

電気自動車用 (EV) の急速充電器と再エネ電源を活用した エネルギーマネジメントシステムについて

九州工業大学 工学部電気電子工学科 3年 藤井淳史

現在の電気自動車急速充電器は送電網からみると大きな負荷でしかない。そのため、今後電気自動車が普及すればその負荷の大きさによって系統安定性が損なわれる可能性がある。この問題を解決するシステムとして、V1G 及び V2G などのスマートグリッドに接続可能なエネルギーマネジメントシステムがあげられる。V1G の導入を行えば昼間に余剰となっている再エネ電源の電力を有効に利用可能になり、V2G ではさらにこの電力を夜間や悪天候時に利用可能になる。このように、V1G 及び V2G の機能を持つ急速充電器を今後の電気自動車普及に合わせて導入することでさらなる再エネ電源の活用が期待できる。

1. 現状

近年、エネルギー問題の深刻化や地球温暖化対策の一環として、電気自動車の普及が進んでいる。政府は 2030 年代半ばまでに乗用新車販売のすべてを電気自動車とする方針³⁾を掲げるなど、その導入が今後も促進されることはほぼ間違いないと考えられる。

一方で、乗用自動車による輸送は日本のエネルギー消費総量の約 16% を占める¹⁾²⁾一大消費用途でありこれをすべて電気で賄おうとすれば電力系統に多大な負荷がかかる。現状の電気自動車急速充電システムは標準で 50kW⁴⁾ という非常に大きな電力を消費する負荷であり、系統側からその消費電力をコントロールすることはできない。特に近年は現状の負荷に対してでも系統の余裕率が大きく低下する事態が発生している⁵⁾ため、電気自動車による負荷が増えれば電力供給が完全に破綻しブラックアウトなどの重大な問題につながる可能性がある。

この問題を解決するための最も安易な方法は発電量の増強である。しかし、このために火力発電所を増設しては電気自動車導入を推進した意味が薄くなり、再エネ電源は発電量が不安定なため十分でないという問題がある。

2. V1G によるマネジメントシステム

前述の問題を解決するための手法として V1G システムがあげられる。このシステムはスマートグリッドに接続された電気自動車充電システムであり、充電器が電力の需給に合わせて充電を制御することが可能になる。これにより、系統の電力が不足する場合には充電に使用する電力を制限することで系統の安定性を向上させることができる。

また、このシステムは系統の安定性に資するだけでなく再生可能エネルギーの利用促進にも役立つ。現在、九州では太陽光発電が非常に盛んでありその出力は最大で 10GW⁶⁾ を超える。しかし、時期や時間によっては発電量が需要に対して過剰となり出力制御⁷⁾が行われることもある。このような状況に対して、昼間の値段が安くなる電気料金プランと V1G 対応充電器を組み合わせることで昼間に充電を行う人を増やし、余剰となる再生可能エネルギーを有効に利用できる可能性があると考えられる。これにより、発電事業者は再生可能エネルギー出力を制限されなくなり、送電事業者は系統の安定性を確保でき、電気自動車の利用者は安価で充電ができるという形で、全員が利益を得られる。

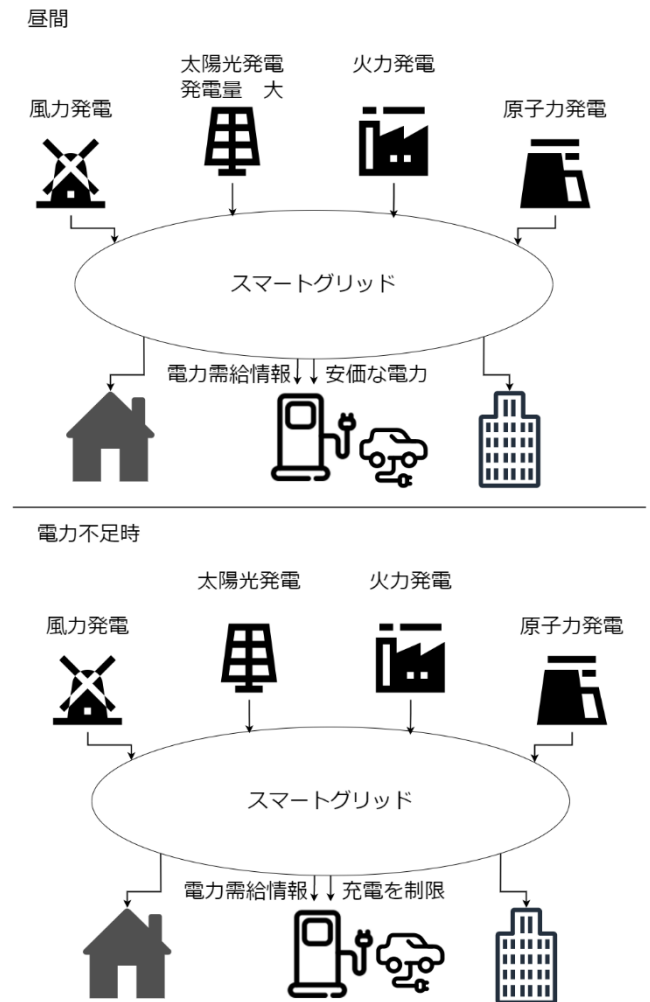


図 1 V1G による充電の制御

3. V2G によるマネジメントシステム

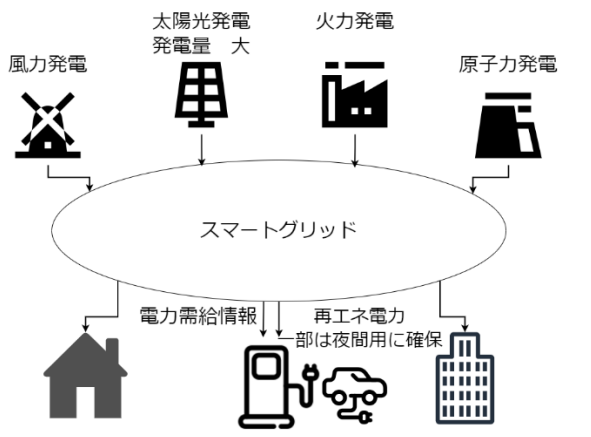
V2G システムは V1G をさらに拡張したシステムであり、スマートグリッドとの接続により受電の制御のみならず送電も行えるようになるシステムである。これにより、V1G システムで行われたような系統安定性の向上だけでなく再生可能エネルギーのさらなる有効利用が可能になる。

V2G システムではそこに接続される急速充電器と電気自動車を揚水発電のような蓄電システムとして運用すること

ができる。利用者は電気自動車のバッテリーの容量の一部をシステムの蓄電用に貸し出してそれによって対価を得ることもできる。これにより昼間、会社などで電気自動車を利用しない間バッテリーを充電器に繋ぐと太陽光発電による電力が充電され、夕方から夜にかけて家で充電器に繋ぐと昼間に充電した分をその時間帯の電力源として利用できる。このようなシステムでは太陽光発電の出力が最大となる昼の電力を電力需要が最大となる夕方から夜にかけての時間に使用できるようになるため、火力発電等の出力を抑えることが可能となり結果的にさらなる再エネ電源の活用と化石燃料消費の低減を達成可能となる。

ここで V2G により確保できる蓄電量について考える。現在日本の四輪乗用車登録数は約 6000 万台⁷⁾で、このうち半数が電気自動車となり、それらが日産リーフと同じ 60kWh⁸⁾のバッテリーを備えていると仮定する。この電気自動車のさらに半数がその蓄電量の 10%にあたる 6kWh、走行距離にして 55km⁹⁾分を V2G による蓄電に貸し出したとすれば系統全体での容量は 90GWh にも及ぶ。これは現在日本に存在する揚水発電所の総蓄電量 130GWh の約 7 割⁹⁾にも及ぶ非常に大きな蓄電量である。近年の消費電力の最大値はおよそ 140GW であるので、この最大消費電力で電気を使用し続けたとしても、揚水発電と合わせると 1.5 時間分の電力を蓄電できることになる。さらに原子力発電や水力発電、風力発電といった他の再生可能エネルギー源と組み合わせれば現在よりもさらに火力発電の使用量を低減できると考えられる。

昼間



夜間・悪天候

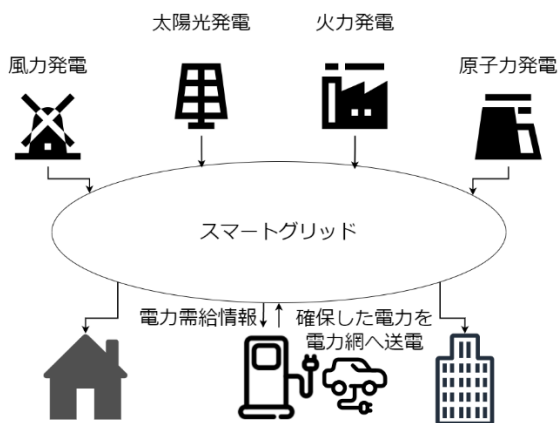


図 2 V2G による充放電制御

V2G によるマネジメントシステムに参加する人々は、その電力網への貢献により報酬を受け取ることができるが、一般の人々への恩恵も大きい。すなわち、一般的に再生可能エネルギーは従来の火力発電と比べて非常に安価¹⁰⁾であるため、昼間に太陽光などで発電された安価な電力を夕方にも使用できるようになることで、電気料金全体が低くなる可能性もある。これにより、すべての需要家が利益を得ることができる。さらに、近年のように度々電力需給がひっ迫する環境下では、ひっ迫時に電気自動車に蓄電されている電力の放電を呼び掛けることでかなりの大電力を追加の電源として確保可能になることもシステムの安定性向上につながる。

4.V2G システムの課題と解決

前述のように多くの利点を持つ V2G システムであるが、その実現にはまだ多くの課題が残されており、代表的なものとして次が挙げられる。

- 充電器が複雑かつ高価になる¹¹⁾
V2G 機能を備える急速充電器は現在のものと異なり、電力網のネットワークとの通信機能や大容量の電力を双方向に変換可能な AC-DC 双方向変換回路を備える必要がある。そのため、回路はより複雑かつ大型になり、結果として機器の値段も高くなると考えられる。
- 充電器の設置場所が少ない
V2G による充放電を行うにはその機能を備えた充電器が設置されていることが必要である。しかし、現在そうした急速充電機が設置されているのは大規模商業施設や公共施設、自動車販売店、都市部の駐車場などのみであり、設置数も 1 か所に数台程度にとどまる。V2G を有効に利用するにはより多くの場所に多くの充電機が設置される必要がある。
- 最適化の難易度が非常に高い¹¹⁾
V2G を使用した電力網では需給バランスをとるために電気自動車の動きを予想する必要があり、最適化の難易度が現在のそれと比べて非常に高い。

充電器の複雑化・高価格化は今後のパワーエレクトロニクスのさらなる発展による解消が期待される。電気自動車関連の分野は近年研究が盛んであり、充電器についても様々な工夫を凝らした回路方式が開発されている。また、GaN をはじめとするワイドバンドギャップ半導体素子の登場によりコンバータ及びインバータの電力密度が向上しているため、今後は小型かつ安価でありながら大電力を扱える急速充電器が登場すると考えられる。

充電器の設置数は今後電気自動車が普及するにつれて増加することが予想される。現在は限られた台数しかないが、駐車場の枠 1 つにつき 1 台の充電器を設けることが理想的である。この際には前述の充電器の小型化や低価格化が重要となる。

最適化は現在 V2G の実用化に向けた最も大きな課題の一つであり、様々な手法が試みられている。具体例としてはモデルを用いた最適化計算などが試みられており、今後の情報技術の進展により高速で最適化が実現可能なシステムが構築可能になると考える。

5.今後の展望

今後、電気自動車の導入がより増えることが想定されるため、まずは系統安定性のために V1G を導入することが考えられる。九州などの再生可能エネルギー発電量が多い地域では前述のような時間帯変動制電気料金と組み合わせることでこの時点でも再生可能エネルギーの利用拡大が見込める。

さらに将来、電気自動車がより普及したときには V2G と組み合わせたシステムを導入することで系統の蓄電量を大幅に強化し再生可能エネルギーのさらなる利用拡大を図ることが可能になると考えられる。

6.結論

V1G 及び V2G といったスマートグリッドと連携機能を持つ急速充電器を導入することでエネルギー需給に悪影響を与えずに再エネ電源をより有効に活用できるエネルギーマネジメントシステムを構築可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁, (2013), 部門別エネルギー消費の動向, <https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2013html/2-1-2.html>
- 2) 経済産業省資源エネルギー庁, (2014), 運輸部門の省エネルギー対策について, https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene/shinene/sho_energypdf/006_01_00.pdf
- 3) 経済産業省, (2013), カーボンニュートラルに向けた自動車政策検討会, https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/carbon_neutral_car/pdf/004_03_00.pdf
- 4) 経済産業省, (n.d.), EV・PHEV 充電設備について, <https://www.meti.go.jp/policy/automobile/evphv/what/charge/index.html>
- 5) 日本経済新聞, 2022 年 9 月 13 日, 九州の電力需給、2 日続けて逼迫 中部など 3 地域が融通, <https://www.nikkei.com/article/DGXZQ0JC139P00T10C22A900000/>
- 6) 日本経済新聞, 2022 年 3 月 3 日, 九州電力の出力制御、太陽光発電所ほぼすべて対象に, <https://www.nikkei.com/article/DGXZQ0JC0337A0T00C22A300000/>
- 7) 日本自動車工業会, (n.d.), 四輪車, https://www.jama.or.jp/statistics/facts/four_wheeled/index.html
- 8) 日産自動車, (n.d.) 電気自動車リーフ 航続距離・バッテリー <https://www3.nissan.co.jp/vehicles/new/leaf/charge/battery.html>
- 9) 科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター, 2019 年 1 月, 日本における蓄電池システムとしての揚水発電のポテンシャルとコスト, <https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2018-pp-08.pdf>
- 10) 経済産業省資源エネルギー庁, 2021 年 12 月 28 日 電気を作るには、どんなコストがかかる? https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyoddenki_cost.html
- 11) K.M. Tan et al, (2016) Renewable and sustainable energy review 53, 720~732, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211500982X>