

# 自動車用燃料としての電気エネルギーの優位性と課題 に関する考察

## A consideration for advantage and challenge of Electric Power as Automotive Fuel

○ 永 富 悠 ・ 松 尾 雄 司 ・ 宇 野 宏 ・ 平 井 晴 己 \*

Yu Nagatomi

Yuhji Matsuo

Hiroshi Uno

Harumi Hirai

The deployment of electric vehicles and plug-in hybrid vehicles on the premise of using low-carbon power sources is expected to not only contribute to a stable energy supply by lowering dependence on oil (dependence on foreign supply sources) as fuel but also help to reduce CO<sub>2</sub> emissions. Moreover, the use of night-time electricity is likely to help spread the use of electric vehicles for commuter use by reducing energy cost. However, it is important to remember that if conventional electricity, mainly generated by coal-fired power plants, is to be used as a power source, the deployment of electric vehicles may not necessarily be effective in reducing CO<sub>2</sub> emissions. To significantly increase the use of electric vehicles in the future, the key will be to develop a low-cost, high-performance battery. It will also be necessary to further reduce the cost of wind and photovoltaic power generation. As the use of electric vehicles spreads, it will become necessary to conduct a quantitative study on the optimization (cost minimization) of the power source mix (cost minimization), including additional power sources for automobiles.

**Keywords:** Electric Vehicle, Electricity, CO<sub>2</sub>

### 1. はじめに

電気エネルギーを蓄える電池を搭載し、電気モーターで駆動して走行する電気自動車は、内燃機関車よりもその歴史は古いものの走行距離が短い、充電用の電源・充電箇所の確保といった供給・インフラ面での制約が大きいこともあって十分な普及に至らなかった。1920年代の米国におけるモータリゼーション以降、自動車はガソリンや軽油を燃料とした内燃機関を主流とする時代が現在まで続いてきた。しかしながら、近年は電池技術の発展によって電気自動車の可能性が広がっており、地球温暖化対策として電気自動車の導入が、脚光を浴びるようになってきた。

本研究では現状を踏まえつつグローバルな電力事情、主要国の電源構成・発電効率・送電ロス・CO<sub>2</sub>排出原単位、電気料金、電源別のCO<sub>2</sub>排出量等を考慮したLCA評価及び経済性評価を行い、自動車用燃料としての電気エネルギーの優位性と課題に関する考察について取りまとめた。

### 2. 電力事情

#### 2.1 世界の発電量

足元の世界の発電量は、中国などの新興国の経済発展に伴って堅調な伸びを示しており、1971年から2007年にかけて約3.8倍増の19,739TWhとなった<sup>1)</sup>。また、この間で各電源別の発電構成も変化しており、1971年では2%程度のシェアを占めるに留まっていた原子力が、2007年には14%にまでシェアを伸ばしている。これに対して、石油ショックなどの影響もあり、原油・石油製品(重油など)を燃料とした火力発電所のシェアは、1971年の21%から2007年には6%まで低下してきている。一方で、依然として石炭火力発電が全発電量の42%を占めており、電源として重要な役割を担っている。

#### 2.2 主要国の電力事情

発電量の構成には、国・地域によって特色がある。日本、EUは多種の電源をバランスよく組み込んでいる。特に、EUの中でもフランスは電力の大半を原子力が占めている事が特徴である。新興国の中でもブラジルは水力が占める割合

\*(財)日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット  
〒104-0054 東京都中央区勝どき 1-13-1 イヌイビル・カチドキ  
e-mail [nagatomi@edmc.ieej.or.jp](mailto:nagatomi@edmc.ieej.or.jp)

が大きいためエネルギーの自給率が高く、発電部門でのCO<sub>2</sub>排出量が少ない。一方、中国では石炭、ロシアでは天然ガスなど自国内に豊富な資源を有する国は、その資源を用いた発電を行っている。また、先進国は電化が進んでいる事もあり、相対的に一次エネルギーに対する発電量が大きい。一方で、中国やインド等の新興国、中でもインドは電力不足が深刻な事もあり、一次エネルギーに対する発電量は小さい。将来的には経済発展に伴う電化の進展により、途上国、新興国の一次エネルギーに対する発電量が増加する事が予想される。

以下の図1<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>に示すとおり、米国、EU、中国の発電量が突出して大きく、世界の発電量の大半を占めている。一方で、新興国は経済成長に伴って、世界の総発電量に占めるシェアを大きく伸ばしており、現在の中国の発電量はEUの発電量に匹敵する。

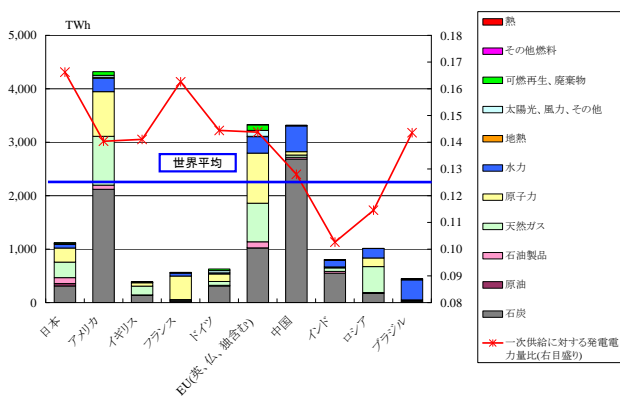


図1 主要国・地域別発電量構成(2007年)

先進国の発電量1kWhあたりのCO<sub>2</sub>排出量は、以下図2に示すとおり、アメリカを除き世界平均を下回っている。新興国の中でも天然ガス火力が多いロシア、水力が多いブラジルなどは世界平均を下回っている。一方で、石炭の占める割合が多いアメリカ、中国、インドなどは世界平均を上回っている。これらの国は大国であり電力消費も多いことから、結果的に大量のCO<sub>2</sub>を排出している。

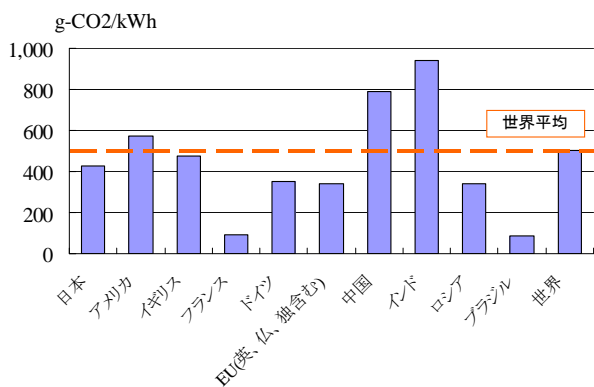


図2 発電量1kWhあたりのCO<sub>2</sub>排出量比較(2005年)

### 2.3 今後の見通し

IEA<sup>3)</sup> や(財)日本エネルギー経済研究所<sup>4)</sup>が世界のエネルギー需給見通しを発表しており、両機関とも今後も石炭火力が電力供給の中核にあると見通している。

エネ研見通しでは、石炭以外の発電に関して天然ガス複合発電等の導入によって、世界的に天然ガス火力の導入が拡大するとともに再生可能エネルギーも風力、太陽光を中心にシェアが6.5%まで拡大すると見込んでいる。発電部門のCO<sub>2</sub>排出量に関しては、特に世界の石炭火力からのCO<sub>2</sub>排出量は2007年の82億トンから2035年には126億トンへ44億トン増加し、世界のCO<sub>2</sub>排出増加量(127億トン)の約3割を占めるため、クリーンコール技術導入による石炭の高効率利用が重要な課題であると指摘している。

アジアにおいては所得水準の向上、都市化の進展等に伴い電力化が進み、今後28年間で電力消費は2.5倍に急増する。これに対する電源は、資源が豊富で経済性に優れた石炭火力が中心となる(発電シェア57%)。発電効率が高く環境に適合した天然ガス火力も着実に拡大し、発電量ベースのシェアは2007年の13%から2035年に17%に増加する。アジアでは原子力も急速に拡大し、世界の原子力設備容量の増加量2億1,000万kWのうち1億3,700万kWがアジアで建設されると見通している。

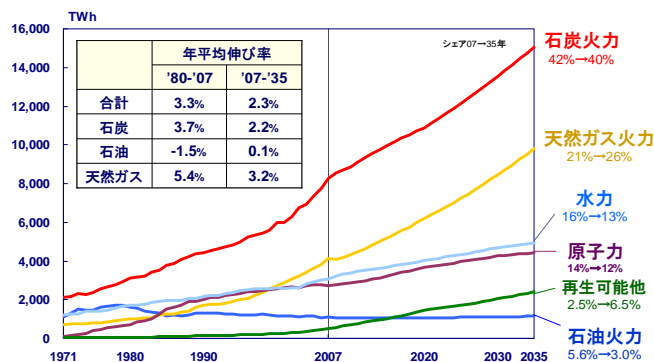


図3 世界のエネルギー源別発電量見通し<sup>4)</sup>

### 2.4 電力料金

OECD諸国の平均の電気料金価格は産業用でおおよそ8.8セント/kWh、家庭用が13.6セント/kWhである。国別で見ると、OECD諸国の中でも日本、ドイツ、イギリスが相対的に電気料金が高く、フランス、アメリカは相対的に低い。これは、フランスは準国産エネルギーである原子力の割合が高く、アメリカは自国内に資源を有するなど発電部門のエネルギー自給率が高いためであると考えられる。中国、インド、ロシアは政府により料金の上限が設定されているなど、料金が規制されているために相対的に電気価格が低い。特にインドの配電・小売の大半を担う州電力局は逆ざやの料金

体系となっており、州政府からの補助金などによって損失補てんがなされている状況である。このため、これらの国の現在の電気料金は必ずしも電力の供給コストを反映できていない部分があると考えられ、経済発展、市場開放と共に今後上昇していくことも考えられる。

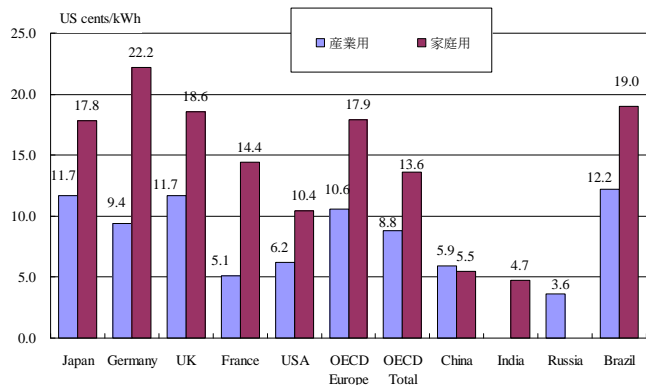


図4 主要国の需要家電気料金 (2006年)<sup>5), 6)</sup>

### 3. CO2 排出量と経済性試算

電気自動車は、地球温暖化対策技術の一つとして期待されている。本項では各国の電力事情を勘案した上で、地球温暖化対策としての電気自動車の優位性と課題に関して、CO<sub>2</sub>削減効果と経済性の両面から分析を行う。

#### 3.1 走行燃費

電気自動車と既存の内燃機関車の比較を行うに当たって、JHFCの報告書<sup>7)</sup>などをベースに、各技術別の燃費を下記の通り想定する。

表1 車両の走行燃費 (10.15モード)

	軽自動車	小型車	
電気自動車	(Kwh/km)	0.11	
	(MJ/km)	0.40	
ガソリン車	(km/l)	20.6	15.5
	(MJ/km)	1.6	2.1
ハイブリッド車	(km/l)		30.6
	(MJ/km)		1.1
ディーゼル車	(km/l)		19.7
	(MJ/km)		1.8

電気自動車と既存の内燃機関では駆動の原理が大きく異なっており、同列に比較できない場合があるため、本項では走行距離あたりの効用に関して分析を行う。ハイブリッド車はガソリンハイブリッドを想定している。

### 3.2 LCA 評価

#### (1) 送電端での CO<sub>2</sub> 排出原単位

2.2項で示したとおり、発電電力1kWhあたりCO<sub>2</sub>排出量は、各国で大きく異なっている。また、電気自動車の効用を分析するにあたっては発電端のCO<sub>2</sub>排出量でなく、需要家が使用する需要端での分析が必要となる。需要端での1kWhあたりCO<sub>2</sub>排出量は、それぞれ日本518g、米国756g、欧州522g、中国1,157g、インド1,640gとなり、中国・インドは、日本の2倍から3倍の排出量となった。これは中国やインドにおける電源構成のうち、CO<sub>2</sub>排出量の高い石炭火力の比率が各々約80%、約70%と高いこと、各発電所での所内ロス率・送電ロス率が、日本の約10%に対して中国やインドでは約20%、約30%と発電後のロスが大きいことに起因している。

#### (2) 走行1kmあたりの国別のCO<sub>2</sub>排出量比較

(1)で示した1kWhあたりのCO<sub>2</sub>排出量(需要端)に対し、表1で示した走行燃費を乗じて、電気自動車の走行1kmあたりのCO<sub>2</sub>排出量(需要端)を試算した。その結果をまとめたものが図5である。

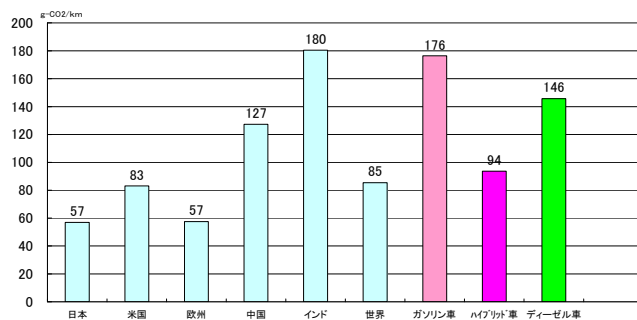


図5 国別の走行1kmあたりのCO<sub>2</sub>排出量比較

日本の電源構成を前提にすると、電気自動車が1km走行する際に排出するCO<sub>2</sub>排出量は約57gとなり、ガソリン車の176g、ハイブリッド車の94gと比較してCO<sub>2</sub>削減効果は大きい。一方、中国では電気自動車のCO<sub>2</sub>排出量は1kmあたり127gとなり、ハイブリッド車の94gよりは大きくなる。さらにインドではCO<sub>2</sub>排出量は180gとなり、ガソリン車、ハイブリッド車、ディーゼル車のいずれよりも上回るという試算結果となった。

このように現在の電源構成を前提とする場合は、途上国を中心として、電気自動車の導入が逆にCO<sub>2</sub>排出量の増加要因となる場合もある。中長期的には各国で発電効率の向上、所内ロス・送電ロス率の改善、電源構成の変化(石炭火力の減少など)による低炭素化を促進することで、途上国でも電気自動車によるCO<sub>2</sub>排出量の削減が見込めるようになることが期待される。

### 3.3 経済性

#### (1) 電源別コスト

電気自動車の走行1kmあたりのエネルギーコストは、電源のコストに直結する。電源別の発電コストに関して、コスト等検討小委員会<sup>8)</sup>、OECD/NEA<sup>9)</sup>等を参照した上で電源別の走行距離辺りエネルギーコストを算出すると、原子力は0.6円/km、風力は0.7円/kmであり、火力の0.6円~1.2円/kmと比較して相対的に安い。一方、太陽光は3.3円/km、CCS付石炭火力は1.2円/kmと割高である。今後、太陽光発電のコストが現状の30円/kWhから7円/kWhまで低減された場合は、0.8円/km程度となり、原子力・風力並のエネルギーコストとなることが期待される。

#### (2) 電気料金に基づいたエネルギーコスト比較

各電力会社では、需要変動に合わせて時間帯別料金を設定している。これら時間帯別料金を加味した上で、電気自動車と内燃機関車の走行距離あたり費用との比較を行った。

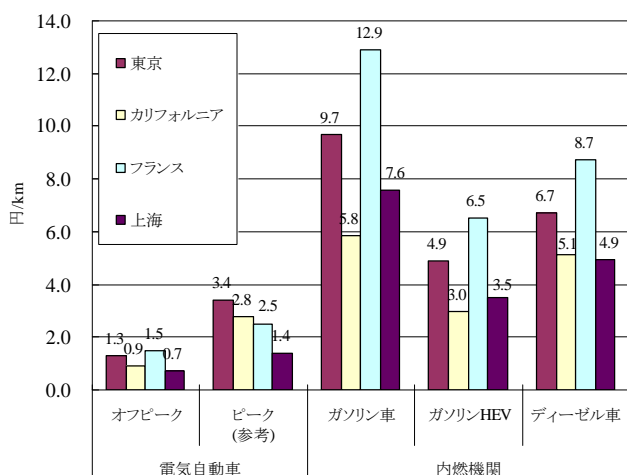


図6 走行1kmあたりのエネルギーコスト比較<sup>1)</sup>

各電力会社のオフピークの電力料金を利用した場合（夜間充電）、走行1kmあたりの電気自動車のエネルギーコストは、ガソリン車の5.8円~12.9円に対して、0.9円~1.5円（ガソリン車の約6分の1~約8分の1）となり、極めて経済性が高いことが分かる。電力会社各社の現行の料金体系でも、電気自動車は走行距離当りのコストに関して十分な競争力を持つと判断される。一方で、現在の料金体系は大量の電気自動車の導入を前提としていないため、将来はそれに対応した料金体系が整備される可能性も考えられる。また、電気自動車のバッテリーを利用した負荷平準化効果

<sup>1)</sup> 電気料金はPacific Gas and Electric Company、東京電力、上海市電力公司、EDFの各社ホームページより作成。燃料価格はEIA、石油情報センター、欧州委員会などより作成。

を含めた議論も必要になると考えられる。

## 4. 結果と考察

### 4.1 優位性

CO<sub>2</sub>排出削減対策として電気自動車を導入する場合には、特に電源のCO<sub>2</sub>排出原単位の小さい国において、その導入効果が期待される。1kmを走行する際のコストに関しては、現在各電力会社が想定している電力料金体系の下では、オフピーク時、ピーク時とも既存の内燃機関車に対して優位性を持つといえる。

### 4.2 課題

CO<sub>2</sub>排出に関しては、中国やインドなど石炭火力が中心の国や地域では電源のCO<sub>2</sub>排出原単位が高く、電気自動車の導入が必ずしもCO<sub>2</sub>削減につながらない。このため、拙速に電気自動車を考えるのではなく既存車の燃費向上と電源の排出原単位の低減の両面が検討されるべきである。また、走行距離あたりのエネルギーコストに関しては、今回は燃費面のみを分析したが、車両価格を含めたトータルのコストで考えると、現状では電気自動車は割高な技術である。今後は電気自動車の利用に即した電気料金の活用とともに車両を含めた技術開発が期待される。

## 5. まとめ

自動車の駆動エネルギーとして電気エネルギーを用いた車両はエネルギー効率が高く、CO<sub>2</sub>削減、エネルギーコストの削減に寄与すると期待される。一方で、これらの効果を十分に享受する為には各国の電力事情を十分踏まえる必要がある。また、既に指摘されている航続距離の問題、車両に関する技術開発とともに、電源サイドの技術開発と低炭素化を進める事で電気自動車を持つ高いポテンシャルを十分に引き出す事が期待される。

## 参考文献

- 1) IEA; Energy balances of OECD countries 2009
- 2) IEA; Energy balances of Non-OECD countries 2009
- 3) IEA; World Energy Outlook 2009
- 4) (財)日本エネルギー経済研究所; アジア/世界エネルギーアウトルック 2009
- 5) IEA; Energy Prices and Taxes Quarterly statistics 2008 1Q
- 6) 海外電力調査会; 各種資料
- 7) JHFC; H19年度「第1期JHFCプロジェクト通期報告書」
- 8) 資源エネルギー庁; コスト等検討小委員会 2004
- 9) OECD/NEA; Projected Costs of Generating Electricity 2005