

大切な地球環境を守るため 「次世代低公害車開発・実用化促進プロジェクト」

概要とねらい

次世代低公害車開発促進事業（第1期）

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策定する事業。

事業期間：平成14年度～16年度
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

- 実用化・普及を促進するためには、試作車の実証公道走行試験を行い、技術基準等の一層の整備が必要。
- 将来有望な新たな次世代低公害技術の出現。

実用化に近い
次世代低公害車

新たな次世代
低公害車

次世代低公害車開発・実用化促進事業（第2期）

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（ジメチルエーテル自動車、次世代ハイブリッド自動車、スーパークリーンディーゼル自動車等）について、その大量普及を促進するため、公道走行試験等を通じて、走行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）を策定。

実証モデル事業の実施

実際の事業に使えるレベルまで車両を改良できるよう、
試作車を実際の運送事業、バス事業に使用して実用性に関するデータを収集。

プロジェクトの全体像





次世代低公害車の概要

ジメチルエーテル(DME)トラック



ジメチルエーテル(DME)は低い圧力で液化し燃料容器に充填できるため自動車用燃料に適しています。また、圧縮着火が可能であることからディーゼルエンジン並みの低燃費運転が行え、PMがほぼゼロという利点があります。排出ガス再循環(EGR)やNOx触媒によりNOxの大幅な低減が図れるため、低公害化の難しい長距離・高速輸送用大型トラックを中心に導入・普及が期待されています。

IPSハイブリッドバス



大型のバスを電力で走行させるためには、容易かつ安全に充電を行う方法の開発が必要です。このIPSハイブリッドバスでは、非接触外部電力供給装置(IPS: Inductive Power Supply System)を、ハイブリッドバスと組み合わせることにより、内燃機関とモータによるハイブリッド走行のみではなく、外部電力を利用した電気自動車走行可能な距離を大幅に伸ばすことができ、優れた低燃費性と低排出ガス性能を実現します。

FTD(フィッシャー・トロップシヨ・ディーゼル)トラック



FTD燃料は天然ガス、バイオマス等を原料とする合成燃料です。FTD燃料のノート(100%)使用前提で、燃料の特徴をいかした低公害ディーゼル車を試作しました。また、路線バスによる実証試験も行いました。

スーパークリーンディーゼルエンジン



スーパークリーンディーゼルエンジンは、通常の軽油を使うことを前提に、過給機などの吸排気系統、燃料噴射系、排気後処理装置などに最新技術を盛り込むと同時に、高度なEGR制御などを組み合わせ世界トップレベルの低環境負荷性能を実現しました。

次世代低公害車の開発目標値/達成値

実証試験車両		大型DMEトラック	IPSハイブリッドバス	FTDトラック	スーパークリーンディーゼルエンジン
開発目標値	排気性能				
	NOx	2009年規制値の1/3以下 (2005年規制値の1/10以下)	2009年規制値の1/3以下 (2005年規制値の1/10以下)	2009年規制値以下、さらに 2009年規制値の1/3を目指す	2009年規制値の1/3以下 (2005年規制値の1/10以下)
	PM	ほぼゼロ	2009年規制値の1/3以下 (2005年規制値の1/10以下)	2009年規制値以下	2009年規制値以下
	燃費	ベースのディーゼルエンジンと同等(燃料発熱量ベース)	従来車の2倍	現行のディーゼル車以上	4.5km/l(参考:同クラスの 2015年燃費目標基準値4.04km/l)
開発達成値		JE05エンジンベース試験にて NOx:0.11g/kWh PM:0.001g/kWh 燃費:ベースのディーゼルエンジンと同等	実証試験にて 従来率比 発生CO ₂ :60%, NOx:99%減 (EV走行時, 発電時発生分を含む)	JE05シャシベース試験にて NOx:0.47 g/kWh PM:0.01g/kWh以下 CO ₂ :ベース車両比約5%減	JE05エンジンベース試験にて NOx:0.2g/kWh PM:0.01g/kWh 燃費:現行車と同等レベル
実証走行実績		公道走行試験距離3.3万km (高速道、一般道)	16日間営業運行を実施	ハイブリッドバス(2台)にて 営業路線を1年間走行	—

LNG(液化天然ガス)トラック



大気環境の大幅改善及びCO₂排出削減だけでなくCNGトラックの航続距離が短い課題の解決策として新たなLNG燃料供給システムを搭載したLNG自動車です。

CNG(天然ガス)トラック



CNG自動車はPM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は世界各地で豊富に採れることから、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。ターボチャージャーの採用により高出力化を図るとともに、三元触媒により排出ガスのさらなる低減を実現しました。

水素エンジン



水素を燃料とする内燃機関(水素エンジン)ではCO₂とPMの排出がほぼゼロで、排出ガス再循環(EGR)やNOx低減触媒にも適しているためNOxの大幅低減が期待されています。また、高圧水素直接噴射燃焼方式による高出力・低燃費特性も見込まれ、地球温暖化・環境対策にも優れた次世代低公害車用エンジンとして有望視されています。

次世代低公害車の開発目標値/達成値

開発車両		LNGトラック	CNGトラック	水素エンジン
開発目標値	排気性能			
	NOx	2009年規制値の1/3以下 (2005年規制値の1/10以下)	2009年規制値の1/3以下 (2005年規制値の1/10以下)	2009年規制値の2/3以下 (2005年規制値の1/4以下)
	PM	2009年規制値の1/3以下 (2005年規制値の1/10以下)	ほぼゼロ (2009年規制値以下)	ほぼゼロ
	燃費	CO ₂ 排出率でディーゼルエンジン以下	CO ₂ 排出率でディーゼルエンジン以下	現行のディーゼル車並み(燃料発熱量ベース)
開発達成値		JE05シャシベース試験にて 排出ガスは、CNGトラックと同等	JE05シャシベース試験にて NOx:0.161g/kWh, PM:0.002g/kWh CO ₂ 排出率で693g/kWh	JE05エンジンベース試験にて NOx:0.08g/kWh程度 PM:0.007g/kWh程度
実証走行実績		一充填で1000km以上の公道走行試験達成	総走行距離約30万km(高速道、一般道)	—



● 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



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CO₂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ています。

● 実証走行試験

羽田空港(H20/2/15～29)、洞爺湖(H20/7/2～10)、上高地(H20/10/15～17)、東京都(H21/4/13～27)、横浜(H21/6/6～7)にて実施



東京都内での運行(東京都交通局のバスとして営業運行)

エンジン諸元表

[モータ]

永久磁石型同期電動機	
最大定格出力	180kW
最大定格トルク	859N・m
最高回転数	2600rpm

[エンジン]

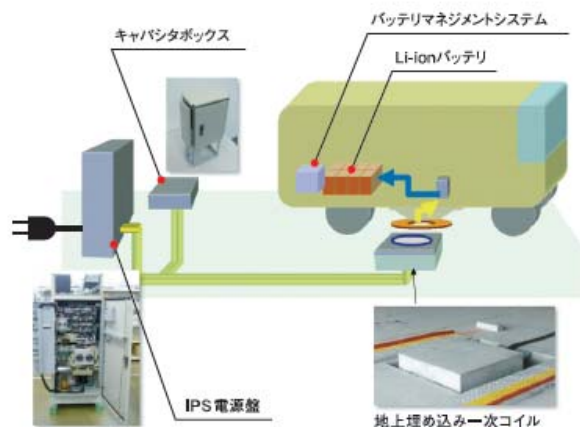
排気量	4728cc
最高出力	126kW
最大トルク	490N・m
最高回転数	2600rpm

車両諸元表

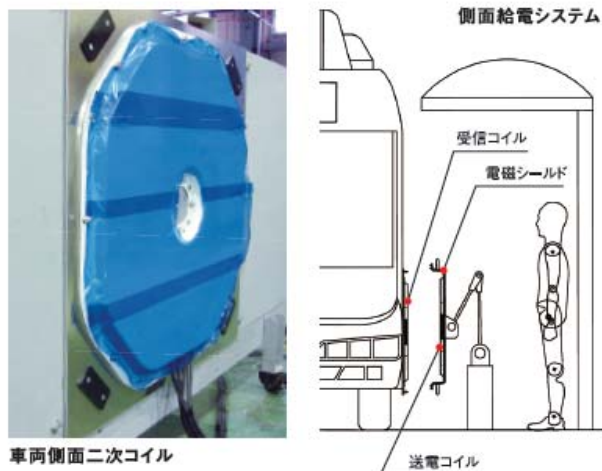
車両	ベース車量	ハイブリッドノンステップ路線バス
	定員	70名
	総重量	15.6t
燃料	エンジン	軽油
	電源供給	電気・IPSシステム搭載 リチウムイオン電池搭載
駆動	方式	ディーゼル-電気パラレルハイブリッド方式 一部区間ではモータのみで走行

● 非接触外部電力供給装置(IPS)

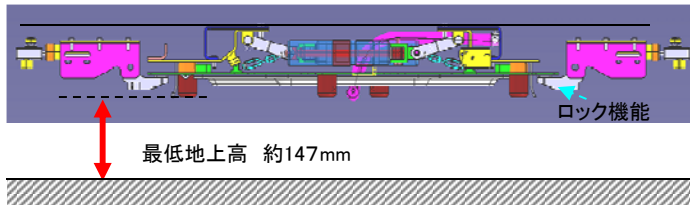
地下埋設型IPS装置の概要



開発中の側面給電型大型IPS装置



IPS車両昇降装置改良による給電作業時間の大幅短縮



新設計 ・油圧シリンダ位置の見直し
 ・リンク機構の最適化

所要時間(sec)		改修前	改修後
給電前	コイル下降時間	5	5
	車高調動作時間	5	0
	小計	10	5
給電後	コイル上昇時間	4	4
	車高調動作時間	90 (5) ^{(*)1}	0
	小計	94 (9) ^{(*)1}	4
合計		104 (19) ^{(*)1}	9

^{(*)1} エアコンレクタ動作時間 (安全確認、含む。かつこはエアコンレクタ動作時間含まず。計測準備等を含まず)

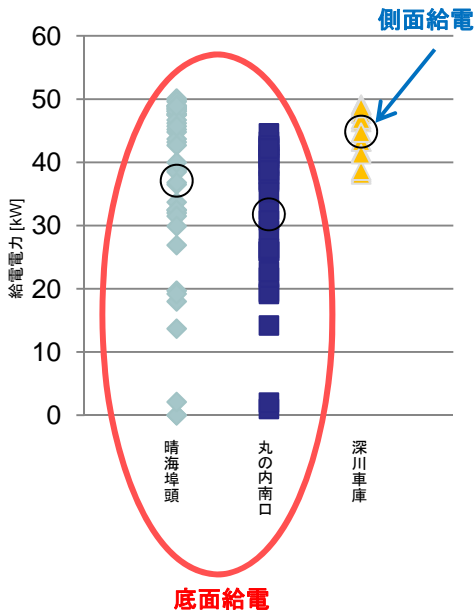
H23年度、東京都交通局による営業運行

地下埋設型IPS装置と側面給電型装置, 双方を活用した実証走行試験実施



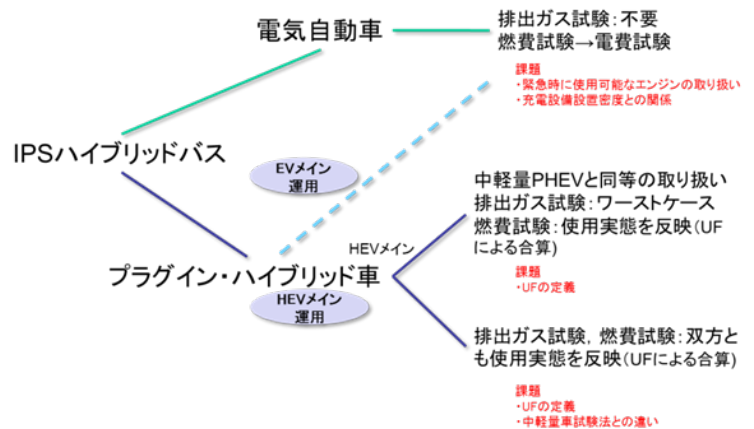
IPS装置に対する技術課題

実運用時の給電効率のばらつき



H22年度「電動バス運行に関する実証実験等による調査」
 東京都実証実験結果より

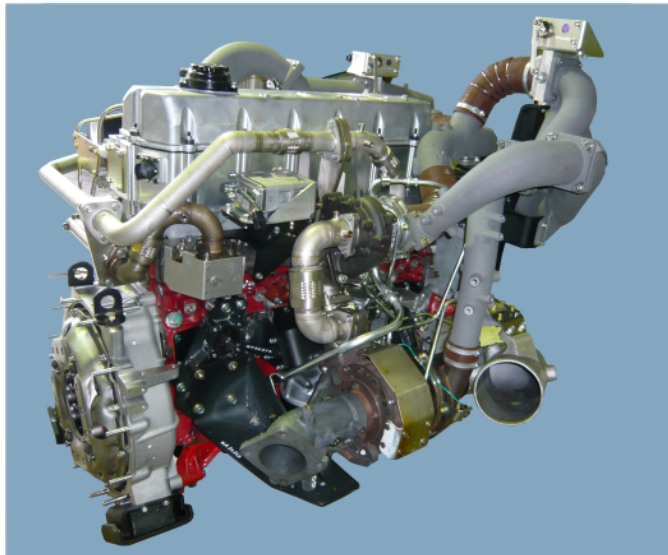
外部充電型ハイブリッド大型車両の燃費, 排出ガス評価基準の検討



外部給電式ハイブリッドバス排出ガス・燃費試験法および, 大型車両用非接触給電装置ガイドライン検討を開始。



● 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、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えます。平成21年度以降は、2段過給機やターボコンバウンドを用いた排熱回収機構の導入、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目指しています

地球温暖化ガス(CO₂)の10%低減

世界トップレベルの低NO_x、低PM

世界初の技術を採用

エンジン諸元表

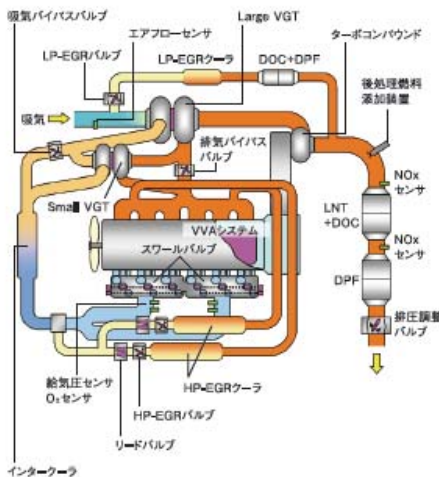
配置・気筒数	直列・6気筒
排気量	10.52L
ボア	∅122mm
ストローク	150mm
最大トルク	トルク 1,842Nm (188kgm)
機関速度	1,400rpm
最高出力	出力 298kW (405PS)
	機関速度 2,000rpm

- 1 2段シーケンシャルターボチャージャー
- 2 電子制御超高压燃料噴射装置
- 3 電子制御可変バルブタイミング機構
- 4 超高効率EGRクーラー
- 5 高圧、低圧EGR併用による多量EGR
- 6 電子制御可変スワール機構
- 7 電子制御吸入空気量コントロール
- 8 高効率排気後処理装置
- 9 排熱回収用ターボコンバウンドシステム

これらを最適に制御することで、超低排出ガス、低燃費を実現しています。

● 2段シーケンシャルターボを中心とした高性能化

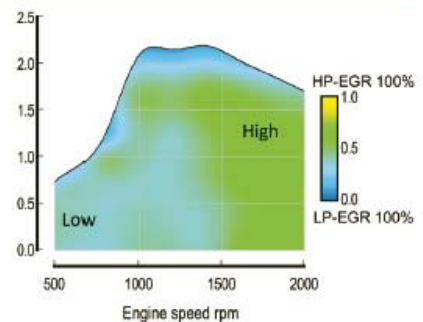
新開発の超高過給ターボチャージャー(2段シーケンシャルターボ)により、現状のターボチャージャー比で1.5~2倍の過給を行っています。



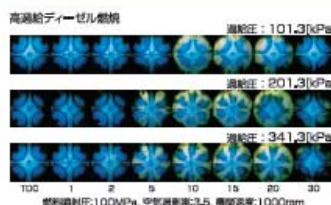
● 超低NO_xを可能とする高精度EGR制御

EGR(排気再循環)はNO_xの低減に非常に有効ですが、多量に行くと空気量が減少し性能が悪化します。その対策として、高過給のターボチャージャーを併用して多くの空気を導入し、低NO_xと高性能を両立させています。

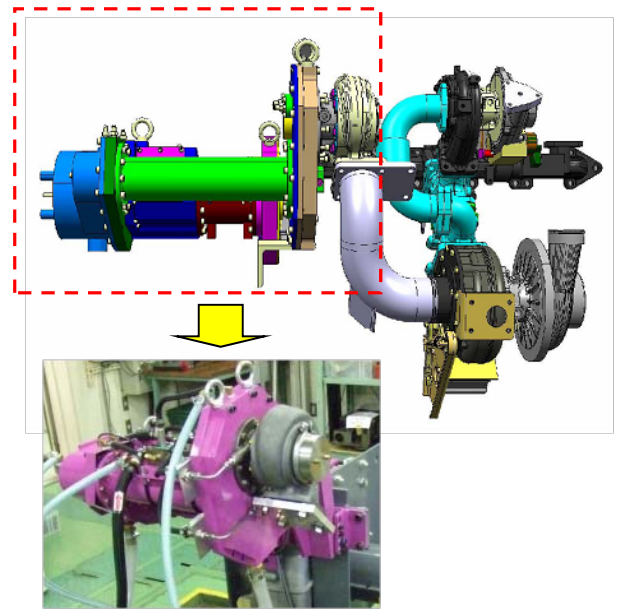
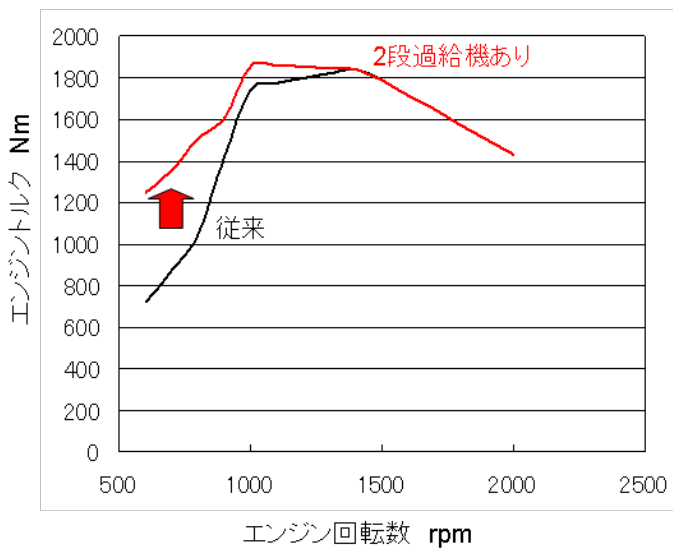
EGRとして、ターボ内側の高圧部分(HP)で行うものと、その外側の低圧部分(LP)で行うものの2系統を実施可能とし、特性や効果の違いを勘案して運転領域ごとに使い分けをすることにより(右図)、最大限のNO_x低減を実現しています。



● 高過給ディーゼル燃焼



高過給にすると着火が早くなるため、燃焼が活発になります。また、噴射が高圧になるため、混合が促進されます。これらにより燃焼がクリーンになります。



2段シーケンシャル過給機による
低速域トルク向上効果

ターボコンパウンドによる
排熱回生システムの導入

小型過給機を追加して低速エンジン回転における吸気量を増加させることができ、大幅なトルク向上を実現しました。これにより燃費と運転しやすさを同時に改善することができます。

高負荷時など排気エネルギーの大きい運転が行われる場合にさらにエネルギー回生のタービンを駆動し、出力をアシストします。

SCDエンジン技術の波及効果

SCDエンジンは、H14年より高過給・多量EGRのコンセプトを中心に高性能化を進めてきました。ポスト新長期規制適合エンジンの性能をみると、下表のようにSCDエンジンが当初達成した水準に近づいています。

現実に先がけた研究開発コンセプトで、全体の技術革新を促したと考えています。

	SCDエンジン(H16年度末)	'09年(ポスト新長期)規制適合レベルの実用エンジンにおける状況
過給圧力	3~4bar	約3bar
燃料噴射(コモンレール)圧力	200~230MPa	200~210MPa
EGRライン	2系統クールドEGR	新長期規制適合の一部から2系統クールドEGRを採用
排気量と出力(ダウンサイジング関連)	10.5Lで298kW	10.8Lで302kW
NOx排出率	0.2g/kWh	0.7g/kWh

H19年度に導入した低圧EGR、H21年度に導入した2段シーケンシャル過給機や排熱回生デバイスなどは、今後2015年燃費基準や、2016年排出ガス規制適合に向けて導入されていくことになるでしょう。



●メタンを主成分とする圧縮天然ガス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自動車で大形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しています。

エンジン諸元表

配置・気筒数	直列・6気筒
排気量	13.074リットル
圧縮比	12.0
燃料供給方式	吸気管シングルポイント噴射
吸気方式	ターボインタークーラー式
着火方式	火花点火
最高出力	244kW/1900rpm
最大トルク	1487Nm/1000rpm

車両諸元表

車両寸法 (全長・全幅・全高)	12×2.5×3.8m
車両総重量	24,910kg
車両重量	11,200kg
車両重量 (無装なし)	8,350kg
最大積載量	13,600kg
燃料容器	オールコンポジット 複合容器および 薄肉アルミ容器、 873リットル(175Nm ³)
排出ガス 浄化装置	EGR 三元触媒 プロバイガス 還元装置

三元触媒方式による
低公害性の実現高出力エンジンによる
搭載性の向上

●大型CNG自動車の営業実証運行



実証モデル事業では、走行状態の比較のため、ほぼ同じ車両諸元の大型ディーゼル車を併走させました。

●大型CNG自動車の実証運行モデル事業



2007年度から2009年度まで東京と大阪の2大都市間540kmを圧縮天然ガス(CNG)を燃料とする大型トラックを都市内及び都市間の営業用貨物運送車両として使用する「実証運行モデル事業」を実施しました。この事業は天然ガス燃料の供給・充填、車両製作、貨物運送にあたる各事業者が一体となって取り組む大型天然ガストラックの営業走行事業です。本実証運行の成果を実用性の向上や大型CNGトラックの普及に反映します。



● 長距離走行を可能とする液化天然ガストラック



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。

エンジン諸元表

型式	GE13改
種類・形式	4サイクル水冷・SPI式
燃料	LNG
着火方式	火花点火
シリンダー数	L6
内径×行程	136×150
総排気量	13,074cc
圧縮比	12,0
排出ガス浄化方式	EGR+三元触媒
最高出力	244kW / 1,900rpm
最大トルク	1,487N・m / 1,000rpm
バッテリー	195G51
ジェネレータ	24V-160A

車両諸元表

車両寸法 (全長・全幅・全高)	12×2,5×3,4m
ホイールベース	7,2m
トレッド(前・後)	2m・1,8m
シャシー重量 (架装なし)	9,101kg
車両総重量	24,840kg
最大積載量	13,031kg
車両重量	11,699kg

航続距離の
拡大NOxの大幅低減
PMの排出ほぼゼロ低いCO₂
排出量

● LNG自動車構造取扱基準案の策定

LNG充填状況



本プロジェクトの中で、LNG自動車構造取扱基準案が策定され、平成20年4月に構造取扱基準となりました。

● 大型LNG自動車による1充填1,000km走行試験(東京～北九州)

東京→北九州(東名～名神～中国～山陽～九州)



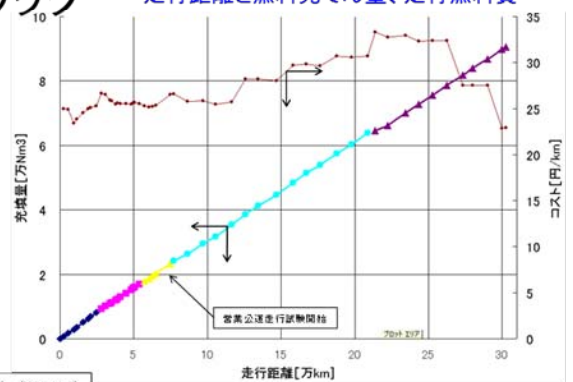
東京～北九州の約1,000km以上を一充填で走行可能であることを実証しました。



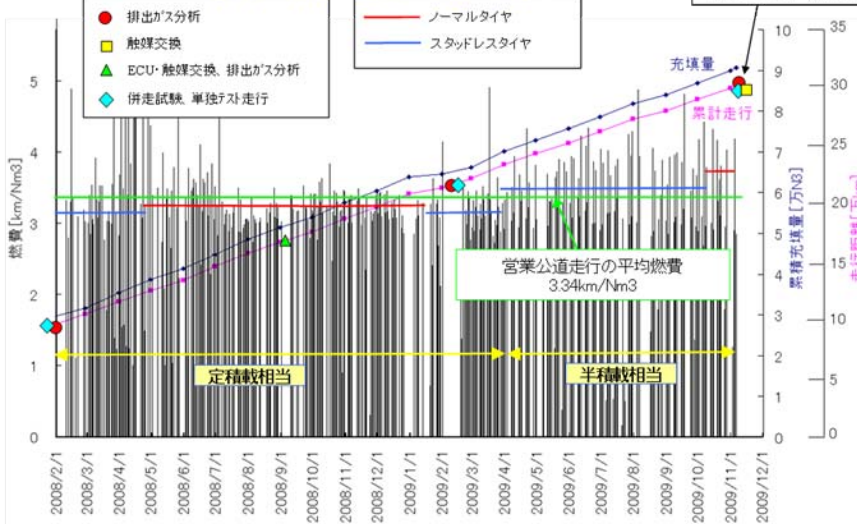
のべ30万km走行



運行期間: H19.10.22~
H21.11.6
ドライバー: 選任1名
運行回数: 延べ180往復
荷物積載状態: 15.5~24t



CNGトラックの走行距離と21年度の主なイベント



※プロットは月平均値。※コスト(円/km)=燃料費(円/Nm³)×燃費(km/Nm³)

得られた成果

- ① 営業公道走行試験を東京-大阪間で実施し、途中無充填で走行可能であることを実証した。
- ② 大型CNGトラックは、一般運送事業者による商用公道試験で23万km、延べ30万kmの走行距離までトラブル無しで達成した。
- ③ 営業公道走行の平均燃費は3.34km³/Nm³であり、排出ガスはCDベースでNOx: 0.5g/kWh以下を達成した。CO2排出率ではディーゼル車とほぼ同等であった。タイヤによる差は、定積載で5%、半積載で8%程度であった。
- ④ 充填時のタンク温度上昇による充填量減少の対策として追い充填が有効であった。
- ⑤ H21/11にエンジントラブルはあったものの、CNGエンジンに適した部品を選択することにより対応可能である。
- ⑥ 更なる燃焼制御の改善およびミッションの最適化により、燃費・排出ガス性能の向上が見込まれる。

大型LNGトラック

天然ガストラック普及シナリオ

LNGトラックの実施項目

- (1) チャレンジ公道走行試験の実施
- (2) 公道走行後の排出ガス性能の検証(問題なし)
- (3) ドライバビリティの検証(静粛性、低速トルク不足はギア比最適化)
- (4) LNG車両の改善情報を整理(LNG充填法等)

普及シナリオの策定

チャレンジ公道走行試験のルート



チャレンジ公道走行試験の様子



①性能については、

大型CNGトラックで東京-大阪を1充填で走行可能であること、大型LNGトラックでは1000km以上走行可能であることを示したことから、技術的には達成できたと考える。

②利便性については、

天然ガススタンドの拡充が最も大きな課題となっているが、数の拡充だけでなく、その分布、スタンドの充填能力の拡充が費用対効果の面で重要と考える。大都市部には一定数のスタンドが展開されつつあることから、その分布と充填能力を中心とし、高速道路沿線に拠点としてのスタンドを配置することが適当である。

③経済性が、最も重要な課題と考える。

車両については、CNG自動車とディーゼル車との差額分を公的補助を実施することは、引き続き必要である。加えて、軽油等の従来燃料に対して、天然ガス燃料をどのように位置づけるかというようなエネルギー政策が重要であり、一定の価格差を与える補助を入れることにより、利用者に経済的な便宜を与える等の燃料価格政策は非常に効果的な促進策と考える。

車両側からは、信頼性・耐久性を除くとほぼ技術的には目標を達成しており、今後は燃料価格を全体としてどうするか等のエネルギー政策が天然ガス自動車の普及に取って重要である。

これからのエネルギー政策の方向性に沿って、次の段階として、車両製作者にとって一定の規模の市場が見込まれる時に、信頼性・耐久性を向上した車両の製作・販売をすると思われることから、政策的に一定の規模のCNG自動車市場を創出する等の案が考えられる。



●ジメチルエーテル(DME)を燃料とする自動車

平成22年度で終了



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)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ています。

黒煙の排出ゼロ
NOxの大幅低減

ディーゼルエンジンと同等の高効率

ディーゼル車なみの実用性

エンジン諸元表(大型DMEトラック)

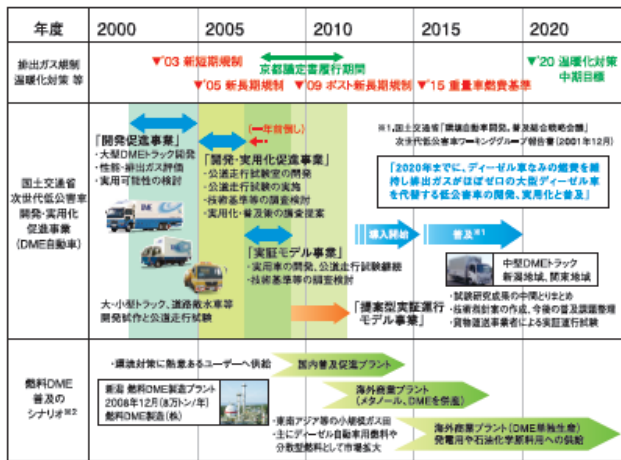
配置・気筒数	直列・6気筒
排気量	6,925リットル
圧縮比	17.5
燃料供給方式	直接噴射式
吸気方式	ターボインタークーラー式
最高出力	199kW / 2700rpm
最大トルク	750Nm / 1100rpm

車両諸元表(大型DMEトラック)

車両寸法(全長・全幅・全高)	12×2.5×3.4m
車両総重量	19,810kg
最大積載量	10,850kg
DME容器	171リットル×2
航続距離	600km以上

●DME自動車の導入・普及を目指して

世界に先駆けて開発されたDMEトラックや道路散水車を用い高速道路や一般道の公道走行試験を実施しました。そこで得られた成果にもとづき、燃料DMEの製造、供給、充填設備の動きもみすえ、2009年度より貨物運送事業者による実証運行試験(営業走行)を開始しました。2020年までに実用化と普及を目指すとした「環境自動車開発・普及総合戦略会議」の提言に沿った取り組みを進めています。



●DME自動車の実証運行モデル事業

平成21年度より新潟及び関東の2地区で、中型DMEトラックを都市内及び都市間の営業用貨物運送車両として使用する「実証運行モデル事業」を実施しています。これは燃料DMEの製造・供給・充填、車両製作、貨物運送にあたる各事業者と地方公共団体が一体となって取り組む世界初のDMEトラックの営業走行です。実証運行を通じて更なる実用性の向上や技術指針の改良等を行う予定です。



※2: DME燃料の普及に向けた議論(一般社団法人DME普及促進センター)

実証運行試験用の中型DMEトラック

DMEトラックの実証運行試験の状況



中型DMEトラックの外観

車両仕様

- ・ 車型: NPR75 (いすゞエルフ)
- ・ GVW 8ton 積載重量約3.4トン
- ・ 燃料タンク: 135L × 2本
- ・ 航続距離 約500~600km

特徴

- ・ 燃料噴射システム: コモンレール式
- ・ 燃料供給系: メインタンク + サブタンク方式
- ・ 排出ガス対策: EGR + 酸化触媒 (フレ+メイン)
- ・ エンジン基本仕様的大幅変更と後処理 (NOx触媒、DPF) 無し

排出ガス

2009年排出ガス規制値 (ポスト新長期) 以下

燃費

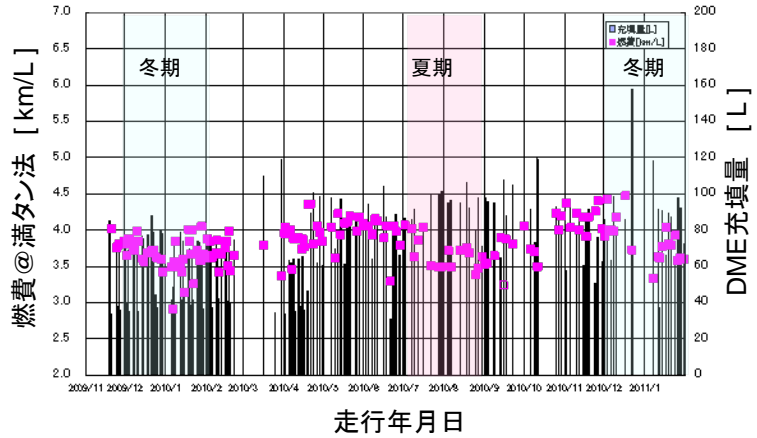
平成27年度重量車燃費基準 (CO₂ベース)
 目標基準値 362 [g-CO₂/km]
 DME車実績 355 [g-CO₂/km]

	規制値	DME
NOx (g/kWh)	0.7	0.56
PM (g/kWh)	0.01	0.001
NMHC (g/kWh)	0.17	0.156
CO (g/kWh)	2.22	0.054

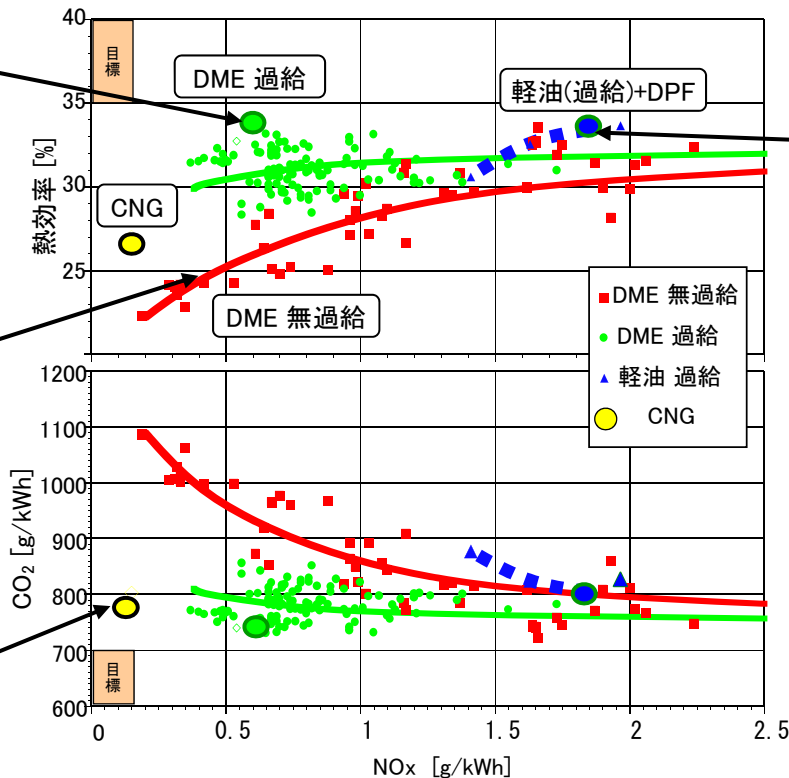
走行試験 (新潟地区の例)

- ・ 2010年.11月より事業走行試験を開始
- ・ 積載: 2~3.4t、主に高速・市街地にて運行試験中
- ・ 走行距離 55,500km (2011.1末現在)
- ・ 平均燃費 3.7km/L (軽油換算 7.2km/L)

新潟地区 (貨物運送事業者) の例



各種代替エネルギー自動車のCO₂、熱効率とNOxの比較 (JE05モード)



- ・ NOxはポスト新長期規制以下
- ・ CO₂は軽油やCNGより2~3%程度少ない
- ・ 熱効率は軽油と同等、CNGより高い



● FTD (合成燃料) 専用自動車



開発イメージ車両

エンジン諸元表

気筒数	直列6気筒
排気量	7.7リットル
ボア×ストローク	112×130mm
圧縮比	18.0 : 1
馬力/回転	270ps/2,700rpm
トルク/回転	81Nm/1,600rpm
燃料供給方式	直接噴射式 コモンレール方式 (Max.160MPa)
吸気方式	ターボインタークーラー (VGT)

車両諸元表

最大積載量	4,275kg
車両重量	3,880kg
総重量	5,880kg

● 実証試験車両



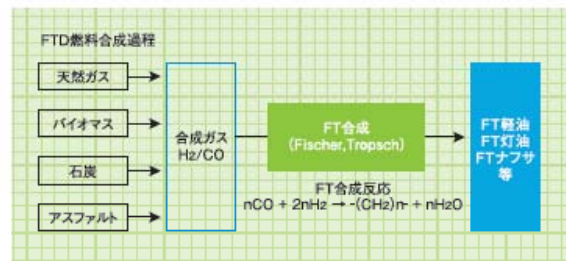
通常営業に供されている路線バスによる1年間の実証試験を行いました。実証試験により燃料供給系部品等への影響を調べました。

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。

● FTD燃料合成過程

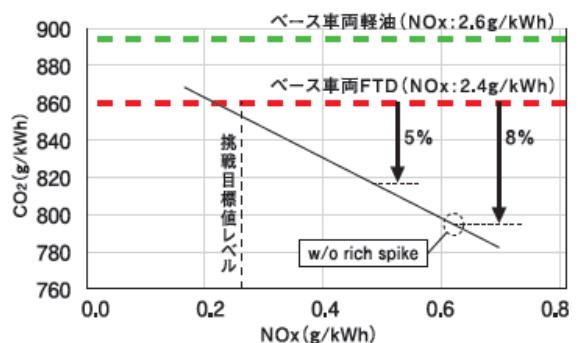
メタンなどの天然ガスに酸素(O₂)を加えて化学反応させることにより、一酸化炭素(CO)と水素(H₂)からなる合成ガスを生成。一酸化炭素と水素をFT合成の化学反応で合成することにより、液体燃料が生成されます。



● 燃料の特徴とエンジン最適化の方針

特徴	利点	エンジン改良項目	効果
低アロマ	EGR限界拡大	高EGR化	NOx低減
	低入でのSoot排出抑制	低空気過剰効率化 (高EGRに合わせた高過給は不要)	NOx後処理能力改善 排気温度維持 リッチ領域拡大
高セタン値	失火限界拡大	低圧縮比化 (着火遅れ期間適正化)	Soot, NOxの同時低減
	低燃焼騒音	噴射特性の最適化 (噴射時期, 多段噴射制御)	燃費改善

● 排出ガス試験結果



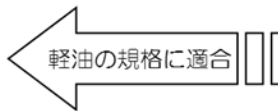
平成22年度実証運行

- 目的：燃料系部品の材料適合性評価
- 車両：都バス 7.7Lエンジン ハイブリッドシステム 1台
市販状態（燃料密度補正ECU交換）
- 期間：7月～12月（約半年間）
- 東京都交通局 小滝橋営業所配備
- FTD(80%)+HVO(20%)燃料使用



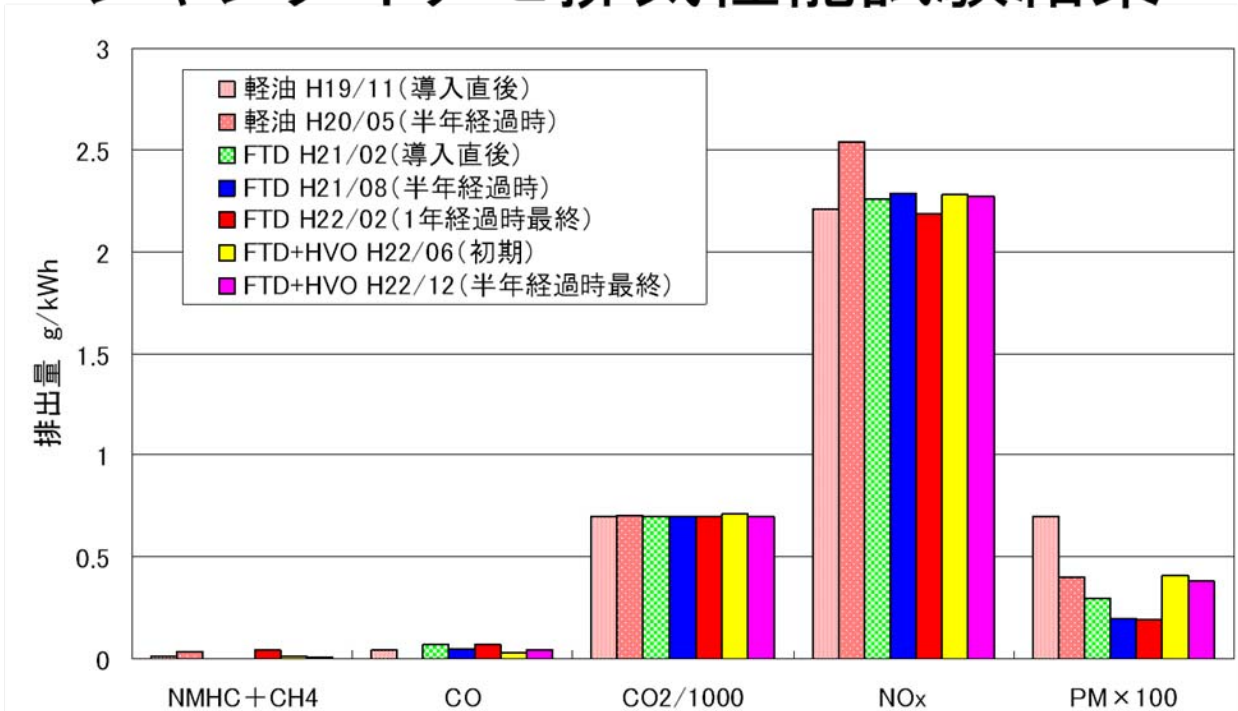
•軽油の規格

- 硫黄が質量比0.001%以下
- セタン指数が45以上
- 90%留出温度が360°C以下



	FTD80% +HVO20%燃料	JIS2号軽油
硫黄分 (ppm)	<1	7
セタン指数	86.9	57.0
90%蒸留 (°C)	300.0	330.5

シャシダイナモ排気性能試験結果



JE05モード(車速ベース)での排気性能比較
データに顕著な変化は見られない



水素を燃料とするCO₂排出ゼロのエンジン



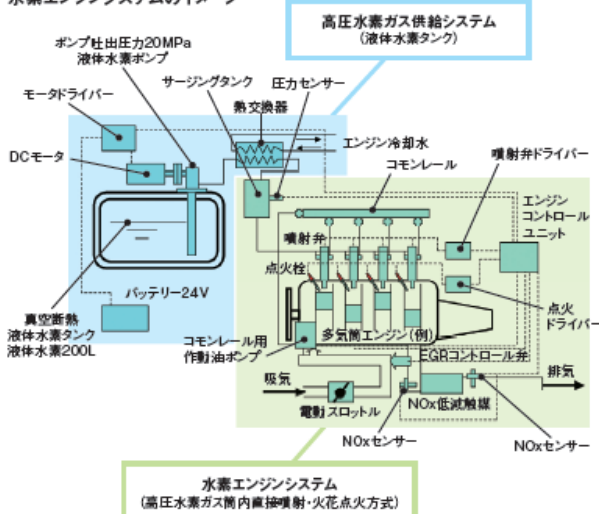
開発エンジンのイメージ

エンジン諸元表

気筒数	直列4気筒
排気量	4.728リットル
ボア×ストローク	112×120mm
圧縮比	13 : 1
EGRシステム	水冷EGR
燃料供給方式	高圧水素、エンジン筒内直接噴射
点火方式	スパークプラグ
過給	なし(自然吸気)
NOx低減触媒システム	NOx吸蔵還元型触媒 + 酸化触媒 還元剤: 水素、排気管噴射

水素エンジンシステム

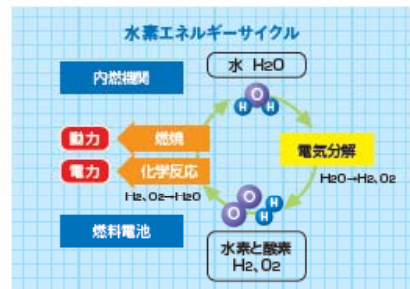
水素エンジンシステムのイメージ



水素エンジンでは、高圧の水素ガス(計画:20MPa)をエンジンシリンダー内に噴射し点火プラグで水素噴流を燃焼させます。これにより過早着火を抑えディーゼルなみの出力と燃費を確保します。一方、水素の燃焼時にはNOxが発生するので、排出ガスを吸気中に大量に還流(EGR)させるとともに、排気系にNOx低減触媒を装着して大幅なNOx低減を行います。高圧の水素ガスをエンジンに供給しディーゼル車なみの航続距離を確保するためには、液化した水素ガス(LH₂)を貯蔵できる車載用タンクの開発が必要になります。

将来の水素クルマ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。NOx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焼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。

水素を燃焼させて動力を取り出す



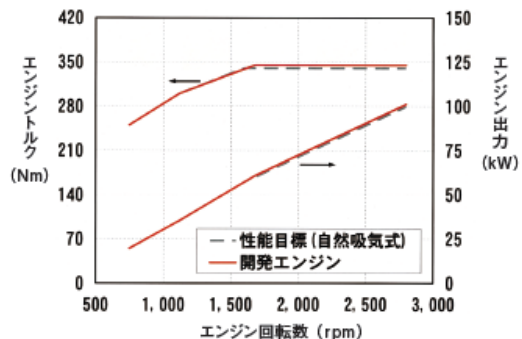
水素は、石油、天然ガスやバイオマスなどの資源からつくることができず。また、水の電気分解により取り出すこともできます。この電気分解に太陽光や風力、水力など自然のエネルギーから生まれる電力を利用すると、CO₂の排出が少ない方法で水素をつくれます。製造された水素をエンジンに供給し、酸素とともに燃焼させて自動車用の動力を取り出します。

CO₂とPMの排出ゼロ
NOxの大幅低減

高圧水素ガス直接噴射
システムの開発試作

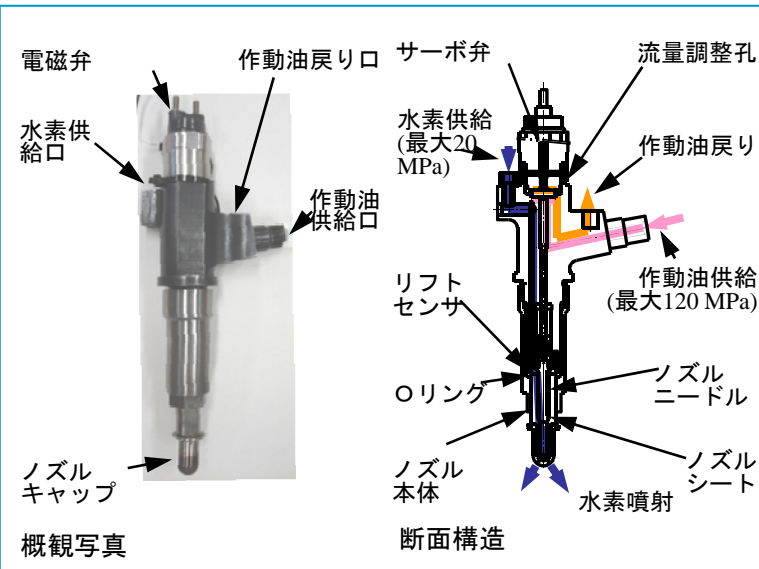
ディーゼルエンジンと
同等の出力・燃費

開発した水素エンジンの出力特性



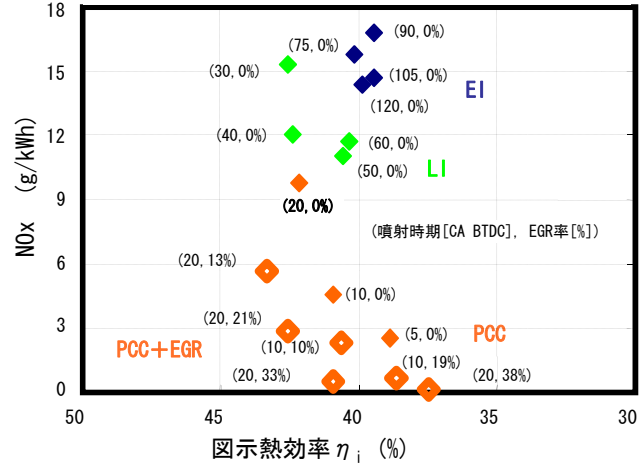
高圧水素ガス筒内直接噴射弁の開発試作

- 開発コンセプト：コンパクト、高噴射率、高応答
- 噴射弁形式：ニードル弁
- ニードル弁駆動方式：コモンレール作動油(軽油)



高出力・低NOx 水素燃焼制御方法の検討例

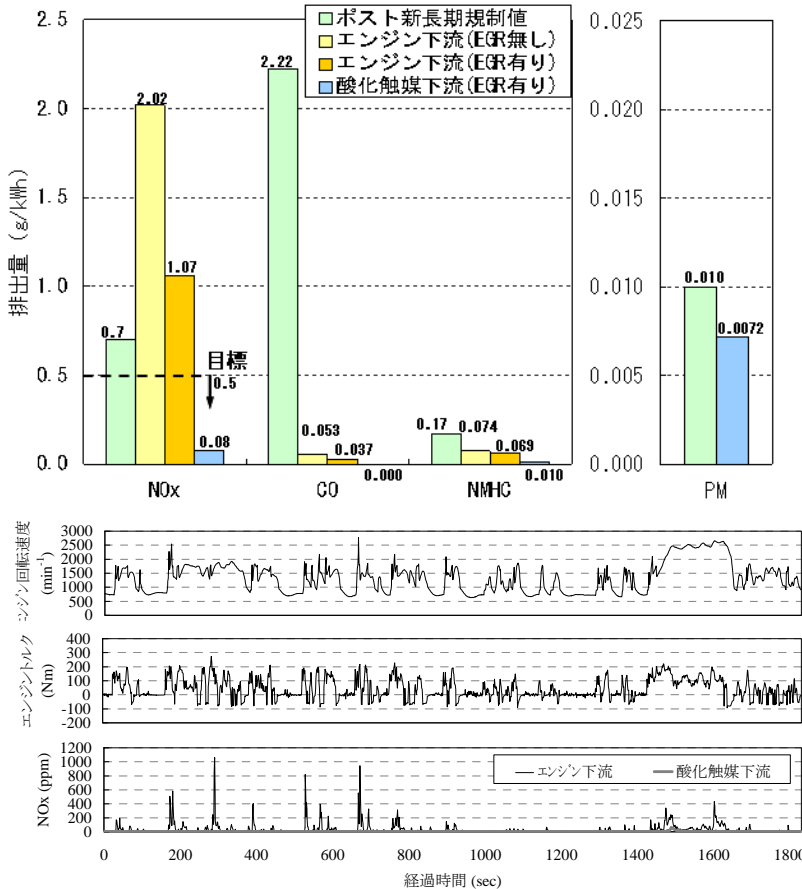
エンジン回転速度: 1000 rpm 図示平均有効圧力: 0.85 MPa
水素噴射圧力: 10 MPa 火花点火タイミング: MBT



- ◆ EI : 前期噴射領域 噴射時期120~75 CA BTDC
- ◆ LI : 後期噴射領域 噴射時期 60~30 CA BTDC
- ◆ PCC : 高出力・低NOx領域 噴射時期 20~10 CA BTDC
- ◆ PCC+EGR

- ・ 上死点 (TDC) 近傍での水素噴射は、EGRとの組み合わせにより熱効率の低下を抑えた低NOx特性を示した
- ・ 水素固有の燃料特性を利用した高出力と低NOxを両立させるPCC燃焼「過濃水素混合気塊 (Plume) の急速燃焼法」

直噴多気筒水素エンジンシステムの性能および排出ガス試験結果 (JE05)



総排気量4.7L 直噴4気筒水素エンジン 性能・排出ガス試験結果

- ・ 高圧水素ガス筒内直接噴射システムを用い、最大トルク: 345Nm、最高出力: 101kWを達成
- ・ NOx吸蔵還元触媒システムを組み合わせJE05モード排出ガス試験を実施した結果、NOx: 0.08g/kWh程度、PM: 0.0072g/kWh程度の排出ガス性能を確認した

今後の課題

- ・ 水素噴射弁の更なる噴射率バラツキの低減と耐久性の向上
- ・ 燃焼制御システムの最適化、車載化の検討
- ・ 水素エンジンの燃費の評価法(過渡運転における水素流量測定法)の開発

→ 開発試作した高圧水素筒内直接噴射システムは直噴多気筒エンジンの過渡運転に対応した過渡制御応答性を有することが確認された

→ NOx吸蔵還元触媒システムにより、エンジン出口のNOx排出増加が抑制された