



Title	電気自動車の走行にはハイブリッド車よりも多くのエネルギーが必要である
Author(s)	藤井, 義明
Citation	資源・素材2011(堺)企画発表・一般発表(B),(C)講演資料集, 2011, 161-162
Issue Date	2011-09-28
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/47182
Type	proceedings (author version)
Note	資源・素材2011(堺) 平成23年度資源・素材関係学協会合同秋季大会、2011年9月26日～2011年9月29日、大阪府立大学中百舌鳥キャンパス、堺市 * 補筆版
File Information	MMIJ2011.(B)(C)161-162.pdf



[Instructions for use](#)

電気自動車の走行にはハイブリッド車よりも多くのエネルギーが必要である*

北大工 藤井義明

藤井(2010)は、電気自動車の消費エネルギー・CO₂ 排出量・走行コストはガソリン車よりも必ずしも大幅に少ないこと、また、ハイブリッド車については、ガソリン車よりも走行に要する消費エネルギー・CO₂・コストが少なく、購入コストも 10 万 km 程度走行すれば取り戻せることを示した。

例えばフランス国営放送の 2009 年 12 月 7 日の報道でも、CO₂ 排出量について、ガソリン車 161 g/km、中国の電気自動車 253 g/km、フランスの電気自動車 21 g/km とされており(iza ブログ、<http://pourarts.iza.ne.jp/blog/entry/1358033/>)、電気自動車は発電方式の割合に依存して CO₂ を排出し、ガソリン車よりも多く排出することもあるのは国際的に周知といえる。

ここでは、新しいデータを追加して消費エネルギーについて検討した結果について述べる。

EPA (Environmental Protection Agency、米国環境保護庁)は電気自動車の MPG (Miles Per Gallon)を算出する際に、充電に要した電力 33.7 kWh を、同じ熱量を持つガソリン 1 ガロンに換算している(EPA, 2010)。なお、アメリカのガソリンの熱量として EPA は 32.0 MJ/l を使っている(日本では 32.9 MJ/l が使われる)。日産 LEAF の場合、MPG は 99 なので消費エネルギーは

$$33.7 \text{ (kWh)/99 (mile)} = 762 \text{ (kJ/km)}$$

となるが、これでは、発電所の熱効率 40%(送電端、日本だとこのくらい、諸外国だともっと低い)、発電所から充電地点までの送電効率 95.3%(東京電力 2004 年実績)を全て 100%として計算したことになり、ガソリン車との比較には使えない。

東京電力のウェブサイト(東田研に聞け! 東日本大震災以降閉鎖中)でも電気自動車の燃費として目標値を使う、電気基本料金を計上しない、停止している原発が稼動していると仮定した二酸化炭素排出原単位を使うなど、電気自動車に有利な結果を導こうとする意図的な操作がみられる。充電効率も 90%と仮定しているが、筆者の三菱 i-MiEV に関する検討では、普通充電で 76%、急速充電で 51%であった(藤井、2010)。現在公表されている i-MiEV の交流電力量消費率は 125 Wh/km、一充電走行距離は 160 km であるから、バッテリーの充電には 20 kWh 必要で、バッテリー容量 16 kWh 未満の充電がされ、充電効率(充電器+充電機)は 80%未満であると推定される。リチウムイオン電池自体の充電効率は 95%などといわれている(ウイキペディア)が、Tesla Roadster(スポーツカータイプの電気自動車、18650 型リチウムイオン電池を使用、EPA のウェブサイトに MPG が公表されていないので後の検討には用いない)の場合、充電器の効率は 86%(2007 年 3 月)、71%(2007 年 8 月)であった。パソコン用ではたとえば長野日本無線株式会社製の高効率を謳うもので 75~87%(同社ウェブサイト)、ある携帯電話での実測値では、わずか 1.6%で

*平成 23 年度春季大会予定講演をベースに部分的に補筆

あった(藤村、2006)。

EPA の MPG は、電気自動車のバッテリーの充電に要した電力の実測値から計算されるので、既に普通充電の効率は含まれている。たとえば、LEAF の場合、EPA は 34 kWh で 99 mile 走行可能としているが、試験では、フル充電のバッテリーで既定の条件を満たす走行ができたのが 73 mile であって、走行後のバッテリーをフル充電するのに要したのが 25.1 kWh だったということである(EPA, 2010)。バッテリーが空の状態からの充電ではないので、実際に充電された電力量はバッテリー容量 24 kWh 未満であり、充電効率は 96%未満としかわからない。

さて、上述の発電効率と送電ロスを考慮すれば、電気自動車を充電するのに要する発電所で消費するエネルギーは、EPA によって公表された値の 2.62 倍必要であり、LEAF を充電するのに要する発電所で消費するエネルギーは

$$762 \times 2.62 = 1996 \text{ (kJ/km)}$$

となる。

なお、DOE (Department of Energy、米国エネルギー省)では、発電効率などを考慮して 1 ガロンを 82.049 kWh、またはガソリン駆動機関のある場合 73.844 kWh で換算しており(DOE, 2006)、筆者の計算とほぼ等しくなる。

LEAF ならびにいくつかの電気、ハイブリッド、ガソリン車(Table 1)について消費エネルギーを検討した結果を示す。軽自動車の燃費は 10・15 モード、その他は EPA の Combined MPG である(後者の方が 20%程度効率が悪く評価される)。

Table 1 Investigated models (GV: gasoline, HEV: hybrid, PHEV: Plug in hybrid and EV: electric vehicle)

Model	Engine type	Fuel efficiency
Mitsubishi i	GV	21 km/l
Mitsubishi i-MiEV	EV	125 Wh/km
Honda Civic 1.8L 5MT	GV	29 MPG
Honda Civic Hybrid	HEV	41 MPG
Nissan Versa 1.6L 5MT	GV	29 MPG
Toyota Prius	HEV	50 MPG
Nissan LEAF	EV	99 MPG
Chevrolet Volt	PHEV	93 MPG (Elec.) 37 MPG (Gas)

なお、リチウムイオン電池にはメモリー効果はないといわれているが充電回数の上限はあり、Tesla 社(18650 型汎用リチウムイオンバッテリー)では、Roadster のバッテリーの予想寿命を 7 年または 16 万 km としている。日本の電気自動車は電気自動車用のリチウムイオン電池を使っており、4 万円/kWh、5000 回が目標である(国沢光弘ブログ、<http://kunisawa.txt-nifty.com/kuni/2010/05/post-78e1.html>)。バッテリーの寿命は急速充電で短縮され、消費エネルギーは電池の経年劣化や寒冷地に

おける出力低下 (i-MiEV の電池の作動環境は摂氏-10~60度である、佐野ら、2010)などで増加する。

軽自動車のハイブリッド車やコンパクトサイズの電気自動車がないために計算結果 (Fig. 1) の解釈は難しいが、消費エネルギーは概ね、GV > EV > HEV となっており、ハイブリッド車の消費エネルギーが少ない。これは、ハイブリッド車における出力の平準化と排気量の縮小によるものと考えられる。藤井 (2010) で検討したように、ハイブリッド車は排気量の縮小により車重増もそれほどでなく、レアメタル等の環境負荷を表す購入コストも 10 万 km 程度走行すると取り戻せる。したがって、ハイブリッド車を長く大事に乗るとガソリン車や電気自動車よりも環境負荷が小さいと思われる。

電気自動車とガソリン車の環境負荷については若干詳細な比較が必要である。Versa (国内では販売されていないので同グレードの TIIDA)/LEAF は本体価格 150 万 JPY/376 万 JPY、燃費 (EPA の MPG を換算) が 12.3 km/l/4.7 km/kWh である。電気料金は北電ウェブサイトで調査したが、電気自動車導入に伴い深夜電力の 6 kVA 以下の契約から 10 kVA 以下の契約に切り替え、電気自動車は全て深夜電力で充電すると仮定した。ガソリンを 130 円/l と仮定すれば、走行コストは Fig. 2 のようになり、1200 km/y 以上走行すると電気自動車の方が走行コストが安くなる (以降 M_c と呼ぶ)。道路特定財源に関わる税を抜いて考えても M_c は 2300 km/y となる。電気自動車のほうが安いことがあるのは北海道電力による電力の数割が、熱量あたりの単価が安い石炭により賄われているためと、深夜電力料金のためである。なお、電気自動車導入前を従量電灯契約、導入後は深夜電力等と仮定すると、電気料金が安くなるため、常に電気自動車の走行コストの方が安くなる場合もあるが、これはもともと電気料金を払いすぎていたということである。

26 万 km 以上走行するとレアメタル等による環境負荷を表す購入コストを回収できる (以降 D_c と呼ぶ、バッテリー交換や、環境負荷を減少させる効果がないので補助金は考慮していない)。急速充電・日中の充電による電力需要増などはエネルギー資源の消費増加を伴う経済効果を持つ。

i と i-MiEV の比較については、再検討の結果、 $M_c = 2200$, 4800 (税金抜き) km/y, $D_c = 54$ 万 km となった。既報との差異は、燃料消費率と小売価格を最新のデータに改めたためである。

走行時の消費エネルギーや走行コストで考えれば、電気自動車はガソリン車よりもやや環境負荷が小さいようであるが、購入コストに関わる種々の環境負荷・日中の急速充電などによる電力需要増と発電所の増設に関わる環境負荷などを考慮すると、現段階で電気自動車がガソリン車やハイブリッド車より環境負荷が小さいとはいえない。特に、東日本大震災後の電力に余裕のない現状では、電気自動車の使用は社会に悪影響を及ぼす。

しかしながら、大雑把な見積もりではあるが、高速増殖炉を商業運転しない場合、トリウムと海水ウランを除いたエネルギー資源は 153 年後に埋蔵量が枯渇する (石本、2011)。その後

はトリウム 58 年分 (トルコ・オーストラリア・インド・ノルウェー・アメリカ・カナダなどに賦存、インドでは既にウランウムと混合して使われている)、海水ウラン 1000 年分 (インドネシア・フィリピン・台湾・沖縄~土佐湾、オーストラリア東岸、フロリダ、ソマリア・ケニア・タンザニア・モザンビーク・マダガスカルなどの大陸棚で捕集可能と思われる、高速増殖炉で 21 億年分) に頼るしかなく、まだまだ先の話ではあるが、電気自動車を使わざるを得なくなり、住宅はオール電化、小型飛行機は電動、大型飛行機は合成ジェット燃料を使い、大型船舶の一部は原子力駆動になる可能性がある。

電気自動車の開発は、補助金などで無理に加速しようとせず、エネルギー資源の枯渇を早めない程度、化石燃料の枯渇に間に合う程度に続けてはどうかと考える。

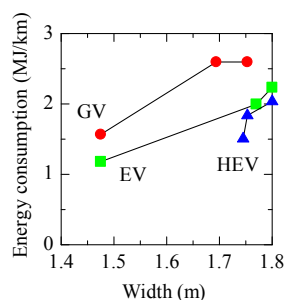


Fig. 1 Energy consumption of several GV, HEVs, EVs and a PHEV.

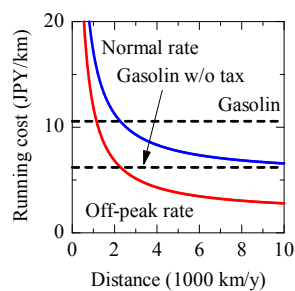


Fig. 2 Running cost vs. annual mileage

引用文献

- 佐野喜亮・浦野徹・松原諲二・蒲地誠・恒川肇 (2010)、『i-MiEV』に採用した最新の EV 要素技術、Mitsubishi Motors Technical Review, No. 22, pp. 23-28
- 藤井義明 (2010)、電気自動車の消費エネルギー・二酸化炭素排出量・コスト、資源・素材学会春季大会講演集、(II)素材編、pp. 143-144
- 石本さやか (2011)、海水ウランで人類の未来はバラ色か?、北海道大学工学部環境社会工学科資源開発工学コース卒業論文
- 藤村靖之 (2006)、エコライフ&スローライフのための楽しい非電化、洋泉社
- DOE (2006), 10CFR474.3, http://edocket.access.gpo.gov/cfr_2006/janqtr/pdf/10cfr474.2.pdf
- EPA (2010), 40 CFR Oarts 85, 86 and 600, 49 CFR Part 575, p. 58140, <http://edocket.access.gpo.gov/2010/pdf/2010-22321.pdf>