

イオン電流検出システムの 低環境負荷型エンジンへの適用

ダイハツ工業株式会社
取締役社長 箕浦 輝 幸

ダイハツ工業(株) パワートレーン開発部 部長 梶谷 満 信
 ダイハツ工業(株) パワートレーン開発部 パワートレーン開発室 担当員 芹澤 毅
 ダイハツ工業(株) 電子技術部 電子計画室 室長 九間 哲 雄
 ダイハツ工業(株) E・HV開発部 主担当員 浅野 守 人

はじめに

近年、世界的な環境意識の高まりの中、自動車の低排出ガス規制も急速に強化されてきている。我が国においても昭和53年度から平成12年度及び平成17年度と規制強化が実施された。

さらに、平成17年度規制よりも75%有害物質を低減した超低排出ガス認定制度()をはじめとしたクリーン車の市場導入を推奨している(図1参照)。

このような背景の下、各社の強力な技術開発により暖機後の有害な排出ガス成分は、ほぼ大気レベルとなったが、冷始動直後における未燃焼成分であるHydro carbon (HC) の多量排出が大きな課題となっている。これは冷始動直後は排出ガス温度が低く、触媒作用が十分に機能していないためである。それゆえ触媒の機能を早期に活性化させる技術が必要となる(図2参照)。

今回世界で初めて、燃焼のわずかな悪化状態をイオン電流を検知して点火時期を制御することで触媒を早期に活性化させる技術を実用化した。この技術を用い平成16年8月、量販軽自動車として初の平成17年低排出ガス認定()を取得、これまでに約10万台を販売し平成17年度末18万台販売の見込みである。こ

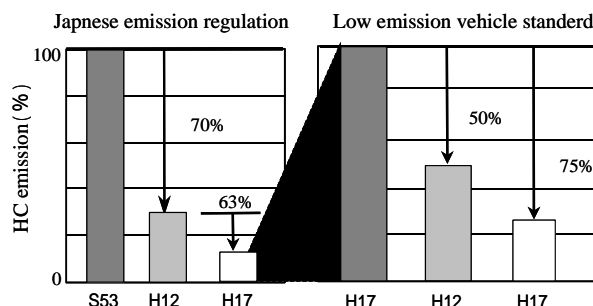


図1 日本の排出ガス規制

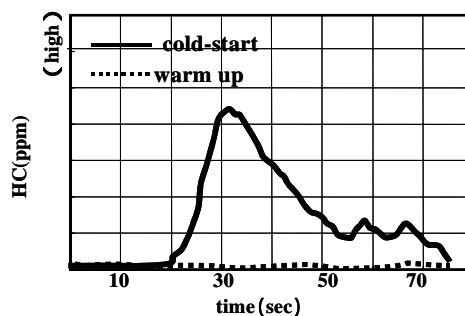


図2 HC排出量変化

の技術により貴重な資源である触媒の貴金属量を抑え、始動直後の排ガスを大幅に低減した。

開発のねらい

点火時期を遅角させることにより排気時のガス温度を高温にし、その熱で触媒温度を早期に上昇させる早期活性化を目指した。しかし点火時期を過度に遅らせるとエンジンの燃焼が極端に悪化し、最悪エンジンストールするという現

象が発生する。これを解決するために、燃焼時に発生するイオン電流をエンジンコンピュータで監視して燃焼悪化の度合いを判断、点火時期を制御してガス温度の高くなる燃焼悪化直前で運転するという全く新しい技術で対応した。

装置の概要

1. イオン電流の原理

火炎内にはイオンが存在し、その中に電極を配置し電圧を印加するとイオン電流が検知できる。この現象はエンジンの燃焼室内の火炎でも同様である。このため燃焼室内のイオン電流を測定することで燃焼状態を判断できる。

2. イオン電流検出システム

構成図を図3に示す。センサとして点火プラグを用いた。得られたイオン電流は、点火コイルに内蔵した検出回路で電圧信号に変換されエンジン制御コンピュータで処理する。印加電源

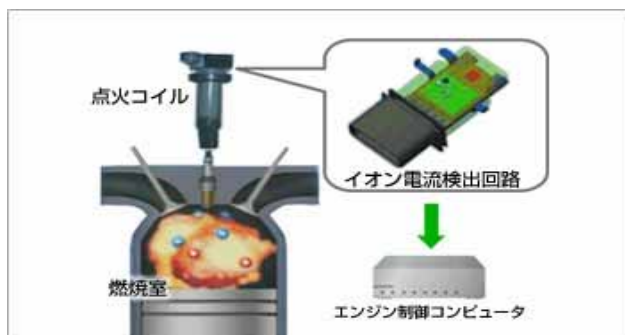


図3 イオン電流検出システム

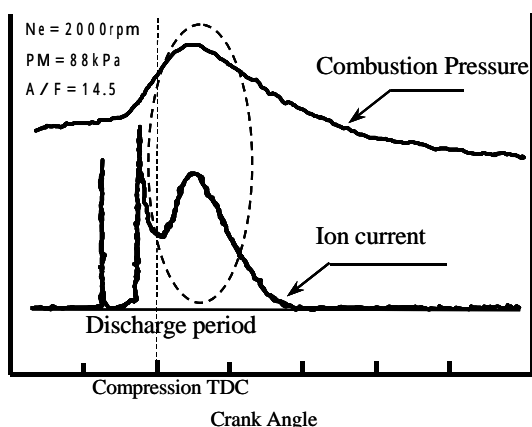


図4 イオン電流波形と筒内圧波形

はコイルの逆起電力を利用し、特別な電源は必要としない。この構成で検出したイオン電流の代表的な波形を図4に示す。点火のアーク放電後に点火プラグの中心電極に+電圧を印加しイオン電流を測定することで、燃焼開始から燃焼終了に至るまでの全燃焼期間に発生するイオン電流を測定できる。またこの波形には燃焼圧力と同様に失火やノッキング等も現れるためこれら現象の検出もできさまざまな制御への応用が可能である。

技術上の特徴

1. 触媒早期活性化技術への適応

これは点火時期を遅角させて限界点に燃焼を制御することで排気ガス温度を高温にし触媒を早期に活性化させるシステムである(図5)。

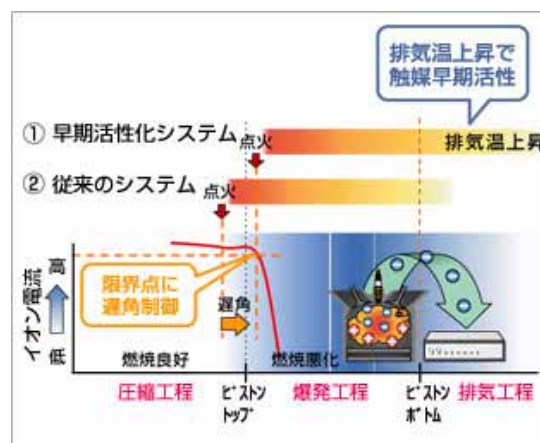


図5 触媒早期活性化システム

2. 遅角による燃焼悪化パラメータ (イオンパラメータ)

図6に示すようにイオン電流波形の特性は、大きく分類すると、点火プラグ付近のシリンダ壁面またはピストン上面に火炎が達する燃焼初期に対応する部のイオン電流波形と、点火プラグから離れたシリンダ側面に火炎が到達する燃焼後期に対応する部のイオン電流波形、及び排気バルブ開後のブローダウン時に対応する部のイオン電流波形がある。

一方、イオン電流波形は、上記 部、部、部の組み合わせにより数種のパターンが存在する。点火時期を遅角すると定容燃焼から遠ざかるため燃焼が緩慢になり、部の後半部で後燃えが発生する。

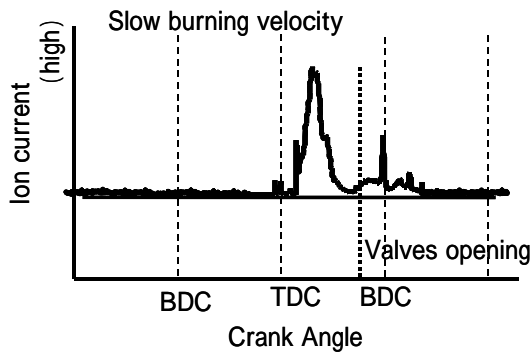


図6 イオン電流波形の特徴

燃焼悪化の判定には、この領域の燃焼状態を検出する必要があるので、部、部、部のイオン電流波形と燃焼圧、更に熱発生率との関係を比較し解析を行なった。図7に示すように部では熱発生率から判断すると燃焼が終了しているにもかかわらずイオン電流が発生している。またイオンの発生は火炎と排気ガス流速に影響されることを合わせて考えると部は、真の燃焼ではないことがわかる。そこで部を排除し、TDCから部の終了までの期間をイオンパラメータとして定義した。

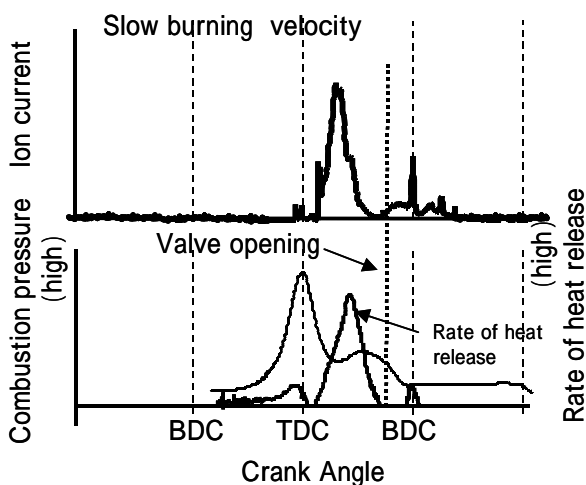


図7 イオン電流波形と筒内圧、熱発生率の比較

このイオンパラメータと、燃焼による仕事自体を表す指標である図示平均有効圧と比較した。結果の一例として、エンジン回転1600rpm、負荷60kPa、A/F14.5の条件において点火時期を基準点火時期から遅角量を35 Aまで変化させた場合の関係を図8に示す。この様に求めたイオンパラメータは図示平均有効圧の低下に伴い大きくなり、強い相関が得られた。

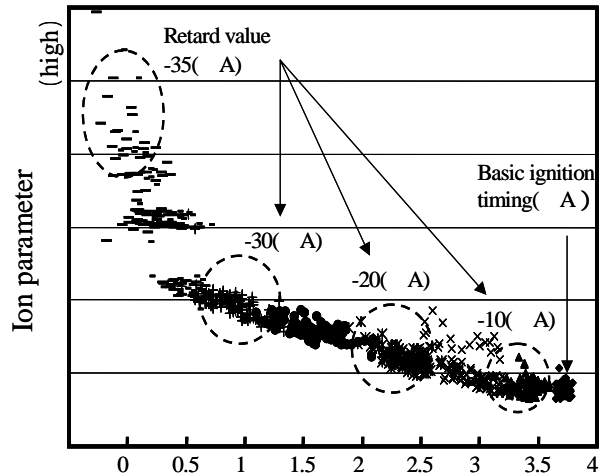


図8 イオンパラメータと図示平均有効圧の関係

3. 触媒早期活性化（点火時期遅角）制御

エンジン始動後、遅角量は基本点火時期とフィードバック点火時期を加算し計算される。基本点火時期は、あらかじめ設定された遅角量をテーブル計算から求める。フィードバック量は、イオン検出回路より得られたイオン電流よりイオンパラメータを計算し燃焼悪化判定値と比較してその結果に基づいて進角側に制御する。これらの制御を各気筒毎に緻密に行うことで触媒の早期活性化が実現できた。

実用上の効果

1. 排ガス低減効果

図9に平成12年度排出ガス規制の75%減（ ）の触媒早期活性化（点火時期遅角）制御なしと、17年度排出ガス規制の75%減（ ）の触媒早期活性化（点火時期遅角）制御ありの冷始動後の触媒温度とHCの排

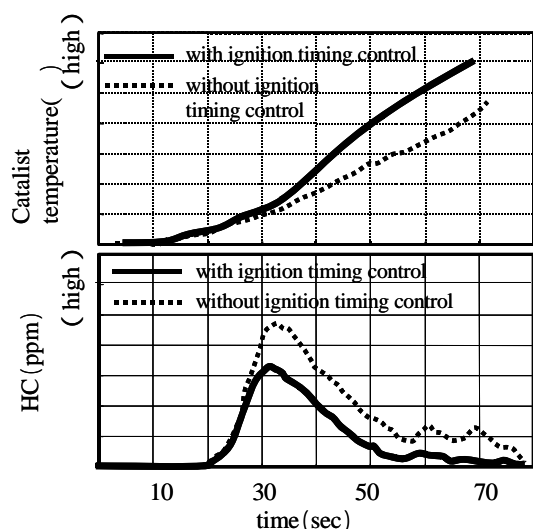


図9 触媒早期活性化効果の例

出量を比較した結果を示す。

触媒早期活性化（点火時期遅角）制御により触媒温度が早期に上昇し、HCの排出量が大幅に低減している。

更にこの新規機能を既存部品に内蔵し、低コスト化を図った結果、従来システムにてH17からH17を達成する場合、触媒の貴金属を追加（コストアップ）しなければならないが、本システムを使った場合、図10に示すようにシステムアップ分を含めても従来の半額以下で対応できる。（弊社データによる）

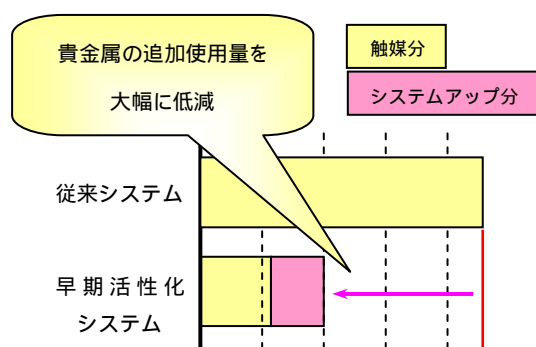


図10 システムコスト比較

2. 経済的な効果

今後の排出ガス規制拡大等を考えると低排出ガス車の需要は増大するものと予測される。

この技術による経済的な効果としては、本システムの採用により、低排出ガス車での貴金属の消費量が抑えられ、相場価格が安定する等の経済への効果が期待できる。また自動車総台数の多くを占めるコンパクトカでの低排出ガス車の普及が進み、環境問題の解決に必要な費用等の削減も図れるのではないかと考える。

工業所有権の状況

本技術に関して、国内出願件数50件（基本18件）海外出願件数4件がを登録しており、このうち国内は31件海外は2件登録されている。

また本技術は、96年5月から05年5月までに海外を含め5件の論文発表、及びRJC2004テクノロジーオブザイヤー受賞、その他、雑誌、新聞記事多数掲載されている。

むすび

始動直後の排出ガス低減は、現在世界的な課題であり、各社しのぎを削り開発を行なっている。

一般的に触媒を早期活性させる技術には、触媒の貴金属量を増加する方法がある。また既存の触媒に加えて、小型触媒をエンジン直近に追加する方法や、触媒までの排気管を二重構造とし排気熱を保温する方法等がある。これらは非常に有効な手段であるがコスト、搭載性において小型の自動車には有効ではない。

本技術は、それを、内燃機関の制御において非常に有効な燃焼状態を直接観測する方法で、実用化させたもので、非常に大きな意義を持つ。またコスト、サイズとも有効な方法であるので広く波及する技術だと考える。

今後、このイオン電流の特性を応用することで触媒の早期活性を行なうなど更なる低環境負荷型のエンジンに向けた技術開発行なっていくたいと思う。