日本機械学会エンジンシステム部門 ISSN 1340-6663

Engine Systems

エンジンシステム部門ニュースレター

http://www.jsme.or.jp/esd/ No. 49 Feb. 2013

1. 部門企画・関連行事のご案内 (P.2〜3)

2013 年度年次大会
エンジンシステム部門企画行事のご案内
河原伸幸（岡山大学）
第 24 回内燃機関シンポジウムのご案内
冨田栄二（岡山大学）
河原伸幸（岡山大学）

2. 会議開催報告 (P.3〜6)

第 23 回内燃機関シンポジウム開催報告
小川英之（北海道大学）
冨田栄二（岡山大学）
第 15 回スターリングサイクルシンポジウム開催報告
齊藤剛（明星大学）

3. 研究活動紹介 (P.6〜9)

A-TS 07-53　エネルギ多様化時代のエンジン技術研究会
調尚孝（㈱日本自動車部品総合研究所）
高橋周平（岐阜大学）
田村守淑（東邦ガス㈱）
A-TS 07-32　西日本エンジンシステム研究会
西田恵哉（広島大学）
八房智顕（広島工業大学）

西日本エンジンシステム研究会

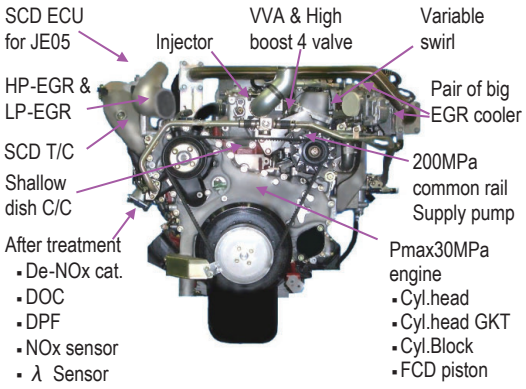
4. 会議参加記 (P.9〜11)

SAE 2012 Powertrains, Fuels and Lubricants Meeting に参加して
佐藤進（東京工業大学）
Small Engine Technology Conference 2012 に参加して
髙島良胤（大阪ガス㈱）

2012 PF & L 参加記

5. 研究エッセー (P.12〜17)

スーパークリーンディーゼルについて
青柳友三（㈱新エィシーイー）
小林雅行（㈱新エィシーイー）



スーパークリーンディーゼル

6. 行事カレンダー (P.18)

部門企画・関連行事のご案内

2013年度年次大会 エンジンシステム部門企画行事のご案内

年次大会企画委員会
河原　伸幸（岡山大学）

2013 年度年次大会が 2013 年 9 月 8 日（日）から 11 日（水）の期間にて岡山大学津島キャンパスにて開催されます。

大会キャッチフレーズは「メカニカルイノベーションによる新エネルギー社会の実現」とし、「エネルギー」、「オープンイノベーション」、「次世代モビリティ」を主要テーマとしています。エンジンシステム部門においても、部門特別企画として基調講演、先端技術フォーラム、ワークショップなどを企画しております。

基調講演では「産業技術総合研究所新燃料自動車技術研究センターの研究開発状況及び今後の研究展開（仮）」として産業技術総合研究所の後藤新一様にご講演いただく予定です。先端技術フォーラムでは「エンジン開発に関わる最新計測・CAE 技術（仮）」と題し、現在のエンジン開発に用いられている最新計測・CAE 技術について、数名の講師をお招きして、話題提供と討論を行う予定です。ワークショップでは「最新着火技術（仮）」と題し、エンジンに関わる着火技術に関して、話題提供をいただく予定です。

部門同好会では第 90 期エンジンシステム部門賞贈答式を実施する予定です。詳細は年次大会ホームページ（http://www.jsme.or.jp/2013am/）に順次掲載されますので、ご参照ください。これらの特別講演を通して、将来のエンジンシステムとその開発技術、最新技術について深く議論する場を設けさせていただきます。エンジンシステム部門メンバーにおかれましては、奮ってご参加いただきますよう、ご案内いたします。

第24回内燃機関シンポジウムのご案内

第24回内燃機関シンポジウム委員会
委員長　冨田　栄二（岡山大学）

第24回内燃機関シンポジウム委員会
幹事　河原　伸幸（岡山大学）

1. 開催の経緯：

内燃機関シンポジウムは、車両をはじめとする各種パワートレインの健全な発展を図るために、エンジンシステムの先進技術に関する情報交換の場を提供することを目的として、自動車技術会と日本機械学会の共催により 1970 年から開催しているものです。

第 23 回は日本機械学会が主担当となって 2012 年 10 月 31 日～ 11 月 2 日に北海道大学にて開催されました。我が国の自動車産業とエンジンシステム技術を支えるためには、この内燃機関シンポジウムのような専門分野に特化した技術の討議と交流の場が大変重要になります。シンポジウムの目的の一つに「日本のエンジン技術発展のために、大学や大学院生、企業若手エンジニアの研究発表の場とする」ことを掲げ、毎年開催される定期シンポジウムとして、さらなる発展を図りたいと思います。

2. 開催時期：

2013 年 11 月 26 日（火）から 11 月 28 日（木）（3 日間）

3. 開催場所：

神戸大学　百年記念館（神戸市）

4. 共　　催：

一般社団法人 日本機械学会 ES 部門
公益社団法人 自動車技術会（幹事学会）

5. 協賛予定：

可視化情報学会／石油学会／日本液体微粒化学会／日本エネルギー学会／日本ガス協会／日本ガスタービン学会／日本トライボロジー学会／日本内燃機関連合会／日本燃焼学会／日本マリンエンジニアリング学会／日本陸用内燃機関協会

6. 主要日程：

2013 年 3 月 1 日　論文募集開始
2013 年 7 月 5 日　応募〆切（Abstract）
2013 年 7 月下旬　論文採択通知
2013 年 9 月27日　講演原稿提出〆切

7. 参加登録料：

10/31 以前　会員 ¥13,000 ／会員外 ¥28,000
学生会員 ¥4,000 ／学生会員外 ¥8,000
11/1 以降　会員 ¥15,000 ／会員外 ¥30,000
学生会員 ¥6,000 ／学生会員外 ¥10,000

8. 予想規模：

発表論文数 100 件／参加者数 250 名

9. 会議概要：

学術講演：ガソリン燃焼、予混合圧縮着火、着火・燃焼、ノッキング、混合気形成、ディーゼル燃焼、噴霧、排気、排気後処理、ガスエンジン、代替燃料、新型エンジン、冷却・伝熱、潤滑、振動・騒音、各種計測・診断などエンジンシステムに関連する技術一般
基調講演／パネルディスカッション／テクニカルワークショップ（各 1 件程度）

会議開催報告

第 23 回内燃機関シンポジウム開催報告

日　時：2012年10月31日（水）～11月2日（金）
場　所：北海道大学学術交流会館

委員長
小川　英之（北海道大学）

副委員長
冨田　栄二（岡山大学）

1. はじめに

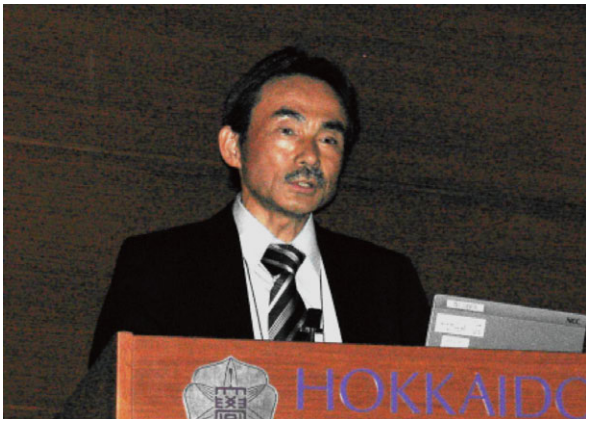
第 23 回内燃機関シンポジウム（幹事学会：日本機械学会、共催学会：自動車技術会）は「世代を超えたエンジンシステムへの再挑戦」をメインテーマとして、2012 年 10 月 31 日（水）～ 11 月 2 日（金）に北海道大学学術交流会館にて開催され、284 名の参加で盛会のうちに終えることができた。一般講演は 3 室 21 セッションにて合計 86 編の講演発表が行われ、2 件の基調講演に加えて、先端内燃機関フォーラムでは各方面の最新技術に関する 5 件の講演、そして今後の産学連携の重要性の認識から「内燃機関共同研究へ第一歩」と題したパネル討論会が行われた。本大会は、今後も毎年開催される内燃機関に関する国内最高峰の定期シンポジウムとしてさらなる発展が期待される。なお、本シンポジウムのテクニカルセッションのレビューおよび基調講演の講演資料 PDF は「JSAE エンジンレビュー WEB 版（JSAE Engine Review Vol.3, No.2：http://www.jsae.or.jp/engine_rev/」にて公開の予定である。併せてご覧いただきたい。（小川）

2. 開催概要

2.1 基調講演

基調講演Ⅰ：ガソリンエンジンの歩みと将来の方向性

シンポジウム初日に、古野志健男氏（日本自動車部品総合研究所）より、『ガソリンエンジンの歩みと将来の方向性』と題した講演を頂いた。この講演では、まず自動車用ガソリンエンジンの進化の歴史と、自動車を取り巻く環境の変化について解説がなされた。さらに、最高熱効率 50% を達成するためのガソリンエンジン技術として、システム系、燃焼系、可変動弁系、点火系などの最新技術が系統的に紹介されるとともに、排気熱回収の重要性も示された。



古野志健男氏（日本自動車部品総合研究所）

基調講演Ⅱ：ディーゼル燃焼解析からの学び

3 日目には、中北清己氏（豊田中央研究所）より『ディーゼル燃焼解析からの学び』と題した講演を頂いた。この講演では、中北氏がこれまでの

長年のディーゼル燃焼研究を通じて得た様々な学びや教訓が紹介された。例えば、早期パイロット噴霧がライナ壁面に付着してオイル希釈を引き起こす問題に関して、「小噴射量、低噴射圧ほど、ライナ付着を防止／低減できる」という概念は、一見正しそうであるが実は誤りであることをつきとめた例などをあげながら、先人の結果との違いの原因や現象の解明に際しては、関与する主因子や適切な解釈の切り口を見つける「勘」が大切であることが紹介された。

中北清己氏（豊田中央研究所）

2.2 先端内燃機関フォーラム

大会２日目には、『先端内燃機関フォーラム―さらなる燃費改善を目指して―』〔司会：近久武美氏（北海道大学）〕が開催され、自動車メーカ各社より最新の燃費改善技術について紹介がなされた。講師と講演題目は**表１**のとおりである。安岡氏（日産）からは、同社製 NOTE に採用された、摩擦低減技術、ダウンサイジング過給技術、高圧縮比化のための冷却技術などを中心に紹介がなされた。大平氏（スズキ）からは、従来車比 22% の燃費（km/L）改善を達成した同社製ワゴン R に関して、制動回収システム、アイドリングストップシステムを中心に紹介がなされた。足立氏（トヨタ）からは、ハイブリッド用ガソリンエンジンにおいて、熱効率 45% を達成するための方向性として、ロングストローク化、30% を越える Cooled EGR、リーン NOx 触媒を併用した EGR システム、などの導入が紹介された。中井氏（マツダ）からは、同社製 SKYACTIV-D の燃費向上技術について紹介があった。島崎氏（いすゞ中研）からは、商用車用ディーゼルエンジンの熱効率向上に向けたダウンサイジング技術、排気熱回収技術について紹介がなされた。全体を通して、ガソリンとディーゼルが競い合うように着実に進化している現状が実感できるフォーラムであった。

2.3 パネル討論会；内燃機関共同研究へ第一歩

大会最終日のテクニカルセッション終了後に、『内燃機関共同研究へ第一歩 ―現状と今後の課題―』〔司会：大聖泰弘教授（早稲田大学）〕と題したパネル討論会が開催された。この企画は、第 22 回内燃シンポの公開討論会『内燃機関の共同研究体制の可能性』を踏まえて自動車技術会の中に設置された「内燃機関共同研究推進委員会」が、今までの活動状況を報告し、現在抱えている課題とその解決策を討議し、広く意見を交換する機会とすることを目的に開催された。**表２**に示すように、まず産官学の立場から報告がなされた後、パネルディスカッションが開かれ、内燃機関共同研究の今後の展開に関して活発な討論が行われた。

表１　先端内燃機関フォーラムの演題

ガソリンエンジン熱効率向上技術の展望	安岡　正之氏（日産自動車）
軽自動車の燃費向上技術と課題	大平　哲也氏（スズキ）
トヨタ　ハイブリッド用４気筒ガソリンエンジンシリーズ	足立　昌司氏（トヨタ自動車）
マツダディーゼルエンジン SKYACTIV-D の燃費向上技術と将来	中井　英二氏（マツダ）
将来の商用車用ディーゼルエンジン燃費向上技術とその課題	島崎　直基氏（いすゞ中央研究所）

表２　パネル討論会での講演題目

活動経緯	自動車技術会共同研究推進委員会委員長 新井　雅隆氏（群馬大学）
共同研究の重要性と今後の活動の枠組みおよび展開計画	神本　武征氏（東工大名誉教授）
企業側からの期待および推進上の課題（1）	大津　啓司氏（本田技術研究所）
企業側からの期待および推進上の課題（2）	杉山　雅則氏（トヨタ自動車）
企業側からの期待および推進上の課題（3）	藤田　貴也氏（日産自動車）
行政側からの期待および推進上の課題	石井　孝裕氏（経済産業省自動車課）

パネル討論会の様子

車名当てクイズで盛り上がる懇親会

2.4 懇親会

懇親会は、大会 2 日目の夕刻にアスペンホテルの宴会場において、盛大に行われた。宮本登先生（北海道大学名誉教授）による乾杯のご発声で会は始まり、後半には、日本および世界の新車・旧車の名前などを 4 択で当てるクイズが催された。北海道産のカニや干物、北大ブランドの日本酒などの賞品獲得を目指して、皆ほろ酔い気分で大いに盛り上がった。（河崎）

3. おわりに

シンポジウム全体を通して、3 月の講演募集開始から当日の会場運営まで、終始円滑に行われた。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、次回の第 24 回は「熱効率向上を支えるエンジンシステム技術」と銘打ち 2013 年 11 月 26 日から 11 月 28 日の 3 日間の日程で、神戸大学にて開催されるので、こちらにも是非ご参加頂きたい。

（冨田）

4. 委員会組織

委員長：小川英之（北海道大学）
副委員長：冨田栄二（岡山大学）
幹事：柴田元（北海道大学）、田部豊（北海道大学）、河原伸幸（岡山大学）、小酒英範（東京工業大学）、川那辺洋（京都大学）、河崎澄（滋賀県立大学）、志賀聖一（群馬大学）、城戸章宏（北海道自動車短期大学）、北川浩史（北海道工業大学）
他　委員 18 名（大学 3 名、企業・研究所 15 名）

第 15 回スターリングサイクルシンポジウム開催報告

実行委員会　幹事
齊藤　剛（明星大学）

2011 年に起こった東日本大震災以降、原子力に変わるエネルギー源の開発が求められている中、第 15 回スターリングサイクルシンポジウムが明星大学日野キャンパスで開催されました。本シンポジウムは第 9 回から昨年度の 14 回までは 2 日間にわたり開催されていましたが、本大会では 1 日に戻し密度の高いシンポジウムを目指しました。セッションはスターリングエンジンおよび関連要素と応用システムが 11 件、パルス管冷凍機、熱音響機器及び関連要素と応用システムも 11 件、そして、トピックスとして模型スターリングエンジン並びに教材用熱音響機器が 15 件、パネルディスカッションにおける 3 人のパネラーによる講演が 3 件と全 40 件の講演と数々の機器展示がありました。

スターリングエンジンおよび関連要素と応用システムのセッションでは、スターリングエンジン要素の最適化による高効率を目指す発表や、排熱回収や木質バイオマスによる熱源の多様化などの発表の他に、スターリングエンジンに特化した燃焼器に関しての研究も発表され、実用化が目の前まで来ていることを感じました。

パルス管冷凍機、熱音響機器及び関連要素とその応用システムのセッションでは、音響エンジンの現象解明、高効率化の他に可視化に関する発表がありました。特に熱音響原動機の可視化では、平行版スタック内の流動を加熱開始から発振するまでを PIV 計測しており、非常にインパクトのある発表でした。模型スターリングエンジン並びに教材用熱音響機器のセッションでは、特に学生

が溌剌と発表しており教材としてのスターリングエンジンの手軽さのみならず、その教育効果には目を見張るものがありました。また、その手軽さ故に新たな発想に基づく新機構や改良が機器展示を含め多く発表され刺激を受けました。

午後に行われたパネルディスカッションでは「日本における民生用スターリングエンジン普及の可能性について」と題して、㈱サクション瓦斯機関製作所の竹内誠氏より自社開発のスターリングエンジンシステムの実証例として万博公園で展開している発電出力 1kW 級コジェネレーションシステムをご紹介いただき、さらに大規模な応用展開について説明をいただきました。

インフィニアコーポレーションの鈴木年雄氏には、米国インフィニア社の実用化されている 3kW 級太陽熱発電システム用フリーピストンエンジン発電機の戦略、特に採算に載せるための生産台数とそれを実現するためのシステム価格の実現についてお話しいただきました。

㈱プロマテリアルの斉藤正倫氏には、オランダ MEC 社の 1kW 級フリーピストンエンジンを用いた既に商品化されている家庭用 CHP（Combined Heat & Power）の動向ならびにそのエンジンの日本での展開についてお話し頂きました。各パネラーの講演後には活発な討論が行われ、関心の深さが伺えました。

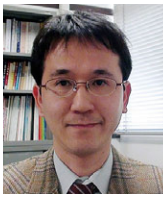
シンポジウム最後のバンケットは 1 日のみの都合良さのおかげか例年よりも参加者が多く、特に学生を含む若い方々の参加が目立ち、皆、次回シンポジウムへの参加を約束し合っていたものと思います。

次回の第 16 回スターリングサイクルシンポジウム〔実行委員長：関谷 弘志（早稲田大学）〕は、2013 年 11 月 30 日に、東京（お台場・未来館）で開催を予定しております。次回も多くのご参加をお持ちしております。

部門活動紹介

A-TS 07-53 エネルギ多様化時代のエンジン技術研究会

主査
調　尚孝
（㈱日本自動車部品総合研究所）



幹事
高橋　周平（岐阜大学）

幹事
田村　守淑（東邦ガス㈱）

本研究会は 2012 年度に発足した新しい研究会ですが、古くは 20 年前に太田安彦先生（現名古屋工業大学名誉教授）が設立された「高効率火花点火機関の火炎伝播と着火研究分科会」に始まり名称を変えて続いてきた研究会です。東海地区を中心としていますが、北は北海道から関東圏や関西圏はもちろん南は九州の委員の方も居られ、全国区の研究会と自認しています。全 37 名の委員構成としては、大学と公的な研究機関の先生方や研究者だけでなく、地域柄である自動車産業やエネルギ産業に勤務され第一線でご活躍されている技術者の方々が全体の 3 分の 2 近くも居られるという研究会です。

前任の主査から研究会を引き継ぐにあたり、

① 研究会名称は安易に地域名を入れるのを避け、時流に合ったものに変更する。
② 研究会の良き風土は守り続ける。
③ 研究会名称と活動の中味は合致させる。

という方針の下に、①として研究会名称を「エネルギ多様化時代のエンジン技術研究会」といたしました。

エンジンのエネルギ源は昨今の厳しい地球環境問題や資源問題の中で、バイオ燃料、合成燃料、ガス燃料の本格導入検討がなされており、電力をエネルギ源とする電動化の動きも活発です。

②については、年 4 回の研究会を確実に開催し各回 2 件の話題提供を企業側と大学側から 1 件ずつ 1 時間お願いし、それぞれで 30 分近くの討論の時間を設け忌憚のない本音の議論を行います。活発でアグレッシブな議論は時間制約のある学会の講演会ではとても見ることはできない本研究会の特色であります。またもうひとつの特色は研究会の議事録にあります。エンジンシステム部門のホームページに掲載されている本研究会の議事録を閲覧されて一目瞭然ですが、その臨場感あふれ

る議事録は研究会に居なくても体感できる表現となっています。

③については、当初2年間にわたり講演案と全国からの最適な講師の計画を立案しておりましたが厳しい予算減の中、大幅に見直しを迫られました。そこで多士済々の委員の方々を中心にできるだけ研究会名にちなんだ講演をお願いしている状況ですが、今後講演内容を決める上での課題のひとつでもあります。

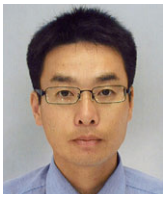
2012年度は、**表1**に示すような4回の研究会を開催し、講師も含めた委員間でさらなる技術交流を深めています。

表1　2012年度の研究会講演題目

第1回 4月21日	「自動車用エンジン技術の現状と将来」	早稲田大学教授	大聖　泰弘氏
	「自動車用燃料の将来動向」	元トヨタ自動車㈱	星　博彦氏
第2回 7月14日	「自着火核発現の局所性と自着火での燃焼効率」	名古屋工業大学名誉教授	太田　安彦氏
	「ディーゼル噴射系の進化」	㈱デンソー	佐々木　覚氏
第3回 10月26日	「高温場を利用した悪臭・有害ガスの脱臭分解技術」	岐阜大学工学部	井原　禎貴氏
	「最近の天然ガス動向とコジェネ動向」	東邦ガス㈱	田村　守淑氏
第4回 1月26日 (2013年)	「日本のものづくり～その底力～」	神戸国際大学教授	中村　智彦氏
	「点火強化の技術革新」	㈱日本自動車部品総研	調　尚孝氏

A-TS 07-32
西日本エンジンシステム研究会

主査
西田　恵哉（広島大学）



幹事
八房　智顕（広島工業大学）

2008～2011年度の4年間、西日本エンジンシステム研究会の第5代主査・幹事をされた鳥取大学の大澤克幸先生・小田哲也先生を引き継いで、2012年度から研究会のお世話をさせていただいています。本稿では20年前の西日本エンジンシステム研究会の設立当時を振り返り、また昨年9月に開催された第21回夏季シンポジウムの内容をご報告します。

エンジンシステム部門の研究会には地域の大学・高専等の教員と会社の技術者の技術交流を目的としたローカル研究会と、特定のエンジン技術の勉強に焦点をあてた研究会の2種類があると思います。本研究会は前者で、中国四国地方という内海を挟んだ広い地域に分散している教員・技術者がお互いに顔見知りになり情報交換の基礎を作ることが第一の目的、これをベースに学校の垣根を越えて教員が学生を指導、あるいは所属の異なる学生同士が討論することにより、次の世代の技術者を育成することが第二の目的です。

研究会の活動は夏休み中に開催する学生による研究発表が主体の二泊三日の泊まり込み研究会「西日本エンジンシステム研究会夏季シンポジウム」がメイン行事、また他の学会や研究会と共同して講演会や見学会を随時、開催しています。

さて第1回の夏季シンポジウムは1992年8月21日～23日の3日間、鳥取大学の田辺征一先生（当時）他のお世話で、鳥取県大山町にある国立大学大山共同研修所で開催されました。田辺先生が書かれたエンジンシステム部門ニュースレターNo.7（1992年9月発行）の記事「西日本エンジンシステム研究会発足」によると、きっかけは1992年3月に広島大学で開催された日本機械学会中国四国支部総会講演会でのエンジン関係者の集まりの中で出てきた提案でした。第1回シンポジウムには岡山大学、徳島大学、鳥取大学、広島大学の5研究室から教員14名、博士・修士・学部学生33名の合計47名が集まり、(故)廣安博之先生（当時：広島大学）の基調講演「現在のエンジン研究の動向」で始まり、「噴霧の発達」、「内燃機関の燃焼」、「計測その他」の3つのセッションで学生による13件の発表がありました。2日目夜のジンギスカン料理の懇親会の後、3日目早朝にはご来光を目指した大山登山が挙行されました。何と

いうタフな企画。私は地球の重力に苦しみながら、やっとの思いで頂上に辿り着きましたが、登頂までの間、既に頂上で弁当の朝食を済ませた学生が何人も下山していくのとすれ違いました。

頂上では現在エンジンシステム部門長、2004～2007年度に西日本エンジンシステム研究会の第4代主査をされた冨田栄二先生（岡山大学）、吉山定見先生（当時：岡山大学、現在：北九州市立大学）ら岡山大学のグループと一緒になり、さあ下山しましょうと大山キャラボクの群生に渡された木製通路を歩いていくと、(故)濱本嘉輔先生（当時：岡山大学）が登って来られるのに遭遇、一同、濱本先生を囲んで頂上に引き返したのを覚えています。しかし頂上はガスのためご来光どころか下界の景色も何も見ることができませんでした。

一方、廣安先生は登山用のリュックを購入して大山登山に備えておられましたが、どういうわけか大山共同研修所から登山口の大山寺までの車での移動に置き去りにされてしまい、膝の故障のため登山はしない予定だった三輪恵先生（当時：徳島大学）と一緒に研修所で我々の下山を待つことになってしまいました。ちなみに濱本先生は初代1992～1997年度の研究会主査、三輪先生は第2代1998～2000年度の主査を務められました。第3代(2001～2003年度）は小嶋直哉先生（当時：山口大学）でした。

ところで記録によると西日本エンジンシステム研究会の設立は1992年9月18日に日本機械学会エンジンシステム部門に申請が行われたことに発します。でも第1回のシンポジウムは8月21日～23日に開催、そう、大山での第1回夏季シンポジウムは研究会設立前夜に開催されたのでした。西田は第19回（山口県スポーツ交流村）を欠席したのを除いて全ての夏季シンポジウムに参加、八房は第7回（岡山理科大学御津国際交流会館）から参加、夏季シンポジウムに育てられ、多くの方々との知己を得る場となって、現在に至っています。

第1回から20年を経た第21回は、鳥取大学の大澤先生・小田先生・住 隆博先生のお世話で、2012年9月14日～16日に、鳥取県立大山青年の家を会場として、大山山麓で4度目の開催となりました。愛媛大学、岡山大学、岡山県立大学、北九州市立大学、近畿大学、津山高専、徳島大学、鳥取大学、戸畑工業高等学校、広島大学、広島工業大学、山口大学から教員22名、学生119名の合計141名が参加、参加者数は20年で4倍、6つのセッションで18件の学生による発表がありました。また八十致雄先生による特別講演「たたらと日本刀に学ぶ」、新しい企画として学生のディベート力育成を目指した徹底討論会の試みもありました。このような新しい企画を若手の先生方に考えてもらっています。大山登山も20年前と同じように行われましたが、今回は全員参加でなく自由参加、これも時代の流れでしょうか。ちなみに広島大学の学生は皆生温泉の日帰り湯治でした。

鳥取県立大山青年の家で集合写真

西日本エンジンシステム研究会〔夏季セミナーの開催経過〕

開催回数	期間	場所（担当地区）	参加者数（教員*＋学生）	内容（①研究発表件数／②特別講演件数／③レクリエーションなど）
第1回	1992. 8.21～8.23	中四国地区国立大学大山共同研修所（鳥取地区）	43名（教員14＋学生34）	①13／②1／③大山登山
⋮				
第17回	2008. 9.22～9.24	岡山理科大学御津国際交流会館（岡山地区）	103名（教員19＋学生84）	①18／②1／③座談会（留学体験談）、フットサル大会
第18回	2009. 9.5～9.7	香川青年センター（徳島地区）	106名（教員21＋学生85）	①16／②2／③技術ディスカッション、自作マシン協議会
第19回	2010. 9.22～9.24	山口県スポーツ交流村（山口地区）	106名（教員18＋学生88）	①15／②2／③フットサル大会
第20回	2011. 9.17～9.19	広島工業大学沼田校舎（広島地区）	128名（教員26＋学生102）	①19／②2／③バスケットボール大会
第21回	2012. 9.14～9.16	鳥取県立大山青年の家（鳥取地区）	141名（教員22＋学生119）	①18／②1／③大山登山

＊ 企業からの参加者を含む

西田としては学生のイージーさにやや不満でしたが、当の西田はスペインのバレンシアで開催されたTHIESEL 2012（Thermo and Fluid Dynamic Processes in Direct Injection Engines）参加の後、関西空港経由で大山に直接向かい、大山登山が終わった2日目午後からの参加となってしまいました。研究会の皆さん、すみませんでした。

2013年の第22回夏季シンポジウムは岡山大学にお世話をお願いして岡山地区での開催を計画しています。

会議参加記

SAE 2012 Powertrains, Fuels and Lubricants Meeting に参加して

佐藤　進
（東京工業大学大学院理工学研究科
機械宇宙システム専攻・助教）

2012年9月18日から20日にかけてスェーデンのマルメにおいて開催された、SAE 2012 Powertrains, Fuels and Lubricants Meetingに参加した。学会会場は港近くの、以前は倉庫として使用されていた建物である（**写真1**）。

マルメは、スウェーデン南部のスコーネ県内の最大都市であり、人口は約30万人である。スウェーデンではストックホルム、イェーテボリに次いで3番目に大きい都市である。中世よりハンザ同盟の商人たちが往来する港湾都市として栄え、以前は造船などの産業が主流であった（現在はそのような産業は縮小傾向にある）。また市内には、国際海事機関（IMO：International Maritime Organization）が設立した世界海事大学（World Maritime University）がある。マルメは古くはデンマーク領であったが、17世紀半ばにスウェーデン王によって征服され、以来スウェーデン領である。市内には、15世紀初頭に建築されたマルメ城がある（**写真2**）。この城はルネサンス様式で建築され、スカンジナビア半島最古の城塞と言われている。過去には、デンマーク王室の別荘として、あるいは19世紀には牢獄として使用されていたが、現在はその城そのものと周辺施設が併せて、博物館、美術館となっている（**写真3**）。

写真1　学会会場の一室

さて今回参加したPowertrains, Fuels and Lubricants Meetingでは、まずは18日午前中にLund UniversityのB. Johansson教授からWelcome Speechがあり、その後に2つのKey Note Speechがあった。

1番目は、Haldor Topsoe A S社のP. Gabrielsson博士による“Diesel Aftertreatment”である。EUを中心としたディーゼルエンジン用の排気後処理に関するレビューと、この先のSCRを中心とするコンセプトに関しての講演である。この中でシステムとして①SCRのみ、②SCR＋EGR、③EGRのみという3つのシステムのコスト比較を行った結果、①のSCRのみが一番コストを抑えられるということが述べられた。実際にSCRのみのシステムでEURO 6の規制をクリアできるという話があったが、この先コールドスタートサイクルを含むWHTCモードによる試験がスタートする中で本当に達成ができるのか少々疑問を感じるところであった。

写真2　マルメ城外観

写真3　博物館に展示されているUボート

2番目は、Volvo Car Corporation の B. Grandin 博士よる“Drivers for Electrification and the Implications on Conventional Powertrains”であり、Volvo で考えている HEV、PHEV、EV 等のあり方に関するレビューであった。

講演のセッションとして5つの枠に分けられていた。Advanced Power Sources、Combustion & Fuels、Control & Calibration、Emissions、Lubricants & Powertrain Systems である。

講演数では、Combustion & Fuels のセッションが最も多かったが、本レポートでは筆者が主に聴講した Emissions のセッションからいくつかの発表について報告する。

AVL MTC AB の J. Almenらは、PEMS（Portable Emission Measurement Systems）を5台の重量車（燃料はそれぞれ CNG、軽油、FAME、エタノール、DME）に搭載し、スウェーデンストックホルム市内を走行してエミッションの解析を行った[1]。NOx 排出量では FAME 車両が最も高かったこと、CO・HC 排出量ではエタノール車が最も高かったこと、三元触媒を搭載する CNG 車のエミッションが最も低かったことなどを明らかにしている。

トヨタ自動車の Y. Bisaij らは、NSR 触媒を利用した新しい排気後処理システムである、Di-Air について、還元剤である HC が触媒中の Pt 金属類に及ぼす影響や、触媒反応で生成される中間生成物について明らかにしている[2]。還元剤として使用する HC は、他の還元剤と比較して Pt 系の金属状態を長く維持させる効果があること、CO などから生成される中間生成物と比較して HC から生成される中間生成物は、高温条件においても触媒の活性状態を維持できること、少量の還元剤を短い間隔で触媒に供給した場合でも、HC は H_2 や CO と比較して高い NOx 浄化率が発揮されることを明らかにした。質疑応答でも出ていたが、この画期的な後処理システムが重量車にも適用可能か、という点がこの先の課題と思われる。

Coventry University の S. F. Benjamin らは2件の発表において、アンモニアガスを還元剤とする SCR システムを構築しモデリングと併せて、定常状態および過渡状態における NOx 浄化特性の評価を行った[3][4]。実験にはディーゼルエンジンの排気系に DOC、DPF を設け、その後段にアンモニア噴射系、Cu-ZSM5-SCR を設けた装置を用いている。これらの実験およびモデリングを通して、SCR の基礎的な試験方法や SCR 反応のシミュレーション方法が提示され、かつ過渡状態での SCR 反応の制御について有用な情報が提供されているが、2つの発表の結果が尿素水ではなくアンモニアガスを SCR 供給しているため、これらの知見が実システムにどのように活かされるのかという点が気になるところであった。

また筆者は、交通安全環境研究所所属時の研究内容について講演発表（口頭発表のみ）を行った。2005 年規制に適合したディーゼル貨物車に車載型排出ガス分析装置を搭載して実路走行試験を行い、エコドライブの CO_2 排出量削減効果と NOx 排出量の関係について解析したものである。

学会の2日目にはツアーが実施された。コペンハーゲンにある Diesel House にて、以前発電用として利用されていた巨大なディーゼルエンジンの見学である。現在は実際の使用はないものの、デモンストレーションとして圧縮空気を利用したエンジンの稼働が行われた（**写真 4**）。建物3階分の高さのエンジンが稼働する様子は圧巻の一言に尽きるものであった。

2013年の SAE Powertrains, Fuels and Lubricants Meeting は韓国で開催される。

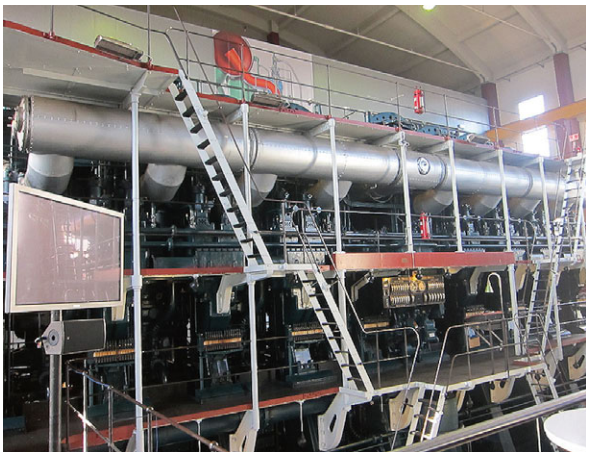


写真 4　Diesel House に設置されたエンジン

[1] J. Almen and P. Ohlund,“On Board Exhaust Emission Measurement on Heavy Duty Vehicles Driven on Alternative Fuels”, SAE Paper 2012-01-1705

[2] Y. Bisaiji, K. Yoshida, M. Inoue, N. Takagi and T. Fukuma,“Reaction Mechanism Analysis of Di-Air-Contributions of Hydrocarbons and Intermediates”, SAE International Journal of Fuels and Lubricants, 5(3):doi:10.4271/2012-01-1744

[3] S. F. Benjamin, M. Gall and C. A. Roberts, “Tuning the Standard SCR Reaction Kinetics to Model NO Conversion in a Diesel Engine Exhaust SCR Catalyst System Under Steady

State Conditions in 1D and 3D Geometries Using Ammonia Gas as the Reductant", SAE Paper 2012-01-1636
[4] S. F. Benjamin, M. Gall and C. A. Roberts, "Modelling of NOx Conversion in a 1D Diesel Engine Exhaust SCR Catalyst System under Transient Conditions Using Ammonia Gas as the Reductant", SAE Paper 2012-01-1743

Small Engine Technology Conference 2012に参加して

髙島　良胤
（大阪ガス株式会社
エネルギー技術研究所／エンジン・
シミュレーション技術チーム）

2012年10月16日から18日までアメリカのウィスコンシン州マディソン市で開催されたSmall Engine Technology Conference（以下、SETC）に参加しました。学会名の通り小型エンジンの学術学会であり、二輪車・農業機械・発電機・船外機等々を対象としています。各業種別でのセッションでは無く、研究分野別での発表であったため各々の対象エンジンのサイズが異なり多種多様の講演を聴講できたのが印象的でした。

例えば単気筒39cc無過給のチェーンソー用のエンジンの発表の後に4気筒2434ccノンロード用過給エンジンに関する研究がある様にバラエティに富んでいました。私は天然ガスエンジンの多点点火の影響について発表したのですが、欧米の研究者から点火エネルギーの影響や他の点火システムなどの比較などについて多数質問があり点火改善が求められているニーズを実感しました。

テクニカルセションは5会場で17技術分野に分かれて合計109件の発表と430余名にも及ぶ参加者で活発に議論が交わされました。普段あまり接する機会が無い発表を聴くことで他業種の研究動向を知り、自分の研究開発を見つめ直す良い機会となりました。

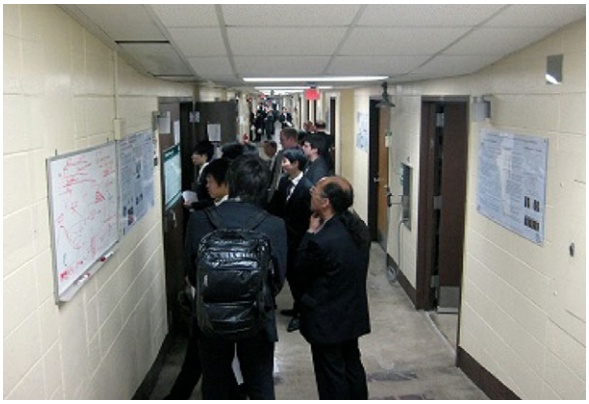


写真１　Wisconsin大学見学会

二日目のセッション終了後にはWisconsin大学Engine Research Centerの見学会が催されました。3フロワーに渡り11部屋を巡るルートが用意されており、それぞれの実験室では研究を担当している学生に対応して頂きました。

自分が担当している研究内容を自身満々に説明しているのがとても印象的でした。ただ、研究の役割分担が徹底されているせいか、自分が専門にしていることについては非常に良く分かっていた反面、派生的なことについては担当外というようなスタンスであったことが少し寂しい所でした。その後に予定されていたバンケットに遅れる人がいる程、議論が尽きませんでした。コーディネートをして下さいました学会主催者さまおよび大学関係者さまに深く感謝申し上げます。バンケットは大学内にある荘厳な建物であるGreat Hallで開催され豪華なお料理と共にWisconsin大学のマーチングバンドが披露され、会場は大いに盛り上がりました。

今回のSETCには弊社から私一人の参加であったため学会当初は心細かったですが、逆に一人であったためこれまで接する機会が無かった様々な方々と学会を通して交流を持てたことが良い経験になりました。

今後も参加できるように日々の研究に勤しみたいと考えています。学会期間や飛行機等で声を掛けて頂いたり、励ましのお言葉を頂いたりと先生方や諸先輩研究者方々にはこの場を借りて御礼申し上げます。

次回SETCは台湾のタイペイ市にて2013年10月に開催を予定されています。

写真２　バンケットでのマーチングバンド

スーパークリーンディーゼルについて

青柳　友三（㈱新エィシーイー）

小林　雅行（㈱新エィシーイー）

1. はじめに

ディーゼルエンジンは、燃料経済性、耐久性、信頼性および安全性に優れているため商用車に多く使われている。そして、ターボインタクーラ・ディーゼルエンジンは、最近の燃焼技術と後処理技術の向上によりクリーン化を実現し、さらなる進歩により将来にわたり利用される可能性が高い[1, 2, 3]。乗用車においては電気自動車やプラグインハイブリッド車など蓄電技術を利用した車両も多く提案され、一部が市場で利用されている。大型ディーゼルバスから始まったハイブリッド車の技術は今後も商用車においても利用拡大されると考える。

一方、地球温暖化を背景に排出ガスと CO_2 排出量の低減などの要求はさらに強くなると思われるので、今後もパワートレーンからの CO_2 排出低減には一層の努力が必要である。ここでは、国のプロジェクトであるスーパークリーンディーゼル（SCD）の研究の中で、大型ディーゼルエンジンに使われてきた高過給・広域多量 EGR のコンセプトによる NOx とスモークの低減および燃費低減について説明する[4, 5, 6]。

2. 大型ディーゼルエンジンを取り巻く環境

大型ディーゼルエンジンは、排出ガス規制が年々厳しくなる中でクリーン化が進行してきた。この様子を**図 1** に示す。クリーン化を推進するため、多くの新しい技術がエンジンに適用され、効果的な技術はすぐに取り入れられてきた。この様子を**図 2** に示す。このように排出ガスを浄化し、CO_2 を低減できる技術は、エンジン性能・排出ガス試験と信頼性試験をパスした上で実用化されてきた。

スーパークリーンディーゼルは、長期規制が完了した直後の 2000 年に国のプロジェクトとして立案された。その目標値を**表 1** に示す。大型ディーゼルエンジン排出ガス規制は、当時、長期規制であり、その排出ガス値は、後処理無しの条件で NOx＝4.5g/kWh、PM＝0.25g/kWh の値である。

これに対して新たな目標値は、後処理有りの条件で、NOx＝0.2g/kWh、PM＝0.01g/kWh である。これは、NOx の排出ガス値については、後処理無しで長期規制の 1/5 まで低減し、後処理有りで長期規制の 1/25 にするものであり、技術的には非常に高いチャレンジである。当時、NOx 低減に関する後処理の技術は研究開発の段階であり、希望的に 80％の浄化率を得たいというレベルで

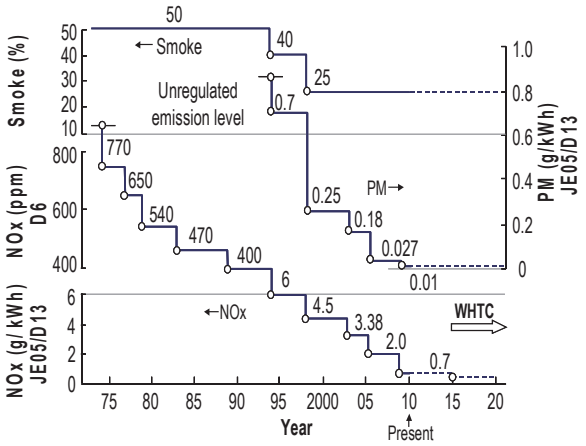


Figure 1. Recent Japanese emission STD of heavy duty diesel engine

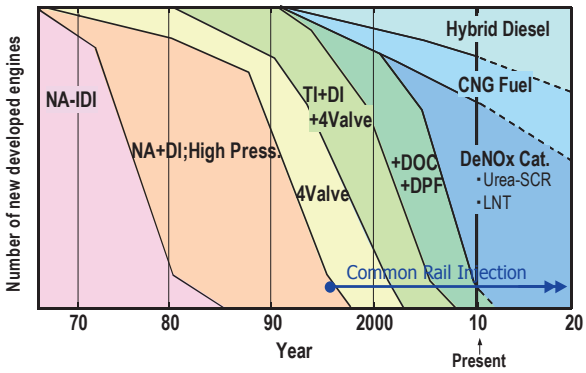


Figure 2. Changes of clean diesel technology in heavy duty engine

Table 1 - SCD Target by JE05 Mode.

No.	Item	Content	Reference
1	Emissions NOx PM	 0.20 g/kWh* 0.01 g/kWh*	 1/10of NLTR** 1/ 3 of NLTR**
2	CO_2	730~780 g/kWh	2002yearLevel
3	Power	Same or more than current	
4	Noise	Same or more than current	

* with after-treatment, ** NLTR: Japanese New Long Term Regulation

あった。このため、エンジン本体からの排出ガスを低減しなければならず、ディーゼル燃焼に関係する項目を洗い出して、新しいコンセプトを作成する必要があった。

3. 低排出ガスと高熱効率のコンセプト

高過給・広域多量 EGR を単気筒・多気筒エンジンに適用し、スーパークリーンディーゼル（SCD）プロジェクトの技術として進めており、この燃焼コンセプトを**表 2** に示す[4, 5, 6]。将来的に見てエンジンの BMEP は時代のニーズに応じて増大する傾向にあり、これを考慮してフルロード BMEP＝2.0MPa レベルとした。

Table 2 - SCD Combustion Concept.

No.	Concept
1	**Lean Combustion**(Burning by high O_2 concentration and low combustion temperature)
2	**High Boosting** (Burning in high density air)
3	**Fuel Injection at high Density Air** (Reduction of peak fuel/air rate)
4	**High Pressure Fuel Injection** (Smoke reduction by fine atomization)
5	**High BMEP** (Reduction of friction and heat loss)
6	**Wide speed range and High Rate of EGR** (Drastic NOx reduction)

以下にコンセプトの項目のねらいを説明する。

1）希薄燃焼（Lean Combustion）；もともとディーゼル燃焼は希薄燃焼であり、ターボインタクーラ（TI と略す）エンジンになり、希薄燃焼の度合いがさらに増加し、当時の空気過剰率 λ＝2.0 レベルである。ここでは、フルロードで EGR 率 50％を達成させるため、EGR 率 0％で、λ＝4.0 をねらう。

2）高過給化（High Boosting）；空気過剰率 λ＝4.0 を達成させるためには過給機の圧力比 π を現状 π＝2.5 レベルを新規に 2 倍の π＝5.0 まで高める。このようにして、シリンダ内の多くの新気を入れ、λ＝4.0 を達成させる。

3）高圧空気中に燃料噴射（Fuel Injection at High Density Air）；高圧雰囲気における高圧の燃料噴射は燃料過濃部分を速やかに低減し、化学反応を速く進め、スモーク低減と燃費向上を見込む。

4）燃料の高圧噴射（High Pressure Fuel Injection at High Density Air）；燃料高圧噴射はスモークを低減することは周知である。ここでは、圧縮圧力が 20MPa を優に超えるので、これに対抗できる燃料高圧噴射 200MPa 以上を必要とする。

5）高い平均有効圧（High BMEP）；平均有効圧を上げることにより（1)相対的にフリクションを下げる、(2)出力あたりの燃焼室の表面積を少なくし、燃焼室からの熱損失を少なくする。これは、今の言葉で言うとダウンサイジングを意味する。

6）広域多量EGR（Wide speed range and High rate of EGR）；大型 TI エンジンは、広い領域で排気圧力よりも吸気圧力が高いので、EGR を成立させることが困難であるが、広い領域で EGR 率を高めることの工夫をする。

6 番目の項目を除き、これらの項目はスモークを低減し、かつ燃費を低減する項目であるが、NOx の重量については増加する方向なので、6 番目の広域多量 EGR 方式が NOx 低減の重要な項目である。

4. コンセプトの具体化

コンセプトを具体化するためにエンジンに装着する部品やシステムを決める。具体的には新しく採用もしくは考案する技術を**表 3** に示す。シリンダ内に多くの吸気を入れるため、シリンダ内の最高圧力 Pmax を 20MPa まで高められるエンジン母体とする。新技術を SCD エンジンに装着した様子を**図 3** に示し、このエンジン諸元を**表 4** に示す。本実験に使用した軽油燃料の性状を**表 5** に示す。

Table 3 - SCD 6-cylinder engine adopted electronically controlled and advanced items.

No.	New technologies
1	High boosting SCD Turbocharger
2	FCD piston & strong structure engine
3	200 MPa common rail injection system
4	High & low combined pressure loop EGR
5	EGR valve and intake air valve
6	High efficiency EGR cooler
7	Variable Valve Actuation
8	Variable Swirl system
9	Efficient SCD after-treatment
10	SCD Electronic control system for JE05

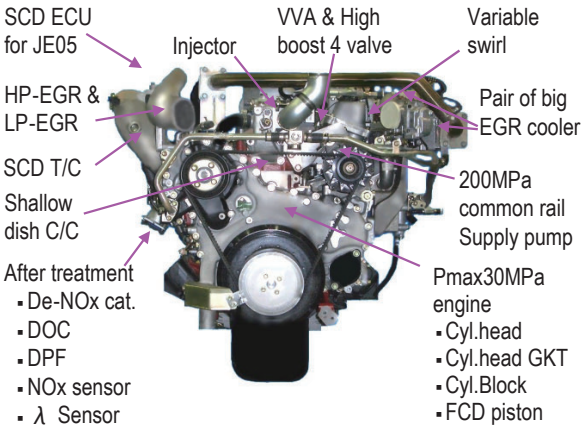


Figure 3. New technologies adopted in SCD engine

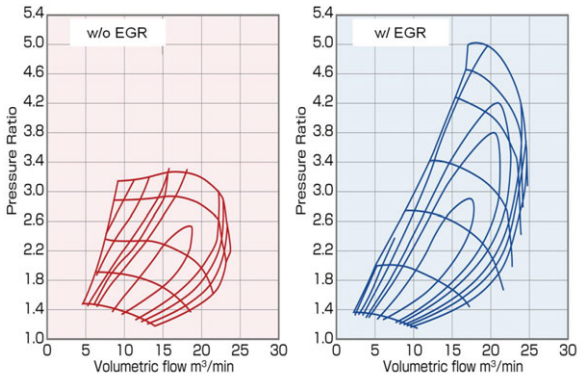
Table 4 - SCD engine specifications.

Engine Type			Di In-Line 6
Bore Stroke			Φ122 mm 150 mm
Displacement			10,520 cm³
Compression Ratio			15.3
Swirl Ratio			1.0 ~ 9.0
Injection Nozzle			Φ0.139 mm 8-155
Target	Max Output	Engine Speed	2000 rpm
		Output	298{405} kW {PS}
		BMEP	1.7 MPa
	Max Torque	Engine Speed	1400 rpm
		Output	1842{188} Nm {kgm}
		BMEP	2.2 MPa

Table 5. Fuel properties for test

Category		Properties	Category		Properties
Dinsity 15 deg.C	g/cm³	0.8279	Elements mass %	C	86.0
Kinematic viscosity 30 deg.C	mm²/s	4.147		H	13.9
Flash point	deg.C	76.0		O	-
Cetane index (JIS K2280)		61.3		N	< 0.1
Cetane number		57.4	Components Vol. %	Saturates	82.9
Distillation deg.C	IBP	180.5		Olefins	0
	5%	212.5		Aromatics	17.1
	10%	229.0		Mono-	15.8
	50%	287.5		Di-	1.0
	90%	337.5		Tri-	0.3
	EP	362.0	Gross calorific value kJ/kg		45890
Sulfer	mass ppm	5	Lower calorific value (Calculated) kJ/kg		43020

過給機は、高過給・高応答のチタン材インペラとタービンには可変ノズル付きの仕様を採用し、圧力比 π=5.0 が達成できるものにした。このSCD と従来のコンプレッサマップマップの比較図を**図 4** に示す。従来品に対して高い過給圧にも耐えられる過給機である。



Current Comp. Map ***New SCD Comp. Map***

Figure 4. Comparison of Current and New SCD compressor Map for heavy duty diesel engine

Pmax が高くなるのでピストン仕様の選定が重要であり、アルミピストンに変わり、強度が高く、熱の逃げが少ない FCD（ダクタイル鋳鉄）ピストンを採用した。これにより NOx は増加するもののスモークが低減でき、しかも燃費も低減できる。

燃料噴射システムは、当初から 200MPa の最大噴射圧が可能な電子制御コモンレールシステムを採用した。このほかにも可変バルブタイミング、クールド EGR システム（LPL & HPL）など多くの新技術を採用した。

このコンセプトに基づいた単気筒の 2.0 リッタエンジンの試験結果を**図 5** に示す。単気筒エンジンなので、モータ駆動の過給機（スーパーチャージャ）とインタクーラ付で過給を実施した。このとき過給機による圧力増加がエンジンのプラス仕事にならないように吸排気の圧力を同じ値に設定した。また、ピストンはスチールモノサームである。エンジンロード 100％で BMEP＝2.0MPa であり、このときの正味熱効率 η e＝43.4％を得る。また、エンジンロード 60％においても正味熱効率は高く保たれている。たとえば、エンジンロード 20％では、正味熱効率は 30％程度であり、排気損失は少ないものの機械損失、冷却損失、などは大きい。正味平均有効圧（BMEP）が高いエンジンロード 100％では、排気損失は大きくなるが、ねらいの通り機械損失と冷却損失は小さくなる。

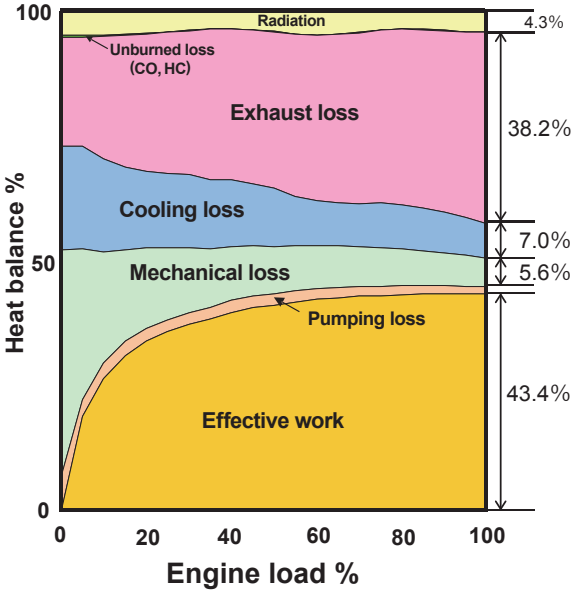


Figure 5. Heat balance of single cylinder diesel engine at Ne=1200rpm

5. SCD の EGR システム

SCD エンジンの吸排気系と EGR システム、および後処理を装着したレイアウトを**図 6** に示す。吸入空気は、過給機のコンプレッサーで圧力と温度が高められ、インタクーラで温度が低められ、吸気パイプ、吸気マニホールドを経てシリンダに

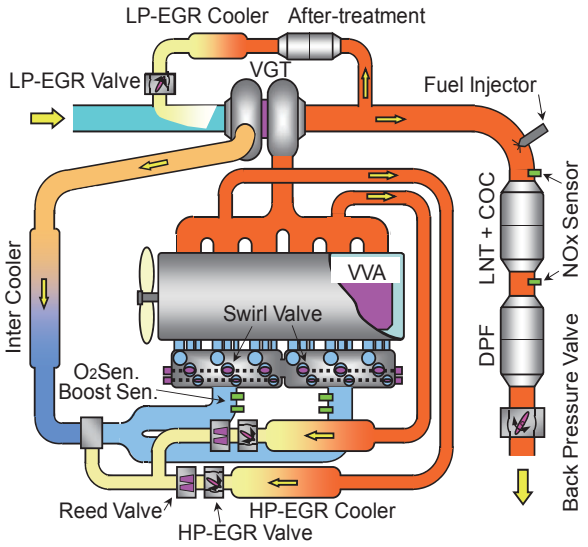


Figure 6. SCD Breathing layout and High and Low loop EGR system

入り、燃焼し、排気マニホールドから過給機タービンに入る。この間に高圧ループ EGR（HPL-EGR）ガスは前後排気マニホールドからそれぞれ二本に分かれて EGR クーラを経て一本にまとめて吸気パイプに入り、再びシリンダに入り、燃焼に関与する。これだけでは EGR 率は高くならないので、低圧ループ EGR（LPL-EGR）、すなわち過給機のタービンから出た排気ガスを過給機のコンプレッサーの入り口から再び吸入させることを加えている。

さらに EGR 率を増加させるために後処理の後に排圧を若干増加させるバックプレシャーバルブを設置する。バックプレシャーバルブにより排気圧力を高めると、燃費の悪化が心配されるが、EGR 率を高める方が燃費が良くなる場合があるので、排出ガスと燃費が最もよくなるポイントをバックプレシャーバルブの開度を選定の対象とする。

6. EGR 方式による排出ガスと BSFC の実験

性能・排出ガスのテストは、高圧ループ EGR のみ、低圧ループ EGR のみ、およびこれらを組み合わせて実施する。パラメータは、高圧ループ EGR の割合を高圧ループ EGR インデックス HPI として示し、トータル EGR 率を変えて実験する。このとき、高圧ループ EGR のみの EGR であるときは、HPI＝100％となり、低圧ループ EGR のみの EGR であるときは、HPI＝0％となる。

図 7 は、横軸にトータル EGR 率、パラメータに高圧ループ EGR インデックスを選び、図の上から BSFC、Smoke、BSNOx を示す。運転条件は、トランジェントテストで使用頻度高い 1200rpm の中負荷を示す。また VGT は HPI を変更した場合も一定の開度とした。

図をよく見ると、HPI＝100％のとき、すなわち高圧ループ EGR のみの場合は BSFC が低くてよいが、トータル EGR 率＝23％に高めると Smoke が悪化し、BSNOx＝2.3g/kWh までしか下げられない。これとは別に、HPI＝60％、もしくは HPI＝30％にすれば、すなわち高圧ループ EGR を 30％～ 60％にすれば、Smoke の悪化無しに、トータル EGR 率＝35％まで高められ、BSNOx＝1.3g/kWh まで低減することができ、しかも BSFC の悪化をともなわない。

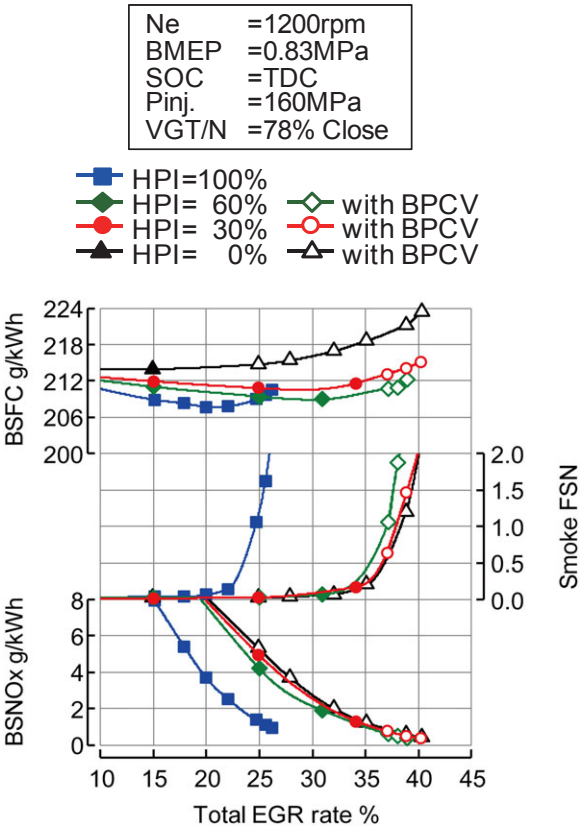


Figure 7. Experimental results of BSFC, Smoke and BSNOx at 40% load and 1200rpm by changing total EGR rate with a VGT nozzle constant

HPI＝0％のとき、すなわち低圧ループ EGR のみの場合はトータル EGR 率＝35％まで高められ、Smoke の悪化無しに、BSNOx＝1.3g/kWh まで下げられるが、BSFC は大きく悪化する。このように同じトータル EGR 率でも、高圧ループ EGR と低圧ループ EGR の比率を変化させると、BSFC に与える影響は大きく異なり、ベストの組合せを求める必要がある。

7. EGR 方式による過給特性の違い

図 8 は、横軸にトータル EGR 率をとり、同様

にパラメータを HPI にして過給機エンジンの特性を調べる。このとき VGT ノズル開度は一定にして試験した。

高圧ループ EGR のみの場合は、トータル EGR 率を増加させると、タービンに行く排気ガス量が低下するので、過給機の回転速度 T/C Speed が低下し、新気空気量 Ga が減り、空気過剰率も小さくなり、燃焼が悪化し、すぐに Smoke が発生する。

これに対して、高圧ループ EGR と低圧ループ EGR の組合せは、トータル EGR 率を増加させると、タービンに行く排気ガス量の低下が少なく、過給機の回転速度 T/C Speed の低下は少なく、新気空気量 Ga の目減り分は若干の改善があり、空気過剰率は低下するものの、低下量は少なく、燃焼の悪化は顕著でないので、Smoke の悪化はトータル EGR 率＝35％までは起こらない。

これとは別に、低圧ループ EGR のみの HPI＝0％の場合は、トータル EGR 率を増加させても、タービンに行く排気ガス量は低下せず、同じ排気ガス量がタービンに流れ、過給機の回転速度 T/C Speed は同じに維持され、新気空気量 Ga の目減り分は比較的少ない。低圧ループ EGR のみトータル EGR 率を増加させると、タービン前の圧力 P3 は若干の増加傾向にあり、ホンピング損失 PMEP がほかの条件よりも増加するので、BSFC の悪化が顕著である。

このように同じトータル EGR 率でも、高圧ループ EGR と低圧ループ EGR の比率を変化させると、タービン回転速度に与える影響は大きく異なり、ポンピングなどへの悪化、および BSFC の悪化が顕著に出るので、高圧ループ EGR と低圧ループ EGR のベストの比率の組合せをエンジンのすべての運転領域で求める必要がある。

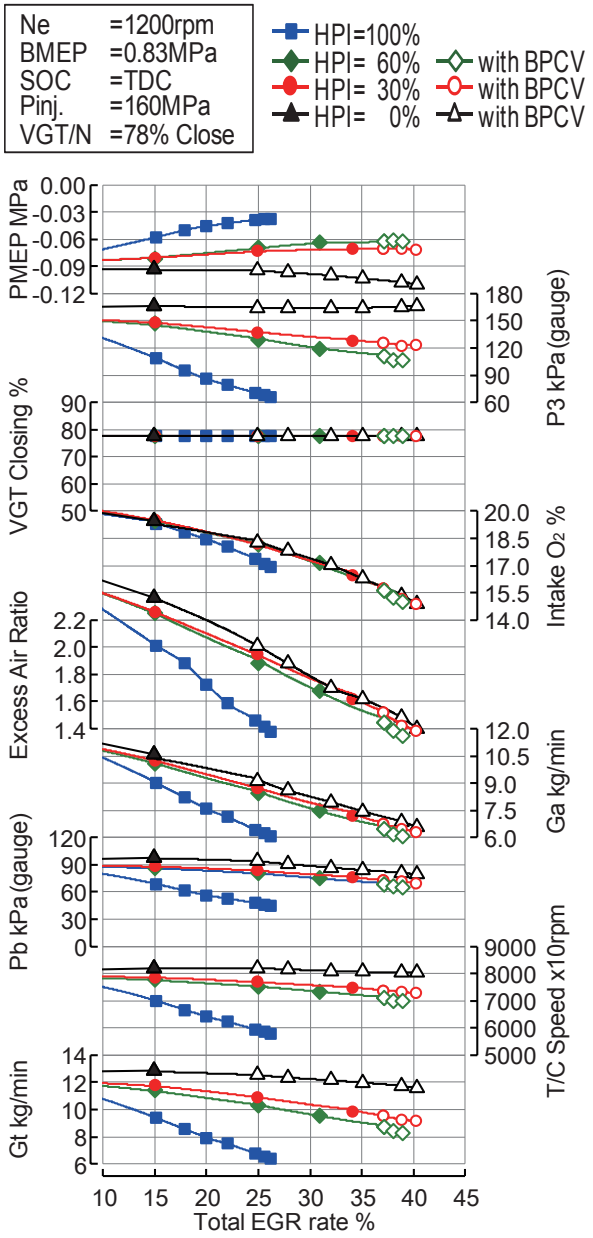


Figure 8. Experimental results of Turbo-charging characteristics in the case of HPL-EGR and LPL-EGR at 40% load and 1200rpm by changing total EGR rate with a VGT nozzle constant

8. 排出ガスのクリーン化

丹念に前節で述べた試験をすべての運転領域で実施し、NOx＝1.0g/kWh、PM＝0.1g/kWh の定常試験結果を得た。NOx＝1.0g/kWh、PM＝0.1g/kWh の排ガス値は、後処理が有効に使えるレベルであり、後処理無しの排出ガスのねらいとしていた。しかし、D13 モードの定常試験ではクリーンな排出ガスでも、JE05 のトランジェントテストで試験すると、**図 9** に示す NOx と PM の赤い線まで後退した。

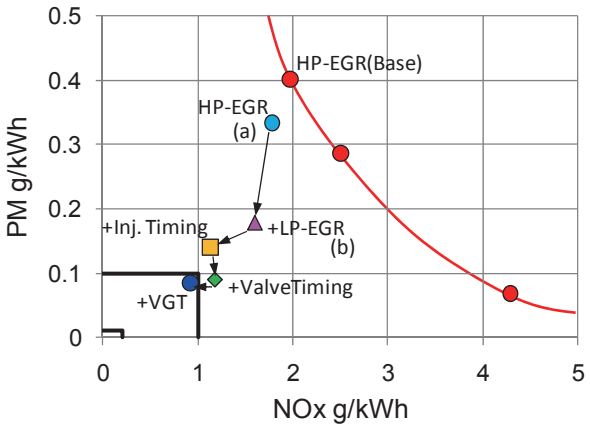


Figure 9. Trade-off curves BSNOx and PM at JE05 transient test for SCD target without aftertreatment

BSNOx の低減が難しいと考え、BSNOx＝2.0g/kWh、PM＝0.4g/kWh のポイントから、JE05 トランジェントテストに有効な項目を洗い出し、性能・排出ガスの試験を繰り返し実施した。高圧ループ EGR に低圧ループ EGR を加え、加速・減速に応じた HPI を求め、噴射時期の見直し、バルブタイミングの見直し、VGT 開度の見直し、加速性能の向上と Smoke の低減などを実施し、排出ガス値を JE05 のトランジェントテストで、NOx＝1.0g/kWh、PM＝0.1g/kWh を得た。

この後、ディーゼルパティキュレートフィルタ（DPF）で PM を極限まで低減し、さらに NOx 吸蔵還元触媒により目標値まで排ガスを低減した。この様子を**図 10** に示す。

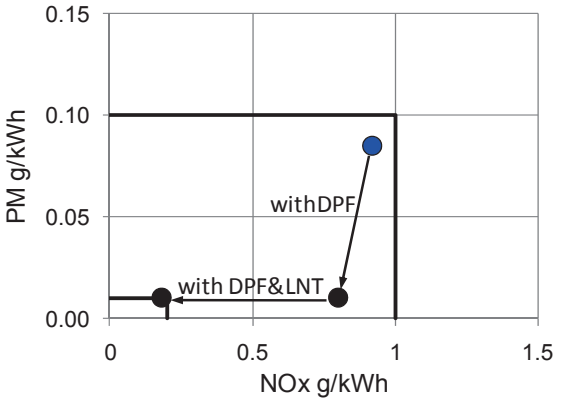


Figure 10. Trade-off curves BSNOx and PM at JE05 transient test for SCD enlargement target with DPF and LNT as aftertreatment

9. まとめ

スーパークリーンディーゼルとして、排出ガスと燃費の同時低減する燃焼コンセプトを立案し、このコンセプトに基づいて研究を進めた。実施に当たっては高圧噴射と高過給の過給技術を高め、広域多量 EGR 技術として、高圧ループ EGR と低圧ループ EGR とを組合せ、スモーク、PM、NOx、および BSFC を低減することを可能にした。これにより当初の目標を満足させ、ターボインタクーラ・ディーゼルエンジンはクリーンな排出ガスであり、CO_2 の排出も少なく、将来性の高い車両用のパワートレーンであることを示した。

謝　辞

スーパークリーンディーゼルの研究開発にあたっては当社の役員、研究員、実験員の方々の協力のみならず社外の多くの方々に協力をいただいたことを感謝する。

参考文献

[1] M. Tsujita, S. Niino, T. Ishizuka, A. Kakinai and A. Sato, Advanced Fuel Economy in Hino New P11C Turbocharged and Charge-Cooled Heavy Duty Diesel Engine. SAE Paper 930272, (1993)

[2] T. R. Stover, D. Reichenbach, and E. Lifferth, The Cummins Signature 600 Heavy Duty Diesel Engine. SAE Paper 981035, (1998)

[3] W. Knecht, Development Trend of Heavy Duty Diesel Engines in the View of Future European Legislation Requirements. Proceedings of COMODIA2008, 1-8, (2008)

[4] Y. Aoyagi, H. Osada, M. Misawa, Y. Goto and H. Ishii, Advanced Diesel Combustion Using of Wide Range, High Boosted and Cooled EGR System by Single Cylinder Engine, SAE Paper 2006-01-0077, (2006)

[5] T. Adachi, Y. Aoyagi, M. Kobayashi, T. Murayama, A. Noda, Y. Goto and H. Suzuki, Effective NOx Reduction in High Boost, Wide Range and High EGR Rate in a Heavy Duty Diesel Engine, SAE Paper 2009-01-1438, (2009)

[6] M. Kobayashi, Y. Aoyagi, T. Adachi, M. Hashimoto, T. Murayama, Y. Goto and H. Suzuki, Effective BSFC and NOx Reduction on SCD of Heavy Duty Diesel Engine by High Boosting and High EGR Rate, SAE Paper 2011-01-0369 (2009)

行事カレンダー

● SAE World Congress 2013
開催日：2013/4/16-18
開催場所：Cobo Center, Detroit, Michigan, USA
http://www.sae.org/congress/

●自動車技術会 2013 年 春季大会
開催日：2013/5/22-24
開催場所：パシフィコ横浜，横浜
http://www.jsae.or.jp/2013haru/

●第 18 回動力・エネルギー技術シンポジウム
開催日：2013/6/20-21
開催場所：千葉大学　西千葉キャンパス
http://www.jsme.or.jp/pes/Event/symposium.html

●第 11 回 全日本 学生フォーミュラ大会
開催日：2013/9/3-7
開催場所：エコパ（小笠山総合運動公園），静岡県

●日本機械学会 2013 年度年次大会
開催日：2013/9/8-11
開催場所：岡山大学　津島キャンパス，岡山
http://www.jsme.or.jp/2013am/

● 19th Small Engine Technology Conference
開催日：2013/10/8-10
開催場所：台北，台湾
http://www.setc-jsae.com/

●日本機械学会 熱工学コンファレンス 2013
開催日：2013/10/19-20
開催場所：弘前大学　文京キャンパス
http://www.jsme.or.jp/conference/tedconf13/

● SAE / KSAE 2013 International Powertrains, Fuels & Lubricants Meeting
開催日：2013/10/21-23
開催場所：ソウル，韓国
http://www.sae.org/events/pfl/

●自動車技術会 2013 年 秋季大会
開催日：2013/10/23-25
開催場所：名古屋国際会議場

●第 24 回内燃機関シンポジウム
開催時期：2013/11/26-28
開催場所：神戸大学　百年記念館，神戸市

●第 16 回スターリングサイクルシンポジウム
開催日：2013/11/30
開催場所：お台場　未来館，東京

●第 51 回燃焼シンポジウム
開催日：2013/12/4-6
開催場所：東京

第 90 期広報委員会：委員長　木戸口善行　（徳島大学，kidog[AT]eco.tokushima-u.ac.jp）
幹　事　河崎　　澄　（滋賀県立大学，kawasaki[AT]mech.usp.ac.jp）

発行年月日：2013 年 2 月 15 日（アップロード）　　組版：三美印刷株式会社
発　行　者：〒 160-0016　東京都新宿区信濃町 35（信濃町煉瓦館 5 階）
一般社団法人 日本機械学会エンジンシステム部門　TEL（03）5360-3500　FAX（03）5360-3508
（C）著作権：（2013）日本機械学会エンジンシステム部門