

プラグインハイブリッドカーの環境負荷低減効果と
その車体軽量化ポテンシャルの評価

Environmental impact of plug-in hybrid electric vehicles (PHEV)
and effect of weight reduction by CFRP

学籍番号 03080857 田丸 雅智
指導教員 高橋淳 教授

(平成 22 年 2 月 3 日提出)

Keywords: CFRP, プラグインハイブリッドカー, 車体軽量化, トリップ長, 支払い意志額

1. 序論

近年, ますます深刻化する地球温暖化と化石資源の枯渇という環境・エネルギー問題において, 特に運輸部門のエネルギー消費構造に着目すると, そのほとんどが石油に依存し, 多くの CO₂ を排出している. この問題の解決策として, 最近, 電気自動車 (Electric Vehicle: EV) に期待が寄せられている. しかしながら, EV に搭載される二次電池は非常に高価であり, 航続距離の問題とも相まって, EV が早急に普及して直ちに問題解決に寄与することは困難であると考えられる.

そこで本研究では, プラグインハイブリッドカー (Plug-in Hybrid Electric Vehicle: PHEV) に着眼し, まずその普及予測を行う. また, その最小のエネルギー消費量・CO₂ 排出量を実現する最適二次電池容量を算出し, 車体軽量化がそれらの効果をさらに高めることを明らかにする.

2. PHEV のエネルギー消費構造の分析

2.1 走行距離 (トリップ長) 分布の導入

PHEV は, 一回の充電で走行可能な距離だけ電気で行き, それを超えるとガソリンで走行する車であるため, PHEV のエネルギー源別の消費量を評価するためには, 統計量である一日の平均走行距離の情報だけでは不十分である. そこで本研究では, Fig.1 に示されるように, 一日の走行距離 (トリップ長) の分布が正規分布に従うと仮定することで, 二次電池搭載量 (すなわち一充電で電気走行が可能な距離) がエネルギー消費量・CO₂ 排出量に及ぼす影響を求めることとした.

なお, 平均走行距離は車種別の年間走行距離の統計量から求め, 標準偏差は後にパラメータスタディを行ってその影響度を明らかにすることで, この考え方は全車種・全世界に適用可能となる. 本紙では, まず日本の軽自動車を対象に基本となる考え方の詳細な検討結果を記す.

2.2 PHEV 一台のエネルギー源別消費量

平均トリップ長 25.4 km/台・日, 標準偏差 10 km として, 2008 年時点での軽 PHEV (二次電池を除く車体重量: 850 kg, 二次電池: 0.07 kWh/kg) のエネルギー源別消費量を計算したモデルケースを Fig.2 に示す.

二次電池の搭載量が少ないと電気による走行距離が短くなるため, ガソリン走行が主となってエネルギー消費量は大きくなる. 一方で, 二次電池を搭載しすぎると車体重量の増加により電費が悪くなっていく. したがって, Fig.2 に示されるように総エネルギー消費量が極小となる最適な二次電池容量が存在することがわかる. ここで, 二次電池容量が最適になるのは, 二次電池の一充電航続距離がトリップ長の正規分布の範囲のおよそ 8 割をカバーする時である. したがって, 平均トリップ長や標準偏差が異なる場合には, 最適二次電池容量は変わってくる.

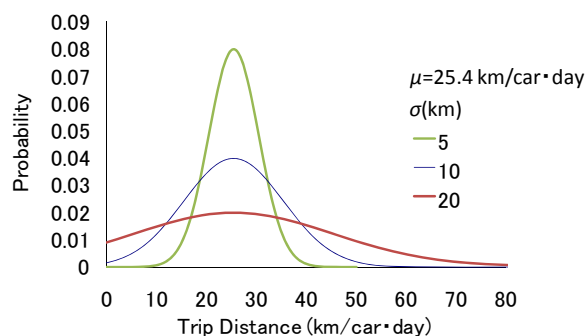


Fig.1 Assumption for a trip distance as normal distribution.

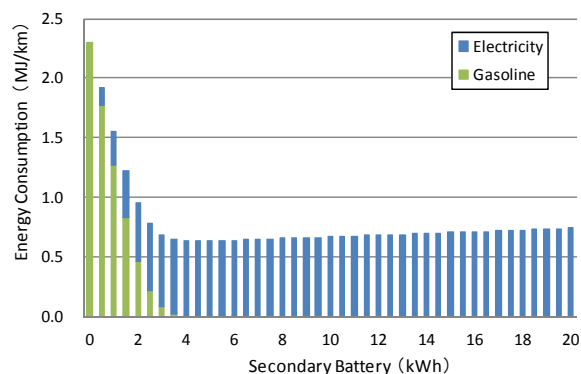


Fig.2 Relationship between the capacity of secondary battery and energy consumption by gasoline and electricity in case of Japanese mini PHEV.

3. PHEV の普及予測と環境負荷低減効果

以上の議論では、PHEV の価格を考えずに最高の効率を得るための二次電池容量を導いたが、省エネや温暖化対策の効果を得るためには、大衆が購入して PHEV が普及しなければならない。そこで次に、本研究では支払い意志額の考え方を導入し、PHEV の普及台数を考慮した場合のエネルギー消費量を最小にする二次電池容量を算出する。

Fig.3 は、二次電池の技術向上を経済産業省における技術開発目標値を参考に設定し、我が国の軽 PHEV の累積保有台数に及ぼす二次電池容量の影響を計算したものである。同図より、二次電池容量は PHEV の初期の普及速度に大きな影響を及ぼし、特に Fig.2 で示した最適二次電池容量以下での僅かな二次電池容量の変化が PHEV の普及に極めて大きな影響を及ぼすことがわかる。

一方、Fig.4 はこのようにして生産された軽 PHEV が社会にストックされた場合の軽自動車全体でのエネルギー消費構造を示したものである。二次電池容量が小さいと、普及は進むが PHEV のガソリンによるエネルギー消費量が大きくなり、二次電池容量が大きいと、普及は進まずガソリン車のガソリンによるエネルギー消費量が大きくなる。省エネ・脱石油効果を考慮すると、2~4 kWh が最適な二次電池容量であると考えられる。

なお、以上の計算で用いた支払い意志額は神奈川県のエビ購入者対象のアンケート調査から作成したものであるが、途上国での普及を予測するためにこの半分の支払い意志額についても計算を行ったところ、支払い意志額が低くなることで PHEV 普及台数が減少し、ガソリン車の割合が高く残って、あまり大きな環境対策効果は期待できないという結果となった。すなわち、途上国での環境負荷低減を考える場合は、日本での考察結果よりもさらに二次電池搭載量を減らすことが重要である。

4. PHEV の環境負荷低減効果への車体軽量化の影響

Fig.5 は、我が国の全軽自動車による 2050 年までの累積 CO₂ 排出量と二次電池容量の関係に及ぼす車体軽量化の効果を計算したものである。

車体軽量化により、CO₂ 削減効果は大きくなり、最適二次電池容量は軽量化前より大きく低下することがわかる。これは、軽量化による電費の大幅な向上が二次電池搭載量の削減に寄与し、それによって PHEV 価格が低下し普及が進んだためである。このことは、軽量化が途上国での PHEV の普及拡大や、二次電池やモーターに使用される資源の節約に大きく貢献することを示している。

なお、二次電池容量が 0 の場合、すなわち既存のガソリン車を軽量化するだけの場合でも、軽量

化前の PHEV と同等の環境負荷低減効果が得られるように読み取れる。しかし、中長期的な脱石油の観点から、PHEV 化と車体軽量化は同時に進める必要があるといえる。

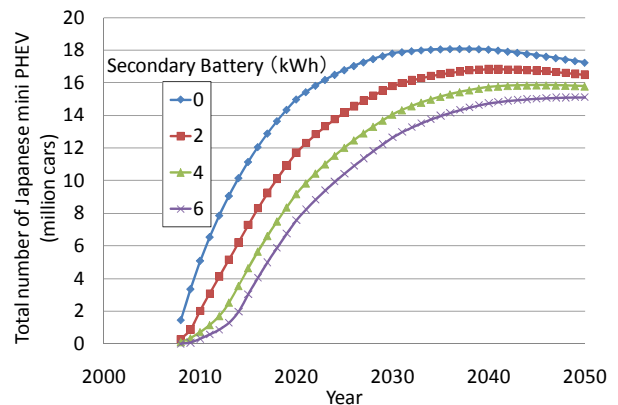


Fig.3 Influence of the capacity of secondary battery on total number of Japanese mini PHEV.

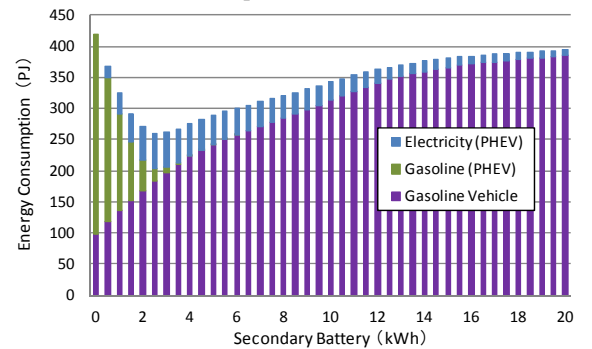


Fig.4 Relationship between the capacity of secondary battery and total energy consumption of Japanese mini vehicles in 2050.

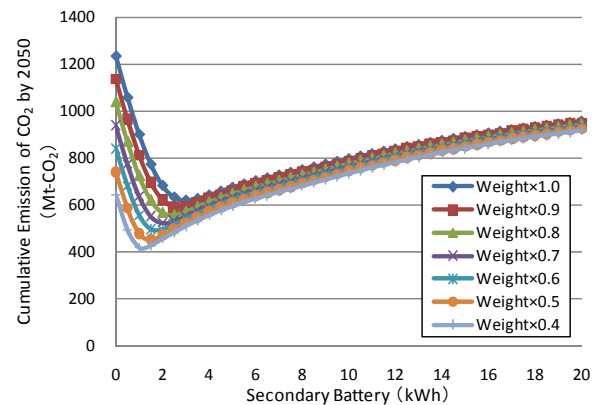


Fig.5 Effect of weight-lightening on the relationship between the capacity of secondary battery and cumulative CO₂ emission till 2050 from Japanese mini vehicles.

5. 結論

本研究では、PHEV が自動車の環境負荷低減のために非常に有用であることを示し、その最適な二次電池容量の値は全車種・全世界に対して予測可能であることを示した。また、車体軽量化を行うことによって、PHEV のもつ環境負荷低減効果がさらに高められることを明らかにした。

(紙面の都合上、参考文献は割愛する.)