

# ENGINE REVIEW

*SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018*

JSAE エンジンレビュー

Report : 自動車技術会 2017 年秋季大会

コラム : 地球温暖化低減対策に思う



公益社団法人 **自動車技術会**

- コラム：地球温暖化低減対策に想う 1  
*The thought on the global warming reduction*  
清水健一(早稲田大学 環境総合研究センター)  
Ken-ichi SHIMIZU (Waseda university Environmental Research Institute)
- Report：自動車技術会 2017 年秋季大会 2  
*Report of 2017 JSAE Annual Congress, Autumn*  
小酒 英範, 清水 健一, 下田 正敏, 野口 勝三 (編集委員)  
稲垣 和久 (豊田中央研究所), 石間 経章 (群馬大学), 伊東 明美 (東京都市大学),  
佐藤 進 (東京工業大学), 田中 光太郎 (茨城大学), 水嶋 教文 (産業技術総合研究所)

■ JSAE エンジンレビュー編集委員会

委員長：飯田 訓正(慶應義塾大学)  
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：遠藤 浩之(三菱重工エンジン&ターボチャージャ)  
大西 浩二(日立オートモティブシステムズ)  
奥井 伸宜(自動車技術総合機構)  
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(元・産業技術総合研究所)  
下田 正敏(元・日野自動車)  
西川 雅浩(堀場製作所)  
野口 勝三(本田技術研究所)  
平井 洋(日本自動車研究所)  
細谷 満(日野自動車)  
山崎 敏司(編集)  
渡邊 学(JXTG エネルギー)

発行所：公益社団法人 自動車技術会  
発行日：2018 年 10 月 10 日  
発行人：大下守人(アイシン精機)  
〒102-0076 東京都千代田区五番町 10-2  
電話：03-3262-8211

ENGINE REVIEW  
SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN  
Vol. 8 No. 6 2018

## 地球温暖化低減対策に想う

*The thought on the global warming reduction*



清水健一

Ken-ichi SHIMIZU

JSAE エンジンレビュー編集委員

早稲田大学 環境総合研究センター 招聘研究員

Adjunct Researcher

WERI (Waseda university Environmental Research Institute)

地球温暖化低減（正確には緩和が妥当か？）の観点から、内燃機関自動車の生産をやめてEV化を図ろうといういくつかの動きが見られている。車両の電動化の研究に長く片足をおいてきた研究者の一人としては喜ぶべきであるが、非常に複雑な気持ちになっている。主に次の二つの観点から、この流れに疑問を持たざるを得ないからである。

まず、EVは車両の走行時の効率（Tank to Wheel の効率）は一般的なガソリン車に比べて非常に良いものの、車両に供給するエネルギーを製造するWell to Tankでの効率は発電の方法に大きく依存するので、Well to Tank部の大勢を支配する電力ミックスの如何によっては、必ずしもEVに軍配があがるとは限らない点で、長期的な電力ミックスのあり方や、電力網インフラのあるべき姿がはっきりしない昨今、リューゲン島プロジェクトの二の前が気になっている。（プロジェクト：独がリューゲン島内の自動車交通をEVに限定し、EVによるCO<sub>2</sub>削減効果も評価したもの。当時の独の発電が石炭への依存度が高かったため、EVの効果が否定される結果に終わったもので、始めた理由に疑問が残るとの見方もある。）

次に、少なくとも現状のエネルギー密度と製造コストの電池に限れば、大電力を要する用途（高速道路を主体とする用途や、大型車両への適用）は不利であるので、一律的な電動化は無理である点である。量産市販車が普及しつつある乗用車でも、走行時の効率が良い故に、それ以外に供されるエネルギーの大きさ（暖房や高速走行時の大幅な風損増加によるエネルギー）が無視できなくなる点も課題となる。利用にあたって自ずと適したシステムがあり、適材適所の適用が肝要と考える。例えば、BEVは都市内使用を主体とする利用、長距離大量輸送にはレール、レールほど利用頻度の高くない地方の大量輸送にはFCV貨物・バス、休日の遠出にも一台で対応する家庭での柔軟な使用にはPHEVなどが考えられる。

HEVは電気系によって効率改善を図ったもので、消費するのは燃料のみで電力ミックスには関係なくCO<sub>2</sub>排出量はICEVの約半分になる。かつて、より実用的な第二世代のHEVが誕生した際、活動的な同僚研究者が、購入して燃費がいい分たくさん走れると言うので、温暖化低減目的の購入補助金との整合性を議論したことがある。効率改善は手段の一つで、命題はCO<sub>2</sub>排出総量の低減であるが、嗜好や経済原理に任せただけでは本来の効果を達成することが難しいことを示していると言える。

地球の自然は微妙なバランスの上に成り立っているが、温暖化の影響なのか気候が大幅に変わり、地形もこれに対応した新たな安定状態に向けて変動するステップに移行しているのかも知れない昨今の状況では、ソフト面を含めた実のある対策を急ぐべきではないか？ 例えば、自動車関連の税で公共交通の赤字を補填して公共輸送機関の利用を促すなど全体の効率を意識した対策こそが必須ではないか？ これは環境税の考え方と通じるものがあると考えられるが、“微妙なバランス”を維持するために経済原理と同等（またはそれ以上）に、“環境原理”に基づいた経済の評価尺度が一日も早く一般化することを期待する。

## 自動車技術会 2017 年秋季大会

2017 JSAE Annual Congress (Autumn)

主催：公益社団法人自動車技術会

会期：2017 年 10 月 11 日(水)～13 日(金)

会場：グランキューブ大阪（大阪市）

Report:小酒 英範, 清水 健一, 下田 正敏, 野口 勝三（編集委員）

稲垣 和久（豊田中央研究所）, 石間 経章（群馬大学）, 伊東 明美（東京都市大学）,

佐藤 進（東京工業大学）, 田中 光太郎（茨城大学）, 水嶋 教文（産業技術総合研究所）

Hidenori KOSAKA, Ken-ichi SHIMIZU, Masatoshi SHIMODA,

Katsumi NOGUCHI (JSAE ER Editorial Committee)

Kazuhisa INAGAKI (TOYOTA CENTRAL R&D LABS.) , Tsuneaki ISHIMA (GUNMA UNIVERSITY) ,

Akemi ITO (TOKYO CITY UNIVERSITY) , Susumu SATO (TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY) ,

Kotaro TANAKA (IBARAKI UNIVERSITY) , Norifumi MIZUSHIMA (AIST)

### 1 はじめに

公益社団法人自動車技術会は、2017 年 秋季大会を 2017 年 10 月 11 日(水)～13 日(金)の 3 日間にわたり、グランキューブ大阪（大阪市）で開催し、2,434 名が参加した。学術講演会は、347 講演と拡大して実施された。

### 2 ディーゼル関連

#### 2.1 ディーゼル燃焼

セッション「ディーゼル燃焼 III」では、SIP 革新的燃焼技術において得られたディーゼル燃焼のモデルベース制御に関する成果が 4 件発表された。以下に概要を報告する。

山崎ら<sup>2-1)</sup>は、ディーゼルエンジンの過渡運転における燃焼制御システムとして、簡易化された燃焼離散化モデルの逆モデルを作成することでフィードフォワード (FF) 制御器を設計し (図 2-1)、これを用いて燃料多段噴射の噴射時期と噴射量を操作し最大筒内圧力と最大筒内圧力時期を制御する手法を提案し、実機検証試験でその効果を実証している。図 2-2 は、機関回転数、トルク、最大筒内圧力、最大筒内圧力時期の目標値を同時に変化させたときの実証試験結果である。目標値に対する追従性はおおむね良好であり本手法のポテンシャルの高さを示している。

平田ら<sup>2-2)</sup>は、山崎らの燃焼離散化モデルを用いて、ディーゼル燃焼への H $\infty$ 制御の適用を試みている。H $\infty$ 制御器の設計において、評価関数間のトレードオフが明確な混合感度問題を用いることで、制御器の重み関数決定のための試行錯誤過程を低減している。図 2-3 は、提案手法により設計した H $\infty$ 制御器の有効性をシミュレーション

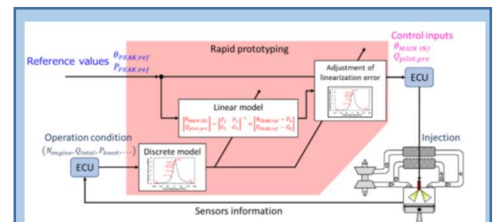


図 2-1 燃焼離散化モデルによるフィードフォワード制御システムの概要

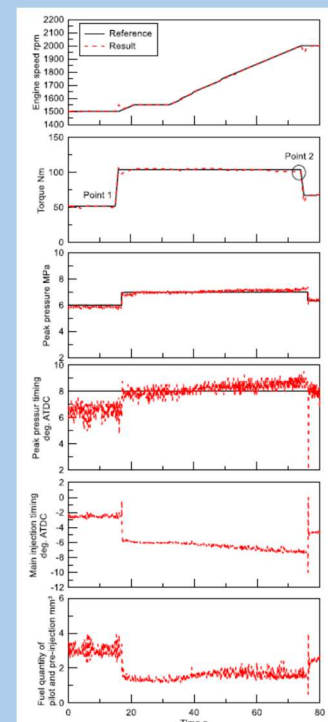


図 2-2 燃焼離散化モデルによる燃料多段噴射ディーゼル燃焼のフィードフォワード制御の実機検証結果

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018

により検証した結果である。なお、山崎らの燃焼離散化モデルを FF 制御器として使用している。最大筒内圧力と最大筒内圧力時期について、目標値に対し良好な追従性を得ている。

藤井ら<sup>2-3)</sup>は、ディーゼル燃焼のモデルベース制御において問題となる、モデル化誤差、動作環境の変化に対するロバスト性を向上させるため、概強正実性 (Almost Strictly Positive Real : ASPR) に基づく適応出力フィードバック制御手法を、燃料多段噴射ディーゼル機関に適用している。図 2-4 は、ASPR 性に基づく適応出力フィードバック制御系の概要である。この制御系では、システム  $G(z)$  に対し、前置補償器  $1/(z-1)$  を導入し、並列フィードフォワード補償器  $G_f(z)=G(z)/(1-a)$  を付加したシステムであり、全体で ASPR 化されている。設計した制御系を山崎らの開発した燃焼離散化モデルを用いたシミュレーションに適用し、その有効性を検証している。図 2-5 は検証の一例であり、最大筒内圧力と最大筒内圧力発生時期の目標値に対する応答を示している。燃焼離散化モデルの計算結果にはホワイトノイズを付加しており、このような外乱がある場においても目標値に対する良好な追従性が保たれていることがわかる。

江口ら<sup>2-4)</sup>は、ディーゼル機関の燃焼制御手法として、フィードバック誤差学習 (FEL) の制御構造を保存してフィードフォワード制御器を人工知能の技術を用いてオンライン適応学習させ、運転者や動作環境の変化に積極的に適応できる制御系を提案している。図 2-6 は FEL の概要を示しており、ここでは、目標値と制御対象の出力との誤差を入力とするフィードバック (FB) 制御器を設計し、その FB 制御器からの出力を零にするようにフィードフォワード (FF) 制御器を設計する。FF 制御器の学習構造には、多層ニューラルネットワークを用いている。提案手法の有効性を山崎らの燃焼離散化モデルによるシミュレーションと、実機試験により検証している。燃料 3 段噴射のディーゼル機関にて最大筒内圧力と最大筒内圧力時期に対する目標値制御に適用した結果が図 2-7、2-8 である。時間経過に伴い機械学習が進み、追従性が良くなるとともに FB 制御器からの出力が減少しており、本手法の有効性を示している。

以上のディーゼル燃焼のモデルベース制御に関する研究の今後の進展は、高度かつ複雑な燃料噴射制御や、PCGI 燃焼等の環境や運転条件に影響を受けやすい燃焼の最適制御によるディーゼル機関の効率向上と排気浄化に大きく貢献することと期待される。(小酒)

「ディーゼル過渡燃焼騒音適合手法の検討」<sup>2-5)</sup> 台上定常試験で性能適合したマップを車両の過渡試験でそのまま用いると、騒音などが悪化し、しばしば‘手戻り’が生じる。これは自己着火に依存するディーゼル燃焼は本質的に運転条件に影響を受けやすいため、ディーゼル燃焼適合の課題である。これに対し、江見らは、定常条件と過渡条件の差異がパイロット噴射の燃焼率に起因することを見出した。さらに、パイロット燃焼に影響を及ぼす因子として、過給圧、燃焼室壁温に着目し、これらが燃焼騒音に与える影響を詳細に調査した (図 2-9)。その結果、加速開始直後の燃焼室壁温の条件で燃焼騒音が極小となるパイロット噴射時期を設定し、過給圧に応じて噴射時期を調整することで過渡燃焼騒音悪化を抑制できることを確認した。過渡運転時の騒音適合に対する指針を明解にしていることから、適合工数低減に繋がる貴重な研

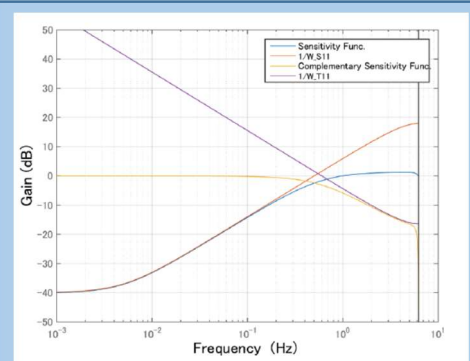


図 2-3 燃料多段噴射ディーゼル燃焼のフィードフォワード制御のシミュレータ検証結果

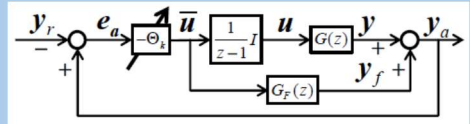


図 2-4 ASPR 性に基づく適応出力フィードバック制御系の概要

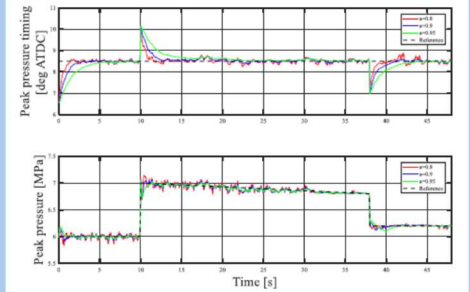


図 2-5 ASPR 性に基づく適応出力フィードバック制御の燃料多段噴射ディーゼル燃焼への適用検証 (シミュレータ)

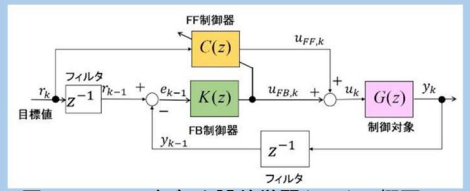


図 2-6 フィードバック誤差学習 (FEL) の概要

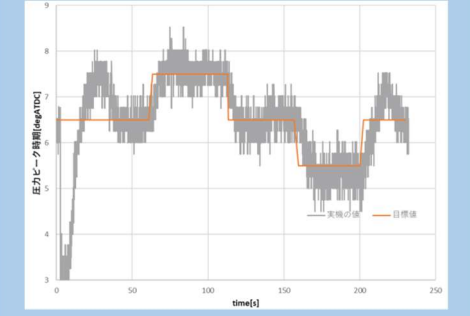


図 2-7 FEL の燃料多段噴射ディーゼル燃焼制御への適用例 (シミュレータ): 最大筒内圧力の目標値制御

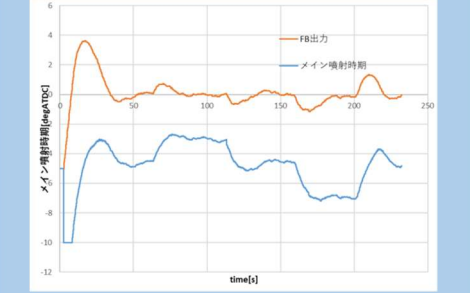


図 2-8 FEL の燃料多段噴射ディーゼル燃焼制御への適用例 (シミュレータ): 最大筒内圧力時期の目標値制御と操作量 (主噴射時期) の学習経過

究である。

「ディーゼル機関のパイロット噴射条件が低温始動性に及ぼす影響」<sup>2-6)</sup>はディーゼル機関の課題の一つが低温始動性の改善である。原賀らは、パイロット噴射時期をパラメータにし、クランキングから完爆までの回転数変化を実測した結果、低回転域では遅角噴射の方が回転数の上昇率が高く、回転数が増加するにつれてよりパイロット噴射時期の早期化が有効であることを見出した(図 2-10)。これは、パイロット噴霧の着火性が、低回転時は雰囲気温度に、高回転時には蒸発期間にそれぞれ律速されることが要因であり、回転数に応じて適切なパイロット噴射時期を設定することで、完爆までの時間が短縮化できる可能性を示した。今後、ハイブリッド化によりエンジンの起動、停止の頻度が多くなることから、重要な知見である。(稲垣)

## 2.2 ディーゼル排気、ディーゼル排気・後処理技術

「ディーゼル排気」および「ディーゼル排気・後処理技術」の二つのセッションにおいては計 9 件の発表があり、その中から 1 件の発表を紹介する。DPF 内の PM 堆積量を検知する方法として、狭帯域マイクロ波を用いる方法が提案されている。<sup>2-7)</sup>

これまで PM 堆積量を測定する手法として、マグネトロンあるいは広帯域マイクロ波を用いることで、PM が吸収するマイクロ波を検出する方法が提案されてきた。しかしマグネトロンを用いた場合には装置のサイズの問題があり、また広帯域マイクロ波を用いた場合には、高い精度が得られるものの装置の複雑さの問題があった。本研究では、2.4~2.5GHz 帯の狭帯域マイクロ波を用いて、PM 堆積量をリアルタイムに精度を落とさずに測定することを目的としている。

マイクロ波系が温度による影響を受けないように同軸導波管変換器が用いられている(図 2-11)。DPF 外側に導波管があり、同軸導波管変換器、同軸ケーブル、マイクロ波モジュールとつながっている。まず基礎実験として、PM を一定量体積させた DPF を 1mm 程度にスライスして誘電率測定を行い、また熱送風機に接続して DPF に対してマイクロ波の透過温度依存性を調査している。

次にエンジンベンチ試験により測定を実施している。所定の運転パターン(3000 秒)を繰り返す形で実施しており、センサの出力が、PM 堆積量が小さい部分ほど大きな出力を示していることが明らかになった(図 2-12)。これらの実験結果を用いて、センサ出力、PM 堆積量、温度情報について多項式回帰によりモデル化している(回帰の次数は、1 次~4 次)。例えば高精度化を目指して DPF 前後の温度をデータとしてモデル化した結果においては(図 2-13)、回帰の次数を 4 次まで上げることで、PM 堆積量の推定値の精度が向上しており、 $\pm 0.5\text{g/L}$  の精度となった。ただし 100°C 以下の条件においては、乖離が見られた。これは排ガス中の水分が DPF に付着しマイクロ波を吸収していることが要因としている。

今後はエンジンの過渡条件等の温度変化が急激な状況においては、DPF 前後の温度だけではなく、必要に応じてエンジンデータも含めたモデル化が必要であるとしている。しかし本論文は DPF 内の PM 堆積量推定の新たな手法の 1 つを提案している点で、大変興味深い研究と言える。(佐藤)

日野自動車・林崎らは「軽油を還元剤とした NOx 後処理システムの開発」と題して講演をおこなった。<sup>2-8)</sup>ディーゼル重量車(3.5tGVW)の平成 21 年ポスト新長期排出ガ

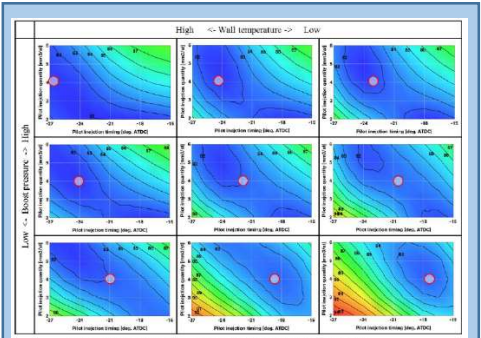


図 2-9 各過給圧、壁温でのノイズ特性

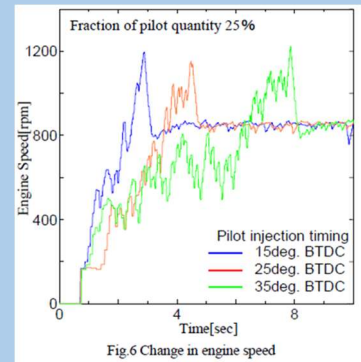


図 2-10 パイロット噴射時期が機関回転数推移特性に及ぼす影響

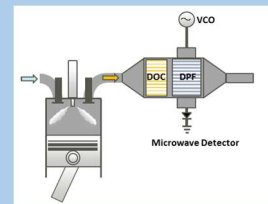


図 2-11 実験装置

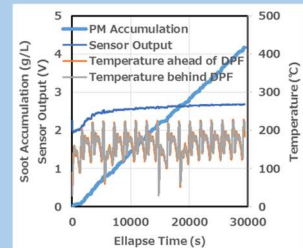


図 2-12 エンジンベンチ試験の結果

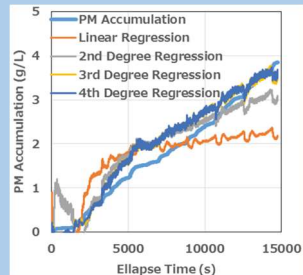


図 2-13 DPF 前後の温度を用いたモデル化

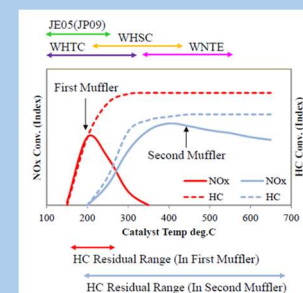


図 2-14 平成 28 年規制の NOx 低減の目標値

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018

ス規制 (JP09) の NOx 対策が尿素 SCR が主流となる中、既に筆者らは中小型商用車用として、エンジンの燃焼改良による NOx 低減と、従来の DPR システムに燃料を還元剤として NOx を低減する HC-SCR 触媒機能を備えた新 DPR を中小型商用車向けに実用化している。<sup>2-9)</sup> 大型商業車は、一般的にドライバーの主業務は運転であり、尿素水の補給も大きな問題はないが、一方中小型商業車のドライバーは、一般的に運転は従であり本来の主業務があり、燃料の補給のほか尿素水を補給するのは、大型商業車ほど容易ではなく、燃料だけの補給で済む HC-SCR は利便性が高いと推測される。そのため、平成 28 年排出ガス規制 (JP16) 対応の中型商業車の後処理システムとして、上記の HC-SCR 触媒 (新 DPR システム) の触媒の改良を行い、低温から高温まで幅広い温度領域で高い NOx 低減性能を実現した「DPR-II」システムを開発した。

平成 28 年排出ガス規制では、NOx は排出量の一層の低減および、世界統一基準の試験サイクル (WHTC, WHSC, WNTe) への変更により、図 2-14 に示すような広い温度域での高い NOx 低減性能が必要になる。そこで触媒を 2 段構成にし、第 1 マフラに低温域 (150°C から 250°C)、後流の第 2 マフラには中高温域 (250°C 以上) の NOx 低減機能を持たせる触媒構成とした。其々のマフラの上流に燃料噴射弁を設け、燃料噴射量を最適に制御することにより NOx 低減性能を増大させる構成にした。初期検討として、中高温域で高い NOx 低減性能が見込まれる遷移金属系の触媒種に注目し、モデルガス試験を行った。図 2-15 に各触媒の HC-SCR 反応による NOx 低減性能を示す。この中で中高温域で NOx 低減性能が高い Ag/アルミナ触媒を選定し、アルミナの比表面積向上と Ag 粒子の高分散化により Ag 粒子の表面積を増加させ HC-SCR 反応を促す改良中に NOx 低減と同時に NH<sub>3</sub> が副生する現象を見出した。図 2-16 にそのモデルガス試験の結果をまとめる。この NH<sub>3</sub> を NOx 低減に活用するため Ag/アルミナ触媒の後流に NH<sub>3</sub>-SCR 触媒である Cu/ゼオライト触媒を採用することにより更に NOx 低減性能を向上させることに成功している。

図 2-17 に DPR-II のシステム構成を示す。表 2-1 に DPR-II の触媒諸元を示す。前段の第 1 マフラに、低温域の HC-SCR 用の Pt/Pd/アルミナ触媒を付与させた前段酸化触媒 (F-DOC) とフィルタを配置した。後段の第 2 マフラには、中高温領域で NOx を低減する Ag/アルミナ HC-SCR 触媒と Cu/ゼオライト NH<sub>3</sub>-SCR 機能を付与した後段酸化触媒 (R-DOC) を配置し、それぞれのマフラ上流に燃料添加弁を備えて、添加される軽油との触媒反応によって NOx, PM, CO, HC を低減するシステムである。

エンジンの台上試験として、平成 28 年排出ガス規制対応の新開発中型商用車用中型ディーゼルエンジン (表 2-2 にエンジン諸元を示す) と DPR-II を用い、規制モードである WHTC (過渡), WHSC (定常), WNTe (オフサイクル) を運転しマフラ入口と出口からガス成分の計測をおこなった。

図 2-18 に過渡モード WHTC および定常モードの WHSC における SCR 入口ガス温度の変化を示す。WHTC は従来の試験モードの JE05 と比較して、エンジンの運転領域高回転、高負荷まで広がっており 180°C から 300°C の低中温域での NOx 低減性能向上が求められる。一方、WHSC の運転領域は高速、高負荷が連続するので、ガス流量の多い中高温域での NOx 低減性能の向上が求められる。

図 2-19 に WHTC モード運転時の NOx 濃度の経時変化を示す。予想したように、WHTC の 1200 秒までの低温域においても、また 1200 秒以降の中温域においても大幅な NOx

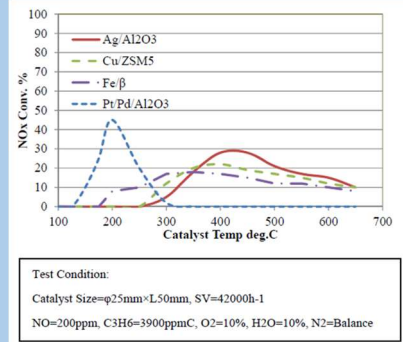


図 2-15 各種 HC-SCR 触媒の温度に対する NOx 低減特性

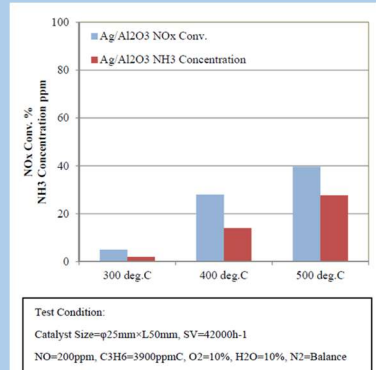


図 2-16 Ag/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 触媒のガステストでの各種温度における NOx 低減特性と NH<sub>3</sub> 発生濃度

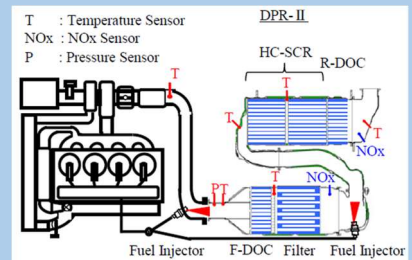


図 2-17 DPR-II のシステム構成

表 2-1 DPR-II の触媒諸元

	F-DOC	Filter	SCR	R-DOC
Diameter mm	228.6	←	←	←
Length mm	92.0	203.2	177.8 × 2	104.1
Volume Liters	3.8	8.3	7.3 × 2	4.3
Composition	Pt/Pd Type	Pt/Pd Type	Ag Type	Fr. Cu Type Rr. Pt/Pd Type

表 2-2 エンジン諸元

Model	A05C (A5-VI)
Cylinder Arrangement	Inline 4
Bore × Stroke (mm)	112 × 130
Compression Ratio	17
Displacement (liter)	5.123
Fuel Injection System	Common Rail System
Maximum Fuel Injection Pressure (MPa)	250
Aspiration	Turbo-charging System with Intercooler
EGR System	HPL, Cooled EGR
Rated Output (kW / r/min)	155 / 2300
Maximum Torque (Nm / r/min)	706 / 1600
Maximum BMEP (MPa)	2.04

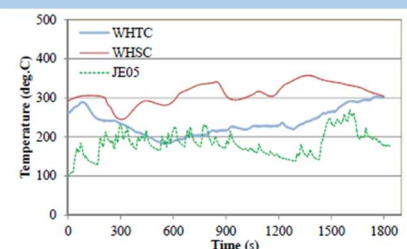


図 2-18 過渡モード WHTC, 定常モード WHSC 及び JE05 モードにおける SCR 触媒入口ガス温度の経時変化

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018

低減効果が認められ、モード全体では約 60%の NOx 低減率を示した。

図 2-20 に WHSC モードの運転時における NOx 濃度の経時変化を示す。各定常状態においても HC-SCR による NOx 低減が確認され、モード全体で約 60%の低減率を示した。

図 2-21 に WNTe モードの運転時におけるエンジンの運転領域を示す。この試験は排気流量が多く、高温となる Grid 3, 6, 9 を代表ポイントとして各 Grid で性能評価を行った。NOx 排出値(各 Grid 内 5 条件の平均値)を図 2-22 に示す。オフサイクルモード条件においても、各 Grid では平均で約 50%の NOx 低減率が確認された。これらの結果より、と市内走行や高速走行などの多様な運転条件においても DPNR-II によって環境改善が図れるものと思われる。

以上をまとめると中型商業車用エンジンシステムとして、エンジンの燃焼改善による NOx 低減に加えて軽油を還元剤とした、尿素フリーの後処理システム DPNR-II により、平成 28 年度排出ガス規制をクリアした。(下田)

DPF セッションセッションでは、5 件の発表があり、その中から 1 件の発表を紹介する。PM 除去に利用されている DPF に代わり、低温プラズマを用いて PM を除去する後処理システムを開発したという発表が行われた。<sup>2-10)</sup> 低温プラズマによる PM 除去に関する基礎研究はこれまで多く行われているが、それらの知見に基づき後処理システムとして構築され、その制御手法や性能評価が行われた。

プラズマ後処理システムは、DPF のようなウォールスルー型ではなく、電極パネルを所定の空間を設けて積層した貫通構造となっている。そのため、圧損の低減が可能になる。この電極間にプラズマを発生させ、PM を除去する。プラズマ発生用高電圧電極はバッテリー電圧を昇圧し、数千ボルトの電圧を発生させられるよう、車載用に構築したものである。プラズマリアクタの放電は、入力信号の印加電圧か、出力信号の放電電流で制御することができるが、本装置では、後者の放電電流を利用して制御を実施するシステムとなっている。

プラズマ後処理システムの評価は、モード運転可能なエンジンダイナモメータを用い、JC08hot モードにおいて行った。プラズマの高電圧電源は、印加電圧のピーク値とパルス繰り返し周波数を可変することができ、それらをパラメータとして、一定の電力を投入した場合の PM 除去効率を評価した。また、構築したプラズマ後処理システムの PM 除去効率の評価は、JC08 モードで走行距離が 10000 km になるまで走行を繰り返し行った。

プラズマリアクタに投入する電力を一定として、PM 発生量に合わせて、周波数を一定にし、電圧ピーク値を変化させて制御した場合と、電圧ピーク値を一定にし、周波数を変化させて制御した場合の PM 除去効率を評価した。(図 2-23)。その結果、電力の大きい場合にはどちらでも大きな差はなかったが、電力を小さくした場合、周波数を変化させて制御した方が、PM 除去効率が高くなることが示された。この結果から、モード走行時の制御は、PM 除去を実施できる最小の電力とし、周波数を変化させることで、排出する PM 量に合わせて制御を実施することとした。

JC08 モードを 10000 km まで繰り返し走行した場合のプラズマ後処理システムの PM 除去効率を評価した結果、80%以上の除去効率を得られることが示された。(図 2-2)。PM の排出レベルは最高でもポスト新長期規制の 1/2 程度になることが示された。ま

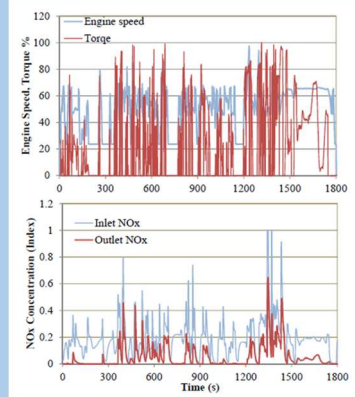


図 2-19 過渡モード WHSC 運転時の NOx 濃度の経時変化

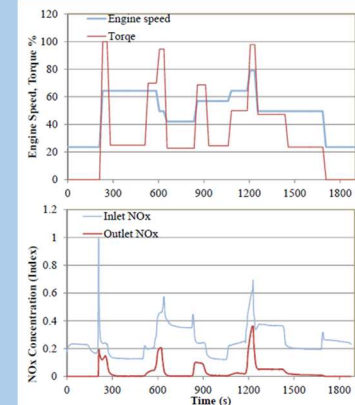


図 2-20 定常モード WHSC 運転時の NOx 濃度の経時変化

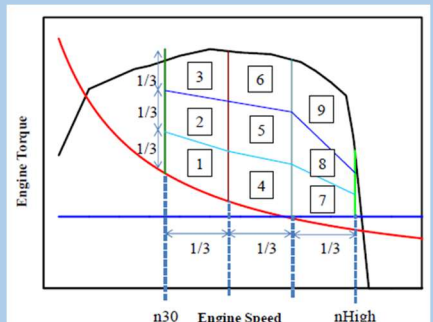


図 2-21 オフサイクルモード WNTe の運転時におけるエンジンの運転領域

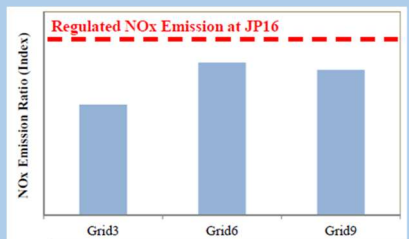


図 2-22 オフサイクルモード WNTe における NOx 低減効果

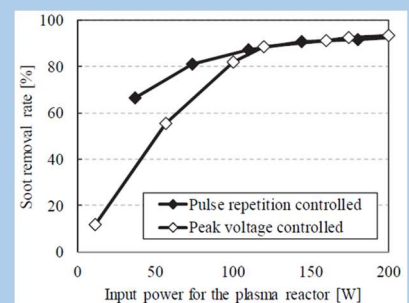


図 2-23 リアクタ投入電力と soot 除去率の関係



# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018

た、圧損は2000 kmの走行で3 kPaほど悪化した、その後は10000 kmまで一定の値を保ち、圧損が少ないことも示された。(図 2-25)。プラズマで除去することから、モード走行中にDPFの温度が下がった場合でも除去が可能であり、DPF再生のようなDPFを高温にし、PMを燃焼させる必要はない。ここからは紹介者の意見であるが、DPFの強制再生のためのエネルギー投入量とプラズマ発生への電力投入量がどの程度かは、今後比較していく必要があり、場合によっては、使い方に工夫が必要になる可能性もあると思われる。しかし、本論文は、今後ますます厳しくなるPM/PN規制への対応としてDPF以外の後処理装置の実現可能性を示している点で有意義であると考えられる。(田中)

## 【参考文献】

- 2-1) 山崎由大, 高橋幹, 酒向優太郎, 金子成彦, 過渡運転試験による燃焼制御モデルを用いたディーゼルエンジンの制御システム評価, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, pp. 353-358, 2017
- 2-2) 平田光男, 鈴木雅康, 山崎由大, 金子成彦, H $\infty$ 制御理論による多段噴射ディーゼルエンジンの燃焼制御, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, pp. 359-364, 2017
- 2-3) 藤井聖也, 水本郁朗, 山崎由大, 金子成彦, 適応出力フィードバックに基づく3段噴射ディーゼルエンジンの燃焼制御とそのある走行モード上での評価, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, pp. 365-369, 2017
- 2-4) 江口誠, 喬夢醒, 大森浩充, 山崎由大, 金子成彦, AI-フィードフォワードを有するフィードバック誤差学習によるディーゼルエンジン燃焼制御, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, pp. 370-374, 2017
- 2-5) 江見 雅彦, 村井 裕哉, 上原 一将, 辻 尚秀, 石橋 康隆, ディーゼル過渡燃焼騒音適合手法の検討, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 文献番号 20176060
- 2-6) 原賀 宰, 徳本 誠太, 林田 和宏, 高橋 敏明, 波多野 健二, 南 利貴, ディーゼル機関のパイロット噴射条件が低温始動性に及ぼす影響, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 文献番号 20176063
- 2-7) 今田 忠紘, 本吉 勝貞, 廣瀬 達哉, 渡部 慶二, 狭帯域マイクロ波を用いたDPF中PM堆積量検知技術, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集
- 2-8) 林崎 圭一, 地曳 武彦, 井上 勝治, 小柳 善武, 田中 智史, 頓宮 浩史, 平林 浩, 佐藤 信也, 軽油を還元剤としたNO $x$ 後処理システムの開発, 2017 年自動車年技術会秋季大会講演予稿集, p. 822-827
- 2-9) H.Hirabayashi, et al. , : Development of New Diesel Particulate Active Reduction System for both NO $x$  and PM Reduction, 2011 SAE Annual Congress, 2011-01-1277
- 2-10) 内藤 一哉, 谷口 昌司, 間所 和彦, 島村 遼一, 灘浪 紀彦, 坂井 茂仁, 高木 桂二, 伊藤 伸介, 低温プラズマを用いたPM後処理システムの開発, , 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 講演番号 345

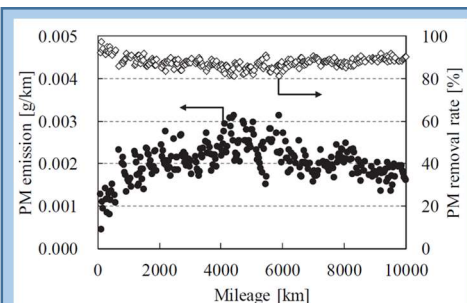


図 2-24 JC08 モードを 10000 km まで繰り返し走行した場合の PM 排出・除去率の推移

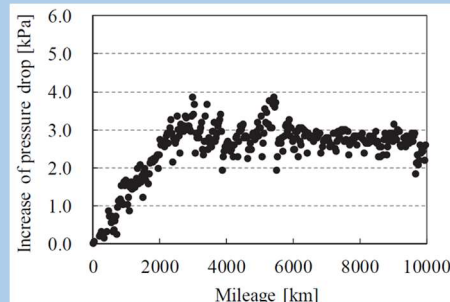


図 2-25 2-25 JC08 モードを 10000 km まで繰り返し走行した場合のリアクタ最高圧損の推移

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018

## 3 SI エンジン関連

本セッションは、大会初日の朝一番に特別会議場で開催され、SI エンジンの燃焼に関する、現象解析等の講演が5件行われた。その中から最近時間関心が高い、直噴ガソリンエンジンのPN発生メカニズム調査で、暖機後のTip-sootについての報告を紹介する。

日産の今岡らは、「直噴ガソリンエンジンのPN低減技術の研究(第1報)」<sup>3-1)</sup>と題して講演を行った。近年、直噴エンジンはPMおよびPNの排出量低減が課題となっており、エンジン暖機前の筒内壁面燃料付着等による、PM生成に対する様々な対応策が検討されている。一方で、暖機後にPN排出量が増加するPN driftと呼ばれる現象に対して、インジェクタ先端でのPM生成(Tip-soot)が影響することが報告されている。しかしながら、そのメカニズムおよび対策技術は明確になっていない。そこで本研究では、Tip-sootについて、可視化等を活用し、エンジン筒内現象の解析を行い、その発生メカニズム及びキーパラメータの調査を行っている。Tip-sootの発生メカニズムについて、ろうそくを例えに仮説を立て、デポジットとインジェクタ先端の燃料漏れ(Tip-wet)は、ろうそくの芯と、ろうのような関係と想定している(図3-1)。そして、Tip-soot低減の為のキーパラメータは、Tip-wet量であり、図3-2に示すように、Tip-wet indexとTip-soot PNは線形の相関関係を示し、Tip-soot PN低減のための、定量的指標になり得ると報告があった。図3-3にインジェクタ先端温度毎の、Tip-wet計測結果を示す。低温条件に比べ高温条件では、Flash boilingにより噴霧が拡散し、Tip-wet量が増加している。また、一般的には蒸留性状の留出温度(T90)が高いほど、PN排出量が増加すると報告されている。しかし、今回の暖機後の条件では、それらと異なる、T90が高い燃料ほど、Tip-soot PNが低下する結果を示した。それは、T90が高い燃料ほど、Flash Boilingの発生が、抑えられるためだと想定している。

欧州で始まったPN規制が、今後世界各国に拡大されようとしている。本研究では、PN生成メカニズムを解明するため、インジェクタ先端付近からの輝炎観測等を行い。鮮明な可視化画像により、エンジン筒内現象が解析されており、PN低減のための、知見となる事と考える。今後の、更なる対策技術の報告が期待される。(野口)

### 【参考文献】

3-1) 今岡 佳宏, 橋詰 豊, 井上 尊雄, 白石 泰介: 直噴ガソリンエンジンのPN低減技術の研究(第1報)-Tip-sootの発生メカニズムとそのキーパラメータ-, 自動車技術会2017年秋季大会学術講演会講演予稿集, No. 20176141

## 4 新エンジン

本セッションは、大会初日の午後に特別会議場で開催され、新型ガソリンエンジンに関する講演が2件、新型ディーゼルエンジンの講演が1件、新冷却制御システムについての講演が1件の、合計4講演が行われた。300名以上収容の会場は、ほぼ満席状態で、本セッションに対する、関心の高さが見受けられた。その4講演の中から、ここでは、新型ガソリンエンジンに関する、二つの講演を紹介する。

トヨタの湯浅らは、「新型V6 3.5L 過給ガソリンエンジン」<sup>4-1)</sup>と題して講演を行っ

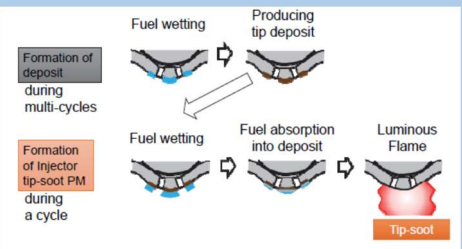


図3-1 Tip-soot 生成過程の仮説

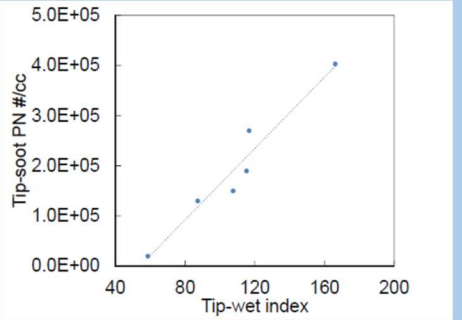


図3-2 Tip-wet index と tip-soot PN の関係

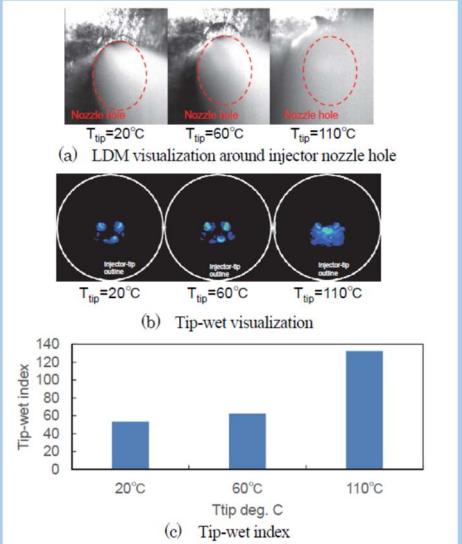


図3-3 インジェクタ先端温度毎のTip-wet計測結果

表4-1 目標達成のための投入技術

Target	More detailed target	Introduced technology for achievement	
6000rpm	More detailed target	Introduced technology for achievement	
	nubo efficiency 90t A%	High efficiency turbine blade	
	Boost pressure 194 kPa	Applying high speed combustion concept to turbo charged engine	
	Increase of intake flow 330g/s	Flow coefficient C <sub>F0.46</sub>	High efficiency intake port (large chd valve seat)
		Intake pressure loss C kPa	Large tank by new construction method (Weld rib height reduction, By welding after surface heating.)
		Intake temperature D °C	High efficiency water cooler Intercooler installed directly above the intake manifold
Combustion improvement IMEP <sub>typ</sub> 1.36	Exhaust pressure loss E kPa	Chambered exhaust pipe	
	Ignition timing 6Pmax F ATDC	Applying high speed combustion concept Increase fuel flow rate of direct injection injector multi-point jet aiming for cooling of piston exhaust-side Enhanced cooling between cylinder bores	
1600rpm	More detailed target	Introduced technology for achievement	
	nubo efficiency 90t A%	High efficiency turbine blade	
	Boost pressure 194 kPa	Applying high speed combustion concept to turbo charged engine	
	Increase of intake flow 120g/s	Flow coefficient C <sub>F0.46</sub>	High efficiency intake port (large chd valve seat)
		Intake pressure loss C kPa	High efficiency water cooler Intercooler installed directly above the intake manifold
		Intake temperature D °C	Applying high speed combustion concept
Combustion improvement IMEP <sub>typ</sub> 1.03	Exhaust pressure loss E kPa	Increase fuel flow rate of direct injection injector Avoid scavenging	

た。最高出力 310kW, 最大トルク 600Nm, 最大熱効率 37%を開発目標に設定したという。本報では、高効率ツインターボの開発と共に、TNGA 高速燃焼コンセプトを過給へ適用することによる、燃焼改善や出力向上技術について報告している。その出力向上及び燃焼改善のために、投入した技術を表 4-1 に示す。目標ターボ効率達成のため、今回新たに、タービン翼の高効率化設計を行っている。図 4-1 に示すような、湾翼長および湾曲量増加により、排気エネルギー吸収効率化を狙ったという。燃焼コンセプトは、2017 年に 2.5L NA で市場に導入された、TNGA 高速燃焼を過給エンジンへ適用したものである。図 4-2 に示すように、燃焼促進により、排気ガス温度が低下するため、過給圧を増加することが可能となる。しかしながら、乱れ強度を増加すると、流量係数低下や最大燃焼圧の制約により、出力がサチュレートする。今回は、最高出力 310kW を実現するため、乱れ強度 4.8m/s を目標値としている。その乱れ強さを高める(減衰を抑制する)ため、ピストン頂面形状を検討している。高圧縮比 NA の場合と、NA と比較して低圧縮比の過給では、取り得るリセス深さに差異があるため、過給の圧縮比に最適な頂面形状を採用したとのこと。燃焼を促進することで CA50 が進角しており、圧縮比を従来の 10 から 10.5 に向上しながらも、ノッキングが改善しているという。その結果、出力性能目標と共に、最大熱効率 37% を達成 (図 4-3)、新開発の冷却水制御弁採用等にもより、燃費目標を達成したと報告があった。

2.5L NA エンジンに続く、TNGA 高速燃焼コンセプトの第二弾エンジンである。今後の新型エンジン開発第三弾にて、更なる新技術投入による熱効率向上に期待したい。

ホンダの藤井らは、「直列 3 気筒 1.0L ガソリン直噴過給ダウンサイジングエンジンの開発」<sup>4-2)</sup>と題して講演を行った。当エンジンは、従来の 1.8L NA エンジンに置き換える過給ダウンサイジングエンジンで、すでに市場に導入済の 1.5L と 2.0L 過給エンジンと同一燃焼コンセプトだという。本報では、そのエンジン概要とフリクション低減技術を中心に紹介している。図 4-4 にベルトシステム外観図とベルト構造を示す。このベルトシステムは、フリクション低減のために、油中環境に適応し、チェーン駆動と比較して、1.8%のフリクション低減を実現したという。また、異径形状の ECO プーリー®Gates を採用することで、ベルト張力変動を低減し、噛み合い騒音も抑制できているとのこと。図 4-5 に示す電子制御ソレノイドと可変容量オイルポンプにて、油圧を狙い通りに制御し、ポンプ容量を可変することで、フリクション低減を行っている。さらに低油圧制御をオイルジェット開弁圧以下に設定することで、オイルジェットの噴射を停止し、油路からのオイル漏れ量を低減すると共に、ピストンの過剰冷却を抑制し、冷却損失低減を図ったという。このフリクション低減と冷却損失低減効果により、固定容量オイルポンプに対し、NEDC モード燃費が、約 1%向上したとのこと。さらにクランクシャフトの細軸化、電子制御サーモスタットを活用した冷却システム等により、最少 BSFC は、231g/kWh を達成している。当エンジンと 1.8L NA エンジンの BSFC の比較を図 4-6 に示す。広範囲で高効率を達成し、1.8L NA 同等以上の加速性能を確保しつつ、NEDC モード燃費を 26%改善したと報告があった。

3 気筒 1.0L エンジンとしては、各種の新しいフリクション低減技術が採用されている。ますますの高効率化に期待したい。(野口)

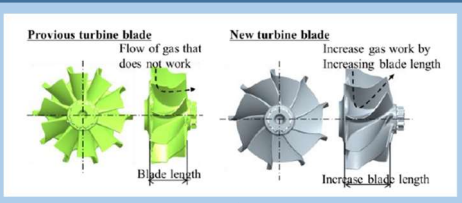


図 4-1 新設計タービン翼形状

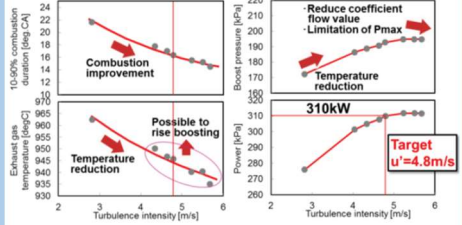


Fig.12 Relationship between combustion speed and exhaust gas temperature against turbulence intensity of turbocharged engine

図 4-2 過給エンジンの乱れ強度に対する燃焼速度と排気ガス温度の関係

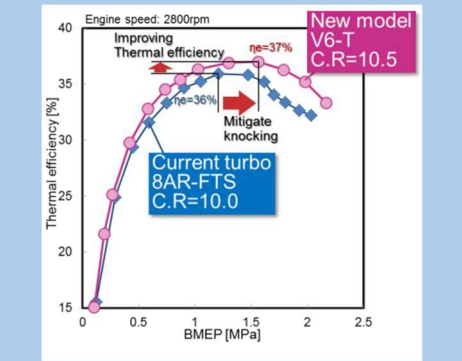


図 4-3 熱効率の結果

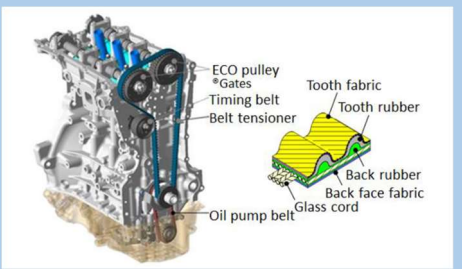


図 4-4 ベルトシステム外観とベルト構造

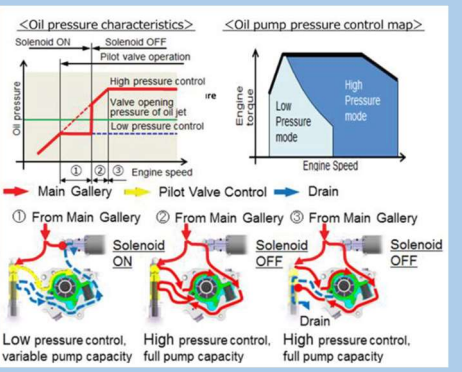


図 4-5 オイルポンプの制御

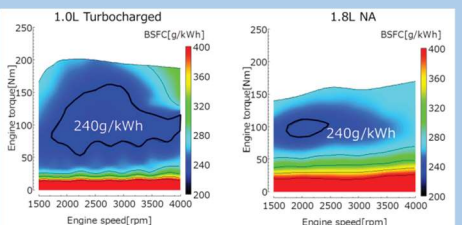


図 4-6 BSFC 比較

## 【参考文献】

4-1) 湯浅 貴夫, 山崎 大地, 能川 真一郎, 森 章夫: 新型 V6 3.5L 過給ガソリンエンジン, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, No. 20176144

4-2) 藤井 欽也, 原田 洋平, 松本 成朝, 柴田 光弘: 直列 3 気筒 1.0L ガソリン直噴過給ダウンサイジングエンジンの開発, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, No. 20176145

## 5 エンジン計測

### 5.1 エンジン計測・評価技術

本セッションではエンジン燃焼診断および吸排気状態診断に関係した研究を中心に合計 7 件の発表があった。

眞貝と鶴島<sup>5-1)</sup>は, 現在までに得られている膨大な実験データベースを利用することで, 対象となるデータを抽出し, 実験統計モデルを構築した。データベースを活用したモデルはエンジンシリンダモデルであり, 吸排気系の物理モデルと組み合わせることで従来よりも広い内挿領域を得ることができた(図 5-1, 図 5-2)。開発したモデルを利用することで, 図 5-3 のように, 良好な一致をえている。さらに定常, 過渡状態での制御デバイスの動作などに対して実験結果を再現できている。

イルマズら<sup>5-2)</sup>はエンジンシリンダに流入する直前の吸気系の非定常熱伝達を定式化するための実験を行った。このような条件では現在まではコルバーンの式を用いることが多かったが実機への適用性は低かった。そこで吸気管内の温度を図 5-4 に示すように K 型熱電対で計測し, さらに吸気管壁保層面温度も計測している。図 5-5 のようにレイノルズ数とヌセルト数の関係ではコルバーンの式と実験値は乖離があることを示すとともに, 提案した式を用いることで図 5-6 のように実験値を良好に表すことができることを示した。

奥谷ら<sup>5-3)</sup>は, 図 5-7 に示すように吸気管に設置するアダプタ形状を変更することでタンブル流を変更しながらシリンダ内流速と壁面近傍伝熱現象の関係について言及した。図 5-8 に示したように, アダプタ形状による平均流速の変化を実験的に明らかにした。さらに, 壁面熱流束, 渦粘性係数, 温度分布などを解析的に求めている。図 5-9 のように, 実験値, Log-law, 今回の解析結果における摩擦速度を比較することで差の生じる原因を特定するとともに今後の壁面熱流束予測に対する可能性を示した。

笠原ら<sup>5-4)</sup>は現在まで熟練者の判断にゆだねているノック強度判定をマイクロホンで検知する方法について報告した。今回の報告では, 運転条件が変わってもノッキングを検知できるようなアルゴリズムを構築している。途中で運転条件が変わるように図 5-10 のように負荷と点火タイミングを変更して実験を行った。今回提案した手法は, 図 5-11 のように従来法(静的手法)と比較して良好な結果を与えている。図 5-12 のように運転条件を変えた場合でも良好な結果を示した。

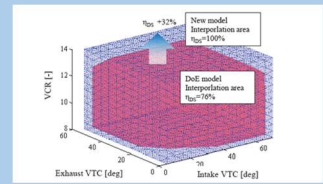


図 5-1 新しいモデルの内挿空間比較

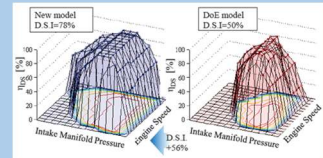


図 5-2 新しいモデルの内挿空間広さ

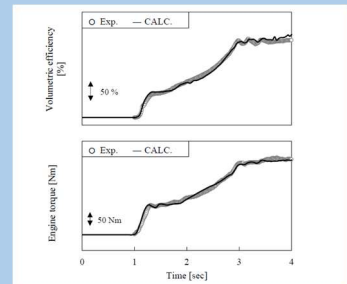


図 5-3 実験とモデルによるエンジン過渡性能比較

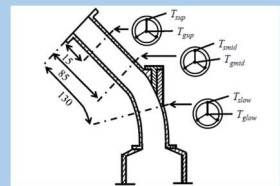


図 5-4 吸気管内温度の計測位置

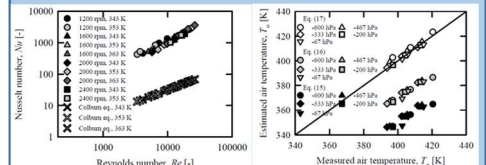


図 5-5 実験結果とコルバーン式の比較

図 5-6 提案した予測式による計算結果

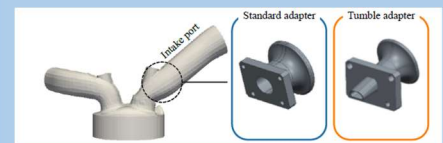


図 5-7 吸気ポート及びポートアダプタ形状

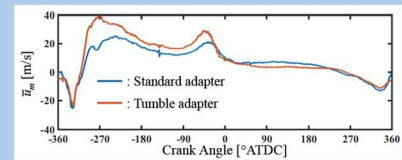


図 5-8 壁面平行流の速度推移

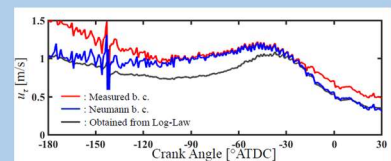


図 5-9 摩擦速度の推移

長島と土屋は<sup>5-5)</sup>、図 5-13 に示すような点火プラグに取り付けることができるセンサを用いて質量燃焼割合を算出した。本方式では複雑な加工が不要である一方、得られた信号を指圧に読み替えるなどの方法が必要となる。本報告では、指圧波形中の特定周波数成分として第 4 次 sin 成分の振幅 (b4) を利用して質量燃焼割合 (MBF) との関係性を調査した。図 5-14 のように  $b_4/IMEP_f$  と  $\theta_{MBF50\%}$  の相関性を示し、図 5-15 のように等価 IMEPf (Eq-IMEPf) を用いて  $b_4/(Eq-IMEPf)$  で整理すると、MBF10 %から MBF90%において良好な相関を得ることができている。

岩元ら<sup>5-6)</sup>は、図 5-16 のようにエンジンダイナモ上でエンジンを駆動しながら車載状態相当条件を模擬することを目指したエンジン冷却評価システム (Thermal Management HIL System) を開発した。図 5-17 のようにシャーシダイナモ (C/D) とエンジンダイナモ (E/D) での熱移動の内訳の違いを明らかにしながらその原因を特定し、放熱項目についてモデルを作成した。モデルの正当性を 20, 40, 60km/h の条件で検証し、過渡的な運転条件を含む状態での再現性の検証を行った。図 5-18 に示すように、暖機状態における水温変化は、今回開発したシステムは実験値を良好に再現することができた。

梅津ら<sup>5-7)</sup>は、EGR 率制御が必要となる排気温度を推定する方法を提案している。本報告は、統計的手法を使用して推定することで、高温高压で非定常となる排気温度がセンサレスで知ることができるようになる。対象としたエンジンは図 5-19 に示すような EGR システムを有するエンジンである。カーネルリッジ回帰による推定手法により、図 5-20 のように排気気体温度が精度よく推定できることを示した。さらに、マハラノビス=タグチ法により、異常診断手法を提案した。図 5-21 は、アイドリング中に 15s の時点で故障した状況を模擬したときのマハラノビス距離であり、本法により故障検知が可能であることを示している。(石間)

## 5.2 燃費計測技術

本セッションでは、燃費評価のための車両シミュレーションやシャシダイナモによる燃費評価などに関して、合計 6 件の講演があった。自動車技術総合機構交通安全環境研究所と千葉大学のグループから<sup>5-8), 9)</sup>は、パワートレインや車両の各種技術による乗用車のモード燃費改善効果の評価するため、実車を用いてシャシダイナモ上で実測した CVT の変速比や伝達効率をモデル化し車両燃費シミュレーションに組み込む手法を考案し、タイヤ転がり抵抗性能の違い (図 5-22) や可変圧縮比 (図 5-23)、Cooled EGR (図 5-24) などのエンジン技術による WLTC モード燃費の改善効果を解析した成果が報告された。本発表では、自動車メーカーとは異なる外部の機関が、コンベンショナルな内燃機関搭載車両に対して簡易な方法で車両燃費シミュレーションモデルを構築し、モード走行時の燃費予測を一定の精度で実施できることが示され、会場からはハイブリッド車への応用を期待する声も聞かれた。日本自動車輸送技術協会と小野測器のグループから<sup>5-10)</sup>は、モード走行時の連続した燃料消費率のデータから、ショートトリップ毎に燃料 1L あたりの車両仕事と走行距離 1km あたりの車両仕事の関係を算出し、他の様々な実用燃費評価条件における燃費

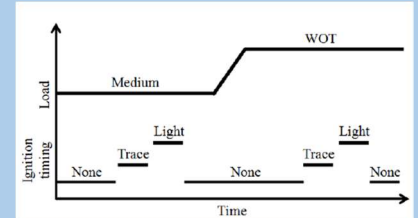


図 5-10 運転パターン

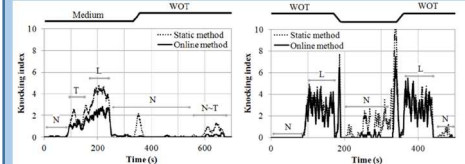


図 5-11 試験結果 (1000 rpm) 図 5-12 試験結果 (3000 rpm)



図 5-13 点火プラグ座型センサ

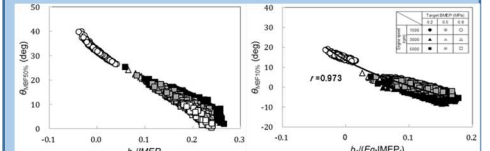


図 5-14  $b_4/IMEP_f$  と  $\theta_{MBF50\%}$  の関係 図 5-15  $b_4/(Eq-IMEP_f)$  と  $\theta_{MBF50\%}$  の関係

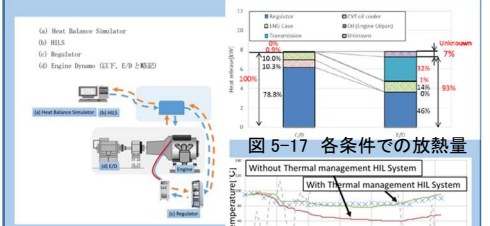


図 5-16 エンジン冷却評価試験システム

図 5-17 各条件での放熱量

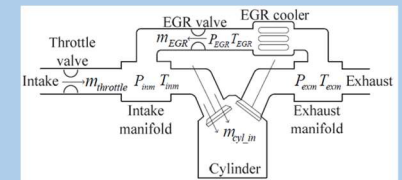


図 5-19 対象としたエンジン概略図

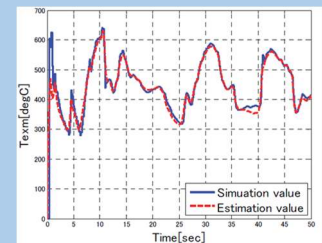


図 5-20 排気温度の予測結果

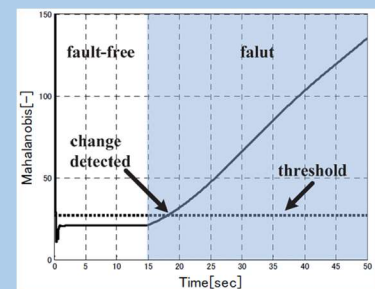


図 5-21 燃料噴射量にランプ状の誤差が付加された場合のマハラノビス距離

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018

を推計する手法が提案され、その有用性が報告された(図 5-25)。本手法は、多数の実験や複雑なシミュレーションを用いずとも簡易的に燃費を予測できる手法であり、ハイブリッド車への適用など、今後のさらなる発展が期待される。名古屋大学のグループから<sup>5-11)</sup>は、AVL CRUISE を用いたパワースプリットタイプの(シリーズ・パラレル)ハイブリッド車の燃費シミュレーションを実施した結果が報告された。ここでは、AVL CRUISE に組み込まれている市販ハイブリッド車モデルにおけるエンジン燃費マップおよびハイブリッド制御モデルを、実走行データを用いて改良する手法が提案された(図 5-26)。その結果、モータ駆動とエンジン駆動の切り替え制御やそれに伴う SOC の挙動などが、当初のモデルと比較してより実走行に近い結果となり、燃費計算結果と実燃費との相違が改善したとしている(図 5-27)。シャシダイナモメーカーや自動車メーカーが参画する自動車技術会シャシダイナモ試験法分科会のグループ<sup>5-12)</sup>は、4WD シャシダイナモに関して、車両拘束状態がモード走行仕事に与える影響を定量的に解析する手法と、4WD シャシダイナモを使用する際の指針を明らかにした。本成果については、4 輪駆動車はもちろんのこと、今後広く普及すると見込まれるハイブリッド車および電気自動車など駆動輪と動力回生輪が異なる車両への適用が期待される。(水嶋)

## 【参考文献】

- 5-1) 真貝 優, 鶴島 理史, 実験統計モデルを用いた可変圧縮比エンジンモデルとシステム評価手法の開発, 実験統計モデルを用いた可変圧縮比エンジンモデルとシステム評価手法の開発, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 20176212
- 5-2) Emir Yilmaz, 定地 隼生, 一柳 満久, 鈴木 隆, 吸入新気温度推定のための実機エンジン吸気管における非定常熱伝達現象の実験的研究, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 20176213
- 5-3) 奥谷 亮介, 横森 剛, 松田 昌祥, 山本 英継, 飯田 訓正, 石井 大二郎, 三原 雄司, SI エンジン壁面近傍伝熱現象におけるタンブル流と非定常効果の影響, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 20176214
- 5-4) 笠原 太郎, 大高 政祥, 駒場 健一, マイクロホンを用いたノッキング検知システムの開発(第二報), (自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 20176215
- 5-5) 長島 慶一, 土屋 一雄, 点火プラグ座型カセンサによる質量燃焼割合の算出, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 20176216
- 5-6) 岩元 翔平, 久保 賢明, 谷 雅之, 山室 毅, 菅野 智久, 物理 Plant Model を活用した Engine Dynamo による車両熱性能評価手法開発(第 1 報), 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 20176217
- 5-7) 梅津 創, 真田 一志, 関川 敦裕, 渡邊 拓巳, 武井 智也, ガソリンエンジンにおける排気気体温度のカーネルリッジ回帰による推定と異常診断への試み, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 20176218
- 5-8) 水嶋 教文: 実車計測による乗用車燃費シミュレーションモデルの開発とその活用—タイヤ性能の違いが車両燃費に及ぼす影響の定量的評価—, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, No. 68
- 5-9) 森吉 泰生: 実車計測による乗用車燃費シミュレーションモデルの開発とその活

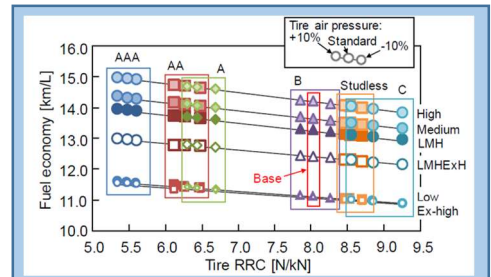


図 5-22 転がり抵抗係数がモード燃費に及ぼす影響

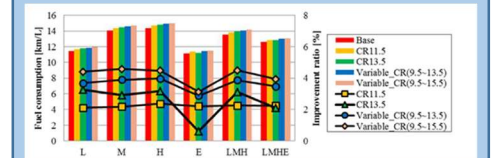


図 5-23 エンジン圧縮比がモード燃費に及ぼす影響

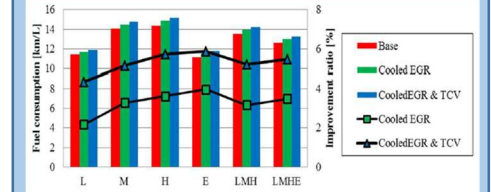


図 5-24 Cooled-EGR がモード燃費に及ぼす影響

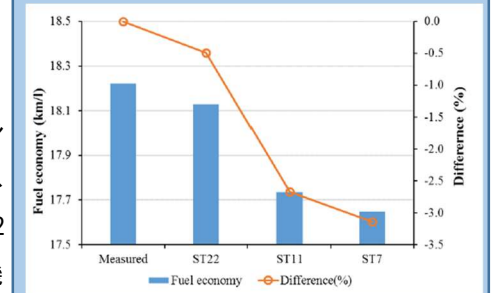


図 5-25 WLTC モードのショートトリップ区分化違いが燃費推計値に及ぼす影響

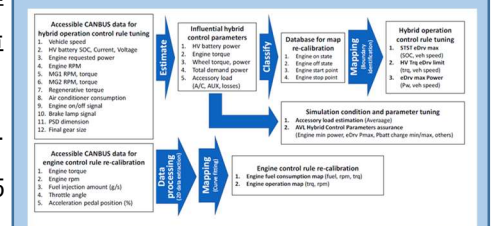


図 5-26 実路走行データの処理方法

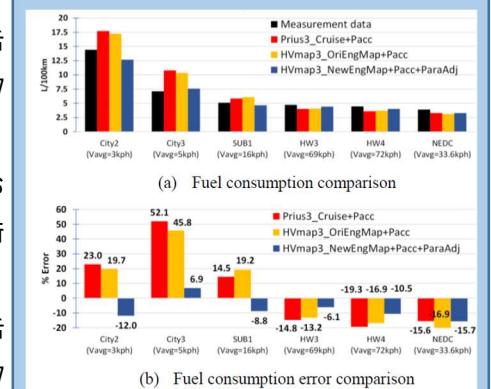


図 5-27 エンジンマップ再調整による燃費変化

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018

用一エンジン技術の改良による燃費改善効果の評価一，自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集，No. 69

5-10) 中手紀昭：モード試験及び実走行での各種走行条件パラメータが燃費に及ぼす影響感度の解析（第3報）—実使用時に特有な各種走行要因が複合的に作用する条件での燃費影響度の推計—，自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集，No. 71

5-11) Siriorn Pitanuwat：Improvement and Validation of a Commercial Power-Split Hybrid Powertrain Simulation Based on Real-World Driving Data，自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集，No. 72

5-12) 小川恭広：4WD シャシダイナモメータ上での車両拘束状態がモード走行仕事に与える影響，自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集，No. 70

## 6 トライボロジー・補機

近年、燃費向上のためにエンジンの摩擦損失低減が強く求められていること、燃費向上のための施策が摩擦増加を招くことがあるため、エンジントライボロジーに関するセッションの講演件数は増加傾向にあったが、今回は4件とややさびしい状況であった。しかし会場は満席となり、高い関心を持たれる分野であることが感じられた。

ピストンスカートの樹脂コーティングにパターンを付与することで摩擦損失を低減させる手法は一般的に知られるようになってきたが、摩擦低減メカニズムの解明やパターンの最適化が残存課題であると思われる。アート金属工業の高橋ら<sup>6-1)</sup>の講演では、パターンの最適化の事例が紹介された。取り上げたピストンは図6-1に示されるように、油膜可視化試験によりピストンスカート中央部が混合潤滑状態になるような条件で使用されていることが分かっているものである。これに対し図6-2に示すようなパターンを有するコーティングを施すことで、混合潤滑になりがちなピストンスカート中央部に積極的にオイルを供給し、摩擦損失低減効果を調査している。その結果、図6-3に示すように、CASE 2のパターンには、広い運転範囲で摩擦損失低減効果が確認された。しかし可視化により混合潤滑であることが確認されているのはクランクアングル 20°であったが、一方、大きな摩擦低減効果が確認できているのは、クランクアングル 30° から 90° の間の側圧が必ずしも最大値をとる範囲ではないことから（図6-4）、どのような潤滑状態に対し今回のパターンが効果を示したのか、さらにどのようなメカニズムになっているのかは、今後調査が必要であろうと思われる。また今回の事例では、ピストンスカート中央部が混合潤滑になりやすいピストンに対する施策であり、当該部へのオイルの供給量を向上させることで摩擦損失の低減に成功しているが、対象となるピストンの潤滑状態により、最適なパターンは異なってくることに注意が必要である。すなわち高回転低負荷域を多用するような流体潤滑状態が主体のピストンでは、今回の施策はかえって摩擦損失を悪化させることもあろうと思われる。

本田技術研究所の吉井ら<sup>6-2)</sup>からは、排気側のバルブシートの摩擦量予測に対する試みが紹介された。バルブシートは高温の燃焼ガスにさらされる上、供給油量が不明な上、叩かれとすべりが混合した複雑な摺動条件で使用される。この複雑な条件下で

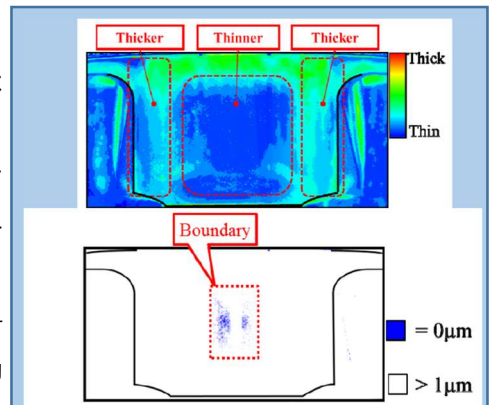


図 6-1 対象としたピストンの潤滑状態

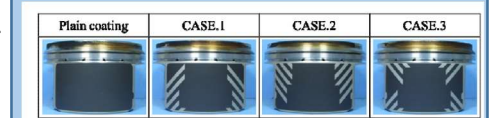


図 6-2 供試ピストンの外観

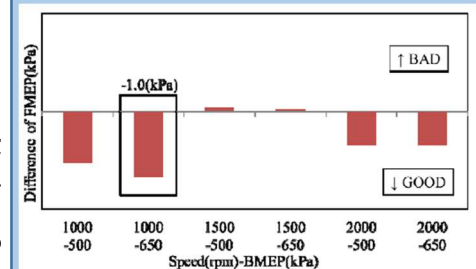


図 6-3 Case 2 ピストンの摩擦損失低減効果

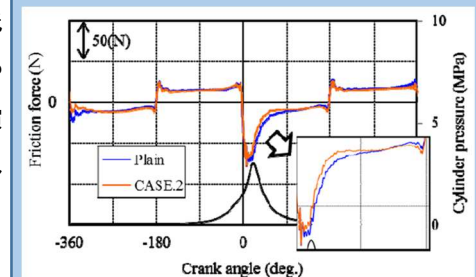


図 6-4 Case 2 ピストンのフリクションフォース

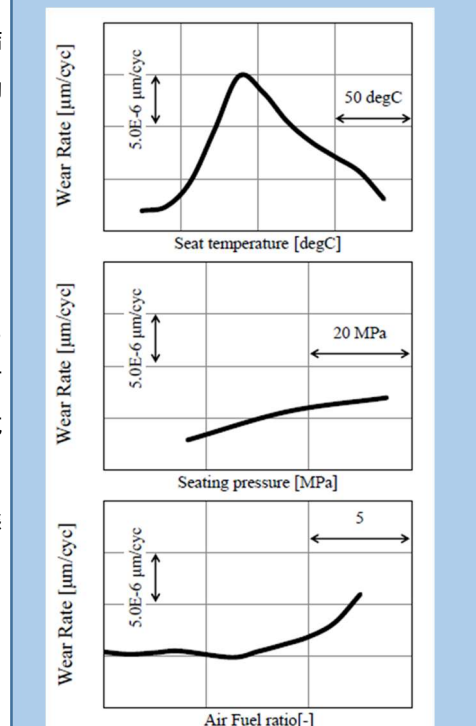


図 6-5 シート温、シート圧、空燃比が摩擦に及ぼす影響

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018

発生する摩耗に対し、各要因の寄与度を調べるためこの研究では単体リグ試験を行っている。この試験により、温度上昇に対し摩耗量は、あるところまでは増加し、さらに温度が上昇するとかえって減少することが分かった(図6-5)。これは高温下ではバルブ材料内に硬質の酸化物が生成されることによると考えられる。その他、バルブシートの変形量等も調査されている点が興味深い。実験的に求められた各要因の寄与度を用いて作られた摩耗の予測式は、図6-6に示すように、良い精度で摩耗量が予測できることが示された。摩耗量は理論的に予測することはまだまだ困難であるが、実験的に各要因の寄与度を求めることで、エンジンの設計段階において実用上十分な精度を持った予測が可能であることが示されている。バルブシートにとどまらず他にもこのようなアプローチが有効な部品があるように思われる。

一方、エンジン部品・補機のセッションでは、オイルポンプ、燃料ポンプおよび燃料噴射弁に関する3件の研究が紹介された。3件ともそれら装置の設計技術の確立を目指す内容であったことは興味深い。

ソーケンの井上ら<sup>6-3)</sup>からは、スクリー式燃料ポンプにおける漏れ損失を予測する手法が紹介された。スクリー式ポンプの各圧力室および漏れ経路を単純な形状のモデルにより表現し、それぞれの経路に平行平板面隙間漏れ支配式を適用することにより複雑なCFDを行うことなく、漏れ量を予測する手法を提案している。これにより設計段階において短時間で漏れ量の計算が可能となる。図6-7は漏れ経路の一つサイドクリアランスを変化させた際の漏れ量計算結果を実測値と比較したものである。計算値は実測値と良い一致を示していることがわかる。この計算は、誤差15%以下の精度で漏れ量を予測できるとのことである。

日立オートモティブシステムズの岡ら<sup>6-4)</sup>からは、燃料噴射弁の弁挙動の予測計算が紹介された。燃料を噴射するための電磁弁は、セットスプリングにより平弁状態になるよう弁座に押し付けられているが、開弁時にはコイルに電流を流すことにより生ずる磁気吸引力により引き上げられる。この弁の挙動は燃焼に大きな影響を与えるため、精度良い予測が要求される。ここでは、上述のスクリー式ポンプとは対照的に、構造物の弾性変形、磁場および流体(燃料)を考慮した3連成解析を実施している(図6-8)。これにより閉弁後のバウンドなども表現できるようになった。計算結果は図6-9に示すように、レーザドップラーで測定された値と比較されている。計算された開弁時期、閉弁時期などは実測値に対し非常に良い一致を示している。波形を見ても、計算値は実測値に対しおおむね良い一致を示しているが、開弁直後の振動、閉弁直前のリフト量、バウンド時の中央値などには微小な差異がみられる。ただしこれらの差異については、測定誤差も含まれるため、慎重な判断が必要であると思われる。(伊東)

## 【参考文献】

- 6-1) 高橋 一真, 小林 邦彦, 山川 直樹, 小野 暢久, 山口 一守, パターン樹脂コーティングによるピストンスカート摩擦低減技術の開発(第1報), 自動車技術会 2017年秋季大会学術講演会講演予稿集, 20176325
- 6-2) 吉井 健太, 志波 義勝, 岸和田 聡, 佐藤 範行, 石井 啓資, 橋本 尚, 藤井 健史, 高橋 伸一, 鷹木 清介, 大重 公志, ガソリンエンジンの排気バルブシート摩耗量予測

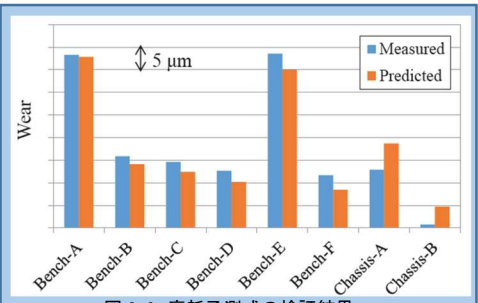


図6-6 摩耗予測式の検証結果

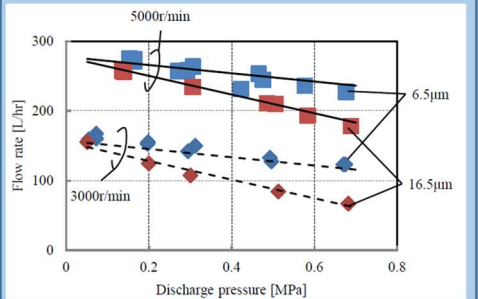


図6-7 燃料漏れ量の実験結果と計算結果の比較

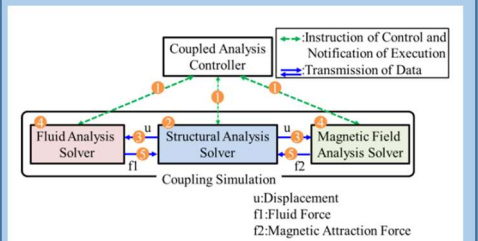


図6-8 3連成解析における連成方法

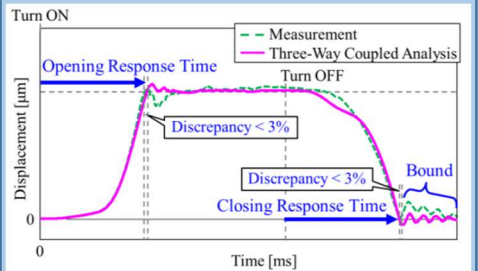


図6-9 弁挙動の計算結果と実験結果の比較



# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018

モデルの構築, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 20176325

6-3) 井ノ上 雅至, 武内 康浩, 日高 裕二, 本江 勇介, スクリュー式燃料ポンプにおける漏れ損失の発生メカニズムに関する研究, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 20176328

6-4) 岡 雄基, 小才 高士, 吉成 幸広, 高橋 祐樹, 宮本 明靖, 梅崎 敦, 佐藤 誠, 橋本 洋, 構造-磁場-流体 3 連成解析技術による電磁弁の動作予測, 自動車技術会 2017 年秋季大会学術講演会講演予稿集, 20176329

## 7 EV・HEV 関連

今大会の電動車両関連セッションは, EV, HEV システム関連 3 セッション, 燃料電池システム関連 2 セッション, モータ関連 1 セッションの計 6 セッションのほか, 燃費改善や環境エネルギーのセッションでも関連する発表が行われた。ここでは, 関心が高いと考えられる量産 EV の新型車の省エネ技術に関するものと, 実用上問題となる電動車両の暖房の改善手法に関する提案について紹介する。併せて, 電動車両の大量普及時に問題となることが懸念される希土類磁石モータに代わる磁石フリーモータに関する提案と, 燃料電池に関する興味深い発表について, その概要を紹介する。

2017 年春季大会で, シリーズハイブリッドに採用されたアクセルペダルで制動までも制御する One-Pedal ドライブが発表された<sup>7-1)</sup>が, この機能を BEV に採用して回生量を高めて高効率化と運転性を高めた発表があった。

關らは, 量産 BEV の新型車両について紹介した<sup>7-2)</sup>。表 7-1 に示すように, インバータは小型化を実現しながら, 冷却性能強化による最大電流向上と電流制御改良により, 従来型と同じサイズの新モータで, 最大出力・トルクをそれぞれ 35%と 25%向上させている。Li イオン電池は新設計のセルによって同一サイズで容量約 30%, 出力約 11%の向上を実現している。これらのハードウェアをベースに, One-Pedal (今回は e-Pedal と呼んでいる) ドライブを中心とする車両制御の採用によって, JC08 モード 400km の一充電走行距離を実現している。

e-Pedal によるイーゼードライブもうたっているが, 基本的には, 強力な回生制動を前提とした回生制動/油圧制動の協調制御をベースに, 極力, 回生制動による発電量を高めようというもので, 0.2G 以下の一般的な減速度範囲はアクセルペダルだけでカバーしている。効率改善のためにとられた主な項目は以下のとおり。

- ・ 巡航時にありがちな微少な加減速要求を無視することでグライディング(惰性走行)効果の採用。
- ・ 停止時に自動的に油圧制動にすることで, クリープ動作の排除。
- ・ 実使用にあった減速 G を設定することで使いやすさと回生電力量の増大。(高速域では再加速頻度を低減するために上限減速度を低く。都市内走行相当の中・低速度域では, 油圧制動の頻度を低減するために上限減速度を高く設定) (図 7-1)
- ・ 登坂/降坂勾配を自動補正することで平坦路と同じアクセル操作を可能に。図 7-2 に 30%登坂路での発進・停止時の例を示す。発進時はブレーキとモータの協調を勾配推定とともに行いながらスムーズに発進し, 停止時にはモータトル

表 7-1 新型車の主な仕様変化

Component		New model	Previous model
e-Motor	Max Power	110kW	80kW
	Max Torque	320Nm	254Nm
Inverter	Weight	11.4kg	15.3kg
	Volume	9L	13L
Battery	Type	Li-ion	
	Capacity	40kWh	30 kWh

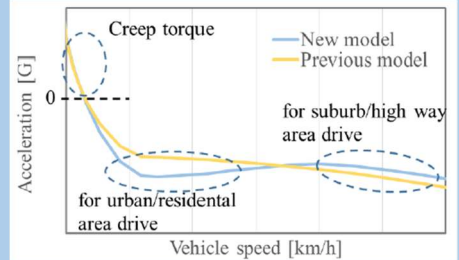


図 7-1 e-Pedalでの制動時に許容する最大限速度と走行速度の関係

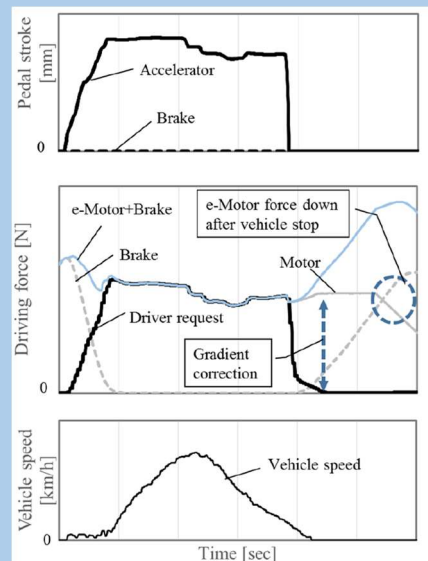


図 7-2 30%登坂勾配での e-pedalによる発進/停止例

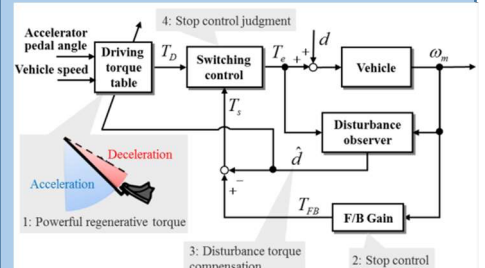


図 7-3 e-Pedal Driving 制御システムのブロック図

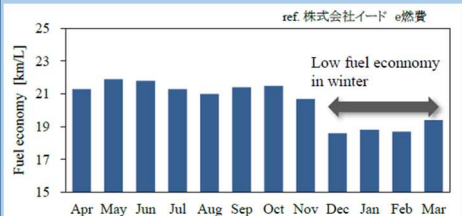


図 7-4 HEV の燃費の季節変化

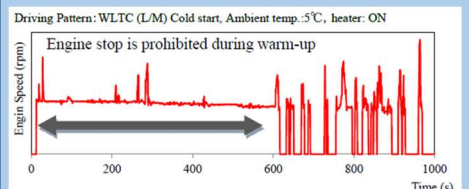


図 7-5 HEV の冷間始動時からのエンジン回転数変化

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018

クの制御でスムーズに停止させ、停車後は制動力をブレーキに移行させている。

BEV や HEV のモータ駆動系では、機械的／電氣的なねじれ要素による振動の除去が課題になるが、e-Pedal 制御ではモータによる頻繁な制・駆動によって歯車のバックラッシュまで問題になる。大野らは、図 7-3 のブロック図に示す e-Pedal ドライビング実現に必要なモータ制御方法について述べた<sup>7-3)</sup>。駆動トルクテーブルは車速とアクセル開度に対応したトルク指令値を決めるもので、e-Pedal での駆動／制動の特性を記述してある。トルク設定部にフィードバックトルク指令値  $T_{FB}$  としてモータ角速度をフィードバックすることで、角速度は緩やかにゼロに収束する。

外乱オブザーバは、車両モデルの逆系とローパスフィルタで構成されており、e-Pedal トルク指令値  $T_e$  とモータ角速度  $\omega_m$  の入力から、外乱トルク推定値  $d$  を出力する。この  $d$  を使って  $T_{FB}$  と  $T_D$  を補正する。 $d$  は勾配と釣り合うモータトルクに収束するので、登坂／降坂路では指令値がプラス／マイナス方向に補正され、勾配を意識しない運転が可能となる。制御切り替え部では、駆動フェーズか制動フェーズかを判定して、対応するトルク指令値を e-Pedal トルク指令値として使用する。

HEV や PHEV の燃費は暖房の影響が大きいことが知られているが、冬季の冷間始動時には冷却水の熱を暖房用に使用するため暖機時間が長くなり、燃費悪化の原因になることから、電動エアコンを採用して冷間始動時の電気負荷を大きくし（結果としてエンジン負荷も増加）暖機を早める手法などが提案されている<sup>7-4)</sup>。今回、陣野らは、この改善をエンジン駆動のエアコンでも実現する方法について述べた<sup>7-5)</sup>。HEV の燃費は、図 7-4 に示す例のように冬季に悪化する。この原因は前述のとおり暖機が完了するまでの期間が長くなり、HEV の効果がない状態が長くなるためと考えられる（図 7-5）。そこで、駆動用電池の SOC が低い状態で冷間スタートすることで、駆動用電池への充電負荷を高めることによって暖機を早めて HEV の冬季燃費を向上するもので、必然的に駐車時間が長くなる駐車前に SOC を低く設定する必要がある（図 7-6）。過去のデータを基に未来の行動を予測するナイーブベイズフィルタを応用して、長時間駐車に対応したこの設定を自動で実現しようとするものである。

シャンダイナモメータ上で WLTC Low +Medium モード 2 サイクルの冷間スタートでの HEV の燃費試験を実施し、4 レベルの開始時 SOC に対する、暖機期間（最初の 1 サイクル）での充電量と 2 サイクル走行分の平均燃費の関係を求めている。図 7-7 に示す結果から、より充電量が多い低 SOC で開始したものほど燃費改善度が高く、最大 5% 程度の改善が可能であり、図 7-8 から、この差が暖機の早さによるものであることが確認できる。豊田市で実施されたエコドライブモニター参加車両のデータ（通勤使用を除く）に関して、長時間駐車の前推測アルゴリズムの検証を行った結果、87% の正解率が得られたが、現実には暖機途中で駐車に移行することもあり、実用には更なる検討が必要としている。

IPM モータは、小型、軽量、高効率であることから、電動車両駆動用として多用されているが、電動車両の大量普及時には希土類磁石の価格や供給量が問題になることが懸念されている。これに加えて、磁石による逆起電力によって駆動電圧の高電圧化によるコストアップや、昇圧や弱め界磁などによるロス要因も内在している。瀬口らはこれらの問題を可決する方法として永久磁石を使用しない方法を検討し、ロータ巻き線に非接触で給電する案を提案した<sup>7-6)</sup>（図 7-9 参照）。フィールド電流にロータ励

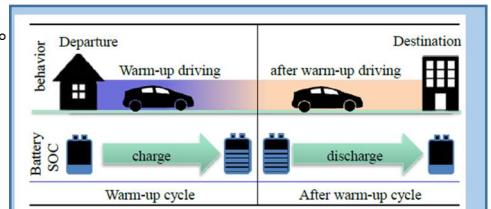


図 7-6 HEV の燃費改善のための SOC 制御方法

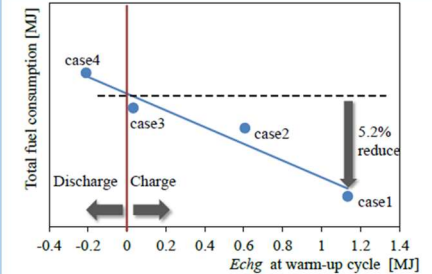


図 7-7 暖機期間の充電量と全期間での燃費の関係

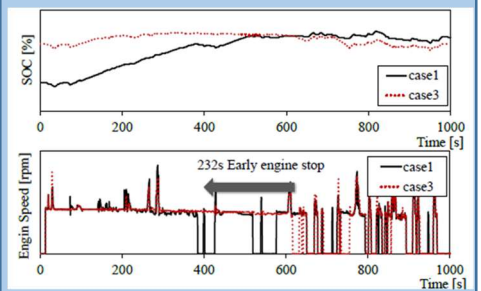


図 7-8 暖機期間の SOC 変化とエンジン暖機状態の例

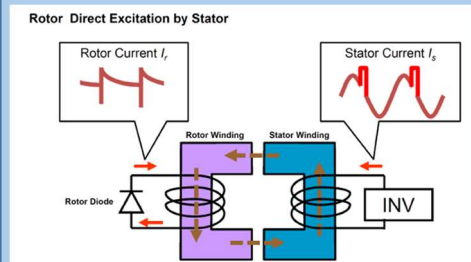


図 7-9 高調波電流重畳によるロータ直接励磁の原理

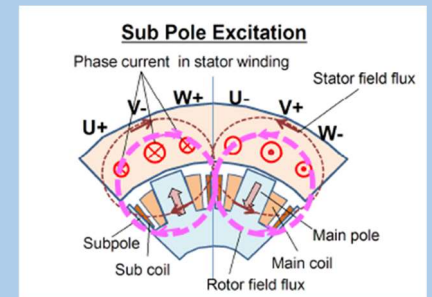


図 7-10(a) 補極巻き線によるロータ界磁巻線励磁

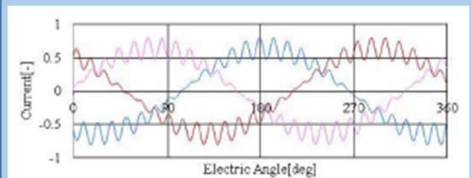


図 7-10(b) 補極巻き線によるロータ界磁巻線励磁

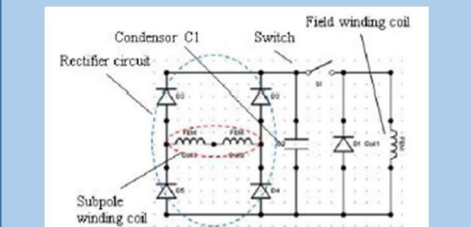


図 7-10(c) 補極の励磁高調波整流回路と界磁巻き線励磁回路

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018

磁用の電流を重畳させ、これを整流してロータを励磁するもので、具体的には図 7-10 に示す主極間に設けた補極に給電する方法についてシミュレーションで特性を推測して、同じ体格の IPM モータと比較している。結果は、表 7-2 に示すとおり、全般にリップルに問題があるものの、低回転速度域では IPM の特製をカバー出来ているが、過変調による大電力が必要な高回転域でトルクの不足など、改善が必須であるとしている。

コストとインフラの点で、普及には課題の多い燃料電池車に関しても複数の興味深い発表があったのでその概要を紹介する。

住宅街での作業の多いゴミ収集車は、騒音と排気ガス改善の観点から過去にも電動化が期待され、1970 年代後半には横浜市で試作 EV ゴミ収集車両を運用した例がある。電池搭載によるスペース減・重量増などの欠点を、利用環境の改善等のメリットが上回ると考えられていたが、少ない搭載エネルギー量を作業にも使用することの制約や、重量車の坂路での使用による負担増などが大きなネックになりうることを露呈した経緯がある。幸らは、周南市の代表的なゴミ収集ルート of 走行環境を調査し、このルートに適應できる燃料電池ゴミ収集車を試作した<sup>7-7)</sup>。車両構成図(図 7-11)に示すとおり、既存の 4 トンのディーゼル車の動力を量販 FCV 用の FC を利用してコンバートしたもので、電池の SOC を 70~90% の範囲に収まるように FC (効率の良い 12kW 付近で運転) で充電する FCHEV で、ベース車と改造車の仕様の概要を表 7-3 に示す。シャシダイナモメータ上で、この両者の燃費試験(モードは環境が近い東京都 No. 8 モードと東京都ゴミ収集モードを採用)を実施し、同表の結果のとおり、FC 化によって走行時に 69%、収集時は 81% の消費低減となった。これを基に周南市での消費を推測し、CO<sub>2</sub> 排出量換算で、FC 化で 1.6~1.8 倍の改善を推定している。また、車両シミュレーターを構築し、各部の改善とその効果を見積もり、走行、収集モードで各々 6.3%、4.3% の改善が見込めるとしている。

FCV は依然、コストが高いものの、量産に向けたテーマが出てきたことが今回の特徴と言える。木村らは、FC スタックの構成部品で最も容積を占めているセパレータの新規量産にあたって、小型化、安全確保、生産サイクルタイム・コストなどの改善に向けた検討結果を紹介した<sup>7-8)</sup>。構成は従来と同じく、2 枚の MEA を 3 枚のセパレータで挟んだ図 7-12 に示すユニットを、冷媒流路を挟む形で積層して FC とするものであるが、金属製薄板のセパレータの両面に設置されていたゴム製のシール部を大幅に変更している。薄板とゴムのシール性を確保するためにゴムの厚みや与圧が大きくなっていったものを、低粘度の液状ゴムを射出成形することで、薄板の変形なしに図 7-13 に示すように細密なゴム部品を薄板の両面と周囲に付与することを実現しており、これによって、i) 薄いシールによる FC の小型化、ii) セパレータ外周部の絶縁被覆構造 iii) ゴムによるガス整流構造を実現している。また、セパレータの周囲の 4 箇所固定用の高強度の樹脂(図 7-13 で Resin と表記)を射出成形で設け、FC としてくみ上げた際にこの部分をバー締結とすることで iv) ずれ抑制構造を実現し耐衝撃性向上をはかっている。これらによって、v) FC の組み立て工程の 2 ステップ化と合理化が確立出来たとしている。

長谷川は、内燃機関エンジンなど三次元の生産システムによるものに対して、FC、レドックスフロー電池、Li イオン電池など二次元の生産システムによる生産が可能な

表 7-2 各領域でのシミュレーションによる性能

Speed [rpm]	Area 1 Max Torque		Area 2 Partial Torque		Area 3 7000		Area 4 12000	
	IPM	Result	IPM	Result	IPM	Result	IPM	Result
Current [Arms]	150	150	75	75	<150	123	<150	68
Torque [Nm]	> 60	57	> 30	30	> 43	35	> 22	14
Torque Ripple [%]	< 10	28	< 10	41	< 10	28	< 10	29
Voltage [Vdc]	< 280	295	< 280	250	< 280	280	< 280	280

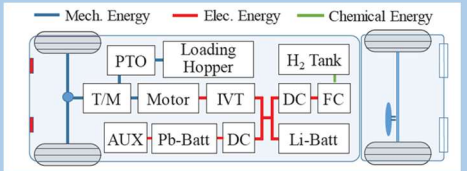


図 7-11 FC ゴミ収集車のシステム構成図

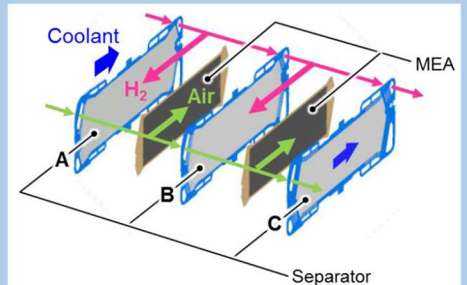


図 7-12 2 セル単位で冷却の FC ユニットの基本構成

表 7-3 ベース車と改造 FC ゴミ収集車の仕様の概要

	Diesel Vehicle	FC Vehicle
Feature		
Model Year	2002	2015
Gross Weight	5,540kg	6,140kg
Payload Weight	2,350kg	1,750kg
Powertrain	Diesel Engine	PMSM Motor
Max. Power	151kW	150kW
Max. Torque	500Nm	400Nm
Transmission	6 speed MT	2 speed AMT

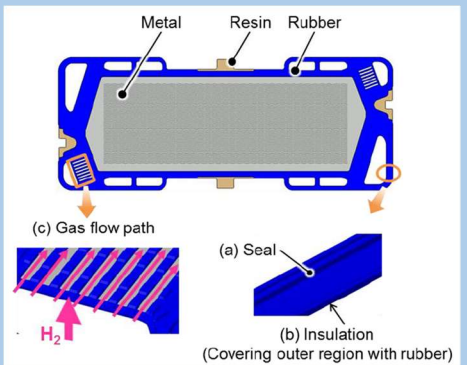


図 7-13 量産用の新型セパレータの構成

# ENGINE REVIEW

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS OF JAPAN Vol. 8 No. 6 2018

電気化学的発電デバイスはこれに適した生産イノベーションの可能性があり、これに依るコスト改善があるという観点から、公開されている FC 生産コストの予測や、既存生産システムの推測値と種々のシート状製品のコストについての比較検討結果を紹介している<sup>7-9)</sup>。企業の技術情報やコスト情報を貿易情報等の統計情報に頼っていることなどの制約による限界があるものの、一石を投じる発表であると言える。(清水)

## 【参考文献】

- 7-1) 自動車技術会 2017 年春季大会 : Engine Review Vol. 8, No. 3, 2018 p19-20  
(藤田らの解説を参照)
- 7-2) 關義則, 黒揮崇央, 吉本貫太郎, 島村青之 : 新型電気自動車の電動パワートレイン, 自動車技術会 2017 年秋季学術講演会講演予稿集, No. 20176274
- 7-3) 大野翔, 深田彰, 小松弘征, 藤原健吾, 中島孝 : e-Pedal Driving を実現する EV の駆動モータ制御技術, 自動車技術会 2017 年秋季学術講演会講演予稿集, No. 20176275
- 7-4) 自動車技術会 2014 年秋季大会 (5. EV, HEV) : エンジンレビュー Vol. 5, No. 1, 2015, pp. 5
- 7-5) 陣野国彦, 乾 究 : 行動パターン学習によるハイブリッド車の冬季燃費向上技術, 自動車技術会 2017 年秋季学術講演会講演予稿集, No. 20176174
- 7-6) 瀬口正弘 : 自励式巻線界磁型同期電動機, 自動車技術会 2017 年秋季学術講演会講演予稿集, No. 20176162
- 7-7) 李 鎬式, 金 秉炫, 廣田壽男, 紙屋雄史, 井原雄人, 山浦卓也 : 燃料電池ごみ収集車の環境性能および実用性の評価 (第 1 報) 一車両開発・性能評価および走行エネルギー低減策の検討一, 自動車技術会 2017 年秋季学術講演会講演予稿集, No. 20176007
- 7-8) 木村義人, 小山賢, 儀賀章仁, 小此木泰介 : 自動車用新型燃料電池セパレータの開発, 自動車技術会 2017 年秋季学術講演会講演予稿集, No. 20176006
- 7-9) 長谷川卓也 : 電気化学的発電デバイスのプロセスイノベーションに関する技術経営的研究, 自動車技術会 2017 年秋季学術講演会講演予稿集, No. 20176162