2008 年度

学位論文

プリウスのリバウンド効果に関する研究

地球環境学研究科　地球環境学専攻

博士前期課程

髙橋　誠史

目次

第一章 研究の背景と目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5
（１）背景
（２）目的

第二章 研究の対象・・8
2-1. 環境効率性・・・8
（１）環境効率性とは
（２）自主的環境対策と環境効率性
2-2. リバウンド効果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・13
（１）リバウンド効果とは
（２）ジェヴォンズの法則
2-3. ハイブリッドカー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・17
2-3-1. ハイブリッドカーとは
2-3-2. 種類・特徴
（１）種類
（２）特徴
2-3-3.ハイブリッドカー開発の歴史
2-3-4. 普及・実用化の状況
2-3-5. 税・補助金制度
2-4. プリウス・・24
2-4-1. プリウスの特徴
2-4-2.プリウスの普及状況
2-5.プリウスの CO2 排出抑制効果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・29
2-6.研究対象にプリウスを用いる意図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・30
（１）研究対象としてのわかりやすさ
（２）情報収集の容易さ
2-7.プリウスが持つリバウンド効果の可能性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・31
（１）リバウンド①
（２）リバウンド②
（３）リバウンド③
2-8. プリウスのリバウンド効果検証手順・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・35

（１）評価対象の情報収集
（２）リバウンドの範囲と検証方法の選定
（３）調査票作成
（４）プレテストと調査票の見直し
（５）本調査
（６）調査結果の集計および推計
2-8-1.評価対象の把握
2-8-2.プリウスのリバウンド効果の検証方法
（１）リバウンド①の検証方法
（２）リバウンド②の検証方法
（３）リバウンド③の検証方法

第三章 アンケート調査の設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・39
3-1. 調査票の設計・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・39
3-1-1. 共通質問項目
（１）購入タイプ、購入年度
（２）選択理由
（３）月平均走行距離とガソリン消費量
（４）個人属性
（５）その他
3-1-2. 購入タイプⅠの回答者に対する質問項目
3-1-3. 購入タイプⅡの回答者に対する質問項目
3-1-4. 購入タイプⅢの回答者に対する追加質問項目
3-2. 事前調査の実施・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・42
3-3. 本調査の実施・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・42

第四章 アンケート調査の結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・43
4-1. 回答者の個人属性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・43
4-2. 調査票本文の回答結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・45
4-2-1. 購入年、購入タイプの分布
（１）購入タイプⅠの詳細
（２）購入タイプⅡの詳細
（３）購入タイプⅢの詳細

4-3. リバウンド効果の検証と推計・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・49
（１）リバウンド①の検証、推計
（２）リバウンド②の検証、推計
（３）リバウンド③の推計
4-4. 調査結果のまとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・53
4-5.プリウスの CO2 抑制効果の試算 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・54
第五章 考察とまとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・55
（１）考察
（２）まとめ
謝辞 ・・・57

添付資料
（１）アンケート調査票 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・58
（２）費目別・購入者価格 6357 円あたりの CO2 排出量・・・・・・・・・・・・・・・・・63
参考文献・参照 URL・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・71

第一章　研究の背景と目的

（1）研究の背景

地球が許容できる環境負荷には限りがある。人間がその限界を超えた活動を続ければ、やがて地球環境は破綻してしまう。人間にとって、環境は経済活動をはじめとしたあらゆる活動の基盤である。活動の基盤である環境が破綻してしまうことは、人類が破綻してしまうことも意味している。環境保全なしには生活も経済活動もありえないのである。そうした環境の大切さを理解しながらも、我々は現在の経済活動をやめることができない。事の大きさは重々承知していても、一度手にした生活の水準を下げることは我々にとって堪え難いことである。それと同時に、経済状況の悪化が環境破壊に及ぼす危険性が指摘されているのも事実である[1]。このように、環境保全と経済活動は拮抗する問題でありながら、そのどちらか一方を切り捨てても人間活動を存続させていくことはできない。

そのため、「持続可能な発展」の必要性が主張されるようになった。持続可能な発展の定義は、「将来世代が自らのニーズを満たす能力を損なうことなく、現在のニーズを満たすような発展」というものである。これは、「環境と開発に関する世界委員会」が 1987 年、報告書 *Our Common Future* において公表し、1992 年には国連環境開発会議における「環境と開発に関するリオ宣言」の基調をなす考え方となった[2]。以来、各国の環境政策において、如何にして持続可能な発展を実現していくかということが議論されてきた。そのなかで、技術革新による環境効率性改善が一つの重要なキーワードとして強調されてきた。つまり、より少ない環境負荷で同じ活動ができるような技術が開発されてゆけば、持続可能な発展が実現するという考え方である。

わが国の環境基本計画においても環境政策の指針となる４つの考え方の一つとして環境効率性が取り上げられており、生産現場から社会全体に至る各レベルにおいて環境効率性の考え方を採用し、経済活動に対する環境負荷低減の目標設定や改善効果の評価に活用するとある[3]。個人の生活においても環境に優しいライフスタイルに注目が集まっており、環境効率性の良い製品、いわゆる環境配慮製品やエコプロダクトとよばれるものを選好する消費者が増えている。そうした製品の普及が結果として社会全体の環境負荷を低減させ、持続可能な経済発展に貢献することができると考えられている。

しかし、環境改善は効率性ではなく、負荷量そのもので決まる点に留意する必要がある。つまり、いくら環境効率性が向上してもその分人々の活動が増えれば、効率改善によって期待されていた環境負荷の削減量は相殺されてしまう、それどころか、効率改善前よりも環境負荷の総量が増加してしまう可能性すら存在している。

---

[1] 赤尾（2002）、ほか。
[2] Our Common Future，邦題『地球の未来を守るために』。
[3] 環境省「環境基本計画」を参照。

こうした現象はリバウンド効果（rebound effect）として知られている。温室効果ガス削減のために国が行っている環境政策や企業の自発的環境対策、さらには個人が自主的に行う環境配慮購買や環境配慮型ライフスタイルなどの効果を適切に評価するためにも、リバウンド効果の可能性を軽視することはできない。

実際に、地球温暖化問題の重大性が認知されるようになって以来、我が国は世界でもトップクラスの技術で各セクターの環境効率性を改善してきたが、そうした努力にも関わらず温室効果ガスの排出は一貫して増加傾向にある。その正確な要因は、短期的には断定することが難しいが、要因の一つとしてリバウンド効果の影響が考えられるのではないだろうか。

しかしながら、リバウンド効果は製品などの効率改善というミクロ的には妥当な行動が引き金となって発生する現象であるがゆえ、それを規制などの手段によって食い止めることはできない。加えて、そうした製品を製造する側にとっても使用する側にとっても、その責任を自らの問題として感じることは難しい。さらに、効率改善に伴って確実にリバウンドが発生するとは限らないなどの理由から、環境政策への盛り込みが困難な問題である。

（２）研究の目的

本稿では、環境改善を目的とする技術の進歩が人々の行動とどのように関わっているか、また、その結果としてリバウンド効果は発生しているのか、さらに、発生しているとしたらそれはどの程度であるかの把握を試みる。そのために、環境効率性の改善を目的とした製品に対して人々の環境負荷排出行動がどのように反応を示しているのかについて、アンケート調査を用いた実証分析を行う。また、効率改善により生じる実質的な所得の増加が潜在的にどの程度のリバウンド効果を有しているかを推計する。

具体的には、トヨタのハイブリッドカー、プリウス（以下、プリウスと省略）をリバウンド測定のための研究対象とし、議論を展開する。ハイブリッドカーはその燃費効率の高さから、その普及による CO2 削減が期待されている。プリウスは 1997 年、世界で初めての量産ハイブリッドカーとして発売が開始されて以来、エコプロダクトの先駆けとして、環境保護に関心を持つ人々の支持を受けてきた。また、それまで環境を意識してこなかった人々の目を、いわゆる「エコ」や「環境にやさしい生活」に向けさせてきた。プリウスは順調にその売り上げを伸ばし続け、現在全世界で販売台数 100 万台を突破し、トヨタは、プリウスが 10 年間で約 450 万トンの CO2 削減に貢献したと試算している[4]。しかし、当然この試算において、リバウンド効果は考慮されていない。

現在までに、企業が効率改善による環境負荷削減量の推計を行う際、リバウンド効果の可能性が考慮された例はない。特にエコプロダクトに関しては、基本的にリバウンド発生

[4] トヨタ自動車 HP 参照。

の原因が消費者一人ひとりの行動次第であるため、すべての責任を企業に帰属させることは難しい。また、リバウンド効果は経済現象であるため、技術的な側面からは見逃されやすい。しかし、地球温暖化問題への対策が急がれるなか、リバウンド発生有無の検証や推計の複雑さを理由に、対策の遅れが生じることが懸念される。そこで本研究では効率改善に潜むリバウンド効果の可能性とその規模をCO2換算し、目に見える形で示すことにより、環境対策、環境改善活動などにおけるその重要性を明らかにする。それによって環境政策への意識付けを行い、対策に向けた議論の出発点を提供すると共に、社会の総意としての政策進展を促すこと、さらに、環境配慮製品に強い嗜好を示す一般の消費者を啓発することを狙いとしている。

技術の進化それ事態に罪は無い、むしろ明らかに環境保全に必要なステップである。しかし、イノベーションに依存しているだけでは環境改善は成されない。リバウンド効果の規模も考慮したプリウスの環境性能は妥当であるといえるのかを検証する。そして、技術革新への過度な依存が対策の誤りにつながる懸念を挙げ、考察を行う。

第二章 研究対象

2-1. 環境効率性

本稿では、本研究の核となる「リバウンド効果」の概念について理解するために必要な環境効率性の概念について説明する。

（１）環境効率性とは

我々が活動を行うことで、環境に対して何らかの負荷がかかっている。例えば、消費活動を行えば、財の生産、流通、消費過程において CO2 などの環境負荷が排出される。環境効率性（Eco-efficiency）とは、こうした環境負荷に対する活動の水準と定義される概念である。つまり、環境負荷、資源やエネルギーの消費を抑制しつつ、どれだけの価値を生み出したかを評価するための指標である。環境省の「事業者の環境パフォーマンス指標ガイドライン」[5]において、経営関連指標として環境効率性を表す指標が位置づけられているなど、環境と経済の両面を踏まえた効率性を表現しようとするものであるといえる。なお、環境効率の明確な定義はなく，考え方や計算式は扱う個人や企業などによって異なる。一般には，性能や機能，売上高などを分子とし，資源投入量や消費エネルギー，CO2 排出量などを分母として算出する。たとえば、環境白書（平成 14 年版）では分子を GDP、分母を CO2 排出量や一般廃棄物排出量などとした環境効率性を示している。したがって、環境効率性は以下のように表すことができる。

$$\text{環境効率性} = \frac{\text{生産された財}}{\text{環境負荷排出量}}$$ [6]

なお、定義からも明らかなように、「環境効率が高い」とは、より少ない環境負荷で同じ活動が実現できるということである。製品・事業の価値を高めるか，環境負荷を小さくすれば，数値は大きくなり，環境効率は高くなる。

また、製品やサービスを生み出す企業の活動のみならず、活動によって生み出された製品の使用段階についても、環境効率性の概念が応用されている。例えば、二種類の自動車があるとして、１リットルのガソリンでより遠くまで走行できる方の車がより環境効率性の高い製品であるといえる。１リットルのガソリン消費による環境負荷の排出量は同じであるが、より遠くまで走行できれば、走行単位あたりの環境負荷が少ないためである。また、製造時と使用時を合わせた、製品のライフサイクル全体において環境効率性の高い製品はエコデザインと呼ばれている。エコデザインされた製品あるいはサービスがエコプロ

---

[5]「事業者の環境パフォーマンス指標ガイドライン－２００２年度版－」。

[6] 環境効率性の定義に関しては「環境白書（平成 14 年版)」、「事業者の環境パフォーマンス指標ガイドライン－２００２年度版－」、WBCSD「Eco-efficiency Indicators: A Tool for Better Decision-Making」などを参考にした。

ダクツ、エコサービスであり、その普及が社会全体の環境負荷を低減させ、持続可能な経済発展が可能であると考えられている。

環境効率の概念は、1992 年にリオデジャネイロで開催された国連環境会議（地球サミット）において、「持続可能な発展のための経済人会議」（BCSD）が提出した報告書によって提唱された[7]。そこでは、環境効率性は「少なくとも地球の包容力に沿ったレベルまで、製品・サービスのライフサイクルを通じて生態的影響と資源利用を徐々に削減し、人間の要求を満たすとともに、生活の質をもたらす競争的な価格の財およびサービスを提供することによって達成される」と定義されている。

また、WBCSD では、環境効率性を高めるための要因が次のように定められている。

①製品・サービスの物質集約度の低減

②製品・サービスのエネルギー集約度の低減

③有害物質拡散の低減

④物質のリサイクル可能性の向上

⑤再生可能資源の最大の持続可能な利用

⑥製品の耐久性の向上

⑦製品の利用密度の向上

環境効率性は、OECD や UNCTAD といった国際機関においても議論され、持続可能な社会を構築する上で重要な概念とされている。

こうした国際的な動向を受け、わが国の環境政策においても環境効率性は重要な位置づけがなされている。下の図-1 は、『環境白書』（平成 14 年版）に取り上げられている環境効率性のうち、環境負荷として CO2 排出量を、活動として GDP を取り上げ、その推移を表したものである[8]。『環境白書』では、このほかの環境効率性も含めて、その変化が分析されている。

環境基本計画では、環境政策の指針となる四つの考え方の一つとして環境効率性が取り上げられ、生産現場から社会全体に至る各レベルにおいて環境効率性の考え方を採用し、経済活動に対する環境負荷低減の目標設定や改善効果の評価に活用するとある。例えば、京都議定書の批准によって、我が国は温室効果ガス全体を 2008 年から 2012 年の平均値で、90 年に比べてマイナス 6 パーセントの削減を行うこととなっており、その内訳のなかに革新的技術開発という項目が 2 パーセント分の削減手段として含まれている（表-1）。この項目は、言い換えれば革新的技術によるエネルギー効率改善であるが、削減目標 6 パーセントのうちの 2 パーセント分という、実に全体の三分の一もの削減量を効率改善によって達成しようとしている。このように、数値からも環境政策における効率改善に対する期待

---

7 「持続可能な発展のための経済人会議」（BCSD:WBCSD の前身）

8 環境白書（平成 14 年版）。

の大きさが伺える。

また、循環型社会形成推進基本計画においては、資源生産性を取り上げ、2010（平成 22）年度の資源生産性を 1990（平成 2）年度から倍増、2000 年（平成 12）年度から 4 割向上させるという目標が設定されている[9]。以下、効率性を重点においた我が国の環境対策について、さらに例を挙げる。

①省エネルギー技術戦略

2030 年に向けて 30%以上のエネルギー消費効率の改善を行うことなどが盛り込まれた「新・国家エネルギー戦略」を受け、資源エネルギー庁では 2007 年 4 月に「省エネルギー技術戦略 2007」をとりまとめた。これによれば、産官学や異なる事業分野、メーカーとユーザーなど、様々な主体間での連携を促すことにより、革新的な技術開発を推進するとともに、今後予想される社会的経済的ニーズに対応し、目指すべき技術開発のステージを広く関係者間で共有してゆくことを目的として策定しているとある。また、その上で、2030 年に向けて省エネルギー技術を日本の国際社会における「産業競争力の源泉」とし、資源制約・環境制約を乗り越え、世界一の省エネ国家の実現を目標としている。

②トップランナー基準

エネルギーを多く消費する機器のうち、省エネ法で指定する特定機器の省エネルギー基準を、各々の機器において、基準設定時に商品化されている製品のなかで最も省エネ性能が優れている機器（トップランナー）の性能以上に設定する制度。1998 年の省エネルギー法改正において、このトップランナー基準を導入して以来、随時対象機器を追加することで、機器のエネルギー効率の向上が図られている。2006 年度には、液晶・プラズマテレビ、DVD レコーダー、ジャー炊飯器、電子レンジを新たに対象に追加した。さらには、製造時業者等に、機械器具そのもののエネルギー消費効率の高い機器の開発・供給を促し、機器のエネルギー性能の向上を図るため、2002 年、2004 年、2005 年に省エネ法を改正し、機械器具に関わる措置の強化が図られた。

以上のように、エネルギー効率性を含めた環境効率性に対する期待は高く、現在の環境境問題を考える上で欠かすことのできない要素として、我が国の環境対策の中心的として位置づけられている。

---

[9]資源生産性=GDP÷天然資源等投入量。環境省「循環型社会形成推進基本計画について」を参照。

図-1　環境効率性の推移（CO2）[10]

（出所）『環境白書』（平成 14 年版）をもとに作成。

表-1　温室効果ガス、マイナス 6％の内訳

区分	第一約束期間での目標
エネルギー利用に伴う二酸化炭素	±0.0%
エネルギー利用以外の二酸化炭素、メタン、一酸化炭素	△0.5%
革新的技術開発及び国民各界各層の更なる地球温暖化防止活動の推進	△2.0%
代替フロンガス	2%
吸収量の確保	△3.9%
その他	△1.6%
合計	△6.0%

（出所）「平成 15 年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書）」資源エネルギー庁エネルギー情報企画室，2004.5。

（２）環境効率改善と環境負荷改善

地球温暖化問題を中心とした現在の地球環境問題は従来の公害問題とは異なり、その原因も多様かつ広範な点が特徴である。そのため、地球環境問題を改善するためには政府の個別規制による対応では限界があり、企業などによる自主的環境対策の推進が必要とされ

[10] 『環境白書』（平成 14 年版）の図 1-2-11 をもとにデータを 2007 年まで延長。1973 年度を 100 とした場合の環境効率性の推移。

ている。

自主的環境対策とは、主に企業などによって行われる、義務や法的効力のない環境改善のための活動である。各主体がそれぞれに目標を設定し、取り組み、評価を行う。利益の追求を目的とする企業がこうした活動を行うのは、環境への取り組みが、株主や消費者といったステークホルダーにとって近年大きな関心となっているからである。社会に貢献している企業であることをステークホルダーにアピールするためにも、企業は自主的環境対策を行い、その結果と有効性を公表しなければならない。

そうした企業の自主的環境対策において、環境効率性の改善が環境改善に有効であることが強調されてきた。例えば、ある企業が製造する製品一単位製造あたりの環境負荷、あるいは、消費者がその製品を使用する際に排出される使用単位あたりの環境負荷排出量が少なくなれば、それが環境効率の改善であり、その改善率などを企業は環境への貢献として公表する。

社団法人日本経済団体連合会が 2008 年に発表した「地球温暖化防止に向けた産業界の取り組み−世界最高効率の達成を目指して−」では、産業・エネルギー転換部門において、1990 年から 2006 年の期間、生産活動が 11.9%増加したが、生産活動当たりの CO2 は 13.5%低減したことについて、「エネルギー効率の向上により、生産活動の増加にも関わらず、CO2 の削減を実現」として環境効率改善の有効性を主張している[11]。

ここで確認しておかなければならないのが、環境効率改善と環境負荷削減は異なる目標であるということである。各主体が環境負荷削減を目標とし、それを達成してゆけば、社会全体の環境負荷は確実に低下していく。ところが、環境効率改善を目標とした場合、それを達成したところで環境負荷が低下するとは限らない。それどころか、環境効率改善を達成しながらも、環境負荷を増大させるということも往々にして起こりうるのである。

自主的環境対策を行う企業などの主体が、環境効率性を指標とする目標を掲げる理由はそこにある。事業規模を増大させ、生産量や製造量を増加させていくことは企業にとって命題であるが、成長を続けながら同時に環境負荷排出を減少させてゆくことは容易ではない。時にそれは成長にとって大きな障害となり得る。企業にとって本業とは別である環境活動に足を引っ張られるのは避けたいことである。しかし、環境活動も行わなければ自社が社会的責任を果たしているとアピールすることができない。そこで、環境効率改善を目標に掲げる。環境効率改善は環境負荷削減と違い、企業規模を増大させる上で大きな障害とならない。企業は、環境効率性を目標にすることによって、成長と環境活動を同時に実現してゆくことができるのである。

以上のように、環境効率改善と環境負荷改善は同じではない。環境効率改善によって環

---

11 社団法人日本経済団体連合会ホームページ、『地球温暖化防止に向けた産業界の取り組み−世界最高効率の達成を目指して−』参照。

境負荷が減少することもあれば増加することもありえる。ここで、もう一つ確認しておかなければならないのが、環境効率改善が原因となって、環境負荷排出量を増加させる副次的効果を発生させるというリバウンド効果である。次節において、リバウンド効果についてあらためて説明を加える。

2-2. リバウンド効果

（1）リバウンド効果とは

前項で述べたように、環境効率性の向上は環境問題を改善してゆくための重要な手段であると考えられている。そのため、現在多くの国や企業などによってエネルギー効率をはじめとした環境効率性を向上させるための研究や開発、計画が推進され、実行に移されている。ところが、実際にそうした計画などが行われてみると、その改善効果は推計された理論上の環境負荷削減量を大きく下回るということが往々にして起こっている。例えば、我が国は京都議定書の第一約束期間において 1990 年度比で 6%の温室効果ガス削減を達成するため、政府を挙げての具体的対策[12]が定められたが、二酸化炭素排出量は基準年に比べ 11%以上も増加している。こうした計画などにおける結果が理論上の推計と大きく異なる理由の一つとして、消費者行動の影響が考慮されていないため、改善の効果が過大評価されていることが指摘されている（Edward,1994)。ある技術の効率性を向上させることによってエネルギーなどの削減目標を達成しようとしても、その効率性の改善に反応して人々は消費行動を変化させるため、そうした消費者行動を考慮に入れずに計画された環境負荷などの改善目標を達成させるのは困難である。このような、効率改善に伴って副次的効果が発生し、改善によりもたらされると推計された削減量などの一部または全てを相殺してしまう現象をリバウンド効果とよぶ。

リバウンド効果（Rebound effect）の概念は、Khazzoom(1980)によって、「エネルギー需要のエネルギー効率弾力性」として定義された。つまり、技術の進歩などによるエネルギー効率の改善が、エネルギーサービス（自動車、エアコンなど）の単位あたり費用（燃費、電気代など）を低下させ、それによりエネルギーサービスの需要を増加させてしまい、効率改善によりもたらされるはずであったエネルギーの節約効果を部分的に相殺してしまうことである。たとえば、省エネ型エアコンへの買い替えによって電気代が節約された分、暖房時間を長くすれば、リバウンド効果が発生しうる。また、効率改善による節約分によってエアコン台数を増加させれば、これもリバウンド効果となりうる。あるいは、エネルギーサービスにより節約された所得を、レジャーなどのよりエネルギーが必要な活動に向かわせれば、より大きなリバウンド効果が発生する可能性がある。

---

[12]「地球温暖化対策推進大綱」など。2005 年に評価・見直しが行われ「京都議定書達成目標計画」が閣議決定された。

以下で、リバウンド効果がエネルギーサービスの価格低下によってもたらされるエネルギーサービスに対する需要の増大であるという定義を明確にする。リバウンド効果の概念は、消費者が予算制約のもとで、エネルギーサービス s の享受による効用 u を最大化するという前提に基づいている。

$\max u(s) - pE$ ・・・(1)

ここで、E はエネルギー消費量、P はエネルギー価格を示している。サービスの水準 s とエネルギー消費量 E の関係は、エネルギーの効率性を μ として、

$s = E\mu$ ・・・(2)

で表される。これにより、

$u' = p/\mu = p_s$ ・・・(3)

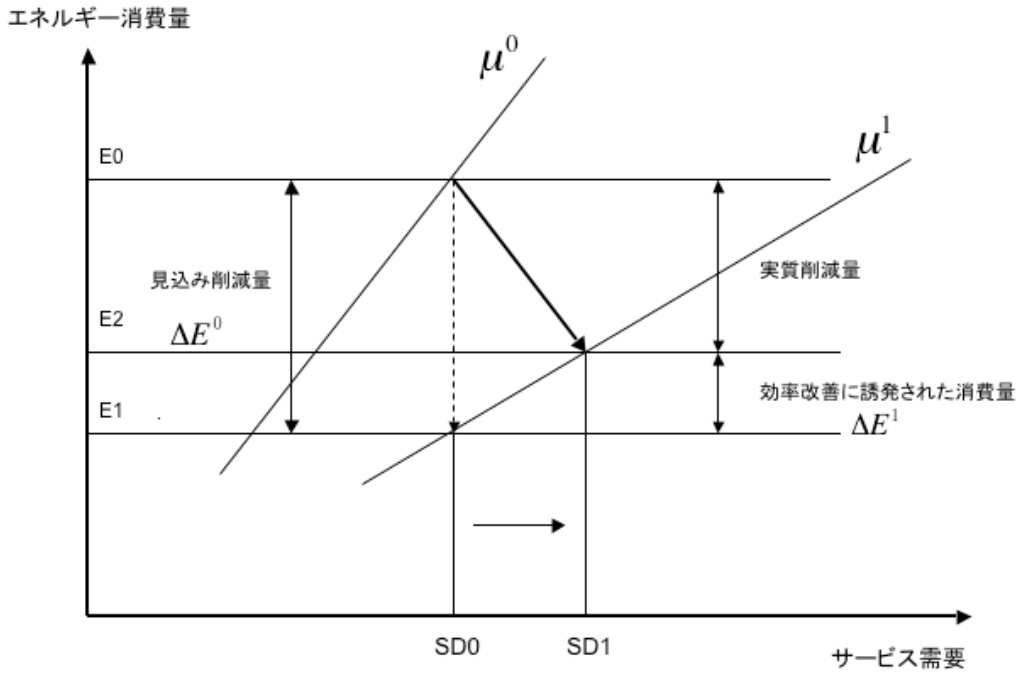
という関係が与えられる。p_s はエネルギーサービスの価格を表している。エネルギー価格の低下もしくはエネルギー効率の次項場により、エネルギーサービスの価格も低下することは明白である。そうしたエネルギー効率向上に伴うエネルギー需要の増加がもたらす副次的効果について、図-2 を用いて説明を加える。図の縦軸、横軸はそれぞれエネルギー消費量、エネルギーサービスに対する人々の需要を、曲線 μ はあるエネルギーサービスの水準を表している。省エネルギー技術の開発により、エネルギーサービスの効率性が μ^0 から μ^1 に改善された場合、サービスへの需要が変わらなければエネルギー消費量は E_0 から E_1 へと減少する。しかし、エネルギー効率が改善されれば、エネルギーサービスの単位あたりの費用が低下するため、エネルギーサービスに対する需要は SD_0 から SD_1 へと上昇するかもしれない。その結果、エネルギーサービスの改善により本来削減されるはずであったエネルギー消費量 ΔE^0 は達成されず、ΔE^0 からエネルギー効率改善に誘発されたサービス需要によるエネルギー消費量である ΔE^1 が差し引かれた値が実質的な削減量となる。つまり、ΔE^1 がリバウンドの規模を表す。

よって、リバウンド効果（エネルギー改善に対するエネルギー需要弾力性）は次のように表すことができる。

$$\text{Rebound Effect}(\%) = \left|\frac{\Delta E^1}{\Delta E^0}\right| \times 100. \text{・・・(4)}$$

以上リバウンド効果の基本的概念、定義である。

図-2　リバウンド効果の図解



（出所）Reinhard.H(2000)[13]より和訳、作成。

（２）ジェヴォンズの法則

リバウンド効果の概念を最初に経済問題に導入したのは 19 世紀イギリスの経済学者、ジェヴォンズ（Jevones, W.S.）であるといわれている。

19 世紀のイギリスにおいては、蒸気エンジンの普及や、旧来の木炭製鉄法に代わるコークス製鉄法の普及により、石炭消費量が急増していた。このため、同国の石炭資源の枯渇が憂慮されていた。そうした状況のもとでジェヴォンズは、1865 年、『石炭問題』という書を著した[14]。

当時、石炭枯渇を延命させるためには蒸気エンジンの熱効率上昇が有効であるという議論があったが、『石炭問題』のなかで、ジェヴォンズはそうした議論に反対した。確かに、個々のエンジンの熱効率が上昇することで個別的には石炭消費量は減少する。しかし、効率が改善されたエンジンはそうでないエンジンより使い勝手が良いため、以前よりそれを利用する人が増える。そして、エンジン台数の増加率の方が、効率改善による個々のエンジンにおける石炭消費量の低下率より大きくなる可能性がある。そしてジェヴォンズは、18 世紀以来のイギリスにおける石炭消費量の推移と蒸気エンジンの熱効率改善の歴史を綿密に比較し、事実そうなっていることを確認した。このような、個々のエネルギー効率

[13] Reinhard, H(2000),pp404 。
[14] Jevones, W.S. (1865)。

改善が必ずしも社会全体としての省エネルギーに結びつかず、むしろエネルギーの総消費量を増加させてしてしまう現象のことをジェヴォンズの法則という。

これは、個別の局面でのエネルギー効率の上昇が、社会全体としての負荷を大きくするような逆反応を引き起こすという意味で、リバウンド効果とほぼ同じ原理と考えられる。図-3 は二章一項の図-1 に CO2 排出量の推移を加えたものである。これによれば、環境効率性も CO2 排出量も、多少の上下の変動はあるものの、基本的に右上がりの傾向にある。我が国では第一次石油危機を契機として、官民を挙げて省エネルギー技術の推進に取り組み、世界の中でも最高水準の省エネルギーを達成してきた。ところが、省エネ技術により環境効率性が上昇すれば、本来 CO2 排出量の線グラフは右下がりの傾向になるはずであるが、我が国の CO2 排出量は一貫して増加傾向にある。この原因はさまざまなものが考えられるが、そのうちの一つとしてリバウンド効果が考えられる。こうした状況は石炭枯渇を憂慮し、その省エネルギー技術が年々進歩していったにも関わらず、石炭消費量が増加の一途をたどった 19 世紀のイギリスと同じである。環境効率性の概念そのものは有用であるが、環境負荷の削減は効率性ではなく、負荷量そのもので決まる点に留意しなければならない。つまり、いくら環境効率性が２倍に高まっても、その分活動ｓも２倍に増えれば環境負荷が減ることはない。19 世紀のジェヴォンズの警告は、リバウンド効果と呼び名を変え、現在も十分に議論する余地がある問題として存在している。

図-3　環境効率性と CO2 排出量の推移[15]

[15] 環境効率性については、図-1 と同様。CO2 排出量は、『EDMC エネルギー・経済統計要覧 2008 年版』より作成（炭素換算）。

2-3. ハイブリッドカー

本研究では、ハイブリッドカー・プリウスを例に、そのリバウンド効果ついて議論を重ねる。研究の対象として用いられたのは2003年9月にモデルチェンジされた、通称、二代目プリウス[16]である。それに先立ち本項では、ハイブリッドカーについて概説を行う。

2-3-1.ハイブリッドカーとは

CO2 排出量を部門別にみると、約 19%が運輸部門による排出であり、そのうちの多くが自動車に由来する排出である。自動車の燃費は年々改善している一方、保有台数の増加や走行距離の増加などをおもな理由に、依然として自動車による排出は多い。運輸部門における着実な CO2 排出の削減には、自動車の乗り方・車種の選択をはじめとする消費者側の問題や、ITS[17]のような交通システム全体の効率化だけではなく、自動車自体の環境負荷を低減させることも重要である。

そうした状況の中、燃料電池自動車や水素自動車など、従来のガソリン自動車にかわる動力を持った車への需要が高まっている。そのうちひとつで、すでに量産が実現し、高く認知されているのがハイブリッドカーである。ハイブリッド(Hybrid)の意味は「複合・混成」という意味で、作動原理が異なる二つ以上の動力源（ハイブリッドシステム）をもち、状況に応じて単独、あるいは複数と、動力源を変えて走行する自動車のことをハイブリッドカー（Hybrid Car）と呼ぶ。現在までに各種ハイブリッドカーが考案されてきたが、一般的な動力源はエンジン（ガソリンまたはディーゼルなど）とモーターである。エンジン効率の低い走行条件では電気モーターのみで走行し、エンジン効率の高い条件で発電させるなどトータルで考えた場合の走行の効率が最も高くなるよう制御される。燃料効率が良いため、走行過程におけるガソリン消費からの環境負荷排出量が少ない。また、騒音も非常に小さいなど、環境の面で特に優れた自動車であるといわれる。車体の製造過程での CO2 排出は従来のガソリン車より大きく見込まれるものの、走行による CO2 排出量が少ないため、結果的にライフサイクル全体での CO2 排出量は一般的なガソリン車より少ない。環境性能の良さに加え、昨今の情勢である石油の枯渇問題やガソリン価格高騰なども影響し、ハイブリッドカーへ寄せられる期待は大きい。

走行時の環境負荷の低い自動車としては、電気自動車、水素自動車、燃料電池車の排気がクリーンでエネルギー効率が良いとされている。しかし、これらは製造コストが高い、充電時間が長い、常温で気体である水素の充填量が増やせない（燃料タンク容積に対し取り出せるエネルギーが少ない、つまり充填 1 回当たりの走行距離が少ない)、水素充填の

---

16 車両型式 DAA-NHW20 シリーズ。

17 ITS(Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム)とは、最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的に構築する新しい交通システムである。

ためのインフラ整備が財政負担となるなど、多くの問題があり、いまだ開発途上にある。

しかし、ハイブリッドカーはエネルギー源に化石燃料を用いる場合、従来のガソリンスタンドでの給油のみで、距離の制限なしに走行が続けられる。そのため、新たなインフラ整備を行う必要がない点が後押しとなり普及し、「環境にやさしい車」の代表格的なイメージを持ちつつある。また、高い省エネルギー性能を有するハイブリッドカーの車種拡大は消費者の選択肢を広げるものであり、このような動きを一層拡大、加速するために、ハイブリッドカーには税制上の優遇措置や補助制度、政府系金融機関を通じた低金利融資制度による支援が実施されている。こうした制度の詳細に関しては、2-3-5. で改めて詳細な説明を加える。

図-4　2007 年度　部門別 CO2 排出量の割合

（出所）環境省ホームページ『2007 年度（平成 19 年度）の温室効果ガス排出量（速報値）について』より作成。

2-3-2. 種類・特徴

（１）種類

ハイブリッドカー（Hybrid Car）の一般的な動力源はエンジン（ガソリンやディーゼル）とモーターで、ハイブリッドシステムには３種類の異なる方式が存在している。

①シリーズ方式

エンジンを発電用として使用し、バッテリーに蓄えてモーターのみで走行する方式。電気自動車の課題である一充電走行距離を延長させるために考案され、主にバスなど大型車に採用されている。車両を駆動する動力源は一つである。

②パラレル方式

エンジンとモーターの効率の良い方を使用し、単独で足りない場合は補助しながら走行する方式。エンジンの燃料向上や排出ガス発生を低減するために考案され、二つの動力源が平行して駆動に関与することからパラレル方式と呼ばれている。しかし、パラレル方式は、エンジンを主動力に、モーターはあくまで補助動力として加速時のみに使用するため、エンジンの使用割合が圧倒的に多くなってしまう。

③シリーズ・パラレル複合方式

上述のシリーズ方式とパラレル方式の各長所を最大限に引き出すよう、組み合わせて構成されている。２モーター式であり、最高の効率になるよう走行条件によって、モーターのみで走行したり、エンジンとモーターの駆動力を合わせて走行する。また、必要な時は発電機で発電しながら走行する。

表-2　ハイブリッドシステムの比較

	燃費向上効率				走行性能	
	アイドルストップ	エネルギー回生	高効率運転制御	トータル効率	加速性	高出力持続性
シリーズ	○	◎	○	○	△	△
パラレル	○	○	△	○	○	△
シリーズパラレル	◎	◎	◎	◎	○	○

（出所）トヨタ自動車 HP より作成。

（２）特徴

ハイブリッドカーの持つ主な特徴を、長所・短所として次のようにまとめた。

１．長所

・燃費が良い。
・走行中の CO2 排出が少ない。
・排出ガス、騒音、振動が少ない。
・充電が不要。
・利用に際して特別なインフラ整備が不要。

２．短所

・製造時の CO2 排出が多い。
・バッテリーの寿命が短く、交換費用が高い。
・車両単価が高い。

長所は上記のほか、2-3-1.において述べた通りである。走行時の騒音が少ないことに関しては、ハイブリッドカーは一般的な自動車と比較してあまりにも静かすぎるため、目の不自由な歩行者や子供などが車の接近に気付きにくいといった危険性も指摘されており、実際に英国のロータス社では、騒音を発生させる装置を開発の開発を進めているという報告がある[18]。一方、短所に関しては、そのほとんどはハイブリッドカーの構成の中核となる「電気モーター」に起因するものである。まず、バッテリーやインバーター素子を含むハイブリッドシステムの部品の製造と廃棄に伴う有害物質の排出量は、ハイブリッドシステムを搭載しない従来の内燃機関車両よりも明らかに多いものとなる。また、高性能な燃費を支える主要部品であるインバーターや駆動用の HV バッテリー等は、運用によって発生する熱や電圧、あるいは充放電サイクル等によって必然的に疲弊・劣化する「消耗品としての性質」を持つ。そのため、車両やエンジン本体の寿命よりも短い周期で、ハイブリッドシステム用部品の交換が必要となる。そして、比較的に高価な車両価格は、バッテリー価格に由来するものである。このように、ハイブリッドカーの短所は主に動力源の一つである電気モーターによるものであり、今後のさらなる普及のためにはその改良が必須である。

2-3-3. ハイブリッドカー研究開発の歴史[19]

ハイブリッドカーが一般に知られることになったのはごく最近のことであるが、ハイブリッドカーの概念自体は新しいものではない。その研究開発は、100 年以上の時を超えて時代の情勢に見合うように繁栄と衰退の歴史を繰り返してきた。

世界初のハイブリッドカーはフェルディナント・ポルシェが 1896 年に発表し 1902 年からオーストリアのウィーンのローナー社で製造された「ミクステ車」(「Mixte」 - 仏:mixte〈ミクスト：混合の意〉) で、車輪を駆動するのに電気モーターを使い、エンジンで電気を発生させたシリーズ方式だった。続いて、1905 年には H. パイパーがモーターをエンジンのアシストに利用するというアイデアでガソリンと電気のハイブリッド車の特許を取得した。しかしエンジン性能の進歩によりこの技術は不要となってしまう。

米国では 1915 年、電気自動車を主に作っていたウッズ社 (Woods Motor Vehicle:1899-1916) が、四気筒エンジンとモーターを使って 25km/h 以下ではモーターで、それ以上ではエンジンで走行する自動車を発表し、1918 年までで 600 台ほどが販売された。同じく米国で、1921 年に、オーエン・マグネティック (Owen Magnetic) の 60 型ツーリングではエンジンが発電機を駆動し後輪それぞれにマウントされたモーターで走行した。当

---

[18] U.S. News and world reporting “Prius Soon will Offer V8 Roar”、CNET Australia “Lotus ’Safe & Sound’ system makes hybrid, electric vehicles audible” を参照。
[19]御堀 (2000)、電気自動車ハンドブック編集委員会編 (2001)、GP 企画センター (2003) をもとに作成。

時ハイブリッド車は、電気自動車の航続距離の短さや、蒸気自動車の取扱いの難しさ、一定回転数でないと有効な出力が取り出せない内燃機関の欠点などを克服する為に作られた。ところが、しばらくしてエンジン技術は目覚しい発展を遂げ、ハイブリッドカーは衰退していった。

その後、40 年近くの時を経た 1959 年、トランジスターを用いた現代的な電気自動車として開発され市販されたヘニー・キロワット（Henney Kilowatt）において、電子的な速度制御技術が開発され、これがハイブリッドカーを一歩すすめることになった。ヘニー・キロワットは、ルノーなど４社による共同開発だった。販売は失敗に終わったが、この開発は電気による走行技術の歴史の一歩とされている。それからも各社でハイブリッドカーの研究は続けられたが、主要メーカーは大量生産にはいたらなかった。

それから数年後、トヨタが「ニューエンジンとエネルギー問題」というテーマへの取り組みのなかで 1964 年から研究し、1969 年から実車開発を開始。1971 年にはバス用試作ユニットとして公開。1965 年にはゼネラルモーターズが GM512 を登場させた。当時、大気汚染問題が深刻となっていたが、これにさらに石油ショックが重なったことで、排ガス対策と省燃費が国レベルで求められるようになった。自動車会社は会社の存続をかけて各種対策に取り組んだが、この取り組みの一つとしてハイブリッドカーの研究開発に力が入れられた。しかし、1985 年を過ぎる頃となると安定した石油供給と排ガス対策により、ハイブリッドカー研究は縮小された。

同時期に、米国のビクター・ウォーク（Victor Wouk）は電気ハイブリッド駆動のプロトタイプを 1972 年にビュイック・スカイラークに搭載した。これは米国連邦政府が 1970 年におこなった連邦政府クリーンカー・インセンティブ・プログラムに参加したゼネラルモーターズがおこなったものだった。しかし、このプログラムは EPA 米国環境局が 1976 年に打ち切ってしまった。

その後、90 年代に入ると温暖化問題をはじめとした地球環境問題や石油の枯渇問題により、再びハイブリッド車の研究が盛んになっていった。欧州ではメルセデス・ベンツやフォルクスワーゲンが数々のハイブリッド試作車を製作したが、いずれも本格生産されることはなかった。アウディはアウディ 80 duo を 1994 年に市販し、乗用車ではハイブリッドカー初の市販車となった。しかし、非常に高価だったため実質売れなかった。1997 年にもアウディは A4 duo をディーゼルエンジンとモーターで 90 台生産した。販売価格は 6 万マルク（約 450 万円）であったがこちらも販売は失敗に終わった。結局アウディはハイブリッドカーの市場はないという結論に達し、ディーゼル技術へ舵を切った。

米国ではクリントン政権が 1993 年 9 月の新世代自動車パートナーシップ[20]でクライスラー、フォード、ゼネラルモーターズ、USCAR、DoE などに次世代の経済的でクリーンな自動

[20] Partnership for a New Generation of Vehicles (PNGV)

車を開発するように求めた。これは第二目標（Goal 2）としてすばやく生産に載せられることを確約できる証明をおこなうことされ、第三目標（Goal 3）では 2004 年にプリプロダクション試作車に移行できることとされていた。しかし、このプログラムは 2001 年のブッシュ政権で水素燃料にフォーカスしたフリーダム・カー・イニシアチブに置き換えられてしまった。

日本では、トヨタからマイクロバスコースターのシリーズ方式ハイブリッドを搭載した「ハイブリッド EV」が 1997 年 8 月に市販された。これは電気自動車で、一回の充電で走行可能な距離をより長くしようとして考案されたものである。走行中に発電をして、充電もおこないながら走るため、電気自動車よりもより長く走ることを可能にした。そしてその年の 10 月、ついに世界初の量産型ハイブリッドカー、プリウスの販売が開始され、現在ハイブリッドカーはその歴史上、最盛期を迎えている。

以上がハイブリッドカーの歴史である。ハイブリッドカーの研究開発が盛んになるのは常に、その時代の自動車に足りない何かを人々が求めている時期である。ハイブリッドは、時代が求めるニーズを補完するための手段として研究開発が行われてきたのである。

2-3-4. 普及・実用化の状況

表-3 からわかるように、ハイブリッドカーは近年その車種が急速に増加、普及している。表-4 はハイブリッドカーの保有台数の推移を年度別にみたものである。平成 14 年度に合計 91,210 台と 10 万台に満たなかったものが、5 年後には約 4.7 倍の 427,912 台に増加している。平成 15 年度から 16 年度にかけては年率 30 パーセント以上の伸び率で急速に保有台数が拡大し、その後も毎年に 6 万台以上の台数拡大を達成している。特に、平成 17 年から 18 年にかけては約 9 万台と大きな拡大を見せた。他方、18 年度から 19 年度にかけては初の減少がみられた。以上を車種別にみていくと、ハイブリッドカーに占める「乗用車」の割合は高く、比率は平成 14 年度の約 99.5 パーセントから微減しているものの、19 年度においても 98 パーセント以上となっている。中でも、平成 15 年までは最も多かった「小型」を 16 年に「普通」が大幅に逆転し、以降、普通が主流となっている。また、乗用車につづいて多いのが「貨物車」である。これは、運搬会社などが自主的環境対策としてハイブリッドの貨物車を取り入れるケースが増えているためであると考えられる。しかし、その比率は未だに低く、19 年度でわずか 1.3%である。軽自動車は、「商用」の保有台数がない状況が平成 16 年まで続いていたが、17 年を境にわずかずつ増加している。逆に「乗用」の方は平成 16 年を境に変化がみられなくなった。また、「乗合車」は微増微減を繰り返しており、未だに本格導入は実験段階であることが伺える。以上より、6 年間におけるハイブリッドカーの保有台数をみていくと、保有台数の大幅な拡大は、乗用車の増加によるものであり、貨物車以外の保有台数はほとんど増加していない点が推移の特徴としてあげられる。

表-3　主なハイブリッドの実用車

[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]

（出所）電動車両普及センターHP より作成。

表-4　ハイブリッドカーの保有台数（年度別）[21]

		H14	H15	H16	H17	H18	H19
乗用車	普通	22,587	62,330	125,912	185,673	274,181	358,147
	小型	68,167	69,365	68,956	67,725	67,790	63,345
貨物車		9	217	1,318	2,583	4,185	5,676
乗合車		391	348	298	323	329	241
特種車		0	0	0	0	0	0
軽自動車	乗用	56	256	286	287	287	287
	商用	0	0	0	53	116	216
合計		91,210	132,516	196,770	256,644	346,888	427,912

（出所）電動車両普及センターHP より作成。注）推定値。単位）台。

2-3-5. 税・補助金制度

自動車を取得･所有する際には各種の税金が課せられるが、地球温暖化防止の観点から、排出ガスや燃費性能が優れた環境にやさしい自動車への軽減措置を特例で実施することで、一層の開発・普及の促進をはかっている。まず、自動車の取得に際し、取得額が 50 万円以上の場合には、自動車取得税が課されるが、ハイブリッドカーの取得に際しては、バス・トラックの場合 2.7%、乗用車の場合 2.0%税率が軽減される優遇措置がある。一方で、登録から一定年数を経過したガソリン車等を保有する場合は、より高率の自動税額が適用されることになる。

また、ハイブリッドカーの取得を促す補助金制度がある。まず、環境省を主体とする低公害車普及事業では、公営バスへの電気自動車の導入支援として補助金の交付をおこなっ

[21]年度内に国内で生産された台数。

ている。通常車両との価格差、あるいは改造費用の 50%が補助率である。地方公共団体が率先して低公害車を導入することで地域として省エネルギー対策、代替エネルギー対策を推進するねらいがある。他方、民間を対象としたものとして、環境省を主体に電動車両普及センターを問合せ先とするクリーンエネルギー自動車等導入促進事業がある。ハイブリッドカーの新規購入（ただし、乗用車は除く）にあたり通常車両との価格差 50%以内が交付される。以上は、中央政府を中心とするものであるが、地方に目をむけると、ハイブリッドカーの普及に際しての補助制度を設置している自治体が複数ある。ハイブリッドカーは電気自動車、天然ガス・メタノール自動車等とともに、「八都県市指定低公害車」に定められ、横浜市などでは早期代替者に対して、軽自動車の場合は 30 万円、原付自転車 4 輪の場合は５万円を上限に補助金が交付される[22]。他方、愛知県-岡崎市、春日井市、刈谷市、豊田市、東海市、三重県-鈴鹿市、川越町、大阪府、兵庫県-姫路市、芦屋市などでも独自に低公害車の導入促進として補助度を定めている。

以上のように、ハイブリッドカーの普及を経済的にバックアップする、取得・保有に関連する税率負担を軽減する特例措置や取得の際の補助金交付によって、運輸部門における省エネルギー・代替エネルギーの推進が図られている。

2-4.プリウス[23]

プリウスとは、トヨタ自動車株式会社（以下トヨタ）が 1997 年に発売を開始した世界初となる量産型のハイブリッドカーである。2000 年からはアメリカやヨーロッパなどの海外でも販売が開始され、現在では北米を中心に世界 40 以上の国や地域で販売されている。

2-4-1. プリウスの特徴[24]

プリウスはシリーズ方式とパラレル方式を組み合わせたシリーズ・パラレル方式のハイブリッドシステムを採用しており、トヨタはこれをプリウスに最適化したものを「プリウス用 THS（Toyota Hybrid System)」と呼んでいる。プリウス用 THS の基本的な構造は、基本的には一般的なシリーズ・パラレル方式と同じだが、エンジン動力を動力分割機構により分割し、一方で直接車輪を駆動、他方は発電に使用し使用割合を自在に制御するといった特徴を持っている。その他の主な性能上の特徴として以下の四つがあげられる（ただし、一般的なハイブリッドカーの特徴と大きく異なる点はない)。また、プリウスの主な車両仕様、環境仕様については表-5、表-6 の通りである。

1.エネルギーロスの低減

---

[22]埼玉県、東京都、神奈川県、さいたま市、千葉市、川崎市、横浜市が該当する。
[23]トヨタ HP を参照。
[24]御堀（2003)、トヨタ HP を参照。

アイドリング運転を自動停止（アイドルストップ）することにより、無駄となっていたエネルギーを削減する。

2.エネルギーの回生

内燃機関自動車では停止時に熱として捨てていたエネルギーを電気エネルギーとして回収し、その電気エネルギーを、スターターやモーターの電力として再利用することでエネルギー効率を高めている。また、それにより、CO や大気汚染物質（NOｘなど）の排出量低減を実現している。

3.モーターアシスト

加速時にエンジン駆動力をモーターが補助する。

4.高効率運転制御

エンジン効率の低い走行条件ではモーターのみで走行し、エンジン効率の高い条件で発電するなど、車両のトータル効率が最も高くなるように制御する。

これらの性能により、プリウスの燃費性能は 10・15 モード走行で 35.5km/L、ユーザーの実走行燃費に近いとされる新基準 JC０８モードで 29.6km/L と高く、環境負荷に関しては平成１７年排出ガス７５％低減レベルの国内最高基準を達成している。

表-5　プリウスの主な仕様

		G	S
車両型式・重量・性能			
車両型式		DAA-NHW20-AHEGB	DAA-NHW20-AHEE
トランスミッション		電気式無段変速	
車両重量　kg		1,280	1,260
車両総重量　kg		1,555	1,535
最小回転半径　m		5.1	
寸法・定員			
全長　mm		4,445	
全幅　mm		1,725	
全高　mm		1,490	
ホイールベース　mm		2,700	
トレッド	フロント mm	1,505	
	リヤ　mm	1,480	
最低地上高　mm		145	
乗車定員　名		5	

（出所）トヨタホームページ（http://toyota.jp/prius/spec/spec/index.html）。

表-6　プリウスの環境仕様

車両仕様	車両型式		DAA-NHW20			
	エンジン	型式	1NZ-FXE			
		総排気量(L)	1.496			
		燃料	無鉛レギュラーガソリン			
	駆動装置	駆動装置	2WD			
		変速機	自動無段			
環境仕様	燃料消費率	10・15モード	燃料消費率(国土交通省審査値)*1(km/L)	30.0 ◆*2	33.0 ◆*3	35.5 ◆*4
			CO2排出量(g/km)	77	70	65
		JC08モード	燃料消費率(国土交通省審査値)*1(km/L)	27.0★*5	29.6★*6	29.6★*6
			CO2排出量(g/km)	86	78	78
		参考	◆印の数値の車両は「2010年度燃費基準*7」、★印の数値の車両は「2015年度燃費基準*7」をクリアしている。また、グリーン購入法にも適合している。			
		主要燃費向上対	ハイブリッドシステム、アイドリングストップ装置、自動無段変速機、可変バルブタイミング、電動パワーステアリング			
	排出ガス	JC08H+JC08Cモード認定レベル(国土交通省)		SU-LEV*8		
		認定レベル値(g/km)	CO	1.15		
			NMHC	0.013		
			Nox	0.013		
		参考		八都県市指定低公害車の基準に適合		
	車外騒音	適合騒音規制レベル		加速騒音規制値:76 dB-A		
	エアコン冷媒使用量(冷媒の種類)　(g)			450(代替フロン HFC134-a)		
	環境負荷物質の使用	鉛		自工会自主目標達成(1996年比1/10以下)		
		水銀		自工会自主目標達成(2005年1月以降使用禁止)		
		カドミウム		自工会自主目標達成(2007年1月以降使用禁止)		
		六価クロム		自工会自主目標達成(2008年1月以降使用禁止)		
	リサイクル関係	リサイクルし易い材料を使用した部品	(TSOP)	フロントバンパー、リヤバンパー、サイドマッドガード、カウルルーバー、フェンダーサイドプロテクター、床下空力カバー、内装材(ピラーガーニッシュ、ドアトリム、ルーフサイドインナーガーニッシュ)等		
			(TPO)	ルーフモール		
		樹脂、ゴム部品への材料表示		あり		
		リサイクル材の使用	(RSPP*9)	ダッシュサイレンサー、カーペット嵩上げ、消音材		
			(リサイクル	デッキボックス		
			(再生ペット材)	トランクマット		

*2. 195/55R16タイヤ装着車で車両重量1280kg以上の場合　*3. 185/65R15タイヤ装着車で車両重量1270kg以上の場合。

*4. 車両重量1260kgの場合。　*5. 195/55R16タイヤ装着車。　*6. 185/65R15タイヤ装着車。

*7. 省エネ法に基づき定められている燃費目標基準。　*8. 平成17年度基準排出ガス75%低減レベル。

*9. RSPP：Recycled Sound-Proofing Products　*10. リサイクルPP：Polypropylene

（出所）トヨタホームページ。

2-4-2. プリウスの普及状況

図-4 はプリウスの国内海外を問わず、その累計販売台数の推移を示している。図からも明らかなように、プリウスは平成 15 年以降、国内海外ともにその販売台数が急激に増加している。特に国内において、平成 20 年は 7 万台以上が販売され、過去最高の販売台数を達成している。また、海外においては平成 16 年以降毎年 10 万台以上が販売され、19 年には約 22 万台と 30 パーセント以上の伸び率で急速に販売台数が拡大している。この大きな要因のひとつには、平成 15 年にフルモデルチェンジしたことがあげられる。初代モデルは小型 4 ドアセダンで 5 ナンバーであったのが二代目は 5 ドアハッチバックとなり、海外市場を考慮してやや大型化、車幅が 1,725mm と拡大されたため 3 ナンバーとなった。また、初代モデルの理論燃費は 10・15 モードで 28.0km/L であったが、二台目は最大で 35.5km/L とさらに燃費性能を向上させた。その他、ボディ剛性の向上、遮音性の向上、サスペンションのチューニング等、乗り心地に関する点も大幅に改良され、環境に関心を持つ一部の人々以外にも広く受け入れられるようになった。

もう一つの要因は昨今の社会情勢にあると考えられる。地球環境問題、特に地球温暖化が明るみになって以来、エコバッグの使用や省エネ家電の購入など、個人によるいわゆる「環境にやさしい生活」がライフスタイルの一つとして市民権を得るようになり、環境問題をより身近に感じはじめた人々が、日々の暮らしの中で環境に貢献するためにプリウスを選択するようになった。図-5 は 2007 年 1 月から 2008 年 11 月の期間における、プリウスの月間販売台数の順位と各月のガソリン価格の推移を示したものである。これによれば、2007 年 1 月から 2008 年 5 月までは各月の順位には波があるが、その後、ガソリン価格が 160 円に差しかかった 2008 年 6 月から 11 月までは常に 10 位以内の売り上げを記録している。これは、従来の、環境問題への関心と燃費の良さという二つのウェイトを購入動機とする消費者に加え、燃費性能により重点を置く購入者が多くなったことによるものではないかと考えられる。これらの詳しい要因については推測の域を出ないものの、プリウスは約二年の間、常に月間販売台数で 20 位以内の順位を記録している。特に 2008 年に入ってからは、一時的にガソリン価格が低下した 2 月、3 月のそれぞれ翌月である 3 月 4 月を除いては、常に 10 位以内の販売台数を記録しており、その普及が急速に進んでいる。

図-4　プリウス累計販売台数の推移[25]

図-5　プリウスの月間販売台数順位（国内）とガソリン価格の推移[26]

[25] トヨタ HP、自動車販売協会 HP を参照。ただし、平成 20 年については、日本 1～11 月の販売台数、海外 1～4 月の販売台数。
[26] 自動車販売協会 HP、石油情報センターを参照。

2-5. プリウスの CO2 排出抑制効果

トヨタはプリウスと同クラスの自動車のライフサイクルによる環境負荷排出量の比較を図-7 のように表している。トヨタホームページには CO2、NOx、SOx、PM〔粒子状物質〕、NMHC〔非メタン化水素〕について同様の図を載せているが、本稿では、研究の対象を、温室効果ガスの CO2 のみとする。また、以下、本稿では環境負荷については CO2 を中心として議論を進める)。図によれば、プリウスはその製造過程（素材製造および部品製造）において排出される CO2 が同等クラスの一般的な車両に比べて約 1.7 倍ほどである。しかし、製造過程における CO2 排出量の高さを燃費の良さ(ガソリン消費による CO2 排出量の低さ)でカバーしている。そのため、ライフサイクル全体における CO2 排出量は、同クラスの自動車を 1000 とした場合、プリウスは 700 程度であり、結果的に約 3 割程度の CO2 排出抑制が達成されることになる。

トヨタは、2008 年 4 月までにプリウスの累計販売台数は 100 万台を突破し、その結果、約 450 万トンの CO2 排出抑制効果があったと発表した[27]。しかし、これは理論上の推計結果である。つまり、条件がプリウス以外の自動車に乗っている場合と全て同じであればという前提に基づいている。これだけの効率改善が達成され、それが人々の行動に全く変化をもたらさないということは考えにくい。燃費の効率が改善されれば、その分走行距離を増やす人もいるかもしれない。あるいは、今まで自動車を所有しなかった個人が、燃費の良さなどに魅力を感じプリウスを購入すれば、それは抑制効果ではなく、単なる CO2 排出量の純増である。変化に対する人々の行動は敏感であり、とくに消費活動においては顕著ある。そのため、燃費改善によるリバウンド効果の予測を抜きにした、理論のみによるプリウスの CO2 抑制効果の試算を評価することはできない。

京都議定書の基準年となる 1990 年比マイナス 6 パーセントを達成するために、我が国は技術の進歩に手を尽くしてきた。さらに、近年の石油枯渇に対する憂慮やガソリン価格の高騰なども手伝い、自動車の燃費は年々改善されてきた。しかし、図-7 のように、運輸部門における CO2 排出量は基準年よりも 3700 万トン増加しており、特に自家用乗用車からの排出量は基準年に比べてその割合が増加している。この要因については様々な角度からの検討が必要であるが、リバウンド効果もその一因となっている可能性を否定することはできない。

[27]「市場走行台数×走行距離×燃費（各国モード燃費）×CO2 換算係数」。

図-6　プリウスと同クラスガソリン車とのライフサイクル CO2 比較[28]

（出所）トヨタ HP（/http://toyota.jp/prius/ecology/index.html/）を基に作成。

図-7　運輸部門における二酸化炭素排出量の推移

（出所）国土交通省ホームページ

2-6.研究対象にプリウスを用いる意図

（１）研究対象としてのわかりやすさ

プリウスを研究に用いる意図として、まずその研究対象としてのわかりやすさを挙げる

[28]自動車の生涯走行距離 10 万 km を 10・15 モードで走行した場合の結果。

ことができる。プリウスは、現在のように地球温暖化問題が人々にとってまだ一般的ではなかった 1997 年に登場したエコプロダクトの先駆者である。プリウスの登場により、以前は結びつくことのなかった消費と環境配慮の関係性を強く人々に印象づけ、それまで環境に関心のなかった消費者の目を環境配慮へと向かわせることとなった。一般の人々にとってはエコプロダクト＝プリウスであり、プリウスはいわばエコプロダクトのシンボルである。本研究の目的は環境効率性を例に挙げ、技術革新への過度な依存が環境対策の誤りになる危険性を指摘することにあるため、誰もが知るエコプロダクトのシンボル的存在を研究対象に用いることによって、エコプロダクト＝環境にやさしいという考え方の危険性を、誰にとっても理解しやすいかたちで指摘することができる。

（２）情報収集の容易さ

例えば、ある家電製品をより効率の良い製品に買い替えたとしても、その節約効果は日々の使用のなかで直接的に感じることができない。また、家電製品は一件の住宅に数多く存在するため、特定の製品の節約効果がどの程度であったかを電気代などから判断するのは難しい。ところが自動車に使用するエネルギーであるガソリンは、給油所に自ら行き直接購入するタイプのエネルギーであるため、自分がどれほどの量を使用しているか、燃費はどの程度であるかを把握しやすい。また、買い替えなどを行った際の燃費の向上や低下も比較的実感しやすい。つまり、エアコンを省エネ型に替えたことによる電気代の節約分がどの程度であるかを把握している人は少なくても、自動車を低燃費型にしたことによる燃費の節約がどの程度であるかを把握している可能性は高いはずである。そのため、自動車を研究対象に用いれば、他のエコプロダクトを対象に用いるよりも直接的なデータを収集することが容易である。加えて、プリウスは自動車販売台数ランキングにおいて本年度５位を記録するなど、その普及が急速に進んでいる。このため、プリウスの所有者や情報に対するアクセスの容易性も非常に高くなっている。

2-7.プリウスが持つリバウンド効果の可能性

本節では、プリウスが持つリバウンド効果の可能性について考える。ここで、プリウスの究極的な目的は環境改善であることを前提とする。そのため、プリウスのリバウンド効果を「環境効率向上に対する環境負荷排出量弾力性」と定義する。また、本研究で扱う環境負荷の指標は CO2 のみとする。環境効率プリウスが持つリバウンド効果の可能性として、主に次のようなことが考えられる。

①今まで自動車を所有しなかった個人が、その高い環境性能に魅力を感じ、プリウスを購入する。あるいは、すでに一台以上の自動車を所有している個人が、同様の理由でプリウスを購入し、所有台数を増やす。

②走行距離を控えていた自動車の所有者が、プリウスに乗り換えたことによる燃費改善を契機に走行距離を増やす。

③プリウスに乗り換えたことによる燃費改善により節約された支出を他の消費行動に回すことにより環境負荷が発生する。

以下で、①～③に説明を加えてゆく。

（1）リバウンド①

まず、①について説明を加える。もともと自動車を所有している個人が、その自動車の寿命に伴い、新たに自動車を購入し、その自動車のライフサイクルでの環境効率が以前使用していたものより優れていれば、効率が良くなった分の環境負荷が抑制されたことになる。しかし、当然ながら、今まで自動車を所有しなかった個人が自動車を一台購入すれば、新たに一台分のライフサイクル CO2 排出量が純増することになる。その際、自動車の購入動機が環境効率の改善によるものであれば、購入によって純増した環境負荷は、本来発生することのなかった環境負荷をプリウスが誘発したこととなり、リバウンド効果であるということができる。環境負荷の低減を目的として作られた製品が、結果として環境負荷を増加させたためである。また、同様の理由で、自動車をもともと所有している個人がプリウスを購入することもリバウンド効果である。これらが、①のリバウンド効果である（以下、リバウンド①とする）。

ただし、購入動機が環境性能であることが重要である。デザインや走行性が購入動機であれば、効率改善に対する反応ではないため、いくらプリウスの登場が購入動機とはいえ、リバウンド効果とは言いがたい。環境改善のために作られた製品が、その環境性能以外の部分で消費者に購買動機を与えれば、それも上述のような、環境負荷を純増させるタイプのリバウンド効果といえるかどうかは難しい問題である。リバウンド効果の定義に明確な境界性がある訳ではないため、本研究では著者の判断により、そうしたケースはリバウンド効果と捉えないこととする。図-8 はリバウンド①についてまとめたものである。

図-8　リバウンド①の図解

（２）リバウンド②

続いて、②について説明する。2-6-1 においても述べたように、もともと自動車を所有している個人が、以前より効率性の優れた自動車に乗り換えれば、効率が良くなった分の環境負荷が抑制されたことになる。しかし、これは「すべてが乗り換え以前と同じであれば」という条件の下においてである。つまり、乗り換える以前の自動車と同じ使い方をすることが前提である。ガソリン代の節約や、環境負荷の排出削減などを理由に走行距離を控えていた個人が、「プリウスであれば以前より多く走ってもガソリン代が安い、環境負荷が低い」といった理由で乗り換える以前より走行距離を増やし、その結果、「すべてが乗り換え以前と同じであれば」という条件の下で抑制されると試算された環境負荷が減じてしまえば、これはプリウスのリバウンド効果であるといえる。これをリバウンド②とする。リバウンド②は Khazzoom（1980）によって定義された「エネルギー需要のエネルギー効率弾力性」という本来的な概念のリバウンド効果である。

（３）リバウンド③

最後に、③について説明を加える。プリウスに乗り換えたことによって、燃費や環境負荷を以前よりも気にせずに自動車に乗れるようになっても、特に使用頻度や走行距離に変化が無いという個人もいるはずである。これらの個人は「すべてが乗り換える以前と同じであれば」という条件を満たし、期待されたとおりの環境負荷抑制に貢献をしているといえる。ただし、プリウスは極めて燃費が良いため、乗り換えた後も以前と同じ程度の使用しかしなければ、大抵の場合は以前より毎月ないしは毎年のガソリン代が節約されると考えられる。そして、節約されたガソリン代は余剰所得として家計に加算されることになる。その結果、自由に使える所得が実質的に増加し、その分消費行動が増加すれば、それに伴い環境負荷も増加する。これが、リバウンド③である。

余剰所得の使われ方までは特定することは困難である。貯蓄にまわされているということもあり得る。そのため、リバウンド③はあくまでも潜在的リバウンドの可能性として扱う。

ところで、図-9 は 2005 年の日本の CO2 総排出量は、13 億 1,783 万トンであった。この排出量は国内外での最終需要に起因して誘発されたものと考えられるが、その内訳を示したのが図-9 と表-7 である。これによれば、家計消費に誘発される CO2 排出量は、6 億 3,933 万トンで 48.5%になっている。つまり、家計消費によって誘発される CO2 排出量は総排出量の約半分であり、家計消費活動が環境問題に与える影響は大きい。そのため、プリウスによる燃費改善がもたらす所得効果に誘発される CO2 排出量増加の可能性を軽視することはできない。

図-9　最終需要によって誘発された CO2 排出量の内訳

（出典）環境分析用産業連関表（2000 年度版）より作成。

表-7 最終需要によって誘発された CO2 排出量の内訳（単位：億 t-CO2）

最終需要	誘発CO2排出量（生産過程および消費過程）
家計外消費支出	0.36
家計消費支出	6.39
対家計民間非営利団体	0.05
一般政府消費支出	1.19
固定資本形成(公的)	1.25
固定資本形成（民間）	2.1
在庫純増	0.05
輸出	1.78
合計	13.18

2-8．プリウスのリバウンド効果検証手順

前節で述べたプリウスのリバウンド効果①～③を検証するために必要な手順を以下に説明する。

（１）評価対象の情報収集

分析対象の決定、評価対象のライフサイクル環境負荷把握、データの収集などを行う。本研究では、プリウスを分析対象とし、そのリバウンド効果を推計する。同等クラス（重量）のガソリン自動車と比較する。

（２）リバウンドの範囲と検証方法の選定

リバウンド効果と一口にいっても、その範囲は広い。そのため、あらかじめリバウンドの範囲設定をする必要がある。例えば、高瀬(2005)は消費行動パターンの変化がもたらす行動時間の変化が CO2 排出量を誘発させる可能性を推計の対象にした。推計方法に関しても特に決定的な手法があるわけではなく、エントロピーモデルを用いたもの(本堂 2008)など、いろいろな方法が考えられる。今回は研究目的や研究対象の特性を考慮し、適した方法を選定する。

（３）調査票の作成

リバウンド効果の推計に必要な情報を検討した上で、質問項目を決定する。具体的な質問内容・形式を検討し、郵送、対面、インターネットなどの調査方法を選定する。その詳細については第三章において記載する。

（４）事前調査

本調査に入る前に、調査内容に問題や不備がないかを確認するため、事前調査を行う。事前調査終了後は、調査結果をもとに分析を行う。その結果、問題があれば、質問内容・調査内容の修正を行う。次章 3-1.「事前調査」においてその詳細な説明を加えた。

（５）本調査

調査期間、目標集計数を決め、調査対象に対して本調査を開始する。次章 3-2.「本調査の設定」に詳細を記載した。

（６）調査結果の集計および推計

調査結果から、プリウスのリバウンド効果の推計を算出する。また、その結果に考察を加える。その詳細については第四章に記載した。

2-8-1. 評価対象の把握

プリウスのリバウンド効果を測定するためにはまず、プリウスに乗ることによりどの程度の CO2 排出が抑制できるかを把握する必要がある。トヨタはそのため、評価対象であるプリウスのライフサイクル CO2 把握、そのためのデータの収集などを行う必要がある。これを求めるためにはプリウスの LCA を行う必要があるが、データ収集、特にハイブリッドカーの特有部品であるインバーター、コンバーター、動力分割機構、内燃機関、また輸送段階の情報収集が困難であり、企業からも情報を得ることが出来なかった。ただし、本研究では LCA の詳細や正確性に重点を置いているわけではなく、あくまでリバウンド効果の推計上、データとして製造段階までの CO2 排出量を得る必要があるである。そこで、プリウスのホームページに掲載されている LCA グラフ（2-5、図-6）を基に、製造時の概ねの CO2 排出量を割り出すことにした。図-6 はトヨタ発表による、プリウスと同等クラスガソリン車のライフサイクル CO2（以下、LCCO2）の比較図を忠実に再現したものであり、図-6（2）はこの y/数値軸の目盛り間隔を狭め、グラフをより目測に適したものにした。

まず、このグラフは相対表示であるため、絶対値に直す必要がある。トヨタによれば、

グラフのLCCO2排出量は10万キロを10･15モードで走行した場合を想定しているとある。ただし、10・15 モードの３パターンの燃費、30.0km/L、33.0km/L、35.5km/L のうちどれを採用しているか明記していない。そのため、燃費にはこれらの平均値である 32.8km/L を採用する。グラフから、走行による CO2 排出量が目測で 340 程度の指数であることがわかる。そして、生涯走行距離が 100,000km であるため、

指数 340=100,000km・・・(5)

が把握できる。

（生涯走行距離）100,000km÷（燃費）32.8km/L・・・(6)

から、生涯に必要なガソリンを 3048.8 リットルと算出。これにガソリン 1 リットルから排出される CO2 の換算係数である 2.3kg/L を乗じ、100,000km の走行による CO2 排出量が約 7012.2kg であることが求められる。100,000km=指数 340 なので、

7012.2kg/340・・・(7)

より、「20.6kg(CO2)/指数」が与えられる。図-6(2)のライフサイクル各段階の目測値にこの値を乗じ、CO2 排出量を数値化したもの図-6(3)である。これにより、プリウスのライフサイクル各段階での CO2 排出量が把握できる。また、ライフサイクル全体での CO2 排出量は 14,214kg であることがわかる。これに対し、同クラスガソリン車の LCCO2 は 20,600kg である。この結果からすれば、プリウスは一台につき約 6,400kg の CO2 抑制効果があることになる。ただし、この結果は理論燃費である 10・15 モードを用いたものであるため、実際の抑制効果はより少ないと考えられる。これに関しては第四章において、アンケート調査により得られる実走行燃費を用い、改めてプリウスの CO2 抑制効果について試算、検討を行う。

図-6(2)

図-6(3)

2-8-2. プリウスのリバウンド効果の検証方法

（１）リバウンド①の検証方法

リバウンド①はプリウスの登場により自動車を所有することを決めた人々によって排出される CO2 の純増量が、プリウス購入者全体によって抑制されるはずであった CO2 量のうち、どの程度であるかを把握することによって検証する。つまり、(CO2 純増量）÷（見込み排出抑制量）×100 によって求める。ただし、プリウス販売台数のうちどの程度が自動車の初購入者であるかを把握することは不可能である。そのため、プリウス所有者に対してアンケートを行い、そのうちの何パーセントが初購入者であるかを把握することによってリバウンド①を検証する。アンケートの詳細については第三章で説明を加える。

（２）リバウンド②の検証方法

リバウンド②に関してもプリウス所有者に対するアンケート調査の結果をもとにその大きさを把握する。ただし、プリウスの所有者が以前どの車種を所有していたか、その生涯走行距離はどれくらいであったか、今後どの程度プリウスを使用する予定であるかなど、その詳細なデータを一台一台把握することは難しく、ライフサイクル全体でのリバウンドを把握するのは困難である。そのため、リバウンド②については、以前所有していた自動車とプリウスで、毎月もしくは毎年のガソリン消費量や走行距離にどのような変化があったかを尋ねることにより、その使用量が効率改善の影響をどのように受けているかを把握し、短期的な使用に関するリバウンド発生の有無と程度を検証する。

（３）リバウンド③の検証方法

リバウンド③を検証するためにはまず、リバウンド②のアンケート調査で得られた結果をもとに、プリウス購入後のガソリン消費量の減少による実質的な所得の増加が月平均あるいは年平均でどの程度であるかを把握する。

その後、中野[29]によって作成された環境分析用産業連関表を用い、アンケート結果より明らかになる余剰所得がどれだけの CO2 を発生させるかを推計する。環境分析用産業連関分析表は、経済活動と CO2 排出量の関係を、産業連関表の部門別に対応した形で推計したものである。この環境分析用産業連関分析表を利用して作成された CO2 排出点数表により、消費に関する CO2 排出量を把握することができる。この CO2 排出量は、ある財が生産される過程に排出される CO2、流通過程から排出される CO2、さらに灯油やガソリンなどのように消費している過程から排出される CO2 を含む。生産過程においては、その財を生産するために直接・間接的に必要となる中間投入財の生産から排出される CO2 を含むので、これらをあわせて誘発 CO2 排出量と呼ぶ。これにより、消費額からどの程度の CO2 が排出されるのかを知ることができる。

また、プリウスは電気モーターやバッテリーを伴うハイブリッドカーであるため、車両重量、排気量が同クラスの一般的なガソリン自動車と比較し、その車両価格が高価である[30]。そのため、月々のガソリン価格が乗り換える以前より安くなったとしても、比較的高価な車両価格によってその節約分が相殺されてしまう可能性も考えられる。ただし、アンケートの回答者が乗り換え以前にどの車種に乗っていたか、また、その価格や乗車期間などの詳細を得ることが困難であることが予想される。乗り換え以前の自動車がプリウスより低価格であることもあれば高価格であることも考えられる。そのため、今回は乗り換え以前と以後の車両価格の差を考慮せず、アンケートによって与えられる確実な情報である月平均あるいは年平均の実質所得の増加分のみをもとに推計を行うこととする。

以上が本論文で扱うリバウンド効果の検証方法である。

---

29 中野（2008）。

30 例として、カローラ（DBA-NZE141-AEMNK）135.6 万円、アリオン（DBA-NZT260-CEXEK）174.3 円に対し、プリウス（DAA-NHW20-AHEEB（U））233.1 万円。全て標準クラス価格。

第三章 アンケート調査の設計

第三章では、本研究の中心である、プリウスのリバウンド効果を探るために行ったアンケート調査の設計について説明を行う。最近のアンケート調査は、出来る限り幅広い層のサンプルが収集できるように、地域やグループに制限されずアクセスし回答が可能な、インターネット上でのアンケートを用いるのが一般的である。しかし、本アンケートは無作為のアンケート調査とは異なり、その対象がプリウス所有者のみに絞られる。インターネット上でアンケートを行えば、景品やポイント獲得を目的に、実際にはプリウスを所有していない個人が回答する危険性が出てくる。また、インターネット上でアンケートを行うことの利点は幅広い層の回答を得ることができる点であるが、プリウスの所有者という時点で所得や年齢がある程度限定されることは予想でき、回答層が偏ることはあまり問題ではない。さらに、自動車は回答者個人による所有というよりも、世帯による所有という感覚が強いと思われるため、アンケートは世帯の総意として回答してもらう。そのため、回答者個人の属性はさほど重要ではない。

以上のようなことを考えた結果、紙面の調査票を用いて直接のアンケートを行うことが確実かつ賢明であるという判断に至った。回答者はショッピングモールなどの駐車場においてプリウス所有者に対して声をかけるという最も確実な方法で探し、その場で回答を得た。

今回は、調査表の設計のために事前調査を実施し、その結果を元に調査内容について修正を行い、最終のアンケート表を作成した。以下、本調査のアンケート設計手順と各項目の調査内容について概説する。

3-1. 調査票の設計

本項では、調査表の内容設計について、設問ごとに説明する。

3-1-1. 共通質問項目

2-6.で述べたように、プリウスの持つリバウンド効果の可能性は、所有者の購入タイプによって異なる。すなわち、ある所有者にとってプリウスは初購入した自動車であるのか、それとも乗り換えた自動車であるのか、あるいは二台目以上の車であるのかの三つの購入形態である。この三種類の購入形態ごとに集めたい情報は異なるため、共通の調査項目と購入形態ごとの調査項目を作成する必要がある。以下で、まず共通の調査項目について述べる。

（１）購入タイプ、購入年度

購入タイプは、それによって次の質問項目が変わってくるため、最初に尋ねるべき質問項目である。2-5、本章前項でも述べたように、購入タイプは、アンケート被験者が「初

購入」「乗り換え」「二台目以上」の三つのうちどれに当てはまるかを尋ねる。この三つの購入形態に対して、初購入を購入タイプⅠ、乗り換えを購入タイプⅡ、二台目以上を購入タイプⅢとする。購入タイプ別の質問項目については、別途説明を加える。

（２）選択理由

プリウスの選択理由については、特にタイプⅠ、Ⅲに対して重要な設問であるが、タイプⅡに対してもプリウス所有者の環境意識や燃費についての関心などを把握するために同様の質問を行う。

（３）月平均走行距離とガソリン消費量

月平均の走行距離やガソリン消費量、また、燃費に関する質問は、プリウスの走行により実際にどの程度の CO2 が排出されているかを知るために必要である。トヨタが公表する自動車の燃料消費率（国土交通省審査値）は理想的な走行条件で使用した場合の理論燃費であるため、その値を信用して CO2 排出量を計算すれば排出抑制効果が過大に評価されることになる。実際に、トヨタが公表しているプリウスの LCCO2（図-6）も、理論燃費である 10・15 モード（30.0km/L、33.0km/L、35.5km/L のいずれか、明記なし）で計算されているが、これらの値は実際の走行条件を考えれば非現実的である。また、2008 年 5 月にトヨタはプリウスの販売台数が 100 万台を超え、結果として 450 万トンの CO2 抑制効果があったと発表したが、こちらも理論燃費で語られている。過大な推計の危険性を避けるため、被験者に月平均走行距離、ガソリン消費量を尋ね、実走行燃費の平均値を割り出す。

（４）個人属性

個人属性に関しては、プリウス所有世帯にみられる所得の傾向などを把握するために行う。この項目は世帯所得や年齢など、設問の存在が回答者に抵抗を与えるものが多いため、任意回答、かつ番号による選択制にした。

（５）その他

アンケート用紙の最後に、プリウスを使用しての感想や環境問題などについて自由に意見を書いてもらう欄を設けた。

3-1-2. 購入タイプⅠの回答者に対する質問項目

購入タイプⅠの回答者には、リバウンド①を発生させているかどうかを検証するための質問を設定する。まず、①「自動車を購入することに決めた動機がプリウスの登場によるものである」か、それとも②「プリウスでなくても、もともと自動車を購入しようと考えていた」のかを尋ねる。また、①、②両方の被験者に、所有する自動車をプリウスに決めた理由を選択形式で尋ねる。選択肢は①環境に配慮した車であるため、②デザイン、③燃

費が良いため、④走行性が良いため、⑤その他（理由を聞く）の五つで、複数回答可とする。回答者（A）のうち、プリウスに決めた理由に①か③が含まれていれば、これをリバウンド効果と捉え、その値を推計する。

3-1-3. 購入タイプⅡの回答者に対する追加質問項目

購入タイプⅡの回答者にはリバウンド②および③を発生させているかどうかを検証するための質問を設定する。タイプⅡの回答者に対しても、Ⅰの回答者と同様、自動車を乗り換えた動機がプリウスであるか、また、プリウスを選択した理由を尋ねる。ただし、タイプⅡの回答者に関しては、動機、選択理由ともリバウンド効果と直接は関係のない質問項目である。続いて、Ⅱの回答者には、プリウス購入以前と以後で、月間の走行距離がどのように変化したか（増えたのか、減ったのか、変化なしか）、また、それがどの程度であるかを尋ねる。それがもし増えているとすれば、これはリバウンド効果の可能性がある。どの程度増えているかがわかれば、期待された CO2 抑制効果に対してどの程度のリバウンドが発生したか、燃費改善に対する走行距離の弾力性がどの程度であるかを把握できる。さらに、プリウス購入以前と以後でガソリンの消費量がどのように変化したかも質問項目に加える。こちらも増えたのか、減ったのか、あるいは変わらないのか、加えて、増減があればどの程度であるかを尋ねる。消費量が減った場合は、ガソリン代が減った分、余剰所得が増えると考え、それによりどの程度の CO2 が発生するかを推計する。

3-1-4. 購入タイプⅢの回答者に対する追加質問項目

購入形態Ⅲの回答者に対する質問項目は購入形態Ⅰの回答者に対するものとほぼ同じく、二台目以上の自動車を購入した動機とプリウスに決めた理由を尋ね、リバウンド①が発生しているかどうかを検証する。

以上が調査内容である。なお、プリウスは全クラスにディスプレイが標準搭載であり、運転を終え車庫に戻り、車両のスイッチを切る際、運転に関する環境情報がディスプレイに表示される[31]。環境情報の項目としては、走行距離、平均速度、ガソリン使用量、燃費、二酸化炭素排出量、加えて、ガソリン使用量の内訳（走行用、冷房用、暖房用）までも表示する。これにより、プリウス所有者は普段から自身が毎日どれだけの距離を走行しているか、燃費がどの程度であるかを把握することができる。そのため、アンケート調査は比較的円滑に行うことができ、かつ正確な情報を得ることができるのではないかと考えられる。

---

[31] プリウスは日本初となる、プッシュボタンスタートを採用している。スイッチを押すことによりハイブリッドシステムが起動する。

3-2. 事前調査の実施

本調査を実施する前に、質問項目の妥当性、質問内容の伝わり方、 質問意図や説明の分かりやすさ、回答に要する時間、分析に必要な回答数を得るためにどれだけの期間が必要であるか、等を把握することを目的とし、事前調査を行った。事前調査は本調査と同様の条件で紙面の調査票を用いて行い、その調査内容を確認した後、本調査に進んだ。調査概要は以下のとおりである。

2008 年 9 月、サンプル数を 20 程度集めることを目標に、紙媒体の仮調査票を用いたアンケートをショッピングモールや大型スーパーマーケットの駐車場にて行った。ここでは、アンケート内容や、回答結果から得られる妥当性の検証に加え、アンケートの分量や回答所要時間が回答者に負担感を与えないか、質問が正しく伝わっているか、その他修正すべき問題点の洗い出しを目的とした。

3-3. 本調査の実施

2008 年 10 月 7 日から、とくに期日は設けず、一ヶ月程度でサンプル数 100 件の回収を目標として、本調査を実施した。回答者がプリウス所有者のみというアンケートの特性上、協力依頼を行うことはできなかった。また、前章で述べた通り、インターネット上でのアンケートは用いないことにした。そのため、横浜市内のショッピングモールなどの駐車場において、プリウス所有者に直接声をかけ、紙ベースのアンケート調査を行った。結果として、11 月 12 日に予定通り 100 件のサンプルを集めることができた。アンケートは紙ベースのものを口頭で行ったため、回答者が質問の意味などに戸惑う場合はその都度対応しながら進めることができ、サンプルのすべてを有効回答として扱うことが出来た。また、世帯所得や年齢など、回答者に抵抗感を与える設問については、口頭ではなく、回答者に記入してもらうかたちにした。

第四章 アンケート調査の結果

本章では、アンケート調査の結果をまとめ、考察を加える。以下順番に回答結果を概観し、説明を加えていく。

4-1. 回答者の個人属性

はじめに、回答者の属性について概観していく。サンプル数はちょうど 100 であるため、本項に登場する数の単位は「人」であるが、「パーセント」としても同じである。

図-11 は、回答者の内訳を性別・年齢別に集計したものである。それによると、全有効回答者 100 名のうち、性別では男性 33 名、女性 67 名とやや女性の方が多く、年代別では、20 歳代から 70 歳代の幅の間で広く分布している。女性の 30～50 歳代が全体の約 6 割を占めているが、これはアンケート調査を行った時間帯に平日の午後が多かったため、主婦層の回答者が多いためである。これは、職業別に集計した表-8 からも明らかである。職種では主婦が最も多い。次いで無職が多いが、これは年金受給者などの高齢者が多いためで、図-11 の年齢分布において 60 歳以上の回答者は 16 名にのぼる。以下は、自営業、パート・アルバイト、会社員と分散しており、ある程度幅広い層からの回答が得られたといってよいだろう。全体的に見れば主婦と無職が解答全体の 6 割を占めるという偏った結果ではあるが、無作為のアンケートのように幅広い層の回答者を求めているわけではないため、このような結果になったことは特に問題ではない。

世帯収入については、図-12 に示している。300 万円から 1500 万円以上と収入の幅にはかなりばらつきがあるが、年収 800 万円以上の回答者が約半分を占めており、比較的富裕な世帯の回答者が多いことが分かる。プリウスの車両価格は比較的高価であるため、当然回答者の世帯も比較的所得の高い層となることは予想された結果である。

図-10　回答者の男女比

図-11　回答者の男女年齢別分布

表-8　回答者の男女職業別分布

	総計	男	女
会社員	8	8	0
主婦	41	0	41
教員	1	1	0
公務員	1	1	0
自営業	14	7	8
学生	0	0	0
ﾊﾟｰﾄ･ｱﾙﾊﾞｲﾄ	9	1	7
無職	19	13	6
その他	7	2	5
無回答	0	0	0
合計	100	33	67

図-12　回答者の世帯収入分布

4-2．調査票本文の回答結果

以下で、調査票本文の結果について概観し、その後分析を行う。

4-2-1．購入年、購入タイプの分布

購入年、購入タイプの分布はそれぞれ図-13、図-14 のようになった。まず、図-13 は回答者のプリウスがいつ購入されたのかを示している。2003 年は現行モデルのプリウスが発売された年である。また、同じ図-13 において、各年の平均ガソリン価格の推移が折れ線グラフによって表されている。これによると、ガソリン価格の上昇に合わせるかのように購入者の数も増加していることがわかる。その他、一般市民の地球温暖化問題への関心の高まりや、石油枯渇問題などさまざまな環境問題がメディアなどで日々取り上げられるようになったことも、年を追うごとに購入者が増加していることに関係していると考えられる。あるいは、プリウスのようなエコプロダクトが年々増加し、市民権を得るようなっていったこと自体が、一般市民の環境に対する関心を高めているとも捉えることができる。

購入タイプは図-14 からも明らかなように、約 7 割が購入タイプⅡの「乗り換え」の購入者である。購入タイプⅠ「初購入」はわずか 4 人しかおらず、残りの 25 人がタイプⅢの「二台目以上」という結果になった。

図-13　回答者の購入年とガソリン価格の推移

図-14　購入タイプの分布

（１）購入タイプＩの詳細

購入形態Ｉの回答者の中で、自動車の購入動機を（A)「プリウスの登場によるものであ

る」と答えた回答者は１名で、残り３名は（B)「プリウスでなくても、もともと自動車を購入しようと考えていた」と答えている。この１名の回答者を「Ｉ－(A)」の回答者とする。「Ｉ－(A)」の回答者のプリウス購入理由に①「環境に配慮した車であるため」、③「燃費が良いため」が含まれていたため、これはリバウンド効果としてその値を推計する。購入形態Ｉの回答者でも、購入動機が（B）の場合はリバウンド効果と見なすことはできない。そもそも自動車を購入予定だったという回答者の行動は、効率改善が自動車の購入を誘発したというリバウンド効果の定義に当てはまらないためである。「Ｉ-A」の１名が発生させるリバウンド値（CO2）については、次項 4-3 で計算する。また、月平均の走行距離とガソリン消費量は表-9 のようになった。また、これらのサンプルから、単純に「走行した距離÷使用した燃料の量」という計算方法で平均実走行燃費を求めると 17.3km/L という値が求められる。

表-9　購入タイプＩの回答者の月平均走行距離とガソリン消費量

	月平均走行距離〔km〕	Œ□ □ □ □ K□ \□ □ □ □
平均	475	27.5
最小	300	25
最大	600	30
合計	1900	110
標本数	4	4

（２）購入タイプⅡの詳細

購入形態Ⅱの回答者は全体の約７割を占める結果となった。まず、プリウスに乗り換えた動機は、「(乗り換える必要はなかったが）プリウスに魅力を感じ、乗り換えた」と答えた回答者は９名であった。一方、「(プリウスでなくても）もともと乗り換えようと考えていた、あるいは乗り換える必要があった」と答えた回答者は 62 名と多数を占めた。乗り換えの際プリウスを選択した理由に関しては図-15 で確認できるように、「燃費」が最も多く、次いで「環境配慮」が多く、プリウス自体が自動車の乗り換え動機でなくとも、プリウスの特性が多分に考慮されていることがわかる。ただし、Ⅱの購入者はＩの購入者と違い、その購入動機や理由がリバウンド効果に直結するわけではないので、これらの項目はあくまでも考察の上で参考という扱いとする。

表-10 はⅡの回答者の月平均の走行距離とガソリン消費量である。Ｉの回答者と比べ走行距離は二倍近く、ガソリン消費量も多い。しかし、Ｉはサンプル数自体が極めて少ないため、単純に傾向の比較はできない。また、自動車輸送統計年報（平成 19 年度）によれば、我が国の自家用車一台当たりの年平均走行距離は約 8,700km であり、これを月平均にすると、725km である。このため、Ｉは平均値の約三分の二程度であり、Ⅱは平均値より

180km ほど大きいということになる。また、Ⅱの平均実走行燃費は 19.1km/L となる。

図-15　プリウスの選択理由（複数回答可）

表-10　購入タイプⅡの回答者の月平均走行距離とガソリン消費量

	月平均走行距離〔km〕	Œ□ □ □ □ K□ \□ □ □ □
平均	905.6	47.3
最小	200	20
最大	3000	150
合計	64300	3355
標本数	71	71

表-11 はプリウス購入以前と以後で月平均の走行距離がどのように変化したか、また、それがどの程度であるかという項目について集計したものである。これによれば、プリウス購入後も特に走行距離に変化はないという回答者が 65 人と大多数であった。また、増えたと答えた回答者は４人、逆に、減ったと答えた回答者は二人であった。それぞれの平均変化量は表の通りである。

次に表-12 は月平均のガソリン消費の変化に関する項目を集計したものであるが、これに関しては全ての回答者が減ったと答えた。つまり、Ⅱの大多数を占める 65 人の回答者は燃費が良くなり、ガソリンの消費量が減っても、それに応じて走行距離を増やすことはしないということになる。つまり、燃費改善による直接的なリバウンド効果はあまり見られない。ただし、走行距離が増えたと答えた４人に関してはリバウンド効果の可能性としてその弾力性と CO2 の推計を行う。

また、月平均のガソリン消費の減少量はⅡの回答者全体の平均で 48.9 リットルとなった。毎月 48.9 リットル減少すれば、実質的な所得の増加をおおいに感じるはずである。この所得効果がもたらしうる消費活動によって生じる CO2 排出量を推計し、それがどの程

度のリバウンドを発生させる可能性があるかを推計する。

表-11　走行距離の変化とその程度

	人数	平均変化量(km)
増えた	4人	350
変わらない	65人	0
減った	2人	400

表-12　ガソリン消費量の変化とその程度

	人数	□□□□□□□□
増えた	0人	0
変わらない	0人	0
減った	71人	48.9

（３）購入タイプⅢの詳細

購入形態Ⅲの回答者 25 人中、二台目以上の自動車の購入動機を（A)「プリウスの登場によるものである」と答えた回答者は 2 名、残り 23 名は（B)「プリウスでなくても、もともと二台目(あるいはそれ以上)の自動車を購入しようと考えていた」と答えている。この 2 名の回答者は「Ⅰ－（A)」の回答者と同様の扱いとする。「Ⅰ－（A)」の回答者 2 人のプリウス選択理由に①「環境に配慮した車であるため」、③「燃費が良いため」が含まれていたため、これはリバウンド効果としてその値を推計する。「Ⅰ-A」の１名が発生させるリバウンド値（CO2）については、4-3-で計算する。また、月平均の走行距離とガソリン消費量は表-13 のようになった。また、これらのサンプルから、平均実走行燃費を求めると 18.3km/L という値が求められる。

表-13　購入タイプⅢの回答者の月平均走行距離とガソリン消費量

	月平均走行距離〔km〕	Ⓔ□□□□K□\□□□□
平均	668.0	36.6
最小	200	15
最大	1500	90
合計	16700	915
標本数	25	25

4-3. リバウンド効果の検証と推計

本項では、上述のアンケート結果に基づき、購入形態Ⅰ～Ⅲから発生しうる、二章で述べたリバウンド①～③の推計を行う。

（１）リバウンド①の検証、推計

リバウンド①はまず、改善に対してどの程度の弾力性があるかではなく、アンケートに回答してもらった任意のプリウス所有者のうち、どの程度の人々が自動車の初購入者であるかを把握する。さらに、その中でもプリウスの登場が自動車の購入理由である割合を把握することで明らかにする。

まず、生涯走行距離 10 万キロを走行すると仮定した場合のリバウンド①のリバウンド率を明らかにする。(CO2 純増量）÷（見込み排出抑制量）×100 の CO2 純増量にプリウス三台分の LCCO2 値である 14,214kg×3 を、見込み排出抑制量には、プリウスは一台につき約 6,400kg の CO2 抑制効果があると見込まれているため、6,400 に合計台数の 100 を乗じ、640,000kg として 42,642÷640,000×100 より、約 6.7%であると推計される。また、この場合、プリウス購入者全体のうち、初購入者の割合 1%につき約 2.2%のリバウンドが発生する。

次に、プリウスが一台純増することによるリバウンド率を計算する。プリウスが一台純増することにより発生する CO2 排出量は、ライフサイクルのうち、製造段階（素材製造及び部品製造）までに発生する CO2 である。これは 2-7-1.の図-6(3)から明らかなように、素材製造 4107kg、部品製造 2073kg の合計 6180kg となる。これを、生涯走行距離で仮定した場合と同様の式に当てはめる。すなわち、6,180kg×3÷640,000×100 となり、これにより約 2.9%という値が与えられる。この場合は初購入者の割合 1%につき約 0.97%のリバウンドが発生する。

以上の結果、リバウンド①は約 2.9%から 6.7%であることが明らかになった。

（２）リバウンド②の検証、推計

タイプⅡの 71 人のうち、リバウンドを発生させているのは４人だった。リバウンド②は月ごとのリバウンドがどの程度であるかを推計する。まず、プリウスに乗り換えたことによってガソリン減少量は平均で月 48.9L 減少している。そして、プリウス購入以後に走行距離が増えたと答えた人の平均走行距離増加量は 350km である。これはプリウスの購入による環境効率改善がもたらした距離の増加、すなわちリバウンドであると見なす。そして、リバウンド率は、「(効率改善に誘発された CO2 排出量）÷（効率改善により見込まれた CO2 削減量）×100」により求められる。48.9L の削減により削減されるはずであった CO2 量は 48.9 に CO2 換算係数である 2.3kg/L を乗じ、112.47kg となる。効率改善に誘発された CO2 排出量は、増加分である 350km の走行に必要なガソリン消費により排出される CO2 であるため、350km をタイプⅡの平均燃費である 19.1km/L で除し、18.3L を求める。これに CO2 換算係数の 2.3 を乗じ、42.09kg が求められる。そして、42.09÷112.47×100 より、37.4%という値が与えられる。これにより、プリウスへの乗り換え以後、走行距離が増えたと答えた 4 人の回答者は月平均で 37.4%のリバウンドを発生させていることが明らかになった。これは、リバウンドを発生させている回答者のみの平均値であるため、

次に、タイプⅡ全体でどの程度のリバウンドがあるのかの把握を試みる。

タイプⅡの 71 人によって抑制されるはずであった CO2 排出量は 48.9L×2.3kg/L×71 より 7985.4kg となる。それに対し、走行距離が増加した 4 人が発生させた CO2 は 42.09kg ×4 より 168.4kg であり、168.4÷7985.4×100 から、2.1%が与えられる。これにより、タイプⅡ全体で見た場合のリバウンドは約 2.1%であると推計される。

（３）リバウンド③の推計

4-2-2.で示したように、Ⅱの回答者のガソリン消費の減少量は平均で 48.9ℓとなった。これによって生じる所得を単純に「48.9×ガソリン価格」で求める。また、ガソリン価格は、アンケートの対象となった現行プリウスが発売された 2003 年 9 月から、最後にアンケートを行った 2008 年 11 月までの期間の平均（130.0/L）とした。この結果、ガソリン消費量が減少した分、Ⅲの人々の実質所得は月平均で 6357 円増加したことが明らかになった。

次に、6357 円の所得増加による消費行動がどの程度の CO2 を誘発する可能性があるかを推計する。家計の消費から誘発される CO2 排出量は、2000 年環境分析用産業連関表を用いて作成された「CO2 排出点数表」により把握することができる。「CO2 排出点数表」の計算方法は次のようである。第 j 財を 2000 年に 1 万円購入したときに、財の生産・流通・消費の過程で、直接間接に誘発される CO2 排出量は次式で与えられる。

$$C_j^C = c^P(I-(I-\hat{M})A)^{-1} + c^f)f_{(j)}^C \quad ・・・(8)$$

ただし、

A ：397 部門の投入係数行列

$\hat{M}$ ：輸入係数行列

I ：単位行列

C_j^C ：j 財の購入者価格あたりの消費による誘発 CO2 排出量

$f_{(j)}^C$ ：j 財の生産者価格評価消費額と運賃・商業マージンからなるベクトル

c^P ：C_j^P を要素とする行ベクトル

c^f ：C_j^f を要素とする行ベクトル

C_j^P ：j 財生産 1 単位当たりの CO2 排出量

C_j^f ：j 財消費 1 単位当たりの CO2 排出量

$cons_j$ ：j 財の国民 1 人あたりの生産者評価消費額

$m\arg in_j$ ：j 財の国民一人あたり商業マージン（卸売、小売の 2 形態）

$freight_j$ ：j 財の一人あたり運賃（鉄道貨物輸送、道路貨物輸送、沿海、内水面貨物輸送、港湾輸送、国内航空貨物輸送、貨物運送取扱、倉庫の 7 形態）

である。$f^C_{(j)}$ は次のようなベクトルで表される。

$$f^h_{(j)} = \begin{pmatrix} 0 \\ M \\ 0 \\ cons_j \\ 0 \\ M \\ m\arg in_j \\ 0 \\ M \\ 0 \\ freight_j \\ 0 \\ M \\ 0 \end{pmatrix} \quad \cdots \quad (9)$$

上式の第 1 項は財の生産、流通時の CO2 排出量を示し、第 2 項は消費時の排出量を示す。従って、j 財がエネルギー材である場合を除いては、第 2 項はゼロとなる。このようにして財ごとに計算された 2000 年購入者価格表示 1 万円あたりの CO2 排出量を、アンケート結果から明らかになった、プリウスに乗り換えたことによる余剰所得分の 6357 円分で算出した結果が表-14 である。これらの値が、プリウスの走行により、ひと月に削減されるはずである CO2 排出量、すなわち「月平均ガソリン消費減少量（48.9ℓ）×CO2 換算係数（2.3kg/L）＝112.47kg」に対してどの程度のリバウンド可能性を有しているかは、表-15

にまとめられている[32]。第三費目に関しては、石炭製品（灯油）など消費過程において多くの CO2 を排出する財が含まれているため、他の費目と比較して些か極端な値となったが、これらを除けば、実質所得の増加によるリバウンド効果は約 2～20%の間であることが明らかになった。

表-14　家計消費購入者価格 6357 円あたりの誘発 CO2 量平均(単位：kg-CO2)

第1費目(食品･飲料･煙草費)	12.90
第2費目(住居費)	2.00
第3費目(光熱･水道費)	157.20
第4費目(家具･家事用品費)	22.19
第5費目(被服及び履物費)	7.65
第6費目(保険医療費)	7.29
第7費目(交通通信費)	21.36
第8費目(教育費)	11.49
第9費目(教養娯楽費)	9.94
第10費目(その他)	12.68

表-15　所得増加によるリバウンドの可能性（%）

第1費目(食品･飲料･煙草費)	11.5
第2費目(住居費)	1.8
第3費目(光熱･水道費)	139.8
第4費目(家具･家事用品費)	19.7
第5費目(被服及び履物費)	6.8
第6費目(保険医療費)	6.5
第7費目(交通通信費)	19.0
第8費目(教育費)	10.2
第9費目(教養娯楽費)	8.8
第10費目(その他)	11.3

4-4. 調査結果のまとめ

本章ではアンケート結果に基づき、プリウスのリバウンド効果を推計した。リバウンドの推計方法や範囲は、購入のタイプによって分けるなど、やや変則的なものとなったが、それぞれ検証することができた。

結果、タイプⅠ～Ⅲまですべての購入タイプがそれぞれリバウンドを発生させており、リバウンド①～③の検証を行うことができた。リバウンド①については、自動車の純増量のみを考えた場合、0.97～2.9%、10 万キロの走行を仮定した場合は 2.2～6.7%であると

[32] なお、より詳細な情報として、6357 円の消費により誘発される CO2 排出量が費目別財別に資料（２）にまとめられている。

推計された。また、タイプⅠは 0.97%、タイプⅢは 1.94～4.4%のリバウンドをそれぞれ発生させていると推計された。リバウンド②は全体で 2.1%、リバウンドを発生させている所有者の平均は 37.4%であると推計された。プリウスに乗り換えたことによる燃費の節約がもたらす実質所得の増加が 6357 円であり、これにより誘発される可能性のある CO2 排出量は 2.0～157.2 kg であり、リバウンド③は 1.8～139.8%と推計された。CO2 排出量 157.20kg は所得増加分が石油製品や石炭製品の消費に使用された場合の値であるが、これらは極端に大きい値となった。こうした例外を除けば、実質所得の増加により発生する CO2 排出量は最大でも 22.19kg であり、リバウンド③は 1.8～19.7%となる。

リバウンド③はあくまでも発生した場合の規模についてその可能性を推計したのに対し、①および②に関しては調査により得られた値から実際に発生しているリバウンドの規模を推計することができた。

4-5.プリウスの CO2 抑制効果の試算

トヨタによれば、プリウスは全世界で販売台数 100 万台を突破し、車両サイズおよび動力性能が同等クラスのガソリンエンジン車と比較した場合、約 450 万トンの排出抑制効果があったと試算している[33]。その試算方法に関しては「市場走行台数×走行距離×燃費(各国実走行燃費)×CO2 換算係数」としているが、用いられた数値などの詳細は不明である。そのため、本項では、アンケート調査により得られたプリウスの実走行燃費を基に、プリウスの CO2 抑制効果を試算し、トヨタによる試算との比較、検討を行う。

まず、第二章 7 項において用いた図-6(3)に、アンケートで求められた実走行燃費を当てはめ、生涯走行距離を 10 万キロと仮定した場合の抑制効果を推計する。10 万キロを 100 名のアンケートにより求められた平均燃費の 18.8km/L で除し、生涯走行に必要なガソリン量を 5319.1 リットルと算出。これに CO2 換算係数である 2.3kg/L を乗じ、走行により排出される CO2 が約 12,234kg が得られる。これにより、実走行燃費で計算した場合のプリウスの LCCO2 は約 19,384kg であることがわかる。次に、図-6(3)では同クラスガソリン車として比較対象になっている自動車についても理論燃費が用いられているため、これにプリウスの実走行燃費／理論燃費の割合を用い、実走行に近い燃費を求める。図-6(3)において比較対象の自動車の燃費は、10 万キロ走行による CO2 がプリウス 7004kg に対し 15656kg と約 2.2 倍であるため、燃費はプリウスに用いた 32.8km/L を 2.2 で除し、約 15.0km/L とする。さらに実走行燃費に近い値を求める、プリウスと同じ実走行燃費／理論燃費の割合を用い、8.6km/L という値を得る。そして、プリウスの LCCO2 を算出した際と同じ手順により比較対象車の LCCO2 である 26744kg が得られる。結果として、プリウスと同クラスガソリン車を比較した場合、プリウスは一台につき約 7360kg の CO2 抑制効果

[33] トヨタ HP ニュースリリース (2008/5/15)。

があることがわかる。ところが、トヨタ発表による図-6を基にした図-6(3)ではプリウスのCO2抑制効果は約6400kgであった。つまり、図-6に関しては、トヨタは理論燃費である10･15モードの値に自縛され、プリウスのCO2抑制効果を過小評価してしまっている。一台につき7360kgのCO2抑制効果があるため、仮に100万台全てが販売され、生涯走行距離を平均値である10万キロ程度とすれば、将来的には736万トンのCO2抑制を見込むことができる。この結果を考慮すれば、トヨタが根拠としている各数値はCO2換算係数以外不明ではあるものの、現在販売されているプリウスがいずれ450万トン以上の抑制を達成することは間違いないだろう。ただし、トヨタがいうように現時点で実際にその値が達成されているかどうかは不明である。図-6によれば、プリウスは製造過程に6180kgのCO2を排出し、同クラスの自動車が製造過程で排出する3502kgよりも約1.76倍多い。この製造時における1.76倍のCO2排出量の多さを、走行段階での約2.2倍の燃費の良さで相殺するが、そのためには約2万キロの走行が必要である。つまり、それまではプリウスの方がCO2排出量が多いことになる。その後は1万キロの走行につき約1450kgのCO2排出抑制効果がある。プリウスは販売台数100万台を突破したが、表－16によれば、プリウスはその5割以上がここ3年間以内に販売されたものである。ここで、一年間の走行を我が国における平均である約1万キロと仮定すると、ここ二年間以内に販売された約40万台のプリウスはその抑制効果をまだ発揮しておらず、それよりさらに一年前に販売された18.5万台のプリウスは1450kg×185,000÷1000より、26.8万トンの排出抑制しか達成していない。販売台数100万台全てが10万キロ走行することによるCO2抑制効果が736万トンであるため、販売台数のうち約半数がそれを達成したとしても368万トン、それに26.8万トンを加えても400万トン足らずである。このため、トヨタが公表したプリウスのCO2抑制効果はかなり過大に評価されている可能性がある。ただし、試算に用いられた市場走行台数、実走行燃費や走行距離の値がどのように設定されたものであるかは定かではないため、トヨタによるより詳細な情報が得られない限り、試算結果が過大であるかそうでないかを確実に把握する方法はない。

表－16　プリウス販売台数

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	累計
合　計	0.3	17.7	15.2	19	29.5	28.1	43.2	126	175	186	281	107.1	1,027.70
日本	0.3	17.7	15.2	12.5	11	6.7	17	59.8	43.7	48.6	58.3	24.2	315
海外	0	0	0	6.5	18.5	21.4	26.1	66	132	137	223	82.9	712.7
北米				5.8	16	20.3	24.9	55.9	110	109	184	66.1	591.6
欧州				0.7	2.3	0.8	0.9	8.1	18.8	22.8	32.2	14.2	100.7
その他				0.01	0.2	0.2	0.4	1.9	2.9	5.3	7	2.6	20.4

（出所）トヨタHPを基に作成。

第５章 考察とまとめ

（１）考察

本論文では、リバウンド効果という、その発生や規模を確実に把握することが困難であり、自主的環境対策を行う主体から見逃されやすい問題に対し、アンケート調査を用いて直接的に検証することを試みた。分析の対象として、エコプロダクトの中心的存在であり、その普及が環境改善に寄与することが期待されているトヨタプリウスを取り上げ、議論を展開した。

検証の結果、リバウンドの幅は最大でも 7%未満であった。また、以前乗っていた自動車からプリウスに乗り換えた所有者の全てが、ガソリン消費量が減少したと回答し、さらにその量が平均で 48.9ℓであることを踏まえれば、プリウスは CO2 排出抑制に一定の成果を挙げているといえる。ただし、四章５項で検討したように、その CO2 排出抑制効果がトヨタによる試算ほどであるとは言い難い可能性が高い。また、今後ハイブリッドカーの車体価格が低下し、所有者層の幅が広がれば、より大きなリバウンドが発生する可能性も高くなることも考えられる。というのも、プリウスは車両価格が比較的高く、調査結果によればプリウス所有者の所得は 100 人中 800 万円台が 21 人と最も多く、1500 万円以上も 6 人と比較的裕福な層が多かった。こうした人々にとっては、実質的にガソリン価格が安くなっても特にその影響を受け、行動を変化させるということは少ないことが予想される。トヨタはプリウスを中心としたハイブリッドカーを 2010 年代には年間 100 万台販売することを目標としているが[34]、もしこれが実現され、量産によって車両価格が低下すれば、リバウンド効果が起こる可能性も高くなるだろう。ハイブリッドカーが安価になり普及が一層進んでゆけば、理論上では大きな環境負荷抑制につながるが、その効果については慎重に判断しなければならない。ハイブリッドカーの価格については今後その動向に注目していく必要がある。

また、本論文では、リバウンド③として、プリウスに乗り換えたことによる実質所得の増加が発生させる可能性のある CO2 排出量を求めたが、本論文の執筆時期である 2008 年は、ガソリン価格が調査開始以来最高値である 180 円台を突破するなど、原油価格高騰の影響を大きく受けた年であった[35]。リバウンド③を推計するためのガソリン価格には現行プリウスが発売されてから調査時期までの約５年間における平均を使用したが、それでも 130.0 円/L と高めであり、調査時期が違えば結果も大きく変わっていたと予想される。

今回の調査で対象となったプリウス所有者は 100 人に過ぎず、得られた結果がプリウス所有者の統計を考える上で十分であるとは言いがたい。今後より正確な検証を行うために

---

[34]トヨタ HP、ニュースリリース（2008/5/15）。

[35]財団法人石油情報センターが調査を開始した 1987 年以降。

は、より多くのプリウス所有者を対象にした調査が必要である。同様に、アンケート調査を行った地域も横浜市のみに限定されている。燃費などは走行条件により大きく変わってくるため、より信頼できる値を求めるためには広域のデータを得ることが必要であり、データ収集が今後の課題である。

（２）まとめ

プリウスは発売以来、環境に関心のある人々に支持されてきた。また、それまで環境に関心を持たなかった人々の目を環境へと向かわせた。プリウスが登場する以前は燃費や走行性、排気量やデザインなどであった自動車の選択基準に、環境という新たな基準を加えた。以来、その基準は家電など、自動車以外の製品にも波及し、様々な企業や人々の環境意識を啓発したことは、環境改善に対する多大な功績であるといえる。

自動車や自動車以外においても、環境効率の良い製品やサービスは今後ますます多くなってゆくことが予想されるが、技術革新のみに依存してリバウンド効果の可能性を見誤ることのないよう、冷静にその有効性を判断してゆく必要がある。環境に配慮した製品を買うことよりも、消費自体を行わないほうが本来環境に良いことは明らかであるが、そうした当たり前の事実が「環境配慮」や「エコ」という言葉の陰に隠れてしまっていることに注意しなければならない。そうした言葉は消費があたかも良い行いであるような錯覚を人々に与える。さらにいえば、商品広告の道具となってしまっている。ここ数年間、人々の環境に対する意識は大きく向上したように思える。しかし、一方で、性能や影響を冷静に判断することなく、環境に配慮した製品さえ使用していれば現在のライフスタイルを変化させなくても良いという人任せの環境意識も生み出されている気がしてならない。人々の環境に対する意識は環境効率性の概念、そしてその向上自体は環境改善や持続可能な発展について考えてゆく上で有効な手段であるが、環境問題を改善するためにはよりプリミティブな部分における行動の変容を我々一人一人が実践していくことが最も大切であるのではないだろうか。

謝辞

本論文を作成するにあたり、ご指導いただきました鷲田豊明教授に深くお礼申し上げます。自分では理解していると思っていたことでも、鷲田教授の鋭い指摘を受ける度、実に表面的にしか理解できていなかったことに気づかされました。鷲田教授が適切な助言を与えて下さったおかげで、本論文の完成に至りました。本当にありがとうございます。

アンケート調査にあたり、多くの方々のご協力を頂きました。ご協力下さった皆様、お忙しいなか快くアンケートを引き受けて頂き、誠に有り難うございます。皆様お一人お一人のご協力なくしては、本研究は成立しませんでした。有難うございました。深くお礼申し上げます。

いつも研究の相談を快く受け、常に真剣に聞き、手を抜くことなく助言を与えてくれた、鷲田研究室の皆様、地球環境学研究科の皆様に感謝します。自分とは異なる視点からの意見や指摘は、非常に新鮮で、それによって新たな扉が開かれることも多々ありました。皆様に重ね重ねお礼申し上げます。

資料（1）アンケート調査票

プリウスに関するアンケートのお願い

上智大学地球環境学研究科
環境経済学鷲田豊明研究室
Tel; 03-3238-4366
http://eco.genv.sophia.ac.jp(研究科 HP)
髙橋誠史（takasei1024@yahoo.co.jp）

現在、上智大学地球環境学研究科環境経済学研究室では、「プリウス」に関する調査を行っております。お忙しいなか誠に申し訳ございませんが、ご協力のほど、お願い申し上げます。なお、この調査は学術研究のみを目的とし ており、ご回答いただいた結果が、商業利用など、この研究以外のことに使用されたり、回答者が特定される形で外部に公開されたりすることは一切ありません。

【共通アンケート１】アンケート調査にご協力いただけるすべての方にお聞きします。

あなたのご家庭のプリウスは次のうちどれに該当しますか？

①初めて購入した車である。　⇒　アンケート①をお願いします。

②前の車から乗り換えた。　⇒　アンケート②をお願いします。

③二台目（もしくは三台目以上）の車として購入した　⇒　アンケート③をお願いします。

アンケート①（Ｉで①を選んでいただいた方にお聞きします。）

問 1　あなたのご家庭でプリウスを購入されたのはいつですか？
（　　年頃）

問 2　あなたのご家庭が自家用車の購入を決めた動機は次のうちどれに該当しますか？　該当する方にマルを付けてください。

（　　）①（車を持つ気はなかったが）プリウスという車種だから購入したいと思った。

（　　）②（プリウスでなくても）もともと自家用車を購入しようと考えてい

た。

問 3　あなたのご家庭がプリウスを選択した理由を教えてください。該当する番号にマルを付けてください。
（複数回答可）
（　　）①燃費が良いため　（　　）②デザインが良いため
（　　）③走行性が良いため　（　　）④環境に配慮した車であるため
⑤その他（　　）

問 4　あなたのご家庭におけるプリウスの走行距離は月平均でどれくらいですか？
（約　　km）

問 5　あなたのご家庭におけるプリウスのガソリン消費量〔ℓ〕は月平均でどれくらいですか？(本年度平均 165.6 円/ℓ〔4~8 月、石油情報センター調べ〕)
（約　　ℓまたは円）

ご協力ありがとうございます。次に、下部にある【共通アンケート２】にお進みください。

アンケート②（Ｉで②を選んでいただいた方、お答えお願いします。）
問 1　あなたのご家庭でプリウスを購入されたのはいつですか？
（　　年頃）

問 2　あなたのご家庭が車を乗り換えることにした動機は次のうちどれに該当しますか？該当する方にマルを付けてください。
(　)①（乗り換える必要はなかったが）プリウスという車種だから乗り換えたいと思った。
(　)②（プリウスでなくても）もともと車を乗り換えようと考えていた、もしくは乗り換える必要があった。

問 3　あなたのご家庭がプリウスを選択した理由を教えてください。該当する番号にマルを付けてください。（複数回答可）
（　　）①燃費が良いため　（　　）②デザインが良いため
（　　）③走行性が良いため　（　　）④環境に配慮した車であるため

⑤その他（　　）

問４　あなたのご家庭におけるプリウスの走行距離は月平均でどれくらいですか？
（約　　km）

問５　あなたのご家庭におけるプリウスのガソリン消費量〔ℓ〕は月平均でどれくらい　ですか？(本年度平均 165.6 円/ℓ〔4~8 月、石油情報センター調べ〕)
（約　　ℓまたは円）

問５　あなたのご家庭において、プリウス購入以前と以後で月平均の走行距離はどのように変化しましたか？
①（約　　km）**減った**
(　) ②あまり変わらない
③（約　　km）**増えた**

問６　あなたのご家庭において、プリウス購入以前と以後で月平均のガソリン消費量〔ℓ〕はどのように変化しましたか？
①（約　　ℓ）**減った**
(　)②あまり変わらない
③（約　　ℓ）**増えた**

ご協力ありがとうございます。次に、下部にある【共通アンケート２】にお進みください。

アンケート③（Ｉで③を選んでいただいた方にお聞きします。）
問１　あなたのご家庭でプリウスを購入されたのはいつですか？
（　　年頃）

問２　あなたのご家庭が二台目（もしくは三台目以上）の自家用車の購入を決めた理由は次のうちどれに該当しますか？該当する方にマルを付けてください。
(　)①（二台目を持つ必要はなかったが）プリウスという車種だから購入したいと思った。
(　)②（プリウスでなくても）もともと二台目（もしくはそれ以上）を購入しようと考えていた。

問３　あなたのご家庭がプリウスを選択した理由を教えてください。該当する番号にマルを付けてください。（複数回答可）
（　　）①燃費が良いため　（　　）②デザインが良いため
（　　）③走行性が良いため　（　　）④環境に配慮した車であるため
⑤その他（　　）

問４　あなたのご家庭におけるプリウスの走行距離は月平均でどれくらいですか？
（約　　km）

問５　あなたのご家庭におけるプリウスのガソリン消費量〔ℓ〕は月平均でどれくらいですか？(本年度平均 165.6 円/ℓ〔4~8 月、石油情報センター調べ〕)
（約　　ℓまたは円）

ご協力ありがとうございます。次に、【共通アンケート２】にお進みください。

【共通アンケート２】最後にあなた自身についてお聞かせください

問１ あなたの居住地域についてお聞かせください。（都道府県でお答えください）
（　　）

問２　あなたの年齢・性別をお聞かせください。（該当するものに○をつけてください）
性別　（　　）　　年齢　（　　）代

問３　【任意回答】あなたのご家庭のおよその年収をお聞かせください（税・年金も含めます）。（該当するものに○をつけてください）
①300 万円未満　②300 万円台　③400 万円台　④500 万円台
⑤600 万円台　⑥700 万円台　⑦800 万円台　⑧900 万円台
⑨1000 万円台　⑩1100 万円台
⑪1200 万円台　⑫1300 万円台　⑬1400 万円台　⑭1500 万円以上

問４ あなたのご職業をお聞かせください。（該当するものに○をつけてくださ

い)
①会社員　②公務員　③教員　④主婦　⑤自営業　⑥パート、アルバイト　⑦年金生活者　⑧無職　⑨学生　⑩その他

最後に、ご意見やご感想等ありましたらお願いします。

ご協力ありがとうございました。

上智大学地球環境学研究科
環境経済学鷲田豊明研究室
髙橋誠史

資料（2）購入者価格 6357 円あたりの CO2 排出量（単位：kg-CO2）

第1費目 食品・飲料・煙草費

コード	部門名	生産過程	流通過程（商業）	流通過程（運輸）	最終消費過程	合計
011201	いも類	7.22	2.22	1.81		11.24
011202	豆類	2.29	0.83	0.70		3.83
011301	野菜	10.06	2.54	1.25		13.85
011401	果実	3.74	2.99	0.55		7.27
012101	酪農	10.01	0.00	0.00		10.01
012102	鶏卵	8.31	2.05	0.48		10.85
012109	その他の畜産	3.27	2.73	0.78		6.78
021301	特用林産物(含狩猟業)	7.64	1.32	0.27		9.23
031101	海面漁業	21.52	2.88	0.71		25.11
031104	海面養殖業	9.67	3.39	0.51		13.57
031201	内水面漁業・内水面養殖業	9.34	3.04	0.46		12.85
111101	と畜(含肉鶏処理)	3.95	2.64	0.36		6.95
111201	肉加工品	5.63	2.47	0.44		8.53
111202	畜産びん・かん詰	8.98	2.71	0.51		12.21
111203	酪農品	9.41	2.49	0.74		12.64
111301	冷凍魚介類	7.46	3.05	0.53		11.04
111302	塩・干・くん製品	7.90	2.73	0.48		11.12
111303	水産びん・かん詰	10.33	2.64	0.55		13.52
111304	ねり製品	8.93	2.48	0.49		11.89
111309	その他の水産食品	7.60	2.71	0.55		10.86
111401	精穀	8.11	1.86	0.32		10.29
111402	製粉	7.98	2.33	1.22		11.53
111501	めん類	10.78	2.14	0.49		13.41
111502	パン類	7.16	2.83	0.41		10.41
111503	菓子類	6.94	3.33	0.58		10.85
111601	農産びん・かん詰	5.47	2.78	1.12		9.38
111602	農産保存食料品(除びん・かん詰)	4.49	2.99	0.39		7.88
111701	砂糖	17.37	2.85	1.24		21.46
111702	でん粉	17.87	1.08	3.11		22.06
111703	ぶどう糖・水あめ・異性化糖	31.39	1.56	0.30		33.25
111704	植物油脂	10.50	2.47	0.61		13.58
111705	動物油脂	18.88	1.54	0.42		20.84
111706	調味料	9.67	2.43	0.71		12.82
111901	冷凍調理食品	10.14	2.12	0.60		12.87
111902	レトルト食品	10.23	2.60	0.55		13.38
111903	そう菜・すし・弁当	7.77	2.64	0.56		10.98
111904	学校給食(国公立)	9.48	0.00	0.00		9.48
111905	学校給食(私立)	8.28	0.00	0.00		8.28
111909	その他の食料品	9.47	2.68	0.37		12.52
112101	清酒	5.63	2.79	0.75		9.17
112102	ビール	5.58	2.60	0.81		8.98
112103	ウィスキー	3.01	2.64	0.79		6.43
112109	その他の酒類	5.99	2.29	0.71		9.00
112901	茶・コーヒー類	7.53	2.59	0.46		10.57
112902	清涼飲料	8.48	2.23	0.86		11.57
112903	製氷	16.83	2.96	0.31		20.09
114101	たばこ	1.61	1.68	0.29		3.58
202903	塩	48.08	2.64	0.24		50.96
第1費目平均		9.96	2.30	0.63		12.90

第2費目 住居費

コード	部門名	生産過程	流通過程（商業）	流通過程（運輸）	最終消費過程	合計
642101	住宅賃貸量	2.96				2.96
642201	住宅賃貸量(帰属家賃)	1.04				1.04
第2費目平均		2.00				2.00

第3費目 光熱・水道費

コード	部門名	生産過程	流通過程（商業）	流通過程（運輸）	最終消費過程	合計
071101	石炭	1.12	3.24	1.70	86.45	92.50
2111013	石油製品(灯油)	10.89	2.62	0.55	311.82	325.87
2111018	石油製品(液化石油ガス)	6.60	4.30	2.54	163.59	177.04
212101	石炭製品	276.17	1.98	0.12	0.00	278.26
511101	事業用電力	143.05	0.00	0.00	0.00	143.05
512101	都市ガス	11.35	0.00	0.00	142.33	153.68
512201	熱供給事業	74.82	0.00	0.00	0.00	74.82
521101	上水道・簡易水道	12.37	0.00	0.00	0.00	12.37
第3費目平均		67.05	1.52	0.61	88.02	157.20

第4費目 家具・家事用品費

コード	部門名	生産過程	流通過程（商業）	流通過程（運輸）	最終消費過程	合計
021301	特用林産物(含狩猟業)	7.64	1.32	0.27		9.23
113101	飼料	6.76	3.36	2.03		12.15
113102	有機質肥料(除別掲)	9.53	2.86	2.52		14.91
151101	紡績糸	10.49	2.84	0.64		13.97
151201	綿・スフ織物(含合繊短繊維織物)	7.65	0.45	0.17		8.27
151202	絹・人絹織物(含合繊長繊維織物)	9.15	0.68	0.25		10.09
151203	毛織物・麻織物・その他の織物	7.10	0.90	0.15		8.15
151901	綱・網	12.00	2.70	0.21		14.90
152901	寝具	3.04	4.29	0.50		7.83
152909	その他の繊維既製品	4.55	3.96	0.61		9.12
161909	その他の木製品	4.70	3.87	0.92		9.48
171101	木製家具・装備品	4.60	4.09	0.29		8.98
171103	金属製家具・装備品	10.65	3.32	0.31		14.28
181201	洋紙・和紙	42.02	4.17	0.85		47.04
203904	合成染料	10.85	4.02	0.19		15.07
207201	塗料	13.90	3.74	0.21		17.85
207401	農薬	12.76	3.91	0.33		17.00
207901	ゼラチン・接着剤	17.03	3.54	0.32		20.90
207909	その他の化学最終製品	14.58	3.61	0.36		18.56
221101	プラスチック製品	13.91	2.41	2.35		18.67
231909	その他のゴム製品	2.73	0.79	0.13		3.66
241202	かばん・袋物・その他の革製品	0.83	0.90	0.15		1.87
251101	板ガラス・安全ガラス	14.89	3.90	0.58		19.38
251909	その他のガラス製品	22.46	3.48	0.85		26.78
252101	セメント	347.21	2.38	4.34		353.93
252301	セメント製品	35.66	2.92	0.93		39.51
253101	陶磁器	8.02	1.73	0.20		9.95

259902	その他の建設用土石製品	27.79	4.04	0.83	32.67
259904	研磨剤	16.96	2.08	1.95	20.99
259909	その他の窯業・土石製品	112.26	2.19	0.75	115.21
263103	鋳鉄品及び鍛工品(鉄)	70.69	0.67	0.77	72.13
272202	アルミ圧延製品	20.53	2.03	0.38	22.94
272203	非鉄金属素形材	20.15	1.40	0.00	21.54
281201	建築用金属製品	15.69	2.38	0.76	18.83
289101	ガス・石油機器及び暖厨房機器	16.59	3.22	0.38	20.18
289901	ボルト・ナット・リベット及びスプリング	22.05	2.63	0.36	25.05
289902	金属製容器及び製缶板金製品	18.80	2.72	0.52	22.05
289903	配管工事付属品・粉末冶金製品・道具類	14.08	2.63	0.94	17.65
289909	その他の金属製品	13.04	3.32	0.46	16.83
301901	ポンプ及び圧縮機	11.33	2.78	0.22	14.33
301902	機械工具	8.78	4.14	0.20	13.13
302902	繊維機械	6.69	2.84	0.28	9.80
303109	その他の一般機械器具及び部品	6.07	5.52	0.07	11.67
342101	電気照明器具	4.52	1.16	0.09	5.77
342102	電池	14.68	1.58	0.16	16.42
342103	電球類	7.47	3.52	0.11	11.10
342104	配線器具	6.14	2.42	0.03	8.59
342105	内燃機関電装品	3.62	6.22	0.05	9.89
371902	分析器・試験機・計量器・測定器	5.13	2.83	0.23	8.19
391904	身辺細貨品	0.83	1.31	0.09	2.22
391905	畳・わら加工品	3.20	3.62	0.92	7.74
391909	その他の製造工業製品	2.47	1.02	0.44	3.93
621202	損害保険	1.09	0.00	0.00	1.09
851610	機会修理	2.63	0.00	0.00	2.63
851903	土木建築サービス	6.10	0.00	0.00	6.10
861901	洗濯・洗張・染物業	12.51	0.00	0.00	12.51
861907	各種修理業(除別掲)	2.19	0.00	0.00	2.19
861908	個人教授所	2.00	0.00	0.00	2.00
861909	その他の対個人サービス	2.07	0.00	0.00	2.07
第4費目平均		8.60	2.45	0.54	22.19

第5費目 被服及び履物費

コード	部門名	生産過程	流通過程(商業)	流通過程(運輸)	最終消費過程	合計
151201	綿・スフ織物(含合繊短繊維織物)	7.65	0.45	0.17		8.27
151202	絹・人絹織物(含合繊長繊維織物)	9.15	0.68	0.25		10.09
151203	毛織物・麻織物・その他の織物	7.10	0.90	0.15		8.15
151301	ニット生地	12.64	1.44	0.87		14.96
151902	じゅうたん・床敷物	9.06	3.91	0.38		13.34
151909	その他の繊維工業製品	8.99	4.42	0.21		13.62
152101	織物製衣服	4.16	3.70	0.71		8.58
152102	ニット製衣服	3.22	3.82	0.75		7.79
152209	その他の衣服・身の回り品	4.29	3.38	0.63		8.30
231901	ゴム製履物	2.29	2.98	0.29		5.56
231902	プラスチック製履物	4.34	3.66	0.29		8.30
241101	革製履物	2.92	3.71	0.34		6.97
391904	身辺細貨品	0.83	1.31	0.09		2.22
861907	各種修理業(除別掲)	2.19	0.00	0.00		2.19
861908	個人教授所	2.00	0.00	0.00		2.00
861909	その他の対個人サビース	2.07	0.00	0.00		2.07
第5費目平均		5.18	2.15	0.32		7.65

第6費目 保険医療費

コード	部門名	生産過程	流通過程（商業）	流通過程（運輸）	最終消費過程	合計
151903	繊維製衛生材料	7.32	3.62	1.70		12.64
182901	紙製衛生材料・用品	6.30	0.85	0.48		7.62
206101	医薬品	6.38	3.99	0.38		10.74
207101	石けん・合成洗剤・界面活性剤	12.92	3.36	0.24		16.53
207102	化粧品・歯磨	8.59	3.05	0.24		11.89
231909	その他のゴム製品	4.57	1.33	0.21		6.12
371109	その他の光学器械	2.33	1.61	0.13		4.06
371903	医療用機械器具	5.67	1.80	0.00		7.47
621202	損害保険	1.09	0.00	0.00		1.09
831101	医療（国公立）	11.23	0.00	0.00		11.23
831102	介護医療（公益法人等）	9.16	0.00	0.00		9.16
831103	医療（医療法人等）	8.92	0.00	0.00		8.92
831201	保健衛生（国公立）	0.00	0.00	0.00		0.00
831202	保健衛生（産業）	9.40	0.00	0.00		9.40
831301	社会保険事業（国公立）	0.00	0.00	0.00		0.00
831302	社会保険事業（非営利）	0.00	0.00	0.00		0.00
831303	社会福祉（国公立）	6.23	0.00	0.00		6.23
831304	社会福祉（非営利）	6.94	0.00	0.00		6.94
831401	介護（居宅）	8.32	0.00	0.00		8.32
831402	介護（施設）	7.50	0.00	0.00		7.50
第6費目平均		6.14	0.98	0.17		7.29

第7費目 交通通信費

コード	部門名	生産過程	流通過程（商業）	流通過程（運輸）	最終消費過程	合計
2111011	石油製品（ガソリン）	12.82	1.93	0.62	104.18	119.54
2111014	石油製品（軽油）	13.35	1.71	0.61	159.47	175.14
2111019	石油製品（その他の石油製品）	10.77	2.52	1.06	0.00	14.34
231101	タイヤ・チューブ	13.51	4.11	0.76	0.00	18.38
231909	その他のゴム製品	4.57	1.33	0.21	0.00	6.12
332109	その他の電気通信機器	6.55	2.35	0.24	0.00	9.14
351101	乗用車	9.30	2.71	0.32	0.00	12.34
352101	トラック・バス・その他の自動車	9.81	3.16	0.28	0.00	13.25
353101	二輪自動車	5.80	4.12	0.24	0.00	10.16
354102	自動車用内燃機関・同部分品	4.00	6.17	0.13	0.00	10.30
354103	自動車部品	7.46	4.65	0.20	0.00	12.31
361103	船舶用内燃機関	11.42	4.16	0.10	0.00	15.68
361110	船舶修理	23.93	0.00	0.00	0.00	23.93
362901	自転車	4.74	2.99	0.34	0.00	8.06
362909	その他の輸送機器	10.23	3.50	0.00	0.00	13.73
621202	損害保険	1.09	0.00	0.00	0.00	1.09
711101	鉄道旅客輸送	13.86	0.00	0.00	0.00	13.86
711201	鉄道貨物輸送	23.62	0.00	0.00	0.00	23.62
712101	バス	17.28	0.00	0.00	0.00	17.28
712102	ハイヤー・タクシー	29.74	0.00	0.00	0.00	29.74
712201	道路貨物輸送	11.86	0.00	0.00	0.00	11.86
714101	外洋輸送	0.85	0.00	0.00	0.00	0.85
714201	沿海・内水面輸送	67.52	0.00	0.00	0.00	67.52
715101	航空輸送	35.42	0.00	0.00	0.00	35.42

717101	倉庫	11.48	0.00	0.00	0.00	11.48
718901	道路輸送施設提供	6.33	0.00	0.00	0.00	6.33
731101	郵便	6.57	0.00	0.00	0.00	6.57
731201	固定電気通信	5.50	0.00	0.00	0.00	5.50
731202	移動電気通信	3.34	0.00	0.00	0.00	3.34
731203	その他の電気通信	6.27	0.00	0.00	0.00	6.27
731909	その他の通信サービス	6.14	0.00	0.00	0.00	6.14
851401	貸自動車業	3.87	0.00	0.00	0.00	3.87
851510	自動車修理	10.99	0.00	0.00	0.00	10.99
861907	各種修理業(除別掲)	2.19	0.00	0.00	0.00	2.19
第7費目平均		12.12	1.34	0.15	7.75	21.36

第8費目 教育費

コード	部門名	生産過程	流通過程（商業）	流通過程（運輸）	最終消費過程	合計
821101	学校教育(国公立)	4.27				4.27
821102	学校教育(私立)	6.38				6.38
821301	社会教育(国公立)	11.02				11.02
821302	社会教育(非営利)	14.57				14.57
821303	その他の教育訓練機関(国公立)	19.13				19.13
821304	その他の教育訓練機関(産業)	13.58				13.58
第8費目平均		11.49				11.49

第9費目 教養娯楽費

コード	部門名	生産過程	流通過程（商業）	流通過程（運輸）	最終消費過程	合計
011509	その他の食用耕種作物	0.35	0.48	1.14		1.97
011602	種苗	2.76	3.55	0.47		6.78
011603	花き・花木類	13.95	3.66	0.69		18.30
013101	獣医業	12.45	0.00	0.00		12.45
182101	ダンボール箱	8.66	5.19	0.60		14.45
182109	そのtの紙製容器	13.91	3.83	1.03		18.77
191101	新聞	8.68	4.77	0.69		14.14
191102	印刷・製版・製本	15.17	1.87	0.65		17.69
191103	出版	10.49	2.25	0.87		13.61
201101	化学肥料	30.58	3.05	1.16		34.79
207102	印刷インキ	15.42	3.39	0.21		19.01
207301	写真感光材料	11.68	3.45	0.37		15.50
241202	かばん・袋物・その他の革製品	0.83	0.90	0.15		1.87
253101	陶磁器	8.02	1.73	0.20		9.95
321101	電気音響機器	6.14	2.40	0.24		8.78
321102	ラジオ・テレビ受信機	3.57	3.64	0.11		7.33
321103	ビデオ機器	4.11	3.64	0.29		8.04
321201	民生用エアコンディショナ	7.47	3.34	0.15		10.95
321202	民生用電気機器(除エアコン)	7.45	3.38	0.13		10.95
331101	パーソナルコンピュータ	4.37	2.11	0.14		6.62
331103	電気計算機付属装置	3.90	2.64	0.10		6.64
332101	有線電気通信機器	6.58	1.98	0.14		8.70
332102	携帯電話機	8.28	1.35	0.19		9.82
332103	無線電機通信機器(除携帯電話機	7.82	1.49	0.18		9.48

335903	磁気テープ・磁気ディスク	6.80	3.82	0.08	10.70
335909	その他の電子部品	7.10	2.28	0.24	9.62
361102	その他の船舶	10.15	1.60	0.43	12.17
371101	カメラ	4.35	2.01	0.30	6.66
391101	玩具	4.26	3.36	0.57	8.19
391102	運動用品	7.13	3.31	0.55	10.99
391901	楽器	5.00	3.18	0.62	8.80
391909	その他の製造工業製品	2.47	1.02	0.44	3.93
732101	公共放送	7.56	0.00	0.00	7.56
732102	民間放送	6.42	0.00	0.00	6.42
732103	有線放送	6.04	0.00	0.00	6.04
851301	物品賃貸業（除自動車）	3.15	0.00	0.00	3.15
851610	機械修理	7.90	0.00	0.00	7.90
861101	映画・ビデオ制作・配給業	7.12	0.00	0.00	7.12
861102	映画館	16.24	0.00	0.00	16.24
861103	劇場・興行場	9.15	0.00	0.00	9.15
861104	遊戯場	15.77	0.00	0.00	15.77
861105	競輪・競馬等の競争場・競技団	6.76	0.00	0.00	6.76
861106	スポーツ施設提供業・公園・遊園	7.84	0.00	0.00	7.84
861107	興行団	6.24	0.00	0.00	6.24
861109	その他の娯楽	7.06	0.00	0.00	7.06
861301	旅館・その他の宿泊所	10.04	0.00	0.00	10.04
861905	写真業	7.95	0.00	0.00	7.95
861907	各種修理業（除別掲）	2.19	0.00	0.00	2.19
861909	その他の個人サービス	2.07	0.00	0.00	2.07
第9費目平均		7.95	1.73	0.27	9.94

第10費目 その他

コード	部門名	生産過程	流通過程（商業）	流通過程（運輸）	最終消費過程	合計
062201	砂利・採石	10.73	3.27	5.61		19.62
062909	その他の非金属鉱物	0.90	3.99	0.73		5.62
182901	紙製衛生材料・用品	11.21	1.51	0.85		13.57
182909	その他のパルプ・紙・紙加工物	13.17	4.14	0.77		18.07
241202	かばん・袋物・その他の革製品	0.83	0.90	0.15		1.87
271109	その他の非鉄金属地金	3.98	3.93	0.34		8.25
311101	複写機	4.37	4.32	0.06		8.75
311109	その他の事務用器械	5.11	3.67	0.17		8.95
311201	サービス用機器	11.20	0.00	0.00		11.20
342101	電気照明器具	4.52	1.16	0.09		5.77
371109	その他の光学器械	2.33	1.61	0.13		4.06
371201	時計	2.73	3.12	0.15		6.00
391902	情報記録物	3.89	3.49	0.47		7.85
391903	筆記具・文具	5.89	3.17	0.60		9.66
391904	身辺細貨品	0.83	1.31	0.09		2.22
391909	その他の製造工業製品	2.47	1.02	0.44		3.93
392101	再生資源回収・加工処理	139.34	0.15	0.08		139.56
521103	下水道	56.44	0.00	0.00		56.44
521201	廃棄物処理（公営）	13.92	0.00	0.00		13.92
521202	廃棄物処理（産業）	64.54	0.00	0.00		64.54
611101	卸売	5.33	0.00	0.00		5.33
611201	小売	8.16	0.00	0.00		8.16
621101	金融	2.96	0.00	0.00		2.96

621201	生命保険	4.37	0.00	0.00	4.37
621202	損害保険	1.09	0.00	0.00	1.09
641101	不動産仲介・管理業	5.18	0.00	0.00	5.18
712201	道路貨物輸送	11.86	0.00	0.00	11.86
718101	こん包	11.68	0.00	0.00	11.68
718909	旅行・その他の運輸付帯サービス	3.99	0.00	0.00	3.99
811101	公務（中央）	11.03	0.00	0.00	11.03
811201	公務（地方）	7.44	0.00	0.00	7.44
841102	対家計民間非営利団体（除別掲）	6.57	0.00	0.00	6.57
851101	広告	9.69	0.00	0.00	9.69
851201	情報サービス	4.44	0.54	0.36	5.33
851202	ニュース供給・興信所	4.56	0.00	0.00	4.56
851901	建物サービス	3.73	0.00	0.00	3.73
851902	法務・財務・会計サービス	3.88	0.00	0.00	3.88
851909	その他の対事業所サービス	4.11	0.00	0.00	4.11
861201	一般飲食店（除喫茶店）	10.84	0.00	0.00	10.84
861202	喫茶店	11.33	0.00	0.00	11.33
861203	遊興飲食店	9.28	0.00	0.00	9.28
861902	理容業	6.37	0.00	0.00	6.37
861903	美容業	5.72	0.00	0.00	5.72
861904	浴場業	25.89	0.00	0.00	25.89
861906	冠婚葬祭業	12.47	0.00	0.00	12.47
861907	各種修理業（除別掲）	2.19	0.00	0.00	2.19
861908	個人教授所	2.00	0.00	0.00	2.00
861909	その他の対個人サービス	2.07	0.00	0.00	2.07
900000	分類不明	12.00	0.07	0.14	12.21
	第10費目平均	11.60	0.84	0.23	12.68

参考文献

赤尾健一（2002）「持続可能な発展とクズネッツ曲線」中村愼一郎編『廃棄物経済学を目指して』，早稲田大学出版部.

朝倉啓一郎（2001），『環境分析用産業連関表』，慶応大学出版会.

Edward L. Vine(1994) “The human dimension of program evaluation” Energy, Volume 19, Issue 2, February 1994, Pages 165-178.

OECD 編，樋口清秀監訳（1999）『エコ効率』，シーエービー出版.

御堀直嗣（2000）『図解 エコフレンドリーカー―低燃費・低公害エンジン車、電気自動車、ハイブリッドカーから次世代 FCEV まで―』，山海堂.

御堀直嗣（2003）『未来カー・新型プリウス―エンジニアたちの挑戦―』，日経 BP 社.

Khazzoom, J.D.(1980) “Economic Implications of Mandated Efficiency in Standards for Household Appliances.” The Energy Journal, Vol.1, No.4, pp21-40.

開発と環境に関する世界委員会編，環境庁訳，大来佐武郎監修(1987)『地球の未来を守るために』，福武書店.

環境経済・政策学会編，佐和隆光監修（2006）『環境経済・政策学の基礎知識』，有斐閣.

環境省編（2003）『環境白書』（平成 14 年版），ぎょうせい.

Greene, D.L.(1992) “Vehicle use and fuel economy: how big is the rebound effect?” The Energy journal, Vol.13, No.1, pp.117-143.

Greene, D.L., J.R. Kahn and R.C. Gibson（1999） ″Fuel economy rebound effect for U.S. household vehicles.″ The Energy journal, Vol.20. No.3, pp-31.

GP 企画センター（2003）『最新エンジン・ハイブリッド・燃料電池の動向』，グランプリ出版.

Jevons, W.S., (1865) The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines, London: Macmillan and Co., 1866.

資源エネルギー年鑑編集委員会編（2007）『資源エネルギー年鑑 ２００７－２００８』，通産資料出版会.

省エネルギー総覧編集委員会編（2008）『省エネルギー総覧 ２００８・２００９』，通産資料出版会.

電気自動車ハンドブック編集委員会編（2001）『電気自動車ハンドブック』，丸善株式会社.

中野諭（2008），『環境分析用産業連関表とその応用』，慶応大学出版会.

中村愼一郎編（2007）『ライフサイクル産業連関分析』，早稲田大学出版部.

日本エネルギー経済研究所計量分析ユニット編（2008）『EDMC エネルギー・経済統計要覧』(2008 年版)，省エネルギーセンター.

廃棄物・３Ｒ研究会編，山本耕平編（2007）『循環型社会キーワード事典』，中央法規出版.

F・シュミット・ブレーク，佐々木健訳（1997）『ファクター10―エコ効率革命を実現する―』，シュプリンガー・フェアラーク東京.

サンドラ・ピアート，石橋春男訳（2006）『ジェヴォンズの経済学』，多賀出版.

Reinhard, H. Peter ,B. (2000) “The rebound effect for space heating Empirical evidence from Austria” Energy Policy, vol.28, pp403-410.

吉岡完治（2003）『環境の産業連関分析』，日本評論社.

ワイツゼッカー=E.U., A.B.ロビンス=L.H.ロビンス,佐々木健訳 (1998)『ファクター4』,省エネルギーセンター.
鷲田豊明, (2004)『応用一般均衡モデルによる環境効率リバウンド効果の計測：日本経済の温暖化ガス排出削減をめぐって』,pp1-33.

参照URL

環境省「第三次環境基本計画における指標について」,
<http://www.env.go.jp/policy/kihon_keikaku/ei/index.html>
国土交通省「道路局ITS推進室」
<http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/index.html>
国土交通省「交通関係エネルギー要覧」,
<http://www.mlit.go.jp/toukeijouhou/energy/index.html>
国土交通省「自動車輸送統計年報」
<http://toukei.mlit.go.jp/06/06a0excel.html>
財団法人日本エネルギー経済研究所、石油情報センター「一般小売価格」,
<http://oil-info.ieej.or.jp/price/price.html#ippan>
財団法人日本自動車研究所,
<http://www.jari.or.jp/>
社団法人日本自動車販売協会連合会「新車乗用車販売台数ランキング」,
<http://www.jada.or.jp/contents/data/ranking/index.php>
社団法人日本経済団体連合会「地球温暖化防止に向けた産業界の取り組み-世界最高効率の達成を目指して-」,
<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2008/044.html>
CNET Australia "Lotus 'Safe & Sound' system makes hybrid, electric vehicles audible"
<http://www.cnet.com.au/cartech/cars/0,2000438541,339291235,00.htm?feed=pt_prius>
WBCSD "Eco-Efficiency Indicators & Reporting"
<http://www.wbcsd.org/>
トヨタ自動車「ニュースリリース、2008/05/15」,
<http://www.toyota.co.jp/jp/news/08/May/nt08_032.html>
トヨタ自動車「プリウス」,
<http://toyota.jp/prius/>
内閣府『国民経済年報』,
<http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/toukei.html#kakuho>
八都県市あおぞらネットワーク「八都県市低公害車指定制度」,
<http://www.8taiki.jp/seido.html>
U.S. News and world reporting"Prius Soon will Offer V8 Roar"

<http://usnews.rankingsandreviews.com/cars-trucks/daily-news/080806-Prius-Soon-will-Offer-V8-Roar/>
有限責任中間法人　電動車両普及センター「電気自動車についてのページ」,
<http://www.cev-pc.or.jp/h20_kouhou/ev_top.html>

2008 年度　学位論文

『プリウスのリバウンド効果に関する研究』

地球環境学研究科　地球環境学専攻

B0795025

髙橋　誠史

要旨

1992 年に国連環境会議において提唱されて以来、各国の環境政策において環境効率性の概念が重要視されてきた。わが国の環境基本計画においても環境政策の指針となる４つの考え方の一つとして環境効率性が取り上げられており、生産現場から社会全体に至る各レベルにおいて環境効率性の考え方を採用し、経済活動に対する環境負荷低減の目標設定や改善効果の評価に活用するとある。

しかし、環境改善は効率性ではなく、負荷量そのもので決まる点に留意する必要がある。つまり、いくら環境効率性が向上してもその分人々の活動が増えれば、効率改善によって期待されていた環境負荷の削減量は相殺されてしまう、それどころか、効率改善前よりも環境負荷の総量が増加してしまう可能性すら存在している。

こうした現象はリバウンド効果（rebound effect）として知られている。リバウンド効果の概念は、Khazzoom(1980)によって、「エネルギー需要のエネルギー効率弾力性」として定義され、おもにエネルギー経済学の分野において研究されてきた。温室効果ガス削減のために国が行っている環境政策や企業の自発的環境対策、さらには個人が自主的に行う環境配慮購買や環境配慮型ライフスタイルなどの効果を適切に評価するためにも、リバウンド効果の可能性を軽視することはできない。

本論文では、ハイブリッドカー・プリウスのリバウンド効果について、その可能性と大きさを検証する。主要な目的は、プリウスが持つ CO2 抑制効果の有効性を検証することである。ハイブリッドカーはその環境効率性の高さから、普及による環境負荷削減効果が期待されてきた。しかし、ハイブリッドカーの高い効率性によって生じうるリバウンド効果の可能性を検討することなく、その環境改善への有効性を評価することはできない。本論文を通じ、技術革新への過度な依存が環境対策の誤りにつながる懸念を挙げ、考察を行う。

プリウスが持つリバウンド効果の可能性としては、主に次のようなことが考えられる。

①今まで自動車を所有しなかった個人が、プリウスの登場により自動車を購入する。あるいは、すでに一台以上の自動車を所有している個人が、プリウスの登場により所有台数を増やす（リバウンド①）。

②走行距離を控えていた自動車の利用者が、プリウスに乗り換えたことによる燃費の改善を契機に走行距離を増やす（リバウンド②）。

③プリウスに乗り換えたことによる燃費の改善により節約された支出を、より環境負荷の高い消費行動に回す（リバウンド③）。

これら①～③の把握を試みるため、プリウスの所有者に対して直接のアンケート調査を行った。上述リバウンド①については、プリウスが初めて所有する車であるという回答者、あるいは二台目以上の乗用車として乗り換えをせずにプリウスを購入した回答者に対し、その自動車購入動機に焦点を当てた調査を行う。また、新規に自動車を購入した所有者がプリウス購入者全体で1%増加するにつれどの程度のリバウンドが発生するかを明らかにする。リバウンド②については、他の自動車からプリウスに乗り換えたことにより各月の燃料消費量や走行距離がどのように変化したかを調査することにより、リバウンド発生の有無、また、その規模を把握する。リバウンド③についてはアンケート調査によってプリウスに乗ることによるガソリン代節約分がもたらす実質所得の増加がどの程度であるかを明らかにし、それが誘発する可能性のある消費行動によって排出される環境負荷を、朝倉(1996)によって提唱された環境分析用産業連関表を用いて推計する。また、それがどの程度のリバウンドを示すかを把握する。

任意のプリウス所有者 100 名に対してアンケート調査を行った結果、リバウンド①～③いずれもの発生が確認された。リバウンド①は所有者のプリウスが生涯走行距離である 10 万キロを走ると仮定した場合 6.7%であり、プリウス一台の純増による CO2 のみを考えた場合 2.9%であると推計された。続いて、リバウンド②に関しては、プリウス乗り換え後に走行距離が増加したと答えた回答者は71 名中 4 名であり、2.1%であると推計された。最後に、リバウンド③についてである。プリウスに乗り換えたことによる燃費の節約がもたらす実質所得の増加が 6357 円であることが明らかになった。これにより誘発される可能性のある CO2 排出量は 2.0～157.2 kg であり、リバウンドにして 1.8～139.8%であった。CO2 排出量 157.20kg は所得増加分が石油製品や石炭製品の消費に使用された場合の値であるが、これらの例外を除けば、実質所得の増加により発生する CO2 排出量は最大でも 22.19kg であり、リバウンド③は 1.8～19.7%となった。

今回の調査で対象となった地域や得られた回答数は限られたものであったため、本研究の結果がプリウス所有者の統計として十分であるとは言いがたい。今後より正確な検証を行うためには、より広域でより多くのプリウス所有者を対象にした研究を行うことが課題である。

“Studies on the rebound effect for Toyota Prius”

Graduate School of Global Environmental Studies, Sophia University
Seiji Takahashi (B0795025)

Abstract

Improvement of environmental efficiency is expected to be an important means to reform environmental problems since it was proposed at the United Nations' World Summit on Sustainable Development in 1992. Therefore, a lot of efficiency improvement studies are conducted and national energy plans are carried out in many countries. In Japan, the suggestion has gained as an indicator of the environmental policy and supported from many companies and organizations throughout the country.

Yet, to reform environmental problems, reducing the amount of environmental burden itself is more important than improving efficiency. No matter how much efficiency improves, it works little if it increases people’s activities. Rather, it increases environmental burden than before improving efficiency.

This phenomenon is known as ’rebound effect’. Rebound effect was defined by Khazzoom(1980) as ‘elasticity of energy demand to energy efficiency’ and has since been widely recognized and studied by researchers. It can’t be ignored when we do a serious evaluation on policies or self-actions for environment. Actually, only a share of the theoretically calculated energy conservation potential has put into practice after finishing those plans for Kyoto Protocol. It is not for sure, but one of the main reasons for this is considered to be rebound effect.

The major focus of this paper is to investigate the possibility and the magnitude of ‘rebound effect’ for hybrid car, Toyota Prius. The object of investigation is that to know whether Prius works for reducing carbon dioxide or not. Hybrid cars are considered being a promising technology to decrease fuel consumption and environmental burden. Sales numbers of hybrid cars are expected to rise considerably until 2010. In fact, Prius were top-selling five in car sales rankings for 2008 with sales of about 73 thousand vehicles and amounted to one million units all over the world in 2008. However, the introduction of more efficient products is often accompanied by rebound effect, which offset the positive effect of increased efficiency. In this paper, I investigate three kinds of rebound effects that could possibly occur when buying Purius: (1) Purius attract buyers who have no idea to buy cars before and make up their mind to buy it. As a result, the number of vehicles increases, which increase the environmental burden. This is identified ‘the rebound no.1’ in this paper. (2) The improvement of fuel efficiency by trading in old automobiles for Prius increases the demand for

travel and offsets some of the fuel-saving benefit of the efficiency improvement. This is identified 'the rebound no.2' in this paper. (3) The increase of fuel economy by trading in old automobiles for Prius saves money and this increases in incomes substantially. And the savings make Prius owner perform more environmentally-unfriendly consumption behavior and offset some of the fuel-saving benefit of the efficiency improvement. This is identified 'the rebound no.3' in this paper.

A survey in the form of a questionnaire was conducted with 100 owners of Purius. Of the total, 71 were the owner who traded in old automobiles for Prius, 25 were the owner who bought Prius as a second (or more) car, and 4 were the owner who bought a car for the first time. My analysis shows that the rebound no.1 and 2 are confirmed through the survey. It provides evidence of 'the rebound no.1' between 2.9 and 6.7%, and a rebound of about 0.97-2.20% per first-time buyer is expected to create. As for the survey for 'the rebound no.2', only 4 of 71 owners increased the demand for travel and they provide the evidence of 2.1% of a rebound effect. The possibility for the magnitude of the rebound was examined on 'the rebound no.3'. The survey shows that the increase of fuel economy by trading in the old automobiles for Prius saved 6,357 yen on an average, and this income has possibility to produce 2.0-157.20 kg of CO2. and it provides a 1.8-139.8% of the rebound effect. The numerical result stands at the very high level of up to 157.20 kg in CO2 and 139.8% in the rebound, but it is extreme case because it is result from expenses for utilities which contains coal products and petroleum products. Outside of these exceptions, the rebound no.3 is 1.8-19.7%.

In conclusion, the rebound effect for Prius was about 2.0%-20.0% with some exceptions on investigation. This result provides that Prius is likely effective alternatives to reform environmental problems although the Toyota overestimated the capability of Prius. However, if hybrids come down in price, it may create more rebounds. Because vehicle value of Prius is more expensive, so relatively wealthy people can have it, and travel is thought not to be so sensitive to fuel cost for them. Therefore, the cheaper the price of hybrids become, the more the greater the risk of creating the rebounds. And the time when the vehicle value of hybrid cars becomes cheap is probably not far off and we have to follow the course of them.