外のフィラーでも再現可能であったため、今後別種のフィラーを用いた他用途の開拓も行う予定である。

#### <参考文献>

- 1) Mizuho Industry Focus Vol.205「自動車電動化の新時代」2018年2月 みずほフィナンシャルグループ リサーチ&コンサルティングユニット みずほ銀行 産業調査部
- 2) WO2018186295「無機粒子分散体」
- 3) 特開2018-176038「ガラス粒子分散体の塗布方法」

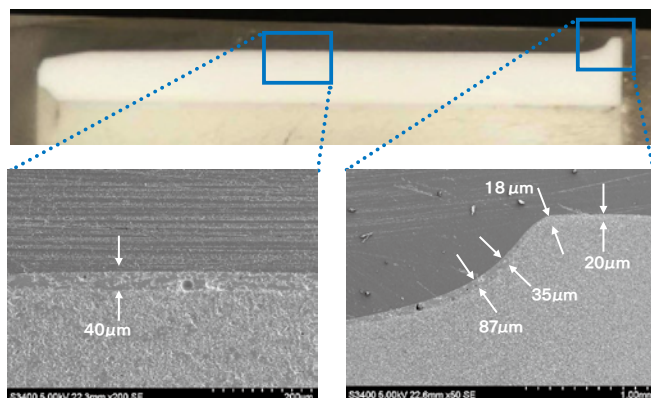
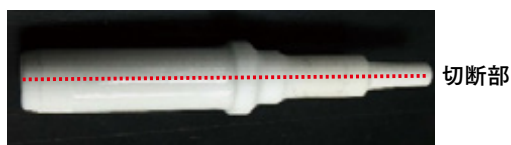


写真5 ストレート形状の碍子へ形成した釉薬の膜厚

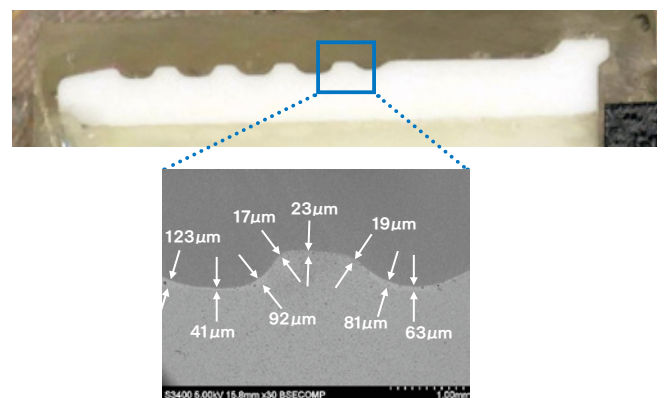
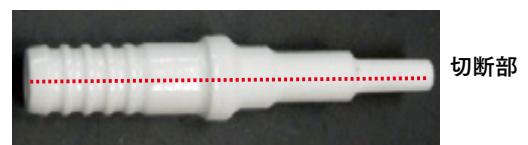


写真6 凹凸形状の碍子へ形成した釉薬の膜厚