

走行履歴に基づく電気自動車普及時の 電力需要変動分析

小原 潤也¹・中村 俊之²・山本 俊行³・森川 高行⁴

¹ 非会員 ブラザー工業株式会社 (〒467-0841 名古屋市瑞穂区苗代町 15 番 1 号)

E-mail: junya.ohara@brother.co.jp

² 正会員 名古屋大学特任准教授 未来社会創造機構 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町 1)

E-mail: tnakamura@mirai.nagoya-u.jp

³ 正会員 名古屋大学教授 未来材料・システム研究所システム創成部門

(〒464-8601 名古屋市千種区不老町 1)

E-mail: yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp

⁴ 正会員 名古屋大学教授 未来社会創造機構 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町 1)

E-mail: morikawa@nagoya-u.jp

カーボンニュートラル化に向けた取り組みの中で、電気自動車は走行時に環境負荷物質を排出せず、車載用蓄電池が再生可能エネルギーの変動する出力を調整する役割を果たすことが可能であり、普及が期待されている。一方で、乗用車を中心に電動化が進むと同時に、EV の充電による電力需要の増大が懸念されており、EV の充電による電力需要の変動や再生可能エネルギーと車載用蓄電池を組み合わせた際の電力需要の変動を把握することは必要となる。そこで、本研究では、愛知県名古屋市を対象に、現状のガソリン車が EV に置き換わったという仮定のもと、EV 充放電シナリオ別に電力需要の変動、電力需要の増大が予想される地区について分析を行った。分析の結果、電力需要ピーク時を明らかにし、電力需要は名古屋市一部地区で高くなる傾向にあることを示した。

Key Words: *electric vehicle, driving pattern, charging, electricity demand, renewable energy*

1. はじめに

近年、地球温暖化やピークオイルが問題視される中で、エネルギーのカーボンニュートラル化に向けた取組が世界的に進行している。我が国では、2020 年 10 月に宣言した「2050 年カーボンニュートラル」実現に向けて、特に、温室効果ガス排出の 8 割以上を占めるエネルギー分野の取組が重要視されている¹⁾。そのうち、運輸部門においては、近年、乗用車を中心に電動化が世界的に進行し、欧州の一部の国やカリフォルニア州ではガソリン車の販売の禁止が相次いで打ち出されるなど、自動車の電動化は、想像以上のペースで進んでいる。特に、電気自動車 (Electric Vehicle, 以下 EV) は、走行時に環境負荷物質を排出しないという利点だけではなく、車載用蓄電池を活用できるという利点があり、災害が多い我が国において、その活用が期待される。

世界規模では、EV 売上は 2019 年に 210 万台を超え、自動車販売全体の 2.6% を占めている²⁾。特に、2025 年までに内燃自動車を禁止としているノルウェーでは、2019 年時点で EV 市場シェアは 46% と世界で最も普及が進んでいる。我が国でも、欧州や中国に比べ、EV の普及が遅れている。その要因として、一般乗用車と比べた車体購入時のコスト高、航続距離の短さ、さらには充電設備の欠如、充電時間の長さ等があげられる。また、日本では、軽乗用車しか相互通行できない道が 85% あり、特に地方部において道路インフラ整備が進められていないことも要因であり、軽自動車の電動化は、車体設計上の制約が厳しいことも普及が遅れている。ただし、近年では、充電インフラ拡充に向けた設備費用補助事業³⁾や、EV の実証実験⁴⁾、EV のバッテリー容量が増加する等、EV の普及拡大に向けた取組が進行し、今後の普及が予想される。

一方で、電化が進むことで、2050年の電力需要は、産業・運輸・家庭部門において、現状の30~50%増加するとの試算がある¹⁾。特に、運輸部門では、EV普及に伴う電力需要の増大や、充電による電力系統への負荷の増大が懸念されている²⁾。例えば、配電レベルではEVのホットスポット（EV所有が集中した地区など）において電線や変圧器の過負荷や、電圧降下の発生が懸念されている。

また、EVの車載用蓄電池は、再生可能エネルギーの普及に必要となる調整力の要である。これらを組み合わせたスマートハウス等のVPP(Virtual Power Plant)構想に向けた基礎的知見を得られるだけではなく、充電インフラ設備の配置計画や再生可能エネルギー設備導入策等に向けた活用が期待されている。

EVおよび関連インフラ整備に関する研究、特に電力需要を検討した研究として、中上ら³⁾は、道路交通センサスOD調査をもとに車両の利用パターンを考慮したPHEVとEVの車種別の普及シナリオを作成し、充電電力量からCO₂削減効果を検討した。金森ら⁴⁾は、名古屋市の都市計画基礎調査データ（2006年調査）を用いて、建物用途別の延床面積に着目して、EV充放電による電力需要への影響を充電シナリオ別に分析した。さらに、落合ら⁵⁾は、道路交通センサスオーナーインタビュー調査をもとに、EVやPVが導入された将来を想定し、電力の自給自足の可能性について分析し、都市の特性や施策による影響について検討した。

これらの研究では、EVの充電制御は考慮されておらず、都市レベルでのエネルギーマネジメントが想定されていない。そこで、Clementら⁶⁾は、EVの充電時間による電力系統への影響を検討するためにも、充電を制御および調整する必要があること、Venayagamoorthyら⁷⁾は、V2G(Vehicle-to-Grid)テクノロジー(EVに蓄電した電力を系統電力に供給する技術)を使用したスマート充電が、充電を調整する方法を示している。我が国の土木計画学分野でも充電を制御した研究として、川崎・室町⁸⁾は、茨城県つくば市について、将来、EV充放電制御が行われることを想定し、家庭部門・業務部門の電力需要を推計した上で、EV充放電制御の計算を行い、経済性・環境性の変化を分析した。

また、充電を制御するのではなく、ユーザーの充電行動も検討されており、Sunら⁹⁾は、ユーザーの充電タイミングに関連する選択行動に影響する要因を分析し、SoC(State of Charge)、次のトリップ日の間隔日、および次のトリップ日のVKT(Vehicle Kilometers Travelled)が、ユーザーがEVを充電するかどうかの主な予測因子であることを明らかにした。特に、自家用車ユーザーは価格に敏感であり、夜間に充電する傾向があるため、オフピーク時でも、値下げなどを行うことで、すぐに充電する傾向

のあるユーザーだけではなく、他の時間に充電する傾向のあるユーザーにも、充電を促すことができると結論付けている。

上記の研究では、ある晴れの日電力需要のみを推定した場合が多く、ユーザーの充電行動に着目し、一週間単位で充電シナリオを設定することや、時季や天候を考慮した上で、太陽光発電等の再生可能エネルギーと車載用蓄電池を組み合わせた電力需給を推定しておらず、EV普及時の想定が十分とは言えないと考える。

上述の背景を踏まえて、本研究では、愛知県名古屋市を対象に、道路交通センサスオーナーインタビューOD調査を用い、特に電動化が進む乗用車に焦点を当て、乗用車がEVに転換した際の、車両の走行履歴に基づいたEV充電による電力需要を充電シナリオ別に推計し、電力需要ピーク時や変動を明らかにすることが目的である。

本研究における充電シナリオでは、ある一日の充電行動を設定するだけではなく、ユーザーの充電行動に着目することで、一週間単位で実際の充電行動に近い状況を再現する。また、EVとPHEV、ガソリン乗用車を経済性と環境性とで比較し、転換することによる効用を明らかにする。加えて、時季や天候を考慮した再生可能エネルギー(太陽光発電)によるEV充電や、V2Gによる電力需給の可能性を明らかにすることが本研究の特徴である。

2. 平成27年度道路交通センサスオーナーインタビューOD調査

(1) データ概要

平成27年度道路交通センサスオーナーインタビューOD調査は、全国(一部離島を除く)の登録車両7,645.9万台のうち、118.0万台(1.5%)の車両を無作為に抽出し、自動車の所有者、使用者に調査日の1日の自動車の運行状況をアンケート式で調査したものである。調査は、9月中旬~11月中旬に行われ、平日は火曜日~木曜日、前後に休日がない1日、休日は連休とならない祝祭日及び日曜日であり、平日・休日とも豪雨等の異常天候、イベント等の通常と異なる交通状況の予想される日は除いている。

調査対象車両は、緊急自動車、特殊車及び自衛隊用車両・外交官用車両等を除いた、三輪以上の自動車8車種(軽乗用車・乗用車・バス・軽貨物車・小型貨物車・貨客車・普通貨物車・特種車)である。

(2) データの整理

調査日について、本研究では、サンプル数が多く、オーナーマスターから集計している平日のデータを扱う。車種について乗用車を対象とする。なお、所有形態

(自家用〔個人使用・法人使用〕， 営業用) は区別せず， 対象エリアの全体の車両で検討したいことから， 拡率を考慮して分析している。

車両の運行状況について， 調査日に1度も移動しなかった車両を運休車両， 1 度でも移動した車両を運行車両とする。 1 日の単位を調査日当日午前 3 時 0 分から翌日午前 3 時 0 分として， 10 分単位で（開始時刻から， 終了時刻の 1 つ前の時刻まで） 車両の状態（つまり， 24 時間で計 144 の車両の状態）を集計する。 車両の状態は， 駐車・移動・不明のいずれかである。 駐車の場合は駐車場所（自宅， 職場， 学校， 家事・買物先， 私用先， 観光・レジャー先， 送迎先， 業務先）とその B ゾーンコード， 移動の場合は発 B ゾーンコードと着 B ゾーンコードをデータとして扱い， ゾーン内内トリップも移動とみなす。

なお， 車両の状態は 10 分単位で集計するため， 開始・終了が同時刻となる場合（例：9 時 45 分開始→9 時 54 分終了など）には， 移動・駐車の状態として反映されない。

3. 電力需要変動分析の前提条件とシナリオ

(1) 前提条件

本研究の分析対象地は愛知県名古屋市である。 名古屋市を単位とした分析に加え， 名古屋市内を 123 の B ゾーンに分割し， それぞれの B ゾーンにおける EV の電力需要を推計する。 図-1 に， B ゾーンに分割された名古屋市の白地図を示す。 なお， 地図作成には， オープンソースの地理情報システム Q-GIS(ver.3.14.16)を使用した。



図-1 名古屋市の B ゾーン

a) トリップデータ

乗用車を EV に転換する際， トリップデータの中から， EV に置き換えられる可能性のある乗用車を選定し， それらが EV になる（乗用車と同一のトリップを保ち， EV に転換したことで交通渋滞などに影響を与えない）という前提である。 EV に転換することで， そのままの

トリップパターンに変化出ることが想定されるがその点は考慮できていない。

なお， EV の一充電走行可能距離の限界が普及の大きな制約となっていることから， EV に置き換えられる条件として， 一日の総トリップ長が一充電走行可能距離 240km（バッテリー容量を 40kW， 電費を 6.0 km/kWh として算出）を下回る車両を対象とし， 一充電走行可能距離 240km を超える車両の利用者は EV を購入しないと仮定し， 除外した。 図-2 に一日の総トリップ長， 図-3 に 1 トリップ当たりの移動距離を示す。 図-2 より， 一日の総トリップ長が一充電走行可能距離 240km を超えた車両は， 全車両のうち約 0.6%（運行車両のうち約 1.1%）であった。 また， 図-3 より， 一度のトリップで 240km 以上走行するトリップは， 全トリップのうち 0.1%であった。

また， トリップデータのうち， 各時刻の車両の状態に関して， 「不明」と回答したデータは， 全データに対して約 6.5%（91,868 台）存在し， 電力需要の推計結果に影響を与えられられるため， 24 時間（全 144 ステップ）のうち， 一度でも「不明」と回答したデータを持つサンプルを除外して推計を行った。

以上より， トリップデータのサンプル数は 702,994 台であり， 分析においては， 名古屋市の乗用車保有台数 427,051 台に換算する。 ここで， 対象としたトリップデータから推計した車両の運行状況を図-4 に示す。 図-4 より， 一日の運行状況の割合は， 移動が 3.1%， 名古屋市内， 名古屋市外の職場にて駐車している割合はそれぞれ 9.9%， 3.7%， 自宅に駐車している割合は 27.9%であった。 また， 運休が 50.6%であり， そのうち自宅にて運休している割合は 40.9%であった。

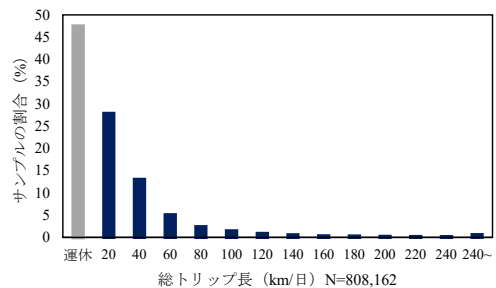


図-2 一日の総トリップ長

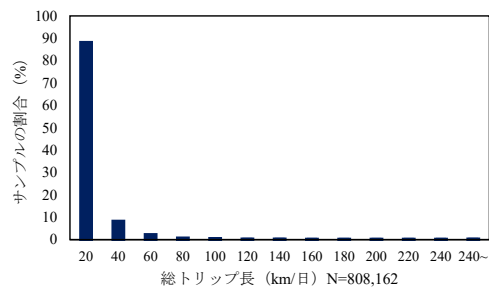


図-3 トリップ当たりの移動距離

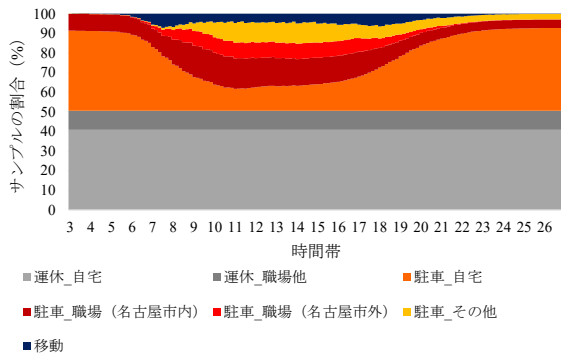


図-4 名古屋市の車両運行状況

表-1 EVの前提条件

車種	Nissan Leaf
バッテリー容量	40kWh
電費	6.0km/kWh
消費電力	走行距離に応じて消費

b) EV

EVの前提条件を表-1に示す。本研究で想定するEVは、日本で最も2020年度年間販売台数の多い、コンパクトカータイプのEV (Nissan Leaf 想定) とする。バッテリー容量は40kWh、電費 (ガソリン車でいう燃費に相当し、単位電力量あたりの走行距離) は、6.0 km/kWh とする。ただし、電費は、一般的に利用者の使用環境 (気象、渋滞等) や運転方法 (急発進、エアコン使用等) に応じて異なり、飯塚ら¹²⁾により、走行路の勾配の変化量に応じた電気自動車の電費特性が明らかとなっているが、実際の路面は勾配が一樣でないことから、適用が難しい。そこで、飯塚ら¹²⁾により求められた勾配がほとんどない状態 (勾配 1%時) に相当する電費に統一した。また、この値は、日産自動車の「EV 利用者の日常使いレポート」における、暖房を使用する冬 (12月~2月) での値となっている¹³⁾。

EV 走行による消費電力に関して例えば、田中ら¹⁴⁾によってモデル式が示されているが、本研究のトリップデータには車両速度や勾配のデータが含まれていないため、適用できない。そのため、車両毎の総トリップ長 (km/日) に応じて電力を消費するものとする。推計では、各車両の総トリップ長 (km/日) と総トリップ時間 (分/日) から 10 分あたりの移動距離を算出し、それを電費 6.0 km/kWh で除すことにより、10 分あたりの消費電力を算出している。なお、総トリップ時間 (分/日) が不明となっているデータや、10 分あたりの移動距離の値が大きすぎる車両 (10 分での移動距離が 17km を超える、つまり 102km/h 以上で走行する車両) は、不明でないデータから算出した平均消費電力を扱う。ここで、平均消費

電力の値は約 3.0kWh であり、この値は安土ら¹⁵⁾により行われた EV の実証実験による結果と近い値であり、妥当性は確保されているといえる。なお、EV 走行中の回生ブレーキによる充電は考慮していない。

c) 充電インフラ設備

名古屋市の乗用車のトリップ長 (図-2, 図-3) より、ほとんどの車両は一日に 0~40km 程度、また一度のトリップで 20km 以下しか走行しない。そのため、急速充電器の必要性は低く、急速充電器の使用は考えず、普通充電器の使用のみを考えることと仮定する。充電器類は供給能力が 3kWh、6kWh のものがあるが、Nissan Leaf 40kWh バッテリー搭載車に標準装備されている 3kW 普通充電器 (車載用) の使用を考える。

充電場所に関して、すでに EV 販売が全車販売台数の 40% をこえるノルウェーでは、ほとんどの EV ユーザーが家庭か仕事場で普通充電を行い、まれに充電場所を計画して行う長距離運転時に急速充電を使うことが明らかになっていること¹⁶⁾や、EV の長期観測実証プロジェクトにおいて、費用や電欠可能性の観点で、職場での充電器利用率が一定割合あったこと¹⁷⁾から、本研究では自宅もしくは職場での充電を行うものとする。

また、充電インフラの設置数は、EV とその充電インフラ設備の普及拡大を見越して、普通充電器が自宅と職場に十分に整備されているとする。ただし、今後の普及に向けては、国民の約 4 割が居住している共同住宅への設置が極めて重要であることに対し¹⁸⁾、EV (PHV) は極端な所有者の居住に偏りがある (戸建 90%) といった課題¹⁹⁾や、充電インフラ設備の最適化配置計画等もして検討すべき事項である²⁰⁾。

なお、充電システムとの接続率について、自宅、もしくは職場に駐車している車両は、充放電の有無に関わらず、常に系統電力に接続している (接続率 100%) とし、感度分析により接続率を変更した分析も行う。

d) 電気料金

電気料金は通常安価であるが、2021年1月時点においては、寒波などによる電力需要の増加や火力発電燃料である LNG の不足、天候の不順による太陽光等の再生可能エネルギーの発電量の減少、新型コロナウイルス感染症対策によるテレワークの増加等により、市場価格の高騰が続いている。EV 普及時、特に貨物車の EV 化も想定すると、昼間だけではなく、夜間においても電力需要が増大し、さらなる電気料金の高騰が予想される (ただし、推測であり、電力需要はどのように推移するか未知である)。

そこで、現在の電力需要 (中部エリアの電力使用状況データ (2019年8月) より推計) は通常、夜間に減少するが、本研究で想定する EV 普及時において、電力需要は一日を通して (昼間/夜間) 変化しないと仮定し (図-

5) , 再生可能エネルギー（太陽光）の発電量により、電気料金を決定する。つまり、発電量の多い晴れの日では、どの時間帯においても電気料金は一律であるとし、発電量の少ない雨の日では、昼間の電気料金を夜間の電気料金の2倍として設定する。以下に電気料金体系を示す。

- 1) 晴れの日
27円/kWh
- 2) 雨の日
54円/kWh (10時-17時)
27円/kWh (上記以外の時刻)

ここで、平成 26 年 4 月時点の全国家庭電気製品公正取引協議会の「電力料金目安単価」より、1kWh あたり 27 円とした²⁰⁾。

ただし、本研究で想定する EV 普及時において、電力需要は一日を通して変化しないと仮定し、再生可能エネルギーの発電量（晴れの日と雨の日）により、電気料金を設定したが、今後の研究においては、電力需要量や発電による供給量から決定されるダイナミックプライシング等のより詳細な検討が必要となる。

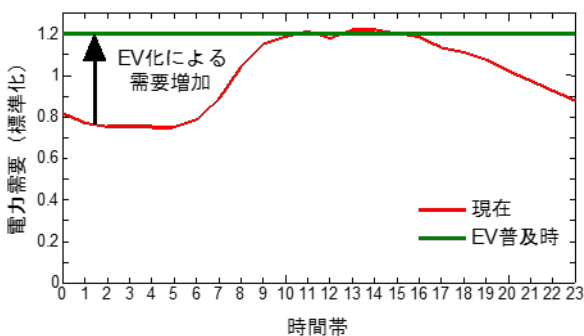


図-5 EV 普及時における電力需要

(2) シナリオ

a) シナリオの設定

充電タイミングのシナリオ設定において、スマートフォンを例に挙げると、バッテリー残量に関わらず、次の日の利用を考えて、毎日充電を行うことが想定される。そこで、EV についても、毎日充電を行う場合を想定し、

- 1) 充電をしない場合（シナリオ 1）
- 2) 自宅の充電器にて、最終トリップ終了後に即充電（充電速度 2.5kWh/h, タイマー制御なし）を行う場合（シナリオ 2）
- 3) 夜間充電（23時から翌朝7時までの間で充電）をする場合をシナリオ 3（ただし、最終トリップが終了していることを制約条件に加える。）
- 4) 職場の充電器にて、到着直後から充電（充電速度 2.5kWh/h, タイマー制御なし）を行う場合（シナリオ 4）

とする。タイマー制御なしとは、最大出力 2.5kWh/h で EV 充電することを意味し、タイマー制御ありとは、タイマー終了時刻まで最大出力以下以下で EV 充電することを意味する。

また、シナリオ 1~4 について、前日までの利用を踏まえて当日の午前 3 時時点のバッテリー残量を変更した分析も行う。ここでは、車両により一日のトリップ長は異なるが、毎日同じトリップが繰り返されるとは限らないため、一律でバッテリー残量を変更する。

一方、図-2 よりほとんどの人の一日のトリップ長は短く、毎日充電を行う必要性は低いとも捉えることができるため、一週間単位で充電シナリオを設定する。そこで、同じトリップが一週間繰り返されると仮定し、Sun ら¹¹⁾ が示す、SoC と次の日のトリップ長に基づいて充電することを想定する。Sun ら¹¹⁾ によると、乗用車の SoC が 70.5%以上の場合や次の日のトリップ長が 19.7km 以下のユーザーはその日に充電をしない傾向にあることを示している（表-2）。そこで、

- 5) 7 日目の最終トリップ終了時の SoC が 70%以下の場合、もしくは次の日のトリップ長が 20km 以上である場合に即充電をし、それ以外の場合は充電しない場合（シナリオ 5）

として、本研究においても、SoC と次の日のトリップ長に基づいて一週間単位で充電シナリオを設定する。

なお、一週間同じトリップが繰り返されると仮定した場合、7 日目の時刻午前 3 時において、それまで充電を行わなかった場合、図-6 に示すバッテリー残量となる。図-6 より、SoC が 0%より大きい車両の平均の SoC は 72.5%である。また、図-7 に 7 日目の時刻午前 3 時までに必要な充電回数を示す。図-7 より、ほとんどの車両は 7 日目までに充電の必要性は低い（ただし、SoC が 0%を下回るときに充電を行うと想定した場合）。一方で、平日に車両を利用せず、休日に利用するユーザーも多く存在すると考えられ、ここで示す充電回数より増加すると推測される。今後の研究においては、一日のデータだけではなく、一週間などの連続した移動データや、その再現が重要となる。

以上を踏まえ、充電シナリオを表-3に示す。また、シナリオの組み合わせは行わず、全車両で同一のシナリオとする。

表-2 充電行動要因

Variable	Private vehicles		
	Total	No charging	Charging immediately
SoC(%)	63.2	70.5	54.2
VKT on next travel day (km)	24.6	19.7	31.1

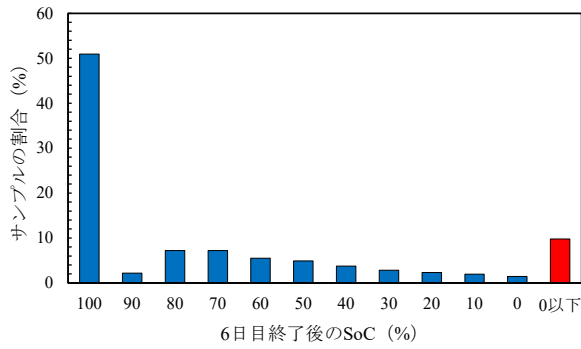


図-6 6日目終了時の SoC (%)

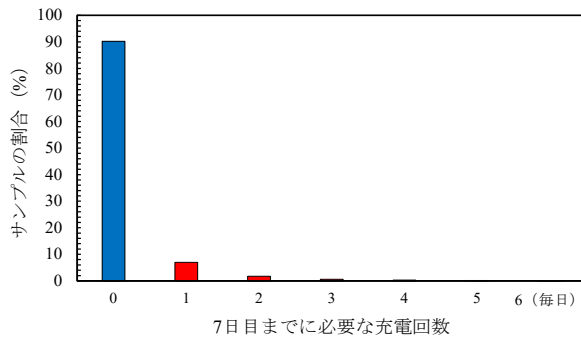


図-7 必要な充電回数

表-3 充電シナリオ

シナリオ	概要
1	充電しない
2	自宅の充電器にて、最終トリップ終了直後から充電（タイマー制御なし）
3	自宅の充電器にて、夜間充電（充電可能時間を 23 時～6 時台に制約，23 時に一斉開始）
4	職場の充電器にて、到着直後から充電（タイマー制御なし）
5	週に一度の充電を想定し、7 日目の最終トリップ終了時の SoC が 70%以下、もしくは次の日のトリップ長が 20km 以上であれば、自宅の充電器にて、最終トリップ終了直後から充電（タイマー制御なし）

b) 推定手法

シナリオ 1~4 について、前日までのトリップによるバッテリー残量の減少を考慮するため、午前 3 時時点のバッテリー残量を変更し、以降車両一台一台について、一日の運行状況に着目し、充電の有無による電力需要の増減を 10 分単位で推計する。また、次の日のトリップを踏まえ、翌日午前 3 時には満充電であると想定する。さらに、運休車両についても、常に充電可能とする。充電では、バッテリー残量の上限制約を設定し、バッテリーの満充電 (SoC 100%) を超えないこととする。ただし、

本研究では、移動時にバッテリー残量が 0%を下回る場合も、計算に加えているため、今後は車両毎にバッテリー容量を設定することや経路充電を検討する必要がある。

c) 評価指標

EV の経済性 (走行費用) と環境性 (CO2 排出量) について、一般的なガソリン乗用車, PHEV と比較する。なお, PHEV は代表として, トヨタ自動車のプリウス PHV (グレード S, EV 走行距離 60km) とする。

経済性 (走行費用) について, EV の電気料金は 1km あたり,

- 1) 晴れの日
4.5 円
- 2) 雨の日
9.0 円 (10 時-17 時)
4.5 円 (上記以外の時刻)

とする。これは、電費を 6.0km/kWh とし、前提条件で示した電気料金より算出した数値である。

ガソリン乗用車の場合、1km あたり 10.5 円、PHEV の場合、1km あたり 4.5 円の消費とする。ここに、2021 年 1 月 14 日時点の経済産業省資源エネルギー庁の「石油製品価格調査の結果」を元に、石油価格を 136.5 円/l、ガソリン乗用車の燃費を 13km/l (WLTC モード)、PHEV の燃費を 30.3km/l (WLTC モード) として算出した。

環境性 (CO2 排出量) に関して、EV は発電時、ガソリン乗用車、PHEV は走行時に排出される CO2 量を比較する。EV の場合、自宅もしくは職場での充電を想定しているため、電気事業連合会「CO2 排出実績の分析・評価」を参考に、使用端 CO2 排出係数から発電関連の CO2 排出量を算出する。そこで、使用端 CO2 排出係数 0.463kg-CO2/kWh (2018 年度)、電費 6.0 km/kWh より、発電にかかる CO2 排出量は、77.2g-CO2/km とする。なお、2030 年度の使用端 CO2 排出係数の目標値は 0.37kg-CO2/kWh 程度である²⁾。

ガソリン乗用車、PHEV の場合、表-4 に示す、土肥ら²⁾の 8 車種別平均旅行速度別 CO2 排出係数原単位 (2010 年式) と CO2 排出量・燃料消費率ハイブリッド車削減率を参考にした。本研究においても、車両毎に平均旅行速度を算出し、CO2 排出係数原単位を設定した。平均旅行速度を算出する上で、一の位を四捨五入し、旅行速度 20km/h 以上 110km/h 以下の制約を設けた。また、トリップ時間が「不明」であるデータの平均旅行速度は、全ての運行車両の平均旅行速度 (20km/h) とした。最後に、算出した平均旅行速度における CO2 排出係数原単位に総トリップ長を乗じることで CO2 排出量を推計した。なお、PHEV では EV モードに必要な電力はソーラー充電システムにより得られるものとし、系統電力による充電は考えず、CO2 排出量は無視する。

表4 平均旅行速度別 CO2 排出係数原単位

平均旅行速度 (km/h)	CO2 排出係数原単位 (g-CO2/km)	
	ガソリン乗用車	PHEV
20	159.7	67.4
30	127.6	60.4
40	111.1	57.0
50	102.4	56.7
60	98.6	58.0
70	98.6	61.3
80	101.9	67.2
90	108.2	73.5
100	117.1	79.6
110	128.7	92.5

4. 電力需要変動分析結果

(1) 名古屋市全体の EV 充電による電力需要

a) 消費電力

EV 走行による時間別消費電力量を図-8 に示す。図-8 より、一日の消費電力量は、960.9 MWh である。また、7 時台に電力消費のピークがあり、一度低下するが、17 時台に増加している。また、図-9 に示す名古屋市の一日の家庭内消費電力量 16.2GWh (特に消費電力の多い 8 月の平均) と比べて、6%程度と小さく、EV 充電による電力需要への影響は小さいことが分かる。ここで、名古屋市の家庭内消費電力量は、愛知県人口動向調査結果²⁹⁾、都道府県別エネルギー消費統計²⁹⁾より推計し、さらに中部エリアの電力使用状況データ²⁹⁾より、時間別の家庭内消費電力を推計した。

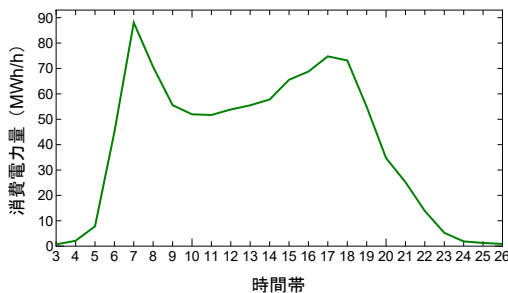


図-8 EV 走行による消費電力量

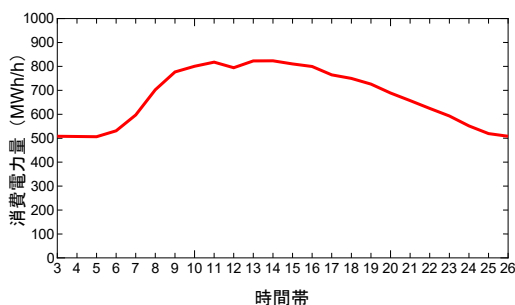


図-9 家庭内消費電力量

b) 日電力需要量

走行履歴に基づく EV 充電による電力需要を充電シナリオ別に推計した結果として、表-5 に EV 転換率 100% 時、午前 3 時時点でバッテリー満充電の場合の EV 充電による一日の電力需要量を系統電力との接続率別に示す。ただし、夜間充電するシナリオ 3 では、翌朝にかけた充電 (26 時台以降も充電) を想定しているため、3 時台から 6 時台の電力需要量は翌日 (27 時台から 30 時台) の値とする。そのため、26 時 50 分に駐車している車両は翌朝 6 時台まで駐車していると仮定した。

表-5 より、シナリオ 2~4 について、EV 走行による一日の消費電力量は 960.9 MWh であるのに対し、系統電力との接続率 100%時においても、各シナリオの一日の電力需要量が下回る結果となった。また、最も一日の電力需要量が大きいシナリオ 3 においても、一日の消費電力量の約 75%の電力需要量であった。これは、トリップ長によるものではなく、最終トリップ終了後の場所が自宅でない車両が一定割合存在しているためである。

図-10 に 26 時 50 分 (シナリオ 3 では、翌朝 6 時 50 分) における全車両のバッテリー残量別の割合を示す。図-10 より、シナリオ 1~4 について、シナリオ 1 で約 31.9% の車両の SoC が 90~99%、約 10.7%の車両の SoC が 80-89%となった。一方で、充電を行うことで、シナリオ 2 やシナリオ 3 で 90%以上の車両の SoC が 100%となった。シナリオ 4 においても、ほとんどの車両の SoC が 90%以上となり、シナリオごとによる違いはほとんどみられなかった。また、一週間単位で充電を行うシナリオ 5 では、0%を下回る車両が 7.1%存在した。

表-5 日電力需要量

電力需要量 (MWh/日)	系統電力との接続率 (%)				
	20	40	60	80	100
シナリオ 2	142.3	284.6	426.8	569.1	711.4
シナリオ 3	144.3	288.7	433.0	577.4	721.7
シナリオ 4	68.4	136.7	205.1	273.5	341.9
シナリオ 5	463.7	927.3	1391.0	1854.7	2318.3

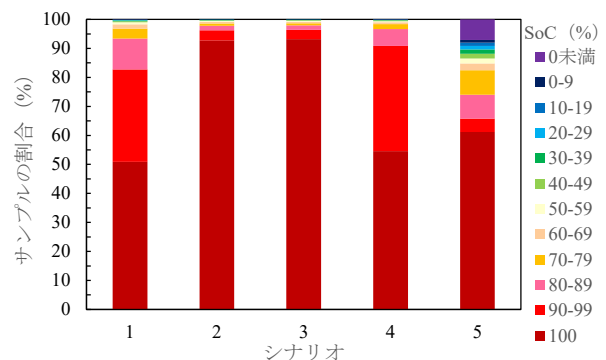


図-10 26:50 (一部、翌 6:50) におけるの車両の SoC (%)

c) 時間帯別電力需要曲線

図-11 に時間帯別電力需要曲線を示す。さらに、表-6 に電力需要曲線におけるピーク電力と電力負荷率を示す。ここで、電力負荷率とは、ピーク電力に対する平均電力需要の比率を表し、値が大きいほど一日を通した変動は小さく、電力システムへの負荷は小さい。また、EV 転換率を 100%，系統電力との接続率を 100%としている。

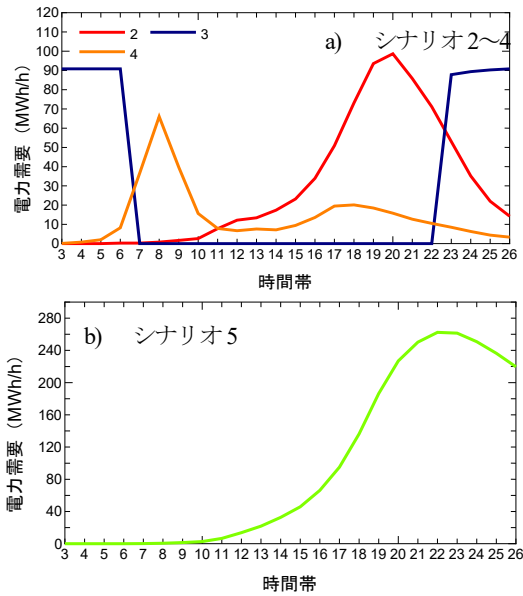


図-11 時間帯別電力需要曲線

表-6 ピーク電力と負荷率

シナリオ	色	ピーク電力 (MWh/h)		平均電力 (MWh/h)	負荷率 (%)
		ピーク電力	時間帯		
シナリオ 2	赤	98.7	20 時台	29.6	30.0
シナリオ 3	青	90.9	26 時台	30.1	33.1
シナリオ 4	黄	66.0	8 時台	14.2	21.6
シナリオ 5	緑	262.4	22 時台	96.6	36.8

図-11、表-6 より、自宅にて充電する場合、シナリオ 2 では、車両保有者の帰宅時間帯以降に充電が集中し、20 時台にピーク電力となった。また、シナリオ 3 では、ピーク電力が最も低く、また電力負荷率も大きいため、電力システムへの負荷は小さい。職場にて充電するシナリオ 4 では、8 時台にピーク電力となった。一方で、毎日充電する場合と、一週間に一度の充電をする場合（シナリオ 2 とシナリオ 5）では、ピーク電力となる時間帯が異なる結果となった。タイマー制御しない場合、自宅では 20 時台（22 時台）、職場では 8 時台にピーク電力となったため、電力システムへの負荷軽減を考えると、スマート充電などの充電時間のシフトが期待される。

また、ここまでシナリオ 1~4 について、午前 3 時に全車両が満充電である場合の電力需要を示したが、開始時刻（午前 3 時時点）のバッテリー残量を変更したときの、日電力需要量を図-12 にピーク電力を図-13 に示す。

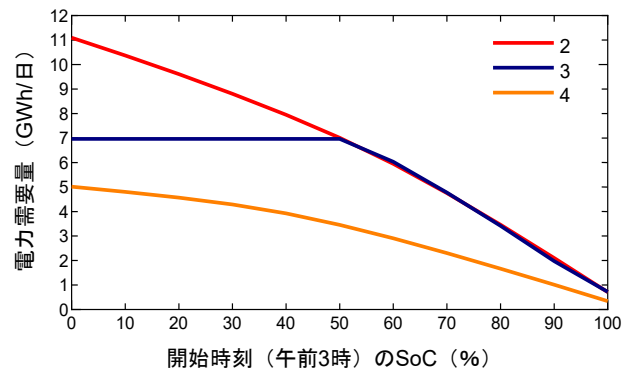


図-12 日電力需要量

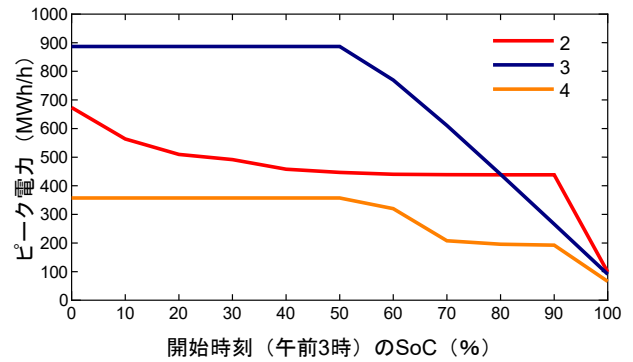


図-13 ピーク電力

図-12 より、開始時刻の SoC が低くなるほど、電力需要量は増加し、SoC10%の低下により、電力需要量は最大で 3.0 倍増加 (SoC100%→SoC90%)，それ以降徐々に増加率は減少している (1.1 倍~1.7 倍)。また、一日の電力需要量の最大値はシナリオ 2 で 11.1GWh，シナリオ 3 で 7.0GWh，シナリオ 4 で 5.0GWh となり、開始時刻の SoC が少ない場合、EV 充電による電力需要への影響は大きい。ただし、ここで示した最大値は全車両の SoC が 0%の場合であるため、これだけ電力需要量は大きい。なお、シナリオ 3 では、夜間の充電時間が最大 8 時間であり、最大出力 2.5kWh/h で充電を行っても、最大で 20kWh の充電となり、開始時刻の SoC が 50%未満の場合、SoC が 100%とならない。そのため、SoC が 100%となるために、充電器の種類の変更が必要となる。

ピーク電力について、図-13 より、シナリオ 2 とシナリオ 3 では、開始時刻の SoC が 80%以下の場合、シナリオ 2 のピーク電力が低く、SoC が 80%より大きい場合、シナリオ 3 のピーク電力が低くなるという結果になった。これは、夜間の充電時間が短いことが起因している。ここで、開始時刻の SoC が 50%である場合の一日の EV 充電による時間帯別電力需要曲線を図-14 に、26 時 50 分における全車両の SoC を図-15 に示す。さらに、表-7 に電力需要曲線におけるピーク電力と電力負荷率を示す。ただし、充電シナリオ名を新たに 2-1、3-1、4-1 とした。

図-14、表-7 より、SoC が 100%から開始した場合（図-

11) と比べて、夜間充電するシナリオ 3-1 において、最もピーク電力が高く、シナリオ 2-1 の 2 倍程度となった。負荷率では、シナリオ 2-1 が最も高く、シナリオ 4-1 がシナリオ 3-1 より電力システムへの負荷は小さい。自家用車ユーザーは、夜間に充電する傾向があることを考慮すると、安定した電力システムの運用のためにも、夜間からの充電タイミングのシフトが期待される。

また、図-15 より、シナリオ 2-1 と 3-1 で SoC が 90-99% の車両の割合に差が見られ、シナリオ 2-1 で 18.8%、シナリオ 3-1 で 14.6%であった。一方で、シナリオ 4 では、自宅にて運休している車両は充電をしないことから、SoC が 50% から上昇した車両の割合は 36.1%であった。

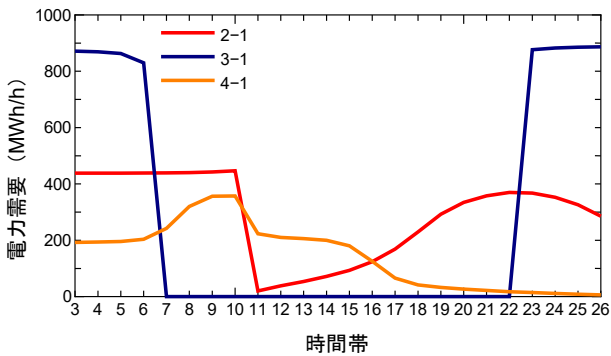


図-14 電力需要曲線 (SoC50%)

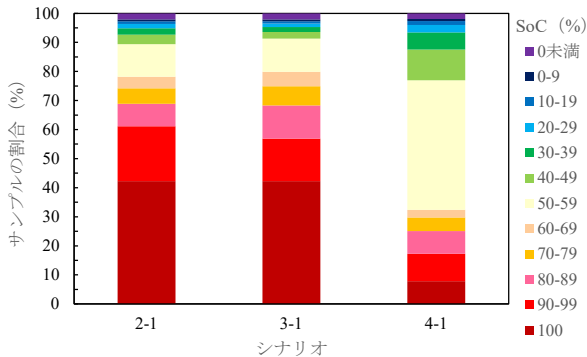


図-15 26時50分における全車両のSoC (%)

表-7 ピーク電力と負荷率

シナリオ	電力需要量 (MWh/日)	ピーク電力 (MWh/h)		負荷率 (%)
2-1	7010.6	446.6	10時台	65.4
3-1	6965.3	886.7	26時台	32.7
4-1	3455.2	357.1	10時台	40.3

d) 評価

EV とガソリン乗用車、PHEV の経済性と環境性を評価する。一日の走行費用を表-8 に、一日の CO2 排出量を表-9 に示す。なお、系統電力との接続率 100% とし、PHEV・EV への転換率を 100% としている。

表-8 より、ガソリン乗用車から PHEV に転換することで 57.1%、EV に転換することで晴れの日で 57.1% と EV と PHEV では同等程度の削減効果が期待される。一方、雨の日では昼間の発電量が少なく、電気料金高騰の影響を受け、削減率は 20% 程度低下する。また、プリウス (PHEV) は低燃費であり、削減効果が大きい、ピークオイルの観点では、EV への転換が望まれる。

表-9 より、ガソリン乗用車から PHEV に転換することで 55.4%、EV に転換することで 46.6% の CO2 排出量を削減することができる。ここでは、PHEV への転換による削減効果が大きい結果となったが、EV 充電のエネルギーの供給源を低炭素化することで、走行費用、CO2 排出量ともに更なる削減効果が期待される。また、ゼロエミッション化に向けては、EV と PHEV (EV モード) では走行可能距離が大きく異なるため、EV への転換が望まれる。

表-8 走行費用 単位：百万円

走行費用 (削減率：%)	シナリオ	ガソリン乗用車	PHEV	EV
晴れの日	全て	58.9	25.3 (57.1%)	25.3 (57.1%)
雨の日	24.5			35.9 (39.1%)
	3			25.3 (57.1%)

表-9 CO2 排出量 単位：t-CO2

	ガソリン乗用車	PHEV	EV
CO2 排出量 (削減率：%)	14.9	6.6 (55.4%)	7.9 (46.6%)

(2) 名古屋市 B ゾーン別分布

a) 電力需要

次に、自宅と職場での電力需要の増大が予想される地区について検討した。そこで、図-11 に示すシナリオ 2 とシナリオ 4 のピーク電力となる時間帯における B ゾーン別電力需要 (MWh/h) の分布を示す。また、電力需要は駐車台数に依存することが考えられるため、駐車台数の分布も同時に示す。そこで、図-16 に自宅での 20 時台における電力需要量を、図-17 にその時刻における駐車台数を示す。また、図-18 に職場での 8 時台における需要量を、図-19 にその時刻における駐車台数を示す。

図-16、図-17 より、自宅での EV 充電による電力需要は、駐車台数に依存し、名古屋市中心部で相対的に低く、住宅割合の高い周辺部で高くなっている。そのため、周辺部での十分な供給が求められる。一方、図-18、図-19 より、8 時台に職場にて駐車している台数に地域的な偏りはあまり見られない。そのため、主に自宅での充電を

想定すると、周辺部での優先的なインフラ整備によって EV 走行における不安解消や蓄電機能としての有効利用が進むものと期待される。

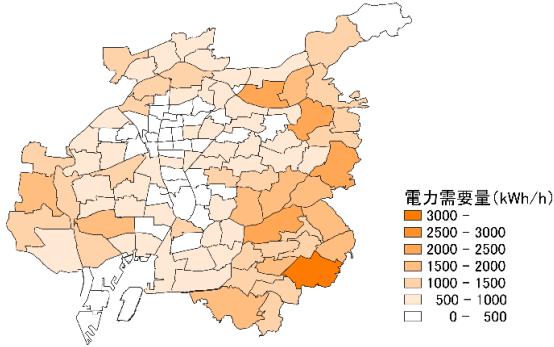


図-16 電力需要 (自宅)

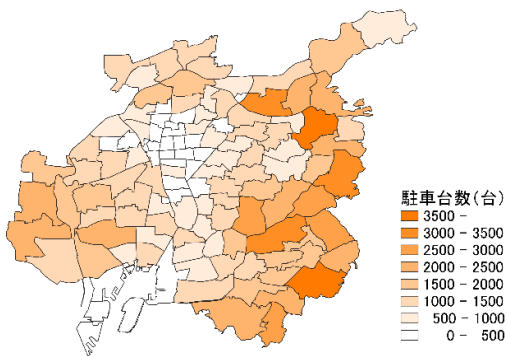


図-17 駐車台数 (自宅)

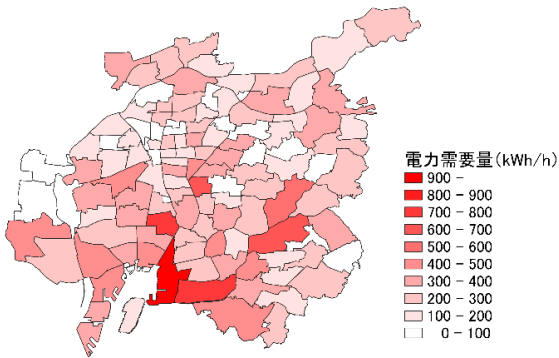


図-18 電力需要 (職場)

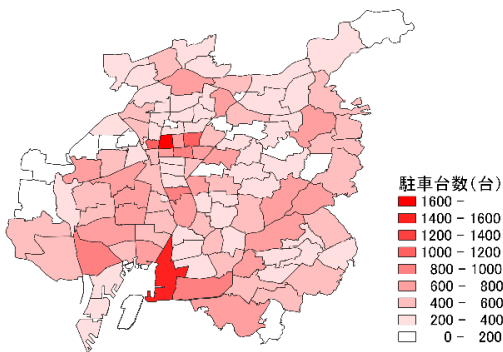


図-19 駐車台数 (職場)

b) 蓄電機能

これまで EV の蓄電機能にも着目し、災害時に EV からの電力のみの使用を想定した際に、最低限使用できる電力量を明らかにする。そこで、名古屋市内で自宅に駐車された車両の電力量 (40kWh/台) の時間別変動を図-20に示す。ただし、表-3に示すシナリオ1の充電を行わない場合とする。

図-20 より、通勤に伴い車両が自宅を出発し、11 時時点で 8.9GWh と最も電力量が小さくなった。また、帰宅に伴い、電力量が増加する傾向にあった。そこで、電力量が最も低い 11 時時点の自宅に駐車された車両の B ゾーン別電力量を図-21 に示す。また、図-22 に 11 時時点における午前 3 時時点からの電力量の減少率を示す。

図-21 より、名古屋市中心部で自宅に駐車された車両の電力量は少なく、B ゾーン別では、11 時時点において最大で 51.8MWh、最小で 1.3MWh (ただし、B ゾーンによりサンプル数の偏りがある) である。また、図-22 より、日中はどの地区でも自宅にて駐車している割合は少なくなり、ほとんどの B ゾーンで午前 3 時時点の電力量から 60~80%の減少がみられる。ただし、自宅において系統電力と接続していることを前提としているため、B ゾーン単位で、電力量の少ない地区においては、優先的な充電インフラ整備が必要である。なお、図-21、図-22 では、B ゾーンコードをもとに推計しているため、図-20 の B ゾーンコード不明を含む電力量より小さい。

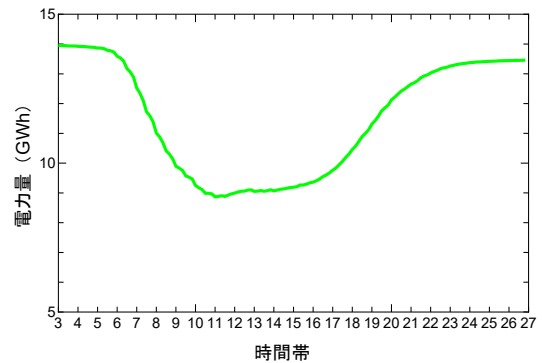


図-20 自宅に駐車された車両の電力量

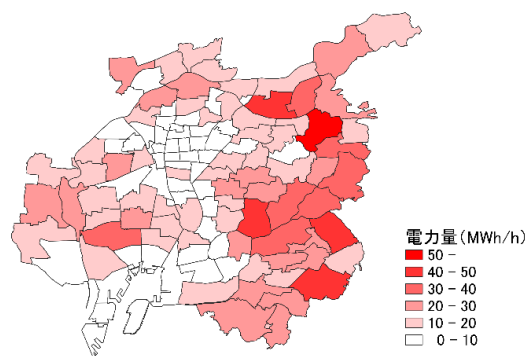


図-21 Bゾーン別電力量

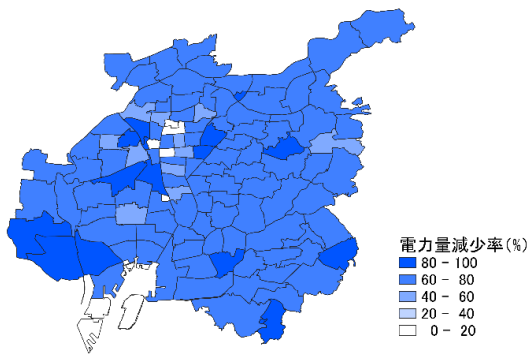


図-22 電力電力量の減少率

5. 再生可能エネルギーの発電量から見た名古屋市の電力需給

(1) 自宅での太陽光発電設備導入時の電力需要変動

a) 分析の流れ

これまで火力発電所等からの電力供給を前提とした検討をしてきたが、再生可能エネルギーによる供給も検討する。再生可能エネルギーとして太陽光を対象とする。EV 普及に伴い、太陽光発電設備の増大も想定される。そこで、自宅に（住宅用の）太陽光発電設備が導入された時を想定し、昼間に自宅にて太陽光発電により得た電力を EV（車載用蓄電池）に蓄電した場合、どれだけ夜間の電力需要を抑えることができるかを明らかにする。

b) 前提条件とシナリオ

太陽光発電について、時季や天候（日射量）により発電量が大きく変動するため、年間を通した晴れの日、雨の日（一日の合計降水量が 10mm 以上の日を雨の日と定義する）として定義する。ここで、日射量とは、太陽光が当たるときに得られるエネルギー量であり、名古屋市の日射量データベースより推計する²⁷⁾。また、時間別日射量とシステム係数 0.85 を掛け合わせることで、時間別太陽光発電量を推計する。

太陽光発電設備は、住宅用（10kW 未満）と非住宅用（10kW 未満）に大別されるが、住宅用（10kW 未満）のみ考える。名古屋市における住宅用の太陽光発電設備数は、再生可能エネルギー発電設備電子申請サイトより推計した結果、2020 年 6 月末時点で、導入容量は 124,575.2kW（導入件数は 28,544 件）である²⁸⁾。一方、本研究では EV 普及に伴った太陽光発電設備の増大も見越して、車両所有者の自宅、特に、（集合住宅では設置が困難であるため）一戸建住宅に限定して、5kW の太陽光発電設備の導入を想定する。なお、センサデータでは、車両所有者の住宅の建て方は不明であるため、名古屋市の住宅・土地統計調査結果（平成 25 年）の建て方別住宅数より、一戸建の割合を全体の 32.3%とした。

太陽光発電の利用について、センサデータでは、車両の動きを捉えられるが、ユーザーの動きは不明である。例えば、車両を自宅に駐車していても、ユーザーが自宅に滞在しているとは限らない。そのため、ユーザーによる太陽光発電の利用は考えず、全ての発電電力を EV の充電に回すこととする。なお、発電時間（昼間）に車両が自宅にて駐車している場合に充電を行い、発電による費用が発生しないことから、太陽光発電による充電は最終トリップ終了後を制約条件としない。

以上を踏まえて、充電シナリオを設定した（表-10）。なお、ここでは、集計開始時刻の午前 3 時時点で、全車両のバッテリー残量が満充電時の 50%と仮定し、26 時 50 分時点で可能な限り SoC が 100%となるよう制約を設けた。

表-10 充電シナリオ

シナリオ	概要
3-1	自宅にて、夜間に充電（充電可能時間を 23 時～6 時台に制約、23 時に一斉開始）
3-2s	自宅にて、晴れの日昼間（7:00-）に太陽光発電により充電し、夜間に普通充電器により充電
3-2r	自宅にて、雨の日昼間（7:00-）に太陽光発電により充電し、夜間に普通充電器により充電

c) 交通量の変動

交通量について、時季や曜日、天候による変動も予想される。特に、道路交通センサデータでは、調査実施日を 9 月中旬～11 月中旬の晴れの日としてしているため、他の時季や、前後に休日がある日、雨の日等の交通量の変動を把握できていない。交通量の変動が EV 充電による電力需要に影響を及ぼすことを考慮すると、これら特定の条件下での交通量の変動をまず明らかにする必要がある。そこで、本研究では、断面交通量データを用いた交通量の変動を分析する。

断面交通量とは、交差点における各道路の交通量を断面別に示したもので、交差点から各道路へ進む車両の台数（流入）及び、各道路から交差点へ進む車両の台数（流出）の合計値である。ここでは、トラフィックカウンターにより、5 分単位で交通量を取得したデータを用いる。そこで、断面交通量が時季や曜日、天候により変動が見られた場合に、断面交通量データより得られた時間別交通量に、道路交通センサデータより得られた時間別交通量が一致するように、拡大係数を更新し、交通量変動を推計する。なお、拡大係数の更新式は以下の式で表現できる。

$$wi(k+1) = \frac{\sum_t \left(\frac{Tt}{\sum_i (wi(k) * xit)} \right)}{24} wi(k) \quad (5a)$$

ここに、 $w_i(k)$ は車両*i*の拡大係数 (k 回目の繰り返し時) , T_1, T_2, \dots, T_{24} は断面交通量, $xi_1, xi_2, \dots, xi_{24}$ ($xit = 1$: 走行している, 0 : 走行していない)は車両*i*の時間帯毎の走行パターンである。

分析結果について、図-23 に祝日のない一週間の天候別時間帯別交通量を示す。また、表-11 に月や曜日、天候別の交通量の変動係数を示す。図-23 より、平日では、前後に休日がある日でも交通量に変動が見られなかった。一方、休日は平日と比べて一日の交通量が 10.6%ほど減少した。また、平日では 8 時台に交通量がピークとなり、一度減少し、再び 17 時台に増加している。休日では、平日と異なり、昼間における交通量の変動は小さい。さらに、晴れの日、雨の日でも交通量に違いはほとんど見られなかった。また、表-11 より月や曜日、天候の違いによる交通量の変動係数は小さい。

以上より、平日と休日で多少違いはあるが、本研究では時季や曜日、天候により交通量は変わらないものとして以下より分析を行う。

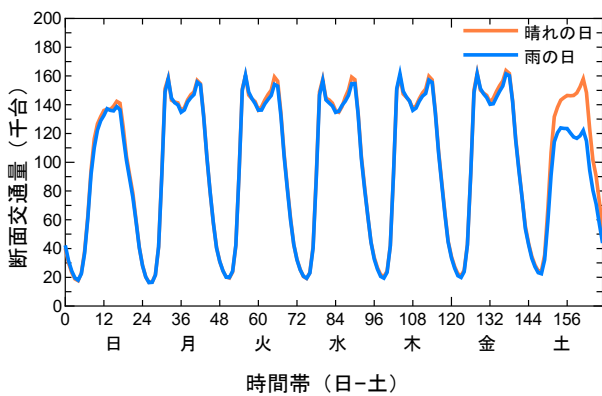


図-23 天候別時間帯別交通量

表-11 交通量の変動係数

	月変動	曜日祝変動	天候変動
標準偏差 (台/日)	46827	177354	22529
平均 (台/日)	2364762	2340323	2347657
変動係数	0.02	0.08	0.01

d) 電力需要変動分析結果

はじめに、太陽光発電による時間帯別電力供給量を図-24 に示す。ここでは、車両一台 (容量 5kW の太陽光発電設備) 当たりの電力量とする。図-24 より、供給量のピークは 11 時台であり、朝や夕方では極端に少ない。また、一日の総供給量は晴れの日で 18.7kWh、雨の日で 8.7kWh、日射量最大日で 36.0kWh、日射量最小日で 1.4kWh であり、天候により大きく左右されることがわ

かる。また、発電量は昼間に多いことから、十分な供給電力を得るには、昼間に自宅にて駐車している必要がある。

次に、図-25 に時間帯別電力需要曲線を示す。また、図-26 に 26 時 50 分時点での全車両の SoC を示す。さらに、表-12 に電力需要曲線におけるピーク電力と電力負荷率を示す。

図-25、表-12 より、太陽光発電を利用することで、晴れの日の場合、太陽光からの電力供給量は一日で 1395.0MWh であり、充電系統の電力需要を 18.5%削減することができる。また、雨の日の場合、太陽光からの電力供給量は 650.8MWh であり、充電系統の電力需要を 8.2%削減することができる。

また、晴れの日の場合、一日で 15.0kWh (発電可能量の 80%) 以上、太陽光からの電力を充電できる車両 (日中、ほとんどの時間自宅に駐車している車両) は、全 427,051 台のうち、204,155 台 (このうち自宅での運休車両は 174,597 台) と全体の 47.8%であるため、特に自宅にて車両の駐車時間が長い利用者や、運休割合の高い都市に向けた太陽光発電設備導入を目指すことで、太陽光発電の有効利用が進むものと期待される。

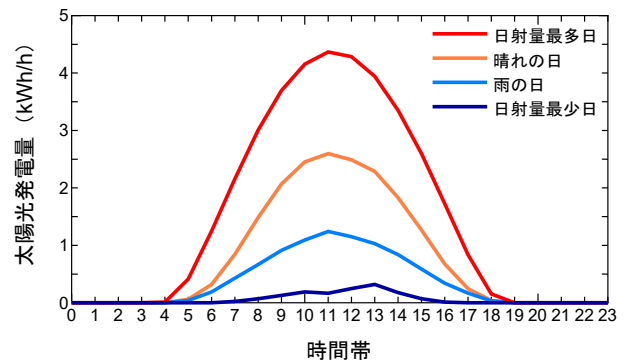


図-24 太陽光発電による時間帯別電力供給量

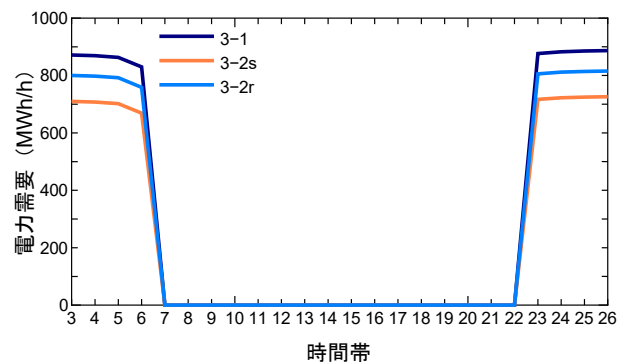


図-25 時間帯別電力需要曲線

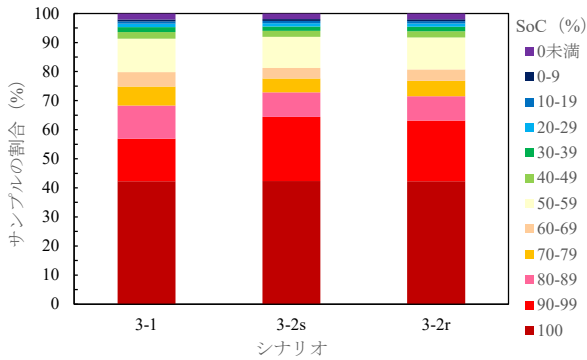


図-26 26時50分における全車両のSoC (%)

表-12 ピーク電力と負荷率

シナリオ	日電力供給量 (MWh)	日電力需要量 (MWh)	ピーク電力 (MWh/h)		負荷率 (%)
3-1	-	6965.3	886.7	26時台	32.7
3-2s	1395.0	5678.9	726.1	26時台	32.6
3-2r	650.8	6396.8	815.6	26時台	32.7

(2) V2Gによる名古屋市の電力需給可能性

名古屋市にある太陽光発電設備による電力供給量として、図-27より雨の日は晴れの日より、721.4MWh/日(約53%)の電力量の低下が想定される。これは名古屋市の2020年6月時点の全ての太陽光発電設備の導入容量:362,730.8kWより推計している。本研究では、EV放電により雨の日の昼間の供給電力を補うことを想定する。

職場に駐車している車両を系統電力に接続し、晴れの日と同程度の電力量となるまで自動的に放電する(電力会社に売電する)とし、必要な放電量や放電制御(放電スピード)を推定する。特に10時から13時の間では、電力供給量が少なく、十分な放電量が必要となる。その点を踏まえ、図-27と職場に駐車している台数から、一台あたりの時間別放電速度を推計した(図-28)。図-28より、放電量は最大で7.1kWh/台・日であり、バッテリー容量(40kWh)に対して、18%程度の電力量である。また、最大放電速度は12時において0.94kWh/hであった。

以上より、本研究で対象としたトリップデータについては、図-28に示すEV放電制御を行うことで、雨の日でも晴れの日と同程度の電力の供給が可能である。

次に、EV放電場所のBゾーン分布を図-29に示す。図-29より、EV放電量の多い職場の駐車場所にて、充放電器の設置をすることで、十分な供給が可能となる。一方、設置数の制約を検討すると、放電量の少ない地区では放電速度を上げる必要がある。

本研究では、職場にある充放電器への放電を検討したが、EVから店舗の系統電力への放電の実証実験は2018

年度からすでにいくつかの都市(千葉市、世田谷区等)で行われており、ユーザーの認識は高まりつつある。また、EV放電は、V2HやVPPに向けて、電力量の調整役として系統安定化を実現できる等、今後ますます重要性が高まっていくことと考えられる。

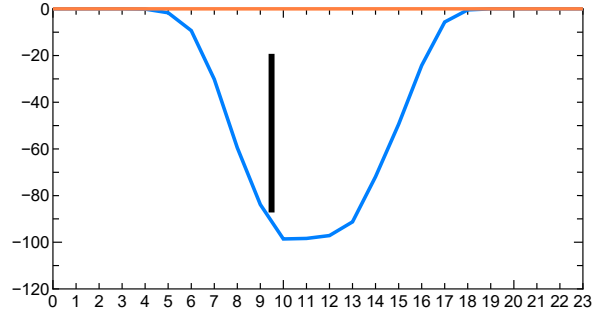


図-27 電力供給量(晴れの日を基準)

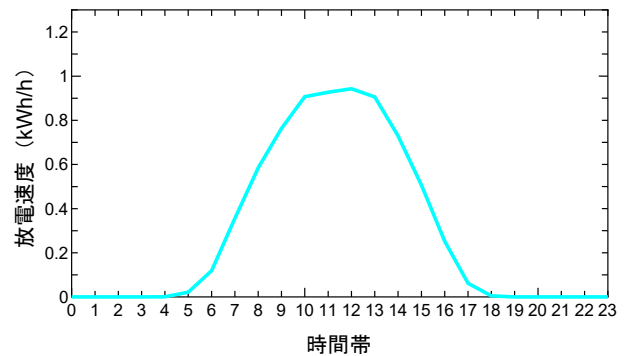


図-28 一台あたりのEV放電速度

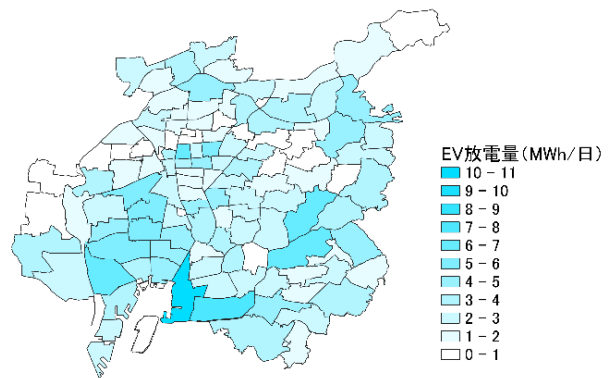


図-29 EV放電場所

6. おわりに

本研究では、名古屋市を対象にEVが普及した際に必要となる電力需要や電力系統に及ぼす影響を明らかにすることを旨とし、EV充電シナリオ別に電力需要変動分

析とその評価を行った。さらに、太陽光発電と EV の車載用蓄電池を組み合わせた際の電力需要変動や V2G による電力需給可能性を推定した。分析の結果、最終トリップ終了後に自宅にて充電する場合、20 時台に電力需要のピークが発生した。また、職場にて到着直後に充電する場合、8 時台に電力需要のピークが発生した。また、ガソリン乗用車を EV に転換した際、晴れの日で 57.1% の走行費用を削減でき、CO₂ 排出量を 46.6%削減できる。さらに、PHEV への転換の効果も大きく、EV と同等程度の削減効果を実現できる。EV について、エネルギーの供給源を低炭素化することで、走行費用、CO₂ 排出量ともに更なる削減効果が期待される。B ゾーン別の電力需要は、駐車台数に依存し、名古屋市中心部で相対的に低く、住宅割合の高い周辺部で高くなる傾向にあった。さらに、V2G により、雨の日でも晴れの日と同程度の電力の供給が可能であり、放電制御を行った場合、その放電量は最大で 7.1kWh/台・日、最大放電速度は 12 時において 0.94kWh/h であった。

今後の課題としては、EV 普及シナリオを考える上で、EV 購入者の年齢層などの個人属性により、EV 転換率を変更した分析をする必要がある。また、充電インフラ設備の設置率に応じて、系統電力との接続率を変更した分析をする必要がある。また、EV は乗用車と同一のトリップを保つとしたが、長距離移動時における経路充電や、そのときに発生する急速充電による電力需要、さらには急速充電を主に行うと考えられる貨物車についても同様に検討する必要がある。さらに、EV の充電による電力需要だけではなく、都市全体のエネルギーとの関係性から都市の電力需給の可能性を明らかにする必要がある。

謝辞：本研究では、国土交通省より道路交通センサデータを貸与頂きました。ここに謹んで謝意を表します。

参考文献

- 1) 経済産業省：2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略,
<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>, 2020.
- 2) IEA：Global EV Outlook 2020 Technology report,
<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020>.
- 3) 一般社団法人次世代自動車振興センター：次世代自動車充電インフラ整備促進事業,
<http://www.cev-pc.or.jp/>, 2019.
- 4) 財団法人関西文化学術研究都市推進機構：けいはんなエコシティ次世代エネルギー・社会システム実証プロジェクト推進協議会,
https://www.meti.go.jp/committee/summary/0004633/pdf/017_04_00.pdf, 2014.
- 5) 中上聡・山本博巳・山地憲治・高木雅昭・岩船由美子・日渡良爾・岡野邦彦・池谷知彦：車種別利用パターンを考慮したプラグインハイブリッド車と電気

- 自動車の導入評価, エネルギー・資源学会論文誌, 第 31 巻, 第 6 号, pp.7-15, 2010.
- 6) 金森亮・森川高行・奥宮正哉・山本俊行・伊藤孝行：電気自動車の普及による都市交通と電力需要への影響分析, 土木計画学研究・講演集, 第 68 巻, 第 5 号, pp.I_1243-I_1251, 2012.
- 7) 落合淳太・中川喜夫・松橋啓介・谷口守：全国の市区町村における太陽光発電による電力自給自足の潜在的可能性性—居住地でのスマートグリッド導入を踏まえ—, 土木学会論文集 G(環境), 第 69 巻, 第 6 号, pp.II_217-II_225, 2013.
- 8) Clement, K., Haesen, E., Driesen, J.: Stochastic analysis of the impact of plug-in hybrid electric vehicles on the distribution grid, International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, pp. 1-4, 2009.
- 9) Venayagamoorthy, G.K., Mitra, P., Corzine, K., Huston, C.: Real-time modeling of distributed plug-in vehicles for V2G transactions, Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE. IEEE. pp. 3937-3941, 2009.
- 10) 川崎直哉・室町泰徳：ゼロエミッション化に向けた電気自動車の充放電制御の分析, 第 62 回土木計画学研究発表会・講演集, 2020.
- 11) Sun, X.H, Yamamoto, T., and Morikawa, T.: Charge timing choice behavior of battery electric vehicle users, Transportation Research, Part D 37, pp. 97-107, 2015.
- 12) 飯塚恒太・佐田達典・石坂哲宏・千葉史隆：高精度走行軌跡データを用いた電気自動車の電費に関する基礎的研究, 土木学会第 66 回年次学術講演会, IV-199, pp.397-398, 2011.
- 13) 日産自動車：EV 利用者の日常使いレポート,
<https://ev.nissan.co.jp/BLOG/582/>.
- 14) 田中謙司・手島哲・鈴木慎太郎：特定地域別の電気自動車の航続距離推定法の開発, 人工知能学会第 2 種研究会資料, 2010.
- 15) 安士光男・福田達也・大澤進・藤井馨一郎：EV の走行可能範囲を予測するナビシステム, PIONEER R&D (Vol.20, No.1/2011).
- 16) 自然エネルギー財団：EV 普及の動向と展望,
https://www.renewable-ci.org/activities/reports/img/pdf/20180627/REI_EVreport_20180627.pdf, 2018.
- 17) 三谷卓摩・原祐輔・桑原雅夫：充電アドバイスシステム構築に向けた EV 長期観測データの基礎分析, 第 48 回土木計画学研究発表会, CDROM, 2013.
- 18) 経済産業省：充電インフラの整備方針, EV・PHV ロードマップ, 2016.
- 19) 総務省：住宅・土地統計調査, 2013.
- 20) 内田英明・吉塚裕生・藤井秀樹・吉村忍：交通シミュレーションによる EV 用充電設備の最適配置の提案, 人工知能学会全国大会論文集, JSAI2017(0), 3I1OS13a3-3I1OS13a3, 2017.
- 21) 全国家庭電気製品公正取引協議会：電力料金目安単価,
https://www.meti.go.jp/shin-gikai/enecho/shoene_shinene/sho_enecho/kori_jigyosha/pdf/002_b05_00.pdf.
- 22) 電気事業連合会：電気事業における低炭素社会実行計画,
<https://www.fepc.or.jp/environment/warming/keikaku/index.html>, 2015.

- 23) 土肥学・曾根真理・瀧本真理：自動車走行時の CO2 排出係数及び燃料消費率の更新, 土木技術資料 54-4, 2012.
- 24) 愛知県:人口動向調査結果,
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/toukei/jinko3fp3.html>, 2017.
- 25) 資源エネルギー庁:都道府県別エネルギー消費統計,
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy_consumption/ec002/, 2017.
- 26) 中部電力パワーグリッド:中部エリアの電力使用状況データ,
<https://powergrid.chuden.co.jp/denkiyoho/>, 2019.
- 27) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構:日射に関するデータベース,
<https://www.nedo.go.jp/library/nissharyou.html>, 2019.
- 28) 資源エネルギー庁:再生可能エネルギー発電設備電子申請サイト,
<https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfo>, 2020.
- (2021.10.1 受付)

Electricity demand analysis based on driving pattern in the age of electric vehicle society

Junya OHARA, Toshiyuki NAKAMURA, Toshiyuki YAMAMOTO
and Takayuki MORIKAWA

EV (Electric Vehicle) is expected to use for carbon neutrality due to its environmentally friendly during driving, adjusting the fluctuating output of renewable energy by using the in-vehicle storage battery. The Japanese government says that all vehicles will be electrified by 2050. However, electricity demand will also increase due to the charging of EV, electricity demand due to charging or using renewable energy in the age of electric vehicle society have not been clarified. In this study, we analyzed electricity demand and areas when electricity demand is expected to increase in Nagoya City, Aichi Prefecture. The analysis clarified the peak electricity demand and that the electricity demand tends to increase in the surrounding area of Nagoya City.