



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	電気自動車の消費エネルギー・二酸化炭素排出量・コスト
Author(s)	藤井, 義明
Description	資源・素材学会平成22年度春季大会. 平成22年3月30日～平成22年4月1日. 東京大学生産技術研究所、東京都.
Citation	資源・素材学会春季大会講演集. (II)素材編, 143-144
Issue Date	2010-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/42910
Type	conference paper
File Information	ujii_denkijidousha.pdf



電気自動車の消費エネルギー・二酸化炭素排出量・コスト

北大工 藤井義明

1. はじめに

地球温暖化緩和策としての人為的二酸化炭素排出抑制の追い風に乗り、電気自動車がもてはやされている。電気自動車は、エンジンがないためにデザインの自由度が高いという長所を有する。深夜電力で充電できれば電力需要が増加しても発電設備の能力増強は要しない。よく宣伝されるように電気自動車は走行音がほぼ 0 で、排気ガスも排出しない。しかし、これらが発電時に発生しているのは自明である。

東京電力ホームページなどをみると、電気自動車の方が、走行コストも走行時に使う電力に起因する二酸化炭素も 1/4 程度であると示されているが、電気自動車の燃費として目標値が使われているなど、現状を正しく反映していない可能性があるため、自分で電気自動車の消費エネルギー・二酸化炭素排出量・コストについて計算してみた。読者が計算結果を確認できるように、実施した計算の仮定と過程も示す。

検討には、表 1 に示すように、軽自動車の三菱 i、および、これを電動化した三菱 i-MiEV を用いた。表 1 に示した燃費はメーカー公表値である。

表 1 エンジン車と電気自動車との比較

車名	三菱 i	三菱 i-MiEV
動力	ガソリンエンジン	電気モーター
車輦本体価格	99.8 万円	459 万円
燃費	21 km/l	7.6 km/kWh

2. 走行時の消費エネルギー

ガソリンの密度 783 g/l、熱量 46 MJ/kg とすれば、ガソリン車は $1 \text{ (l)} \times 0.783 \text{ (kg/l)} \times 46000 \text{ (kJ/kg)} / 21 \text{ (km)} = 1710 \text{ kJ/km}$ である。

一方、電気自動車は 7.6 km/kWh だから、 $132 \text{ Wh/km} = 132 \text{ J/s} \times 3600 \text{ s} / \text{km} = 480 \text{ kJ/km}$ となる。

なお、時速 30 分で自転車をごくヒトの例では、 $10 \text{ kcal/min} \times 60 \text{ min} / 30 \text{ km} = 600 \text{ kcal/30 km} = 20 \text{ kcal/km} = 84 \text{ kJ/km}$ 、1 km あたり 5 分で走る体重 60 kg のヒトでは、 $1 \text{ kcal/km/kg} \times 60 \text{ kg} = 60 \text{ kcal/km} = 252 \text{ kJ/km}$ 、時速 4 km で歩く体重 60 kg のヒトでは、 $0.08 \text{ kcal/kg/min} \times 60 \text{ kg} \times 15 \text{ min/km} = 72 \text{ kcal/km} = 302 \text{ kJ/km}$ 等となる。

このように、電気自動車は走行時のエネルギー消費が少ない。これは、主に、内燃機関と電気モーターの効率の差異によると思われる。しかしながら、発電のための熱効率は、たとえば石炭火力で 40% であり、送電損失は 10% 程度である。また、メーカー公表値の 16 kWh を普通充電 100V15A で 14 時間または 200V15A で 7 時間、12.8 kWh を急速充電 50 kW で 30 分とすれば充電効率は普通充電で 76%、急速充電で 51% となる。これらを考慮して発電時まで遡ってみると電気自動車は普通充電で 1780 kJ/km となりガソリン車とほぼ同じ、急速充

電で 2700 kJ/km となりガソリン車の 1.5 倍のエネルギー消費となる。

高効率を追求できる発電所と、出力を変動しなければならなかったり、さほど圧縮率を上げられなかったりする自動車用小型エンジンとの効率の差異があるにもかかわらず電気自動車のエネルギー消費が少なくないのは筆者には意外である。

なお、リチウムイオン電池の充電効率は 95% 以上とされているので、ここで示した充電効率が低いのは主に変圧・整流回路における損失のためではないと思われる。

3. 走行に関わる二酸化炭素排出量

北海道電力の 2008 年度の二酸化炭素排出原単位は 0.588 kg-CO₂/kWh である。しかし、電気自動車は 77 g/km の二酸化炭素排出となるわけではなく、前述の充電効率を考慮すれば、普通充電で 101 g/km、急速充電で 151 g/km である。一方、ガソリンは 2.32 kg-CO₂/l なので、エンジン車は 110 g/km となり、やはり普通充電ではほぼ同じ、急速充電では電気自動車のほうが排出二酸化炭素が 1.5 倍多い。なお、これらの二酸化炭素排出原単位は LCA により得られたものではないので、実際はもっと多い可能性がある。

4. コスト

2009 年 11 月現在、ガソリンの小売価格は約 120 JPY/l なのでガソリンで走る場合 5.7 JPY/km である。

電気自動車の場合、急速充電は消費エネルギー・排出 CO₂ がガソリン車より多く、また、50 kW の充電器を家庭で使うのは現実的でなく走行コストも論外に高い。さらに、急速充電の主な目的は、日中に外出先でバッテリー残量不足を解決することになるが、これを行ってしまうと、発電能力の増強が必要となり膨大な社会コスト増を伴う。したがって、以下では普通充電のみ検討する。

電気料金は北海道電力の従量電灯 B の 280 kWh 超で 25.37 JPY/kWh である。契約電流を 15A 増加ししなければならないが、30A を 50A にするとすれば基本料金は 651 円上がる。

深夜電力の場合、北電では深夜電力 B(94)となる。基本料金は kW あたり 367.5 円、電力料金は 8.37 円/kWh である。ブレーカーが落ちると嫌なので基本料金は 4 kW 分として計算する。また、深夜電力時間内に充電を終わらせるために 200 V が必要である。

計算結果を図 1 に示す。年走行距離 4000 km 未満の場合、ガソリン車が一番安く、4000 km 以上であれば深夜電力で充電する電気自動車の方が安くなる。

従量電灯でも走行距離が多い場合に電気自動車の走行コストが若干安い。これは、発電が石炭等の安価なエネルギー源を使用しているのに対し、ガソリンエンジンは高価なガソリン

のみを使っているためと思われる。

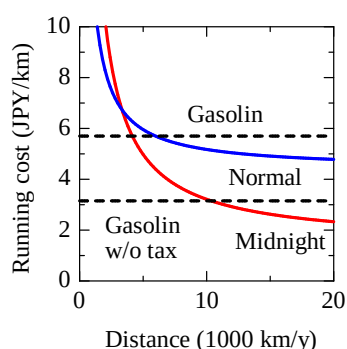


図 1 年走行距離と走行コスト

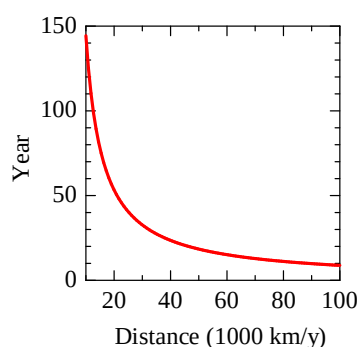


図 2 年走行距離と購入価格差を取り戻すために必要な年数

原油はもともと熱量当たりの価格が石炭の約 3 倍であるが、ガソリンは税金によりさらに高くなっている。たとえば、石炭は石油石炭税 0.700 JPY/kg、電気は電源開発促進税 0.375 JPY/kWh、ガソリンは石油石炭税 2.04 JPY/l + 地方道路税 5.2 JPY/l + 揮発油税 48.6 JPY/l が負荷されている。これらのうち、地方道路税と揮発油税を取り除けば、従量電灯による電気自動車の走行コストはガソリン車より高い(図 1)。深夜電力による電気自動車は年走行距離 10500 km 以上でガソリン車より若干安くなる。ただし、この走行距離は電気自動車が近距離向きであるというイメージからは少しかけ離れたものである。

揮発油税というのは道路を作るための特定財源であり、鉱山等の私有地内だけを走行する車両用に免税軽油というものも供給されていることを鑑みれば、電気自動車に公道を走る権利はないともいえる。なお、電源開発促進税というのは、今は違うようであるがもともとは原子力発電促進税であった。

普通に「環境」ということを考えると、ガソリン消費量や二酸化炭素排出量だけを取り上げる場合が多いが、電池に使うレアメタルの採掘や処理に伴う環境負荷、車輛製造時のエネルギー消費等も考えねばならない。本格的な LCA を実施するのは大変だが、購入価格にそれらは反映されているはずである。

両者の価格差は 359 万円であり、この価格差は年間 10 万 km 走行しても 10 年しないと取り戻せない(図 2)。通常、車は

100 万 km の走行には耐えないので、車輛製造に関する環境負荷も電気自動車が明らかに高いといえる。

5. ハイブリッドカー

ここで、ハイブリッドカーについても考察してみる。考察に用いたのは、ホンダシビック 1.8G 5AT (シビックが一番安い AT モデル) とホンダシビックハイブリッド MXB (シビックハイブリッドが一番安いモデル、CVT である、表 2)。

ハイブリッド車は外部から充電するわけではないので、燃費から直ちに、エンジン車に比べて走行時のエネルギー消費、二酸化炭素排出、コストが 4~5 割少ないと算出される。この原因は主にモーター使用によるエンジン出力の平準化と、同程度の加速能力を保ったままの排気量の縮小のためであろう。

ハイブリッド車の場合車重が重いので道路が傷むという人がいるが、少なくともこの比較では、排気量を抑えたためかあまり車重増加はなく(表 2)、ほとんど影響はないと思われる。

ガソリン価格を 120 JPY/l として、エンジン車は 7.1 JPY/km、ハイブリッド車は 3.9 JPY/km なので、ハイブリッド車で価格差 31 万円を取り戻すには 97000 km 乗ればよいことになる。

表 2 エンジン車とハイブリッド車との比較(メーカー公表値)

車名	ホンダシビック 1.8G 5AT	ホンダシビックハイブリッド MXB
動力	ガソリンエンジン	ハイブリッド
車輛本体価格(万円)	197 万円	228 万円
質量(kg)	1240	1260
排気量(cc)	1800	1300
出力(ps)	140	94
燃費	17 km/l	31 km/l

6. まとめ

電気自動車、ハイブリッドカー、エンジン車の消費エネルギー、二酸化炭素排出量、走行コスト、購入価格を含めたコストについて考察した。

購入時や車検時の税金、電池の劣化等について考察していない段階ではあるが、電気自動車のエネルギー消費・二酸化炭素排出量・コストについて以下のような知見が得られた。

まず、急速充電の場合は、走行に関わるエネルギー消費・二酸化炭素排出量・走行コスト何れもガソリン車より多い。

次に、普通充電の場合、

- 1) 走行に関わるエネルギー消費と二酸化炭素排出量はガソリン車と同程度である。
- 2) 走行コストについては、従量電灯では年間走行距離 6000 km 以上、深夜電力では年走行距離 4000 km 以上で安くなる。
- 3) ガソリンにかかる道路建設に関わる税金を除いて考えた走行コストは、従量電灯ではガソリン車より高く、深夜電力でも年間走行距離 10500 km 以上でようやく安くなる。
- 4) 購入時のコストは、エンジン車の約 5 倍であり、走行では取り戻せない。