

特集：座談会

エンジン・ハイブリッド・EVの将来 —自動車用パワートレインの ベストミックスを考える



Members

草鹿 仁

座長（兼）：早稲田大学 教授
理工学術院 創造理工学部総合機械工学科
大学院 創造理工学研究科総合機械工学専攻
同 環境・エネルギー研究科 環境・エネルギー専攻

武田 好央

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
エネルギー・環境領域 省エネルギー研究部門
エンジン燃焼排気制御グループ 招聘研究員

石川 浩

経済産業省 製造産業局 自動車課
電池・次世代技術室長

近藤 圭一郎

早稲田大学 教授
理工学術院 先進理工学部 電気・情報生命工学科
大学院 先進理工学研究科 電気・情報生命工学専攻

大我 さやか

デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
パブリックセクター マネジャー

経産省の戦略会議一次世代自動車を5～7割に

草鹿 本日は皆さん、お忙しいところ、お集まりいただきまして、どうもありがとうございます。私、（公益財団法人）スズキ財団の審査委員をさせていただいている関係で、座長（司会）を務めさせていただきますが、今日のテーマは「エンジン・ハイブリッド・EVの将来」（※1）ということで、国の政策を担当されている方ははじめ、民間企業に勤めてディーゼルを中心にエンジンを研究し、現在は国の研究機関に移られている方、国際的なコンサルティング会社で各国の自動車関連政策に精通しCO₂（二酸化炭素）削減対策を推進されている方、電気・情報生命工学、昔でいうと電気工学の分野のモーターや強電（大きな電流・電圧を使う装置）の分野を専門とされている先生など、まさに「エンジン・ハイブリッド・EV」の最前線でお仕事に携わっておられる方をお呼びいたしました。今日はざくばらんにお話ししていただければと思います。

では最初に、国の政策という立場から経済産業省の石川さん、お願いいたします。

石川 皆さん、私よりお詳しい先生ばかりですが、今日の議論の論点の提出ということで資料（5、8、9、13 Pなど参照）に沿って、お話させていただきます。

今日のテーマの「エンジン・ハイブリッド・EVの将来」は、国の政策にとっても特に昨年来、最も大きなテーマの1つになっておりますが、経済産業省としても、この自動車の新しい局面にどういう方向性を出すのかということで、経済産業大臣主催の「自動車新時代戦略会議」（※2）を新たに設置し、今年4月18日からスタートしています。

自動車の電動化の流れはピュアなEV、ハイブリッド（HV）を含めて世界的に本格化し、長期的に見れば相当進んでくるという趨勢は否定できないことなんだろうと思います。資料にはIEA（International Energy Agency 国際エネルギー機関※3）の見直しETP（Energy Technology Perspectives）に基づいて作成した1つのシナリオが載っておりますが（8 P参照）、これを見ると、純粋ガソリン車は2030年までにピークアウトすると予測されています。

しかし、これはむしろ逆の見方もできて、今、いろんな国々ですぐにEVを入れるという話になってはいますが、そう簡単にすべてがEVに置き換わるということはないのではないか。これは当たり前のことですが、重要な点で、



経済産業省 製造産業局 自動車課
電池・次世代技術室長

いしかわ ひろし
石川 浩

そうすると過渡的に内燃機関（エンジン）の効率向上とハイブリッドが重要なカギを握ってくるということで、当面は内燃機関とハイブリッドが数においては多い時代が続くのは間違いありません。他方で、ハイブリッドを含めた電動化対応とエンジンの熱効率の向上という2方面というか、全方位作戦という形で、自動車メーカーはすべての方向に向かって頑張っていかなければいけないということで、非常に難しい局面だと思っています。

それで国の今の目標ですが、2030年までに国内市場の新車販売に占める次世代自動車の割合を現状（2017年実績）の36%から50～70%に増やしていくということになってはいて、この次世代自動車はHV、EV、PHV（プラグインハイブリッド自動車）、FCV（燃料電池自動車※4）、クリーンディーゼル自動車で、このうちEVとPHVは20～30%が目標となっています（9 P参照）。実績を見ると、HVはすでにほぼ目標を達成していますが、EV、PHV、FCVの目標達成に向けてはさまざまな政策が求められるであろうという状況です。これについては、日本も含め世界各国で2020年以降の車の燃費規

制をどうしていくかという議論が起きているところでありまして、これがどのように決まってくるかが、大きな論点の1つであります。

ですから今やパワートレイン（自動車を走行させるための駆動源）は純粹技術の話というよりは、各国の環境対策によって、かなりいろんな動向が出てきている。背景としてはCO₂もありますが、特にインドやASEAN（東南アジア諸国連合）などにおいては、大気汚染や石油などのエネルギーの安定供給の問題からパワートレインやEVの普及をどうしていくかという問題になっています。また特に中国においては、産業政策上の戦略でありますとか、あるいは他国の企業においては、ある種の企業戦略もあって、パワートレインの話が出てきていると思います。それに加えて、車の進化、まあ、自動運転とかシェアリング（Sharing）などが今後どうなるかということと相まって、読みにくい状況になっているということでございます。

電池、燃費の革新なども含め環境全体を考慮

こうしたパワートレインの議論をしていくに当たっての論点ですが、1つは国の政策から見ると、環境対策という面をどうしていくかという議論になるわけで、単に「Tank to Wheel」^(※5)という問題だけではなく、「Well to Wheel」^(※同)で見たらどうなるかも非常に重要な点だと考えております。例えば中国は、EVを盛んに普及させるということになっておりますが、電源構成からいくと石炭が7割という状況ですので、これを今のハイブリッドと比較すると、ハイブリッドのほうが二酸化炭素の排出量が少ないということもありますので、環境対策という観点からいくと、単純にEV化を進めれば良いというわけではなく、エネルギー政策と一体でパワートレインの問題を考えなくてはいけないと思っております。

今日の議論の大きなテーマである電動化のカギは電池ですが、過去10年で価格、性能が大きく進化していますが、それでも今、ピュアなEVとガソリン車の価格を比べると、EV車は高い。ですから今後、電池がどのくらいのスピードで、どの程度まで価格と性能が進化するかが非常に重要になってきます。ただ、人によって見方が分かれるところで、数が出れば、半導体などと同様に価格が下がってくるという見方がありますが、一方で特にリチウムイオン電池については、資源のコストがかなりの

割合を占める。その資源であるレアメタル（希少金属で現在、国によって31鉱種が指定されている）のリチウムとかコバルトなどの需要量はEV化が進むのに伴い、急激に伸びてくる。足元でも、そうした資源の価格が上がってきているうえ、資源のサプライチェーンについて、中国など一部の国の独占的、寡占的な状況もある。この資源確保をどう考えるかも大きな論点です。

他方で電池の技術革新ですが、国としても次世代の車載用電池の開発を支援してまして、昨今、メディアなどにも出ておりますが、全固体リチウムイオン電池^(※6)、さらには革新型的蓄電池^(※同)の研究開発を産官学一体となって進めているところでございます。

最後に国の政策の全体像ですが、大事な点は、特定のパワートレインを今後、増やせば良いという話ではなくて、IEAの見通しでは世界全体で見ると車の数は当然、増えるということですので、政策的にEVを含めたゼロ・エミッション・ヴィークル（ZEV^{※7}）を増やしていくとともに、燃費構造もCAFE型の規制^(※8)や他の支援策を通じて、従来車も含めた自動車分野の総合的な環境対策を考えていくということで議論を進めています。

レアメタルなど電動化に必要な資源の確保策を

草鹿 今のお話に関連して、モーターは近藤先生がご専門ですが、モーターに使用されるレアメタルの確保策について、METI（経産省）さんで何かお考えはあるのでしょうか。

石川 モーターに関して一時期、ジスプロシウムなどのレアアース（希土類=31鉱種あるレアメタルのうちの17種類の元素）の供給問題がありました。足元の状況は良くなっています。ただ、リチウムとコバルトはしっかり対策を講じるべきではないかという議論が出てきています。コバルトでいうと、コンゴ民主共和国で世界の生産量の半分くらいが産出されます。そうしたある種の紛争地帯ですと、普通の企業が行けなかったり、中国企業が強かったりという問題もありますので、電動化に合わせて、しっかりと資源の確保をしていかなければと思っております。

草鹿 ハイブリッド、プラグインハイブリッドなども含めて自動車の電動化率が高くなってくると、リチウムイオンバッテリー（電池）の性能向上とともに、もともとなる資源や素材などの確保も考えていかなければなりません。

武田 詳しくはあとからお話しさせていただきますが、私はトラック・バスを製造する商用車メーカーと建設機械メーカーで、ずっと、ディーゼルエンジンの研究開発をしており、一昨年に産総研（産業技術総合研究所）に移りましたが、今の自動車の排気ガスを浄化する触媒として白金などが使われていますね。リチウムイオン電池やモーターに使用される素材・資源は、その状況と似ているんじゃないかと思っています。

白金ですと、ご存知のように産出されるのが南アフリカ（共和国）とロシアの2カ国で、ロシアは何か政策的に供給量をコントロールしているようなところがあり、南アフリカは一時、ストライキがあって生産量が落ちてしまったなどで白金の値段が変わってしまい、先が読みにくい状況になりましたが、自動車の電動化に必要なレアメタル、レアアースではそういうことにならないように考えていかないといけない、と思います。

草鹿 先物的な要素がどうしても入ってきてしまうということですね。

武田 例えば欧米の大きな触媒メーカーは南アなどの白金の鉱山に資本を入れて、安定供給させようとしているようですが、日本の資本はほとんど入っていないですね。

大我（電子機器に使われているレアメタル、レアアースなどの）国内にある資源をリユースやリサイクルして、いかにうまく活用していくかということも日本の競争力を確保するうえで重要ですね。

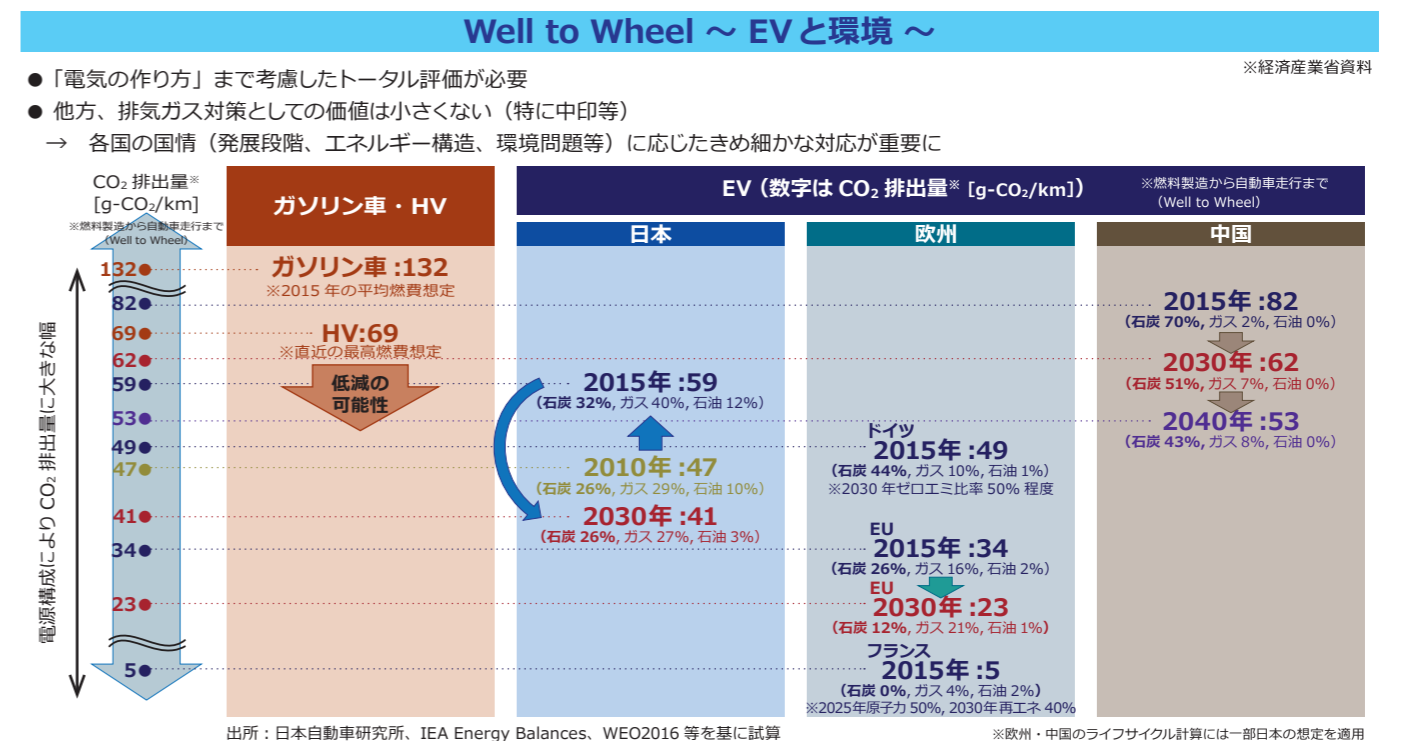
ライフスタイルが変化—課題の捉え直しを

草鹿 そうですね。次に大我さんのほうから、最近の状況などお聞かせください。

大我 私が担当している業務では、現状～30年、さらには30～50年も含めて、自動車の利用時に出るCO₂を削減するための対策を検討しています。関連する産学の有識者の方にお話を聞いていると、皆さん、20～30年くらいまでは、ある程度、どういう社会が来るか、どういう対策が有効なのかは見えているようです。しかし、その先の30～50年に関しては、まだ、どんな技術がくるのか、人々のライフスタイルがどう変わっていくのかということがわからず、どのパワートレインが良いのか、人々がそれをどう使っていくのかが見えていないというご意見が大半でした。基本的には全方位戦略で、まずは20～30年は様子を見るということで対策を打っていきながら、きちんとモニタリングをして、30～50年をどう考えていくべきかを検証していく必要があるのだと思います。

そういった中で、具体的な対策を見ていくと、20～30年は、今まさにご説明があったように、EVやプラグインハイブリッド等の技術開発が行われていますが、今、課題だと思われることの捉え直しが重要なのではないかというお話がございました。

草鹿 どういうことでしょうか？



大我 例えば、EVに関して（1回の充電で）航続距離が400*_{km}（km）という（日産自動車の）新型「リーフ（LEAF）」が出てきていますが、ガソリン車をベースラインに考えると航続距離が短く、そこは課題だと一般的に言われています。しかし、本当にそこが課題なのでしょう。人々のライフスタイルは大きく変わり始めていて、今の若い世代は車に乗らなくなっており、そんなに長距離を車で移動するニーズはないように思われます。都市に住む人ですと、実際に乗るのは都市内の短距離移動であったり、大きなものを運ぶ時だけということになると、航続距離は300~400*_{km}で十分なのではないでしょうか。次世代車の仕様をガソリン車をベンチマークに課題と言われてきたことは、実は人々のライフスタイルが変わりモビリティに対するニーズも変わってくる中で、その対策含めて捉え直す必要があるのではないかと思います。

また、CO₂の観点からすると、20~30年の段階で自動運転化が進んだり、車の所有から共有という形でカーシェアリングが進んでいくと、カーシェアリングは走行距離が抑制されるということで、政府はこれまでCO₂削減対策の一つに位置付けてきていますが、30~50年に自動運転化がさらに進んで、常に車が走っている社会になってくると、今まで車に乗っていない人もどんどん車に乗るということになってきて、逆に走行距離が伸びてCO₂がより多く排出される世界になってしまうのではないかとということも危惧されます。

草鹿 自動運転だから、みんな、乗ってしまうのではないかと……。

大我 自動運転に関しては、CO₂削減対策につながるのか、実際に世の中に自動運転が入った時にどのくらいCO₂排出量への影響があるのか、各国ともこれから本格的に検証していくことになると思います。今後は、自動運転によってドライビング技術の制御が最適化され、より燃費の良い運転によってCO₂が削減されることは期待できますが、その場合であっても50年までにCO₂を80%削減しようとする、EV、FCVといったようなゼロ・エミッション・ヴィークル（ZEV）と自動運転とを組み合わせることが必要になります。

2030年前後から、自動運転車（フェーズ3）が道を走り始めていると言われています。その段階ではガソリン車が多く走っていると思いますので、徐々に切り換わっていくということになるのだと思いますが、今の段階から



国立研究開発法人 産業技術総合研究所
エネルギー・環境領域 省エネルギー研究部門
エンジン燃焼排気制御グループ 招聘研究員
たけだ よしなか
武田 好央

30~50年を見据えたうえで、自動運転でどのくらいCO₂削減対策につながるのかモニタリングし、もしCO₂が増加するのであれば、その対策として、ZEV化を進めていったり、「Well to Wheel」の観点から低炭素燃料の供給体制を構築するなど、政策の課題と対策をドラステックに捉え直すことも大事だと思います。

エンジン、EV、コネクテッド…省庁間で横串を！

草鹿 こういう人間とか社会のモデリングは、どこの省庁が担当になるのでしょうか。

石川 非常に難しいですね。モビリティ（Mobility=乗り物、広い意味での移動手段）という話になると国土交通省か経済産業省か、さらにはIoT（Internet of Things）でインターネットにつながると総務省なのか。5G^(*)が出た時のリアルタイム通信とか自動走行とか（インターネットと車との接続による）コネクテッド・カー（Connected Car）などで新しいサービスが出たら、ど



デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
パブリックセクター マネジャー
おおが さやか
大我 さやか

こか？ という話になると思います。

草鹿 横串を通すようにしてもらわないといけませんね。

武田 先ほど、大我さんから話があったEVの目標とガソリン車との比較に関してですが、去年、ドイツの某社の商用車のパワートレイン研究責任者と雑談をしていたら、彼らはトラックですけど、「EVとHVと内燃機関の3つ要る」と言うんですよ。EVの小型トラックは都心の配送に限定して使う。ですから航続距離もそんなに要らない。夜はバッテリーチャージをする。それに対して、都市間や国を跨（また）いで運行するトラックは内燃機関でいくしかない……。

また燃料は、大気中のCO₂から液体の燃料をつくる合成燃料（欧州ではeフューエルなどの1つと言われている）で、組成としてはOME（オキシメチレンエーテル）に近いもので、まだまだ研究段階でコストが問題になると思いますが、そういうものと水力、風力、太陽光などの再生可能エネルギーによる発電の両方を使えば、それだけでカーボンニュートラル（Carbon Neutral=炭素中立=事業活動などから排出される温室効果ガスの総量を

他の場所での排出削減・吸収量で埋め合わせプラスマイナス・ゼロにすること）になってしまう。そういうことで、将来に対して、彼らは「使い分けだ」と言っていました。

これはトラックの話ですが、乗用車も同じようなことが言えて、遠出したい人には、それに合った車があり、街乗りだけで夜は充電する時間があるという方はEVにしてください。そういう意味で、CO₂のトータルな排出に対してシェアリングしていくことも必要になると思います。では、先ほどの草鹿先生の質問ではありませんが、そういうところを日本ではどこがコントロールしていくのかということですね。

草鹿 石川さんが説明された資料では、世界の乗用車の販売台数が2060年には2000年比で3倍弱に増えています。しかし、日本の国内はあまり伸びないと言われていますから、日本（のメーカー）にとってターゲットになるのは海外で、特に新興国の中国、インドなどを中心にして台数を伸ばし、どのようにして日本の自動車産業がGDP（国内総生産）の10%の出荷額を確保しながら、自国と世界を低CO₂化していくかが、大きな課題になってきますね。その時に先進国は日本に近いかもしれませんが、これからCO₂が増えると予想される新興国はどうなるのか。国内の動きや海外の動き、戦略を読まないといけな。経産省さんも大変だと思います。

石川 おっしゃるように、いろいろ考えることがあるということですね。大我さんがお話しされたように、シェアリングがどの程度、保有台数の変化に効いてくるのか、どこもちゃんと分析できてなくて、このIEAの見通しにも織り込まれていない。シェアリングが効いてくれば、台数の伸びは、それほどではないかもしれません。現に台数が増えている中国、インド、ASEANなどの都市では車が溢れかえっていて、そんな中で中国はナンバープレートの規制によって事実上、車を買えないようなことにもなっている。そうすると消費者の意向に関係なく、必然的にシェアリングが進むという側面もあります。そのうえライフスタイルの変化もありますので、国の政策によって結構、変わってくるところがあると思いますね。

「電気作り方」まで考慮したトータルな評価を

草鹿 近藤先生、今年3月まで千葉大学におられて、4月に早稲田大学に来られましたが、いかがでしょうか。

近藤 皆さんの話をうかがっているが、なぜ、車を電気で走らせるかということを考えていたのですが、私はもともとJRの研究所にいて、電車を電気で動かすというのが本業です。ちょっと歴史を振り返ると、今から150年くらい前に電気鉄道ができました。まだ内燃機関が普及する前ですかね。

御承知のように20世紀は石油の世紀で、車は化石燃料で動き、電車は電気で動いて経済を支えてきましたが、乗り物を動かすエネルギーは独立することがMustではないはずなんです。ですから、(EVを)非接触で充電しましょうという話になるのです。しかし、電車は1つの所しか走らないのでエネルギー的に独立してなくてもいいのですが、車はいろんなところを走り回れるのと小単位で輸送を行えるのが本来のメリットなので、エネルギー的に独立する必要がある。そこに何で電気が入ってくるのかというと、エンジンの弱いところを電気と組み合わせてカバーしようということですね。それでハイブリッドが伸びるのは正しい方向ではないかと私は思います。

それから先ほど、モードのお話が出ていましたが、日本でも都市部と地方、海外でもアジアと北米とかヨーロッパを見た時に、それぞれ特性が違って、都市部はこれからも大量高速輸送をせざるを得ないのですが、日本でも過疎化が進んだ地方とか、米国でも散らばって人

が住むような人口密度の下がっているところは、自動車のほうがメリットが出るので、そこにカーシェアリングとか自動運転などの交通弱者が困らないような輸送モードがどうでき上がっていくかということだと思います。

その時にエネルギーソースをどうするかということで、独立して動く以上、内燃機関、化石燃料は絶対に捨てられない。もう一つ、石川さんのお話の中に「Well to Wheel」とありますが、余った電力を電気自動車にというシナリオが地震(東日本大震災)で変わってしまい、例えば今、東京電力が商用で発電しているコンバインドサイクル(ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた発電方式)の一番効率が良いのが60%くらいです。一方、内燃機関の(トヨタ自動車の)「プリウス(PRIUS)」のエンジン(の最大熱効率)は40%くらいで、そこに迫っていますので、本当に電気を使うメリットはどこかを見ていくと、もう少し現実的な姿が現れてくるのではないのでしょうか。

今は少しEVがブームになっていますが、石川さんの言われている「『電気の作り方』まで考慮したトータル評価が必要」というのは現実的だと感じます。ただ一方で、IEAの見通しを見ると、先のことですが、2060年に向けてガソリン自動車がかんんに少なくなってしまうのかなあと疑問に思います。

日本の次世代自動車の普及目標(2030年まで)と実績

※経済産業省資料

- 2030年までに新車販売に占める次世代自動車の割合を5~7割とすることを旨とする(未来投資戦略2017<2017年6月未来投資会議>)

「EV・PHVロードマップ」<2016年3月EV・PHVロードマップ検討会>

- EV・PHVの普及台数目標
 - ・2020年に国内保有台数を最大100万台とすることを新たに目標として設定。
- 充電インフラの整備方針
 - ・公共用の充電器については、電欠の懸念を払拭するため空白地域を埋めるとともに、道の駅や高速道路SA・PA等のわかりやすい場所に計画的に設置する最適配置の考え方を徹底。また、大規模で集客数の多い目的地から重点的に設置を促進。
 - ・非公共用の充電器については、国民の約4割が居住している共同住宅への設置がEV・PHVの潜在市場の掘り起こしに向けて極めて重要。

「水素基本戦略」<2017年12月再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議>

- FCVの普及台数目標
 - ・「2020年までに4万台程度、2025年までに20万台程度、2030年までに80万台程度の普及を目指す。」
- 水素ステーションの整備目標
 - ・2020年度までに「160箇所程度」、2025年度までに「320箇所程度」設置していく。

	2017年(実績)	2030年
従来車	63.97% (280.6万台)	30~50%
次世代自動車	36.02% (158.0万台)	50~70%
ハイブリッド自動車	31.2% (137.0万台)	30~40%*
電気自動車 プラグイン・ ハイブリッド自動車	0.41% (1.8万台) 0.82% (3.6万台)	20~30%*
燃料電池自動車	0.02% (849万台)	~3%*
クリーンディーゼル自動車	3.52% (15.4万台)	5~10%*

※次世代自動車戦略2010<2010年4月次世代自動車研究会>における普及目標

草鹿 乗用車はおそらく、日本の場合でいうと、ガソリンエンジンの車はほとんどハイブリッド化する。それからディーゼルエンジン車はコストの点でいうと、どうしても高くなってしまいますので、それほど量は増えないと思います。ですから、このIEAでいうハイブリッド(HV)とプラグインハイブリッド(PHV)というのは、ガソリンエンジンのHV、PHVになってくると思いますね。

近藤 そうですね、ピュアなガソリン自動車は(2030年までにピークアウトして)減ってしまうけれども、ハイブリッド車にはエンジンが搭載されるということですね。

酸化物)を下げるができる、ほとんどゼロまで下げることができるということがわかったのですが、CO₂を減らすのは、今考えてもなかなか難しい。

排出物というのは教科書通りに、燃料と空気の混合比率をコントロールしてやれば、NO_xやPM、Soot(煤=すす)が生成されない領域があることはわかったのですが、では、熱効率はどうと難しい。しかし、今、SIP(内閣府「総合科学技術・イノベーション会議」の戦略的イノベーション創造プログラム)などで、ガソリンエンジン、ディーゼルエンジンの燃焼研究がされていて、ガソリンのほうは半分良くなっています。この間(あいだ)、最新の数字を聞いたら、図示熱効率で50%くらい、正味熱効率だと47~48%までできていて、かなり向上しているなと思いました。

AI、自動運転、走行条件などを組み合わせて

草鹿 重量車は乗用車とは違うと思いますので、この辺り、武田さんいかがでしょうか。

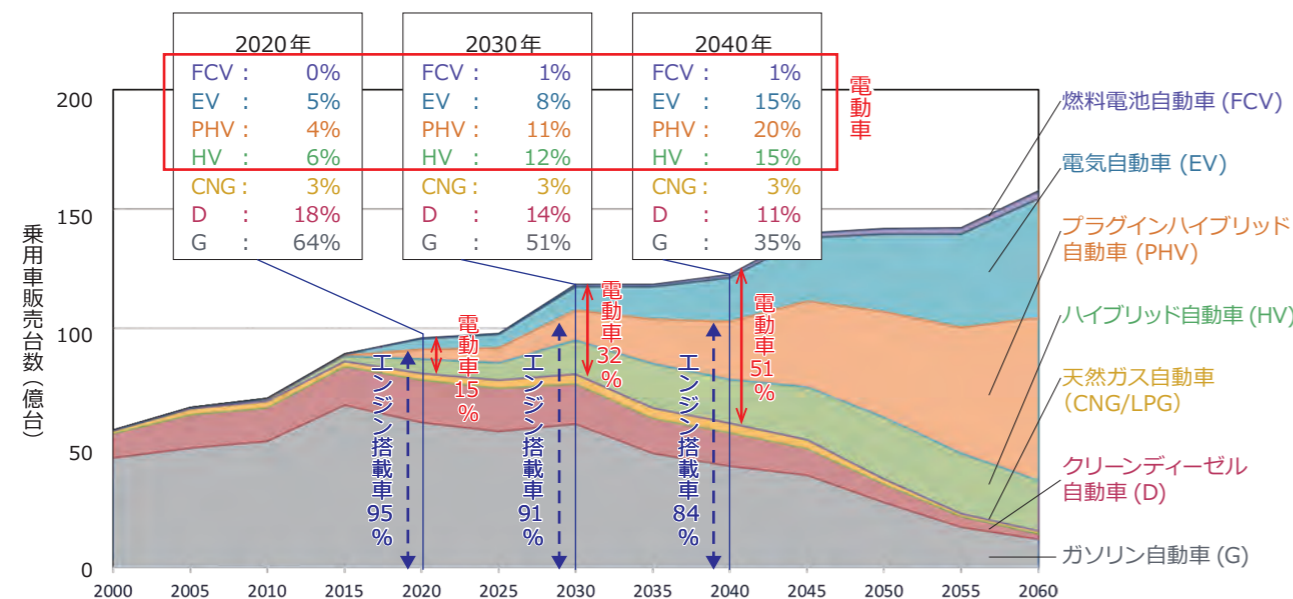
武田 私は先ほど、申しましたようにずっとディーゼルエンジンの研究開発をしてきましたが、排出ガス規制、PM(Particulate Matter=大気汚染の原因になるとされる粒子状物質)規制が始まった頃ですかね、商用車メーカーで、それに対応する開発をしていて、途中、1993年くらいから4年間ほど、自動車会社が集まって重量車用ディーゼルをメインに燃焼を改善しようという、(茨城県)つくば市にある新ACE、これは、いまでもありますが、ここに出向してHCCI(Homogeneous-Charge Compression Ignition=予混合圧縮着火^{*10})の研究などを始めました。これでディーゼルでも燃やし方を工夫すれば、NO_x(窒素

私は、その後、98~99年頃から2010年頃までセラミックスのDPF(Diesel particulate filter=ディーゼル・パーティキュレート・フィルター)を通して煤を減らす研究などに取り組んでいました。いずれもオンロード(On Road=道路)のトラック、バス用ディーゼルエンジンの排ガス後処理装置が対象でしたが、建設機械の規制が急に強化されたものですから、建機メーカーに移って、6年くらい、建設機械に使うディーゼルエンジンの排ガス後処理装置の研究開発をしていました。その時に1つ面白いと思ったのは、同じDPFでも建設機械に使った時とトラックに使った時では、エンジンの負荷によって起こる現象が全然違うことです。例えば、トラックは山道などは別ですが、普通の道を走っている時は、そんなにエン

世界のパワートレイン別の普及見通し

- 日本が先鞭をつけた電動化(HV、PHVを含む)の流れが、世界的にも本格化。
- 純粋ガソリン車は2030年までにピークアウト、電動車に置き換わっていく見通し。
- 但し内燃機関は引き続き重要な役割。

※経済産業省資料



(出典) IEA「ETP(Energy Technology Perspectives) 2017」に基づき作成



早稲田大学 教授
理工学術院 創造理工学部総合機械工学科
大学院 創造理工学研究科総合機械工学専攻
同 環境・エネルギー研究科 環境・エネルギー専攻
くさか じん
草鹿 仁

ジンの負荷は高くないので、煤がどんどん溜まってしまいます。ところが建設機械は、種類にもよりますが、エンジンをフルロード（Full Load=全負荷）で使うことが多いので温度が高くなり、煤が燃えてなくなってしまうのです。そうすると、また違う問題が起きますが、エンジンの使い方によって、起きる現象が違います。

その後、一昨年、草鹿先生も参加されているAICE（The Research association of Automotive Internal Combustion Engines=自動車用内燃機関技術研究組合）、これは日本の乗用車系のメーカー9社と産総研、（一般財団法人）日本自動車研究所が、共通の悩み・課題を大学や研究機関にお願いして解決していこうという大きな連合体ですが、そういう研究のお手伝いができたらなと思い、産総研に移りました。今日のテーマ「エンジン・ハイブリッド・EVの将来」のうちハイブリッドやEVについては、私はあまり詳しくないのですが、内燃機関とモーター、電池の良いところをうまく組み合わせることが、一番良いのかなと思っています。技術的な根拠はありませんが……（苦笑）。

ただ、システムとしては複雑になってしまうかなという気がしますが、最近はAI（Artificial Intelligence=人工知能）などを使えば、走りながらCO₂を下げるように学習するとか、都市内と郊外で走り方を変えようとかということができたり、自動運転と組み合わせれば、もっとやりたいことを実現できるのではないかなという気がします。では、そうなった時に、どういうエンジンが良いのかという視点で考えると、シリーズ式のハイブリッド車（HV）であれば、エンジンは固定した1つの運転条件だけでなくて、広い運転領域をカバーする必要はないのではないかな。この間、HVの開発をしている人と話をする機会があったのですが、今のHVは、万が一の時にエンジンだけで走れるようにするために、HVとしては必要でないような結構、大きなエンジンを使っている。しかし、そういう（HVとして正常に作動しないような）心配がなくなれば、大きなハイブリッド車でも軽自動車くらいのエンジンで走れるのではないかな。そういうサイズのエンジンで、固定した1つの運転条件のもとでは飛び抜けて燃費効率が良いといった形を考えていけば、全体としての熱効率はまだまだ良くなるのではないかなと思うのですね。

では、そうなった時に電気の発電時に出るCO₂と自動車から出るCO₂ですが、石炭の火力発電時のCO₂は自動車から排出されるCO₂の量より多いのですから、トータルでミニマムしていくにはどうすれば良いか？ここを考えていく必要があると思います。

協調領域をつくり、自らゲームチェンジャーに

草鹿 今の武田さんのお話のように、複雑になってくると日本の技術力の高さが際立ってくるのではないかなと思います。3月に第12回日中自動車技術・環境・エネルギー研究会（主催・日中自動車交流協会、共催・早稲田大学モビリティ研究会）を開いた時に、中国の電気バスの視察に行った日本の経営者が「バッテリーメーカーのCATL社（福建省寧徳市に本社を置く寧徳時代新能源科技）では、急速充電も含めて高性能バッテリーとそのマネジメントシステムをパッケージにした開発が進んでいて、バスのデザインも内装もきれいで超（ちょう）驚いた」という話をされていましたが、私は密かに「これは大変だな」と思いました。

日中自動車交流協会の樋口（世喜夫）理事長も言っ

ていましたが、バッテリーとか電気バスの開発になると、いままでのエンジン自動車の国際競争が、全く別のゲームにチェンジするのではないかな。そうなる和我々の産業はどうなるのかと私も危惧するところですが、石川さん、国の政策の立場からはどうでしょうか。

石川 はい、まず電動化については、私も中国に行ったり、中国の動向を見ていると、政府が本腰を入れていますし、CATL社などの技術力は相当高い。何よりも最大の強みは台数が日本と比べると相当違います。EVバスもかなりの台数が補助金によって市場に出ている。そうすると開発費もかなり回収できてしまっている。それに対して、日本のメーカーは「まだ試験段階」というような流れが電動化では強くなるという危惧はあります。しかし他方で、政策なしに考えると、内燃機関が残るという点もあって、その残る内燃機関は複雑系で、そこは日本の強みですから両面あるのですが、メーカーさんの立場に立つと、両方しなくてはいけないということになって、相当苦しいのではないのでしょうか。

そうすると、先ほど武田さんがおっしゃっていました「AICE」のように各社が技術についても協調領域をつくって、内燃機関でも電動化でも、ある程度、いっしょにやっていくという戦い方に変えていかないと、2方面作戦では苦しくなる可能性があるのではないかなと思っています。

草鹿 石川さんのお話だと、中国の発電によるCO₂の排出量は高いのですが、このような国で電気自動車を積極的に開発するというのは、まさに輸出の柱に据えようとする考えだと思います。石川さんが言われたように、我々も総合力で競合する商品を開発していかなければいけないのですが、資料に載っている全固体（リチウムイオン）電池は逆に、日本がゲームチェンジャーになれる可能性があると思います。何年くらいの実用化を目指しているのでしょうか。

石川 これはあくまで今、研究開発段階で、国としても協調領域部分は協調的に研究していただくということでやっていますが、商用化に向けては、まさに各社とも競争しながら研究開発されています。報道などによれば、2020年代半ばにもという話もありますが、生産技術まで含めて考えると、まだまだチャレンジがあると考えられています。今のリチウムイオン電池には、ある種、限界があるという見方もありますので、それを超えるんだとしたら全固体電池になるしかない。そうすると、日本は全固体電池に関する特許数などで世界のリーダーに



早稲田大学 教授
理工学術院 先進理工学部 電気・情報生命工学科
大学院 先進理工学研究科 電気・情報生命工学専攻
こんどう けいいちろう
近藤 圭一郎

なっているところがありますから、期待される領域の1つだと言えらると思います。

CO₂を出さないで長距離を大規模に運びたい

草鹿 近藤先生、全固体電池ができると航続距離も伸びますので、大型車のEV化も視野に入ってきますが、いかがでしょうか。

近藤 その場合、今日のテーマからずれるかもしれませんが、電力をどうつくりますかということも関わってきて、EVによる輸送量が増えると、クルマのCO₂は発電時のCO₂排出が支配的になります。発電量の燃料は「電源構成のベストミックス」、すなわち、エネルギーセキュリティや、供給安定性、エネルギーの変換効率などの点から石炭、天然ガス、石油、水力、自然エネルギーの適切な組み合わせが取られます。純粋に効率だけで言ったら、天然ガスによるコンバインドサイクル発電が良いと思いますが、必ずしもそれだけでなく、石炭も石油によ

る発電も必要ですし、そのうち原発も動いてくるかもしれません。

電動化は、電気のエネルギーの変換効率の良さに加えて、発電の環境に与える影響の両面から考えなくては行けなくて、いっぱい電気を持つ全固体電池ができると、クルマの使うエネルギーのうち電気を使う量の割合がどうなるのかという問題が重要になると思いますね。EV化の促進はCO₂削減に寄与しますが、それは電力を何から作るかに直結しています。

草鹿 技術開発とライフスタイルは、密接に結びついていて、特に日本人は技術が好きですから、こうした新しいEVなどができたら日本国民はどうなりますか、大我さん。

大我 そうですね、都市内利用だとEVは使われると思いますが、そもそもこれから人のライフスタイルは、自分が車を持っていて重いものを運ぶのではなく、オンラインショッピングなどで家にいて、自分は動かないものを届けてもらうというライフスタイルを好むようになる可能性があるのではないかと思います。

草鹿 もう変わりつつありますね。

大我 ですから貨物車による走行距離がかなり伸びると思います。貨物車の保有台数は乗用車より少ないのですが、自動車から排出されるCO₂の半分近くが貨物車によるものです。そのため効率的にCO₂を削減することを考えると、貨物物流の部分でいかにCO₂を削減するかが重要な命題になります。そうするとCO₂を出さないで長距離を大規模に運びたいということになって、FCV（燃料電池車）とかCNG（Natural Gas Car=天然ガスを燃料とするエンジン自動車）などが候補に上がりますが、2030～50年となると、ZEVであるFCVが有力な選択肢になると思っています。

年初に調査業務の一環で、中国や欧米における内燃機関車の販売禁止に係る動向を調査しましたが、日本の産業競争力をしっかり考えていくと、日本にとっては30～50年はEVや従来のエンジン車に加えて、FCVが1つの有力な選択肢になるのではないかと思います。一方で、「Well to Wheel」の観点からは、低炭素な水素を供給する新しいインフラをどうつくるかが課題で、いきなりコストの高いものに切り換えていくのは難しい面があります。30～50年にエネルギーのベストミックスも大きく変わっていく中で、燃料と電力という観点から、いかに低炭素なインフラを中長期的につくっていくかを考える必要がありますね。それは我々がどういう社会

を望んでいるのかということと大きくつながってくると思います。

FCVには社会全体の新しいエコシステムが必要

草鹿 FCVには車の開発とインフラの整備の両方の問題がありますが、FCVが思ったほど伸びていないのは、インフラがネックなのでしょう。

大我 今回調べたところでは、経済産業省のご支援もあって現在100カ所近く水素ステーションができていますが、まだ海外と比べて2倍近い建設費用がかかっています。去年、基本戦略（9P参照）が出ましたので、そのロードマップに沿って取り組みを進めていくことだと思いますが、それと需要をどうつくるかもセットで考えていかないと、民間企業が商業化していきません。20～30年は政府の支援がありながらも民間企業にとって耐えどころで、30年以降に自立的な事業展開を目指していくという流れではないかと思います。

石川 FCVについてはステーションのインフラもさることながら、そもそも水素のサプライチェーン自体をどうつくるのか、特に日本においては何から水素をつくるか。究極的には再エネ（再生可能エネルギー）からということですが、そこには技術的な壁がまだまだある。車として見た場合、FCVは長距離に優位性があり、中国などは力を入れていて、すでに商用のFCVトラックやバスも出ています。日本でFCVを普及させるには社会全体の新しいエコシステムづくりが求められますから、日本のFCVの技術をもとに国際的な仲間づくりをしていくことが課題だと思います。

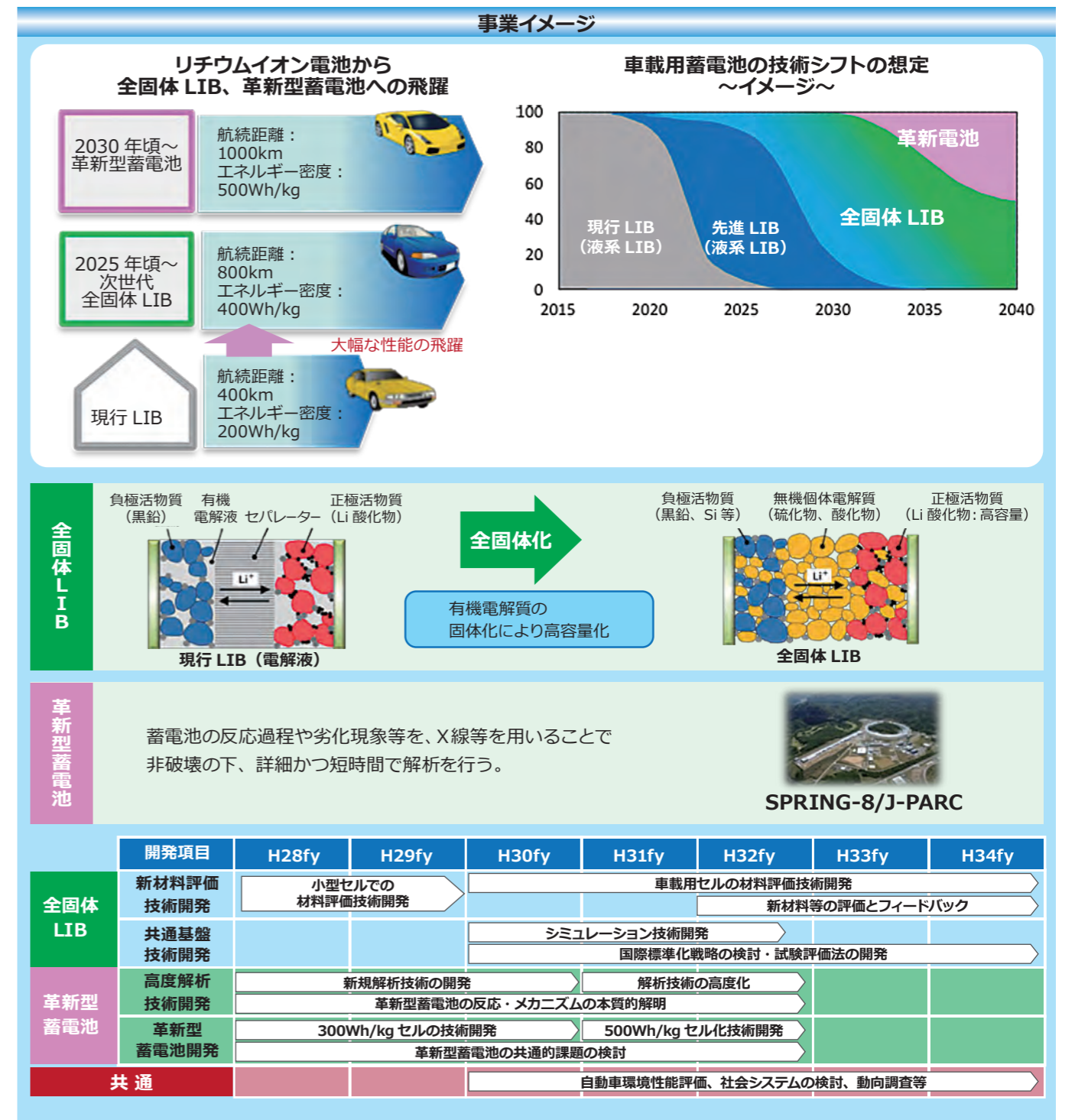
草鹿 再生可能エネルギーは欧州に比べると日本は導入率が高くないのですが、近藤先生、これはどうしてでしょうか。

近藤 太陽光も、風力発電もそうですが、広い場所が必要で、北欧などは発電能力がメガワット級の風車を並べて長距離を送電するということをしていますが、もう1つ、電力の自由化が進んでいるので、風力をつくったほうが安いという需要とか時間帯だと、遠くまで送電しても風力をつくったほうが良い。そういう物理的・地勢的・地形学的な環境や制度の面でも発達しやすいでしょうね。日本は狭くて人口密度が高いところに需要がありますから、化石燃料や原子力で安定的に供給するほうが良いということなのかと私は思っています。

（参考）自動車用二次電池の研究開発

次世代車載用蓄電池の実用化に向けた基盤技術開発 平成30年度予算案額 47.0億円（32.7億円）

※経済産業省資料



英リーズ市は100%水素に、日本は再エネに課題

草鹿 FCVが伸びそうな国はありますか、大我さん。
大我 例えば、デンマーク政府は2050年の自動車保有台数のうち50%をFCVにするという目標を立てており、ノルウェー政府は2025年にフランス政府は2030

年までに新車販売の全ZEV化を行うとしており、FCVと言いつつ、あるいはFCVとEVの両方の導入を戦略的に進めようとしています。特に積極的なのは英国のリーズ（Leeds）市で、2025年頃を皮切りにガス導管を100%水素導管に切り換えていくという構想を持って検討を進めており、将来的には英国全体に同様

の取り組みを展開していきたいとしています。

草鹿 地方自治体が相当、力を入れているということですね。

石川 電源構成については、ノルウェーなどはほとんど水力で、スウェーデンも水力プラス原発で、ほぼすべてカバーできている。ヨーロッパといっても国によって違い、ドイツは石炭が44%（2015年）であったりしますが、日本は限られた地理的状況の中で、どう再エネを入れるかは、近藤先生がおっしゃったように、太陽光や風力発電の適地は日本海側とか北海道などに多く、これから電力需要は増えないのに、そこから需要地に電力を送電するための系統設備のコストを誰が払うのかなど、社会構造と地政学的なところで選択肢が限られているのは事実です。

しかし他方で再エネはまだ価格が高いというのも事実で、これにはフィット（固定価格買取制度）が甘過ぎるのではないかという指摘もある……。

大我 おっしゃる通り、ノルウェーは水力発電が大規模に導入されているので、ゼロ・エミッション・ヴェークル（ZEV）を普及させればCO₂対策につながるという背景があり、2020年から販売する車のすべてをZEVに切り換える、バスも同じタイミングでZEV化するということを明確に言っています。

草鹿 人口がスウェーデンがおよそ1000万人、ノルウェーも少ないので、シフトしやすいですよ。特にノルウェーは自動車産業がないので変えられるところもあるのかなと思います。

大我 そうですね。ノルウェーなどは国内で石油資源が採れるのですが、外貨を稼ぐために輸出しています。そのため、国内のエネルギー需要は再生可能エネルギーを活用することで石油を輸出に回したいという狙いがあると思います。

地方が最新のモビリティ社会モデルに…

草鹿 日本は資源がないので苦しいんですよ。産総研が研究されているビジョンはいかがでしょうか。

武田 東日本大震災の後に、太陽光、風力、水素といった再生可能エネルギーをいかに導入していくか、その課題を解決するために（2014年4月に）福島県郡山市に新たな研究拠点が設立されました。ここでは基礎から実

証実験まで幅広い取り組みが進められていますが、使えるものをうまく使っていくことが必要なんだろうなと思います。全く別の話ですが、海の潮の流れを使ってプロペラを回して発電するというのもできるようですが、夢物語ですかね？

近藤 潮の流れによる発電は設備の割にパワー密度が高くないという問題があるようです。自然エネルギーは特にエネルギー密度の低さがコストにはね返ってきて、逆にそこを解決するために技術を投入するという期待もてることもありますね。

武田 日本は周りがすべて海ですから、そこから使えるものはないのかなと思ったりもしますが……。

草鹿 エンジンハイブリッドやプラグインハイブリッドでは、日本は絶対負けない気がするのですが、EVは個別の製品の質の高さでは負けなくても、価格も含めたマーケットということになると、当面は非常に厳しいと思います。そうすると次に期待できるのはFCVと全固体電池ですが、日本と比較的近いドイツは、ディーゼル車の排ガスを不正に操作して自らゲームチェンジせざるを得ない状況を作り出してしまいました。日本は今の燃料事情を考えると、従来の石化製品につながるものを売っていったほうが良くて、むしろ今の設備を償却して行って、どう次の産業にシフトしていくかという考え方もありますね。

大我 その点について今年調査をしているのですが、地方のほうが最新のモビリティ社会に切り換わっていきやすいのではないかと考えています。地方はガソリンスタンドがなくなってきているので、自分の家で充電できるEVのほうが便利ですし、カーシェアリングではないかもしれませんが、乗り合いバスや自動運転車両のほうが便利だったりするともあると思います。エリア別にエネルギーも地産地消という観点も含めて考えると、新しいモビリティ社会が描けるのではないかと考えています。

草鹿 地方だとセカンドカーがあって軽自動車だったりしますが、それを電気自動車に置き換え、バスも自動運転にするというのは良いですね。（それが実現できるかは）地方自治体にお金があるかどうかですが……。地方の人は何で電気自動車を買わないんでしょうか、価格（が高いから）ですかね。

大我 EVのカーシェアリング会社から利用者の反応を聞くと、「1回使ったら2度と使わない人が結構いる」という話があるとのこと。その理由は長距離を走りたかったのに途中で充電しなくてはならなくなったとか、

アコンを使うと（電池の蓄電量が減ってしまって）恐いとかでしたが、短距離を使う人でしたらEVはフィットしますので、うまくユーザーとマッチするように考えることが必要だと思います。

石川 日本ですと非常に良い軽自動車が多く提供されていますから、電気自動車がなかなか普及しないということもありますよね（全員笑い）。

草鹿 スズキさんに軽（自動車）に代わる電気自動車をつくっていただいて、地方から普及させるというのも1つの大きな課題ですね。スズキさんは燃料電池バイク「バーグマン フューエルセル（BURGMAN FUELCELL）」も開発されていますし……。自動運転も地方のほうが事故が起きにくいでしょうから、この辺り、経産省にもお願いしたいですね。

石川 ガソリンスタンドは、地方では需要密度が減っていくので経営環境が厳しくなっている状況ですね。そうするとガソリンスタンドが少ない地域では、EVが有力な選択肢といえるかと思います。また、EV単体では電池のコストが高い中で、そこにシェアリングを掛け合わせて稼働率を高くすることなどで、ビジネスモデルが見えてくる可能性もあるかと思っています。

草鹿 逆に都会では駐車場スペースがないので、なかなか2台目は買えないですね。

近藤 EVは高いうえに、「それしか走れないのか」という見方もされています。

電気を使ってどうメリットが出せるか

草鹿 ヨーロッパでは電気のトラックがダイムラーさんなどから出ていますが、小さいクラスがメインですかね。

武田 ダイムラーグループの三菱ふそうトラック・バスさんから最大積載量3.5トンの小型電気トラックが発売されましたが、生産予定も百何十台くらいで、配送業者に限定的に提供されているようで、まだまだ一般的というところまではいっていないと思います。しかし少しでも実用化されていけば、いろんな課題が見えてきますから、広く使えるようになるための“まな板”には乗り始めたと思います。

石川 ヨーロッパは特に古い都市におけるディーゼル車問題が根強くあり、乗り入れ規制が1つの背景としてあると思います。

武田 そうですね。ヨーロッパでは、都市部への乗り入

れ規制が古くからきちんとしていますから、住んでいる方々も使い分けをわかっているという気がします。

草鹿 EVは価格が高いので、最初はインセンティブが必要ですが、そんなにいつまでもインセンティブをつけることはできないですよ。

石川 そうです。インセンティブも最初は良いのですが、普及して急速に台数が伸びると中国のように補助金を出せなくなり、次のインセンティブはどうしようかということになる。

草鹿 中国では、EVはナンバープレートが取りやすいというのがあります。

石川 そう、お金のかからないインセンティブですね。

草鹿 先ほど、武田さんが言った「定点運転だけでもいいので、非常に熱効率の高いエンジン」ができれば、シリーズ型のHVも出てきますね。

武田 そういう定点運転のシリーズ式のハイブリッドになってくると、排ガスの処理もしやすくなると思いますね。今、ガソリン車でもディーゼル車でもコールドスタートの時の触媒の効が悪い。ですが、ハイブリッドならバッテリーの容量が大分なくなってきたから、そろそろエンジンを回そうかという判断ができるわけですね。そうすると、あらかじめヒータリングしておいて、触媒が活性化したらエンジンを回すということもできてきて、今、排ガスの後処理にコストがかかっていますが、システムとして、その辺のコストを削減できるのではないかと考えています。

また最近、ハイブリッドではなくて、特にディーゼルエンジンの車の後処理装置のためにヒータリングをしないとだめだとか、米国がウルトラローノックスでNO_xを今の10分の1くらいにするんだということで、SwRI（サウスウェスト・リサーチ・インスティテュート）などが各種システムを比較していて、バーナーや電気（触媒を）温めるとかしていますが、ハイブリッドになれば電気を使いやすくなりますし、（車両用電源の定格電圧を12Vボルトから）48Vに高めるという話もあって、使う電気の効率も良くなるでしょうから、エンジンと電気をどううまく組み合わせていくかということになると思います。

近藤 電気ありき、電気で作らせるのが目的ではなくて、電気を使ってどういうメリットが出せるかが大事で、電動化によって、これだけの成果が出せましたというのが技術的には正しい発展というか、良い姿ではないか。そこに先ほどから話が出ているような、いろんな条件が入ってくるということだと思うんですよ。



座談会は、日本の都市、地方が抱える問題から世界各国の政策まで、熱のこもった議論が交わされた

国は地方で思い切ったモビリティの実証実験を

草鹿 今後の自動車産業について大我さんはどのようにお考えでしょうか。

大我 やはり、(日本の企業としては)まずは全方位戦でいく必要があると思います。エンジンの熱効率の改善に関してもSIPのプロジェクトがありますし、燃費もIEAによれば毎年1.6%向上していくということのようですので、ガソリンエンジン車もかなり1km走行あたりのCO₂排出量が低減していくと思います。また、EVもFCVもインフラが整備されていけば、2030～50年には普及してくる可能性があると思いますが、20～30年の間に30～50年を見据えて日本にあったパワートレインを見極めていくことが必要です。

地方や過疎地域にとっては、自動運転とかシェアリングなどをどう利用していくかが喫緊の課題ですので、可能であれば政府が、どこか特定のエリアで思い切って新しいモビリティの実証実験をし、どういう利用の仕方が本当に効くのかモニタリングをして検証していくことが、CO₂を削減するとともに、新しい産業を盛り上げるためにも重要だという気がします。

草鹿 全国区よりローカルで特区的に集中したほうが良いということですね。

大我 可能なら都市でもできれば良いですね。住んでいる人の特徴とか車の使い方に別々に検証することが重要だと思います。

武田 将来のパワートレインを考えてみると、可能性のあるものがいくつもあって、日本の企業がそれを全部パラレル(並行的)に開発するとすると、相当な費用もか

かる。その費用を考えると、今、おっしゃったように、特定の地域でトライアルをしてみて、実際に何が良いんだろうというものを早い段階で選り分け、ある程度、答えが出たところで、そこに集中していければ、全体でみた開発コストは大分、減らせるかもしれませんね。

国としても、そういうことを考えていただきたいと思いますね。英国とかフランスなどは2040年までにガソリン車の販売を禁止するという方針を出していますが、日本としてもうまく対応していかなないと……。

大我 まさに日本としてどんなビジョンを描いていくかですが、フランスとかノルウェーなどは、その国の情勢に応じて、国民のコンセンサスを得ながら内燃機関車の販売禁止等の将来の戦略的な目標を決めていると思います。翻(ひるがえ)って日本はどうかと考えますと、過疎化などの日本ならではのいくつかの問題があって、例えばそこにEVや自動運転などを入れていくことによって、そうした地域の問題を解決するモビリティ社会のあり方を実証で見せていくようなドラスティックな取り組みを進めてコンセンサスをつくりながら、将来の目標を設定していただくと説得力もあると思います。

日本の素晴らしい技術で「街全体」の輸出を

草鹿 石川さん、これは大きな宿題ですね(全員笑い)。

石川 全くおっしゃる通りですね。今、国も地方で、自動運転によるEVのシェアリングなどをしていますが、そういうメッセージを出すかも大事です。英国の内燃機関車廃止は「そもそも英国の自動車産業って何だったっけ」というところを飛び越えてしまうようなメッセージです。日本の自動車メーカーは素晴らしい技術で、素晴らしい取り組みをされていますから、国としてはどこを目指すかのゴールを示すことが重要だと思っています。

武田 ヨーロッパも米国も実際の公道で開発中の車を走らせて検証することが割と簡単にできるようです。もちろん州とか市とかと相談し、開発の目的を説明してのことですが、日本の場合は国土交通省さんになると思うのですが、ハードルが高い。なので日本のメーカーは自社でテストコースやテスト用の設備をつくらなくてはならない。そういうところや先ほどの実証実験も含めて、もう少しやりやすくなると良いと思います。

草鹿 今日は良い結論になりました。エンジンですと、

ようやく9社と自動車関連企業が70社を超えて集まり、「AICE」でいっしょに研究する態勢ができています。それが共通認識や規格化につながっていくんですね。電気自動車は近藤先生が主体になってもらってコンソーシアムをつくっていただき、石川さんには特区をどんどんつくっていただく。そこでいっしょに実証実験をすることによって、大我さんが言われたような共通の認識とか規格づくりにつながるようにしたり、武田さんがおっしゃるよ

うに企業の開発コスト削減にも役立つようにし、日本の産業が将来、鉄道も含めて「街全体を輸出する」ように発展することを願い、今日のお話を閉じたいと思います。皆さん、どうもありがとうございました。

(敬称略)

※役職は2018年4月現在

* 解説キーワード

※1 **ハイブリッド・EV**：ここでは Hybrid Electric Vehicle のことで、略してHV。EVはElectric Vehicle=電気自動車で、電池(バッテリー)で回転させるモーターで駆動。HVはエンジンとモーターの2つの駆動源を備えた車で、HVはガソリンの走行時に自動車の内部で得られる電力でモーターを駆動させ、外部から電池に充電(給電)することはできない。EVは家庭用電源からも充電できるが、フル充電するのにかかる時間や専用接続器具が必要であるなどの関係で、短時間で充電できる専用スタンドの整備が全国的に進んでいる。プラグインハイブリッド電気自動車(PHV=Plug-in Hybrid Electric Vehicle)は外部から充電できる電池とエンジンでの走行の両方が可能な自動車。家庭用電源での充電が比較的簡単で、専用スタンドでの充電も可能。充電できる専用スタンドについては、一般社団法人チャデモ(CHAdeMO)協議会が「電動車両用充電システム」に関わる固有の技術規格の確立や充電インフラの整備などに取り組んでいる。

※2 **自動車新時代戦略会議**：「ツナガル・自動化・利活用・電動化などの自動車を取り巻く大きな環境変化の中で、我が国産業が世界のイノベーションをリードし、環境問題や渋滞問題などの解決に積極的に貢献していくための戦略を検討し、2050年頃を想定した長期的なゴールを示す」のを目標に経済産業大臣主催の会議として設置。4月18日に第1回会合を開催。委員は自動車メーカー、同部品メーカーの経営者をはじめ、大学教授、国際機関やコンサルティング会社の幹部・研究者、新事業支援会社の経営者らで構成している。

※3 **国際エネルギー機関**：IEA(International Energy Agency)。第1次石油危機後の1974年にOECD(Organisation for Economic Co-operation and Development=経済協力開発機構、1961年設立)の枠内機関として設立。事務局はパリ。エネルギー安全保障の確保、環境保護、経済成長、世界的なエンゲージメント(Engagement)を目標に掲げ活動している(詳しくは外務省や経済産業省のホームページ等参照)。

※4 **FCV(燃料電池自動車)**：Fuel Cell Vehicle。水素と酸素の化学反応によって発電する構造の燃料電池により、モーターを回して走る自動車。酸素は空気中から取り込み、水素は従来の自動車のガソリンスタンドのような専用の供給ステーションで充填するが、充填時間が極めて短いうえ、航続距離も長く、走行時に温室効果ガスや大気汚染物質を発生しないなど、環境面にも優れていると言われる。車の内部に高圧に耐える水素タンクを搭載することが必要であるとともに、水素ガスは分子のサイズが小さいことから容器から漏洩しやすいなどの問題が指摘されていたが、国内自動車メーカーがFCVを開発して、2002年に世界で初めて政府・省庁にリースを開始。2014年12月から一般販売されている。また、燃料電池二輪車(スクーター)の型式認定もされている。

※5 **Tank to Wheel Well to Wheel**：Wheel=車輪。一次エネルギーの採掘から車両走行まで(に排出されるCO₂と必要なエネルギー消費の総量)が「Well to Wheel」。Well to Tankは同様に、一次エネルギーの採掘から車両の燃料タンクまで、「Tank to Wheel」は燃料タンクから車両走行までを指す。

※6 **全固体リチウムイオン電池、革新型的蓄電池**：全固体リチウムイオン電池は、現在の電解液を使ったリチウムイオン電池に比べて、電気化学安定性とエネルギー密度が高いうえ、難燃性・耐高温性も備えているため、車載用蓄電池として活用する場合、電池パックの安全部品の点数を大幅に削減できることなどから、低コスト化・コンパクト化も可能とされている。しかも関連する特許出願件数は、国際的にも日本が約50%と圧倒的に多い。だが、実用化には量産に適した新材料・部品の評価や車載時のシミュレーションなど技術面の課題が多く、政府は2020年以降の実用化に向け、産学連携による研究開発支援計画(2014年度～2022年度)を策定。さらにエネルギー密度の高い革新型蓄電池に関しては、2030年度の実用化を目指している。

※7 **ゼロ・エミッション・ヴィークル(ZEV)**：ゼロ・エミッションは大量生産、大量消費、大量廃棄の社会構造を持続可能な循環型社会に変えるために1994年に国連大学が提唱したコンセプトで、社会全体で排出物(Emissions)をゼロにするという考え方。ZEVは走行時に排気ガスを出不さない自動車。

※8 **CAFE型の規制**：CAFEはCorporate Average Fuel Efficiencyの略で、欧米においても採用されている「企業別平均燃費基準方式」。各自動車メーカーは「すべての車両の重量区分で燃費基準を達成する必要はなく、各区分の燃費の実績値を販売台数で加重平均した『CAFE値』が、各区分の燃費基準を販売台数で加重平均した『CAFE基準値』を上回ればよい」という内容。各メーカーが「それぞれの技術的な特質に応じた選択と集中を柔軟に行うことで、全体として高い省エネ効果を期待できる」とされている。

※9 **5G**：第5世代移动通信システム。Gは「Generation」の頭文字。「超高速」だけでなく、身の回りのあらゆる機器(モノ)が同時にネットワークにつながる「多数接続」、遠隔地にいてもロボット等の操作をスムーズに行うことができる「超低遅延(指示してから反応するまでの時間の遅れが極めて少ないこと)」といった新たな特徴を持つ。最高伝送速度は10Gbps(1秒間に10ギガビット)。現行のLTE(Long Term Evolution=「3.9G」、「4G」と呼ばれる)の100倍、100万台/km²の接続機器数(同100倍)、1ミリ秒程度の遅延(同1/10)で、2時間の映画を3秒でダウンロードできるとされる。世界の主要国・地域において研究が進められ、日本政府は産学官の連携により、2020年の実現を目指している(詳しくは総務省の「平成29年版情報通信白書」など参照)。

※10 **HCCI(Homogeneous-Charge Compression Ignition=予混合圧縮着火)**：ガソリンエンジンの着火までに燃料と空気を十分に混合し、その希薄予混合気をディーゼルエンジンのように自己着火させる燃焼法。低温燃焼のためNOx(窒素酸化物)の排出が低減できるとともに、燃料と空気が十分に混合されることから、すす(煤)の生成が抑制され、また熱効率も高く、CO₂も削減できることなどが特長とされる。だが、着火や燃焼温度の制御(コントロール)などの技術的な課題が挙げられている。