

B-17 電気自動車の普及促進による二酸化炭素排出抑制交通システムへの転換に関する研究
(2) 電気自動車の普及阻害要因の分析

研究代表者 国立環境研究所 清水 浩

環境庁国立環境研究所

地域環境研究グループ 交通公害防止研究チーム 清水 浩 田村正行
(委託先) 日本大学 生産工学部 機会工学科 氏家康成

平成3-5年度合計予算額 17,429千円
(平成5年度予算額 6,242千円)

[要旨] 電気自動車の普及阻害要因を利用実態調査と実車を用いた走行調査から把握した。物流用のトラックにおいては一充電当りの走行距離が150km、積載量が2tあればほとんどすべての目的に利用可能なことが判った。タクシーにおいては小型で350km、普通車で300km程度の走行距離が最低でも必要なことが判った。郵便収集業務や新聞配達業務では一充電走行距離、積載量ともに低いレベルで対応可能なことが判った。物流トラック、軽乗用、プロトタイプ乗用の各電気自動車を用いた走行調査から、現状の物流用トラックは目的を限れば実用的であることが明らかとなった。また、軽乗用車における長距離走行テストの結果、同型のガソリン車に比べて燃費、一次エネルギー消費率とも2分の1であった。プロトタイプ乗用車についてはヨーモーメントの大きさ、回生ブレーキと機械ブレーキのマッチング等の実用上の問題があることが判った。現状の電気自動車をガソリン自動車と比較するために社会軸、必要条件軸十分条件軸から成る評価項目を抽出した。社会軸には環境、エネルギー、事故、渋滞の4つが含まれる。必要条件軸は経済性、機能性、保守性、操作性、十分条件軸は速さ、自由さ、快適さ、楽しさに分けた。これらの評価項目のうち、電気自動車が明らかに優れているのは環境とエネルギー問題についてである。逆に著しく劣っているのは経済性、機能性、楽しさ、速さの点である。その他の項目については大きな差はない。これまでは電気自動車の問題点として速さと経済性が強調されてきたが、機能性と楽しさの面でも問題があることが浮かび上がってきた。これらの問題点を取り除き、優れた面をより強く引き出すことにより、電気自動車の可能性は大きく広がる可能性がある。

[キーワード] 普及阻害要因 利用実態調査 走行調査 評価軸

1. 序

地球温暖化の原因となる二酸化炭素の排出については、車からのものは全排出量の16%に及んでおり、その排出量を抑えることが急務とされている。

電気自動車は走行中に排ガスを出さず、騒音も小さいことはもとより、発電に於ける化石燃料の消費を考えると単位走行当りの二酸化炭素発生量はエンジン自動車より著しく少ない。従って、電気自動車は温暖化問題解決の切り札となり得る。

しかし、これまでの電気自動車は一充電走行距離、最高速度、加速度のいわゆる走行性能がエ

ンジン自動車に比べて著しく劣っていた。また、1台1台手作りで作られるため価格もかなり割高であった。そのため、その普及台数も国内で400台程度に止まっていた。

このように電気自動車には普及を阻害する性能上、価格上の要因がある他、幾多の阻害要因があることが指摘されている。これらの阻害要因を把握することは今後の電気自動車の普及を考える上で極めて重要である。

2. 研究目的

このような状況を背景に、本研究は電気自動車の普及阻害要因を利用者の実態調査及び実車を用いた走行調査の中から幅広く把握し、阻害要因を取り除くための方法を検討することを目的としている。

3. 研究方法

一般に電気自動車は環境問題の解決の手段として注目されて来たわけであるが、これが普及するには自動車として備えていることが求められる幾つかの要因について要求レベルに達していたり、大きな利点があったりすることが必要である。

普及の阻害要因を把握するためにまず、自動車に要求される評価項目を抽出することから始めた。

図1に、抽出された評価項目を示す。ここでは大きく分けて社会軸、必要条件軸、十分条件軸に分け、さらにそれぞれの軸を4つの要素に分類した。社会軸については環境、エネルギー、事故、渋滞、必要条件軸は経済性、機能性、保守性、操作性、十分条件軸は速さ、自由さ、快適さ、楽しさに分けた。

このように分類された評価項目のそれぞれを評価するために利用の実態調査をヒアリング調査の方法で行なっている。また、実車を用いた走行調査については、まず、試験装置の開発を行い、この装置を実車に取り付けて走行試験を行なうという手順で行なった。

1) 実態調査の方法

実態調査については、電気自動車の使用実態の調査と現行の自動車の利用状況を調査した。このうち前者については主に聞き取り調査を行い、後者についてはアンケート調査をした。

聞き取り調査についてはこれまでに電気自動車を導入した自治体、販売業者、電力会社を中心に面接あるいは電話による調査を行い、利用上の問題点等を把握した。

アンケート調査については主に地方の中核都市の1つである仙台市を中心にして物流業者、タクシー業者、新聞配達業者、郵便収集業務の4つの分野に渡って車輛の運行状況を調査した。

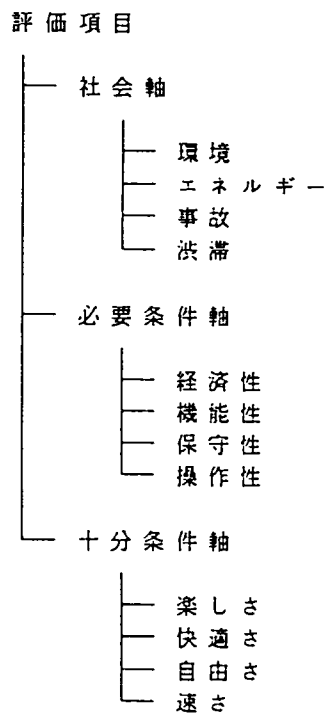


図1 電気自動車に要求される評価項目

2) 実走行試験

実走行試験においてはまず、図2に示すような試験装置を開発した。この装置はセンサーとして電気自動車の速度、加速度を測定するための非接触式速度計と、坂道の傾斜を測定するための傾斜計、走行に費やすエネルギーを測定するための非接触式電流計及び電圧計とから成っている。

非接触速度計は空間フィルター式と呼ばれるもので、道路面のパターンの時間変化の相関をとることによって速度を測るもので、センサー本体は車体外部に道路面に向けて取り付けられる。これらのセンサーからの情報は、A/D変換器を通じてPC9801T型ポータブルデータプロセッサに導入する構成としてある。この装置の最小サンプリングタイムは100分の1秒であり、急発進や急停車等の過渡的な現象にも十分に対応できる。

実走行に用いた電気自動車は物流用の2トン積電気自動車、軽自動車を改造した電気自動車及びプロトタイプの高性能電気自動車である。それぞれの電気自動車の主要な諸元を表1に示す。

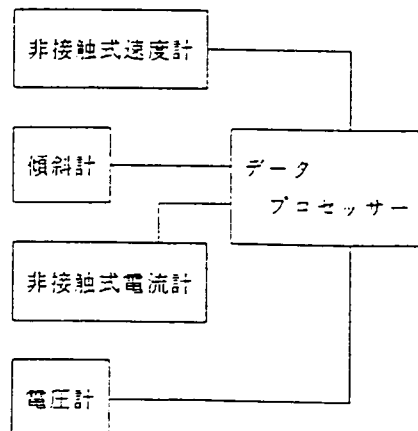


図2 試験装置の概略

4. 結果

表1 実走行に用いた電気自動車の主要な諸元

項目	物流用トラック	軽自動車	プロトタイプ乗用車
寸法			
全長 (m)	4.975	3.295	4.87
全幅 (m)	1.795	1.235	1.77
全高 (m)	2.800	1.330	1.26
重量関係			
空車重量 (kg)	4,860	850	1,573
乗車定員 (人)	2	2	4
積載量 (kg)	1,250		
総重量 (kg)	6,220		1,793
駆動関係			
モーター型式	直流分巻	DCブラシレス	DCブラシレス
定格出力・電圧・時間 (kW・V・hour)	33・108・1	4・96・連続	6・8・288・連続
最大出力・電圧・時間 (kW・V・sec)	100・108・30	8・96・---	25・288・20
制御方式	チョップ	PWM	サイン波PWM
制御用素子	トランジスタ	IGBT	IGBT
電池			
種類	鉛	鉛	Ni-Cd
容量・電圧 (Ah・V)	150・12	150・12	100・12
個数	27	8	24
電池重量 (kg)	1215	360	531
基本性能			
最高速度 (km/h)	110	90	176
加速性能 (sec)			18.01 (0-400m)
一充電走行距離 (km) (40km/h定速)	100	240	543

1) ヒアリングによる利用実態調査

これまでに電気自動車を導入して実運行を行なっているケースについて、聞き取り調査をした結果をまとめると以下の通りである。

(1) 最も問題とされている一充電走行距離については、予め予測をして走ることの工夫により、現実には大きな問題にはなっていない。

(2) 加速度や登坂力についても過去のものはかなり問題にされていたが、新しく導入されたものについては、実走行において遜色がないとの評価である。

(3) あとどの程度走れるかについて示す残存容量計については依然として不安を訴えるものが多い。

(4) 走行の個人差によって消費

する電力量が異なることが明確になって来ている。これは加速 のさせ方によって差が出ることによる。

- (5) デフロスタ、ヒーター等の使用によって電力の著しい消費が生じ、一充電走行距離を極端に短くした例があった。
- (6) 電池への補水の手間が思っている以上に利用者の負担になっていることが明らかになった。
- (7) 電池の容積のための荷台や乗客スペース等が制限されている例がある。
- (8) 車の初期価格より、電池交換にかかる費用の方が利用者の負担感が大きい。

2) 自動車利用実態調査

これまで、電気自動車の普及の可能性の調査においては、業種ごとに走行の実態を統計的に求めるという手法が使われて来た。そこで扱われた分野は主に小口の物流やサービス用であった。これらの調査を参考に本調査では、タクシー、新聞配送、郵便収集の3つの新たな分野を加えた。

まず、小型物流用トラックを電気自動車に転換することの可能性を探るため、仙台市内の318社の貨物輸送事業所を対象に走行実態調査を行なった。その結果の1つとして、図3に小型トラック1走行当りの走行距離と走行台数の累積数の関係を示す。この図より、1走行当りの距離が60km以下のものが45%、100km以下が85%、150km以下が92%という結果が示された。また、図4に1走行当りの積載量と走行台数の関係を示す。この図により、積載量が1t以下のものが全体の47%、1.5t以下のものが73%、2t以下のものが90%という結果が得られた。これらの結果から、一充電当りの走行距離が150km、積載量が2tあれば、ほとんどすべての目的で電気自動車を利用することが可能であり、一充電走行距離が100kmで積載量が1.5tでもかなりの目的に使用できることが明らかである。

つぎに、タクシーを電気自動車に転換することを探るために、仙台市内のタクシー業者39社に質問票を配り、33社からの回答を得た。タクシーを電気自動車に転換する際の最も大きな問題は、1日の走行を満

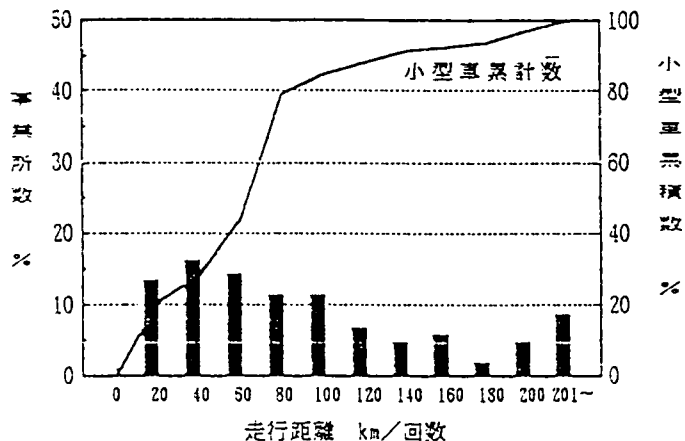


図3 小型トラック1走行当りの距離別累計台数

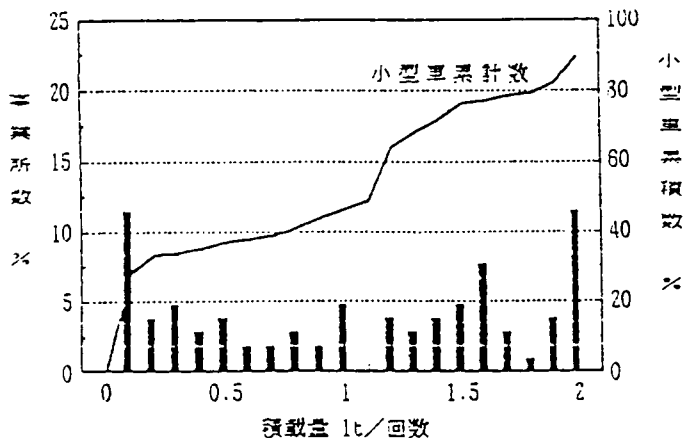


図4 小型トラック1走行当りの積載量別累計台数

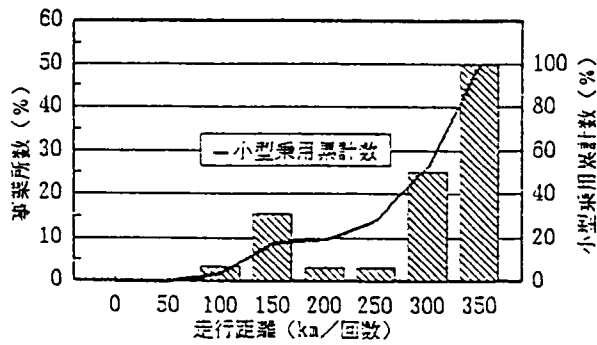


図5 小型タクシー1走行当りの距離別累計台数

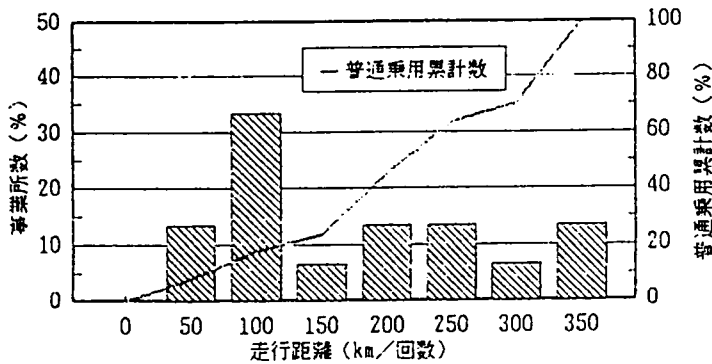


図6 普通タクシー1走行回数当りの距離別累計台数

たすのに十分なだけの走行用電力が得られるかどうかということである。これを調査するために1日の走行距離をそれぞれ小型乗用車と普通乗用車について求めたのが図5および図6である。これらの図によると、小型乗用車では1日の走行距離が150 km以下のものはわずか20%であり、300 km以下が50%で、100%を満たすには350 kmの走行が必要という結果である。また、普通乗用車の場合、150 km以下のものは25%、300 km以下が70%という結果であり、小型乗用に比べると平均の走行距離は短い傾向にある。

また、1日の最大走行距離の調査結果では小型乗用車で442 km、普通乗用車では364 kmという値であり、ここでも小型乗用車の方が

走行距離が長いという結果が得られている。

新聞配達業については2社、郵便収集業務については1社、1機関について調査を行なった。

表2に各業務についての一走行当りの距離別の車輛の台数の割合を示す。これによると、郵便収集業務の普通貨物車を除くと、ほとんどの目的に対して一走行当りの距離は100 km以下ということになる。

表3に各業務に関して一走行当りの車種ごとの平均積載量の台数の割合を示す。同表より新聞配達業務に関しては、2 t程度の積載量が最低でも必要であることが明らかである。また、郵便収集業務については、軽自動車について200 kg以下の積載量、小型貨物についても400 kg

表2 新聞配達業及び郵便収集業における1走行当りの車輛数 (%)

業種		1走行回数当りの距離		
		60 km以下	100 km以下	150 km以下
新聞配達業	小型貨物台数	91.7	100	---
	普通貨物台数	89.7	89.7	89.7
郵便収集業	軽乗用車台数	0	100	---
	小型貨物台数	100	---	---
	普通貨物台数	2.5	2.5	100

表3 新聞配達業及び郵便収集業における1走行当りの平均的積載量(%)

業種		平均積載量				
		0.2t以下	0.4t以下	1t以下	1.2t以下	2t以下
新聞配達業	小型貨物台数	0	8.3	8.3	8.3	100
	普通貨物台数	0	0	20.5	84.6	89.7
郵便収集業	軽乗用車台数	100	---	---	---	---
	小型貨物台数	26.8	100	---	---	---
	普通貨物台数	97.5	97.5	97.5	---	---

g以下の積載量で十分であることが明らかである。

3) 電気自動車走行調査

まず、物流用の電気自動車を対象にして車としての基本特性の試験として、惰行試験、発進加速試験、定常走行試験を行なった。

車の走行抵抗は転がり摩擦と空気抵抗の和で表わされる。このうち前者は速度にほとんど依存せず、後者は速度の二乗に比例する。これらの成分を分離して測定するには、ある速度から車を惰行させる惰行試験を行い、停止に至るまで速度と時間の関係を求め、さらに速度を微分して減速度を計算することにより行なわれる。

図7にその測定結果を示す。横軸は速度、縦軸は減速度から求められる走行抵抗である。得られた測定値の回帰をとることにより、空気抵抗係数Cdと転がり摩擦係数μが求められるが、測定値を平均した結果Cd=1.03、μ=0.011が得られた。

発進加速試験はアクセルを最大限度踏み込んだ時の速度計の記録から得られる。

その測定結果から0-400km/hの加速時間は7.4秒であった。同クラスのディーゼルトラックの加速性能は8.5秒程度であるので、このトラックの性能はかなり高いと言える。また、同様の試験で最高速度も求められているが、110km/hという値が得られている。

テストコース上で定速走行をしながら走行できなくなるまでの距離を測定することにより、一充電走行距離を求めることができるが、同時に消費電力を測定し、かつ惰行試験で得られた走行抵抗の値を用いることにより、モーターおよびドライブトレインでの効率を求めることが

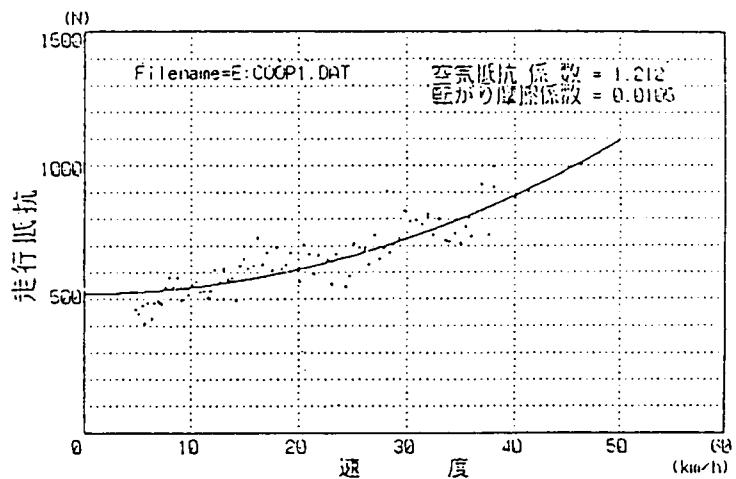


図7 惰行試験の結果

表4 物流用トラックによる市街地走行結果

ケース名	市街地一般走行	長距離少頻度配送	短距離多頻度配送
走行距離 (km)	15.2	13.8	7
エネルギー消費量 (kWh)	21	21	15
エネルギー消費率 (kWh/km)	1.33	1.52	2.14
一充電走行距離 (km)	35.2	32	22.7
走行時間 (分)	45	110	140
平均速度 (km/h)	20	7.45	3.0
一充電走行時間 (時間)	1.73	4.2	7.5

表5 軽自動車の東海道往復で消費したエネルギー

	電気自動車	ガソリン車
電力消費量	164 kWh	-----
ガソリン消費量	-----	63ℓ
燃料コスト	4,100円	3,160円
エネルギー消費量 (重油換算)	412	90ℓ

いケースである。

表4にそれぞれのケースの測定結果のまとめを示す。同表より、このトラックは一般道路を走行する場合の一充電走行距離は35.2kmと見積られた。また、長距離少頻度配送では32km、短距離多頻度配送では22.7kmと配送回数が増えて停止回数が多くなるに従って短くなる。一方、平均速度もこれに比例して短くなるため、一充電で走行できる時間という観点からはそれぞれ1.73時間、4.2時間、7.5時間ということになる。このような小口物流においては、1回の輸送にかかる時間は午前中に3時間弱、午後に4時間弱であるため、このトラックの一充電走行距離あるいは一充電で走行できる時間は目的に対して十分であると結論できる。

軽自動車型の電気自動車については、基本的な性能評価を行なうとともに長距離の走行テストを実施し、その信頼性を確認するとともに、エネルギー消費量の評価を行なった。

基本的な性能評価の結果、時速40kmでの一充電走行距離が254km得られた。また、最高時速は85kmであった。

長距離走行テストは、東京、大阪間の往復で行なった。往路は一般道路上を走行し、復路は高速道路を利用した。その総走行距離は1164kmであった。この走行テストにおいては、同型のガソリン自動車を並走させ、同一区間の走行でのエネルギー消費の比較を行なっている。その結果を表5に示す。同表では、電気自動車の消費電力は充電端でのものである。この結果から明らかのように電力料金とガソリンの価格の比較でも、重油換算した一次エネルギー消費量の比較でも電気自動車は同クラスのガソリン車の半分で走行が可能であるという結果が得られ、電気自動車の省エネルギー性と経済性が立証された。

できる。測定の結果、40km/hの定速走行での一充電走行距離は144.7kmで、この時のドライブトレインの効率は88%となった。

次いで、実市街地で走行試験を行なうことにより、使用実態に即した性能評価を行なった。ここでは横浜市を対象とした小口物流を行なうことを想定して実走行試験を行なった。

実走行試験は3回行なった。第1回目は通常の市街地走行、2回目は比較的遠方まで荷物を運ぶケース、3回目は近距離であるが配達地の数が多い

プロトタイプ電気自動車については、乗用の4人乗りの車を利用した。この車は本研究代表者が開発段階から関わったものであるが、次の3つのコンセプトを導入したものである。すなわち、①自動車技術、電気技術、材料技術の中から高性能化に結びつく最新の技術を選び、②駆動系に低損失のものを選び、かつ③車全体を電気自動車として設計するという概念を取り入れてある。具体的にここで利用している技術としては、自動車技術として低転がり摩擦タイヤ、低空気抵抗ボディがあり、電気電子技術としては低損失半導体素子、高効率モーター、回生ブレーキを採用している。材料技術としては、ボディのための軽量な材料および高磁束密度材料である。これらの技術のうち、高磁束密度材料を高効率モーターに適用することによりモーターの小型化、軽量化が可能となる。その結果、各車輪の中に直接駆動用モーターを組み込むダイレクトドライブシステムが実現できた。その結果、駆動系関係の損失を大きく減らすことができ、結果的に高性能化を実現できた。

本電気自動車の主な仕様と性能は表1に示したとおりである。同表から明らかなように、これまでの電気自動車に比べると著しい高性能化が実現できている。同表で示されている仕様と性能は開発者側が本研究以前に測定したものである。

本研究の走行調査の目的は同表のような基本的特性を踏まえた上で、実用上の問題を把握することである。

実走行調査は専門家および一般ドライバーを対象にテストコース及び一般道路で行なった。テストコースでは主に高速走行におけるフィーリングの調査を行なった。その結果指摘されたことは、ヨーモーメントが大きく、カーブの切れが悪いということ。回生ブレーキと機械ブレーキのマッチングが悪いこと。車内でのノイズが予想以上に大きいこと等であった。また、一般道路での走行も含めてのポジティブな評価としては、加速感が実性能値よりも良いこと、バネ下重量の重さは感じられないこと、これまでの車に比べてハンドル操作上の違和感がないことなどであった。これらの評価のうち、ヨーモーメントの大きさは前後のボンネットに電池を半分ずつ乗せているため生じることであって、電気自動車の設計上の大きな問題である。回生ブレーキと機械ブレーキのマッチングの問題は回生ブレーキの効きが良すぎることから生じる問題であるが、両ブレーキの作動のアルゴリズムについてはより深い検討が必要である。車内のノイズは主にインバーターノイズであるが、実用的な車とするにはこの点の配慮も必要である。加速感が実性能値よりも良いこと理由は加速時にギアチェンジがなくて滑らかであることや、中速、高速域での駆動トルクが通常ガソリン車に比べて高いことによる。この加速感の良さはこのため特に中高速域で顕著である。この車の最大の問題点とされているモーターを車輪の中に組み込んだことによって生じるバネ下重量の重さについては、実用上はほとんど問題にならないということが明らかになったことは今後の技術を展望する上では極めて重要なことである。

5. 電気自動車の総合的な評価

電気自動車を現状のガソリン自動車と比べた総合評価について検討した。

まず、評価項目の設定が必要である。本研究では、図1で示したように項目を大きく社会軸、必要条件軸、十分条件軸の3つに分けた。社会軸は車の持つ社会的な影響に関するもので、利用者にとっての直接の利点、欠点とは結びつかないが、車社会の基本に関わる部分である。必要条件軸は、利用者が車を使うために最小限度満たされていなくてはならない条件で、十分条件軸は、

利用者が車を使いたいという動機づけに関わるものである。

電気自動車の実用性ということに関して問題にされることで一充電走行距離の短かさと、最高速度および加速度の問題がある。ここで取り上げる評価項目の中では、一充電走行距離は自由さの中に含まれ、加速度、最高速度については、速さの中に組み込まれるものとした。

このような評価軸をもとに、これまでに作られた電気自動車をあてはめた結果を図8に示す。同図は定性的な比較であるが、電気自動車が現状の内燃機関に比べて明らかに優れている項目に+1、明らかに劣っているものについて-1、ほぼ同等と考えられる項目に0の評価をしている。

同図の結果を細かく見ると、まず、社会軸の環境とエネルギーについては、電気自動車は明らかに優れている。自動車に関わる環境問題には大気汚染、騒音および地球環境問題に関連した温暖化、酸性雨、オゾン層破壊の問題が関わっている。このうち、大気汚染、騒音に関しては議論の余地がない。温暖化に関しては、発電所で出す二酸化炭素と車が直接出すそれとの量の比較になるが、これまで電気自動車は必ずしも有利ではないとの論調も見受けられた。

しかし、本報告でも示したように、電気自動車の二酸化炭素排出量の少なさは明らかである。酸性雨についても電気自動車は窒素酸化物の排出量が本質的に少ないため、効果が大きい。オゾン層破壊については、両者ともに現状では差はない。

エネルギー問題に関しては、電気自動車は多様化が図れることと省エネルギー性が高いことの2点から有位性がある。

事故については、電気自動車は衝突の際に火災の心配がないことのために多少は安全であると言える。しかし、事故による被害のほとんどは衝突による力学的ショックの影響に基づくものであるため、両者に大きな差はない。

渋滞についても問題はほぼ同様である。但し、渋滞を引き起こしている遠因の1つに公害問題のために道路が作りにくいということがあがるが、このことを考慮すると、電気自動車は渋滞解消に多少役立つ可能性はある。

第2番目のカテゴリーの必要条件軸について検討する。経済性については、車体の価格と維持費の両面から検討する必要がある。このうち、維持費については、電力料金と電池の交換費用の双方を考慮に入れる必要がある。現状の電気自動車は車体価格、電池の交換費用ともにガソリン自動車の価格と燃費のそれぞれよりも高価である。但し、その最大の理由は車体も電池も大量生産がなされていないことによる。

機能性とは、車室空間の広さや荷役性等を指している。この点に関しても現状の電気自動車は

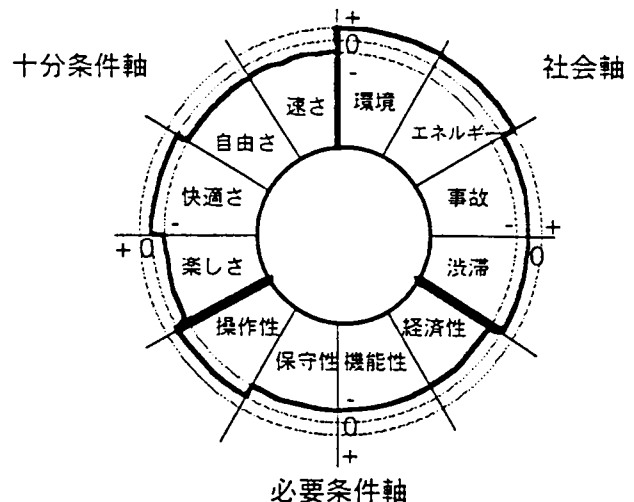


図8 自動車に要求される評価項目とエンジン自動車と比較した現状の電気自動車の評価

電池のための空間を広く取らなければならないことと、重量が重くなることのために有利でない。

保守性に関しては、日常の点検とエネルギーの補給の2つを考える必要がある。エンジン自動車については、日常の点検についてはほとんどないと言ってよく、エネルギーの補給については、ガソリンの給油のみということであり、利用者にとって大きな負担ではない。電気自動車については、これまでの電池では定期的に補水をする必要があった。また、充電も頻繁に行なう必要があった。これらを考慮するとこの点でも電気自動車は劣っていると言わざるを得ない。

操作性は運転のし易さということである。電気自動車はエンジンの心配がない。ある場合には、トランスミッションの操作の必要もない。これらのことから、エンジン自動車に比べて多少運転はし易い。しかし、自動車の運転操作で最も難しいのはハンドル操作であり、この点については両者とも大きな違いはない。

第3のカテゴリーの十分条件については以下のことが言える。

まず、楽しさについては乗って楽しい、見て楽しい、所有して楽しいというような多くの要素がある。車でこれを評価することは極めて難しい。これまでの電気自動車に関して言えば、動力性能が劣ることが最も大きな原因で、楽しさという評価基準からは大部はずれ、むしろ、我慢して乗る車というイメージが強いと言わざるを得ない。

快適さについては騒音、振動、臭いなどの物理的な要因の他に車空の広さ、ドライバビリティの良さ等が評価の対象となる。物理的要因については電気自動車が明らかに優れていると言えるが、他の要因では劣っており、結局は同程度という評価にならざるを得ない。

自由さについての最大の要因はエネルギーの心配をせずにどこまでも走れるということである。その他には、他人に迷惑をかけずにどこでも走れることなどが比較項目になる。電気自動車は一充電走行距離が短いために自由さということではかなりマイナスである。しかし、他人の迷惑にならないということについては優れている。

速さについては、加速度と最高速度が比較対象であるが、これについても現状の電気自動車は大きく劣っている。

以上述べて来たように、12の項目に亘ってエンジン自動車と電気自動車を比較したが、環境とエネルギーの面で電気自動車が優れている他は全ての面で同等かそれ以下である。電気自動車が普及するためには優れている面についてより重要性を強調することも重要であるが、劣っている面の全般に亘って、技術的な解決を施すことが必要とされる。

6. まとめ

ここでは電気自動車の普及阻害要因を利用実態調査と実車を用いた走行調査のなかから把握する試みを行なった。その結果、通常言われている一充電走行距離等のいわゆる動力性能と価格の問題以外にも多くの項目で普及を阻害している要因のあることが明らかになった。それらを解決する方法の可能性については本報告の(5)で述べる。

研究発表の状況

1. 石谷 久・清水 浩 ミニレションにより実走行モードを考慮した電気自動車の開発評価システム；ミニレション10(1)394-403

2. 清水 浩等 電気自動車の基本設計のための性能評価用シミュレーションプログラムの開発 ;
シミュレーション10(3) 235-244
3. Y.Kaya, H.Shimizu et al. Research and Development of an Advanced electric vehicle,
IZA ; 11th International Electric Vehicle Symposium
4. T.Ashikaga, H.Shimizu et al. Development of motors and controllers for electric
vehicles ; 11th International Electric Vehicle Symposium
5. M.Ono, H.Shimizu et al. Development of the chassis, suspension and body of the
advanced electric vehicle, IZA ; 11th International Electric Vehicle Symposium
6. H.Ishitani, H.Shimizu et al. Performance evaluation of an advanced EV, IZA, by a
simulation evaluation model ; 11th International Electric Vehicle Symposium
7. 清水 浩 電気自動車のすべて ; 日刊工業新聞社
8. H.Shimizu et al. GLOBAL WARMING AND THE FEASIBILITY OF ELECTRIC CARS ; Int. J. Solar
Energy 1994 Vol. 14 169-179