

Title	EVシフトを強める世界における水素の可能性
Author(s)	常定, 健; 児子, 英之; 永山, 則之
Citation	年次学術大会講演要旨集, 32: 118-121
Issue Date	2017-10-28
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/14928
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

EV シフトを強める世界における水素の可能性

○常定 健, 兒子英之, 永山則之 (岡山県工業技術センター)

1. はじめに

欧州で、ガソリン車およびディーゼル車の販売を禁止する方針が表明されたことにより、内燃機関で動く自動車を電気自動車に置き替えること（EV シフト）により脱石油の流れを進める動きが、2017 年になって急速に広まっている。7 月、フランス政府に続き、イギリス政府も 2040 年までにガソリン車とディーゼル車の販売を全面的に禁止すると発表した。また、報道によると[1]、オランダやノルウェーでも 2025 年以降のガソリン車やディーゼル車の販売禁止を検討する動きがあり、ドイツでは 2030 年までにガソリン車などの販売を禁止する決議が国会で採択されており、法制化には至っていないが「脱燃料車」の機運が高まっている。さらに、アジアでも同様の動きが起きており、インド政府は「2030 年までに販売する車をすべて EV にする」との目標を表明している。また、中国でも類似の政策が打ち出されており、欧州と並んで中国が EV の主戦場になると見られている。米国においては、カリフォルニア州で、排ガスゼロ車（ZEV）の販売を一定の比率以上にすることを義務づける規制が 2018 年から強化され、ハイブリッド車（HV）が ZEV から除外される。この規制強化は他の州にも拡大される見通しである。

日本政府も、EV やプラグインハイブリッド車（PHV）の割合を高めていく目標（2020 年の保有ベースで最大 100 万台）を掲げているが、急激な EV シフトは我が国の産業構造に大きな影響を及ぼす。特に、自動車産業が盛んな地域産業への影響は無視できない。筆者らの所属機関がある岡山県においては、県全体の製造品出荷額の約半分を占める水島コンビナートの役割はとて重要である。水島コンビナートに立地する化学メーカーでは、海外の EV シフトを背景に、車載用電池市場の拡大をにらんだ設備投資を急いでおり、リチウムイオン電池向け材料の増産に相次いで乗り出している[2]。短期的視点でみれば、EV シフトは企業の設備投資を促進していると言える。しかし、液晶や太陽電池と同様、リチウムイオン電池についても、市場の拡大とともに競合相手が増えたことで価格競争が激化しており[3]、将来的には、日本メーカーが価格競争で他のアジア勢に敗北を喫する可能性は否定できない。車載用電池でもコモディティ化が進めば、その部材を製造する企業への影響も無視できない。

また、EV シフトと脱石油の流れに伴って起こる、コンビナートの構造変化にも注目しなければならない。水島コンビナートには、直接的な影響を受ける石油精製業だけでなく、エチレンプラントに代表される石油化学工業や自動車メーカー等が立地している。なかでも、加工組立業を中心とした自動車関連産業は裾野が広く、雇用確保の面でも重要な地域産業になっているが、急速な EV シフトは、自動車産業の垂直統合システムを崩壊させる懸念がある。EV は内燃機関で動く自動車に比べて部品点数が少なく、比較的単純な構造である。このため、部品さえ調達できれば誰でも自動車を製造できることから、自動車産業への参入障壁が低くなり、ベンチャー企業や電機メーカー等の異業種プレーヤーが新規に参入してくることが予想される。たとえ、水島コンビナート内での EV 生産が継続された場合においても、垂直統合システムが維持されるとは限らない。EV シフトにより自動車産業での水平分業が進めば、系列部品メーカーが集積する地域産業は大きな変革を迫られることになるだろう。

このような背景から、日本では、技術面で優位に立っており、部品点数が EV に比べて多く、特殊な部品も必要なためコモディティ化しにくいと見られている燃料電池自動車（FCV）を究極のエコカーに位置づけ、技術開発を進めてきた。しかし、EV シフトが世界的に進めば、水素ステーションが海外で幅広く整備されるとは考えにくい。まずは国内で FCV を普及させておいて、それから世界に FCV を広めていく戦略では、世界の EV シフトに日本だけが取り残される可能性もある。

本研究では、はじめに、FCV と水素社会の関係を確認するために、FCV が普及しない場合における水素の可能性について考察し、水素社会における FCV の位置づけを確認した。その結果をもとに、シナリオ・プランニング法を用いて、EV シフトを強める世界における FCV の展開への道筋を模索し、あわせて、日本国内における水素社会実現の可能性を吟味した。

2. FCV が普及しない場合における水素の可能性

FCV が普及するかどうかは我が国のエネルギー戦略にも大きな影響を及ぼす。国は、水素を重要なエネルギー源のひとつに位置づけている[4]が、FCV の普及を想定しない場合でも、水素を主要なエネルギー源として利用すること（水素社会の実現）に社会的意義はあるのだろうか。水素の特徴は、燃焼しても二酸化炭素（CO₂）を出さないことと、燃料電池の燃料として利用できることである。しかし、瞬時の起動が必要な自動車を除けば、水素を燃料にする燃料電池においても、機器への投入燃料を必ずしも水素にする必要はない。実際、定置型の家庭用燃料電池（エネファーム）の多くは、都市ガス（天然ガス）を機器への投入燃料にしており、燃料改質器内で生成した水素が電池セルに供給される。したがって、自動車や非常用発電用途を除けば、燃料電池システムへ投入する燃料を水素にする必要はない。この点から考えると、FCV の普及を想定しない場合、水素が主要なエネルギー源として利用されるためには、既存燃料を水素に置き替える形で、エネルギーユーザーが自発的に水素を選択することが求められる。供給量やコストの観点から、水素の消費量が増えれば、類似のガス燃料である天然ガスのように、海外から水素が輸入されることになる。既にインフラが整備されている天然ガスを水素に置き替えるためには、スイッチングコストも含めて、水素導入の便益が天然ガスを上回らなければならない。発電効率の高いコンバインドサイクル発電において、燃料を水素に置き替えても、天然ガスより高い発電効率を得られるわけではない。したがって、CO₂ 排出に規制がない状況下では、水素が天然ガスよりも安価でなければ、電気事業者が自発的に水素を導入することは見込めない。

水素は天然ガスと同様、液化物（天然ガスの場合は LNG）を海上輸送することが最も合理的な輸入方法だと想定される。しかし、水素は、容積（液化物）あたりのエネルギー輸送量が天然ガスに比べて低いため、天然ガスよりも輸送コストが多くかかる。また、メタン（天然ガスの主成分）の沸点（-161.5℃）と比較して、水素の沸点（-252.9℃）は 90℃以上も低いことなどから、液化プロセスにおいても、水素のコストは天然ガスを上回ることになる。液体水素の輸送に関する技術開発がいくら進んでも、輸送効率に関して、水素が天然ガスより物性上で不利なことは解消できない。世界的にみると、天然ガスを LNG として輸入しなければならない日本は、パイプラインによるガス供給が可能な欧米各国に比べて大きなコスト負担を強いられており、水素ではさらに負担が増すことになる。

液体水素以外の形で水素を輸入する方法としては、有機ハイドライドによる輸送が有力視されている。有機ハイドライドによる水素の輸送では、液化が不要であるという有利な条件はあるものの、容積あたりのエネルギー輸送量は液体水素よりもさらに低く LNG の約 4 分の 1 であり、輸送効率が非常に悪い[5]。いずれの形態で輸送した場合においても、水素は天然ガスと比べて、海外からの輸入に適したエネルギーとは言えない。製造コストに関して天然ガスより不利な立場にある。化石燃料（原油、石炭、天然ガス）は一次エネルギーであるため、採取すればよい（精製等は必要）のに対し、水素は二次エネルギーであるため、何らかの生産手段とエネルギーを用いて製造しなければならない。

次に、水素のもうひとつの特徴である温室効果ガス削減効果について検討する。自動車では、化石燃料を使用すれば CO₂ を大気中に必ず排出することになるため、燃料を水素に置き換える意義は大きい。しかし、発電では、化石燃料を使用した場合でも、CCS（CO₂ の回収・貯留）により CO₂ を大気中に排出しないシステムが可能である。海外から水素を輸入することを想定した水素エネルギーシステムが、現行のエネルギーシステムに対して優位性を持つかどうかに関して、「2050 年に野心的な CO₂ 削減目標（1990 年比で 65%以上）を設定した場合でも、標準的な条件のもとでは CCS が選択される」との報告[6]が出されている。2015 年度において、CO₂ 排出量を 1990 年度比で 5%超増加させた日本にとって、前述の CO₂ 削減目標が実行可能なものであるとは思われない。実情にあわせて CO₂ 削減目標を低く設定すればするほど、水素導入の意義は低下することになる。

以上のことから、FCV の普及を想定しない場合、我が国で水素をエネルギーとして利用する意義を見いだすことは難しい。しかも、FCV の普及が日本国内にとどまっていたら、自動車産業における国際競争力の向上に、FCV はなんら貢献しないことになる。そればかりでなく、FCV が国内の EV シフトを遅らせることで、日本の自動車メーカーが世界の潮流に乗り遅れることにもつながりかねない。

3. 適応型シナリオによる次世代自動車の展望

水素社会の実現には FCV の普及が重要であり、FCV を本格的に普及させるためには、日本国内だけでなく世界に FCV を売り込む戦略が必要になる。ここで考えなければならないのは、どのような状況になれば、FCV が世界の主要なエコカーになりうるかである。それを検討するために、次世代自動車の動向に大きな影響を及ぼす 2 つのドライビングフォースを選択し、それらを軸にした 2×2 マトリクスで作

成を試みた。これはシナリオ・プランニング法と呼ばれている。本手法は、未来を的確に予測するためのものではなく、起きるかもしれない（その可能性のある）未来の様々な姿に、わたしたちの目を向けさせることに意義がある[7]ものとして使われる。

世界における次世代自動車の動向に大きな影響を及ぼすドライビングフォースのひとつは、「地球温暖化防止の国際世論がさらに高まるのか。それとも現状程度にとどまるのか」である。2015年、国際的枠組みとして採択されたパリ協定に基づき、地球の平均気温の上昇を産業革命以前と比較して2度未満にとどめるための目標および行動計画を各国が定めた。しかし、目標達成は現実には難しい。締結国間で激しい利害対立が生じる可能性もあり、調整が難航して、目標が全く達成されない可能性もある。一方で、国際的な協力が進んで、温室効果ガス排出量の削減が急速に進む可能性もある。

もうひとつのドライビングフォースは、「大容量二次電池の技術開発がさらに進むのか。それとも、停滞するのか」である。EVにとって、走行距離を決定づける車載用二次電池の容量が重要であることは言うまでもないことであるが、それ以外の事情も存在する。EVが普及した場合、EVの夜間充電に伴う電力負荷に対応した電力システムの整備が求められ、系統側にも大容量二次電池が必要になるものと考えられる。現在普及しているリチウムイオン電池の性能は、理論上の限界に近づきつつあることから、より大容量である次世代電池の開発が進められている。しかし、リチウムイオン電池に勝る次世代電池が開発されるかどうかは今のところ分からない。

これら2つのドライビングフォースを軸にして作成した、「次世代自動車の展望」に関する未来図を図1に示す。この図は、2040年の世界において販売される自動車をイメージして作成したものである。地球温暖化防止の国際世論がさらに高まり、大容量二次電池の技術開発がさらに進めば、EVシフトが急速に進む可能性は高い。大容量二次電池の技術開発は進むものの、地球温暖化防止の国際世論が現状程度にとどまるのであれば、先進国を中心としてEVは増えるが、依然として、ガソリン車もなくなるだろう。中間的な存在であるHVやPHVも市場性を失わず、様々なタイプの自動車が混在する状況になるだろう。逆に、地球温暖化防止の国際世論が高まる一方で、大容量二次電池の技術開発が期待どおりに進まない、EVは小型車や近距離向けに特化し、それ以外ではFCVが主流になるだろう。最後に、大容量二次電池の技術開発が進まず、地球温暖化防止の国際世論も現状程度にとどまるのであれば、内燃機関で動く自動車が主流であり続けるだろう。しかし、排ガス問題から、ディーゼル車からガソリン車への置き替えは進むかもしれない。この未来図に従えば、FCVが普及するのは、地球温暖化防止の国際世論はさらに高まるのに、大容量二次電池の技術開発が思ったように進まないときに限られる。その場合でも、EVとの共存になることが予想され、FCVの性能向上やコスト削減がどの程度進むかにより、FCVとEVの比率は変化するものと考えられる。

現実の社会がこの予想どおりに進むかどうかは分からない。しかし、このような未来図を作成することで、EVとFCVの置かれた立場の違いが明確になる。図1のシナリオが示す4ケースのうち3ケースで、程度の違いはあれ、EVの普及が進む。一方で、図1のシナリオが示す3ケースでは、FCVは普及しない。これから新規事業をはじめるとして、EVとFCVのどちらに関連した技術開発を進めますかと聞かれれば、多くの企業がEVと答えるものと思われる。なぜなら、FCV関連の技術開発はすべてが無駄になってしまう可能性も否定できないからである。しかし、このことは、EVの開発競争がますます熾烈になっていく一方で、FCVの開発競争はEVほどには激化しないことを意味しており、もしFCVが普及すれば、既に高い技術力を有する日本の企業が国際競争で優位に立てる可能性は高い。

4. 変容型シナリオによるFCV世界展開の可能性

図1に示した未来図は、未来社会がどのようになるのかをイメージするために利用されるものであり、「適応型シナリオ・プランニング」と呼ばれている。しかし、これだけでは偶然に身を委ねているようなものである。そこで、主体的にFCVの未来を創ることが求められる。シナリオ・プランニングにおいては、変えたいと思う状況にいる人たちが協力して行動し、状況の変化へ創造的に影響を及ぼす試みがされており、そのアプローチは「変容型シナリオ・プランニング」と呼ばれている[8]。変容型シナリ

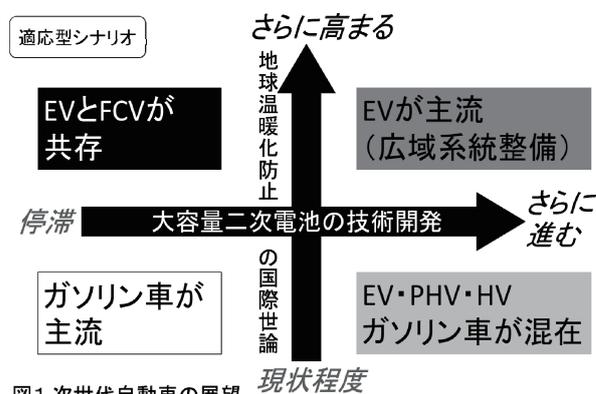


図1 次世代自動車の展望

オ・プランニングは適応型と似ているが、内容は大きく異なる。適応型の未来図は何が起こりうるかをイメージしたものであるのに対し、変容型では、4つのケースにおいて我々に何ができるかという可能性を示したものである。適応型の場合、我々が関与してもしなくても何かは起きるが、変容型の場合は主体的に何かをしなければ何も起きない。

CO₂排出量の大幅削減を行うには、再生可能エネルギーを優遇することで化石燃料の使用量を減らしていく方法と、カーボンプライシングなど、CO₂の排出に対して何らかの制約を加えていく方法がある。これらの取り組みが世界的にどの程度進むかによって、世界において、FCVの普及を進めやすい適地は変化する。水素は、燃焼してもCO₂を出さないという特徴だけでなく、電力を用いることで、水の電気分解により製造できるエネルギー媒体として、電力消費地から遠く離れた自然変動型再生可能エネルギー（風力・太陽光発電）の時間的・空間的制約を取り除くことができるという特性も有している。

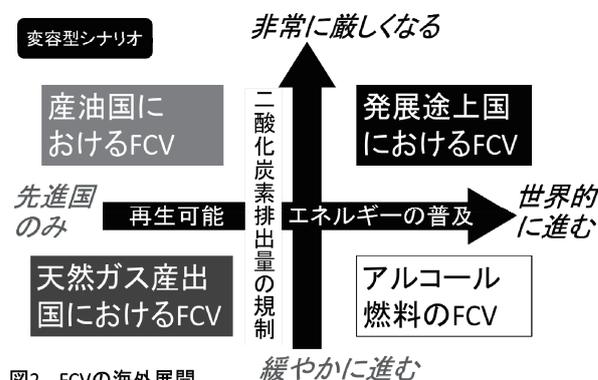


図2 FCVの海外展開

これらの点を考慮して、「CO₂排出量の規制は非常に厳しくなるのか。それとも緩やかに進むのか」と「再生可能エネルギーの普及は先進国でのみ進むのか、それとも世界的に進むのか」を2つのドライビングフォースとして作成した「FCVの海外展開」に関する未来図を図2に示す。図2では、原則として、水素を燃料とする現行のFCV（トヨタ・MIRAIとホンダ・クラリティ FUEL CELL）を想定している。本FCVを動かすには、水素ステーションが必要になる。CO₂排出量の規制が緩やかな状況で再生可能エネルギーの普及が世界的に進む場合には、発展途上国において、バイオマスを中心とした再生可能エネルギーの普及が想定され、水素の利点（燃焼時にCO₂を出さないこと、エネルギー貯蔵媒体として利用できること）が生かせない。このケースでは、水素を燃料とするFCVの普及は見込めないが、燃料電池が自動車に搭載される可能性は十分にある。水素を自動車への投入燃料にしない別タイプのFCV、例えば、日産自動車が開発を進めている、バイオエタノールから発電した電気で行くFCV（燃料電池を搭載したEVとも言える）を普及させる戦略のほうが効果的である。このような、EVより複雑な構造を持つ燃料電池搭載型EVの普及は、水素社会の実現には貢献しないが、自動車産業における我が国の国際競争力を高めることには役立つかもしれない。（図2における他の3ケースについては、発表時に説明）

5. おわりに

岡山県では水素利活用に向けた調査報告書[9]をまとめたところであり、方向性を模索している段階であるが、東京五輪を見据えた「水素社会の実現に向けた東京戦略会議」をはじめ、多くの自治体では、既に水素利活用の具体的な取り組みを行っている。しかし、もしFCVの普及が想定どおりに進まなければ、自治体における水素戦略の多くが見直しを迫られることになるだろう。海外のEVシフトに対して、日本の政府、自動車メーカーがどのような方針を打ち出すのか、その動向に注目が集まっている。

参考文献

- [1] 日経電子版 (<https://www.nikkei.com/>) 2017年7月27日掲載：“欧州発、電気自動車シフト「脱石油」世界の潮流に”，日本経済新聞社（2017）
- [2] 山陽新聞 2017年9月2日朝刊：“リチウムイオン電池向け 材料増産へ設備投資 ～水島コンビナートの化学各社 EVシフト 市場拡大にらむ～”，山陽新聞社（2017）
- [3] 週刊エコノミスト 2017年2月14日号：“特集「電池バブルがキター！」”，毎日新聞出版（2017）
- [4] 経済産業省 平成28年4月18日策定：“エネルギー革新戦略”（2016）
- [5] 常定 健，児子英之，永山則之：“地域産業からみた水素社会の展望”，研究・イノベーション学会年次学術大会講演要旨集，31（2016）
- [6] 松尾雄司，川上恭章，江藤 諒，柴田善朗，末広 茂，柳澤 明：“2050年の低炭素社会に向けた水素エネルギーの位置づけと導入見通し”，（財）日本エネルギー経済研究所（2013）
- [7] Woody Wade 著：“シナリオ・プランニング 未来を描き、創造する”，英治出版（2013）
- [8] Adam Kahane 著：“社会変革のシナリオ・プランニング”，英治出版（2014）
- [9] （社）中国地方総合研究センター：“水素利活用に向けた可能性調査”，岡山県委託調査報告書（2017）