電気自動車普及のための補助金政策と充電インフラ整備

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2015-01-01 キーワード (Ja): キーワード (En): Electric vehicles, subsidy, charging infrastructure, promotion policy, innovation 作成者: 荒川, 潔 メールアドレス: 所属:
URL	https://otsuma.repo.nii.ac.jp/records/6131

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.

電気自動車普及のための補助金政策と充電インフラ整備

荒川　潔*

要　　約

本稿の目的は、電気自動車（EV）と充電インフラに対する補助金政策の効果の違いを理論的に明らかにし、効果的なEV普及政策とは何かを明らかにすることである。分析の結果、充電インフラの整備によりEV市場の裾野を広げた後、EVの性能向上を促すのが効果的であることがわかった。つまり、EV普及のためには充電インフラ整備に対する補助金を重視し、走行距離が比較的短い消費者のEV利用を促すのである。EV市場の拡大により開発競争が激化すればEVの性能向上が実現するため、効果的なEV普及を期待できることになる。

1.　はじめに

環境対応型自動車に対する期待の高まりは、石油依存からの脱却を目的とした1970年代から始まった。1990年代には局地的な排ガスの問題解決が目的となり、2000年代になると地球温暖化の関心の高まりが原動力となった。そのような中、電気自動車（EV）は走行中に排気ガスを排出せず、環境対応型自動車として期待されてきた。しかし高価格であり航続距離が短いEVは、従来のガソリン車（GV）と利用環境が大きく異なる。現行のEVでは、充電1回当たりの航続距離は100～230kmほどと短い。そして航続距離が700km程度の通常のGVに対して航続距離が1/3以下にもかかわらず、価格は200数十万円～500万円とGVより高価である。さらに、GVでは5分程度でタンクを満タンにできるのに対し、EVでは80%の急速充電に要する時間は30分程度と負担を強いることになる。以上のような理由もあり、EVの普及は進んでいないのが現状である[1)]。

ガソリンエンジンと電気モーターを併用するハイブリッド車（HV）は、優勢なGVから大きな変化を求めず、GVに新しい要素や知識、機能を組み込むことで、企業や消費者に受け入れられている。バッテリーに充電可能なプラグインハイブリッド車（PHV）はHVよりもバッテリーのみの航続距離を増大させ、EVに近いタイプの自動車である。そのため、本格的なEV普及の過渡期において、現実的な次世代環境車として注目されている[2)]。

次世代自動車振興センターによると、2013年度のEVの国内保有台数は54,757台、PHVを合わせると84,928台である。2013年度のEVの国内販売台数は16,837台、PHVを合わせると29,809台である。2013年度の新車販売台数は5,375,407台であるため、EVとPHVを合わせたシェアは0.6%

*大妻女子大学　社会情報学部

である。近年、EV や PHV の普及が進んでいるとはいえ、GV と比較すると、その普及は緒に就いたばかりである。経済産業省は EV と PHV の国内乗用車新車販売シェアを 2020 年に 15 ～ 20％に、2030 年に 20 ～ 30％に引き上げる目標を示している。しかしながら、HIS Automotive の予測では、2026 年には生産台数の 5％が PHV、2％が EV となっている[3)]。つまり、EV 普及の目標と予測には大きなギャップがあり、それを埋めるための政策が必要とされているのである。

EV の普及を支援する仕組みは、規制的手段、経済的手段、説得的手段、組織的手段の 4 つのカテゴリーに分けることができる（Kley *et al.*, 2012）。規制的手段とは、新車に対して排ガス基準を設定するなど自動車メーカーに対して制限を加える手段である。経済的手段とは、数量や価格などによる市場の変化を通して影響を与えようとする手段である。インセンティブを喚起するための販売価格に対する減税や補助金などの直接的な方法や、ガソリン税や駐車料金などによる内燃機関に対する罰則などの間接的な方法がある。説得的手段とは、消費者やメーカーに対するキャンペーンの実施や標準化などである。最後の組織的手段とは、充電インフラの整備や専用レーンの設置などの必要なインフラの整備によりハードルを下げることなどである。本研究では、EV 普及策の効果を、経済的手段である EV そのものに対する補助金政策と、組織的手段であるインフラ整備に対する補助金政策に絞って分析することになる[4)]。

EV 購入に対する補助金の支出は、自動車メーカーの EV 開発や消費者の購買行動に影響を与える。Arakawa（2014）は、EV 購入に対する補助金支出と EV 普及の関係を理論的に分析し、補助金の増額はメーカーの充電池と価格の 2 つの戦略に影響を与えることを明らかにしている。つまり、補助金額を増大するとメーカーの充電池容量を増大するインセンティブが生じるとともに、消費者に直接的に EV 購入のインセンティブを与えることができる。そのため、補助金額が大きくなると、メーカーは充電池容量が大きく高価な EV を販売することができるのである。

EV の航続距離の短さというデメリットを克服するためには、充電インフラの整備が欠かせない。充電インフラが設備されれば、EV を使う長距離ドライブの利便性が大幅に高まるからである。さらには PHV の利用者も外出先で充電することで電気走行する距離を増やしてガソリン代を節約できる。このように、充電インフラの整備に対する補助は EV 普及のためには不可欠の政策であるが、充電設備の技術的な研究は数多くなされているものの、経済学的な観点からの研究はほとんどなされていない。その理由として、充電インフラの設置数が圧倒的に少なく、その数を増やすこと自体が早急の問題と考えられてきことを挙げることができる。つまり、充電インフラの整備は消費者の利便性向上につながることで EV 普及にポジティブな影響を及ぼすため、インフラ提供者にインセンティブを与えることが目下の課題であると考えられてきたのである。そして、充電設備は EV と比べて大きな技術革新を期待できないため、充電インフラ整備への補助には充電設備の設置数を増大することのみが期待されてきたのである。

しかしながら、EV と充電インフラは補完関係にあり、充電インフラの整備はメーカーの EV 開発に影響を与えるとともに、消費者の購買行動に影響を及ぼすだろう。そのため、充電インフラに対する補助金と EV に対する補助金の効果の違いを分析することは重要な問題となる。つまり、効果的な EV 普及を図るには、それらの補助金の特性を生かした政策が必要となるのである。本稿では、以上の問題意識のもと、EV に対する補助と充電インフラに対する補助の EV 普及に対する効果の違いを分析し、どのような政策が EV 普及にとって望ましいのかを明らかにする[5)]。

本稿の構成は以下の通りである。第 2 章では、EV 普及のための補助金政策について、EV に対するものと充電インフラ整備に対するもののそれぞれについて概観する。第 3 章では、消費者が EV と GV と比較検討して車種を選択する行動をモデル化し、第 4 章では、市場均衡を分析する。第 5 章では、EV に対するする補助金と充電インフラに対する補助金の 2 つの政策を比較し、望ましい

EV 普及策とは何かを明らかにする。第 6 章では、結論を述べる。

2. EV 普及のための補助金政策

EV と充電インフラは補完財であり、供給する企業間に一種の協調の失敗（Coordination failure）が発生することが考えられる。つまり、EV の普及のためには充電インフラが必要であるが、充電インフラ整備のインセンティブには EV の普及が不可欠であるという一種の「鶏が先か、卵が先か」という問題に直面しているのである[6]。このような状況では、EV と充電インフラの双方に対する投資が望ましい水準に達しない可能性が高まる[7]。その際、積極的な投資を引き出すには、何らかの政策や企業間の協調が必要である。これと同じ問題は、設置費用が巨額である燃料電池車（FCV）[8]の水素充填インフラ整備でも生じている[9]。以下で、充電インフラと EV そのものに支出する補助金政策の内容を見てみよう。

2.1　充電インフラ整備に対する補助金

EV の充電インフラには、30 分程度で約 80％充電できる急速充電のほかに、8 時間程度で充電できる普通充電器がある。充電器は EV を販売しているディーラーのほか、高速道路のサービスエリアや自治体の施設に多い。現在、日本国内では給油所が 34,706 ヵ所あるが、EV の充電に使う急速充電器の設置箇所は 4,870 ヵ所であり、GV と比較して EV の利用勝手が悪いことがわかる。さらに、急速充電器で約 540 万円、普通充電器で約 120 万円の設置費用がかかるが、電気の価格はガソリンに比べて圧倒的に安いため、充電事業者が電気を販売することを事業化しにくい状況である[10]。そのため、充電事業者に急速充電器設置のインセンティブを喚起する補助金政策が、政府（次世代自動車振興センター）と自動車メーカーの双方から実施されている。

次世代自動車振興センターによる充電設備などの購入に対する補助金額は以下のように算出される。充電設備の購入については、(1) 実際に要した充電設備等の購入費に対して補助率（1/2 から 2/3）を乗じた額、または (2) 充電設備等の型式ごとに定める補助上限額、のいずれが低い方が補助金交付額となる。設置工事費については、申告書の審査結果の額と補助金交付上限額のいずれか低い方が補助金交付額となる。

トヨタ自動車、日産自動車、三菱自動車、ホンダの 4 社が中心となり設立した日本充電サービスは、充電器の設置費用の一部を負担するほか、8 年間の維持費を補助する制度を設け、課金や決済サービスも提供している。自ら充電器の設置を進めるのではなく、商業施設や道路事業者など第三者に対して設置を働きかける形をとる。

2.2　EV に対する補助金

消費者による自動車購入の検討に対して、政府は税制により影響を与えることができる。消費者がある額を直接受け取る補助金は、一般的にある特定の自動車の購入といった条件が付き、異なるクラスの自動車に異なる額となる。販売価格に対する減税[11]と比較すると、消費者は別に支払われる補助金をより高く評価する（Kley *et al.*, 2012）。このことからも、補助金政策は EV 普及に大きな効果を持つことがわかる。

次世代自動車振興センターによる EV に対する補助金額は以下のように算出される。補助金額は、(1) 車両の購入価格を基に試算した補助金額か、(2) 車種・グレードごとに定めた補助金交付上限額のどちらか低い方になる。(1) の車両購入価格による補助金額は、車両購入価格から基準額を引いたものに対し、補助率を掛けることで求められる。その基準額は、購入する EV と同種・同格のガソリン車をベースに定められる。また、その補助率は、EV の購入負担額の大小、自動車メーカーの価格引き下げ努力などを勘案して定められる。(2) の車種・グレードごとの交付金上限金額は、EV の場合、85 万円である。

地方自治体によっては EV に対して補助金を交付しているが、その補助金額は以下のように算出される。例えば東京都の場合、次世代自動車振興センターが算定する補助金交付額の 1/2 であり、

上限は25万円である。さらに、一部の市区町村、例えば葛飾区の場合、次世代自動車振興センターが算定する補助金交付額の1/4であり、上限は25万円である。

3. モデル

ここでは、Arakawa（2014）のモデルをもとに分析を進める。消費者は自宅と目的地を往復するため、ある距離を運転する必要があり、その距離は消費者ごとに異なるとする。ここで、その走行距離は$[0, \overline{\theta}]$に上に一様分布し、$\overline{\theta}$は十分に大きいと考える。そして、消費者はその距離の走行をT回繰り返す。運転によって得られる効用は全ての消費者で同一であり、それをVとする。Vは十分に大きいと想定し、全ての消費者が自動車を購入する状況を考える。自動車としてGVとEVの2種類を考える。消費者はGVとEVのそれぞれのコストを比較して低い方を選択する。ここでのコストとはT回の運転に要したコストの総和である。GVのコストは車両価格とガソリン代のみであり、ガソリン給油にかかる費用（時間費用）は無視できるほど小さいとする。このとき、GVのコストは

$$C_{GV}(\theta) = p_{GV} + \theta f T \tag{1}$$

と表すことができる。ただし、p_{GV}はGVの車体価格、fは走行距離1単位当たりに必要なガソリンの価格である。なお、政府はガソリンに対して課税し、ガソリン価格には税金が含まれているとする。ガソリン税の税収はEV購入に対する補助金の原資に用いられるとともに、その残りは全消費者に均等額を配分されるとする[12)]。一方、EVのコストは車両価格と充電にかかる費用（時間費用）のみであり、充電費用（電気代）はガソリン価格に比べて小さいため無視する。ここで、EVは自宅で充電可能であり、毎回の走行では充電量が満タンの状態から開始すると考える。さらに、充電スタンドは十分にあるため、移動中に充電できない可能性はないと考える。このとき、EVのコストは

$$C_{EV}(\theta) = \begin{cases} P_{EV} \text{ if } \theta \leq v \\ P_{EV} + a(\theta - v)T \text{ if } \theta > v \end{cases} \tag{2}$$

と表すことができる。ただし、p_{EV}はEVの車体価格、aは走行距離1単位当たりの充電費用を表すパラメータ、vは1回の充電で走行できる距離（充電池の容量）である。まず、$\theta \leq v$のときは、充電池の容量を使い切っておらず、充電の必要はない。したがって、充電にかかるコストはゼロであり、EVのコストは車体価格のみである。一方、$\theta > v$のときは充電池の容量を使い切ってしまうため、出先での充電が必要である。充電が必要な距離は残りの走行距離に必要な分だけであり、それは$\theta - v$となる。これがT回繰り返されることを考えると、EVのコストは車体価格にその時間費用を足したものとなる。なお、EVの走行距離当たりの充電に関する費用は、GVの走行距離1単位当たりに必要なガソリンの価格fより大きいという条件を設ける。具体的には、後の分析をシンプルにするため、$a > 3f$という条件とする。

市場はGVとEVで構成され、EVの規模はGVの規模に比べて非常に小さいとする。そのとき、EVメーカーの価格や性能の戦略はGVメーカーの戦略には影響を与えず、また政府のEV普及のための政策もGVメーカーの戦略に影響を与えないとすることができる。したがって、政府のEV普及のための政策効果の分析は、GVの車両価格やガソリン価格などを所与としてEV市場を分析すればよいことになる。つまり、ここではGVメーカーの戦略を考慮する必要がないのである。単純化のため、GVメーカーは1社であり、またGVは1種類であり、そのGVの生産費用をゼロと設定する。さらに、EV市場は未成熟であるためEVメーカー間の競争は激しくないと考えると、政策がEVの車両価格と車両性能の向上に及ぼす影響を理解するためには、独占企業が1種類のEVを販売するという単純化された市場を分析することで目的を達成することができる。そのような設定の下では、EVメーカーの利潤は

$\pi_{EV}=(p_{EV}-cv^2)q_{EV}$ と定義できる。ただし、cv^2 はEVの1台当たりの生産費用、q_{EV} はEVの需要である。ここでは、短期的な分析を行うので、固定費用は無視することにする。

4. 市場均衡

消費者はGVとEVのコストを比較してどちらかを選択する。一般的にEVの価格はGVのものより高いので、$p_{EV}>p_{GV}$ とする。EVとGVのコストが等しくなる消費者の走行距離は、$C_{GV}=C_{EV}$ を解けば、$v\geq(p_{EV}-p_{GV})/(fT)$ のとき、つまり充電池容量が十分に大きいとき、

$$\theta_1=\frac{p_{EV}-p_{GV}}{fT},\ \theta_2=\frac{-p_{EV}+p_{GV}+avT}{(a-f)T} \tag{3}$$

となる。ただし、θ_1 は充電を必要としない消費者 $(\theta\leq v)$ のEVに関するコストがGVに関するコストと等しくなる走行距離、そして θ_2 は充電を必要とする消費者 $(\theta>v)$ のEVに関するコストとGVに関するコストが等しくなる走行距離である。式（3）からわかるように、消費者はEVとGVの価格差に注目する。したがって、ここではGVの価格をゼロと単純化する。なお、$\overline{\theta}$ は十分に大きいと考えているため、$\overline{\theta}>\theta_2$ が成立し、走行距離の最も長い消費者 $\overline{\theta}$ は補助金政策の有無にかかわらず必ずGVを購入することになる。式（3）より、$\theta\in[0,\theta_1)$ のとき、$C_{GV}<C_{EV}$ 、$\theta\in[0_1,\theta_2)$のとき、$C_{GV}\geq C_{EV}$ 、$\theta\in[\theta_2,\overline{\theta}]$のとき、$C_{GV}\leq C_{EV}$ であることがわかる。なお、$v<(p_{EV}-p_{GV})/(fT)$ のとき、誰もEVを購入しない。つまり、全ての消費者にとって、EVの航続距離が短く、またEVの価格がGVの走行費用と比較して高すぎるのである。この場合は分析する意味がないので考えないことにする。

EVメーカーは利潤を最大化するようにEVの価格と充電池容量を決定する。EVの需要関数は

$$q_{EV}=\theta_2-\theta_1=\frac{a(-p_{EV}+fTv)}{(a-f)fT} \tag{4}$$

であるから、企業の利潤

$$\pi_{EV}=q_{EV}(p_{EV}-cv^2) \tag{5}$$

を価格と充電池容量で最大化すると、以下の解が得られる。

$$v=\frac{fT}{2c},p_{EV}=\frac{3f^2T^2}{8c},\pi_{EV}=\frac{af^3T^3}{64c^2(a-f)} \tag{6}$$

この解から、以下の命題が得られる。

命題1　EVメーカーの利潤、EVの車体価格、充電池の容量は、ガソリンの価格と消費者の運転回数とともに増加し、充電池の生産費用が増大するほど減少する。

この命題は、EVの基本的な性能は比較対象であるGVの燃料費に依存していることを示している。ここで、GVの燃料費が安くなったら、充電池の容量が低下するということは興味深い結果である。なぜなら、GVでの走行費用が低下するのであれば、安い電気でより長く走れるよう充電池容量を増大することでEVの走行費用を下げ、EVの競争力を高めるとも考えられるからである。しかし、充電池容量を増大するには多額のコストがかかり、EVの価格も上げざるを得ず、結果として、EVの走行費用が高くなる。したがって、その場合には、充電が必要となる長距離を走行する消費者を見限り、充電池の容量を低下させることでEV価格を下げ､EVの競争力を高めるのである。

5. 補助金政策の比較

ここでは、前節で構築したモデルを用いて、充電インフラとEV購入のそれぞれに支出する補助金の効果の違いを分析する。

5.1 充電インフラに対する補助金

充電スポットなどの整備に対して補助金を支出すると、消費者の充電に関するコストが低下する。このように考えると、単純化のため、充

電インフラの整備はパラメータ a を下げることとすることができる。具体的には、以下のようにモデル化する。充電インフラ整備は a を $100\,i$% 下げることとすると、消費者の充電コストが変化し、EV を購入する消費者のタイプも変化するため、式（3）を $\theta_1^i = p_{EV}/(fT)$ と $\theta_2^i = (p_{EV} - a(1-i)vT)/(f-(1-i)T)$ に置き換えることになる。利潤を最大化すると、以下の解が得られる。

$$v = \frac{fT}{2c}, p_{EV} = \frac{3f^2T^2}{8c},$$
$$\pi_{EV} = \frac{a(1-i)f^3T^3}{64c^2(a(1-i)-f)} \tag{7}$$

式（7）より、充電インフラ整備によって EV 価格と充電池の容量は変化しない。しかし、$\partial\pi_{EV}/\partial i > 0$ より、充電インフラ整備により利潤は増大することがわかる。つまり、充電インフラ整備はメーカーの価格戦略や充電池の容量に関する戦略には影響しないが、充電費用を負担しなければならない EV 購入者を増大させるのでメーカーの利益を増大させるのである。

また、式（7）より、

$$\theta_1^i = \frac{3fT}{8c}, \theta_2^i = \frac{f(4a(1-i)-3f)T}{8c(a(1-i)-f)} \tag{8}$$

が得られ、

$$\frac{\partial\theta_1^i}{\partial i} = 0,\ \frac{\partial\theta_2^i}{\partial i} = \frac{af^2T}{8c(a(1-i)-f)^2} > 0 \tag{9}$$

であるから、充電インフラが整備されると、走行距離の長い消費者が EV を購入するようになる。まとめると、次の命題が得られる。

命題 2　充電インフラ整備は EV メーカーの価格や充電池容量についての戦略には影響しないが、利潤を増大させる。充電インフラが整備されると、走行距離の長い消費者が EV を購入するようになる。

この命題は、充電インフラを整備は、走行距離の長い消費者に EV を購入させる働きがあるものの、充電インフラを活用しない自宅で充電する消費者には、何ら影響を与えないというものである。つまり、充電インフラの整備は、純粋に EV の販売台数を増大させる役割のみを果たすことになる。そして、EV 販売台数の増大分だけ、EV メーカーの利益も増大することになる。このとき、EV メーカーには充電インフラ整備に対して、自らも投資するインセンティブを持つことがわかる。このことは、上述したような EV メーカーが共同で充電インフラ整備に補助金を支出する現状と整合的である。しかしながら、充電インフラ整備は EV の性能や価格に影響を及ぼさないため、以下で分析する EV に対する補助金の場合より、EV 普及に対する効果は限定的であると考えられる[13]。

5.2　EV に対する補助金

ここでは、単純化のため、EV 購入に際し、価格の $100n$% を補助する場合を考える。なお、n が正の値を取る場合、つまり補助金を支出する場合だけを考え、n が負の値となる課税の場合は考えない。この場合、消費者価格は補助金に応じて変化し、EV を購入する消費者のタイプ θ も変化するため、式（3）を $\theta_1^n = (p_{EV}(1-n))/(fT)$ と $\theta_2^n = (-p_{EV}(1-n)+avT)/((a-f)T)$ に置き換えることになる。利潤を最大化すると、以下の解が得られる。

$$v = \frac{fT}{2c(1-n)},\ p_{EV} = \frac{3f^2T^2}{8c(1-n)^2}$$
$$\pi_{EV} = \frac{af^3T^3}{64c(a-f)(1-n)^3} \tag{10}$$

式（10）より、補助率 n に応じて充電池の容量は変化することがわかる。つまり、補助率はメーカーの価格戦略に影響し、それがメーカーの充電池の容量に関する戦略にも影響するのである。したがって、補助金が与えられると、充電池の容量と価格はともに増大することになる。

また、式（10）より、

$$\theta_1^n = \frac{3fT}{8c(1-n)}, \theta_2^n = \frac{f(4a-3f)T}{8c(a-f)(1-n)} \tag{11}$$

が得られ、

$$\frac{\partial \theta_1^n}{\partial n} = \frac{3fT}{8c(1-n)^2} > 0,$$
$$\frac{\partial \theta_2^n}{\partial n} = \frac{(4a-3f)fT}{8c(a-f)(1-n)^2} > 0 \tag{12}$$

であるから、補助金額が増すと、走行距離の長い消費者がEVを購入するようになると同時に、走行距離の短い消費者がEVの購入を止めることがわかる。まとめると、次の命題を得ることができる。

命題3　補助金が与えられると、充電池容量とEV価格はともに増大する。補助金額が増すと、走行距離の長い消費者がEVを購入するようになると同時に、走行距離の短い消費者がEVの購入を止める。

この命題は、EVに対する補助金はEVの性能向上をもたらし、走行距離の長い消費者にEVを購入させる働きをすることを明らかにしている。しかしながら、同時に、EVに対する補助金はEV価格を上昇させるため、走行距離の短い消費者をEV市場から排除することにつながるのである。この政策の効果を考えるには、EV市場に参入した走行距離の長い消費者による環境改善と、EV市場から排除された走行距離の短い消費者による環境悪化の両者を比較する必要がある。Arakawa（2014）はその状況下で厚生分析を行い、補助金は社会厚生を改善することを明らかにしている。なぜなら、長い距離を走行する消費者は短い距離の消費者よりも大きな負の外部性を生じているが、それが改善されるからである。

5.3　議論

ここでは、これまでの分析結果をもとに、効果的なEV普及政策とはどのようなものかを議論しようと思う。命題2は、充電インフラを整備は、走行距離の長い消費者にEVを購入させる働きがあるものの、充電インフラを活用しない自宅で充電する消費者には、何ら影響を与えないというものである。命題3は、EVに対する補助金はEVの性能向上をもたらし、走行距離の長い消費者にEVを購入させる働きをすることを明らかにしている。まとめると、充電インフラ整備に対する補助金にはEV利用者の裾野を広げる働きがあり、EVに対する補助金にはEVの性能を向上させる働きがあることがわかる。これらの2つの性質の異なる補助金政策を組み合わせることで、効果的なEV普及政策の実現が期待できることになる。

効果的なEV普及政策の実現のためには、2つの政策のバランスが問題となる。EV普及の道筋として、まずはEVの性能向上よりも充電インフラの整備によりEV利用者の裾野を広げることに集中し、市場が拡大した後、EVの性能向上を促すという考え方がある。それに対して、まずはEVの性能向上、つまりGVと同等の航続距離の実現を目指し、その後、市場を拡大するために充電インフラ整備に対して補助し、市場の拡大を目指すという考え方もある。前者であれば、充電インフラ整備に対する補助金を重視し、後者であれば、EV購入に対する補助金を重視することになる。

さらに、最適なバランスを実現する際、できる限り市場を活用することが重要である。効果的なイノベーションの実現のためには企業間競争が欠かせないからである。EV性能向上と充電インフラ整備を比較すると、前者の方が企業間競争によるイノベーションの実現の可能性は高いと考えられる。なぜなら、EVは製品自体が差別化されており、性能向上は製品価格の上昇によってEVメーカーの利益に直結するからである。そのため、EVのイノベーションは市場で実現できるだろう。しかしながら充電インフラの場合、電気自体は差別化されておらず、充電事業者は充電サービスのみでは利益を上げることは難しい。そのため、充電インフラ整備を市場に委ねても、効果的な供給は

期待できないであろう。したがって、充電インフラ整備には政府介入の理由が十分に存在するのである。以上より、EV性能向上は市場で実現すべきであり、充電インフラ整備は政府の介入が必要と考えることができる。

また、そのバランスにおいては、どのような走行距離のEV利用者を想定するのかも重要である。走行距離が短い利用者であれば、充電池容量の小さいEVを自宅でのみ充電することで十分であり、充電インフラを必要としない。一方、走行距離の長い利用者であれば、充電池容量が大きく、移動中での充電のためにも、充電インフラを必要とする。このように、利用者の走行距離に応じて、適切なEV性能と充電インフラの整備水準が異なるのである。

本稿では、EV利用者を自宅だけで充電する利用者と移動中にも充電する利用者に分けて分析した。その結果、充電インフラに対する補助金はEV価格に影響を与えないため、走行距離の短い利用者をEV市場に留めるだけでなく、走行距離が長いため移動中にも充電する利用者をEV市場に参入させる働きがあることがわかった。一方、EVに対する補助金は、EV価格の上昇により、走行距離の短い利用者をEV市場から排除する働きがあることが明らかとなった。

充電池の技術は進化しているものの、急激な性能向上は期待できない。その場合、EVに対する補助金は、走行距離の長い消費者を効果的に取り込めないにもかかわらず、EV価格の上昇から、走行距離の短い利用者を排除し、EV市場の縮小をもたらす可能性が高い。これに対して、充電インフラ整備に対する補助金の場合、充電池の技術の進化があまり期待できない状況においても、EV市場を確実に拡大することにつながるのである。まとめると、充電池の急激な技術革新が期待できない状況では、充電インフラ整備に対する補助金の方がEV普及に効果的であると考えることができるのである。

以上の議論より、望ましいEV普及の道筋として、充電インフラの整備によりEV利用者の裾野を広げることに集中し、その後、EVの性能向上を促すというものが妥当であることがわかる。つまり、EV普及のためには、充電インフラ整備に対する補助金を重視し、走行距離が比較的短い消費者にEVの利用を促すのである。そして、EV市場が拡大すると、EVメーカー同士の競争も激化し、そのことでEVの性能向上が実現すると考えられるのである。

6. おわりに

本稿では、EV普及を図るためのEVと充電インフラ整備に対する補助金政策の効果の違いを理論的に明らかにすることで、望ましいEV普及政策とは何かを分析した。走行距離が異なる消費者たちがEVとGVを比較検討して購入車種を決定するモデルを構築し、いくつかの結果を得ることができた。まず、EVに対する補助金政策は充電池容量の向上をもたらすが、EV価格を上昇させるため、短い走行距離の消費者はEVの購入を諦め、より走行距離の長い消費者が購入する。これに対し、充電インフラに対する補助金政策は充電池容量やEV価格に対して影響を与えないため、走行距離の長い消費者がEVを購入するようになるだけでなく、短い走行距離の消費者もEVの購入することになる。

そして補助金政策を比較した結果、望ましいEV普及政策とは、充電インフラの整備によりEV利用者の裾野を広げた後、EVの性能向上を促すというものであることがわかった。つまり、EV普及のためには、充電インフラ整備に対する補助金を重視し、走行距離が比較的短い消費者にEVの利用を促すのである。そして、EV市場が拡大すると、EV開発競争も激化することで、EVの性能向上が実現すると考えられるのである。

本研究では、補助金政策にのみ絞って分析を行ったが、今後の展開として、EV普及政策をGVに対する課税政策との関係で分析することが考えられる。例えば、Sperling and Gordon（2009）は、より多くの炭素を多く排出する燃料に対し、より高く課税する税である炭素税（carbon-index fuel tax）からの税収で充電インフラ整備を補助するこ

とを提案している。この課税方式では、GVからEVへ比較的緩やかに転換する効果を持つものの、充電インフラ整備をサポートすることになる[14]。さらに彼らは、オークション方式で炭素の売買を行うキャップアンドトレード方式を採用することで、充電や充填のインフラ整備のための補助金を調達できるとしている[15]。このような先行研究を踏まえ、本稿で用いたモデルにGVに対する課税を導入することで、より効果的なEV普及政策を理解できることになるが、それは今後の課題である。

引用文献

Arakawa, K.（2014）Comparison of Regulation and fiscal incentive policies for the promotion of electric vehicles, mimeo.

Kley, F., Wietschel, M. and Dallinger, D.（2012）Evaluation of European electric vehicle support schemes. In Nilsson, M., Hillman, K., Rickne, A., Magnusson, T.（eds）, *Paving the Road to Sustainable Transport: Governance and Innovation in Low-Carbon Vehicles*. Routledge, London.

Lane, B. W., Messer-Betts, N., Hartmann, D., Carley, S., Krause, R. M., Graham, J. D.（2013）Government promotion of the electric car: risk management or industrial policy? *European Journal of Risk Regulation*, 2, 227-245.

Orsato, R. J., Dijk, M., Kemp, R., Yarime, M.（2012）The electrification of automobility: the bumpy ride of electric vehicles toward regime transition. In Geels, F. W., Kemp, R., Dudley, G., Lyons, G.（eds）, *Automobility in Transition?: A Socio-Technical Analysis of Sustainable Transport*. Routledge, London.

Sperling, D. and Gordon, D.（2009）. *Two Billion Cars: Driving Toward Sustainability*, Oxford University Press.

Yarime, M.（2009）Public coordination for escaping from technological lock-in: its possibilities and limits in replacing diesel vehicles with compressed natural gas vehicles in Tokyo, *Journal of Cleaner Production*, 17, 1281-1288.

荒川潔（2014）「次世代自動車の普及促進のための規制と財政的インセンティブ政策」『社会情報学研究』第23巻，1-13.

注

1）Orsato et al.,（2012）は、fit-stretchパターン分析法を用いて、EVが普及しない理由を消費者にGVとは大きく異なる利用状況を強いたからだとしている。

2）カリフォルニア州などで実施されているZEV規制では、EVなどのZEVの普及を促進するため、メーカーに対して販売台数の一定のシェアをZEVとするよう要求する規制である。1990年に制定された時点では実質的にEVを対象としていたが、その後、HVやPHVも対象とすることになった。

3）HIS Automoteは、世界の自動車の総生産台数のうち、2020年のEV、HV、PHVなどの電動車の生産台数は8％に過ぎないとしているが、2026年には18％、2030年には25％になり、EVとPHVの比率は5％にまで高まると予測している。

4）荒川（2014）は、次世代自動車の普及促進のための政策である販売台数に対する規制と財政的インセンティブ政策を取りあげ、それらがメーカーと消費者に与える影響を分析している。

5）Lane *et al.*,（2013）は、主要国のEV普及政策をリスクマネージメントと産業政策の2つの観点から比較分析している。

6）Yarime（2009）は、東京都の圧縮天然ガス自動車（CNG）の普及政策を分析し、その可能性と限界を明らかにしている。

7）この問題に対して、Global Smart Grid Federation（2014）は、EV普及に成功している国々の経験から、EVの普及に先立って、

公共の充電インフラを整備することが必要だと結論づけている。

8）燃料電池で水素と大気中の酸素を化学反応させて生み出した電気を使ってモーターを回して走る。排出されるのは水だけのため究極のエコカートも呼ばれる。トヨタのミライの場合、4.3kg の水素を 3 分間でタンクに充填し約 650km の走行が可能である。

9）政府は 2015 年度までに 100 ヵ所の水素ステーション解説を目標に掲げているが、現在稼働しているのは 23 ヵ所だけであり、建設が決まっているものを合わせても 81 ヵ所にとどまる。建設費は 1 ヵ所当たり約 5 億円とガソリンスタンドの 5 倍と投資負担は重い。さらに、水素の価格は GV の燃料代の 2 倍、HV の 3 倍近いとされているが、充填事業者は FCV 普及のために採算度外視で水素を安く小売りしているのが現状である。

10）急速充電器のランニングコストは電気の基本料金だけで年 50 万円以上かかるのに対し、1 回の充電の対価として利用者から数百円程度を徴収することしかできない。さらに、その稼働率は高速道路のサービスエリアなどに設置された一部の充電器を除き、1 日に数回程度のところが多い。

11）EV 購入には減税措置が講じられており、エコカー減税においては、自動車取得税は非課税、自動車重量税は免税となる。

12）その配分は消費者の EV と GV のコストに影響しない。そのため、ここでは具体的なガソリン税の税収の額は考えない。

13）このことを厳密に明らかにするためには厚生分析が必要となるが、それは今後の課題とする。

14）Sperling and Gordon（2009）は、新しいインフラが車両の燃費性能を判別する機能を搭載すれば、環境性能に応じた課税を実現できるとしている。

15）Sperling and Gordon（2009）は、炭素排出権を燃料会社に販売することで得られる収入を R&D や、充電・充填インフラ整備、公共交通機関、交通弱者に対する補助金に用いることができるとしている。

謝辞

本研究は科学研究費補助金（研究課題番号 15K03453）の助成を受けている。

The subsidy for promotion of electric vehicles and improvement of charging infrastructure

KIYOSHI ARAKAWA
School of Social Information Studies, Otsuma Women's University

Abstract

The purpose of this paper is to propose the effective subsidiary policies for promoting electric vehicles (EVs) by theoretically analyzing the policies by paying attention to the differences between granting on EV purchasing and on investing in charging infrastructure. As a result, this paper shows that the effective policies is such that first to concentrate on expanding EV market by improving charging infrastructure, and next to prompt improvement of performance of EVs. That is, in an early period of promoting EVs, more emphasis should be on the subsidy for improving charging infrastructure to induce consumers whose travel distance is relatively short. When EV market enlarges because competition among EV makers become fierce, performance of EVs improves in a competitive environment; EV market is expected to be efficiently spread.

Key Words（キーワード）
Electric vehicles（電気自動車），subsidy（補助金），charging infrastructure（充電インフラ），promotion policy（普及政策），innovation（技術革新）