

# 代替燃料自動車の行方

中村 清志郎 信楽 慧 日和 悟 廣安 知之

2016年4月29日

IS Report No. 2016042813

---

**IS** Report

Medical Information  
System Laboratory

## Abstract

地球温暖化や化石燃料枯渇問題によって、化石燃料を用いた自動車から代替燃料を用いた自動車にシフトしていく動きがみられる。この自動車は走行中に排気ガスを排出しないため環境によいとされている。その自動車の現在の姿を捉え、問題点を一つひとつ探し出し、今後どのような技術が進歩していくかを考える。また、その中でも特に電気自動車が広く普及していくと予想し、その自動車の近い未来とさらにその先の未来を考える。

キーワード: 代替燃料自動車, デュアルカーボンバッテリー, 非接触充電

---

---

# 目次

---

第1章 はじめに . . . . .	2
第2章 化石燃料を用いる自動車 . . . . .	3
2.1 ガソリン車 . . . . .	3
2.2 ディーゼル車 . . . . .	3
2.3 ハイブリッド車 . . . . .	4
2.3.1 シリーズ方式 . . . . .	4
2.3.2 シリーズパラレル方式 . . . . .	4
2.3.3 パラレル方式 . . . . .	5
2.4 プラグインハイブリッド車 . . . . .	5
第3章 化石燃料自動車による環境負荷 . . . . .	6
第4章 代替燃料を用いる自動車 . . . . .	7
4.1 電気自動車 . . . . .	7
4.2 燃料電池自動車 . . . . .	8
4.3 圧縮空気自動車 . . . . .	9
第5章 代替燃料自動車による環境負荷 . . . . .	10
第6章 代替燃料自動車の行方 . . . . .	11
6.1 なぜ代替燃料自動車は普及しないのか . . . . .	11
6.2 電気自動車普及のために . . . . .	11
6.3 今後の代替燃料自動車の行方 . . . . .	12
第7章 まとめ . . . . .	13

---

## 第 1 章 はじめに

---

1960 年代，日本における年間 1 人当たりのエネルギー量は石油換算で 1000 kg を割っていた。しかし 2010 年代，その 4 倍である 4000 kg 近くまで激増した。そのエネルギーは人間が快適に暮らすためのものであり，発電や産業，輸送・移動手段等に使われている。特に輸送移動手段で多く使われる自動車は日本における石油の使用量の約 25% を占めている [1]。石油を含む化石燃料は化石由来であるため限られた資源である。近年の調査から，石油や石炭，天然ガスは今後 50 100 年で枯渇すると予測されている。そこから，化石燃料の消費の削減を考える必要がある。そのため，化石燃料に代わる新たなエネルギーを見つけ出したり，様々な技術を発達させる必要がある。さらに近年，二酸化炭素 ( $CO_2$ ) 等の温室効果ガスによる地球温暖化が問題となっている。 $CO_2$  は多くの産業機械から廃出されているが，その多くは大規模な施設であり効率も非常に良い。一方，化石燃料を用いる内燃機関に頼っている乗り物である船舶や飛行機，自動車等は大規模施設ほど効率が良くない。特にその中で最も  $CO_2$  排出量の割合が大きく，広く利用されているのは自動車である。

自動車は 1940 年代まではぜいたく品として扱われてきた。しかし自動車の開発者たちは本当に自動車を求めているのは，産業革命以降暮らしが変化していない田舎の農民にこそ自動車が必要だと考えた。そこで低価格で丈夫な国民車が多く開発され，ガソリン等の燃料の価格が低かったこともあり広く普及した。同時に自動車の排気ガスによる大気汚染や温室効果ガスの増加も問題となった。

しかし，化石燃料は今後 50~150 年で枯渇すると言われている。また， $CO_2$  等の温室効果ガスの増加により地球の平均気温は  $1^\circ C$  上昇し，今後 100 年でまた  $1^\circ C$  上昇すると考えられている [2]。これらの問題への対策・解決として代替燃料を用いた自動車が必要とされている。本稿では，現代の化石燃料を用いた自動車の問題点と，代替燃料自動車の現状と展望について述べる。

---

## 第 2 章 化石燃料を用いる自動車

---

世界初の自動車は 1769 年，フランスのニコラ・ジョセフ・キュニョーが蒸気機関自動車を作ったことで知られている．1886 年にはカール・ベンツが世界初のガソリン自動車を作り出した．1920 年代には自動車の大量生産による低価格化を実現した．日本では戦後，経済的自立と国内産業育成のため国民車構想を提唱し，自動車の普及に取り組んできた．その結果，国民の手に渡った自動車は輸送手段としてだけでなくレジャーや移動手段としても用いられるようになった．

化石燃料を用いる自動車を以下の Table. 2.1 に示す．この表に示したものを順に紹介していく．

Table. 2.1 化石燃料を用いる自動車

種類	燃料	代表例
ガソリン車	ガソリン	フォルクスワーゲン ゴルフ
ディーゼル車	軽油	マツダ スカイアクティブ D 搭載車
ハイブリッド車	ガソリン	トヨタ プリウスなど
プラグインハイブリッド車	ガソリン+電気	トヨタ プリウス PHV

### 2.1 ガソリン車

1886 年，ドイツのカール・ベンツとゴットリーブ・ダイムラーがそれぞれ世界初のガソリン自動車を発明した．現在の一般的なガソリン車（2リッターエンジン，5人乗りハッチバック）では1リットルのガソリンで20km前後走ることが可能である．ガソリンエンジンは自動車に限らずオートバイ等にも用いられている．また，世界中の自動車の7割はガソリン自動車であり，自動車のCO<sub>2</sub>排出量に大きな影響を与えている [3]．

### 2.2 ディーゼル車

1920 年代，ドイツのメルセデスベンツとエムアーエヌがそれぞれ同時期にディーゼルエンジンを実用化したことが始まりである．ディーゼルエンジンは軽油を燃料とする内燃機関である．特徴としてガソリン車と比べ高出力・低燃費であることが挙げられる．一般的なディーゼル車（2.2リッターターボエンジン，5人乗りハッチバック）では1リットルあたり20 kmほど走行できるという点はガソリン車と大きく変わらない．パワーは129 kW，トルクは420 Nmとなっており，ガソリン車の114 kW，196 Nmに対してトルクが非常に大きく走行性能がガソリン車よりも優れている．しかし，ディーゼルエンジンはガソリンエンジンよりも高温高圧に耐えるものでなくてはならないため，コストがかかる．寒冷地では燃料である軽油が凍結する可能性があるが，現地の寒冷地に対応した燃料を入れることで解決する．また，咳や気管支炎，酸性雨の原因となるNO<sub>x</sub>，SO<sub>x</sub>の排出もガソリン車よりも多いが，触媒を通したり，エンジンの圧縮を下げたりすることで対策がなされている．

## 2.3 ハイブリッド車

通常のエンジンに加え、他の動力も搭載し、それらを組み合わせて使うシステムをハイブリッドと呼ぶ。19 世紀末には技術は存在していたが市販化されたのは 1990 年代後半からであり、今日では街中で見かけることも多くなった。ハイブリッドと一概に言っても 3 種類のシステム構成がある。それを以下でそれぞれ示していく。

### 2.3.1 シリーズ方式

ハイブリッド自動車はとても古く、1896 年のローナー・ポルシェ・ハイブリッドが世界初のハイブリッド車である。開発者は名前にある通りフェルディナンド・ポルシェである。ローナー・ポルシェ・ハイブリッドはシリーズ方式を採用している。バッテリーの電気でモーターを回して走り、電気がなくなるとエンジンで発電機を回して発電しモーターで走行する。

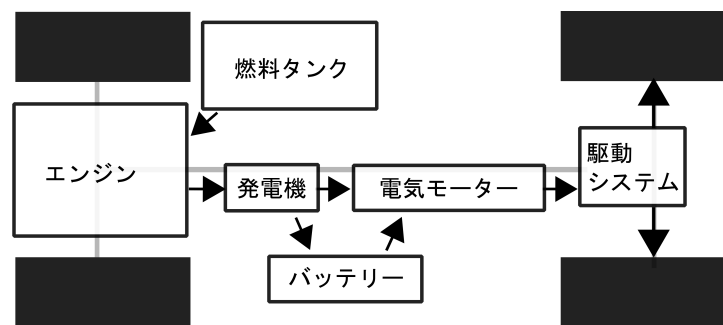


Fig. 2.1 シリーズ方式の仕組み (自作)

### 2.3.2 シリーズパラレル方式

1997 年、世界初の量産ハイブリッド車としてトヨタのプリウスが発売され、「21 世紀に間に合いました」というキャッチコピーで世間を賑わせた。今日ではプリウスは毎月 1 万台以上販売されるような人気車種となり、ハイブリッドカーを広く普及させるきっかけとなった一台である。プリウスなどトヨタ系のハイブリッド車はシリーズパラレル方式を採用されている。この方式は、発進時は低回転域から最大出力を出せるモーターの強みを生かす方式である。動力分割機構を使い、低速走行はモーターがこなし、速度が上がると燃費効率が高いエンジンを使用する。エンジンで発生するパワーを使い切れない場合は発電機を用いて電気に変換してバッテリーを充電する。強い加速が必要なときには、モーターとエンジンを併用し、1 クラス上の動力性でスムーズに加速することが可能である。また、減速機は高回転のモーターの速さを落として、トルク重視にする機構である。

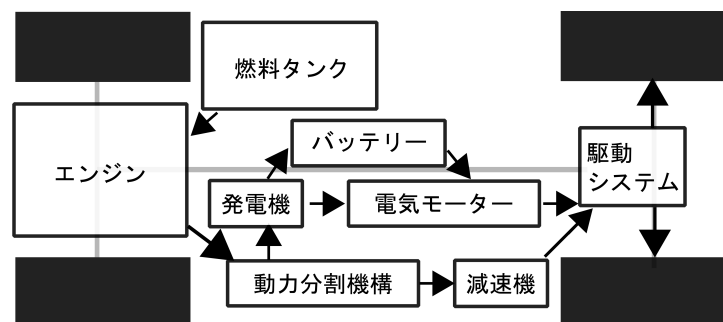


Fig. 2.2 シリーズパラレル方式の仕組み (自作)

### 2.3.3 パラレル方式

この方式はエンジンとモーターの出力軸は同じで、発進時や加速時などパワーが必要なときにモーターがエンジンをサポートする仕組みだ。この方式が誕生した当時はエンジンとモーターを同時に使用する必要があったが、最近では、モーターだけで走るモードを備えたシステムも存在している。

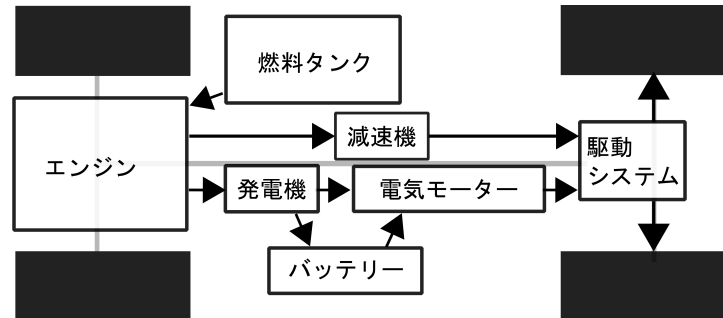


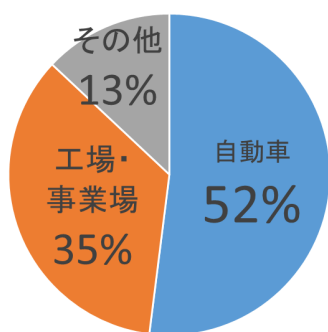
Fig. 2.3 パラレル方式の仕組み (自作)

## 2.4 プラグインハイブリッド車

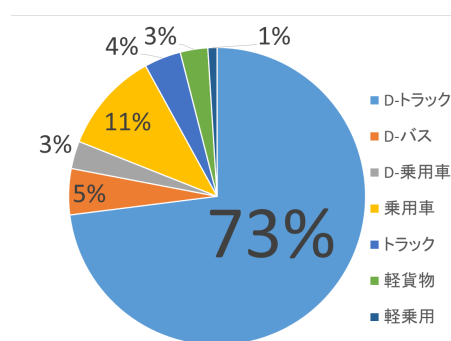
基本的にはハイブリッド車と同じだが、搭載しているバッテリーが大きく、家などで充電できることが大きな違いである。主に電気モーターを利用するのでガソリンの消費量をより抑えることができる。一部の車両では 100 V コンセントを搭載しているため地震等の災害時に非常電源としても用いることができる。実際 2016 年 4 月の熊本地震でも三菱アウトランダー PHEV が村役場の非常電源として用いられた。

### 第 3 章 化石燃料自動車による環境負荷

せきや気管支炎，酸性雨の原因ともなる  $NO_x$ ,  $PM$  の日本における排出量の 52 % は自動車から排出されている．そのうち 81 % はディーゼルエンジン搭載車から排出されている．日本では深刻な被害は報告されていないが，ヨーロッパではディーゼル車がガソリン車よりも多いことから酸性雨が発生し森が枯れることもあった．このことからディーゼル車をはじめとした化石燃料を動力とした自動車を減らすべきだと考える [4]． $CO_2$  については後の「代替燃料自動車による環境負荷」に記す．



(a)  $NO_x, PM$  の排出元の割合



(b) 排出元の自動車の割合

Fig. 3.1 日本における  $NO_x, PM$  の排出元の割合と排出元の自動車の割合 (自作)



---

## 第 4 章 代替燃料を用いる自動車

---

代替燃料を用いる自動車を以下の Table. 4.1 に示す。

Table. 4.1 代替燃料を用いる自動車

種類	燃料	搭載してるものと排出物
電気自動車	電気	バッテリー+モーター 何も出ない
燃料電池自動車	水素	燃料電池+モーター 水
圧縮空気自動車	空気	圧縮空気エンジン 空気のみ

Table. 4.1 に示したように代替燃料自動車は現在 3 種類存在する。これら 3 種類の代替燃料自動車について以下に詳細を記す。

### 4.1 電気自動車

バッテリーを搭載し蓄えた電気をエネルギーとしている。アクセル操作をコントロールユニットが読み込み、その操作に応じてモーターを動かし、動力を得る自動車である。

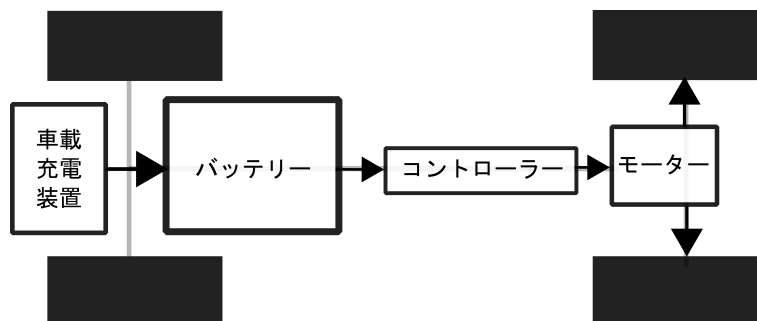


Fig. 4.1 電気自動車の仕組み (自作)

そのため、電気自動車は「有害排出物が無く（ゼロエミッション）、環境にやさしい」とされており、大気汚染の緩和策には有効である。さらに、自然エネルギー発電と組み合わせることにより  $CO_2$  削減にも有効と見られている。また、騒音源である内燃機関を搭載していないため、音が静かであるという特徴もある。

電気自動車は最近流行し始めたという印象があるが歴史はガソリン自動車よりも古い。電池は 1777 年、モーターは 1823 年に開発されていたこともあり、1873 年にイギリスで電動トラックが実用化された。また、100 km/h の壁を超えたのは電気自動車のほうが先である。

電気自動車のメリットとして 2 つ挙げられる。1 つ目に電気を作り出すところから自動車が走るまでのことを考えたとき非常に効率が良いことだ。火力発電所などの発電の効率化や、廃熱利用などにより、60 % 程度の熱効率を実現する発電所も増えていることから、内燃機関を用いた自動車よりもエネルギー効率が 2 倍程度高くなると考えられる。また、燃料電池・風力発電・太陽光発電など、

発電時に二酸化炭素を出さない発電方法も利用可能である。また、太陽電池を車両に搭載して換気に用いるなど電力の一部をまかなうことでより快適な運転も可能である。電気自動車を使用する場合、深夜電力を利用して充電することが多いと考えられることから発電所の深夜余剰電力の有効利用にもつながる。日本においては、8000万台の比較的高性能なプラグインハイブリッドカーや電気自動車が普及した場合、深夜余剰電力を利用することでガソリン使用量の7割を削減できると試算されている。電力に占める再生可能エネルギーの利用割合が増えることで、さらに温暖化ガスの排出量削減が出来ると見込まれている [5]。

2つ目にガソリン車よりもパワフルでスムーズであることである。駆動に用いられる電気モーターは起動時から最大トルクを得ることができ、エンジンが動力の場合用いられる損失の発生するトランスミッションなどを用いることなく直接車輪に動力を伝達できスムーズな加速が可能である。また、モーターは発電機としても用いることができるので、減速時の熱エネルギーを回収して充電、バッテリーの残量を増やすことができる。

バッテリーには主にニッケル水素電池、リチウムイオン電池、鉛電池がある。エネルギー密度は鉛蓄電池比でニッケル水素電池は2倍、リチウムイオン電池は4倍となっている。このことからニッケル水素電池はハイブリッド車に、リチウムイオン電池は電気自動車、燃料電池自動車によく用いられている。鉛電池は一般の自動車のエンジン始動や快適装備を動かすのに用いられるが、動力として用いられることは少ない。電気自動車やハイブリッド車では減速時に充電をする回生ブレーキを通常のブレーキと併用するため、バッテリーの充電回数が増加する。そのためバッテリーの充電可能回数の増加が求められている。これを解決するためにデュアルカーボンバッテリーの開発が進められている。これは電極では化学反応をとまなわないため劣化しにくく、長寿命、そして充電時間の短縮が期待されている。また、第二のバッテリーとしてキャパシタが注目されている。原理はコンデンサと変わらないが、化学反応が起こる電池に対してキャパシタはそういった反応がないため、劣化しにくく、急速な充放電にも耐える。現在の技術では、電気自動車を3 km 走らせられるほどの容量しかないが、10倍ほどの容量になれば予備のバッテリーとして使うことができるだろう。ちょっとした買い物程度の距離であれば、十分対応できるだろう。モーターの技術としてインホイールモーターがある。これはモーター軸にホイールを取り付けるもので、バネ下重量が増加するため乗り心地が悪化する場合があるが、動力伝達ロスを最小限にすることができる。それ以外にも車両姿勢安定装置の制御もより細かく行えるので、安全性能も向上する。

## 4.2 燃料電池自動車

燃料電池は、「水の電気分解」と逆の原理で発電する。水の電気分解は、水に外部から電気を通して水素と酸素に分解する。燃料電池はその逆で、水素と酸素を電気化学反応させて電気を作りだすことができる。このとき発生した電気をもとに、モーターを制御し動かすのが燃料電池自動車である。

2002年12月にトヨタ自動車がトヨタ・FCHV、本田技研工業(ホンダ)がホンダ・FCXのリース販売を開始した。また、2014年12月に日本国内でセダンタイプのトヨタ・MIRAIを発売することを発表した。1回約3分の充填での航続距離は約650 km 走行することが可能である。事前受注は日本だけで400台を超えた。ホンダも2015年に新型の燃料電池自動車クラリティ FUEL CELLを日本国内でリース販売を開始した。

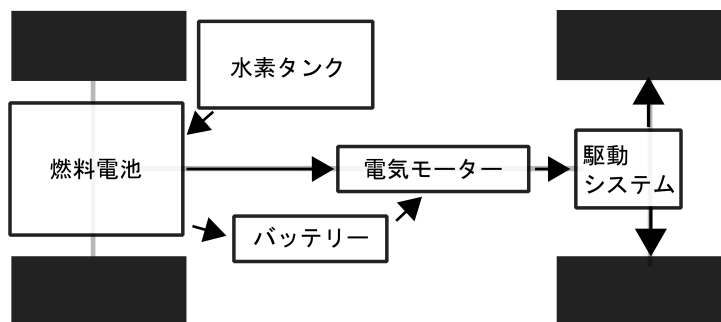


Fig. 4.2 燃料電池自動車の仕組み (自作)

燃料電池自動車は電気自動車に対して、航続距離が長く、水素の充填時間が3分ほどと充電に比べ短いことがメリットとして挙げられる。しかし、燃料電池は値段が高く、燃料となる水素の貯蔵・搬送にコストがかかってしまう。また、水素ステーションの設置費用の高さ（1か所あたり約4億円）というのもデメリットとして挙げられる。

### 4.3 圧縮空気自動車

タンクに圧縮空気を取り込んで、その空気力でピストンを動かし、回転を生み出し車を動かす。2016年度中に Peugeot Societe Anonyme Peugeot Citroen (PSA プジョーシトロエン) が圧縮空気エンジンと既存のガソリンエンジン等を用いたハイブリッドカーを量販するという事で計画を進めている。長所としてシンプルさが挙げられる。内燃機関と比較してシンプルであるため、車体を軽くできコストがかからず既存技術の組み合わせだけで作ることが可能である。短所として日本の場合、1 MPa 以上の圧縮空気は法律上高圧ガスとして扱われているため、充填場所が限られ、高圧ガス製造保安責任者が必要となってしまう、電気自動車ほどお手軽という印象がないのがデメリットである。また、航続距離も最大で 200 km ほどなので圧縮空気エンジンのみでの長距離移動はできない。

---

## 第 5 章 代替燃料自動車による環境負荷

---

代替燃料自動車の多くは走行中は  $CO_2$  を排出しない。しかし、電気自動車の場合では電気を作り出すところから、燃料電池自動車は水素を作り出すところからの  $CO_2$  排出量を考えると本当に環境に優しいのかを検証する。

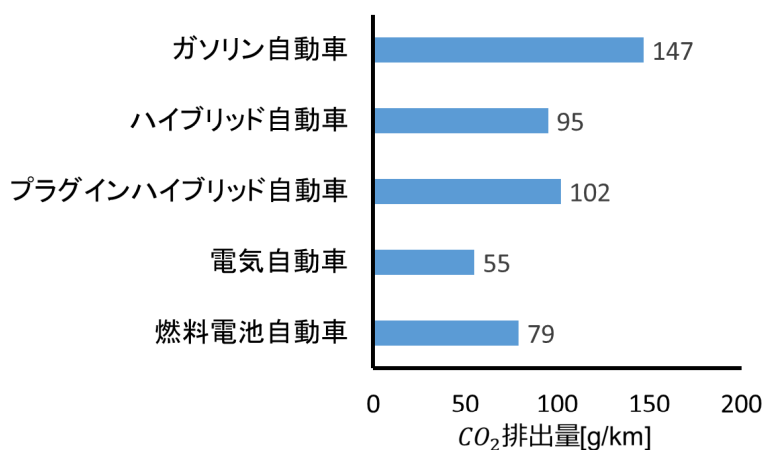


Fig. 5.1 各自動車の  $CO_2$  排出量 (自作)

電気自動車の  $CO_2$  排出量は  $55\text{ g}$  と、ガソリン車の  $147\text{ g}$  に対して約  $1/3$  にまで抑えられていることがわかる。これはガソリンエンジンよりも発電施設は効率的であることからこのような結果になったと考えられる。しかし、燃料電池車は水から水素を作り出すために必要な電気を発電しなければならぬため、 $79\text{ g}$  と電気自動車よりも  $CO_2$  排出量が増加してしまう。しかし燃料を作り出す段階での環境負荷まで考えても、代替燃料を用いると化石燃料を用いる自動車よりも環境負荷は小さくなる。

---

## 第 6 章 代替燃料自動車の行方

---

### 6.1 なぜ代替燃料自動車は普及しないのか

先述した内容から、代替燃料自動車は内燃機関自動車と比較して環境に優しいことがわかる。しかし様々な理由から代替燃料自動車のシェアは 0.2 % に満たない。その理由として 3 つ挙げられる。まず 1 つ目に充電スタンド、水素ステーションが少ないことである。ガソリンスタンドは全国に約 33000 か所存在する。対して充電スタンドは約 18000 か所存在する。このように書くと充電スタンドのほうが多くあり、便利のように思われそうだが、ガソリンスタンドには給油機が複数台ある。つまり、実際の店舗数よりも多くのクルマが給油できるため、ガソリン車のほうが便利ではある。モデル S を満充電する時間は 6~7 時間かかり、ガソリンスタンドで満タンにするのとはかなりの時間差があるため、長距離移動では宿泊が前提のプランとなってしまう。対して燃料電池自動車は燃料電池自動車は水素を燃料としているので、空の状態から満タンにしても 2~3 分ほどであり、ガソリン車並みの速さを実現している。しかし水素ステーションは現在全国に約 70 か所しか存在しない。また、茨城県以北には水素ステーションそのものが存在しないため、東北、北海道地域では利用できない状態である。また水素ステーション開設費用がガソリンスタンドの 10 倍ほどかかるというのも普及しない大きな理由として挙げられる。圧縮空気自動車はまだインフラが整っていないので普及は難しいと思うが、高圧ガス保安法が改正されるといった変化があれば普及する可能性はある。

2 つ目に航続距離が短いことである。まずガソリン車は満タンで 500 km 以上は走ることができる。電気自動車はテスラモーターズのモデル S では 500 km 以上の航続距離を実現しているが、他の多くの電気自動車は 150~300 km 程度の航続距離にとどまっている。その点、燃料電池自動車では航続距離は約 650 km と十分である。

3 つ目に、代替燃料自動車そのものの価格が高すぎることである。現在、同サイズの自動車に対して 1.5~3 倍の値段であり、購入するにはそれなりの覚悟が必要である。各自治体から補助金は出るものの車両本体価格の 5~10 % 程度であるので、通常の自動車との差を埋めるには至っていない。

これらの事情を顧みるとき、インフラがある程度整っていて、航続距離が日常生活では困らない程度あり、価格がガソリン車に近い電気自動車をもっとも総合的に優れていると考えられる。以下では電気自動車を中心として普及させる方法を考える。

### 6.2 電気自動車普及のために

これらの問題を解決するためには、まず 1 つ目に自動車メーカーや国が充電スタンド、水素ステーションの普及のための補助を行う必要がある。電気自動車の場合には充電時間がかかるため停車時間が長い。そのためガソリンスタンドのような施設を作るのではなく、既存の施設に充電スタンドを設置することが効果的と考える。現在ショッピングモール等にも設置されているが 2 基ほどしか設置されておらず、便利とは言い難い。そのため、少しずつ増やしていき、最終的には全ての駐車スペースに設置するのがよいと考える。この場合費用が多くかかってしまうが、国から補助金を出すことも必

要だと考える。現在充電スタンドの費用の 1/2 を補助しているが、これを全額補助とすることでより広く普及すると考える。2 つ目に、バッテリーの大容量化が必要である。バッテリーに関しては現在主流のリチウムイオン電池のエネルギー密度の増加を目指し開発がすすめられている。その一方で新たなバッテリーも開発されている。デュアルカーボンバッテリーと呼ばれるものである。このバッテリーは極板に炭素を使っており劣化しにくいとされており、リチウムイオンバッテリーの 3 倍のエネルギー密度、1/30 の充電時間を実現できるとされており、次世代の電池として注目されている。電気自動車に搭載できれば航続距離の延長と充電時間の短縮を実現でき、より実用的な電気自動車が作成できると考えられる。3 つ目にバッテリー等の大量生産による値下げが必要である。2014 年現在では 1 Wh あたり 35000 円である。毎年 7 % ずつ価格が下落しているということもあり、最終的には 1 Wh あたり 15000 円前後まで安くなると考えられている。これは電気自動車が世間で受け入れられ順調に台数を増加させていった場合の統計であり、そのためには前者 2 つを達成する必要がある。

### 6.3 今後の代替燃料自動車の行方

まず、長距離移動をすることを前提として考える、この場合自宅で容易に充電でき、ガソリンエンジン等で発電が可能なプラグインハイブリッド車およびシリーズ方式のハイブリッド自動車もしくはレンジエクステンダー（発電機）搭載の電気自動車が有力である。ただし、先にも述べたように、日本人の平均の 1 日の自動車での移動距離は 40 km ほどである [6]。これは純粋な電気自動車でも十分に賄える距離である。また、大型のショッピングモールなどにも充電スポットが設けられている。このことから、電気自動車の普及が進むと考えて間違いない。

今後さらなる電気自動車の技術に進歩が見られた場合には新たな形式の自動車が考えられる。それはコードによる充電に頼らない新たな給電方法を用いた自動車である。現在、現在はコードを使用しない非接触充電も一部で利用されている。現在は手間がかからないという点から用いられている。しかしこれからはこの充電装置を道路に埋め込むことで走行中でも充電が可能になると考えている。また、電池ではなく急速な充放電が可能なキャパシタを用いた自動車が開発される可能性がある。キャパシタは現在電気自動車が数 km 走行できる程度の電力しか充電できないが、充電装置が道路に 500 m おきに設置することができれば、キャパシタの容量や航続可能距離を気にしながら走る必要がなくなる。また、常に充電スタンドがどこにあるのかなどを気にする必要がなくなり、快適な移動ができると考えられる。しかし、この手法は非常に費用と莫大な時間がかかるため現実的ではない。

燃料電池自動車に関しては、現状よりもより高圧に耐えられる水素タンクを開発することで航続距離は稼ぐことができる。また、圧縮空気自動車に関しては日本における高圧ガス製造法の改正と、より効率よく圧縮空気を作り出す手法が編み出せれば普及していくだろう。

---

## 第7章 まとめ

---

現在化石燃料を用いる機械による温室効果ガスの増加や化石燃料が枯渇するといった問題を抱えている。自動車は運輸部門においては非常に大きな役割を担っている。温室効果ガスの排出原因の約20%を占めており、環境に大きな影響を与えている。また化石燃料が枯渇した場合には自動車は大きな打撃を受ける。したがって、自動車も排気ガスを出さない代替燃料を用いる方向にシフトしてきている。電気自動車や燃料電池自動車、そして圧縮空気自動車が有力とされているが、その中でも充電スタンドが普及し、航続距離も少しずつ伸びてきている電気自動車が広く普及すると私は考えている。今後、電池やバッテリーの効率が上がり、充電方法も増えることにより便利な乗り物になっていくと考えている。

---

## 参考文献

---

- [1] 石油連盟, “今日の石油産業 2016,” [http://www.paj.gr.jp/statis/data/data/2016\\_data.pdf](http://www.paj.gr.jp/statis/data/data/2016_data.pdf), 閲覧日: 2016年4月23日.
- [2] 村上信明, “昨日今日いつかくる明日～読切り「エネルギー・環境」～,” <http://www.mech.nias.ac.jp/biomass/murakami-book-1kou.htm>, 閲覧日: 2016年4月10日.
- [3] “クリーンディーゼル車購入ガイド,” <http://www.diesel-car.info/kisotisiki-info/wariai.html>, 閲覧日: 2016年4月8日.
- [4] 三菱総合研究所, “自動車を巡る環境問題の現状と今後の展望について,” <http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g21031f061j.pdf>, 閲覧日: 2016年4月8日.
- [5] 石川憲治, エコカーの技術と未来 -電気自動車・ハイブリッドカー・新燃料車-, 第1版, オーム社, 2010.
- [6] 三菱自動車, “i-miev の走行性能,” <http://www.mitsubishi-motors.co.jp/i-miev/performance/>, 閲覧日: 2016年4月10日.