

講演 2. 産学官連携による高効率次世代大型車両開発促進事業の現況について

環境研究部

※鈴木 央一

奥井 伸宜

川原田光典

田中 信壽

新国 哲也

1. はじめに

国土交通省は、「産学官連携による高効率次世代大型車両開発促進事業（以下、「次世代事業」という。）」を、平成 14 年度より開始した「次世代大型車開発・実用化促進プロジェクト」の第 5 期として、令和元年度から 5 年度にかけて実施している（図 1）。交通安全環境研究所はその中核的研究機関として、企業や大学などの協力を得て事業を推進している。令和 4 年度から、カーボンニュートラルに資する 3 つのテーマを新規に開始した。それらを含めた現在実施中のテーマを表 1 に示す。テーマ数が 13 あるが、これは事業名に「産学官連携」とあるように、第 5 期では第 4 期までと比較して多くの大学が事業に参画したことによるものである。

本次世代事業については、フォーラム 2020、同 2021、2022 にて概要や一部テーマの途中経過などについて紹介してきた。本報では、これまで取り上げてこなかったテーマに加えて、令和 4 年度に開始したテーマのうち重量燃料電池車（FCV）の燃費試験に関するテーマで得られた成果を紹介する。

2. 事業の成果について

本事業で第 5 期当初より実施しているテーマのうち、電動技術及び車両技術に関するテーマ、令和 4 年度より開始した重量 FCV の燃費試験に関するテーマに関して実施した試験結果等を報告する。

2. 1. 大型車に適用するための高効率化技術開発及び性能評価

ディーゼルエンジン等を搭載する一般の重量車では、車体前方にエンジンがあり、その後ろのトランスミッションを経てプロペラシャフトにより後部に動力を伝え、デファレンシャルギア等を介して後輪を駆動するエンジン及び動力伝達機構の基本形が確立している。それに対して、モータを動力源とする場合には、こうした基本形から大きく異なるレイアウトが可能となる。伝達機構も、プロペラシャフトを用いることなく、モータと変速機を車軸と

運輸部門におけるCO₂排出量の約4割を占める大型車分野に関し、産学官連携のもと、電動化技術や内燃機関分野等の開発促進の強化を図り、2050年カーボンニュートラルの実現に貢献する。

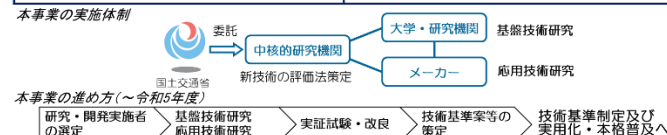
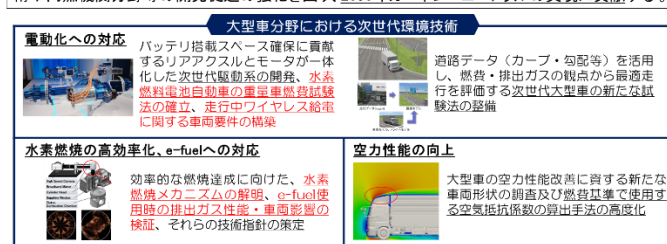


図 1 次世代事業の概要

表 1 次世代事業で推進中のテーマ

テーマ名	本報において
大型車に適用するための高効率化技術開発及び性能評価	成果の一部を紹介
重量車の空力性能改善に関する調査	成果の一部を紹介
道路データを活用した新たな重量車評価手法の検討	✓（別報）
重量車のパワートレイン改良による電費向上効果の検討	✓
(R4開始) 大型車に適用する走行中ワイヤレス給電システムの検討	
過渡反応・吸着・拡散・固体尿素の挙動解析に基づくSCR触媒システムの高機能化	✓
還元剤濃度の能動的制御による尿素SCR触媒システムの浄化性能向上の調査	✓
(R4開始) 重量水素燃料電池自動車の燃料消費率試験法の精緻化に向けた調査	成果の一部を紹介
大型ディーゼル機関において画期的熱効率向上を実現するための冷却損失低減技術に関する調査	✓
ディーゼルエンジンの壁面熱伝達に及ぼす燃焼スケールの影響解明とその知見に基づく高熱効率燃焼法に関する調査	
すす及び燃料起源デポジット生成の化学及び物理過程の解明とそのモデル化	
ガスエンジンにおけるノッキング発生メカニズムの解明とその知見に基づく高熱効率燃焼法に関する調査	✓
(R4開始) e-fuel実用化に向けた実車両への影響調査	関連内容をボスター①で紹介

（「✓」は既報にてその時点での成果の一部を紹介）

一体化することにより、高いスペース効率が得られる全く新しいものが考えられる。

こうした背景に基づいて、本テーマでは電動トラックの高効率化に向けて、モータと一体化した高効率動力伝達機構（以下、「eAxle」という）の技術開発や評価を行っている。

本事業において開発、評価中の eAxle の概略を図 2 に示す。重量車では、積載量や用途のバリエーションが非常に広いのが特徴である。EV トラックを考えたとき、それぞれの重量カテゴリーでその重量に見合った異なる出力のモータを使用するよりも、乗用車等で利用可能なものを複数個搭載することで部品を共通化しトータルの開発工数削減や低コスト化を図ることが有効である。ここでは、車両総重量 14.5t、最高出力 191kW レベルの車両を想定したものとして、2 モータで 1 軸を駆動するものとしている。

高効率化に向けた検討結果の一つとして、モータから車軸に至るギア比の検討結果を表 2 に示す。モータは組込時の搭載要件を満たす連続最大出力 93kW の汎用品とした。そのモータで eAxle を駆動させて実走行サイクルを走行させたシミュレーション結果である。注目されるのは、もっとも効率が良かったのは set 3 の両モータを同じギア比にした場合ではなく、むしろギア比を変化させた場合となっていることである。ギア比を低くすると同一車速におけるモータ回転数が低くなり効率が良い傾向になる一方で、ギア比が低いと発進時のトルクが低下し性能確保が難しくなるのと合わせて変速回数が増える背反がある。それに対して、中間的な一律のギア比にするよりも、いわば効率重視と発進性重視の役割分担をした 2 つのギア比とした方が総合的に効率改善につながることを示している。

これらの検討結果を基に、令和 3～4 年度にかけて現物の試作を行い、現在その試作機を用いた評価試験を進めている。評価試験の結果の一例として、オイルの吐出状況と各部のオイル流量について机上計算と実測を比較したものを図 3 に示す。各部にほぼ設計通りのオイルが供給されていることがわかる。また、別途ギアの歯当たり評価においても、異常な歯当たりはないことが確認されている。潤滑や歯当りに問題があると、実運用で焼き付きを起こすなどのトラブルにつながるが、こうした懸念はなく、適切な設計と試作が行われたことが確認できた。

今年度の最終とりまとめに向けて、実機での総合効率の評価や、規制値は満足するものの必ずしも良好な結果でなかった NV（騒音、振動）のさらなる改善を実施している。

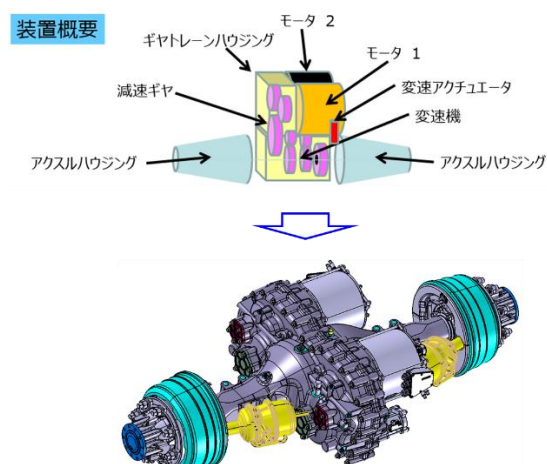


図 2 次世代事業で開発を進める eAxle の概要

表 2 eAxle における最適ギア比算出結果

ギア比	モーター1		モーター2		エネルギー効率 kWh/100km	変速回数 回
	ギア1	ギア2	ギア1	ギア2		
Default	35.103	13.826	44.754	17.628	70.8416	547
set 1	36.700	13.201	42.600	15.324	70.8951	521
set 2	33.750	14.104	45.550	19.035	70.8894	545
set 3	39.650	14.107	39.650	14.107	71.1264	492

《評価風景》 オイル吐出方向と流量測定

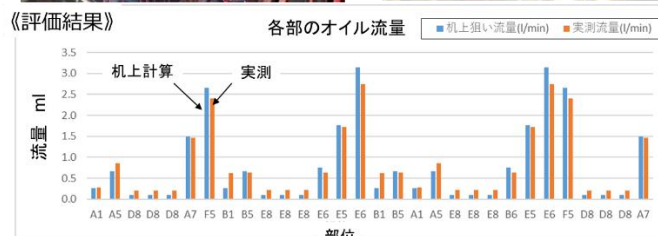
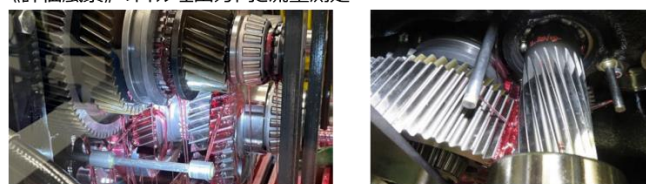


図 3 実機でのオイル吐出状況とオイル流量の机上計算と実測の比較

2. 2. 重量車の空力性能改善に関する調査

大型トラック等においては、前面投影面積（主に全幅×全高）が大きい上に高速走行頻度が高いため、空気抵抗が燃費に及ぼす影響が大きい。例えば 14t 積載の大型トラックが 80km/h 一定で走行すると、必要な仕事の約 6 割が空気抵抗によるものとなり、空気抵抗を低減できれば大きな燃費向上効果がある。一方で、限られた寸法の範囲内で最大限の荷室容積を確保する必要があるため、形状的な自

由度は非常に限られ、空気抵抗の低減は容易でない。そうした背景を受けて、重量車の 2015 年度燃費基準における試験法 (JH15) では、トラック等における走行抵抗はメーカー間の違いなどは比較的小さいとして、空気抵抗係数は寸法などから算出した計算値となっていた。それに対して、同 2025 年度基準の試験法 (JH25) ではメーカーの改善努力が燃費に反映できるよう実測値とすることになっている。しかしながら、空気抵抗が大きいということは、それだけテストコース等で実測する場合に風の影響を受けやすいことを意味し、実車を用いた計測は容易でなく、JH15 で計算値を用いた理由の一つにもなっていた。

そこで本テーマでは、空気抵抗を低減させる形状の検討に加えて、車両の空気抵抗係数 (Cd 値) を数値流体力学 (CFD) から求めることができるか、という視点の調査研究を進めている。

CFD を用いた計算例としてピッチングの影響の計算結果を示す。車両モデルは実車の実寸を詳細に反映したものである (図 4)。計算格子は、トラック車体面では格子幅 1.09375cm とするなどにより、格子数は 98,934,784 に及んでおりスーパーコンピュータを用いて計算を行っている。

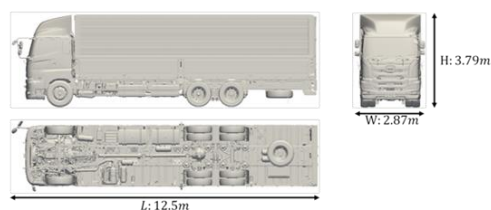


図 4 車両モデル

図 5 は通常の姿勢に対して、ピッチング -0.5° 及び -0.7° (それだけ前傾姿勢となっている) の時の Cd 値を比較したものである。流速は 22.22m/s (80km/h 相当) である。 $0.5^{\circ}\sim 0.7^{\circ}$ のピッチングは積載や加減速による姿勢変化として十分起こりうるものである。このレベルのピッチングでも約 2 割 Cd 値が増加し、空気抵抗に大きく影響することがわかった。空気抵抗を測定する手法として惰行試験が挙げられるが、数値計算で惰行試験と同じ Cd 値を得るためには、惰行時のピッチング運動を考慮する必要があることが示された。

今年度はこれまで実施している変動風の影響に加えてヨー角 (車両に対して角度を持つ=斜めに吹く風) の影響などの調査し、Cd 値を CFD を使って求めるために考慮すべき事項を明らかにしてとりまとめる予定である。

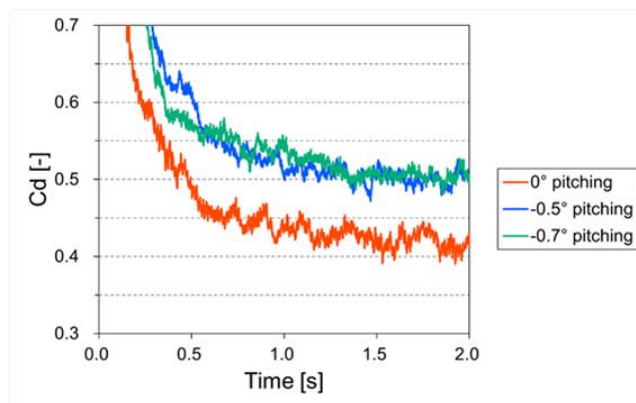


図 5 ピッチング角度の Cd 値への影響

2. 3. 重量 FCV における水素消費量測定の精緻化に関する調査

重量 FCV における燃費試験法は、世界に先駆けて 2022 年に策定された¹⁾。しかしながら、測定実績は乏しく、精度を確保しつつ実際に運用可能なものとしていくには引き続き検討が必要な状態にある。軽・中量 FCV における水素消費量測定は試験前後のボンベ重量差から水素消費量を算出する重量法で評価されるのに対し、重量 FCV ではフォーラム 2022 で紹介したとおり²⁾ 重量法による評価が困難であると考えられることから、水素流量を流量計により直接測定する手法 (流量法) の活用が望まれる。そこで、重量法と流量法による水素消費量の相関について調査するため、ボンベガスで一定圧力と流量を流す基礎試験及び実車を用いたシャシダイナモ試験を実施した。ここでは、シャシダイナモ試験の結果の一部を紹介する。なお、試験に用いたのは燃料配管加工の都合上乗用 FCV とした。

重量車における燃費評価では、2つの手法があり、一つは車両と同じパワートレインシステムをベンチ上に立ち上げ、そこでモード走行と等価な運転を行って評価を行う「パワートレ法」、もう一つはパワートレイン各要素の燃費に係る特性データをマップ状に取得して、モード走行と同じ走行を行った場合の各要素の値を ECU に入力してその制御値に沿った燃費を計算より求める「HILS 法」である。パ

ワトレ法による評価を行う場合、試験サイクルを走行するのと等価な過渡的な変化のある測定となるのに対して、HILS 法による測定では、燃料電池スタックの各出力ごとの水素消費量を取得することとなり、定流量を流し続ける状態で測定が行われることになる。それらを考慮して、シャシダイナモ試験ではパワトレ法を想定した試験サイクルにおける測定と、HILS 法を想定した一定速度走行の試験を実施した。

測定結果を図 6 に示す。上が各試験サイクル、下が一定速度走行における重量法と流量法による水素消費量の相関を示したものである。いずれも高い相関を示しており、流量法でも重量法に近い精度で評価が可能であることを示している。その上で、傾き、相関係数 (R^2) のいずれも一定速度走行時の方が 1 に近い値となっており、定常状態より高い精度で測定されたということが出来る。

精度が良いとした一定速度走行時の誤差原因として、ポンペの切り替えに伴う圧力変化や流量計の測定時間の同期ずれなどが影響していることがわかっているが、それらは水素消費の絶対量が多い試験サイクル走行時には影響度が小さくなる。にもかかわらず、試験サイクル時にバラツキがやや大きくなった原因は現時点では明らかでない。流量が過渡的に大きく変化する場合に精度が確保できるのか、などがポイントと考えられるものの、重量法では実時間的な流量はわからないため解析は容易でない。他の流量計あるいは異なる手法（例えば車両信号の活用）で測定を行うなどにより試験サイクル走行時のばらつき原因などについて、今後考察を進めていく。

3. まとめ

令和元年度より実施している「産学官連携による高効率次世代大型車両開発促進事業」の現況として一部テーマの成果を紹介した。本報でも取り上げた「大型車に適用するための高効率化技術開発及び性能評価」等 2019 年度に開始した調査研究テーマは今年度とりまとめる予定である。次年度以降については、令和 4 年度に開始した調査研究テーマに加えて、図 1 にある水素燃焼の高効率化などについてテーマ化すべく勉強会を実施するなど検討を行っている。国土交通省及び有識者等と連携して有意義な

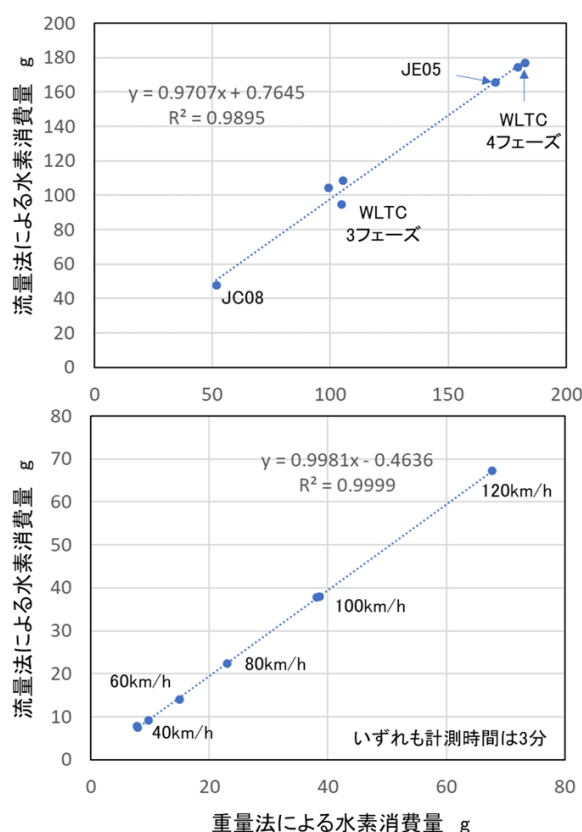


図 6 シャシダイナモ試験における各走行状態における水素消費量の測定についての重量法と流用法の相関

事業として継続して実施していけるよう取組んでいきたい。

4. おわりに

本事業は委託元の国土交通省自動車局車両基準・国際課をはじめ、実施内容などを審議いただく検討会、WG を構成する委員の先生方、個別の調査研究を実施いただいている企業、大学の研究者各位の協力と献身の上に成り立っていることを記し、謝意を表する。

参考文献

- 1) 道路運送車両の保安基準の細目を定める告示別添 41VII
- 2) 鈴木ほか, “産学官連携による高効率次世代大型車両開発促進事業の現況について”, 交通安全環境研究所フォーラム 2022, (2022)