

特集 高性能長寿命イリジウムプラグの開発*

Development of a Highly Ignitable and Long Life Iridium Spark Plug

長村 弘法

Hironori OSAMURA

High fuel efficiency and low emissions are major issues in recent engine development. Therefore, a highly ignitable spark plug which is capable of performing stable combustion is required. To produce high ignitability, a fine electrode is required for the spark plug. We have developed a new material and taking advantage of this material, we have succeeded in commercializing an iridium spark plug which possesses both high ignitability and long life. This paper describes the features of this iridium spark plug.

Key words : Iridium spark plug, Super ignition plug, Excellent ignitability, Long life

1. まえがき

スパークプラグはエンジンの中央に着座し、心臓部としてエンジン特性に多大な影響を及ぼす製品である。外観は過去から一見変わらないように見えるが、近年著しい技術革新を遂げつつある。

特に1997年より量産化されたイリジウムプラグは低燃費・低エミッションが主要課題となっているエンジン燃焼改善に大きく貢献し、世界中に急拡大を遂げている。

更に現在はそのイリジウム電極材料技術を応用し、より厳しいエンジンニーズにミートした新商品の展開が図られ、環境に優しいエンジンシステムを構成する上で、『なくてはならない』製品のひとつである。

本稿ではそのイリジウムプラグの特徴と商品展開、将来技術動向等について紹介する。

2. プラグに求められる特性

効果的にエンジン性能を引き出すため、スパークプラグには次の5項目について、優れた特性を具備していることが求められる。すなわち熱特性（熱価）、飛火性能、着火性能、耐汚損性、寿命（信頼性）である。

この中で、近年の燃費・排出ガス規制強化に対応するエンジン点火系システム開発に最重要な特性は飛火性能と着火性能である。プラグ開発の歴史はまさにこの2特性改善との戦いである。

飛火性能・着火性能を向上させるための最も基本的な手法はプラグ放電部の電極細径化である。細径化により、電極先端部の電界が強められ、局所的な絶縁破壊が起こりやすくなるため、より低い電圧での放電が可能になる。また電極の細径化は火炎核との接触面積を減少し、消炎作用を軽減することができる。従って火炎核の成長を容易にすることができ燃焼が安定する。

もちろん細径化すれば耐消耗性は悪化する。細径でかつ長寿命を達成するためにはこれまでの白金技術では限界があり、新たな材料技術開発が必要となってくる。

Fig. 1に従来の長寿命プラグである白金プラグと新たに開発したイリジウムプラグの特徴を紹介する。イリジウムプラグは電極が細く飛火性・着火性が優れ、かつ寿命も大幅に向上していることが分かる。また究極のプラグ性能を引き出すため、接地電極の放電部も細径化した超高着火性イリジウムプラグも商品化している。

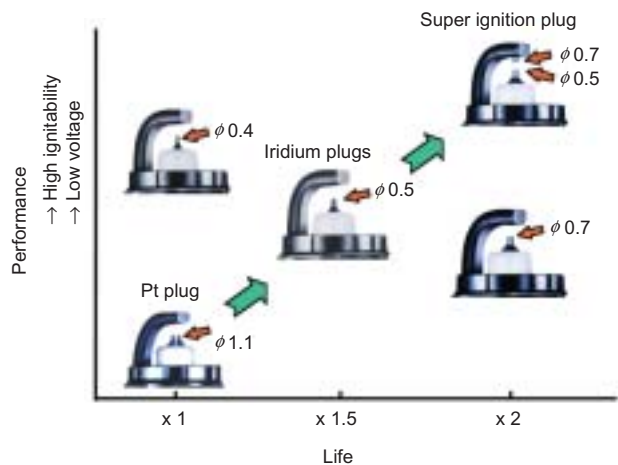


Fig. 1 Characteristics of high performance & long life plugs

3. イリジウムプラグ開発課題と対応

プラグの電極消耗は①火花エネルギーにより放電部が局所的に熔融飛散する火花消耗と、②高温燃焼雰囲気下での酸化消耗からなり、耐消耗性を向上させるためには、双方を改善する必要がある。

一般的に融点が高い材料ほど耐火花消耗性は有利で

* (社)自動車技術会の了解を得て、「自動車技術」Vo1.59, No.2, 2005より転載

ある (Fig. 2)。イリジウムは白金より融点が約700℃高く、耐火花消耗性ポテンシャルが高い。ただし、耐酸化性には難がある。特に、1000℃近辺では酸化揮発による異常消耗が発生することが分かった。

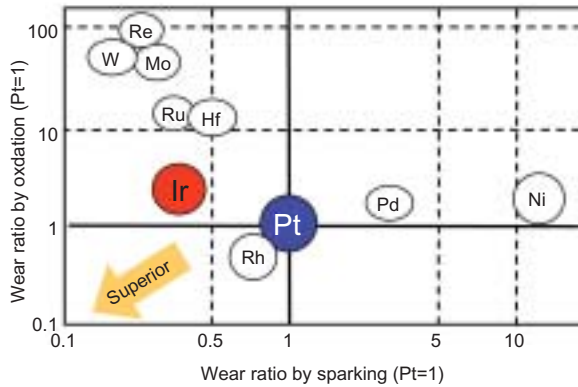


Fig. 2 Combined effect on wear resistance

イリジウムの酸化特性について簡単に説明する。⁹⁾酸化雰囲気中において、600℃を超えるとIrO₂を生成する。このIrO₂は安定した酸化物であり、酸化減量は見られない。しかし900℃を超えるとIrO₃を生成する。この酸化物は昇華しやすい特性があり酸化減量が著しい。ただし、1200℃を超えると、酸素はイリジウム金属表面から解離し酸化減量はみられなくなる。

この900℃から1200℃までの酸化揮発特性が実際のエンジン使用時に問題となる。高負荷運転時にはプラグ中心電極先端部が900℃以上に上昇し、イリジウムの昇華が起こり、異常消耗が発生する (Fig. 3左)。イリジウム材はこれまで利用頻度が少なかったため、金属学的な研究はほとんど進んでいなかった。そこで、酸化揮発の抑制方法を試行錯誤し、各種添加金属との合金化により、特性改善ができないか検討した。

耐酸化性向上に最も効果が見られた添加金属は、イリジウムと同じ白金族のロジウムであった。ロジウムはFig. 2に示すように、白金より高温酸化性・火花消耗性に優れる材料で、またイリジウムと全率溶解が可能で、安定した合金を形成する貴金属である。ロジウム添加量は多い程、揮発抑制効果が見られるが、耐火花消耗性は悪化する傾向があり、最適添加量として10重量%を選定している。

新合金の高負荷耐久試験結果をFig. 3に示す。純イリジウムは異常消耗が発生するのに対し、開発材には異常消耗が発生せず、耐消耗性も良好である。

この新イリジウム合金は従来の白金プラグに用いられ

ている白金合金材に比べ、数倍耐消耗性に優れている。

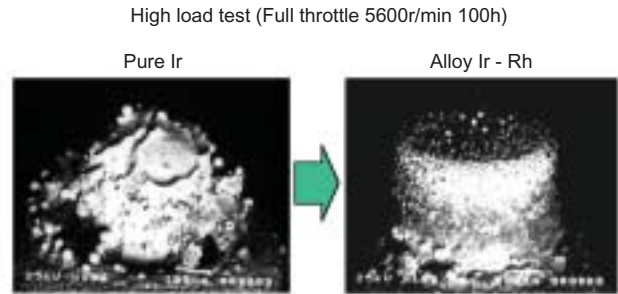


Fig. 3 Engine endurance test result

4. 燃焼改善効果

現在、一般的なイリジウムプラグは目標寿命や要求性能により、中心電極径φ0.4, φ0.5, φ0.7の3種類の製品が実用化されている (Fig. 1)。

前述のように、細径電極は消炎作用が少なく、点火コイルから供給されるエネルギーを無駄なく火炎核成長に投入することができる。従って、燃焼が不安定なアイドリングや希薄燃焼、大量EGR燃焼時においても急速な火炎伝播が可能になり、確実な着火を可能にすることができる。

Fig. 4はアイドリング800r/minにおける燃焼圧P (MPa)と熱発生率dQ (J)を調査した結果である。イリジウムプラグを装着すると燃焼圧力が上昇する。これは急速な火炎伝播により、熱発生率を増加させることができるからである。その結果、図示平均有効圧 (IMEP) も上昇する。

以下、イリジウムプラグ採用による燃焼改善効果例を紹介する。

4.1 アイドリング安定性/燃費低減

Fig. 5にISC (Idle Speed Control) をカットした状態での、暖気後のエンジン回転変動を示す。白金プラグからイリジウムプラグに交換するだけで回転数が上昇し、回転変動も低減する。更にアイドリング回転数を白金プラグと同じ回転変動になるまで低下させた場合、約3%の燃費向上効果が見られる。

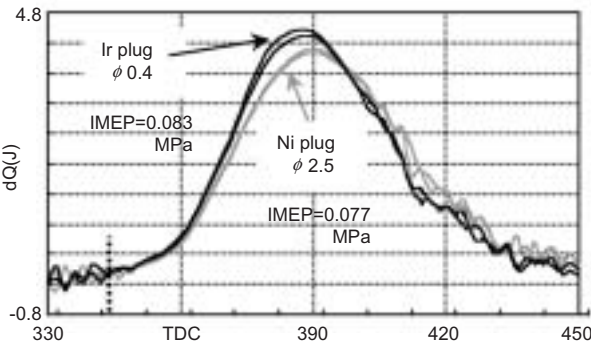
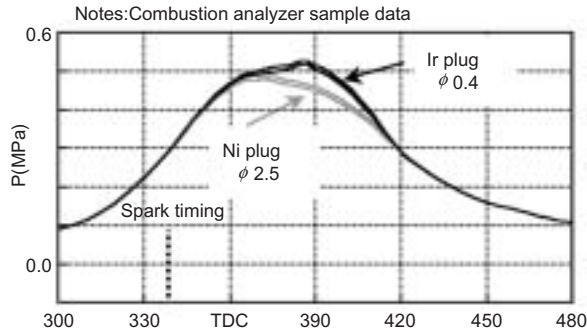


Fig. 4 Effect on combustion made by fine electrodes

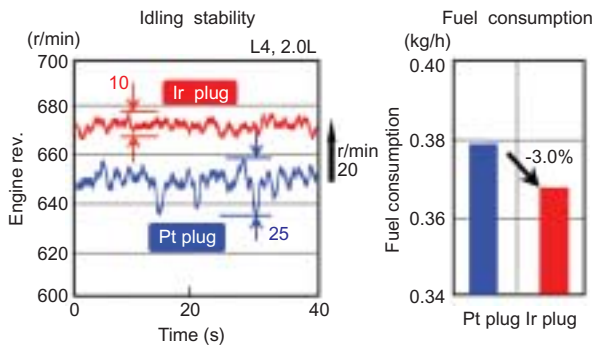


Fig. 5 Effect on idling stability & fuel consumption

4.2 EGR増量によるNO_x低減

Fig. 6にEGR量を増加させた場合の安定燃焼限界を示す。本評価条件下ではイリジウムプラグにすることによりEGR率を2.5%増大でき、その結果白金プラグ装着時に比べNO_x排出量を25%低減することができた。

ここでは2例しか紹介していないが、イリジウムプラグはより厳しいエンジン要求に対して対応できるポテンシャルを持っている。

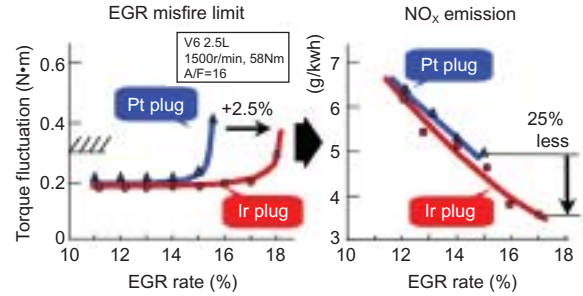


Fig. 6 Effect on higher EGR ratio & less NO_x

5. 超高着火性プラグの開発

ここまで高性能・長寿命をめざして開発したイリジウムプラグについて紹介してきたが、スパークプラグへの性能向上ニーズは近年ますます増大している。中心電極の細径化はもはや限界となってきた。

このような状況の中、従来の細径中心電極に加え、接地電極の細径化に着目し、更なる高性能プラグの実現を目指し超高着火性イリジウムプラグの開発に取り組んだ。

Fig. 7に一般的なイリジウムプラグ、及び新たに開発した超高着火性イリジウムプラグの基本仕様を示す。

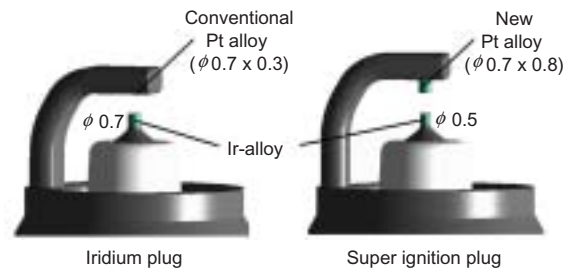


Fig. 7 Specifications of super ignition plug

一般のイリジウムプラグの接地電極には円板形状の白金合金チップが埋め込まれているのに対し、超高着火性イリジウムプラグは直棒状の白金合金チップを軸方向に突き出している。中心電極・接地電極共に細径の針—針形状にすることにより着火特性を大幅に改善している。同時に、放電電圧も低下することができ、従来形状のスパークプラグよりも消費が多くても失火に至らない。従って中心電極を更に径小化しても(φ0.7→φ0.5)同等の寿命を達成している。

なお、本稿では詳細を述べないが、超高着火性イリジウムプラグの接地電極放電部には、従来とは異なる白金合金チップを新たに開発し採用している。これは接地電極の細径化は白金チップ先端部の局所的な温度

上昇を誘発し、加速度的に消耗が増加するといった課題への対応である²⁾

Fig. 8に超高着火性イリジウムプラグの着火性能を示す。超高着火性イリジウムプラグは、火花ギャップの設定により様々なエンジンニーズに対応できるフレキシブルなスパークプラグである。また、中心電極・接地電極の貴金属合金チップの寸法を変更させることで、更にバリエーションに富んだ仕様設定も可能である。

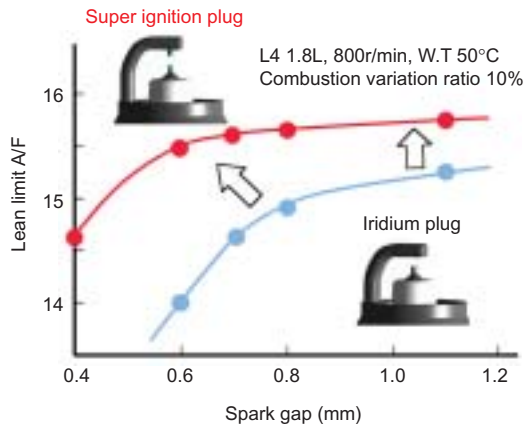


Fig. 8 Ignitability performance of super ignition plug

6. むすび

今後、スパークプラグには小型化や燃焼検出機能の付加が期待される。

小型化はエンジン冷却性向上やバルブ径拡大といったエンジン設計の自由度向上に寄与する技術である。また将来的には超小型プラグによる多点点火放電も着目されており、現状と同等以上の機能・性能を持った小型プラグ実現の要求は強い。前述した細径イリジウム電極技術や高耐電圧碍子技術を応用すれば実現の可能性は高い。

燃焼検出については、現在イオン電流によりノッキング、失火、プレイグニションを検出するシステムが採用されている例があるが、今後、更に検出精度を向上したコストパフォーマンスに優れたシステム開発が進むものと予測する。また燃焼圧力検出によるエンジン制御法の研究も進められ、近い将来脚光を浴びる可能性がある。

いずれにしてもスパークプラグはエンジン燃焼と密接な関係があり、エンジン開発のベストパートナーとして進化し続けていく必要がある。今後ともエンジン開発の手助けができることを期待して結びとする。

<参考文献>

- 1) H. Osamura N. Abe : Development of New Iridium Alloy for Spark Plug Electrodes, SAE 1999-01-0796 (1999)
- 2) 堀恒円, 他 : 高着火性イリジウムプラグの開発, 自動車技術会論文, No.20035570 (2003)



<著 者>



長村 弘法
(おさむら ひろのり)
セラミック技術部
スパークプラグの設計・開発に
従事