

内燃機関研究室創設100周年

齋藤研究室，大聖研究室

大聖 泰弘

齋藤 孟 研究室 (1955年-1993年)



1955年 早稲田大学理工学部 専任講師

1957年 同 助教授

1963年 同 教授

1993年 同 名誉教授

1976年～1979年 大学院理工学研究科委員長

1986年～1993年 自動車部 部長

1993年 理工学総合研究センター顧問研究員

1984年～87年 自動車技術会副会長

1983年 運輸大臣交通文化賞

1990年 環境庁長官表彰

1988年 自動車技術会学術貢献賞

1986年 日本機械学会エンジンシステム部門
功績賞

1999年 勲三等旭日中綬章を受章

2009年 日本自動車殿堂入り

2014年1月2日 享年90歳にて逝去されました。2

大聖 泰弘 研究室 (1978年-2017年)



1978年 早稲田大学理工学部専任講師

1980年 同 助教授

1985年 同 教授

2017年 同 名誉教授、現在に至る

2004年～2017年 自動車部 部長

2010年～2014年 環境・エネルギー研究科長

2010年～2014年 環境総合研究センター所長

2014年～2017年 次世代自動車研究機構

機構長

自動車技術会副会長(2004年～2006年)、国際自動車学会連盟(FISITA)副会長(2008年～2012年)、環境省中央環境審議会専門委員、国土交通省交通政策審議・社会資本政策審議会委員、経済産業省総合資源エネルギー調査会委員、その他自動車の環境・エネルギーに関連する委員会の委員、委員長等を歴任

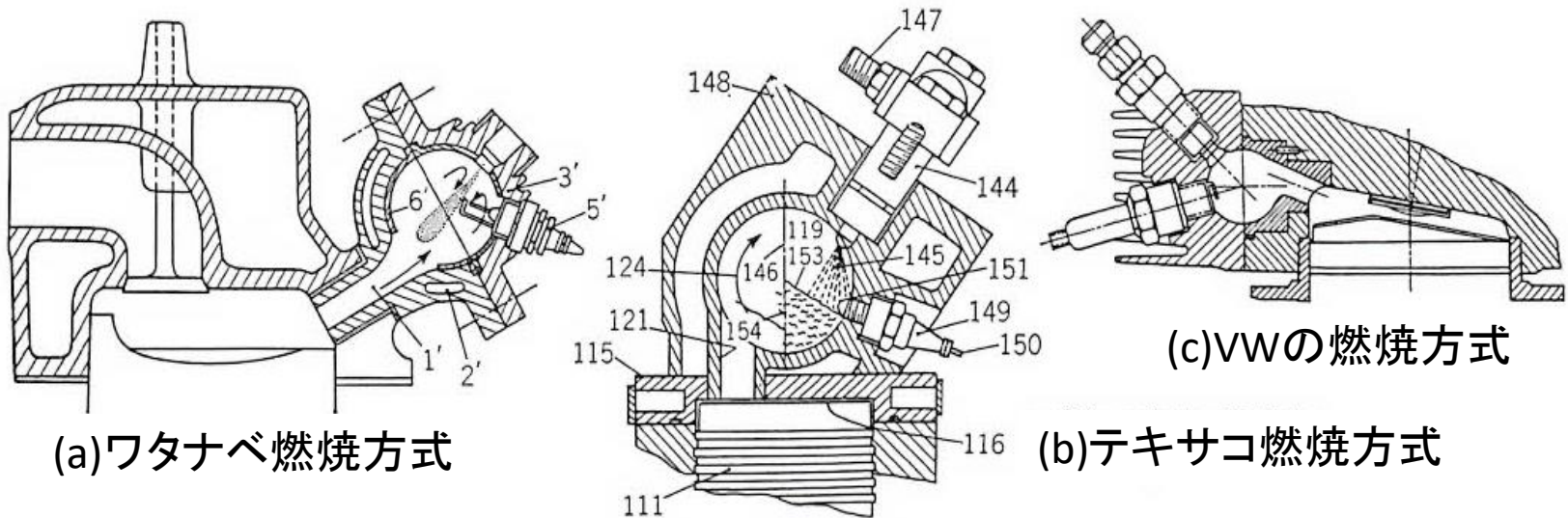


専任講師時代、研究室
にて（1956年）



齋藤先生の日本自動車殿堂入り
パーティにて、奥様とともに
（2009年11月）

3種の層状給気機関の燃焼室の比較



(a)ワタナベ燃焼方式

(b)テキサコ燃焼方式

(c)VWの燃焼方式

☆ ワタナベ燃焼方式(層状給気機関(成層燃焼機関))を継承、
多種燃料への対応と高効率化が特長。

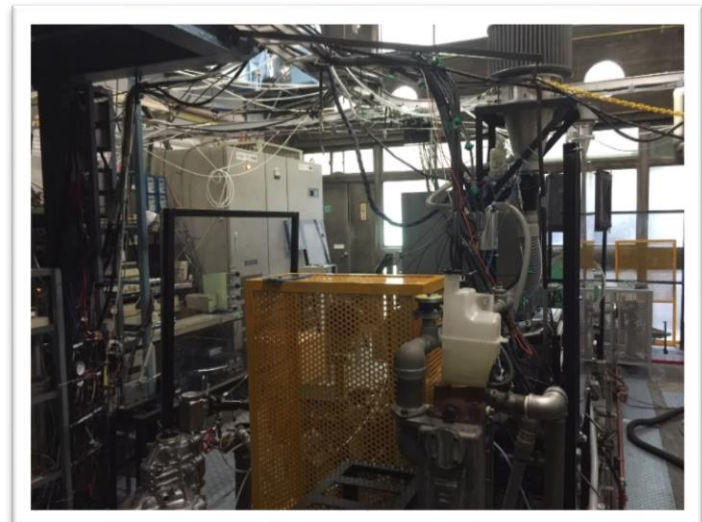
<大聖のコメント> その後、時代は副室から単室へ。ガソリン成層燃焼は、1980年代のポート噴射よる方式、直噴2ストロークの試行を経て、1990年代半ばに直噴4ストロークの実用化(GDI、D-4、DISI)、さらに2000年代になってダウンサイズド・ターボ過給直噴へ。

新たなエンジンに関する研究テーマの模索

- 1967年に理工学部が大久保キャンパスに移転するのを機会に、関先生と齋藤先生が中心となり、新たなエンジンに関わる研究課題が模索・検討された。
- 当時モータリゼーションの進展で社会問題化していた公害に注目し、以下の課題を取り上げることとした。
 - ・ 関研究室では、エンジンの振動・騒音に関わる研究
 - ・ 齋藤研究室では、エンジンの排出ガスに関する研究
- それに対応したエンジン実験室の設計の設計が具体的に進められて、教育用の実験室も含め、5つの機関室が58号内に設置され、今日に至る。



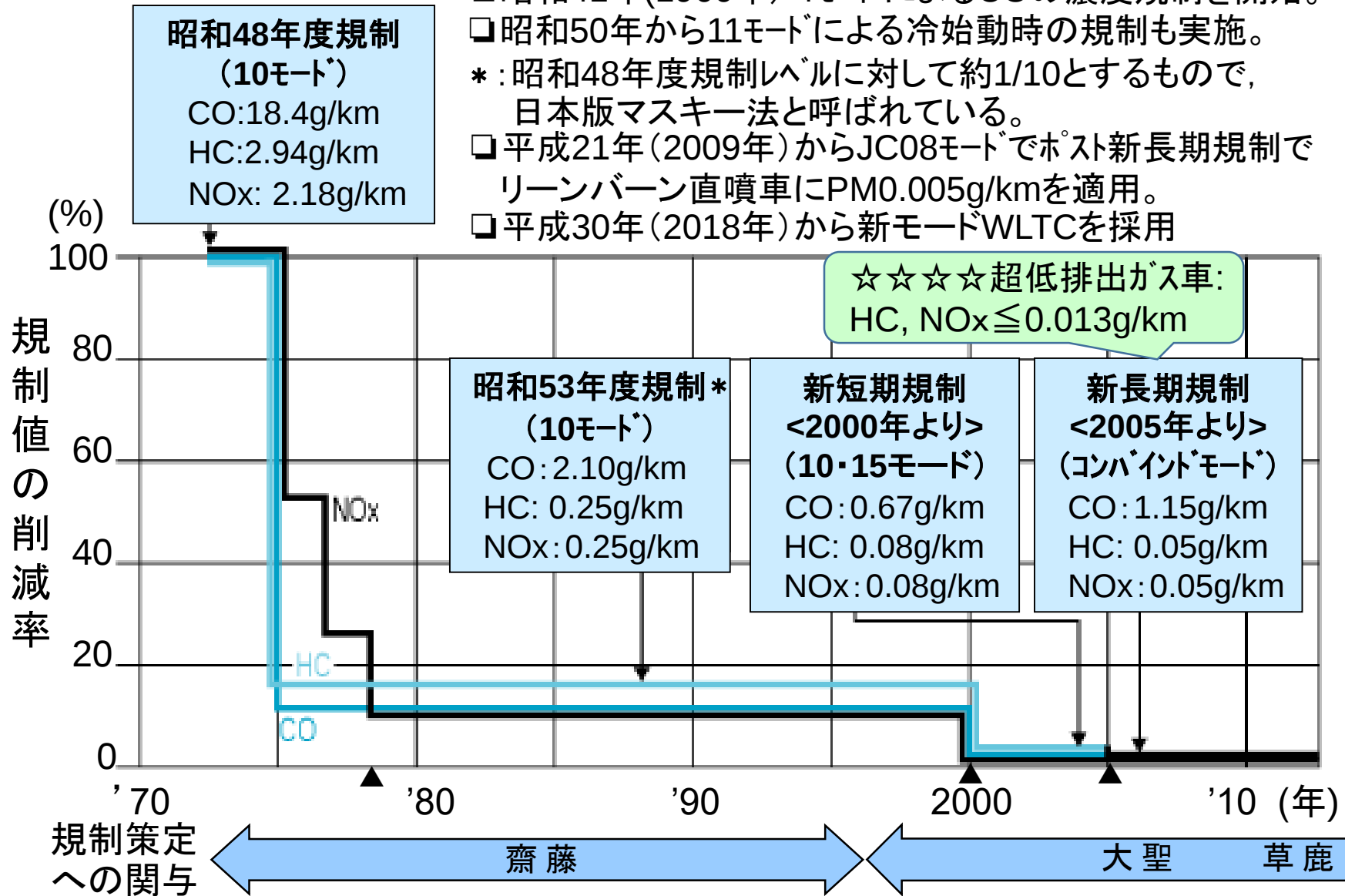
理工学部キャンパス全景



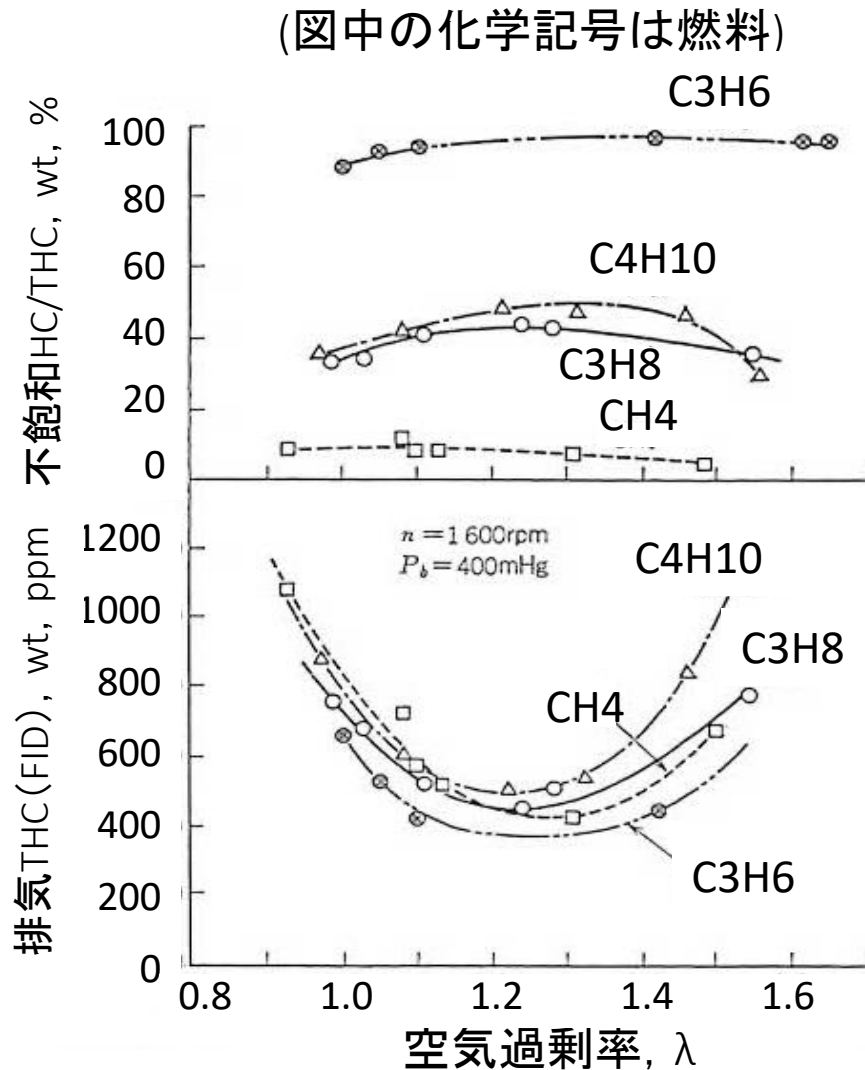
第5機関室

わが国におけるガソリン乗用車の 排出ガス規制値の推移(国交省・自工会資料他)

- 昭和41年(1966年) 4モードによるCOの濃度規制を開始。
- 昭和50年から11モードによる冷始動時の規制も実施。
- * : 昭和48年度規制レベルに対して約1/10とするもので、日本版マスキー法と呼ばれている。
- 平成21年(2009年)からJC08モードでポスト新長期規制でリーンバーン直噴車にPM0.005g/kmを適用。
- 平成30年(2018年)から新モードWLTCを採用

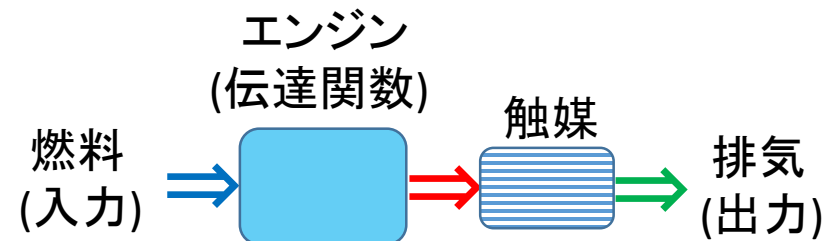


単純気体燃料とSIエンジンの排気中の全HCと不飽和成分（1972年頃）



燃料中の不飽和成分(入力)が未燃(出力)で排出されると光化学反応によってオキシダントを生じる原因物質となることから、その排出特性を詳しく分析した。

さらに、それらの浄化には酸化触媒が必要なことが明確にされた。



エンジン台上加速試験装置の開発と活用

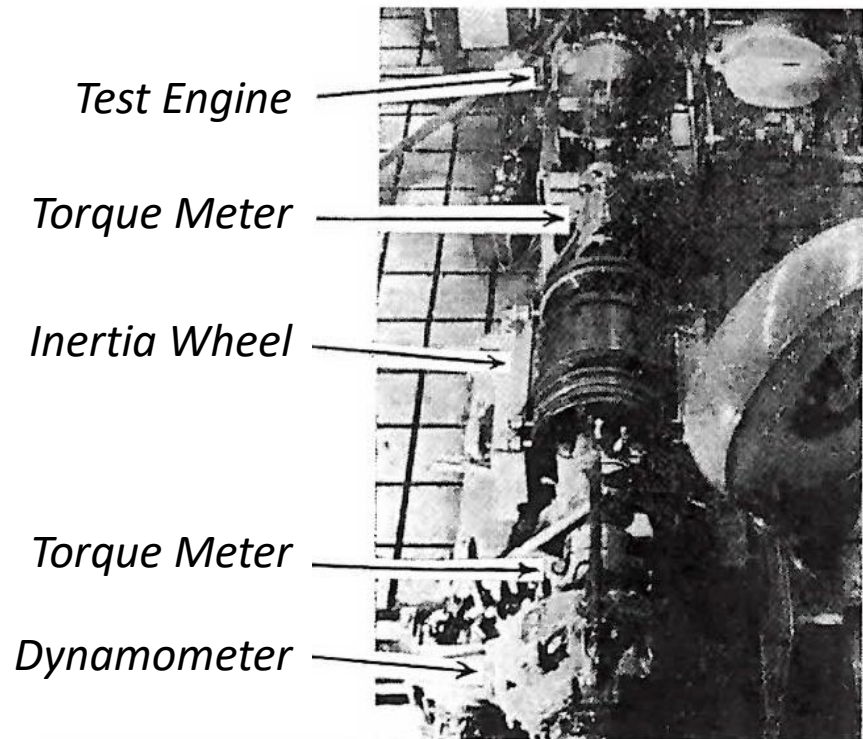
自動車用ガソリンエンジンでは、加速時の燃料輸送遅れを補う加速ポンプに起因する排出ガス特性の悪化が問題とされ始めていた。

そこで、自動車の重量に相当する慣性リング（イナーシャホイール）をエンジンと連結することで、エンジン台上試験装置により加速運転を再現することができるようになった。

これを用いて、排出ガス特性明らかにすることができた。

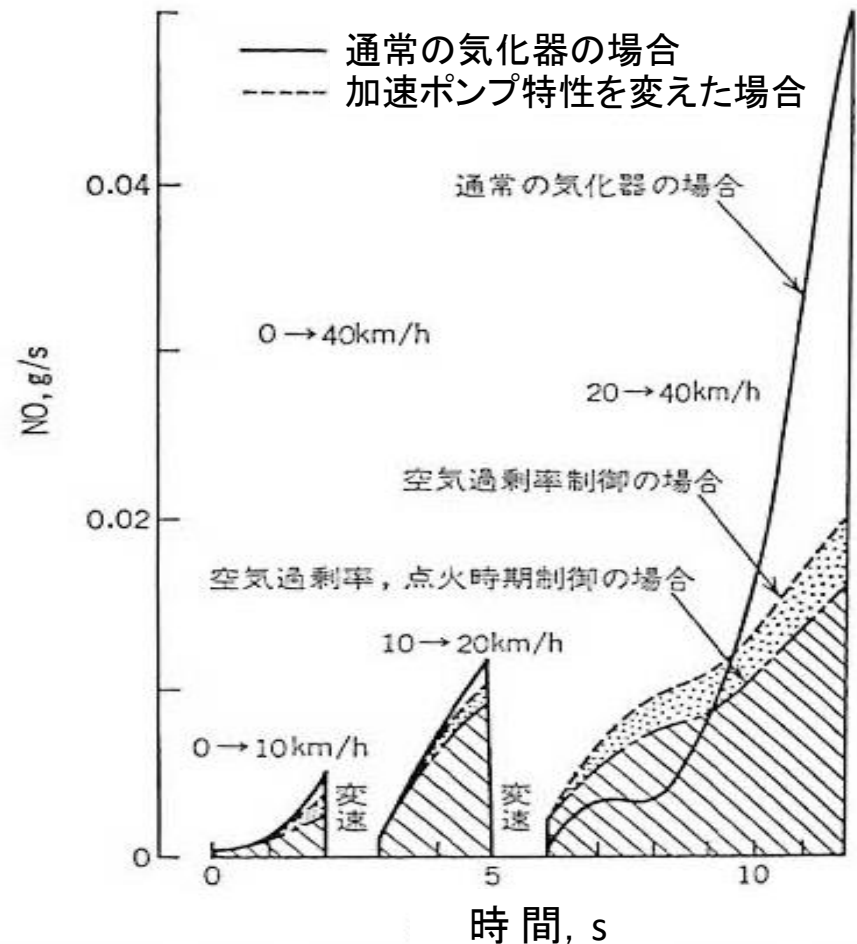
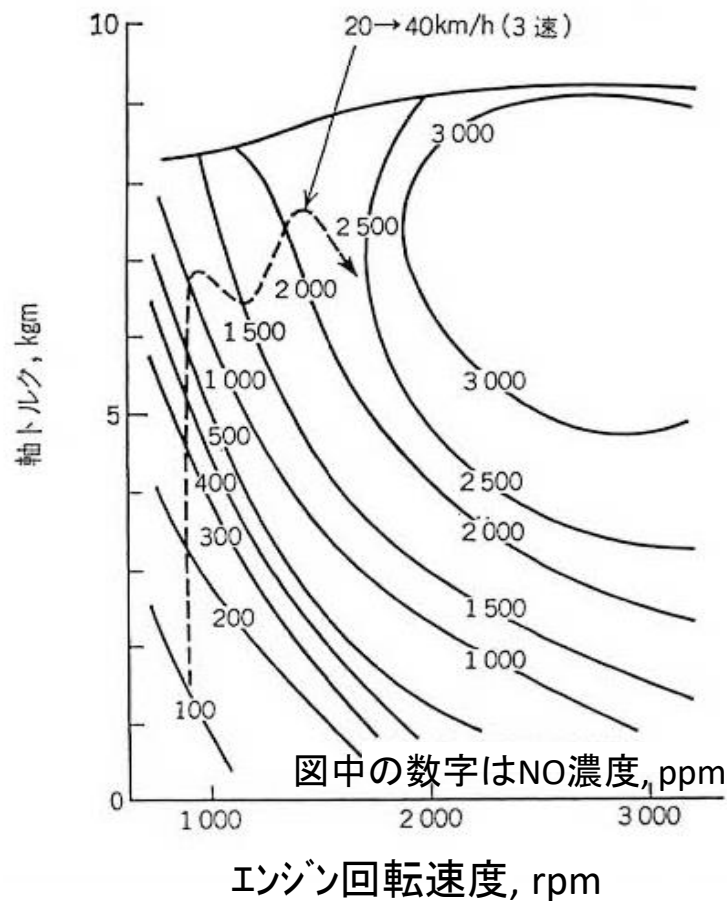
（58号館第2機関室）

研究期間：1966年～2000年



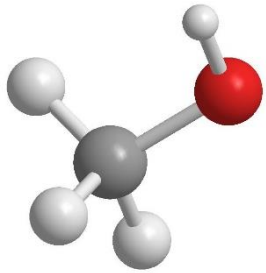
ガソリンエンジンの等NO濃度マップと 加速時のNO排出特性

通常の加速ポンプを持つ気化器では、加速の後半で混合気が希薄となり、NOの排出が増大する。そこで、空気過剰率と点火時期を適切に制御することでNOを抑制することが可能なことを見出した。



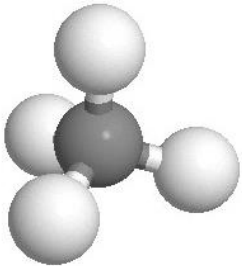
石油代替燃料エンジンの研究経緯

□アルコール



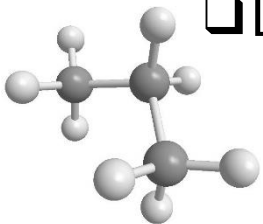
- ・アルコール混合ガソリン 1970～71年
 - ・メタノール改質ガス 1972～79年
 - ・ディーゼルエンジン給気へのメタノール混合 1980～85年
 - ・メタノールディーゼルエンジンの研究
(スパークアシスト、グローアシスト方式) 1985～93年
- 大聖と草鹿も参加

□天然ガス(メタン)



- ・火花点火ガスエンジンの研究 1980～91年
- ・ガスディーゼルエンジンの研究 1992～93年
(デュアルフュエル方式: 大聖、草鹿が継承)
(直噴や副室天然ガスエンジンの研究についても、大聖と草鹿が実施している。)

□LPガス



- ・コージェネレーション用LPGエンジンの研究 1988～91年
(高効率化と排気対策)
(・その後、直噴LPGエンジンについて、大聖と草鹿が研究)

バイオメタンガスを燃料とする自動車の公道走行 (理工学部前から代々木のNHK放送センターへ、1974年)

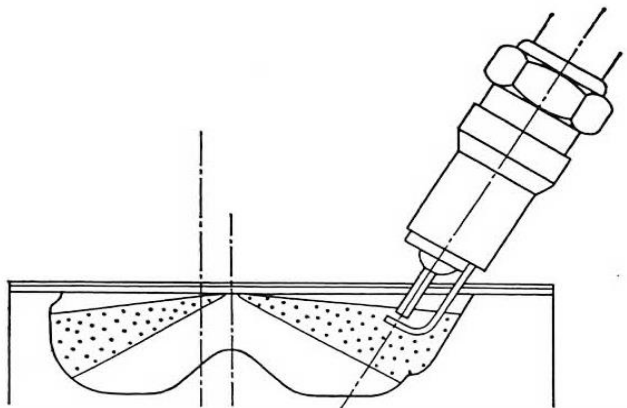


前年の1973年に発生した「オイルショック」を契機に石油代替燃料の可能性が模索されていた時期で、NHKの依頼による。(菅、前島が協力)

メタノールエンジンの開発(1980～2000年)

オイルショックを契機に、石油代替燃料の利用可能性が模索されるなか、ディーゼルエンジンにおいて代替燃料の一つであるメタノールを用いたエンジン実験に取り組んだ。

メタノールはセタン価が低く圧縮着火が困難であるため、吸入空気に予混合して軽油で着火燃焼する方式から、石油産業活性化センター(当日)の支援を得て、筒内噴射してグロープラグやスパークプラグにより着火する方式へと展開して、高効率の確保と スモークレス、NO_xの低減を可能にした。

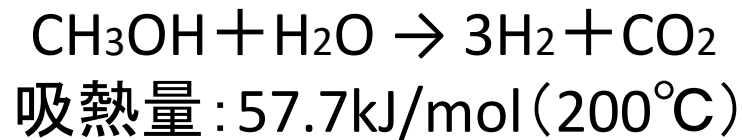
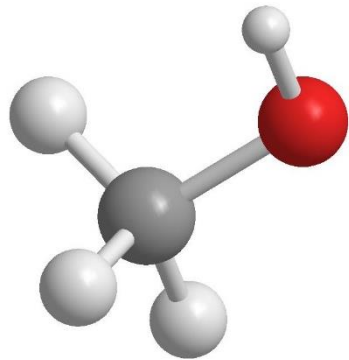


研究期間:1980年～2000年

木原客員教授、大聖、草鹿も参加

メタノール改質エンジンに関する研究(1970年～80年)

ガソリンエンジンの排気熱を利用して、触媒によりメタノールの水蒸気改質反応(吸熱)で生成した水素を燃料の一部として用いることで希薄燃焼を可能にした。



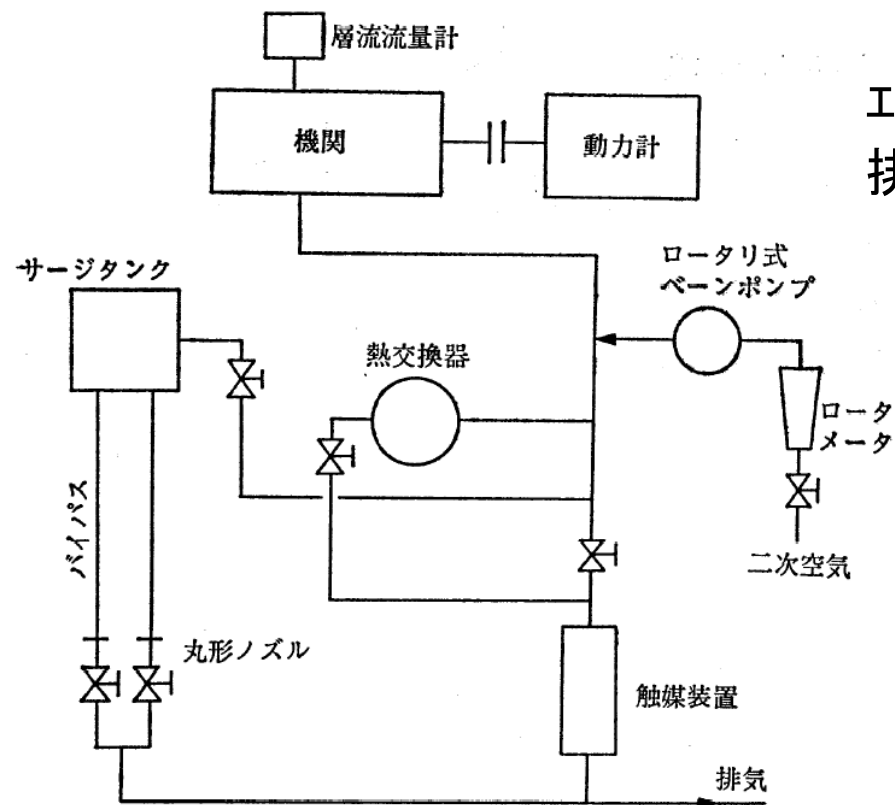
58号館第3機関室
高橋(俊)・衣笠他

この技術は、その後日本自動車研究所においてガソリン車に実装され、長期にわたって実証試験が行われた。

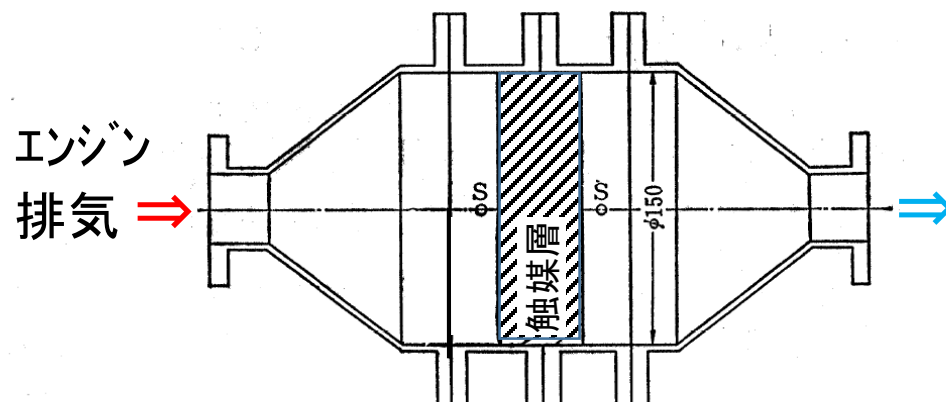
その他、低濃度のメタノールをガソリンに混合する方法が試行された。

なお、現在わが国では、10%までのエタノールをガソリンに混合することが許容されるに至っている。

酸化触媒と三元触媒の性能に関する研究(1972年～80年)



実験装置の概略



軸流形触媒装置

エンジンの過渡運転を含む排気中のCOとHCを酸化する触媒の浄化特性を元に予測するモデルを提示し、さらに三元触媒にまでモデルを発展させた。

58号館第3機関室(小笹、三井他)

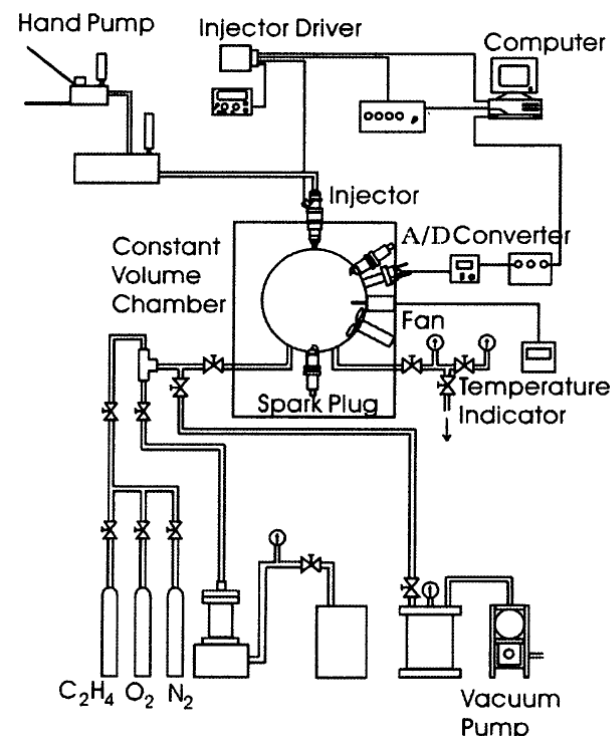
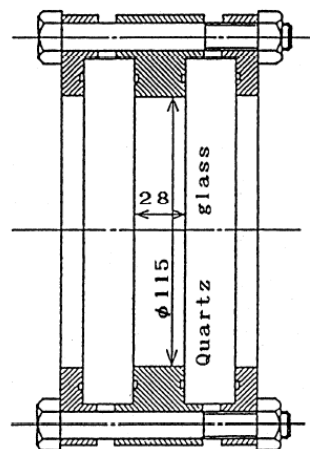
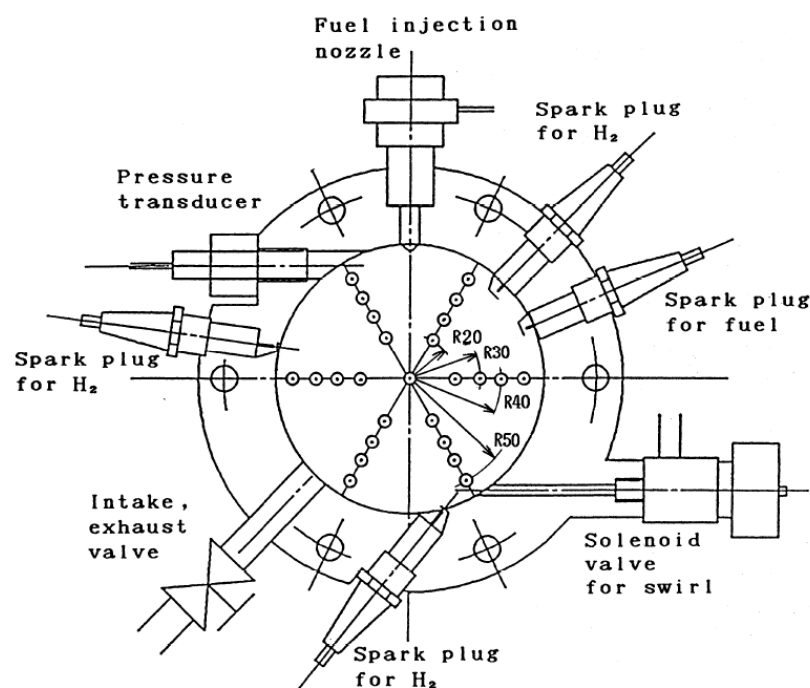
1972年(昭和47年)3月卒業式、58号館屋上にて



定容容器を用いた燃焼観察システム(1986年～)

直接噴射燃料の噴霧、混合気形成と燃焼(火炎伝播)、各種燃料のノック、過早着火燃焼の観察に活用している。

エンジンの上死点相当の高温・高圧場を作り出すため、希薄なエチレン予混合気に火花点火して燃焼させる方法を採用している。

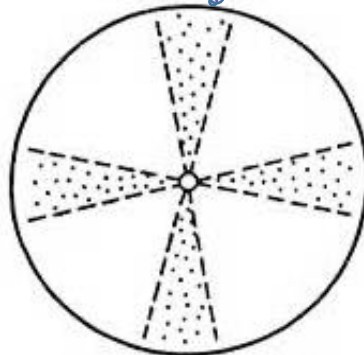


各種の混合気生成と燃焼方式

齋藤教授の提唱(1990年代)

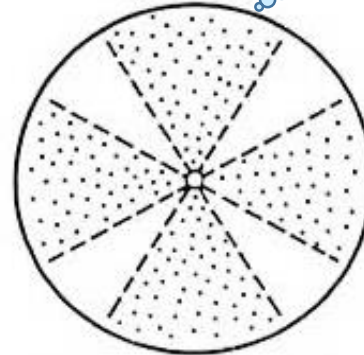
不均一
混合気

通常の
ディーゼル燃焼



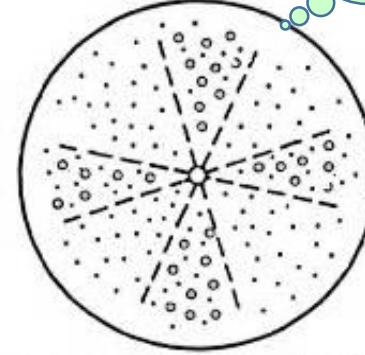
従来の噴霧

コモンレール噴射システム
による燃焼



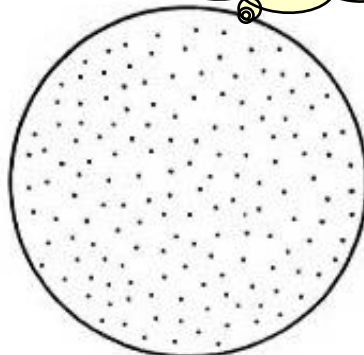
高圧の噴霧

デュアルフュエル
燃焼



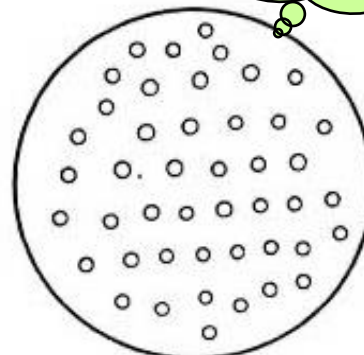
均一予混合気と噴霧

通常の火花
点火燃焼



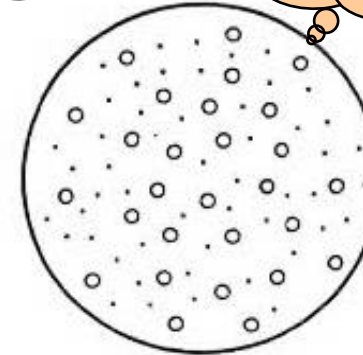
均一予混合気

超高分散噴霧
ディーゼル燃焼?



均一油滴

高分散多段
ディーゼル燃焼?



均一予混合気と油滴

均一
混合気

ディーゼルエンジンの排出ガス特性と その低減対策に関する研究の展開

1970年から関敏郎先生の設計で日野自動車により製作・貸与された直接噴射式と予燃焼室式の単気筒重量車用ディーゼルエンジンを使用した排出ガスに関する研究がスタートした。

直噴エンジンを対象に、排気再循環や噴射時期の制御によるNO_x低減に関するエンジン実験と数値シミュレーションに取り組んだ。(大聖)

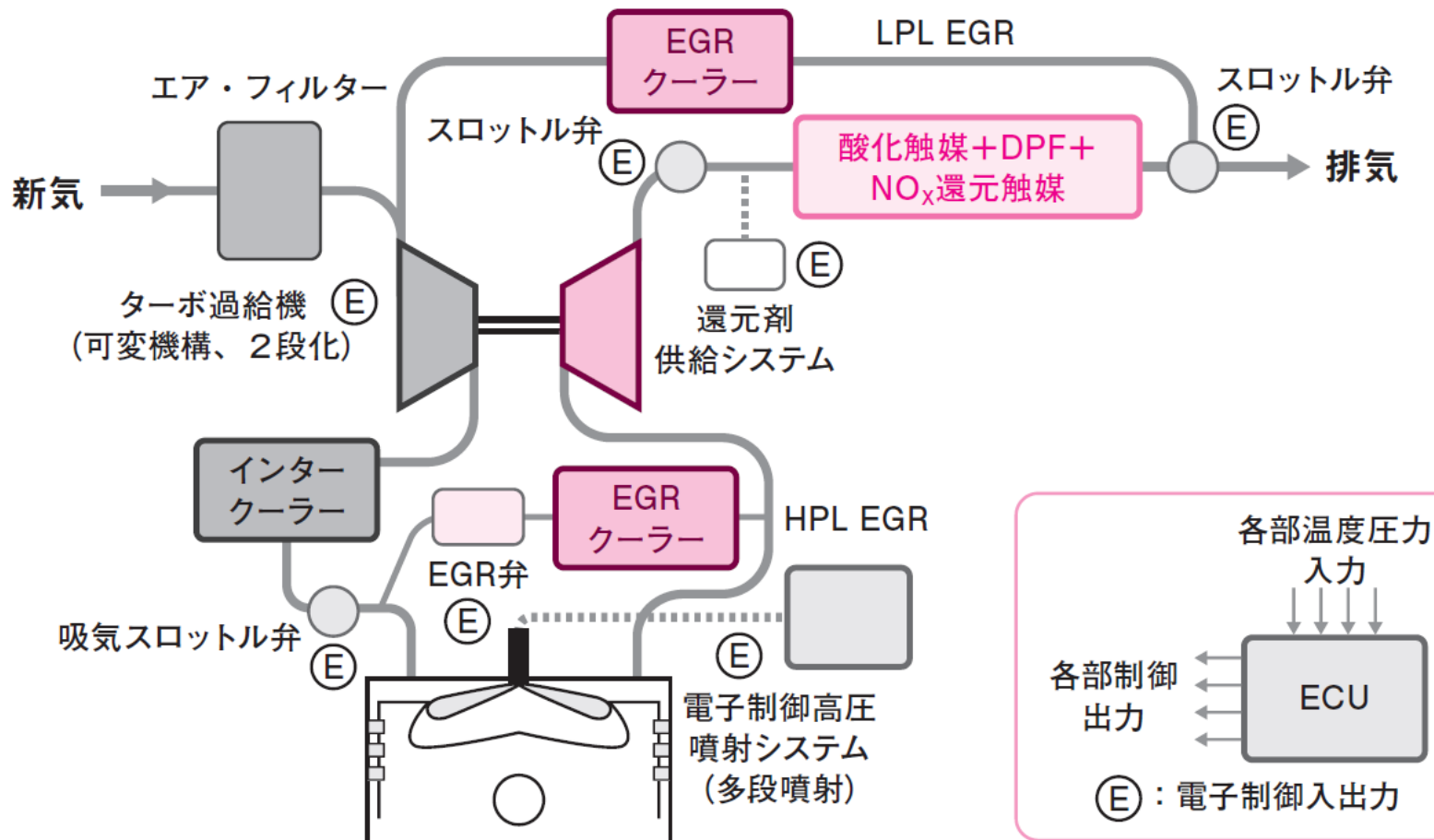
また、燃焼室内の高速ガスサンプリングによる燃焼ガスの分析を行うことでNO_xの生成メカニズムの解明を進めた。

さらに、☆リエントタント(スキッシュリッパ)を含む各種燃焼室形状、☆高圧噴射が可能なコモンレール噴射システムの利用(多段噴射とPCCI)、☆高過給・高EGR、☆デュアルフュエルの影響を調査している。

58号館第4機関室

齋藤・大聖・田内・池谷・内田・神谷他

実験に供したディーゼルエンジンの排出ガス対策技術

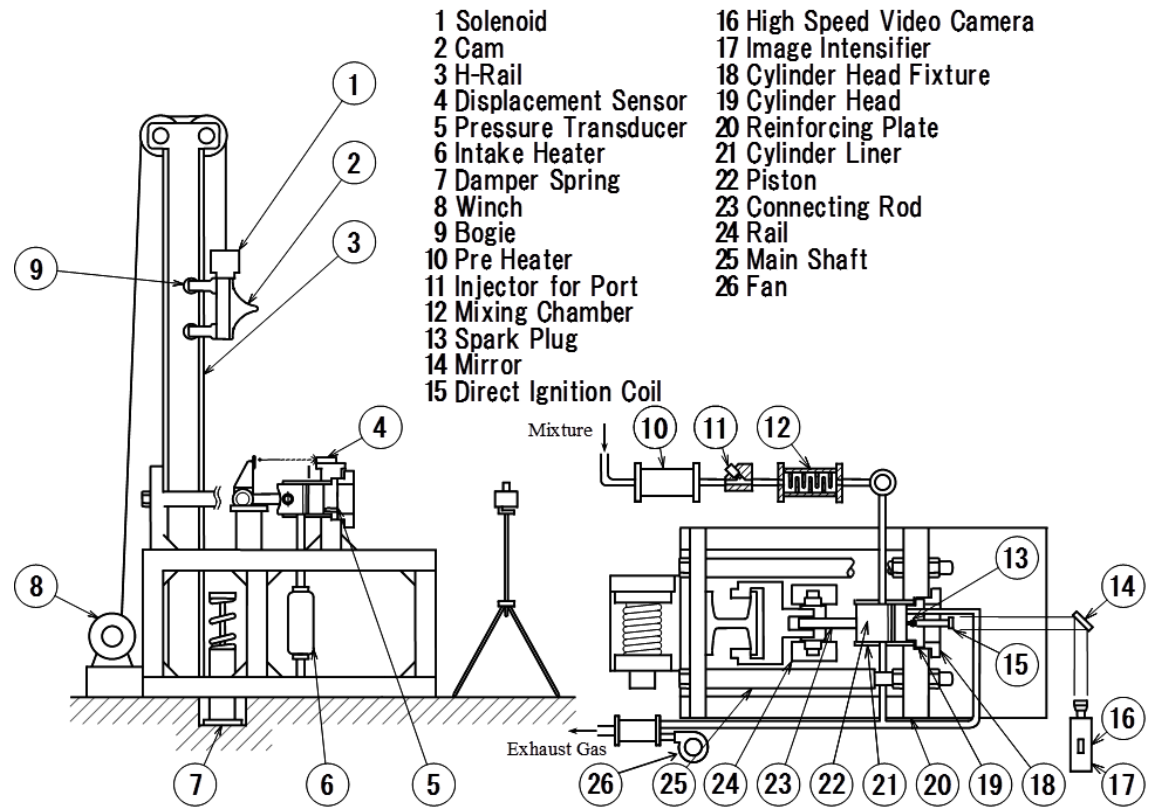


- ❑ 低硫黄軽油を利用して、燃料噴射系と排気後処理の最適な制御のシステム化、信頼耐久性の確保、コスト低減が重要。小型車ではコスト負担が大きい。
- ❑ 今後、デフィートデバイスを排除するためRDE (Real Driving Emissions) 規制が施行される予定である。燃費とのトレードオフを克服する必要がある。
- ❑ 中長期的には一層の低排出ガス化と高効率化の両立を目指す必要がある。

急速圧縮膨張装置の開発と活用(1980年～)

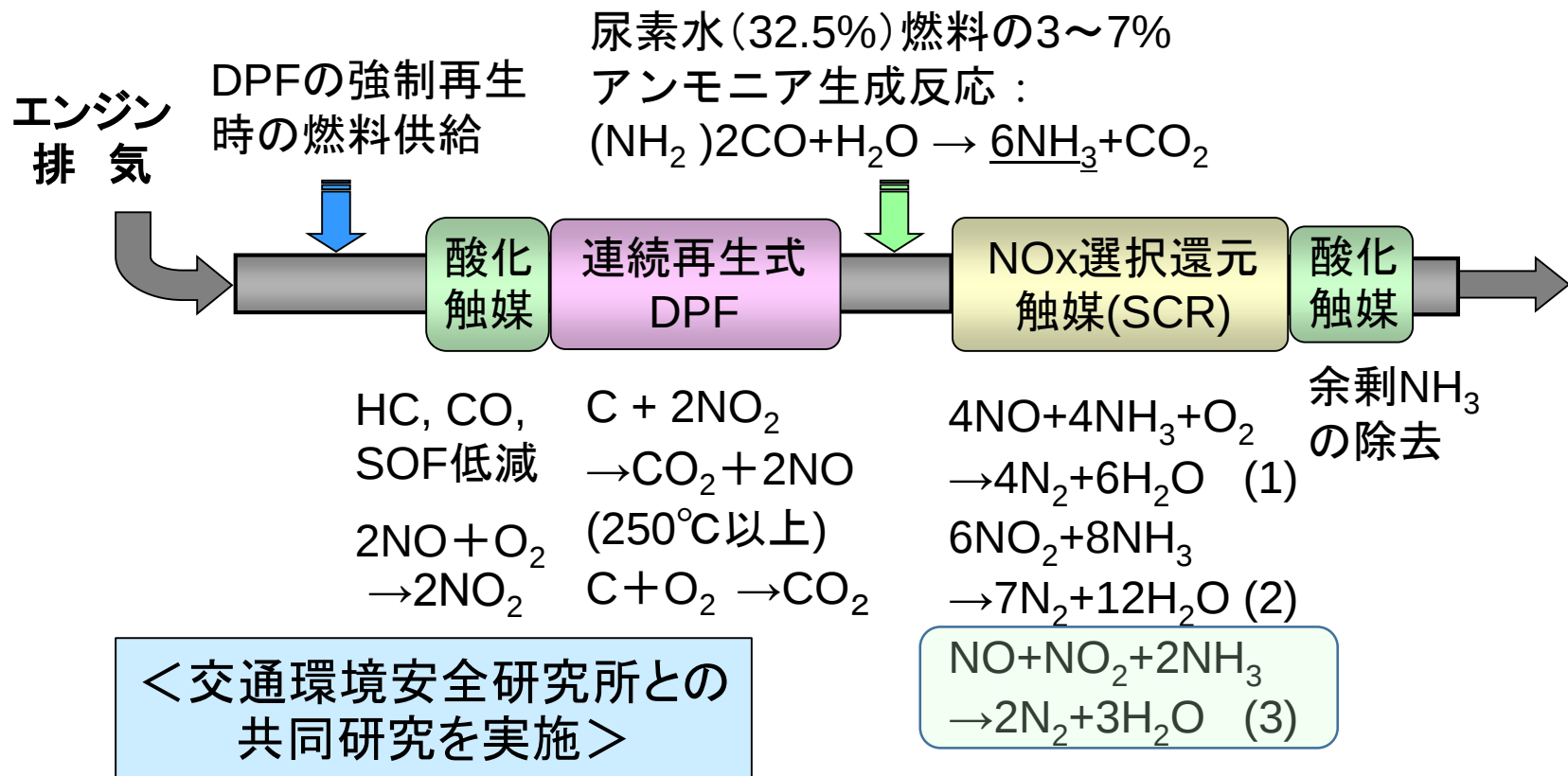
各種の燃焼現象の高速可視化観察を目的に、重量カム落下方式により、エンジンの圧縮・膨張行程を再現する装置を開発した。

これにより、軽油、天然ガス、各種炭化水素燃料を用いた圧縮着火燃焼やプレイグニッション(過早着火)、デュアルフュエル燃焼、副室燃焼の現象解明に幅広く活用しており、今も現役。



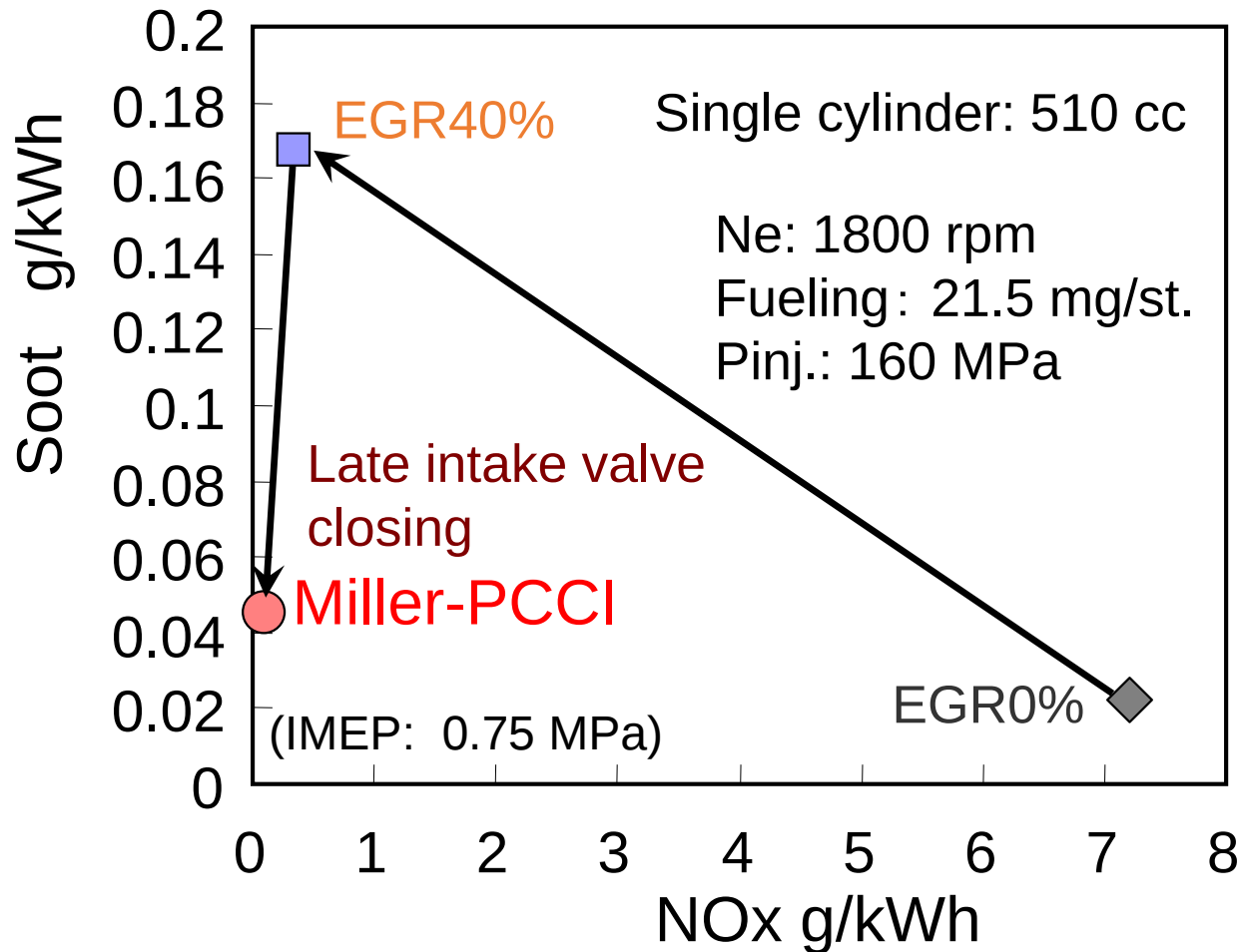
Rapid compression and expansion machine
(急速圧縮膨張装置)

ディーゼル車の後処理システムに関する研究 ～酸化触媒, DPF, 尿素SCR～ (2005年～14年)



- <課題>
- 燃焼によるNOxとPM低減, 燃費改善と後処理をどう分担するか?
 - DPFの強制再生での燃料消費抑制
 - 低温でのSCR浄化率の向上
 - 尿素水供給量制御の最適化
 - HCやS被毒の抑制と触媒種の選択
 - アンモニアとN₂Oの排出抑制
 - コンパクト化
 - 信頼耐久性の確保

Miller PCCI燃焼コンセプトによるNOxとPMの同時低減

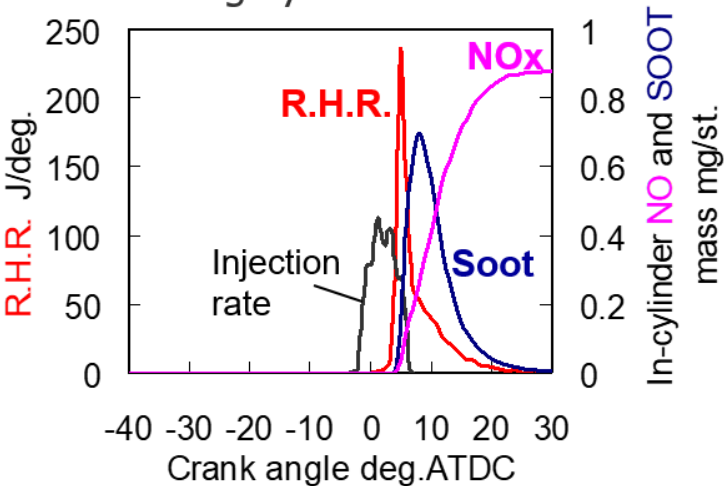


(早大:村田, 草鹿, 大聖, 交通研, SAE 2008)

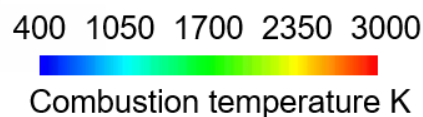
Miller PCCI燃焼コンセプトによるNOxとPMの同時低減(続)

Conventional Combustion

- High NOx and Soot
- Highly stable

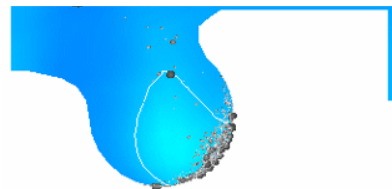
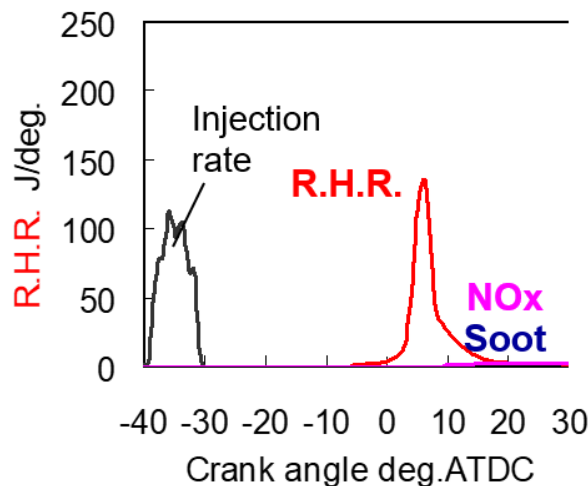


0 deg.ATDC



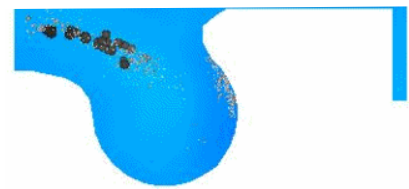
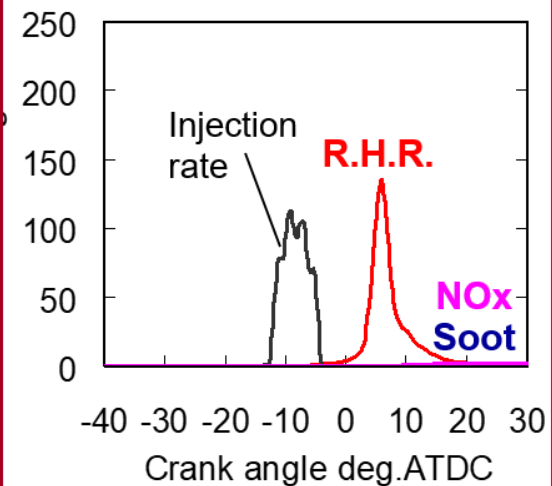
Early Injection HCCI

- Low NOx, no soot
- Unstable



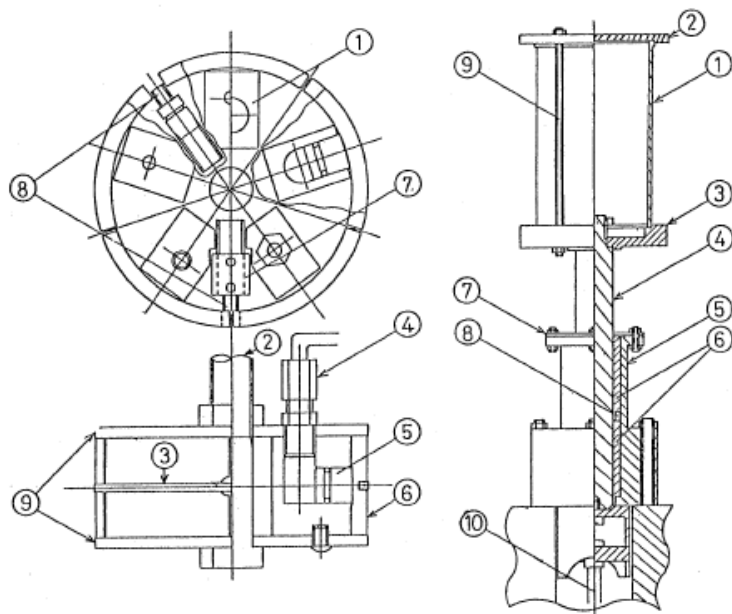
Miller PCCI

- Low NOx and soot
- Stable



Late intake valve closing (Miller cycle)
can realize stable PCCI combustion.

ライナー往復動システムによるヒストンリングで発生する 摩擦特性と潤滑油膜の計測(1982～88年)



- Piston -

- 1 Hydraulic cylinder
- 2 Main shaft
- 3 Piston ring
- 4 Connector
- 5 Hydraulic piston
- 6 Ring holder
- 7 Displacement sensor holder
- 8 Displacement sensor
- 9 Disc

- Cylinder liner -

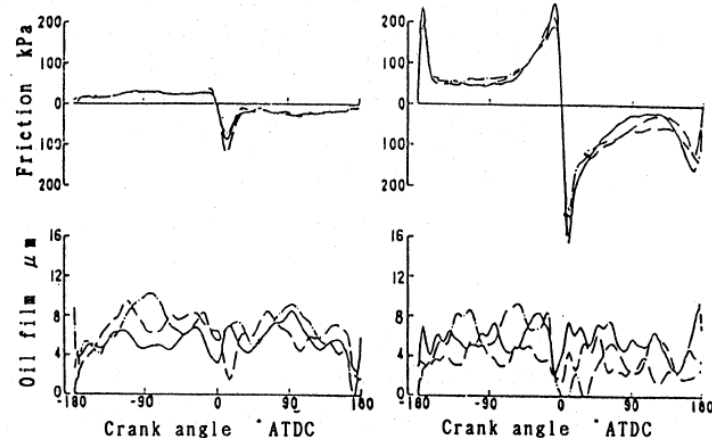
- 1 Cylinder liner
- 2 Liner cap
- 3 Liner holder
- 4 Liner shaft
- 5 Bearing housing
- 6 Spacer
- 7 Bearing holder cap
- 8 Spacer
- 9 Bolt
- 10 Connecting rod

各種の形状・コーティングのピストンリングを用いて、エンジン潤滑条件下での摩擦特性を明らかにした。

また、石英ライナーを用い、レーザー蛍光法により油膜の挙動の可視化を可能にした。

(石川、島川、大聖他)

Ring pressure: 0.5 MPa Roughness Ring pressure: 1.5 MPa
Oil temp.: 80 °C — 2 μm Oil temp.: 120 °C
Engine speed: 750 rpm - 4 Engine speed: 500 rpm
 - 6



- Ceramic ring -

“Waseda’s Future Vehicle”の製作と性能評価

客員教授の木原良治先生とともに
に設計・製作・性能評価

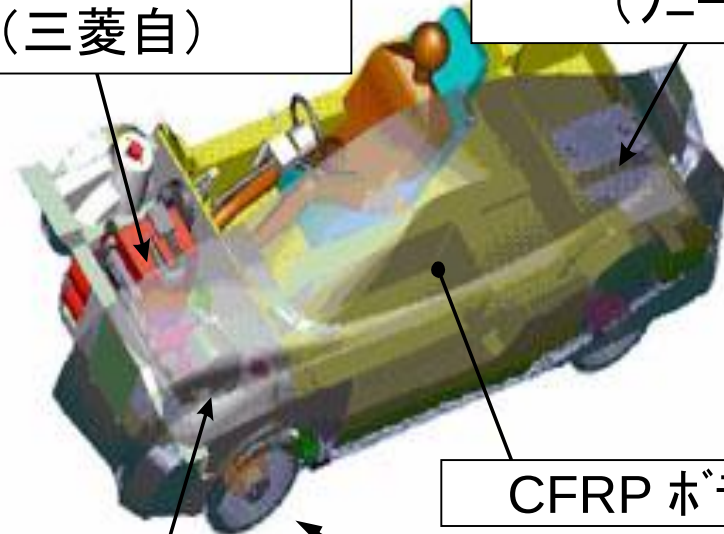
(木原、北澤、北村、大聖、紙屋他)

☆ハイブリッド車から燃料電池車に
コンバート(2009年)



660 cc ガソリンエンジン
(三菱自)

リチウムイオン 배터리
(ソニー)



CFRP ボディ

シリーズ/パラレル
ハイブリッドシステム
(アイシンAW)

低転がりタイヤ
(ミシュラン)

□デザイン: 石渡 邦和氏
(1974年関研修士)

□2人乗り

□車両重量: 750 kg

□燃費: 35 km/L (10-15 モード)

紙屋雄史教授の電動車両研究室(2007年～

1997年3月 本学理工学研究科博士課程
(電気工学専攻)修了後、
本学助手、(当時)運輸省交通安全
公害研究所研究員、群馬大学
助教授を務める。

2007年4月 環境・エネルギー研究科 准教授

2009年4月 理工学術院 同研究科 教授

本研究室では環境調和性に優れた電動車両：

- ・ハイブリッド自動車
- ・電気自動車／プラグインハイブリッド自動車
- ・燃料電池自動車(小型車、バス、ごみ収集車)

等を対象とし、さらに、

- ・非接触急速充電システム
- ・リチウムイオンバッテリー

に関する実験・実証、性能シミュレーションに関する
研究を実施している。



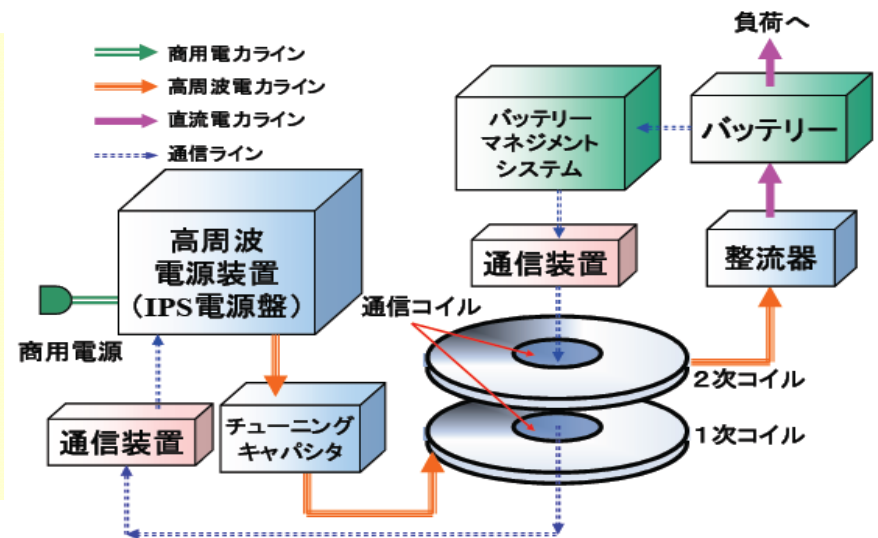
誘導型非接触急速充電システムを利用した コミュニティ電動マイクロバスWEB-3の開発

項目	仕様
日野自動車製ポンチョ (コミュニティ・バス) を改造	
全長	6,290mm
全幅	2,080mm
全高	3,100mm
定員	20～30名



項目	目標性能
一充電走行距離	45km (実走ベース)
充電方法	非接触急速充電方式等
充電時間	5～8分間(フル充電のためには約60分間必要)

(NEDO, 環境省, 2004～2017年)
早稲田大学・紙屋, 大聖, 高橋(俊)



- 高い静粛性, 低振動, 低床 (身障者や高齢者に優しい乗降と乗り心地)
- ゼロエミッション, 高いエネルギー効率, 大幅なCO₂削減効果
- バッテリー搭載量の大幅削減でコスト低減
- 地域における公共モビリティのためのデマンド交通システムとして利用可能

試作し性能評価した各種電動車（紙屋研・大聖研）



燃料電池シニア
カー (2009年～)



燃料電池バイク
(環境省, ~2007年)



燃料電池ターレ
(NEDO, 2007年～)



プラグインハイブリッド車
(2008年～)



非接触急速充電型
2人乗りEV(2008年～)

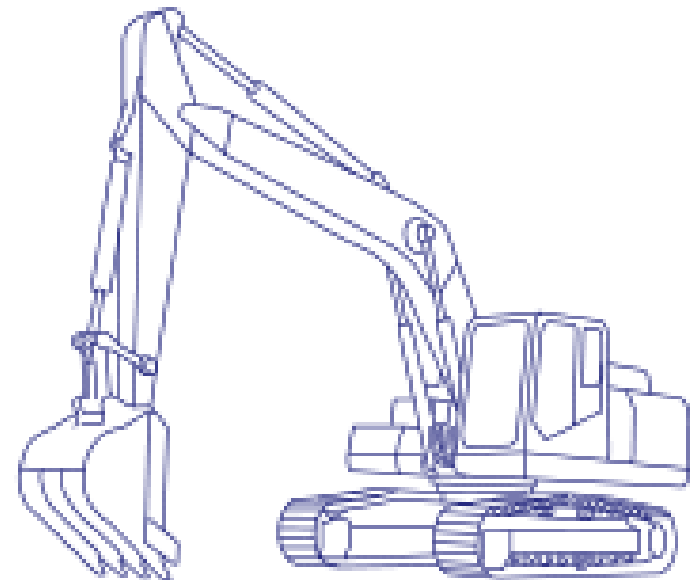
油圧ショベルのハイブリッド化による燃費改善 (2010～14年)

建設機械の一種である油圧ショベルでは、油圧駆動の伴う燃料消費が車両としての燃費の悪化を招いている。そこで、燃費改善とCO₂低減のため、ハイブリッド化の可能性を探った。

研究では、油圧駆動に代えてモーター駆動とし、ショベルの下降動作や回転の減速時に回生を行い、エンジンを高効率条件で運転することとした。

その結果、標準的な作業条件における実験から得られるデータをもとに数値モデルを構築し、約30%の燃費改善が可能であることを明らかにした。

河口、楠本、大聖他



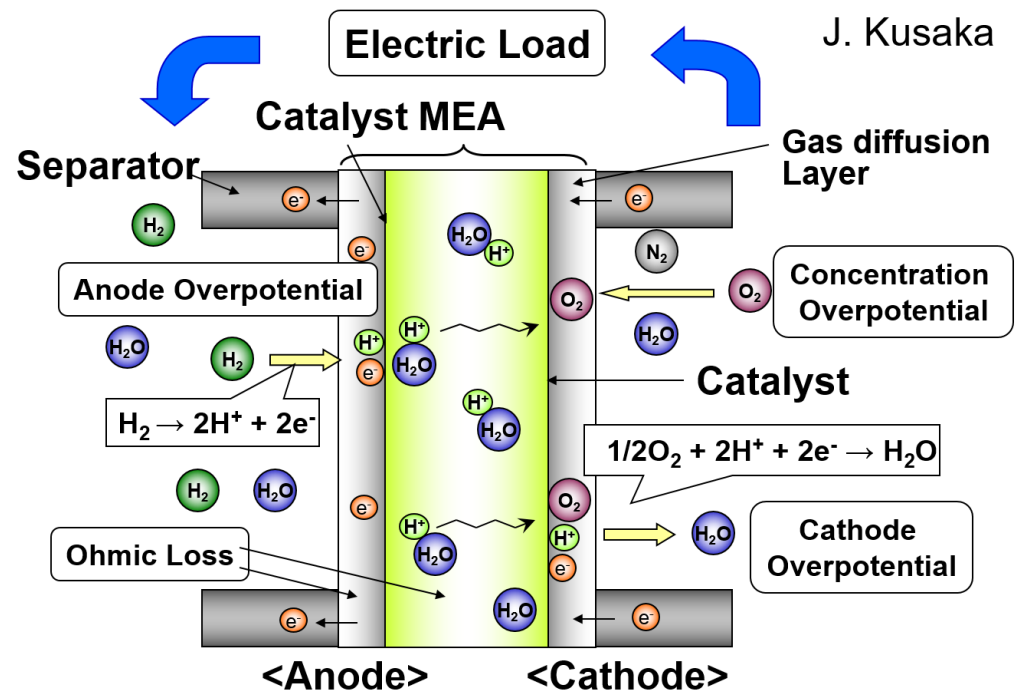
図：コマツ

固体高分子型(PEM)燃料電池の輸送現象の解明 (2002~08年)

将来性の低炭素化に向けて期待されている自動車用燃料電池では、一層の高効率化、コンパクト化、信頼・耐久性の確保、さらにはコスト低減が課題とされている。

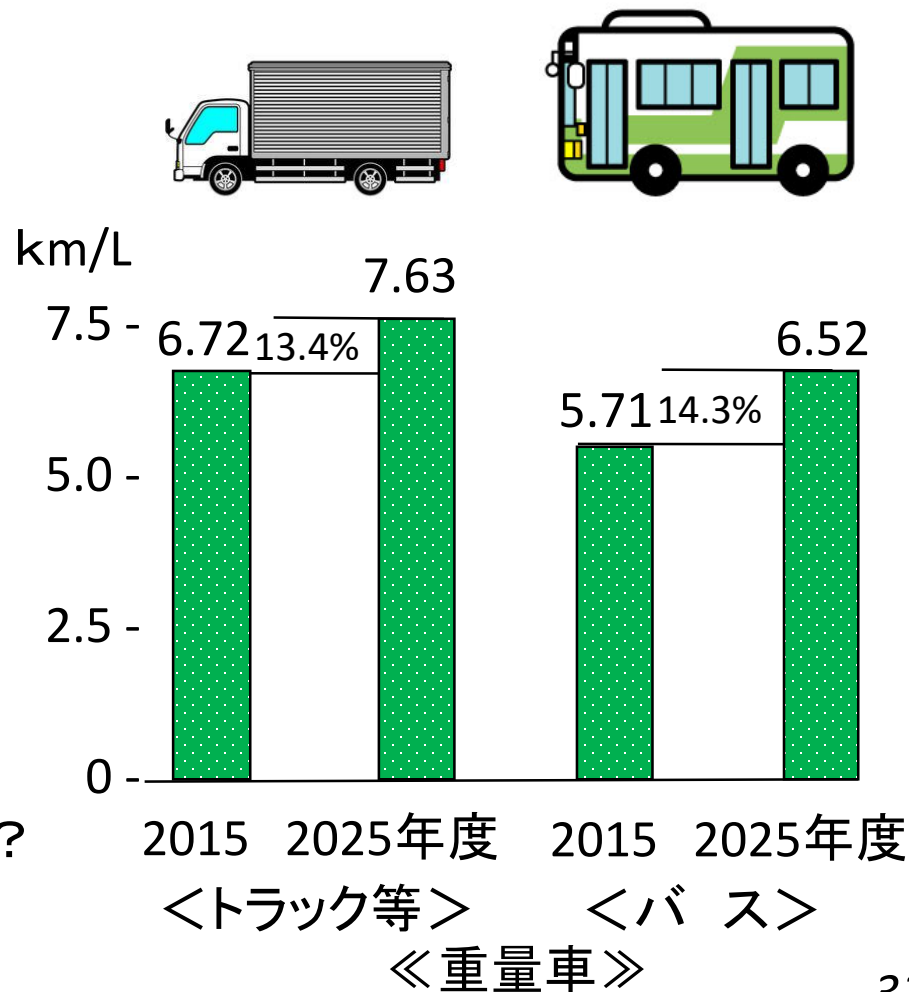
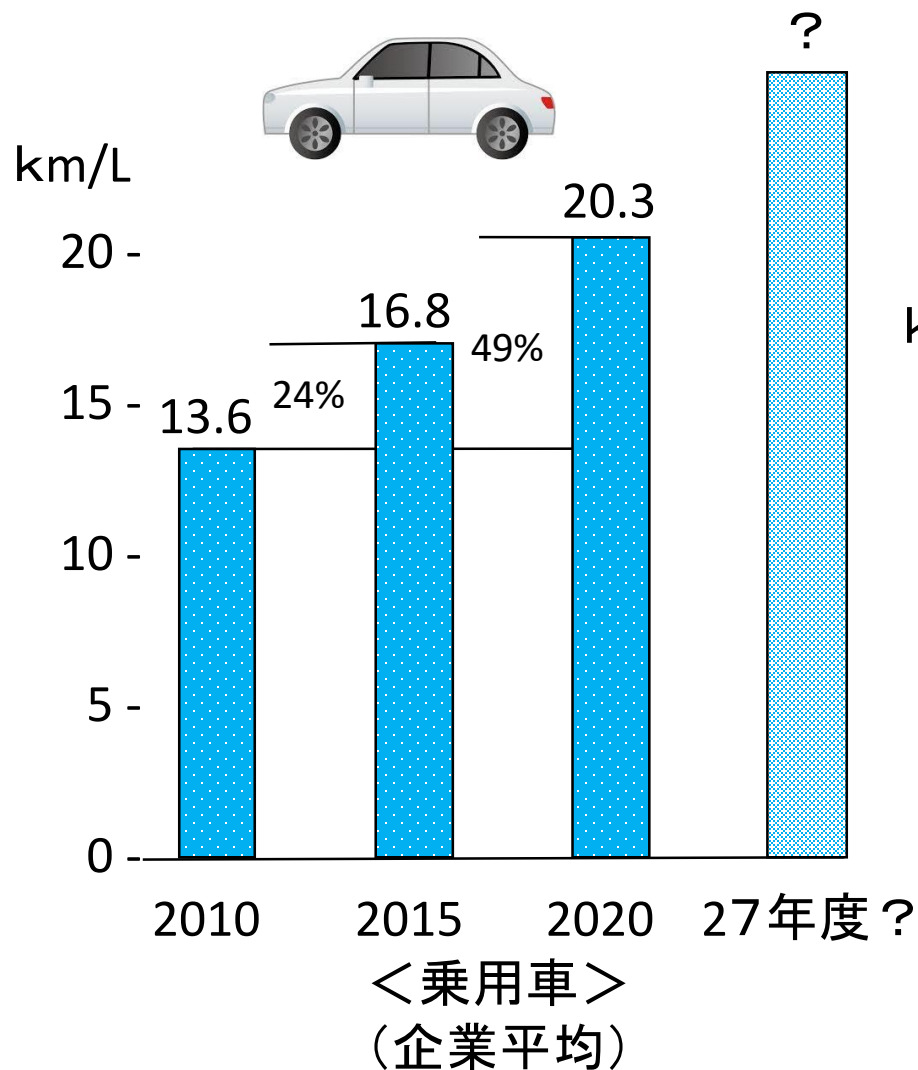
それを解決するためには、セル内の電解質の適度な加湿が必要であるが、流路の上流では水分が不足し、下流では反応水も含めて過剰になる。それを抑制して性能向上を実現するための最適条件を実験とモデリングの両面から明らかにした。

久保、草鹿、勝田、福山、
大聖他



燃費基準(平均値)の推移(国交省, 2017年)

＜1985年度、2000年度基準からの進展＞



2つの産学連携体制によるエンジン研究の展開

2014年度～2018年度
戦略的イノベーション創造プログラム
SIP「革新的燃焼技術」
(内閣府-科学技術振興機構)



プログラムディレクター(PD)
杉山 雅則氏
(トヨタ自動車(株) 未来創生センター
エグゼクティブアドバイザー)
昭和57年卒

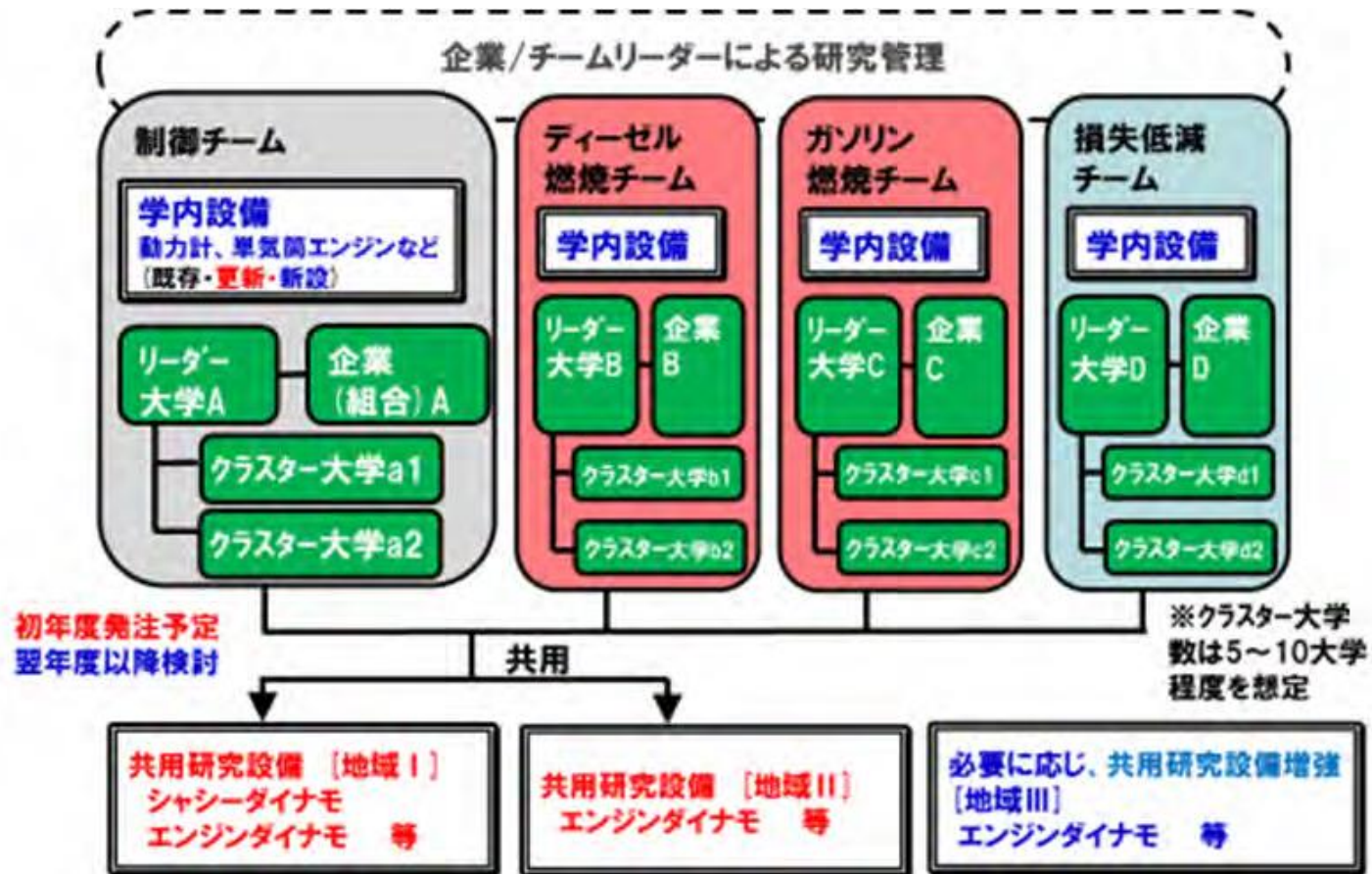
2014年～現在
自動車用内燃機関
技術研究組合“AICE”
(経済産業省)



理事長
平井 俊弘氏
(日産自動車(株) 常務執行役員)
昭和59年卒

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)

「革新的燃焼技術」(内閣府・JST 平成26年度～30年度)

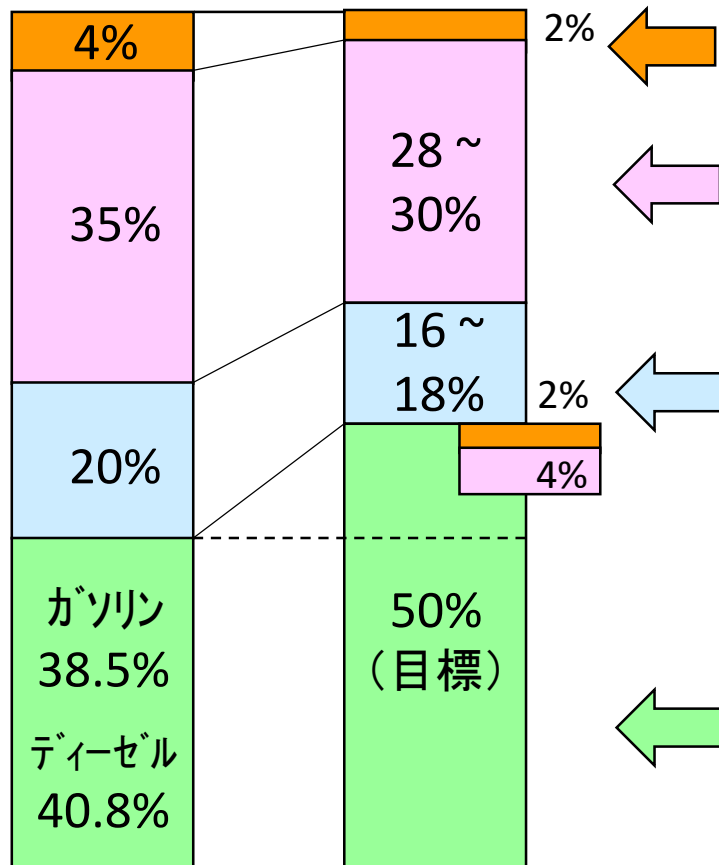


★乗用車用ガソリンエンジンとディーゼルエンジンの正味熱効率50%の達成を目指す。

SIP「革新的燃焼技術」におけるエンジンの 正味熱効率50%達成のための技術課題

☆2020年から2030年における実用化を目指し、今後の従来車やHEV, PHEVの燃費改善に大きく寄与する。

《エネルギーバランス》



《エンジン技術の課題》

機械摩擦損失の半減(高面圧・低粘性化)

排気エネルギー有効利用

- ・ターボ過給の高効率化(60数%達成)
- ・排熱回収(熱電素子の利用)

熱損失の低減

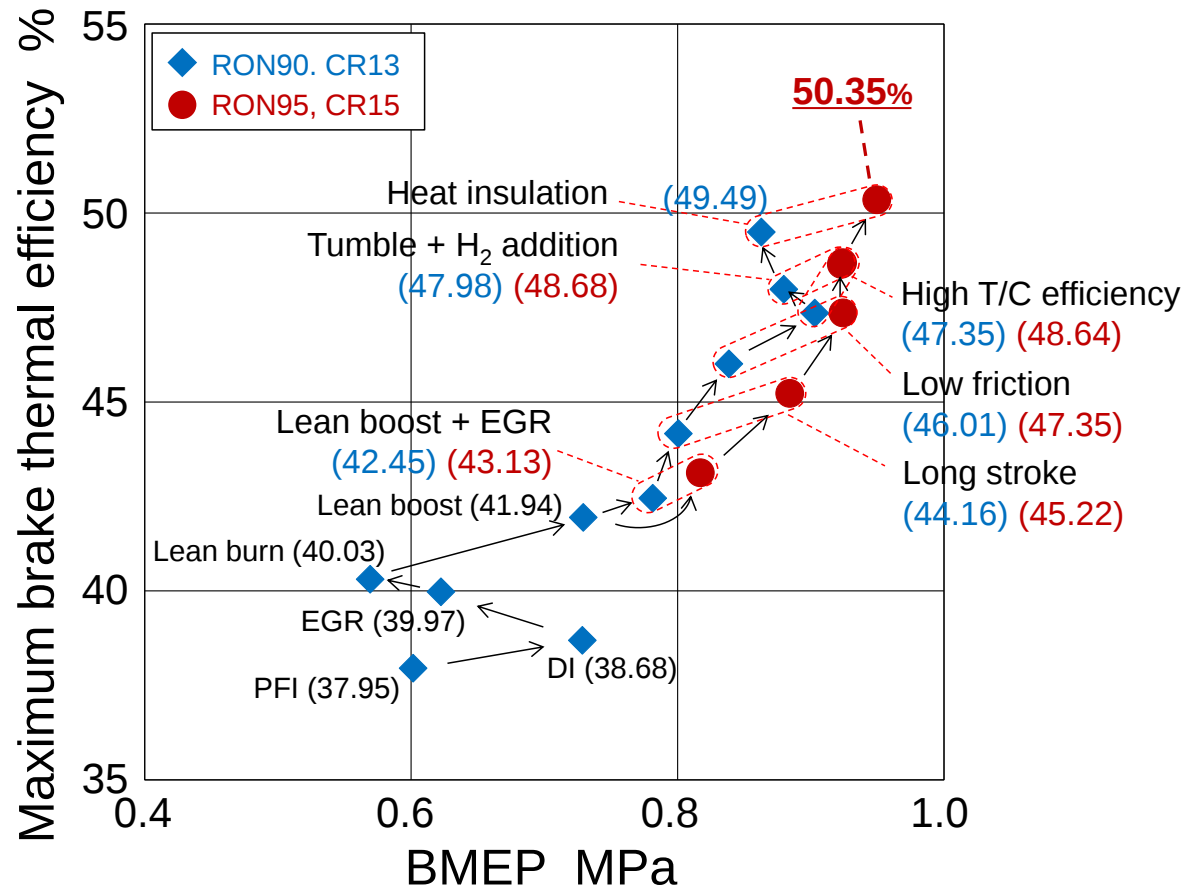
- ・リーンバーン
- ・シリンダ内流動の適正化
- ・遮熱材の利用

図示仕事の増大(図示熱効率の改善)

・燃焼の改善

ガソリン: リーンバーン, ロングストローク化
ディーゼル: 高分散燃焼

ガソリンエンジンにおける正味熱効率50% 達成のシナリオ（喜久里・草鹿・大聖，2016年）

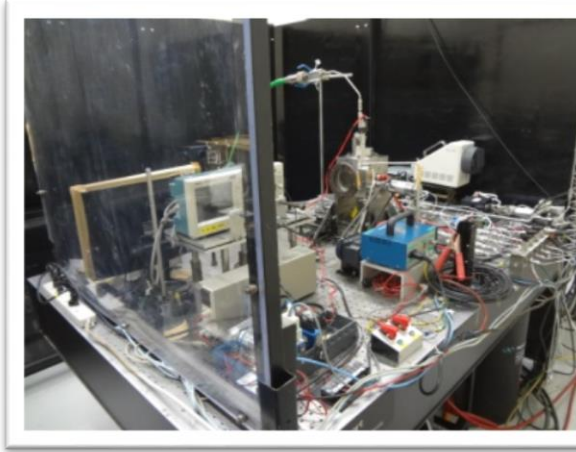


＜主な改善技術＞

- ・高圧縮比化
- ・直噴化
- ・EGR
- ・リーンバーン
- ・高効率過給
- ・ロングストローク化
- ・低摩擦化
- ・タンブル流
- ・水素添加
- ・遮熱化
- ・高オクタン価燃料

☆正味熱効率38%から50%への向上によって、燃費は32%改善し、CO₂は24%低減する可能性がある。HEVやPHEVにも利用可能な技術である。

SIP 共同利用実験設備：早大ラボ（2014年～）



**<噴霧/火炎
可視化観察/
燃料改質
実験室>**
各種の燃焼
関連現象の
可視化



<単気筒エンジンシステム実験室>
各種設計・運転条件での実験と開発し
た各サブモデル，ターボ過給，燃料改質，
熱電素子の効果の検証に活用



<ターボ過給システム実験室>
システムの流動特性を解明するとともに
数値シミュレーションモデルの検証に活用



| nextGV

次世代自動車研究機構

Research Organization for Next Generation Vehicles

Begin with
Engine Research Areas!

エンジンより始めよ!

次世代自動車研究機構が
革新的なエンジン技術開発のための
自動車パワートレイン研究拠点を
目指します。

- 2014年度経済産業省の技術研究組合“AICE”において中心的存在として活動している。
- 内閣府-JSTの戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の「革新的燃焼技術」の損失低減チームのリーダー大学として同機構を中心に活動している。
- 異なる分野の学内研究者の参加を得て、エンジン、触媒の開発分野において国際競争力を維持、発展させながら、次世代自動車へと橋渡しする研究拠点としている。
- 2016年、機構長は大聖から草鹿教授にバトンタッチされた。

金原 淑郎氏からのメッセージ



1954年(昭和29年)齋藤研究室修士修了

同年トヨタ自動車工業入社

エンジン研究開発分野に従事

1986年トヨタ自動車(株)常務取締役

1988年 同社専務取締役

1992年 同社取締役副社長

1993年～94年 可視化情報学会会長

1994年～96年 自動車技術会会長

1995年 (株)豊田中央研究所代表取締役

1997年トヨタ自動車(株)顧問

□電子制御燃料噴射(EFI)と三元触媒システムの採用を強力に推進

□ツインカム・4バルブ高性能ガソリンエンジンの開発・実用化を主導

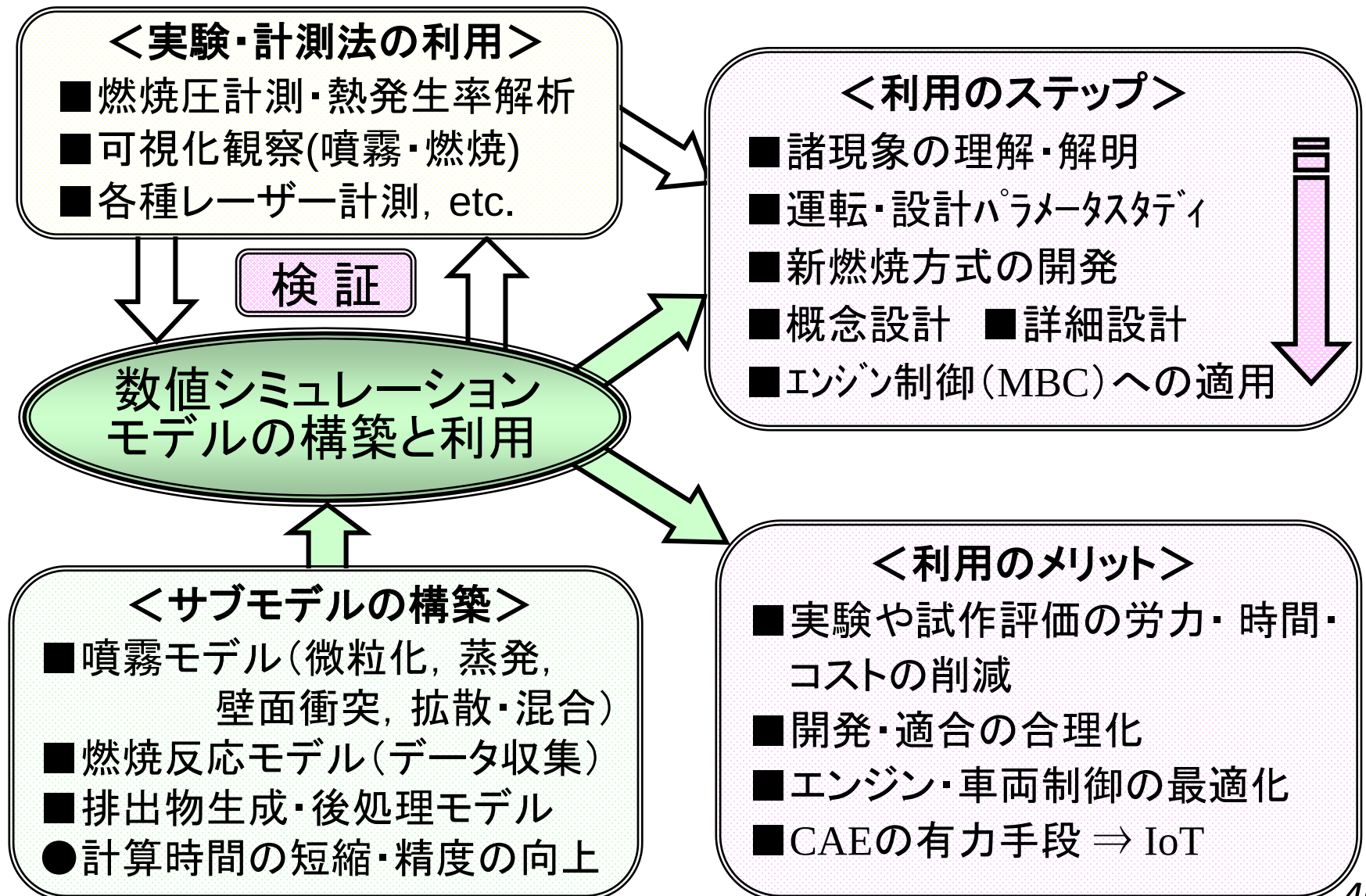
□レクサスの商品化を推進 □電動車用バッテリーの開発を推進

“技術者は自ら考え自信をもって本命追求を”(自動車技術会、2006年)

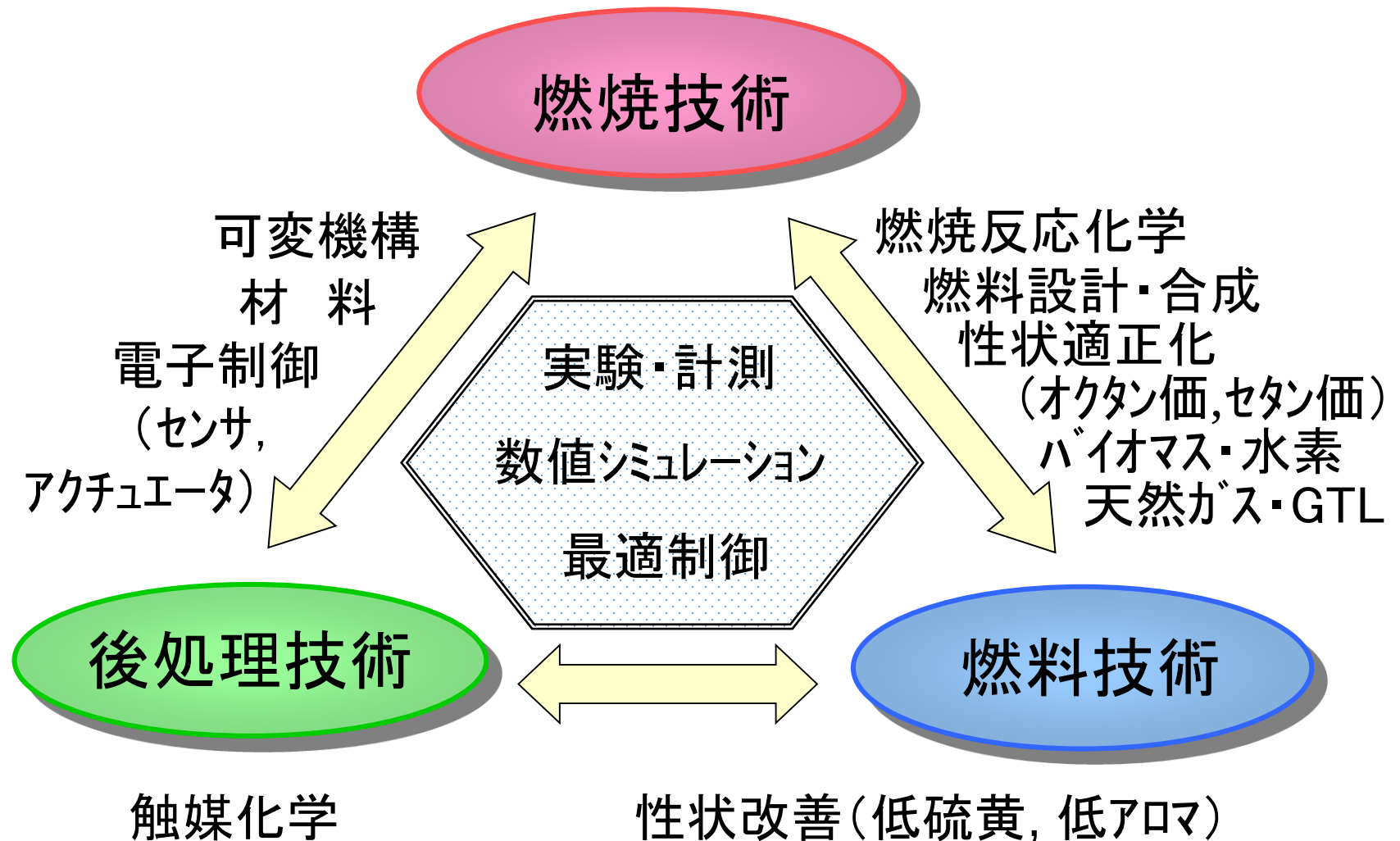
“成果＝賢さ×数×(情熱)²” “エンジンとバッテリーを両睨みで”

“空飛ぶクルマの可能性評価を！”

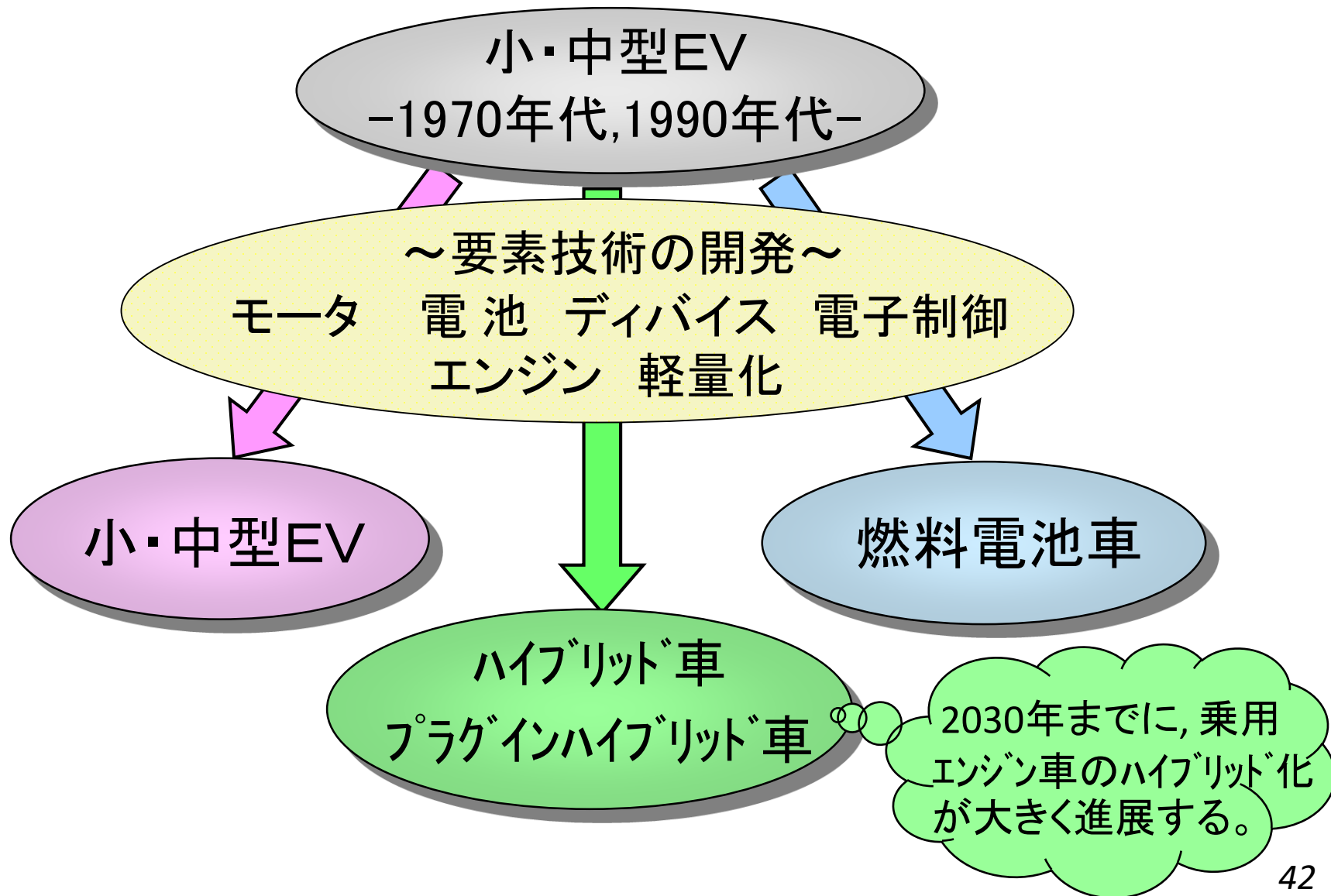
エンジン燃焼システムの研究開発・設計に関わる 数値シミュレーションの役割（大聖、草鹿）



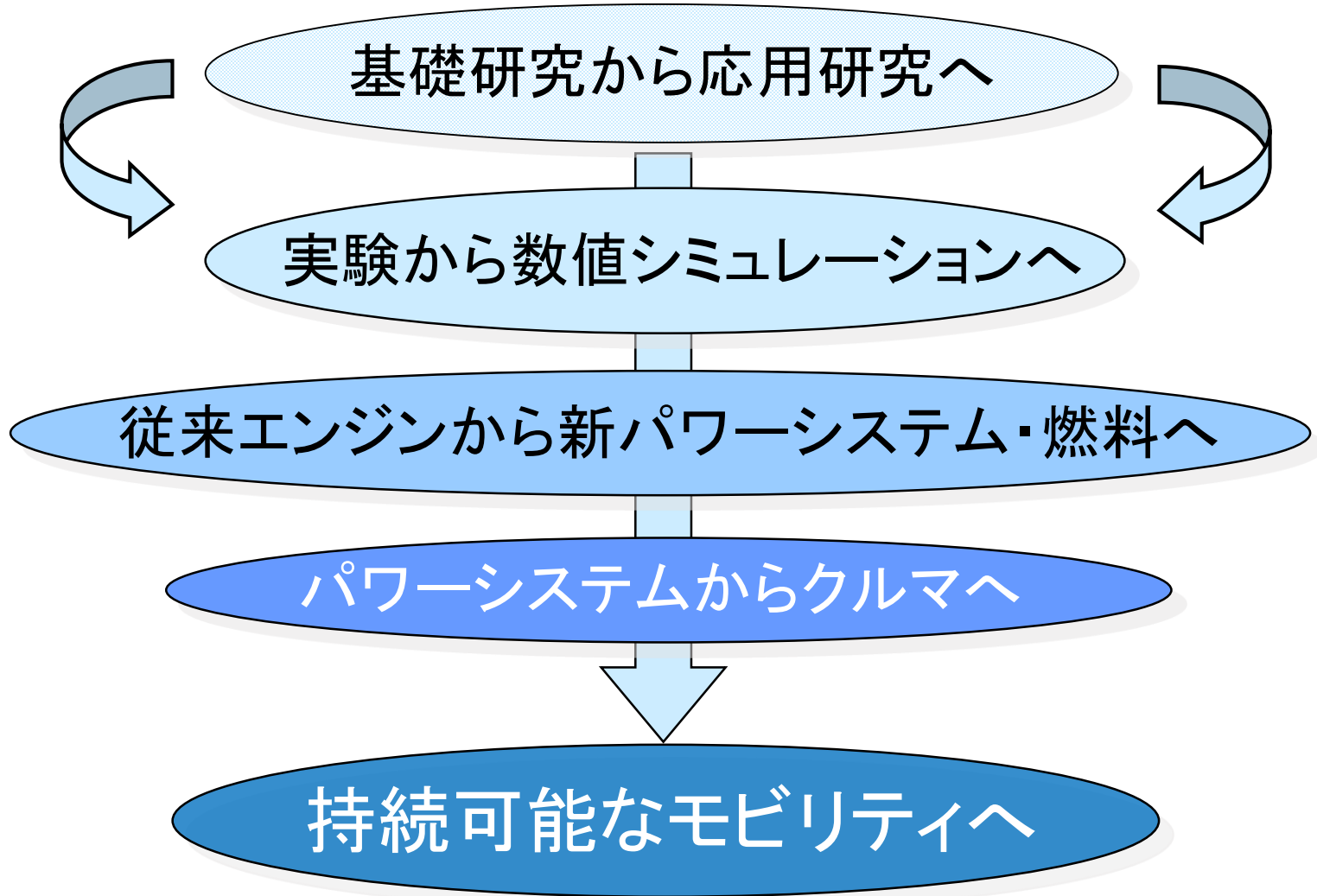
エンジンを支える3つの技術



今後の電動化に関わる技術



今後の研究のコンセプト





ご清聴有り難うございました。

大聖 泰弘