

通勤者 EV を用いたデマンドレスポンスによる 事業所の CO2 削減効果に関する研究

三浦 竜祐¹・平田 輝満²・大越 恭子³

¹正会員 茨城大学大学院理工学研究科都市システム工学専攻 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1)
E-mail: aes.r@icloud.com

²正会員 茨城大学大学院 教授 理工学研究科都市システム工学領域 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1)
E-mail: terumitsu.hirata.a@vc.ibaraki.ac.jp

³正会員 茨城大学大学院理工学研究科都市システム工学専攻 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1)
E-mail: 23nd301f@vc.ibaraki.ac.jp

CO2 削減のため太陽光発電 (PV) と電気自動車 (EV) の導入が進む中、EV の充放電を制御し電力需要を調整するデマンドレスポンス (DR) が検討されている。このとき、EV の本来的な価値はあくまで交通手段であることから、EV ユーザーは EV の充電残量をある程度確保したい意向を持つと考えられる。同様に、DR により EV を電力システムに組み込むうえでは、交通政策との関係を本来検討する必要がある。以上より本研究では、EV ユーザーの充電意向や交通政策と DR の関係に着目し、PV 余剰が発生する事業所と EV 通勤者世帯の関係を想定し通勤者 EV を用いた DR の CO2 削減効果を分析した。その結果、EV ユーザーの充電意向次第で DR の CO2 削減効果が大きく異なることや、オフピーク通勤の導入が DR の CO2 削減効果に若干ではあるが寄与することが示唆された。

Key Words: *Electric Vehicle, Demand Response, Charging and Discharging Control, CO2 Emission*

1. はじめに

CO2 削減が求められるなか、運輸部門では対策の一つとして電気自動車 (EV) の普及が推進されている。しかし、EV の大量導入には、充電に関していくつかの課題が指摘されている。一つは充電需要が集中し電力システムに過剰な負荷が生じる点である¹⁾。もう一つは EV の脱炭素化を達成するためには再生可能エネルギー (以下再エネ) から電力供給する必要がある点である。特にわが国の再エネの電源構成は太陽光発電 (PV) に依存しており²⁾、晴天時の日中に発電量が偏る。そのため電力供給側である再エネ自体も天候・季節による出力変動や余剰電力の出力抑制の問題を抱えている。

上記のような充電需要と再エネ供給の時間的偏在の課題に対して、現在デマンドレスポンス (以下 DR) が注目されている。これは電力需給バランスの変動に応じて、電力需要側に働きかけて電力の消費行動を変容させる取り組みである。これにより需要側から電力需給バランスの一致を図る。このとき、EV を用いた充電スケジュールの制御や放電要求といった DR を行うことで、電

力負荷の軽減や CO2 削減に繋がることが期待されている。

このとき、EV は DR に寄与する蓄電池である以前に、交通手段であることが本来的な価値と考えられる。よって DR において制御を行うシステム側の制御要求に対して EV ユーザーは必ずしも完全に協力するとは限らず、ユーザー側の意向も一定程度反映されると考えられる。よって DR の導入効果は EV ユーザーの充電意向を考慮して分析する必要があるが、これを研究した事例はない。また、EV の交通手段としての側面を考慮し、EV を用いた DR と交通政策の関係を論じた研究は極めて少ない。

実際に EV シフト (PV・EV 導入やそれによる DR 普及) の段階的な普及を想定したとき、その初期段階は ESG 経営を求められる企業が牽引すると考えられる。加えて、再エネ供給と電力需要のバランス一致の観点から、日中に活動する事業所は DR 導入の適正が高いと考えられる。以上より、本研究では EV シフトの初期段階を想定し、単一の事業所に PV と EV が導入された状況を対象とする。

2. 既往研究の整理

EVユーザーの充電意向に関する研究や事例として上田ら²⁾は国内のEVユーザーへのアンケートにより、EVユーザーは35%程度のSoC（バッテリー残量）で航続距離不安を感じ充電したいと感じることを明らかにした。同様にThomasら³⁾はアンケート調査により充電要否判断をシグモイド曲線で近似した。結果よりSoCが60%程度で電欠に対して不安になる人が増加しはじめ、SoCが10%程度でほぼ全ての人不安になるという結果が得られた。EVを用いたDR制度に関して先進的な英国政府の意向調査⁴⁾では、34%程度のユーザーがDRに応じる機能をキャンセルしていることを明らかにした。理由としては自身のEVの充電をすぐに確保したい意向が反映されている。

EVを用いたDRの導入効果をシミュレーションにより定量評価した研究は、例えば川崎ら⁴⁾や今中ら⁵⁾など様々な対象規模で蓄積があるが、事業所を対象としたものは少ない。また、いずれの対象規模においても、EVユーザーの充電意向に関しては考慮したものはみられず、最大限DRに寄与する仮定を置くことが一般的である。

以上のように、EVユーザーは充電を確実にかつすぐに確保したい意向があるため、DRへ全面的には協力しない可能性がある。一方で、このような協力意向を考慮したDRの効果を推計・考察した研究は見られない。

3. 本研究の目的

以上より、本研究ではPV余剰が発生している事業所において、通勤車両がEVに転換した場合を想定し、EVを用いたDRを実施した場合のCO₂削減効果を分析する。具体的には以下の2点を目的とする。

- ・事業所の通勤者EVを用いたDRのCO₂削減効果を評価可能なシミュレーションを開発する。
- ・通勤者EVを用いたDRのCO₂削減効果について、通勤者のSoCに関する意向、事業所の通勤政策、電気設備の導入状況について検証する。

4. EVを用いたDRシミュレーションの開発

(1) 想定するDR運用

主体の数や考慮する電力システムの規模に関しては様々な想定できるが、本研究では単一の事業所と従業員のみを想定する。事業所は積極的にPVを導入しており、事業所の電力需要のみではPV余剰電力が発生する日もある状況を想定する。PV導入量に関して具体的には(3)

に示す考え方にに基づき決定しているが、結果的に年間でPV発電量全体の25%程度を余剰としている事業所を想定した。

想定するEVの充放電インフラとして、事業所にはV2B（充放電器）を導入し充放電が可能となる。従業員世帯にはVIH（充電器）やV2H（充放電器）の導入の有無をシナリオに応じて仮定する。

DRの目的は事業所のCO₂削減とし、事業所でEVに充電した電気を従業員の家庭で放電利用した際のCO₂削減も事業所のCO₂削減としてカウントする。事業所のPV活用やCO₂削減のみを考慮し、電力管内全体の発電構成や電力需給等への直接的な貢献は想定せず、シミュレーション上においても考慮しない。

(2) シミュレーションの概要

事業所は敷地内に設置したPVにより電力需要を優先的に賄う。その上で、事業所の電力需要からPVにより供給可能な電力を差し引いた正味の電力需要である、実質電力需要を算出する。この実質電力需要の正負に応じてDRを要請し、EVを調整力として活用する。それでも電力が不足する場合は系統電力から給電する。

EVで出勤した従業員はEVを充電器に接続し、事業所のPV発電量が不足する場合は放電を、PV発電量が余剰の場合は充電を行う。帰宅した後は、自宅に設置された充放電器に接続し同様に充放電を行う。ただし、従業員は(8)で定義するSoCに関する意向を優先し、意向を満たせない場合は放電せず、PV余剰のみでは充電完了しない場合は系統電力から充電する。

本シミュレーションは上記の従業員の挙動を再現するエージェントベースシミュレーションとし、その計算アルゴリズムのフローを図-1に示す。30分のタイムステップで進行し、年間を通した分析を行う。次節より、インプットデータとアルゴリズムの説明を行う。

(3) 事業所の実質電力需要

Energy Management System Open DATA⁶⁾（事業所のBEMSデータ）から、2022年度における関東を所在地とする事業所の電力消費量データを使用した。業種で分類した基礎集計より、比較的電力需要の小さく、需要の概形が一般的な勤務形態に合致している業種のひとつである「サービス業」をインプットデータとした。具体的なインプットデータの形式としては、関東に立地するサービス業の事業所に関して、月ごとに、平日休日それぞれの時刻別電力需要を平均することで作成した。（例として平日分を図-2に示す）そのためシミュレーションにおいて電力需要の季節変動は月ごとに反映される。

事業所のPV出力に関しては、気象庁のアメダスデータ⁷⁾より、2022年度の日立市の日照時間と降水量を

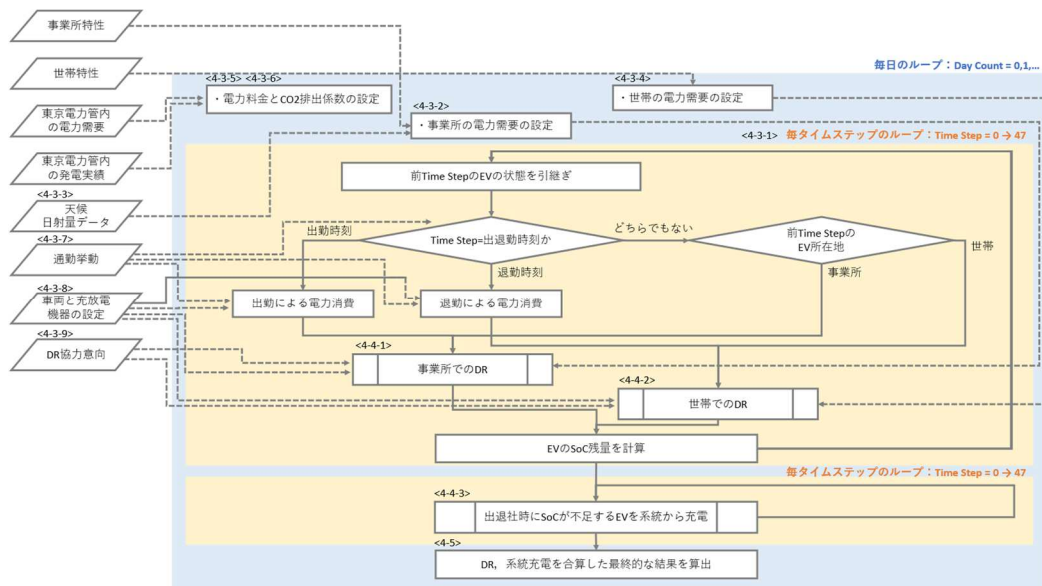


図-1 シミュレーションのフロー

使用した。これを用いてNEDO日射量データベース^{注5}や板垣ら⁴を参考に、斜面日射量を算出した。ただし、PVパネルの角度は30°とした。これを用いて、JIS規格の推定方法^{注6}を用いて日々の時刻別PV出力量を推計した。ただし、PV面積を1000m²とした。これは分析対象とした事業所の延べ床面積が2000m²以上のデータであることから、延床面積2000m²の事業所と仮定し、事業所の屋根の50%にPVを導入すると想定したためである。以上より、シミュレーションにおいては、時系列の各種インプットデータを参照して、毎日、毎タイムステップで電力の需給が変動する。

上記のPV発電量と電力需要をタイムステップごとに合算し、事業所の実質電力需要とした。

(4) 従業員世帯の電力需要

資源エネルギー庁による1世帯あたりの時間帯別電力需要の推計結果^{注7}を用いる。推計方法としては、NHK文化放送「2010年国民生活時間調査」^{注8}における在宅率や生活時間の統計を基に各電力機器の消費電力を積算して求める。ただし、上記の推計結果は夏季の一日を対象とした、エアコンの消費電力を反映させた電力需要である。よってシミュレーション上では、夏季（6～9月）冬季（12～3月）はこれをそのまま反映させ、中間期は上記の推計結果からエアコンの消費電力を除外したものをを用いる。よって季節変動はシーズンごとに考慮される。

(5) CO2排出係数の算出

東京電力が公開する、2022年度の時間帯別の電源構成^{注9}と各電源のCO2排出係数^{注10}^{注11}を基に時間帯別のCO2排出係数を算出した。シミュレーションにおいては時系

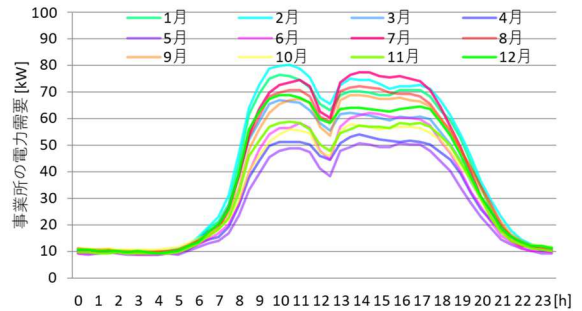


図-2 事業所の月別平均電力需要（平日）

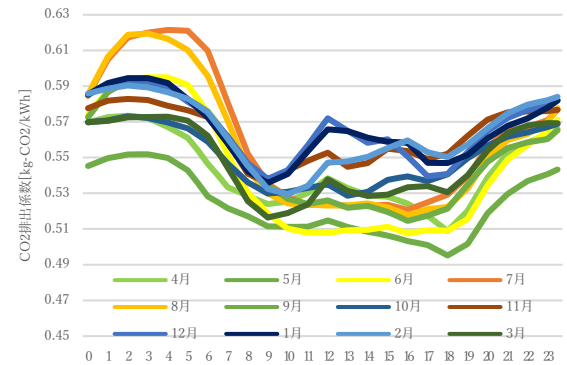


図-3 月別のCO2排出係数の時間推移

列データを参照しているため毎日、毎タイムステップ変動する。（図-3では月別の平均を示す。）

(6) DR協力意向

EVユーザーが持つDR協力意向として、出社時希望SoCと退社時希望SoCの2点を仮定する。これは出退社時に充電を完了するとしたとき、そのタイミングで満たすべき最小のSoCと定義する。これを満たす範囲でのみDRに協力する。DR導入における基本となるシナリオとして、既往研究で示された充電意向^{注9}を参考に、出社時

SoCを30%, 退社時SoCを60%とした。これを「意向反映シナリオ」とする。また、シナリオの比較分析においては出退社時希望SoCをそれぞれ変化させる。

(7) 従業員の通勤挙動と車両関連の諸性能

従業員の通勤に関わるインプットとEV車両の性能に関するインプットを表-1に整理する。ただし、シナリオの比較分析においてはこの一部を変更する。

従業員世帯の充電インフラに関しては、V0H（充放電器無し）、V1H、V2Hの3種類を仮定し、シナリオの比較分析を行う。基本のシナリオとしてV2Hを仮定する。

(8) 充放電のアルゴリズム

a) 接続直後充電

充電器に接続後すぐ、出退社時希望SoCを満たすまで充電を行う。PV余剰がある場合はPVから、ない場合は系統電力から電力を使用する。EVを導入するもののDRを行わないシナリオでこの充電方法を用いる。

b) DR

事業所のDRの場合、タイムステップ毎に事業所の実質電力需要と出社中のEV台数を参照し、充放電判断を行う。PV余剰のときは駐車中のEVに可能な限り充電する。電力が不足しているときは(6)で示した退社時希望SoCよりも大きなSoCをもつEVから、SoCが退社時希望SoCを下回らない範囲で可能な限り放電する。充放電量は各EVに公平に分配する。世帯でのDRも同様に行う。

c) 系統充電

事業所や自宅において、2)のDRアルゴリズムによりPVを活用した充電を行っても、出退社時のSoCが希望SoCを満たさない場合、これを満たすまで系統電力から充電を行う。このとき、(5)で求めたタイムステップごとのCO2排出係数を参照し、CO2排出係数の少ないタイムステップから順に充電を行うように再計算する。これをSoCが条件を満たすか、充電可能なタイムステップが無くなるまで繰り返す。ただし、バッテリー容量に対して充電器への接続時間が十分なため、充電可能なタイムステップが無くなることで退社時希望SoCを満たさないケースは今回のシナリオでは発生しない。

以上のb)DRアルゴリズムとc)系統充電アルゴリズムの合算を1日におけるEVの充放電挙動として出力する。ただし、SoCや充電器出力等を制約条件とする。

(9) 評価指標

以下の2つによりDRの環境改善効果を分析する。

- ・PV活用率 u_{PV}

事業所におけるPV発電量に対する、活用したPV発電量を評価する。

- ・CO2削減率 r_{CO2}

表-1 従業員と車両の諸条件

従業員の通勤挙動	
休業日	月曜日
従業員人数	90人 ^{注12)}
通勤距離	10.5km ^{注13)}
通勤手段	マイカー通勤
通勤時刻	8時/18時
EV車両の諸条件	
バッテリー容量	40kWh ^{注14)}
電費	7km/kWh ^{注14)}
初期SoC	60%
充電器出力	6kW
GV車両の諸条件	
GVの燃費	16.9km ^{注15)}
GVのCO2排出係数	2.32kg-CO2/l ^{注16)}
GVバスの燃費	5.8km/l ^{注15)}
GVバスのCO2排出係数	2.58kg-CO2/l ^{注15)}
GVバスの乗車密度	7.8人 ^{注17)}

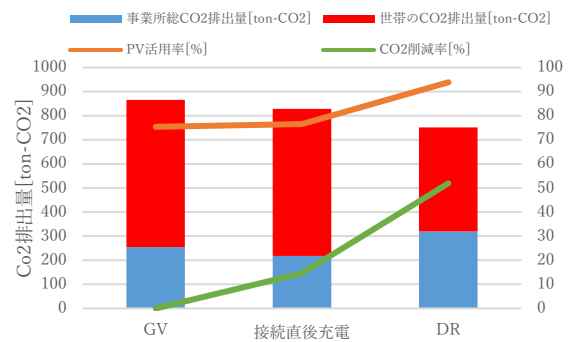


図-4 DR実施状況別の分析結果

ガソリン車（以降GV）ケースの事業所のCO2排出量に対して、DRを実施した場合のCO2削減量の比率を求め、CO2削減率を計算する。ただし、①削減率の分母は事業所単体のCO2排出量とすること、②世帯で放電することで削減したCO2は事業所が削減したものとみなすこととする。すなわち、排出権取引の発生を想定し、事業所単体のCO2削減率を算出していることに注意が必要である。

5. DR実施の有無の影響分析

DR導入のCO2削減効果を分析する。比較対象としてGV通勤、接続直後充電（EVを導入しDRしない）を設定する。ただし、EV導入ケースはいずれも従業員90人全員がEVに転換した場合を仮定する。DR実施ケースに関しては、前章で設定したインプットを用いる。特に、充電意向は「意向反映シナリオ」を、従業員世帯の充電インフラはV2Hを仮定している。

結果を図-4に示す。EVを導入した方が、CO2削減効果

CO2削減率[%]		退社時SoC[%]									
		往復通勤分	20	30	40	50	60	70	80	90	100
出社時SoC[%]	往復通勤分	46.0	47.7	49.7	52.6	58.3	62.2	65.2	68.2	70.5	[2] 71.8
	20	43.3	45.9	47.3	49.1	52.0	56.2	61.3	64.6	67.3	69.6
	30	41.8	43.7	45.8	47.2	49.0	[1] 52.0	56.1	61.3	64.5	67.1
	40	41.1	41.9	43.6	45.7	47.1	48.9	51.9	56.0	61.2	64.3
	50	41.0	41.1	41.8	43.5	45.6	47.0	48.8	51.8	55.9	61.1
	60	40.8	40.8	41.0	41.7	43.4	45.5	46.9	48.7	51.7	55.9
	70	40.0	40.0	40.0	40.1	40.8	42.6	44.7	46.2	47.9	50.9
	80	36.3	36.3	36.3	36.3	36.3	36.7	39.1	41.3	42.7	44.5
	90	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.1	28.2	31.3	33.8	35.2
	100	[3] 13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.5	18.1	20.6

図-5 出退社時希望 SoC 別の CO2 削減率ヒートマップ

が得られることは明らかであるが、接続直後充電では PV 活用率はほとんど変化せず、PV 余剰を活用できていないことが分かる。一方で単に EV を導入するだけのケースよりも DR を同時に実施する方が、PV 余剰の活用率の向上により、さらに大きな CO2 削減効果を得られることが分かる。

DR の導入効果に関する詳細な分析として、充電意向と従業員世帯の充電インフラ、事業所の交通政策に関してシナリオを複数設定し、次章以降で比較分析を行う。

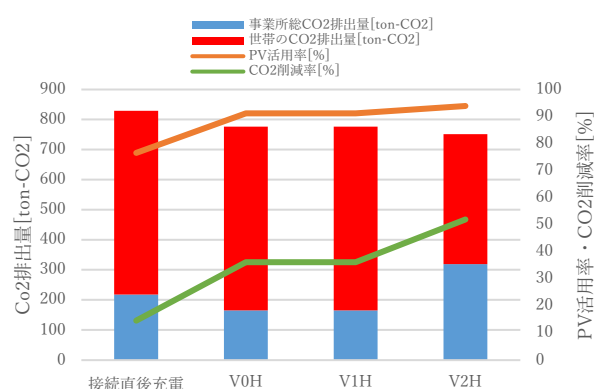


図-6 世帯の充電インフラ普及状況別の分析結果

6. 通勤者のSoC意向の影響分析

V2Hシナリオを仮定し、充電SoC意向の影響に関して詳細に分析する。出社時希望SoCと退社時希望SoCを10%ずつ変化させ、総当たりでCO2削減率を算出した。それをヒートマップとして図-5に示す。

結果より、出社時のSoCを可能な限り小さくし、退社時SoCを可能な限り大きくすることでより大きなCO2削減効果が得られることが示された。これは、出社時SoCを小さくして出社することで最大限PV発電量を充電することが可能なためと考えられる。その中で退社時SoCが大きいほどCO2削減率が大きくなるのは、昼夜の系統電源のCO2排出係数の差から、昼に事業所で充電して夜に家庭で放電することでCO2削減に繋がるためと考えられる。

ヒートマップ中の外枠で囲われたCO2削減率に着目する。【1】は5章に示した「意向反映シナリオ」となる。

【2】はCO2削減率が最も大きいシナリオ、【3】はCO2削減率が最も小さいシナリオとなる。【2】と【3】のシナリオ間で約59ポイント差があることから、DR導入の際は充電意向を十分に考慮し効果推計すること、意向の変容を促す施策を併せて実施することが重要となること分かる。

7. 世帯への充電インフラ普及状況の影響分析

意向反映シナリオを仮定し、世帯への充電インフラの普及状況別に比較したものを図-6に示す。結果より、V1Hの導入はV0HとCO2削減効果が変わらず、CO2削減の観点では直接的に効果を発揮しない可能性が示唆された。一方でV2Hの導入は大きくCO2を削減することが示唆された。これは、世帯で放電を行うことにより、CO2を削減するとともに、PV充電のためのSoCの空き容量を確保できるようになったためと考えられる。

8. オフピーク通勤の影響分析

渋滞解消等による環境効果が期待されているオフピーク通勤は、出社時間帯の分散からDRに寄与できる時間帯が拡大すると考えられる。そこで、従業員の一部がオフピーク通勤を行う場合のDRのCO2削減効果を分析する。

オフピーク通勤の利用率を設定し、任意の割合の通勤者がオフピーク通勤を実施するとする。通常の出勤時

刻が8時の設定に対し、オフピーク通勤利用者は6時或いは10時に出勤し、それぞれ同じ就業時間ののちに退勤する。オフピーク通勤の出勤時刻の設定はゼンリンの首都圏の混雑統計データ^{注18)}より対ピーク比率が20%となる時刻を参照した。6時と10時の選択に関しては民間のアンケート調査より、オフピーク通勤を実施する通勤者の内、63.6%が6時を選択することとした^{注19)}。

オフピーク通勤割合を変化させた結果を図-7に示す。CO2削減率に関してオフピーク通勤割合40%で最大となり55.8%となった。通常出勤(0%)とオフピーク通勤割合40%を比較して、CO2削減率が約3.8ポイント増加するなど、オフピーク通勤導入がDRの観点からも若干のCO2削減効果が確認された。

以上よりEVを用いたDRの導入によって、事業所にとってオフピーク通勤を導入するインセンティブが働くことが示された。結果として交通渋滞解消等の波及効果が及ぼす可能性がある。よってEVを用いたDRの導入が、自動車利用に関する交通需要マネジメントの観点では有利に働く可能性がある。

9. 結論と今後の課題

本研究ではPV余剰が発生する事業所における、EVユーザーの充電意向を考慮したDRシミュレーションを開発し、複数シナリオで分析を行った。得られた主な分析結果を以下に示す。

- 対象事業所においては、いずれのシナリオでもCO2削減効果が得られる。一方で出退社時の充電意向の影響が大きく最大で約59ポイント変化する。よってDR導入の際は意向を十分に考慮し効果推計すること、意向の変容を促す施策を併せて実施することが重要となる。
- オフピーク通勤導入はDRのCO2削減率を約3.8ポイント増加させる。これによりDR導入はオフピーク通勤導入にインセンティブを働かせ、交通政策としての脱炭素化に有利に働く可能性が示唆された。

本研究では、EVを用いたDRと関係し得る交通政策としてオフピーク通勤のみを取り扱ったが、その他の交通政策として例えばバス通勤との関係を検討する必要がある。EVを用いたDRは、DRに寄与できる充放電量に直接的に関係のあるEV台数が重要となる。バス通勤の促進は事業所に駐車するEV台数の減少に繋がる。よってDRによるCO2削減効果が減少し事業所にとってはマイカー通勤を助長する結果となる可能性がある。

また、本研究ではEVの利用や電力需要等のインプットを既知としているため、通勤行動以外のEVの利用や予測の不確実性を考慮できていない。また、PV発電量

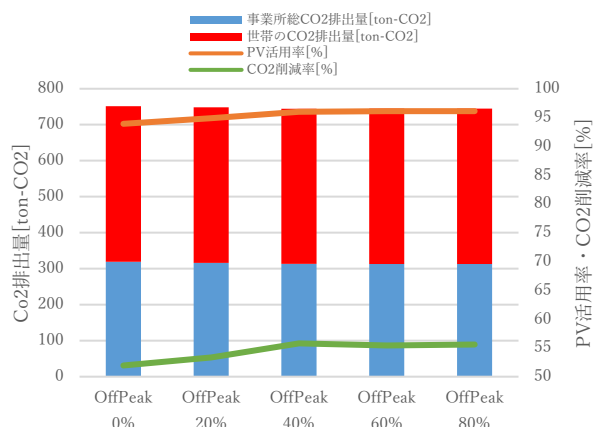


図-7 オフピーク通勤割合別の分析結果

やEVのSoCを参照しEV個々の充放電量を最適化し指令値を与えることも今後の発展として挙げられる。

NOTES

- 注1) 環境エネルギー政策研究所：国内の2022年度の自然エネルギー電力割合と導入状況，<https://www.isep.or.jp/archives/library/14470>
- 注2) United Kingdom Government Department for Business, Energy & Industrial Strategy: Electric Vehicle Smart Chargepoint Survey 2022.
- 注3) 環境共創イニシアチブ：エネマネオープンデータ
- 注4) 気象庁：過去の気象データ
- 注5) NEDO：日射量データベースの解説書
- 注6) JISC8907:2005 太陽光発電システムの発電電力量推定方法
- 注7) 資源エネルギー庁：東京電力管内の需要構造推計（平成23年5月）
- 注8) NHK文化放送：2010年国民生活時間調査
- 注9) 東京電力：エリア需給実績データについて
- 注10) 電力中央研究所：日本における発電技術のライフサイクルCO2排出量総合評価
- 注11) 産業技術総合研究所：バイオマス発電のCO2排出量
- 注12) 武一三智子，小売店舗の人的サービスに関する一考察，現代社会研究，17号
- 注13) 国土交通省総合政策局交通計画課：交通基本法案検討小委員会資料
- 注14) 日産：リーフ
- 注15) 国土交通省：自動車燃費一覧
- 注16) 環境省：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧
- 注17) 国土交通省：運輸部門における二酸化炭素排出量
- 注18) ZENRIN Data Com: 通勤混雑を避けるには、時差出勤は何時がベスト？位置情報ビッグデータ・混雑統計®を使って調べてみました。
- 注19) 時差通勤の導入状況は？どんな効果があるのか。
<https://kurukura.jp/article/20200317-80>

REFERENCES

- 1) Siobhan Powell, Gistavo Vianna Cezar, Ram Rajagopal, Scalable probabilistic estimates of electric vehicle charging given observed driver behavior, Applied Energy, Vol.309, 2022.

- 2) 上田嘉紀, 太田豊: 電気自動車ユーザーはどのようなタイミングで航続距離不安を感じ充電したいと思うか?, エネルギー・資源学会論文集, Vol.43, No.3, 2022.
- 3) Thomas Bräunl, David Harries, Mark McHenry, Guido Wager, "Determining the optimal electric vehicle DC charging infrastructure for Western Australia", Transportation Research Part D: Transport and Environment Volume 84, July 2020, 102250
- 4) 川崎直也, 室町泰徳: 都市における電気自動車の充放電制御が環境性に与える影響, 交通工学論文集, 第8巻, 第2号, ppA_39-A_44, 2022.
- 5) 今中正樹, 陳国威, ヘリンデュクマラテュンガ, 栗本宗明, 杉本重幸, 加藤丈佳: 事業所における大容量太陽光発電の有効活用に対する電気自動車の退社前放電の有用性, 資源エネルギー学会, Vol.42, No.6, 2021.
- 6) 板垣昭彦, 岡村晴美, 飯田秀重, 山田雅信, 佐々木律子: 日照時間を用いた時間積算日射量推定モデルの開発, 日本太陽エネルギー学会, Vol.35, No.5, 2006.

The Effects of Demand Response using Commuter EVs on CO2 Reduction of Business Facilities

Ryusuke Miura , Terumitsu Hirata and Kyoko Okoshi

Recently, Demand Response (DR) using EVs has been considered to reduce CO2 emissions. Especially, commuting EVs of facilities are suitable for DR. However, EVs intrinsic value is using as transportation. For this reason, EV users are expected to be willing to secure a certain amount of SoC. In this study, the CO2 reduction effect of DR using EVs was quantitatively evaluated by consider EV user's willingness to charge. Furthermore, discussed the relationship between DR and transportation policy.