

研究助成実施報告書

助成実施年度	2022 年度
研究課題（タイトル）	都市のエネルギーバランスを保つための電気自動車充電所の最適立地モデルの開発
研究者名※	洪 銅基
所属組織※	九州大学 人間環境学研究院 都市・建築学部門 特任助教
研究種別	研究助成
研究分野	都市交通システム、エネルギー計画
助成金額	150 万円
発表論文等	

※研究者名、所属組織は申請当時の名称となります。

（ ）は、報告書提出時所属先。

大林財団 2022 年度研究助成実施報告書

所属機関名 九州大学 人間環境学研究院
申請者氏名 洪 銅基

研究課題	都市のエネルギーバランスを保つための電気自動車充電所の最適立地モデルの開発
(概要) ※最大 10 行まで 本研究は、都市の余剰エネルギー活用と電気自動車普及拡充のため、都市の余剰エネルギー算出モデル(V2B)と時系列の充電スケジュールと都市計画を組み合わせた最適な充電所の立地分析モデルを構築することを目的とする。そのため、福岡市を対象に電気自動車充電所と充電器の普及状況の変化を分析した。電気自動車充電所の数は増加傾向であり、充電器のタイプでは急速充電器が増加し、特に中央区や博多区などの都心部に多く供給された。建物用途別に見ると、自動車ディーラーやショッピングモールが最も多い。また、余剰エネルギーの算出と可視化を行い、余剰エネルギーが発生地域を示した。さらに、電気自動車充電所の利用実態に関する調査では、充電設備の老朽化が進んでおり、充電インフラの整備が必要であることが示された。補助金制度の利用率は 56.5%であり、充電設備の維持や補修に対する支援が求められている。	

1. 研究の目的	(注) 必要なページ数をご使用ください。
2050 年に汎国家的炭素中立を実現するためには、建築・都市分野における実証的な技術の実現が求められている。太陽光発電(PV)システムは化石燃料の使用を抑え、二酸化炭素排出量削減と共にエネルギー危機時の分散型エネルギーシステムとして自給発電が可能で、導入が増えてきた。しかしながら、気象予測は難しく、PV の発電量(供給)とエネルギー使用量(需要)の不均衡が発生しており、実質的な有効性が疑われている。解決策として、移動型貯蔵装置の電気自動車が注目されている。近年、電気自動車と組み合わせた V2H(Vehicle to Home)、V2B(Vehicle to Building)、V2G(Vehicle to Grid)のシステムの開発が進んでいる。これらのシステムでは、建築・都市のエネルギーバランス問題の解決を期待されているが、まだ実際の運用側では効率的といえない。そこで本研究では、多くの建物で発生する余剰エネルギーを直ちに電気自動車の充電に適用することを検討し、建築主や電気自動車の使用者、さらに電力系統の利害関係者まで安定的に電力需給を目指す。さらに、経済的な利益を得ることも視野に入れている。本研究で開発するモデルは、建物の余剰エネルギー(=PV 発電量)-(建物の使用量))を算出するモデル開発と、安定的な都市のエネルギーバランスを図る都市規模のエネルギーグラフネットワークモデルを開発する。また、建物用途別のエネルギー使用量、電気自動車の充電量のデータを確保し、今後、自立度を高める都市の分散型エネルギーシステム設計時に提供する。本モデルは、GIS(Geographic Information System)を用いた都市規模のマクロ分析と用途別の建物エネルギー使用量に関するミクロ分析を融合した高次元の機械学習モデルである。	

2. 研究の経過

(注) 必要なページ数をご使用ください。

本研究は、福岡市における電気自動車充電所を対象に、建物用途別の余剰エネルギーを予測し、電気自動車の充電エネルギーに用いる手法と効率的な利用方法を検討する。また、電気自動車充電所の利用実態と運営に関する意見を把握した。

1. 電気自動車充電所に関する情報のデータ化と V2B モデル構築

① 2021 年から 2024 年までの福岡市における電気自動車充電所の位置、建物用途、充電設備の種類などを調査した。電気自動車充電所に関する情報は、GoGoEV (<https://ev.gogo.gs/>) と EVsmart (<http://evsmart.net/>) を対象に Web スクレイピングを用いて情報を収集した。また、オープンデータ・Google earth などを用いて建築物に設置された PV パネルを調べた。各調査結果に基づき、GIS データ化と地図上でマッピングを行い可視化した(図 1)。

② 充電設備の稼働状況の情報や計測データをオンライン収集した。また、建築用途別の電力使用量は利用者のスケジュール情報を用いて時系列の電力使用量を求めた。建築物の位置、周辺の建築物規模など GIS データを利用した各建物の日射量を時系列に分析し、PV 容量に応じた発電量を算出する。分析結果に基づき V2B モデルを構築する。

2. 機械学習を用いた新しい都市・建物・電気自動車・エネルギーの統合モデルの開発

① 構築した GIS データをもとに、交通・道路ネットワーク分析により最適な充電所を検討し、都市の余剰エネルギーを効率的に活用した最適な電気自動車充電所の立地を提案した。

② 電気自動車充電所の最適立地モデルと V2B モデルを統合したネットワーク機械学習モデルを開発した。本モデルは、機械学習機能を搭載したモデルで、時刻毎の余剰エネルギーを一定水準で確保できるように時間単位の余剰電力量が予測できる。

3. 余剰エネルギー多発地域の可視化と電気自動車充電所の最適立地法案のための利用実態把握

① GIS の日射量解析を用いて福岡市中央区大名 1・2 丁目の日射量を計算した。日射量解析結果に基づき、外気温度など気象条件と PV パネルの容量、発電効率などを設定して、太陽光発電モデルを構築した。また、建物用途別の需要量を算出し、PV パネルの発電量と建物用途別の需要量の差を求めることで都市の余剰エネルギーを計算、可視化した。

② 電気自動車充電所の最適立地モデルの開発するため、電気自動車充電所を運営・管理者を対象に利用実態把握と電気自動車充電インフラ普及に必要と考えられる政策などについてアンケート調査を行った。

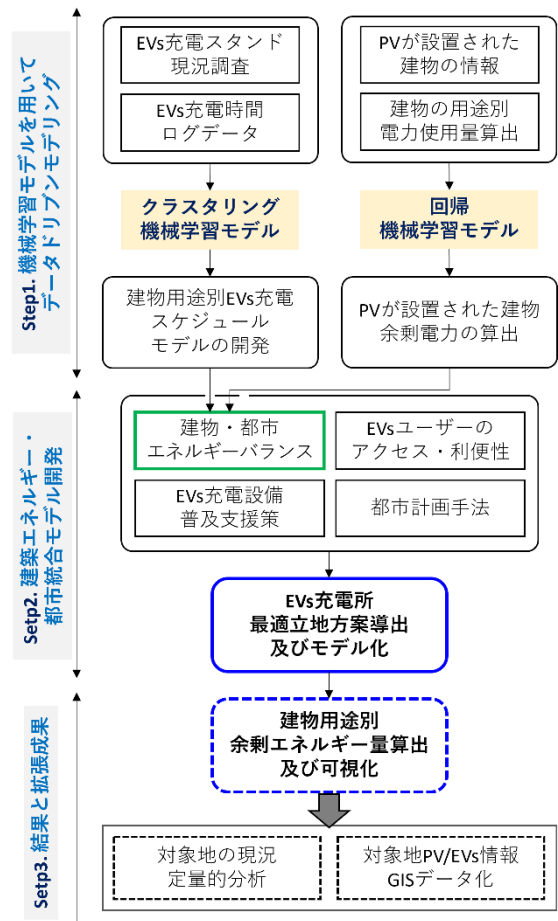


図 1 研究のフロー

1. 福岡市における電気自動車充電所と充電器の現況

2021 年から 2024 年 2 月までに福岡市の電気自動車充電所と充電器の普及状態を調査した。まず、EV 充電スタンド情報サイトの GoGoEV と EVsmart を用い、福岡市における電気自動車充電所と充電器の変化を分析した。次に、公開された充電所の住所などの情報を用いて GIS の地図上でマッピングし、過年度の電気自動車充電所の変化について可視化分析を行った。さらに、各区域における充電器の種類を集計し、充電器が設置された建物用途、台数など導入バランスを分析した。充電器の種類は、急速(CHAdcMO 急速 44kW～90kW, テスラ)、中速・緩速充電 (CHAdcMO 中速 20kW～35kW、200V コンセント、ケーブル付充電器)が普及されている。

1.1 電気自動車充電所の分布推移

2021 年では 147 ケ所の電気自動車充電所が運営中であったが、2022 年では 10 ケ所が運営中止となった。しかし、11 ケ所が新設されて総合的には変わらず 148 ケ所が運営中であった。2023 年では 2022 年度と同様な傾向で、電気自動車充電所数の変更が見られなかった。2024 年には、20 ケ所の電気自動車充電所が新設され、2021 年に比べて電気自動車充電所が 13.6%増設した(表 1)。2023 年 10 月に公表された経済産業省の充電インフラ整備促進に向けた指針の影響を受けたと考えられる。

電気自動車充電所の密集地域をみると、商業・業務施設が集まっている中央区の天神の渡辺通り、博多区の博多駅周辺と自動車ディーラーが多い県道 112 号線を沿って充電所が位置している。一方、西側は東側とくらべ、電気自動車充電所の空白地域が広いため、充電インフラ普及がより必要と考えられる(図 2)。

1.2 充電器のタイプ・建物用途別の推移

福岡市全域に供給された充電器の充電タイプ別の推移をみると、急速充電器は 2021 年 63 機から徐々に増加し、2024 年 81 機が普及され、普及率は 2021 年比 28.6%となった。中速・緩速充電器は 2022 年に 19 機増加したが、2023 年には 178 機まで減少した。2024 年には 28 機が増設し、206 機となり、普及率は 2021 年比 19.8%である。一方、中速・緩速充電器の CHAdcMO 中速と 200V コンセントは、減少傾向であるが、ケーブル付充電器は 2021 年に比べ 37 機(39.4%)増加した。

区別の普及推移をみると、電気自動車充電所が集中している博多区、中央区、東区に急速充電器と中速・緩速充電器ともに多く供給された。特に、急速充電器は、都心である博多区と中央区で約 5 割以上を占めた。一方、中速・緩速充電器であるケーブル付充電器は、博多区と早良区が

表 1 福岡市における電気自動車充電所の推移

	2021	2022			2023			2024		
	電気自動車充電所数	既存	新規	中止	既存	新規	中止	既存	新規	中止
計	147	137	11	10	138	11	10	146	20	3
博多区	38	34	3	4	34	2	3	36	9	0
中央区	28	27	2	1	28	2	1	29	3	1
東区	29	28	3	1	30	1	1	31	1	0
南区	13	12	0	1	12	0	0	12	1	0
西区	19	17	1	2	14	4	4	17	3	1
城南区	7	6	0	1	6	1	0	7	2	0
早良区	13	13	2	0	14	1	1	14	1	1

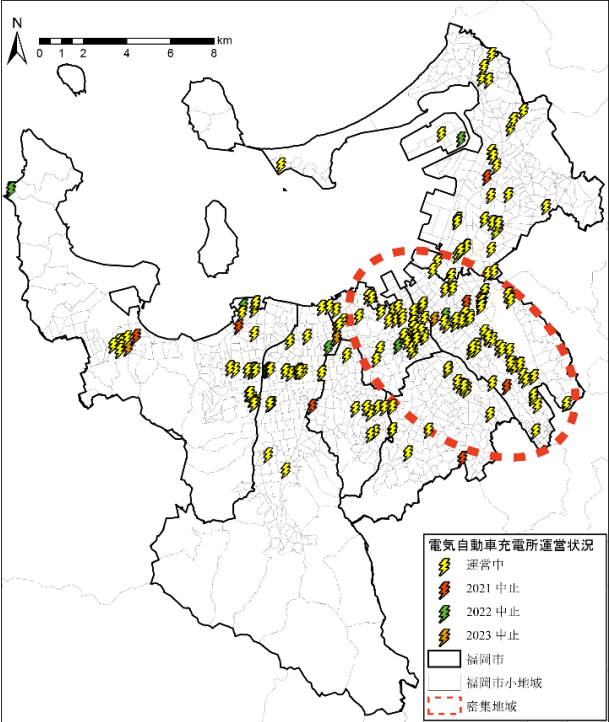


図 2 福岡市における電気自動車充電所の分布と運営現

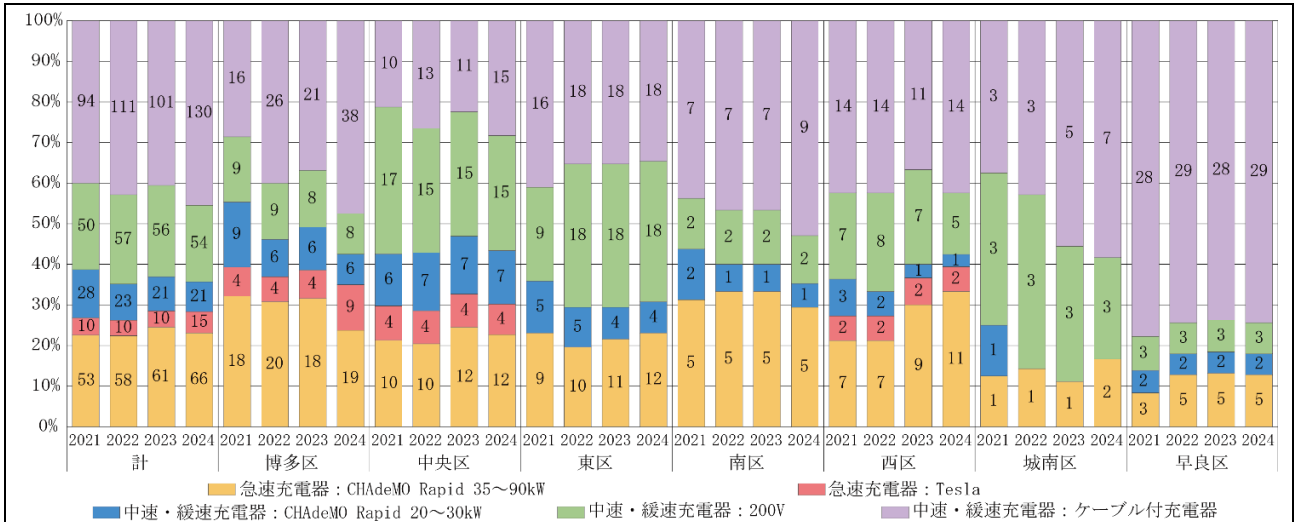


図 3 福岡市における区別の供給充電器の推移

最も多かった。この地域は、自動車ディーラーや宿泊施設が多いため、主に長時間充電するタイプの充電器が普及されたと考えられる。南区と城南区は、都心部に比べ充電器数が少ない。今後は、立地や充電器タイプなどを検討しながら普及促進を図る必要がある(図 3)。

電気自動車充電器を有する建物用途においては、自動車ディーラーが最も多く、次にショッピングモール・小売店、コインパーキング順である。電気自動車充電器の増設は少なかった。

一方、業務施設の場合、2021 年度に比べて約 2 倍の増加率が見られ、2023 年の博多区でのケーブル付充電器の大量増設の影響でと考えられる。また、その他の場合、ガソリンスタンドでの電気自動車充電器の設置の傾向がみられる(表 2)。

表 2 建物用途別の充電器の供給推移

単位：電気自動車充電所数

	2021	2022	2023	2024
自動車ディーラー	80	81	84	85
ショッピングモール・小売店	25	22	20	22
宿泊施設・温浴施設	9	8	7	10
コインパーキング	13	14	15	15
自動車工場	3	3	2	2
コンビニ	3	2	2	3
公共施設	6	7	7	6
駅・空港	1	1	1	1
電気工事業者	1	0	0	0
業務施設	3	7	6	13
その他	3	3	5	9
計	147	148	149	167

2. 建物用途別の余剰エネルギー算出と可視化

2.1 都市部における日射量分析

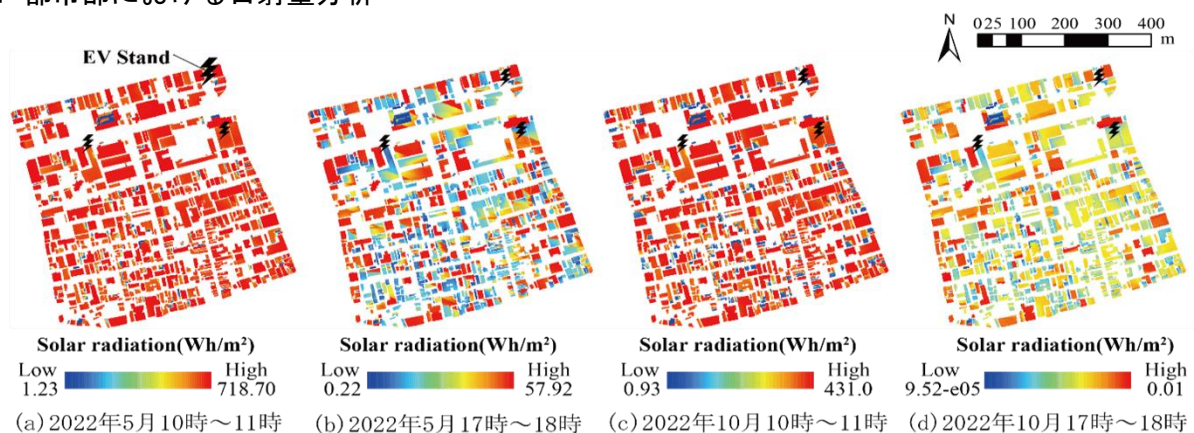


図 4 日射量分析(福岡市中央区大名 1・2 丁目)

ArcGIS の日射量解析ツールの Solar Radiation を用いて福岡市中央区の大名 1・2 丁目を中心に建物にあたる日射量を分析した。計算期間は、代表日として 2020 年 5 月 14 日と 10 月 15 日の

10 時～11 時、17 時～18 時を設定し、日射量を算出した。日本は、北半球にあるため、冬季より夏季の太陽が昇っている時間が長く日射量が高かった。昼過ぎの時間帯よりも朝の時間帯の日射量が多いことが確認できた。また、10 月より 5 月の 10 時～11 時の日射量が地域の全体に多く広がっており、最も日射量が高い領域では 718.7Wh/m²で、冬季の最大値に比べて約 2 倍高かった。10 月の 17 時～18 時の日射量は 0.01Wh/m²で非常に少なかった(図 4)。

2.2 余剰エネルギー算出と可視化



(a) 2022年5月10時～11時 (b) 2022年5月17時～18時 (c) 2022年10月10時～11時 (d) 2022年10月17時～18時

図 5 余剰エネルギー(福岡市中央区大名 1・2 丁目)

建物用途別の余剰エネルギー算出は PV パネルの発電量と建物用途別の需要量の差を求めることで計算した。PV パネルの発電量は建物の屋上に極力的に PV パネルを導入し、自給自足率 30% 以上になるように想定した。気象条件は 30 分間隔のデータを用いて PV 発電量を算出した。算出した余剰エネルギーを GIS に入力し、都市の余剰エネルギーを可視化した。円の図形は各建物で発生した余剰エネルギー量を比例した結果である。円が大きいほど余剰エネルギー量が多く発生していることを表す。また、円が重なる場所は余剰エネルギーが集中して発生することである。余剰エネルギーは 17 時帯より、朝の 10 時～11 時間帯で地域全体に多く発生している。対象地の大名では、深夜に営業する商業施設が多く、そのため、昼の時間帯の建物需要量は少ない。一方、PV パネルの発電量が多いため、都市全体に余剰エネルギーが発生している(図 5)。

3. 電気自動車充電所の利用実態

電気自動車充電設備の利用と運営を把握するため、福岡市における電気自動車充電所の 147 ヶ所を対象に 2023 年 11 月 22 日～12 月 20 日までアンケート調査を実施した。調査は、回答サイト URL、QR コードを示した送り状を郵送し、23 ヶ所の有効回答を得て、回収率は 15.6%であった。

3.1 電気自動車充電所の運営状況

2022～2023 年に設置した設備は、約 21.7% に過ぎず、2018 年以前の充電設備は、約 73.9%を占め、充電設備は全体的に老朽化が進んでおり、今後の充電設備の更新が多くなると予想される。充電設備の案内に関する質

表 3 電気自動車充電所の利用実態調査概要

目的	電気自動車充電所の運営・管理者様向け利用実態及び充電インフラ普及のための意見把握
対象	福岡市における電気自動車充電所147ヶ所
項目	基本情報、電気自動車充電設備の運営、充電インフラ普及のための補助金制度の利用状況と必要支援策
期間	2023年11月22日(水)～2023年12月20日(水)
回収数	23ヶ所(回収率: 15.6%)、住所不明7ヶ所(4.8%)

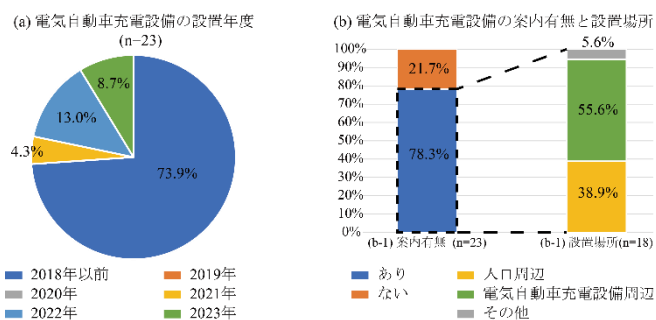


図 6 電気自動車充電設備の設置年度と案内有無

間においては、案内がある充電所は、約 78.3%であり、主に充電設備の周辺に設置している(図 6)。充電設備の利用は、休日の土・日曜日と平日の金曜日が多かった。また、14:00～16:00 の利用が最も多く、充電器のタイプによって平均充電時間が 30 分未満の短時間利用と 120 分以上の長時間利用の 2 つの傾向がみられた。電気自動車の利用 65.2%を占め、電気自動車の普及促進のためには、充電インフラの整備もともに行われる必要がある(図 7)。

3.2 電気自動車充電設備の補助金制度

電気自動車充電設備の補助金制度の利用率は、約 56.5%であり、補助金制度を利用した運営・管理業者は少なかった。補助金を利用した 53.8%は、福岡市の「次世代自動車の普及に向けた支援事業(電気自動車等)補助金」と経済産業省の「クリーンエネルギー自動車の普及促進に向けた充電・充てんインフラ等導入促進補助金」をともに利用した。一方、補助金の満足度は、23.1%にとどまっており、補助金制度の整備が必要と考えられる(図 8)。電気自動車充電設備を運営・管理業者は、新規の充電設備に関する支援策より老朽化に伴う「既存の充電設備維持・補修に対する制度・支援」や「充電設備の増設に対する制度・支援」が必要であるとの意見が多い。特に、日本は充電時間に応じた課金(時間制料金、円/分)を利用充電所が多いため、設置台数を増やしながらか充電器の出力が低下を避け、充電効率を上げることが重要であるとの意見があった(図 9)。

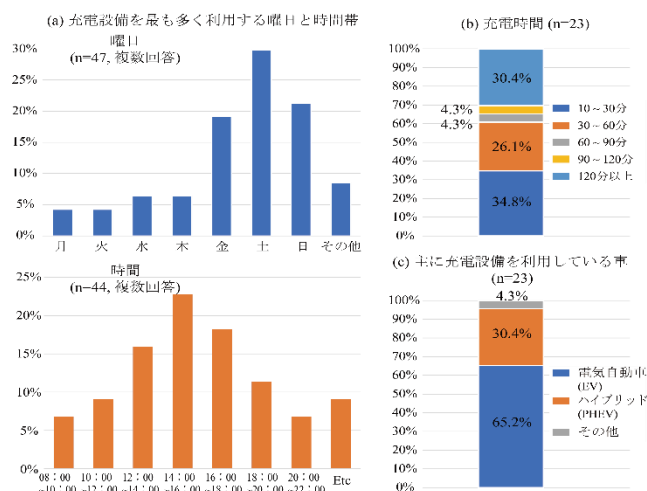


図 7 電気自動車充電設備の案内位置

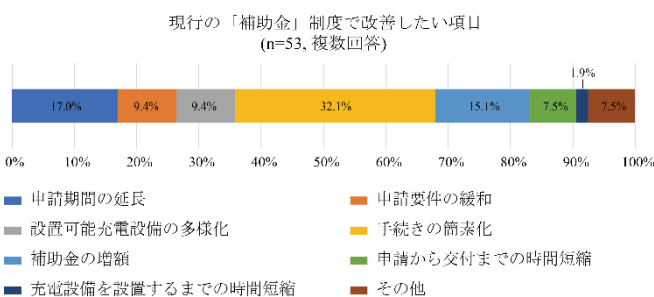


図 9 助金制度の改善点

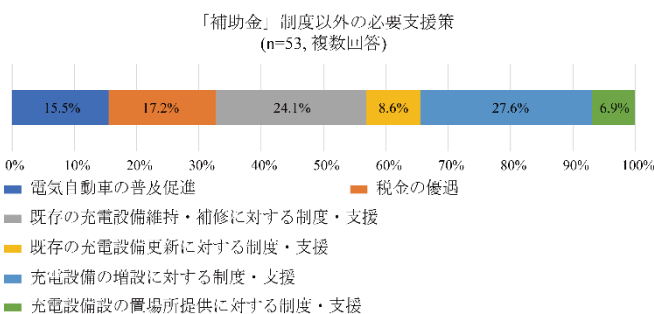


図 8 補助金制度以外の必要支援策

4. 今後の課題

(注) 必要なページ数をご使用ください。

本研究が抱えている課題を下記に述べる。

- ① 実証実験データを用いて、建物の余剰エネルギー算出するモデルと都市規模のエネルギーグラフネットワークモデルの精度を向上させる。
- ② 余剰エネルギーが多発する地域を検討し、現地調査結果と組み合わせた充電所の立地特性、相関関係分析を行い、充電インフラ普及促進方法を検討する。
- ③ 余剰エネルギー発生地域の平日・休日・祝日の時間別の電気自動車通行量を考慮した充電所の最適立地選定モデルを開発する。