

電気自動車の開発動向

解説

高 橋 祥 夫*

Current Status of Electric Vehicle Development

Sachio TAKAHASHI

1. は じ め に

電気自動車を導入することによって、自動車の排ガス公害を緩和しようという意欲が高まりをみせたのは1960年代後半の頃であった。しかし、電気自動車の普及を図るには、一充電走行距離の飛躍的な延長が必須というのが当時の一般的な見方であった。このような世論を踏まえて、通商産業省工業技術院では1971～76年度にわたって電気自動車大型プロジェクトを組織し、高性能電気自動車の開発に当たった。このプロジェクトに参画した産学官の関係者は実に総計1100人を超え、投下された研究開発費は約57億円に達した。この結果、730件を超える工業所有権が出願され、また試作された8種類の実験車はそれぞれ当時の国際水準を大きく上回る素晴らしい性能を発揮した。一方、電気自動車の普及政策の立案を目的として電気自動車協議会が1976年に設立されるとともに、同年(財)日本電動車両協会が設立され、大型プロジェクトで得られた成果の実用化と、電気自動車の普及を図るための諸活動に取り組み始めた。また、1978年には電気自動車技術研究組合が設立され、大型プロジェクトで得られた技術的成果を基盤に、生産性を配慮した、実用性の高い低価格の電気自動車の研究開発活動を開始した。

このようにして、我が国における電気自動車の普及のための条件はすべて整ったかにみえた。しかし、大型プロジェクト終了後約13年を経過した現在、我が国における電気自動車の普及台数は、公道上を走行するオンロード車が約650台、構内専用のオフロード車(ゴルフカーなど)が約1400台、ナンバー付きフォークリフトなどが約9800台という程度に止まっている。これらの台数は大型プロジェクトの終了時点での通商産業省機械情報産業局の『電気自動車普及基本計画』による将来の普及予測(1986年度時点でのオンロード車保有台数200000台)を大幅に下回るものである。

このように普及が困難な状況をもたらしたのは、次の

ような諸原因の複合作用と推定される。

(1)自動車の排ガスによる環境汚染問題に対する社会の関心が薄れた。

(2)最近の原油価格の水準に端的に表れているように、エネルギーの需給事情は第一次及び第二次エネルギーショックの頃からは想像もできなかった好転振りを示している。そのため、ガソリンの供給不足に対する不安感も当面なくなり、エネルギー源の多様化に対応できるという電気自動車の価値も過少評価されるようになった。

(3)電気自動車の価格低減と実用性能の向上が予想以上に困難であった。とくに低コスト化と一充電走行距離を左右する動力源用電池の価格低減、高エネルギー密度化及び寿命特性の改善の困難性が改めてクローズアップされた。

以上のような情勢を踏まえて、通商産業省では『電気自動車普及基本計画』を1983年12月に改訂した。その骨子は次のとおりである。

(1)ガソリン自動車の排ガス対策が飛躍的に向上し、騒音対策も着実に進歩した。しかし、依然として大都市の自動車過密地域、幹線道路沿線地域、公園等の環境保全地域などでは、排ガス対策や騒音対策が強く要請されている。電気自動車の導入はそのための有力な方策と考えられる。

(2)世界の今後のエネルギー情勢を展望すると、石油依存度の引下げとエネルギーの効率的使用に努めることが必要である。電気自動車は原油レベルで考えるとエネルギー効率がガソリン自動車の10.3%を上回る18.1%を示す。電気自動車の普及は省エネルギー、省石油の両面で有力である。

(3)大都市における交通公害の解消と都市機能の高度化の面で、新交通システムの発展が期待されている。そのため、デュアルモードバス、パレットフェリーシステム、シティーカーシステムなどの将来の都市交通システムと連携しての電気自動車の普及が、都市政策上必要で

平成2年5月9日受付 (Received May 9, 1990) (依頼解説)

* 大阪工業技術試験所 首席研究官 工博 (Government Industrial Research Institute, Osaka, 1-8-31 Midorigaoka Ikeda 563)

Key words : electric vehicle.

表 1 二酸化窒素による大気汚染の予測 (将来排出量の推計, NO_x 千 t/年)

区 分	地域 年度	東京都特別区など			横浜市など			大阪市など		
		1985	1993		1985	1993		1985	1993	
			ケース 1	ケース 2		ケース 1	ケース 2		ケース 1	ケース 2
移 動	自動車	35.4	27.9	24.8	17.7	18.2	14.1	19.9	18.9	15.6
	船舶・航空機	2.8	3.7	3.7	4.1	4.6	4.8	2.8	2.9	2.9
	小 計	38.2	31.6	28.4	21.8	20.8	19.0	22.8	19.7	18.5
固 定	工場・事業場	9.5	9.2	8.9	31.1	31.9	30.7	17.9	17.9	17.2
	民生	5.0	5.4	5.4	1.8	2.3	2.3	1.8	1.9	1.9
	小 計	14.5	14.6	14.3	33.0	34.2	33.0	19.8	19.8	19.1
合 計		52.7	48.2	42.7	54.7	55.0	51.9	42.4	39.5	37.7

(出所: 環境庁資料)

(注) 各欄の数字を四捨五入のための合計欄の数字が各欄の数字の合計に一致しないときがある
 ケース 1: これまでの自動車排出ガス規則の効果などを地域的にきめ細く勘案して予測
 ケース 2: 「大都市自動車交通対策等計画」, 「季節大気汚染対策」の施策効果に基づく予測

表 2 電気自動車の需要分野

利 用 分 野	車 種	具 体 的 事 例 等
低公害性の要求が特に強い分野	特殊車 (構内車)	公園, 遊園地, ホテル, 病院, 工場内, 倉庫内, 卸売市場等
電動車両への置換が好ましい分野	軽自動車 小型車	公共サービス車, リゾート地区使用車, 新聞配達車
運行経費の低減が期待できる分野	軽自動車 小型車 特殊車	地熱, 風水力等自家発電 (ローカル・エネルギー利用) を持つ企業・団体の各種車両, 電力会社・電池メーカー等の各種車両
定型的用途分野	軽自動車 小型車 普通車	郵便集配車, 路線バス 配達車, 公共サービス車 セカンドカー
運転操作が容易であることを必要とする分野	軽自動車 小型車 普通車 特殊車	身体障害者用各種車両, 新交通システム車両 (シティーカー, 二電源バス等), 老人・婦人用各種車両 (セカンドカー), 各種特殊作業車
安定性のよいことが要求される分野	特殊車	飛行場内車両, けん引車, フォークリフト
ガソリン車の利用が困難な分野	同 上	鉱山・坑道内作業車 水中作業車等

電気自動車協議会: 電気自動車普及基本計画 (昭和 58 年 12 月 19 日) より引用

ある。

(4) 電気自動車を取り巻く環境には, いくつかの変化があったものの, 電気自動車普及の意義は依然として大きい。そのため, 1990 年度を目途に電気自動車の量産体制を確立すべきである。

(5) 1990 年度における電気自動車の普及見込み台数をオンロード車 5000 台, オフロード車 10000 台とする。また, 電気自動車の利用分野を表 1 に示す。

(6) このような目標の達成のために, 技術開発, コスト低減, 車種の拡充, サポートシステムの整備, 周辺環境の整備, 広報活動などを行う。

現時点において, 普及見込み台数こそ大幅に下回っているものの, 大筋において, この『基本計画』に記載されている内容に異論はないように思われる。一方, 最近になって電気自動車を取り巻く環境に大きな変化のきざしが見えてきた。

変化の一つは, 地球環境の将来に対する世界的な危機

感の高まりである。CO₂ の蓄積による地球の温暖化や酸性雨の多発が各国共通の深刻な問題としてクローズアップされ, 早急に手立てを講じることが緊急課題となってきた。我が国は米国, ソ連, 中国に次ぐ世界第 4 位の CO₂ 排出国であり, その削減要請は今後ますます強まることが予測される。また, 二酸化窒素については, 表 2 に我が国大都市の 1993 年度における排出量の推計値を示したが, 全排出量中に占める自動車の寄与率が極めて高いことが分かる。また, 今後抜本的な対策を講じない限り, 排出量の大幅削減は望めないように見受けられる。

化石燃料だけに依存するガソリン自動車やディーゼル自動車とは違って, エネルギー源の多様化に対応でき, 排ガスを出さないという電気自動車の価値が今や大いに高まってきたといえる。

変化のもう一つは, 電力会社の電気自動車への期待感の高まりと, それに基づく電気自動車の普及を促進する動きである。後述するように, 電気自動車の導入によって電力需要が増し, しかもこれが主として夜間需要となって電力の負荷調整に役立つことが高く評価されるようになってきたわけである。

さらにもう一つは, 工業技術院のムーンライト計画で 1980 年から 12 年計画で実施している『新型電池電力貯蔵システムの研究開発』での電力貯蔵用新型電池の開発が順調に進展していて, それらを電気自動車用電源としても使用できる可能性が出てきたことである。

電気自動車が再び注目を浴びるようになった現在, 最近の世界の電気自動車の開発状況を展望し, 学ぶべきところを学ぶことは, 今後の開発のあり方を考える上で有意義なことと思われる。このような趣旨で各国の状況を述べ, また今後の開発の在り方についても私見を述べてみたい。

2. 各国の電気自動車の開発状況

2.1 日 本

前述の電気自動車大型プロジェクトが実施されて以降、現在に至るまで規模の大きい開発は行われていない。この間の主な動きをトピック的に紹介する。

(1) 電気バスのデモンストレーション事業

(財)日本電動車両協会(以下 EV 協会と略す)は日本小型自動車振興会の補助と京都市交通局の協力を得て、電気バス 6 台、交換用組電池 18 基、充電器 10 基及び電池交換設備 1 式を試作した。これら電気バスは京都市交通局において、1979 年から約 8 年の間洛西ニュータウンと阪急桂駅との間の営業運転に使用された。低騒音で乗り心地も良いということで、乗客や路線周辺の住民には好評を博していた。しかし運行者の立場からは、電池の寿命が 1000 充放電サイクル前後で尽きるためその償却費が高むこと、動力費がディーゼルバスに比べてかなり割高なこと、メンテナンス(主として充電)にディーゼルバスよりも人手を要することなどのため運行経費が高むことが指摘され、残念なことに 1987 年夏に電気バスが我が国の路上から姿を消した。

(2) 電気自動車の試用制度

EV 協会では 1978 年度以降、電気自動車の試用制度を実施している。これは普及促進策の一環として電気自動車導入モデル地区などに車両を導入し、その使用に関する情報・諸データを収集しようとする目的で始められたものである。リース方式を採用し、日本小型自動車振興会の補助金を受けて製作した車両をユーザーに手頃な料金で長期間(3~6 年)貸し出している。リース車は既に 260 台を超え、主に業務連絡用車、遊覧車、小口配達車などとして使われている。

(3) 電気自動車技術研究組合

1978 年 2 月に電気自動車の開発に意欲的に携わる 10 企業により標準実用電気自動車技術研究組合が設立された。

本組合の目的は生産性を配慮し、実用性の高い低価格の電気自動車を 4 年計画で開発することにあった。その

ため、最も広い需要層が見込める軽自動車枠(全長 3.2 m×全幅 1.4 m)のピックアップ型とバン型の 2 車種を開発対象とした。1981 年度までの研究の結果、ピックアップ型で一充電走行距離 143 km(40 km/h 定速)、最高速度 79 km/h、バン型で一充電走行距離 141 km(40 km/h 定速)、最高速度 77 km/h と良好な性能の鉛蓄電池を搭載した電気自動車を開発することに成功した。次いで、1982 年度から電気自動車技術研究組合と名称を変更し、小型乗用車の改造ベースで、新種電池及び鉛蓄電池を搭載した電気自動車を 5 年計画で研究することを目標として研究を発展的に継続した。1986 年度までの研究で開発された電気自動車のうち、亜鉛-ニッケル及び鉄-ニッケル電池を搭載した実験車の性能の概略を表 3 に示した。

(4) 電力業界の動き

電気事業にとって、電気自動車用の充電電力はまったくの新規需要である。我が国の自動車保有台数約 5000 万台の、例えば 10% (500 万台) が電化されたとすると、送電端需要電力量は約 2.4×10^{10} kWh/年に達すると試算されている。このため、電気自動車の普及は電気事業の安定成長に役立つことが期待されている。さらに電気事業にとってのもう一つのメリットは、電力の負荷調整に役立つことである。もし 500 万台が電化されたとすると、電力の年負荷率は 2.6% 程度向上することが期待されている。

このような背景のもとで、主なものとして次のような電気自動車関連の研究開発ないし普及活動が行われている。

1) 東北電力(株)では、米国 SOLEQ 社の EV コート及び西独 Pohlmann 社製小型乗用車を購入し、走行試験を行っている。また、EV 協会からダイハツ工業(株)製軽キャブバン 4 台を導入し事業所へ配車して実用性の確認に努めている。

2) 中部電力(株)では、英国製 Bedford バンの走行試

表 3 最近の試作電気自動車の概略性能

開発機関	電気自動車技術研究組合		関西電力(株)	GM 社	ルノー 公団	新日本製鉄(株)	ABB 社
車両名称	E-32	E-42	ラガー EV	インパクト	Master Electric	NAV	Electric Jetta
一充電走行距離 (km) (定速時)	170~200 (40 km/h)	190~200 (40 km/h)	200 (40 km/h)	192 (88 km/h)	180 99 (60 km/h)	240 以上	192 (50 km/h)
最高速度 (km/h)	90	85	90	160	80 80	110	120
加速性能 (s)	7.0~7.5 (0~40 km/h)	8.0 (0~40 km/h)		8.6 (0~100 km/h)			9.0 (0~50 km/h)
車両総重量 (kg)	1420~1456	1440~1496	2510	1193	3760 3760	約 1860	約 1700
搭載電池	亜鉛-ニッケル 鉄-ニッケル		鉛	鉛	ニッケル-カドミウム 鉛	鉛	ナトリウム-硫黄
搭載電池のエネルギー密度 (Wh/kg)	74.1~74.3 (5 HR)	61.5~63.8 (5 HR)	42 (5 HR)	41 (5 HR)	54.5 35 (5 HR) (5 HR)	42 (5 HR)	80 (2 HR)
搭載電池の寿命サイクル (60% DOD)	220~240 (60% DOD)	1000 以上 (60% DOD)	約 1000	200 以下	約 1500 (80% DOD)	約 1000	約 500 (推定)
発表時期	1987 年 5 月		1989 年 10 月	1990 年 1 月	1990 年 4 月時点での性能		1990 年 6 月 1990 年 6 月

験を行ってきた。

また、後述のように九州電力(株)と共同で電動スクーター (2 輪及び 3 輪) を開発している。

さらに、軽自動車の 3 分の 2 くらいの大きさの“ドリーム・ミニ”と名付けた超小型電気自動車を開発した。この車両総重量は 785 kg であり、一充電走行距離 70 km, 最高速度 70 km/h という性能を有している。

3) 関西電力(株)では、英国製 Bedford バン及び西独 Pohlmann 社製小型乗用車を購入し、事業所において実用するとともに各種の普及活動に活用している。

また、ダイハツ工業(株)と共同開発した高性能小型電気自動車 26 台を市場開発活動に使用する目的で各事業所に配備している。この高性能小型電気自動車はダイハツ工業(株)の小型四輪駆動車“ラガー”をベースにしたもので、積載量を必要最小限に止め、できるだけ電池をたくさん積むという考え方で高性能化を図ったものである(表 3)。

さらに、やはりダイハツ工業(株)及び日本電池(株)との共同開発で“ミニ三輪電気自動車”を製作している。これはオリジナルの電気自動車として設計されたもので、車体のコンパクト化や一充電走行距離の改善など、走行性能の大幅な改善 (ニッケル-亜鉛電池を搭載した場合、40 km/h 定速走行時の一充電走行距離 180 km, 最高速度 45 km/h) が図られている。

4) 九州電力(株)では、英国製 Bedford バン及び西独製の City STROMer の走行試験を行ってきた。

また、2000 cc クラスの四輪電気バンを開発するとともに中部電力と共同で電動スクーター (2 輪及び 3 輪) を開発している。四輪電気バンは 40 km/h 定速走行時の一充電走行距離 150 km, 最高速度 84 km/h とかなり高性能である。二輪スクーターは 30 km/h 定速走行時の一充電走行距離 50 km, 最高速度 50 km/h, 三輪スクーターは 30 km/h 定速走行時の一充電走行距離 80 km, 最高速度 50 km/h という性能を有しており、当初の開発目的の近距離用の手軽な交通手段を実現するという目標は十分に達成されているように思われる。

(5) 生活協同組合コープかながわにおける配送用電動トラックの自主開発

地球環境問題の深刻化に呼応して、生活協同組合コープかながわでは、配送用トラックの無公害化を目指し、電動トラックの自主開発に踏み切った。第一次試作車 1 台は 1991 年 1 月に完成の予定であり、さらに 1991 年秋には第二次試作車 2 台を製作し、1992 年度以降には量産化を目指している。この事業に協賛する生活協同組合も多数現れつつある。

この動きは世界的にみても特筆すべきものである。というのは、電気自動車の最大のメリットは環境保全、省石油といった社会的なものであり、そのため、電気自動車の開発は各国とも大部分が行政主導で行われ、一部分

を電気自動車が普及した場合の受益者と言える電力業界が行ってきた。

コストの面でも、使い勝手の面でもディーゼル車に及ぶべくもない電動トラックを、大局的見地に立って導入しようというユーザーの出現は画期的なことであり、事業の円滑な進展を期待したい。

(6) 新日本製鉄(株)による電気自動車の開発

新日本製鉄(株)は高性能電気自動車 NAV を 1990 年 6 月に発表し、世間の注目を浴びた(表 3)。

2.2 米 国

1976 年に“電気自動車研究開発普及法”が制定されて以降、米国の電気自動車関係の研究開発はエネルギー省 DOE を中心に進められてきたが、最近では電力研究所 EPRI も DOE と協力しながら研究開発を行っている。また、1983 年に電気自動車開発会社 EVDC が電力会社数社の出資と DOE 及び EPRI の援助のもとに設立され、電気自動車の開発・普及活動を行っている。

DOE では電池 (改良型鉛、ナトリウム-硫黄、リチウム-硫化鉄、亜鉛-臭素、鉄-ニッケル、ニッケル-カドミウム、鉄-空気) 及び駆動システム (交流系) の研究開発や試験と評価などを行っている。

さらに、燃料電池搭載バスが DOE によって開発されている。これは燃料電池-二次電池のハイブリッド式となっており、燃料電池の開発については我が国の富士電機(株)が委託を受けている。

“電気自動車研究開発普及法”の制定当初は一万台程度のデモンストレーションが計画されていたが、その後大幅に計画が縮小されて、現在 DOE で行っているデモンストレーション事業としては、総計約 700 台が海軍、自動車会社、電力会社、国立研究所、大学などで使用されているにすぎない。

EPRI では、電池と駆動システムの研究開発を DOE と分担して実施し、また、ジェット推進研究所 JPL や TVA (Tennessee Valley Authority) などにおける試験や評価を支援している。

EVDC は電力会社 37 社、自動車会社等 7 社の会員企業からの会費や EPRI からの委託費でデモンストレーションを主とする事業を行っており、さらに EPRI で完成された技術のうち電気自動車に関するものを引き継ぎ、発展させていくことになっている。また、電気自動車の市場開発やインフラストラクチャーの育成も主要業務となっている。デモンストレーション事業としては、1985 年から英国の Bedford CF バン (米国では GM Griffon Van と名付けられている) の電力会社への導入を始め、現在 32 台が 11 社で使用されて、延べ走行距離は 40 万 km を超えている。さらに大量の Bedford CF バンを導入する予定であったが、Bedford 社が製造を中止したため、EPRI の援助を得て G-Van と呼ばれる GM 製のバンを電気自動車に改造する計画を進めて



写真 1 General Motors 社製高性能電気自動車
“The Impact”

いる。

最近、カリフォルニア州南部の大気汚染の軽減のため、1989年から3年計画で10000台の電気自動車を導入しようという動きが世界から注目されている。この計画は当初の予定から大分遅れていたが、1990年初めにこの目的のために今後5年間にわたって電気自動車を納入する次の3企業が選定された。

1) VEHMA International 社・・・カナダの自動車部品財閥の Magna International 社の子会社であり、3000台の“G-Van”を納入する予定。

2) Unique Mobility 社・・・カナダの Alcan International 社が出資している小企業であるが、Dodge Caravan を改造したミニバン3000台を納入する予定。この電気自動車は、一充電走行距離を延ばすために、内燃機関で駆動する発電機を搭載したハイブリッド車となっている。

3) Clean Air Transport 社・・・スウェーデンの会社で、約4000台のコミュタタイプの乗用車を販売する予定である。これは改造車ではなく、最初から電気自動車として設計されたものである。

これら3社は呼びかけに応じた19社の中から選定された。この19社の中には、提案を出した中では唯一の自動車大メーカーであるフランスの Peugeot 社が含まれている。

1990年の1月に世界の注目を浴びるニュースが発表された。GM社による高性能電気自動車“The Impact”の試作成功である(写真1)。グラスファイバー補強プラスチックの採用による車体の軽量化、駆動系やモーターの変効率化、徹底した低空気抵抗係数の車体デザイン、低こもり係数のタイヤの使用などにより、表3に示すような高性能化が達成されたのである。この車が直ちに実用化されるとは思えないが、今後の電気自動車の開発の一方向を示すものとして注目に値する。

2.3 英 国

電気自動車が最も普及している国として知られており、現在約35000台のデリバリーバンが使用されてい

る。1970年代末に“London goes electric”というデモンストレーションプログラムが組織されて、電気自動車の実用性についての見直しが行われた。それ以降、政府の援助とともに、導入に意欲的な電力企業の奨励策もあって、電気自動車の工業生産プロセスの改善が進められてきた。

英国には主な電気自動車メーカーが4社あり、最高速度80 km/h、一充電走行距離80 km程度の各種の商用車を生産している。これらの駆動機構部はすべて、Chloride EV Systems 社(旧 Lucas Chloride EV Systems 社)が供給している。

Bedford Commercial Vehicle 社による積載量1tの Bedford CF バン、Freight Rover 社による同じく積載量1tの Sherpa バン、Renault Truck Industries 社による積載量2~3tの Dodge 50 シリーズ電気自動車、及び積載量2.8tの Electric Roadrunner が開発されてきた主な車種であり、今までに全部で約500台が生産されてきた。とくに、Bedford CF バンは300台以上生産され、35台は米国の電気自動車開発会社(EVDC)の市場開発プログラムに沿って、米国及びカナダでの電力企業その他で使用されている。日本にも6台輸入され、中部、関西及び九州の3電力会社で2台ずつが実用試験に供されてきた。Bedford CF バンは各ユーザーから好評を得ていたが1987年に製造中止となった。

以上に述べてきた電気自動車として設計された商用車以外に、例えば Smith's Electric Vehicles 社による“Sevdrive”(積載量約1t、最高速度51 km/h)のようなガソリン自動車の改造車も開発されている。

その外に、Electric Vehicle Hybrid 社によって製造されたハイブリッド式のミニバスやバンが英国内諸都市で、ECのデモンストレーションプログラムの一環として使用されている。

動力源用電池に関しては、Chloride Silent Power 社のナトリウム-硫黄電池の開発が著名であり、電力会社と産業省の支援を受け、また、米国の電力研究所 EPRI と開発契約を結んでいる。製造コストを低減するために、缶詰状の小型セルを多数直並列に接続して使用するというユニークな設計思想で開発を進めている。容量20 Whのセルを3584個を用いて72 kWhの電池を構成し、Bedford CF バンを用いて搭載試験を行っている。

また、Beta R & D 社は、ナトリウム-塩化金属電池を開発しており、既に出力30 kWの電池を構成して搭載試験を行っている。この電池はナトリウム-硫黄電池よりも100°Cくらい低い温度(約250°C)で作動するため、放電特性は劣るが、構成材料の腐食が緩和されるとともに、熱管理の負担も軽減されるとのことである。

2.4 カナダ

この国では Powerplex Technologies 社の活動が目立っている。この会社は西ドイツの ASEA Brown

Boveri 社とカナダの Magna International 社の合併で設立され、前者のナトリウム-硫黄電池技術及び電気駆動システム技術と後者の量産化技術を複合して、ナトリウム-硫黄電池及び電気自動車駆動システムを開発して製造し、北米圏で販売することを目指している。現在、従業員 35 名を有し、2 台のナトリウム-硫黄電池 (30 kWh) 搭載車を試験中とのものであり、米国 EVDC の会員にもなっている。また、小規模ではあるが Electrofuel Manufacturing 社は米国のアルゴンヌ国立研究所の技術を導入して、電気自動車用リチウム-硫化鉄電池の開発に当たっている。

また、Alcan International 社はかねがねアルミニウム-空気電池の電気自動車用動力源への適用を目指して、息の長い研究開発を行ってきた。アルミニウムは充電が困難なため使い捨ての電極を交換して用いる、いわゆるメカニカル・チャージ方式の電池であるが、実用性の実証やアルミニウムの回収を含めたトータルのエネルギー効率の向上などが当面の課題となっている。

2・5 西ドイツ

電気自動車及びハイブリッド自動車の開発は主として GES 社 (Gesellschaft für Elektrische Strassenverkehr mbH) によって行われてきた。この会社は西独最大の電力会社である RWE 社 (Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk A. G.) が中心となり、自動車メーカー (Daimler Benz, M. A. N., Volkswagen)、電機メーカー (Bosch, Brown Boveri, Siemens) 及び電池メーカー (Hagen, Hoppecke, Varta) が共同出資して 1970 年に設立したものである。GES 社の事業は連邦政府の研究技術省及び運輸省の支援のもとで実施され、数種類の電気自動車が開発され、実用に供されてきた。乗用車の分野では Volkswagen 社の "Rabbit" を母体とした "City STROMer" が開発された。これに 2 人乗りと 4 人乗りの 2 車種があり、チョッパー制御の直流分巻電動機を使用し、マニュアルシフトのギアボックスも備えていて最高速度は公称 100 km/h である。最近までに約 70 台が各種のユーザーのもとで実用され、全車の延べ走行距離は約百万 km に達した。この "City STROMer" は 1987 年に (株)九州自動車リースに 1 台輸入され、九州電力 (株) で使用されている。また、GES 社は Pohlmann 社の協力を得て、プラスチック材料を多用した試作車を製作した。はね上げ式ドアを備えた軽快なデザインのスポーツカータイプの乗用車であり、東北電力 (株) 及び関西電力 (株) に 1 台ずつ輸入されている。

一方、商用車の分野では、Daimler Benz 社で "Elektro-Transporter 307E" と名付けられた積載能力 1 t 強、最高速度 70 km/h のバン (8 人乗りのミニバス仕様もあり) が製作されている。また、Volkswagen 社でも積載能力 800 kg、最高速度 70 km/h のバン "Elektro-Transporter E-LT35" が製作されている。この両車種

合わせて延べ 225 台が GES 社の管理のもとで、1974 年以来西独の各都市で実用に供されてきた。さらに 1980 年以降、研究技術省及び運輸省支援のプログラムの一環として、ベルリン及びボンで 70 台が走行中である。これら商用車全体ではすでに延べ走行距離は 800 万 km を超えており、走行性能についてはユーザーから好評を得ているようである。

なお、GES 社は 1987 年にその使命を終えたとして RWE 社に吸収され、その後の電気自動車関係の研究開発は RWE 社が直接行っている。

電気バスの分野では 1974 年以来何種類かが開発され実用に供されている。牽引トレーラーに電池を積んだ M. A. N. 社の 100 人乗りの 20 台のバスが、公的機関と政府の後援するプログラムとしてデュッセルドルフとモンフェングラッドバッハで定期運行に供されてきて、現在も 4 台が稼働中である。当初は一充電走行距離を延ばすために電池交換方式を用いていたが、1981 年以降は中途充電方式が採用されている。これは走行路線の定点に設置された架空式充電ラインから充電する方式である。また、やはり公的機関と政府の後援するプログラムとして、Daimler Benz 社製の 20 台のディーゼルエンジンと電池のハイブリッドバスがシュテュットガルトとヴェーゼルで運行されてきた。これら電気バス及びハイブリッドバスの延べ走行距離は 1 千万 km を超え、運行状況は極めて順調とのものである。さらに、各種のデュアルモードのトロリーバスが、Daimler Benz 社 (トロリー/電池及びトロリー/ディーゼル) 及び M. A. N. 社 (トロリー/ディーゼル) で開発された。これらの中でトロリー/ディーゼルバスはエッセンで試験走行中であり、まもなく総数 20 台に達する予定とのものである。

これら電気自動車の開発に当たっては、電池を効率的に利用することがとくに重視され、駆動機構の効率向上が図られるとともに、電池の熱管理、充電法、メンテナンスのプログラム化などに開発努力が向けられてきた。最近では鉛蓄電池自体の特性向上に重点をおいた研究開発が行われている。

連邦政府の研究技術省の支援のもとに、電気自動車の新しい動力源用として ASEA-Brown Boveri 社でナトリウム-硫黄電池の開発が大々的に実施されている。現在約 150 名がこの関連に携わり、電池の性能は既に実用の域に近づき、製造コストの試算結果についても楽観的な見通しが出されている。

2・6 フランス

フランス電力公社と "Group Interministériel Véhicule Electrique" が中心となり、自動車製造企業やコンポーネント製造企業が協力して開発プログラムが組織され、現在までに多数の電気自動車が生産されてきた。PSA グループはガソリン車改造の "Peugeot 205" 型電気自動車を開発した。これは 4 または 5 人乗りで鉄-ニッ

表 4 SAFT 社製ニッケル-カドミウム電池の電気自動車搭載実績 (1990 年 1 月現在)

メーカー・事業主体	モデル車種	車両台数	使用場所・用途
ブジョー	205 乗用車	12	ラロッシュュル市 ジエン市 ブルージュ市 ブリュッセル市
	C 15 バン	7	同上 (各電力会社)
	— ミニバス	3	ツール市 定期運行 (18 座席)
ルノー	マスター バン	10	シャテルロー市
	イクスプレス バン	6	フランス電力
エグザム	600 GT1 乗用車	1	2 座席小型車 プロトタイプ
フォルクスワーゲン	シティストロマー 乗用車	2	ライン川電力会社
ソルカー	— バン	10	郵便集配車
アウディ	クアトロ 100 乗用車	10 近く 290 台 発注予定	チューリッヒ市 タクシー
ボールマン	— 乗用車	2	ライン川電力会社
ボルボ	— 乗用車	10	郵便集配車
ボルボ	— バス	2	ストックホルム市
ソチミ	— トラック	1	ミラノ市 ごみ収集車
フィアット	バンダ 乗用車	2	—
富士重工	トラック	1	横浜市 ごみ収集車

ケル電池を搭載し、都市内走行での一充電走行距離約 140 km、最高速度 100 km/h の性能を有している。また、PSA グループはやはりガソリン車改造の J9 及び C25 を製作した。これらは積載量がそれぞれ 1000 kg と 600 kg のデリバリーバンであり、SAFT 社製の鉄-ニッケル電池を搭載し、一充電走行距離は 115~140 km、最高速度は 80 km/h 以上となっている。

ルノー 公団は“Master”の電気自動車版 (表 3) を開発した。鉛蓄電池かニッケル-カドミウム電池を搭載できるように設計されている。10 台の“Master”が EC によって最近開始されたシャテルロー市における電気自動車のデモンストレーションプログラム用に製作されている。

三輪軽量商用車“Elestra”が約 100 台ストラスブルグその他の都市で公益事業用として実用されている。この車はストラスブルグ電力の支援のもとで開発されたものであり、積載量は 450~500 kg、最高速度 60 km/h、一充電走行距離 80 km という性能である。ピックアップ、人員輸送用車及びごみ収集車の 3 種の形式があり、日に 1 台の生産が計画されている。また、パリでは 300 台

のごみ収集車“Sita”及び“Semat”が何年にもわたって稼働している。

その外に、48 台のデュアルモードのトロリーバスや電池をトレーラー式に牽引する 5 台の電池-内燃機関ハイブリッドバスも実用されている。

動力源用電池の開発に関しては SAFT-Peugeot が開発している鉄-ニッケル電池が知られており、エネルギー密度 60 Wh/kg、寿命 1500 サイクルの性能に達したが、その後、SAFT 社はこの電池の開発を中止した。

SAFT 社はニッケル-カドミウム電池が電気自動車用として最も優れているという判断に立ち、積極的な研究開発を進めた結果、高性能化に成功した。現在予定も含めて表 4 のように多数の電気自動車用電源として使用されている。最近までのほとんどの電気自動車が鉛蓄電池を動力源としてきたが、ニッケル-カドミウム電池がこのような進出してきたことは画期的なことといえる。

2.7 イタリア

イタリア電力公社 ENEL と電話会社 SIPK の後援のもとで、国立研究委員会 CNR 及び各種ユーザーの支援を得て各種の電気自動車の開発が行われてきた。

乗用車の分野では、1972~74 年にかけて最高速度 70 km/h、一充電走行距離が 70 km の 2 人乗りの研究用車 Fiat X1/23 が開発された。続いて乗用車及びミニバンの 2 種類、約 40 台の PGE 電気自動車が製造された。これらの積載量、最高速度及び一充電走行距離はそれぞれ 300 kg、60 km/h、70 km であった。さらに、数台の Zagato ミニカー (4 人乗り、荷物積載量 40 kg、最高速度 55 km/h、一充電走行距離 55 km) が製造されてきた。これは米国で商品化された“ZELE”の新型版である。

商用車の分野では、Fiat 社が“Fiat 900E/E2”及び“IVECO Daily E2”を今までに約 80 台製造している。また、PGE は 13 台の積載量 800 kg の救急車仕様もある“VAN 8”を製造した。さらに、PIAGGIO は約 100 台の三輪車“Ape-Electrocar”を製造した。これには、バン、ピックアップ及びごみ収集車の 3 形式である。

以上の各電気自動車はクラッド式の鉛蓄電池を搭載し、都市内走行での一充電走行距離は 60~80 km 程度である。これらの中の何台かはヨーロッパ各地でのデモンストレーションプログラム用に使われている。すなわち、16 台の“Fiat 900E/E2”がトリノとオデンスにおける EEC のプログラム用に、4 台の“IVECO Daily”がダブリンにおける EEC のプログラム用に、6 台の“Fiat 900E/E2”、3 台の“IVECO Daily”、3 台の PGE “VAN 8”及び 8 台の PIAGGIO “Ape Electrocar”が“パイロット都市”であるトリノでの CNR のプログラム用に使われてきた。

電気バスの分野では前述の“IVECO Daily”を改装した 16 人乗り (鉛蓄電池搭載) と 20 人乗り (鉄-ニッケル電池搭載) のミニバスが Fiat 社により開発されてい

て、8台がEECのプログラムの一環としてローマ近郊で定期運行に供されており、また“パイロット都市”トリノでのCNRのプログラム用に3台が供される予定となっている。両プログラムとも中途充電方式を採用することによって日に150km程度まで一充電走行距離を延ばすように工夫されている。また、デュアルモードバスやハイブリッドバスについての二三の試みもなされている。

2・8 ベルギー

ヨーロッパ電気自動車協会 AVERE の本部の所在地であり、電気自動車関連の情報交換の要衝の地となっている。

数年前から、ブラッセル自由大学は10台のPGEの電気自動車を用いた公共レンタカーシステムのデモンストラーションプログラムを構内で実施しており、また中途充電方式も試みている。さらに、公営企業によって1985年以来何台かのバンが試用されていて、満足すべき結果が得られており、とくに中途充電方式の採用により電池の寿命が延び、電力消費率(燃費)も減少したと報告されている。

2・9 スイス

山岳地帯の旅客駅の周辺への電気自動車の導入に積極的であり、8か所の駅に旅客輸送用の電気自動車が配置されていて、寒冷期にも十分に機能しているとのことである。救急車などの緊急自動車以外の通常自動車が規制されているツェルマット地域一帯には約300台の電気自動車が配置されている。

ベルンでは積載量1tのバンが郵便配送用に試用されている。

2・10 オーストリア

数台の電気自動車が郵便事業用に実用されている。また、米国 Exxon Research & Engineering 社からの技術供与を得て、国策会社の S.E.A. 社 (Studiengesellschaft für Energiespeicher und Antriebssysteme GmbH) が電解液循環式の亜鉛-臭素電池を開発しており、Wien 及び Graz 両工科大学がこれに協力している。1985年以降、車載実験が行われ、現在 65~85 Wh/kg という高いエネルギー密度を達成している。

2・11 その他の国

デンマーク、オランダ、フィンランド、スウェーデン、オーストラリア、などの国々においても、地味で小規模ではあっても、電気自動車の研究開発ないしは実用化がながく継続して行われている。

3. お わ り に

上述したように、各国ともに地道な電気自動車開発を

息長く行っており、将来の都市内交通機関としての電気自動車の有用性については、国際的にみても異論は極めて少ないように思われる。各国の開発状況を展望し、また、わが国の電気自動車大型プロジェクトを振り返って、今後の電気自動車の開発には性能向上とコスト低減が目標となることは当然であるが、さらに次のようなことに留意が必要と思われる。

(1) 公的資金の投入が不可欠

最近の電気自動車開発の推進力となってきたのはガソリン自動車による排ガス公害への対策と、エネルギー需給の安定化(省石油)対策であったといえる。つまり、電気自動車導入によるメリットは個々のユーザーではなく、社会にあるわけである。ガソリン自動車については一般大衆の需要を背景に企業主導型の開発がなされてきたが、電気自動車については社会的要請を背景とするために国家、地方自治体、あるいは公的非常利機関による研究開発、民間自主開発に対する支援が必要である。

(2) 電気自動車の適正な位置づけ

一充電走行距離が制限されるという本質的なハンディキャップに加えて、動力性能、コスト、車体デザインの自由度などでも電気自動車はガソリン自動車に及ぶべくもない。そのため、ガソリン自動車への対抗車種として位置づけるのではなく、電気自動車の特性を活かした導入策を模索し、ガソリン自動車との共存共栄を図るべきであろう。

(3) 高性能化、メンテナンス・フリー化、低コスト化の努力

前述のように、動力性能、コストはもちろん、使い勝手についてもガソリン自動車に比べて大きく見劣りするため、それらの向上のための努力が必要である。

(4) インフラストラクチャーの整備

前項で述べた電気自動車の不利な点を補うようなインフラストラクチャーの整備も開発対象とすべきである。たとえば充電スタンド、充電済の電池リースシステム、デュアル・モードシステム等々である。

(5) スタイリングデザインの追求

性能向上もさることながら、電気自動車に適した斬新なスタイリングデザインを追求して一般大衆を引きつけないと普及は望めないように思われる。

(6) 普及助成手段

ユーザーにとって直接メリットのある助成措置を講ずることが必要である。取りあえずは税制面でのいっそうの優遇措置、深夜電力割引の電気自動車への適用、法制面での優遇措置(車検や駐停車規制の緩和など)、購入時の補助金支出などが考えられる。