2018 年 3 月度　東京大学大学院　新領域創成科学研究科　環境システム学専攻　修士論文要旨

電気自動車を対象にした
企業による自発的な環境性追求の理由の検証

(47-166656) 多田羅孔明, 指導教員：吉田好邦教授

キーワード： 電気自動車, カーボンオフセット, イノベーション, 企業行動, 経済理論

1　背景と目的

2015 年 12 月、パリ協定が採択され、地球の平均気温の上昇範囲を産業革命前から 2 ℃未満に抑えることが定められた。この目標を達成するには、炭化水素燃料の使用を大幅に抑えなければならず、発電部門だけでなく運輸部門における対策は必要不可欠である。

電気自動車 (EV) による GHG 削減対策は燃料消費を電化できるという意味で意義が大きいので、今までガソリン価格の上昇や規制強化に伴い何度か EV の開発機運は高まっていた。しかし、動力性能・価格・走行距離・充電時間など様々な課題があり、普及のはしなかった。しかし、2017 年に入り、企業が急激に EV の開発を宣言し始めた。独 VW は 2025 年までに 50 種類・300 万台の EV の発売を宣言し、トヨタもマツダとデンソーと新会社を設立し EV の開発を本格化する。本研究の目的は、EV がなぜ今になって企業が開発を始めたかを説明することにある。まず、3 つの論点について先行研究の整理を行った。

2　先行研究の整理

■1：EV が普及しなかったのは、社会全体では経済的に効率が悪かったためである

先行研究では環境政策的な観点で言えば、自動車による GHG 削減対策非効率であるとの指摘があった。地球環境産業技術研究機構 (2016) によると、産業部門の 2.5%、エネルギー部門の 7.2% が限界削減費用 (MAC) が 50 ドル以内である一方、乗用車による対策は 200 ドルを超える。Nordhaus (2016) は DICE モデルを用い、炭素の社会的費用 (SCC) を 2015 年に 31.2 ドル/tCO2 と試算していることから、非常に高いと言える。米での研究 (Onat et al., 2015) は、期待できる GHG 削減削減量も走行実態によって EV と HV で大差ないことを示している。そこで、まず EV が費用対効果の観点から導入されるべきか、日本の走行実態をもとに評価する。さらに社会インパクトを評価するために、自動車による GHG 対策と、その他手法による対策を、産業連関分析によって生産波及効果の比較を行う。

■2：近年、企業が環境外部性を内部化できるような環境が整いつつある　企業による外部不経済の内部化に関して、トレードオフであると考えられてきた、経済性と社会性を両立する考えが生まれてきている。(Margolis et al., 2009) は、メタ研究で企業の社会性と経済性追求活動の間には、弱い正の相関関係があることを明らかにした。また、Porter and Kramer (2006) は、社会性と経済性が相乗効果をもたらすケースもあると主張し、共有価値の創造 (CSV) の概念を提唱している。自動車業界を中心に様々な事例から、企業の社会性と経済性追求の動きを体系的に説明する。

■3：そのため、EV シフトによって企業にメリットとなる状況になってきている　本研究の目標としては、体系化した事例をもとに、

企業による EV シフトを理論的に説明を行うことである。企業行動に関する理論的研究には、Porter (1991) の仮説「適切に設計された環境規制は、国際市場において競争上の優位を獲得し、国内産業の生産性も向上する」に対する議論が参考になる。Xepapadeas and de Zeeuw (1999) は、排出量課税によって、企業は比較的低コストな新技術を獲得しようとする一方、環境性と企業利益の win-win 状況は、利潤最大化を目的とした最適制御問題では期待できないことを示した。また Mohr (2002) は学習モデルを用いた分析を行い、内生的な技術の変化がポーター仮説を実行可能なものにするが、生産規模の外部経済が企業の新たな技術採用を妨げるとしている。環境規制が成果に及ぼす影響については、Viscusi (1983) が、規制による罰則が増大することで静的なモデルでは企業の成果と利益が減少し、追加規制の可能性によって機会ロスが生じることを明らかにしている。この中で、近年の企業の動きは特異に見える。例えば、アメリカがパリ協定の離脱を宣言した際、逆に多数の企業は離脱へ賛同しない意を示した。その意味で、企業の環境性の追求は、規制対応の影響だけで語られるべきではなく、より包括的な説明が必要である。

3　EV 対策の経済的な効率

GAM による 2015-50 年の長期コスト最適化の結果、消費者の走行実態を考慮すると、EV は最後にならないと導入されないという結果を得た。さらに、MAC としては、図 1 に示すように、4 万円強が自動車による GHG 対策のボリュームゾーンであることがわかった。

さらに、産業連関表を用いた経済波及効果を行った。分析には輸入を考慮した国内付加価値増加分 ΔVA の計算方法を用いた。A は投入係数行列、$\underline{M}$ は輸入係数行列、ΔF は

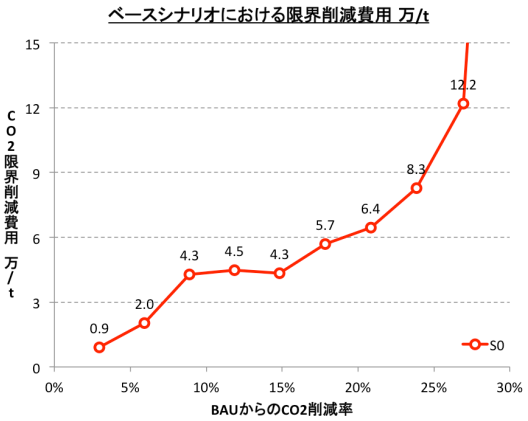


図 1: 日本の自動車対策における MAC

最終消費増、V は付加価値ベクトルである。

$$\Delta VA = V \bullet (I - (I - \underline{M})A)^{-1}(I - \underline{M})\Delta F$$

$$H = \sum p_i log p_i (p_i = VA_i / \sum VA$$

結果、EV による GHG 削減ポテンシャルは、PV や風力発電、LED と比較しても小さく、MAC では一番高い結果となった。一方で多様性の観点では EV が一番優れており、国の産業活性化政策として幅広い業界にメリットを与えられる。国内付加価値の観点からは、仮に EV 産業を現状の自動車産業と同じ程度輸出産業に発展させられれば、他の手法と比べて優れていることが説明できた（図 2)。まとめると、EV 導入は経済的な意義は大きいが、GHG 削減の点では消費者の費用負担が大きく、実現できなかったということだろう。

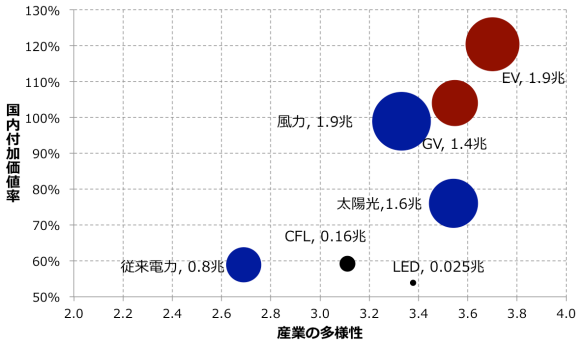


図 2: 製品輸出を仮定した国内付加価値率

4　企業による環境外部性の内部化

企業による外部不経済の内部化に関して、トレードオフだと考えられてきた経済性と社会性を両立する動き、すなわち規制に関係なく低炭素技術の開発を”儲かるからする”考えが生まれてきている理由を事例を交えつつ、体系化できた。

その理由は主に 3 つあり、1 つ目はリーマンショック以前の短期主義的な投資に対する反省から、投資スパンが長期化したことである。それに伴い、パリ協定などの世界的な気候変動の枠組の動きに連動するように、ESG 投資という環境にポジティブな事業に投資を行い、ネガティブな分野からは撤退する動きが生まれたことが大きな理由であった。

2 つ目に消費者思考の変化をあげた。Pays to be Green という環境性の高い製品を好むニッチな層が現れはじめ、さらに企業の消費者の啓蒙活動によって、コストをライフサイクルで考えるようになり、エネルギー消費の少ない EV 等環境製品に対する WTP が伸びたことが理由である。ライフサイクル思考の啓蒙は、政策レベルでも行われつつあり、日 PAYS や、英グリーンニューディールという新しい手法を例示した。

最後に、ルームエアコンや照明器具の例をもとに、企業間競争において、機能→環境性能→付加価値と差別化戦略が変遷することを示した。現在自動車産業は環境性能による差別化の段階であるが、ハイブリッド車の登場など、環境性能が極限まで高まりつつある現在において、環境性能が競争ポイントにならず、その他の付加価値での勝負になる電気自動車に移行しつつあることを述べた。特に付加価値化の流れにおいて、CASE のトレンドがより電気自動車への企業戦略の移行を促進している可能性があることを示した。

5　理論的な説明

最後に第 4 章において、企業の EV シフトの理論的な説明を試みた。ある市場に同一機能で割高な EV のような製品を導入する状況において、EV が市場を取るようになる生産量 $q*$ が存在しうることを示した。

同一の市場に従来車と EV を投入する。$x(t)$ を EV の累積生産量、$q(t)$ を一定期間の生産量（$\dot{x}(t) = q(t)$）であるとする。EV の費用曲線 C は経験効果を受けるので、$C[q(t), x(t)]$ と表される。EV 生産による収入は $R(q)$ である。従来車は EV にシェアを奪われるすなわち q に依存するとすると、o を従来車として、企業の利潤最大化は、期間 T、r を金利、利潤を $\Pi(t) = R_o[f(q)] - C_o[f(q)] + R[q] - C[q, x]$ として、以下のようにかける。

$$Max. \quad \int_0^T e^{-rt}\Pi(t)dt$$
$$s.t. \quad \dot{x}(t) = q(t) \quad x(0) = 0$$

EV シフトをする必要条件は、

$\exists q*$ in $0 < q < q_{max}$,

$$(MR - MC) - (MR_o - MC_o) - \int_t^T e^{-r(\tau - t)}(\frac{\partial C}{\partial x}(\tau))d\tau > 0 \qquad (1)$$

である。MR は t での限界収入 $\frac{\partial R}{\partial x}$ を示し、MC も同様である。q_{max} は単位期間における需要限界であり、製品の市場規模と新製品の機能に依存する。例えば、充電距離の制限があると q_{max} は現在の従来車のシェアより小さくなるし、q_{max} が上がる可能性もある。さらに経験効果 $\frac{\partial C}{\partial x}$ は負なので、$MR - MC$ の値と $MR_o - MC_o$ と比較が問題となる。そこで概念を図 3 で表す。実線が MR、点線が MC、黒色が従来車、赤色が EV である。EV の MR の形状は、環境に優しい製品を選

好する層存在する一方、裾野には充電距離等の限界があることを示す。

企業の EV シフトの意思決定について説明する。青色の点がそれぞれの現在の生産量である。矢印のように、EV の生産を増加するに従って従来車の売り上げは減少する。これは一般的には企業にとって損だが、式 1 の経験効果を期待できる場合、将来の利益獲得を見越して q の増加を目指すことがありうる。$\frac{\partial C}{\partial x}$ が大きい、すなわち経験効果が大きいか、長期投資の発展などによって T が長くなるほど、EV シフトを起こしやすい。しかし、ある一定限度まで価格低下がおこっていることが必要である。さらに、図 4 に示すようなコスト低下および消費者の WTP 変化によって、企業の EV シフトによる利益が増大することも説明できる。

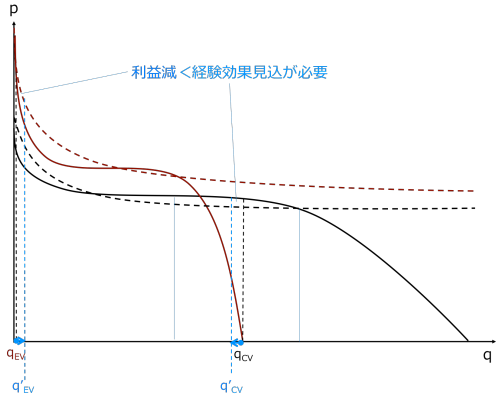


図 3: EV 生産量増の影響

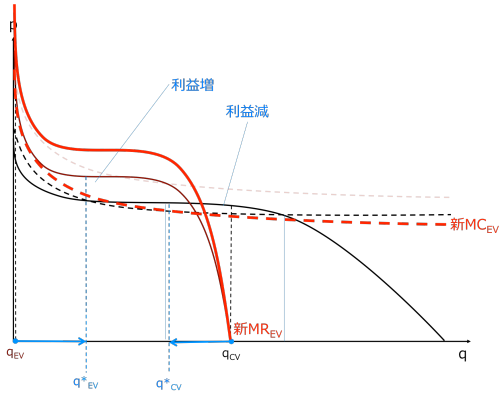


図 4: コスト減と WTP 変化

最後に、EV 特有の要因 CASE については、将来のポテンシャルを $V(>0)$ として、$\int_0^T e^{-rt}V(t)dt$ を式 1 の最後に追加することで説明できることを示した。

6 今後の展望

本研究における今後の発展としては、理論の定量的な評価になるだろう。需要構造から収入関数を定義し、費用関数を定義できれば、定量的な評価が可能である。さらには、この理論を EV と同様に、より環境性能の良い技術で代替するケースにおいて、適用することは可能だろう。さらには、国による違いの考慮も考えればより現実的な分析になる。日本においては古くから戦略的社会性の概念が備わっているのに対し、英米ではよりコストにシビアである。さらに、欧州がよりサステナビリティへの志向が強いことも理論に加えることが可能であろう。

参考文献

Margolis, Joshua, Hillary Elfenbein, and James P. Walsh (2009) “Does it Pay to Be Good...And Does it Matter? A Meta-Analysis of the Relationship between Corporate Social and Financial Performance,” *SSRN Electronic Journal*.

Mohr, Robert D. (2002) “Technical Change, External Economies, and the Porter Hypothesis,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 43, No. 1, pp. 158-168.

Nordhaus, William D. (2016) “Revising the social cost of carbon,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 114, No. 7, pp. 1518-1523.

Onat, Nuri Cihat, Murat Kucukvar, and Omer Tatari (2015) “Conventional, hybrid, plug-in hybrid or electric vehicles? State-based comparative carbon and energy footprint analysis in the United States,” *Applied Energy*, Vol. 150, No. 15, pp. 36-49.

Porter, M. E (1991) “Americas Green Strategy,” *Scientific American*, Vol. 264, No. 4, p. 96.

Porter, Michael E. and Mark R. Kramer (2006) “Strategy and Society:The Link Between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility,” *Harvard Business Review*, Vol. 84, No. 12, pp. 78-92.

Viscusi, W. K. (1983) “Frameworks for Analyzing the Effects of Risk and Environmental Regulations on Productivity,” *The American Economic Review*, Vol. 73, No. 4, pp. 793-801.

Xepapadeas, Anastasios and Aart de Zeeuw (1999) “Environmental policy and competitiveness: the Porter hypothesis and the composition of capital,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 37, No. 2, pp. 165-182.

地球環境産業技術研究機構 (2016) 「カーボンプライシングに関する論点整理ー定量的なデータ・分析よりー」, 長期地球温暖化プラットフォーム　国内投資拡大タスクフォース.