大型車の電動化の導入の検討
～ガソリン車と電気自動車の燃料消費量・消費エネルギーの違い～

東京都市大学塩尻高等学校　3年探究コース　水野　里佳子

Ⅰ．はじめに

近年，地球温暖化による気候変動や異常気象が起きている。特に二酸化炭素（以下 CO_2）が地球温暖化に大きく関わっていると言われている。国土交通省によると、日本の CO_2 排出量の約 20％弱が物流関係の輸送車が占めている。またその中でも輸送トラックなどの貨物車の割合が約 40％以上占めている(国土交通省，2022)。

電気自動車は，内燃機関車と比べ走行時に CO_2 を排出せず環境負荷が少ない(ニッポン放送，2021)。このような理由から近年電気自動車が注目されている。たが，石崎ら 2018 の論文によると，電気自動車は走行時に CO_2 を排出しないが，電気自動車のバッテリー製造過程で CO_2 を排出することが述べられている。また，走行する際のエネルギーになる電気の製造過程では，日本は化石燃料を使用する火力発電で電気を賄っているため CO_2 を排出してしまう課題が挙げられる(環境省，2020)。

CO_2 を排出しない電気自動車の保有率の変化について，年々EV 車 PHV 車等のエコカーの保有率が増加している(日刊工業新聞，2020)。この理由は，パリ協定で提唱された脱炭素に伴う，2035 年までに新車のガソリン車の廃止や地球温暖化への影響が少ないためである。

国土交通省の調査によると，輸送機関の 9 割がトラックであると分かった。また，信州名鉄運輸株式会社と国土交通省の聞き取り調査より，主なトラックは CO_2 を排出するガソリン車やディーゼル車などが多く，走行時に CO_2 を排出せず環境に良いとされる電気自動車のトラックが大変少ないことが判明した。

加えて，松田ら 2021 の研究によると横浜市営バスの実証実験から，電気自動車は静粛性に長けており，坂道の多い横浜市で静粛性が有効に働くことが示された。そこで，国内輸送の大半を占める従来の内燃機関車のトラック等の大型車が電気自動車に置き換われば地球環境が改善される可能性がある。

本研究では，大型電気自動車と想定した電動モデルカーと大型内燃機関車を想定したエンジン駆動のモデルカーを用いて燃料消費量と消費エネルギー量を比較することで大型車を電動化することがエネルギー削減に有効かを検討する。

Ⅱ．調査方法

1.評価手法

燃料消費量の比較として，EP(電気自動車と仮定したラジコンカーで，バッテリーで走行するモデルカー)は消費した電気量を計測，GP(内燃機関車と仮定したラジコンカーで，ラジコンカー専用の燃料で走行するモデルカー)は走行前後の本体質量の変化を計

測し，燃料消費量と消費エネルギー量を比較した。EP の消費エネルギー量は以下の(1)の式で表す。

消費バッテリー量[mAh]×10^{-3}×60^{2}[s]×バッテリー電圧 7.4[V]

＝消費エネルギー量[J]…(1)

GP の消費エネルギー量は以下の(2)の式で表す。

消費燃料量[g]×エネルギー密度 11.3[MJ/kg]×10^{6}×エンジン効率 0.3

＝消費エネルギー量[J]…(2)

使用したラジコンカーは，内燃機関車と仮定した GP は，タミヤ社の 1/10RCE ライキリ GT（質量:1731g），電気自動車と仮定した EP は，タミヤ社 1/10 TT-01 TYPE-E（質量:1258g）を使用して実験を行った。EP と GP，大型車を想定した質量負荷(619.3g)をかけた EP と GP の 4 パターンについて実験を行った。手順を以下に示す。

・4 パターンのモデルカーを一周約 81m のトラックを 10 周走行する。

・消費燃料・電力量を測定した。

・EP と GP において各 5 回試行した。

2. 評価用システム

普通車の内燃機関車と仮定した GP カー(写真 1)と普通車の電気自動車と仮定した EP カー(写真 2)を製作し実験を行った。

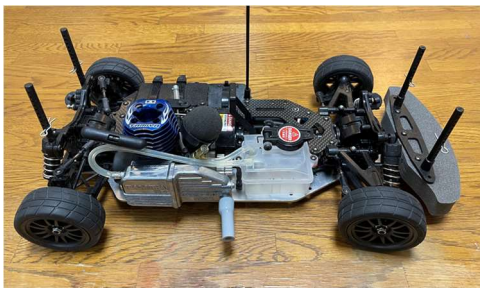

写真 1　GP（内燃機関車）

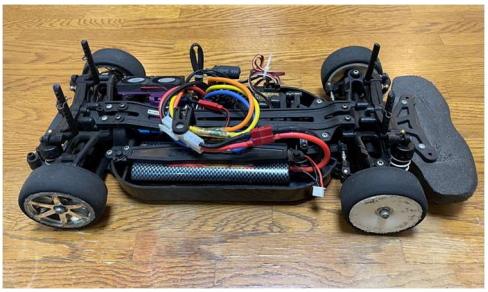

写真 2　EP（電気自動車）

3. 国土交通省への提案

国土交通省の方に本研究の成果を用いて大型車の電動化の検討を提案した。

Ⅲ. 調査結果

自家用車の燃費を比較すると，ガソリン車の燃費とハイブリッド車の燃費の差は約 2 倍の差がありハイブリッド車の方が良い燃費だった。そのため，GP は燃料消費量と消費エネルギー量ともに減少し EP は増加すると予測した。

1. 電気自動車と内燃機関車の燃料消費量

計測結果を表 1 と表 2 に示す。5 回計測した結果を図 4 に示す。

GP は，車体が普通車から大型車になると質量が 1.35 倍になり，消費燃料は 1,39 倍増加した。一方 EP は，車体が普通車から大型車になると質量が 1.49 倍になり，消費燃料は 1.67 倍増加した。GP の質量増加に対する燃料消費量の増加は 1.03 倍でほぼ同等であったが，EP においては質量増加に対する燃料消費量の増加は 1.12 倍と大きくなった。

表 1　普通車の燃料消費量

普通車		1	2	3	4	5	**平均**
EP（mAh）		224	209	192	202	223	**210**
GP	before（g）	1776.5	1785.4	1767.7	1784.5	1766	1776.02
	after（g）	1754.7	1767.7	1750	1766	1747.7	1757.22
GP 差（g）		21.8	17.7	17.7	18.5	18.3	**18.8**

表 2　大型車の燃料消費量

大型車		1	2	3	4	5	**平均**
EP（mAh）		345	351	356	352	354	**351.6**
GP	before（g）	1779.2	1775.5	1778.6	1774.7	1779	1777.4
	after（g）	1751.9	1743.6	1751.9	1752.9	1756.1	1751.28
GP 差（g）		27.3	31.9	26.7	21.8	22.9	**26.12**

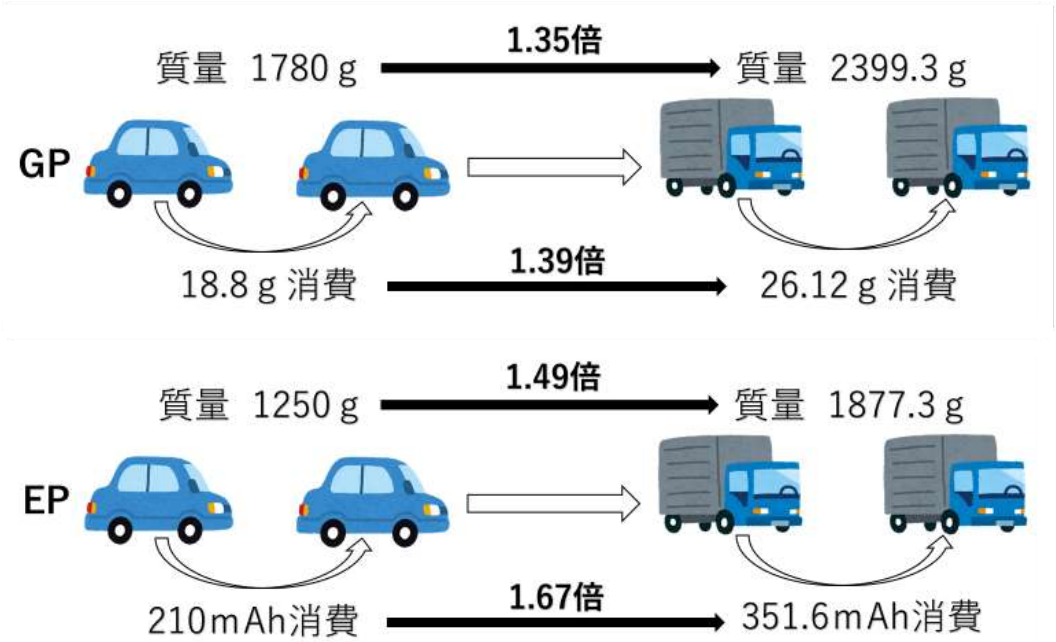

図 4　EP と GP の車体が普通車から大型車になった燃料消費量推移の比較

2. 電気自動車と内燃機関車の消費エネルギー量

表 3, 4 は，表 1, 2 を消費エネルギー量に換算したものである。5 回計測した結果を図 5 に示す。

図 5 より，普通車の EP と GP の消費エネルギー量の差は 58.1 kJ で，大型車の EP と GP の消費エネルギー量の差は 78.9 kJ であった。どちらも EP の方が少ない消費エネルギー量であることがわかった。つまり，質量が大きくなると消費エネルギー量の差も大きくなることがわかった。

表 3　EP と GP の普通車の消費エネルギー量　（小数第 3 位を四捨五入）

普通車	1	2	3	4	5	**平均**
EP（kJ）	5.97	5.57	5.11	5.38	5.94	**5.59**
GP（kJ）	73.90	60.00	60.00	62.72	62.04	**63.73**

表 4　EP と GP の大型車の消費エネルギー量　（小数第 3 位を四捨五入）

大型車	1	2	3	4	5	**平均**
EP（kJ）	9.19	9.35	9.48	9.38	9.43	**9.37**
GP（kJ）	92.55	108.14	89.16	73.90	77.63	**88.28**

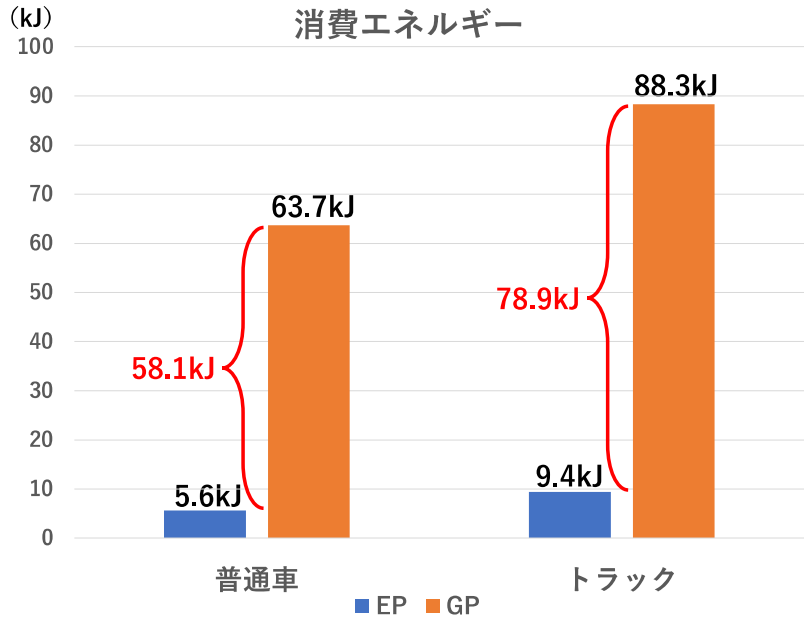

図 5　EP と GP の普通車と大型車の消費エネルギー量推移の比較

3.国土交通省への提案

国土交通省の自動車局安全・環境基準化の國貞さんと松倉さんにオンラインで意見交換を行なった。本研究結果を伝え，大型車の電気自動車の普及の拡大を求めたところ，現在の大型車の電気自動車は種類が少ないため，急速な普及は難しいとのことだった。しかし，この実験結果を1つの見解として受け入れたいと述べていた。政府の対策は，給付金として毎年運送会社に補助金を給付しており，電気自動車などのエコカー導入を進めているようだ。

Ⅳ．考察

表3,4より，EPの消費エネルギー量の方がGPの消費エネルギー量が10倍小さかった。走行時における消費エネルギー量は電気自動車が少なく，トラック等の大型車における電動化の導入により走行時のCO_2量排出低減が可能と考えられる。

調査結果は仮説とは異なり，EP より GP の方が大型車に変化しても少ない燃料消費量であった。しかし，EPとGPの燃料消費量に大きな差はなかった。表3,4が示す消費エネルギー量は，GP より EP の方が少なかった。よって，車体が普通車から質量の大きい大型車に変化した際は，表3,4よりGPの消費エネルギー量が減少し，EPの消費エネルギー量は減少すると考える。以上より，内燃機関車より電気自動車の方がエネルギー削減に有効であると考えられる。

一方で，石崎ら，2018 の論文で述べているように電気自動車は，バッテリーの製造過程や電気の製造過程で CO_2を排出し，電気自動車の方が大型車に限らず，普通車も環境に良いと判定できない。しかし，ニッポン放送2021からわかるように，製造過程から走行時の総 CO_2 排出量は内燃機関車よりも電気自動車の方が少ない。更に再生可能エネルギーが普及すれば，内燃機関車より，電気自動車の方が少ないCO_2排出量になると考えられる。

Ⅴ．まとめ

本研究では，ラジコンカーを利用して大型車の電機自動車と内燃機関車の燃料消費量と消費エネルギー量の違いについて考察した。現在，物流の多くはトラックが担っている。トラックはCO_2排出量の40%を占めており，走行時にCO_2を排出しない大型電気自動車に置き換わったら環境負荷が少なくなると考えられる。そのため電気自動車と内燃機関車のモデルカーを制作し消費エネルギー量に関する比較実験を行った。調査結果よりEPの消費エネルギー量は9.4 kJでGPは88.3 kJであり，EPの消費エネルギー量の方が少ないことがわかった。よって，走行時における消費エネルギー量は電気自動車の方が10倍も少なく，トラック等の大型車における電動化の導入により CO_2量排出低減ができることが判明した。

また，松田ら2021の研究からも大型車の電気自動車は内燃機関車の代替車になると述べている。本研究においても大型車の電動化によるエネルギー削減が有効であることが示された。脱炭素社会に伴うガソリン車廃止に向けた電動化により一層近づくと考えられる。

本研究では，輸送用トラックと仮定した実験を行った。自動車で一番動力を必要とするのが初動時である。そのため今後は，走って止まるを繰り返す配達用トラックと仮定して実験を行う必要がある。これらの研究により，大型電気自動車の性質についてより言及される。また，本研究ではモデルカーを使用したため，実車と比較すると質量や仕組みなどが違う。これらを考慮した実験系を構築し，大型電気自動車の導入を検討していく必要がある。

参考文献・引用文献

石崎啓太，中野冠 (2018)：「内燃機関自動車，ハイブリッド車，電気自動車，燃料電池自動車における社内空調を考慮した量産車両 $LCCO_2$ 排出量の比較分析」 日本機械学会論文集 1－17

最終閲覧日 2022年2月9日

松田俊郎，宮崎信也，福沢達弘，水越篤志，藤原健吾，井部精治，寺村浩徳 (2021)：「乗用車の EV 量産技術を活用した普及型 EV バスの開発と大都市路線バスへの適用実証」自動車技術会論文集，52(4)，863-868.

最終閲覧日 2022年2月9日

国土交通省 運輸部門における二酸化炭素排出量

https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html

最終閲覧日 2022年9月15日

環境省 総合エネルギー統計における電源構成の推移

https://www.env.go.jp/content/900445405.pdf

最終閲覧日 2022年10月20日

ニッポン放送 「EVだけじゃない！カーボンニュートラルに向けた秘策」の写真

https://news.1242.com/article/314591/photo/314757

最終閲覧日 2022年4月22日

日刊工業新聞 次世代自動車充電インフラ機器・設備

https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00569282

最終閲覧日 2022年3月30日

関東いすゞ自動車株式会社 いすゞを知る

http://www.kanto-isuzu.co.jp/recruit/digest.html

最終閲覧日 2022年3月30日

環境省 脱炭素ポータル

https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/topics/20220519-topic-24.html

最終閲覧日 2022年5月27日

経済産業省　自動車・蓄電池産業
https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/pdf/jidosha.pdf
最終閲覧日　2022年5月27日

謝辞

本探究を進めるにあたり，終始適切な助言を賜り，また丁寧に指導してくださった，篠崎先生，天井澤先生，菊池先生，また三浦先生に感謝します。

また，探究当初相談に乗って下さったスナバの岩佐氏，本探究の趣旨を理解し，トラックの情報を教えて下さった信州名鉄運輸株式会社総務人事部の久保田氏，意見交換をして下さった国土交通省自動車局安全・環境基準課の國貞氏，松倉氏といった今まで協力して下さった多くの方に心より感謝申し上げ以上を本論文の謝辞とします。