

卒業論文

中間報告書

EV タクシーの DR による再生可能エネルギーの
有効活用のためのシステムに関する研究

2023 年 10 月 04 日

指導教員 松橋 隆治 教授

電子情報工学科

03-210465 森迫 来希

目次

目次.....	2
第 1 章 序論.....	3
1.1 電気自動車 (EV) の普及と CO2 排出量.....	3
1.2 変動型再生可能エネルギーの普及と課題.....	3
1.3 V2G (Vehicle to Grid) の提唱.....	3
1.4 先行研究の分析.....	4
1.4.1 V2G による出力抑制軽減の評価.....	4
1.4.2 EV 所有者の V2G 参加による利益のシミュレーション.....	4
1.4.3 V2G の長期的な経済性分析.....	4
1.5 本研究の動機とオリジナリティ.....	5
第 2 章 データ推計.....	6
2.1 EV 利用の推計.....	6
2.2 電力需要予測.....	6
2.3 電力供給予測.....	6
2.3.1 太陽光発電量の予測.....	6
2.3.2 風力発電量の予測.....	7
2.3.3 火力発電量の予測.....	7
第 3 章 分析シミュレーション.....	8
3.1 V2G による放電量シミュレーション.....	8
3.2 V2G によるコスト削減シミュレーション.....	8
第 4 章 結論.....	9
参考文献.....	10

第 1 章 序論

1.1 電気自動車 (EV) の普及と CO2 排出量

電気自動車 (EV) は、気候変動対策及び石油資源依存からの脱却を背景として、日本のみならず世界的に普及し始めている。

従来のガソリンエンジン車 (GE) と比較すると、EV は走行時に直接的に CO2 を排出しないものの、間接的により多くの CO2 を排出することが分かっている。その主な原因は、EV 搭載バッテリーの製造時に多くのエネルギーを消費することである。

佐久間らの研究では、車両生産段階 (走行距離 0 km) では EV が GE の約 2 倍の CO2 を排出するが、走行距離が約 45,000 km を超えると、EV が CO2 排出量に関して GE よりも優位になることが示されている。また、GE の生涯 CO2 排出量を 100% とすると、EV に切り替えた場合の CO2 排出量削減率は約 7.2 % である [1]。

1.2 変動型再生可能エネルギーの普及と課題

変動型再生可能エネルギー (VRE : Variable Renewable Energy) とは、天候・季節・時間帯によって発電量が変動する再生可能エネルギーによる発電方法であり、具体的には太陽光発電や風力発電がこれに該当する。

VRE は、CO2 排出量が少なく、エネルギー源の持続可能性が高い点で世界的に拡大し始めている。しかし、天候や時間帯によって発電量が変動することにより、電力の供給と需要のバランス維持が難しくなり、電力網の安定性に悪影響を及ぼすという課題も指摘されている。

上記の変動性への対応策として、蓄電設備の活用が挙げられるが、高い初期コストや物理的なスペースという障壁があり、VRE を 100% 有効に活用できていないのが現状である。

1.3 V2G (Vehicle to Grid) の提唱

大規模な蓄電設備を建設するためには、莫大な初期コストが必要になるが、それを解決する可能性を秘めているのが、V2G (Vehicle to Grid) という概念である。V2G とは、EV を電力系統に接続し、車載蓄電池を活用することで、充電だけでなく、蓄電した電力を系統に供給するという考え方である。

V2G の社会的なメリットとしては、次の 4 点が挙げられる [2]。

- 変動型再生可能エネルギー (VRE) の安定化 : 供給量が不安定な VRE の発電量に対

応することで、VRE の出力抑制も軽減される。

- **発電容量拡大のためのコスト削減**：電力需要増加に対応するためのインフラ整備・発電容量拡大にかかる費用を抑えることができる。
- 電力の再販売による利益：EV 所有者及び V2G プラットフォーム提供者は、電力の再販売による利益を得られる。
- 災害対策：停電のような災害時には、分散型電源としての役割を果たす。

1.4 先行研究の分析

1.4.1 V2G による出力抑制軽減の評価

V2G 導入による出力抑制軽減に関する研究で、独立系統かつ出力抑制が行われている種子島を対象に、EV への代替率と CO₂ 削減率・出力抑制日数減少をシミュレーションした論文 [3] がある。Igarashi らによると、EV への代替率が上昇するにつれ年間出力制御日数は減少するものの、代替率が 40%を超えると年間 CO₂ 削減率は減少に転じ、代替率が 100%となると CO₂ 排出量が増加する結果となった。これは、EV への代替がガソリン使用量を減少させ、CO₂ 排出量を削減する効果は大きい一方で、最大電力需要が上昇することで火力発電の稼働量が増加し、十分な CO₂ 削減効果は得られないためであると述べている。

V2G 導入による出力抑制日数と CO₂ 排出量の削減効果は、出力抑制日数が多く、再生可能エネルギー発電量（特に変動性の低い再生可能エネルギー）が多い地域で高い効果を得られるということが示唆されている。

1.4.2 EV 所有者の V2G 参加による利益のシミュレーション

Miyawaki による論文 [4] では、V2G 参加による EV 所有者の経済的利益を複数のシナリオでシミュレーションしている。電源を太陽光及び風力に限定し、系統への売電価格を JEPX 価格としたシナリオが最も収益性が高く、EV 所有者の年間利益は約 84,000 円であると述べている。カーリースの相場が月額約 10,000 ～ 20,000 円であることを考えると、EV 所有者が V2G に参加するインセンティブに十分なり得る利益であると考えられる。

1.4.3 V2G の長期的な経済性分析

VRE の拡大には、不安定な供給に対応するための蓄電設備が必須である。一般的に、リチウムイオン電池を使用した定置型蓄電設備等のエネルギーインフラの建設には、莫大な費用が必要とされる。

一方、V2G も EV の「蓄電設備」の側面に注目した概念である。Owens らの論文 [5] で

は、V2G 導入で発生した蓄電設備（EV バッテリー）によって、長期的に節約できた定置型蓄電設備コストを算出している。その節約できたコストを V2G システムの経済性として、シミュレーションを行っている。

1.5 本研究の動機とオリジナリティ

これまでの議論を総括すると、次のようになる。気候変動の対策として、世界的に VRE が推進されているが、発電量が変動するため、それを調整するための蓄電設備が必要である。世界で普及し始めている EV を蓄電設備として用いる V2G にも、VRE の出力抑制を軽減する効果がある。一般的に蓄電設備には莫大な初期コストが必要であるが、V2G はより低いコストで蓄電設備を代替できる可能性を秘めている。また、EV 利用者に対して、参加を促すインセンティブになり得る経済的利益をもたらす。しかし、同じ「蓄電設備」である定置型蓄電設備と V2G の比較検討を行っている研究は少なく、ニューイングランドのケーススタディはその数少ないシミュレーションケースである。

本研究は、このような現状認識に基づいて計画された。本研究の動機は、広島交通の EV タクシー事業における V2G 導入の実現性を、その経済性の面において確かめるという点にある。本研究のオリジナリティは、次の 2 点にある。

- 実際のタクシー事業における定置型蓄電設備と V2G の経済性を比較し、V2G 導入の指針・基準を明らかにする。
- 実際のタクシー事業者の運行データをもとにシミュレーションを行う。

本研究の結果は、V2G の導入を検討する行政主体、V2G に参入を検討している交通事業者に必要な知見を提供する。

第 2 章 データ推計

2030 年における V2G の経済性をシミュレーションするために、必要なデータの推計を行う。用いるデータ及び推計の方法は以下の通りである。

2.1 EV 利用の推計

用いる推計値・算出方法は以下の通りである。「EV 代替率」はシミュレーションにおいて変化させるパラメータとする [3]。

- 2020 年の人口：2020 年国勢調査人口を用いた [6]。
- 2040 年の人口：国立社会保障・人口問題研究所が推計した地域別将来推計人口（2018 年推計）の中位推計を用いた [7]。
- 2020 年の自動車保有台数：九州運輸局の 2020 年自動車保有車両数を用いた [8]。
- 2030 年の自動車保有台数：2020 年と人口との比率は同じと仮定し、算出した。

表 2020 年と 2030 年の人口及び自動車保有台数

	2020 年	2030 年
人口 (1000 人)	12,779	7,043
自動車保有台数 (台)	7,206,180	3,971,604

2.2 電力需要予測

2020 年と 2030 年で、日本国内の電力消費量のうち九州地方が占める割合は一定であると仮定して、2030 年の九州地方の電力消費量を推計する。さらに、九州電力の過去の電力使用実績データを用いて、季節・時間帯別の需要を推計する。

2.3 電力供給予測

2.3.1 太陽光発電量の予測

2020 年の日本国内における九州地方が占める太陽光発電量の割合が一定と仮定して、2030 年における日本国内の太陽光発電量の予測値を用いて、2030 年における九州地方の太陽光発電量を推計する。さらに、過去の発電実績データを用いて、季節・時間帯別の発電量を推計する。

2.3.2 風力発電量の予測

2020 年の日本国内における九州地方が占める風力発電量の割合が一定と仮定して、2030 年における日本国内の風力発電量の予測値を用いて、2030 年における九州地方の風力発電量を推計する。さらに、過去の発電実績データを用いて、季節・時間帯別の発電量を推計する。

2.3.3 火力発電量の予測

既存の火力発電所の最低出力が 50%と定められていることから、各時間の電力需要量の 50%を火力発電（内燃力発電）の最低発電量とする [3]。そして、火力発電と太陽光発電、風力発電との発電量の合計が需要量を上回る場合、その余剰分を V2G 充電の対象とみなす。

第 3 章 分析シミュレーション

3.1 V2G による放電量シミュレーション

太陽光発電量が最も発生する 10 時～16 時を基準に考える。10 時～16 時の余剰電力量と、接続 EV の容量から、EV への充電量を算出する。夜間、EV からの放電量は、超過需要分と EV の夜間充電量の和となる。（放電でまかなえない場合は火力発電で補う。）

3.2 V2G によるコスト削減シミュレーション

V2G による電力網への貢献を、EV からの放電量とする。EV からの放電量を基準に、同等の定置型蓄電設備にかかるコストを算出し、これを V2G 導入による経済性とする。定置型蓄電設備にかかるコスト（工事費も含む）は、「経済産業省 第 3 回 定置用蓄電システム普及拡大検討会」資料を参照した [9]。

第 4 章 結論

卒業論文執筆に向けて、以下の段階を踏む必要があると考える。

1. 使用データ（タクシー事業者の運行データ・EV タクシーの仕様・電力価格データ等）を収集し、データの妥当性を精査する。
2. 事業者利益を目的関数とし、制約条件を設定の上、充放電の最適化モデルを開発する。
3. タクシー事業者 V2G 参加に対する経済性の提案を行う。

参考文献

- [1] Y. Sakuma, Y. Akimoto, K. Okajima, H. Yamamoto , T. Ikeya, “EV のバッテリー特性向上が及ぼすライフサイクル CO2 排出への影響評価,” 第 31 回日本エネルギー学会大会, 2022.
- [2] T. Matsumoto, “Vehicle-to-Grid 導入の利点と課題,” 一般財団法人 日本エネルギー経済研究所, 2019.
- [3] K. Igarashi, H. Kurishima , Y. Kikuchi, “種子島における再生可能エネルギーを用いた Vehicle-to-Grid システムの評価,” 2022 年度 環境情報科学研究発表大会, 2022.
- [4] K. Miyawaki, “ Optimal operation planning of V2G (Vehicle-to-Grid)-equipped microgrid in urban areas in Japan,” Kyushu University Japan, 2022.
- [5] J. Owens, I. Miller , E. Gençer, “Can vehicle-to-grid facilitate the transition to low carbon energy systems?,” Energy Advances, 2022.
- [6] 総務省 統計局, “令和 2 年国勢調査 人口等基本集計結果 結果の概要,” 総務省 統計局, 2020.
- [7] 国立社会保障・人口問題研究所, “日本の地域別将来推計人口 (平成 30 (2018) 年推計),” 国立社会保障・人口問題研究所, 2018.
- [8] 国土交通省 九州運輸局, “自動車保有車両数,” 国土交通省 九州運輸局, 2022.
- [9] 第 3 回 定置用蓄電システム普及拡大検討会, “定置用蓄電システムの目標価格および導入見通しの検討,” 株式会社三菱総合研究所, 2021.