

# PHEVの普及と環境負荷低減への車体軽量化の効果

## Effect of weight lightening by CFRP to spread and reduce environmental impact of plug-in hybrid electric vehicles (PHEV)

田丸雅智, 桐原貴大, 中居寛明, 高橋淳, 鶴沢潔 (東大)

Masatomo Tamaru, Takahiro Kirihara, Hiroaki Nakai, Jun Takahashi and Kiyoshi Uzawa  
Department of Systems Innovation, The University of Tokyo (jun@sys.t.u-tokyo.ac.jp)

### 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CO<sub>2</sub>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(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(PHEV)に着眼し,まずその普及予測を行う.また,その最小エネルギー消費量を実現する最適二次電池容量を計算し,CFRPによる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,統計量である年間走行距離から計算される一日平均の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)がエネルギー源別消費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.すなわち,所定の省エネやCO<sub>2</sub>排出削減量の目標値が与えられれば,それを達成するための炭素繊維の年間世界需要量や価格帯,さらにはリサイクル必要量や再生品のスペックまでが年次推移で明らかになるが,本報告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報告する.

#### 2.2 PHEV一台のエネルギー源別消費量

平均トリップ長 25.4km/台・日,標準偏差 10kmとして,2008年時点での軽PHEV(二次電池を除く車体重量:850kg,二次電池:0.07kWh/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ため, 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ガソリンによる消費エネルギーがほぼ0となる時,すなわち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をほぼすべて含むときである.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.

また,同じトリップ長分布であっても,電気の作り方(すなわち原子力や自然エネルギーの普及率)によってCO<sub>2</sub>排出量を極小にする二次電池容量は変わる.すなわち,削減対象や組み合わせる電気の種類によって二次電池や車体軽量化関連技術への要求度が変わって来るが,このことも含めたCFRPへの要求等は別報での紹介としたい.

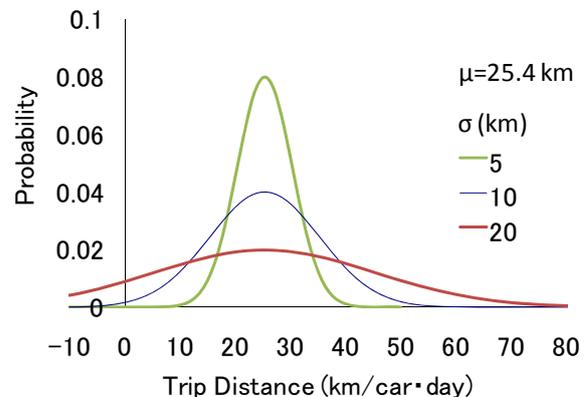


Fig.1 Assumption for a trip distance as normal distribution.

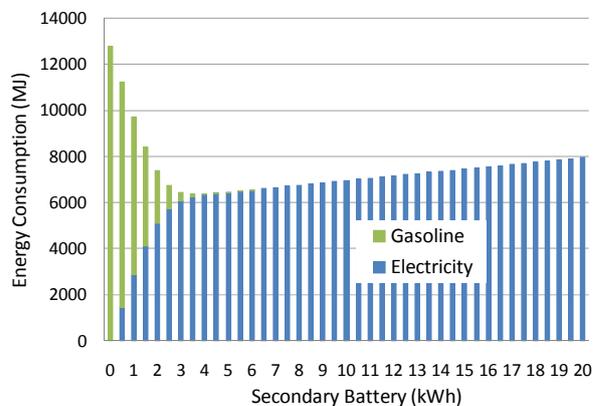


Fig.2 Relationship between the capacity of secondary battery and energy consumption by gasoline and electricity in case of Japanese mini PHEV.

### 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を考え方を導入し、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。電気の脱石油効果や CO<sub>2</sub> 排出原単位の低さなどを考えると、省エネ、脱石油、温暖化対策に共通して、2~4kWh に最適二次電池容量があると考えられる。

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となる。

#### 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 CO<sub>2</sub> 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。

まず、軽量化後の最適二次電池容量は、軽量化前よりも大きく低下し、CO<sub>2</sub> 削減効果も大きくなる。これは PHEV 価格の低下により PHEV が普及した結果であるが、このことは途上国での普及拡大はもちろん、二次電池やモーターの資源量の観点からも朗報であり、CFRP による車体軽量化へのニーズはガソリン車の時以上に高まると考えられる。

なお、二次電池容量が 0 の場合、すなわち PHEV が導入されない場合でも、超軽量車の CO<sub>2</sub> 排出量は超軽量 PHEV 導入時のそれと大差ないとも読み取れるが、これは現在の我が国の電源構成における電気を使うことを前提としているためであり、中長期的な脱石油の観点からは、CFRP による車体大幅軽量化と PHEV 化は同時に進める必要がある。

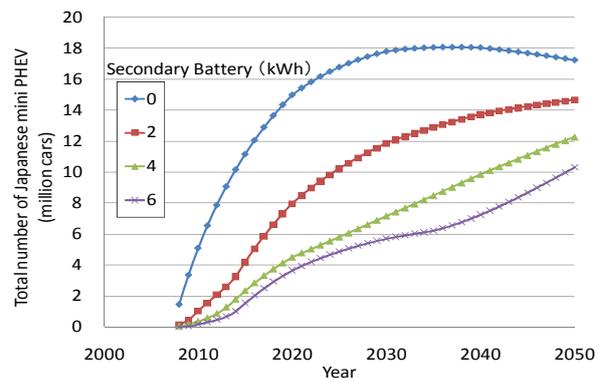


Fig.3 Influence of the capacity of secondary battery on total number of Japanese mini PHEV.

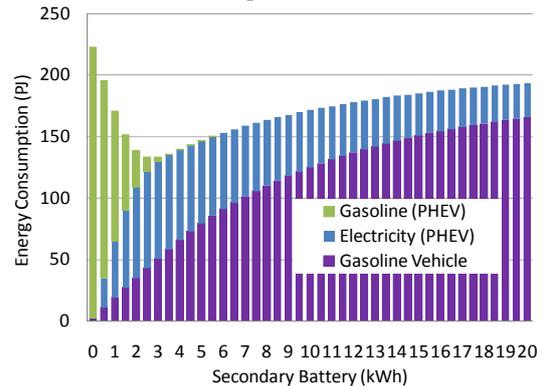


Fig.4 Relationship between the capacity of secondary battery and total energy consumption structure of Japanese mini vehicles in 2050.

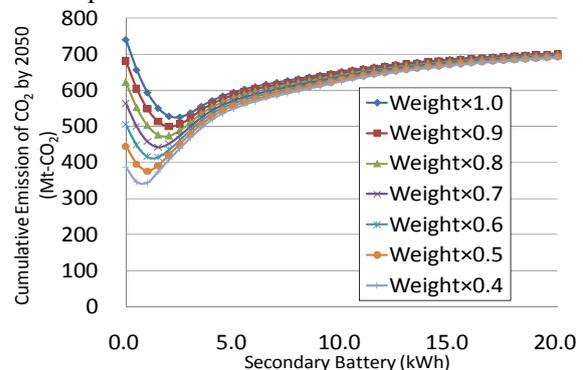


Fig.5 Effect of weight-lightening on the relationship between the capacity of secondary battery and cumulative CO<sub>2</sub> emission till 2050 from Japanese mini vehicles.

#### 5. 結論

本研究では、PHEV の最適な二次電池容量が全車種・全世界に対して予測可能であることを示し、支払い意志額の観点から、世界的な省エネや温暖化対策を進めるには、車体軽量化の費用対効果が非常に高いことを明らかにした。

**謝辞** 本研究は NEDO プロジェクト「サステナブルハイパーコンポジット技術の開発」(平成 20~24 年)の一環として行われたものであり、関係各位に謝意を表します。

(紙面の都合上、参考文献は割愛する。)

本論文は、ポスターを前提に投稿されたが、本セッションとの一致度から口頭発表となった(企画 WG)