

基調論文 | デンソーの環境技術への取り組み*

Environmental Technology Development in DENSO

小野田 邦広
Kunihiro ONODA

With increasing concern about global warming, the depletion of crude oil and air pollution, the automotive industry is aggressively developing low-carbon-emission, high-fuel-efficiency and clean-exhaust-gas vehicles. This paper provides an overview of DENSO's approach to the following environment technologies: (1) reduction of CO₂ through the systems of the powertrain, air-conditioner, ITS etc. (2) response to the fuel diversification and (3) the clean-up of exhaust gas for both gasoline and diesel engines.

Key words : Low-carbon-emission

1. はじめに

エネルギー環境問題が議論されて久しいが、抜本的な解決策は未だ見出されていない。更に今後の新興国を中心とした人口増加と経済成長により、エネルギー消費の増加が予想されている。

国際エネルギー機関（International Energy Agency：IEA）は、世界各国が発表した政策や公約を全て実施すると想定した新政策シナリオ（New policy Scenario）でも、このままでは2035年には2010年時点と比較してエネルギー消費は1.3倍以上、CO₂排出量は1.2倍以上に増加し（Fig. 1）¹⁾、温室効果ガスによる世界平均気温の長期的上昇は3.6℃に達すると予想している。これは、持続的な環境を維持するために温度上昇を2℃未満に抑えるという目標（450 Scenario）を大きく上回っている。

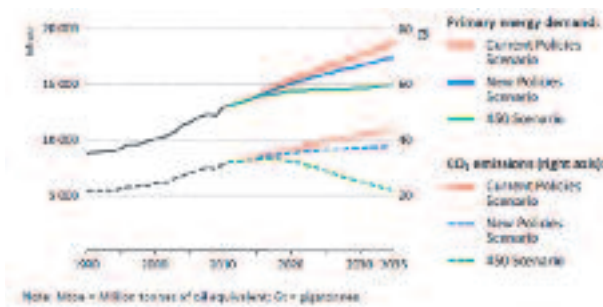


Fig. 1 World primary energy demand and related CO₂ emission

また、新興国を中心とした自動車市場の拡大による石油消費の増加、石油採掘コストの上昇等により、石油価格の高騰が懸念されており、IEAは、新政策シナリオで、2035年の石油価格は1バレルあたり125ドルになると予測している（Fig. 2）²⁾。更に、近年は資源ナショナリズムや地政学的リスクへの懸念も高まってい

る。そのため、CO₂排出量低減とエネルギーセキュリティ強化の観点から、世界中で燃費規制を含めた省石油化政策強化の動きが活発化している。



Fig. 2 Average IEA crude oil price

加えて、微小粒子状物質（PM_{2.5}）に代表される大気汚染物質による健康リスクも、世界にとって大きな課題となっている。自動車の排ガスによる影響分は定かではないが、世界保健機関（WHO）によると、大気汚染が起因となり2012年に370万人が死亡したと推定している（Fig. 3）³⁾。

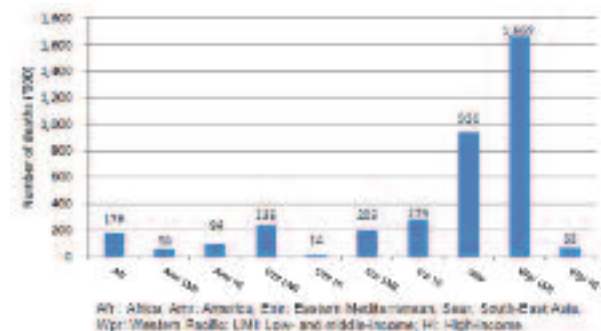


Fig. 3 Total deaths attributable to ambient air pollution in 2012 by region

*2014年8月1日 原稿受理

上述のような状況に対し、後世へ快適な地球環境と生活を残していくためには、今を生きる我々がこれらの問題解決を目指し、社会全体でCO₂排出量の低減と原油消費の抑制、大気汚染物質の低減に向け努力すべきである。

これらは自動車業界にとっても重要な課題であり、業界を挙げて、CO₂排出抑制のため高効率・省燃費な車両、低排出ガスな車両を創出していかなければならない。そこで、自動車業界の中で、サプライヤがどのような取り組みによってその創出に貢献できるか、デンソーで開発している具体的な省燃費技術、クリーン排気技術を紹介しつつ論じる。

2. デンソーの環境分野への取り組み

デンソーは、持続可能な社会の実現・社会との共生に向け、環境分野のトップランナーを目指し、グループの総智・総力を結集した取り組みを続けている。

その取り組みを推進するため、目標を「デンソーエコビジョン」として定め、グループ各社が共有し環境行動計画に反映している。2015年度までの方針は、「温暖化防止」「資源循環」「環境負荷物質削減」の課題解決に向け、(1) 経営視点、(2) 技術開発視点、(3) 生産視点、(4) 社会貢献視点の、4つの視点から環境活動を拡充している (Fig. 4)。



Fig. 4 DENSO ECOVISION 2015

上記のデンソーエコビジョンに応じたデンソーの取り組みの全体像は、2009年発行のデンソーテクニカルレビュー 基調論文⁴⁾にて論じており、そちらを参照頂きたい。

本稿では、技術開発視点で、環境技術・製品の研究開発による、CO₂排出量の低減と原油消費の抑制、有害排気の低減について、以下3点を切り口とし、それぞれに対するデンソーのアプローチ、具体的な取り組

み事例を3～5章にて紹介する。

- ・CO₂低減への取り組み
- ・エネルギー多様化への取り組み
- ・排ガス低減への取り組み

3. CO₂低減への取り組み

デンソーではCO₂削減に向け、常に車両目線・システム目線での製品開発を心掛けている。即ち、総合システムサプライヤとして、部品単位の個別最適に留まらず、車両目線の全体最適を図りながら省燃費技術の開発を進めている。

Fig. 5は、デンソーの省燃費技術に対する開発分野の考え方を示しており、

- ①パワートレイン分野の取り組み
- ②車全体での効率的なエネルギーの使用 —空調・熱マネ分野の取り組み—
- ③ITSを利用した環境技術への取り組み
- ④社会全体でのCO₂低減に向けた取り組み

まで視野に入れ開発分野を広げることにより、各システム・各製品が融合的に働くことで、より高い省燃費効果を創出できるものと考えている。以降、上記①～④に対し、3.1～3.4章にて、具体的な取り組み事例を紹介する。

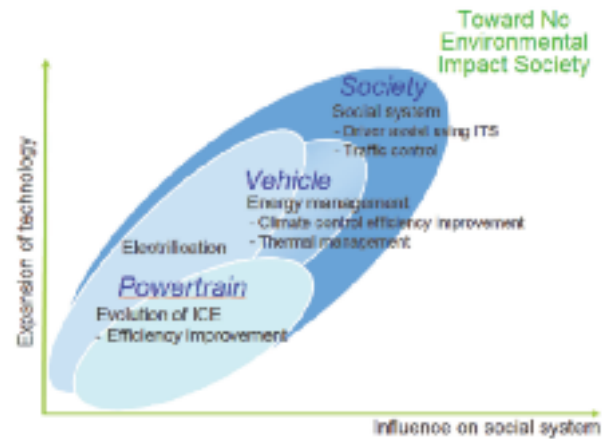


Fig. 5 Expansion of the DENSO environmental technology field

3.1 パワートレイン分野の取り組み

パワートレイン分野の技術開発アプローチは、

- ・内燃機関の効率を究極にまで高める
- ・電動化を促進する

である。これらの技術動向と各地域の規制動向、及び車両需要の伸びを勘案すると、乗用車のパワートレインはFig. 6に示すような動力源比率になると考えられる。

但し、Fig. 1で示したように、IEAが提唱する「CO₂濃度を450ppm以下」を達成するには、更なるCO₂低減が必要である。仮にこれをハイブリッド化のみで対応するならば、2030年時点でハイブリッド車（HV）は50%（プラグインハイブリッド（PHV）、電気自動車（EV）を含む）を超えるとIEAでは予測している⁵⁾。

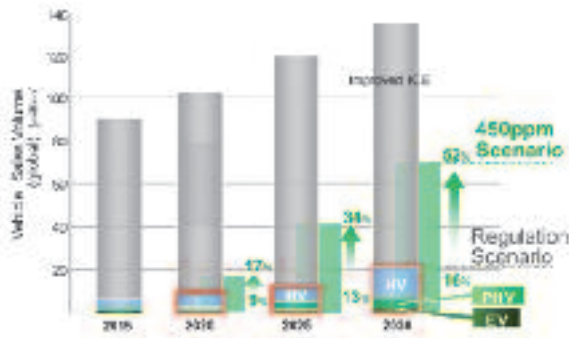


Fig. 6 Future power source ratio forecast

この様に、パワートレイン分野においては、効率化の極限追求と電動化という変革が急激に進んでいく。

3.1.1 内燃機関の高効率化

効率向上とは、システム・コンポーネントの高効率化・消費電力低減、燃料噴射・燃焼改善によるエンジン効率向上、アイドルストップに代表される不要時の燃料カット等を指す。これらを実現するためエンジンの進化・改良が日々続けられている⁶⁾。

それらの性能を最大限かつ効率的に引き出すには燃焼を常に最適な状態にコントロールすることが必要であり、高度な燃料噴射が重要なキー技術になっている。ここでは燃料噴射・燃焼改善について、ガソリンエンジンの筒内噴射システム、ディーゼルエンジンのコモンレールシステム（CRS）を例に紹介する。

ガソリンエンジン用筒内噴射システム

ガソリンエンジンにおける省燃費策としては、熱効率向上に向けた高圧縮比化、過給器併用によるダウンサイジング、ポンプ損失・冷却損失低減に向けた希薄燃焼、大量EGR導入等が有効である。その際、燃料噴射系製品は、高圧縮比、過給器併用時に課題となるノッキングに対して筒内冷却作用を有し、希薄燃焼時に課題となる混合気の制御性に対して燃料噴射の制御自由度の高さをあわせ持つ筒内噴射システムが有効であり、市場への展開が進んでいる。

デンソーは1996年から筒内噴射製品の量産を手掛けており、筒内噴射製品サプライヤとしての10年以上の

実績がある。今後の燃費・CO₂規制、排気規制対応に代表される市場・顧客要求（Fig. 7）に向けて、Fig. 8に示すような製品技術の進化を遂げてきた⁷⁾。

そして、直噴ガソリンエンジンの更なる省燃費化、排気クリーン化に向け、微粒化の良い噴霧と、高い噴霧形成自由度・噴射制御自由度を両立する新型筒内噴射システムを開発し、2010年より市場に投入している。



Fig. 7 Requirement for Gasoline Direct Injection systems

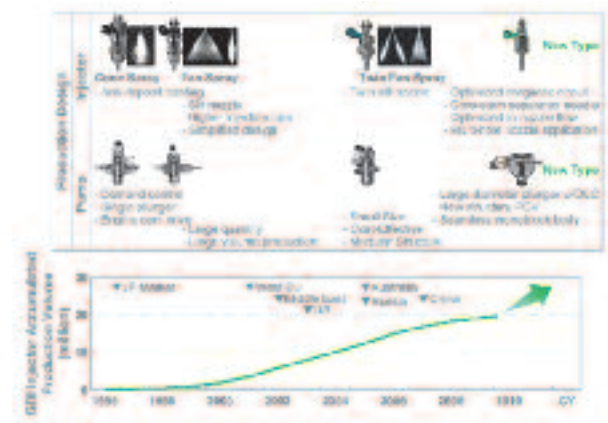


Fig. 8 The change of gasoline direct injection related components

本システムによる燃費改善の一例をFig. 9に紹介する。直噴エンジンでは、燃料と新気が個別にエンジン筒内に供給される為、混合気の不均質、筒内壁面への燃料付着が課題となるが、本システムでは微粒化にすぐれたノズル技術と高応答なアクチュエータ技術をあわせ持つことで、上述の課題を解決している。高応答性を活かしたマルチ噴射制御を行うことで、噴霧間への空気の導入・混合が促進されると共に、噴霧の貫徹力が抑えられ、燃焼室壁面への付着燃料を抑制しつつ、混合気の均質化を図り、燃費の改善に貢献することができる。

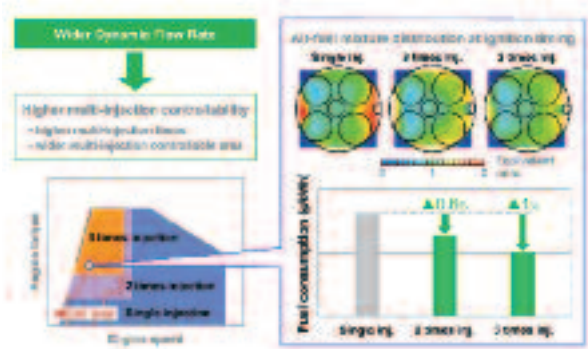


Fig. 9 Fuel consumption improvement by multiple injections

ディーゼルエンジン用コモンレールシステム (CRS)

ディーゼルエンジンはもともと熱効率が良く燃費性能に優れるが、デンスーは更なる向上を目指した活動を進めている。エンジンの効率を上げるにはTop Dead Center (TDC) 付近で一気に燃焼させることで等容度を高めることが有効であるが、短時間に燃焼を完了させるためには燃料を高圧で噴射する必要がある。

Fig. 10^{8) 9)} はデンスーのCRSのロードマップを示しており、世界で初めてCRSを量産化した第1世代から2014年には第1世代の実に2倍の噴射圧力となる250MPaの噴射が可能な第4世代CRSを市場に供給している。

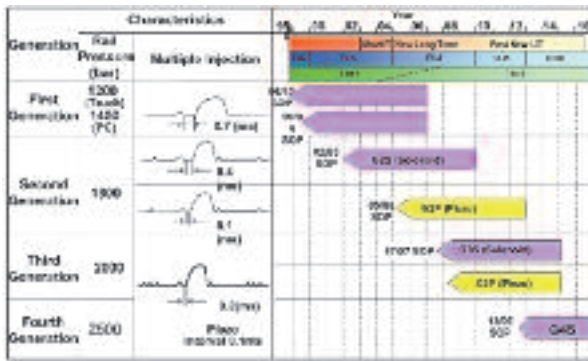


Fig. 10 DENSO common rail system roadmap

ここで、超高圧化を実現するには噴射系の各コンポーネントにおいてリークとして無駄に捨てられる高圧燃料をいかにして低減するかがキー技術である。

Fig. 11は第4世代インジェクタ (G4S) のリーク量を従来品と比較した結果で、従来品では圧力の増加とともに静リークと動リークを合わせたトータルリーク量が急激に増加する。これに対して今回開発したG4Sインジェクタでは静リークをゼロに抑え、なおかつ動リークも抑制されるために噴射圧力300MPaの条件でも従来品でアイドル時の圧力相当程度の低いリーク量に抑えられることが確認できている^{8) 9) 10)}。

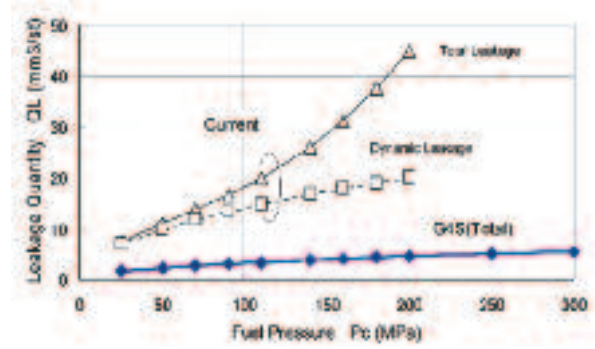


Fig. 11 Comparison of leakage quantity

また、噴射特性をフィードバック制御することでエミッションのパラツキを抑えることができれば、エミッション規制値内において燃費を優先した運転条件を選択することが可能となる。Fig. 12に世界で初めて市場投入した噴射特性のフィードバックが可能なi-ART (Intelligent Accuracy Refinement Technology) システムの構成を示す^{8) 9)}。インジェクタのヘッド部にはインジェクタ内部の圧力を検出するための圧力センサが搭載されている。燃料が噴射されるとインジェクタ内部の圧力が低下・変動するが、その圧力挙動は実際の噴射率と相関がある。したがって圧力を検出することによってその挙動から逆に噴射率が推定できるため、時々刻々の噴射時期や噴射量を推定することが可能となる。

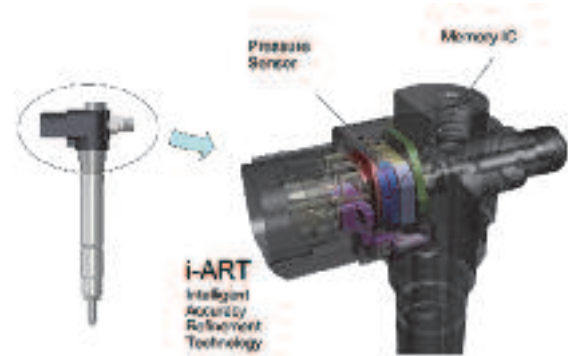


Fig. 12 i-ART Structure

これによりインジェクタ個体の噴射特性ばらつきや経時的な噴射量変化を自動修正できるために、生涯に亘るエミッションバラツキの抑制が可能となる。Fig. 13はi-ARTシステムを用いた場合のCO₂削減効果を示したもので、EUモードのトータル走行において約2%のCO₂低減効果が得られている^{9) 11)}。

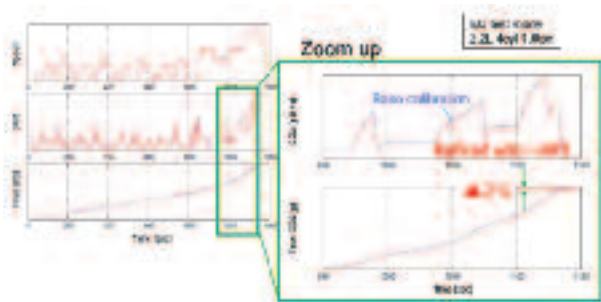


Fig. 13 CO₂ reduction effect using i-ART

3.1.2 電動化の促進

デンソーの電機製品である、オルタネータ、スタータは長年にわたり世界シェアトップクラスを維持しており、近年はアイドリング・ストップ・システム (ISS)、HV向け電動化製品サプライヤとしての実績を積んできた。ISSは、アイドルストップ機能に加え、既存のオルタネータの発電機能を活用して減速時にエネルギー回生発電を行い、発電に必要な燃料消費を抑制する。更にHVシステムは、モータによるエンジン・アシストやEV走行を可能とすることで、大幅な燃料消費の抑制が可能となる。省燃費・低CO₂化が実現できるISS, HVの更なる普及拡大のために、デンソーが進めている電動化製品の開発・改良の中から、ISS向けリチウム (Li) 電池パック、HV向けインバータ、モータジェネレータについて紹介する。

ISS向けLi電池パック

この電池パック (Fig. 14) は、従来の鉛電池のみのシステムと比較して、より多くの回生電力を充電するとともに、カーナビゲーション、オーディオ等の機器へ安定した電力供給を行っている。充電した回生電力を、各電気機器に供給することで、発電機であるオルタネータによる発電を抑制、燃料消費を削減し、車両の燃費向上に寄与している。また、Li電池の電圧特性を鉛電池に近づけることで、鉛電池とLi電池の2電池システムに必要な不可欠なDC-DCコンバータを廃止し、コストダウンに貢献している。

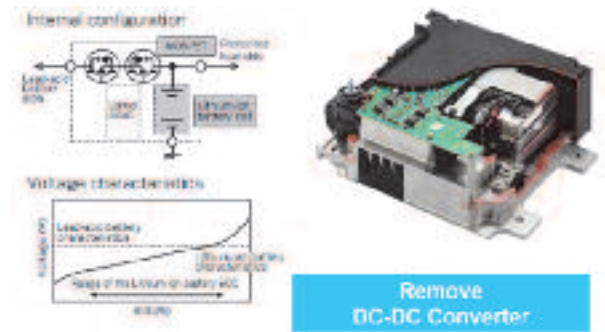


Fig. 14 Lithium-ion battery pack ¹²⁾

HV向けインバータ

従来のインバータは、冷却面が片側のみであるため冷却効果が小さく、放熱を確保するため設計面の制約 (容積や重量等) や冷却装置が大きくなり、高価になっていた。

この課題に対して、電気・デバイス・冷却の技術コラボレーションにより、パワー密度向上とパワー素子コスト低減を実現する両面冷却式パワーカードと、更に積層型で搭載性を向上させた高密度インバータ (Fig. 15) を開発した。搭載制約や冷却装置を極力小さくでき、かつ積層数によって希望のモータ出力のバリエーションに対応出来るようにしている。

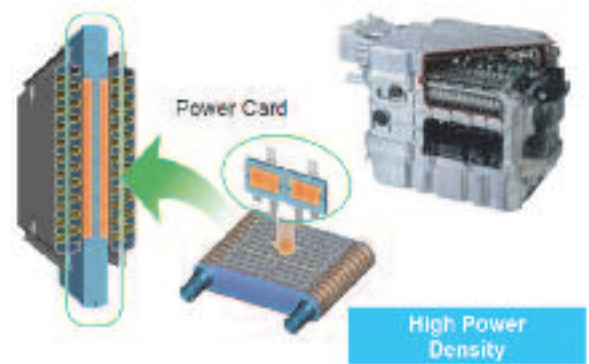


Fig. 15 Double sided cooling inverter ¹³⁾

HV向けモータジェネレータ

従来のHVに比べ、より省燃費・低CO₂化が実現できる小型車向けのハイブリッド化が期待されている。開発した高電圧・小型モータジェネレータ (Fig. 16) は、ステータ巻線の平角線化によるコイル占積率向上に加え、新コイルエンド形状・絶縁構造の採用によるコイルエンド体格低減等の新巻線構造・コイル・製法を開発し、ステータの大幅な小型化を達成し、エンジンルーム内に新たな部品搭載が困難な小型車においても、HVの量産化に貢献している。

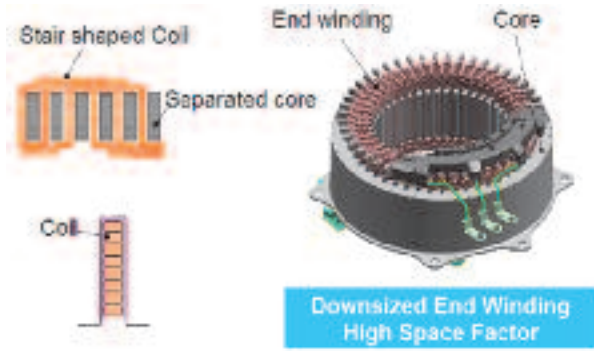


Fig. 16 Downsized motor generator ¹⁴⁾

3.2 車両全体での効率的なエネルギーの使用 — 空調・熱マネ分野の取り組み —

近年、車両ユーザーの環境意識が更に高まりを見せる中、カタログ燃費と実用燃費の乖離が目立ってきている。Fig. 17は車両の10・15モード燃費と実走行平均燃費の推移を表しており、これを元に乖離率を計算すると、2000年では28%、2009年では32%と年々拡大している。このモード燃費と実用燃費の乖離のうち、約40%が空調によるものと試算されている。デンソーは、乖離率を低下させる、つまり、実用燃費を向上させるため、「空調熱負荷の低減」、「エアコンシステムの効率向上」に取り組んでいる。

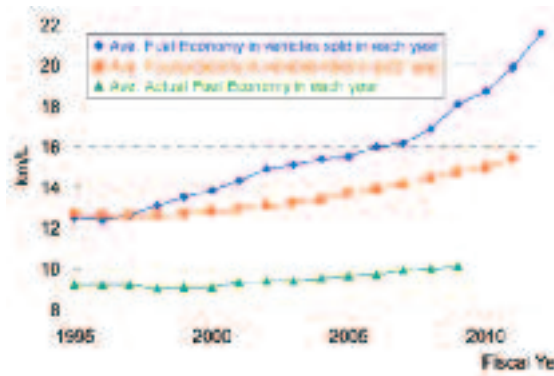


Fig. 17 Average fuel economy trend in gasoline vehicles ¹⁵⁾

また、各国での燃費規制が強化される中、ISS、HV、EV車が増加の傾向にある。従来のエアコンシステムでは、エンジンの動力によりコンプレッサを駆動させ冷凍サイクルを成立させており、ISSや電動化の拡大に代表される「パワトレイン動力源変化への対応」にも取り組んでいる。

3.2.1 空調熱負荷の低減

Fig. 18に車両熱負荷の内訳を示す。換気による損失が車両熱負荷の60%を占めている。冬季の換気損失を

減らすためには、内気循環率を上げればよいが、窓曇りへの影響を見極める必要がある。デンソーでは、窓が曇らない範囲で内気循環率を増やし、換気損失を低減する内外気2層HVAC (Heating, Ventilation, and Air-Conditioning) を開発している。

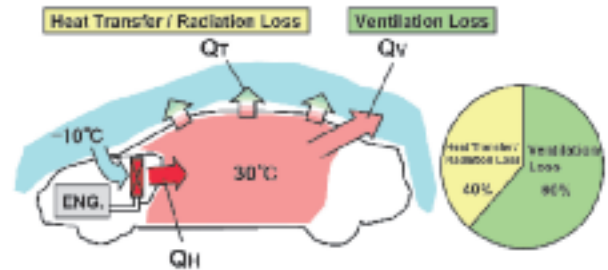


Fig. 18 Vehicle heat loss breakdown ¹⁶⁾

3.2.2 エアコンシステムの効率向上

デンソーはコンプレッサや熱交換器等の空調機器の効率を向上させるコンポーネントを開発する一方で、エアコンサイクルそのものを高効率化する技術も開発してきた。代表的な取り組み事例として、従来の冷凍サイクルの膨張過程で生じるエネルギー損失を回収するエジェクターシステムを開発した。現在は、これを更に進化させた次期型のエネルギー回収システムの開発を進めている。

熱マネ分野は、これまでラジエーター、インバータ冷却器等、内燃機関や電子機器の冷却用コンポーネントを開発してきた。現在は、世界中で広がる燃費規制強化の動き、ユーザーの省燃費意識の高まりに対応するために、様々なパワトレインや電子機器冷却、更には車室内空調等車全体を考慮に入れた熱マネジメントシステムの開発に取り組んでいる。

3.2.3 パワトレイン動力源変化への対応

ISS搭載車両では、停車時にエンジンが停止するため、エアコン用のコンプレッサも停止する。そのため、従来の空調システムでは、エンジン停止中に車室内温度が上昇してしまい、空調要求によってエンジンが始動され、アイドルストップ時間が短くなり燃費の向上代が少なくなるケースが生じていた。この対策として、エンジン停止時でも車室内の温度上昇を抑制する、蓄冷エアコンシステムを開発した。現在は、更なる高性能の蓄冷システムの開発を進めている。

暖房については、従来のエアコンシステムではエンジンの廃熱によって加熱された冷却水の熱量を熱源として、その冷却水をHVACユニット内のヒータコアに

導くことで暖房を行っている。しかし、PHVではエンジンの稼働頻度が低く、暖房に必要な冷却水の熱量を確保できず、EVにおいてはエンジンそのものがないために新たな熱源が必要になる。そのため、これまで多くの場合はPTCヒータ等の電気ヒータがその熱源として用いられてきたが、消費電力が大きく、暖房時はEV航続距離が大幅に減少してしまう課題があった。デンソーでは、EV航続距離の向上、車室内の温熱快適性の向上の観点から、高効率のヒートポンプシステムを開発している。

デンソーが取り組んでいる最新の空調技術に関する詳細については、本誌掲載の論文「環境対応車用の最新の空調技術」を参照頂きたい。

3.3 ITSを利用した環境技術への取り組み

ITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) は今やクルマ社会において重要な役割を担っている。ITSにおける環境技術は、主に交通流の改善といった観点で開発されてきた。以下にITSを利用したデンソーの取り組み事例を紹介する。

3.3.1 Electronic Toll Collection (ETC) による渋滞緩和

ETC (Fig. 19) は日本では2001年に本格サービスが開始されたが、料金所の処理能力増大による渋滞緩和がその目的の一つであり、渋滞待ち時間の解消による燃料節約や排出ガスの低減が期待されていた。実際に、首都高速道路本線料金所の渋滞が9割以上減少したとの報告もある¹⁷⁾。デンソーは1995年の官民共同のフィールド試験に参画して以来、ETCの開発・製品化をリードしている。

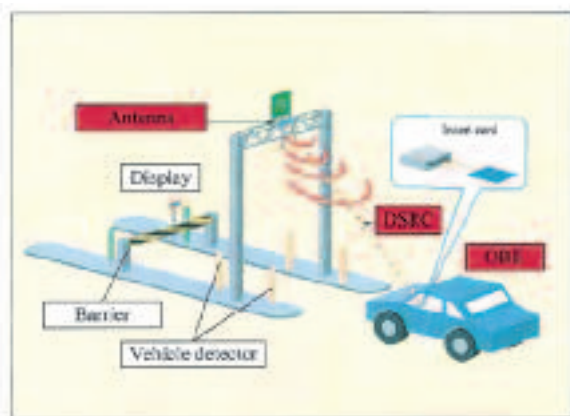


Fig. 19 ETC system configuration¹⁸⁾

3.3.2 路車間通信を用いた交通の効率化

路車間通信をもっと積極的に利用し、交通効率化を図るのがGreen Wave Advisorあるいは、GLOSA (Green Light Optimized Speed Advisory) と呼ばれる技術である。

信号機から信号周期情報を送出し、それを受信した車両は、自車位置と当該信号機までの距離とをもとに、最適な速度を算出・運転手にアドバイスする。この速度で運転することで信号機での停車回数を減らそうとするものである (Fig. 20)。これにより発進停止に伴う燃料消費が削減されるだけでなく、不要な加速等も無くなり大きな効果が期待されている。デンソーは、2011年のITS世界会議でEconoliteと共同でデモを行った¹⁹⁾ 他、日本での実証実験・デモにも参加し、開発を進めている。

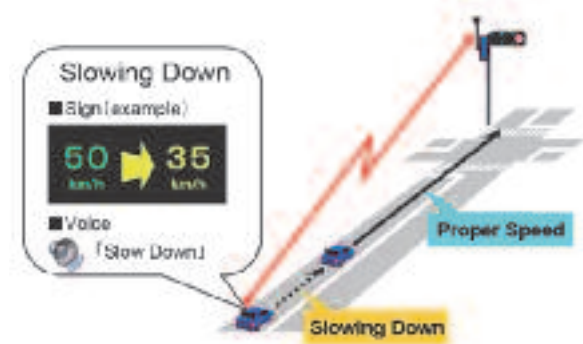


Fig. 20 Example of a Green Wave Advisor

3.3.3 隊列走行による燃費改善

将来的な応用として、隊列走行による燃費改善が研究されている。日本では、NEDO (独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構) にて2008~2012年度に大規模な実験が行われ、デンソーも参加した。ここでは大型車両を数mの車間距離で走らせることで空気抵抗を減らし燃料消費を削減することが目的とされた。このような極端に短い車間距離で安全に走行するには、高度なセンシング技術や車両制御技術が必要となる。更に、隊列内の車両は自車の速度情報や加減速情報を車々間通信によりやり取りすることで、隊列内の車間距離の安定性と先頭車急減速時の安全性を確保している²⁰⁾。



Fig. 21 Verification of platooning test by NEDO

3.4 社会全体でのCO₂低減に向けた取り組み

近年市場に投入され始めたPHVやEVは、電気と情報を通して社会とつながると言うことができる。従って、PHVやEVが普及する時代には、車を含む社会全体、家庭全体でエネルギーを効率的に利用することが可能となる。そこで、デンソーは家と車の連携や、家庭全体でのエネルギーマネジメント技術の開発に取り組んでいる (Fig. 22)。その一環として、2010年度より、経済産業省の次世代エネルギー・社会システム実証地域として選定されている全国4地域のうち、豊田市及び北九州市の実証事業に参画している。また、社会全体でのエネルギーの効率利用のため、電気と熱エネルギーの両方を活用できるコジェネレーションシステムの開発にも取り組んでいる。

デンソーは車だけでなく、社会全体でのCO₂低減に向けた取り組みを強化していく。

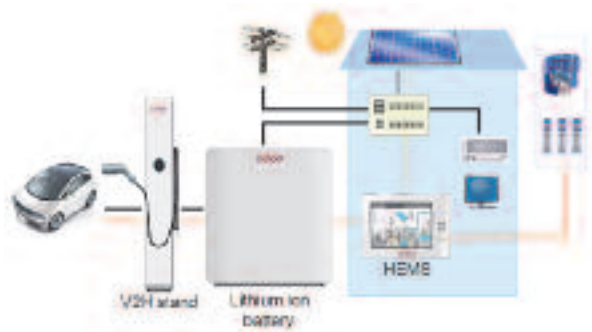


Fig. 22 DENSO Home Energy Management System

4. エネルギー多様化への取り組み

温暖化防止のためのCO₂排出量低減とともに、エネルギーセキュリティ強化・地産地消の促進等の観点から燃料の多様化が進んでいる。近年シェールガスにより注目を浴びつつある圧縮天然ガス (CNG)、またバイオ、ジメチルエーテル (DME)、メタノール、長期的には水素等があり、どの燃料がいつ、どこで、どの程度普及するかは、各国の政策やエネルギー事情、技

術の進化により異なってくる。

デンソーは、どのような燃料が普及しても、カーメーカーと市場のニーズにこたえ、高性能、高品質で省燃費に寄与する製品を提供できるように、世界各地域・国の状況を調査しながら燃料多様化に対応した技術開発を推進している。また長期的には、脱化石燃料、CO₂フリー社会の実現を目指し、微細藻類からのバイオ燃料の生成や、太陽光エネルギーによりCO₂を直接燃焼が可能なメタノールへ変換する人工光合成の研究も行っている。以下に燃料多様化に対するデンソーの取り組み事例を紹介する。

4.1 CNG対応技術開発

CNGはCO₂の排出量が少なく、またエネルギーの地産地消の観点から近年注目されている。しかし、エネルギー密度が低く、航続距離が短いことが大きな課題である。デンソーでは、その解決に向けた有効手段の1つである熱効率の改善に向け取り組んでいる。

高効率化の鍵となるのは、空気とCNGとの均質混合の実現である。そこでシミュレーション・可視化技術を用い、吸気ポートから燃焼室内への混合気流入挙動が、混合気均質性に与える影響を調査し、燃料供給系への最適要件の明確化を実現している。

4.2 DME対応技術開発

DMEは、天然ガス、石炭、バイオマス、エタノール等から精製されるため、原油から精製される軽油の代替燃料として着目されている。また硫黄分を含まない、セタン価が高いことから、SO_x、PM、NO_xを低減できるスーパークリーンディーゼル燃料としても着目されている。

しかしながら、軽油に対し、常温・常圧で気体である、低沸点温度、低発熱量、低動粘度、低潤滑性、有機化合物との親和性が高い等の性状が異なる。そのため噴射系には、これらの課題に対応する計測解析、材料、表面処理、燃料添加剤他の広い範囲を含む技術開発が必要である。更には、軽油とは異なるDMEの物性と特徴を生かす噴霧生成と燃焼概念の構築が必要となる。

デンソーは上記課題に対し、社内外の研究機関と共同で、燃料性状、噴霧、燃焼の研究を進めている。

4.3 微細藻類からのバイオ燃料生成

デンソーは、工場から排出されるCO₂を活用して微

細藻（シュードコリスチス）を培養し、その体内に蓄積されたオイルからバイオ燃料を生成するための研究を行っている。2010年には愛知県西尾市にある善明製作所で微細藻類の屋外培養試験施設が完成した（Fig. 23）。天然ガスを燃やして発電するコジェネパワープラントが隣接しており、そのCO₂排ガスを微細藻に吸収させる試験を行っている。更に、工場から出る処理廃水を藻の培養水としてリサイクルしており、発電施設から出る蒸気ガス廃熱も回収藻体の乾燥に利用している。



Fig. 23 Microalgae cultivation facility

5. 排ガス低減への取り組み

内燃機関からは燃焼排出物として、HC、NO_xといった光化学スモッグの原因となるガス成分や、微粒子（PM）が排出されている。内燃機関を用いた自動車が世界に普及していく中、大気を汚染する物質の排出を抑制することは重要課題である。以下、排ガス規制の動向と、デンソーのガソリン・ディーゼルエンジンの排ガス低減への取り組み事例を紹介する。

5.1 排ガス規制の動向

Fig. 24に欧州、北米で導入が予定・議論されている排ガス規制を示す。

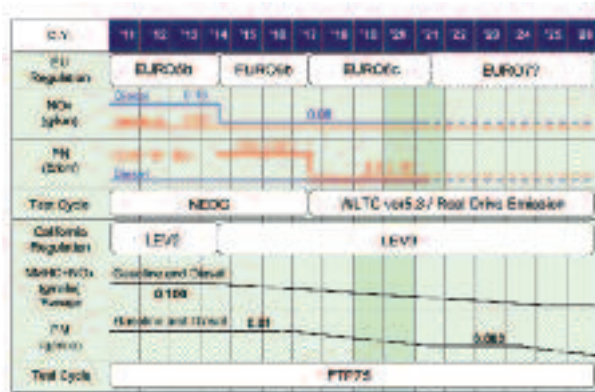


Fig. 24 Exhaust gas regulation plan

欧州、北米共に各成分の規制値を強化する動きが続いている。現在、特に注目されているのは、ガソリン直噴エンジンから排出されるPMと、ディーゼルエンジンから排出されるNO_xである。更に欧州では、実際の走行での排出を問題視し、市場での実走行下で排ガスを規制することが決定している。ガソリン直噴エンジン、ディーゼルエンジン共に省燃費化のため必要であり、燃焼排出物の低減が求められている。

5.2 ガソリンエンジンにおける開発アプローチ

Fig. 25にガソリン直噴エンジンのクリーン排気に向けた開発アプローチを示す。

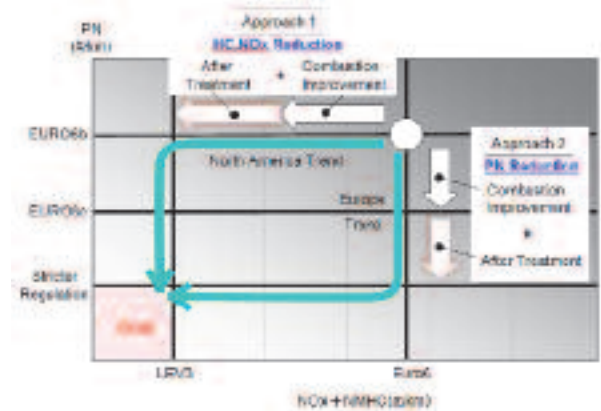


Fig. 25 Exhaust gas reduction approach for gasoline engines

デンソーでは、筒内噴射システムを用いた燃焼改善への取り組みにより燃焼排出物を低減し、更に後処理製品自体の性能・使い方の改善によりこれら排出物を浄化するアプローチにより、クリーン排気の実現へ取り組んでいる。以下に事例として、空燃比センサ（UHEGO）を用いた気筒別空燃比制御技術を説明する。

排出物を浄化する三元触媒には、最大の浄化効率を示す空燃比が存在する。よって触媒の能力を最大限使うには空燃比のバラツキを低減することが望ましい。ここで、エンジンの各気筒の空燃比は、インジェクタの経時変化等によりばらつきを持っている。その対策である気筒別空燃比制御は、1本の空燃比センサを用い、各気筒の空燃比を推定し、各気筒の空燃比が一致するように燃料噴射量を制御するものである（Fig. 26）。ここで用いられる高応答な空燃比センサが、制御を行うためのキーパーツである。Fig. 27に本制御による効果を示す。

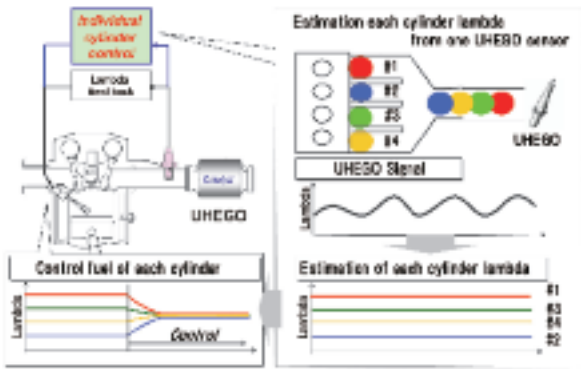


Fig. 26 Outline of individual cylinder lambda control

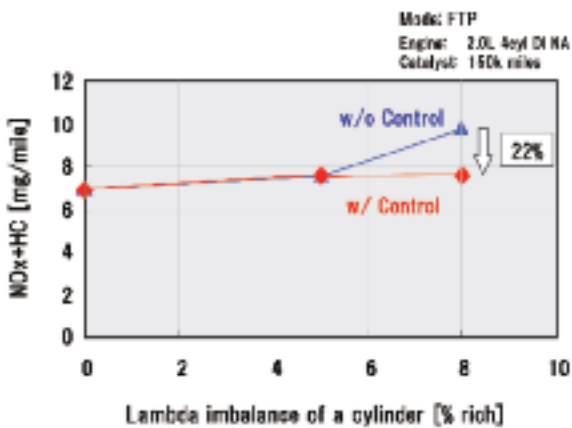


Fig. 27 Effect of individual cylinder lambda control

5.3 ディーゼルエンジンにおける開発アプローチ

エミッション低減のためにはEGRやターボ等のエアパスシステムに代表されるエンジン側の改良と、DPFやNOx触媒のような後処理システムを併用する必要がある。しかしながら複雑・大規模で高価な後処理システムを使用すると、イニシャルコストの増加や搭載性の悪化等カーメカにとって競争力低下に繋がる場合がある。

Fig. 28は、PM・NOxを排ガス規制の目標値以下に抑えるアプローチに関し、従来の手法と、デンソーの手法を模式的に表したものである。従来は噴射系の改良である程度エミッションを改善し、後処理によってPM・NOxを目標値まで低減する手法を取っている。

これに対しデンソーは250MPaの超高压を実現する噴射系コンポーネントによりエミッションの絶対値を大幅に改善し、更に噴射特性のフィードバックが可能なシステム (i-ART) を組み合わせることでエミッションのバラツキを改善している。これによりシステムの複雑化、高コスト化を抑えつつディーゼル車が有する燃費メリットを活かし、自動車市場でのディーゼル車ステータス向上に貢献している¹⁰⁾。

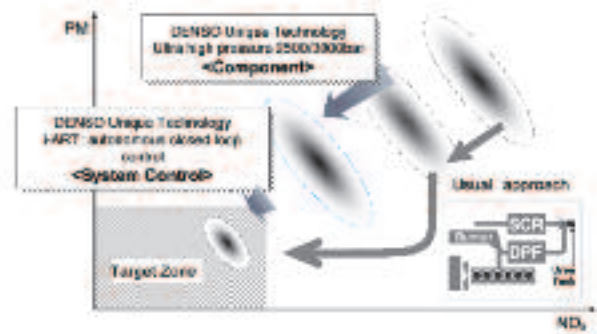


Fig. 28 Exhaust gas reduction approach for diesel engines

6. おわりに

地球温暖化・資源枯渇・大気汚染という大きな問題に対し、デンソーの技術開発動向を中心にその解決案を述べてきた。加えて、今後の自動車市場の急激な成長が予想される新興国に向け、CO₂低減・低エミッションを実現する技術を普及させるべく、低コスト製品を提供することもデンソーへの大きな期待と認識している。また、車両全体・社会全体でのCO₂低減・低エミッション実現に対しても、更なるアイデアの創出が必要であり、考慮すべき課題はつきない。

我々自動車業界は、将来世代の幸福のために、これら多くの課題を克服すべく、この課題を一致協力して解決していくべきであろう。本稿をまとめるにあたりあらためてその思いを強くした。絶え間ない技術開発に向かって努力を惜しまない所存である。

<参考文献>

- 1) International Energy Agency : World Energy Outlook 2013, p.57
- 2) International Energy Agency : World Energy Outlook 2012, p.42
- 3) World Health Organization : Burden of disease from Ambient Air Pollution for 2012, p.1 (http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/FINAL_HAP_AAP_BoD_24_March2014.pdf)
- 4) 大塚春彦：地球環境問題とデンソーの取り組み、デンソーテクニカルレビュー、Vol.14 (2009)
- 5) International Energy Agency : Energy Technology Perspectives 2012, pp.423-455
- 6) 中島樹志・加藤直也：パワートレイン構成製品技術による省燃費への貢献、2010年12月15日 自動車技術会シンポジウム

- 7) 宮木正彦 他：燃料噴射系製品の現状と将来展望，エンジンテクノロジーレビュー，Vol.1 No.3 (2009)，pp.14-21
- 8) 宮木正彦：コモンレールシステムの開発と進化，第22回内燃機関シンポジウム (2011)，pp.25-43
- 9) 小島昭和 他：ディーゼルレポリューションへの挑戦，自動車技術会シンポジウムテキストNo.11-11 (2011)，pp.19-24
- 10) Miyaki et al. : Fulfilling Euro6mission Regulation for Heavy Duty Engines without SCR-System -A Challenge to the FIE Systems-, 32th Internal Vienna Motor Symposium (2011)，pp.196-213
- 11) Ishizuka et al. : Further Innovations for Diesel Fuel Injection System: Closed-loop Control of Fuel Quantity by i-ART & Ultra High Injection Pressure, Aachen Colloquium (2010)，pp.317-338
- 12) The 2013 Automotive Engineering Exposition Products of Stop/Start System (http://www.globaldenso.com/en/newsreleases/events/otherexhibitions/2013/aee13/files/aee13_stop_start_system.pdf)
- 13) 小林徹也：デンソーにおけるHV/EV向け製品開発，デンソーテクニカルレビュー，Vol.16 (2011)
- 14) 高崎哲・神谷宗宏・水谷竜彦 (トヨタ自動車)，金岩浩志・加藤充・梅田敦司 (デンソー)：小型ハイブリッド車のモータステータの開発，自動車技術会 2012年春季大会
- 15) 日本自動車工業会：環境レポート (2013)，p.8
- 16) 萩原康正 他：電気自動車用空調の特徴・動向について，デンソーテクニカルレビュー，Vol.16 (2011)，pp.83-89
- 17) 国土交通省：平成17年度道路行政の達成度報告書 (2006)，pp.68-73 (<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-perform/h18/09.pdf>)
- 18) 江口理・遠藤和彦：自動料金収受システム (ETC)，デンソーテクニカルレビュー，Vol.6 No.1 (2001)，p.19
- 19) DENSO International America Inc. : News Release“DENSO Installs Connected Vehicle Technology At Three Orlando Intersections” (2011) (http://www.densomedia-na.com/press_kits/2011wcits/docs/OCT_5_ITS_WC_Press_Conference_Kick-off.doc)
- 20) 日本自動車研究所：自動運転・隊列走行の研究開発 (2013)，p.2-20 (<http://www.nedo.go.jp/content/100521778.pdf>)
- 21) 独立行政法人 新エネルギー産業技術総合開発機構：エネルギーITS推進事業ホームページ (http://www.nedo.go.jp/activities/FK_00023.html)

<著 者>



小野田 邦広
 (おのだ くにひろ)
 技術企画部
 技術開発マネジメントに従事