

技術開発

新技術展開 - ポンプ損失低減 -

可変動弁系の進化によりポンプ損失が低減し、燃費は大幅に改善

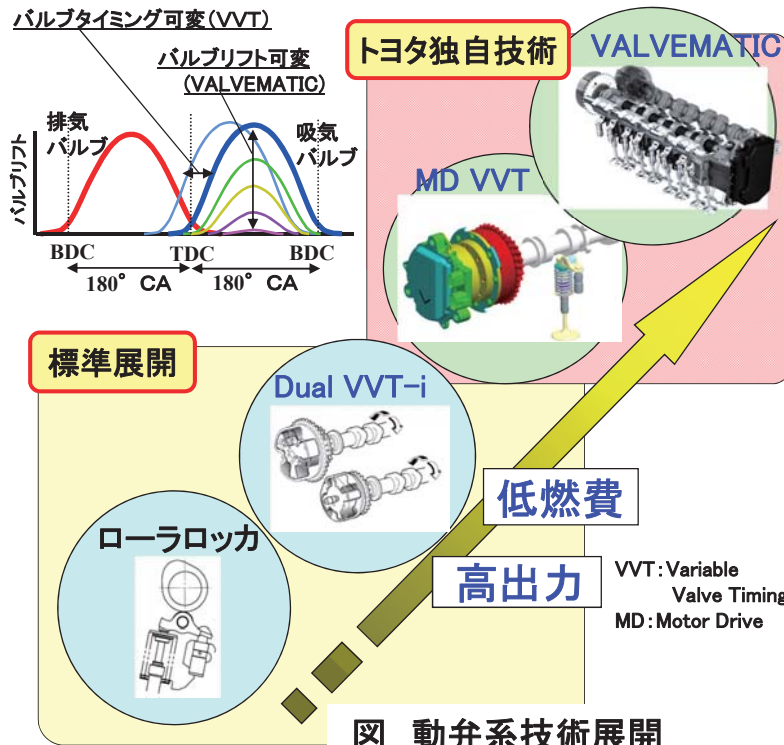


図 動弁系技術展開

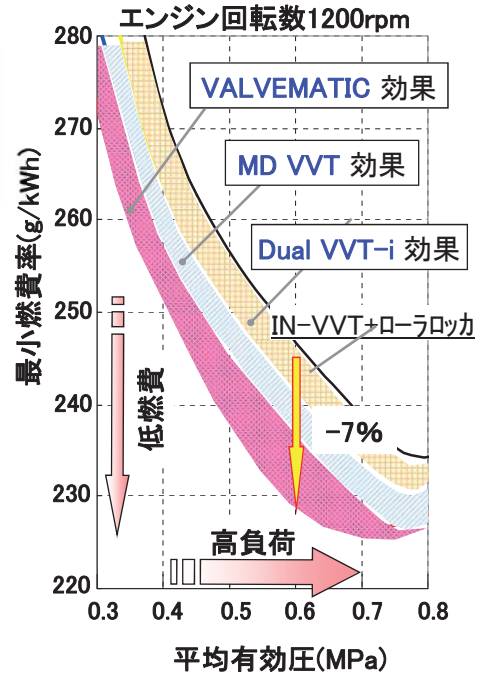


図 燃費効果

技術開発

新技術展開 - 排気損失低減 -

ガソリンの筒内直接噴射と高圧縮比化により、出力の大幅向上と低燃費を実現

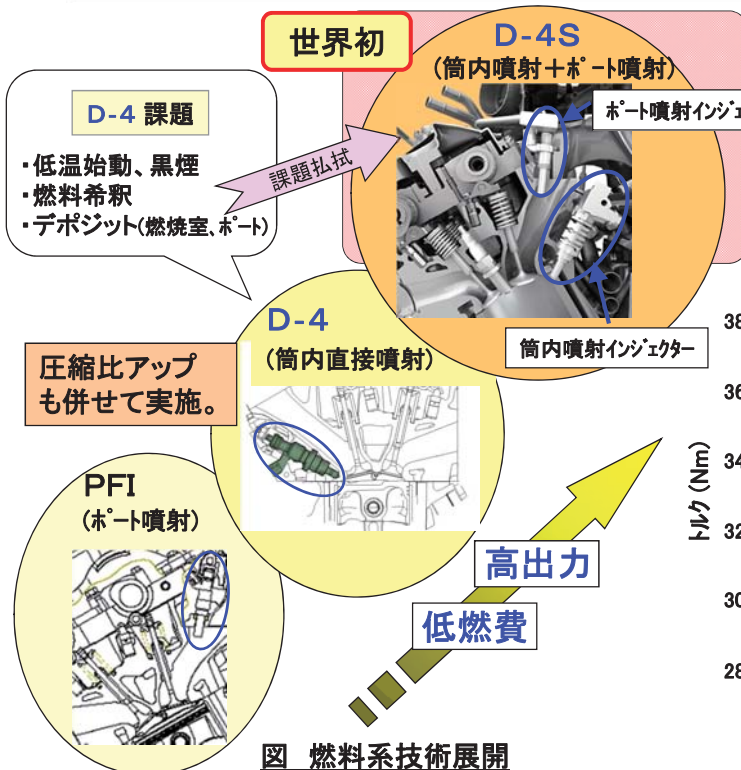


図 燃料系技術展開

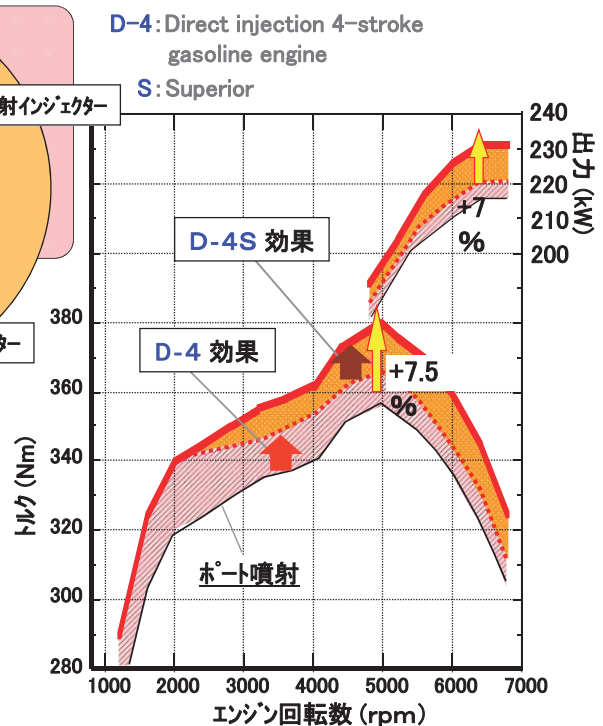
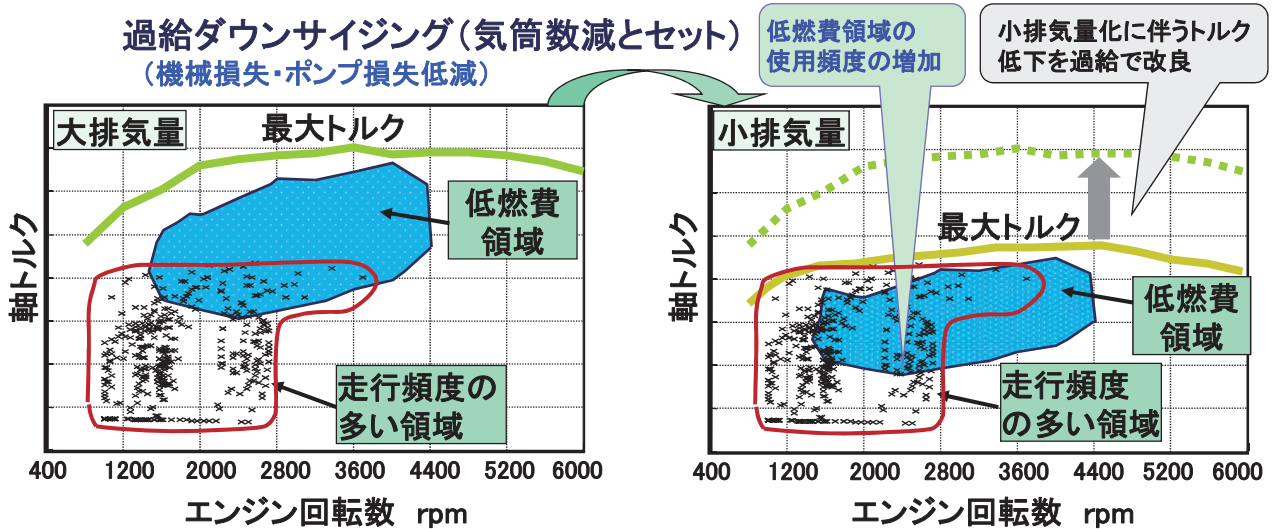


図 性能効果

技術開発 **新技術展開 - 過給ダウンサイジング -**

小排気量化でエンジンの低燃費領域を使用し、燃費を改善。一方、出力低下分を改善するため、過給機を採用 - 直接噴射とセットの技術 -



メガノック抑制が重点課題(オイルミスト、デポジット起因)

技術開発 **新技術展開 - 機械損失低減 -**

エンジンフリクション(機械損失)はガソリン/ディーゼルエンジン共に着実に低減

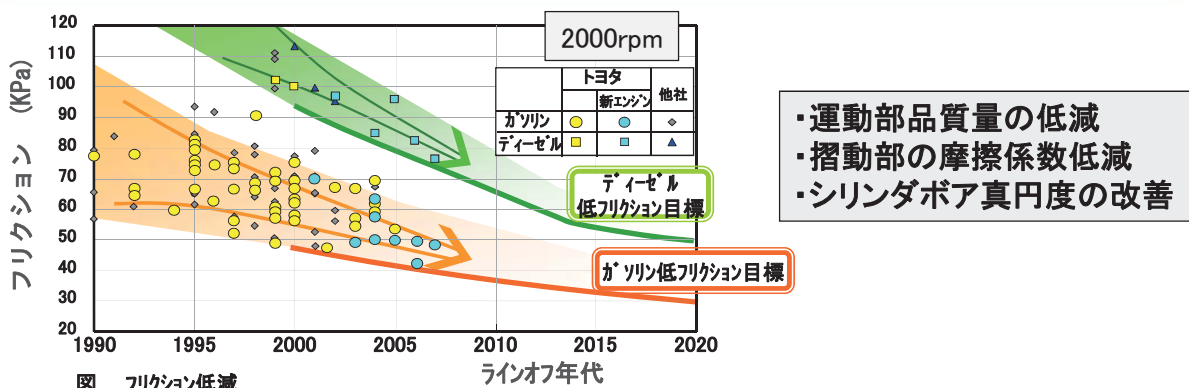
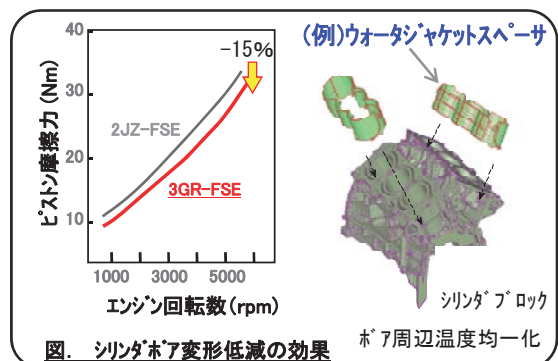
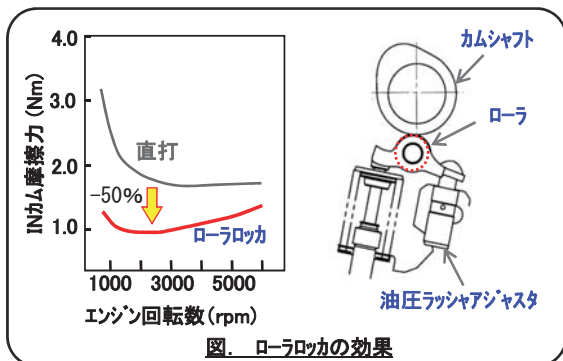


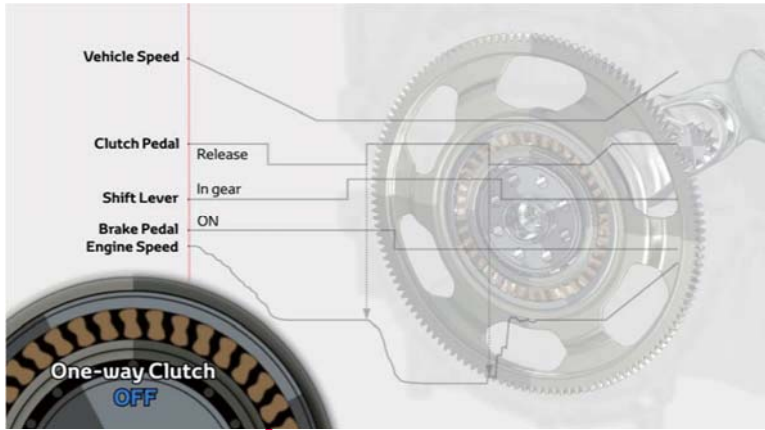
図. フリクション低減



技術開発

新技術展開 - アイドルストップシステム -

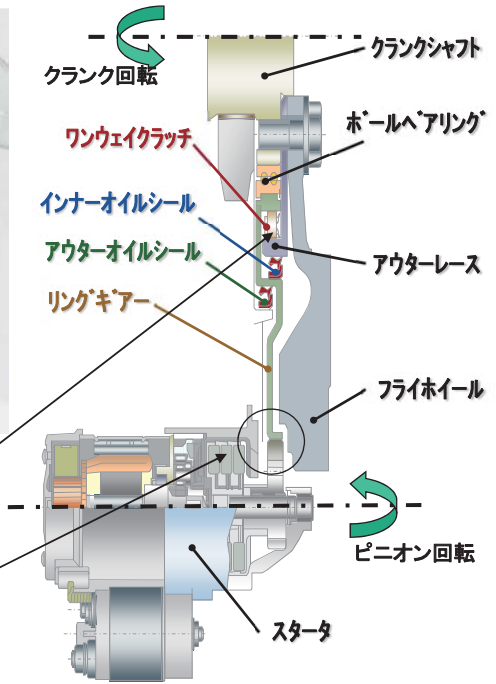
クラッチペダルの操作により、エンジンが停止あるいは始動する



回転数が上がるとクラッチが切れ、クランクシャフトに対してリングギアはフリーとなる。

始動のたびにスタータピニオンギアが飛び出し、リングギアとかみ合うタイプに対し、このシステムではピニオンとリングギアは常に噛合っている。

構成部品

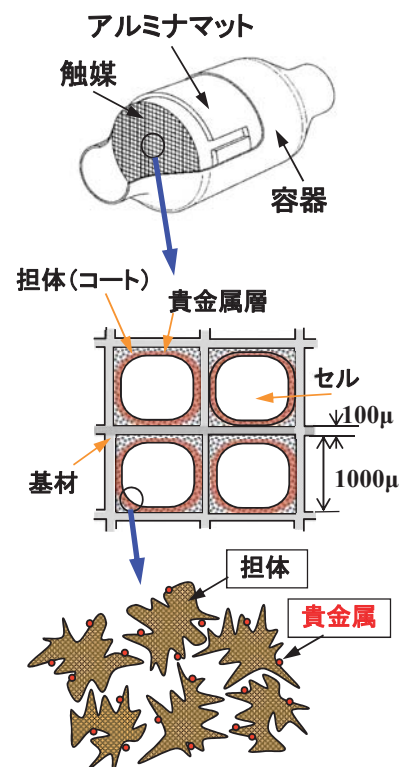
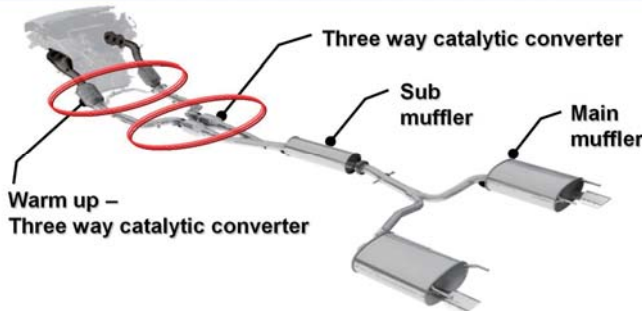


クラッチを内蔵する常噛み方式によりエンジンのスムーズな始動/停止が可能

技術開発

排気浄化技術の基本 - ガソリン3元触媒 -

触媒コンバータは基材、担体、貴金属で構成され、排気ガスを浄化する機能を持つ。



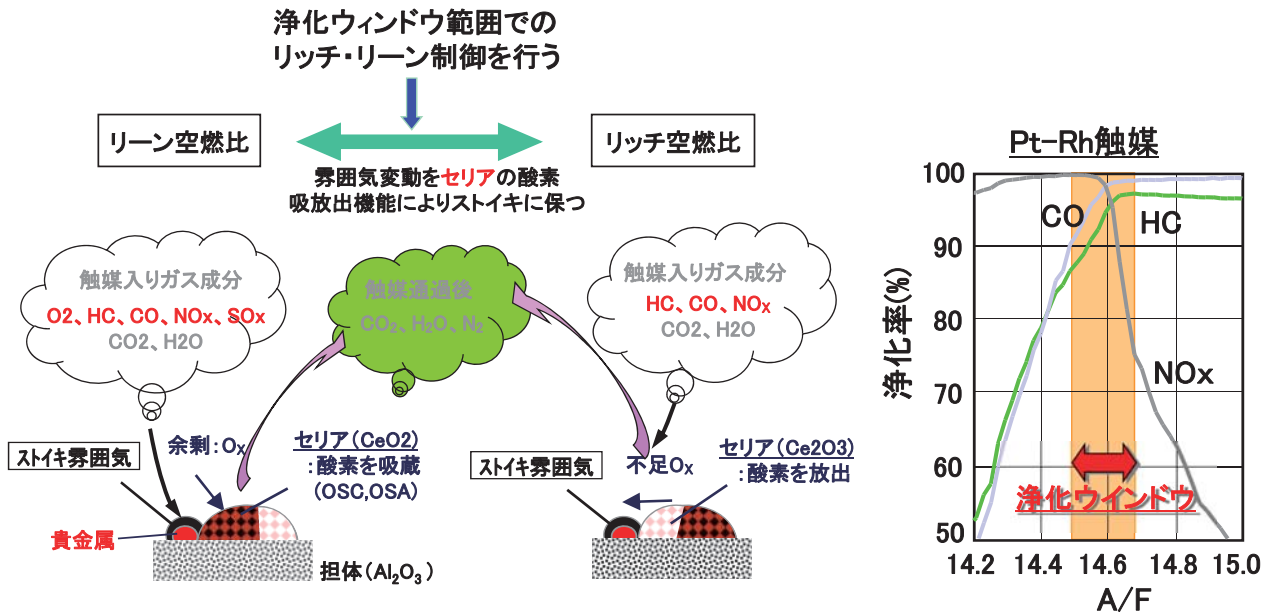
部位	機能	材料と目的
基材 (ハニカム)	・コートの保持	・セラミック: 低コスト、保温性 ・メタル(SUS): 低圧損、搭載性
担体 (コート)	・貴金属の保持 ・貴金属劣化の抑制 ・酸素吸蔵(OSC)	・セリア(GeO ₂)、ジルコニア(ZrO ₂) 貴金属の分散性向上 酸素吸蔵(OSC能) ・アルミナ(Al ₂ O ₃) 貴金属の分散性向上 バインダ機能
貴金属	・触媒作用	・Pt、Pd: CO、HCの酸化活性大 ・Rh: 高活性、NO _x の還元

技術開発

ガソリン3元触媒 - 排気浄化のメカニズム -

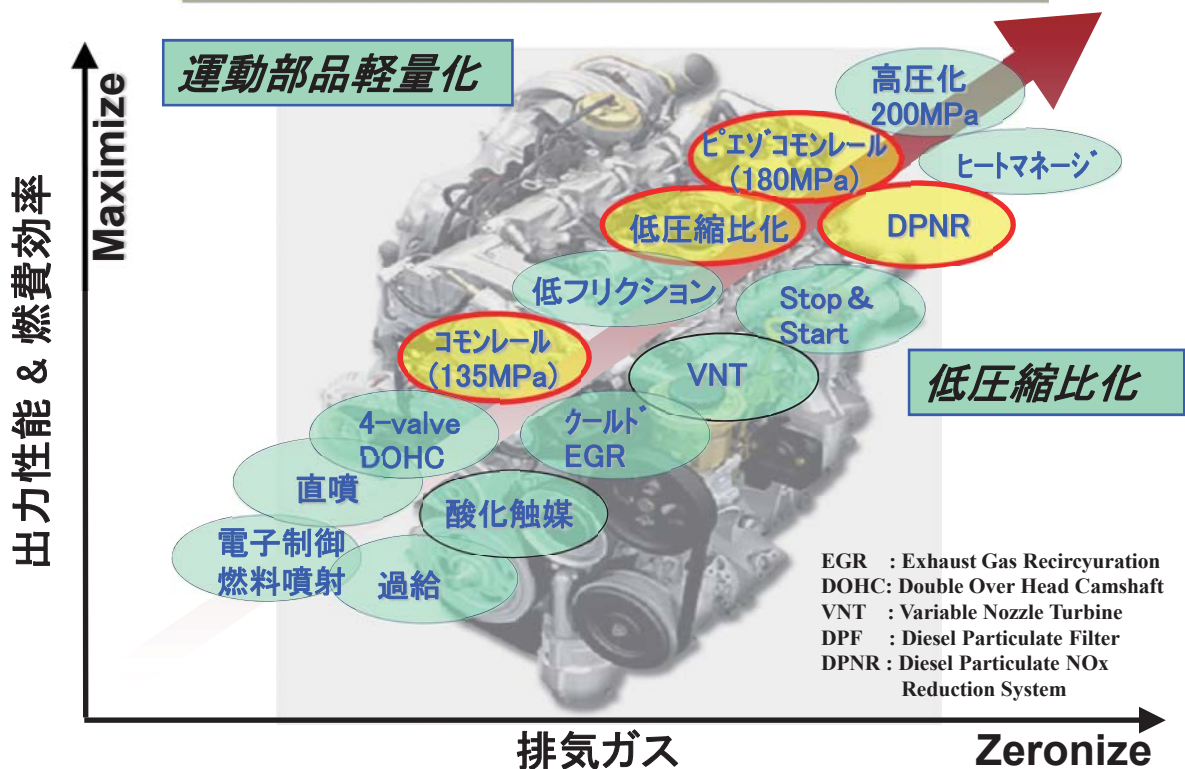
ストイキ条件でHC, CO, NO_xを同時に酸化/還元し、CO₂, H₂O, N₂とする。

ストイキ条件: 空気と燃料の混合比(A/F)が14.6



4-2. ディーゼルエンジンの先端技術開発

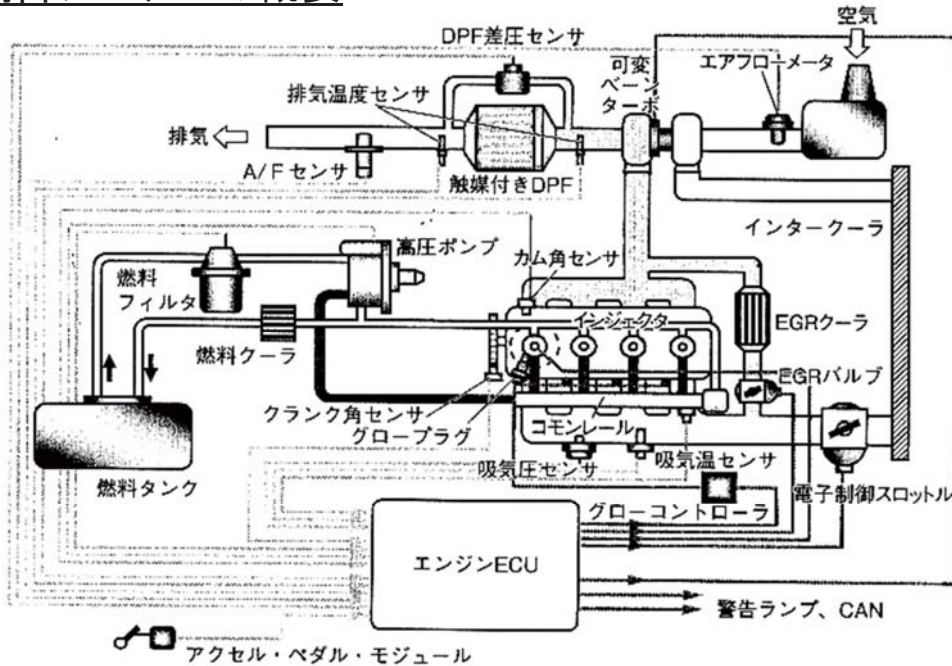
排気のクリーン化と高出力、更なる低燃費化を実現



(2)ディーゼルエンジン制御

①制御システムの概要

出典：図解カーエレクトロニクス
[上]システム編 加藤光春(日経BP社)



ECUの主な制御は、燃料噴射圧力、噴射量、噴射時期を制御する噴射制御、EGR量を制御するEGRバルブ制御+電子スロットル制御、可変ベーンターボ制御、アイドル回転数制御、故障診断システム等からなる。

技術開発

新技術展開 - ディーゼル噴射系/後処理

コモンレール改良、新触媒開発及び低圧縮比化によりクリーンと高出力化を実現

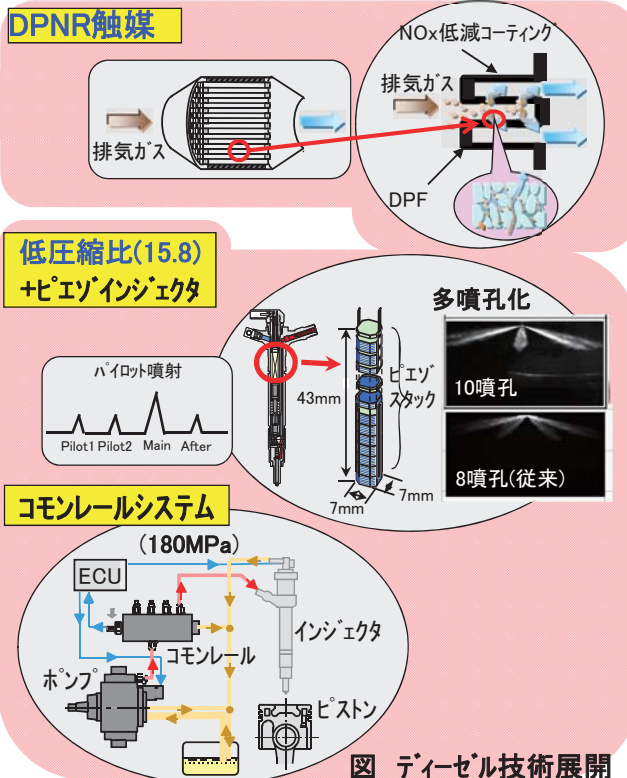


図 ディーゼル技術展開

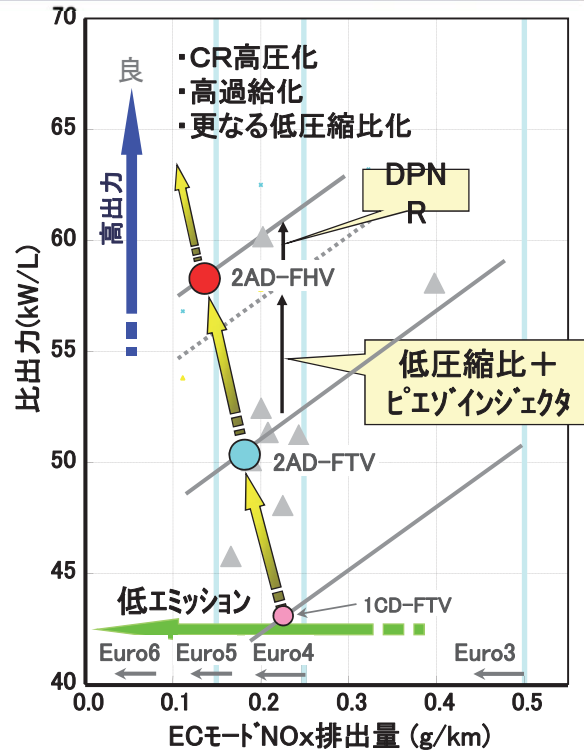
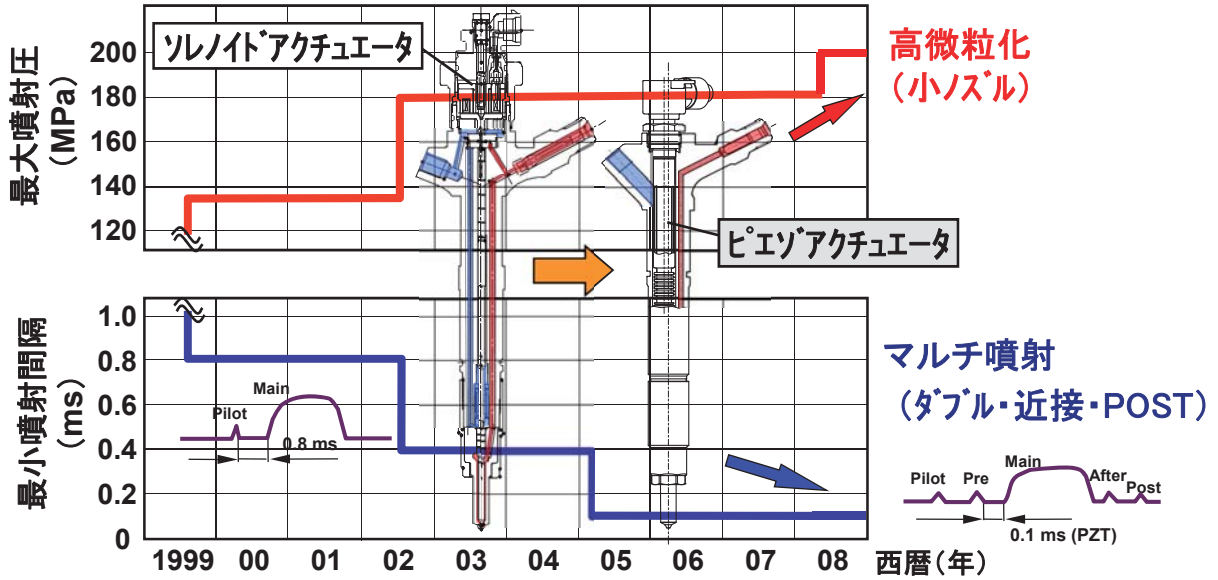


図 新規技術による改善効果

技術開発 コモンレールシステムの進化 - 高圧・高応答噴射系 -

うれしさ

- ・噴霧微粒化向上 } → 低PM、低CO₂・燃費
- ・高レスポンス
- ・高精度マルチ噴射 → 低NO_x、低騒音

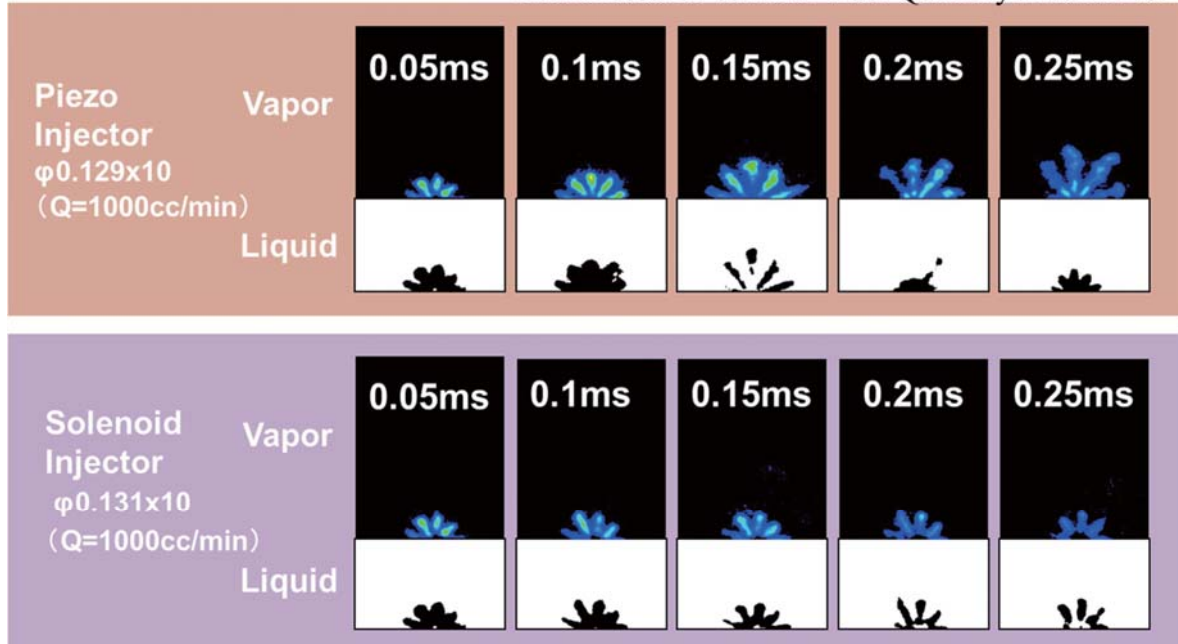


高圧化とマルチ噴射化で燃費／排ガス／騒音を大幅に改善

技術開発 ピエゾ駆動インジェクタによる噴霧性状の改善

LIEFによる噴霧解析

Rail Pressure : 63MPa Fuel Quantity : 2.0mm³/st



LIEF: Laser Induced Exciplex Fluorescence

インジェクタのピエゾ駆動化により燃料噴霧の蒸気化を促進

技術開発 排気浄化技術の基本 - PMフィルター/NOx触媒 -

表. 各種PMフィルターの比較

方式	再生概略図	再生原理
Current DPF		一定量PMを溜めた後、燃料に添加されたCe(セリウム)にて低いガス温度でのPM強制酸化を促進。 (500℃位から酸化可能)
CRT (JM)		前段の酸化触媒でNOをNO2に酸化しNO2でPMを連続酸化 $C + 2NO_2 \rightarrow CO_2 + 2NO$
CSF (Engelhard)		・CeO2とPtが基材にコートされている ・Ceによる酸化促進とNO2による連続酸化 ① $C + O_2 \rightarrow CO_2$ ② $C + 2NO_2 \rightarrow CO_2 + 2NO$

NOx触媒、PMフィルターは各種あるも、DPNR触媒はNOx・PMの同時低減が可能。

DPNR(Diesel NOx and Particulate Reduction System)触媒

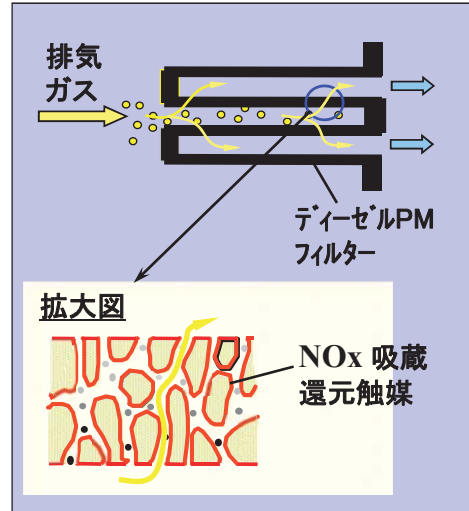
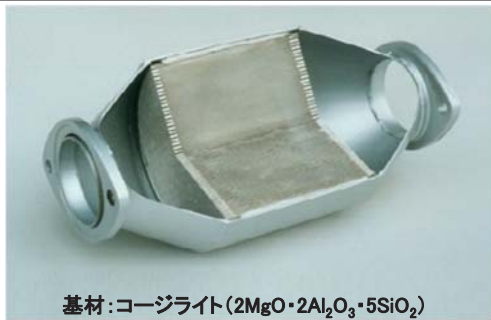


表. 各種NOx低減触媒の比較

	触媒方式	NOx低減率	課題	システム規模
NSR (吸蔵還元)	リッチスパイク 	60%以上	燃費 約3%悪化	簡素
SCR (選択還元)	HC 添加 	約30%	燃費 約3%悪化	簡素
	尿素 添加 	80%以上	尿素インフラ	複雑

技術開発 DPNR触媒

DPNR: Diesel Particulate NOx Reduction System



基材に使われるコージライトは、堇青石(きんせいせき)ともいう。天然に産する結晶は水とアルカリを少量含む。コージェライト製DPFは、SiC(炭化ケイ素)製に比べて比重が軽く、昇温性に優れ、連続再生に適した材料である。

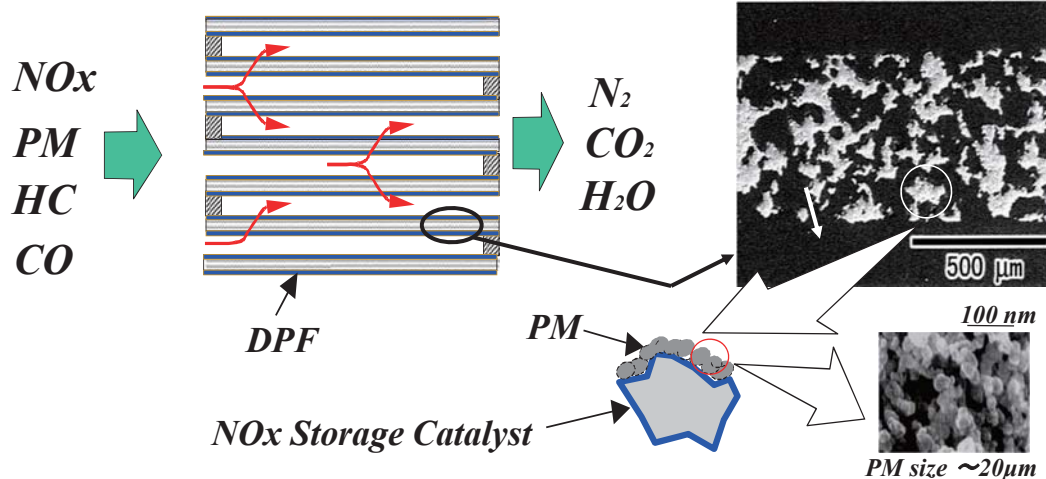
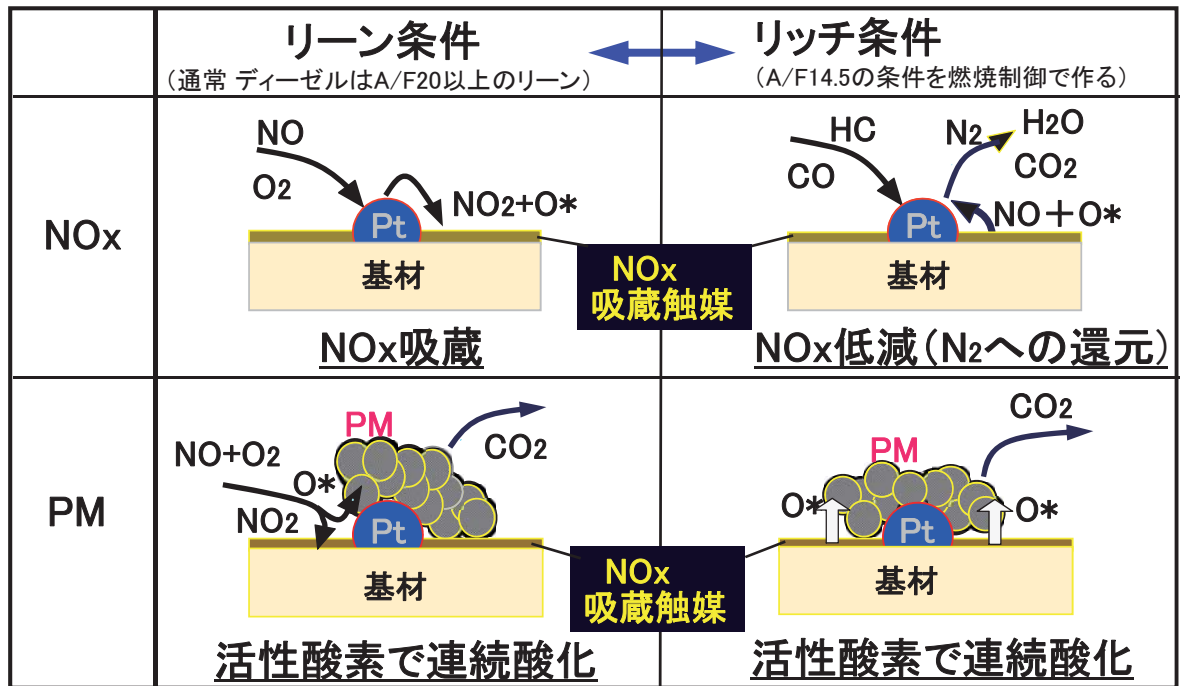


Fig. Structure of DPNR Catalyst

技術開発

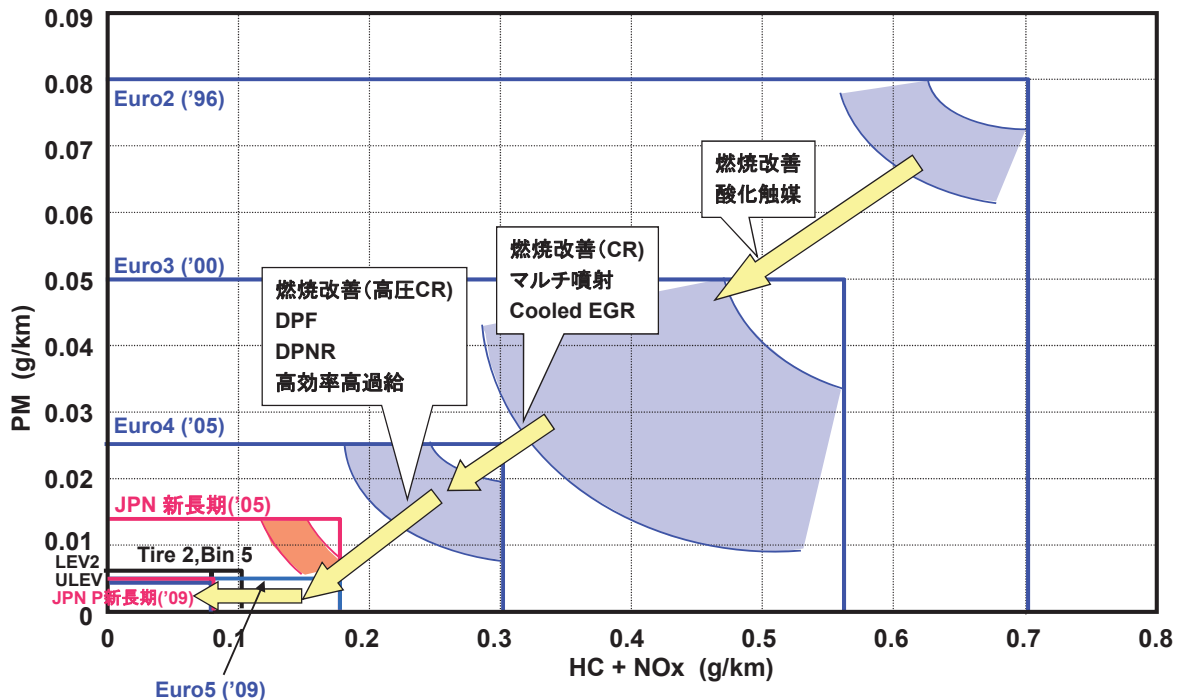
DPNR 触媒 - NO_x・PM同時浄化メカニズム -



- ・リーン条件で発生したNO_xを触媒に吸蔵し、活性酸素でPMを酸化。
- ・燃焼制御でリッチ条件を作るとNO_xはN₂に還元され、PMも触媒から発生した活性酸素により酸化される。

技術開発

ディーゼル排気対策によるNO_x・PM低減の推移




ディーゼルエンジンの重点課題である排気レベルは後処理及び噴射系、燃焼系の改良により大幅に改善された。

5. 代替燃料車の技術開発

5-1. CNG車対応 - ハイフューエルシステム車 -


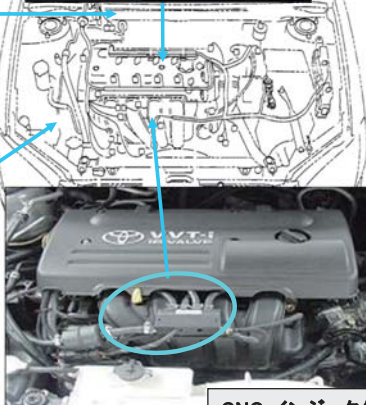
CNG コントロールユニット



インジェクタ制御
空燃比制御 点火時期制御

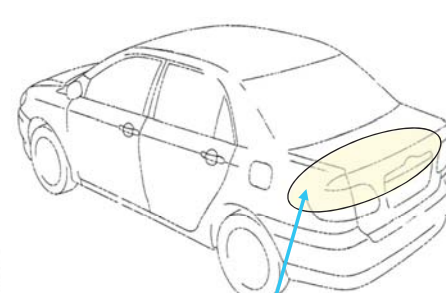

CNG 圧カレギュレーター
200気圧 ⇒ 4.5気圧 ⇒ 1.9 気圧

エンジン外観

CNG インジェクター

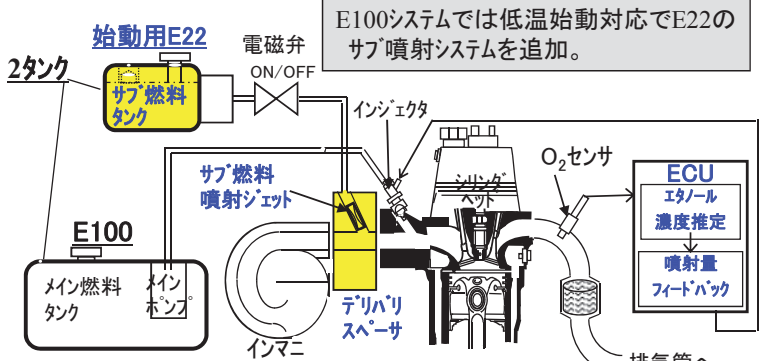
ハイフューエル:ガソリンとCNGの切り替え使用が可能

CNG シリンダ (トランク内)

従来のガソリンPFIシステムにCNGコントロールユニット、インジェクタ、圧カレギュレータを追加しBi-Fuel化(始動時はガソリン、それ以外はCNGを使用)。課題はパワーと後続距離。

5-2. FFV対応 - フレックスフューエルビークル E100/E85 -



2タンク
始動用E22 サブ燃料タンク
E100
メイン燃料タンク
電磁弁 ON/OFF
インジェクタ
サブ燃料噴射ジェット
O₂センサ
ECU
エタノール濃度推定
噴射量フィードバック
インマニ
デリバリスペーサ
シリンダヘッド
排気管へ

E100システムでは低温始動対応でE22のサブ噴射システムを追加。

ブラジル(E100/E22)、米国(E85)を中心に高濃度エタノール車の展開が拡大。
課題はシステム簡素化と冷間時の排気ガス浄化(HC)。

E85対応も含め、エンジン本体、燃料系部品の腐食対策等を追加。

図 ブラジルE100対応2タンクシステム図

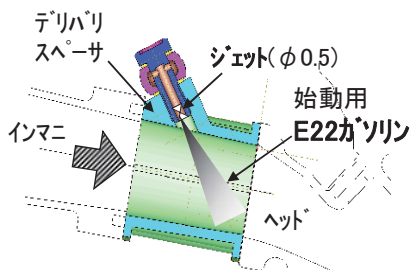


図 デリバリスペーサ部拡大(E100システム)

- 耐摩耗性向上**
 - ・ EXバルブ & バルブシート (材質変更)
 - ・ ピストリング (表面処理変更)
- 低温始動性 耐腐食性確保**
 - ・ サブ燃料ジェット
 - ・ サブ燃料チューブ
 - ・ デリバリスペーサ
- アルコール燃料対応 サブポンプ配線追加**
 - ・ ECU(始動系, 噴射系), W/H

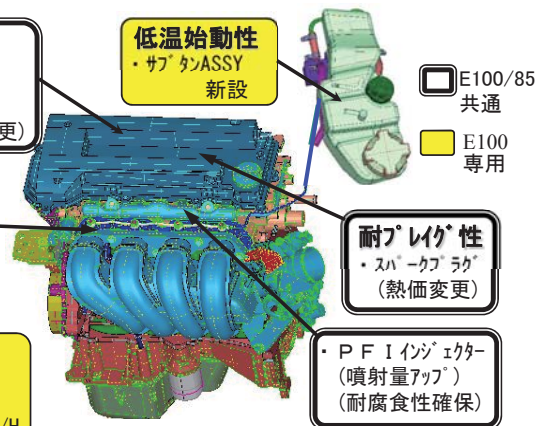
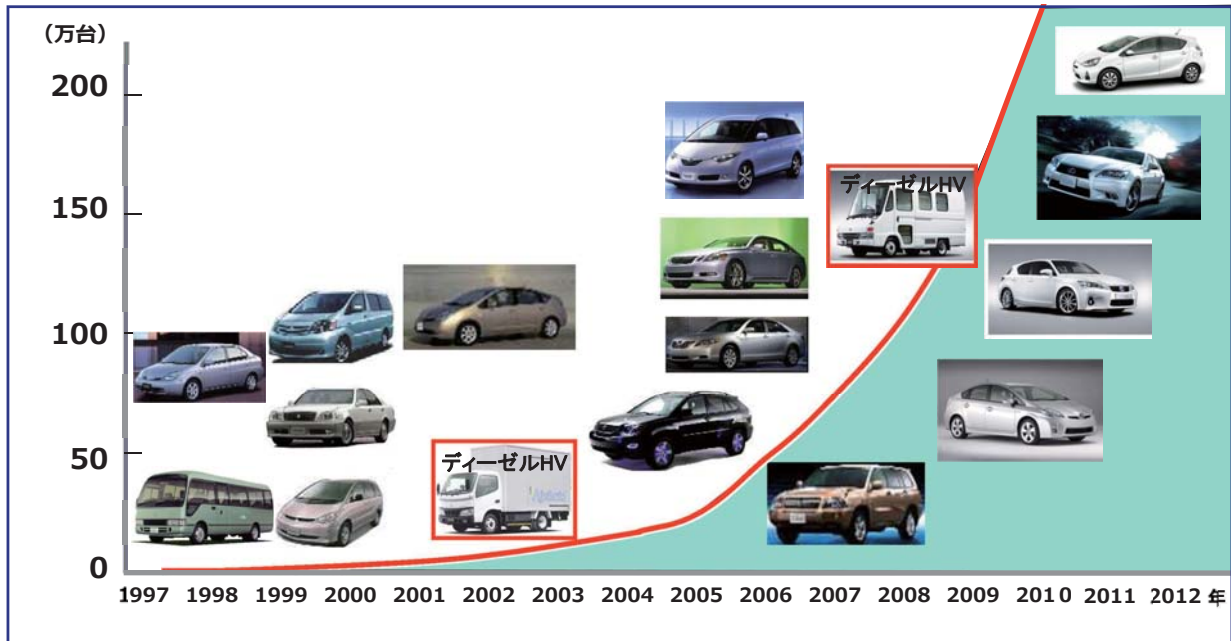


図 主要変更部品(E100/E85)

6. ハイブリッド車の技術開発(トヨタ)

トヨタのハイブリッド車世界販売台数(累計)

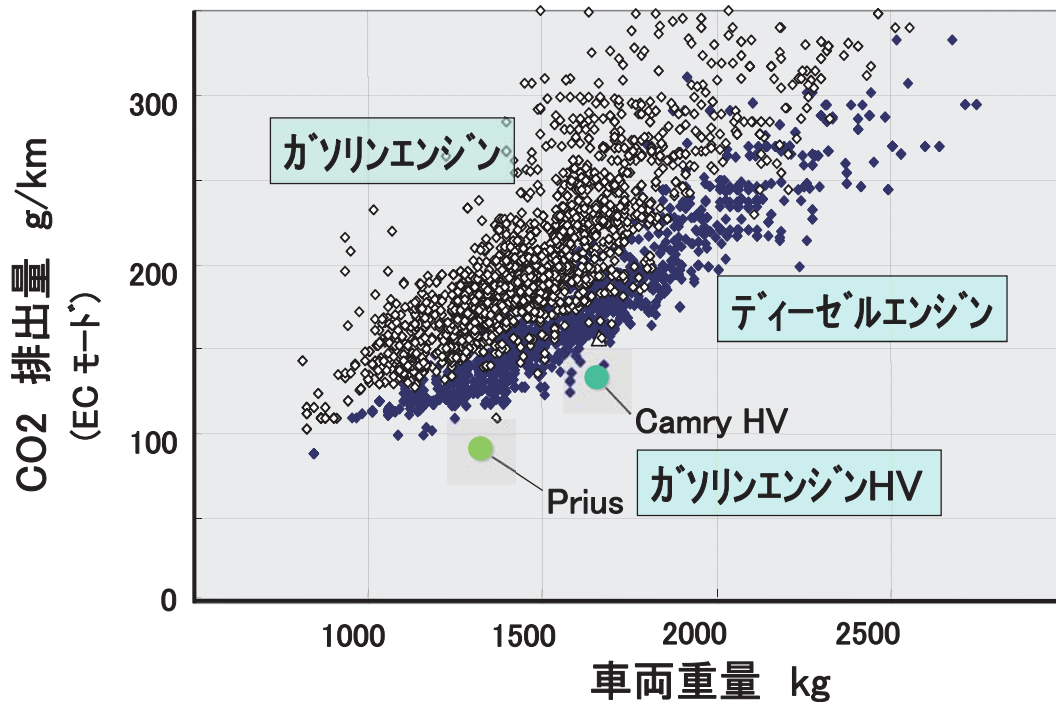
500万台



ハイブリッド技術は、ガソリン車、ディーゼル車を問わず有効な技術として市場で拡大し、いよいよ各自動車メーカー間のハイブリッド車燃費競争に突入。

技術開発

CO₂ 低減に対するHVの効果



- ・HVは従来ガソリンに対しCO₂は50%低減
- ・ディーゼルに対してもCO₂(燃費)ポテンシャルは高い

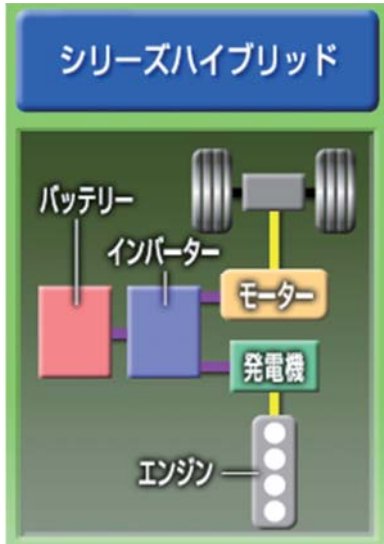
技術開発

ハイブリッドの分類

GM Chevrolet Volt
レンジエクステンダー

本田 Integrated Motor
Assist System (IMA)

トヨタ Toyota Hybrid
System (THS)

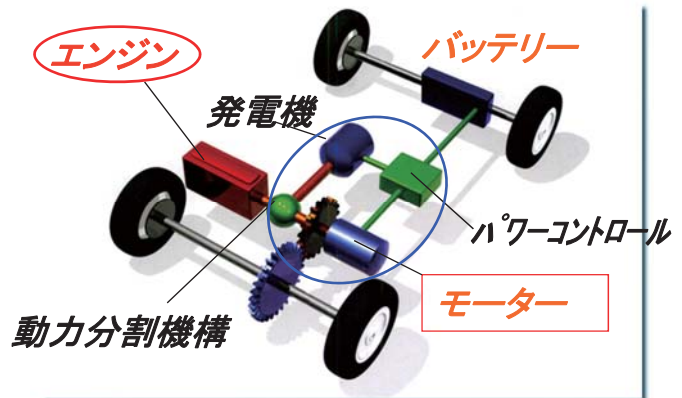
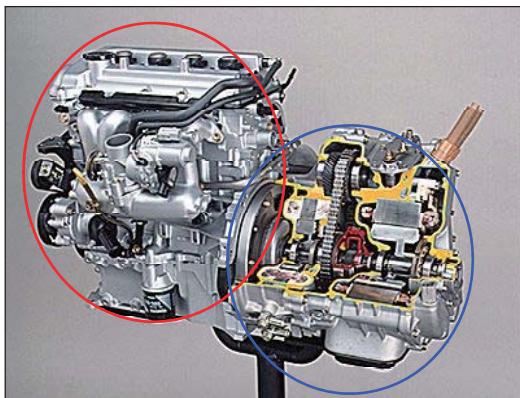


— 機械伝達経路
— 電気伝達経路

これをベースにクラッチを追加し、EV走行および
ブレーキ回生エネルギーアップを図る(日産・ホンダ)

技術開発

THSの構成と走行パターン



スタート	通常走行	全開加速	減速・制動	車両停止
モーター走行	モーターとエンジンの協調走行	エンジンパワー +モーターパワー	中速までエンジン 停止回生ブレーキ	エンジン停止

技術開発

HV用ガソリンエンジンの燃費性能改良

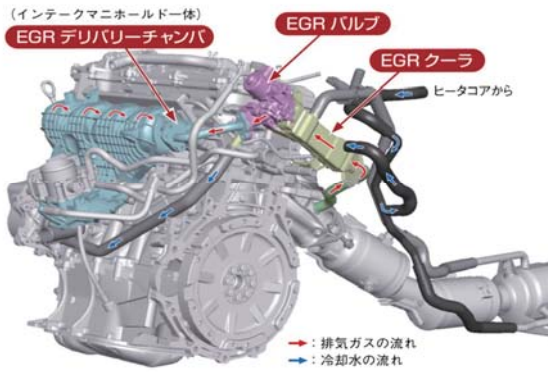


図 冷却EGRシステム

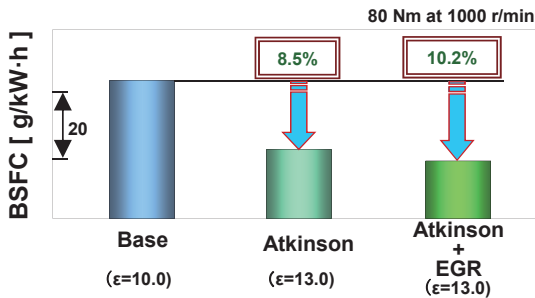


図 燃費向上効果(アトキンソンサイクルと冷却EGR)

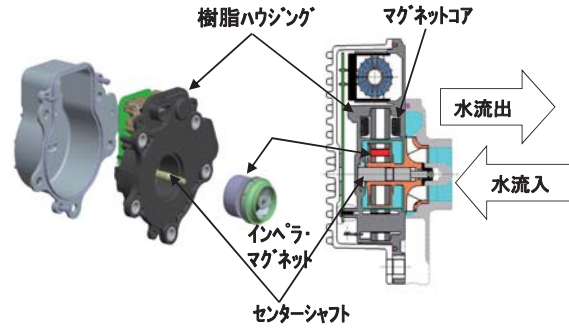


図 電動ウォーターポンプ(EWP)

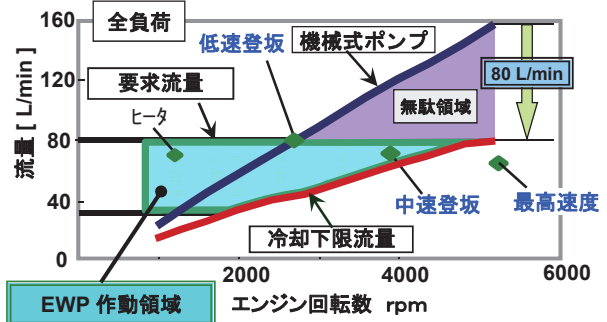


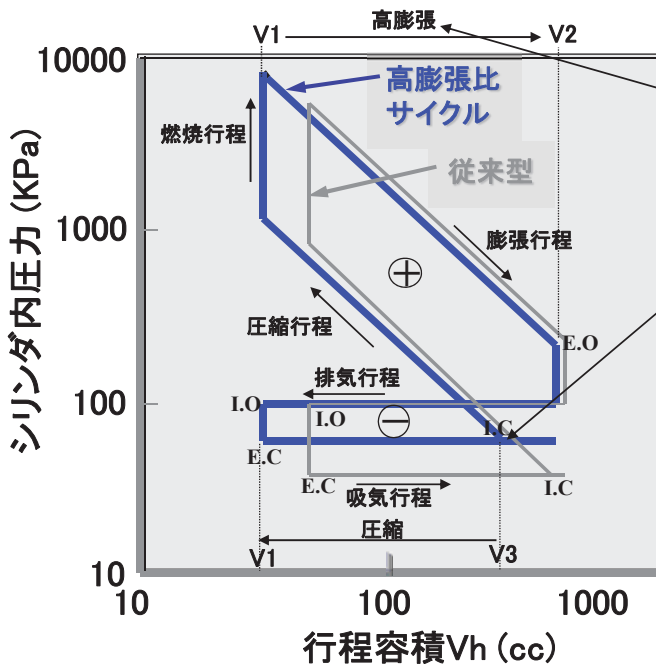
図 電動ウォーターポンプの作動領域

冷却EGR+アトキンソンサイクルの採用、ウォーターポンプ電動化等により熱効率改良

技術開発

高膨張比サイクル(アトキンソンサイクル)

ベース圧縮比増加と可変動弁系制御の組み合わせにより高膨張比を実現し、熱効率を改善。



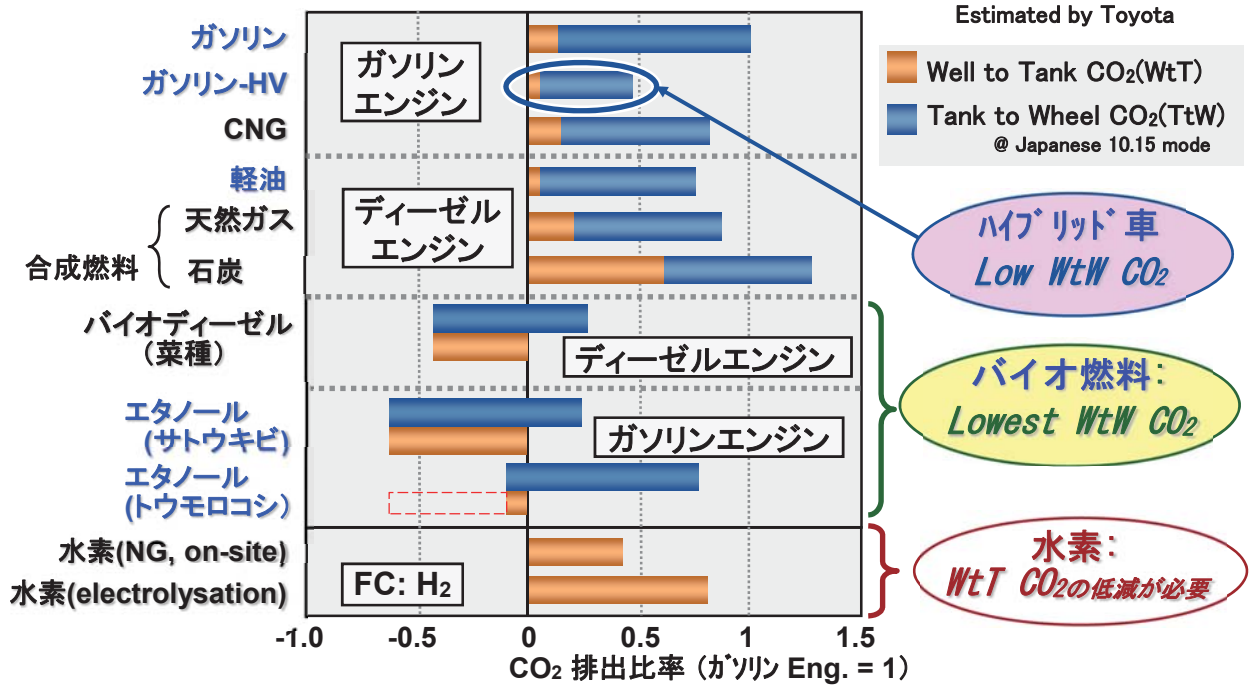
高膨張比サイクルの特徴

- 膨張比($V2/V1$)の上昇
→ 効率の向上(排気損失減)
- インテークバルブの遅閉じ
→ ノッキング防止
→ ポンプロス低減
→ 最大トルクの減少(課題)

図中バルブタイミング

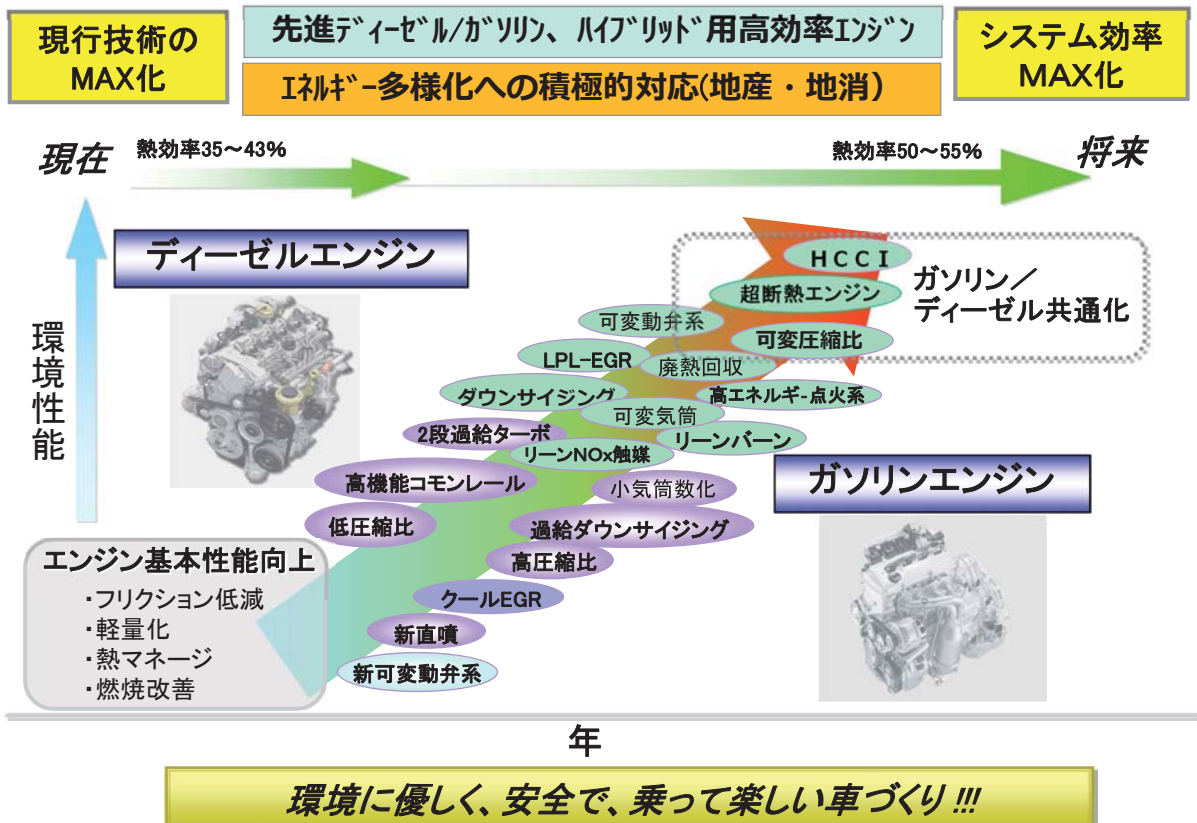
- 排気バルブ開: E.O
- 排気バルブ閉: E.C
- 吸気バルブ開: I.O
- 吸気バルブ閉: I.C

7. Well to Wheel による考察 (燃料製造まで含めた総CO₂排出量)



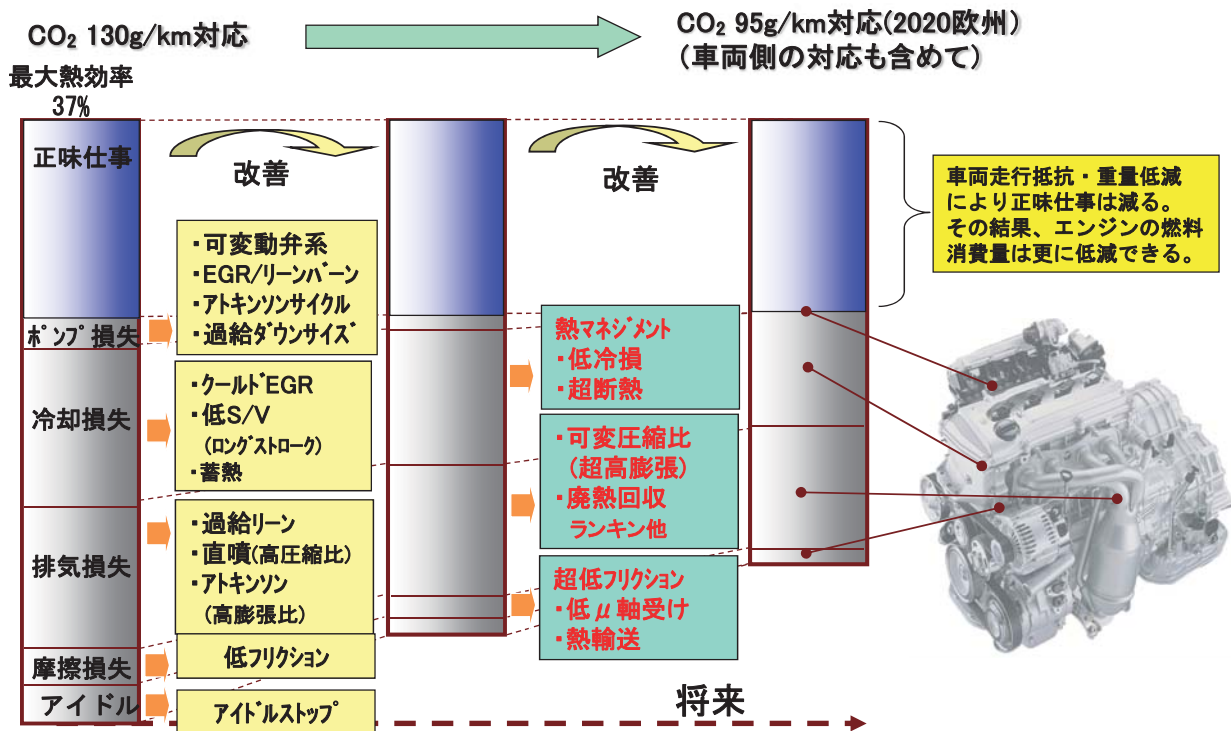
CO₂排出量はエネルギー製造過程で発生するCO₂まで含めて議論する必要がある。バイオのWtWが低い(カーボンニュートラル: 成長過程でCO₂を吸収)。

第3章 エンジンの将来に向けた技術開発



将来技術

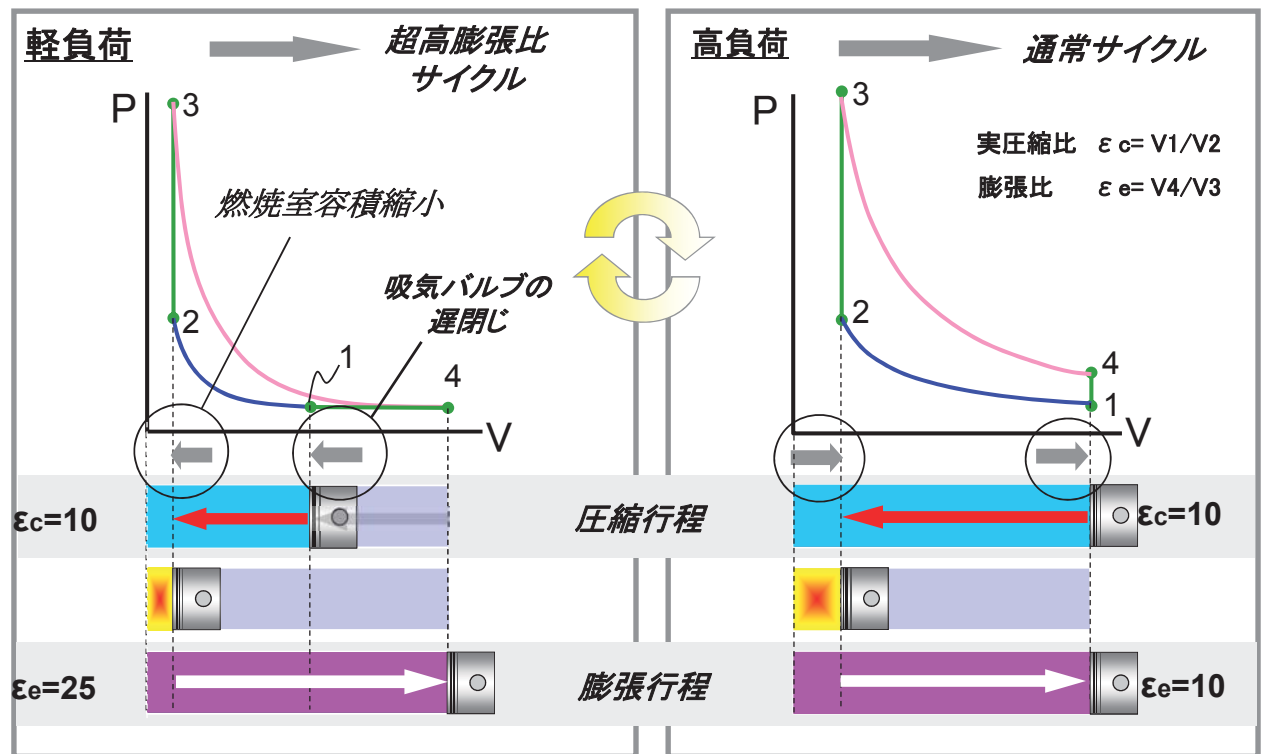
将来ガソリンエンジン



将来に向け、各種損失の更なる低減によるサイクル効率の最大化を図る

将来技術

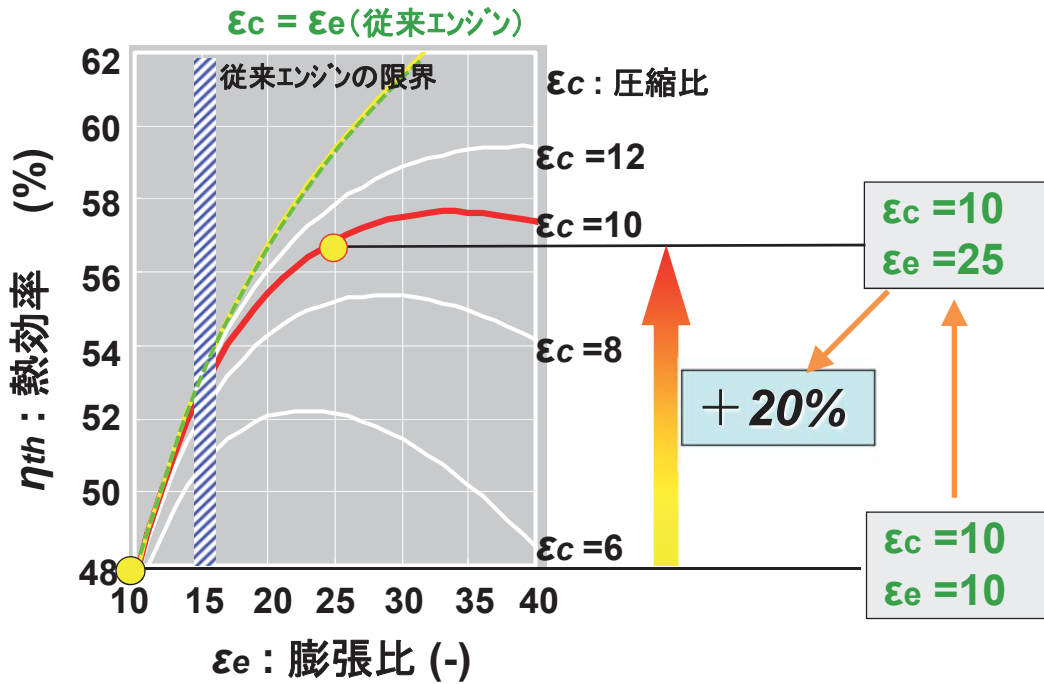
可変圧縮比(超高膨張比サイクル)とは



可変圧縮比と可変バルブタイミングを組み合わせた新概念により燃費と出力の大幅改善を実現。

将来技術

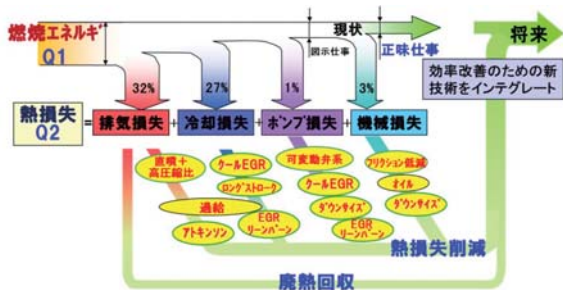
可変圧縮比の熱効率改善効果



実圧縮比及び膨張比を上げるにより熱効率の大幅向上が可能。

将来技術

ヒートマネージメント



燃焼エネルギーの内、約60%を占める冷却損失の低減と排気損失の回収を狙う。

- ①冷却損失改善
 - ・燃焼室の断熱 (冷損低減)
 - ・冷間時にシリンダ周辺の熱をオイル通路に輸送 (機械損失低減で回収)
 - ・冷損低減分を高膨張サイクルで仕事に変換

「エンジン内で発生した熱をうまく輸送して活用する検討も重要」
- ②排気損失回収
 - ・スターリングエンジン
 - ・熱電変換 (ゼーベック効果)
 - ・排気熱ランキンサイクル

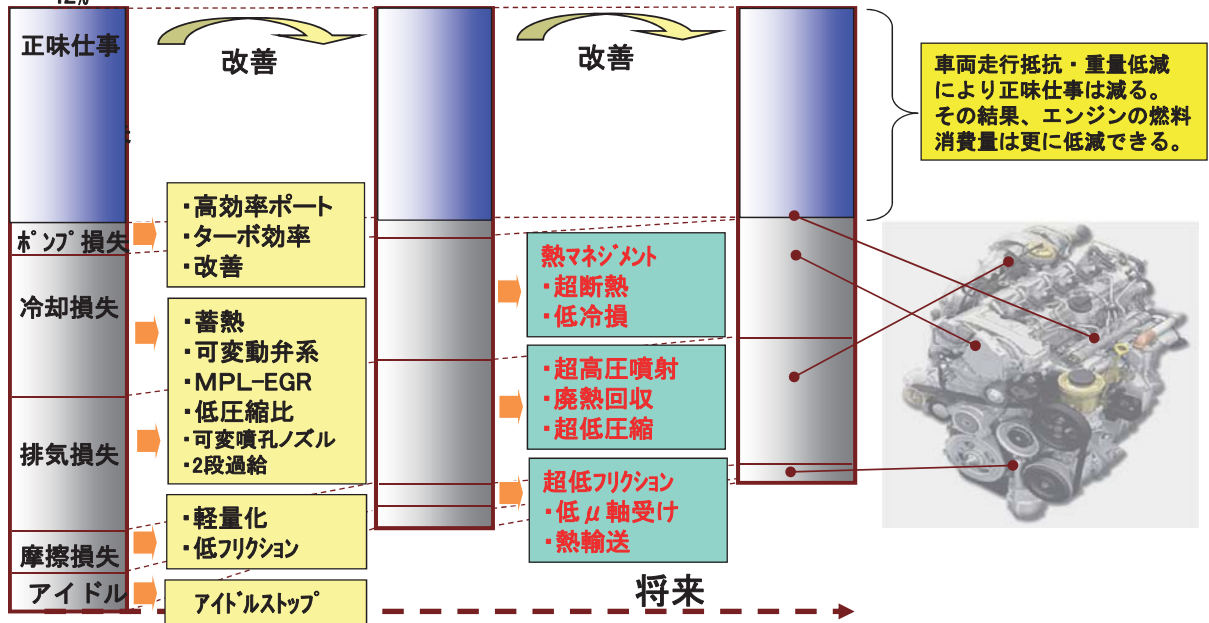
「熱エネルギーの動力への変換は、現時点で難易度が高く効率も5%以下であるが、損失エネルギー量が大いいため将来ポテンシャルは高い」

将来技術

将来ディーゼルエンジン

CO₂ 130g/km対応
最大熱効率
42%

CO₂ 95g/km対応(2020欧州)
(車両側の対応も含めて)



将来に向け、クリーン化と併せ各種損失の更なる低減によるサイクル効率の最大化を図る

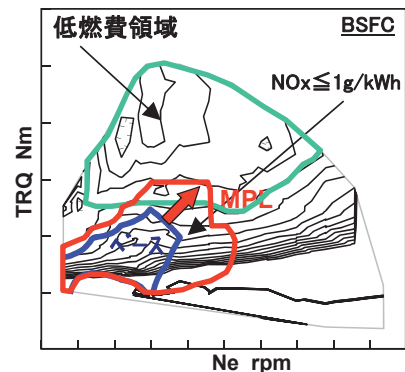
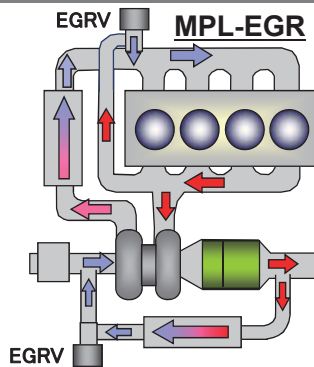
将来技術

低NO_x領域の拡大- MPL-EGR・2-Stage Turboの効果 -

MPL-EGR*

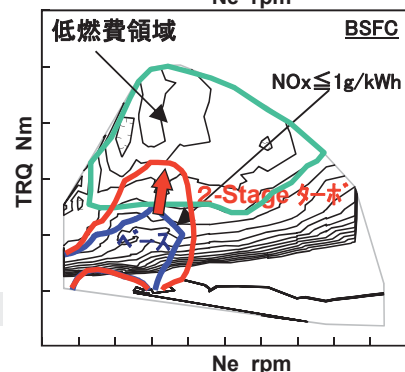
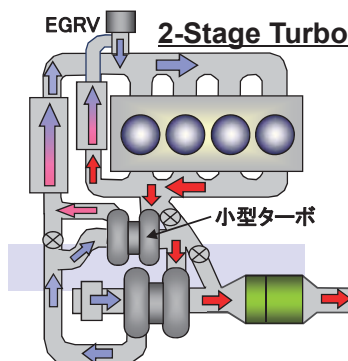
- ◇ターボ後からEGR取り出し
→ タービン ガス流量確保
→ **高過給確保**
- ◇EGRクーラー&I/Cによる
2段冷却

* MPL-EGR : Mixed Pressure Loop EGR
(High Pressure Loop EGR
+ Low Pressure Loop EGR)



2-Stage Turbo

- ◇モード域の使用ターボ小型化
→ **大量EGRでの新気増量**



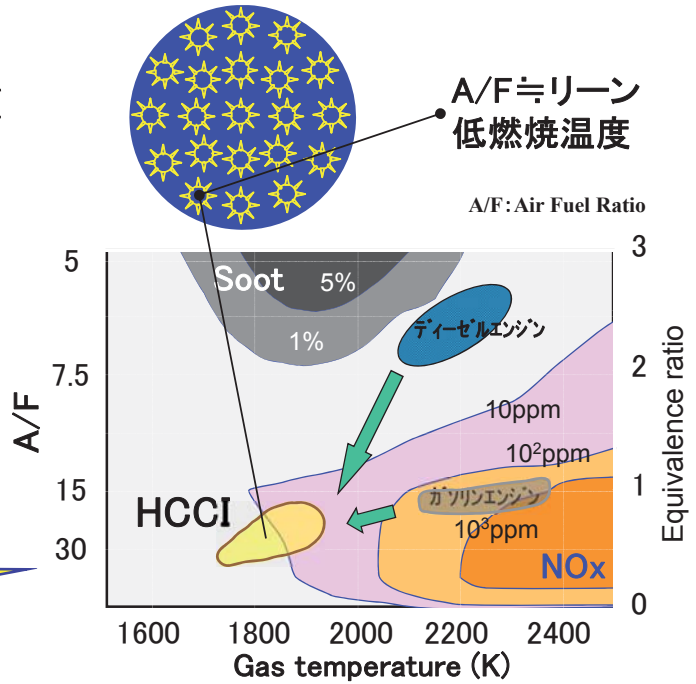
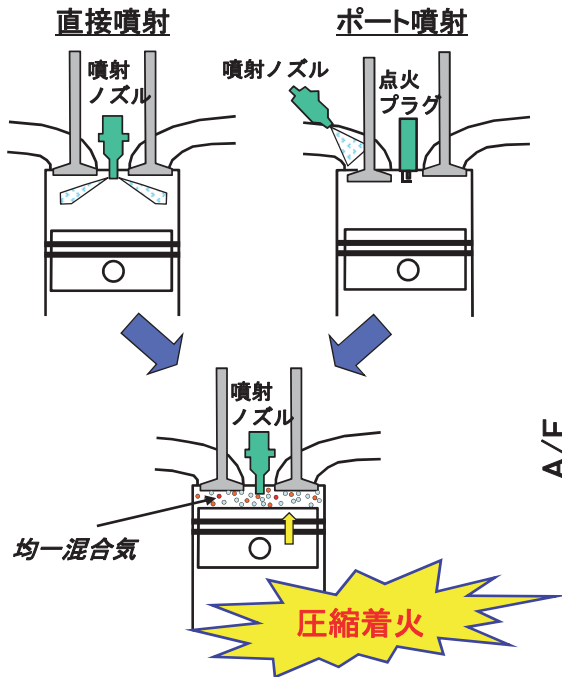
燃費率の高い領域のNO_xを下げる手段として、MPL-EGRと2Stage-Turboが有効で、燃費とNO_xの改善を両立することが出来る。

将来技術

HCCIへのアプローチ

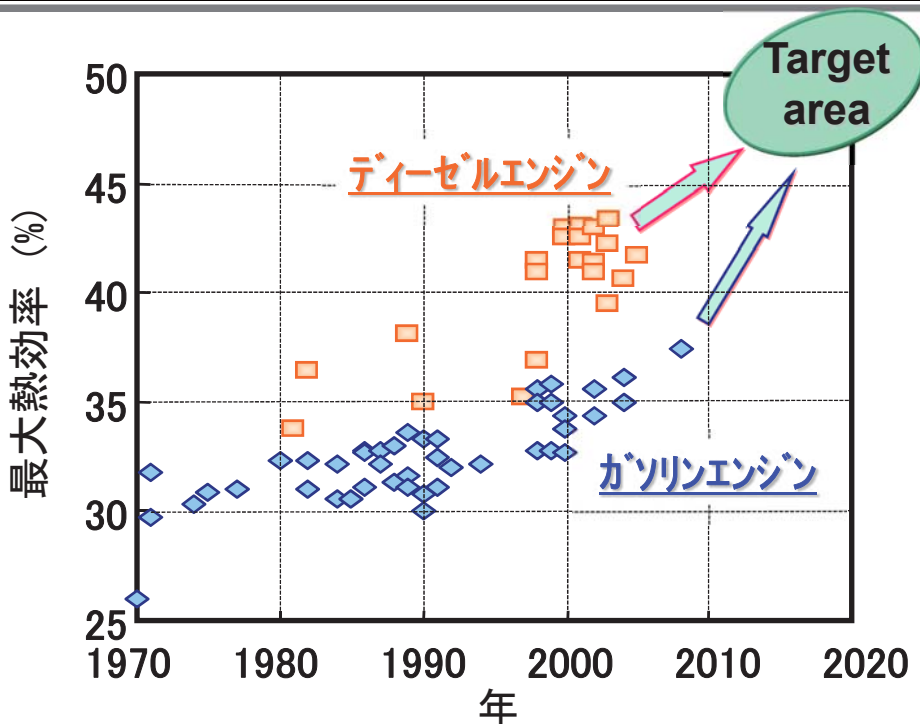
ガソリン・ディーゼル／混合気形成手段を問わず均一混合後に圧縮着火

HCCI: Homogeneous Charge Compression Ignition



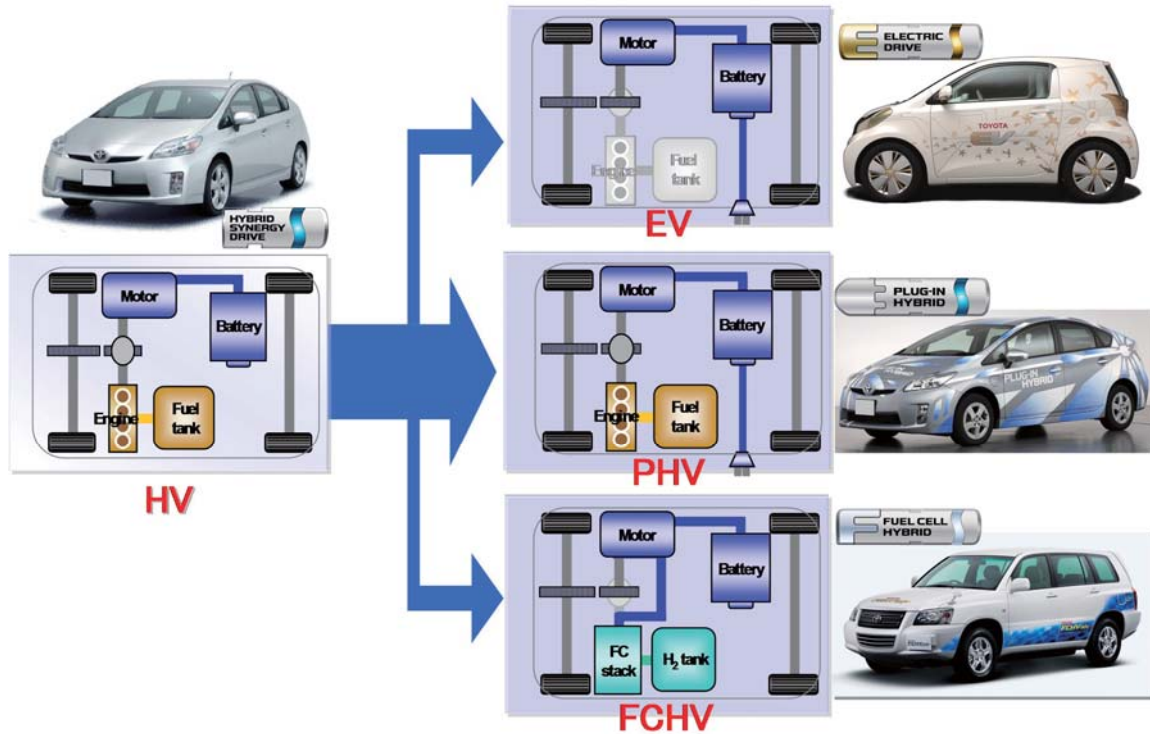
将来技術

CO₂低減に向けて(熱効率目標)



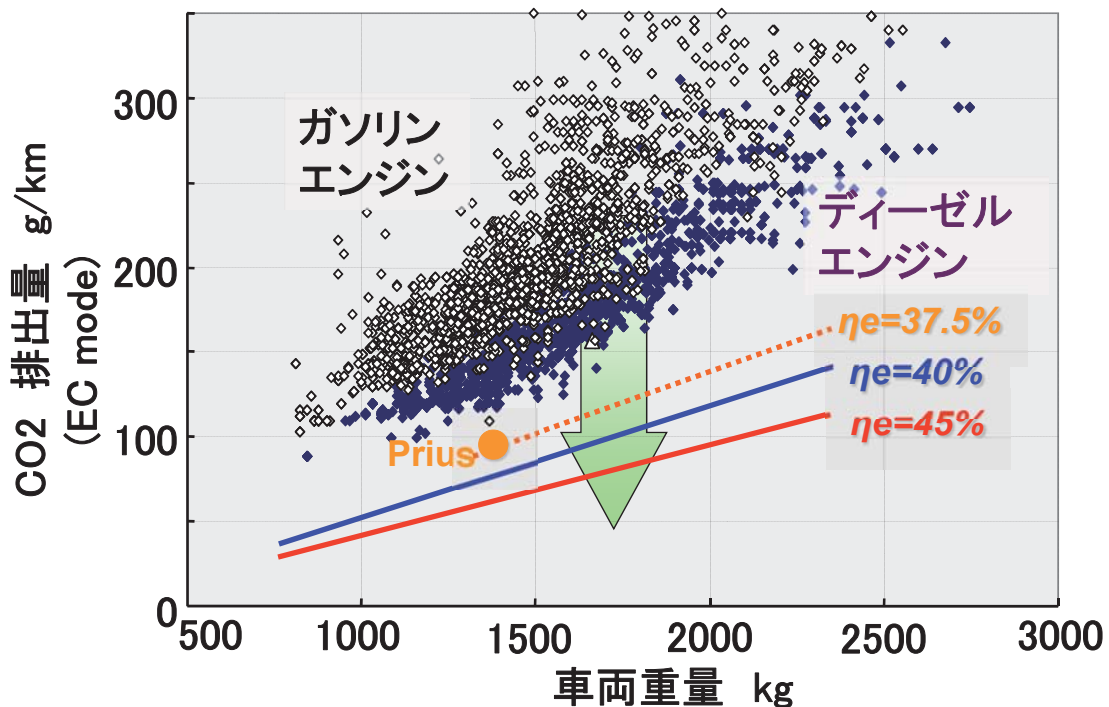
新技術の研究・開発を進めガソリン、ディーゼルエンジンの更なる効率改善を狙う

第4章 将来の自動車用動力源の棲み分け



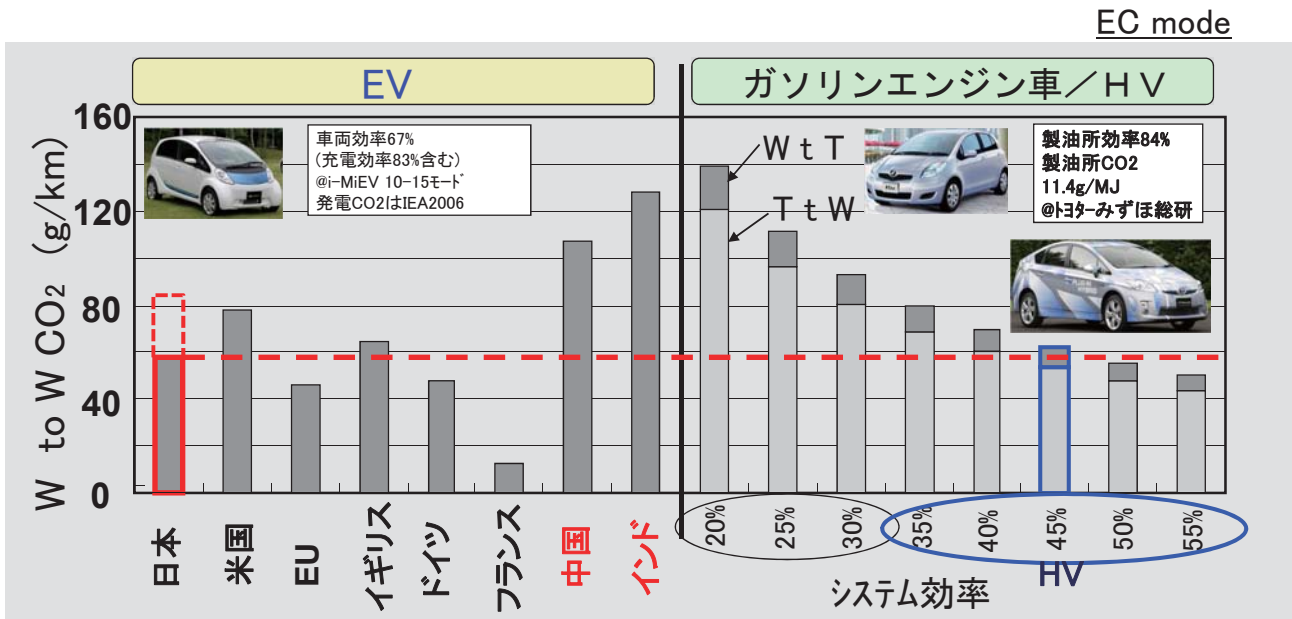
ハイブリッド技術は将来の自動車用パワートレーンのコア技術

CO₂低減の効果



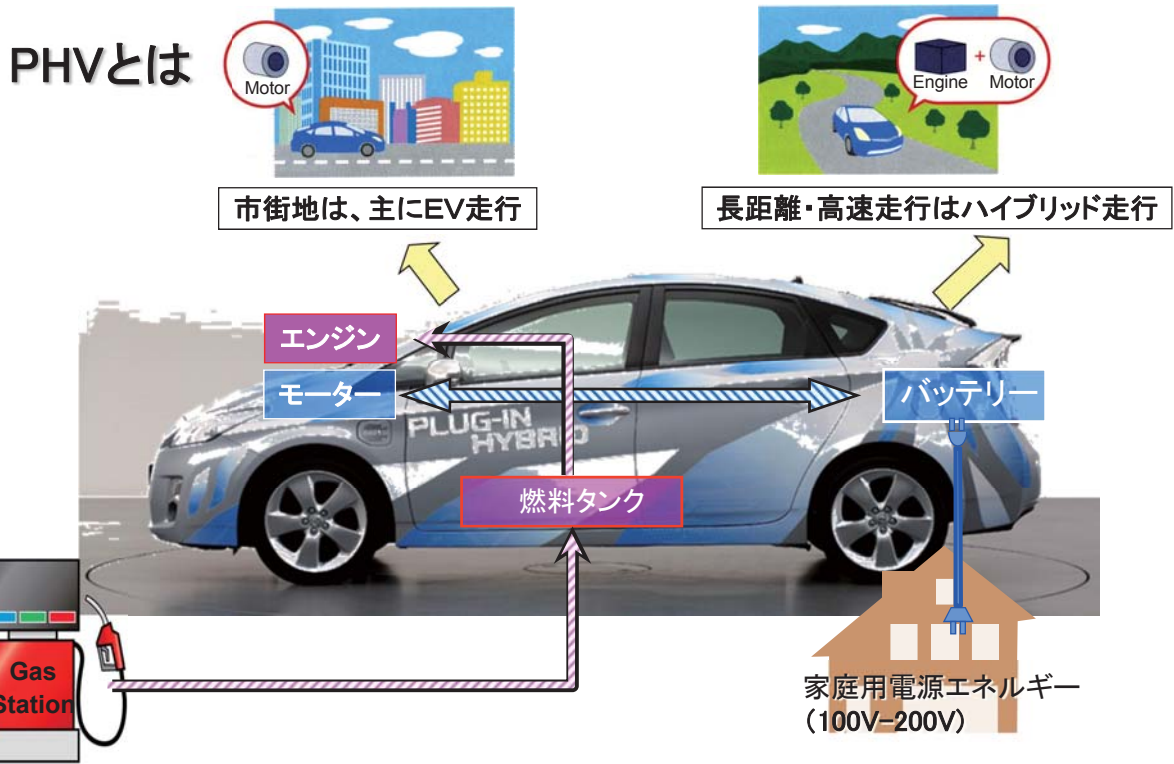
エンジンの効率を最大化し、コンベ車で低CO₂化を狙うのと併せ、HVでのエネルギーの有効活用により更なる排出量低下を狙う

Well to Wheel での CO₂ 比較 (EV vs HV)



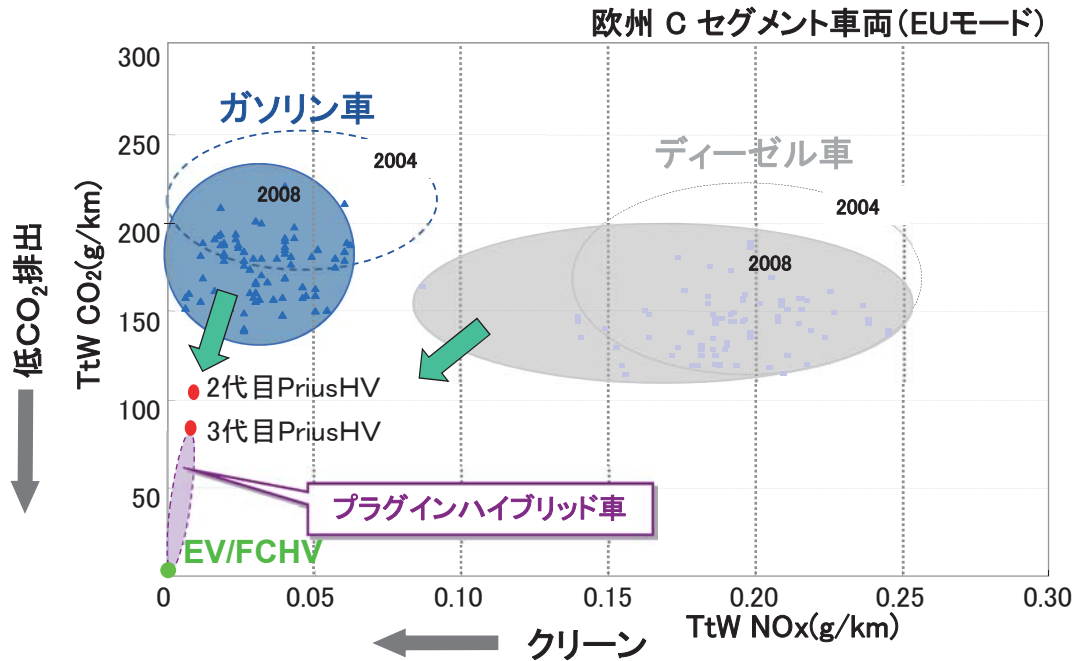
- ・国ごとに発電方法が異なるため、EVのW_tWは大きく差が出る
- ・原子力発電が主流のフランスではEVのCO₂低減効果は大きい
- ・発電に石炭を多く使っている中国等ではEVのW_tWは良くない

PHV(プラグインハイブリッド)



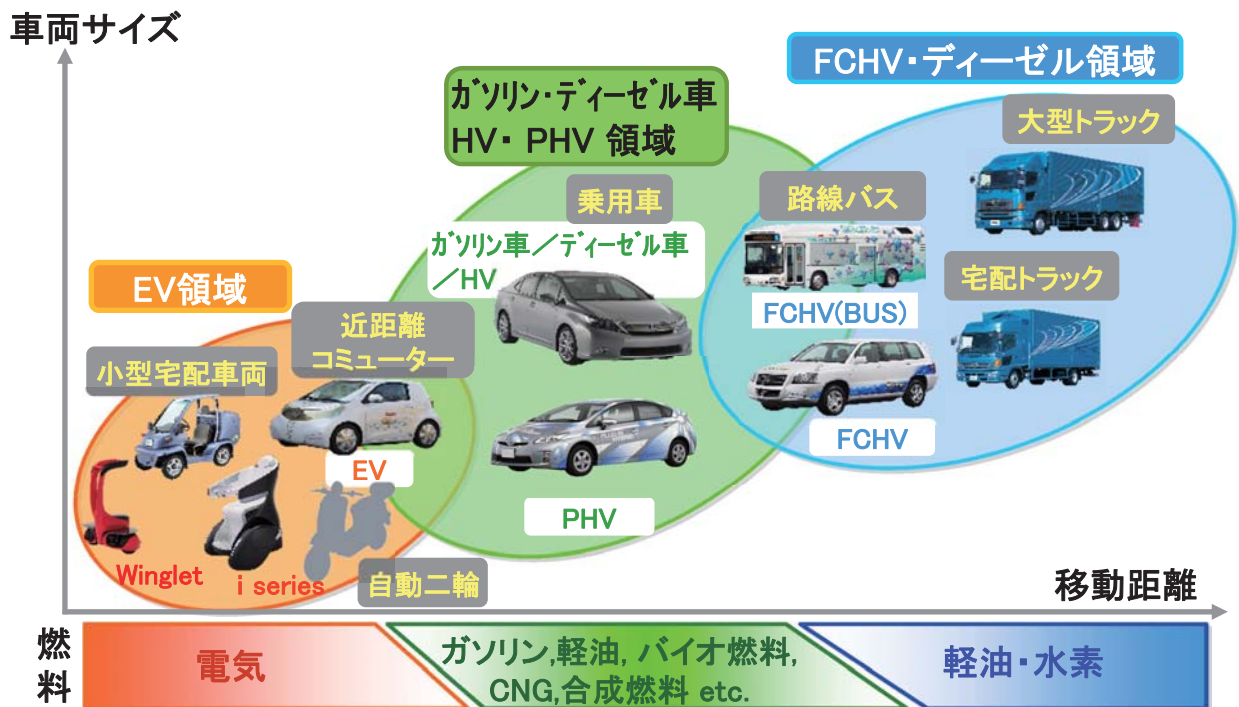
市街地はEV, 長距離はHV走行することで、EVに比べ電池重量、コストを低減できる。

環境性能



HVは低CO₂排出とクリーンな排ガスの両立を実現。PHVはエネルギーが電気にシフトして行く中での現実解。EVはバッテリーの高密度化・小型化及び充電設備の整備等が今後の課題。

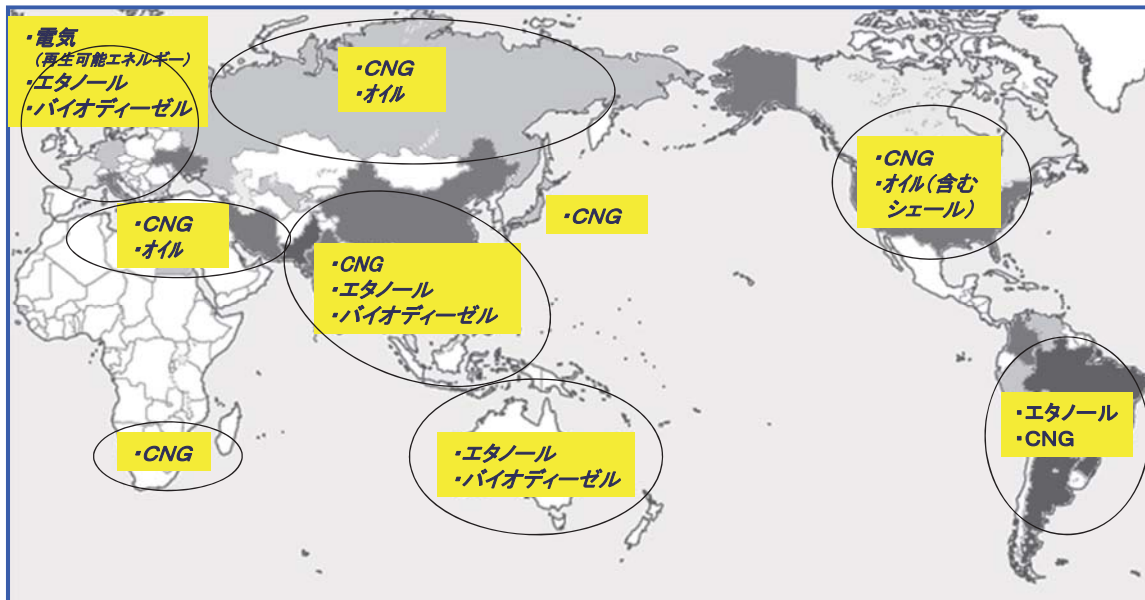
使われ方による将来モビリティの棲み分け



用途と使われ方により、最適なパワートレーンは変わってくる

各国エネルギー政策にもとづく棲み分け

シェールオイル・メタンハイドレードをCNGの一部とし、自給できるエネルギーという観点で整理すると以下のような絵柄となる。エネルギー自給で100%賅えない場合、輸入が必要となる。新興国は地産地消が可能。
電気に関しては、CNG、再生可能エネルギー、原子力(賛否両論)の方向



第5章 まとめ

- ◇今後のパワートレーンは世界各国のエネルギー政策に対応して開発していくことになり、エネルギーの多様化に併せ、パワートレーンも多様化していく。
- ◇2020年新車販売台数は全世界で1億台を超える。その60%は新興国と予想される。新興国でエネルギー政策を考えると従来の内燃機関が主流となる。(ガソリン、軽油、バイオ、CNG)

1. ガソリンエンジン、ディーゼルエンジンはエネルギーロス低減の観点でまだまだ改良の余地があり、今後もパワートレーンの中核として更なる改良検討を進める。(エンジン効率改善、HV/CNG/FFV対応他)
2. HVシステムは次世代電動車のベースとなるものであり、地球温暖化対策の有効な技術としてエンジンとセットで、更なる高機能・軽量・低コストを図る。
3. 将来を見据え、電気エネルギーの利用拡大も重要であり、インフラを含めPHV、モータ/電池等の高性能化・軽量小型化に関して強力な開発を推進する。

地域のエネルギー政策と用途に応じて最適なパワートレーンを早期に開発し、投入する事が重要。地産・地消/適地・適車(全方位)

TNGA (Toyota New Global Architecture)について

様々な環境変化の中で、全世界のお客様が安心して運転を楽しめる、環境に優しい良い車を、安く、効率的に早く作るための指針である。

- ①**商品力の向上**: 次期プラットフォーム(車台)をベースに車を骨格から変え、画期的な操安性能、デザイン等の実現を図る。
- ②**グルーピング開発による開発効率の向上**: 中長期ラインナップ計画を確定し、それらにトヨタの設計思想(Architecture)を定め、複数車種の同時開発(グルーピング開発)を行い、「もっといい車づくり」と開発の効率化を推進する。
- ③**ものづくり改革**: 各部門の4身一体活動により、より作りやすくシンプルな部品、ユニット構造の実現により、コンパクトな製造工程を作り高い品質を確保する。
- ④**グローバル標準への取り組み**: トヨタ標準からグローバル標準規格への対応。

今後、エネルギーを含め多種多様なニーズが出てくるため、全方位での開発が必要となるが、従来通りのやり方では対応できないため、このTNGAのもとで開発推進して行くということである。

各部品メーカー殿においては、**共通化、グローバル標準規格化、コンパクトな製造ライン、適切な海外拠点設置**(関連企業との合弁)の検討および、自動車メーカーとの**中長期戦略の共有化**などを考慮し、**自社の戦略策定が必要**と考える。
今までのやり方とは異なる仕組み(取組方針)を作ること(社内改革)が、これから生き残っていくうえで重要になる。



自動車はカールベンツの3輪ガソリン車に始まり、125年の歳月を経て大きく進化してきたが、今後も多様化しながら更なる進化を続けると考える。