

## 〈研究発表〉

### 移動手段のパーソナル化と自然エネルギー活用による電動モータールシフト

宮本 裕一、佐々木 俊、柿境 健太

東北工業大学 工学部 環境エネルギー学科

(〒982-8677 仙台市太白区八木山香澄町 35-1, E-mail: miyamoto@tohtech. ac. jp)

#### 概要

現代がかかえるエネルギー問題は、莫大かつ増大するエネルギー需要とそれに伴う環境への影響、化石燃料の枯渇、移動手段のための膨大な消費であり、原子力発電問題だけではない。持続可能な社会の実現には、提案する独立電源によるパーソナルトランスポーターなどの活用によるモータールシフトが大変有効で、取組まなければならない。また、これからのエネルギー社会は、自然エネルギーの活用とバッテリー技術の革新が大きな鍵である。

キーワード： 自然エネルギー、モータールシフト、パーソナルトランスポーター、バッテリー

## 1. はじめに

エネルギー問題は限りある資源を利用し生活している我々にとって永遠の問題である。また、今回の大震災で浮き彫りになったのが Water (水)、Energy (エネルギー)、Bread (食糧) のいわゆる WEB 枯渇問題である。このうち、エネルギーについては国内自給率 4% と食糧の同 40% の 1/10 にも満たず大問題である。

今後、従来の化石燃料や原子力による大規模集中型の発電システムから、自然エネルギーなどを活用して小規模に分散した発電システムへの移行が課題となる。分散型エネルギーとして、個々人・組織がエネルギーの一部を賄っていき、その管理を担うことを余儀なくされる。そうなれば、当然現状のエネルギー消費について見直しを図ることも必然である。David JC Mackay が英国での平均的企業人を例に一人の一日のエネルギー消費を積算している。<sup>1)</sup>この例を日本人へ拡張すると表 1.1 となる。

この積算のユニークな所は電力エネルギーのみに注目することなく、直接消費する化石燃料も含めて議論している点である。これによれば、電力エネルギーは計 18kwh/人日で全体の 10% に満たない一方、自動車や輸送などの移動に

伴うエネルギー消費が 40% 以上を占めこれをどう考えるかが重要なことが分かる。特にオイルピークと言われ、数十年先には石油の枯渇が問題視される現実を考えるとなおさらである。一方、移動手段の確保は人類にとって重大事であり、これをなおざりにはできない。

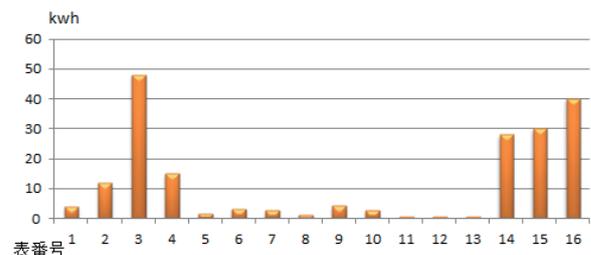


図 1.1 パーソナルトランスポーター試乗風景

表. 1.1 一人日あたりのエネルギー消費

	単位:kwh/人日	割合(%)
1. 公共サービス	4	2.1
2. 物資供給・輸送	12	6
3. 物資製造	48	2.5
4. 食糧・農業・肥料	15	7.7
5. テレビ	1.7	0.9
6. パソコン・ビデオ・掃除機	3.3	1.7
7. 照明(家庭)	2.7	1.4
8. 照明(仕事場)	1.3	0.7
9. エアコン	4.2	2.2
10. 冷蔵庫	2.7	1.4
11. 電気カーペット	0.7	0.4
12. 温水洗浄便器	0.7	0.4
13. 食器・衣類乾燥機	0.7	0.4
14. ガス・灯油等(温水・調理)	28	14
15. ジェット機による出張・旅行年一回欧米	30	15
16. 自動車 25km 往復	40	21
計	195	100

網掛け部の項目(2, 15, 16)は移動に伴うエネルギーを示している。



## 2. 移動手段のパーソナル化

この解決策として、昨今電気自動車に焦点が当てられている。電気自動車の燃料効率は、ガソリン自動車の約2倍(図2.1)で、エネルギーを無駄なく使う電気自動車は、排出ガスのないクリーンな乗り物である。しかし普及という面においては、まだまだ進んでいるとは言えない状況である。

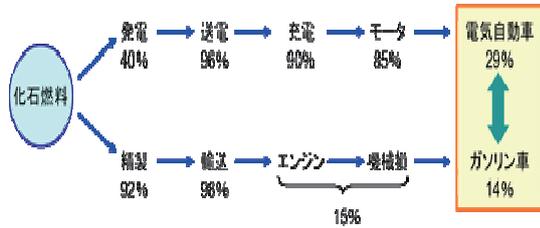


図 2.1 現在の電気自動車とガソリン車の燃料効率の比較

この電気自動車が、100年ほど前にも注目されたことがあった。当時、アメリカでは蒸気自動車が主流であり、1895年には普及台数が2,900台、電気自動車が500台、ガソリン自動車が300台であった。しかし、当時の電気自動車に使われていた鉛電池に換えるべくエジソンが開発したニッケル鉄電池はコストが高かったため(ガソリン自動車は当時690ドルで、電気自動車はこれの約3倍)、T型フォードに代表されるガソリン自動車が普及するようになった。一方、ニッケル鉄電池は、その後も鉱山鉄道のようなガスを排出できない環境で用いられ、1960年頃まで使われていた。<sup>2)</sup>

なぜ電気自動車がガソリン自動車に100年以上負け続けたのかは、以下の3点に集約される。

- 1) 石油という安価なエネルギー源が利用できるようになり、20世紀のほとんどの期間、効率性を強く意識しないで済んだ。
- 2) 電力は石油系燃料に比べると蓄えるのが難しく、自動車の走行距離を伸ばすのに不利だった。
- 3) バッテリーにおけるコスト高、重量増、自然放電などによる信頼不足、寿命。

上記1)～3)の対策として以下のような改善項目があげられる。

- ・エネルギー供給のあり方を見直し、中水道的な自然エネルギーの活用
- ・航続距離の延伸を図る、バッテリー特性の改善
- ・バッテリー再生技術開発

現在の中国での鉛電池にも重点を置いた現実的で爆発的な電気自動車の普及ぶりを見るにつけ、今の国内での開発路線では、新興国での電気自動車躍進の波にのみこまれるのではないかと。

人の輸送にかかるCO2の排出量を比較すると、自動車の環境への負荷は、鉄道の約5倍である。従って、モーダルシフト

トと言えば自動車から鉄道へのシフトが言われてきた。しかし、鉄道での乗り換えにおけるシームレス化が十分でなく、それほどの支持・浸透を得ていない。1人の人間を運ぶのに、1～2トンもの重量のある自動車を動かすのは世界が称賛する日本の精神「もったいない」に反する。

1人の人間を数十km程度移送する乗り物として、ボディも何も取り除いて構成したのが電動式パーソナルトランスポーター(図1.1)である。走行中にガスを排出せず小回りが利くため、道の悪い場所や隘路も、歩行者と話しながら走れる。渋滞を起こす限界も自動車に比べると緩和できると思われる。今、自動車メーカーが普及を試みようとしている、電気自動車と比べて充電量は10数分の1で同距離を走れる。(表2.1)

表 2.1 ガソリン自動車、電気自動車、マイクロEV、パーソナルトランスポーターの性能比較

凡例 ◎:要求満足 ○:並 △:問題有 ×:劣 ? :要検討

	ガソリン自動車	電気自動車	マイクロEV	パーソナルトランスポーター
航続距離 km	600 ◎	100 △	40 △	40 ?
機動性 隘路走行、駐車場etc	×	×	○	◎
安全性 衝突時etc	○	○	△	?
快適性 速度(km/h)、空調、天候、etc	100 ○	100 ○	45 △	20 ?
価格 万円	120 ○	260 ×	70 ○	?
環境(燃費) 円/km	10 ×	3 ○	1 ○	0.25 ◎
重量 車体+動力+乗員kg	900+100+350 ×	900+350+350 ×	220+100+70 △	30+20+70 ◎
人との親和性 犯罪減、モラル向上	×	×	△	?
保守性 部品点数、耐久性	20,000 ◎	7,000 △	3,000 ×	1,000 ?

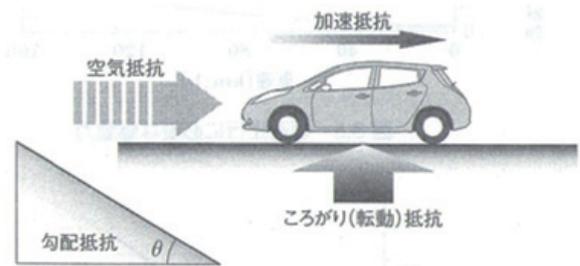


図 2.2 自動車の走行抵抗

以下に示した数式①～④の空気抵抗、ころがり抵抗、加速抵抗、勾配抵抗(図2.2)の式を用いてパーソナルトランスポーターの諸元計算を行い、パラメータ以外は諸元値として固定し、航続距離と重量、勾配との関係を図2.3、図2.4に示す。

空気抵抗の式  $R_a = 1/2 \cdot \rho \cdot C_d \cdot A \cdot V^2$  ……①

- $R_a$  : 空気抵抗[N]
- $\rho$  : 空気の密度[kg/m<sup>3</sup>]
- $C_d$  : 空気抵抗係数(無次元)
- $A$  : 車両前面投影面積[m<sup>2</sup>]
- $V$  : 車両走行速度(相対流速)[m/s]

ころがり抵抗の式  $R_r = \mu Mg \cdot \cos \theta$  ……②

- $R_r$  : ころがり抵抗[N]
- $\mu$  : ころがり抵抗係数(無次元)
- $M$  : 車両総質量[kg]
- $g$  : 重力加速度[m/s<sup>2</sup>]
- $\theta$  : 坂路勾配[rad]

加速抵抗の式  $R_c = (M + M_i) a$  ……③

- $R_c$  : 加速抵抗[N]
- $a$  : 加速度[m/s<sup>2</sup>]
- $M$  : 車両総質量[kg]
- $M_i$  : 駆動機構の回転部分の等価慣性質量[kg]

勾配抵抗の式  $R_g = Mg \cdot \sin \theta$  ……④

- $R_g$  : 勾配抵抗[N]
- $M$  : 車両総質量[kg]
- $g$  : 重力加速度[m/s<sup>2</sup>]
- $\theta$  : 坂路勾配[rad]

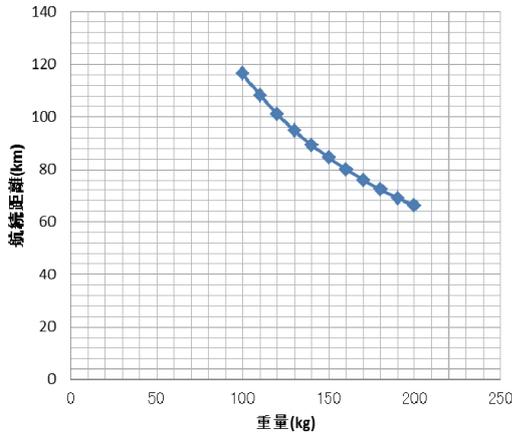


図 2.3 航続距離と重量の関係

図 2.3 に示すように、重量が増すに連れて航続距離が短くなっていくことが分かる。今後のパーソナルトランスポーター実用化を考えればパーソナルトランスポーターの重量を少しでも軽量化し、航続距離を伸ばしていく必要がある。この傾向は特に重量が 120kg 以内で顕著である。したがって、搭乗者体重を 70kg とすると車両本体を 50kg 程度までで構成すると効果が大きい。

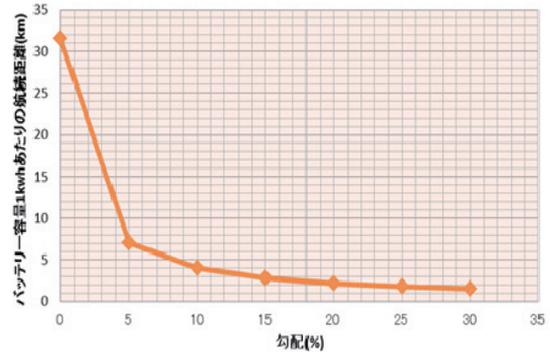


図 2.4 バッテリー容量 1kwh あたりの航続距離と勾配の関係

図 2.4 に示すように、勾配が大きくなると極端に航続距離が短くなっていることが分かる。それに比べて平地(勾配 5%未満)での航続距離は格段に伸びている。このことから、平地での利活用を推進することがパーソナルトランスポーターにおける航続距離問題の改善に繋がると言える。

### 3. 自然エネルギーによる電動化



図 3.1 太陽光発電パネル

現状、パーソナルトランスポーターは 4 平方メートルの太陽光発電パネルで丸一日充電すれば約 40km 走れる。いわゆる電力エネルギーのパーソナル化である。国内約 7,000 万台の自動車の内約 4% 普及すると、約 500 万 KW 節約となって原子力発電の全代替となる可能性も秘めている。太陽光発電による独立電源は、部品点数が少ない、発電機などの可動部分がない、独立電源として小規模であっても効率低下しない、太陽光発電出力の不安定さはバッテリーで平滑化できる、直結可能なバッテリーを用いて変換レスにできれば効率向上も期待でき、太陽光発電パネルの効率改善と併せて、より少ない面積で充電可能となる。太陽光発電と連動させたパーソナルトランスポーターのように、分散型エネルギーによる移動手段を考えることは、コンピュータや電話がパーソナル化に向かって社会に定着した事実と方向性は一致しており、冒頭述べた WEB 枯渇問題解決の一つの方法と言える。

表 3.1 再生可能エネルギー発電の買取り価格<sup>3)</sup>

分野		価格(円)	期間(年)
太陽光	事業用	42	20
	家庭用	42	10
風力	20kW以上	23.1	20
小型風力		57.75	
地熱	1.5万kW以上	27.3	15
	1.5万kW未満	42	
中規模水力	1000kW以上3万kW未満	25.2	20
小水力	200kW以上1000kW未満	30.45	
	200kW未満	35.7	
バイオマス	下水汚泥などのガス化	40.95	20
	固形燃料・木材	13.65~33.6	
	固形燃料・木材以外	17.85	

今後、表 3.1 のように再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度が導入され、一般家庭での太陽光発電・地域社会での小型風力発電などの再生可能エネルギー発電が普及すると考えられる。

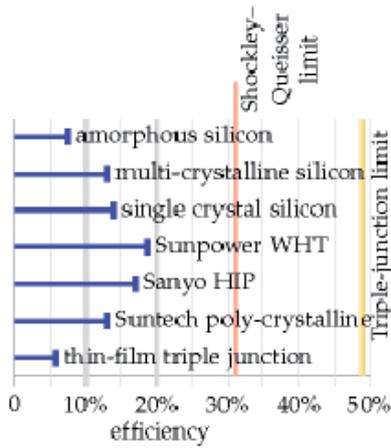


図 3.2 太陽光発電モジュールの効率について<sup>1)</sup>

典型的な太陽光発電モジュールの効率は約 10%であるが、高効率なものについては20%に達する。(図 3. 2)これらの低コスト化による普及が進めば、電力エネルギーのパーソナル化をより加速するものと考えられる。

4. まとめ

エネルギー問題は、莫大かつ増大する需要とそれに伴う環境への影響、化石燃料の枯渇、移動での膨大な消費であり、原子力発電問題だけではない。

持続可能な社会の実現には、例えば独立電源を活用したパーソナルトランスポーターによるモーダルシフトが大変有効で、取組まなければならない。

これを支えるバッテリー技術の革新がこれからのエネルギー社会の大きな鍵である。

今後、「省」・「蓄」・「創」エネルギーに注力し、化石燃料や原子力から、自然エネルギーへのスマートな移行は、東日本大震災を経験した我々が、これから世界へ発信していくべき重大なテーマである。

参考文献

- 1) David JC Mackay; SUSTAINABLE ENERGY-WITHOUT THE HOT AIR, UIT Cambridge Ltd., (2009)
- 2) 名和 小太郎; 起業家エジソン, 朝日選書, (2001)
- 3) 河北新報; 2012. 5. 30 朝刊