

次世代大型車 開発・実用化促進 プロジェクト

Next-Generation Environmentally Friendly Vehicles
Development and Commercialization Project

自然が生きる
クルマ社会へ



EFV
21



国土交通省



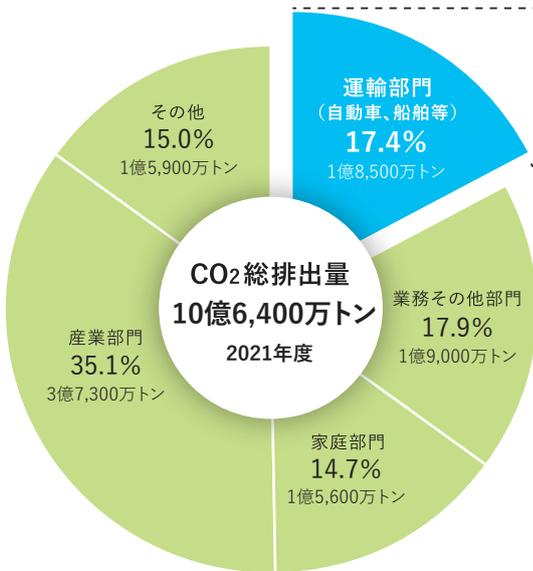
交通安全環境研究所
National Traffic Safety and Environment Laboratory

大型車の現状と課題

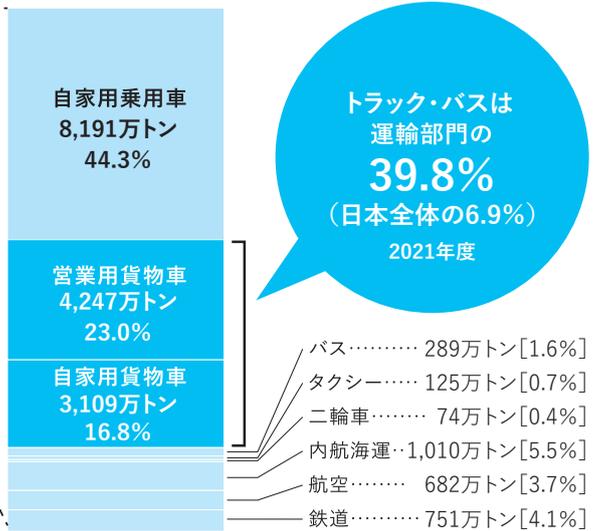
二酸化炭素排出量の現状 (2021年度確報値)

- 運輸部門からの排出割合は、日本の二酸化炭素排出量の17.4%です
- その運輸部門のうち、39.8%をトラック・バスが排出しています（日本全体の6.9%を占めています）

日本の各部門における二酸化炭素排出量



運輸部門における二酸化炭素排出量 (配分後)



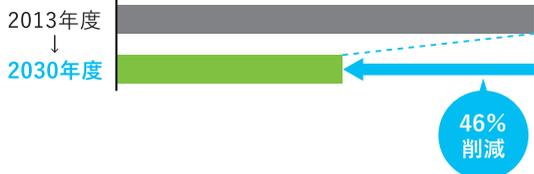
出典：「日本の温室効果ガス排出量データ (1990～2021年度) 確報値」(2023)

我が国の地球温暖化対策

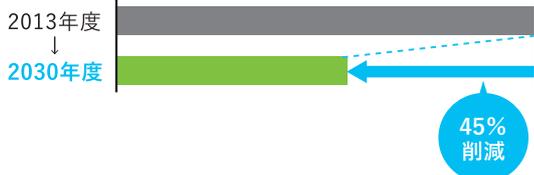
- 2015年12月 国連気候変動枠組条約第21回締約国会議 (COP21)において、2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組み「パリ協定」を採択しました
- 2021年10月 「地球温暖化対策計画」を閣議決定しました (2016年5月から5年ぶりの改定)
 - ・中期計画 (削減目標)：2030年までに2013年比で46%削減
 - ・長期目標 (目指すべき方向)：2050年までに80%削減

中期目標 → 2030年度までに13年度比46%削減

温室効果ガスの排出量



エネルギー起源CO₂の排出量



温室効果ガス排出量・吸収量 (単位: 億t-CO ₂)		2013排出実績	2030排出実績	削減率	従来目標
エネルギー起源CO ₂		14.08	7.60	▲46%	▲26%
部門別	エネルギー起源CO ₂	12.35	6.77	▲45%	▲25%
	産業	4.63	2.89	▲38%	▲7%
	業務その他	2.38	1.16	▲51%	▲40%
	家庭	2.08	0.70	▲66%	▲39%
	運輸	2.24	1.46	▲35%	▲27%
	エネルギー転換	1.06	0.56	▲47%	▲27%

運輸部門からのエネルギー起源CO₂排出割合は、2013年度比で46%削減する目標が掲げられています

運輸部門のCO₂排出の多くを占めるトラック・バス分野において、低炭素化・排出ガス低減を図る必要があります

大型車に対する燃費基準について

2005年度	エネルギーの使用の合理化等に関する法律(省エネ法)に基づき、世界で初めて大型車(車両総重量3.5トンのトラック、バス)の燃費基準を策定しました(目標年度:2015年度)
2019年3月	大型車に対し、さらに強化した燃費基準を策定しました

新たな燃費基準

新たな燃費基準(目標年度:2025年度)は、2015年度基準と比較し、大型車全体で13.5%の基準強化となります

目標年度	2025年度	目標基準値※	現行の2015年度基準との比較
対象範囲	ディーゼル車 (ハイブリッド車含む)	トラック	7.63km/L 約13.4%の基準強化
		バス	6.52km/L 約14.3%の基準強化

※ 2014年度販売実績を基に加重調平均して算出した値

電気自動車等の取扱い: 電気自動車、プラグインハイブリッド車、燃料電池自動車は、現時点では、普及台数が少ないため、燃費規制の対象外

次世代自動車の普及状況

次世代自動車は、主に **1** ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、**2** 電気自動車、**3** 燃料電池自動車、**4** クリーンディーゼルエンジン車、**5** 天然ガス自動車から成ります

乗用車 2030年までに乗用車の新車販売に占める次世代自動車の割合を5~7割とすることを目指しております



大型車 大型車販売台数に占める次世代自動車の割合は、約0.2~0.4%(2016、2017年度)であり、今後の普及促進が求められます

次世代大型車の市場投入状況

ハイブリッド	小型トラック/路線バス	燃料電池	路線バス
プラグインハイブリッド	路線バス	天然ガス	小型・中型・大型トラック/路線バス
電気	小型トラック/小型バス		

運輸部門の低炭素化・排出ガス低減を推進するため、次世代自動車の普及促進が求められています

次世代大型車開発・実用化促進プロジェクトにより、大型車分野における低炭素化等に資する革新的技術の早期実現を目指します

次世代大型車開発・実用化促進プロジェクトの沿革

概要とねらい

第1期 次世代低公害車開発促進事業

[平成14～16年度]

大都市を中心とした厳しい大気汚染問題を抜本的に解決し、地球温暖化対策に資するため、排出ガス性能を大幅に改善させ、二酸化炭素の排出量を低減した、大型ディーゼル車に代替する「次世代低公害車」の開発を促進するために、安全上・環境上の技術基準等を整備。

[対象車種] ジメチルエーテル自動車、次世代ハイブリッド自動車、次世代天然ガス自動車、スーパークリーンディーゼル自動車

第2期 次世代低公害車開発・実用化促進事業

[平成17～22年度]※

I 開発した次世代低公害車の 実用化普及促進(実証試験)

第1期に開発した次世代低公害車について、運送事業、バス事業に使用して実用性に関するデータを収集することにより、技術基準等の一層の整備を推進。

II 新たな次世代低公害車の開発促進

開発段階にある新たな次世代低公害車(水素自動車、LNG自動車、FTD自動車)の開発を促進するため、試作・評価を行うことにより、技術基準等(指針)を整備。

※ 一部車種については平成23年度まで実施

第3期 次世代大型車開発・実用化促進事業

[平成23～26年度]

大型車分野において、低炭素化等に資する革新的技術を早期に実現するため、新たな大型車用環境先進技術のうち、電動系車両(ハイブリッドトラック、プラグインハイブリッドトラック、電動路線バス)、次世代バイオディーゼルエンジンに着目。これらの「次世代大型車」の技術開発を促進するとともに、実証走行試験等によりデータを収集し、必要な技術基準等を整備。

I 電動系車両

電動系動力システムを積極的に利用したプラグインハイブリッドトラック、貨物トラック用高効率ハイブリッドシステム、高効率電動路線バスについて、技術開発、実証走行試験等を実施。

II ディーゼルエンジン

バイオマス燃料にエンジンシステムを最適化した次世代バイオディーゼルエンジンに加え、平成25年度からは冷却損失等低減手法に関する技術調査および現行最新規制車両の性能評価などを実施。

第4期 次世代大型車開発・実用化促進事業

[平成27～30年度]※

大型車分野において、低炭素化等に資する革新的技術を早期に実現するため、特に重要と考えられる、高効率次世代ディーゼルエンジンの開発、大型LNG車の実用化促進、実走行時の燃費向上・排出ガス対策、ハイブリッド車等の試験法の高度化を推進。

※一部の事業については平成29年度まで実施

I 次世代ディーゼルエンジン

超低燃費と低排出ガスを両立する、大型車に適した新たなディーゼルエンジンの開発。正味熱効率50%達成に必要な技術的要件の明確化。

II 大型LNG車の実用化促進

ボイルオフガス対策を確立することによる、航続距離の長距離化が可能となる大型天然ガス車の実用化促進のため、ボイルオフガス対策を施したLNG燃料システムの開発。

III 実走行時の燃費向上・排出ガス対策

実走行時のリアルタイムな環境性能の評価システムの開発。テレマティクスデータの共通化による省燃費促進技術の普及促進。使用過程者の耐久性能・環境性能の評価。

IV 電動系車両

幅広い技術に対応するハイブリッド車、プラグインハイブリッド車の試験法の整備。実走行状態の再現性向上及び排出ガス評価法の更なる改善。

運輸部門におけるCO₂排出量の多い大型車分野に関し、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、高効率次世代大型車両の開発・実用化を促進する。

I 大型車両の電動化

バッテリー搭載量向上に資する次世代駆動系の開発・評価。大型電動車両の電費向上に資する新技術の検討・評価。道路データを活用した新たな燃費試験法等の整備。

II 空力性能評価法の高度化

大型車の燃費評価に使用する空気抵抗係数の算出手法の高度化及び大型車の空力性能改善に資する新たな車両形状の提案。

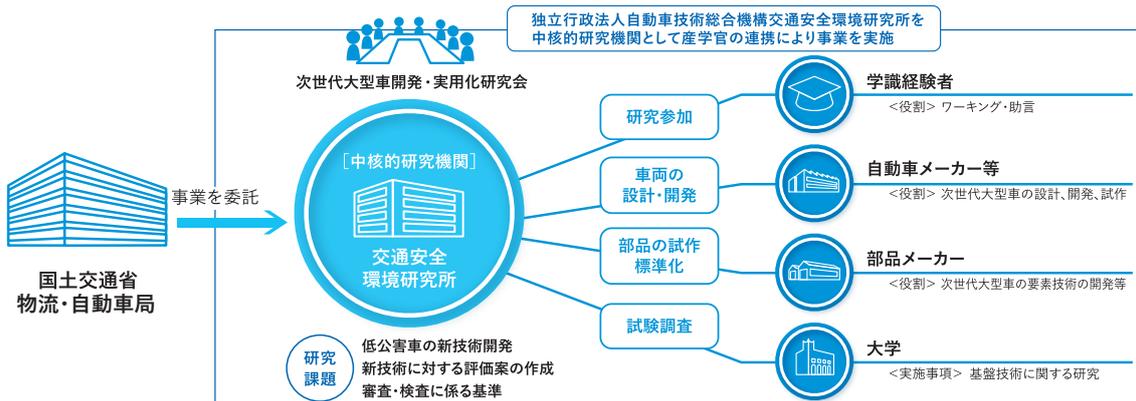
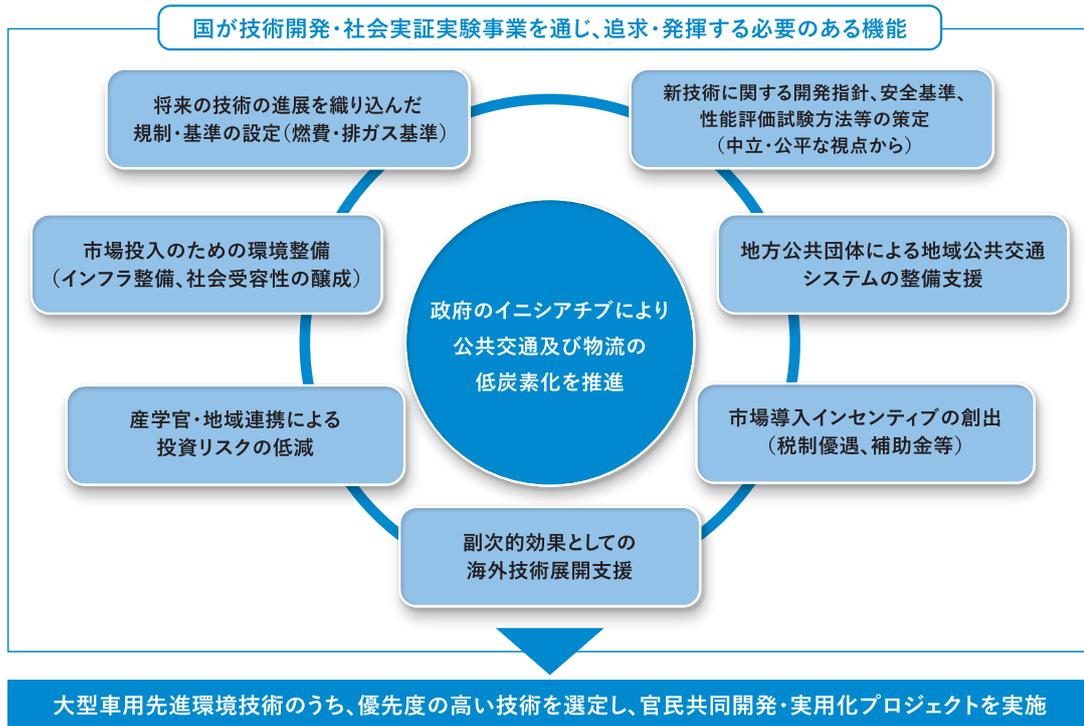
III エンジンの高効率化・燃焼特性の解明

Well to Wheelで電動車と同等のCO₂排出レベル達成に向けた、燃焼特性・排出ガス生成メカニズムの解明及びそれらの技術指針の整理。

IV 排出ガス後処理システムの高性能化

大型車の排出ガスに含まれる窒素酸化物（NO_x）の低減に用いられる尿素SCRシステムの更なる性能改善に向けた、反応予測モデルの構築及び制御手法の検討。

プロジェクトの全体像



I 大型車両の電動化

バッテリー搭載量向上に資する次世代駆動系の開発・評価。
大型電動車両の電費向上に資する新技術の検討・評価。
道路データを活用した新たな燃費試験法等の整備。

II 空力性能評価法の高度化

大型車の燃費評価に使用する空気抵抗係数の算出手法の高度化及び大型車の空力性能改善に資する新たな車両形状の提案。

III エンジンの高効率化・燃焼特性の解明

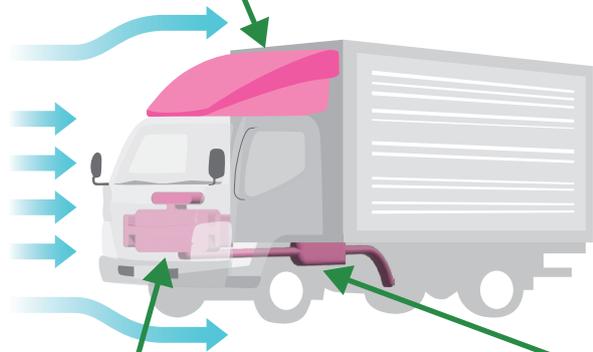
Well to Wheelで電動車と同等のCO₂排出レベル達成に向けた、燃焼特性・排出ガス生成メカニズムの解明及びそれらの技術指針の整理

IV 排出ガス後処理システムの高性能化

大型車の排出ガスに含まれる窒素酸化物（NO_x）の低減に用いられる尿素SCRシステムの更なる性能改善に向けた、反応予測モデルの構築及び制御手法の検討

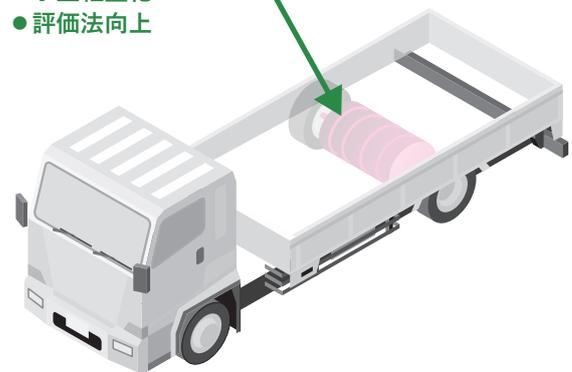
空力性能評価法の高度化

- 燃費向上
- 評価法向上



大型車両の電動化

- 電費向上
- 小型軽量化
- 評価法向上



エンジンの高効率化・燃焼特性の解明

- 燃費向上
- クリーンな排気
- 次世代燃料への対応

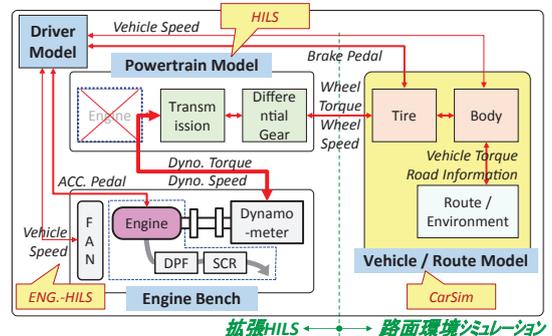
排出ガス後処理システムの高性能化

- クリーンな排気

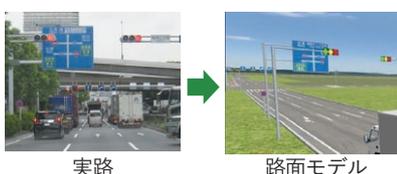
大型車両の電動化：性能評価法の高度化(HILS)

Electrification of Heavy Duty Vehicles : Sophistication of test method to evaluate vehicle performance using Hard Ware In the Loop Simulation system

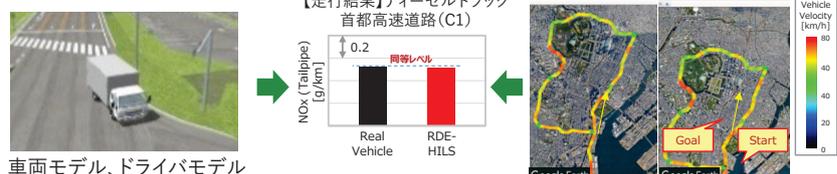
次世代電動重量車が、実際の路上を走行した際の燃料消費率、電力消費率及び排出ガスの評価手法を整備することが狙いです。第4期で構築した、実機エンジンと車両シミュレーション(HILS)を組み合わせた「拡張HILS」(12ページ参照)に、カーブや路面勾配などを高精度に再現した「路面環境シミュレーション」を組み合わせて評価する新たなHILS評価システム「RDE-HILS」を整備しました。RDE-HILSにより、重量車の実路走行時の排出ガス特性などが、台上で評価できるようになりました。さらに、カーブ走行を考慮することで、インホイールモータを搭載した電気重量車のエネルギー効率を高精度に評価することが可能となりました。



道路データの再現



HILS評価システム(RDE-HILS)の整備



大型車両の電動化：小型軽量化・電費向上

Electrification of Heavy Duty Vehicles : Downsizing, Light-weighted and Improvement of electric energy consumption

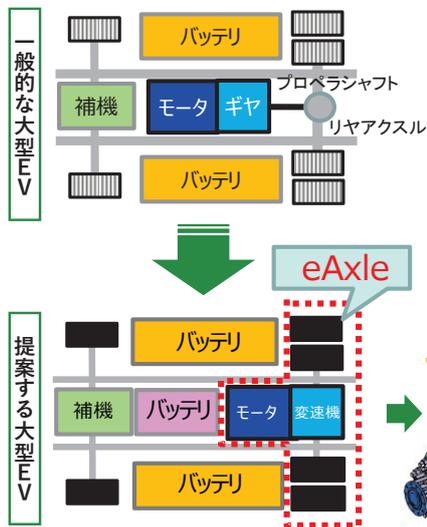
大型車の電動化割合を高めることで、CO₂排出量削減の効果が期待されます。しかし、大型車は乗用車に比べ、高出力比や航続距離確保のために、大容量のバッテリーを搭載することが必要となります。

多くのバッテリーを搭載するため、モータと変速機を一体化したアクスル(eAxle)の開発や電力消費率(電費)を向上させる技術アイテムの検討に取り組みました。

大型車の使われ方を想定したeAxleの開発や最新の電動技術アイテムの検討を通じて、将来の大型EVに当該装置や技術を搭載する際の開発・設計・評価の指針となる知見を得ました。

小型軽量化

一般的な大型EVは、従来エンジン搭載車と同様の駆動系を採用しています。プロペラシャフトやリアアクスルを流用していることから、バッテリー搭載スペースに制約があります。提案する大型EVでは、eAxleの採用により、搭載量が20%改善できることが確認され、バッテリー搭載スペースの確保が可能となりました。

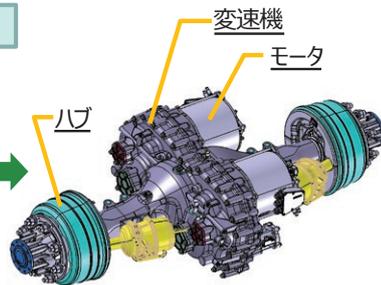
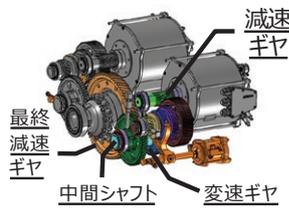


eAxleの開発のポイント

大型EVの使われ方を想定して、以下の技術項目に着目した開発に取り組みました。

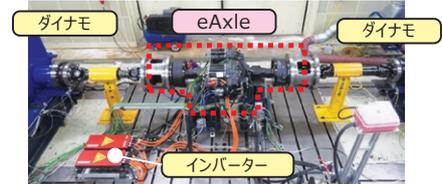
- ①強度：変速機への高荷重入力を考慮した設計
- ②効率：駆動系等の高効率化
- ③潤滑、冷却：駆動系等の潤滑、連続定格出力を確保する冷却設計
- ④騒音・振動(NV)：駆動系等の静粛性

変速機の詳細構造



eAxleの効率測定試験

両輪のトルクを吸収できるよう、左右にダイナモ(動力計)を配置したベンチシステムで評価しました。



電費向上に対する技術アイテム

車両シミュレーションで電費を検討(JE05モード)

- ①低負荷領域の変換効率向上
 - SiCインバータ →8%改善(従来比)
- ②駆動効率向上
 - 可変磁束モータ →20%改善(従来比)
 - 四輪駆動+電子制御協調ブレーキ →20%改善(後輪駆動比)

空力性能評価法の高度化

Sophisticating of test method to evaluate vehicle Aero dynamics performance

大型車の燃料消費率(燃費)試験法には、車両シミュレーションが活用されています。空気抵抗係数(Cd値)の入力が必要となりますが、空力パーツが数多くある大型車のCd値を、一台一台実測することは極めて困難です。そこで、近年著しく精度が向上している数値流体力学(CFD)を用いて、Cd値を算出する新たな手法を整備することが狙いです。大学、研究機関、大型車メーカーが連携し、CFDの大型車への適用可能性を検討しました。その結果、以下の①と②を組み合わせ、大型車の空力性能を評価する方法を整理しました。

- ① ベース車両のCd値のみを、実車を用いた従来の惰行法で取得
- ② ベース車両から、各車両パーツを変更した場合のCd値の変化値(ΔCd値)をCFDで評価



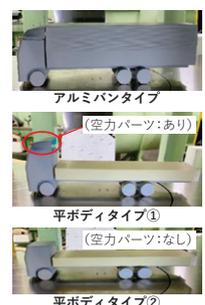
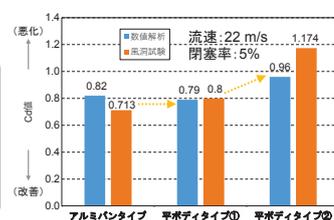
空気抵抗係数の算出手法の高度化

【Cd値】スーパーコンピューター

- 各種影響の調査
- タイヤ回転
 - セル数
 - 閉塞率
 - 変動風
- 膨大な計算量と時間



【検討結果】荷室タイプの影響



エンジンの高効率化・燃焼特性の解明

Improvement of efficiency of engine, elucidation on combustion mechanism

大型車クラスにおいては、走行可能な距離や積載量の確保などの点から、今後も動力源としてディーゼルエンジンが使われることが見込まれます。使用の際には、カーボンニュートラル社会の実現にむけて、エンジンの燃費改善や次世代燃料の適用が求められます。そこで、産・学連携の下、将来のエンジン積載大型車に対する燃費向上技術の開発や、次世代燃料^{*}の社会実装の早期化を目指すべく、次世代燃料が燃焼する際のすす生成シミュレーションの開発に取り組み、これらの指針を整理しました。

^{*}次世代燃料：e-fuel、HVO、FTDなどの合成燃料(例：ページ17-18参照)

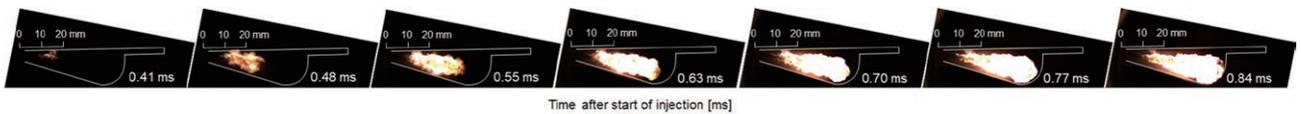
燃費向上技術の開発

第5期では、第4期で目標とした熱効率50%を超える熱効率55%への改善を目指しました。

そこで、エンジン燃焼室内における火炎の可視化により、燃費改善を妨げる要因を明らかにしました。ここから、燃費改善に向けた技術アイテムとして、エンジン部品の熱損失低減、燃焼の制御などを候補に挙げ、それぞれの効果を研究用エンジンに組み込み、実証試験を行い、確認しました。

燃費改善に向けたアプローチ → エンジン筒内の火炎を観察

- 大 学：燃費改善に向けた要因分析
- メーカー：改善に向けた技術アイテムの実証試験



①熱損失の低減

…エンジンピストンの表・裏面に遮熱材をコーティング



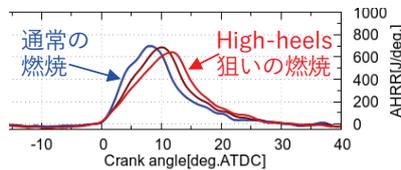
【表面】

【裏面】



②燃焼の制御

…燃焼後期に熱発生させる(冷却損失の低減が可能)



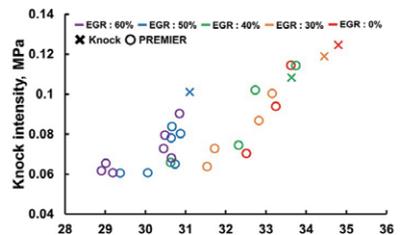
【熱損失及び熱効率の改善】(従来比)

- ①→熱損失:4.3%改善、熱効率:0.9%改善
- ②→熱損失:0.7%改善、熱効率:0.5%改善

③異常燃焼の抑制

…EGR率の制御

(EGR率を増加:燃焼室内の酸素濃度が減少)



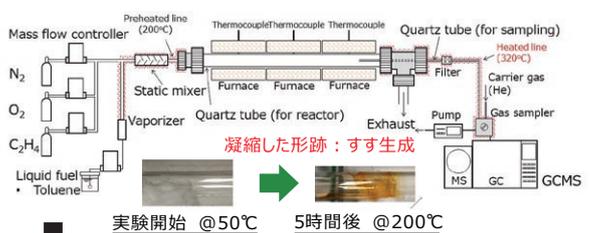
(軽油着火式ガスエンジン)

燃料燃焼時のすす生成シミュレーション

次世代燃料を使用する際は、新たな車両開発(エンジン・後処理)が必要になることが想定されます。次世代燃料が生産された際に、実際の車両を使った性能確認実験を繰り返している、社会実装までに時間がかかってしまいます。

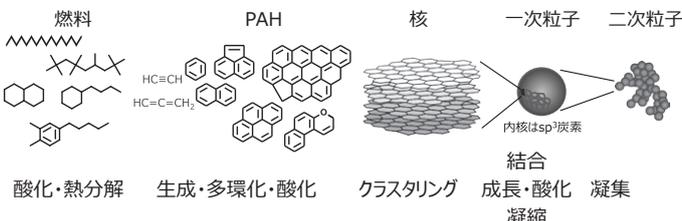
そこで、次世代燃料燃焼時の特性を、シミュレーションで検討できるように整備することが狙いです。ここでは、エンジンから排出されるすすの生成モデルの作成に取り組みました。

すす生成の把握実験(Phenol 10000ppm, HCHO 10000ppm, pH 11)



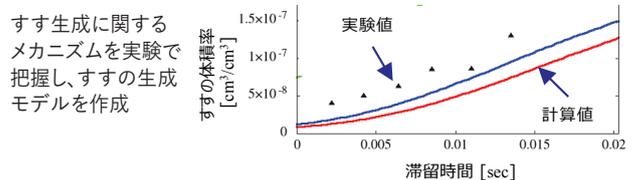
実験開始 @50℃ 5時間後 @200℃

燃料の着火から二次粒子(すす)の成長までのプロセス



計算結果の例

(燃料の着火から一次粒子生成までのシミュレーション)



すす生成に関するメカニズムを実験で把握し、すすの生成モデルを作成

排出ガス後処理システムの高性能化

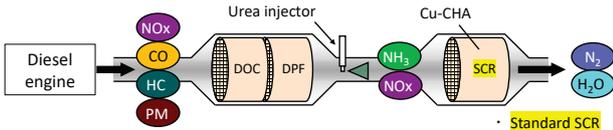
Improvement of performance of exhaust gas treatment systems



大型車における排出ガス後処理装置搭載例

ディーゼルエンジンは熱効率が高く、二酸化炭素(CO₂)排出が少ない優れた特徴があります。一方、窒素酸化物(NO_x)、粒子状物質(PM)などの有害排出物の生成が課題となっています。近年のディーゼルエンジンは、排気後処理装置を搭載し、有害物質の低減を図っています。ここでは、環境性能をさらに高めるため、NO_x低減に重要な、尿素水を用いたNO_x選択還元触媒(尿素SCR)システムに着目しました。その尿素SCRシステムの性能向上や性能予測に関する研究を行うことで、さらなる環境性能改善につながる技術的な指針を得る調査研究を実施しました。

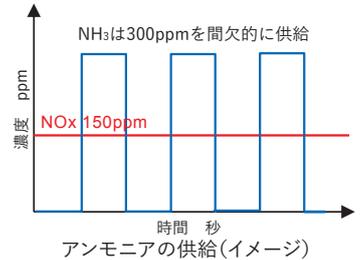
ディーゼル車後処理システム



尿素水添加制御による浄化性能向上

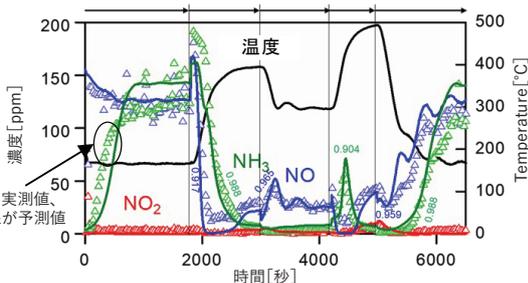
尿素SCRでNO_xを浄化するためには、尿素水から生成するアンモニア(NH₃)を使用します。そこで、効果的なアンモニアの供給方法を検討しました。

例えば、右図のように、パルス状にアンモニアの供給することに着目しました。



尿素SCRシステムの高機能化、モデル化

尿素SCRの反応予測モデルの構築に取り組みました。その際、大学で実施した、触媒表面の赤外分光分析の知見なども盛り込み、高精度化を図りました。下図のように、例えば、アクセルペダルを踏み込む際の過渡状態においても、排出ガス(NOやNH₃)の予測値が実測値に近い精度が得られました(相関係数=約0.9)。

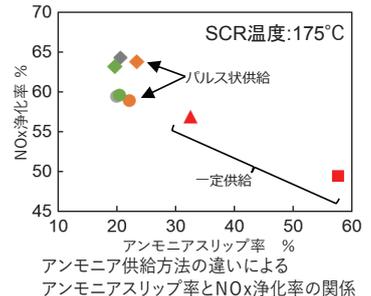


SCR触媒入口における各成分のガス濃度や逐次温度を変化させて触媒後のガス濃度をモデルによる予測と実測で比較した結果の図



エンジン運転試験の結果、一定で供給した場合よりも、アンモニアスリップ(※)率が少なく、高いNO_x浄化率が得られたことから、パルス状供給の有効性が示されました。

※アンモニアスリップ:
アンモニアがNO_x浄化に使われず、排気として排出されてしまうこと。アンモニアは有害で、実車では放出を防ぐ策がとられています。



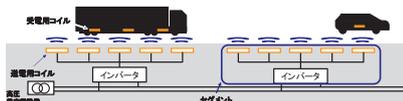
将来に向けた対応

Way forward

「大型車の電動化へ向けた対応」及び「カーボンニュートラル燃料の実用化へ向けた対応」についても、産学官連携で開発に取り組んでいます。将来に向け、以下の3テーマについて注目しています。これらテーマについても、次世代大型車両に必要な要素技術を確立した上で、当該車両が満たすべき技術的要件の検討や評価等を行っています。

ワイヤレス給電システム

大型EV車の一充電航続距離の延伸が望まれています。航続距離を延伸するため、道路に埋めたコイル等により、ワイヤレスで走行中の車両に電力供給を行う技術を検討しています。乗用車と部品を共用することで、安価で即効性のある技術確立を目指しています。



水素燃料電池重量車

水素燃料電池自動車(FCV)の燃費評価では水素消費量を測定する必要があります。乗用車などでは試験前後のポンペ重量差から水素消費量を算出するのに、大型車では消費量の違いなどから流量を直接測定する必要があります。実車を用いて水素流量を直接精度良く測定する手法の検討を行っています。



乗用車を用いた流量測定試験

合成燃料の影響

合成燃料は空気中や排出ガスから回収した二酸化炭素(CO₂)と水素(H₂)から作られるカーボンニュートラルな燃料です。しかし、まだ研究段階であり、どういった成分とするか定められていません。そのため、様々な合成燃料を入手し、実車両への影響を調査することで、将来の大型車に必要な、技術的要件を検討しています。





大型 LNG トラックのボイルオフガス対策

Reduction of Boil-off Gas for LNG Vehicle

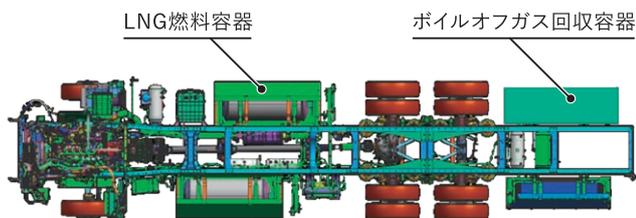
大型液化天然ガス (LNG) トラック



本事業で開発した「大型LNG車用燃料システム」を搭載した試験車両

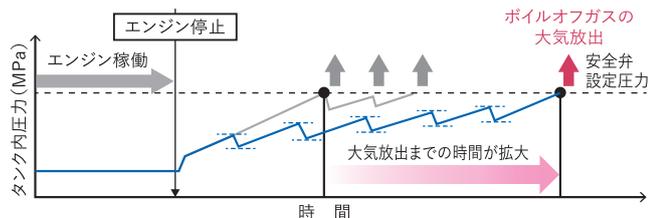
大型LNG車用燃料システム

市販実績のある大型CNG車の燃料システムを改良

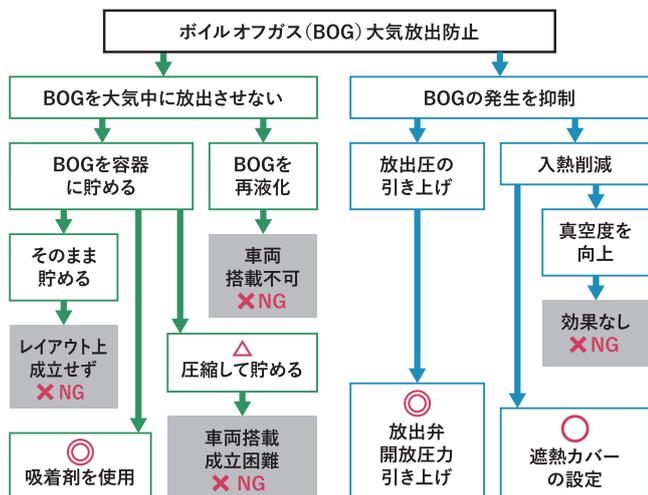


ボイルオフガス放出防止に向けた技術アイテム

右に示す回収容器にて、ボイルオフガスを回収。
大気放出防止を図ると共に、保持時間の延長。



ボイルオフガス放出防止対策と効果



燃料の多様性の確保と環境負荷低減のため、天然ガス燃料車両の普及が重要です。第二期に、航続距離の長距離化が可能となる大型液化天然ガス車 (LNG車) の開発及び実証試験を実施しました。LNG車の普及に向けては、ボイルオフガスの対策が必要となります。ボイルオフガスとは、LNGを低温液体状態 (-162℃) で輸送・貯蔵する際に、外気温度差や気圧変化による入熱などにより気化するガスのことです。貯蔵タンク内許容圧力以上のボイルオフガスが発生した際には、タンクを保護するため、ボイルオフガスをタンク外部に放出する必要があります。このボイルオフガスの主成分であるメタンの地球温暖化係数はCO₂の25倍と高いことから、LNGタンクに対しボイルオフガスの保持時間を「5日間」以上とすることが天然ガス自動車に関する国連の協定規則 (UNR110) で定められています。

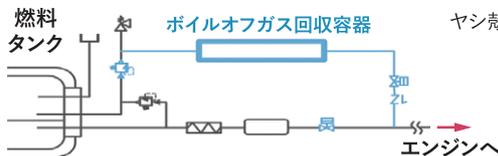
第四期においては、実用上ボイルオフガスの放出に至らないものと考えられる保持時間10日間以上の大型LNG車用燃料システムを開発することを目標としました。そこで、ボイルオフガス放出防止策を検討するため、燃料システムを用いたボイルオフガスの評価手法やシミュレーションを用いた評価手法を構築しました。その評価手法を用いて、ボイルオフガス対策を施したLNG燃料システムを開発し、目標を達成しました。

さらに、UNR110や高圧ガス保安法などの改正提案に向け、ボイルオフガスの評価試験や燃料タンクに関する対策技術に必要なとされる要件を取りまとめました。

吸着材入りボイルオフガス回収容器



既存配管 対策配管

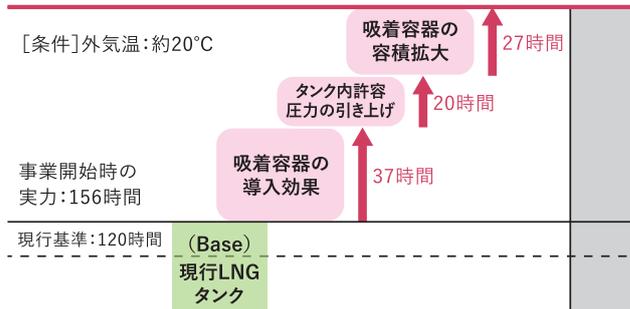


吸着材には、メタン吸着材として実績のあるヤシ殻活性炭を使用

目標としていた性能 (10日間) を達成する見込みを得ました。

今回目標: 240時間

目標



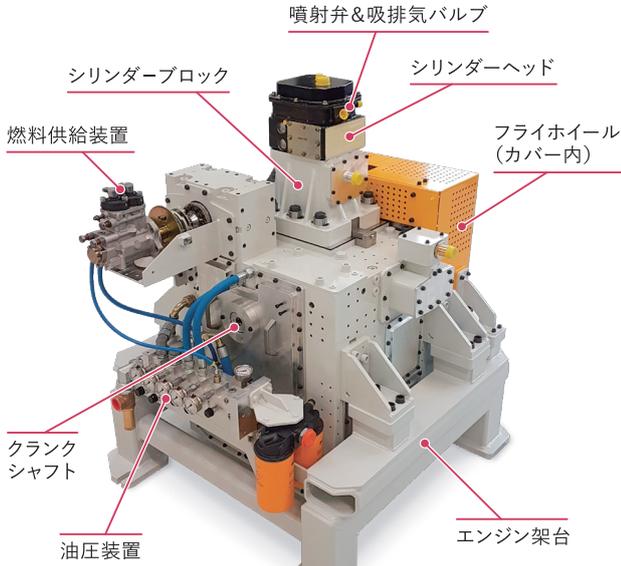


高効率次世代ディーゼルエンジン

High Efficiency New Diesel Engine

第5期

ディーゼルエンジンの熱効率改善 超高筒内圧エンジン(単気筒エンジン)



大型車クラスにおいては、今後もディーゼルエンジンの採用が見込まれるため、ディーゼルエンジンの燃費および排出ガスの改善は引き続き重要です。

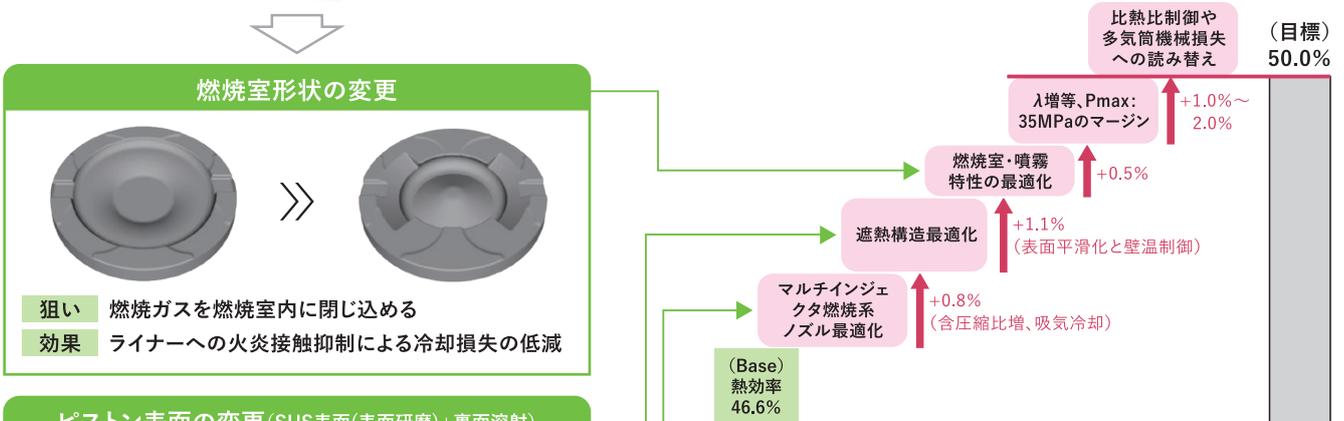
第三期までに確認した大型車用エンジンの熱効率は、46.6%でした。そこで第四期では、熱効率50%達成を目標として、熱損失最小化及び熱効率最大化を図ったエンジンの試作・検証等を行い、その達成に必要な技術的要件を明確化することに取り組みました。

熱効率50%超を実現するために、世界でも類を見ない高い最高筒内圧(35MPa)を実現した単気筒エンジンに、次世代燃焼制御の技術要件を組み合わせ、その効果を検証しました。併せて、エンジン運転時の各種熱損失を詳細に解明するため、運転時の燃焼現象が詳細に把握できる新たな計測・解析手法を開発しました。

燃焼室形状の変更、ピストン表面構造の変更、燃料ノズル諸元の変更などを組み合わせ、それらを最適化することで、目標とした熱効率50%を確認することができました。

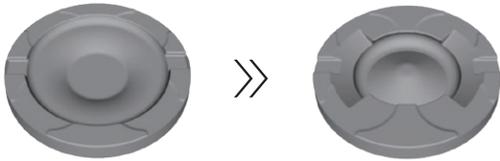
第4期

熱効率改善に向けた技術アイテム



第3期

燃焼室形状の変更



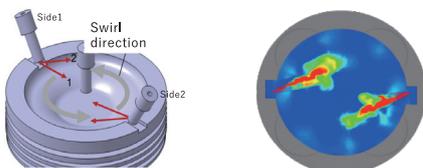
- 狙い 燃焼ガスを燃焼室内に閉じ込める
- 効果 ライナーへの火炎接触抑制による冷却損失の低減

ピストン表面の変更(SUS表面(表面研磨)+裏面溶射)



- 狙い 筒内のピストン表面粗度を大幅に低減
- 効果 遮熱効果もあり熱損失が低減し、熱効率が改善

燃料噴射ノズルの最適化(マルチインジェクタ)

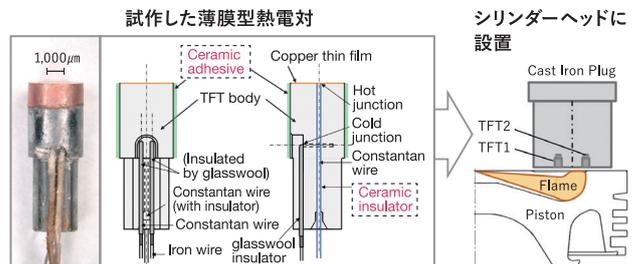


- 狙い 火炎の空間配置に配慮した空気流動と噴霧特性
- 効果 空気利用率の増加による熱損失と熱効率の同時改善

[Base 条件] 空気過剰率 λ : 2.5
 回転数 N_e : 1000rpm 過給圧 P_{in} : 325kPa(gage) 幾何圧縮比 ϵ_{geo} : 22:1
 噴射量 Q : 240mm³/st 最大筒内圧 P_{max} : 30MPa 有効圧縮比 ϵ_c : 16
 噴射圧 P_{cr} : 200MPa 吸入空気温度 T_{in} : 20°C 有効膨張比 ϵ_{ex} : 22

新たな計測・解析手法

熱損失がどのタイミングで、どこで顕著に生じているかを系統的に調べるために、局所瞬時の表面温度及び熱流束の計測が必要でした。そこで、「薄膜型熱電対(Thin Film Thermocouple: TFT)」を新たに開発しました。



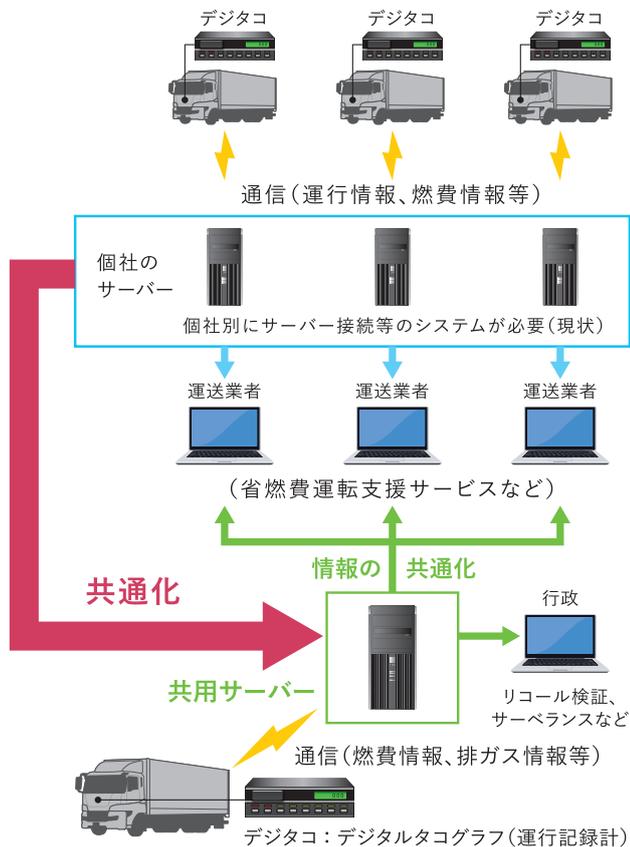
第1-2期



実走行時の燃費向上・排出ガス対策

Improvement of Fuel Economy and Emissions during real Driving

テレマティクス技術を用いた 実走行時の燃費向上・排出ガス対策 (構想図)

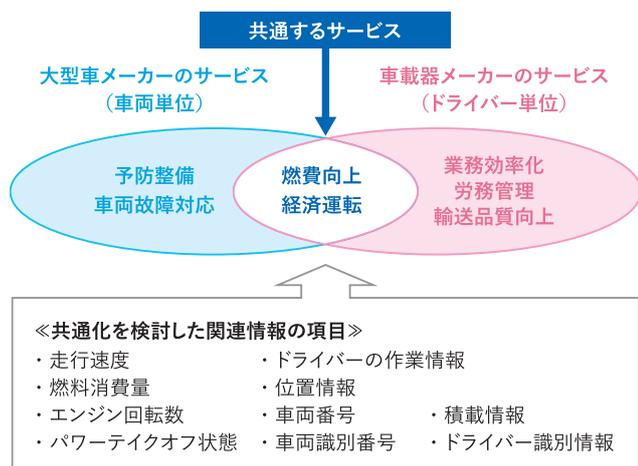


共用サーバー構築に向けて

省燃費運転を広く普及させ、CO₂のさらなる削減を図ることを目指し、省燃費運転支援サービス等の情報の共有化に取り組みました。

<取り組み項目>

- 省燃費運転促進技術の普及を目的とした関連情報の共有化
- テレマティクス技術を用いた通信データの管理・運用ルール



大型車の実走行時の燃費向上・排出ガス対策に取り組んでいます。近年は、省燃費意識の高まりもあり、省燃費運転支援サービスが民間主導で一定程度普及しています。具体的には、車両の位置情報・走行情報・燃費情報などが運行記録計(デジタコ)に記録され、車両ごとの省エネ運転情報や運行管理情報が運送事業者に提供されています。

一方で、より効果的な省燃費運転等を広く普及させるためには、省燃費運転に関する車両情報等を共通化して、車両メーカーごとに存在するサービスを共通化することが有効と考えます。そこで、テレマティクス(情報通信)技術を活用し、車両の位置情報・走行情報・燃費情報などの取扱い方を共通化する共用サーバーの構築を提案しました。これによって、省燃費運転等の普及だけでなく、車検やリコール検証等の行政施策への活用も考えることができます。

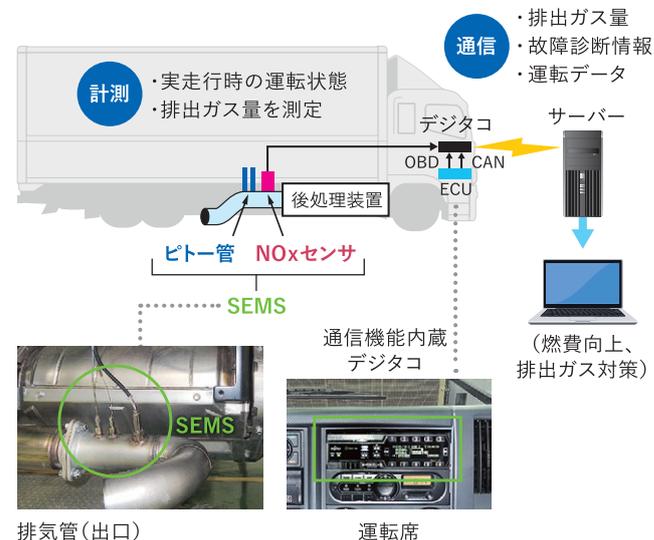
本事業において、その仕組みの構築を進めました。実際に、データの取扱い方を共通化する共用サーバーの構築に向け、車両情報項目の共通化案、テレマティクス技術を用いた通信データの管理・運用ルール等の策定のための検討を行いました。さらに、排出ガス対策として、車両の故障診断技術の高度化を目指し、排出ガス低減機能監視システムを構築しました。

排ガス低減機能監視システムの構築

実走行時に使用過程車の環境性能が維持できているかを遠隔地で把握することを目指し、排出ガス低減機能監視システムの構築に取り組みました。

<システム>

- 排出ガス計測センサを用いた簡易な車載型排出ガス分析装置(SEMS: Sensor-based Portable Emission Measurement System)を車両に搭載
- デジタコとテレマティクス技術と組み合わせ、走行時に得られた情報をサーバーに送信



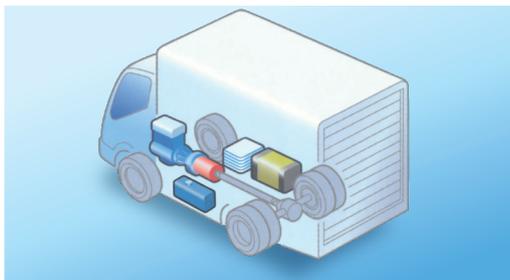


ハイブリッドシステム評価法高度化

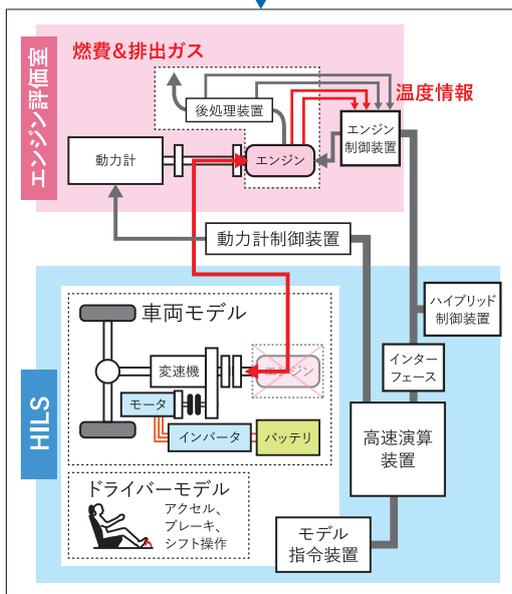
New Evaluation Method for Plug-in Hybrid Vehicle

プラグインハイブリッド大型車 評価装置

(例) プラグインハイブリッドトラック

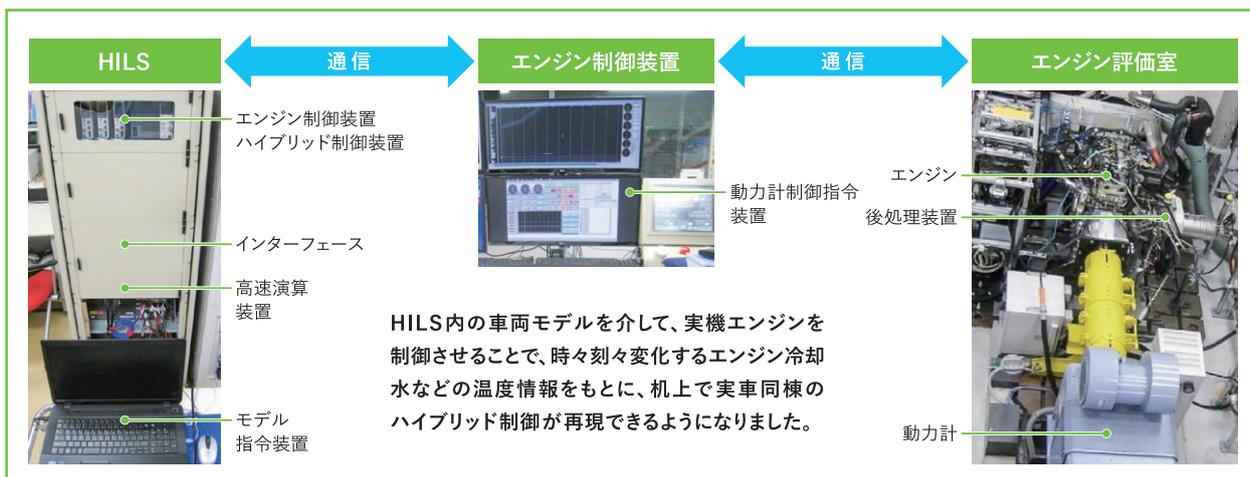


評価手法の整備



拡張HILS装置の構築

試験室内でプラグインハイブリッド車両が走行する状態を再現することができる装置(拡張HILS)を構築しました。



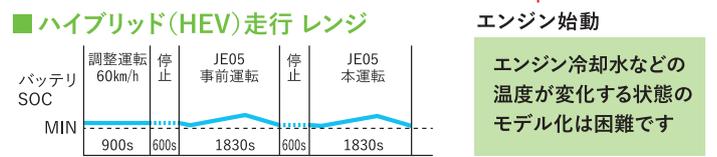
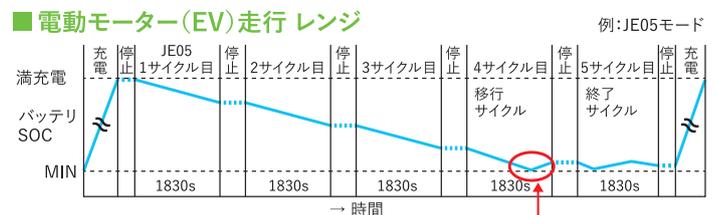
第一期から第三期までに取り組んだ将来電動化技術を搭載したトラックやバスなどの重量車についても、認証時に燃料消費率や排出ガスを正確に評価する必要があります。第四期では、それら車両の評価手法を整備することが狙いです。

重量車は、乗用車と異なり、架装物やエンジン、トランスミッション、変速比、車軸配列、タイヤ仕様など、多種多様な仕様の組合せが存在するため、車両を一台一台試作して評価を行うことは困難です。そこで現状は、車両をシミュレーション上でモデル化し、評価する手法を使っています。例えば、ハイブリッド重量車の評価には、エンジン、電動モーター、バッテリー等のパワートレインが演算装置(HILS:Hardware-In-the-Loop-Simulation)上で、モデル化され扱われています。

プラグインハイブリッド重量車は、電動モーター単独(EV)の走行が可能です。エンジンは冷機状態から使われ始めますが、現在、温度変化を考慮したエンジンのモデル化は困難です。そこで、HILSに組み合わせるエンジンは実機を採用し、HILSと実機エンジンをリアルタイムに制御する装置「拡張HILS」を新たに構築しました。この装置を用いることで、プラグインハイブリッド重量車を高精度に評価することが可能となりました。

プラグインハイブリッド重量車の評価の課題

- バッテリー容量：大 → 電動モーター単独(EV)走行
- バッテリー容量：小 → ハイブリッド(HEV)走行





プラグインハイブリッド (PHEV) トラック

Plug-in Hybrid Electric Vehicle

外部の電源から充電された電気を使ったEV走行を主としたハイブリッドトラック



プラグインハイブリッド車 (PHEV : Plug-in Hybrid Electric Vehicle) は、電気動力と内燃エンジン両方を装備する車両です。開発したPHEVトラックは、エンジンを非常用として有するもので、通常は電気自動車として走行します。このPHEVトラックは、バッテリーの残量がなくなっても、非常用エンジンを搭載しておりますので、走行することが可能です。開発したPHEVトラックは、ゴミ収集車として使用を想定したものです。実用性の検証については、実際のゴミ収集事業で実証運行試験を実施し、問

題なく走行することができました。

このPHEVトラックは通常のゴミ収集車に比べて二酸化炭素を約4割削減することを目標として試作しました。実証運行試験では約4割の二酸化炭素削減、様々な走行パターンによるシャシベースの試験により、4~5割の二酸化炭素削減を達成できることが明らかになりました。CO₂低減に向け、今後このような用途へのPHEVトラック普及が期待されます。



電動 (EV) 路線バス

Electric Heavy-Duty Route Bus

大電力充電器および高電圧バッテリーシステムにより充電時間の大幅な短縮を目指す



都市内路線バスを電動化する場合、運行のスケジュールに対応するために充電時間を短くする必要がありますが、既存の電気自動車用充電器は乗用車用であり、電力が低く充電時間を短縮するのが難しいという課題がありました。本開発プロジェクトでは市街地での運行を想定した30km相

当の運行に必要な電力の充電を、従来の半分に短縮することを目標として、電力を増大した充電システムやEV (Electric Vehicle) システムを開発し充電時間の短縮を実現しました。これは運送事業者が電動路線バスを採用しやすくする成果といえます。



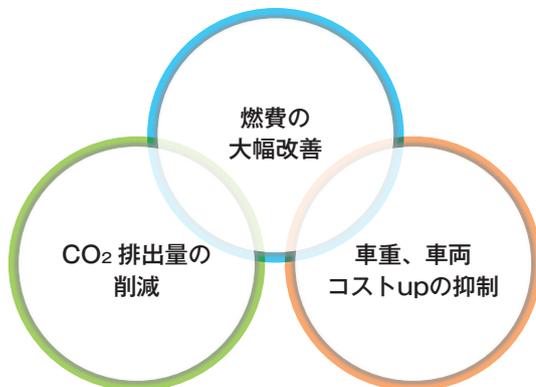
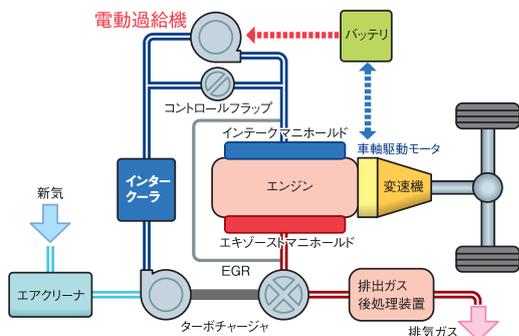
高効率ハイブリッド (HEV) トラック

High-Efficient Hybrid Electric Vehicle

低燃費化を目指した長距離貨物ハイブリッドトラック

高効率ハイブリッドシステム

2段階過給(電動過給機+ターボチャージャー)付ディーゼルエンジンと、車軸駆動モータ、バッテリーから構成されるハイブリッドシステム(パラレル方式)です。



都市間を移動する長距離貨物トラックに高効率ハイブリッド(HEV)システムを採用し、運輸部門からの二酸化炭素排出量を大幅に削減することを狙いとしました。

長距離貨物トラックに大幅に小排気量化したエンジンを搭載し、高速走行時の登坂や追越し走行等で過大なトルクが必要となった際には、車軸駆動モータより回生したエネルギーを利用して、小電力で稼働する電動過給機を使用しエンジントルクを増大させます。一方、発進・停止頻度の多い市街地走行において

は、車軸駆動モータを駆動にも積極的に使用し、走行トルクをアシストします。

このようなシステムは従来の燃費評価法では評価ができなかったため、新たな評価システムを構築しました。

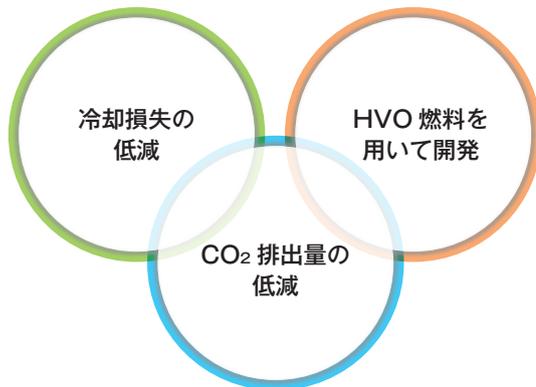
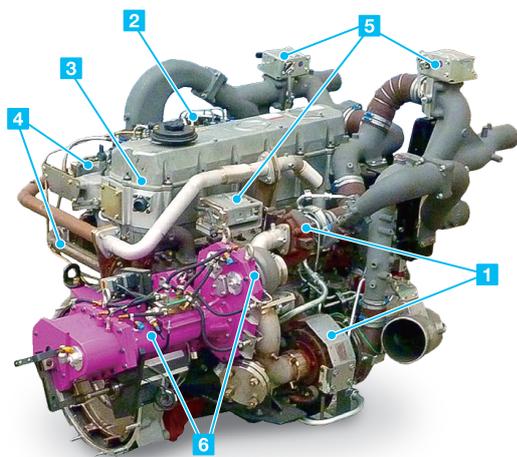
この高効率ハイブリッドシステムを搭載した大型貨物トラックの燃費評価を実施した結果、大きなバッテリー等を必要とする従来のハイブリッドトラックよりも軽量化でき、高速走行時に最大17%程度の燃費改善が可能となりました。



次世代(バイオ)ディーゼルエンジン

Next Generation Bio-Diesel Engine

次世代バイオ燃料と新技术を組み合わせることで抜本的なCO₂ 低減を実現(H23~24)



- 1 低圧段VG+高圧段VGターボチャージャー
- 2 電子制御式超高压(~2700気圧)燃料噴射装置
- 3 電子制御油圧駆動式可変バルブタイミング機構
- 4 ハイプレッシャーEGRクーラー+EGRバルブ
- 5 吸排気バイパスバルブ(2段シリーズ/シーケンシャルの過給方式の切り換え)
- 6 排熱回生用ターボコンパウンドシステム

次世代バイオディーゼルエンジンでは、スーパークリーンディーゼル(SCD)エンジン(15ページ参照)で実現した世界トップレベルの低排出ガス性能を受け継いで、更に燃費を10%低減(平成27年度重量車燃費基準値から)を目指しました。このため、実用化が期待される多くの新技术を盛り込み、それらの適合や評価を行いました。そこからさらに多くのCO₂(二酸化炭素)削減を図るため、次世代バイオ燃料として注目されている水素化バイオ(HVO)燃料を用い、開発したエンジンでその実用性を確認しました。



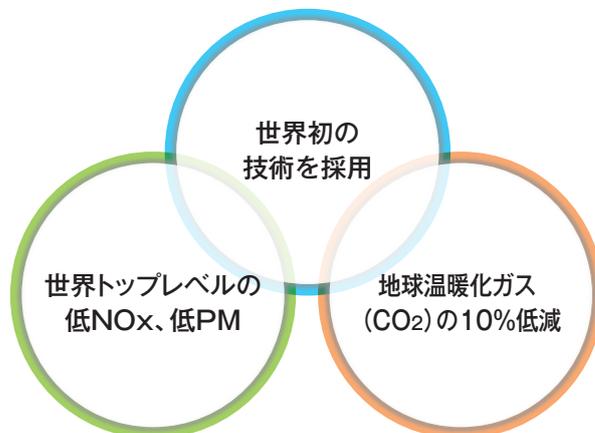
スーパークリーンディーゼルエンジン

Super Clean Diesel

軽油を用いたディーゼルエンジンで究極の高効率と低環境負荷の両立を目指す



スーパークリーンディーゼル(SCD)エンジンでは、超高压過給機など各種最新技術を盛り込み、平成19年度までに世界トップレベルの低排出ガス性能を達成しました。例えば窒素酸化物排出については、認証試験モード中における平均濃度が5ppm以下です。一酸化窒素の作業環境における基準が25ppm以下であることを考えると、SCDエンジンの排出ガスはもはや無害に近いというこ



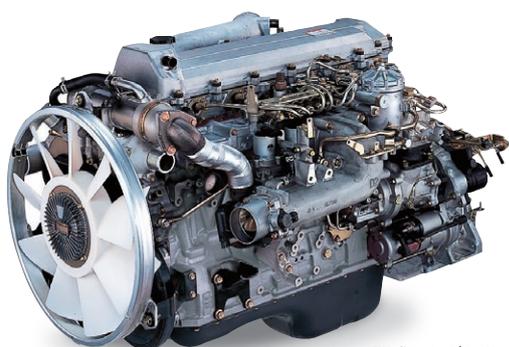
とができます。平成21年度以降は、2段過給機やターボコンパウンドを用いた排熱回生機構の導入、および噴射圧力のさらなる高圧化などを行い、燃費についても世界トップレベルを達成しました。現在では、実用エンジンの性能向上が顕著で、以前ほど「スーパー」とはいえなくなりましたが、逆にSCDエンジンのコンセプトが実用エンジンに生かされた結果ともいえます。



水素エンジン

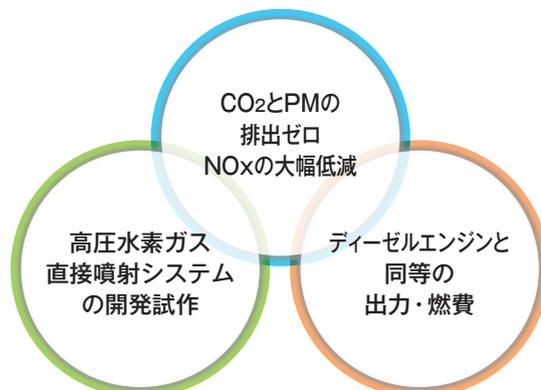
Hydrogen Engine

水素を燃料とするCO₂排出ゼロのエンジン



開発エンジンのイメージ

将来の水素社会に向けた取り組みの一つとして水素を燃料とする内燃機関(水素エンジン)の開発があげられます。水素エンジンではCO₂の排出がゼロで、PMもほとんど排出されません。NO_xについては燃焼制御や後処理による大幅低減、また、水素燃料の供給方法や燃料の最適化によりディーゼルエンジン並みの出力・燃費性能が見込まれます。自動車のCO₂削減と環境対策を両立できるエンジンとして期待されています。



本開発プロジェクトでは、ディーゼルエンジン並みの出力・燃費を確保するため、独自の油圧駆動制御方式により高圧水素ガスをエンジン筒内に直接噴射するインジェクターを開発試作しました。このインジェクターをディーゼルエンジン(4気筒、総排気量4.7リットル、自然給気式)に適用した水素エンジンにおいて出力100kW(自然給気式エンジンでの目標値)を確認しました。



実証運行試験を全国で実施

Overview of Road Demonstration Tests

公道走行試験及び実際の業務での使用により、環境性能、使い勝手、コスト等のデータを収集し、車両の改良、実用化に向けた課題の把握に役立てています。

DMEトラック

運送会社による実証運行試験
(新潟地域の貨物輸送)



DMEトラック

運送会社による実証運行試験
(関東地域の貨物輸送)



CNGトラック

実際の運送業務に使用
(東京～大阪間)

北九州

大阪

愛知

新潟

東京



FTDバス(既存車両)

東京都心での営業路線バス
(ハイブリッドバス)



LNGトラック

1充填1000kmチャレンジ
走行試験(東京～北九州間)



FTDトラック(既存車両)

実際の業務に使用
(愛知県等で車載トラックとして走行)



IPSハイブリッドバス

東京都での営業運行等



非接触給電(IPS)ハイブリッドバス

Inductive Power Supply Hybrid

非接触外部電力供給装置(IPS)を搭載し、電気自動車走行も可能なハイブリッドバス



エンジンとモータ
2系統の動力

非接触外部電力
供給システムの搭載

CO₂の
大幅削減

平成14～16年度の事業でシリーズ式、パラレル式ハイブリッドシステムによるバスおよびトラックを開発、試験を行い、以下の結論を得ました。

1	パラレルハイブリッドシステムによって、大幅なCO ₂ 削減、排出ガス低減が可能
2	エンジンとモータ、2系統の動力を併用できるため、多様な走行形態に対応可能
3	非接触外部電力供給システム(IPS)との組み合わせにより、効率的な電気自動車走行が可能

平成17年度からの事業では、これを踏まえ、開発してきた要素技術を活用して非接触給電ハイブリッドバスを試作し、更に平成19年度からは、この方式による新型バスの開発と様々な場面での営業運行による実証モデル事業を進めました。



液化天然ガス (LNG) トラック

Liquefied Natural Gas

長距離走行を可能とする液化天然ガス (LNG) トラック



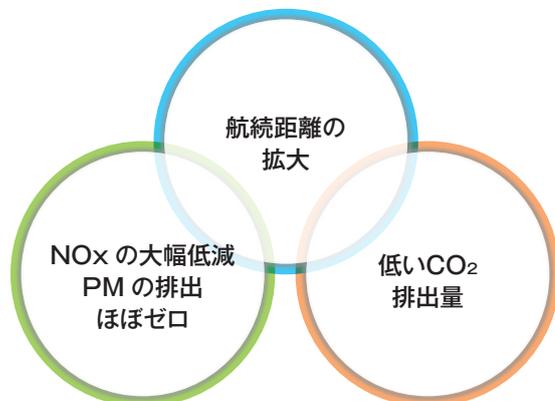
大型液化天然ガス (LNG, Liquefied Natural Gas) 自動車は、液化された天然ガスを燃料としています。気体の天然ガスに比べエネルギー密度が約3倍あることから、同一容量であれば一充填で約3倍の航続距離が可能となります。ディーゼル車と同等の航続距離を達成するために新たな液化天然ガス燃料供給装置と車両を開発・試作しました。

大型LNG自動車は、大型CNG自動車と同様に粒子状物質を排出しないクリーンな自動車であるとともに、天然ガスが世界各地

で豊富に産出されることから、エネルギーセキュリティの観点からも優れた自動車です。

開発試作した大型LNGトラックは、航続距離が1,000km以上あり、CO₂排出量では大型ディーゼル車と同等以上の優れた特性を持っています。

この大型LNGトラックを用いて、一充填で1,000km以上走行するチャレンジ走行を行いました。



圧縮天然ガス (CNG) トラック

Compressed Natural Gas

メタンを主成分とする圧縮天然ガス (CNG) を燃料とした自動車



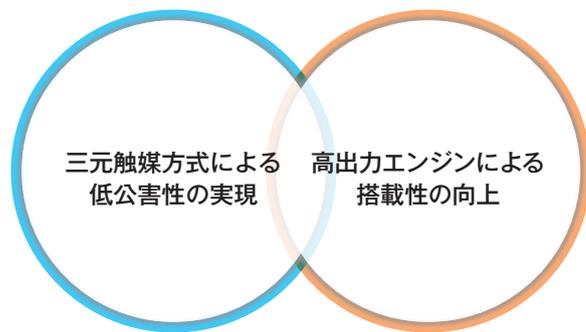
圧縮天然ガストラック (CNG, Compressed Natural Gas) 自動車は、圧縮された天然ガスを燃料としています。CNG自動車は、粒子状物質を排出しないクリーンな自動車であるとともに、天然ガスが世界各地で豊富に産出されることから、エネルギーセキュリティの観点からも優れた自動車です。

CNG自動車で大トラックに使用できる高出力エンジンが開発されていなかったため、本プロジェクトでは、最高出力235kW (320PS)以上の高出力エンジンでかつ排出ガス・

PMが大幅に低減した車両総重量25tクラスの大型CNGトラックを開発試作しました。

開発試作した大型CNGトラックは、東京・大阪間を1充填で走行可能であり、大都市間の輸送等に有効でCO₂排出量では大型ディーゼル車と同等以上の優れた特性を持っています。

大型CNGトラックの実用化に向けて、運送事業者の協力を得て、東京・大阪間で実際の荷物を輸送する実証走行試験を行いました。





ジメチルエーテル (DME) トラック

Di-Methyl Ether

第5期

ジメチルエーテル(DME)を燃料とする自動車



大型DMEトラック



小型DMEトラック



道路清掃用散水車

DMEトラックは、ジメチルエーテル(DME, Di-Methyl Ether)を燃料とするトラックです。DMEは石油代替燃料として、天然ガス、石炭、バイオマス等の多様なエネルギー資源からガス化合成される燃料です。圧縮着火が可能であること、液体燃料(常温では0.5MPa程度の低い圧力で液化)であり車両搭載や燃料充填が容易であること、硫黄分が含まれていないことやPM(微粒子)の発



生がないこと等から、DPFが不要なディーゼル代替のクリーンな燃料として期待されています。

本事業では、DME燃焼の高効率性(ディーゼルサイクル運転が可能)を活かしつつ、排出ガスの大幅低減を図ることにより長距離・高速輸送用の大型トラックをはじめとして、道路清掃用散水車、都市内配送用の小型トラックなどを開発しました。

試作したDMEトラックを用いて、平成21年度より、新潟及び関東で実証運行モデル事業を実施しました。

第4期



合成燃料(FTD)トラック

Fischer-Tropsch Diesel

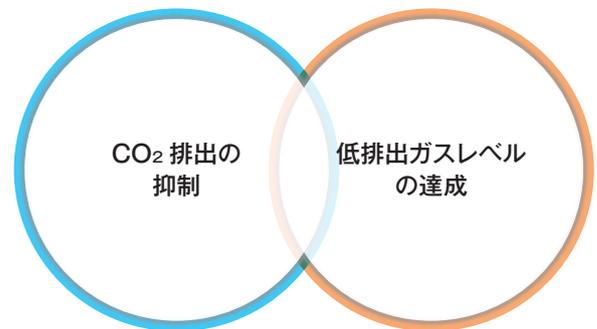
合成燃料(FTD)専用自動車

第3期



開発車両イメージ

FTD(Fischer-Tropsch Diesel)燃料は合成ガスから製造される合成燃料です。天然ガスから合成されるGTL(Gas to Liquid)、BTL(Biomass to Liquid)等が検討されています。FTD燃料は、現在広く使用されている軽油と比較してPMが低いなどの利点があります。本プロジェクトでは、FTD燃料のニー



ト(100%)使用を前提として、この特徴を生かした専用エンジンを搭載したトラックを開発試作し、CO₂排出を抑制しつつ非常に低い排出ガスレベルを達成しました。

さらに、燃料の実用性の確認については、路線バスによる実証試験を行いました。

第1-2期



国土交通省 物流・自動車局車両基準・国際課

〒100-8918

東京都千代田区霞が関 2-1-3 中央合同庁舎 3 号館

TEL. 03-5253-8111 (代表)

FAX. 03-5253-1639

<http://www.mlit.go.jp>



交通安全環境研究所

National Traffic Safety and Environment Laboratory

〒182-0012

東京都調布市深大寺東町 7-42-27

TEL. 0422-41-3220 (環境研究部)

FAX. 0422-76-8604

<http://www.ntsel.go.jp>