

電気自動車開発の基本的な考察

Basic Consideration on Development of Electric Passenger Cars

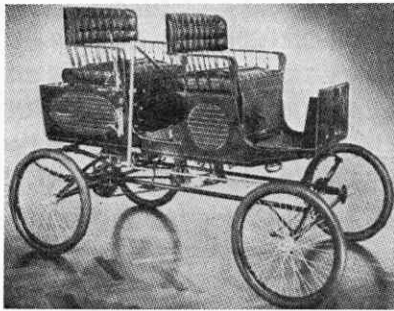
梅 谷 陽 二*

Yoji UMETANI

技術の系統的な開発過程に立脚して、乗用車としての電気自動車の将来を検討し、電気自動車の実用化が単に技術的問題だけでなく、社会全体の開発計画と深い関連ある問題からも再検討すべきことを述べる。

1. は し が き

新聞やテレビで電気自動車についてのニュースを聞く機会が多くなってきた。電気自動車というと、終戦直後の焼野原をゴトゴトと走っていた蓄電池自動車を思い出す人、さらに



蒸気自動車 (1899年)



電気自動車トラック (1898年)

写真1 初期の自動車

古くは、明治末期から大正時代にかけて高級車然として街路を静々と走っているのを見た人、はてはまた子供の遊園地自動車を思い浮かべる人など、いまでは非実用的な自動車という感じを持つ人が多いのではなからうか。にもかかわらず、最近またもや電気自動車の開

発が世界各国で行なわれているのはどういう意図からであろうか。画期的な性能の電池が開発されたからであろうか？ 石油資源の枯渇に備えてか？ 都市交通の緩和に有効だからか？ 都市の大気汚染に対処するためか？

本報文は、電気自動車総合調査委員会**と同委員会派遣の海外調査団に参加した筆者の知見をもとに、これらの問いに答えるための基本的な考え方を述べたものであり、あわせて電気自動車の開発に対する基礎的なアプローチを示したものである。

* 東京大学生産技術研究所 第2部

** 日本自動車工業会など関連する5つの工業会が通産省の補助を得て設立した調査委員会で、電気自動車の開発状況を調査し最終的には電気自動車の需要予測を行なうことを目的としている。43年度末に調査報告をまとめる予定である。なお、本報文は筆者個人の立場から報告するもので、同委員会とまったく無関係であることを明記しておく。

ただし、ここでは電気自動車をすべて road passenger car と限定し、フォークリフト車やゴルフカートなどの産業車は除外して話を進める。

2. 電気自動車に対する誤った固定観念

英国はかなり以前から電気自動車の開発に力を入れている国である。その英国の Electricity council が数年前発表した電気自動車の特徴をまとめると、次のようになる。

- 長所 (1) 有害な排気ガスが出ない。(大気汚染の解決に有効)
- (2) 運行中の騒音が小さい。
- (3) 始動および速度制御が容易であり、したがって運転の安全性が高い。
- (4) 長寿命である。
- (5) running cost および operating cost が安くつく。
- (6) 可燃物がなく、機構が簡単であるから、保守および運転者の安全の面で有利である。
- (7) 電池の効率が高い。(とくに燃料電池自動車の場合)
- 欠点 (1) 走行距離が短い。(蓄電池自動車の場合)
- (2) 再充電に長時間を要する。(")
- (3) ガソリンスタンドのような電気供給スタンドを新設せねばならない。

これらの特徴は実際に電気自動車を開発し試作した上での結論であろうと思われるが、ごく最近までの研究と筆者の海外調査を総合して判断すると、上記の特徴とりわけ長所の内容は必ずしも正確ではないことがわかった。すなわち現在までに試作された電気自動車(電気自動車の種別は表1参照)の性能を通覧し、そのうちのいくつかを実際に眺め試乗した海外調査団員の意見をとりまとめると、上述の特徴は次のような実情にある。

表1 電気自動車の分類

- (1) 蓄電池自動車 { 鉛蓄電池使用 (Lead acid)
 新型蓄電池使用 (Ni-Cd 電池など)
- (2) 新型電池自動車 (Na-S, Li-Cl など)
- (3) 燃料電池自動車 (H₂-O₂, Hydrazine-air など)
- (4) Hybrid 自動車 (エンジン-電池, 燃料電池-蓄電池など)

- 長所 (1) ほとんど正しい。
 (2) 交流電動機用のインバータや伝導部の騒音のため、車内は意外に noisy である。
 (3) 始動は容易。しかし速度制御は現在の自動車と変わらない。
 (4) 長寿命の保証はまったくない。むしろ電池の寿命は案外短い。
 (5) ほとんど正しい。
 (6) 事故のときの蓄電池破損や燃料電池のボンベ破裂など、危険な面が無視できない。
 (7) 正しい。
- 欠点 (1) 正しい。とくに蓄電池開発の泣き所である。
 (2) 正しい。
 (3) 正しい。

このように、数年前までは長所と考えられていた点が、開発が進むにつれて、次第に影がすくなくなってきたことは事実である。しかしこのようなことは、電気自動車に限らず、技術の開発途上によくあることで、むしろ逆に、電気自動車の開発が軌道に乗りつつあると見ることもできる。

いずれにせよ、電気自動車を将来の交通手段として採用できるかどうか、もう一度じっくり検討する時期にきているように思われる。

新しいタイプの電気自動車が発表されるたびに、電気自動車こそ未来の自動車という固定概念ができてゆくように思われるが、これはまことに注意しなければならない傾向である。電気自動車はいうまでもなく、将来の交通手段のうちのほんの一種類に過ぎないことをあらためて強調したい。

そこで以下に、電気自動車を含めた将来の新しい交通手段がどのような要因と方法のもとに開発されるべきか、順を追って考察しよう。

3. 技術開発の系統的な考え方

ある人は、都市の大気汚染を防止するために電気自動車を開発せねばならない、と言う。これに対して他の人は、現在の自動車の排ガスを直接無害化すれば大気汚染は防げる、と主張する。また別の人は、自動車ではなく工場排ガスこそ大気汚染の元凶、ときめつける。その他、夜間電圧活用論、化石資源枯渇論、都市交通緩和論など、

電気自動車に対する賛否はとどまる所を知らない有様である。

そこで筆者は、もし電気自動車が実用化に成功すれば将来の社会生活環境と産業構造が大きく影響されることは必至であるから、その開発要因を系統的に整理してみようと思う。すなわち、電気自動車の開発が本当に必要かどうか、必要なればその役割はどうか、不必要なれば他にどんな交通手段を考えるべきか、などの問題を系統的に考えやすい方式で提示してみよう。

図1は技術開発の一般的な望ましい過程を筆者の考えにもとづいて線図化したものである。これについて説明する。

いかなる新製品を開発すべきか、という重要な技術開発問題を系統的に考えるには、図1のような段階を経なければならないと思われる。すなわち、

開発動機→思考展開→選択行為→思考実験。

このような考え方は、技術開発という過程を未来学的な予測過程として把握する筆者の立場を示すもので、電気自動車の開発という長期的な計画を考察する場合に、とくにふさわしい立場であると思われる。

開発動機には④⑤2種類ある。④は IC 化技術の完成やエサキダイオードの発見などの直接ハードウェアに結びついた新技術のほか、PPBS などのソフトウェア技術をも含む。この要因は目まぐるしい現在の技術革新に応じて、つねに新しい萌芽を形成するものである。⑤は国防、公害、防災など社会的に“かくあるべし”と規定され強制される環境要因である。この要因は、公害などの現実的な規範と、つねに現実社会からの要求と未来に対するビジョンからなり立っている。以上の両要因もしくはどちらか一方の要因が開発動機となって、新しい技術開発へ発展してゆく。

次の思考展開の段階③は、開発動機を満足する具体的な手段を探索し列挙することにある。この段階で重要なことは既成概念にとらわれない柔軟な創造性であり、技術開発の真価の大半はこの段階で定まるといっても過言ではない。この段階につづく選択行為は、図1に示す⑥⑦⑧の3要因からなっている。この場合、③で求めた手段のうちの一つについて選択を行ない、不適と判断されればその手段を捨て、再び③に戻って別の代替手段を取り上げて再び選択段階に乗せる手順をふむ。選択行為が適当と判断された手段は思考実験の段階④へ送り、その手段の最終的な検討を加える。この段階で可能と判断された手段だけが新技術の具体案の一つとして採択されるわけである。

以上の系統的な思考過程は、とくに社会連関性の強い大規模な技術開発に際して有効な手助けとなるに違いない。

電気自動車の開発をも一度根本に朔って考えるた

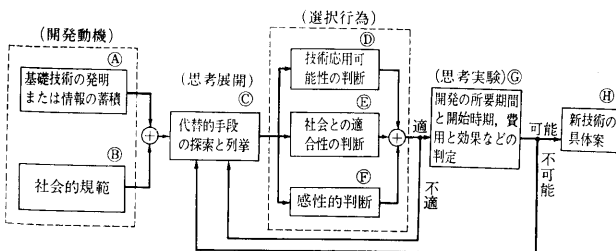


図1 技術開発の系統的思考過程

め、図1の過程に沿って、考察を加える。

4. 新しい交通手段の開発

電気自動車というものは何らかの開発動機に刺激されて生れた手段の一つに過ぎない、という認識の上に立って図1に沿った議論を進める。

(開発動機)

電気自動車の開発動機を何に設定するかによって、電気自動車が開発に値するか否かが定まる。

当初の開発動機が大気汚染にあったことは論を俟たない。しかし現在ではそれだけでは動機として不十分であることがわかってきた。つまり都市交通問題が社会的規範の一つとして不可欠であることが広く認識されていることが、先に述べた海外調査団の調査によってわかった。

電気自動車を含む新しい交通手段の基礎技術面での開発動機はどうも見当たらない。というのは今までに発表された新しい交通手段の中には、共通した新しい基礎技術が見いだせないからである。

以上をまとめると、開発動機の各要因は次のようになる。

④ 基礎技術の発明または情報の蓄積——なし。ただし、強いて探すならば、日本では“外国でも電気自動車の研究を開始した”という情報が動機となっているかも知れない。

⑤ 社会的規範——大気汚染を抑制すること、都市交通の混乱を緩和すること、の2点である。

ゆえに電気自動車の開発は社会規範形の技術開発に属している。

(思考展開)

電気自動車をはじめ、ガソリン機関の排ガス直接無害化、蒸気自動車、など数多くの代替手段がすでに発表されているが、まだまだたくさんあるはずである。とりわけ、都市交通に関連した交通手段が展開されていないように思われるが、将来の都市問題自身がまだ明確なビジョンに欠く現在、無理もないかも知れない。

(選択行為)

⑥ 技術応用可能性——電気自動車では何とんでも蓄電池や燃料電池の性能、とりわけパワー密度やエネルギー密度の高い電池が作り得るか、が問題となる。蒸気自動車では、小形化と燃焼ガスのきれいさが問題である。

⑦ 社会との適合性——新しい交通手段としての電気自動車が現在の都市交通網の中で、在来の自動車と無理なく安全に走れるか？ 電極材料や電気エネルギーが大量かつ安価に供給できるか？ 充電設備をど

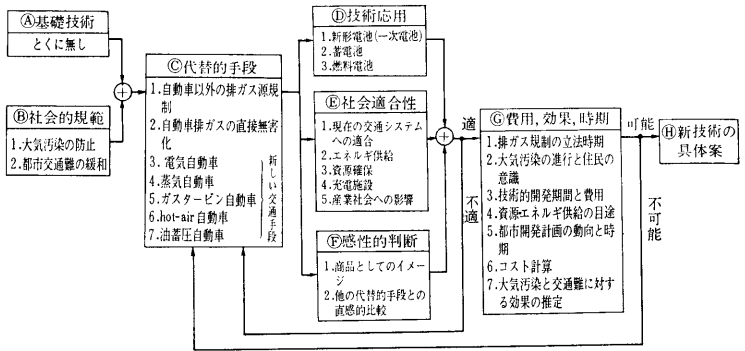


図2 電気自動車の系統的技術開発

うするか？ 交通難を緩和できるか？ などの問題がある。

⑧ 感性的判断——大衆に受け入れられるに十分な魅力があるか？ 永続性があるか？ いつ売り出すべきか？ など微妙な判断が要求されよう。

(思考実験)

電気自動車の開発は社会規範性が強いから、排ガス規制の政府や地方自治体の立法・行政処置、都市生活者の意識の動向、経済成長に伴う需給の大形化など、技術開発の社会依存性を十分に考慮しつつ検討する必要がある。

以上をまとめて図2に示した。

5. 電気自動車は実用化されるか？

いまにも電気自動車がガソリン自動車にとって代るよういわれてから何年にもなるが、一向にその気配がないのはなぜだろうか？ しかし一方では電気自動車の試作車は次々と発表され、電気自動車に関する昨年の国際シンポジウムは盛況の入りである。また、海外の関係会社を訪問して、電気自動車開発の担当者に直接聞いてみると、10年後には実用化できる、とたいていの方はいう。そこで本節では、図2の考え方に沿って、電気自動車はたして実用化に成功するかどうか、実用化の問題点はどこにあるか、などについて逐次考えてみよう。

(1) 技術応用の可能性

電気自動車の動力源としての蓄電池の性能、とりわけ電池のエネルギー密度の低いことが技術的に最大の悩みである。現存する最高の蓄電池 (lead-acid battery) を用いても、1回充電あたり 100km 以上の走行を期待するのは困難であるから、この走行距離の点で都市内交通機関としての十分な資格があるとはいえない。燃料電池を用いる場合は性能的にはかなりの期待が持てそうであるが、コスト高になることと技術的完成度の低いことのため、実用化までの距離は遠い。いずれの電池の場合も、従来電池より少なくとも10倍の性能をもった革新的な電池を開発する必要があることは間違いない。

(2) 社会との適合性

電気自動車が都市内交通機関として利用できるかどうか、が最大の課題である。その際、現状の道路網を現在のガソリン自動車と並んで安全にしかも混雑緩和に寄与しつつ走り得るかどうか、また将来の都市交通システムに適合することができるかどうか、など、現在から未来にわたって十分に検討する必要がある。

エネルギーや資源の問題も無視できない。たとえば現在の巨大な石油産業に与える影響、蓄電池の場合の鉛資源供給の可能性、充電用の発電設備が必要なこと、などである。

(3) 感性的判断

自動車に対するイメージをそこなわれないだけの性能とデザインをもった電気自動車が、作れるかどうかによって、理屈だけでは割り切れない判断が下されよう。なかでもスピードの不足が現在の電気自動車の泣き所となっている。

(4) 思考実験

以上の選択段階をへて、電気自動車が将来の交通機関として適当であると決断を下されたとしても、技術的実用化までの見通し→需要の予測→コストの試算→開発効果の判定などの検討を加える思考実験の段階で、大きく意見が分かれるように思われる。なぜなら、世界の有識者の意見を総合してみると、実用化までに10年ぐらしかかる、という意見が圧倒的であるから、その時点での都市交通のあり方や都市開発の計画などの社会的要因によって、開発効果が左右されるからである。

電気自動車に関して、今までに発表された試作車の性能、各種の電池、モータと制御器、都市交通の新しいシステムなどの論文と、前記の総合調査委員会での意見とを総合すると、電気自動車は次の条件つきで実用化に成功するであろう、と筆者は考えている。

- ① 大気汚染と自動車排ガスに対する規制がさらにきびしくなり、内燃式、外燃式（スチームカーなど）を問わず、排ガス直接無害化の技術では追いつかなくなった場合。（社会的規範の激化）
- ② 燃料電池を含む新形電池の画期的な開発に成功した場合（性能と経済性の向上）
- ③ 電気自動車に適した、都市交通システムが考案され、実際に施行された場合（社会との適合性）

6. 他の新形自動車との比較

電気自動車と競争関係にある新形自動車の開発状況を概観し、筆者なりの位置づけを試みる。

まず、現時点において電気自動車よりも早く開発に成功すると思われるものについて述べる。

(1) 排ガスの直接無害化装置を施した自動車

新形自動車ではないが、排ガス無害化はもっとも着実な解決手段である。燃料タンクやクランクケースからの蒸発ガスには活性炭などの吸着剤を、燃焼排ガスには触媒酸化、再燃処理などの処理を施す方法がとられている。この方式の問題点は、経済性のほかに、排ガスのどの成分を有害と認めるかが、明確になっていないところにある。

(2) 外部燃焼式エンジンの自動車

蒸気エンジン、ガスタービン、hot-air エンジンなど内燃式でないエンジンは完全燃焼しやすく、有害ガスがずっと少ない利点がある。なかでも蒸気エンジンのスチームカーは、昨年末からカリフォルニア州のパトロール用に試用された実績があり、Battele Memorial Institute の報告でもっとも有望視されているから、5・6年以内に実用化の目途がつくのではないかとわれている。

次に、電気自動車よりも開発がはかまれている車種については、

(3) 機械エネルギー式エンジンの自動車

流体の蓄圧エネルギーやフライホイールのエネルギーを蓄えておくタイプのエンジンは着想としては面白いが、2・3の試作車があるだけで、開発には相当の時間がかかるだろう。むしろ、内燃機関と Hybrid にして用いるべきものと思われる。

(4) Hybrid engine の自動車

内燃機関——蓄電池、スチームエンジン——蓄電池、燃料電池——蓄電池、などの組み合わせエンジンは、電池の弱点を補う実用的な解決手段である。また将来の交通システムに適したエンジンともいわれている。しかし現状では、馬力あたりの重量と容積が大きくなりすぎる欠点をカバーするだけの構想が生まれていない。

7. む す び

電気自動車開発の背後にある根本問題にさかのぼって、系統的な考察を試みた。

昨春秋、MIT とカリフォルニア工大の電気自動車がそれぞれ同時に米大陸を東西両端から横断する競争をして大いに騒がれたことがあった。しかしこのにぎにぎしい競争の内情は実に茶番劇であり、決して電気自動車の実態を表わすものではないことを知るべきである。

電気自動車の未来は世上でいわれるほどには明るくない。しかし、何よりも電池の研究と平行して未来の交通システムのビジョンをうち立て、電気自動車の特徴が生かされる分野と使い方に留意するならば、未来の交通機関としての地位を確立することができる、と考えている次第である。

(1968年12月27日受理)