



# 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  
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 所長  
常務理事

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

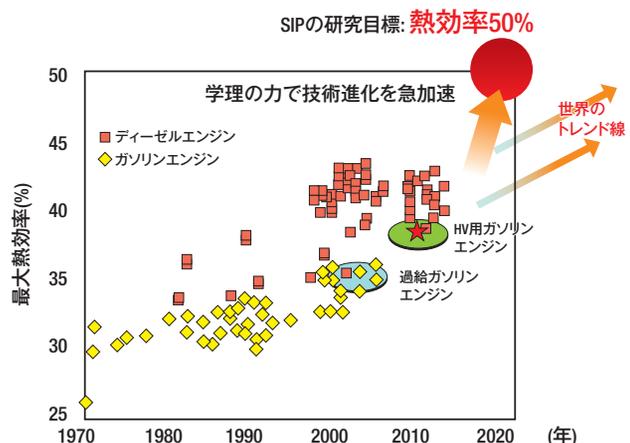
燃焼制御モデル、燃焼解析ツールに関する研究、各種の損失低減に関する研究など、ガソリン、ディーゼルに共通する基盤技術の創出を目指す。

● SPORT HYBRID i-MMD 2.0L DOHC i-TEC



(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



## 日本の競争力向上につながるCO<sub>2</sub>低減の燃焼技術創出と普及

CO<sub>2</sub>を30%削減(2011年比)するための基盤技術、開発ツールなどを順次、社会に提供する。

これにより、国産車の燃費性能をより向上させ、国際競争力をさらに強化するとともに、世界のCO<sub>2</sub>低減に貢献する。

## 持続性のある「産産学学連携」体制の構築

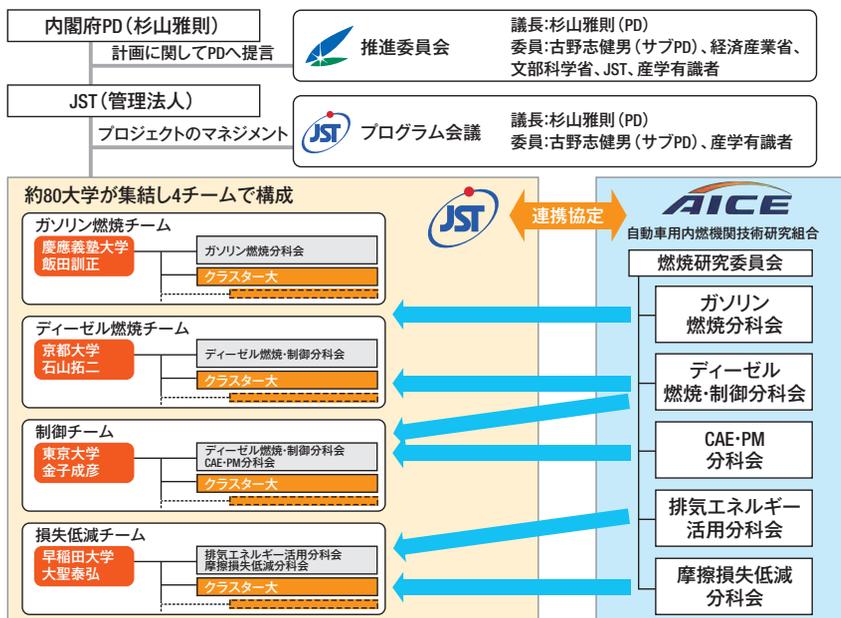
「産からの共通ニーズの発信」、「産学の人材の交流」、「リーダー大学のマネジメント能力の成長」、「大学から産につなぐ産業の創出」に取り組み、この研究体制を新しい産学連携のスキームとして他産業のひな形となるよう、日本の国力向上に資する新しい研究開発プロセスへと成長させる。経済産業省と文部科学省が協力し、5年後の姿も視野に入れた、産業競争力を支える持続的な「産産学学連携」に関する施策の検討を推進する。

## 制御モデルの標準化戦略

制御モデルや制御／解析ソフトの標準化を推進し、開発コストの低減につなげるとともに、新しい産業の創出を目指す。また、ベンダー等によるデファクトスタンダード化を含めた国際展開を目指す。

## 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。



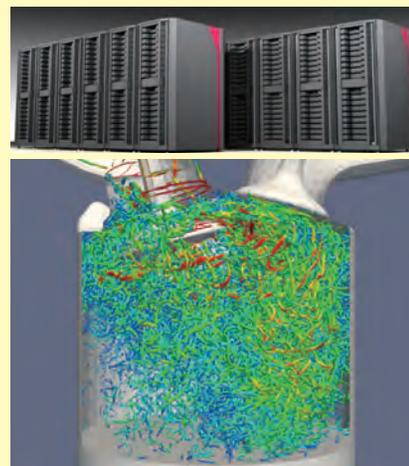
## これまでの成果

### ベールを脱ぐ日の丸ソフトウェアHINOCA (火神)

自動車用エンジンは広く普及しているが、燃焼をとまなう熱流動現象には未解明課題が数多く残されていることは意外に知られていない。これらを解き明かし数値モデル化により、汎用性の高い国産のエンジン3次元燃焼シミュレーションコードを構築することが、HINOCA(火神)に与えられた使命である。

今年度から、自動車メーカー技術者にも公開し、実際のエンジンを対象にスーパーコンピューティングによるモデルの高精度化を関連研究者及びAICE(自動車用内燃機関技術研究組合)CAE・PM分科会のメンバーが一丸となって取り組んでいる。エンジン内部で生成される渦構造の解明といった基礎研究から開発研究にまで適応できるものと期待されている。

- 宇宙航空研究開発機構(JAXA)のスーパーコンピュータを用いた計算による渦構造の可視化



# 「産産学学連携」の深化、自動車工学の活性化にも期待

自動車の電動化が進んでいるが、30年後も半数以上は内燃機関を使用していると予想される。引き続き重要な内燃機関の熱効率向上に向け、制御、燃焼、損失低減、それぞれの分野で専門の知を融合させ、着実に結果へとつなげていく。

## 研究者の知の交流も活発に

ガソリンエンジン・ディーゼルエンジンの熱効率50%を達成するという野心的な目標を掲げ、産学官連携による研究がスタートしてから3年が経過した。約80校にのぼる大学・公的研究機関が参加する、これまでにない規模の共同研究となったが、プログラムディレクターの杉山雅則氏は、連携の深化に手応えを感じているという。「1年目は手探りの状態でしたが、今では大学等の研究チームと、それぞれを支援する企業との間で相互信頼感が醸成でき、意思疎通もうまくいっています。研究開発をマネジメントする国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)やプログラム会議委員の方々も、頻繁に大学に足を運んでアドバイスしてくださるので、成果を出そうという意識も

高まっています。」

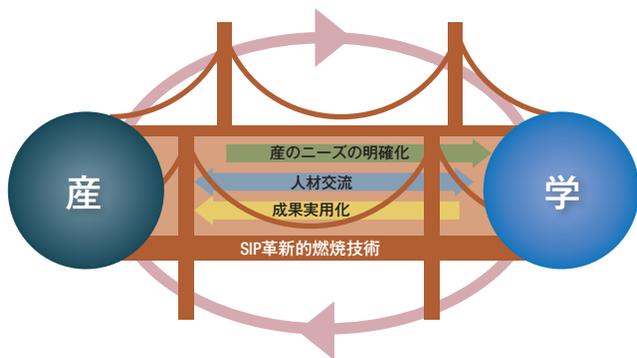
目標の実現には、これまでのエンジン開発で行われてきたような経験則や結果からの類推ではなく、科学的なモデルを積み上げていくアプローチが不可欠である。そのために、例えば化学反応や基礎燃焼など、基礎科学も含めた複数の研究分野がそれぞれの成果を合わせて、チームとして大きなモデルを作り上げることに取り組んでいる。通常、学術研究は特定の分野を深掘りするものが多く、他分野との交流が少なくなりがちだが、こうした共同研究を通じて研究分野の架橋や融合が起き、研究者の知の交流も活発になってきた。

## オープンイノベーションが成果に

本プログラムでは、産学が集まって実験、議論、データ共有を行う場として、4つのリーダー大学に、最新の実験設備を備えた「オープンラボ」を設置した。最初に開設された小野測器テクニカルセンター内 慶應義塾大学SIPエンジンラボラトリーには100名以上の研究者が登録し、学生も参加している。「他の研究室や企業との共同研究の経験は、学生たちにとっても学ぶところが多く、自分たちの研究が大きな成果につながると実感できることで、モチベーションも高まっています。」と杉山氏は人材育成への効果も期待する。

こうしたオープンイノベーションを促進する研究環境が、着実な結果に結びついている。本年6月の時点で、ガソリン燃焼は44.4%、ディーゼル燃焼は46.4%の正味熱効率の実証(単気筒エンジン)に成功した。損失低減チームでは、エンジンピストン表面に低摩擦材料を強固に形成する技術を開発し、制御チームとガソリン燃焼チームの連携によって、エンジンの3次元燃焼シミュレーションソフトウェア「HINOCA」が形になりつつある。日本独自の制御モデルや解析ソフトウェアを標準化し、将来の開発コスト低減につなげていくことも、本プログラムの目標の1つである。

### ● 持続的な「産産学学連携」を構築



産⇒学: 産の共通ニーズの提示  
 学⇒産: 基礎的知見の提供  
 学⇄産: 持続的な人材・ニーズ・シーズの行き来

全国に散らばる大学 } 一丸に!  
 個社では限界目の企業 }

# 革新的燃焼技術

日の丸内燃機関が地球を救う計画



## 実用工学の研究を革新する

現時点までの進捗は、各年度の目標効率は達成してきた状況だが、ここからはさらに傾斜がきつくなる。新発想を探索・追究し、検証するサイクルを強化していく必要がある。

内燃機関の熱効率は、過去40年かけてようやく30%から40%程度まで引き上げられてきた。それを5年間でさらに10%向上させるといふという目標は、たしかに高いと言えるだろう。

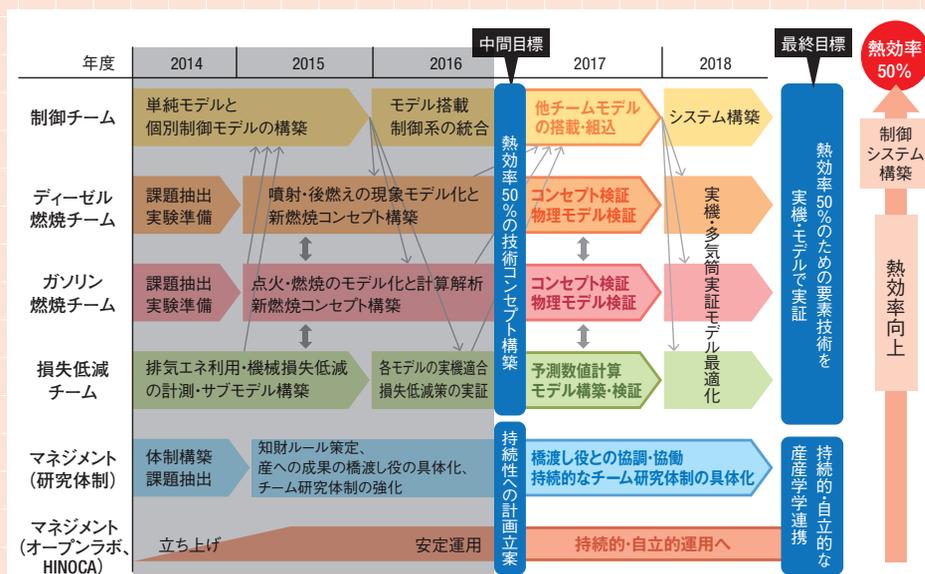
その壁を突破するために本プログラムで取り組んでいるのが、最初に述べた科学的なアプローチである。エンジンの中で起きている現象を「学」の力で科学的に解明、汎用的なモデル

とし、「産」が活用することによって、開発の高度化とスピードアップを図ることが最終的な目標だ。それは、政府の第5期科学技術基本計画で目指す姿として提示された「Society 5.0」の重要な要素の1つ、「競争力の高いものづくり」につながる取り組みでもある。

「モデルベースの開発は、自動車工学のあり方を大きく変えるものになります。今回、SIPの課題として採択されたことで、内燃機関の研究が注目を集め、この分野を志す学生も増え始めました。そうした新しい力も取り込みながら、自動車工学の活性化と革新を目指します。」と力を込める杉山氏。大きな目標の実現へ、オープンイノベーションを加速していく。

## 今後の予定

今年度は、熱効率達成のために構築した技術コンセプトの検証や実機での実証を実施していく。また、オープンラボやHINOCAの持続的・自立的な運用に向けて、具体策を検討していく。



熱効率を50%まで高めるといふ目標は、単なる夢ではなく、実現可能性が高いものとなりました。自動車のエンジンも自動車工学も、まだまだ進化します。

