

# セラミックグロープラグ

(1985年～現在)

参考 URL：  
日本特殊陶業  
http://www.ngkntk.co.jp/product/glowplugs/index.html

Key-words：ディーゼルエンジン、排ガス規制、セラミックグロープラグ、窒化珪素、急

注1 ピストンが下死点にある際の容積と上死点にある際の容積の比。吸入した空気を圧縮する比率の指標。

注2 エンジンでの燃焼後に排出される粒子状物質。黒煙（すす）、未燃焼有機成分、硫黄化合物が主成分。

ディーゼルエンジンにおいては、断熱圧縮により高温化した空気に燃料を噴射して着火させているため、エンジンが冷えた状態の低温時には着火が不安定で始動性が悪い。このため、低温始動時はグロープラグによりシリンダ内を予熱した後にエンジンを始動させる必要がある。セラミックグロープラグは、発熱素子がセラミック焼結体で構成されており、急速昇温性、耐熱性、耐久性に優れている。また最近では、ディーゼルエンジンの排ガス対策として、エンジンが低圧縮比<sup>注1)</sup>化される傾向にあるが、この際さらに低温始動性が悪くなるため、強力な着火源が必要となり、セラミックグロープラグの需要が高まっている。

## 1. 製品適用分野

ディーゼルエンジン始動補助用プラグ

## 2. 適用分野の背景

ディーゼルエンジンは、断熱圧縮により高温化した空気に燃料を噴射して着火させるため、エンジンが冷えている低温時の始動性が安定しない。グロープラグは、ディーゼルエンジンの始動補助用プラグとして、**図1**に示すように発熱素子先端部が副燃焼室あるいは燃焼室に突き出す状態でエンジンヘッドに設置され、始動時の着火源として燃焼を安定させるために使用される。グロープラグのタイプとしては、金属製チューブ内に金属製発熱コイルとその周囲にマグネシア粉末を充填した発熱素子を使用したメタルグロープラグが主流であるが、1980年代中頃より、発熱体周囲の熱伝導性向上による急速昇温化を目的として、金属製発熱コイルを絶縁性セラミック焼結体内部に埋設させたのがセラミックグロープラグの始まりである。1990年代後半には、高温発熱を可能とするため、内部抵抗体もセラミック化した第2世代のセラミックグロー

プラグが誕生し、発熱温度においてメタルグロープラグに対してのアドバンテージが明確となった。

ディーゼルエンジンはCO<sub>2</sub>排出量が元来少ないことから、近年、乗用車用の内燃機関として見直されてきている。一方で、このディーゼルエンジンはNO<sub>x</sub>やPM<sup>注2)</sup>の排出量が多いため、日米欧にて厳しい排ガス規制が定められ、エミッション低減が急務である。その中で、エンジン燃焼改善の一つとして、低圧縮比化によるNO<sub>x</sub>低減がエンジン開発のトレンドとなっている。しかしながら、ディーゼルエンジンを低圧縮比化した場合、断熱圧縮による温度上昇が小さくなり更に始動性が悪化するため、グロープラグにおいては更なる急速昇温性が求められている。このような状況に対して、2005年には第3世代となる急速昇温セラミックグロープラグ(**図2**)が誕生して以来、セラミックグロープラグの需要が徐々に拡大している。

## 3. 製品の特徴

各世代のセラミックグロープラグの構造と通電性能を**図3**に示す。セラミックグロープラグは、大別する

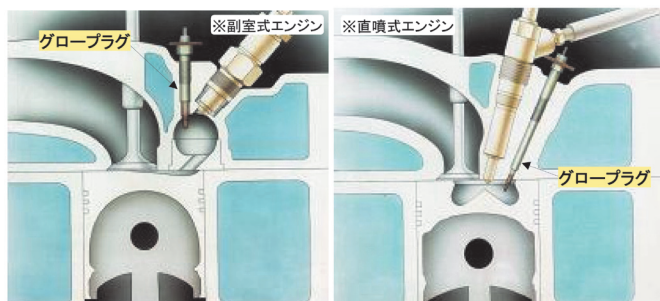


図1 ディーゼルエンジンにおけるグロープラグ取り付け位置

グロープラグはエンジンヘッドに設置され、先端の発熱素子は燃焼室に突き出している。



図2 第3世代セラミックグロープラグ

ディーゼルエンジンの始動補助用プラグ。先端の発熱素子がセラミック製であり、1350℃での発熱が可能。

と、セラミック発熱素子、エンジンヘッドに取り付けるための金具、および端子から素子までの通電部材より構成される。

第1世代のセラミック発熱素子は、メタルグローブプラグより急速昇温を可能とするため、金属製発熱コイルを緻密な絶縁性セラミック焼結体内部に配置した構造となっている。このため、11V印加時3秒で800℃に到達し、当時のメタルグローブプラグが最短でも5秒要していたのに対して急速昇温化が達成された。ただし、第1世代ではバッテリー電圧をダイレクトに印加すると飽和温度が絶縁性セラミック材料と金属製発熱コイルの耐熱限界を超え早期断線してしまうため、金具内に過昇温

防止用の制御抵抗を配置している。なお、絶縁性セラミック材料としては、一般的な窒化ケイ素材料を適用している。

第2世代は、絶縁性セラミック材料を高耐熱性の窒化ケイ素材料に変更するとともに内部抵抗体の発熱部をセラミック化することで、昇温性能は第1世代よりやや低下したが、耐熱性は第1世代の1200℃から1350℃に大きく向上した。このため、第1世代の制御抵抗を削除することができている。第3世代は、第2世代の耐熱性は維持して抵抗値を下げることで11V印加時に1000℃に2秒で到達する急速昇温化を達成した。さらに、第3世代では、第2世代では内部抵抗体のリード部が金属タングステン線であったものを、セラミックに置き換えオールセラミック素子とすることで信頼性を向上させている。第2世代と第3世代の内部抵抗体のセラミック材料としては、炭化タングステンと窒化ケイ素の複合材料を適用しており、抵抗値は導電物質である炭化タングステンの含有量により制御することが可能である。

#### 4. 製法

セラミック発熱素子のプロセスフローを図4に示す。絶縁性セラミック材料は、窒化ケイ素原料と焼結助剤を所定の組成となるように秤量した後、トロンメルにて所定時間混合粉砕する。この際、有機物結合剤

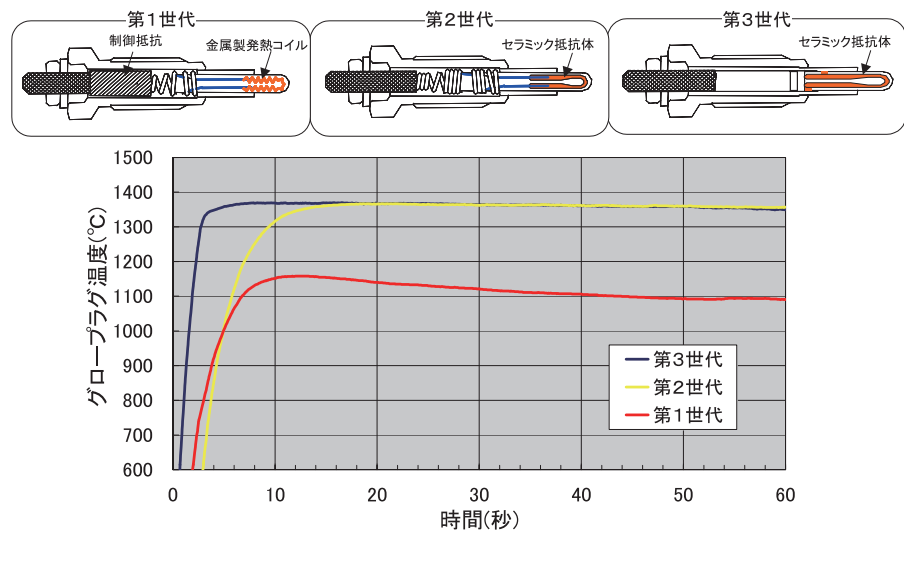


図3 グローブプラグの通電性能

セラミックグローブプラグは、高温発熱できることが特徴。近年、エンジンの始動性を改善すべく、急速昇温タイプの需要が高まっている。

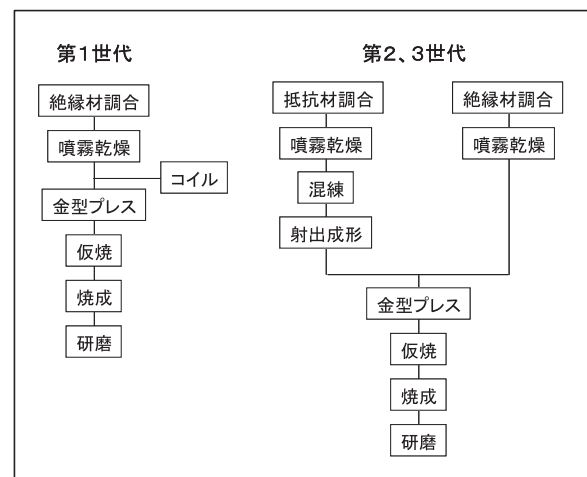


図4 セラミック発熱素子の工程フロー

金属製発熱コイルあるいは射出成形した内部抵抗体を、金型プレス成形にて包み込むように絶縁部を形成する。

も加え金型プレス成形可能な素地とし、泥漿は噴霧乾燥する。第1世代のセラミック発熱素子は、金属製発熱コイルを絶縁性セラミック材料中に内包するように金型プレスし、脱脂後ホットプレスにて焼成する。焼成後は、研磨加工により円柱状のセラミック発熱素子を得る。

第2世代および第3世代のセラミック発熱素子の内部抵抗体に関しては、絶縁性セラミック材料同様に秤

量、混合粉碎、噴霧乾燥を行い、乾燥粉末を得る。この乾燥粉末に熱可塑性樹脂などを加えて加熱混練し粘土状の混練物とした後、形状精度に優れた射出成形法により抵抗体を成形する。その後は、第1世代同様に成形した内部抵抗体を絶縁性セラミック材料中に内包するように金型プレスした後、脱脂、ホットプレス焼成し、研磨加工してセラミック発熱素子とする。

### 5. 将来展望

今後ディーゼルエンジンが低圧縮比化していく中、セラミックグロープラグは高温発熱のメリットを生かして更に需要拡大していくものと考えられる。エンジンの始動性改善を目的とするグロー発熱温度の更なる高温化に関しては、窒化ケイ素材料の粒界相がガラス相であることを考えると熱力学的に厳しい状況と言わざるを得ないが、セラミックの強みをさらに高めるためにはブレイクスルーの必要がある。

また、厳しい排ガス規制をクリアしていくためには、ディーゼルエンジンの詳細な燃焼制御が必要であるといわれている。具体的には、燃焼圧のデータから燃料噴射のタイミングをコントロールすることが現在検討されており、実用化されれば圧力検知機能を付加したグロープラグが必要となる可能性がある。

日本国内では、ディーゼル車はうるさく臭い自動車として嫌われてきたが、低速トルクが高く燃費が優れている為、市街地走行に適している。排ガス規制クリアに目処が立てば、日本国内でも確実に評価されると予測する。

#### 文献

- 1) 杉本 誠 他, セラミックス, **31**, 320-323 (1996).
- 2) 加川純一 他, LEMA, **486**, 24-34 (2007).

[連絡先] 籾田 勝久  
日本特殊陶業(株) グロー技術部  
〒485-8510 小牧市大字岩崎 2808