

道路交通の電動化に向けた一考察



道路政策グループ
研究員

多田 神

道路政策グループ
副総括（首席研究員）

乙守 和人



道路政策グループ
首席研究員

中山 伸一

道路政策グループ
総括（研究主幹）

池田 裕二



1 はじめに

我が国では、2020年10月に「2050年カーボンニュートラル宣言」、2021年4月に「2030年度時点での温室効果ガス排出量を、2013年度比で46%削減」することが国際公約¹⁾として掲げられ、脱炭素社会の実現に向けた取組が進められている。

日本国内から生じるCO₂排出量のうち、インフラ等の整備が直接的に関わる建設現場からの排出量は約13%、インフラ整備等により削減に貢献できる排出量は約49%²⁾となっており、総排出量の半数以上がインフラ分野に関わりがあるとされている。このため、脱炭素社会の実現に向けては、インフラ等の整備・維持管理段階での工夫による貢献だけでなく、道路交通等の、インフラの運用時も含めた排出量の削減が期待される。

CO₂排出量の少ない道路交通手段としては、電気自動車（EV車）やプラグインハイブリッド車、e-fuel（合成燃料）車、燃料電池車等が考えられる。このうち、すでに実用化し、欧米での普及が比較的進んでいるEV車は、移動途中における給電設備の充実が課題である。このため、高速道路の利用を伴う長距離の移動の場合においては、サービスエリア（SA）やパーキングエリア（PA）、インターチェンジ（IC）付近での給電設備が必要となることが考えられる。

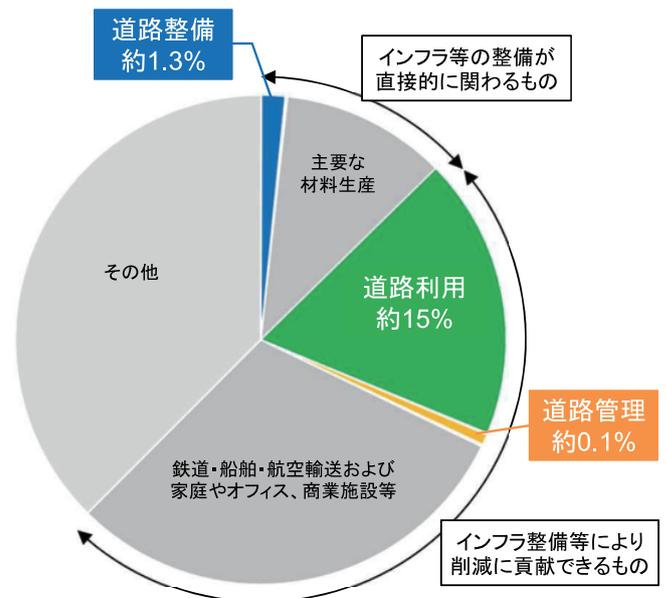
本稿では、EV車の普及が進んだ場合における道路での給電と、それに伴う送電・発電のあり方について、関越自動車道等でのシミュレーション結果を基に提案する。

2 道路交通が必要とする電力量

2.1 道路交通のCO₂発生量

我が国から生じるCO₂排出量のうち、道路分野からの排出量は約1.75億トンCO₂/年であり、国内総排出量の約16%³⁾を占めている（図1）。このため、脱炭素社会の実現に

向けては、道路交通の整流化による燃費の向上や、他の環境負荷の低い交通モードへの転換を進めるとともに、CO₂排出の少ない自動車への転換を図る必要がある。



我が国のCO₂排出量(2020年)
約10.4億トン-CO₂

図1 我が国の道路分野におけるCO₂排出量の内訳(2020年)³⁾

2.2 道路交通が電動化した場合の必要電力量

2023年9月5日に公表された、道路におけるカーボンニュートラル推進戦略中間とりまとめ⁴⁾では、道路分野での脱炭素社会の実現に向けた目指すべき姿として「道路交通のグリーン化」が掲げられている。これは、道路空間における発電（再生可能エネルギーの導入等）・送電（電力系統整備への協力）・給電（充電・充てんインフラ設置への協力等）・蓄電（不安定な再生可能エネルギーへの対応等）の取組を推進することで、道路交通でのグリーンエネルギーへの転換を進め、CO₂排出量を削減することを目標としているものである。

自動車交通のCO₂排出量の削減の一役を担うと期待される

EV車（BEV車）は、日本の新車販売台数の3%⁵⁾（2022年現在）を占めている。自動車の電動化に関する政府目標として、2035年までに、日本国内で販売される新車（乗用車）の100%を電動車とする目標²⁾が掲げられている状況を踏まえ、EV車の普及率は加速していくことが予想されるほか、水素自動車やプラグインハイブリッド車、e-fuel車等も併せて普及するものと考えられる。

仮に、現在の自動車交通が全てEV車に置き換わった場合の必要電力量として、日本国内の道路交通の総量（約7,200億台キロ/年）をベースに電費（EV車の燃費）を基に試算した。その結果、表1のとおり、日本国内で消費される総電力量の約15%にあたる約1,500億kwh/年もの電力が必要となることがわかった。これは、原子力発電所の約20基分に相当する電力量である。図2のように、日本で消費される電力の8割強が火力発電で賄われている状況を踏まえ、いかにCO₂排出量を抑えながら十分な電力量を確保出来るかが課題である。

表1 自動車交通が全てEV化した際に必要な電力量（試算）⁶⁾

道路種別	走行台キロ (億台キロ/年)	換算走行消費 電力量 (億kWh/年)	道路施設年間 消費電力 ^{※1} (億kWh/年)	道路合計消費 電力 (億kWh/年)	年間供給力 電量 (GWh) ^{※2}	道路電力使 用比率 (%)
高速+ 都市高速	1,008	316	15	332	1,040,400	3.2%
一般国道	2,274	539	15	555		5.3%
県道・ 市町村道等	3,929	678		678		6.5%
合計	7,211	1,533	31	1,564		15.0%

※1 国土交通省 社会資本整備審議会 第78回基本政策部会資料より（2013年度データ）
 ※2 経済産業省 資源エネルギー庁 総合エネルギー統計より（2015年度データ）

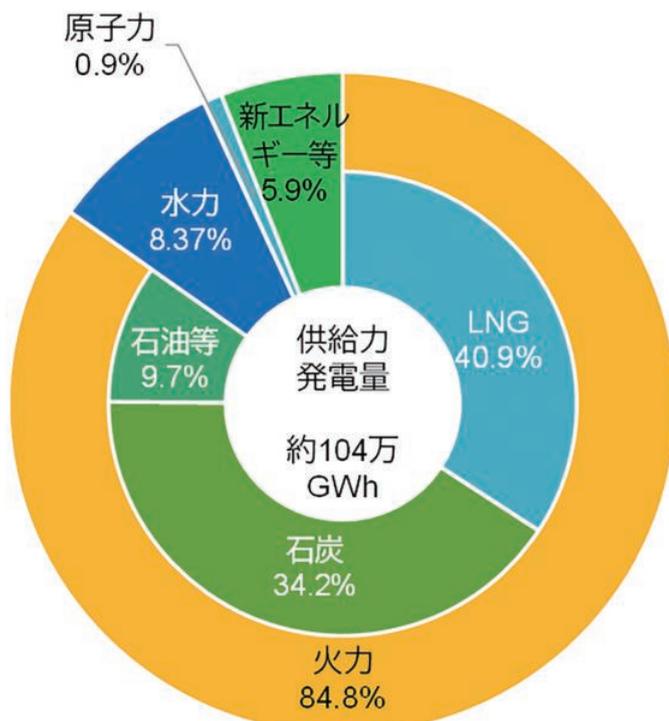


図2 電源別発電電力量の内訳（2015年）⁷⁾

※旧一般電気事業者（大手10社）を含む全ての電気事業者での発電計
 ※新エネルギー等には、太陽光、風力、地熱、バイオマスを含む

2.3 移動途中で必要となる給電量の推定

EV車の航続距離は、車重とバッテリー搭載量によって異なるが、おおそ大型トラックで200km、普通車で400km程度であることが多い。なお、実際の走行時には、満タンに充電されるとは限らないほか、電池の残量が完全になくなる前に再充電されることも考えられるため、再充電までの走行距離は、各々のフル充電時の航続距離の半分（大型車:100km、小型車:200km）と仮定する。これよりも移動距離が十分に短ければ、外出先での充電は不要だが、長距離の移動については高速道路の利用が大半と考えられる。

移動途中で再充電が必要となる給電量を、自動車起終点調査（OD調査）を基に算出した。その結果、走行距離が100km超の大型車トリップは、大型車全体の6.9%程度、200km超の小型車トリップは、小型車全体の0.1%程度であった。一方で、高速道路を対象とした自動車交通のトリップ長を対象に整理した結果、走行距離が100km超の大型車トリップは、大型車全体の37%程度、200km超の小型車トリップは、小型車全体の5%程度であった。

これらの整理結果を踏まえ、移動途中での再充電が必要となる電力量を試算した結果、約150億kwh/年（自動車交通が全てEV化した際に必要な電力量の10%程度）ほどの電力が必要であることがわかった。

表2 全トリップを対象とした自動車交通のトリップ長分布⁸⁾

トリップ長 ランク(km)	全体		うち大型車		大型車以外	
	トリップ数 (万トリップ)	分布(%)	トリップ数 (万トリップ)	分布(%)	トリップ数 (万トリップ)	分布(%)
0~50	15,173.4	96.8	724.9	85.8	14,448.5	97.4
50~100	333.3	2.1	62.0	7.3	271.3	1.8
100~150	81.6	0.5	22.0	2.6	59.6	0.4
150~200	34.5	0.2	10.9	1.3	23.6	0.2
200~300	28.2	0.2	10.0	1.2	18.2	0.1
300~400	12.6	0.1	5.5	0.7	7.1	0.0
400~500	5.6	0.0	3.2	0.4	2.4	0.0
500以上	9.9	0.1	6.0	0.7	3.9	0.0
合計	15,679.1	100.0	844.4	100.0	14,834.6	100.0

表3 高速道路を対象とした自動車交通のトリップ長分布⁸⁾

トリップ長 ランク(km)	全体		うち大型車		大型車以外	
	トリップ数 (万トリップ)	分布(%)	トリップ数 (万トリップ)	分布(%)	トリップ数 (万トリップ)	分布(%)
0~50	286.1	52.0	33.0	36.3	253.1	55.1
50~100	152.6	27.7	24.3	26.8	128.3	27.9
100~150	48.4	8.8	10.7	11.8	37.7	8.2
150~200	22.6	4.1	6.4	7.0	16.2	3.5
200~300	19.4	3.5	6.2	6.8	13.2	2.9
300~400	9.4	1.7	3.7	4.1	5.7	1.2
400~500	4.2	0.8	2.2	2.4	2.0	0.4
500以上	7.5	1.4	4.5	5.0	3.0	0.7
合計	550.2	100.0	90.8	100.0	459.4	100.0

3 必要な給電・送電施設

3.1 関越自動車道 / 東名・新東名高速道路の走行途中で給電を必要とする電力量

前章にて示した条件等を踏まえ、東京を起点とする関越自動車道（下り）と東名・新東名高速道路（下り）をモデルとして、必要となる給電量を、以下の2点を踏まえて試算した。

- ① 2015年度全国道路・街路交通情勢調査（自動車起終点調査）の高速道路利用トリップ長別分布割合を按分し、関越自動車道および東名・新東名高速道路の平均交通量を算出
- ② ①を基に、大型車 100km、小型車 200km 毎に充電が必要となる台数を算出（大型車 100km、小型車 200km 以下のトリップについては除外）

その結果、関越自動車道では、大型車は 1,700 台 / 日、小型車は 743 台 / 日であり、必要な電力量は 63.4 万 kwh / 日（約 2,500 世帯分の消費電力量*）となった。また、東名・新東名高速道路では、大型車は 6,260 台 / 日、小型車は 14,380 台 / 日であり、必要な電力量は 295.4 万 kwh / 日（約 1.2 万世帯分の消費電力量*）となった。なお、本試算は、首都圏を出発地とし、首都圏から 100km 程度以上離れた区間に充電のニーズが発生すると仮定して算出した。このため、経路中給電想定区間として、関越自動車道については高崎 JCT～長岡 JCT 間を、東名・新東名高速道路については御殿場 JCT～豊田 JCT 間を想定し算出したことに留意が必要である。

※電力事業連合会公表資料（1ヵ月当たり（2015年度））を基に算出

3.2 SA・PA 等における給電必要量・給電スペース

高速道路の利用を伴う長距離の移動の場合においては、SA

や PA、IC 付近での給電設備が必要となることが考えられる。また、急速充電器による充電には約 30 分程度の時間が必要であるため、1つの充電器で1日に10～20台程度の給電が可能であると考え、大型車で100～150口、小型車で50～100口程度の充電器が必要になると考えられる。

前項で設定した仮定を基に、走行中の給電に必要な電力量および給電スペースを試算すると、関越自動車道については、おおむね高崎 IC 以北、東名・新東名高速道路であれば、御殿場 JCT 以西となる。この内、関越自動車道の高崎 IC 以北に存在する SA・PA の駐車マス数（表 4）については、充電ニーズと比較すると、充電器を設置する駐車マス数は十分であるように思える。一方で、多くの SA では、図 3 のように、大型車を中心に駐車マスの飽和度が上限を超えている現象が生じていることを踏まえると、自動車の EV 化が進めば、充電ニーズが局所的または時間帯によって集中した場合に、長時間の充電待ちが発生することも考えられる。このため、高速道路における充電用の駐車マスの確保や、SA・PA 以外の道路空間を活用した給電方法の検討については、今後に向けた検討課題である。

表 4 走行中の給電に必要な充電器数（試算）

関越道	大型車	小型車
全区間 駐車マス数	1,034	2,921
(経路中給電想定区間内マス数)	364	1,188
(同区間対象平均交通量(日))	(100km以上) 1,700	(200km以上) 743
(※経路中給電想定区間として、関越道の高崎JCT～長岡JCT間を想定)		
東名・新東名高速道路	大型車	小型車
全区間 駐車マス数	3,384	6,938
(経路中給電想定区間内マス数)	1,633	2,538
(同区間対象平均交通量(日))	(100km以上) 6,260	(200km以上) 14,380

(※経路中給電想定区間として、東名・新東名高速道路の御殿場JCT～豊田JCT間を想定)
※交通量は、2015年 NEXCO 実測データおよび高速道路便覧を用いて算出

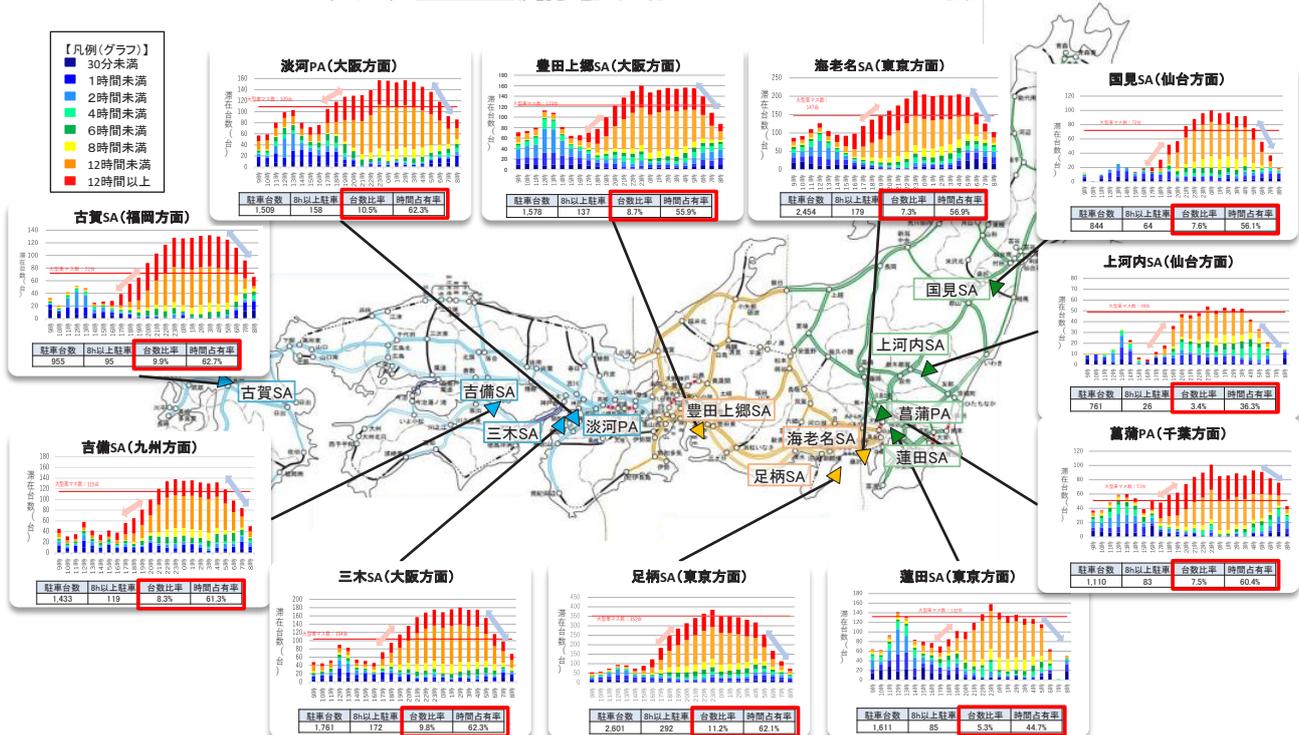


図 3 主要 SA における駐車マスの飽和度（対象：大型車）⁸⁾

3.3 給電・送電方法

EV車への給電方法としては、表5のように、接触型と非接触型、および停車時と走行時の組合せで4パターンが存在する。

表5 EV車への給電方法(例)⁶⁾

	停車中給電	走行中給電
接触給電	 【出典：東北道運田SAEV充電所 2022.11撮影】	 【出典：トヨタ(パワースタック)】
非接触給電	 【出典：日産非接触給電HPより】	 【出典：国土交通省道路局HPより】

停車中給電については、充電に一定の時間を要するため、物流ドライバーがメインの大型車にとってはやや非効率であるほか、非接触型の走行中給電については、舗装にコイルなどを埋め込む方式となると想定されることから、このような方式は、舗装の維持管理の面で課題が大きいと考える。

一方で、接触型の走行中給電については、車線の上空に架線を張り、自動車につけたパンタグラフから充電する方法が考えられる。現に、ドイツにて当該方式の研究・実証実験が進められており、15分間の走行中充電で、最長で約50km程度走行可能な電力が充電可能とされている。当該方式を日本に導入すると仮定した場合、台風や地震・豪雪等の災害によって支柱が倒れたり電線が切れたりすると、事故を引き起こしたり、災害対応への影響を及ぼすことが課題になるとと思われる。一方で、トンネル内への適用であれば、台風や雪の影響を低減でき、かつ、地震にも強いと、有効であると考えられる。

接触型の走行中給電の方式をトンネル内に導入することを仮定して、関越自動車道の高崎JCT～長岡IC間(下り:161km)と東名・新東名高速道路の御殿場JCT～豊田JCT間(下り(東名・新東名):521km)を対象に試算した。関越自動車道については、下り線に13箇所(17.8km)のトンネルが存在する。大型車が時速80kmで走行すれば、トンネル内走行時間は約13分となり、この間に架線から充電すれば、最長で約43kmもの距離が走行可能となる。これは、高崎JCT～長岡IC間の明かり部の延長(下り:143.2km)の約30%に相当する。また、東名・新東名高速道路については、下り線に57箇所(63.6km)のトンネルが存在する。大型車が時速80kmで走行すれば、トンネル内走行時間は約48分となり、この間に架線から充電すれば、最長で約159kmもの距離が走行可能となる。これは、御殿場JCT～豊田JCT間の明かり部の延長(下り(東名・新東名):約458km)の約35%に相当する。

関越自動車道の関越トンネル～小千谷IC間や、北陸自動車道等の、トンネルの比率が高い路線でのトンネル区間にて走行

中の充電が可能となれば、EV車の航続距離を伸ばすことに寄与できるほか、充電用の駐車マスの確保が課題となるSA・PAの充電設備を補完することも可能となる。また、SA・PAで充電する際に生じる停車時間が削減出来ることから、物流ドライバーの輸送時間や拘束時間の低減にもつなげられ、物流に係る労働環境や物流コストへの悪影響を抑えることも期待できる。

なお、送電方法としては、図4のような、既存の幹線道路ネットワークの道路空間を活用することも良いと思われる。これにより、現状として空き容量がほとんどない日本の電力送電系統網への負荷を抑えられるほか、SA・PA等の充電施設への送電や道路照明、通信設備、CCTVカメラ(監視・防犯カメラ)等への電力供給、および非常時において滞留しているEV車への最低限の電力供給をも行うことが可能となる。

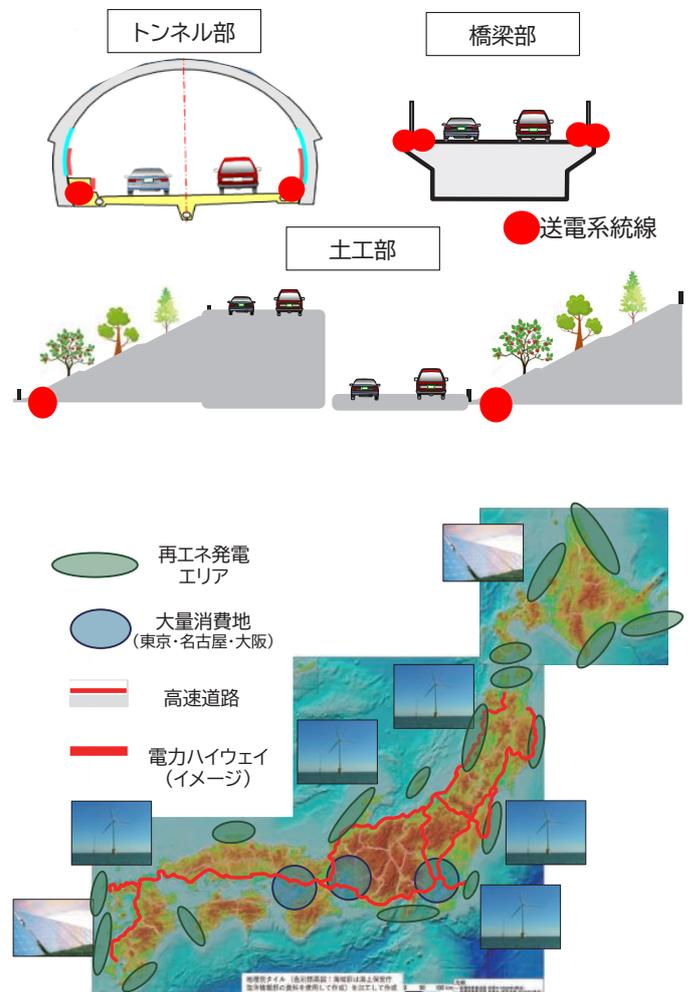


図4 道路空間への送電線の設置イメージ¹⁰⁾
※太陽光発電、風力発電の画像は、経済産業省資源エネルギー庁資料より引用

4 再生可能エネルギー（太陽光発電）の活用

道路交通でのグリーンエネルギーへの転換を進めるには、再生可能エネルギーの利活用が必要不可欠であると考えます。再生可能エネルギーの代表ともいえる太陽光発電は、図5のとおり、発電量が増加傾向にあり、地域全体での発電量が消費量を上回る事象が発生している。

また、2030年に供給される新築戸建住宅の約6割に太陽光発電を導入の実現に向けた取組・検討を進めている¹¹⁾ことを踏まえると、今後さらに太陽光発電の普及が進むにつれて、地域全体での発電量が消費量を上回る事象がより一層増加するものと想定される。また、送電線・変圧器に流すことのできる電力量には上限があり、日本の送電系統設備はすでに容量に空きが少ない箇所も多い。また、電力の需給バランスの調整力として期待の大きい揚水発電や系統用蓄電池については、現状では固定費用が高い一方で稼働率が低いこともあるため、現時点では中長期的な経済性が十分に確保できていない面があり¹³⁾、首都圏等の電力の大消費地に送電するのは容易ではないのが現状である（図6）。

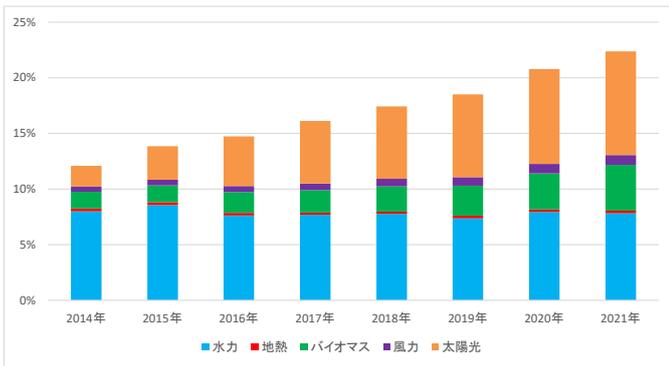


図5 日本の発電電力量に占める自然エネルギーの割合推移¹²⁾

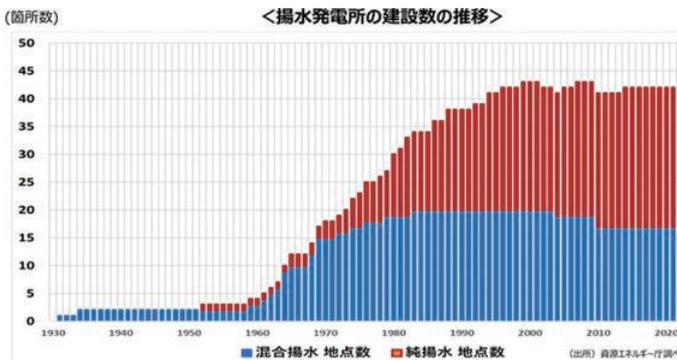


図6 揚水発電所の建設数の推移¹³⁾

今回の試算対象とした関越自動車道や東名・新東名高速道路が通過する群馬県や静岡県は、日照条件が良いため、太陽光発電の設置が進み、電力が余剰し、発電抑制が実施されることが想定される地域である。また、太陽光発電の普及が進んでいる

九州地方では、天候が良く、かつ電力消費量の少ない時期に、太陽光発電を含めた発電量が電力消費量を上回り、太陽光発電を抑制する出力制御が2018年10月から行われている。実際に、2022年度の制御電力量は4.5億kwhに達した（表6）。

表6 再生可能エネルギー出力制御の実施状況¹⁴⁾

電力会社	年間の出力制御の状況 (2022年度)		太陽光・風力発電との接続量(2023年度)		
	出力制御率 [%]	制御電力量/ 総需要 [億kWh]	合計 [万kWh]	太陽光 発電 [万kWh]	風力 発電 [万kWh]
北海道	0.04%	0.02/301	300	221	79
東北	0.45%	0.64/813	1030	814	216
北陸	-	-	139	122	17
中部	-	-	1156	1120	36
中国	0.45%	0.40/585	699	664	35
四国	0.41%	0.19/274	361	331	30
九州	3.0%	4.5/845	1216	1156	60
沖縄	0.08%	0.003/69	45	43.5	1.4

太陽光発電の出力制御は、北海道・東北・中国・四国・沖縄でも行われており、今後は出力制御を行う地域や日数、および制御電力量が増加することが想定される。

この余剰となる電力は、地方部を中心に、人口密度が小さく、電力消費の少ない、かつ、戸建て住宅の多い地域で多発しやすい傾向にある（図7）。

この余剰電力を高速道路のSA・PA等に送電し、EV車に給電することができれば、電力を消費地に送電しなくても太陽光発電の電力を有効に活用することが可能となる。

そのためには、SA・PA等に十分な給電設備が設置されなければならない。さらに、太陽光発電が余剰している地域・時間帯において電力料金を安くし、逆に電力が不足する地域・時間帯の料金を高く設定するなどの、太陽光発電の電力を有効活用し、行動変容を促せるような料金施策が重要である。

今後、高速道路のどの区間にEV車への給電ニーズがどの程度発生するのかを予測するとともに、それに対応する給電設備の検討を進める必要がある。

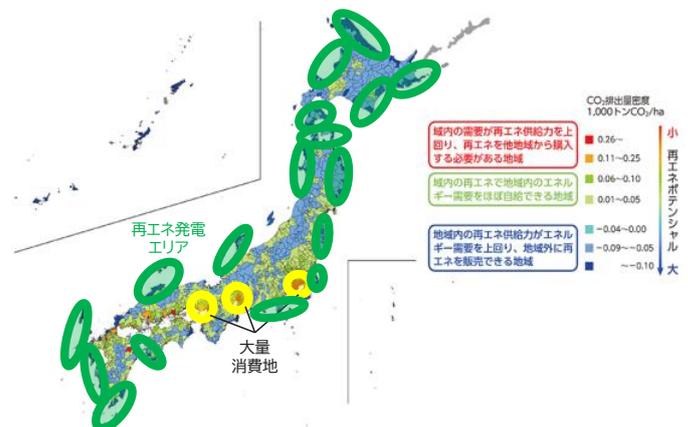


図7 再生可能エネルギーの発電エリアと電力の大量消費地との位置関係¹⁰⁾

5 おわりに

本稿で紹介した試算に用いたEV車の普及率や充電に要する時間等は、現在の自動車交通が全てEV化した場合を仮定して試算した。一方で、今後の技術開発や社会情勢の変化によって、EV車の航続距離や給電に必要な所用時間が改善されたり、水素自動車やe-fuel車の普及が進んだりすれば、必要となる給電施設数等は試算結果よりも低減できると想定される。

また、小型車であれば週末や観光シーズンに、大型車であれば夜間に充電のニーズが増加するほか、上下方向でのニーズの偏りも大きいと、局所的・瞬間的には試算結果よりも多くの充電設備が必要になることもあり得る。

さらに、我が国の物流を担う大型トラックは経済活動への影響が大きいため、EV化に伴う充電ニーズの大きさや給電方法について、今後さらに詳細に、かつ精緻に試算を進めるべきであり、大型トラックの脱炭素化に向けた検討として、自動物流道路も含めた、様々な選択肢の検討を深化する必要がある。

JICEでは、我が国におけるCO₂削減に向けた研究として、道路交通の電動化に関する研究を進めている。実現に向けては、EV車に係る充電ニーズの変動に対応可能な十分な給電設備の整備・供給が必要であり、その実現に向けては道路行政の役割が大きいと考える。今後も関係機関の協力を得ながら、道路分野での脱炭素化に資する提言を行うように尽力して参りたい。

謝辞

本検討を進めるにあたり、東日本高速道路株式会社と東京電力パワーグリッド株式会社より多大なご協力をいただきました。ここに深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 内閣官房：GX 実行会議（第5回）資料1, 2022.12.22
(https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/dai5/siryu1.pdf)
- 2) 国土交通省大臣官房技術調査課：社会資本整備審議会・交通政策審議会技術分科会 第32回技術部会 資料3, 2023.2.16
(<https://www1.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001587784.pdf>)
- 3) 国土交通省道路局：社会資本整備審議会 道路分科会 第82回基本政策部会 資料1-1, 2023.8.9
(<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001623768.pdf>)
- 4) 国土交通省道路局：道路におけるカーボンニュートラル推進戦略 中間とりまとめ, 2023.9.5
(<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/utilization/datutansoka/cn.html>)
- 5) 国際エネルギー機関 (IEA): Global EV Data Explorer
(<https://www.iea.org/data-andstatistics/data%20tools/global-ev-data-explorer>)
- 6) 井上清敬, 田中敬也, 牧野浩志, 篠田宗純: 来たるべき脱炭素社会に向けたインフラ分野の可能性, JICE REPORT 第43号, pp.4-9, 2023.7
(https://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/tech/reports/43/jice_rpt43_02.pdf)
- 7) 経済産業省資源エネルギー庁：「総合エネルギー統計」を基に作成
- 8) 国土交通省道路局：「2015年度全国道路・街路交通情勢調査（自動車起終点調査）」を基に作成
- 9) (独法) 日本高速道路保有・債務返済機構：高速道路SA・PAにおける利便性向上に関する検討会 第2回検討会 資料2-1, 2022.11.17
(https://www.jehdra.go.jp/pdf/torikumipdf/ribenseikoujyou_r0411_4.pdf)
- 10) 環境省：「令和元年版 環境・循環型社会・生物多様性白書」, p.8, 2019」を基に作成
(<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r01/html/hj19010103.html>)
- 11) 内閣府：第13回 再生可能エネルギー等に関する規制等の総点検タスクフォース 資料1-1, 2021.7.27
(<https://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kisei/conference/energy/20210727/210727energy02.pdf>)
- 12) 特定非営利活動法人環境エネルギー政策研究所：2021年の自然エネルギー電力の割合（暦年・速報）, 2022年4月4日
(<https://www.isep.or.jp/archives/library/13774>)
- 13) 経済産業省資源エネルギー庁：総合エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 / 電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会（第46回）資料2, 2022.11.15
(https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/046_02_00.pdf)
- 14) 経済産業省資源エネルギー庁：「系統ワーキンググループ（第46回）資料1, 2023.5.29」を基に作成
(https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene-shinene/shin_energy/keito_wg/pdf/046_01_00.pdf)