

1 分析結果と考察

1.1 電池劣化度の推計結果と考察

??の手法で推計した電池劣化度の結果を Fig.1に示す。縦軸が電池劣化度 [%], 横軸が経過年数 [year] を表している。凡例の「EVwV2G」は V2G を導入した場合の EV の電池劣化度を, 「EV」は V2G を導入しない場合の EV の電池劣化度を表している。推計結果から, EV の寿命は, V2G を導入した場合は 6 年, 導入しない場合は 7 年と推計された。

この結果より, ICEV の寿命が約 13 年 [1] であることを考慮すると, EV の寿命は ICEV と比較して大幅に短くなり, V2G を導入するとより短くなることがわかった。これは米国を対象地域とした先行研究 [2] などでも同様の傾向がある。しかし, V2G 導入の際今回は決まった時間に一定量系統に供給していたが, EV のバッテリー温度をモニタリングし劣化が進みにくいよう充電速度や系統への供給量を最適化することで, 電池の劣化を抑えることができるという研究 [3] がある。そのため, 実際に一般家庭の EV に V2G が導入される段階では電池の劣化は当研究よりは少なくなると考えられる。また, そもそも今回の推計は NMC111 型のリチウムイオン電池を用いているが, NMC111 はもうすでに自動車にはあまり使われていない電解質であり, より高機能・長寿命なリチウムイオン電池が開発されているため, 実際は本研究で示すほどは劣化しない可能性がある。

1.2 ライフサイクル分析の分析結果と考察

前小節で得られた EV の寿命データなどを用いてライフサイクル分析を行った。

1.2.1 エネルギー消費量

まず、ライフサイクル分析で得られたエネルギー消費量について述べる。得られた分析結果を Fig.2に示す。縦軸が 1 km 走行するにあたり消費されるエネルギーを、横軸は発電構成と自動車の種類を表している。凡例を以下で詳しく述べる。

WTP とは、Wheel-to-Pump の略で電気やガソリンなどの自動車の燃料が自動車の供給されるまでに消費されたエネルギーのことである。Operation Only は走行時に消費されたエネルギーのことである。Components は自動車の部品製造時に消費されたエネルギーである。ADR は Assembly, Disposal, Recycling の略であり、自動車を組み立てる際や廃棄・リサイクルする際に消費したエネルギーである。Fluids はエンジンオイルなどの液体類、Battery は自動車に使われている鉛蓄電池やリチウムイオン電池製造時に消費するにエネルギーである。

Fig.2から、すべての発電構成において PHEV のエネルギー消費量が最も小さくなった。二種類の EV と比較してエネルギー消費量が小さい理由は二つ考えられる。まず一つ目は、EV に多く搭載されているリチウムイオン電池の製造時にかかるエネルギーが多いためであると考えられる。PHEV にもリチウムイオン電池は搭載されているが、EV が搭載している 63 kWh に対し、PHEV は 7 kWh と九分の一の容量であるから、電池製造時のエネルギー消費量は小さくなる。二つ目は、EV の寿命が PHEV に比べて半分程度と短く、部品製造時に消費されるエネルギー消費量などが相対的に多

くなってしまうからであると考えられる。PHEV に比べ、EV は走行時のエネルギー消費効率がよく、また、オイル交換などが必要ないため液体類のエネルギー消費量が少なくなるが、以上の理由により、ライフサイクルでのエネルギー消費量は PHEV が最少となったと考えられる。

すべてのケースで ICEV のエネルギー消費量が最大となった。これは、EV や PHEV と比較すると、ICEV は走行時のエネルギー消費効率が低いためであると考えられる。2016 年の発電構成と比較して 2030 年の発電構成の方が走行時のエネルギー消費量が少ないのは、ライフサイクル分析に用いた GREET モデルに搭載された技術向上による走行時のエネルギー消費効率データを考慮しているためである。

EV 二種類のエネルギー消費量を比較すると、V2G を導入すると約 7% エネルギー消費量が増加することがわかった。本研究ではどちらの EV においても同様の性能であり、同じ部品で構成されているため、V2G を導入すると EV の寿命が短くなること、エネルギー消費量が増加する原因であると考えられる。

発電構成で比較すると、2016 年から 2030 年になると特に EV 二種類において WTP が減少することがわかった。これは、2030 年の発電構成は 2016 年と比較すると再生可能エネルギーが多く、原子力による発電量も多いため発電時に損失するエネルギーが減少するからであると考えられる。すべて再生可能エネルギーで発電する Sus においてはより WTP でのエネルギー消費量が少なくなった。WTP 以外は発電構成による変化が少ないが、これは電力以外のエネルギーキャリアによるエネルギー消費によるものであるからであると考えられる。

1.2.2 CO₂ 排出量

次に、ライフサイクル分析で得られたCO₂ 排出量について述べる。得られた分析結果を Fig.3に示す。縦軸が 1 km 走行するにあたり排出されるCO₂ を、横軸は発電構成と自動車の種類を表している。凡例は 1.2.1で説明したものと同一である。

エネルギー消費量と同様に、すべての発電構成において PHEV のCO₂ 排出量が最も小さくなった。こちらも 1.2.1と同様な理由が二つ考えられる。一つ目は、EV に多く搭載されているリチウムイオン電池の製造時に化石燃料由来のエネルギーが多く消費され、発生するCO₂ も多くなるからであると考えられる。二つ目は、EV の寿命が短いことによる部品製造時の相対的なCO₂ 排出量の増加であると考えられる。

発電構成 Sus での結果に着目すると、EV と PHEV のCO₂ 排出量がほぼ同じであることがわかる。また、電力構成に再生可能エネルギーが占める割合が増加すると EV 由来のCO₂ 排出量は大きく減少することがわかる。この結果から、将来の発電構成と EV の長寿命化によって EV 由来のCO₂ 排出量は PHEV を下回る可能性があるといえる。

CO₂ 排出量も 1.2.1と同様に ICEV がすべてのケースにおいて最大となった。これは、ICEV は内燃機関を搭載している以上、走行時に大量のCO₂ を排出してしまうからであると考えられる。また、2030 と Sus での ICEV を比較すると、CO₂ 排出量の減少はあまりないことから、ICEV のCO₂ 排出量に発電構成は影響をほとんど及ぼさないと考えられる。したがって、2016 と 2030 での ICEV のCO₂ 排出量の減少は自動車の技術向上によるものであると考えられる。

EV 二種類のCO₂ 排出量を比較すると、V2G を導入した場合、導入しない場合と比較して約 4% 増加することがわかった。これは、1.2.1と同様に V2G を導入した際に

EV の寿命が短くなるからであると考えられる。

1.3 結果のまとめ

以上より結果をまとめると、EV に V2G を導入すると、導入しない場合と比較して EV の寿命が短くなり、その結果、エネルギー消費量と CO₂ 排出量が増加することがわかった。また、PHEV のエネルギー消費量・CO₂ 排出量が最小となり、ICEV のエネルギー消費量・CO₂ 排出量が最大となることがわかった。EV は PHEV と比べるとエネルギー消費量が多いものの、ICEV よりは少ないことがわかった。V2G を導入する場合、導入しない場合と比較してエネルギー消費量は増加するが、現在最も普及している ICEV よりはエネルギー消費量が減少することがわかった。

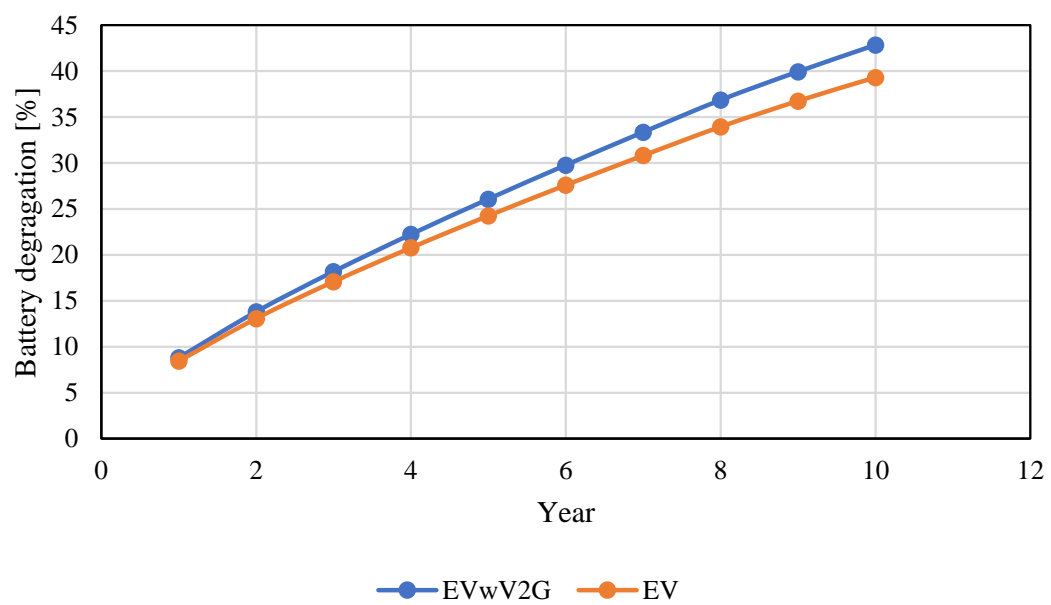


Fig. 1 電池劣化度の推計結果

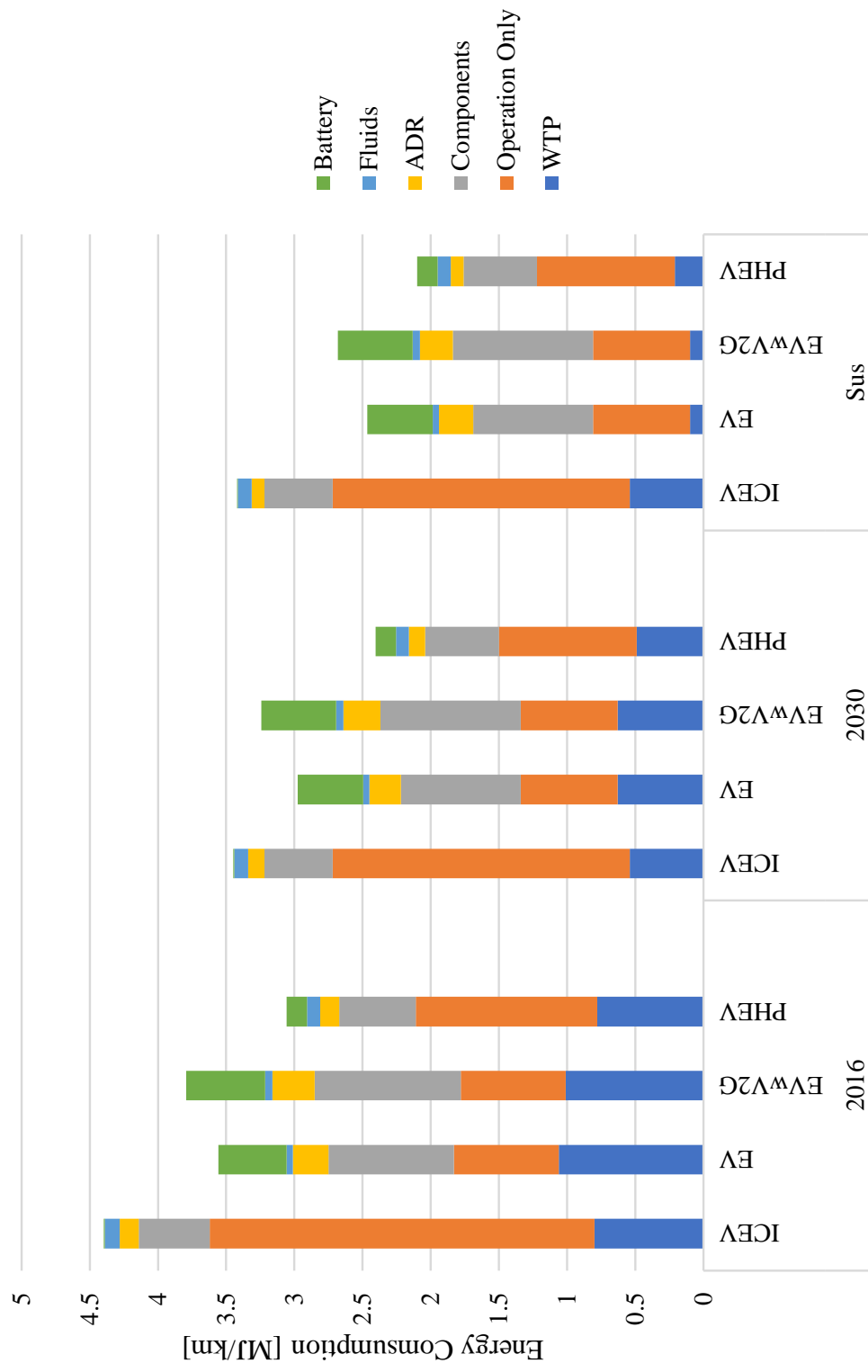


Fig. 2 エネルギー消費量の分析結果

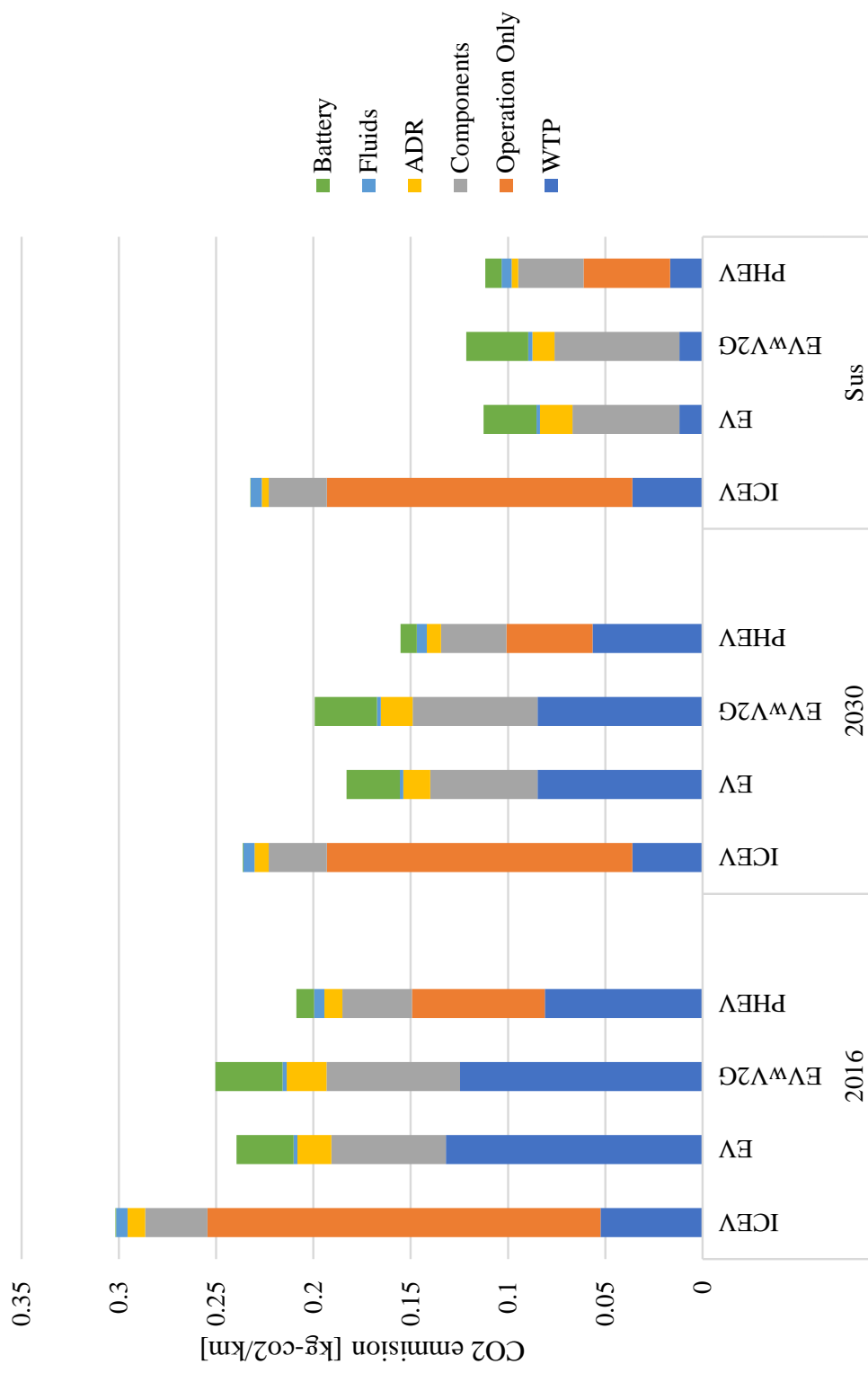


Fig. 3 CO₂ 排出量の分析結果

参考文献

- [1] 一般財団法人自動車検査登録情報協会, “車種別の平均使用年数推移表,” 2019.
[Online]. Available: [https://www.airia.or.jp/publish/file/r5c6pv000000ogyc-att/\(3\).pdf](https://www.airia.or.jp/publish/file/r5c6pv000000ogyc-att/(3).pdf)
- [2] D. Wang, J. Coignard, T. Zeng, C. Zhang, and S. Saxena, “Quantifying electric vehicle battery degradation from driving vs. vehicle-to-grid services,” *Journal of Power Sources*, vol. 332, pp. 193–203, 2016. [Online]. Available: <http://10.0.3.248/j.jpowsour.2016.09.116https://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.09.116>
- [3] K. Uddin, T. Jackson, W. D. Widanage, G. Chouchelamane, P. A. Jennings, and J. Marco, “On the possibility of extending the lifetime of lithium-ion batteries through optimal V2G facilitated by an integrated vehicle and smart-grid system,” *Energy*, vol. 133, pp. 710–722, aug 2017. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544217306825?via=ihub>