

次世代自動車技術に関する将来展望～2030 年を超え 2050 年を見据えて

早稲田大学研究院
次世代自動車研究機構
大聖 泰弘

最近「モビリティ」と言う言葉を使いますが、人の移動や物を運んだりすることを言います。車を中心としたモビリティ社会の中で今何が起きているかと言えば「環境問題」です。大気汚染問題、地球環境温暖化の問題、エネルギー問題では、石油を大量に消費して CO₂ を出すので地球温暖化にも繋がります。

もう一つの問題は、交通渋滞、事故の問題、台風による自然災害が発生し洪水が起きると車では移動できないこともあります。それらの様々な問題を抱えながら、これからモビリティはどのような技術的な発展を遂げるのか、我々の使い方によってモビリティはどのような変化をしていくのかということをお話していきたいと思います。

はじめに

環境、エネルギー問題を考える時、私は三つに分けて考えています。

- a) まず、従来車の技術改善ということで、今ある車、ガソリン車、ディーゼル車、ハイブリッド車も今は普通になってきていますので従来車と考えていいと思います。こういった車の燃費を良くする、排ガスを綺麗にするということにはまだまだ余地がありますので、これを極めることが必要です。それだけで済むか、とえばそれだけでは済まない。
- b) また、それと並行して新しい動力システム、燃料、エネルギー等を開発して使って行かなければいけない。それには、**プラグインハイブリッド**の選択肢もあります。一般的にはまだ知られていないかもしれませんが、電気自動車のように充電が可能なハイブリッド車です。最初は電気自動車として動き、50Km位走ってそこからはハイブリッド車になる。今、世の中に徐々につつあります。それから電気自動車、水素を使う燃料電池車、エネルギーの観点からするとこういった電気、水素、バイオ燃料、あるいは最近では「e フューエル」と呼ばれる合成燃料が出てきていて、天然資源ではない材料から燃料を合成できないか、といった試みがあります。
- c) さらに、自動車のスマートな利用に関わる取り組み。もちろん技術的な物を活用していかなければいけない訳で、例えば ITS=Intelligent transport system。皆さんは Navi を利用されていると思いますが、最近では Big data を使って交通渋滞を緩和するとか、事故防止に繋げる等の試みがなされています。何れにしても、車をもっと賢く効率的に使うという考え方ですが、これをもう少し進展させていく必要があります。

1. 従来車の技術改善

(1) 環境問題

健康に関わる大気環境の基準が決められています。二酸化窒素 NO₂、SPM=浮遊粒子状物質、これには、PM₁₀、PM_{2.5} 話題になっていますが、大体 2～3 割は大陸からやって来る粒子状物質です。日本の中で発生する物質は、例えばディーゼル車の排ガスから出て来るスモーク等があります。

光化学オキシダント、一酸化炭素、特に窒素酸化物と浮遊粒子状物質に今注目が集まっています。皆さんスマホで天気予報を見ておられると思いますが、スマホの中に PM_{2.5} をチェック出来る機能がありますが、かなり高濃度の PM_{2.5} が中国大陸からやって来るのが分かります。今韓国、中国、日本の三国は**越境汚染**と呼ばれる環境問題の対策を協力して進めようという状況にあります。

「ソラ君」という環境省のサイトがあり、そこで PM_{2.5} の測定濃度が開示されています。黄色は基準を超えている点です。天候や風向によっても影響を受けますが、まだまだ対策の余地があります。

(2) 温暖化問題

炭酸ガスが赤外線の放出を妨げ、吸収してしまっ地球の温度が高くなって来ています。今 CO₂ 濃度は 400ppm を超えています。この値はピンとこないかもしれませんが 1 m³ の中に 1CC の角砂糖があれば 1ppm です。従って、1 m³ の中に 400 個の角砂糖があることになります。3 年ぐらい前に 400ppm を超えました。産業革命以前は 270～280ppm でしたから 130 個以上増えたことになる。「自動車技術会」という 5 万人を擁する学会が

あり、私もそのメンバーですが、将来 2050 年を目途に車の動力システムはどの様に変化していくのか、5 年かけて議論してきた成果を本にまとめて出版しております。「2050 年、クルマはこうなる」という表題です。是非ご一読頂きたい。

(3) その中で、エンジンと石油は互いに140年間も協力して来たわけで、環境問題等もそれなりに克服してきましたが、CO2 問題となるとなかなか難しい。それに代わる新しい物は何かないのか？完全に石油と決別すると電気しかない。天然ガス、バイオ燃料、石炭から液体燃料を作る等様々な代替燃料はありますが、コストが高く、CO2 対策では大きな効果が望めない。量的にも供給に限度があり、本格普及はなかなか難しい。

2. 新たな動力システム

(1) 次世代自動車

電気であれば基になる多様な電源がありますので、これらをうまく活用出来るのは、やはり電気自動車ということになります。しかし、バッテリーが重いのと一回の充電で走れる距離に限界がある。ですから、近距離、中距離移動には電気自動車は向いていますが、長距離移動も含めると、ハイブリッド車、エンジン車もまだまだ必要だということになる。水素を使った燃料電池車もありますが、「水素をどのように造るのか」という基本的課題も残っています。

エンジンはパワー密度が非常に高く、ガソリンも高いエネルギー密度を持っているので手を取り合って進んで来た訳ですが、今後はそれだけでは済まないということになります。そうすると、プランニングハイブリッドという選択肢があります。電気自動車の場合は300kg 程度のバッテリーを積載する必要があり、車体重量の 30%を占め重い。この問題の解決策としてリチウムイオン電池がありますが、将来もこれで行けるのかというそうではない。小さなバッテリーで 50km 位走り切った段階で、ハイブリッドに転換できるプランニングハイブリッドが橋渡しの役割を担うのではないかと考えています。

モビリティ社会を構築するうえで、エネルギーの少ないやり方を考えなければいけない。「モビリティイノベーション」と呼んでいますが、将来 2030 年～2050 年を見渡すと社会は変わっていくと考えられます。高齢化も進み成長の限界もあるでしょうし、資源利用も制約されるでしょう。環境は究極的にはゼロエミッションにしなければいけないという課題があります。新興国のモータリゼーションは非常に大きな勢いで進展していますので、それを止めることは出来ないでしょう。そんな状況もあり、日本の技術に追いつこうとする。欧米は欧米で技術を囲い込みながら、新興国への進出を狙っている。日本もそれに伍して技術と市場の両面でリードしていかなければいけない。

(2) ガソリンエンジン車

ガソリンエンジンの例を申し上げます。ガソリンエンジンは実は物凄く綺麗な排ガスになってきています。ネガティブエミッションなどという言葉が出てきて、大気中にある炭化水素よりも排気口から出て来るガス濃度の方が低かったりするのです。それが可能になったのは三元触媒が開発されたからです。この三元と言うのは一酸化炭素と炭化水素と窒素酸化物を同時にゼロに出来る触媒だからです。それを制御する為の燃料供給システムが非常に高度化しこれにより排ガスがクリーンになっている。国土交通省は五つ星ラベルを交付して税の優遇措置をしています。排ガス規制値の 75%を達成している車が該当車です。

(3) ディーゼルエンジン車

ディーゼルエンジンはエンジンの中に燃料を噴射して空気と混合しながら燃焼するためムラが出来てしまう。効率はいいがススが燃え残り、高温で窒素酸化物が発生してしまう。このように相反する有害成分が出てしまうため、燃焼技術のみで同時に減らすことは難しい。ガソリンエンジンでは、燃料と酸素が完全燃焼して酸素がちょうどゼロになるような燃焼なので、三元触媒を使うことで、NOx、一酸化炭素、炭化水素の3成分を同時に大幅に減らせるが、ディーゼルエンジンでは酸素を過剰な条件で燃焼させるので、三元触媒は使えない。

ディーゼルエンジンは必ず空気を余らせて燃やさないで微粒子が発生する。そのため、ターボ過給機が付いている。それから、EGR といって、排気の一部を新しい空気と混ぜて燃焼温度を下げる。最近では、電子コントロールで 2 千気圧を超えるような噴射圧力の燃料噴射システムが使われている。すす微粒子はフィルター(DPF)で取り除く。それから、NOxは触媒で還元する。こういった複合システムが新車には付いている。最近では、ディーゼルエンジンのバス、トラックで、テールパイプから煙をほとんど見かけなくなったと思います。フィルターが付いていて、すすは完全に捕捉されているのです。溜まったすすは排気温度を高温にして燃やしている。どう

しても詰まってしまう場合には、運転席に赤いランプが点灯する。そうすると、トラックは車を止めて再生ボタンを押すと 30 分位かけて燃料を加えて燃やす。これを強制再生という。何れにしてもこのような後処理システムは全部電子制御システムで働く。

これにより、いかようにも操作が出来る。そこに大きな落とし穴があって、**フォルクスワーゲンはそのような手口で不正を行った**。つまり、すすをあまり出すとフィルターに負担が掛かるので、それを止めるために、すすが出ないような燃焼条件を作り出す。すると、NOx が非常に多く出る。NOx は眼に見えず放出しても分らない。その結果、燃費が良くユーザーからすると好ましいことではあるが、排出ガス対策からすると最悪である。NOx が規制値の 30 倍位出ている悪質極まりない不正行為でした。これを発見したのは、アメリカの非営利団体 ICCT という機関で、検査の結果、不正が判明したのです。私も ICCT のメンバーです。

全ヨーロッパのディーゼル車合わせて 1 千万台を超える車がリコールになった。この事件があって、不正が出来ないように、ディーゼル車を実際の道路を走らせてテールパイプから出てきた排ガスをサンプルして分析する規制が EU で行われるようになり、規制値を超えていたらアウトということになりました。日本でも、これが 2022 年から始まります。フランスとイギリスでは、エンジン車は 2040 年以降製造販売を禁止する声明を出しました。フォルクスワーゲン社は手のひらを返したようにディーゼル車から EV に転換すると宣言している。

3. 2030 年パリ協定と燃費基準の強化

合意されたパリ協定に基づき、日本は 2030 年度に 26% (2013 年度比) 削減することを目標にしています。各国は意欲的な対策を 2030 年目指して掲げていますが、どうやって検証していくのかが、実際の課題になってくると思いますが、その中でトランプ大統領はパリ協定から離脱すると叫んでいる。

我が国の CO2 排出割合を示しますが、運輸部門で 18% 位、その 9 割が車から出ている。ですから、運輸部門の対策と言えば車の燃費対策が最重要となります。

そこで、パリ協定の対応のため、政府はどう対策を立てるのかですが、運輸部門では 28% 削減が目標です。所が家庭、業務では 40% 近く減らさなければいけない。皆さんどうですか、2013 年度比で 4 割、2030 年度までに減らす。結構厳しいのではないかと思いますか。

国全体でこれ位の目標を掲げないと達成できない。私は運輸部門では達成出来ると思っています。この時私は委員長をやっておりましたが、燃費基準の推移は 2010 年度で 13.6Km/L、今掲げている 2030 年度の目標が 25.4km/L で、燃費向上が倍近くになっています。ところが、トラック、バスのディーゼルは元々燃費が良いので改善がなかなか進まず、ハイブリッド化も乗用車程の効果がない。アメリカは、燃費基準を厳しくするとコストアップになり、自国メーカーの売上げが落ちると困るということで規制を緩和しようとしています。一方、EU は大変意欲的な目標を掲げていてリッター当たり 38.6km、見直しが 3 年後に行われると思いますが、EU 自体の目標として高く掲げているのが特徴です。種々のエンジン技術、駆動系、車体の軽量化等、種々のやり方でそれらを集積して全体の燃費改善に繋げることが必要になります。この中で、エンジン技術はまだまだ改善の余地があります。ヨーロッパでも厳しい目標を設定するため、図に示すような技術を並べて検討しています。改善案でもコストが高いと車の値段が上がり、売れなくなりますからメーカーではそれぞれ工夫しています。

ディーゼルエンジンも燃焼を改善する、ターボを利用する、機械摩擦損失を半減するとか様々なやり方で、50% を超える改善が国のプロジェクト「SIP 革新的燃焼技術」を通じて可能になりました。これらの取組みは、諸外国からも注目され、私も 2014 年に EU に呼ばれて説明に行ってきました。当時、そんなのは不可能だ、と言われていましたが、彼等はチャッカリ EU の予算を確保して、日本を追いかけながら、50% の目標を掲げてやってきます。この前情報交換をやりましたが、日本とは違うやり方でやっていることが分かりました。

4. エンジン内の燃焼解析

エンジンの中の「燃焼」は非常に複雑ですが、それをスーパーコンピューターで再現できるようになりました。これには、上述の国の予算をかけて開発し達成することが出来ました。このソフトは各メーカーに配って自分達のエンジンと比較してもらい、今後このツールは一般に使われるようになって来ると思います。エンジンを一々試作し評価する Try and Error の繰り返しでは、多くの手間と時間が掛かります。これをコンピューターでシミュレーションする。「**燃焼現象**」とは化学反応も含まれるので、極めて複雑で予測が難しい現象なのですが、それをクリアした。この手法は、これから益々発展していくと思われませんが、エンジン制御、更に車全体の制御にも取り入れら

れ発展していくと予想されます。エンジンの技術は、あと 10 年位で頂点を迎えて飽和状態になります。その後何が残っているのか、それが電動化ですが、エンジンの高効率化はハイブリッド車の燃費向上にも直接寄与することは言うまでもありません。

EV、ハイブリッド車、この 20 年前を振り返って見るとアメリカ、カリフォルニアで一定割合の電気自動車を入れないと1台につき5,000ドルの罰金を科すという手法も出ました。しかし、日本のメーカーだけが真面目にコツコツと要素技術を実用化してきたと思います。様々な電子デバイス、エンジンの高効率化、車体の軽量化、これ等は、全部今の電動技術の実用化に結び付いています。

5. 車のハイブリッド化

2030年頃になるとほとんどがハイブリッド化すると思われます。そうでないと燃費基準に適合出来なくなるからです。負荷率＝アクセルの踏み具合ですが、エンジンでは、アクセルを少し踏んだ所は燃費があまり良くない。この辺の運転はエンジンを止めてモーターに任せる。すると効率の高い所だけ使うことになるのでエンジンの高効率化のメリットが出て燃費の改善にも繋がる。燃料電池は非常に効率がいい。でもあまりアクセルを踏み過ぎるとディーゼルエンジンに負けるゾーンがある。モーターはそれ以上に効率がいい。ですから効率だけ考えるとEV車は全体として非常に効率がいいと言えます。

次は「ハイブリッド」ですが「パラレルハイブリッド」、これが一番簡単なやり方です。それから「シリーズハイブリッド」「シリーズとパラレルを組み合わせた車(トヨタのプリウスが代表的)」こういったシステムがあります。これ等は電池をうまく活用するのですが、これを大きくしてやるとPi=Plug-in ハイブリッドとなり、外から充電してバッテリーにある程度電力を貯めてやるとEV運転が出来る。これはどのハイブリッド方式でも使える。こういったシステムが出て来る可能性があるかと我々は考えています。私の期待を込めた予想ですが、2020年度の燃費基準が20.3km/lですから、2050年には50km/L。それ位やらないとCO2対策にならない。2050年には現状に対して80%CO2を減らす必要があります。これはパリ協定で合意済みの目標なのです。ハイブリッド技術は我が国が世界を完全にリードしています。プリウスが誕生して20数年が経ちますが、市場でも圧倒しています。ホンダや日産も頑張っています。トラック、バスにも出てきていますが台数はわずかです。

6. EV用バッテリーに関わる課題

次にEVですが、これは色々の車種があります。フォルクスワーゲン、ダイムラーも力を入れています。これからはEVの時代という力入れようです。テスラーも世界ではかなり売れています。日産も対抗してリーフを市場に出していますが、既に40万台売れています。小型のトラックにも最近EVが出てきています。三菱ふそうがEキャンターを出しています。バッテリーの容量は40～60kWになりました。これはEプラスと言って更にバッテリーを強化したものです。またバッテリーの耐久性が上がって、今8年または160,000kmまで無料保証しています。高性能の三元系リチウムイオンバッテリーを使っています。ニッケル、マンガン、コバルトから成る正極を新たに開発しました。

それで40万台以上を売っていますが、バッテリーに起因する事故は1件も有りません。テスラー、その他のEV車では衝突事故などで結構火災を引き起こしています。リチウムイオンは炎色反応で赤く燃えます。日産ではデータセンターを構築して車の位置、使用状況を全部集中管理しています。ただし、バッテリーパックゲージトが300kg以上で重い。大人5人乗っているのと同じ重さなので非常に重い。今後バッテリーの性能はどこまで上がるのかですが、国の目標としてはPlug-inハイブリッドで50km～60km走り、それからEV充電で700km位走れる車です。吉野さんのノーベル賞は称賛に値すると思いますが、次世代の電池候補としては全個体あるいは金属空気電池が研究されています。ほとんど情報が外に出てきませんので、何時かということは分かりませんが、何れにしても2030年代以降であろうと思います。当面はリチウムイオン電池になります。

A) 全固体電池の開発

では全固体電池はどうなるのかということですが、リチウムを使い、電解質の部分が固体になっている。普通固体にイオンが伝わるのはなかなか難しかったのですが、固体でも行き来が出来る物質構造が判明しました。東工大の菅野教授が見出した実際のコンセプトですが、今国の予算を使ってこの研究が進んでいます。トヨタ自動車

では 2020 年代の早い段階で全固体電池を世に出すと言っていますが、一部市場に出すということで、全面展開はあと 10 年以上かかるものと思います。

B) バッテリーの充電

この EV 車展開では充電スポットが問題です。今 3 万か所に増えましたが、その内 7,700 か所が急速充電スポットです。急速充電とは Full 充電で 30 分～40 分かかります。普通充電は 2 万数千か所あるということですが、これは全ガソリンスタンドの数、3,200 か所を超えたことになります。ところが、それでも問題があって、ニッサンリーフに乗っている方の苦情によると、サービスエリアとかパーキングエリアにも急速充電器は置いてありますが、ゴールデンウイーク等には、EV が殺到するので順番待ちになり、30 分では済まなくて 2～3 時間待ちになる。急速充電器を増やせばいいではないかと言っても、相当の電力を確保しなければならず、電力企業は協力的ではないという。高速道で長距離を走る方は、そのような事情も考えた方が良さそうです。

一方**急速充電器**を今の 50kW から 150kW に拡大する試みがあります。そうすると充電時間は 30 分から 10 分に短縮されますが、電源の確保という点では結構厳しい状況だと思います。

何れにしても電源は再生可能な電源を含めて、より低炭素な電源が必要になります。そうすると、電力の**スマートグリッド**が必要になります。その構築と合わせて EV の普及を図っていくということが適切ではないかと我々は考えています。太陽光、風力が中心になりますが、EV は住宅との電力のやりとりにもうまく使っていく。これを V2Home といいます。

今後 EV が増えれば消費電力はどうなるのか、試算してみました。日本には乗用車は 6 千万台位ありますが、そのうち 1 千万台を EV にしたら電力需要がどれくらい増加するか計算してみると、1.5% 程度です。全体の電力供給から見てそんなに大して需要の増加ではない。ところが、瞬間的に 50kW、150kW の急速充電が必要になる事態ですから、電力需要が変動することが好ましくないのです。例えば、2 万台の EV が一斉に急速充電をすると、原発 1 基分の電力が必要になる。電力の需給をどのように平準化していくかということが新たな課題になります。

C) 廃車バッテリーの有効活用

もう一つ重要な課題となると考えられるのは、車が廃車になる時のバッテリーをどのように再利用していくのかです。今、ニッサン自動車と住友商事が共同で「4R エナジー」という会社を立ち上げ、車が廃車になった時のバッテリーを回収してモジュール単位で選別し、組み直して再利用する事業を始めています。新たな車で再利用も出来ますし、太陽光、風力で発電した電力を蓄えることも可能になります。車を廃車した時のバッテリーの能力は 80% 位に低下していますが、リチウムイオン電池は比較的長く使え、突然死ぬことがないのです。そこで、現在再利用を目的として回収を進めているところです。太陽光発電は日が沈めば発電ゼロとなりますが昼の電力をうまく蓄えて夜使うことが可能になります。風力発電もしかりです。再利用をうまく図ればメガソーラー等にもうまく対応可能になります。

D) 中国の電気自動車政策

先ほどテスラーの話をしました。今後 EV 市場をリードするのはアメリカと中国です。中国は非常な勢いで EV の普及を図ろうとしています。2019 年度は 10%、10 台に 1 台は電気自動車を販売しないとメーカーにペナルティーが課される。それは EV を余分に作っているメーカーから買い取ってもいい、そんな義務を強いられているのです。EV 車は 2025 年には 25% 位との予想に反して、EV の販売が急激に落ちている。理由は従来車と EV 車の価格差を政府が補助してきたのですが、補助が半減し更にゼロになろうとしているためです。メーカーは値引き分をしないと売れないので、バッテリーが高いことが販売のネックになっている。車の価格が割高になるのは当然続くだろうと思います。

世界有数のバッテリーメーカーに BYD 社があります。EV を作っていますが、購入補助金が減って売れずに悲鳴を上げています。中国は今**自動車大国から自動車強国**になることを目指しています。裾野が広く、規模の大きい産業構造を持っていますから、今後国を発展させるためには自動車産業の拡大は欠かせないと考えている。将来は輸出の目論見もあります。これはバッテリーメーカーを比較したのですが、ベスト 10 の中に 7 社位中国企業が入ってきています。

パナソニックがトヨタと合弁で大連に進出していますが、中国企業の CATL に抜かれました。2020 年を目指して 50GW/h 年 位の計画をだしていますが、10GW/h 位で EV25 万台作れますので 100 万台、200 万台規模でバッテリーを作ろうとしています。国際エネルギー機関が発表しているデータによると 2017 年の段階で既に中国が一番の販売台数を占めています。次いでアメリカ、欧州、日本は非常に少ない。中国は更に伸びてきていますが、ここへ来て販売台数の落ち込みが開始した。中国には EV を作っている会社が百数十社在ると言われています。しかし中小はあまり技術力が無いので苦しいのですが、中国政府はそれらを淘汰させようとしている意図がうかがえます。

7. 今後の EV と燃料電池車

私共は10数年も前からEV、燃料電池、ハイブリッドの研究をやっていますが、いずれも車体は全く同じにしておいて中身を変えて比較するのです。その結果、消費ガソリン単位ではリッター35Kmは走行しました。車のボディは炭素繊維で作成し、2人乗りに軽量化し車重を750kg位に抑えることができました。自動車メーカー、タイヤメーカーから支援を受けながら開発した成果です。また、同僚の紙屋生からの支援を得て、燃料電池で走るシニアカーも製作しました。また、築地から豊洲に市場移転する前の検討課題として、生鮮食料品を運ぶのにバッテリーで動くターレが沢山ありますが、バッテリー充電時は大変な混雑です。そこで燃料電池に変えるプロジェクトに取り組みました。

トヨタは燃料電池戦略として「MIRAI」から始まって、フオークリフト、カリフォルニアに出した大型トラック等にも展開しようとしています。車種を多様化しないとユーザーの求めに応じられない、全体の台数が伸びないということになります。また、トヨタ社では絶対普及しません。必ず同業他社や異業種が参加しないと世界規模のマーケットが広がりにません。

(1) 水素はガソリン並みに供給出来るのか、

コストの面から見ると国の目標が2040年以降で1ノルマル立方メートル当たり20円位、現在は100円位ですから大幅に下げないといけない。次に水素供給ステーションですが、現在は110か所位ありますが、建設予定地で反対運動が千葉県で起き中止になった例もあります。爆発等の心配があるようですが、安全という点では心配はないと思います。水素はクリーンな面と危ないというイメージがあり、一般への説明が必要だと思います。アメリカでは地域と事業者の間に立って説明をしっかりとやる専門家がいます。日本でも社会的に理解をして頂くための説明をしっかりと行う必要があると思います。

水素ステーションの建設コストは5億円位です。理由は高圧で700気圧の水素を充填するからです。(EV車の充電スポットの電源コストは高くても500万円です)。全国に110カ所ありますが、幹線道路沿いが多いので、地域で使うにはまだ不十分です。ただし、水素燃料車のメリットは約3分で満タンになるということです。さらに、一度の満タンでメーカーによると500kmから700kmは走るといっています。

(2) 2030年パリ協定への対応

次にEVは家庭や電源車としても重要な点を取り上げます。2030年のパリ協定に対応するためには、原発の割合を20~22%に、再生可能エネルギーを22~24%に増やすことが必要です。(現状は15%位です)

まず原発は15%位が限度でしょう。再稼働の安全基準が非常に厳しくなっているのと、テロ対策を含めて考えることになっています。コストと住民の理解が得られなければならないことが前提ですから到底及ばないです。

では不足分はどうするかですが、液化天然ガスLNGがあります。LNGの輸入を増やすことと再生可能エネルギーをさらに増やすことのみです。石炭は逆風が吹いています。再生可能エネルギーの中身は風力と太陽光ということになります。

(3) 2050年はどうなるか

まだ2050年の計画は何も決まっていません。決めようがなく、まずは2030年です。これまでEVとバッテリーの話をしてきましたが、再生可能なエネルギーで電力を供給するのか、あるいは水の電気分解で水素を精製し蓄えるのかが課題です。燃料電池車では、水素をもう一度電力に戻して使う訳で、水の電気分解と燃料電池の効率を掛け算すると、その効率は50%を下回ります。(水を電気分解で水素を作り→水素で発電してモーターを回す) 電気はそのままEVで使った方が効率がいいのです。バッテリーの充放電によるロスはかなり少ないからです。

水素を推奨する人は、大規模になった時は水素を蓄える方が有利だと言います。ノーベル賞を受賞した吉野さんの理想は解りますが、実際大電力はリチウムイオンでは蓄えきれないし、コストが高すぎるのです。無論、廃車バッテリーを使うのにも限界があります。そうすると水素の利用がいいのではないかという考えもあり、最近アメリカ、欧州、中国ももう一度水素を見直すという気運があります。

EVとFCVを比較した場合、100万台普及した時の電力は電気自動車の方が有利です。ただし、長距離走るときは水素の方が有利です。それから、今電力はガソリンのような高い税金がかかっていないので、極めて安いメリットがあります。EVはガソリン車に比べてランニングコストが1/3~1/4です。これには財務省が黙っていない。EV車が増えれば、年間の走行距離で課税するようなことになるでしょう。また、電気、水素ステーションの運営では利益が出ない状況にあります。

それから資源を使うという意味ではリチウム、コバルト、ニッケル、ネオジウム等ですが燃料電池の場合白金が必要になります。しかし技術の進歩によりその使用量は減る方向にあります。

工場から出るCO₂を濃縮して水素と反応させるとメタンが出来る。メタンを圧縮してボンベに詰めるとエンジン車が走れることになる。この技術については、アウディ社が発表しています。これは工場が輩出したCO₂を回収することになるのと、再生可能な電力を使った水の電気分解から水素を造れば、CO₂の排出が減らせるという見方をしています。

このような取組みを最近CCU=Carbon capture and Utilizationと呼び、CO₂を再利用しようとするものです。今回の話は回収して再利用するという考えです。これを液体燃料までもって行こうというアイデアもあります。e-fuelと呼んでいます。そうするとエンジンと液体燃料の相性がもう一度復活するかも知れないのです。しかし、コストとCO₂の低減に関してはまだ課題が残ります。

8. 2030年に向けて国が目指している次世代自動車の目標

この中身はハイブリッドが多く、次がEVとプラグインハイブリッドで20%、燃料電池はまだ3%ぐらいです。それからクリーンディーゼですが、何故ここに位置付けているかということですが、軽油とガソリンのバランスを取るため、ある程度ディーゼルエンジンで軽油を消費することで石油全体の有効利用の観点から必要になるのです。

では、日本以外ではどうなのか。実は電動車の販売は5%以下で、アメリカは4%、ドイツ3%、中国3%、フランス4.8%です。日本はハイブリッドが非常に多くて31.2%で電動車大国ですが、EV、Plug-inハイブリッド車はあまりまだ売れていないのです。中クラスの車のバッテリーや車両の燃費はどうなっているのか、ガソリン車をベースにして比較すると、

- ディーゼルエンジンは6%位重い。
- ハイブリッド車は15%位重い。
- プラグインはバッテリーが重く20%アツツブ
- EVでは30%アップ
- 燃料電池で30~40%アップ

とだんだん重くなります。

どこかで軽量化することが必要ですが、バッテリーの搭載量は車種によって全然違います。ハイブリッドでは、1kWh~2kWhで済むのですから、EVの数十分の一です。それからプラグインハイブリッドは、EV走行が50km位までにすると、EVの1/4位のバッテリーで済む。このようにハイブリッドではバッテリーが少なく済むという点で資源的にも随分楽になります。

(1) 次世代自動車の特徴

コストが非常に重要です。またチャージ時間、すなわち充電、水素補給にどれ位時間が掛かるか、1回の満タンでどれ位走るか、色々比較すべきファクターがありますが、最終的にはコストの問題が重要ではないかと思えます。

今軽量化という視点で申し上げましたが、次世代自動車が進展して技術的にも効率が良くなれば、後残った最後の決め手は車両の軽量化です。

最近、非常に強度の高い超高張力鋼が出てきました。さらに、車の軽量化に寄与する新たな素材が出て来ました。アルミ、マグネシウム、ファイバー、CFRP(カーボン強化樹脂)、セルローズナノファイバー、ターフポリマーがありますが、これらの材料は車の様々な部品に加工可能で、車全体の軽量化に寄与します。軽くすればそれだけ車の消費エネルギーが少なくなりますから、全体としてメリットがあります。車が軽くなると動力システムを小型化することが出来る。その結果、車全体が軽くなるという、うまい循環が働くのです。今後、このような状況に進むのではないかと思います。

(2) 将来 2050 年ハイブリッド、エンジン車、EV、燃料電池車はどうか。

国際エネルギー機関の販売ベースの予測では、6割近くは何らかのエンジンが搭載された車で構成されるとしています。純粋なガソリン車は燃費の点でハイブリッド車に負けますので、大幅にシェアを落とすだろうと思います。今後技術的に何が重要かと言うと、「電力、水素による低炭素化」のエネルギー源が必要になって来る。バッテリー技術はまだ磨く必要があります。エンジン技術は2030年がピークで、以降はハイブリッド化も含めて高効率をどう維持するかが必要になります。次は、車体の軽量化ですが、これは永遠の課題で、日本の技術を使って進展させることが出来ればと期待しております。

9. 車の使い方改革、電力の使い回し、トラックの積載効率化

冒頭に環境エネルギー対策には三つのアプローチがあると申し上げましたが、ここから車の使い方とか情報通信技術を使ったよりスマートな車の在り方について述べます。ITS=Intelligent Transport system と言いますがこれまでは Navigation system が中心でした。車の走行に関する情報は情報通信システムによって発信されていて自動車メーカーが管理に使っています。今後、それらの種々の情報はAIを使って自動運転にも使えるようになる。最近 IOT が方々で言われています。Internet of Things の略ですが、工場で組み上がった完成車の部品一つ一つから、何処を経由して組み立てられ、誰が販売したか、誰がどんな運転をしているか全部コンピューターで管理出来るのです。我々が使うスマホもさらに進化し、車自体の情報端末としても使えるようになる。

経産省の取組みとしては、2014年まで5年かけてやった事業が注目されました。「横浜スマートシティプロジェクト」と言いますが、他にも豊田市と京都のけいはんな学園都市、北九州市の4都市で実施されました。

EV、ソーラーパネル、風力を使ってその電源を火力電源とうまく mix して使い回す。4千軒を上回る家庭が参加し、ソーラーパネルも増設し、EVも2,300台導入しました。こうやると、CO2 がこれ位減るという実証成果が得られています。

一つの地域でエネルギーを多種の用途に有効に使い、より低炭素なモビリティをうまく運営していこうという取組みです。こういった取組みを我々はV2Xと言っていますが、Vehicle to Xです。2=toです。Xはホームやビル等を指します。災害時に電力がストップした際にEVのバッテリーの電力を家庭に送ることもありますし、逆に太陽光電力が余った場合、駐車中のEVのバッテリーを充電する。そういった双方向のエネルギーのやり取りが出来るバッテリーの使い方がある。ビルでの使い方もあります。複数のEVを駐車しておいてそこで電力をやり取りする方法も実施されています。

カーシェアリングも非常に注目されています。また、ライドシェアでは、UberとかLyftがアメリカ等で普及しています。スマホで呼んだらすぐ来てくれるシステムで、大きな規模で経営されています。一步間違えると白タクのようなもので、我が国では認められていません。自動運転タクシーも試行されています。それからトヨタが無人運転のEパレットを提案しています。これは様々な目的に使い、移動用に10人位乗れるもので、移動店舗に使ったり、オフィスに使ったり様々な用途が想定されています。

それから Last one mail と呼んでいます。最後の1マイル、数百メートル圏のロボットによる宅配、最後に届ける仕事を日本郵便とZMPが共同でやっています。

ボルボとUberが自動運転のライドシェアを共同で試行していますが、事故を起こして問題になっています。予想外の事故、自動運転では起こりうることで我々非常に心配しています。

荷物を運ぶ物流ですが、これも大問題です。宅配便が去年の統計では40億個を超えました。それを人口で割ると一人当たり30数個です。便利ですし皆さん気軽に多く使っていると思います。それでいいのか？トラックの積載効率は50%を切って40%代です。それを60, 70%代にすれば大幅な省エネとCO2低減にもなるのです。つまり、荷台のスペースがまだまだ空いているのです。そこに荷物を積むのに、例えばICタグ等で情報を付加して効率的な荷捌きをすとか、帰りは別の荷物を集荷して帰って来るとか色んなやり方があるわけです。私の先輩でトラック業を営んでいる方がいますが、トラックの積載効率は25%という理論があるそうです。A地点で満載したものを配送してB地点に空になり、そのまま空荷でA地点に戻るとそうなる訳です。

これからは人手不足ですから、積載効率を上げることは非常に重要な課題だと思っています。積載効率を上げるために、トラックの隊列走行、これはトラックを3台並べて走らせるのですが、安全面で一番困るのは割込み運転なのです。この車間に入って来ると事故のもとです。先頭車から後続車にどのように情報を伝えるかも課題です。これが遮断すると大事故に繋がります。それから実際に乗ってみると、4mの車間距離は相当に危険を感じます。これが時速80kmで走ります。ただし、ドライバーは一人で済みます。2台目、3代目は無人です。ドライバー不足が解消されるでしょう。主として高速道路で実験が行われています。

もう一つは連結したトラックですが、国土交通省の規制緩和で車両長が21mまでのものが25mまでOKになりました。これでドライバーは一人で済みます。ただし、高速道路を使った長距離輸送が中心になります。それで途中か終着点で切り離す。大和、福山が一緒になってやっています。空気抵抗が減るので燃費で言うと大体1割位向上する。

それから**カーシェアリング**ですが、タイム、オリックス、等会員が160万人位になりました。そこで車の台数は3万4千台位です。つまり、50人に1台で済む計算です。それから分かるように、我々は通勤以外で車を使うとするとそんなに長時間使っていないということです。統計によりますと、1日24時間中に利用するのは平均1時間です。ですから、23時間うまく使い回せばこんなもので済む。今後も、カーシェアリングは増え続けます。やっぱり、自動車メーカーは販売台数が減るので、これが一番心配なのです。これが本格普及すると、車の売り上げが途端に落ちます。しかもそんなに凝った高級車でなくてもよく、普通の車でいいのです。その結果、あまり付加価値が付かないのでそれだけ収益が落ちる。個人所有から共用に向かうのではないかと思います。特に、都内では駐車料金が高く、地方から出てきた若い人達は、車は持てません。サラリーマンにとってもそうではないのかと思います。一方で、地方では車無しでは移動できない。そのような両極端のことが起こっている。

今、自動車メーカーが最も熱心にやっているのは**自動運転**です。これは非常に付加価値を高めると思います。色々な機能が付いていて、車が止まってくれるとか、追従走行が出来るとか、カーブをスムーズに曲がってくれる。そうすると車の付加価値が上がり、収益の増大に繋がります。

自動運転の話ですが、アメリカの親しい先生の話では、自動運転は差別に繋がるという。つまりお金持ちで高い車を買える人達が安全な運転を楽しめる。それは社会的にすごく不公平だと言うのです。

さて大震災が発生した時、一早くファミリーマートが**移動式のコンビニ**をしつらえて災害に遭われた方々に物資を提供したということがあります。統計によりますと、700万人位が買い物難民だと言われていて、身近に買い物出来る状況にないということです。この例では、300品目位搭載できるようです。こういった車が出て来ることが望まれます。

最近GAF Aという言葉をよく見聞きしますが、グーグル、アツプル、フェイスブック、アマゾンが虎視眈々と自動運転、物流の分野に関わろうとしています。これは自動車メーカーにとって脅威でもありますし、一緒にやると、何がメリットか、メーカーの皆さん迷っています。UberもLyftもライドシェアでさらに伸びて行こうとしている。しかし、事故を起こしている。国交省は白タク的な物だと認識しているのです。あまりトレーニングを受けていない素人がドライバーになっていて非常に危険です。一方で成田空港では、それとなく素人トポイ相乗りを見かけます。

2050年に向けて、我々の社会と生活がどのようになるのかです。私、孫が2人いますが、彼女達は30歳位になっているでしょう。多分結婚して子供を持っていると思いますが、孫のことを思うと、私は何をすべきかと思うの

です。2100年になると孫は多分80歳ぐらいでまだ生きているのです。ですから、2100年を目指して考えなければいけないと思います。何れにしても環境省が中心になり、**低炭素社会を目指そう、自然共生型の社会を目指そう、循環型の社会**、これにはシェアリングが関わって来ると考えています。何れにしても、将来どんな国にしたいか？ 環境省の中で議論したことがあります。そうすると、

1) 技術先進国、一定の成長率を維持し経済的に満たされた生活を営む。

2) 低成長率を受け容れて地域に根差した牧歌的生活を送る。

という選択肢があります。1)と2)がミックスしてもいいのですが、高齢化社会で労働人口が減少するので、これらを前提にしなければいけない。そうすると、**コンパクトシティ**がいいのではないかという方が多い。候補地として約100都市ぐらい上がっています。分散しているのをもう一度集約して狭くして、病院、図書館、行政機関等、全部纏まった町にして集合住宅化すれば、移動が非常に楽で車の利用も効率化し抑制できる。でもそのような移行に必要な費用を誰が負担するのか、税金を使うか、個人が持つのか、コンパクトシティは出来上がったら便利ですが、移行するプロセスをなかなか具体的に描けない。富山、青森等コンパクトシティを標榜する町はありますが、そこに行ってみると、LRTとか電車が動いていたりしますが、まだまだ途上で、国の資金が使われているのを見るにつけ、今後どう推進するか？ 社会的コストを誰かが負担しなければいけない訳ですから。

また、「**移動と物流**」をどんな手段にするのか、公共交通機関か、マイカー、タクシー、カーシェアでやるのかです。最近パーソナルモビリティとしてチョイ乗りの電動ツールとか、シニアカー、電動バイクもあります。運転支援から自動運転もあります。宅配、コミュニティバス等をどうするのか。コミュニティバスでは、日野自動車と一緒に国の予算をもらってポンチョという20人乗りの小さな電動バスとして本学で開発し、地域で使われています。バッテリーをあまり沢山載せるとお客さんが乗れなくなるので最小限にし、トランスの原理で床にコイルを付けもう一つは地中にコイルを埋め、非接触でもバスストップで急速充電出来るシステムです。15分位の充電で20~30km走れる。長野で3年間実験をやり技術的には完成したので終了しました。将来、こういうコミュニティバスが電動化する兆しがあります。皆さん、石川県の能登で電動バスが動いているのをご存知でしょうか。ヤマハのゴルフカートを少し大きくしたようなもので、地中に磁石を埋めてそれに沿ってゆっくり動く乗り物です。全部電動ですから一番便利です、燃料補給よりも楽です。

電子取引ですが、インターネットでの注文、ドローンの利用、ロボット活用があります。また、働き方改革では、ワークシェア、テレワーク、サテライトオフィス、クラウドソーシングがあります。働く場所は自宅や近所のオフィスを使い、何も本社まで行く必要はない。

さらには、移動圏の問題、を国土交通省で長く議論していたことがあります。フランスでは、人の移動権は人権にかかわる非常に重要な権利として、憲法でも保証されている。移動困難な人には移動手段を提供しなければいけない、それは国の責任であると明記している。この件は、国土交通省の交通政策審議会で議論しました。様々な意見が出ましたが、法律ではうたえないということになりました。それに見合うだけの準備がすごく大変だということが分かった。特に、地方自治体に委ねるとしても税金でやるということは大変厳しい状況です。我々はあきらめざるを得ませんでした。移動に関しては、今後人口減少が進む地方が問題になると思われれます。

従来の車の燃費を改善する、環境特性を改善していくということで、2050年に向けてCO2は現状から4割位減らせるのではないかと思います。それから、電気、水素をうまく活用することで、10数パーセント減らせると思います。

さらに、車の利用のあり方を改善する。これには、電子情報技術システムを使うことが中心になると思います。が、カーライフスタイルの変更、すなわち車の使い方を転換していくことです。この中には、エコドライブは、トラック事業者の間では、大きな成果を挙げています。燃料費を安く抑えられます。それから**エコドライブをやると実は安全運転になるのです。平均すると1割位燃費が良くなり、交通事故は大体40~50%減るのです。**皆さん、エコ運転は安全運転なのです。事故が多い企業の中で、安全運転をドライバーに義務付けたら実は燃費が良くなった、という例もあります。安全と燃費は表裏一体なのです。

それが、個人所有の車では全然進んでいない。エコ運転で将来2030年の目標として国が掲げる目標がありますが、200万トンCO2を減らそうとしています。皆さん一人一人が急発進をしない、急アクセルや急ブレーキを踏まない。車間距離をとって穏やかな運転をしましょう。それを今叫んでいます。エコドライブ10の勧めがあります。環境省、警察庁、国土交通省、経

産省が協議会を作っています。その改定の委員長を仰せつかっていましたので、近々発表になると思いますので是非ご注目下さい。

2030～2050年に向けて市場と技術と政策はうまくみ合わないと思いません。次世代自動車は普及しないと思いません。我々、産、学、官が協力して研究開発を進めなければならない。特に、先進技術をどうやって産業界と一緒に進めていくか、また人材を供給することも重要です。国際貢献と技術立国をセットでやる必要があります。それには、エンジンの効率は2030年に向けてアップします。それを利用するハイブリッド、プラグインハイブリッドも燃費改善が可能になる。EVに関してはバッテリー技術を今後どう改善していくかがカギです。燃料電池は、低炭素の水素生産体制の構築とコスト低減が問題です。このような課題と解決していく必要があります。

ダイムラー社が提唱するCASEとは、Connected 繋がる、Autonomous自動運転、Shared and Services=共同利用とサービス、Electric 電動化を意味します。シツツガルト市内の将来の街並みをダイムラーが描いているのですが、ダイムラーの本社がある所でもあり、こうなるだろうと言っているのですが、私はそうはならないと思います。

質疑

Q) バッテリーに使用される鉱物資源、特にリチウムの枯渇が心配ですがどのような状況にあるのでしょうか？

A) リチウムは無尽蔵にあります。南米には塩湖が沢山あります。チリ、アルゼンチン、特にボリビアのウユニ塩湖には高濃度のリチウムがあります。電池には、コバルト、ニッケルも必要で、価格が上下する状況にあります。コバルトは、コンゴで70%生産をしています。ここには中国の資本が入っていて価格を支配している面があります。

Q) EV、燃料電池車になると部品点数はエンジン車に比較してどれ位減るのでしょうか？

A) 3万点から2万点位になります。

Q) 部品点数が減ることで、新興国でも部品を買ってきて簡単に車が作れることになるのでしょうか？

A) 中国はそれを狙って電気自動車へ傾斜しているのですが、部品点数が減ったからと言って車が簡単に作れるものではありません。部品はかなり精緻に高度化しています。すり合わせ技術を含めて10年ぐらいの差があると思います。

大聖泰弘先生のプロフィール

1976年早稲田大学大学院理工学研究科博士課程を終え、専任講師、助教授を経て1985年より同大学工学部教授。2010年9月から2014年9月まで同学理工学術院大学院環境・エネルギー研究科長、環境総合研究センター所長。2014年から2016年度早大研究院 次世代自動車研究機構長を務め、2017年4月より名誉教授、2019年4月から同機構研究所顧問となる。

研究分野は、エンジンの燃焼、排気浄化、高効率化、新燃料の利用技術、電気自動車、ハイブリッド車、燃料電池車の製作と性能評価。企業60社と学内外の研究者と共に早大モビリティ研究会を組織し、次世代自動車の技術課題やクルマ社会の在り方について研究をしている。

自動車技術会福会長(2004年～2006年)、国際自動車学会連盟(FISITA)副会長(2008年～2012年)、環境省中央環境審議会専門委員、国土交通省交通政策審議・社会資本政策審議会委員・経済産業省総合資源エネルギー調査委員会委員、その他自動車の環境・エネルギーに関する委員会の委員、委員長等を歴任。

【最近の共著書】

「2050年クルマはこうなる」自動車技術会、2017年

「展望次世代自動車-実用化と普及拡大に向けて-」化学工業日報社、2011年

「次世代電池2010」日経BP社、2009年

- 「クリーンディーゼル開発の要素技術動向」NTS、2008年
- 「バイオエタノール最前線」工業調査会、2008年改訂
- 「機械学会便覧応用システム編 4内燃機関」日本機械学会、2006年
- 「高性能ハイブリッド自動車の研究」山海堂、2005年
- 「燃料電池自動車のすべて」山海堂、2005年
- 「電気自動車ハンドブック」丸善、2001年