

# 排ガス用温度センサ

(1975年～現在)

Key-words：排ガス、温度センサ、サーミスタ、ペロブスカイト、 $B$ 定数

**注1** thermally sensitive resistor の意。排ガス用温度センサには、電気抵抗が温度上昇とともに減少するNTC (Negative Temperature Coefficient Thermistor) サーミスタが用いられる。

**注2** Diesel Particulate Filter, ディーゼル微粒子除去装置。

**注3** Selective Catalytic Reduction, 選択的還元(法)、排ガス中の窒素酸化物 (NOx) をアンモニア等を還元剤として窒素に還元する方法。

**注4** On-board Diagnosis, システムの異常を監視する車載の自己故障診断装置。

自動車の排ガス用温度センサ (図1) は、排ガス規制の施行に伴い採用された触媒コンバータに過熱警報装置の装着が義務付けられたことから必要となり、サーミスタ<sup>注1)</sup>タイプの温度センサとしては、安定化ジルコニアを感熱素子とするセンサが開発、製品化された (本稿では、感熱素子にサーミスタを用いた排ガス用温度センサについて解説する)。その後より広範囲な温度域を計測可能な感熱素子として、 $YCrO_3$  をベース組成としたペロブスカイト型酸化物のサーミスタ素子が開発され、最近では、 $-40^{\circ}\text{C}$  から  $900^{\circ}\text{C}$  と非常に広い温度域をカバーできるものも開発されている。現在、排ガス用温度センサは、ターボチャージャー、触媒等の保護や、各種排気浄化システムの制御に使われており、省燃費と排気ガスのクリーン化に役立っている。

## 1. 製品適用分野

排気温モニタによるターボ、触媒等の保護、及び、DPF<sup>注2)</sup>、NOx 触媒、SCR<sup>注3)</sup> 触媒等の制御

## 2. 適用分野の背景

排ガス用温度センサは、自動車排ガス規制の施行に



図1 排ガス用温度センサ

排ガス用温度センサは、ターボ、触媒の保護や、各種排ガス浄化システムの制御に用いられ、省燃費と排気ガスのクリーン化に役立っている。

伴い採用された触媒コンバータの温度監視用として初めて車載された。触媒コンバータに失火などで未燃の混合ガスが流れ込んだ場合、触媒上で急激な燃焼反応が進み、触媒コンバータの温度が異常高温となる。このため、温度センサで触媒温度を常時監視して、触媒が予め設定された温度を超えた場合にフロントパネルの警告灯を点灯させ、運転者に異常を知らしめ、安全な温度のうちに停車を促す過熱警報装置の装着が義務付けられた。この用途にサーミスタタイプの温度センサとしては、感熱素子に安定化ジルコニアを利用した温度センサが開発、製品化された。その後、日本のみ適用していた触媒の過熱警報装置が必要でなくなったため一時期排ガス用温度センサの需要は減少したが、現在は、ターボ、触媒等の保護用、DPF、NOx 触媒、SCR 触媒等の各種排ガス浄化システム制御用として、排ガス用温度センサの用途が広がっており、省燃費と排気ガスのクリーン化に役立っている (図2)。

## 3. 製品の特徴と仕様

初期に用いられた触媒の過熱警報用の温度センサでは、警告を発するための温度検知ができればよかったが、保護、制御を目的とした温度センサでは、広範囲な温度域に渡って精度よく連続的に温度計測ができなければならない。サーミスタ材料としては古くから蛍石型、コランダム型、スピネル型等、種々の金属酸化物が実用化されているが、一般的に計測可能な温度域が限定されている。広範囲温度域対応のサーミスタ材料としては、 $p$ 型半導体である  $YCrO_3$  をベースに組成を調整したペロブスカイト型酸化物のサーミスタが開発されており、最近では、北米の OBD<sup>注4)</sup> にも対応して  $-40^{\circ}\text{C}$  から  $900^{\circ}\text{C}$  と極めて広い温度域をカバーできるものも開発されている。図3に広範囲温度域対応のサーミスタの特性例を示す。これらは、 $B$ 定数<sup>注5)</sup>が  $2000 \sim 8000 \text{ K}$  に調整された NTC サーミスタ<sup>注1)</sup>で、

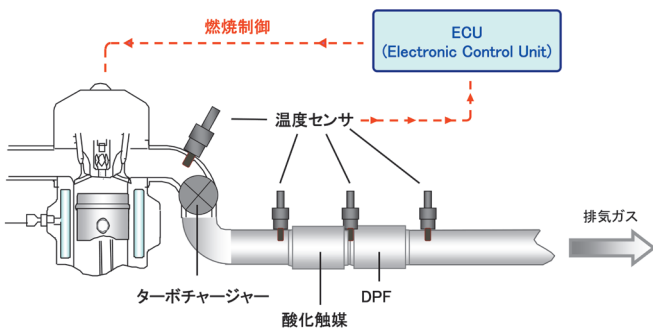


図2 排ガス用温度センサ着装例

排ガス用温度センサは、ターボ、触媒の前後に着装され、排ガスの温度を常時モニタする。温度センサからの信号は ECU に送られ、燃焼制御、排ガス浄化システムの制御に利用される。

温度上昇に応じて抵抗値が 100kΩ から 0.1kΩ へ指数関数的に減少する特性を有している。温度係数  $\alpha$ <sup>注5)</sup> は一数%/℃と白金測温抵抗体より絶対値が 1 桁大きく、素子は小型化できるので高感度で応答性がよいのが特徴である。

自動車の排ガス用温度センサは、1000℃の耐熱性に加え、路面からの石はね、被水、振動、衝撃など過酷な条件に耐えられる設計になっていなければならない。一方、特に制御用に用いる温度センサでは、高速な応答性が求められ、この観点からは熱容量を極力小さくした構造であることが望ましい。このためセンサ感熱部は、先端を細く絞った耐熱性金属チューブにサーミスタ素子を挿入し、周囲を耐熱性酸化剤で固めた構造となっており、高い堅牢性と高速応答性とを両立させている(図4)。

#### 4. 製法

サーミスタはセラミックスの一般的な製造プロセス、すなわち、原料の混合、仮焼、粉碎、造粒、成形、焼成によって製造されるが、同じ温度センサでも熱電対や白金測温抵抗体が物質固有の特性を利用しているのに対し、サーミスタの特性は組成のみによって一義的に決まるのではなく、粒径、粒界、空孔、偏析等によって特性が大きく変わってしまう。したがって、サーミスタの製造では、不純物の混入や偏析の管理、仮焼や焼成条件の厳密な制御が必要である。

#### 5. 将来展望

温度計測は最も基本的な計測である。本稿では排ガス用温度センサについて述べたが、自動車ではその他にも吸気温、水温、油温、EGR<sup>注6)</sup>温などその目的にあった温度センサが使われている。自動車用の温度センサは一般用の温度センサと異なり、苛酷な環境で使用されるものが多く、高い技術ポテンシャルが要求される

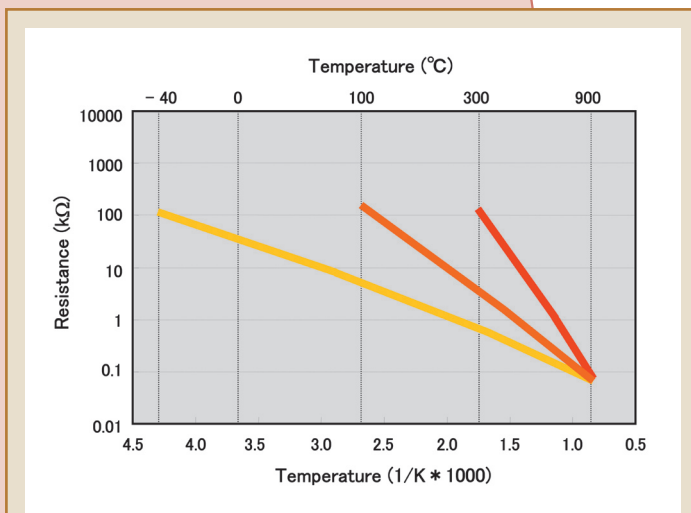


図3 広範囲温度域対応のサーミスタの特性例

サーミスタ素子は、計測が必要な温度域にあわせて選択される。グラフの傾きは、 $B$  定数と呼ばれるサーミスタの特性を示す定数である。

ものが多い。と同時に、コスト的にも十分にその用途に見合うものでなければならない。

排ガス用温度センサの、高精度化、広範囲化、高温耐久性向上という技術トレンドは今後も続くと考えられる。排ガス用温度センサは、更なる省燃費、排ガスのクリーン化に向け、燃焼制御、排ガス浄化システム制御用のセンサとして、今後も重要な役割を担っていくであろう。

#### 文献

西尾兼光, “エンジン制御用センサ”, 山海堂 (1999) pp. 121-128.  
 岩谷雅樹, 林恭平, 早川賢, 長曾我部孝昭, 山田直樹, 自動車技術会学術講演会前刷集, 69-00, 12-15 (2000)  
 高見昭雄, マテリアルインテグレーション, 12 [9] 18-22 (1999)

[連絡先] 日本特殊陶業(株)

注5) サーミスタの温度に対する感度を表す定数。温度と抵抗値の関係は近似的に次式で与えられる。

$$R = R_0 \exp\{B(1/T - 1/T_0)\}$$

$R$ : 温度  $T$  K のサーミスタ抵抗値 [ $\Omega$ ]

$R_0$ : 基準温度  $T_0$  K のサーミスタ抵抗値 [ $\Omega$ ]

$B$ : サーミスタ定数 [K]

また、温度係数  $\alpha$  と  $B$  定数には、以下の関係がある。

$$\alpha = -B/T^2$$

注6) Exhaust Gas Recirculation, (NOx を低減するための) 排気ガス再循環。

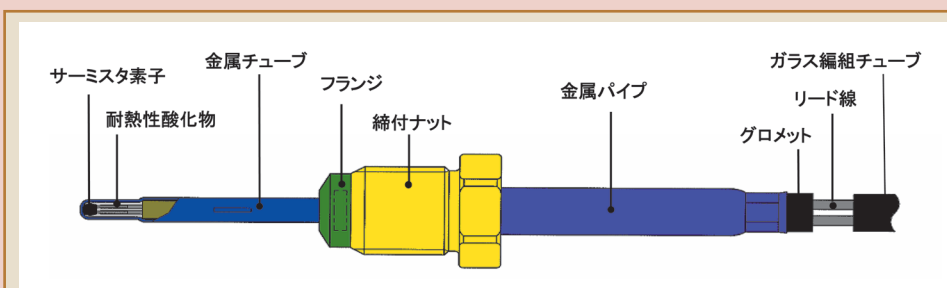


図4 排ガス用温度センサの構造

サーミスタ素子は、先端が細く絞り込まれた耐熱性の金属チューブに挿入され、その周囲は耐熱性酸化剤で固められていて、高い堅牢性と高速応答性とが両立できる構造となっている。