

学位論文 博士(システムエンジニアリング学)

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

大澤 潤

(学籍番号:81552030)

指導教員 教授 中野 冠

2017年3月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科  
システムデザイン・マネジメント専攻

Doctoral Dissertation

2017

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

Jun Osawa

(Student ID Number : 81552030)

Supervisor Masaru Nakano

March 2017

Graduate School of System Design and Management,  
Keio University  
Major in System Design and Management

# 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CO<sub>2</sub>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 <p>The introduction of clean energy vehicles (CEVs) is expected to reduce CO<sub>2</sub> 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.</p> <p>For example, if the sales volume of electric vehicles (EVs) increases, there is a concomitant reduction in CO<sub>2</sub> 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.</p> <p>In other words, because each CEV has its own advantages and disadvantages, popularizing only specific types of vehicles will not necessarily maximize societal utility.</p> <p>Therefore, it is important to analyze the optimal portfolio of CEVs in order to design an effective policy for the introduction of CEVs.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Specifically, this paper proposes a new multi-objective optimization model of portfolio, which considers utilities across three dimensions: industry, consumer, and government (environment). In</p>			

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

<b>SUMMARY OF DOCTORAL DISSERTATION</b>	<b>5</b>
<b>第 1 章 諸言</b>	<b>2</b>
1-1 本研究の背景	2
1-1-1 自動車における CO <sub>2</sub> 排出量削減の必要性	2
1-1-2 自動車におけるクリーンエネルギー自動車（CEV）普及への期待	4
1-1-3 各 CEV の長所と短所	6
1-1-4 CEV の普及による産業構造の変化	8
1-1-5 小括	10
1-2 既往研究とその課題	11
1-2-1 CEV に関する消費者調査を行った研究	16
1-2-2 自動車関連税制等の政策設計・評価に関する研究	17
1-2-3 LCA（Life Cycle Assessment）を用い CEV の CO <sub>2</sub> 排出量を評価した研究	20
1-2-4 CEV の普及に伴う産業構造変化の波及効果を評価した研究	24
1-2-5 将来の最適な車種構成（ポーフォリオ）の算出モデルに関する研究	27
1-2-6 将来シナリオの設計手法に関する研究	30
1-3 本研究の目的	31
1-4 本論文の構成	33
1-5 小括	36
<b>第 2 章 モデルの全体設計</b>	<b>38</b>
2-1 アプローチ	38
2-2 ステークホルダー分析	40
2-3 要求分析	44
2-4 全体設計	46
2-5 小括	50

<b>第 3 章 産業構造変化の波及効果モデル</b>	<b>52</b>
<b>3-1 研究方法</b>	<b>52</b>
3-1-1 産業連関表の概要	52
3-1-2 産業連関表の再構成	53
<b>3-2 産業構造変化の波及効果モデル</b>	<b>64</b>
3-2-1 産業構造変化の波及効果モデルの概要	64
3-2-2 産業構造変化の波及効果モデルの数式	66
<b>3-3 各種前提条件</b>	<b>72</b>
3-3-1 対象車種及び地域	72
3-3-2 新車販売台数	73
3-3-3 保有台数	75
3-3-4 生産台数	77
3-3-5 電池価格	78
3-3-6 モータ・インバータ価格	81
3-3-7 燃料電池・水素タンク価格	84
3-3-8 ディーゼル用燃料噴射装置・燃料噴射ノズル価格	86
3-3-9 DPF・尿素 SCR システム価格	87
3-3-10 ガソリン用燃料噴射ノズル・ガソリンタンク・スパークプラグ価格	88
3-3-11 エンジン部品価格	89
3-3-12 電装品・電子部品価格	91
3-3-13 ガス容器価格	92
3-3-14 車両生産価格	93
3-3-15 燃費	95
3-3-16 エネルギー価格	97
3-3-17 サービスステーション建設費	98
3-3-18 年間平均走行距離	100
<b>3-4 検証</b>	<b>101</b>
<b>3-5 小括</b>	<b>102</b>

<b>第 4 章 産業構造変化の波及効果分析</b>	<b>104</b>
4-1 シナリオ設定	104
4-2 シミュレーション結果	106
4-2-1 生産誘発額の推移	106
4-2-2 雇用誘発数の推移	112
4-3 小括	117
<b>第 5 章 ポートフォリオ多目的最適化モデル</b>	<b>120</b>
5-1 ポートフォリオ多目的最適化モデル	120
5-1-1 ポートフォリオ多目的最適化モデルの概要	120
5-1-2 目的関数	123
5-1-3 制約条件	135
5-2 各種前提条件	138
5-2-1 対象車種及び地域	138
5-2-2 新車販売台数	139
5-2-3 車両価格	140
5-2-4 燃費	142
5-2-5 エネルギー価格	143
5-2-6 CO <sub>2</sub> 排出原単位	144
5-2-7 その他前提条件	145
5-3 検証	147
(1) 過去の車種構成とポートフォリオ多目的最適化モデルで算出した結果（車種構成）を比較 する方法	147
(2) 特定の前提数値を大きく変化させた場合に予測通りの結果が算出されるかを確認する方 法	148
5-4 小括	150
<b>第 6 章 最適ポートフォリオの分析</b>	<b>152</b>

<b>6-1 シナリオ設定</b>	<b>152</b>
<b>6-2 最適ポートフォリオの算出結果</b>	<b>155</b>
6-2-1 産業・消費者・政府（環境）の各効用の視点に基づく分析	155
6-2-2 技術革新シナリオに基づく分析	165
<b>6-3 小括</b>	<b>169</b>
<b>第7章 結言</b>	<b>172</b>
7-1 本研究の結果と考察	172
7-2 今後の展望	177
<b>参考文献</b>	<b>179</b>
<b>研究業績</b>	<b>190</b>
原著論文	190
国際会議論文(査読付きのフルペーパー)	190
<b>謝辞</b>	<b>191</b>
<b>付録</b>	<b>193</b>
2010年の投入係数	194
2020年の投入係数	200
2030年の投入係数	206

# 第 1 章

## 諸言

## 第 1 章 諸言

### 1-1 本研究の背景

#### 1-1-1 自動車における CO<sub>2</sub> 排出量削減の必要性

World Commission on Environment and Development による”Our Common Future”[1]の発表以降、持続可能性への注目が徐々に高まってきている。地球温暖化は、持続可能性に関する代表的な問題であり、各国が様々な対策を実施している。

地球温暖化に影響を与える温室効果ガスの中でも主要なガスの一つである二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) は、2013 年時点において国内の総 CO<sub>2</sub> 排出量の内、運輸部門が約 17% [2]と大きな割合を占めている(Figure 1-1)。また、運輸部門は乗用車、トラック、バス、海運、航空、鉄道、その他の 7 つに分類されるが、運輸部門における総 CO<sub>2</sub> 排出量の 87%[2]を自動車(乗用車、トラック、バス)が占めている(Figure 1-2)。

自動車は国内の総 CO<sub>2</sub> 排出量において大きな割合を占めており、CO<sub>2</sub> 排出量の削減に向けた対策が求められている。

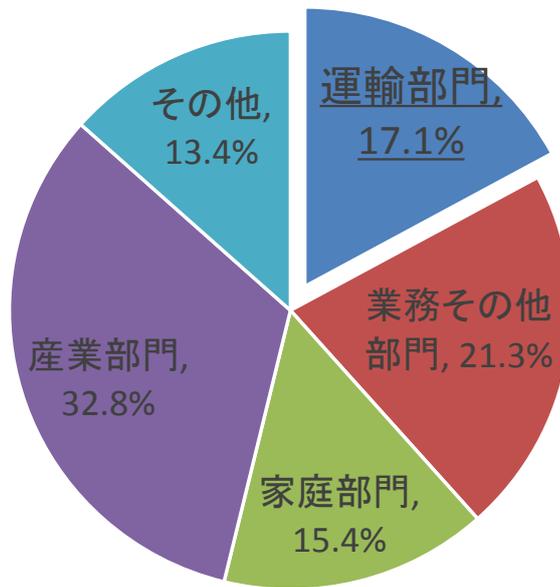


Figure 1-1 部門別 CO<sub>2</sub> 排出量の割合 (2013 年)

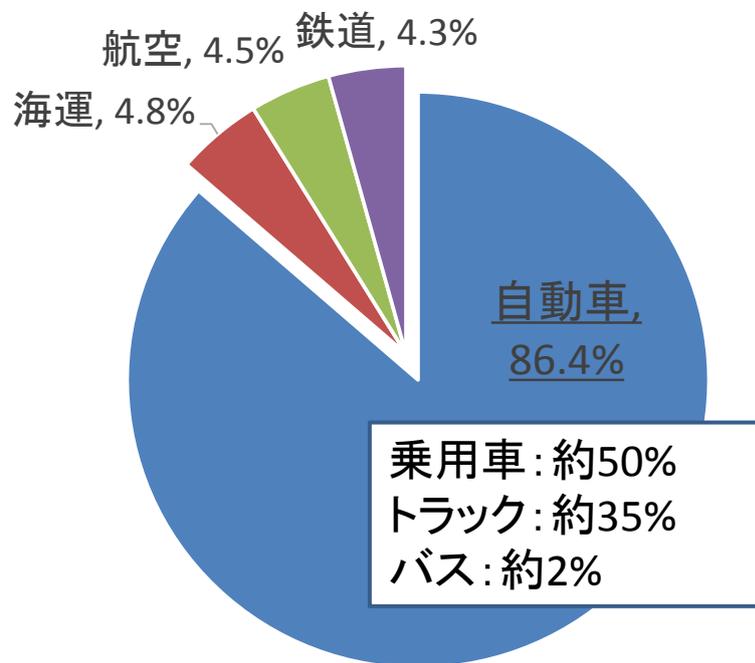


Figure 1-2 交通機関別 CO<sub>2</sub> 排出量の割合 (2013 年)

## 1-1-2 自動車におけるクリーンエネルギー自動車（CEV）普及への期待

CO<sub>2</sub> 排出量の削減に向け、燃費改善やクリーンエネルギー自動車(CEV)の導入等の単体対策、高度道路交通システム(ITS)等の交通流対策、燃料対策、エコドライブやカーシェアリングといった使用方法の改善の対策等様々な対策が検討されている[3].

こうした対策の中でも、クリーンディーゼル車(CDV)、電気自動車(EV)、ハイブリッド車(HEV)、プラグインハイブリッド車(PHEV)、燃料電池車(FCV)といったクリーンエネルギー自動車(CEV)の導入が注目されている。

CEV はトヨタ自動車の HEV「プリウス」の販売を皮切りに、2009 年に三菱自動車の EV「アイ・ミーブ」、2010 年に日産の EV「リーフ」、2012 年にトヨタ自動車の PHEV「プリウスプラグインハイブリッド」、そして 2014 年にはトヨタ自動車から FCV「MIRAI」が発売され[4][5]、完成車メーカー各社は注力する CEV の種類に違いはあるものの、積極的に CEV の技術開発に取り組んでいる。

また、政府も CEV の普及を後押しするために、「クリーンエネルギー自動車等導入促進対策費補助」のように初期需要の創出を目的とし、CEV の購入に対する補助金を出す制度や「水素供給設備整備事業費補助金」のように CEV の利便性向上を目的とし、サービスステーションの建設に対する補助金制度、「リチウム電池応用・実用化先端技術開発事業費」のように CEV の技術開発支援を目的とした研究開発の補助制度等多様な政策を設け(Table 1-1)、普及を支援している[6][7].

また、消費者の環境意識も徐々に高まってきており、例えば乗用車の HEV の販売台数は 2009 年に約 45 万台だったが、2013 年には約 100 万台を超えるまでに成長しており[6]、消費者にとっても CEV は価値ある製品として認められている。

以上のように、政府、企業ともに CEV の開発・導入に積極的に取り組んでおり、また消費者の環境意識の高まりもあり、CO<sub>2</sub> 排出量の削減に向け、CEV の普及への期待は高い。

Table 1-1 政府による CEV 普及に向けた支援政策例

目的	制度例	概要
初期需要の創出	クリーンエネルギー自動車等導入促進対策費補助	地方公共団体, その他法人及び個人を対象にクリーンエネルギー自動車の導入への補助
	自動車重量税の時限的免除・軽減措置	環境性能に応じて自動車重量税を時限的に免除・軽減
インフラ整備	次世代自動車充電インフラ整備促進事業	地方公共団体, その他法人及び個人を対象に充電設備の本体価格及び設置工事費への補助
	水素供給設備整備事業費補助金	法人, 個人事業者(地方公共団体含む)における水素供給設備の整備及び新規需要創出活動への補助
	地域交通のグリーン化を通じた電気自動車の加速度的普及促進事業	トラック・バス・タクシー事業者における電気自動車及び充電施設の導入又は電気自動車への改造への補助
	地域再エネ水素ステーション導入事業	地方公共団体, 民間団体及びその他の法人における再生可能エネルギー由来の水素ステーション導入への補助
研究開発の補助	リチウム電池応用・実用化先端技術開発事業費	民間団体や民間事業者に対し, EV及びPHEVに搭載するリチウムイオン電池の1充電当たりの電動走行距離の延伸を図るための技術開発の支援
	革新型蓄電池先端科学基礎研究事業費	大学や民間企業に委託し, 電池の基礎的な反応メカニズムを解明することによって, ガソリン車並の走行性能を有する革新型蓄電池の実現に向けた研究開発を実施

### 1-1-3 各 CEV の長所と短所

本研究で対象としている CEV には、CDV, EV, HEV, PHEV, FCV と複数の車種があり、CO<sub>2</sub> 排出量をはじめ、車種毎の燃費や走行可能距離といった性能面、部品構造やエネルギー源といった物理面、その他車両価格や必要なサービスステーションの種類等の特性が異なり、各 CEV にはそれぞれ長所と短所がある(Table 1-2, Table 1-3) [8]. なお、Table 1-2 及び Table 1-3 は 2009 年度時点におけるガソリン車(GV)との比較表となっている。

例えば、EV や FCV は確かに環境性は高いが、サービスステーションの整備や車両価格に課題がある。一方で、車両価格の安いGVやディーゼル車(DV)の持続的改善だけでは、CO<sub>2</sub> 排出量の削減は限定的と言える。

そのため、単一指標に優れた一車種だけの普及を目指すのは効果的な施策ではないと考えられる。限られた資源や資金の中で最大限効果的な CEV の技術開発および導入を推進するためには、各 CEV の性能や物理面等の特性を理解し、複数の評価指標に基づき将来時点においてどの車種を何台普及させるべきかという指針、つまり最適なポートフォリオ(GV, DV, 天然ガス車(NGV), CEV を対象とした車種の販売台数の構成)を検討することが必要である。この最適ポートフォリオはいわば目標値であり、手段にあたる普及方法(税制優遇や補助金等の政策)に先行して検討され、政策設計に繋げていくことが重要である。

Table 1-2 各 CEV の特性 (CDV, HEV, PHEV)

	CDV (クリーンディーゼル車)	HEV (ハイブリッド車)	PHEV (プラグインハイブリッド車)
性能面			
CO <sub>2</sub> 排出量	ほぼ同等	走行時約50%減	走行時約60%減
航続距離	同等	同等	同等
構造面			
エネルギー源	軽油	ガソリン	ガソリン及び電気
その他			
車両価格	1.2倍	1~1.4倍	1.4~2倍
インフラ	既存SS	既存SS	一部急速充電器の整備拡大が必要
主な課題		<ul style="list-style-type: none"> <li>・電池性能の向上</li> <li>・電池及び車両価格低減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電池性能の向上</li> <li>・電池及び車両価格低減</li> <li>・急速充電器の整備拡大</li> </ul>

Table 1-3 各 CEV の特性 (EV, FCV)

	EV (電気自動車)	FCV (燃料電池車)
性能面		
CO <sub>2</sub> 排出量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・走行時ほぼゼロ</li> <li>・電力生成時にCO<sub>2</sub>発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・走行時ゼロ</li> <li>・水素供給(製造・運搬・配給等)時にCO<sub>2</sub>発生</li> </ul>
航続距離	軽自動車:~160km 小型自動車:~230km	同等
構造面		
エネルギー源	電気	水素
その他		
車両価格	3~4倍	リース月約80万円
インフラ	急速充電器の整備拡大が必要	水素供給スタンドの整備拡大が必要
主な課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電池性能の向上</li> <li>・電池及び車両価格低減</li> <li>・急速充電器の整備拡大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・技術的信頼性の向上</li> <li>・電池及び車載水素貯蔵性能向上, 価格減</li> <li>・車両価格低減</li> <li>・充填スタンドの整備拡大</li> </ul>

#### 1-1-4 CEV の普及による産業構造の変化

CEV の普及により、各種文献[8][9]が示しているように CO<sub>2</sub> 排出量や燃料消費量等に影響を与えるのはもちろんだが、GV、DV、NGV と各 CEV では環境性だけでなく、物理的な部品構成も異なるため、CEV の普及により産業構造が変化していくことが想定される。つまり、各 CEV の普及により、GV や DV 等の従来車と CEV とでは、産業の経済面、雇用面に与える影響も大きく異なってくる。

GV を構成する各部品の出荷金額の割合は Figure 1-3 のようになっており[10]、例えば、GV と EV の構造を比べた場合、EV ではエンジン部品や電装品・電子部品等既存の GV 部品の内約 2 割が不必要になると言われる。一方で、新しく電池やモータ、インバータ等が必要となり、新しい需要(生産)と雇用は自動車部品産業ではなく、電池産業等に生まれることとなり、旧来の産業構造が変化していくことが想定される。Figure 1-4 に示すように、自動車・同付属品製造業は国内製造業の総生産額の内、約 13%、生産額約 40 兆円[11][12]を担う裾野の広い産業であり、そのため、上述の部品構成の変化が我が国の産業に与える影響は大きいと考えられる。

上記では、EV を例に取り上げたが、CEV 毎に部品構成は異なり、その差異から需要(生産)が発生する産業も異なる。また、生産を行う産業が異なれば、雇用者数、雇用者所得の発生する産業も異なってくる。そして、これらの多寡はその産業のサプライチェーンや生産システム等の特性に依存することとなる。従って、各 CEV の部品構成の差異が国内産業の経済面に影響を与え、ひいては雇用面にも影響を生むことが予測される。

そのため、CO<sub>2</sub> 排出量削減に向けてこれら CEV を普及させていく上で各 CEV が普及することにより生じる国内産業の産業構造の変化、産業の経済面及び雇用面への波及効果を勘案していく必要がある。

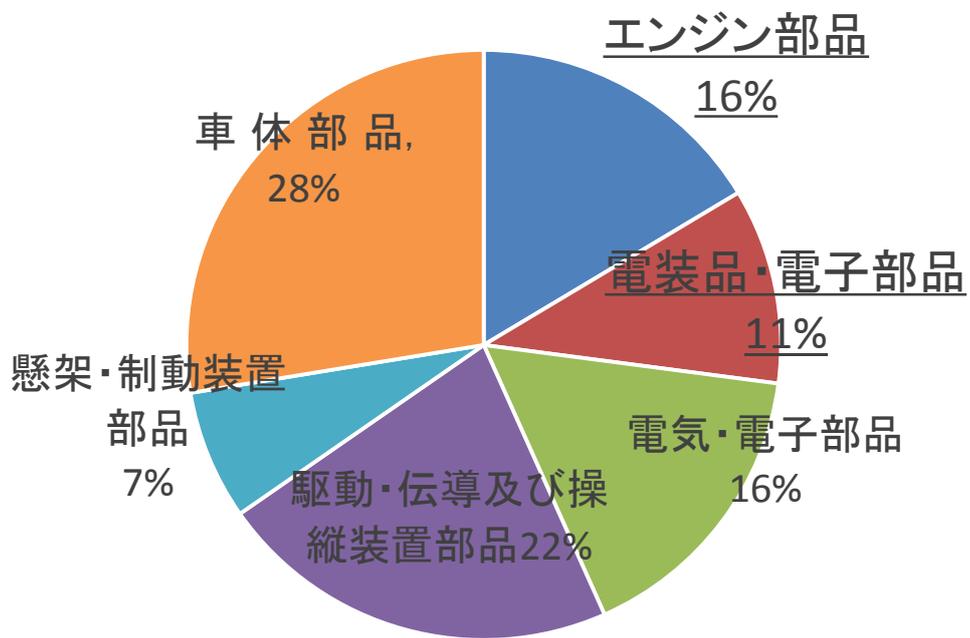


Figure 1-3 GVを構成する各部品の出荷額の割合(2010年)

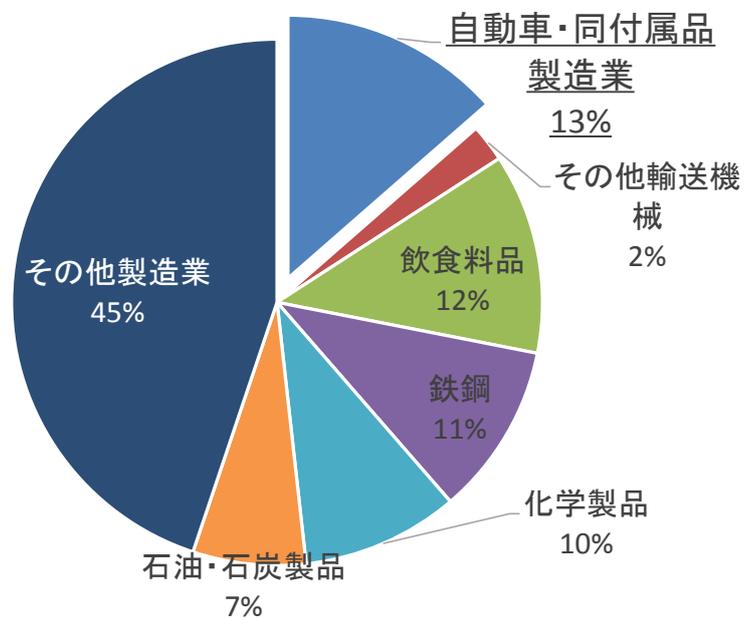


Figure 1-4 国内製造業の生産額の内訳(2011年)

---

#### 1-1-5 小括

前節までの背景から、CO<sub>2</sub> 排出量の削減に向け、CEV 普及への期待は高いものの、CEV の中にも複数の種類があり、また各車種の性能や物理面等の特性も異なり、一長一短があると分かった。そのため、将来的に社会全体の効用の最大化を図るためには、CEV の組み合わせが重要となると言える。

つまり、今後 CEV の普及を目指すに当たり、各 CEV の普及により起きうる産業構造変化に伴う波及効果や各車種の特性を踏まえ、将来長期的にどの車種がどの程度普及していくかといった CEV の普及指針の検討が必要と考える。

次節より、既往研究の整理及び課題の抽出を行い、本研究の目的及び目標を述べる。

## 1-2 既往研究とその課題

本節では、本研究に関連する既往研究とその特徴及び課題を述べ、本研究の新規性の所在を明らかにする。そして、次節において本研究の目的を述べることとする。

本研究の主眼である「各 CEV の普及により起きうる産業構造変化に伴う波及効果や各車種の特性を踏まえ、将来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」に関連する既往研究として、大きく 5 つの区分で研究が挙げられる。

つまり、消費者の選好分析等 CEV に関する消費者調査を行った研究（「消費者調査」）、自動車関連税制等の政策設計・評価に関する研究（「政策設計・評価」）、LCA (Life Cycle Assessment) を用い CEV の CO<sub>2</sub> 排出量を評価した研究（「LCA」）、CEV の普及に伴う産業構造変化の波及効果を評価した研究（「波及効果」）、将来の最適な車種構成（ポートフォリオ）の算出モデルに関する研究（「最適ポートフォリオ」）、将来社会や製品がどのようになっていくかというシナリオの設計手法に関する研究（「将来シナリオの設計手法」）の 6 つが挙げられる。

Table 1-4, Table 1-5, Table 1-6, Table 1-7 は、これら既往研究の区分及び既往研究の研究対象や特徴といった既往研究の全体像を示している。

次節以降、これらの既往研究の概要、特徴及び課題を順に説明する。

Table 1-4 既往研究の全体像 (1/4)

No.	既往研究	カテゴリ		
		1-2-1 消費者調査	1-2-2 政策設計・評価	
			国内自動車 関連税制	炭素関税
13	中野ら(2014)	○		
14	近藤ら(2011)	○		
15	木村ら(2012)	○		
16	F.V.Rijnsoever et al(2009)	○		
17	Steg(2005)	○		
18	土屋ら(2014)	○		
19	DTC(2015)	○		
20	武藤ら(2004)		○	
21	藤原ら(2002)		○	
22	谷下ら(2002)		○	
23	Haan et al(2007)		○	
24	Gallachóir et al(2009)		○	
25	林ら(1999)		○	
26	堂脇ら(2010)		○	
27	野中ら(2010)		○	
28	野中ら(2011)		○	
29	野中ら(2013)		○	○
30	Chua et al(2013)		○	
8	環境省(2010)			
32	みずほ情報総研ら(2004)			
33	日本自動車研究所(2011)			
34	IEA(2009)			
35	A. Elgowainy et al(2009)			
36	A. Elgowainy et al(2010)			
37	M. Wang(2001)			
38	松橋ら(1998)			
39	中野ら(2008)			
40	日産自動車(-)			
41	工藤ら(2007)			
42	トヨタ自動車(2015)			
43	トヨタ自動車(2015)			
44	トヨタ自動車(2015)			
45	山田ら(2005)			
46	A. Burnham et al(2006)			
47	Samaras et al(2008)			
48	J. Sullivan et al(2010)			
49	梶山ら(2006)			
50	Maa et al(2012)			
51	I. Bartolozzi et al(2013)			
52	Lucasa et al(2011)			
53	Nansaia et al(2001)			
59	白石ら(2012)			
63	一戸ら(2005)			
64	Yeh et al(2008)			
65	山田ら(2009)			
66	加藤ら(2013)			
61	有森ら(2012)			
67	Fulton et al(2009)			
68	木下ら(2009)			
69	木下ら(2010)			
70	木下ら(2012)			
71	水野ら(2012)			
72	倉橋ら(2012)			
	本研究			

Table 1-5 既往研究の全体像 (2/4)

(1).サービスステーションの略称

No.	既往研究	カテゴリ					
		1-2-3			1-2-4		
		LCA			波及効果		
素材製造・輸送段階	車両製造・輸送段階	走行段階	メンテナンス・廃棄段階	SS <sup>1)</sup> 建設サイクル	経済面	雇用面	
13	中野ら(2014)						
14	近藤ら(2011)						
15	木村ら(2012)						
16	F.V.Rijnsoever et al(2009)						
17	Steg(2005)						
18	土屋ら(2014)						
19	DTC(2014)						
20	武藤ら(2004)						
21	藤原ら(2002)						
22	谷下ら(2002)						
23	Haan et al(2007)						
24	Gallachóir et al(2009)						
25	林ら(1999)						
26	堂脇ら(2010)						
27	野中ら(2010)	○	○	○			
28	野中ら(2011)	○	○	○			
29	野中ら(2013)	○	○	○			
30	Chua et al(2013)			○			△
8	環境省(2010)			△			
32	みずほ情報総研ら(2004)			○			
33	日本自動車研究所(2011)			○			
34	IEA(2009)			○			
35	A. Elgowainy et al(2009)			○			
36	A. Elgowainy et al(2010)			○			
37	M. Wang(2001)			○			
38	松橋ら(1998)	○	○	○			
39	中野ら(2008)	○	○	○			
40	日産自動車(-)	○	○	○	○		
41	工藤ら(2007)	○	○	○			
42	トヨタ自動車(2015)	○	○	○	○		
43	トヨタ自動車(2015)	○	○	○	○		
44	トヨタ自動車(2015)	○	○	○	○		
45	山田ら(2005)	○	○	○			
46	A. Burnham et al(2006)	○	○		○		
47	Samaras et al(2008)	○	○	○			
48	J. Sullivan et al(2010)	○	○				
49	梶山ら(2006)	○	○				
50	Maa et al(2012)	○	○	○	○		
51	I. Bartolozzi et al(2013)	○	○	○	○		
52	Lucasa et al(2011)			○		○	
53	Nansaia et al(2001)		○	○		○	
59	白石ら(2012)						△
63	一戸ら(2005)						
64	Yeh et al(2008)						
65	山田ら(2009)						
66	加藤ら(2013)						
61	有森ら(2012)						
67	Fulton et al(2009)						
68	木下ら(2009)						
69	木下ら(2010)						
70	木下ら(2012)						
71	水野ら(2012)						
72	倉橋ら(2012)						
	本研究	○	○	○	△	○	○

Table 1-6 既往研究の全体像 (3/4)

(1). サービスステーションの略称

No.	既往研究	カテゴリ							
		1-2-5							
		最適ポートフォリオ							
		CO <sub>2</sub> 排出量			金属資源	エネルギー セキュリティ	消費者コスト	産業への波及効果	
素材製造 ・輸送段階	車両製造・ 輸送段階	走行段階	メンテナンス・ 廃棄段階	SS <sup>(1)</sup> 建設 サイクル			経済面 (生産)	雇用面	
13	中野ら(2014)								
14	近藤ら(2011)								
15	木村ら(2012)								
16	F.V.Rijnsoever et al(2009)								
17	Steg(2005)								
18	土屋ら(2014)								
19	DTC(2015)								
20	武藤ら(2004)								
21	藤原ら(2002)								
22	谷下ら(2002)								
23	Haan et al(2007)								
24	Gallachóir et al(2009)								
25	林ら(1999)								
26	堂脇ら(2010)								
27	野中ら(2010)								
28	野中ら(2011)								
29	野中ら(2013)								
30	Chua et al(2013)								
8	環境省(2010)								
32	みずほ情報総研ら(2004)								
33	日本自動車研究所(2011)								
34	IEA(2009)			○				○	
35	A. Elgowainy et al(2009)								
36	A. Elgowainy et al(2010)								
37	M. Wang(2001)								
38	松橋ら(1998)								
39	中野ら(2008)								
40	日産自動車(-)								
41	工藤ら(2007)								
42	トヨタ自動車(2015)								
43	トヨタ自動車(2015)								
44	トヨタ自動車(2015)								
45	山田ら(2005)								
46	A. Burnham et al(2006)								
47	Samaras et al(2008)								
48	J. Sullivan et al(2010)								
49	梶山ら(2006)								
50	Maa et al(2012)								
51	I. Bartolozzi et al(2013)								
52	Lucasa et al(2011)								
53	Nansaia et al(2001)								
59	白石ら(2012)								
63	一戸ら(2005)			○				○	
64	Yeh et al(2008)			○				○	
65	山田ら(2009)	○	○	○	○			○	
66	加藤ら(2013)			○		○		○	
61	有森ら(2012)			○			○	○	
67	Fulton et al(2009)			○				○	
68	木下ら(2009)								
69	木下ら(2010)								
70	木下ら(2012)								
71	水野ら(2012)								
72	倉橋ら(2012)								
	本研究	○	○	○	△			○	○

Table 1-7 既往研究の全体像 (4/4)

No.	既往研究	カテゴリ
		1-2-6 将来シナリオ の設計手法
13	中野ら(2014)	
14	近藤ら(2011)	
15	木村ら(2012)	
16	F.V.Rijnsoever et al(2009)	
17	Steg(2005)	
18	土屋ら(2014)	
19	DTC(2014)	
20	武藤ら(2004)	
21	藤原ら(2002)	
22	谷下ら(2002)	
23	Haan et al(2007)	
24	Gallachóir et al(2009)	
25	林ら(1999)	
26	堂脇ら(2010)	
27	野中ら(2010)	
28	野中ら(2011)	
29	野中ら(2013)	
30	Chua et al(2013)	
8	環境省(2010)	
32	みずほ情報総研ら(2004)	
33	日本自動車研究所(2011)	
34	IEA(2009)	
35	A. Elgowainy et al(2009)	
36	A. Elgowainy et al(2010)	
37	M. Wang(2001)	
38	松橋ら(1998)	
39	中野ら(2008)	
40	日産自動車(-)	
41	工藤ら(2007)	
42	トヨタ自動車(2015)	
43	トヨタ自動車(2015)	
44	トヨタ自動車(2015)	
45	山田ら(2005)	
46	A. Burnham et al(2006)	
47	Samaras et al(2008)	
48	J. Sullivan et al(2010)	
49	梶山ら(2006)	
50	Maa et al(2012)	
51	I. Bartolozzi et al(2013)	
52	Lucasa et al(2011)	
53	Nansia et al(2001)	
59	白石ら(2012)	
63	一戸ら(2005)	
64	Yeh et al(2008)	
65	山田ら(2009)	
66	加藤ら(2013)	
61	有森ら(2012)	
67	Fulton et al(2009)	
68	木下ら(2009)	○
69	木下ら(2010)	○
70	木下ら(2012)	○
71	水野ら(2012)	○
72	倉橋ら(2012)	○
	本研究	

## 1-2-1 CEV に関する消費者調査を行った研究

本区分の既往研究として、中野ら[13]、近藤ら[14]、木村ら[15]、F.V.Rijnsoever et al[16]、Steg[17]、各種文献[18][19]が挙げられる。これらの既往研究・調査では、消費者へのアンケートや利用実態の調査を通じ、EV 等を利用する潜在ターゲットや購入要因等を調査している。

中野ら[13]は、EV により変化する消費者のライフスタイルやモビリティ社会を検討する上で、現在どのようなライフスタイルを持つ人がEV を支持しており、将来のEV やEVを利用したサービスの潜在的な需要者と考えられるか等を探るためにインターネットを利用したアンケート調査を実施している。そしてその結果、EV やEV を利用したサービスの利用に肯定的な人物は、年齢の比較的高い人物であり、既に次世代型自動車を持っていたり、買い替えを希望したりしている人たちが中心であることを示している。一方で、非常用電源としてのEV の利用やスマートフォンを活用した次世代型のタクシー利用法等新しい自動車の使い方には、若い世代の関心も高いことを示している。

また、近藤らは[14]、つくば市で収集された自動車がいづつ利用されたか、その差異の距離と速度に関するデータを用い、GV からEV への代替可能性の評価を行っている。

木村ら[15]は、F.V.Rijnsoever et al[16]が示した環境車の選択動機として自動車に対する興味と環境に対する知識の両方が必要であるという研究結果や Steg[17]の示した自動車が移動手段としての位置づけに留まらず、象徴的役割(自動車を保有・運転する事により、所属する集団・階級を表すもの)、また情緒的役割(自動車を保有・運転することによる満足感や充足感)を果たしているという研究結果を受け、機能的役割以外も含めた「消費者選好度」に焦点を当てアンケートを実施している。その結果、「安心度」、「社会・環境性」、「デザイン・流行性」の三種類の共通要因が抽出され、「安心度」が消費者がエコカーを購入する場合の必要条件であり、「社会・環境性」については、重要な要因であるが、「安心度」に比べて優先度が低くなることを示している。

これらの既往研究は、現状の消費者の購買要因や利用実態を明らかにするという点において、意義はあるものの、あくまで現状の実態把握に留まり、長期の将来を予測できるものではない。

## 1-2-2 自動車関連税制等の政策設計・評価に関する研究

本区分の既往研究として、国内炭素税や補助金、燃費規制等の政策設計・評価に際し、使用段階の環境負荷に主な焦点を当てた武藤ら[20]、藤原ら[21]、各種文献[22][23][24]の研究と使用段階に加え、生産段階等の環境負荷に主な焦点を当てた林ら[25]、堂脇ら[26]、野中ら[27][28][29]、Chua et al[30]の研究が挙げられる。

前者の自動車の使用段階の環境負荷を対象として政策の設計・評価を行った研究として、武藤ら[20]、藤原ら[21]、各種文献[22][23][24][25]の研究が挙げられる。

武藤ら[20]は、動学的応用一般均衡モデルを用い、トップランナー方式とグリーン税制(自動車税及び自動車取得税)の施行による CO<sub>2</sub> の排出量の削減量及び市場経済にもたらす影響を評価し、その結果前述の政策の導入により CO<sub>2</sub> 排出量は 6%程度削減されるに留まることを示している。

また、藤原ら[21]は、応用一般均衡モデルを用い、自動車に対する燃料税、取得税、保有税の変更によって CO<sub>2</sub> 排出量がどのように変化するか分析し、その結果、CO<sub>2</sub> 排出量の削減への対策としては保有税や取得税の増税よりも燃料税の増税の方が効果的であることを示している。

これらの既往研究の多くは、CEVではなく、従来のGVを想定し、税制の変更による使用段階におけるCO<sub>2</sub>排出量の変化を分析している。しかし、CEVは従来のGVに比して、ライフサイクル全体に占める生産段階のCO<sub>2</sub>排出量の割合が増加することが示されており[28]、使用段階のみを対象とした税制設計では検討が不十分と言える。

上記既往研究に対し、林ら[25]、堂脇ら[26]、野中ら[27][28][29]、Chua et al[30]は自動車の使用段階に加え、生産段階等の環境負荷を対象として炭素税や補助金、燃費規制等の政策の設計・評価を行っている。

林ら[25]は、コーホート・モデルを用い、自動車関連税制の取得・保有・利用段階の税率設定が車種構成や車齢変化といった自動車市場及びCO<sub>2</sub>排出量にどのような影響を及ぼすかを分析している。その結果、燃料税の増徴と高車格車への取得・保有税の累進賦課の併用が効果的であることを示している。林ら[25]は、LCA(Life Cycle Assessment)を用い、自動車の走行段階に加え、車両製造・維持・廃棄の各段階のCO<sub>2</sub>排出量を勘案しているものの、車両

製造価格に対する CO<sub>2</sub> 排出原単位から一律に算出しており、CEV 等の車種の部品構造の違いを考慮していない。

また、堂脇ら[26]は、エコカー減税やエコカー補助金によるリバウンド効果や自動車のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量(LCCO<sub>2</sub>)を考慮し、上記減税及び補助金の実施による CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果の評価を行っている。堂脇ら[26]は、製造段階の CO<sub>2</sub> 排出量も勘案しているものの、車両販売価格に対する CO<sub>2</sub> 排出原単位から一律に算出しており、CEV の構造的特徴に基づいた車種の違いを考慮していない。

林ら[25]、堂脇ら[26]に対し、野中ら[27][28][29]は、LCA を用い、EV、HEV、PHEV、GV を対象に生産段階を含む 1 台当たりの LCCO<sub>2</sub> とライフサイクルコスト(LCC)から CEV 普及のための炭素税設計の枠組み及び炭素税率の検討を行っている。また、複数国に跨るグローバル生産の各ライフサイクル段階における排出量の特徴を分析し、炭素関税の設計を行っている。

また、Chua et al[30]は、シンガポールにおいて乗用車の EV を対象とし、炭素税率を変動させた場合に、どの程度 EV が普及するか分析を行っている。また、シンガポールにおいて乗用車の EV が普及した場合の Well-to-Wheel における CO<sub>2</sub> 排出量を算出すると共に既存の産業連関表を用い、生産誘発額の算出を行っている。そして、EV が普及した場合の Well-to-Wheel における CO<sub>2</sub> 排出量及び生産誘発額を踏まえ、最適な炭素税率に関する分析を行っている。

なお、Well-to-Wheel における CO<sub>2</sub> 排出量とは、化石燃料等の燃料の採掘から車輪を動かすまでに必要な CO<sub>2</sub> 排出量のことを示している。

以上のように、自動車関連税制の研究は過去多くの研究がなされている。しかし、多くの研究は現状の消費者選好や車両価格等を基に自動車関連税制や補助金等の導入の効果を評価しており、長期的な観点から見た最適な普及台数の予測と紐づいていない。効果的な政策設計の行うためには、最適な将来ビジョン(どの車種をどの程度普及させていくかといった CEV の普及目標)を設定した上で、その目標を達成するための政策を設計して行く必要があると言える。

なお、Chua et al[30]はシンガポールにおける EV の将来の普及台数の予測と炭素税率を紐づけているが、特定車種のみ焦点が当てられている。しかし、CEV には CDV、EV、HEV、PHEV、FCV と複数の種類があり、どの車種がどの程度普及していくかを予測するためには、

他の車種との価格、性能、技術革新の進捗の程度等の比較から相対的な優位性が決まり、それに伴い普及台数は決まっていくと考えられる。そのため、特定車種の分析だけでは不十分と言え、複数車種を考慮した政策設計が必要であると言える。

## 1-2-3 LCA (LIFE CYCLE ASSESSMENT) を用い CEV の CO<sub>2</sub> 排出量を評価した研究

LCA とは、ある製品・サービスのライフサイクル全体又はその特定段階における環境負荷を定量的に評価する手法[31]である。そして、本研究で対象とする自動車のライフサイクルは、各種文献[27][32]を基に Figure 1-5 のように示すことができる。つまり、車両サイクルは、①素材製造・輸送、②車両製造・輸送、③使用、④メンテナンス・廃棄という 4 段階で示され、各段階で必要となる燃料の製造・供給を行う燃料供給サイクルが併存する形となる。

なお、自動車の環境負荷を評価する指標として、Well-to-Wheel, Well-to-Tank, Tank-to-Wheel という指標[33]が用いられる場合がある。Well-to-Tank は一次エネルギーの採掘から車両の燃料タンクに入るまでの環境負荷を示し、Tank-to-Wheel は車両の燃料タンクから車両走行時に発生する環境負荷を示している[33]。そして、Well-to-Wheel は、Well-to-Tank と Tank-to-Wheel の合計、つまり一次エネルギーの採掘から車両走行時まで発生する環境負荷を示している[33]。この 3 つの指標と Figure 1-5 のプロセスの対応関係は、Well-to-Tank が走行時に使用する燃料の製造・供給段階を示しており、Tank-to-Wheel は車両を使用する段階、つまり走行時を示している。そして、走行時に使用する燃料の製造・供給段階及び車両の使用段階を合わせたものが Well-to-Wheel となる。なお、走行時に使用する燃料の製造・供給段階及び車両の使用段階を合わせた Well-to-Wheel は、走行段階とも呼称される。

本区分の既往研究として、まず走行段階(Well-to-Wheel)に焦点を当てた環境省[8]、みずほ情報総研ら[32]、日本自動車研究所[33]、IEA[34]、A. Elgowainy et al[35]、各種文献[36][37]が挙げられる。

環境省[8]は、将来の CEV 販売台数を設定し、その販売台数に燃費、平均走行距離等に乗じることにより、将来の CO<sub>2</sub> 排出量やエネルギー消費量の算出を行っており、LCA での電力の発電時の CO<sub>2</sub> 排出量を考慮している。

みずほ情報総研ら[32]らは、動力源の選択肢が増加し、動力として使用される燃料の多様化が進みつつある現状を鑑み、日本において現在使用されている、もしくは将来の使用が検討されている輸送用燃料の主に Well-to-Tank でのエネルギー消費量、温室効果ガス排出量及びエネルギー効率の算出を行っている。Well-to-Tank について対象とした燃料製造パスは、石油起源が 21、天然ガス起源が 20、石炭起源が 8、バイオマス資源関連が 19(バイオディー

ゼル燃料(BDF)3, dry系10, wet系6), 電源ミックス(日本平均)及びそれによる水電解水素, 副生水素が6の合計76パスと幅広い製造プロセスにおいて算出結果をまとめている。

日本自動車研究所[33]は, GV, DV, HEV, EV, PHEV, FCV を対象に車両の燃費データや諸元等を用い, Tank to Wheel のデータを更新し, 同時に様々なエネルギーパスや走行パターンに関する情報を組み込み, 各車両の Well to Wheel 分析を行っている。

IEA[34]は, Mobility Model (MoMo)を用い, 27の国と地域, 乗用車・トラック・バス・航空等を対象に, GV, DV, NGV, CEV が普及した場合の資源量, 生産プロセスに応じたエネルギー需要, GHG 排出量(Well-to-Wheel)の算出を行っている。

A. Elgowainy et al[35], 文献[36]は, PHEV を対象に Well-to-Wheel におけるエネルギー消費量及び温室効果ガスの排出量の算出を行っている。

次に, 上述の走行段階(Well-to-Wheel)に加え, 車両の製造・輸送段階等の他の段階に焦点を当てた松橋ら[38], 中野ら[39], 日産自動車[40], 工藤ら[41], トヨタ自動車[42][43][44], 山田ら[45], A. Burnham et al[46], Samaras et al[47], J. Sullivan et al[48], 各種文献[27][28][29][49][50][51][52][53]が挙げられる。

松橋ら[38], 中野ら[39], 日産自動車[40]は, EV を対象に評価を行っている。

松橋ら[38]は環境分析用の産業連関表を用い, 鉛酸電池とリチウムイオン電池それぞれの場合における EV の LCCO<sub>2</sub>(走行, 電池製造, モータ製造, 電池・モータ以外の部品及び車体製造の各段階における CO<sub>2</sub> 排出量)の算出を行っている。その結果, 自動車走行時に起因する CO<sub>2</sub> 排出量と自動車の製造を含む CO<sub>2</sub> 排出量のどちらにおいても電気自動車の方が排出量が少ないこと示している。また, 渋滞が少なく, 定速走行に近づくほど, 両者の LCCO<sub>2</sub> 発生量およびその差は小さくなり, 都市における EV への代替は大きな価値を持つことを示している。

中野ら[39]は, 高性能 EV である ELIICA をケーススタディとしあて取り上げ, 走行段階に加え, 素材・車体製造(リチウムイオン電池の製造含む)の CO<sub>2</sub> 排出量を産業連関表を用いて評価している。そしてその結果, ライフサイクル全体での排出量は ELIICA の方が GV より少ないことを示している。

日産自動車[40]は, 自社で販売している EV「リーフ」を対象に, 製造から廃棄に至る4段階, つまり素材・部品・自動車製造段階, 燃料製造段階, 燃料消費段階, 廃車・物流・メンテナンス

における CO<sub>2</sub> 排出量を算出し、同クラスの GV と比べ、CO<sub>2</sub> 排出量を約 40%低減できると算出している。

また、工藤ら[41]は EV に加え、FCV を対象に、走行段階、そして産業連関表を用い車両製造段階の CO<sub>2</sub> 排出量を算出している。工藤ら[41]は特に、ある特定の走行モードでの評価結果が、異なる走行モードにも適用できるとは限らない点に着目し、走行条件によるエネルギー消費の違いに焦点を当てている。

また、FCV に関しては、自社で販売している FCV「MIRAI」を対象に素材製造段階、車両製造段階、走行段階、メンテナンス段階、廃棄段階までの LCCO<sub>2</sub> を評価したトヨタ自動車[42]や水素燃料の製造法に着目し、素材製造段階、車両製造段階、走行段階の CO<sub>2</sub> 排出量を算出した山田ら[45]が研究を行っている。

トヨタ自動車[43][44]は、FCV「MIRAI」の他に、HEV「プリウス」や PHEV「プリウスプラグインハイブリッド」についても、LCA を用い、LCCO<sub>2</sub> の算出を行っている。

また、A. Burnham et al[46]は、GV, HEV, PHEV, EV, FCV を対象に、素材・車両部品の製造、車両組立、そして車両廃棄・リサイクルに伴うエネルギーと CO<sub>2</sub> 排出量を算出する車両サイクルに特化したモデルを構築している。M. Wang[37]は自動車の Well-to-Wheel におけるエネルギーと CO<sub>2</sub> 排出量の算出に特化したモデルを構築しており、アルゴンヌ研究所では、A. Burnham et al[46]と M. Wang[37]のモデルを合わせて LCCO<sub>2</sub> の算出を可能としている。

これらの既往研究では、ライフサイクルのどの段階に焦点を置くか違いはあるが、エネルギー消費量や CO<sub>2</sub> 排出量等の環境面に特化している。しかし、背景で述べたように、CEV は環境性能だけでなく、物理的な部品構成も異なるため、産業の経済面や雇用面に与える影響も大きく異なってくる。そのため、環境面だけでなく、産業の経済面や雇用面への波及効果が考慮されていない点で課題があると言える。

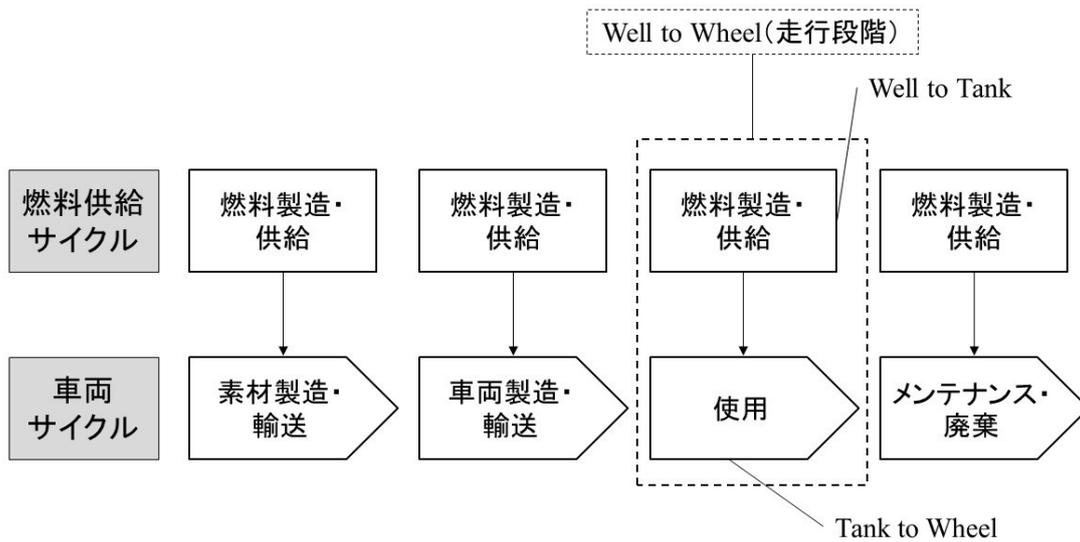


Figure 1-5 自動車のライフサイクル

#### 1-2-4 CEV の普及に伴う産業構造変化の波及効果を評価した研究

波及効果とは、産業連関の構造上で生じる生産の連鎖反応のことを示している[54]。例えば、自動車の最終需要が発生した場合、自動車自体の生産に加え、自動車の生産のための中間財であるエンジンやタイヤ、モータ等の部品が購入されるため、自動車部品や産業用電気機器産業等においても受注が増大する。そして、部品の生産のために鉄やガラス、ゴム等の材料が購入されるため、鉄鋼やガラス、石油化学産業等においても受注が増大する。さらに材料の生産のために資源が生産されるというように連鎖的な誘発が生じることとなる。また、上述のサプライチェーンの川上への連鎖(後方連関効果)に加え、自動車産業自体の産業活動も活発になるため、業務用等の自動車の需要が増加する[55]。また、HEV 等に使用されるモータを生産する産業用電気機器産業の生産活動が活発になることにより、コンベアー等のFA・加工機、工業用ポンプ、空調等を生産する川下の諸産業の生産を喚起することとなる(前方連関効果)。

なお、1 つの産業が投入ないし費用面において、その産業の必要とする中間財を生産する諸産業の生産活動を誘発する効果[56]、つまり、川下産業の生産の増加が川上産業の生産を誘発する効果を後方連関効果と言う。また、1 つの産業がその生産物を中間財として用いる諸産業の生産を誘発する効果[56]、つまり、川上産業である供給側の生産の増加が川下産業である需要側の生産を誘発する効果を前方連関効果と言う。

このような最終需要が新たに発生することにより、自ら又は自らの前方及び後方の産業の生産活動に与える効果を波及効果と言う[57]。

また、上述の波及効果の説明において、自動車の需要が増大したという最終(初期)需要を想定しているが、この最終(初期)需要によるある産業の生産活動への効果のことを直接効果と言う。つまり、直接効果とは、ある産業の需要が新たに発生(新規需要)することによって、直接に生産を誘発する効果を示している[55][58]。

そして、直接効果に必要な中間投入がもたらす関連産業の生産活動の波及のことを間接 1 次効果と言い、上述している波及効果とはこの間接 1 次効果のことを示している。なお、直接効果及び間接 1 次効果により生み出された粗付加価値の一部である雇用者所得が家計消費にまわり、個人消費を誘発することにより生じる消費財関連の生産波及のことを間接 2 次効果

と言う[55][58]. つまり、間接 2 次効果とは個人消費の増加が引き起こす各産業部門への生産誘発を捉えるものである[55].

また、産業連関表を用い産業への波及効果を評価する際に用いられる指標には、生産誘発額、付加価値誘発額、雇用誘発数等がある。生産誘発額とは、ある産業に生じた最終需要を賄うために各産業で直接・間接に必要となる生産額のことを示し、本研究の場合、各車種が消費された場合に生じる各産業の生産額といえることができる。なお、生産誘発額は、産業の経済活動を示していることから経済波及効果とも記載される場合がある。付加価値誘発額とは、ある産業に生じた最終需要を賄うために生じる各産業の生産活動によって新たに生み出された価値のことを意味しており、各産業で生じた生産額に応じ分配される営業余剰(企業の営業利潤等)、雇用者所得の誘発額等が含まれている。雇用誘発数とは、ある産業に生じた最終需要を賄うために生じる各産業の生産に合わせ、必要となる人員数を示している。

生産誘発額、付加価値誘発額、雇用誘発数等の評価指標は、通常前述の直接効果と間接 1 次効果、必要に応じ間接 2 次効果の各段階において発生した金額もしくは人数を合計した数値が用いられる。

なお、生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量も LCA の一つの手法として産業連関表を用い、産業の連関を考慮し算出される場合もあるが、本論文における産業構造変化の波及効果とは、経済面及び雇用面への波及効果を示している。

本区分の既往研究として、国内産業への経済的な波及効果に焦点を当てた白石ら[59]、Chua et al[30]の研究が挙げられる。

経済的な波及効果に焦点を当てた白石ら[59]は、EV の乗用車を対象に GV との部品構成の違いを洗いだし、GV の投入係数を組み替えることによって、産業連関表に EV と EV 用電池の部門を新設している。また、その産業連関表を基に EV の普及による生産誘発額を算出することで、経済的な影響を分析している。なお、投入係数とは、産業間の取引額を示した取引基本表の中間需要の列ごとに、原材料等の投入額を当該産業の生産額で除して得られる係数であり、ある産業において 1 単位の生産を行う時に必要な原材料等の単位を示したものである[60].

また、Chua et al[30]は、シンガポールにおいて乗用車の EV が普及した場合の Well-to-Wheel における CO<sub>2</sub> 排出量を算出すると共に既存の産業連関表を用い、生産誘発額の算出を行っている。

しかし、白石ら[59]、Chua et al[30]の研究は、EV 以外の CEV が考慮されていない点、トラック・バスが考慮されていない点、雇用面への波及効果が検討されていない点で課題があると言える。

白石ら[59]、Chua et al[30]の研究は、確かに乗用車の EV の普及により、産業に発生する生産誘発額を定量化しているが、FCV を初めとしたその他の CEV の普及による生産誘発額は分析されていない。例えば FCV の場合、EV と同様にエンジン部品等がなくなるだけでなく、水素タンクや燃料電池が新しく必要となり、生産誘発額は EV とは大きく異なってくる。

また、乗用車のみを対象としており、トラック(貨物自動車)やバス(乗合自動車)が分析対象に含まれていない。有森ら[61]の研究では、乗用車、トラック、バスを対象に国内における CEV の最適ポートフォリオを算出し、その結果トラックにおいて NGV 等を導入すれば CO<sub>2</sub> 排出量の削減に効果を発揮すること、すなわち CEV の導入の必要性はトラック、バスにおいても非常に高く、経済効果を算出する上でも無視することはできないことを示している。

また、白石ら[59]、Chua et al[30]は、産業の構造変化に伴う雇用面への波及効果が考慮されておらず、産業の持続可能性を評価する上で、検討が不十分である。産業にはサービス業のように労働集約的な産業や石油業界のように資本集約的な産業があり、さらには産業毎に他の産業へ生産が波及する影響力も異なる。ある産業での生産活動に伴い生じる雇用者数の多寡はその産業の特性に依存することとなる。

そのため、各 CEV の部品構造の特性を理解し、各 CEV が普及することにより生じる産業の経済面、雇用面への波及効果を包括的に踏まえた上で、長期的な CEV の普及指針の検討に活かしていくことが必要である。

### 1-2-5 将来の最適な車種構成（ポートフォリオ）の算出モデルに関する研究

CEV には、CDV, EV, HEV, PHEV, FCV と複数の種類があり(Figure 1-6)[62], それぞれの車種には長所と短所がある. 社会全体の効用を最大化していくためには, 各車種の長所及び短所を踏まえ, 各車種を組み合わせることで普及させていくことが重要である. そのため, GV, DV, NGV, CEV の各車種を将来的にどの程度普及させていくべきかという将来の最適な車種構成(ポートフォリオ)の検討が重要となってくる.

本節では, CEV のコスト・技術競争力等に着目し, 種々の制約条件下で最適化計算を行う最適な車種構成(ポートフォリオ)の算出モデルに関する既往研究の概要及び課題を述べる.

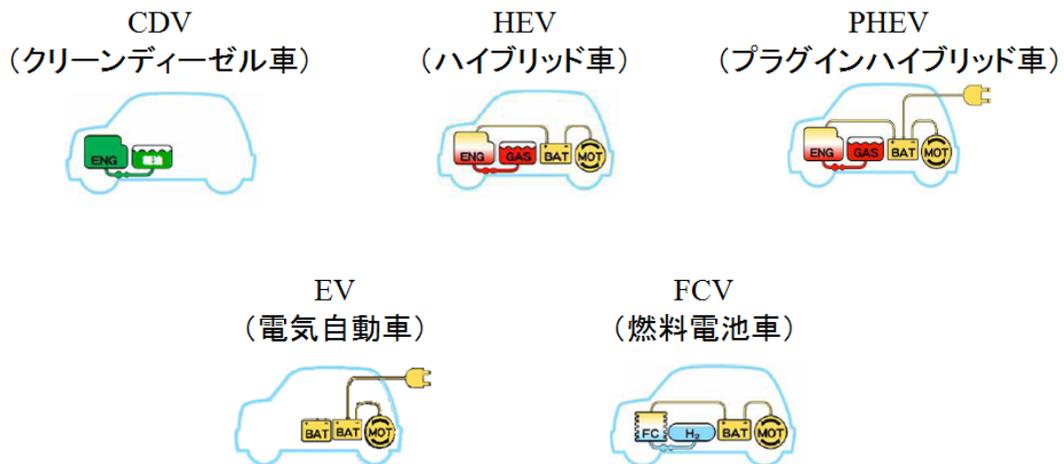


Figure 1-6 CEV の種類

本区分の既往研究に関しては、一戸ら[63]や Yeh et al[64]がエネルギーシステムモデルを用い、日本や米国等において CO<sub>2</sub> 排出目標を達成する乗用車の車種構成を算出している。また、山田ら[65]は日本においてライフサイクル CO<sub>2</sub> (LCCO<sub>2</sub>) が最小となるような乗用車の車種構成を算出している。以上のように前述の研究は使用するモデルや地域、対象車種等に違いはあるが、基本的に CEV の CO<sub>2</sub> 排出量に着目し、研究を行っている。

他方で、加藤ら[66]、有森ら[61]は CO<sub>2</sub> 排出量に加え、それぞれ銅資源の制約、運輸部門における石油依存度の制約に着目し、自動車の最適ポートフォリオの算出を行っている。つまり、加藤ら[66]、有森ら[61]は資源の持続可能性に焦点を当てたとと言える。

また、Fulton et al[67]は、乗用車・トラック・バス・航空等を対象に、コスト(車両コスト、燃料コスト、インフラコスト)を最小化するエネルギーの需要を予測するモデルを構築し、自動車のポートフォリオを算出している。なお、Fulton et al[67]で説明されている Mobility Model (MoMo) とは前節で説明した IEA[34]が 27 の国と地域、乗用車・トラック・バス・航空等を対象に、GV, DV, NGV, CEV が普及した場合の資源量、生産プロセスに応じたエネルギー需要、GHG 排出量(Well-to-Wheel)、車両・インフラ・燃料のコストの算出を行う際に使用しているモデルと同一である。

しかし、これらの既往研究では、政府の重視する環境面や消費者の重視するコスト面は考慮されているものの、CEV を生産する側である自動車産業や電池産業等の生産額や付加価値額、雇用数の変化といった産業の経済面及び雇用面における持続可能性は考慮されていない。

GV, DV, NGV と各 CEV では、構成する部品が異なるため、部品を生産する産業やその産業の生産額・付加価値額に与える影響も異なってくる。また、各 CEV の普及により国内生産額に影響が出ることから、必然的に雇用にも影響が出ることが予測される。例えば、EV の場合、GV とは異なり、エンジン部品やスパークプラグ、スタータモータ等が不必要となる一方で、新しく電池やモータ、インバータ等が必要となり、新しい需要と雇用は自動車部品産業ではなく、電池産業等に生まれることとなる。つまり、各 CEV の部品構成の差異から需要が発生する産業は異なり、雇用者数や雇用者所得を多く生むか否かはその産業のサプライチェーンや生産システム等の特性に依存することとなる。従って、各 CEV の部品構成の差異が国内産業の生産額に影響を与え、ひいては雇用数や雇用者所得にも波及効果を生むことが予想されるため、

産業構造の変化に伴う経済面及び雇用面への波及効果もポートフォリオを算出する上で考慮する必要がある。

また、CEV は普及により産業や消費者、そして環境という複数の側面に影響を及ぼすため、産業、消費者、政府といった複数のステークホルダーの利害が関わってくることとなる。そのため、現実の生産や政策に活かしていくためには、ステークホルダーの要求を理解し、それらの利害関係を反映したモデル構築が必要である。

例えば、EVを大量に普及させることで確かにCO<sub>2</sub>排出量は減少し、環境性は改善されるが、消費者がGVよりも高い車両価格を支払うこととなるか、もしくは政府が消費者が負担する増額分を補填するための補助金を提供することとなり、社会全体としての効用が最大化されているとは限らない。また、実際にCEVの生産を行う自動車業界は自動車部品産業への影響を考慮し、既存の取引先への受注が減少するような車種は選好しないと考えられる。特に、日本のように「ケイレッツ」と呼ばれる完成品メーカーと部品メーカー間の擦り合わせを重視する関係性の中では取引先を含めた生産額の増減は非常に重要である。

そのため、CEVの普及に関わるステークホルダーの要求を考慮した最適化モデルを構築し、最適ポートフォリオの算出、分析を行うことが必要である。

#### 1-2-6 将来シナリオの設計手法に関する研究

本区分の既往研究として、木下ら[68][69][70]、水野ら[71]、倉橋ら[72]の研究が挙げられる。

木下ら[68][69][70]、水野ら[71]は、シナリオの構造化、アーカイブ化、シナリオの設計及び分析支援を可能とし、シナリオの有効性を高めるためのフレームワーク 3S シミュレータを作成している。

また、倉橋ら[72]は、シナリオ記述において 3S シミュレータを利用し、家庭用次世代エネルギーモデルを作成し、太陽光発電や CEV、エネルギーマネジメントシステムの普及による電力需給の変化を分析している。

木下ら[70]がケーススタディとして、HEV を取り上げているものの、これらの既往研究は、基本的にはシナリオの作成に特化しており、構造的に記述していく定性的な方法論の設計及び使用に留まっている。

### 1-3 本研究の目的

本節では、前節における既往研究とその特徴及び課題を踏まえ、本研究の目的を述べる。

本研究は、各 CEV の普及により起きうる産業構造変化の波及効果や各車種の特徴を踏まえ、将来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 の普及指針の検討に資するモデルの開発を目的とする。

前節までの既往研究から、現状各 CEV の普及の予測において、長期的な観点から定量的に算出・分析可能なモデルに関する研究は、自動車の最適ポートフォリオを算出する研究として一部実施されている。そして、既往研究では、資源の持続可能性や CO<sub>2</sub> の排出量等環境面に焦点が当てられている。しかし、CEV は社会システムと密接に関わる製品であるため、多様なステークホルダーが利害を有する。そのため、環境面のみに着目するだけでは不十分であり、CEV の普及に重要な影響を与える、もしくは受けるステークホルダーの要求を考慮していく必要があると言える。

また、CEV の普及による産業構造変化の波及効果の算出・分析に関しても、既往研究では、EV 以外の CEV が考慮されていない、トラック・バスが考慮されていない、雇用面への波及効果が検討されていない、経済面及び雇用面への波及効果を包括的に分析できるモデルになっていない等の課題があると言える。

上述の既往研究の課題を踏まえ、本研究では、次の 4 点を研究内容とする。

- (1). CEV の普及による産業の経済面及び雇用面への波及効果を包括的に算出・分析可能な「産業構造変化の波及効果モデル」を構築する。
- (2). 構築した「産業構造変化の波及効果モデル」および CEV の技術特性やエネルギー価格など各種前提条件を基に、各 CEV が普及した場合の産業への波及効果を算出する。算出した波及効果を基に産業構造の変化の分析を行う。
- (3). 「産業構造変化の波及効果モデル」を組み込み、産業等の CEV の普及に関わる各種ステークホルダーの要求及び各車種の特徴を考慮した新たなポートフォリオ最適化モデル（「ポートフォリオ多目的最適化モデル」）を構築する。
- (4). 構築した「ポートフォリオ多目的最適化モデル」および CEV の技術特性やエネルギー価格など各種前提条件を基に、最適ポートフォリオを算出する。算出した最適ポートフ

オリオの分析を通じ、企業の CEV 生産計画や政府の CEV 普及政策の策定への示唆を提示する。

なお、上記のような既往研究の課題が生じた理由は、①CEV の普及が近年本格化したものであり、未だ技術的に確立していない先進技術が多く、不確実性が高い製品であるため、②CEV の普及により産業への波及効果が大きいのは、自動車産業が大きな規模を持つ限られた国(日本、ドイツ、アメリカ等)のみであるため、③CEV の産業への波及効果を評価するには、既存の産業連関表をそのまま使用することは困難であり、新たな産業連関表の作成に手間がかかるための 3 点だと考えられる。

今後地球環境への配慮が必ず必要となり、その手段として CEV の役割が大きいと想定される中で、既往研究及びその課題が生じた背景を鑑みると、本研究の意義は大きいと考えられる。

## 1-4 本論文の構成

本研究は、第 1 章から第 7 章で構成される。第 1 章が諸言、第 2 章がモデルの全体設計、第 3 章が産業構造変化の波及効果モデル、第 4 章が産業構造変化の波及効果分析、第 5 章がポートフォリオ多目的最適化モデル、第 6 章が最適ポートフォリオの分析、第 7 章が結言である。

第 1 章では、本研究の背景及び既往研究の課題を述べ、本研究の研究目的を述べる。

第 2 章では、本研究で構築するモデルの全体設計を行う。本研究のモデル構築において根幹となる方法論を説明すると共に、CEV の普及に関わるステークホルダー分析及び要求分析を行う。そして、本研究で構築するモデルの必要な機能及び評価内容を整理し、モデルの全体像を設計する。

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。具体的には、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、各 CEV と GV との主要な部品の差異を洗い出し、産業連関表の再構成を行っている。具体的には、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ている。そして、その再構成した産業連関表を基に、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している。

第 4 章では、産業構造変化の波及効果モデルを用い、CEV の普及による産業の経済面、雇用面への波及効果を算出し、産業構造の変化を分析する。また、GV や DV、NGV から HEV や PHEV、そして EV や FCV へと移行していく中で、電池産業の競争力がますます重要になってくることを踏まえ、電池産業の輸入率を用いてシナリオ分析を行っている。

第 5 章では、第 2 章におけるステークホルダーの要求を踏まえ、産業・消費者・政府(環境)という 3 側面の効用を考慮し、新たに構築したポートフォリオ多目的最適化モデルについて述べる。具体的には、ポートフォリオ多目的最適化モデルの概要および目的関数、制約条件の詳細について説明を行う。

第 6 章では、ポートフォリオ多目的最適化モデルを用い、2030 年における乗用車・トラック・バス毎の最適ポートフォリオを算出し、考察結果を述べる。また、EV 等で使用される電池や

FCVで使用される燃料電池, 水素タンクの技術的な不確実性が高いことから, これらの部品価格に関してシナリオ分析を行っている.

最後に第 7 章で, 本研究の成果および得られた知見をまとめ, 今後の課題について述べる.

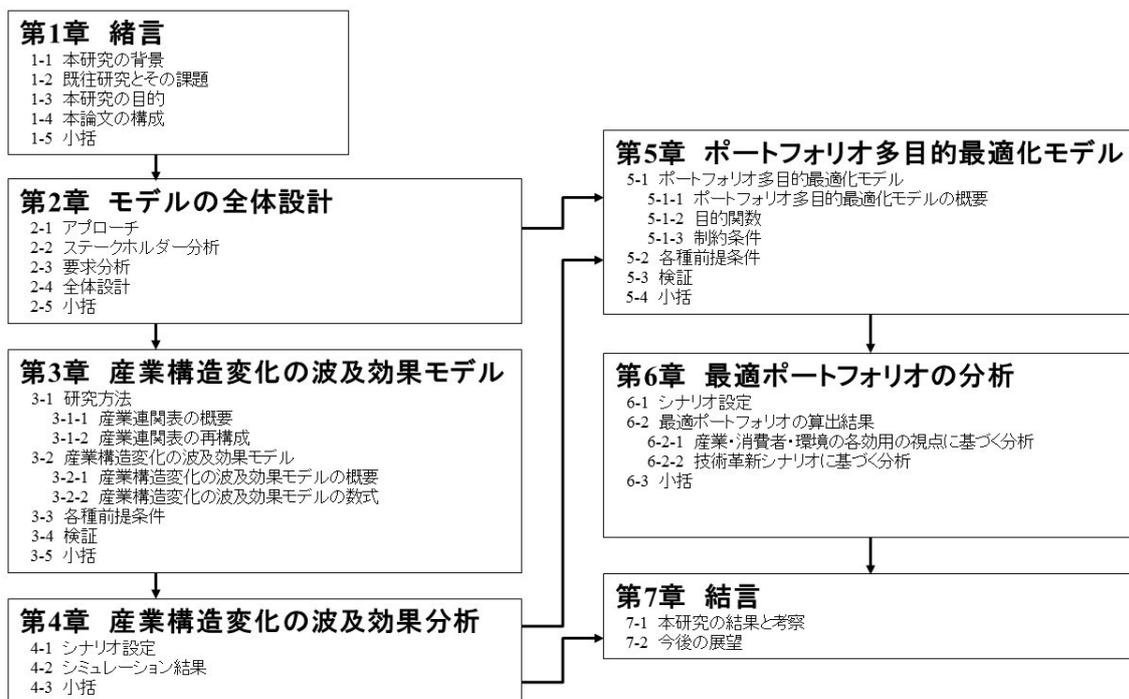


Figure 1-7 本論文の構成

## 1-5 小括

本章では、本研究の背景及び既往研究の課題を述べ、本研究の研究目的・目標を述べた。

研究背景を概観し、CO<sub>2</sub> 排出量の削減に向け、CEV 普及への期待は高いものの、CEV の中にも複数の種類があり、また各車種の性能や構造面等の特性も異なり、一長一短があるため、将来的に社会全体の効用の最大化を図るためには、CEV の組み合わせが重要となると述べた。

そして、今後 CEV の普及を目指すに当たり、各 CEV の普及により起きうる産業構造の変化に伴う波及効果や各車種の特性を踏まえ、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した。

そして、既往研究及びその課題の説明を通じ、CEV の普及に重要な影響を与える、もしくは受けるステークホルダーの要求を考慮したポートフォリオ多目的最適化モデルの構築、そして産業の経済面及び雇用面への波及効果を包括的に算出・分析可能なモデルの構築が必要であることを述べた。

次章より、本研究で構築するモデルの全体像について述べる。

## 第 2 章

# モデルの全体設計

## 第 2 章 モデルの全体設計

### 2-1 アプローチ

本章では、本研究で構築するモデルの全体像及びその設計方法について述べる。

本研究で扱う CEV のように、幅広いステークホルダーの関わる先進技術と社会システムを同時に検討する問題は、社会・技術的システム問題[73]と呼ばれている。

このような問題の解決を行うには、個別の技術要素に加え、システム全体を考える思考プロセス、要素間の関係に配慮してシステムを管理する方法論が必要となってくる。そのため、本論文では、モデルの開発に当たり、宇宙開発、軍事システム管理、大規模ソフトウェア開発等の複雑・大規模システムの開発や管理から確立されてきたシステムズエンジニアリング (SE) のアプローチを用いることとする。

SE とは、“Systems engineering is a discipline that concentrates on the design and application of the whole (system) as distinct from the parts. It involves looking at a problem in its entirety, taking into account all the facets and all the variables, and relating the social to the technical aspect”[74]と定義される。

SE のプロセスとして V カーブが用いられており、システムの要件定義からシステムの分解、システムの統合、システムの検証へと進んでいく。従来、SE はシステムを部品に分割することが可能かつ明確な物理的もしくは情報的な対象に応用されることが多かったため、実機を使った検証が行われてきた。

しかし、社会・技術的システム問題は、実機を使った検証及び妥当性の確認が難しいという特徴を有するため、シミュレーションモデルを用い、過去のデータから算出されるシミュレーション結果が過去の事実と整合的な数値となるか確認する方法や What-if 分析が使用される[73]。そのため、社会・技術的システムに対するモデル開発のための V カーブは、文献[73]を基に、Figure 2-1 のように描くことができる。

本章では、モデルの全体設計を行い、検証は各モデルの章で記載する。つまり、産業構造変化の波及効果モデルは第 3 章において、ポートフォリオ多目的最適化モデルは第 5 章において検証方法及びその結果を説明することとする。

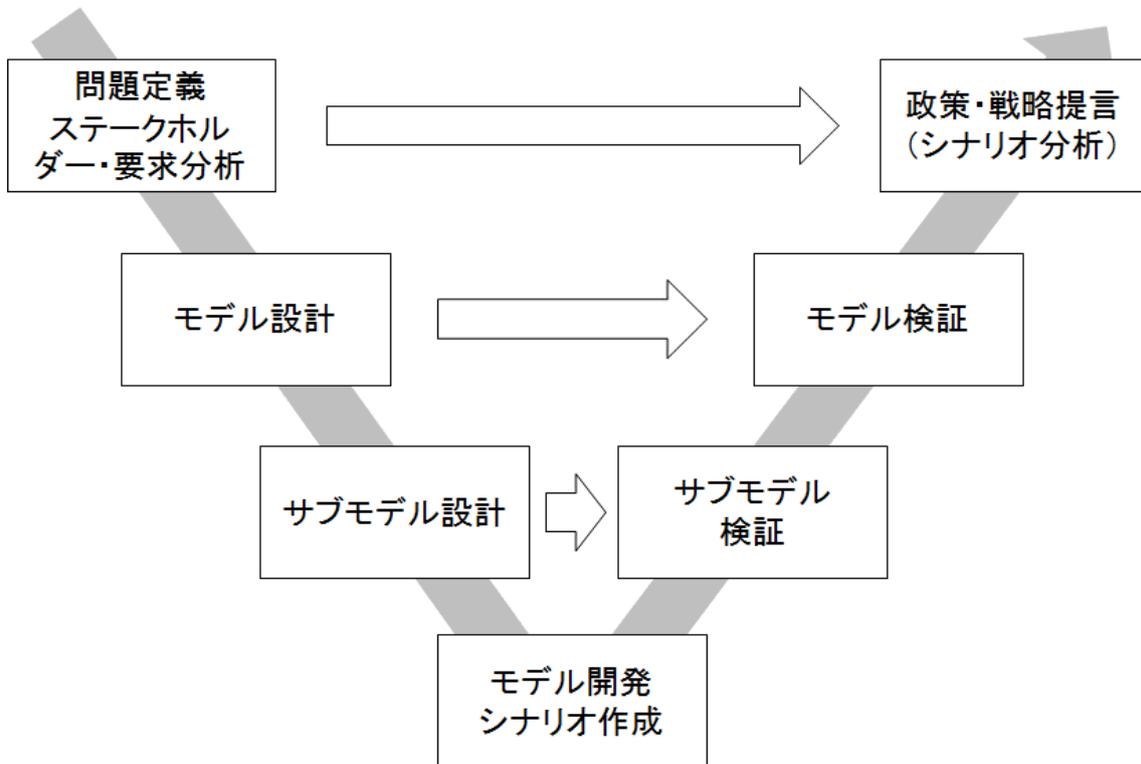


Figure 2-1 社会・技術的システムに対するモデル開発のための V カーブ

## 2-2 ステークホルダー分析

本節では、要求分析を行うに当たり、CEVの普及に関わってくるステークホルダーの洗い出し及び整理を行った。具体的には、ステークホルダーマップ[75]を用い、CEV普及に関わる各ステークホルダーの位置づけを影響力及び被影響力の2軸で評価した(Figure 2-2)。

その結果、消費者、政府、既存自動車産業に加え、3つの産業の重要度が高いと分かった。

まず、電気機器産業はEV向けの電池やモータ、FCV向けの燃料電池を製造することから、CEVの普及により大きな恩恵を受けることが想定される。

また、エネルギー産業は化石燃料を精製及び販売する企業と電力会社とで利害が対立することとなる。サービスステーションを建設するインフラ建設産業は、CEVの充填の利便性向上に寄与することから、CEVの普及に重要な役割を果たすことが想定される。また、普及する車種により必要なサービスステーションが異なるため、各CEVの普及予測が重要となる。

以上から、産業の中でもCEVの普及により好影響を受ける産業(電気機器産業、電力会社、インフラ建設産業)と好影響を受けない産業(自動車部品メーカー、化石燃料供給会社)が併存することが想定される。

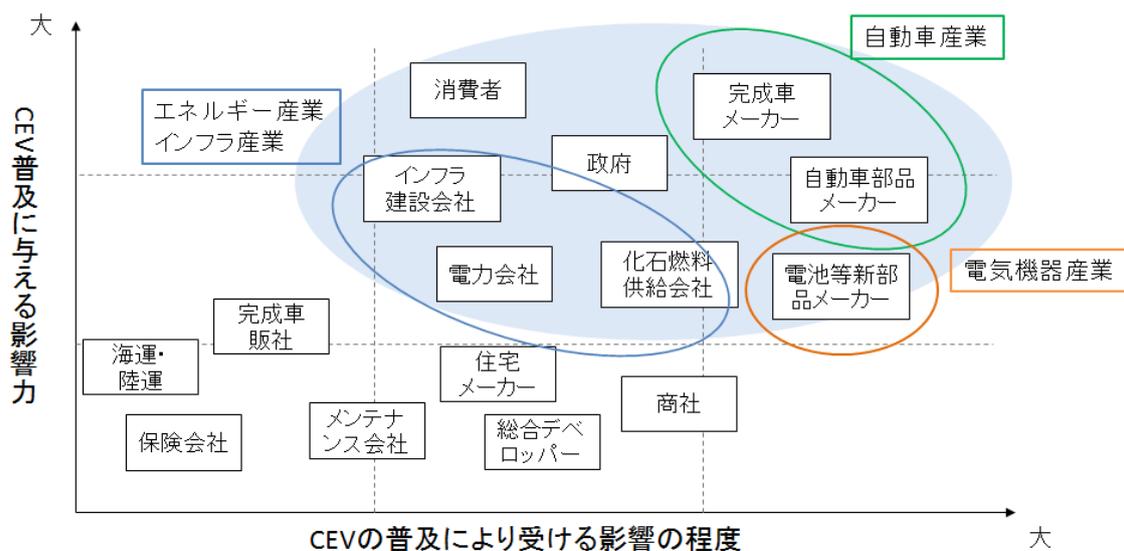


Figure 2-2 ステークホルダー及びその位置付け

また、Figure 2-2 で洗い出したステークホルダーを基に、各ステークホルダーを消費者、産業、政府等に分け、その関係性を Figure 2-3 のように可視化した。

なお、ステークホルダーは四角形で表しており、産業レベルでは、Figure 2-2 で示した重要なステークホルダーである自動車産業、電気機器産業、エネルギー産業、インフラ建設産業とリサイクル産業等を含むその他産業の 5 つの産業を記載している。

また、政府等のステークホルダーとして排出量削減目標を協議する国際機関、そして NGO や環境保護団体、政府を記載している。各ステークホルダーをつなぐ実線の矢印は、金銭や商品、サービスの流れを示しており、破線の矢印は、規制や CO<sub>2</sub> 排出量削減目標の設定といった間接的な影響を表している。また、グレーの矢印は CO<sub>2</sub> の排出を表している。

政府等の各ステークホルダーの役割を説明していく。

まず、政府は国際機関を通じ協議した CO<sub>2</sub> 排出目標の実現に向け、税金や補助金の設計及び運営を行っていく。その際、GV、DV、NGV、各 CEV により使用段階と生産段階での CO<sub>2</sub> 排出量が異なるため、環境負荷に応じた税金システムを設計がなされる必要がある。

次に、産業と消費者の関係性を説明していく。

まず、消費者が自動車を購入する段階で、自動車産業の完成車メーカーは必要な部品を自動車部品メーカーや電気機器産業等から購入し、組み立て後納品することとなる。GV と各 CEV は、部品構造や生産プロセスが異なるため、自動車産業以外の産業も含めたサプライチェーンを考えた場合、各産業における生産額や付加価値額、雇用者数に大きな影響を与えることが想定される。

また、部品価格が高い EV や FCV のように、未だ CEV の多くは既存の GV より車両の購入費用が高いため、CEV を購入する場合、消費者は GV より高い価格を支払う必要がある。そして、消費者が自動車を購入後、使用する段階では、エネルギー産業が燃料を供給する。各 CEV は使用燃料や燃費が異なるため、エネルギー産業内において関係する企業も異なってくる。また、製造するエネルギーが異なることから、結果として製造方法も異なり、他産業への生産額の波及効果や生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量も異なってくるのが想定される。

また、消費者も燃料毎に価格や使用段階の CO<sub>2</sub> 排出量が異なるため、ランニングコストや環境貢献意識に影響を与えると想定される。そして、消費者の使用後、修理や破棄段階では、メンテナンス産業やリサイクル産業等が係ることとなる。

以上から、製品のライフサイクルにおいて、消費者、産業、政府は密接に関係していることが分かる。また、各 CEV の部品構成や使用燃料の差異から、直接的に関わる産業だけでなく、部品の販売等により間接的に多くの産業が関係してくることが想定される。

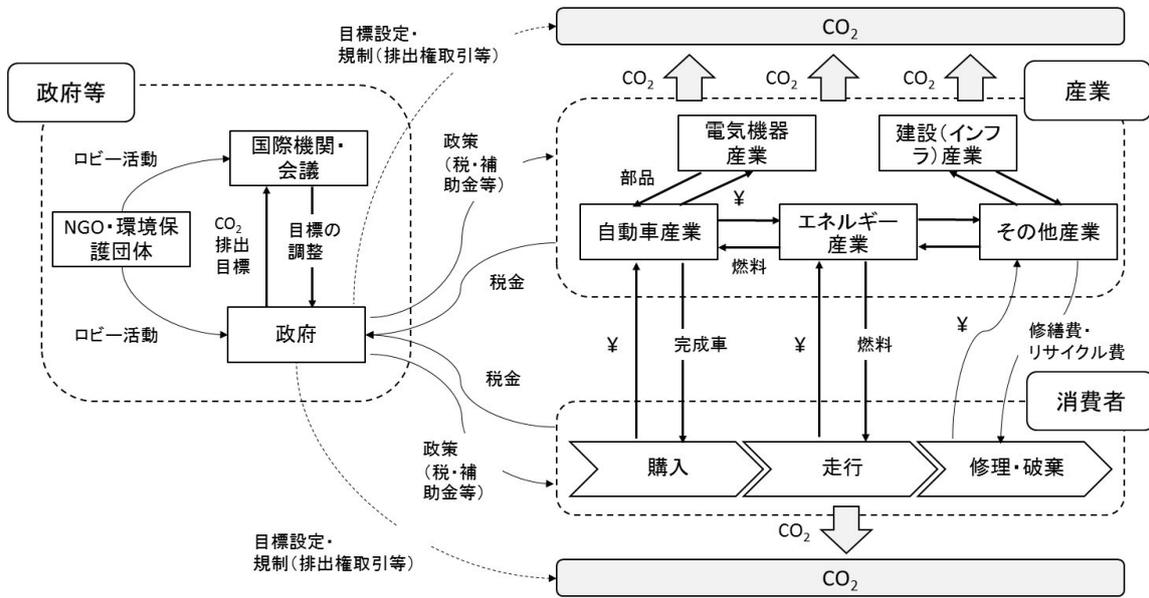


Figure 2-3 各ステークホルダーの関係性

## 2-3 要求分析

前節を踏まえ、消費者、産業、政府等の各ステークホルダーの要求を Figure 2-4 のように整理し、必要な評価内容を纏めた。

まず、政府と国際機関の要求の一つとして、協議した CO<sub>2</sub> 排出目標の達成に向け、総 CO<sub>2</sub> 排出量を如何に少なくするかという点が挙げられる。また、政府としては、持続的な国家運営のために、歳出に応じた歳入が維持される必要がある。

従って、具体的な分析内容としては、使用段階と生産段階の両方を含んだ総 CO<sub>2</sub> 排出量と歳入の基礎となる総生産誘発額や総付加価値誘発額が考えられる。また、政府として CEV の導入政策を検討するに当たり、消費者や産業、政府自身といった複数のステークホルダーの効用を考慮した普及目標の設定が求められる。そのため、上述の各指標の評価に加え、消費者や産業、政府といった複数のステークホルダーの効用を考慮した普及台数の指針の算出が考えられる。

なお、政府にも複数の省があるが、総 CO<sub>2</sub> 排出量の削減への要求は、主に環境省を想定しており、歳入の基礎となる総生産誘発額や総付加価値誘発額等の定量化に対する要求は経済産業省を想定している。

次に、産業の要求としては、国内産業全体の生産額や利益、雇用数の増加が挙げられる。また、前節で述べたように、CEV の普及により、好影響を受ける産業、悪影響を受ける産業の両産業群が併存することが想定される。そのため、自動車産業、電気機器産業、エネルギー産業、インフラ建設産業といった産業毎の生産額や利益、雇用数の増加が挙げられる。また、完成車メーカー各社は、自動車の LCCO<sub>2</sub>(ライフサイクル CO<sub>2</sub>)を公表していることから分かるように、生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量の最小化も重要な要求として挙げられる。

従って、具体的な評価内容としては、国内産業全体及び各産業における CEV の普及に伴う生産誘発額や付加価値誘発額、雇用数、生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量が考えられる。

また、各産業では、外部環境を踏まえ、事業計画を定めているケースが多い。特に CEV の普及により影響を大きく受けると想定される産業において、政府や他産業の動向、そして CEV の普及台数により、その事業計画は変化する可能性が高い。そのため、消費者や産業、政府の各レベルの複数のステークホルダーの関係性を考慮した普及予測が求められる。

消費者の要求としては、車両購入価格や走行時の燃料費といった CEV の購入に伴うコストが挙げられる。また、HEV のプリウスが国内で人気が高いことから分かるように、環境への意識も少しずつ高まってきている。従って、具体的な評価内容としては、車両購入価格や走行時の燃料費といったコスト、使用段階の CO<sub>2</sub> 排出量が考えられる。

	ステークホルダー例	ステークホルダーの要求	主要評価内容
政府等	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 日本政府</li> <li>✓ 経済産業省</li> <li>✓ 環境省</li> <li>• 国際機関</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 歳出に応じた歳入維持(国内産業の活性化)</li> <li>• CO<sub>2</sub>排出量の最小化</li> <li>• 各ステークホルダーの要求を踏まえた納得性ある普及台数目標</li> <li>• 複数のシナリオを織り込める柔軟なモデル設計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 全産業の生産誘発額</li> <li>• 総CO<sub>2</sub>排出量</li> <li>• 普及台数(車種構成)</li> </ul>
産業	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 自動車産業</li> <li>✓ 完成車メーカー</li> <li>✓ 部品メーカー</li> <li>• エネルギー産業</li> <li>• 建設産業</li> <li>• 電気機器産業等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 生産額・利益の増加もしくは維持</li> <li>• 雇用数の増加もしくは維持</li> <li>• 環境への貢献</li> <li>• 技術開発計画、事業計画策定に資する普及台数予測</li> <li>• 複数のシナリオを織り込める柔軟なモデル設計</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 全産業及び部門別の生産誘発額</li> <li>• 全産業及び部門別の付加価値誘発額</li> <li>• 全産業及び部門別の雇用誘発数</li> <li>• 全産業及び部門別の生産段階のCO<sub>2</sub>排出量</li> <li>• 普及台数(車種構成)</li> </ul>
消費者	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 初期購入費及び燃料費の最小化</li> <li>• 環境への貢献</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 初期購入費</li> <li>• 燃料費</li> <li>• 使用段階のCO<sub>2</sub>排出量</li> </ul>

Figure 2-4 各ステークホルダーの要求

## 2-4 全体設計

本節では、前節におけるステークホルダーの要求分析に基づき、新たに設計したポートフォリオ多目的最適化モデルの全体像について説明する。Figure 2-5 は、ポートフォリオ多目的最適化モデルの全体像を示している。

前節におけるステークホルダーの要求分析から、必要な機能として、各車種が普及した場合の政府(環境)、産業、消費者への影響の定量化及びその影響を考慮した将来各車種がどの程度普及するかという普及台数(車種構成)の予測であると分かる。また、CEV は利害が同様の方向性のない複数のステークホルダーが関わるため、要求に応じた複数の視点毎にポートフォリオの算出・分析が可能なモデル設計が必要となる。そして、政府の政策、企業の技術開発や事業計画の策定に資するためには、複数のシナリオを織り込むことが可能なモデルの柔軟な拡張性も必要だと言える。

なお、普及台数(車種構成)の算出方法については、複数の車種の相対性が重要となってくること、そしてCEVのような先進技術に関しては、将来的に技術革新がどの程度進むかは不確実性が高く、技術革新の進展度合いや社会情勢により、普及していく技術は変化することが想定され、このような不確実性の高い将来を予測する場合、最初に目標とするビジョンを描き、次にそれを実現する道筋を将来から現在にさかのぼって記述するバックキャスト型の予測手法が適していると考えられることから、バックキャスト型の予測手法を用いる。

以上から、本節で設計したポートフォリオ多目的最適化モデルは、技術や社会に関するシナリオ、産業・消費者・政府(環境)それぞれに対する重み(重要度)、各車種の特性、その他前提条件を入力することにより、大きく2つの出力を行う。

アウトプットの1つ目は、CEVの普及による産業構造の変化に伴う波及効果である。

具体的には、生産誘発額、付加価値誘発額、雇用誘発数が出力される。これらは、産業連関表を基に産業構造変化の波及効果モデルを構築し、算出する。

産業連関表とは、国内経済において一定期間(通常1年間)に行われた財・サービスの産業間取引を一つの行列に示した統計表のことであり、縦(列)方向に見ると財・サービスの生産にあたって投入された原材料及び粗付加価値の構成が示されており、横(行)方向に見ると生産された財・サービスの販売(産出)先の構成が示されている。

産業連関表を用いることにより、最終需要の増減が、財やサービスの生産等にどのような影響を及ぼすかを定量的に分析することができる。また、本研究では各 CEV の部品構成の差異を考慮に入れるため、産業連関表を再構成している(「CEV 導入産業連関表」)。詳細に関しては、第 3 章で説明することとする。

なお、波及効果には、直接効果に加え、直接効果に必要な中間投入がもたらす関連産業の生産活動の波及のことを示す間接 1 次効果と直接効果及び間接 1 次効果により生み出された粗付加価値の一部である雇用者所得が家計消費にまわり、個人消費を誘発することにより生じる消費財関連の生産波及を示す間接 2 次効果[55][58]の 2 つがあるが、間接 2 次効果の算出の基となる個人消費の各部門へ按分比率は、各車種により差異はないため、本論文では算出対象としていない。つまり、本論文において、生産誘発額や付加価値誘発額、雇用誘発数と記述した場合、直接効果と間接 1 次効果の各段階において発生した金額もしくは人数を合計した数値を示している。

次に、アウトプットの 2 つ目は、対象年における国内の最適なポートフォリオ(各車種の新車販売台数)である。

これは最適化を用い、ポートフォリオ多目的最適化モデルを構築し、算出している。上述の CEV 導入産業連関表及び産業構造変化の波及効果モデルは、ポートフォリオ多目的最適化モデルに組み込まれており、ポートフォリオ多目的最適化モデルは各車種の普及による産業への波及効果を考慮したものとなっている。また、産業・消費者・政府(環境)それぞれに対する重み(重要度)は任意に設定することが可能であり、設定した重み(重要度)における最適なポートフォリオを算出することが可能である。そのため、産業・消費者・政府(環境)という視点毎やシナリオ毎に最適ポートフォリオを算出することが可能である。なお、詳細に関しては、第 5 章で説明することとする。

なお、本モデルは、上述の 2 つのアウトプットに加え、CEV の普及による環境面への影響として、使用段階及び生産段階における CO<sub>2</sub> 排出量も付随的に算出可能である。例えば、上述の最適ポートフォリオにおける使用段階及び生産段階における CO<sub>2</sub> 排出量も算出することが可能である。また、本論文における使用段階の CO<sub>2</sub> 排出量とは、車両の燃料タンクから車両走行時に発生する環境負荷を示しており、Figure 1-5 の「使用」の段階を示している。生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量とは、Figure 1-5 の車両サイクルにおける「素材製造・輸送」、「車両製造・輸送」、「メンテナンス・廃棄」の 3 段階とそれに付随する「燃料製造・供給」、そしてサービスステーショ

ン建設に伴う環境負荷を示している。但し、本論文ではサービスステーション建設費は各車種での差異を考慮しているが、サービスステーション自体の構成要素(部品等)の差異は考慮しておらず、全て「その他土木建設」部門の中間投入の構成を一律に適用している。

また、本モデルは、将来のシナリオについて複数のケースを設定することが可能である。本研究において、複数のシナリオを基にケーススタディを行っているが、その他のシナリオを織り込むことも可能であり、柔軟に拡張することが可能である。

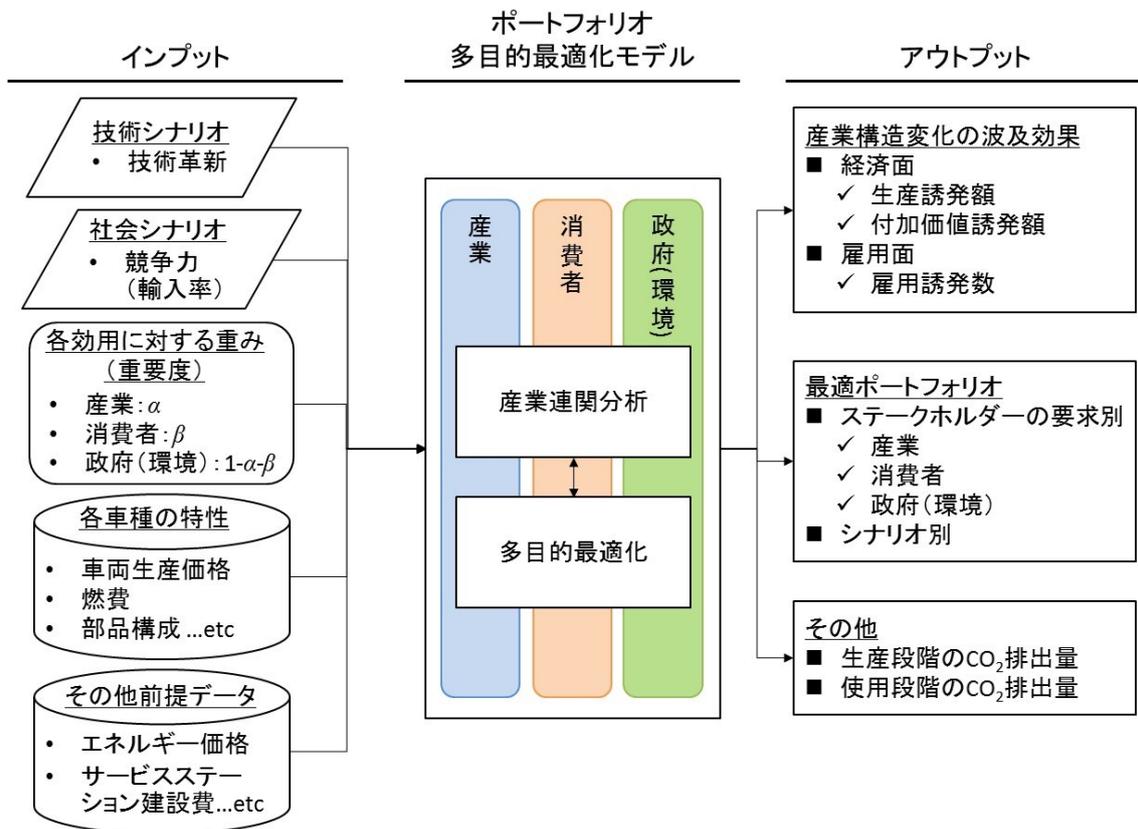


Figure 2-5 ポートフォリオ多目的最適化モデルの概要

## 2-5 小括

本章では、本研究で構築したポートフォリオ多目的最適化モデルの全体像及びその設計方法について述べた。

CEV のように、幅広いステークホルダーの関わる先進技術と社会システムを同時に検討する社会・技術的システム問題に対し、SE のアプローチを用い、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った。

具体的には、本システムに対するステークホルダー分析及び要求分析を行い、必要な機能及び評価内容を整理した。そして、技術や社会に関するシナリオ、産業・消費者・政府(環境)それぞれに対する重み(重要度)、各車種の特徴、その他前提条件を入力することにより、CEV の普及に伴う産業への波及効果として生産誘発額、付加価値誘発額、雇用誘発数を出し、そして設定した重み(重要度)における最適なポートフォリオ(各車種の新車販売台数)の出力を行うポートフォリオ多目的最適化モデルをデザインした。なお、前者は産業連関表を用い、後者は産業連関表を最適化に連動させて使用することで上述の機能を実現している。

次章より、本章にて設計したモデルの一部である産業構造変化の波及効果モデルの構築を行う。

## 第3章

# 産業構造変化の波及効果モデル

## 第 3 章 産業構造変化の波及効果モデル

### 3-1 研究方法

#### 3-1-1 産業連関表の概要

本研究では、産業連関表を用いて各 CEV が普及した場合の波及効果を算出することができるモデルを作成する。

産業連関表とは、国内経済において一定期間(通常 1 年間)に行われた財・サービスの産業間取引を一つの行列に示した統計表のことであり、縦(列)方向に見ると財・サービスの生産にあたって投入された原材料及び粗付加価値の構成が示されており、横(行)方向に見ると生産された財・サービスの販売(産出)先の構成が示されている。

本研究では、経済産業省が発行している平成 22 年産業連関表(延長表)80 部門表[76]を使用している。しかし、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、そして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。そのため、本研究では産業連関表上に各車種の部門を新設し、産業連関表の再構成を行った。

第 3-1-2 節において、産業連関表を再構成するために行ったプロセスを説明していく。

### 3-1-2 産業連関表の再構成

本節では、産業連関表を再構成するために行った 4 つのプロセスを説明していく (Figure 3-1).

まず、CEV の部門を新設する前に、経済産業省の統計[77]を基に、平成 22 年 (2010 年) 延長産業連関表 (80 部門)[76]の「その他の自動車」の部門から「二輪自動車」の部門を分離し、「トラック・バス」の部門を新設した。この工程により、産業連関表上の自動車の部門 (完成車の製造を行う部門) は、「乗用車」、「その他の自動車」から「乗用車」、「トラック・バス」、「二輪自動車」という 3 部門に再構成されたもの (「自動車分割産業連関表」となっている。なお、本工程以降、CEV の部門を新設していくこととなるが、「二輪自動車」は対象としていない。

第 2 に、上述の工程を経て作成された「自動車分割産業連関表」を基に、投入系列の作成を行った。各種文献[10][78][79][80][81]等を基に、主要な部品を対象に各 CEV において不必要になる GV 部品と新しく必要になる部品、そして各部品の単価の洗い出しを行った。Table 3-1 は各 CEV における部品の变化と対応する産業連関表の部門を示したものである。また、Table 3-1 の「部品価格に関する該当節」の列には、GV と比べ各車種において变化する部品の 1 台当たりの価格について、詳述している節を記載している。そして、これらの部品の変動を産業連関表の各車種の投入系列 (列) に反映させることにより、各車種の投入構成を算出している。

「自動車分割産業連関表」の「乗用車」部門の分割方法について詳述する。

まず、式(1)に示している通り、「自動車分割産業連関表」の基準年  $k^0$  (2010 年) における「乗用車」の内生部門の部門  $m$  の金額  $io^{mk^0}$  は、部門  $m$  から 1 台の乗用車 GV が購入する金額  $pg^m$  に基準年  $k^0$  における乗用車 GV の生産台数  $vg^{k^0}$  を乗じた値に、部門  $m$  から 1 台の乗用車 GV が購入する金額  $pg^m$  に、1 台の乗用車 GV と比べ、部門  $m$  から 1 台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額の増加額  $pa^{mik^0}$  を加算し、1 台の乗用車 GV と比べ、基準年  $k^0$  において部門  $m$  から 1 台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額の減少額  $pd^{mik^0}$  を減算した値に基準年  $k^0$  における乗用車の車種  $i$  の生産台数  $vo^{ik^0}$  を乗じた金額の和となる。

そのため、式(1)を展開し、式(2)に基づき、部門  $m$  から 1 台の乗用車 GV が購入する金額  $pg^m$  を求めることができる。基準年  $k^0$  におけるその他の車種  $i$  の 1 台当たりの部門  $m$  から購入

額 $po^{mik^0}$ については、式(3)に示すように部門  $m$  から 1 台の乗用車 GV が購入する金額  $pg^m$  に 1 台の乗用車 GV と比べ基準年  $k^0$  において部門  $m$  から 1 台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額の増加額 $pa^{mik^0}$ を加算し、1 台の乗用車 GV と比べ基準年  $k^0$  において部門  $m$  から 1 台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額の減少額 $pd^{mik^0}$ を減算することで算出することができる。同様に、対象年  $k$ (2020 年, 2030 年)におけるその他の車種  $i$  の 1 台当たりの部門  $m$  から購入額  $po^{mik}$ については、式(4)に示すように式(2)において算出した部門  $m$  から 1 台の乗用車 GV が購入する金額  $pg^m$  に 1 台の乗用車 GV と比べ対象年  $k$  において部門  $m$  から 1 台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額の増加額 $pa^{mik}$ を加算し、1 台の乗用車 GV と比べ対象年  $k$  において部門  $m$  から 1 台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額の減少額 $pd^{mik}$ を減算することで算出することができる。また、「自動車分割産業連関表」の対象年  $k$  における「乗用車」の内生部門の部門  $m$  の金額 $io^{mk}$ は、部門  $m$  から 1 台の乗用車 GV が購入する金額  $pg^m$  に対象年  $k$  における乗用車 GV の生産台数 $vg^k$ を乗じた値に、対象年  $k$  における部門  $m$  から 1 台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額  $po^{mik}$  に対象年  $k$  における乗用車の車種  $i$  の生産台数 $vo^{ik}$ を乗じた値を加算し、算出する(式(5))。

なお、基準年  $k^0$  及び対象年  $k$  における 1 台の乗用車 GV と比べ部門  $m$  から 1 台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額の増加額 $pa^{mik^0}$  及び $pa^{mik}$ 、基準年  $k^0$  及び対象年  $k$  における 1 台の乗用車 GV と比べ部門  $m$  から 1 台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額の減少額 $pd^{mik^0}$  及び $pd^{mik}$ は、Table 3-1 及び第 3-3 節に詳述している。また、各車種の基準年及び対象年における生産台数についても第 3-3 節に記載している。

$$io^{mk^0} = pg^m vg^{k^0} + \sum_i (pg^m + pa^{mik^0} - pd^{mik^0}) vo^{ik^0} \quad (1)$$

$$pg^m = \frac{\{io^{mk^0} - \sum_i (pa^{mik^0} - pd^{mik^0}) vo^{ik^0}\}}{(vg^{k^0} + \sum_i vo^{ik^0})} \quad (2)$$

$$po^{mik^0} = pg^m + pa^{mik^0} - pd^{mik^0} \quad (3)$$

$$po^{mik} = pg^m + pa^{mik} - pd^{mik} \quad (4)$$

$$io^{mk} = pg^m vg^k + \sum_i po^{mik} vo^{ik} \quad (5)$$

ここで,

$io^{mk^0}$ :自動車分割産業連関表(81部門)の部門  $m$  からの基準年  $k^0$  における「乗用車」部門の購入額 [百万円]

$io^{mk}$ :自動車分割産業連関表(81部門)の部門  $m$  からの対象年  $k$  における「乗用車」部門の購入額 [百万円]

$pg^m$ :自動車分割産業連関表(81部門)の部門  $m$  から1台の乗用車 GV が購入する金額 [百万円]

$pa^{mik^0}$ :1台の乗用車 GV と比べ,自動車分割産業連関表(81部門)の部門  $m$  から基準年  $k^0$  において1台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額の増加額 [百万円]

$pa^{mik}$ :1台の乗用車 GV と比べ,自動車分割産業連関表(81部門)の部門  $m$  から対象年  $k$  において1台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額の増加額 [百万円]

$pd^{mik^0}$ :1台の乗用車 GV と比べ,自動車分割産業連関表(81部門)の部門  $m$  から基準年  $k^0$  において1台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額の減少額 [百万円]

$pd^{mik}$ :1台の乗用車 GV と比べ,自動車分割産業連関表(81部門)の部門  $m$  から対象年  $k$  において1台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額の減少額 [百万円]

$po^{mik^0}$ :自動車分割産業連関表(81部門)の部門  $m$  から基準年  $k^0$  において1台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額 [百万円]

$po^{mik}$ :自動車分割産業連関表(81部門)の部門  $m$  から対象年  $k$  において1台の乗用車の車種  $i$  が購入する金額 [百万円]

$vo^{ik^0}$ :基準年  $k^0$  における乗用車の車種  $i$  の生産台数 [台]

$vo^{ik}$ :対象年  $k$  における乗用車の車種  $i$  の生産台数 [台]

$vg^{k^0}$ :基準年  $k^0$  における乗用車 GV の生産台数 [台]

$vg^k$ :対象年  $k$  における乗用車 GV の生産台数 [台]

$i$ : 車種  $i=1\cdots 7$  [乗用車(DV):1, 乗用車(CDV):2, 乗用車(NGV):3, 乗用車(EV):4, 乗用車(HEV):5, 乗用車(PHEV):6, 乗用車(FCV):7]

$k$ : 対象年  $i=1\cdots 2$  [2020年:1, 2030年:2]

$k^0$ : 基準年 [2010年]

$m$ : 自動車分割産業連関表 (81 部門) 上の部門  $m=1\cdots 81$  [農林水産業:1, 金属鉱物:2, 非金属鉱物:3, 石油・原油・天然ガス:4, 食料品・たばこ:5,  $\cdots$ , 広告:77, 物品賃貸サービス:78, その他の対事業所サービス:79, 対個人サービス:80, その他:81]

を示している.

次に, 「自動車分割産業連関表」の「トラック・バス」部門の分割方法について詳述する.

まず, 式(6)に示している通り, 「自動車分割産業連関表」の「トラック・バス」の内生部門の部門  $m$  の基準年  $k^0$  における金額  $tb^{mk^0}$  は, 部門  $m$  から 1 台のトラックの GV が購入する金額  $tg^m$  にトラックの GV の基準年  $k^0$  における生産台数  $tv^{k^0}$  を乗じた値に, 部門  $m$  から 1 台のトラックの GV が購入する金額  $tg^m$  に, 1 台のトラックの GV と比べ, 基準年  $k^0$  において部門  $m$  から 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額の増加額  $ta^{mjk^0}$  を加算し, 1 台のトラックの GV と比べ, 基準年  $k^0$  において部門  $m$  から 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額の減少額  $td^{mjk^0}$  を減算した値にトラックの車種  $j$  の生産台数  $to^{jk^0}$  を乗じた金額の和と, 部門  $m$  から 1 台のバスの GV が購入する金額  $bg^m$  にバスの GV の生産台数  $bv^{k^0}$  を乗じた値に, 部門  $m$  から 1 台のバスの GV が購入する金額  $bg^m$  に, 1 台のバスの GV と比べ, 基準年  $k^0$  において部門  $m$  から 1 台のバスの車種  $l$  が購入する金額の増加額  $ba^{mlk^0}$  を加算し, 1 台のバスの GV と比べ, 基準年  $k^0$  において部門  $m$  から 1 台のトラックの車種  $l$  が購入する金額の減少額  $bd^{mlk^0}$  を減算した値にバスの車種  $l$  の生産台数  $bo^{lk^0}$  を乗じた金額の和の合計値となる.

そのため, 式(6)に式(7)を代入し, 式(8)のように展開することで, 部門  $m$  から 1 台のトラックの GV が購入する金額  $tg^m$  が求められる. その他のトラックの車種  $j$  の 1 台当たりの部門  $m$  から購入額  $tpo^{mjk^0}$  及びバスの GV の 1 台当たりの部門  $m$  から購入額  $bg^m$ , その他のバスの車種  $l$  の 1 台当たりの部門  $m$  から購入額  $bpo^{mlk^0}$  については, 式(7), (9), (10)に従い, 算出することができる. 同様に, 対象年  $k$  におけるトラックの車種  $j$  の 1 台当たりの部門  $m$  から購入額  $tpo^{mjk}$  は, 式(11)に示すように, 式(8)において算出した部門  $m$  から 1 台のトラックの GV が購入する

金額  $tg^m$  に、1 台のトラックの GV と比べ対象年  $k$  において部門  $m$  から 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額の増加額  $ta^{mjk}$  を加算し、1 台のトラックの GV と比べ対象年  $k$  において部門  $m$  から 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額の減少額  $td^{mjk}$  を減算することで算出することができる。また、対象年  $k$  におけるバスの車種  $l$  の 1 台当たりの部門  $m$  から購入額  $bpo^{mlk}$  は、式 (12) に示すように、式 (7) 及び式 (8) を通じ算出した部門  $m$  から 1 台のバスの GV が購入する金額  $bg^m$  に、1 台のバスの GV と比べ対象年  $k$  において部門  $m$  から 1 台のバスの車種  $l$  が購入する金額の増加額  $ba^{mlk}$  を加算し、1 台のトラックの GV と比べ対象年  $k$  において部門  $m$  から 1 台のトラックの車種  $l$  が購入する金額の減少額  $bd^{mlk}$  を減算することで算出することができる。

また、「自動車分割産業連関表」の対象年  $k$  における「トラック・バス」の内生部門の部門  $m$  の金額  $tb^{mk}$  は、部門  $m$  から 1 台のトラックの GV が購入する金額  $tg^m$  に対象年  $k$  におけるトラックの GV の生産台数  $tv^k$  を乗じた値に、対象年  $k$  における部門  $m$  から 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額  $tpo^{mj}$  に対象年  $k$  におけるトラックの車種  $j$  の生産台数  $to^{jk}$  を乗じた値、部門  $m$  から 1 台のバスの GV が購入する金額  $bg^m$  に対象年  $k$  におけるバスの GV の生産台数  $bv^k$  を乗じた値、対象年  $k$  における部門  $m$  から 1 台のバスの車種  $l$  が購入する金額  $bpo^{mlk}$  に対象年  $k$  におけるバスの車種  $l$  の生産台数  $bo^{lk}$  を乗じた値を加算し、算出する (式 (13))。

なお、基準年  $k^0$  及び対象年  $k$  における 1 台のトラックの GV と比べ部門  $m$  から 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額の増加額  $ta^{mjk^0}$  及び  $ta^{mjk}$ 、基準年  $k^0$  及び対象年  $k$  における 1 台のトラックの GV と比べ部門  $m$  から 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額の減少額  $td^{mjk^0}$  及び  $td^{mjk}$ 、基準年  $k^0$  及び対象年  $k$  における 1 台のバスの GV と比べ部門  $m$  から 1 台のバスの車種  $l$  が購入する金額の増加額  $ba^{mlk^0}$  及び  $ba^{mlk}$ 、基準年  $k^0$  及び対象年  $k$  における 1 台のバスの GV と比べ部門  $m$  から 1 台のバスの車種  $l$  が購入する金額の減少額  $bd^{mlk^0}$  及び  $bd^{mlk}$  は、Table 3-1 及び第 3-3 節に詳述している。GV のトラックとバスの価格差  $pr$  については、文献 [78] のトラックとバスの 1 台当たりの車両生産価格の差異から設定している。また、各車種の基準年及び対象年における生産台数についても第 3-3 節に記載している。

$$\begin{aligned}
 tb^{mk^0} &= tg^m tv^{k^0} + \sum_j (tg^m + ta^{mjk^0} - td^{mjk^0}) to^{jk^0} \\
 &\quad + bg^m bv^{k^0} + \sum_l (bg^m + ba^{mlk^0} - bd^{mlk^0}) bo^{lk^0}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

$$bg^m = prt g^m \quad (7)$$

$$tg^m = \frac{\{tb^{mk^0} - \sum_j (ta^{mjk^0} - td^{mjk^0}) to^{jk^0} - \sum_l (ba^{mlk^0} - bd^{mlk^0}) bo^{lk^0}\}}{(tv^{k^0} + \sum_j to^{jk^0} + prbv^{k^0} + pr \sum_l bo^{lk^0})} \quad (8)$$

$$tpo^{mjk^0} = tg^m + ta^{mjk^0} - td^{mjk^0} \quad (9)$$

$$bpo^{mlk^0} = bg^m + ba^{mlk^0} - bd^{mlk^0} \quad (10)$$

$$tpo^{mjk} = tg^m + ta^{mjk} - td^{mjk} \quad (11)$$

$$bpo^{mlk} = bg^m + ba^{mlk} - bd^{mlk} \quad (12)$$

$$tb^{mk} = tg^m tv^k + \sum_j tpo^{mjk} to^{jk} + bg^m bv^k + \sum_l bpo^{mlk} bo^{lk} \quad (13)$$

ここで、

$tb^{mk^0}$ :自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  からの基準年  $k^0$  における「トラック・バス」部門の購入額 [百万円]

$tb^{mk}$ :自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  からの対象年  $k$  における「トラック・バス」部門の購入額 [百万円]

$tg^m$ :自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から 1 台のトラックの GV が購入する金額 [百万円]

$bg^m$ :自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から 1 台のバスの GV が購入する金額 [百万円]

$ta^{mjk^0}$ :1 台のトラックの GV と比べ、自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から基準年  $k^0$  において 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額の増加額 [百万円]

$ta^{mjk}$ :1 台のトラックの GV と比べ、自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から対象年  $k$  において 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額の増加額 [百万円]

$ba^{mlk^0}$ :1 台のバスの GV と比べ、自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から基準年  $k^0$  において 1 台のバスの車種  $l$  が購入する金額の増加額 [百万円]

$ba^{mk}$ :1 台のバスの GV と比べ, 自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から対象年  $k$  において 1 台のバスの車種  $l$  が購入する金額の増加額 [百万円]

$td^{mjk^0}$ :1 台のトラックの GV と比べ, 自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から基準年  $k^0$  において 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額の減少額 [百万円]

$td^{mk}$ :1 台のトラックの GV と比べ, 自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から対象年  $k$  において 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額の減少額 [百万円]

$bd^{mjk^0}$ :1 台のバスの GV と比べ, 自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から基準年  $k^0$  において 1 台のバスの車種  $l$  が購入する金額の減少額 [百万円]

$bd^{mk}$ :1 台のバスの GV と比べ, 自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から対象年  $k$  において 1 台のバスの車種  $l$  が購入する金額の減少額 [百万円]

$tpo^{mjk^0}$ :自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から基準年  $k^0$  において 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額 [百万円]

$tpo^{mk}$ :自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から対象年  $k$  において 1 台のトラックの車種  $j$  が購入する金額 [百万円]

$bpo^{mjk^0}$ :自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から基準年  $k^0$  において 1 台のバスの車種  $l$  が購入する金額 [百万円]

$bpo^{mk}$ :自動車分割産業連関表(81 部門)の部門  $m$  から対象年  $k$  において 1 台の 1 台のバスの車種  $l$  が購入する金額 [百万円]

$to^{jk^0}$ :基準年  $k^0$  におけるトラックの車種  $j$  の生産台数 [台]

$to^{jk}$ :対象年  $k$  におけるトラックの車種  $j$  の生産台数 [台]

$bo^{lk^0}$ :基準年  $k^0$  におけるバスの車種  $l$  の生産台数 [台]

$bo^{lk}$ :対象年  $k$  におけるバスの車種  $l$  の生産台数 [台]

$tv^{k^0}$ :基準年  $k^0$  におけるトラックの GV の生産台数 [台]

$tv^k$ :対象年  $k$  におけるトラックの GV の生産台数 [台]

$bv^{k^0}$ :基準年  $k^0$  におけるバスの GV の生産台数 [台]

$bv^k$ :対象年  $k$  におけるバスの GV の生産台数 [台]

$pr$ :GV のトラックとバスの 1 台当たりの価格差

$j$ :車種  $j=1\cdots 7$  [トラック(DV):1, トラック(CDV):2, トラック(NGV):3, トラック(EV):4, トラック(HEV):5, トラック(PHEV):6, トラック(FCV):7]

$l$ :車種  $l=1\cdots 7$  [バス(DV):1, バス(CDV):2, バス(NGV):3, バス(EV):4, バス(HEV):5, バス(PHEV):6, バス(FCV):7]

$k$ :対象年  $i=1\cdots 2$  [2020年:1, 2030年:2]

$k^0$ :基準年 [2010年]

$m$ :自動車分割産業連関表(81部門)上の部門  $m=1\cdots 81$  [農林水産業:1, 金属鉱物:2, 非金属鉱物:3, 石油・原油・天然ガス:4, 食料品・たばこ:5, …, 広告:77, 物品賃貸サービス:78, その他の対事業所サービス:79, 対個人サービス:80, その他:81]

を示している。

なお, Table 3-1 の既存の GV 部品, もしくは DV の部品は, 技術的に成熟しているため 2010 年度以降も価格が一定であると仮定を置いている。一方で, 例えば電池や燃料電池, 水素タンク等今後価格が大きく変化していく可能性が高い部品については 2010 年以降価格が変化していくように設定している。具体的な価格の推移に関しては第 3-3 節において説明することとする。

第 2 工程を経て, 「乗用車」, 「トラック」, 「バス」の GV, DV, NGV, CDV, EV, HEV, PHEV, FCV の 24 部門の投入系列が新たに作成され, 103 部門の投入系列が記載されている産業連関表が作成されている。

第 3 に、産出系列の作成を行った。各種文献[76][77]の「乗用車」及び「トラック・バス」部門の横行の国内生産額(中間需要と最終需要の合計)に対する横行の各部門の生産額の比率を基に、第 2 工程において新しく追加された部門を含め、産出構成の数値を算出している。

第 4 に、産業連関表の行列の生産額の差異の調整を行った。産業連関表は、縦列の国内生産額(中間投入と粗付加価値の合計)と横行の国内生産額(中間需要と最終需要の合計)の値が等しく、バランスがとれている構造となっている。2010 年については、各部門の数値が確定しているため、各車種の投入系列の作成時は、「乗用車」、「トラック」、「バス」それぞれの部門を GV, DV, CDV, NGV, EV, HEV, PHEV, FCV の 8 車種で分割する形で再構成している。しかし、2010 年以降は、各車種の販売台数により、生産額が変動し、結果として投入系列と産出系列の合計額に差異が生じてくることとなる。そのため、本工程では、各種文献[82][83]と同手法を使用し、産業連関表のバランス調整を行った。つまり、行と列の国内生産額の比(部門毎に行の国内生産額を列の国内生産額で除した数値)を算出し、この比を列方向の中間投入額及び付加価値額に一律に繰り返し乗じた。そして、縦列の国内生産額の合計と横行の国内生産額の合計の差が  $1 \times 10^5$  百万円未満になった時点で、バランス調整がなされたものと見なした。

以上の 4 段階を経て、「乗用車」、「トラック」、「バス」それぞれの部門に、GV, DV, NGV, CEV の計 24 車種の部門を新設した再構成後の産業連関表(「CEV 導入産業連関表」)が 2010 年, 2020 年, 2030 年毎に作成されることとなる。

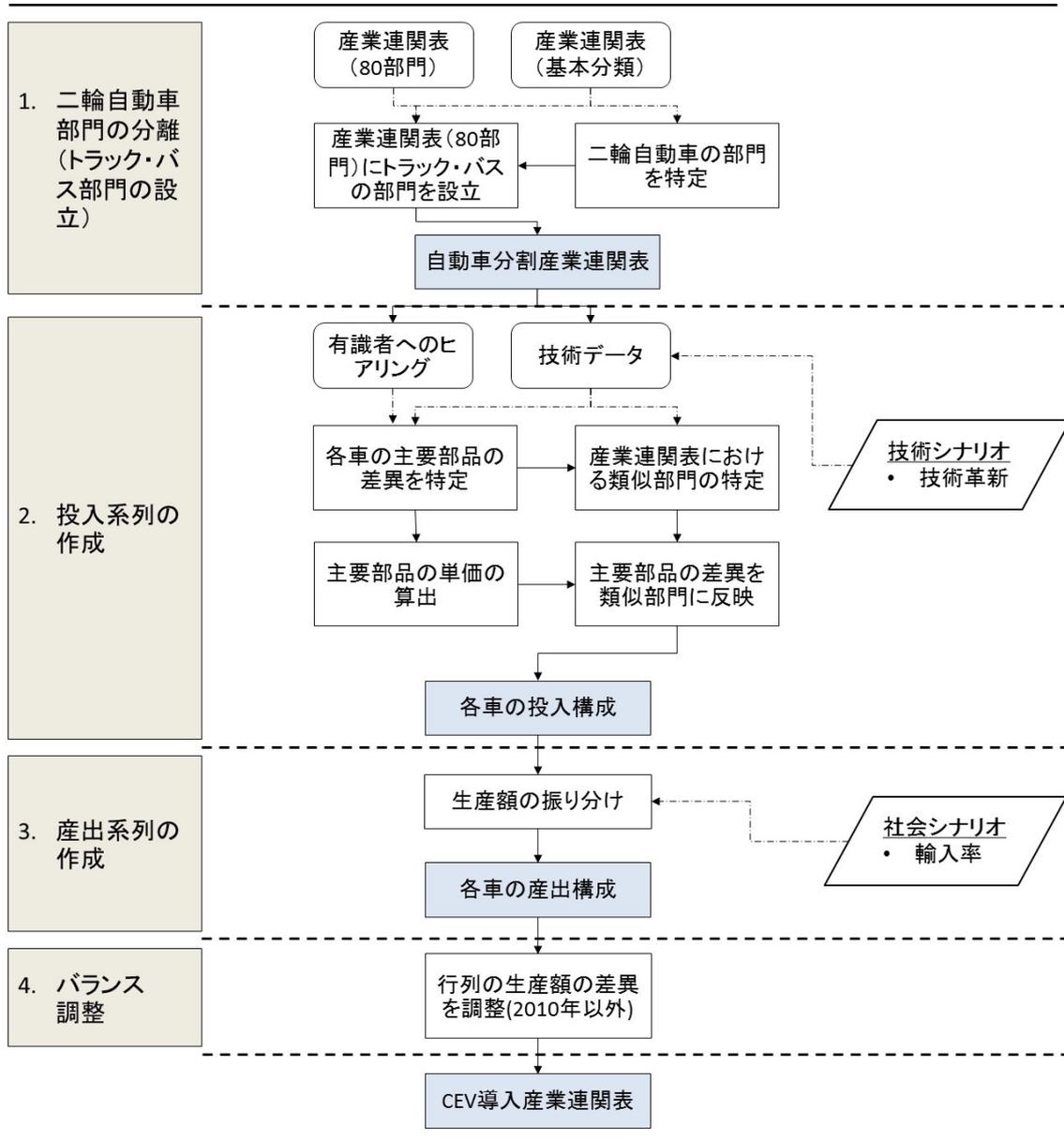


Figure 3-1 CEV 導入産業連関表の作成プロセス(産業連関表の再構成プロセス)

Table 3-1 各 CEV と GV の主要部品の差異

車種	増減	主要部品名	産業連関表上での分類	部品価格に関する該当節	
DV	増加	ディーゼル用燃料噴射装置	自動車部品・同付属品	3-3-8	
		ディーゼル用燃料噴射ノズル	自動車部品・同付属品	3-3-8	
	減少	ガソリン用燃料噴射ノズル	自動車部品・同付属品	3-3-10	
		スパーク・プラグ	産業用電気機器	3-3-10	
NGV	増加	ガス容器	自動車部品・同付属品	3-3-13	
	減少	ガソリタンク	自動車部品・同付属品	3-3-10	
CDV	増加	ディーゼル用燃料噴射装置	自動車部品・同付属品	3-3-8	
		ディーゼル用燃料噴射ノズル	自動車部品・同付属品	3-3-8	
		DPF (Diesel Particulate Filter)	化学最終製品 (医薬品を除く。) 自動車部品・同付属品	3-3-9	
	減少	尿素SCR (Selective Catalytic Reduction) システム	化学最終製品 (医薬品を除く。) 自動車部品・同付属品	3-3-9	
		ガソリン用燃料噴射ノズル	自動車部品・同付属品	3-3-10	
EV	増加	スパーク・プラグ	産業用電気機器	3-3-10	
		モータ	産業用電気機器	3-3-5	
		インバータ	産業用電気機器	3-3-5	
	減少	電池	その他の電気機器	3-3-4	
		エンジン部品	自動車部品・同付属品	3-3-11	
		ガソリタンク	自動車部品・同付属品	3-3-10	
		電装品・電子部品 (始動電動機 (スタータモータ), 充電発電機 (オルタネータ), 磁石発電機 (マグネット), 配電機 (ディストリビュータ), イグニッション・コイル, スパーク・プラグ, グロー・プラグ, エンジン制御装置, 走行・変速関係電子装置)	産業用電気機器	3-3-12	
	HEV	増加	モータ	産業用電気機器	3-3-5
			インバータ	産業用電気機器	3-3-5
			電池	その他の電気機器	3-3-4
PHEV	増加	モータ	産業用電気機器	3-3-5	
		インバータ	産業用電気機器	3-3-5	
		電池	その他の電気機器	3-3-4	
FCV	増加	燃料電池	その他の電気機器	3-3-6	
		水素タンク	自動車部品・同付属品	3-3-6	
		モータ	産業用電気機器	3-3-5	
		インバータ	産業用電気機器	3-3-5	
		電池	その他の電気機器	3-3-4	
	減少	エンジン部品	自動車部品・同付属品	3-3-11	
		ガソリタンク	自動車部品・同付属品	3-3-10	
		電装品・電子部品 (始動電動機 (スタータモータ), 充電発電機 (オルタネータ), 磁石発電機 (マグネット), 配電機 (ディストリビュータ), イグニッション・コイル, スパーク・プラグ, グロー・プラグ, エンジン制御装置, 走行・変速関係電子装置)	産業用電気機器	3-3-12	

## 3-2 産業構造変化の波及効果モデル

### 3-2-1 産業構造変化の波及効果モデルの概要

本節では、第 3-1 節において再構成した産業連関表を基に CEV が普及した場合に発生する波及効果を算出するためのモデルを説明する。

Figure 3-2 は、前節で設計を行ったポートフォリオ多目的最適化モデルの全体像を示しており、そのうちグレーで塗りつぶした部分が本研究で構築した産業構造変化の波及効果モデルを示している。

この産業構造変化の波及効果モデルでは、産業連関分析を用い、シナリオを設定し、車両生産価格や燃費といった各車種の実績、エネルギー価格や各車種のサービスステーションの建設費といったその他前提データを入力することにより、出力として生産誘発額、雇用誘発数等が得られる。

なお、産業構造変化の波及効果モデルのシナリオ分析では、ケーススタディとして社会シナリオ（電池産業の競争力シナリオ）を取り扱っているが、技術シナリオ（技術革新シナリオ）を含めその他のシナリオも柔軟に対応することが可能である。

また、生産誘発額とは、ある産業に生じた最終需要を賄うために各産業で直接・間接に必要な生産額のことを示し、本研究の場合、各車種が消費された場合に生じる各産業の生産額といえる。雇用誘発数とは、各車種が消費された場合に生じる各産業の生産に合わせ、必要とある人員数を示している。

モデルの詳細については次節以降で数式も含め順に述べていく。

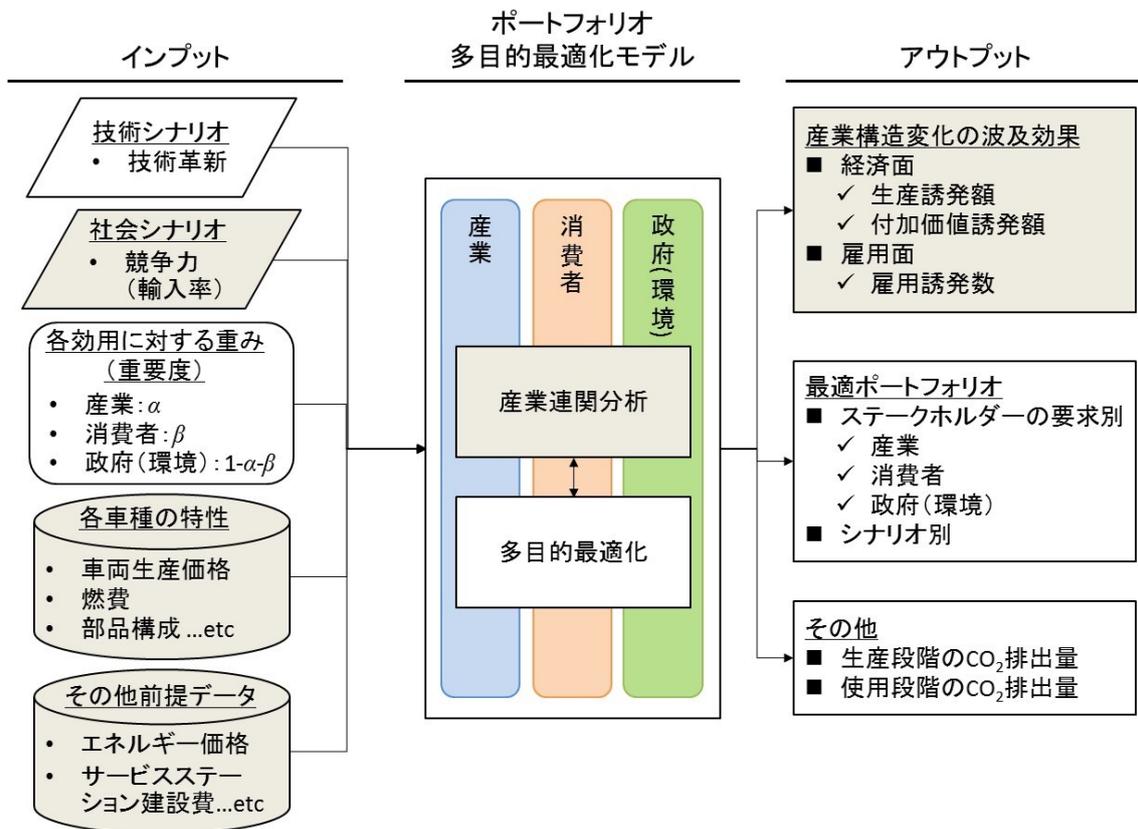


Figure 3-2 産業構造変化の波及効果モデルの概要

### 3-2-2 産業構造変化の波及効果モデルの数式

本節では、産業構造変化の波及効果モデルの数式を説明する。

本モデルの出力は生産誘発額及び雇用誘発数であり、生産誘発額の推計方法を示したものが式(14)～(22)である。具体的には、 $k$ 年のシナリオ  $l$  における  $N$ 行  $I$ 列の生産誘発額の行列  $\widetilde{DP}^{kl}$  は、 $N$ 行  $N$ 列のレオンチェフの逆行列  $[\tilde{I} - (\tilde{I} - \widetilde{M}^l) \widetilde{A}^{kl}]^{-1}$  に  $k$ 年における  $N$ 行  $I$ 列の直接効果(新規需要額)の行列  $\widetilde{D}^k$  を乗じることで算出する(式(14))。なお、レオンチェフの逆行列とは、各産業に対する1単位の需要の増加があった場合にどの産業の生産が何単位誘発されるかを示す係数である。

また、本研究では、シナリオ  $l$  の  $k$ 年における  $N$ 行  $I$ 列の生産誘発額の行列  $\widetilde{DP}^{kl}$  の要素  $e_{ni}^{kl}$  の行の和を算出することにより、各車種の普及により生じる各部門における生産誘発額の和  $\widetilde{SP}^{kl}$  が求められる(式(16))。また、シナリオ  $l$  の  $k$ 年における  $N$ 行  $I$ 列の生産誘発額の行列  $\widetilde{DP}^{kl}$  の要素  $e_{ni}^{kl}$  の行及び列の和を算出することにより、各車種の普及により生じる国内産業全体での生産誘発額  $ap^{kl}$  が求められる(式(17))。

$$\widetilde{DP}^{kl} = [\tilde{I} - (\tilde{I} - \widetilde{M}^l) \widetilde{A}^{kl}]^{-1} \widetilde{D}^k \quad (14)$$

$$\widetilde{DP}^{kl} = (e_{ni}^{kl}) \quad (15)$$

$$\widetilde{SP}^{kl} = \sum_i e_{ni}^{kl} \quad (16)$$

$$ap^{kl} = \sum_n \sum_i e_{ni}^{kl} \quad (17)$$

ここで、

$k$  : 対象年  $k=1\cdots 3$  [2010年:1, 2020年:2, 2030年:3]

$l$  : 競争力(輸入率)変動シナリオ  $l=1\cdots 3$  [Upsideシナリオ:1, Standardシナリオ:2, Downsideシナリオ:3]

$\widetilde{DP}^{kl}$  : シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の生産誘発額の行列 [百万円]

$\widetilde{D}^k$  :  $k$  年のシナリオ  $l$  における  $N$  行  $I$  列の直接効果 (新規需要額) の行列 [百万円]

$e_{ni}^{kl}$  : シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の生産誘発額の行列の要素 [百万円]

$\widetilde{SP}^{kl}$  : シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行 1 列の生産誘発額の行列 [百万円]

$ap^{kl}$  : シナリオ  $l$  における  $k$  年の国内産業全体の生産誘発額 [百万円]

$\widetilde{M}^l$  : シナリオ  $l$  における  $N$  行  $N$  列の移輸入係数行列

$\widetilde{A}^{kl}$  : シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行  $N$  列の投入係数行列

$\widetilde{I}$  :  $N$  行  $N$  列の単位行列

$i : i=1 \cdots I$

$n : n=1 \cdots N$

$I$ : 車種数  $I=24$  [乗用車(GV):1, 乗用車(DV):2, 乗用車(CDV):3, 乗用車(NGV):4, 乗用車(EV):5, 乗用車(HEV):6, 乗用車(PHEV):7, 乗用車(FCV):8, トラック(GV):9, トラック(DV):10, トラック(CDV):11, トラック(NGV):12, トラック(EV):13, トラック(HEV):14, トラック(PHEV):15, トラック(FCV):16, バス(GV):17, バス(DV):18, バス(CDV):19, バス(NGV):20, バス(EV):21, バス(HEV):22, バス(PHEV):23, バス(FCV):24]

$N$ : CEV 導入産業連関表上の部門数  $N=103$  [農林水産業:1, 金属鉱物:2, 非金属鉱物:3, 石油・原油・天然ガス:4, 食料品・たばこ:5, …, 広告:99, 物品賃貸サービス:100, その他の対事業所サービス:101, 対個人サービス:102, その他:103]

を示している.

そして, 本研究では  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の直接効果の行列  $\widetilde{D}^k$  を車両生産額, 燃料消費額, サービスステーション建設費の 3 つと定義している(式(18)). 車両生産額は,  $k$  年における  $N$  行 1 列の販売台数のベクトル  $\overline{x}^k$  に  $k$  年の 1 行  $I$  列の生産価格のベクトル  $\overline{p}^k$  を乗じ算出している. また, 燃料消費額は,  $k$  年における  $N$  行 1 列の販売台数のベクトル  $\overline{x}^k$  に, 1 行  $I$  列のベクトル年間平均走行距離  $\overline{d}$ ,  $k$  年における  $I$  行 1 列の保有平均実走行燃費のベクトル  $\overline{h}^k$ ,  $k$  年における 1 行  $I$  列のエネルギー価格のベクトル  $\overline{v}^k$  を乗じ, 算出している. サービスステーション建設

費は、1台あたりに必要なサービスステーション数  $r$  に  $k$  年における  $N$  行 1 列の販売台数のベクトル  $\bar{x}^k$ 、 $k$  年における 1 行  $I$  列のサービスステーション 1 箇所当たりの建設費の行列  $\bar{c}^k$  を乗じ、算出している。

$$\widetilde{D}^k = \bar{x}^k (\bar{p}^k)^t + \bar{x}^k (\bar{d})^t \bar{h}^k (\bar{v}^k)^t + r \bar{x}^k (\bar{c}^k)^t \quad (18)$$

ここで、

$k$  : 対象年  $k=1 \cdots 3$  [2010年:1, 2020年:2, 2030年:3]

$l$ : 技術革新シナリオ  $l=1 \cdots 3$  [高水準シナリオ:1, 標準シナリオ:2, 低水準シナリオ:3]

$t$ : 転置ベクトル

$\widetilde{D}^k$  :  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の直接効果（新規需要額）の行列 [百万円]

$\bar{x}^k$  :  $k$  年における  $N$  行 1 列の販売台数のベクトル [台]

$\bar{p}^k$  : シナリオ  $l$  における  $k$  年の 1 行  $I$  列の生産価格のベクトル [百万円]

$\bar{d}$  : 1 行  $I$  列の年間平均走行距離のベクトル [km]

$\bar{h}^k$  :  $k$  年における  $I$  行 1 列の保有平均実走行燃費のベクトル [MJ/km]

$\bar{v}^k$  :  $k$  年における 1 行  $I$  列のエネルギー価格のベクトル [円/MJ]

$\bar{c}^k$  :  $k$  年における 1 行  $I$  列のサービスステーション 1 箇所当たりの建設費のベクトル [百万円/箇所]

$r$ : 1 台あたりに必要なサービスステーション数 [箇所]

$i$  :  $i=1 \cdots I$

$n$  :  $n=1 \cdots N$

$I$ : 車種数  $I=24$  [乗用車(GV):1, 乗用車(DV):2, 乗用車(CDV):3, 乗用車(NGV):4, 乗用車(EV):5, 乗用車(HEV):6, 乗用車(PHEV):7, 乗用車(FCV):8, トラック(GV):9, トラック(DV):

10,トラック(CDV):11,トラック(NGV):12,トラック(EV):13,トラック(HEV):14,トラック(PHEV):15,トラック(FCV):16,バス(GV):17,バス(DV):18,バス(CDV):19,バス(NGV):20,バス(EV):21,バス(HEV):22,バス(PHEV):23,バス(FCV):24]

$N$ : CEV 導入産業連関表上の部門数  $N=103$  [農林水産業:1, 金属鉱物:2, 非金属鉱物:3, 石油・原油・天然ガス:4, 食料品・たばこ:5, …, 広告:99, 物品賃貸サービス:100, その他の対事業所サービス:101, 対個人サービス:102, その他:103]

を示している。

また、上述したもの以外にも車庫代や駐車場代、メンテナンス費用、車検費用などが考えられるが、本研究の目的、つまり各車種の普及による影響額の差異を分析するという目的に照らした場合、上述した3つの直接効果以外は各車種による違いがなく、かつ金額としてもそれほど大きくないという理由から本研究では考慮しないこととした。

$k$ 年のシナリオ  $l$ における  $N$ 行  $I$ 列の雇用誘発数の行列  $\widetilde{ES}^{kl}$ は、 $N$ 行  $N$ 列の行列である雇用誘発係数  $\widetilde{LR}$ 、 $N$ 行  $N$ 列のレオンチェフの逆行列  $[\widetilde{I} - (\widetilde{I} - \widetilde{M}^l) \widetilde{A}^{kl}]^{-1}$ に  $k$ 年における  $N$ 行  $I$ 列の直接効果(新規需要額)の行列  $\widetilde{D}^k$ を乗じることで算出する(式(19))。

また、シナリオ  $l$ の  $k$ 年における  $N$ 行  $I$ 列の雇用誘発数の行列  $\widetilde{ES}^{kl}$ の要素  $b_{ni}^{kl}$ の行の和を算出することにより、各車種の普及により生じる各部門における雇用誘発数の和  $\widetilde{SJ}^{kl}$ が求められる(式(21))。また、シナリオ  $l$ の  $k$ 年における  $N$ 行  $I$ 列の雇用誘発数の行列  $\widetilde{ES}^{kl}$ の要素  $b_{ni}^{kl}$ の行及び列の和を算出することにより、各車種の普及により生じる国内産業全体での雇用誘発数  $ae^{kl}$ が求められる(式(22))。

$$\widetilde{ES}^{kl} = \widetilde{LR} [\widetilde{I} - (\widetilde{I} - \widetilde{M}^l) \widetilde{A}^{kl}]^{-1} \widetilde{D}^k \quad (19)$$

$$\widetilde{ES}^{kl} = (b_{ni}^{kl}) \quad (20)$$

$$\widetilde{SJ}^{kl} = \sum_i b_{ni}^{kl} \quad (21)$$

$$ae^{kl} = \sum_n \sum_i b_{ni}^{kl} \quad (22)$$

ここで,

$k$  : 対象年  $k=1\cdots 3$  [2010年:1, 2020年:2, 2030年:3]

$l$  : 競争力(輸入率)変動シナリオ  $l=1\cdots 3$  [Upsideシナリオ:1, Standardシナリオ:2, Downsideシナリオ:3]

$\widetilde{ES}^{kl}$  : シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の雇用誘発数の行列 [人]

$\widetilde{D}^k$  :  $k$  年のシナリオ  $l$  における  $N$  行  $I$  列の直接効果(新規需要額)の行列 [百万円]

$b_{ni}^{kl}$  : シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の雇用誘発数の行列の要素 [人]

$\widetilde{S}^{kl}$  : シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行 1 列の雇用誘発数の行列 [人]

$ae^{kl}$  : シナリオ  $l$  における  $k$  年の国内産業全体の雇用誘発数 [人]

$\widetilde{LR}$  :  $N$  行  $N$  列の雇用誘発係数行列

$\widetilde{M}^l$  : シナリオ  $l$  における  $N$  行  $N$  列の移輸入係数行列

$\widetilde{A}^{kl}$  : シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行  $N$  列の投入係数行列

$\widetilde{I}$  :  $N$  行  $N$  列の単位行列

$i$  :  $i=1\cdots I$

$n$  :  $n=1\cdots N$

$I$  : 車種数  $I=24$  [乗用車(GV):1, 乗用車(DV):2, 乗用車(CDV):3, 乗用車(NGV):4, 乗用車(EV):5, 乗用車(HEV):6, 乗用車(PHEV):7, 乗用車(FCV):8, トラック(GV):9, トラック(DV):10, トラック(CDV):11, トラック(NGV):12, トラック(EV):13, トラック(HEV):14, トラック(PHEV):15, トラック(FCV):16, バス(GV):17, バス(DV):18, バス(CDV):19, バス(NGV):20, バス(EV):21, バス(HEV):22, バス(PHEV):23, バス(FCV):24]

$N$  : CEV 導入産業連関表上の部門数  $N=103$  [農林水産業:1, 金属鉱物:2, 非金属鉱物:3, 石油・原油・天然ガス:4, 食料品・たばこ:5, ..., 広告:99, 物品賃貸サービス:100, その他の対事業所サービス:101, 対個人サービス:102, その他:103]

を示している.

### 3-3 各種前提条件

#### 3-3-1 対象車種及び地域

対象車種は用途別には乗用車,トラック,バスの 3 種類,動力源別では GV, DV, CDV, NGV, EV, HEV, PHEV, FCV の 8 種類,計 24 種類とする.

また,本研究では,モデルの使用ケースとして対象地域を日本に設定している.

### 3-3-2 新車販売台数

文献[8][84][85]に従い、新車販売台数は人口動態に比例するものとし、2020年、2030年の乗用車、トラック、バスの新車販売台数を Table 3-2 のように設定した。

また、乗用車、トラック、バスの GV、DV、NGV、そして各 CEV の構成比を 2010 年は各種文献[85][86][87]、2020 年、2030 年は環境省の予測販売台数[8]に基づき、Table 3-3、Table 3-4、Table 3-5 のように設定している。

Table 3-2 新車販売台数の推移[台]

	2010	2020	2030
乗用車	4,212,267	4,082,093	3,835,974
トラック	731,094	708,501	665,783
バス	12,775	12,380	11,634
計	4,956,136	4,802,974	4,513,392

Table 3-3 新車販売台数(2010年)の構成比の推計[%]

	GV	DV	CDV	NGV	EV	HEV	PHEV	FCV
乗用車	85.2%	4.0%	0.0%	0.0%	0.2%	10.6%	0.0%	0.0%
トラック	54.2%	45.4%	0.0%	0.3%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
バス	38.3%	60.1%	0.0%	0.8%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%

Table 3-4 新車販売台数(2020年)の構成比の推計[%]

	GV	DV	CDV	NGV	EV	HEV	PHEV	FCV
乗用車	46.2%	2.2%	0.2%	0.0%	14.0%	27.8%	9.5%	0.1%
トラック	26.9%	22.5%	21.4%	6.7%	13.3%	9.2%	0.0%	0.0%
バス	19.2%	30.2%	21.4%	6.7%	13.3%	9.2%	0.0%	0.0%

Table 3-5 新車販売台数(2030年)の構成比の推計[%]

	GV	DV	CDV	NGV	EV	HEV	PHEV	FCV
乗用車	18.6%	0.9%	0.2%	0.0%	33.5%	24.9%	20.1%	1.8%
トラック	14.9%	12.5%	16.1%	9.4%	36.3%	10.5%	0.0%	0.4%
バス	10.6%	16.7%	16.1%	9.4%	36.3%	10.5%	0.0%	0.4%

### 3-3-3 保有台数

文献[8][84]に従い、2010年、2020年、2030年の乗用車、トラック、バスの保有台数、及びGV、DV、NGV、各CEVの構成比を設定した(Table 3-6, Table 3-7, Table 3-8, Table 3-9)。

Table 3-6 保有台数の推移[台]

	2010	2020	2030
乗用車	57,248,000	55,478,834	52,133,884
トラック	15,610,912	15,128,488	14,216,339
バス	232,088	224,911	211,359
計	73,091,000	70,832,233	66,561,582

Table 3-7 保有台数(2010年)の構成比の推計[%]

	GV	DV	CDV	NGV	EV	HEV	PHEV	FCV
乗用車	95.9%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%
トラック	73.4%	26.2%	0.0%	0.2%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
バス	6.4%	93.3%	0.0%	0.2%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%

Table 3-8 保有台数(2020年)の構成比の推計[%]

	GV	DV	CDV	NGV	EV	HEV	PHEV	FCV
乗用車	77.8%	1.3%	0.1%	0.0%	3.3%	15.1%	2.4%	0.0%
トラック	62.7%	22.4%	8.4%	1.2%	4.0%	1.4%	0.0%	0.0%
バス	5.5%	79.6%	8.4%	1.2%	4.0%	1.4%	0.0%	0.0%

Table 3-9 保有台数(2030年)の構成比の推計[%]

	GV	DV	CDV	NGV	EV	HEV	PHEV	FCV
乗用車	47.9%	0.8%	0.2%	0.0%	15.6%	23.9%	11.0%	0.7%
トラック	42.4%	15.1%	12.2%	4.4%	20.5%	5.3%	0.0%	0.1%
バス	3.7%	53.8%	12.2%	4.4%	20.5%	5.3%	0.0%	0.1%

### 3-3-4 生産台数

文献[85][86][87]に従い、2010年の乗用車、トラック、バスの生産台数を設定した(Table 3-10)。また、2020年及び2030年の生産台数は、2010年の生産台数から販売台数を控除した台数を輸出台数と仮定し、2020年及び2030年の輸出台数の総数は2010年と変わらず、輸出台数の構成比を各種文献[8][9]に従い、設定した。そして、算出された2020年及び2030年輸出台数の内訳と第3-3-2節に記載の販売台数の内訳の和を生産台数として設定している(Table 3-11, Table 3-12)。

Table 3-10 生産台数(2010年)[台]

	GV	DV	CDV	NGV	EV	HEV	PHEV	FCV
乗用車	7,935,856	374,506	0	1,510	16,169	729,682	251	0
トラック	657,835	551,344	0	35,700	12	1,890	0	0
バス	42,542	66,792	0	1,506	0	95	0	0

Table 3-11 生産台数(2020年)[台]

	GV	DV	CDV	NGV	EV	HEV	PHEV	FCV
乗用車	4,641,347	849,112	199,110	0	760,209	1,704,390	673,572	100,060
トラック	328,969	275,715	262,326	81,514	163,027	112,637	0	0
バス	21,245	33,356	23,687	7,360	14,721	10,171	0	0

Table 3-12 生産台数(2030年)[台]

	GV	DV	CDV	NGV	EV	HEV	PHEV	FCV
乗用車	2,098,262	418,264	313,526	0	1,746,342	1,879,543	1,771,793	453,952
トラック	175,812	147,351	189,747	111,180	428,413	124,521	0	4,447
バス	11,685	18,346	17,633	10,332	39,812	11,572	0	413

### 3-3-5 電池価格

乗用車,トラック,バスそれぞれ年間平均走行距離が違うため,搭載する電池容量にも差が出ると考えられる.そのため,まず EV, HEV, PHEV, FCV の想定モデルをそれぞれ LEAF, PRIUS, PRIUS PHV, トヨタ FCHV-adv とし,乗用車の電池容量[88][89][90][91]を設定した.

そして,乗用車の電池容量に乗用車に対するトラック,バスの年間平均走行距離の比率を乗じることで,トラック,バスの電池容量を推計している.

1 台あたりの電池価格は,設定した電池容量に電池単価[92]を乗じ,算出している. Table 3-13 は電池容量, Figure 3-3 から Figure 3-5 は,乗用車,トラック,バスの 1 台あたりの電池価格を示している.

Table 3-13 電池容量の推計[kwh]

車種	想定モデル	乗用車	トラック	バス
EV	LEAF	24.0	42.1	124.4
PHEV	PRIUS PHV	4.4	7.7	22.8
HEV	PRIUS	1.3	2.4	7.0
FCV	FCHV-adv	1.3	2.4	7.0

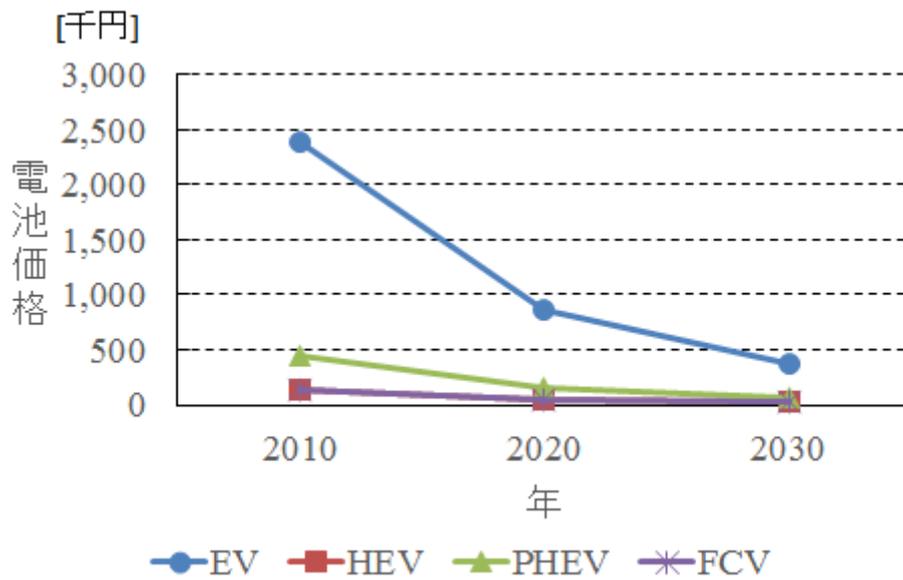


Figure 3-3 1台当たりの電池価格の推移(乗用車)[千円]

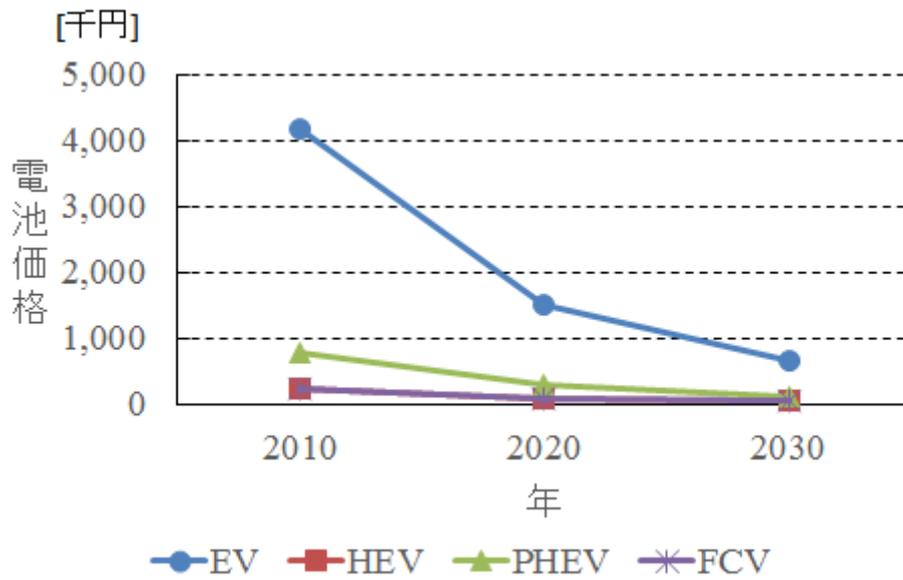


Figure 3-4 1台当たりの電池価格の推移(トラック)[千円]

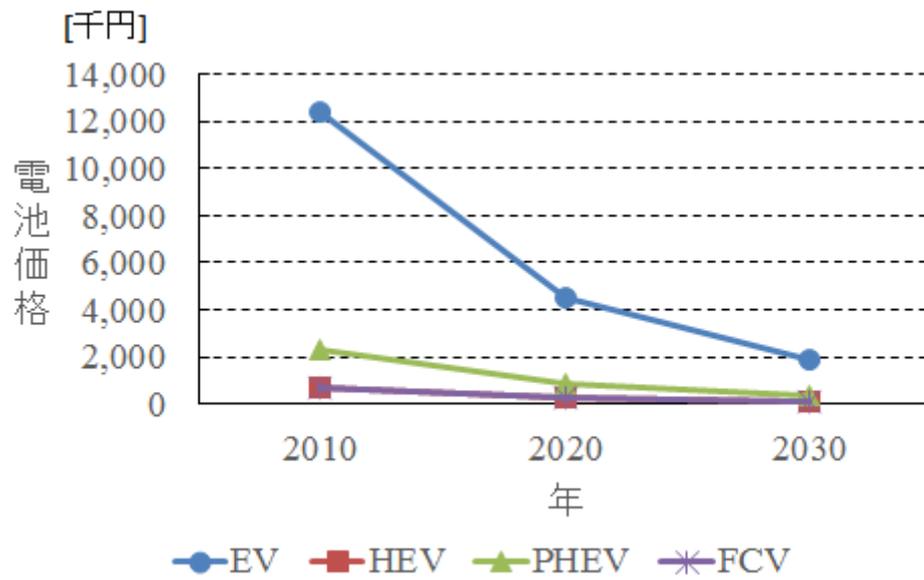


Figure 3-5 1台当たりの電池価格の推移(バス)[千円]

### 3-3-6 モータ・インバータ価格

1台あたりのモータ・インバータの価格は、各車種のモータ・インバータ搭載数[93]にモータ・インバータの単価[92]を乗じ、算出している。

各車種で使用するモータ・インバータの価格の推移を Figure 3-5 から Figure 3-8 に示す。

なお、乗用車、トラック、バスの単価の違いは、文献[78]に基づき、乗用車に対するトラック、バスの1台当たりの生産額の比率を乗じ、推計している。

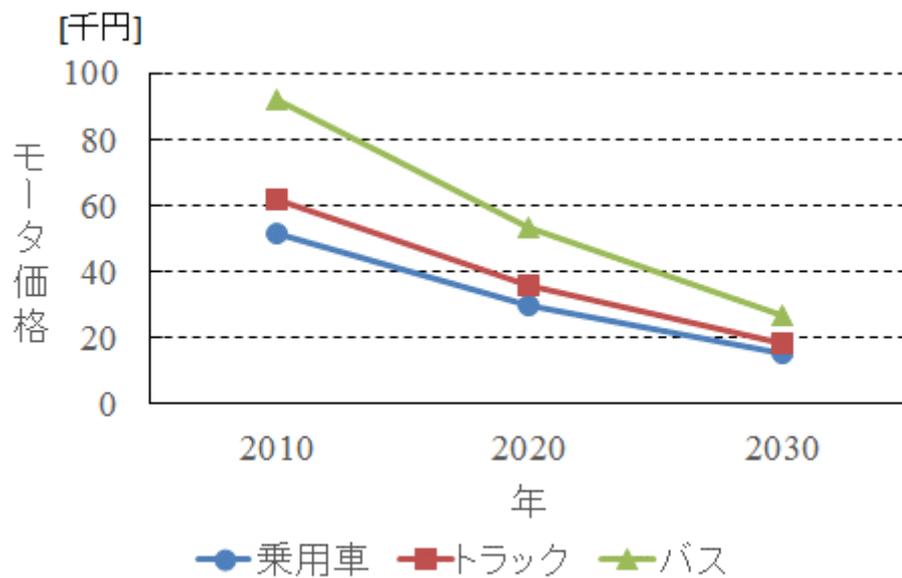


Figure 3-5 モータ価格の推移(EV)[千円]

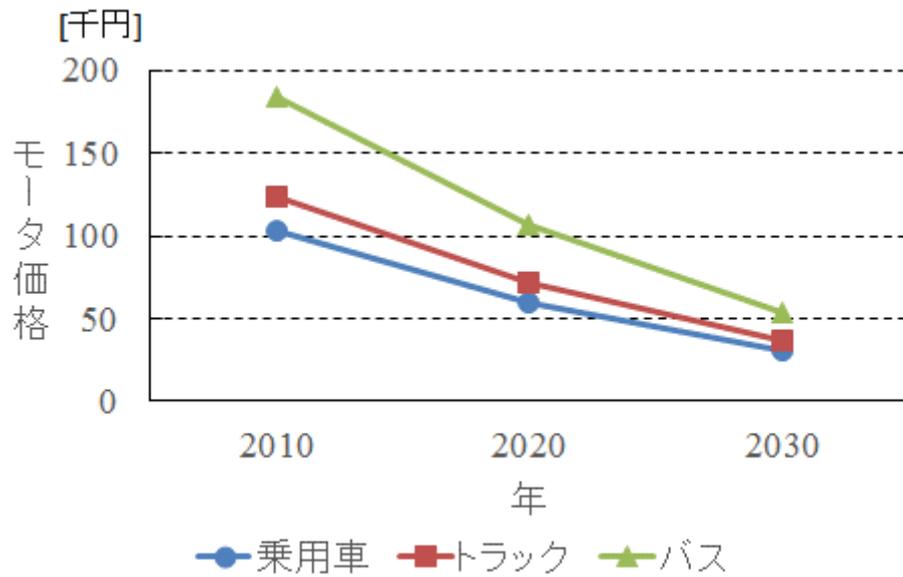


Figure 3-6 モータ価格の推移 (HEV, PHEV, FCV)[千円]

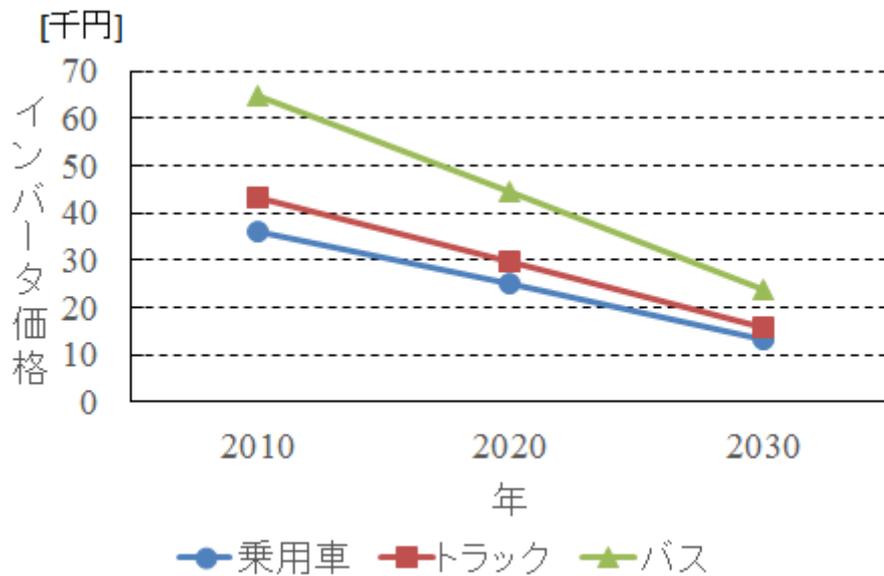


Figure 3-7 インバータ価格の推移 (EV)[千円]

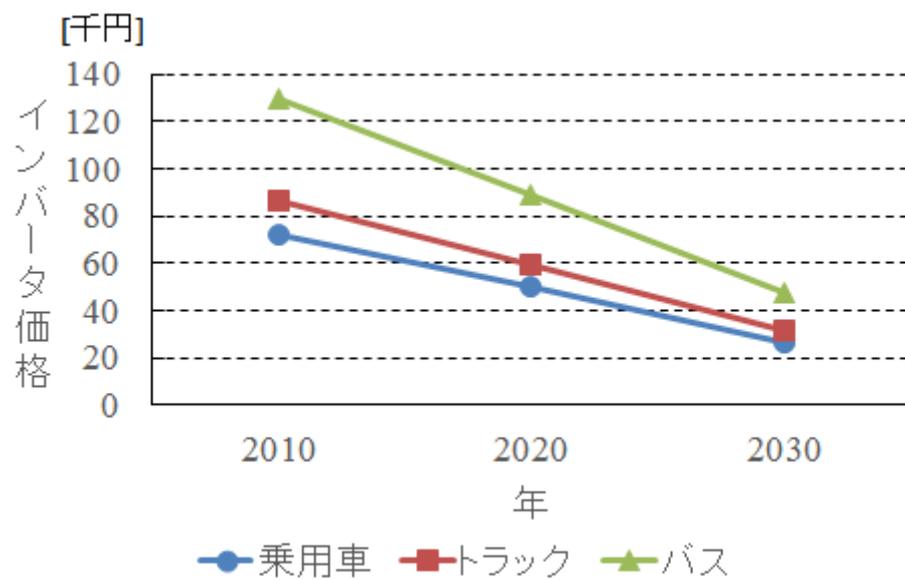


Figure 3-8 インバータ価格の推移(HEV, PHEV, FCV)[千円]

### 3-3-7 燃料電池・水素タンク価格

文献[94]に従い、燃料電池価格の推移を Figure 3-9、水素タンク価格の推移を Figure 3-10 に示す。

なお、乗用車、トラック、バスそれぞれ年間平均走行距離が異なるため、搭載する電池容量や燃料タンクの容量にも差が出ると考えられる。そのため、乗用車の燃料電池、水素タンクの価格に乗用車に対するトラック、バスの年間平均走行距離の比率を乗じることで、トラック、バスの各価格を推計している。年間平均走行距離に関しては、後述することとする。

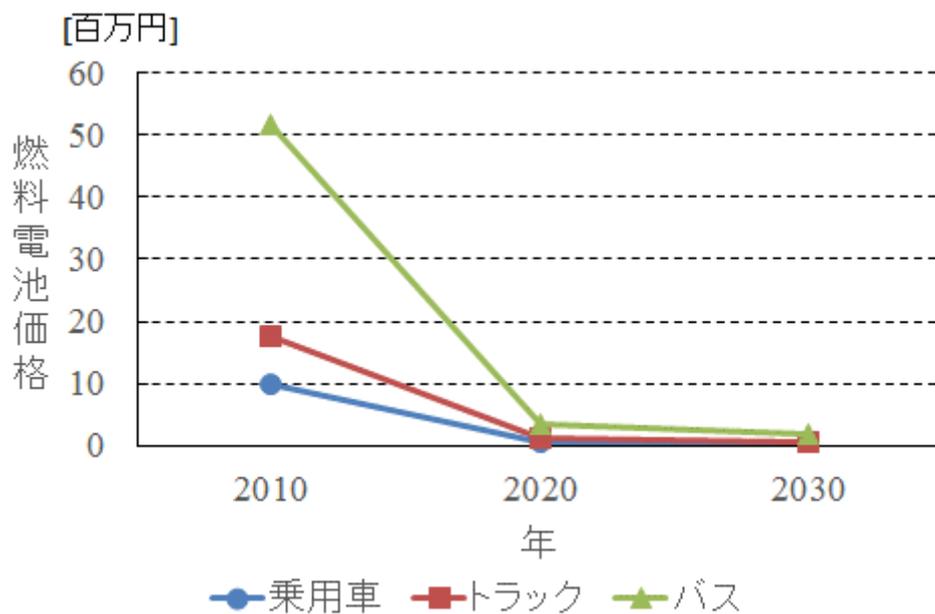


Figure 3-9 燃料電池価格の推移[百万円]

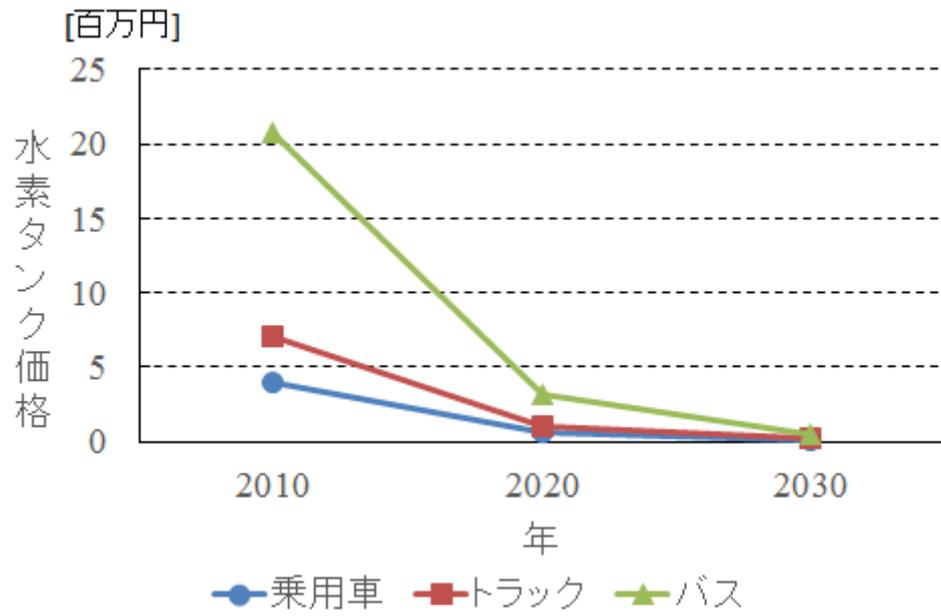


Figure 3-10 水素タンク価格の推移[百万円]

### 3-3-8 ディーゼル用燃料噴射装置・燃料噴射ノズル価格

DV 及び CDV 特有の部品であるディーゼル用燃料噴射装置及びディーゼル用燃料噴射ノズルの 1 台当たりの価格を Figure 3-11 に示す。

ディーゼル用燃料噴射装置及びディーゼル用燃料噴射ノズルの 1 台当たりの価格は、文献 [10] の出荷額を DV の生産台数で除し、算出している。なお、乗用車、トラック、バスの単価の違いは、文献 [78] に基づき、乗用車に対するトラック、バスの 1 台当たりの生産額の比率を乗じ、推計している。また、乗用車・トラック・バスにおいて、ディーゼル用燃料噴射装置及びディーゼル用燃料噴射ノズルは技術が成熟段階にあり、大きな生産コストの低減は起こらないと仮定し、生産価格は年ごとに变化しないものと仮定している。

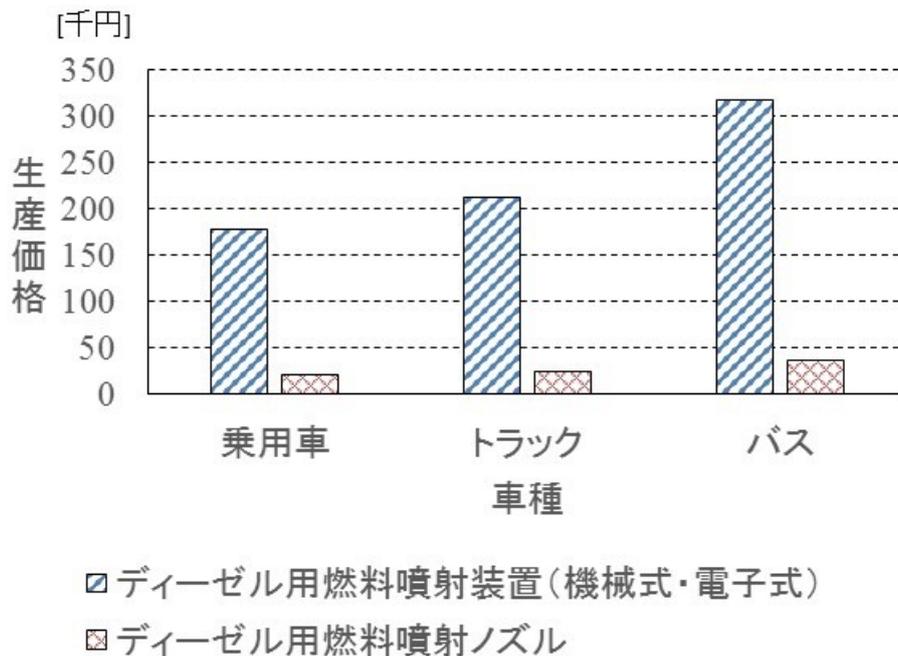
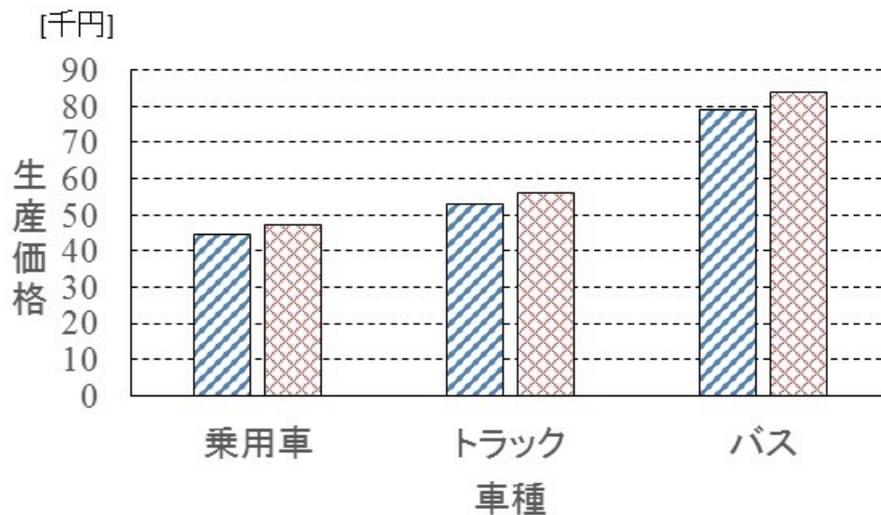


Figure 3-11 ディーゼル用燃料噴射装置・ディーゼル用燃料噴射ノズルの生産価格[千円]

### 3-3-9 DPF・尿素 SCR システム価格

CDV 特有の部品である DPF (Diesel Particulate Filter) 及び尿素 SCR (Selective Catalytic Reduction) システムの 1 台当たりの価格を Figure 3-12 に示す。

DPF 及び尿素 SCR システムの 1 台当たりの価格は、各種文献[80][81]を基に設定している。なお、乗用車、トラック、バスの単価の違いは、文献[78]に基づき、乗用車に対するトラック、バスの 1 台当たりの生産額の比率を乗じ、推計している。また、乗用車・トラック・バスにおいて、DPF 及び尿素 SCR システムは、今後大きな生産コストの低減は起こらないと仮定し、生産価格は年ごとに変化しないものと仮定している。



- DPF (Diesel Particulate Filter)
- 尿素SCR (Selective Catalytic Reduction) システム

Figure 3-12 DPF・尿素 SCR システムの生産価格[千円]

### 3-3-10 ガソリン用燃料噴射ノズル・ガソリントタンク・スパークプラグ価格

ガソリン用燃料噴射ノズル、ガソリントタンク、スパークプラグの1台当たりの生産価格をFigure 3-13 に示す。

ガソリン用燃料噴射ノズルの1台当たりの価格は、文献[10]の出荷額をGVの生産台数で除し、算出している。また、ガソリントタンクの1台当たりの価格は、文献[10]の燃料タンクの出荷額をGV、DV、HEV、PHEVの生産台数の合計で除し、算出している。スパークプラグの1台当たりの価格は、文献[10]の出荷額をGV、NGV、HEV、PHEVの生産台数の合計で除し、算出している。なお、乗用車、トラック、バスの単価の違いは、文献[78]に基づき、乗用車に対するトラック、バスの1台当たりの生産額の比率を乗じ、推計している。また、乗用車・トラック・バスにおいて、ガソリン用燃料噴射ノズル、ガソリントタンク、スパークプラグは技術が成熟段階にあり、大きな生産コストの低減は起こらないと仮定し、生産価格は年ごとに変化しないものと仮定している。

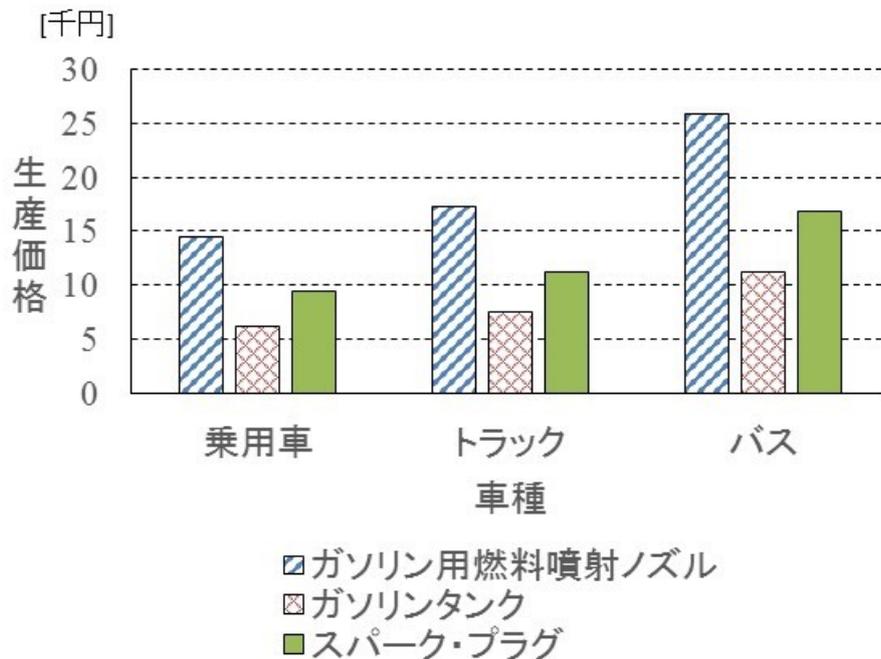


Figure 3-13 ガソリン用燃料噴射ノズル・ガソリントタンク・スパークプラグの生産価格[千円]

### 3-3-11 エンジン部品価格

EV や FCV で不必要となるエンジン部品の 1 台当たりの価格を Figure 3-14 に示す。

エンジン部品は、文献[10]の出荷動向調査では、ピストン、ピストン・リング、シリンダ・ライナ、エンジン・ガスケット、パッキング、エンジン・バルブ、バルブ・ロッカー・アーム及びシャフト、バルブ駆動部品及びカム・シャフト、軸受メタル、燃料ポンプ、気化器、ディーゼル用燃料噴射装置(機械式)、ディーゼル用燃料噴射装置(電子式)、ディーゼル用燃料噴射ノズル、ガソリン用燃料噴射ノズル、燃料フィルタ、エア・クリーナ、エアクリーナ・エレメント、マニホールド、過給器(ターボチャージャ及びスーパーチャージャ)、オイル・ポンプ、オイル・フィルタ、水ポンプ、ラジエータ、サーモスタット、オイル・クーラ、ファン及びファンクラッチ、触媒装置、その他排気浄化装置部品、ホース類、エキゾーストパイプ及びマフラ、その他のエンジン部品という 31 の区分けがなされている。本論文では、GV と EV 及び FCV の部品構成を比較しているため、本論文におけるエンジン部品とは、DV 専用の部品であるディーゼル用燃料噴射装置(機械式)、ディーゼル用燃料噴射装置(電子式)、ディーゼル用燃料噴射ノズルの 3 つの部品を除いたもの、つまり、ピストン、ピストン・リング、シリンダ・ライナ、エンジン・ガスケット、パッキング、エンジン・バルブ、バルブ・ロッカー・アーム及びシャフト、バルブ駆動部品及びカム・シャフト、軸受メタル、燃料ポンプ、気化器、ガソリン用燃料噴射ノズル、燃料フィルタ、エア・クリーナ、エアクリーナ・エレメント、マニホールド、過給器(ターボチャージャ及びスーパーチャージャ)、オイル・ポンプ、オイル・フィルタ、水ポンプ、ラジエータ、サーモスタット、オイル・クーラ、ファン及びファンクラッチ、触媒装置、その他排気浄化装置部品、ホース類、エキゾーストパイプ及びマフラ、その他のエンジン部品の計 28 の部品を対象としている。

エンジン部品の 1 台当たりの価格は、文献[10]のガソリン用燃料噴射ノズルの出荷額を GV の生産台数で除した数値にそれ以外のエンジン部品の出荷額を GV, DV, NGV, HEV, PHEV の生産台数で除した数値を加算することにより、算出している。なお、乗用車、トラック、バスの単価の違いは、文献[78]に基づき、乗用車に対するトラック、バスの 1 台当たりの生産額の比率を乗じ、推計している。また、乗用車・トラック・バスにおいて、エンジン部品は技術が成熟段階にあり、大きな生産コストの低減は起こらないと仮定し、生産価格は年ごとに変化しないものと仮定している。

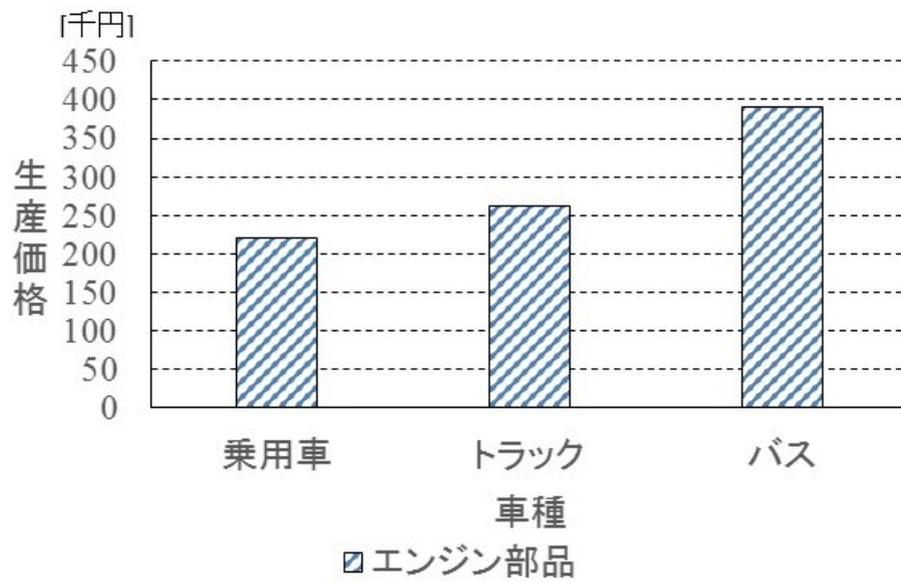


Figure 3-14 エンジン部品の生産価格[千円]

### 3-3-12 電装品・電子部品価格

GV と比較し, EV や FCV で不必要となる電装品・電子部品の 1 台当たりの価格の和を Figure 3-15 に示す. なお, GV と比較し, EV や FCV で不必要となる電装品・電子部品の具体的な部品名は Table 3-1 に記載の通りである.

EV や FCV で不必要となる電装品・電子部品の 1 台当たりの価格は, 文献[10]の出荷額を GV, DV, NGV, HEV, PHEV の生産台数で除し, 算出している. なお, 乗用車, トラック, バスの単価の違いは, 文献[78]に基づき, 乗用車に対するトラック, バスの 1 台当たりの生産額の比率を乗じ, 推計している. また, 乗用車・トラック・バスにおいて, EV や FCV で不必要となる電装品・電子部品は技術が成熟段階にあり, 大きな生産コストの低減は起こらないと仮定し, 生産価格は年ごとに変わらないものと仮定している.

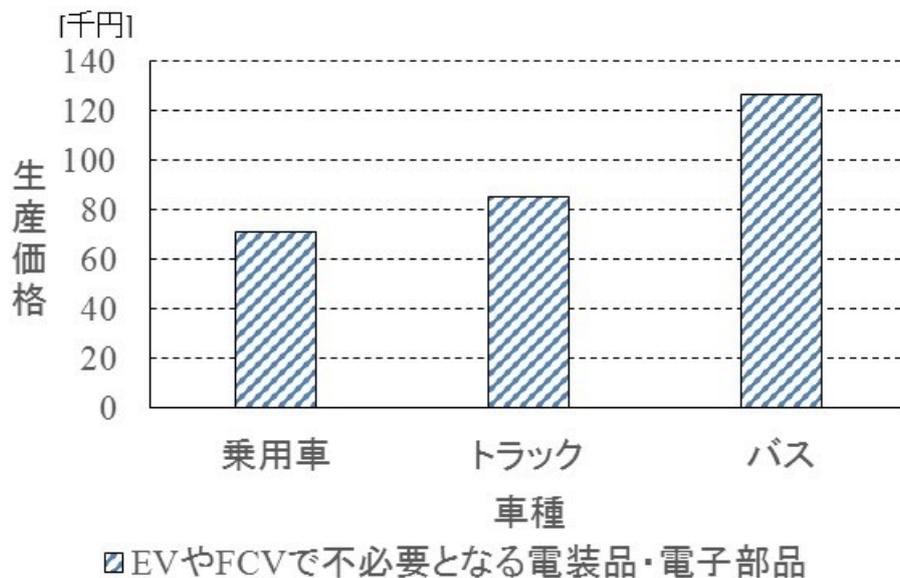


Figure 3-15 EV や FCV で不必要となる電装品・電子部品の生産価格[千円]

### 3-3-13 ガス容器価格

GVのガソリンタンクの代わりに、NGVで新たに必要となるガス容器の1台当たりの価格を各種文献[95][96][97]を基に Figure 3-16 のように設定した。なお、乗用車、トラック、バスの単価の違いは、文献[78]に基づき、乗用車に対するトラック、バスの1台当たりの生産額の比率を乗じ、推計している。また、乗用車・トラック・バスにおいて、NGV のガス容器は、今後大きな生産コストの低減は起こらないと仮定し、生産価格は年ごとに変わらないものとして設定している。

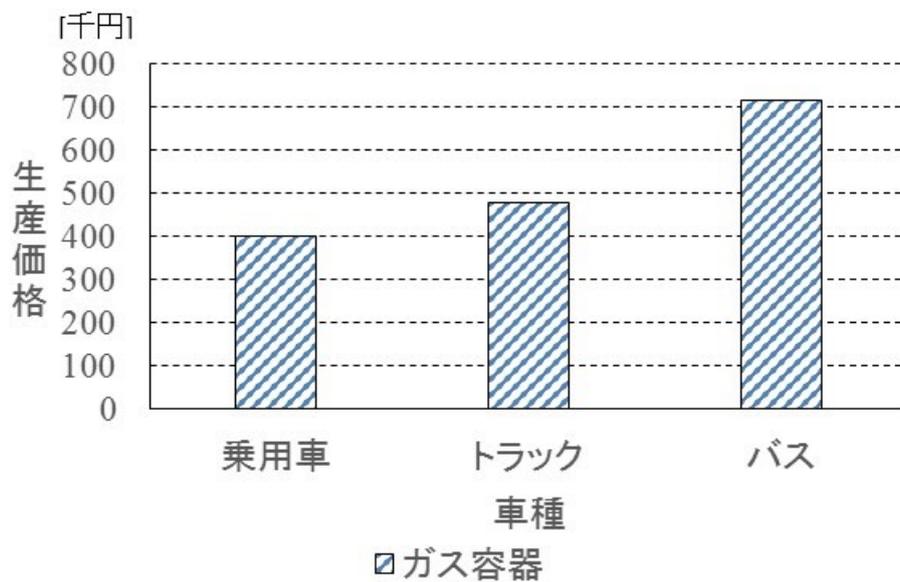


Figure 3-16 ガス容器の生産価格[千円]

### 3-3-14 車両生産価格

第 3-1 節において再構成した産業連関表を基に、乗用車・トラック・バスの車両生産価格の推移をそれぞれ Figure 3-17, Figure 3-18, Figure 3-19 のように設定した。

なお、乗用車・トラック・バスにおいて GV・DV 価格は部品の技術が成熟段階にあり、大きな生産コストの低減は起こらないと仮定し、車両生産価格は年ごとに変わらないものと仮定している。

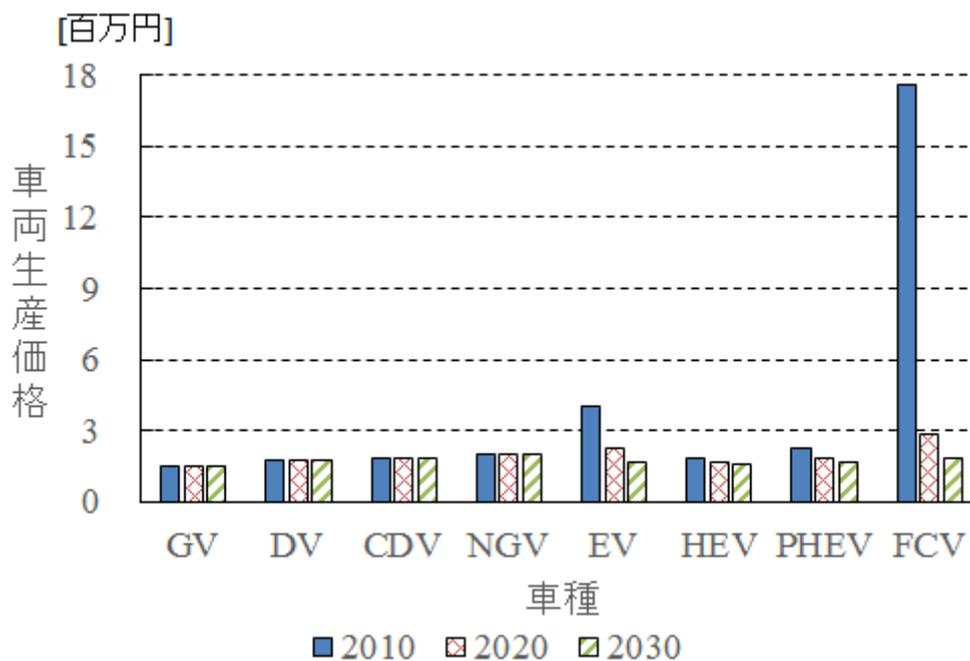


Figure 3-17 各車種の生産価格の推移(乗用車)[百万円]

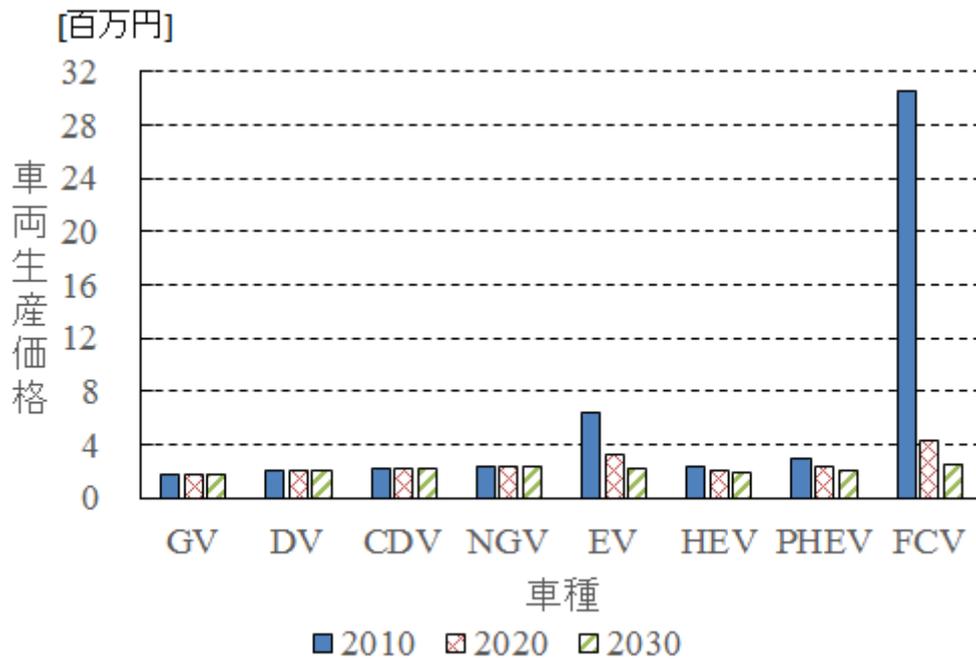


Figure 3-18 各車種の生産価格の推移(トラック)[百万円]

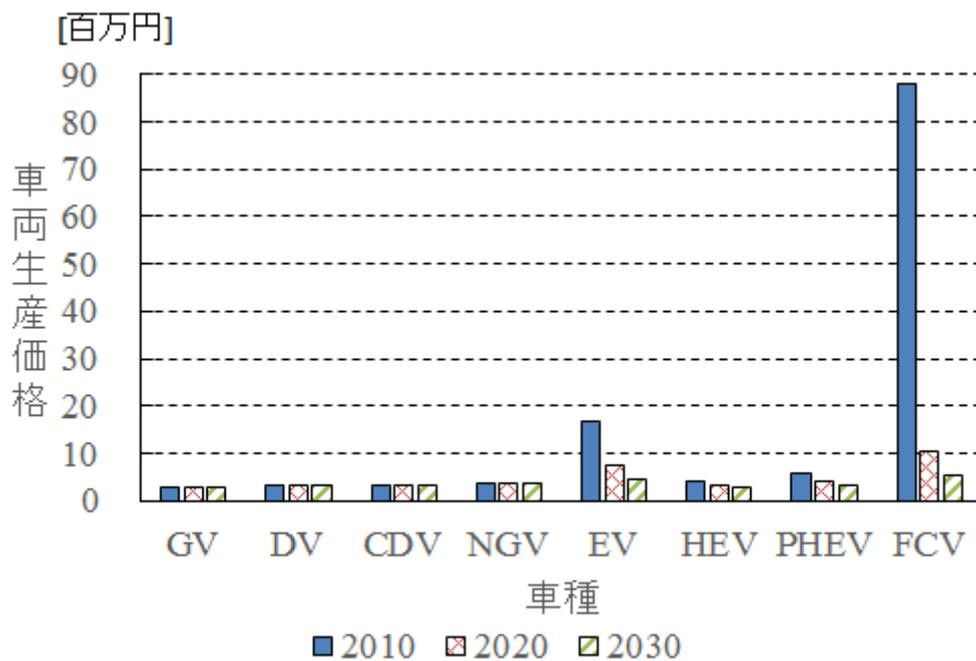


Figure 3-19 各車種の生産価格の推移(バス)[百万円]

---

### 3-3-15 燃費

燃費は車種毎に異なり, 加えて車体の軽量化などにより年ごとに改善されている. そのため, 車体の軽量化等全ての車種に共通する燃費の改善と車種毎の燃費の差異の両方を考慮することにより, 2010 年以降の各車種の燃費を設定した.

具体的には, 乗用車, トラック・バスの燃費の推移を文献[8]の保有平均実走行燃費より引用し, その値に文献[33][98]における Tank-to-Wheel の各車種の 1km 当たり燃料消費量の対 GV 比率を乗じることで, 乗用車, トラック・バスの DV, NGV, 及び CEV の燃費を設定した. 設定した車種毎の保有平均実走行燃費の推移を Table 3-14 に示す.

Table 3-14 各車種の保有平均実走行燃費の推移[MJ/km]

車種		2010	2020	2030	
乗用車	GV	3.7	3.4	3.0	
	DV	3.6	3.2	2.9	
	CDV	3.0	2.7	2.4	
	NGV	3.7	3.4	3.0	
	EV	0.8	0.7	0.6	
	HEV	2.4	2.2	2.0	
	PHEV	EV mode	0.8	0.7	0.6
		HEV mode	2.6	2.3	2.1
	FCV	1.6	1.4	1.3	
	トラック・バス	GV	7.3	6.9	6.6
DV		7.1	6.7	6.4	
CDV		5.9	5.6	5.3	
NGV		7.3	6.9	6.6	
EV		1.6	1.5	1.4	
HEV		4.7	4.5	4.2	
PHEV		EV mode	1.6	1.5	1.4
		HEV mode	5.1	4.8	4.6
FCV		3.2	3.0	2.8	

### 3-3-16 エネルギー価格

本研究では、自動車に使用されるエネルギーとしてGV, HEV, PHEV がガソリン, DV, CDV が軽油, NGV が天然ガス, EV, PHEV が電気, FCV が水素と定義する。

各エネルギー源の価格推移は、各種文献[94][99][100][101][102][103]に従い、設定した (Figure 3-20)。

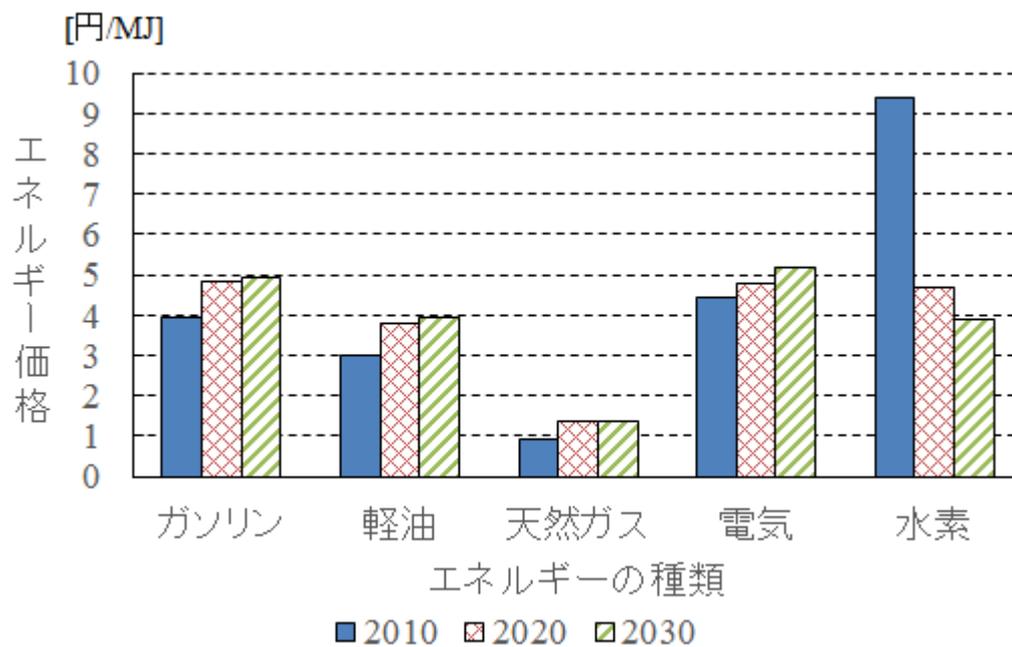


Figure 3-20 エネルギー価格の推移[円/MJ]

### 3-3-17 サービスステーション建設費

本研究では、各車種で使用するサービスステーション、具体的には GV, DV, CDV, HEV, PHEV が使用するガソリンスタンド、NGV が使用する天然ガススタンド、EV, PHEV が充電を行う充電スタンド、FCV の充填設備である水素ステーションの内、今後 CEV の普及に伴い、新規にサービスステーションを建設する必要がある天然ガススタンド、充電スタンド、水素ステーションを対象とし、文献[94][104][105]に基づき各車種が 1 台普及する毎に必要なサービスステーション建設費を算出した (Figure 3-21)。

建設費の推移に関しては、今後改善余地が特に大きい水素ステーションのみ年毎に費用が変化するものとし、他のサービスステーションは費用が変化しないと仮定している。

また、各車種 1 台あたりに必要なサービスステーション数は、CEV の普及台数に対して供給設備が十分にあることを前提とし、2010 年時点でのガソリンスタンド数[106]をガソリンスタンドを主に使用する車種 (GV, DV, HEV, PHEV) の保有台数[85][87]で除した数値を使用している。

なお、本論文では GV, DV, CDV, HEV に関しては既存のガソリンスタンドで対応可能であり、NGV, EV, PHEV, FCV のみ新規販売に伴いサービスステーションが新規建設されるものと仮定している。

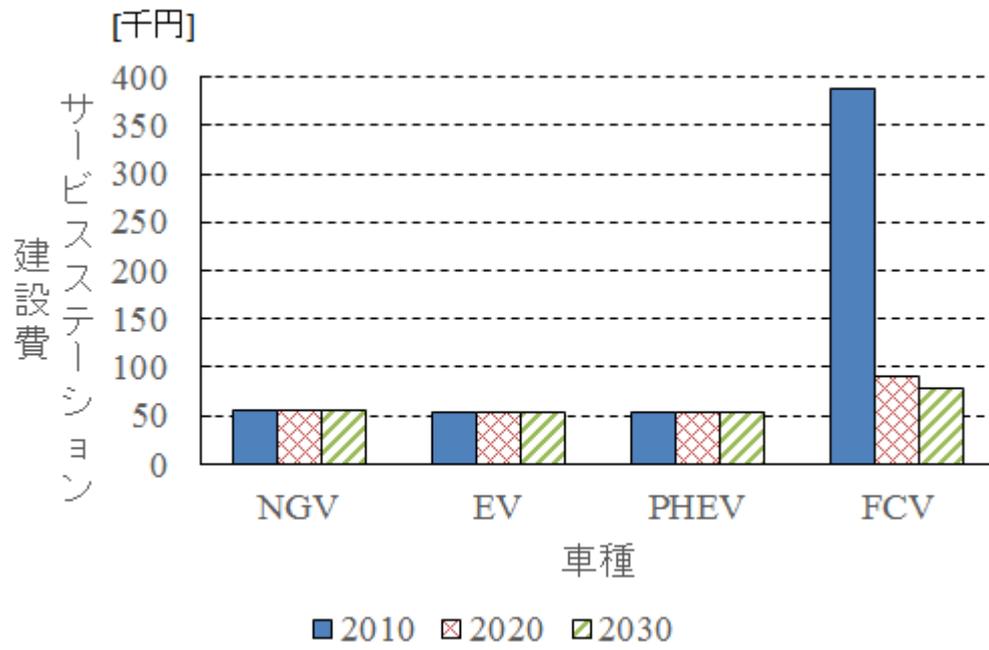


Figure 3-21 各車種 1 台あたりのサービスステーション建設費の推移[千円]

---

### 3-3-18 年間平均走行距離

年間平均走行距離は、文献[107]より、乗用車・トラック・バスそれぞれ、8,026km, 12,811km, 47,451km のように設定した。

### 3-4 検証

本節では、上述の産業構造変化の波及効果モデルが想定通りに機能しているかを検証する。

なお、検証を実施するに当たり、本論文において再構成した産業連関表（「CEV 導入産業連関表」）を使用する場合を CEV 産業波及効果モデル、従来の平成 22 年産業連関表（延長表）80 部門表を使用する場合を GV 産業波及効果モデルと呼称することとする。

検証は CEV 産業波及効果モデルに 2010 年の各車種の新車販売台数及び保有台数を入力し、算出された生産誘発額と GV 産業波及効果モデルに 2010 年の新車販売台数及び保有台数の総数を全て GV と仮定し入力し、算出された生産誘発額を比較することによって行う。

なお、CEV 産業波及効果モデルの場合、2010 年時点において EV や PHEV 等 GV に比して単価の高い車種を含むため、GV 産業波及効果モデルの場合に比べ、算出結果が多少上振れることが予測される。

シミュレーションを行った結果、2010 年において新規に発生する生産誘発額は、CEV 産業波及効果モデルの場合 38.3 兆円、GV 産業波及効果モデルの場合 38.1 兆円となり、予測通り CEV 産業波及効果モデルの方が GV 産業波及効果モデルの場合に比べ約 1%生産誘発額が大きく算出される結果となった。また、両者の算出結果の差異も小さいことから、モデルは想定通りに機能していると考えられる。

### 3-5 小括

本章では、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した。

既存の産業連関表では完成車の製造を行う部門が、「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、そして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ことを示し、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、各 CEV と GV との主要な部品の差異を洗い出し、産業連関表の再構成を行った。具体的には、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た。

そして、その再構成した産業連関表を基に、シナリオを設定し、車両生産価格や燃費といった各車種の特性、エネルギー価格や各車種のサービスステーションの建設費といったその他前提データを入力することにより、出力として生産誘発額、雇用誘発数を算出可能な産業構造変化の波及効果モデルを構築した。

また、産業構造変化の波及効果モデルが、予期した振る舞いをしているか、想定通り機能しているかの検証を行った。

次章以降、産業構造変化の波及効果モデルを用い、CEV の普及による産業への経済面、雇用面への波及効果を算出し、産業構造の変化を分析することとする。

## 第4章

# 産業構造変化の波及効果分析

## 第4章 産業構造変化の波及効果分析

### 4-1 シナリオ設定

GV や DV, NGV から HEV や PHEV, そして EV や FCV へと移行していく中で, 電池産業の競争力がますます重要となってくる. 特に, 車載用電池のように技術的に新しい製品は, 過去の液晶パネルや太陽光発電パネル, 太陽光電池などに見られるように, 市場導入期と普及期において企業の市場シェアが大きく変化する可能性がある.

そのため, 本研究では電池産業の競争力の変化に関して, Upside scenario, Standard scenario, Downside scenario の3つのシナリオを設定し, 産業に与える影響の評価を行った.

なお, 本研究では電池産業の競争力は, 製品の輸入率に反映されてくるものと仮定し, 車載用電池や燃料電池等の生産額が含まれる「その他の電気機器」部門の輸入率を用いて評価している. 「その他の電気機器」部門の輸入率の推移は文献[76][108]を基に設定した (Table 4-1). 2020年と2030年の輸入率は, 2005年から2010年の変化率約62%が最大の振れ幅と仮定し, Upside scenario, Downside scenario を設定している.

Table 4-1 「その他の電気機器」部門の輸入率のシナリオ

	移輸入係数		
	減少 Upside	現状維持 Standard	増加 Downside
2005	-	0.15977	-
2010	-	0.25697	-
2020	0.15977	0.25697	0.41330
2030	0.09934	0.25697	0.66474

なお, 上述のように, 産業構造変化の波及効果モデルのシナリオ分析では, ケーススタディとして電池産業の競争力に関わるシナリオ(「その他の電気機器」部門の移輸入係数の変化)を取り扱っている.

技術シナリオ(技術革新の進展度合い)含め, その他のシナリオも対応することが可能であり, 本モデルは柔軟に拡張することが可能である.

## 4-2 シミュレーション結果

### 4-2-1 生産誘発額の推移

本節では、2010年の販売台数・保有台数の実績値と環境省の2020年、2030年における販売台数・保有台数の予測値[8]をもとに、2020年、2030年においてCEVが普及することによる生産誘発額への影響を考察する。

以降、まず Standard scenario における産業全体への生産誘発額の算出結果と考察を述べた後、各シナリオにおける産業全体への生産誘発額の算出結果の比較と考察を述べる。その後、Standard scenario において影響の大きな部門を個別に取り上げ、その影響の分析を行う。最後に、CEVの普及による生産誘発額への影響のまとめを述べることとする。

Standard scenario における産業全体への影響に関しては Figure 4-1 に示すように、2010年と比べ2020年に一時的に生産誘発額が約1.3兆円増加し、2030年において約5.1兆円減少するという推移をたどっている。2020年に生産額が一時的に増加している要因はHEV、PHEV、EVが乗用車の販売台数の約50%、トラック・バスの販売台数の約20%を占め、電池の生産額が大きく増加したためと考えられる。

また、2020年時点では、電池の単価も高く、EVのようにエンジン部品が必要なくなる車種が販売された場合においても、電池の生産額がエンジン部品等の減少額を上回ったためと考えられる。一方、2030年には生産誘発額が大きく減少している。これは、販売台数及び保有台数の減少が大きく、またHEV、PHEV、EVが乗用車の販売台数の約80%、トラック・バスの販売台数の約50%、特にEVに関しては全体の34%を占めると予測されており、電池を使用した自動車の販売台数の増加と2020年以降の継続的な電池単価の下落による影響を受けたものと考えられる。つまり、電池単価の下落により、電池の生産額の増加が既存GV部品の減少額をカバーしきれなくなったためと考えられる。また、GVからCEVへの代替により、石油の消費量が大幅に減ったことに伴い生産誘発額の総額が減少したものと予測される。

また、生産誘発額を乗用車、トラック、バスの区分別に見た場合、2010年において乗用車、トラック、バスそれぞれの新規販売及び保有車の走行により約27.6兆円、約10.4兆円、約0.4兆円の生産誘発額が発生すると予測され、2020年には2010年に比してそれぞれ約0.5兆円、約0.7兆円、約0.05兆円増加すると予測される。一方、2030年において乗用車、トラック、バスそれぞれ約3.7兆円、約1.3兆円、約0.03兆円減少すると予測される。

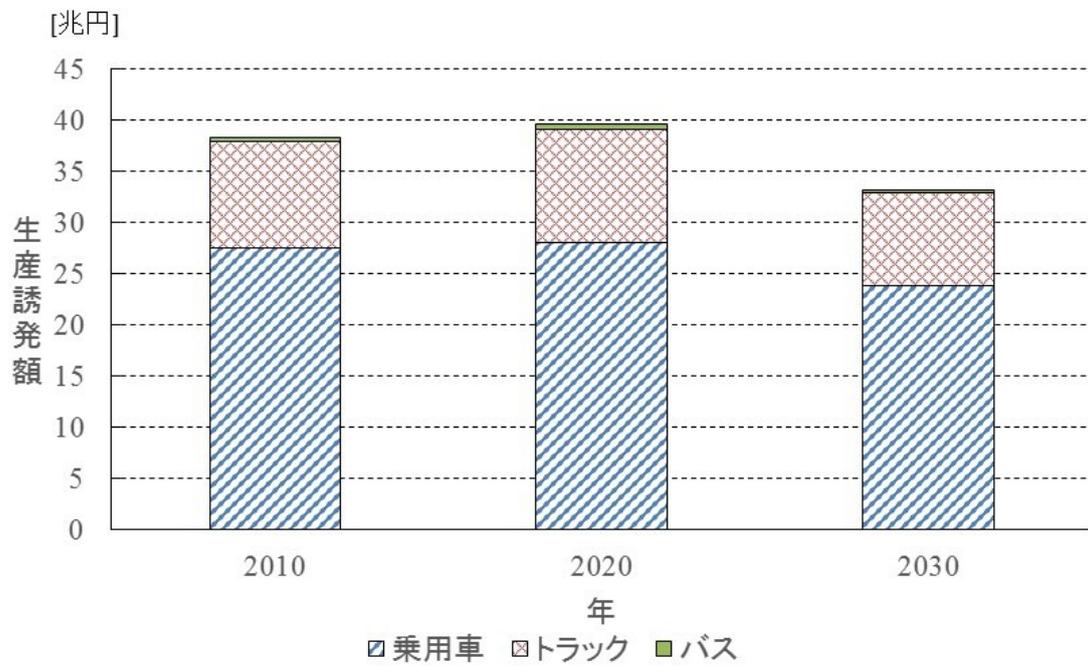


Figure 4-1 生産誘発額の推移(産業全体)[兆円]

次に、生産誘発額を輸入率(電池産業の競争力)のシナリオ別に見た場合、産業全体で生じる生産誘発額は、Standard scenarioにおいて2010年の約38.3兆円から2020年には約39.6兆円、2030年には約33.2兆円という推移をたどっているのに対し、Upside scenarioでは2020年には約39.8兆円、2030年には約33.5兆円という結果となった。Downside scenarioでは2020年には約39.3兆円、2030年には約32.5兆円という結果となった。

Standard scenario と比べ、Upside scenario では2020年に約0.2兆円、2030年には約0.3兆円増加する一方、Downside scenario では2020年には約0.3兆円、2030年には約0.7兆円減少することが予測される。

2030年の「その他の電気機器」部門の生産誘発額はStandard scenario と比べ、Upside scenario で約1,400億円の増加、Downside scenario で約3,500億円の減少となっており、輸入率の変動で大きな影響を受けることが想定される。また、輸入率の変動による影響の内、半分程度は「その他の電気機器」部門以外の部門に波及していった結果であると分かる。そのため、電池の生産が国外へ移転することによる影響は、電池産業において大きな影響がでることに加え、関連産業にも広く波及することが予測される。

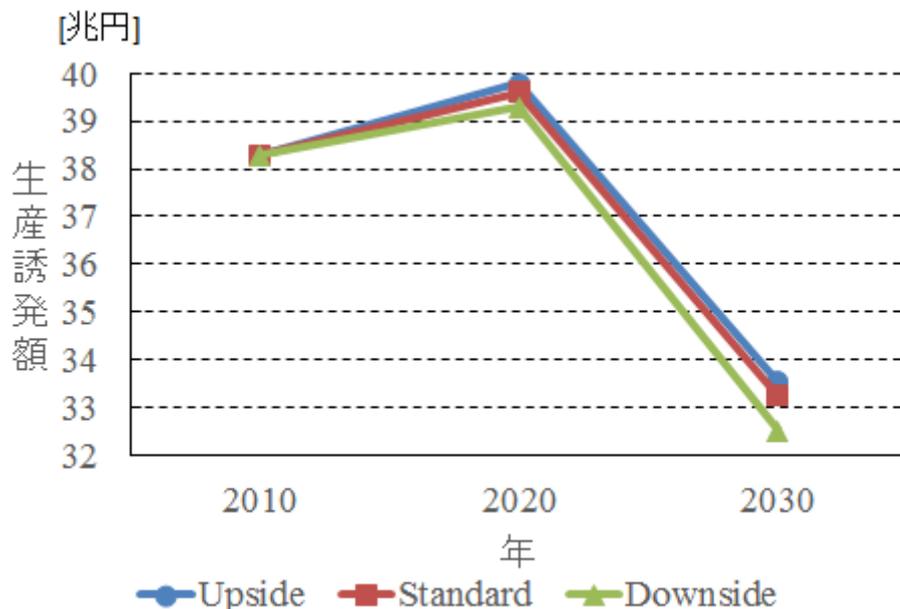


Figure 4-2 シナリオ別生産誘発額の推移(産業全体)[兆円]

次に、Standard scenario における産業への生産誘発額を個別部門に分解し、分析していく。Figure 4-3, Figure 4-4 は 2010 年と 2020 年, 2030 年の予測値を比べた場合に変化の大きい部門の生産誘発額の推移を示したものである。なお、Figure 4-3 は生産誘発額が増加した主な部門を、Figure 4-4 は生産誘発額が減少した主な部門を示している。

まず、生産誘発額が増加する主な部門には「その他の電気機器」、「その他の土木建設」、「電力」、「無機化学基礎製品」が挙げられ、車載用電池の生産やサービスステーションの新規建設、EV や PHEV の普及による電力消費の増加が寄与したものと考えられる。

2010 年と比べ、2030 年には、「その他の電気機器」、「その他の土木建設」、「電力」のそれぞれの部門において約 5,100 億円, 約 1,300 億円, 約 5,100 億円の需要が増加している。

一方で、GV や DV の販売台数が減少したことにより、「自動車部品・同付属品」部門の生産誘発額が顕著に低下しており、2030 年には 2010 年と比べ、生産誘発額が約 1.3 兆円低下することとなる。

特に、2030 年における生産誘発額の落ち込みが激しい要因としては、販売台数の総数の減少による影響に加え、総販売台数に占める EV の割合が 2010 年の 1%未満から 2020 年には 14%、2030 年には 34%というように大きく増加しており、結果としてエンジン部品等の生産額が減少しているためと考えられる。

また、保有台数の総数の減少に加え、石油消費量の少ない CEV (EV, HEV, PHEV, FCV) の割合が販売台数の内 2020 年には約 47%、2030 年には約 75%を超え、また保有台数の内 2020 年には約 17%、2030 年には約 45%を超え、石油製品の生産誘発額の減少も大きくなっている。石油製品の生産誘発額は 2010 年と比べた場合、2030 年には約 4 兆円減少し、2010 年の約 69%になると予想される。

以上の結果から、CEV の普及により、電池産業や建設産業、電力や無機化学基礎製品等のエネルギー産業への新規需要が発生することがわかる。しかし、一方で自動車部品産業や石油産業では生産誘発額が大きく減少しており、既存自動車産業の産業構造の中心である自動車部品産業や石油産業から電池産業や電力及び水素産業へ需要が移転していると考えられる。産業構造の転換及び販売台数、保有台数の減少により、経済全体としてみた場合、2010 年に比べ 2020 年に生産誘発額が約 1.3 兆円増加するものの、2030 年には約 5.1 兆円減少することが予測される。

そのため、政府は今後重要となる部品への投資やサービスステーション等のインフラ整備の促進策の拡充等による他国に先駆けたCEVの普及支援に加え、輸出の振興政策の展開による国内生産台数の底上げ等CEVの経済性も考慮した普及政策の検討が必要であると言える。

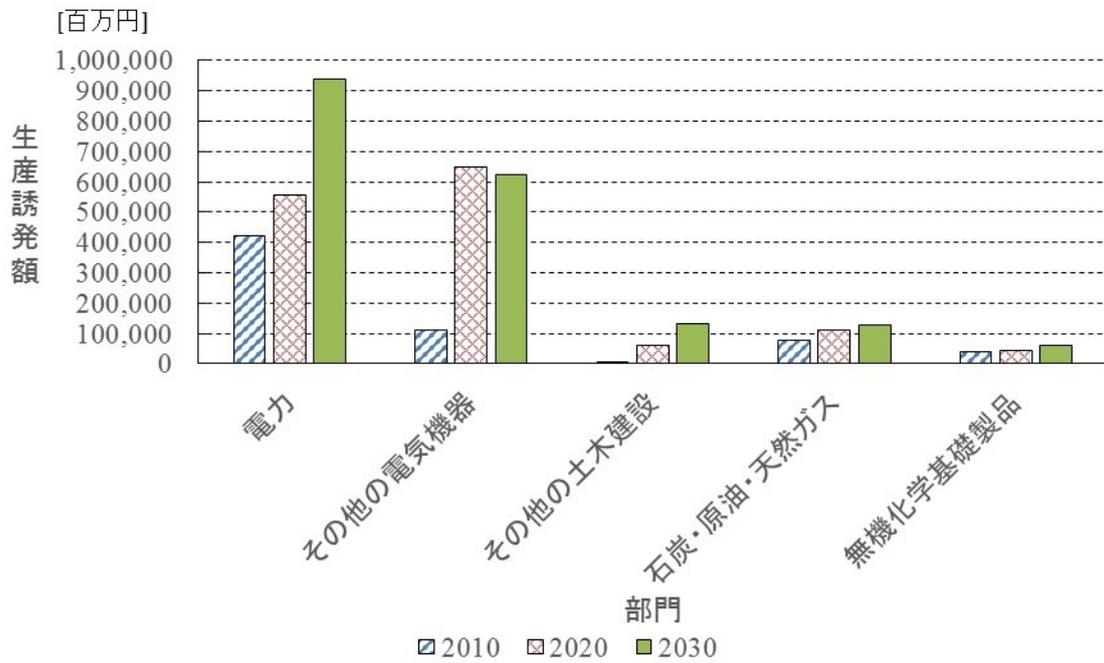


Figure 4-3 生産誘発額の推移 (2010年と比して増加する部門) [百万円]

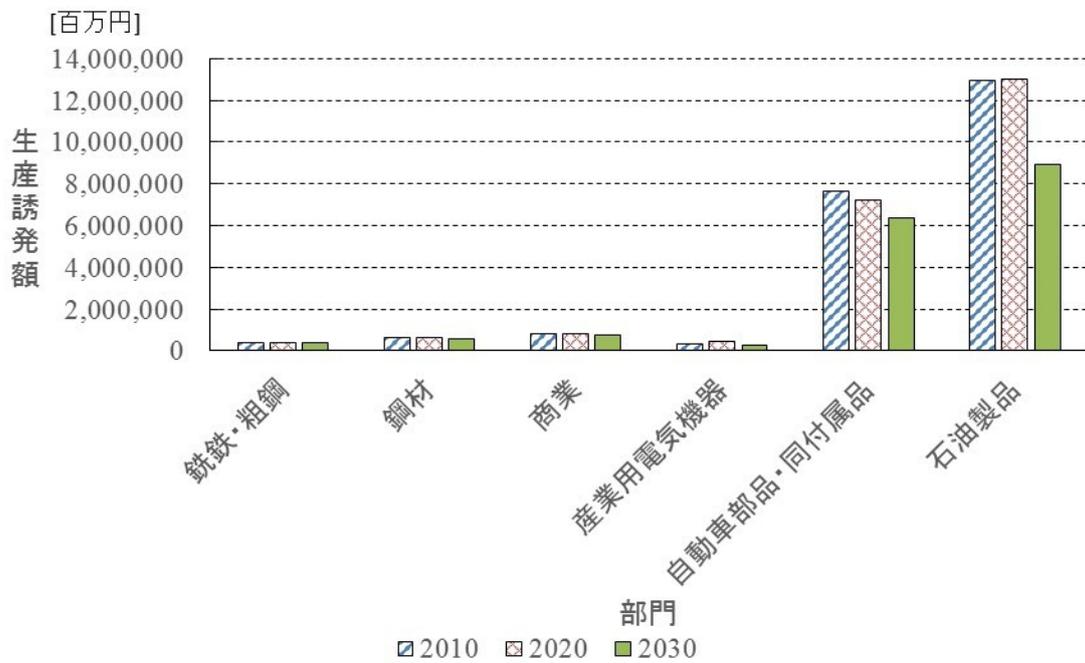


Figure 4-4 生産誘発額の推移 (2010年と比して減少する部門) [百万円]

#### 4-2-2 雇用誘発数の推移

2010年の販売台数・保有台数の実績値と環境省の2020年、2030年における販売台数・保有台数の予測値[8]をもとに、2020年、2030年においてCEVが普及することによる雇用数への影響を考察する。

以降、まず各シナリオにおける経済全体の雇用誘発数の算出結果と考察を述べる。その後、Standard scenarioにおいて影響の大きな部門を個別に取り上げ、その影響の分析を行う。最後にCEVの普及による雇用への影響のまとめを述べることとする。

経済全体の雇用誘発数への影響に関してはFigure 4-5に示すように、Standard scenarioにおいて2010年の約751千人から2020年には約788千人、2030年には714千人という推移をたどっている。

2020年に雇用誘発数が一時的に増加している要因は、HEV、PHEV、EV、FCVが乗用車の販売台数の約51%、トラック・バスの販売台数の約23%を占め、電池の生産が増加したことによるものと考えられる。一方、2030年において雇用誘発数は減少している。これは、販売台数及び保有台数の減少が大きく、またEVやFCVが全販売台数の約36%を占めることにより、エンジン部品やスパークプラグ等のGV部品の需要が減少したためと考えられる。EVやFCVが普及した場合、電池産業に新しく需要が生まれるが、2020年以降の継続的な電池単価の下落による影響を受け、既存GV部品の減少額をカバーするほどの生産誘発額が生じなくなったものと予測される。

また、Upside scenarioでは雇用誘発数が2020年には約795千人、2030年には725千人という結果となった。Downside scenarioでは雇用誘発数が2020年には約777千人、2030年には686千人という結果となった。

Standard scenarioと比べ、Upside scenarioでは2020年に約7千人、2030年には約11千人増加する一方、Downside scenarioでは2020年には約11千人、2030年には約28千人減少することが予測される。2030年の「その他の電気機器」部門の雇用誘発数はStandard scenarioと比べ、Upside scenarioで約3,700人の増加、Downside scenarioで約9,300人の減少となっており、経済全体の増減数の一部分である。そのため、雇用面においても電池の生産が国外へ移転することによる影響は電池産業のみではなく関連産業にも広く波及することが予測される。

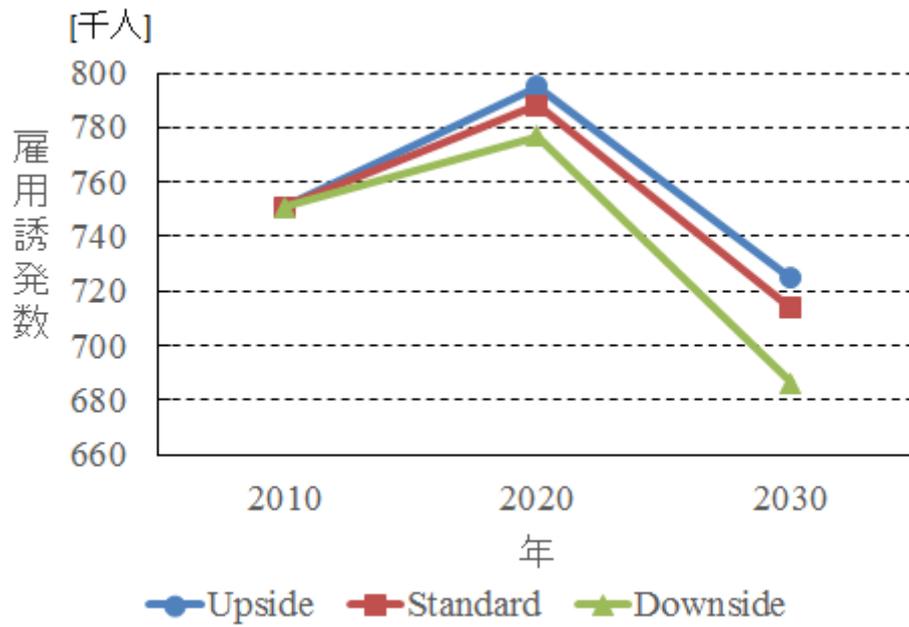


Figure 4-5 シナリオ別雇用誘発数の推移(産業全体)[千人]

次に、Standard scenario を用い個別部門における雇用誘発数の変化を分析していく。

Figure 4-6, Figure 4-7 は 2010 年と 2020 年, 2030 年の予測値を比べた場合に変化の大きい部門の雇用誘発数の推移を示したものである。なお, Figure 4-6 は雇用誘発数が増加した主な部門を, Figure 4-7 は雇用誘発数が減少した主な部門を示している。

まず, 雇用誘発数が増加する主な部門(Figure 4-6)には「その他の電気機器」, 「その他の土木建設」, 「電力」部門が挙げられ, 車載用電池の生産やサービスステーションの新規建設, EV や PHEV の走行による電力消費が寄与したものと考えられる。特に「その他の電気機器」, 「その他の土木建設」においてはそれぞれ 2010 年に比べ 2030 年には約 14 千人, 約 10 千人増加しており, 影響が大きい。「電力」部門は 2010 年に比べ 2030 年には約 5,400 人増加しているが, 資本集約型の産業であり, 生産誘発額と比べ雇用という観点では電池産業等と比較した場合大きな影響を及ぼしてはいない。

一方で, GV の販売台数が減少したことにより, 「自動車部品・同付属品」部門の雇用誘発数が顕著に低下しており, 2030 年には 2010 年に比べ約 29 千人雇用者誘発数が減少することとなる(Figure 4-7)。また, 保有台数の総数の減少に加え, EV, PHEV, FCV の割合が 2030 年には販売台数の約 53%, 保有台数の約 26%を超え, 走行時の石油の消費量が減少したことに伴い「石油製品」部門の雇用誘発数も約 4,700 人減少している。しかし, 石油産業は資本集約型の産業であり, 生産誘発額と比べ雇用という観点では, 自動車部品産業と比較した場合大きな影響を及ぼしてはいない。

なお, 「産業用電気機器」部門の雇用誘発数は 2020 年に一度増加し, 2030 年に減少している。これは, EV, HEV, PHEV, FCV で必要となるモータとインバータの金額が低下したことにより, EV や FCV で不必要となるスパークプラグなどの電装・電子部品の減少額が表面化したためと考えられる。

以上の結果から, 2010 年と比べ国内産業全体で 2020 年には約 37 千人雇用誘発数が増加する一方, 2030 年には 2010 年と比べ約 37 千人の雇用誘発数が減少することが分かった。電池の輸入率の変化により, 最大約 38 千人の雇用誘発数が増減することが予測された。

また, 販売台数及び保有台数の総数の減少に加え, CEV の普及により, 電池産業や建設産業, 電力産業への新規需要が発生する一方で, 自動車部品産業や石油産業における雇用誘発数は減少することとなる。つまり, 生産誘発額と同様に, 既存自動車産業の産業構造の中

心である自動車部品産業や石油産業から電池産業や電力産業へ雇用が移転していくと考えられる。

政府は、今後の産業間での人材の移動可能性を踏まえ、職業訓練や転職支援等の雇用の流動化政策の拡充等 CEV による産業構造の転換による雇用への影響も考慮した普及政策の検討が必要であると言える。

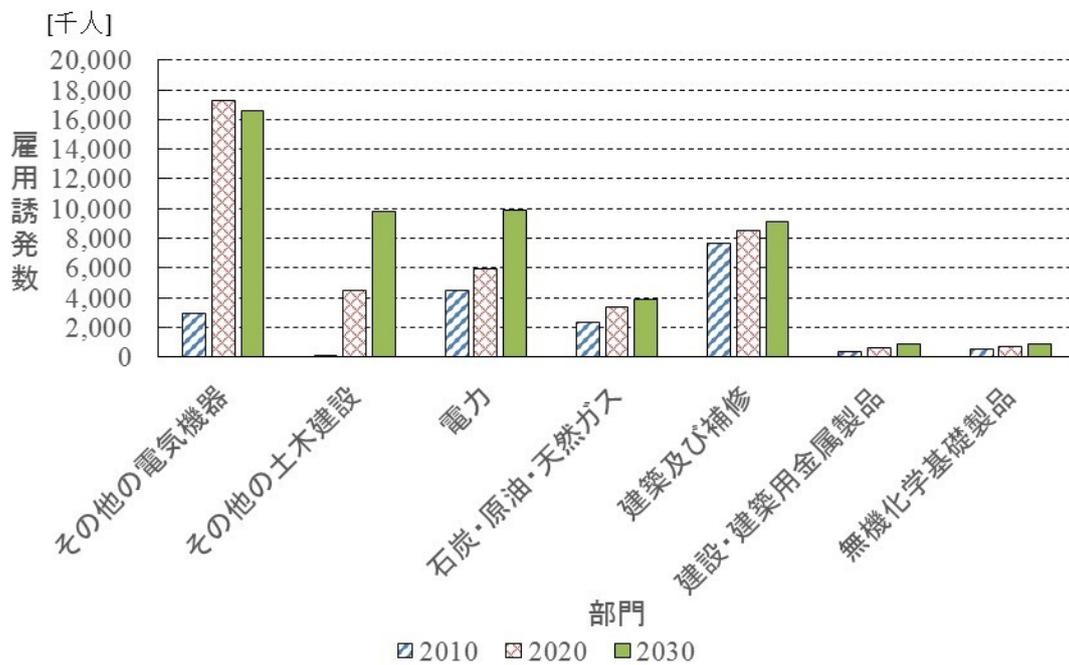


Figure 4-6 雇用誘発数の推移(2010年と比して増加する部門)[千人]

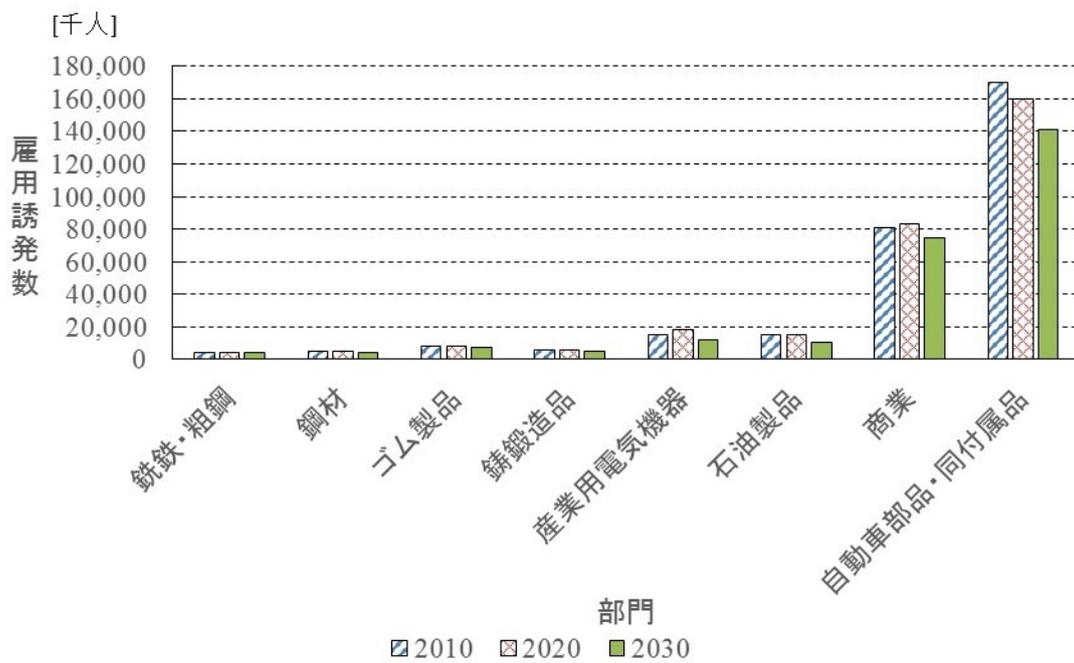


Figure 4-7 雇用誘発数の推移(2010年と比して減少する部門)[千人]

### 4-3 小括

本章では、前章で新たに再構成した産業連関表及び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包括的に算出し、分析した。つまり、環境省の想定するCEVの販売台数及び保有台数の場合における生産誘発額、雇用誘発数の算出及び分析を行った。また、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、シナリオ分析を行った。

その結果以下のことが示唆された。

- ✓ 車載用電池の生産やサービスステーションの新規建設が寄与し、「その他の電気機器」、「その他の土木建設」、「電力」等の部門において生産誘発額、雇用誘発数が増加する。具体的には、2010年に比べ2020年には、生産誘発額がそれぞれ約5,300億円、約590億円、約1,400億円増加する。雇用誘発数は、それぞれ約14千人、約4千人、約1千人増加する。2010年に比べ2030年には、生産誘発額がそれぞれ約5,100億円、約1,300億円、約5,100億円増加する。雇用誘発数は、それぞれ約14千人、約10千人、約5千人増加する。
- ✓ 一方、「自動車部品・同付属品」では生産誘発額が低下する。具体的には、2010年に比べ2020年には約4,500億円低下し、2030年には約1.3兆円低下する。雇用誘発数に換算した場合、2010年に比べ2020年には約10千人、2030年には約29千人減少する。また、「石油製品」部門では、2010年に比べ2020年には約590億円増加するものの、2030年には約4兆円低下する。雇用誘発数に換算した場合、2010年に比べ2020年はほぼ同水準であり、2030年には約5千人減少する。
- ✓ 国内産業全体では、2010年に比べ2020年に生産誘発額が約1.3兆円、雇用誘発数では約37千人増加することが予測される。一方で、2010年に比べ2030年には、生産誘発額が約5.1兆円、雇用誘発数では約37千人減少すると予測される。
- ✓ また、電池の輸入率の変化により、最大約1兆円の生産誘発額、約38千人の雇用誘発数が増減することが予測され、輸入率の変動で国内産業は大きな影響を受けることが想定される。
- ✓ 政府は、今後重要となる部品への投資やサービスステーション等のインフラ整備の促進策の拡充等による他国に先駆けたCEVの普及支援に加え、輸出の振興政策の展開による国内生産台数の底上げ等CEVの経済性も考慮した普及政策の検討が必要であると言える。また、産業間での人材の移動可能性を踏まえ、職業訓練や転職支援等の雇用の流

動化政策の拡充等 CEV の普及に伴う産業構造の転換による雇用への影響も考慮した普及政策の検討が必要であると言える。

こうした結果は EV の乗用車のみではなく、対象車種を他の CEV やトラック・バスに拡大し、産業の経済面、雇用面への波及効果を包括的に算出、比較検討することで得られた知見である。

## 第 5 章

### ポートフォリオ

### 多目的最適化モデル

## 第 5 章 ポートフォリオ多目的最適化モデル

### 5-1 ポートフォリオ多目的最適化モデル

#### 5-1-1 ポートフォリオ多目的最適化モデルの概要

本研究では、CEV の普及により影響が生じる産業・消費者・政府(環境)という3つの視点を考慮したポートフォリオ多目的最適化モデルを構築した。Figure 5-1 に本研究で構築した最適化モデルの全体像を示す。Figure 5-1 の中で、グレーで塗りつぶしている部分が本章で主に取り扱う部分を示している。

この最適化モデルは、多目的最適化及び産業連関分析を用い、技術革新の進捗度合いに関するシナリオを設定し、各車種の特徴、その他前提データ、産業・消費者・政府(環境)それぞれに対する重み(重要度)を入力することにより、設定した重み(重要度)における最適な車種別新車販売台数を対象年度毎に出力するモデルである。

なお、ポートフォリオ多目的最適化モデルのシナリオ分析では、ケーススタディとして技術シナリオ(技術革新シナリオ)を取り扱っているが、社会シナリオ(電池産業の競争力シナリオ)含めその他のシナリオも柔軟に対応することが可能である。

また、ポートフォリオ多目的最適化モデルでは、最適ポートフォリオ時の波及効果を算出することも可能であるが、本章での中心となる題材がポートフォリオであることから波及効果の部分は Figure 5-1 上はグレーにしていない。

本研究では、目的関数を産業・消費者・政府(環境)の効用の合計値としている。産業の効用を対象年の国内産業における付加価値誘発額の基準年に対する純増額、消費者の効用を基準年に対する対象年の導入コスト(消費者が負担する燃料コストと車両購入コストの合計値)の低下に伴う効用の増加額、政府(環境)の効用を基準年に対する対象年の CO<sub>2</sub> 排出額の削減に伴う効用の増加額と定義している。そして、CO<sub>2</sub> 排出量、導入コストを制約条件とする制約法により最適化問題を解くこととする。以上から本研究における「最適」とは、「CO<sub>2</sub> 排出制約および導入コスト制約を達成する中で最も総効用が大きい」状態を指すものとする。

なお、付加価値誘発額とは各産業の生産活動によって新たに生み出された価値のことを意味しており、各産業で生じた生産額に応じ分配される営業余剰(企業の営業利潤等)、雇用者所得の誘発額等が含まれている。従って雇用面は、産業の付加価値誘発額に紐づき、産業の効用の変化により考慮することとする。また、各 CEV が普及した場合の付加価値誘発額や生産段階の CO<sub>2</sub>排出量の算出に関しては、第3節において作成した産業連関表(「CEV 導入産業連関表」)を使用し、最適化モデルに組み込んでいる。なぜなら、既存の産業連関表では自動車の区分として「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 の部品構成の違いによる付加価値誘発額等の差異を考慮することができないためである。CEV 導入産業連関表は各 CEV と GV との部品構成の差異に基づき、部門区分を乗用車、トラック、バスそれぞれにおける GV, DV, CDV, NGV, EV, HEV, PHEV, FCV の計 24 車種に拡張している。そのため、本産業連関表を使用することにより各 CEV が普及した場合の付加価値誘発額や生産段階の CO<sub>2</sub>排出量への影響を定量化し、最適ポートフォリオの算出に当たり各 CEV の経済的・環境的特性を考慮することができる。

そして本研究では、モデルの使用ケースとして対象地域を日本、対象年を 2030 年に設定し、最適ポートフォリオの算出を行っている。また、最適解を導出する手法として、Microsoft Excel の「ソルバー機能」の線形計画法(Simplex method)を使用している。モデルの数式など詳細については次節以降で順に述べていくこととする。

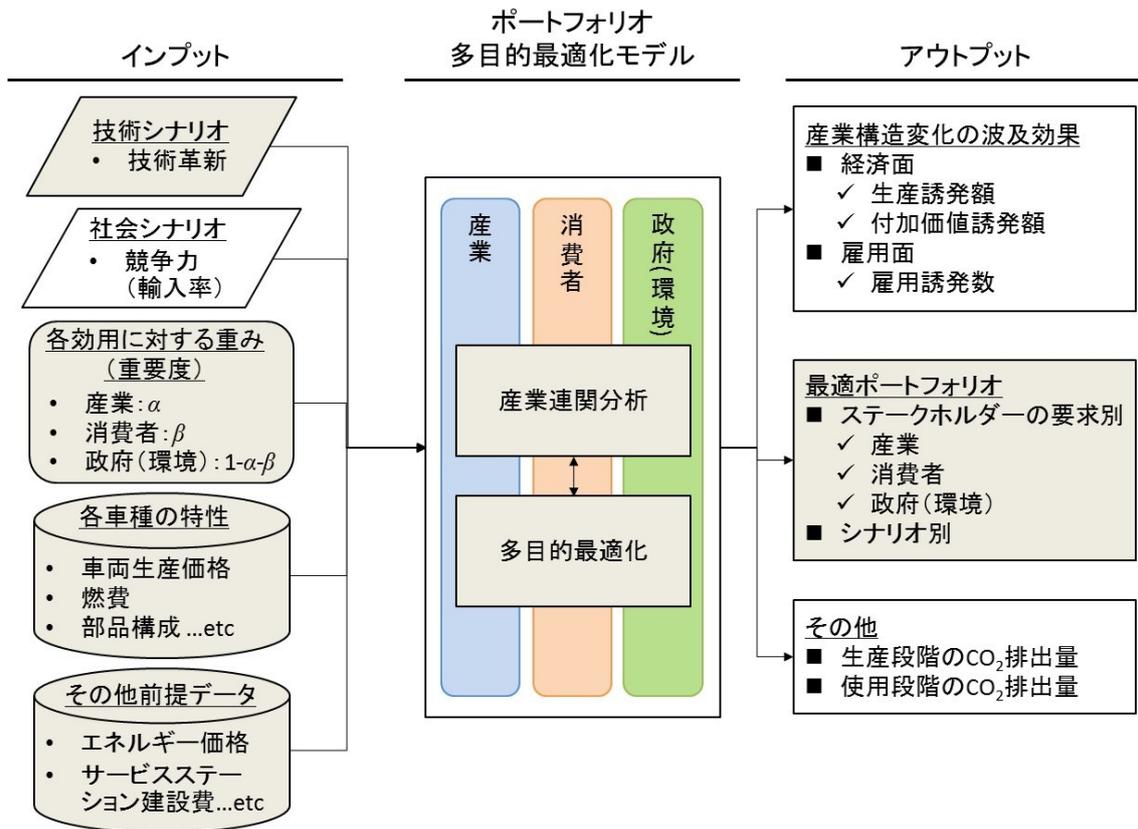


Figure 5-1 ポートフォリオ多目的最適化モデルの全体像

## 5-1-2 目的関数

本研究における目的関数は、設計変数を $k$ 年における新車販売台数のベクトル $\overline{x^k}$ とし、 $k$ 年のシナリオ $l$ における産業効用 $\Delta eva^{kl}$ に産業効用に対する重み(重要度) $\alpha$ を乗じた値、 $k$ 年のシナリオ $l$ における消費者効用 $\Delta vc^{kl}$ に消費者効用に対する重み(重要度) $\beta$ を乗じた値、 $k$ 年のシナリオ $l$ における政府(環境)効用 $\Delta env^{kl}$ に政府(環境)効用に対する重み(重要度) $1-\alpha-\beta$ を乗じた値の和 $f^{kl}$ とし、式(23)のように定式化を行った。

$$\max f^{kl}$$

$$f^{kl} = \alpha \Delta eva^{kl} + \beta \Delta vc^{kl} + (1 - \alpha - \beta) \Delta env^{kl} \quad (23)$$

ここで、

$k$ :対象年 [2030年]

$l$ :技術革新シナリオ  $l=1 \cdots 3$  [高水準シナリオ:1, 標準シナリオ:2, 低水準シナリオ:3]

$f^{kl}$ :シナリオ $l$ における $k$ 年の産業・消費者・環境の各効用の和 [百万円]

$\Delta eva^{kl}$ :シナリオ $l$ における基準年に対する $k$ 年の国内産業の付加価値誘発額の増加額 [百万円]

$\Delta vc^{kl}$ :シナリオ $l$ における基準年に対する $k$ 年の導入コストの低下に伴う効用の増加額 [百万円]

$\Delta env^{kl}$ :シナリオ $l$ における基準年に対する $k$ 年のCO<sub>2</sub>排出額の削減に伴う効用の増加額 [百万円]

$\alpha$ :産業の効用に対する重要度,  $0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \alpha + \beta \leq 1$

$\beta$ :消費者の効用に対する重要度,  $0 \leq \beta \leq 1, 0 \leq \alpha + \beta \leq 1$

である。

各項の  $k$  年のシナリオ  $l$  における産業の効用  $\Delta eva^{kl}$ , 消費者の効用  $\Delta vc^{kl}$ , 政府(環境)の効用  $\Delta env^{kl}$  に関しては, それぞれ式(24)~(58)のように定式化している. 以降, 順に詳細を説明していく.

まず,  $k$  年のシナリオ  $l$  における産業の効用  $\Delta eva^{kl}$  は, 国内産業におけるシナリオ  $l$  の対象年  $k$  の付加価値誘発額  $eva^{kl}$  から基準年  $k^0$  の付加価値誘発額  $eva^{k^0l}$  を差し引くことで算出する(式(24)).  $k$  年のシナリオ  $l$  における付加価値誘発額  $eva^{kl}$  に関しては, 式(25), (26)に示すように, シナリオ  $l$  の  $k$  年における  $N$  行  $I$  列の付加価値誘発額の行列  $\widetilde{EVA}^{kl}$  の要素  $e_{ni}^{kl}$  の行及び列の和を算出することにより求められる. また, シナリオ  $l$  の  $k$  年における  $N$  行  $I$  列の付加価値誘発額の行列  $\widetilde{EVA}^{kl}$  は,  $N$  行  $N$  列の行列である付加価値誘発係数  $\tilde{V}$ ,  $N$  行  $N$  列のレオンチェフの逆行列  $[\tilde{I} - (\tilde{I} - \tilde{M})\tilde{A}^{kl}]^{-1}$ ,  $k$  年のシナリオ  $l$  における  $N$  行  $I$  列の直接効果(新規需要額)の行列  $\tilde{D}^{kl}$  の 3 要素を乗じることで算出する(式(26)).

なお, 付加価値誘発係数  $\tilde{V}$  とは各産業の生産額のうち付加価値に配分される割合を示しており, 各種文献[76][77]の各部門の粗付加価値金額を生産額で除することにより算出している. また, レオンチェフの逆行列とは, 各産業に対する 1 単位の需要の増加があった場合にどの産業の生産が何単位誘発されるかを示す係数である.

$$\Delta eva^{kl} = eva^{kl} - eva^{k^0l} \quad (24)$$

$$eva^{kl} = \sum_n \sum_i e_{ni}^{kl} \quad (25)$$

$$\widetilde{EVA}^{kl} = \tilde{V} [\tilde{I} - (\tilde{I} - \tilde{M})\tilde{A}^{kl}]^{-1} \tilde{D}^{kl} \quad (26)$$

$$\widetilde{EVA}^{kl} = (e_{ni}^{kl}) \quad (27)$$

$$eva^{k^0l} = \sum_n \sum_i e_{ni}^{k^0l} \quad (28)$$

$$\widetilde{EVA}^{k^0l} = \tilde{V} [\tilde{I} - (\tilde{I} - \tilde{M})\tilde{A}^{k^0l}]^{-1} \tilde{D}^{k^0l} \quad (29)$$

$$\widetilde{EVA}^{k^0l} = (e_{ni}^{k^0l}) \quad (30)$$

なお,

$k$ :対象年 [2030 年]

$k^0$ :基準年 [2010 年]

$l$ :技術革新シナリオ  $l=1\cdots 3$  [高水準シナリオ:1, 標準シナリオ:2, 低水準シナリオ:3]

$\Delta eva^{kl}$ :シナリオ  $l$ における基準年に対する  $k$ 年の国内産業の付加価値誘発額の増加額 [百万円]

$eva^{kl}$ :シナリオ  $l$ における  $k$ 年の国内産業の付加価値誘発額 [百万円]

$eva^{k^0l}$ :シナリオ  $l$ における  $k^0$ 年の国内産業の付加価値誘発額 [百万円]

$\widetilde{EVA}^{kl}$ :シナリオ  $l$ における  $k$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の付加価値誘発額の行列 [百万円]

$\widetilde{EVA}^{k^0l}$ :シナリオ  $l$ における  $k^0$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の付加価値誘発額の行列 [百万円]

$\widetilde{D}^{kl}$ : $k$ 年のシナリオ  $l$ における  $N$ 行  $I$ 列の直接効果(新規需要額)の行列 [百万円]

$\widetilde{D}^{k^0l}$ : $k^0$ 年のシナリオ  $l$ における  $N$ 行  $I$ 列の直接効果(新規需要額)の行列 [百万円]

$e_{ni}^{kl}$ :シナリオ  $l$ における  $k$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の付加価値誘発額の行列の要素 [百万円]

$e_{ni}^{k^0l}$ :シナリオ  $l$ における  $k^0$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の付加価値誘発額の行列の要素 [百万円]

$\widetilde{A}^{kl}$ :シナリオ  $l$ における  $k$ 年の  $N$ 行  $N$ 列の投入係数行列

$\widetilde{A}^{k^0l}$ :シナリオ  $l$ における  $k^0$ 年の  $N$ 行  $N$ 列の投入係数行列

$\widetilde{V}$ : $N$ 行  $N$ 列の付加価値誘発係数行列

$\widetilde{I}$ : $N$ 行  $N$ 列の単位行列

$\widetilde{M}$ : $N$ 行  $N$ 列の移輸入係数行列

$i:i=1\cdots I$

$n : n=1 \cdots N$

$I$ : 車種数  $I=24$  [乗用車(GV):1, 乗用車(DV):2, 乗用車(CDV):3, 乗用車(NGV):4, 乗用車(EV):5, 乗用車(HEV):6, 乗用車(PHEV):7, 乗用車(FCV):8, トラック(GV):9, トラック(DV):10, トラック(CDV):11, トラック(NGV):12, トラック(EV):13, トラック(HEV):14, トラック(PHEV):15, トラック(FCV):16, バス(GV):17, バス(DV):18, バス(CDV):19, バス(NGV):20, バス(EV):21, バス(HEV):22, バス(PHEV):23, バス(FCV):24]

$N$ : CEV 導入産業連関表上の部門数  $N=103$  [農林水産業:1, 金属鉱物:2, 非金属鉱物:3, 石油・原油・天然ガス:4, 食料品・たばこ:5, …, 広告:99, 物品賃貸サービス:100, その他の対事業所サービス:101, 対個人サービス:102, その他:103]

を示している。

また, 本研究ではシナリオ  $I$  における  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の直接効果の行列  $\widehat{D}^{kl}$  を車両生産額, 燃料消費額, サービスステーション建設費の 3 つと定義している(式(31)). 車両生産額は,  $k$  年における  $N$  行 1 列の販売台数のベクトル  $\overline{x}^k$  にシナリオ  $I$  における  $k$  年の 1 行  $I$  列の生産価格のベクトル  $\overline{p}^{kl}$  を乗じ算出している. また, 燃料消費額は,  $k$  年における  $N$  行 1 列の販売台数のベクトル  $\overline{x}^k$  に, 1 行  $I$  列のベクトル年間平均走行距離  $\overline{d}$ ,  $k$  年における  $I$  行 1 列の保有平均実走行燃費のベクトル  $\overline{h}^k$ ,  $k$  年における 1 行  $I$  列のエネルギー価格のベクトル  $\overline{v}^k$  を乗じ, 算出している. サービスステーション建設費は, 1 台あたりに必要なサービスステーション数  $r$  に  $k$  年における  $N$  行 1 列の販売台数のベクトル  $\overline{x}^k$ ,  $k$  年における 1 行  $I$  列のサービスステーション 1 箇所当たりの建設費の行列  $\overline{c}^k$  を乗じ, 算出している.

$$\widehat{D}^{kl} = \overline{x}^k (\overline{p}^{kl})^t + \overline{x}^k (\overline{d})^t \overline{h}^k (\overline{v}^k)^t + r \overline{x}^k (\overline{c}^k)^t \quad (31)$$

$$\widehat{D}^{k^0 l} = \overline{x}^{k^0} (\overline{p}^{k^0 l})^t + \overline{x}^{k^0} (\overline{d})^t \overline{h}^{k^0} (\overline{v}^{k^0})^t + r \overline{x}^{k^0} (\overline{c}^{k^0})^t \quad (32)$$

ここで,

$k$ : 対象年 [2030 年]

$k^0$ : 基準年 [2010 年]

$l$ : 技術革新シナリオ  $l=1\cdots 3$  [高水準シナリオ:1, 標準シナリオ:2, 低水準シナリオ:3]

$t$ : 転置ベクトル

$\widetilde{D}^{kl}$ :  $k$ 年のシナリオ  $l$ における  $N$ 行  $I$ 列の直接効果(新規需要額)の行列 [百万円]

$\widetilde{D}^{k^0l}$ :  $k^0$ 年のシナリオ  $l$ における  $N$ 行  $I$ 列の直接効果(新規需要額)の行列 [百万円]

$\overline{x}^k$ :  $k$ 年における  $N$ 行  $1$ 列の販売台数のベクトル [台]

$\overline{x}^{k^0}$ :  $k^0$ 年における  $N$ 行  $1$ 列の販売台数のベクトル [台]

$\overline{p}^{kl}$ : シナリオ  $l$ における  $k$ 年の  $1$ 行  $I$ 列の生産価格のベクトル [百万円]

$\overline{p}^{k^0l}$ : シナリオ  $l$ における  $k^0$ 年の  $1$ 行  $I$ 列の生産価格のベクトル [百万円]

$\overline{d}$ :  $1$ 行  $I$ 列の年間平均走行距離のベクトル [km]

$\overline{h}^k$ :  $k$ 年における  $I$ 行  $1$ 列の保有平均実走行燃費のベクトル [MJ/km]

$\overline{h}^{k^0}$ :  $k^0$ 年における  $I$ 行  $1$ 列の保有平均実走行燃費のベクトル [MJ/km]

$\overline{v}^k$ :  $k$ 年における  $1$ 行  $I$ 列のエネルギー価格のベクトル [円/MJ]

$\overline{v}^{k^0}$ :  $k^0$ 年における  $1$ 行  $I$ 列のエネルギー価格のベクトル [円/MJ]

$\overline{c}^k$ :  $k$ 年における  $1$ 行  $I$ 列のサービスステーション  $1$ 箇所当たりの建設費のベクトル [百万円/箇所]

$\overline{c}^{k^0}$ :  $k^0$ 年における  $1$ 行  $I$ 列のサービスステーション  $1$ 箇所当たりの建設費のベクトル [百万円/箇所]

$r$ :  $1$ 台あたりに必要なサービスステーション数 [箇所]

$i$ :  $i=1\cdots I$

$n$ :  $n=1\cdots N$

$I$ : 車種数  $I=24$  [乗用車(GV):1, 乗用車(DV):2, 乗用車(CDV):3, 乗用車(NGV):4, 乗用車(EV):5, 乗用車(HEV):6, 乗用車(PHEV):7, 乗用車(FCV):8, トラック(GV):9, トラック(DV):10, トラック(CDV):11, トラック(NGV):12, トラック(EV):13, トラック(HEV):14, トラック(PHEV):

15,トラック(FCV):16, バス(GV):17, バス(DV):18, バス(CDV):19, バス(NGV):20, バス(EV):21, バス(HEV):22, バス(PHEV):23, バス(FCV):24]

$N$ : CEV 導入産業連関表上の部門数  $N=103$  [農林水産業:1, 金属鉱物:2, 非金属鉱物:3, 石油・原油・天然ガス:4, 食料品・たばこ:5, …, 広告:99, 物品賃貸サービス:100, その他の対事業所サービス:101, 対個人サービス:102, その他:103]

を示している.

次に,  $k$  年のシナリオ  $l$  における消費者の効用  $\Delta vc^{kl}$  は, シナリオ  $l$  における基準年  $k^0$  の導入コスト  $vc^{k^0l}$  から対象年  $k$  の導入コスト  $vc^{kl}$  を差し引くことで算出する(式(33)).  $k$  年のシナリオ  $l$  における導入コスト  $vc^{kl}$  は燃料消費額と車両購入額の和と定義し, 式(34)のように定式化している. 式(35)に示すように, シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の車両購入額の行列  $\widetilde{PC}^{kl}$  は,  $k$  年における  $N$  行  $I$  列の販売台数のベクトル  $\overline{x}^k$  にシナリオ  $l$  における  $k$  年の  $1$  行  $I$  列の販売価格のベクトル  $\overline{pc}^{kl}$  を乗じ算出している. また,  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の燃料消費額の行列は,  $k$  年における  $N$  行  $I$  列の販売台数のベクトル  $\overline{x}^k$ ,  $1$  行  $I$  列のベクトル年間平均走行距離  $\overline{d}$ ,  $k$  年における  $I$  行  $1$  列の保有平均実走行燃費のベクトル  $\overline{h}^k$ ,  $k$  年における  $1$  行  $I$  列のエネルギー価格のベクトル  $\overline{v}^k$  を乗じ, 算出している(式(37)).

$$\Delta vc^{kl} = vc^{k^0l} - vc^{kl} \quad (33)$$

$$vc^{kl} = \sum_n \sum_i a_{ni}^{kl} + \sum_n \sum_i q_{ni}^k \quad (34)$$

$$\widetilde{PC}^{kl} = \overline{x}^k (\overline{pc}^{kl})^t \quad (35)$$

$$\overline{PC}^{kl} = (a_{ni}^{kl}) \quad (36)$$

$$\widetilde{FC}^k = \overline{x}^k (\overline{d})^t \overline{h}^k (\overline{v}^k)^t \quad (37)$$

$$\overline{FC}^k = (q_{ni}^k) \quad (38)$$

$$vc^{k^0l} = \sum_n \sum_i a_{ni}^{k^0l} + \sum_n \sum_i q_{ni}^{k^0} \quad (39)$$

$$\widetilde{PC}^{k^0l} = \overline{x}^{k^0} (\overline{pc}^{k^0l})^t \quad (40)$$

$$\widetilde{PC}^{k^0l} = (a_{ni}^{k^0l}) \quad (41)$$

$$\widetilde{FC}^{k^0} = \overline{x}^{k^0} (\bar{d})^t \overline{h}^{k^0} (\overline{v}^{k^0})^t \quad (42)$$

$$\widetilde{FC}^{k^0} = (q_{ni}^{k^0}) \quad (43)$$

なお,

$k$ : 対象年 [2030 年]

$k^0$ : 基準年 [2010 年]

$l$ : 技術革新シナリオ  $l=1 \cdots 3$  [高水準シナリオ:1, 標準シナリオ:2, 低水準シナリオ:3]

$t$ : 転置ベクトル

$\Delta vc^{kl}$ : シナリオ  $l$  における基準年に対する  $k$  年の導入コストの低下に伴う効用の増加額 [百万円]

$vc^{kl}$ : シナリオ  $l$  における  $k$  年の導入コスト [百万円]

$vc^{k^0l}$ : シナリオ  $l$  における  $k^0$  年の導入コスト [百万円]

$\widetilde{PC}^{kl}$ : シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の車両購入額の行列 [百万円]

$\widetilde{PC}^{k^0l}$ : シナリオ  $l$  における  $k^0$  年の  $N$  行  $I$  列の車両購入額の行列 [百万円]

$\widetilde{FC}^k$ :  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の燃料消費額の行列 [百万円]

$\widetilde{FC}^{k^0}$ :  $k^0$  年の  $N$  行  $I$  列の燃料消費額の行列 [百万円]

$a_{ni}^{kl}$ : シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の車両購入額の行列の要素 [百万円]

$a_{ni}^{k^0l}$ : シナリオ  $l$  における  $k^0$  年の  $N$  行  $I$  列の車両購入額の行列の要素 [百万円]

$q_{ni}^{kl}$ : シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の燃料消費額の行列の要素 [百万円]

$q_{ni}^{k^0l}$ : シナリオ  $l$  における  $k^0$  年の  $N$  行  $I$  列の燃料消費額の行列の要素 [百万円]

$\bar{x}^k$ :  $k$ 年における  $N$ 行  $1$ 列の販売台数のベクトル [台]

$\bar{x}^{k^0}$ :  $k^0$ 年における  $N$ 行  $1$ 列の販売台数のベクトル [台]

$\bar{pc}^{kl}$ : シナリオ  $l$ における  $k$ 年の  $1$ 行  $l$ 列の販売価格のベクトル [百万円]

$\bar{pc}^{k^0l}$ : シナリオ  $l$ における  $k^0$ 年の  $1$ 行  $l$ 列の販売価格のベクトル [百万円]

$\bar{d}$ :  $1$ 行  $l$ 列の年間平均走行距離のベクトル [km]

$\bar{h}^k$ :  $k$ 年における  $l$ 行  $1$ 列の保有平均実走行燃費のベクトル [MJ/km]

$\bar{h}^{k^0}$ :  $k^0$ 年における  $l$ 行  $1$ 列の保有平均実走行燃費のベクトル [MJ/km]

$\bar{v}^k$ :  $k$ 年における  $1$ 行  $l$ 列のエネルギー価格のベクトル [円/MJ]

$\bar{v}^{k^0}$ :  $k^0$ 年における  $1$ 行  $l$ 列のエネルギー価格のベクトル [円/MJ]

$i$ :  $i=1 \cdots l$

$n$ :  $n=1 \cdots N$

$l$ : 車種数  $l=24$  [乗用車(GV):1, 乗用車(DV):2, 乗用車(CDV):3, 乗用車(NGV):4, 乗用車(EV):5, 乗用車(HEV):6, 乗用車(PHEV):7, 乗用車(FCV):8, トラック(GV):9, トラック(DV):10, トラック(CDV):11, トラック(NGV):12, トラック(EV):13, トラック(HEV):14, トラック(PHEV):15, トラック(FCV):16, バス(GV):17, バス(DV):18, バス(CDV):19, バス(NGV):20, バス(EV):21, バス(HEV):22, バス(PHEV):23, バス(FCV):24]

$N$ : CEV 導入産業連関表上の部門数  $N=103$  [農林水産業:1, 金属鉱物:2, 非金属鉱物:3, 石油・原油・天然ガス:4, 食料品・たばこ:5,  $\cdots$ , 広告:99, 物品賃貸サービス:100, その他の対事業所サービス:101, 対個人サービス:102, その他:103]

を示している.

最後に,  $k$ 年のシナリオ  $l$ における政府(環境)の効用  $\Delta env^{kl}$ は, シナリオ  $l$ における基準年  $k^0$ の  $\text{CO}_2$ 排出額  $env^{k^0l}$ から対象年  $k$ の  $\text{CO}_2$ 排出額  $env^{kl}$ を差し引くことで算出する(式(44)). また,  $\text{CO}_2$ 排出額は式(45)のように  $k$ 年の走行段階の  $\text{CO}_2$ 排出量  $eu^k$ とシナリオ  $l$ における  $k$

年の生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量  $ep^{kl}$  の和に CO<sub>2</sub>1t 当たりの単価  $et$  を乗ずることにより算出している。

$k$  年の走行段階の CO<sub>2</sub> 排出量  $eu^k$  は、式(46)に示すように、 $k$  年における  $N$  行  $I$  列の走行段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列  $\widetilde{EU}^k$  の要素  $us_{ni}^k$  の行及び列の和を算出することにより求められる。 $k$  年の  $N$  行  $I$  列の走行段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列  $\widetilde{EU}^k$  は、 $k$  年における  $N$  行  $I$  列の販売台数のベクトル  $\bar{x}^k$ 、 $I$  行  $I$  列のベクトル年間平均走行距離  $\bar{d}$ 、 $k$  年における  $I$  行  $I$  列の保有平均実走行燃費のベクトル  $\bar{h}^k$ 、 $k$  年における  $I$  行  $I$  列の CO<sub>2</sub> 排出原単位のベクトル  $\bar{u}$  を乗じ、算出している(式(47))。

また、シナリオ  $l$  における  $k$  年の生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量  $ep^{kl}$  は、式(49)、(50)に示すように、シナリオ  $l$  の  $k$  年における  $N$  行  $I$  列の生産段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列  $\widetilde{EP}^{kl}$  の要素  $s_{ni}^{kl}$  の行及び列の和を算出することにより求められる。また、シナリオ  $l$  の  $k$  年における  $N$  行  $I$  列の生産段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列  $\widetilde{EP}^{kl}$  は、 $N$  行  $N$  列の行列である CO<sub>2</sub> 排出係数  $\widetilde{EI}$ 、 $N$  行  $N$  列のレオンチェフの逆行列  $[\tilde{I} - (\tilde{I} - \tilde{M})\widetilde{A}^{kl}]^{-1}$ 、 $k$  年のシナリオ  $l$  における  $N$  行  $I$  列の直接効果(新規需要額)の行列  $\widetilde{D}^{kl}$  の 3 要素を乗じることにより算出する(式(50))。

$$\Delta env^{kl} = env^{k^0l} - env^{kl} \quad (44)$$

$$env^{kl} = (eu^k + ep^{kl})et \quad (45)$$

$$eu^k = \sum_n \sum_i us_{ni}^k \quad (46)$$

$$\widetilde{EU}^k = \bar{x}^k (\bar{d})^t \bar{h}^k (\bar{u})^t \quad (47)$$

$$\widetilde{EU}^k = (us_{ni}^k) \quad (48)$$

$$ep^{kl} = \sum_n \sum_i s_{ni}^{kl} \quad (49)$$

$$\widetilde{EP}^{kl} = \widetilde{EI} [\tilde{I} - (\tilde{I} - \tilde{M})\widetilde{A}^{kl}]^{-1} \widetilde{D}^{kl} \quad (50)$$

$$\widetilde{EP}^{kl} = (s_{ni}^{kl}) \quad (51)$$

$$env^{k^0l} = (eu^{k^0} + ep^{k^0l})et \quad (52)$$

$$eu^{k^0} = \sum_n \sum_i us_{ni}^{k^0} \quad (53)$$

$$\widetilde{EU}^{k^0} = \overline{x^{k^0}} (\overline{d})^t \overline{h^{k^0}} (\overline{u})^t \quad (54)$$

$$\widetilde{EU}^{k^0} = (us_{ni}^{k^0}) \quad (55)$$

$$ep^{k^0l} = \sum_n \sum_i s_{ni}^{k^0l} \quad (56)$$

$$\widetilde{EP}^{k^0l} = \widetilde{EI} \left[ \widetilde{I} - (\widetilde{I} - \widetilde{M}) \widetilde{A}^{k^0l} \right]^{-1} \widetilde{D}^{k^0l} \quad (57)$$

$$\widetilde{EP}^{k^0l} = (s_{ni}^{k^0l}) \quad (58)$$

なお,

$k$ : 対象年 [2030 年]

$k^0$ : 基準年 [2010 年]

$l$ : 技術革新シナリオ  $l=1 \cdots 3$  [高水準シナリオ:1, 標準シナリオ:2, 低水準シナリオ:3]

$t$ : 転置ベクトル

$\Delta env^{kl}$ : シナリオ  $l$  における基準年に対する  $k$  年の CO<sub>2</sub> 排出額の削減に伴う効用の増加額 [百万円]

$env^{kl}$ : シナリオ  $l$  における  $k$  年の走行・生産段階の CO<sub>2</sub> 排出額の和 [百万円]

$env^{k^0l}$ : シナリオ  $l$  における  $k^0$  年の走行・生産段階の CO<sub>2</sub> 排出額の和 [百万円]

$eu^k$ :  $k$  年の走行段階において発生した CO<sub>2</sub> 排出量 [t-CO<sub>2</sub>]

$eu^{k^0}$ :  $k^0$  年の走行段階において発生した CO<sub>2</sub> 排出量 [t-CO<sub>2</sub>]

$ep^{kl}$ : シナリオ  $l$  において  $k$  年の生産段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量 [t-CO<sub>2</sub>]

$ep^{k^0l}$ : シナリオ  $l$  において  $k^0$  年の生産段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量 [t-CO<sub>2</sub>]

$\widetilde{EU}^k$ :  $k$  年の  $N$  行  $I$  列の走行段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列 [百万円]

$\widetilde{EU}^{k^0}$  :  $k^0$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の走行段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列 [百万円]

$us_{mi}^k$  :  $k$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の走行段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列の要素 [百万円]

$us_{mi}^{k^0}$  :  $k^0$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の走行段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列の要素 [百万円]

$\widetilde{EP}^{kl}$  : シナリオ  $l$ における  $k$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の生産段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列 [百万円]

$\widetilde{EP}^{k^0l}$  : シナリオ  $l$ における  $k^0$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の生産段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列 [百万円]

$s_{ni}^{kl}$  : シナリオ  $l$ における  $k$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の生産段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列の要素 [百万円]

$s_{ni}^{k^0l}$  : シナリオ  $l$ における  $k^0$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の生産段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列の要素 [百万円]

$\widetilde{EI}$  :  $N$ 行  $N$ 列の行列である CO<sub>2</sub> 排出係数行列

$\overline{x}^k$  :  $k$ 年における  $N$ 行 1列の販売台数のベクトル [台]

$\overline{x}^{k^0}$  :  $k^0$ 年における  $N$ 行 1列の販売台数のベクトル [台]

$\overline{d}$  : 1行  $I$ 列の年間平均走行距離のベクトル [km]

$\overline{h}^k$  :  $k$ 年における  $I$ 行 1列の保有平均実走行燃費のベクトル [MJ/km]

$\overline{h}^{k^0}$  :  $k^0$ 年における  $I$ 行 1列の保有平均実走行燃費のベクトル [MJ/km]

$\overline{u}$  :  $k$ 年における 1行  $I$ 列の CO<sub>2</sub> 排出原単位のベクトル [t-CO<sub>2</sub>/MJ]

$et$  : CO<sub>2</sub> の貨幣価値 [円/ t-CO<sub>2</sub>]

$\tilde{I}$  :  $N$ 行  $N$ 列の単位行列

$\tilde{M}$  :  $N$ 行  $N$ 列の移輸入係数行列

$i$  :  $i=1 \cdots I$

$n$  :  $n=1 \cdots N$

$I$ : 車種数  $I=24$  [乗用車(GV):1, 乗用車(DV):2, 乗用車(CDV):3, 乗用車(NGV):4, 乗用車(EV):5, 乗用車(HEV):6, 乗用車(PHEV):7, 乗用車(FCV):8, トラック(GV):9, トラック(DV):10, トラック(CDV):11, トラック(NGV):12, トラック(EV):13, トラック(HEV):14, トラック(PHEV):15, トラック(FCV):16, バス(GV):17, バス(DV):18, バス(CDV):19, バス(NGV):20, バス(EV):21, バス(HEV):22, バス(PHEV):23, バス(FCV):24]

$N$ : CEV 導入産業連関表上の部門数  $N=103$  [農林水産業:1, 金属鉱物:2, 非金属鉱物:3, 石油・原油・天然ガス:4, 食料品・たばこ:5, …, 広告:99, 物品賃貸サービス:100, その他の対事業所サービス:101, 対個人サービス:102, その他:103]

を示している.

### 5-1-3 制約条件

本論文における制約条件には導入コスト制約および CO<sub>2</sub> 排出制約の 2 つを設定しており、それぞれ式(59)、式(60)のように定式化した。

リーマンショックによる一時的な落ち込みはあるものの、販売単価の上昇により四輪車の販売額は 10 年前と大きな変動がないこと[109][110]、また GDP も 1 人当たり実質 GDP の上昇により実質 GDP は 10 年前より増加していること[111][112]から、今後も自動車の販売額は大きな変動がないと考え、導入コスト制約(式(59))は、上限を基準年  $k^0$ (2010 年)における導入コストとしている。

また、CO<sub>2</sub> 排出制約(式(60))は、上限を  $k$  年の環境省の予測販売台数  $\overline{ts^k}$  における CO<sub>2</sub> 排出額としている。

$$vc^{k^0l} \geq vc^{kl} \quad (59)$$

$$env^{kl} \leq tec^{kl} \quad (60)$$

$$tec^{kl} = (teu^k + tep^{kl})et \quad (61)$$

$$teu^k = \sum_n \sum_i ut_{ni}^k \quad (62)$$

$$\widetilde{TEU}^k = \overline{ts^k}(\overline{d})^t \overline{h^k}(\overline{u})^t \quad (63)$$

$$\widetilde{TEU}^k = (ut_{ni}^k) \quad (64)$$

$$tep^{kl} = \sum_n \sum_i es_{ni}^{kl} \quad (65)$$

$$\widetilde{TEP}^{kl} = \overline{EI} \left[ \overline{I} - (\overline{I} - \overline{M})\overline{A}^{kl} \right]^{-1} \overline{TD}^{kl} \quad (66)$$

$$\widetilde{TEP}^{kl} = (es_{ni}^{kl}) \quad (67)$$

$$\overline{TD}^{kl} = \overline{ts^k}(\overline{p}^{kl})^t + \overline{x^k}(\overline{d})^t \overline{h^k}(\overline{v}^k)^t + r\overline{x^k}(\overline{c}^k)^t \quad (68)$$

なお,

$k$ :対象年 [2030 年]

$k^0$ : 基準年 [2010 年]

$l$ :技術革新シナリオ  $l=1\cdots 3$  [高水準シナリオ:1, 標準シナリオ:2, 低水準シナリオ:3]

$t$ :転置ベクトル

$vc^{kl}$ :シナリオ  $l$ における  $k$ 年の導入コスト [百万円]

$vc^{k^0l}$ :シナリオ  $l$ における  $k^0$ 年の導入コスト [百万円]

$env^{kl}$ :シナリオ  $l$ における  $k$ 年の走行・生産段階の CO<sub>2</sub> 排出額の和 [百万円]

$tec^{kl}$ :シナリオ  $l$ の  $k$ 年の環境省の予測販売台数における CO<sub>2</sub> 排出額 [百万円]

$teu^k$ :環境省の予測販売台数における  $k$ 年の走行段階において発生した CO<sub>2</sub> 排出量  
[t-CO<sub>2</sub>]

$tep^{kl}$ :環境省の予測販売台数におけるシナリオ  $l$ において  $k$ 年の生産段階で発生した CO<sub>2</sub>  
排出量 [t-CO<sub>2</sub>]

$\widetilde{TEU}^k$ :環境省の予測販売台数における  $k$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の走行段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出  
量の行列 [百万円]

$ut_{ni}^k$ :環境省の予測販売台数における  $k$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の走行段階で発生した CO<sub>2</sub> 排出量  
の行列の要素 [百万円]

$\widetilde{TEP}^{kl}$ :環境省の予測販売台数におけるシナリオ  $l$ において  $k$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の生産段階で  
発生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列 [百万円]

$es_{ni}^{kl}$ :環境省の予測販売台数におけるシナリオ  $l$ において  $k$ 年の  $N$ 行  $I$ 列の生産段階で発  
生した CO<sub>2</sub> 排出量の行列の要素 [百万円]

$\widetilde{TD}^{kl}$ :環境省の予測販売台数における  $k$ 年のシナリオ  $l$ における  $N$ 行  $I$ 列の直接効果(新  
規需要額)の行列 [百万円]

$\widetilde{EI}$  :  $N$  行  $N$  列の行列である CO<sub>2</sub> 排出係数行列

$\widetilde{A}^{kl}$  : シナリオ  $l$  における  $k$  年の  $N$  行  $N$  列の投入係数行列

$\overline{ts}^k$  :  $k$  年における  $N$  行 1 列の環境省の予測販売台数のベクトル [台]

$\bar{d}$  : 1 行  $I$  列の年間平均走行距離のベクトル [km]

$\overline{h}^k$  :  $k$  年における  $I$  行 1 列の保有平均実走行燃費のベクトル [MJ/km]

$\overline{v}^k$  :  $k$  年における 1 行  $I$  列のエネルギー価格のベクトル [円/MJ]

$\overline{c}^k$  :  $k$  年における 1 行  $I$  列のサービスステーション 1 箇所当たりの建設費のベクトル [百万円/箇所]

$\tilde{I}$  :  $N$  行  $N$  列の単位行列

$\tilde{M}$  :  $N$  行  $N$  列の移輸入係数行列

$i$  :  $i=1\cdots I$

$n$  :  $n=1\cdots N$

$I$ : 車種数  $I=24$  [乗用車(GV):1, 乗用車(DV):2, 乗用車(CDV):3, 乗用車(NGV):4, 乗用車(EV):5, 乗用車(HEV):6, 乗用車(PHEV):7, 乗用車(FCV):8, トラック(GV):9, トラック(DV):10, トラック(CDV):11, トラック(NGV):12, トラック(EV):13, トラック(HEV):14, トラック(PHEV):15, トラック(FCV):16, バス(GV):17, バス(DV):18, バス(CDV):19, バス(NGV):20, バス(EV):21, バス(HEV):22, バス(PHEV):23, バス(FCV):24]

$N$ : CEV 導入産業連関表上の部門数  $N=103$  [農林水産業:1, 金属鉱物:2, 非金属鉱物:3, 石油・原油・天然ガス:4, 食料品・たばこ:5, …, 広告:99, 物品賃貸サービス:100, その他の対事業所サービス:101, 対個人サービス:102, その他:103]

を示している.

## 5-2 各種前提条件

### 5-2-1 対象車種及び地域

対象車種は用途別には乗用車,トラック,バスの3種類,動力源別ではGV, DV, CDV, NGV, EV, HEV, PHEV, FCVの8種類,計24種類とする.

また,本研究では,モデルの使用ケースとして対象地域を日本に設定している.

## 5-2-2 新車販売台数

文献[84][85]に従い、新車販売台数は人口動態に比例するものとし、2030年の乗用車、トラック、バスの新車販売台数を Table 5-1 のように設定した。なお、本論文におけるトラックの種類は、日本の自動車市場を反映したものとなっており、小型トラックや軽トラック(商用車)を中心としている。

Table 5-1 新車販売台数の推移[台]

	2010	2030
乗用車	4,212,267	3,835,974
トラック	731,094	665,783
バス	12,775	11,634
計	4,956,136	4,513,392

### 5-2-3 車両価格

標準シナリオにおける各車種の車両生産価格の推移を Table 5-2 のように設定した。

各車種の車両生産価格は、主要な部品を対象に各車種において不必要になる GV 部品と新しく必要になる部品、そして各部品の単価の洗い出しを行い、部品の単価の増減を GV の生産価格に加算及び減算することにより設定した。

例えば、EV の場合、エンジン部品やスパークプラグ等が不必要となるため、文献[10][85]より GV に比べ減少する部品の単価を算出し、GV の生産価格から減算している。一方で、電池やモータ等の部品が新しく増加するため、文献[92][93]より GV に比べ増加する部品の単価を設定し、GV の生産価格に加算することで、EV の生産価格を算出している。

また同様に、DV の場合も GV 用ではなく DV 用の燃料噴射ノズルや燃料噴射装置が必要となるため、文献[10][94]より各部品の単価を算出し、GV の生産価格に加算及び減算することで、DV の生産価格を算出している。なお、シナリオの詳細に関しては第 6 章で説明することとする。

また、車両販売価格は、文献[113]より、対生産者価格運賃・商業マージン率を乗用車は「乗用車」部門の運賃・商業マージン計の 45.6%、トラック及びバスは「トラック・バス・その他の自動車」部門の運賃・商業マージン計の 57.2%と設定し、車両生産価格に 1 と対生産者価格運賃・商業マージン率の和を乗じた値を用いている。

Table 5-2 各車種の生産価格の推移[百万円]

車種		2010	2030
乗用車	GV	1.5	1.5
	DV	1.7	1.7
	CDV	1.8	1.8
	NGV	2.0	2.0
	EV	4.1	1.7
	HEV	1.9	1.6
	PHEV	2.2	1.7
	FCV	17.7	1.9
トラック	GV	1.8	1.8
	DV	2.1	2.1
	CDV	2.2	2.2
	NGV	2.4	2.4
	EV	6.5	2.3
	HEV	2.3	2.0
	PHEV	3.0	2.0
	FCV	30.6	2.6
バス	GV	2.7	2.7
	DV	3.1	3.1
	CDV	3.3	3.3
	NGV	3.5	3.5
	EV	16.9	4.5
	HEV	3.9	3.0
	PHEV	5.7	3.3
	FCV	88.1	5.4

#### 5-2-4 燃費

車体の軽量化など全ての車種に共通する燃費の改善と車種毎の燃費の差異の両方を考慮することにより、2010年以降の各車種の燃費を設定した。

具体的には、乗用車、トラック・バスの燃費の推移を文献[8]の保有平均実走行燃費より引用し、その値に文献[33][98][114]における Tank-to-Wheel の各車種の 1km 当たり燃料消費量の対 GV 比率を乗じることで、乗用車、トラック・バスの DV, NGV, 及び CEV の燃費を設定した。設定した車種毎の保有平均実走行燃費の推移を Table 5-3 に示す。

Table 5-3 各車種の保有平均実走行燃費の推移[MJ/km]

車種		2010	2030	
乗用車	GV	3.7	3.0	
	DV	3.6	2.9	
	CDV	3.0	2.4	
	NGV	3.7	3.0	
	EV	0.8	0.6	
	HEV	2.4	2.0	
	PHEV	EV mode	0.8	0.6
		HEV mode	2.6	2.1
	FCV	1.6	1.3	
	トラック・バス	GV	7.3	6.6
DV		7.1	6.4	
CDV		5.9	5.3	
NGV		7.3	6.6	
EV		1.6	1.4	
HEV		6.6	5.9	
PHEV		EV mode	1.6	1.4
		HEV mode	6.6	5.9
FCV		3.2	2.8	

### 5-2-5 エネルギー価格

自動車に使用されるエネルギーとして GV, HEV, PHEV がガソリン, DV, CDV が軽油, NGV が天然ガス, EV, PHEV が電気, FCV が水素と定義し, 各エネルギー源の価格推移を各種文献[94][99][100][101][102][103]に従い, Figure 5-2 のように設定した.

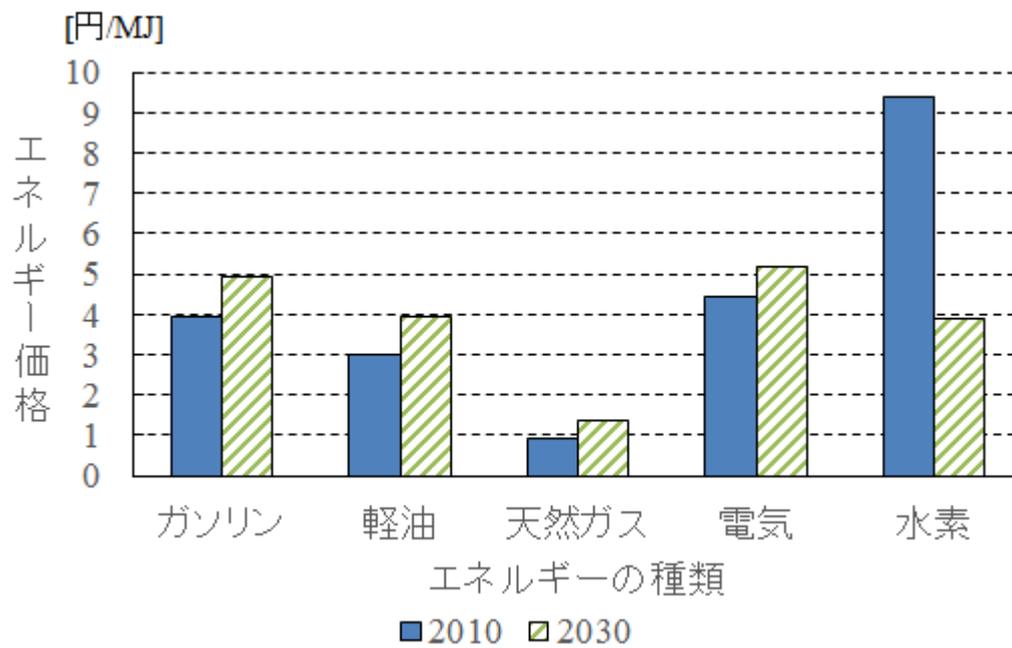


Figure 5-2 エネルギー価格[円/MJ]

### 5-2-6 CO<sub>2</sub> 排出原単位

本論文では、走行段階と生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量を対象としている。まず、走行段階の CO<sub>2</sub> 排出量に関しては、文献[33]の Tank-to-Wheel における CO<sub>2</sub> 排出原単位より設定している (Figure 5-3)。

なお、PHEV は EV 走行時に電気を、HEV 走行時にガソリンを使用するものとし、走行段階の CO<sub>2</sub> 排出原単位も各走行形態の使用エネルギーに対応している。また、生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量の推計に用いている CO<sub>2</sub> 排出係数 *EI* は国立環境研究所[116]のデータを使用している。

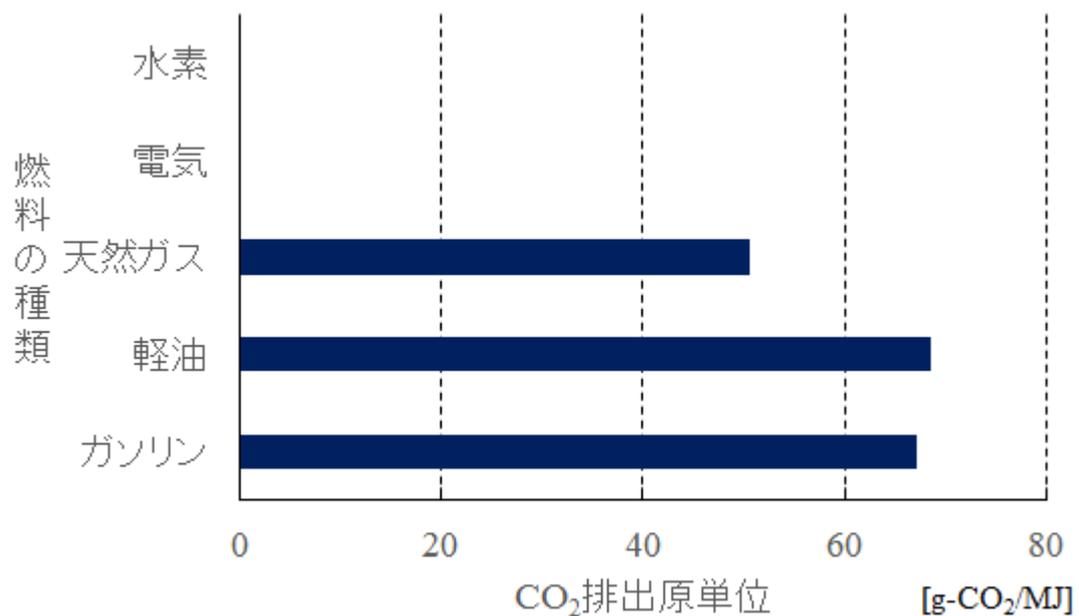


Figure 5-3 走行段階の CO<sub>2</sub> 排出原単位[g-CO<sub>2</sub>/MJ]

### 5-2-7 その他前提条件

年間平均走行距離は文献[107]より、乗用車・トラック・バスそれぞれ、8,026km, 12,811km, 47,451km のように設定した。

なお、PHEV の走行距離に占める各走行形態の割合は、各種文献[89][95][115]を基に、EV 走行の割合を約 35%、HEV 走行の割合を約 65%と設定した。

サービスステーション建設費については、各車種で使用するサービスステーション、具体的にはGV, DV, CDV, HEV, PHEV が使用するガソリンスタンド、NGV が使用する天然ガススタンド、EV, PHEV が充電を行う充電スタンド、FCV の充填設備である水素ステーションの内、今後 CEV の普及に伴い、新規にサービスステーションを建設する必要がある天然ガススタンド、充電スタンド、水素ステーションを対象とし、文献[94][104][105]に基づき各車種が 1 台普及する毎に必要なサービスステーション建設費を算出した (Figure 5-4)。また、各車種 1 台당りに必要なサービスステーション数は、CEV の普及台数に対して供給設備が十分であることを前提とし、2010 年時点でのガソリンスタンド数[106]をガソリンスタンドを主に使用する車種 (GV, DV, HEV, PHEV) の保有台数[85][87]で除した数値 0.0005 を使用している。

なお、本論文では GV, DV, CDV, HEV に関しては既存のガソリンスタンドで対応可能であり、NGV, EV, PHEV, FCV のみ新規販売に伴いサービスステーションが新規建設されるものと仮定している。

また、CO<sub>2</sub> の貨幣価値は、文献[117]が想定している CO<sub>2</sub> 限界削減費用である 4,500 円/t-CO<sub>2</sub> に設定した。なお、4,500 円/t-CO<sub>2</sub> は、コスト等検証委員会報告書[118]が各電源のコストを算定する上で、2030 年時点の CO<sub>2</sub> 対策費用として想定している 40 ドル/t-CO<sub>2</sub> (1 ドル 100 円～120 円と仮定した場合、4,000 円～4,800 円/t-CO<sub>2</sub> 相当) とほぼ同水準であり、妥当なものと考えられる。

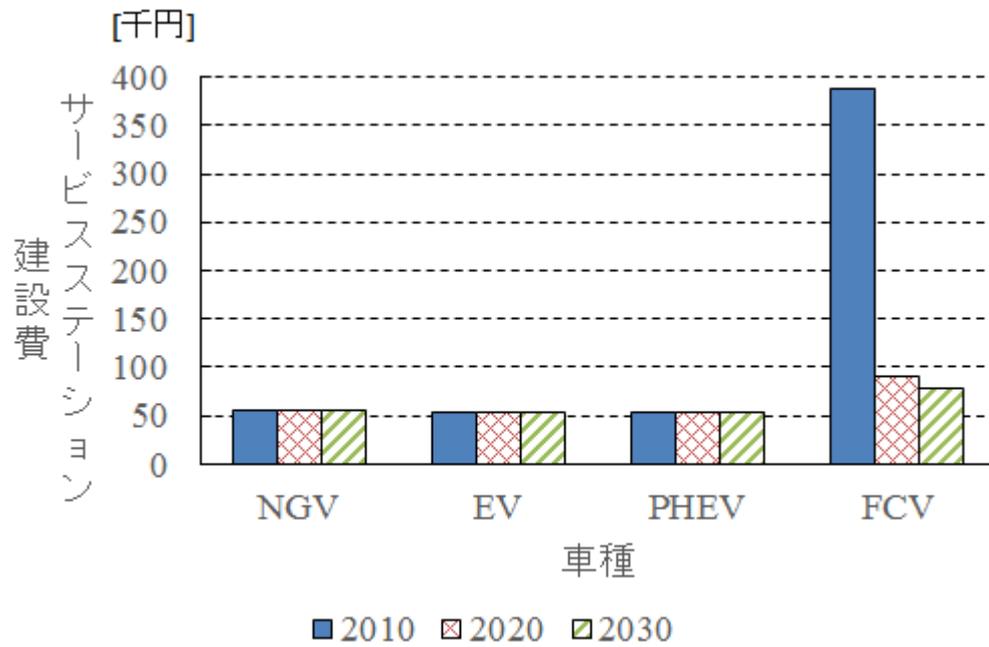


Figure 5-4 各車種 1 台あたりのサービスステーション建設費の推移[千円]

### 5-3 検証

本節では、上述のポートフォリオ多目的最適化モデルが想定通りに機能しているかを検証する。

検証は、(1)過去の車種構成とポートフォリオ多目的最適化モデルで算出した結果(車種構成)を比較する方法と(2)特定的前提数値を大きく変化させた場合に予測通りの結果が算出されるかを確認する方法の2つの方法を用い、実施する。

#### (1) 過去の車種構成とポートフォリオ多目的最適化モデルで算出した結果(車種構成)を比較する方法

検証は、ポートフォリオ多目的最適化モデルの対象年を2010年に設定し、 $\alpha$ 、 $\beta$ の値を仮定した時に算出される車種構成と、2010年の車種構成とを比較することによって行う。

ポートフォリオ多目的最適化モデルの対象年を2010年に、 $\alpha$ 、 $\beta$ の値をそれぞれ0.2、0.5と設定した場合、2010年時点の車種構成に近い値が算出される。例えば、2010年時点の乗用車の車種構成GV約85.2%、DV約4.0%、NGV約0.0%、EV約0.2%、HEV約10.6%に対し、ポートフォリオ多目的最適化モデルではGV約87.7%、DV約0.0%、NGV約1.5%、EV約0.0%、HEV約10.8%と算出される。

なお、EVの普及率に誤差があるが、2010年時点においてEVは未だ車両価格が高く、新製品への感度の高いアーリーアダプター(初期採用者)が購入する段階にあり、経済合理性以外の要因が購入に繋がったことにより、実績値とポートフォリオ多目的最適化モデルの結果で誤差が生じたものと考えられる。

また、DV及びNGVの普及率に誤差があるが、DVに比べNGVの方が環境性や燃費は高いものの、2010年以前においてDVの方が多く普及してきたという過去からの経路依存性やサービスステーションの十分性から、ポートフォリオ多目的最適化モデルの出力結果に比べ2010年実績値ではDVの普及率が高くなっていると考えられる。

想定した解が得られたこと、両者の算出結果の差異も小さいことから、ポートフォリオ多目的最適化モデルは正しく機能していると考えられる。

## (2) 特定の前提数値を大きく変化させた場合に予測通りの結果が算出されるかを確認する方法

検証は、下記 3 つの前提数値を大きく変化させた際に、予期される結果となるか確認することにより、行う。

### ① 2030 年時点のガソリン・軽油価格を 100 倍にした場合

消費者の効用を重視した場合(重みを  $\alpha=0.1$ ,  $\beta=0.8$  と設定), ①の変更により GV, DV, CDV, HEV, PHEV の普及率は減少することが予想される。

シミュレーションを行った結果, 乗用車・トラック・バス全てにおいて GV, DV, CDV, HEV, PHEV が総販売台数に占める比率は 0%という結果となり, 想定した解が得られた。

### ② 2030 年時点の EV の価格を 10 分の 1 にした場合

政府(環境)の効用を重視した場合(重みを  $\alpha=0.1$ ,  $\beta=0.1$  と設定), ②の変更により, EV の普及率が増加することが予想される。

シミュレーションを行った結果, 乗用車・トラック・バス全てにおいて EV が 100%を占める結果となり, 想定した解が得られた。

### ③ 2030 年時点の EV1 台当たりに必要なサービスステーション数を 10 倍にした場合

産業の効用を重視した場合(重みを  $\alpha=0.8$ ,  $\beta=0.1$  と設定), ③の変更により, 新規建設需要の増加により EV の付加価値誘発額が増加し, EV の普及率が変更前と比べ高まることが予想される。

シミュレーションを行った結果, 乗用車では 0%から 58%, トラックでは 23%から 99%, バスでは 8%から 25%と全てにおいて EV が増加する結果となり, 想定した解が得られた。

以上のシミュレーションの結果, 全てにおいて想定通りの解が得られたため, ポートフォリオ多目的最適化モデルは正しく機能していると考えられる.

## 5-4 小括

本章では、CEV の普及により大きな影響を受けることが想定される産業・消費者・政府(環境)という主要なステークホルダーの効用を考慮した新たなポートフォリオ多目的最適化モデルを構築した。

具体的には、多目的最適化及び産業連関分析を用い、技術革新の進捗度合いに関するシナリオを設定し、各車種の特長、その他前提データ、産業・消費者・政府(環境)それぞれに対する重み(重要度)を入力することにより、設定した重み(重要度)における最適な車種別新車販売台数を対象年度毎に出力することが可能なモデルである。

社会全体として最適な普及台数を検討する上で、産業・消費者・政府(環境)それぞれに対する重み(重要度)を任意に変化させることにより、各側面の効用に配慮した場合の影響や各ケースにおける最適ポートフォリオを比較検討することが可能である。

また、このポートフォリオ多目的最適化モデルが、予期した振る舞いをしているか、想定通り機能しているかの検証を行った。

次章以降、ポートフォリオ多目的最適化モデルを用い、最適ポートフォリオの算出及び分析を行っていく。

## 第 6 章

# 最適ポートフォリオの分析

## 第 6 章 最適ポートフォリオの分析

### 6-1 シナリオ設定

本節では、最適ポートフォリオを算出する上で、比較対象となる各シナリオについて述べる  
こととする。

本論文では、EV 等で使用される電池や FCV で使用される燃料電池、水素タンクの技術的  
な不確実性が高いことから、各種文献[92][94][119]を基に上述の 3 つの部品の価格推移を技  
術革新の進展度合いにより高水準シナリオ、標準シナリオ、低水準シナリオの 3 つのシナリオ  
を設定した。

Table 6-1 は kWh 当たりの電池価格の推移を示している。1 台当たりの電池価格は各車種の  
電池容量に各シナリオにおける電池単価 (Table 6-1) を乗じ、算出している。なお、電池容量  
は、EV、HEV、PHEV、FCV の想定モデルをそれぞれ LEAF、PRIUS、PRIUS PHV、トヨタ  
FCHV-adv とし、各種文献[88][89][90][91]を基に、乗用車の電池容量を設定した。そして、乗  
用車の電池容量に乗用車に対するトラック、バスの年間平均走行距離の比率を乗じることで、  
トラック、バスの電池容量を推計している。

また、Table 6-2 は燃料電池、Table 6-3 は水素タンクの各シナリオにおける 1 台当たりの価格  
の推移を示している。

なお、上述のように、ポートフォリオ多目的最適化モデルのシナリオ分析では、ケーススタデ  
ィとして技術シナリオ (技術革新の進展度合い) を取り扱っている。

電池産業の競争力に関わるシナリオ (「その他の電気機器」部門の移輸入係数の変化) 含  
め、その他のシナリオも対応することが可能であり、本モデルは柔軟に拡張することが可能で  
ある。

次節以降、まず 6-2-1 節において標準シナリオにおける最適ポートフォリオを算出し、産業・  
消費者・政府 (環境) の効用の 3 つ視点毎にどのような違いが出るのかを考察する。

そして、6-2-2 節において技術革新の進展によってポートフォリオにどのような違いが出るの  
かを考察していくこととする。

Table 6-1 各シナリオにおける電池単価の推移[万円/kWh]

シナリオ	2010	2030
高水準シナリオ	9.9	0.5
標準シナリオ	9.9	1.5
低水準シナリオ	9.9	3.7

Table 6-2 各シナリオにおける燃料電池価格の推移[百万円]

シナリオ	車種	2010	2030
高水準シナリオ	乗用車	10.0	0.3
	トラック	17.5	0.4
	バス	51.8	1.3
標準シナリオ	乗用車	10.0	0.4
	トラック	17.5	0.7
	バス	51.8	1.9
低水準シナリオ	乗用車	10.0	0.5
	トラック	17.5	0.9
	バス	51.8	2.6

Table 6-3 各シナリオにおける水素タンク価格の推移[百万円]

シナリオ	車種	2010	2030
高水準シナリオ	乗用車	3.0	0.0
	トラック	5.3	0.1
	バス	15.6	0.2
標準シナリオ	乗用車	4.0	0.1
	トラック	7.0	0.2
	バス	20.7	0.5
低水準シナリオ	乗用車	5.0	0.1
	トラック	8.8	0.2
	バス	25.9	0.7

## 6-2 最適ポートフォリオの算出結果

### 6-2-1 産業・消費者・政府（環境）の各効用の視点に基づく分析

本節では、まず技術革新が標準的に進んだシナリオにおいて産業・消費者・政府（環境）の各効用の重要度、つまり産業の効用の重要度を表す  $\alpha$ 、消費者の効用の重要度を表す  $\beta$ 、政府（環境）の効用の重要度を表す  $1-\alpha-\beta$  を任意に変化させることで産業・消費者・政府（環境）の3要素の重要度の違いによって生じるポートフォリオの差異を分析する。

$\alpha$ 、 $\beta$  の値は、意思決定者によりケース分析のために任意に設定することができるが、本研究では産業の効用を重視するケース ( $\alpha=0.8$ ,  $\beta=0.1$ )、消費者の効用を重視するケース ( $\alpha=0.1$ ,  $\beta=0.8$ )、政府（環境）の効用を重視するケース ( $\alpha=0.1$ ,  $\beta=0.1$ ) の3つのケースを設定し、各効用がポートフォリオにどのような影響を与えるか分析する。また、上述の3つのケースに加え、全ての効用を均等に考慮するケース ( $\alpha=1/3$ ,  $\beta=1/3$ )、2010年時点の車種構成に近い値が算出された  $\alpha$ 、 $\beta$  の値が継続する（車種選択に関わる社会動態が2010年時点と同様）と仮定したケース ( $\alpha=0.2$ ,  $\beta=0.5$ ) の2つのケースを設定し、各効用の変化によるポートフォリオへの影響に加え、2030年時点において現実性の高いポートフォリオについて分析を行う。以降、産業の効用を重視するケースを Industry Case、消費者の効用を重視するケースを Consumer Case、政府（環境）の効用を重視するケースを Environment Case、全ての効用を均等に考慮するケースを Balance Case、2010年時点の車種構成に近い値が算出された  $\alpha$ 、 $\beta$  の値が継続すると仮定したケースを Extension Case と記述することとする。

Figure 6-1, Figure 6-2, Figure 6-3 はそれぞれ2030年時点での Industry Case, Consumer Case, Environment Case における乗用車・トラック・バスの販売台数のシェアを示したものである。Figure 6-4 は Industry Case, Consumer Case, Environment Case における重み付け後の産業の効用、消費者の効用、政府（環境）の効用の金額、つまり式(23)の各項を示している。また、Figure 6-5, Figure 6-6, Figure 6-7 は2030年時点での Balance Case, Extension Case における乗用車・トラック・バスの販売台数のシェアを示したものである。

本節では、まず Industry Case, Consumer Case, Environment Case における最適ポートフォリオの差異を分析し、各効用がポートフォリオにどのような影響を与えるか分析する。その後、Industry Case, Consumer Case, Environment Case の結果を踏まえ、Balance Case, Extension

Case における最適ポートフォリオを分析し、2030 年時点に現実的に想定され得るポートフォリオについて考察する。

まず、Industry Case, Consumer Case, Environment Case における乗用車の最適ポートフォリオの説明を行う(Figure 6-1)。

Industry Case の場合、PHEV が約 55%、FCV が約 36%と大きな割合を占める。この結果は、PHEV の経済性と環境性のバランスの良さに起因するものと考えられる。PHEV の基本構造は GV と同じであり、エンジン部品等の GV の基幹部品は残ったままであるため、既存自動車産業への悪影響がない。また、EV と比べ小さいが、電池やモータが新たに必要となるため、電池等新規産業へ需要が新たに生まれることが想定される。そして、EV や FCV には劣るものの、CO<sub>2</sub> 低減効果も GV に比べ高いことから、国内産業全体への付加価値誘発効果を考えた場合、選好されやすい車種ということができる。また、FCV の比率が大きい要因は、主に制約条件である政府の CO<sub>2</sub> 排出目標を達成するためと考えられる。但し、ここで EV ではなく FCV が選好されている理由は、両車種の部品構造の違いに伴う付加価値誘発効果の差異にある。FCV の場合、EV と同様にエンジン部品等の GV 部品が不必要になるが、電池に加え燃料電池や水素タンクという新しい部品の需要が電池産業と自動車部品産業に生まれるため、EV に比べて付加価値誘発効果の高い車種である。結果として、本ケースでは EV ではなく FCV の普及率が高くなっている。

Consumer Case の場合、GV が約 47%、EV が約 53%を占める結果となった。これは、GV の車両価格の安さと EV の高い CO<sub>2</sub> 排出効率が普及につながったと考えられる。

そして、Environment Case の場合、PHEV が 80%以上と大きな割合を占める結果となった。この結果は、EV や FCV の車両価格の高さに起因するものと考えられる。確かに EV や FCV は、その他の 6 車種と比べ環境性が高いが、車両価格も高く、消費者の効用が低下する一因となる。事実、Consumer Case では EV が新車販売台数の約 53%を占めるものの、それ以外は車両価格の安い GV が普及する結果となっている。そのため、Environment Case では車両価格が EV、FCV より安い一方で、EV、FCV の次に環境性の高い PHEV を軸に、EV が約 20% 普及する結果となっている。

次に、Industry Case, Consumer Case, Environment Case におけるトラックの最適ポートフォリオの説明を行う(Figure 6-2)。

Industry Case の場合、総販売台数の内 NGV が約 45%、EV が約 23%、PHEV が約 32%を占める結果となった。経済性と環境性のバランスの良い PHEV に加え、高い環境性を持つ EV が一部普及している。なお、乗用車とは異なり、トラックでは FCV ではなく EV が普及しているが、導入コスト制約を満たし、かつ CO<sub>2</sub> 排出制約を満たすために車両価格が FCV より安く、環境性の高い EV が選択されたものと考えられる。また、乗用車に比べトラックで NGV が普及している要因は、トラックの年間平均走行距離が乗用車の約 1.6 倍と長いことに起因している。つまり、NGV はガソリンに比べエネルギー価格が安く、また走行時の CO<sub>2</sub> 排出原単位も低いいため、走行距離が長くなればなるほど消費者の支払う燃料価格、そして CO<sub>2</sub> 排出量に関して他の車種と比べ優位性が高まることとなる。結果として、乗用車に比べトラックの場合普及割合が高くなったものと考えられる。

次に、Consumer Case の場合、車両価格の安い GV を軸に、環境制約を勘案し高い CO<sub>2</sub> 排出効率を持つ EV が約 39%を占める結果となった。

そして、Environment Case の場合、PHEV が大きく普及する結果となった。確かに EV や FCV は環境性、燃費ともに優れているが、他方で車両価格も高い。その結果、バランスの良い PHEV の普及につながったものと考えられる。

バスの Industry Case、Consumer Case、Environment Case における最適ポートフォリオの分析を行う (Figure 6-3)。

Industry Case の場合、総販売台数の内 NGV が約 83%、EV と FCV が約 17%を占める結果となった。構成車種の内、NGV の割合が増加しており、この結果は、バスの年間平均走行距離が乗用車の約 5.9 倍、トラックの 3.7 倍と長く、前述のように NGV の普及による消費者・政府 (環境) の効用への影響が他の車種に比べ相対的に改善したためと考えられる。

また、Environment Case において EV に加え、NGV が普及している要因も走行距離が長くなることによる NGV の燃料コスト、CO<sub>2</sub> 排出量の相対的な改善にあると考えられる。

そして、Consumer Case の場合、EV、FCV に比べ導入コストが低く、付加価値誘発効果・CO<sub>2</sub> 排出効率のバランスの良い PHEV が大きな割合を占める結果となった。

Figure 6-4 を用い各ケースにおける各効用の金額の変化について考察する。

Industry Case では産業の効用が最も大きく、その次に政府 (環境)、消費者の効用という結果となった。これは Consumer Case や Environment Case に比べ、Industry Case では EV では

なく FCV の普及率が高く、FCV の普及に伴う燃料電池や水素タンクの新規生産が産業の効用の増加に寄与したものと考えられる。また、FCV に加え、PHEV も総販売台数の約 52% を占め、電池の新規需要による産業の効用の増加と CO<sub>2</sub> 排出低減による政府(環境)の効用の改善がなされたものと考えられる。

次に、Consumer Case では消費者の効用が最も大きく、その次に政府(環境)、産業の効用という結果となった。Industry Case では CEV が総販売台数の約 86%、Environment Case では約 90% 以上を占めているが、Consumer Case では GV が約 50% を占め、車両購入コストが低く抑えられたため消費者の効用が大きく出ていると想定される。また、Consumer Case では EV が乗用車の約 53%、トラックの約 39% を占めることにより、CO<sub>2</sub> 排出量が減少する一方、EV はエンジン部品やスパークプラグ等既存 GV 部品の一部が不必要となり付加価値誘発効果が高くないため、産業の効用は低い水準となっている。

そして Environment Case では、消費者、政府(環境)の効用が大きく算出された。特に政府(環境)の効用は、Industry Case、Consumer Case と比べ約 8 倍に大きく増加している。Environment Case では、消費者の効用の金額も確かに大きいですが、政府(環境)の効用の増加は金額的には大きくないものの、Figure 6-1~ Figure 6-3 よりポートフォリオには大きな影響を与えることが分かった。

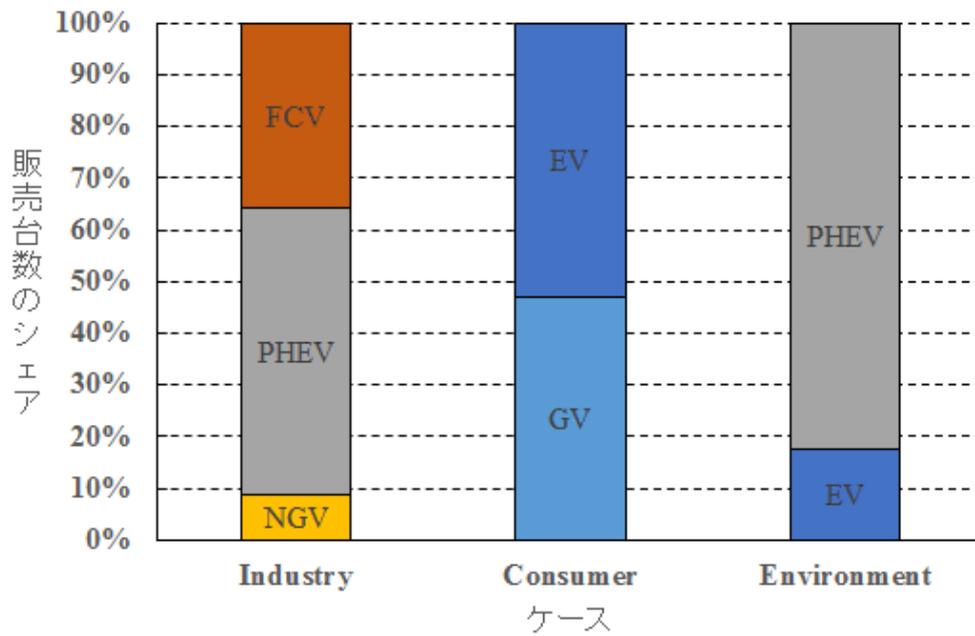


Figure 6-1 Industry Case, Consumer Case, Environment Case における乗用車の新車販売台数のシェア(標準シナリオ)

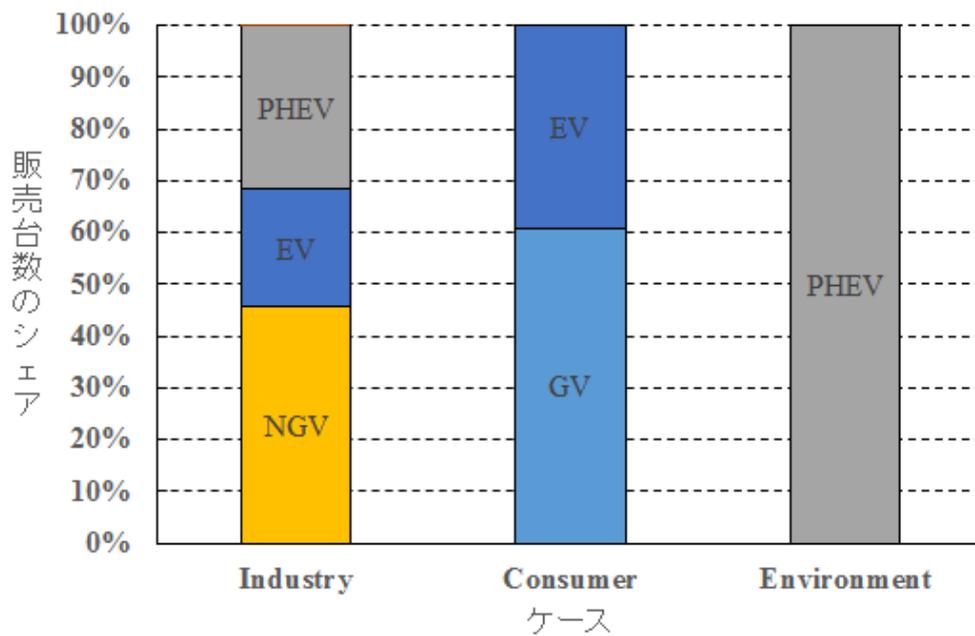


Figure 6-2 Industry Case, Consumer Case, Environment Case におけるトラックの新車販売台数のシェア(標準シナリオ)

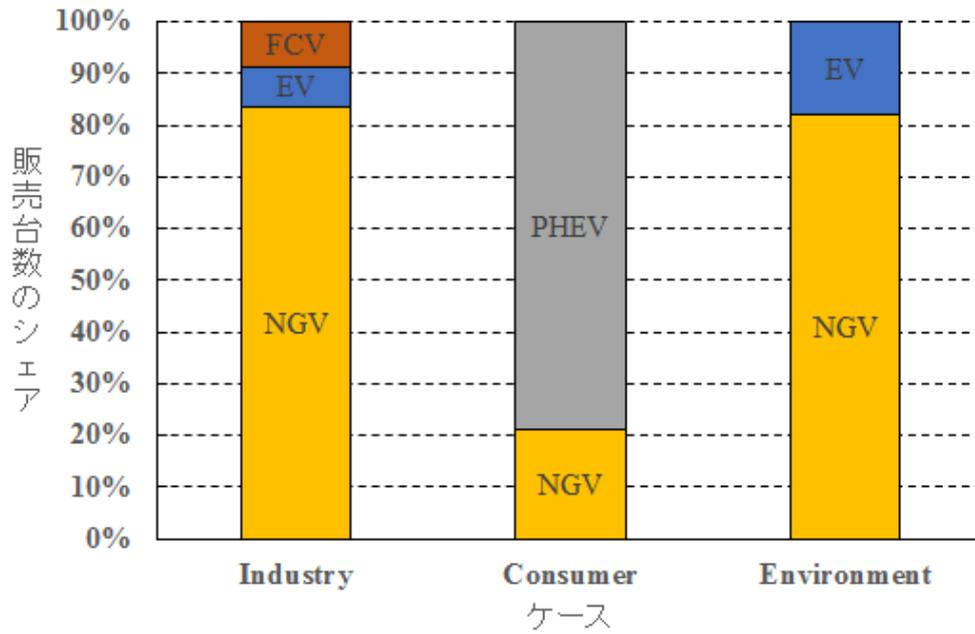


Figure 6-3 Industry Case, Consumer Case, Environment Case におけるバスの新車販売台数のシェア (標準シナリオ)

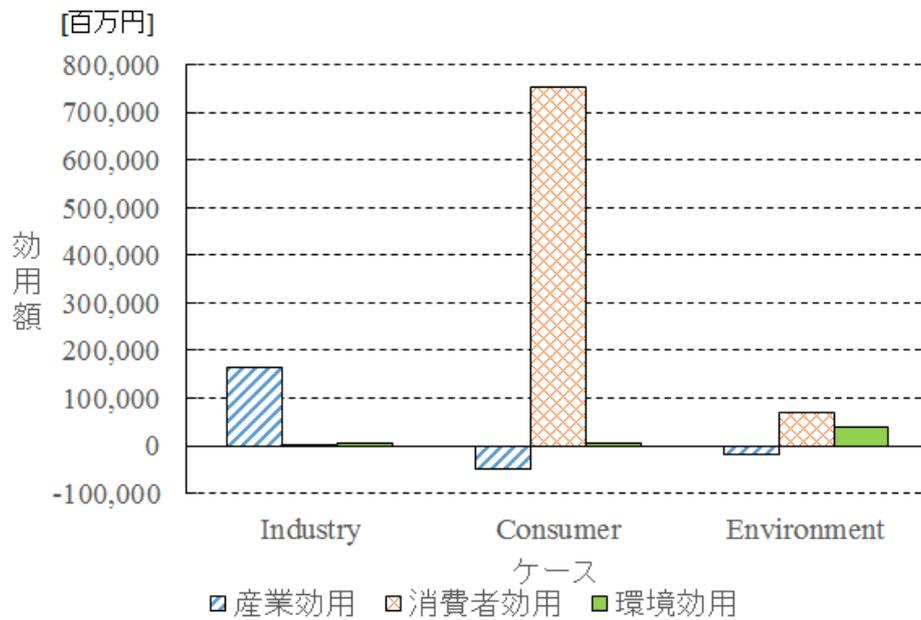


Figure 6-4 Industry Case, Consumer Case, Environment Case における各効用の金額 (標準シナリオ)[百万円]

次に、Balance Case, Extension Case における最適ポートフォリオの分析を行う。

まず、Balance Case, Extension Case における乗用車の最適ポートフォリオの説明を行う (Figure 6-5)。

Balance Case の場合、PHEV が 80%以上と大きな割合を占め、EV が 20%弱を占める結果となった。Balance Case では、Consumer Case と比べ、GV の代わりに PHEV が普及し、EV の普及率が減少している。これは、PHEV の経済性と環境性のバランスの良さに起因すると考えられる。PHEV の基本構造は GV と同じであり、エンジン部品等の GV の基幹部品は残ったままであるため、既存自動車産業への悪影響がない。また、EV と比べ小さいが、電池やモータが新たに必要となるため、電池等新規産業へ需要が新たに生まれることが想定される。そのため、産業の効用への影響を考慮し、Consumer Case と比べ、EV の普及率が減少し、PHEV の普及率が上昇している。また PHEV は、EV や FCV には劣るものの、CO<sub>2</sub> 低減効果も GV に比して高く、EV や FCV よりも導入コストが安いことから、GV の販売台数が減少し、PHEV の普及率がより一層増加する結果となっている。

Extension Case の場合、Consumer Case と同様の水準、つまり GV が約 47%、EV が約 53% を占める結果となった。Extension Case の場合、消費者の効用への重み付け係数が大きいため、車両価格の安い GV を軸に高い CO<sub>2</sub> 排出効率を持つ EV が普及する結果となっている。

次に、Balance Case, Extension Case におけるトラックの最適ポートフォリオの説明を行う (Figure 6-6)。

Balance Case の場合、PHEV が 90%以上と大きな割合を占め、GV が 10%弱を占める結果となった。Balance Case では、Consumer Case と比べ、GV の代わりに PHEV が普及し、EV の普及率が減少している。これは、乗用車のポートフォリオと同様に、PHEV の経済性と環境性のバランスの良さに起因するものと考えられる。

Extension Case の場合、Consumer Case と同様の水準、つまり GV が約 61%、EV が約 39% を占める結果となった。Extension Case の場合、消費者の効用への重み付け係数が大きいため、乗用車のポートフォリオと同様に車両価格の安い GV を軸に高い CO<sub>2</sub> 排出効率を持つ EV が普及する結果となっている。

そして、Balance Case, Extension Case におけるバスの最適ポートフォリオの説明を行う (Figure 6-7)。

Balance Case の場合、NGV が 80%以上と大きな割合を占め、EV が 20%弱を占める結果となった。Balance Case では、Environment Case とほぼ同水準のポートフォリオとなっており、これは Consumer Case と比べ、環境性が重視された結果である。

Extension Case の場合、NGV が約 21%、PHEV が約 79%を占める結果となった。Consumer Case と車種構成は似ているものの、NGV の普及率が上昇している。これは、バスの走行距離が長いことによる NGV の CO<sub>2</sub> 排出量の相対的な改善にあると考えられる。

以上のように、全ての効用を均等に考慮する Balance Case では、乗用車及びトラックでは PHEV、バスでは NGV の普及の重要性が高いことが分かった。また、2010 年時点の車種構成に近い値が算出された  $\alpha$ 、 $\beta$  の値が継続すると仮定した Extension Case では、Consumer Case と類似の結果が得られ、車種構成は消費者のコストへの意識が大きく反映された結果となることが分かった。

プリウスやプリウス PHV の販売が順調に拡大しており、さらには FCV の MIRAI が販売され始めた近年の状況を鑑みると、2030 年時点では、Extension Case より環境面への比重が高まってくるのが想定される。つまり、2010 年時点の  $\alpha$ 、 $\beta$  の値に対しより環境面への比重が高い Balance Case が 2030 年時点において現実的に想定され得る普及目標と考えられる。

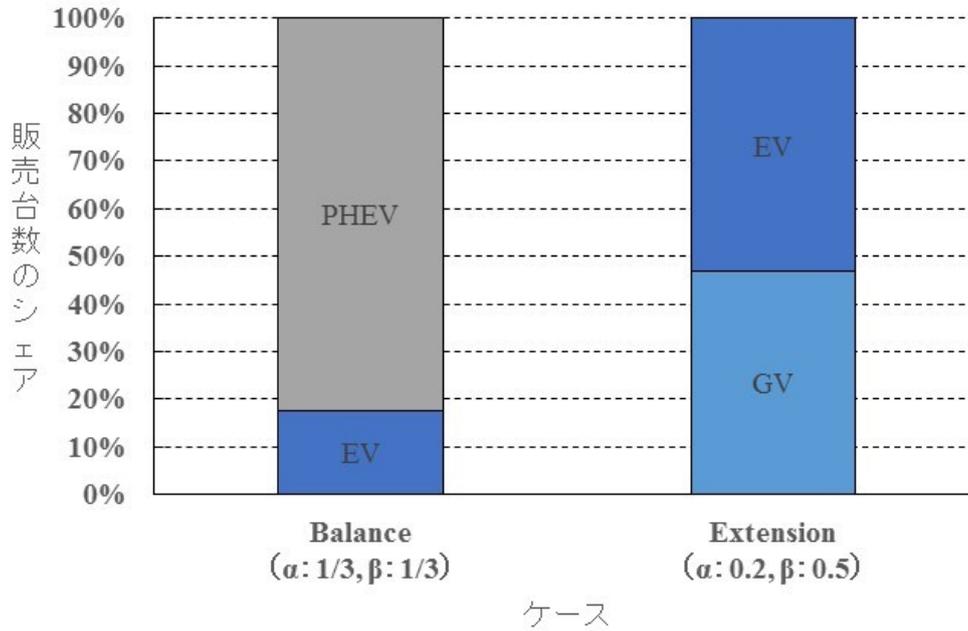


Figure 6-5 Balance Case, Extension Case における乗用車の新車販売台数のシェア (標準シナリオ)

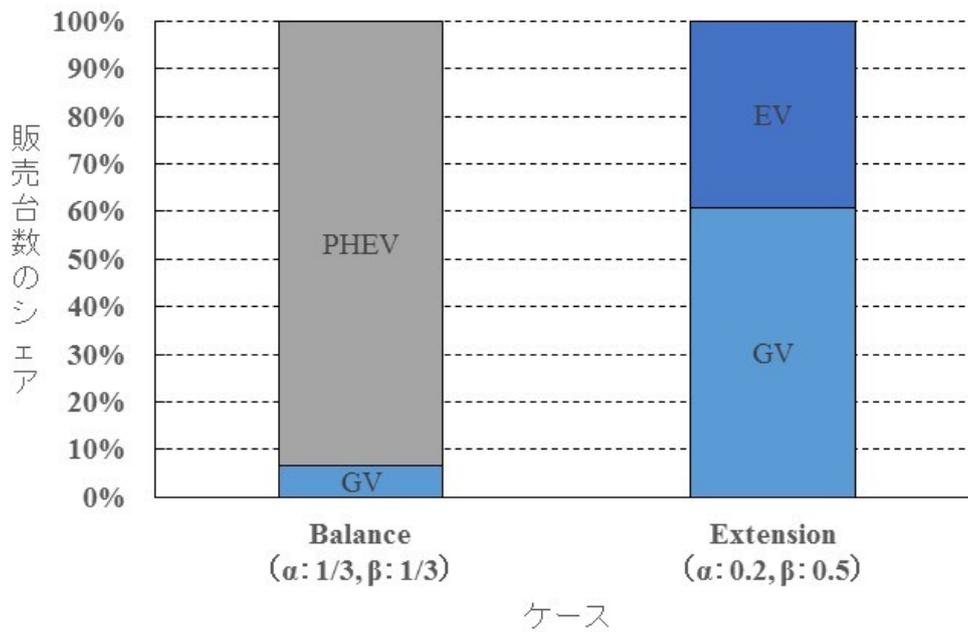


Figure 6-6 Balance Case, Extension Case におけるトラックの新車販売台数のシェア (標準シナリオ)

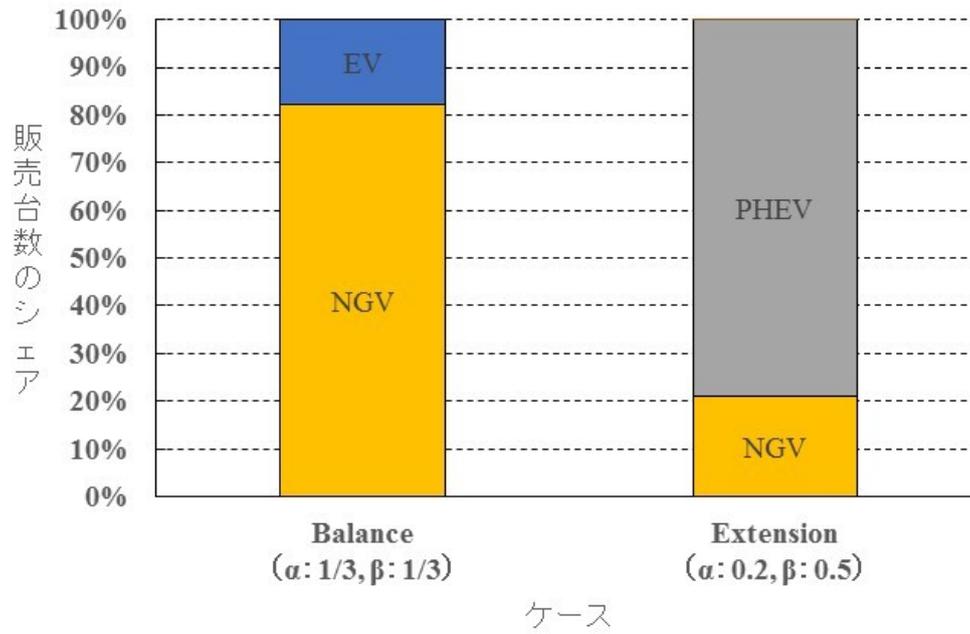


Figure 6-7 Balance Case, Extension Case におけるバスの新車販売台数のシェア(標準シナリオ)

## 6-2-2 技術革新シナリオに基づく分析

本節では、技術革新の進展度合い(高水準シナリオ、標準シナリオ、低水準シナリオ)によって乗用車の最適ポートフォリオにどのような違いが出るのかを考察していくこととする。

また、重みに関しては第 6-2-1 節の産業の効用を重視するケース(Industry Case)、消費者の効用を重視するケース(Consumer Case)、政府(環境)の効用を重視するケース(Environment Case)の3つのケースに分けて分析を行う。

なお、Figure 6-8は Industry Case の技術革新の各シナリオにおける乗用車の販売台数のシェア(2030年時点)を示したものである。同様に Figure 6-9 が Consumer Case, Figure 6-10 が Environment Case における技術革新のシナリオ毎の乗用車の販売台数のシェア(2030年時点)を表している。

まず、Industry Case の各シナリオにおける最適ポートフォリオの説明を行う(Figure 6-8)。

高水準シナリオでは標準シナリオに比べ、FCVの普及割合が約36%から約68%に増加している。これは、FCVの電池・燃料電池価格が技術革新により低下し、環境性に比して割安となったためと考えられる。なお、ここでEVではなくFCVが選好されている理由は、部品構造の差異からEVに比してFCVの付加価値誘発効果が高いためである。そして、低水準シナリオでは標準シナリオに比べ、PHEVとFCVの割合が低下し、HEVの占める割合が約51%と大きくなっている。この結果は、技術革新が上手く進まず、電池価格が十分に低下しなかったことにより、PHEVやFCVの割合が減り、HEVが選択されたものと考えられる。

次に、Consumer Case の各シナリオにおける最適ポートフォリオの説明を行う(Figure 6-9)。

高水準シナリオでは標準シナリオに比べEVの占める割合が増加している。低水準シナリオではEVではなくHEVが普及する結果となっている。前者の原因は、環境性の高いEVの車両価格が技術革新の進展により下がったためである。後者の原因は、EVの車両価格が割高となったため普及割合が減り、導入コストとCO<sub>2</sub>排出量のバランスの良いHEVが普及したと予測される。

最後に、Environment Case の各シナリオにおける最適ポートフォリオの説明を行う(Figure 6-10)。

高水準シナリオでは標準シナリオに比べ環境性が高く、車両価格が低下した EV の普及割合が増加している。標準シナリオでは総販売台数の内 EV が約 18%、PHEV が約 82%の割合を占めたが、低水準シナリオでは HEV が約 79%、FCV が約 21%を占める結果となった。この結果は、技術革新が進まなかったことにより、EV と PHEV の車両価格が高くなり、導入コストと CO<sub>2</sub> 排出量のバランスの良い HEV が選択されたものと考えられる。また FCV の割合が増加している要因は、CO<sub>2</sub> 排出額の削減を意図したものである。但し、低水準シナリオにおいて EV ではなく FCV が選好されている理由は、部品構造の差異により FCV の車両価格が EV に比して安くなり、結果として生産段階の CO<sub>2</sub> 排出量が少なくなったことによるものと考えられる。

これらの結果から、いくつかの点が示唆される。

まず、第 6-2-1 節と同様に、産業・消費者・政府(環境)のどの側面の効用に重点を置くかにより算出結果が異なってくる。

また産業の効用を重視する場合、技術革新の進展次第で FCV の割合が大きく増減することが分かった。一方で、消費者・政府(環境)の効用を重視する場合、技術革新の進展次第で EV の割合が大きく変化する結果となった。つまり、技術革新が進めば進むほど環境性が高い EV、FCV が選好されることとなる。

また、部品構造の差異から、EV よりも FCV の方がより経済的な波及効果が大きいため、産業と消費者・政府(環境)の効用のどの視点を重視するかにより EV と FCV のどちらが選好されるかが変わってくることとなる。そのため、政府は産業・消費者・政府(環境)の 3 側面を踏まえた普及政策の立案が必要であると言える。

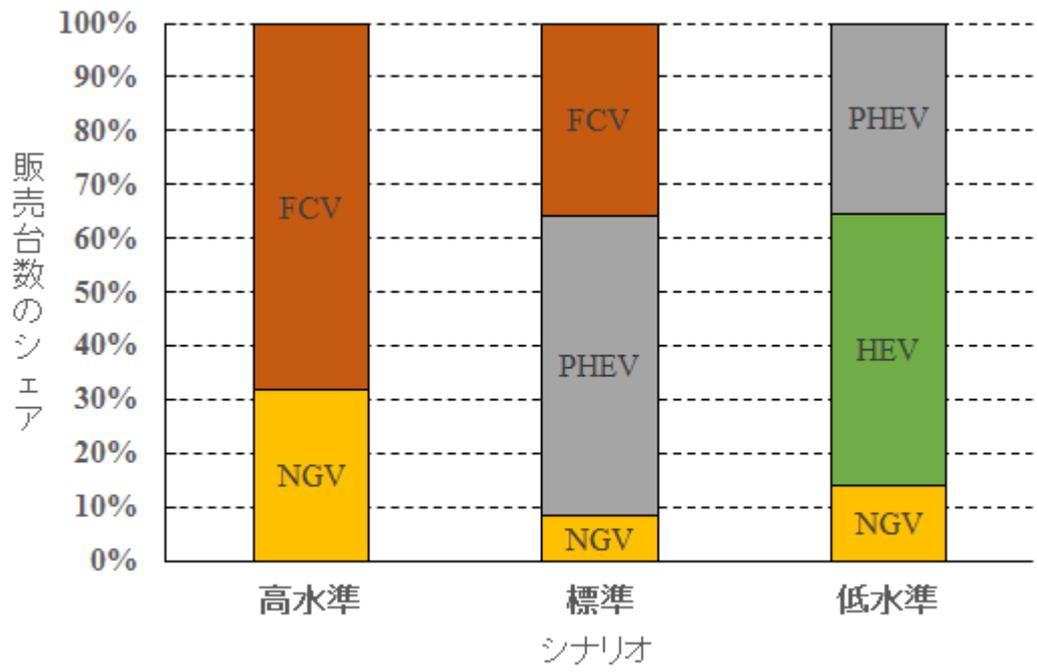


Figure 6-8 乗用車の新車販売台数のシェア (Industry Case)

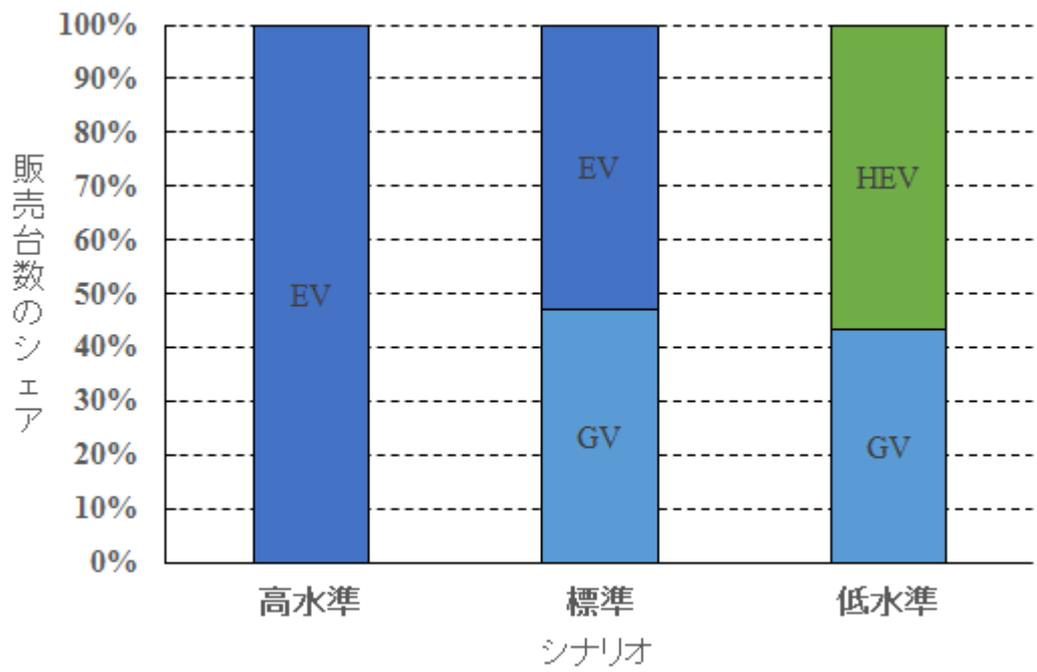


Figure 6-9 乗用車の新車販売台数のシェア (Consumer Case)

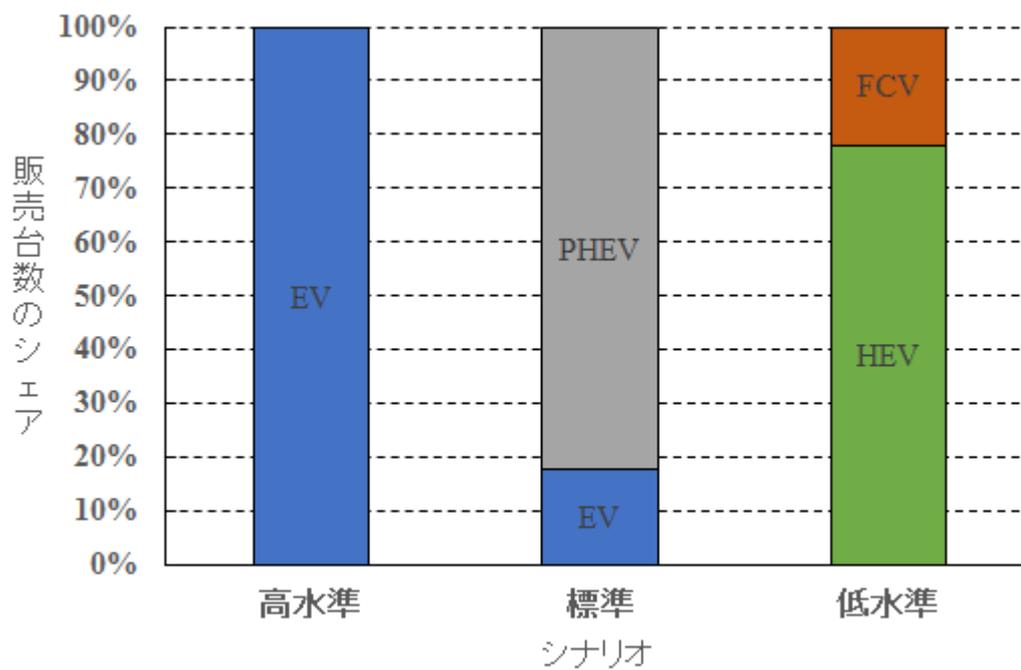


Figure 6-10 乗用車の新車販売台数のシェア (Environment Case)

### 6-3 小括

本章では、前章にて新たに構築した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、日本における自動車の最適ポートフォリオを算出した。

また、技術革新の進展による日本の乗用車の最適ポートフォリオの変化を分析した。

その結果以下のことが示唆された。

- ✓ 産業の効用を重視する場合、乗用車において PHEV や FCV、トラック・バスにおいて PHEV や NGV の導入が重要となる。また、技術革新の進展次第で、FCV の割合が大きく増減することが予想される。
- ✓ 消費者の効用に重きを置く場合、乗用車・トラックにおいては GV の持続的な改善に加え EV の普及、バスにおいて PHEV の普及が必要となる。また、技術革新の進展次第で EV の割合が大きく変化する結果となった。
- ✓ 政府（環境）の効用を重視する場合、乗用車・トラック・バスにおける EV、PHEV の普及が重要となる。また、技術革新の進展次第で EV、HEV、PHEV の選択率が変わってくることが推測される。
- ✓ 全ての効用を均等に考慮した場合、乗用車及びトラックでは PHEV、バスでは NGV の重要性が高いことが分かった。
- ✓ 2010 年時点の車種構成に近い値が算出された  $\alpha$ 、 $\beta$  の値が継続する（車種選択に関わる社会動態が 2010 年時点と同様）と仮定した場合、Consumer Case と類似の結果が得られ、車種構成は消費者のコストへの意識が大きく反映された結果となることが分かった。
- ✓ 自動車の最適ポートフォリオは産業・消費者・政府（環境）のどの効用に重点を置くかにより結果が大きく異なってくることが分かった。また、各視点からの分析により、産業の効用をどれだけ重視するかにより EV と FCV の普及率が変わってくることを予想され、政府は産業・消費者・政府（環境）の 3 側面を踏まえた普及政策の立案が必要であると言える。
- ✓ また、プリウスやプリウス PHV の販売が順調に拡大しており、さらには FCV の MIRAI が販売され始めた近年の状況を鑑みると、2010 年時点の  $\alpha$ 、 $\beta$  の値より環境面への比重が高まってくることを想定される。そのため、2030 年時点では、2010 年時点の  $\alpha$ 、 $\beta$  の値より環境面への比重が高い全ての効用を均等に考慮したケースが現実的に想定される普及目標となり得ると考えられる。

こうした結果は、CEV の普及による産業への付加価値誘発効果を中心に、消費者・政府（環境）への影響を踏まえた多目的最適化モデルを構築したことで得られた知見である。

今後は、本研究で構築したモデルを拡張し、エネルギーやレアメタルの価格の変動や、発電構成、エネルギーの製造方法の変化に伴う CO<sub>2</sub> 排出量の変動により、ポートフォリオがどのような影響を受けるか分析していくことが今後の課題である。

また、消費者の効用の対象として、燃料コストや車両購入コストといった費用面に加え、一充填当たりの航続距離や一充填にかかる時間等の各車種の利便性を考慮していくこと、そして実際に CEV を普及させるために必要な炭素税等の具体的な政策設計に活かしていくことも今後の課題である。

# 第 7 章

## 結言

## 第 7 章 結言

### 7-1 本研究の結果と考察

本研究では、各 CEV の普及により起きうる波及効果や各車種の特徴を踏まえ、将来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 の普及台数目標の予測モデルの開発を研究目的とし、産業の経済面及び雇用面への波及効果を包括的に算出・分析可能な「産業構造変化の波及効果モデル」の構築及び算出結果の分析、各 CEV の普及により影響が生じる産業・消費者・政府（環境）という 3 側面の効用及び各車種の特徴を考慮可能な新たな「ポートフォリオ多目的最適化モデル」の構築及び算出結果の分析の大きく 2 つのを行った。

まず、第 1 章では、研究背景を概観し、CO<sub>2</sub>排出量の削減に向け、CEV の普及への期待は高いものの、CEV の中でも複数の種類があり、また各車の性能や構造面等の特性も異なり、一長一短があるため、将来的に社会全体の効用の最大化を図るためには、CEV の組み合わせが重要となると述べた。そして、今後 CEV の普及を目指すに当たり、各 CEV の普及により起きうる産業への波及効果や各車種の特徴を踏まえ、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した。

また、既往研究及びその課題の説明を通じ、既往研究では、資源の持続可能性や CO<sub>2</sub> の排出量等の環境面に焦点が当てられていることを述べた。また、CEV は社会システムと密接に関わる製品であり、複数のステークホルダーの利害が関係するため、環境面のみに着目するだけでは不十分であることを述べた。そして、その課題に対応し、CEV の普及により重要な影響を与える、もしくは受けるステークホルダーの要求を考慮したポートフォリオ多目的最適化モデルの構築、そしてそれに組み込む産業の経済面及び雇用面への波及効果を算出・分析可能なモデルの構築が必要であることを述べた。

第 2 章では、本研究で構築したポートフォリオ多目的最適化モデルの全体像及びその設計方法について述べた。つまり、CEV のように、幅広いステークホルダーに関わる先進技術と社会システムを同時に検討する社会・技術的システム問題に対し、SE のアプローチを用い、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った。具体的には、本システムに対す

るステークホルダー分析及び要求分析を行い、必要な機能及び評価内容を洗い出し、モデルの設計を行った。

そして、技術や社会に関するシナリオ、産業・消費者・政府(環境)それぞれに対する重み(重要度)、各車種の特徴、その他前提条件を入力することにより、生産誘発額、付加価値誘発額、雇用誘発数といった CEV の普及に伴う産業への波及効果と設定した重み(重要度)における最適なポートフォリオ(各車種の新車販売台数)の大きく2つの出力を行うポートフォリオ多目的最適化モデルをデザインした。なお、前者は産業連関表を用い、後者は産業連関表を最適化に連動させて使用することで上述の機能を実現している。

第3章では、既存の産業連関表において完成車の製造を行う部門が、「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、そして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ことを示し、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、各 CEV と GV との主要な部品の差異を洗い出し、産業連関表の再構成を行った。具体的には、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た。そして、その再構成した産業連関表を基に、生産誘発額、付加価値誘発額、雇用誘発数を算出可能な産業構造変化の波及効果モデルを構築した。

また、産業構造変化の波及効果モデルの検証を行い、モデルが予期した振る舞いをしており、想定通り機能していることを示した。

第4章では、第3章で新たに再構成した産業連関表及び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包括的に算出し、分析した。つまり、環境省の想定する 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た。また、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、シナリオ分析を行った。その結果以下のことが示唆された。

- ✓ 車載用電池の生産やサービスステーションの新規建設が寄与し、「その他の電気機器」、「その他の土木建設」、「電力」等の部門において生産誘発額、雇用誘発数が増加する。具体的には、2010年に比べ2020年には、生産誘発額がそれぞれ約5,300億円、約590億円、約1,400億円増加する。雇用誘発数は、それぞれ約14千人、約4千人、約1千人増加する。2010年に比べ2030年には、生産誘発額がそれぞれ約5,100億円、約1,300

億円、約 5,100 億円増加する。雇用誘発数は、それぞれ約 14 千人、約 10 千人、約 5 千人増加する。

- ✓ 一方、「自動車部品・同付属品」では生産誘発額が低下する。具体的には、2010 年に比べ 2020 年には約 4,500 億円低下し、2030 年には約 1.3 兆円低下する。雇用誘発数に換算した場合、2010 年に比べ 2020 年には約 10 千人、2030 年には約 29 千人減少する。また、「石油製品」部門では、2010 年に比べ 2020 年には約 590 億円増加するものの、2030 年には約 4 兆円低下する。雇用誘発数に換算した場合、2010 年に比べ 2020 年はほぼ同水準であり、2030 年には約 5 千人減少する。
- ✓ 国内産業全体では、2010 年に比べ 2020 年に生産誘発額が約 1.3 兆円、雇用誘発数では約 37 千人増加することが予測される。一方で、2010 年に比べ 2030 年には、生産誘発額が約 5.1 兆円、雇用誘発数では約 37 千人減少すると予測される。
- ✓ また、電池の輸入率の変化により、最大約 1 兆円の生産誘発額、約 38 千人の雇用誘発数が増減することが予測され、輸入率の変動で国内産業は大きな影響を受けることが想定される。
- ✓ 政府は、今後重要となる部品への投資やサービスステーション等のインフラ整備の促進策の拡充等による他国に先駆けた CEV の普及支援に加え、輸出の振興政策の展開による国内生産台数の底上げ等 CEV の経済性も考慮した普及政策の検討が必要であると言える。また、産業間での人材の移動可能性を踏まえ、職業訓練や転職支援等の雇用の流動化政策の拡充等 CEV の普及に伴う産業構造の転換による雇用への影響も考慮した普及政策の検討が必要であると言える。

第 5 章では、CEV の普及により大きな影響を受けることが想定される産業・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新たなポートフォリオ多目的最適化モデルを構築した。この最適化モデルは、多目的最適化及び産業連関分析を用い、技術革新の進捗度合いに関するシナリオを設定し、各車種の特長、その他前提データ、産業・消費者・政府（環境）それぞれに対する重み（重要度）を入力することにより、設定した重み（重要度）における最適な車種別新車販売台数を対象年度毎に出力することが可能なモデルである。社会全体として最適な普及台数を検討する上で、産業・消費者・政府（環境）それぞれに対する重み（重要度）を任意に変化させることにより、各ステークホルダーの効用に配慮した場合の影響や各ケースにおける最適ポートフォリオを比較検討することを可能とした。

また、ポートフォリオ多目的最適化モデルの検証を行い、モデルが予期した振る舞いをしており、想定通り機能していることを示した。

第6章では、前章にて新たに構築した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、日本における自動車の最適ポートフォリオを算出した。また、技術革新の進展による日本の乗用車の最適ポートフォリオの変化を分析した。その結果以下のことが示唆された。

- ✓ 産業の効用を重視する場合、乗用車において PHEV や FCV、トラック・バスにおいて PHEV や NGV の導入が重要となる。また、技術革新の進展次第で、FCV の割合が大きく増減することが予想される。
- ✓ 消費者の効用に重きを置く場合、乗用車・トラックにおいては GV の持続的な改善に加え EV の普及、バスにおいて PHEV の普及が必要となる。また、技術革新の進展次第で EV の割合が大きく変化する結果となった。
- ✓ 政府（環境）の効用を重視する場合、乗用車・トラック・バスにおける EV、PHEV の普及が重要となる。また、技術革新の進展次第で EV、HEV、PHEV の選択率が変わってくることが推測される。
- ✓ 全ての効用を均等に考慮した場合、乗用車及びトラックでは PHEV、バスでは NGV の重要性が高いことが分かった。
- ✓ 2010 年時点の車種構成に近い値が算出された  $\alpha$ 、 $\beta$  の値が継続する（車種選択に関わる社会動態が 2010 年時点と同様）と仮定した場合、Consumer Case と類似の結果が得られ、車種構成は消費者のコストへの意識が大きく反映された結果となることが分かった。
- ✓ 自動車の最適ポートフォリオは産業・消費者・政府（環境）のどの効用に重点を置くかにより結果が大きく異なってくることが分かった。また、各視点からの分析により、産業の効用をどれだけ重視するかにより EV と FCV の普及率が変わってくることを予想され、政府は産業・消費者・政府（環境）の 3 側面を踏まえた普及政策の立案が必要であると言える。
- ✓ また、プリウスやプリウス PHV の販売が順調に拡大しており、さらには FCV の MIRAI が販売され始めた近年の状況を鑑みると、2010 年時点の  $\alpha$ 、 $\beta$  の値より環境面への比重が高まってくることを想定される。そのため、2030 年時点では、2010 年時点の  $\alpha$ 、 $\beta$  の値より環境面への比重が高い全ての効用を均等に考慮したケースが現実的に想定される普及目標となり得ると考えられる。

以上の結果は、本研究の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(最適ポートフォリオ)の検討に資するモデルの開発に当たり、従来不十分であった CEV の産業の連関や産業・消費者・政府(環境)という複数の視点を組み込んだこと、将来予測が定量的に算出可能であることを考慮し、システムズエンジニアリングのアプローチを用いモデルを構築したことで得られた知見である。

本研究で扱った CEV のように、先進技術は社会システムと密接な関わりを持ち、多くのステークホルダーに利害関係が生じる。そして、実態を持つ製品等とは異なり、先進技術が導入された後の社会システムの振る舞いは不確実性が高く、予測が困難である。本研究では、従来、ステークホルダーが多様であり、社会システムにどのような波及効果が生まれるか不確実性が高い先進技術である CEV に対し、定量的に、普及時の波及効果を予測し、また最適な販売台数の予測を行っており、今後の先進技術と社会システムに関わる普及モデル・普及政策のデザインに資する 1 つの知見を提示できたものと考ええる。

## 7-2 今後の展望

本研究では、各 CEV の普及により起きうる波及効果や各車種の特性を踏まえ、将来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 の普及指針の検討に資するモデルの開発を研究目的とし、産業の経済面及び雇用面への波及効果を包括的に算出・分析可能な「産業構造変化の波及効果モデル」と産業・消費者・政府（環境）の効用を考慮した将来における最適なポートフォリオ（車種構成）を算出する「ポートフォリオ多目的最適化モデル」を構築した。前節にて示したように、CEV の普及評価及び普及台数の予測モデルの既往研究に対し、産業の連関を考慮している点、産業・消費者・政府（環境）という複数の視点を組み込んでいる点、将来予測が定量的に算出可能なモデルである点から、新しい知見が得られたと考える。

他方で前節までの結果を踏まえ、今後の研究の更なる展開に向け、今後の課題を以下にまとめる。

### ✓ 炭素税等の具体的な政策の設計

本研究では、CEV を含めた自動車の最適なポートフォリオを算出しているが、その車種構成を達成するための具体的な政策の設計については検討が不十分である。そのため、今後の課題として本研究での知見を活かし、CEV の普及を支援する炭素税等の政策設計を行うことが挙げられる。

### ✓ 対象地域を海外に拡大

本研究では産業構造変化の波及効果モデル、ポートフォリオ多目的最適化モデルについて検討してきたが、両モデルともに国内を対象としている。Chua et al[30]はシンガポールにおける EV の経済効果を調べたが、シンガポールでは自動車産業が発達していないため、日本の場合とは異なる結果が出ており、使用する産業連関表や前提条件を適合させることで、新たな知見を得られる可能性が高い。そのため、国ごとに波及効果や最適ポートフォリオを算出し、国ごとの違いを分析することが課題である。

✓ シナリオの拡張

本研究で構築したモデルを拡張し、エネルギーやレアメタルの価格の変動や、発電構成、エネルギーの製造方法の変化に伴う CO<sub>2</sub> 排出量の変動により、ポートフォリオがどのような影響を受けるか分析していくことも今後の課題の 1 つである。

また、自動車産業において CEV だけでなく、自動運転車等の先進技術やカーシェアリング、ライドシェアリング等の先進サービスの普及がビジネスモデルや産業構造を変える大きな潮流になっていくことが想定される。そのため、これらの先進技術・サービスが普及した場合の社会システムの状況を想定し、シナリオに組み込んでいくことが考えられる。

✓ CEV 導入産業連関表の拡張

本研究では CEV を対象としたが、例えば風力発電等の再生可能エネルギーに関わる先進技術も本研究で構築したモデルに含有することにより、電源構成に応じた自動車のポートフォリオ予測が可能となり、社会システム内の要素同士の相互影響の分析が可能となる。

また、本研究では CEV という車両を主な対象としたが、各車種で必要となるサービスステーションの構成要素(部品等)の差異は考慮していない。CEV の普及に向けて燃料を供給するサービスステーションは無くしてはならないものであり、また水素ステーション等のように先進的な技術が用いられているものもあるため、その将来像を定量的に分析する必要性は高いと考えられる。

✓ 消費者の情緒的価値の分析

本研究では、消費者のコストとして、導入コスト、つまり車両の購入費及び燃料費という金銭価値を対象としたが、自動車を購入する際消費者は金銭面だけでなく、ブランドやデザイン、環境への優しさ、先進技術を使用していることへの憧れ等情緒的価値も含めて検討している。

そのため、今後の新たな展望として、情緒的価値を分析し、新たにモデルに織り込んでいくことが考えられる。

## 参考文献

- [1] World Commission on Environment and Development; Our Common Future, Oxford University Press, (1987).
- [2] 国土交通省; 運輸部門における二酸化炭素排出量, [http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei\\_environment\\_tk\\_000007.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html). (アクセス日 2016.4.9)
- [3] 一般社団法人日本自動車工業会, 一般社団法人 日本自動車車体工業会; 自動車製造業における地球温暖化対策の取り組み, (2014), [http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004647/pdf/2014\\_001\\_04\\_02.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004647/pdf/2014_001_04_02.pdf). (アクセス日 2016.5.14)
- [4] 株式会社三菱総合研究所; 平成 22 年度石油産業体制等調査研究(次世代 SS に関する市場動向等調査)報告書, (2011), <http://www.meti.go.jp/report/data/g110609bj.html>. (アクセス日 2016.5.14)
- [5] トヨタ自動車株式会社; トヨタ MIRAI, <http://toyota.jp/mirai/>. (アクセス日 2016.5.14)
- [6] 一般社団法人次世代自動車振興センター, 株式会社ライテック; 平成 27 年度クリーンエネルギー自動車に係る調査報告書, (2016), [http://www.cev-pc.or.jp/chosa/pdf/H27\\_chosa\\_2\\_honpen.pdf](http://www.cev-pc.or.jp/chosa/pdf/H27_chosa_2_honpen.pdf). (アクセス日 2016.5.14)
- [7] 経済産業省; 次世代自動車普及に向けた国の取組について, (2014), [http://www.cev-pc.or.jp/event/event\\_pdf/okinawa03.pdf](http://www.cev-pc.or.jp/event/event_pdf/okinawa03.pdf). (アクセス日 2016.5.14)
- [8] 環境省; 環境対応車普及戦略, (2010), <http://www.env.go.jp/air/report/h22-02/index.html>. (アクセス日 2016.4.10)
- [9] International Energy Agency; Transport, Energy and CO<sub>2</sub>, (2009), [www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf). (アクセス日 2016.4.10)
- [10] 一般社団法人日本自動車部品工業会; 自動車部品出荷動向調査結果平成 22 年度, (2011), <http://www.japia.or.jp/research/h22shukka.pdf>. (アクセス日 2016.4.10).
- [11] 経済産業省; 平成 23 年(2011 年)産業連関表取引基本表 108 部門(生産者価格評価表), (2015), <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001060671&cycode=0>. (アクセス日 2016.4.10)
- [12] 経済産業省; 平成 23 年(2011 年)産業連関表取引基本表 37 部門(生産者価格評価表), (2015), <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001060671&cycode=0>. (アクセス日 2016.4.10)

- [13] 中野諭, 平湯直子, 鷺津明由; 消費者の次世代技術の受容可能性—一次世代自動車の利用意向に関するアンケート調査結果報告, 第9回 LCA 学会講演要旨集, (2014), pp. 138-139.
- [14] 近藤美則, 加藤秀樹, 松橋啓介, 米澤健一; 乗用車の長期間の利用実態から見た電気自動車の利用可能性評価, エネルギー・資源, Vol.32, No.5, (2011), pp.42-47.
- [15] 木村誠一郎, 杉村丈一; 次世代環境自動車に対する消費者購買意識の研究, 水素エネルギーシステム, Vol.37, No.2, (2012), pp.145-156.
- [16] Frank van Rijnsoever, Jacco Farlaa, Martin J. Dijstb; Consumer car preferences and information search channels, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol.14, Issue.5, (2009), pp.334–342.
- [17] Linda Steg; Car use: lust and must. Instrumental, symbolic and affective motives for car use, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol.39, Issues.2–3, (2005), pp.147–162.
- [18] 土屋依子, 伊藤史子, 田頭直人, 馬場健司, 池谷知彦; 電気自動車に対する消費嗜好と規定要因に関する基礎的分析, CSIS Discussion Paper, No.129, (2014), pp.1-19.
- [19] デロイト トーマツ コンサルティング合同会社; 2015 年次世代車に関する消費者意識調査結果, (2015), <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/jp/Documents/about-deloitte/news-releases/jp-nr-nr20150629-report.pdf>. (アクセス日 2016.5.15)
- [20] 武藤慎一, 徳永澄憲, 沖山充; 二酸化炭素排出抑制に着目した自動車関連環境政策の実証的評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.30, (2004).
- [21] 藤原徹, 蓮池勝人, 金本良嗣; 自動車関連税制を活用した地球温暖化防止政策の評価, RIETI Discussion Paper Series, (2002).
- [22] 谷下雅義, 鹿島茂; 自動車関連税制が乗用車の保有・利用に及ぼす影響の分析, 土木学会論文集, Vol.709, (2002), pp.39-49.
- [23] Peter de Haan, Anja Peters, Roland W. Scholz; Reducing Energy Consumption in Road Transport through hybrid vehicles, Journal of Cleaner Production, Vol.15, Issues. 11–12, (2007), pp.1076–1084.

- [24] Brian P. Ó Gallachóir, Martin Howley, Stephen Cunningham, Morgan Bazilian; How private car purchasing trends offset efficiency gains and the successful energy policy response, *Energy Policy*, Vol.37, Issue.10, (2009), pp.3790–3802.
- [25] 林良嗣, 加藤博和, 上野洋一; 自動車関連税の課税レベルと税間バランスによるCO<sub>2</sub>削減効果の差異に関する分析—車齢・車格別コーホートと自動車の取得・保有・利用状況のモデリング—, *運輸政策研究*, Vol.2, No.1, (1999), pp.2-13.
- [26] 堂脇清志, 岡戸聡, 井原智彦, 山成素子; エコカー減税・エコカー補助金による自動車の買い替え前倒しのCO<sub>2</sub>削減効果, *エネルギー・資源*, Vol.31, No.6, (2010), pp.16-23.
- [27] 野中朋美, 中野冠; 環境配慮型商品普及のための環境税設計に関する研究, *日本機械学会論文集 C 編*, Vol.76, No.771, (2010), pp.2791-2796.
- [28] 野中朋美, 中野冠; LCCO<sub>2</sub>とLCCを用いた次世代自動車のための炭素税設計, *日本機械学会論文誌 C 編*, Vol.77, No.783, (2011), pp.4024-4033.
- [29] 野中朋美, 中野冠; グローバル生産におけるLCCO<sub>2</sub>とグリーン政策要求分析, *日本機械学会論文集 C 編*, Vol.79, No.798, (2013), pp.408-417.
- [30] Seng Tat Chua, Masaru Nakano; Design of taxation to promote Electric Vehicles in Singapore, *Advances in Production Management Systems. Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services of the series IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Vol.397, (2013), pp 359-367.
- [31] 国立環境研究所; ライフサイクルアセスメント(LCA), <http://tenbou.nies.go.jp/science/description/detail.php?id=57> (アクセス日 2016.11.23)
- [32] みずほ情報総研, トヨタ自動車; 輸送用燃料のWell-to-Wheel評価-日本における輸送用燃料製造(Well-to-Tank)を中心とした温室効果ガス排出量に関する研究報告書-, (2004), <https://www.mizuho-ir.co.jp/publication/report/2004/pdf/wtwghg041130.pdf> (アクセス日 2016.11.23)
- [33] 財団法人日本自動車研究所; 総合効率とGHG排出の分析, (2011), <http://www.jari.or.jp/Portals/0/jhfc/data/report/2010/pdf/result.pdf>. (アクセス日 2016.8.27)
- [34] International Energy Agency; Transport, Energy and CO<sub>2</sub> Moving towards Sustainability, (2009), <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf>. (アクセス日 2016.5.21)

- [35] A. Elgowainy, A. Burnham, M. Wang, J. Molburg, A. Rousseau; Well-to-Wheels Energy Use and Greenhouse Gas Emissions Analysis of Plug-in Hybrid Electric Vehicles, (2009), <https://greet.es.anl.gov/publication-372dv49w> (アクセス日 2016.11.23)
- [36] A. Elgowainy, J. Han, L. Poch, M. Wang, A. Vyas, M. Mahalik, A. Rousseau; Well-to-Wheels Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions of Plug-In Hybrid Electric Vehicles, (2010), <https://greet.es.anl.gov/publication-xkdaqgyk> (アクセス日 2016.11.23)
- [37] M. Wang; Development and Use of GREET 1.6 Fuel-Cycle Model for Transportation Fuels and Vehicle Technologies, (2001), <https://greet.es.anl.gov/publication-3bjc9gly> (アクセス日 2016.11.23)
- [38] 松橋隆治, 石谷久, 菅幹雄, 吉岡完治; ガソリン自動車と電気自動車のライフサイクルアセスメント, 日本エネルギー学会誌, Vol.77, No.12, (1998), pp.1184-1192.
- [39] 中野諭, 平湯直子, 鈴木将之; 電気自動車 ELIICA の LCA, KEO Discussion Paper No. 112, (2008), <http://www.sanken.keio.ac.jp/publication/KEO-dp/112/KEODP112.pdf> (アクセス日 2016.11.23)
- [40] 日産自動車株式会社; 電気自動車「日産リーフ」のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量評価, <http://www.nissan-global.com/JP/ENVIRONMENT/CAR/LCA/> (アクセス日 2016.11.23)
- [41] 工藤祐揮, 南斉規介, 田原聖隆; 走行条件によるエネルギー消費の違いを考慮した代替燃料車の LCCO<sub>2</sub> 排出量の算出, 日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集, (2007), pp. 182-183.
- [42] トヨタ自動車株式会社; The MIRAI LCA レポート for communication, (2015), [https://www.toyota.co.jp/jpn/sustainability/environment/low\\_carbon/lca\\_and\\_eco\\_actions/pdf/life\\_cycle\\_assessment\\_report.pdf](https://www.toyota.co.jp/jpn/sustainability/environment/low_carbon/lca_and_eco_actions/pdf/life_cycle_assessment_report.pdf) (アクセス日 2016.11.23)
- [43] トヨタ自動車株式会社; Ecology, (2015), [https://toyota.jp/pages/contents/prius/004\\_p\\_001/pdf/spec/prius\\_ecology\\_201512.pdf](https://toyota.jp/pages/contents/prius/004_p_001/pdf/spec/prius_ecology_201512.pdf) (アクセス日 2016.11.23)
- [44] トヨタ自動車株式会社; PHV 環境仕様, (2015), [https://toyota.jp/pages/contents/priusphv/001\\_p\\_005/pdf/spec/priusphv\\_ecology\\_201506.pdf](https://toyota.jp/pages/contents/priusphv/001_p_005/pdf/spec/priusphv_ecology_201506.pdf) (アクセス日 2016.11.23)

- [45] 山田裕也, 有山裕介, 井野博満, 原田幸明; 燃料電池車における LCA(エネルギー消費量と CO2 排出量)ーガソリン車と天然ガス車との比較ー, 日本金属学会誌, Vol.69, No.2, (2005), pp.237-240.
- [46] A. Burnham, M. Wang, Y. Wu; Development and Applications of GREET 2.7 -The Transportation Vehicle-Cycle Model, (2006), <https://greet.es.anl.gov/publication-1kldbrwj> (アクセス日 2016.11.23)
- [47] Constantine Samaras, Kyle Meisterling; Life Cycle Assessment of Greenhouse Gas Emissions from Plug-in Hybrid Vehicles Implications for Policy, Environmental Science & Technology, Vol.42, No.9, (2008), pp.3170-3176.
- [48] J. Sullivan, A. Burnham, M. Wang; Energy-Consumption and Carbon-Emission Analysis of Vehicle and Component Manufacturing, (2010), [https://greet.es.anl.gov/publication-vehicle\\_and\\_components\\_manufacturing](https://greet.es.anl.gov/publication-vehicle_and_components_manufacturing) (アクセス日 2016.11.23)
- [49] 梶山啓輔, 岡島敬一, 内山洋司; ライフサイクルからみた蓄電池の電力負荷平準化等によるエネルギー・環境改善効果, 日本 LCA 学会誌, Vol.2, No.4, (2006), pp.379-385.
- [50] Hongrui Maa, Felix Balthasarb, Nigel Taita, Xavier Riera-Paloua, Andrew Harrisona; A new comparison between the life cycle greenhouse gas emissions of battery electric vehicles and internal combustion vehicles, Energy Policy, Vol.44, (2012), pp.160-173.
- [51] I. Bartolozzi, F. Rizzi, M. Frey; Comparison between hydrogen and electric vehicles by life cycle assessment: A case study in Tuscany, Italy, Applied Energy, Vol.101, (2013), pp.103-111.
- [52] Alexandre Lucasa, Carla Alexandra Silvab, Rui Costa Netob; Life cycle analysis of energy supply infrastructure for conventional and electric vehicles, Energy Policy, Vol.41, (2012), pp.537-547.
- [53] Keisuke Nansaia, Susumu Tohnob, Motoki Konoc, Mikio Kasaharab, Yuichi Moriguchia; Life-cycle analysis of charging infrastructure for electric vehicles, Applied Energy, Vol.70, Issue.3, (2001), pp.251-265.
- [54] 経済産業省; 通商白書 2011, (2011), <http://www.meti.go.jp/report/tsuhaku2011/>. (アクセス日 2016.12.11)

- [55] 小長谷一之, 前川知史; 経済効果入門-地域活性化・企画立案・政策評価のツール-, 日本評論社, (2014).
- [56] 中村良平, 森田学; 持続可能な地域経済システムの構築-倉敷市における調査に基づいた経済構造分析-, ポリシー・ディスカッション・ペーパー, Series.08, <http://www.rieti.go.jp/jp/publications/summary/08100006.html>. (アクセス日 2016.12.11)
- [57] 総務省; 産業連関表で用いる主な用語の解説, [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/00345859.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/00345859.pdf). (アクセス日 2016.12.11)
- [58] 和歌山県; 用語解説, <http://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/020300/sangyo/h23/syosai/html/stop.html>. (アクセス日 2016.12.11)
- [59] 白石浩介, 奥田章順, 木村文勝, 志村雄一郎, 田中宏, 森重彰浩, 東暁子, 赤羽淳, 鈴木達也; 技術予測産業連関表の作成による革新的技術の評価, 三菱総合研究所所報, No.55, (2012), pp.252-274.
- [60] 総務省; 産業連関表の仕組み, [http://www.soumu.go.jp/toukei\\_toukatsu/data/io/system.htm](http://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/data/io/system.htm). (アクセス日 2016.5.21)
- [61] 有森揚祐, 中野冠; クリーンエネルギー自動車の国内ポートフォリオ最適化, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.78, No.291, (2012), pp.2571-2582.
- [62] 首相官邸; 次世代自動車の現状と展望, [http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tikyuu/kaisai/da\\_i04tyuuki/siryuu3\\_2-2.pdf](http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tikyuu/kaisai/da_i04tyuuki/siryuu3_2-2.pdf). (アクセス日 2016.6.5)
- [63] 一戸誠之, 遠藤栄一; わが国の乗用車部門における二酸化炭素排出削減のための MARKAL モデルを用いた車種構成分析, エネルギー・資源, Vol.26, No.2, (2005), pp.127-133.
- [64] Sonia Yeh, Alex Farrell, Richard Plevin, Alan Sanstad, John Weyant; Optimizing U. S. mitigation strategies for the light-duty transportation sector: what we learn from a bottom-up model, *Environmental Science & Technology*, Vol.42, No.22, (2008), pp. 8202-8210.
- [65] 山田俊介, 本藤祐樹; 寿命分布を考慮した製品最適導入計画モデル-二酸化炭素の排出削減に向けたグリーンカーの導入分析-, エネルギー・資源, Vol.30, No.1, (2009), pp. 9-15.

- [66] 加藤桂大, 野中朋美, 中野冠; 金属資源を考慮したクリーンエネルギー自動車のグローバルポートフォリオ最適化モデル, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.79, No.797, (2013), pp.77-89.
- [67] Fulton L, Cazzola P, Cuenot F; IEA mobility model (momo) and its use in the ETP 2008, *Energy Policy*, Vol.37, Issue 10, (2009), pp.3758-3768.
- [68] 木下裕介, 山崎泰寛, 水野有智, 福重真一, 梅田靖; 持続可能な製造業の実現に向けた持続可能社会シナリオシミュレータの開発(第1報)—構造的なシナリオ記述に基づく論理構造の分析—, 精密工学会誌, Vol.75, No.8, (2009), pp.1029-1035.
- [69] 木下裕介, 山崎泰寛, 水野有智, 福重真一, 梅田靖; 持続可能な製造業の実現に向けた持続可能社会シナリオシミュレータの開発(第2報)—シナリオとシミュレータの接続による動的シナリオの作成—, 精密工学会誌, Vol.76, No.6, (2010), pp.694-699.
- [70] 木下裕介, 水野有智, 福重真一, 梅田靖; 持続可能な製造業の実現に向けた持続可能社会シナリオシミュレータの開発(第4報)—what-if分析による派生シナリオの作成手法—, 精密工学会誌, Vol.78, No.11, (2012), pp.985-991.
- [71] 水野有智, 木下裕介, 和田春菜, 福重真一, 梅田靖; 持続可能な製造業の実現に向けた持続可能社会シナリオシミュレータの開発(第3報)—フォアキャスティング型シナリオ設計支援手法—, 精密工学会誌, Vol.78, No.9, (2012), pp.798-804.
- [72] 倉橋直人, 木下裕介, 小林和博, 山口容平, 福重真一, 梅田靖; 3Sシミュレータを用いた地域エネルギー需給シナリオの作成, 精密工学会学術講演会講演論文集, (2012), p.917-918.
- [73] 中野冠; クリーンエネルギー自動車普及のためのシステムデザイン, システム制御情報学会誌, Vol.54, No.12, (2010), pp.465-470.
- [74] International Council on Systems Engineering; INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities, Wiley, (2015).
- [75] IIBA 日本支部; ビジネスアナリシス知識体系ガイド(BABOK ガイド), IIBA 日本支部, (2012).
- [76] 経済産業省; 平成 22 年産業連関表(延長表)取引額表(80 部門・時価評価), (2013), [http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/entyoio/result/result\\_14.html](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/entyoio/result/result_14.html). (アクセス日 2016.8.27)
- [77] 経済産業省; 平成 22 年産業連関表(延長表)取引額表(基本分類・時価評価), (2013), [http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/entyoio/result/result\\_14.html](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/entyoio/result/result_14.html). (アクセス日 2016.8.27)

- [78] 経済産業省; 平成22年機械統計年報, (2011), [http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08\\_seidou.html](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08_seidou.html). (アクセス日 2016.8.28)
- [79] 財団法人日本立地センター; 次世代自動車の普及等に伴う産業構造変化と地域産業振興施策の方向性に関する調査報告書, (2011), [http://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/2011fy/E001930.pdf](http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2011fy/E001930.pdf). (アクセス日 2016.8.28)
- [80] International Council on Clean Transportation; Estimated cost of emission reduction technologies for LDVs, (2012), [http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_LDVcostsreport\\_2012.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_LDVcostsreport_2012.pdf). (アクセス日 2016.12.18)
- [81] 環境省; 次世代自動車ガイドブック 2015-クリーンディーゼル自動車(乗用車)-, (2015), [https://www.env.go.jp/air/car/vehicles2015/LEV\\_chapter2-6.pdf](https://www.env.go.jp/air/car/vehicles2015/LEV_chapter2-6.pdf). (アクセス日 2016.12.18)
- [82] 水本佑樹, 内山洋司, 岡島敬一; ハイブリッド産業連関法を用いた太陽光発電システム導入の経済・環境分析, エネルギー・資源, Vol.34, No.5, (2013), pp.1-10.
- [83] 多田千佳, 柳田高志, 佐賀清崇, ベスパイコリュドミラ, バティスタエルマー, 藤本真司, 美濃輪智朗; 産業連関表を用いた日本における靱殻発電導入の産業構造への影響解析, 日本エネルギー学会誌, Vol.88, No.10, (2009), pp.869-876.
- [84] 国立社会保障・人口問題研究所; 日本の将来推計人口(中位ケース), (2012), <http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/newest04/hh2401.asp>. (アクセス日 2016.8.27)
- [85] 一般社団法人日本自動車工業会; 自動車統計月報 2013 年 7 月号, No.47, Vol.4, (2013), pp.1-12.
- [86] 一般社団法人日本ガス協会; 天然ガス自動車の導入推移, [http://www.gas.or.jp/ngvj/spread/ngv\\_spread.html](http://www.gas.or.jp/ngvj/spread/ngv_spread.html). (アクセス日 2016.9.3)
- [87] 一般社団法人次世代自動車振興センター; 電気自動車等保有・生産・販売台数統計, <http://www.cev-pc.or.jp/tokei/hanbai.html>. (アクセス日 2016.8.28)
- [88] トヨタ自動車株式会社; PRIUS 諸元表, [http://toyota.jp/pages/contents/prius/004\\_p\\_001/pdf/spec/prius\\_spec\\_201512.pdf](http://toyota.jp/pages/contents/prius/004_p_001/pdf/spec/prius_spec_201512.pdf). (アクセス日 2016.9.3)
- [89] トヨタ自動車株式会社; PRIUS PHV 諸元表, [https://toyota.jp/pages/contents/priusphv/001\\_p\\_005/pdf/spec/priusphv\\_spec\\_201506.pdf](https://toyota.jp/pages/contents/priusphv/001_p_005/pdf/spec/priusphv_spec_201506.pdf). (アクセス日 2016.9.3)
- [90] 日産自動車株式会社; LEAF 諸元表, [http://ev.nissan.co.jp/LEAF/PDF/leaf\\_specification.pdf](http://ev.nissan.co.jp/LEAF/PDF/leaf_specification.pdf). (アクセス日 2016.9.3)

- [91] トヨタ自動車株式会社; 燃料電池車, [http://toyota.jp/pages/contents/mirai/001\\_p\\_001/pdf/spec/mirai\\_spec\\_201508.pdf](http://toyota.jp/pages/contents/mirai/001_p_001/pdf/spec/mirai_spec_201508.pdf). (アクセス日 2016.9.3)
- [92] 株式会社富士経済; 電動自動車関連市場の全貌 2011 下巻, (2011), pp.1-327.
- [93] 株式会社富士経済; 2013 年版 HEV, EV 関連市場徹底分析調査, (2013), pp.1-390.
- [94] 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構; NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ 2010, (2010), <http://www.nedo.go.jp/content/100642949.pdf>. (アクセス日 2016.8.27)
- [95] 環境省; 次世代自動車普及戦略, (2009), <http://www.env.go.jp/air/report/h21-01/>. (アクセス日 2016.8.28)
- [96] 東邦ガス株式会社; NGV Information, <http://www.tohogas.co.jp/business/ngv/ngvinfo/pdf/2013aki.pdf>. (アクセス日 2016.8.27)
- [97] 東邦ガス株式会社; CNG タンク交換のご案内, <http://www.tohogas.co.jp/business/ngv/institution/pdf/kokan.pdf>. (アクセス日 2016.8.27)
- [98] 経済産業省, 国土交通省, 環境省, 北海道, 日本自動車工業会, 石油連盟; クリーンディーゼル普及推進方策, (2008), [www.mlit.go.jp/common/000020857.pdf](http://www.mlit.go.jp/common/000020857.pdf). (アクセス日 2016.8.27)
- [99] 柳沢明; 我が国の原油価格のガソリン価格への転嫁構造, (2011), [eneken.ieej.or.jp/data/4158.pdf](http://eneken.ieej.or.jp/data/4158.pdf). (アクセス日 2016.9.4)
- [100] 国家戦略室; エネルギー・環境における選択肢[概要], (2012), [www.env.go.jp/council/06earth/y060-110/mat01\\_1.pdf](http://www.env.go.jp/council/06earth/y060-110/mat01_1.pdf). (アクセス日 2016.9.4)
- [101] 藤波匠; 電気料金上昇の影響分析と対策, (2012), <https://www.jri.co.jp/MediaLibrary/file/report/ber/pdf/6276.pdf>. (アクセス日 2016.9.4)
- [102] 松尾雄司; アジア/世界エネルギーアウトルック 2011ー不透明さを増す国際エネルギー情勢とアジアの将来ー, (2011), [eneken.ieej.or.jp/data/4121.pdf](http://eneken.ieej.or.jp/data/4121.pdf). (アクセス日 2016.9.4)
- [103] 松尾雄司; アジア/世界エネルギーアウトルック 2012ー高まるアジア・中東の重要性と相互依存ー, (2012), [eneken.ieej.or.jp/data/4595.pdf](http://eneken.ieej.or.jp/data/4595.pdf). (アクセス日 2016.9.4)
- [104] 経済産業省; 充電インフラを巡る現状と課題, (2009), [www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g91214c05j.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g91214c05j.pdf). (アクセス日 2016.8.28)

- [105] 東邦ガス株式会社; 天然ガススタンドの運営, <http://www.tohogas.co.jp/business/ngv/run/>. (アクセス日 2016.8.28)
- [106] 経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部石油流通課; 揮発油販売業者数及び給油所数の推移(登録ベース), (2014), [http://www.enecho.meti.go.jp/category/resources\\_and\\_fuel/distribution/hinnkakuhou/data/20140708\\_ss25fy.pdf](http://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/distribution/hinnkakuhou/data/20140708_ss25fy.pdf). (アクセス日 2016.8.28)
- [107] 国土交通省; 道路交通センサスから見た道路交通の現状・推移, (2005), [https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/data\\_shu.html](https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/data_shu.html). (アクセス日 2016.8.28)
- [108] 総務省; 平成 17 年(2005 年)産業連関表取引基本表(108 部門), (2012), <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001019588>. (アクセス日 2016.9.4)
- [109] 経済産業省; 生産動態統計年報 機械統計編 平成 27 年, (2015), [http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08\\_seidou.html](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08_seidou.html). (アクセス日 2017.1.14)
- [110] 経済産業省; 生産動態統計年報 機械統計編 平成 22 年, (2010), [http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08\\_seidou.html](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/08_seidou.html). (アクセス日 2017.1.14)
- [111] 内閣府; 2015 年度国民経済計算(2011 年基準・2008SNA), (2015), [http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data\\_list/kakuhou/files/h27/h27\\_kaku\\_top.html](http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/kakuhou/files/h27/h27_kaku_top.html). (アクセス日 2017.1.14)
- [112] 総務省統計局; 日本の統計 2016, (2016), <http://www.stat.go.jp/data/nihon/index2.htm>. (アクセス日 2017.1.14)
- [113] 国土交通省; (6)対生産者価格運賃・商業マージン率総括表, (2009), <http://www.mlit.go.jp/k-toukei/search/pdf/21/21200500x00042.pdf>. (アクセス日 2015.3.18)
- [114] 一般社団法人日本自動車工業会; 小型貨物車の燃費に関するヒアリング資料, (2014), [http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/jidosha10\\_sg\\_000017.html](http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/jidosha10_sg_000017.html). (アクセス日 2016.8.27)
- [115] トヨタ自動車株式会社; 2WEEKS 試乗モニター, [http://toyota.jp/priusphv/001\\_p\\_004/life/genejournalist/2week/result/](http://toyota.jp/priusphv/001_p_004/life/genejournalist/2week/result/). (アクセス日 2016.8.28)
- [116] 南斉規介, 森口祐一; 産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID):2005 年表, 独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター, (2012), <http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/index-j.html>. (アクセス日 2016.8.27)

- [117] 国内排出量取引制度の課題整理に関する検討会; 国内排出量取引制度の課題整理報告書, (2012), <http://www.env.go.jp/press/files/jp/19461.pdf>. (アクセス日 2016.8.28)
- [118] エネルギー・環境会議コスト等検証委員会; コスト等検証委員会報告書, (2011), <http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/pdf/20111221/hokoku.pdf>. (アクセス日 2016.8.28)
- [119] 経済産業省; 次世代自動車戦略 2010, (2010), <http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004630/pdf/20100412002-3.pdf>. (アクセス日 2016.8.28)

## 研究業績

### 原著論文

1. 大澤潤, 中野冠; 産業連関表を用いたクリーンエネルギー自動車の経済波及効果モデル, 日本機械学会論文集, Vol.81, No.823, (2015), pp.1-14.
2. 大澤潤, 中野冠; クリーンエネルギー自動車のポートフォリオ多目的最適化モデル, エネルギー・資源学会論文誌, Vol.37, No.2, (2016), pp.17-28.

### 国際会議論文(査読付きのフルペーパー)

3. Jun Osawa, Masaru Nakano; Economic and Environmental Impacts on the Portfolio of Clean Energy Vehicles in Japan, Advances in Production Management Systems: Innovative Production Management Towards Sustainable Growth, Proceedings of the IFIP WG 5.7 International Conference APMS(Advances in Production Management Systems) 2015, Springer, Vol.460, (2015), pp.353-360.
4. Jun Osawa, Masaru Nakano; The Impact of the Popularization of Clean Energy Vehicles on Employment, Proceedings of the 8th CIRP IPSS(Industrial Product-Service System) Conference:Product-Service Systems across Life Cycle, Procedia CIRP, Elsevier, Vol.47, (2016), pp.478-482.

## 謝辞

本研究を推進する過程において、数多くの方々のご指導とご協力を賜りました。感謝の意を込めて皆様への御礼を述べたいと思います。

指導教員の中野冠教授には、修士課程入学から博士課程まで4年間に渡り大変お世話になりました。未熟な私に夜遅くの時間でも熱心にご指導を頂き、研究に取り組む姿勢、研究の価値、SDMで研究する意味等数多くのことを学ばせて頂きました。また、様々な企業との共同研究にも参加させていただき、非常に多くのチャンスに触れる機会を頂きました。そして、中野冠教授のもとでの、試行錯誤しながらの研究活動を通じ、研究の難しさ・面白さに触れることができたことは、何よりも貴重な経験であり、今後の自分の人生の大きな糧となると感じております。計4年間に渡ってご指導頂きました中野冠教授に、あらためて深い感謝を申し上げたいと思います。

また、副査の梅田靖教授（東京大学大学院工学系研究科）には、環境問題解決や持続可能社会の実現といった社会的な課題のモデル化と設計に関する第一人者として、的確なご指摘をいただき、本論文の中核部分を構成する上で有意義な助言を頂きました。厚く御礼申し上げます。

また、副査の高野研一教授には、エネルギー分野や自動車産業等における先進技術の動向等における豊富な知見を基に、本論文及び将来の研究の新たな方向性についての的確な助言を多数頂きました。厚く御礼申し上げます。

また、副査の小木哲朗教授には、研究の独自性は何かといった博士論文の本質的な部分に対する示唆に加え、博士論文の構成や分かりやすいスライドの内容といった細部に至る部分までの的確なご指摘をいただき、本論文を作成する上で有意義な助言を多数頂きました。厚く御礼申し上げます。

また、特任准教授の都丸孝之氏、特任講師の佐藤みずほ氏、博士課程の木下聡子氏には、親身になって研究の相談に乗っていただき、研究を進める上で多大な助言をいただきました。心より感謝致します。

そして、修士課程から博士課程まで計4年間を通じ、非常に有意義な時間を共有させていただいた中野研究室の皆様、そしてSDMの皆様には感謝の意を表します。

最後に、学生生活において私を支え続けてくれた家族に心より感謝の意を表したいと思います。

## 付録

第3章において作成したCEV導入産業連関表を基に、第4章において構築した産業構造変化の波及効果モデルで用いた投入係数（103行103列の行列）の内、列50~73、つまり、「乗用車(GV)」、「乗用車(DV)」、「乗用車(CDV)」、「乗用車(NGV)」、「乗用車(EV)」、「乗用車(HEV)」、「乗用車(PHEV)」、「乗用車(FCV)」、「トラック(GV)」、「トラック(DV)」、「トラック(CDV)」、「トラック(NGV)」、「トラック(EV)」、「トラック(HEV)」、「トラック(PHEV)」、「トラック(FCV)」、「バス(GV)」、「バス(DV)」、「バス(CDV)」、「バス(NGV)」、「バス(EV)」、「バス(HEV)」、「バス(PHEV)」、「バス(FCV)」の計24部門を記載する。

2010年の投入係数

Table A-1 2010年の乗用車の投入係数(1/2)

2010	50 乗用車(GV)	51 乗用車(DV)	52 乗用車(CDV)	53 乗用車(NGV)	54 乗用車(EV)	55 乗用車(HEV)	56 乗用車(PHEV)	57 乗用車(FCV)
01 農林水産業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02 金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03 非金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04 石炭・原油・天然ガス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
05 食料品・たばこ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06 飲料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
07 繊維工業製品	0.003	0.003	0.000	0.002	0.001	0.003	0.002	0.000
08 衣服・その他の繊維既製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09 製材・木製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10 家具・装備品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11 パルプ・紙・板紙・加工紙	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12 紙加工品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13 印刷・製版・製本	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
14 化学肥料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15 無機化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16 石油化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17 有機化学工業製品(除石油化学基礎製品)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18 合成樹脂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19 化学繊維	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20 化学最終製品(除医薬品)	0.004	0.004	0.000	0.003	0.002	0.003	0.003	0.000
21 医薬品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22 石油製品	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
23 石炭製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 プラスチック製品	0.027	0.024	0.000	0.021	0.010	0.022	0.019	0.000
25 ゴム製品	0.012	0.010	0.000	0.009	0.004	0.010	0.008	0.000
26 ガラス・ガラス製品	0.017	0.015	0.000	0.013	0.007	0.014	0.012	0.000
27 セメント・セメント製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28 陶磁器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29 その他の窯業・土石製品	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
30 鉄鉄・粗鋼	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31 鋼材	0.010	0.009	0.000	0.007	0.004	0.008	0.007	0.000
32 鋳造品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33 その他の鉄鋼製品	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
34 非鉄金属製錬・精製	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35 非鉄金属加工製品	0.004	0.003	0.000	0.003	0.001	0.003	0.003	0.000
36 建設・建築用金属製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37 その他の金属製品	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
38 一般産業機械	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
39 特殊産業機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40 その他の一般機械器具及び部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41 事務用・サービス用機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42 産業用電気機器	0.013	0.006	0.000	0.010	0.009	0.105	0.088	0.000
43 電子応用装置・電気計測器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44 その他の電気機器	0.004	0.003	0.000	0.003	0.596	0.075	0.200	0.000
45 民生用電気機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46 通信機械・同関連機器	0.015	0.013	0.000	0.012	0.006	0.012	0.010	0.000
47 電子計算機・同付属装置	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48 半導体素子・集積回路	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49 その他の電子部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50 乗用車(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51 乗用車(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52 乗用車(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table A-2 2010年の乗用車の投入係数(2/2)

2010	50 乗用車(GV)	51 乗用車(DV)	52 乗用車(CDV)	53 乗用車(NGV)	54 乗用車(EV)	55 乗用車(HEV)	56 乗用車(PHEV)	57 乗用車(FCV)
53 乗用車(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54 乗用車(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55 乗用車(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56 乗用車(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57 乗用車(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
58 トラック(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
59 トラック(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60 トラック(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
61 トラック(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62 トラック(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63 トラック(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64 トラック(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
65 トラック(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
66 バス(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
67 バス(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68 バス(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
69 バス(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70 バス(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71 バス(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72 バス(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73 バス(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74 二輪自動車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75 自動車部品・同付属品	0.613	0.648	0.000	0.672	0.175	0.496	0.418	0.000
76 その他の輸送機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
77 精密機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
78 その他の製造工業製品	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
79 再生資源回収・加工処理	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80 建築及び補修	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
81 公共事業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82 その他の土木建設	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83 電力	0.005	0.004	0.000	0.004	0.002	0.004	0.003	0.000
84 ガス・熱供給	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
85 水道・廃棄物処理	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
86 商業	0.015	0.014	0.000	0.012	0.006	0.013	0.011	0.000
87 金融・保険	0.006	0.006	0.000	0.005	0.002	0.005	0.004	0.000
88 不動産	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
89 住宅賃貸料(帰属家賃)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90 運輸	0.020	0.017	0.000	0.015	0.007	0.016	0.013	0.000
91 通信	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
92 放送	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
93 情報サービス	0.002	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
94 インターネット附随サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
95 映像・文字情報制作	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.000
96 公務	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97 教育・研究	0.046	0.041	0.000	0.035	0.017	0.037	0.031	0.000
98 医療・保健・社会保障・介護	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
99 広告	0.013	0.011	0.000	0.010	0.005	0.011	0.009	0.000
100 物品賃貸サービス	0.005	0.004	0.000	0.004	0.002	0.004	0.003	0.000
101 その他の対事業所サービス	0.021	0.019	0.000	0.016	0.008	0.017	0.014	0.000
102 対個人サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
103 その他	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table A-3 2010年のトラックの投入係数(1/2)

2010	58 トラック(GV)	59 トラック(DV)	60 トラック(CDV)	61 トラック(NGV)	62 トラック(EV)	63 トラック(HEV)	64 トラック(PHEV)	65 トラック(FCV)
01 農林水産業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02 金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03 非金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04 石炭・原油・天然ガス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
05 食料品・たばこ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06 飲料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
07 繊維工業製品	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
08 衣服・その他の繊維既製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09 製材・木製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10 家具・装備品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11 パルプ・紙・板紙・加工紙	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12 紙加工品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13 印刷・製版・製本	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
14 化学肥料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15 無機化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16 石油化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17 有機化学工業製品(除石油化学基礎製品)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18 合成樹脂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19 化学繊維	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20 化学最終製品(除医薬品)	0.005	0.004	0.000	0.003	0.001	0.004	0.000	0.000
21 医薬品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22 石油製品	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
23 石炭製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 プラスチック製品	0.011	0.010	0.000	0.009	0.003	0.009	0.000	0.000
25 ゴム製品	0.032	0.028	0.000	0.025	0.009	0.025	0.000	0.000
26 ガラス・ガラス製品	0.013	0.012	0.000	0.010	0.004	0.010	0.000	0.000
27 セメント・セメント製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28 陶磁器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29 その他の窯業・土石製品	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
30 鉄鉄・粗鋼	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31 鋼材	0.010	0.009	0.000	0.008	0.003	0.008	0.000	0.000
32 鋳造品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33 その他の鉄鋼製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34 非鉄金属製錬・精製	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35 非鉄金属加工製品	0.004	0.003	0.000	0.003	0.001	0.003	0.000	0.000
36 建設・建築用金属製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37 その他の金属製品	0.004	0.004	0.000	0.003	0.001	0.003	0.000	0.000
38 一般産業機械	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
39 特殊産業機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40 その他の一般機械器具及び部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41 事務用・サービス用機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42 産業用電気機器	0.012	0.005	0.000	0.009	0.006	0.009	0.000	0.000
43 電子応用装置・電気計測器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44 その他の電気機器	0.010	0.008	0.000	0.007	0.656	0.108	0.000	0.000
45 民生用電気機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46 通信機械・同関連機器	0.021	0.018	0.000	0.016	0.006	0.016	0.000	0.000
47 電子計算機・同付属装置	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48 半導体素子・集積回路	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49 その他の電子部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50 乗用車(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51 乗用車(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52 乗用車(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table A-4 2010年のトラックの投入係数(2/2)

2010	58 トラック(GV)	59 トラック(DV)	60 トラック(CDV)	61 トラック(NGV)	62 トラック(EV)	63 トラック(HEV)	64 トラック(PHEV)	65 トラック(FCV)
53 乗用車(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54 乗用車(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55 乗用車(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56 乗用車(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57 乗用車(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
58 トラック(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
59 トラック(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60 トラック(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
61 トラック(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62 トラック(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63 トラック(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64 トラック(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
65 トラック(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
66 バス(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
67 バス(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68 バス(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
69 バス(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70 バス(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71 バス(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72 バス(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73 バス(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74 二輪自動車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75 自動車部品・同付属品	0.588	0.625	0.000	0.650	0.124	0.457	0.000	0.000
76 その他の輸送機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
77 精密機械	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
78 その他の製造工業製品	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
79 再生資源回収・加工処理	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80 建築及び補修	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
81 公共事業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82 その他の土木建設	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83 電力	0.004	0.003	0.000	0.003	0.001	0.003	0.000	0.000
84 ガス・熱供給	0.003	0.003	0.000	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000
85 水道・廃棄物処理	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
86 商業	0.019	0.016	0.000	0.014	0.005	0.015	0.000	0.000
87 金融・保険	0.005	0.004	0.000	0.004	0.001	0.004	0.000	0.000
88 不動産	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
89 住宅賃貸料(帰属家賃)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90 運輸	0.019	0.017	0.000	0.015	0.005	0.015	0.000	0.000
91 通信	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
92 放送	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
93 情報サービス	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
94 インターネット附随サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
95 映像・文字情報制作	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
96 公務	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97 教育・研究	0.051	0.045	0.000	0.039	0.015	0.040	0.000	0.000
98 医療・保健・社会保障・介護	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
99 広告	0.006	0.005	0.000	0.005	0.002	0.005	0.000	0.000
100 物品賃貸サービス	0.004	0.004	0.000	0.003	0.001	0.003	0.000	0.000
101 その他の対事業所サービス	0.022	0.020	0.000	0.017	0.006	0.017	0.000	0.000
102 対個人サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
103 その他	0.002	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000

Table A-5 2010年のバスの投入係数(1/2)

2010	66 バス(GV)	67 バス(DV)	68 バス(CDV)	69 バス(NGV)	70 バス(EV)	71 バス(HEV)	72 バス(PHEV)	73 バス(FCV)
01 農林水産業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02 金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03 非金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04 石炭・原油・天然ガス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
05 食料品・たばこ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06 飲料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
07 繊維工業製品	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
08 衣服・その他の繊維既製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09 製材・木製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10 家具・装備品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11 パルプ・紙・板紙・加工紙	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12 紙加工品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13 印刷・製版・製本	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
14 化学肥料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15 無機化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16 石油化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17 有機化学工業製品(除石油化学基礎製品)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18 合成樹脂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19 化学繊維	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20 化学最終製品(除医薬品)	0.005	0.004	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000
21 医薬品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22 石油製品	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
23 石炭製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 プラスチック製品	0.011	0.010	0.000	0.009	0.000	0.008	0.000	0.000
25 ゴム製品	0.032	0.028	0.000	0.025	0.000	0.022	0.000	0.000
26 ガラス・ガラス製品	0.013	0.012	0.000	0.010	0.000	0.009	0.000	0.000
27 セメント・セメント製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28 陶磁器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29 その他の窯業・土石製品	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
30 鉄鉄・粗鋼	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31 鋼材	0.010	0.009	0.000	0.008	0.000	0.007	0.000	0.000
32 鋳造品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33 その他の鉄鋼製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34 非鉄金属製錬・精製	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35 非鉄金属加工製品	0.004	0.003	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000
36 建設・建築用金属製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37 その他の金属製品	0.004	0.004	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000
38 一般産業機械	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
39 特殊産業機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40 その他の一般機械器具及び部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41 事務用・サービス用機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42 産業用電気機器	0.012	0.005	0.000	0.009	0.000	0.089	0.000	0.000
43 電子応用装置・電気計測器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44 その他の電気機器	0.010	0.008	0.000	0.007	0.000	0.185	0.000	0.000
45 民生用電気機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46 通信機械・同関連機器	0.021	0.018	0.000	0.016	0.000	0.014	0.000	0.000
47 電子計算機・同付属装置	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48 半導体素子・集積回路	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49 その他の電子部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50 乗用車(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51 乗用車(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52 乗用車(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table A-6 2010年のバスの投入係数(2/2)

2010	66 バス(GV)	67 バス(DV)	68 バス(CDV)	69 バス(NGV)	70 バス(EV)	71 バス(HEV)	72 バス(PHEV)	73 バス(FCV)
53 乗用車(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54 乗用車(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55 乗用車(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56 乗用車(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57 乗用車(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
58 トラック(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
59 トラック(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60 トラック(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
61 トラック(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62 トラック(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63 トラック(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64 トラック(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
65 トラック(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
66 バス(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
67 バス(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68 バス(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
69 バス(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70 バス(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71 バス(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72 バス(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73 バス(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74 二輪自動車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75 自動車部品・同付属品	0.588	0.625	0.000	0.650	0.000	0.410	0.000	0.000
76 その他の輸送機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
77 精密機械	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
78 その他の製造工業製品	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
79 再生資源回収・加工処理	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80 建築及び補修	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
81 公共事業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82 その他の土木建設	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83 電力	0.004	0.003	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000
84 ガス・熱供給	0.003	0.003	0.000	0.002	0.000	0.002	0.000	0.000
85 水道・廃棄物処理	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
86 商業	0.019	0.016	0.000	0.014	0.000	0.013	0.000	0.000
87 金融・保険	0.005	0.004	0.000	0.004	0.000	0.003	0.000	0.000
88 不動産	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
89 住宅賃貸料(帰属家賃)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90 運輸	0.019	0.017	0.000	0.015	0.000	0.013	0.000	0.000
91 通信	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
92 放送	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
93 情報サービス	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
94 インターネット附随サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
95 映像・文字情報制作	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
96 公務	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97 教育・研究	0.051	0.045	0.000	0.039	0.000	0.036	0.000	0.000
98 医療・保健・社会保障・介護	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
99 広告	0.006	0.005	0.000	0.005	0.000	0.004	0.000	0.000
100 物品賃貸サービス	0.004	0.004	0.000	0.003	0.000	0.003	0.000	0.000
101 その他の対事業所サービス	0.022	0.020	0.000	0.017	0.000	0.015	0.000	0.000
102 対個人サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
103 その他	0.002	0.002	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000

2020年の投入係数

Table A-7 2020年の乗用車の投入係数(1/2)

2020	50 乗用車(GV)	51 乗用車(DV)	52 乗用車(CDV)	53 乗用車(NGV)	54 乗用車(EV)	55 乗用車(HEV)	56 乗用車(PHEV)	57 乗用車(FCV)
01 農林水産業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02 金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03 非金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04 石炭・原油・天然ガス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
05 食料品・たばこ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06 飲料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
07 繊維工業製品	0.003	0.003	0.003	0.000	0.002	0.003	0.003	0.002
08 衣服・その他の繊維既製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09 製材・木製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10 家具・装備品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11 パルプ・紙・板紙・加工紙	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12 紙加工品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13 印刷・製版・製本	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
14 化学肥料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15 無機化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16 石油化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17 有機化学工業製品(除石油化学基礎製品)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18 合成樹脂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19 化学繊維	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20 化学最終製品(除医薬品)	0.004	0.004	0.029	0.000	0.003	0.004	0.004	0.002
21 医薬品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22 石油製品	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
23 石炭製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 プラスチック製品	0.027	0.024	0.023	0.000	0.018	0.024	0.023	0.015
25 ゴム製品	0.012	0.010	0.010	0.000	0.008	0.011	0.010	0.006
26 ガラス・ガラス製品	0.017	0.015	0.015	0.000	0.012	0.016	0.015	0.009
27 セメント・セメント製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28 陶磁器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29 その他の窯業・土石製品	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
30 鉄鉄・粗鋼	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31 鋼材	0.010	0.009	0.008	0.000	0.007	0.009	0.008	0.005
32 鋳造品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33 その他の鉄鋼製品	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
34 非鉄金属製錬・精製	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35 非鉄金属加工製品	0.004	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003	0.003	0.002
36 建設・建築用金属製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37 その他の金属製品	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
38 一般産業機械	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
39 特殊産業機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40 その他の一般機械器具及び部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41 事務用・サービス用機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42 産業用電気機器	0.013	0.006	0.006	0.000	0.002	0.077	0.071	0.021
43 電子応用装置・電気計測器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44 その他の電気機器	0.004	0.003	0.003	0.000	0.391	0.032	0.090	0.253
45 民生用電気機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46 通信機械・同関連機器	0.015	0.013	0.013	0.000	0.010	0.014	0.013	0.008
47 電子計算機・同付属装置	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48 半導体素子・集積回路	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49 その他の電子部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50 乗用車(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51 乗用車(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52 乗用車(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table A-8 2020年の乗用車の投入係数(2/2)

2020	50 乗用車(GV)	51 乗用車(DV)	52 乗用車(CDV)	53 乗用車(NGV)	54 乗用車(EV)	55 乗用車(HEV)	56 乗用車(PHEV)	57 乗用車(FCV)
53 乗用車(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54 乗用車(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55 乗用車(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56 乗用車(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57 乗用車(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
58 トラック(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
59 トラック(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60 トラック(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
61 トラック(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62 トラック(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63 トラック(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64 トラック(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
65 トラック(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
66 バス(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
67 バス(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68 バス(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
69 バス(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70 バス(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71 バス(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72 バス(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73 バス(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74 二輪自動車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75 自動車部品・同付属品	0.613	0.648	0.636	0.000	0.315	0.547	0.509	0.467
76 その他の輸送機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
77 精密機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
78 その他の製造工業製品	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
79 再生資源回収・加工処理	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80 建築及び補修	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000
81 公共事業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82 その他の土木建設	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83 電力	0.005	0.004	0.004	0.000	0.003	0.004	0.004	0.003
84 ガス・熱供給	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
85 水道・廃棄物処理	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
86 商業	0.015	0.014	0.013	0.000	0.011	0.014	0.013	0.008
87 金融・保険	0.006	0.006	0.005	0.000	0.004	0.006	0.005	0.003
88 不動産	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
89 住宅賃貸料(帰属家賃)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90 運輸	0.020	0.017	0.016	0.000	0.013	0.017	0.016	0.011
91 通信	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
92 放送	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
93 情報サービス	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
94 インターネット附随サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
95 映像・文字情報制作	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000
96 公務	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97 教育・研究	0.046	0.041	0.038	0.000	0.031	0.041	0.038	0.025
98 医療・保健・社会保障・介護	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
99 広告	0.013	0.011	0.011	0.000	0.009	0.012	0.011	0.007
100 物品賃貸サービス	0.005	0.004	0.004	0.000	0.003	0.004	0.004	0.002
101 その他の対事業所サービス	0.021	0.019	0.018	0.000	0.014	0.019	0.018	0.011
102 対個人サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
103 その他	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table A-9 2020年のトラックの投入係数(1/2)

2020	58 トラック(GV)	59 トラック(DV)	60 トラック(CDV)	61 トラック(NGV)	62 トラック(EV)	63 トラック(HEV)	64 トラック(PHEV)	65 トラック(FCV)
01 農林水産業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02 金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03 非金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04 石炭・原油・天然ガス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
05 食料品・たばこ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06 飲料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
07 繊維工業製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
08 衣服・その他の繊維既製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09 製材・木製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10 家具・装備品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11 パルプ・紙・板紙・加工紙	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12 紙加工品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13 印刷・製版・製本	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
14 化学肥料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15 無機化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16 石油化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17 有機化学工業製品(除石油化学基礎製品)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18 合成樹脂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19 化学繊維	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20 化学最終製品(除医薬品)	0.005	0.004	0.029	0.003	0.003	0.004	0.000	0.000
21 医薬品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22 石油製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
23 石炭製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 プラスチック製品	0.011	0.010	0.009	0.009	0.006	0.010	0.000	0.000
25 ゴム製品	0.032	0.028	0.027	0.025	0.018	0.028	0.000	0.000
26 ガラス・ガラス製品	0.013	0.012	0.011	0.010	0.007	0.012	0.000	0.000
27 セメント・セメント製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28 陶磁器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29 その他の窯業・土石製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
30 鉄鉄・粗鋼	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31 鋼材	0.010	0.009	0.009	0.008	0.006	0.009	0.000	0.000
32 鋳造品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33 その他の鉄鋼製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34 非鉄金属製錬・精製	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35 非鉄金属加工製品	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.000	0.000
36 建設・建築用金属製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37 その他の金属製品	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002	0.004	0.000	0.000
38 一般産業機械	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
39 特殊産業機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40 その他の一般機械器具及び部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41 事務用・サービス用機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42 産業用電気機器	0.012	0.005	0.005	0.009	0.001	0.074	0.000	0.000
43 電子応用装置・電気計測器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44 その他の電気機器	0.010	0.008	0.008	0.007	0.472	0.050	0.000	0.000
45 民生用電気機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46 通信機械・同関連機器	0.021	0.018	0.017	0.016	0.012	0.018	0.000	0.000
47 電子計算機・同付属装置	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48 半導体素子・集積回路	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49 その他の電子部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50 乗用車(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51 乗用車(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52 乗用車(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table A-10 2020年のトラックの投入係数(2/2)

2020	58 トラック(GV)	59 トラック(DV)	60 トラック(CDV)	61 トラック(NGV)	62 トラック(EV)	63 トラック(HEV)	64 トラック(PHEV)	65 トラック(FCV)
53 乗用車(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54 乗用車(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55 乗用車(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56 乗用車(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57 乗用車(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
58 トラック(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
59 トラック(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60 トラック(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
61 トラック(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62 トラック(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63 トラック(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64 トラック(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
65 トラック(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
66 バス(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
67 バス(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68 バス(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
69 バス(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70 バス(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71 バス(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72 バス(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73 バス(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74 二輪自動車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75 自動車部品・同付属品	0.588	0.625	0.613	0.650	0.246	0.516	0.000	0.000
76 その他の輸送機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
77 精密機械	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
78 その他の製造工業製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
79 再生資源回収・加工処理	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80 建築及び補修	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
81 公共事業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82 その他の土木建設	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83 電力	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.000	0.000
84 ガス・熱供給	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.000	0.000
85 水道・廃棄物処理	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
86 商業	0.019	0.016	0.016	0.014	0.010	0.016	0.000	0.000
87 金融・保険	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.000	0.000
88 不動産	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
89 住宅賃貸料(帰属家賃)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90 運輸	0.019	0.017	0.016	0.015	0.011	0.017	0.000	0.000
91 通信	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
92 放送	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
93 情報サービス	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
94 インターネット附随サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
95 映像・文字情報制作	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
96 公務	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97 教育・研究	0.051	0.045	0.043	0.039	0.029	0.045	0.000	0.000
98 医療・保健・社会保障・介護	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
99 広告	0.006	0.005	0.005	0.005	0.003	0.005	0.000	0.000
100 物品賃貸サービス	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002	0.004	0.000	0.000
101 その他の対事業所サービス	0.022	0.020	0.018	0.017	0.012	0.019	0.000	0.000
102 対個人サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
103 その他	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000

Table A-11 2020年のバスの投入係数(1/2)

2020	66 バス(GV)	67 バス(DV)	68 バス(CDV)	69 バス(NGV)	70 バス(EV)	71 バス(HEV)	72 バス(PHEV)	73 バス(FCV)
01 農林水産業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02 金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03 非金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04 石炭・原油・天然ガス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
05 食料品・たばこ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06 飲料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
07 繊維工業製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
08 衣服・その他の繊維既製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09 製材・木製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10 家具・装備品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11 パルプ・紙・板紙・加工紙	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12 紙加工品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13 印刷・製版・製本	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
14 化学肥料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15 無機化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16 石油化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17 有機化学工業製品(除石油化学基礎製品)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18 合成樹脂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19 化学繊維	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20 化学最終製品(除医薬品)	0.005	0.004	0.029	0.003	0.002	0.004	0.000	0.000
21 医薬品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22 石油製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
23 石炭製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 プラスチック製品	0.011	0.010	0.009	0.009	0.004	0.010	0.000	0.000
25 ゴム製品	0.032	0.028	0.027	0.025	0.012	0.027	0.000	0.000
26 ガラス・ガラス製品	0.013	0.012	0.011	0.010	0.005	0.011	0.000	0.000
27 セメント・セメント製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28 陶磁器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29 その他の窯業・土石製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
30 鉄鉄・粗鋼	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31 鋼材	0.010	0.009	0.009	0.008	0.004	0.009	0.000	0.000
32 鋳造品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33 その他の鉄鋼製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34 非鉄金属製錬・精製	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35 非鉄金属加工製品	0.004	0.003	0.003	0.003	0.001	0.003	0.000	0.000
36 建設・建築用金属製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37 その他の金属製品	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002	0.004	0.000	0.000
38 一般産業機械	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
39 特殊産業機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40 その他の一般機械器具及び部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41 事務用・サービス用機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42 産業用電気機器	0.012	0.005	0.005	0.009	0.000	0.070	0.000	0.000
43 電子応用装置・電気計測器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44 その他の電気機器	0.010	0.008	0.008	0.007	0.607	0.086	0.000	0.000
45 民生用電気機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46 通信機械・同関連機器	0.021	0.018	0.017	0.016	0.008	0.017	0.000	0.000
47 電子計算機・同付属装置	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48 半導体素子・集積回路	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49 その他の電子部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50 乗用車(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51 乗用車(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52 乗用車(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table A-12 2020年のバスの投入係数(2/2)

2020	66 バス(GV)	67 バス(DV)	68 バス(CDV)	69 バス(NGV)	70 バス(EV)	71 バス(HEV)	72 バス(PHEV)	73 バス(FCV)
53 乗用車(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54 乗用車(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55 乗用車(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56 乗用車(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57 乗用車(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
58 トラック(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
59 トラック(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60 トラック(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
61 トラック(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62 トラック(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63 トラック(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64 トラック(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
65 トラック(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
66 バス(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
67 バス(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68 バス(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
69 バス(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70 バス(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71 バス(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72 バス(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73 バス(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74 二輪自動車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75 自動車部品・同付属品	0.588	0.625	0.613	0.650	0.160	0.493	0.000	0.000
76 その他の輸送機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
77 精密機械	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
78 その他の製造工業製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
79 再生資源回収・加工処理	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80 建築及び補修	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
81 公共事業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82 その他の土木建設	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83 電力	0.004	0.003	0.003	0.003	0.001	0.003	0.000	0.000
84 ガス・熱供給	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.003	0.000	0.000
85 水道・廃棄物処理	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
86 商業	0.019	0.016	0.016	0.014	0.007	0.016	0.000	0.000
87 金融・保険	0.005	0.004	0.004	0.004	0.002	0.004	0.000	0.000
88 不動産	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
89 住宅賃貸料(帰属家賃)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90 運輸	0.019	0.017	0.016	0.015	0.007	0.016	0.000	0.000
91 通信	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
92 放送	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
93 情報サービス	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
94 インターネット附随サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
95 映像・文字情報制作	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
96 公務	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97 教育・研究	0.051	0.045	0.043	0.039	0.019	0.043	0.000	0.000
98 医療・保健・社会保障・介護	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
99 広告	0.006	0.005	0.005	0.005	0.002	0.005	0.000	0.000
100 物品賃貸サービス	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002	0.004	0.000	0.000
101 その他の対事業所サービス	0.022	0.020	0.018	0.017	0.008	0.019	0.000	0.000
102 対個人サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
103 その他	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000

2030年の投入係数

Table A-13 2030年の乗用車の投入係数(1/2)

2030	50 乗用車(GV)	51 乗用車(DV)	52 乗用車(CDV)	53 乗用車(NGV)	54 乗用車(EV)	55 乗用車(HEV)	56 乗用車(PHEV)	57 乗用車(FCV)
01 農林水産業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02 金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03 非金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04 石炭・原油・天然ガス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
05 食料品・たばこ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06 飲料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
07 繊維工業製品	0.003	0.003	0.003	0.000	0.003	0.003	0.003	0.003
08 衣服・その他の繊維既製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09 製材・木製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10 家具・装備品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11 パルプ・紙・板紙・加工紙	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12 紙加工品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13 印刷・製版・製本	0.002	0.001	0.001	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001
14 化学肥料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15 無機化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16 石油化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17 有機化学工業製品(除石油化学基礎製品)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18 合成樹脂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19 化学繊維	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20 化学最終製品(除医薬品)	0.004	0.004	0.029	0.000	0.004	0.004	0.004	0.004
21 医薬品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22 石油製品	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
23 石炭製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 プラスチック製品	0.027	0.024	0.023	0.000	0.025	0.026	0.025	0.023
25 ゴム製品	0.012	0.010	0.010	0.000	0.011	0.011	0.011	0.010
26 ガラス・ガラス製品	0.017	0.015	0.015	0.000	0.016	0.017	0.016	0.015
27 セメント・セメント製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28 陶磁器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29 その他の窯業・土石製品	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
30 鉄鉄・粗鋼	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31 鋼材	0.010	0.009	0.008	0.000	0.009	0.009	0.009	0.008
32 鋳造品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33 その他の鉄鋼製品	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
34 非鉄金属製錬・精製	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35 非鉄金属加工製品	0.004	0.003	0.003	0.000	0.004	0.004	0.004	0.003
36 建設・建築用金属製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37 その他の金属製品	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
38 一般産業機械	0.002	0.001	0.001	0.000	0.002	0.002	0.002	0.001
39 特殊産業機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40 その他の一般機械器具及び部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41 事務用・サービス用機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42 産業用電気機器	0.013	0.006	0.006	0.000	-0.014	0.048	0.047	0.003
43 電子応用装置・電気計測器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44 その他の電気機器	0.004	0.003	0.003	0.000	0.230	0.016	0.044	0.223
45 民生用電気機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46 通信機械・同関連機器	0.015	0.013	0.013	0.000	0.014	0.014	0.014	0.013
47 電子計算機・同付属装置	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48 半導体素子・集積回路	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49 その他の電子部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50 乗用車(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51 乗用車(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52 乗用車(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table A-14 2030年の乗用車の投入係数(2/2)

2030	50 乗用車(GV)	51 乗用車(DV)	52 乗用車(CDV)	53 乗用車(NGV)	54 乗用車(EV)	55 乗用車(HEV)	56 乗用車(PHEV)	57 乗用車(FCV)
53 乗用車(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54 乗用車(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55 乗用車(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56 乗用車(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57 乗用車(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
58 トラック(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
59 トラック(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60 トラック(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
61 トラック(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62 トラック(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63 トラック(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64 トラック(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
65 トラック(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
66 バス(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
67 バス(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68 バス(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
69 バス(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70 バス(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71 バス(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72 バス(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73 バス(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74 二輪自動車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75 自動車部品・同付属品	0.613	0.648	0.636	0.000	0.430	0.578	0.560	0.442
76 その他の輸送機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
77 精密機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
78 その他の製造工業製品	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
79 再生資源回収・加工処理	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80 建築及び補修	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
81 公共事業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82 その他の土木建設	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83 電力	0.005	0.004	0.004	0.000	0.004	0.005	0.004	0.004
84 ガス・熱供給	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
85 水道・廃棄物処理	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
86 商業	0.015	0.014	0.013	0.000	0.014	0.015	0.014	0.013
87 金融・保険	0.006	0.006	0.005	0.000	0.006	0.006	0.006	0.005
88 不動産	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
89 住宅賃貸料(帰属家賃)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90 運輸	0.020	0.017	0.016	0.000	0.018	0.018	0.018	0.016
91 通信	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
92 放送	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
93 情報サービス	0.002	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
94 インターネット附随サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
95 映像・文字情報制作	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
96 公務	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97 教育・研究	0.046	0.041	0.038	0.000	0.043	0.043	0.042	0.038
98 医療・保健・社会保障・介護	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
99 広告	0.013	0.011	0.011	0.000	0.012	0.012	0.012	0.011
100 物品賃貸サービス	0.005	0.004	0.004	0.000	0.004	0.004	0.004	0.004
101 その他の対事業所サービス	0.021	0.019	0.018	0.000	0.020	0.020	0.019	0.018
102 対個人サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
103 その他	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table A-15 2030年のトラックの投入係数(1/2)

2030	58 トラック(GV)	59 トラック(DV)	60 トラック(CDV)	61 トラック(NGV)	62 トラック(EV)	63 トラック(HEV)	64 トラック(PHEV)	65 トラック(FCV)
01 農林水産業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02 金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03 非金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04 石炭・原油・天然ガス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
05 食料品・たばこ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06 飲料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
07 繊維工業製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
08 衣服・その他の繊維既製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09 製材・木製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10 家具・装備品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11 パルプ・紙・板紙・加工紙	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12 紙加工品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13 印刷・製版・製本	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
14 化学肥料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15 無機化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16 石油化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17 有機化学工業製品(除石油化学基礎製品)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18 合成樹脂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19 化学繊維	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20 化学最終製品(除医薬品)	0.005	0.004	0.029	0.003	0.004	0.004	0.000	0.003
21 医薬品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22 石油製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
23 石炭製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 プラスチック製品	0.011	0.010	0.009	0.009	0.009	0.011	0.000	0.008
25 ゴム製品	0.032	0.028	0.027	0.025	0.027	0.030	0.000	0.023
26 ガラス・ガラス製品	0.013	0.012	0.011	0.010	0.011	0.012	0.000	0.010
27 セメント・セメント製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28 陶磁器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29 その他の窯業・土石製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
30 鉄鉄・粗鋼	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31 鋼材	0.010	0.009	0.009	0.008	0.009	0.010	0.000	0.007
32 鋳造品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33 その他の鉄鋼製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34 非鉄金属製錬・精製	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35 非鉄金属加工製品	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.000	0.003
36 建設・建築用金属製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37 その他の金属製品	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.000	0.003
38 一般産業機械	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
39 特殊産業機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40 その他の一般機械器具及び部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41 事務用・サービス用機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42 産業用電気機器	0.012	0.005	0.005	0.009	-0.014	0.046	0.000	0.002
43 電子応用装置・電気計測器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44 その他の電気機器	0.010	0.008	0.008	0.007	0.303	0.028	0.000	0.286
45 民生用電気機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46 通信機械・同関連機器	0.021	0.018	0.017	0.016	0.017	0.019	0.000	0.015
47 電子計算機・同付属装置	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48 半導体素子・集積回路	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49 その他の電子部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50 乗用車(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51 乗用車(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52 乗用車(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table A-16 2030年のトラックの投入係数(2/2)

2030	58 トラック(GV)	59 トラック(DV)	60 トラック(CDV)	61 トラック(NGV)	62 トラック(EV)	63 トラック(HEV)	64 トラック(PHEV)	65 トラック(FCV)
53 乗用車(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54 乗用車(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55 乗用車(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56 乗用車(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57 乗用車(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
58 トラック(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
59 トラック(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60 トラック(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
61 トラック(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62 トラック(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63 トラック(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64 トラック(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
65 トラック(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
66 バス(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
67 バス(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68 バス(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
69 バス(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70 バス(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71 バス(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72 バス(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73 バス(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74 二輪自動車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75 自動車部品・同付属品	0.588	0.625	0.613	0.650	0.363	0.551	0.000	0.389
76 その他の輸送機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
77 精密機械	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
78 その他の製造工業製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
79 再生資源回収・加工処理	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80 建築及び補修	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
81 公共事業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82 その他の土木建設	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83 電力	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.000	0.003
84 ガス・熱供給	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.000	0.002
85 水道・廃棄物処理	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
86 商業	0.019	0.016	0.016	0.014	0.015	0.018	0.000	0.014
87 金融・保険	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.000	0.004
88 不動産	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
89 住宅賃貸料(帰属家賃)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90 運輸	0.019	0.017	0.016	0.015	0.016	0.018	0.000	0.014
91 通信	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
92 放送	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
93 情報サービス	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
94 インターネット附随サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
95 映像・文字情報制作	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
96 公務	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97 教育・研究	0.051	0.045	0.043	0.039	0.042	0.048	0.000	0.037
98 医療・保健・社会保障・介護	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
99 広告	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.000	0.004
100 物品賃貸サービス	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.004	0.000	0.003
101 その他の対事業所サービス	0.022	0.020	0.018	0.017	0.018	0.021	0.000	0.016
102 対個人サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
103 その他	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001

Table A-17 2030年のバスの投入係数(1/2)

2030	66 バス(GV)	67 バス(DV)	68 バス(CDV)	69 バス(NGV)	70 バス(EV)	71 バス(HEV)	72 バス(PHEV)	73 バス(FCV)
01 農林水産業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02 金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
03 非金属鉱物	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04 石炭・原油・天然ガス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
05 食料品・たばこ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06 飲料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
07 繊維工業製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
08 衣服・その他の繊維既製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
09 製材・木製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10 家具・装備品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11 パルプ・紙・板紙・加工紙	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12 紙加工品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13 印刷・製版・製本	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
14 化学肥料	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15 無機化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16 石油化学基礎製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17 有機化学工業製品(除石油化学基礎製品)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18 合成樹脂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19 化学繊維	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20 化学最終製品(除医薬品)	0.005	0.004	0.029	0.003	0.003	0.004	0.000	0.002
21 医薬品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22 石油製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
23 石炭製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 プラスチック製品	0.011	0.010	0.009	0.009	0.007	0.010	0.000	0.006
25 ゴム製品	0.032	0.028	0.027	0.025	0.020	0.029	0.000	0.017
26 ガラス・ガラス製品	0.013	0.012	0.011	0.010	0.008	0.012	0.000	0.007
27 セメント・セメント製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28 陶磁器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29 その他の窯業・土石製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
30 鉄鉄・粗鋼	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31 鋼材	0.010	0.009	0.009	0.008	0.006	0.009	0.000	0.005
32 鋳造品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33 その他の鉄鋼製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34 非鉄金属製錬・精製	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35 非鉄金属加工製品	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.000	0.002
36 建設・建築用金属製品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37 その他の金属製品	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.000	0.002
38 一般産業機械	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
39 特殊産業機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40 その他の一般機械器具及び部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41 事務用・サービス用機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42 産業用電気機器	0.012	0.005	0.005	0.009	-0.010	0.045	0.000	0.001
43 電子応用装置・電気計測器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44 その他の電気機器	0.010	0.008	0.008	0.007	0.443	0.045	0.000	0.401
45 民生用電気機器	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46 通信機械・同関連機器	0.021	0.018	0.017	0.016	0.013	0.019	0.000	0.011
47 電子計算機・同付属装置	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48 半導体素子・集積回路	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49 その他の電子部品	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50 乗用車(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51 乗用車(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52 乗用車(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table A-18 2030年のバスの投入係数(2/2)

2030	66 バス(GV)	67 バス(DV)	68 バス(CDV)	69 バス(NGV)	70 バス(EV)	71 バス(HEV)	72 バス(PHEV)	73 バス(FCV)
53 乗用車(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54 乗用車(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55 乗用車(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56 乗用車(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57 乗用車(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
58 トラック(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
59 トラック(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60 トラック(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
61 トラック(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62 トラック(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63 トラック(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64 トラック(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
65 トラック(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
66 バス(GV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
67 バス(DV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68 バス(CDV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
69 バス(NGV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70 バス(EV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71 バス(HEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72 バス(PHEV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73 バス(FCV)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74 二輪自動車	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75 自動車部品・同付属品	0.588	0.625	0.613	0.650	0.271	0.539	0.000	0.326
76 その他の輸送機械	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
77 精密機械	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
78 その他の製造工業製品	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
79 再生資源回収・加工処理	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80 建築及び補修	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
81 公共事業	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82 その他の土木建設	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83 電力	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.000	0.002
84 ガス・熱供給	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.000	0.002
85 水道・廃棄物処理	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
86 商業	0.019	0.016	0.016	0.014	0.012	0.017	0.000	0.010
87 金融・保険	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.000	0.003
88 不動産	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
89 住宅賃貸料(帰属家賃)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90 運輸	0.019	0.017	0.016	0.015	0.012	0.018	0.000	0.010
91 通信	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
92 放送	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
93 情報サービス	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
94 インターネット附随サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
95 映像・文字情報制作	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001
96 公務	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
97 教育・研究	0.051	0.045	0.043	0.039	0.032	0.047	0.000	0.027
98 医療・保健・社会保障・介護	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
99 広告	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.006	0.000	0.003
100 物品賃貸サービス	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.000	0.002
101 その他の対事業所サービス	0.022	0.020	0.018	0.017	0.014	0.020	0.000	0.012
102 対個人サービス	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
103 その他	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.000	0.001