

Next-Generation EFV Project EFVプロジェクトの取り組み

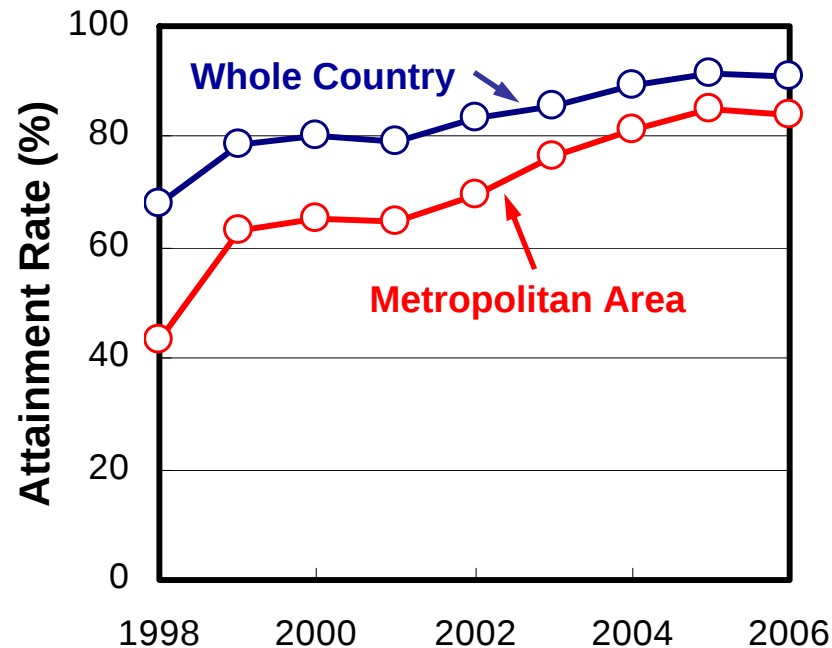
Hajime Ishii, Environment Research Department
環境研究領域 石井 素

発表のアウトライン

- プロジェクトの背景
- プロジェクトの概要
- EFVの実用化
 - 路上走行試験
 - DME (Dimethyl Ether) trucks
 - CNG (Compressed Natural Gas) truck
 - IPT (Inductive Power Transfer) Hybrid bus
 - 過渡運転条件による運転試験
 - SCD (Super Clean Diesel) engine
- EFVの開発
 - LNG (Liquefied Natural Gas) truck
 - FTD (Fischer-Tropsch Diesel) truck
 - Hydrogen Engine
- まとめ

背景(1)

大気環境基準(沿道(自排局))の達成割合

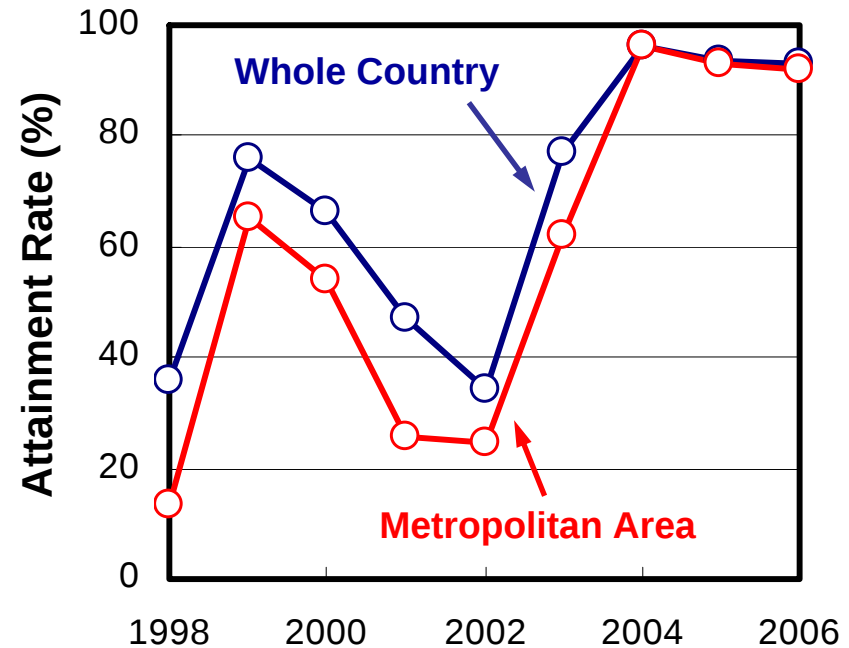


NO₂

(大気環境基準)

・NO₂...0.04 から 0.06 ppm 以下の範囲にある日平均

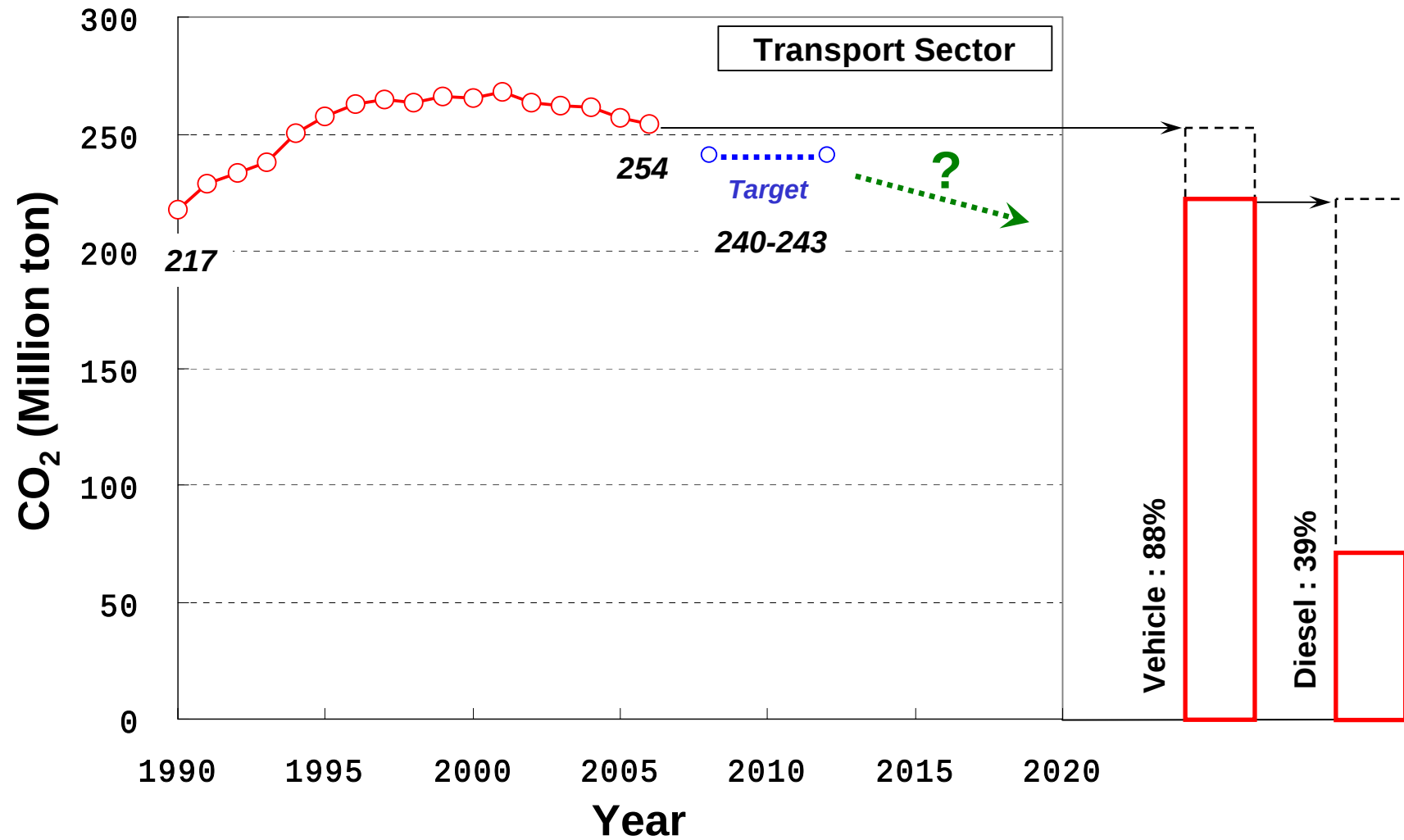
・SPM... 0.10 mg/m³ 以下の日平均



SPM

背景(2)

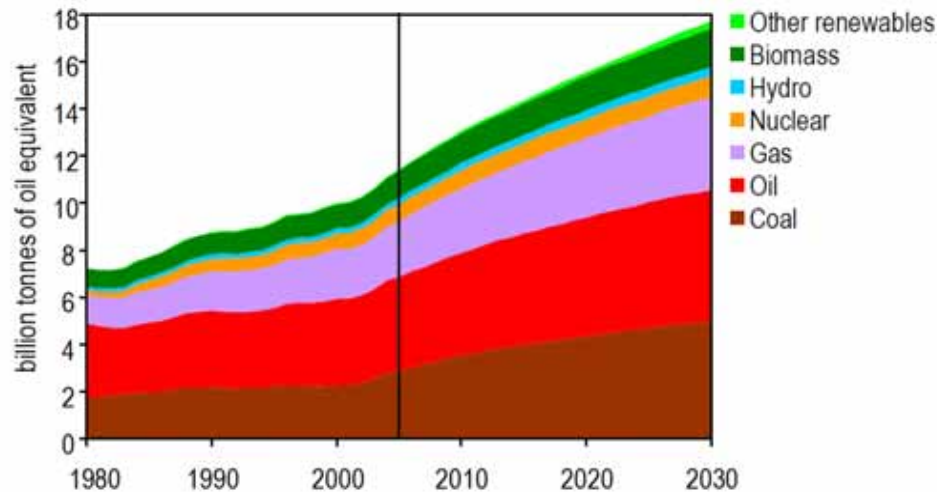
CO₂ 排出量 (運輸部門)



背景(3)

エネルギー保障

世界の一次エネルギー需要



Ref :Taylor, Peter, "Climate Protection and Energy Security: Insights from Energy Technology Perspectives 2008", OECD/IEA

新国家エネルギー戦略

- 運輸エネルギーの次世代化
目標: 2030までに約80%まで石油依存を低減
- 対応: 三つの柱で目標達成に至るアクションプランを提示した。
 - 燃費改善
 - バイオ由来燃料やGTL等新燃料の導入促進
 - 電気自動車・燃料電池自動車等の開発・普及促進

発表のアウトライン

- プロジェクトの背景

- プロジェクトの概要

- EFVの実用化

- 路上走行試験

- DME (Dimethyl Ether) trucks
 - CNG (Compressed Natural Gas) truck
 - IPT (Inductive Power Transfer) Hybrid bus

- 過渡運転条件による運転試験

- SCD (Super Clean Diesel) engine

- EFVの開発

- LNG (Liquefied Natural Gas) truck
 - FTD (Fischer-Tropsch Diesel) truck
 - Hydrogen Engine

- まとめ

次世代EFV (Environmentally Friendly Vehicle) プロジェクト (第1期) (2002-2004)

国土交通省 (MLIT) は3ヵ年計画で
次世代EFV開発プロジェクト(2002-2004)を立ち上げた。

- 次世代EFVの開発
- EFVについて安全・環境基準案の策定



次世代EFVの実用化のための環境改善

交通安全環境研究所 (NTSEL) を
中核的研究機関として産学官連携の下、
国土交通省から委託されたプロジェクト。

EFV開発車両

2002年当時の排出ガス規制値(99年規制, NOx: 4.5g/kwh, PM: 0.25g/kWh)
新長期規制の1/10レベル達成(あるいは達成につながる技術) w/o 燃費の悪化

開発車両			DMEトラック	天然ガストラック	シリーズハイブリッドバス	パラレルハイブリッドトラック	スーパークリーンディーゼルエンジン
性能目標値	排出ガス性能	NOx	新長期排出ガス規制値の1/4以下	新長期排出ガス規制値の1/4以下	75%低減 (対新長期排出ガス規制相当車両)	新長期規制の1/10(非接触給電システムとの組合せにより達成)	新長期排出ガス規制値の1/10以下 (0.2g/kWh, @D13モード)
		PM	0.0 g/kWh (黒煙排出なし)	0.0 g/kWh (黒煙排出なし)	75%低減 (対新長期排出ガス規制相当車両)	新長期規制の1/10(非接触給電システムとの組合せにより達成)	新長期排出ガス規制値の半減 (0.013g/kWh, @D13モード)
	燃料消費率		ベースディーゼルエンジンと同等	過渡運転時のCO2排出率：ベースディーゼルエンジン以下	50%低減 (対現生産車両)	一般ディーゼル車対比2倍以上	現行レベルよりも10%向上(CO2 10%削減)
目標の達成方法			・燃料噴射装置、燃料供給装置の開発 ・燃焼技術の開発 ・触媒技術の開発	・三元触媒、EGRの採用 ・高濃度メタン燃料に最適化したエンジンによる熱効率向上 ・TC/IC	・新燃焼システム採用ディーゼルエンジンの開発 ・高効率電動補機駆動システムの開発 ・高性能リチウムイオン電池の開発	・高効率永久磁石型同期回転機、電子制御式トランスミッション等の採用 ・非接触誘導給電システムの採用	・高過給吸排気システムの採用 ・広域多量EGR等の採用 ・後処理装置
達成値	排出ガス性能	モード	JE05	JE05	M15	JE05	D13
		NOx	0.11 g/kWh	0.16 g/kWh	0.33 g/kWh	0.00 g/kWh	触媒前: 0.98 g/kWh 触媒後: 0.20 g/kWh
		PM	0.001 g/kWh	0.002 g/kWh	0.001 g/kWh	0.002 g/kWh	触媒前: 0.068 g/kWh 触媒後: 0.013 g/kWh

次世代EFV (Environmentally Friendly Vehicle) プロジェクト (第2期) (2005 -)

次世代 EFV 開発プロジェクト (第1期)

Project 期間: 2002-2004

開発車両: DME, Hybrid, Natural Gas, Super Clean Diesel

開発EFV車両の路上実証試験
将来有望な新たな次世代低公害技術の準備

実用化が近い
EFV

新たなEFV

交通安全環境研究所 (NTSEL) を
中核的研究機関として産学官連携の下、
国土交通省から委託されたプロジェクト。 (2005 -)

次世代 EFV プロジェクト (第2期)

・これまでに開発した次世代 EFV の
実用化普及促進 (実証試験)

DME HD truck,
Hybrid HD vehicle,
CNG HD truck,
Super Clean Diesel Engine

・新たなEFVの開発促進

LNG HD truck
FTD (GTL) Truck
Hydrogen Engine



2つの施策により、EFVの開発・普及を総合的に推進

発表のアウトライン

- プロジェクトの背景
- プロジェクトの概要

- **EFVの実用化**

- 路上走行試験
 - DME (Dimethyl Ether) trucks
 - CNG (Compressed Natural Gas) truck
 - IPT (Inductive Power Transfer) Hybrid bus
- 過渡運転条件による運転試験
 - SCD (Super Clean Diesel) engine

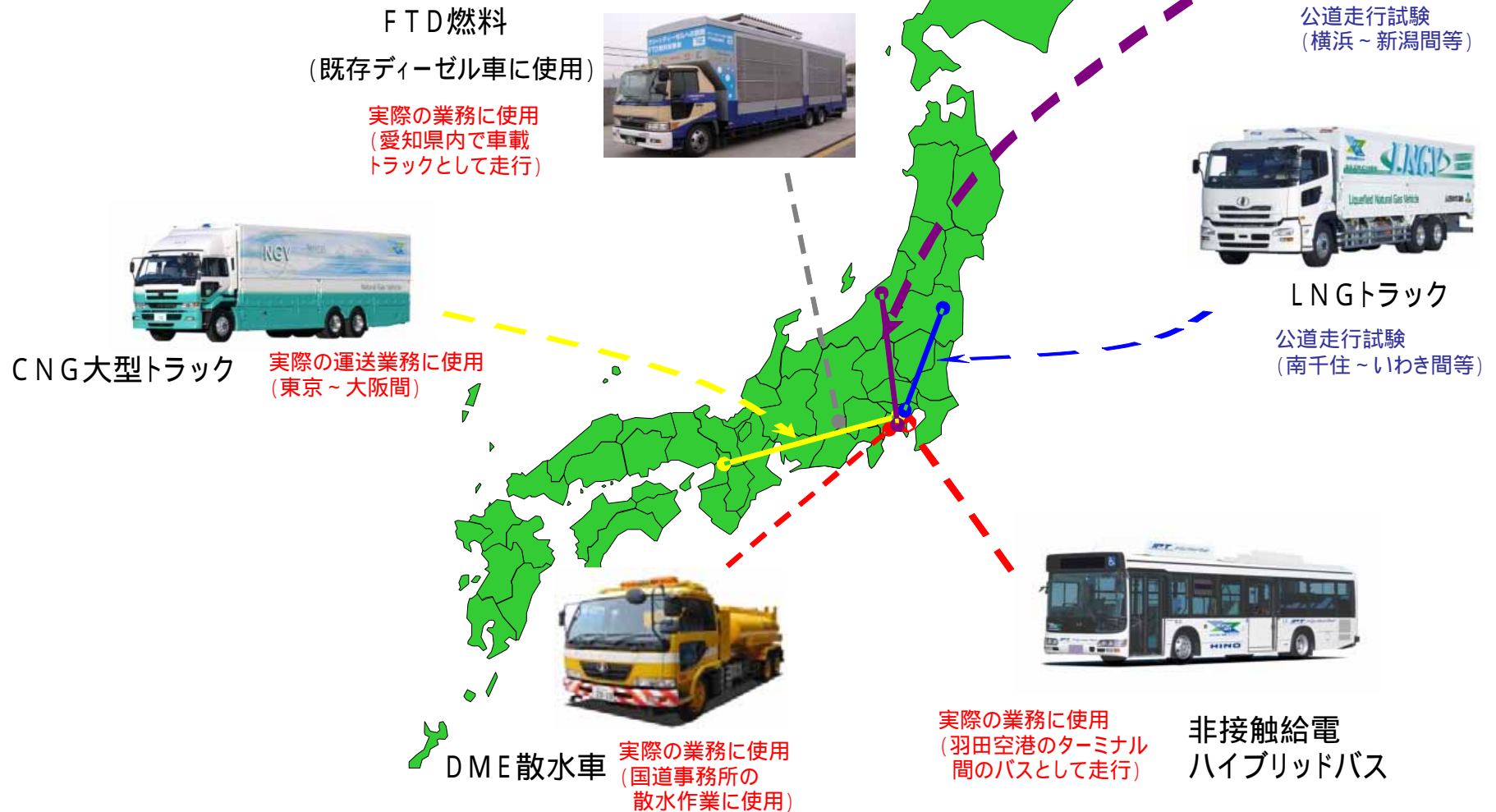
- **EFVの開発**

- LNG (Liquefied Natural Gas) truck
- FTD (Fischer-Tropsch Diesel) truck
- Hydrogen Engine

- **まとめ**

路上実証走行試験の概要

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を把握。



DME車の実証試験

DME Truck の公道走行試験

- 新技術の本格的適用の前に開発段階でのDME車の公道走行試験を実施
- 実用性の研究・評価と平行して、構造・システムに関わる技術基準策定のためのデータの収集

- ジャーク式燃料噴射系
- EGR+LNT



For intercity high-speed long-distance transport
DME heavy-duty truck (GVW 20 t, load capacity 10 t)

- コモンレール式燃料噴射系
- 多量EGR+OC



For intercity short- to medium-distance pickup and delivery
DME light-duty truck (GVW 5, 6 t, load capacity 2 t)

DME 散水車の製作

1. Vehicle specifications

Usage	Road maintenance vehicle
Number of seats (persons)	2
Vehicle type	Modified PK-PW37A
Body configuration	Sprinkler truck
Vehicle arrangement	2-D / 4D
Vehicle dimensions (m)	7.980 x 2.440 x 2.75
Wheel base (m)	4.175 + 1.200 = 5.375
Maximum load (kg)	7,600
GVW (kg)	16,060
Fuel tank: capacity (L)	171 + 171

2. Engine specifications

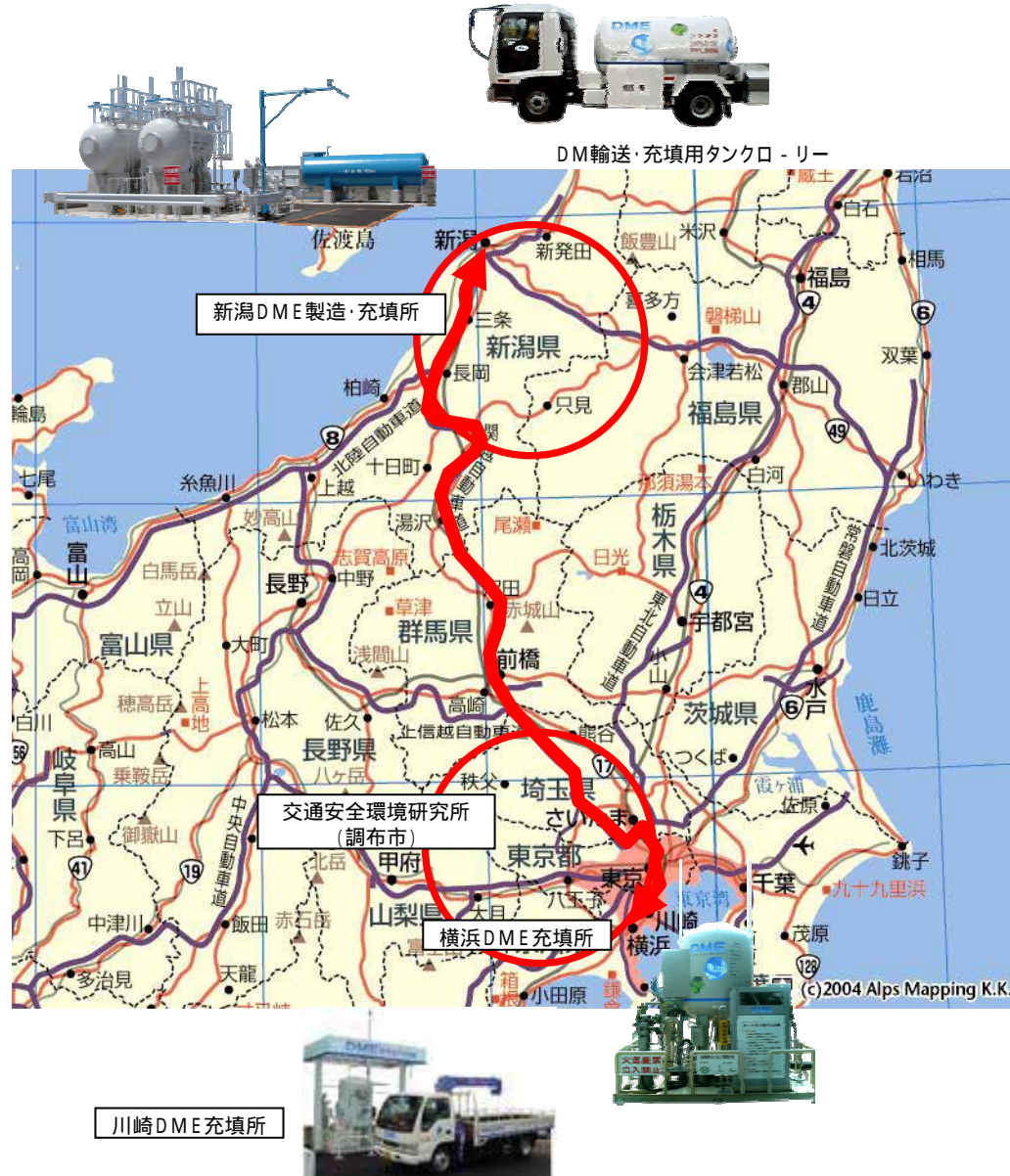
Type	Modified FE6T
Category	4 cycle, water-cooled
Fuel used	DME
Cylinder number and arrangement	Straight-six/vertical
Displacement (L)	6.925
Air inlet system	Turbo intercooler
Maximum output (kW/rpm)	199/2,700 (net)
Maximum torque (N·m/rpm)	745/1,400 (net)



3. Equipment specifications

Water tank (L)	7600
Sprinkler nozzle arrangement	Front rear arrangement
Color painted	Color designated by MLIT
Lighting device	Yellow revolving light
Sign plate	Rear sign plate

公道走行試験の主なエリアとルート



■ 試験走行エリアとルート

- ・走行試験車両用のDME充填所(経産省補助事業で製作)である横浜・川崎と新潟の充填所周辺の走行エリアとそれらを結ぶ高速道路を利用した長距離高速輸送ルート

■ 走行距離

- ・大型トラックについては、約300-400km/日、小型トラックは約100-200/日程度の走行

■ 積載条件

- ・ダミーウェイトを用いて空・半・定積の各条件を試験目的に応じて選定
- ・散水車は実負荷条件

■ 試験内容

- ・試験開始とその中間/終了時において、定期的に排出ガス、燃費等を測定し経時変化を調査。
- ・また、ドライバーによる運転性評価を行うとともに、一定の走行距離に達した段階では、エンジン、燃料供給系の分解点検調査を実施することも予定

- 走行試験を通じてDME自動車の耐久性・信頼性及び実用性に関する課題を抽出。改良開発や普及に向けた改善対策。

大型CNGトラック公道走行試験

第1期で開発した総重量25tクラスの大型CNGトラック

実証試験方法

- 同等のディーゼル車を併走させた公道走行試験
- 東京ー鹿児島(約3,000km)往復の耐久走行試験
- 試験前燃料消費比較(満タン法)
- 排出後処理装置の研究
- 累積走行距離:64,975km(2005年度に24,427km、2006年度に40,545km)

- ・公道走行ルート(東北・常磐・一般道)
- ・満タン法による燃料消費率比較
- ・坂道走行時の燃料消費率(ECUデータ)
- ・熱害対策部位の温度結果
- ・公道走行試験の走行距離
- ・燃料消費率(走行ルート・積載量比較)
- ・排出ガス性能の変化
- ・ドライバーアンケート結果

耐久走行試験

- ・走行距離: 3,011km(往復)
- ・積載条件: 空車(夏タイヤ)

[九州ルート(東名・名神・山陽・九州)]

- ・走行期間: 11月14日～11月17日
- ・走行距離: 3,010km(往復)



上郷SA(下り線)エコ・ステーション
愛知県



谷山エコ・ステーション
鹿児島県

九州ルート地図
燃料消費率(満タン法)
主要充填場所



各区間の燃料消費率(満タン法)

九州ルート燃費	全走行路	上尾 谷山IC	上尾 上郷SA	上郷SA 江波IC	江波IC 大宰府I	大宰府I 谷山IC	谷山IC 上尾	谷山IC 大宰府I	大宰府I 江波IC	江波IC 上郷SA	上郷SA 上尾
走行距離(km)	3010.8	1506.5	373.8	552.7	291.5	288.5	1504.3	287.8	293.2	550.6	372.7
CNG燃費(km/Nm ³)	4.06	4.14	4.12	4.32	3.42	4.82	3.99	3.45	3.94	4.44	3.92

IPTハイブリッドバスの実証試験

総重量16tクラスの大型IPTハイブリッドバス

排出ガス：NO_x目標 0.2g/kWh以下
PM目標 0.003g/kWh以下

燃費目標：同クラス車よりCO₂換算で50%低減

実証試験方法

- IPT給電装置を使用した外部充電機能を持ち、都市内および山岳路相当の実路走行試験に十分耐えうるハイブリッドバス試験車両を製作。これを改良して緑ナンバープレートを取得し、実証試験を実施。
- 羽田空港における循環路線にて営業走行を実施し、各種データの取得と併せて実用化のための課題を抽出する。
 - ・燃費、電費データの取得と一般車比の低公害性評価
 - ・冬季におけるバッテリー(温度)性能の評価
 - ・アンケート等による乗務員ほか第三者評価、等
- IPTによる外部充電能力を確認し、大量普及のために解決すべき課題を明らかにする。
- その他、今後の普及に向けて車両の改善点、運用の方法などを検討する。

実証試験結果

- 環境性能の比較：給電装置を路線内に設置して100%EVモードで使用した場合

	燃費 [L/km]	電費 [kWh/km]	使用電力 [kWh/km]	CO ₂ 発生量 [kg/km]		NO _x 発生量 [g/km]	
					一般車比		一般車比
IPTバス (EVモードのみ)		0.805	1.01 *1	0.342 *2	0.517 *4	0.08 *5	0.018
対比一般車	0.226			0.662 *3	1.000	4.38 *6	1.000

*1: 電費 / 0.798(IPT充電効率)

*2: 電費 × 0.339[kg-CO₂/kWh]、0.339は東京電力2006年度値

*3: 燃費 × (0.3+2.624)[kg-CO₂/L]、0.3はWell-Tank分であり、出典はみずほ総研報告書

*4: H.18年度報告をベースに計算した場合の値は約0.4であり、今回はCO₂低減率が低い。この主原因は回生割合の低さ(今回:21.1%、H.18報告:30.9%)にあり、回生効率の違いは発進停止頻度の違い(今回:1.55回/km、H.18報告時の走行:4.27回/km 停止)による

*5: 電費 × 0.08[g/kWh]、0.08は東京電力2006年度値

*6: 燃費 × 10.1[kWh/L] × 1.92[g/kWh]、10.1は低位発熱量、1.92はH.18年度エンジンベンチ試験結果

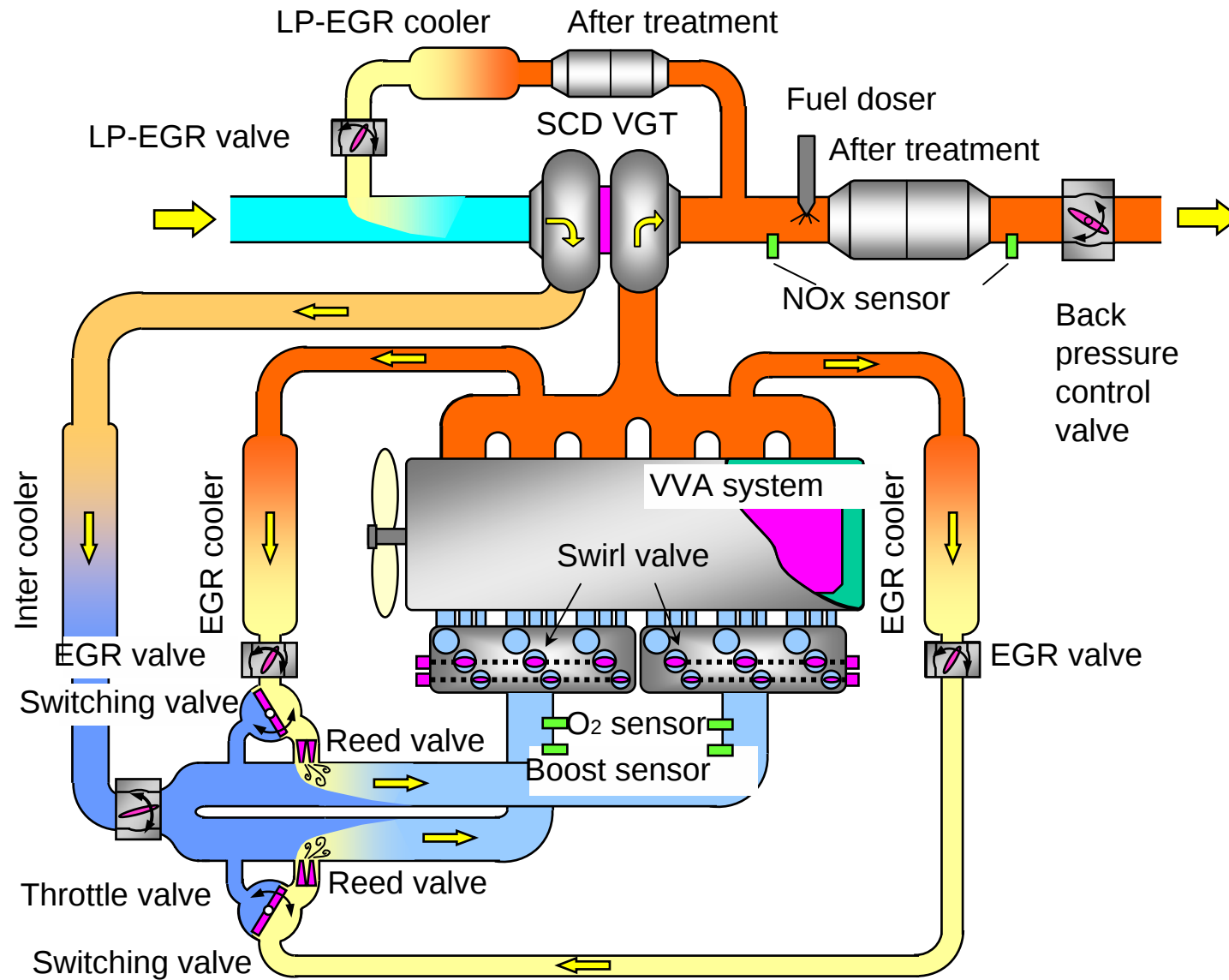
**IPTバスが当該路線をEVモードで走行した場合、発生するCO₂は一般車の51.7 %
(IPT設備を羽田路線上に設置した場合の想定)**



スーパークリーンディーゼルエンジン(SCD)の実証試験

- 目標
 - 実走行条件(JE05)
 - NOx: 0.2 g/kWh, PM: 0.01kWh
 - 燃費を維持
- 対応技術
 - 高応答 turbo-charger
 - 慣性の低減による低負荷域での応答・性能の改良
 - Low pressure EGR
 - EGR ガス温度の低減
 - Turbo-chargerとの連携
 - 過渡制御
 - 実用運転条件での応答性
 - 排出ガス後処理システム
 - NOx 吸蔵量制御の最適化

エンジンシステム

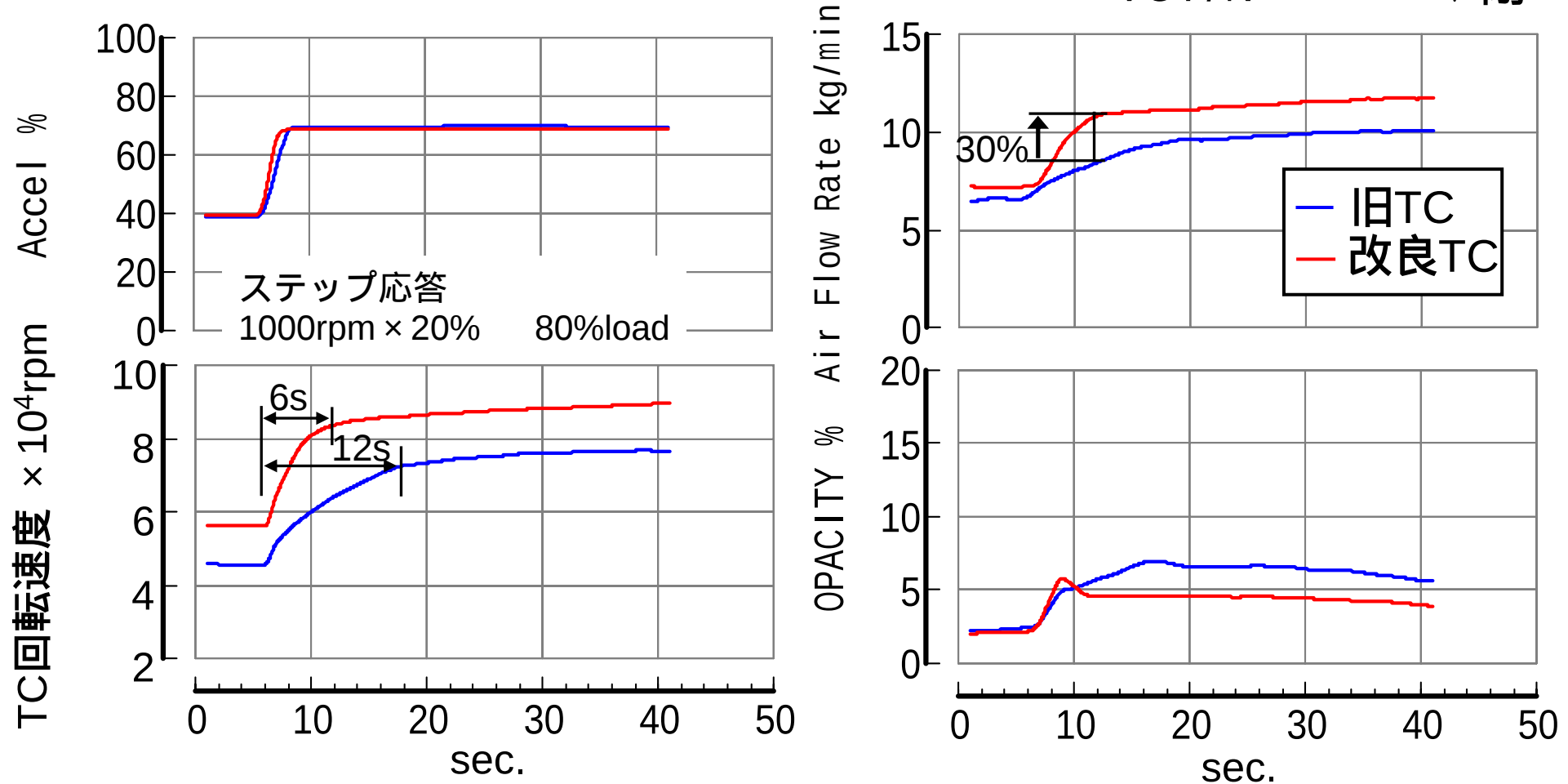


Turbo chargerの応答性

ターボチャージャーの改良

- タービン軸慣性: 約20%減
- タービン径 約8%減、コンプレッサ径: 約2%減

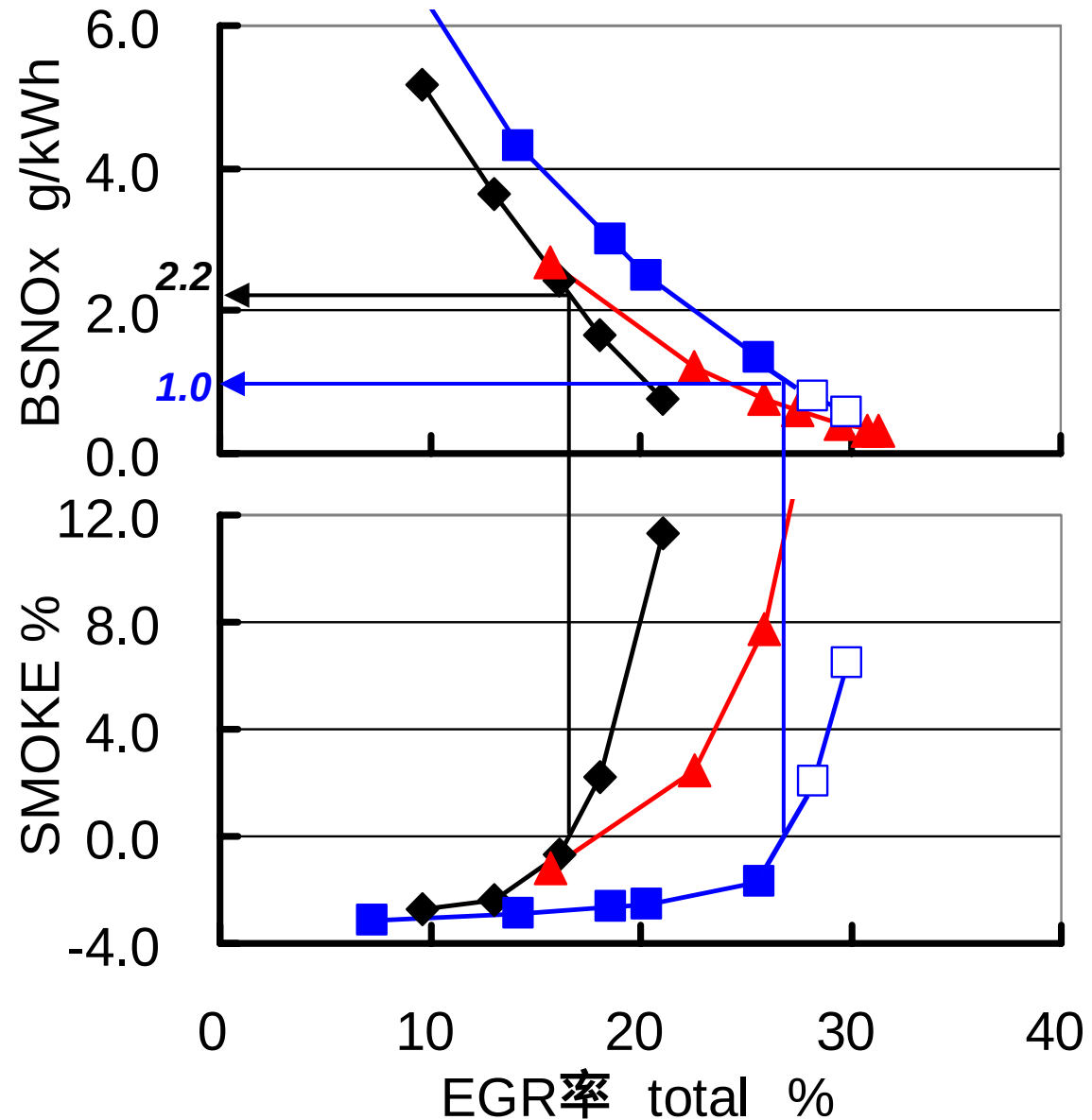
HP-EGR/V : 閉
LP-EGR/V : 閉
VGT/N : 閉



LP-EGRを併用したNO_x低減

Ne = 1200rpm
BMEP = 1.66MPa
Pinj = 200MPa

- ◆ HP-EGR
 - LP-EGR
 - LP-EGR/Exh_V
 - ▲ LP+HP-EGR
- LP-EGRのポテンシャル
同ースモークで
EGR率を約12%上昇
BSNO_xを54%低減

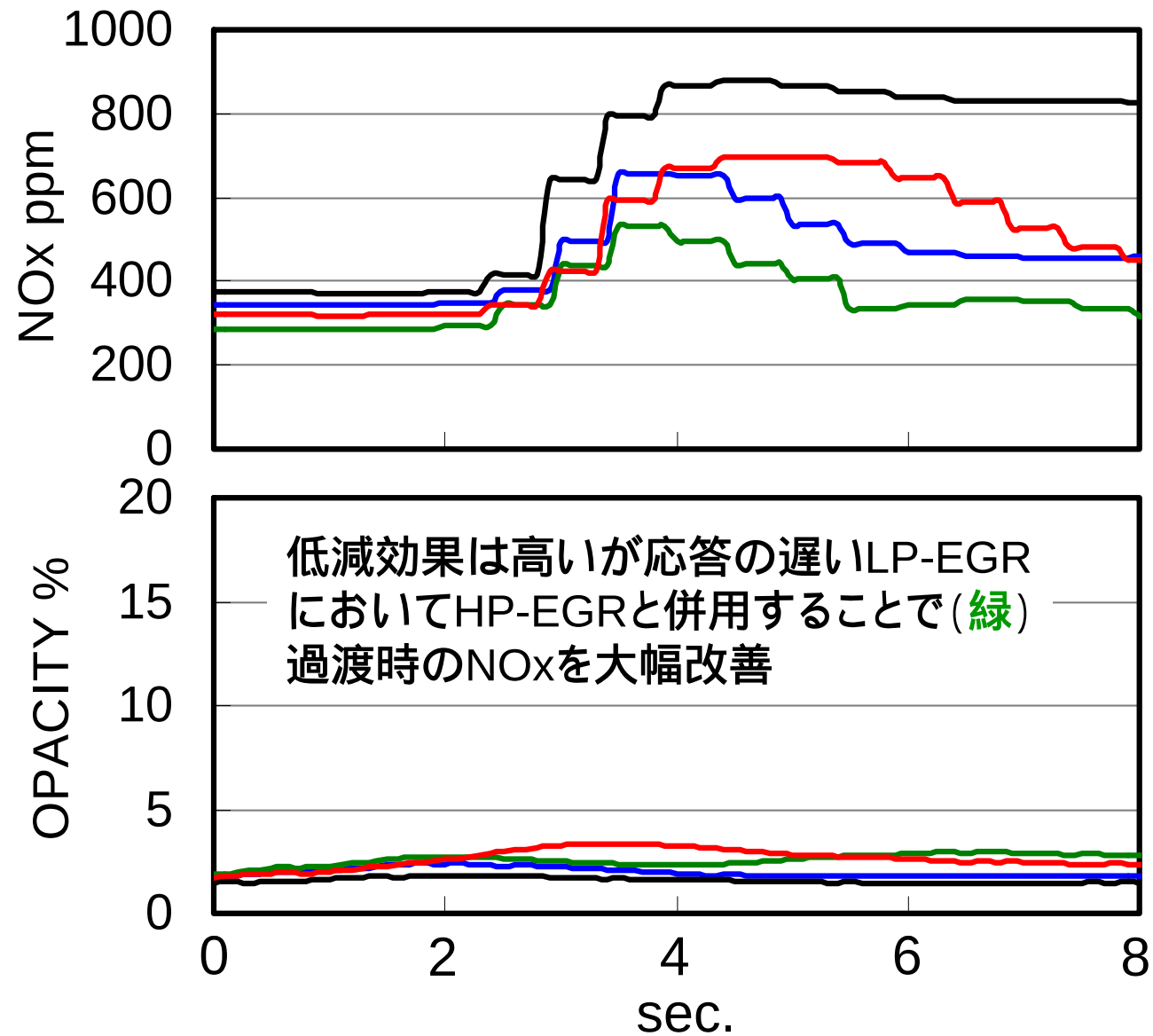


LP-EGRを用いた最適化

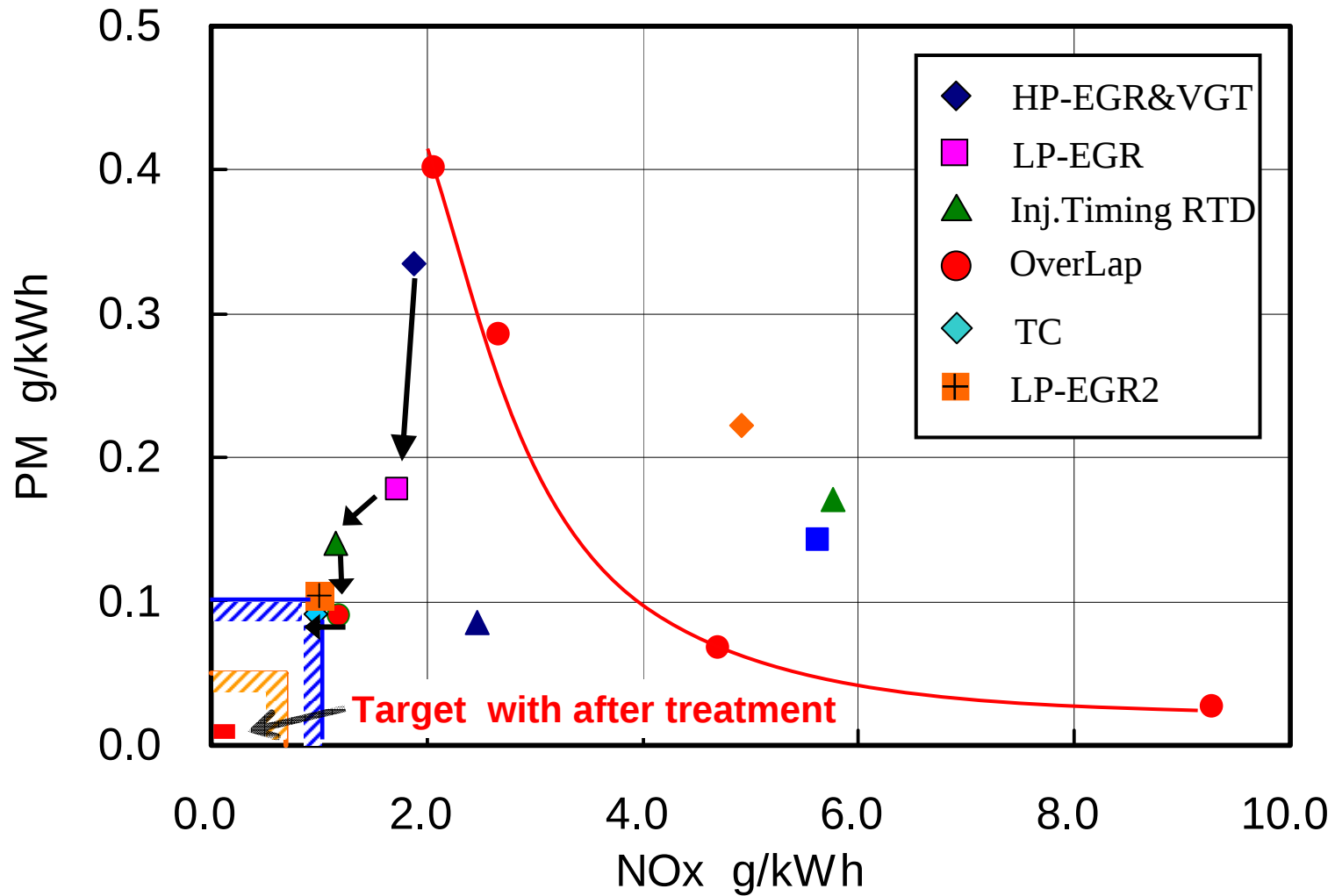
Ne = 800rpm
Torque =
20% → 80%
Tin_j = TDC
VGT/N = const.

各種EGR/V開度

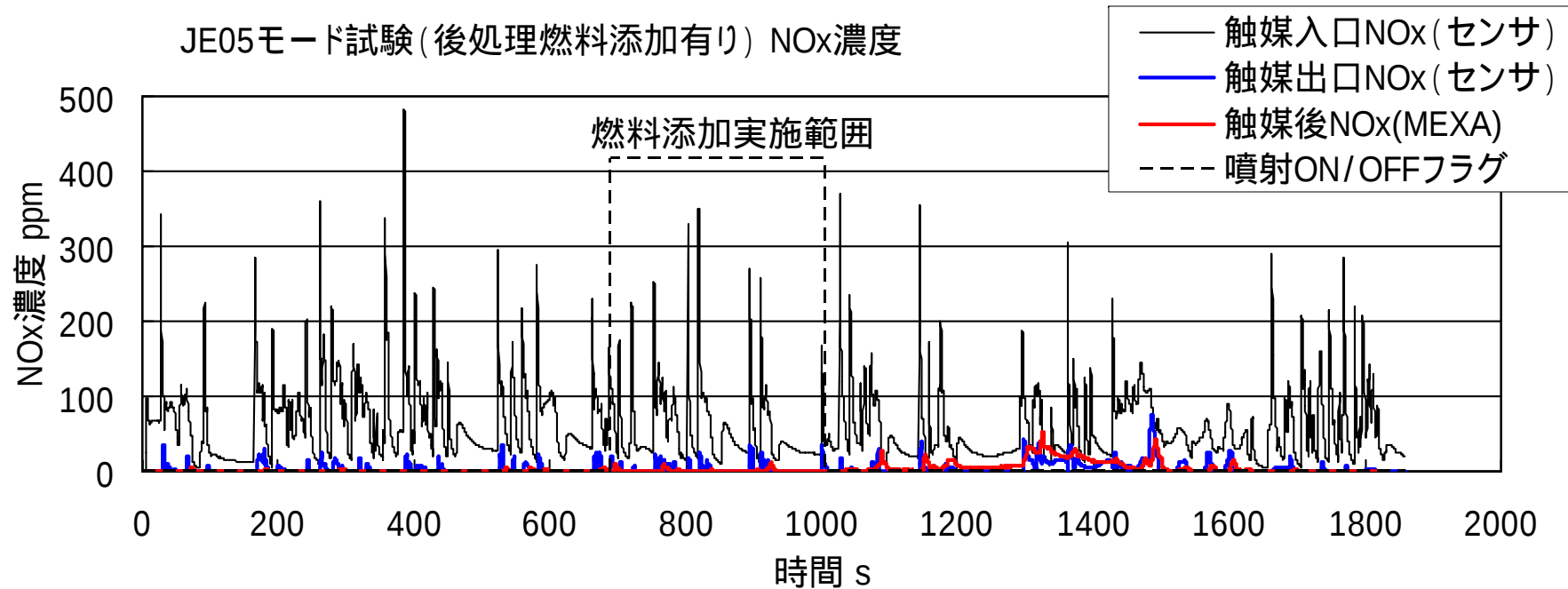
HP- EGR/V	LP- EGR/V
%	%
0	0
2	0
0	30
2	10



JE05 Modeの試験結果



後処理装置の効果

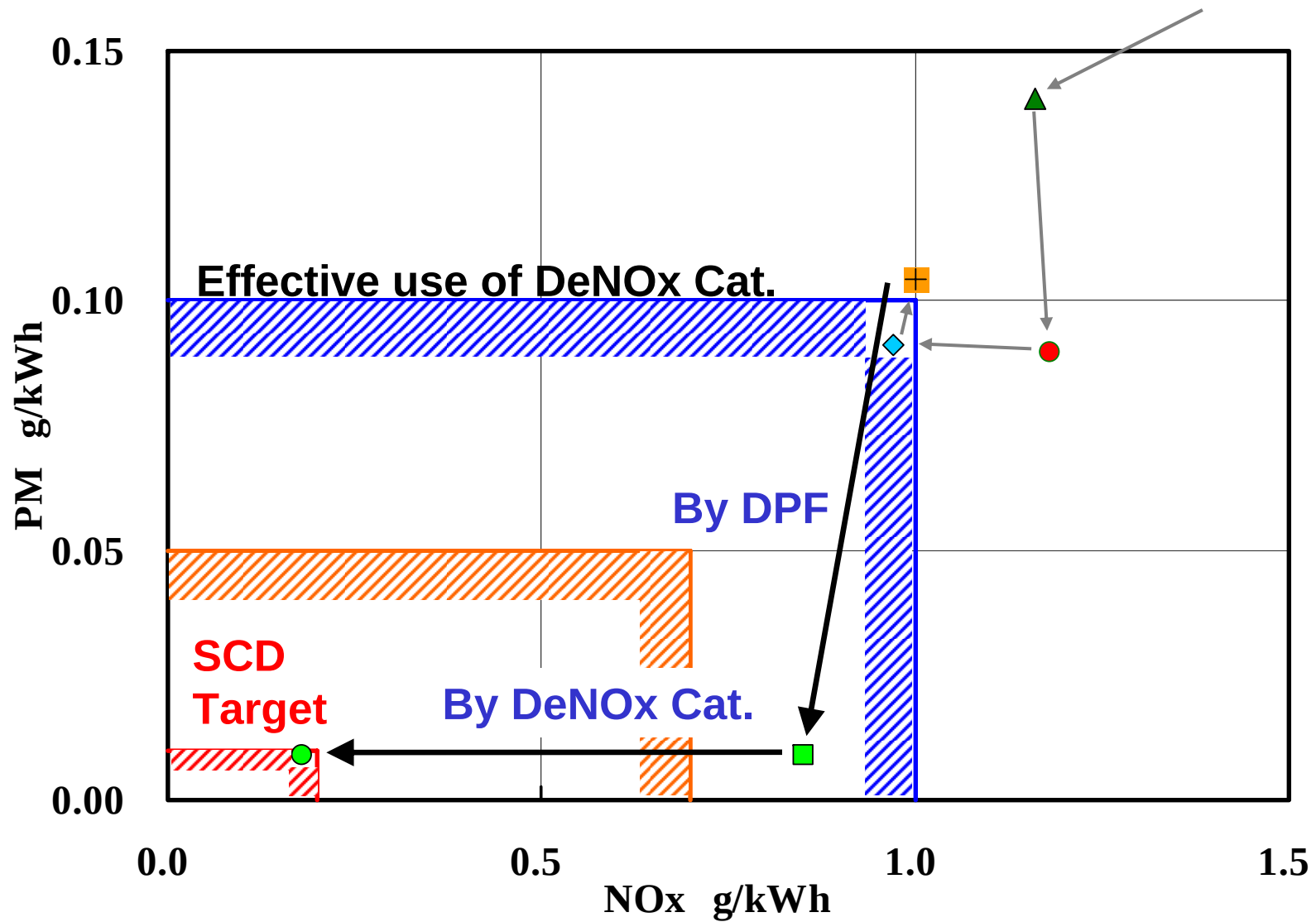


➤ NOx排出率

- エンジンアウト: 0.85g/kWh
- 触媒後: 0.18g/kWh
- 浄化率: 79%

後処理燃料流量: エンジンの燃料流量の2.4%に相当

排出ガス性能の最終結果



発表のアウトライン

- プロジェクトの背景
- プロジェクトの概要
- EFVの実用化
 - 路上走行試験
 - DME (Dimethyl Ether) trucks
 - CNG (Compressed Natural Gas) truck
 - IPT (Inductive Power Transfer) Hybrid bus
 - 過渡運転条件による運転試験
 - SCD (Super Clean Diesel) engine
- EFVの開発
 - LNG (Liquefied Natural Gas) truck
 - FTD (Fischer-Tropsch Diesel) truck
 - Hydrogen Engine
- まとめ

大型LNG自動車の開発・実証試験

総重量 25 t クラスの大型LNGトラック

開発目標

排出ガス：	NO _x 目標	新長期規制の1/10以下
	PM目標	0.0 g/kWh以下
燃費目標：	CO ₂ 排出率でディーゼルエンジン以下	

* 排出ガスはエンジンベンチ試験による

- ・ 新たなLNG燃料供給システムを搭載したLNG自動車の製作及び技術基準案の策定
- ・ 公道走行試験実施による技術基準案等の妥当性の確認

実施内容

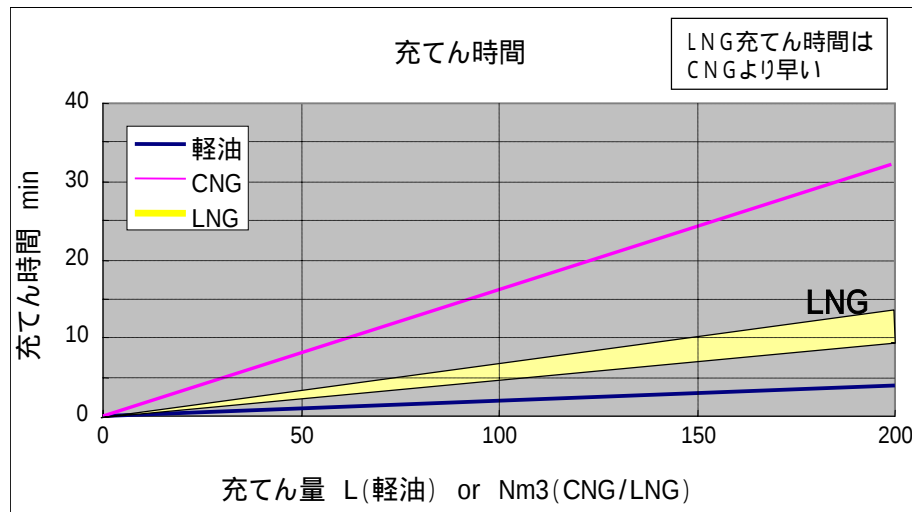
- ・ 燃料供給システム周辺機器の設計製作
- ・ 車両製作
- ・ 燃料供給システム確認試験(課題判明)
- ・ 燃料供給システムの課題と対策調査
- ・ 公道走行試験と排出ガス性能試験
- ・ 技術基準案(構造基準)の策定



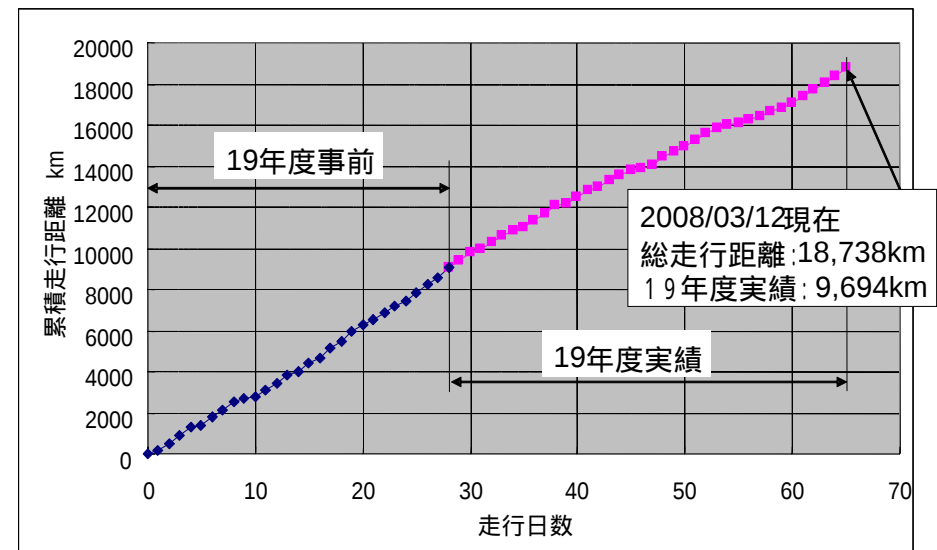
燃料供給
システム車載

公道試験結果

充てん時間 他燃料との比較



走行距離



排出ガス性能試験 (シャシベース JE05)

	CO (g/kWh)	NMHC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	CO ₂ (g/kWh)
走行試験後	6.64	0.012	0.359	744
走行試験前	8.04	0.009	0.298	724



試験風景



試験風景

水素エンジンの開発

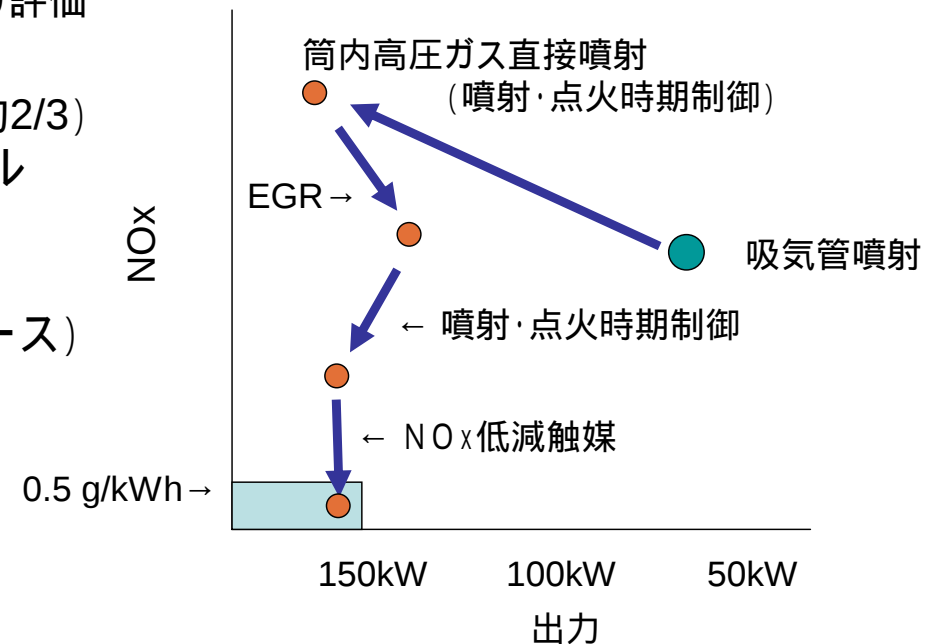
開発目標

- 排出ガス JE-05排出ガス試験方法により評価
 - ・NO_x; 0.5g/kWh以下
新長期規制値の1/4以下(09年目標値の約2/3)
 - ・PM; ゼロまたは限りなくゼロに近いレベル
 - ・CO₂; ほぼゼロ
- 燃費
 - ・現行のディーゼル車並み(燃料発熱量ベース)

技術開発のねらい

- ディーゼル車並み出力を確保
 - ・筒内高圧水素ガス直接噴射弁を開発
- NO_xの大幅低減
 - ・大量EGRとNO_x触媒システムの開発
- 実用化を目指した開発
 - ・車載可能な高圧水素ガス供給システムを開発予定(液体水素タンク)

出力と排ガス低減の達成方法

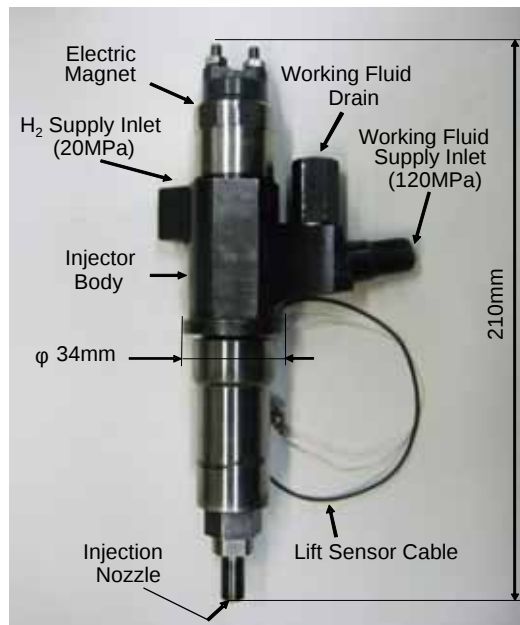


想定車両とベースエンジン

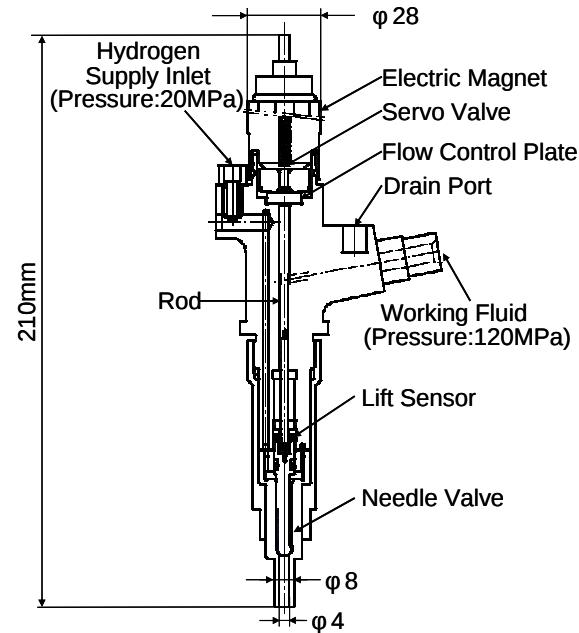
- ・積載量約4トンの重量トラック
- ・多気筒エンジンの選定(J08E-TIをNA化)
 - 6気筒, 総排気量7.7ℓ, コモンレール仕様
 - 出力; 147kW(200PS)を目標

水素エンジン開発の状況

New Generation Common-Rail Type H₂ High Pressure Injector



(a) Photo



(b) Cross-section

- (1) 高圧燃料噴射インジェクタを試作
- (2) 噴射量: 400 ml[N]/inj. (40 degrees CA @ 3000 rpm).

- (1) A high pressure hydrogen injector capable to make multiple-stage injection was developed.
- (2) The amount of hydrogen injection 400 ml[N]/inj. was successfully accomplished within 40 degrees CA at the engine speed of 3000 rpm.

FTD自動車の開発

排気量7.7Lのトラック

排出ガス： NOx目標 2009年規制値以下
さらに挑戦目標値を目指す
PM目標 2009年規制値以下
燃費目標： 現行のディーゼル車以上

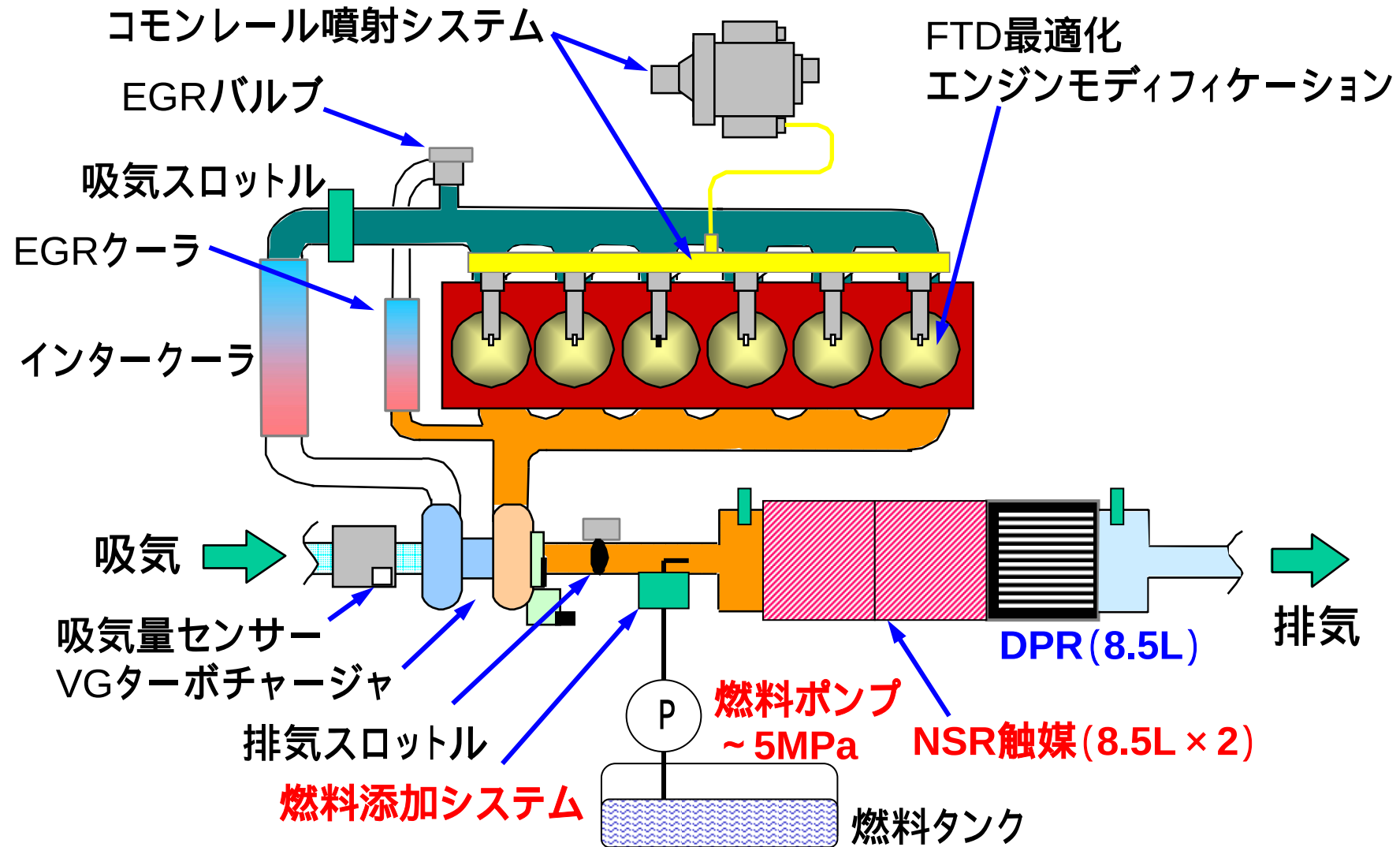
技術的特徴

・ F T D 燃料（各 G T L、B T L：天然ガス、バイオマスから合成） ” ニート ” F T D 使用前提での低公害大型ディーゼル車を開発

主要な新規開発要素技術

・ F T D（G T L、B T L）100%燃料を前提とした
エンジン燃焼系の最適化
排ガス後処理装置の最適化

エンジン概要図



主なエンジン改良項目

【低圧縮比化ピストン】

圧縮端温度低減によるNO_x低減
空気利用率向上によるすす低減

【燃料噴射ノズルの最適化】

噴射期間短縮による燃費改善
低圧縮比ピストンに燃焼最適化

【EGRクーラー変更】

並列2本化による圧損低減

【ターボチャージャー変更】

低入化に伴い小型化
(過渡応答性向上)
高EGR率時の過給機効率の大幅改善

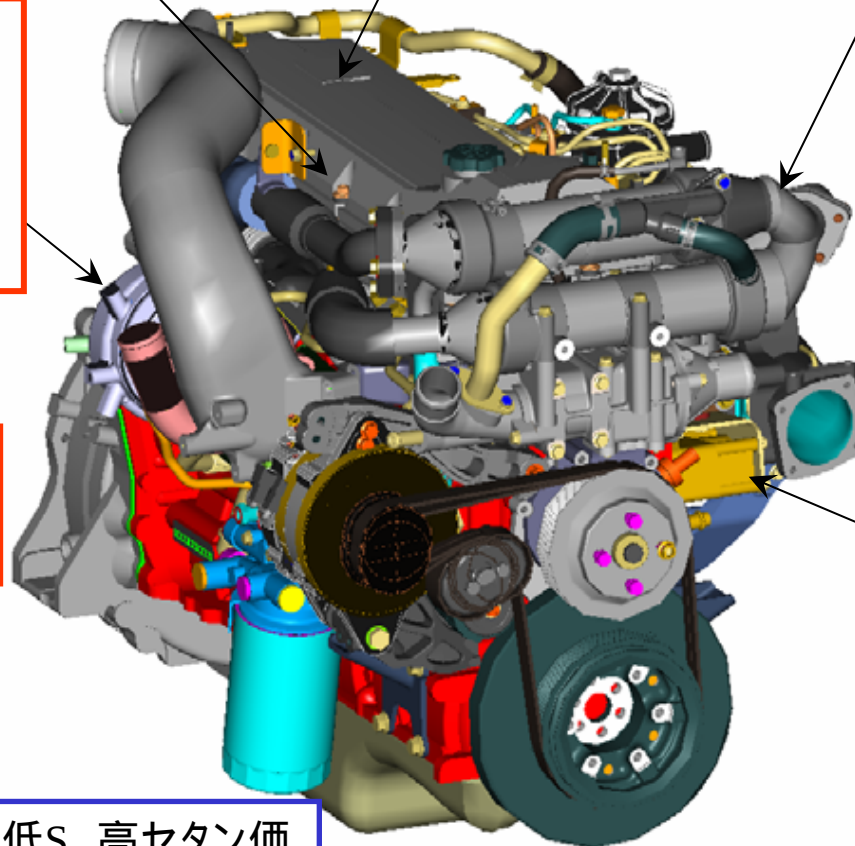
【後処理システム最適化】

リッチスパイク用噴射装置
触媒材料、容量等

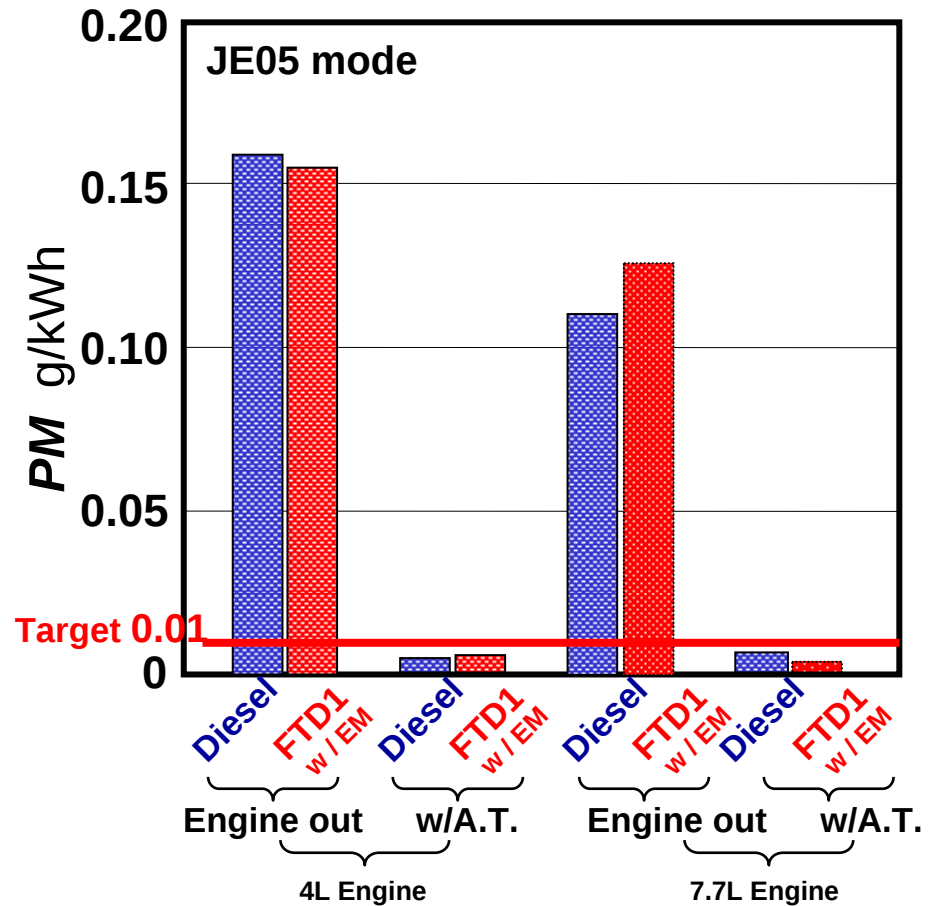
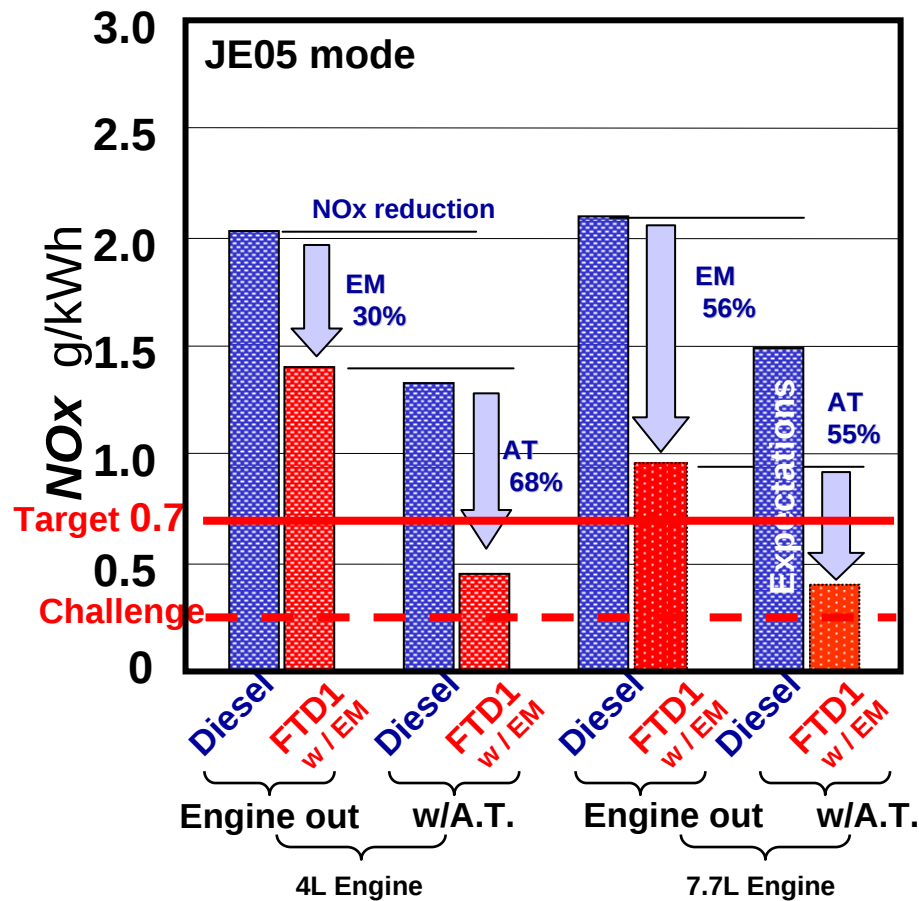
【EGRバルブ圧損低減】

ポペット弁 バタフライ弁
により圧損を大幅低減し、
絞り損失を改善

燃料の特徴: ゼロアロマ、低S、高セタン価
→ 低HC, 低PM、着火性良

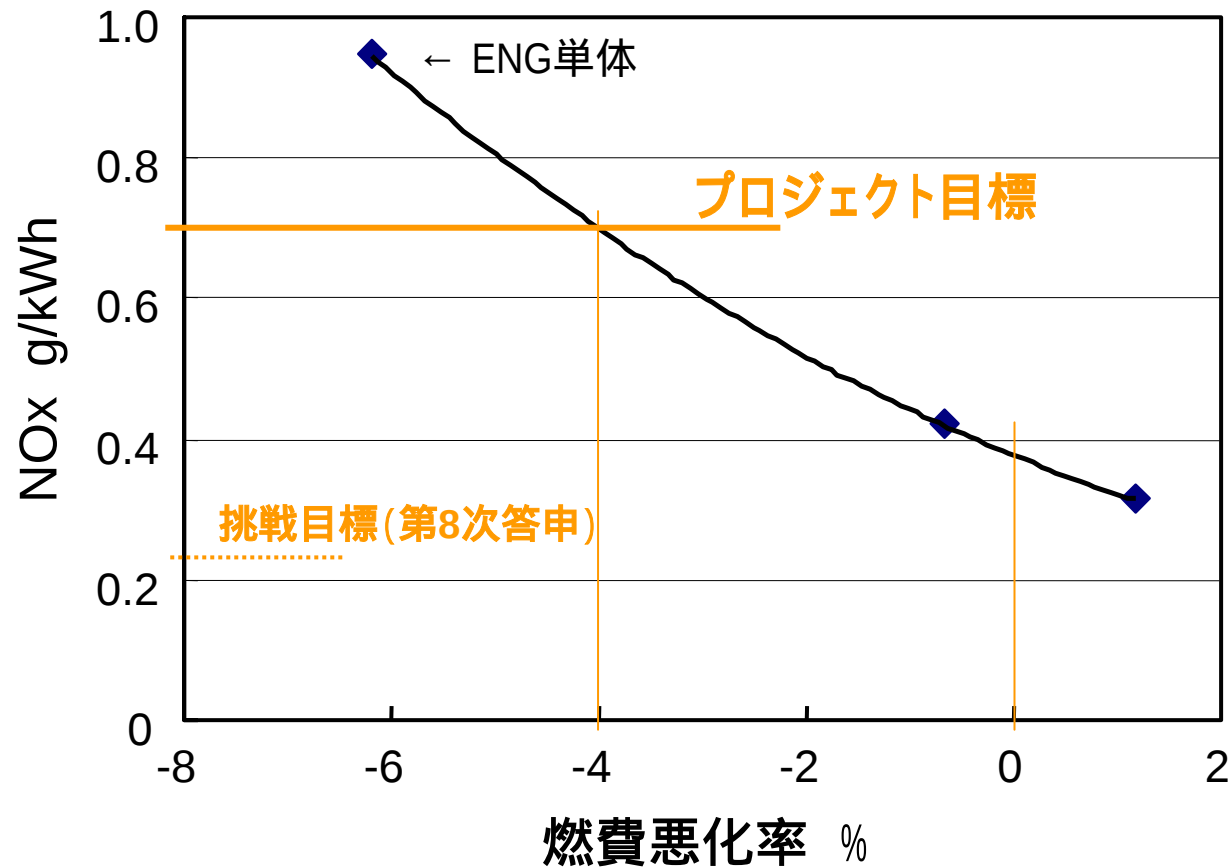


排出ガス(後処理後)



- NOx=0.42 g/kWh / PM=0.002 g/kWh (BSEC1%改善)
- 4Lエンジンと比較すると排気温度的に不利だが、55%の浄化率を獲得

NOx排出率と燃費のトレードオフ

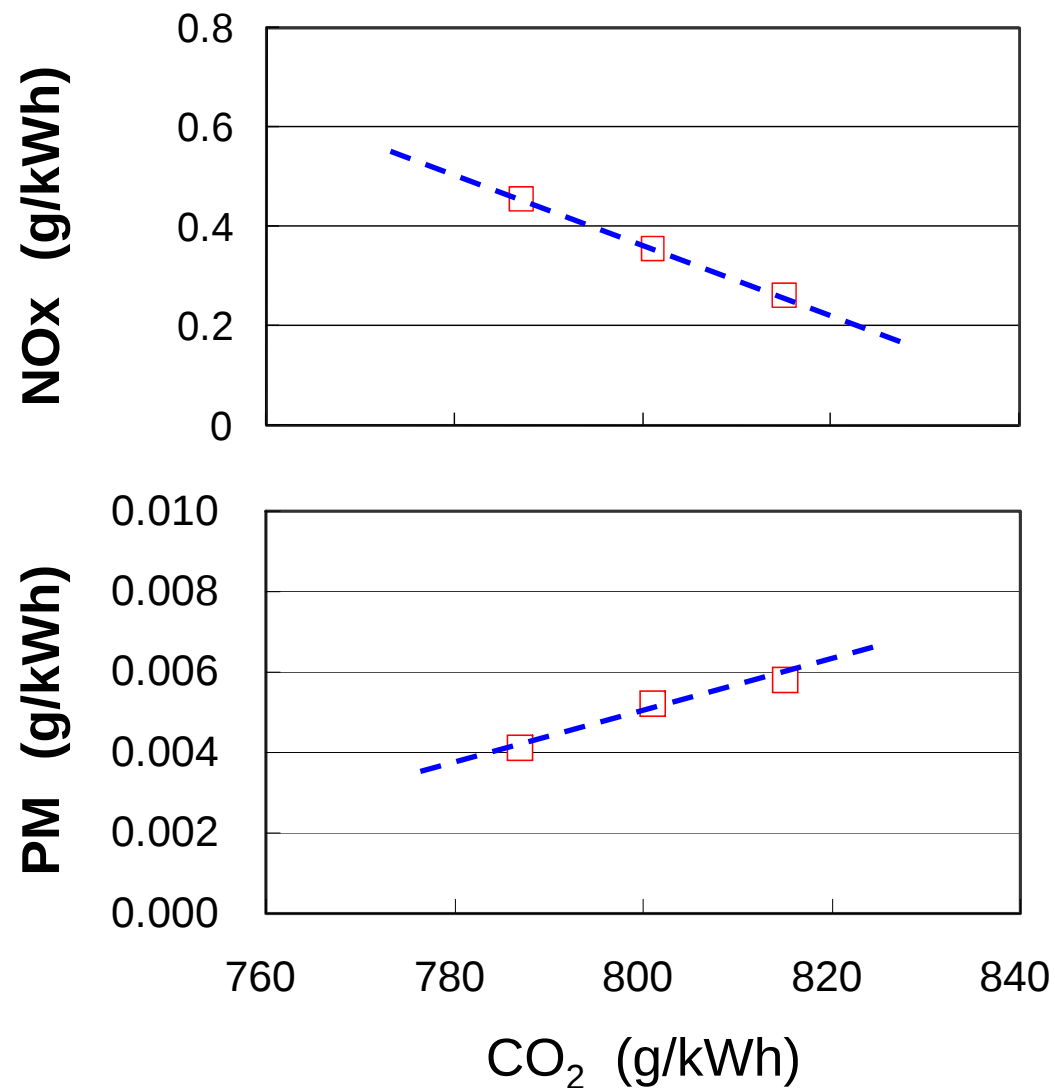


- 軽油同等燃費でのNOxは約0.4g/kWh
- プロジェクト目標NOxレベル(0.7g/kWh)であれば燃費(エネルギー消費率)4%程度改善可
- ポスト新長期挑戦目標へは燃費悪化2%+が見込まれる

Emission Test Results



- シャシーダイナモによるJE05 mode 試験(再燃焼条件を除く)
- 従来ディーゼル車との燃費比較は別途調査予定。



発表のアウトライン

- プロジェクトの背景
- プロジェクトの概要
- EFVの実用化
 - 路上走行試験
 - DME (Dimethyl Ether) trucks
 - CNG (Compressed Natural Gas) truck
 - IPT (Inductive Power Transfer) Hybrid bus
 - 過渡運転条件による運転試験
 - SCD (Super Clean Diesel) engine
- EFVの開発
 - LNG (Liquefied Natural Gas) truck
 - FTD (Fischer-Tropsch Diesel) truck
 - Hydrogen Engine

- まとめ

Summary (1)

- 政府の施策に基づいて2002年よりEFVプロジェクトを推進。
 - 低公害車の開発試作 → 実証試験 → 問題抽出 → 改良 → 実用性向上 → 将来普及への足がかり
- 公道走行試験等を以下の車両により実施
 - DME trucks
 - 重量トラックは走行試験のために一部改良
 - 小型トラックと散水車は追加製作し、公道走行試験を実施
 - CNG heavy-duty truck
 - 全走行距離約65,000 km を問題なく走行できた。
 - 夏タイヤを装着したトラックが半積載で高速道路を走行した際に、70 km/h 以上の平均速度で一充填で600kmの走行が可能
 - IPT hybrid bus
 - 都市内と山岳路相当の実走行が可能な車両を開発し、羽田空港において実証試験を実施

Summary (2)

- 実走行条件相当の試験を実施
 - SCD engine
 - LP-EGR, 改良 turbocharger, 200MPa の噴射圧力を持つFIE systemを使用したエンジンで、エンジンアウト0.1g/kWhのNO_xレベル
 - 燃費のペナルティ無しで NO_x:0.18g/kWh、 PM: 0.009g/kWhを達成
- 以下の車両等を新しく開発試作
 - FTD vehicles
 - FTD燃料使用ではEGRを増加させることでNO_x を低減
 - 低圧縮比のようにエンジン仕様を最適化することによって中負荷領域においてNO_x をさらに低減可能
 - LNG heavy-duty vehicles
 - 加圧蒸発器付燃料タンクで燃料を加圧することによって燃料を供給する新しい技術コンセプトを提案し、極低温燃料のための断熱タンクのような要素技術を開発
 - Hydrogen engines
 - 気筒内に高圧水素ガス直接噴射弁に関する基本的な技術
 - NO_x触媒システム、液化水素タンクを搭載した車両用高圧水素ガス供給システムについて試験を実施

ご清聴有難うございました。