

論 文 要 旨

学籍番号	81552030	氏 名	大澤 潤
論文題目： クリーンエネルギー自動車普及のための 産業連関を考慮したポートフォリオ多目的最適化モデル			
(内容の要旨) 本論文は、クリーンエネルギー自動車（CEV）の普及により生じ得る波及効果や各車種 の特性を踏まえた長期的な CEV の普及台数の予測モデルの開発を目的とする。 従来、CEV に関わる研究は、主に環境性に焦点が当てられてきたが、CEV の普及は産 業にも広く波及していくことが予測されるため、環境性のみに着目するだけでは不十分で ある。また、社会システムと密接な関わりを持つ CEV を持続可能な形で普及させていく ためには、多様なステークホルダーの要求を理解し、調整していく必要がある。そのため、 本論文ではガソリン車（GV）やディーゼル車（DV）、天然ガス車（NGV）と各 CEV の部 品構成の差異に伴う産業構造変化の波及効果及び CEV の普及に関わるステークホルダー の要求に着目する。 そして、産業の連関及び各 CEV の普及による影響の大きい産業・消費者・政府（環境） という 3 者のステークホルダーの効用を考慮した最適ポートフォリオ（GV、DV、NGV、 CEV を対象とした車種の販売台数の構成）の算出モデルの構築及びシミュレーションを行 う。また、従来研究では検討が不十分であった GV と各 CEV の部品構成の差異から生じる 産業構造の変化に伴う波及効果を算出するモデルの構築及びシミュレーションを行う。 本論文は 7 章で構成されており、まず第 1 章では、地球温暖化対策において CEV の普 及が期待される背景や既往研究の課題を述べる。そして、今後持続可能な CEV の普及を 目指すに当たり、各 CEV の普及により起きうる波及効果やステークホルダーの要求を踏 まえ、長期的にどの車種がどの程度普及していくべきかといった CEV の普及指針の検討 が必要であることを示す。 第 2 章では、システムズエンジニアリング（SE）のアプローチを用い、ステークホルダ ー分析や要求分析を行い、必要な機能及び評価内容を洗い出し、ポートフォリオ多目的最 適化モデルの全体像の設計を行う。 第 3 章では、CEV の普及による産業への波及効果を算出・分析するための産業構造変化 の波及効果モデルを構築する。 各 CEV が普及した場合の生産額や雇用数の変化を定量化するために、既存の産業連関 表（経済産業省の延長産業連関表 80 部門表）の再構成を行う。なぜなら、既存の産業連			

関表では完成車の製造を行う部門は、「乗用車」、「その他の自動車」という2部門のみに分かれており、各CEVとGVの部品構造、コスト構造を反映しておらず、各車種の比較を十分に行うことができないためである。そのため、各CEVとGVとの主要な部品の差異を洗い出し、2010年及び将来時点（2020年及び2030年）における部品単価の推移を設定することにより、既存の産業連関表に乗用車、トラック、バスのGV、DV、NGV、CEVの計24車種の部門を新設し、2010年、2020年、2030年における103行103列のCEV導入産業連関表を新しく作成する。そして、CEV導入産業連関表を基に、産業への波及効果を定量化する産業構造変化の波及効果モデルを構築する。

第4章では、産業構造変化の波及効果モデルを使用し、産業の経済面、雇用面への波及効果を算出し、分析を行う。具体的には、2020年、2030年における環境省の予測するCEVの販売台数及び保有台数の場合における生産誘発額、雇用誘発数を算出し、2010年と比べCEVの普及により生産誘発額、雇用誘発数にどのような影響が生じるか分析する。また、今後電池産業の競争力がより重要となってくることを鑑み、「その他の電気機器」部門の輸入率について、シナリオ分析を行う。以上の分析を通じ、CEVの普及により、生産や労働者が必要となる産業が変わり、産業構造が変化することを定量的に示す。

第5章では、新たなポートフォリオ多目的最適化モデルを構築する。従来、最適ポートフォリオに関する研究では、主に燃料消費量やCO₂排出量等の環境性に焦点が当てられており、CEVを生産する側である自動車や電池産業等への産業構造の変化に伴う影響は考慮されてこなかった。そのため、本論文では、社会全体の効用を最大化していくために、第3章で構築した産業構造変化の波及効果モデルを組み込み、CEVの普及に向けて重要なステークホルダーである産業・消費者・政府（環境）という3側面の効用を包括的に考慮したポートフォリオ多目的最適化モデルを構築する。

第6章では、最適ポートフォリオの算出結果について述べる。ポートフォリオ多目的最適化モデルを用い、乗用車・トラック・バスを対象とし、日本における2030年の自動車の最適ポートフォリオを算出し、産業・消費者・政府（環境）それぞれの視点によりポートフォリオがどのように変化するか分析する。また、技術革新の進展度合いについてシナリオを作成し、各シナリオによる乗用車の最適ポートフォリオの変化を分析する。以上の分析を通じ、自動車の最適ポートフォリオはどの視点に重点を置くかにより結果が大きく異なり、3側面の効用に配慮した普及政策の設計が必要であることを示す。

第7章では、本研究の成果および得られた知見をまとめ、今後の展望について述べる。

キーワード：自動車産業、クリーンエネルギー自動車、産業連関分析、最適化、ポートフォリオ、サプライチェーン、サステナビリティ

SUMMARY OF DOCTORAL DISSERTATION

Student Identification Number	81552030	Name	Jun Osawa
-------------------------------	----------	------	-----------

Title:

Multi-Objective Optimization Model for Clean Energy Vehicles Using Input-Output Tables

Abstract

The introduction of clean energy vehicles (CEVs) is expected to reduce CO₂ emissions in the transportation sector. However, because each CEV has different internal structures compared to gasoline vehicles (GV), the popularization of each CEV type provides different impacts on three dimensions: industry, consumer, and the environment.

For example, if the sales volume of electric vehicles (EVs) increases, there is a concomitant reduction in CO₂ emissions at the vehicle using phase. However, there is an important trade-off to consider: it is expected that EVs will be priced higher than GVs, increasing the financial burden on consumers. Further, around 20–30% of the auto parts used in GVs is not required in EVs. In assessing new technologies, auto manufacturers consider the impact on the existing automotive parts industry, and might exhibit a preference for models that do not compromise the status-quo in this respect.

In other words, because each CEV has its own advantages and disadvantages, popularizing only specific types of vehicles will not necessarily maximize societal utility.

Therefore, it is important to analyze the optimal portfolio of CEVs in order to design an effective policy for the introduction of CEVs.

Most previous studies have mainly focused on the environmental performance of CEVs in the running phase, failing to consider the impact on industry. In addition, previous studies on the tools and models that calculated and analyzed the industrial ripple effect, resulting from the spread of CEVs, were insufficient.

Furthermore, since CEVs is a product closely related to the social system, which includes various stakeholders, it is necessary to design the models considering stakeholder requirements.

Therefore, the aim of this study is to develop predictive models for long-term sales volumes of CEVs, considering the stakeholder requirements and ripple effect caused by the spread of CEVs.

Specifically, this paper proposes a new multi-objective optimization model of portfolio, which considers utilities across three dimensions: industry, consumer, and government (environment). In

addition, by using input-output tables to evaluate the differences in the parts' structures of GVs and CEVs, this paper proposes an industrial ripple effect model that comprehensively calculates and analyzes the ripple effect on the economic, and employment aspects of the industry.

Simulation results using this industrial ripple effect model show impacts on the economy, and employment in Japan of 2020 and 2030 for the predicted sales of CEVs assumed by the Ministry of the Environment in 2010. For example, simulation results indicate that production-induced effects in Japan in 2020 are expected to increase by about 1.3 trillion yen when compared to 2010. Also, production-induced effects in Japan in 2030 are expected to decrease by about 5.1 trillion yen when compared to 2010.

Also, the simulation results using the multi-objective optimization model of portfolio show the optimal portfolios in 2030 for each dimension across all scenarios of technological innovation. For example, in the standard scenario about technological innovation, plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and fuel cell vehicles account for approximately 90% of passenger vehicle unit sales when industrial utility is prioritized. In contrast, the introduction of GVs accounts for approximately 50% of sales when the utility of consumer is prioritized. Also, PHEVs play an important role particularly when the utility of government (environment) is prioritized.

Key Words : Automotive industry, Clean Energy Vehicle, Input-output analysis, Optimization, Portfolio, Supply chain, Sustainability