

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERING OF JAPAN Vol. 4 No. 3 2014

JSAE エンジンレビュー

レポート特集:

自動車技術会 2013 年秋季大会

Report of JSAE Annual Congress -Autumn- (NAGOYA)

第 24 回内燃機関シンポジウム

24th Internal Combustion Engine Symposium

第 43 回 東京モーターショー2013

The 43rd TOKYO MOTOR SHOW 2013

2013 Small Engine Technology Conference (SETC)



公益社団法人 自動車技術会

コラム : ●次世代自動車に関する議論について : 小酒英範 / 編集委員	1
On the discussions of next generation vehicles	
Report I: 自動車技術会 2013 年秋季大会	3
Report of JSAE Annual Congress -Autumn- (NAGOYA)	
青柳友三(新エイシーイー)	
金子 タカシ, 小酒 英範, 佐藤 唯史, 清水 健一,	
下田 正敏, 藤井 厚雄 (編集委員)	
Report II: 第 24 回内燃機関シンポジウム	14
24th Internal Combustion Engine Symposium	
飯島 晃良、佐藤 唯史、下田 正敏、藤井 厚雄(編集委員)	
Report III: 第 43 回 東京モーターショー2013	19
The 43rd TOKYO MOTOR SHOW 2013	
清水 健一、藤井 厚雄(編集委員)	
Report IV: 2013 Small Engine Technology Conference (SETC) 報告	22
飯島 晃良(編集委員)	

**■ 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: 飯島 晃良 (日本大学)

委員: 井上 香 (堀場製作所)

遠藤 浩之 (三菱重工業)

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)

佐藤 唯史 (ケーヒン)

清水 健一 (元産業技術総合研究所)

下田 正敏 (日野自動車)

鈴木 央一 (交通安全環境研究所)

野口 勝三 (本田技術研究所)

平井 洋 (日本自動車研究所)

山崎 敏司 (編集)

発行所: 公益社団法人 自動車技術会

発行日: 2014 年 6 月 30 日

発行人: 竹村 純 (三菱自動車工業)

〒102-0076 東京都千代田区五番町 10-2

電話: 03-3262-8211

●コラム

## 次世代自動車に関する議論について

*On the discussions of next generation vehicles*



小酒 英範  
Hidenori KOSAKA

東京工業大学  
Tokyo Institute of Technology

先日、JR 東日本前副会長の石田 義雄氏の講演を聴く機会を得た。石田氏は東工大ご出身で、学生時代はボート部に所属されていた。小生もボート部出身であり、氏は大先輩にあたる。本学と、東京外国語大学、筑波大学、東京海洋大学、防衛大学の5大学は50年以上にわたり毎年対抗レガッタを開催しており、その5大学OB懇親会において石田氏に講演を賜った次第である。「世界の鉄道の現状と日本の課題」と題する2時間の講演内容は、旧国鉄時代の組織の問題点から、国鉄改革の経緯、欧州鉄道の状況(鉄道サプライヤー集約など)、鉄道における今後の課題など、高度成長期から国鉄民営化を通過し現在に至るまでの日本の鉄道の歴史を、技術と組織の両面からとらえた貴重な内容であった。ここでは、講演の最後に話された、鉄道における今後の課題で、鉄道事業モデルの一例として取り上げていた、フランスの古都ランスにおけるLRT(Light Rail Transit、新しい形態の路面電車)事業について概要をご紹介します。ちなみに、石田氏は、この長丁場の講演において、スライドなどの映像や講演原稿などは一切用いず、聴講者にはA4用紙1枚に内容の項目を記した(目次)資料のみを配布し講演を行った。普段の映像満載の技術講演発表を聞きなれている者にとっては、一見(聴)、不親切にも思える講演であるが、氏の持っている膨大な技術と組織運営に関する知識、分かりやすい話の構成、さらに、本質をズバリと言い切る語り口により、2時間の講演時間が短く感じられるほど、講演に引き込まれ集中して聞くことができた。

なぜ、エンジンレビュー誌において、自動車と競合する交通システムである鉄道、しかも路面電車的话题を取り上げるのかと疑問を呈される読者も多いと思うが、筆者は自動車技術会の次世代自動車エネルギー委員会の取りまとめ役を仰せつかっており、当委員会では次世代自動車と自動車を利用される場としての社会・交通システムの将来像について議論していて、特に社会・交通システムの将来像を論ずるには、自動車以外の交通システムとの融合や連携に関する議論は避けられず、次世代自動車の在り方を考えるうえで参考になればと本話題を取り上げた。しかしながら、筆者は鉄道の交通システムの専門家ではなく(というか全くの素人である)、またLRTのみが将来交通システムのあるべき姿であるとは考えておらず、ここでは、ランスにおけるLRT事業の進め方、特にコンサルタシオン(concertation)と呼ばれる、フランスの公共事業における市民との合意形成の方法が、日本における交通システムの今後の在り方を議論する上で参考になると思い、紹介する次第である。

さて、国交省の平成22年度政策レビュー結果「LRT等の都市交通整備の街づくりへの効果」によれば、LRTは、従来の路面電車が高度化され洗練された公共交通システムであり、低床化などユニバーサルデザインが徹底され、外観も美しくデザイン化された車両の導入のみならず、走行路も道路路面だけでなく地下や高架、都市間鉄道乗り入れなど多様な空間を活用し速達性の向上が図られるなど、より高度な公共交通サービスを提供するために様々な工夫が施されたシステムであり、バス等との交通結節強化や沿線住宅開発などの街づくりとの連携により新たな街の賑わいを創出すると期待されるとある。輸送力や表定速度では、都市モノレールや新交通システムに代表される中量・高速度の輸送機関と、路線バス・従来の路面電車に代表される少量・低速度の輸送機関との間の領域を埋める交通システムとしてとらえられている。欧州、特にフランスとドイツでは多くの都市でLRTが導入されている。LRTは都市機能の拠点を結ぶ住民に最も身近な交通システムとして位置づけられており、また、訪問者に対しては都市の顔となるような交通システムでもあり、ランスのような観光地では商業的にも重要であろう。石田氏の講演の中で、ランスにおけるLRT導入では、街の景観を保つために、APSと呼ばれる地表集電で地上架線の無いシステムを導入するだけでなく、そのほかの電気、ガス、通信などのインフラについても、一括して整備し、何度も地面を掘り返すことなく、都市機能を整備したと説明された。したがって、交通システムだけでなく、そのほかのライフラインの敷設も一括して工事発注がなされたことになる。ランスのLRT経営は、コンセッションと呼ばれる、建設から運営までを民間へ譲渡する形式をとっており、ランス市はマルス(MARS)社にバスと

トラムを含む公共交通導入の開発、建設、オペレーションを含む 35 年にわたる業務を依頼したそうである (<http://www.fujii.fr/blog/?cat=42>)。投資は、交通税と国からの補助以外は、マルス社、車両メーカーのアルストム (Alstom) 社、民間交通サービス事業者のトランスデヴ (Transdev) 社により分担された (<http://www.fujii.fr/blog/?cat=42>) とある。我国と異なり、欧州ではオペレーション (列車運行) とインフラ (線路、信号等) 管理が分離経営されるのが通常であり、ランスの TRL 経営もこの上下分離経営の一形態である。

前述のような、ライフライン整備まで含めた事業であり、行政と市民間の合意形成が重要であることは言うまでもないことで、市民との合意形成にコンサルタシオン (concertation) と呼ばれる方法がとられている。コンサルタシオンでは、以下の 3 段階を通して行政と市民が同じ情報を共有し議論することで両者間の合意形成がなされる。しかし、最終的な意思決定は市長が執り行う。

第 1 段階: 事前協議と呼ばれ、事業計画中に行われる。主な目的は市民への情報開示であり、市役所が主催する。市民に事業を説明し十分に理解してもらう段階である。この段階で大きな反対が無ければ第 2 段階へ進む。

第 2 段階: 公的審査と呼ばれ、行政とは独立した審査委員会が設置され、市民に計画を提示し、意見を収集する。審査委員会は市民の意見と委員会の考えを報告書にまとめる。

第 3 段階: 工事中に実施される工事に関する情報公開

他の都市ではあるがストラスブールの LTR 事業では、行政と市民間における説明と議論が 500 回以上実施されたそうである (都市再生フォーラム「路面電車の活性化とコンパクトな街づくり」平成 19 年 2 月、アラン・メネー氏富山講演会実施委員会資料より)。

以上の合意形成の過程では、交通システムの導入に対して、使う側の視点が重視されていること、単なる交通システムではなく、まちづくりも含めた上位概念による計画策定がなされており、使う側には一個人の利便性向上だけでなく、都市の在り方についての意見も求められること、などが特色として思い当たる。これらのことは交通システムの将来像を議論する上でも考慮すべき点であろう。エンジンレビューのコラムとして、鉄道 (電車) の話題は相応しくないとと思われるであろうことは、既に記した。LRT に関する情報においても、資料の題目や冒頭に、「脱車社会のために」といった言葉が多く見られた。しかし、これはすべての都市や領域に当てはまることではないと考える。鉄道に対する自動車の最大の利点の一つは、ユーザーが好きな時に好きな場所へ移動できることであり、鉄道でこの利便性を得るのは困難である。自動車を使う必要と場について、(これまで使われていない領域に拡大することも含めて、) 明確化することで、自動車の新しい価値が見えてくるのではないかと思う。これまでの個人を対象とした車づくりから、交通システムの要素としての車づくりへ向うのは流れの一つであり、ICT 技術の車両への導入はこれを加速するであろう。最後に、自動車を使う側にも、新しい交通システムを形成する責任があると考え、一個人の利便性追求を超えた上位概念が無ければまちづくりには参加できない。次世代自動車の将来像の創出には、自動車を作る側と使う側の両方に、大きな宿題が出されている。

# 自動車技術会 2013 年秋季大会

Report of JSAE Annual Congress -Autumn- (NAGOYA)

日時：2013 年 10 月 23 日（水）～10 月 25 日（金）

会場：名古屋国際会議場

主催：公益社団法人自動車技術会

青柳 友三（新エシイー）

金子 タカシ, 小酒 英範, 佐藤 唯史, 清水 健一, 下田 正敏, 藤井 厚雄（編集委員）

Yuzo AOYAGI (NACE)

Takashi KANEKO, Hidenori KOSAKA, Tadafumi SATO, Ken-ichi SHIMIZU, Masatoshi SHIMODA, Atsuo FUJII

(JSAE ER Editorial Committee)

## 1 ガソリンエンジン

「ガソリン燃焼」および「新型エンジン」では、自動車メーカーや研究機関から、熱損失低減やノッキング抑制などによる熱効率向上を目指した研究開発や、気体燃料のエンジンに関する独自の高い研究テーマが発表された。その中から 3 件の講演を紹介する。

喜久里ら<sup>1-1)</sup>は、燃焼室壁面への熱伝達による熱損失に着目し、この低減が火花点火エンジンの熱効率向上に寄与する可能性を数値計算により検討している。図 1-1 は、1 サイクルにおけるシリンダヘッドとシリンダライナの壁面温度挙動であり、壁面全体に形成される断熱膜厚さの影響を示している。尚、エンジン回転数が 1200rpm、図示平均有効圧が約 200kPa の運転条件における計算結果である。この図より、通常の壁面（断熱膜厚さ 0mm）と比較して、断熱膜を形成することで壁面温度の振幅が大きくなり、その厚さが増すに伴って高温側で推移する。このような壁面温度挙動の影響を示したものが図 1-2 であり、断熱膜厚さに応じて、燃焼室壁面への熱伝達による熱損失の低減率は増大し、点火時期を MBT に進角できる断熱膜厚さでは、熱損失の低減に伴って熱効率が向上する結果を得ている。但し、ノック限界により MBT に進角できない断熱膜厚さでは、熱損失低減に応じた熱効率向上は得られず、高負荷条件として併記されている図示平均有効圧 700kPa 相当の計算結果では、熱損失低減が熱効率向上に余り寄与していない。以上のことから、断熱膜は効果が見込める最小限の厚さが望ましいと結論付けている。

ガソリン直噴エンジンのノッキング抑制による熱効率向上を狙い、津田ら<sup>1-2)</sup>は圧縮行程後半の遅角噴射コンセプトを報告している。このコンセプトを実現するために、ディーゼル用のインジェクタを流用することで燃料噴射圧を 40MPa とし、図 1-3 に示すようなシングルコーン噴霧（噴射傘角 90deg）と、ダブルコーン噴霧（同 80deg および 105deg）を設計している。図 1-4 は、単気筒エンジンの試験結果を示しており、Base piston（キャビティ径 62mm）と Small cavity piston（同 52mm）に、上記の噴霧を組み合わせた場合を比較している。Base piston にシングルコーン噴霧を組み合わせた場合の正味平均有効圧 BMEP は、参考で示されているポート噴射より低下しているが、Small cavity piston にダブルコーン噴霧を組み合わせることで、噴射開始時期 50degBTDC において、吸気行程噴射よりも向上している。これはノッキング抑制により、燃焼質量割合 MFB50%時期が 4deg 進角した効果として表れており、コンセプトの有効性を示唆している。一方、燃料噴霧の気化潜熱による筒内混合気の冷却効果が、蒸発不足で得られていないことにも言及しており、更なる改善の可能性があるとして述べている。

竹村ら<sup>1-3)</sup>は、CNG エンジンの熱効率向上に必要な混合気形成の要件として、主燃焼期間が短い量論空燃比の混合気を均質に供給することを明らかにした上で、その要件を実現する吸気ポート内への燃料供給方法を検討している。図 1-5 は、圧縮上死点における混合気の均質性を数値計算により求めた結果であり、吸気ポート内の燃料分布が及ぼす影響を比較している。この図より、吸気ポート内に量論空燃比となる燃料分布で供給する場合は、最も高い均質

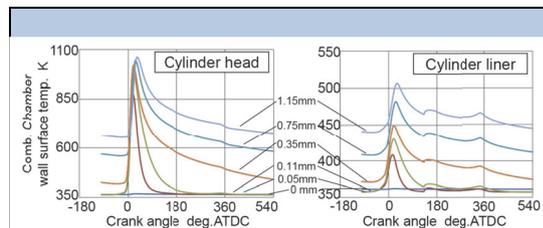


Figure 1-1 Traces of combustion wall surface temperature

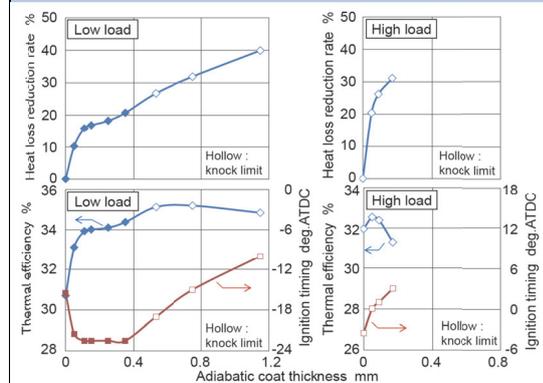


Figure 1-2 Heat loss reduction rate and thermal efficiency corresponding to the adiabatic coat thickness (left : low load, right : high load)

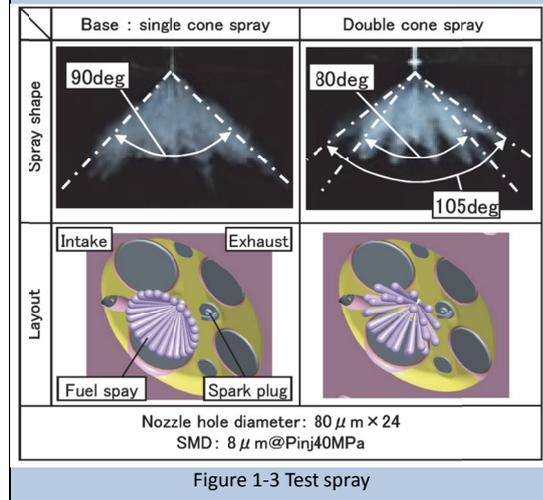


Figure 1-3 Test spray

性を示し、吸気ポート下流や上流に偏った燃料分布で供給すると、均質性は低下している。加えて、吸気ポート間の燃料分布に偏りが生じて、圧縮上死点における混合気は不均質になる結果を得ており、インジェクタから噴射された燃料噴流が速やかに空気を取り込み、拡散することの重要を見出している。その指針として、噴流表面積に対する噴流内の空気量を図 1-6 に示しており、インジェクタの噴射圧が低いほど、若しくは噴口面積が小さいほど、噴流表面積は増大し、比例して噴流内の空気量も増加している。これを踏まえた噴射条件でエンジン試験を行い、熱効率向上に有効であると述べている。(佐藤)

## 【参考文献】

- 1-1) 喜久里陽, 草鹿仁, 大聖泰弘: 数値シミュレーションモデルによる火花点火エンジンの熱効率向上に関する研究, 自動車技術会 2013 年秋季大会, No.117-13(2013)
- 1-2) 津田里志, 吉松昭夫, 柏倉利美: 高圧燃料噴射システムによるガソリン直噴エンジンのノック改善, 自動車技術会 2013 年秋季大会, No.117-13(2013)
- 1-3) 竹村優一, 和田実, 溝淵剛史, 河野正顕: CNG 燃料の燃焼効率向上に向けた混合気形成要件の検討, 自動車技術会 2013 年秋季大会, No.116-13(2013)

## 2 ディーゼル燃焼

早稲田大学大学院・足立らは「燃料噴射圧力の高圧化がディーゼル噴霧火炎中の微粒子生成過程におよぼす影響」<sup>2-1)</sup>と題して講演を行った。微粒子の排出を効果的に低減するためには、その発生過程の詳細な理解が不可欠であり本研究では KIVA-4 に CHEMKIN-II パッケージ内の各種サブルーチンを組み合わせたコードを用い、燃料噴射圧力の高圧化に伴う噴霧発達過程の変化が微粒子の生成過程に及ぼす影響について解析した。Soot モデルは、主に前駆物質の成長、核形成、表面成長反応、表面酸化反応、衝突・凝集の一連の過程をモデル化する現象論的 Soot モデルを用いた。計算条件を表 2-1 に示す。燃料は  $C_7H_{16}$  80%,  $C_7H_8$  20%である。

図 2-1 に、噴射圧力 70MPa, 140MPa のにおける熱発生率と  $NO, OH, C_2H_2$  の質量の時間履歴を示す。図より、噴射圧力が高い条件では、噴射終了後に熱発生が速やかに衰退して燃焼を終えていることや、OH の質量が終始高い水準を維持する事、表面成長物質である  $C_2H_2$  は後燃え期間中に速やかに減少し、同時刻の 70MPa の結果より低くなることわかる。

図 2-2) に、Soot の質量と質量の変化率の時間履歴をそれぞれの噴射圧力条件ごとに示す。質量変化率は  $d[c]/dt$ , 添え字は net が正味, NC が核形成, SG が表面成長,  $O_2$  が  $O_2$  による, OH が OH による を意味する。Soot の質量の時間履歴より、一旦増大する質量が減少傾向に転じ、やがてその変化が緩やかになっており、これは噴射圧力によらず同一傾向である。Soot の質量変化率の時間履歴から、非定常噴霧燃焼における Soot の生成と酸化過程は以下のように考えられる。Soot の質量の変化は、表面成長反応を主体に顕著な増大傾向を示した後、同時に進行する OH による表面酸化反応が活発になるにつれて次第に緩やかになり、燃料噴射終了後、速やかに減少傾向に移行する。これ等は、噴射圧力が高いほど顕著であり、図 2-1 の  $C_2H_2, OH$  の質量の時間履歴と対応している。また図から Soot の酸化は、 $O_2$  よりも OH によるものが強く、噴射圧力の影響は  $O_2$  によるものより OH による酸化過程に大きく寄与している。

図 2-3 に、0.1 ごとに区分した当量比条件において、OH による酸化速度を総和し燃焼室全体の総和値で規格化した値を 70MPa と 140MPa で比較する。条件は、噴射開始後、2.0 ms 後の拡散燃焼中期である。OH による酸化反応が活発に起こる霧困気条件は、噴射圧力によらず当量比が 0.8~1.5 の間に有り、噴射圧力がより高い 140MPa の条件では、高当量比側にシフトしている。

図 2-4 に、拡散燃焼中期  $\tau=2.0$  ms, 後期  $\tau=3.4$  ms, 後燃え期間中  $\tau=4.0$  ms の Soot 濃度,  $O_2$  による酸化速度, 温度と当量比の空間分布(当量比分布は  $\tau=2.0$  ms のみ)を示す。図より、OH による酸化反応は、噴霧外周の馬蹄形の高圧反応帯に沿って、噴霧の上流域から先端にかけての広範な領域でほぼ同水準の反応速度で進行するのに対して、 $O_2$  による酸化反応は、高温反応帯の上流側と先端、そして噴霧上流域の噴霧内部で主に進行していることが見て取れる。また噴射終了前後の  $\tau=3.4$  ms, 4.0ms の分布から、噴射終了直後に噴霧上流域から進行する OH による酸化反応は、噴射圧力が高い条件でより急速に進行し、Soot を酸化する

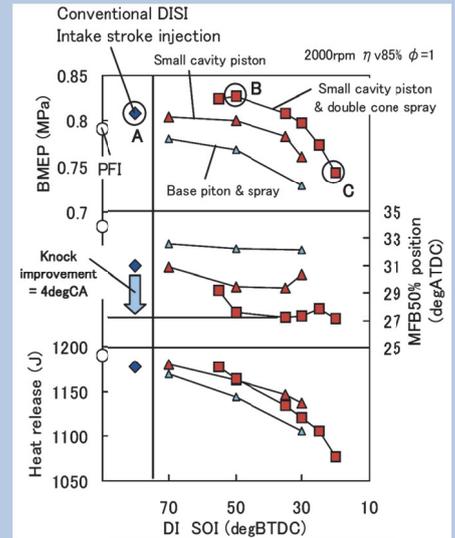


Figure 1-4 Effect of piston & spray

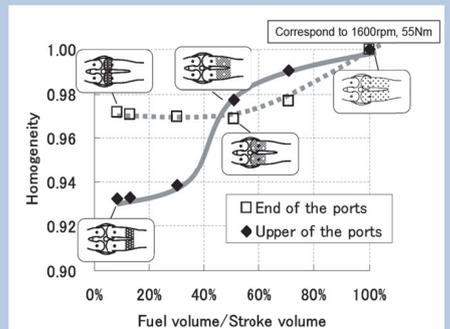


Figure 1-5 Effect of fuel supply period

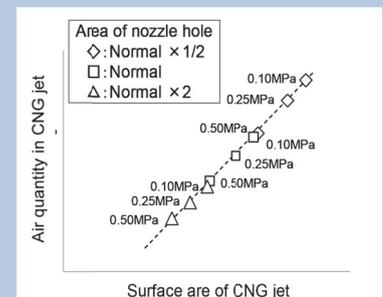


Figure 1-6 (CFD) Air quantity in CNG jet

Table 2-1 燃焼計算の条件

Ambient temperature	K	900
Ambient density	kg/m <sup>3</sup>	30
Ambient gas composition	%	N <sub>2</sub> = 79, O <sub>2</sub> = 21
Nozzle hole diameter	mm	0.185
Injection pressure	MPa	70, 140
Injection duration	ms	3.5
Fuel	%	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> = 80, C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> = 20

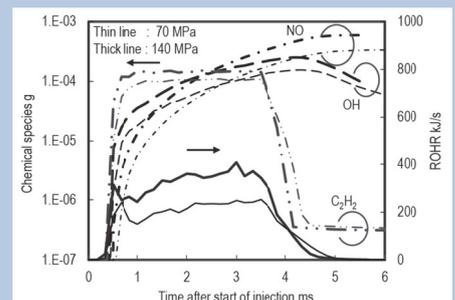


Figure 2-1 燃料噴射開始からの熱発生率, 各種気相化学種の時間履歴

様子を見て取れる。これらから、著者らは微粒子の効果的な低減手法として高圧噴射とマルチ噴射の組み合わせの可能性を示唆している。

Sootの生成と酸化という重要で困難な課題に挑戦した研究であり、生成と酸化がバランスが取れているが、この結果が本コードによる特有な結果なのか、一般解なのか今後の研究、および他研究機関の研究に注目したい。

新エイシーイー・福永らは「大型単気筒過給エンジンを用いた可変バルブ制御の効果」<sup>(2-2)</sup>と題して講演をおこなった。更なる燃費改善を検討するため大型単気筒外部過給機付きエンジンを用いてサバテサイクルにおけるミラーサイクル効果により熱効率向上の可能性を検討した。

図2-5に今回検討するサバテサイクルにおける圧縮比と膨脹比が異なる場合のP-V線図を示す。幾何圧縮比  $\varepsilon = V_0 / V_2$ , 有効圧縮比  $\varepsilon_c = V_2 / V_1$ , 有効膨脹比  $\varepsilon_{ex} = V_2 / V_5$ , 比熱比  $\kappa$ , 爆発度  $\rho = P_3 / P_2$ , 締め切り比  $\sigma = V_4 / V_3$ , 有効圧縮比と有効膨脹比の比率  $\alpha = \varepsilon_{ex} / \varepsilon_c$  を用いて 理論熱効率  $\eta_{th}$  は式(1)で表現される。また  $\alpha$  は式(2)  $\rho$ ,  $\sigma$  は式(3)のように表現される。

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\varepsilon_c^{\kappa-1}} \cdot \frac{(\rho \sigma^{\kappa} \varepsilon_c^{\kappa-1} \varepsilon_{ex}^{-\kappa+1}) - (\varepsilon_{ex} \varepsilon_c^{-1}) + \kappa(\varepsilon_{ex} \varepsilon_c^{-1} - 1)}{\rho - 1 + \kappa(\sigma - 1)}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\varepsilon_c^{\kappa-1}} \cdot \frac{\alpha^{-1}(\rho \sigma^{\kappa} \alpha^{\kappa} - 1) + \kappa(\alpha^{-1} - 1)}{\rho - 1 + \kappa(\sigma - 1)} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{\varepsilon_{ex}}{\varepsilon_c} = \rho^{\frac{1}{\kappa}} \cdot \sigma \quad (2)$$

$$\rho = 1 + \frac{x \cdot q_1}{G \cdot C_v \cdot T_1 \cdot \varepsilon_c^{\kappa-1}} \quad (3)$$

$$\sigma = 1 + \frac{(1-x) \cdot q_1}{\kappa \cdot G \cdot C_v \cdot T_1 \cdot \varepsilon_c^{\kappa-1} \rho}$$

\*Xは供給熱量割合を示し、Gは動作ガス質量を示す。

これらの理論計算結果は図2-6、図2-7に示されている。式(1)から爆発度1.27, 締め切り比1.11, 比熱比1.28を一定にした条件における膨脹比 / 圧縮比率 ( $\alpha$ ) に対する熱効率の変化を図2-6に示す。有効圧縮比を増加させた場合には熱効率が向上している。また  $\alpha = 1.33$  で熱効率が最大になる。図2-7に締め切り比だけを1.5に変化させた場合を示す。締め切り比の増大に伴い、理論熱効率の極大値を取る膨脹比 / 圧縮比率は高い側にシフトする。

次に、油圧式カムレス可変バルブの大型単筒エンジンにて検証実験を実施し次のような結論を得た。

1. 理論式通りに膨脹比 / 圧縮比率を上げるとグロスの図示熱効率は増加する。
2. 完全膨脹までの膨脹比 / 圧縮比率は爆発度, 比熱比, 締め切り比によって表現され、爆発度, 締め切り比が低い方が完全膨脹までの膨脹比 / 圧縮比率が低くなる。
3. 有効圧縮比同一で、幾何圧縮比を増加させ有効膨脹比を拡大した事による熱効率改善効果が確認された。
4. ディーゼル燃焼における高負荷条件のように、締め切り比が大きく等容量が低い場合においては、有効圧縮比を低減させても図示熱効率は低下しにくい。正味熱効率としては機械損失の低減も考え、有効圧縮比を低減させ膨脹比を拡大した方が機械損失低減により熱効率を向上させることが可能になる。

いすゞ中央研究所・石川は「吸気温度がディーゼルエンジンの機関性能に与える影響にする研究」<sup>(2-3)</sup>と題して講演を行った。本研究では、EGRが適用された低NOx排出条件にてエンジン実験を行い、燃焼解析や熱収支解析を行うことで、吸気温度がディーゼル燃焼と機関性能に与える影響を解析した。

供試エンジンの諸元を表2-2に示し、過給システムの概略図を図2-8に示す。市販エンジンをベースとした研究用の排気量3L, 直列4気筒DIディーゼルエンジンであり、コモンレール燃料噴射装置、過給冷却装置付きの過給機を備えている。本エンジンはベースエンジンに対して、排出ガス低減のため吸気スワールの向上、燃料噴射弁の仕様変更の改良を行っている。EGRシステムは、排出ガス中のすすや未燃排出排出ガスを触媒付きDPFで除去した後に吸気コンプレッサ上流に排出ガスを還流させるいわゆる低圧EGRシステムを採用した。EGRガスは、吸気温度に近くなるように工業用水を使ってEGRクー

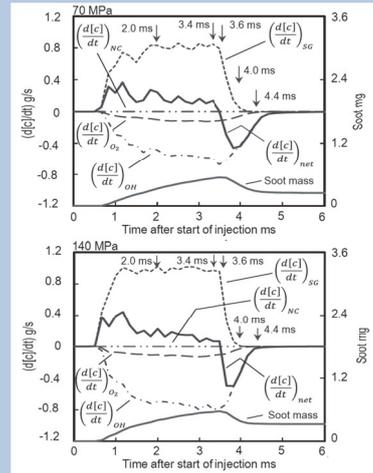


Figure 2-2 Sootの質量と質量変化率の時間履歴 (上図 70MPa, 下図 140MPa)

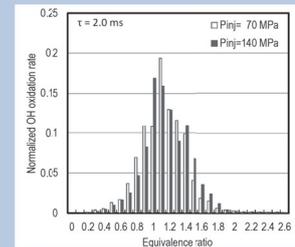


Figure 2-3 各当量比条件における、噴射圧力がOHによる酸化速度に及ぼす効果

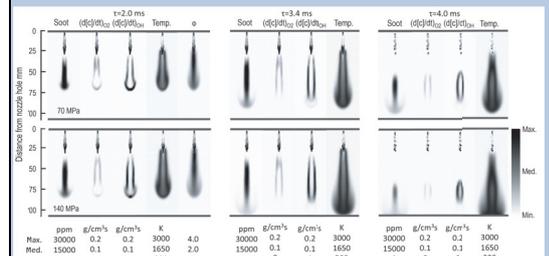


Figure 2-4 各噴射圧力における、Soot濃度、O<sub>2</sub>による酸化速度、OHによる酸化速度、雰囲気温度、当量比の空間分布の時間経過

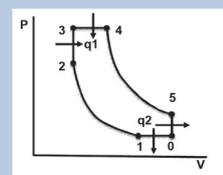


Figure 2-5 理想的なサバテサイクルのP-V線図

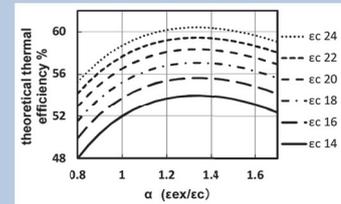


Figure 2-6 熱効率に及ぼす  $\varepsilon_{ex} / \varepsilon_c$  の効果 ( $\rho = 1.27, \sigma = 1.11$  で一定)

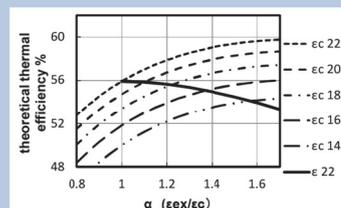


Figure 2-7 熱効率に及ぼす  $\varepsilon_{ex} / \varepsilon_c$  の効果 ( $\rho = 1.27, \sigma = 1.5$  で一定)

ラで冷却した。この EGR システムの特徴は、新気と EGR ガスの混合ガスを過給するので、エンジンへの吸気温度の調整を CAC のみでできることと EGR 率を変化させた状態においてもコンプレッサを通過するガス量をほぼ一定となるためにターボチャージャによるポンピング損失を一定にできることである。

図 2-9 にエンジン回転数 1600rpm, BMEP 922kPa の運転条件において EGR 率を変化させて NOx 排出量を変化させたときの熱収支解析結果を示す。低 NOx 化すると正味仕事割合が低下する。ポンピング損失と機械損失はほぼ変化がなく、冷却損失割合が低下し排気損失割合と未燃損失が増加している。エンジン性能試験結果を図 2-10 に示す。本試験では、過給圧を一定として試験を行ったので、EGR 率の増加とともに新気量は減少してラムダや吸気 O<sub>2</sub> 濃度が低下する。低 NOx 側では、ラムダの低下によってスモーク排出が増加しており、また正味燃料消費率が増加している。図 2-11 に燃焼における特性値 (筒内圧最大値 Pmax, 圧力上昇率の最大値 ((dp/dθ) max), 等容度, 燃焼開始時期 (Start of combustion: SOC) および燃焼終了時期 (End of combustion: EOC) を示す。SOC は、燃焼解析装置で計測した総発熱量の 5%が発熱した時期であり、EOC は 95%が燃焼した時期である。低 NOx 化により SOC が遅くなるとともに燃焼期間が長くなっており、等容度が低下している。この原因は、酸素濃度の低下により燃焼速度が低下する影響と思われる。BSFC の悪化も同様に燃焼期間の増加による等容度低下が原因のひとつであると考えられる。

図 2-12 にエンジン回転数 1600rpm, BMEP 922kPa の運転条件における NOx 排出量 2.0g/kWh の吸気温度を変えた熱収支結果を示す。吸気温度が増加すると正味仕事割合が低下する。ポンピング損失と機械損失はわずかに低下している。冷却損失割合がわずかに低下して排気損失割合が増加している。吸気温度増加に伴う正味仕事の減少は主に排気損失の増加によるものである。吸気温度を変化させた場合のエンジン性能試験結果を図 2-13 に示す。本試験では、過給圧を一定として試験を行ったので、吸気温度の増加とともにエンジンに吸入されるガス密度が低下し、質量流量が減少する。その結果、ラムダが低下しスモークの排出が増加する。また吸気温度が増加するとともに BSFC が増加する。吸気温度が 41℃と 73℃の条件における燃焼特性図を図 2-14 に示す。吸気温度が増加すると Pmax は低下し燃焼開始時期にはあまり変化がないが燃焼終了時期が遅くなっている。さらに筒内圧の上昇率の最大値が小さくなり等容度が減少している。上記した EGR の結果と比べて、燃焼期間や等容度の変化が BSFC の悪化率に及ぼす影響が大きく、筒内ガスが行った熱機関サイクルが熱効率に影響を与えているものと考えられる。

吸気温度が熱機関の効率に与える影響について、本研究実験結果を基に考察を行った。図 2-15 に示すようなオートサイクルを仮定して熱効率を算出した。ここでは比熱比 (κ) や定積比熱 (Cv) は行程により異なるとして実験結果から値を求めた。そしてオートサイクルの熱効率 η は次式で表される。

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Cv_2 * (T_4 - T_1)}{Q_1} \quad (1)$$

EGR 率と吸気温度を変更した実験結果から求めたサイクル中の特性値を表 2-3 に示す。これらの値を用いてオートサイクルの熱効率を算出した。幾何学的圧縮比 (V<sub>1</sub>/V<sub>2</sub>) は 17.5 とした。図 2-16 に圧縮工程中の比熱比 (κ<sub>1</sub>) に対するオートサイクルの熱効率の計算結果、実験結果の正味熱効率、吸気温度 (T<sub>1</sub>)、および TDC の定積比熱 (Cv<sub>1</sub>) の関係を示す。オートサイクルの熱効率は、κ<sub>1</sub> と良い相関があることが分かる。EGR をふった試験結果については、T<sub>1</sub> は同一であるが EGR によりガス組成が変化することで κ<sub>1</sub> が変化している。実験で計測された正味熱効率については、κ<sub>1</sub> に対して概ね相関が得られており、熱効率に与える比熱比の影響が大きいことが分かる。

ディーゼルサイクルをオートサイクルで近似して EGR, 吸気温度の影響が正味熱効率に及ぼす効果を解析し、比熱比の低下が燃料消費率の増加に関連していることを結論づけた。(下田)

### 【参考文献】

2-1) 足立隆幸, 児玉貴義, 中山隆雄, 草鹿仁, 大聖泰弘: 燃焼噴射圧力がディーゼル火炎

Table 2-2 テストエンジン諸元

Engine type	Inline 4 cylinders DI diesel
Valve train	DOHC 4 valves (2 inlet / 2 exhaust)
Bore x Stroke	95.4 x 104.9 [mm]
Displacement	2,999 [cm <sup>3</sup> ]
Compression ratio	17.5 [-]
Injection system	Common Rail System
Injection nozzle	7 holes, 620 [cc/30sec @ 10 MPa]
Air-charging system	Variable geometry turbocharger
EGR system	Clean cooled low pressure system

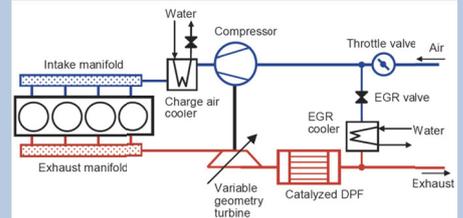


Figure 2-8 エンジンテストシステムのレイアウト

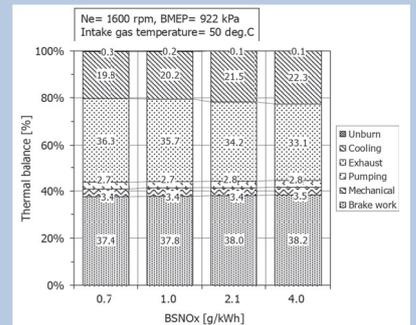


Figure 2-9 各種 NOx 値での熱収支解析結果

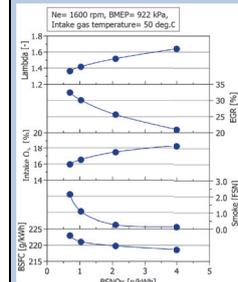


Figure 2-10 各種 NOx 値でのエンジン性能テスト結果

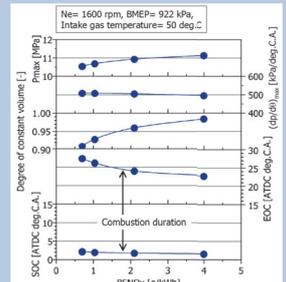


Figure 2-11 各種 NOx 値での燃焼解析特性値

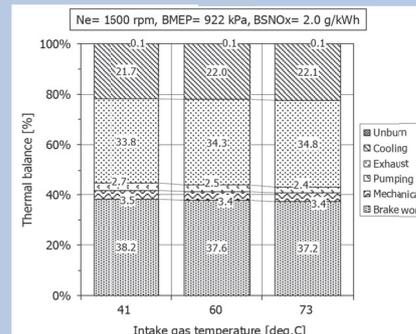


Figure 2-12 熱収支に及ぼす吸気ガス温度の効果

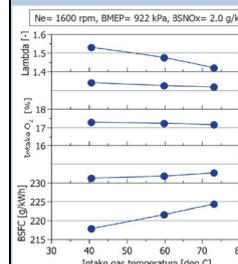


Figure 2-13 エンジン性能に及ぼす吸気ガス温度の効果

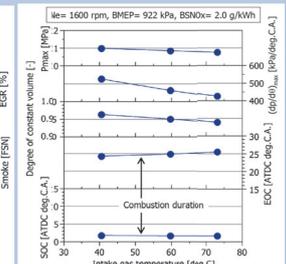


Figure 2-14 燃焼解析特性値に及ぼす吸気ガス温度の効果

中の微粒子生成過程に及ぼす影響, 自動車技術会 2013 秋季大会講演前刷集, No.113-13, (2013)

2-2) 福永聡, 長田英朗, 島田一昭, 岡本毅, 内田登: 大型単気筒過給エンジンをを用いた可変バルブ制御の効果, 自動車技術会 2013 秋季大会講演前刷集, 114-13 (2013)

2-3) 石川直也: 吸気温度がディーゼルエンジンの機関性能に与える影響に関する研究, 自動車技術会 2013 秋季大会講演前刷集, 114-13 (2013)

### 3 EV, HEV

今大会では, “EV・HEV”または“EV・HV”を冠した 4 セッションのほかに“非接充電システム”と“電池”の EV・HEV 関連の 2 セッションと EV・HEV の運用による環境改善効果に着目した“環境システム”の合わせて 7 セッションが設けられ, 電動車両関連の発表件数が目立ったが, そのうち 5 セッションが主に要素に関するもので, 電動車両開発の本格化を感じた。対象が広範であるので, ここではここ 2 年ほどのトレンドの一つである大型貨物 HEV に関する発表と PHEV の開発に向けた流れのトレンドである新たな HEV を紹介する。

須永は, 春の大会で発表されたアコード PHEV<sup>(3-1)</sup>とパワートレインが同一のアコード HEV の 2 モータハイブリッドシステムパワートレインの効率を高めるための制御について述べた<sup>(3-2)</sup>。構成は図 3-1 に示すように, 最近幾つかの発表のあるシリーズ HEV にエンジンで直接駆動するモードを付加した構成で, 電池で駆動の EV モード, エンジンで発電した電力で駆動する(シリーズ) HEV モードに加えて, エンジンと駆動モータによるパラレル HEV 構成のエンジン駆動モードの 3 モードがある(図 3-2 参照)が, エンジンと発電機の双方に自由度がある HEV モードとエンジン駆動モードで, 効率の差が大きいエンジン効率を高い状態で制御する手法について述べた。走行速度によってエンジン回転数が一意に決まるエンジン駆動モードでは, 発電機の負荷を調整することでエンジン出力を燃費良好状態に維持し(図 3-3 の左右方向矢印), エンジン・発電機の双方の回転数に自由度がある HEV モードでは, 発電機の回転数をエンジン効率の良い範囲に制御したうえで, エンジン出力を燃費最大動作線上に維持する(図 3-3 の上下方向矢印)ことで発電や走行の効率を支配するエンジン効率を最大にしている。結果として電池の SOC(充電状態)が変動するので, 間歇的に EV モードを実施することで SOC が HEV 用電池として理想的な状態になるように維持する。これらの方法によって, JC08 モード燃費が 30km/L という良好な燃費性能を確保できたとしている。

従来, HEV は短距離での加減速の頻度が高い都市内走行で効果が高く, 高速道路の長距離移動が中心の大型貨物車には向かないとされてきたが, 高速道路では緩勾配が連続する例が多いことから, 走行抵抗の充分な低減を条件に, この緩勾配での位置エネルギーの回生による大型貨物 HEV の優位性が議論されて来た。今回はこれに関する実証を含む発表が 2 件あった。

町田らは, 環境省の地球温暖化対策技術開発・実証研究事業での成果として, これまで棄てていたブレーキエネルギー, 排気エネルギー, エンジン冷却水エネルギーなどを積極的に回収することで省エネルギーを図った大型 HEV トラックシステムの構成と試験結果を発表した<sup>(3-3)</sup>。システムは貨物車で一般的なパラレル HEV と自動化マニュアル変速機の組み合わせであるが, 高速走行時の回生とアシストが主体であるため, 電動機は FW ケース内ではなく変速機の後方に設置されている(図 3-4 参照)。改善の第一ステップとして, 回生時にエンジンを切り離す様に変速機のシーケンスを組むことによってエンジン引き摺りトルクによる損失を除去している。次のステップとして, 長い下り坂で発生する位置エネルギーを充分回収し, 次の登り坂でこれを無駄なく利用するために電池容量の向上(30kWh)と電動機の連続定格の向上(100kW)を図ったうえで, 道路勾配情報と自車位置情報を参照して, 限られた電池容量でエネルギーのより効率的な回収と使い切りを実現している。具体的には道路勾配情報・自車位置のほかに, これから走行する道路での回生/アシストタイミングとその大きさの決定等を実施している。

9L エンジン搭載の大型 HEV トラックを用いて, この 2 ステップの効果を平坦路の多い高速道路で確認した結果, ベースの HEV の改善率約 9% に対して, 回生時のエンジン切り離して 11% に, 回生とアシストのスマート化までの付加で 12% の改善が図られ, 坂の多い路線の例では 16% の改善が確認されたとしている。

さらに, この HEV 効果をより有効にする手段として, i) 小排気量化, 二段加給システム, DL EGR, 超高压燃料噴射新形状燃焼室による高出力低燃費エンジンの採用で 7.5%, ii) 図 3-5 の

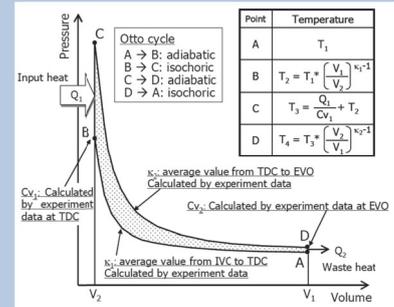


Figure 2-15 本研究で考慮したオットーサイクルの模式図

Table 2-3 熱効率計算に用いた入力パラメータ

Test #	BSNOx g/kWh	T <sub>1</sub> K	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	Cv <sub>1</sub> J/K	Cv <sub>2</sub> J/K	Q <sub>1</sub> J
1	4.0	323.5	1.3675	1.2949	1.158	1.265	1810
2	2.1	322.9	1.3660	1.2928	1.164	1.278	1818
3	1.0	322.7	1.3645	1.2909	1.175	1.295	1829
4	0.7	323.0	1.3640	1.2901	1.184	1.307	1847
5	2.0	346.3	1.3630	1.2887	1.128	1.251	1859
6	2.0	332.9	1.3647	1.2913	1.150	1.266	1836
7	2.0	313.7	1.3675	1.2948	1.189	1.300	1808

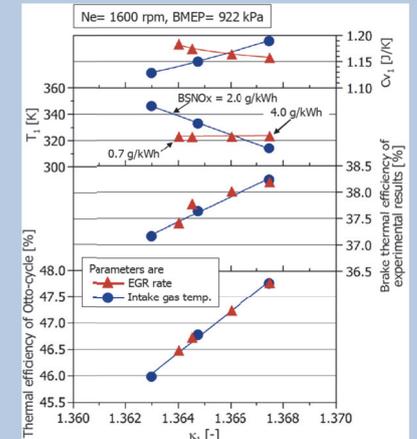


Figure 2-16 圧縮行程中の比熱比 ( $\kappa_1$ ) と熱効率の関係

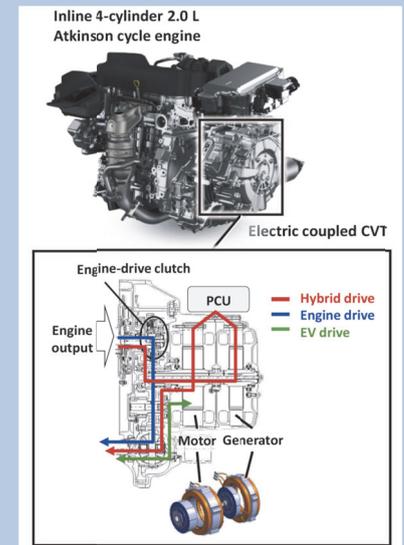


Figure 3-1 Two-motor hybrid powertrain

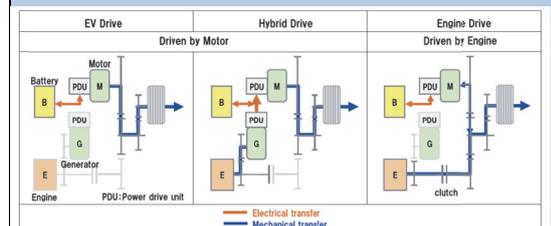


Figure 3-2 Three drive modes

ランキンサイクル発電による廃熱エネルギーの電力回収により 7.5%の燃費改善が確認でき、iii)これらによる後処理装置の低温化を補う尿素 SCR ヘオゾン発生器によってアンモニアとの反応性の高い NO<sub>2</sub> を供給することによって、71%の NO<sub>x</sub> 低減を確認できたとしている。これらの機能を総合した試験でも個々の試験結果と同様の効果が確認できたとしている。

高橋らは、同様に高速道路走行時の大型 HEV トラックの位置エネルギー回収効果をも高める制御手法について述べた<sup>3-4)</sup>。小型 HEV で一般的な、図 3-6 に示す電動機を変速機前に設置したパラレル HEV ベースの動力切り換え方式複合型 HEV システムで、できるだけ小さなバッテリー容量を効果的に利用できる制御パラエータをシミュレーションによって求める手法について述べた。各構成要素の制御ロジックが互いの効果に影響を与えあうため、個別の制御ロジックを連成したシミュレーションによって、各コンポーネントが担うエネルギー収支に着目した検討をしている。例えば、有効に利用できる再生エネルギーは電動機の推進/回生出力比に依存し、図 3-7 に示すとおりある比で極大値を持つが、極大値を示す比はバッテリー保護ロジックによって大きく異なることが分かる。この手法で表 3-1 に示す車両の最適化された仕様を求め、これにしたがって試作した車両でのシャシダイナモメータ試験によって、シミュレーションと整合のとれた結果を得た。更に東名高速道路の東京-小牧間での公道試験を複数回実施し、伴走した従来車両に対して目標の 10%燃費改善を達成した。

この 2 件は、高速道路走行が主体の大型 HEV トラックは 10%程度の燃費改善が期待でき、改善率としては乗用車の 100%に比べて小さいものの大型貨物車の燃料消費量の絶対値が大きいので HEV 化が有意義であるとしている。(清水)

### 【参考文献】

- 3-1) 上村孝史, 片桐敏勝(本田技術研究所): 新型プラグインハイブリッドシステムの開発, 自動車技術会 2012 年秋季学術講演会前刷集, No.58-13(2013)
- 3-2) 須永義弘(本田技術研究所): 新開発 2 モーターハイブリッドシステム用パワートレイン制御の開発, 自動車技術会 2013 年秋季学術講演会前刷集, No.147-13(2013)
- 3-3) 町田耕一, 安井博文, 益田 哲, 中島 大, 濱口孝一, 飯窪将太郎, 古川卓俊, 佐藤信也, 津曲一郎, 川田吉弘(日野自動車): 大型トラック用 HEV システムの研究, 自動車技術会 2013 年秋季学術講演会前刷集, No.147-13(2013)
- 3-4) 高橋英行, 古宅史和, 佐川晋也, 赤尾圭一, 石井源一郎(三菱ふそうトラック・バス): 大型 HEV トラックの高速走行における燃費改善可能性の検討, 各種電動車両に搭載したリチウムイオン蓄電池の許容劣化度に関する検討, 自動車技術会 2013 年秋季学術講演会前刷集, No.147-13(2013)

## 4 燃料と反応

JX日鉱日石エネルギーの佐川らは「新セタン指標の構築」<sup>4-1)</sup>について発表した。

軽油の着火性の指標として、日本を含む多くの国で規格に採用されているセタン指数は、密度(@15°C)、10%留出温度(T10)、50%留出温度(T50)、90%留出温度(T90)から、セタン値を推算する指標であるが、今後、想定される非在来原油由来の軽油やバイオディーゼル、さらには重質油分解装置からの分解軽油比率の高い軽油については必ずしも精度が十分ではない。そこで、より汎用性の高い新セタン指標の構築を行った。

着火性に影響を与える分子構造として側鎖の数が重要であることに着目し、これを表現できる説明変数として動粘度(@30°C)を選択して、以下の式を得た。

$$\text{新セタン指標} = -386.63 \times \text{密度} - 2.96 \times \text{動粘度} + 0.1445 \times T10 + 0.2009 \times T50 + 274.52$$

ここで、密度は 15°Cの密度(g/cm<sup>3</sup>)、動粘度は 30°Cの動粘度(mm<sup>2</sup>/s)、T10 は 10%留出温度(°C)、T50 は 50%留出温度(°C)、T90 は 90%留出温度(°C)。

この新セタン指標とセタン値の関係は、図 4-1 に示す通りであり、新セタン指数は現行セタン指数よりセタン値を高精度で推定でき、実用的に用いられるセタン値 45~55 の範囲における最大誤差をセタン値の測定誤差と同程度に抑えることができた。(金子)

### 【参考文献】

- 4-1) 佐川 瞬大, 松本 幸太郎, 土師 勝彦: 新セタン指標の構築, 自動車技術会 2013 年秋季大会, No.158-13(2013)

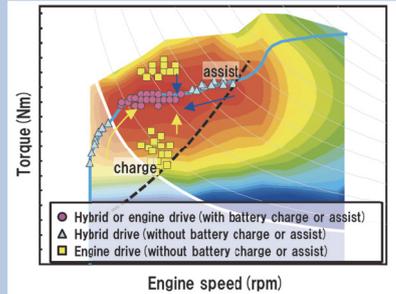


Figure 3-3 Engine operating point in hybrid/engine drive mode

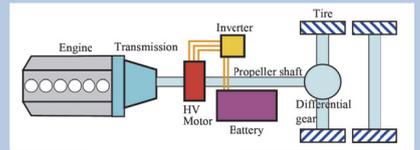


Figure 3-4 HV system

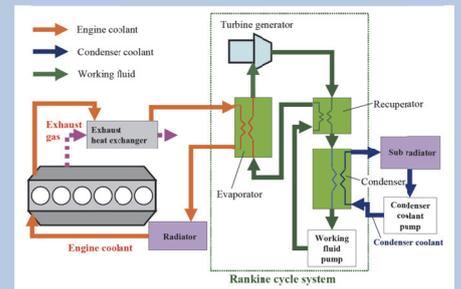


Figure 3-5 Rankine cycle generation system

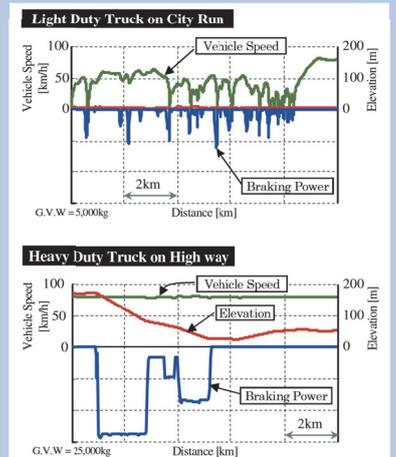


Figure 3-6 Typical Vehicle Behavior of LDT and HDT

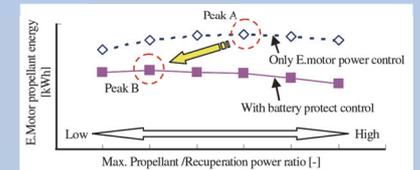


Figure 3-7 Example of a Logic and Parameter Effect Investigation

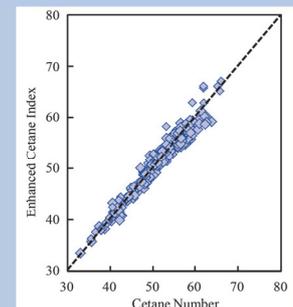


Figure 4-1 新セタン指標とセタン値の関係

## 5 代替燃料

### 5.1 含水エタノールを使用した予混合圧縮着火機関の研究<sup>5-1)</sup> 佐々木洋士, 大塚泰一郎

今後、地球温暖化防止のため化石燃料からバイオ燃料への移行は重要で、バイオエタノールは有望である。バイオエタノールは生産過程に水分が必然的に含まれるので、バイオエタノールを HCCI 燃焼機関の燃料として適用した場合に、燃料中の水分が機関特性、燃焼経過におよぼす影響を単気筒ディーゼルエンジンで明らかにする。

含水エタノールを HCCI 燃焼に適用した場合に安定した燃焼が得られれば性能的には問題はなく、含水エタノールでも十分適用が可能である。しかし、軽油の場合と比較すると図示熱効率は若干の低下がみられる。排ガス特性については、図示平均有効圧に対する CO, HC, NO<sub>x</sub> 排出濃度を図 5-1 に示す。含水率が 40wt%, 50wt% と高くなると、NO<sub>x</sub> の急増する点がなく、漸増となり、運転可能範囲中の高い負荷領域まで低い NO<sub>x</sub> が維持され、低 NO<sub>x</sub> の運転範囲が拡大している。なお、軽油の NO<sub>x</sub> 排出濃度は無水エタノール、含水エタノールの運転可能範囲では約 300ppm から負荷の増加とともに約 900ppm と高く、図中に示せない。HC 排出濃度は負荷の増加とともに増加傾向にある。含水率が高くなると HC 排出濃度と同様、高負荷では CO 排出濃度は増加する傾向がある。また、軽油の場合と比較すると CO 排出濃度、HC 排出濃度ともに大幅に増加している。なお、無水エタノール、含水エタノールともスモークは排出されない。

### 5.2 新規バイオ燃料候補であるフラン類の自着火特性<sup>5-2)</sup> 磯部直澄, 岡田陵佑, 金野満, 田中光太郎

本研究は、バイオ燃料の候補である DMF と 2MF のうち 2MF に着目し、エンジン燃焼場を想定した温度と圧力の条件における 2MF の基礎燃焼特性を明らかにすること、および 2MF の詳細素反応モデルを検討することを目的とした。また、2MF はガソリンに混合して利用されることが予想されるので、ガソリンを模擬した PRF 燃料に 2MF を混合した際に PRF の着火に及ぼす影響を検討することを目的とした。実験には急速圧縮装置(RCM)を用いた。

着火遅れ期間の実験結果の比較; [O<sub>2</sub>] = 4.1%, φ = 1.0, 温度 960~1020 K, 圧力 2.81~2.94 MPa において取得したエタノールの着火遅れ期間を、2MF の着火遅れ期間に加え図 5-2 に示す。また、岡田らの実験結果より、[O<sub>2</sub>] = 8.2%, φ = 1.0, 温度 910~1050 K, 圧力 2.68~3.03 MPa における PRF 90 の着火遅れ期間も同様に図 5-2 に示す。今回の実験条件では 2MF の着火遅れ期間がエタノールよりも長くなった。低温域においては PRF 90 よりもエタノールの方が着火遅れ期間は長くなったが、1000 K 以上の温度域においてはエタノールの方が、酸素濃度が 2 倍の条件で自着火させた PRF 90 の着火遅れ期間よりも短くなった。エタノールは 960 K よりも温度を下げると着火せず、また 1020 K よりも温度を上げると圧縮途中で着火し着火遅れ期間は計測できなかった。

PRF-2MF モデル; Curran らの提唱する PRF モデルに Somers らの提唱する 2MF モデルを組み込み、PRF と 2MF の両方の酸化反応機構を持つ詳細素反応モデル(PRFF-2MF モデル)を構築した。本モデルは 1240 の化学種と 5217 の素反応式で構成されている。図 5-2 に、PRFF-2MF モデルを用いて単一燃料の着火遅れ期間を計算した結果を示す。PRFF-2MF モデルでは、実験の着火遅れを概ね再現している。また、PRFF-2MF モデルを用いて混合燃料の着火遅れ期間を計算した。PRFF-2MF モデルは、実験により得られた混合燃料の傾向を概ね再現した。

### 5.3 バイオディーゼル燃料によるポスト新長期規制適合エンジンの排出ガスへの影響<sup>5-3)</sup> 北村高明, 松浦賢

本研究は、NO<sub>x</sub> 後処理装置として尿素 SCR システムを搭載する最新のポスト新長期規制適合ディーゼルエンジンを用いたエンジン台上試験等により、排出ガス特性の観点から高濃度の脂肪酸メチルエステル; FAME 混合燃料の課題を明らかにする。供試エンジンは、排気量 7.5L の直列 6 気筒ディーゼルエンジンであり、後処理装置の構成は pre-DOC/DPF/SCR/post-DOC である。

供試燃料は B0 と B20 の 2 種類を基本とし、一部の試験では B10 および B100 も使用した。B0 は硫黄分が 4massppm の認証試験用軽油を使用し、B100 は飽和脂肪酸メチルエステル (C16:0, C18:0) が主要構成成分である PME を使用した。

図 5-3 に、各試験サイクルにおけるエンジンアウトエミッションおよび燃費を B0 に対する相対

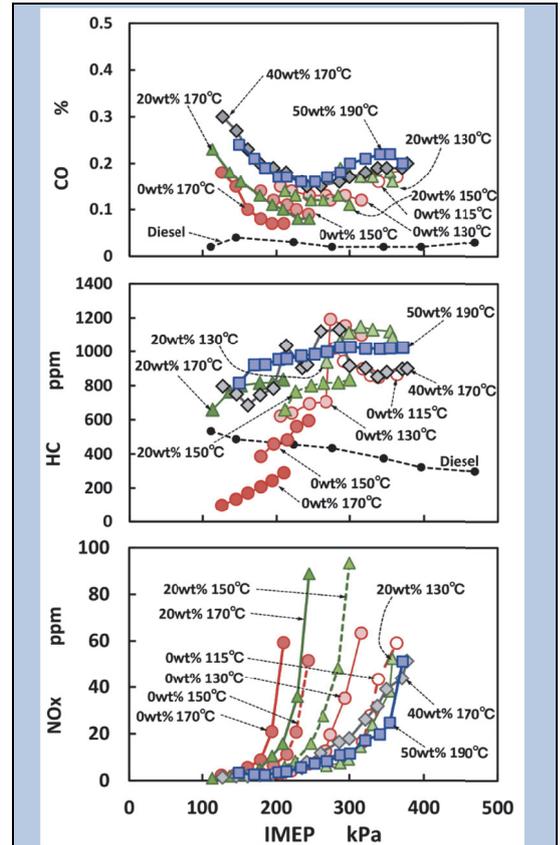


Figure 5-1 Exhaust Gas Emissions

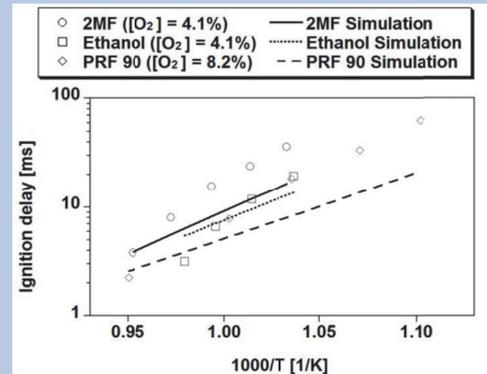


Figure 5-2 Measured ignition delays of 2MF ([O<sub>2</sub>] = 4.1%), ethanol ([O<sub>2</sub>] = 4.1%) and PRF 90 ([O<sub>2</sub>] = 8.2%)<sup>(16)</sup>

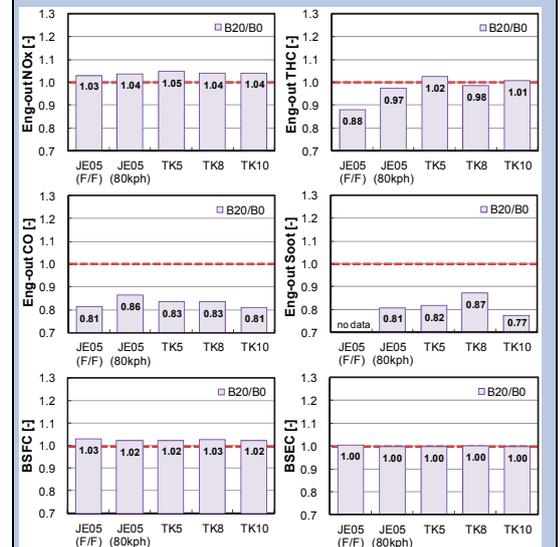


Figure 5-3 Engine-out emissions, BSFC and BSEC

値として示す。エンジンアウトエミッションおよび燃費に関しては、過去の研究と同様の傾向であった。すなわち、高濃度バイオ燃料使用時にはエンジンアウト NO<sub>x</sub> が数%オーダーで増加し、エンジンアウト CO および Soot は顕著に減少した。また、低位発熱量の低下に起因して BSFC(g/kWh)は B20 で 2~3%増加するが、投入熱量ベースに換算した BSEC(J/kWh)では各燃料とも同等の数値となり、燃料によって熱効率の違いは見られなかった。次に、JE05(F/F)試験において FAME 混合濃度が排気温度および未規制物質排出量に及ぼす影響を調べた。図 5-4 に示す通り、B20 まで混合濃度を高めると、排気温度の低下や PN、アルデヒド類等の未規制物質排出量の増加が見られた。(青柳)

### 【参考文献】

- 5-1) 佐々木 洋士, 大塚 泰一郎: 含水エタノールを使用した予混合圧縮着火機関の研究, 自動車技術会 2013 年秋季学術講演会前刷集 (2013)
- 5-2) 磯部 直澄, 岡田 陵佑, 金野 満, 田中 光太郎: 自動車技術会 2013 年秋季学術講演会前刷集 (2013)
- 5-3) 北村 高明, 松浦 賢: バイオディーゼル燃料によるポスト新長期規制適合エンジンの排出ガスへの影響, 自動車技術会 2013 年秋季学術講演会前刷集 (2013)

## 6 代替燃料とエンジン部品

京三電機の舟橋ら<sup>6-1)</sup>は、従来困難であったバイオ燃料中の微細な水(エマルジョン水)を効率良く分離する燃料フィルタ技術について報告。水分分離手法として、凝集方式と呼ばれる親水性材料のフィルタによる水分粒子径の凝集, 成長を 2 段階行っただけで、撥水方式と呼ばれる撥水性材料のフィルタによる燃料中の水滴のトラップ, 収集を行うことで燃料との比重差により沈降分離させる手法を開発。コンタミの除去フィルタと合わせたコンパクトな 4 段階構造(図 6-1, 図 6-2)とし、平均粒径 10 $\mu$ m の水粒子を 2% 含んだ B20 燃料に対し、3L/min. の流量にて水分分離効率 93% を達成したとのこと。

排気ガスの NO<sub>x</sub> 低減方法のひとつとして LPL(Low Pressure Loop)EGR(Exhaust Gas Recirculation)システムによる大量 EGR 導入のニーズが高まっているが、ターボおよび DPF(Diesel Particulate Filter)後の排気ガスを還流するため EGR バルブ前後差圧が低くなる中低負荷運転領域においては大量導入が困難となり、絞り弁による差圧の増加が必要となる。デンソーの稲垣ら<sup>6-2)</sup>は、排気側に対して熱的な課題のない吸気側に絞り弁を設け、EGR バルブと差圧発生用絞りバルブの二つをカムによりリンクさせる一つのモータで駆動させる方式を採用した、コスト、流量特性のコントロール性、コンパクト性等のバランスにすぐれた LPL EGR Valve Unit(図 6-3)の開発について報告。開発に当たっては、①体格、最大 EGR 流量を考慮したバルブレイアウトの最適化、②モータへのトルク負荷低減を考慮した Z 形状のバルブ形状(表 6-1)の採用、③要求流量特性に合わせたカムプロフィールの設定、を実施。1 バルブを駆動するモータと同体格のモータを用い、従来システムにたいして 48% の小型化を達成したとのこと。

トヨタ自動車の林下ら<sup>6-3)</sup>は、積層 A/F センサにより複数の気筒の空燃比を気筒毎に推定する手法において重要な A/F センサの高応答化に対して、応答特性に影響する因子をモデル化(図 6-4)シミュレーションを活用することで性能向上を試みた。その結果として、応答性改善には拡散律速層における拡散速度の向上、および触媒層の排気ガスの吸脱着反応性の抑制が重要であることを見出した。拡散律速層の向上にはガスの拡散距離を短くすることが有効であり、そのために拡散律速層の気孔率の拡大を選択した。具体的には多孔体を構成するアルミナを焼成する際、高温で焼失する樹脂球を均一に混合させることで従来センサ比 1.8 倍の出力振幅を達成した。触媒層のガス吸脱着反応性の抑制としては、実験にてリッチガス(水素)の吸着エネルギーが高い Pd とリーンガス(酸素)の吸着エネルギーが高い Rh の比率をストイキ精度劣化および熱ストレスによる粒径の凝集の観点から踏まえ添加量および粒径の調整にて最適化した。また、蒸散量に寄与する貴金属組成についても、経時劣化予測シミュレータを用い適正化し、耐久性を確保しつつ従来比 1.25 倍出力振幅を達成。トータルでセンサ出力の圧力依存性を従来比で 40% 低減しつつ、出力振幅を 2 倍向上(図 6-5)したとしている。(藤井)

### 【参考文献】

- 6-1) 舟橋実, 松本修一, 森克己, 前原豊光, 古賀康紘: ディーゼル燃料フィルタ バイオ燃料中

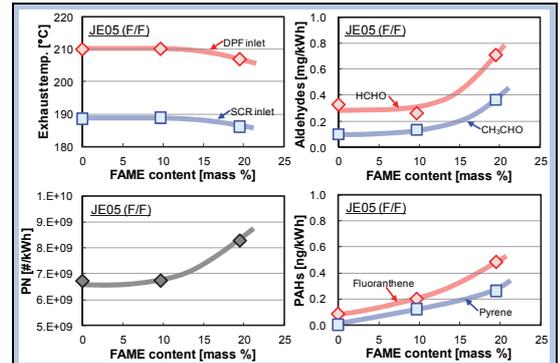


Figure 5-4 Effect of FAME content on unregulated emissions and exhaust gas temperatures

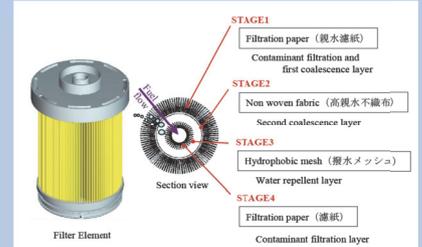


Figure 6-1 新フィルタエレメント(マルチステージエレメント)

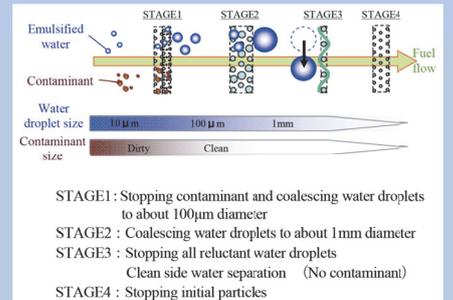


Figure 6-2 各ステージの役割

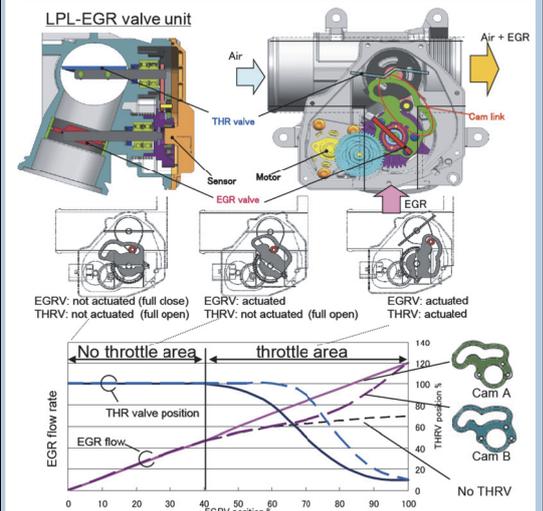


Figure 6-3 LPL EGR バルブユニットの構造

Table 6-1 バルブの形状と圧力による発生するトルク

	Flat shaped valve	Z shaped valve
Structure		
Pressure distribution		
Torque	24mN·m	0mN·m

エマルジョン水分離新技術, 自動車技術会 2013 年秋季大会学術講演会前刷集, No.156-13 (2013)

6-2) 稲垣徳幸, 佐々木一司, 橋本考司, 宮崎真輔: ディーゼルエンジン用 LPL EGR Valve Unit の製品開発, 自動車技術会 2013 年秋季大会学術講演会前刷集, No.156-13 (2013)

6-3) 林下剛, 青木圭一郎, 川井将司, 野田浩史, 菅沼孝敏, 中藤充伸: 気筒間の空燃比変動の検出性を向上させた積層 A/F センサの開発, 自動車技術会 2013 年秋季大会学術講演会前刷集, No.156-13 (2013)

## 7 エンジン・トライボロジ

大豊工業の神谷ら<sup>7-1)</sup>は, 起動停止回数が大幅に増加するハイブリッドシステムやアイドリングストップを採用したエンジンの起動トルク低減および焼入れなし軸や鋳鉄軸に対する耐摩耗性向上をねらった固体潤滑オーバーレイの開発について報告。固体潤滑剤  $MoS_2$  と PAI 樹脂から構成される従来品に対して, 起動時の摩擦低減のため  $MoS_2$  をグラファイトに変更し, 軸のフェライト相のバリに対するラッピング効果による耐摩耗性向上のために硬質物の SiC を少量添加している(表 7-1)。固体潤滑剤の変更により, 無潤滑下での摩擦係数が 27%低減しエンジンオイルとの親和性が向上したことにより起動トルクを従来に対し 15%低減したとのこと。また, SiC による軸側フェライト相のバリ除去効果により, 従来に対して軸受け側の磨耗量を 90%低減したとしている。

豊田中央研究所の岩切ら<sup>7-2)</sup>は, 図 7-1 に示す単体試験装置でターボチャージャの軸受損失をフリクショントルクと軸受部からの熱損失(主に潤滑油による冷却)の両面で計測することで, スラスト軸受とジャーナル軸受の損失の分離を可能とした。フリクショントルク計測による軸受損失と潤滑油による熱損失から算出した軸受損失が良く一致することを明らかにした上で, スラスト軸受部とジャーナル軸受部を流れるオイルを分離し, 各々で軸受損失を算出することで両者を特定。フルフロートタイプ軸受においては, 全体の 45%がスラスト軸受での損失であることを示した。セミフロートタイプ軸受において, CFD を用い軸受部潤滑油流量の異なる 2 種類を比較したところ, 潤滑油流量の少ない方が軸受面での潤滑油温度が高くなり粘性が低下することで, 軸受損失すなわちフリクションが低下することを示した。また, 潤滑状態をストライベック曲線で表現し軸受に荷重を加えることで流体潤滑より混合潤滑へ遷移する様子をとらえ, 混合潤滑に入る手前を軸受の負荷限界としている(図 7-2)。本テスト装置では, 両端を玉軸受で支えているため, 実際のターボチャージャで起きる軸の振れ回りのない状態であるが, 基本的な特性を押さえるには有効な手法と考える。

日本ピストンリングの浦辺ら<sup>7-3)</sup>は, ディーゼルエンジンのスリーブの工程中央部にディンプル処理(図 7-3)を施すことによるフリクション低減効果を報告。ピストンリングの FMEP で 17%低減し, 燃費モードで最大 3.2%の燃費低減効果が確認されたとのこと。単体装置による工程中の油膜測定およびリングフリクション測定結果(図 7-4)よりディンプルによるフリクション低減のメカニズムは, 流体潤滑領域である工程中央部において, ディンプルにより摺動面積を減少させることで, 摺動状態をストライベック線図上で左方向に移動させることになり, フリクションが低減すると考察している。スリーブへのディンプル加工はショットブラストにより行っており, 面積比は 50%。オイル消費, ブローパイに影響を与えないようリング摺動幅以下とし, 両者が悪化しない領域でフリクション低減が図れ, 耐久テスト上も問題ないとしている。

東京都市大学の中鉢<sup>7-4)</sup>は, ディーゼルエンジンにおいてクランクシャフトオフセットの燃費影響について報告。今回はピストン摩擦力と, ピストン上下運動のクランク回転運動への変換効率を調べるため最大燃焼指圧を一致させた。浮動ライナによるピストン摩擦力測定とクランクシャフト軸出力測定, および幾何学計算から以下を報告。オフセットにより, ピストン摩擦力は圧縮工程後半で増加し膨張行程では低減するが, 膨張行程の方が低減期間が長い(図 7-5), ピストン摩擦の平均有効圧力としては低減する。幾何学的関係より圧縮工程後半で負のトルクが増加し膨張行程前半では正のトルクが減少するためピストン上下運動をクランク回転運動に変換する効率が低下する。また, 筒内圧力が最大となる期間の差により膨張行程において軸トルクの顕著な低下がみられる(図 7-6)。結果として, ピストン摩擦損失低減よりも軸トルクへの変換効率低下の影響の方が大きく, 図示平均有効圧力に対するピストン摩擦平均有効圧の割合はわずかに減少するが正味平均有効圧の割合は大幅に減少する(図 7-7)としている。一見, ディーゼルエンジンではオフセットすると燃費が悪化するのではと思われるが, 前

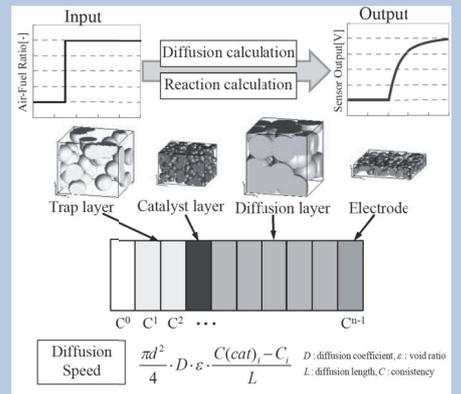


Figure 6-4 A/F センサシミュレーションの概略

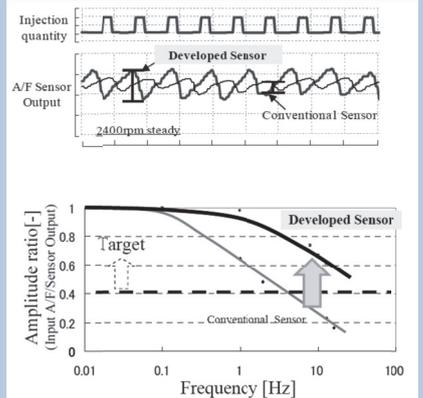


Figure 6-5 センサ改良効果

Table 7-1 オーバレイの構成と特性

Item	Developed	Current
Component	Graphite+SiC+PAI resin	$MoS_2$ +PAI resin
Coefficient of friction under non-lubrication	0.09	0.13
Surface roughness	1.04 $\mu$ mRzJIS	0.98 $\mu$ mRzJIS
Coating hardness, MPa	169~751MPa	184~603MPa

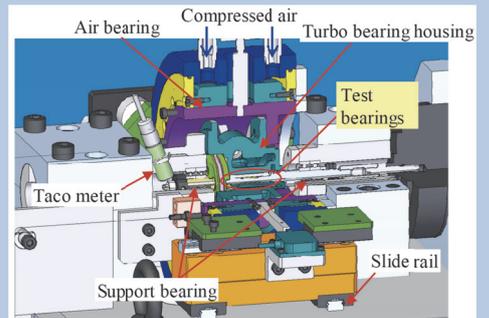


Figure 7-1 テスト装置の断面図

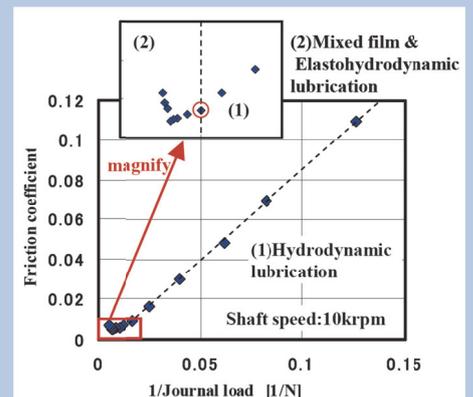


Figure 7-2 ジャーナル荷重とベアリング損失の関係

述のように今回はオフセットを増加させても最大燃焼指圧を一致させているため、燃料噴射量は減少しており最終解ではない。今後は燃焼を含めた最適解を検証していくとのこと。(藤井)

### 【参考文献】

- 7-1) 神谷周, 千年俊之, 出崎亨: 固体潤滑オーバーレイの磨耗低減効果と耐磨耗性向上 (第 2 報), 自動車技術会 2013 年秋季大会学術講演会前刷集, No.157-13 (2013)
- 7-2) 岩切雄二, 樹杉剛: ターボチャージャの軸受損失計測・解析, 自動車技術会 2013 年秋季大会学術講演会前刷集, No.157-13 (2013)
- 7-3) 浦辺満, 高倉隆, 目時聰, 菅野和彦: ピストンリング・ボア間の摩擦力低減を狙ったシリンドロア用ディンプル状テスチャ処理によるエンジンの燃費向上, 自動車技術会 2013 年秋季大会学術講演会前刷集, No.157-13 (2013)
- 7-4) 中鉢裕介, 伊東明美, 山下健一, 石川泰裕: クランクシャフトオフセットによるディーゼルエンジンの燃費低減に関する研究, 自動車技術会 2013 年秋季大会学術講演会前刷集, No.157-13 (2013)

## 8 エンジン部品と計測

このセッションでは、6 件の講演発表がなされ、このうちガソリンエンジンの排気浄化のための鉄触媒に関する発表と、ディーゼルエンジンの EGR デポジット生成機構に関する発表が注目された。

高橋ら<sup>8-1)</sup>は、「ガソリンエンジンの排ガス浄化性能を向上する鉄触媒技術の開発」と題し、従来、三元触媒に広く用いられているロジウム/パラジウム (Rh/Pd) に代わる鉄 (Fe) を主活性成分とする新たな触媒の性能向上に関する技術開発について発表した。Fe の CO 酸化触媒効果が Fe 上の酸素が CO と反応し Carbonate を生成するためであることなど、Fe の触媒活性機構を説明し、さらに高温下の Fe 触媒の熱劣化に原因が、Fe 触媒では、加熱による CeO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> (OSC) 材の結晶成長が Pd 触媒よりも進行するためであることを明らかにした。この熱劣化を抑制するために、新たな触媒として、Fe と OSC を選択的に分離し、Fe を Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のみに担持する構造 (図 8-1) を提案し、作成した。さらにこのコンセプトの触媒を用いて、図 8-2 に示す床下後処理装置を製作し、NEDC モード試験を実施し、従来の Rh/Pd 触媒と比較した。その結果、図 8-3 に示すように、提案した Rh/Fe 触媒は、従来の Rh/Pd 触媒に比べて HC, NO<sub>x</sub> 浄化性能は同等で、CO 浄化性能に優れることを示した。最後に、この Rh/Fe 触媒を用いることで、排ガス浄化性能同等の条件下で、床下触媒の Pd 担持量を約 0.8g 削減できると報告した。

古川ら<sup>8-2)</sup>は、「EGR デポジット生成メカニズムの解析 (第 2 報)」と題し、ディーゼルエンジンの EGR システムにおける光沢質デポジット (Lacquer) 生成機構、特にリーン燃焼時の生成機構について実験的に調査した結果について報告した。リーン燃焼時の Lacquer (図 8-4) 生成には排気凝縮水の発生が関与していると考えられ、実機の排気凝縮水と Lacquer を採取し成分分析を行った。さらに採取した実機の Lacquer に対し加熱試験を実施し、加熱時の形状変化を観察することで生成機構を考察した。また Lacquer の生成とすすの関係性を調べるため、すすが流入する High Pressure Loop-EGR (HPL-EGR) と流入しない Low Pressure Loop-EGR (LPL-EGR) の両方についてサンプリングを行い、両社の成分分析結果を比較した。図 8-5 は、凝縮水のクロロホルム可溶分 (質量で 98% を占める) の成分内訳であり、これらの成分に化学的に高極性な低級カルボン酸や低級アルデヒドが多く含まれることを示している。図 8-6 は HPL-EGR システムにて採取された Lacquer のクロロホルム可溶分の成分分析結果である。ここでもカルボン酸が多く含まれている。なお、すすが含まれていない LPL-EGR システムにおいて採取された Lacquer のクロロホルム可溶分と不可溶分の成分についてもほぼ同等であり、リーン燃焼時の Lacquer 生成に対するすすの関与の可能性が低いことを示した。これらの結果を基に、次のようなリーン燃焼時 Lacquer 質デポジットの生成機構を提案した。排気中で凝縮した水分に溶解した高極性高分子が相互作用により一次コンプレックスを生成する (図 8-7)。さらに水分が乾燥することで成分が高密度化し安定状態の二次コンプレックスを形成する (図 8-8)。最後に、Lacquer 質デポジット低減のためには、高分子コンプレックス生成を媒介する凝縮水の早期乾燥が有効な対策であると報告した。(小酒)

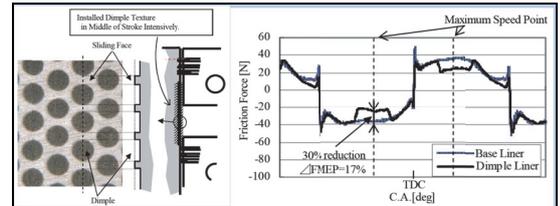


Figure 7-3 ディンプルテクスチャの詳細

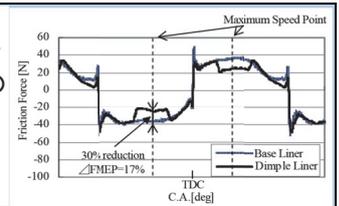


Figure 7-4 ディンプルテクスチャのフリクション影響 (フリクション測定装置, オイルリングのみ)

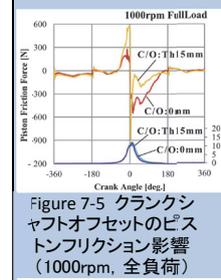


Figure 7-5 クランクシャフトオフセットのピストンフリクション影響 (1000rpm, 全負荷)

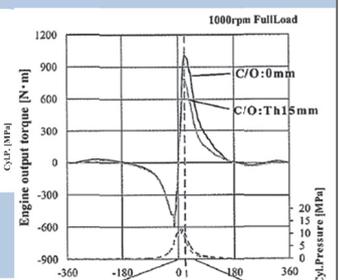


Figure 7-6 クランクシャフトオフセットのエンジントルクへの影響 (1000rpm, 全負荷)

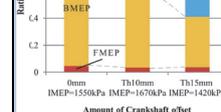


Figure 7-7 クランクシャフトオフセットの FMEP および BMEP 比への影響

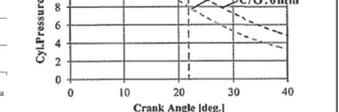


Figure 7-8 クランクシャフトオフセットのエンジントルクへの影響 (1000rpm, 全負荷)

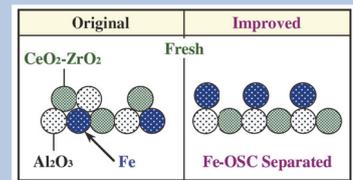


Figure 8-1 改良 Fe-OSC 触媒の概要

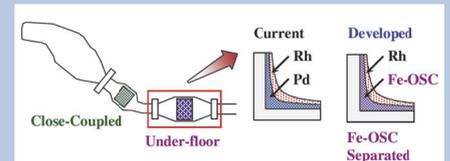


Figure 8-2 Rh/Fe 床下触媒システム

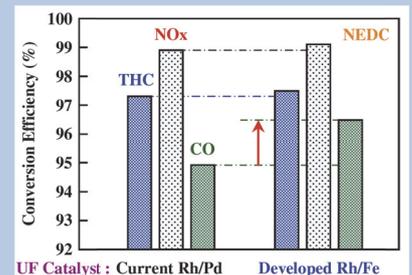


Figure 8-3 開発した Rh/Fe 触媒と従来型 Rh/Pd 触媒の浄化効率の比較 (NEDC モード試験)

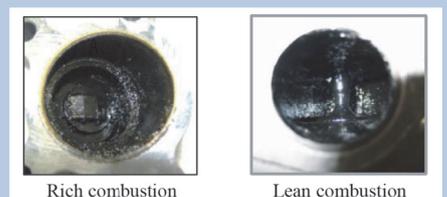


Figure 8-4 リッチ燃焼時 (左) とリーン燃焼時 (右) の EGR バルブ周りの Lacquer 付着状況

【参考文献】

8-1) 高橋晶士, 菊池誠二, 岩知道均一, 池田正憲, 後藤秀樹, ガソリンエンジンの排ガス浄化性能を向上する鉄触媒技術の開発, 自動車技術会 2013 年秋季大会, No.155-13, pp.1-6 (2013)

8-2) 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 2 報), 自動車技術会 2013 年秋季大会, No.155-13, pp.1-6 (2013)

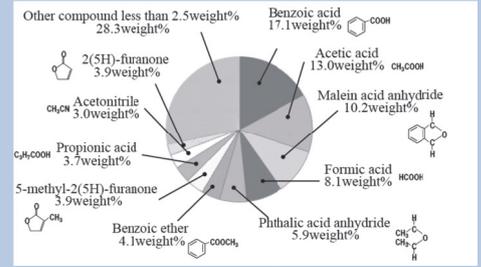


Figure 8-5 凝縮水中の有機成分の質量割合

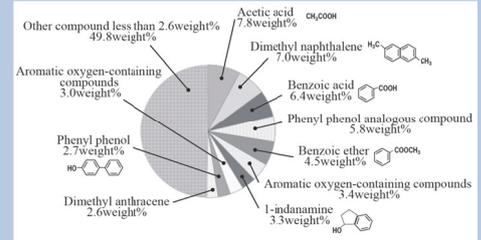


Figure 8-6 Lacquer 中クロロホルム可溶成分の質量割合

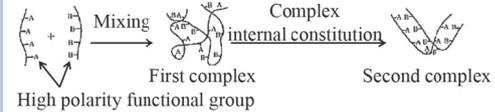


Figure 8-7 高分子コンプレックスの生成過程

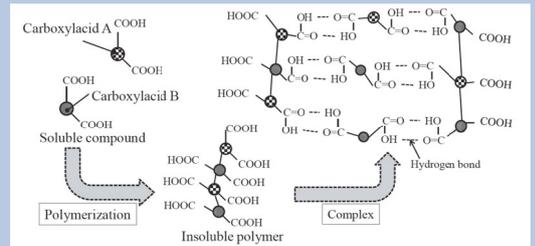


Figure 8-8 リーン燃焼における EGR デポジットの生成機構

# 第 24 回内燃機関シンポジウム

## 熱効率向上を支えるエンジンシステム技術

24th Internal Combustion Engine Symposium

日時：2013年11月26日（火）～11月28日（木）

会場：神戸大学 六甲台第2キャンパス 百年記念館

共催：公益社団法人自動車技術会（幹事学会）、一般社団法人日本機械学会

飯島 晃良，佐藤 唯史，下田 正敏，藤井 厚雄（編集委員）

Report: Akira IJIMA, Tadafumi SATO, Masatoshi SHIMODA, Atsuo FUJII (JSAE ER Editorial Committee)

### 1 フォーラム

2013年11月27日，9:00～11:30，京大・石山教授の司会により下記テーマで開催された。

テーマ・熱効率向上技術のこれまでとこれから — 様々なエンジンにおける取り組み —

講演は，ガソリンエンジン（トヨタ），乗用車用ディーゼルエンジン（本田），商業車用ディーゼルエンジン（日野），中小型ガスエンジン（ヤマハ），船用大型低速ディーゼルエンジン（三菱重工）の各領域より最新のトピックスが紹介され，同時に対比が可能であり大変興味深いものとなった。

神田睦美・トヨタ自動車は「ガソリンエンジンの技術動向」<sup>1-1)</sup>と題して講演を行った。

現状の織込み技術として図 1-1 に示すように・筒内直噴・可変動弁系・クール EGR・高膨張比（高圧縮比）・フリクション低減（ENG 本体，補機）を用い現在最大熱効率 38.5% をあげている。

更に将来の織込み技術として・現状技術の進化・過給ダウンサイジング・過給 EGR リーンバーン・ロングストローク・遮熱（断熱）・可変圧縮比・排気熱回収（熱電，スターリング，ランキン）を用い将来の最大熱効率 50% を目指している。同時に，熱効率向上の最大化を狙い，車両軽量化は勿論のこと，ドライブトレインと協調したパワートレインシステムの効率向上の取り組みが重要である事を指摘している。

松井竜太（発表は山崎）・本田技術研究所は「ホンダディーゼルエンジンの低燃費技術」<sup>1-2)</sup>と題して講演を行った。2nd Generation の 2.2L に盛り込まれた技術は図 1-2 に示すように・アイドルストップ・省燃費オイル・燃焼設定の最適化（MBC の利用）・暖気後の油水温の高温化・減速エネルギー回生（バッテリーマネジメント）・低圧燃料ポンプの省電力制御 に加えて・車両の空力低減・転がり抵抗低減・ハイギヤレシオの設定を行い車両全体の CO<sub>2</sub> 低減を迫っている。

更に 3rd Generation の 1.6L に盛り込まれた技術は・本体フリクション低減・早期暖気（水流の改善）・LP-EGR の採用 に加えて車両重量の低減により CO<sub>2</sub> 94 g/km (2.2L に対し 14.5% の低減) を達成した。

中島大・日野自動車は「商用車用ディーゼルエンジンの技術動向」<sup>1-3)</sup>と題して講演を行った。米国 DOE のスーパートラックプロジェクトでは 2010-2015 年において正味熱効率 50% の実機デモと 55% の道筋を示すことを推進中である。エンジン熱効率 50% の実現には・ダウンサイジング / ダウンスピーディング・スマートアクセサリ・高圧縮比・高過給 / 二段過給・EGR 率低減 / 触媒性能向上（比熱比向上）・ランキンサイクル を用い，エンジン単体で 47.5%，廃熱回生込みで 51.1% の熱効率に到達している。

国内では，環境省受託：地球温暖化対策技術開発・実証研究として実施中の大型トラック用統合型新 HV システムの研究において，ダウンサイジング / ダウンスピーディングを基本に，過給・EGR システム，燃焼等の改善により，高速道路走行条件で燃費は 7% 改善し，廃熱はランキンサイクルにて燃費低減 7.5% 相当の発電量を確認している。本研究では両者の燃費低減効果を最適に制御することが可能なので，かなりの燃費低減効果が期待できる。

西田和生・ヤマハは「中小型ガスエンジンの技術動向」<sup>1-4)</sup>と題して講演を行った。ガスエンジンは，電力（エネルギー）の自由化に伴うコジェネレーションの普及（1995 年電気事業制度の改革）により国内発電用（出力 200-800kW）に用いられ，コジェネレーションシステムとして発電

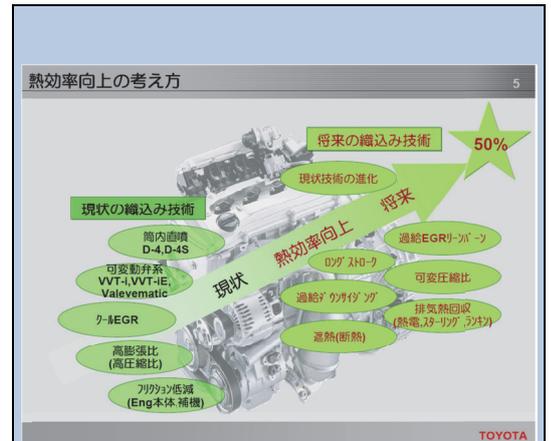


Figure 1-1 熱効率向上の考え方

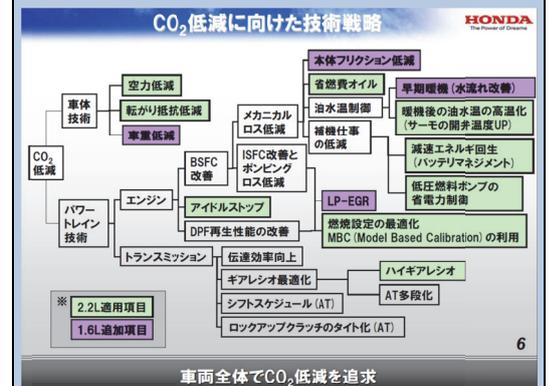


Figure 1-2 CO<sub>2</sub> 低減に向けた技術戦略

技術	GM	DAIMLER	NAVISTAR	VOLVO
ダウンサイジング	15L	15L→11L	13L	13L→11L
ダウンスピーディング				
機構フリクション				
EGR率低減(触媒性能改善)				
燃費改善				
筒内圧UP				
高圧噴射				
高圧縮比				
燃費改善				
高過給			二段過給	
EGR系		低圧噴化	冷却強化	
VVA				
廃熱回生	スーパーターボ ランキンサイクル	ターボコンパウンド ランキンサイクル	ターボコンパウンド ランキンサイクル	ランキンサイクル
熱効率(廃熱回生込み)	47.5 (51.1)	46.8 (48.1)	46.7 (48.2)	46 (48)

第24回内燃機関シンポジウム 2013. 11. 27

Figure 1-3 熱効率 50%を目指す技術 (米国スーパートラック)

(41%)とともに冷却水、排気ガスより熱回収(34~42%)を行い総合効率75~83%に達している。低NOx化とCO2削減のため、空気過剰率2.0のスーパーリーンバーンを行い、ノッキング領域と失火領域を回避し安定した燃焼を実現するために副室式リーンバーン(BMEP 1.0 MPa)、副室式リーンバーンミラーサイクル(BMEP 1.5MPa)を採用している。本方式が、他の方法であるSCR, EGR, エマルジョン等と比較して総合的に優れていると結論づけている。

平岡直大・三菱重工船用機械エンジンは「船用大型低速ディーゼルエンジンの技術動向」<sup>1-5)</sup>と題して講演を行った。船用大型低速2ストロークディーゼル機関は単体熱効率が約50%超とあらゆる熱機関の中で最高の効率を出すことができる。本エンジンの熱効率向上の歴史は、静圧過給化・Pmax=130ata化・超ロングストローク化のほか、過給機効率改善・掃気方式の改善・燃料噴射系改善の繰り返しである。熱効率50%レベルの熱収支解析例を見ると、排気損失率24.7%、冷却損失率25.5%であり、ボアストローク比=4にもかかわらず、商用車用4ストロークディーゼルと比較して大差はないレベルと思われる。比表面積を大幅に低減したにもかかわらず、冷却損失が大幅に低減していない理由は、低速による上死点にいる時間の影響が大きいと推測される。過給機の総合効率は72%(コンプレッサ85%、ターボ85%)であり、商用車用4サイクルディーゼルの過給機の総合効率52%レベル(コンプレッサ75%、ターボ70%レベル)と大きく異なり、この点が最大熱効率の差の大きな原因の一つであろうと推測する。

プラントータル熱効率向上の技術として、排出ガスから過給機によってエネルギーを回収する技術(ハイブリッド過給機)や、冷却水等の低温排熱を利用するオーガニックランキンサイクルや、掃気の空気潤滑システムへの利用等、多彩なバリエーションで最大限にエネルギーを利用すべく継続的に開発が進められている。(下田)

## 【参考文献】

第24回内燃機関シンポジウムフォーラム(2013)

- 1-1) 神田睦美:トヨタ ガソリンエンジンの技術動向,
- 1-2) 松井竜太:ホンダ ディーゼルエンジンの低燃費技術,
- 1-3) 中島大:商業車用ディーゼルエンジンの技術動向,
- 1-4) 西田和正:中小型ガスエンジンの技術動向,
- 1-5) 平岡直大:船用大型低速ディーゼルエンジンの技術動向,

## 2 ガソリンエンジン

今回の内燃機関シンポジウムにおいても、更なる熱効率の向上や燃焼改善を目指し、ガソリンエンジンに関する研究が盛んに発表された。その中から2件の講演を紹介する。

伊藤ら<sup>2-1)</sup>は、低速ブレイグニッションの発生が潤滑油に起因することを検証するために、定容容器による潤滑油を混合した噴霧の着火性と、数値計算による潤滑油の着火遅れを調査している。図2-1は、iso-Octaneに市販潤滑油を混合した噴霧の燃焼観察結果であり、潤滑油の混合割合を比較している。ここで、定容容器内は、エンジン筒内における圧縮行程10degBTDC相当の条件を模擬している。この図より、潤滑油の混合割合に拘わらず、着火が確認でき、混合割合が多い噴霧では、形状に沿って拡散火災が発達している。また、観察された赤色光から、炭化水素由来のすすに加えて、潤滑油に含まれる金属成分の酸化に起因する可能性を示唆している。尚、潤滑油を混合しない噴霧では着火が確認できないことから、潤滑油の着火性が非常に高いとしている。図2-2には、数値計算から推算された潤滑油の着火遅れが示されており、比較対象として併記されたn-Heptane(セタン価56)よりも、着火性が非常に高い結果となっている。以上のことから、潤滑油が低速ブレイグニッションの原因物質である可能性を指摘しており、成分やメカニズムの詳細な検討が今後進むことで、潤滑油消費量を抑制する目安や、潤滑油設計に役立つことが期待される。

ガソリン直噴エンジンで生成されるスートの抑制を目的として、橋本ら<sup>2-2)</sup>はピストン壁面に付着した燃料液膜の燃焼およびスート生成に焦点を当て、壁面温度や燃料の蒸発特性が及ぼす影響を数値計算により検討している。図2-3は、壁面温度に対する液膜質量とスート質量を示しており、燃料噴射開始から15ms経過した状態である。冷間始動時に相当する低い壁面温度では、液膜の蒸発は遅れて、火炎の通過後も液膜は残存する結果となっている。また、スート質量は375K最大を示すが、より高い壁面温度では液膜の蒸発が促進され、壁面近傍での局所過濃領域が低減すること、より低い壁面温度では液膜から気相への蒸気供給が遅れ、液膜

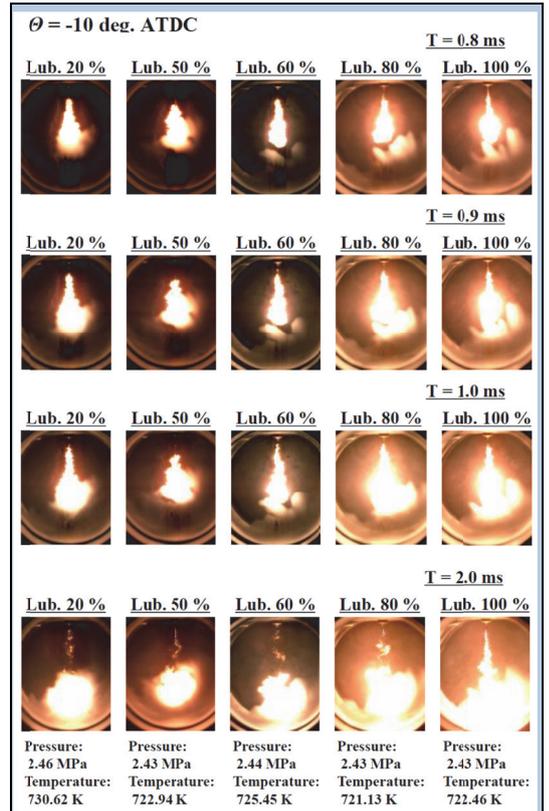


Figure 2-1 Spray combustion images acquired by the experiments (Excerpt from original article)

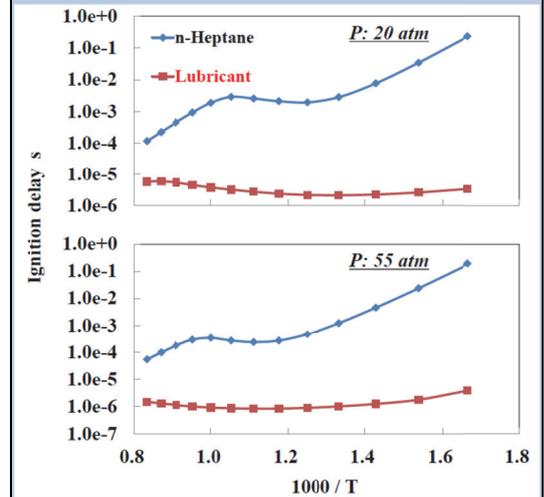


Figure 2-2 Comparison of ignition delay calculation results

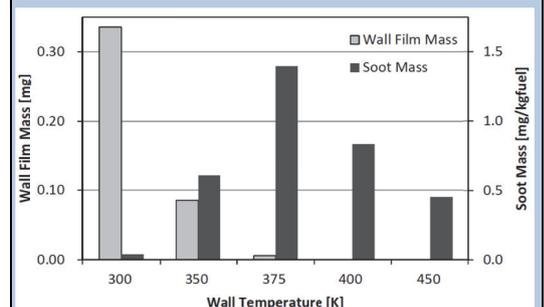


Figure 2-3 Effect of Wall Temperature on Wall Film Mass and Soot at 15ms ( $\theta=0$ )

が着火しないためと推察している。図 2-4 は、壁面の液膜質量とスート質量の推移を示しており、蒸発特性の異なる燃料を比較している。この図より、壁面温度 375K では、i-Octane の割合が減少するに伴ってプール燃焼領域が小さくなり、スート質量も低減する結果を得ている。これは、壁面温度 450K で n-Decane を噴射した場合に、プール燃焼が生じて、スート質量が増加することから、壁面温度 375K においては、n-Decane の蒸発が抑制されているためと考察している。結論として、壁面に付着した燃料液膜のプール燃焼が、スート排出の主要因になり得ると述べており、非常に興味深い。(佐藤)

### 【参考文献】

2-1) 伊藤 藤崇, 草鹿 仁, 大聖 泰弘, 葛西 理晴, 白石 泰介, 寺地 淳: 定容容器及び CFD コードを用いたオイル含有液滴の着火特性に関する研究, 第 24 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 60(2013)

2-2) 橋本 淳, 南野 由登, 田上 公俊, 森吉 泰生: ピストン付着燃料の燃焼とすすの生成に関する数値解析, 第 24 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 88(2013)

### 3 HCCI

産業技術総合研究所の高橋らにより、「パルス状 DBD 印加による着火制御効果」<sup>3-1)</sup>と題して報告があった。誘電体バリア放電(DBD)による非平衡プラズマを、予混合気照射することによる HCCI 燃焼の促進効果を調べている。ボア径 100 mm, ストローク 120 mm, 圧縮比 5.8 の急速圧縮装置の吸気管内に電極を配置し、DBD 印加を行っている。放電電極の概略を図 3-1 に示す。空気過剰率 4 の条件で、BD 印加をしない場合と、数パターン電圧で DBD 印加を行った際の燃焼室内圧力波形を図 3-2 に示す。DBD 印加を行わない条件では失火する場合もあれば着火する場合もあるような条件において、DBD 印加を行うことで着火が可能になり、また、印加電圧が高いほど着火時期が進角している。つまり、DBD 印加によって HCCI の着火促進効果があると考えられる。その他、プラズマの印加期間を変化させることで、圧力上昇率も変化することも報告されている。

本田技術研究所の古賀らにより、「小型天然ガスエンジンにおける圧縮自着火の研究」<sup>3-2)</sup>と題して報告があった。排気量 247 cm<sup>3</sup> の小型エンジンを用いて、天然ガスを HCCI 燃焼させた際の熱効率について、ヒートバランス解析等で調べている。メタンを主成分とする天然ガスは元々自着火しにくいので、HCCI 燃焼をさせるには非常に高い圧縮比を要求する。30°C の混合気を HCCI 燃焼させるには、圧縮比 36 が必要であるが、負のバルブオーバーラップを用いると、圧縮比 26 程度で運転が可能になると報告されている。また、圧縮比が非常に高いため、圧縮比を 26 から 35 に高圧縮比化すると、熱効率はむしろ低下している。この大きな要因として、燃焼室の S/V 比が考えられる。そこで、様々なボア/ストロークで実験可能な供試機関を製作し、試験を行っている。供試機関の外観とボア/ストローク等の条件を図 3-3 に示す。圧縮比 26 にてロングストローク化により S/V 比を低下させることで、冷却損失が低減し、熱効率が向上できることが示されている(図 3-4)。

畑村エンジン研究事務所の畑村らにより、「予混合圧縮着火ガソリンエンジンの実用化の可能性—ブローダウン過給 HCCI エンジンの技術開発のまとめ—」<sup>3-3)</sup>と題して報告があった。著者らのグループでは、ブローダウン過給 HCCI 技術により筒内に EGR を過給し、急峻な燃焼を回避する手法をベースとしているが、さらなる高負荷化のために、EGR ガイドによる筒内温度分布の成層化、気筒間変動や過渡運転時の変動を回避するための二次エアシステム、HCCI と SI 相互の切り替え制御技術、さらなる高負荷化のための外部過給などを行ってきた。それらの総合的な取り組みの結果、IMEP 850 kPa 程度までの HCCI 運転と、SI 比 20% の燃費向上が可能になると報告されている。しかし、過給ダウンサイジング技術を適用した SI 機関と比べると、走行性能を含めた自動車としての総合的な性能では、優位性が高いとは言えない。そこで、過給ダウンサイジングエンジンの課題ある低負荷時の燃費向上を担うべく、過給ダウンサイジングエンジンの低負荷領域で過給 HCCI 運転を適用するコンセプトとそれを実現するのに必要なエンジンシステムが提案されている(図 3-5)。吸気に連続リフト可変機構を、排気に EGR のためのカム駒切り替え機構を備え、燃料系は PFI と DI の二つインジェクタ、排気ポートに二次エアインジェクタを備えている。また、SI との切り替えを考慮し圧縮比を 12 としている。冷却 EGR 系を備えることで、低速高負荷時のノックを回避するとともに、排気温度を下げることでターボチャージャーへの熱負荷を軽減している。これにより、可変ノズルターボが適用可能になる。NOx 排出

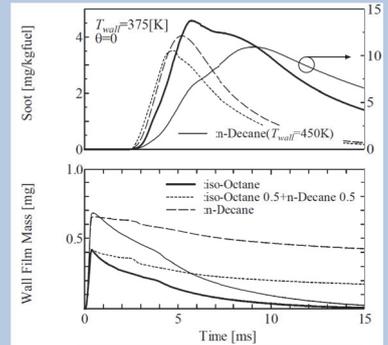


Figure 2-4 Variation of Wall Film Mass and Soot with Time

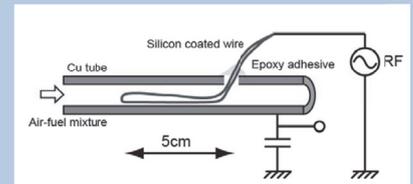


Figure 3-1 パルス DBD 放電電極

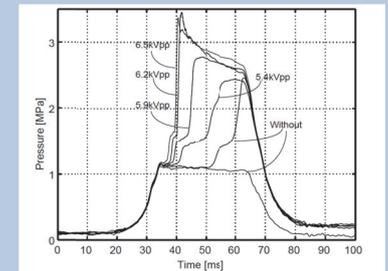


Figure 3-2 パルス DBD 印加が着火及び燃焼に及ぼす影響

Bores	(mm)	68	62	56	53
Stroke	(mm)	68	82	100	112
Displacement	(cm <sup>3</sup> )	247			
Stroke/Bore ratio		1	1.3	1.8	2.1
Conrod Length	(mm)	117	150	195	230
Conrod Stroke ratio		3.4	3.7	3.9	4.1
Deck height from crank center	(mm)	178.5	223	270.5	311
Surface Volume ratio		9.1	7.8	6.6	5.8
Compression Ratio		26			
Fuel		City gas 13A			

Figure 3-3 機関の外観と各 S/V 比での機関仕様

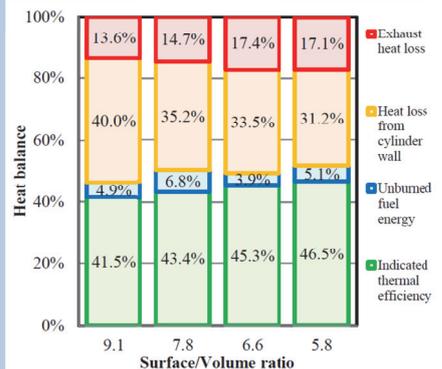


Figure 3-4 各 S/V 比におけるエネルギーバランス

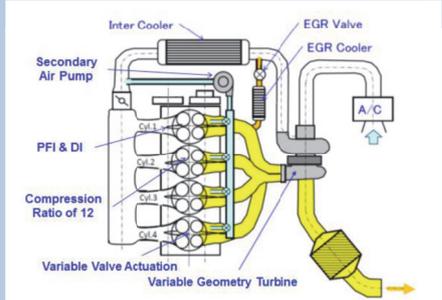


Figure 3-5 ターボ BDSC-HCCI エンジンシステム

量が急増する燃焼温度 1850 K 以上では SI 運転(+三元触媒)に切り替える。これらのシステムでのモード燃費向上効果を GT-SUITE でシミュレーションした結果、JC08 モード燃費が約 31% 向上すると報告されている。(飯島)

### 【参考文献】

- 3-1) 高橋 栄一, 小島 宏一, 山口 誠也:パルス状 DBD 印加による着火制御効果, 第 24 回内燃機関シンポジウム(2013)
- 3-2) 古賀 響, 木浦 寿朗:小型天然ガスエンジンにおける圧縮自着火の研究, 第 24 回内燃機関シンポジウム(2013)
- 3-3) 畑村 耕一, 山田 敏生, 窪山 達也:予混合圧縮着火ガソリンエンジの実用化可能性—ブローダウン過給 HCCI エンジの技術開発まとめ—, 第 24 回内燃機関シンポジウム(2013)

## 4 潤滑

鳥取大学の吉澤ら<sup>4-1)</sup>は、「LIF 法によるピストンリングおよびスカート部の油膜厚さ測定」の発表で、直列 4 気筒 4 サイクルガソリンエンジンを用い図 4-1 のように#2 気筒のシリンダを石英ガラスで可視化し、LIF 法にて油膜厚さを測定(図 4-2)。クロスハッチの有無によるスカート部の油膜厚さとリング周りの油膜挙動についてピストン挙動との対比より以下のように考察している。クロスハッチによって油膜は薄く広く広がるが、クランク角に対する油膜厚さの変化は、クロスハッチの有無によって大きな違いは見られない。各リング上下部にてオイル油膜分布のサイクル変動がみられた(図 4-3)が、これはピストンスラップによるピストンとリング挙動のばらつきが原因と考えられるとしている。

東京都市大学大学院の井手尾ら<sup>4-2)</sup>は、「薄膜センサによるピストンピンボス部の油膜圧力分布計測」で図 4-4 に示す圧力センサをガソリン機関のピストンピンしゅう動面に形成し、油圧疲労試験機を用いて動的に加重することでピンボス軸方向の油膜圧力分布計測を行った。センサはピン(1)のしゅう動面に、ピンとセンサの絶縁を保つための絶縁膜(2)、圧力を感じるセンサ膜(3)、センサ膜の絶縁と対向物との接触からセンサ膜を保護する保護膜(4)で構成される。なお、センサの総膜厚 5.2 μm を考慮してあらかじめ直径を細くし、センサ形成後に規定のピン直径になるようにしている。図 4-5 に示すピストンピンボス内側に応力緩和用のテーパ角度を設けた 2 種類のピストンについてピンボス内側端面(図中⑤R-end)から 0~16mm を 1mm 間隔で圧力分布計測を行った。その結果、圧力はテーパが終わる 7mm 付近が最も高くなり(図 4-6)、テーパによる逃げ量の多い計測位置では、逃げ量の少ないもしくは無い場所に比べて圧力を発生するタイミングが遅く(図 4-7)、荷重分担も少ない。これは、負荷荷重の上昇に伴うピンのたわみ量変化によると考えられ、高い負荷荷重条件におけるテーパによる荷重分散が確認できたとしている。

日産自動車の大脇ら<sup>4-3)</sup>は、「主軸受部油膜圧力発生メカニズム検討」の発表で、前項の東京都市大学の井手尾らと同様の薄膜式圧力センサに保護膜として DLC 膜を採用することで、高負荷、高回転時の計測が可能となった薄膜式圧力センサを開発し、4 気筒ガソリン機関での高負荷、高回転時の主軸受油膜圧力計測を実施した。また、実機油膜圧力測定結果と FEM、EHL 解析結果の比較から油膜圧力発生要因を解析した。図 4-8 の(a)に 6000rpm、全負荷条件での#4 主軸受の油膜圧力測定結果と数値計算結果の比較を示す。クランク角度 180°、360° で油膜圧力が増減するのは、#4 主軸受に隣接する#3、#4 気筒の燃焼荷重によるものと考えられる。一方、隣接する燃焼荷重が作用しないクランク角度 90°、270°、450°、630° 付近でも油膜圧力が増減するが、これは、計算より求めた(b)に示す機関上下方向の軸受荷重、(c)に示す各クランクピン部に作用する機関上下方向の荷重の結果より、レシプロ系の慣性力が起因していると考えられている。また、この付近での実験結果と計算結果の絶対値がずれるのは、軸受の微妙な傾き等の影響ではないかとしている。(藤井)

### 【参考文献】

- 5-1) 古澤 隆浩, 中川 俊, 大澤 克幸, 小田 哲也, 菅近 直範:LIF 法によるピストンリングおよびスカート部の油膜厚さ測定, 第 24 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 63 (2013)
- 5-2) 井手尾 陽, 鈴木 涼, 関 俊哉, 斉藤 宏樹, 三原 雄司:薄膜センサによるピストンピンボ

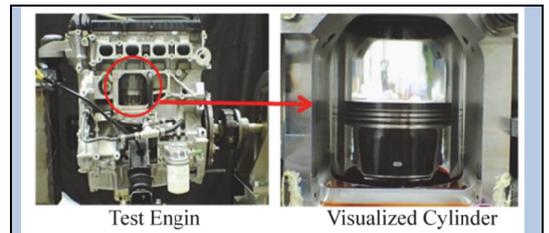


Figure 4-1 可視化シリンダ

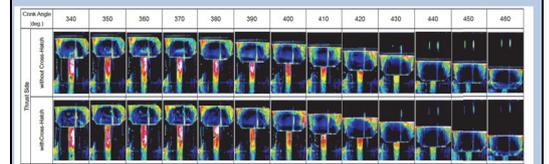


Figure 4-2 スラスト側の油膜挙動

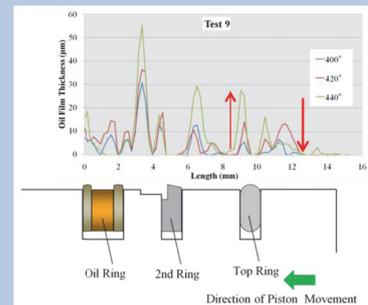


Figure 4-3 スラスト側のリング周りの油膜厚さ

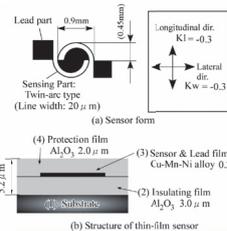


Figure 4-4 薄膜圧力センサの構造

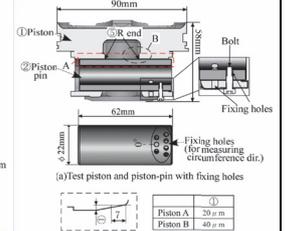


Figure 4-5 ピストンとピストンピンの形状

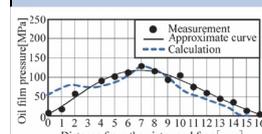


Figure 4-6 ピンボス軸方向の圧力分布(ピストン A)

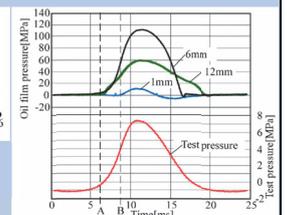


Figure 4-7 圧力の発生タイミング

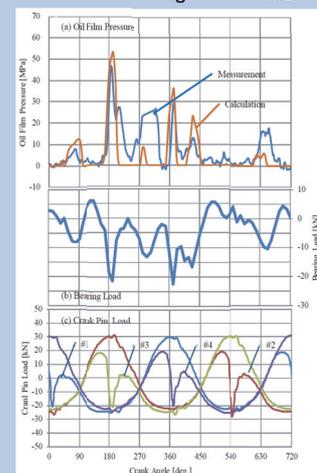
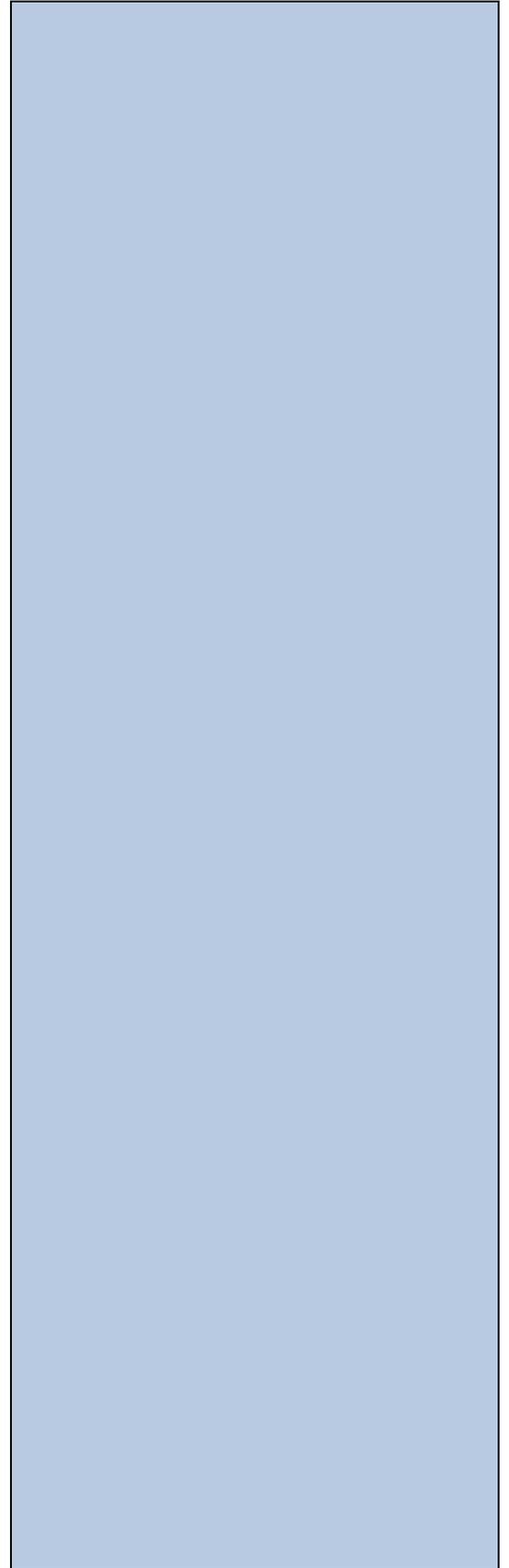


Figure 4-8 6000rpm における油膜圧力と曲げ荷重とクランクピン荷重

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERING OF JAPAN Vol. 4 No. 3 2014

ス部の油膜圧力分布計測, 第 24 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 66(2013)  
5-3)大脇 建作, 古川 卓義, 小林 誠, 渡邊 祐也, 岩上 遼, 三原 雄司: 主軸受部油膜圧力  
発生メカニズム検討, 第 24 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 67(2013)



# 第 43 回 東京モーターショー2013

The 43rd TOKYO MOTOR SHOW 2013

日時：2013 年 11 月 22 日（金）～12 月 1 日（日）

会場：東京ビッグサイト

主催：一般社団法人 日本自動車工業会

清水 健一， 藤井 厚雄（編集委員）

Report: Ken-ichi SHIMIZU, Atsuo FUJII (JSAE ER Editorial Committee)

## 1 EV, HEV

今回も電動車両関連の発表が多かったが、一昨年のショーに比べると次期の国内市販車の方向を牽引するような新たな発表(秋季大会既発表分を除く)に欠けた感があった。その一方で、欧州メーカーの実用 BEV や PHEV の発表が目をついた。また、部品では機械損の削減により効果的な電動車両に対応する動きも見られ、電動車両の普及を感じさせた。

欧州メーカーで興味をひいたのはフォルクスワーゲンの実用 BEV と PHEV のコンセプトカーの発表である。実用 BEV は Golf と up に対応したもので、e-Golf は 5 人乗りの前輪駆動車で、24.2kWh の 318kg の電池を搭載し車重は 1510kg、電力消費率は NEDC モードで 12.7kWh/100km、一充電走行距離は 130～190km で、ほぼリーフに近い。e-up(図 1-1)は 4 人乗りの前輪駆動車で、18.7kWh の 230kg の電池を搭載して車重は 1139kg、電力消費率は NEDC モードで 11.7kWh/100km、一充電走行距離は 160km で、i-MIEV に近いものである。

特に興味深かったのは PHEV に関するもので、限定販売済みの XL1 を参考出品した。2 人乗りの後輪駆動スポーツカーで、車体をカーボン繊維ポリマー(CFRP)で構成することで車重を 795kg に抑えている(図 1-2)。800cc、2 気筒の直噴ディーゼルターボエンジン(出力 35kW)と 20kW の電動機、5.5kWh の Li イオン電池を組み合わせ、NEDC モードで 0.9L/100km の PHEV 燃費を達成しており、リッターカー以上の経済性となっている。駆動系の配置を図 1-3 に示す。

この PHEV システムを up に搭載した形の Twin up(図 1-4)をコンセプトカーとして発表した。同じエンジンに 35kW の電動機、6.6kWh の Li イオン電池を組み合わせ、NEDC モードで 1.1L/100km の PHEV 燃費の 4 人乗りの FF 車で車重は 1205kg である。図 1-5 に示すハイブリッドモジュールはデュアルクラッチ変速機を持った 2 気筒エンジンパワープラントのフライホイール部をエンジン側の遮断クラッチとモータに置き換えたもので、小容量のモータを変速機と組み合わせることで通常の ICEV のパワープラントに置き換えが可能な程度の小型化を実現している。ICEV ベースの PHEV である。駆動系の配置を、図 1-6 に示す。

同様の PHEV の展示が BMW からあった。同社は英国のみで販売してきた電気自動車 i3 とそのレンジエクステンダー付車両(PHEV)の日本向け車両を発表した。電動車両はパワートレインの効率が高い分、走行抵抗等のロスの低減効果が高く、軽量化の効果も高いことに着目して。駆動系をアルミ製のドライブモジュールに収め、客室を CFRP の客室セルで構成することで大幅な軽量化を図っている。前述の XL1 がアルミ材で補強した CFRP モノコック車体であるのに対し、i3 は図 1-7 に示す様にフラットな床を構成するアルミ製のドライブモジュールに CFRP 製の客室等をのせたかたちで、慶大の EV に近い型式である。

i3 は定格出力 75kW(最大出力 125kW)のモータを 21.8kWh の Li イオン電池で駆動する 4 人乗りの後輪駆動車で、一充電走行距離は JC08 モードで 229km、電力消費率 0.107kW/km を確保している。レンジエクステンダー付の車両の AER(電気のみで走行出来る距離)は 196km、PHEV 燃費は 36.5L/100km である。twin-up などが ICEV ベースの PHEV であるの対し、こちらは BEV ベースである点も対照的である。

BMW の i8 は 5 人乗り PHEV スポーツカーで、最高出力 170kW の 1.5L 3 気筒ツインパワーターボガソリンエンジンの FR 車の前軸を最高出力 96kW のモータで駆動するシステムで、前後輪荷重を 50%-50%に仕上げている。前後軸の駆動方法を制御することで、EV モードや HEV モード、クルージング時のエンジン駆動を実現している。PHEV 燃費は NEDC モードで

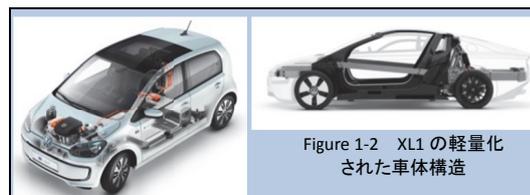


Figure 1-2 XL1 の軽量化された車体構造

Figure 1-1 e-up! の駆動系のレイアウト

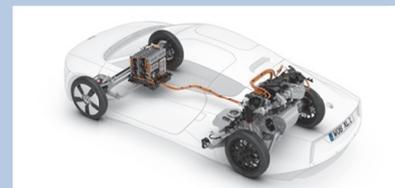


Figure 1-3 XL1 の駆動系のレイアウト



Figure 1-4 小型 PHEV twin-up!



Figure 1-5 twin up!のハイブリッドモジュール



Figure 1-6 twin up!の駆動系のレイアウト

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERING OF JAPAN Vol. 4 No. 3 2014

2.5L/100km, AERは35kmとしている。

もう一つのPHEVスポーツカーとしては、ポルシェ e-hybridがある。最高出力245kWの6気筒3000ccエンジン、最大出力70kW(定格出力24kW)のモータと9.2kWhのLiイオン電池の組み合わせで最大306kWの出力を実現しており、PHEV燃費は8.1L/100km, AERは33.2kmとしている。これらは省エネではなく高出力が第一目的であると考えられる。更にこの方向に徹したものとしてPHEVレーシングカーの展示があった。Audiのe-tron quattro(図1-8)で、再充電可能エネルギー蓄積要素として、Liイオン電池ではなくフライホイール電池を採用している。急激な加減速が続くレースでは急速充放電特性に優れたフライホイール電池を採用したものである。(清水)

## 2 部品関連

自動車技術会春季大会と併設される「人とくるまのテクノロジー展」は、ある程度専門家向けの展示であるのに対して、一般の来場者の多いモーターショーでは、以前に増して一般の方にも理解しやすい工夫をしているメーカーが多くなって来た。その反面、やや品展示の内容と情報量が寂しい感じがする。

今回も目についた項目を紹介する。

部品メーカーのキーワードとしては、やはり、低燃費のための「低フリクション」「可変」「電動化」さらに「ダウンサイジング」に貢献する部品技術開発ということになる。

低フリクションアイテムとしては、自技会秋季大会で報告のあったディンプル加工スリーブ(写真2-1;日本ピストンリング)。流体潤滑となるスリーブ中央部にショットブラストによるディンプル加工を施すことで、摺動面積を減らし摩擦低減を行っている。すでに量産化に向けて話を進めており、加工時間1分程度で、1スリーブ当たり千円以下でできそうとのこと。その他、補機ベルトの共振を抑えることで補機ベルト張力を低減し、駆動仕事を減少させるオルタネータブリー内臓型ワンウェイクラッチ(写真2-2;SCHAEFFLER)。NTNは、タイミングチェーンガイドへのローラを埋め込み(写真2-3)と、コンロッド大端部およびクランクシャフトメインジャーナルへのローラベアリングの使用を検討(写真2-4)、フリクション低減により全体で3%のモード燃費向上が見込めるが、課題はNVと耐久保証の考え方で、研究は継続中とのこと。写真2-5はFord Eco Boostに採用されている油中タイミングベルト。油中にすることでチェーンより低フリクションであるベルトを更に低フリクション化。

可変機構には、より運転状況に合わせた最適制御のために電動化がセットとなる場合が多くなっており、燃費向上のためのコストが上昇しても更なる低燃費の追及が求められ採用が増えてきているようである。代表的なものは、早期暖機や流量コントロール用の電動サーモバルブや電動オイルバルブ(写真2-6;日本サーモ)。また、BOSCHブースでは電動EGRバルブ(写真2-7)、過給機エンジン用に電動ウエストゲートアクチュエータ(写真2-8)、電動バイパスバルブ(写真2-9)などが展示していたが、これらはデバイス開発各社が展示。その他、可変バルブタイミング動作の油圧コントロールバルブとアクチュエータをカムプリー直近に置き(写真2-5)、応答性を上げている。

HEV化対応として、回生の取りきりとエンジン負圧不足を補うために電動油圧ブレーキ駆動装置(写真2-10;NTN)が採用されており、EV化対応としては冷暖房用ヒートポンプシステム(写真2-11;DENSO)が挙げられる。また、写真2-12は電動グリルシャッター(MIKUNI)だが、EV用でバッテリーや電圧変換器の温度コントロールを行うためSIM-Driveに採用されたとのこと。駆動系としては、ZFよりFF横置きエンジン用で世界最多の9速AT(写真2-13)。JatcoはHEV用1モータCVTをメインに展示。更なる進化として、現状より40%サイズ・ウェイト削減、40%フリクションダウン・効率向上を達成する次世代CVTを2020年に実現するとPR。技術的には見通しは付いているとのことだが、展示はシルエットのイメージのみ(写真2-14)。SCHAEFFLERからはモータとトランスミッション、ディファレンシャルを搭載した電動駆動装置を展示(写真2-15)。大小二つのモータがあり、大モータで駆動力を発生し小モータが左右の出力トルクを走行条件に合わせて分配するとのこと。もちろん回生機能付。また、ホンダが新型フィットハイブリッド用に開発した1モータ、7速DCTトランスミッションを展示。SCHAEFFLERのLuKブランドのダンパやダブルクラッチ、クラッチ用アクチュエータ、ギアシフトシステムが採用されているとのこと(写真2-16)。そのほかにはJTEKTが4WD用電子制御カップリングを展示(写真2-17)。電動アクチュエータにより伝達力をリニアに制御でき、なおかつ小型軽量化したとのこと。

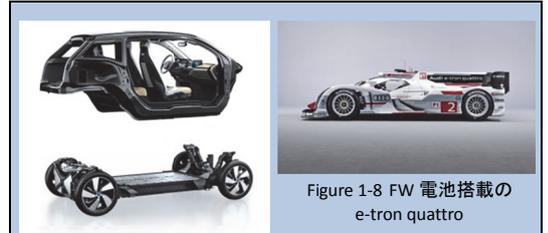


Figure 1-7 i3の軽量化された車体構造



Figure 1-8 FW電池搭載のe-tron quattro



Photo 2-1



Photo 2-2



Photo 2-3



Photo 2-4



Photo 2-5



Photo 2-6



Photo 2-7



Photo 2-8



Photo 2-9



Photo 2-10



Photo 2-11



Photo 2-12

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERING OF JAPAN Vol. 4 No. 3 2014

小型化アイテムとして、インタークーラー一体型インテークマニホールド(写真 2-18; MAHLE)。インタークーラーは水冷式で、低温と高温の 2 系統の水冷ラインを持ち冷却効率を高めているとのこと。写真 2-19 は磁気マーク付加オイルシール(NOK)。回転角や位置検知に用いることで、小型化、部品削減に貢献。

エミッションデバイスとして、OBD 対応の DPF(Diesel Particulate Filter)故障検知用 PM センサ(写真 2-20; BOSCH)。DPF 前後の差圧を監視して故障検知するのに対して PM 自体を感知して DPF の機能を監視する。同じく BOSCH より水冷ジャケット付 SCR インジェクター(写真 2-21)。より高温領域で使用できることで、昇温のための燃料噴射を低減し、燃費改善に貢献すると思われる。(藤井)



Photo 2-13

Photo 2-14

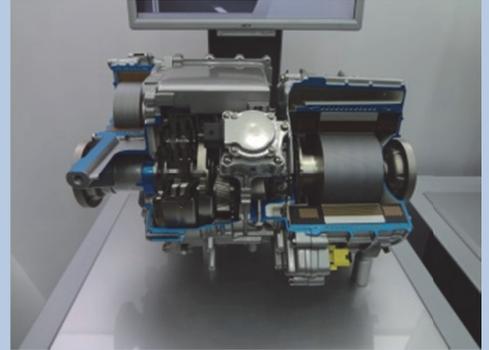


Photo 2-15



Photo 2-16

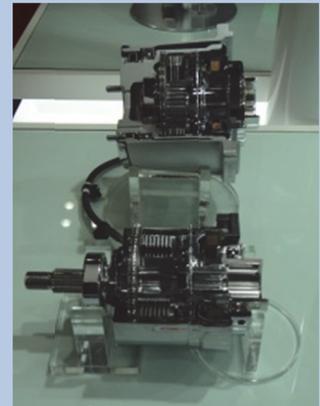


Photo 2-17



Photo 2-18



Photo 2-19

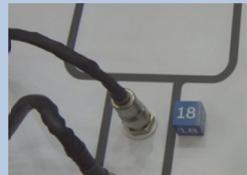


Photo 2-20



Photo 2-21

# 2013 Small Engine Technology Conference (SETC) 報告

Report of 2013 Small Engine Technology Conference

日時：2013年10月8日（火）～10日（木）

会場：Taipei International Convention Center (Taiwan)

共催：公益社団法人 自動車技術会 / SAE International（共催）

飯島 晃良（編集委員）

Akira IJIMA (JSAE ER Editorial Committee)

2013年10月8日から10日にかけて、台北国際会議場にてSETC 2013が開催された(図1, 図2)。SETCは、JSAEとSAE Internationalによって共催され、1989年の第1回から数え、今回で19回目を迎えた。

この会議は、主に二輪車・農業機械・発電機・船外機などの小型エンジン及びその応用部品に関する技術に焦点を当てられている事が特徴である。

論文の分野別内訳を表1に示す。プログラム上の論文件数は、116件であった。エンジン関係では、エンジン技術、計測とシミュレーション、エンジン制御、排気等に加え、HCCIや代替燃料の件数も多い。その他、2ストロークエンジンの講演があることも本会議の大きな特徴である。

116件の講演に加えて、初日には2件の基調講演(図3)、2日目にはアジアの2輪に関するプレナリーセッションが行われた。その他、26社による技術展示、大学関係者による研究紹介のポスターセッションが実施された(図4)。2日目のバンケットでは、台湾の伝統的な踊りが披露されるなど、和やかな雰囲気の中で技術ディスカッション並びに参加者の懇親が行われた(図5)。

SETC 2014は、2014年11月18日から20日にかけて、イタリア・ピサで開催される。

【SETC 2014 Website: <http://www.sae.org/events/setc/>】

Table 1 セッション別発表論文数

分 野	論文数
Engine Technology	12
Measurement and Simulation	11
Hybrid, Electric Drive, and Fuel Cell	11
Engine Controls	10
Emissions	10
Alternative Fuels	9
HCCI	9
Materials	7
Advanced Combustion	6
Fuel Supply Systems	5
Engine Components	5
Vehicle Dynamics & Safety	5
Two-Stroke Engine	4
Diesel Engine	4
NVH Technology	3
Collegiate Events	3
Lubricants	2
Total	116



Figure 1 会場である台北国際会議場の外観



Figure 2 SETC 2013



Figure 3 基調講演風景



Figure 4 ポスターセッション



Figure 5 バンケット風景