

ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN

Vol. 2 No. 1 2012

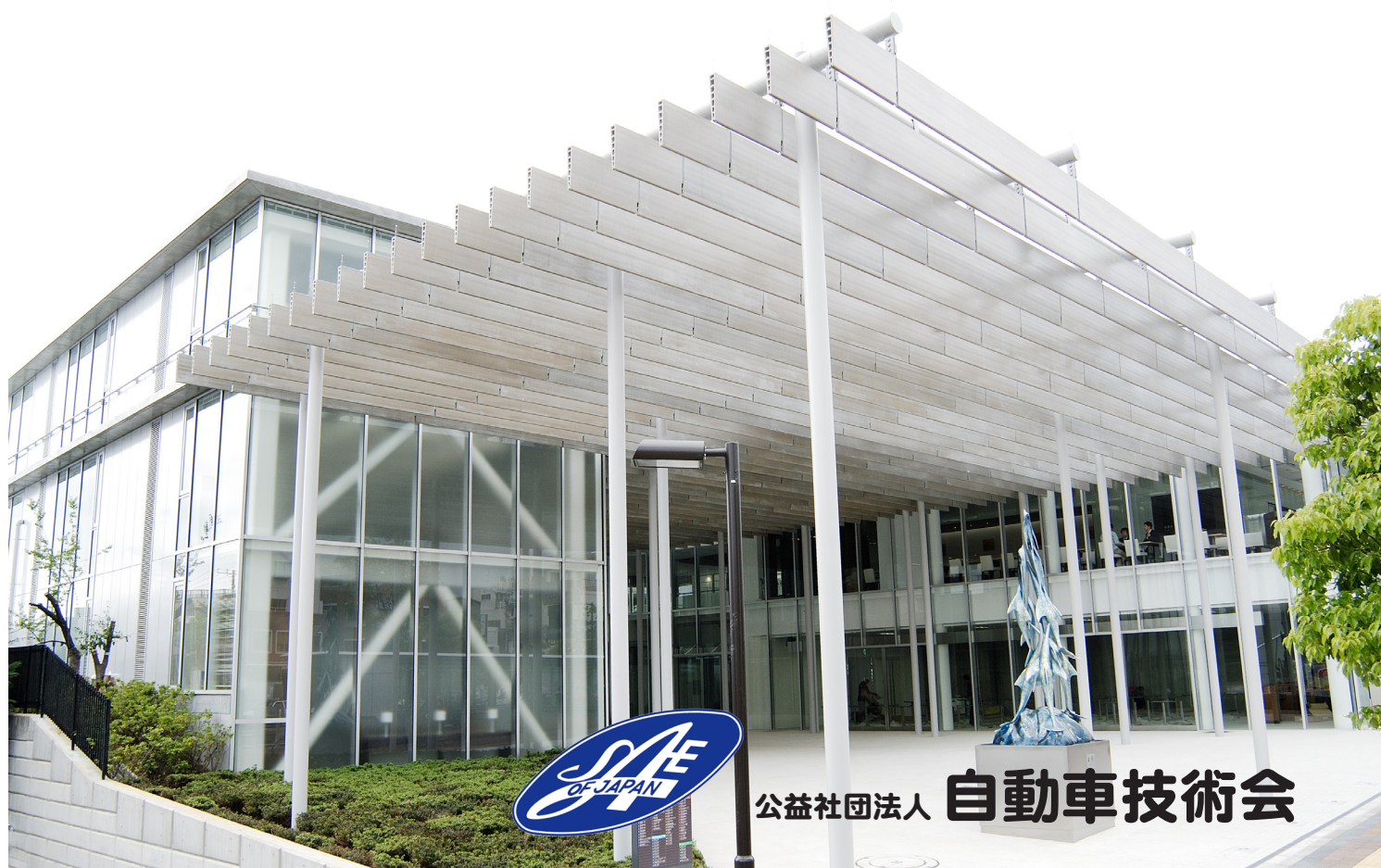
JSAE エンジンレビュー

特集：第 22 回内燃機関シンポジウム

編集委員の視点

NEWS & INFORMATION

公益社団法人 自動車技術会・編集会議
JSAE エンジンレビュー編集委員会：編著



公益社団法人 **自動車技術会**

コラム●大言壮語：自動車技術会 編集担当理事／新井 雅隆	1
特集：第 22 回内燃機関シンポジウム	3
編集委員の視点	15
NEWS & INFORMATION	17

■ JSAE エンジンレビュー編集委員会

委員長： 飯田 訓正 (慶応大学)
副委員長：村中 重夫 (元日産自動車)
幹事： 川那辺 洋 (京都大学)
委員： 井上 香 (堀場製作所)
今井 康雄 (日本自動車研究所)
小栗 彰 (福井工業大学)
金子 タカシ (JX 日鉱日石エネルギー)
菊池 勉 (日産自動車)
小池 誠 (豊田中央研究所)
小酒 英範 (東京工業大学)
清水 健一 (産業技術総合研究所)
下田 正敏 (日野自動車)
調 尚孝 (日本自動車部品総合研究所)
鈴木 央一 (交通安全環境研究所)
沼田 明 (三菱重工業)
藤井 厚雄 (本田技術研究所)
山崎 敏司 (編集)

発行所： 公益社団法人自動車技術会
発行日： 2012 年 3 月 20 日
発行人： 新井 雅隆 (群馬大学)
〒 102-0076 東京都千代田区五番町 10-2
電話： 03-3262-8211

●コラム

「大言壮語」



自動車技術会 編集担当理事

新井 雅隆

Masataka ARAI

群馬大学 大学院工学研究科 教授

Professor

Graduate School of Engineering, Gunma University

筆者が中学生であったころ、日本は加工貿易立国であり、海外から生産資源を輸入しそれを付加価値の高い工業製品に加工して輸出し、そこで得られた収益をもとに種々の生活必需物資を海外から輸入していると聞かされていました。その頃の輸出の主体は繊維や軽工業製品であり、その後は重工業製品、家電、自動車に移行しました。我が国のエネルギー資源の大半がこの加工貿易から得られた収益で賄われていることは周知の事実であります。中学生の当時はその実感が全くなかったものです。

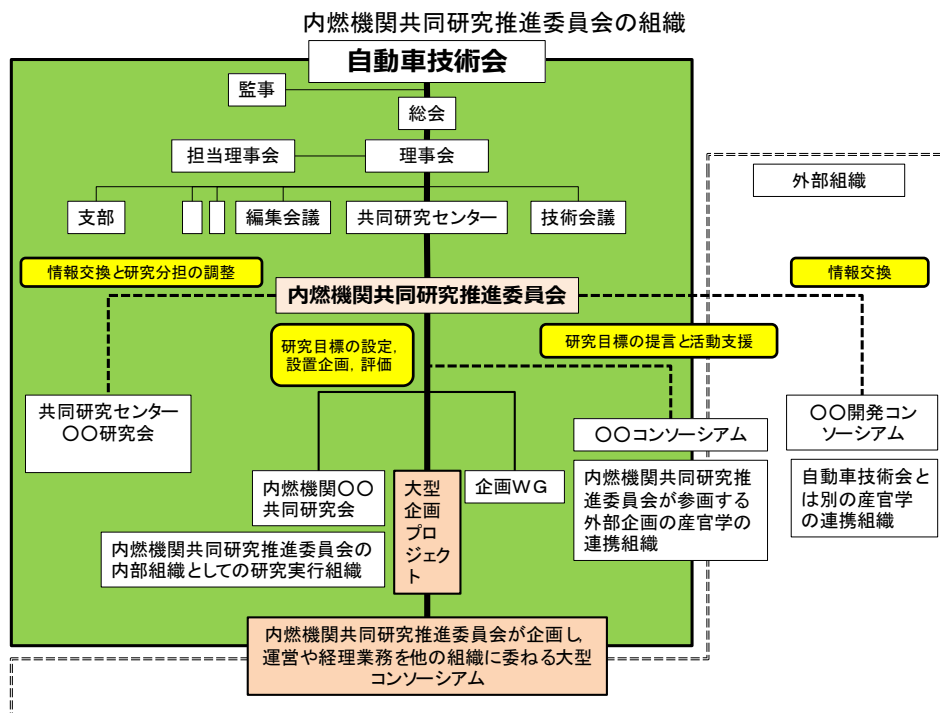
最近、科学技術立国が我が国の基本姿勢となっておりますが、科学技術の何をもって国の基盤とするかについてはいささか不明瞭であります。科学技術立国＝ノーベル賞の受賞者数、科学技術立国＝基本特許数、などの評価基準もありますが、科学技術立国＝貿易収支という評価基準はほとんど聞かれませんが、一方自動車産業が日本の貿易収支を支える基幹産業であることは自明であります。自動車産業と科学技術立国が連動していることについての強い主張にはお目に掛かっていません。自動車産業を支える科学技術については民間資本の経済活動の範囲で十分であるとみなされ、経済基盤の国策技術としてはあまり重きが置かれていないのが現状であります。これは大きな誤りと筆者は考えています。貿易収支の面からすれば、産業資源、エネルギー、食糧の三者が輸入しなければならない主要なものです。輸出するものとしては科学技術立国の掛け声の下に生みだされた知恵と工業製品、それに日本固有の文化しかありません。ところが科学技術による知恵の創造には国が積極的な支援を行っていますが、現状では自動車のような科学技術の知恵の集大成である工業製品の輸出拡大に国が積極的に取り組んでいるとは思えません。

輸入するエネルギー資源を節約かつ削減するための新エネルギー技術の開発が奨励され、多くの技術革新がなされてきました。仮想的な数値目標をもとに我が国のエネルギー資源の節約と新エネルギーの開発を標榜する組織や集団は多数あります。そのなかには技術評価の基準となる前提条件の議論はせず、得られるであろう将来のメリットの数値にのみ固執した大言壮語のもとに国の支援を得る競争を行っていると思われるものもあります。自動車の内燃機関についても同じです。内燃機関の熱効率を70%にする技術と言えば、社会的な話題にもなり、うまくいけばその技術開発のために産官から多くの支援が寄せられます。しかし熱効率45%を目指すという技術開発では、現状より多少高めという程度に取られ、誰にも見向きもされません。

自動車や内燃機関はこれが成熟した工業製品であるため、飛躍的な性能改善を一朝一夕に行うことはできず、地味で継続的な技術開発により毎年少しずつ性能がアップしていくものと理解しています。この意味では組織的かつ継続的な技術開発が必要であり、これは技術体系を一挙に覆す大言壮語とは無縁の技術開発です。結果として地味であり、我が国の国策として取り上げられていないのが現状です。他方、欧州をはじめとする諸外国では、組織的かつ継続的な国家戦略により我が国の技術を凌駕する自動車の開発に努力しています。したがって、ひとたび我が国の優位性が失われれば、その失地の回復は絶望的な状態になり、我が国はエネルギー資源を輸入する資金に事欠くことになります。諸外国と我が国の自動車技術の在り方を振り返ってみると、地味な自動車技術を科学技術の根底に据えるのか、また産業に付随した技術とみるのかの違いによると思われる。たとえば英国では輸出の基幹産業としての自動車産業は存在していませんが、科学技術の基盤としての自動車関連の研究機関が整備され大学の内燃機関研究施設も我が国を大きく凌いでいます。これは自動車産業の規模が小さくても、その技術の中に科学技術の本質が含まれ、それを会得している技術者や研究者が国家にとって必要であると考えているからだと思えます。また韓国や中国には自動車産業こそが国の基幹産

業であると大言壮語する有識者も多くいて、結果として国策としての技術開発支援が盛んです。一方、我が国では内燃機関を基礎とする自動車産業の未来について大言壮語を語る有識者が大学人も含めて少ないことが挙げられます。

最近、我が国の自動車技術開発の体制が欧州や他の諸外国に比べて劣っているのではないかと危惧が関係者の間で叫ばれ、自動車技術会・技術会議の傘下に平成20年より新エンジンコンセプト創出特設委員会が設置されました。委員会活動として研究開発の在り方が検討され、我が国の基幹産業として自動車産業を維持するために新しい産官学の研究組織が必要なが報告書として纏められました。またこのことは内燃機関シンポジウムにおける平成21年度と平成23年度の討論会での討議で、関係者の共通の概念となりました。その結果、平成24年4月より自動車技術会・共同研究センター内に内燃機関共同研究推進委員会を設置し、新しい共同研究組織の構築をめざした活動を開始することになりました。筆者はその委員長就任予定者です。現在（平成24年3月）、3回の準備会議を開催し、自動車業界全体で共有すべき非競争的技術と個々の企業の技術力を生かした競争的技術に開発領域を区分し、企業間で共有すべき非競争的領域の研究技術開発について産官学の英知を結集する予定にしています。またこの委員会傘下のプロジェクトにおいて大学生を中心とした将来の自動車産業を担う人材の育成を行うことも予定しています。この取組が我が国の自動車産業の将来を決ると言えば大言壮語になりますが、今後この委員会からの呼びかけに応じて、資金と人材と英知が集まることを期待しております。



特集：第 22 回内燃機関シンポジウム

Report of The 22nd Internal Combustion Engine Symposium (Tokyo)

編集委員：飯田 訓正，小池 誠，小酒 英範，調 尚孝

東京大学：津江 光洋，日本大学：飯島 晃良，茨城大学：金野 満
北海道大学：小川 英之，明治大学：相澤 哲哉，福井大学：酒井 康行
東京都市大学：伊東 明美，交通安全環境研究所：佐藤 進
トヨタ自動車：島崎 勇一，日野自動車：内田 登
本田技術研究所：神田 智博

Norimasa IIDA, Makoto KOIKE, Hidenori KOSAKA, Naotaka SHIRABE (JSAE ER Editorial Committee)
Mitsuhiro TSUE(The University of Tokyo), Akira IJIMA (Nihon University), Mitsuru KONNO(Ibaraki University)
Hideyuki OGAWA(Hokkaido University), Tets AIZAWA(Meiji University), Yasuyuki SAKAI(University of Fukui)
Akemi ITOH(Tokyo City University), Susumu SATO (NTSEL), Yuichi SHIMASAKI(Toyota), Noboru UCHIDA(Hino)
Tomohiro KANDA(Honda)

日時：2011 年 11 月 29 日 (火)～12 月 1 日 (木)

場所：東工大蔵前会館 (東京)

主催：(公益社団法人) 自動車技術会 共催：日本機械学会

1 開催報告

2011 年 11 月 30 日 (火)～12 月 1 日 (木) に東工大蔵前会館にて、第 22 回内燃機関シンポジウム(幹事学会：自動車技術会，共催学会：日本機械学会)が開催された。実行委員をはじめ、学会事務局，関係の皆様のご尽力とご協力のおかげにより，不安定な経済状況にもかかわらず 428 名(内訳：有料 405 名，招待 23 名)の方々が参加した。

一般講演は 3 室 21 のセッションにて合計 89 編の講演発表が行われ，2 件の「基調講演」に加えて，若手とベテランの研究技術の伝承の場として「先進内燃機関セミナー」，そして産学協力をテーマとする「討論会」が企画された。「エンジンテクノロジーの高度化とその伝承」をテーマとして，若手とベテランのエンジニアの交流，有意義な情報交換，発表・討論の場が提供された。(飯田)

1.2 テクニカルセッション

1.2.1 講演申し込み受付，講演論文集，プログラム編成

講演申し込みは 2011 年 2 月上旬より開始され，同年 7 月 10 日に締め切られた。その直後からアブストラクト査読およびプログラム編成が平行して行われ，7 月下旬には講演者へ採択通知が連絡された。応募講演数は，海外からの申し込み 1 件を含め 98 件であり，21 のセッションに分けられ，3 講演室並行のプログラムが編成された。応募講演の内訳は，約半数が大学等教育機関からのものであり，残り半数が企業あるいは大学と企業の共同研究であった。セッション司会者の人選に当たっては，上述のシンポジウムテーマに即するように，新進気鋭の若手研究者に担当いただくよう配慮した。前刷原稿の提出は 9 月末で締め切られたが，1 件の講演取り下げもなく，予定通り講演論文集の編集作業が行われた。(津江，飯島)

1.2.2 ES 部門賞の表彰候補者選考

各講演会場では，JSME ES 部門賞の表彰候補者の選考を行なった。ES 部門賞の表彰選考対象となる 35 歳未満の講演数は 63 件であった。(金野)

1.3 基調講演

1.3.1 基調講演 I：ガソリンエンジンにおける点火

シンポジウム初日 29 日に九州大学 村瀬英一教授より，「ガソリンエンジンにおける点火—火焰点火からレーザ点火まで—」と題して，1700 年代の火焰点火から現在の電気火花点

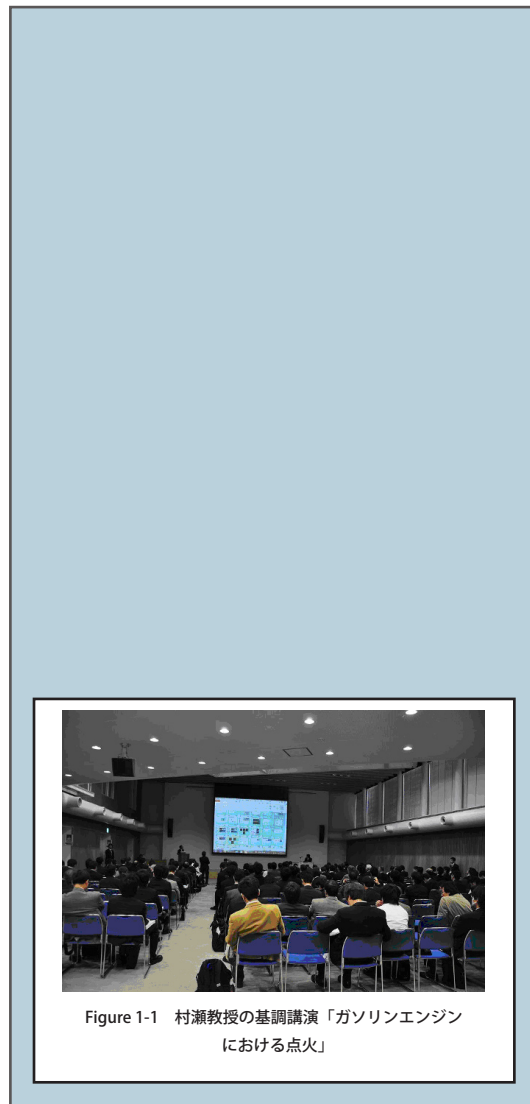


Figure 1-1 村瀬教授の基調講演「ガソリンエンジンにおける点火」

火やプラズマジェット点火、将来予想されるレーザ点火までの過去の歴史と将来予測について講演をいただいた。これらの点火システムが燃焼に及ぼす影響について、写真を用いた分かりやすい説明がなされた。点火システムは、ガソリンエンジンを研究・開発している者には身近なものであるが、現在に至る経緯を整理し将来展望を述べたものはなく、大変貴重な講演であった。(島崎)

※本基調講演の講演資料はこちらから download できます。

1.3.2 基調講演 II：コモンレールシステムの開発と進化

シンポジウムの最終日には、デンソールの宮木正彦氏より、「コモンレールの開発と進化」と題して、1995年の世界初の量産開始から、既に第4世代へと進化して現在に至るディーゼル・コモンレール噴射システムの開発経緯と将来の展望について講演をいただいた。注射器と風船に例えた旧来の列型ポンプ+自動弁との原理の違いから、インジェクタやサプライポンプの詳細な作動メカニズムや構造部品の改良、噴射圧 300MPa を目指す信頼性向上技術、次世代噴射制御技術の紹介など、日頃エンジンの研究開発に携わる者でもなかなか知ることのできないエンジンの基幹部品の奥深いテクノロジーを垣間見ることが出来、本シンポジウムのテーマに相応しい大変貴重な機会であった。(内田)

※本基調講演の講演資料はこちらから download できます。

1.4 討論会：内燃機関の共同研究体制の可能性

海外で内燃機関の燃焼研究における産学連携が進んでいるのに対し、日本が大きく立ち遅れているという現状認識から、今後あるべき産学共同研究体制を築くための討論会が開催された。話題提供数は8件(会社4名,大学4名)でラウンドテーブルには32名(会社20名,大学8名,経産省1名,民間研究所1名,座長2名)が議論に加わり、会場は約100名の出席で満席であった。

企業側からは「停滞している日本の開発力に強い危機感を持っており、基礎技術から周辺技術まで幅広い活動を望んでいる」などの共同研究の必要性を強調する意見が述べられた。大学側からは「共同研究の必要性は強く感じているが、大学での活動に必要な人材や研究資源が縮小している」などの現状が紹介された。本討論会での意見交換を受けて、主催側が関係者と討議し、今後、自動車技術会内に準備WGを設置することとなった。(中田・小川)

1.5 先進内燃機関セミナー：内燃機関の熱効率を探索する

内燃機関は、地球温暖化、石油資源枯渇などの諸問題を背景に一層の熱効率向上が求められている。内燃機関の熱効率向上の有効な手段として熱損失低減が挙げられる。本セミナーは、JSME ES 部門の研究会「先進内燃機関セミナー(関東地区)」を主宰された神本武征教授がモデレータを担当され、「内燃機関の熱効率を探索する」をテーマに5件の話題提供で構成された。

- 1) 榎本良輝先生より、ディーゼル機関の燃焼室壁面における熱流束の測定例が紹介された。機関の運転条件、燃焼条件、燃焼室壁面の位置により、瞬時熱流束パターンがどう変化するかについて、数々の測定例を紹介され、エンジン燃焼室における熱損失の実態について解説があった。
- 2) 神本武征先生からは、ロイ・カモ氏が開発した「アディアバティック・エンジン」の紹介があった。遮熱エンジンのポテンシャル、すなわち、熱損失の低減による熱効率の向上のポテンシャルについて、遮熱率をパラメータとした推算結果を示すとともに、燃焼効率と熱損失低減のジレンマについて言及された。
- 3) ディーゼル機関において、熱損失低減のアプローチの一つとして火炎の壁面衝突を減らすことが挙げられる。トヨタの古野志健氏からは、この観点から低スワール、多噴孔ノズルの組み合わせで熱効率の向上を実現したディーゼルエンジンの燃焼技術が紹介された。
- 4) 森吉泰生先生からは、HCCI 燃焼エンジンが低熱損失となる理由が解説され、ブローダウン過給エンジンの効率向上の取り組みが紹介された。
- 5) 最後に畑村耕一氏より、自動車の走行燃費の向上方法の観点から、過給ダウンサイジングの実現手段と効果、およびその課題と技術動向について国内外の技術動向が紹介された。(飯田)

1.6 懇親会：東北震災復興企画 - 東北の味を楽しみ、文化を知る -



Figure 1-2 宮木正彦氏の基調講演「コモンレールの開発と進化」

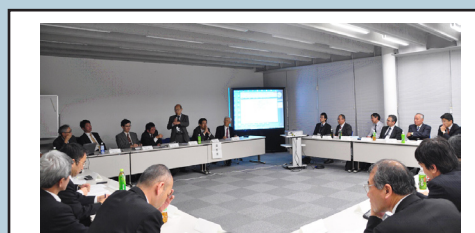


Figure 1-3 討論会「内燃機関の共同研究体制の可能性」



Figure 1-4 セミナー「内燃機関の熱効率を探索する」

今年3月11日に発生した未曾有の東日本大震災に対し、復興を祈り少しでも協力したい思い、懇親会では、東北料理やビンゴ大会の景品に東北のおみやげが用意された。また、内燃機関の研究に大きな業績を残され、この1年間に亡くなられた浜本嘉輔先生、佐藤 豪先生、廣安博之先生、小保方富夫先生、松岡 信先生、5名の先生方を思い出し御冥福をお祈りした。参加者は、予定していた100名に対し106名（招待7名含む）と上回り、盛況のうちに終了した。（島崎）

1.7 会場運営・広告・機器展示

1.7.1 会場運営

会場の設営と当日の運営については、JSAE事務局の前田氏、大平氏、斉藤氏に尽力をいただいた。また、慶應大学、明治大学、東京工業大学の合計12名の学生諸君にアルバイトを依頼し、参加受付、講演会場の運営、会場内インターネットサービス対応など、全面的な支援をいただいた。シンポジウム前日の設営準備からシンポジウム終了後の後片付けまで、会場運営を円滑に進められたのは、彼らの力によるところが大きい。（小酒）

1.7.2 広告・機器展示

講演論文集広告および機器展示会には、広告掲載：1社、機器展示：7社、カタログ展示：3社の合計10社より協力をいただいた。基調講演等が行われるメイン会場に隣接するギャラリーを展示会場として使用するとともに、同会場に無料のコーヒーサービスのコーナーを設置した。多くのシンポジウム出席者が来場し、盛況であった。（相澤）

1.8 全体をととして

運営は終始円滑に行われ、参加者数が示すとおり盛会のうちに終了することができた。会計幹事を担当した東京都市大学の伊東委員から、黒字決算であることが報告された。ご尽力頂いた方々に深く感謝したい。内燃機関シンポジウムは、第20回以降、毎年開催することがJSAEおよびES部門にて合意されており、次回は「世代を超えたエンジンシステムへの再挑戦」と銘打ち2012年10月31日から11月2日の3日間の日程で、北海道大学にて開催される。（小川）

1.9 第22回内燃機関シンポジウム実行委員

〈大学委員〉飯田訓正（慶大、委員長/先進セミナー担当）、小川英之（北大、副委員長/討論会担当）、相澤哲哉（明大、広告・機器展示担当）、伊東明美（東京都市大、会計・議事録担当）、小酒英範（東工大、会場担当）、津江光洋（東大、論文プログラム担当）、金野満（茨大、ES部門賞担当）、志賀聖一（群大）、飯島晃良（日大、Webサイト広報担当）

〈企業委員〉佐藤唯史（ケーヒン、懇親会担当）、野口究（スズキ、懇親会担当）、島崎勇一（トヨタ、懇親会・基調講演1担当）、大橋稔生（ガス協会）、松木正人（本田）、稲垣和久（トヨタ）、内田登（日野、基調講演2担当）、山崎雅和（本田）、岡山紳一郎（日産）、山田裕之（交通研）、森川弘二（富士重工）、北田泰造（三菱自動車）、中山真治（三菱ふそう）、川端裕二（ヤンマー）、内田克己（ダイハツ）、渡辺克哉（コスモ石油）、工藤秀俊・廣瀬一郎（マツダ）、寺地淳（日産）、以上28名（順不同敬称略）

2 基調講演を聴講して

九州大学大学院教授の村瀬英一先生を講師として「ガソリンエンジンにおける点火 一火焰点火からレーザ点火まで」と題し、基調講演が行われた^{2.1)}。先生のご講演は、大別して「点火システムの変遷」、「スパークプラグの変遷」および「点火強化」の三つに分かれている。「点火システムの変遷」では内燃機関の着火源たる点火装置が黎明期から現在の姿になるまでのような変化を遂げてきたが説明され、同様に「スパークプラグの変遷」では、点火装置の主要要素である点火プラグが初期から今日までどのような変化を辿ってきたかが説明された。最後に「点火強化」では1980年代から現在までの点火強化に関する動向と、先生ご自身が長年取り組まれておられるプラズマジェット点火、パルスジェット点火に関する研究の成果が発表された。以下三項目のそれぞれについて講演の概要を紹介する。

2.1 点火システムの変遷

1794年から1878年にかけて、種々の火焰式点火が考案された。残念ながら内燃機関と



Figure 1-5 懇親会で故人を偲ぶ

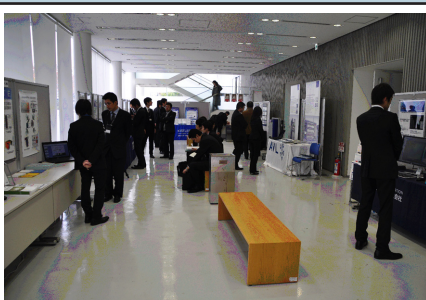


Figure 1-6 協力企業の展示会場

しての構造図しか残っておらず、肝心の点火装置部分の細部の構造が定かでないが、概して
 燃焼室の一部の窓から火焰を引き込むことにより着火する仕組みとなっている。一例として
 1838年のW.Barnettの火焰点火装置を図2-1に示す。外部のパイロットバーナで常時火焰を
 形成しておき、回転するコックの窓が内部のガスバーナーの部屋と連通したときに内部のガ
 スバーナを点火し、コックの窓が燃焼室と連通したときに火焰を供給する構成となっている。
 またマッチが発明されたのが1827年なので、1794年のR.Streetの混合気を利用した最初の
 熱機関、1820年のW.Cecilの水素機関、1823年のBrownの実用ガス機関などの初期の火焰
 点火にはおそらく火打石が使われたらうとのお話であった。1855年から1900年ごろにか
 けて熱管式点火が考案された。これはバーナで加熱した管や赤熱させた白金線を点火源とし
 て用いるもので、ガソリン機関の原点でもある1883年のG.Daimlerの機関ではバーナを使
 った熱管式点火が採用されている(図2-2)。また1807年には、既に電気火花点火装置が登
 場している。この方式は1850年以降パイプレータ式電気火花点火に進化し、代表例は1896年
 Fordによる点火装置である。但し、当時の電気火花点火装置は非常に微妙な構造で信頼性
 に乏しかった。1887年になると良く知られたBoschの(低電圧)マグネット方式が登場す
 る。これは1902年には高電圧マグネット式へと進化する。1890年にはディストリビュータを使
 った接点開閉式電気火花点火方式が登場し、これが1962年以降セミトランジスタ式、フル
 トランジスタ式と進化する。そしていよいよ現在の自動車エンジン用としてなじみの深いディ
 ストリビュータレス電子式電気火花点火が登場し、最新の点火装置はプラグホールの中で、
 点火プラグとコイルが直列で一体となっているプラグホールコイル(図2-3)である。

2.2 スパークプラグの変遷

1860年のLenoirの初期のプラグ(図2-4)から今日まで中心電極と接地電極を絶縁体を介
 して対向させる構造は基本的に変わっていない。近年は吸気バルブ大径化によりプラグの小
 型化(取り付け部のネジがM14からM12, M10)が行われている。またプラグの消耗を防
 ぐ目的から電極端材料としてNiから白金やイリジウムのものも採用され始めている。

2.3 点火強化

1980年ごろから点火強化の研究が開始され、世界中のカーメーカーから色々な方式(2
 プラグ, TGP, CVCC等)が提案されている。日系メーカーのものだけが実用化されているのは
 大変興味深い。最近では、エンジン搭載可能なレーザー点火プラグも研究されている。こ
 こではA.K.Oppenheim先生からご指導されて研究を始めたプラズマジェット点火(PJ)とパ
 ルスジェット点火(PFJ)の容器内燃焼特性について紹介する。これらは容積点火の分類である。
 イグナイタの構造を図2-5に示す。PJはイグナイタにキャビティとオリフィスを設けた構
 造で、キャビティ内で大きなエネルギーの火花放電を行わせることにより、オリフィスから火
 炎のジェットが噴出する。PFJはPJのキャビティに噴射弁を使ってパルス的に燃料を供給し、
 通常の火花放電をキャビティ内で行わせ、オリフィスから火炎を噴出させる構造である。キャ
 ビティ容積やオリフィス径は実験変数とした。定容燃焼容器を使って静止希薄混合気(メ
 タン)の燃焼状態を解析した。PJの場合は層流的な燃焼でPFJの場合は乱流的な火炎成長が観
 察され、PFJがPJやSI(プラグによる火花点火)よりも燃焼速度が速かった(図2-6)。次に
 燃焼容器内にスワール流を誘起させ、流動場での燃焼解析を行った。リーンリミットに関し
 てはPFJがやや良く、PJはジェットの速度が速すぎて必ずしも良くないことも分かった。さ
 らに急速圧縮装置を用い高温高圧場のPFJ点火特性を解析し、燃焼速度とキャビティ容積や
 オリフィス径の関係を把握した。最後にPFJによりHCCI燃焼の着火時期が制御可能かどう
 かを急速圧縮装置を使って解析し、PFJ点火時期でHCCI燃焼開始の制御が可能であることを
 確認した。

講演後、聴講者より「高過給エンジンなど、将来エンジンにおける最適な点火系とは？」
 の質問が出され、「現時点でその解は難しい。現行の火花点火では通常のエンジンでは問題な
 いが、高圧になると火花点火では限界があり、例えばレーザー点火などの点火強化が必要
 となると考える。」との回答があった。(調)

【参考文献】

2.1) 村瀬英一：第22回内燃機関シンポジウム基調講演資料，自動車技術会，2011

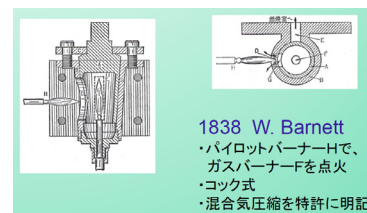


Figure 2-1 Barnettの火焰点火装置

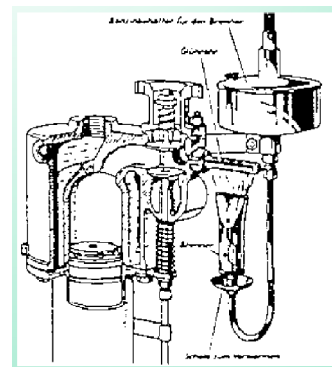


Figure 2-2 Daimlerの熱管式点火装置

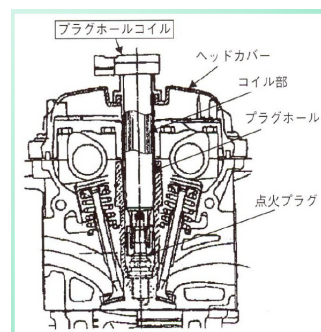


Figure 2-3 プラグホールコイル

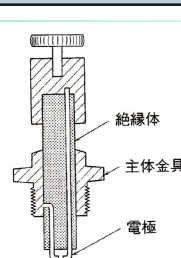


Figure 2-4 Lenoirの点火
プラグ

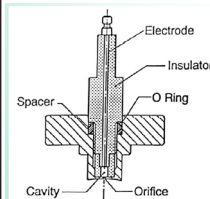
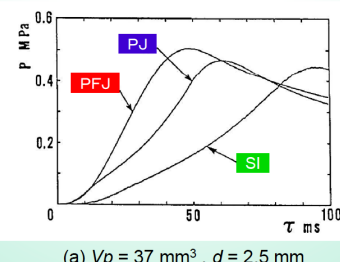


Figure 2-5 プラズマジェット
点火プラグ



(a) $V_p = 37 \text{ mm}^3$, $d = 2.5 \text{ mm}$
Figure 2-6 SI, PJ および PFJ の定容容器内燃焼観察結果

3 ディーゼルエンジン

3.1 燃焼室壁に衝突するディーゼル噴霧による縦渦形成と燃焼過程^{3.1)}

ディーゼル燃焼において、中・高負荷運転域におけるスモーク低減手法としては高 EGR・高過給・高圧噴射による拡散型燃焼が主流であり、燃焼室技術による噴霧混合気形成の改善が重要な鍵となる。これに対し既報にて EGG 燃焼室コンセプト (図 3-1) を提案されている。本報では実機燃焼室形状を模した二次元ピストンキャビティと高温高压容器を用いて、EGG 燃焼室内での流動と噴霧混合気形成、および燃焼過程の解析を通してコンセプトの検証がなされている。その結果、コンセプト通りに大きく強い縦渦流動が燃焼室内に形成され、広い空間を使った混合気形成が行われていることが確認されており、このことが低酸素濃度条件での排気スモーク低減効果の一因であることが明らかになってきている (図 3-2)。また、EGG 燃焼室コンセプトの効果を引き出すためには、噴射圧と過給圧などの操作により、燃焼室内の縦渦流動の強度を適切に制御することが重要であることも明かされている。

3.2 ディーゼル機関における EGR デポジット生成メカニズムの解析^{3.2)}

ディーゼル機関は、大気汚染物質 (特に Soot, NOx) の排出規制が強化される中、大量 EGR による NOx 低減に加え DPF 再生中の NOx 低減のためにも EGR 導入が求められている。さらに NSC などの排気後処理システムも加わり、NOx 還元や硫黄分除去の燃焼時に EGR 導入が必要である。そのため EGR システムに導入される排出ガス中の THC が高濃度になるため、デポジットが生成しやすい環境となり、EGR バルブスティックや EGR 通路の詰まり等の発生を引き起こしかねない状況であり、EGR システムのオペレーションレンジの設定により一層の注意が必要となる。本報では上述の 3 パターンの燃焼条件 (表 3-1) にて排出ガスとデポジットの分析をもとにデポジット生成メカニズムの仮説を立て、再現性評価を通して仮説の確かさを証明している。その結果、固着性のあるデポジットの生成には反応性 HC 種とアルデヒドの存在、触媒として重合反応を促進させる硝酸などの酸類の三つの存在が必要な要素であり、加えてデポジット生成反応は反応性 HC 種が壁面に結露した状態で初めて進行することを明かしている。また、バルブスティックや EGR 通路の詰まり等の回避手法として排気温度を上昇させ、反応性 HC を EGR バルブ壁面に付着させないことが有力な手法であり、燃焼条件により異なる反応性 HC の組成に応じた蒸気圧曲線と HC 濃度が有力な判定基準になることにも言及している (図 3-3)。

3.3 ディーゼルエンジン用クローズドループロバスト制御システムの開発^{3.3)}

ディーゼルエンジンは排出ガス規制の強化に伴い低圧縮比化、大量 EGR 導入、燃焼の予混合化等が採用されるようになり、市場燃料のセタン価バラツキに対して燃焼タフネス (着火性) が悪化してきており、低セタン価燃料を給油した際に失火によるエンジン停止やドライバビリティーの悪化、未燃成分の排出が懸念される。その対策として GLOW 一体型筒内圧センサを用いた制御システムについての報告も多数あるが、本報では、コストの上昇やハードウェアの変更を最小限にすることに主眼を置きクランクパルス信号を利用した制御システムに着目されている。本システムは図 3-4 のようにデジタルフィルタを用いて、クランク角センサのパルス信号から、エンジン回転 2 次振動や路面からの影響など誤差判定要因を除外して失火時に特徴的な周波数成分 (0.5 次) を抽出することにより、燃焼状態の判定を行っている。本手法により低セタン価燃料の給油時、および EGR 過多時の燃焼悪化や白煙の発生を伴う燃焼不安定状態を検出できることが確認されている (図 3-5)。また、低セタン価燃料給油時の燃焼悪化は燃焼判定指標が標準燃料給油時と同等になるまで EGR を減量することにより、HC、トルク変動はほぼ同等にまで回復できることも示されている (図 3-6)。(神田 智博)

【参考文献】

- 3.1) 志茂 大輔, 加藤 雄大, 金 尚奎, 宮崎 正浩, 神崎 淳, 西田 恵哉: 燃焼室壁に衝突するディーゼル噴霧による縦渦形成と燃焼過程, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 12 (2011)
- 3.2) 古川 尚稔, 後藤 新三, 砂岡 基之: ディーゼル機関における EGR デポジット生成メカニズムの解析, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 42 (2011)
- 3.3) 青山 幸俊, 長谷川 亮, 山田 智海, 伊藤 丈和, 友田 晃利, 島崎 勇一: ディーゼルエンジン用クローズドループロバスト制御システムの開発, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 45 (2011)

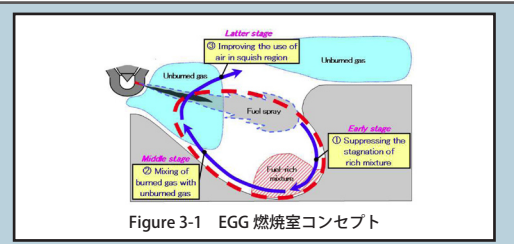


Figure 3-1 EGG 燃焼室コンセプト

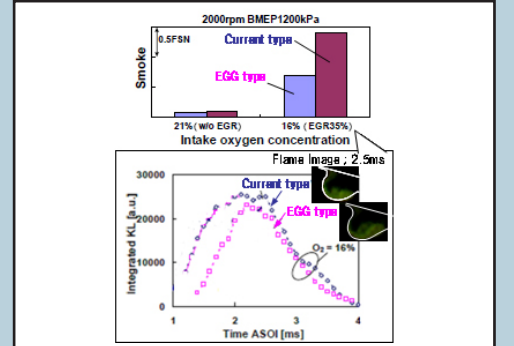


Figure 3-2 EGG 燃焼室のスモーク低減効果と燃焼挙動

Table 3-1 燃焼条件毎の排気温度と排出ガス組成

Combustion pattern	MAX. gas temperature	O ₂ ratio	Total Hydrocarbon Concentration
A	295°C	6.8%	240ppm
B	514°C	2.3%	6880ppm
C	340°C	7.1%	12000ppm

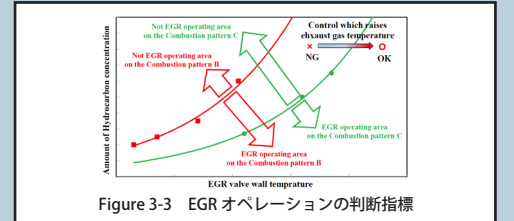


Figure 3-3 EGR オペレーションの判断指標

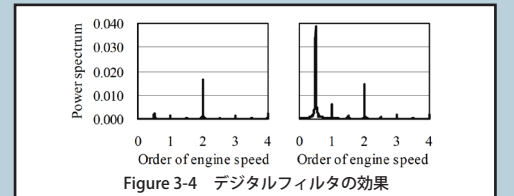


Figure 3-4 デジタルフィルタの効果

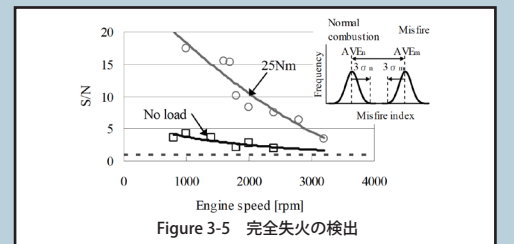


Figure 3-5 完全失火の検出

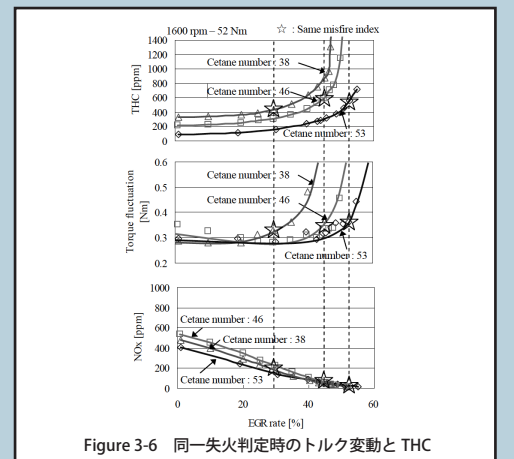


Figure 3-6 同一失火判定時のトルク変動と THC

4 ガソリンエンジン

ガソリン燃焼に関する講演の中から3件を選定し、内容を紹介する。

4.1 ガソリン成分がPN（排出粒子数）に与える影響^{4.1)}

ディーゼルエンジンに比べてガソリンエンジンから排出される微粒子（PM, Particulate Matter）に対する燃料の影響を調べた研究は少ない。本講演では、車両を用いた興味深い実験結果が紹介された。エンジンはポート噴射式過給エンジンであり、PM規制が議論されている直噴式ではないが、燃料中の沸点、不飽和炭化水素含有量の異なる燃料およびエタノール混合燃料の計9種類を用いて試験モードNEDC走行時に排出されるPM排出個数を計測している。試験結果は最終的にPM排出指標という形でまとめられている。排出量（数）を燃料に含まれる不飽和度（DBE）の重量割合と蒸気圧の比で表わし、蒸気圧に443Kの値を用いると高い相関が得られるとしている。図4-1はPM排出個数と芳香族含有率との相関を、図4-2はPM排出指標との相関を示す。指標は現象から導かれたものではないが、この指標で市場燃料の影響も捉えられていることも示している。新興国のモータリゼーションや将来的に非在来燃料の増加を考えると、燃料に対するエミッションの変化は重要であり、この種のアプローチの有用性は高いと考えられる。エンジン形式や燃焼方式の違いに対しても指標が同じように適用できるかが今後の課題と考えられる。

4.2 図示熱効率向上への高圧縮比化と冷却損失低減の効果に関する研究^{4.2)}

内燃機関の熱効率向上は終わりなき課題と言えるが、CO₂削減、エネルギー問題に対する社会的要請から近年特に重要度が高まっている。熱サイクルに立ち返ってエンジンを再構成しようという動きはあちらこちらに見られ、本発表もその一つと考えられる。熱効率を高めるために期待される方策の一つは燃焼から膨張行程における冷却損失の低減であり、この重要性は基調講演のうち3件が冷却損失に直接触れていることから分かる。本講演の中では、燃焼室内ガスの熱力学的状態量と壁面温度を連成して解き、冷却損失を求めている。ここでは、数値的に壁面の熱伝導率と比熱を変えたときの壁面温度の変化に注目したい。圧縮比範囲10～60、空気過剰率2～5の希薄燃焼場が計算対象であり、燃焼計算には些か疑問が残るが、ペーパーに示されている一例を図4-3に示す。低熱伝導だけではサイクルを通じて壁面温度が高くなるだけで従来、断熱エンジンで指摘されてきた圧縮行程ガス温度の上昇を誘引してしまうが、比熱を同時に小さくすると吸気工程中の壁面温度は低くなることを示されている。筆者も同様の考えに基づいた検討を行っており、冷却損失低減に向けた方策の一つとして期待される。

4.3 2.0MPaまでの高圧下での炭化水素予混合火炎の燃焼特性に関する研究^{4.3)}

本講演では、高圧下の火炎伝播を調べるために開発した新たな燃焼試験容器が報告された。自動車では燃費の観点から、過給ダウンサイジングを含め熱効率の高い高負荷の利用が多くなっており、高圧下での火炎伝播研究は有用性が高い。これまでの定容器では燃焼に伴う容器内圧力上昇が無視できなくなるため、燃焼試験容器内の圧力上昇が低く抑えられるよう二重の容器構造をとっている（図4-4）。具体的には内側の容器内に燃料-空気の混合気を、外側の容器には窒素ガスを同じ圧力で満たし、試験開始前には内外を繋ぐ連通路を閉じておく。試験開始と同時に連通路を開き、内部圧力が高くなると連通路を通してガスが外側容器に流出し圧力上昇を抑える構造になっている。内側容器にはガラス窓が付いており、光学計測が可能であり、メタン、プロパン、DMEの球形火炎速度について2MPaまでの圧力影響が示された（図4-5）。今後燃焼モデルとの対比が期待される。火炎安定性についての考察がなされているが、ガスを外部に逃がすことによる容器内部流れへの影響も懸念される。（小池）

【参考文献】

- 4.1) 相川 孔一郎, ガソリン成分がPN（排出粒子数）に与える影響, 第22回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号5 (2011)
- 4.2) 藤本 英史, 山本 博之, 藤本 昌彦, 山下 洋幸: 図示熱効率向上への高圧縮比化と冷却損失低減の効果に関する研究, 第22回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号47 (2011)
- 4.3) 田上 公俊, 嶋田 諒, 岩清水 健斗, 宮脇 健: 2.0MPaまでの高圧下での炭化水素予混合火炎の燃焼特性に関する研究, 第22回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号49 (2011)

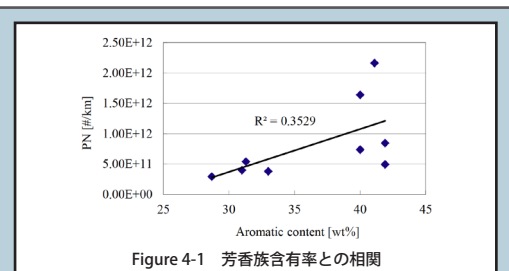


Figure 4-1 芳香族含有率との相関

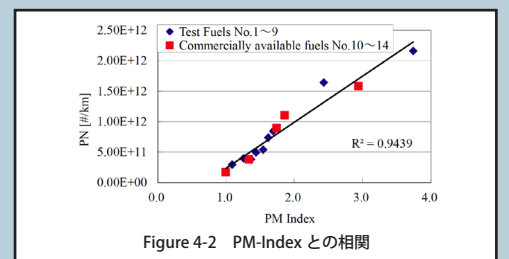


Figure 4-2 PM-Index との相関

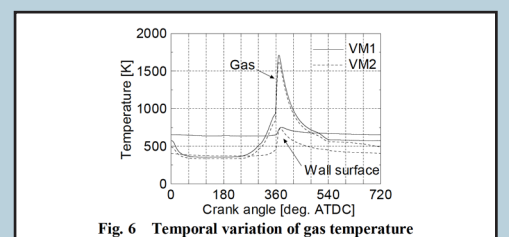
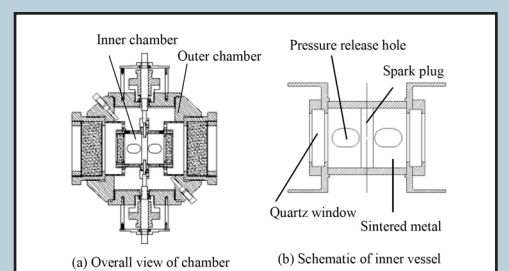


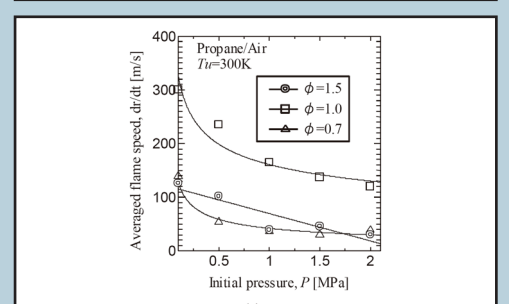
Fig. 6 Temporal variation of gas temperature and wall surface temperature of cylinder head ($\epsilon=20, 500[\text{cm}^3]$, SB ratio=1.0, 2500[rpm], $P_i=400[\text{kPa}]$, $\lambda=3$)

Figure 4-3 壁面温度の変化



(a) Overall view of chamber (b) Schematic of inner vessel

Figure 4-4 燃焼容器の概略



(b) Propane

Figure 4-5 球形火炎の速度

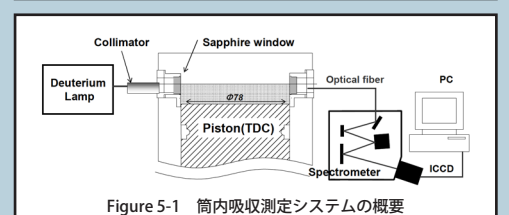


Figure 5-1 筒内吸気測定システムの概要

5 HCCI

5.1 HCCI 機関における燃焼室内ガスの光学測定—紫外・可視吸収分光法によるホルムアルデヒド測定—

岡山大学の河原らより、「HCCI 機関における燃焼室内ガスの光学測定—紫外・可視吸収分光法によるホルムアルデヒド測定—」^{5.1)}と題して発表があった。HCCI 燃焼過程における冷炎反応から自着火発生にかけての中間生成物の挙動を実験的に把握することを主目的とし、筒内の分光測定を実施している。特に、自着火に重要な役割を果たすホルムアルデヒド (HCHO) および OH ラジカルの挙動測定に着目している。1 回の圧縮膨張行程を模擬できる圧縮膨張機関を用い、HCCI 燃焼を行っている。機関圧縮比は 9.0 で、作動ガスには O_2 と Ar を用いることで比熱比を向上させている。また、燃焼には低温酸化反応が活発なジメチルエーテル (DME) を使用している。筒内吸収測定に供したシリンダヘッドの概略を図 5-1 に示す。光源である重水素ランプからの光を燃焼室内に照射し、透過光を分光器に導き各波長における吸光度を解析している。その結果、冷炎の発生とともに HCHO のスペクトルが確認されることを示している (図 5-2)。また、熱炎の発生とともに HCHO のスペクトルが消失することを示している (図 5-2)。

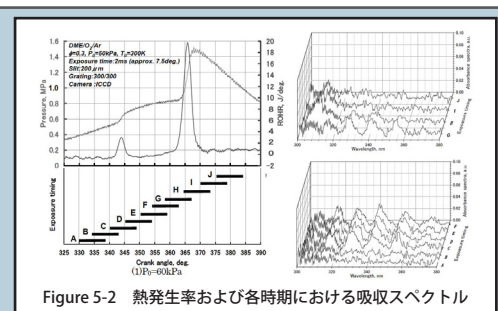


Figure 5-2 熱発生率および各時期における吸収スペクトル

5.2 圧縮自着火過程における PRF 燃料とトルエン/ヘプタン混合燃料の差異についての排気分析評価と反応機構的解析

富山大学の小崎らより「圧縮自着火過程における PRF 燃料とトルエン/ヘプタン混合燃料の差異についての排気分析評価と反応機構的解析」^{5.2)}と題して発表があった。HCCI 機関における低温酸化反応機構を明らかにするために、機関を冷炎のみが発生する条件で運転し、その排気組成をフーリエ変換赤外分光法 (FT-IR) で分析することで、冷炎での各種中間生成物を測定・解析している。燃料には PRF (n-heptane + iso-octane) および NTF (n-heptane + toluene) を用い、両燃料の差異について検討している。PRF および NTF それぞれにおいて、オクタン価を変化させた際の各化学種の生成率 (または消費率) を図 5-3 および図 5-4 に示す。PRF ではオクタン価増加に伴い n-heptane, iso-octane の消費率は共に低下するが、NTF では toluene 含有率増加に伴う燃料成分の減少は n-heptane では見られるが、toluene では見られない。つまり、toluene は iso-octane に比べて OH との反応速度定数が小さく、n-heptane の消費率に与える影響が少ない。また、PRF ではオクタン価増加とともに HCHO (ホルムアルデヒド) の生成率がやや増加するのに対し、NTF ではオクタン価の増加とともに HCHO の生成率が低下する。これは、iso-octane が n-heptane に比べてより多くの HCHO を生成するのに対し、toluene は n-heptane に比べ HCHO を生成しにくいからである。

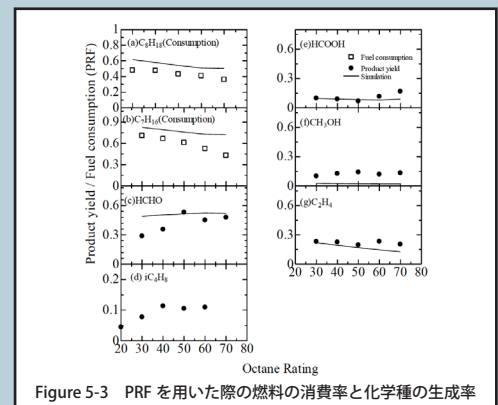


Figure 5-3 PRF を用いた際の燃料の消費率と化学種の生成率

5.3 EGR 率が HCCI 燃焼過程に及ぼす影響に関する研究

慶應義塾大学の小田島らより、「EGR 率が HCCI 燃焼過程に及ぼす影響に関する研究」^{5.3)}と題して発表があった。HCCI 機関の運転領域拡大に有効な手法である、排ガス再循環 (EGR) および過給が HCCI 燃焼に及ぼす影響について、素反応数値解析によって調査している。燃料には、低温酸化反応が活発なジメチルエーテル (DME) を用いている。その中で、酸素の濃度と分圧に着目し、EGR や過給によってその影響を調査している。例えば EGR を与えると、酸素濃度、酸素分圧が共に低下する。過給を行うと、酸素濃度がほぼ一定のもと、酸素分圧が増加する。EGR と過給を組み合わせることで、酸素分圧を一定に保ったまま酸素濃度を変化可能である。このような条件で素反応数値計算を実施し、低温酸化反応での発熱割合への影響をまとめた結果を図 5.5 に示す。EGR を与えることで酸素濃度と酸素分圧がともに低下し、低温酸化反応での発熱割合が低下する。過給により、酸素濃度は概ね一定の下で酸素分圧が増加し、低温酸化反応での発熱割合が増加する。EGR と過給を組み合わせることで、酸素分圧一定の下で酸素濃度を低下させた場合、酸素濃度が低下したにもかかわらず低温酸化反応での発熱割合が低下する。よって、低温酸化反応での発熱割合に対しては、酸素濃度および酸素分圧以外の影響が存在すると結論付けられている。

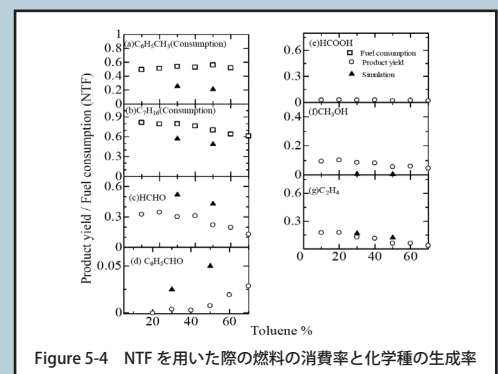


Figure 5-4 NTF を用いた際の燃料の消費率と化学種の生成率

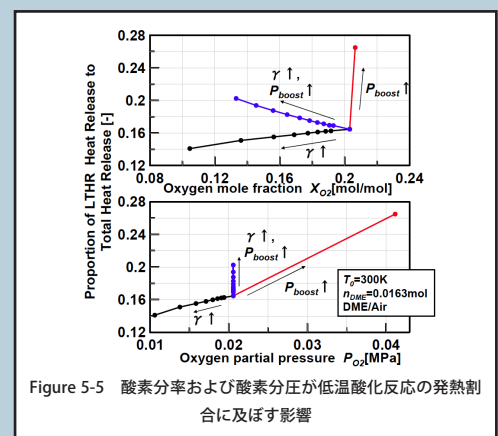


Figure 5-5 酸素分率および酸素分圧が低温酸化反応の発熱割合に及ぼす影響

5.4 HCCI 運転限界に及ぼす燃料の酸化特性の影響 —トルエンとメタンの比較—

茨城大学の木村らより、「HCCI 運転限界に及ぼす燃料の酸化特性の影響 —トルエンとメタンの比較—」^{5.4)}と題して発表があった。着火性の大きく異なる燃料を組み合わせた HCCI 燃焼によって、着火時期を安定的に膨張行程に移行させることで高負荷 HCCI 運転が可能になる。本研究では、着火しやすい燃料に DME、着火しにくい燃料にメタン、トルエンを選択し、

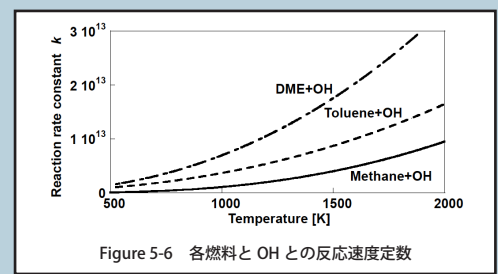


Figure 5-6 各燃料と OH との反応速度定数

メタン/DME, トルエン/DME 混合燃料の HCCI 燃焼特性と反応メカニズムについて, 実験と素反応数値解析によって調査している。図 5-6 に各燃料と OH との反応速度定数を示す。燃料と OH の反応速度定数は DME > トルエン > メタンの順である。図 5-7 にメタン/DME, 図 5-8 にトルエン/DME での素反応数値計算結果を示す。メタンと DME の酸化開始温度に 250 K 程度の温度差があるため, 高温酸化が 2 段で生ずるものと説明されている。一方でトルエンは, メタン比較して① DME の低温酸化反応で生じた OH を消費する, ②メタンより低温で消費される, 等の特徴が示されている。そのことが, 高温酸化の 2 段階生の起きやすさに影響を与えているものと考えられる。

5.5 冷却水温度がブローダウン HCCI 機関の運転性能に与える影響

千葉大学の窪山らより, 「冷却水温度がブローダウン HCCI 機関の運転性能に与える影響」^{5.5)}と題して発表があった。他の気筒のブローダウンによって EGR を過給するブローダウン過給 HCCI 機関において, 冷却水温度が機関性能に及ぼす影響を調べている。ブローダウン HCCI システムの概要を図 5-9 に示す。排気管を絞ることで, 過給圧を調整できる。図 5.10 に, 冷却水温度 85°C, 105°C における熱発生率を, 図 5-11 に運転領域を示す。横軸は排気圧で, 縦軸は図示平均有効圧力 (IMEP), NOx 排出量である。運転領域は, 最大圧力上昇率 400 kPa/deg. 以下, IMEP 変動率 5% 以下, NOx 排出量 0.1 g/kWh 以下を満たす条件である。冷却水温度を高くした場合, 燃焼期間が短期化し, 熱発生率最大値が増加する。つまり, 圧力上昇率が增加する (図 5-10)。しかし, 高負荷側の IMEP の限界値は変わらない (図 5.11)。冷却水高温化により, 少ない EGR 率で着火可能なため, 排気圧を低下させることが可能である。つまり, 冷却水温度を高温化しても高負荷側の IMEP 限界値が変化しない理由は, ポンプロスが低減するためである。(飯島)

【参考文献】

- 5.1) 河原, 富田, 斎藤: HCCI 機関における燃焼室内ガス成分の光学的測定 - 紫外・可視吸収分光法によるホルムアルデヒド測定 -, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 88 (2011)
- 5.2) 小崎 寛之, Mohd Adnin bin Hamidi, 手崎 衆: 圧縮自着火過程における PRF 燃料とトルエン/ヘプタン混合燃料の差異についての排気分析評価と反応機構的解析, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 92 (2011)
- 5.3) 小田島 亮, 飯田 訓正: EGR 率が HCCI 燃焼過程に及ぼす影響に関する研究, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 93 (2011)
- 5.4) 木村 優介, 江口 啓啓, 松澤 聡, 金野 満: HCCI 運転限界に及ぼす燃料の酸化特性の影響 - トルエンとメタンの比較 -, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 97 (2011)
- 5.5) 窪山 達也, 後藤 俊介, 森吉 泰生, 畑村 耕一, 山田 敏生, 高梨 淳一, 浦田 泰弘: 冷却水温度がブローダウン過給 HCCI 機関の運転性能に与える影響, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 98 (2011)

6 着火・燃焼

燃料の自着火機構, プラズマやレーザによる点火機構を明らかにするために, 反応モデルを利用した燃焼解析および手法の提案, 定容燃焼器や実機による検討についての講演があった。その中から下記 3 件を報告する。

6.1 メタン/酸素/アルゴン予混合気の自着火燃焼に対する非平衡プラズマの着火促進作用

中野らは, 詳細反応モデルを用いてメタン/酸素/アルゴン予混合気の自着火燃焼に対する非平衡プラズマの着火促進作用を検討した^{6.1)}。シミュレーションは, 非平衡プラズマによるラジカル生成計算, 非平衡プラズマからの生成物組成を初期条件にしたメタンの自着火計算から構成されている。プラズマにより生成されるイオンや励起原子・分子濃度は, 酸素原子などの中性粒子濃度と比較して極めて小さいことを確認し, 自着火計算の初期条件では考慮していない。まず着火遅れ時間の絶対値およびその非平衡プラズマによる短縮効果の実験値が再現できることを確認し, シミュレーション手法の有効性を証明した (図 6-1)。次に電圧印加時間や電圧レベルが着火促進効果に与える影響を検討し, 電界強度が低い条件では急速に着火促進効果が失われることを示唆した (図 6-2)。またプラズマ生成物の単位濃度当たりの着火促進効果や効果の温度依存性を検討した。エンジンへのプラズマ適用を考慮した

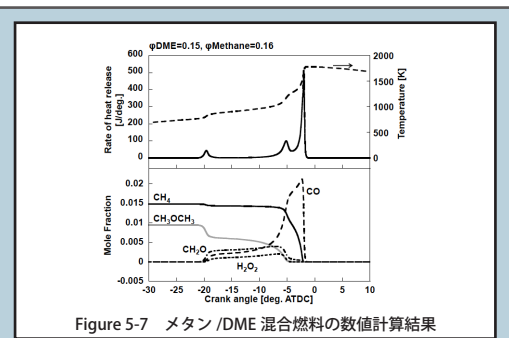


Figure 5-7 メタン/DME 混合燃料の数値計算結果

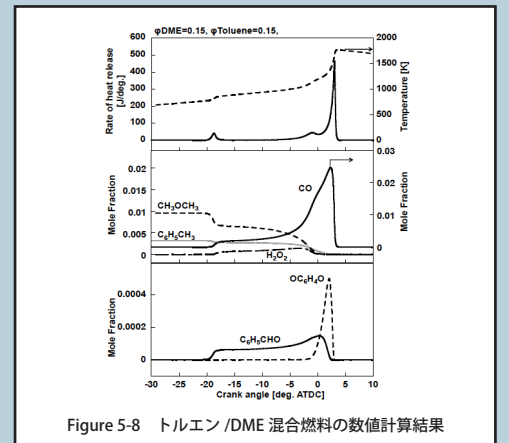
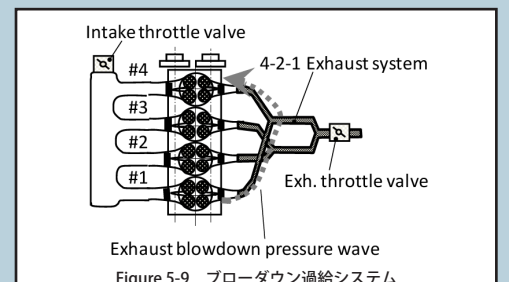


Figure 5-8 トルエン/DME 混合燃料の数値計算結果



Exhaust blowdown pressure wave
Figure 5-9 ブローダウン過給システム

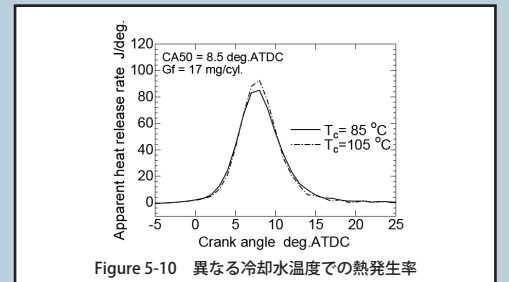


Figure 5-10 異なる冷却水温度での熱発生率

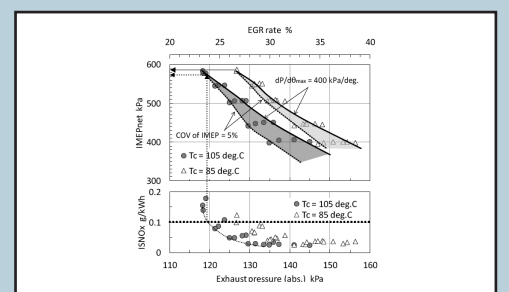


Figure 5-11 冷却水温度が高負荷側の運転領域に及ぼす影響

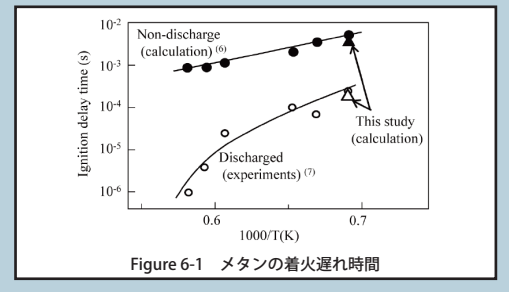


Figure 6-1 メタンの着火遅れ時間

1000 K 以下の温度領域では、H/C 比の小さい炭化水素や酸素原子の着火促進効果が大きい。生成する中性粒子の濃度を考慮すると、特に酸素原子が着火に大きく寄与すること示唆された (図 6-3)。

6.2 大気圧および高圧力雰囲気中のメタン / 空気希薄混合気に対する点火エネルギー測定とシュリーレンによる火炎核形成過程の観察

中谷らは、電気火花およびレーザーブレイクダウン火花点火の現象の理解を目的に、大気圧および高圧力雰囲気中のメタン / 空気希薄混合気に対して点火エネルギー測定とシュリーレンによる火炎核形成過程の観察を行った^{6.2)}。電気火花およびレーザーブレイクダウン火花点火のいずれも当量比の減少に従い点火エネルギーは増加するが、雰囲気圧力が高い場合にはこの増加率が大きく、量論混合気付近では圧力増加に従い点火エネルギーが減少するのに対して、希薄限界付近では圧力増加に従い点火エネルギーは大きくなること示された。希薄混合気は燃焼速度が小さく、高圧下では特に浮力の効果が大きくなること、点火エネルギーの増加に関係している可能性があるとしている。また電気火花と比較してレーザーブレイクダウンの方が点火エネルギーが大きい。シュリーレン画像から、電気火花では浮力の影響により火炎核が上方に大きく成長していくことが分かる (図 6-4)。一方、レーザーブレイクダウン点火では、電気火花と比較すると初期に観察される衝撃波の濃度が明確であり、エネルギー散逸が比較的大きいことが示唆されている (図 6-5)。さらにサードローブ部と下部においては局所的に消滅していることが観察された。これらの理由により、電気火花と比較してレーザーブレイクダウン火花では点火エネルギーが大きくなるものと結論付けている。

6.3 マイクロ波燃焼技術の含水エタノール燃料の燃焼改善効果

文らは、火花放電にマイクロ波を供給して非平衡プラズマを生成するマイクロ波プラズマ着火を利用し、含水エタノール燃料の燃焼改善効果を検証した^{6.3)}。この研究は、含水燃料の燃料精製エネルギーおよびコストを低減するために、含水燃料でも安定燃焼を実現できる着火システムの開発を目指している (図 6-6)。単気筒エンジンを用いた試験により、通常火花点火では燃焼変動が大きくリーン限界を超えている運転条件においても、マイクロ波を供給することにより安定した燃焼を実現できることが示された (図 6-7, 図 6-8)。マイクロ波を供給することにより火花放電よりも大きなプラズマが形成され、そこで生成したラジカル・原子等が燃料の反応を促進したことが、燃焼改善の要因であると推測している。また、エタノールを通常点火した場合よりも、含水率 20%のエタノールをマイクロ波プラズマ着火した場合の方がリーン限界が広がり安定燃焼が実現できることも実証された。現在、マイクロ波発信源をマグネトロンから半導体素子への変換を進めており、高効率かつ安定なプラズマ生成が可能になっているとのことである。(酒井)

【参考文献】

- 6.1) 中野 道王, 服部 邦彦, 森吉 泰夫: 非平衡プラズマによるラジカル生成と自着火促進作用, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 60 (2011)
- 6.2) 中谷 辰爾, 横治 克洋, 瀬川 大資, 津江 光洋: 高圧力雰囲気中における希薄メタン / 空気混合気に対する火花点火の最小点火エネルギー測定, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 62 (2011)
- 6.3) 文 雅司, 西山 淳, 池田 裕二, Anthony DeFilippo, Robert Dibble, Jyh-Yuan Chen: マイクロ波燃焼技術の含水エタノール燃料への適用, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 65 (2011)

7 トライボロジー

低負荷域を多用する乗用車用エンジンでは、ピストンの摩擦損失低減およびエンジンの軽量化が車両の燃費向上に効果的である。前者は言うまでもなくトライボロジー的課題であるし、後者も摺動面の面圧増加時の信頼性確保の観点から、やはりトライボロジー的な課題を多く含んでいる。これらに対する要求が高まっていることから、近年、トライボロジー関連のセッションは総じて盛況である。今回の内燃機関シンポジウムにおいても午前から午後にかけて 2 セッションにて計 8 件の発表が行われ、また多くの方々が聴講のために足を運んでくださり、活発な議論が行われた。以下に講演内容をかいつまんで紹介する。

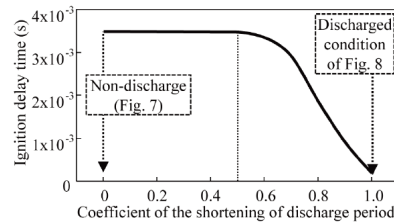


Figure 6-2 電圧印加時間が着火遅れ時間に与える影響

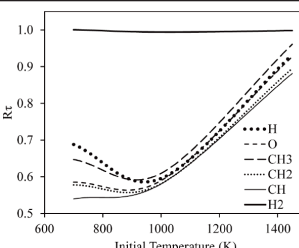


Figure 6-3 プラズマ生成物着火短縮効果の温度依存

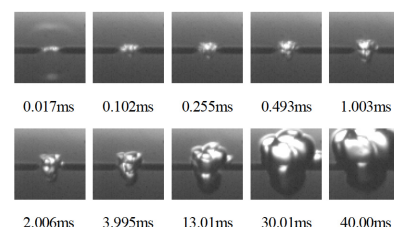


Figure 6-4 電気火花点火の火炎核

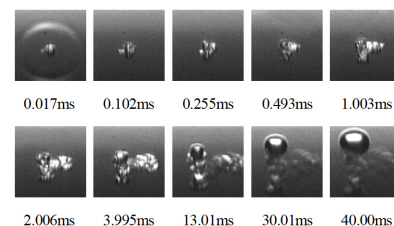


Figure 6-5 レーザーブレイクダウン火花点火の火炎核

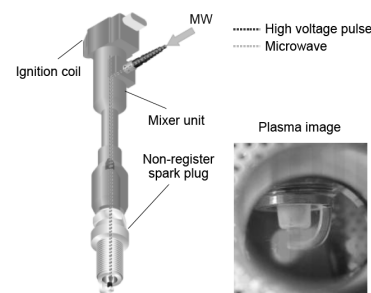


Figure 6-6 マイクロ波の供給ユニット

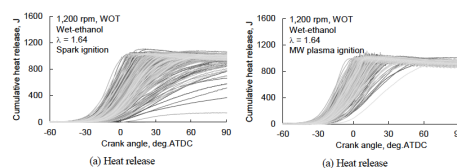


Figure 6-7 火花点火のリーン限界

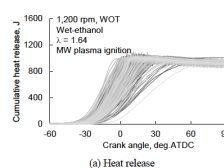


Figure 6-8 マイクロ波供給による安定燃焼の実現

7.1 摩擦損失低減手法

午前中のセッションでは、ピストン周りの摩擦低減が多く取り上げられていた。ピストン系の摩擦力を論じる場合、その測定法が常に課題となっている。いすゞ中央研究所の山下らによる「ディーゼルエンジンの摩擦損失低減手法（第1報）」では、エンジンに大きな改変を加えずにファイリング下でピストン・クランク系の摩擦損失を計測する方法が検討されている。図7-1に示すように、エンジンと動力計の間に取り付けたトルクメータによりエンジントルクの変化を測定する手法が採られている。測定法自体は目新しいものではないが、誤差要因を緻密に解析することにより、図7-2^{7.1)}に示すような摩擦損失波形を得ることに成功している。一方で、ピストン系の摩擦損失低減のために提案される方策は、百家争鳴の感がある。今回のシンポジウムにても幾つかの提案がなされていた。目新しいものとしては、いすゞ自動車の飯島らによる、摺動面にディンプルを施したトップリングであろうか。表面のテクスチャリングにより摩擦力が減少する事例は、近年、数多く紹介されているが、トップリングに適用した例（図7-3）^{7.2)}は珍しい。他方、DLCコーティングに関しては継続的に研究が行われている。摩擦低減の救世主となり得るのでは、という期待をこめて見られているDLCコーティングであるが、エンジンの摺動面に使用するためには幾つかの注意すべき点があるようである。東京都市大学の中武らによる測定結果では図7-4^{7.3)}に示すように、母材であるピストンスカート表面粗さが同等の条件では、樹脂コーティングよりもDLCコーティングのほうが高い摩擦力を示していた。DLCコーティングの注意点として、使い方のほかにDLC自体の種類の違いが挙げられる。トヨタ自動車の森田らは、分子シミュレーションと単体試験によりダイヤモンド表面をOH終端させることで摩擦係数を大幅に低減できることを示した（図7-5）^{7.4)}。

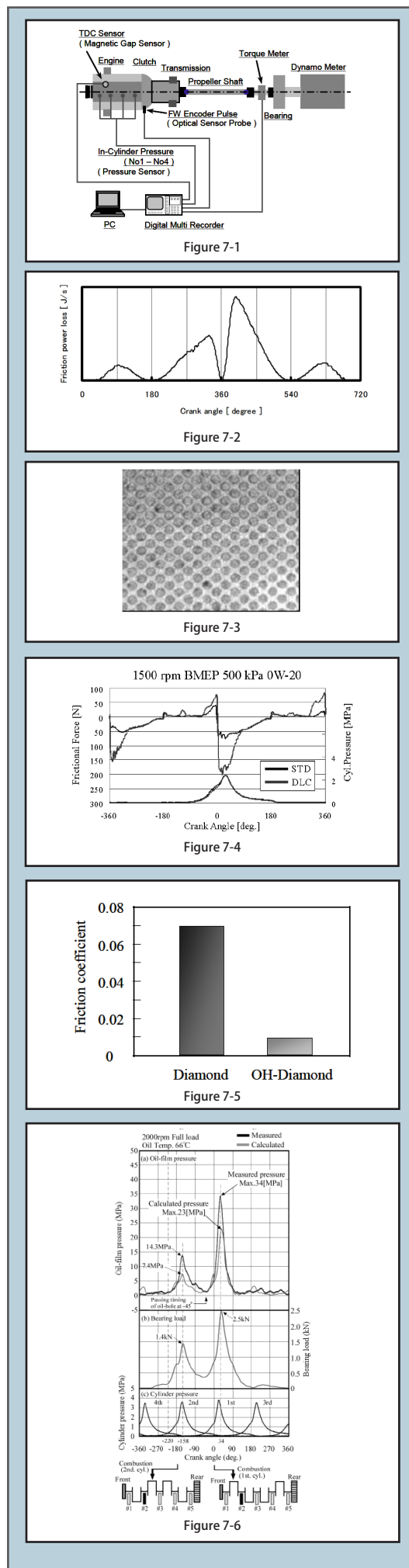
7.2 軸受

午後のセッションでは、一変して軸受けの研究が多く紹介されていた。東京都市大学の古川らは、薄膜圧力センサを用いて摺動面の形状や剛性を変化させることなく軸受けの圧力測定が可能であることを示した（図7-6）^{7.5)}。エンジンの主軸受けは、シリンダブロックやクランク軸の変形を考慮した解析の予測精度向上が望まれているが、そのために必要な現状把握のために本手法は非常に有効であると思われる。一方で早稲田大学の林は、油膜の理論解析を進めるうえで必要となった精密な試験装置（図7-7）^{7.6)}を紹介すると共に、現在の油膜の動的解析には不明な点も多く残されており、計算および実験双方からの更なる研究が必要であるとの見解を示した。大阪電気通信大学の小笹からは、コンロッド大端軸受けの実際の摺動面形状および表面性状を考慮した質量保存則弾性流体潤滑による摺動面のテクスチャリングの評価結果が紹介された。図7-8^{7.7)}に示されるように、軸方向に設けられた溝は摩擦損失を増加させ、周方向に設けられた溝はそれを減少させることが分かった。さらにこの研究では軸受け形状や潤滑油粘度の圧力依存性は、計算上、摩擦力に大きな影響を及ぼすことから、慎重な取り扱いが必要であることが示された。岩手大学の佐藤らは潤滑油性状が2ストローク機関の燃焼室デポジット生成に与える影響を調べ、金属系清浄剤の影響が大きいことを示している（図7-9）^{7.8)}。今回、潤滑油を扱った講演が少なく中、この講演はその重要性を思い出させてくれた。

以上のような講演に対し、会場からは終始、熱心に質問や意見が寄せられた。本セッションは、参加者全員にとって、エンジンのトライボロジーに寄せられる期待と現状、そして今後の課題を確認する良い機会になったように思われた。（伊東）

【参考文献】

- 7.1) 山下 健一, 飯島 章, 中島 健朗: ディーゼルエンジンの摩擦損失低減手法（第1報）—エンジン摩擦計測技術の改良—, 第22回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号29 (2011)
- 7.2) 飯島 章, 山下 健一: ディーゼルエンジンの摩擦損失低減手法（第2報）—ピストン系改良による摩擦損失低減—, 第22回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号30 (2011)
- 7.3) 中武 靖, 伊東 明美, 加納 眞: ピストンスカート仕様が摩擦力に及ぼす影響第1報 DLC/鋳鉄製シリンダライナーの摩擦特性, 第22回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号31 (2011)
- 7.4) 森田祐輔, 神野哲史, 村上元一, 畠山望, 宮本明: 分子シミュレーションによるエンジンの境界摩擦低減の研究, 第22回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号32 (2011)



7.5) 古川 卓儀, 尾鷲 道康, 三原 雄司, 乾 正継, 大脇 建作, 小林 誠: 薄膜圧力センサによる4気筒ガソリンエンジンの主軸受油膜圧力分布計測, 第22回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 33 (2011)

7.6) 林 洋次: エンジン軸受のモデル試験機開発と油膜観察軸受性能実験, 第22回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 35 (2011)

7.7) 小笹 俊博: エンジン軸受の高面圧化と摩擦: 潤滑計算による評価, 第22回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 36 (2011)

7.8) 佐藤 慎司, 藤田 尚毅, 衛飛, 廣瀬 宏一, 今 洋: 小型2ストローク機関の運転条件が燃焼室デポジット生成に与える影響, 講演番号 34 (2011)

8 燃料

8.1 バイオエタノール, 水素, ディーゼル代替燃料

燃料1のセッションでは, バイオエタノール, 水素, ディーゼル代替燃料に関する研究発表が併せて4件あった。その中から2件を紹介する。

産業技術総合研究所の古谷らは, ガソリン混合用エタノールの品質規格に関する項目として, エタノールの pH 測定方法について研究開発を行った^{8.1)}。バイオエタノールの品質に関する規格は, 国内では JASO 規格, 国外では米国の ASTM を始めブラジル, EU と各国独自に品質の規格を持っている状況である。そのため ISO での議論では規格値については統一することが難しいため, まずは測定方法について検討を始める動きになっている。本研究では, JIS に適した測定方法として, バイオエタノールと純水を 1:1 で混合し測定する方法を提案し, いくつかの検証試験を実施した。この結果, 再水和などいくつかの手順を導入することにより, 特定のメーカーの測定機器や測定プローブを限定することなく, 安定した値が得られることが分かった (図 8-1)。

京都大学の Mansor らは, アルゴン-酸素雰囲気中における水素噴流の自着火燃焼特性を調査した^{8.2)}。アルゴン循環型水素エンジンの実用化のためには, アルゴン-酸素雰囲気中での水素噴流の自着火燃焼特性を解明する必要がある, 雰囲気条件および噴射条件を変化させ, それらが自着火燃焼特性に与える影響を調べ, 実機関における燃焼制御の指針となる基礎的データを取得することを目的としている。定容燃焼装置を用いて, 種々の条件下で着火遅れ・熱発生率経過の測定を行った。その結果, 比較的低い温度域で着火遅れが長い場合, 予混合的燃焼により急激な熱発生となるのに対し, 高温域では着火遅れが短く, 急激な熱発生は見られなくなり, ほぼ拡散的に燃焼が進行することを明らかにした。またアルゴン-酸素雰囲気中での着火遅れは, 空気雰囲気中と比べて, 雰囲気温度 1000K 以上の高温域で短く, 900K より低温域で長くなること, またアルゴン-酸素雰囲気の方が空気雰囲気より比熱比が大きく, 雰囲気温度が等しい条件でも着火後の温度および圧力の上昇は高くなり, 乱流混合に依存する拡散燃焼過程における熱発生は緩慢となることなどを明らかにした (図 8-2)。

8.2 ディーゼル代替燃料

燃料2のセッションでは, ディーゼル代替燃料に関する研究発表が4件あった。その中から2件を紹介する。

交通安全環境研究所の水嶋らは, バイオマス由来ディーゼル代替燃料として FAME および HVO や BTL に代表されるパラフィン系燃料の NOx 排出特性に関して考察している^{8.3)}。これによると, 従来の軽油に適合されたエンジンにおいて NOx 排出量を抑制するためには, 図に示すように PME やパラフィン系炭化水素などの H/C の高い燃料が適していることを述べている。また, 単位体積あたりの発熱量が軽油と同等であることも重要な因子であり, FAME より HVO や BTL などのパラフィン系燃料の利用が適しているとのこと (図 8-3)。

徳島大学の長安らは, バイオマス資源の直接利用を狙いとして菜種油のディーゼル噴霧特性を評価し, 燃焼室壁面形状の最適化について検討した結果を報告している^{8.4)}。図には, 菜種油はこのような特性を持つため, 壁面衝突によりピストン頂面, シリンダヘッド下面に噴霧が進展しやすいことから, スキッシュリップを持つピストン形状にすることでシリンダヘッド下面への堆積物の付着を抑えられるということが述べられている (図 8-4)。(佐藤)

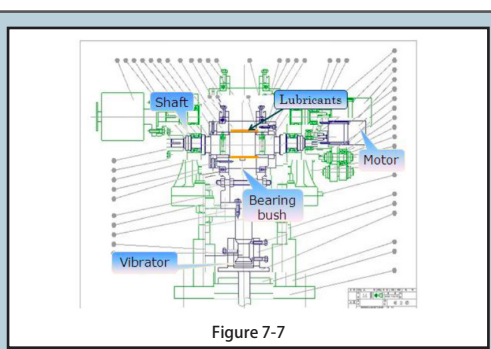


Figure 7-7

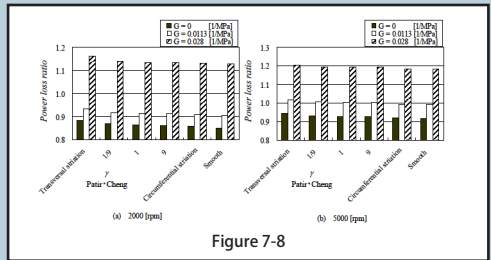


Figure 7-8

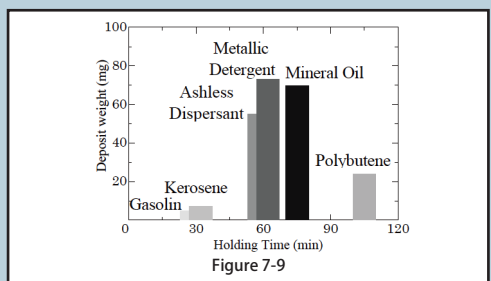


Figure 7-9

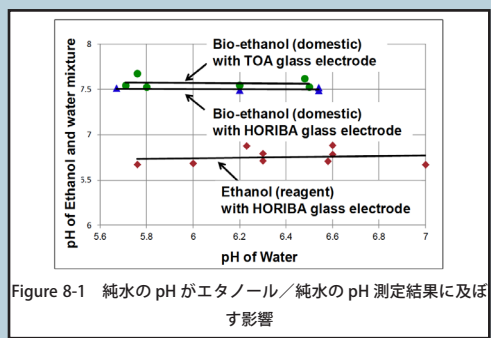


Figure 8-1 純水の pH がエタノール/純水の pH 測定結果に及ぼす影響

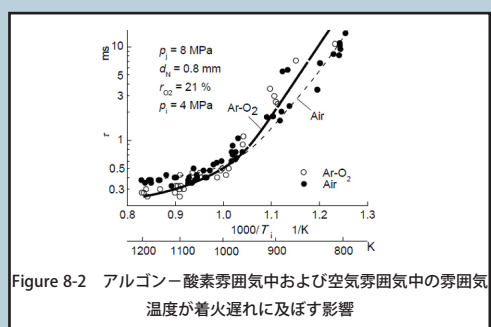


Figure 8-2 アルゴン-酸素雰囲気中および空気雰囲気中の雰囲気温度が着火遅れに及ぼす影響

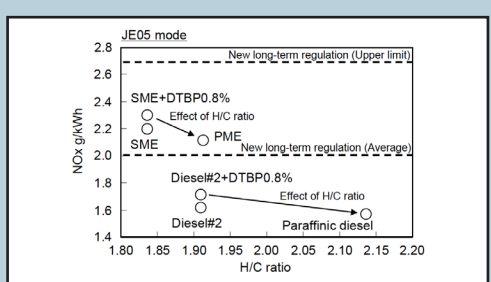


Figure 8-3 各種燃料の H/C 比と JE05 モード NOx 排出量の関係

【参考文献】

- 8.1) 古谷 博秀, 貝塚 昌芳, 広津 敏博, 小熊 光晴, 後藤 新一: バイオエタノールの品質規格に関する研究—バイオエタノールの pH 測定方法の開発—, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 15 (2011)
- 8.2) Mohd Radzi Abu Mansor, 仲尾 進士, 中上 勝貴, 塩路 昌宏, 加藤 享: アルゴン—酸素雰囲気中における水素噴流の自着火燃焼特性, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 17 (2011)
- 8.3) 水嶋 教文, 川野 大輔, 佐藤 進, 石井 素: バイオマス由来ディーゼル代替燃料使用時の NOx 排出特性に関する一考察, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 19 (2011)
- 8.4) 長安 翔, Azwan Sapit, 矢野 貴之, 名田 譲, 木戸口 善行: 菜種油ディーゼル噴霧の壁面衝突および噴孔デポジット付着による噴霧特性, 第 22 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 21 (2011)

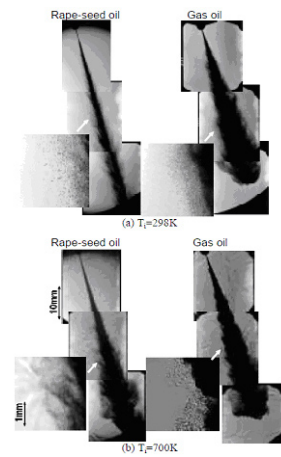


Figure 8-4 菜種油と軽油の噴霧特性の比較

編集委員の視点

Powertrains, Fuels and Lubricants Meeting in Kyoto

Letter from a Member of Editorial Board (Powertrains, Fuels and Lubricants Meeting in Kyoto)

編集委員：下田正敏，小池 誠

Masatoshi SHIMODA, Makoto KOIKE (JSAE ER Editorial Committee)

日時：2011年8月30日(火)～9月2日(金)

場所：京都テルサ

主催：JSAE and SAE International

1. はじめに

昨年の8月末から9月頭に京都でSAEおよびJSAEで共催のPowertrain, Fuel and Lubricantという会議が行われた。この学会では表題のとおり、自動車の動力源、燃料、潤滑に関する論文が243件発表され、参加者は549名(内海外より219名)になった。この学会において本誌編集委員は発表された論文をどのように見たのか。ディーゼルエンジンおよびガソリンエンジンに関して1名ずつからのレポートを紹介する。

2. ディーゼルエンジン関連

注目する発表論文は燃焼関係、後処理関係で下記の5つ。

① Yuki Bisaiji, Kohei Yoshida, Mikio Inoue, Kazuhiro Umemoto, and Takao Fukuma, Development of Di-Air-A New Diesel DeNOx System by Adsorbed Intermediate Reductants, JSAE 20119272, SAE2011-01-2089 (トヨタ自動車)

トヨタのNOx吸蔵触媒の最新版。触媒後流でCO₂がストイキになる位のリッチスパイクを頻繁に入れることにより、還元剤の炭化水素の部分酸化の中間生成物ができ、Baなどの吸蔵材の吸着に頼らない反応がおき300～650度の範囲で80%以上のNOx低減性能と高SV、硫黄被毒の改善性能を示した。この触媒が実用化されるとNOx吸蔵触媒の位置付けが大きく変わる可能性があり乗用車では高速、高負荷領域まで使用可能になり、商業車においても小型トラックの領域まで使用が拡大されるか？

② Damodara M. Poojary, Jacques F. Nicole and David K. Yee, Durability and PGM Cost Reduction of Fuel Reformer, LNT, DPF and SCR Diesel Aftertreatment System, JSAE 20119019, SAE 2011-01-2085 (PurePOWER Technologies, Navistar, Eaton)

米国2010規制対応として、イトンがナビスターと共同で推進していたと推察される改質器-LNT-DPF-SCRシステム。[改質器で水素を作りLNTの低温活性を上げ、LNTでリッチ時にNH₃を作りSCR触媒でもNOx還元]ナビスターが2010年をこのシステムを使わずにバンキングで立ち上がったため、イトンが開発部隊を支えきれずこの部隊をナビスターが買収したものと推察される。このシステムのついたエンジンで耐久テストを実施し225回の脱S処理をして43.5万マイル相当の耐久性を実証

した。改質器の触媒の耐久性に関しては見るべき物あり。但しこのシステムはコストとしての競争力はどうか？

③ Arnaud FROBERT, Stéphane RAUX, Arnaud LAHOUGUE, Christian HAMON, Karine PAJOT and Gilbert BLANCHARD, HC-SCR on Silver-Based Catalyst: From Synthetic Gas Bench to Real Use, JSAE 20119072, SAE 2011-01-2092 (IFP, PSA Peugeot-Citroen)

IFPのエンジン研究所とPSAの共同で実施した乗用車用NOx後処理システムの開発。システムの簡素化を狙った、銀アルミナ触媒を用いたHC-SCR。ガステストでは水素を還元剤にして良い結果が得られたが、実際のエンジンテストでは軽油を還元剤にして20%レベル。HCの排気管噴射の高圧化や触媒を大容量にする事で性能向上。還元剤にエタノールを用いると更に向上。

④ Christopher J. Polonowski, Charles J. Mueller, Christopher R. Gehrke, Tim Bazyn, Glen C. Martin, Peter M. Lillo, An Experimental Investigation of Low-Soot and Soot-Free Combustion Strategies in a Heavy-Duty, Single-Cylinder, Direct-Injection, Optical Diesel Engine, JSAE 20119091, SAE 2011-01-1812 (Sandia, CAT, UC Berkeley)

米サンディア研究所のFlame lift-off length, 空気導入率, それによる噴霧内平均当量比のモデルの最新版検証実験。従来のこの実験は高温、高圧容器で単噴口ノズル, 自由噴霧であり, 実機と乖離を指摘されていたが, その点を改良して可視化エンジン, 多噴口ノズル(2, 6, 10噴口), 燃焼室〔壁面衝突有り〕の実験に変更した。上記条件でFlame lift-off lengthを求め空気導入, 噴霧内当量比分布を求めると,

* 予混合燃焼終了時の当量比より噴射終了時のそれが高く5～7になり煤発生。

* 当量比が2以下ならば, 煤は発生しない。

* 6噴口ノズルは噴霧の壁面衝突による燃焼生成物の噴霧への再導入の効果により当量比〔噴射終了時〕が1.5倍(4→6)に増加。この実験では燃焼室衝突の効果が悪く出ているが, 一般論かどうか？

* 10噴口ノズルは同一噴口径のまま10噴口にしたため予混合燃焼の促進によるガス温度の上昇と, 噴霧間の近接による効果で全体的に当量比が高い。最大で噴射終了時に当量比で5。

将来の燃焼を考える上で計算, 実験共に非常に参考になる物と思われる。

⑤ Magnus Lewander, Bengt Johansson and Per Tunestål, Investigation and Comparison of Multi Cylinder Partially Premixed Combustion Characteristics For Diesel and Gasoline Fuels, JSAE 20119341 SAE 2011-01-9341 (Sweden LUND 大学)

ディーゼルに燃料としてガソリンを用い、ディーゼルと同じ噴射系で直噴、圧縮比 16 で圧縮着火をさせ PPC 燃焼 (予混合燃焼) の特性解析と、領域拡大を図った研究。着火遅れはディーゼル燃料の約 2 倍の為、混合が促進して NOx は半減、黒煙はおおよそ 0。圧力上昇率は約 2 倍、HC は 400ppm レベル、CO も 1000 ~ 1500ppm レベルであるが Pme を 12 気圧まで PPC 燃焼を実現。

ガソリンの火炎伝播より燃焼期間が半減し、図示燃費としてはおおよそディーゼル並み。着火特性等々疑問点はあるが、NOx、PM の後処理無しはきわめて魅力的。廉価で燃料ロバスト性があり、開発途上国向けとしても、また将来の軽油不足対応としても有力な候補の可能性あり。(下田)

⑥ P. Hellier, N. Ladommatos, R. Allan, M. Payne and J. Rogerson, The Impact of Saturated and Unsaturated Fuel Molecules on Diesel Combustion and Exhaust Emissions, SAE 20119117, SAE 2011-01-1922 (University College London)

少量のサンプル燃料 (100cc) で試験可能なインジェクタを開発し、排気量 500cc の単筒ディーゼルエンジンを用いて、広範囲 (C₇-C₂₂) の燃料を用いて分子構造と着火、エミッションとの関係を詳細に調べている。数多くの燃料パラメータの影響を早く評価できるため、燃料多様化が危惧される現在、燃料組成とエンジン性能・エミッションとの関係が詳細に調べられるものと期待される。発表では、まず直鎖の飽和炭化水素では C 結合が増えるほど着火遅れが短くなるのが良い相関で示された。二重結合、異性体 (メチル基) は着火遅れを延長するが、この関係を飽和度とメチル基の割合を用いて分子構造との関係を整理している。着火遅れへの影響は分岐より二重結合の影響の方が大きく、その影響度の違いは約 2 倍であるとしている。エミッションは着火遅れの影響を強く受けるので、着火促進剤によって着火遅れ期間をそろえた場合を含めて燃料種の影響を調べている。着火遅れが同じ場合、不飽和成分の NOx への影響は断熱火炎温度の違いと解釈され、蒸発性の違いは予混合燃焼の最大熱発生率の差として現れることを示している。(小池)

3. ガソリンエンジン関連

本学会において興味深い発表は下記の通り。

① Alain Lunati and Oswin Galtier, Determination Of Mixture Of Methanol And Ethanol Blends In Gasoline Fuels Using A Miniaturized NIR Flex, JSAE 20119264, SAE 2011-01-1988 (SP3H, France)

車載を目指した燃料性状センサの開発状況が報告された。測定原理は近赤外分光であり、芳香族、直鎖パラフィン、イソパラフィン、アルコールの含有率を msec から sec の時間で測定できる。分析精度はかなり高いことが報告されている。FFV を想定したものであり、計算によってオクタン価の算出も可能であるとしている。タンク内の燃料性状が既知であるのは制御上のメリットだけではなく、メンテナンスや故障診断の上からも有用性が高いと考えられる。

② (1) Trevor Davies, Roger Cracknell, Guy Lovett, Luke Cruff and John Fowler, Fuel Effects in a Boosted DISI Engine, JSAE 20119155, SAE 2011-01-1985 (Shell and Ricardo), (2) Trevor J Davies, Roger F Cracknell and Bob Head, Kathryn Hobbs and Timothy Riley, A new method to simulate the octane appetite of any spark ignition engine, JSAE 20119173, SAE 2011-01-1873 (Shell and Univ. of Bath)

多くの国では市場燃料の耐ノック性指標にリサーチオクタン価 RON を用いているが米国ではモータオクタン価 MON を加えたアンチノックインデックス AKI が使われている。AKI はオクタンインデックス OI=(1-K)・RON+K・MON の K=0.5 とした値であり、RON と MON の平均値をノック指標としたものであるが、K=0.5 は現在のエンジンに合わないという報告が多くなりつつある。この 2 件の報告はこの K 値について調べたものであり、(1) は直噴過給エンジンを対象にクールド EGR の有無を組み合わせ、エンジン回転数 1500 ~ 3500rpm の全負荷、平均有効圧 14.3 ~ 20.1bar という高負荷で、量論比燃焼のノック特性を 10 種類の燃料について調べている。試験結果は全ての条件で K の値が負であることが報告されている。すなわち、MON が小さい方が有利であり、試験燃料の中では RON=96.4、MON=82.8 の燃料はイソオクタン (MON, RON=100) に比べて進角が可能で、2 ~ 3% 燃費で有利であると報告している。(2) は計算で K 値を調べている。実験から得られる温度と圧力履歴に、イソオクタン、ノルマルヘプタンとトルエンから成る PRF の反応計算を当てはめて K 値を計算しており、実験結果を良く再現できるとしている。ガソリンエンジンは小型ダウンサイジング、ダウンスピーディング、CVT 利用、HV 化が進められており、これまでより高負荷運転の度合いが増えている。これらの検討がエンジンの進化に合わせた燃焼性状の改良に繋がることを期待したい。(小池)

NEWS & INFORMATION

R350 4MATIC に新世代エンジン●メルセデス・ベンツ日本

メルセデス・ベンツ日本は、クロスオーバーモデル「メルセデス・ベンツ R クラス」に、最先端の直噴技術「BlueDIRECTテクノロジー」を駆使した新世代 3.5L V 型 6 気筒直噴エンジンを搭載した。成層燃焼（リーンバーン）と理論空燃比による均質燃焼、成層燃焼と均質燃焼を組み合わせた均質成層燃焼の各燃焼モードを切り替え、最新の高効率 7 速 AT「7G-TRONIC PLUS」と組み合わせる。最高出力 225kW (306PS) /6500rpm, 最大トルク 370Nm/3500～5250rpm (従来モデル比：出力 +25kW/+34PS, 最大トルク +20Nm)。約 10%の燃費向上, 平成 22 年燃費基準 +25%, 平成 21 年排出ガス基準 75%低減レベルを達成した。

新開発ピエゾインジェクタ（最大圧力 200bar）とスプレーガイド式燃焼システムの第 3 世代直噴システムによる、1 万分の 1 秒の反応速度で 1 回の吸気行程に最大 5 回の燃料噴射を実現している。1 千分の 1 秒以内に最大 4 回のスパークを発生させる MSI（マルチスパーク・イグニッション）システムにより、従来よりも大きなプラズマ拡散を発生、ピエゾインジェクタと併せ燃焼時間を約 4%短縮。エンジン負荷に応じて、成層燃焼（リーンバーン）と理論空燃比による均質燃焼、さらに成層燃焼と均質燃焼を組み合わせた均質成層燃焼の各燃焼モードを制御する。

均質成層燃焼（HOS）は従来の均質燃焼と成層燃焼を組み合わせたもの。スロットルバルブが開いている場合、最初の燃料噴射は吸気行程で行い、均質な基本混合気を生成。実際の「成層」噴射は点火前の圧縮行程で行い、特性マップに応じて 1 回または 2 回噴射する。

均質スプリット（HSP）は燃料の 95%以上を 1 回または複数回で噴射した後、きわめて微量な点火噴射を行い、燃焼を安定化させる均質燃焼モード。燃焼の条件が厳しい場合（高負荷・高回転）に使用する。

Vバンク角を従来の 90 度から 60 度に変更しクランクシャフトに発生する二次振動を低減。 balanサシャフトが不要となり、スムーズかつ優れた静粛性を実現した。新開発のチェンドライブシステムを採用。2 本の短い 2 次チェーン（各シリンダバンクに 1 本）を 1 次チェーンと中間スプロケットを使って駆動するもので、3 本のチェーンそれぞれをチェーンテンションにより個別に調整することにより、張力が小さく、チェーンの動きが少なくなったことで、正確なタイミングと騒音の低減を実現するとともに、摩擦も低減した。クランクケースとシリンダヘッドをアルミニウム製とするとともに、コンパクトな設計や樹脂パーツの使用によりエンジンを軽量化した。

メルセデス・ベンツ日本（株）：<http://www.mercedes-benz.co.jp/>



R 350 4MATIC

クリーンディーゼル X5 xDrive35d BluePerformance ●BMW

ビー・エム・ダブリューは、排出ガス処理技術 BMW BluePerformance テクノロジーの採用などにより、世界で最も厳しい排ガス基準である日本のポスト新長期規制に適合するクリーンディーゼルエンジンを搭載した「ニュー BMW X5 xDrive35d BluePerformance」を発売した。BMW グループは、日本市場における BMW EfficientDynamics 戦略の重要な柱の一つとして、ハイブリッドシステムを搭載する BMW ActiveHybrid モデルと共に、ポスト新長期規制をクリアするクリーンディーゼルエンジンを搭載した BMW BluePerformance モデルの順次投入を発表しており、この BMW X5 xDrive35d BluePerformance がその第一弾となる。

「BMW BluePerformance テクノロジー」は、還元剤となる尿素水溶液「AdBlue（アドブルー）」を噴射し、排気ガス中の NOx を大幅に低減する SCR システムや、排気ガス中の PM をフィルタに吸着し、燃焼・除去する DPF などを採用した。搭載される 3L 直列 6 気筒 BMW ツインパワーターボディーゼルエンジンの最高出力は 180kW (245ps), 最大トルクは V 型 8 気筒ガソリン・エンジンに匹敵する 540Nm (55.1kgm) を発揮すると同時に、燃料消費率（JC08 モード）は、11.0km/L を達成。同じ 3L の直列 6 気筒ガソリンエンジンを搭載した BMW X5 xDrive35i と比較して約 30%も向上している。

ピエゾインジェクタを用いた新世代コモンレールダイレクトインジェクションシステムは、最大 1800 バールまで高めた高圧の燃料をシリンダ内に噴射させることにより燃焼効率を向上させ、また、可変ジオメトリ・ターボチャージャは、電子制御式のガイドベーンの角度をエンジン回転数に応じて可変制御する。

ビー・エム・ダブリュー（株）：<http://news.bmw.co.jp/>



BMW X5 xDrive35d BluePerformance

新型「Audi A6 Avant」●アウディ

アウディ ジャパンは、ステーションワゴン「Audi A6 Avant」をフルモデルチェンジした。新型 Audi A6 Avant は軽量化したボディや新世代クワトロ（フルタイム 4WD システム）と、スタート・ストップシステムを搭載するガソリン直噴エンジンを採用している。またモノコックボディは、軽量のアルミ素材を全体の 20%以上に使用することで安全性、快適性をさらに高めた。アルミニウムとスチールを組み合わせるハイブリッド構造により、旧モデルと比較して（A6 Avant 2.8 FSI quattro の場合）、車両重量は約 20kg もの削減している。エンジンは 2.8L V 型 6 気筒ガソリン直噴（FSI）と、3L V 型 6 気筒ガソリン直噴スーパーチャージャ（TFSI）の 2 種類を用意。いずれのパワーユニットにもスタート・ストップシステムを採用し、さらに 7 速 S トロニックトランスミッションを組みあわせている。また減速エネルギーを電気エネルギーへ変換、バッテリーへ還流させるエネルギー回生システムを搭載。JC08 モード燃費は 2.8 FSI quattro が 11.8km/L, 3.0 TFSI quattro が 11.0km/L, 旧モデル比で約 20%向上させている。

アウディ ジャパン（株）：<http://www.audi.co.jp/jp/brand/ja.html>



Audi A6 Avant

新型車「アクア」を発売●トヨタ

トヨタは、コンパクトクラスのハイブリッドカー新型車「アクア」の発売を開始した。小型・軽量・高効率化した最新の1.5Lハイブリッドシステムなど、トヨタの量産ハイブリッドカー開発17年間の技術を結集し、世界トップのJC08モード走行燃費35.4km/L（10・15モード走行燃費40.0km/L）を実現するとともに、エントリー価格を169万円に抑えた。採用された技術は膨張比率を高めたアトキンソンサイクルエンジンや、排出ガスを再循環させるクールドEGRシステム、バッテリーの電力で駆動する電動ウォーターポンプはベルトレス化によるフリクション低減と冷却水流量の制御を緻密に行い、パワーコントロールユニットや、発電用・駆動用モータなどを含むハイブリッドトランスアクスルを新設計し、小型・軽量化を実現した。また、モータのみで走るEVドライブモードを採用している。

トヨタ自動車（株）：<http://toyota.jp/>



アクア

「アトラス F24」2.0 トン系ポスト新長期排出ガス規制適合 ●日産自動車

日産自動車は、「ポスト新長期排出ガス規制（平成22年排出ガス規制）」に適合し、併せて「平成27年度重量車燃費基準」も達成した「アトラス F24」2.0トン系ディーゼル車を発売した。今回の一部改良では、ディーゼルエンジンの低圧縮比化、コモンレール式超高压燃料噴射システムの改良、酸化触媒およびDPF（Diesel Particulate Filter）の容量拡大等で排出ガス浄化性能を大幅に向上させることにより、2.0トン系ディーゼル車全車がポスト新長期排出ガス規制に適合した。併せて同車は、エンジン燃焼効率の改善およびトランスミッションのギヤ比の変更により燃費を向上させ、「平成27年度重量車燃費基準」を達成した。この結果、2.0トン系ディーゼル車は全車、「環境対応車普及促進税制」による減税措置に適合し、自動車取得税と自動車重量税が75%減税される。

日産自動車（株）：<http://www.nissan.co.jp/>

SUV「マツダ CX-5」を発売●マツダ

マツダは、新型クロスオーバーSUV『マツダ CX-5』を発売した。初めて「SKYACTIV（スカイアクティブ）技術」をガソリンエンジン、ディーゼルエンジン、トランスミッション、ボディ、シャシーのすべてに採用

し、二つの新世代エンジンをラインナップしている。クリーンディーゼルエンジン「SKYACTIV-D 2.2」搭載車は、高価なNOx後処理装置なしでポスト新長期規制に適合しながら、すべてのSUVの中でトップとなる18.6km/L（JC08モード）の燃費性能と、最大トルク420Nmによる4.0L V8ガソリンエンジン車並みの力強い走りを両立した。高効率直噴ガソリンエンジン「SKYACTIV-G 2.0」搭載車は、4-2-1排気システムを初採用し、16.0km/L（2WD車・JC08モード）の燃費性能を持つ。アイドリングストップ機構「i-stop（アイ・ストップ）」を全車に搭載。新開発したディーゼルエンジン用「i-stop」は、ディーゼル車で世界最速の0.40秒以内で再始動する。

マツダ（株）：<http://www.mazda.co.jp>



マツダ CX-5

「デリカ D:5」2WD 車に新型 MIVEC エンジンと「AS&G」を採用●三菱自動車

三菱自動車は、ミニバン『デリカ D:5』2WD車の燃費を約14%向上させるなど一部改良を施し、発売を開始した。新開発の可変動弁機構を採用した4J11型MIVECエンジン（2.0L SOHC16バルブ4気筒）と、アイドリングストップ「オートストップ&ゴー（AS&G）」を2WD車に新たに搭載。これにより、10・15モード燃料消費率（国土交通省審査値）を、従来から約14%向上させて15.0km/Lとした。

三菱自動車（株）：<http://www.mitsubishi-motors.co.jp/>

軽自動車の生産を終了●富士重工業

富士重工業は、2012年2月29日、軽商用車サンバーの生産を終え、すべての軽自動車の生産を終了した。軽自動車を生産してきた群馬製作所本工場（群馬県太田市）は3月以降、登録車生産工場へとリニューアルし、トヨタ自動車との共同開発車であるSUBARU BRZ / TOYOTA 86の生産を開始し、さらに2012年度中にインプレッサの生産を開始する予定。スバル車の生産は1958年、日本の国民車と絶賛された軽自動車「スバル360」から始まった。その後サンバー、レックス、プレオ、ステラなど、54年間で延べ9車種、約7968千台を生産。スバルの軽自動車は乗用車、商用車共に4輪独立サスペンション、4気筒エンジン、CVT（無段変速機）の採用や4WDの展開など、登録車並みの機構や商品性を特長とした。同社は2008年4月のトヨタ自動車とダイハツ工業との協力関係発展への合意を機に、水平対向エンジン等のコア技術を活かす登録車の開発や生産に経営資源を集中することを決断し、以降、軽自動車の開発と生産を順次終了してきた。軽自動車は引き続きダイハツ工業からOEM供給を受け、スバル販売店において販売していく。

富士重工業（株）：<http://www.subaru.jp/index.html>