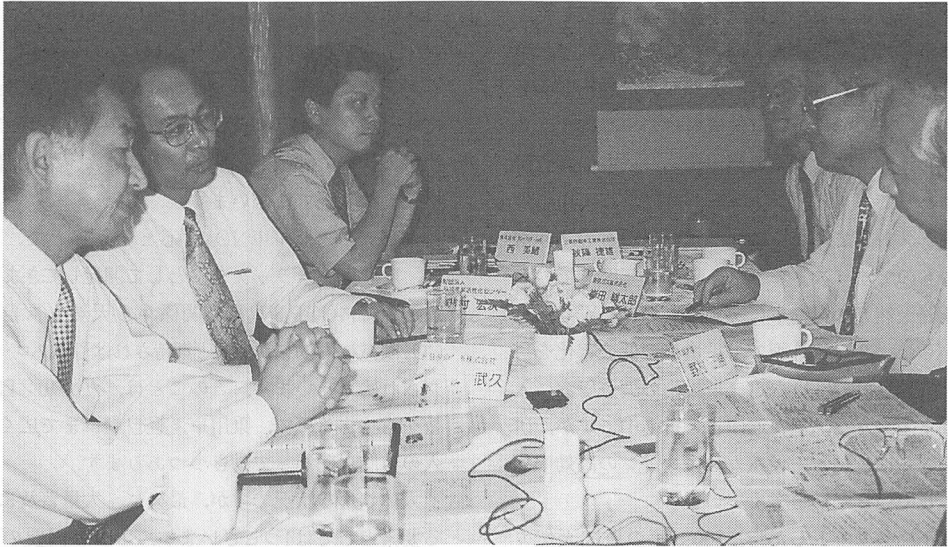


エネルギー・資源学会 新春座談会

「次世代自動車エンジン開発とエネルギー」



はじめに

司会 ただいまから、新春座談会を開催させていただきます。きょうは皆さん大変お忙しい中をおいでいただきまして、ありがとうございました。

この新春座談会は、エネルギー・資源学会の恒例行事でございまして、今年は「次世代自動車エンジン開発とエネルギー」というテーマでお話をいただきたいと思います。実は編集委員会で、次世代自動車エンジン開発という中に、エネルギー問題が含まれているのではないかという話だったのですが、次世代自動車エンジン開発をよく考えていきますと、確かにエネルギーと深く関連していると思います。専門家にとってはそうかもしれないのですが、一般の読者の方にもわかりやすいという意味でこういう題にさせていただきました。

普及期を迎えた天然ガス自動車

司会 まず、いろいろと資料を集めたのですが、既に電気自動車とか天然ガス自動車、あるいはメタノー

出席者

秋 篠 捷 雄 氏

三菱自動車工業(株)乗用車開発本部技師長

岸 田 総太郎 氏

東京ガス(株)天然ガス自動車プロジェクト部長

西 美 緒 氏

ソニー(株)常務 コーポレートリサーチフェロー

野 村 宏 次 氏

(株)石油産業活性化センター 技術開発部長

八重樫 武 久 氏

トヨタ自動車(株)EHV技術部SSE

*野 村 正 勝 氏

大阪大学工学研究科分子化学専攻教授

*は司会者

ル・ハイブリッド自動車というような低公害車は日本で昨年末時点で合計4,500台ある。現在日本にある自動車が6,900万台ですから、低公害車は0.01%以下でわずかなんですが、既にあるということで、この辺のところから、まず東京ガスの岸田さんに天然ガス自動

車の話をしていただきたいと思います。

岸田 それでは私から、日本における天然ガス自動車の開発時から現在までの経緯と現状につきまして、ご説明させていただきます。日本での天然ガス自動車開発につきましては、他の低公害車であります電気自動車やメタノール自動車から大分後れてスタートしました。開発のきっかけは、通産省の補助事業として始められた「天然ガス自動車実用化調査事業」の実施でした。この補助事業は、(株)日本ガス協会が受け皿となり、現在でも続けられており、私ども天然ガス自動車関係者にとっては、木の幹みたいな位置付けの事業です。この事業は、天然ガス自動車の実用化についての調査研究を主体としており、ガスエンジン評価から実用車のフリートテストまで、さらにマーケット調査等、非常に幅広いものです。スタートから平成7年度までの6年間で圧縮天然ガス自動車に関するものは終了し、平成8年からは、3ヶ年計画で、重量車の低公害化を目指してLNG自動車及びLNG充填設備の調査研究に入っております。ただ、現在通産省と折衝中ですが、研究期間をさらに延長し、天然ガスエンジンの高効率化も対象にしていきたいと考えています。

平成2年にスタートした時、200気圧の圧縮天然ガスを充填および積載して走るということで、当時の高圧ガス取締法に代表される、いろいろな法規制により、一般的な自動車としては、ほとんど使えない状態でした。その時点で、私どもは将来の大量普及に向けて、5つの課題を抽出しました。

1つは、特に当時問題になっていましたディーゼル車のNO_x低減で、オクタン価の高い天然ガスの特色を生かした実用的な低公害車の開発、2つ目は関係法規制の整備及び緩和の働きかけ、3つ目は普及立ち上がり時の政府による補助、助成の獲得、4つ目は普及促進を後押しするインセンティブの獲得、最後は充填設備の国産化でした。それから、欧米諸国では、現在約100万台の天然ガス自動車が走っておりますが、バスを除いて、ほとんどがガソリン車を改造した単なる代エネ車です。私達は、大量普及を最終目標としているため、日本の天然ガス自動車は全てメーカー生産車で、且つ天然ガス専用車を開発することとしました。また、私ども天然ガス供給事業者として、普及の要になる急速充填所の先行設置と天然ガス自動車を率先導入することとしました。普及推進組織としては、(株)日本ガス協会を中心として、東京ガスなど大手ガス事業者が協力する形で進めました。

6年経った8月末では、1,369台の天然ガス自動車が走行し47ヶ所の急速充填所が全国に設置されています。本年度末には、約3,000台の自動車、約70ヶ所の急速充填所が普及する見込みです。このような情勢になったのも、先ほどお話し致しました5つの課題それぞれがほぼ予定どおりの進捗をみていることと、最大の懸案事項でありました高圧ガス取締法が本年4月に高圧ガス保安法として緩和された事によるものです。プロジェクトが本格的にスタートしてから約6年、ようやく、天然ガス自動車の大量普及環境が整ったという事です。現在天然ガス自動車をお使いになられている利用者の皆様の評価も上々で、いよいよ、大量普及が本格化した状況でございます。

ただディーゼル車NO_x対応ということで、都市バス、塵芥車、トラックを主として開発してきましたが、最近、特にCOP3京都の関係から天然ガス自動車はCO₂削減にも効果があると期待されはじめクローズアップされ始めています。このことは、ガソリン自動車代替を意味する事で、乗用車、軽自動車まで広く開発導入の方向に向かって動きつつあります。

大体こんな状況ですが、最後に、大量普及にかかわる要素としては4つございます。1つは需要の創出、2つ目は自動車のコスト低減、この二つは相関関係があります。3つ目としては圧縮天然ガス価格の問題、現在では道路整備関係税が無税でメリットがありますが、最後に残るのが急速充填所を全国的にいかにつくるかで、これから天然ガス自動車を大量普及する上で一番のポイントと思っています。



岸田 総太郎 氏

トヨタはハイブリッドシステム

司会 それではトヨタの八重樫さん、電気自動車とハイブリッド自動車も実際に動いているんですね。そんなことでその辺をご紹介いただきたいと思います。

八重樫 私は、実はもともとはガソリンエンジン屋で、電気自動車に関しては素人でございます。電気自動車は環境を考えると一番クリーンで、将来のクリーン車として可能性が高いだろうということで、規制もあり力を入れて開発を進めておりました。しかし残念ながら現在の技術見通しでは、今のクルマにとって換わるポテンシャルは持っていない。圧倒的な数を占めます現在の内燃機関、ガソリン、ディーゼルのクルマに直接換わっていくポテンシャルを持つには、まだ色々な面でのブレークスルーが必要です。

ですから今のガソリンやディーゼル自動車の電気自動車への代替を急ぐということは、現実的ではないですし、将来の普及を考えても決して良いことではないのではと考えております。

もちろん、ガス会社、エネルギー会社、そういうところにご尽力いただいてEVや代替クリーン燃料車の普及を図っていくこととあわせて、今普及している一般のクルマの進化型クリーン自動車としてどういう自動車が良いか、どういう動力源が良いかという観点から検討をスタートさせたのが私どものハイブリッドでございます。

ハイブリッドは昔からずっとやっております、30年ぐらい前にもガスタービンと組み合わせたハイブリッド乗用車の開発を進めておりました。

80年代に入りましても、石油危機や都市環境問題を契機にさまざまなハイブリッドの研究を進めておりました。

ハイブリッド車はシリーズ型とパラレル型の2つに大別できます。シリーズ型は電気自動車の派生型と言いますか、電気自動車ですとどうしても外部充電が必要ですし、それをカバーするようなエンジン発電機を搭載させ一充電走行距離を延ばそうとの考えかたのシステムです。このシリーズ型に対し、都市内は電気自動車として、高速のパワーのいるところは、普通のエンジンとミッションで、それを切り替えて走らせようとするパラレル型と呼ばれるシステムがあります。その2つともやっていたのですが、将来を考えるとそれだけではない、私どもの目指していたのが、宣伝上

では「いいとこどり」と入っていますが、電気とガソリンそれぞれの長所を生かし、それからシリーズとパラレルそれぞれの特徴がありますから、それをうまく組み合わせられた構成ができれば、それを小型の乗用車の中に搭載できる形にできれば、理想的なハイブリッドができるのではと考えました。そこからスタートしたのが、今回発表いたしましたトヨタハイブリッドシステムでございます。

この一つの特徴としては、電気自動車は、ソニーさん初め電池メーカーががんばっておられますが、電池をいっぱい積んでいる限りはなかなか、コスト、重量からも今のクルマに換わっていかないだろう。電池を極力小さくして、ある種のエネルギーバッファにした格好でそれを有効に利用し、エンジンのよさと電気のよさをあわせて使う方向で考えました。ハイブリッドの特徴の一つは、エネルギーの回生ができていうことです。クルマを減速するときに、従来はブレーキで捨てていたエネルギーを有効に電気に変えて蓄積できる。そのエネルギー貯蔵としては、今の電池が優れており、それを小さくしてうまく使うことがポイントです。将来のクルマとしては、大なり小なりそういう格好でエネルギー回生を行うハイブリッド車が拡大していくと考えています。CO₂の削減と排気有害物質低減の両立を高いレベルで成立させることが21世紀の動力源としては規定種目として求められ、その上で今の自動車の基本性能と言いますか、走り、利便性の維持が大切です。その自動車としての基本性能を磨きつつ、クリーンの軸で今のクルマの発展型として普及を図っていく、今回のハイブリッドでそのような問題提起ができたかなと思っております。



八重樫 武久氏

司会 その辺の詳しいことはまた後ほどお願いしたいと思うのですが、例えばトヨタで今電気自動車、RAV4EVはどんなマーケットに出ているのですか。

八重樫 やはり今は官庁関係の方ですか、電気自動車ですと電気会社などが主と聞いております。非常によく走る、音もなく静かだという評判を頂いております。

司会 そうすると天然ガス自動車もそういうところですか。

岸田 今1,200台のうちの半分の600台は、ガス事業者が自分のクルマで使っています。残りの600台のうち300台が国とか地方自治体のクルマです。地方自治体でも、業務用車と都市バス、清掃車に少しずつ入り始めています。残りのちょうど300台が民間なんです。現在ですと運送事業者、青ナンバーの2トントラックに徐々に入り始めています。例えば日本通運とか、ヤマト運輸とかいうところですね。

八重樫 都市内のデリバリーですね。

岸田 そうですね、大体宅急便はあまり航続距離が出ないものですから、都市間というよりは都市内のデリバリーでございます。

電気自動車のかぎを握る電池開発

司会 今電池の話がちょっと出てきましたので、少し話題を移したいと思います。私が知っている範囲ではトヨタと松下がニッケル水素電池、日産とソニーがリチウム電池ということで、雑誌などを見ると連合軍とか言っていますが、電池の専門家ということで西さんに簡単にこの電池の比較をお願いできないでしょうか。

西 比較というほど大きな話ではないと思いますが、ご承知のようにZEVの場合は先ほどからお話が出ていますように電池の量が莫大な量になってしまうので、電池を運ぶためのクルマというような悪口も言われるぐらい膨大な量の電池になってしまうわけで、ですからできるだけ重量当たりのエネルギー密度、それから体積当たりのエネルギー密度の大きいものが要求されてくるわけです。

特に自動車の場合は、クルマ全体の重量を軽くしたいということがありますから、重量エネルギー密度が結構重要視されるみたいです。私もクルマ自体は素人でありよくわかりませんが、クルマのメーカーとおつき合っている中で、いわゆるWh/kgというエネ

ルギー密度を大きくしたいという要求がございます。

現在二次電池として電気自動車に使えるものというのはまず鉛電池がありますし、それからニッケル水素、リチウムがありますが、そういう中で重量エネルギー密度が一番大きいのは、やはりリチウムでございますね。それはリチウムが一番軽い金属ということから必然的に出てくるわけですが、体積エネルギー密度でいいますと、ニッケル水素の改良がどんどん進んでいますので、ほぼリチウムイオン電池と同じくらいになっていますが、重量当たりではやはりまだリチウムの方が大きいというふうなあたりで、将来的にはリチウムイオン電池になるのではないかというお話もいろいろ伺っていますが、まだそれは先の話だろうということとで大部分のメーカーはニッケル水素の方にまず着手をして、うまくいけばリチウムシステムにいきたいというようなお考えもあるのではないかと。ただ日産自動車の場合は一足飛びにいきたいということだろうと私は思っています。

司会 電池技術というのは、ニッケル水素電池もリチウム電池も日本がトップと考えていいのですか。

西 そうですね、ニッカドなどもそうですね。二次電池は日本が今牛耳っている形になっています。全体的な流れからいいますと、ご承知のように1980年代からいろんなポータブル機器が小さくなってまいりまして、それに伴って電池もできるだけ小型で軽いものが欲しいというような要求が出てまいりまして、それで80年代の後半にそういう要望が強くなったものですから、新しい電池の開発ということで日本の各電池メーカーが努力をいたしまして、それでニッケル水素ですとか、リチウムイオンといったものが1990年前後に相



西 美 緒 氏

次いで発表されたということです。

最近の一般民生用の小型電池の使用状況を見ていても、ニッカド、ニッケル水素、リチウムイオンというのはほぼ3分の1ずつというところまで市場が変化しております。80年代はほとんどニッカドが主流だった。そういうことをやったのが、今おっしゃいましたように日本の電池メーカーだろうと思います。

GDIにかける三菱自動車

司会 GDIは最近テレビで盛んに三菱自動車が宣伝されているのですが、ガソリン・ダイレクト・インジェクションということで、石油精製会社にとっても非常にありがたい技術だと思うのですが、これはいわゆる低公害車の中には入らないかもしれません。今現在のエンジンを使ってそれをいかに効率よく動かすかということですが、このGDIについて少しガソリンエンジンとディーゼルエンジンの違いも含めてお話いただけませんか。

秋篠 皆さんお話になられたのは、最先端の新しい代替エネルギーについてですが、私は従来からあるレシプロの4ストロークエンジンの進歩についてお話します。レシプロエンジンは100年以上の長い歴史があり、事実私も会社に入る前から現在に至るまでレシプロエンジンのことしかやっておりますが、エンジンのことを長くやればやるほど、優れたメカであると思うようになっていきます。ガソリンエンジンは小型で高出力が出せ、振動もディーゼルに比べると少ないので、いわゆる乗用車、一般の方がパーソナルに使う割と小型のクルマに採用されてきました。一方、ディーゼルエンジンはご存じのように、最初にルドルフ・ディーゼルという方が発明したころから、点火プラグを使わずに圧縮だけで燃やそうという発想でしたので、圧力をかなり高めており、現在のエンジンでも圧縮比が20くらい、ガソリンエンジンの約2倍程度あるものですから、熱効率は非常によいのですが、圧力が高くなりすぎて振動や音がうるさいという問題があり、乗用車よりも経済性を重視する大型車両中心に採用されてきたわけです。

しかし、ガソリンエンジンも燃費を良くしようとすると問題があり、1つは圧縮比を高めようとするとノッキングが発生するのでなかなか高められません。また、もう1つは空燃比（空気と燃料の割合）を薄くできると色々な理由から燃費によい効果があるのですが、こ

れまでのガソリンエンジンでは空気と燃料をシリンダの中に入れる前に予め混合しますので、ガスバーナーの空燃比を薄くすると失火してしまいます。そこで仕方なく吸気口に絞り弁をつけてアクセルと連動させ、空燃比をあまり変えずに混合気の量で出力を調整しております。そして都市内の渋滞走行時などは絞り弁をとじている機会が増えますが、この絞り弁を閉じますとシリンダの中が真空に近くなるものですから、ピストンで引っ張る時に余計な力が必要となり、これが燃費を悪化させる大きな要因になっています。

このようにガソリンとディーゼルの得失がわかりますと、どうしても両者の良いところを取ったエンジンが出来ないかと考えたり、その結果出現したのが私どもの超希薄燃焼を実現したガソリン直噴エンジン：GDIです。これと同じ考え方で研究された例は昔から数多くありまして、私も20数年前に米国の石油メーカーであるテキサコ社が試作したガソリン直噴の超希薄燃焼エンジンを回したことがあります。燃料噴射ポンプは壊れるは、スモークは出るはと散々な結果に終わりまして、こんなものが実用化されるわけがないと思いました。しかし、コンセプト自身には消しがたい魅力がありますので、その後も何度か同じ考え方のエンジンをトライしていたのですが、今回は非常に良い発想で取り組んだ結果、シリンダに噴射する燃料がわずかでも、絞り弁を閉じずに安定した超希薄燃焼を実現することができるようになりましたので、商品化いたしました。

司会 GDIは市場にどのぐらい出ているのですか。

秋篠 すでに15万台以上は出ていますね。

司会 ディーゼルエンジンは、要するに直噴ですよな。

秋篠 ディーゼルエンジンには副室型と直噴型の2つのタイプがありまして、これまで国内ディーゼル乗用車のほとんどが副室型です。副室型は副燃焼室と主燃焼室の間に絞りがあるため、燃費を追及するには理想的ではないのですが、音が割と静かで排出ガスも低減し易いため使われて来ました。しかし将来は燃費の点で副室型より優れている直噴型が主流になると予測しておりました。排出ガスも低減した新しいタイプの直噴型ディーゼルが実用化直前の状態にあります。

司会 最近、ヨーロッパではディーゼルの直噴化がかなり進んでいると聞きますが。

秋篠 はい、もう実用車が出ております。ヨーロッパは伝統的にディーゼル乗用車が非常に多くて、ヨ



秋篠捷雄氏

ロップ全体22%、最も多いフランスでは45%程度に達しています。これは音のことは多少我慢しても燃費を選ぶと言うくらいヨーロッパ人の経済性への関心が高いため、そういう意味から直噴ディーゼルの出現も早いのだと思います。

熱効率向上と低公害車を求めて

司会 これですべて市場に出回っている低公害車のお話をひととおり伺ってきたのですが、電気自動車のことを調べますとどうもそこに出てくるのは熱効率の問題なのですね。原油1リッターを基盤にして考えると、発電すると発電効率が37%とか。内燃機関のガソリンエンジンの効率は10数%と随分低い。それが電気自動車がこのように今大変脚光を浴びている理由のように思うわけですが、石油産業活性化センターの野村さんがおみえになっていますので、ちょっとその辺のところをお話いただけますか。

野村 少し勉強してみたのですが、エネルギー効率を計算するときにはいろいろなケーススタディがありました。結論的に申し上げますと、走るときのゼロエミッションということについては電気自動車が強みを持つと思うんです。走っているときのCO₂の問題はもちろんそうですし、NO_xという問題もあります。発電の時に発生するCO₂等の問題は別にして、車が走る沿道でのNO_xを減らす上でのエミッションのない電気自動車は有利だと思います。

発電も含めた総合的な計算はこれまでは電気自動車をやっておられる方からの計算結果の報告がほとんどです。石油会社側からはガソリンの方がトータルの効率がよいという計算を出しているものもありますが、

いずれにしても、難しいと思うのは、発電そのものをどういう構成で考えるかという点ですね。原子力をとるか、石油をたいている火力発電を主として考えるか。また、石油製品の製造段階での熱効率の計算というのは製油所によって違いまして、ガソリンを作るのに幾らとはいちがいにいえないのです。石油製品は連産物ですから、ある装置の熱をこちら側に回して廃熱を別の装置に利用するとかいろいろなケースがあります。そういう点で結論的にはエネルギー計算はあまり意味がないのではないかと。電気自動車の代替エネルギー車を考える中で、エネルギー効率を考えてどんなものかいいとか悪いとか順位をつけるのではなくて、現在のガソリン車を含めてうまく使い分けが大切だと思います。

司会 八重樫さんから電気自動車は当面主軸にならないというお話でしたが。

八重樫 今おっしゃったとおりだと思うんです。住み分けだと思う。真っ向から今のクルマに代わるという観点ではなくて、商品として受け入れていただけるような使い方をさぐっていく時期に来ていると思います。

司会 それではもとに戻りまして、三菱自動車が世界で初めて直噴のガソリンエンジンを工夫されたということですので、GDIに至った経緯をお聞かせいただきたいと思います。

秋篠 90年頃に地球温暖化や石油枯渇の問題が話題になり始め、その頃からガソリンエンジンの燃費を抜本的に良くしなければいけないという気運が高まってきましたので、いろいろな研究を行いました。その中で従来のMPI（マルチポイントインジェクション）エンジンのリーンバーン化が当時としては燃費効果が大きかったので本格的に取り組みました。MPIエンジンでは吸気ポートに燃料を噴射し、予め空気と混合しますので、あまり薄くすることは出来ませんが、それでも、シリンダ内の混合気の流動をいろいろコントロールすれば、空燃比がそれまでの20から25前後へと、かなり薄くしても燃やせることがわかりました。

このようなコントロールが可能となった背景に、可視化技術の進歩があります。シリンダ内の現象は0.1秒以下の非常に短い時間で変化するので、可視化のためには強力な光源と高速度な撮影装置が必要ですが、ちょうどその頃レーザーがかなり安くなり、私どもメーカーでもどんどん入手できるようになりました。また撮影装置も高速度ビデオが開発され、それまで撮影し

た現象を確認するのにカラーフィルムの現像を含めると2日間かかっていたものが、撮影直後にすぐ確認できるようになりました。このようなレーザーと高速度ビデオを使った可視化技術でエンジンの中の流動状態が手に取るように分かり始め、しかもエンジンをまわしながら検証できるので、さらに新しい発想がどんどん生まれるようになったのです。そしてこの結果に自身を得て、筒内噴射に可視化技術を使ってシリンダ内の燃料と空気の混合方法を工夫すれば、均一な混合気では絶対に燃やすことができないとあきらめていた40~50の超希薄空燃比での燃焼が可能となるのではないかと考え、ガソリン直噴の研究に取り組み始めたのです。

それまでのガソリン直噴の超希薄燃焼というのは、点火プラグのすぐ近くにインジェクタをつけ、火花を飛ばしながら燃料を噴射すれば、適当な空燃比になったところから、燃えだすという、ディーゼル燃焼に近い考え方で成立させていたのですが、この方法ですと点火プラグがくすぶったり、ちょっと運動条件が変わると燃えなくなってしまうという問題があり、実用化が困難でしたそこで私どもは、点火プラグからインジェクタを離し、噴霧も点火プラグ方向に向けないことを基本にし、そのかわりにピストン頂面のくぼみに噴霧を当てて向きを変えこれにMPIリーンバーンで三菱が採用していたシリンダ内縦渦の助けを借りて、気化した燃料が点火プラグに向かうようにした新しい発想で研究を開始しました。

この発想をレーザーなどの可視化技術を駆使して検証・改良を重ねた結果、わりと早く仕様が固めることができました。早くといっても、従来のMPIでは燃やすことの出来ない空燃比で、広い運転領域を確実に燃やさねばならないので、いわばもぐらたたきのように燃えない領域をつぶすという大変な仕事があったわけで、生産可能なレベルに仕上げるまでに3年から4年はかかっています。

さいわい現在のところ順調に量産できていますが、昔から多くの技術者がトライし、失敗を重ねていたガソリン直噴がなぜ今になって量産可能になったのかを考えてみますと、過去にとらわれない新しい発想と可視化技術の他に、電子制御やシミュレーション用のコンピューター技術、MPI用インジェクタのように圧力をかけて噴射する電磁弁などのエレクトロニクス製品技術の進歩をタイムリーに活用できたということが大きい要因と考えております。

司会 GDIを使うと、例えばガソリンのスペックが緩められるとか、使用できる燃料性状の範囲が広がるという話があると思っていたのですが、

秋篠 ガソリン直噴には基本的にそういう特性があります。先ほど20数年前のテキサコ社のガソリン直噴についてお話しましたが、そのころの研究目的がまさにマルチフューエル化でして、当時は米軍が世界中に駐留してたので、どのような燃料を入れてもノッキングや壊れずに運転できるエンジンが必要だったのだと思います。私どもはこの特性を圧縮比アップに使い、燃費を改善しております。従来エンジンで圧縮比を0.5上げるのは至難の技といわれておりますので、最初に実用化したDGIで圧縮比を1.5程度上げたのは画期的なことだと思います。

野村 ガソリンの要求性状が緩くなっていくかもしれないといっても、あくまで火花点火のタイプでディーゼルに近いということはないですね。つまりスペック(要求性状)で楽になるものもあるかもしれませんが、筒内噴射だからよけい気をつけなければならない面もあると思います。ただ、オクタン価は従来に比べてやや楽になるということはありませんか。素人的にみると、ディーゼルのタイプにやや近づいた形であれば、オクタン価と相反する性質であるセタン価的要求もあるいは取り入れられるのかと。着火し易いのがいいのか、し難いのがいいのか、オクタン価をさげるということはそういう意味で…

秋篠 確かにガソリン直噴にするとオクタン価に対して余裕を持たせることができます。しかし超希薄燃焼をさせていますが、ひとたびアクセルペダルを踏み込めば、高出力を出すために、噴射タイミングを即座に大きく移動させて均一混合気に近い状態で燃焼させますので、従来のガソリンエンジンとあまり変わらない特性になります。従ってディーゼルエンジンのようにセタン価の高い、つまりオクタン価の大幅に低い燃料を使うことができないという制約はあります。

司会 GDIを使うと、NO_xが少ないということが書いてありますね。

秋篠 DGIではエンジン本体から排気するNO_xがかなり低減できています。しかし従来のガソリンエンジンでは空気と燃料の割合を理論空燃比にすると、排出ガス中のCO、HC、NO_xとも高効率で浄化できる3元触媒を装着し、排出ガスを低減しておりますが、この3元触媒は希薄低燃比ではNO_xを全く浄化してくれませんが、3元触媒を装着したDGIのテールパ

イプから排出されるNO_xは従来エンジンとあまり変わりません。そこで希薄空燃比でもNO_xを浄化できる触媒を装着し、NO_xをさらに浄化しております。

司会 そういふ話が出たので、脱硫に触れたいと思いますが、軽油で97年10月から硫黄分が0.05%になりましたが、あれをやるとどうもディーゼルエンジンにとってはまずい。自動車メーカーは0.02%にしたい、もっと低くしたいという問題を聞いたのですが、野村さん、いかがですか。

野村 ガソリン車にとっても、ディーゼル車にとっても燃料の硫黄分を下げることの意味は大きいと思います。石油精製サイドで環境上最も効果的にやれるのも、脱硫だと思うんです。重油の水素化脱硫のような、固定発生源の煙突からの亜硫酸ガス減少への貢献もやってきました。ガソリンについては硫黄分が低いということは、排出ガス浄化触媒の性能低下を防ぐ意味で大きく貢献しています。今の日本のガソリンの硫黄含有レベルはアメリカよりも一けた下という感じです。軽油については、硫黄が多いとSO_xがおおくなるということもありますが、今はそれよりもNO_xを減らすためにEGR（排気ガス再循環）によるエンジンの摩耗を防ぐために低硫黄化の意味が大きいといえます。そのために軽油の硫黄分が0.5から0.2%に下げられ、昨年の秋からさらに0.05%に下げられたわけです。ただ排気ガス浄化触媒を付ける形でなんとかしようとなると、硫黄は被毒作用を持ちますから0.05%でも足りないという声もあります。

司会 白金触媒ですね。

野村 結局、こういう貴金属触媒の被毒は時間の関数になりますから、硫黄レベルをどんなに下げてももっとも落としてほしいということになるのです。た

だ硫黄分を下げすぎることには精製コストの大幅なアップ以外に、性能的にも問題があります。脱硫しすぎた軽油を使うとディーゼルの噴射ポンプが摩耗するという現象がでてくるのが分かってきました。これは添加物で何とか対応することはできますけれども、硫黄分を0.05%よりもっと落とすということには充分な検討が必要です。何れにしても0.05%硫黄分の軽油が今出荷されるようになったばかりですから。

加州規制が契機になった電気自動車

司会 実は、電気自動車の歴史を見てみますと、ずいぶん古いんですね、125年の歴史があります。そういうことで、出てきては消えという繰り返しですね。最近電気自動車が脚光を浴びているのは、ゼロエミッション・ビークルということで、2003年以降カリフォルニア州で販売台数の10%をZEV—ゼブとも言うんですが、電気自動車を義務づける規制を打ち出したことが一番大きいと思います。それで、トヨタの八重樫さん、EV開発の経緯についてお願いしたいのですが。

八重樫 電気自動車はその前からいろいろな形で開発をしておりましたが、今おっしゃったカリフォルニア州のZEV規制が大きなインパクトでした。ZEV規制では2%の電気自動車を販売しなければならない。本当にそこで悩んだのは、いくら規制されても2%もマーケットとして入っていける商品ができるだろうか。もちろんいろいろ考え、その一つの解が量産にこぎ着けたRAV4EVという電気自動車なんです。アメリカのメーカと議論したのですが、規制なんだからやってしまえばカスタマーが商品としてダメならダメと決めてくれるという意見と、へたに商品として未熟なままに強制されたら次の飛躍にマイナスになるのでステップ・バイ・ステップでやるべきとの意見がありました。私どもは後者のスタンスでした。地道な技術開発を続け、それがハイブリッドにもつながったのですが、電気自動車としていちばん得意なところ、マーケットとして使えるところ、それをスタディしながらやるべきというのがスタンスです。2003年10%販売義務づけというのが残っていますが、秋篠さんがおっしゃったとおり重いハードルです。前に述べたように商品開発を通じてマーケットに広げていくしかないと思います。このように努力した上で技術として、商品として10%以上の普及が困難なケースについては、この規制の目的はカリフォルニア州の大気環境改善にありますから、



野村 宏次氏

議論しながらもう一つでてきたCO₂低減という軸とともに、ハイブリッドを含めてZEV以外の実用的なクリーン車で環境改善をやるべきだろうというのが私どもの考えかたです。

司会 天然ガス自動車は排気の浄化という意味ではもともと硫黄はないわけですから、非常にクリーンなんですよ。そういう意味では天然ガス自動車はゼロエミッション・ビークルには入らないんでしょうけれどもどうかかわってくるのですか。

岸田 私どもの歴史を申し上げますと、ガスエンジンは歴史が古いのです。ガソリンエンジンより古い。東京ガスは112年の歴史があるのですが、明治30年の頃、電気のモーターが無い時代に、定置型のガスエンジン1,000が紡績などの動力として使われていました。エンジンとしては、戦後、新潟交通のバスに大量導入された例があります。最大で500台もの天然ガスバスが走っていました。しかし、天然ガスを採り過ぎて地盤沈下を起こし、自動車燃料として使えなくなり、ディーゼルバスに代わってしまいました。先日、京都のタクシーの古い運転手さんに聞いたのですが、戦後の京都のタクシーは電気自動車だったと聞きました。何故かと言うと、ガソリンは当時貴重品で、消防とか医者にしか配給されなかったからだそうです。新潟の例からも、一番たやすく手に入るエネルギーを有効に使うことの結果だと思えます。

私ども都市ガス業界では、先ほど紹介しました、平成2年から天然ガス自動車の開発を始めましたが、これは、大都市の大気汚染がなかなか改善されず、その対策として天然ガスの硫黄分などが含まれていないクリーン性と世界で100万台走行している実績に目を付けた通産省の指導で始まったプロジェクトです。多くの自動車メーカーのご協力を得て、現在では、他の低公害車に比べて、やっと、実用車が出来たかなと思っています。私どもはNO_x削減を一番の目標として、主としてディーゼル代替車を開発し、都市バス、塵芥車、トラック等は評判がなかなか良いです。このような車は世界ではバスだけです。かの有名なカリフォルニア規制のEZEV、イクイヴァレント・ゼロエミッションビークルの排気ガス基準、これはまだ完全に承認されていませんが、クリアする車も開発されています。この車は、最近のガソリン車に対するCO₂削減に効果を発揮すると思えます。

電池開発は電極材料研究がかぎ

司会 それでは、ソニーの西さんにかぎたいんですが、電気自動車は電池開発が一番重要なテーマだと思うんですね。リチウム電池開発に取り組んでこられたということ、電気自動車は電池の性能が私共あまり分かっていないものですから、具体的な数字で、説明して頂けませんか。本年度中にハイブリッドを日産から出されると言う事を聞いたものですから、リチウム電池をすでに開発されたのだと思うのですが。

西 さっき申し上げたように、ZEVの場合は1回充電でのエネルギー密度を高めて、航続距離をいかに長くできるかということですから、重量当たりのエネルギー密度が大きい方がいいんです。さっき言い忘れたのですが、重量当たりの出力密度から、加速性能、坂を登るとか、そういう話が出てまいりますので、重量当たりの出力がどうかということを重要視されています。現在私どもがつくっている民生用の小さな電池の実力で言いますと、だいたい300Wh/l、重量当たり125Wh/kgというエネルギー密度を持っています。それをベースに日産自動車と大きな電池の開発をやっているわけですが、大きくするとどうしてもガワが大きくなりますので、エネルギー効率は悪くなって、それでも大体100Wh/kgあたりはできているんですが、これを従来の鉛と比べますと、大体3倍、ニッケル水素と比べても重量当たり30~40%増しぐらいになっていると思います。1充電当たりの走行距離が一番大きく取れると思います。日産とやっているのは車両総重量1,700kg、そのうちの350kgが電池で、それで一応200km以上走行できるという数字だったです。

司会 充電時間は幾らぐらいですか。

西 標準時間で2.5時間です。

司会 モーターは何ボルトで動いているのですか。

西 359Vぐらいです。約100本あって、1本当たり平均電圧が3.6Vです。だから、高い電圧を得るということに関してはニッケル水素が1.2Vですから、同じことをやる場合は300本使わなければならない。それが、100本で済むというのがメリットです。出力密度の話で、大体300W/kgばかりないとクルマとして使えないんです。リチウムイオンは放電深度80%ぐらいでもまだ300W/kgぐらいとれるということで、かなり近いところまで電気自動車として機能するという事を日産から評価されていると思います。

ハイブリッドの場合は、エネルギー密度よりも、出力密度がいかに大きいかということです。恐らく300 W/kgと今申し上げましたが、ハイブリッドは1,000 W/kgぐらい必要なんですね。

八重樫 あまり計算したことはないんです。3倍か4倍ぐらいですね。

西 ガソリンを積みますから、電池を小さくできるのですが、3倍。そうすると1,000 W/kgということが必要だということで、その辺の工夫で内部抵抗を小さくてもIRドロップ（電池内部抵抗による電圧降下）を少なくするとかいうことをやっていくかということですね。

司会 日産で考えておられるのは、シリーズハイブリッドだと聞いているんですが。

西 私がここで言う立場じゃないのですが、多分いろんなタイプをやっておられると、シリーズもお考えでしょうし、パラレルもお考えでしょう。それに合った要求があれば我々はそれに対応して電池を改良するという立場です。

司会 98年発売ですか。

西 どうでしょうか。

司会 トヨタは昨年でしたね。

八重樫 シリーズのハイブリッドのバスは97年8月に市販の発表をいたしました。私の担当しているのは乗用車で、昨年末に量産を開始しました。

岸田 通産省もCO₂対策はこれだということで、来年度、大きな補助予算を考えておられる様です。

西 電池メーカーで首を突っ込んでいるのは電池の市場を広げたいという気持ちがあるからですが、民生用二次電池市場は大きくなくて3,000億円から4,000億円ぐらいなんです。筋書きどおり電気自動車とかロードレベリングに二次電池が投入できると、けた違いの規模。それに備えておこう。環境問題に貢献できることはメーカーとしてかなり重要なことなんです。

司会 ついでに、電池は自己放電して、長い間置いておくと電圧が下がってきます。これはどうなんですか。ガソリンも給油所に入れるときにかなり飛散します。そうしたものがオゾン層の破壊とかに結びつくのですが、電池の自己放電はそんなに考えなくてもいいのですか。

西 全体のエネルギー効率を考えるとときには、どうしてもマイナス要因です。小さいにこしたことはないんですが、ニッカド、ニッケル水素は月20%ぐらいの自己放電です。リチウムイオンの場合は少ないと言われても10%。そのぐらいはガソリンタンクに穴がいて漏っているのと等価のエネルギー目減りです。もう一つ、考えなければならないメモリー効果というのがニッカド、ニッケル水素にはあります。つまり皮肉な現象でして、電池を常に使えるようにしたいため、満充電状態にして放置しておくと、使える量がどんどん



減ってくる。これがニッカド、ニッケル水素の問題で、ニッケルを使う電池では完全にクリアできていない。リチウムイオンはそれが無いということで、総合効率を上げる上でいいんです。

司会 ただ、市場ではリチウムは高いというのがありますね。なぜ、高いのですか。

西 正極にコバルトを使っているんです。多分、重量的にいうと、正極の60%がコバルトです。これが非常に高い。政情不安なところで集中的に採れるものですから、何か始まるとすぐ値段が上がることが高い原因だと思うんです。それをクリアするためにニッケルやマンガンに代える研究が進んでいる。マンガンまで使えばコバルトに比べればけた違いに安いので、クリアできるのですが。

司会 電池ですと自己放電があるのですが、天然ガスはグリーンハウスイフェクトがありますね。ガソリンはどの程度漏出するというデータはありますか。

野村 ガソリンは今それが問題になってきて、日本の規制の中にエバポレートエミッションが入るかもしれない。車から未燃のガソリンが蒸発して逃げるので、環境庁はハイドロカーボンを今まさに規制しようとしています。日本のガソリンのクリーン化を考えると、これが今の最大の問題でしょう。走っているときも、停車している間も出ています。量的なものは一概にいえませんが、非常に問題になりつつあります。

西 具体的にどのくらいかというエスティメーションは？

野村 議論のあるところで、この評価方法はまだ確定していません。シェドといわれる実験用の部屋に入れて漏れる量を測定します。石油産業活性化センターでも千葉県にある研究所でこの測定装置を作ったのですが、測定値は測定方法で大きく違って来る。車が走っている最中であるか、止まっているときであるかでも異なる。気温やタンク温度の違いも大きく影響します。エンジンの熱が伝わりやすいタンク構造であるかでも違って来るんです。キャニスターとよばれる活性炭を充てんしたもので捕集してタンクの外へ飛ばなくなるように工夫してあるんですが、日本車の場合は欧米にくらべれば容量の小さいものしか付いていないんですね。そういうこともあって、ちょっと数値はいちがいにはいけない事情があります。蒸発量を減らすためにはガソリンの蒸気圧を下げることも有効ですが、蒸気圧を下げすぎると車の運転性が悪くなってしまふ。環境を考えることと同時に車の運転性も大きな要素にな

りますから、この問題の解決にはガソリン性状と車の改善の両方から検討する必要があるとおもいます。

岸田 ガスは200気圧、250気圧に圧縮してやるものですからとんでもないことになる。

八重樫 天然ガス自動車さがさほど話したのでEZ EVの可能性が強いと言われているのは、今おっしゃった、走っているときと給油のときの燃料蒸気の影響がガソリンより少ないというのが特徴ですね。

岸田 セルフでも大丈夫なんです、その点は。

エネルギー補給施設も大切

司会 インフラに関して初めに天然ガス自動車でお話があったんです。47カ所の給油所をつくっておられるということですが、電池は今あるガソリンステーションに電池を置いて共用にして使おうということは考えられないのですか。

八重樫 そこまでは、あまり考えていません。ただハイブリッドでもそうですが、電池のリサイクルの仕組み作りはしっかりやっていかなければと思っています。

岸田 パブリックの急速充填所の設置につきまして、通産省施策のエコステーション2000計画が実施されています。これはメタノール車、電気自動車、天然ガス自動車の急速充填設備をガソリンスタンド、LPスタンドに併設するもので、2000年に2,000ヶ所設置する計画です。現在では、メタノール車用11ヶ所、電気自動車用26ヶ所、天然ガス自動車用33ヶ所が国の補助を受けて設置されています。最近では屋久島に電気スタンドが設置されました。

野村 電気自動車やガス自動車は公共性の高いものへの利用というのがいいのではないのでしょうか。したがってガソリンスタンドで一般のユーザーが使うようになる前に、とりあえず集中的場所での供給ができればいいと思います。

岸田 プライベートの急速充填所は現在では都市路線バスの基地に設置されているもののみで、東京都交通局に3ヶ所、横浜市交通局、大阪府交通局にそれぞれ1ヶ所、合計5ヶ所あります。今後、日本通運など大手の運送事業者のモータープールへの設置も考えられますが、宅配便等が主たる利用先と考えますと、パブリックスタンドを造っていかなければならない。圧倒的に利用度が高いと思います。エコステーション計画で建設された急速充填所は、現在、稼働率は低いで

す。自動車の普及が追いついておらず、稼働率2.3%のものもあります。

司会 各家庭で夜間充電するようになれば違ってくると思いますが。

西 当面は家庭でやることを考えるのでしょうか。

岸田 天然ガスの場合は小型充填機、家庭用洗濯機程度の大きさですが、工業技術院の補助を受け、三洋電機で国産化したものがあります。これは、一時間に天然ガス4m³、ガソリンなら5ℓ程度ゆっくり充填出来る装置です。家庭の車庫に設置し、帰って来たら高圧ホースをつないでスイッチを入れておけば自動的に満タンになるものです。法的にも、高圧ガス製造装置ではなく、ガス事業法のガス工作物として規制し、主任技術者も不要ですが、ガス事業者が半分ぐらい責任をもって管理する事になっています。そういう、法改正もして頂きました。

水素エネルギーが究極のテーマ

司会 最初の方で話が出ました燃料電池を搭載したものだとか、そういうものをトヨタも開発されていると思いますが、次世代自動車エンジン開発になるかなと思うのですが、これはどうでしょうか。

八重樫 理想の形ではないかと思っています。クルマにするという格好ではそう遠くない。実用化は2010年まで。

司会 商品として出てくるということですか。

八重樫 それはよく分からないのですが、今張り切っていますよ。早い時期を目指し、とにかく出してみるぐらいのところではスタートではないですか。将来においては何を燃料にするか、96年にEVS14（電気自動車技術の国際会議）で発表し走らせたのは水素、究極は水素に向かっていくのではと思います。インフラを考えたときにはガソリンですが、あまりうまみがない。違う液体燃料という議論も、始まっていますので、その中でコストも含め、電気自動車に近い格好からいろいろスタディし、将来に備えるということではないですか。

秋篠 でも燃料電池の発電に使う燃料は結局水素だけですね。

八重樫 メタノールを使っても最終的には水素です。

秋篠 すると残った炭素のエネルギーをメタノールの分解に使うのですね。

八重樫 メタノールは水素ほどじゃないですが、環



野村 正勝氏

境の軸からいえばかなりポテンシャルが高い。究極、水素ということですが、やはり液体燃料というものが可搬性を含めて圧倒的に優れていますので、その時代は長いと考えています。

西 燃料電池はどうしてもパワーがとれないから、二次電池とのハイブリッドにせざるを得ないと思います。低～中程度の電流で引っ張るのはいいんですが、加速性などを考えたときに電流がとれない。酸素の拡散が間に合わなくなって電圧が落ちてくる。それで小さい二次電池をブースターに使うという形になるだろうと、電池屋の立場から思っています。

電気自動車はやはり21世紀の必須技術

司会 米国のスーパーカー計画を聞いたのですが、どういうものなのか、どなたか情報をお持ちでしょうか。

八重樫 PNGV（パートナーシップ・オブ・ゼネレーション・ビークル）といって連邦政府とBIG3と部品メーカーが加わって、私どもは入れて貰えないのですが、軸は燃費低減とエミッション低減の両立、ガロン当たり80マイルの車の開発に力を入れてやっています。

司会 どんなシステムですか。

八重樫 いろいろな選択肢、中期ではハイブリッドに注目し、直噴ディーゼルのハイブリッドなどにも力を入れております。もう一つは、先ほどでた燃料電池車、その辺も有望としてやっているようです。

秋篠 フライホイールを使ったハイブリッド車も研究しているようですね。

八重樫 エネルギー貯蔵源に関しても、フライホイー

ル、バッテリー、キャパシタ、エンジンではディーゼル、ガスタービン、スターリングエンジンまでやっています。どれが本命かということまでは見えてこないのですが。

司会 NEDOの指導でこれからスタートするのですが、未来型自動車のプロジェクトがあるようですが、これはどういう方向を目指しているのか、天然ガスなんですか。

岸田 一部には天然ガスハイブリッドも出ていますが、私どもにコールはありませんね。一応文字には書いてあります。

司会 トヨタはどうですか。

八重樫 あまり私は分かりません。

秋篠 NEDOのプロジェクトは各メーカーや研究機関などからアイデアを募集し審査した上で研究を助成する方法をとっているようです。三菱の場合はたまたまセラミックガスタービンの研究をしておりましたので、お誘いを受けたのですが、ガスタービンを自動車に適用するには結構難しい問題があるので、今回はCNG（圧縮天然ガス）ハイブリッド車の研究をすることにしております。もともと私どもは発電所からの排出ガスを含めるとZEVに四敵する超低排出ガスレベルCNGハイブリッド車を開発し、すでにカリフォルニア州でフリート走行しておりますので、その実績を踏まえてさらに研究を続けております。

西 建設省も電気自動車を使って、新輸送システム－貨物輸送専用道路をつくって、高速を走っているときには電気をもらって、都内に入ったときは自分の持っている電池で動く。建設省から参加しませんかという話が来ました。

司会 きょういろいろお話を伺ったのですが、どうもクルマ社会はずいぶん変貌していくのじゃないか。ここ10年で相当変わるのじゃないかという感触を得たのですが、皆さんお一人ずつどういふふうに予測されているのか、それぞれのお仕事の中で夢のようなものも持っておられるかと思いますが、そんなものを最後にお話いただいて新春座談会の閉めにしたいと思います。

岸田 天然ガス自動車は電気自動車のロングリリーフとも言われていますが、当面、エネルギー面でも余裕があり、実用化出来る自動車として、都市の大気汚染防止対策及び地球温暖化対策に大量導入する事が当面の仕事だと思っています。数値的な効果を上げる為には、是非とも大量導入が必要で、多少後れています

が、2000年に20万台という当面の目標を達成したいと思っています。

将来的にどうなるかですが、日本だけでなく、最近アジア太平洋諸国でも天然ガス自動車普及に強い関心を持ってこれ、具体的な普及目標まで設定している国も出てきました。また欧米先進国でも天然ガス自動車に対する関心は非常に高くなってきており、今まで整備工場などでの改造が殆どでしたが、大手自動車メーカーが天然ガス自動車の開発に乗り出してきております。この様な事から、世界的に天然ガス自動車ブームが来る事も夢ではないと思っています。私どもガス業界では、シミュレーションではありますが、2010年に100万台、2020年には500万台の目標を持っています。自動車メーカーの大量製造を期待しつつ、ガス事業者として天然ガス充填インフラの整備に、これからも全力を挙げていきたいと考えています。

秋篠 私どもも将来自動車のための先進省エネルギーシステムについていろいろ取り組んでおりますが、一方でそれらの先進システムを早期に大量普及させることも資源維持の立場からより重要と考えておまして、この観点から石油以外の資源も含めた省資源性やコストなどを総合的判断した結果、三菱はDGIが本命と考えてその展開拡大を促進しております。もちろんその他の先進システムについてもユーザーの方に納得いただける実用性・経済性とタイミングでの市場投入を考えていきたいと思っております。そしてこのようにして石油資源を細かく長く使っている間に、非化石エネルギーから新たな燃料を再構成する技術を確立していただき、その新燃料に最適に対応できる、さらなる新エネルギーシステムを創出していくことになるのではないかと考えております。

野村 石油は永久にあるわけじゃないので、どれだけでもつかという議論は常にされる問題です。中国で本格的に車が増えると、今のサウジで年間産出している1.5倍の量になるとの予測があったりします。ただ実際の増加スピードはかなり鈍いようで、日本みたいな形に普及するには、時間がかかるともいわれています。私どもが入社した頃に石油の寿命は30年といわれたのが、それをすぎても可採年数は減ってないんです。いずれにしても、石油はいずれなくなるものです。液体燃料である石油は輸送用燃料としては極めて貴重なものです。これが代替エネルギーにとって変わられるかどうかということじゃなくて、いかに共存すべきかが大切です。代エネが導入されてきて徐々に移っていく。

石油はうまく使えば、22世紀までもつと思うんです。これからのエネルギーの考え方は、特に化石燃料の使い方も含めて、ベストミックスというか、ノーブルユースというか、賢く使おうということになって欲しいと思うんです。めったやたらに石油を売っていきこうという時代ではない。石油をどのように扱っていくかはもちろん石油業界に携わる者の責務ではありますが、人文科学、社会科学観的な観点も組み込んでどういふふうに使えばいいかという学問の領域がもっと発展してほしいですね。エネルギー学者が数量だけを論じていて、技術屋は技術的な検討だけをやっているのでは進まないと思います。いわゆる環境科学とよばれるジャンルが、大学を含めて広範囲に充実してゆくようになることが私の夢です。そして、これに少しでも貢献できることが我々の仕事ではないかと思っています。

八重樫 大体出尽くした感じです。グローバルな観点からも、色々な格好で次世代のクリーン車がこれからやっと広がっていく時期かなと感じています。石油だけ、ガソリンだけということだけでなく、それぞれの代替エネルギー車に対し、それに合った形の車が商品として導入されていくのが、これから10数年ではないですか。マスの大きいところはどうか、やはりこれは石油系だけでなく、いろんな格好で液体燃料に化工しながら、それをうまく使い、次のエネルギーに入っ

ていくと予測しています。天然ガスでもハイブリッドでも内燃機関を用いる車が燃料電池車に向かったのロングリリーフ役を果たせるのではないかと考えております。その中で、エンジン技術の大きな進歩はないのではないかと数年前言われたんですが、ハイブリッドを手がけてみて、エンジンの改良も見方を変えられるでしょうし、エンジン屋が頑張る余地もまだ大きいと感じました。

西 電気自動車は2つの観点から21世紀には必須の技術になります。公害の問題で個々の自動車で排気ガスをクリーンにするのは大変なことです。発電所とかで集中的に取る方が楽です。全体から考えれば、電気自動車はクリーンになるだろう。電気自動車はエネルギー源としていろんなものがある。電気を起こしてくれるものなら何でも使える。ガソリン車は炭化水素を燃やすしかない。私もケミストですから、石油は石油化学でもっと付加価値をつけて使う方がいい。生だきもったいない。その意味で、電気自動車はあらゆる形態のエネルギーがある。2つの観点から非常にレンジを長く考えれば、21世紀を考えれば必須の技術になっていくと思います。

司会 時間が15分ほど過ぎてしまいました。貴重なお話を伺いまして、これで閉じたいと思います。どうもありがとうございました。

