

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN

Vol. 1 No. 1 2011

JSAE エンジンレビュー

特集：JSAE 春季大会 in PACIFICO YOKOHAMA

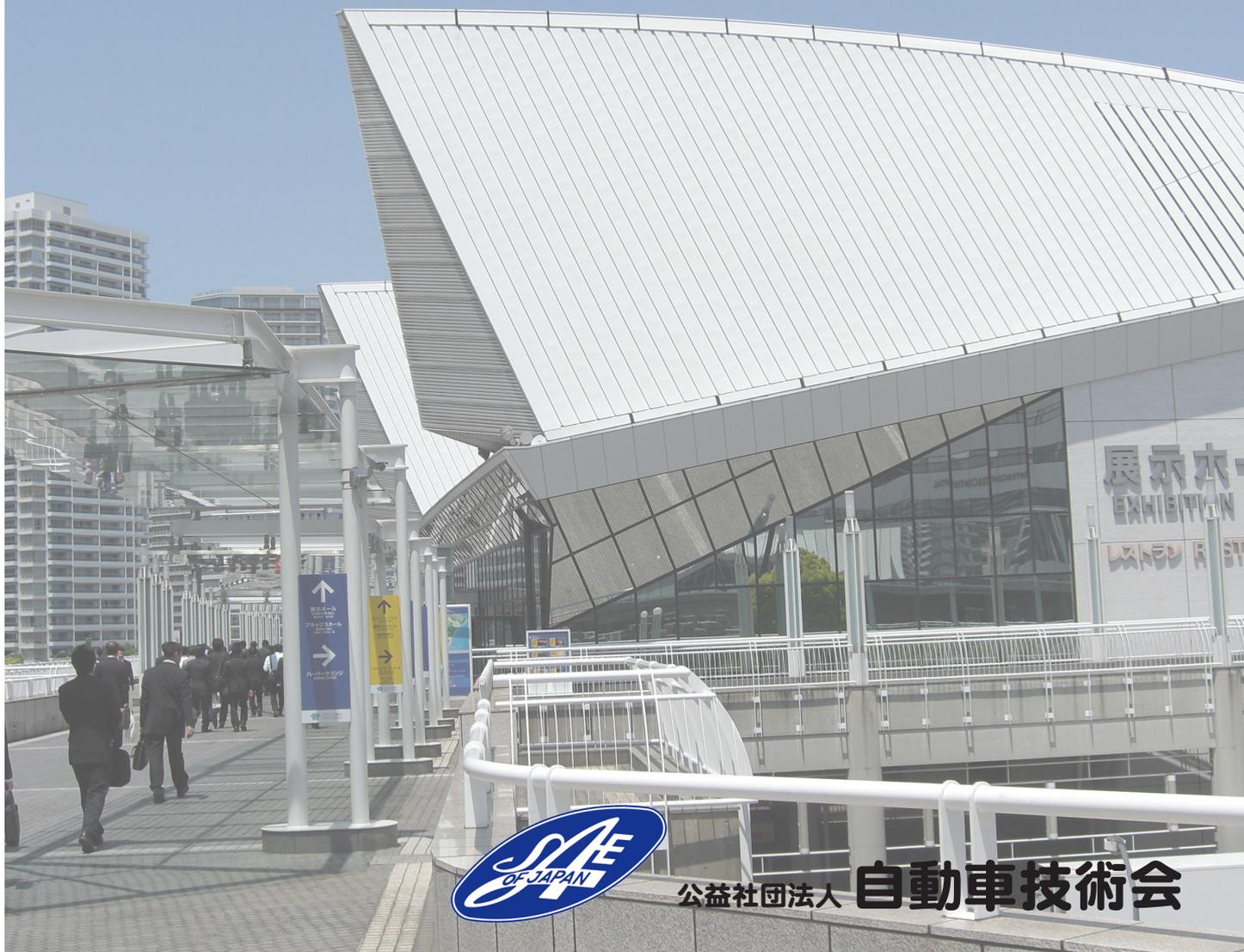
学術講演会

フォーラム & EVTeC シンポジウム

人とくるまのテクノロジー展

NEWS & INFORMATION

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



公益社団法人 **自動車技術会**

「JSAE エンジンレビュー (JSAE Engine Review)」 発刊に向けて：慶應義塾大学／飯田 訓正	1
コラム●超長期予測の難しさ：元 日産自動車／村中 重夫	3
特集：2011 年自動車技術会春季大会	
1：学術講演会	4
2：春季フォーラム&シンポジウム	13
3：人とくるまのテクノロジー展 2011	16
NEWS & INFORMATION	21

■ JSAE エンジンレビュー編集委員会

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

発行所： 公益社団法人自動車技術会  
発行日： 2011 年 8 月 20 日  
発行人： 新井 雅隆 (群馬大学)  
〒 102-0076 東京都千代田区五番町 10-2  
電話： 03-3262-8211

# 「JSAE エンジンレビュー (JSAE Engine Review)」 発刊に向けて



公益社団法人自動車技術会・編集会議

JSAE エンジンレビュー編集委員会

委員長 飯田訓正

Norimasa IIDA

慶應義塾大学 理工学部システムデザイン工学科

Dept. of System Design Engineering, Keio University

## 自動車技術会および日本機械学会エンジンシステム部門の会員 各位 そして全国のエンジンエンジニアの皆様

### JSAE エンジンレビュー刊行の経緯

自動車技術会では、「エンジンテクノロジーレビュー」誌（以下 ETR 誌）（発行：株式会社養賢堂）が 2011 年 2 月をもって休刊したことを受け、その後継誌として電子版「JSAE エンジンレビュー (JSAE Engine Review)」を発刊することとなりました。その経緯説明をさせていただきます。

ETR 誌（2009.4～2011.2）は、「内燃機関」誌、「エンジンテクノロジー」誌（以下 ET 誌）（発行：株式会社山海堂 1999.3～2007.12）を継承して発刊された日本唯一のエンジン専門誌であり、(社)自動車技術会および(社)日本機械学会エンジンシステム部門から選任された編集委員の協力により編集され、「エンジンの可能性を追求する技術者のための情報誌」として役割を果たしてきました。

しかしながら、近年の世界的な経済活動の低迷による広告収入の減少に加え、紙媒体の発行部数規模の縮小など、経済的な問題から休刊せざるを得ない状況となりました。専門性を高めれば高めるほど、購読者数は限られたものとなり、採算性を阻害する要因となりましたことは否めません。このような環境にあつて ETR 誌の発行に多大なご支援をいただきました(株)養賢堂の及川社長には、改めて厚くお礼を申しあげ謝意を表します。

聞き取り調査により、現在の ETR 誌の読者および 2000 名を超える潜在的読者は、他誌では得られない「エンジンに関する高度で専門的な技術情報誌」の継続を求めていること。そして、エンジン研究に携わる学生そして若手エンジニアの育成のために、その専門誌の存続が強く望まれていることが分かりました。

そして(社)日本機械学会エンジンシステム部門長の堀正彦氏および(社)自動車技術会編集会議議長の新井雅隆氏のご提言により、同誌の後継誌について、ETR 編集委員会が検討することとなりました。

採算性をクリアするために、学会のWEBサイトから電子化したPDF誌として発行することを検討しました。印刷等の費用が削減され、比較的安価に専門情報誌を提供できる可能性があります。また価格を下げることによって、今まで購入が困難であった専門学校および大学の学生、大学院生あるいは若手のエンジニア、研究者にも手が届くようになり、読者層の拡大につながることを期待されています。また、このような特定の分野における専門誌は技術者の情報源として大変重要な役割を果たすことから、エンジン分野における電子本化の試みは、他分野の専門誌を拡大充実する際のよい試金石となると考えました。

ETR 編集委員会では半年に亘る検討を重ね、下記の要領にて、公益社団法人に認定され新規に発足する自動車技術会より、電子版情報誌を発行（自技会 WEB サイトに掲載）することを提案し、編集会議にて承認をいただきました。

【エンジン技術専門誌（電子版）の提案内容】

1. 電子出版物の名称：

- ・ JSAE 発行のエンジン技術専門誌と位置づけ、名称は「JSAE エンジンレビュー（JSAE Engine Review）」とする。

2. 発行形態：

- ・ 自動車技術会の Web. 上で定期的に刊行する PDF 化された有料の電子出版物とする。
- ・ 情報発信の一環として、対象を会員に限定せず一般公開とする。

3. 編集方針：

- ・ エンジン技術の専門誌とする。
- ・ 技術内容の範囲としては、内燃機関に限らず自動車用の各種動力源を含む技術とし、今後の研究開発の指針となる技術レビューを中心とする。
- ・ 春季・秋季大会の学術講演、技術展示会、各種シンポジウム、フォーラムからエンジン関連技術のテーマを拾い、編集委員を中心とする取材・執筆による横断的なレビュー記事から開始する。

4. 編集委員会：

- ・ 日本機械学会と自動車技術会との合同委員会体制を解体し、自技会単独の委員会とする。
- ・ 従来の機械学会側委員は、自技会の ETR 誌編集委員会の委員として委嘱手続きを行う。

5. トライアル刊行期間：

- ・ 最初の 2 年間についてはトライアルとの位置づけで無料公開とする。
- ・ この期間は年 2～4 回程度の発行とし、各回の総頁数は 30 頁を目安とする。
- ・ 第 1 期の刊行期間を 2 年とし、アクセス数の状況を確認し、コンテンツの見直しおよび有料化の検討をトライアル期間終了後に行う。

近年の技術開発全般に共通することとして、どの領域でも一企業が最先端を維持するのが困難なところまで技術の高度化・統合化が進んでいます。素材分野では制御困難なナノレベルにまで微細化が進み、対極にあるソフト分野でもシステムは巨大化しており、こちらも制御が困難になっています。エンジン技術も例外ではありません。エンジンシステムの高度化、複雑化さらには統合化に伴い、課題となるのが技術の伝承と次世代エンジニアの育成です。

電子版「JSAE エンジンレビュー」誌は、ベテランのエンジニアには引き続き「エンジンの可能性を追求する技術者のために高度で専門の技術情報」を提供するとともに、学生、企業若手エンジニアには「内燃機関の基礎から最先端技術が学べるリテラシー情報」を提供することをその役割として掲げ、定期刊行誌として、さらなる発展を図りたいと思います。

皆様のご支援、ご鞭撻をお願いいたします。

ご意見をお寄せいただければ幸いです。

最後になりましたが、エンジンレビュー編集委員会の委員である(財)日本自動車研究所 杉山 元氏におかれましては、6月13日にご逝去されました。「JSAE エンジンレビュー」創刊にあたりご尽力をいただきました。ここに深く感謝申し上げますとともに、ご冥福をお祈りいたします。

●コラム

## 超長期予測の難しさ



副委員長  
村中 重夫  
Sigeo MURANAKA  
元・日産自動車  
fomer  
NISSAN MOTOR CO.,LTD

春季大会でガソリン機関部門委員会企画フォーラム「2030年、乗用車用パワートレインの主流は？」に出席した。フォーラムの内容紹介は本号のレポート記事に書いたもので、ここでは各社プレゼンのイントロで、殆ど同じ素材を（無批判に）使用していることが参加者をミスリードしないかとの懸念を抱きコメントするものである。

同じタイトルでの講演依頼の結果、起承転結の起はどこも2030年以降も含む超長期の「自動車を取り巻く環境」となり、エネルギー供給は？ CO2低減目標は？となる。

全世界をカバーするこの種のデータは中立性と入手しやすさから、IPCCやIEAといった国際機関のデータを引用することになる。各国のエネルギー消費、CO2排出量は人口×GDP×GDP原単位で概略表されるから、全世界ではこの総計になる。精度の視点から、最も基本となる人口予測の例を見てみる。

図1はIPCC三次報告の中の世界人口予測である。IPCCの作業は世界中の本分野の査読論文を集め整理するのが最初である。集めたデータベースの最高は2100年で200億人弱から最低は60億人強と三倍以上の違いがある！

標準ケースの値としては図中の中位値が使用される。図の一番下のカーブは日本の人口減少を真っ先に予測していた政策研究院大学の藤波らのモデルによる予測値を筆者が書き加えたものである。彼らによれば政府発表の人口予測は非常に恣意的であるという。一般に変化率を抑える施策がとられる効果を見込んだ値にする結果、実際とずれるという批判である。彼らのモデルは一人当たりGDPの上昇とともに出生率が低下するという過去の関係式のみで予測するものである。本モデルの線を大胆に延長するとIPCC中位値の半分である！

すなわち人口予測の違い一つでエネルギー消費もCO2排出量も半減という結果になるという例を示した。人口×GDP×GDP原単位のどれ一つとっても超長期予測は難しく、かつ三因子はお互いの関数になっているからさらにといってお話である。

結論として、超長期の予測の扱いは「参考の参考」程度、自分でいろいろ調べて判断することが必要である。それではイントロで述べた各社の研究戦略が不確かな超長期予測を前提とすることにより間違ったシナリオを描いているかという、現実の研究開発投資は次期型（5年先）次次期型（10年先）の商品化を念頭に数年の中期計画と単年の詳細計画に基づき行われているから50～100年先予測の当否は殆ど影響ないというのが実際であろう。

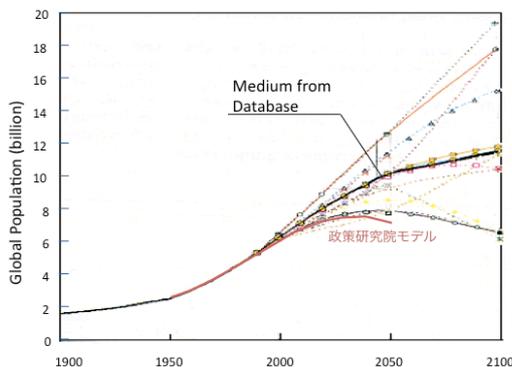


Figure 1 世界人口のいろいろな予測

# 特集 1：自動車技術会 2011 年春季大会学術講演会

Report of JSAE Spring Congress (YOKOHAMA)

副委員長：村中 重夫

編集委員：井上 香，金子タカシ，川那辺 洋，小池 誠，小酒 英範，  
清水 健一，下田 正敏，鈴木 央一，藤井 厚雄

Shigeo MURANAKA (JSAE ER Vice-Chair)

Kaori INOUE, Takashi KANEKO, Hiroshi KAWANABE, Makoto KOIKE, Hidenori KOSAKA,

Ken-ichi SHIMIZU, Masatoshi SHIMODA, Hisakazu SUZUKI, Atsuo FUJII (JSAE ER Editorial Committee)

日時：2011 年 5 月 18(水)～20 日(金)

場所：パシフィコ横浜 (神奈川県)

主催：(公益社団法人) 自動車技術会

## 1. はじめに

2011 年の 5/18 から 5/20 に例年通りパシフィコ横浜において自動車技術会の春季大会講演会が行われた。震災後ということもあって、開催に若干の不安もあったが、スムーズに開催されたと感じた。ただ、桜木町の駅からパシフィコまでの途中にあるいわゆる「動く歩道」が節電のために停止していた。動かない「動く歩道」がこれほどまで人通りの邪魔になるとは思ってもみなかったが、そんなことよりも、すぐ側に設置された「この動く歩道は屋根に取り付けられた太陽電池で動作しています」という看板がどことなく虚しく感じられた。

本稿では春季大会の講演のなかから、特にエンジン燃焼およびその周辺に絞って、そのなかから幾つかについて要約してご報告させて頂くことを主体とし、本学会全般について述べたものではないことをはじめにお断りさせて頂きたい。(川那辺)

## 2. ディーゼルエンジン

豊田中央研究所の冬頭らは、「ディーゼル燃焼の CO 排出要因解析」<sup>1)</sup>と題して講演を行った。これはいわゆる低温ディーゼル燃焼において問題となる一酸化炭素排出について、筒内の分布をレーザ計測するとともに、CFD 解析と比較して生成要因を探るものである。CO をレーザ誘起蛍光法により可視化しようとする、その励起エネルギーから推定される光の波長は約 115nm となり、いわゆる真空紫外領域にあたるために、直接励起光として用いることができない。そこで、ここでは 230.1nm のレーザ光の 2 光子励起を用いてエンジン筒内における LIF を試みている。図 2-1 は光学系の概略であり、シリンダ横方向およびボトムビューによる可視化がなされている。ここでは不輝炎燃焼場のみならず輝炎を伴った燃焼場にも適応されている。図 2-2 は LIF 画像を得た手順である。CO の吸収帯がナローであるのに対して、HC 成分の多くの吸収帯がブロードであるために、CO 以外の発光が同時に生じる。そこで、CO を含めて励起した場合 (On-Line) から、やや励起光の波長をずらした場合 (Off-Line) を減じることによって CO のみの発光をとらえている。また、CFD の結果と合わせて見ることによって、ここで可視化された CO は燃焼室の端で生成したものが、逆スキッシュ流に載って隙間部へ流出したものであるということが分かる。今後、この手法に CFD の結果を組みあせて CO 低減の燃焼法について検討する予定とのことである。

トヨタ自動車の山田らは「ハイブリッド用ディーゼルエンジンシステムの研究」<sup>2)</sup>と題して講演を行った。これは D セグメントクラスの車両に 2.2L ディーゼルエンジンとハイブリッ

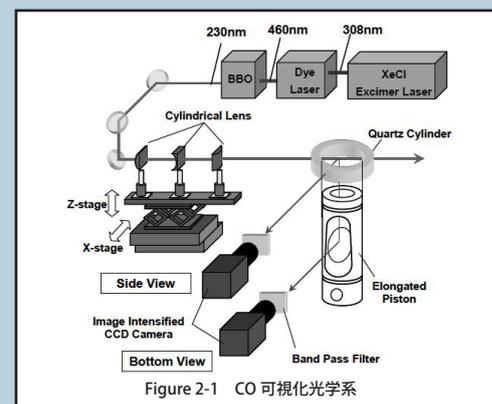


Figure 2-1 CO 可視化光学系

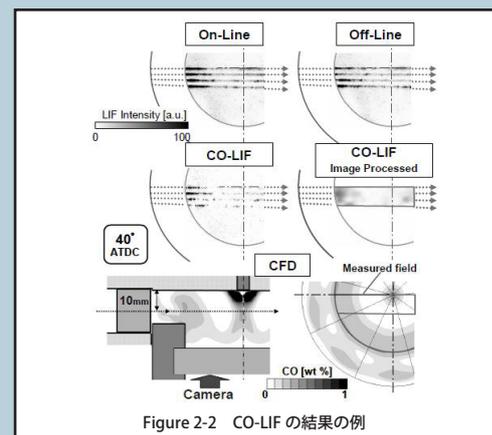


Figure 2-2 CO-LIF の結果の例

ドシステムを組み合わせることで搭載したもので、高熱効率と低エミッションを実現したものである。図2-3はベースエンジンとシステムの概略である。エンジン本体については、圧縮比を14にまで低下することによって最大筒内圧力を低く抑え、併せてピストンおよびコンロッドを軽量化して、効率向上を目指している。また、通常のEGR系に加えて低圧EGR系を組み合わせることにより、NOx還元触媒無しでEURO6レベルを達成している。全体として完成度は高く、コストの面さえクリアできれば市販も可能かもしれないと思わせるものがあるが、ディーゼルエンジンにハイブリッドシステムを組み合わせるのであれば、さらなる高燃費を期待したいところである。(川那辺)

「最新のディーゼル排出ガス制御」では、高鳥らと山内らによる「尿素SCR触媒解析技術(第1報)」<sup>3)</sup>「同(第2報)」<sup>4)</sup>が注目された。尿素SCR触媒によるNOx浄化においては、装置の小型化と高効率化のために触媒への還元剤吸着量を最適化する必要があるが、触媒における還元剤の挙動についてはまだ明らかにされていない。この研究では、還元剤の挙動とNO還元メカニズムを明らかにするため、第1報においてNH<sub>3</sub>と還元剤総量を計測する手法を新たに開発している<sup>3)</sup>。NH<sub>3</sub>の計測には、図2-4に示す反応凍結型のサンプリングプローブを用いてサンプリングガス温度を100~150℃に冷却しNH<sub>3</sub>生成反応を凍結している。反応凍結後のガスのNH<sub>3</sub>量は吸収法により計測される。これによりサンプル後の尿素の熱分解等によるNH<sub>3</sub>生成を抑制し、より正確なNH<sub>3</sub>生成量を計測できる。一方、還元剤総量の計測には、図2-5に示す加熱昇温サンプリングプローブを用いて、サンプルされたすべての還元剤をNH<sub>3</sub>に変換し吸収法によりNH<sub>3</sub>換算の還元剤総量を計測している。これらの計測手法を排気管のSCR触媒を模擬したリグテストに適用し、触媒前後と触媒内部のNH<sub>3</sub>量、還元剤総量の計測を行い、排気管に投入された尿素のほとんどは、触媒内部の入り口近傍においてNH<sub>3</sub>に変換されることなどが明らかにされている(図2-6)。

一方、第2報において山内ら<sup>2)</sup>はNH<sub>3</sub>-SCR触媒反応モデルとして、Tranconiのモデルをもとに、触媒内の尿素加水分解反応と、触媒上のNH<sub>3</sub>吸着サイトに強酸点と弱酸点の2種類のサイトを考慮した2次元触媒反応モデルを開発し、実車の尿素SCR触媒システムの性能予測を行っている。本研究では、第1報により開発した計測手法により、ミニリアクタにおけるNH<sub>3</sub>吸着離脱量の測定を行い、触媒上のNH<sub>3</sub>吸着サイトには「強酸点」と「弱酸点」の2種類が存在することを明らかにし、これらを考慮したNH<sub>3</sub>吸着離脱モデルを開発している。すなわち、触媒上のNH<sub>3</sub>強酸点に吸着したNH<sub>3</sub>は化学的に安定しておりNH<sub>3</sub>-SCR反応には関与しない。強酸点は気相NH<sub>3</sub>との相互作用がなく、弱酸点に吸着したNH<sub>3</sub>の強酸点への移動が強酸点におけるNH<sub>3</sub>の吸着離脱を支配するとし、これらの現象を考慮したモデルを考案している(図2-7)。開発したモデルを用いて実車モード走行時のNO還元率の予測計算を行い、実測データと比較し良い一致を得ている(図2-8)。(小酒)

「高分散噴霧と筒内低流動を利用したディーゼル燃焼における冷却損失の改善」<sup>5)</sup>は、小噴口径、多穴(φ0.08×18)、狭角(140deg)インジェクタによる高分散噴霧と筒内低流動(スワール比0.3)を組み合わせたPCCI燃焼において瞬時の局所熱流束の解析を実施し、冷却水損失の低減を狙った物である。薄膜型熱電対を用いた計測とシミュレーションから次のことが明確になった。燃焼室内で冷却損失が多く発生する場所は、ピストンのキャビティ側壁からスキッシュ域にかけてであり、原因はピストン下降時の逆スキッシュ流による対流熱伝達によるもので、テーパ付き浅皿キャビティ形状(図2-9, Case3)は逆スキッシュ流を抑制し冷却損失を改善する(図2-10)。

以上の現象はPCCI燃焼の特有な物でなく、一般のディーゼル燃焼にあてはまると推定する。近年の欧米日の大型車用ディーゼルエンジンにおいてキャビティ頂面部にテーパを付けた(図2-9, Case3相当)、キャビティリップ部に更に切り込み、リップをつけたもの(図2-9, Case2相当)が実用化されている。これらはいずれも燃料噴射時期の遅延や高Pme化による噴射期間の増大によるピストン頂面への噴霧の衝突によるオイルダイリューションの問題や、キャビティリップの逆スキッシュによる熱伝達の増大による熱負荷の問題の解決を主眼に実施されてきたが本論文に述べられている様に燃費の改善をともなってきたからである。

「SUV乗用車用ポスト新長期規制対応でディーゼルエンジンの開発」<sup>6)</sup>は2008年にディーゼルエンジンを搭載した大型SUV乗用車を再投入し、2010年には同エンジンをベースにエンジン本体と排気後処理システムの改良を行い、最新の乗用車ポスト新長期規制への適合を実施した物である。

エンジン本体の改良として圧縮比の低下(16.0)、応答性を向上したソレノイドタイプの

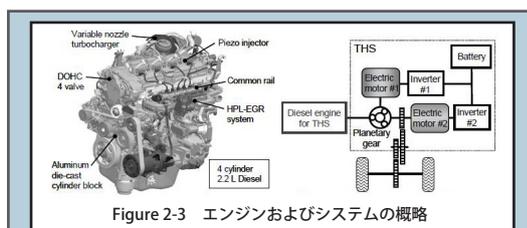


Figure 2-3 エンジンおよびシステムの概略

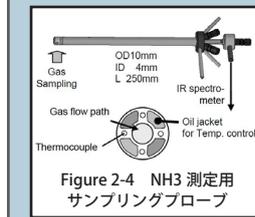


Figure 2-4 NH<sub>3</sub>測定用サンプリングプローブ

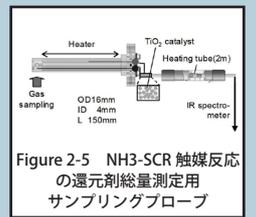


Figure 2-5 NH<sub>3</sub>-SCR触媒反応の還元剤総量測定用サンプリングプローブ

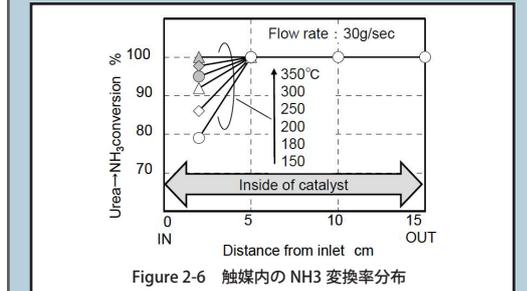


Figure 2-6 触媒内のNH<sub>3</sub>変換率分布

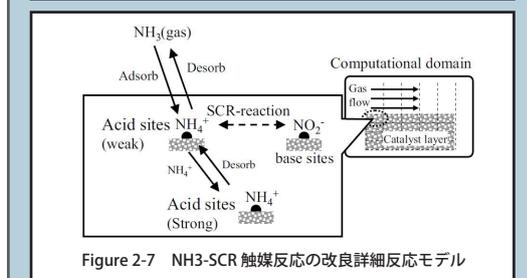


Figure 2-7 NH<sub>3</sub>-SCR触媒反応の改良詳細反応モデル

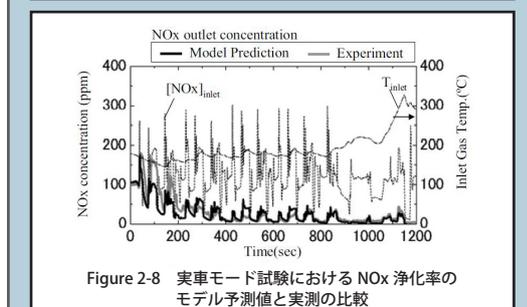


Figure 2-8 実車モード試験におけるNOx浄化率のモデル予測値と実測の比較

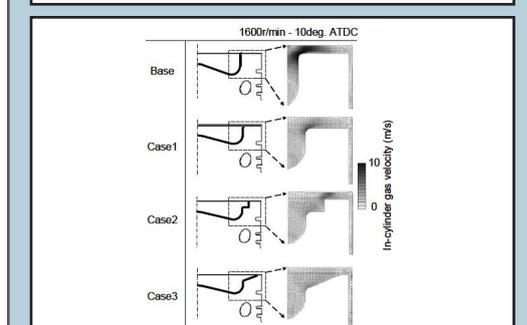


Figure 2-9 ピストンボールの形状と筒内ガス流動シミュレーション結果

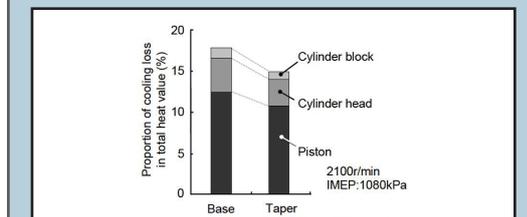


Figure 2-10 冷却損失の内訳のシミュレーション結果

コモンレールシステム、燃焼、後処理制御を含めた多段噴射、経時劣化を防止するフィンレス構造の積層型 EGR クーラ、NOx の変化を抑えた吸気酸素濃度を基本操作パラメータとした EGR 制御を用いている。また排気後処理システムとしてフロント DOC+NTC+DPF+ リヤ DOC を用い、ポスト噴射で不可避なオイルダイリューション防止と EGR を用いた通常筒内燃焼を継続するためタービン後流に燃料噴射弁を用いている。NTC 触媒としては、Ti 系化合物の添加により硫黄の蓄積抑制やサルファパージ温度の低下を図っている。

NOx 後処理として尿素水を用いた SCR システムで無く NTC を採用した理由は

\* ディーゼル乗用車において最新ディーゼル技術の認知度が低い国内一般ユーザーに対して従来の車両と異なる新たなメンテナンス負担（尿素水補給）の回避

\* 尿素 SCR システムの搭載上の問題

\* トータルのコスト

が考えられるが、乗用車としては第 1 項がメインと推定する。(下田)

【参考文献】

- 1) 冬頭, 松本, 服部, 植田, 秋濱, 青木, 梅原, 伊藤, 川口: ディーゼル燃焼の CO 排出要因解析, 自動車技術会 2011 年春季大会, No.22-11 (2011)
- 2) 山田, 芳賀, 松本, 友田: ハイブリッド用ディーゼルエンジンシステムの研究, 自動車技術会 2011 年春季大会, No.50-11 (2011)
- 3) 高鳥, 福井, 鈴木, 広田, 丸山: 尿素 SCR 触媒解析技術 (第 1 報), 自動車技術会 2011 年春季大会, No23-11 (2011)
- 4) 山内, 利岡, 福田, 丸山: 尿素 SCR 触媒解析技術 (第 2 報), 自動車技術会 2011 年春季大会, No23-11 (2011)
- 5) 河野, 馬崎, 伊藤, 橋詰, 瀬口, 稲垣: 高分散噴霧と筒内低流動を利用したディーゼル燃焼における冷却損失の改善, 自動車技術会 2011 年春季大会, No.22-11 (2011)
- 6) 信ヶ原, 畠, 岡田, 田代, 大橋, 高田, 田中: SUV 乗用車用ポスト新長期規制対応でディーゼルエンジンの開発, 自動車技術会 2011 年春季大会, No.23-11 (2011)

3. ガソリンエンジン

新開発エンジンでは、商品化（予定も含む）された新エンジン関係の発表が 4 件あった。それらの新技術について概要を紹介する。

マツダの富澤らから、SKYACTIVE-G 1.3L エンジン<sup>7)</sup>の発表があった。特記すべきは表 3-1 の諸元表にあるように圧縮比が 14 と最近のハイブリッド専用エンジンの 13 より高いことである。圧縮比 11 で PFI ミラーサイクルの従来エンジン並のトルク特性を得るため、6 噴口のマルチホールインジェクタで 2 分割噴射による吸気冷却、ピストン中央に設けたキャビティ (図 3-1) とボア小径化による燃焼期間の短縮等により、耐ノック性を高めたとしている。

ミラーサイクル、アトキンソンサイクル、高膨張比エンジンなど呼称は様々であるが、いずれもピストン上下死点の燃焼室容積比である圧縮比を相場より高めておき、ノック等異常燃焼が問題となる低速域では吸気弁閉時期 IVC を遅らせて実圧縮比を低下させるものである。低速域は通常圧縮・高膨張と言った方が技術内容を表していると思われる。

本方式の課題は低速で IVC を遅らせると体積効率も低下してトルクが低下することである。上述の耐ノック性向上技術は特殊なものでなく設計・制御因子の最適化であるから DI の「膨張比」14 でも PFI ミラーの 11 並の低速トルク特性が得られた本エンジンは、効率向上のため高圧縮・高膨張をめざすエンジン関係者の参考になると考えられる。

その他可変動弁によるポンプ損失の 20%低減や機械損失の 30%低減により、部分負荷代表点の BSFC を 12%低減したとしている。

スズキの大平らから 16 年ぶりに全面更新した軽自動車用エンジンの低燃費化に絞った紹介があった<sup>8)</sup>。JC08 モードで 6%の燃費向上と、低速トルクの向上、騒音の低減、と合せて軽量化を同時に達成したとしている。量産 4 輪車用エンジンとしては初となる M10 点火プラグを採用している。4 弁エンジンのシリンダヘッド冷却改善に有効と思われる。また多くの表で改善項目を列挙しており、全面更新エンジンの典型例といえる。実際にはもっと多くの項目と定量目標があり、コストパフォーマンスから最終的な採用項目が決定されたと思われる。

例として表 3-2 にフリクション低減項目を示すが、これらにより 10%のフリクション低減とモード燃費で 1%の向上を得ている。図 3-2 はピストン、コンロッド、クランクシャフト

Table 3-1 エンジン諸元

Engine	Current 1.3L	SKYACTIV-G 1.3L
Max Power (JIS net)	66kW/6000rpm	63kW/5400rpm
Max Torque (JIS net)	130Nm/4000rpm	112Nm/4000rpm
Bore*Stroke (mm)	φ74 x 78.4	φ71 x 82
Displacement (cc)	1348	1298
Compression ratio	11.0	14.0
Intake valve time	Open(BTDC)	-12~28
	Close(ABDC)	80~40
Exhaust valve time	Open(BBDC)	31
	Close(ATDC)	-1
Fuel Injection	PFI	DI (Hole Injector)
Combustion Chamber	Flat piston	Cavity piston
Cooled EGR	w/o.	w/.
Int S-VT	Hydraulic	Electric
Ex S-VT	w/o.	Hydraulic
Valve train	Direct	Roller follower
Tapet clearance adjustment	MLA	HLA
Cams/Shaft journal finish	STD	mirror finish
Crank main pin journal dia.	φ50φ40	φ43φ43
Chain type	Roller (STD)	Roller (Low friction)
Oil Pump drive	Direct	Chain drive
Oil Pump Control	w/o.	Electric control (2-stage)
Accessory drive belt	Serpentine	A alternator belt + Water pump belt
Accessory drive belt tensioner	Mechanical	Hydraulic

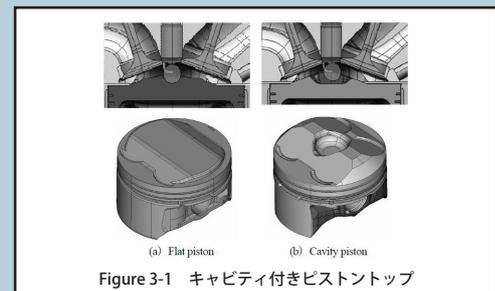
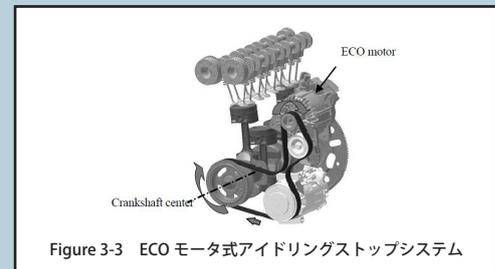
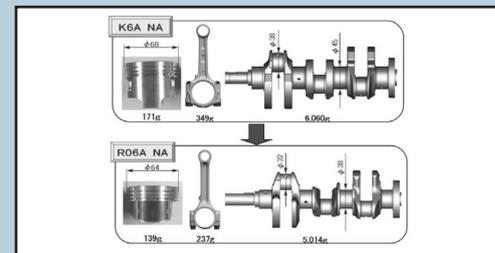


Table 3-2 摩擦損失低減のための項目

Valvetrain	Light load of valve springs by light weight moving parts
	Reduced sliding area by slim valve stem
Cam Drive	Fine surface finish on back of cam chain
	Fine surface finish on tensioner & guide for cam chain
Piston, Con-Rod	Reduced tension of cam chain
	Reduced sliding area by small diameter of big end
	Reduced inertia by weight out of moving parts
	Reduced tension and surface treatment of piston ring pack
Cranktrain	Optimized piston skirt profile
	Reduced friction coefficient by resin-coated piston skirt
	Reduced sliding area by small diameter of main journals
Oil Pump	Small diameter and PTFE coated of oil seal
	Reduced sliding area by small rotor
	Reduced pump work by low relief pressure



の外観比較である。どの部品も新型がスリムになっていることが分かる。

日産の島野からPFIのMR20DEを直噴化したMR20DDの発表があった<sup>9)</sup>。本エンジンの噴射弁は7噴口のマルチホールタイプである。アイドルストップ仕様のため、再始動時はモータとしてクランキングを行い、始動後はオルタネータとして機能する「ECOモータ」を搭載している(図3-3)。ベルト駆動でエンジンを再始動するため静粛な再始動が可能であり、また直噴と逆転検知機能付クランク角度センサの組合せによりブレーキオフから0.3秒で再始動ができるとしている。

同じく日産の松岡から直噴1.6LターボエンジンMR16DDTの発表があった<sup>10)</sup>。1.6Lターボで2.5L並み出力と1.8L並み燃費を実現するという、ダウンサイジングコンセプトである。7噴口のマルチホール噴射弁とシングルスクロールターボを採用している。吸排VTC(カムひねり機構)を制御して、掃気効果によるターボレスポンスの向上を得たとしている。

本エンジンの動弁機構の軽量低フリクション技術と題する丸山らの別報<sup>11)</sup>があった。バルブリテーナの径小径化、軽量化を狙って、リテーナ側のばね径を絞ったビーハイブ型バルブスプリングとそれ用の小径リテーナの開発である。リテーナの材料としてアルミ合金と鋼を比べると、ばね径に対する重量感度が異なり、本例の場合は板金製の方が25%軽量という解析結果になったとしている。最終形状比較を図3-4、5に示す。

このリテーナと上部絞りばねのセットで、慣性質量は13%低減してフリクションは2.4%低減したとしている。(村中)

ガソリンエンジンの高効率や低エミッション保障を向上させていくため、燃焼および燃焼制御に関わるより深い現象の理解とこれに基づいた開発が求められている。この観点から、HCCIとエンジン燃焼に関わる講演の中から下記の3件を報告する。

酒井らはノルマルヘプタンとトルエンから成るサロゲート燃料の着火反応機構を、数値シミュレーションによって調べ、報告した<sup>12)</sup>。反応計算にはCHEM-KIN-PROパッケージを用いており、反応モデルを利用した現象解析に重きが置かれている。反応解析には寄与度行列を用いている。一般的には冷炎から熱炎に至る炭化水素の2段の着火過程は良く知られているが、低当量比の低温酸化反応を対象とした計算では冷炎から熱炎までに多段の反応が明確に現れることを示している(図3-6)。この現象について本報告では次のように説明している。低温酸化反応がOHラジカルの再生率が大きいノルマルヘプタンにより進行するが、低当量比では総発熱量が小さいために温度上昇が抑えられ、また、トルエンが安定生成物であるベンズアルデヒドを生成するため、反応速度が抑制されることによる(図3-7)。

堀らはマイクロフローリアクターを用いて燃料の着火過程を調べた<sup>13)</sup>。本研究の特徴は管の内径を消炎距離以下にして温度管理下で火炎観察を行っていることであり(図3-8)、流速8cm以下の低流速域では、複数の反応領域を示す定在微弱火炎が観察されることを述べている(図3-9)。この流速では壁面によってガス温度が制御されると仮定して、反応計算と対比して示し、両者の特徴が一致していることを示している。本手法は急速圧縮装置やショックチューブと異なり、温度勾配を拘束して発光位置から着火過程を計測する方法である点が興味深い。今後、本手法と従来法と見ている現象が同じであるかの議論を期待したい。実験では混合気の着火過程が複数の温度領域で特徴づけられることを示しており、オクタン価や圧力によって温度帯での発光強度に違いが見られている。

土井らはイオン電流失火検出システムに用いるスパークプラグの開発について報告した<sup>14)</sup>。環境保全の観点から車の全使用期間において低エミッションを維持することが重要視されているため、OBDに関する技術開発は重要度が高くなっている。本発表は信頼性の高いS/N比確保のために、信号出力の増大とノイズの低減について詳細に調べており、碍子表面で生じるコロナ放電に注目している点が興味深い。信号出力については、デポジットの影響を含めた検出電極面積を検討し、2極の側面電極が優れているとしている(図3-10)。ノイズの低減については碍子に帯電する電荷に対して導体被膜によるコロナ放電抑制を試み、銀被膜によるノイズ抑制に成功している(表3-3)。以上の検討によってS/N比を2倍以上改善したことを報告している。(小池)

【参考文献】

- 7) 富澤, 後藤, 室屋, 大槻, 松尾, 上月: 新型ガソリン技術の開発, 自動車技術会 2011 年春季大会, No.66-11 (2011)
- 8) 大平, 田中: 新開発軽自動車用エンジンにおける燃費向上, 自動車技術会 2011 年春季大会, No.27-11 (2011)

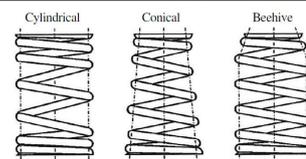


Figure 3-4 スプリングタイプ



Figure 3-5 スプリングリテーナタイプ

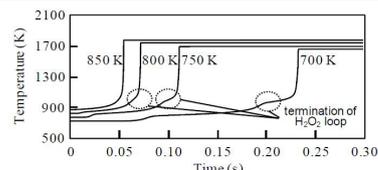


Figure 3-6 低当量比(phi=0.3)混合気の低温域における多段着火(p=2MPa)

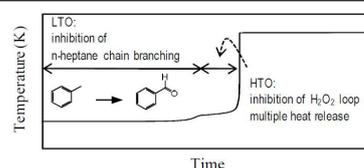


Figure 3-7 多段着火に対するトルエンの影響

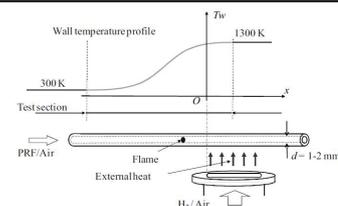


Figure 3-8 マイクロフローリアクターの概略

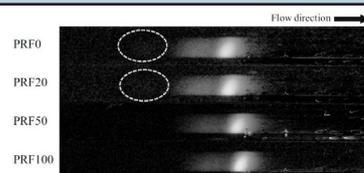


Figure 3-9 低流速時の火炎発光に対するPRFオクタン価の影響

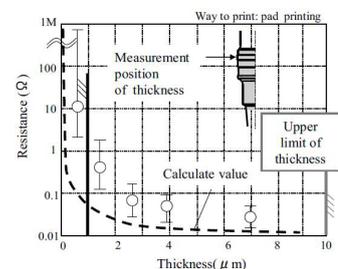


Figure 3-10 電極構造とデポジット, 消耗による表面積変化の比較

Table 3-3 導体被膜厚さと碍子中段抵抗の関係

Type of spark plug	A 1 electrode (Overhang) End-face discharge	B 1 electrode Side-face discharge	C 2 electrodes Side-face discharge	D 2 electrodes Side-face discharge
Purpose	Enlarge initial area	Burn out deposit by spark discharge	Burn out deposit by spark discharge	Burn out deposit by spark discharge
Surface reduction by wear	7%	12%	10%	10%
Surface reduction by deposit	80%	65%	30%	30%

- 9) 島野, 内山, 山口:ECO モータ式アイドリングストップと吸排 CVTC を採用した新型 L4 2.0L 直噴ガソリンエンジン開発, 自動車技術会 2011 年春季大会, No.66-11 (2011)
- 10) 松岡, 相吉澤, 谷下田, 清水, 吉田, 松井:新型直噴 1.6L ターボチャージャーエンジンの開発, 自動車技術会 2011 年春季大会, No.66-11 (2011)
- 11) 丸山, 早坂, 吉田, 有賀:動弁機構の軽量化フリクション技術, 自動車技術会 2011 年春季大会, No.27-11 (2011)
- 12) 酒井・ほか 2 名:ガソリンサロゲート燃料の多段階着火反応機構, 自動車技術会 2011 年春季学術講演会前刷集, No.64-11 (2011)
- 13) 堀・ほか 5 名:温度分布制御型マイクロフローリアクタにおける PRF/ 空気 weak flame の圧力およびオクタン価依存性, 自動車技術会 2011 年春季学術講演会前刷集, No.64-11 (2011)
- 14) 土井・ほか 3 名:イオン電流失火検出システム用スパークプラグの開発, 自動車技術会 2011 年春季学術講演会前刷集, No.90-11 (2011)

#### 4. EV, HEV 関連技術

2010 年に発表された大型 FR 乗用 HEV 開発のための要素技術に関して興味深い発表が目立った。これは、従来、自動化マニュアル変速機とセットにしてデリバリー用の HEVトラックへの採用が多かった動力切り替え方式の複合型 HEV システムを、自動変速機の乗用車に採用したもので、簡単な構成で高効率なシステムが構築できるとしている。

土川らは、全体のシステム構成とこのシステムを実現するためにとられた要件について述べている<sup>15)</sup>。構成の概要を図 4-1 に示す。駆動系は、7 速自動変速機のトルクコンバータ部に代えて、乾式クラッチ (CL1) と偏平な永久磁石同期電動機 (50kW) を設けた構成で、これに AT 内の変速クラッチ (湿式, CL2) を油圧による外部制御を可能にして、動力切り替え式の複合型 HEV (HEV の諸形式の概要を図 4-2 に示す。) を構成している。クラッチの状態と、電動機とエンジンの状態によって、図 4-3 に示すように、(1)EV 走行 (アイドルストップ, 回生制動時同様), (2) エンジン駆動・モータアシスト, (3) エンジン駆動・余剰電力での発電, の動力切り替え式複合 HEV の一般的なモードの他に、(4) エンジンでの発進 (湿式クラッチ CL2 による), (5) 登坂路でのクリープ動作, (6) 冷間スタート時のモータアシスト (排ガス改善のため) の 6 通りの主動作モードがある。RESS (再充電可能エネルギー蓄積要素) としては、モータの高速応答を確保できる高出力の Li イオン電池を採用している。

このほか、回生制動と摩擦ブレーキの協調制御に向けた電動制御のブレーキアクチュエータ、電動式ヒートポンプエアコン、電動油圧ポンプ (AT の操作油圧用) が採用されている。

1 モータ式でトルクコンバータが削除してあるため、前述の (4), (5) のモードではクラッチによる伝達トルクの調整が必須であるが、エンジンの始動もこのモータで行うため、EV モードから HEV 動作移行時のエンジン始動タイミングに駆動系にショックが発生する可能性がある。出力側クラッチ CL2 に AT の変速クラッチを流用している条件を変えずに、この不都合を解決する方法として、本杉らは、この不都合をモータと二つのクラッチのストロークを統合的に制御することで解決している<sup>16)</sup>。

エンジンの始動ショックを低減する方法として CL1 を緩やかに締結する方法や、CL2 を完全に解放する方法が考えられるが、双方ともその間の加速性を損なってしまふ。操作者のアクセルによる要求トルクを満たし、加速性を損なわないことが必須条件であるので、エンジン始動時のみ CL2 をスリップ状態に維持して始動による外乱トルクの駆動系への影響を除去する方法を採り、その間もトルクストールのないように CL2 の入力側を制御した上で、始動完了後は CL2 を締結した際のショックが生じないようにエンジンとモータの合計トルクを制御する方法を採用している。詳細には、CL2 のスリップ回転速度を、CL2 の耐久性の観点から、エンジン始動直前では微少に維持し、エンジン始動時に増加させる方法を採用している。また、使用経過による CL2 の締結容量の変化に対応するためのフィードバック系も採用している。システムの概要を図 4-4 に、アクセルの要求によってエンジンが始動する際の各部の挙動例を図 4-5 に示す。

簡単な構成で軽量であるうえ、モータと二つのクラッチの高速できめ細かい制御が可能な変則 DCT (ダブルクラッチ変速機) であることから、高い省エネ性と高レスポンスが確保できているとしている。このシステムの成立には、Li イオン電池の高出力特性が必須条件で、この電池の特性を維持するための予備試験の結果に基づいた電池管理 (温度も含めた) が行われている。実フィールドでの使用によっても電池の特性が維持できることが確認できれば、

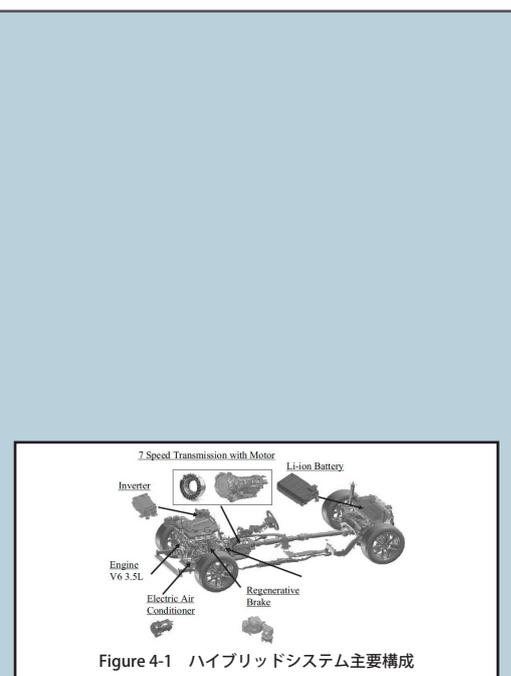


Figure 4-1 ハイブリッドシステム主要構成

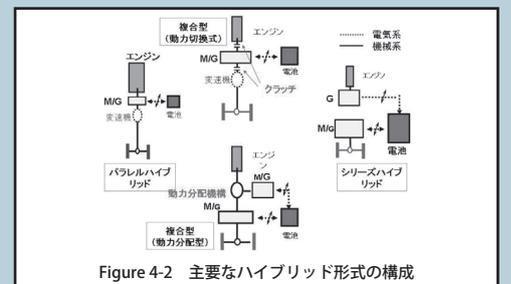


Figure 4-2 主要なハイブリッド形式の構成

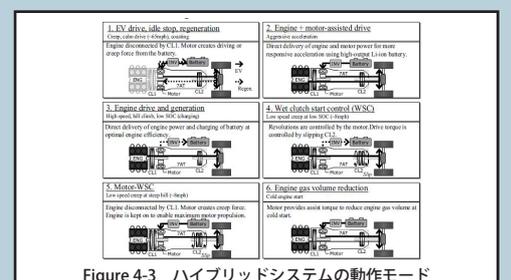


Figure 4-3 ハイブリッドシステムの動作モード

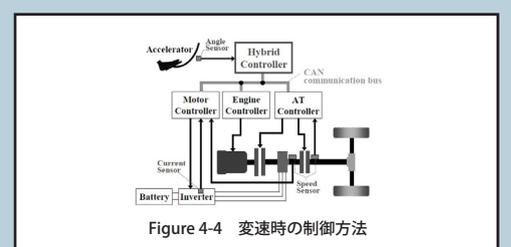


Figure 4-4 変速時の制御方法

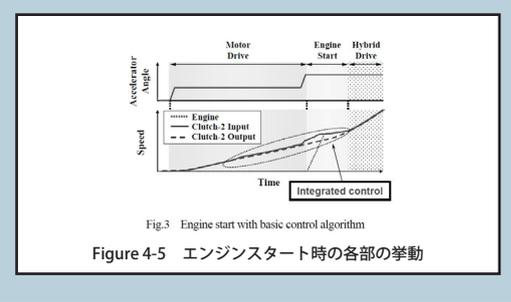


Figure 4-5 エンジンスタート時の各部の挙動

新たな高効率な HEV システムとして有望と思われる。

EV や HEV の一般化に伴い、従来の吸気負圧を利用したブレーキ倍力装置の利用に不利な環境も発生している。一方、回生制動による車両運動エネルギーの電池への回収機能は、電動車両の省エネ性を高める大きなメリットの一つであるが、省エネ性を高めるため、制動力が変動しやすい回生制動を優先し、その不足分を摩擦ブレーキで補う必要から回生制動と摩擦ブレーキの協調制御が必須となり、如何に違和感のないブレーキペダルフィーリングを達成するかが協調制御の課題となってきた。これらの背景から、HEV のブレーキシステムとしては、電動油圧ポンプ、油圧アクムレータで油圧源を確保し、各輪のブレーキ液圧を直接バルブで制御する BBW (Brake By Wire) システムが、回生と摩擦ブレーキの干渉を排除できる点から有効とされている。しかし、コストが高いことや、ABS も独自に用意する必要がある点などが課題となっている。

小畑らは、前述の HEV と小型 EV に搭載する目的で、回生協調制御に対応できる電動型のブレーキ倍力装置 (e-ACT と略記する) を開発した<sup>17)</sup>。e-ACT と関連機器の関係は図 4-6 に示すとおりで、e-ACT は、従来の負圧ブースタとマスタシリンダのセットに置き換え可能な形状・寸法と機能を有しており、川下側にセットされる現行の ABS をそのまま利用することが可能で、一般の ICEV 用としても適用可能である。

e-ACT は油圧発生機構部の上部に制御用の ECU がセットされた構成で、油圧発生機構は、図 4-7 に示すように、メインシリンダの一次油圧室に、ブレーキペダルで駆動される小径のプランジャ (面積:  $A_{in}$ ) と、ボールねじをモータで駆動することによって一次ピストンの位置を制御できる大径のシリンダ (面積:  $A_{as}$ 、リング状でプランジャと同軸上に設定) が接続された構造で、モータの制御で一次ピストンの相対変位をゼロに維持すれば、アシスト比は液圧によらず  $(A_{in} + A_{as}) / A_{in}$  一定となる。これは一次ピストンをプランジャに対して任意のオフセット状態 (任意の液圧状態) で、プランジャの変位量に追従して変位させれば (相対変位をゼロに制御) アシスト比一定のアシスト動作が可能であることを意味している。

このオフセット量を変化させることで、アシスト比一定状態で液圧を制御できる機能を利用して、一次ピストンのオフセットを制御することによって、回生制動相当分の液圧を低減する方法で回生制動と摩擦ブレーキの協調制御を可能としている。回生制動相当分の液圧の変動はペダルの反力の変動に繋がるので、一次ピストンとプランジャ間に設けた踏力補償バネでその効果を抑制している。

HEV が充分実用期に入ったことや、脱石油を目標にこれから EV・PHEV を普及していく必要があることから、これらの周辺技術に関する発表も多かった。リチウムイオン電池の普及を前に、河瀬らは、Li イオン電池用の普及型セルバランスを提案している<sup>18)</sup>。Li イオン電池のセルアンバランスは、電池性能を悪化させるにとどまらず、火災事故等にもつながる危険性が高いことから、従来は個別のセルの電圧を、フォトカプラで絶縁した測定系を介してマイクロプロセッサで計測・収集し、その結果から個別に補充電や修正放電を実施してきたためコスト高であった。提案のシステムは、図 4-8 に示すリレーとフライングキャパシタによるもので、過充電・過放電の検出もキャパシタに保持されたセル電圧を図 4-9 に示すように分周した電圧と基準値をコンパレータで比較する方法を採っている。これらを専用 IC 化することで安価な実用的なシステムが実現できたとしている。

非接触充電は、当初は業務用車両を継ぎ足し充電で使用することを前提とした急速充電仕様から出発したが、小型乗用 EV や PHEV の市販・普及という局面で、家庭での夜間充電を想定した取り扱いの容易さ安全性を目的とした普通充電仕様のものが検討されている。

保田らは、従来検討してきた角形コア両側巻きトランスの改良版として、H 形コアのトランスを採用して、小型軽量化、高効率化、位置ずれ許容範囲の向上を図った<sup>19)</sup>。従来の角形コアと H 形コアによる仕様の比較を表 4-1 に、標準的な位置設定時の両者の特性の比較を表 4-2 に示す。車載側のトランスの重量は 4.6kg から 3.9kg に巻き線重量は 2.9kg から 2.0kg に低減されており、位置ずれによる効率の変動も改善されている。このトランスは二次電圧がギャップの大きさに依存するため、DC/DC コンバータによって昇/降圧をする必要があるが、採用した臨界モードフライバック・インターリーブ DC/DC コンバータは、定格出力 (1.5kW) 時に入力電圧 200 ~ 400V に対して 97% の高効率を実現できている。総合的には、70mm のギャップ時に前後方向 45mm、左右方向 150mm のずれが同時に生じて 90% の効率で定格出力の充電が可能であるとしている。

毎川らは、小型 EV の夜間普通充電を想定した非接触充電器の送信コイルの検討の一環として、400 × 400mm のディスク形コイルとソレノイド形コイルの特性について解析・検討

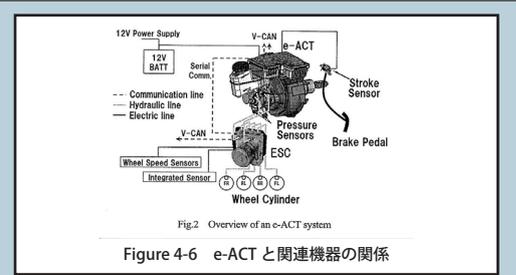


Figure 4-6 e-ACT と関連機器の関係

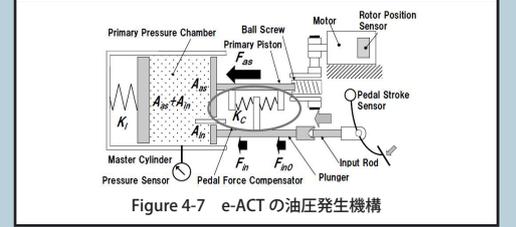


Figure 4-7 e-ACT の油圧発生機構

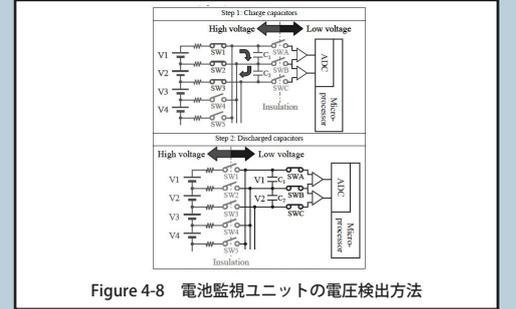


Figure 4-8 電池監視ユニットの電圧検出方法

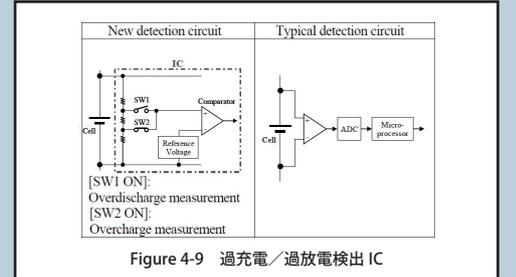


Figure 4-9 過充電/過放電検出 IC

Table 4-1 従来形と H 形トランスの仕様

Type	Rectangular core	H-shaped core
Core	FDK6H20	FDK6H20, TDKPC40
Litz wire	φ 0.25mm × 384	φ 0.1mm × 800
Weight of the secondary	4.6kg	3.9kg
Size	240 × 250 × 40mm	240 × 300 × 40mm
Winding	Primary	18T × 1P
	Secondary	9T × 2P
Aluminum sheet	400 × 600 × 1mm	

Table 4-2 標準ギャップでの両トランスの試験結果

Type	Rectangular core			H-shaped core		
$f_0$ (kHz)	20			30		
Gap (mm)	60			70		
$x$ (mm)	0	45	0	0	45	0
$y$ (mm)	0	0	150	0	0	150
$P_{out}$ (W)	1489	1166	1528	1507	1503	1506
$\eta$ (%)	95.3	91.9	93.1	94.9	93.7	93.0
$C_s/C_p$ ( $\mu$ F)	0.696/2.30			0.189/1.91		

した結果を報告している<sup>20)</sup>。ギャップ方向の相互インダクタンスは同等であるが、左右方向のずれに対してはソレノイド形が良好な特性を示すが、漏れ磁束は、ディスク形が中心直上への漏れで、周囲への漏れが小さいのに対し、ソレノイド形は周囲への漏れ磁束が多い傾向があるとしている。

高効率の電動車両では、空調負荷の低減が一つの課題であるが、電動車両でないアイドリングストップ車でも空調が別の意味でネックになっている。アイドリングストップ車の空調は、エンジン停止中は、コンプレッサが動作しないため、短時間で温度が上昇し、結果的にコンプレッサを動作させるためにエンジンが再スタートしてしまう。中村らはアイドリングストップ車の空調システムに蓄冷機能を付与することでアイドリングストップ中の不快な温度上昇やエンジン再スタートを抑制するシステムを検討した<sup>21)</sup>。最少の変更で済む空気流経路中に蓄冷ユニットをセットする方法と冷媒側でサイクルの微修正やアキュムレータ内の液冷媒をポンプでエバポレータ内に移送するなどの方法を組み合わせて49秒のアイドルストップ時間（修正前：23秒）を確保できたとしている。（清水）

【参考文献】

- 15) 土川晴久, 早崎康市, 管章二, 阿部達夫, 吉野谷大輔: 新パラレルフルハイブリッドシステムの開発, 自動車技術会 2011 年春季大会学術講演前刷集, No.87-11 (2011)
- 16) 本杉純, 安達和孝, 芹沢裕之, 藤本寛, 越智徳昌: ハイブリッド車両におけるモータとクラッチの統合制御によるスリップ制御技術の開発, 自動車技術会 2011 年春季大会学術講演前刷集, No.87-11 (2011)
- 17) 小畑卓也, 大谷幸雄, 白川直樹, 伊藤義徳, 後藤進之介, 小池雄一: 回生協調対応電動制御ブレーキアクチュエータの開発, 自動車技術会 2010 年春季大会学術講演前刷集, No.55-11 (2011)
- 18) 河瀬順一, 前原恒男: 新開発 HEV / EV 向けリチウムイオン電池用電池監視ユニット, 自動車技術会 2011 年春季大会学術講演前刷集, No.54-11 (2011)
- 19) 保田富夫, 井田和彦, 阿部茂, 金子裕良, 鈴木明, 山之内良一: 非接触充電システム (第3報), 自動車技術会 2011 年春季大会学術講演前刷集, No.31-11 (2011)
- 20) 毎川研吾, 今津知也, 岩野浩, クライソン トロナムチャイ, 皆川祐介: 電気自動車の非接触充電システムにおける送電コイル特性, 自動車技術会 2011 年春季大会学術講演前刷集, No.31-11 (2011)
- 21) 中村崇, 森下正造, 氏家千栄子: アイドリングストップ (I/S) 車対応蓄冷空調システムの開発, 自動車技術会 2010 年春季大会学術講演前刷集, No.4-11 (2011)

5. エミッション計測関連

今回の講演会では、エミッション（排ガス・粒子状物質）計測を中心とする発表数は、通常よりもかなり少ない印象を受けた。ただし、そのような中でも、新しい規制対象成分、あるいは規制・基準への取り込みが検討されている未規制成分の計測に関しては報告がなされており、関心をもたれていることが伺えた。以下、それらの講演内容を紹介する。

EU では排出粒子数 (PN) 規制の導入が決定しており、その計測装置の要件もすでに ECE 規則として規定されている。その一方、その装置の校正手法詳細については現在も検討課題とされ、国連の作業部会にて揮発性粒子除去部 (VPR) の校正に関する評価試験が進められている。これに関連して、堀場製作所の日下らは、VPR における粒子数減少係数 (PCRF) の校正に使用する標準固体粒子の発生方法を検討した<sup>22)</sup>。著者らが採用しているアトマイザによる NaCl 粒子発生器 (LCU) を他の粒子種・発生手法と比較した結果、適切な加熱処理を施すことで粒子種・発生手法による差を抑制できることを示した (図 5-1)。さらに、発生安定性にも問題はなく、アトマイザによる NaCl 粒子は VPR の校正に使用可能であるとの結論を得た。また、司測研の小山らも、VPR 改良の効果を検討した報告の中で、その評価に使用した粒子発生器の構成についてあわせて述べている<sup>23)</sup>。

排ガス中に含まれる窒素化合物は、従来は、NOx として規制対象とされてきた。これに対し、最近、温室効果ガスとして米国で N<sub>2</sub>O が規制対象となったのに加え、欧州でも NO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> について個別に規制対象とする動きがある。これに伴い、その計測方法が改めて議論されている。このような窒素化合物の計測に関する報告として、まず、東京大学の山本らは、NO、NO<sub>2</sub> の濃度を直接測定することを目的に、中赤外レーザを光源とするキャビティリングダウン分光 (CRDS) を応用したリアルタイム計測を試みた (図 5-2)<sup>24)</sup>。化学発光法 NOx 計と比

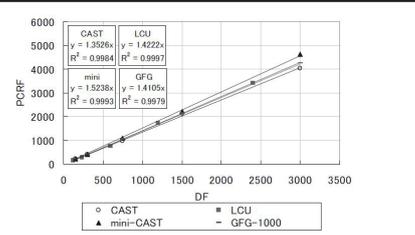


Figure 5-1 発生粒子種・発生手法による校正結果 (PCRF) の比較 (熱処理あり, 粒子径 30nm に対して)

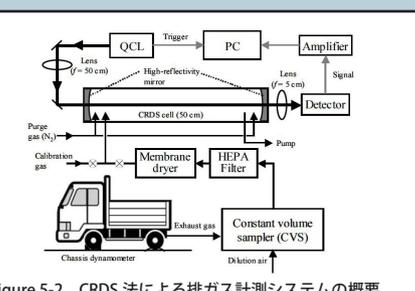


Figure 5-2 CRDS 法による排ガス計測システムの概要

較した結果、干渉成分となる測定対象中の H<sub>2</sub>O をメンブレンドライヤにてあらかじめ除去することを前提に、CRDS による NO<sub>2</sub> 直接計測の可能性が示されたとしている。また、交通安全環境研究所の山本らは、車載型の FTIR を用い、JC08 モード走行中のハイブリッド車から排出される N<sub>2</sub>O の挙動を、同じく温室効果ガスとされる CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> と併せて調査した結果を報告している<sup>25)</sup>。さらに、トヨタ自動車の高鳥らは、尿素 SCR 触媒の解析技術を扱った報告の中で、NH<sub>3</sub> 計測のためのサンプリング条件について検証している<sup>26)</sup>。尿素 SCR 内部のようにサンプルガス中に尿素・イソシアン酸が存在している状態では、それら化合物から NH<sub>3</sub> が新たに生成され、NH<sub>3</sub> 濃度計測値の誤差要因となる。これを抑制するための条件を検討した結果、プローブ温度を 110℃以下とすることで問題の反応がほぼ凍結されることが示された(図 5-3)。なお、この NH<sub>3</sub> サンプリング時の温度は、国連の作業部会でも今まさに検討中の案件となっている。(井上)

【参考文献】

- 22) 日下, 井上, 浅野: 欧州 PN 規制に関する粒子計測システムの校正に及ぼす影響因子, 自動車技術会 2011 年春季学術講演会前刷集, No. 82-11 (2011)
- 23) 小山, 大司, 辻, 桜井, 齊藤: 排ガス粒子計数装置における揮発性粒子除去部の改良と評価, 自動車技術会 2011 年春季学術講演会前刷集, No. 82-11 (2011)
- 24) 山本, 山田, 戸野倉: 中赤外吸収分光法による自動車排ガス中の窒素化合物のリアルタイム計測, 2011 年春季学術講演会前刷集, No. 82-11 (2011)
- 25) 山本, 堤, 岩田, 小川, 加藤: ハイブリッド乗用車等から排出される N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, および C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> の FTIR 分析, 自動車技術会 2011 年春季学術講演会前刷集, No. 89-11 (2011)
- 26) 高鳥, 福井, 鈴木, 広田, 丸山: 尿素 SCR 触媒解析技術 (第 1 報), 自動車技術会 2011 年春季学術講演会前刷集, No. 23-11 (2011)

6. 省燃費関連

「省燃費・CO<sub>2</sub>削減」のセッションでは、実際の運用時における燃料消費削減を目指した 5 件の講演発表が行われた。ここでは、中からデンソーの飯田らによって発表された「パワトレイン構成製品技術による省燃費への貢献」<sup>27)</sup> を採り上げる。本発表は個々の技術を掘り下げた研究とは異なるが、エンジンやその周辺部品を広く開発している同社の考え方を示したのとして興味深いものであった。車両全体における全体的なエネルギー効率向上をキーに挙げ、その中から「効率向上」「負荷低減」「エネルギー回生」に関して触れている。最後の「エネルギー回生」については具体的なデータのないものだったので、先の二つについて紹介する。「効率向上」としては(ガソリン)筒内噴射システムについて触れている。高応答性を備えたアクチュエータ技術により多段噴射を可能とし、3 段噴射の導入により燃料過濃領域をなくして 1%の燃費改善につなげた。ディーゼルエンジンで既に広く行われている多段噴射では高いポテンシャルを示す一方で、開発工数の増加ももたらしており、燃料噴射から着火まで混合時間をある程度稼げるガソリンエンジンでそこまでの美しくない気もするが、あらゆる努力で燃費改善を、というところという領域に踏み込まざるを得ないのだろう。「負荷低減」については「電費制御」を紹介している。オルタネータによるバッテリー充電を行う際にエンジン効率の悪い低負荷時を避けて燃費のよい中負荷時に行く。素人見には効率の悪い低負荷時に充電することでより効率のよい領域に近づけられればよいように思えるが、それよりも効率のよい中負荷で充電した方が単位電力あたりの燃費がよいという。概念を図 6-1 に示す。効率の悪いときには充電を停止し、バッテリーの電力を使用するなどのマネジメント最適化により EU モードで 4%の燃費改善につながるという。これは小さくない数値であり、電力収支が想定通りいくとは限らない実走行でそれに近い改善が行えることを期待したい。(鈴木)

【参考文献】

- 27) 飯田, 中島, 加藤: パワトレイン構成製品技術による省燃費への貢献, 自動車技術会 2011 年春季学術講演会前刷集, No. 4-11 (2011)

7. 燃料関係

「低炭素社会を担う新燃料」のセッションでは 4 件の発表があり、デンソーの栗山ら<sup>28)</sup>は、「バイオディーゼル燃料によるデポジット生成への影響評価」と題した講演を行った。この研究

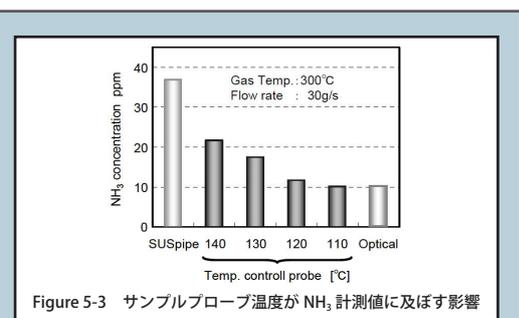


Figure 5-3 サンプルプローブ温度が NH<sub>3</sub> 計測値に及ぼす影響

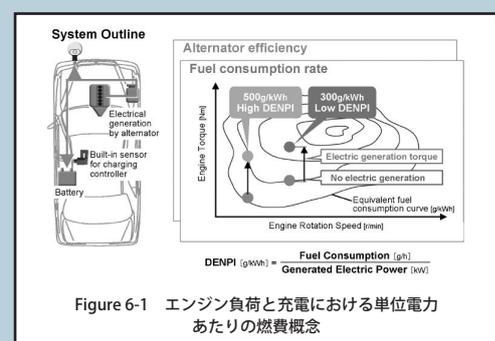


Figure 6-1 エンジン負荷と充電における単位電力あたりの燃費概念

は、バイオディーゼル燃料として主流である脂肪酸メチルエステル（FAME）の劣化に起因するインジェクタのデポジット生成・付着のメカニズムを解明し、その対策を検討することを目的としたものである。結論として、FAMEの劣化は図7-1のラジカル酸化反応であること、デポジットの付着がしゅう動部での局所摩擦に起因する化学反応により促進されること、デポジット対策としてDLCコーティングが有効であることを報告している。

「HCCI」のセッションでは、5件の発表があり、福井大の酒井ら<sup>29)</sup>は、「ガソリンサロゲート燃料の多段階着火反応機構」と題した講演を行った。ノルマルヘプタン／トルエン二成分燃料の反応解析から、トルエンは安定生成物であるベンズアルデヒドを生成するために低温酸化機構の反応速度を抑制する働きを持つこと、低温酸化以降では低当量比条件における多段階熱発生が燃料消費による熱発生に寄与する反応群の変化に起因することを示し、トルエンの影響を図6-2のようにまとめている。(金子)

【参考文献】

- 28) 栗山, 分根, 佐々木, 青木, 山田: バイオディーゼル燃料によるデポジット生成への影響評価, 自動車技術会 2011 年春季大会学術講演前刷集, No.65-11 (2011)
- 29) 酒井, 安東, 桑原: ガソリンサロゲート燃料の多段階着火反応機構, 自動車技術会 2011 年春季大会学術講演前刷集, No.64-11 (2011)

8. トライボロジー関連

トライボロジー関連セッションは初日 18 日の午前と午後 9 テーマ報告があった。その中から 4 テーマを紹介する。

一つ目は、「内燃機関のピストン摩擦解析 (トヨタ自動車, 木村ら)」<sup>30)</sup>。シリンダブロックのウォータージャケットを上中下の 3 部分に分離し (図 8-1)、それぞれに流す冷却水の温度と量を変化させ、ピストンフリクションへ及ぼす影響を調べた。ピストン速度最大位置付近のライナ壁温を集中的に上昇させることで、流体潤滑領域の油膜粘性を低減させることができ、暖機過程のピストン摩擦低減に最も効果的であるとしている。

次に、「油膜によるスカート変形を考慮したフリクション低減のためのピストン最適設計に関する研究 (日立, 末ら)」<sup>31)</sup>。ピストンスカート部の摺動フリクション低減のため、従来の摺動面積と面圧のみならず、スカート部の変形を考慮したスリーブとの油膜状態を把握する (図 8-2) ことで更なるフリクション低減の方向性を検討している。現状、ひずみゲージによる変形、油膜分布やフリクション等の各種計測ができるようになり、今後の検証と考察が大いに期待される。

三つ目は、「電子可変吐出圧オイルポンプの開発 (トヨタ自動車, 森中ら)」<sup>32)</sup>。従来の 2 段リリーフ式可変オイルポンプをさらに一歩進めて、リリーフ弁の周りに円柱を入れる構造とし、油回路を介して OCV で制御する (図 8-3) ことで低回転から高回転まで低圧と高圧の 2 種類の特性を持つことを可能としている。エンジンの運転状況に合わせて切替を行う条件設定がノウハウのいるところとなる。

最後は、「RI ビームの連続磨耗測定法への適用 (住重試験検査, 上本ら)」<sup>33)</sup>。磨耗する部位を陽子ビーム等で放射化し、磨耗による放射線量変化で磨耗量を計測する手法は従来より行われているが、本手法は直接放射化できない物質への適用を可能とするため、特定の材料にビームを打ち込むことで発生・飛散する放射性物質を測定対象物に照射し埋込させることで放射化する。放射化による磨耗測定は、短時間にリアルタイム計測ができる点特徴、本手法により測定できる対象が広がり、磨耗研究に貢献すると考える。(藤井)

【参考文献】

- 30) 木村, 村上: 内燃機関のピストン摩擦解析, 自動車技術会 2011 年春季大会学術講演前刷集, No.29-11 (2011)
- 31) 末, 河野, 岩田, 山崎, 伊東, 中武, 鈴木: 油膜によるスカート変形を考慮したフリクション低減のためのピストン最適設計に関する研究, 自動車技術会 2011 年春季大会学術講演前刷集, No.29-11 (2011)
- 32) 森中, 菊池, 三浦, 敷田: 電子可変吐出圧オイルポンプの開発, 自動車技術会 2011 年春季大会学術講演前刷集, No.30-11 (2011)
- 33) 上本, 鶴野, 永野, 大西, 亀田, 福田, 柳澤, 吉田, 久保, 神原: RI ビームの連続磨耗測定法への適用, 自動車技術会 2011 年春季大会学術講演前刷集, No.30-11 (2011)

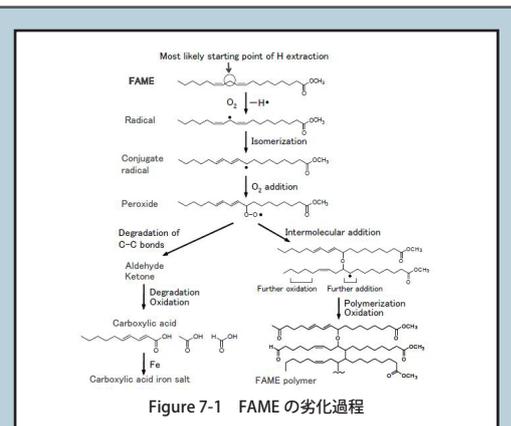


Figure 7-1 FAMEの劣化過程

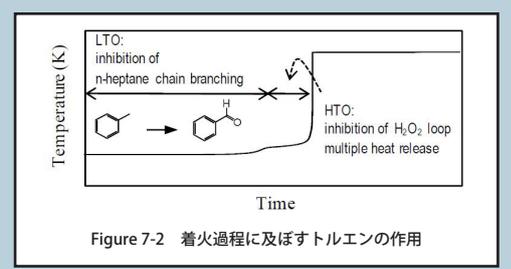


Figure 7-2 着火過程に及ぼすトルエンの作用

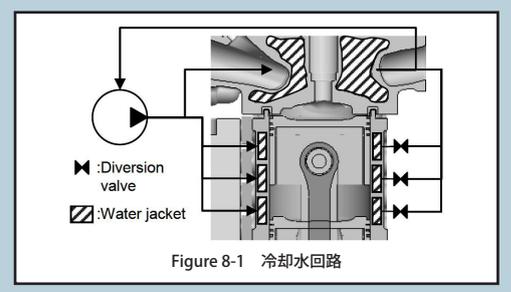


Figure 8-1 冷却水回路

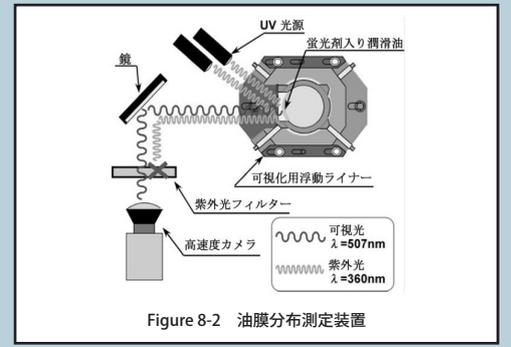


Figure 8-2 油膜分布測定装置

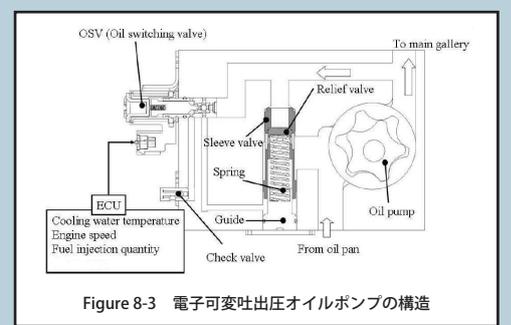


Figure 8-3 電子可変吐出圧オイルポンプの構造



5月17, 18, 19日の3日間開催された。1, 2日目の午前中は全体セッションとして、国内のEV, HEV メーカーの要人による電動車両開発と将来展望の紹介とミシガン大学の Huei Peng 教授の HEV の制御に関する講演、上海 Jiao Tong 大学の Min Xu 教授による中国における電動車両の研究開発の紹介が行われた。第3日の午前中は JARI による電動車両の標準化に関するフォーラムが開催された。

ここでは、約70件の技術論文の中から、電動車両のトレンドを読み取れる課題について概要を紹介する。Yamamoto は、電動車両の普及に関して、自動車の置かれた環境・エネルギー問題から、電動車両の現状と将来についてまで幅広く紹介した<sup>1)</sup>。

Komatsu らは、プラグイン・ハイブリッド (PHEV) プリウスの概要と基本的な特性について紹介し、実用時の評価関数として重要な性能について、オンロード試験から得られた情報について述べた<sup>2)</sup>。PHEV は夜間普通充電した電力を消費して走行することによって、ガソリンの消費を電気の消費に振り替えて脱石油化を図るもので、電池の残存容量が低下した状態では HEV として走行することで、EV の欠点である一充電走行距離の短さを克服できる。実際の使用状態で充電毎の走行距離と燃料経済性の関係を図2-1に示す。この結果から、実際の使用時の燃費は、1回の充電で走行する距離によって大きく異なり、電池のみで走行できる距離 (EV レンジ) に比べて充分長い走行状態では、燃費は HEV のそれに近づくことが確認できる。従って、日常の使用では1日の走行距離が EV レンジに近いことが好ましいことが分かる。高効率車両は走行以外の消費エネルギーの寄与度が高くなり、特に暖房や冷房で消費されるエネルギー量が課題となる。図2-2は豊田地区で使用した車両の EV レンジの気温依存性を示したもので、低温での低下が顕著であることが分かる。

C. Walsh らは、ブルーピンググラウンド内の高速路、市街路、Hill 路、タイトコーナー路で Smart ED (BEV) の燃費評価試験を実施し、ドライバーによる差や、駆動効率、回生効率等の評価手法と表示結果について述べている<sup>3)</sup>。

EV の普及を前にインフラの整備関連の発表も目立った。E. T. Bower らは、EU のプロジェクトである MERGE (Mobile Energy Resources in Grids of Electricity) の検討内容について紹介した<sup>4)</sup>。EU 内での EV 用公衆充電設備の仕様を決めるための検討で、接続許可、充電、支払い、切断の4ステップを実施するための通信方法、オーソライズ方法、国内/国外での支払い方法についてその難易度と性能について検討している。

J. C. Ferreira らは、ユーザーの予期せぬ要求に対しても適切な充電と料金徴収を可能にするスマートチャージのための手順について検討し、動作をシミュレーションできるプラットフォームを紹介している<sup>5)</sup>。スマートチャージは、充電要求量や車両の使用予定時間等のユーザーの要求を咀嚼して充電器周辺の系統容量、自然エネルギーからの発電の予測 (天気予報情報を加味) グリッド側の余裕度等を総合して、充電タイミングを含めてグリッド側からも充電を制御するもので、電力負荷の平準化等を考慮したものである。スマートチャージの手順を図2-3に示す。

日本からは、現在運用されている充電器についての紹介があった。Iwata らは、IEC の AC 供給充電設備の基準との比較をした上で、AC200V を供給するコントロールパイロット付きの普通充電用の充電設備について紹介した<sup>6)</sup>。Noro らは、チャデモプロトコルに則った、JEVS 規格の充電カプラを持った急速充電器を紹介した<sup>7)</sup>。

社会全体としての運輸部門の省エネルギー化達成には、消費エネルギーが大きい商用車の省エネルギー化が重要である。Tsuchiya らは、幾つかの用途別のバス、中型トラック、大型トラックを対象に、HEV、電池搭載量を控えた EV を継ぎ足し充電で使用する場合、通常の EV の場合等についてライフサイクルでの省エネ度、コスト対効果等について調査し、次世代の省エネ車を実現する手法について検討している<sup>8)</sup>。停車中の作業用の電動化を含めて、接触式/非接触式の充電/給電によって継ぎ足し充電で使用する方法がベストとしているが、車載エネルギー蓄積要素の将来に負うところが大きいとしている。

次世代の電池についての発表として、同一メーカーから2件の発表があった。現在主流の Li イオン電池はパワー密度向上の可能性はあるものの、エネルギー密度はすでに理論上の制約値に近い値になっており、EV 用としては新たな先進電池を模索する必要がある。Nishikooji らは、金属空気電池の可能性について論じている<sup>9)</sup>。

Kohama らは、エネルギー密度の向上のために、液体の電解質に替わって固体電解質を採用した固体 Li イオン電池について、出力特性を改善するために必要な、修正した電極表面のメカニズムについて検討している<sup>10)</sup>。これらの電池のラゴンプロットを図2-4に示す。

可変磁束モータに関する発表が2件あった。永久磁石式同期電動機は高速回転時に回転子

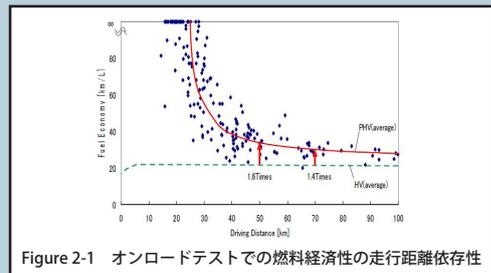


Figure 2-1 オンロードテストでの燃料経済性の走行距離依存性

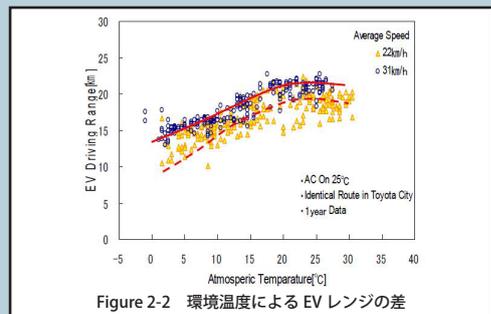


Figure 2-2 環境温度による EV レンジの差

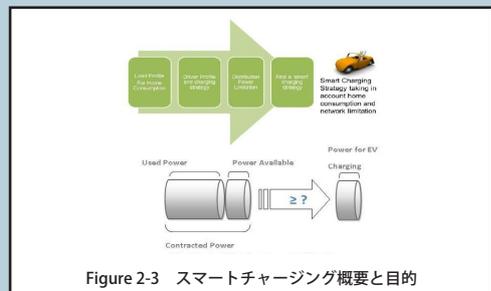


Figure 2-3 スマートチャージング概要と目的

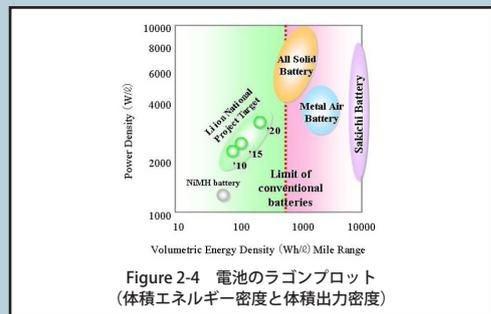


Figure 2-4 電池のラゴンプロット (体積エネルギー密度と体積出力密度)

のコイルに誘起される電圧が高くなることによって電機子に電流を流せなくなることが欠点で、高速回転時には、この影響を軽減するために界磁を弱める弱め界磁が必要となる。可変磁束モータは外部からのパルス状の磁化電流を印加することによって磁束の大きさを動的に変更できるもので広い動作域にわたって高い効率を維持することが可能になる。

Misuらは可変磁束モータを提案し、その基本動作を模擬によって明らかにしたうえで実機による確認を行った<sup>11)</sup>。図2-5に磁化電流パルスによって磁束密度（誘起電圧として観察）が制御できることを示す。さらに35kW相当のプロトタイプ機によってHEV、EV用モータとして使用できることを確認した。

Nonakaらは、試作した10kWのモータの評価試験を行い、22000rms、フル出力状態で従来のモータに比べて効率が20%改善されることを確認した<sup>12)</sup>。可変磁束モータの効率マップを図2-6に、従来の固定磁束モータの効率マップを図2-7に示す。

そのほか、4輪のモータのトルクを動的に制御することによって燃費を改善した例や、操舵・制動時にタイヤの非線形特性を考慮して4輪の回生制動値を調整することで安全を確保できる例などの発表があった。両者とも技術的には興味深いのが、前者はその効果が小さいこと、後者には実際には摩擦ブレーキとの協調制御が行われることから、急制動時には通常のABSやDSCにその機能を任せる選択が現実的と考える。(清水)

### 【参考文献】

- 1) Keiichi Yamamoto: The background of Electric Vehicle spread, EVTeC11, 20117218
- 2) Masayuki Komatsu, Toshifumi Takaoka: Development of Toyota Plug-in hybrid system, EVTeC11, 20117219
- 3) Chris Walsh, Steve Carroll: UK ELECTRIC VEHICLE RANGE TESTING AND EFFICIENCY, EVTeC11, 20117224
- 4) Ed T. Bower (Ricardo UK, MERGE EC FP7 project consortium) , Joao A. Pecas Lopes, Filipe J. Soares, David Rua: MERGE (Mobile Energy Resources in Grids of Electricity) – A European Commission Funded Project Addressing the Impact of the Roll-out of Electric and Plug-in Hybrid Vehicles on Grid Infrastructure , EVTeC11, 20117212
- 5) Joao C. Ferreira, Alberto Rodrigues da Silva, Joao L. Afonso: Agent Based Approaches for Smart Charging Strategy for Electric Vehicles, EVTeC11, 20117214
- 6) Yasuki Iwata, Atsuhisa Ando, Takefumi Nishimuta: Practical use of AC electric vehicle conductive charging station and vision for charging infrastructure, EVTeC11, 20117249
- 7) Masatoshi Noro, Satoru Koizumi: Present Application and Future Possibilities of Quick Charger for Electric Vehicle, EVTeC11, 20117250
- 8) Takayuki Tsuchiya, Masakazu Sasaki: THE KEYS OF FUTURE HYBRID IN MD/HD COMMERCIAL VEHICLES, EVTeC11, 20117246
- 9) Hidetaka Nishikoori, Fuminori Mizuzo, Hideki Iba: Research on Metal Air Battery, EVTeC11, 20117233
- 10) Keiichi Kohama, Koji Kawamoto, Yasushi Tsuchida, Hidenori Miki, Hideki Iba: Research into All Solid Secondary Lithium Battery, EVTeC11, 20117234
- 11) Daisuke Misu, Masanori Arata, Norio Takahashi, Yutaka Hashiba, Tadashi Tokumasu, Motoyasu Mochizuki: Variable Magnetomotive Force Memory Motor for Electric Vehicles, EVTeC11, 20117257
- 12) Tuyoshi Nonaka, Shogo Makino, Masayuki Hirayama, Motomichi Ohto: Efficiency Evaluation of New Variable Magnetic Flux Motor – Development of EV Motor with Wide Range High-Efficiency Drive -, EVTeC11, 20117258

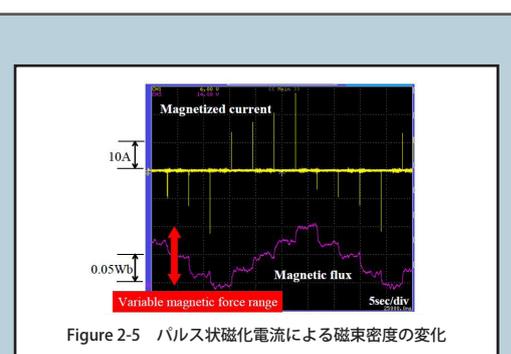


Figure 2-5 パルス状磁化電流による磁束密度の変化

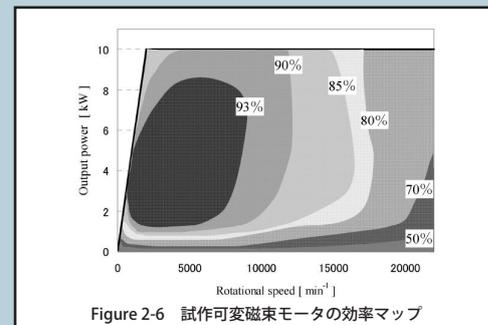


Figure 2-6 試作可変磁束モータの効率マップ

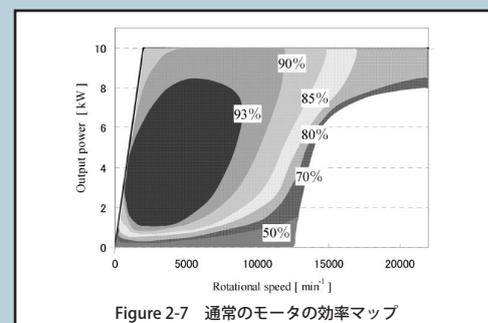


Figure 2-7 通常のモータの効率マップ

# 特集3：人とくるまのテクノロジー展 2011

Report of Automotive Engineering Exposition 2011

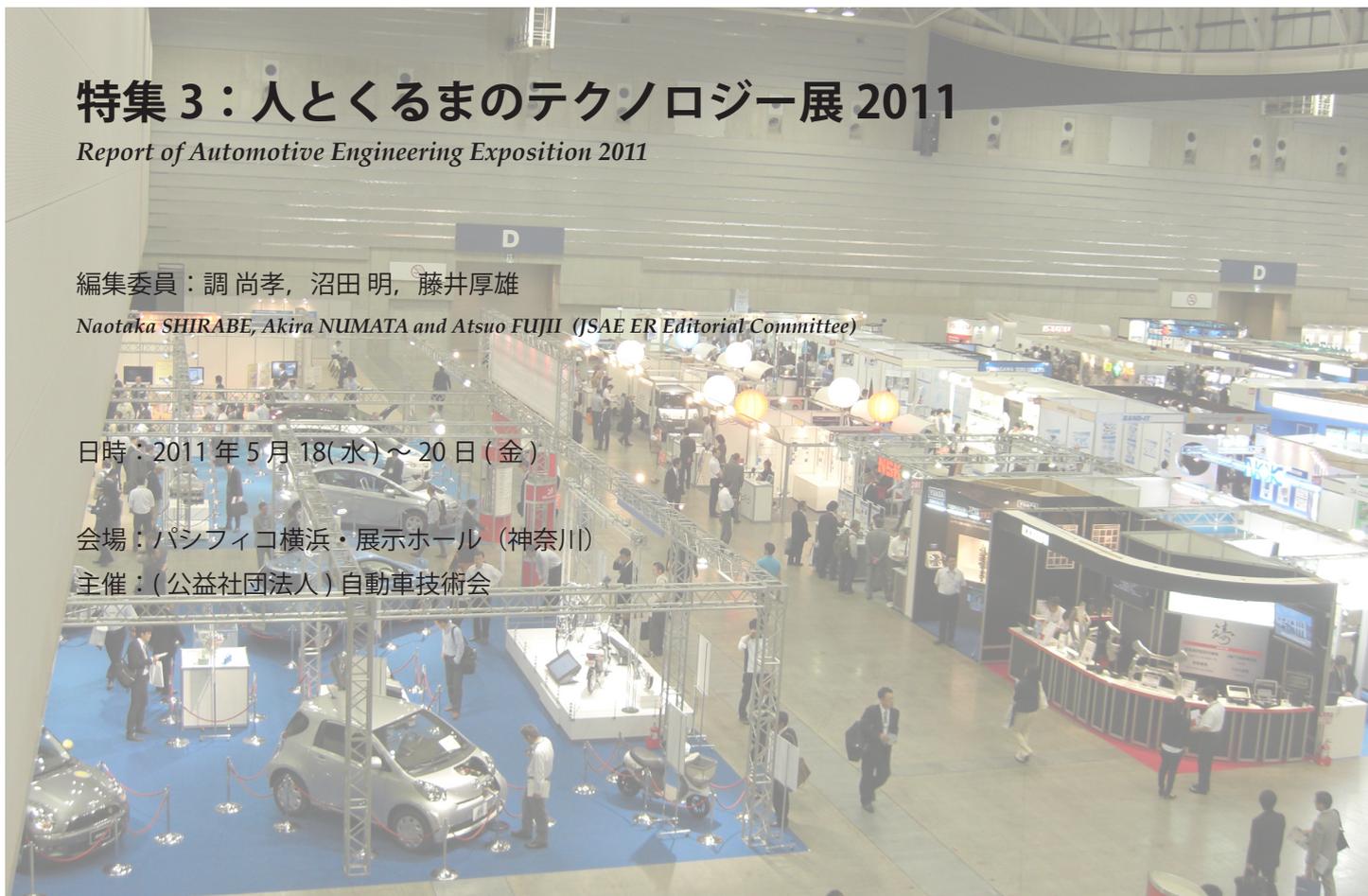
編集委員：調尚孝，沼田明，藤井厚雄

Naotaka SHIRABE, Akira NUMATA and Atsuo FUJII (JSAE ER Editorial Committee)

日時：2011年5月18(水)～20日(金)

会場：パシフィコ横浜・展示ホール(神奈川)

主催：(公益社団法人)自動車技術会



## 1. はじめに

今年で20周年となる展示会について紹介する。東日本大震災の影響で出展を取りやめたところもあるとことで昨年の参加397社に対して370社とやや減少している。震災のために自動車の生産が滞り、一時はテクノロジー展そのものの縮小も検討されたというが、自技会の「復興のためにあえて通常開催し、今後につなげたい」という意見から、パシフィコ横浜全館を使用し、昨年と同規模の開催であった。

国際会議EVTec'11が併設されることもあり、特別企画展示として“車両電動化が拓く新しい車社会”をテーマとして電動化車両関連の展示が行われた。試乗体験コーナーも各社のHEV、PHEV、EV、レンジエクステンダーEVであり、今後の低炭素時代に向けた電動化を中心とした企画となっていた。各社の展示内容を見ても、新しいものは？と見ると、モーター用のマグネット材料、ハイブリッド用駆動系や電動化に対する制御開発ツールといったものが目に付いた。

展示方法としては、従来どおりフロアでの各社の製品展示が行われ、フロアの一角では「EV・HEVワークショップ」と題し、簡易のシアター風ブースを設置し、シボレー・ボルトやドイツのEV実証テスト、また、電動車両の開発ツール等の紹介が行われた。また、今年が初めてではないかもしれないが、展示ホールとは別に隣接するアネックスホールの二部屋を使用し「新製品・新技術紹介コーナー」として、展示各社の中から3日間おとして44テーマの技術説明が行われていた。

## 2. ガソリンエンジン展示

### マツダ、SKYACTIV-1.3

今回、全体的に電動化車両が中心であり、そのなかでもシボレー・ボルトの展示コーナーは常に人だかりができていた(図2-1)が、ガソリンエンジンの目玉は、何と云っても5月18日に発表されたマツダの次期デミオ用1.3L(ボア×ストローク：71mm×82mm)「SKYACTIV-G 1.3」であろう。(図2-2)レギュラーガソリンでは世界初の圧縮比14.0を燃料噴射制御、キャピティ付きピストン、クールドEGRなどの技術でノッキングを回避し実現。また、電動式の吸気側可変バルブタイミング機構と高圧縮比との組合せでミラーサイクル化して効率を向上させるとともに、クランクシャフトの細径化やローラフォロワ、ピストンリングの低張力などによりフリクションを低減。アイドリングストップ機構を採用し、10・15モードで30km/Lを達成したとのこと。ただし、排気系はデミオの車体に収めるため一般的な4-1集合となっており、トルク的には向上できなかったようである(詳細は学術講演会を参照されたい)。実際にカットモデルが展示してあり、写真



Figure 2-1 日本で初お披露目となったシボレー・ボルト

撮影をする人の姿が絶えることがなかった。

### スバル、ボクサースポーツカーアーキテクチャ

スバルが今年3月に開催されたジュネーブモーターショーで発表したもの。低重心で、軽量・コンパクトな水平対向エンジンの特長を活かし、FRスポーツ車に最適化したシャシレイアウトを提案とのこと。エンジンは昨年9月に発表された新型水平対向エンジンを搭載。トヨタ自動車との共同開発車のコンセプトモデル。(図2-3)

## 3. ディーゼルエンジンの展示

### ポスト新長期対応のディーゼルエンジン

トラックメーカーのブースではポスト新長期対応のディーゼルエンジンが展示されていた。この中で目を引いたのは、いすゞ自動車から昨年発売された中型車向け4HK-1エンジン、および今年発売予定である小型車向け4JJ1エンジンである。

この2機種はそれぞれ2ステージターボチャージングシステムを搭載し、パティキュレートフィルタのみ装着することでPOST新長期排ガス規制に対応している。NOx低減のためにEGRガスを増大しているが、PM悪化を防止するため2ステージターボチャージングによる空気量の確保、さらに燃料を超高圧にして噴射するコンセプトであり、これらエンジンすべての出力レンジのエンジンに、この2ステージターボチャージングシステムが採用されている。

低圧段はウエストゲートバルブ付きターボチャージャ、高圧段は可変容量ターボチャージャを用いており、低速域でも高いトルクを実現している(図3-1、図3-2)。

## 4. エンジン部品関係

燃費の向上や排気エミッションの低減に直接関連するいわゆる環境対応エンジン部品という観点で今回新規に展示されていたものを中心に技術分野順不同で紹介する。従来から良く知られているものは割愛した。

### ・ディーゼルエンジン用過給機

排出ガスクリーン化には空気のみならずEGRにて排気を還流させるためターボチャージャのきめ細かい制御が必要になる。これに対応する為に可変容量ターボチャージャを用いることがあるが、容量を制御するベーン的位置を正確に調整する為にアクチュエータを電動化した製品が発売されている。これにより、吸入空気量を正確に制御し排気エミッションのばらつきを無くす努力がなされている。高温になるタービン近傍にアクチュエータを設置せねばならず、さらに振動に対する強度が必要であることから、信頼性・耐久性の評価が重要になる。写真ではアクチュエータを支える高強度なブラケットが確認できる(図4-1)。

### ・ディーゼルエンジン用排出ガス後処理装置

既に広く用いられるようになった排出ガス後処理装置であるが、ポスト新長期規制になり、大型車ではパティキュレートフィルタとSCRを取り付けなければならない、これらを如何にコンパクトに配置するか、また排出ガスの温度を維持したまま後処理装置に導入するかがキーになる。各社ともその配置は工夫がされているが、パティキュレートフィルタとSCRを並行に取付け、全長を短縮した例が見られた。前段の後処理装置から後段へ排出ガスを導くパイプが後処理装置の横を通ることから排出ガスの温度が維持される事を期待していると思われる(図4-2)。

### ・ディーゼルエンジン用エコ式フューエルフィルタ(東京濾器)

高濾過、高水分離のコモンレール対応でリターン燃料還流バルブをユニットで装着しフィルタ通過する燃料温度が低下しないような構造となってい



Figure 2-2 マツダの次期デモ用「SKYACTIV-G 1.3」エンジンカットモデル



Figure 2-3 ボクサースポーツカーアーキテクチャ



Figure 3-1 4HK-1エンジン向け2ステージターボチャージングシステム



Figure 3-2 4JJ1 2ステージターボチャージングシステムエンジン



Figure 4-1 電子制御アクチュエータ付きVGターボチャージャ



Figure 4-2 コンパクト化されたPMフィルタ+脱硝装置

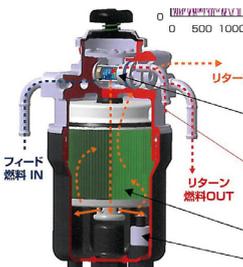


Figure 4-3 エコ式フューエルフィルタ

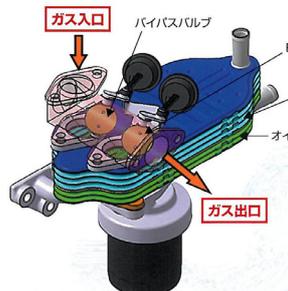


Figure 4-4 EGRクーラモジュール



Figure 4-5 ランサイト系結晶を使った燃焼圧センサ

る (図 4-3)。

・EGR クーラモジュール (東京濾器)

ディーゼル排気規制対応品で、モジュール化により 30%のコスト削減 (冷却水系、潤滑系の簡素化)、ガス流露に旋回流を与え、性能劣化を大幅に低減したことが特徴となっている (図 4-4)。

・燃焼圧センサ (シチズンファインテックミヨタ)

ランガサイト系結晶の採用と超精密加工技術により、高温特性の劣化解消と小型化を実現、取付位置に制約がなく各気筒への搭載と常時計測が可能となっている。既に自動車・船舶・発電機など各種エンジンに採用され高い評価を受けているという (図 4-5)。

・排ガス浄化用ペーパー触媒 (エフ・シー・シー)

摩擦材で培った製紙技術の応用により軽量ペーパー触媒を開発。素材からアッセンブリまでの一貫製造を行う。特徴としてポアフィリング法を用いた調整されたプラチナレス触媒材料を担持している。主に汎用小排気量エンジン用の触媒として検討されている (図 4-6)。

・水素漏れ検知センサ (NTK)

排気がクリーンで高効率な燃料電池システムを安全に作動させることを要求背景に、ダイヤモンド構造のマイクロヒータと温度センサを集積した超小型の検知素子としたシリコン MEMS 技術と、マイクロヒータと温度センサの信号を用いて、精密なセンシングアルゴリズムを構築した電子回路技術を使って構成されている (図 4-7)。

・プラズマジェットプラグ (NGK SPARK PLUGS : 開発中)

安定かつ強力な着火性により排気規制強化対応と燃費向上に貢献するという目的に、効率よくプラズマ噴出が可能な発火部を最適設計した。容積的に大きな部分での強力な着火が可能で、また外部電極による火炎成長の妨げがないため、燃焼室中央近傍での着火も可能なことが特徴として挙げられる (図 4-8)。

・PM-METALITTM (Emitec)

いわゆる金属 DPF。シヨベル状に形成された箔層は、排ガスを直流とフリースに流れ込む曲流に分流し、積層された箔は捕集された粒子状物質の燃焼を助ける構造となっている (図 4-9)。

・電動 VTC (日立オートモティブシステムズ)

カムシャフトの位相を変換させ、最適なバルブタイミングをコントロールする VTC を電動化することで、従来の油圧式 VTC では作動できない低回転・低油温から作動可能となる。特徴として、高応答性 (Max300° CA/ s)、広変換角 (Max80° CA)、独自開発のカムシャフト搭載型 DC モータにより消費電力低減、極低温からクランキング作動可能なことが挙げられる (図 4-10)。

・イオン電流失火検出システム用スパークプラグ (デンソー)

排気規制の厳格化に伴い OBD 失火検出が義務化され、エンジンの失火検出技術であるイオン電流検出システムに貢献するスパークプラグのニーズが拡大している。そこでエンジン回転変動法では対応が困難な 10 気筒以上エンジンのイオン電流検出で失火を検出、スパークプラグでのイオン検出向上とノイズ低減により日本、北米、欧州の各 OBD 規制に対応可能となっている。詳細は自動車技術会の学術講演 (セッション 90-11, No.432) でも発表されている (図 4-11)。

・フリクション低減, 転がりベアリング (NSK)

転がりベアリングのフリクション低減として、転がり抵抗低減は限界に近づき、潤滑油挙動の解析による攪拌抵抗の低減によりフリクション低減を提案 (図 4-12)。



Figure 4-6 排ガス浄化用ペーパー触媒 Figure 4-7 水素漏れ検知センサ

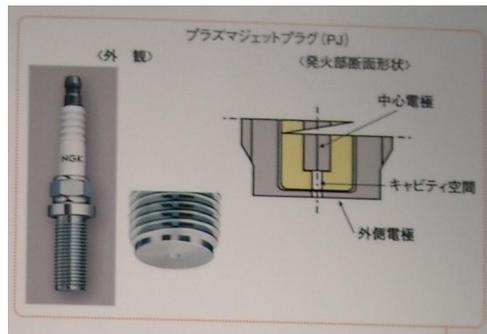


Figure 4-8 プラズマジェットプラグ

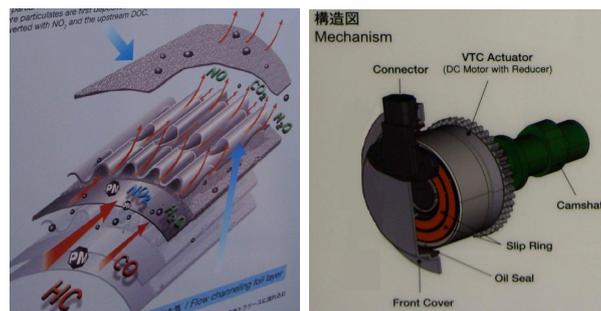


Figure 4-9 Emitec の金属 DPF

Figure 4-10 電動 VTC



Figure 4-11 イオン電流失火検出システム用スパークプラグ

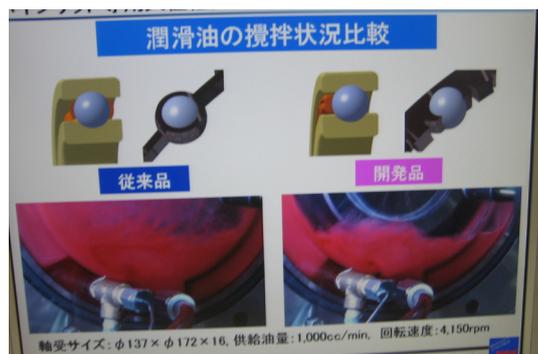


Figure 4-12 ベアリングの潤滑油攪拌抵抗低減

・ブレン金属軸受（大豊工業）

最近採用されてきているアイドルストップ対応のすべり軸受として、アルミ合金軸受のオーバーレイ層として二硫化モリブデンをポリアミドイミド樹脂でバインドしたものを施し、起動時トルク低減と耐磨耗性向上を図っている。詳細は自動車技術会の学術講演（セッション 29-11, No.139）を参照されたい。

・植物由来樹脂オイルパン（DSM ジャパン他）

軽量化という観点では金属部品の樹脂化の状況であるが、各樹脂メーカよりオイルパンの提案がされている。海外ではすでに採用済みであるが、国内メーカはこれから。また、環境イメージ向上のため、100%ではないとのことであるが植物由来の樹脂での提案がなされている（図 4-13）。



Figure 4-13 植物由来樹脂オイルパン

・樹脂スラストワッシャ（デュポン）

エンジン部品の樹脂材料としては高耐熱性がキーポイントだが、300℃まで軟化せず、金属とは溶着を起こさないため、低潤滑環境での摺動部材に使用可能なものが提案されている。

5. 計測器

気がついた点をランダムに報告させていただく。

・粒子状物質（PM）粒子数の計測装置

ディーゼルエンジンの排出ガス規制のうち、粒子状物質（PM）はその重量の規制だけでなく、粒子の数量規制が始まりつつある。これに対応するため粒子数の計測装置が数社から紹介されていた。これらはユーロ 5 / 6, ユーロ IV の認証試験に使用でき、排出ガスクリーン化の開発に寄与するものである。中には車載して計測ができるタイプの計測器もあり、実車状態でリアルタイムの粒子数が計測できるだけでなく、粒径、および質量の計測も同時に可能となっている（図 5-1）。



Figure 5-1 PM 粒子数の計測装置  
 (写真は車載タイプではない)

・画像同期データ収録装置（シナノケンシ他）

“百聞は一見にしかず”ということで、高速度撮影画像や赤外線放射式温度分布画像、走行状況画像といった画像情報とそれと同期した入力、応力、変位といった計測データを同時に記録し再現させる機能をもったデータ収録装置が各社より提案されていた（図 5-2）。



Figure 5-2 データ同時計測画像高速収録装置

・光ファイバー式計測（KYOWA）

センサとしては、電動化に伴い、電氣的にノイズが乗りやすい測定環境下において有効な光ファイバー式の応力センサが精度的に箔式ひずみゲージと同等の分解能にてまた非常にコンパクトなもの（Φ 0.23mm）が、出てきている（図 5-3）。また、温度測定センサも提示している。

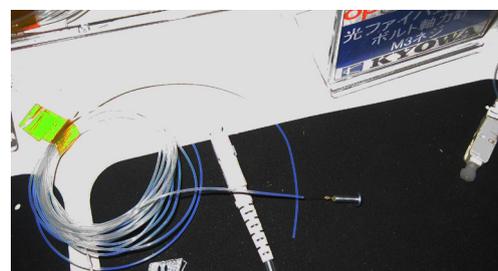


Figure 5-3 光ファイバ式応力センサ

・オイル消費計（エアーセンス）

目新しいところでは、質量分析式のオイル消費測定器があった。エンジンから排出されるオイルをサンプルし、イオンにより電荷をもたせた後、装置内を走らせ、質量違いでより分ける方式である（図 5-4）。売りは応答スピードが速いことで、実走行モードでのオイル消費をリアルタイムで測定可能とのことである。小型のコピー程度の大きさであるので、車載も可能と思われる。



Figure 5-4 質量分析式オイル消費計

・テレメータ

ワンタッチでドライブシャフトのねじりトルクが測定できるテレメータ式のトルク計（図 5-5）。小型のテレメータは自社開発とのこと。エンジン内テレメータ計測のアプリケーションはなかった。もっと、マニアックな計測器展示があっても良いのではないと思う。



Figure 5-5 小型テレメータ

## 6 その他

デンソーからは車両、エンジンコンポーネント関連の展示のみならず、CO<sub>2</sub>削減の観点から“燃料を製造する”技術が紹介されていた。これは工場から排出されるCO<sub>2</sub>・排水・廃熱を用いて微細藻類を培養し、バイオ燃料などのカーボンニュートラル材料を創生するものである。具体的にはデンソー工場内にある5MW コージェネレーションパワープラントから排出されるCO<sub>2</sub>を微細藻類に吸収させ、さらに太陽光・排水・廃熱も培養に利用しカーボンニュートラルな燃料を生産するものである。この微細藻類のオイル生産能力は非常に高く、オイル含有率が30%程度であるといわれている。この微細藻類培養プラントはパイロットプラントの位置づけであり、今後の発展が注目される。会場では実際に微細藻類の培養を行っており、緑色に光る培養筒が目を引いた（図6-1）。

以前はCAE解析ソフトや解析受託の展示が多く見られたが、最近では落ち着いてきている。トレンドは、多種の変換デバイスを用いた緻密なエンジン制御で効率向上を図る必要から制御パラメータの最適化を、また、電動化に伴い車両全体での効率最適化をスピーディに実施するが重要となっており、これらの支援の開発環境の提案が多くなってきている。いわゆるモデルベースキャリブレーションやモデルベース開発の支援ソフトや開発ツールである。（図6-2）この分野は欧州メーカーが先行しているようである。

北米からはカナダが、欧州からはドイツ、イギリス、フランス、ベルギーといった国々が外国パビリオンの最大級の規模のブースを構え、企業誘致、部品メーカー、コンサルティングや計測器メーカーの展示がなされ、夕刻にはアルコールやオードブルを提供するブースもあり、海外の展示会の雰囲気を感じていた。展示としては、カナダのコンパーニャ社がカワサキのバイク用1300ccエンジンをを用いた“T-REX”と称す3輪カーが人気を集めていた。

新興国からは唯一マレーシアのメーカー、プロトンが出展。国民車コンセプトカーと自社開発エンジンを展示。また、マレーシアの部品メーカーも部品を展示していた。今後、こういった新興国からの提案が増えてくるように思われる。



Figure 6-1 培養中のバイオ燃料原料の藻



Figure 6-2 開発支援ツール展示ブース

## NEWS & INFORMATION

### 燃料電池車が世界を一周、4大陸14ヶ国を走破●MB日本

1月30日、ドイツ・シュツットガルトを出発した3台の燃料電池車「メルセデス・ベンツ B クラス F-CELL (エフセル)」が125日間で世界4大陸14ヶ国を走破、6月1日、出発地のシュツットガルトに戻って、燃料電池車による初の世界一周を成し遂げた。3台の燃料電池車でシュツットガルトをスタート、フランス、スペイン、ポルトガル、米国、カナダ、オーストラリア、中国、カザフスタン、ロシア、フィンランド、スウェーデン、ノルウェー、デンマークを通り全日程125日、70日間の走行だった。

ドイツ・ダイムラー AG では、2015年の燃料電池車の市販を前に、2009年より200台の燃料電池車 B クラス F-CELL を量産し欧州や米国の一般ユーザーによるテストを行っている。日本では、B クラス F-CELL の早期の日本市場への導入を目指し、搭載されている700気圧の水素容器に対する認可取得に向け準備を進めている。

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

### 「e-tron」、ジブルレッタ電気自動車ラリーで総合優勝●アウディ ジャパン

第2回ジブルレッタ電気自動車ラリー (Silvretta Electric Car Rally) がオーストリアのモンタフォーンで開催され、アウディが総合優勝を飾った。合計で32台の電気自動車がエントリー。勝利を収めたのは A1 e-tron で、昨年の R8 e-tron に続き、2年連続の優勝。ラリーに参加したもう1台のアウディ、Q5 HFC は燃料電池車としては最高位となる総合6位でゴールした。このイベントは、7月7日～9日に開催された第14回ジブルレッタクラシックラリーの一環として開催されたもの。最大傾斜15%の険しい山道で、3日間にわたって行われ、総走行距離は307km、合計の標高差は11541m。A1 e-tron は、市街地走行に最適化した地域のゼロエミッション電気駆動システム設計。基盤となるのは、リチウムイオンバッテリーで駆動される最高出力75kWの電気モーターで、バッテリー容量は12kWh。フル充電に必要な時間は30分(急速充電)または3時間未満(通常充電)。1回の充電で走行可能な距離は50km。充電切れによる立ち往生を回避するため、必要に応じてバッテリーを充電する内燃エンジンがトランクのフロア下に搭載されている。出力15kWを発生する、この1ロータ式のロータリエンジン(254cc)はバッテリー充電専用となっている。

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



EV ラリーに優勝したアウディ「A1 e-tron」

### ニュルブルクリンクで GRMN のコンセプトカーを展示●トヨタ

トヨタ自動車は、6月23日(木)から26日(日)まで、ニュルブルクリンク(ドイツ)で開催される第39回ニュルブルクリンク24時間耐久レースで、"GAZOO Racing tuned by MN (略称: GRMN = ジーアールエムエヌ)"のコンセプトカー「GRMN SPORTS HYBRID Concept II」を展示した。本コンセプトカーは、2010年1月の東京オートサロン2010で発表したオープンミッドシップ・ハイブリッドの「GRMN SPORTS HYBRID Concept」の第2弾でスタイリングを一新し、ハイブリッドシステムを改良したもの。ミッドシップレイアウトによる車両の回頭性の良さ、フロントをモーター駆動する4WDスポーツハイブリッドシステムを搭載した。エンジン型式2GR-FXE、総排気量3.456L、最高出力183(249)kW(PS)、システム出力220(299)kW(PS)。

トヨタ自動車(株) : <http://toyota.jp/index.html>



GRMN SPORTS HYBRID Concept II コンセプトカー

### 「NV200」をベースとした電気自動車の実証運行●日産自動車

日産自動車は、2011年7月から小型商用車「NV200」をベースとした電気自動車の実証運行をグローバルに開始する。その第一弾として、日本国内において同月より、郵便事業(以下「日本郵便」)にモニター車1台を貸与、日本郵便が、神奈川県横浜市内での集配業務にこのモニター車を約2ヵ月間活用し、ビジネスにおける実用性を確認。その後は、同実証運行を欧州でも展開し、現地企業とのテストを実施していく予定。ベース車である「NV200」は、先般、次世代のニューヨークタクシーに選定されたモデル。グローバルレベルでのニーズを視野に入れた、ビジネス、デイリーユース、レジャーなどで使用できる新世代の小型商用車。ベース車はすでに世界約40カ国で販売しており、2009年末には、欧州20カ国のジャーナリストによって選考される、「インターナショナル・バン・オブ・ザ・イヤー2010」を受賞した。さらに、2011年3月には、日本で発売中のタクシー専用車「NV200 バネットタクシー」が、「ユニバーサルデザイン賞」と「ユニバーサルデザイン コンシューマー・フェイバリット賞」の二つの賞を、自動車業界において初めて受賞している。

日産自動車(株) : <http://www.nissan-global.com/JP/NISSAN/>



ベースとなった「NV200」

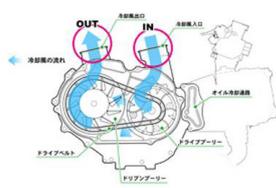
## カブ系エンジンに搭載可能な「CV マチック」 ● Honda

Honda は、カブ系エンジンに組み合わせて搭載可能な、新型オートマチックトランスミッション「CV マチック」を開発。主に新興国で、多くのユーザーに愛用され続けているカブタイプの変速機構をフルオートマチック化することで、さらなる実用性と利便性の向上を図っている。このシステムは 2010 年に発売するアセアン向けのカブタイプに搭載を予定している。この新開発の CV マチックは、Honda が長年培ってきた小型二輪車用オートマチック技術を基に、新開発の冷却機構を採用することで、ドライブベルトに発生する熱負荷の問題を解消。ベルトの耐久性を確保しながら、ドライブプーリとドリブンプーリの軸間が短くコンパクトな構造を実現することで、エンジン搭載位置を大きく変える必要がないなど、車体設計の自由度に優れたものとしている。

本田技研工業 (株) : <http://www.honda.co.jp/>



CVマチック



CVマチック構造図

新型オートマチック「CV マチック」

## 「日野デュトロ」をフルモデルチェンジ ● 日野自動車

日野自動車は小型トラック「日野デュトロ」を 12 年ぶりにフルモデルチェンジした。平成 22 年排出ガス規制 (ポスト新長期規制) に適合し、また新世代ハイブリッドシステムの採用、平成 27 年度燃費基準達成車の設定拡大など高い環境性能を備えている。従来の「日野デュトロ」はトヨタ自動車と共同で開発、日野の羽村工場で生産し、トヨタブランドでは「トヨタ ダイナ」「トヨタ トヨエース」の車名で販売されてきた。これに対し今回フルモデルチェンジを果たした新型車は、トヨタグループにおける商用車専門メーカーである日野が主体となりグローバルに市場展開することを目指している。トヨタブランド車は、今回より日野からの OEM となる。

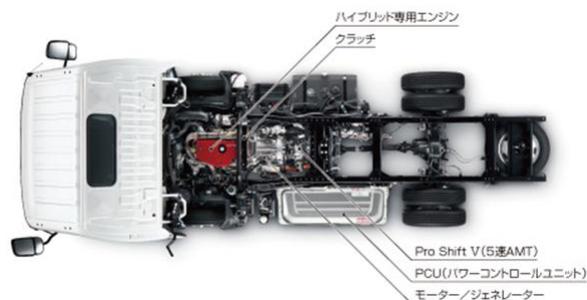
日野の進化したクリーンディーゼルシステム「AIR LOOP (エアルーブ)」を採用。エンジンの改良とともに、既に日野レンジャーで実績のある尿素を用いない NOx 低減システム「新 DPR」を採用し、平成 22 年排出ガス規制に適合させた。尿素水タンクや関連装置が不要であるため、従来車に対して重量やシステム容積の増加を最小限に抑えることができ、日野デュトロの優れた積載・架装性を損なうことなく排出ガスのクリーン化を実現した。またコンピューター制御により燃費に不利な運転を抑制する「日野エコラン」とアイドル・ストップ・システムを全車に標準装備する。

また「日野デュトロ ハイブリッド」は 2003 年の発売以来、累計販売台数 5,700 台を超える販売実績を誇るが、新世代のハイブリッドシステムとなった。

減速時のエネルギー回生とモータによるアシストの制御を根本から見直すことでハイブリッドシステム全体の効率を大幅に向上させた。従来はエネルギー回生量によってアシスト量を可変させる方式をとってきたが、今回さらにドライバーの操作や道路状況等刻々と変化する状況を常に監視し、その状態に応じてアシスト量を最適化すると共に、エンジンとの協調によりその瞬間で最も燃費の良い状態に制御することで燃費を大幅に向上させている。また新ハイブリッドシステムではエンジンとモータの間にクラッチを設置。これにより、減速時にクラッチを切ること

でエンジンとモータ (減速時には発電機として作用) が切り離されるため、減速時に発生するエネルギーを効率良く発電に使うことができ、ハイブリッドシステムの特徴であるエネルギー回生効率の大幅な向上を実現した。エンジンには「アトキンソンサイクル」を応用し高効率化を図った。低回転域でのトルク低下をモータによるアシストで補うことにより、パワートレーン全体として低回転からフラットな高トルクを実現する。アトキンソンサイクルは商用車用としては世界初採用。

日野自動車 (株) : <http://www.hino-global.com/j/index.html>



フルモデルチェンジした「デュトロ」ハイブリッド構成

## 「コンドル」をフルモデルチェンジ ● UD トラックス

UD トラックスは、積載量 4 トンクラスのコンドル MK と積載量 5 ~ 6 トンクラスのコンドル LK をフルモデルチェンジして発売を開始した。最大噴射圧力を高めた新開発のコモンレールを採用した小排気量ながら高い出力とトルクを実現するエンジン (新開発の GH5 エンジン, GH7 エンジン) と、大型トラック「クオン」で培った尿素 SCR 触媒と PM を低減させる UDPC (UD パーティキュレートクリーニング) を組み合わせた尿素 SCR システム「FLENS (フレンズ)」の搭載により、燃費性能と環境性能を両立させ、コンドル MK, コンドル LK 全車で平成 27 年度重量車燃費基準を達成し、平成 22 年排出ガス規制に適合させた。燃料の最大噴射圧力を 2000 気圧まで高めた新開発コモンレールを採用したほか、小排気量化やフリクション (摩擦) の低減、電子制御によるエンジン全体の最適化を図り、エンジン本体の燃費性能を向上させ、全車で平成 27 年度重量車燃費基準を達成。尿素 SCR 触媒と UDPC は一体化マフラーとして適切に配置することでスペース効率や整備性を高めている。

UD トラックス (株) : <http://www.udtrucks.co.jp/>

## バケット容量 3.2m<sup>3</sup>の履带式ローダを新発売 ● キャタピラージャパン

キャタピラージャパンは、船内荷役やノロ処理現場などで活躍する履带式ローダ Cat 973D 履带式ローダをモデルチェンジした。バケット容量 3.2 m<sup>3</sup> は、Cat 973C (同 3.2m<sup>3</sup>) のフルモデルチェンジ機で、エンジン出力は、従来機比約 10% アップの 196kW。EPA Tier3 および EU Stage III a に適合。国内では特定特殊自動車少数特例基準に適合している。レバーストロークと負荷に応じて吐出流量を自動的に調整し、常に最適な圧力・流量を供給するロードセンシング油圧システムを新たに採用。生産性と燃費効率を大幅に向上している。価格は 4024 万円。

キャタピラージャパン (株) : <http://japan.cat.com/>