

電気自動車と燃料電池——その現状と将来

岡 田 俊 治

1 はじめに

すでに相当以前より公害問題やエネルギー問題が叫ばれる折に、その都度電気自動車の見直しが注目されてきました。電気自動車といえば、1970年大阪万国博覧会場で活躍していたその姿を思い出す方も多いことでしょう。しかしながら今日においても、電気自動車は低公害・省資源が自明のことであっても、一般車両としての普及はせず、特殊用途の一部にしか用いられていないのが現状です。筆者は電気自動車に興味を持つ立場から、このような電気自動車の現状についていくつかの問題点を確認し、それら問題点にたいするさまざまな解決策の一手段となり得る可能性を持つ燃料電池について、その動作原理、稼働状況、将来性などについてまとめます。

2 電気自動車の歴史

電気自動車の歴史は意外と古く、国外では1830年代にはすでにその研究が始まっていた¹⁾。1859年鉛電池が発明されてその研究は一段とすすみ、1880年以降は続々と実用車が製作されました²⁾。しかし1920年頃からエンジン自動車が取って替るようになり、電気自動車は衰退の一途をたどることになりました。ところが1974～1975年のオイルショックを契機に1976年9月アメリカ連邦会議で電気自動車とハイブリッド車の開発普及のための法が制定されました³⁾。そして1980年にはGE社のDOEプロジェクトによる第一次試作車ETV-1の試作結果が発表され、SAE J227aDモードによる一充電走行距離119km、最高速度112km/hが示されました⁴⁾。

一方国内では1899年電気自動車が始めて輸入され、1930年以降ガソリンの統制が厳しくなったことも影響して、1949年には全国の電気自動車使用台数は国内自動車総数の約3%に当たる3,299台が記録されるまでになりました⁵⁾。その後ガソリンの供給が円滑となるにしたがい次第に減少し、その姿を消すこととなりました。しかしわが国では1966年頃から電気自動車の再開発の気運が高まり、1971年通商産業省工業技術院大型プロジェクトのテーマの一つとして電気自動車の研究開発が行なわれ、1976年電気自動車の開発普及促進をはかるため財団法人日本電動車両協会発足、そして、1977年通商産業省の諮問機関である電気自動車協議会が、電気自動車の普及に関する基本計画を策定しました。これに基づき1978年大阪中央卸売市場に構内用1トン積み三輪電気自動

車が242台納入された他⁶⁾、1980年には京都市交通局に電気バス6台が納入され、阪急桂駅と洛西ニュータウン間6kmを運行しています⁷⁾。

3 電気自動車の問題点

前述のように長年に渡る研究開発が行われているにもかかわらず、電気自動車ははまだ一般車両として普及・定着していません。その最大の難点は電池にあり、電池に要求される条件を列記すると以下ようになります。

- ① エネルギー密度が高いこと
- ② 出力特性が良いこと
- ③ 寿命が長いこと
- ④ 充電効率が良いこと
- ⑤ 安全であること
- ⑥ 安価であること
- ⑦ 保守、取り扱いが簡単であること

現有する電池では、これらの条件をすべて満足するものではありません。

電気自動車の性能を表わすことの一つとして、一充電走行距離があります。それを支配しているのが電池のエネルギー密度です。図1は一充電走行距離とエネルギー密度の関係を示したもので、車両総重量1,300kg、総合効率75%と仮定し、電池搭載重量比率20%、25%、30%、35%それぞれについて40km/h定地走行状態で試算されたものです⁸⁾。実際の走行状態では定地走行時の1/2程度となります。またその場合は加速、登坂などの走行状態が加わるので、出力特性にも左右されます。

現在使用されている電池のエネルギー密度は高いもので150~200Wh/kg程度であり、この程度では図1より推定してもエンジン自動車の比ではなく、一般車両として普及していない大きな要因となっています。

この点で期待されるのが、よりエネルギー密度の高い新型電池です。新型電池には表1のごとくナトリウム—硫黄電池、亜鉛—塩素電池、亜鉛—空気電池、亜鉛—ニッケル電池、リチウム—硫化鉄電池、鉄—ニッケル電池などがあります。1983年東京モーターショーに出品された日産自動車の開発した電気自

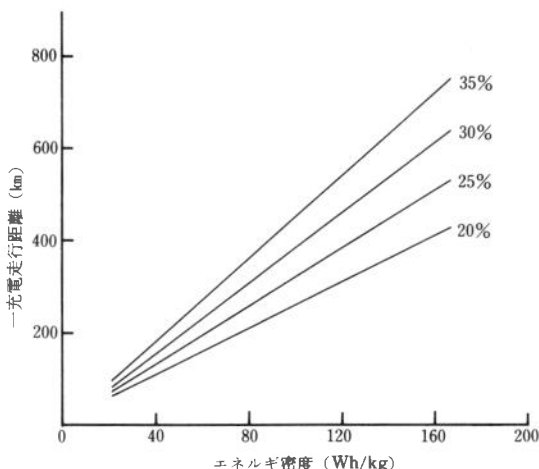


図1 エネルギー密度と一充電走行距離
吉澤四郎編『電池』より

表1 各種の新型電池

新型電池の種類	理論エネルギー密度wh/kg	理論開路電圧V	作動温度℃
ナトリウム-硫黄電池	780	2.08	300~350
亜鉛-塩素電池	828	2.12	20~50
亜鉛-空気電池	1,350	1.65	常温
亜鉛-ニッケル電池	351	1.75	常温
リチウム-硫化鉄電池	770~1,298	1.76	450
鉄-ニッケル電池	266	1.37	常温

自動車技術 Vol.34, No.4, 電気学会雑誌 Vol.103, No.8より

動車は、始めて交流モータを搭載して注目されましたが、電池に鉄-ニッケルの新型電池が採用された点も見逃すことはできません⁹⁾。

電池の問題点についてはエネルギー密度を上げようとするれば寿命が短くなったり、出力特性が悪くなる傾向にあるなど、それぞれが関連しながら影響し合うためにすべてを満足させることは至難であり、それを克服する方法として、燃料電池、はずみ車、内燃機関などの他の動力源とのハイブリッドが考えられます。国内では1983年鉛電池とメタノールを燃料とした燃料電池をハイブリッドにしたゴルフカートが発表されました¹⁰⁾。それより以前にアメリカではGM社とUCC社の共同開発により、水素を燃料とした燃料電池のみを動力源とする電気自動車が試作され、最高速度112km/hで240kmを走行したものの価格的にも実用にはなりません¹¹⁾。燃料電池を動力源の一部もしくはすべてとする電気自動車の実用化にはまだ数年の時間が必要といわれていますが、GM社では図2のごとく動力源の開発シナリオを描き、研究が続けられています¹²⁾。

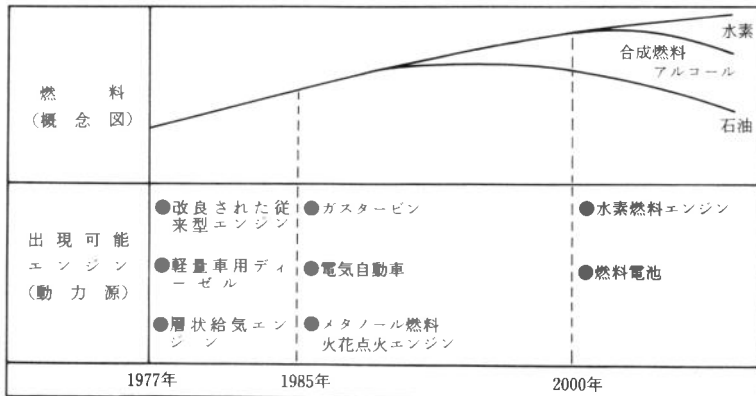


図2 GM社の将来エンジン開発シナリオ (抜粋)

4 燃料電池の概要

燃料電池とは、補給される燃料の燃焼状態とは異なる酸化あるいは還元作用によって電気エネ

表2 燃料電池分類表

種 類	燃 料	作動温度℃
アルカリ性電解液燃料電池	水素, アンモニア, ヒドラジン	60~90
リン酸電解液燃料電池	メタノール, 天然ガス, ナフサ, 石炭ガス他	150~225
固体高分子電解質燃料電池	水素	80~150
超酸電解液燃料電池	メタノール	60~150
熔融炭酸塩電解質燃料電池	アルコール, メタン, 石炭ガス他	650
固体酸化物電解質高温燃料電池	石炭ガス	1,000

ルギを発生させるもので、電池というよりもむしろ発電機というべき装置です。アメリカの宇宙開発計画でも採用されて広く知られるようになりました。

燃料電池の分類方法は、電解質の種類、使用燃料の違い、作動温度の高低などがありますが、研究がすすむにつれて数多くの使用可能な燃料と技術が開発されているので、分類しやすい電解質の種類による分類をすると表2のようになります。

基本的なタイプのアルカリ性電解液燃料電池の動作原理について、図3のモデルを基に概略説明をします。

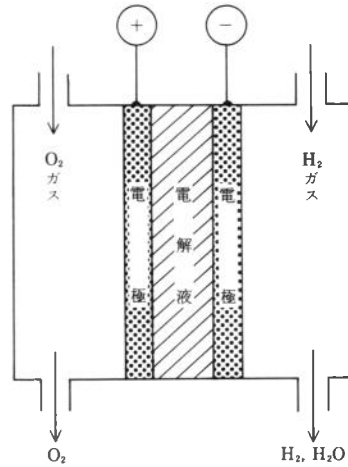
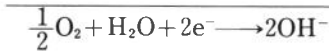
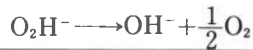
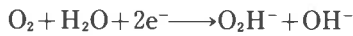


図3 アルカリ性電解液水素-酸素燃料電池モデル

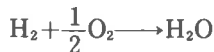
図3は電解液をはさんで、多孔性の2枚の電極が正極、負極として構成されています。電解液にアルカリ性水溶液が用いられているので、負極では水素ガスが多孔質電極に拡散し、電極、水素ガス、アルカリ水溶液の接する三相反応帯となり、次の反応が起こります。



正極では酸素分子が電解液中の水と反応して



となり電池全体では



となります。この反応での起電力は理論的には約1.23V (25℃) となりますが、実際には1.0 V 前後の測定値になります¹³⁾。

電解液にリン酸(酸性)水溶液が用いられると、



正極では $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

全体では $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O$

となります。アルカリ性水溶液を用いた場合と異なるのは、正極に水が生成されることです。

5 燃料電池の稼働状態

燃料電池が電源として将来的に可能と考えられる用途をまとめてみると、

大規模発電：発電所、船舶、オンサイト

小規模発電：電気自動車、通信、宇宙開発、移動用、非常用

などになります。

大規模発電では、発電設備としてニューヨークのCE社がイーストリバ火力発電所隣接地に建設した直流出力4.8MW、交流出力4.5MWのリン酸を電解液とした燃料電池発電の実証プラントが、1983年に運転を開始した他、アメリカ国防省でもリン酸電解液燃料電池PC-18のフィールドテストが開始されました¹⁴⁾。同じく国内でも1983年東京電力五井火力発電所の燃料電池実験プラントにおいて4,200kWの発電に成功しました。この燃料電池はアメリカUT社製のナフサを燃料とした4,500kWリン酸電解液燃料電池で、今後実用化のための定格出力達成を旨とした試験運転が続けられています¹⁵⁾。

小規模発電では、価格のことをあまり考慮しないで計画が進められたアメリカの宇宙開発で、ジェミニ、アポロそしてスペースシャトルと活用されてきました。しかし電気自動車用としては前述した以外にも、1962年アメリカAC社のヒドラジンを燃料とした燃料電池を搭載したゴルフカートを始めとして¹⁶⁾、国内外で相当数の試作車が製作されましたが、そのいずれもがデモンストラーションの域を出ず、残念ながら実用化されていません。

6 電気自動車の将来

多方面に広く利用されている各種の電池も、自動車用として利用できる種類はほぼ鉛電池に限られており、その価格面から見て現在使用できるエネルギー密度の限度は、55~60Wh/kg程度です。したがって電気自動車は今の処特殊用途にしか用いられていません。しかしその鉛電池も、30年前にはエネルギー密度はせいぜい20Wh/kg程度でした。それに比べれば現在は数倍のエネルギー密度になっており、合わせて新型電池の研究開発も進められ、その実用化は1990年以降には可能であろうといわれています¹⁷⁾。新型電池には理論エネルギー密度が1,500~2,000Wh/kgに達するものもあり、それらとともに、燃料電池を始めとするその他の動力源とのハイブリッドが、電気自動車の実用化をより可能にすることでしょう。

その他に電気自動車の性能にかかわることとして、車体、電動機、制御装置などがあります。

これらに関して、

- ① 車体の軽量化
- ② ヒートパイプによる電動機の冷却
- ③ 電動機による駆動輪のダイレクトドライブ
- ④ 電池の直並列切り換え
- ⑤ 摩擦抵抗の小さなタイヤの使用

などのアイデアも提唱されており¹⁶⁾、これらの改良を加えることも電気自動車の普及実現の一助になることであろう。

7 おわりに

エンジン搭載の自動車は完成の域に達しており、それにまさる電気自動車の完成はまだまだ先のようにです。しかしエンジン自動車に比べ排出ガスはほとんど無く、しかも低騒音であり、化石燃料その他の省資源、高効率による省エネルギーなど利点も多く、電気自動車への関心は高まりつつあります。そうした中で、電気自動車の研究開発に関する関係団体あるいは関係機関のより強い取り組みに期待するものです。

参考文献

- 1) 例えば西村克三郎著『電気自動車』アズミ書房 p. 14 1950年
- 2) 例えば高橋祥夫 自動車技術 Vol. 34 No. 4 p. 295 1980年
- 3) 吉澤四郎著『新しい電池』東京電機大学出版局 p. 278 1979年
- 4) 矢田恒二 自動車技術 Vol. 35 No. 6 p. 624 1981年
- 5) 例えば清水浩著『電気自動車』日刊工業新聞社 p. 57 1981年
- 6) 矢田恒二 自動車技術 Vol. 33 No. 6 p. 441 1979年
- 7) 高橋祥夫 自動車技術 Vol. 38 No. 1 p. 67 1984年
- 8) 吉澤四郎編『電池』講談社 p. 105 1982年
- 9) 日刊自動車新聞 1983年10月25日付記事
- 10) 日刊工業新聞 1983年1月26日付記事
- 11) 服部正策編『燃料電池／電気自動車』横川書房 p. 70 1973年
- 12) 土井治郎 自動車技術 Vol. 34 No. 4 p. 325 1980年
- 13) 例えば高橋武彦著『電気化学概論』槇書店 p. 192 1983年
- 14) 高橋武彦 燃料協会誌 Vol. 62 No. 676 p. 670 1983年
- 15) 電気学会雑誌 Vol. 104 No. 2 p. 56 1984年
- 16) 高村勉, 荻原宏康, 城上保著『電池と未来発電』電子通信学会 p. 144 1981年
- 17) 新村明 電気学会雑誌 Vol. 103 No. 8 p. 757 1983年
- 18) 清水浩著『電気自動車』日刊工業新聞社 p. 104 1981年