

FACTCHECKS

2019年5月13日 17:01

ファクトチェック: 電気自動車が気候変動にどのように貢献するか



ジーク・ハウスファーザー(Zeke Hausfather)

2019.05.13 | 17時01分

Factchecks

<https://www.carbonbrief.org/factcheck-how-electric-vehicles-help-to-tackle-climate-change>

翻訳: DeepL with 朴勝俊(2021/9/17)

2020年7月2日更新。電力の炭素原単位や電池の製造に関する最新のデータを反映して、ライフサイクルの排出量を修正しました。

電気自動車(EV)は、気候変動に関するグローバルな目標を達成するための重要な要素です。[パリ協定](#)の目標である2°Cまたは1.5°C以下に温暖化を抑制する[緩和策](#)の中で、電気自動車は重要な位置を[占めています](#)。

しかし、EVから直接温室効果ガスが排出されることはありませんが、EVは世界の多くの地域で化石燃料から生産された電気で走行しています。また、車両の製造、特にバッテリーの製造にもエネルギーが使われています。

メディアの最近の、誤解を招くような報道を受けて、Carbon Briefが電気自動車の気候への影響について詳細に分析しました。この分析で、Carbon Briefは次のことを発見しました。

- 欧州全体で見ると、EVは従来型(内燃機関)の自動車に比べて、そのライフサイクルにおける排出量がかなり少ない。
- 石炭集約型の発電を行っている国では、EVのメリットは小さく、ハイブリッド電気自動車など、最も効率の良い従来型の自動車と同等のライフサイクル排出量になる可能性があります。

- しかし、各国が気候目標を達成するために発電の脱炭素化を進めると、既存のEVでは走行時の排出量が減少し、新規のEVでは製造時の排出量が減少します。
- 2019年の英国では、日産リーフEVを運転した場合の、1kmあたりのライフサイクル排出量は、発電の炭素原単位の低下を考慮する前でも、平均的な従来の車の約3分の1倍となりました。
- 電気自動車と従来の自動車との比較は複雑です。電気自動車と従来型自動車の比較は、自動車の大きさや、使用する燃費予測の精度、発電時の排出量の算出方法、想定される運転パターン、さらには自動車を使用される地域の天候などによって異なります。どこにでも適用できる単一の推定値はありません。

また、電気自動車のバッテリー生産に伴う排出量については、研究によって大きく異なる数値が出ており、不確実性が高いです。電池の価格が下がり、自動車メーカーが航続距離の長い大型の電池を搭載するようになると、電池生産に伴う排出量が、電気自動車の気候変動対策に与える影響が大きくなります。

電池生産時の排出量の約半分は、電池の製造や組み立てに使用される電力によるものです。ベストセラー商品である[テスラモデル3に搭載されている](#)バッテリーのように、比較的、低炭素の電力が用いられている地域や、再生可能エネルギーを利用した工場でバッテリーを生産することで、バッテリーの排出量を大幅に削減することができます。

異なる研究では異なる結果が出る

ドイツのシンクタンク Institute for Economic Research ([ifo](#))の研究者グループが[最近発表したワーキングペーパー](#)によると、「電気自動車は今後数年間、ドイツでのCO₂排出量削減にほとんど貢献しない」という結果が出ています。ドイツでは、「電池式自動車のCO₂排出量は、最良のケースでも、ディーゼルエンジンのそれよりもわずかに多い」と示唆しています。

この研究は海外のメディアにも取り上げられ、ウォール・ストリート・ジャーナル紙は「[ドイツの汚いグリーンカー](#)」と題した社説を掲載しました。また、「[Jalopnik](#)」や「[Autoblog](#)」に掲載された記事や、[個々の研究者による反論](#)など、電気自動車を支持する人々からの反発を招きました。

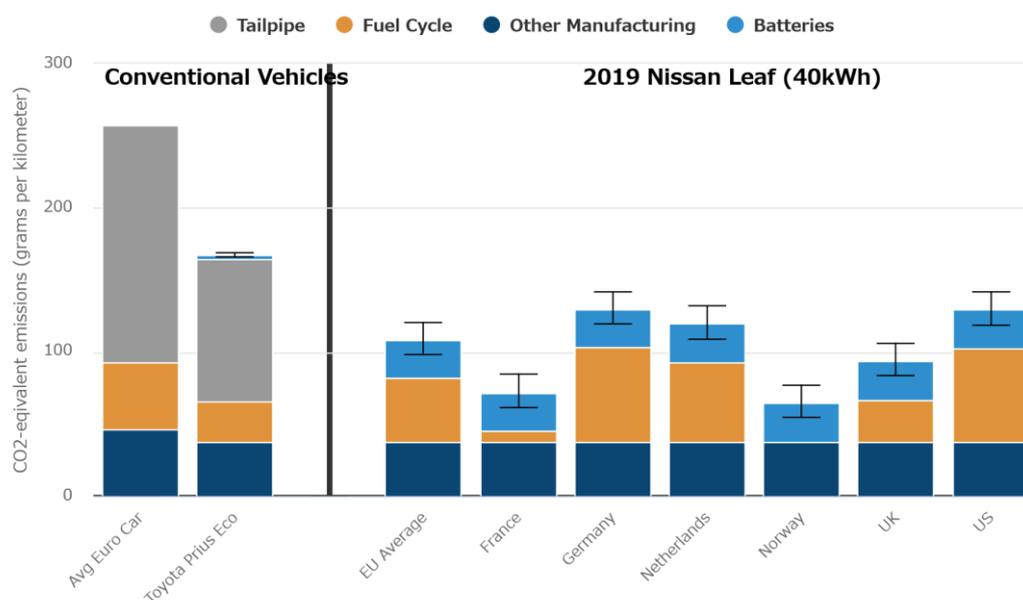
ドイツにおける、電気自動車に関する最近の他の研究では、逆の結論が出ています。[ある研究では](#)、電気自動車の排出ガスはディーゼル車に比べて最大で43%も低いことがわかりました。[また別の研究では](#)、「調査したすべてのケースにおいて、電気自動車は内燃機関を搭載した自動車よりもライフサイクルの気候変動影響が小さい」と詳細に述べています。

これらの違いは、研究者が使用している前提条件に起因しています。[カーネギー・メロン大学の車両電動化グループ](#)のディレクターである[ジェレミー・ミシャレック](#)教授は Carbon Brief に対し、「どの技術がトップになるかは、多くのことに依存する」と述べています。具体的には、どの車両を比較するかや、どのような電力グリッドミックスを想定するか、電気の限界排出量と平均排出量のどちらを使用するか、どのような運転パターンを想定するかです。そして天候にも左右されます。

下の図は、国際クリーン輸送協議会 (ICCT) の[分析結果をもとに](#)、欧州の一般的な従来型 (内燃機関) 自動車と、燃費が最も良いハイブリッドの従来型自動車 ([2019 年のトヨタ・プリウス・エコ](#))、そして日産リーフ電気自動車の[ライフサイクル排出量を](#)、EU 平均および、各国別に、試算したものです。[リーフは 2018 年に欧州で[最も売れた](#) EV です]。

このグラフには、テールパイプからの排出量 (グレー) と、石油の生産・輸送・精製・発電を含む[燃料サイクル](#)からの排出量 (オレンジ)、自動車のバッテリー以外の部品の製造からの排出量 (ダークブルー)、そしてバッテリー製造からの (控えめに見積もった場合の) 排出量 (ライトブルー) が含まれています。

Lifecycle greenhouse gas emissions: conventional v Nissan Leaf



従来型自動車と電気自動車 (国別) のライフサイクル温室効果ガス排出量 (単位: グラム CO₂ 換算 / キロメートル)、自動車のライフサイクル走行距離を 15 万キロメートルと仮定。Hall and Lutsey 2018 の図 1 から引用。計算の詳細は、記事の最後にあるメソッドのセクションにある。エラーバーは、バッテリー製造による排出量の値の範囲を示している。Chart by Carbon Brief using [Highcharts](#).

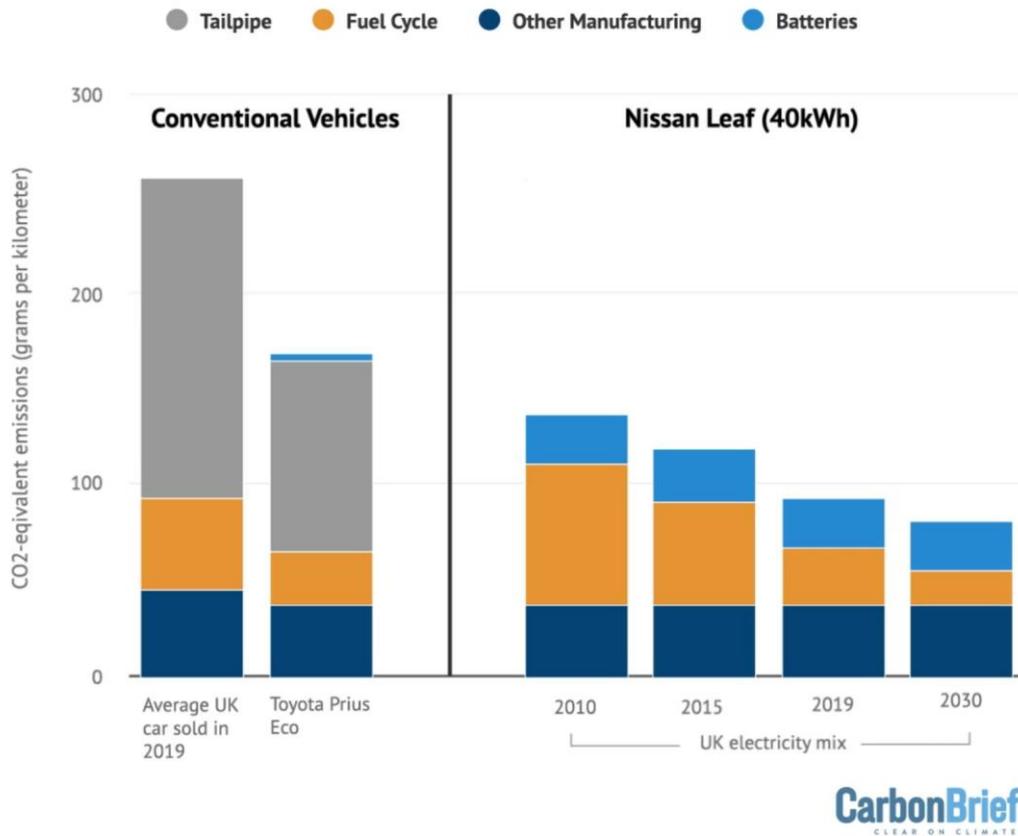
ほとんどの国では、電気自動車も従来型の自動車も、耐用年数中の排出量の大半は、自動車の製造よりも、テールパイプや燃料サイクルなど、自動車の運行に起因するものです。ただし、ノルウェーやフランスなど、ほぼすべての電力が水力発電や原子力発電など、炭素ゼロに近い電源で賄われている国では例外です。

1 ガロンのガソリンやディーゼルを燃やすときに排出される炭素は減らすことができませんが、発電時の炭素は違います。電気自動車のライフサイクルにおける排出量は、電力のほとんどを原子力でまかなっているフランスや、自然エネルギーでまかなっているノルウェーなどでは、はるかに少ないのです。

上の図では、電気自動車の排出量は、各国の現在のグリッドミックスを前提としています。しかし、[パリ協定](#)で定められた気候目標が達成されてゆけば、発電による炭素消費量が大幅に減少し、電気自動車の優位性がさらに高まると考えられます。

例えば英国では、発電による排出量が過去3年間で[38%減少し](#)、2020年代半ばから後半にかけて70%以上減少すると予想されていますが、これは現在購入されている電気自動車の耐用年数内です。

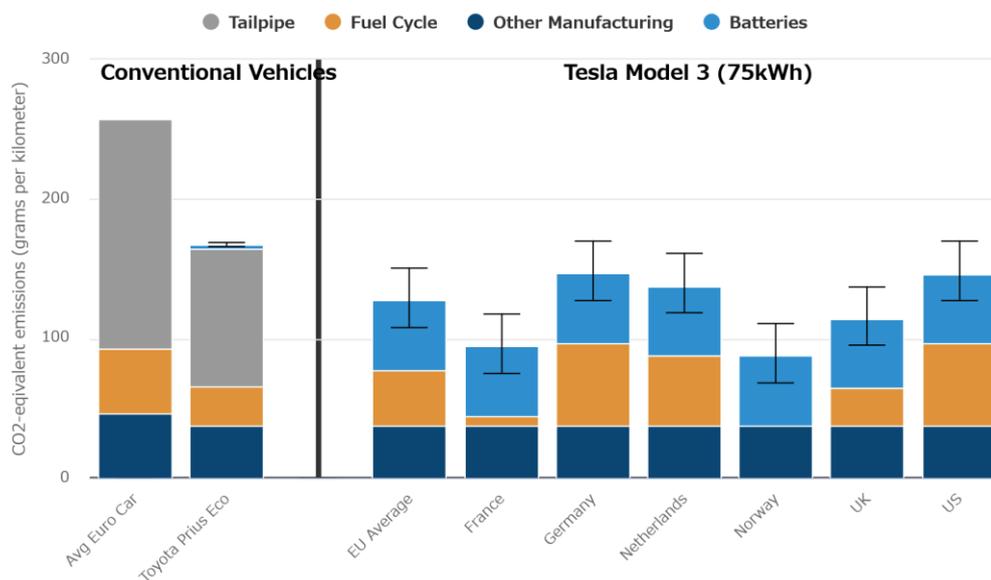
EV emissions will keep on falling as the electricity mix gets cleaner over time



バッテリー生産に伴う排出量は、[IVL スウェーデン環境研究所](#)による最新(2019年)の推定値を使用しています。ここで分析した日産リーフには40キロワット時(kWh)のバッテリーが搭載されていますが、テスラモデル3には[50kWh または 75kWh](#)のオプションがあります(以前は62kWhのオプションもありましたが、現在は廃止されています)。

下図は、日産リーフのバッテリーと同様に、電力の大部分を石炭でまかなっているアジアでバッテリーを生産した場合の、モデル3のライフサイクル排出量の推定値です。この分析では、ifoの調査と同じように75kWhの長距離モデルを使用していますが、50kWhの中距離モデルの場合、バッテリー製造時の排出量は約3分の1になります。

Lifecycle greenhouse gas emissions: conventional v Tesla (Asian battery)



CB

Lifecycle greenhouse gas emissions for conventional and electric vehicles (by country) in grammes CO₂-equivalent per kilometre, assuming 150,000 kilometres driven over the vehicle lifetime. Same as the prior figure, but using a 75kWh battery rather than a 40kWh battery. Chart by Carbon Brief using [Highcharts](#).

従来型自動車と電気自動車のライフサイクルにおける温室効果ガス排出量(国別)、単位:グラム CO₂/キロメートル、車両寿命期間中に 15 万キロメートル走行した場合。前述の図と同じだが、40kWh のバッテリーではなく 75kWh のバッテリーの使用を想定している。Chart by Carbon Brief using [Highcharts](#).

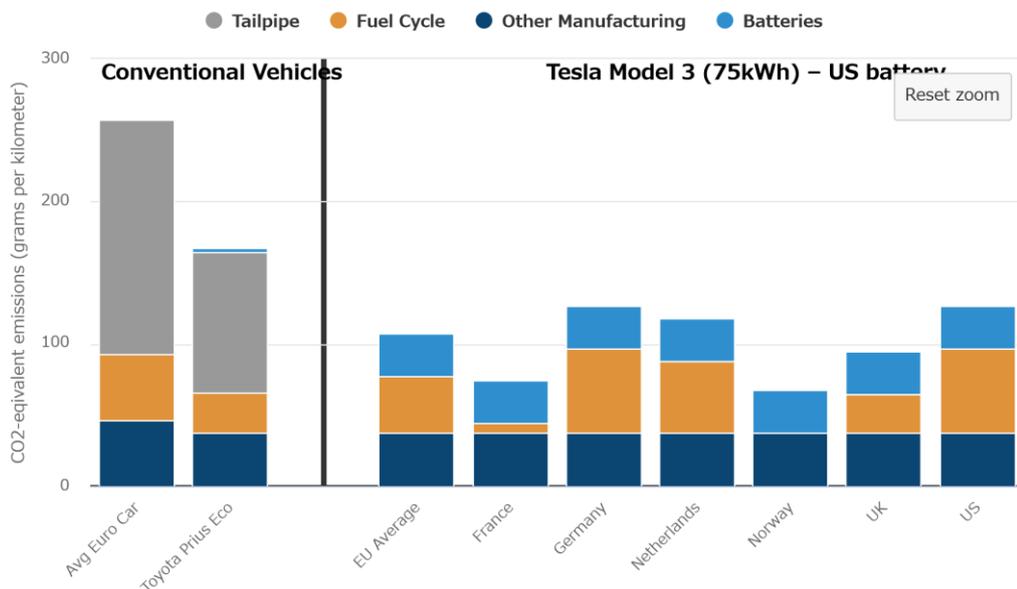
これらの仮定のもとでは、テスラモデル 3 のライフサイクルにおける温室効果ガスの排出量は、ドイツでは、最も評価の高い従来車よりも多くなりますが、それでも平均的な自動車よりも気候に良い影響を与えることとなります。他の国では、長距離走行が可能なテスラモデル 3 でさえ、ガソリン車よりも排出量が少なくなります。

しかし、テスラのバッテリーが実際には[ネバダ州で製造されているという](#)事実は、この計算に重要な違いをもたらします。後述するように、米国で生産されたバッテリーのライフサイクル排出量の推定値は、アジアで生産されたバッテリーに比べて著しく低い傾向があります。

バッテリーのライフサイクルにおける排出量の約 50%は、バッテリーの製造と組み立てに使用される電力に起因しています。そのため、テスラの工場のように再生可能エネルギーを利用した工場でのバッテリーを製造することで、ライフサイクルの排出量を大幅に削減することができます。

下の図は、テスラの「[ギガファクトリー](#)」で生産されたバッテリーを搭載したテスラモデル 3 のライフサイクル排出量を Carbon Brief が試算したものです。

Lifecycle greenhouse gas emissions: conventional v Tesla (US battery)



CB

Lifecycle greenhouse gas emissions for conventional and electric vehicles (by country) in grammes CO₂-equivalent per kilometre, assuming 150,000 kilometres driven over the vehicle lifetime. Same as the prior figure, but assuming battery manufacturing emissions of 61kg rather than 100kg CO₂-equivalent per kWh. Chart by Carbon Brief using [Highcharts](#).

従来型自動車と電気自動車のライフサイクルにおける温室効果ガス排出量(国別)、単位:グラム CO₂換算/km、車両寿命期間中に 15 万 km 走行した場合。前述の図と同じだが、バッテリー製造時の排出量を 1kWh あたり 100kg ではなく 61kg の CO₂換算量と仮定。Chart by Carbon Brief using [Highcharts](#).

製造条件を考慮すると、ネバダ州のギガファクトリーで生産された 75kWh のバッテリーを搭載したモデル 3 は、排出量が大幅に少なくなり、ライフサイクルでの気候変動への影響は、日産リーフの試算に近いものとなります。

発電からの排出量は国によっても異なり、ある地域では他の地域よりもはるかにクリーンな発電構成になっています(それに応じて、電気自動車にとっての気候変動へのメリットも大きくなります)。

上記の数値は、従来の自動車と電気自動車の排出量を、[テストサイクルの数値](#)ではなく、[実際の走行条件を反映して調整](#)しています。これは重要なことです。というのも、公式に発表されている燃費は、[実際の走行条件とは大きく異なる可能性があり](#)、従来型自動車と電気自動車の比較に大きな影響を与えるからです。

炭素負債の返済

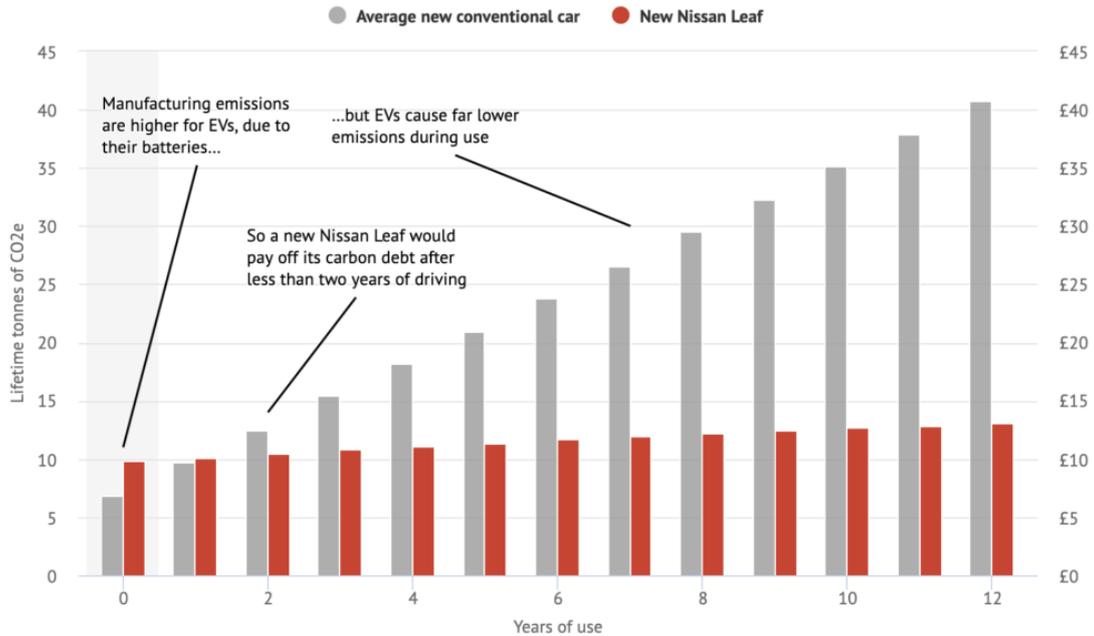
上の図の分析では、合計 15 万 km 走行した場合を想定して、EV と従来の自動車のライフタイム全体を比較しています。

しかし、EV 用の炭素集約型バッテリーパックの製造で発生した初期の「炭素負債」をどのくらいの期間で返済できるのか、時間軸で比較することも可能です。

例えば、すでに述べたように、2019 年に英国で購入した日産リーフ EV の新車のライフサイクル排出量は、平均的な従来型の新車の約 3 倍になります。

これを時系列で見ると、下の図のように、「0 年目」の自動車製造時にはバッテリーが原因で排出量が増えるものの、この過剰な炭素負債は 2 年弱の走行で元に戻ることがわかります。

A new **Nissan Leaf EV** pays back emissions from battery production after less than two years – and emits three times less CO₂ in its lifetime than the **average new conventional car** in the UK

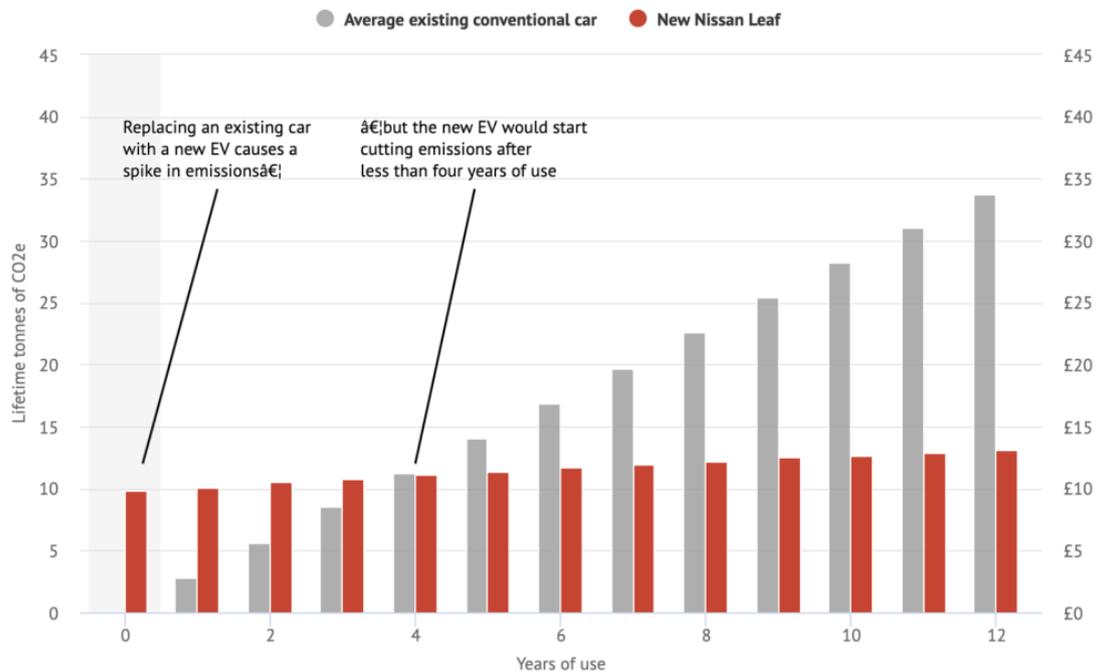


平均的な在来車の新車と日産リーフの新車の温室効果ガス累積排出量。数値は、12年間のライフサイクル走行距離を15万kmと仮定した場合のライフサイクルCO₂換算トン数。EVの燃料サイクルの排出量は、1年目は2019年の英国の電力の炭素原単位に基づき、2030年の目標である100gCO₂/kWh以降に向けて、段階的に改善していくものとする。Chart by Carbon Brief using [Highcharts](#).

上のグラフを見ると、使用段階での排出量の差が比較的大きく、イギリスでは毎年2~3トンのCO₂換算量をEVが削減していることがわかります(この数字は、電力ミックスがクリーンになるにつれて減少していきます)。

つまり、下の図のように、新しいEVが従来の車に取って代わったとしても、4年未満の使用で、古い車を使い続けた場合に比べて、排出量の削減が始まるということです。

A **new Nissan Leaf EV** would start cutting emissions after less than four years, relative to continuing to drive an **average existing conventional car** in the UK



新車の日産リーフと既存の在来車の温室効果ガスの累積排出量。既存車の CO₂ 排出量は、2019 年の平均的な新車と同等であると寛大に仮定している。両車が 12 年間で 15 万 km 走行すると仮定した場合の CO₂ 換算の累積トン数であり、既存の在来車が高年式であるにもかかわらず、その間に両車が交換されない場合の数値である。EV の燃料サイクルの排出量は、1 年目は 2019 年の英国の電力の炭素原単位に基づき、2030 年以降は 100gCO₂/kWh の目標に向けて徐々に改善していく。Chart by Carbon Brief using [Highcharts](#).

この点は、既存の従来型自動車の排出量が平均的な新型自動車と同等であるという寛大な仮定がなければ、さらに明確になるでしょう。

なお、上記の累積ライフサイクル排出量のグラフは、記事の残りの部分との一貫性を保つために、12 年間で 150,000km、つまり 1 年あたり約 7,800km の走行を想定しています。

この数字は、2017 年の英国の平均年間走行距離が [7,100 マイルに近かった](#)ことを考えると、わずかに上回っています。しかし、これぐらい走行距離が少なくなっても、従来型の自動車を EV に置き換えれば、わずか 4 年強で排出量の削減が可能になります。

問題のある燃費推定値

[ifo 社の研究は](#)、実世界の性能ではなくテストサイクルの燃費値を使用することの潜在的な落とし穴を示す例となっています。この研究では、自動車の生産に伴う排出量を考慮した上で、[メルセデス C220](#) と新型テスラモデル 3 のライフサイクル排出量を比較しました。その結果、テスラのライフサイクル排出量は、メルセデスの 90~125%であると示されました。

言い換えれば、大げさな見出しにもかかわらず、ifo の結果によれば EV は、ディーゼル車に比べて悪いものだけでなく、わずかに良いものもあったのです。

この調査では、メルセデスの燃費を 1 ガロンあたり 52 マイル (mpg) と想定しています。これは、[米国の](#) 平均的な自動車 (ガソリン車で 25mpg) を大幅に上回りますが、[英国の](#) 平均的な燃費 (ガソリン車で 52mpg、ディーゼル車で 61mpg) とほぼ同じです。しかし、燃費試験の方法が違えば、結果も大きく異なります。

[米国 EPA の燃費値](#) は実際の走行状況を反映している傾向がありますが、EU で採用されている NEDC ([New European Driving Cycle](#)) の値は、実際の自動車の燃費を [最大で 50%](#)、メルセデス車の場合はそれ以上に誇張している [可能性があります](#)。

一方、[本研究で想定した](#) Tesla Model 3 のエネルギー使用量 (241W/mile) は、[EPA による](#) 実使用量の [推定値](#) (260W/mile) よりもわずか 8% 少ないものです。従来型車両の燃費をより現実的な見積もりにすると、ifo 分析の結果に大きな影響を与え、EV オプションの方が、従来型車両よりも好ましいものとなります。

バッテリーの排出量に大きな差がある

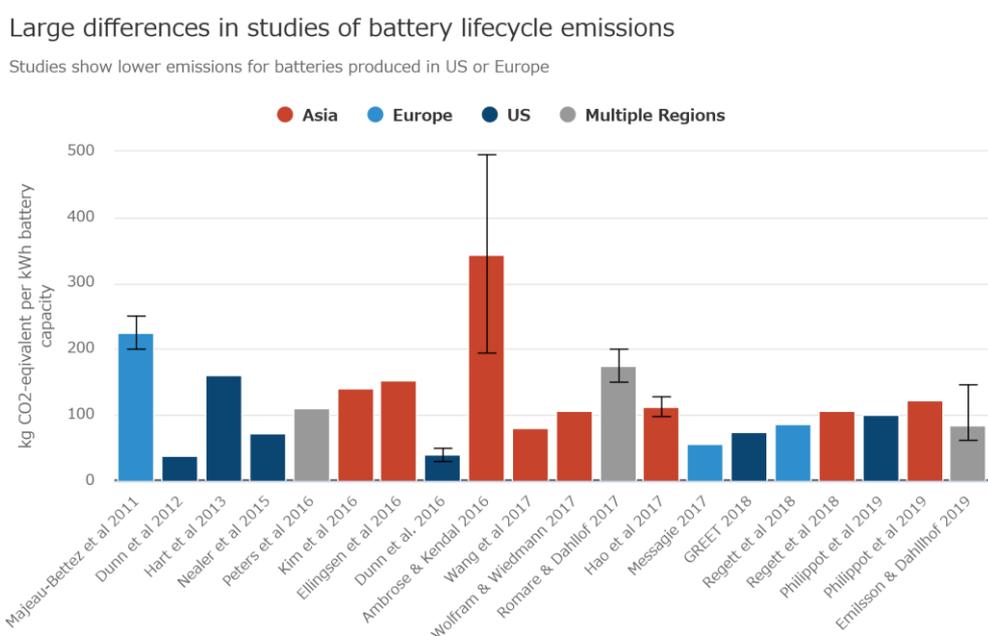
[ifo の研究も ICCT の分析も](#)、バッテリー製造からの排出量については、スウェーデン環境研究所 (IVL) が [2017 年に発表した](#) 同じ推定値に依拠しています。IVL は、2010 年から 2016 年にかけて発表された研究を調査し、バッテリー製造時の排出量は、バッテリー容量 1kWh あたり CO₂ 換算で 150~200kg の可能性がある [と結論づけています](#)。

IVL が調査した研究の大半は、米国やヨーロッパではなく、アジアでの電池生産を対象としていました。IVL の調査では、バッテリー技術は急速に進化しており、製造時の排出量を削減できる可能性が大きいことも指摘されています。

IVL の研究はかなりの [批判を受け](#)、2019 年末には [大幅な修正](#) を受けました。IVL の研究者は現在、バッテリー製造時の排出量は実際には 1kWh あたり 61~106kg の CO₂ 換算量で、上限は 146kg と推定しています。下限の 61kg という見積もりは、バッテリー製造で使用されるエネルギー

が、ゼロカーボン電源から供給される場合のもので、IVL では、今回の改訂は、近年になって規模と生産量が大幅に拡大した、商業規模の電池工場のエネルギー使用量を、より現実的に測定するなど、電池製造に関する新しいデータを反映したものであると考えています。

Carbon Brief は独自に文献を調査し、最近発表された電池製造によるライフサイクル排出量の推定値を探しました。下の図は、2017 年の IVL 推定値の後に発表された 7 つの研究を含む、17 の異なる研究のデータを示しています。この図では、電池が製造された地域に基づいて研究を分けています。アジア (赤) や、欧州 (水色)、米国 (紺)、そして複数の地域を調査したレビュー (灰色) です。



CB

Literature review of lifecycle greenhouse gas emissions from lithium ion battery manufacture, in kg CO2-equivalent per kWh of battery capacity. Studies are coloured based on the region in which batteries were manufactured. Error bars are shown when provided. The original IVL study is included as the "Romare & Dahllof 2017" bar, while the revised IVL study is included as "Emilsson & Dahllof 2019". Chart by Carbon Brief using Highcharts.

リチウムイオン電池の製造に伴うライフサイクルの温室効果ガス排出量に関する文献調査(単位:電池容量 1kWhあたり CO₂換算 kg)。研究は、電池が製造された地域に基づいて色分けされている。エラーバーが示されている研究は、ここでもそれを表示しています。オリジナルの IVL 研究は「Romare & Dahllof 2017」として、改訂版の IVL 研究は「Emilsson & Dahllof 2019」として収録されています。Chart by Carbon Brief using Highcharts.

近年発表された研究のほとんどは、ライフサイクル排出量が当初の IVL 研究の数値よりも小さく、2017 年以降に発表されたものでは、1kWh あたりの CO₂ が平均 100kg 前後となっています。これらの新しい推定値は、2019 年に改訂された IVL 調査の数値とよく一致しています。製造時の排出量の推定値は、アジアでは一般的に欧州や米国よりも高くなっていますが、これはこの地域で発電に石炭が広く使用されていることを反映しています。アジアで製造された電池と欧米で製造された電池を直接比較した研究では、アジア以外の地域ではライフサイクル排出量が約 20%低いことがわかりました。

多くの研究では排出量を、採掘・精錬などのオフサイトで行われる材料生産と、バッテリーを組み立てる実際の製造工程に分けています。これらの研究では、ライフサイクルにおける排出量の約半分がオフサイトでの材料生産によるもので、半分が製造工程で使用される電力によるものであることがわかっています。これは、2017 年の IVL レポートから抜粋した、部品と製造段階ごとのライフサイクル排出量を示す下の表に示されています。

Component	kg CO ₂ -eq/kWh battery		
	Raw material mining and refining ^{a)}	Battery grade material production (including mining and refining) ^{b)}	Manufacturing (component and cell + battery assembly)
Anode	2-11	7-25	
Cathode	7-18	13-20 (90) ^{c)}	
Electrolyte	4,00	4-13	
Separator	<0,5	Approx. 1	
Cell case	<0,1	Approx. 1	
Battery case	4-13	10-25	
Cooling	0-3	2-6	
BMS	<1	4-30	
Total	18-50	48-121 (216)	20-110
Most likely value <i>(Based on the assessment of transparency and scientific method done in the report)</i>		60-70	70-110

電池の製造に伴うライフサイクル温室効果ガスの排出量(部品別、製造段階別)(電池容量 1kWh あたりの CO₂ 換算値)。Romare & Dahllöf (2017)の表 19 より。

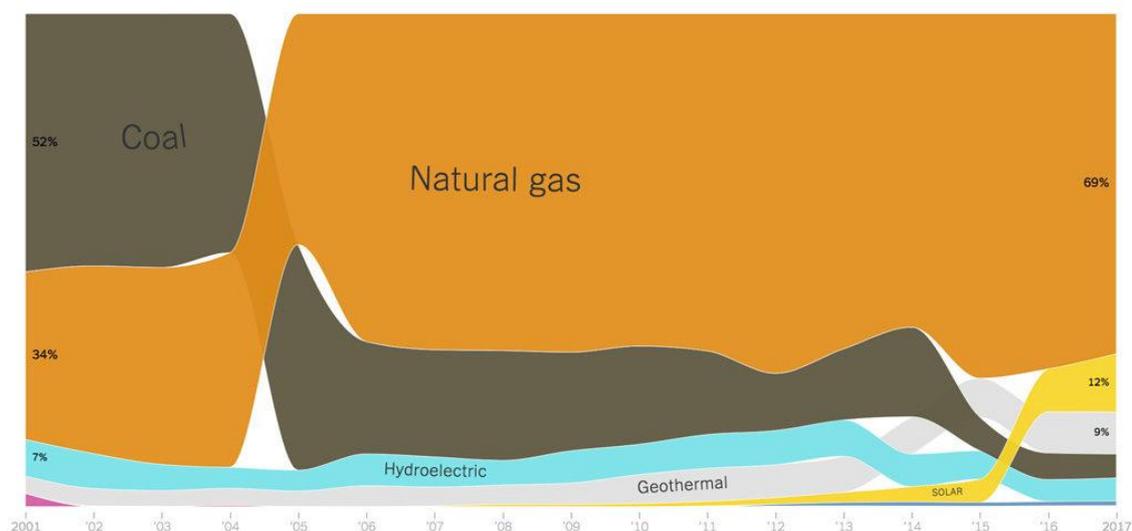
[IVL の調査](#)でも指摘されているように、「製造業は生産の影響の大部分を占めています。このことは、生産地や電力構成が結果に大きな影響を与える可能性を示唆しています」。

これは、現在 Model 3 に搭載されているすべてのバッテリーを生産しているテスラのネバダ州ギガファクトリーからのバッテリー排出量を見積もる際に考慮すべき重要な要素です。

テスラのギガファクトリーがあるネバダ州の電力は、米国の平均と比べて炭素原単位が平均で約 30% 低くなっています。ネバダ州では、下の図に示すように、過去 20 年間で石炭による発電をほぼすべて廃止しました。

How Nevada generated electricity from 2001 to 2017

Percentage of power produced from each energy source



2001 年から 2017 年までのネバダ州の発電量構成 (New York Times より)。

テスラは最近、ギガファクトリーの屋上に世界最大規模のソーラールーフの建設を開始しました。このソーラールーフとバッテリーストレージを組み合わせることで、ギガファクトリーで使用する電力のほぼすべてを賄うことができます。

下の画像は、2019 年 4 月 18 日現在の太陽光パネル設置状況ですが、設置が完了すると屋根のほぼ全体がパネルで覆われる予定です。



2019年4月18日現在、進行中の Tesla Gigafactory のソーラールーフ設置状況。画像は [Teslarati](#) より。

ギガファクトリーは、エネルギー効率を重視して[建設されており](#)、可能な限り材料を再利用しています。ただし、テスラはこの工場での電池生産に伴うエネルギー使用量と排出量の数値を公表していないため、実際のところは不明です。

近年の研究では製造業のライフサイクルにおける排出量が低く見積もられていることや、製造施設が比較的低碳素な発電構成の州にあることを考慮し、カーボン・ブリーフでは [IVL 社改訂版研究](#)に基づき、1kWh あたり 61kg の CO₂ 換算量を見積もっています。

これは、ドイツのリサーチセンター・フォー・エナジー・エコノミクス ([FFE](#)) が最近発表した、ドイツでのバッテリー生産に関する試算とよく似ています。FFE は、ネバダ州ギガファクトリーの目標である再生可能エネルギーを利用してバッテリーを生産した場合、排出量は 1kWh あたり 62kg の CO₂ 換算量にまで減少するとしています。

いつ、どのように発電するかが重要

EV の気候変動への影響は、EV を使用する国だけでなく、どの地域で使用するかによっても異なります。[例えば](#)アメリカでは、発電方法に大きな違いがあり、カリフォルニアやニューヨークなどでは、中部に比べてはるかにクリーンな電力が供給されています。

また、発電時の排出量をどのように算出するかも重要です。この記事で紹介したものを含め、多くの分析では発電による平均的な排出量を使用していますが、ミシャレックはこの値を使用するとやや誤解を招く結果になると Carbon Brief に語っています。

ミシャレックは、「限界排出量(追加的発電からの排出量)」を使う方が正確だと言います。これは、EV の充電による新たな需要に対応するために発電所を稼働させた場合の排出量を反映したものと説明されます。

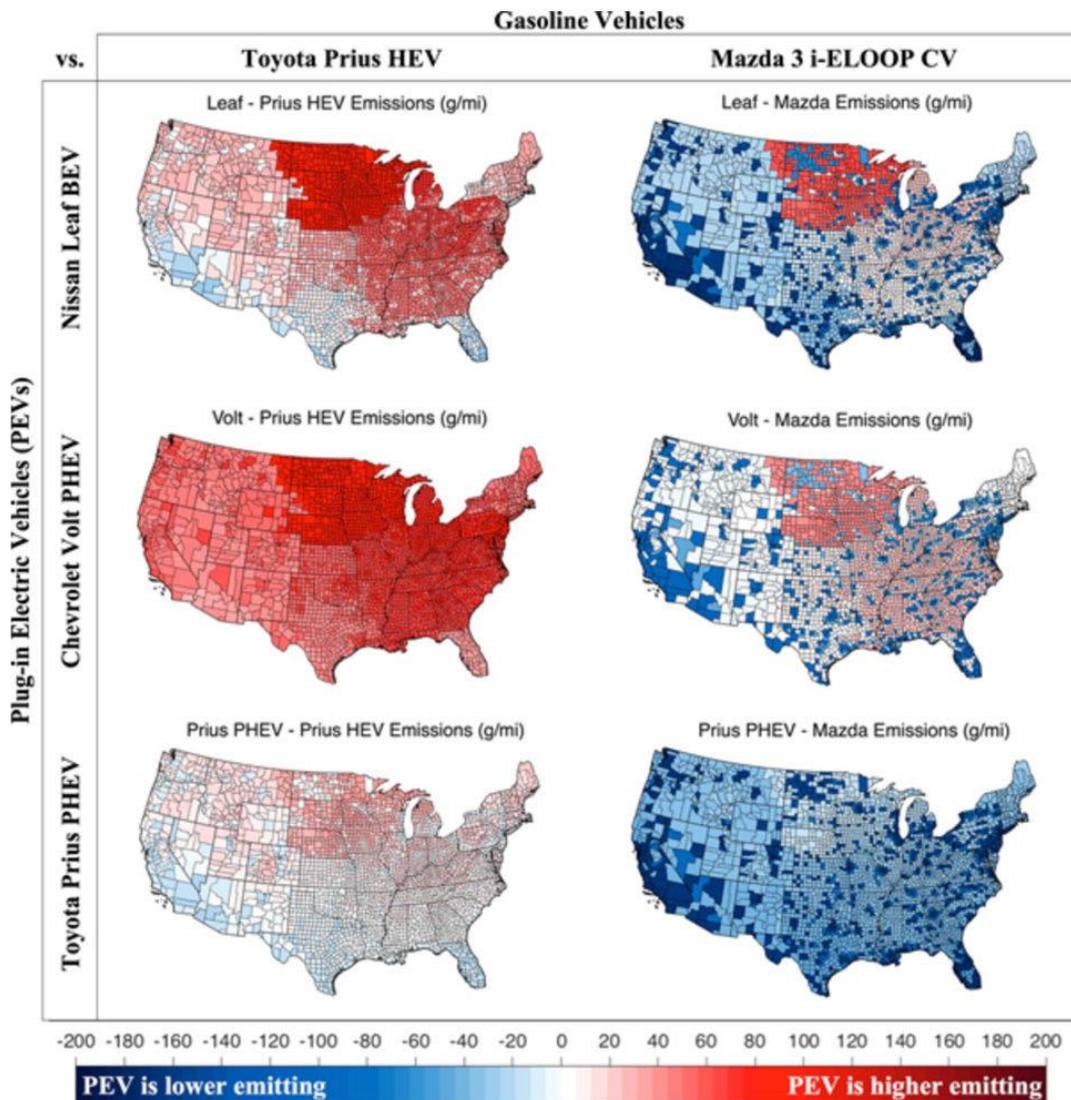
「原子力や水力、風力、太陽光などの一部の発電所は一般的にフル稼働しており、EV を購入しても発電量は変わりません。少なくとも短期的には、石炭や天然ガスの発電所が新たな負荷に対応して発電量を増やすことが主な変化となります。つまり、「EV とガソリン車のどちらを買ったら、排出量はどうなるか」という質問は、政策上正しい質問だと思いますが、その答えは平均値ではなく、結果として追加される電源ミックス(変化が小さい場合は限界発電量)を使うべきです。限界的なグリッドミックスは、一般的に平均値よりも排出原単位が高くなります。」

しかし、この限界排出量は、EV の影響を短期的に見積もったものです。より多くの EV による需要がグリッドに加わると、現在は利用されていないガスや石炭の資源が出力を増加させる可能性があります。長期的には新たに追加される電源が稼働します。

Michalek は、EV の普及が将来の発電所建設に与える影響について、活発な研究が行われていることを説明しています。

2016 年、Michalek らは Environmental Research Letters 誌に[論文を発表し](#)、当時において、EV と従来車との比較を、可能な限り正確に行うために、限界的な電源ミックスや周囲の気温、自動車の走行距離のパターン、走行条件(市街地と高速道路)など、さまざまな要素を考慮しました。

下の図は、その結果を示したものです。左側の列では、最も効率の良いガソリン車であるトヨタ・プリウスに対して、完全な電気自動車である日産リーフ、2 種類のプラグインハイブリッド車(シボレー・ボルトとトヨタ・プリウス・プラグインハイブリッド)を比較しています。右の列は、同じサイズの一般的な自動車である Mazda 3 について同じ分析を行っています。国内の各自治体は、ガソリン車の方が排出量が少ない場合は赤で、電気自動車の方が排出量が少ない場合は青で表示されています。



選択した電気自動車およびプラグインハイブリッド車(2013 Nissan Leaf BEV、2013 Chevrolet Volt PHEV、2013 Prius PHEV)の、選択したガソリン車(2010 Prius HEV、2014 Mazda 3)に対する、走行距離1マイルあたりのライフサイクル排出量(グラム CO₂ 換算)の差。Yukselet al 2016 の図 2。

その結果、「日産リーフ」のEVは、限界排出量を石炭に大きく依存している中西部以外の地域では、同様の典型的な従来型自動車よりもかなり優れていることがわかりました。しかし、最も効率的な従来型の自動車と比較した場合、EVの気候変動への恩恵は、国内の大部分の地域でゼロに近いか、マイナスとなりました。

この研究では、現在の発電構成を検証していますが、それは現在稼働している自動車の寿命期間中に、炭素集約度が下がる可能性が高いものです。そして、平均的な排出削減量と限界的な排出削減量の関係は、必ずしも明確ではないと著者は指摘します。限界排出量は主に化石燃料プラントからもたらされるため、EV充電による排出削減は、限界的にガスが石炭に取って代わ

る場合や、EV の普及にたいする需要を満たすため、低炭素発電設備を新たに稼働させる場合に主に発生します。

脱炭素社会を実現しなければ、電気自動車は万能ではない

米国でも欧州でも、EV は平均的な従来型自動車と比較して、ライフサイクルでの温室効果ガス排出量を大幅に削減します。これは、Carbon Brief が調査した圧倒的多数の研究で一貫して見られた結果です。

しかし、ミシャレックはこう注意します。

「現在のところ、電気自動車は気候変動の万能薬ではありません。電気自動車のライフサイクルにおける GHG 排出量は、(米国で)最も効率の良いガソリン車やディーゼル車と同程度、あるいはそれ以上になる可能性があります。」

発電時の炭素消費量が(とくに限界的な部分で)少なくなれば、ほぼすべての場合において、従来の自動車よりも電気自動車の方が好ましいと考えられます。ガソリン車やディーゼル車の効率化には根本的な限界がありますが、電気自動車の場合は、低炭素電力とバッテリーの製造効率の向上により、製造時の排出量の多くと、電力使用時の排出量のほとんどを削減することができます。

従来のガソリン車やディーゼル車から電気自動車への移行は、[パリ協定の](#)目標を達成するために温暖化を抑制する[緩和策](#)として大きな役割を果たします。しかし、その効果を発揮するには、電源の急速な脱炭素化が必要です。もし各国が石炭や、さらにはガスを代替しなければ、電気自動車は「ゼロエミッション」には程遠いものになってしまいます。

方法論

最初の 3 つの図の米国の値は、[EPAeGRID2018](#) の米国のグリッド排出係数を、2019 年の [Rhodium Group](#) の推定値で修正し、[Michaleket al 2011](#) の電力燃料サイクル推定値に基づいて Carbon Brief が推定したものです。エラーバーは、[2019 年の IVL 調査の改訂版](#)で使用されたライフサイクルバッテリー製造推定値の、61~146kgCO₂e/kWh (kgCO₂e/kWh) の範囲を反映しており、その中心範囲は 61~100kgCO₂e/kWh となっています。

2019年のEU平均および国ごとのグリッド排出係数は、[Sandbag 2020](#)から引用しました。リーフの排出量は、バッテリーを40kWhとし、[100マイルあたり26kWhの燃費](#)、バッテリー生産の保守的なトップエンドの中央値である100kgCO₂/kWhという推定値に基づいています。

[HallとLutseyの2018年のオリジナルの図](#)ではプジョー(Peugeot 208 1.6 BlueHDi)が使われていましたが、2019年にはトヨタのPrius Ecoハイブリッドカーに変更されました。このハイブリッドカーは、LeafとModel 3の両方に匹敵するサイズですが、[実際の走行状況](#)に近い1ガロンあたり56マイルの[EPAレーティング](#)でも、市販車の中で最も高い燃費を実現しています。

モデル3の排出量は、75kWhの長距離バッテリーモデルの燃費値を100マイルあたり[25kWh](#)として推定しました。バッテリー以外の製造時の排出量は、[ICCTの分析](#)で使用した日産リーフの排出量と同じと仮定しました。ネバダ州ギガファクトリーのバッテリーの排出量は、IVLの調査で得られた中央値の下限である61kgCO_{2e}/kWhを想定しています。これは、記事中で説明されているように、ゼロカーボンの発電構成や、製造工程での効率化対策の普及、オンサイトの再生可能エネルギーの利用を組み合わせたものです。

カーボン・ブリーフがバッテリーのライフサイクル・エミッションの文献調査で使ったのは、以下の研究です。

Philippot, M. et al. (2019) Eco-Efficiency of a Lithium-Ion Battery for Electric Vehicles: Influence of Manufacturing Country and Commodity Prices on GHG Emissions and Costs, Batteries, doi:10.3390/batteries5010023

Regett, A. et al. (2018) Carbon footprint of electric vehicles – a plea for more objectivity, FFE white paper.

REET model (2018) The Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Transportation Model, Argonne National Laboratory.

Messagie, M. (2017). Life Cycle Analysis of the Climate Impact of Electric Vehicles, Vrije Universiteit Brussel, Transport & Environment white paper.

Han, H. et al (2017). GHG Emissions from the Production of Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles in China, Sustainability, doi:10.3390/su9040504

Romare, M. and Dahllöf, L. (2017) The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries, IVL Swedish Environmental Research Institute white paper.

Wolfram, P. and Wiedmann, T. (2017) Electrifying Australian transport: Hybrid life cycle analysis of a transition to electric light-duty vehicles and renewable electricity, *Applied Energy*, doi:10.1016/j.apenergy.2017.08.219

Wang, Y. et al. (2017) Quantifying the environmental impact of a Li-rich high-capacity cathode material in electric vehicles via life cycle assessment, *Environmental Science and Pollution Research*, doi:10.1007/s11356-016-7849-9

Ambrose, H. and Kendall, A. (2016) Effects of battery chemistry and performance on the life cycle greenhouse gas intensity of electric mobility. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, doi:10.1016/j.trd.2016.05.009

Dunn, J. et al. (2016) Life Cycle Analysis Summary for Automotive Lithium-Ion Battery Production and Recycling, In: Kirchain R.E. et al. (eds) *REWAS 2016*. doi:10.1007/978-3-319-48768-7_11

Ellingsen, L. et al. (2016) The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles, *Environmental Research Letters*, doi:10.1088/1748-9326/11/5/054010

Kim, H. et al. (2016) Cradle-to-Gate Emissions from a Commercial Electric Vehicle Li-Ion Battery: A Comparative Analysis, *Environmental Science & Technology*, doi:10.1021/acs.est.6b00830

Peters, J. et al. (2016) The environmental impact of Li-Ion batteries and the role of key parameters – A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, doi:10.1016/j.rser.2016.08.039

Nealer, R. et al. (2015) *Cleaner Cars from Cradle to Grave*, Union of Concerned Scientists white paper.

Hart, K. et al. (2013) *Application of LifeCycle Assessment to Nanoscale Technology: Lithium-ion Batteries for Electric Vehicles*. US EPA report 744-R-12-001.

Dunn, J. et al. (2012) Impact of recycling on cradle-to-gate energy consumption and greenhouse gas emissions of automotive lithium-ion batteries, *Environmental Science & Technology*. doi:10.1021/es302420z

Majeau-Bettez, G. et al. (2011) *Life Cycle Environmental Assessment of Lithium-Ion and*

Nickel Metal Hydride Batteries for Plug-In Hybrid and Battery Electric Vehicles, Environmental Science & Technology. doi:10.1021/es103607c

2020年6月2日更新。

この記事は、オリジナル版の記事で使用した2017年のIVL調査の値に代えて、2019年のIVL調査の改訂版による新しい電池製造の排出量の値を掲載するために、更新しました。