

HESS 座談会「環境対応車開発動向をさぐる」

日時：平成21年3月31日（火）14:00～18:00

場所：東京農工大学田町オフィス

（キャンパスイノベーションセンター 609号室）

出席者：

西宮 伸幸（司会・編集委員長、日本大学）

桜井 誠（編集委員事務局、東京農工大学）

荻野 法一（（財）日本自動車研究所）

小島 由継（編集委員、広島大学）

小堀 良浩（編集委員、新日本石油株式会社）

鈴木 讓（編集委員、株式会社鈴木商館）

田中 秀明（編集委員、（独）産業技術総合研究所）

安田 勇（編集委員、東京ガス株式会社）

山根 公高（編集委員、東京都市大学）

原田 亮（編集委員、国際石油開発帝石株式会社）

記録：

野上 真生、木村 浩隆（東京都市大学 大学院生）

（敬称略）

今回の座談会は、自動車動力源(燃料や二次電池など)の現状や今後の課題を話題とした。環境対応車として注目されている電気自動車や燃料電池車に関する鈴木氏の調査資料(P.56-P.58)を参考に話し合った。

Part 1：電気自動車の実力と役割の認識についての意見交換

つぎの5項目を確認した上で意見を交換した。

- 1-1 電気自動車(以下 EV)に対する燃料電池車(以下 FCV)の優位性
- 1-2 2015 年対応の燃料電池ハイブリッド車(以下 FCHV)の現在の開発段階
- 1-3 プラグインハイブリッド車とハイブリッド車(以下 HV)の違い
- 1-4 T 社の自動車付属太陽由来電力の真価
- 1-5 二次電池発達による自動車走行距離の伸張と限界

Part 2：さまざまな自動車動力源の実用化に向けて

Part 1：電気自動車の実力と役割の認識についての意見交換

1-1 EV に対する FCV の優位性

西宮 まず EV には、一般乗用車並み EV と軽自動車並み EV とゴーカート的 EV の3種類があると思われる、新聞などではゴーカート EV のようなものでも軽自動車並み EV と掲載されることがあります。

荻野 ゴーカート並み EV というのは原付4輪 EV のことだと思われます。

小島 三輪車みたいなものがありますよね。

荻野 それはシニアカーで時速 65km/h 以下に制限されていて、歩行者扱いになりナンバーも有りません。ナンバーを取っているのは原付です。

西宮 原付4輪はナンバーが取れるということですね。報道は気をつけないとすべてゴチャゴチャになっていますね。鈴木さんの資料では、FCV と EV であれば、FCV の優位性は揺るぎ難いとありますがこれはどういう内容ですか。

鈴木 軽自動車以下は EV の可能性がありますが、その上のランクになると難しいと考えられます。資料



(和やかな雰囲気の中、行われました)

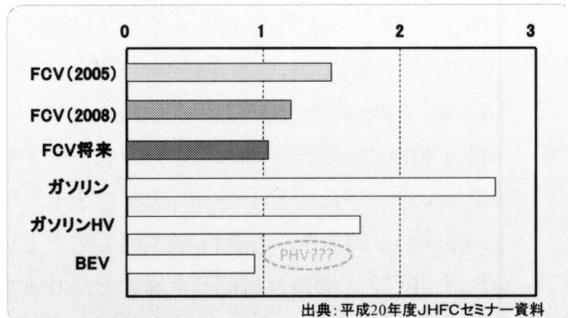
の (P57 表 1) に記載した「プリウス並 EV」とは、室内空間やパワーなどの点をプリウスとそろえて同じ土俵で比較したいため、その様な表記にしています。そのままの比較ですと軽自動車並みの EV になってしまいますからね。

- 小島 自動車サイズに依存するということですね。
- 鈴木 そこに機能性も入ります。
- 西宮 サイズと機能をプリウスにそろえるとガソリン HV も EV と同程度の可能性があるというのが表 1 ですね。この議論については荻野さんが資料を作成して下さっていますので、荻野さん説明をお願いいたします。
- 荻野 1km 走行あたりの 1 次エネルギー投入量を比較した下の図を見てください。FCHV、ガソリン車、ガソリン HV、BEV のみを載せており、ディーゼル HV も検討はしていますが今回の図には載せていません。すべて 1500cc クラスで、最高速度などを合わせて比較を行っています。BEV の航続距離については条件を合わせていません。BEV とはバッテリー EV をさし、バッテリーのみを用いるということを示した表記です。BEV が一番優位であると図示されていますが、BEV の航続距離の制限を前提にした比較であり、一般の乗用車の性能に合わせた比較はできていません。
- 小島 一般の乗用車で比較を行った場合、EV の優位性はどうかと思いますか。
- 荻野 EV では航続キロ数と重量がシビアに関連します。航続距離を一般の乗用車に合わせると二次電池の搭載量がとんでもない量になりますので、検討できないと思います。
- 小島 つまりは一般の乗用車としての EV は成立しない

ということですか。

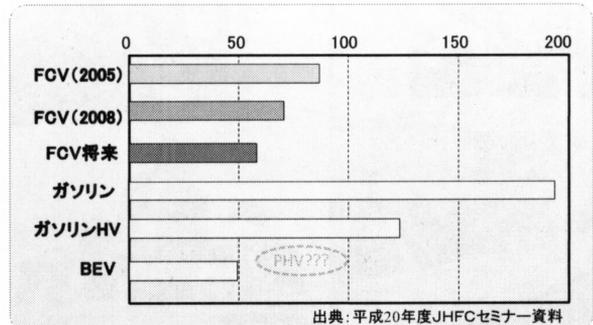
- 荻野 今の二次電池の性能であればガソリン車全ての代替は出来ないと、私個人はそう思っております。
- 西宮 この図だけを見ると、自動車動力源として BEV が一番よくみえますよね。
- 荻野 そう見えてしまっていますが、いつも先ほど説明した BEV の条件が違うという注意書きを入れてグラフを掲載しています。しかし、注釈が抜けて掲載されてしまい、勘違いされる方もいるかもしれませんね。BEV には航続距離という問題が必ず加わってきます。
- 小島 では、軽自動車での比較を行うのはどうですか。
- 荻野・山根 そうですね。今後検討が必要だと思います。
- 鈴木 やはり、それぞれの自動車の住み分けとというのがあって、走行距離を考えると EV に手が出しづらい自動車会社もあるのではないのでしょうか。
- 小島 やはり鈴木さんの資料の表 1 (P57) にあるように、航続距離が短いときは EV で、長い時は EV では難しいと思われそうです。
- 西宮 航続距離を稼ぐだけなら可能かもしれないけれど、重量の問題から自動車として成り立たないですからね。
- 荻野 そうですね、EV は航続距離の問題からも限定された地域や使用用途になるでしょう。ただやはり、全ての自動車に対してどれか 1 つが自動車の動力源として優位性があるとは考えられませんよね。
- 鈴木 FCHV を開発するにあたって、EV 用の二次電池を開発することは、決して損な事ではなく、電気は必ず次世代必要になると思われます。二次電池の種類にかかわらず、そのポテンシャルを上げる

1km 走行当り一次エネルギー投入量 (10・15モード) 単位: MJ/km



対象車両: 乗用車 (1500cc クラス)
 性能: 基本性能は原則同等 (例外: BEV 航続距離等)
 電源構成: 日本の平均電源構成

1km 走行当り CO₂ 総排出量 (10・15モード) 単位: g-CO₂/km



対象車両: 乗用車 (ガソリン車 1500cc クラス)
 性能: 基本性能は原則同等 (例外: BEV 航続距離等)
 電源構成: 日本の平均電源構成

事は必要であると考えられます。ただし、EV でやっていこうとする際、航続距離の問題と当面はコストの問題もあると思いますよ。さらに、二次電池の安全性についても考えていかなければならないでしょう。

西宮 すなわち、EV の課題は航続距離とコストと安全性ということですね。

小島 FCHV と EV のどちらがコスト高ですか。

鈴木 現在 FCHV は量産性が無く、分母の数が違うため FCHV と EV のコスト比較はできないと思われま。FCHV のコスト目標は現在のコストの 1/100 ですが、現状の技術開発で達成できるのは 1/10 程度までであり、量産効果加わること射程圏内に入るのではないのでしょうか。

西宮 すなわち究極の姿でコスト比較すると、FCHV よりも EV のほうが高いということですね。

鈴木 現状だと EV の方が手の届く感じだが、航続距離の割には高いと考えられますね。

西宮 やはり自動車動力源は航続距離とコストを合わせて考えなければいけませんね。

荻野 現状、リチウムイオン電池は 20 万円/kWh と言われています。量産により半分以下にはなるでしょう。更にいくと 3 万円/kWh くらいになると言われています。ただ、それでもガソリン車と比較した場合まだ高いと考えられます。

西宮 一方の燃料電池は kWh あたりで金額が考えられますか？家庭用燃料電池だと kW あたりで金額が表現されますが。

安田 いえ、考えられません。

荻野 コスト以外にも、EV は燃料をどれだけ積めるかが問題です。

鈴木 そうですね、自動車の動力源には「適地・適時・適車」ということがあり、場所や時勢に合った自動車があると思われま。今一番問題となっているのは、やはり二次電池の高容量化と FC のコストダウンと水素インフラの構築でしょう。水素インフラは政府などへ働きかけをして何とかしていくとしても、前者 2 つは現状の技術では問題があると思われま。ただ、自動車業界、石油業界としては FCHV のほうが良いでしょうね。なぜなら、利益を享受できる産業が変化しないからです。水素内燃機関の有用性も考えると FCHV のほうが水素インフラの面でも良いと思われま。ただ本当に

自動車として考えた場合、市場に受け入れられるかどうかは問題です。例えば、EV と FCHV の値段が同じになったとして、燃費や維持費は FCHV のほうがかなり良いとされています。

小島 そういえば、FC は白金などのレアメタルを使用しなければなりませんよね？

荻野 そうですね。現在は白金量を減らす研究を行っています。

山根 ただ、白金を 1/10 に減らすと耐久性が激減しますよ。使用者が何を求めているかですよ。水素も現在は高く、現段階の値段では普及は見込めないでしょうね。

西宮 FCV に優位性がある航続距離と勝負しようとして、もし EV で航続距離を無理に伸ばすとしたら、重い、値段が高い、安全性が心配という三重苦になってしまいますね。

山根 EV のインフラはどうするのですか。

荻野 EV の場合、普通充電の際は問題ありませんが、やはり自動車ですので急速に充電しなければいけません。仮に 30kWh のバッテリーに 5 分で充電するとした場合、充電のために 300kW 以上の電力設備を準備しなくてはなりません。果たしてその様な設備が街中にできるかは何とも言えませんよね。そういった面でも EV には課題があるといえます。

小島 では、自動車動力源の充填時間で、水素を高圧タンクに充填する時間と、バッテリーに電気を充電する時間とではどちらが早いのですか。

荻野 それは水素を入れるほうが圧倒的に早いです。

小島 すなわち充填時間の面でも FCV が優位であるということですね。

荻野 はい。そういうことになります。

鈴木 以前から疑問だったのですが、EV で航続距離が 200km だとして、今の自動車の使い方から考えると梅雨や真夏などは除湿冷暖房を使われま。そういうことで航続距離が一気に 120km ぐらまで落ちてしまうと聞きましたが、どうなのですか。

荻野 実は昔の EV で暖房をつけた際、約 4 割も航続距離が落ちてしまった経験があります。最近では改善が進んでいますが、それでも 3 割程短くなってしまわれま。EV で暖房をきかせる際は、バッテリーの電気をを使うしかありませんので、航続距

- 離が落ちてしまうのは仕方ありません。EV の場合は、ガソリンハイブリッドに比べてインフラが整ってはいませんが、実航続距離が百 km 以上オーダーであればある程度実用的になると考えられます。
- 西宮 EV のインフラが整って、200km 以上走行すれば何とかなる、ということになるかもしれないですね。
- 荻野 EV の航続距離を伸ばそうとすると、電池が大きくなり車両も重くなり効率が悪くなり航続距離が伸びないといった悪循環になります。話を少し戻しますが、挿入図の水素燃料は副生水素を利用する場合の値となっています。副生水素は現在燃料として使われていますので、その水素を自動車に利用する場合に代替で利用される燃料を投入エネルギーとしてエネルギー効率・CO₂ 排出量を計算しています。
- 山根 副生水素というと、コークスを利用していますよね。
- 荻野 ここではコークスオフガスではなく、苛性ソーダ工場の副生水素です。
- 山根 2 次生成物としても、副生する段階までにかかなりの量の CO₂ を排出していませんか。
- 荻野 副生成物として発生したものを利用することから、それまでの CO₂ は含んでいません。すなわち、もともと水素はあるということからの CO₂ 計算です。ただし、先ほど述べたとおり、代替として利用される燃料を作るまでの CO₂ は計算しています。
- 西宮 そうしますと、燃焼熱ベースで合わせているということですね。
- 荻野 はい、そうです。
- 山根 では副生成水素は電気分解して利用していますが、その電気分解時に使用する電気エネルギーの CO₂ は含んでいますか。
- 荻野 それも含まれておりません。
- 山根 すなわち、ピュアな水素を利用しているということですね。
- 荻野 そうです。最初からあるものとして計算しています。
- 西宮 それでは CO₂ 量が違いますか。
- 荻野 先ほど述べたとおり、代替として利用される燃料を作るまでの CO₂ は計算しています。
- 山根 ソーダ工業では水素を燃料としても使用している
- のですね。
- 鈴木 1 コンビナートで 12 円/m³で、これはカロリー換算です。
- 西宮 この表だけを見ると BEV がいいように見えますが、どうなのですか。
- 小島 この表はすこし変更した方が良くもありませんね。
- 荻野 先ほども言いましたように、極力 BEV の条件が違う旨注意書きは入れておりますが、グラフの部分だけが 1 人歩きしてしまっている傾向があります。
- 小島 HESS としては悪い方向に利用されていますよね。
- 荻野 BEV だけで全ての車に対応出来る訳には行かないですよ。今の二次電池性能がかなり向上すれば話は別ですがね。しかしそれは、FCV が実現するよりも難しい技術になるのではないかと思います。
- 山根 私自身も水素内燃機関をやっています、二次電池と比較したことがあります。電極に鉛が使用されていた時代です、その時は鉛の 10 倍のエネルギー密度がなければ二次電池が使えないと考えました。現在は、リチウムは鉛の 2 倍程度のエネルギー密度であると聞きます。すなわち、二次電池というのはまだまだ研究段階ということですね。
- 小島 リチウムの 10 倍のエネルギー密度が必要だと考えています。現在、体積密度だと同程度であると思います。重量比が重要です。
- 山根 そうです、車の燃費には重量はかなり影響すると考えています。
- 西宮 EV と FCV の比較で、航続距離のほかに居住空間は比較していますか。
- 荻野 今の BEV は床下にバッテリーを収納しているため、車高が高くなる可能性があります。
- 山根 車の燃費は体積流量で決まってくると思いますが、EV と FCV はどうですか。
- 荻野 BEV と FCV については重さ増等を考慮してシミュレーションで計算しています。
- 山根 計算とは 10・15 モードですか。
- 荻野 そうです。
- 山根 それなら 10・15 モードで慣性力など比較ができますよね。
- 小島 FCV はハイブリッドではないのですか。
- 鈴木 FCV は基本的に FC と二次電池のハイブリッドです。

荻野 FCV でハイブリッド以外の FC のみを動力源としていたコンセプト車は今ではなくなっていますので、基本的に FC ハイブリッド車です。

山根 前から疑問だったのですが、二次電池の寿命はどの程度ですか。

荻野 BEV は二次電池を 100% から 0% まで使いますし、温度環境などの条件によって寿命は大きく変わってきてしまいます。現在 BEV メーカーが各社実証していますが、はっきりとしたデータが出ていない、のが現状です。

山根 では、 -30°C 程度のロシアなど気温の低い地域では使用が可能ですか？

荻野 暖めるという方法も考えられますが...

山根 そうですよ。エンジンも暖めていますしね。

1-2 2015 年対応の FCHV の現在の開発段階

西宮 FCHV 開発は「設計開発」の段階に入っていると聞きます。「設計開発」とはどういう意味でしょうか。ここまできたらもう後戻りできないところまで設備投資ができていくということでしょうか。

鈴木 国内では石油会社、NEDO、経済産業省などが一緒になって 2015 年あたりに次世代 FCHV を出す計画を示しており、撤回していません。すなわち、すでに設計段階にあるでしょう。2012 年にはなんらかの型が出されると考えられます。

小堀 石油会社は 2015 年に本格商品化の判断をする予定になっています。

鈴木 この段階にきて景気が低迷していますが、HV においては H 社のクラリティが、アメリカでのリリースを去年から行っています。今年度も行う予定だそうで、他社にも影響があるでしょう。アメリカはオバマ政権になり、カリフォルニア州の排ガス規制内の自動車が必要です。カリフォルニア州は水素ステーションが 16 箇所程度あり、将来的に 150 箇所程度にしていこうという、シュワルツェネッガー氏の公約が生きています。FCHV 開発を進めても良いと考えられます。一方 EU は、バカンスなどで遠出をするため、EV では厳しいと思います。

小島 現在市場に出ている FCHV と 2015 年に出る FCHV とでは何が違うのですか。

鈴木 現在の FCHV 部品一つ一つのコストを見直し、自動車全体で 1/10 にするそうです。

原田 ただ燃料電池の本体が、1kW 当たり 1 万円は現状から判断すると難しいといえるでしょう。白金など原材料だけでそれくらいはいきますよ。

小島 ぎりぎりのところで、いくらくらいでしょうか。

原田 10 年以上前は、1kW 当たり原材料費だけでも 100 万円程度です。それから車にしていけるわけですから、もっと高くなります。

小島 すなわち完成車ですと 3000 万円程度になりそうですね。

原田 コストダウンをどこまでできるか分かりませんが、現在のシステムであればそうなるでしょう。現在の家庭用燃料電池システムが 1kW 当たり 300 万円台になったことは非常に評価できると思います。10 年以上前に試作品で作成されたものは、1kW 当たり 2500 万円以上もしました。

小島 一桁落ちたということですね。

原田 そうですね。そのときは生産台数がたったの 3 台でしたからね。

西宮 現在の家庭用燃料電池は給湯器など全て含んで 1kW 当たり 300 万円程度ですよ。

原田 その中で燃料電池代は、1/3 の 100 万円程度です。まだまだ、コストダウンの必要がありますが、なかなか原材料費が高く、コストダウンし難いところがあります。

山根 それに、レアメタルなどを使用している時点で原材料はある程度より落ちることはないと思われそうですよ。

1-3 プラグイン HV と HV の違いについて

西宮 プラグイン HV と通常の HV の違いは何でしょうか。

荻野 外部からの充電機能があるものを、プラグインハイブリッドといいます。

小島 現行のプリウスで外部充電機能があればプラグインハイブリッドということですか。

荻野 そうですね。アメリカではプリウスを勝手に改造してプラグインハイブリッドにしているものもあります。

西宮 すなわち、二次電池とガソリンの航続距離比ではないということですね。

小島 では例えば、燃料を積んで発電を行った場合はプラグインですか。

荻野 それは HV です。発電機を積んでバッテリーに充

電しながら走行するのは、シリーズ HV です。外部から電気が充電されない場合は、プラグインハイブリッドとは言えません。

西宮 燃料を積んで発電を行うというのは、トラックに固体酸化物形燃料電池を積むようなイメージですか。

小島 いえ、たとえば屋台などのことです。多くはディーゼル発電です。

荻野 それらはすべてシリーズハイブリッドと呼ばれております。それに外部充電機能が付いていればプラグインシリーズハイブリッドです。

1-4 T 社の自動車付属太陽由来電力の真価

西宮 T 社の自動車に付属させた太陽電池はどの程度効いているのですか。

鈴木 デトロイトモーターショーに出た T 社の新型プリウスについていた太陽電池は、換気する程度のもので、補器として使用できる電力は無いと考えられます。すなわち、PR のためですよ。

山根 一般的に、太陽のエネルギー密度は 1m^2 当たり 1kW といわれており、太陽電池の効率が 10% の場合、 100W となります。従って、アクセサリでしかないでしょうね。こういうものを太陽電池車としているのは、誤解が生まれますよね。

1-5 二次電池発達による自動車航続距離の伸張と限界

西宮 二次電池の発達によって航続距離にどのような影響、または限界があると考えられますか。

鈴木 現在のリチウムイオンバッテリーの 6 倍程度の航続距離が稼げないと、現実的ではないと思われま

す。

西宮 6 倍といいますと、どの程度の重量になりますか。

鈴木 重量を同じと仮定して、航続距離を比較していま

す。重量は約 $100\sim 200\text{kg}$ 程度です。

西宮 それは許容範囲ではありませんか。

鈴木 重量を変えずに、リチウムイオンバッテリーのエネルギー密度は 2 倍程度まではいく可能性はありますが、それ以上は難しいでしょう。

小島 リチウムイオンバッテリーは発売当初から技術的に大きく変わっていません。あまり、進歩していないといえるでしょうね。

山根 Mn などを入れて寿命を延ばしているとよく聞きます。ただ、今まで進歩していないということは、

これからも進歩しないということですか。

小島 高性能化のブレークスルーがあれば進歩すると思

います。

荻野 トヨタが実証しているプラグインプリウスは、プリウスのニッケル水素バッテリー 2 個を搭載して、外部からの充電による航続距離は 13km です。アメリカの GM では、航続距離 64km (40 マイル) のものを開発しているそうです。国の違いや走り方によって必要航続距離は変化すると思います。

小島 アメリカの GM のものは 64km も走れるのですね。

山根 ただそれは、走り方も関係しますよ。ゆっくり使用すれば効率がいいですが、出力を出すためには化学反応をいっぱい行わなければなりません。従って電池は効率が悪くなります。内燃機関から考えるとそのあたりにカラクリを感じます。テストコースなどの特別な場所でゆっくり使用し、電池の全部を使用しての航続距離だと考えられます。

小島 ただ、電池のエネルギー効率は良いのですよね。

山根 それはいいですよ。

西宮 パワーとスピードは相反関係になるのですか。

荻野 モーターは低速でも効率がよく、内燃機関の場合は低速時効率が悪いです。

西宮 ではパワーは高いが、スピードは遅いということですか。

山根 エネルギーが一定であることが前提条件です。結局、ゆっくり反応させれば反応効率はいいですよ。同じ温度、同じ表面積のもので比較すると、燃料電池は SV 比があり、水素が急速に流れると反応速度が遅い為、不消化で終わってしまうことが多いのですよ。

小島 私の感覚ではそんなにはないと思うのですが。

山根 ただ、化学には反応速度の問題が関係すると考えられます。

小島 燃料電池の場合、燃える様な反応をしないから不消化があるのであって、開始してしまえば同じような反応速度ではないでしょうか。

西宮 そういえば、鈴木さんの調査資料 (P57 表 1) では kWh あたりの水素で電気代などを計算している

ので、スピードなどの概念が入っていませんね。

山根 入っていないですね。電池とはエネルギーをためるものですから基本的には kWh で表記しますよね。配線の内部抵抗や速度抵抗が大きくなり、パワーを一番使用するようなところはディーゼルと

同じ40%程度の効率と聞いたことがあります。また、低負荷時の効率はディーゼルの3倍程度になると聞いています。

小島 抵抗加熱というか、発熱、すなわちジュール熱の所では効率が下がるのは当然ですよ。一度スピードが乗ってしまえば慣性力で動きますので、一定の高速走行が可能、すなわち、加速度と速度は別ですよ。

西宮 航続距離数が何kmかというのは一概には言えないということですね。

小島・山根
そうですね。

荻野 実航続距離は条件によって変わりますが、一般には10・15モード等の統一指標で試験を行っています。

Part 2 : さまざまな自動車動力源の実用化に向けて

西宮 まず表1 (P57) を見てください。ここで比べられているのはEV、新型プリウス、プリウス並みEVです。先ほど言いましたのは一番右にある、1km走行あたりの排出CO₂量で、これが新型プリウスとプリウス並みEVとであまり変わらないという点です。そしてその表の下の本文に、「比較データを見るとEVは小さな車であれば環境にいいと思える、しかし快適性を求め、居住空間を大きくし、パワーも大きくするとEVのメリットは小さくなりそうだ」という記述があり、その後の5行目から「コスト、技術の問題でFCV、FCHVがまだまだ先の実用化であり、石油系燃料がダメと言われたら、個人的には水素内燃機関ハイブリッドを開発してくれと言いたい」と続きます。これが資料をまとめた鈴木さんの気持ちだと思います。確かにこの数字を見るとそういう考えになるのもわかります。ところが、Part 1での荻野さんの話ですと、電気自動車でバッテリーの技術が上がり、インフラなどが解消されていくというルートがある一方、最終的にFCHVになるのもありだ、とおっしゃったように思いましたが、そうではないのですか。

荻野 バッテリーの性能向上がまずあって、と考えております。

西宮 バッテリー技術がよくなることによって、という話はプラグインハイブリッドがよくなるという話でしたね。

荻野 はい、そうです。まとめるとこうなると思います。将来の自動車は、近距離の用途限定の部分はBEV、長距離用途の部分はFCVといった棲み分けになるでしょう。そこに至るまでの途中段階では、性能が上がったバッテリーを利用したプラグインハイブリッドが普及することも考えられます。先ほど鈴木さんの仰った通り、一つの技術に絞るのではなく、「適地・適時・適車」という考え方が重要だと思います。

西宮 FCHVの立場から見ると、プラグインハイブリッドが市民権を得る可能性がある一方、さらに、EVからFCHVへ進むというルートがある、こう言えると思いますが、FCVが本当にいいのであれば、こういうルートではなく、水素内燃機関がその前に来てもいいのではないかと、というのが鈴木さんの考えですね。

鈴木 そうですね。水素インフラが整ってもコストは下がりませんし、EVに持っていく前に水素ディーゼルHVのような内燃機関水素、これはロータリーでもいいですけど、そういったハイブリッドでもいいのではないかと考えています。

山根 これは燃料の量にもよりますから難しいですよ。エネルギーベースで比べると、水素は液体水素であっても体積あたりのエネルギーはガソリンの4分の1しかありません。液体水素1ℓとガソリン1ℓを比べると、ガソリンの方が4倍もエネルギーがあります。車だと体積で車載量を考えますから4分の1しか走らないことになります。

西宮 それはカロリーベースであつたらということですよ。

山根 そうです。カロリーであつたらということ。燃料電池にしてみればそれは関係ありません。しかし問題は、アウトバーンのような高負荷のかかる場所で走った時にロスが発生することです。

鈴木 内燃機関で水素だったら航続距離はどれぐらいなのでしょう。

山根 ガソリンと比べて4分の1程度ですよ。

小堀 FCVだったら現在70MPaで航続距離が800km程度ですよ。

小島 だからFCVは1kgの水素で150kmですよ。

小堀 水素内燃機関の場合1kgの水素で航続距離はどれぐらいなのでしょう。

山根 燃料電池程はいかないと思いますよ。

- 小島 確かオボニックのデータで、1kg あたり 90km 程度と書いてあったと思います。もちろんそれは HV にして考えてあります。
- 山根 水素 HV にしてもやっぱり燃料電池程は行かないですね。
- 小島 しかし、初期の燃料電池と性能のいい HV は同じぐらいですよ。初期の燃料電池というのは 2005 年に出たぐらいのものです。
- 鈴木 水素ディーゼルにしたら航続距離はよくなりますか。
- 山根 希薄時のディーゼル燃焼ですと、すこしですが 2 割程度よくなります。
- 鈴木 じゃあ自動車メーカーが水素ディーゼルを EU 向けに行っているのは、その 2 割を稼ぎたいということですか。
- 山根 それもありますが、水素ディーゼルは希薄燃焼がうまくいくので、熱損失が少なくなります。普通のガソリンエンジンであっても燃焼温度 2000~3000K 程度で、このうちいつも 3 割程度の熱損失があります。しかし希薄燃焼にすると温度が下がります。水素は更に薄い混合気で燃焼させることができるため、温度が下がります。個人的な経験では、空気を理論値の 2.5~3 倍程度入れると一番よくなります。熱損失と燃焼速度のバランスがよくなり、オートサイクルのような燃焼になります。そういう燃焼をさせることによってひよっとしたら航続距離が約 1.2 倍になると思います。しかし、航続距離が 2 倍も行くことは絶対ありません。
- 小島 じゃあ、うまくいけば現在の FCV 程度にはなるということですか。
- 山根 そうですね。それには HV を使わなければいけません。
- 小島 HV を組み合わせて現在の燃料電池程の航続距離になるようなら、水素ディーゼル HV をやるべきですね。
- 山根 はい。組み合わせればかなり良いものだと思います。低負荷だったら燃料電池の半分程度、高負荷だったらひよっとしたら追い越すかもしれません。
- 小島 それはすごいですね。
- 西宮 少し数字のほうを整理しますと、小島先生が先ほど言われた「水素 1kg で航続距離は 150km」。これは H 社のクラリティの値ですよ。
- 小島 カタログデータになってしまいますがね。
- 西宮 今度は水素内燃機関で、水素 1kg の燃焼熱でいくとガソリンにすると約 3kg 分ぐらいですよ。
- 山根 はい。それぐらいです。
- 西宮 ではガソリン 3kg 分だと仮定して、そうするとだいたいガソリン 4l になりますよね。では、4l だったら HV 車はどのくらい走りますか。
- 小島 だいたい 1l で 38km ですね。
- 鈴木 HV でも、カタログと実際に走るのとでは航続距離が変わってしまいますよね。
- 山根 だいたい HV は普通のガソリン車の 2 倍走ると考えればいいと思いますよ。
- 鈴木 旧型プリウスで実際の航続距離は約 20km 程度、新型で約 22km ぐらいですよ。
- 小島 旧型プリウスは 30km くらいありませんでしたか。
- 山根 それは公表値で実際に走ると違います。
- 西宮 でも、クラリティも公表値ですよ。
- 小島 30km 走ったとして、ガソリン 4l 相当だと 120km になります。ということは FCV とほぼ一緒ぐらい走るということになりますね。逆に、FCV はがんばってもガソリン HV と同じぐらいにしかならないということですね。
- 西宮 もう一度整理します。水素 1kg でクラリティだったら 150km 走りますよね。これが前提になります。次に、水素 1kg と同じカロリーのガソリンは 3kg になります。比重 0.75 と近似するとガソリン 3kg は 4l ということになります。ガソリン HV が 1l あたり 30km 走るとすると、120km 走るという計算です。
- 小島 実際の旧型プリウスの公表値は 35km なので 140km になります。
- 西宮 内燃機関はそんなに走るものですか。
- 山根 それは HV だからですよ。
- 西宮 そんなに走るようなら燃料電池と勝負になりますね。
- 鈴木 でも T 社が公表しているのは旧型で 19.2km/l です。
- 山根 でも、実際はガソリンエンジンの倍程度走りますよ。僕もプリウスに 4 年ほど乗っていますが、完全にガソリンエンジンの倍は走ります。
- 小島 それは実際の航続距離ですよ。そうではなくてモード走行で考えなければならないのではないですか。
- 鈴木 排ガス規制で規制値をどこに置くかを決めるのは

モード走行です。

小島 クラリティの航続距離はモード走行で考えていますからね。

山根 でも、水素で考えた場合、エミッション等は関係ないですよ。

西宮 つまり、この鈴木さんの資料には非常に説得力がありますよね。今日の話で EV を重点的に行うと EV の先にあるものはプラグインハイブリッドということになり、そこで終わってしまいますよね。しかし、水素内燃機関でひとつのきっかけを作って、それによって、水素インフラが改善され、FCHV に発展していくのではないかと。そういう提起をするだけの説得力があります。これがこの座談会の結論になるのではないのでしょうか。

小島 HV 車がガソリン 4ℓ で 140km 走るとしますと、同じ熱量の水素 1kg で 150km しか走れない FCV の方に問題があるのではないかと考えてしまいます。

山根 つまり HV はとてもいい手段ということですよ。

桜井 でも、燃料が水素とガソリンで違うので、ガソリン HV は CO₂ の排出が問題になりますよね。

小島 しかし、水素の内燃機関 HV と水素の FCV の燃費がほぼ同じですよ。じゃあ、どうして水素の FCV を開発しなければならないのかということになりますね。

西宮 恐ろしい話になってきましたね (笑)

桜井 表立って言える話ではなくなってきましたね。

山根 ある会社が燃料電池バスと内燃機関のバスを作っています、そのまま比較したデータがあったのを見たことがあります。両者ともかなり近い値になっていたということがありました。低負荷のときだけ FC がよくて、高負荷になると内燃機関の方がよかったのを覚えています。

小島 車というのは高負荷の領域を必ず使いますからね。

山根 そうですね。内燃機関 HV にすると低負荷での燃費が改善されるので、全体として内燃機関の方がいいのではないかと以前から思っていました。ただ、水素内燃機関も燃料タンクや燃料供給装置などの問題がありますし、FC 同様内燃機関の触媒に白金が使用されていますので、そのあたりも今後の研究が必要ですよ。

小島 ただ、FC に使用する量の 1/10 程度と伺っています。

原田 昨今のエネルギーを取り巻く環境から考えますと、水素から EV あるいはハイブリッドに変化してきて、これは私の持論ですが、エネルギーはモザイク化していくと思っています。これまでの石油であったり、天然ガスであったり、原子力であったりといった従来のエネルギーの他に、これまでに利用されていない、いろいろな形態のエネルギーを使っていく時代に入っていくのではないかと考えています。そういう視点から、今回の議論にあるような水素に限らず自動車のエネルギー源としていろいろな形態のエネルギーが入ってくるという予測は自然なものではないかと考えています。EV も FCV もすぐにうまくいくとは思いませんが、新しい方向を模索していく開発を継続することは、喜ばしいことではないかと考えています。

西宮 議論もまとまってきましたね。結論としては、鈴木さんの資料にあるように、今後の自動車には適材適所の動力源が使用されていく、と言えるでしょう。今日明らかになったそれぞれの動力源の問題点を今後改善していく必要がある、ということですね。ありがとうございました。このまままとめて世の中に聞かせましょう。