

# 電気自動車と次世代自動車・将来の 「ランドマーク商品」としての展望

Electric Vehicle and Next Generation Vehicle  
as future "Landmark Commodities"

天 野 了 一

Ryoichi AMANO

四 天 王 寺 大 学 紀 要  
第 6 7 号 2019年 3 月

(抜刷)

# 電気自動車と次世代自動車・将来の「ランドマーク商品」 としての展望

Electric Vehicle and Next Generation Vehicle as future "Landmark Commodities"

天 野 了 一

Ryoichi AMANO

自動車に2つの大きなパラダイム変革が起きようとしている。第一に、電気自動車、燃料電池自動車などの次世代パワートレインを持つ自動車の登場である。第二に、交通事故の未然防止に加え、運転に関わる人間の労働の低減や、免許の有無に関わることなく人が移動することを可能とする、完全自動運転に向けた技術の開発である。本論では、前段となる第一のパラダイム変革である、次世代自動車、とりわけ電気自動車（EV）について、歴史や特性、特徴について述べ、各社、各国での商品開発と発売や普及状況、自動車そのものの進化や、インフラ整備、普及に向けての問題点を、主要車種の使用実体験を踏まえて整理する。その上で、社会、人々の価値観の変化や今後の展望、普及の要件について、「ランドマーク商品論」の観点も交えて新たに検討を試みる。

キーワード：次世代自動車、電気自動車、EV、ランドマーク商品

## 1 はじめに

自動車は現代の文明生活に欠かせない。我が国のみならず、世界中において、個人が購入する商品、そして規格品として企業により大量生産されている物品の中では、住宅に次いで、最も高額な商品である。しかし、例え高額な車種でも経済寿命があり、10年ほどで維持費が残存価値を上回り、市場価値がなくなり、やがて廃車になるという特性を持つ。一度購入すれば、修理、保守を行うことで半永久に利用可能であり、子孫にも財産として受け継いで行くこともできる住宅とは、根本的に性質が異なる消費財である。

一般財団法人自動車検査登録普及協会によると<sup>1)</sup>、登録普通自動車の2017年3月末の平均使用年数は、12.91年となっている。また、平均車齢については8.53年であり、不況の中で漸次伸びている傾向にある。国内の自動車保有台数については、軽自動車を含む乗用車が6,225万台、貨物車や二輪も含めれば8,126万台で、世帯当たり普及台数は1.06台と、1世帯1台を上回っている。保有しない家庭もある一方で、複数所有している世帯もある。専門雑誌も多く、国民的な関心が高い、またライフスタイルを象徴する話題性ある商品であるといえよう。日本には、国内最大の時価総額を持つ世界有数の企業であるトヨタ自動車はじめ、10社の完成車メーカーが存在、わが国の基幹産業の一つとしても位置付けられる。

そうした中で、2010年代の後半に入った頃から、商品としての自動車について、2つの大きなパラダイム変革が世界同時並行で起きようとしている。第一の変革が、電気自動車（EV）、

燃料電池自動車（FCV）などのパワートレインを持つ次世代自動車の登場である。この背景には、石油等化石燃料を燃料とすることによる二酸化炭素排出に起因する、地球温暖化、地球環境問題の深刻化、石油価格の上昇と枯渇懸念の中で、その解決策としての期待がある。第二に、自動運転の技術の萌芽である。交通事故の未然防止に加え、運転に関わる人間の労働の低減と、免許の有無に関わることなく人が移動することを可能とすることを狙いとする。運転者のいない完全自動運転については2018年現在、まだ完成、実用化、発売はされておらず、法的な課題もあり、公道での実現にはまだ日時がかかりそうではあるが、研究開発は各国の主要メーカーで日々行われており、内閣府のロードマップでは2020年代後半の実用化も想定されている<sup>2)</sup>。

この2点のパラダイム変革は密接に相互に関係しており、20世紀初頭から今日までの常識であった、ガソリンや軽油等を燃料とし、人間が手足を動かし、頭脳を駆使して運転する自動車の時代は、現在、「終わりの始まり」の段階にあり、自動車産業もまさに大きな変革の時を迫られようとしていると考えられる。自動車業界には、T型フォード以来の、100年に一度の大転換期が来たとの指摘もなされている<sup>3)</sup>。

石川健次郎は、単なるヒット商品やベストセラー商品、ロングセラー商品ではなく、生活スタイルや、背景となる価値観の変化をもたらす、変容の画期となった商品、すなわち、生活の前提を変化させる、それを避けて生きることができないほどのパワーを持った商品を「ランドマーク商品」と2004年に定義づけた<sup>4)</sup>。石川のグループにより、自動車については、「最大のランドマーク商品」であると位置づけられ、さらに瀬岡誠・瀬岡和子により、自動車の商品特性、とりわけ自動車そのものの「メディア」としての特殊性や機能、さらに消費社会における自動車のもたらす負性についての考察が行われてきた<sup>5)</sup>。しかし、現在、自動車を巡る状況は、この2つのパラダイムを軸に当時は想定しえなかった程の大きな変化がおきつつある。

そこで、本論では、前段である第一のパラダイム変革である、次世代自動車、とりわけ普及がスタートしはじめた電気自動車（EV）について、その歴史や商品特性、特徴について実体験を交えて述べるとともに、各国での政策や普及状況、インフラ整備やその普及に向けての実用上、経済面の問題点を明らかにし、社会、人々の価値観の変化や、第二のパラダイム変革である自動運転も含めた今後の展望について「ランドマーク商品論」の観点を交えて検討することとしたい。

## 2 自動車の進化

### 2.1 自動車の誕生と蒸気自動車・電気自動車・ガソリン自動車

自動車およびその業界を巡る状況は、現在、100年に一度と言われるような大転換期にあるといわれる<sup>6)</sup>。人の移動手段は、歴史的にみれば、徒歩から馬を経て、中世に入ると馬に車輪をつけた馬車が誕生し、人や荷物をより楽に運搬することができるようになり、それに伴いインフラとしての道路網も整備されていった<sup>7)</sup>。そして産業革命を経て、18世紀末には、自動車が登場した。1769年には、フランス軍の技師であった、ニコラ・ジョセフ・キュノーが、大砲を牽引する蒸気自動車を製作したのが最初であった<sup>8)</sup>。この蒸気機関を使った自動車は、フランスはじめ、アメリカやイギリスなどでその後も改良が続けられ、一定の普及を見たが、運行

には大量の水を必要としたことや、ボイラー始動から走行開始までに時間がかかったこと、構造が複雑で、メンテナンスが大変であったこともあり、主流とはなり得なかった<sup>9)</sup>。

電気自動車も同様に古い歴史を持つ。1873年に、スコットランド人のロバート・デビッドソンが、初の実用車を完成させたことをきっかけに、フランスやアメリカ、ドイツでも製造が開始、1900年ごろには電気自動車ブームが起き、時速100キロを超える高速走行の世界記録も達成、一時はガソリン自動車よりも多く存在した。しかし1930年代には改良の進んできたガソリン自動車との競争に敗れ、やがて消滅の道を辿ることになった<sup>10)</sup>。

ガソリンを燃料とする内燃機関、エンジンについては、1860年にベルギーのジャン・ジョセフ・ルノーワールが2サイクル式を、1876年はドイツのニコラス・アウグスト・オットーが4サイクル式を発明、1885年にはこれを搭載した三輪自動車をドイツのカール・ベンツが、1886年には、同じくドイツのゴットリーブ・ダイムラーが四輪自動車を制作した。1908年にはアメリカのヘンリー・フォードがT型フォードの大量生産を開始したことで、やがて自動車は特権階級だけでなく、一般人の手の届くものになった<sup>11)</sup>。

ガソリン自動車やディーゼル自動車などの内燃機関自動車は、長距離走行が可能であり、燃料が入手容易で、補給も一瞬ですみ、整備もしやすく、安価で軽いという特性から、改良が進むとともに、やがて蒸気自動車や電気自動車を駆逐し、以後、おおよそ100年以上にわたり、自動車の主流となって、現在に至っている<sup>12)</sup>。

## 2.2 次世代自動車とは

「次世代自動車とは何か」について、共通の定義は存在しないが、わが国では経済産業省が「ハイブリッド自動車 (HV)」「電気自動車 (EV)・プラグイン・ハイブリッド自動車 (PHV) または (PHEV)」「燃料電池自動車 (FCV)」「クリーンディーゼル自動車」を次世代自動車と定めている<sup>13)</sup>。また、環境省においては、従来型のエンジン自動車に比べて炭酸ガスや排気ガスの排出濃度という点で負荷の少ない、あるいは全くないという観点から、燃料電池自動車 (FCV)、電気自動車 (EV)、天然ガス自動車、ハイブリッド自動車 (HV)、プラグイン・ハイブリッド自動車 (PHV)、クリーンディーゼル自動車を次世代自動車と定め、2020年までに新車販売の50%を目指すとしている<sup>14)</sup>。この他にもバイオエタノール自動車や、水素を直接燃焼させる水素ロータリーエンジン車なども、環境対応という広い意味での次世代自動車と考えられよう。自動車の許認可・監督省庁である国土交通省では燃費基準や排気ガスの基準を定め、適合した車両には購入や維持についての各種税金の減免措置を実施し、その普及を啓発、支援している。

## 2.3 次世代自動車の種別と特徴

〈ハイブリッド自動車 (HV)〉車輪を直接駆動するエンジンの力の一部や、ブレーキ踏動時に回生を行い、内蔵の電池に充電し、その電池で電気モーターを使って走行の補助とする仕組みの車である。その歴史は古く、1889年にオーストリア人のフェルディナント・ポルシェが車輪にモーターを組み込んだハイブリッド車を試作したのが最初である<sup>15)</sup>。量販車として初と

なったのは、それから100年先、1997年にトヨタが発売開始したプリウスであり、ホンダのインサイトが続き<sup>16)</sup>、今では世界の多くのメーカーが様々な車種で製造している。搭載するエンジンは発電と充電のためのみに使い、エンジンが車軸を直接駆動しない、「シリーズハイブリッド」といわれる仕組みも2017年に発売された日産自動車の「ノート」等で採用されている。ハイブリッド車はエンジンのつくる電気を使ってガソリン消費量を減らす仕組みであるため、外部からの充電などは必要としない。そのため、従来よりも燃費の良い自動車であるという以外、ユーザーの使い勝手は変わらない。コストも比較的安く、通常車との燃費の差で本体の差額を取り戻せる車種もある。

〈プラグイン・ハイブリッド車 (PHV)〉家庭などの電源に充電器を接続し外部から大容量電池に充電、日常の短距離では電池のみの走行を可能とし、それを越えた分は普通のハイブリッド車となるため、電池切れを起こさないというメカニズムの車である。2013年発売の多目的車 (SUV) の三菱「アウトランダー PHV (12kwh)」がその草分けで、2017年にトヨタから発売された「プリウスPHV」は電池容量を8.8kwhとし、68kmの電気走行が可能になっている。海外ではBMWやボルシェも製造している。

〈電気自動車 (EV)〉純粋に電気だけを動力とし、家庭や公共の電源から充電を行い、電気をバッテリーに蓄え、インバーターを経てモーターを駆動して走行する車である。電気がなくなれば当然、「動かない箱」になる。排気ガスを出さず、構造が単純である一方、走行距離は重量物である電池の容量に依存しており、長距離走行には向かず、またその充電には時間を要するという問題がある。前述のように、EVは自動車草創期からの長い歴史があり、20世紀初頭には、世界で一定数が製造販売された。日本でも石油燃料が不足した1947年に、立川飛行機 (現日産自動車) で「たま号」などの試作車が作られたが、1950年以降は航続距離の短さや充電インフラの不備から衰退の一途を辿り、以後はゴルフや球場のカート、万博や遊園地での遊覧車など、限られたエリアの簡易な用途に限られているという状況であった。

しかし、長年使われてきた鉛蓄電池からの技術的ブレークスルーとして、1990年に高容量・小型のリチウムイオン二次電池が実用化された<sup>17)</sup>。こうした中で、現実的な走行距離を持ちながら、小型化、軽量化が可能になってきたこともあり、地球環境問題、公害問題、省エネルギーへの関心の高まりの中で、本格的な一般向け乗用車として、2009年に軽自動車規格の4人乗り「iMiEV (アイミーブ) (16kwh)」が三菱自動車から、次いで2010年に5人乗り普通乗用車の「リーフ (24kwh)」が日産自動車からそれぞれ発売された<sup>18)</sup>。

両車種とも、公称値での航続距離は120km以上、最高時速 130km以上であり、日常での使用には不便がないとされる。これをきっかけに、GM、VW、BMWなど世界の自動車メーカーにより本格的な市場導入が行われ、電気自動車専門のベンチャーであるTESLA (テスラ)、Fiscar (フィスカ) なども米国において設立され今日に至っている。

〈燃料電池自動車 (FCV)〉電気モーターで駆動する点については、EVと同様であるが、二次電池 (蓄電池) ではなく水素燃料電池をエネルギー源とすることが特徴である。燃料電池の仕組みは、タンクに蓄えた水素を空気中の酸素と反応させ、電気分解の逆反応で電気を取り出すもので、原理上、排気ガスは出ず、水だけを排出することから、究極のエコ自動車である。

2007年にホンダが量産型乗用車として初の「FCXクラリティ」を発表、2014年には初の一般向けとしてトヨタが「MIRAI」を発売し、出てきた排水を人が飲む映像なども、世界的に話題となった。

〈天然ガス自動車〉文字通り気体の天然ガスを燃料とする自動車で、排気ガスの有害物質や二酸化炭素排出量が少ないという利点があり、日本ではバスなどに使われる他、海外では中国、イラン、ブラジル、アルゼンチンなど広く普及が進んでいる国もある<sup>19)</sup>。既存の自動車のエンジンや燃料系の改造でつくれるが、高圧で危険なタンクの扱いが難しく、ガス供給スタンドの建設などのインフラ整備が必要となってくる。

〈クリーンディーゼル車〉圧縮比が高いため燃費がよく、二酸化炭素排出量も少ないというディーゼルエンジンの特徴を生かし、燃焼方法や触媒、吸着装置の工夫で、欠点であった黒煙や窒素酸化物などの排気ガスの問題を改善したものである。長距離走行の多い欧州を中心に人気があり、日本でもマツダが主力車種に採用するようになっている。

本論では、既存技術の延長であり、既に普及が進んでいるハイブリッド車、天然ガス（LNG）自動車、クリーンディーゼル車については次世代自動車としての範囲から除き、リチウムイオン二次電池による電気自動車（EV）を中心に、燃料電池自動車（FCV）など、新たなインフラや社会システムの提供を迫る新しいタイプの次世代自動車について、「ランドマーク商品」としての位置づけの可否も交えて論じることにした。

### 3 次世代自動車の必然性

#### 3.1 なぜ次世代自動車なのか

二酸化炭素の排出による地球温暖化は、海面上昇による島嶼国の水没や洪水、海面温度上昇によるエルニーニョ現象による干ばつや不漁、気候変動による作物の不作、砂漠化など、様々な問題を引き起こしている。1997年には、「気候変動に関する国際連合枠組条約」の「京都議定書」が批准され、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出削減が数値目標とともに定められ、世界が協調し、排出削減の取り組みが各国の政策課題として実施されてきているところである。二酸化炭素については、それ自体は有害ではなく、化石燃料はじめ、ものを燃やすと必ず発生するもので、いわば文明と経済成長、豊かさの対価ともいえる。最大の排出国である米国の批准拒否、途上国にとっても排出規制は今後の経済成長を阻害するものになるとの反対も根強い。こうした中で、化石燃料に頼らないエネルギーに各国がどう転換し、地球規模での低炭素社会を実現していくかがポスト京都議定書時代の課題となっている。

さらに、石油の枯渇問題もある。石油はあと40年程でなくなる、と言われて久しい一方、新たな油田の発見や採掘技術の向上や、これまで利用されていなかったシェールオイルの事業化などで、可採年数については年々伸び、2016年資源エネルギー庁の試算値では逆に増加し52.5年となっている<sup>20)</sup>。実際にいつまで石油がもつかは不明であり、当面はなくなるにしろ、石油資源が有限であることは間違いない。国際エネルギー機関（IEA）の2010年の公表によれば、天然ガスを含む石油系燃料の採掘は世界全体ではまだ伸びてはいるが、在来型の石油生産量はすでに2006年にピークを迎えており、経済的可採の問題もあることから採掘量もいずれ減少に

転じると予測されている<sup>21)</sup>。

実際に日本では、1995年から2004年ごろまで100円前後で推移していたガソリン価格は2008年には180円を超える局面があり、個人の使用自粛にとどまらず、自動車離れも加速した。2018年9月現在、現在リッター150円程度と高値圏にある。現在石油でないと絶対に動かすことのできない航空機や、石油化学製品の製造に使うために、採掘可能な石油は温存すべきで、他のエネルギーに代替可能な陸上交通、とりわけ自動車については石油以外で動くように変えていくべきとの考えからも、また、平均燃費向上に伴う売上減によるガソリンスタンドの閉鎖や、補助金等の国策、石油を使わない次世代自動車には、追い風が吹いているといえよう。

### 3.2 ゼロ・エミッションに向けて

電気自動車、燃料電池自動車は、それ単体では走行に対して全く二酸化炭素や、排気ガス、廃棄物を出さないため、完全なエコカーである。しかし、その電力の確保や、水素の製造、さらには自動車自体の製造に電力エネルギーを消費し、二酸化炭素を排出しているという批判もよくなされる。トータルでのエミッション現象は社会的課題である。

日本においては東日本大震災をきっかけに、二酸化炭素を排出しない原子力発電所の稼働や新設が規制されたまま今日に至っている。2015年度の一般電気事業者（電力10社）の発電については、火力が86%で（LNGが44.0%、石油が9.0%、石炭が31.6%）、残り14%が水力、揚水、風力、太陽光、潮汐力などの再生可能新エネルギーによるものである<sup>22)</sup>。原子力発電所の再稼働や新設は社会の風潮としても困難な状況であり、水力についても建設場所がないことから、今後も二酸化炭素の放出が避けられない火力発電が主体という現状は当面続くと思われる。火力発電の燃料については、石炭や石油に比べて二酸化炭素発生が少なく、環境負荷の低いLNG（天然ガス）が主流となっており、石油については減少傾向になっている。

最先端のLNG発電所についてはエネルギー効率は50%を超えている<sup>23)</sup>。一方で、現在の自動車のエネルギー効率は理論値はガソリン30%、ディーゼル40%であるが、ガソリンのエネルギーのうち、熱になって捨てられる部分は約80%、走行に使われる部分が約10%とであるとされ、車種や運転の仕方にもよるが、アイドリングなども加味すれば、実際には10%程度に過ぎない。二酸化炭素を出す火力発電が主流となっても、エネルギー効率は自動車よりはるかに高いので、ガソリン車の代わりに電気自動車を使うことで、二酸化炭素の排出量は約半分になるとされる<sup>24)</sup>。水力発電のエネルギー効率は80%以上で、太陽光パネルは20%程度で、再生可能エネルギーについては今後利用が加速していけば、二酸化炭素排出量の削減に貢献していくと思われる。

埋蔵量の限られた原油からしか製造することのできないガソリンや軽油と異なり、電気は化石燃料や原子力燃料に加え、水力、潮汐、風力、地熱、太陽光など様々な再生可能エネルギーから製造が可能であり、二次電池を使い蓄えることができる。コスト面とインフラ面の課題が解決することで、再生活用エネルギーの一層の普及が持続的発展の視点からも期待される。

### 3.3 海外主要国での取り組み

〈米国〉2009年に発足した民主党オバマ政権は、地球温暖化防止と、再生可能新エネルギーの開発と利用による雇用促進、経済再生を目指した「グリーンニューディール政策」を打ち出し、風力、太陽光、バイオマスなどの開発、電力供給の安定化を目指したスマートグリッドの推進に加え、電気自動車やプラグイン・ハイブリッド車の開発と製造販売に巨額の助成を行なった<sup>25)</sup>。電気自動車専業メーカーとして知られる、イーロン・マスク氏率いるテスラモーターズも、この優遇措置を受け、業容を拡大することになった。自動車の排出ガスに関する規制が最も厳しいことで知られるカリフォルニア州では、大手企業が州内で販売する自動車のゼロ・エミッション車（ZEV）の比率を14%以上とすることをメーカーに義務付けるZEV（Zero Emission Vehicle）規制が強化された。ZEV規制の対象は、中規模メーカーにまで拡大するとともに、数値基準も強化された結果、EV、FCV、PHVのみをカウントし、これまで対象となっていたプリウスなどの一般的なハイブリッド車やLNG車はカウント外となり、達成できなかった分は他のメーカーからクレジットとして枠を購入することを義務付ける仕組みである。その強化は、他州にも展開が予想されるため、メーカーの開発意欲を後押しするとともに、排出権を売ることができるテスラなどEV専業メーカーには資金源ともなり、その経営を後押ししてきた<sup>26)</sup>。

しかし一方、2017年に発足した共和党のトランプ政権については、地球温暖化については否定的な姿勢をとっている。環境政策については二酸化炭素削減の数値目標を定めた「パリ協定」からの離脱を公約として表明するとともに、従来の石炭・石油・エネルギー産業の振興による米国産業の再生を目指すとしており、再生エネルギーや電気自動車にも懐疑的な姿勢を持っている。そのため、各国や国内からも、米国の環境に向けた取り組みが後戻りし、さらに諸外国の削減意欲を削ぐのではとの懸念も高まっている<sup>27)</sup>。

〈欧州〉欧州において、EVがもっとも普及しているのは人口572万の北欧の小国、ノルウェーである。北海油田の産油国としても知られる富裕国であり、国内の電力はフィヨルドによる水力発電が96%を占め、余剰電力を国外にも輸出している電気大国である。政府の手厚い補助金や免税、公共交通や駐車場での徹底したEV優遇策により、2017年1月には国内の自動車の新規登録台数で、内燃機関自動車の比率は5割を切った一方、EVやPHVの比率は4割に達している<sup>28)</sup>。また、オランダでは、2025年までに内燃機関を動力とする自動車の販売禁止、自動車製造国であるドイツでも2030年まで、同じくフランスとイギリスでも2040年までにガソリン車とディーゼル車の販売禁止の販売禁止を政策として政権与党がそれぞれ打ち出しているなど、主要国・自動車生産国で内燃機関自動車の廃止の潮流ができてきている。2015年に起きたドイツのフォルクスワーゲンによる燃費不正ソフト「ディーゼルゲート事件」は脱石油を加速させるきっかけになった。

〈アジア〉13.8億人という世界最大の人口を持つ中国においては、経済成長と都市化の進展とともに、自動車が急速に普及、排気ガスによる大気汚染や交通渋滞が全国的な大問題となっている。また中国は石油輸入国でもあり、全国民がガソリン車に乗るようになれば国も環境も持たない。そこで、電気自動車の普及を促し、さらに電気自動車を基幹産業として育成するた

めの取り組みが国策として進められている。従来車の完成車輸入を規制するとともに、米国カリフォルニア州のクレジット制度に倣ったメーカー別の製造枠や、購入時補助金の他、ナンバー交付規制からの除外や、市内乗り入れ規制の緩和などで、都市別の取り組みも行われている。都市部ではバッテリー（鉛蓄電池）が交換可能な、簡易なマイクロカーも普通に見られるようになった。

また、中国に次ぎ、13.2億人という第二位の人口を持つインドにおいても、主に都市環境や公害の視点から、2030年までにガソリン車およびディーゼル車の販売を禁止し、国内販売を100% EVとする方針を打ち出している。なお、途上国においては、温暖化問題よりは、足元で深刻となっている大気汚染の問題への対策として、航続距離が短くとも安価な従来の鉛蓄電池によるEVの普及に力を入れている<sup>29)</sup>。

### 3.4 わが国における取り組み

経済産業省の「自動車産業戦略2014」では、新車販売比率におけるEV、PHV、FCVの合計の比率を2020年度で20%、2030年度の普及を30-40%に高める数値目標を掲げている。2011年から2016年現在の、EV、PHV、FCVの国内の保有台数を【表1】、および暦年の新車販売台数を【表2】に示す。2016年の自動車販売台数では、登録車3,244,798台、軽自動車1,725,462台、合計4,970,620台<sup>30)</sup>で、EV、PHV、FCVを合計しても、28,868台で未だ新車全体の0.9%に過ぎない。HEV＝一般的なハイブリッド車（プリウス、アクア等）に比べてもまだまだこれらは普及が進んでいないことがわかる。

【表1】 次世代自動車の保有台数（国内）

年度末		2011	2012	2013	2014	2015	2016
EV	乗用車	13,266	24,983	38,794	52,639	62,134	73,378
	その他	56	78	93	456	1,346	1,640
	軽自動車	8,940	13,646	15,870	17,611	17,031	14,826
PHV	乗用車	4,132	17,281	30,171	44,012	57,130	70,323
FCV	乗用車	-	-	-	150	630	1,807
EV・PHV・FCV 合計		26,394	55,988	84,928	114,868	138,271	161,974
HEV	乗用車	2,012,559	2,833,443	3,792,886	4,640,743	5,501,595	6,473,943
	その他	16,099	18,374	20,313	21,670	22,844	24,687
	軽自動車	351	288	188	54,931	239,962	472,405
HEV 合計		2,029,009	2,852,105	3,813,387	4,717,344	5,764,401	6,971,035

\*EV:電気自動車・PHV:プラグインハイブリッド自動車・FCV:燃料電池自動車・HEV:ハイブリッド自動車

出所：一般社団法人次世代自動車振興センター 「平成28年度クリーンエネルギー自動車に関する調査報告書」(2016)

その目標実現のため、個人・法人の車両本体購入や充電設備設置、水素スタンドや充電スタンドなど公共インフラ整備に向けた補助金や、自動車取得税、自動車税、重量税などの減免などの措置が国により行われている。愛知、東京など、さらに国の補助に上乘せを行う府県や自治体もある。

具体的な優遇金額は車種により異なり、対象車種、助成範囲は年々縮小している傾向にある。かつては社会実験を名目に、高速道路の料金補助まで行われた時期もあった。現状では、例えばEVである日産リーフ（本体価格399万円）の場合、平成30年度で、エコカー減税が取得税99,700円、重量税が30,000円減税、自動車税が22,000円の減税となり、次世代自動車振興センター経由、28万円の補助金が4年間の保有を前提に国から支給される。FCVの場合はさらに補助金額、比率は大きく、「トヨタ MIRAI」の場合、670万円の本体価格に対して202万円が全国一律で支給されることになっている<sup>31)</sup>。

【表2】 次世代自動車の新車販売台数（国内）

年度		2011	2012	2013	2014	2015	2016
EV	乗用車	8,674	11,705	14,494	14,649	12,794	13,056
	その他	21	18	19	372	897	354
	軽自動車	4,585	4,719	2,283	1,786	1,042	407
PHV	乗用車	3,742	13,178	12,972	14,714	14,997	13,847
FCV	乗用車	-	-	-	102	494	1,204
EV・PHV・FCV 合計		17,022	29,620	29,768	31,623	30,224	28,868
HEV	乗用車	631,335	857,240	1,015,356	1,005,099	1,144,528	1,335,085
	その他	2,373	2,399	2,154	1,675	1,636	2,412
HEV 合計		633,708	859,639	1,017,510	1,006,774	1,146,164	1,337,497

EV:電気自動車・PHV:プラグインハイブリッド自動車・FCV:燃料電池自動車・HEV:ハイブリッド自動車

出所：一般社団法人次世代自動車振興センター 「平成28年度クリーンエネルギー自動車に関する調査報告書」(2016)

## 4 車両とインフラについて

### 4.1 EV、FCVの種類と特徴

日本国内で2018年10月現在、製造、販売されている乗用EV、FCVとその諸元を【表3】に示す。

【表3】 国内で製造販売されているEV、FCV

車名	日産リーフ	三菱 iMiEV	日産 E-NV200	トヨタ MIRAI	ホンダクラリティFC
種別	EV	EV	EV (商用)	FCV	FCV
出力	85KW	47KW	70KW	114KW	103kw
容量	40kwh	16 Kwh	24Kwh	122.4 ℓ	141 ℓ
航続距離	400km	172km	190km	650km	750km
本体価格	315万円～	262万円	329万円～	723万円～	766万円～
車両重量	1490kg	1090 kg	1510 kg	1850kg	1890kg

出所：各社カタログ・諸元表（2018年版）より筆者作成

海外から輸入販売されているEVとして、ドイツBMWによる小型ハッチバック「i3」（471万円～）、フォルクスワーゲンの中型ハッチバック「e-Golf」（462万円～）、米国テスラモーターズの大型セダン「モデルS（800万円～）」、同大型SUVの「モデルX（963万円～）」が国内正規ディーラーで購入可能となっている。テスラの上級モデルについては、100kwhの電池を装備し、2100kgを超える重量があるが、フェラーリやポルシェなど世界一級のスポーツカーを上回る、0-100kmが3秒台という加速と、600キロ以上の航続距離を誇る。経済性を重視した車、環境対応車として選ばれる車ではなく、高額ではあるが世界最先端の商品として、新たなライフスタイルを表現したい層や、アーリーアダプター（初期採用者）、カーマニアをターゲットとしたマーケティングを展開している。

#### 4.2 EVとインフラ（充電設備）

EVは、充電池がなくなり、動けなくなる（電欠状態）となると、ただの箱になるのみならず、ガソリン車やディーゼル車のように、タンクで燃料を持ってきてもらい簡単に補給することができないため、レッカー車等で充電設備のある場所まで運ぶ必要がある。「電欠」は渋滞や事故の原因になるだけでなく、場所によっては命に関わり交通違反にもなる。そのため、インフラとしての充電設備の数が、普及にかかわるポイントである。

充電には急速充電と、普通充電の2種類がある【写真1】。通常、充電口も2箇所用意されている。まず、急速充電であるが、工業用の三相200Vの電源に設置した大型の専用装置から、最大50kw程度の出力、最高500Vの直流の高圧で充電、30分程度の短時間で、車両と通信しながら徐々に出力を下げいき、電池容量の80%程度までの充電を可能とする。電池保護のため、満充電に近づくほど充電が遅くなるという特性があり、充電待ち渋滞防止の観点からも、急速充電では満充電にはならない設定となっている。高速道路や、ディーラー、道の駅、大型モール、その他の充電スタンドとして、有料使用を前提に事業者により設置されているが、自治体が設置し、無料開放しているケースもある。急速充電機の規格としては、日本では、充電器メーカーや電力会社、自動車会社を中心となり協議会を結成、CHAdeMO（チャデモ）企画を提唱、欧州など世界にも広がっている。急速充電器の設置については、本体価格が100万～300万円程度であり、電源についても専用線などの工事費を要する。しかし、数千万円以上の投資や一

定以上の面積、有資格管理者を必要とするガソリンスタンドの建設に比べれば、設置費用や面積、運営コストははるかに少ない。

いっぽう、普通充電については、一般的な単相200Vを使い、3KW程度の出力で7～8時間程度で100%まで充電するもので、スーパーや店舗、宿泊施設、会社や事務所、マンションの共同駐車場などに設置される。本体価格は10万円～30万円程度と設置しやすく、盗電防止、有料決済など様々な機能を備えたものもある。

なお、家庭で充電する場合は、エアコンなどに使う専用20Aの200Vコンセントを設置し、車両付属の充電器を使い、普通充電を行うことが通常である。200V電源自体は家庭まで引き込まれているため、通常の一戸建住宅であれば設置工事は難しくはなく、数万円程度で設置が可能であるが、集合住宅の場合は電気代の負担なども問題もあり困難なケースも見られる。

なお、公衆充電スタンドとして、2018年3月末現在、充電情報をアプリで提供するサイトである「GoGo EV」への登録では、普通充電14,778箇所、急速充電スタンド7,253箇所が登録されている<sup>32)</sup>。国内のEV・PHVの台数は85,100台なので、おおよそ4台に1台分の充電器があるという、特に都市部ではまことに恵まれた贅沢な状況にある。

急速充電の料金は設置者により様々で、30分で300円、500円、600円などのところが多いが、自治体などで無料提供している場所もある。普通充電の場合は、その場所の駐車に付帯するサービスとして提供されている場合もあり、また1分30円程度の料金が設定されていることもある。国内の自動車メーカー4社（トヨタ、日産、ホンダ、三菱）が全国の充電器を増やしネットワーク化する目的で共同で設立した「NCS＝合同会社日本充電サービス」は、赤緑の象のマークの「チャージスルゾウ」カードを提供、月会費＋従量制での提供を行なっている。急速充電器（赤）、普通充電器（緑）の両方が使える赤緑プランの場合、月会費は4200円、赤だけの場合は月会費3800円、緑だけの場合は月会費1400円、これに加えて、急速充電は1分15円、普通充電は1分2.5円と時間料金がかかる。さらに設置場所の駐車料金がかかることもある。

日産、三菱、BMW、テスラなどは購入者向けに自社ディーラーにあるスタンドに加え、NCSと提携して、割引あるいは無料で使えるコースも用意している。その料金体系は非常にややこしくなっており、いったい外での充電がいくらなのかは簡単に答えられない。

一部のイオンや自治体など、完全に無料で急速充電できる恵まれた環境も存在し、有料スタンドへの経営圧迫となっている。若干の地域差はあるものの、値段は時価でどこでもそう大きく変わらないガソリンとの大きな違いがある。よって、EVへの充電を業務単位として行う場合の採算性はきわめて低く、収益インセンティブがないともいえる。

なお、家庭での普通充電にかかる費用は、車種、時間帯にもよるが、1回200円程度で、150

【写真1】【写真2】 スーパーの急速充電器と普通充電器



キロ程度の走行が可能で、1 kmあたり1.3円である。ガソリン車の場合、1リッター 140円で14km走ったとしても、1 kmあたりのコストは10円となり<sup>33)</sup>、家庭で充電すれば、電気自動車は走行コストとして非常に安価となる。深夜電力料金の場合はおおむね昼間電力の3分の1、太陽光パネルを使って充電した場合などはさらに安く、あるいはコストがゼロになる可能性もあるなど、充電の値段はあってないようなものである。

#### 4.3 FCVとインフラ（水素スタンド）

FCVの燃料となる水素は、主に天然ガス（LNG）から抽出される。非常に軽く小さな元素であることから、金属容器に詰めていても必ず抜けて減っていくという性質がある。また可燃性であり、引火すれば爆発するという危険物でもある。その貯蔵、販売については、水素スタンド（水素ステーション）がガス事業者、エネルギー事業者等により設置されている。2018年2月現在でのスタンド設置数は全国92カ所である<sup>34)</sup>。沖縄にはまだ設置されていない。危険物である水素を充填するのは有資格者も必要で、EVの充電以上に難儀な作業であり、現状はスタンド以外では不可能である。

なお、水素の価格については、地球上でもっともありふれた元素であり、そもそも値段はないので、これにどう値段をつけるのかについては事業者と行政で議論がなされたが、ハイブリッド自動車など燃費の良い自動車と同程度の燃費をあえて設定することとして、水素1 kg<sup>35)</sup>で、1000円～1200円とした。MIRAIの場合、約4 Kg、4300円で満タンとなり、650km 走行が可能となり、1 kmあたりの費用は6.5円程度となる。なお水素スタンドの建設には数億円が必要であるが、水素の充填に来る車は尼崎の岩谷産業のステーションによると、多い日でも、1日数台、まったく客がない日もあるそうで、補助金が出ても黒字化するような事業ではなく、社会的実験事業に止まっているのが現状である<sup>36)</sup>。さらに、水素の運搬については、大型の専用の特種仕様トラックを使うが、その燃料はディーゼルであり、また1回に運べる水素の量は200kg、50台分のみとわずかで、売上にして20万円程度と、コストや効率を考えれば運搬は大変非効率なものであるといえる。

## 5 EVの使用実験からの考察

### 5.1 三菱iMiev EV

初の一般向け量産型電気軽自動車は三菱iMiev（アイミーブ）である。筆者が最初に電気自動車を運転したのは、2009年夏、前勤務先である、関西文化学術研究都市推進機構の環境技術イベントで、京都府の第一号の所有車両である、一般発売前の三菱自動車の軽自動車、iMiev【写真3】である。世界初のリチウムイオン電池を使用した量産型自動車ということで、所有者の京都府からの注意事項、電池開発者のGSユアサ社か

【写真3】 三菱 iMiEV 京都府第一号車



らの説明を聞いた後、早速試乗した。軽自動車であるが、非常に近未来的なデザインで、エンジン音もなく、後ろから突き飛ばされるように停車状態から瞬時に加速していく鮮烈な運転感覚と、独特のソフトな乗り心地は衝撃的で、来るべき新しい時代を予感させるものであった。京都府の担当者によると、初の遠出であり、京都府庁から学研都市まで約50キロ、電池の公称走行距離は120キロであるが、実際にはそれを相当下回るため、万が一の電欠を避けるために空調を使わず、ゆっくり運転するなど、地道を通過して恐る恐るやってきて、半日でようやくたどり着いた、ということであった。当時の販売価格は459万円、補助金139万円を引くと320万円となるが、維持費は安いとはいえ、そこそこの高級車を買える価格で、4人乗りの軽自動車、さらに航続距離が限定されるということで、走りは面白くても、個人の購入の対象とはなり得ない商品であるとの印象であった。

## 5.2 日産リーフ初期型

次に試したのは、2011年夏に1泊2日のモニターキャンペーンにより、無償で借りた、日産のリーフ（初期型）であった【写真4】。5人乗り普通車で、リチウムイオン電気自動車としては世界中で売られる最大の量販車でもある。公称航続距離は162キロ【写真5】で、電池については満充電で新車で日産ディーラーから引き渡しを受け、兵庫県西宮から、往復180キロほどの淡路島方面（洲本市）への日帰り小旅行を試みた。EV特有の騒音のなさは感じたが、運転感覚はきわめて普通車に近い感じであった。高速や坂道を走行すると予想以上に電池が減るのは早く、残量40キロ分くらいで、旅程の途中の中間点にある、淡路夢舞台公園に到着、ウエスティンホテルの駐車場にある島内唯一の急速充電器で充電した【写真5】。ここで誤算があった。係員を電話で呼び出す必要があるが、地下で電話が繋がらないのだ。やっと探してきた係員も、操作に全く慣れておらず、使い方がわからず、知っている人を呼びに行った結果、開始までにかかなり時間を取られたのである。また充電自体は200円であったが、その間の駐車料金がかかり、それが非常に高価であった。急速充電なので、80%までしか充電ができないため、洲本まで行くことは無理と判断し諦めることにした。充電器も使われたことのないような新品で、画面のビニールを剥がした記憶があり、まだまだ特殊なものという印象であった【写真6】。帰りに、明石海峡大橋をわたった時点で、残量30キロを切ったため、家まで帰るのは無理と判断し、高速を降りて営業終了間近の日産ディーラーに駆け込むこととなった【写真7】。ディーラーには普通充電コンセントしかなく、2時間ほどコーヒーを出してもらって滞在し、残り60kmまで充電、家までたどり着き、返却することができた。その際の残量は38キロ、【写真8】予定の場所であった洲本には行けず、旅行を楽しむよりも、まさに電欠やその恐怖との戦いであったのである。こんな不安なものとても実用性がない、というのが家族も含め正直な感想であった。

【写真3】 日産リーフ



【写真4】 充電初期状態 (残 162km)



【写真5】 急速充電



【写真6】 新品の充電器



【写真7】 ディーラーに駆け込み充電



【写真8】 帰宅時の状態 (残 38km)



### 5.3 BMW i3 前期型

次に長期モニターしたのはBMWのi3【写真9】である。この車は、日本輸入車組合より、ディーラーでの急速充電も含めて1ヶ月モニターとして無料で提供されたものである。これは、純電気自動車ではなく、シリーズハイブリッド式、即ち車軸に直結しない、発電専用の650CC小型エンジンと9リットルのガソリタンクを搭載しており、充電容量が5%を切った時点で、エンジンが始動し充電を行う。仮に電池を使い切ってもエンジン充電で100キロほど走行することができることが特徴である。軽自動車より少し大きなサイズで独特の観音開きのドア、本体

はカーボンファイバー、外板はFRPできており、従来の自動車とは全く違うコンセプトで作られていることが感じられる。運転感覚もまた独特で、スタートダッシュや初期加速はまるでゴーカートのような相当なものである。一方で、100km以上の速度域では加速は頭打ちとなる。また、アクセルをゆるめると回生ブレーキがかかり、日常の使用においては急ブレーキ以外、ブレーキペダルを踏む必要がほとんどない。おとなしい走りのリーフに比べ、非常にスポーティな走りの車であり、メーカーも単なるエコカーではなく、ブランドのアイデンティティである「駆け抜ける喜び」をセールスポイントとして打ち出している。



公称航続距離は、120キロで、補助エンジンのレンジエクステンダーエンジンを作動させれば、100キロ程度の延長が可能となる。筆者の通勤については、往復ちょうど100キロであるが、山岳路や高速走行も含めれば、ほぼギリギリ電気のみでの走行が可能という感じであり、寄り道などを行えば、エンジンは必ず作動してガソリンを消費する。

長距離を走る場合はエンジンが作動し、電欠の不安がなく走れるが、その際の出力は制限され緩慢になるほか、夜間に空調を入れて連続での登坂などを行えば、発電が足りず、突然ストップすることもあった。価格は546万円で、購入時には4年保有を前提に、当時75万円の補助金が出た（現在は20万円）。やはり航続距離については日常で不満の出るレベルであったため、ファミリーカーとしての一般的な購入対象にはなりづらいつと感じた。

#### 5.4 テスラモデルS 初期型

2003年に設立されたアメリカの新興EVベンチャー、テスラモーターズによる大型セダン「モデルS」を2006年秋に1日借りてモニターした。走るiPhoneとも称される最先端のハイテク自動車である。車両販売と同時並行で、同社により世界中に設置が進められており、オーナーが無料で使える、スーパーチャージステーションといわれる、大阪の扇町にある、充電スポットも使用してみた【写真10】。継ぎ足し充電の場合、約15分で90%近くまで充電することが可能であった。車両の操作系については、iPadを大きくしたような17インチの巨大なディスプレイがあり、SimカードとIPアドレスを持ち、カーナビのみならず、すべての設定をこれで行う【写真11】。運転感覚も独特で、加速はまるでジェットコースターのように強烈であり、基本はブレーキペダルを使わないワンペダルドライブ、高速道路での前車追従や車線変更も自動となっており、まさに次世代、異次元の車を感じさせるものであった。車体はエンジンがなくモーターは後輪車輪近くに配置されているため、フロント、リア両方にトランクがある【写真12】。なお、有償、無償の様々なソフトウェアアップデートにより、機能を追加したり、様々な設定変更も随時可能になる。日本では法的に許可されていない完全自動運転もソフト次第で可能となるなど、購

入後もどんどん進化していくものである。サイズは4970×2080×（全長×全幅）と巨大（例えばレクサスの大型セダンLSは5090×1875）で、幅が2メートルを超えるような巨体は、日本の交通事情や駐車場事情には合致しにくいものでもある。価格は960～1705万で、仕様や電池容量により値段は異なる。バッテリーは車体下部に搭載され、【写真13】100kwhバッテリー搭載車については600キロ以上の航続距離がある。

【写真10】 テスラモデルSとスーパーチャージャー



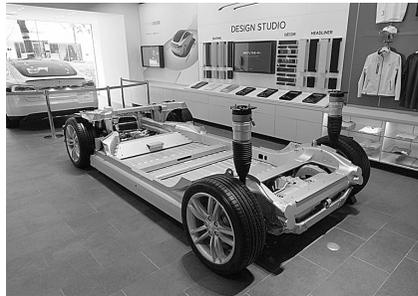
【写真11】 ディスプレイ



【写真12】 エンジンのないフロントトランク



【写真13】 バッテリーとモーター



## 5.5 テスラモデルX

テスラ社が第三弾として送り出した8人乗り大型SUVが上陸したとの連絡で2016年秋に1日試乗した。モデルSのプラットフォームを使い、ファルコンウィングドアと称される上に電動で開閉するドア【写真14】や、頭上まで回り込みヘリコプターのような視界を提供するガラストップ【写真15】がデザインのポイントである。この個体は日本に最初に輸入されたロットの個体で、左ハンドルであるが、日本仕様は基本は右である。ナビはgoogle mapを使い、世界中がStreet Viewで検索できる。試しに北朝鮮の平壤の金日成広場を入力したところ、だいぶ迷って案内不可との表記が出た【写真16】。リアランプ近くに、充電口が隠されており、コネクタを近づけると自動的に開く【写真17】。電池容量は100kwh、航続距離は500km以上であることに加え、8個のカメラとセンサーを内蔵、世界最高レベルの運転支援（自動運転の前段階）機能を有している。

サイズは5037mm×2070mmとクジラのような巨体で、幅がとりわけ広いため、日本ではモデルSと同様、駐車場や狭い道で難儀すると思われる。値段は1041～1780万円となっている。大きすぎることと高価なことで、モデルSと同様、個人の一般的な選択肢にはなりにくいと思われる中、熱心なファンにより普及活動が展開されている。

【写真14】 モデルXとファルコンウイングドア



【写真15】 ガラスストップ



【写真16】 google map と北朝鮮



【写真17】 自動で開く小型充電口



## 5.6 BMWi3 後期型

BMWのi3【写真18】については、2017年末にマイナーチェンジが行われ、後期型では54kwhの電池を搭載、航続距離が50%増しの160kmに強化された。展示未走行車を安く放出するという事で筆者に話があり、補助エンジンのあるレンジエクステンダー仕様を検討、定価610万円のところ、不人気色（青）ということもあり、交渉の結果、本体350万円で購入することにした。自動車取得税、重量税は免税で、自動車税率は1000CCクラス普通乗用車と同一である。充電装置については、プレーカーから20Aの専用線を分岐して200Vを設置したところ、費用は5万円であった【写真19】。家から職場まで往復100キロ、寄り道などしても、前期型i3のように充電用補助エンジンが作動することなく、また、帰ってきてコンセントに繋いでおくと、8時間程度で翌朝には充電が完了しており、その費用は夜間電力200円程度と、ガソリン代（1500円程度）とは比較にならないほど安価である。登坂力や加速性に優れ、メンテナンスフリーで維持費が安く、ガソリンスタンドに行く必要もない。往復100キロの通勤や買い物な

どの利には何の問題もないため、日常近距離利用に限っては、将来ガソリン自動車に戻ることは最早考えられないほどの不可逆性がある。現在、半年の使用で、走行は12000kmほどである。ただし、一充電での走行距離の範囲外である長距離については、有料の充電会員にはなっていないこともあり、使用したことは一度もない。

ただ、未使用車の値段落ちの大きさ（新車の約6割）という点からもわかるように、電気自動車は現状、極端な不人気車種であり、また電池の経年劣化という特性もあるため、ましてや中古になった際のリセールバリュー、残存価値は全く期待できない。劣化した電池の交換も基本不可能である。補助金を受ける場合は、4年間の保有義務もあるため、維持費や電気代は安くとも、高価な本体の減価も勘案した費用は決して少なくないことを念頭におき、覚悟して乗る必要がある。また、一家に一台のファーストカーとしては充電時間（約10時間）の問題や、観音開きの使いにくさもあって無理はあろう。



## 6 次世代自動車普及に向けて

### 6.1 次世代自動車とイノベーション

クレイトン・クリステンセンは「イノベーションのジレンマ」において、とるに足らない下からのイノベーションが、顧客の満足水準に達した時に、市場を破壊し既存企業を減らすとの理論を打ち出した<sup>37)</sup>。EVについては、これまでトヨタをはじめとする既存の自動車メーカーが長年追求してきた、エンジン燃費、出力の向上や、排出物や騒音の低減という機械工学的技術の放棄を迫るものであり、また既に100年前に実用化されたものであり、未だ航続距離や価格競争力はガソリン車に及ばないことから、高価ではあるが、下方からのイノベーションの性質を持つのではないと思われる。

電気自動車は既存の自動車メーカーが自前では製造していない電池、モーター、インバーターと、そのソフトウェアの組み合わせでつくられるものであるため、パソコンの Widows と Intelに見られるように、キーデバイスを組みあわせるだけで、これまでの技術の蓄積が不要となり、新参メーカーの参入が容易である。テスラに代表される新興メーカーや、中国メーカーも比較的容易かつ短期的な研究開発で製品化、発売に成功しており、Apple やgoogle などのインター

ネット企業や、掃除機・家電の英国ダイソンなどのEVへの参入も表明されている。日本のモノづくり、自動車産業のお家芸であった、「すり合わせの技術」による競争力優位性が薄れてくるとの指摘も多くなされている一方で、安全にかかわる自動車は過去の技術の蓄積を持つ既存メーカーの優位性が揺るぎないとの意見もある<sup>38)</sup>。メーカーによっても温度差があり、日産やVWが電気自動車に軸足を向ける中で、トヨタやホンダなどは、EVよりは、これまでなかった新技術であり、下方からのイノベーション性のない、燃料自動車（FCV）に将来的な突破口を見つけようとしている。また、マツダはクリーンディーゼルや水素ロータリーに開発資源を注ぎ込もうとしている<sup>39)</sup>。

エベレット・ロジャーズは、「イノベーションの普及」において、新たなイノベーションを個人が採用するにおいて必要な条件として、「相対的優位性」、「両立可能性」、「複雑性（わかりやすさ）」、「試行可能性」、「観察可能性」の5点をあげている<sup>40)</sup>。現状、EVは知名度向上や普及に向け、金銭的インセンティブ含めた様々なキャンペーンが行われているが、ロジャーズの「相対的優位性」についてはまだ水準以下にあると考えられる。ジェフリー・ムーアはロジャーズの理論を批判的に発展させた「キヤズム」において、新商品の普及について、2.5%のイノベーター（革新者）、13.5%のアーリーアダプター（初期採用者）、34%のアーリーマジョリティー（前期追随者）がいる中で、16%の壁（キヤズム）を超えることが普及のため必要であると述べている<sup>41)</sup>。この理論でいけば、2016年の新車登録台数ではEV、FCV、PHV合わせてもまだ0.9%に過ぎず、イノベーターの中でもごく一部だけが使っているのみの段階で、キヤズムの壁はまだまだはるか遠くにあるのかもしれない。

## 6.2 普及に向けた課題

EVについては、走行コストが非常に安く、走行性能はガソリン車以上、排気ガスや騒音も出さず、メンテナンスも容易、また税金などの面で恩恵があるなど、いくつかの点ではすぐれた特徴をもっている。

しかし、わが国の個人あるいは法人において、各メーカーのガソリン車やディーゼル車を中心とした多種多様な車種、製品ラインナップの中から電気自動車が選定され、普及するようになるには、多くの課題が残されているように感じる。

まずは車両本体の問題である。2018年10月現在、日本で個人が購入する対象となるのは、「日産リーフ」、「三菱iMieEV」、「BMW i3」、「テスラ モデルS」、「テスラモデルX」と限られており、ファミリー向けとして需要の大きいミニバンや、コンパクトカー、中型セダンなどがなく、なかなか選択肢となり得ない。消費者の多様なニーズに応える車体バリエーションの拡大が望まれるところである。

第二に価格の問題である。補助金を入れればリーフの場合、オートパイロットなどの一般的なオプションを付けた場合、新車で400万程度となる。2000CCクラス中型ハッチバックであるという車格を考えた場合、割高感是否めず、税金、固定費やエネルギーコストの安さを勘案しても、経済的にはカローラと比べてメリットが出ない。本体価格200万円代後半くらいが妥当な感覚である。電気自動車はエンジン自動車より部品構成が単純で部品点数も少ない。車両価

格の中でのコストの最大要因は、搭載するリチウムイオン電池の価格であるが、リチウム自体は枯渇の心配もない元素であり、大量生産によりこれからも年々低下することが予想される。廃車後、あるいは自動車用として使えなくなった電池の、他への流用、例えば建物の定置型電池としての利用や、リサイクルのシステムが完備すれば、下取り売却が出来さらにコストを下げ環境にも貢献できる。

第三に航続距離と充電時間である。通常ガソリン乗用車については、40～100リットル程度の燃料タンクを備え、600km以上の航続が可能であり、また給油も2,3分程度で終了する。しかし、EVの場合は最大で500km程度の航続距離を有しているが、充電については、急速充電については30分程度で8割、家庭や施設などでの普通充電については満充電までに8時間から10時間以上を要するため、連続走行は難しく、充電待ちなどの問題も生じる。単に電池容量を増やせば、巨大な電池を常時運んでいるような状況になるだけでなく、充電に費やす時間もさらにかかる。こうした中で、現在主流のリチウムイオン電池に代わる次世代技術として、十数分程度の短時間充電で容量も大きな、また安全性も高い全個体電池に注目が集まり実用化に向けた研究が進められている。電池の技術方式が全個体電池になれば、リチウムイオン電池に比べて電力量あたりのコストはさらに下がり、また重量・体積あたりの電力貯蔵量が高くなるため、より長い航続距離の車種も実現でき、また、同じ電力量の車であれば電池が小さくなり、総重量が軽くなり、電費が向上、車内スペースも拡大できる。今後数年で実用化が進むことが期待される。また、充電時間の短縮で、ガソリン補給時間との佐賀少なくなり競争力も生まれてくる。

第四に充電インフラの問題である。外部での充電については、2018年現在、普通充電14,778箇所、急速充電スタンド7,253箇所の計22,000箇所が用意され<sup>42)</sup>、専用アプリでの情報も提供されているが、これらは主に都市部や幹線道路に偏在しており、故障や、設置場所の営業時間や営業日の問題があり、待ち時間なども想定され、必要な時にどこでも使えるという状況にはない。

電気自動車の普及開始に伴い、新たな社会規範やマナーを定め、より快適にEVライフを過ごすために、ユーザー間で共通のルールをつくっていく動きがある。充電マナーでもっとも問題になるのが、充電が済んでいるのに戻って来ず、停めっぱなしで、次の人が使えないというトラブルである。公共スタンドでの充電について、「充電が終わる前に車に戻り、充電が済んだら直ちに移動」「おかわり充電禁止」「V2H目的での充電禁止」「充電が済んだ車が放置されている場合は次客がコネクタを抜いて自分の車に挿してよい」「残量が70%以上ある状態では空いても急速充電をしない」「電池が切れても走れるPHVよりもEVが優先（異論もあり）」などの新ルールが提案されている<sup>43)</sup>。

自宅充電については、1戸建ての場合は専用コンセントの設置は比較的容易である。しかし、都市部で多くを占める、マンションや集合住宅での設置は、管理組合での決議も必要であり、また満充電まで7、8時間以上はかかる普通充電を行うためには、過半数の駐車台数へ対応できる数のコンセント、ブレーカー設置も必要となってくることから、現実的ではない。その電気代をどう負担、請求するかという問題も出よう。マンション自体の大掛かりなりノベーションも必要である。新築時からの電気自動車対応、あるいは、EVのカーシェアリング付きマンション

ンの登場などで突破口ができるかもしれない。「鶏が先か、卵が先か」という議論では、充電設備すなわち「鶏が先」であるといえる。

しかし、運航コストや維持費、騒音や環境の面ではEVはエンジン自動車に比べて既に大きな優位性を持つ。車体のバリエーションの多様化に加え、本体価格、航続距離と充電時間、充電インフラの設置については、関連企業の尽力で改善が急速に進んできており、一般ユーザーの満足水準を超えた場合は、イノベーション理論により、EVへのパラダイム変換が起きると予想される。2050年ごろにはすべての主要国においてEVが100%となるという予測もある<sup>44)</sup>。

一方、FCVについては、車体本体が補助金を含めてもきわめて高価であり、燃料費もほぼ既存自動車と同等である（あえて同等に設定されている）ことから、優れた走行性能や環境性能、航続距離を差し引いても、既存の自動車に対する経済的優位性は未だ持っていない。認知度や試用可能性も低い。さらに、水素ステーションが全国で100カ所に満たない現状では、往復の時間やコストも考えれば、ロジャーズやムーアの指摘する、イノベーター、アーリーアダプターや、社会的イメージで購入する法人、官公庁以外の一般ユーザーがまだまだ検討する段階にはないと考えられる。

## 7 次世代自動車もたらす社会、ライフスタイルの変化

### 7.1 スマートグリッドとV2H、V2G

スマートグリッド（次世代送電網）とは、電力の流れを供給側・需要側の両方から制御し、最適化できる仕組みを意味する。その範囲は広いが、EV、PHVなど次世代自動車の組み込みも可能である。従来のガソリン自動車は、燃料を入れ、それを消費しながら動く箱、移動手段に過ぎなかったが、EVやFCVは、エネルギー貯蔵装置としての役割を持ち、自宅のみならず、地域にエネルギーを供給するという全く異なる役割も期待される。燃料電池自動車はそれ自体が発電機能をもっており、また電気自動車やプラグイン・ハイブリッド車は、大量の電力を蓄えることができ、車種によっては一般家庭の数日分の電力を供給できるものもある。

例えば、三菱自動車のプラグイン・ハイブリッド車（PHV）である「アウトランダー PHV」は、1500Wの100Vコンセントを備えており、実際にそこからの電源供給は東日本大震災による停電の際に、家電製品を繋ぎ、バックアップ電源として大きな役割を果たし注目を集めた。また、FCVであるホンダの「クラリティ FC」は、専用の変換装置に接続、車の燃料電池と水素を使って、一般家庭7日分の電源を100V交流で供給することができる。

自動車を家庭に接続し、家庭全体電源として使用する仕組みがV2H（Vehicle to Home）

である。現在販売されているものは、滋賀県の設備メーカー、ニチコン製のシステムで、日産リーフをこのシステムを介して接続することで、割安な夜間電力や太陽光発電、あるいは家庭用燃料電池（エネファーム）でリーフを充電し、必要な際に電力を取り出し、家庭へと供給することを可能にする。電力の供給量が落ちた場合や、停電の際にその電力を使こともできる。家庭としては電気代の削減に貢献するとともに、社会全体の便益として、電気のピークシフト、利用の平準化を実現することも可能となる。接続装置の価格については、60万円程度で、エネファームや太陽光発電パネルを接続することで、それぞれの機器を組み合わせた一層の効率的

な運用が可能になってくる<sup>45)</sup>。そうした仕組みを使い、イオンなどに設置された公共充電器で無料充電し、V2Hで家の空調などに使い、電気代を浮かそうという者も出現し、物議の種となっている。

また、自動車から電力系統（グリッド）に戻すことがV2G（Vehicle to Grid）で、自動車からの電力を提供、販売するという仕組みである<sup>46)</sup>。風力、太陽光、家庭用燃料電池などとあわせて、地域での系統の安定と非常時のバックアップに貢献し、電力のピークシフトと最適供給を実現することができる。機器やシステムの採算性、補助金を入れても短期間で元がとれないこと、電池を弱らせる自動車の提供側にもメリットが必要であるなど、未だ実現までに課題は多いが、社会全体の電力の安定供給を実現するスマートグリッドのデバイスとしての可能性をEVやFCVは持っている<sup>47)</sup>。

## 7.2 車の情報端末化

従来の自動車は、独立して走行は行うものの、他の車や道路や社会とは連携せず、情報も発信しない存在であったが、車の電子化により、各種センサーやカメラ、GPSアンテナ、レコーダーなどをもち、ITSビーコン受信機能や、ETC2.0端末、IPアドレスやSimカード端末を有することで、車

レベル 1	加速・操舵・制動のいずれかを車両システムが行う（責任はドライバー）
レベル 2	加速・操舵・制動のうち複数の操作を車両システムが行う状態（運転責任はドライバー）
レベル 3	加速・操舵・制動の全てを車両システムが行う状態。ただしシステムが要請した時はドライバーが対応（セカンドタスクの許容）
レベル 4	加速・操舵・制動全てを車両システムが行い、ドライバーが全く関与しない（できない）

出所：経済産業省自動車産業戦略 2014 より筆者作成

自体が交通状況のセンサーや情報発信装置となる。これにより、自動車は単なる移動の箱ではなく、それ自体が情報端末となり、行き先や現在地、乗員、検索履歴、目的地履歴を常時記録するとともに、インターネットに繋がることで、クラウドと最新情報をやりとりしながら、様々な個人情報も含むデータをライフログとして記録し、ビッグデータを形作っていくものとなる。

Googleのエリック・シュミットCEOによる「私はあなたを知らなくても、私たちはあなたがどこにいるか、何が好きかを知っています」という有名かつ不気味な言葉がある。車には、やがて人工知能も搭載され、今日のスマホのような個人認識、音声認識、顔認識なども行うようになるという予測もある<sup>48)</sup>。行きたいところを個人の志向や履歴から予測して自動的に連れて行ってくれるかもしれない。そしてそれは、かつて音声通話のみであった電話が、情報端末として様々な機能を持つスマートフォンに置き換わった時以上のインパクトを持つことになる。これは、車のスマホ化とも称されている中、スマホ同様にわが国産業界の世界での出遅れが特に指摘されている部分でもある<sup>49)</sup>。

### 7.3 第二のパラダイム変化 自動運転へ 車が運転するものでなくなる日

電気モーターを駆動力とする車はエンジン車に比べ、外部からの制御性にも優れており、自動運転ともなじみやすい。自動運転については、ドライバーの疲労軽減や、交通事故の防止に加え、ITS＝道路情報システムとの連携により、交通の最適化の実現のみならず、運転できない人や高齢者、免許のない子供の移動や、社会全体でのカーシェアリング、Uber（ウーバー）などに代表される個人の車を使ったライドシェアなど、様々な可能性を持っている。また、開いている充電スポットを自動的に探して充電し、終了後は待機場所へ移動、ということも可能になる。経済産業省では、自動運転の定義を、【表4】のとおり、レベル1からレベル4に分類している。現在ではレベル1、レベル2は既に実現、レベル3の入り口にある。

問題となるのは安全性と法整備である。アメリカでは2017年にもこの状態にあったテスラで搭乗者が映画を見ながら自動運転を行っていた際、死亡事故が発生した。事故の際の責任をどうするか、保険についてどう扱うか、法的位置付けなどについて各国でも検討がなされているところである。日本では路上で実験を行いたくても、技術の進歩に法や規制緩和が追いついていない、いわば出遅れ状態である。自動車メーカーや電子機器メーカーを多数有しながらも、自動運転という期待できる成長分野が、またもやAppleやgoogleなどシリコンバレーにさらわれるのではとの危惧とともに、国家的視野からの産業戦略構築の必要性も指摘されている<sup>50</sup>。自動運転車は運転手の技術には左右されず、飲酒運転もなければ脇見運転や高齢により認知力の低下もない。技術開発やIOTにより、安全レベルや事故率が人間の運転よりレベルが高まれば、法的課題もクリアできるようになり普及が進むであろう。

## 8 ランドマーク商品としての将来の可能性

EVは、前述したように一般ユーザーではイノベーター、それもごく初期の一部が購入しているに過ぎない。キャズムの壁を超え、今後自動車の主流となるためには、本体価格のガソリン車に比べて同等以下になること、航続可能距離が同等になること、エネルギーの補充時間が短縮されることが必要である。エンジン自動車では5分以内であるエネルギー充填が、現行EVは急速充電でも30分以上要し、またその場所もまだ少ない。車種の少なさや、充電場所の問題はメーカーの努力や投資により解決は可能である。そして、その動機付けに向けた条件は徐々に揃いつつある。

現状ではEVやFCVは、単に燃料のガソリンが、電気や水素に置き換わっただけの段階であるため、ランドマーク商品の定義とされる、「社会の変容の契機となった商品」「生活の前提となった商品」「価値観の変革を伴う商品」「不可逆、不可避の商品」<sup>51</sup>のレベルには現時点では達してないため、ランドマーク商品の域には達していない。しかし、いずれ次世代型自動車は、エネルギー装置として家庭や系統に繋がり、また通信端末としてクラウドに繋がり、さらに頭脳や判断力を持って自動運転を行うようになることで、人の行動を支配し、自動車業界のみならず、社会そのものやライフスタイルを大きく変革するほどの破壊力のポテンシャルを秘めていると考えられる。それが実現した時にもたらされる利便性は不可逆、不可避なものであろう。またそれは、自動車単体に加え、充電設備や水素ステーション、モジュール化による交換設備、

ITS道路交通システム、情報通信網、電気系統との連系など、インフラとセットで進化、発展を遂げていくものであり、そしてそうでなければ実現できない性質、「鶏が先か、卵が先か」というパラドックスを併せ持つという特徴を持つ。

インフラである道路そのものの情報化や、本体下の道路からの無接点充電技術の普及による走行中の給電、充電、そして、個人の住宅や、系統連系による社会全体の電池としての共有財産としての存在も出てこよう。その意味で、自動車単体は、むしろ道路インフラ、通信インフラ、電力インフラ、および住宅にセットで付帯するような商品になるかもしれない。共有する電池の交換サービスや、個人の車のライドシェア、充電器の共有、自動タクシーも生まれてこよう。

この流れの延長には、車が通常の個人の所有物でなくなる可能性もある。ガソリンスタンドも消え、信号も消滅、タクシーもなくなり、都市の風景も変わるだろう。現代の車が持っている、運転する楽しさ、ステータスシンボルや家庭の財産、美しさや優れたデザイン、という今日の価値については消え失せ、エンジン車は今日の馬や、馬車、ヨットのような、非実用的な趣味的な存在となるかもしれない。その日に、現代のガソリン自動車は今世紀最大のランドマーク商品の座を降り、次世代自動車との間で、地位を交代することになると考えられる。

(写真は全て筆者撮影による)

- 
- 1) 一般社団法人 自動車登録検査協会 「公表統計資料」 平成29年 8月。
  - 2) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 「官民ITS構想ロードマップ」 平成29年 5月。
  - 3) 風間智英 2018 「EVシフト」 東洋経済新報社 1-5頁。
  - 4) 石川健次郎、石川健次郎編著、2004 「ランドマーク商品の研究」 同文館出版 3-13頁。
  - 5) 瀬岡誠・瀬岡和子 石川健次郎編著、2004 「ランドマーク商品の研究」 同文館出版125-207頁。
  - 6) 鈴木直次、2016 「モータリゼーションの世紀」 岩波現代全書255-260頁。
  - 7) 堺憲一、2013 「クルマの歴史」 NTT出版 9頁。
  - 8) 堺憲一、2013 「クルマの歴史」 NTT出版 37頁。
  - 9) 堺憲一、2013 「クルマの歴史」 NTT出版 30頁。
  - 10) 堺憲一、2013 「クルマの歴史」 NTT出版 39頁。
  - 11) 鈴木直次、2016 「モータリゼーションの世紀」 26-47頁。
  - 12) 堺憲一、2013 「クルマの歴史」 NTT出版 69頁。
  - 13) 経済産業省 次世代自動車振興センター 「次世代自動車戦略2010」。  
<http://www.cev-pc.or.jp/kiso/post-18.html>
  - 14) 環境省 「次世代自動車戦略ガイドブック2016-17」。  
<http://www.env.go.jp/air/car/vehicles2016-2017/index.html>
  - 15) 堺憲一、2013 「クルマの歴史」 NTT出版 41頁。
  - 16) 堺憲一、2013 「クルマの歴史」 NTT出版 211頁。
  - 17) 大久保隆弘、2009 「エンジンのない車が変わる世界」 日本経済新聞社 82頁。
  - 18) 福田将宏、2014 「日産リーフと BMWi3」 コスモクリエイティブ40頁。

- 19) 日本ガス協会 「ガス自動車普及状況」 [http://www.gas.or.jp/ngvj/spread/world\\_spread.html](http://www.gas.or.jp/ngvj/spread/world_spread.html) 2018.10.30 閲覧。
- 20) 資源エネルギー庁「エネルギー白書」2016。  
<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2016html/2-2-2.html> 2018.10.30 閲覧。
- 21) IEA「World Energy Outlook」2017。
- 22) 資源エネルギー庁「エネルギー白書」2017。  
<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2017pdf/> 2018.10.30 閲覧。
- 23) 関西電力公表値。  
[http://www.kepcoco.jp/energy\\_supply/energy/newenergy/water/shikumi/index.html](http://www.kepcoco.jp/energy_supply/energy/newenergy/water/shikumi/index.html) 2018.10.30 閲覧。
- 24) 国立環境研究所公表資料 「電気自動車は環境に優しいの?」。  
<https://www.nies.go.jp/social/traffic/pdf/7-all.pdf>
- 25) 大久保隆弘、2009「エンジンのない車が変わる世界」日本経済新聞社 13-18頁。
- 26) 大久保隆弘、2009「エンジンのない車が変わる世界」日本経済新聞社 18-24頁。
- 27) 桃田健史 2017「EV新時代にトヨタは生き残れるか」洋泉社89頁。
- 28) 日本自動車販売協会連合会、全国軽自動車協会連合会2016-1-12合計の公表値。
- 29) 桃田健史 2017「EV新時代にトヨタは生き残れるか」洋泉社 116頁。
- 30) 電気自動車充電情報口コミサイト GoGoEV。 <https://ev.gogo.gs/> 2018.10.30 閲覧。
- 31) 一般社団法人次世代自動車振興センター <http://www.cev-pc.or.jp> 2018.10.30 閲覧。
- 32) 燃料電池実用化推進協議会公表資料。 <http://fccj.jp/hystation/#list> 2018.10.30 閲覧。
- 33) 石川憲二、2010、「エコカーの技術と未来」 オーム社 115頁。
- 34) 経済産業省 「自動車産業戦略2014」。
- 35) 水素については体積ではなく重量のkg 単位で販売される。
- 36) 2017年9月23日に尼崎の岩谷産業水素ステーションでヒアリングを実施。
- 37) C・クリステンセン2001「イノベーションのジレンマ」 翔泳社 7-14頁。
- 38) 佐藤真人 デロイト・トーマツ 2010「図解次世代自動車ビジネス」 中経出版 96-79頁。
- 39) 桃田健史 2017「EV新時代にトヨタは生き残れるか」洋泉社 146-155、158、169頁。
- 40) E.ロジャーズ 2007 三藤利夫訳「イノベーションの普及 第5版」翔泳社 155頁。
- 41) J・ムーア 2001 川又政治訳「キャズム」翔泳社14-18頁。
- 42) 電気自動車充電情報口コミサイト GoGoEV。 <https://ev.gogo.gs/> 2018.10.30 閲覧。
- 43) 電気自動車充電情報口コミサイト GoGoEV。 <https://ev.gogo.gs/> 2018.10.30 閲覧。
- 44) 村沢義久「図解EV革命」毎日新聞出版148-149頁。
- 45) 佐藤真人 2010デロイト・トーマツ 「図解次世代自動車ビジネス」 中経出版 115-118頁。
- 46) 佐藤真人デロイト・トーマツ 「2010 図解次世代自動車ビジネス」 中経出版 117、122頁。
- 47) 御掘直嗣 2009「電気自動車は日本を救う」C&R研究所 10-17 頁。
- 48) 桃田健史2016「IOTで激変するクルマの未来」洋泉社 52-54、97-100頁
- 49) 桃田健史2014「アップル・グーグルが自動車産業を乗っ取る日」洋泉社14-19頁、116頁。
- 50) 大久保隆弘、2009「エンジンのない車が変わる世界」日本経済新聞社164-175頁。
- 51) 石川健次郎、石川健次郎編著、2004「ランドマーク商品の研究」同文館出版 10-11頁。

## 参 考 文 献

- 飯塚昭三 (2006)「燃料電池車・電気自動車の可能性」グランプリ出版。  
井熊均 (2013)「自動運転が拓く巨大市場」日刊工業新聞社。

- 石川健次郎 (2004) 「ランドマーク商品の研究」 同文館出版。
- 大久保隆弘 (2009) 「『エンジンのないクルマ』が変える世界」 日本経済新聞出版社。
- 御掘直嗣 (2009) 「電気自動車は日本を救う」 C&R研究所。川満直樹 (2015) 『商品と社会』 同文館出版。
- 環境省 (2016) 「次世代自動車ハンドブック」 環境省。
- 風間智英 (2018) 「決定版EVシフト」 東洋経済新報社。
- C・クリステンセン (2001) 玉田俊平太訳 「イノベーションのジレンマ」 翔泳社。
- C・クリステンセン (2003) 玉田俊平太訳 「イノベーションへの解」 翔泳社。
- 堺憲一 (2013) 「だんぜん面白いクルマの歴史」 NTT出版。
- 資源エネルギー庁 (2017) 「エネルギー白書2017」 資源エネルギー庁。
- 週刊東洋経済2017.10.21 「日本経済の試練 EVショック」 東洋経済新報社。
- 鈴木直次 (2016) 「モータリゼーションの世紀—T型フォードから電気自動車へ」 岩波書店。
- 竹内一正 (2018) 「イーロン・マスク 世界をつくりかえる男」 ダイアモンド社。
- 鶴原吉郎 (2018) 「EVと自動運転」 岩波新書。
- デロイト・トーマツ コンサルティング (2010) 「次世代自動車ビジネス早わかり」 中経出版。
- 高柳正盛 (2018) 「まるわかりEV」 日経BPムック。
- A・バンス (2015) 「イーロン・マスク 未来を創る男」 講談社。
- 廣田幸嗣 (2016) 「トコトンやさしい電気自動車の本 第2版」 日刊工業新聞社。
- 福田将宏 (2014) 「日産リーフとBMWi3」 フォーイン。
- J・ムーア (2006) 栗原潔訳 「ライフサイクル・イノベーション」 翔泳社。
- J・ムーア (2014) 川又政治訳 「キャズム2」 翔泳社。
- 村沢義久 (2018) 「図解EV革命」 毎日新聞出版。
- 桃田健史 (2014) 「アップル、グーグルが自動車産業を乗とる日」 洋泉社。
- 桃田健史 (2016) 「IoTで激変するクルマの未来」 洋泉社。
- 桃田健史 (2017) 「EV新時代にトヨタは生き残れるのか」 洋泉社。
- H・リブソン、M・カーマン (2017) 山田美明訳 「ドライバーレス革命」 日経BP社。
- E・ロジャーズ (2007) 三藤利雄訳 「イノベーションの普及」 翔泳社。

#### 参考URL (2019年2月28日最終閲覧)

- 一般社団法人 自動車登録検査協会 公表統計資料。  
<https://www.airia.or.jp>
- 経済産業省 「次世代自動車戦略 2010 自動車産業戦略」 2014。  
<http://www.meti.go.jp/press/2014/11/20141117003/20141117003-A.pdf>
- 経済産業省 「自動車産業を巡る構造変化とその対応について」 2015。  
[http://www.meti.go.jp/policy/economy/keiei\\_innovation/sangyokinyu/GB/04.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/economy/keiei_innovation/sangyokinyu/GB/04.pdf)
- 経済産業省 EV PHV ロードマップ研究会 2016. 3 報告書。  
<http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160323002/20160323002-3.pdf>
- 環境省 「次世代自動車ガイドブック2016-2017」。  
<http://www.env.go.jp/air/car/vehicles2016-2017/index.html>
- 資源エネルギー庁 「エネルギー白書」 2016。  
<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2016html/2-2-2.html>
- IEA World Energy Outlook 2017。
- 資源エネルギー庁 「エネルギー白書」 2017。

電気自動車と次世代自動車・将来の「ランドマーク商品」としての展望

<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2017pdf/>

内閣府 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部「官民ITS構想ロードマップ」平成29年5月。

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20170530/roadmap.pdf>

日本ガス協会 「ガス自動車普及状況」。 [http://www.gas.or.jp/ngvj/spread/world\\_spread.html](http://www.gas.or.jp/ngvj/spread/world_spread.html)

関西電力 [http://www.kepcoco.jp/energy\\_supply/energy/newenergy/water/shikumi/index.html](http://www.kepcoco.jp/energy_supply/energy/newenergy/water/shikumi/index.html)

