

# 抵抗入りスパークプラグ

(1971年～現在)

スパークプラグは、エンジンの燃焼室に突き出すように装着され、混合気を点火・燃焼に導く機能部品であり、あらゆる条件下でも確実に火花を飛ばすことが使命とされる。ひとたびエンジンが始動すれば、爆発的な燃焼により高温・高圧に曝され、瞬時の後には混合気の吸入により急冷される。さらに点火時には30kVを超えるほどの高電圧が印加され、これを高速サイクルで繰り返されるのである(図1)。まさにエンジンの“心臓”と呼ばれる所以である。このようなスパークプラグに使用される絶縁体セラミックスについて製法を中心に紹介する。

Key-words：点火装置、アルミナセラミックス

## 1. 製品適用分野

内燃機関用点火装置

## 2. 適用分野の背景

セラミックスがエンジン(内燃機関)に使用されるようになったのは意外に古く、1860年ルノアール(仏)がガスエンジンの点火装置(スパークプラグ)に用いたのが始まりとされている<sup>1)</sup>。

それ以来スパークプラグはエンジンにとってなくてはならない存在であり、スパークプラグの歴史はまさにエンジンの進化とともに綴られてきたといえる。

近年、ガソリンエンジンに代表される内燃機関は、高出力、高燃費、低公害を目指してめざましい進化を遂げてきた。これらはすなわち燃焼室内の高温化、高圧化、あるいは点火火花の高電圧化を招くものであるために、スパークプラグの使用環境は一層厳しくなり、熱伝導性、機械的強度、耐絶縁性など、あらゆる材料特性の改善が強く要求されるに至った。

## 3. 製品の特徴

スパークプラグの構造は、図2に示すように絶縁体であるアルミナセラミックスに対し、内側はガラスを主体とした抵抗材料を高温化で封着し、外側は低炭素鋼からなる主体金具を塑性変形させて加締めた複合的な接合体となっている。その要となるアルミナセラミックスには使用時の性能だけでなく、接合のための製造過程においても様々な特性(強度)が要求される。

図3はスパークプラグが具備すべき特性を整理したもので、これらの内、絶縁体の特性が反映されるものを青字で表す。

スパークプラグの絶縁体は、機械的強度、熱的特性、電氣的強度、化学的安定性など、アルミナセラミックスの持つ特性をバランスよく、しかもいずれにおいても高いレベルで安定して併せ持つことが求められているのである。

スパークプラグは用途或使用条件によって使い分けられ、2000品番近いバリエーションがある。最近では電極放電部に貴金属合金を溶接し、着火性やライフの向上を図ったものが多く使用されるようになってきた(図4)。

### 常温と高温のくり返し

…熱的強度が要求される。

室温～max 2500℃の急熱・急冷却が数十Hzのサイクルで繰り返される

### 高電圧

…電気絶縁性が要求される。

火花電圧: max 30kV

### 高圧力・高振動

…機械的強度が要求される。

燃焼圧力: max 120kgf/cm<sup>2</sup>  
振動: max 120000G

### 腐食雰囲気

…化学的安定性が要求される。

燃焼ガスの酸性雰囲気  
加鉛燃料の鉛アタック

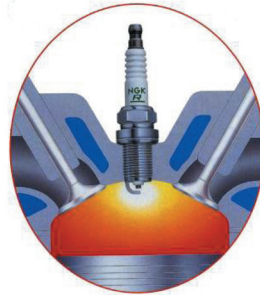


図1 スパークプラグが置かれる環境

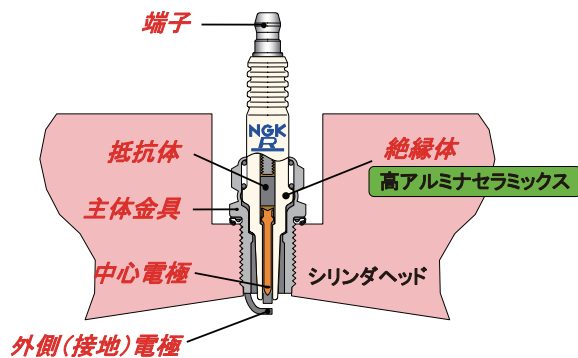


図2 NGK スパークプラグの構造

スパークプラグは主体金具のネジでエンジンのシリンダヘッドに組みつけられ、先端の火花ギャップが燃焼室に顔を出し、混合気に着火させる機能を持つ。

**注1** スパークギャップで発生する火花によりラジオや制御装置に悪影響を及ぼす電波ノイズが発生する。これを低減するため高電圧のかかる回路中に抵抗を持たすことが一般的で、スパークプラグの抵抗体の他にプラグコードやキャップに抵抗を備えたものもある。

抵抗入りタイプのスパークプラグは、火花が放電する部分から最も近いところに抵抗体を配置できることから、プラグコードやプラグキャップと比較しても、安価で有効な電雑防止手法<sup>2)</sup>として広く普及してきた。現在の主流は、モノリシックタイプと呼ばれ、ガラス粉末と金属粉末やカーボン粉末とを混合した複合材料粉末を中心に電極と端子間に充填し、900℃前後の高温化で軟化・封着した構造となっている。抵抗入りプラグの電雑防止効果は様々な環境や条件によって変化するので評価が難しいが、効果の一例を図5に示す。

## 4. 製法

アルミナ原料は  $\text{Na}_2\text{O}$  が 0.05% 以下のローソーダアルミナを用いている。Na は絶縁性を低下するばかりでなく、焼成炉の炉材やセッターの劣化を招くためできるだけ低含有量のものが望まれる。

焼結助剤成分は、耐電圧性能や機械的強度、熱伝導性などを考慮し各社独自の工夫を凝らしているが、概ね  $\text{SiO}_2/\text{CaO}/\text{MgO}$  等を主成分とする鉱物原料を混合使用し、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  は 95% 前後の含有率に設定しているものが主流となっている<sup>2)</sup>。

アルミナに所定の割合で焼結助剤成分を湿式混合されたスラリーには、分散性と後工程での成形体強度を確保するために有機バインダーが加えられる。このスラリーを噴霧乾燥により造粒し、ゴム型中で加圧して成形体を得る。さらに細部の形状を得るために砥石で外周を切削し、焼成する。焼成炉は台車の上にセッターを段積みして連続焼成するトンネル炉とローラーコンベアのうえにセッターを平置きして焼成するローラーハースキルンがある。

焼成された絶縁体には、無機顔料インキで品番等が捺印され、そのうえから釉薬（ガラス）がかけられ、900℃程で釉薬部分が熔融される。釉薬には主体金具から露出する絶縁体の汚れ防止と、プラグキャップとの密着性を確保し火花リークを防ぐ働きがある。次いで、絶縁体の内孔には、前項で述べた抵抗体が封着される。

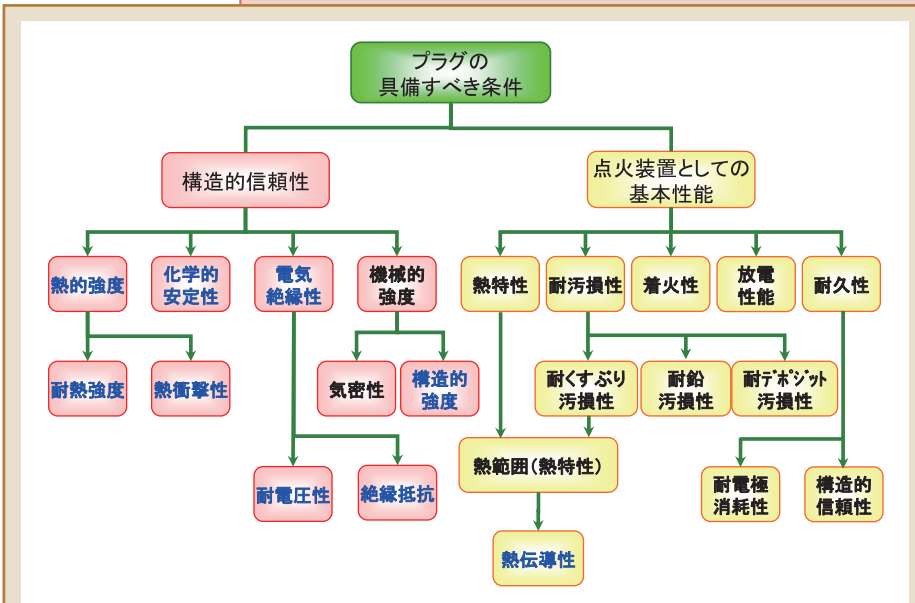


図3 スパークプラグが具備すべき特性

スパークプラグが機能を発揮するために要求される特性は多岐に亘り、バランスよく備えることが必要となる。また絶縁体セラミックの特性に影響される項目も多い。



図4 種々のスパークプラグとIr電極

用途や環境に応じて使い分けられ、2000品番近いバリエーションを持つ。最近では電極先端にIr合金等の貴金属を備えたものが多く使われるようになってきている。

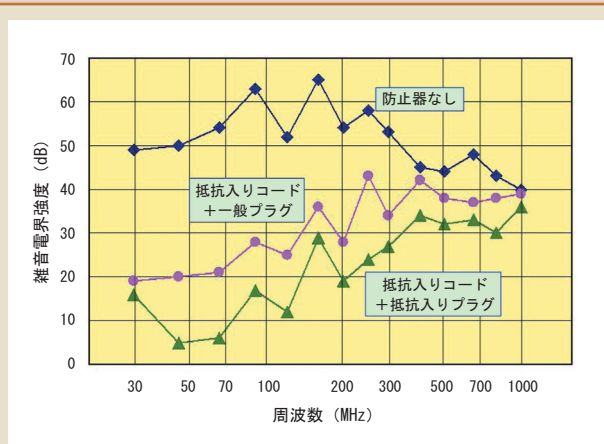


図5 乗用車の電波雑音レベルの測定例

雑音防止器なしに比べ、抵抗入りコード、抵抗入りスパークプラグを使用した場合に雑音レベルは著しく低下する。

一方、主体金具はコイル状の低炭素鋼から冷間鍛造により粗成形をした後、外周を切削して細部を仕上げ。その後、接地電極を溶接、ネジを転造した後、めっきを施し完成したものを接合済みの絶縁体と組合せ、機械的に加締めて接合し、接地電極を曲げて火花ギャップを成形し、最後にガスケットを嵌合して完成となる。

## 5. 将来展望

今後のエンジン開発の方向性から、スパークプラグに求められる技術は、

- ①小径、ロングリーチ化<sup>注2)</sup>
- ②着火性の向上
- ③ロングライフ化
- ④カーボンニュートラル燃料への適合

などが挙げられる。このうち、特に小径・ロングリーチ化に関しては、絶縁体セラミックの材料特性の向上と寸法精度の改善が大きく影響することから、セラミックの技術開発がエンジン特性の向上に関し大きな鍵を握っている。

### 文献

- 1) 西尾, 中原, “スパークプラグの知識と特性”, 山海堂 (1984) p.233.
- 2) 加藤, “スパークプラグに用いられる絶縁体材料, 無機材料”, 産業調査会 (1984) p.64-67.

[連絡先] 宮田 大輔  
日本特殊陶業(株) IGNITE カンパニー  
〒485-8510 愛知県小牧市大字岩崎 2808

**注2** 一般的にシリンダヘッドへの取り付けネジの径がM 12以下のサイズを小径タイプという。また、ネジ長は19mmが一般的でこれより長いものを総じてロングリーチタイプという。