

都市交通システムのカーボンニュートラルに向けた プライシングに関する研究

都市交通システムのカーボンニュートラルに向けた
プライシングに関する研究プロジェクト

2025年8月

公益社団法人日本交通政策研究会

1. “日交研シリーズ”は、公益社団法人 日本交通政策研究会の実施するプロジェクトの研究
成果、本研究会の行う講演、座談会の記録、交通問題に関する内外文献の紹介、等々を印刷
に付して順次刊行するものである。
2. シリーズは A より E に至る 5 つの系列に分かれる。
シリーズ A は、本研究会のプロジェクトの成果である書き下ろし論文を収める。
シリーズ B は、シリーズ A に対比して、より時論的、啓蒙的な視点に立つものであり、折
にふれ、重要な問題を積極的にとりあげ、講演、座談会、討論会、その他の方法によってと
りまとめたものを収める。
シリーズ C は、交通問題に関する内外の資料、文献の翻訳、紹介を内容とする。
シリーズ D は、本研究会会員が他の雑誌等に公けにした論文にして、本研究会の研究調査
活動との関連において復刻の価値ありと認められるもののリプリントシリーズである。
シリーズ E は、本研究会が発表する政策上の諸提言を内容とする。
3. 論文等の内容についての責任はそれぞれの著者に存し、本研究会は責任を負わない。
4. 令和 2 年度以前のシリーズは印刷及び送料実費をもって希望の向きに頒布するものとする。

公益社団法人日本交通政策研究会

代表理事 山 内 弘 隆
同 原 田 昇

令和 2 年度以前のシリーズの入手をご希望の向きは系列番
号を明記の上、下記へお申し込み下さい。

〒102-0073 東京都千代田区九段北 1-12-6

守住ビル 4 階

公益社団法人日本交通政策研究会

電話 (03) 3263-1945 (代表)

Fax (03) 3234-4593

E-Mail:office@nikkoken.or.jp

日交研シリーズ A-924

令和6年度自主研究プロジェクト

「都市交通システムのカーボンニュートラルに向けたプライシングに関する研究」

刊行：2025年8月

都市交通システムのカーボンニュートラルに向けたプライシングに関する研究

Pricing for Carbon Neutral of Urban Transport Systems

主査：井ノ口 弘昭（関西大学 教授）

Hiroaki INOKUCHI

武藤 慎一（山梨大学 教授）

Shinichi MUTO

要 旨

脱炭素社会の構築を目指して、カーボンプライシング・排出権取引などの議論が行われている。これらは、炭素排出に対する価格付けであるが、本研究ではより広く捉え、自動車交通・公共交通の各種料金政策とカーボンニュートラルについて検討した。

1章では、超高齢社会の進展、生活様式変化、自動車交通の電動化を背景に、カーボンプライシング政策の整合性を定量的に分析した。これにより、脱炭素化政策の相互関係と有効性を整理し、コロナ前後の市民意識に基づいてカーボンニュートラルの方向性を明確化した。

2章では、実データを用いてBEVとガソリン車の購入・維持費用・税金等を整理し、複数パターンでCO₂排出量を含めて比較・検討した。BEVを普及させるための税金・補助金政策の方向性を明確化するとともに、CO₂削減量を算定した。

3章では、地方都市を対象として地区別潜在需要を特定し、公共交通サービスとカーボンプライシングの組み合わせ効果を推計した。自動車依存度が高い地方都市においても、カーボンプライシングによりEV普及促進だけでなく、交通サービスの利用促進効果が確認できた。

4章では、日本における欧州型の運賃政策の導入可能性についてアンケート調査を実施した。海外で普及している時間帯別運賃・運賃統合の、日本における導入可能性に関する調査結果から、社会的受容性があり、公共交通の利用促進に一定の効果が期待できることが判明した。

5章では、2050年の脱炭素社会実現に向けて、炭素税により達成するケースと、炭素税収の一部を水素エネルギーの普及支援に回したケースとの比較検討を行った。これにより、2050年の脱炭素社会実現に向けた具体的政策の効果と影響を明らかにすることができた。

キーワード：カーボンプライシング、電気自動車、運賃政策、空間的応用一般均衡モデル

Keywords: Carbon Pricing, Electric Vehicle, Pricing Policy, SCGE Model

目 次

1 章	カーボンニュートラルに向けた課題整理	1
1.1	はじめに	1
1.2	超高齢社会と環境負荷	1
1.3	生活様式の変化と都市交通	4
1.4	自動車交通の電動化と都市交通	6
1.5	カーボンプライシングと都市交通	8
1.6	利用者意識からみたカーボンニュートラル政策	12
1.7	まとめ	18
2 章	日本における電気自動車普及政策の検討	21
2.1	はじめに	21
2.2	電気自動車等の普及の現状	21
2.3	ガソリン自動車と電気自動車の購入費用・維持費用	23
2.4	ガソリン自動車と電気自動車のコスト比較	28
2.5	ガソリン自動車と電気自動車の温室効果ガス排出量の比較	31
2.6	電気自動車に対するプライシング政策	36
2.7	まとめ	37
3 章	地方圏におけるカーボンプライシングと公共交通サービス	40
3.1	背景と目的	40
3.2	公共交通利用についての現況推計	41
3.3	公共交通サービスの潜在需要推計	49
3.4	徒歩圏外からのアクセス拠点の特定	53
3.5	カーボンプライシングと公共交通サービスの効果推計	57
3.6	まとめ	59
4 章	カーボンニュートラル政策としての運賃政策	61
4.1	はじめに	61
4.2	先行研究	61
4.3	アンケートの概要	63
4.4	アンケート結果	65
4.5	まとめ	76
5 章	地方主要鉄道駅からのアクセス交通におけるカーボンニュートラル	78
5.1	はじめに	78
5.2	カーボンニュートラルの実現に関わる既存政策	80
5.3	空間的応用一般均衡（SCGE）モデル	84
5.4	地球温暖化対策税増税政策および水素エネルギー普及促進政策の評価	91
5.5	おわりに	97

研究メンバーおよび執筆者（敬称略・順不同）

井ノ口弘昭（関西大学）：P L	2 章
武藤 慎一（山梨大学）：P L	5 章
秋山 孝正（セントラルコンサルタント）	1 章
宇都宮浄人（関西大学）	4 章
小川 圭一（立命館大学）	
奥嶋 政嗣（徳島大学）	3 章
岸野 啓一（流通科学大学）	
兒山 真也（兵庫県立大学）	
坂西 明子（立命館大学）	
三古 展弘（神戸大学）	
正司 健一（神戸大学名誉教授）	
鈴木 嵩児（中京大学）	
高橋 愛典（近畿大学）	
松澤 俊雄（大阪市立大学名誉教授）	
水谷 淳（神戸大学）	
山田 浩之（京都大学名誉教授）	
山田 正人（未来都市・モビリティ研究所）	

1 章 カーボンニュートラルに向けた課題整理

1.1 はじめに

わが国においては、超高齢社会の進展・生活様式変化・自動車交通の電動化などが、都市交通におけるカーボンニュートラルの背景となっており、具体的には、カーボンプライシングなどの政策的導入が課題となっている。特に、わが国の目標として「脱炭素社会の構築のために、2035 年までに、乗用車の新車販売は電動車（ハイブリッド車・電気自動車・プラグインハイブリッド車・燃料電池自動車）100%」を目指すとされている。しかしながら、この目標は容易に達成できるものではなく、多方面からの検討が必要である。なかでも本研究でとりあげる課題のうち、超高齢社会においては、わが国の高齢者人口（65 歳以上）が 2025 年には、約 30%、2035 年には約 33.4%と推計されることを念頭において、高齢者の生活スタイルに適合した都市交通の構成について具体的な考察を行う。また生活様式の変化に関しては、コロナ禍の影響により、定着が進展したテレワーク・オンラインサービスの普及・オンラインショッピングなどによる都市交通の移動量の減少あるいは物流交通の増加などが都市交通における輸送形態の変化を与える。また都市交通の面からカーボンニュートラルを検討する場合に、自動車の電動化すなわち EV（電気自動車）の普及が中心的な話題として挙げられる。

そこで、本研究では、これらの具体的な課題を取り上げ検討を行う。とくに現実的な脱炭素化政策における代表的な理論であるカーボンプライシングについて考察する。カーボンプライシングは、二酸化炭素（CO₂）などの温室効果ガスの排出に価格を設定する政策手法であり、脱炭素政策の基本的概念であり、本研究ではその概要を整理する。また超高齢社会の進展・生活様式変化・自動車交通の電動化（EV 普及のための基本的政策）の視点と具体的な脱炭素政策の関係性を考察する。また現実的な課金制度としてのカーボンプライシングの関係を明確化するものである。最終的には、これら近年の脱炭素化政策の相互関係の整理と有効性について、コロナ前後の変化を踏まえた定量的分析と市民意識を基本とした将来的なカーボンニュートラルに向けた都市交通政策の方向性を議論する。

1.2 超高齢社会と環境負荷

わが国のカーボンニュートラルを考えるうえで、特に検討が必要なことは、わが国は他国と異なり超高齢社会となっていることである。図 1.1 に、わが国の平均寿命・健康寿命の推移を示す。平均寿命・健康寿命ともに、新型コロナウイルスの影響で、2021 年～2022 年に一時的な寿命の減少がみられた。平均寿命は、2022 年（令和 4 年）には男性 81.05 年、女性 87.09 年となっており、また健康寿命は、男性：72.57 歳、女性：75.45 歳であった¹⁾。しかしながら、2023 年（令和 5 年）の平均寿命は、男性 81.09 年、女性 87.14 年となり、前年と比較して男性は 0.04 年、女性は 0.05 年延びた。

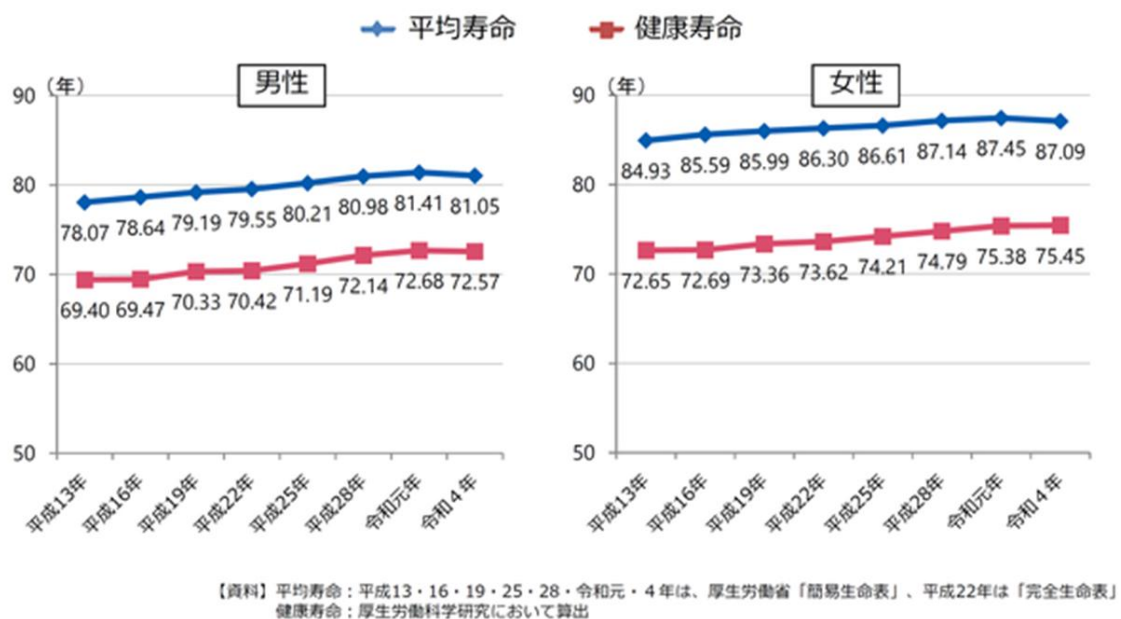
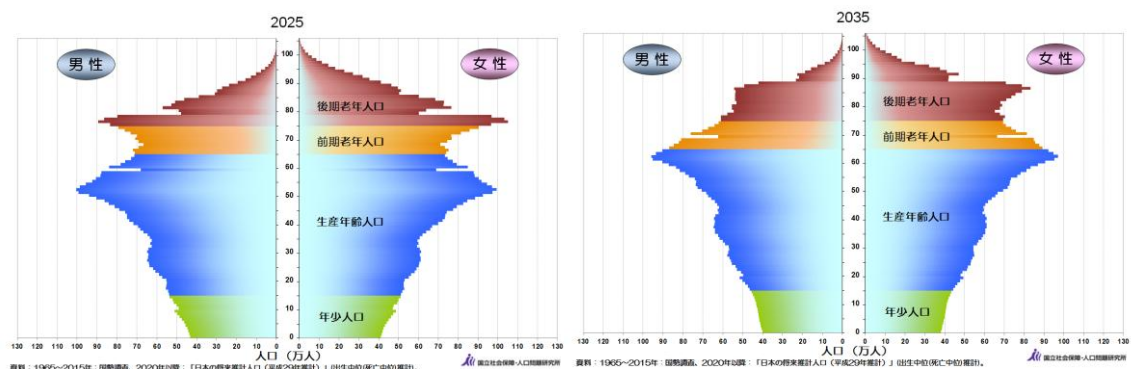


図 1.1 わが国の平均寿命・健康寿命の経年的推移

つぎに図 1.2 に 2025 年と 2035 年のわが国の人口ピラミッドを示す。わが国の今後 10 年間の高齢社会の推移を見ることで、高齢社会の進展がわかる²⁾。



人口ピラミッドは、かつては若年層が多く、人口構成がピラミッド型であったが、現在は高齢層が増加し「つぼ型」や「逆ピラミッド型」に変化している。さらに、2050年頃には高齢者比率が40%以上になるとされており、少子化と相まって労働人口の減少が進むとされる。

したがって社会的には、労働力不足、福祉・医療費の増加、移動ニーズの変化が課題となる。特に高齢者世帯の増加に伴うエネルギー消費の増加では、高齢者は自宅で過ごす時間が長くなる傾向があり、「家庭でのエネルギー消費」が増加する。すなわち、①暖房・冷房使用の増加：体温調節機能が低下しやすいため、空調設備の使用頻度が高い。②医療・介護機器の使用：家庭での医療機器（電動ベッド、酸素吸入器など）の普及が進み、電力需要が増加する。③省エネ対策の必要性：断熱性能の向上、スマート家電の普及、再生可能エネルギー導入による負荷軽減が必要となる。

つぎに超高齢社会における「都市交通問題」を検討する。通常高齢者は、公共交通機関の利用が困難になると、自家用車やタクシーを使う頻度が増加することになる。この結果、EV等の普及が十分でない場合には、ガソリン車の利用が増加することから、都市交通全体のCO₂排出量（カーボンフットプリント）は増加することになる。また、地方都市などにおいて、免許返納後の代替交通手段が少ない地域においては、高齢化しても車依存型の生活様式が継続する可能性が高い。また高齢の運転者による交通事故・道路逆走などの問題がすでに顕著となっており、早急な交通安全対策が望まれる。

一方で、公共交通機関に対する影響を考えると、将来的に高齢者の利用が減少することから、公共交通機関の運行本数や運行規模が縮小される可能性がある。このようなサービス水準の低下から、バス・鉄道の乗車率がさらに低下する。この結果、相対的に公共交通機関の運行コストが上昇するため、これらの公共交通機関の持続可能性が問題となる。さらに、公共交通機関自体の低炭素化を図るためには、CO₂排出量の少ない交通手段（たとえば、EVバス・鉄道）の利用を促進する必要がある。このとき、カーボンプライスの収益を公共交通に再分配することで、一層のCO₂削減が期待できる。また都市交通全般に対しては、自動運転車・EVタクシー・カーシェアリングの導入が進むと、個別移動の環境負荷が軽減されることになる。

つぎに「超高齢社会におけるカーボンニュートラルを目指した都市政策」について整理する。超高齢社会においては、環境負荷を軽減する都市政策が求められる。すなわち、歩行者中心の都市計画を進めることで高齢者の移動負担を軽減しながらCO₂削減を図るウォークアブルな都市設計が必要となる。また、自動運転車・EVタクシー・カーシェアリングの導入が進むと、個別移動の環境負荷が軽減するとともに、ウォークアブルな都市設計により、徒歩や電動アシスト自転車の利用が増加することから、都市交通に由来するカーボンフットプリントを抑制できることになる。さらに、高齢者のためのバリアフリーの公共交通機関を充実する

ことにより、自家用車依存を減少させることができる。この場合にも、カーボンプライス収益で初期投資やインフラ整備を支援することで、持続可能性が向上することになる。

1.3 生活様式の変化と都市交通

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の影響により、私たちの生活様式は多方面にわたり大きく変化した。近年の生活様式の変化は、都市交通政策の構造そのものに大きな影響を与えており、特にカーボンニュートラルの視点からは、移動のニーズ・方法・価値観において重要な転換が進んでいる。以下に、主な生活様式の変化とそれが都市交通政策に及ぼす影響を整理する。

（１）コロナ後の生活様式変化の概要

新型コロナウイルス感染症による生活様式の変化は、大別すれば、①「移動しない自由」が生成されたことによる都市計画・交通政策の変化、②「生活圏の再設計」が求められ、公共交通や地域サービスが再評価された、③「環境と健康」への意識が高まり、気候変動政策とも親和性を持つようになったということである。

具体的には、労働面では感染リスクを避けるための在宅勤務要請から、リモートワークの普及、通勤の減少、フレックス勤務の拡大、教育面では、学校閉鎖・対面授業制限などからオンライン授業の導入、家庭学習環境の整備が行われた。また消費活動面では、外出自粛、密集回避から、ネット通販の急拡大、キャッシュレス決済の普及、人びとが自宅中心の生活へのシフトしたことから、巣ごもり消費、DIY・家庭菜園・自炊の増加、都市→郊外移住の志向などが観測された。さらに、対面接触の回避から、オンライン会議・飲み会・家族間のビデオ通話の定着などが挙げられる。また、都市交通面では不要不急の外出自粛、満員電車のリスクなどから、自家用車や自転車の利用増加、マイクロモビリティの活用がみられた。医療面では、医療逼迫・感染回避により、オンライン診療の解禁、健康モニタリングアプリの普及がみられた。外食・接客において、飲食店の営業時間制限・3密回避などから、テイクアウト、デリバリーの拡大、非接触型接客の導入などが指摘できる。娯楽・文化においては、イベント中止・施設閉鎖などから、動画配信・バーチャルイベントの普及、自宅での娯楽重視がみられた。最終的には、環境意識の面から、生活の変化を通じての再評価から、ローカル志向、低炭素生活、自然との共生意識の高まりがみられた。

このように、新型コロナ感染症が与えた生活様式の変化は、単なる一時的な適応ではなく、社会全体の構造転換の起点にもなっている。

（２）コロナ後の生活様式変化からみた都市交通政策

①テレワークの普及と交通需要の変化

在宅勤務の増加により通勤交通の需要が減少し、ピーク時の交通混雑が緩和される。一方で、オフィス回帰の動きもあり、柔軟な都市交通システムの設計が必要である。また「スモールモビリティ」（電動キックボード・シェアバイクなど）の利用増加が期待される。さらに都市構造の多極分散化が進行して地域交通の重要性が増す。

②EC・オンラインサービスの拡大と物流の課題

オンラインショッピングの普及により配送車両の稼働が増え、CO₂排出量に影響を与える。「ゼロエミッション配送」（EVトラック・自転車配送など）の導入が重要となる。都市の交通計画において、環境負荷の低い物流ネットワークの整備が求められる。

③都市のコンパクト化と歩行者中心の都市設計

高齢化やライフスタイルの変化により、職住近接の「コンパクトシティ」の概念が注目される。公共交通と連携しながら、徒歩や自転車移動を促進する街づくりが重要となる。あるいは「カーボンゼロ都市」を目指し、緑地や低炭素型の都市空間が整備される。

④EV・再生可能エネルギーの活用

自家用車よりもEVシェアリングの普及が進み、カーシェアの新しい形が生まれる。駅や公共施設に再生可能エネルギーを活用した充電インフラを整備する。都市交通とスマートグリッドの連携により、効率的なエネルギー活用を目指す。

⑤デジタル化とスマート交通システム

AIやIoTを活用した「スマートモビリティ」で最適な交通運用を実現する。需要予測によるバスや鉄道の運行最適化でCO₂が削減される。またMaaS（Mobility as a Service）による統合的な都市交通システムが推進される。

生活様式の変化は都市の交通政策に大きな影響を与え、カーボンニュートラルの目標達成には十分な検討が必要である。すなわち、生活様式の変化にともない、道路空間を走行する車両の多様化が進んでおり、適正な道路空間の再配分が期待されているようだ。

1.4 自動車交通の電動化と都市交通

(1) EV 車両保有台数の推移

自動車の電動化（EV の普及）は、カーボンニュートラルを目指す都市交通政策の基本事項である。このため、わが国の EV 車両保有台数の推移を考察する。図 1.3 は、2016 年～2023 年の EV 車両（乗用車）の保有台数の推移を示している。本図より、EV 車両（乗用車）は順調に増加傾向にあることがわかる。つぎに、図 1.4 は車種別の車両保有台数を示している。これらの図面より、EV 車両（乗用車＋その他＋軽自動車）は、2016 年：93,573 台、2023 年：301,435 台となり、7 年間で約 3.2 倍に増加（+207,862 台）していることが分かる。

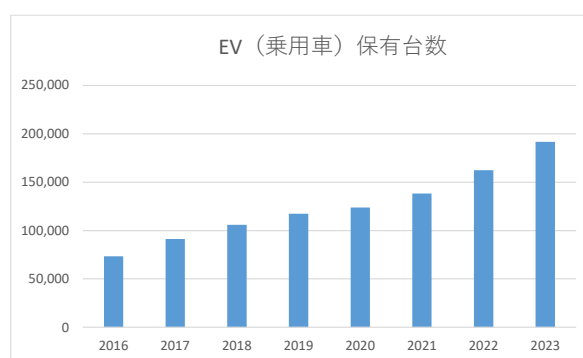


図 1.3 EV（乗用車）保有台数の推移

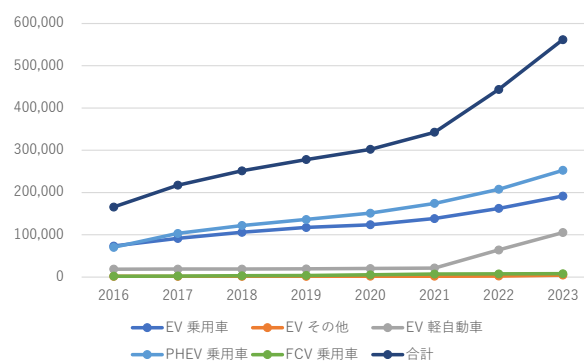


図 1.4 EV 車種別の車両保有台数

EV 車両の普及に関して、経年的な推移の特徴と全般的な傾向を考察した。2016～2020 年は、全般的には緩やかな増加傾向にあり、特に EV 乗用車の増加が顕著である。一方で軽自動車 EV は横ばいの傾向である。2021 年には、EV 乗用車の保有台数は、16 万台を超過している。全体には、わずかな増加であるが、補助金政策などの加速が関与しているものと考えられる。また、2022 年には、軽 EV 自動車（例：日産サクラ、三菱 eK クロス EV）の登場により、軽自動車 EV が 3 倍に増加しているものと考えられる。また、2023 年には、軽自動車 EV が 10 万台を超え、EV 車両（乗用車＋その他＋軽自動車）は 30 万台を超えて、最も急増した

年となっている。またこれらの変化の中で軽自動車EVの伸びは、大きな特徴となっている。すなわち、2021年：21,161台 → 2023年：105,256台となっており、わずか2年で約5倍に増加したことになる。こうした変化の主要な原因は、①普及価格帯の車種が登場（例：日産「サクラ」）、②地方部でのニーズの高さ、③政府・自治体の補助金支援の強化などが推測される。さらに、PHEV（プラグインハイブリッド）は2023年に25万台を超えて、2016年の約3.6倍となっている。また、FCV車両（燃料電池車）は緩やかな増加で2023年に7,748台（依然として保有台数は少ない）となっている。

（２）EV車両普及に関する課題

EV（電気自動車）の普及が進むことで、新たな課題が発生する。代表的な問題点を整理すると、つぎのようになる。：

①電力供給と負荷の増大：

EVの充電が増加することで、電力需要が急増する。特にピーク時の負荷が問題となり、電力インフラの強化が求められる。また、再生可能エネルギーは、天候に左右されるため安定供給が課題となるため、送電網の強化が必要であり、充電タイミングの分散化（V2G技術の活用）が必要となる。

②充電インフラの整備：

EV普及に伴い、充電ステーションの不足が課題となる。すなわち、都市部や高速道路では混雑が発生しやすい。EVの充電時間は、長時間であり、待ち時間が発生する可能性が高い。また、田舎や地方での充電インフラの未整備が問題となる。特に長距離移動を考慮すると、充電時間の短縮や充電設備の拡充が求められます。

③バッテリー資源と廃棄問題：

EVのバッテリー製造には大量のエネルギーが必要であり、製造過程でCO₂が排出される。またEVのバッテリーにはリチウムやコバルトなど希少資源が使用されており、環境負荷や廃棄問題が発生する。すなわち、バッテリー製造の環境負荷とリサイクル技術の確立が必要である。また使用済みバッテリーの処理と再利用の課題がある。

④電動化と自動車産業の変化：

EV化によって自動車業界の構造が大きく変化し、既存の内燃機関車関連の雇用や産業に影響を与える。エンジン関連の部品メーカーの縮小、整備や修理の形態が変化するため新たな産業への移行が必要である。

⑤電動車のコストと普及率：

EV の価格は現時点でも高価であり、一般消費者への普及にはさらなるコスト低減が必要であると考えられる。そのため、バッテリーコストの低減、購入補助金の影響の考慮、長距離移動や寒冷地での実用性の向上などが挙げられる。特に、バッテリーのリサイクル技術の開発や、より環境負荷の少ない材料の採用が課題である。

⑥政策支援と国際競争力の確保：

EV 普及のためには、政府による補助金や税制優遇などの政策支援が必要である。また、日本の自動車産業が国際競争力を維持するためには、技術中立性を確保し、多様な技術の選択肢を広げることが重要である。

⑦ライフサイクル全体での CO₂ 削減：

EV の走行時は CO₂ を排出しないが、製造・廃棄時の排出を考慮すると、ライフサイクル全体でのカーボンニュートラル化が必要である。特にライフサイクルアセスメント（LCA）を活用した評価が重要となる。

これらの自動車電動化に加えてカーボンニュートラルの実現には、EV だけでなく、水素燃料や合成燃料などの選択肢も考慮しながら、総合的なアプローチが求められる。

1.5 カーボンプライシングと都市交通

（1）カーボンプライシングの導入

カーボンプライシング（Carbon Pricing）とは、二酸化炭素（CO₂）をはじめとする温室効果ガスの排出に価格をつけることで、企業や個人に対して環境負荷を考慮した行動を促す政策のことである。主な手法には、炭素税と排出量取引制度があり、それぞれについて、簡単に整理する。

【炭素税（Carbon Tax）】

炭素税は CO₂などの温室効果ガス排出量に応じて、一定の税金を課す制度である。通常は、化石燃料（石炭・石油・天然ガス）などの炭素含有量や使用量に比例して課税される。炭素 1 トンあたりの明確な価格がつくため、企業や家庭が行動を見直しやすい。また得られた税収を再生可能エネルギーや省エネルギー支援、高齢者支援などにも用いることができる。炭素税の導入は比較的容易であり、政府の課税権限で実施可能である。また仕組みが単純で予

測しやすいといえる。一方で、所得の低い家庭（特に高齢者や地方居住者）ほど負担感が強くなる可能性がある。また炭素税の税率が低いと行動変化が起こりにくく、目標達成に不十分な場合もあり得る。

【排出量取引制度（Emissions Trading System, ETS）】

政府が全体の排出量に「上限（キャップ）」を設定し、その排出枠を企業に割り当てる。各企業はその枠内で排出を行うか、不足分を他社から「排出権」として購入する。全体の上限（キャップ）を決めるため、国全体での CO₂削減量が確保される。排出権の価格が需要と供給で決まることから、効率的な削減策が選ばれる。割当方法や市場の監視、価格の安定化策などが必要であり、排出枠を多く分配しすぎると価格が下がり、削減効果が弱まる。例えば、EU の「EU ETS」、日本の東京都の「排出量取引制度」などが挙げられる。

都市交通は CO₂排出量の多くを占める分野であり、カーボンプライシングは都市の交通政策に大きく影響する。

① 公共交通機関の促進：

炭素税の導入によってガソリン価格が上昇すると、自動車の利用が減少し、電車やバスな公共交通機関の利用が増加する。例えば、ロンドンの「混雑税（Congestion Charge）」では、市内中心部に車で入る際に課金されるため、地下鉄やバスの利用が増えている（広義の炭素税）。

② 低炭素交通手段の普及

CO₂排出量の少ない電動車（EV）やシェアサイクルの普及が進む。例えば、ノルウェーでは炭素税により EV が優遇され、EV 比率が 50%を超えている。

③都市の交通インフラへの投資：

カーボンプライシングによる税収を、鉄道・バス網の拡充や自転車専用レーンの整備に活用できる。例えば、スウェーデンのストックホルムでは、渋滞税（Congestion Tax）を導入し、その収益を公共交通の改善に充てている。

④物流の効率化とクリーンエネルギー車両の導入：

カーボンプライシングによって、企業が環境負荷の低い輸送手段（EV トラックや鉄道貨物）に移行している。

上記のようにカーボンプライシングは都市交通の低炭素化に貢献し、自家用車の使用抑制や公共交通の発展、EV の普及を促すことができる。都市の環境政策と組み合わせることで、

より持続可能な交通システムの実現が可能となる。

（２）プライシングに関する利用者意識

本研究では自動車へのプライシングに対する利用者意識として、カーボンニュートラルを目指した都市交通システムの一例として、「自動運転タクシー」を検討する。多くの自動運転タクシーはEV（電気自動車）として設計されており、走行時のCO₂排出がゼロである。

また、自動運転タクシーは、エネルギーマネジメントシステム（EMS）と連携し、電力需要のピークシフトや再エネ活用を促進する。さらに、街中でEVタクシーが普及することで、一般市民の脱炭素意識が高まり、EV利用の裾野が広がるという副次的効果も期待されている。

ここでは、既存研究におけるアンケート調査結果を用いて検討を進める。具体的には、吹田市・岐阜市を対象に実施された「生活様式の変化から見た都市交通政策に関する意識調査」である³⁾。この調査の中から、「自動運転タクシー」に関する質問を取り上げる。

「通常のタクシーの料金を1.3km走行で600円とします。一方で、自動運転タクシーが登場した場合、1.3kmの移動に対して、あなたはいくらであれば無人化・自動運転化された自動運転タクシーに乗車したいと思いますか」という質問を行っている。質問は通常のタクシー料金との相対的關係から「自動運転タクシー」に対する支払い意思額を質問している。この質問に対する回答から、吹田市（65歳未満）、吹田市（65歳以上）、岐阜市（65歳未満）、岐阜市（65歳以上）の4グループに分割して計算を行った。図1.5に具体的な各グループの平均支払い金額を示している。

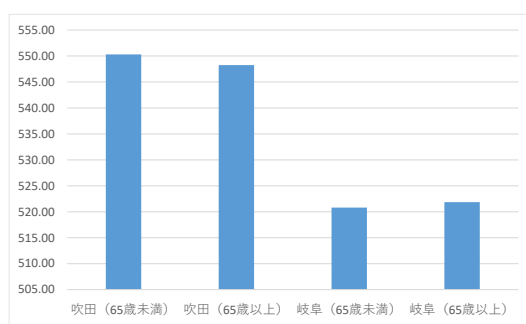


図 1.5 平均支払い金額

本図より、支払い意思額は地域間の差異が大きく、岐阜市（約520円）に比べて、吹田市の値（約550円）が大きい。同一地域での若年層（65歳未満）と高齢層（65歳以上）の相違は少ない。ここで、吹田市は大都市圏における地方都市であり、公共交通機関が十分整備されている。一方で、岐阜市は自動車の利用率が非常に高い地域である。

したがって、吹田市では自動車の必要性も相対的に小さく、多数の交通手段の利用が可能である。この点から、吹田市においては、新規交通手段に対する評価が相対的に高いことがわかる。また特徴的な点は、吹田市においては、高齢層の支払い意思額が若年層に比べて若干小さい値であるのに対して、岐阜市においては若年層の支払い意思額が高齢層より小さい値となっている。これは岐阜市の高齢層の自動車以外の交通手段に対する期待感の結果であると推測できる。

つぎに、「電気自動車に対する課金」についての分析を紹介する。これは、現在の燃料税に対して、妥当なカーボンプライシングの徴収方法について質問するものであり、以下のような質問を行っている。

Q：現在、ガソリンには1リットル当たり53.8円が課税されています。電気自動車にも類似した税金は必要と思いますか。（複数回答可）

- 1：道路整備・維持管理のための資金は、すべての道路の利用者から徴収するべきであり、電気自動車に対しても走行量に応じた課金をするべきである。
- 2：電気自動車は環境負荷量が少ないため、道路利用の課金は不要である、
- 3：道路整備・維持管理のための資金は、他の税金から徴収するべきであり、既存のガソリン税も廃止すべきである
- 4：その他

この4つの選択肢は、「電気自動車（EV）に対する課金の是非とその根拠」を問うものであり、それぞれの選択肢には異なる価値観・政策観・環境意識・公平性の考え方が反映されている。

図1.6に吹田市（65歳未満）、吹田市（65歳以上）、岐阜市（65歳未満）、岐阜市（65歳以上）の4グループに対する選択肢の回答数を示している。全般的には、選択肢1が最も多く、吹田市全体で111名（56%）、岐阜市全体で98名（49%）である。したがって、一般の道路利用者の多くは、電気自動車に対しても道路利用に対する課金は必要と考えていることがわかる。また選択肢2の選択者数は最も少ない。とくに吹田市・岐阜市ともに高齢者の選択者数は非常に少数である。すなわち、電気自動車の課金が不要と考える者は少数である。さらに選択肢3を選択する者が一定数（約30%程度）存在している。これは、選択肢1の場合と同様にEVを含めて、道路利用に対して共有の課金が必要であることを示している。ただし、燃料に関する課金は必要と考えていないことがわかる。

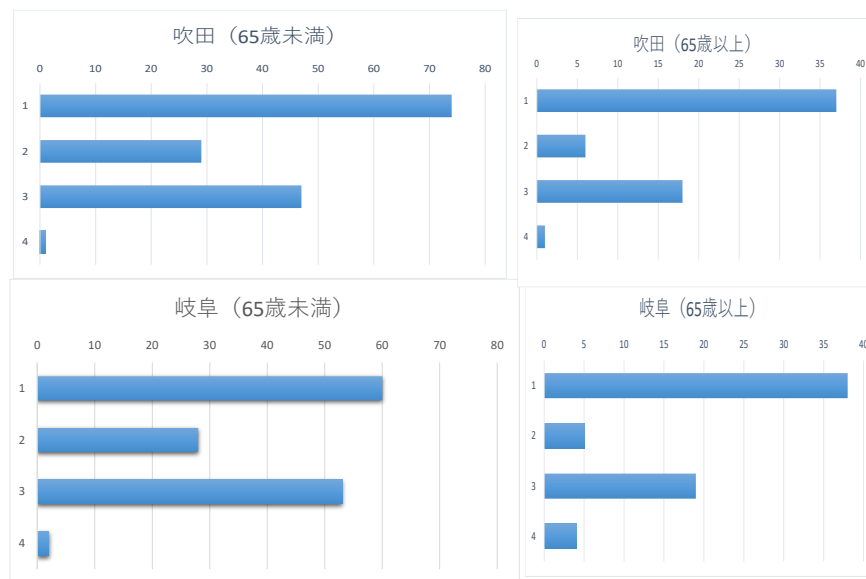


図 1.6 自動車課税についての回答（吹田市・岐阜市）

この傾向はいずれのグループについて同様である。この場合は、地域間の差異は比較的小なく、年齢による差異が大きい。特に、吹田市・岐阜市の高齢層においては、いずれも選択肢 2 の選択者は少なく、電気自動車の課金を不要と考えることは少ないようである。

1.6 利用者意識からみたカーボンニュートラル政策

本稿では、政府が、『脱炭素社会の構築のために、2035 年までに、乗用車の新車販売は電動車（ハイブリッド車・電気自動車・プラグインハイブリッド車・燃料電池自動車 100%』を目指しているという目標設定に関して、道路利用者の意見を収集している。ここでのサンプルは、①吹田市（65 歳未満）、②吹田市（65 歳以上）、③岐阜市（65 歳未満）、④岐阜市（65 歳以上）である。

具体的には、**Q－1**：「政府の 2023 年の目標は、脱炭素社会の構築に必要だと思いますか？」

Q－2：「政府の 2023 年の目標は、予定通りできると思いますか？」という質問である。

回答はそれぞれ「1. 非常にそう思う、2. そう思う、3. どちらでもない、4. そう思わない、5. 全くそう思わない」である。

すなわち、**Q－1**では、カーボンニュートラルの実現に対する政府目標の「必要性」について、質問している。一方で**Q－2**では政府目標の達成可能性を質問している。

ここで表 1.1 は、**Q－1**と**Q－2**に対するクロス集計を示している。

表 1.1 カーボンニュートラルの達成に関する利用者意識

吹田（65 歳未満）

Q1\Q2	1	2	3	4	5	計
1	2	3	2	3		10
2		6	18	24	4	52
3	1	1	36	16	1	55
4			3	11	7	21
5			1		7	8
計	3	10	60	54	19	146

吹田（65 歳以上）

Q1\Q2	1	2	3	4	5	計
1		3		1	1	5
2		6	9	14		29
3			8	5	2	15
4			1			1
5				1	3	4
計		9	18	21	6	54

岐阜（65 歳未満）

Q1\Q2	1	2	3	4	5	計
1	3		2	1	1	7
2	1	5	17	18	5	46
3		4	40	6	5	55
4		1	3	13	2	19
5			1	1	6	8
計	4	10	63	39	19	135

岐阜（65 歳以上）

Q1\Q2	1	2	3	4	5	計
1	3	2	2	1		8
2		5	10	9		24
3		2	4	12	2	20
4				5	2	7
5				1	5	6
計	3	9	16	28	9	65

①吹田市（65 歳未満）

ここでは、中央「3-3」（Q-1 も Q-2 もどちらでもない）が 36 件であり最多となっている。

また「2-3」や「3-2」もあり、やや柔軟な視点（達成可能性と必要性の区別）が見られる。一方で「4-4」「5-5」など一貫して否定的な回答も一定数存在する。全体的に意見が分散しているが、構造的には整合性が高い（否定は否定、肯定は肯定）。また、若年層らしい意見の多様性と分極傾向が見られる。

②吹田市（65 歳以上）

ここでは、少数ではあるが、「2-3」「3-3」「3-4」などが目立つ。極端な位置（1-1 や 5-5）は非常に少ない。両質問とも中庸～慎重に回答する傾向が見られる。「そうかもしれないが、確信はない」タイプの回答が多数である。

③岐阜市（65 歳未満）

中央の「3-3」（Q-1 も Q-2 もどちらでもない）に 40 件が集中している。Q-1 を肯定（1～2）し、Q-2 を否定（4～5）する者は少数である。脱炭素社会は「現実的だと思わないなら、必要とも思わない」という傾向が強い。判断保留（中立）の回答が多く、保守的・様子見型の意見が多いと考えられる。

④岐阜市（65 歳以上）

中央「3-3」は12件とやや多いが、全体的に分散している。「2-3」や「3-4」が多く、「必要だとは思いますが、実現は困難」という層が比較的多数存在している。脱炭素社会の必要性は認めつつ、達成への懐疑が目立つ。特に4や5（否定評価）へのシフトが多く、現実重視で悲観的な回答が多い。

これらの分析から、全体として政府目標に対して「意義があると思えば達成も可能だと信じていたい」という構造的な一貫性がある。ただし、高齢層では目標の「必要性」は認めつつ「現実性」は否定的という層が多く、制度設計や支援策への不信感が影響している可能性がある。また若年層では、意見の分散が大きく、「現実的に進めるには納得できる説明が必要」という態度が明確となった。

つぎに一般利用者に対してカーボンニュートラルを目指した交通政策として、「コロナ禍終息後の交通サービス」に関する意見を分析する。具体的には既存調査における自由意見として「コロナ禍終息後の交通サービスに関する自由意見分布」を年齢・地域別に分析し（車社会／公共交通）の視点も加えて検討する。

ここでは基本的な自由意見回答の理解においては、「特になし」＝交通サービスへの期待や不満が特にない（＝現状維持容認）、「わからない」＝判断保留、情報不足、「意見あり」＝何らかの期待・不安・要求を持つ（＝交通に関心がある）の3種類に分けて考える。

図1.7に吹田市（65歳未満）、吹田市（65歳以上）、岐阜市（65歳未満）、岐阜市（65歳以上）の4グループに対する自由意見の回答数の分布を示す。全般的には、吹田市・岐阜市ともに、高齢層は若年層に比べて「意見あり」（自由意見を表明している）が多く、約50%を超えている（特に吹田市高齢者においては61%となっている）。一方で、若年層の場合は、吹田市・岐阜市ともに、「特になし」が40%を超過しているのに対して、「意見あり」はいずれも40%程度である。これは若年層に比べて高齢層は、将来の都市交通システムに対する意識が比較的高いと思われる。

以下にグループごとの具体的説明と特徴的な意見について整理する。

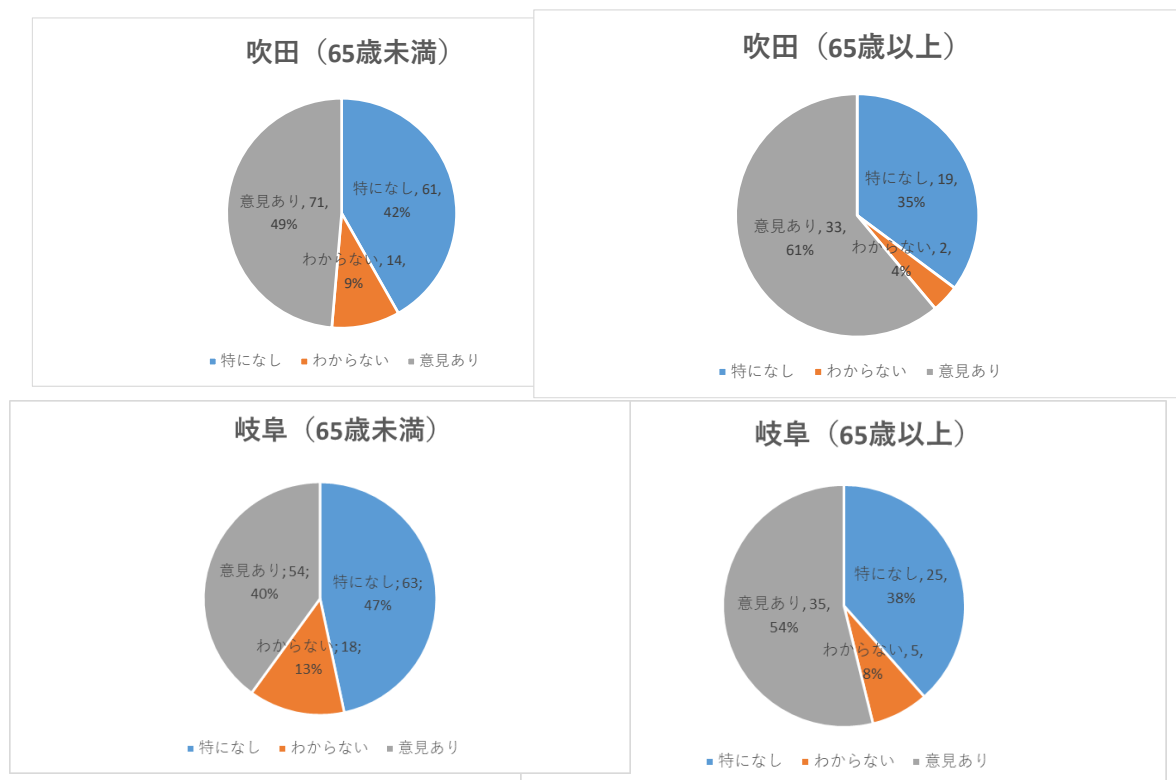


図 1.7 将来の都市交通サービスについての自由意見

①吹田市（65 歳未満）

このグループは、特になし：42%、意見あり：49%。わからない：9%で、ほぼ半数が「意見あり」となっており比較的交通への関心が高いと考えられる。若年層のため、日常移動や通勤・子育てなど多様な交通ニーズを抱えているものと推測される。吹田市は大阪圏のベッドタウンで公共交通が比較的充実している地域であり、公共交通の改善や継続への意識が強い可能性が考えられる。

【特徴的意見】

- ・ 100%安全な自動運転システムを完成すべきである。
- ・ コロナ禍を経て多様化してきたので、ここで改めて目標を定め直して整理・整備が必要である。
- ・ とにかく公共交通の復権と政権交代
- ・ 無人化は良いが緊急時すぐに対応出来るようにしっかり対処してほしい。
- ・ バスの路線が廃止されるのを見ると、どのように移動するんだろうと疑問に思いました。
- ・ 環境に優しい交通サービスが増えたら良いと思う。
- ・ 低所得でも気軽に利用できる交通手段が増えるとよい。
- ・ 終電時間が早くなったけど、少し不便にはなったが、働き方改革だと考えれば我慢がで

きる。

- ・自転車の取り締まりをする前に、自転車専用レーンの整備を進めて欲しい。
- ・感染したくないからという理由もあって、自家用車で移動する人、回数が増えたように思う。

②吹田市（65 歳以上）

このグループは、意見あり：61%（最多）、特になし：35%、わからない：4%となっている。高齢層で最も「意見あり」率が高い（61%）。公共交通依存度が高い高齢層にとって、バス・鉄道サービスの維持や改善が死活的関心事と考えられる。都市圏高齢者の交通脆弱性や、バリアフリー・乗換え環境への関心が伺える。

【特徴的意見】

- ・EV の燃料インフラをもっと推進する。
- ・コロナを理由に新しい交通手段が迅速に認可されているようで、新しい交通手段に絡む事故の増加を懸念している。
- ・現在の交通行政は都市部、若者重点主義であり、今後は弱者、過疎地にもっと目を向けるようにしてほしい。
- ・移動スピードを遅くして、ゆっくり生活するスタイルが望ましい。
- ・移動手段は最も重要でありもっと多様化すべきです。
- ・何でもかんでも今すぐに移動したり、行動したりする必要があるのかと思案し、立ち止まって再考する時間が必要なのではないかと（考える）。
- ・外出の機会やインバウンドからの交通サービス利用が増加するので、さらに感染対策とサービスの利便性を高める工夫、施策が必要である。
- ・高齢社会を考えるとますます公共交通の整備が必要。
- ・ライドシェアを普及すべきである。そしてそれをスマホなどを利用して、簡単に乗れるようシステム化をすべき。
- ・自転車専用の通行帯を設けるべきである。

③岐阜市（65 歳未満）

このグループでは、特になし：47%、意見あり：40%、わからない：13%、「意見あり」は吹田よりやや少ない。「特になし」が最多（47%）であり、交通に対する関心がやや低い傾向にあると考えられる。岐阜市は自動車依存が強い地方都市で、若年層もマイカー通勤・生活が中心である可能性が高い。したがって、交通サービスに「変化を求めない層」が多いと思われる。

【特徴的意見】

- ・ LRT の普及など、より多くの人が利用する公共交通機関が必要だと考える。
- ・ カーシェアリングやライドシェアが普及し、地方でも車を持たない選択が増えることを期待したい。
- ・ コロナのような病気が蔓延することはまず間違いないと思うので、できるだけ空気感染、飛沫感染をしないような交通サービスを願いたい。
- ・ リモートワークが増えたことで鉄道の減便、運賃値上げは違うと思う。
- ・ 運転手不足が問題視されていますが、運転手の給料が安いのが原因だと思います。
- ・ 公共や助成金などを使って高齢者が少ない負担で自家用車を持たなくても生活できるような社会にした方がいいと思う。
- ・ 電気自動車のみで置き換えることは無理だと思います。
- ・ 利用目的が人それぞれなので、一つの方向性を決めるのは難しい。
- ・ 理想は個人が自動車の利用を減らすべきだが、現実的には難しい。
- ・ 終息しても交通機関特にバス廃止の場所も増えて不便に段々なっているのと電車も本数が減り待ち時間が長く以前より車のない人にとっては不便しかありません。

④岐阜市（65 歳以上）

このグループでは、意見あり：54%、特になし：38%、わからない：8%となっており、高齢層でも半数以上が「意見あり」である。ただし「特になし」も比較的多く、車社会に慣れた高齢者が「現状維持で十分」と考えている傾向が推測できる。一方で、交通弱者対策（運転返納後の移動手段）に関心を持つ層も一定数存在するものと考えられる。

【特徴的意見】

- ・ EV は同型の自動車と比較してバッテリーの重いため車両重量が大きく道路の痛みも多い。ガソリン税の中には道路の整備費用も含まれるはずで、ガソリン車と比較して税法上不公平である。EV 車の税金を走行距離×重量などに見直すべき。
- ・ コロナ前から公共交通機関に対する助成が利益偏重であり公共としての意識による強化がされていないことが根本的な問題である。
- ・ コロナ禍以上に運転者不足がバスやタクシーに影響している。コロナ禍のみが原因とは思わない。
- ・ 感染はコロナの変異ウイルスの発生により、とどまることはない。引き続き乗客も運営会社も感染防止対策は緩めるべきではない。
- ・ 個人の自動車（駆動力に拘わらず）保有を減少することが肝要
- ・ 採算性だけで公共交通機関が減っていることが自動車の削減を減退させている。

- ・公共交通機関の料金を下げて出かけやすくする。
- ・大都市は早く自動運転バスにする。
- ・高齢者が自由に移動できる公共交通機関が必要である。
- ・なるべく排気ガスを出さない交通機関を推し進めるべきだと思う。

これらの一般の利用者意識の整理から、新型コロナウイルスによる影響により、都市交通システム対するパラダイムシフトが行われ、多様な価値観が提案されていることがわかった。残念ながら、カーボンニュートラルの都市交通政策に関して、一般利用者の意識は高いとはいえない。一方で、若年層に比べて高齢層は比較的多様な話題を提供していることがわかった。

1.7 まとめ

本稿では、超高齢社会の進行とカーボンニュートラル政策の実効性という2つの社会的課題を交差させながら、生活様式の変化・自動車交通の電動化・都市交通政策の再構築についての検討を行った。

「はじめに」では、政府の掲げる2035年までの新車販売電動化目標を出発点とし、人口構造と生活行動の変化を前提とした都市交通政策の再設計の必要性を提示した。

「超高齢社会と環境負荷」では、高齢者比率の増加にともなう自動車依存、移動制約、地域間格差の広がりが、単なる交通問題にとどまらず、カーボンニュートラル達成の障壁にもなりうることを確認した。したがって、超高齢社会と生活様式の変化を踏まえた脱炭素社会のあり方を構想することが急務である。

「生活様式の変化と都市交通」では、新型コロナウイルス感染症後の在宅勤務・EC利用拡大・マイクロモビリティの普及など、移動ニーズの質的变化が都市構造と交通需要を根本から見直す契機となったことを明らかにした。これらの変化は脱炭素社会への転機ともなりうる。

「自動車交通の電動化と都市交通」では、EV・PHEV等の電動車の急増と、それに伴う交通インフラ・課税制度・運用体制の整備課題について整理した。自動車電動化はカーボンニュートラルにおける重要な項目ではあるが、制度的・財源的な課題が山積しており、それ単独では都市全体の脱炭素化には不十分であることがわかった。

「カーボンプライシングと都市交通」では、カーボンプライシング（炭素税や ETS）を、単なる排出抑制手段にとどめず、EV 課税制度の公平性確保、公共交通への再投資、インセン

タイプ設計など多面的に活用すべきであることを論じた。あわせて、混雑税などとの総合的な課金設計の必要性が確認された。

ここで図 1.8 は、カーボンプライシングが複数の都市交通関連要素（EV の普及、省エネルギー化、公共交通機関整備など）に与える影響を整理したものである。図では、中央に「カーボンプライシング」を置き、それが主要な関連施策に赤線で作用し、さらにそれらの要素が「脱炭素社会」「超高齢社会」「生活様式の変化」といった社会的潮流と多方向に関係していることを示している。これにより、カーボンプライシングは単なる課税ではなく、社会全体の構造転換を促す「触媒」として位置づけられることが視覚的に表現されている。

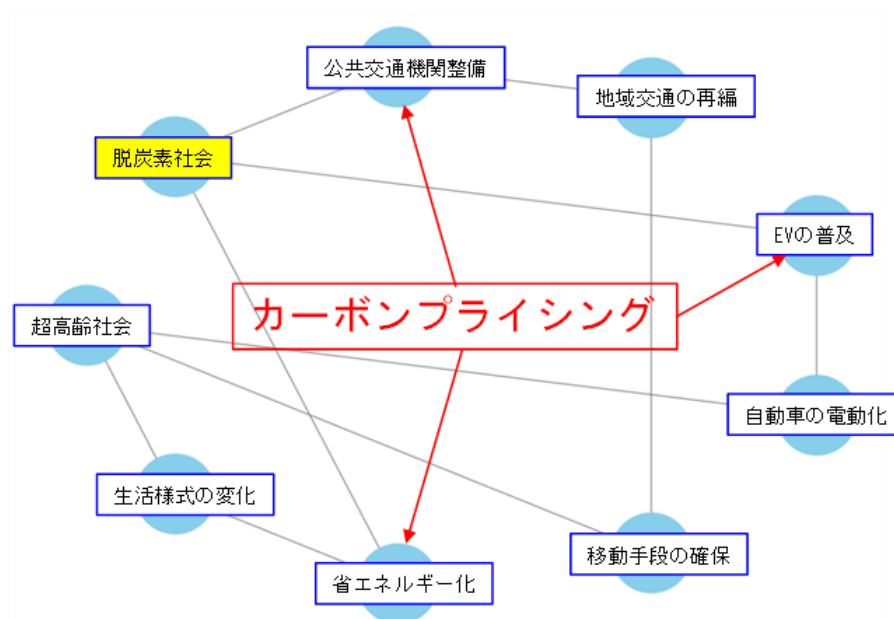


図 1.8 カーボンプライシングと主要施策との関係

「利用者意識からみたカーボンニュートラル政策」では、EV 課金や交通施策に対する市民意識を調査した結果、都市交通全体に対する関心は必ずしも高いとはいえず、制度の正当性や納得感を得るにはさらなる丁寧な説明と参加型政策設計が不可欠であることが示唆された。特に、若年層よりも高齢層の方が都市交通の問題に対して高い関心と現実的な視点を持っていることは注目に値する。

以上の分析結果より、カーボンプライシングは、都市交通政策や生活支援策と統合的に設計される必要があることが分かる。特に、公共交通整備や EV 課税のあり方については、「公平性」と「環境優遇」の両立が重要な視点であり、超高齢社会においては「移動の権利の保障」こそが、カーボンニュートラルを支える基盤となると考えられる。したがって、気候政策と福祉政策の融合的視点が、今後の脱炭素時代の都市交通政策に求められる重要な方向性であると考えられる。またカーボンニュートラルを目指すための課題は多様な側面を持つこ

とから、利用者の構成（交通環境・年齢構成）を考慮した方向性を提案する必要があるといえる。

<参考文献>

- 1) 高齢者住宅協会：【R6 厚生労働省発表】健康寿命(R4、2022)が男性 72.57 年、女性 75.45 年に | 高齢者住宅ジャーナル | <https://www.satsuki-jutaku.mlit.go.jp/journal/article/p=2741> (2025.5.31 閲覧)
- 2) 国立社会保障・人口問題研究所：人口ピラミッド 2025/2035. (2025.5.31 閲覧)
<https://www.ipss.go.jp/site-ad/TopPageData/2017projections/2025.png>
<https://www.ipss.go.jp/site-ad/TopPageData/2017projections/2035.png>
- 3) 日本交通政策研究会：生活様式の変化を踏まえた持続可能な地方都市交通政策，日交研シリーズ A-898, 2024.

2 章 日本における電気自動車普及政策の検討

2.1 はじめに

日本では、2021 年 1 月 18 日に菅首相が乗用車について「2035 年までに新車販売で電動車 100%を実現」の方針を示している¹⁾。これには、電気自動車 (BEV)・燃料電池自動車 (FCV) の他に、ハイブリッド自動車 (HEV)・プラグインハイブリッド自動車 (PHV) も含まれている。しかしながら、2024 年の乗用車 (軽自動車を除く) の販売台数 252 万台のうち、ガソリン車 79 万台、ディーゼル車 11 万台となっている²⁾。また、電動車の中でもガソリン等を多く消費する HEV は 154 万台と高い比率となっている。現状では、電気自動車等は車両価格が高価であり、補助金などで価格差の緩和を行っている。

日本では、発電による CO₂ 排出量が比較的高いため、電気自動車の普及による CO₂ 排出量の削減効果は限定的であるが、ガソリン・軽油の使用量を減らしていくことは意義があると考えられる。

本研究では、日本における電気自動車等の普及について、車両価格・整備費用・走行費用・税金・補助金制度などの面から実証的に検討する。

2.2 電気自動車等の普及の現状

はじめに、各国の電気自動車等の普及政策・普及状況を整理する³⁾。

中国では、2023 年の自動車販売台数が 3,009 万台であり、その中で NEV (BEV・PHV・FCV を含む) の販売台数は 949 万台 (31.6%) を占めている。NEV のシェアは 2019 年 4.7%であったが、2023 年は 31.6%と急拡大している。NEV の中では、BEV が 668 万台 (22.2%)、PHV が 280 万台 (9.3%) となっている。

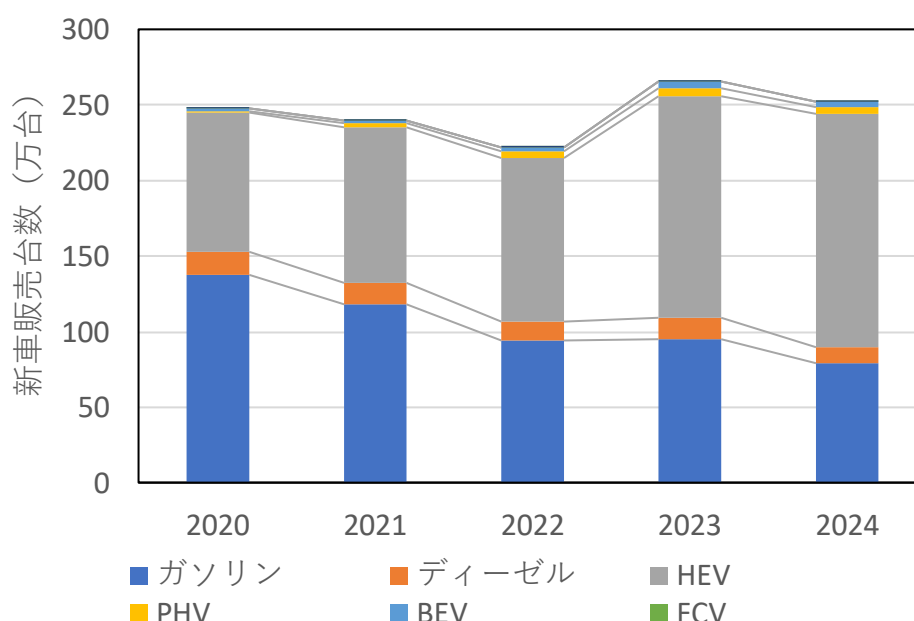
韓国では、2023 年の自動車販売台数は 146 万台であり、その中でのエコカー (HEV・BEV・PHV・FCV) の販売台数は 55 万台 (37.7%)、HEV を除くと 11.9%である。エコカーの中で、BEV は 16 万台 (10.8%)、PHV は 1 万台 (0.7%) である。とくに、BEV は 2021 年 7.4 万台から 2022 年 15.8 万台、2023 年 15.8 万台となり、2021 年から 2022 年の間に急増した。

米国では、2023 年の新車販売台数は 1,562 万台であり、その中での BEV・PHV・FCV の販売台数は 145 万台 (9.3%) である。また、HEV は 121 万台 (7.7%) が販売されている。BEV

のシェアは2022年 5.8%から2023年 7.6%と増加している。政府では、BEV・PHV・FCV購入者に対して、税額控除を行うなどの普及推進策を行っている。

EUでは、2023年の乗用車新車登録台数は1,055万台であり、その中でBEV・PHVは22.3%である。また、HEVは272万台（25.8%）、BEVは154万台（14.6%）、PHVは81万台（7.7%）である。BEVの割合は、2022年12.1%と比較して2023年は14.6%と増加している。とくに、スイスでは20.9%と比較的高い。

図2.1に日本における乗用車（軽自動車を除く）の新車販売台数の内訳を示す²⁾。



出典：日本自動車販売協会連合会

図2.1 日本における乗用車の新車販売台数の車種内訳

日本では、外国と比較してHEVの割合が高く、2020年の37.1%から2024年は61.1%と大幅に増加している。日本では、トヨタ自動車のプリウスをはじめとして、HEVの開発を積極的に行ってきたためであると考えられる。一方で、BEVは2020年0.6%、2024年1.3%であり、外国と比較すると極めて低い割合である。

これらに示すように、電気自動車の普及は、国ごとに大きな差があることがわかる。

2.3 ガソリン自動車と電気自動車の購入費用・維持費用

ここでは、ガソリン自動車と電気自動車について、購入費用・維持費用を比較することで、電気自動車普及のための価格面の検討を行う。

2.3.1 自動車の購入費用・維持費用

ここでは、ガソリン自動車の例として、表 2.1 に示す 2 車種を取り上げる。

表 2.1 ガソリン自動車の検討車種

車両	車名	グレード名	型式	価格 (円)
A	セレナ (日産)	オーテック	DAA-GNC27	3,218,400
B	ノート (日産)	e-パワー S	DAA-HE12	1,901,880

各車両の整備履歴・給油量は、KDeソリューションズ株式会社 (旧 株式会社関電 L&A) から提供いただいたデータを用いる。なお、自社の車両を自社の整備工場では整備しているため、整備内容の記録はあるが、整備費用は計上されていない。このため、他の車両の整備履歴から、整備項目ごとに整備単価を算定して、整備内容を基に整備費用を推計した。

車両 A は、初年度登録が 2018 年 5 月であり、2018 年 7 月から 2023 年 4 月 (累積走行距離: 8,366~134,230km) の整備データを用いる。図 2.2 に累積整備費用を示す。

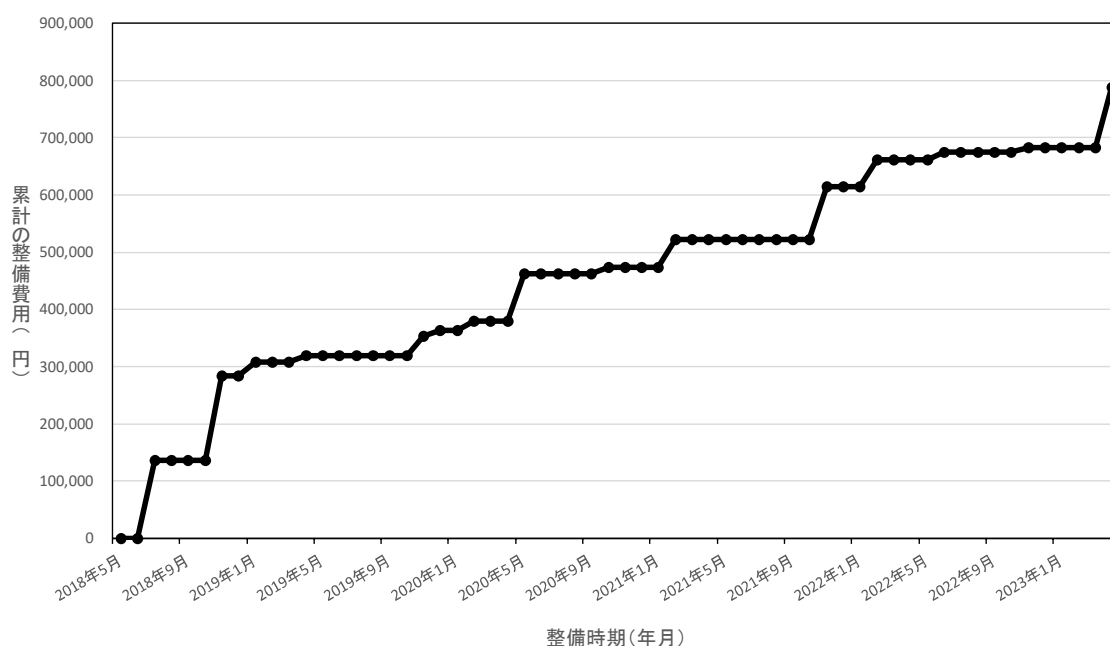


図 2.2 車両 A の累積整備費用

車検や定期点検の時期に大きく費用が増加している。また、2018 年 7 月は、LED のヘッドライトやフォグランプ等の費用、2018 年 11 月はアルミホイール・スタッドレスタイヤ等が計上されているため、高額になっている。

つぎに、車両 B は、初年度登録が 2018 年 9 月であり、2018 年 9 月から 2023 年 4 月（累積走行距離：12～78,404km）の整備データを用いる。図 2.3 に累積整備費用を示す。

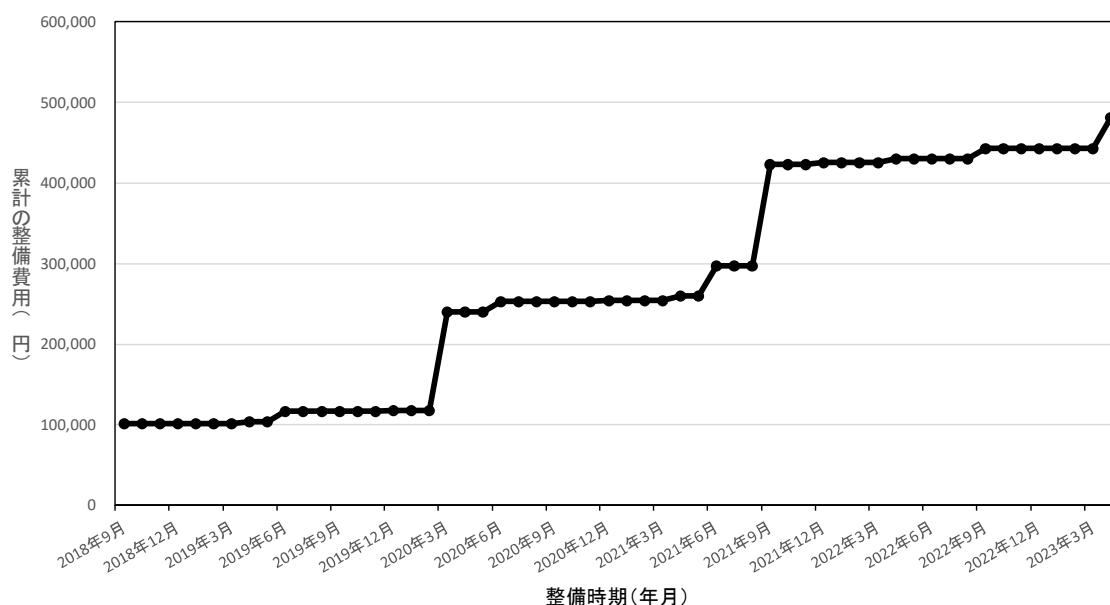


図 2.3 車両 B の累積整備費用

なお、2018 年 9 月は、スタッドレスタイヤ、ドライブレコーダー等の費用が計上されている。また、2020 年 3 月にはエーミング点検・整備（自動車のセンサー等の調整）、2021 年 9 月にはフロントガラス交換などの費用が計上されている。車両 A と比較すると、走行距離は少なく、整備費用も少ない。

つぎに、電気自動車の場合の整備費用を推計する。聞き取り調査の結果、電気自動車の場合も同様に必要な整備項目、不要になる整備項目をまとめると表 2.2 のようになる。

表 2.2 ガソリン自動車と電気自動車の整備項目比較

同様に整備が必要	BEV には整備が不要
タイヤ	オイル
ワイパー	オイルフィルター
エアコンフィルター	プラグエンジンベルト
ブレーキオイル	エンジン冷却水
12V バッテリー	ホース類
車検整備一式	スパークプラグ
12 カ月定期点検	

車両 A・B の整備費用のうち、BEV では不要な項目を削除して BEV の整備費用を推計した。図 2.4 にこれらの整備費用をまとめる。

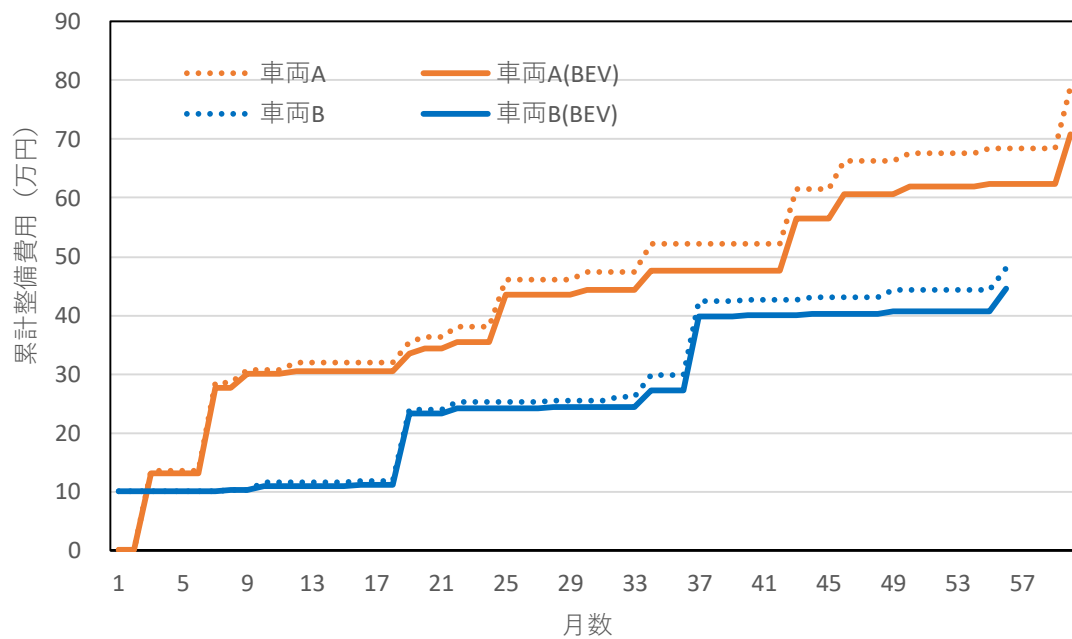


図 2.4 BEV の場合の累積整備費用

車両 A では 60 ヶ月目で約 8.0 万円、車両 B は 56 ヶ月目で約 3.6 万円の差があった。これらの価格差は、BEV を導入した際に縮減できる費用であると考えられる。

2.3.2 自動車の走行費用

走行に伴うガソリン・電気の費用について検討する。車両 A・B の給油量は、2024 年 2 月～2025 年 1 月のデータを用いる。表 2.3 に各車両の走行距離・給油量などを示す。なお、ガ

ソリン価格は 2025 年 3 月 17 日時点での店頭現金小売価格調査結果の 184.6 円/ℓを用いる⁴⁾。

表 2.3 ガソリン自動車の燃料費

車両	走行距離	給油量	燃費	走行単価	累積走行距離	累積燃料費
A	18,940 km	1,611.17 ℓ	11.76 km/ℓ	15.7 円/km	168,392 km	264 万円
B	13,219 km	618.96 ℓ	21.36 km/ℓ	8.6 円/km	98,506 km	85 万円

なお、このガソリン価格には、ガソリン税（53.8 円/ℓ）、石油石炭税（2.04 円/ℓ）、地球温暖化対策税（0.76 円/ℓ）およびこれらに対する消費税が加算されている。ガソリン税・ガソリン税にかかる消費税は、車両 A で 85 万円、車両 B で 27 万円である。

つぎに、電気自動車の走行費用を検討する。ここで、電力量消費率は日産リーフ（e+ X）を参考として、WLTC モード 161Wh/km を用いる⁵⁾。また、電気料金は、関西電力の従量電灯 A の第 2 段階（120kWh～300kWh）の単価である 25.61 円/kWh（税込み）を用いる⁶⁾。

表 2.4 電気自動車の充電料金

車両	電費	電気単価	累積走行距離	累積電気料金
A	161Wh/km	25.61 円/kWh	168,392 km	69 万円
B			98,506 km	41 万円

ガソリン自動車との差は、車両 A で 195 万円、車両 B で 44 万円となる。

2.3.3 自動車の税金・補助金

ここでは、自動車の購入・保有に対する税金および補助金を整理する。自動車にかかる税金として、「環境性能割」・「自動車税・軽自動車税」・「自動車重量税」を取り上げる。なお、2024 年 12 月 20 日に自由民主党・公明党が示した「令和 7 年度税制改正大綱」において、「自動車関係諸税の総合的な見直し」が記載されており、「課税の枠組みについて、令和 8 年度税制改正において結論を得る」とされている⁷⁾。

環境性能割は、新車・中古車を購入する時に、環境性能に応じて課される税金である。取得価格に対して、環境性能区分ごとに設定された税率で算定される。新車の場合の取得価格は、課税標準基準額にオプションの価格を加えたものである。また、中古車では、課税標準基準額に経過年数に応じた残価率をかけたものである。表 2.5 に 2024 年 1 月～2025 年 3 月に購入した場合の環境性能割の税率を整理する⁸⁾。

表 2.5 環境性能割の税率（2024 年 1 月～2025 年 3 月）

区分	電気自動車等	2030 年度基準 85%達成	2030 年度基準 80%達成	2030 年度基準 70%達成	左記以外
自家用	非課税	非課税	1%	2%	3%
軽自動車 ・営業用	非課税	非課税	非課税	1%	2%

車両 A・B 共に、オプションなしで 3%の税率を適用すると、車両 A：約 7 万 9 千円、車両 B：約 4 万 7 千円となる。また、電気自動車にした場合は非課税となるため、これらの金額が不要となる。

自動車税（種別割）・軽自動車税は、1 年ごとに課税されるものであり、排気量により税額が異なる。表 2.6 に初度登録が令和元年 10 月以降の自家用乗用車の標準税率の年税額を示す⁹⁾。車両 A の排気量は 1997cc であるため、自動車税は 36,000 円となる。また、車両 B は排気量 1198cc であり、年税額は 30,500 円となる。これらが電気自動車になる場合は、1 年間で 11,000 円・5,500 円の差となる。

表 2.6 自動車税・軽自動車税の令和 6 年度年税額（自家用乗用車）

種別		年税額（円）
軽自動車		12,900
総排気量	10以下	25,000
	1.50以下	30,500
	20以下	36,000
	2.50以下	43,500
	30以下	50,000
	3.50以下	57,000
	40以下	65,500
	4.50以下	75,500
	60以下	87,000
	60超	110,000
電気自動車		25,000

自動車重量税は、自動車の新規登録時・車検時に車両重量に応じて課税されるものである。軽自動車の場合は年間 3,300 円、それ以外の自家用乗用車の場合は車両重量 0.5 トンごとに年間 4,100 円となる¹⁰⁾。また、13 年経過した車両は、税額が上がる。なお、電気自動車・プラ

グインハイブリッド車などのエコカー減税が適用される車両の場合は、免税あるいは軽減の措置がある。

車両 A・B ともにエコカー減税の対象となっており、車両 A は新車新規検査時（3 年間）は免税、初回継続検査時（2 年間）は 20,000 円である。また、車両 B は新車新規検査時（3 年間）および初回継続検査時（2 年間）は免税である。これらの車両が電気自動車であった場合は、車両 A・B ともに 5 年間は免税である。このため、車両 A は 2 万円の差があり、車両 B は差がない。

国の補助金として、次世代自動車振興センターの CEV 補助金がある¹¹⁾。これは、BEV・PHV・FCV および EV の超小型モビリティなどに対して補助されるものである。2024 年度は日産リーフ（型式：ZAA-ZE1）の電気自動車で 85 万円である。

2.3.4 電気自動車の充電設備の設置費用

電気自動車の場合は、充電設備が必要である。このため、自宅に設置する場合、充電設備の費用および電気工事費用が必要となる。工事内容および充電設備の種類によって大きく変動するが、合わせて 20 万円程度が目安である。また、電気自動車に充電されている電気を自宅で使用できる設備（V2H）の場合は、費用は高額であるが、補助金制度が利用できる¹²⁾。

集合住宅の場合は、管理組合などが充電施設を設置する必要がある、電気自動車の普及が進まない一要因となっている。

2.4 ガソリン自動車と電気自動車のコスト比較

前節で整理したガソリン自動車と電気自動車について、購入および維持費用の比較を行う。乗用車の新車の平均保有期間は 7.7 年である¹³⁾。ここでは、保有期間および総走行距離のパターンとして、①4 年間保有・4 万 km 走行、②7 年間保有・7 万 km 走行、③7 年間保有・3.5 万 km 走行、④7 年間保有・14 万 km 走行、⑤12 年間保有・12 万 km 走行を設定する。なお、電気自動車のバッテリーは劣化するため、長期間保有する場合は交換が必要となる。ここでは、日産自動車リーフに対して行っているリチウムイオンバッテリー容量保証「8 年 160,000km」保証⁹⁾を参考として、⑤の場合はバッテリー交換を行うと想定した。

比較対象として、BEV は日産自動車リーフ X（バッテリー容量 40kWh）を用いる。整備費用は、①4 年間保有の場合は各車両の 48 ヶ月目までの累積整備費用を用いる。BEV の場合は、図 2.4 で算定した車両 A（BEV）・車両 B（BEV）の平均値とする。また、車両購入費は、CEV 補助金を引いた額としている。

図 2.5 にパターン①の場合の費用の比較を示す。車両購入費の割合が比較的高く、車両 A と BEV の車両購入費は、CEV 補助金を考慮すると同程度である。一方で、燃料費などは BEV の方が安価であり、全体で 83 万円程度 BEV の方が安い。車両 B と BEV を比較すると、車両購入費で 133 万円程度の差がある。BEV の燃料費は、車両 B と比較して半額程度であるが、全体で車両 B が 89 万円程度安価となる。

つぎに、パターン②（7 年間保有・7 万 km 走行）を検討する。車両 A・B とともに、実績では 7 年間保有していないため、整備費用は不明である。このため、車検の時期を考慮し、車両 A は 60 ヶ月目までの実績データに 37～60 ヶ月目の整備費用を加える。また、車両 B は 56 ヶ月目までの実績データに 33～56 ヶ月目および 33～36 ヶ月目の整備費用を加える。図 2.6 にパターン②の場合の費用の比較を示す。車両 A と BEV を比較すると、122 万円の差となる。このため、パターン①と比較して 39 万円程度、差が拡大する。また、車両 B と BEV を比較すると、100 万円程度、車両 B が安価である。

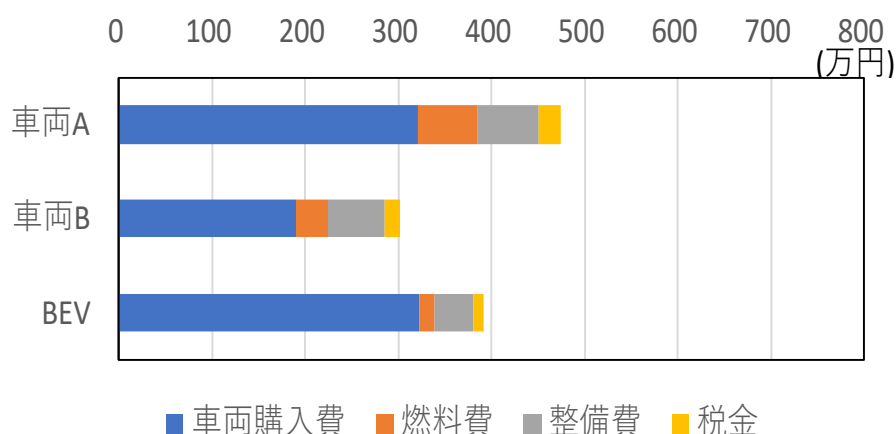


図 2.5 パターン①（4 年間保有・4 万 km 走行）の費用比較

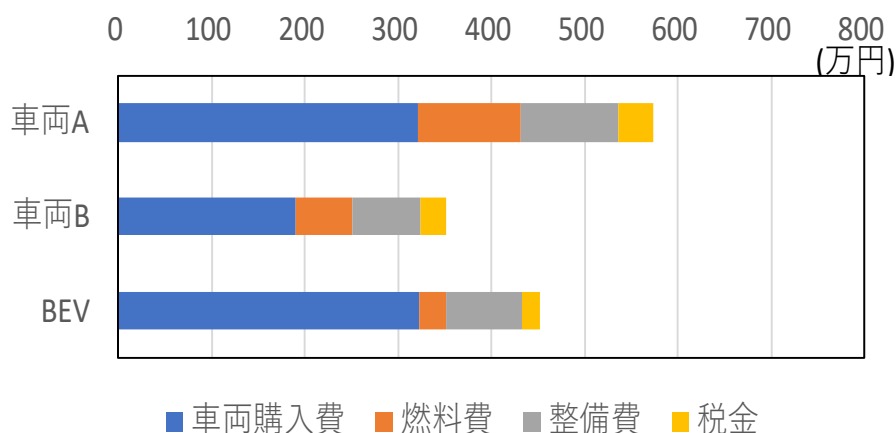


図 2.6 パターン②（7 年間保有・7 万 km 走行）の費用比較

つぎに、③7年間保有・3.5万km走行のパターンの推計結果を図2.7に示す。このパターンでは、パターン②と比較して燃料費が半額になるため、車両AとBEVの費用差は縮小する。また、車両BとBEVの費用差は、車両購入費の影響を大きく受けることになるため、パターン②と比較して差が拡大する。

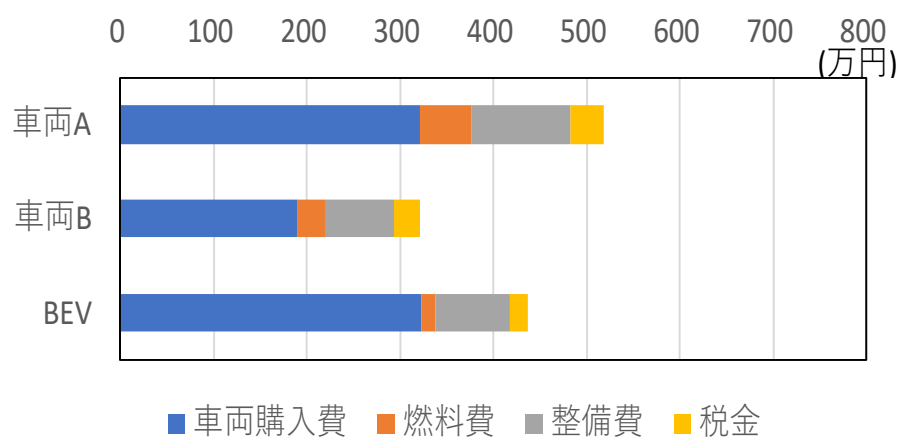


図2.7 パターン③（7年間保有・3.5万km走行）の費用比較

また、図2.8に④7年間保有・14万km走行のパターンの推計結果を示す。走行距離が多いため、燃料費が占める割合が高くなる。このため、車両AとBEVの費用差は、203万円となり、5種類のパターンの中では最大である。また、車両BとBEVの費用差は69万円であり、5種類のパターンの中では最小である。

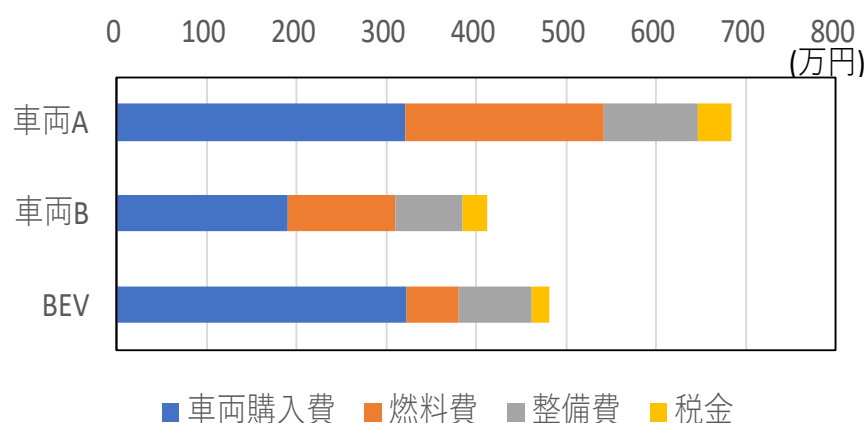


図2.8 パターン④（7年間保有・14万km走行）の費用比較

つぎに、⑤12年間保有・12万km走行のパターンを考える。図2.9に推計結果を示す。車

検の時期を考慮し、車両 A は 60 ヶ月目までの実績データに 37～60 ヶ月目の 3 倍および 37～48 ヶ月目の整備費用を加える。また、車両 B は 56 ヶ月目までの実績データに 33～56 ヶ月目の 3 倍および 33～48 ヶ月目の整備費用を加える。BEV のバッテリー交換費用は 82 万円として、整備費に計上した⁹⁾。この結果、車両 A と BEV の費用差は 114 万円となり、パターン②と比較すると、差が若干減少した。また、車両 B と BEV を比較すると、157 万円の差となった。これは、車両購入費の費用差 133 万円と比べて大きく、バッテリー交換を含めると、BEV の維持費用がガソリン車より多くなることを示している。

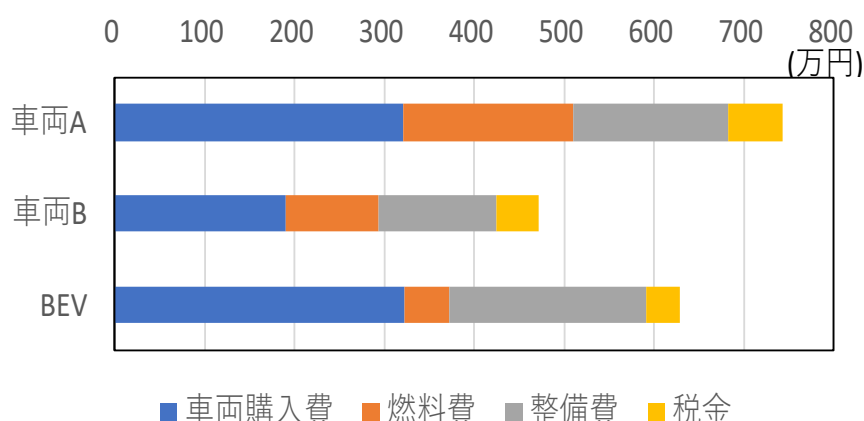


図 2.9 パターン⑤（12 年間保有・12 万 km 走行）の費用比較

これらのことから、ガソリン車・BEV の費用は、車両購入費の影響が大きいこと、BEV では走行量が多い場合に費用の節減になること、BEV でバッテリー交換を行うと維持費用がガソリン車より多くなることがあることがわかった。

2.5 ガソリン自動車と電気自動車の温室効果ガス排出量の比較

つぎに、ガソリン車と BEV の GHG (Greenhouse Gas) 排出量の比較を行う。ここでは、製造段階および走行段階のエネルギー消費量を基に算定する。製造段階の排出量は、電力中央研究所が算定した乗用車 1 台当たりの GHG 排出量を用いた¹⁴⁾。このとき、事業用火力発電比率が 45%である「火力中ケース」を設定した。具体的には、ハイブリッド車の「素材・部品・車両製造、物流」による排出量 8.6t-CO₂eq.および電気自動車の「素材・部品・車両製造、物流」による排出量 10.3t-CO₂ eq.を用いた。また、バッテリー交換に伴う排出量として、二次電池の製造に伴う排出量 (4.5 t-CO₂ eq.) を考慮した。走行段階の排出量は、二酸化炭素

を対象として、ガソリンは $2.32\text{kg-CO}_2/\ell$ とした。また、BEV の場合は、発電時の排出量を考慮し、関西電力の原単位である $0.419\text{kg-CO}_2/\text{kWh}$ を用いた¹⁵⁾。

図 2.10～図 2.14 に各ケースの GHG 排出量の比較を示す。パターン①の 4 万 km では、車両 A は BEV より多い排出量になっているが、車両 B と BEV を比較すると同程度であった。

つぎに、パターン②の 7 万 km 走行では、BEV は車両 A と比較して 33%、車両 B と比較して 7.3%の削減量となった。また、パターン③の走行距離が短いケースでは、車両 B と比較すると 2.1%増加する結果となった。パターン④の走行距離が長いケースでは、車両 A と比較して 45%、車両 B と比較して 17%の削減量となった。このように、走行距離が多い場合

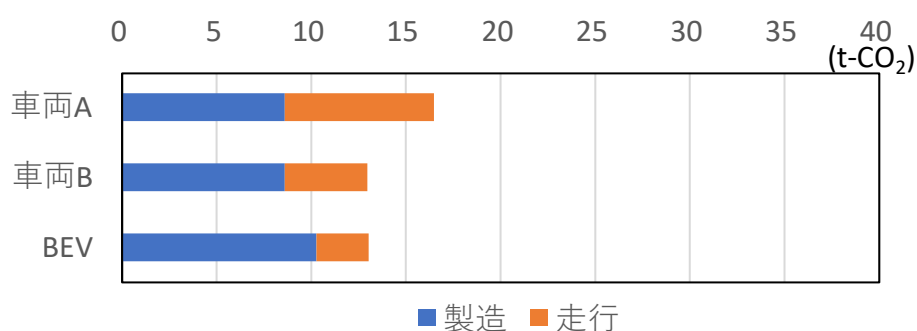


図 2.10 パターン①（4 年間保有・4 万 km 走行）の GHG 排出量比較

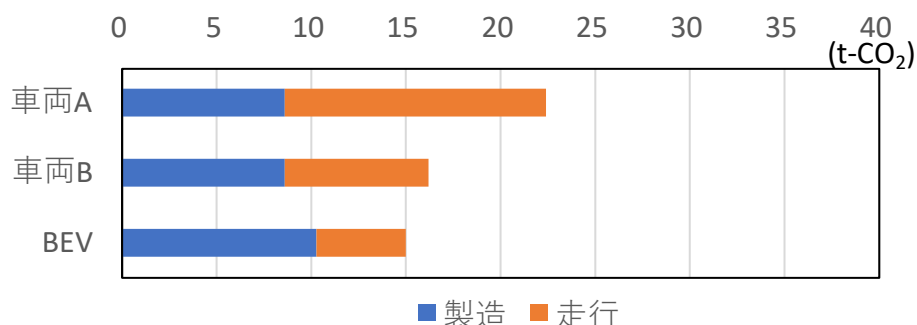


図 2.11 パターン②（7 年間保有・7 万 km 走行）の GHG 排出量比較

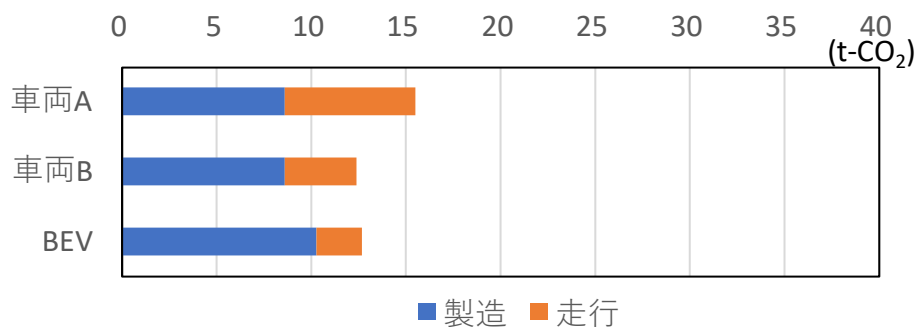


図 2.12 パターン③（7 年間保有・3.5 万 km 走行）の GHG 排出量比較

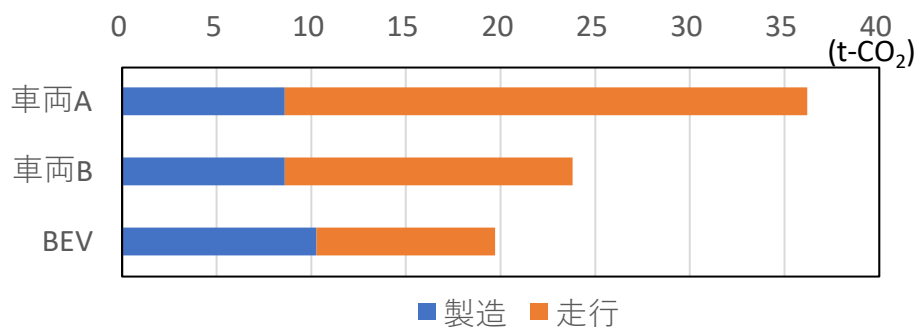


図 2.13 パターン④（7年間保有・14万 km 走行）の GHG 排出量比較

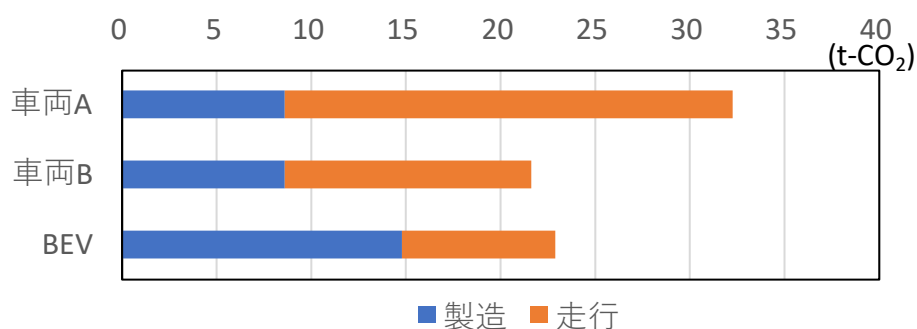
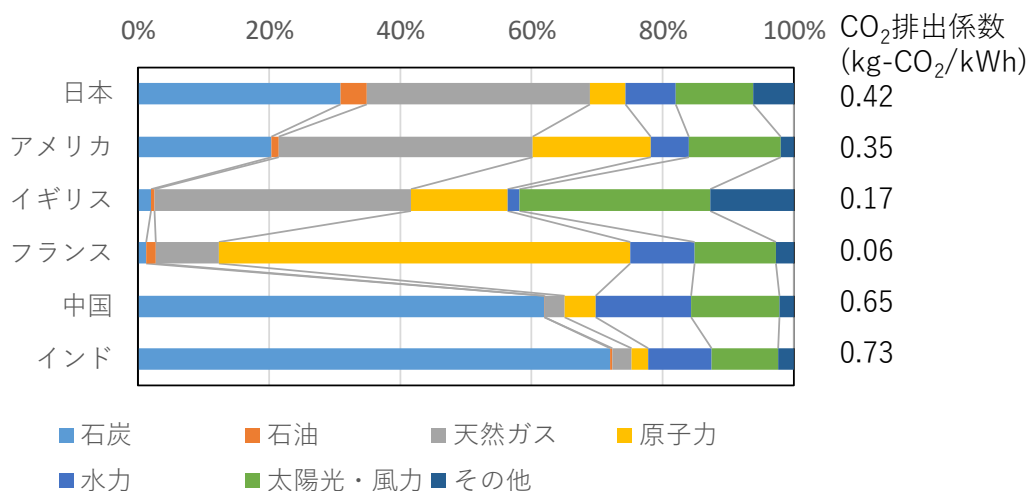


図 2.14 パターン⑤（12年間保有・12万 km 走行）の GHG 排出量比較

に、ガソリン車と比較して GHG 排出量の削減につながる事がわかる。ただし、バッテリー交換が必要な走行距離（リーフでは 16 万 km のバッテリー容量保証を行っている）になると、バッテリーの GHG 排出量を考慮する必要がある。また、バッテリー交換を含むパターン⑤の 12 万 km 走行では、車両 A と比較すると 29%の削減になるが、車両 B と比較すると 5.8%の増加となる。

このように、車両 A（燃費：11.76 km/ℓ）と比較すると、全てのパターンで BEV の方が排出量は少なかった。閾値を算定すると、13,100km 程度の走行量で BEV の方が少なくなる。一方で、車両 B（燃費：21.36 km/ℓ）と比較すると、41,300km 程度の走行量で BEV の方が少なくなる。ただし、バッテリー交換を行った場合は、150,600km 程度の走行量が必要となる。

BEV の走行に伴う GHG 排出量は、発電方法の影響を大きく受ける。図 2.15 に各国の電源構成および CO₂ 排出係数を示す^{16), 17)}。



出典：原子力・エネルギー図面集^{16), 17)}

図 2.15 各国の電源別発電電力量構成比（2022 年）

フランスでは、原子力発電が 62.8%と多くなっており、石炭・石油の割合が少ないため、CO₂ 排出係数は 0.06kg-CO₂/kWh である。一方で、日本では 2010 年では原子力発電の割合が 25%であったが、東日本大震災に伴う福島第 1 原発事故の影響で、2022 年では 5.6%となっている。この影響で、アメリカ・イギリス・フランスなどと比較して、CO₂ 排出係数は高い。また、中国・インドでは石炭火力発電の割合が高く、CO₂ 排出係数は日本と比較して高い。これらの影響を確認するために、日本で製造した車両を各国の電力で走行した際の GHG 排出量の比較を行う。ここでは、日本・フランス・インドを対象として、車両 B と比較する。各パターンでの GHG 排出量を図 2.16～図 2.20 に示す。

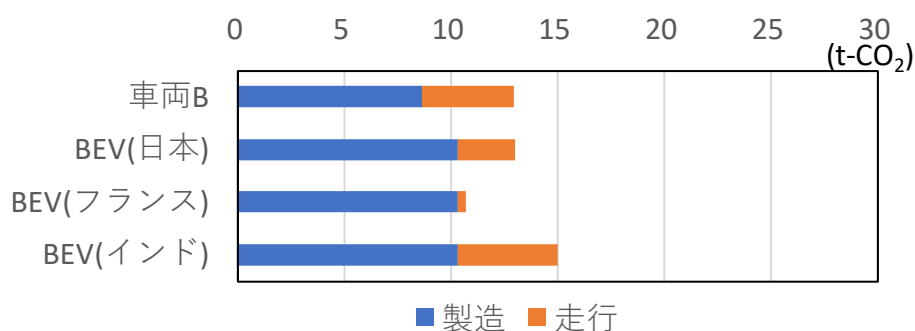


図 2.16 各国のパターン①（4 年間保有・4 万 km 走行）の GHG 排出量比較

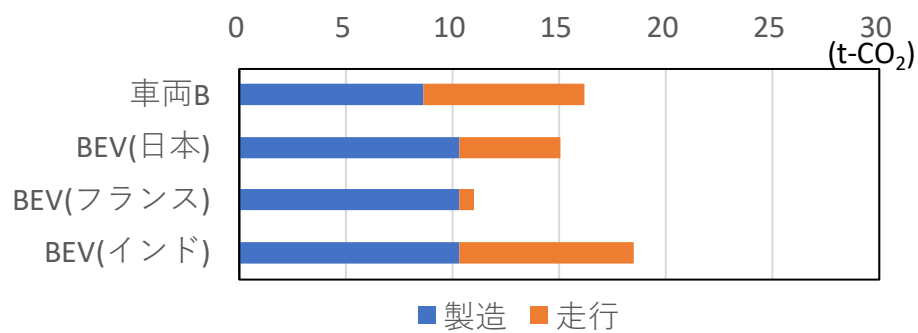


図 2.17 各国のパターン②（7 年間保有・7 万 km 走行）の GHG 排出量比較

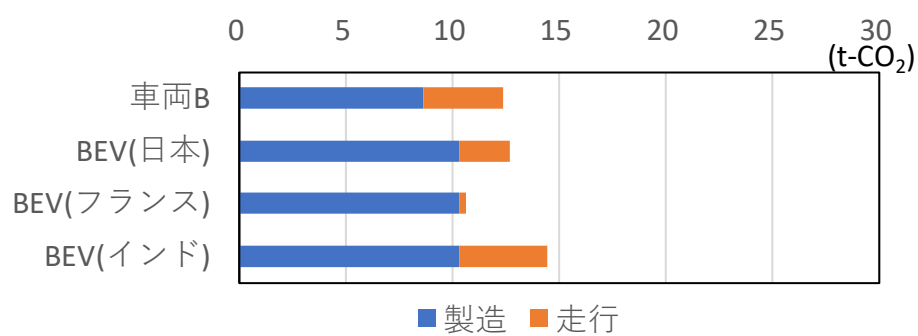


図 2.18 各国のパターン③（7 年間保有・3.5 万 km 走行）の GHG 排出量比較

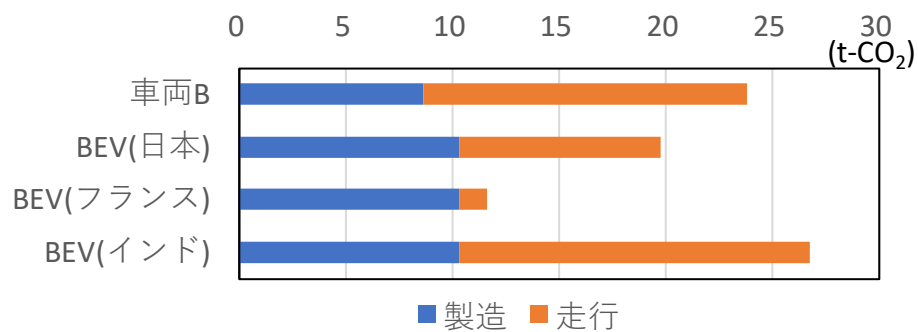


図 2.19 各国のパターン④（7 年間保有・14 万 km 走行）の GHG 排出量比較

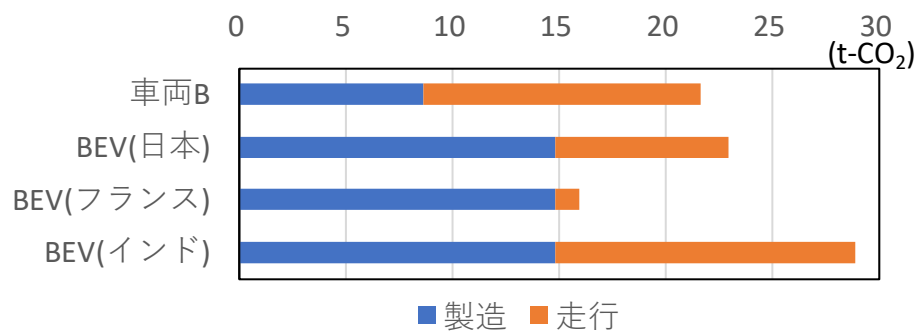


図 2.20 各国のパターン⑤（12 年間保有・12 万 km 走行）の GHG 排出量比較

日本では、走行距離・バッテリー交換により車両 B と比較して排出量が多くなる場合・少なくなる場合があった。CO₂ 排出係数が小さいフランスでは、いずれのケースでも車両 B と比較して排出量は少なくなった。一方で、CO₂ 排出係数が大きなインドでは、いずれのケースでも車両 B と比較して多くなった。

これらのことから、BEV の普及がカーボンニュートラルに寄与するかは、発電方法に依存し、CO₂ 排出係数が大きなインド・中国などでは、BEV よりハイブリッド車の普及の方が GHG 排出量の減少に寄与すると言える。

2.6 電気自動車に対するプライシング政策

前節までの分析結果を基に、プライシング政策を検討する。ここで、車両 A は乗車定員が多いことなどから、主に車両 B と BEV を比較して検討する。

2.3.2 で述べたように、現在の BEV では、ガソリン税に相当する税金は負担していない。現在のガソリン税は一般財源となっており、当初の道路財源に使用されるだけではないが、今後も道路の建設・維持・管理の費用は必要である。これらの道路整備費用は、BEV に対してもガソリン車と同様に負担すべきであるという考え方もある。ガソリン税を暫定税率を含めた 53.8 円/ℓとすると、車両 B で 100km 走行当たりのガソリン税は、

$$100 \div 21.36 \times 53.8 = 252 \text{ (円)}$$

となる。これに消費税を加えた額を走行税として徴収すると、BEV の各パターンの価格は図 2.21 のようになる。走行税は、7 万 km 走行時 19.4 万円、14 万 km 走行時 38.8 万円であり、電気代を加えてもガソリン代より安価である。ただし、どのパターンも車両 B と比較すると高価であり、価格差が拡大することとなる。

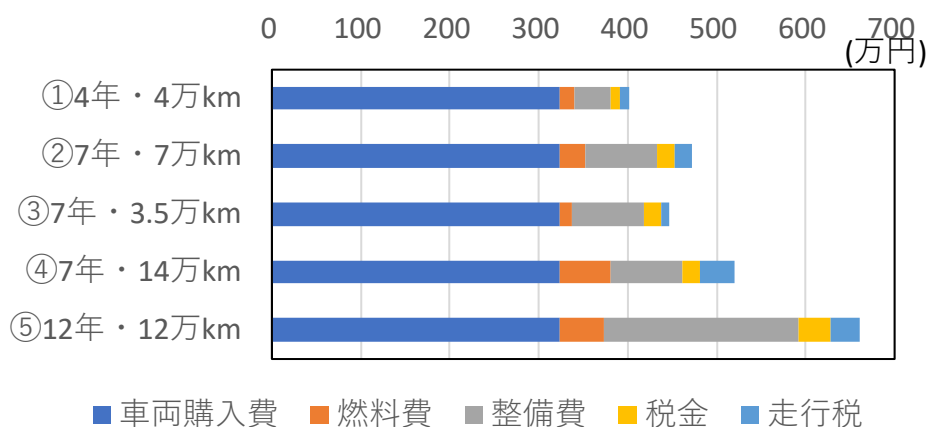


図 2.21 各パターンでの BEV の走行税を含む費用

つぎに、BEV に対する CEV 補助金について検討する。CEV 補助金は、国の年度ごとの予算を基に、次世代自動車振興センターが補助金の交付を行っている。このため、予算を使い切ると、交付が終了する。また、補助を受けた車両は、3～4 年間は処分が出来ない。

ここで、パターン②（7 万 km 走行）で GHG 排出量を比較すると、車両 B の 16.2t-CO₂ に対して、BEV は 15.0 t-CO₂ であり、1.17 t-CO₂ の差である。日産リーフに対する 2024 年度の補助額 85 万円を考えると、削減量 1 t-CO₂ あたり 72.6 万円と試算される。また、パターン④（14 万 km 走行）の場合を考えると、GHG 排出量の差は 4.04 t-CO₂ であり、削減量 1 t-CO₂ あたり 21.0 万円となる。

2.7 まとめ

本章では、日本における電気自動車等の普及について、車両価格・整備費用・走行費用・税金・補助金制度などの面から実証的に検討した。主要な成果を以下に整理する。

- (1) 各国の電気自動車等の普及政策・普及状況を整理した。BEV の構成比率は、中国で 22.2%、米国で 7.6%、EU で 14.6%であるが、日本では 1.3%と低い状況であり、BEV の普及は国ごとに大きな差があることがわかった。
- (2) ガソリン自動車と BEV について、ガソリン自動車の整備記録を基に整備費用を比較した。この結果、BEV の場合はガソリン車と比較して、車両 A では 60 ヶ月目で約 8.0 万円、車両 B は 56 ヶ月目で約 3.6 万円程度安価になる可能性があることがわかった。
- (3) ガソリン自動車と BEV の購入・維持費用について、保有期間・総走行距離を 5 パターン設定して比較した。この結果、車両購入費の影響が大きいこと、BEV では走行量が多い場合に費用の節減になること、BEV でバッテリー交換を行うと維持費用がガソリン車より多くなることがあることがわかった。
- (4) ガソリン車と BEV の GHG 排出量を比較した。車両 A（燃費：11.76 km/ℓ）と比較すると、全てのパターンで BEV の方が排出量は少なかった。一方で、車両 B（燃費：21.36 km/ℓ）と比較すると、41,300km 程度の走行量で BEV の方が少なくなり、バッテリー交換を行った場合は、150,600km 程度の走行量が必要となることがわかった。
- (5) 日本・フランス・インドの電力を対象として、車両 B との GHG 排出量を比較した。CO₂ 排出係数が小さいフランスでは、いずれのケースでも車両 B と比較して排出量は少ないが、排出係数が大きなインドでは、いずれのケースでも排出量が多かった。BEV の普及がカーボンニュートラルに寄与するかは、発電方法に依存し、CO₂ 排出係数が大きな国では、BEV よりハイブリッド車の普及の方が GHG 排出量の減少に寄与することがわかった。

- (6) ガソリン税に相当する BEV に対する走行税を検討した。車両 B を基準に検討した結果、走行税は 7 万 km 走行時 19.4 万円、14 万 km 走行時 38.8 万円であり、電気代を加えてもガソリン代より安価であることがわかった。
- (7) BEV に対する CEV 補助金について検討した。日産リーフに対する 2024 年度の補助額 85 万円を考えると、7 万 km 走行時は削減量 1 t-CO₂ あたり 72.6 万円、14 万 km 走行時は 21.0 万円と試算された。
- 今回は限られた車両のデータを基に、各種の検討を行っている。今後の課題として、多くの車両データを対象として検討し、一般化させることが挙げられる。

<参考文献>

- 1) 首相官邸(2021) 令和 3 年 1 月 18 日第二百四回国会における菅内閣総理大臣施政方針演説,
https://www.kantei.go.jp/jp/99_suga/statement/2021/0118shoshinhyomei.html (2025.3.25 閲覧)
- 2) 日本自動車販売協会連合会(2025) 燃料別登録台数,
<https://www.jada.or.jp/pages/342/> (2025.3.25 閲覧)
- 3) 日本貿易振興機構(2024) 主要国の自動車生産・販売動向,
https://www.jetro.go.jp/ext_images/Reports/01/b8108a3cbf32792b/20240012rev2.pdf (2025.3.25 閲覧)
- 4) 経済産業省資源エネルギー庁(2025) 石油製品価格調査 1. 給油所小売価格調査(ガソリン、軽油、灯油), https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html (2025.3.25 閲覧)
- 5) 日産自動車(2025) NISSAN LEAF 航続距離・バッテリー,
<https://www3.nissan.co.jp/vehicles/new/leaf/charge/battery.html> (2025.3.25 閲覧)
- 6) 関西電力(2025) 電気の基本料金・単価表, <https://kepco.jp/ryokin/unitprice/> (2025.3.25 閲覧)
- 7) 自由民主党・公明党(2024) 令和 7 年度税制改正大綱,
https://storage2.jimin.jp/pdf/news/policy/zeisi_2025.pdf (2025.3.25 閲覧)
- 8) 国土交通省(2023) 環境性能割の概要,
<https://www.mlit.go.jp/jidosha/content/001597291.pdf> (2025.3.25 閲覧)
- 9) 総務省(2025) 自動車税・軽自動車税種別割,
https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_zeisei/czaisei/czaisei_seido/149767_13.html (2025.3.25 閲覧)
- 10) 国土交通省(2025) 自動車重量税額について,
https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr1_000076.html (2025.3.25 閲覧)
- 11) 一般社団法人次世代自動車振興センター(2025) CEV 補助金(車両),
<https://www.cev-pc.or.jp/#no01> (2025.3.25 閲覧)
- 12) 一般社団法人次世代自動車振興センター(2025) 充電設備・V2H 充放電設備・外部給電器補助金,
<https://www.cev-pc.or.jp/#no02> (2025.3.25 閲覧)
- 13) 日本自動車工業会(2024) 2023 年度乗用車市場動向調査について,
https://www.jama.or.jp/release/news_release/2024/2505/ (2025.3.25 閲覧)

- 14) 電力中央研究所(2021) 電動車と内燃機関車の製造と走行に伴う GHG 排出量評価―事業用火力発電比率に応じた比較分析―, <https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/source/pdf/Y21503.pdf> (2025.3.25 閲覧)
- 15) 関西電力(2025) 地球温暖化対策の推進に関する法律に基づく 当社の CO₂排出係数(2023 年度実績) の公表について,
https://www.kepco.co.jp/corporate/notice/notice_pdf/20250324_3.pdf (2025.3.25 閲覧)
- 16) 日本原子力文化財団(2025) 主要国の電源別発電電力量の構成比,
<https://www.ene100.jp/zumen/1-1-13> (2025.3.25 閲覧)
- 17) 日本原子力文化財団(2025) CO₂排出係数(発電端)の各国比較,
<https://www.ene100.jp/zumen/2-1-18> (2025.3.25 閲覧)

3 章 地方圏におけるカーボンプライシングと公共交通サービス

3.1 背景と目的

自動車交通から排出される温室効果ガスの削減に取り組む必要がある¹⁾。自動車依存度が高い地方圏においては、温室効果ガス排出量の削減のために、電気自動車（EV）の普及促進が必要と考えられる。しかしながら、EV の購入価格は高いこともあり、保有車両の選択肢となっていない自動車利用者も多い。このため、EV 保有が十分に進展してはいない。

温室効果ガス排出量の削減のためには、カーボンプライシングにより化石燃料の使用に課金することで、EV 保有を促進するだけでなく、自動車利用を抑制することが考えられる²⁾。しかしながら、地方圏においては、自動車が利用できない場合に限定した代替交通手段として、公共交通が位置づけられることも多い。このため、既存の公共交通では、十分なサービスが提供できていない地域もある。鉄道駅だけでなくバス停留所も、居住地からの徒歩圏内になり居住者もいる。このために利用者が少ないことも考えられ、公共交通の需要が潜在している可能性がある。バス路線の沿線地域からの潜在需要に関しては、既往研究³⁾において推計方法が提案されている。

近年では、地方圏の各地で事前予約などに対応して運行されるデマンド型乗合交通（DRT）が導入されている。現状での DRT の役割は、既存の公共交通サービスが十分でない地域での端末交通サービスあるいは地域交通サービスとなっている。DRT に関しては、いくつかの観点から既往研究⁴⁾⁷⁾の知見がみられる。DRT のリアルタイム配車サービスの代表例として SAVS が挙げられている⁵⁾。SAVS 導入により空車率を減らし、限られた車両数で最大限の輸送効率を引き出すことが可能とされている⁷⁾。

一方で、鉄道、バス、DRT など複数の交通機関を組み合わせた交通サービスである MaaS が提案されている⁸⁾。地方圏での MaaS を実現するためには、既存の公共交通機関と DRT をシームレスに接続した地域交通サービスを構築する必要がある。

そこで MaaS の概念を参考に、地方圏において潜在需要を考慮した公共交通サービスを提案する。提案する公共交通サービスの概念を図 3.1 に示す。対象地域を、バス停留所まで徒歩でアクセスできる徒歩圏内と、アクセスできない徒歩圏外に 2 区分する。徒歩圏外からは、拠点となるバス停留所との移動を DRT により可能とする。したがって、提案した公共交通サービスにより、徒歩圏外においても自動車利用に対する代替交通手段が利用可能となる。本研究では、公共交通サービスとカーボンプライシングを組み合わせることで、EV 保有だけでなく、公共交通サービスへの交通手段転換の効果を把握すること目的とする。

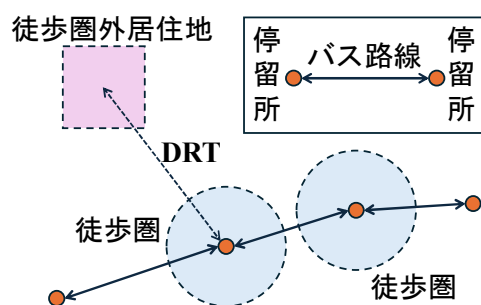


図 3.1 提案する公共交通サービスのイメージ

具体的には、本研究の対象地域を徳島市とする。徒歩圏内における潜在需要の推計により、バス交通のサービス向上の余地があるエリアを特定する。一方、徒歩圏外からの潜在需要の推計結果に基づいて、DRT の拠点となる複数のバス停留所を特定する。提案する公共交通サービスの提供に加えて、カーボンプライシングを組み合わせた効果を把握する。

3.2 公共交通利用についての現況推計

対象地域における人口分布に基づいて、外出者数分布を推計するとともに、バス停留所の徒歩圏内における顕在需要を把握する。

3.2.1 外出者数分布の推計

居住人口における外出者数については、就業者、非就業者、在学者（高校以上）に区分して推計することとする。居住者以外では、従業者および従学者（高校以上）の外出者数を、それぞれ推計することとする。

人口分布としては、2020 年度の国勢調査より 4 次メッシュ（500m メッシュ）データを用いる。対象地域におけるメッシュ別居住人口のヒストグラムを図 3.2 に示す。

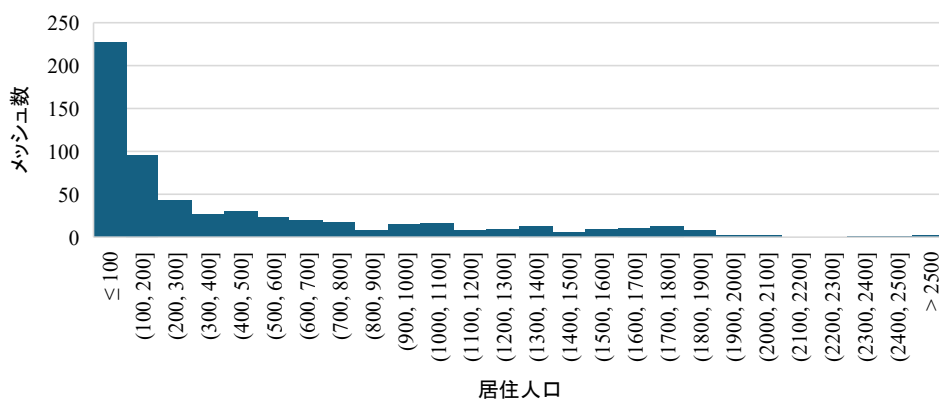


図 3.2 居住人口のヒストグラム

居住人口が 100 人以下のメッシュが 37%で特に多く、人口に応じてメッシュ数は減少する傾向にある。2000 人以上は 7 メッシュに限定されている。

ここで、全国 PT 調査では、都市類型別に交通特性値が公表されている。対象地域の都市類型は、地方中核都市圏（40 万人未満）の中心都市に該当する。全国 PT 調査結果を参照し、職業・就業形態別の外出率を表 3.1 に整理する。正規職員・従業員の外出率は 92.2%と高く、非就業者が 70.5%で最も低い。

表 3.1 職業・就業形態別の外出率

職業・就業形態	外出率
自営業主・家族従業者	76.1%
正規職員・従業員	92.2%
派遣社員、契約社員、パート・アルバイト	85.9%
その他	85.4%
非就業者	70.5%

非就業者を除く 4 区分の職業・就業形態別の居住人口に、外出率を乗じて、各メッシュにおける 4 区分別の就業者の外出者数を算出した。就業者 4 区分別の値を合計することで、就業外出者数とした。就業外出者数の合計値は 10 万人以上となっている。メッシュ別での就業外出者数のヒストグラムを図 3.3 に示す。

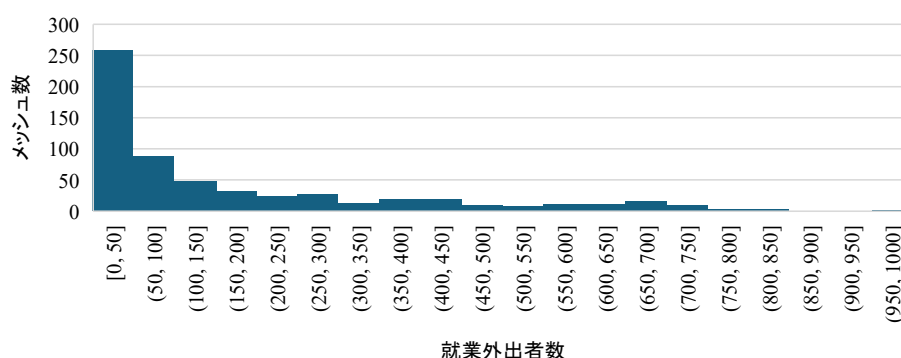


図 3.3 就業外出者数のヒストグラム

就業外出者数の増加に応じて、該当するメッシュ数は減少する傾向となっている。就業者の外出者数が 50 人以下であるメッシュの割合が 42%で特出して多い。一方で、6 メッシュで 800 人以上となっている。

各メッシュにおける非就業者数に、非就業者の外出率を乗じて、非就業者の外出者数を算出した。メッシュ別非就業外出者数のヒストグラムを図 3.4 に示す。

非就業者についても、外出者数の増加に応じて、該当するメッシュ数は減少する傾向となっている。非就業外出者数が 25 人以下であるメッシュの割合が 38%で特出して多い。非就業外出者数が 600 人以上であるのは 6 メッシュのみである。

図 3.5 において、居住人口と就業外出者数の関係（左図）および居住人口と非就業外出者

数の関係（右図）を示す。左図では、居住人口に概ね比例して就業外出者数が増加する関係となっている。居住人口と就業外出者数の相関係数は 0.992 と非常に高い。

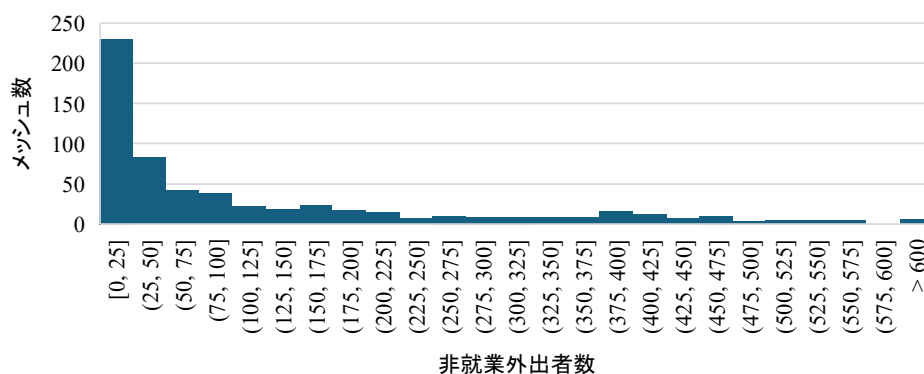


図 3.4 非就業外出者数のヒストグラム

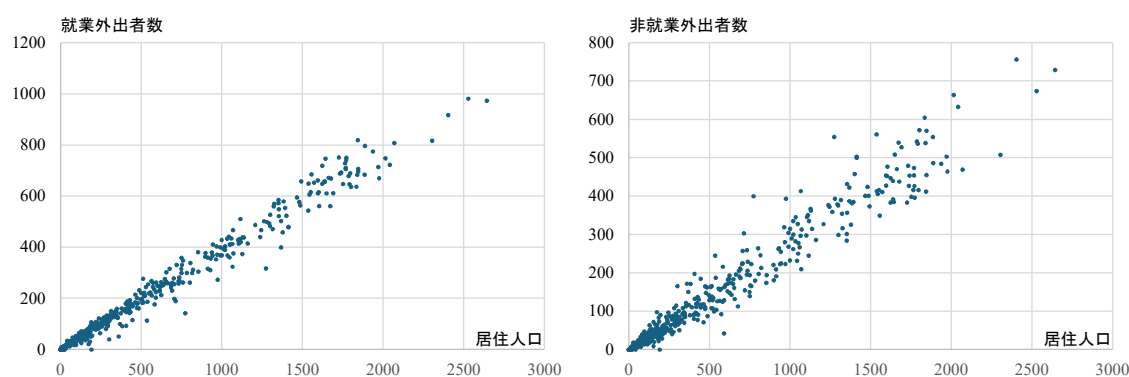


図 3.5 居住人口と外出者数の関係

右図では、非就業外出者数には居住人口と明確な相関関係は見られるものの、就業外出者数と比較すると多少のばらつきがみられる。ただし、居住人口と非就業外出者数の相関係数は 0.979 と十分に高い。

在学者（高校以上）は、対象メッシュに居住する学生であり、小学生および中学生を除くこととする。その外出率は、正規職員・従業員の外出率 92.2%と同一とする。メッシュ別在学外出者数（高校以上）のヒストグラムを図 3.6 に示す。

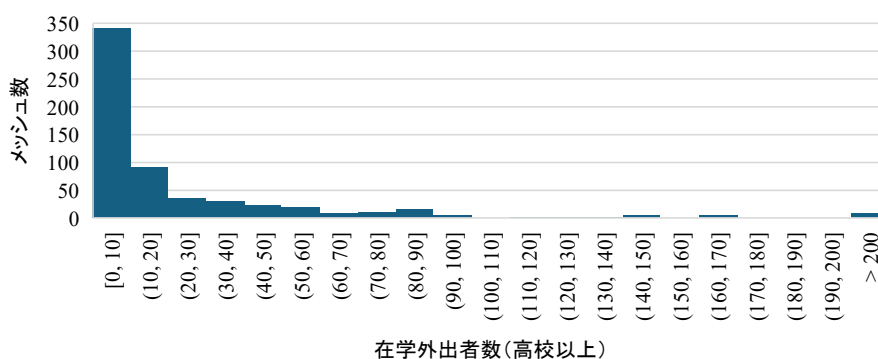


図 3.6 在学外出者数（高校以上）のヒストグラム

在学者（高校以上）の外出者数の増加に応じて、該当するメッシュ数は減少する傾向である。在学者の外出者数が 10 人以下であるメッシュの割合が 56%を占めている。一方で、9 メッシュで 200 人以上となっている。

対象メッシュからの出発トリップには、居住者のみならず、対象メッシュでの従業者および従学者の帰宅目的などのトリップも含まれる。それらの外出率についても、正規職員・従業員の外出率 92.2%と同一とする。メッシュ別での従業者の出勤者数（外出者数）のヒストグラムを図 3.7 に示す。従業者についても、外出者数の増加に応じて、該当するメッシュ数は減少する傾向となっている。15%以上のメッシュは従業地となっておらず、従業者はいない。それを除いても、従業出勤者数が 50 人以下であるメッシュの割合が 34%を占めている。一方、15 メッシュでは 1500 人を超過している。

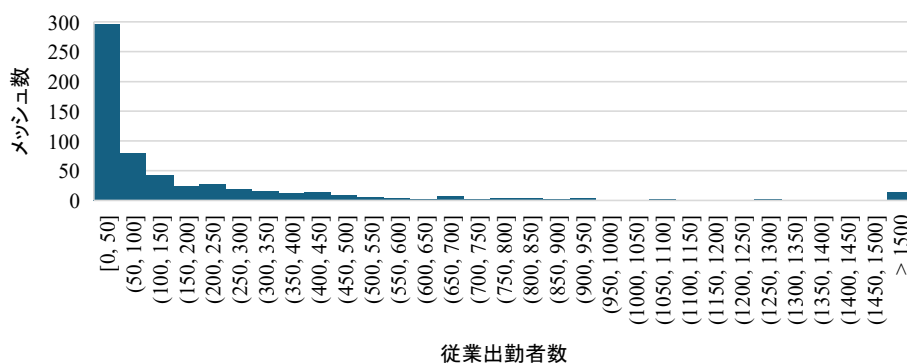


図 3.7 従業者の出勤者数のヒストグラム

メッシュ別での高校生以上である従学者の目的地となる高校および大学が位置するのは、21 メッシュに限定されている。目的地における通学者数は 3378 人が最大となった。

各メッシュについて、就業者、非就業者、在学者（高校以上）で区分した居住者の外出者数の推計値に加えて、従業者および従学者（高校以上）の外出者数の推計値を合計して、外出者数を算出した。メッシュ別外出者数のヒストグラムを図 3.8 に示す。区分別での結果と同様に、外出者数の増加に応じて、該当するメッシュ数は減少する傾向となっている。

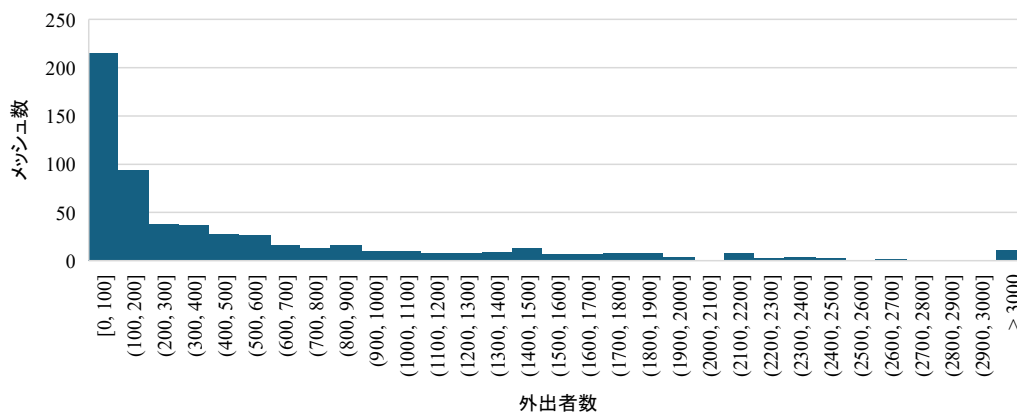


図 3.8 メッシュ別外出者数のヒストグラム

外出者数の推計値が100人以下であるメッシュの割合が35.4%で最も多い。一方で、11メッシュで3千人より多い。外出者数が最も多いのは徳島駅前のメッシュで、概ね6千人である。なお、鉄道駅での乗り換えなどによる利用者は、外出者数には含まれていないことに留意する必要がある。

つぎに、各メッシュの中心点から最短経路探索によるバス停留所への平均アクセス時間で区分した外出者数分布を図3.9に示す。

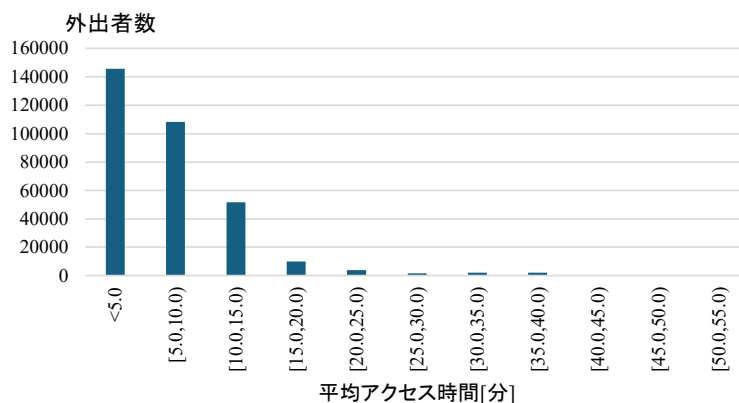


図 3.9 バス停留所への平均アクセス時間による外出者数分布

平均アクセス時間が5分未満の外出者が45%で最多である。平均アクセス時間に応じて外出者は減少する。外出者の97%が15分未満のアクセス時間となっている。

3.2.2 徒歩圏による地域区分

徒歩圏は各バス停留所より300mの範囲とする。同一バス路線において、各バス停留所は300m程度の間隔で設置されており、徒歩圏が重複する。重複する徒歩圏については、各バス停留所の座標に基づいてボロノイ分割する。徒歩圏内の居住人口分布を図3.10に示す。

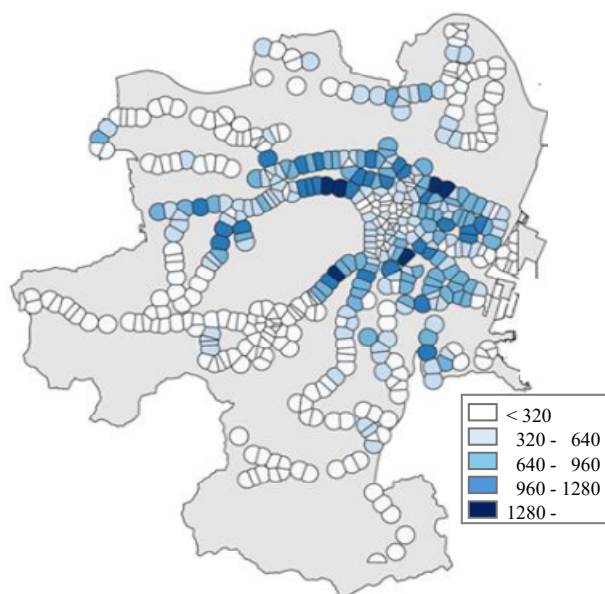


図 3.10 徒歩圏内の居住人口分布

当該徒歩圏との被覆率を乗じることで、各メッシュにおける当該する徒歩圏内人口指標を算出した。それぞれの停留所の徒歩圏が被覆する各メッシュの徒歩圏内人口指標を、すべて合算することで停留所別の徒歩圏内人口指標を算出している。徒歩圏内居住人口の分布をみると、吉野川南岸の大学キャンパス付近の徒歩圏で居住人口が多いことが分かる。

各メッシュにおける徒歩圏との被覆率を算定した結果として、メッシュ別徒歩圏率のヒストグラムを図 3.11 に示す。

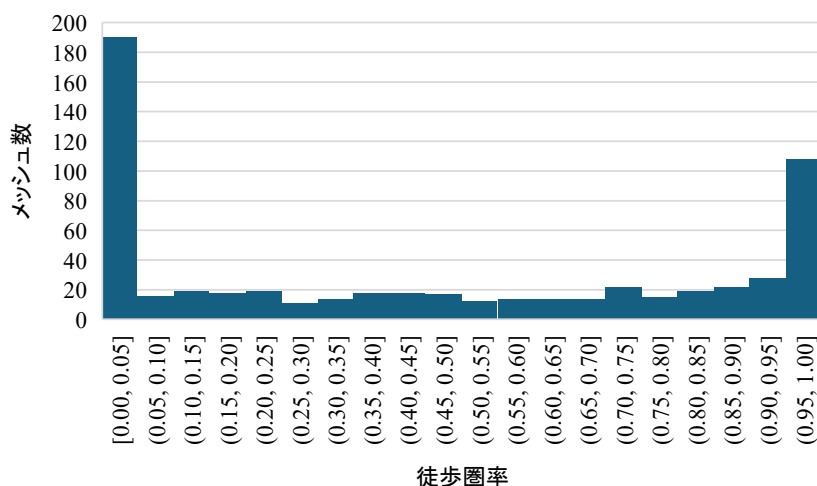


図 3.11 メッシュ別徒歩圏率のヒストグラム

徒歩圏率が 5%以下のメッシュが最も多く、95%より大きいメッシュが次に多い。徒歩圏に全く被覆していない徒歩圏率 0%のメッシュが 26.6%である。一方、すべて徒歩圏に被覆している徒歩圏率 100%のメッシュが 12.7%である。それ以外のメッシュについては、特出して多い区分はなく、概ね全般に徒歩圏率が分布していることがわかる。

徒歩圏率区分別の外出者数を集計した結果を図 3.12 に示す。

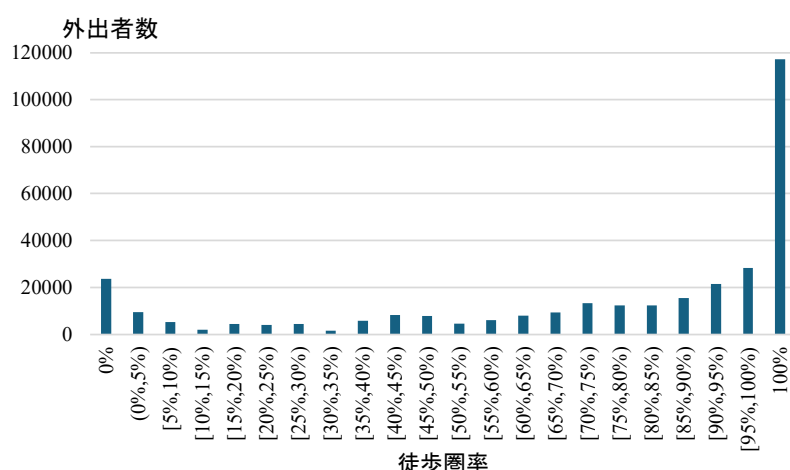


図 3.12 徒歩圏率区分別の外出者数

徒歩圏率 100%のメッシュにおいて、外出者数が特出して多く、全外出者数の 36%を占めている。一方、徒歩圏率 0%のメッシュは全外出者数の 7.3%である。徒歩圏率が 50%以上の

高いメッシュにおいては、徒歩圏率に応じて外出者数が多い傾向がみられる。

各メッシュにおいて中心点からの最短経路探索によるバス停留所を特定し、停留所所別に徒歩圏内外出者数を集計した。徒歩圏内外出者数区別にみた停留所数分布（ヒストグラム）を図 3.13 に示す。ただし、メッシュ中心点から最短距離にある 303 停留所に限定している。

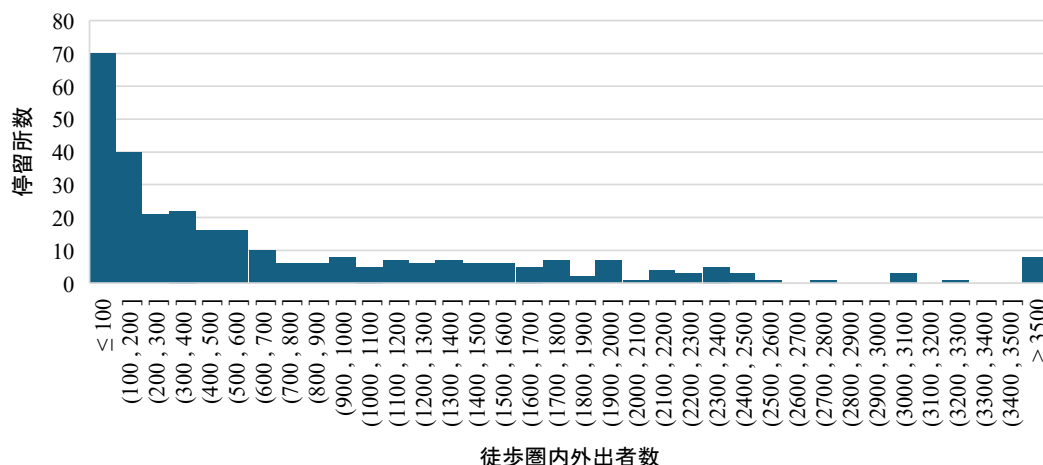


図 3.13 徒歩圏内外出者数区別の停留所数分布（ヒストグラム）

70 停留所において、徒歩圏内外出者数が 100 人以下となる。徒歩圏内外出者数が大きくなるにしたがって、該当する停留所数は減少する傾向にある。ただし、8 停留所においては、徒歩圏内外出者数が 3500 人以上となっている。

3.2.3 顕在需要の推計

現状の顕在需要について、徒歩圏内における需要であると仮定して、停留所別に推計する。顕在需要の調査結果に関して、徳島市地域公共交通計画において、2022 年度の路線別年間利用者数が掲載されている。各路線における年間利用者数を比較して図 3.14 に示す。

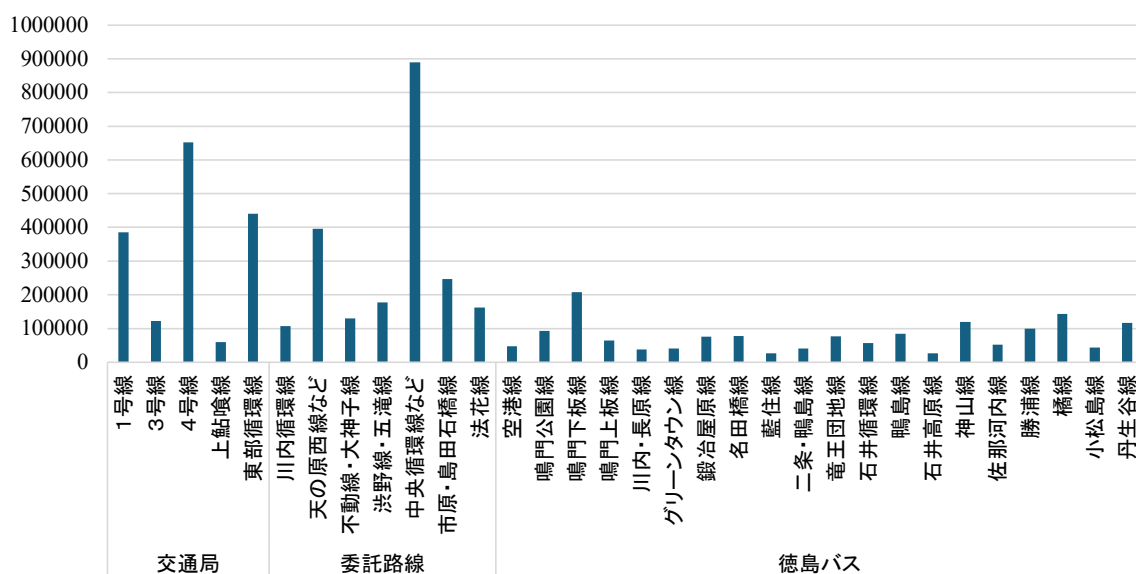


図 3.14 路線別年間利用者数

徳島市中心部付近を循環する中央環状線などの委託路線で年間 89 万人程度の乗車人員となっている。一方、徳島駅と市外を結ぶ徳島バス路線では、年間 10 万人未満の乗車人員である路線も多数見られる。藍住線および石井高原線では年間 3 万人未満と低い。

バス路線ごとの年間利用者数に基づいて、平日 1 日当たりの利用者数を算出する。全国 PT 調査での地方中核都市圏（40 万人未満）の中心都市におけるグロスのトリップ原単位についてみると、平日では 0.049 トリップである。休日では 0.023 トリップで、平日の半分以下である。これらのトリップ原単位と、平日休日のそれぞれの日数の比率より、365 日の単純平均の利用者数に対して、平日 1 日当たりの利用者数は 1.183 倍となる。この倍率を用いて、平日 1 日当たりの路線別利用者数を算出した。

平日 1 日当たりの路線利用者数より、それぞれのバス停留所別の顕在需要を推計する。2000 年に実施された徳島広域都市圏 PT 調査の結果より、バス停留所別の乗降者数を用いて、路線単位で停留所別の割合を算定する。路線別利用者数に停留所別の割合を乗じることで、バス停留所の利用者数を算出する。徒歩圏内における顕在需要の分布を図 3.15 に示す。徳島駅などを含む徳島市中心部で、顕在需要が比較的高い結果となっている。大学キャンパス前の停留所においても、顕在需要が高いことがわかる。

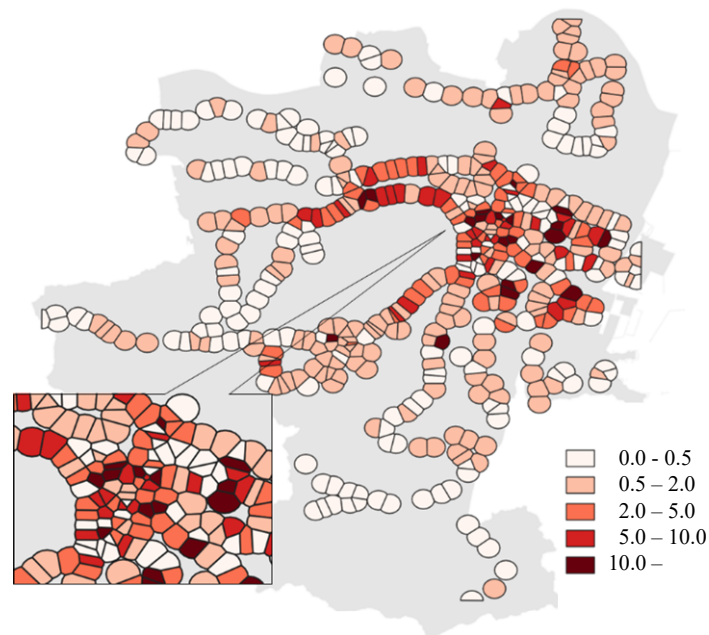


図 3.15 徒歩圏内顕在需要の分布

ここで、徒歩圏内顕在需要は停留所単位で推計した結果であるが、停留所の徒歩圏とメッシュの重なりに基づいて、メッシュ別の徒歩圏内顕在需要を算出した。それぞれのメッシュにおける外出者数と徒歩圏内顕在需要の関係を図 3.16 に示す。相関係数は 0.915 であり、外出者数に応じて、徒歩圏内顕在需要が増加する傾向がみられる。顕在需要が最も大きいのは徳島駅前のメッシュである。

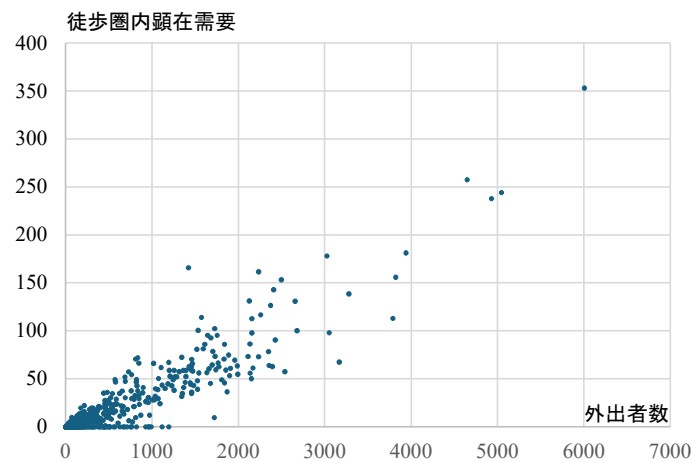


図 3.16 外出者数と徒歩圏内顕在需要の関係

なお、徒歩圏を含まないメッシュについては、外出者が存在しても徒歩圏顕在需要は皆無となる。

3.3 公共交通サービスの潜在需要推計

バス停留所からの徒歩圏内および徒歩圏外に区分して、公共交通サービスにおける到達可能需要と顕在需要の差を、潜在需要として推計する。

3.3.1 徒歩圏内における到達可能需要の推計

到達可能需要は、外出者数に公共交通利用率を乗じて算出した公共交通利用の発生集中交通量とする。全国 PT 調査結果を参照すると、徳島市と同規模の地方都市での公共交通分担率は 4.2% である。徒歩圏内における到達可能需要について、それぞれの停留所別の推計値により区分したヒストグラム（停留所数）を図 3.17 に示す。

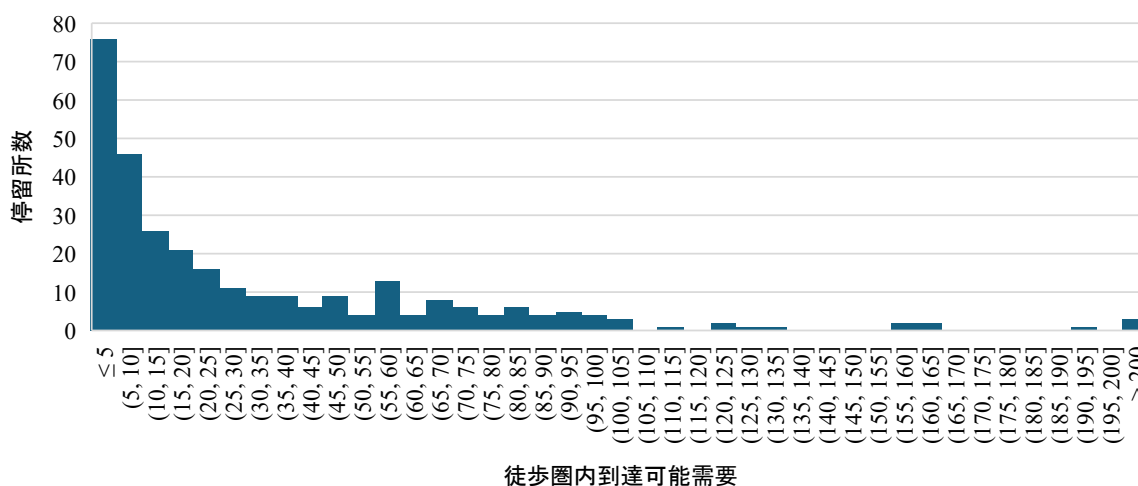


図 3.17 徒歩圏内到達可能需要ヒストグラム（停留所数）

トリップの増加に対応して、該当する停留所数が減少する傾向がある。3 停留所では、到達可能需要が 200 トリップを超過している。

徒歩圏内における到達可能需要について、それぞれの停留所別の推計値を、該当する徒歩圏に含まれるメッシュに割り当てた。徒歩圏内に一部でも該当するのは 426 メッシュである。メッシュ別の推計値により区分した停留所数を図 3.18 に示す。

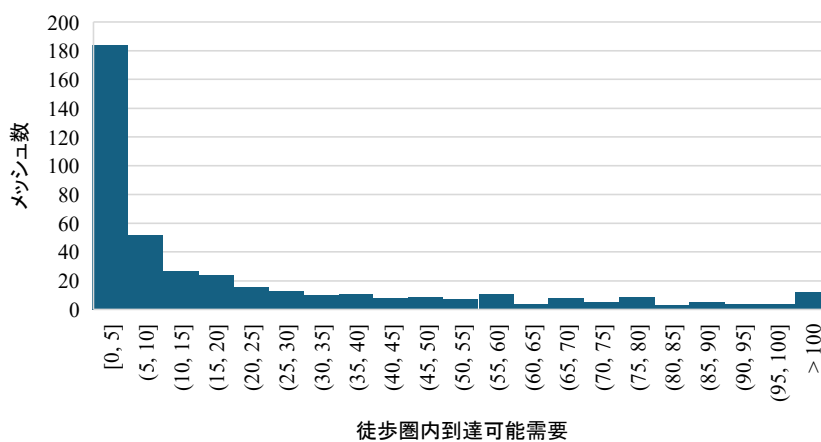


図 3.18 徒歩圏内到達可能需要ヒストグラム（メッシュ数）

到達可能需要が 5 トリップ以下のメッシュは 43%で最も多い。トリップの増加に対応して、該当するメッシュ数が減少する傾向がある。到達可能需要が 100 トリップ以上となったのは 12 メッシュであった。

3.3.2 徒歩圏内における潜在需要の推計

バス停留所の徒歩圏内の潜在需要は、到達可能需要と顕在需要の差とする。それぞれのバス停留所の徒歩圏における潜在需要分布を図 3.19 に示す。

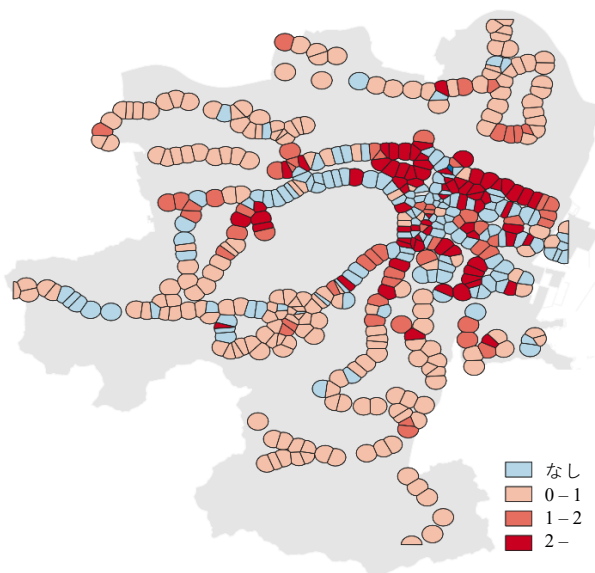


図 3.19 徒歩圏内の潜在需要分布

中心部付近では、サービス水準が比較的高いため、到達可能需要に到達している徒歩圏が多い。一方、中心部に隣接している北側のエリアでは、サービス水準が比較的低いため、潜在需要が多いことがわかる。

徒歩圏内における潜在需要について、合計値は 1093 トリップである。それぞれの停留所別の潜在需要推計値を、該当する徒歩圏に含まれるメッシュに割り当てた。メッシュ別に区分した徒歩圏内の潜在需要についてのヒストグラムを図 3.20 に示す。

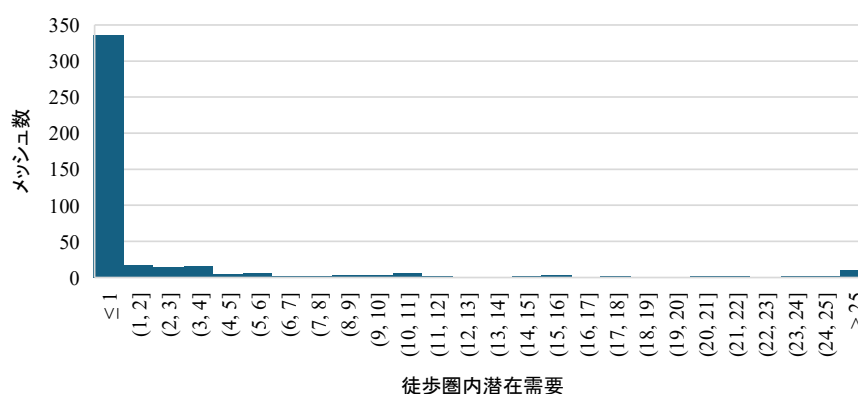


図 3.20 メッシュ別徒歩圏内潜在需要のヒストグラム

徒歩圏内潜在需要の 1 トリップ以下のメッシュが 75%と多数である。一方で、一部のメッシュでは潜在需要が 25 トリップより大きい。

3.3.3 徒歩圏外における潜在需要の推計

徒歩圏外においては、顕在需要はないと仮定する。そのため、バス停留所の徒歩圏外からの潜在需要については、到達可能需要とする。徒歩圏外におけるメッシュ別での潜在需要のヒストグラムを図 3.21 に示す。

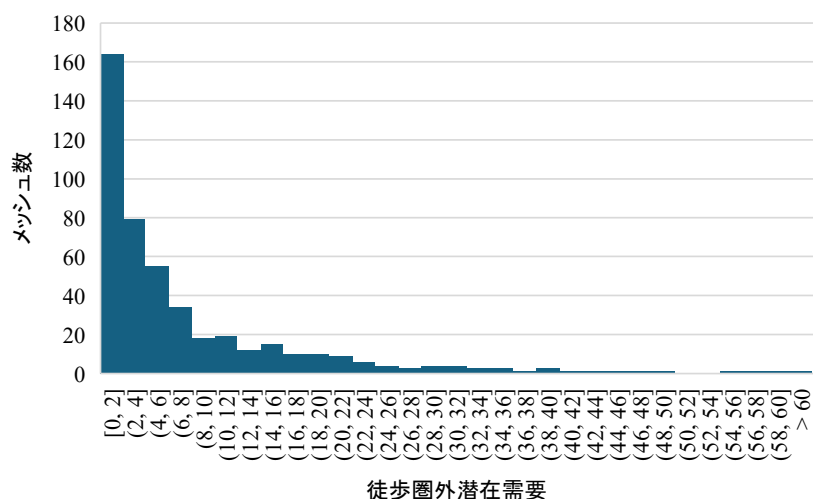


図 3.21 メッシュ別徒歩圏外潜在需要のヒストグラム

徒歩圏外からの潜在需要が 2 トリップ以下のメッシュは 35% で最も多い。徒歩圏外潜在需要についても、トリップの増加に対応して、該当するメッシュ数が減少する傾向がある。潜在需要が 50 トリップ以上となったのは 4 メッシュであった。

ここで、すべての徒歩圏外のメッシュから、最短時間でアクセスできる停留所を探索した。最短アクセスとなる停留所は 258 箇所が該当する。最短アクセス停留所について取りまとめた徒歩圏外潜在需要のヒストグラムを図 3.22 に示す。

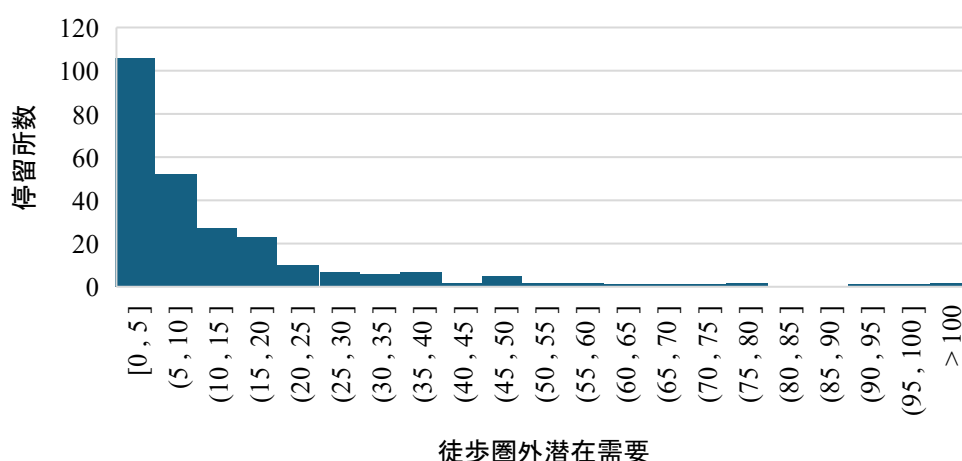


図 3.22 最短アクセス停留所別徒歩圏外潜在需要のヒストグラム

最短アクセス停留所について、潜在需要が 5 トリップ以下となる停留所は 41% で最も多い。トリップの増加に対応して、該当する停留所数が減少する傾向がある。100 トリップより大

きい停留所も2箇所ある。

徒歩圏外の潜在需要について、最短アクセス停留所への平均アクセス時間のヒストグラムを図3.23に示す。10分以上15分未満のアクセス時間の潜在需要が最も多く、構成比率は46%と大きい。アクセス時間15分未満の範囲では、全体の77%を占めている。

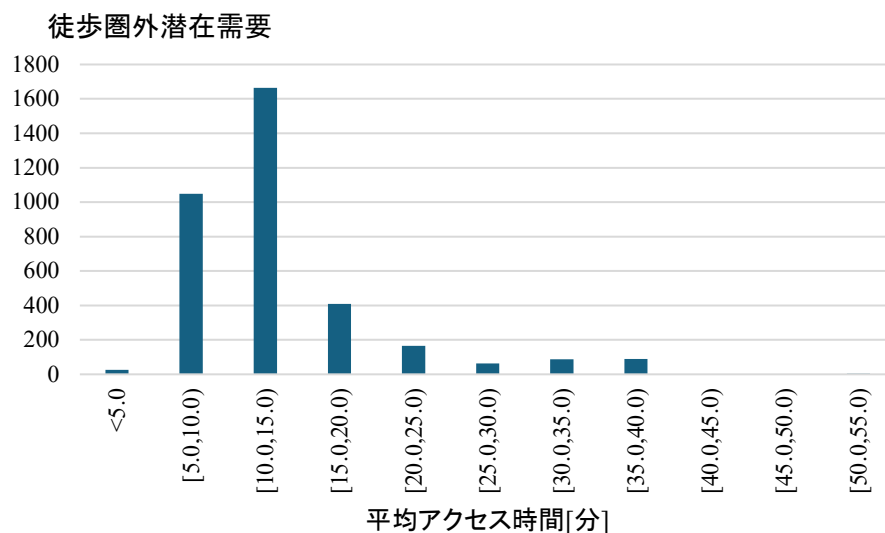


図 3.23 徒歩圏外における平均アクセス時間のヒストグラム

3.4 徒歩圏外からのアクセス拠点の特定

徒歩圏外からの潜在需要を対象として、DRT を用いた公共交通サービスを提供することで顕在化することを考える。そのために、徒歩圏外からの DRT によるアクセス拠点となるバス停留所を特定する。

3.4.1 徒歩圏外における潜在需要による総アクセス時間の推計

徒歩圏外からの潜在需要について、それぞれメッシュからの最短アクセス停留所までのアクセス時間を、その停留所ごとに合計した値を、停留所別総アクセス時間とする。ここでは、徒歩圏外からの潜在需要が、提案する公共交通サービスの提供により顕在需要となることを想定する。

徒歩圏外メッシュについての最短アクセス停留所への総アクセス時間についてのヒストグラムを図3.24に示す。

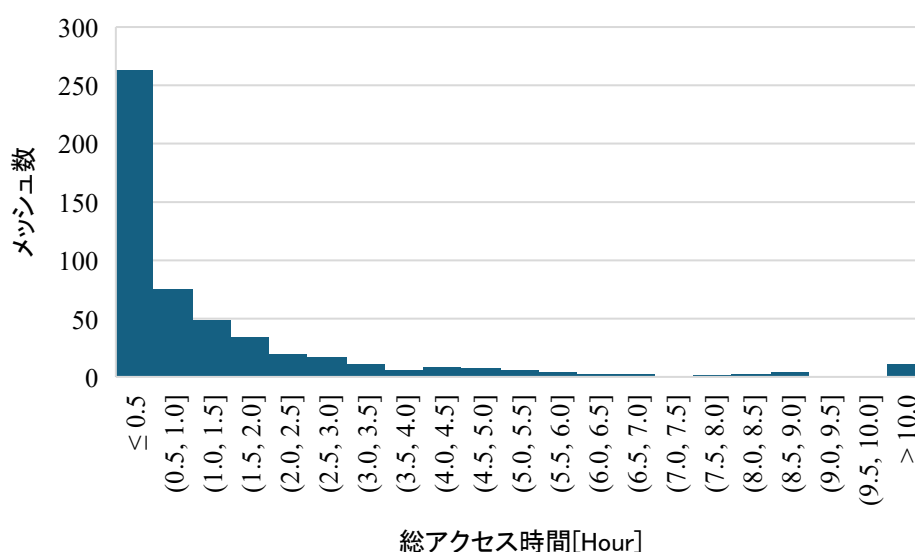


図 3.24 メッシュ別総アクセス時間のヒストグラム

総アクセス時間が 0.5 時間以下のメッシュは 49%と半数に近い。1 時間以下のメッシュでは 64%となる。総アクセス時間に応じて、該当するメッシュ数が減少する結果となっている。

つぎに、最短アクセス停留所に着目して、総アクセス時間について集計する。最短アクセス停留所別にみた徒歩圏外からの総アクセス時間のヒストグラムを図 3.25 に示す。

最短アクセスとなる停留所に該当する 258 箇所について、総アクセス時間が 1 時間以下となる停留所の割合は 45%である。停留所に関しても、総アクセス時間に応じて該当数が減少する結果となっている。総アクセス時間が 15 時間以上となるのは 8 停留所あり、10 時間以上を含めると 19 停留所であった。徒歩圏外からの潜在需要について、すべての停留所における総アクセス時間の合計値は 807.7 時間であった。258 箇所についての平均値は、3.13 時間となっている。

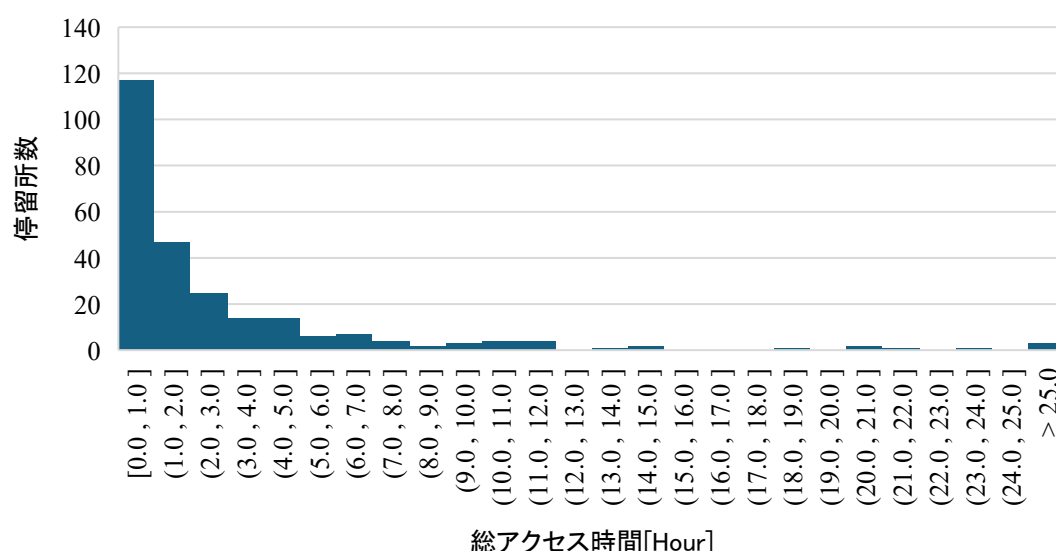


図 3.25 停留所別総アクセス時間のヒストグラム

3.4.2 アクセス拠点候補の選定

徒歩圏外から DRT によるアクセス拠点の候補を選定する。このとき、拠点候補として、徒歩圏外から最短でアクセスできない停留所は対象外とする。徒歩圏外からの最短アクセス停留所から、中学校区単位で各 1 箇所を学区拠点として選定した。これらの学区拠点と、総アクセス時間が同水準の停留所を追加した。この結果、徒歩圏外からの DRT によるアクセス拠点候補として、29 箇所の停留所を選定した。アクセス拠点候補の空間分布を図 3.26 に示す。

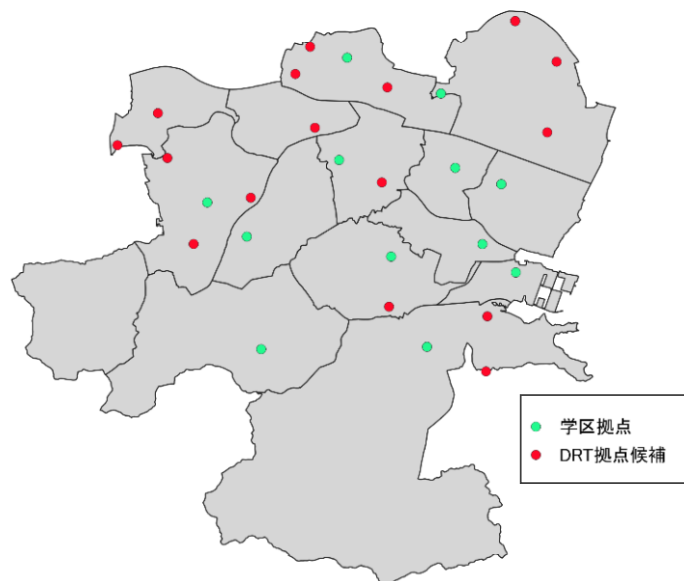


図 3.26 アクセス拠点候補の空間分布

3.4.3 アクセス拠点候補に対する評価

DRT による拠点候補より、アクセス拠点を特定する。DRT のアクセス拠点としては、効率性だけでなく公平性も考慮して特定する。効率性は総アクセス時間で計測し、公平性はアクセス時間の標準偏差およびジニ係数で評価することとした。ここで、学区拠点を基本として、拠点候補を 1 箇所ずつ選定して追加することとする。追加する拠点候補は、効率性の向上の観点から選定していくこととする。このため、平均アクセス時間の減少が最も大きい拠点候補のバス停留所を選定することとした。

徒歩圏外全体での総アクセス時間での比較は、徒歩圏外全体での潜在需要を一定とすると、平均アクセス時間で比較することと同じである。拠点数に対する平均アクセス時間の算定結果を図 3.27 に示す。拠点数を追加するのにしたがって、平均アクセス時間が低下する妥当な結果である。ただし、拠点数が 20 箇所から追加する過程における平均アクセス時間の減少はあまり大きくない。つまり、拠点数を追加する効果が減少している。

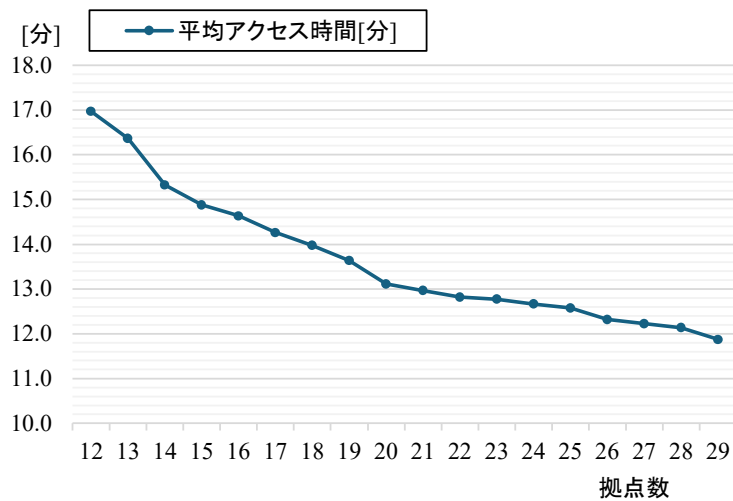


図 3.27 拠点数に対する平均アクセス時間

つぎに、公平性をアクセス時間の標準偏差で計測する。拠点数に対するアクセス時間の標準偏差の算定結果を図 3.28 に示す。

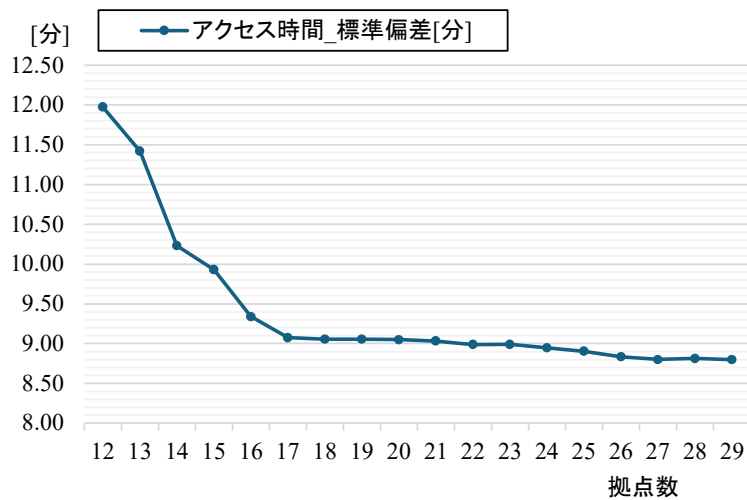


図 3.28 拠点数に対するアクセス時間の標準偏差

拠点数が 17 箇所まで追加する過程では、アクセス時間の標準偏差が減少する。一方、17 箇所以上の拠点数では標準偏差の減少はあまり見られない。

同様に、公平性をアクセス時間のジニ係数で測定する。ジニ係数は低下するにしたがって、各箇所へのアクセス時間が均一に近づくことになる。拠点数に対するアクセス時間のジニ係数の算定結果を図 3.29 に示す。17 箇所の拠点数でジニ係数は最小となっている。20 箇所以上の拠点数では大きな変化はみられなかった。

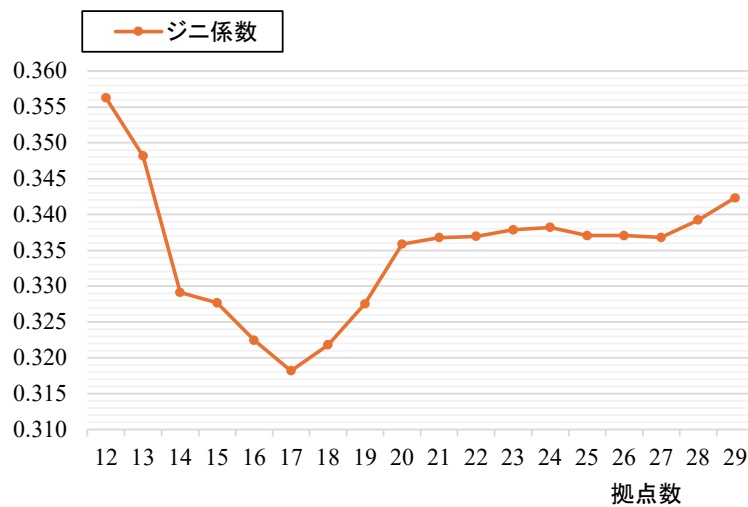


図 3.29 拠点数に対するアクセス時間のジニ係数

以上のように、拠点へのアクセス時間についての公平性の観点からは、17 箇所の拠点を設定することが妥当であると考えられる。一方、効率性を平均アクセス時間の減少とすると、拠点数が最大である 29 箇所の拠点設置の効果が高い。ただし、20 箇所以上の拠点の追加では、効率性の向上が小さい。この点を考慮して、本研究では 20 箇所を DRT 拠点として特定することとした。

3.5 カーボンプライシングと公共交通サービスの効果推計

カーボンプライシングとしての課金により、自動車利用を抑制する効果を推計する。このとき、自動車交通に対する代替交通手段として、徒歩圏外からも DRT を含む公共交通サービスを提供することとする。

3.5.1 自動車利用からの転換モデルの推定

既往研究において、地域交通サービスの利用意向および環境税に対する対応行動を把握するために、徳島県を対象に意向調査が実施されている¹¹⁾。本研究では、この調査結果データを用いて自動車利用からの転換について分析する。

自動車利用からの転換モデルとしては、二項ロジットモデルを適用した。自動車利用抑制の説明変数として、排出量課金（カーボンプライシング）による交通費用の上昇、通勤での自動車利用距離、通勤以外の自動車利用距離および定数項とする。自動車利用からの転換モデルの推定結果を表 3.2 に示す。

表 3.2 自動車利用からの転換モデルの推定結果

説明変数	推定値	t 値
定数項	-2.173	-22.83 **
排出量課金(燃料費上昇)[円/l]	0.034	8.93 **
通勤での自動車利用距離[km]	-0.054	-5.64 **
通勤以外の自動車利用距離[km]	-0.008	-2.31 *

*:5%有意, **:1%有意

排出量課金により転換確率が上がり、自動車利用距離に応じて転換確率が低下する結果となっている。

3.5.2 カーボンプライシングとの組み合わせによる効果

カーボンプライシングと提案した DRT を含む公共交通サービスを組み合わせた交通政策について、自動車利用からの転換モデルを適用して、自動車利用抑制の効果を推計する。既存の調査結果より、転換可能性があるのは最大で 45%とする。対象圏域全体での自動車利用からの転換率の推計結果を図 3.30 に示す。

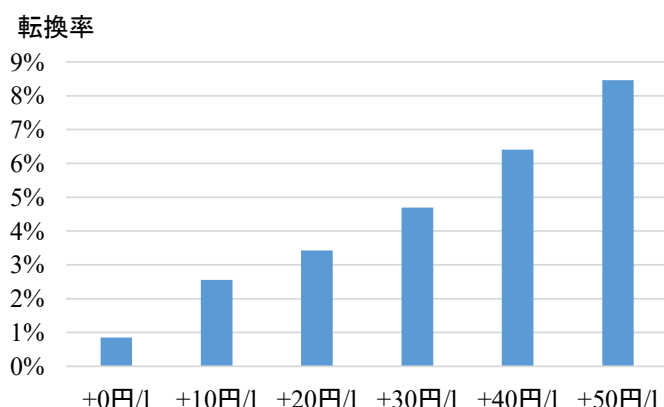


図 3.30 自動車利用からの転換率の推計結果

カーボンプライシングによる排出量課金がない場合には、自動車利用からの転換率は 1%に満たない。課金額の増加に応じて転換率は増加することがわかる。ガソリン 1 リットル当たりの課金額 50 円のケースでは、転換率は 8%を超過している。

つぎに、徒歩圏外から最短アクセス拠点（停留所）へ DRT によりアクセスする可能性がある通勤者に対象を限定して分析する。徒歩圏外からのアクセスにおける DRT 利用割合の推計結果を図 3.31 に示す。カーボンプライシングが課金されていない場合では、徒歩圏外からの DRT 利用率は 4%未満で、地方都市におけるトリップについての公共交通利用率と大差はない。カーボンプライシングの課金額に応じて、DRT 利用率が増加する結果となっている。

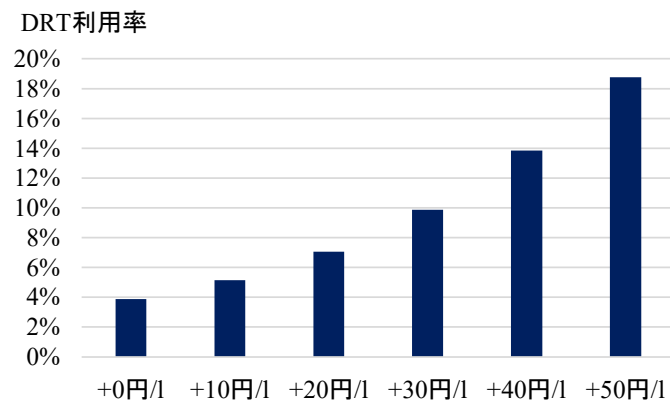


図 3.31 徒歩圏外からのアクセスにおける DRT 利用割合の推計結果

交通手段転換による二酸化炭素排出量削減率の推計結果を図 3.32 に示す。二酸化炭素排出量の削減についても、カーボンプライシングの課金額に応じて削減率が増加する結果となっている。ガソリン 1 リットル当たりの課金額 50 円のケースでは、二酸化炭素排出量削減率は 11%以上と推計されている。

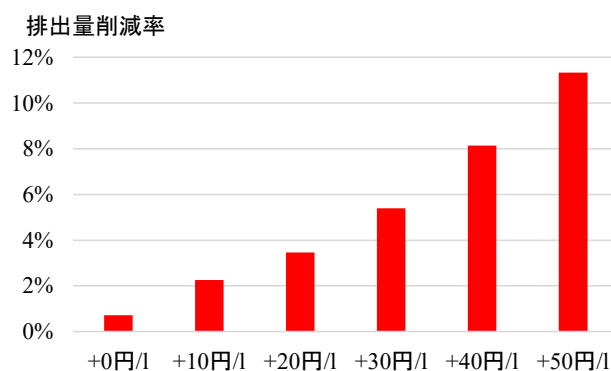


図 3.32 二酸化炭素排出量削減率の推計結果

3.6 まとめ

本稿では、地方圏において潜在需要を考慮した DRT とバス交通を組み合わせた公共交通サービスを提案し、公共交通サービスとカーボンプライシングを組み合わせた交通政策の効果を把握した。この成果は、以下のように整理できる。

- 1) バス停留所からの徒歩圏内と徒歩圏外に区分して潜在需要として推計した。徒歩圏内においても潜在需要があり、サービス水準の向上が求められる地区がある。一方、徒歩圏外の潜在需要の多くは、最短アクセス停留所へのアクセス時間 15 分未満であることがわかった。
- 2) 徒歩圏外から DRT によるアクセス拠点について、拠点までのアクセス時間に基づいて、

効率性と公平性の観点から評価した。学区拠点のみでは、効率性だけでなく、公平性についても不十分である。アクセス拠点の追加については、一部の地区で大きくアクセス時間が低下することで、公平性が低下することがあることが示された。

- 3) 公共交通サービスを提供するのみでは効果は限定され、カーボンプライシングを組み合わせることで自動車利用抑制の効果が見られる。課金額に応じて、徒歩圏外からも DRT の利用が促進される。その結果として、課金額 50 円の場合では、二酸化炭素排出量は 1 割程度削減されることがわかった。

今後の課題としては、[1] DRT の運用費用との関係を考慮すること、[2] DRT とバスの乗り継ぎ時間などの影響も考慮すること、[3] 徒歩圏外から徒歩圏外への移動におけるサービスを検討することが挙げられる。

<参考文献>

- 1) 秋山孝正, 井ノ口弘昭, 奥嶋政嗣, 宇都宮浄人, 小川圭一, 武藤慎一 (2021), 『脱炭素社会に向けた都市交通政策の展開』 勁草書房.
- 2) Okushima, M. (2015) 「Simulating social influences on sustainable mobility shifts for heterogeneous agents」, 『Transportation』 Vol.42, No.5, pp. 827-855.
- 3) 杉尾恵太, 磯部友彦, 竹内伝史 (2001) 「GIS を用いたバス路線網計画支援システムの構築 -潜在需要の把握による路線評価について-」, 『土木計画学研究・論文集』 Vol. 18, pp. 617-626.
- 4) 高野穂泉, 森本章倫 (2012) 「デマンド交通における利用者数の実測と予測の乖離に関する研究」, 『土木学会論文集 D3』 Vol. 68 (5), pp. 851-856.
- 5) 中島秀之, 野田五十樹, 松原仁, 平田圭二, 田柳恵美子, 白石陽, 佐野渉二, 小柴等, 金森亮 (2015) 「バスとタクシーを融合した新しい公共交通サービスの概念とシステムの実装」, 『土木学会論文集 D3』 Vol. 71 (5), pp. 875-888.
- 6) 竹内龍介, 吉田樹 (2022) 「自治体におけるコミュニティバスとデマンド交通の導入実態及び計画プロセスの差異に関する研究」, 『土木学会論文集 D3』 Vol. 78 (6), pp. 613-622.
- 7) 森俊勝, 溝上章志, 金森亮, 松舘渉 (2021) 「交通シミュレーションモデルを用いた都市部への相乗りタクシー導入の評価」, 『土木学会論文集 D3』 Vol. 76 (5), pp. 1321-1330.
- 8) 藤垣洋平, Giancarlos TRONCOSO PARADY, 高見淳史, 原田昇 (2019) 「統合モビリティサービスの概念と体系的分析手法の提案」, 『土木学会論文集 D3』 Vol. 73 (5), pp. 735-746.
- 9) 奥嶋政嗣 (2021) 「地方都市交通政策の持続可能性評価へのエージェントモデル適用」, 『持続可能な開発目標に着目した都市交通政策の実証的分析』 日交研シリーズ A-814 (主査 秋山孝正), pp.32-54.
- 10) 長井悠真 (2025) 「地方都市における潜在需要を考慮した交通サービス計画に関する研究」, 『徳島大学創成科学研究科修士論文』.

4 章 カーボンニュートラル政策としての運賃政策

4.1 はじめに

カーボンニュートラルに向けて、自動車への過度の依存を改め、公共交通の利用を促進することが求められている。その際、公共交通サービスを効率的、かつ魅力的に供給することが必要となっており、そのための一つの政策手段が、運賃政策である。公共交通の鉄道、バスの運賃は、市場原理に基づくのではなく、総括原価をベースとした規制の強い分野であった。しかし、こうした運賃規制は徐々に緩和され、海外では、ピークとオフピークを分けた時間帯別運賃、さらに昨今では、飛行機同様、運賃自体が刻一刻変化するダイナミック運賃も導入されている。一方、都市交通に関しては、海外の場合、事業者や交通モード単位の運賃設定ではなく、都市圏全体を一つの共通運賃で運営する運賃統合が普及している。

これに対し、日本では、近年、オフピークの利用でポイントを付与するといったチケットは発売されるようになったが、ダイナミック運賃はおろか、時間帯別運賃も導入されていない。また、日本の場合、一部乗り継ぎ割引はあるものの、基本的にモード単位、事業者単位で運賃設定がなされており、運賃統合もされてない。そこで、本稿では、時間帯別運賃と運賃統合の2点に焦点を当てて、一般の住民を対象にアンケート調査を行い、日本におけるこうした運賃政策の導入可能性を検討する。

4.2 先行研究

市場をピークとオフピークの二期間に分けて価格設定を行い、需要を平準化する運賃政策は、Vickrey(1955)、Steiner(1957)らによって提案されたピークロードプライシングの理論として知られ、標準的な教科書には必ず記載される。ピークとオフピークで異なる価格を設定することで、共通費である施設の費用負担を変え、社会的に最適な資源配分を実現するというものである。通勤需要は、価格非弾力的とされるが、1983年時点で既にアメリカでは、23の都市で導入されており（Cervero 1985）、オフピーク割引が需要平準化に有効であるという知見が蓄積されてきた（Cervero 1990）。近年の研究でも、2012年から2013年にシンガポールで行われた社会実験や、2014年に香港で導入された時間帯別の運賃差別において、ピークの需要をオフピークにシフトさせるという結果が示されている（Pluntke and Prabhakar 2013,

Halvorsen 2016)

こうした中、日本においては、コロナ過を経て、鉄道事業者がより効率的な運営を目指すという観点から、ピーク輸送を平準化するための模索を開始しており、JR 東日本が通常の定期券よりも割安なオフピーク定期券を発売したほか、他社でも IC カード通勤定期券のオフピーク利用でポイントが付与されるサービスを開始している。しかし、直接的に時間帯別の運賃を導入できているわけではない。その理由として、第 1 に、複雑なネットワークの下での時間の区切り方の対応が技術的に難しい、第 2 に、通勤定期を企業が負担するという制度やフレックスタイムの普及が進まない状況では政策効果が期待できない、といった点が指摘されている（山内・竹内 2002）。

一方、運賃統合については、公共交通の移動が、初乗り運賃の都度払いがなくなって安価になり、かつ分かりやすい運賃となって、自家用車利用から公共交通へのシフトが期待されるという効果がある。加えて、初乗り運賃の都度払いを回避するためにあえて迂回経路を取るといった「利用者の選択の歪み」を「除去したり軽減したりする便益」（田淵編 2015）もある。

運賃統合が進む欧州も、かつては現在の日本のように事業者や交通モード単位でバラバラであった。ドイツで運輸連合（Verkehrsverbund）を最初に導入し、運賃統合を進めたハンブルク市は、第二次大戦後、公共交通の輸送人員の減少に直面していたが、地下鉄、路面電車、バスを運営するハンブルク高架鉄道（HHA）はその原因として、以下の点を指摘した。「①交通機関同士の競争により、効率的な路線の設定がなされず、乗客にとっては不便なものとなっている点、②バス路線間あるいはバスと鉄道の乗り継ぎコストが高く、接続も悪い点、③その結果乗客は迂回経路をとったり、徒歩ですませたりせざるを得ない、ということ」（青木 2019）である。そこで HHA がまず、1960 年に自社のバスと地下鉄、路面電車をゾーン内均一運賃、乗り換え自由にし、1965 年にはハンブルク市で各事業者とともに運輸連合を結成して、1967 年に国鉄路線を含む共通運賃制を開始した経緯がある。

その後、ドイツ語圏では運輸連合が広がり、それ以外の欧州においても、国鉄の近郊線は含まないケースがあるものの、統合運賃制度は広まった。こうした運賃制度が利用者の増加をもたらしたことは、ドイツのほか、イギリス、スペイン、イタリアの研究成果からも見いだされる（FitzRoy and Smith 1998, 1999、ホワイト 1998、Matas 2004、Abrate et al 2009）。

これに対し、日本では乗り継ぎ割引制度が徐々に普及しているものの、基本的には事業者、モード単位で運賃は異なり、利用者は乗り換える都度、初乗り運賃を支払うことが求められる。バスの共通定期券を導入する都市もみられるが、目的地に向けて乗り換えた場合に、運賃の割高感がなくなるわけではない。こうした背景には、日本の都市交通が独立採算に基づく収益事業と位置付けられており、総括原価主義に基づく事業者単位の運賃認可制となって

いることがあった。また、そのような事情から、複雑なネットワークを統合した場合の収入配分の問題もあった。しかも、運賃統合に伴い、初乗り運賃の加算分が得られなくなる事業者の収入減に対して、公的支援を行うという考え方はなく、一般国民に理解が得られないといった点も考えられる。

4.3 アンケートの概要

4.3.1 アンケート調査の考え方

海外で導入が進む運賃政策について日本で導入が進まない要因はいろいろと考えられるが、前節で述べた問題のうち、技術的な問題は、IC カードの普及で、乗降時間帯や利用者の乗車経路等は正確に把握することができようになり、今日では大きなハードルとはいえない。また、コロナ禍後、フレックスタイムを導入する企業は増えており、通勤時間選択の自由度は以前よりも高まっている。一方、運賃統合についても、地方都市圏での交通事業が立ち行かなくなる中、従前と異なり、都市交通における事業者間の協調が重視されるようになり、バス事業者の間では部分的に独占禁止法の除外規定が適用されるようになった。

そうした中で、問題となるのは、時間帯別運賃の議論で考えられる不公平感やピーク時の運賃引き上げに対する抵抗感である¹。また、運賃統合を実現することで生じる初乗り運賃の減収分に対して、公的資金を活用することに対する抵抗感も考えられる。これらは、日本の社会的受容性の問題と思われるが、漠然と認識されるこうした意識は具体的に検証できているわけではない。

一方、通勤費用が会社支給であるため²、時間帯別運賃にさほど効果がない、運賃が統合されててもさほど利用が増えることはないといった点についても、近年の交通事業を巡る環境変化の中、実際に効果がないのかどうか、検証できているわけではない。

そこで、本研究では、時間帯別運賃制、運賃統合について、簡単な質問によって一般の人々の意識調査を行い、日本における導入の可能性を検証する。

¹ 日本経済新聞のコラム、春秋においても、飛行機のダイナミックプライシングに対し、「需給に応じて価格を変える。合理的だと頭でわかるが、得心がいかない」（2024 年 12 月 10 日）と、気持ちのうえでの抵抗感を述べている。

² 厚生労働省の「令和 2 年就労条件総合調査」によると、常用労働者 30 人以上の企業の 92.3%が各種勤務手当や業績手当とは別に「通勤手当など」を支給している。

4.3.2 アンケートの方法

アンケートにあたっては、通勤時の混雑を経験する人が多い地域であること、複数の事業者の鉄道やバスの路線がネットワークとして存在し、それらを乗り継いで移動する人が多い地域であることの2つの観点から、本研究では、政令指定都市の15歳から84歳までの住民を対象とした。ただし、三大都市圏³（以下、三大都市）とそれ以外の地域⁴（以下、地方）では公共交通のネットワークの稠密さが異なることから、それぞれの地域で男女・年齢別・地域別の層化無作為抽出を行い、各地域400人、合計800人の標本を選んだ。全てインターネット調査で、2025年1月31日～2月3日、マーケティング会社を通じて実施した。

4.3.3 回答者の主な特徴

回答者の属性を三大都市、地方に分けてみると、会社員、公務員、派遣社員・契約社員の合計は、それぞれ全体の39%、36%で、パート・アルバイトが両地域とも13%、学生が両地域とも8%、また、主婦・主夫と無職の合計は、それぞれ、33%、37%である。通勤・通学が必要な人は半数程度を占めるが、一方で、そうしたことを必要としない人も一定数あり、この点について、自営業等も含め「通勤することがない」と答えた人が三大都市で44%、地方が47%であった点も留意する必要がある。

本研究で着目すべき、鉄道の利用動向については、三大都市と地方で差があり、月1往復未満の「ほとんど利用しない」（以下、鉄道非利用者）という回答は、三大都市が全体の32%、地方が68%であった（表4.1）。地方の場合、鉄道ネットワークが小さいため、バスの相対的な比率は高まるため、バスの利用状況も尋ねているが、鉄道とバスの両者を組み合わせて、いずれも「ほとんど利用しない」という回答をみると、三大都市が全体の27%、地方が54%となり、やはり地方においては、半数以上の回答者が、鉄道、バスのネットワークをそもそもほとんど利用していないという結果になった。

表 4.1 回答者の鉄道利用状況

	全体		三大都市		地方	
	回答数	比率 (%)	回答数	比率 (%)	回答数	比率 (%)
6往復／週以上	83	10.4	55	13.8	28	7.0
3～5往復／週程度	117	14.6	90	22.5	27	6.8
1～2往復／週程度	79	9.9	56	14.0	23	5.8
1～3往復／月程度	123	15.4	72	18.0	51	12.8
ほとんど利用しない	398	49.8	127	31.8	271	67.8

³ 東京23区・千葉市・さいたま市・川崎市・横浜市・相模原市・名古屋市・大阪市・堺市・京都市・神戸市。

⁴ 札幌市・仙台市・静岡市・浜松市・新潟市・岡山市・広島市・熊本市・北九州市・福岡市。

また、自動車の運転については、「自分のみが運転する自動車を保有している」、「家族と共有の自動車を保有しており、運転することがある」の合計の割合が、三大都市 37%、地方 54%とやはり地方は多い（表 4.2）。ただし、政令指定都市ということもあり、4 割以上の人が運転しないということでもあり、本調査の質問事項は理解できているものと思われる。

表 4.2 回答者の自動車保有・利用状況

	全体		三大都市		地方	
	回答数	比率 (%)	回答数	比率 (%)	回答数	比率 (%)
自分のみが運転する自動車を保有している	197	24.6	78	19.5	119	29.8
家族と共有の自動車を保有しており、運転することがある	166	20.8	71	17.8	95	23.8
家族と共有の自動車を保有しているが、運転することはない	137	17.1	64	16.0	73	18.3
世帯で自動車は保有していないが、カーシェアリングを利用している	20	2.5	15	3.8	5	1.3
世帯で自動車は保有しておらず、カーシェアリングも利用しない	280	35.0	172	43.0	108	27.0

4.4 アンケート結果

4.4.1 時間帯別運賃

「ピーク時は割増運賃が課される一方、昼間時間帯を割り引く制度に賛成ですか」という問への回答は、表 4.3 である。調査にあたっては、①通勤費用は勤務先の負担で通学定期は割増の対象外、②昼間時間帯の割引額はピーク時の運賃加算分よりも安価（鉄道会社の収益はプラスマイナスゼロ）、③遅延時等の対応は実務的に別途対応可という点を前提として答えてもらったが、この結果をみると、鉄道利用者については、「基本的に賛成」と「どちらかといえば賛成」の合計が三大都市で 74%、地方で 65%となっており、鉄道非利用者でみると、三大都市で 51%とやや低くなるが、地方は 67%で、社会的受容性はあるものと考えられる。

表 4.3 時間帯別運賃（ピーク割増・オフピーク割引）に対する賛否

	全体		三大都市				地方			
	回答数	比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用 比率 (%)	鉄道利用 比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用 比率 (%)	鉄道利用 比率 (%)
基本的に賛成	155	19.4	95	23.8	17.3	26.7	60	15.0	14.0	17.1
どちらかといえば賛成	392	49.0	186	46.5	44.1	47.6	206	51.5	53.1	48.1
どちらかといえば反対	171	21.4	83	20.8	22.0	20.1	88	22.0	19.9	26.4
基本的に反対	82	10.3	36	9.0	16.5	5.5	46	11.5	12.9	8.5

どのような人が賛成かそうでないかということについてロジスティック回帰でみると（表 4.4、4.5）、地方については有意な属性を得ることができなかったが、三大都市の場合、鉄道利用者と高年齢層に賛成が多いという傾向が得られた。

表 4.4 時間帯別運賃の賛否の回答者属性に関する回帰結果（三大都市）

説明変数	係数	P 値	オッズ比
年齢	0.016	0.011	1.016
自家用車可	0.406	0.095	1.501
有職者	-0.409	0.095	0.664
鉄道利用者	0.837	0.001	2.310
定数	-0.347	0.399	0.706

表 4.5 回帰分析の変数

被説明変数	
時間帯別運賃の賛否	1:「基本的に賛成」「どちらかといえば賛成」、0:「基本的に反対」「どちらかといえば反対」
説明変数	
年齢	実年齢
自家用車可	1:「自分のみが運転する自動車を保有している」「家族と共有の自動車を保有しており、運転することがある」、0:それ以外
有職者	1:会社勤務、会社経営(経営者・役員)、公務員・教職員・非営利団体職員、派遣社員・契約社員、自営業、農林漁業、専門職(弁護士・税理士等・医療関連)、パート・アルバイト、その他の職業、0:専業主婦・主夫、学生、無職
鉄道利用者	1:月1往復程度以上、0:「ほとんど利用しない」(月1往復程度未満)

一方、「基本的に反対」と「どちらかといえば反対」という人に理由を尋ねた結果をみると（表 4.6）、「時間帯によって運賃が異なるのは不公平だから」という回答が多く、三大都市で反対の人の 35%、地方で 46%となり、回答者全体でみると、三大都市で 10%、地方で 16%である。なお、三大都市の鉄道利用者は、「複雑で面倒」という回答が「不公平」と同数存在している。

表 4.6 時間帯別運賃に反対する理由

	全体		三大都市				地方			
	回答数	比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用比率 (%)	鉄道利用比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用比率 (%)	鉄道利用比率 (%)
時間帯によって運賃が異なるのは不公平だから。	103	40.7	41	34.5	26.5	40.0	62	46.3	50.6	37.8
オフピークの値下げはいいが、ピーク時が値上げになることは、通勤手当等の支給がないがピーク時に公共交通を使わなければならない人がいる場合、その負担を増やすことになるから	76	30.0	30	25.2	14.3	32.9	46	34.3	24.7	53.3
運賃のしくみが複雑で面倒になる印象があるから	75	29.6	40	33.6	24.5	40.0	35	26.1	21.3	35.6
すでに一部の鉄道会社では、オフピーク時のポイント付加を行っており、それで十分だから。	54	21.3	28	23.5	40.8	11.4	26	19.4	25.8	6.7

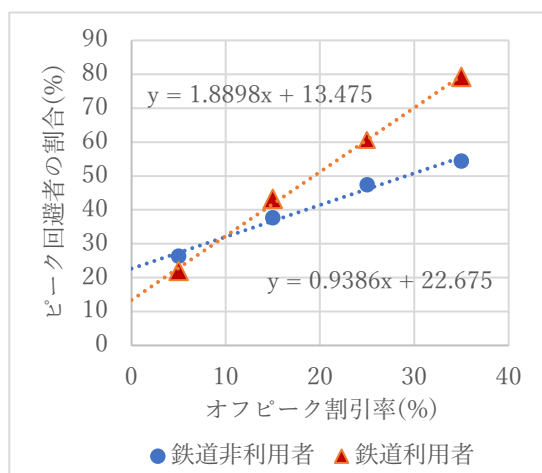
4.4.3 時間帯別運賃の効果

時間帯別運賃の効果については、「ピーク時（例えば7時以降9時半までの乗車）を回避して乗車すると何等かの特典（金銭的な価値がある）が得られるとき、週に1回でもピーク時を回避して通勤しようと考えますか」という問いで、オフピーク利用時の特典を分けて尋ねた回答が、表 4.7 である。これをみると、月1回以上鉄道を利用する鉄道利用者の場合、「ピーク時を回避するつもりはない」という人は、三大都市で18%、地方で24%であり、これに「仕事等の都合で無理」という人も差し引くと、三大都市で69%、地方でも54%の人がピーク時を回避するという回答であった。

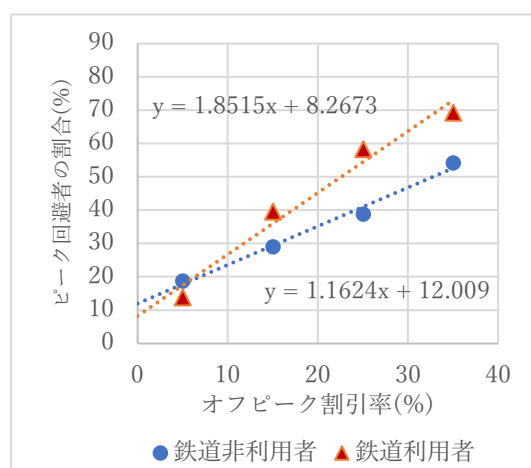
さらに、ここではオフピーク時の割引度合いに応じて意向を尋ねているので、ピーク時を回避する比率を、割引率との関係でみたものが、図 4.1 である。これをみると、割引度合いに応じて線形に回避率が増えていることが明確で、鉄道利用者の場合は三大都市圏、地方圏とも弾性値は1.9近くと高く、鉄道非利用者でも混雑回避の弾性値1前後である。

表 4.7 ピーク時回避の意向

	全体		三大都市				地方			
	回答数	比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用 比率 (%)	鉄道利用 比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用 比率 (%)	鉄道利用 比率 (%)
金銭的な価値が運賃の10%未満であっても、できる限りピーク時を回避する。	140	17.5	82	20.5	23.6	19.0	58	14.5	16.2	10.9
金銭的な価値が運賃の10%以上（20%未満）あるのであれば、できる限りピーク時を回避する	113	14.1	63	15.8	10.2	18.3	50	12.5	8.9	20.2
金銭的な価値が運賃の20%以上（30%未満）あるのであれば、できる限りピーク時を回避する	94	11.8	52	13.0	8.7	15.0	42	10.5	8.5	14.7
金銭的な価値が運賃の30%以上あるのであれば、できる限りピーク時を回避する	99	12.4	52	13.0	6.3	16.1	47	11.8	13.3	8.5
ピーク時を回避したいが、週1回回避することも仕事等の都合で無理。	115	14.4	50	12.5	10.2	13.6	65	16.3	13.7	21.7
ピーク時を回避するつもりはない	239	29.9	101	25.3	40.9	17.9	138	34.5	39.5	24.0



(三大都市)



(地方)

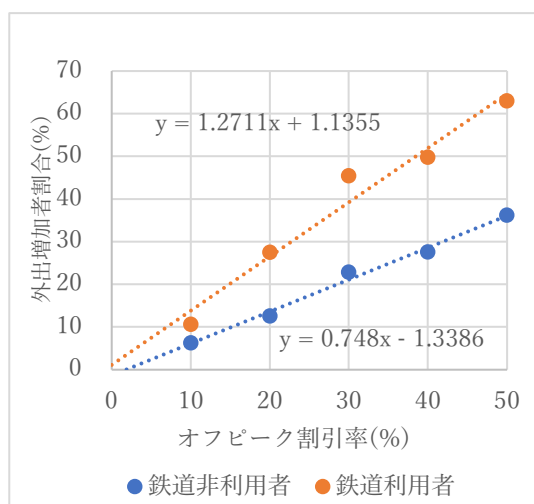
図 4.1 オフピーク割引率とピーク時回避者

一方、オフピークでの割引が外出を増やすか否かという聞き方で尋ねると（表 4.8）、鉄道利用者の場合、三大都市で 63%、地方で 66%の人が、割引率次第であるとはいえ増やす意向を示している。また、鉄道非利用者も、三大都市で 36%、地方で 47%が増やす意向であった。

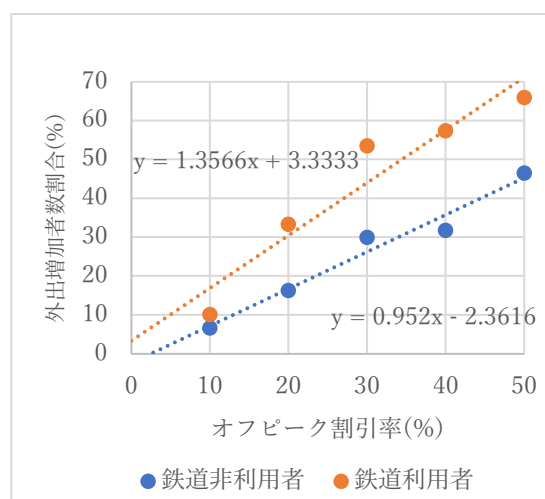
この点について、ここでも割引率に応じて外出の増え方を整理してみると、割引率と外出増には明確な線形な関係があり、混雑回避より弾性値は低いとはいえ、鉄道利用者は 1.3 前後ある。また、鉄道非利用者については、三大都市が 0.75 であるのに対し、地方圏では 0.95 となっており、地方の方が弾性値は高い。このことは、地方の場合、鉄道が利用できる環境にあっても鉄道を利用しないという人が少なくないことが、鉄道需要の価格弾力性を高め、とりわけ、オフピークのような割引が需要を喚起する可能性を示しているともいえる。

表 4.8 オフピーク時の外出意向

	全体		三大都市				地方			
	回答数	比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用比率 (%)	鉄道利用比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用比率 (%)	鉄道利用比率 (%)
凡そ 10% お得であれば、外出は増えると思う。	68	8.5	37	9.3	6.3	10.6	31	7.8	6.6	10.1
凡そ 20% お得であれば、外出は増えると思う。	110	13.8	54	13.5	6.3	16.8	56	14.0	9.6	23.3
凡そ 30% お得であれば、外出は増えると思う。	125	15.6	62	15.5	10.2	17.9	63	15.8	13.7	20.2
凡そ 40% お得であれば、外出は増えると思う。	28	3.5	18	4.5	4.7	4.4	10	2.5	1.8	3.9
凡そ 50% お得であれば、外出は増えると思う。	98	12.3	47	11.8	8.7	13.2	51	12.8	14.8	8.5
割引があっても外出は増えないと思う。	371	46.4	182	45.5	63.8	37.0	189	47.3	53.5	34.1



(三大都市)



(地 方)

図 4.2 オフピーク割引率とオフピーク外出増加者

ここでオフピークの外出を増やすか否かという点で、回答者の属性を説明変数とする二項ロジスティック回帰を行ったところ、三大都市、地方とも鉄道利用者がプラスで有意である

ことに加え、子供を持つ回答者がプラスであり、子どもを連れて出かける誘因になる可能性も考えられる。また、三大都市では、自家用車の利用が可能な人、年齢が若い人が外出を増やす傾向にあるということもわかる。三大都市においては、自家用車を運転できる人の需要を掘り起こす可能性も示唆される。

表 4.9 オフピークの増加意向の回答者属性に関する回帰結果

説明変数	三大都市			地方		
	係数	P 値	オッズ比	係数	P 値	オッズ比
年齢	-0.017	0.005	0.983	-	-	-
鉄道利用者	1.030	0.000	2.801	0.820	0.000	2.271
自家用車可	0.550	0.017	1.733	-	-	-
子供有	0.815	0.006	2.259	1.133	0.000	3.104
定数	-0.029	0.941	0.972	-0.328	0.013	0.720

表 4.10 回帰分析の変数

被説明変数	
オフピーク増加意向	1:「・・・お得であれば外出は増えると思う」 0:「割引があっても外出は増えないと思う」
説明変数	
年齢	実年齢
鉄道利用者	1: 月 1 往復程度以上、0:「ほとんど利用しない」(月 1 往復程度未満)
自家用車可	1:「自分のみが運転する自動車を保有している」「家族と共有の自動車を保有しており、運転することがある」、0:それ以外
子供有	1:世帯に高校生以下の子供がいる、0:高校生以下の子供がいない

4.4.4 運賃統合

まず、現在の事業者、モード単位の運賃制度において「乗り換えると割高になるので、遠回りでも同じ事業者の鉄道路線を利用したことはありますか」と尋ねた。その結果は表 4.11 のとおりで、「そのような状況を経験したことがない」という回答者を除いて比率を出すと、三大都市の鉄道利用者は 22%が「よくある」と答えており、「時々ある」も合わせると半数以上の 52%になった。路線網も事業者の数もそこまで複雑ではない地方においても、鉄道利用者の 14%が「よくある」と答え、「時々ある」も合わせると 45%となった。

表 4.11 同一事業者を用いた路線での迂回（乗換時の初乗り運賃加算回避）

	全体		三大都市				地方			
	回答数	比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用比率 (%)	鉄道利用比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用比率 (%)	鉄道利用比率 (%)
よくある	64	15.8	51	19.5	7.0	22.0	13	9.0	4.1	13.9
時々ある	126	31.0	80	30.7	34.9	29.8	46	31.7	32.9	30.6
あまり気にしない	168	41.4	106	40.6	44.2	39.9	62	42.8	43.8	41.7
全く気にしない	48	11.8	24	9.2	14.0	8.3	24	16.6	19.2	13.9
そのような状況を経験したことがない	394	-	139	-	-	-	255	-	-	-

このような迂回行動について、「そのような状況を経験したことがない」という回答者を除外したうえで、「よくある」、「時々ある」を1、「あまり気にしない」、「全く気にしない」を0とする二項ロジスティック回帰で回答者の属性との関係を試みると、三大都市では年齢が若い人、地方では現時点で職に就いていない人、通勤費用を前払い支給されている人で迂回行動がなされる傾向にあることがわかる。若い人や学生も含め職に就いていない人が少しでも節約したいと考える、既定の通勤経路が前払いされているといった事情があるものと思われる。

表 4.12 迂回行動経験者の回答者属性に関する回帰結果

説明変数	三大都市			地方		
	係数	P 値	オッズ比	係数	P 値	オッズ比
年齢	-0.025	0.000	0.975	-0.016	0.070	0.984
有職者				-0.894	0.038	0.409
通勤費前払い				0.885	0.049	2.422
定数	1.220	0.001	3.387	0.623	0.205	1.865

表 4.13 回帰分析の変数

被説明変数	
迂回行動	1:「よくある」「時々ある」、0:「全く気にしない」「あまり気にしない」
説明変数	
年齢	実年齢
有職者	1:会社勤務、会社経営(経営者・役員)、公務員・教職員・非営利団体職員、派遣社員・契約社員、自営業、農林漁業、専門職(弁護士・税理士等・医療関連)、パート・アルバイト、その他の職業、00:専業主婦・主夫、学生、無職
通勤費前払い	1:定期代を前払い、実費申告で前払い、0:事後精算、支給制度なし、通勤することがない

次に「乗り換えが必要な目的地があるとした場合、もし初乗り運賃が加算されなければ、そうでないときよりも鉄道やバスの利用が増えると思いますか」という問いに対しては、鉄

道利用者については、三大都市、地方とも「ほとんど利用が増えないと思う」という人は 4 割を下回っている。また、現時点で鉄道をほとんど利用しない鉄道非利用者也、三大都市、地方とも 3 割前後が、相応に割安になるのであれば、「増えると思う」と回答している。公共交通の利用ということで、「自分のみが運転する自動車を保有している」、「家族と共有の自動車を保有しており、運転することがある」を自家用車有として、自家用車の有無で分けてみると（表 4.15）、それぞれの地域で両者にさほど大きな差異はないが、三大都市圏では、自家用車有の回答者の方が、「ほとんど利用は増えない」の割合が小さく、三大都市圏のように公共交通のネットワークが稠密な地域では、こうした割引が自家用車の運転からの転換を促す可能性を示唆している。

表 4.14 初乗り運賃加算なしの場合の公共交通利用（1）

	全体		三大都市				地方			
	回答数	比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用比率 (%)	鉄道利用比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用比率 (%)	鉄道利用比率 (%)
現在よりも運賃が 10%以上（20%未満）安くなるなら、利用が増えると思う	100	12.5	54	13.5	6.3	16.8	46	11.5	7.7	19.4
現在よりも運賃が 20%以上（30%未満）安くなるなら、利用が増えると思う	111	13.9	65	16.3	8.7	19.8	46	11.5	7.7	19.4
現在よりも運賃が 30%以上（40%未満）安くなるなら、利用が増えると思う	64	8.0	34	8.5	4.7	10.3	30	7.5	5.9	10.9
現在よりも運賃が 40%以上（50%未満）安くなるなら、利用が増えると思う	27	3.4	14	3.5	2.4	4.0	13	3.3	4.1	1.6
現在よりも運賃が 50%安くなるなら、利用が増えると思う	79	9.9	42	10.5	7.9	11.7	37	9.3	8.5	10.9
ほとんど利用は増えないと思う	419	52.4	191	47.8	70.1	37.4	228	57.0	66.1	38.0

表 4.15 初乗り運賃加算なしの場合の公共交通利用（2）

	三大都市				地方			
	回答数	比率 (%)	自動車無比率 (%)	自動車有比率 (%)	回答数	比率 (%)	自動車無比率 (%)	自動車有比率 (%)
現在よりも運賃が 10%以上（20%未満）安くなるなら、利用が増えると思う	54	13.5	12.7	14.8	46	11.5	10.8	12.1
現在よりも運賃が 20%以上（30%未満）安くなるなら、利用が増えると思う	65	16.3	15.1	18.1	46	11.5	11.8	11.2
現在よりも運賃が 30%以上（40%未満）安くなるなら、利用が増えると思う	34	8.5	8.8	8.1	30	7.5	8.6	6.5
現在よりも運賃が 40%以上（50%未満）安くなるなら、利用が増えると思う	14	3.5	2.8	4.7	13	3.3	5.9	0.9
現在よりも運賃が 50%安くなるなら、利用が増えると思う	42	10.5	10.8	10.1	37	9.3	8.6	9.8
ほとんど利用は増えないと思う	191	47.8	49.8	44.3	228	57.0	54.3	59.3

そこで、加算運賃が課されない分の割引率に応じた公共交通の需要の変化をみると(図 4.3)、ここでも概ね線形の結果が得られ、鉄道利用者は三大都市で 1.1、地方で 0.98 といずれも 1 前後になり、鉄道非利用者は三大都市で 0.54、地方で 0.62 となった。普段鉄道利用をする者にとっては、さらに公共交通を利用するきっかけになるということがいえる。また、鉄道非利用者についても、一定の弾性値があり、地方の方がやや高く、地方における潜在需要の掘り起こしを示唆するものといえる。

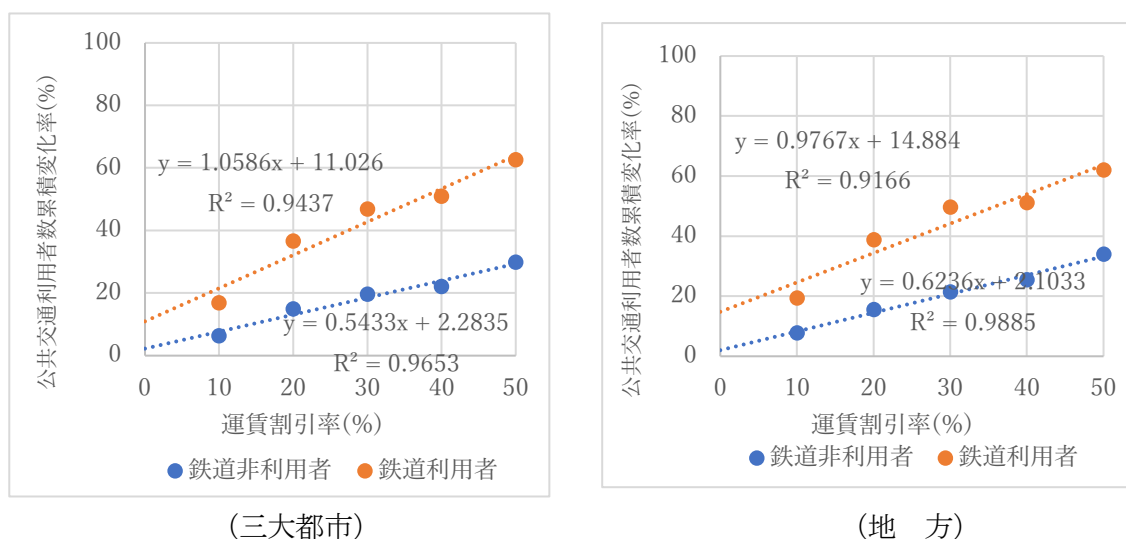


図 4.3 運賃割引率と公共交通利用増加率

ここでも、公共交通利用を増やす意向を表明した回答者の属性を、ロジスティック回帰でみると(表 4.4、4.5)、三大都市、地方ともに、記述統計からも明らかなとおり、鉄道利用者が有意にプラスとなっているが、加えて三大都市については、子どものある回答者が公共交通利用を増やすという傾向が有意に示された。時間帯別運賃のときのオフピークの利用が増える回答者と同様、子どもを連れて公共交通で出かけるきっかけになることが示唆された。

表 4.16 初乗り加算なしで利用が増える回答者の属性に関する回帰結果

説明変数	三大都市			地方		
	係数	P 値	オッズ比	係数	P 値	オッズ比
鉄道利用者	1.355	0.000	3.878	1.156	0.000	3.177
子供有	0.759	0.004	2.136	—	—	—
定数	-1.004	0.000	0.367	-0.666	0.000	0.514

表 4.17 回帰分析の変数

被説明変数	
公共交通利用増加	1:「・・・利用が増えると思う」 0:「ほとんど利用は増えないと思う」
説明変数	
鉄道利用者	1:月1往復程度以上、0:「ほとんど利用しない」(月1往復程度未満)
子供有	1:世帯に高校生以下の子供がいる、0:高校生以下の子供がいない

「乗り換え時の初乗り加算をせず、通し運賃で割安にすることを公的な補助(原資は税金)で行うことをどう思いますか」という質問に対しては、表 4.18 のとおり「基本的に賛成」と「どちらかといえば賛成」という人で、三大都市、地方とも7割以上を占める一方、月に一回も鉄道に乗らない鉄道非利用者も三大都市で55%、地方で69%となり、鉄道利用者よりも減るとはいえ、賛成という声が多い。とりわけ、地方の場合、鉄道を利用しない人が多いが、そうした人にも賛成が多く、自家用車からの転移の可能性が示唆される。その点について、自家用車の有無別でみると(表 4.19)、三大都市、地方とも、自家用車有の回答者の方が、10%ポイントほど賛成が多く、自家用車を運転できる人が、こうした運賃政策で鉄道を利用するきっかけになる可能性が考えられる。

表 4.18 公的な補助による運賃統合(初乗り運賃加算なし)に対する賛否(1)

	全体		三大都市				地方			
	回答数	比率(%)	回答数	比率(%)	鉄道非利用比率(%)	鉄道利用比率(%)	回答数	比率(%)	鉄道非利用比率(%)	鉄道利用比率(%)
基本的に賛成	190	23.8	107	26.8	19.7	30.0	83	20.8	18.5	25.6
どちらかといえば賛成	377	47.1	178	44.5	35.4	48.7	199	49.8	50.2	48.8
どちらかといえば反対	139	17.4	69	17.3	22.0	15.0	70	17.5	16.6	19.4
基本的に反対	94	11.8	46	11.5	22.8	6.2	48	12.0	14.8	6.2

表 4.19 初乗り運賃加算なしの場合の公共交通利用(2)

	三大都市				地方			
	回答数	比率(%)	自動車無比率(%)	自動車有比率(%)	回答数	比率(%)	自動車無比率(%)	自動車有比率(%)
基本的に賛成	107	26.8	23.5	32.2	83	20.8	17.7	23.4
どちらかといえば賛成	178	44.5	44.6	44.3	199	49.8	47.3	51.9
どちらかといえば反対	69	17.3	17.5	16.8	70	17.5	22.0	13.6
基本的に反対	46	11.5	14.3	6.7	48	12.0	12.9	11.2

運賃統合の方法について、欧州で普及しているサブスク型のチケットについても、「一定のエリアについては、複数の事業者や鉄道、バスを自由に移動できる住民対象の割安なチケット（有効期間は9か月から1年程度）」を「公的な補助（原資は税金）で実現する施策をどう思いますか」と尋ねた（表 4.20）。こちら結果をみると、鉄道利用者は、三大都市、地方とも8割近く、鉄道非利用者も大都市圏では半数以上、地方は71%が賛成で、若干ではあるが、単なる初乗り運賃の補助より賛成の声が大きく、その差は地方の方がやや大きい。地方の場合は、ネットワークが大都市圏よりもシンプルであることから、何度も乗り継ぐというケースは大都市圏よりも少なく、一方で、市内の路線バスを複数のバス会社が担っている場合も多いことから、事業者別ではなくエリアとして使えるチケットの魅力が大きいのかかもしれない。また、自家用車の有無でみると（表 4.21）、こちら自家用車有の回答者の方の賛成が多くなっている。

表 4.20 公的な補助による運賃統合（エリア乗り放題チケット発売）に対する賛否（1）

	全体		三大都市				地方			
	回答数	比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用比率 (%)	鉄道利用比率 (%)	回答数	比率 (%)	鉄道非利用比率 (%)	鉄道利用比率 (%)
基本的に賛成	166	20.8	93	23.3	14.2	27.5	73	18.3	15.5	24.0
どちらかといえば賛成	416	52.0	197	49.3	44.1	51.6	219	54.8	55.4	53.5
どちらかといえば反対	141	17.6	71	17.8	19.7	16.8	70	17.5	17.0	18.6
基本的に反対	77	9.6	39	9.8	22.0	4.0	38	9.5	12.2	3.9

表 4.21 公的な補助による運賃統合（エリア乗り放題チケット発売）に対する賛否（2）

	三大都市				地方			
	回答数	比率 (%)	自動車無比率 (%)	自動車有比率 (%)	回答数	比率 (%)	自動車無比率 (%)	自動車有比率 (%)
基本的に賛成	93	23.3	21.9	25.5	73	18.3	15.1	21.0
どちらかといえば賛成	197	49.3	48.2	51.0	219	54.8	53.8	55.6
どちらかといえば反対	71	17.8	17.9	17.4	70	17.5	21.0	14.5
基本的に反対	39	9.8	12.0	6.0	38	9.5	10.2	8.9

上記2つの質問について、「どちらかといえば反対」と「基本的に反対」を選んだ人に対してその理由を尋ねたものが表 4.22 である。これをみると、「公的資金を公共交通のために使うことに反対だから」という人は、三大都市、地方とも反対をした人のうちの4割、回答者全体の14%であった。また、三大都市の鉄道非利用者は、通勤定期を支給する事業者への補助になるという理由を選んだ回答者も多かった。

表 4.22 公的資金による運賃統合に反対する理由

	全体		三大都市				地方			
	回答 数	比率 (%)	回答 数	比率 (%)	鉄道 非利用 比率 (%)	鉄道利用 比率 (%)	回答 数	比率 (%)	鉄道 非利用 比率 (%)	鉄道利用 比率 (%)
公的資金を公共交通のために使うことに反対だから	111	41.3	55	41.4	40.0	42.5	56	41.2	44.4	32.4
公的資金を公共交通のために使うことは反対しないが、乗り換え時の加算を割り引いても、影響範囲も限られて、意味がないから	71	26.4	28	21.1	18.3	23.3	43	31.6	29.3	37.8
9か月以上の定期のような住民を対象にした割安チケットの運賃設定は、住民と訪問者の間で不公平だから	31	11.5	16	12.0	6.7	16.4	15	11.0	9.1	16.2
通勤定期券の部分は会社支給なので、公的に補助して割安なチケットを設定しても、利用者ではなく会社に還元され、公的資金の使い方として問題があるから	77	28.6	39	29.3	41.7	19.2	38	27.9	29.3	24.3

4.5 まとめ

時間帯別運賃と運賃統合の2点に焦点を当てて、一般の住民を対象にアンケート調査を行い、日本におけるこうした運賃政策の導入可能性を検討した。その結果をみると、時間帯別運賃については、三大都市、地方別に鉄道利用者、非利用者を分けてみても、いずれも賛成意見の方が多く、これを不公平と感じる回答者は全体の1割強程度である。そのうえで、時間帯別運賃があれば、ピーク時の通勤を回避したいという意向は強く、鉄道を月一往復以上利用する鉄道利用者の場合、三大都市で7割弱、地方でも半数以上が、ピーク時を回避すると回答している。回避したいが仕事の都合上無理と答えた回答者は三大都市では14%、地方では2割強で、時間帯別運賃が、ピークの平準化に一定の効果があることが示唆された。また、オフピーク割引は、半数以上の人が出外を増やすと回答しており、オフピーク割引は外出を促すきっかけになり、地方圏や大都市圏でも子ども連れ、自家用車を持つ人の公共交通へのシフトを促すことが示唆された。

一方、運賃統合については、現行の事業者別、モード別の運賃制度の場合、初乗り運賃の加算を回避するために迂回行動をするという鉄道利用者が三大都市では半数強、地方でも4割以上となっており、交通行動に歪みをもたらしている可能性が示された。また、運賃統合によって、加算運賃の割高感が解消されるのであれば、三大都市、地方とも、鉄道を月に1往復以上使う鉄道利用者であれば、6割以上が公共交通による外出が増えるとしており、ほ

とんど鉄道を利用しないという人も、運賃弾力性は三大都市で 0.54、地方で 0.62 と一定程度存在して、地方は三大都市よりやや弾力値が高い。外出を増やすという回答は、自家用車を有無には関係なく、三大都市の場合は子ども連れの人が増やすという傾向があった。さらに、公的資金を用いて運賃統合による事業者の減収分を賄うことについては、賛成意見が多く、この点も自家用車の有無とは関係ないことも分かった。

時間帯別運賃、運賃統合という新たな運賃政策について、従前、日本の通勤費用支給の制度や社会的受容性を背景があげられていたが、本研究からは、両方の政策とも社会的には賛同を得られており、また、自家用車から公共交通への利用シフトも期待されることが判明した。カーボンニュートラルという社会課題への一つの対応策として、こうした運賃政策の導入が有効であると考えられる。

<参考文献>

- 1) Abrate, G., Piacenza, M., and Vannoni, D., (2009), The impact of integrated tariff systems on public transport demand: Evidence from Italy, *Regional Science and Urban Economics*, 39, pp.120-127.
- 2) 青木真美 (2019) 『ドイツにおける運輸連合制度の意義と成果』 日本経済評論社
- 3) Cervero, R., (1985), Experience with time-of day transit pricing in the United States, *Transportation Research Record* 1039, pp.21-30.
- 4) Cervero, R., (1990), Transit pricing research. *Transportation*, 17 (2), pp.117-139.
- 5) FitzRoy, F. and Smith, I. (1998), Public transport demand in Freiburg: why did patronage double in a decade? *Transport Policy* 5 (3) pp.163-173.
- 6) FitzRoy, F. and Smith, I., (1999), Season tickets and the demand for public transport, *Kyklos* 52, pp.219-238.
- 7) Halvorsen, Anne et al. (2016), Reducing Subway Crowding: Analysis of an Off-Peak Discount Experiment in Hong Kong. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2544, 1: pp.38-46.
- 8) Matas, A. (2004), Demand and revenue implications of an integrated public transport policy: the case of Madrid, *Transport Reviews* 24 (2) pp.195-217.
- 9) Pluntke, C. and B. Prabhakar, INSINC: A platform for managing peak demand in public transit. *Journeys*, pp.31-39.
- 10) 田渕隆俊編 (2015) 「公共交通における運賃統合の経済分析」 日交研シリーズ A-626
- 11) Vickrey, W., (1955), A Proposal for Revising New York's Subway Fare Structure, *Operational Research* 3 (1), pp.38-68.
- 12) ホワイト, ピーター・R (1998) 「都市交通の価格政策」 廣岡治也編 (1998) 『都市と交通—グローバルに学ぶ—』 成山堂書店

5 章 地方主要鉄道駅からのアクセス交通における

カーボンニュートラル

5.1 はじめに

2035 年以降の開業に向け、リニア中央新幹線の整備が進められている。山梨県甲府市には、リニア中央新幹線山梨県駅（仮称）が設置予定であり、駅の整備およびその周辺整備についても検討がなされている¹⁾。山梨県駅からのアクセス交通は、今のところ自動車やバスなどの道路交通手段を利用するとされている²⁾。しかし、現状の日本全体での運輸部門における

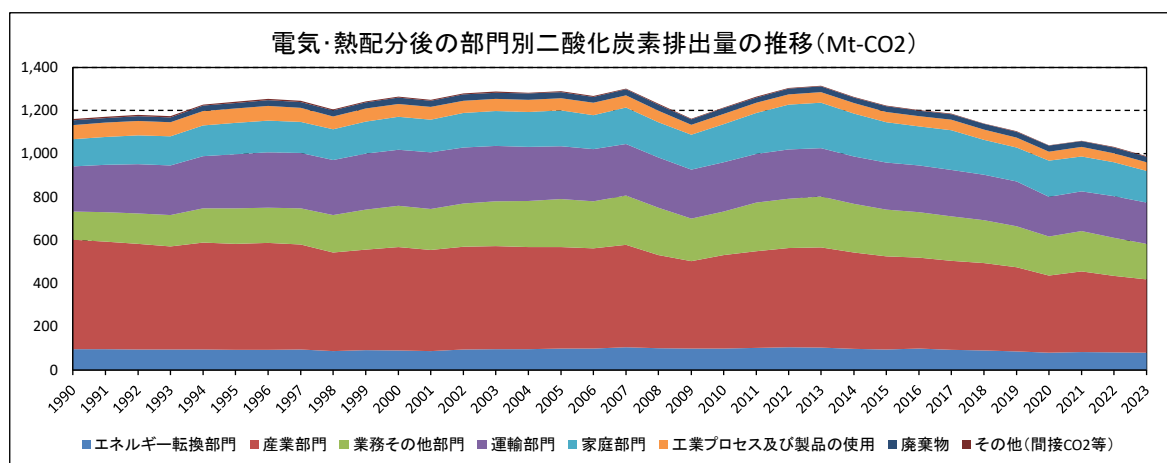


図 5.1 電気・熱配分後の部門別二酸化炭素排出量推移 (Mt-CO₂)

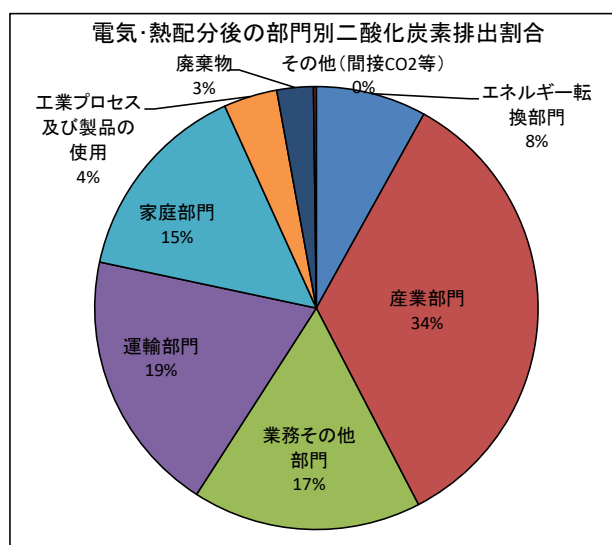


図 5.2 電気・熱配分後の部門別二酸化炭素排出割合

二酸化炭素排出割合は約 19%であり、多くの二酸化炭素を排出している(図 5.1 および図 5.2)³⁾。そのため、二酸化炭素排出量を抑えるようなアクセス交通を検討することが、山梨県でも求められている。

2015 年 12 月、パリにて COP21 (国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議) が開催された。そこでは、世界共通の長期目標として、産業革命前からの地球全体の平均気温上昇を 2℃より低く抑えること、また 1.5℃に抑える努力を追求することが定められた⁴⁾。そして、この目標を達成するため、今世紀後半までに世界全体の二酸化炭素排出を実質的にゼロ、すなわち二酸化炭素の排出量と吸収量を均衡させる状態である「脱炭素化(カーボンニュートラル)」を目指すことになった。

パリ協定の締結に際し、日本政府は 2050 年までに、二酸化炭素排出量を実質的にゼロにする脱炭素化を実現すると約束した⁵⁾。2022 年の日本の二酸化炭素排出量は 10 億 3,100 万 t-CO₂/年である(図 5.1)。一方、森林の二酸化炭素の吸収量は約 5,830 万 t-CO₂/年ほどである⁶⁾。そのため、カーボンニュートラル目標の達成には、多くの二酸化炭素排出量を削減しなければならず、山梨県でも脱炭素化に向けた取り組みが求められている。

脱炭素化のための政策としては、まず 2012 年に導入された「地球温暖化対策のための税(温暖化対策税)」の活用が考えられる⁷⁾。温暖化対策税は、石油・天然ガス・石炭などのすべての化石燃料に対して、二酸化炭素 1 トン当たり 289 円を賦課するものであり、実質的な炭素税である。みずほ情報総研の試算では、温暖化対策税の導入により 2030 年において 2013 年比で約 4.4%の温室効果ガスの削減効果が見込まれている⁸⁾。これは、約 5,400 万 t-CO₂の二酸化炭素の削減量に相当する。しかし、これだけの削減効果をもってしても、現行の温暖化対策税率では脱炭素化の実現には程遠い。そのため、脱温暖化の実現には、より高い温暖化対策税の導入が必要になる。しかし、温暖化対策税の増税は、税の超過負担(デッドウェイトロス)と呼ばれる経済損失をもたらすとされるため、慎重な検討が必要になる。

これに対し、再生可能エネルギーによる脱炭素化の実現に関する議論もなされている。太陽光エネルギー、風力エネルギー、水力エネルギーなどの再生可能エネルギーは、二酸化炭素排出を伴わないことから、有望な新エネルギーと位置付けられている。しかし、それらの導入には少くない費用が必要になるという問題とともに、天候や自然条件に左右されるため、発電が不安定になるという問題も指摘されている。そこで、さらなる新エネルギーとして、近年水素が注目されている。2020 年の 10 月に策定された「グリーン成長戦略」においても、水素がカーボンニュートラルのキーテクノロジーになると記されている⁹⁾。水素は、電気分解により生成され、貯蔵、運搬が可能である。その上、燃焼しても水が生成されるだけであり、温室効果ガスの排出はない。

山梨県では、水素エネルギーに関する研究が進められている。山梨県甲府盆地の南に位置

する米倉山では、大規模な太陽光発電所の開発がなされた¹⁰⁾。その後、太陽光発電の余剰電力を用いた水の電気分解によって水素を取り出し、その水素を貯蔵・運搬して、燃料電池により電力に変換して利用するという P2G と呼ばれる技術が開発された。現在は、P2G 関連の研究を米倉山の次世代エネルギー研究開発ビレッジ（Nesrad）で行っている¹¹⁾。水素を利用することにより、太陽光発電による電力を水素に変換して貯蔵して運搬できるため、太陽光発電の不安定性というデメリットが解消される。

しかし、水素エネルギーも再生可能エネルギーと同様、新しい技術であるため、製造費用が高いという問題がある。そのため、水素価格も高くなり、水素エネルギーの普及の障害になると懸念されている。この製造費用が高い要因は、需要量とは直接連動しない固定費用にあるとされている。そのため、この固定費用をいかに下げるか、あるいはその負担をどのように行うのかが、水素エネルギー普及の鍵になってくる。

以上を踏まえると、地球温暖化対策税と、水素エネルギー製造の固定費用を軽減する方策をうまく組み合わせることにより、効率的に二酸化炭素排出を削減させられると考えられる。しかし、このような地球温暖化対策税の導入や水素エネルギーの普及促進策は、日本全体に大きな影響をもたらす可能性が高い。その影響を適切に評価し、特に経済にもたらす影響を明確にした上で、効率的に水素エネルギー普及を促進し、カーボンニュートラルを達成する方策を明らかにする必要がある。

そこで本章では、2050 年の脱炭素化（カーボンニュートラル）を達成するために、地球温暖化対策税の増税と、水素エネルギーに着目した普及促進政策を対象に、効率的なカーボンニュートラル達成政策の組み合わせを明らかにすることを目的とする。具体的には、武藤らが構築した交通生産内生型 SCGE（空間的応用一般均衡）モデルに対し¹²⁾、まず新エネルギーとして水素エネルギー製造産業を組み込む。そのモデルを用いて、2050 年のカーボンニュートラルを達成するための温暖化対策税の増税水準を導出し、その増税に対する経済損失を計測する。続いて、増税による炭素税収を水素エネルギー製造の固定費用の軽減に充てることによる水素エネルギー普及促進政策を実施した場合の評価を行う。最終的には、2050 年のカーボンニュートラルを達成することを前提とした、社会厚生が最も高くなる炭素税水準と水素エネルギーの普及水準を明らかにする。

5.2 カーボンニュートラルの実現に関わる既存政策

5.2.1 二酸化炭素の排出状況

1990 年からの二酸化炭素排出の推移は、図 5.1 に示したとおりである。これによれば、1990

年から 2007 年までは二酸化炭素排出は増加傾向にある。その後、2009 年にかけて、リーマンショックの影響があったため大きく減少する。そこから、2013 年までは二酸化炭素排出が増加する。これは、2011 年の東日本大震災による原子力発電所の停止が影響し、火力発電が増加したためと考えられる。しかし、2013 年以降は断続的に二酸化炭素排出が減少する。これは、ハイブリッド車や電気自動車などの普及により、エネルギー利用の節約が進んだためではないかと思われる。

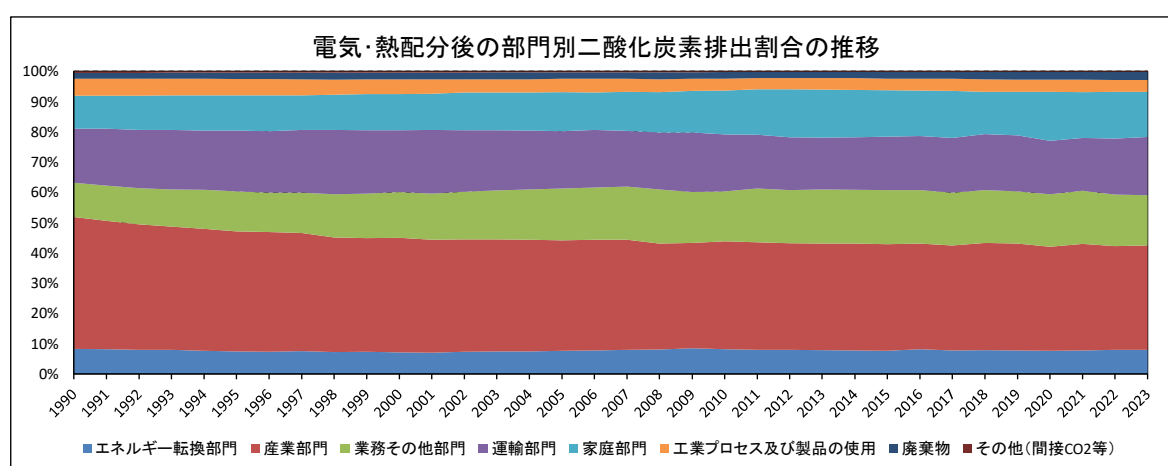


図 5.3 電気・熱配分後の部門別二酸化炭素排出割合の推移

図 5.3 には、電気・熱配分後の部門別二酸化炭素排出割合の推移を示した。このグラフからは、産業部門からの排出割合が、1990 年と比較すると 2023 年は減少しており、業務その他部門および家計部門で割合の増加がみられる。運輸部門については増加したり減少したりしているものの、1990 年との比較では 2023 年はほとんど変わっていない。以上より、運輸部門からの二酸化炭素排出を減少させることは、重要な政策目標になる。

5.2.2 地球温暖化対策税の導入

日本では、炭素税とみなすことのできる地球温暖化対策税が 2012 年に導入され、2016 年に最終税率への引き上げが完了した。最終税率は 289 円/t-CO₂ であり、石油、ガス、石炭といった化石燃料に一律課税される。環境省は、みずほ情報総研が行った地球温暖化対策税の導入に関わる試算を公表しており、既述のとおり、2030 年において 2013 年比で約 4.4% となる約 5,400 万 t-CO₂ の二酸化炭素排出の削減効果が見込まれるとしている⁸⁾。

このような炭素税政策は、経済学的には効率的に二酸化炭素排出が削減できるとされている。しかし、経済的な影響を含め、社会的公平性の維持や国際的競争力の低下など様々な課題もある。曹鑒らは、日本全国を対象に、炭素税に関するアンケート調査を実施し、WTP（支

払意思額)の実態と影響要因を分析した。その結果、日本における炭素税の受容度は全体的に低く、男女間や収入別に大きな違いが見られた。特に、炭素税は高所得者層と低所得者層に関係なく、同じ税率で徴収されるため低所得者層の負担が大きくなるという課題を指摘している¹³⁾。

武田らはJCER-CGEモデルと呼ばれる経済モデルを用いて、エネルギー起源の二酸化炭素排出量に関し、2020年で1990年比5%と13%、23%削減した場合の影響を明らかにしている。このとき、削減量が大きくなるほど限界削減費用が高くなり、GDPの減少率が拡大する。特に、23%の二酸化炭素排出の削減に対し多大な負担が生じ、社会的な影響が大きいことを示している¹⁴⁾。また、松本らは、多部門・多地域応用一般均衡分析を用いて、炭素の帰属価格に基づく帰属炭素税と一律炭素税のそれぞれについて、その導入による二酸化炭素排出の削減量やGDPへの影響を計測している。その結果、帰属炭素税は一律炭素税に対して、二酸化炭素削減効果ではわずかに劣るものの、途上国のGDPにはプラスの効果をもたらすことを明らかにしている¹⁵⁾。

わが国で導入された地球温暖化対策税に関しては、武藤らがSCGEモデルを用いて評価を行っている¹²⁾。そこでは、地球温暖化対策税の課税対象を石油石炭産業とし、その純間接税が1.3%になるように増税の設定をし、数値シミュレーションを行っている。その結果、石油石炭製品の価格上昇は、市場を通じて波及し、他の財・サービス価格を上昇させる。特に石油石炭製品への依存度の高い産業の財価格の上昇率が高くなっている。そのときの便益も計測されており、それらは全地域で負となり、日本全体では約-7,490億円/年になると試算されている。また、亀岡らは、現行の地球温暖化対策税286円/tCO₂から2,905円/tCO₂まで増税した場合の数値計算を行っている¹⁶⁾。まず、増税による税収は2,903億円から2兆9,181億円まで増加する。その一方で、財価格は0.07%から0.69%に上昇する。家計消費への影響に関しては、家計調査の家計消費額データに価格上昇率を乗じることにより負担増分を明らかにしている。しかし、経済波及的影響については、エネルギー依存度の高い産業の競争力が低下するとの定性的な指摘にとどまっている。

以上より、地球温暖化対策税の増税によるカーボンニュートラル達成には、大きな経済損失の発生する可能性のあることがわかる。その一方、増税により政府税収は増加する。本研究では、この増税による政府税収の増加分を効率的に利用してカーボンニュートラルを達成する方策の検討を行う。

5.2.3 新エネルギー導入とその経済評価

続いて、新エネルギーの導入に関する研究を整理する。まず乾は、化石燃料からの依存を脱却するために、太陽光や風力など枯渇しない新エネルギー開発の必要性を強調している¹⁷⁾。

しかしその普及は必ずしも容易ではない状況を説明し、その普及阻害要因を指摘した上で、その代わりに水素エネルギーが今後は注目されると述べている。さらに、西川は水素エネルギーの特色として、高温、中温または低温で作動可能な燃料電池や水素エンジン、触媒燃焼による発熱装置の開発できる点が挙げられるとしている¹⁸⁾。

乾、西川らの指摘から、水素エネルギーに関する研究が進んできた。しかし現状では、水素の普及に関わる障害として、その製造コストの高さ、その結果としての水素価格の高さが指摘されている。経済産業省は、2017年12月に水素基本戦略を策定した。それに基づけば、現在の水素の年間供給量は約200万tであり、その水素の価格は100円/Nm³ (1Nm³は約0.0899kg) となっている。富士吉田水素発電所では、現在、水素による発電を行っており、出力320kWh (水素量270Nm³・h) を供給している。これらを踏まえると、現状の水素発電費用は84.4円/kWhとなる。これに対し、経済産業省資源エネルギー庁によると、現状の石油発電費用は26.7円/kWh、石炭発電費用は12.5円/kWhである¹⁹⁾。このとおり、現状では水素発電費用は、石油発電費用の3倍ほど高いことになる。

このような水素を含む新エネルギーの高い導入コストを考慮して、新エネルギーの導入に関わる経済評価を行っている研究も存在する。まず武田らは、新技術や新エネルギーの導入をCGEモデルにより分析し、地球温暖化対策の評価を行っている²⁰⁾。また館らも新エネルギーを取り入れたCGEモデルを構築し、環境およびエネルギー政策の評価を行っている²¹⁾。CGEモデルでは、使用するデータに産業連関表が用いられる。しかし、標準的な産業連関表には、新エネルギー産業など現時点で存在しない部門はその項目自体が考慮されていない。そこで武田らおよび館らは、新エネルギー産業部門を仮想的に設け、労働と資本からなる合成生産要素と特殊生産要素である資源を用いて新エネルギーが生産されると仮定し、そのモデル化を行っている (図5.4)。

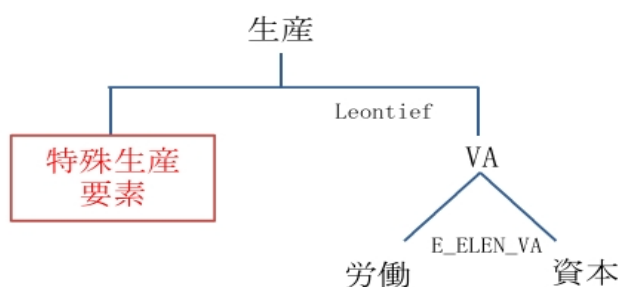


図5.4 新エネルギー部門の生産関数 (武田ら²⁰⁾、館ら²¹⁾の論文より)

しかし、武田ら、館らの方法では、新エネルギーを生産する際の中間財投入が考慮されていないという問題が残る。すなわち、新エネルギーの生産が他の産業に与える波及効果を十

分には計測できない。本研究では、武田ら、舘らの研究を参考に、問題点を修正して SCGE モデル内に水素エネルギー製造産業の導入を図る。

5.2.4 空間的応用一般均衡（SCGE）モデルの既往研究整理

次に、本研究で利用する SCGE モデルの既存研究の整理を行う。これまで、大規模交通整備の妥当性を評価するために、SCGE モデルが開発され、適用されてきた。SCGE モデルとは、応用一般均衡（CGE）モデルを空間的（Spatial）、地域を考慮する形に拡張したものである。SCGE モデルの適用によって、交通整備による時間短縮が各経済主体の行動を変化させ、それが市場を介して様々な波及効果をもたらすことが表現できる。さらに、それらの効果が空間的に波及する様子まで把握できる。以上の効果や影響を最終的には家計の効用水準変化によって捉え、その効用水準変化を等価的偏差（EV：Equivalent Variation）などを用いて貨幣換算する。これにより、交通整備の効果や影響を便益によって、統一的に評価できる点も SCGE モデルの特徴である。武藤らは、SCGE モデルを用いて交通整備等による地域活性化効果の評価を行っている。

一方で、カーボンニュートラルなどの環境問題に CGE モデルあるいは SCGE モデルを用いた研究には、既に説明した武田ら²⁰⁾、舘ら²¹⁾などがある。そこでは CGE モデルを用いて新エネルギー導入に関する評価が行われている。しかし、そこでは地域の概念が考慮されていなかった。また、松本らは多地域 CGE モデルを用いて炭素税導入の評価を行っている。ただし、それらの地域は国を単位としたものであり、日本国内の各地域への影響を評価したものではない。そこで本研究では、武藤らの交通生産内生型 SCGE モデルを用い、カーボンニュートラル達成のための温暖化対策税水準の導出と、水素エネルギーの導入効果を計測する。

5.3 空間的応用一般均衡（SCGE）モデル

5.3.1 SCGE モデルの概要

本研究の SCGE モデルは、他と同様、複数の地域から構成される社会経済を対象とする。各地域には代表家計、 m 財を生産する m 企業、財や人を輸送する運輸企業が存在する。これに加え、本研究の SCGE モデルでは水素エネルギー製造産業を考慮する。これは従来の石油石炭産業を、(旧)石油石炭産業と新エネルギー産業（水素エネルギー製造産業）に分けることにより考慮する。(旧)石油石炭産業では、生産した財（石油石炭製品）が消費される際、二酸化炭素が排出されると想定する。それに対し、新エネルギー産業（水素製造産業）は、生産された水素エネルギーを消費しても、基本的には水しか生成されないことから、二酸化

炭素は排出されない。

代表家計は、その地域全体の家計消費を決定する仮想主体のことである。家計は、生産要素である労働と資本を企業に提供することで所得を得て、財・サービスを消費する。企業は、生産要素（労働・資本）と中間財を投入して財・サービスを生産する。運輸企業も企業と同様、生産要素（労働・資本）と、燃料を含む中間財を投入して輸送サービスを生産し供給する。本 SCGE モデルでは、その運輸を旅客運輸と貨物運輸に分割して考慮し、さらに、旅客運輸を鉄道旅客、道路旅客（バス、タクシーなど）、自家旅客、航空に分割し、貨物運輸を鉄道貨物、道路貨物、自家貨物、水運に分割して考慮している。

企業と家計の他に、政府、投資、海外部門を考慮する。政府と投資部門は各地域に存在し、海外部門は国外に存在する。政府は、企業と家計から税を徴収し、公的投資への配分額を除いた残りの財源を用いて、公共サービスを提供する。投資部門は、公的投資部門と民間投資部門からなる。公的投資部門は、公的投資への配分額を用いて公共事業を実施する。民間投資部門は、家計貯蓄を用いて民間投資を行う。海外部門は貿易を行う。貿易は、まず国内の企業の生産した財を輸出財と国内財に分ける。次に、その国内財と、海外部門から購入する輸入財を合わせた国内供給財を域内へ供給し、それを国内の経済主体が需要するものとする。これらより、海外部門との間でなされる貿易、すなわち輸出量、輸入量が決定される。

以上の経済主体の行動モデルを定式化する。まず家計は、効用水準を維持するという制約条件下での支出最小化により、消費行動を定式化する。企業は、生産技術水準を維持するという制約下での費用最小化行動により、生産行動を定式化する。次に政府は、徴収した税収から公的投資への配分額を除いた残りを、一定比率により各財の政府消費に充てるとする。公的投資部門は、公的投資への配分額を、一定比率により各財の公的投資需要に充てるとする。民間投資部門は、家計の貯蓄をすべて投資に回し、それを一定比率により各財の民間投資需要に充てるとする。

以上の具体的な定式化は武藤らと同様であることから、ここではその詳細を示すことは割愛する。ただし、その中で水素エネルギー製造産業と、(旧)石油石炭エネルギー製造産業は、本研究の政策評価において重要な産業となることから、それらの生産行動モデルについては簡単に定式化等を説明する。

5.3.2 水素エネルギー製造産業の生産行動モデル

本研究では、二酸化炭素排出削減のために水素エネルギー製造産業を SCGE モデルに導入し、既存の化石燃料エネルギーから水素エネルギーへの転換を考える。

水素はこれまでにない新エネルギーである。そのため、研究開発費用を含む多額の固定費用が必要になる。これを、SCGE モデルにて考慮する。その際、既に紹介した武田らおよび

館らの新エネルギーを考慮した CGE モデルを参考にした。しかし、武田らや館らでは、新エネルギー産業は、労働と資本からなる合成生産要素と特殊生産要素である資源のみを投入して新エネルギーを生産するとされていた。すなわち、中間財の投入が考慮されていなかった。そのため、新エネルギー産業の生産への政策的インパクトが、中間財投入を介してもたらす波及的な影響を考慮することができていなかった。

そこで本 SCGE モデルでは、中間財投入も考慮した新エネルギー（水素エネルギー製造）産業の生産行動モデルを想定する。まず、従来の石油石炭産業に着目し、それを(旧)石油石炭産業と水素エネルギー製造産業とに分けることで水素エネルギー製造産業を考慮する。こうして考慮した水素エネルギー製造産業の行動モデルのツリーを図 5.5 に示している。武田ら、館らが特殊生産要素の資源として扱っていた部分を、ここでは固定費用に置き換え考慮することになっている。

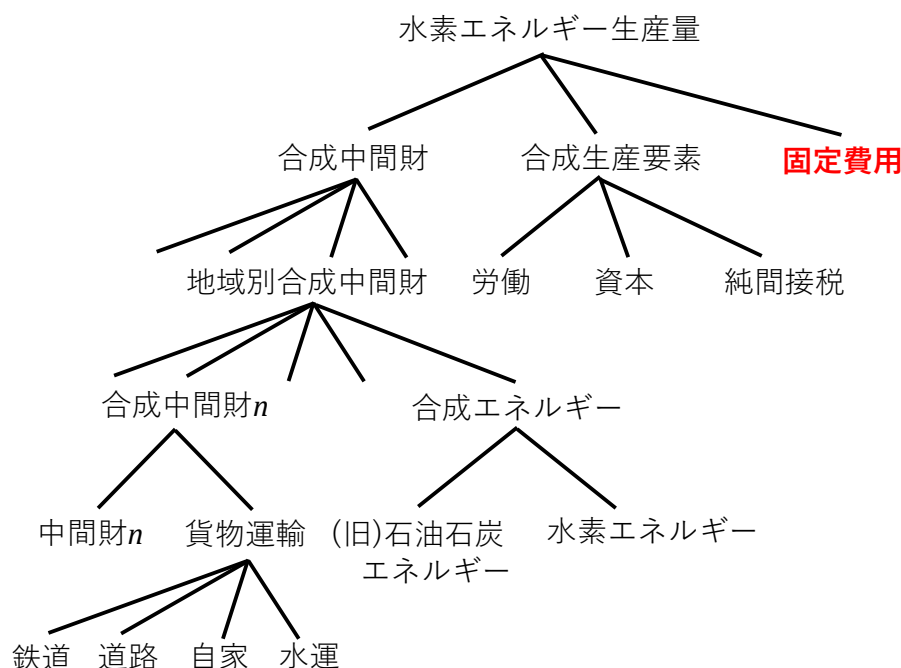


図 5.5 水素エネルギー製造産業の生産行動ツリー

水素エネルギー製造産業の生産行動モデルの第一段階の定式化が以下である。

$$C_m^j = \min_{z_m^j, c_{f_m}^j} [q_{zm}^j z_m^j + \{1 + \sum_i \tau_m^j\} p f_m^j c_{f_m}^j + FC_m^j] \quad (5.1a)$$

$$s. t. y_m^j = \gamma_m^j \left[\alpha_{zm}^j \{ \beta_{zm}^j z_m^j \}^{\frac{\sigma_m^j - 1}{\sigma_m^j}} + (1 - \alpha_{zm}^j) \{ (1 - \beta_{zm}^j) c f_m^j \}^{\frac{\sigma_m^j - 1}{\sigma_m^j}} \right]^{\frac{\sigma_m^j}{\sigma_m^j - 1}} \quad (5.1b)$$

ただし、 m ：産業部門を表す添字。ただし、ここでは水素エネルギー産業を表すとする、 C_m^j ：費用関数、 z_m^j 、 q_{zm}^j ：合成中間財投入量とその価格、 τ_m^j ：地域 i の政府に対して支払われる純間接税率、 $c f_m^j$ 、 $p f_m^j$ ：合成生産要素投入量とその価格、 y_m^j ：生産関数、 α_{zm}^j 、 β_{zm}^j ：合成中間財に係る分配パラメータ、 γ_m^j ：効率パラメータ、 σ_m^j ：代替弾力性パラメータ、 FC_m^j ：固定費用。

式 (5.1) を解くことにより、以下の需要関数が求められる。

$$z_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j (\beta_{zm}^j)^{1 - \sigma_m^j}} \left(\frac{\alpha_{zm}^j}{q_{zm}^j} \right)^{\sigma_m^j} \Psi_m^j \frac{\sigma_m^j}{1 - \sigma_m^j} y_m^j \quad (5.2a)$$

$$c f_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j (1 - \beta_{zm}^j)^{1 - \sigma_m^j}} \left(\frac{1 - \alpha_{zm}^j}{\{1 + \sum_i \tau_m^{ij}\} p f_m^j} \right)^{\sigma_m^j} \Psi_m^j \frac{\sigma_m^j}{1 - \sigma_m^j} y_m^j \quad (5.2b)$$

$$\text{ただし、} \Psi_m^j = (\alpha_{zm}^j)^{\sigma_m^j} \left(\frac{q_{zm}^j}{\beta_{zm}^j} \right)^{1 - \sigma_m^j} + (1 - \alpha_{zm}^j)^{\sigma_m^j} \left(\frac{\{1 + \sum_i \tau_m^{ij}\} p f_m^j}{1 - \beta_{zm}^j} \right)^{1 - \sigma_m^j}.$$

これらを (5.1a) に代入すると、以下の費用関数が得られる。

$$C_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j} \Psi_m^j \frac{1}{1 - \sigma_m^j} \cdot y_m^j + FC_m^j \quad (5.3)$$

水素エネルギー製造業の利潤は以下により求められる。

$$\pi_m^j = p_m^j \cdot y_m^j - C_m^j \quad (5.4)$$

ここで、利潤最大化を想定すると、以下の利潤最大化の一階条件より、財価格が式 (5.5b) のように求められる。これは、限界費用料金と呼ばれる。

$$\frac{\partial \pi_m^j}{\partial y_m^j} = 0 \quad (5.5a)$$

$$p_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j} \Psi_m^j \frac{1}{1 - \sigma_m^j} \quad (5.5b)$$

しかし、式 (5.5b) を式 (5.4) の利潤関数に代入すると、利潤は以下のように固定費用分だけ負の値になる。

$$\pi_m^j = -FC_m^j \quad (5.6)$$

限界費用料金では、水素エネルギー産業が負の利潤を抱えることになるため、持続的な生産を維持することが困難とされる。

そのため、別の料金の設定方法として、式 (5.4) の利潤関数に対して利潤がゼロ ($\pi_m^j = 0$) になるように設定する方法がある。これは、平均費用料金と呼ばれ、以下の式になる。

$$p_m^j = \frac{1}{y_m^j} \psi_m^j \frac{1}{1-\sigma_m^j} + \frac{FC_m^j}{y_m^j} \quad (5.7)$$

式 (5.7) は、利潤ゼロの式より導出したものであるため、利潤はゼロとなり生産は続けられる。ところが、式 (5.5b) と比較すると、固定費用による分だけ価格が高くなることがわかる。そのため固定費用が大きければ、既存エネルギー価格より水素エネルギー価格がかなり高くなり、水素エネルギーへの代替が進まない。その結果、カーボンニュートラルの達成に支障の出る可能性がある。この部分を後の数値計算では、地球温暖化対策税の増税による税収分を水素エネルギーの補助支給に充てるという水素エネルギー普及促進政策により低減させることを評価する予定である。

5.3.3 (旧)石油石炭製造産業の生産行動モデル

(旧)石油石炭製造産業については、既存の石油石炭製造産業と基本的には同じである。ただし、後の数値計算で対象とする地球温暖化対策税の増税政策では、(旧)石油石炭製造産業の純間接税の増税により政策を表現する。さらに、石油石炭製造産業の供給する石油石炭エネルギーは、それらが消費されることにより二酸化炭素を排出する。それらの点を考慮する必要があり、本項にてそれらを生産する(旧)石油石炭製造産業の生産行動モデルを説明することにした。

(旧)石油石炭製造産業の生産行動ツリーを図 5.6 に示す。エネルギー投入部については、新エネルギー（水素エネルギー製造）産業を考慮していることから、既存の石油石炭製造産業とは変わっているものの、それ以外は同じである。

後の数値計算での地球温暖化対策税の増税政策では、(旧)石油石炭製造産業の純間接税を増税する。この点を考慮して(旧)石油石炭製造産業の最上位の合成中間財、合成生産要素の投入行動を示したものが以下である。

$$C_m^j = \min \left[q_{zm}^j z_m^j + \{1 + \sum_i (\tau_m^{ij} + \tau_c \frac{\tau_m^{ij}}{\sum \tau_m^{ij}})\} p f_m^i c f_m^i \right] \quad (5.8a)$$

$$s.t. y_m^j = \gamma_m^j \left[\alpha_{zm}^j \{ \beta_{zm}^j z_m^j \}^{\frac{\sigma_m^j - 1}{\sigma_m^j}} + (1 - \alpha_{zm}^j) \{ (1 - \beta_{zm}^j) c f_m^j \}^{\frac{\sigma_m^j - 1}{\sigma_m^j}} \right]^{\frac{\sigma_m^j}{\sigma_m^j - 1}} \quad (5.8b)$$

ただし、 m : 産業部門を表す添字。ただし、ここでは(旧)石油石炭産業を表すとする、 τ_c : 地球温暖化対策税の増税分。

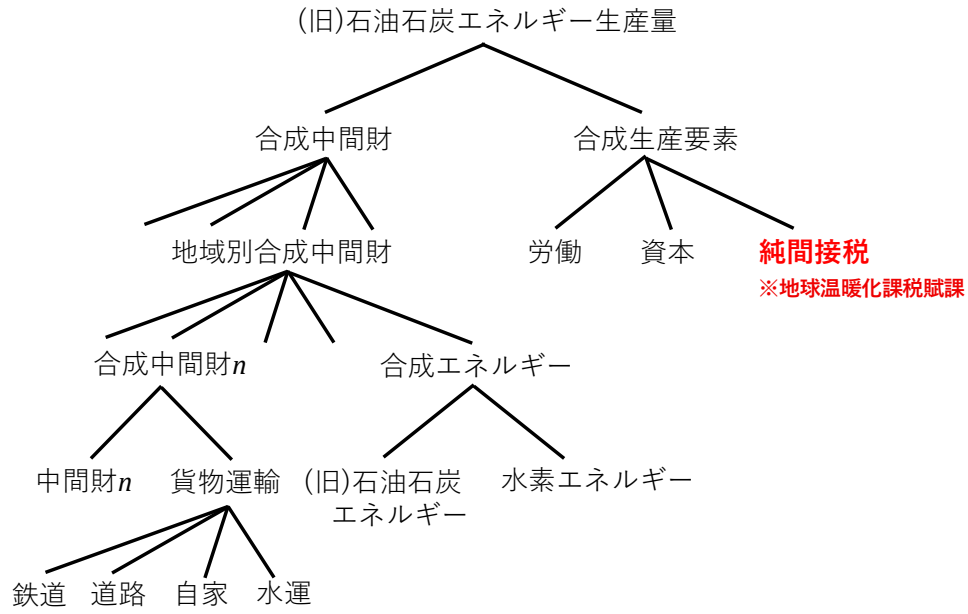


図 5.6 (旧)石油石炭産業の生産行動ツリー

5.3.4 (旧)石油石炭製造産業の生産量に基づく二酸化炭素排出量の算定

本研究では、(旧)石油石炭製造産業および鉱業の生産量に基づき、二酸化炭素排出量を算出する。まず、エネルギー起源の燃料別二酸化炭素排出量の推移を図 5.7 に示す³⁾。

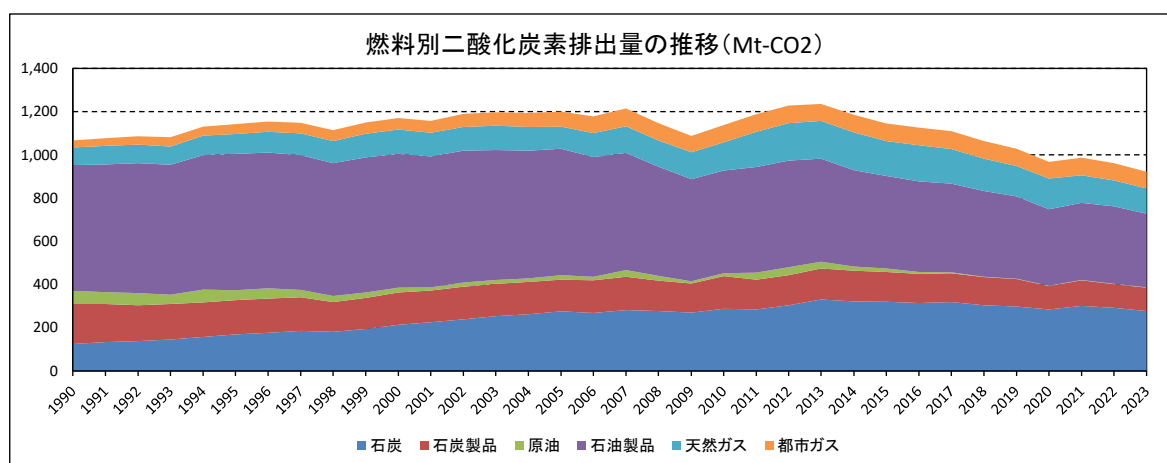


図 5.7 燃料別二酸化炭素排出量の推移 (Mt-CO₂)

これは、図 5.1 の二酸化炭素排出量に対し、エネルギー起源のみを取り出し、さらにそれを燃料別に分けて推移を示したものである。本研究の SCGE モデルで扱う産業部門は、(旧)石油石炭産業に加え、鉱業（石炭・原油・天然ガス、砂利・砕石、その他の鉱物）を考慮している。図 5.7 の各燃料について、石炭、原油、天然ガスが鉱業、石油製品、石炭製品、都市ガスが(旧)石油石炭産業である。

基準年（2015 年）の鉱業の実質生産額（生産額を基準年価格 1 で除したもの）は、188,934（百万円/年）である。ただし、砂利・砕石、その他の鉱物の実質生産額は除いている。また、(旧)石油石炭産業の実質生産額は、16,834,612（百万円/年）である²²⁾。そこで、鉱業と(旧)石油石炭産業について、対応する燃料部門の二酸化炭素排出量を実質生産額で除し、単位実質生産額に対する二酸化炭素排出原単位を求める。それらをまとめて示したものが表 5.1 である。表 5.1 の二酸化炭素排出原単位は、詳細に燃料別のものを示している。しかし、後の数値計算では、上述の鉱業と(旧)石油石炭産業の国内生産額しか計算されないため、二酸化炭素排出量についても表 5.1 を元に、鉱業と(旧)石油石炭産業の二酸化炭素の平均排出原単位を算出した上で、各産業の二酸化炭素排出量を算定した。

表 5.1 燃料別二酸化炭素排出原単位

	国内生産額 百万円/年	二酸化炭素排出量 百万t-CO ₂ /年	二酸化炭素排出原単位 t-CO ₂ /千円
石炭	19,429	321	16.501
原油	25,196	16	0.637
天然ガス	144,309	162	1.125
石油製品	13,478,879	428	0.032
石炭製品	1,452,000	138	0.095
都市ガス	282,743	81	0.286

5.4 地球温暖化対策税増税政策および水素エネルギー普及促進政策の評価

5.4.1 SCGE モデルの数値計算の設定条件

SCGE モデルによる数値計算における地域区分は、表 5.2 のとおりである。山梨を中心に、詳細な効果および影響分析を行うため、日本全国を表 5.2 のように 9 地域に分割した。

SCGE モデルを用いた計測手順は、以下のとおりである。

- ① 都道府県内産業連関表の取引額のデータを基に、地域間貨物流動調査のデータなどを用いて交易係数を求め、地域間の産業別取引額を算出する。そして、RAS 法（予測時点の中間需要合計と中間投入合計に一致するように将来の投入係数を構成していく方法）を用いて調整計算を行った。同時に、各地域の人口と時間消費データ（余暇・労働等にどれだけ時間を消費しているかわかるもの）も、e-sat の統計データより取得する。
- ② ①のデータを基に効用関数と生産関数のパラメータ推定を行い、さらに、交通行動モデルのパラメータ推定も行う。
- ③ ②のパラメータを基にシミュレーション計算を行い、便益等を算出する。

表 5.2 地域区分

地域番号	地域区分	都道府県
1	北日本・東日本	北海道、青森県、岩手県、宮城県、山形県、福島県
2	北関東(含新潟)	茨城県、栃木県、群馬県、新潟県
3	南関東	埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県
4	山梨	山梨県
5	静岡	静岡県
6	長野	長野県
7	東海	岐阜県、愛知県、三重県
8	北陸・近畿	富山県、石川県、福井県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県
9	西日本	鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県

5.4.2 地球温暖化対策税増税政策によるカーボンニュートラルの達成

まず、地球温暖化対策税増税政策によるカーボンニュートラルの達成について、数値計算結果を示す。

数値計算にあたり、カーボンニュートラルの達成目標年である 2050 年において、カーボンニュートラルの達成に必要な二酸化炭素削減量を求めた。図 5.1 より、2013 年以降、わが国の二酸化炭素排出量は少しずつ減少している。その減少率は、概ね毎年 2%程度である。そのまま推移するとすれば、2050 年にはわが国の二酸化炭素排出量は 4.5 億 t-CO₂/年ほどになる。

一方、現在の森林等の二酸化炭素吸収量は約 5,830 万 t-CO₂/年である。将来の森林減少なども考慮に入れ、2050 年の二酸化炭素吸収量は 0.5 億 t-CO₂/年と設定すると、2050 年におけるカーボンニュートラルの達成に必要な二酸化炭素削減量は 4.0 億 t-CO₂/年ほどになることがわかる。これは、2050 年の二酸化炭素の排出量の 82.2%である。この削減を、まず地球温暖化対策税の増税により達成するとしたケースの数値計算を行った。

その結果、現行の地球温暖化対策税額 289 円/tCO₂ を 4,182 円/tCO₂ まで増税することにより、2050 年におけるカーボンニュートラルが達成できることが数値計算より示された。地球温暖化対策税を 4,182 円/tCO₂ まで増税したケースの各財価格変化率の結果を図 5.8 に示す。図 5.8 より、運輸部門、電力、化学・プラスチック、乗用車・輸送機械等の産業において財価格上昇率が高くなっており、それらの産業の生産を介した影響の大きいことがわかる。

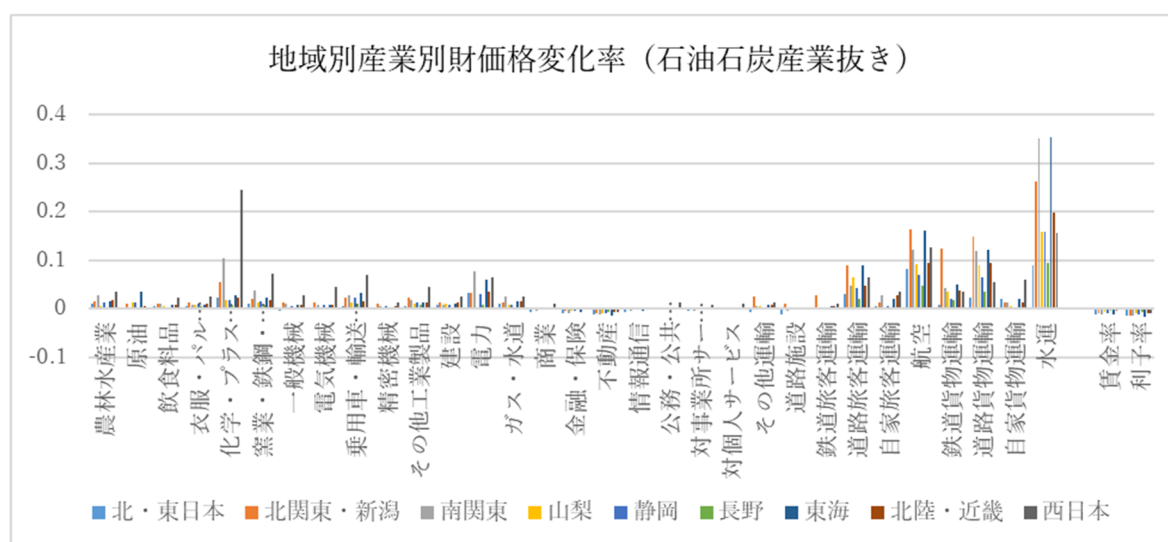


図 5.8 産業別財価格変化率（ただし、石油石炭価格は除いている）

次に、地球温暖化対策税増税政策の社会経済への影響を、家計の効用変化を等価的偏差（EV : Equivalent Variation）の概念に基づき貨幣換算した便益により明らかにする。地域別の便益計測結果を示したものが図 5.9 である。

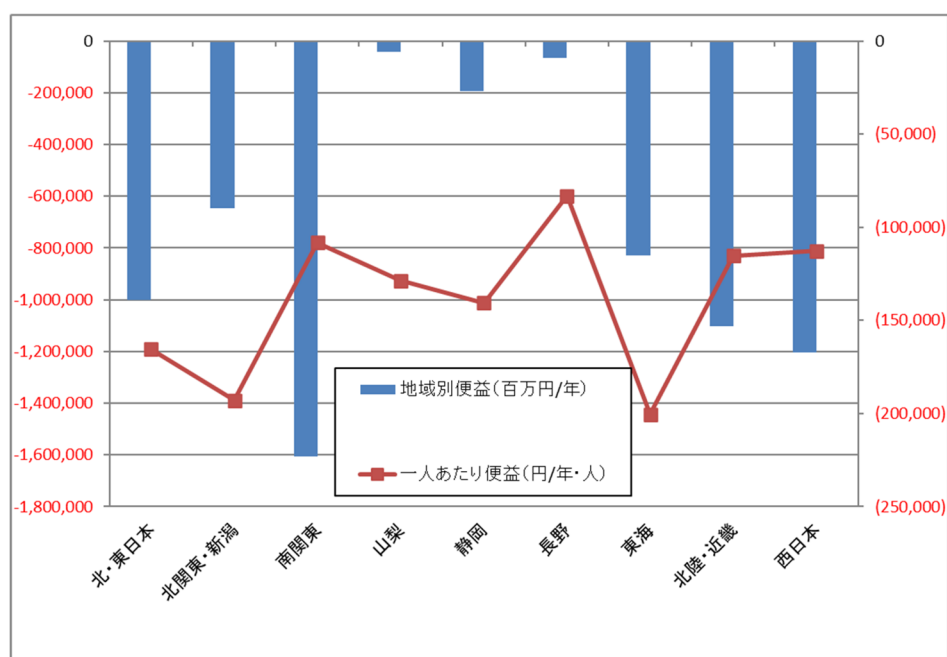


図 5.9 便益による経済損失計測結果（地球温暖化対策税増税ケース）

図 5.9 では、折れ線グラフにより家計一人あたりの経済損失も示している。なお、地域帰着便益（左軸）の単位は「百万円/年」、一人あたり便益（右軸）の単位は「円/年」としている。これを見ると、一人あたりの経済損失は、北日本・東日本、北関東・新潟、東海において比較的大きいことがわかる。

地球温暖化対策税の増税は経済的な影響をもたらす一方で、税収の増加効果もある。税収変化も踏まえて、2050 年のカーボンニュートラル達成のための地球温暖化対策税増税政策の影響を示したものが図 5.10 である。

炭素税のみ導入した際の便益		
EV	-6.69兆円/年	
税収	間接税収	-3.11兆円/年
	炭素税収	1.67兆円/年
	純税収	-1.44兆円/年
純経済損失		
- 8.13兆円/年		

図 5.10 地球温暖化対策税（炭素税）増税による経済損失計測結果

図 5.10 からは、図 5.9 の各地域別便益（経済損失額）の合計が-6.69 兆円/年であり、さらに税収が負（-1.44 兆円/年）になっていることがわかる。税収については、図 5.10 のとおり、増税による税収増（炭素税収）は 1.67 兆円/年になっている一方、間接税収は税収増分よりも大きな-3.11 兆円/年の減収を生んでいる。その結果、純税収変化は負になったものである。その結果、地球温暖化対策税の増税では、現行税額 289 円/tCO₂ を 4,182 円/tCO₂ まで増税することにより、2050 年におけるカーボンニュートラルが達成できる一方で、最終的には-8.13 兆円/年の経済損失をもたらすことが示された。

5.4.3 地球温暖化対策税増税政策に加え水素エネルギー普及促進政策を実施した効果

次に、地球温暖化対策税の増税政策を踏まえ、その増税収分を水素エネルギーへの補助支給に用いた場合の数値計算を行った。なおここで、水素エネルギー産業が太陽光発電から水素を製造し、貯蔵、運搬して、必要な場所で電力に変換するという P2G システムの一連の流れを図 5.11 に示す。

米倉山(こめくらやま):水素(P2G)システム



図 5.11 米倉山の水素製造 (P2G) システム

水素エネルギー製造産業への補助支給については、水素エネルギー製造産業の純間接税を削減することにより表現した。水素エネルギー製造産業の純間接税が削減されることにより、水素エネルギー価格が低下する。それにより、(旧)石油石炭エネルギーから水素エネルギーへの転換が生じ、(旧)石油石炭産業の生産量が減少する。その結果、(旧)石油石炭エネルギーの消費によって排出されていた二酸化炭素排出量も減少する。

以上より、水素エネルギー製造産業への補助支給は、(旧)石油石炭エネルギーから水素エネルギーへの代替によって、カーボンニュートラルの達成以上の二酸化炭素排出削減をもたらすことがわかる。そこでここでは、5.4.1 項で示した地球温暖化対策税の増税水準を引き下げ、最終的にカーボンニュートラルが達成される地球温暖化対策税水準を改めて導出することにした。その結果、水素エネルギー製造産業の補助支給によって、地球温暖化対策税を 3,910 円/t-CO₂ まで引き下げられることがわかった。その数値計算結果を以下に示す。

図 5.12 は、地球温暖化対策税を 3,910 円/t-CO₂ にした際の地域帰着便益の結果を示したものであり、図 5.13 はその税収を水素エネルギーの補助に回した際の地域帰着便益の結果を示したものである。

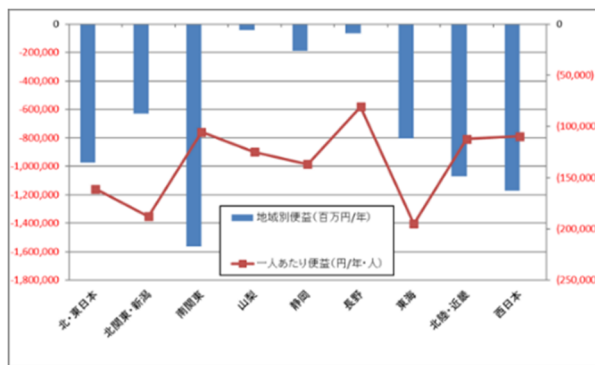


図 5.12 便益による経済損失

(水素補助での地球温暖化対策税の影響)

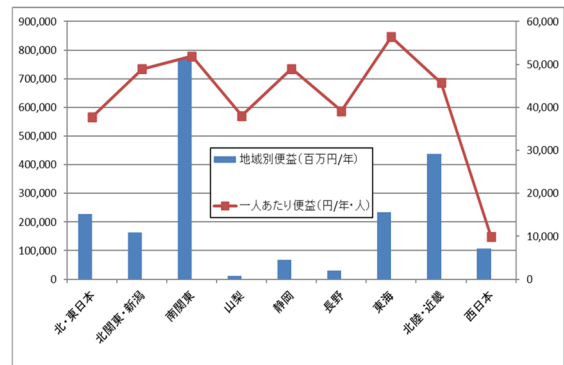


図 5.13 水素補助の便益

(水素補助での補助の効果)

図 5.12 より、図 5.9 と比較して微小ではあるものの経済損失額は減少していることがわかる。一方、水素エネルギー産業への補助により、特に東海、南関東、北関東・新潟、静岡などで、一人あたり便益が大きくなっており、これらの地域で高い効果が生じているといえる。以上の便益結果をまとめて示したものが図 5.14 である。



図 5.14 地球温暖化対策税（炭素税）増税と水素エネルギー産業への補助支給による
便益計測結果

図 5.14 から、地球温暖化対策税（炭素税）の影響が、-6.69 兆円/年から-6.51 兆円/年まで低減している。また、間接税収入も-1.44 兆円/年から-1.39 兆円/年まで、減少額が抑制されている。そして、水素エネルギー産業への補助支給により 1.87 兆円/年の便益が生じていることがわかる。

以上より、最終的な経済損失は-7.62 兆円/年になることが示された。これは、地球温暖化対策税の増税政策単体より年間 0.51 兆円だけ経済損失が減少する結果であり、地球温暖化対策税の増税による税収分を基に水素エネルギー産業への補助支給を行う政策の有効性が示されたものといえる。

5.5 おわりに

本研究では、日本を対象に 2050 年のカーボンニュートラル達成に向けた地球温暖化対策税（炭素税）の増税と水素エネルギー産業への補助支給政策について、空間的応用一般均衡（SCGE）モデルを用い数値計算によりその効果および影響を明らかにした。

まず、(旧)石油・石炭産業に対する地球温暖化対策税（炭素税）の増税を導入した場合、他の産業の財価格の上昇につながり経済に影響をもたらすことが示された。特に、運輸産業や電力部門が大きな影響を受ける。このとき、2050 年のカーボンニュートラルに必要な税額は、現行の 289 円/t-CO₂ から 4,182 円/t-CO₂ まで引き上げる必要があり、そのときの最終的な経済損失は 8.13 兆円/年になることが明らかになった。

次に、上述の地球温暖化対策税増税による増税収分を用いて、水素エネルギー製造産業に補助支給を行ったケースの数値計算を行った。水素エネルギー産業への補助支給により、水素エネルギー価格が低下する。それにより、(旧)石油石炭エネルギーから水素エネルギーへの転換が生じ、石油石炭産業の生産量が減少、それに伴い二酸化炭素排出量も減少する結果になった。そのため、カーボンニュートラル達成以上の二酸化炭素排出量の減少になったため、ここでは地球温暖化対策税水準の引き下げを行った。その結果、最終的には地球温暖化対策税は 3,910 円/t-CO₂ まで引き下げられ、水素エネルギー産業への補助支給による便益も生じることから、経済損失は 7.62 兆円/年まで軽減することになった。

本研究では、静学的 SCGE モデルを用いて、地球温暖化対策税増税や水素エネルギー製造産業への補助支給政策の評価を行った。そのため、2050 年のカーボンニュートラル達成のための政策評価を行ったとしているものの、人口や資本ストック変化などは考慮されていない。そのため、動学的 SCGE モデルに拡張して、現在から 2050 年まで時間変化を考慮したカーボンニュートラル達成のための政策評価を実施する必要がある。

<参考文献>

- 1) 山梨県県土整備部リニア整備推進室 (2021)「リニア駅前エリア整備の在り方 (整備方針)」、山梨県。
- 2) 山梨県県土整備部リニア整備推進室 (2021)「公共交通によるリニア駅と既存駅等とのアクセス向上」、山梨県。
- 3) 国立環境研究所地球システム領域地球環境研究センター温室効果ガスインベントリオフィス (2025)「日本の温室効果ガス排出量データ (1990～2023 年度)」、国立環境研究所。
- 4) United Nations Framework Convention of Climate Change (2016) “Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session”, United Nations.
- 5) 菅義偉 (2020)「第二百三回国会所信表明演説」、首相官邸。
- 6) 環境省地球環境局総務課脱炭素社会移行推進室 (2024)「森林吸収源について」、環境省。
- 7) 環境省大臣官房環境経済課税制担当 (2016)「地球温暖化対策のための税の導入」、環境省。
- 8) みずほ情報総研 (2020)「地球温暖化対策のための税による CO₂ 削減効果」、みずほ情報総研。
- 9) 内閣官房他 (2021)「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」、内閣官房。
- 10) 山梨県・東京電力株式会社 (2012)『『米倉山太陽光発電所』の運転開始について ～山梨県米倉山地点におけるメガソーラー発電所の完成～』、山梨県。
- 11) 山梨県企業局新エネルギーシステム推進課 (2024)「カーボンニュートラル社会の実現に向けた『やまなしモデル』 P2G 事業への取り組み」、令和 6 年度自治体連絡会議講演資料。
- 12) 武藤慎一, 河野達仁, 福田敦 (2022)「交通政策の空間的応用一般均衡分析 ～インフラ・料金・環境政策評価～」、勁草書房。
- 13) 曹鑾, 豊原明, 李游, 周瑋生 (2023)「日本における炭素税の支払意思と影響要因の分析」、環境経済・政策学会 2023 年大会講演集、No.PR0054、環境経済・政策学会。
- 14) 武田史郎, 川崎泰史, 落合勝昭, 伴金美 (2010)「日本経済研究センターCGE モデルによる CO₂ 削減中期目標の分析」、環境経済・政策研究、Vol.3、No.1、pp.31-42。
- 15) 松本健一, 福田豊生 (2006)「応用一般均衡分析を用いた帰属価格に基づく炭素税の環境・経済分析—全産業部門への課税—」、環境科学会誌、Vol.19、No.2、pp.89-98。
- 16) 亀岡滯, 有村俊秀 (2019)「炭素税・FIT 賦課金による産業・家計への影響産業連関分析による定量的評価」、環境科学会誌、Vol.32、No.4、pp.103-112。
- 17) 乾昭文 (2012)「新エネルギーの開発と課題 —電力の芽生えから新エネルギーまで、歴史的な発展を振り返りつつ—」、特技懇誌、No.265、pp.3-11。
- 18) 西川正史 (2004)「水素エネルギーシステムの開発課題と現状」、プラズマ・核融合学会誌、Vol.80、No.1、pp.5-11。
- 19) 総合資源エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ「発電コスト検証について」、経済産業省資源エネルギー庁。
- 20) 武田史郎, 川崎泰史, 伴金美 (2007)「温暖化対策分析用 CGE モデルへの新技術・新エネルギーの導入方法」、内閣府経済社会総合研究所、New ESRI Working Paper Series、No.5。
- 21) 館祐太, 小林辰男, 落合勝昭 (2012)「環境・エネルギー政策を評価する動学的 CGE モデル —その特徴と分析手法に関するノート—」、日本経済研究センター、JCER Discussion Paper、No.138。
- 22) 総務省政策統括官 (2020)「平成 27 年 (2015 年) 産業連関表」、各省庁共同編集 (代表：総務省)。

日交研シリーズ目録は、日交研ホームページ

http://www.nikkoken.or.jp/publication_A.html を参照してください

**A-924 都市交通システムのカーボンニュートラルに向けた
プライシングに関する研究**

都市交通システムのカーボンニュートラルに向けた
プライシングに関する研究プロジェクト

2025 年 8 月 発行

公益社団法人日本交通政策研究会