



革新的燃焼技術

日の丸内燃機関が地球を救う計画

日本発の革新的内燃機関を、地球環境を救う切り札に

速くて快適な移動手段として、日々の暮らし、産業、社会活動を支える自動車。地球環境問題を背景に、走行性能、安全性能に加え、いっそうの環境性能の向上が求められている。革新的燃焼技術(日の丸内燃機関が地球を救う計画)では、自動車用の内燃機関の熱効率を最大50%以上へと飛躍的に向上させ、環境負荷の低減を目指す。産学官による研究開発体制の構築を通じ、我が国の実用工学の発展と国際競争力向上にも寄与していく。



プログラムディレクター

杉山 雅則

トヨタ自動車株式会社

Profile

1984年トヨタ自動車入社。2002年V6エンジン開発責任者、03年エンジン開発業務改革推進責任者、07年エンジンプロジェクト推進部長、13年常務理事・エンジン技術領域長、16年常務理事・パワートレーン先行技術領域長、17年常務理事・パワートレーンカンパニー先行技術開発担当 東富士研究所長、18年未来創生センターエグゼクティブアドバイザー、19年現職。

研究開発テーマ

1. ガソリンエンジンの熱効率向上に関する研究

超希薄燃焼を安定的に制御する技術をはじめとする要素技術の創出により、熱効率を現状の最高値である39%から50%まで向上させることを目指す。

2. ディーゼルエンジンの熱効率向上に関する研究

急速静音燃焼、クリーン低温燃焼などの要素技術の創出により、熱効率を現状の最高値である43%から50%まで向上させることを目指す。

3. ガソリンエンジンおよびディーゼルエンジンに共通する研究

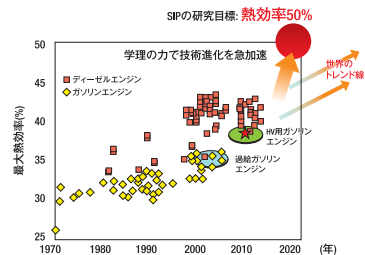
燃焼制御モデル、燃焼解析ツールに関する研究、各種の損失低減に関する研究など、ガソリン、ディーゼルに共通する基盤技術の創出を目指す。



●SPORT HYBRID i-MMM 2.0L DOHC i-VTEC

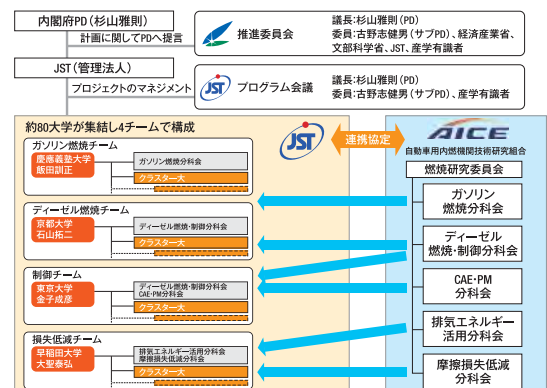
(出典:株式会社本田技術研究所)

●自動車用内燃機関の熱効率の推移とSIPでの目標



実施体制

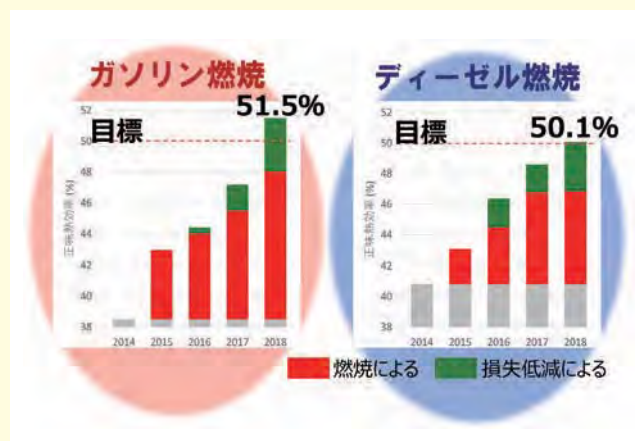
研究マネジメントのノウハウを持つ国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)が全体を統括し、約80の参加大学・公的研究機関を、ガソリン燃焼・ディーゼル燃焼・制御・損失低減の4分野でチーム分けし、それぞれをリーダー大学が束ねる。さらに、自動車用内燃機関技術研究組合(AICE)がJSTと連携協定を締結し各研究チームを支援するという、産学官が連携した研究開発体制を築いた。



5年間の成果

① 熱効率50%の達成

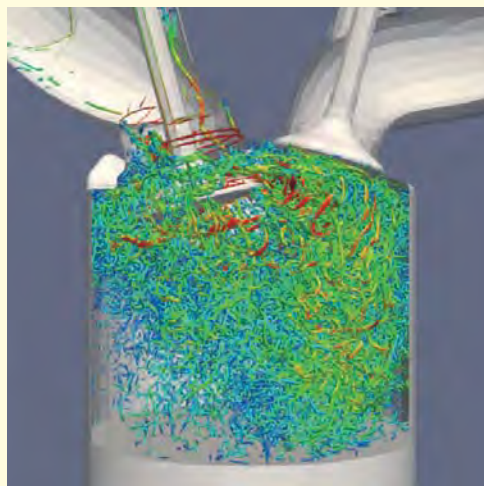
今回目標として設定した熱効率50%を、燃焼の基礎研究、計測技術の高度化、モデル化、機械摩擦損失の低減、排気エネルギーの有効活用によって、ガソリン(51.5%)、ディーゼルエンジン(50.1%)と、いずれも5年という極めて短期間で達成した。実際の製品(自動車)に搭載されるエンジンの熱効率がこの水準になるまでは相応の時間を要するものの、今後の着実な燃費効率改善に寄与する成果を得た。また、単気筒エンジンを対象として、超希薄燃焼(スーパーリーンバーン)領域での安定着火・燃焼を実現させた。これは、スーパーリーンバーンの燃焼が不安定で全体的な効率が悪いというこれまでの常識を覆す研究成果であり、燃焼の教科書を書き換えるレベルの学術的に意義のある成果といえる。



② 多種多様なモデル開発およびソフトウェア開発

SIP 成果で得られたアカデミアの知見により、燃焼の高度制御に不可欠な噴霧形成モデル、PM(粒子状物質)モデル「RYUCA」、モデルベース制御システム「RAICA」、焼き付き・摩耗の危険予測トライボシミュレータ、ターボモデル等、大きく10種類に分類される高度モデル群を構築した。またこれとは別に、高度な流動プラットフォーム及びサブモデルの構築により、詳細な化学反応メカニズムまで踏み込むことで現象論から燃焼解析可能な3次元燃焼解析ソフト「HINOCA」が開発された。今回開発された、現象論まで踏み込んだ精緻なモデル群は、国内はもとより、海外でもニーズがあり、例えば、燃焼の化学反応機構を掲載したウェブサイトへのアクセスは、平成31年1月現在までの約3年間で、海外からを含め62,000件を超えており、更に化学反応機構等の国内外からのダウンロード数は約2,700件に達した。

●HINOCA(3次元燃焼解析ソフト)



③ 持続的な産産学学連携体制の構築

産学の相互理解が進み、産業界のニーズ・課題認識と、学术界の基礎から応用研究の知見とがかみ合い、我が国独自の「産産学学」連携の共同研究体制を実現した。産産学学連携体制の参考としたドイツ「FW」は、産業に直結した工学的な研究課題の設定が主である。他方、我が国では基礎研究から応用研究までの幅広い取り組みを実現した。株式会社小野測器、株式会社堀場製作所の協力で研究開発拠点に開設したオープンラボ(企業のスペースに最新の設備を整備したものであり、一大学では実施できない規模での研究が可能)も連携のプラットフォームとしての役割を果たした。また、本課題実施により構築された「産産学学」連携体制を、SIP 終了後も引き続き維持していくため、「内燃機関産学官連携コンソーシアム」(事務局:産業技術総合研究所)が、学术界の連合体として設立された。

