



2018年10月26日

自動車用内燃機関技術研究組合（AICE） 公開フォーラム
－ 2019年度からの次期AICEの共同研究企業募集に関する説明会 －

SIP「革新的燃焼技術」

AICE燃焼研究委員会 委員長

山本 博之
(マツダ株式会社)

1. SIP燃焼の狙いと産にとってのうれしさ

※SIP「革新的燃焼技術」⇒ SIP燃焼

2. AICEによるSIP燃焼支援

3. SIP燃焼の成果

4. 更なる産学連携強化に向けた取組み

(SIP後のSIP燃焼成果の活用と拡張に向けて)

1. SIP燃焼の狙いと産にとってのうれしさ

※SIP「革新的燃焼技術」⇒ SIP燃焼

2. AICEによるSIP燃焼支援

3. SIP燃焼の成果

4. 更なる産学連携強化に向けた取組み

(SIP後のSIP燃焼成果の活用と拡張に向けて)

SIPの対象11課題

内閣府「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）概要」より

創設の背景



私たちは再び**世界一**を目指します。
世界一を目指すためには、**なんと**
言っても**イノベーション**であります。

安倍政権として、新しい方針として、
イノベーションを

**総合科学技術会議が司令塔機能
を発揮し、科学技術イノベー
ションを実現するためSIPを創設
することが決定**

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の対象課題、PD、27年度配分額

○ 科学技術イノベーション総合戦略

○ 日本再興戦略（平成25年6月14日閣議決定）

総合科学技術・イノベーション

革新的燃焼技術（配分額 19.73億円）

杉山雅則 トヨタ自動車 エンジン技術領域 領域長
乗用車用内燃機関の最大熱効率を50%に向上する革新的燃焼技術（現在は40%程度）を持続的な産学連携体制の構築により実現し、世界トップクラスの内燃機関研究者の育成、省エネ、CO2削減及び産業競争力の強化に寄与。

革新的構造材料（配分額 38.64億円）

岸 輝雄 東京大学名誉教授、物質・材料研究機構顧問
軽量で耐熱・耐環境性に優れた画期的な材料の開発及び航空機等への実機適用を加速し、省エネ、CO2削減に寄与。併せて、日本の部材産業の競争力を維持・強化。

次世代海洋資源調査技術（配分額 57億円）

渡辺徹郎 東京大学名誉教授、国際資源開発研修センター 顧問
銅、亜鉛、レアメタル等を含む、海底熱水鉱床、コバルトリッチクラ等の海洋資源を高効率に調査する技術を世界に先駆けて確立し、海洋資源調査産業を創出。

次世代パワーエレクトロニクス（配分額 24.21億円）

大森達夫 三菱電機 開発本部 役員技監
SiC、GaN等の次世代材料によって、現行パワーエレクトロニクスの性能の大幅な向上（損出1/2、体積1/4）を図り、省エネ、再生可能エネルギーの導入拡大に寄与。併せて、大規模市場を創出、世界シェアを拡大。

エネルギーキャリア（配分額 32.7億円）

村木 茂 東京ガス 常勤顧問
再生可能エネルギー等を起源とする電気・水素等により、クリーンかつ経済的でセキュリティレベルも高い社会を構築し、世界に向けて発信。

自動走行システム（配分額 23.58億円）

渡邊浩之 トヨタ自動車 顧問
自動走行（自動運転）も含む新たな交通システムを実現。事故や渋滞を抜本的に削減、移動の利便性を飛躍的に向上。

食料・農業・農村政策（配分額 26.36億円）

教授
災害に備え、官民挙げて防災力を向上させ、食料・農業・農村政策の強化を図る。

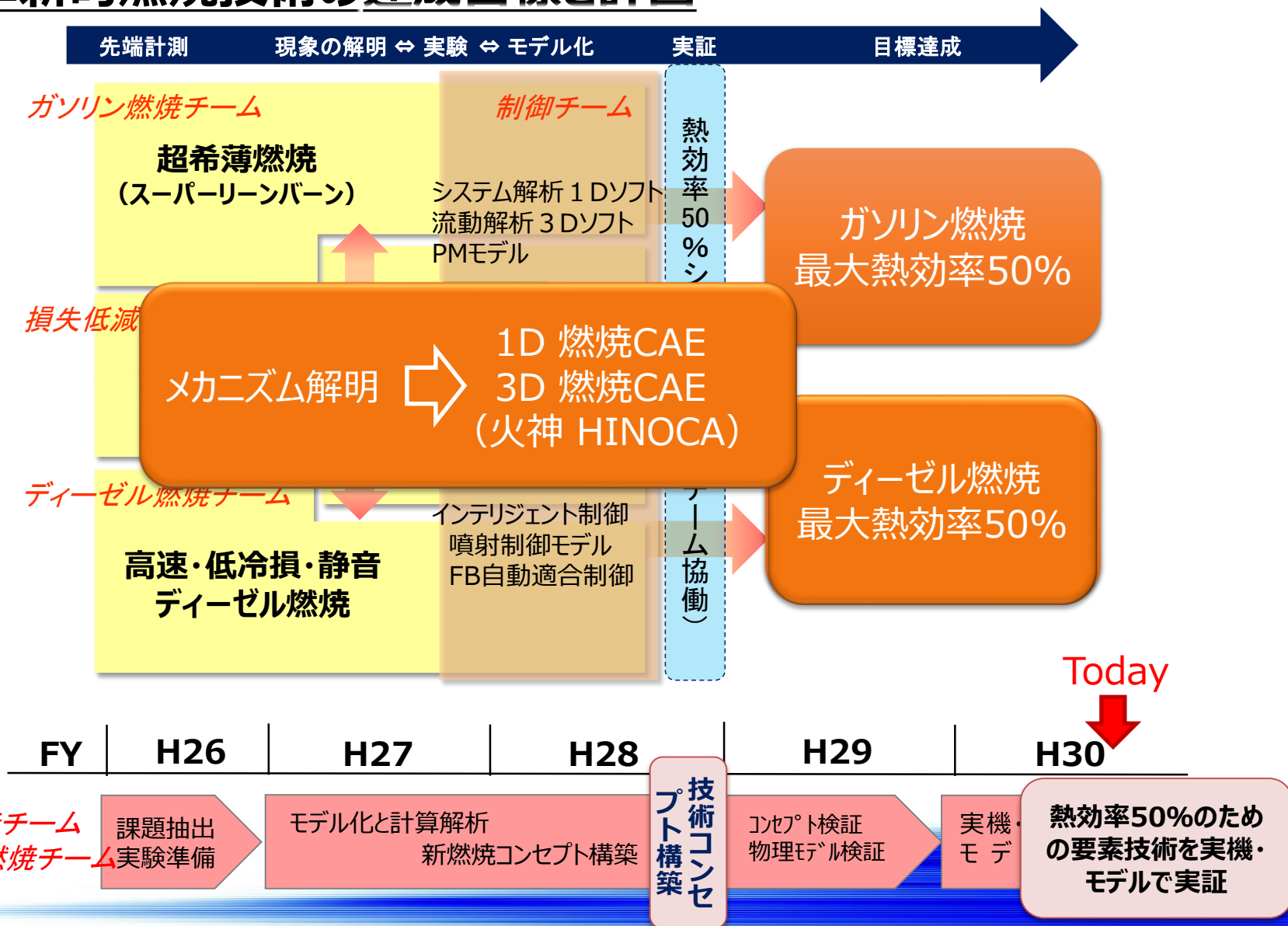
食料・農業・農村政策（配分額 33.58億円）

教授
食料・農業・農村政策の強化を図る。新たな食料・農業・農村政策の強化を図る。

**乗用車用内燃機関の最大熱効率を50%に向上する革新的燃焼
技術（現在は40%程度）を持続的な産学連携により実現し、
世界トップクラスの内燃機関研究者の育成、省エネ、CO2削減
及び 産業の競争力の強化に寄与。**

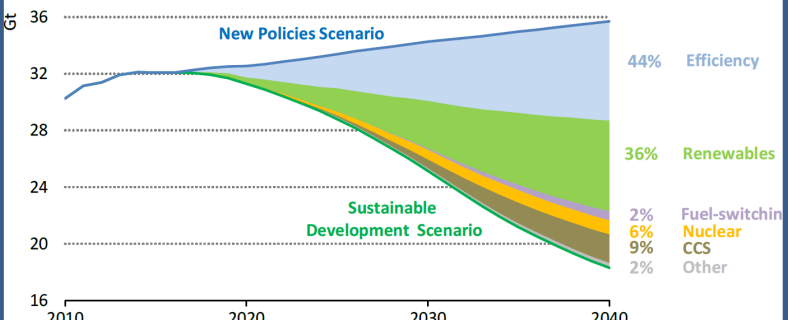
SIP革新的燃焼技術の達成目標と計画

SP革新的燃焼技術資料に加筆



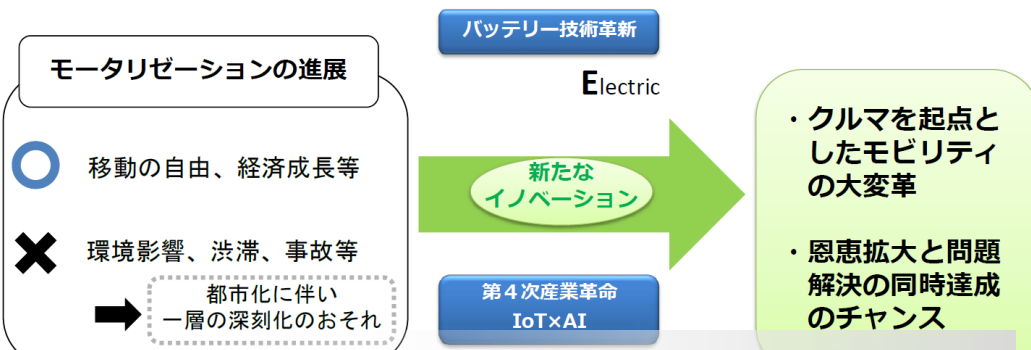
CO₂

IEA WEO2017

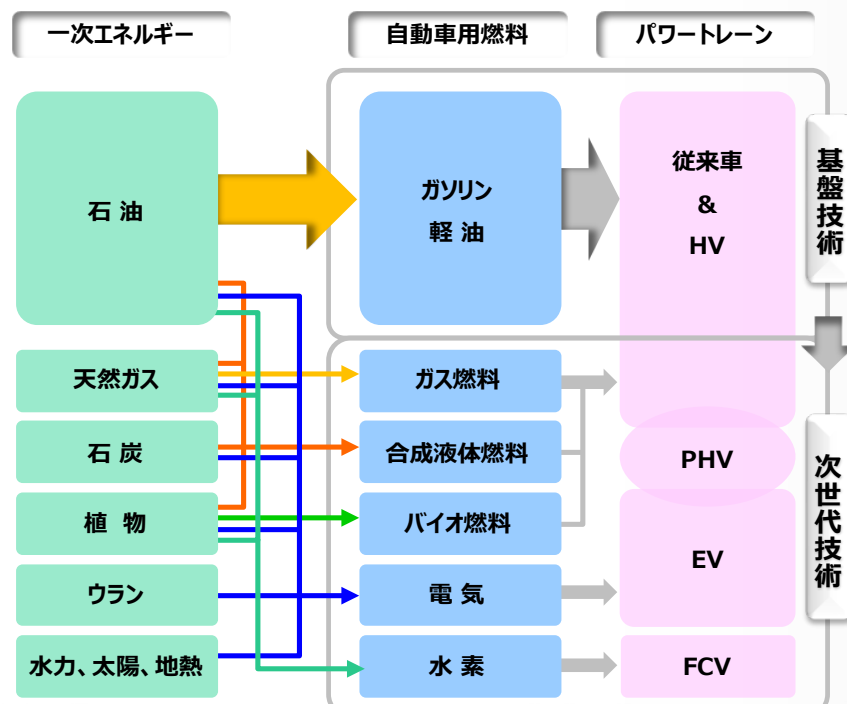


CASE

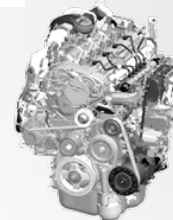
自動車新時代戦略会議（第1回）資料



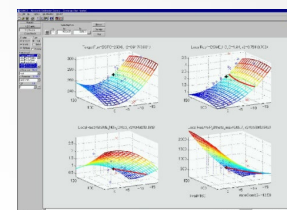
パワートレイン開発の複雑化、多様化



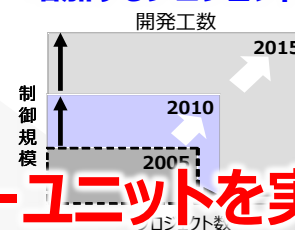
パワートレインの複雑化、多様化



制御適合負荷の爆発的増大



増加するプロジェクト

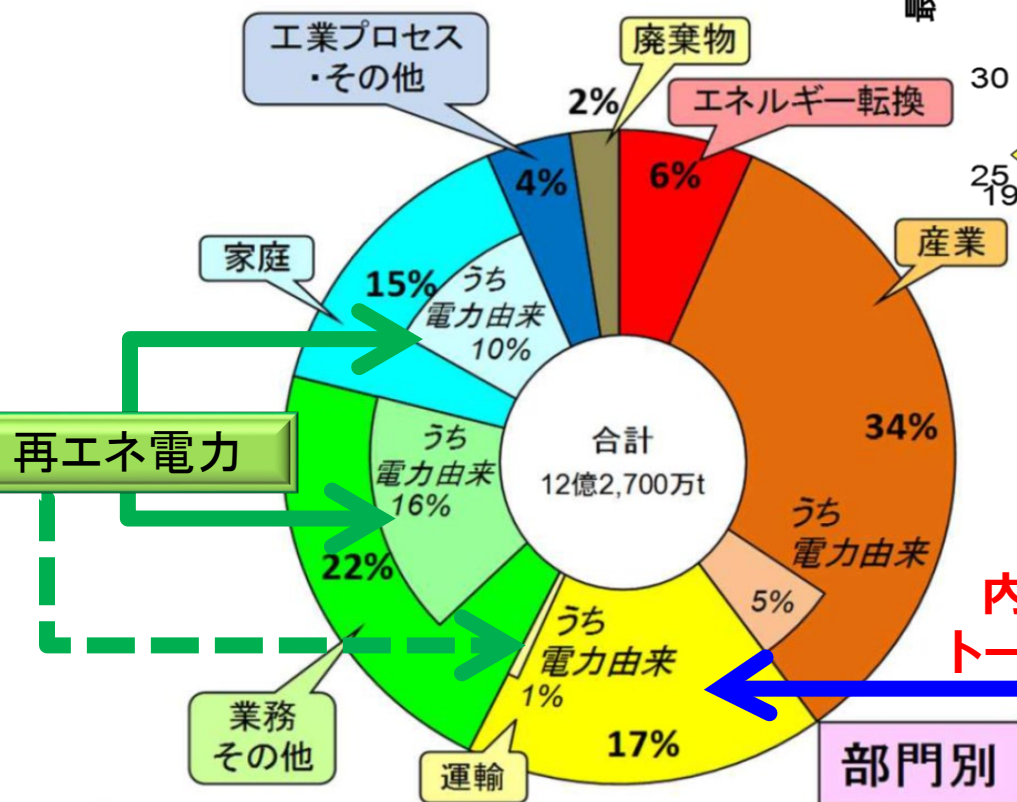


飛躍的な開発効率で、CO₂を大幅削減できるパワーユニットを実用化

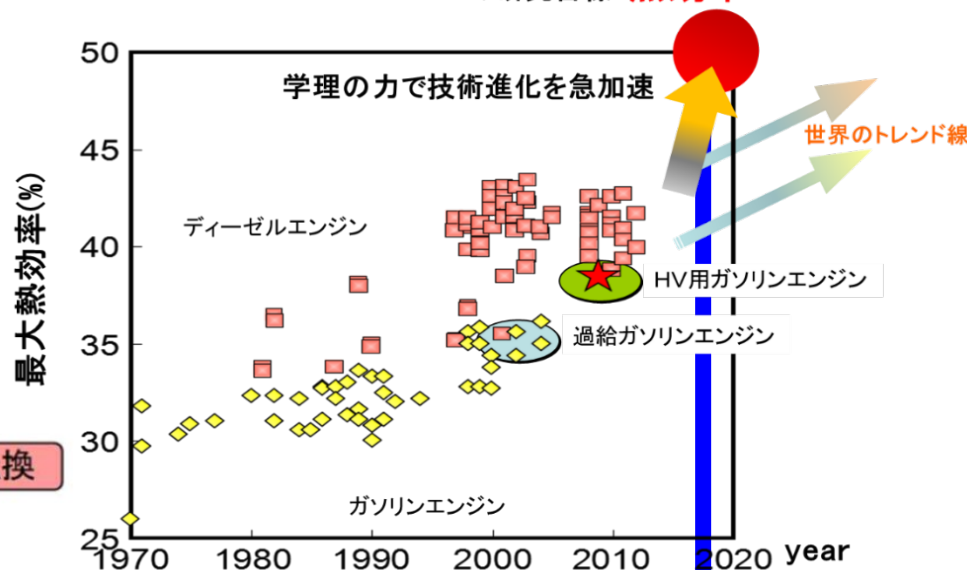
「熱効率50%」の価値

温室効果ガス排出割合

環境省 2015年度の温室効果ガス確報値



SIPの研究目標: 熱効率50%



SIP革新的燃焼技術

内燃機関が頑張れば、
トータルのCO₂低減に貢献

「メカニズム解明／モデル化」の価値

経産省 SURIAWASE2.0 ⇒ シミュレーション基盤構築事業

30年度事業の全体像 27～29年度：仕込み、30～32年度：事業期間

- 産学・企業内・企業間の擦り合わせを、「シミュレーションの徹底活用」「サイエンスとエンジニアリングとの融合」により、高速かつ正確無比にversion upさせ、我が国全体の開発力を強化。
- サプライヤの生産性向上や、産学連携の深化による人材育成も同時達成し、世界最先端の開発拠点に。

企業内の悩み

自動車会社の内部で、振動や排気といった車両性能ごとに多くのチームが関わっており、試作段階の手戻りコストが大

サプライヤの悩み

自動車会社ごとに要求内容が異なり、サプライヤはモデルを都度カスタマイズするためのコストが発生

産学間の悩み

産・・・モデルに組み込む詳細な実験データがほしい
学・・・最先端のサイエンスをビジネスに活かし、研究レベルを高めたい

最先端のサイエンスを 盛り込んだ シミュレーションモデル の流通・活用

国の取組

共通ガイドライン・モデルの高精度化

- ・今年3月に公表したガイドライン・モデルでは特定のガソリン車による「燃費」のみでしか可視化できない。
- ・右記の目的達成に向けて、モデルのバリエーションを増やし、モデルによって可視化されるデータの精度を上げるべく、学の知見を活かして実機から計測したデータをモデル化する。

これまで

燃費のみ可視化

ガソリン車を想定

目標

燃費に依らず運動性能や振動等も

EV、PHV等

企業内のすりあわせ

- 自社内の開発の効率化・リードタイムの大幅な短縮
- 品質の向上

企業間のすりあわせ

- 車両全体を俯瞰することで自社の部品仕様の提案力を強化
- 新規サプライヤによる参入促進

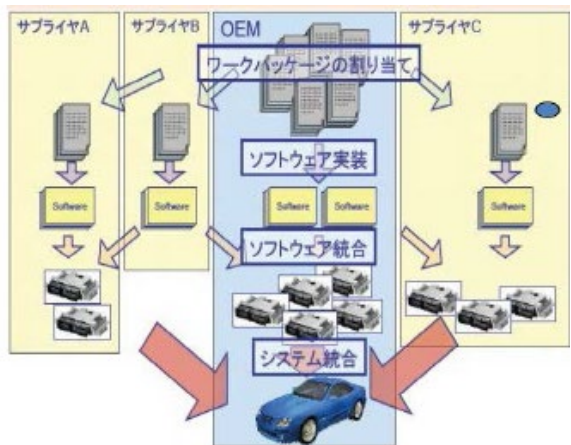
産学のすりあわせ

産・・・モデルの基になる最先端のサイエンスデータを取得
学・・・開発投資により優秀な学生等、研究設備が集まる

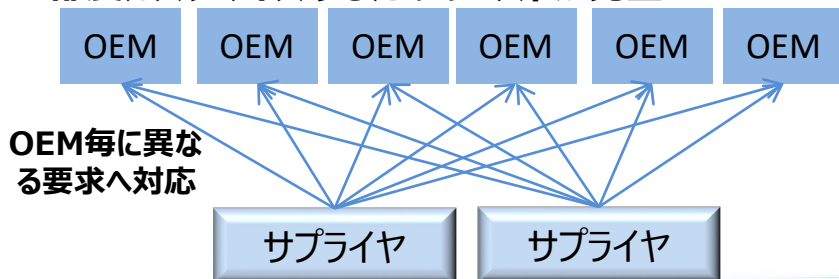
「メカニズム解明／モデル化」の価値（企業間すり合わせ）

<現状>

一つの自動車に対して多くのサプライヤが関わるため、OEMの仕様が正確に伝わらないと、不具合や手戻りのコストが膨大に



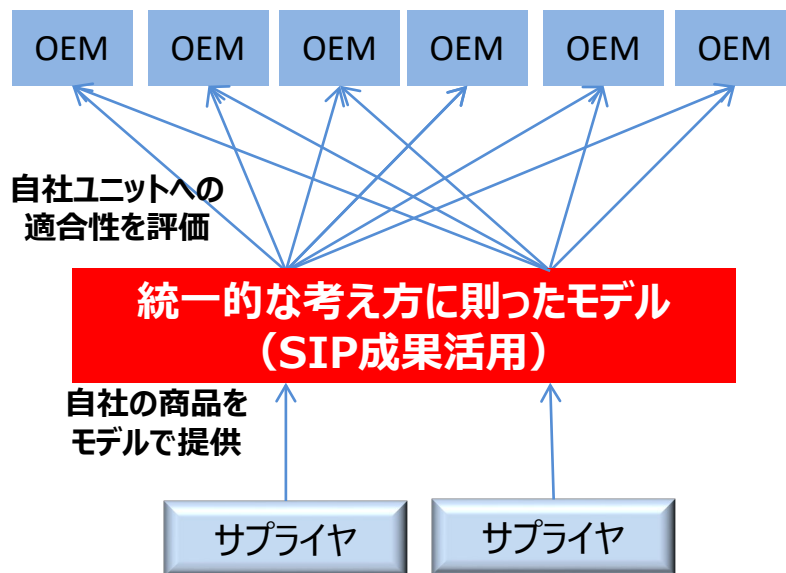
モデル授受の際にOEMの数だけ要求内容が異なり、都度カスタマイズするためのコストが発生



OEM毎に異なる要求へ対応

<理想>

モデル流通の統一的な考え方に則り、OEM・サプライヤーがシミュレーションを活用した開発を行なうことで、サプライチェーン全体での開発効率化



モデル提供により擦り合わせ力強化に貢献できる

1. SIP燃焼の狙いと産にとってのうれしさ

※SIP「革新的燃焼技術」⇒ SIP燃焼

2. AICEによるSIP燃焼支援

3. SIP燃焼の成果

4. 更なる産学連携強化に向けた取組み

(SIP後のSIP燃焼成果の活用と拡張に向けて)

AICEによるSIP支援 – JST/AICE 連携協定

JST AICE HP情報から作成



SIP 革新的燃焼技術
Innovative Combustion Technology
bridging to...



乗用車用内燃機関の最大熱効率50%に向上する**革新的燃焼技術**（現在は40%程度）を持続的な産学連携体制の構築により実現し、**世界トップクラスの内燃機関研究者の育成**、省エネ、CO2削減、及び産業競争力の強化に寄与。

管理法人
科学技術
振興機構



連携協定
(平成27.1.30)



<理念>

産学官の英知を結集し、将来に亘り有望な動力源の一つである**内燃機関の基盤技術**を強化し、**世界をリードする日本の産業力の永続的な向上**に貢献する。

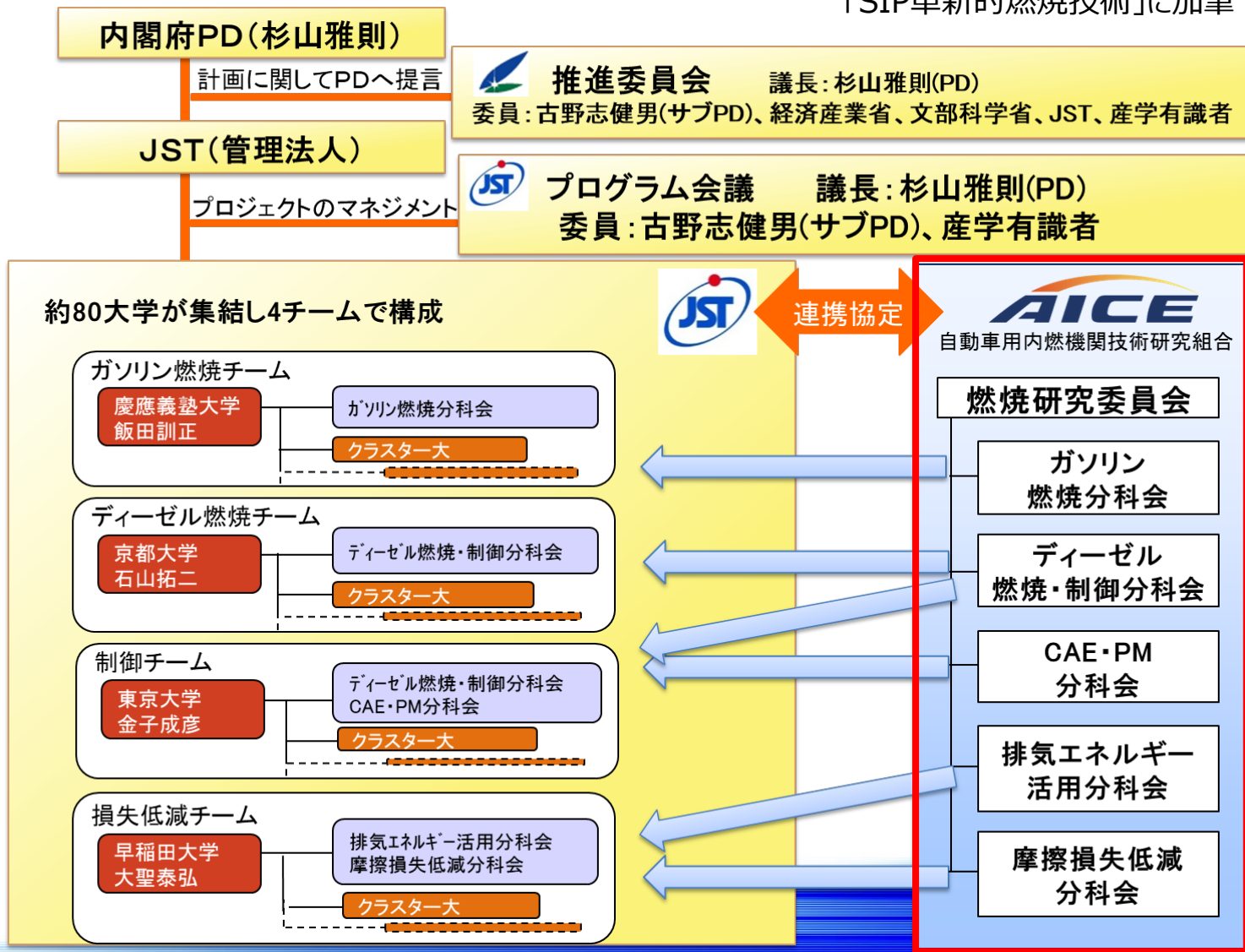
産学官の相互啓発による研究推進により、日本の内燃機関に関する**専門技術力の向上**を図り、**技術者 および将来に亘り産学官連携を推進するリーダーを育成**する。

JST(理事長 中村 道治)とAICE(理事長 大津 啓司)は、平成27年1月30日、SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)課題「革新的燃焼技術」において、相互に協力しながら産学連携を推進するための連携協定を締結しました。

SIP「革新的燃焼技術」では、大学などの研究機関に所属する研究者が研究を実施していますが、AICEはこれらを支援する立場として、**研究の推進、情報発信、研究成果の活用に向けて取り組み、乗用車用内燃機関の最大熱効率50%および持続的な産学連携体制の構築**というSIP「革新的燃焼技術」の目標達成に貢献します。

AICEによるSIP支援 – 支援体制

「SIP革新的燃烧技術」に加筆



主要支援内容と規模

燃烧研究委員会

- ・SIP 4 チーム間の連携支援
- ・共用設備の確保、運用の支援
- ・派遣人材の調整

5つの分科会

- ・企業ニーズ提示
- ・企業視点での研究マネジメント支援
- ・研究実務支援
- ・実験設備、部品調達、安全確保の支援

支援規模

- | | |
|--------------------|---------------|
| ・AICE燃烧委員会委員 | 114名（分科会委員含む） |
| ・AICE会員企業から大学への派遣者 | 22名 |
| ・AICE支援の金額換算（5年間） | 11億円超 |

大学への派遣

損失低減チーム

早稲田大	2名
都市大	4名

制御チーム

東京大	1名
早稲田大	3名

ディーゼル燃烧チーム

京都大	4名
-----	----

ガソリン燃烧チーム

慶應大	5名
東工大	2名
千葉大	1名

1. SIP燃焼の狙いと産にとってのうれしさ

※SIP「革新的燃焼技術」⇒ SIP燃焼

2. AICEによるSIP燃焼支援

3. SIP燃焼の成果

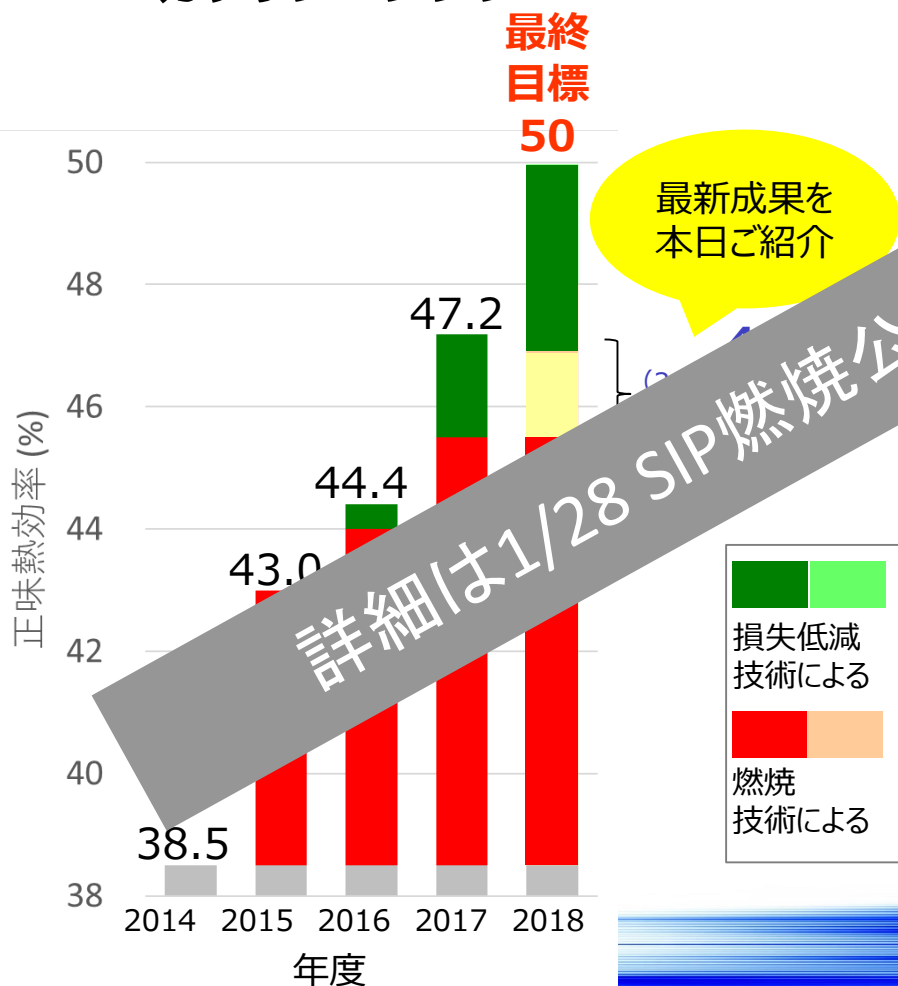
4. 更なる産学連携強化に向けた取組み

(SIP後のSIP燃焼成果の活用と拡張に向けて)

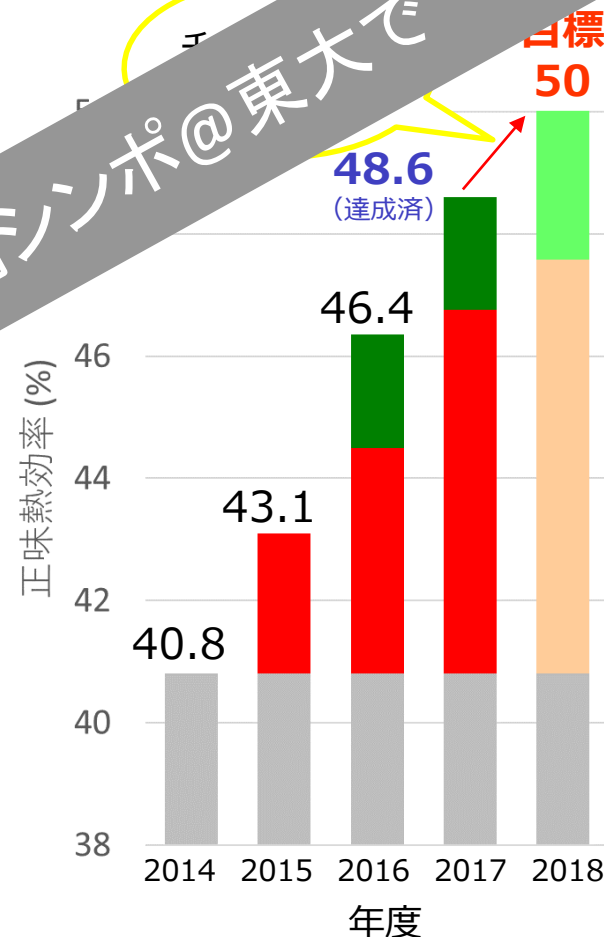
「熱効率50%」の達成状況

2018年9月13日JST理事長記者説明会資料より

ガソリンエンジン

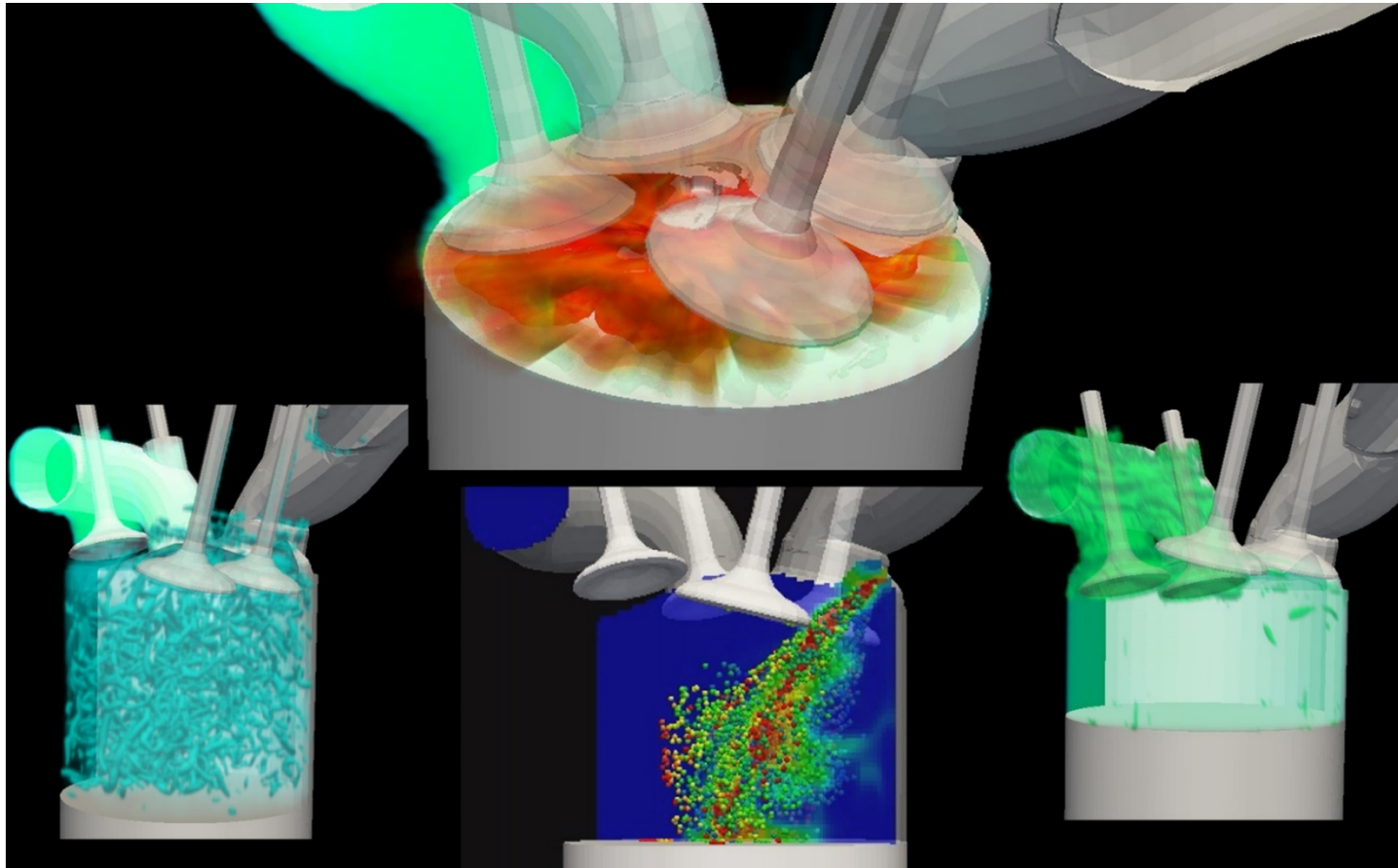


ディーゼルエンジン



「メカニズム解明／モデル化」の達成状況：HINOCA

JAXA、海技研、北海道大、大阪大、広島大、東北大、大分大、
慶應大、東工大、阪府大、九州大、名工大、岡山大、群馬大、東大、徳島大、福井大



動画リンク先：http://www.jst.go.jp/sip/event/k01_hinoca/index.html

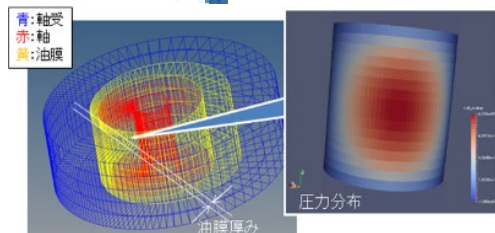
吸気～排気過程の基本部分は完成、ユーザ会で検証を進めている

「メカニズム解明／モデル化」の達成状況：焼き付きモデル

エンジンの摩耗・焼き付き：油膜厚さが計算出来ず、経験則と合わせ込みで推定
⇒ **物理ベースで現象が予測**できるトライボシミュレータへ

マクロ

弾性流体潤滑
解析 (九大)



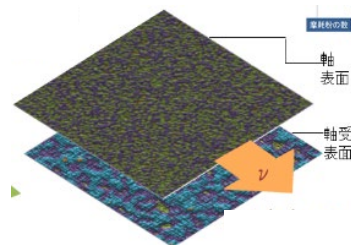
大型並列計算機を用いた弾性流体潤滑の計算に成功 **(世界初)**

ベンチャー設立へ
(九大)



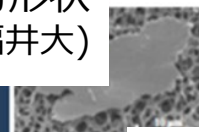
メソ

表面粗さシミュレーション
摩耗粉混入時の
表面形状変化と発熱量
(東北大)



実験・計測

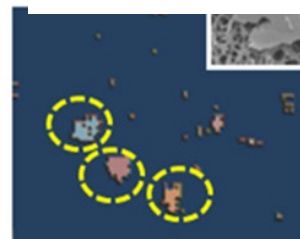
摩耗粉形状
(福井大)



ナノ油膜特性
(東北大)



摩耗粉を計算で再現
(東北大)

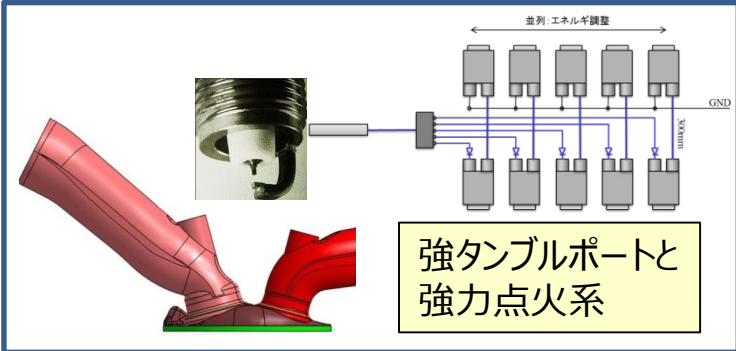
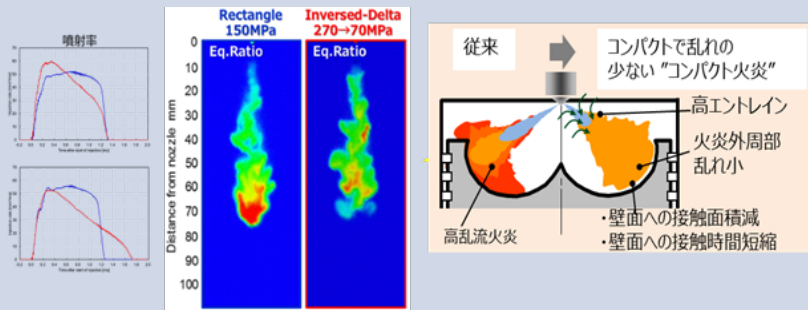


**摩耗予測モデル
Ver1 を完成**

「焼付かない」、「オイル消費増えない」設計指針へ

摩擦・摩耗・焼き付きのメカニズムを解明し、高精度・高速シミュレータを開発

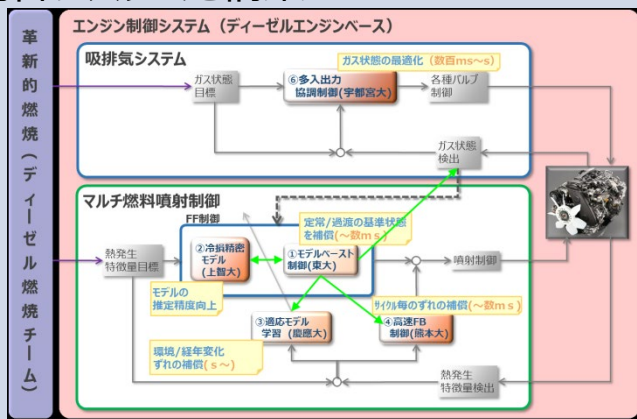
各チームの代表成果

	ガソリン燃焼チーム	ディーゼル燃焼チーム
技術概要	強力点火装置で確実な着火と、流動の活用で力強い火炎伝播を実現  強タンブルポートと強力点火系	燃料噴射率とノズル噴孔の制御により、噴霧・混合気形成過程をコントロールすることで、低冷却損失・高等容度の高効率燃焼を実現 
産にとつての嬉しさ	・燃焼開発において、従来の開発手法の壁を越えるための指針を見出すことが出来るようになった。乱流現象と化学反応の追求が役に立っている。 ・企業の人材育成にも貢献し、組織の活性化にも繋がっている。	・エンジン燃焼室内現象の詳細な解析に基づいた、燃焼メカニズム知見を獲得できた ・上記をベースにした新たな燃焼制御により、内燃機関の高効率化の方向性が短期間で見いだせた ・更なる高効率化のために取り組むべき課題が明確になった
主要提案モデル	・火炎伝播モデル：HINOCAに実装 ・素反応モデル：世界の研究者に公開	ノズル内～噴霧形成過程のモデル 燃焼騒音予測モデル

各チームの代表成果

制御チーム（制御）

モデルベースを軸とした革新的精密燃烧
制御システムを構築

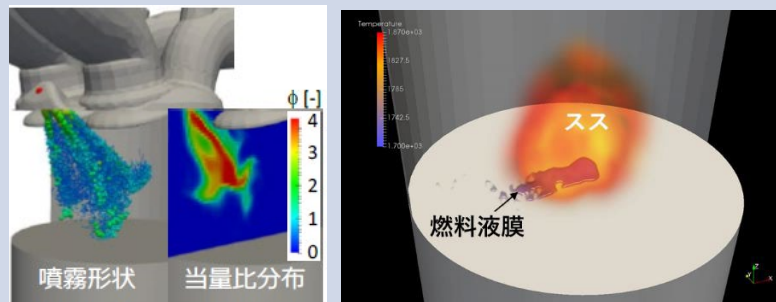


技術概要

制御チーム（PM）

目的：冷間始動時のPM排出量の予測
技術要素：

- ① 噴霧～液膜モデルの構築
- ② PMモデルの構築

産にとっての
嬉しさ

・適合試験を不要とする**モデルベース燃烧制御**により、**制御開発における適合工数を大幅に削減できる**

・新燃烧のロバスト性確保および運転領域拡大による性能向上が可能となる

・ビッグデータをIoTやAIにより活用し、地理・交通状況に応じたリアルタイムインテリジェント制御への発展性が期待できる

主要提案
モデル

噴射・着火・燃烧過程の実装制御モデル
低計算負荷の冷却損失推定モデル

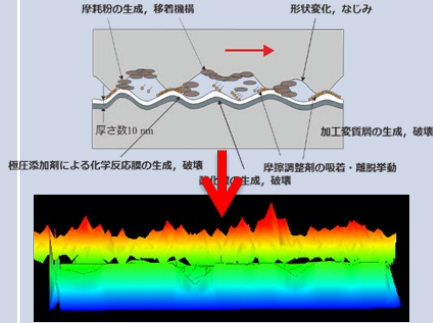
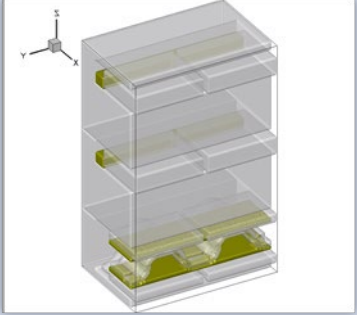
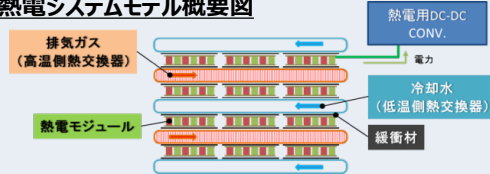
冷間始動時のPMが最小になるようにエンジン開発の初期段階において、

- ① エンジンのポート、燃烧室形状
- ② インジェクターの仕様
- ③ 噴射時期、期間

がCAE計算により決定でき、**手戻り開発を防ぐ**ことができる。

- ① 多成分蒸発モデル
- ② モーメント法すず計算

各チームの代表成果

	損失低減チーム（排気エネ活用）	損失低減チーム（機械抵抗低減）
技術概要	・排気脈動も考慮した総合効率64%を超えるターボチャージャの実現 ・高靱性、高耐久、高出力密度の熱電素子と熱電発電モジュールの実現 ・ターボチャージャと熱電発電の1D計算用物理モデルの提案  SIPコンプレッサ  熱電モジュール	低摩擦要素の摩擦低減代のみならず信頼性（焼付、オイル消費）の予測  焼付モデル （メソモデル）  オイル消費モデル （二相流モデル）
産にとつての嬉しさ	・高熱効率化のためのターボチャージャ、及び吸排気系設計の指針が得られた ・設計諸元を入力値とする高精度な1Dモデル(ターボ、熱電発電)が得られた 熱電システムモデル概要図 	企画段階において低摩擦要素の効果、信頼性（焼付き、オイル消費）の予測が可能となり開発の効率化につながる。主に以下の諸元の見極めに有効である。 ・低粘度オイル ・ピストンリング張力 ・軸受サイズ
主要提案モデル	・タービン/コンプレッサMAP作成ソフト ・摩擦、伝熱を織り込んだ新ターボモデル ・圧損と発電量を予測可能な熱電モデル	① 摩擦予測モデル ② 焼付モデル ③ オイル消費モデル

途中成果の発信 (JST HP)

JST HPより

SIP公開シンポジウム : 第3回公開シンポジウム (2017.7.6) 資料

https://www.jst.go.jp/sip/k01_kadai_siryo0706.html

■ SIP「革新的燃焼技術」第3回公開シンポジウム関連資料 (公開版)

1. パンフレット

 「SIP「革新的燃焼技術」パンフレット」 (PDF形式:6.04MB)

2. 講演資料

チーム講演

(1)ガソリン燃焼チーム

 高効率ガソリンエンジンのためのスーパーリーンバーン研究開発 (PDF形式:12.1MB)

 別添 ガソリン燃焼チーム研究成果紹介 (PDF形式:1.27MB)

(2)ディーゼル燃焼チーム

 乗用車用ディーゼルエンジンにおける高度燃焼制御 (PDF形式:6.62MB)

(3)制御チーム

 革新的燃焼技術を具現化するモデリングと制御 (PDF形式:7.56MB)

(4)損失低減チーム

 排気エネルギーの有効利用と機械摩擦損失低減に関する研究開発 (PDF形式:10.6MB)



講演会場の様子

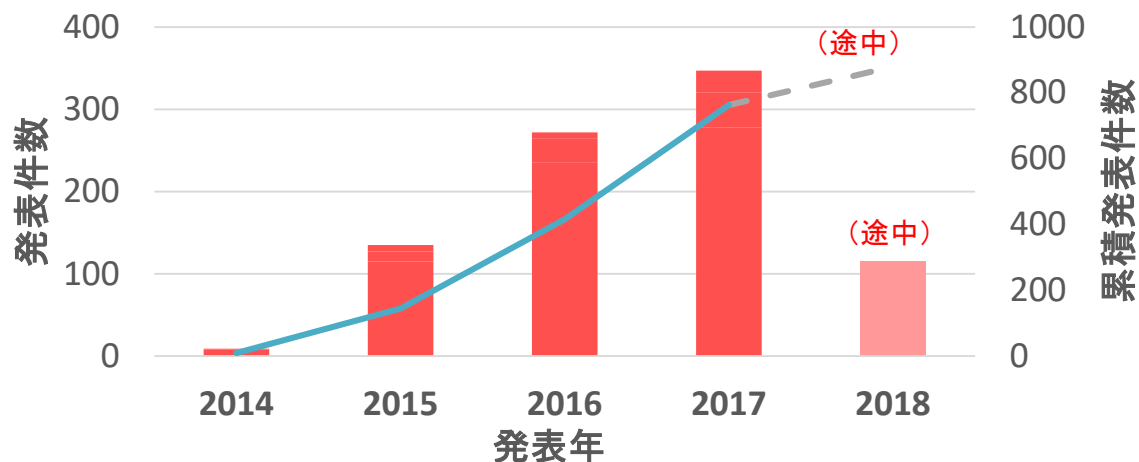


ポスターセッション会場の様子

研究論文 :

890件 (2018.8.7現在)

<http://www.jst.go.jp/sip/k01.html>

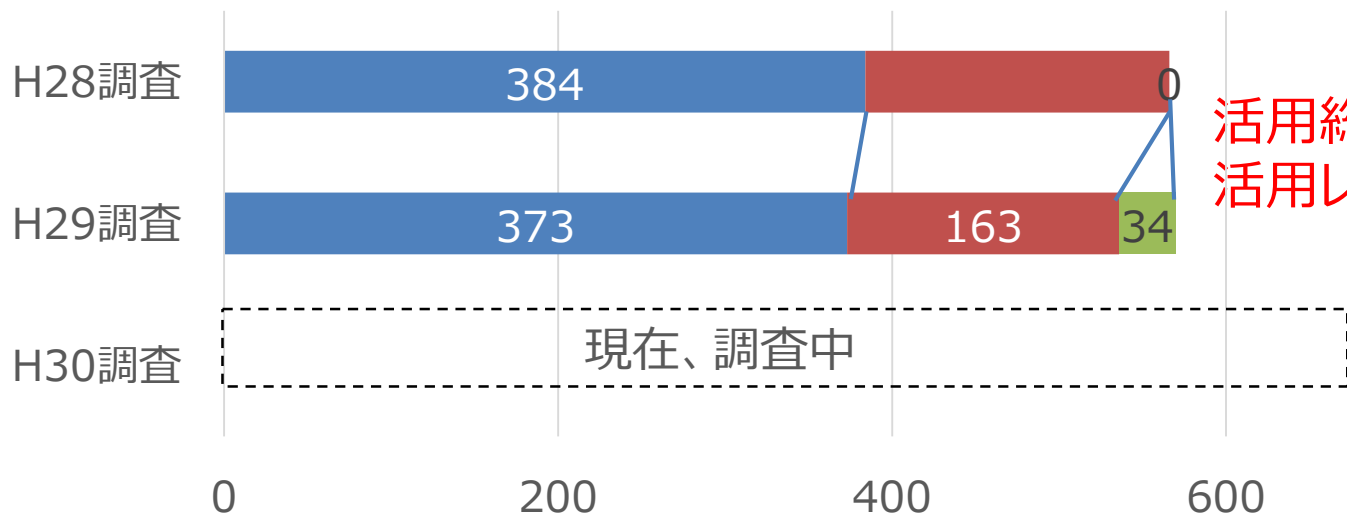


AICE組合員企業による成果活用実績

2017/10時点

産側（AICE）成果活用数

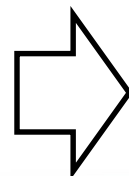
- 活用できそうな成果がみられる
- 活用を検討したい成果あり
- 活用成果あり（進める予定）



活用総数増加は少ないが、
活用レベルは向上している

メカニズム解明、モデル化例

- リーン状態での点火アーク挙動
- 壁近傍の熱伝達機構
- 高精度素反応モデル
- ノック強度への影響因子
- ノズル内燃料流れ
- 摩擦低減技術



活用例

- 自社の
- エンジン改善の方向付け
 - エンジンの仕様
 - 計測技術
 - 予測技術
- 等に、活用／活用検討

人材育成

1) AICE 燃烧研究委員会／各分科会 討議内容変化

Before

熱効率50%には希薄限界を4くらい拡大したいね

それにはタンブル強化が良いかな？

スペシャリティ
向上



Now

熱効率50%には希薄限界を4くらい拡大したいね

BRZに入らないようKaを管理しながら、流動を強化しよう！

BRZ: Broken Reaction Zone
Ka: Karlovitz数

企業目線の目標管理型会話
(経験則に基づく改善策議論)

メカニズムに切り込んだ会話
(具体的な突破口に言及)

2) 研究現場での成長

・SIP研究に携わった学生（累積）

940名*

→ 企業の即戦力として活躍

・AICE会員企業から派遣者のDr取得

3名/22名

研究設備の充実

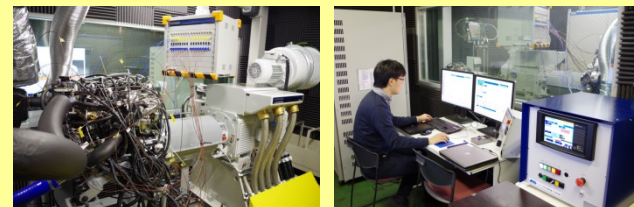
SIP革新的燃烧技術に加筆

損失低減チーム：早大ラボラトリー



2015.12火入れ

制御チーム：東大ラボラトリー



2016.4.試運転開始

最先端計測装置、
ガソリン/ディーゼル共通単気筒エンジン（8基）

チーム内共用
標準ガソリン燃料

ONO SOKKI

ディーゼル燃烧チーム
SIP革新的燃烧技術
京都エンジン実験センター



2016.4火入れ

ガソリン燃烧チーム
慶應義塾大学
SIPエンジンラボラトリー

小野測器
横浜テクニカルセンター内



2015.4火入れ

HORIBA

堀場製作所
本社・工場内

産学のエンジン研究の4拠点が東西で稼働中

1. SIP燃焼の狙いと産にとってのうれしさ

※SIP「革新的燃焼技術」⇒ SIP燃焼

2. AICEによるSIP燃焼支援

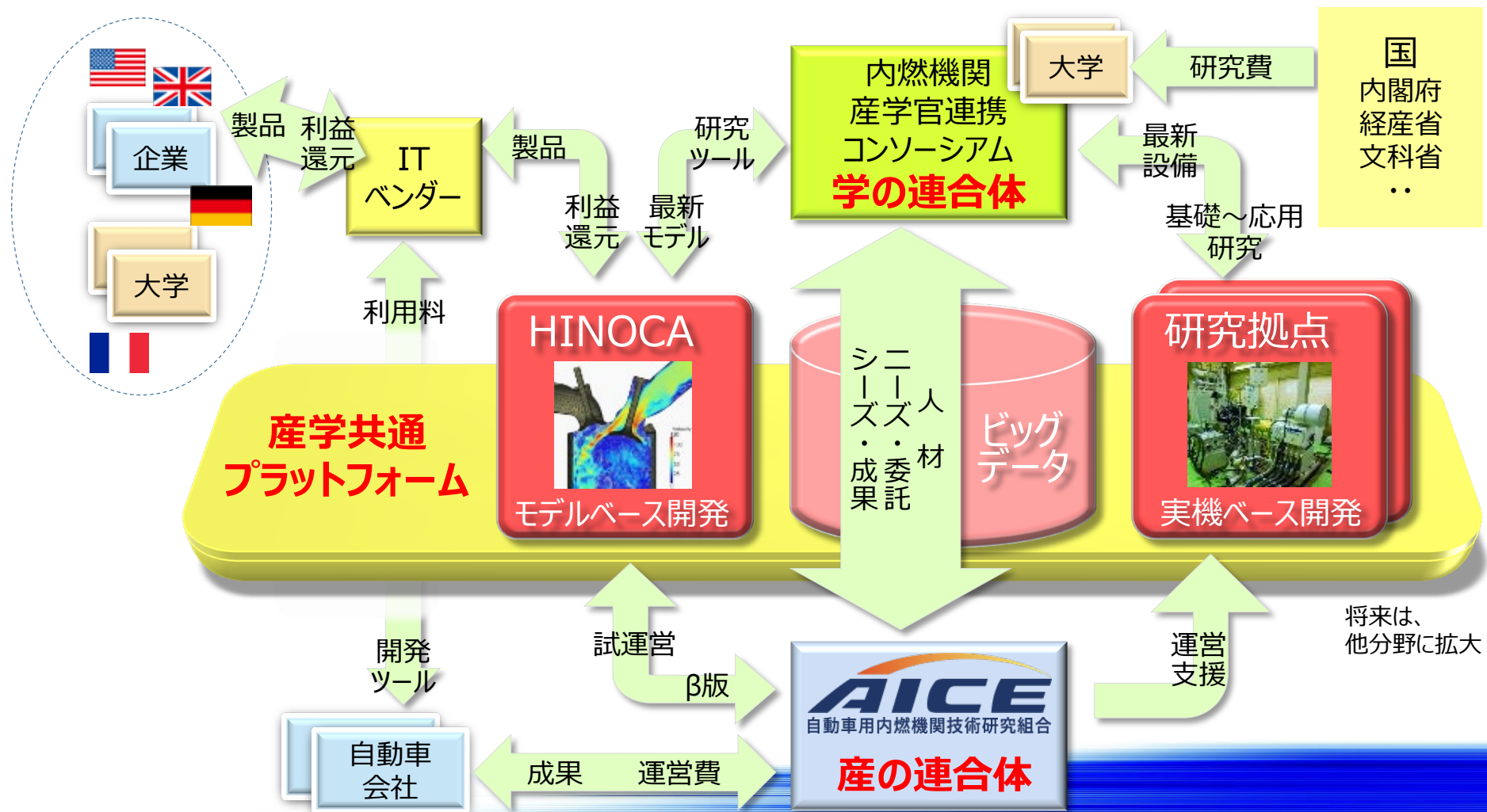
3. SIP燃焼の成果

4. 更なる産学連携強化に向けた取組み

(SIP後のSIP燃焼成果の活用と拡張に向けて)

SIP後の産学連携を維持・発展させる共通プラットフォーム

SIP革新的燃焼技術
SIP後を見据えた産産学学連携体制（内閣府）



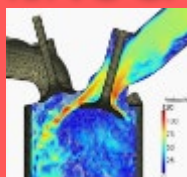
共通プラットフォームの整備状況



学の連合体
AICE産学
コンソーシアム

**産学共通
プラットフォーム**

HINOCA



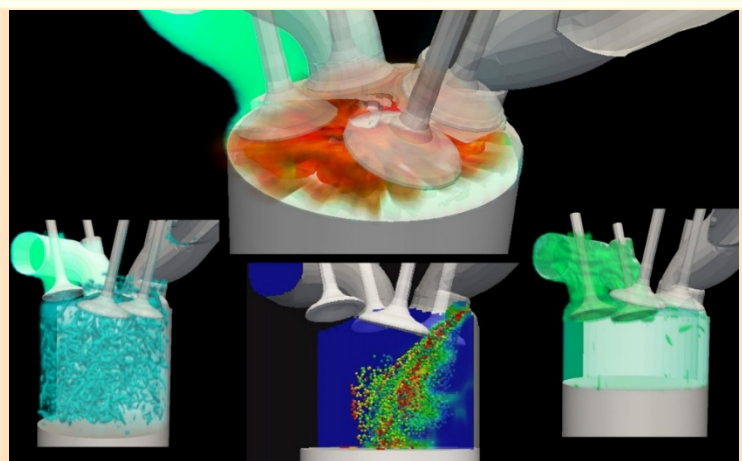
モデルベース開発

**SIP燃烧
データベース**

研究拠点



実機ベース開発



損失低減チーム：早大ラボラトリー



2015.12火入れ

制御チーム：東大ラボラトリー



2016.4.試運転開始

最先端計測装置、
ガソリン/ディーゼル共通単気筒エンジン（8基）

ディーゼル燃烧チーム
SIP革新的燃烧技術
京都エンジン実験センター



2016.4火入れ

HORIBA
堀場製作所
本社・工場内

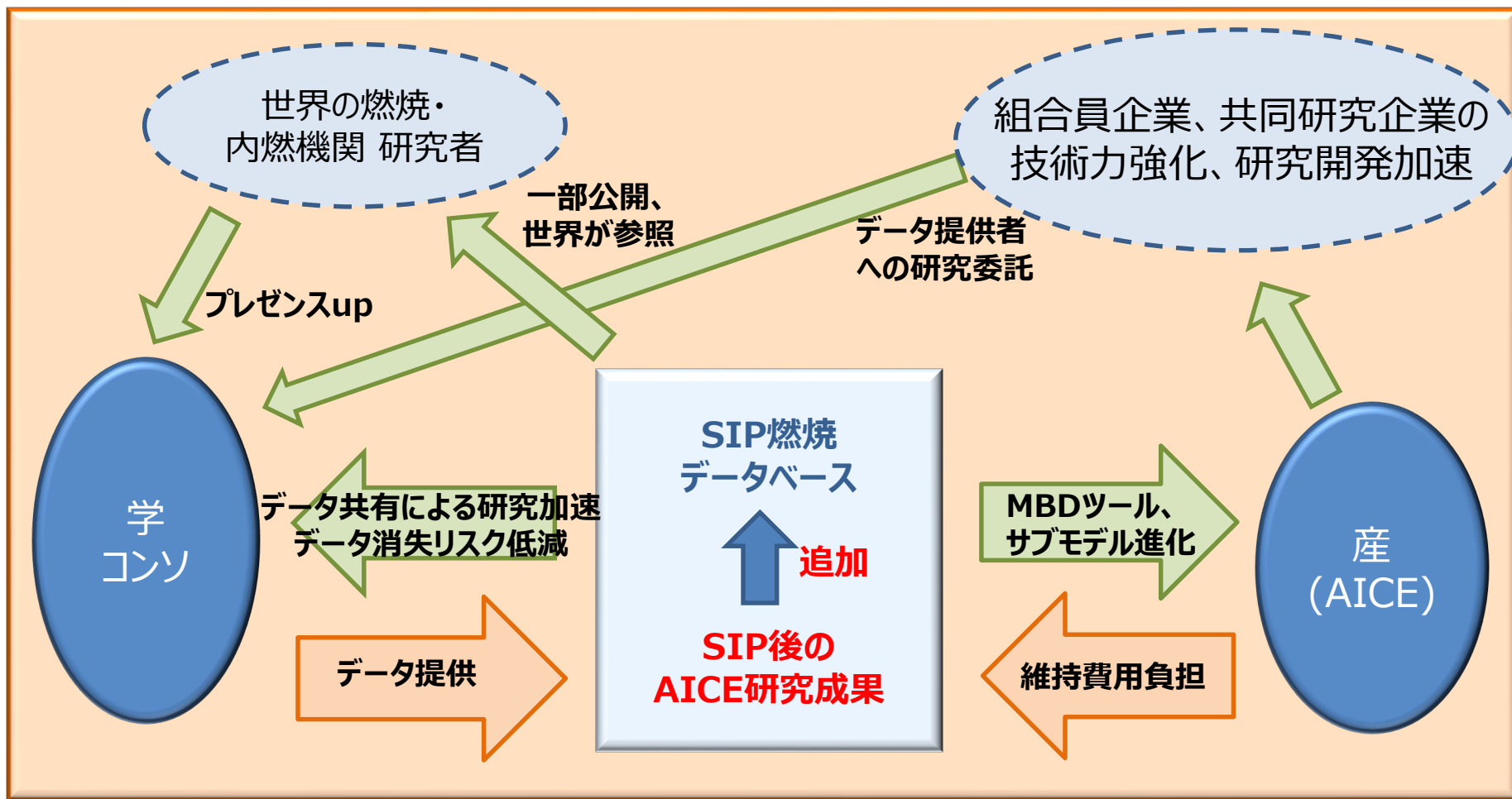
チーム内共用
標準ガソリン燃料 **ONOSOKKI**

ガソリン燃烧チーム
慶應義塾大学
SIPエンジンラボラトリー



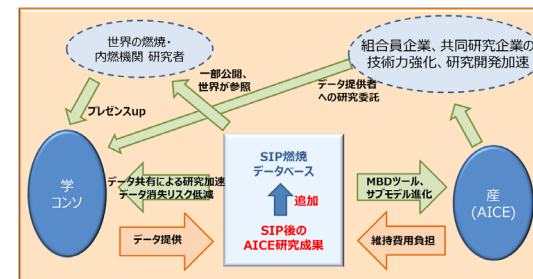
2015.4火入れ

SIP燃烧データベースの構築



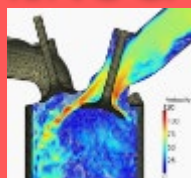
官が種を蒔き、産学で育て、産学で活用することで日本の内燃機関技術力を強化

2019年度からのAICE



**産学共通
プラットフォーム**

HINOCA



モデルベース開発

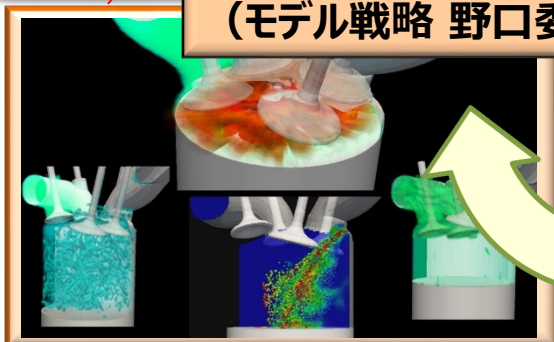
2019年度 研究テーマ
(研究企画 河本委員長)

研究拠点

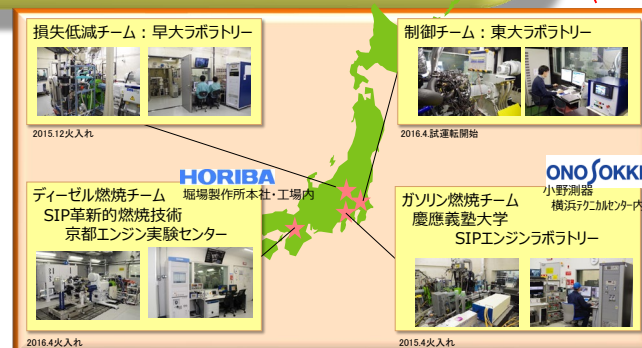


実機ベース開発

MBDツールの活用
(モデル戦略 野口委員長)



AICE
自動車用内燃機関技術研究組合
産の連合体



- 1) SIP燃焼は、産が抱えるCO₂削減やMBDによる開発効率向上の課題解決に多大な貢献が期待できる。**
- 2) 産学官連携により、SIP燃焼は目標達成に向け着実に進捗するとともに、産による成果活用、人材育成、研究基盤整備の面でも成果が得られている。**
- 3) SIP後もこの連携を維持・強化するための産学共通プラットフォームの整備も進んでいる。これらを活用して2019年度から新たなAICEの活動（新テーマ研究, MBD活用）をスタートさせていく。**

