

2014年7月1日 全8頁

水素社会の兆し 第3回 燃料電池自動車のある社会

環境調査部（主任研究員） 小黒 由貴子

[要約]

- 車社会の到来で、ヒトの移動とモノの運搬が広範囲に行われるようになったが、自動車なしでは生活が成り立たない地域を生み出すことにもなった。日本において自動車産業は重要な産業となったが、車社会では環境破壊・エネルギー安全保障問題・地球温暖化などの課題も発生した。
- 家族構成・年代・居住地域などによって自動車に求めるものに差異がある。今後の高齢化進展や ICT 活用によってニーズが変化することも考えられる。他の次世代自動車もある中で、燃料電池自動車がどういう位置付けを目指すのかが問われるだろう。
- 燃料電池自動車のうち乗用車は実用化が見えてきたが、輸送車両は耐久性のさらなる向上が必要と指摘されている。輸送部門の低炭素化が求められる中、走行中に CO₂ を排出しない燃料電池自動車は、ガソリン車より優位性を持つと考えられる。ただし、輸送部門の低炭素化は、制度や業界慣行の見直しも含めて考えるべきであろう。

燃料電池自動車（以下、FCV）は、その名の通り燃料電池を動力とする一種の電気自動車のことである。水素と酸素の化学反応で電気をつくるので、走行中に CO₂ を排出せず、窒素酸化物などの有害物質もほとんど出さない、エンジンがないので静か、小型から大型まで多様な用途に対応できる、といった特徴がある。本稿では、2014 年度中に国内市場への導入（乗用車）が予定されている¹FCV が、社会の中でどう位置付けられるのかを考えてみる。

1. 車社会がもたらしたもの

次世代自動車の一つに挙げられる FCV の今後を考えるために、今までの車社会の変化について振り返ってみる。

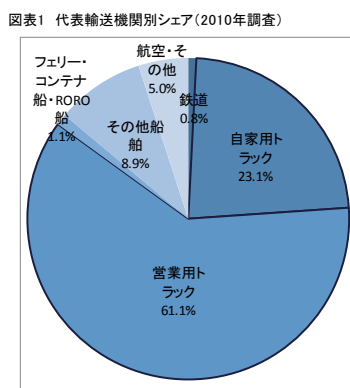
車輪の付いた乗り物は、荷物の運搬手段用とヒトの移動手段用とに分けられる。馬車の仕組みができたことで、運搬は荷馬車が担うようになり、ヒトが引いていた時よりも多く・遠くへ

¹ トヨタ自動車 「トヨタ自動車、セダンタイプの燃料電池自動車を、日本で2014年度内に700万円程度の価格*1で販売開始—トヨタ店・トヨペット店で販売。米欧では2015年夏頃から販売—」 *1 消費税を含まない車両本体のメーカー希望小売価格の目途。

荷物を運搬できるようになった。ヨーロッパでは、現代のバスやタクシーに相当する乗合馬車や辻馬車というヒトの移動を助けるサービスも登場した。また、王侯貴族は、自分が自由に使える馬車を保有していたが、これはマイカーにあたる。こうした各種の馬車の登場で、往来可能・居住可能な範囲が広がっていき、馬車のための道路も整備され、馬車製造が一つの産業になっていった。

この後、自動車が開発されて、さらにヒトの移動、モノの運搬が広範囲に行われるようになっていった。日本の場合は、馬車からではなく徒歩や人力車の時代から自動車に移ったとわかっていいが、欧米と同様、自動車の登場後に、自動車用の道路の整備が進んだ。自動車の開発初期は、一部の富裕層の利用にとどまっていたが、大量生産の方法が確立したことで低価格化がおこり、一般庶民にも自動車が普及した。いわゆる車社会・モータリゼーションの到来である。一般庶民にとっては、馬車時代・人力車時代にはあり得なかったマイカーが実現し、移動の自由度が増大した。運搬の分野でも、鉄道や船などが担っていた部分を代替するようになり、例えば日本国内の代表輸送機関²（3日間調査：重量ベース）の8割以上がトラックとなっている（図表1）。現在の自動車産業の市場は大きく、周知の通り日本にとっては雇用や経済への影響が大きい重要な産業となっている。

図表1 代表輸送機関別シェア（2010年調査）



(注)3日間調査：重量ベース
(出所)国土交通省「第9回 2010年調査 物流センサス 全国貨物純流通調査の結果概要」

(出所) 国土交通省「第9回 2010年調査 物流センサス [全国貨物純流通調査の結果概要](#)」

車社会は、ヒトやモノの移動の範囲を広げ、距離にとらわれない社会生活を可能にしたものの、一方で都市の拡大によって、車がないと生活が困難になる地域を生み出すこととなった。また、排ガスなどによる公害、交通事故、化石燃料の輸入増によるエネルギー安全保障の低下なども引き起こしている。近年は、地球温暖化対策として、日本全体のエネルギー消費量の約

² 貨物が出荷されて目的地に到着するまでに利用された輸送機関のうち、最も長い距離を輸送した輸送機関のこと（国土交通省「第9回 2010年調査 物流センサス [全国貨物純流通調査の結果概要](#)」より）

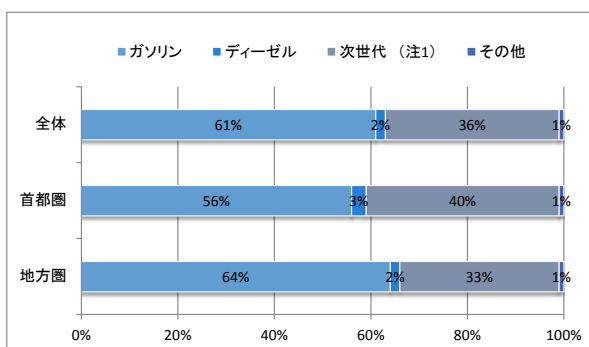
23%、CO₂排出量の約17%を占める運輸部門の省エネ化・低炭素化も重要な課題となっている³。

2. FGVのマイカーとしての可能性

(1) 自動車に求めるもの

一般社団法人日本自動車工業会のアンケート調査⁴によると、次世代自動車（ハイブリッド車、プラグインハイブリッド車、電気自動車）の購入意向は3割以上と決して低くはない。全体と比べて購入意欲は首都圏で高く、地方圏では低いという差がある（図表2）。一方でFCVの認知度は低く、現時点で「次世代自動車」として認識されているとは言い難い（図表3）。普及を促すためには、まずは首都圏に対して先行的にFCVを次世代自動車としてアピールする必要があるかもしれない。

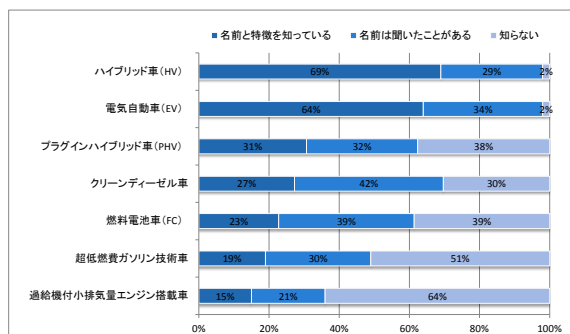
図表2 買い替え予定車のエンジン（動力）タイプ



（注1）ハイブリッド、プラグインハイブリッド、電気（電気自動車）の計

（出所）一般社団法人日本自動車工業会「[2013年度 乗用車市場動向調査](#)」を基に大和総研作成

図表3 次世代自動車の認知状況



（出所）一般社団法人日本自動車工業会「[2013年度 乗用車市場動向調査](#)」より大和総研作成

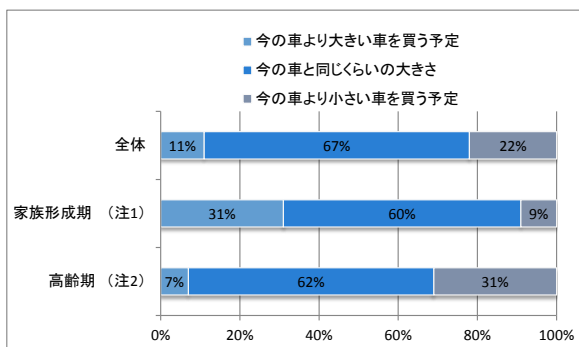
同アンケートによると、何らかの車の購入意向のある人が希望するサイズは、現在、保有しているものより小さくなる傾向が続いており、特に高齢者では顕著となっている。一方、家族形成期では、むしろ大きい車を購入する意欲を持つ人が多い（図表4）。これは、家族構成によって乗車人数が変わることによる差異と思われるが、高齢者の場合は高齢化に伴う運転技術の低下も関係している可能性がある。視力や反射機能が衰えるため、小型車の方が運転しやすいからである。これらのアンケート結果からわかるように、自動車に対する意向は多様であり、居住地域や家族構成に影響されることに注意が必要である。

³ 運輸部門には、自動車（乗用車含む）の他に、航空、鉄道、船舶も含まれるが、CO₂排出量の約9割は自動車によるもの

⁴ 一般社団法人 日本自動車工業会「[2013年度 乗用車市場動向調査](#)」

また、国土交通省の白書⁵によると、自動車を保有していない理由は、公共交通機関や自転車など、その他の手段による移動で十分であることなどが上位にある（図表5）。つまり、自動車を保有するかどうかについては、公共交通政策も関係していることがわかる。

図表4 買い替え予定車の車体サイズ



(注1) 家計中心者の長子が未就学児の世帯、または家計中心者が39歳以下で子どものいない世帯

(注2) 子は（すべて）結婚して別居している世帯、または子供がいないか、単身で55歳以上の世帯

(出所) 一般社団法人日本自動車工業会「[2013年度乗用車市場動向調査](#)」を基に大和総研作成

図表5 車を保有しない理由

	20～30代[N=705]	40～60代[N=137]
公共交通機関で十分だから	56.2%	63.5%
自転車、バイク、徒歩などで十分だから	42.7%	49.6%
購入価格が高いから	38.0%	19.7%
ガソリンや税金等の維持費が高いから	39.1%	31.4%
駐車場代などの費用が高いから	33.5%	25.5%
いずれ購入したいと思っているが、今は費用や保管場所などが確保できないから	9.1%	3.6%
いずれ購入したいと思っているが、今は欲しいと思う商品がないから	1.8%	1.5%
環境に悪いから	6.4%	13.9%
その他	18.2%	18.2%

資料) 国土交通省「国民意識調査」

(出所) 国土交通白書 「[平成24年度国土交通白書](#)」

さらに、水素ステーション設置の面からも需給のミスマッチが見えてくる。次世代自動車の購入意欲の高い都市圏では土地代の高さが水素ステーション設置のネックとなる一方、地方圏では居住範囲が広がっていることと次世代自動車の購入意向が高くないことから、需要が分散してしまう懸念がある。分散した需要に対応して水素ステーションを設置するのは非効率であるため、以前から指摘があるような、コンパクトタウン化による生活機能の集約化とともに考えていく必要がある。つまり「街づくり」においてFCVインフラである水素ステーションをどう位置付けるか、が問われることになる。

(2) 社会環境の変化

今後、需要がどのようになっていくかを検討するために、「高齢化」「ICT活用」「低炭素化」という社会環境の変化による影響を考えてみる。

1) 高齢化

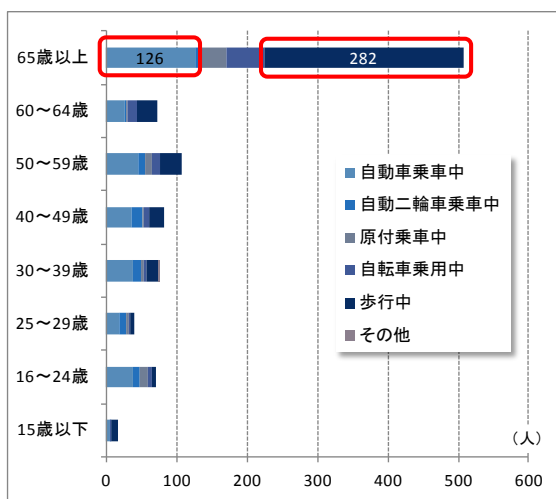
交通事故による死者数は年々、減少してはいるものの、高齢者の割合は増加している。65歳以上の死者数は歩行中に次いで自動車乗車中が多く（図表6の赤枠部分）、この2種類で全死者数の4割以上となっている。また、高齢者の運転免許返上数（申請による運転免許の取り消し

⁵ 国土交通白書「[平成24年度国土交通白書](#)」

数)は、年々、増加しており、年間10万人以上となっている(図表7)。

今後、ますます高齢化が進んでいくことが予想されており、人口減少も起きていることから、日本では免許保有者の絶対数が減る可能性がある。

図表6 状態別・年齢層別死者数(平成26年3月末)



(注) 赤枠は筆者

(出所) 警察庁「[交通事故統計〔平成26年3月末〕](#)」

図表7 申請による運転免許の取消件数の年別推移

	申請取消件数	内、65歳以上	構成率(%)
16年	15,333	14,117	92.1
17年	19,025	17,410	91.5
18年	23,203	21,374	92.1
19年	19,457	18,149	93.3
20年	29,150	28,097	96.4
21年	51,086	49,251	96.4
22年	65,605	63,159	96.3
23年	72,735	69,805	96.0
24年	117,613	111,852	95.1
25年	137,937	131,595	95.4

(出所) 警察庁「[運転免許統計 平成25年版](#)」を基に大和総研作成

2) ICT 活用

自動車の登場以来、常に安全性の向上が求められてきた。近年では、一定の速度以下という条件はあるが、前方の障害物(自動車、ヒトなど)に衝突しないように自動ブレーキがかかる仕組みが人気である。これは、カメラ、ミリ波レーダー、赤外線レーザーを使って前方の障害物を検知し、自動車のブレーキをかけたりするものである。センサーを使って運転手の健康状態や覚醒状態を検知して、問題があれば停止するなどの安全性向上のための開発も進められている。

このように自動車とICTは密接に結びついているが、その究極の形ともいえるものが自動運転である。自動運転は、カメラやセンサーなどを活用して自動車が自律走行するものと、信号や道路標識との情報(路車間通信)や自動車同士の情報(車車間通信)など外部の情報と協調して走行するものに大別される。現在の日本では、運転支援の高度化や追従走行など運転手の補助的な位置付けで実験が行われているが、米国ではICTの大手企業が運転手の介在しないテスト走行に成功している⁶。

自動運転は、事故防止だけでなく渋滞緩和やエコドライブの実現にも有効なことから、環境

⁶ 米Googleは、ハンドル、アクセル、ブレーキのないプロトタイプ自動車の動画を公開した。Google公式ブログ 2014年5月27日 「[Just press go: designing a self-driving vehicle](#)」(2014年5月29日閲覧)

負荷低減や燃費改善をもたらすものと考えられる。エコドライブを推進している団体では、薦めている項目を実行すると1割以上の燃費改善になるなどとしている⁷。

また、高齢者や障害者をはじめ、自動車は必要だが運転に不安を覚えるような層にも、自動車運転への期待は大きいであろう。スーパーや病院など、行きたい場所が限定的な場合、従来のガソリン車のようにスピードが出て、何百キロも継続して走行できる必要はないため、行き先を告げれば勝手に走ってくれることの方に魅力を感じるかもしれない。この点では、1～2人用の超小型モビリティ（パーソナルモビリティ）といわれる、新しいカテゴリの自動車の動向も見逃せない。

3) 低炭素化

欧州ではCO₂の排出量規制、米国では燃費規制などを厳しくしており、今後も厳しくなる可能性がある。日本でも、従来より高いレベルの燃費改善が求められている。FCVは走行中にCO₂を排出しないため、電気自動車と並んで、こうした規制への有力な対応策となり得る。欧州ではクリーンディーゼル車、日本や米国ではガソリン車の低燃費化なども進められているが、走行時の排出量で比べるとFCVや電気自動車に優位性があるといえるだろう。

ただし、将来的には、燃料の由来を含めたWell to Wheel⁸での低炭素化が問われる可能性も否定できない。その場合、現在の主流である天然ガスから製造される水素を使ったFCVよりも、電気自動車やプラグインハイブリッド車の方が評価が高くなる（図表8）。なお、どのような電気で充電するかによって評価が変わるので、電気自動車なども電気の由来を問われるようになるかもしれない⁹。

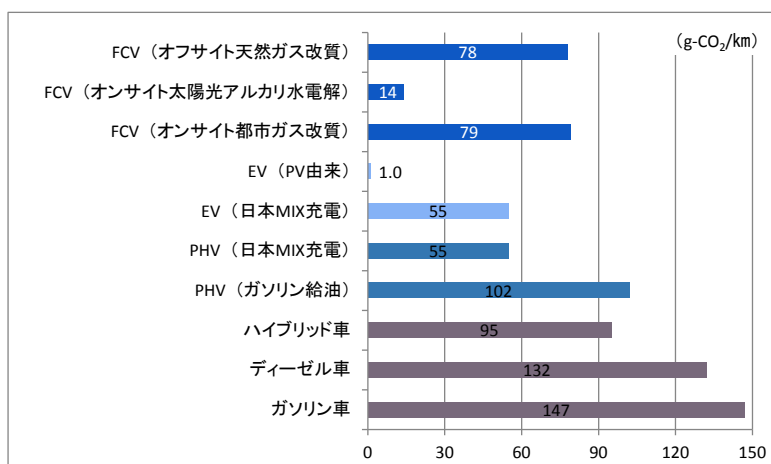
また、国土交通省が平成24年6月に公表した「超小型モビリティ導入に関するガイドライン」¹⁰では、超小型モビリティの定義として「環境性能に優れ」ていることも挙げており、今後の自動車は大きさに関わらず、CO₂の排出量が少ないことが求められることになる。

⁷ エコドライブ普及推進協議会 「エコドライブ10のすすめ」

⁸ 各燃料の製造段階（Well to Tank）と走行段階（Tank to Wheel）をトータルした、ライフサイクルでのエネルギー消費量やCO₂排出量のこと

⁹ 例えば中国は電気自動車の普及に熱心ではあるが、石炭火力発電の割合が高いため、ライフサイクルで見ると低炭素化に貢献するとは言い難いという指摘がある

¹⁰ 国土交通省 平成24年6月 「[超小型モビリティ導入に向けたガイドライン～新しいモビリティの開発・活用を通じた新たな社会生活の実現に向けて～](#)」

図表8 CO₂排出量 (Well to Wheel/JC08 モード)

(注) FCV：燃料電池自動車、EV：電気自動車、PV：太陽光発電、日本MIX充電：日本の平均電源構成を加味した電力、PHV：プラグインハイブリッド

(出所) 財団法人 日本自動車研究所「総合効率とGHG排出の分析報告書」(平成23年3月)と資源エネルギー庁 燃料電池推進室 水素・燃料電池戦略協議会 水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ(第3回)資料2「燃料電池自動車について」(平成26年3月4日)を基に大和総研作成

「高齢化」と「ICT活用」のどちらの視点でも、移動に対するニーズが変化する可能性が示唆される。FCVは、マイカーに対するこうした多様なニーズに対応するための新しい選択肢の一つとなるのか、他の次世代自動車もある中でどういう位置付けを目指すのかが問われるだろう。また、低炭素化への規制強化が将来的に厳しくなると予想されることもあり、走行時のCO₂の排出量以外の点でも対応が求められよう。

3. FCVの輸送車両としての可能性

2014年6月に公開された「水素・燃料電池戦略ロードマップ」において現在のFCVは、乗用車としては航続距離や燃料充填時間等についてガソリン自動車並みの性能を達成しているとしている。しかし、安定的に大きな水素需要を生み出すことが期待されるバスやタクシーなどの業務車両については、乗用車より長い走行距離(耐久性)と経済性が要求されることを課題として指摘している(図表9)。また、輸送用車両は用途が多岐にわたるため多くの車種が必要であり、安全性確保などのための保守体制構築が求められるなど、乗用車とは別の観点での課題が少なくないという指摘もある。耐久性の向上には、触媒として利用している白金の量を増やす方法が考えられるが、白金は高価なためコスト増になってしまう。このため、材料や基盤技術の研究開発が進められている。

図表9 用途ごとに求められる耐久性（走行距離）

乗用車	タクシー	路線バス	トラック	現在の 燃料電池自動車
10～20万km程度	100万km程度	75万km～	100万km程度	約20万km

（出所）資源エネルギー庁「[水素・燃料電池戦略ロードマップ](#)」と水素・燃料電池戦略協議会ワーキンググループ（第4回） 資料1「[燃料電池の新たな用途について](#)」（平成26年3月26日）を基に大和総研作成

なお、バスなど大型車両の場合は、搭載する燃料電池が乗用車に比べて大きいいため、避難所4～5日分の電力供給が可能とされており、地域の防災対策として活用できるという期待が高い。こうした防災機能を評価することで、まずは公的な機関への導入を進め、普及の足掛かりとすることも考えられる。

輸送車両に関連すると思われる今後の社会環境の変化としては、エネルギー安全保障への懸念の高まりと低炭素化への規制強化の2点が挙げられる。エネルギー安全保障確保のための低燃費化と石油依存の軽減は、低炭素化にもつながることから、エネルギー安全保障の確保と低炭素化という変化へ対応する方向は一致しているといっていだろう。こうした中、輸送部門の低炭素化対策として、走行中にCO₂を排出しないFCVは、ガソリン車より優位性を持つと考えられる。

なお、輸送部門の低炭素化対策には、自動車による陸上輸送から海上輸送や鉄道輸送への転換を図る[モーダルシフト](#)という方法もある。公益社団法人日本ロジスティクスシステム協会、一般社団法人日本物流団体連合会、経済産業省、国土交通省の協力で発足¹¹したグリーン物流パートナーシップ会議では、荷主と物流事業者のパートナーシップによる低炭素化活動推進のため、2005年以降、毎年、モーダルシフトなどに取り組んだ優良事業者の表彰と事例紹介を行っている。また、1台のトラックに複数の企業の荷物を混載したり、往復で異なる企業の荷物を載せて走行する台数を減らしたりする取り組みもある。輸送部門の低炭素化を実現するには、車両そのものの低炭素化とともに、こうした制度や業界慣行の見直しといった物流の仕組み全体で考えることも求められよう。

以上

【参考文献】

- ・「だんぜんおもしろいクルマの歴史」 堺憲一 NTT出版（2013年3月27日 初版第1版発行）
- ・「のりもの進化論」 松浦晋也 太田出版（2012年9月15日 初版第1版発行）
- ・「馬車の歴史」 川又正智編著 神奈川新聞社（2001年1月1日 初版発行）
- ・「よくわかるガスエネルギー業界」 垣見裕司 日本実業出版社（2013年11月1日）
- ・「月刊ビジネスアイ エネコ 地球環境とエネルギー」 April 2014
- ・「日経エコロジー」 January 2014

¹¹ 世話人は成城大学（発足当時は一橋大学学長）杉山教授