

R&Dシンポジウム 基調講演2

サステイナブル・モビリティの実現に向けたトヨタの取り組みと産学連携

トヨタ自動車株式会社 常務役員

小吹 信三 氏

1972年 九州大学工学部動力機械工学科卒業
トヨタ自動車工業株式会社入社
(1982年トヨタ自動車株式会社に社名変更)
1997年 トヨタ自動車株式会社 第2エンジン技術部 副部長
2000年 トヨタ自動車株式会社 第2パワートレイン部 部長
2001年 トヨタ自動車株式会社
第3企画部 部長 兼 LEXUS企画部 部長
2003年 トヨタ自動車株式会社 常務役員
現在、技術開発の全体戦略の策定、ハイブリッドシステムを含めたパワートレインの開発などを担当している。



1. はじめに

今日は、このような場にお招きいただきありがとうございます。それでは早速本題に入らせていただきます。私どもは、サステイナブル・モビリティの実現に向けて様々な取り組みを進めています。今日は、その中から、始めに自動車の環境エネルギーと安全、これに関する技術開発の動向についてお話しさせていただきます。そして、これらをさらに高い次元に引き上げるために不可欠と考えている「産学連携」についてご紹介します。

まず、私どもの原点を振り返ることからお話を始めたいと思います。トヨタグループには、原点として受け継がれている「豊田綱領」というものがあります。これは自動織機の開発に生涯を捧げ、織機王とも称された豊田佐吉が残した言葉を、佐吉の長男でありトヨタ自動車の創業者である豊田喜一郎がまとめたものです。その中に「研究ト創造ニ心ヲ致シ常ニ時流ニ先ンスヘシ」という一文があります。これは、自ら未来を読み、先手先手を打つというトヨタの技術開発の姿勢を象徴しています。この「豊田綱領」は約70年にわたり、トヨタグループ全体における技術開発の指針となっています。

豊田綱領



豊田 佐吉

研究ト創造ニ心ヲ致シ
常ニ時流ニ先ンスヘシ

トヨタ自動車は、今年で創業70周年を迎えます。自動車産業の歴史上で最も大きな出来事であるT型フォードの生産開始は、トヨタの歴史からさらに30年ほど遡ったところで起きています。車の発明がいつであったかについては幾つかの意見に分かれるところではありますが、T型フォードにより車が大衆化されたということは、異論がないと思います。大量生産による低価格化を実現し、19年間で約1,500万台以上が生産され、米国の車社会の基礎を築いたと言われていています。このT型フォードを起点とするその後の約100年の間、車は便利で快適な移動手段として私たちの生活を豊かにし、多くの喜びを与え続けてきました。モータリゼーションの飛躍的な進展は、経済成長や社会・文化の発展を支えてきたと言えます。

しかしその一方で、この100年の間に環境汚染、交通事故や渋滞などの深刻な社会的課題を生み出してきたのも事実です。今まさに、先ほどの「豊田綱領」の一文にあったように、未来に起こり得る問題を地球規模で予測し、それらに対し、先手先手の予防策を打っていかなくてはならないと思っています。また、このような社会的課題に取り組む中で、車の便利さや快適さを損なうことがあってはなりません。車が本来持つ快適さ、わくわくする走りの楽しさ、喜びや感動といったものを通して、既に生活の中で車に慣れ親しんでいる人たち、またこれから経済が発展し、モータリゼーションの恩恵を受けようとしている人たち、すべての人々の心をさらに豊かにしていきたいと考えています。常に時流に先んじて課題を克服し、人々の心の豊かさに貢献していくことが、私たちの車づくりに対する目標なのです。

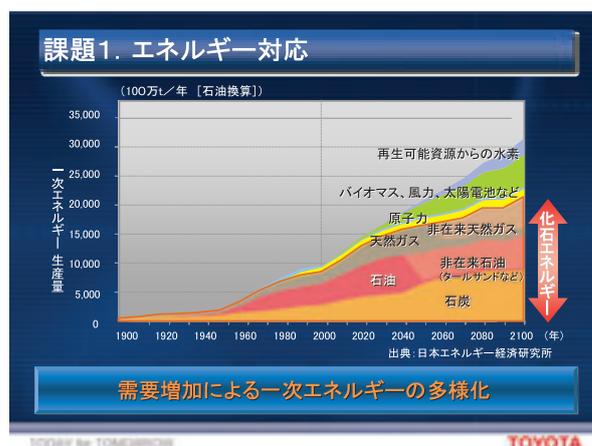
このような考えのもと、私たちは様々な取り組みを行っています。これから、その中で特に重要と認識している環境・エネルギーと安全について、技術開発の考え方と具体的な取り組みをご紹介します。

2. 環境への取り組み

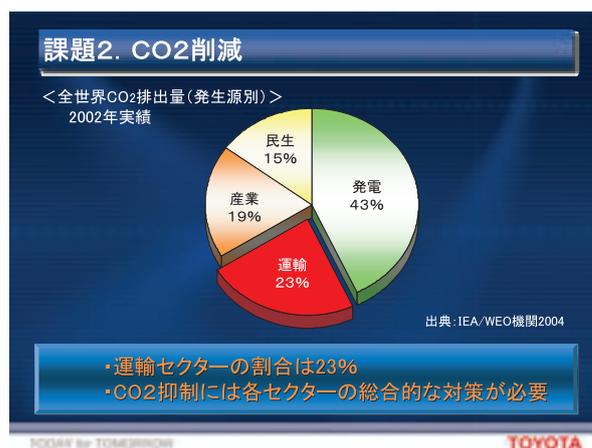
2.1 環境エネルギーに対する取り組み

19世紀の産業革命以降、産業技術が急激に進化し、20世紀にはグローバルに発展しました。また、経済の発展に伴い、自動車は急激に増加し、化石エネルギーの消費も急増しています。これを受け、現在そして将来の環境に対する車の持つ課題は、「エネルギー多様化への対応」、「CO₂削減」、「大気汚染防止」の3つに集約されます。

まず、「エネルギー対応」ですが、世界のエネルギー需要は今後も増加し続けると予測されています。原油生産量はこの先、20~40年の間にピークを越えるという説もあり、将来に亘り化石エネルギーだけで需要を満たすことはできません。現在、自動車は走行するエネルギーのほとんどを石油に頼っています。価格の高騰や資源の枯渇に対する不安などの点からも、エネルギー多様化への対応が求められると考えています。

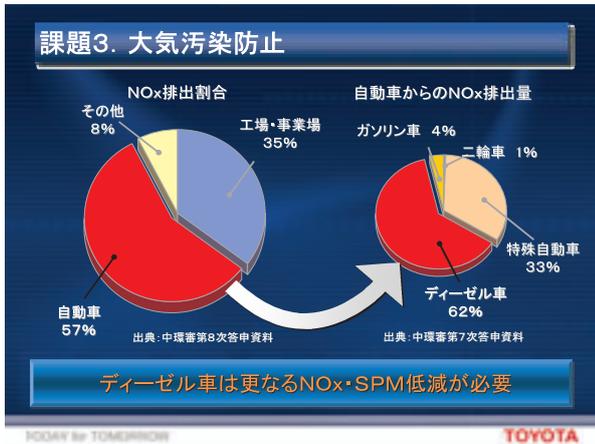


次に、「CO₂の削減」ですが、産業革命以降、私たちは化石エネルギーを大量に消費しています。例えば、石油は地球が太陽エネルギーを約2億年かけて貯めたものとの試算もあります。私たちは、それを約200年で使い果たそうとしています。その結果、大気中のCO₂の濃度は急激に上昇しており、このままでは大規模な気候変動が発生すると言われています。そのため皆様のご存じのとおり、世界各国でCO₂排出量削減の取り組みが行われています。全世界のCO₂排出量のうち約4分の1は運輸セクターであり、そのほとんどが自動車からの排出ですので、このCO₂削減に取り組むことはカーメーカーの重要な責務と考えています。



最後の「大気汚染防止」に関してですが、健康への影響が懸念される大気中のNO_x (窒素酸化物) やPM (粒子状物質) 量は近年着実に減ってきてはいるものの、未だ環境基準を満たしていない地域があります。また、次の図はNO_xの排出量を示したのですが、左のグラフにあるように工場などからよりも自動車からの排出割合が大きく、右のグラフにあるように、自動車の中でも特にディーゼル車からの排出量が多いというのが現状であり、

ディーゼル車排気ガスのさらなるクリーン化が必要です。



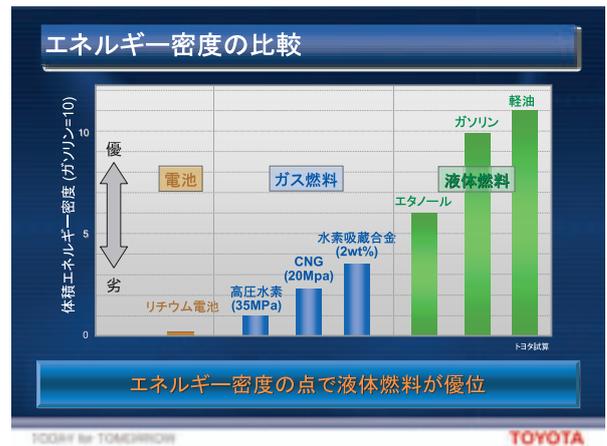
以上3つの課題に向けた様々な取り組みの中から、本日は自動車の燃料を軸にお話します。

2.2 自動車用燃料

1次エネルギーの多様化の進展に伴い、多様な自動車燃料への対応が必須となると考えています。

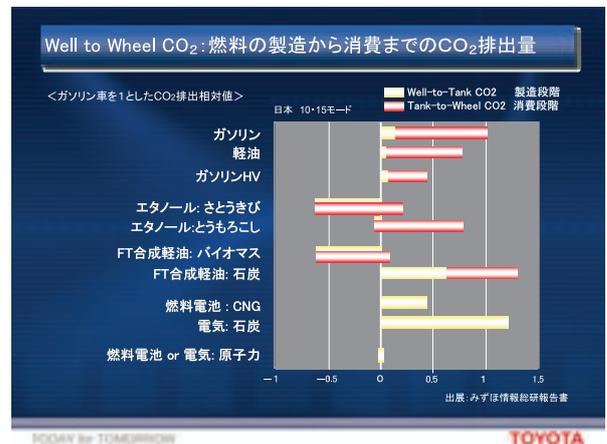


現在様々な代替燃料が研究されていますが、個々の燃料の話に入る前に、自動車用燃料の議論の際に重要となる「エネルギー密度」と「CO₂排出量」について確認しておきたいと思います。次の図は、電池、ガス燃料や液体燃料のエネルギー密度を比較したものです。自動車は、限られたスペースの中で移動用のエネルギーを自分自身で運ばなくてはなりません。したがって、持ち運ぶエネルギーの体積や質量、つまりエネルギー密度の高低が大きく影響します。ご覧のように、電気やガスと比べ、液体燃料は圧倒的に有意であり、特に石油という液体燃料がいかに価値の高いものであるか認識していただけるかと思います。



次にCO₂排出量ですが、これにはWell to Wheelという考え方をよく用いています。次の図は、様々な燃料について、Well to Wheel CO₂の排出量を示したものです。図中において黄色で示しているものがWell to Tank（燃料の製造段階の排出量）、赤色で示しているものがTank to Wheel（消費段階の排出量）であり、Well to Wheelはこれらを合計したものです。

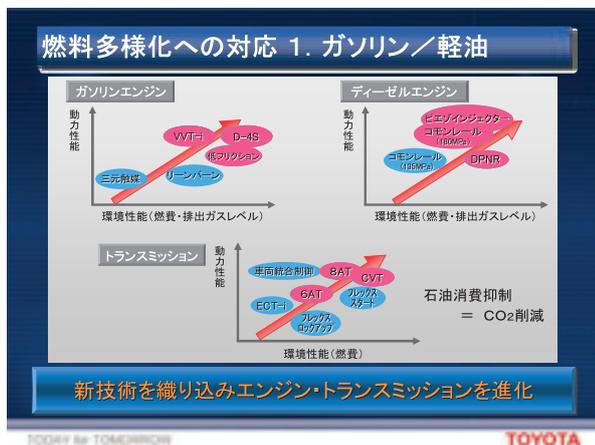
現在、研究が進められている植物を原料とするバイオ燃料では、原料となる植物が大気中のCO₂を吸収して成長することから、一般的にWell to Wheel CO₂排出量は少なくなると考えられます。ただし、トウモロコシ由来のエタノールのように、現状の技術では加工段階においてCO₂排出量が多いものもあります。電気や水素は車を動かす際にはCO₂を排出しませんが、製造段階に注意を払う必要があります。原子力などについては、CO₂以外の課題を含むものもあります。このように、一言で燃料の多様化と言っても、製造から商品に至るまで様々な長所・短所があり、それらを総合的に考える必要があります。



以上、「エネルギー密度」と「CO₂排出量」を踏まえた上で、ここからは幾つかの燃料についての取り組みをお話ししたいと思います。

2.2.1 石油系燃料

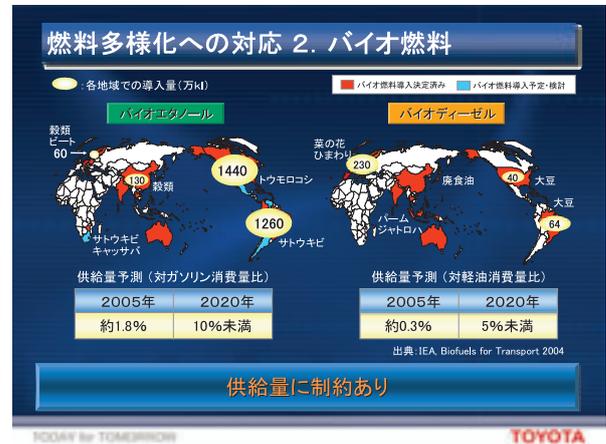
ガソリンや軽油などの石油系燃料では、生産量に対する不安が大変大きいのですが、今後数十年の間は主流であり続けるものと考えられます。我々自動車メーカーとしては、まず石油消費量をいかに少なくするか、そのために、ガソリン車やディーゼル車の技術改良をより一層推進し、貴重な石油の消費を抑制していくことが何よりも大切だと考えています。私たちは、ガソリンエンジンでは新V6エンジンなどクリーンで高効率・高性能な新世代エンジンシリーズへ切り替えを進めており、ディーゼルエンジンでは排出ガスのクリーン化と高出力化・低騒音化を両立させるエンジンやPMとNO_xの双方を浄化するクリーン化技術を採用しています。石油消費の抑制は、常に車の根幹となるエンジンやトランスミッションを進化させることが重要だと考えており、新世代シリーズへの切り換えを進めています。



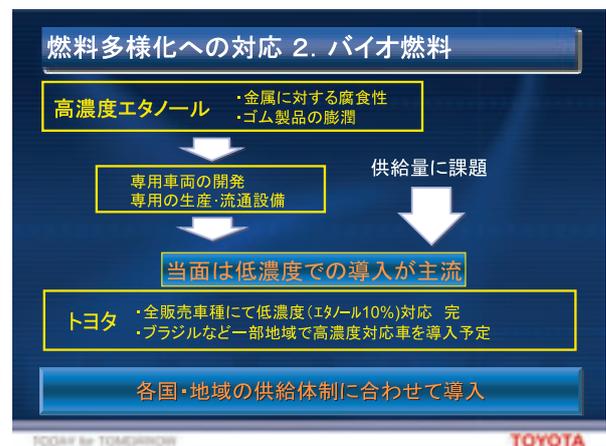
2.2.2 バイオ系燃料

バイオ燃料は植物を原料とするため、石油以上に量的な制限があるのが課題の1つです。例えばエタノールの供給可能量は、2020年時点でも全世界のガソリン消費量の10%未満と見られています。バイオディーゼル燃料にいたっては、さらに供給可能量が少なく、2020年時点で消費量の5%未満とされています。また、そもそも燃料としての需要が生じることで、昨今トウモロコシで起こったような価格高騰や、食糧としての供給量が減少するということはあってはならないことです。これらを解決す

るために食物以外のものを原料とすることが必要であるとされており、成長の早い植物、廃材や間伐材などからエタノールを製造する技術の開発に取り組んでいます。



また、燃料の特性からの課題もあります。例えばエタノールの場合、高濃度で使用すると金属配管の腐食やゴム部品の膨潤などの不具合が発生しますので、車両や給油所側での対策が必要になります。先ほどの供給に関する課題も考慮すると、当面エタノールは10%以下の比較的低濃度での使用になると考えられます。このような予測に基づき、トヨタは全世界で販売している車において、エタノール10%への対応を既に完了しています。また、ブラジルなど高濃度エタノール燃料の供給が開始されている地域には、エタノール100%燃料に対応可能な車両をこの春から導入する予定です。このように国や地域ごとの状況に合わせた対応を行っています。



2.2.3 水素燃料

水素は、どの1次エネルギーからでも作ることができるものです。また、その使用時において有害な排出ガスやCO₂も全く発生しないというメリットがあります。その将来性に着目し、水素燃料電池車両の研究開発に力を注い

できました。実用化に向け多くの技術課題がありますが、これらは着実に解決されつつあります。例えば、これまで大きな課題であった低温での始動性については、 -30°C での始動と走行を実現しています。また、FCスタックの耐久性やコスト、航続距離の向上などについて技術開発を進めています。しかし、このような自動車サイドの課題に加え、「水素社会の基盤整備」といった行政やエネルギーメーカーなどと協力して進めなくてはならない大きな課題もあります。今後も関係機関と協力し、取り組んでいきたいと考えています。

燃料多様化への対応 3. 水素	
項目	課題
技術課題	耐久性、低温・高温性能、小型・高効率化、水素貯蔵対応
商品性	コスト(車両コスト)
環境対応	リサイクル性、LCA
安全性	水素、高電圧、衝突(燃焼・爆発の懸念)
社会基盤	水素製造・輸送・貯蔵技術、インフラ整備、水素コスト

カーメーカ

国・エネルギー メーカー

TOYOTA

2.2.4 電気エネルギー

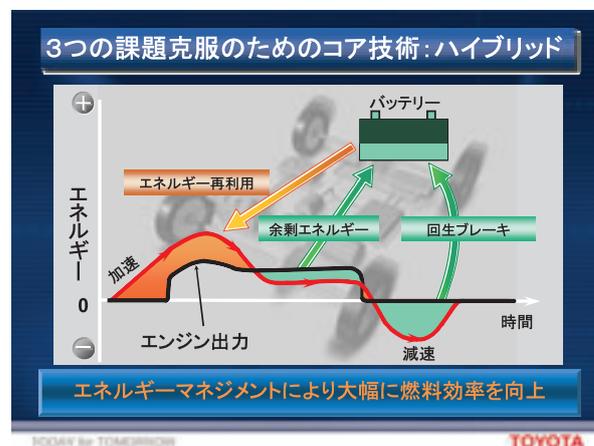
最後に電気エネルギーですが、先ほどの水素と同様に電気はすべての1次エネルギーから生産可能であり、エネルギーセキュリティ上のメリットが大変大きいと考えられています。電気自動車にはガソリン自動車同様に長い歴史がありますが、先ほどご説明した電気のエネルギー密度の低さやコストなどの課題があり、現時点では都市内通勤車のような移動距離の少ない車に適していると考えています。

以上、ご紹介した他にも多くの代替燃料が研究されていますが、現状ではどれもガソリンや軽油にすぐにとって替わることはできません。また、将来いろいろな課題が解決されて実用化されたとしても、かつての石油のように安価なものになるとは限りません。つまり、どのような燃料であっても、これまで以上に効率的に使用することが必要となります。その際、私どもが近年開発に力を入れているハイブリッド技術が大きな効果を発揮します。

2.3 究極のエコカーをめざして

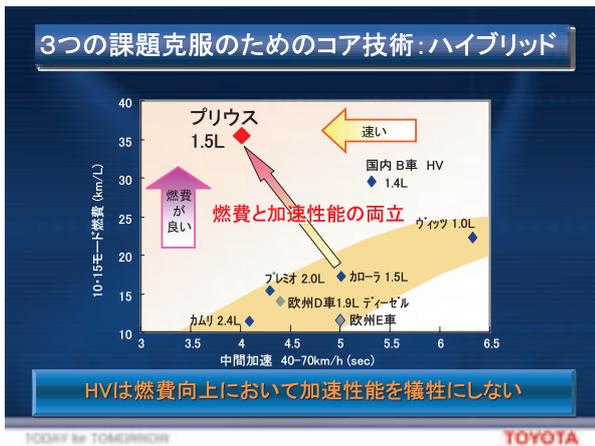
2.3.1 ハイブリッドシステム

ハイブリッドとは、通常のエンジンにバッテリーとモーターを組み合わせたものです。次の図は、その走行時におけるエネルギーマネジメントを表したものです。エンジンを燃焼効率の良い状態で回転させ、駆動力として使わなかった余剰エネルギーや減速時に捨てていたエネルギーを電気に変換しバッテリーに蓄えます。このバッテリーに蓄えたエネルギーを発進や加速の際にモーターに供給し、再利用することで全体の効率を大幅に高めています。



また、ハイブリッド技術は、このような燃費の大幅な向上、つまりCO₂排出量の削減だけではなく、エンジンの最適領域で使用することから、排気ガスのクリーン化にも寄与しています。加えて環境性能だけではなく、車本来のうれしさである、すぐれた加速性能が得られることも大きなポイントです。次の図は、40~70km/hの中間加速性能と燃費の関係を示したもので、一般的にエンジンの排気量が大きくなれば、加速性能が上がる反面、燃費が悪化する傾向にあります。しかし、プリウスを例にすると、圧倒的な燃費性能を持ちながら1.5lのエンジンで2.4l並みという優れた加速性能を発揮します。さらにこのハイブリッド技術は、ディーゼルエンジンや燃料電池など、様々なパワーソースに対応可能です。つまり、燃料の多様化への対応にも大きく貢献できるのです。

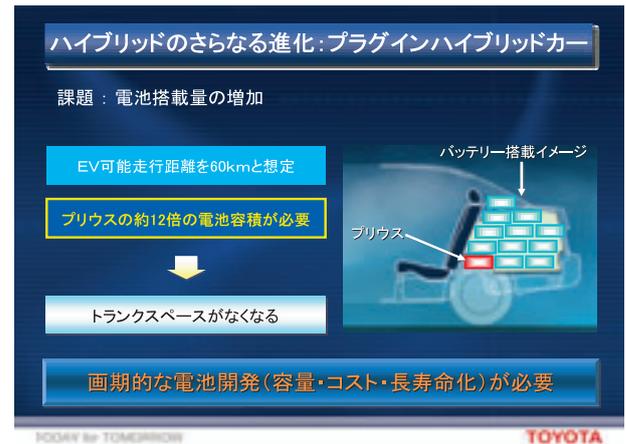
以上のことから、ハイブリッド技術を冒頭にお話しした3つの課題を克服するためのコアとなる技術として位置づけているのです。



2.3.2 プラグインハイブリッドカー

さらに現在、このハイブリッドカーを進化させたプラグインハイブリッドカーを開発しています。プラグインハイブリッドカーは、電池を外部から充電できるもので、例えば夜自宅に駐車している間に家庭のコンセントから充電することができます。その電気エネルギーを利用することで、市街地走行のような短距離では主に電気自動車として走行します。一方、長距離走行や高速走行の際は、通常のハイブリッドカーとしての走行もできます。電気エネルギーを一般の自動車に活用するという面では、ハイブリッド技術を発展させたプラグインハイブリッドカーが、最も現実的なアプローチであると考えています。プラグインハイブリッドカーは、世界各国の電力事情により、そのメリットの大きさは異なりますが、CO₂排出量の削減効果に加え、電気代も含めたトータルの燃料代が安くなるといった経済性もあり、大いに将来を期待させる技術だと考えています。

エネルギー密度の低さが大きな課題となっています。電気エネルギー、すなわちバッテリーで走行したい距離を仮に60kmと想定すると、現在のプリウスの約12倍の電池容量が必要になり、トランクスペースがほぼバッテリーで埋まることになります。一般の乗用車に搭載できるようにするには、小型軽量化と高出力化を実現する画期的な電池の開発が必要なのです。

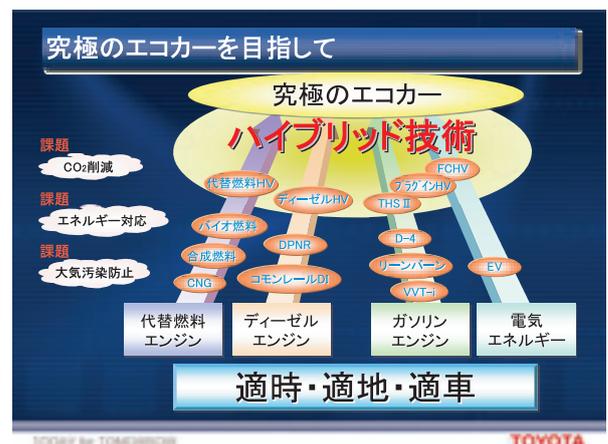


以上、環境について幾つかの取り組みをお話ししましたが、究極のエコカーへの道のりは1本ではありません。また、自動車のみの技術革新だけではなく、使用される各地域のエネルギー事情に合わせるが大変重要であり、「適時」・「適地」・「適車」、すなわち、必要な時期に必要なところに必要な車を提供するという考え方で開発を進めています。ガソリン車やディーゼル車の環境性能の一層の向上、そして代替燃料の活用など、それぞれの技術の進化を図るとともに、それらを有効に活用できるハイブリッド技術を組み合わせ、さらに一段高いレベルに引き上げることによって、究極のエコカーに近づけることが可能であると考えています。



2.3.3 プラグインハイブリッドカー実用化の課題

一方、実用化に向けては、先ほどご説明した電池のエ



3. 安全への取り組み

3.1 安全に関する技術開発

続いて、安全に関する技術開発についてお話しします。安全に対するトヨタの考え方の基本は、実際に市場で起こった事故の解析に基づく、さらなる安全性能の向上であり、私たちはこれを「実安全」と呼んでいます。なぜ事故が起こり、どのような原因で怪我をしたのかを解析し、次に様々なシミュレーションによる検証を経た上で、技術の研究開発を行い、最終的に実車試験などによる評価を経て商品化しています。このサイクルを繰り返し進めていくことで、安全性能をより高めていくことができると考えています。

車両の安全性能を考える場合、通常の走行状態から事故を起こりにくくする「予防安全」と、事故が起こったときの被害を軽減する「衝突安全」とに大別することができます。2003年に世界で初めて商品化したプリクラッシュセーフティシステムは、衝突の可能性を検知し、ブレーキの制動力を高めたり、シートベルトを巻き取ることで衝突被害を軽減するという、「予防安全」と「衝突安全」をつないだ重要な技術であると考えています。そこで、衝突安全、予防安全、プリクラッシュセーフティシステムの順にその取り組みをご紹介します、今後の方向性についてお話しをしたいと思います。



3.1.1 衝突安全技術

衝突安全の基本は、衝突のエネルギーを効果的に吸収するボディと乗員の生存空間を確保する強い客室及び乗員を保護する拘束装置の組み合わせです。皆さんはGOAという言葉をご存知でしょうか。これは、Global

Outstanding Assessmentの略で、トヨタが1995年に設定した衝突安全の世界トップレベルの目標性能です。法規やアセスメントへの対応はもちろんのこと、市場で発生する様々な衝突事故に対応した実安全性能の向上を目的としたものです。GOAはその目標を高い次元で達成することをめざし、常に評価条件の見直しや追加を行っており、いわばより多様な事故に対応できるように進化していると言えます。



当社における衝突試験の一例をご紹介します。ヴィッツのような小型車とクラウンやLSのような大型車を55km/hで衝突させた試験でも双方の安全性を確認しています(写真1)。衝突のエネルギーを車両前部で効率的に吸収し、大きな車だけでなく小さな車においても室内空間の変形を最小に留め、生存空間を確実に確保しています。また、正面からの衝突だけではなく、斜めや横、後ろからとあらゆる方向からの衝突試験を行っており、写真2の横からの衝突試験でも、ドアパネルの室内空間への侵入が小さいことがお分かりいただけると思います。



写真1 Car to Car オフセット衝突試験



写真2 Car to Car 側方衝突試験

衝突安全性について、私どもは次の3つのことに焦点を当て、より多様な事故へも対応できる車の開発を進めています。

1点目は、衝突の形態だけではなく、様々な条件への対応を進めていくことです。コンパティビリティと呼ばれる大きな車と小さな車の双方の安全性の確保に加え、歩行者へのダメージを軽減するボディの開発にも力を入れています。

2点目は乗員状態、すなわち様々な体格や年齢の乗員に対する保護性能を高めていくことです。そのために、人体特性の研究やシミュレーションに用いる人体モデルの開発を行っています。

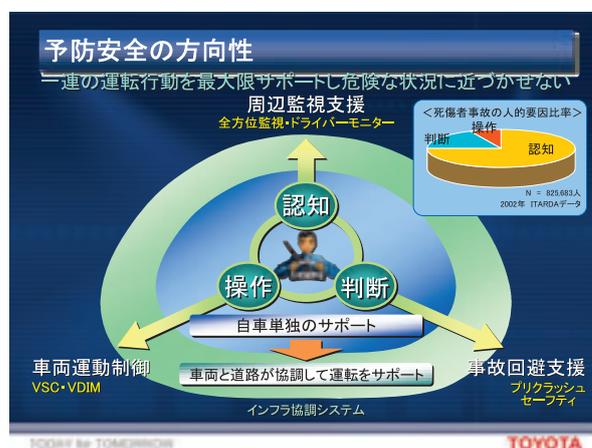
3点目は、傷害の内容に関するもので、鞭打ちや下肢傷害などに対する様々な対応を進めています。



3.1.2 予防安全技術

予防安全の基本は、車両の安定性を確保することとドライバーの事故回避の支援を行うことです。ドライバーは車を運転するときに、「認知」「判断」「操作」といった動作を繰り返しています。予防安全においては、これら

の一連の運転行動を最大限サポートし、「危険な状況に近づかせない」ことが重要です。特に事故要因の70%を占めるといわれている認知ミスを低減することが重要であり、危険を見つけ、ドライバーに気づかせるための周辺監視技術がキーテクノロジーであると考えています。加えて、当社でVSC・VDIMと呼んでいるドライバーの操作を支援する車両運動制御や、判断サポートに関するプリクラッシュセーフティ技術による事故回避支援などを進化させていきたいと思っています。さらに、交差点や見通しの悪い道路などのように車両単独のサポートでは困難な場所では、車両と道路が協調して運転をサポートするインフラ協調システムの開発を進めていく予定です。

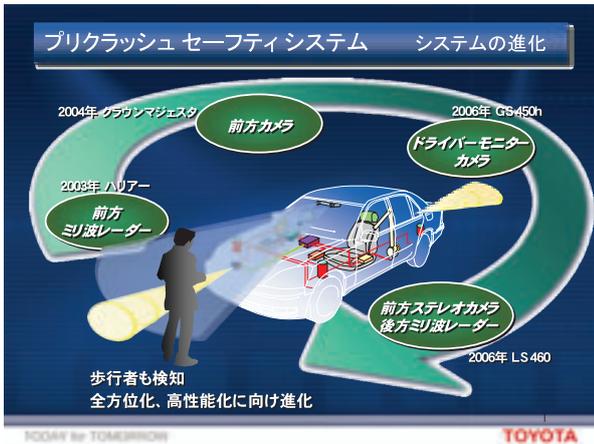


3.1.3 プリクラッシュセーフティシステム

次に、最新のプリクラッシュセーフティシステムについてご説明します。このシステムでは、車両前方の監視機能としてミリ波レーダーとステレオカメラを搭載しており、車の検知のみならず歩行者も検知できます。これにより、前方の車両に接近するなど、衝突の危険性が高いと判断した場合は、車が減速するとともにシートベルトが巻き取られ、衝突時の加害・被害軽減に寄与しています。また、同時にドライバーの顔の向きをモニターしており、ドライバーが正面を向いていない状態で衝突の可能性を検知した場合、より早いタイミングでドライバーへの警報を出します。

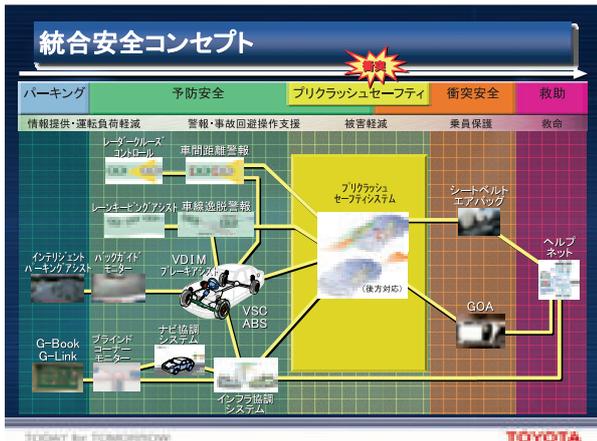
さらに、世界で初めて後方にもミリ波レーダーを搭載しました。後方から追突される危険を検知すると、ヘッドレストが前へせり出してドライバーの頭に近づき、首の傷害低減を図ります。今後もこのプリクラッシュセーフティシステムを前方後方だけでなく、横方向も含めた検知の全方位化や一層の高性能化により進化させて

いきたいと思っています。



3.2 安全性向上に向けた技術開発の方向

ここからは、さらなる安全性向上に向けた今後の技術開発の方向性を示す、「統合安全コンセプト」についてご紹介します。この新しいコンセプトの特徴は、車両に搭載される様々な安全システムの連携を図ることで、従来、事故の前後にフォーカスされていた安全対応の領域を駐車状態から万が一の事故の際の救助まで、「全ての運転ステージ」に広げていくというものです。次の図は、車に搭載されている様々な安全システムを示したのですが、これまでは各々独立してシステムごとに機能していました。今後はこれらの安全システムを相互に連携させ、さらに道路インフラとも協調させていくことにより、連続的かつより高次元の安全性を追求していくことができるものと考えています。そして、こうしたシステムの連携をパーキングから予防安全、プリクラッシュセーフティ、衝突安全、救助という「全ての運転ステージ」に広げていくことで、各運転ステージにおいて、より危険に近づくさせない最適な安全性を追求していきたいと考えています。



この「統合安全コンセプト」を具現化する仕組みについては、人間の行動に例えて説明することができます。まず、目の役割をするセンサーが時々刻々と変化するドライバーの状態、車の挙動や交通環境の状態を認知します。そして、それらの情報が脳の役割をするドライバーサポートシステムコンピュータに集められ、各運転ステージにおいて最適な支援内容を判断します。そこからの指令は、手足の役割をする個々のアクチュエーターに伝えられ、ドライバーや車、交通環境に対し最適な支援を行います。このように、あらゆる情報を一元的に集約して1つのコンピュータで判断することにより、システムを効果的に制御できるようになります。こうして、各々の運転ステージでドライバーに的確な注意を促しながら運転を支援していくことが可能になります。

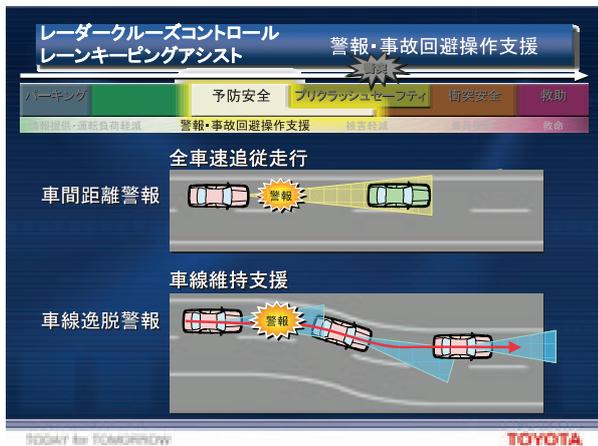


このコンセプトに基づき、安全性を高める技術開発を進めていますが、その幾つかは昨年導入したレクサスLS460で実現することができました。そのシステムの連携の一例をご紹介します。

3.2.1 通常走行におけるシステム連携

前方車両を追従するレーダークルーズコントロールと車線維持を支援するレーンキーピングアシストという2つの機能があります。高速道路の走行においては、ミリ波レーダーとステレオカメラによって前方車両と車線の双方を認識し、全速度領域で速度を制御しながら前方車両を追従し、合わせて操舵も制御して車線を維持することによりドライバーの運転負荷を軽減します。そして、先行車両が速度を落として車間距離が近づくと、減速するとともにドライバーに警報を発生して注意を喚起します。また、車線からの逸脱が予想される場合も、警報と電動パワーステアリングの小さな操舵力によって、ドライバ

一に注意を喚起します。



3.2.2 危険を検知した時のシステム連携

今回のシステムでは、さらに車間距離が縮まり、衝突の危険性が高いと判断するとプリクラッシュセーフティシステムと車両挙動をコントロールするVDIMが連携し、衝突の回避操作を支援します。具体的にはブザーと表示により警報を発するとともに、ステアリングギア比が自動的に下げられます。これにより、ドライバーの事故回避するハンドル操作が不十分な場合でも、より適切な操舵になるように支援することが可能になります。また、衝突が避けられない場合は、前述のプリクラッシュセーフティシステムが作動し、衝突時の加害・被害低減に寄与します。さらに事故が発生した場合は、エアバック作動と同時に車両の位置情報が自動的にヘルプネットセンターに発信され、オペレーターが対応することで救助までの時間を少しでも短縮できるようにしています。



今までお話しした安全の究極の目標は、交通事故による死傷者ゼロだと思います。ご紹介した「統合安全コンセプト」は、これに向かった車側の取り組みの第一歩であると考えています。しかしこの目標は、車の安全性向

上のみで実現することは容易なことではありません。そこで私どもは、交通安全講習などの人に対する啓蒙活動や、行政への働きかけ、車と道路の協調システム開発といった交通環境に対する取り組みにも力を入れています。今後も、人、クルマ、交通環境の三位一体により、死傷者ゼロの実現に向けて積極的に取り組んでいきたいと考えています。



4. トヨタの描く未来のモビリティと交通社会

一昨年、愛知万博にて、トヨタグループは1人乗りのモビリティ「i-unit」を出展しました。この「i-unit」を企画、開発するにあたり、ドライブコントローラなどの操作系や自律した自動運転、通信機能やインターフェースなど、様々な車の将来技術を盛り込むだけでなく、「i-unit」が活躍する未来の街や交通のあり方などを提案しています。実際に「i-unit」をご覧いただいた方々には、私どもが描いている未来の交通社会ビジョンの一端を感じ取っていただけたかと思います。



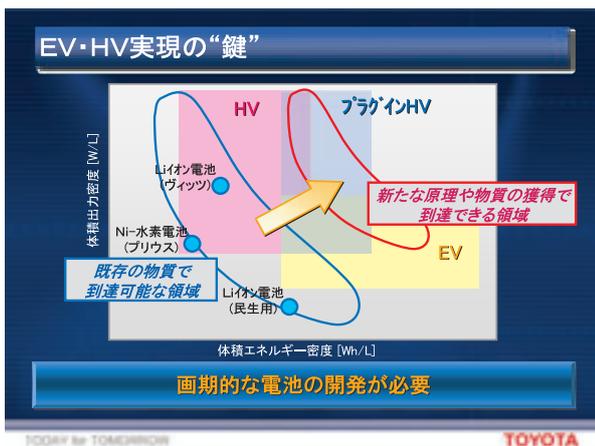
私どもは、鋭意技術開発に努めていますが、このように思い描いた未来と、ここまでご説明した現状の到達点との間には、未だ大きなギャップがあると感じています。

5. 産学連携

このギャップを埋めるためには、技術のブレークスルーが様々な分野で必要であり、私どものみならず、世界の英知を結集していかなければ実現しません。そこで、本日のシンポジウムのテーマである「産学連携」による研究開発が、実現に向けて重要なカギとなると考えています。その産学連携についての考え方と取り組みについて、お話ししたいと思います。

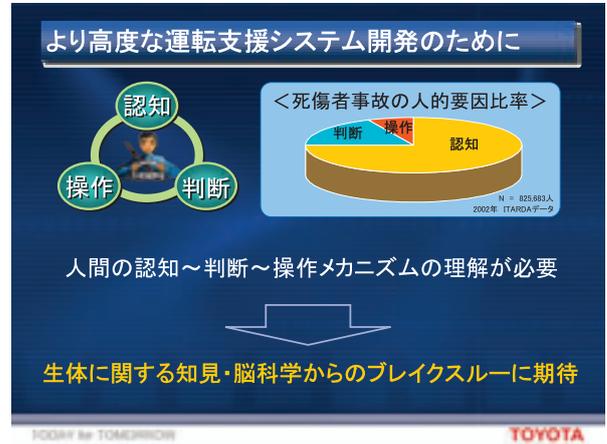
5.1 産学連携の必要性について

先ほど、プラグインハイブリッドカーの実現には画期的な電池の開発が不可欠とお話ししました。電池の代表的な特性には、航続距離につながるエネルギー密度と充電時間や瞬発力につながる出力密度の2つがあります。既存の高容量2次電池としてNi-水素やLiイオンなどがありますが、組成や構造、製法などの改良を重ねてもその特性は次の図の青い線で囲まれた領域に留まっています。プラグインハイブリッドカーや電気自動車に必要な電池を実現するためには、既存の電池の改良では不十分です。エネルギーを貯めるという原理やメカニズムまで立ち戻り、既存の開発とは異なるアプローチによって現状の限界を乗り越えることが必要だと考えています。



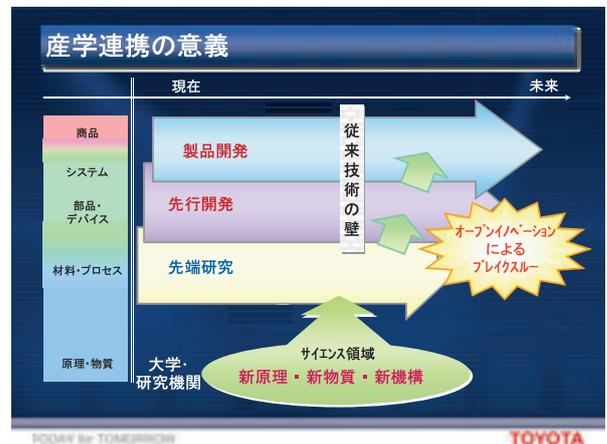
また、安全に関する技術開発のところで、事故要因の中でドライバーの認知ミスや判断ミスが大きな割合を占めているとご説明しました。先ほどの「統合安全コンセプト」のような、より高度な運転支援システムを開発するために、そもそも認知や判断ミスがどのように起きるのかという人間の性質に着目する必要があります。突き

詰めれば、刻々と変化する交通環境の中でドライバーがどのように周囲の物事を認知し、分析・推定し、判断しているのかを理解する、つまり人間の感覚器官や脳のメ



カニズムを解明していくことになります。今や自動車の技術開発に対して、生体に関する知見や脳科学などの異分野の取り込みが必要になってきているのです。

次の図は、当社の車両開発のフェーズを表しており、「製品開発」、「先行開発」、「先端研究」の3つに分かれています。特に先端研究のフェーズで「産学連携」が重要と考えています。電池や運転支援システムの例でもお分かりのように、従来技術の壁を打ち破るには新原理、新物質やメカニズムの解明などにまで立ち戻り、既存のものとは異なるアプローチを行うことが重要です。そのためには、企業ニーズを公開し、大学や研究機関に蓄積されている様々な分野の知見を先端研究へ取り込む、いわゆる「オープンイノベーション」を生み出す必要があります。そして、これこそが産学連携の意義であると私どもは考えています。



5.2 トヨタの産学連携の現状

次に私どもの産学連携の現状をご紹介します。当社では1996年より5年間、研究助成プログラムと称して「環境」、「エネルギー」、「安全」に関する研究を助成する活動を行ってきました。その中で企業の研究ニーズを明確にしてほしいという要望がありましたので、2001年より公募式共同研究という方法に変更し、トヨタからビジョン実現に向けた技術ニーズを提示することにより、独創的かつ萌芽的な研究テーマを広く公募することにしました。公募制度を開始して以降、私どものニーズにマッチする先端研究シーズをより広く、多く集めることができ、その結果、共同研究の件数は制度開始以前の6倍以上にも上っています。また、共同研究に至らない場合でも研究情報、人材や産学連携の情報ネットワークの構築に役立っています。

公募テーマの例		
環境	「水素貯蔵新技術」	「反応・物性制御」
	「生命エネルギーの工学的応用」	「ボトムアップ生産」
	「マイクロリアクター」	「光・熱の電気変換」
	「材料のナノ構造・組織制御」	「生物化学的物質・エネルギー変換技術」
	「エネルギー伝送」	「熱機関の損失抑制」
安全	「脳とシステム」	「高齢化社会と運転」「健康の維持・増進」
	「生体模倣センシング・情報処理」	「人とシステムの相互作用」
	「ドライバー支援」	「人間特性(心身の活性化)」
快適	「ドライバーモデル」	

これまでの公募テーマの中から幾つかのテーマをご紹介します。

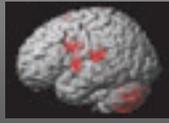
1つめは「脳とシステム」です。先ほど安全の技術開発のところで、「統合安全コンセプト」をご紹介しました。コンピュータが周囲、ドライバーや車両の状況を判断し、最適なドライバーへの支援内容を判断するというものです。これからは、一層安全性や利便性を高めるため、例えば車自身が学習や推論をすることでドライバーが必要としている情報を提供するといったように、車はより一層インテリジェントなものになっていきます。このような機能を実現するために、脳機能のメカニズムを解明し、それを工学的なシステムとして実現する研究です。

公募テーマ:「脳とシステム」

人と共生する高度なシステムのコアとなる、

- ・脳型システムの原理とその要素技術
- ・脳機能メカニズム解明
- ・ドライバーの脳活動の測定方法システム

- ・学習、推論の基本原理の実証
- ・空間認識、画像の意味理解システム
- ・高密度記憶、高速演算デバイス
- ・ドライバの知覚・認知レベルの測定



TOYOTA

2つめは、「人とシステムの相互作用」です。車の運転は、ドライバーと車の相互作用と考えることができます。同じく安全技術のところでも例がありましたが、これからは様々なシステムが音や表示によってドライバーに注意喚起などをしたり、操舵などの運転操作の支援をより高度に行うようになっていきます。これらはもちろん、事故やトラブルの未然防止の効果やドライバーの利便性向上を狙ったものですが、場合によってはドライバーがおせっかいと感じてしまうこともあるでしょう。ドライバーの感情や行動を車が理解し、おせっかいと感じさせないように適切に働きかけることで、運転をより快適で安全なものにしたいと考えています。このような観点から、ドライバーの意図や感情の理解、そしてそのコントロールを研究するものです。

公募テーマ:「人とシステムの相互作用」

自動車・ロボットなどのシステムで、

- ・環境制御やコミュニケーションを通して一人を快適な状態に導く
- ・作業効率や安全性を向上する

- ・人の意図・要求の推定
- ・感覚統合による快適性向上
- ・生理・心理状態の最適化
- ・動作・会話の獲得
- ・操作・感情・行動の誘導



TOYOTA

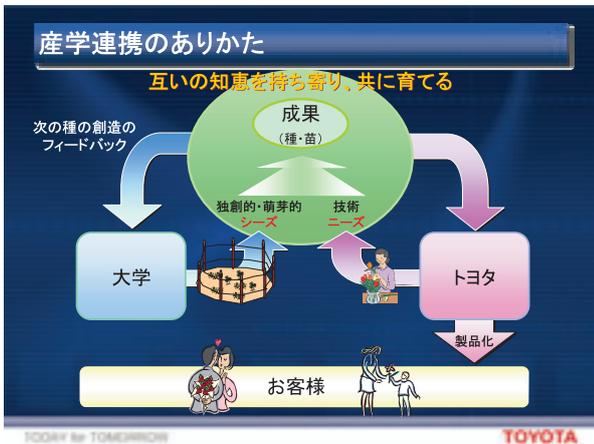
これらの産学連携による先端研究は、日本のみならずグローバルに展開しています。欧米が中心で、研究成果の国外持ち出し規制などの課題はありますが、現地大学とトヨタとの直接契約により、各国の大学と共同開発や研究委託を進めています。



以上、産学連携の現状についてお話ししましたが、そもそも産学連携とはどうあるべきなのでしょうか。私どもは次のように考えています。

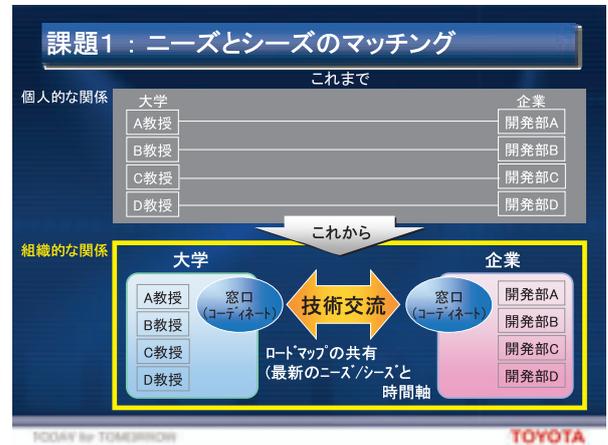
5.3 産学連携のあり方と課題

企業では、お客さまの喜びを実現する製品とは何かを考えています。花で例えれば、どのような花束にするか、そのためにはどのような品種が必要かといったニーズを創出しています。一方、大学では日々新たな種が多くの研究者の皆さんの手で生み出されています。それぞれのニーズとシーズを持ち寄り、共に育てる場が産学連携だと思えます。そこで育てた苗の幾つかは製品になりますが、その過程で生み出された新たな発見や知見は大学にフィードバックされることで、次の種の創造につながります。共に育て製品にするだけでなく、新しい種の創



造につなげることも大切なことです。このようなことを踏まえ、より効果的に産学連携を促進させ、成果を挙げるために必要と考えている課題についてお話しします。

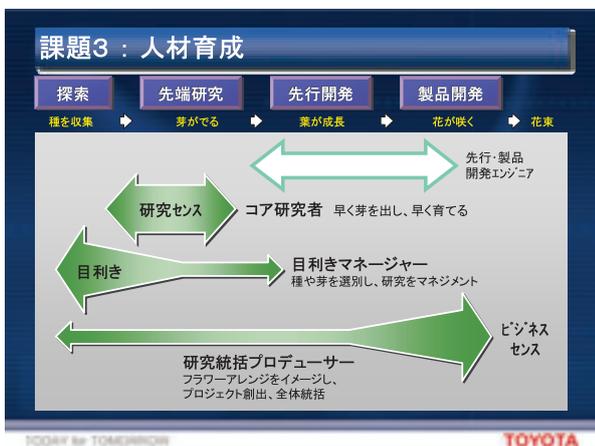
1つめの課題は、ニーズとシーズのマッチングです。企業も大学も多くのニーズやシーズを持っており、それは時間とともに変化しています。つまり、日常的な技術交流を行うことで、常に最新のニーズやシーズを共有し、さらには時間軸を加えたロードマップを共有することが重要となります。また、従来のような先生個人との関係から組織的な関係へと間口を広くしていきたいと思っています。



2つめの課題は、異分野領域の融合の必要性です。その一例として、医学と工学の連携に対する考え方をご説明します。従来は、例えば人工臓器、医療機器や手術ロボットのように医療ニーズに工学が応えるという医工連携のケースがほとんどでした。しかし、私たちはサステイナブル・モビリティを実現するには、これからは工学へ医学を取り込むことが必要になってくると考えています。例えば、心や体と環境の関連性を解明し、病気の予防や健康の増進といった要素を車に取り込んでいきたいと思っています。また、生体の構造やエネルギー形成のメカニズムを解明し、人工筋肉や高容量電池など、従来の性能を飛躍的に超えるデバイスをつくることができると期待しています。このような医学と工学双方のアウトプットが得られる異分野連携をめざしたいと考えています。



3つめは、人材育成です。私どもは、先端技術研究には3つのタイプの人材が必要と考えています。先ほどのように花に例えてみますと、まず第一に独創的な研究センスを持ち、種から早く芽を出させ、しっかりと育てることのできるコア研究者、次に花や実をイメージして種や芽を選別し、さらには着実な成長をマネジメントする目利きマネジャー、そしてお客さまに届ける商品である花束をイメージできる、いわばビジネスセンスを持ちながら研究プロジェクトを生み出し、全体を統括するプロデューサーです。このような人材の育成は大変重要と考えていますが、トヨタの先端研究の分野において質・量ともに十分に確保できているとは言えません。これまでも人材育成を狙いとして、トヨタから国内・海外を問わず、共同研究の際に大学や研究機関に研究者を派遣しています。これまでの環境とは異なる多くの経験を積むことで、研究センスや目利きとしてのセンスを身につけるだけでなく、学位取得や学会発表などを起点とした人脈づくりにも寄与しています。



今後は、大学や研究機関からこちらに来ていただくことも考えていきたいと思っています。優秀な方々に研究を加速していただけるという、私どもにとってのメリットだけではなく、来ていただいた方に企業のマネジメントスタイルなどを身につけていただくといった、大学や研究機関にとってのメリットもあるのではないのでしょうか。このような相互人材交流によって、トヨタのみならず大学や研究機関も含め、先端研究に必要な人材がより多く育ち、次なるイノベーションを生み出す力となってくれることを期待しています。

6. おわりに

私のお話も最後となりますが、私どもの中で究極のモビリティを語る時、時折、「舳斗雲（きんとうん）」を引き合いに出しています。思い通りの完全自動運転で、山や岩などの障害物を巧みに避けながら目的地まで高速で運んでくれるという便利な乗り物です。ボディは水蒸気、パワーは念力、まさに「究極のエコカー、安全カー」であり、「乗る楽しみ」も両立した理想の乗り物です。先ほどご紹介した愛知万博で出展した「i-unit」もこれに通じるところがあるかと思います。このような夢の車が実現するサステナブルな移動社会を実現するために、これからも私たちは、常に未来を予測しながら時流に先んじた研究と創造に努めてまいりたいと思っています。また、大学や研究機関の皆様方はもちろんのこと、様々な方々の知恵と力を合わせ、互いに刺激し合い、想像力を高め合いながら、皆様と共にこのような夢の実現に向かって進んでいきたいと思っています。ご静聴ありがとうございました。

